영광 안마 해상풍력 발전사업

환 경 보 전 방 안 검 토 서

(해상부 사업계획 변경)

2024. 12.

anma
OFFSHORE WIND

영광 안마 해상풍력 발전사업

환경보전방안검토서

2024. 12

안마해상풍력(주)

목 차

제1장 요약문 ····· 1

1.1 사업계획의 변경개요 ····· 3

1.2 환경영향평가 협의내용의 주요 변경사항 ····· 7

1.3 환경에 미칠 주요영향 및 저감방안 ····· 8

1.4 사후환경영향조사 계획 ····· 15

제2장 사업계획 변경 개요 ····· 17

2.1 사업계획 변경사유 ····· 19

2.2 사업계획 변경내용 ····· 20

2.3 환경영향평가(변경협의) 등 실시근거 ····· 29

2.4 환경영향평가 협의내용의 변경사항 ····· 34

제3장 사업의 개요 ····· 43

3.1 사업의 배경 및 목적 ····· 45

3.2 사업의 추진경위 ····· 46

3.3 사업의 내용 ····· 48

3.4 사업의 기대효과 ····· 58

제4장 사업계획 변경에 따른 환경현황조사, 영향예측 및 저감방안 ····· 59

4.1 자연생태환경분야 ····· 61

4.1.1 육상 동물상(조류) ····· 61

4.1.2 해양 동・식물상 ····· 137

4.1.3 해양포유류 및 파충류 ····· 166
4.2 대기환경분야 ····· 197
4.2.1 온실가스 ····· 197
4.3 수환경분야 ····· 206
4.3.1 해양물리 ····· 206
4.3.2 해양수질 및 퇴적물 ····· 324
4.4 토지환경분야 ····· 355
4.4.1 토지이용 ····· 355
4.4.2 지형 · 지질 ····· 380
4.5 생활환경분야 ····· 413
4.5.1 친환경적 자원순환 ····· 413
4.5.2 소음 · 진동 ····· 418
4.5.3 위락 · 경관 ····· 482
4.5.4 전파장해 ····· 559
4.6 사회 · 경제환경분야 ····· 571
4.6.1 산업 ····· 571

제5장 사후환경영향조사 계획 ····· 575

제6장 부 록 ····· 589

6.1 평가서 작성 등 참여자 인적사항 ····· 591
6.2 관련문서 ····· 602
6.3 육상 동물상 목록 ····· 628
6.4 공중소음 모델링 기초자료 ····· 687
6.5 해양수치모형실험 결과 ····· 694

제 1 장 요 약 문

1.1 사업계획의 변경개요
1.2 환경영향평가 협의내용의 변경사항
1.3 환경에 미칠 주요 영향 및 저감방안
1.4 사후환경영향조사 계획

제1장 요약문

1.1 사업계획의 변경개요

1.1.1 사업규모의 조정

◦ 본 사업의 발전사업허가는 2023년 최종 변경허가를 득 하였으며, 최종 허가용량은 총 528MW임

◦ 당초 환경영향평가는 총 발전용량 546MW로 협의를 완료하였으며, 「전기사업법」 상 발전사업 변경허가 없이 사업 추진이 가능한 것으로 검토되었음

◦ 다만, 전력의 계통 연계를 한국전력과 협의한 결과, 전국적으로 송전계통이 부족하여 최대한 허가용량에 맞출 것을 요청받아, 발전용량을 축소·변경함

1.1.2 사업계획의 변경

◦ 사업계획에 대한 세부 검토결과, 154kV로 해저 송전선로 설치시 상대적으로 많은 송전선로 인입을 위해 해상부 공사영향이 상대적으로 크고, 송전W 중 전력손실 등이 발생함에 따라 대안을 검토함

가. 총괄

◦ 발전용량 변경에 따라, 발전기 기수 축소 및 배치계획을 변경하였으며, 발전기 배치계획 변경사항에 맞춰 해상부 변전 및 송전계획을 변경함

※ 금회 변경사항은 해상부 변경사항에 한해 환경보전방안을 마련하였으며, 육상부 공사 계획 변경사항은 2024년 9월 협의를 완료하였음

<표 1.1-1> 사업계획 변경내용 총괄표

구 분		당 초	변 경	비 고
풍력발전	발전용량	546MW	532MW	발전용량 변경 및 발전기 배치계획 변경
	발전구역	총 80㎢	총 80㎢	
	발전기 형태	수평축 프로펠러 형	수평축 프로펠러 형	
	전력생산량	1,584.3GWh/년	1,591.1GWh/년	
송전설비	내부망	1구역 32.0㎞, 2구역 36.2㎞	1구역 40.2㎞, 2구역 50.0㎞	
	외부망	육상 1.5㎞, 해저 45.8㎞	육상 1.5㎞, 해저 41.9㎞	해상부 선형 변경
변전설비		154kV 옥내형GIS(해상) 154kV 옥내형GIS(육상)	230kV 옥내형GIS(해상) 154kV 옥내형GIS(육상)	해상부 변전소 설계 변경

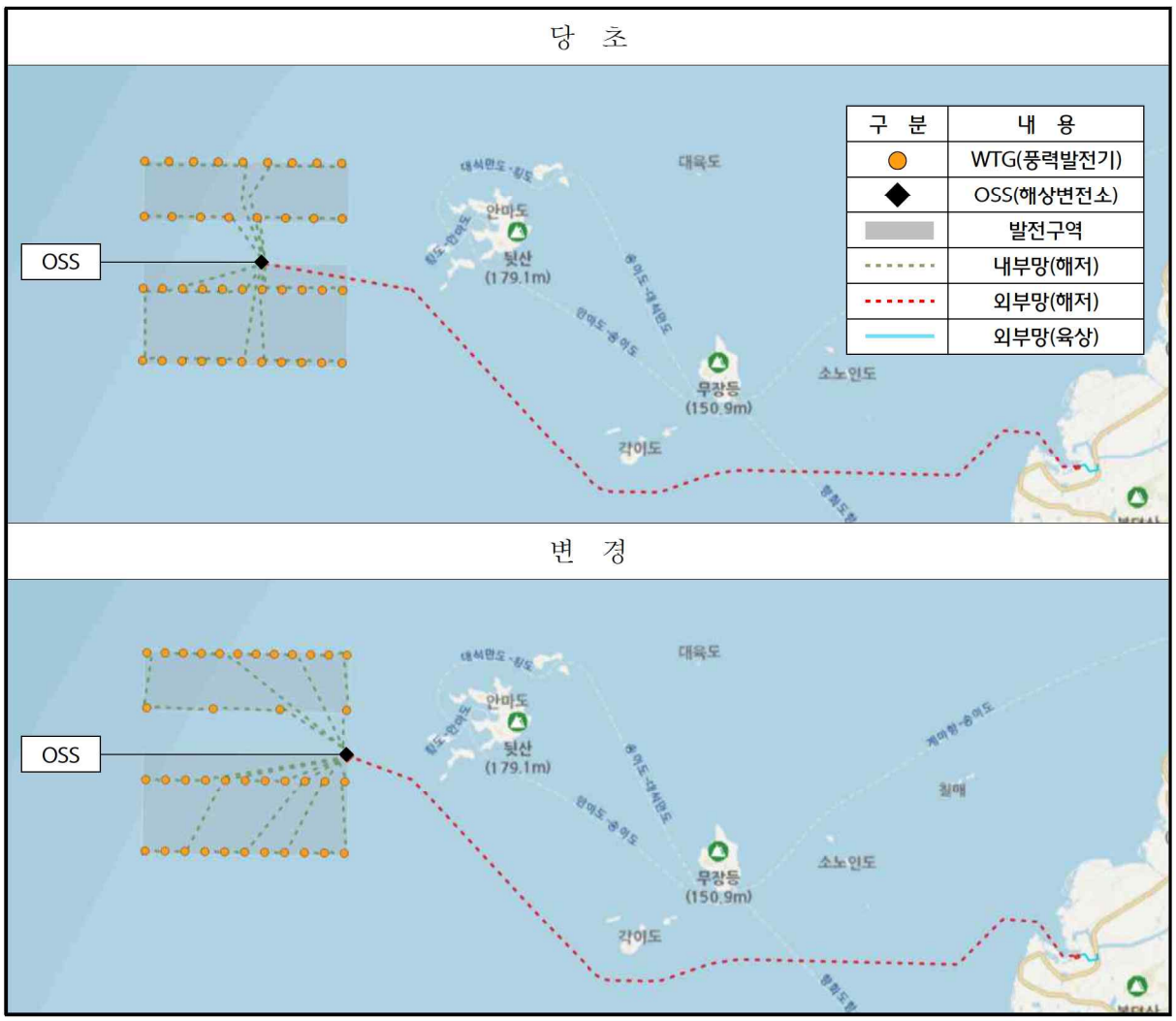
주) 당초 : 영광 안마 해상풍력 발전사업 환경보전방안검토서, 2024.08, 안마해상풍력(주)

나. 발전용량 및 발전기 배치계획의 변경

◦ 당초 허가된 발전사업허가 용량에 맞춰 발전기 수량 및 위치를 조정하였으며, 해상변전소의 위치를 조정함

<표 1.1-2> 발전기 설치계획 비교

구 분		호기	단위 설비용량 (MW/기)	설비용량 (MW)	발전량 (GWh/년)	비 고
당초	1구역	17	14	238	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22		308	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39		546	1,584.3	-
변경	1구역	16	14	224	680.5	이용율 34.7%
	2구역	22		308	910.6	이용율 33.8%
	합 계	38		532	1,591.1	-
비 고	-	감) 1기	-	감) 14MW	증) 6.8GWh/y	-



(그림 1.1-1) 해상부 배치계획 비교

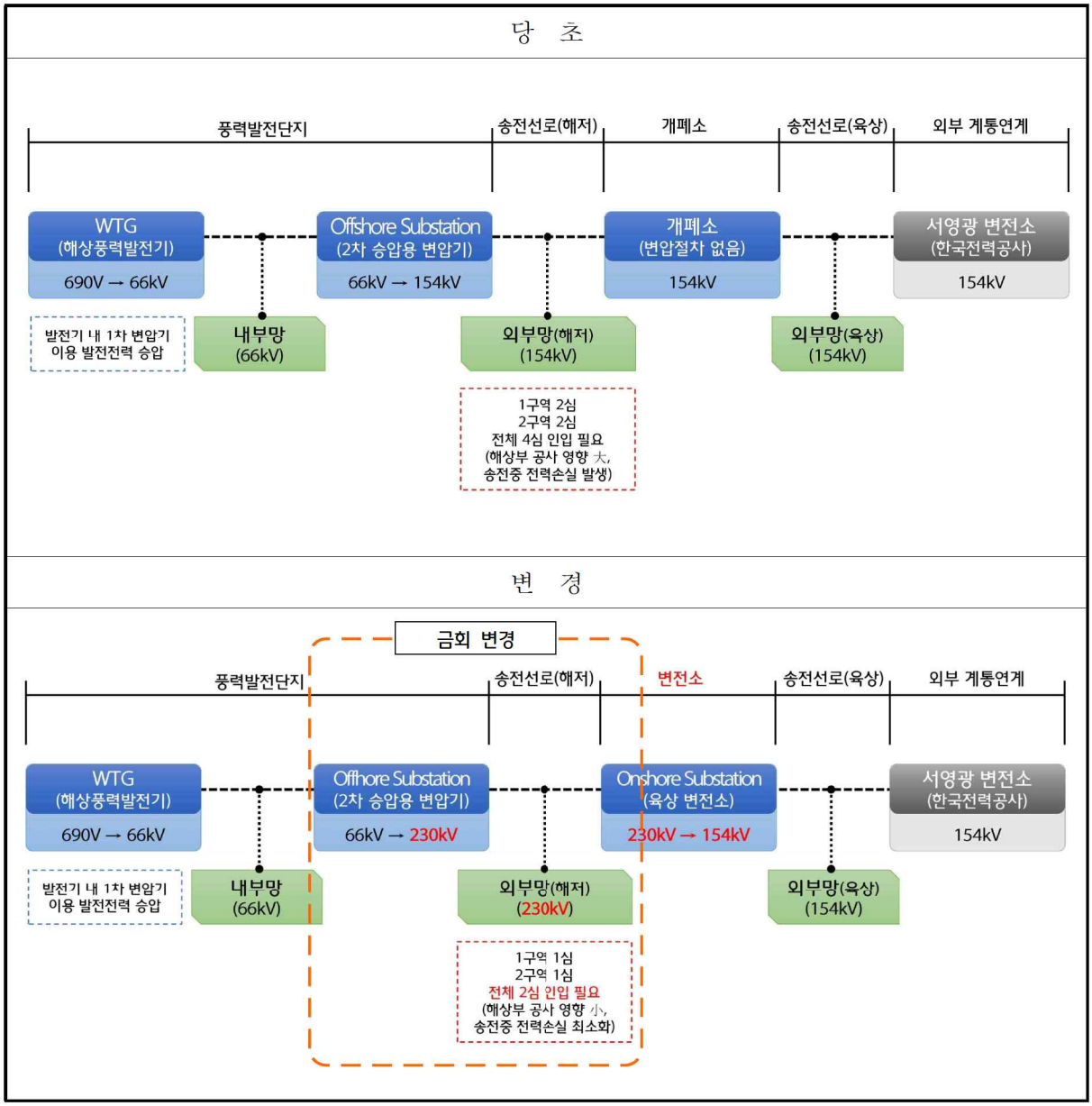
다. 변전 계획의 변경

◦ 당초, 환경영향평가 협의시에는 해상변전소에서 최종 목표 전압(154kV)으로 변압하여 이후 외부망(해저) - 개폐소(변압절차 없음) - 외부망(육상)을 거쳐서 서영광 변전소에 연계처리하는 것으로 계획함

◦ 다만, 송전과정 중 전력손실 및 해상부 공사영향 최소화를 위해 해상변전소의 승압 전압을 230kV로 변경하여 해저 송전선로 또한 230kV로 송전을 실시하고,

◦ 육상부의 개폐소를 변전소로 변경하여 최종 목표 전압인 154kV로 변경 후 외부 전력계통인 서영광 변전소에 연계처리하는 것으로 계획을 변경함

(육상부 변전계획은 환경보전방안을 수립하여 '24.9 협의를 완료함)



(그림 1.1-2) 안마해상풍력 전력계통도 비교

1.1.3 환경영향평가 협의내용 변경 실시근거

◦ 당초 사업계획 대비 사업규모의 증가 및 원형보전지역 등의 변경사항은 없어, 환경영향평가 재협의 대상에는 해당사항이 없음

<표 1.1-3> 재협의 대상여부 검토

환경영향평가법 조항		검토결과
시행령	제54조(환경영향평가서의 재협의 대상 등) ② 사업·시설의 규모가 최소 환경영향평가 대상 규모 이상 증가	해당없음 (사업규모 축소 546→532MW)
	③ 원형보전/제외지 개발 or 위치변경 최소 환경영향평가 규모의 30% 이상	해당없음

◦ 사업계획 변경에 따른 환경보전방안을 수립

(환경부장관의 의견을 들어야 하는 사항에 해당사항 없음)

<표 1.1-4> 환경보전방안 대상여부 검토

환경영향평가법 조항		검토결과
법	법 제33조(변경협의) ① 사업자는 제27조부터 제29조까지의 규정에 따라 협의한 사업계획 등을 변경하는 경우로서 제32조제1항 각 호에 해당하지 아니하는 경우에는 사업계획 등의 변경에 따른 환경보전방안을 마련하여 이를 변경되는 사업계획 등에 반영하여야 한다.	○ (환경보전방안 검토서 작성)
	② 승인등을 받아야 하는 사업자는 제1항에 따른 환경보전방안에 대하여 미리 승인기관의 장의 검토를 받아야 한다.	○ (검토 요청)
	③ 승인기관장등은 제1항 및 제2항에 따라 환경보전방안을 마련하거나 검토할 때에 대통령령으로 정하는 사유에 해당하면 환경부장관의 의견을 들어야 한다.	× (해당없음)
	④ 제1항에 따른 환경보전방안의 반영 여부에 대한 확인·통보에 관하여는 제30조제2항부터 제4항까지의 규정을 준용한다. 이 경우 "협의 내용"은 "환경보전방안"으로 본다.	○ (환경보전방안 반영결과 통보)
시행령	시행령 제55조(환경보전방안 검토요청 시 제출서류 등)	
	② 법 제33조제3항에서 "대통령령으로 정하는 사유"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.	
	1. 협의기준 변경	해당없음
	2. 사업 규모의 증가(10% or 소규모 환경영향평가 대상사업 규모 이상)	해당없음
	4. 협의내용에 제시된 원형보전지역의 변경	해당없음
	5. 협의내용에 포함된 토지이용계획의 15% 이상 변경	해당없음
	6. 입지 제한 건축물/공작물에 관한 사항의 변경	해당없음
	7. 오염물질의 30% 이상 증가 or 신규 물질이 배출허용기준의 30% 이상 배출	해당없음
	8. 주요 보호지역에서의 사업계획 변경, 주요 저감대책의 변경 등 협의내용 통보시 미리 협의기관의 의견을 듣도록 정한 사항을 변경하는 경우	해당없음

1.2 환경영향평가 협의내용의 주요 변경사항

◦ 기협의 환경영향평가 협의내용을 최대한 반영하여 사업을 시행할 계획이며, 일부 사업계획 변경에 따른 협의내용 변경사항을 제시함

<표 1.2-1> 주요 환경영향평가 협의내용의 변경사항

협의내용	변경요청내용
□ 최초협의 : 환경부 환경영향평가과-2471(2023.07.24.)	
□ 동·식물상 ○ 사후환경영향조사에는 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링 실시를 포함하여야 함	·변경 -사업지구 주변해역 해저지반 특성상 인공어초의 설치는 제한적인 것으로 검토됨에 따라 인공어초를 대체하기 위한 수산자원 방류 등을 계획함에 따라, 사후환경영향조사는 미실시 예정
2. 해양 동·식물상(평가서 8.1.2-346~349, 8.1.3-32~34, 보완서 3.2.2-112~119, 3.2.3-37~40) 가. 공사시. - 부유사 확산 저감대책 : 오탁방지막, 부유사 저감 공종관리 - 수중소음 등 저감대책 : 불필요한 충격음 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획, 공사장비의 가동시간 일 최대 8시간 한정하여 최소화 할 계획임 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	·변경 - 공사장비의 가동시간은 공사강도 조절을 위해 각 공종별 공사시 공사장비의 집중투입이 방지되도록 조정할 계획임(일 최대 작업시간은 공정별 상이)
3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4) 가. 공사시 - 주요 번식기 공사강도 조절 나. 운영시 - 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, 블레이드 색채(대조패턴)) 등 계획 - 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구	·변경 - 항타공 시행시 상괭이 번식기는 해양포유류 출현여부 확인 후 공사를 시행하여 영향을 최소화 할 계획임 - 항공장애등은 관련 규정을 준수하여 적색 또는 흰색으로 설치할 계획임 ('24.5 환경보전방안 통보 : 채색계획은 국토부 규정 준수)
5. 온실가스(평가서 8.2.3-20) 가. 공사시 - 오염물질 배출이 적은 장비 사용 - 건설장비 공회전 금지 - 노후장비 사용 자제 나. 운영시 - 연간 1구역 121,913tCO_2eq, 2구역 152,171tCO_2eq의 온실가스 저감	·변경 -발전규모 조정 및 산출식 변경 나. 운영시 -연간 1구역 320,131.6tCO_2eq, 2구역 428,378.9tCO_2eq의 온실가스 저감
□ 1차 변경협의 : 환경부 환경영향평가과-2928(2024.09.27.)	
1. 사업개요	
○ 위치 : 전라남도 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 부근 ○ 규모 : 546MW(14MW × 39기) ○ 주요 변경내용(육상부 사업계획 변경) -송전설비: 육상 1.1km → 1.5km -변전설비: 육상 154kV 옥내형 GIS 추가 -기타설비: 육상개폐소 → 육상변전소 변경	·변경 ○ 규모 : 532MW(14MW × 38기)

1.3 환경에 미칠 주요영향 및 저감방안

◆ 육상 동물상(조류)

환경현황

◦ ESIA 조사

조사시기		2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
출현 현황	과수	26	26	25	27	25	28	20	20	20	22	19	20	50
	종수	49	52	47	43	47	53	33	36	37	36	33	33	162
	개체수	956	882	961	5,859	3,196	2,534	627	1,331	877	496	412	703	9,652
법정보호종		7종	3종	7종	10종	8종	8종	4종	3종	3종	2종	4종	4종	25종

◦ 환경부지정 멸종위기 야생생물 및 법정보호종 현황

- 당초 평가시 : 알락꼬리마도요, 검은머리물떼새, 저어새 등 총 17종 출현
- 문헌조사 : 저어새, 새매, 물수리, 알락꼬리마도요 등 총 18종 출현 확인
- ESIA 조사 : 저어새, 노랑부리저어새, 흰목물떼새, 새매 등 총 25종 출현

영향예측

◦ 조류충돌모델링(CRM)

- 사업계획 변경에 따른 충돌 가능성은 감소

구 분	당 초		변 경		비 고
	이용률	충돌횟수	이용률	충돌횟수	
괭이갈매기	33.2%	18	34.2%	16	감) 2회
재갈매기	33.2%	1	34.2%	1	-

저감방안

◦ 조류충돌 방지대책 수립

1) 색채계획 및 항공보안등 : 블레이드 및 주탑의 전체 흰색 채색

항공보안등 : 흰색 또는 붉은색 표시등 설치

(「항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준」 준수)

2) UV 반사 페인트 : 320~400㎚ 해당 파장 범위의 반사율 있는 페인트 도색

3) 조류충돌 방지대책 : 카메라 모니터링 장비를 통한 사전 모니터링 계획

(Machine learning을 통한 조류종 식별 능력 향상)

모니터링 후 카메라 및 스피커 배치계획 결정/설치

주) 음영 : 금회 변경사항

◆ **해양동 · 식물상**

<table>
<tr><td rowspan="8">영향예측</td><td>구 분</td><td>내 용</td></tr>
<tr><td>부유사
확산영향</td><td>- 부유사확산 실험결과, 발전단지 및 해저 송전선로(외부망) 0.5ppm 이상 농도 국한적, 연안부 송전선로 1ppm 등농도선 나타남
- 공사구역 인근에 국한되는 양상을 나타나 일부 해양생물에 직·간접적인 영향이 있을 것으로 예상됨</td></tr>
<tr><td>유류유출
영향</td><td>- 예상치 못한 안전사고 발생으로 유류가 유출될 경우, 식물플랑크톤의 광합성이 제한되는 등, 전반적인 해양생물 서식환경에 영향을 미칠 것으로 예상됨</td></tr>
<tr><td>수중소음</td><td>- 수중소음 영향은 사업지구에 국한되어 영향이 미미
<table><tr><td>구 분</td><td>최대 발생범위(m)</td><td>수중소음 목표기준</td></tr><tr><td>공사시</td><td>116</td><td>206SPL$_{peak}$</td></tr><tr><td>운영시</td><td>118</td><td>140SEL</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>전자기장</td><td>- 포설 깊이에 따른 자계 감쇄효과 및 해저질에 의한 자계 차폐효과로 영향 미미</td></tr>
<tr><td>해파리 폴립</td><td>- 외해역에 위치 및 개방된 해수의 흐름을 강하게 받는 사업지구 입지 특성상 폴립 발생 가능성은 매우 낮음</td></tr>
<tr><td>자원 조성
(인공어초)</td><td>- 해저케이블은 2.5~3.5m 이상 깊이 매설하여 별도 보호공 불필요
- 해저질(점토) 특성상 인공어초 설치 여건 부적합</td></tr>
<tr><td rowspan="6">저감방안</td><td>구 분</td><td>내 용</td></tr>
<tr><td>부유사
확산영향</td><td>- 수질오염방지막 적정성 : 당초 평가시 장비부착형 계획 수립함 다만, 케이블 등 포설시 해저면 부유사 발생과는 관련 없고, 유속이 빠른 해역으로 효율 발생이 거의 없을 것으로 예상됨
- 부유사 저감방안 : 일 작업시간 조정을 통한 공사강도 조절, SPM 모니터링 실시, 필요시 수질오염방지막 설치</td></tr>
<tr><td>유류유출</td><td>- 방제장비 확보 및 관할 해경과 연계 방제체제 구축</td></tr>
<tr><td>수중소음</td><td>- 항타공사시 현지 실정에 적합한 저감방안 이행</td></tr>
<tr><td>전자기장</td><td>- 해저케이블은 2.5~3.5m 깊이 매설로 영향 최소화</td></tr>
<tr><td>해파리 폴립</td><td>- 정기적 모니터링 실시 및 필요시 현장에 적합한 저감방안 수립</td></tr>
<tr><td>자원 조성</td><td>- 수산자원 종묘 방류사업의 실시</td></tr>
</table>

주) 음영 : 금회 변경사항

<table>
<tr><th colspan="3">◆ 해양포유류 및 파충류</th></tr>
<tr><td>환경현황</td><td colspan="2">◦ 당초 평가시 : 상괭이 9~29개체 출현
◦ ESIA 조사 : 상괭이 1~17개체 출현
◦ 현황 조사시 상괭이 외 다른 고래류 및 해양파충류 미출현</td></tr>
<tr><td rowspan="4">영향예측</td><td>구 분</td><td>내 용</td></tr>
<tr><td>부유사
확산</td><td>- 부유사 확산실험 결과, 부유물질의 확산범위 공사구역 국한
- 간접적 영향 경미</td></tr>
<tr><td>수중소음</td><td>- 수중소음 영향은 사업지구에 국한되어 영향이 미미
- 750m 이내에서 공사시 수중소음목표기준(196SPL_{peak}) 만족
(「해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인」 참조)
<table>
<tr><th>구 분</th><th>최대 발생범위(m)</th><th>수중소음 목표기준</th></tr>
<tr><td>공사시</td><td>445</td><td>196SPL_{peak}</td></tr>
<tr><td>운영시</td><td>865</td><td>120SEL</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>전자기장</td><td>- 포설 깊이에 따른 자계 감쇄 및 차폐효과로 영향 미미</td></tr>
<tr><td rowspan="4">저감방안</td><td>구 분</td><td>내 용</td></tr>
<tr><td>부유사
확산</td><td>- 일 작업시간 조정을 통한 공사강도 조절, SPM 모니터링 실시,
<u>필요시 수질오염방지막 설치</u></td></tr>
<tr><td>수중소음</td><td>- 파일 항타시 수중소음 저감대책(안)
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">항타전</td><td><u>MMO</u>
(Marinc Mammal Obscrvcr)</td><td>◦ 해양 포유류의 공사구역 인근 접근 확인후, 작업 시행 여부 판단</td></tr>
<tr><td>ADD
(Acoustic Deterrent Device)</td><td>◦ 경고음을 발생하여 해양 포유류의 회피 유도</td></tr>
<tr><td>Soft-start</td><td>◦ 해머 에너지를 줄여서 항타를 시작하는 공법
◦ 파일링 해머 에너지가 점진적으로 증가하여 존재하는 해양생물이 낮은 수준의 소음을 통해 회피하도록 유도</td></tr>
<tr><td>항타시</td><td>HSD
(Hydro Sound Damper),
격리망(Isolation casing)</td><td>◦ 프레임으로 둘러싼 파일을 항타 시행
◦ 수중 음파의 전달을 차단해 소음감쇠효과</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>전자기장</td><td>- 해저케이블 2.5~3.5m 깊이 매설</td></tr>
</table>

주) <u>음영</u> : 금회 변경사항

◆ 온실가스	
영향예측	◦ 공사시 장비투입에 의한 온실가스 배출량 - 육상부 : 1,439.1tCO_2eq - 해상부 : 15,198.2tCO_2eq
저감방안	◦ 공사시 - 공사장비 공회전 제한에 의한 CO_2 삭감율 적용 : 44.4tCO_2eq 저감, 총 1,394.7tCO_2eq이 발생 ◦ 운영시 - 해상풍력 발전에 따른 온실가스 감축량 : 1구역 320,131.6tCO_2eq/y, 2구역 428,378.9tCO_2eq/y (「공공부문 온실가스 목표관리 운영 등에 관한 지침, 2024.2, 환경부」 적용·산정)

◆ 해양물리		
영향예측	구 분	내 용
	파랑변형	- 해상풍력발전단지 내외측 최대유의파고 변화 : (-)0.03~0.07m
	해수유동	- 사업시행 전후 조위 변화는 없음 - 최강유속 변화 : 최강 창·낙조시 유속은 (-)10cm/sec 내외
	퇴적물 이동	연간 퇴적량 변화 : 각 발전기 지점별로 (-)0.2cm/year 내외
	국부세굴	- WTG 핀 파일 직경 3.5m : 1.68~1.74m - OSS 핀 파일 직경 4.0m : 1.05~1.91m

◆ 해양수질 및 퇴적물				
영향예측	◦ 공사시 부유사 확산 영향			
	공사 중 실험안		가중농도 최대 확산면적 (㎢)	
			표층	저층
	공사강도 조절 전	0.5(mg/L)	33.7	34.6
		1(mg/L)	17.3	17.6
	공사강도 조절 후	0.5(mg/L)	22.6	23.1
		1(mg/L)	11.8	12.2
	◦ 공사시 유류유출에 의한 영향 - 공사시 안전사고 발생시 유류가 해상에 유출될 경우 식물플랑크톤이나 조류의 광합성이 제한되고, 전반적인 해양생물에 영향을 미칠 것으로 예상됨			
저감방안	◦ 공사시 부유토사 확산 저감대책 - 수질오염방지막 설치계획 검토 1) 대수심구간 : 일 작업시간 조정을 통한 공사강도 조절 2) 저수심구간 : SPM 모니터링 실시, 필요시 수질오염방지막 설치 - 해저케이블 포설 장비 도입 : Trencher 등 부유사 저감에 기여 가능 장비 적용 - 부유물질 관리 기준 설정 : SPM 농도의 편차가 큰 서남해역에서는 적용이 불가 ◦ 해양 유류유출 사고 방제대책 - 방제장비 확보 및 관할 지방해양경찰서와 연계 방제체제 구축			

주) 음영 : 금회 변경사항

<table>
<tr><th colspan="6">◆ 토지이용</th></tr>
<tr><td>영향예측</td><td colspan="5">◦ 해상부 시설물 설치계획
- 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경 및 설비용량 감소
- 해저송전선로 노선 변경, 해상변전소 설비용량 및 위치 변경

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>당 초</th><th>변 경</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="4">풍력
발전</td><td>발전용량</td><td>546MW</td><td><u>532MW</u></td><td rowspan="4">발전용량 및
발전기 배치
계획 변경</td></tr>
<tr><td>발전구역</td><td>총 80㎢</td><td>총 80㎢</td></tr>
<tr><td>발전기 형태</td><td>수평축 프로펠러 형</td><td>수평축 프로펠러 형</td></tr>
<tr><td>전력생산량</td><td>1,584.3GWh/년</td><td><u>1,591.1GWh/년</u></td></tr>
<tr><td rowspan="2">송전
설비</td><td>내부망</td><td>1구역 32.0㎞, 2구역 36.2㎞</td><td><u>1구역 40.2㎞, 2구역 50.0㎞</u></td><td></td></tr>
<tr><td>외부망</td><td>육상 1.5㎞, 해저 45.8㎞</td><td>육상 1.5㎞, <u>해저 41.9㎞</u></td><td>해상부 선형
변경</td></tr>
<tr><td colspan="2">변전설비</td><td>154kV 옥내형GIS(해상)
154kV 옥내형GIS(육상)</td><td><u>230kV 옥내형GIS(해상)</u>
154kV 옥내형GIS(육상)</td><td>해상변전소
설계 변경</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>저감방안</td><td colspan="5">◦ 관련 법령에 따른 보상절차 이행
◦ 지역주민과 지속적인 협조체계 구축</td></tr>
</table>

주) <u>음영</u> : 금회 변경사항

<table>
<tr><th colspan="2">◆ 지형 · 지질</th></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦ 발전구역
- 해저면 가장 처음 출현 지층은 대부분 점토층
- 전체 구간에 걸쳐 연약층이 폭넓게 분포
◦ 해저송전선로
- 대부분 점토 및 실트층, 일부 구간 모래 및 실트질 모래 분포</td></tr>
<tr><td>영향예측</td><td>◦ 지형변화
- 해상 구조물 기초 국부세굴 실험 결과 최대 1.91m로 세굴 영향은 거의 없음
- 해저송전선로 매설 : 깊이 약 2.5~3.5m 소규모 굴착공정 진행 계획, 조류에 의해 자연적으로 복구되어 지형변화는 미미</td></tr>
<tr><td>저감방안</td><td>◦ 해저송전선로 설치 공법
- 대수심구간 : Trencher 등 부유사 저감에 기여 가능 장비 적용
- 연안부 : 굴착 및 포설
◦ 운영기간 종료 후 발전단지 해체 및 철거</td></tr>
</table>

◆ 친환경적 자원순환	
영향예측	◦ 공사시 공사장비에 의한 폐유 발생 : 607.2L/일 ◦ 운영시 폐유 발생 : 사업지구 운영시 유지보수를 위한 선박의 운항 및 풍력 발전기의 윤활유 교체 등
저감방안	◦ 공사시 : 폐유 수집·보관 후 전문처리업체에 전량 위탁 처리 ◦ 운영시 : 선박 내 폐유저장용기 비치 후 전량 수거, 전문 처리업체 위탁 처리

◆ 경관			
영향예측	구 분		내 용
	경관		- 사업지구 주변 생활장소에서는 거의 조망되지 않음 - 육안 조망되는 구조물의 높이가 매우 낮아 경관적 이질감은 크지 않음
	빛 공해	항공장애 표시등	- 항공장애등으로 인한 빛공해 영향은 나타나지 않음 (0.0003~0.00091ux : 매우 어두운 밤 보다 낮은 수준)
		그림자 깜박임	- 그림자 깜빡임 영향범위 : 터빈으로부터 최대 2.4㎞ 이내 - 주변 주거시설 및 건물 등에 영향 없음(4㎞ 이상 이격)
저감방안	◦ 색채계획 검토 - 블레이드 및 주탑 흰색 채색 (「항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준」 준수) - 하부 기초물 노란색 채색 (「항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준」 준수)		

◆ 전파장해	
영향예측	◦ 포설 깊이에 따른 자계 감쇄효과 및 차폐효과로 영향 미미
저감방안	◦ 해저케이블은 2.5~3.5m 깊이 매설

◆ 산업	
영향예측	◦ 발전산업 및 지역경제 활성화에 긍정적인 영향 ◦ 어업권의 직·간접적 영향
저감방안	◦ 일 작업시간 조정을 통한 공사강도 조절, SPM 모니터링 실시, **필요시 수질오염방지막 설치** ◦ 어업피해보상 진행

주) 음영 : 금회 변경사항

◆ 소음 · 진동

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td rowspan="2">영향예측</td><td>공사시</td><td>
◦ 공사시 해상부 파일 항타시 수중소음
- 공사구역 주변으로 국한되어 영향에 미미
<table>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td>최대 확산거리(m)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">파일 직경</td><td>3.5m (WTG)</td><td>4.0m (OSS)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수중소음 모델링 결과</td><td>196SPL$_{peak}$ 기준</td><td>360</td><td>445</td></tr>
<tr><td>206SPL$_{peak}$ 기준</td><td>103</td><td>116</td></tr>
</table>
- 750m 이내에서 공사시 수중소음목표기준(196SPL$_{peak}$) 만족
(「해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인」 참조)
<table>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td>항타시 750m 지점 최대 발생 소음(SPL$_{peak}$)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">파일 직경</td><td>3.5m (WTG)</td><td>4.0m (OSS)</td></tr>
<tr><td colspan="2">모델링</td><td>187.0</td><td>189.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예측식</td><td>F=10</td><td>192.7</td><td>193.9</td></tr>
<tr><td>F=21</td><td>161.1</td><td>162.3</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>운영시</td><td>
◦ 공중소음 : 모든 정온시설 소음환경기준 이내
<table>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td>예측결과</td><td>소음환경기준</td></tr>
<tr><td rowspan="2">정온시설 예측소음도</td><td>모델링</td><td>31.3~36.3dB(A)</td><td rowspan="2">야간 45dB(A)</td></tr>
<tr><td>예측식</td><td>17.7~31.9dB(A)</td></tr>
</table>
◦ 수중소음 : 영향범위는 모두 사업지구 인근에 국한되어 나타남
<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">구 분</td><td colspan="2">예측결과</td></tr>
<tr><td>120SEL</td><td>140SEL</td></tr>
<tr><td rowspan="2">최대 확산 범위</td><td>모델링</td><td>865m</td><td>118m</td></tr>
<tr><td>예측식</td><td>68m</td><td>-</td></tr>
</table>
◦ 저주파소음 : 정온시설별 저주파 기준 이내로 영향 없음
<table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="9">저주파(Hz)</td></tr>
<tr><td>12.5</td><td>16</td><td>20</td><td>25</td><td>31.5</td><td>40</td><td>50</td><td>63</td><td>80</td></tr>
<tr><td>예측결과</td><td>79.8</td><td>78.0</td><td>72.4</td><td>68.1</td><td>61.7</td><td>55.5</td><td>54.1</td><td>47.3</td><td>40.7</td></tr>
<tr><td>기준</td><td>85</td><td>82</td><td>78</td><td>73</td><td>65</td><td>59</td><td>56</td><td>50</td><td>45</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">저감방안</td><td>
◦ 공사시
- 해양포유류 관찰자(MMO) 투입, 필요시 소프트 스타트, 사전경고음(ADD) 발생
- 파일 항타시 현지 설정에 적합한 저감시설 적용(HSD, Isolation Casing 등)
◦ 운영시
- 지속적인 사후환경영향조사 시행(수중 및 공중소음 영향여부 검토)
</td></tr>
</table>

1.4 사후환경영향조사 계획

1.4.1 사후환경영향조사 개요

본 사업의 사후환경영향조사는 공사 단계별로 구분(육상부 및 해상부)하여 시행할 계획이며, 단계별 세부계획은 다음과 같다.

〈표 1.4-1〉 사후환경영향조사 계획 요약

구 분	내 용	비 고
시행주체	◦안마해상풍력㈜	-
조사기간	◦공사시 : 공사 착공시~준공시(실제 공사 준공) -1단계(육상부 공사시) 및 2단계(해상부 공사시) ◦운영시 : 준공후 5년간	◦단계별 착공에 따라 공사시 조사기간 상이
조사내용 (조사항목)	◦대기질, 수질, 토양, 지형·지질, 친환경적자원순환, 온실가스, 육상 동·식물상, 해양 동·식물상, 해양포유류, 해양수질 및 퇴적물, 해양물리, 소음·진동, 전자기장	◦단계별 착공에 따라 조사항목 상이
조사주기/지점	◦항목별 상이	-

〈표 1.4-2〉 단계별 사후환경영향조사 계획

구 분		1단계	2단계
개 요		◦육상부 공사시 (25년 착공예정) -변전소 및 육상송전선로 등	◦해상부 공사시 (27년 착공예정) -해상풍력발전기, 해상변전소, 해저케이블 등
승인절차		◦개발행위허가 (㉮ 제56조) ◦건축허가 (건축법 제11조) ◦공사계획 인가 (전기사업법 제61조)	◦공유수면 점용·사용허가 및 실시계획 승인 (㉯ 제8조,제17조) ◦공사계획 인가 (전기사업법 제61조)
조사기간	공사시	◦육상부 착공시~전체공사 준공시	◦해상부 착공시~전체공사 준공시
	운영시	◦전체공사 준공(시운전 제외[2])후 5년간	◦좌 동
조사항목		◦대기질, 수질, 토양, 지형·지질, 친환경적자원순환, 온실가스 ◦육상 동·식물상(육상부에 한함) ◦소음·진동(육상부에 한함)	◦전체 항목 (해상부 조류 조사, 수중소음, 전자기장, 해양환경 항목 등)

주) 1. ㉮ : 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, ㉯ : 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률
2. 공사완료 후 약 1년간 시운전을 실시할 계획으로, 운영시 사후환경영향조사는 상업운전시(공식 운영시) 시작할 계획임

1.4.2 사후환경영향조사 계획 주요 변경사항

구 분		기협의 환경보전방안시	금 회	비 고
조사기간	공사시	◦육상부 착공시~전체공사 준공시	◦해상부 착공시~전체공사 준공시	사업기간 반 영
	운영시	◦전체공사 준공후 5년간	◦전체공사 준공(시운전기간 제외)후 5년간	
대기질		◦대기질 현황조사(유지목표 농도) -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 조사지점 1개소	◦대기질 현황조사(유지목표 농도) -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 및 추가지점 총 2개소	환경보전 방 안 검토의견 반 영
수질		◦지표수질 -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 조사지점 2개소	◦지표수질 조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 및 추가지점 총 3개소	
해양수질·해양퇴적물		◦해양수질·해양퇴적물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 조사정점 15개소	◦해양수질·해양퇴적물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 및 추가정점 총 15개소	
전자기장		◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점	◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점 (조사위치 변경)	
해양 동·식물상		◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 조사정점 15개소	◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 및 추가정점 총 15개소	
		◦인공어초 모니터링 -조사위치 : 인공어초 인근 해역 -조사시기 : 운영시 -조사주기 : 1회/반기	◦ <삭 제>	금 회 변경사항 반 영
해양물리		◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 공사시 1회/반기, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 준공전 1회, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	

주) 1. 음영 : 금회 사업계획 변경 및 기협의 보전방안 의견을 반영한 변경사항
2. 항목별 세부 조사내용은 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

제 2 장 사업계획 변경 개요

2.1 사업계획 변경사유
2.2 사업계획 변경내용
2.3 환경영향평가(변경협의) 등 실시근거
2.4 환경영향평가 협의내용의 변경사항

제2장 사업계획 변경 개요

2.1 사업계획 변경사유

가. 사업규모의 조정

본 사업의 발전사업허가는 2023년 최종 변경허가를 득 하였으며, 최종 허가용량은 총 528MW이다(허가서류 사본은「제6장 부록」편 참조).

당초 환경영향평가는 총 발전용량을 546MW로 협의를 완료하였으며, 「전기사업법」 제7조 및 동법 시행규칙 제5조제1항제3호나목 규정에 따라, 발전사업 변경허가 없이 사업 추진이 가능한 것으로 검토되어 사업을 추진하고자 하였다.

다만, 전국적으로 송전계통이 부족한 상황으로 전력의 계통 연계를 위하여 한국전력과 협의를 완료한 결과, 최대한 기존 허가용량에 준하여 사업을 시행하도록 요청받음에 따라, 부득이 발전용량을 축소하여 계획을 변경하고자 한다.

<표 2.1-1> 전기사업법 관련 조항

법	**제7조(전기사업의 허가)** ① 전기사업을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 전기사업의 종류별 또는 규모별로 산업통상자원부장관 또는 시·도지사(이하 "허가권자"라 한다)의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항 중 산업통상자원부령으로 정하는 중요 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.<개정 2013. 3. 23., 2020. 2. 18.>
시행규칙	**제5조(변경허가사항 등)** ① 법 제7조제1항 후단에서 "산업통상자원부령으로 정하는 중요 사항"이란 다음 각 호의 사항을 말한다.<개정 2013. 3. 23., 2022. 12. 1.> 1. 사업구역 또는 특정한 공급구역 2. 공급전압 3. 발전사업 또는 구역전기사업의 경우 발전용 전기설비에 관한 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 사항 가. 설치장소(동일한 읍·면·동에서 설치장소를 변경하는 경우는 제외한다) 나. 설비용량(변경 정도가 <u>허가 또는 변경허가를 받은 설비용량의 100분의 10 이하인 경우는 제외</u>한다)

자료 : 전기사업법

나. 변전 및 송전계획의 변경

환경영향평가 협의시에는 해상변전소에서 최종 목표 전압으로 변압 후 육상부에는 개폐소만 설치하여 변압절차 없이 외부 계통에 연계처리하는 것으로 계획하였으나, 사업계획에 대한 세부 검토결과, 154kV로 해저 송전선로 설치시 보다 많은 송전선로 인입을 위해 해상부 공사영향이 상대적으로 크고, 송전과정 중 전력손실 등이 발생함에 따라 대안을 검토하였다.

2.2 사업계획 변경내용

가. 총괄

금회 사업계획 변경사항은 사업지구 전체 발전용량이 변경됨에 따라, 이에 맞춰 발전기 기수 축소 및 배치계획을 변경하는 것으로 계획하였으며, 발전기 배치계획 변경사항에 맞춰서 해상부 변전 및 송전계획을 변경하였다.

※ 금회 변경사항은 해상부 변경사항에 한해 환경보전방안을 마련하였으며, 육상부 공사 계획 변경사항은 2024년 9월 협의를 완료하였음

<표 2.2-1> 사업계획 변경내용 총괄표

구 분		당 초	변 경	비 고
풍력발전	발전용량	546MW	532MW	발전용량 변경 및 발전기 배치계획 변경
	발전구역	총 80㎢	총 80㎢	
	발전기 형태	수평축 프로펠러 형	수평축 프로펠러 형	
	전력생산량	1,584.3GWh/년	1,591.1GWh/년	
송전설비	내부망	1구역 32.0km, 2구역 36.2km	1구역 40.2km, 2구역 50.0km	
	외부망	육상 1.5km, 해저 45.8km	육상 1.5km, 해저 41.9km	해상부 선형 변경
변전설비		154kV 옥내형GIS(해상) 154kV 옥내형GIS(육상)	230kV 옥내형GIS(해상) 154kV 옥내형GIS(육상)	해상부 변전소 설계 변경

주) 당초 : 영광 안마 해상풍력 발전사업 환경보전방안검토서, 2024.08, 안마해상풍력(주)

나. 발전용량 및 발전기 배치계획의 변경

당초 허가된 발전시업허가 용량에 맞춰 발전기 수량 및 위치를 조정하였으며, 해상변전소의 위치를 조정하였다.

<표 2.2-2> 발전기 설치계획 비교

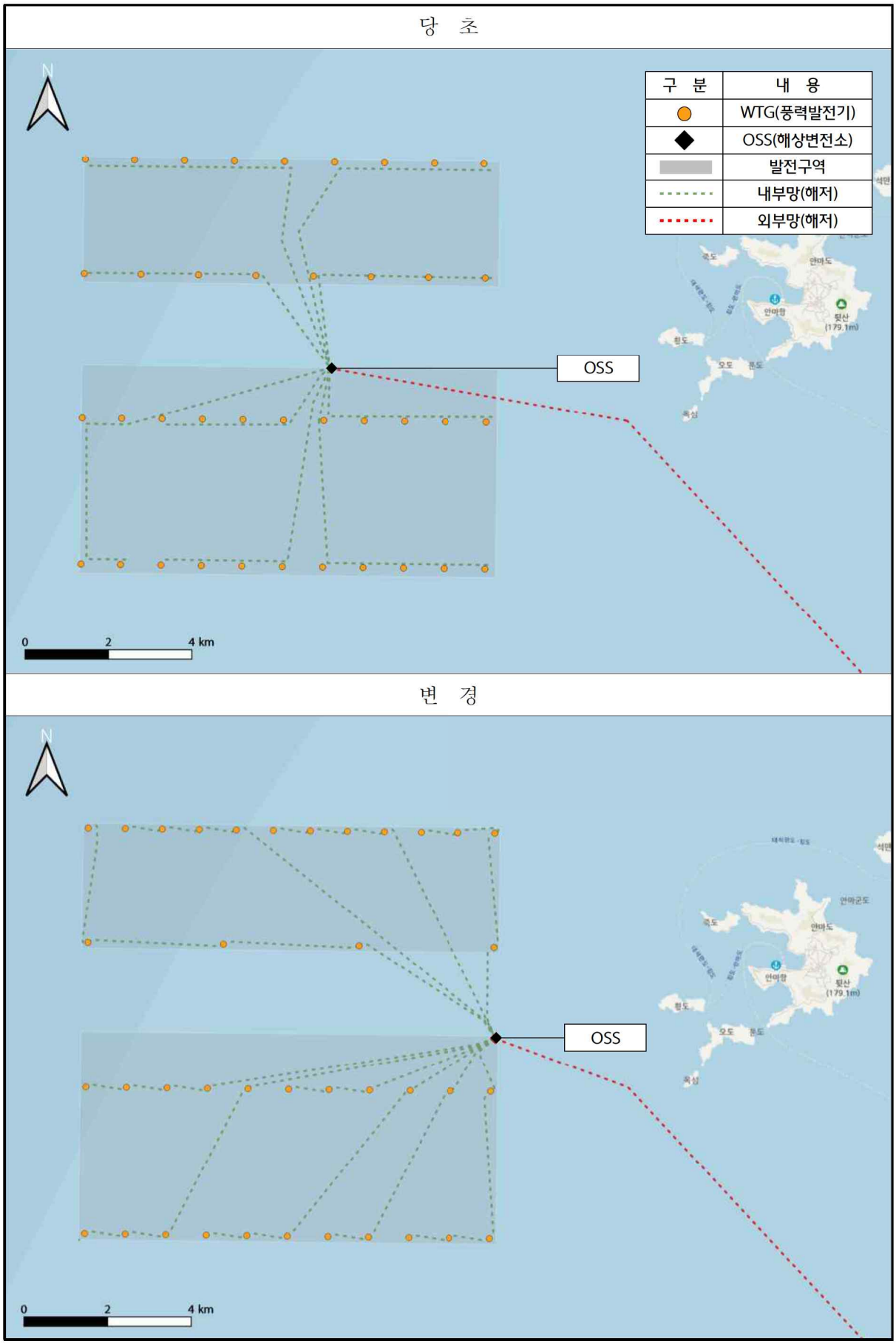
구 분		호기	단위 설비용량 (MW/기)	설비용량 (MW)	발전량 (GWh/년)	비 고
당초	1구역	17	14	238	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22		308	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39		546	1,584.3	-
변경	1구역	16	14	224	680.5	이용율 34.7%
	2구역	22		308	910.6	이용율 33.8%
	합 계	38		532	1,591.1	-
비 고	-	감) 1기	-	감) 14MW	증) 6.8GWh/y	-

〈표 2.2-3〉 발전기별 좌표 (당초)

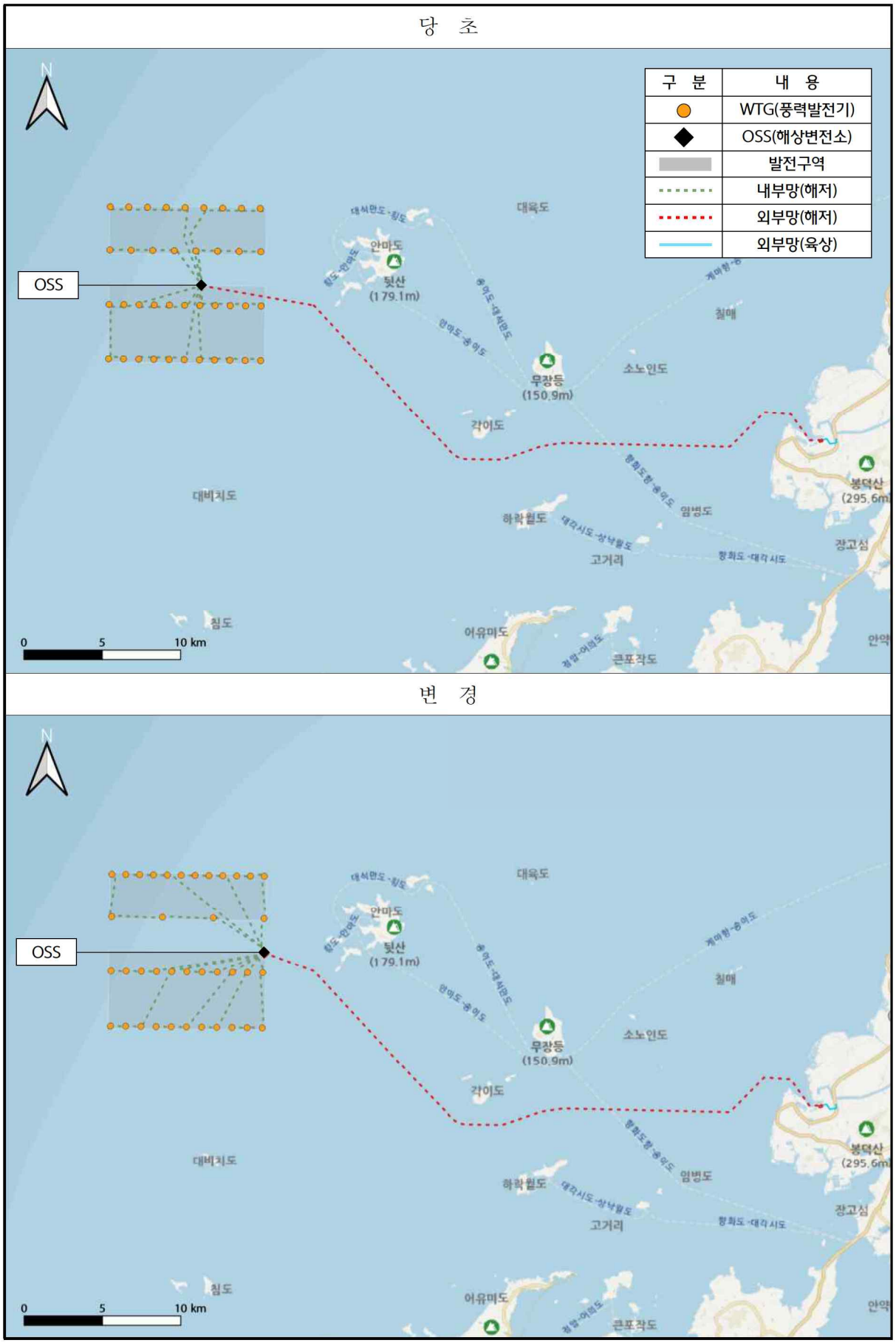
1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 5.38" E	35° 22'24.18" N	21. C04	125° 52' 0.23" E	35° 19' 2.63" N
2. A02	125° 50'52.92" E	35° 22'24.19" N	22. C05	125° 52'38.63" E	35° 19' 2.65" N
3. A03	125° 51'40.42" E	35° 22'24.17" N	23. C06	125° 53'17.03" E	35° 19' 2.68" N
4. A04	125° 52'27.95" E	35° 22'24.18" N	24. C07	125° 53'55.39" E	35° 19' 2.70" N
5. A05	125° 53'15.45" E	35° 22'24.18" N	25. C08	125° 54'33.79" E	35° 19' 2.72" N
6. A06	125° 54' 2.99" E	35° 22'24.18" N	26. C09	125° 55'12.15" E	35° 19' 2.73" N
7. A07	125° 54'50.49" E	35° 22'24.17" N	27. C10	125° 55'50.55" E	35° 19' 2.75" N
8. A08	125° 55'38.03" E	35° 22'24.15" N	28. C11	125° 56'28.91" E	35° 19' 2.79" N
9. A09	125° 56'25.53" E	35° 22'24.14" N	29. D01	125° 50' 5.56" E	35° 17' 8.65" N
10. B01	125° 50' 5.55" E	35° 20'55.23" N	30. D02	125° 50'43.94" E	35° 17' 8.59" N
11. B02	125° 51' 0.17" E	35° 20'55.21" N	31. D03	125° 51'22.33" E	35° 17' 8.56" N
12. B03	125° 51'54.82" E	35° 20'55.22" N	32. D04	125° 52' 0.67" E	35° 17' 8.53" N
13. B04	125° 52'49.43" E	35° 20'55.22" N	33. D05	125° 52'39.05" E	35° 17' 8.49" N
14. B05	125° 53'44.05" E	35° 20'55.21" N	34. D06	125° 53'17.40" E	35° 17' 8.46" N
15. B06	125° 54'38.70" E	35° 20'55.19" N	35. D07	125° 53'55.78" E	35° 17' 8.41" N
16. B07	125° 55'33.31" E	35° 20'55.20" N	36. D08	125° 54'34.17" E	35° 17' 8.40" N
17. B08	125° 56'27.96" E	35° 20'55.21" N	37. D09	125° 55'12.51" E	35° 17' 8.35" N
18. C01	125° 50' 5.10" E	35° 19' 2.58" N	38. D10	125° 55'50.90" E	35° 17' 8.33" N
19. C02	125° 50'43.46" E	35° 19' 2.59" N	39. D11	125° 56'29.24" E	35° 17' 8.27" N
20. C03	125° 51'21.86" E	35° 19' 2.63" N			

〈표 2.2-4〉 발전기별 좌표 (변경)

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N



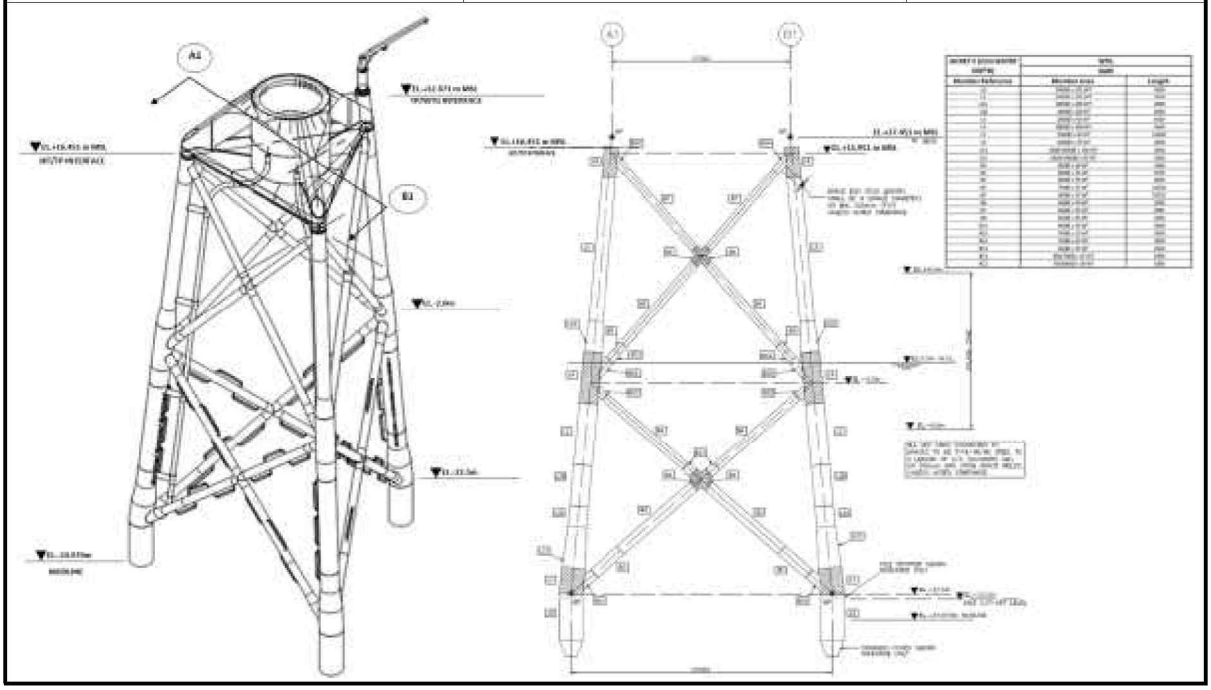
(그림 2.2-1) WTG 및 OSS 배치계획 비교



(그림 2.2-2) 해저송전선로 배치계획 비교

<표 2.2-5> 기초 구조물 제원 (당초)

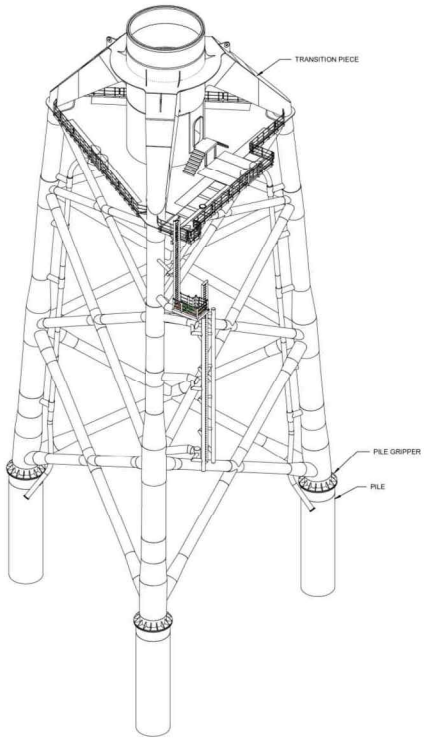
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+32.971m	
Top of External Platform	MSL+17.451m	
Top of Pile	MSL(−)16.5m ~ MSL(−)22.5m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Mudline Elevation	MSL(−)18.98m ~ MSL(−)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	15.52m	Steel Deck 두께 포함
Height Jacket Leg	38.18m ~ 44.18m	수심에 따라 차이가 있음
Total Height of Jacket [TP+Leg]	46.1m ~ 52.1m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	70.979m	
Pin Pile outside diameter	3.0m (Thk.55~100mm)	
Sacrificial Pile Length	56.979m	
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,139 ~ 1,249 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	1,134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	



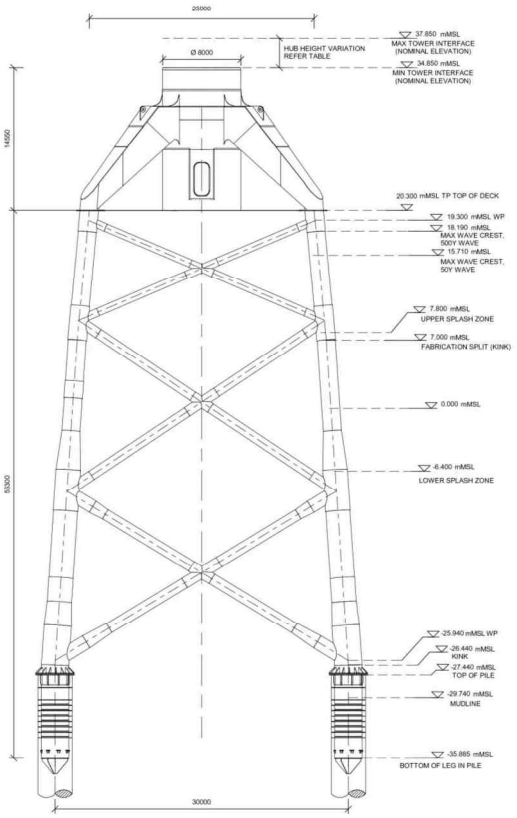
주) WTG(Wind Turbine Generator) : 해상풍력발전기

<표 2.2-6> 기초 구조물 제원 (변경)

Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL(+)34.85~37.85m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Top of External Platform	MSL(+)20.3~23.3m	
Top of Pile	MSL(-)27.44~24.44m	
Mudline Elevation	MSL(-)29.74~26.74m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	8m	
Width of Jacket at Bottom	23m	
Height of Transition Piece	14.55m	
Height Jacket Leg	56.3m	
Total Height of Jacket [TP+Leg]	70.85m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	56.5 ~ 92.6m	수심에 따른 길이 차이
Pin Pile outside diameter	3.5m (Thk.60mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,471 ~ 1,649 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	887.1 ~ 1,438.5 ton	3 Piles per 1 Jacket



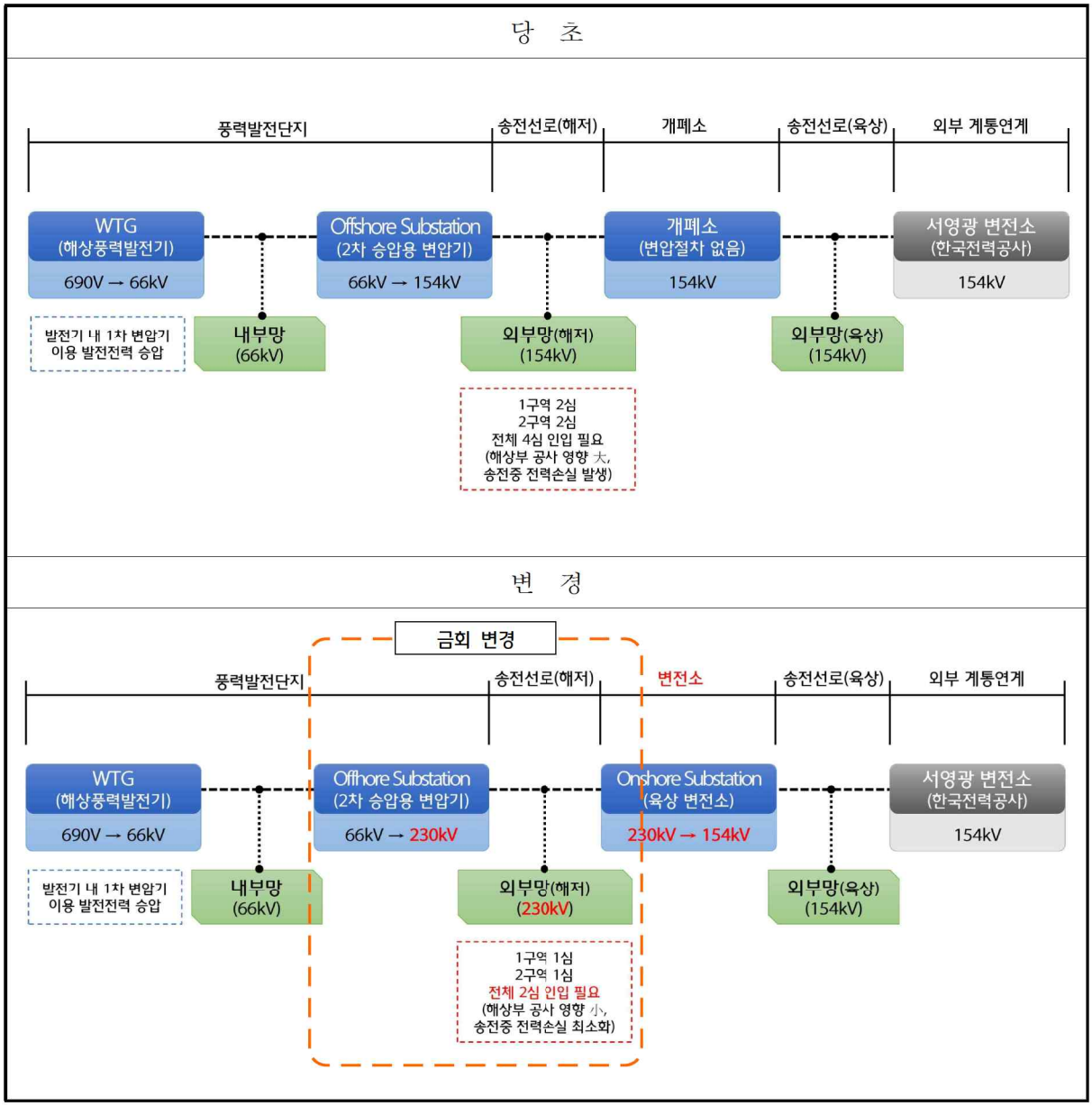
ID	Tower interface [mMSL]
A01	34.850
A02	35.237
A03	36.847
A04	37.850
A05	34.850
A06	35.253
A07	36.114
A08	36.788
A09	37.392
A10	34.850
A11	34.850
A12	34.850
B01	37.331
B02	36.234
B03	34.850
B04	35.253
C01	34.928
C02	35.738
C03	36.692
C04	37.850
C05	34.850
C06	35.162
C07	35.510
C08	35.851
C09	35.974
C10	35.932
C11	35.380
D01	36.828
D02	37.416
D03	34.850
D04	35.161
D05	35.718
D06	35.760
D07	36.050
D08	36.309
D09	36.810
D10	37.170
D11	37.850



다. 변전 계획의 변경

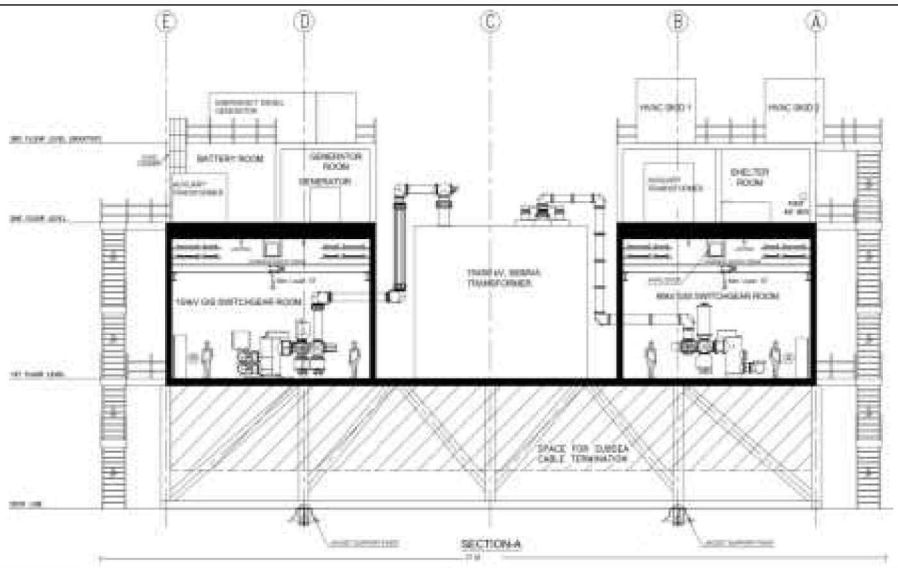
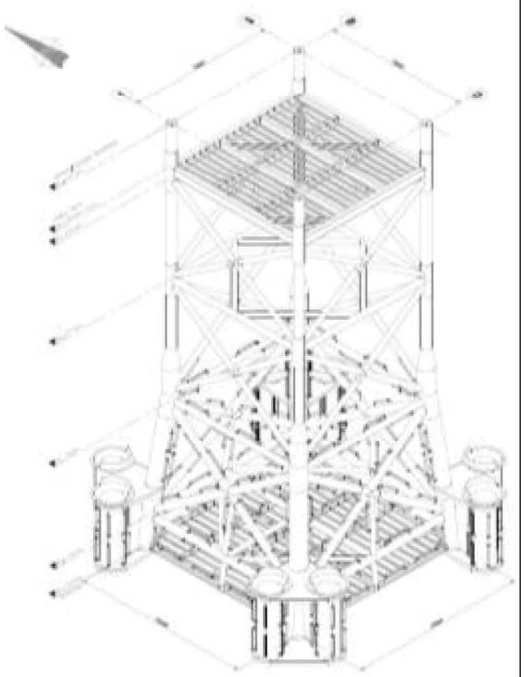
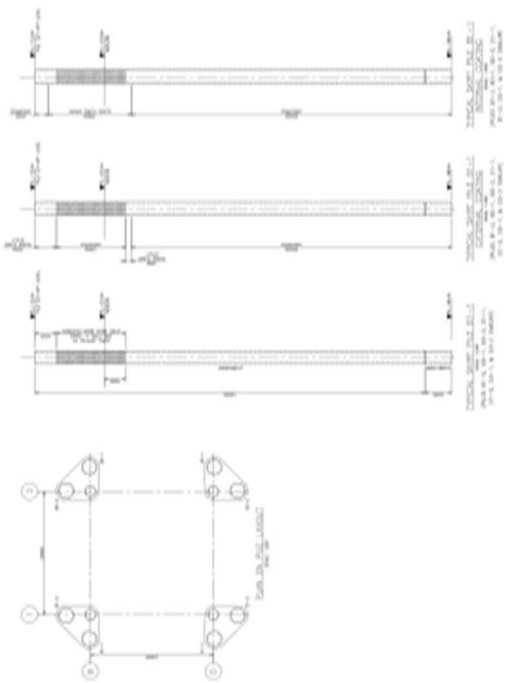
당초, 환경영향평가 협의시에는 해상변전소에서 최종 목표 전압(154kV)으로 변압하여 이후 외부망(해저) - 개폐소(변압절차 없음) - 외부망(육상)을 거쳐서 서영광 변전소에 연계처리하는 것으로 계획하였다.

다만, 송전과정 중 전력손실 및 해상부 공사영향 최소화를 위해 해상변전소의 승압전압을 230kV로 변경하여 해저 송전선로 또한 230kV로 송전을 실시하고, 육상부의 개폐소를 변전소로 변경하여 최종 목표 전압인 154kV로 변경 후 외부 전력계통인 서영광 변전소에 연계처리하는 것으로 계획을 변경하였다(육상부 변전계획 변경과 관련하여서는 환경보전방안을 수립하여 협의를 완료함).

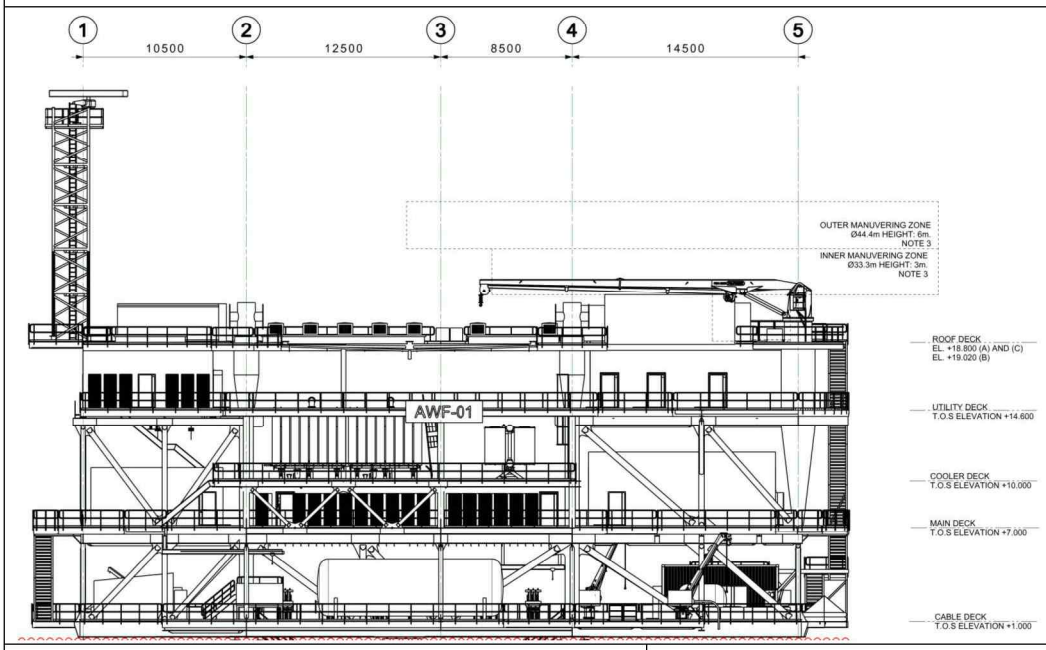
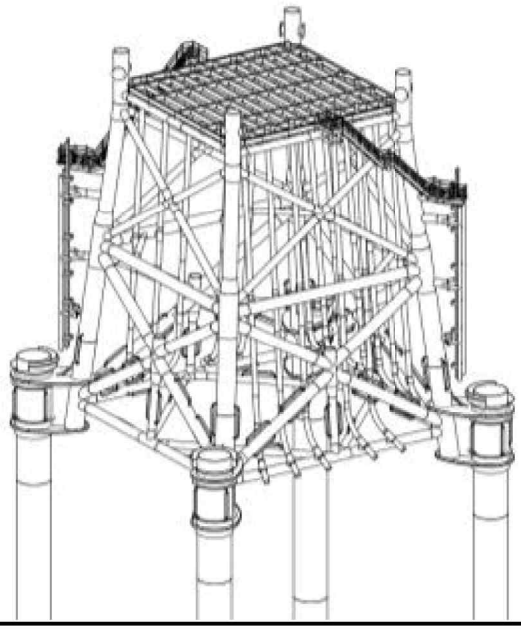
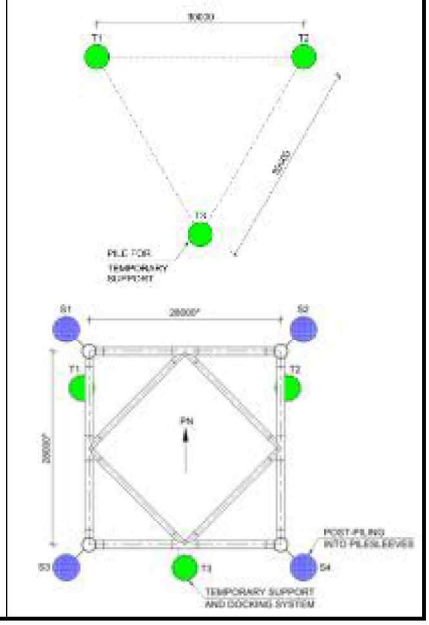


(그림 2.2-3) 안마해상풍력 전력계통도 비교

<표 2.2-7> 해상변전소 설치계획 (당초)

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="3">1, 2단계 통합 변전소 적용</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">125°53′55.2″E, 35°19′45.45″N</td></tr>
<tr><td>구 조</td><td colspan="3">철골 구조물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">크 기</td><td>Topside</td><td>Jacket</td><td>Pile</td></tr>
<tr><td>32m(W) × 37(D)
×30m(H)</td><td>Bottom/Top Width (23m/19m)
× Height (Approx. 55m)</td><td>Depth (73m) × 12EA</td></tr>
<tr><td>무 게</td><td>2,500톤</td><td>Approx. 2,300톤</td><td>Approx. 3,500톤</td></tr>
<tr><td rowspan="3">개념도</td><td colspan="3">상부 구조(Topside)
  </td></tr>
<tr><td>하부 구조(Jacket)</td><td colspan="2">하부 구조(Pile)</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="2">  </td></tr>
</table>

〈표 2.2-8〉 해상변전소 설치계획 (변경)

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="3">1, 2단계 통합 변전소 적용</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">125°56'33"E, 35°19'44"N</td></tr>
<tr><td>구 조</td><td colspan="3">철골 구조물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">크 기</td><td>Topside</td><td>Jacket</td><td>Pile</td></tr>
<tr><td>21m(W) × 46m(D)
×19m(H) (레이더 제외)</td><td>Bottom/Top Width (34m/21m)
× Height (Approx. 42m)</td><td>Depth (74~85m) × 7EA</td></tr>
<tr><td>무 게</td><td>Approx. 3,500톤</td><td>Approx. 2,000톤</td><td>Approx. 4,300톤</td></tr>
<tr><td rowspan="4">개념도</td><td colspan="3">상부 구조(Topside)</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조(Jacket)</td><td>하부 구조(Pile)</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
</table>

2.3 환경영향평가(변경협의) 등 실시근거

2.3.1 기협의 실시근거

당초 환경영향평가는 「전기사업법」에 따른 풍력발전소 건설사업으로 발전용량이 10만킬로와트 이상에 해당되어 환경영향평가 협의를 실시하였다.

<표 2.3-1> 환경영향평가 실시근거

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="3">환경영향평가대상사업의 종류 및 범위</th><th>협의 요청시기</th></tr>
<tr><td>3. 에너지 개발사업</td><td colspan="3">라. 「전기사업법」 제2조제16호에 따른 전기설비 중 다음의 어느 하나에 해당하는 설비의 설치사업(마목에 해당하는 사업은 제외한다)
1) 발전시설용량이 1만킬로와트 이상인 발전소. 다만, 댐 및 저수지 건설을 수반하는 경우에는 발전시설용량이 3천킬로와트 이상인 것, 공장용지 또는 산업용지 안의 발전설비의 경우에는 3만킬로와트 이상인 것, 태양력·풍력, 연료전지 발전소 또는 발전사업용 전기저장장치의 경우에는 발전시설용량이 10만킬로와트 이상인 것
2) 345킬로볼트 이상의 지상송전선로로서 선로길이(공사계획에 지중화구간이 포함된 경우 그 길이를 포함한다)가 10킬로미터 이상인 것
3) 765킬로볼트 이상의 옥외변전소</td><td>「전기사업법」 제61조 또는 「전기안전관리법」 제8조에 따른 공사계획의 인가 또는 신고 전</td></tr>
<tr><td rowspan="4">본 사업</td><td>구 분</td><td>기준규모</td><td>사업규모</td><td>검토결과</td></tr>
<tr><td>풍력발전</td><td>100MW</td><td>546MW</td><td>최소 평가 대상규모 이상</td></tr>
<tr><td>송전선로</td><td>345kV & 10㎞</td><td>154kV</td><td>-</td></tr>
<tr><td>변전소</td><td>765kV</td><td>154kV</td><td>-</td></tr>
</table>

자료 : 환경영향평가법 시행령 [별표 3]

2.3.2 환경영향평가(재협의)

당초 기협의 완료된 사업계획 대비 전체 사업규모의 증가 및 원형보전지역 등의 변경사항은 없는 것으로 계획함에 따라, 환경영향평가 재협의 대상에는 해당사항이 없는 것으로 검토되었다.

<표 2.3-2> 재협의 대상여부 검토

환경영향평가법 조항		검토결과
법	**제32조(재협의)** ① 승인기관장등은 제27조부터 제29조까지의 규정에 따라 협의한 사업계획 등을 변경하는 경우 등 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 환경부장관에게 재협의를 요청하여야 한다.	-
시행령	**제54조(환경영향평가서의 재협의 대상 등)** ② 법 제32조제1항제2호에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증가시키는 경우"란 법 제29조제1항에 따른 협의 내용에 포함된 사업·시설의 규모가 별표 3에 따른 최소 환경영향평가 대상 규모 이상 증가되는 경우(「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」에 따른 공장의 부지면적만 증가시키는 경우로서 추가적인 자연환경의 훼손 또는 오염물질의 배출이 없는 경우는 제외한다)를 말한다. 이 경우 최소 환경영향평가 대상 규모 미만으로 여러 차례 증가된 때에는 그 여러 차례 변경된 규모를 누적하여 산정한다. <개정 2023. 3. 31.>	해당없음 (사업규모 축소 546→532MW)
	③ 법 제32조제1항제3호에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상으로 개발하거나 그 위치를 변경하는 경우"란 법 제29조제1항에 따라 통보된 협의 내용에서 원형대로 보전하거나 제외하도록 한 지역을 개발하거나 그 위치를 변경하려는 규모가 해당 사업의 최소 환경영향평가 대상 규모의 30퍼센트 이상인 경우(누적된 변경으로 개발하려는 규모가 해당 사업의 최소 환경영향평가 대상 규모의 30퍼센트 이상인 경우를 포함한다)를 말한다.	해당없음
	④ 법 제32조제1항제4호에서 "대통령령으로 정하는 사유"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. <개정 2014. 11. 11., 2023. 3. 31.> 1. 제2항 전단 중 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」에 따른 공장의 부지면적만 증가되는 경우로서 추가적인 자연환경의 훼손 또는 오염물질의 배출이 없는 경우에 해당하여 환경영향평가서의 재협의를 하지 않은 사업자가 그 부지에서 자연환경을 훼손하거나 오염물질을 배출시키는 행위를 하려는 경우 2. 공사가 7년 이상 중지된 후 재개되는 경우	해당없음

2.3.3 환경영향평가(변경협의)

금회 사업계획의 변경사항은 발전용량 축소에 따른 발전기 개수 및 배치계획을 변경하고, 외부망 송전설비 중 해저 송전선로와 해상변전소 계획을 변경하고자 한다.

따라서, 환경영향평가법 제33조의 규정에 의거 사업계획 변경에 따른 환경보전방안을 수립하였다.

〈표 2.3-3〉 환경영향평가 변경협의

환경영향평가법 조항		검토결과
법	**법 제33조(변경협의)** ① 사업자는 제27조부터 제29조까지의 규정에 따라 협의한 사업계획 등을 변경하는 경우로서 제32조제1항 각 호에 해당하지 아니하는 경우에는 사업계획 등의 변경에 따른 환경보전방안을 마련하여 이를 변경되는 사업계획 등에 반영하여야 한다.	○ (환경보전방안 검토서 작성)
	② 승인등을 받아야 하는 사업자는 제1항에 따른 환경보전방안에 대하여 미리 승인기관의 장의 검토를 받아야 한다.	○ (승인기관 검토 요청)
	③ 승인기관장등은 제1항 및 제2항에 따라 환경보전방안을 마련하거나 검토할 때에 대통령령으로 정하는 사유에 해당하면 환경부장관의 의견을 들어야 한다.	× (해당없음)
	④ 제1항에 따른 환경보전방안의 반영 여부에 대한 확인·통보에 관하여는 제30조제2항부터 제4항까지의 규정을 준용한다. 이 경우 "협의 내용"은 "환경보전방안"으로 본다.	○ (환경보전방안 반영결과 통보)
시행령	**시행령 제55조(환경보전방안 검토요청 시 제출서류 등)** ① 법 제33조제2항 본문에 따라 환경보전방안에 대한 검토를 받으려는 자는 다음 각 호에 사항이 포함된 서류를 승인기관의 장에게 제출하여야 한다. 1. 사업계획등의 변경 내용 2. 사업계획등의 변경에 따른 환경영향의 조사·예측·평가 결과 3. 사업계획등의 변경에 따른 환경보전방안의 내용	○ (사업계획 변경에 따른 환경보전방안 검토서 작성)
	② 법 제33조제3항에서 "대통령령으로 정하는 사유"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.	
	1. 협의기준을 변경하는 경우	해당없음
	2. 사업·시설 규모가 각 목에 해당되는 경우 가. 협의내용에 반영된 사업·시설 규모의 10%이상 증가 나. 사업규모의 증가가 소규모 환경영향평가 대상사업에 해당	해당없음
	3. 삭제	-
	4. 협의내용에 제시된 원형보전지역의 변경	해당없음
	5. 협의내용에 포함된 토지이용계획의 15%이상 변경	해당없음
	6. 입지 제한 건축물/공작물에 관한 사항의 변경	해당없음
	7. 오염물질의 30% 이상 증가 or 신규 물질이 배출허용기준의 30% 이상 배출	해당없음
	8. 주요 보호지역에서의 사업계획 변경, 주요 저감대책의 변경 등 협의내용 통보시 미리 협의기관의 의견을 듣도록 정한 사항을 변경하는 경우	해당없음
시행규칙	**제14조(경미한 사업계획의 변경)** ① 법 제33조제2항 단서에서 "환경부령으로 정하는 경미한 변경사항"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. 1. 법 제29조제1항에 따라 통보된 협의 내용에 포함된 시설물이 변경(용도 변경만 해당한다)되는 경우로서 새로운 오염물질이 배출되지 아니하는 경우 2. 환경영향 저감시설을 당초의 시설 규모·용량 이상으로 정비 3. 토지이용계획 변경 중 환경보전을 위한 녹지를 확대하려는 경우 4. 확정측량에 따라 사업면적 증감 5. 제1호부터 제4호까지의 규정에 준하는 사업계획 등을 변경하는 경우로서 승인기관의 장이 인정하는 경우	해당없음

2.3.4 자연경관영향 협의 대상사업

본 사업의 자연경관영향 협의 대상사업에 해당하는지 여부를 판단하기 위해 보호지역 및 보호지역 주변외 지역 자연경관영향 협의 대상에 대해 검토한 결과, **보호지역 주변외 자연경관영향 협의 대상사업에 해당**하는 것으로 검토되었다.

※ 단, 금회 사업계획 변경사항은 해상부에 한해 영향을 검토하였음

<표 2.3-5> 자연경관영향 협의 검토대상

구 분	자연경관영향 심의대상
보호지역 주변	◦ 전략환경영향평가 대상 개발기본계획 ◦ **환경영향평가협의 대상 개발사업** ◦ 소규모 환경영향평가 대상 개발사업
보호지역 주변외 지역	◦ **환경영향평가 및 소규모 환경영향평가 협의 대상 개발사업 중 대통령령이 정하는 개발 사업**

자료 : 개발사업 등에 대한 자연경관 심의지침, 2023.04.10., 환경부

<표 2.3-6> 보호지역 주변 자연경관영향 협의 대상여부

구 분		경계로부터의 거리	대상여부
자연공원	최고봉 1,200m 이상	2,000m	2㎞ 내 자연공원 없음
	최고봉 700m 이상	1,500m	
	최고봉 700m 미만 또는 해상형	1,000m	
습지보호지역		300m	지정된 보호지역 없음
생태·경관 보전지역	최고봉 700m 이상	1,000m	지정된 보호지역 없음
	최고봉 700m 미만 또는 해상형	500m	

비고) 1. 생태·경관보전지역이 습지보호지역과 중복되는 경우에는 습지보호지역 거리기준을 우선 적용한다.
2. 도시지역 및 관리지역(계획관리지역에 한한다)의 거리기준 : 제1호의 일반기준에 불구하고 법 제28조제1항 제1호의 규정에 따른 자연공원, 습지보호지역 및 생태·경관보전지역이 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조제1항의 규정에 따른 도시지역 및 관리지역(계획관리지역에 한한다)에 위치한 경우에는 경계로부터의 거리를 300미터로 한다.

자료 : 자연환경보전법 시행령 [별표 1]

<표 2.3-7> 보호지역 주변외 지역 자연경관영향 협의 대상여부

구 분	개발사업 등의 세부범위
다. 에너지 개발	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우. 다만, (3) 또는 (4)의 경우에는 시설을 지상에 설치하는 경우에 한한다. (2) 「전기사업법」 제2조제16호에 따른 **전기설비 중 다음의 어느 하나에 해당하는 설비의 설치사업**[「집단에너지사업법」 제2조제6호에 따른 공급시설 중 발전시설용량이 1만킬로와트(공장용지 또는 산업용지 안에 설치하는 경우에는 3만킬로와트) 이상인 열발생설비의 설치사업은 제외한다] **(가) 발전소** (나) 345㎸ 이상의 지상송전선로 (다) 765㎸ 이상의 옥외변전소

자료 : 자연환경보전법 시행령 [별표 2]

2.3.5 건강영향평가

본 사업은 건강영향평가 대상사업에 해당하지 않는 것으로 검토되었다.

〈표 2.3-8〉 건강영향 항목의 추가·평가 대상사업

구 분	대상사업의 범위
1. 산업입지 및 산업단지의 조성	◦국가·일반·도시첨단산업단지, 공장설립 / 15만㎡ 이상
2. 에너지개발	◦전원개발촉진법·전기사업법 화력발전소 / 1만킬로와트 이상
3. 폐기물처리시설, 분뇨처리시설 및 가축분뇨처리시설의 설치	◦폐기물매립시설 / 면적 30만㎡ 이상, 용적 330만㎥ 이상 ◦지정폐기물처리시설 / 면적 5만㎡ 이상, 용적 25만㎥ 이상 ◦소각시설 / 100톤/일 이상 ◦가축분뇨처리시설 / 100킬로리터/일 이상

자료 : 환경보건법 시행령 [별표 1]

2.3.6 기후변화영향평가

본 사업은 기후변화영향평가 대상사업에 해당하지 않는 것으로 검토되었다.

〈표 2.3-9〉 기후변화영향평가 대상사업

구 분	기후변화영향평가 대상 개발사업의 종류
가. 도시 개발	제1호(면적이 100만㎡ 이상인 경우만 해당한다)
나. 산업입지·산업단지 조성	제2호(50만㎡ 이상인 경우만 해당하고, 제2호가목 중 산업단지 재생사업은 제외한다)
다. 에너지 개발	제3호가목, 제3호나목, 제3호마목 제3호다목1)(신·재생에너지와 원자력은 제외한다) 제3호라목1)(신·재생에너지와 원자력은 제외한다)
라. 도로 건설	제5호(도로의 길이가 12km 이상인 경우만 해당한다)
마. 공항 건설	제8호
바. 폐기물 처리시설	제15호

주) 1. 모든 대상사업은「환경영향평가법 시행령」 [별표 3] 내 세부 항목을 말함
2. 라목부터 바목까지의 규정은 2023년 9월 25일 이후 「환경영향평가법」 제11조 또는 제24조에 따라 평가준비서를 작성하는 경우부터 적용

자료 : 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령 [별표 2]

2.4 환경영향평가 협의내용의 변경사항

금회 사업계획 변경에 따라 기협의 환경영향평가 협의내용을 최대한 반영하여 사업을 시행할 계획이며, 일부 사업계획 변경에 따른 협의내용 변경사항에 대해서 다음과 같이 검토하였다.

◦ 최초협의 : 환경부 환경영향평가과-2471(2023.07.24.)

◦ 1차 변경협의 : 환경부 환경영향평가과-2928(2024.09.27.)

<표 2.4-1> 협의내용 변경요청 내용 (1/8)

협의내용	변경요청내용
□ **최초협의 : 환경부 환경영향평가과-2471(2023.07.24.)**	
1. 총괄	
□ 본 협의내용과 환경영향평가서(보완서 포함, 이하 '평가서' 라 함)에 제시된 각종 저감방안을 사업계획에 반영하여 사업 시행 시 이행될 수 있도록 조치하고, 이행이 완료될 때까지 지속적으로 관리·감독해야 함 ○ 협의내용 등을 반영할 수 없을 때는 사업 승인·확정 전에 구체적인 사유를 협의기관에 통보하여 그에 따른 협의를 완료한 후 사업 시행	·변경사항 없음
□ 평가 과정에서 예측하지 못한 상황의 발생으로 주변 환경에 부정적인 영향이 초래되거나 주변 환경이 악화될 경우 추가 대책을 마련하여야 하며, ○ 환경오염 방지시설 설치 계획, 환경관리 교육계획, 환경민원 처리계획 및 협의 내용 준수계획 등을 포함한 사후 환경관리계획을 수립·시행하여야 함	·변경사항 없음
□ 이 협의내용의 이행과 관련하여 다른 관계 법령 등에 의한 인허가·승인·신고·협의 등이 필요한 경우에는 관계 법령에 따른 행정절차를 적정하게 이행하여야 함	·변경사항 없음

〈표 2.4-1〉 협의내용 변경요청 내용 (2/8)

협의내용	변경요청내용
2. 항목별 협의내용	
□ 동·식물상 ○ 평가서에 제시한 조류 충돌 저감대책(구조물 도색계획 등)에 대해서는 국내 규정 등에 저촉되는 부분이 없도록 상세히 검토하여 채택하여야 함 - 운영 중에는 조류 조사를 연 6회 이상 시행하여야 하며 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감 대책을 마련해야 함 - 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 발전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유하여야 함	·변경사항 없음 ('24.5 환경보전방안 통보 : 채색계획은 국토부 규정 준수, 조류 사전모니터링을 통해 조류 인식율 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정)
○ 운영시 해양포유류에 대한 조사는 해저케이블 매설 해역을 포함하여 수중소음과 계절별로 동시에 수행하여 해양포유류의 분포와 행동에 미치는 영향을 파악하고 필요시, 저감방안을 마련해야 함	·변경사항 없음
○ 해양동·식물상의 운영시 사후환경영향조사에 대해서는 영향예측에 대한 검증이 매우 중요하므로, 분기별로 실시하여야 함	·변경사항 없음
○ 사후환경영향조사에는 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링 실시를 포함하여야 함	·**변경** 사업지구 주변해역 해저지반 특성상 인공어초의 설치는 제한적인 것으로 검토됨에 따라 인공어초를 대체하기 위한 수산자원 방류 등을 계획함에 따라, 사후환경영향조사는 미실시 예정
□ 해양환경 ○ 부유사 확산 수치 모형에 활용된 정보를 상세히 기술 및 분석하여 수치 모형의 신뢰도를 높여야 함* - 부유사 관측지점은 어업권이 인접한 해저케이블 설치구간도 포함하여 사후환경영향조사 결과와 주기적인 검증을 통해 필요시, 부유사 발생 저감방안을 마련하여야 함 * (보완) 3.2.1-10에서 부유사 관측값이 예측값에 비해 100㎎/L 이상 높게 나타나고 있음	·변경사항 없음
○ 해저케이블 매설에 대한 구간별 설치 심도와 매설계획을 구체적으로 제시하고 적절한 저감방안을 마련하여야 함 - 각이사퇴 구간의 해저케이블 설치공사 시 지형훼손을 최소화하는 공법 및 공사 시기 조정 등을 적용하여야 하며 운영 시 분기별 조사를 통해 해당 지형의 자연적 복원 및 해양생물의 서식 등을 확인하고 필요시 저감방안을 마련하여야 함	·변경사항 없음 -해저케이블 매설공법은 당초 해저케이블 보호공 설치를 계획하였으나, ROV를 이용한 원지형 자연복원공법으로 시공하도록 계획을 변경함

〈표 2.4-1〉 협의내용 변경요청 내용 (3/8)

협의내용	변경요청내용
2. 항목별 협의내용	
○ 운영시 수심측량 등을 통해 해저지형을 조사하여 부정적 영향이 발견된 경우 적절한 저감 대책을 마련하여야 함	·변경사항 없음
○ 전자기장 측정은 발전단지 및 해저케이블 구간에 대해 사업시행 전 배경 전자기장과 실제 운영시 발생하는 전자기장을 모두 측정하여야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	·변경사항 없음
○ 해양수질·퇴적물 분석항목 중 일부 누락된 항목을 추가하여 현재 농도에서 가중되지 않도록 지속적으로 관리하여야 함 - 해양수질 항목에서는 규산규소, 철, 망간, 퇴적물 항목에서는 알루미늄, 철, 망간, 코발트 항목의 추가 필요	·변경사항 없음
○ 구조물 철거 과정에서 해양환경에 발생할 수 있는 부정적 영향에 대한 대안 및 원상회복 의무 적기 이행에 관한 관리대책을 마련할 필요가 있음	·변경사항 없음
□ 소음·진동 ○ 해저케이블 구간을 수중 소음 조사 정점에 포함하고 운영시에도 계절별 조사를 수행하여 해양생물 등에 미치는 영향을 모니터링해야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	·변경사항 없음
○ 사업지구 주변 주거시설에 대한 저주파소음 예측결과가 환경목표기준을 초과하고 있으므로 영향을 최소화하기 위한 대책을 마련하여야 함 - 풍력발전단지 운영으로 인한 저주파소음 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 이를 확인하기 위한 모니터링 계획을 수립하여야 함 - 풍력발전기에 대한 저주파 소음 저감대책으로 운영시간 조정이 기재되어 있으므로 해당 대안에 대한 검토 필요	·변경사항 없음 -해상풍력 발전기 가동에 따른 저주파 소음 영향을 재검토 하였으며, 저주파소음 영향 판단 기준 이하로 검토되었음 -운영시 사업지구 주변 안마도 주거지역에서 저주파소음 영향 여부를 주기적으로 모니터링하고, 사업시행으로 인한 영향여부 확인 등 필요시 추가적인 저감방안을 마련하겠음

<표 2.4-1> 협의내용 변경요청 내용 (4/8)

협의내용	변경요청내용
3. 저감방안 요약	
1. 육상 동·식물상(평가서 8.1.1-219~236, 보완서 3.1-175~185, 3.7-1~10) 가. 공사시 ○ 육상 식물상(식물상 및 식생) - 세륜세차시설 설치 운영, 주기적 살수차 운행 - 공사차량 속도제한 - 생태계교란생물 발견시 즉시 제거 ○ 육상 동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류, 조류) - 저소음·저진동 장비 사용, 야간공사 지양 - 번식기 및 철새이동시기 공사강도 조절	·변경사항 없음
나. 운영시 ○ 육상동물상(조류) - 이동조류 영향 방지대책 강구 (블레이드 채색, 스피커와 카메라 장착 등) - 조류충돌방지시스템 구축 계획 - 모니터링 결과에 따라 저감대책 강구	·변경사항 없음 ('24.5 환경보전방안 통보 : 채색계획은 국토부 규정 준수, 조류 사전모니터링을 통해 조류 인식율 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정)
2. 해양 동·식물상(평가서 8.1.2-346~349, 8.1.3-32~34, 보완서 3.2.2-112~119, 3.2.3-37~40) 가. 공사시 - 부유사 확산 저감대책 : 오탁방지막, 부유사 저감 공종관리 - 수중소음 등 저감대책 : 불필요한 충격음 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획, 공사장비의 가동시간 일 최대 8시간 한정하여 최소화 할 계획임 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	**·변경** - 공사장비의 가동시간은 공사강도 조절을 위해 각 공종별 공사시 공사장비의 집중투입이 방지되도록 조정할 계획임(일 최대 작업시간은 공정별 상이)
나. 운영시 - 기초구조물을 활용한 수산자원 조성 - 해상풍력발전단지 감시시스템 구축 및 24시간 상황실 운영 등으로 선박이동에 대한 안전대책 구축 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	·변경사항 없음

〈표 2.4-1〉 협의내용 변경요청 내용 (5/8)

협의내용	변경요청내용
3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4) 가. 공사시 - 주요 번식기 공사강도 조절 나. 운영시 - 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, 블레이드 색채(대조패턴)) 등 계획 - 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구	**·변경** - 항타공 시행시 상괭이 번식기는 해양포유류 출현여부 확인 후 공사를 시행하여 영향을 최소화 할 계획임 - 항공장애등은 관련 규정을 준수하여 적색 또는 흰색으로 설치할 계획임 ('24.5 환경보전방안 통보 : 채색계획은 국토부 규정 준수)
4. 대기질(평가서 8.2.2-28~30) 가. 공사시 - 주기적인 살수 실시 - 공사차량 속도제한(20㎞/hr 이하) - 차량덮개 설치, 주기적인 교육 및 관리감독 - 공사장비 효율적 투입, 공회전 지양 등	·변경사항 없음
5. 온실가스(평가서 8.2.3-20) 가. 공사시 - 오염물질 배출이 적은 장비 사용 - 건설장비 공회전 금지 - 노후장비 사용 자제 나. 운영시 - 연간 1구역 121,913tCO_2eq, 2구역 152,171tCO_2eq의 온실가스 저감	**·변경** -발선규모 조정 및 산출식 변경 나. 운영시 -연간 1구역 320,131.6tCO_2eq, 2구역 428,378.9tCO_2eq의 온실가스 저감
6. 수환경(해양 수·저질 포함) (평가서 8.3.1-15~18, 8.3.2-371~378, 보완서 3.2.2-117~119) 가. 공사시 - 도사유출 저감대책 : 침사지 및 가배수로 설치(건축물 터파기지역 침사지 활용) - 부유물질 모니터링 실시 : 부유물질 농도 증가시 일시적 작업중단, 작업시간 단축, 작업방법 개신 등의 방법으로 해양환경에 미치는 영향 최소화 - 유류유출 저감대책 : 방제장비 확보방안 검토, 관계기관과 연계한 방제체제 구축 나. 운영시 - 개인하수처리시설 : 15.0㎥/일 설치 - 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 [별표3] 방류수 수질기준」에 준하여 처리할 계획임	·변경사항 없음 ('24.8 환경보전방안 협의 : 육상부 개인하수처리시설 8.0㎥/일 설치)

<표 2.4-1> 협의내용 변경요청 내용 (6/8)

협의내용	변경요청내용
7. 토양(평가서 8.4.2-9~10) 가. 공사시 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 지장물 및 불법폐기물 : 성상별 폐기물 처리규정에 따라 적법처리 나. 운영시 - 분리수거함 설치 - 폐기물 무단투기 및 소각 방지를 위한 사전교육 - 이동식 간이화장실을 설치하여 전량 위탁처리	·변경사항 없음
8. 지형·지질(평가서 8.4.3-69~70) 가. 공사시 - 건축물 축조시 주변 경관과 이질감이 없는 색채, 이미지 및 식재계획 - 부득이 발생되는 사면에 대한 처리는 적정사면구배, 잔디 식재 등 계획 - 발생토량 적정 처리 대책 : 토석정보공유시스템 활용 - 토사유출 저감을 위하여 우기를 피하여 공사, 공사구간에 가배수로 및 임시 침사지 설치	·변경사항 없음
9. 친환경적 자원순환(평가서 8.5.1-9~15) 가. 공사시 - 생활폐기물 및 분뇨 : 성상별 분리수거, 영광군 폐기물 관리계획에 따라 처리, 이동식 간이화장실 설치 및 위탁처리, 선박내 분뇨오염방지설비 설치 및 위탁처리 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 건설폐기물 처리 : 무단적치 및 불법투기 되는 일이 없도록 관리하여 위탁처리 나. 운영시 - 생활폐기물 : 성상별 분리수거 후 재활용 및 위탁처리 - 분뇨 : 오수처리시설 설치	·변경사항 없음

<표 2.4-1> 협의내용 변경요청 내용 (7/8)

협의내용	변경요청내용
10. 소음·진동(평가서 8.5.2-125~129, 보완서 3.3.1-85~88) 가. 공사시 ○ 육상부 - 공사장 "소음·진동 관리지침서"에 따른 일반적인 저감대책 수립 - 야간공사 지양, 건설장비 점검 - 운행속도 제한, 급발진, 급정지, 공회전 지양 ○ 해상부 파일항타시 수중소음 - 사전경고음 발생으로 해양포유류 및 어류를 회피 - 모니터링 결과, 필요시 수중소음 완화대책 강구 - 쿠션블럭(Cushion Blocks), 공기방울막(Air bubble curtain), 수중소음냄퍼(HSD, Hydro Sound Dampers), 격리막(Isolation casing), 임시물막이(Cofferdam) 등 나. 운영시(해상부) - 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음 영향 모니터링 계획	·변경사항 없음
11. 위락·경관(평가서 8.5.3-47~52, 보완서 3.4-12~14) - 해상풍력발전단지 : 주변 환경과 조화될 수 있는 색채계획 수립 - 영광군 경관기본계획에 부합하는 경관계획 수립	·변경사항 없음
12. 전파장해(평가서 8.5.4-8) - 사업의 운영시 라디오 수신장해, TV 수신장해 등의 문제 발생시 주민과 적극적으로 협의하여 라디오 증폭기 설치, 공동수신안테나 설치 등의 적절한 저감대책을 수립·대처할 계획임.	·변경사항 없음
□ 1차 변경협의 : 환경부 환경영향평가과-2928(2024.09.27.)	
1. 사업개요	
○ 위치 : 전라남도 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 부근 ○ 규모 : 546MW(14MW × 39기) ○ 주요 변경내용(육상부 사업계획 변경) -송전설비: 육상 1.1km → 1.5km -변전설비: 육상 154kV 옥내형 GIS 추가 -기타설비: 육상개폐소 → 육상변전소 변경	·**변경** ○ 규모 : 532MW(14MW × 38기)

<표 2.4-1> 협의내용 변경요청 내용 (8/8)

협의내용	변경요청내용
2. 세부 검토의견	
가. 동.식물상 ○ 육상부 변전소 및 송전선로 등이 생태.자연도 1등급 지역인 불갑천과 인접하고, 문헌 및 현지조사결과에서 법정보호종이 확인되므로, 공사 전에 법정보호종에 대한 저감방안을 구체적으로 수립하여야 함 - 아울러, 계획부지 내 야생동물이 실질적으로 이용에 용이하도록 적절한 생태영향저감시설(나무쌓기, 돌무더기 등 미소서식처 및 휴식처 조성)의 설치계획을 검토 ○ 육상변전소 등 시설물에 무색 투명유리를 적용할 경우 조류충돌 방지 대책을 마련하여야 함 ※「야생조류와 유리창 충돌(국립생태원, 2017)」 및 「인공구조물에 의한 야생조류충돌 방지 관련 환경영향평가등 검토사항 가이드라인(환경부, 2019)」	·변경사항 없음
나. 대기질 ○ 공사시 현황농도 및 최적 저감방안이 적용되었을 때의 가중농도를 고려하여 영향 예상 지점별로 유시목표농도를 설정하고, 다음 사항을 사후환경영향조사계획에 반영하여야 함 - 대기질 예측농도 및 유지목표농도를 목록화하여 작성 · 관리 - 유지목표농도 초과 시의 추가 저감방안 강구 계획	·변경사항 없음
다. 수질 및 해양환경 ○ 육상 변전소 및 송전선로 공사에 따른 토사 유출과 부유사의 해양유입을 최소화하기 위해 하천뿐만 아니라 해양 방류 지점에도 모니터링 조사정점을 추가하여야 함 ○ 해양환경조사 정점(환경보전방안검토서 209쪽)을 연안으로 추기 또는 조정*하여 송전선로 양옥지 인근 해역의 모니터링을 강화하는 방안을 검토하여야 함 * 대조구로 판단되는 해상풍력발전단지 외측의 3개 정점을 조정	·변경사항 없음
라. 전파장해 ○ 해상 변전소 및 송전선로 전압이 변경되므로, 해상변전소 인근에 전자기장 모니터링 정점을 추가하고, 사후환경영향조사 시 해양생태계 및 수산자원 조사정점과 연계하여 사업으로 인한 영향을 비교·평가하여야 함 <끝>	·변경사항 없음

제 3 장 사업의 개요

3.1 사업의 배경 및 목적
3.2 사업의 추진경위
3.3 사업의 내용
3.4 사업의 기대효과

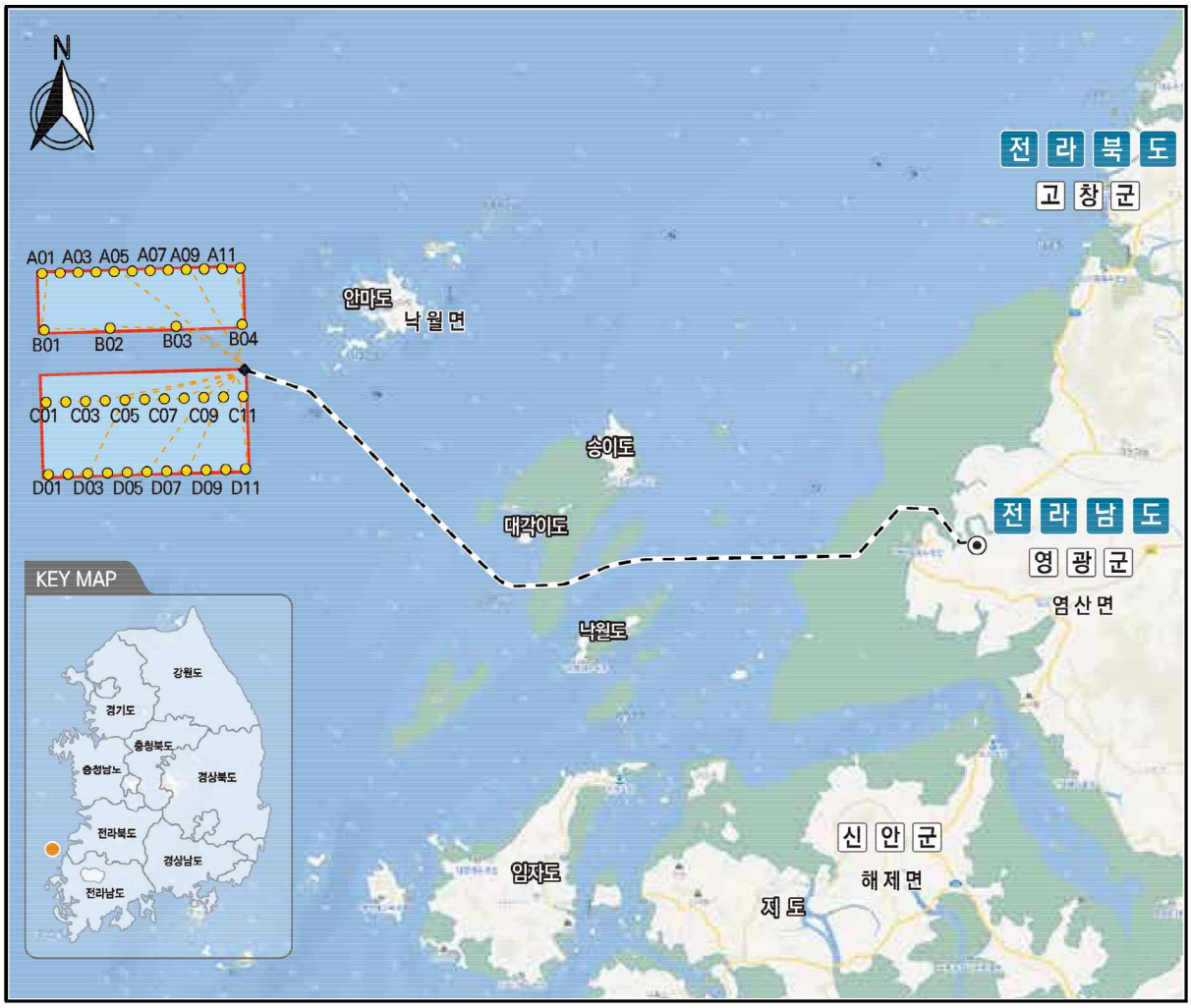
제3장 사업의 개요

3.1 사업의 배경 및 목적

◦「제9차 전력수급기본계획(2020~2034)」과 「재생에너지 3020 정책」이행계획을 통해 신재생에너지 비중을 확대하려는 정부의 시책에 적극 동참하고, 심각한 국제적인 지구온난화, 기후변화 등에 대처할 수 있는 청정에너지원의 확보가 매우 시급함

◦ 또한, 해상풍력발전은 타 신재생에너지에서 발생되는 녹색충돌 문제를 보완하고, 무한한 에너지원인 바람을 이용하여 친환경적이고 지속적인 신재생에너지를 공급하는 차세대 전력공급의 중요한 역할을 할 것으로 기대됨

◦ 이에, “영광 안마 해상풍력 발전사업”은 국가의 친환경 정책 및 전세계적인 탄소중립 목표 달성에 기여하고, 국가 전력수급계획에 보탬이 될 수 있도록 환경을 최우선으로 안전한 풍력발전시설을 건설하고자 함



(그림 3.1-1) 사업지구 위치도(광역)

3.2 사업의 추진경위

3.2.1 추진경위

◦ 2017. 10. : 사업지역 풍황계측기 (횡도 육상 LiDAR) 설치

◦ 2019. 04. : 1구역 발전사업 허가 (218.4MW, 8.4MW×26기, 산업통상자원부)

◦ 2019. 05. : 사업지역 풍황계측기 (해상 LiDAR) 설치

◦ 2020. 07. 27 : 1구역 발전사업 변경허가 (224.0MW, 8.0MW×28기, 산업통상자원부)
2구역 발전사업 허가 (304.0MW, 8.0MW×38기, 산업통상자원부)

◦ 2020. 12. 23~2021. 01. 28 : 환경영향평가 협의회 심의

◦ 2021. 02. 17~03. 02 : 환경영향평가 평가항목·범위 등의 결정내용 공개

◦ 2021. 11. 04 : 1·2구역 발전사업 변경 허가 (224.0MW / 304MW, 산업통상자원부)
- 대표자 변경, 준비기간 연장

◦ 2022. 04. 25 : 1·2구역 발전사업 변경 허가 (224.0MW / 304MW, 산업통상자원부)
- 위치조정, 준비기간 연장

◦ 2022. 05. 13~06. 17 : 환경영향평가서(초안) 공고·공람

◦ 2022. 06. 09 : 주민설명회 개최

◦ 2022. 06. 24 : 전파영향평가 검토의견 회신 (국방부 시설기획과-4240)
- 레이다 전파차폐 최소화를 위한 대체시설 설치계획 수립 필요

◦ 2023. 02. 01~02. 15 : 주민 등의 의견수렴 결과 및 반영여부 공개

◦ 2023. 06. 16 : 환경영향평가서(보완) 제출

◦ 2023. 06. 30 : 문화재지표조사 관련 문화재 보존대책 통보
(문화재청 발굴제도과-7193)
- 유구·유물 미확인 / 별도 문화재 보존대책 불필요

◦ 2023. 07. 18 : 해상교통안전진단 검토의견 회신 (해수부 해사안전정책과-3918)
- 검토의견 : 해상교통안전진단서 “동의”

◦ **2023. 07. 24 : 환경영향평가 협의 (환경부 환경영향평가과-2471호)**

◦ 2023. 08. 01 : 1·2구역 발전사업 변경 허가 (224.0MW / 304MW, 산업통상자원부)
- 공사계획인가 기간 부여 및 준비기간 변경

◦ 2023. 11. 06 : 1·2구역 발전사업 변경 허가 (224.0MW / 304MW, 산업통상자원부)
- 대표자 변경

◦ **2024. 05. 22 : 환경보전방안반영결과 통보 (재생에너지보급과-571호)**
- 조류 저감방안 정정 및 해저 송전선로 위치 변경

◦ 2024. 09. 27 : 환경보전방안 검토의견 회신 (환경부 환경영향평가과-2928호)

- 육상부 변전소 및 송전선로 변경사항

3.2.2 추진계획

◦ 개발행위허가 및 건축허가

◦ 공유수면 점용·사용 허가

◦ 공유수면 점용·사용 실시계획 승인

◦ 공사계획 인가 및 공사 착공

3.2.3 지역주민 회의 및 민관협의회

◦ 2017. 09. 25 : 안마도 주민설명회 (1차)

◦ 2017. 12. 06 : 안마도 주민설명회 (2차)

◦ 2018. 10. 16 : 안마도 주민설명회 (3차)

◦ 2020. 01. 16 : 안마도 대책위원회 회의

◦ 2020. 07. 01 : 안마도 증설단지 주민설명회

◦ 2020. 11. 13 : 영광군 피해대책위원회 회의

◦ 2020. 11. 18~20 : 영광군 지역주민 제주도 풍력단지 견학 (1차)

◦ 2021. 07. 20 : 영광군 사업설명회

◦ 2021. 11. 17~19 : 영광군 지역주민 제주도 풍력단지 견학 (2차)

◦ 2021. 12. 21 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (1차)

◦ 2022. 01. 19 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (2차)

◦ 2022. 02. 28 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (3차)

◦ 2022. 03. 30 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (4차)

◦ 2022. 05. 12 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (5차)

◦ 2022. 06. 16 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (6차)

◦ 2022. 08. 02 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (7차)

◦ 2022. 11. 15 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (8차)

◦ 2023. 08. 14 : 영광군 염산면 송암리 주민설명회

◦ 2023. 10. 31 : 영광군 어민회 회의 (1차)

◦ 2023. 11. 01 : 영광군 어민회 회의 (2차)

3.3 사업의 내용

가. 사업명

◦ 영광 안마 해상풍력 발전사업

나. 사업시행자

◦ 안마해상풍력㈜

다. 승인기관 및 협의기관

◦ 승인기관 : 산업통상자원부

◦ 협의기관 : 환경부

라. 위 치

◦ 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5㎞ 부근

마. 사업기간

◦ 공사기간 : 2024년 ~ 2029년 (시운전 기간 약 1년 포함)

◦ 운영기간 : 30년간 (상업운전 예정일 - 2029년)

바. 사업비

◦ 약 33,967억원 (1구역 14,568억원, 2구역 19,399억원)

사. 사업 내용

◦ 사업규모 : 532MW (1구역 224MW 14.0MW×16기, 2구역 308MW, 14.0MW×22기)

구 분		내 용	비 고
풍력발전	발전용량	528MW	14MW × 38기
	발전구역	총 80㎢	-
	발전기 형태	수평축 프로펠러 형	-
	전력생산량	1,585.0GWh/년	1구역 674.4GWh/년(이용율 34.68%) 2구역 910.6GWh/년(이용율 33.75%)
송진설비	내부망	1구역 40.2㎞, 2구역 50.0㎞	해저 66kV XLPE C-500~800㎟ 3심
	외부망	육상 1.5㎞, 해저 41.9㎞	육상 154kV XLPE 2000㎟ 총 6심 해저 230kV XLPE 3C-1200~2000㎟ 3심
변전설비	해상	230kV 옥내형GIS	320/66Kv, 360MVA × 2bank
	육상	154kV 옥내형GIS	250MVA 1bank, 360MVA 1bank

주) 1. GIS(Gas Insulated Switchgear) : 가스 절연 전기설비
2. XLPE(Cross Linked-Polyethylene) : 가교 폴리에틸렌 초고압 절연케이블

1) 풍력발전단지 계획

<표 3.3-1> 발전기 설치계획

구 분	호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
1구역	16	14	224	680.5	이용율 34.68%
2구역	22		308	910.6	이용율 33.75%
합 계	38		532	1,591.1	-

<표 3.3-2> 풍력발전기 제원

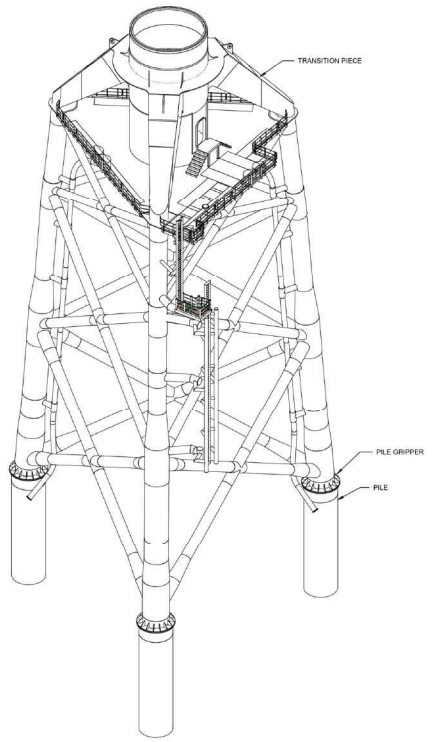
모델명	제조사	Hub Height	Rotor diameter	Blade 길이	수면상 높이
SG DD-236	SIEMENS Gamesa	153.1m	236m	115m	271.1m

<표 3.3-3> 발전기별 좌표

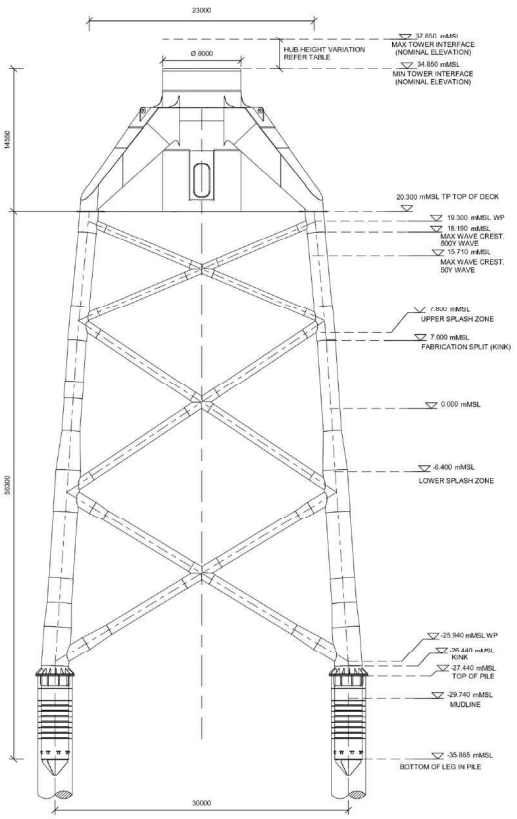
1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N

<표 3.3-4> 기초 구조물 제원

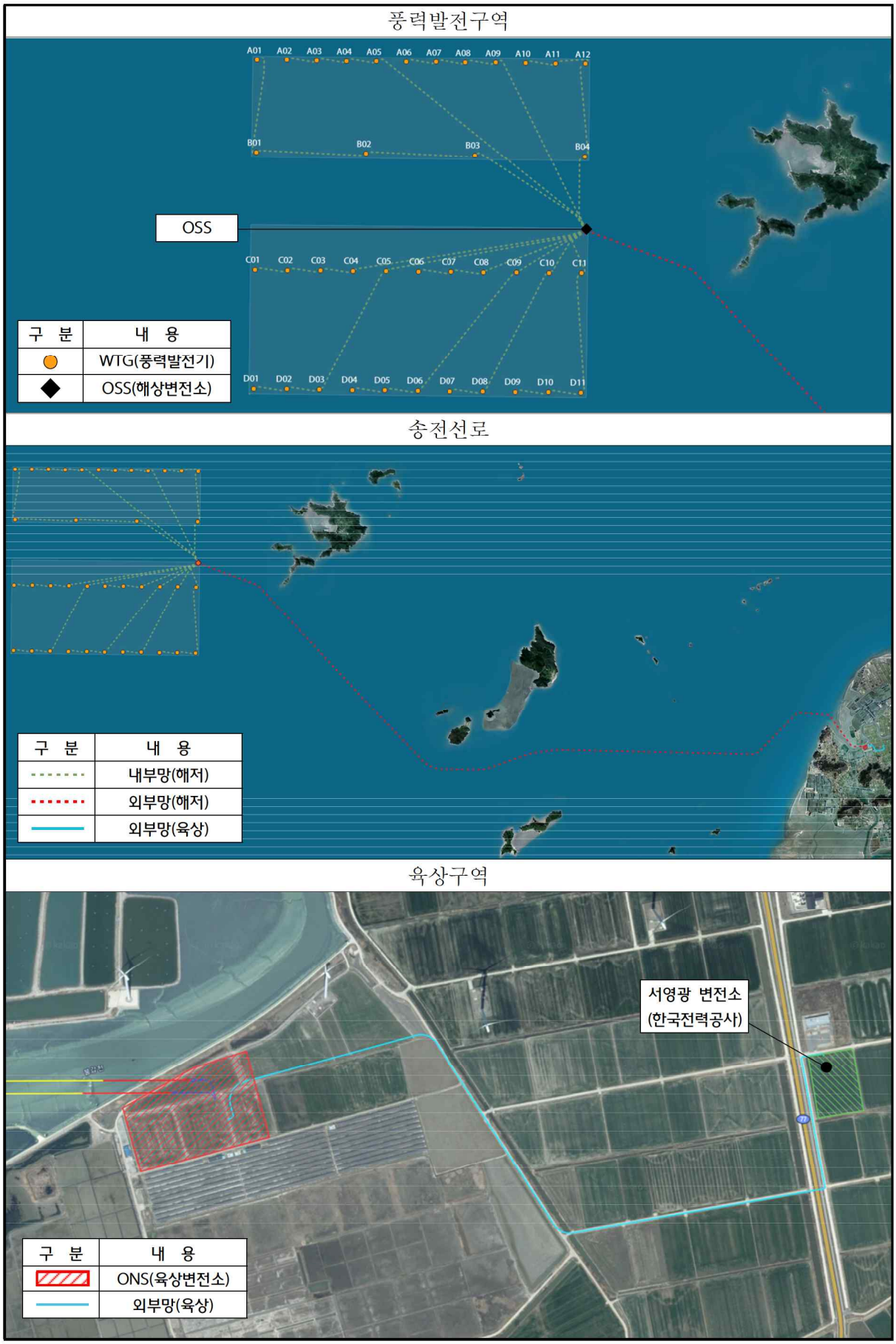
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL(+)34.85~37.85m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Top of External Platform	MSL(+)20.3~23.3m	
Top of Pile	MSL(-)27.44~24.44m	
Mudline Elevation	MSL(-)29.74~26.74m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	8m	
Width of Jacket at Bottom	23m	
Height of Transition Piece	14.55m	
Height Jacket Leg	56.3m	
Total Height of Jacket [TP+Leg]	70.85m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	56.5 ~ 92.6m	수심에 따른 길이 차이
Pin Pile outside diameter	3.5m (Thk.60mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,471 ~ 1,649 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	887.1 ~ 1,438.5 ton	3 Piles per 1 Jacket



ID	Tower interface [mMSL]
A01	34.850
A02	35.237
A03	36.847
A04	37.850
A05	34.850
A06	35.253
A07	36.114
A08	36.788
A09	37.392
A10	34.850
A11	34.850
A12	34.850
B01	37.331
B02	36.234
B03	34.850
B04	35.253
C01	34.928
C02	35.738
C03	36.692
C04	37.850
C05	34.850
C06	35.162
C07	35.510
C08	35.851
C09	35.974
C10	35.932
C11	35.380
D01	36.828
D02	37.416
D03	34.850
D04	35.161
D05	35.718
D06	35.700
D07	36.050
D08	36.309
D09	36.810
D10	37.170
D11	37.850

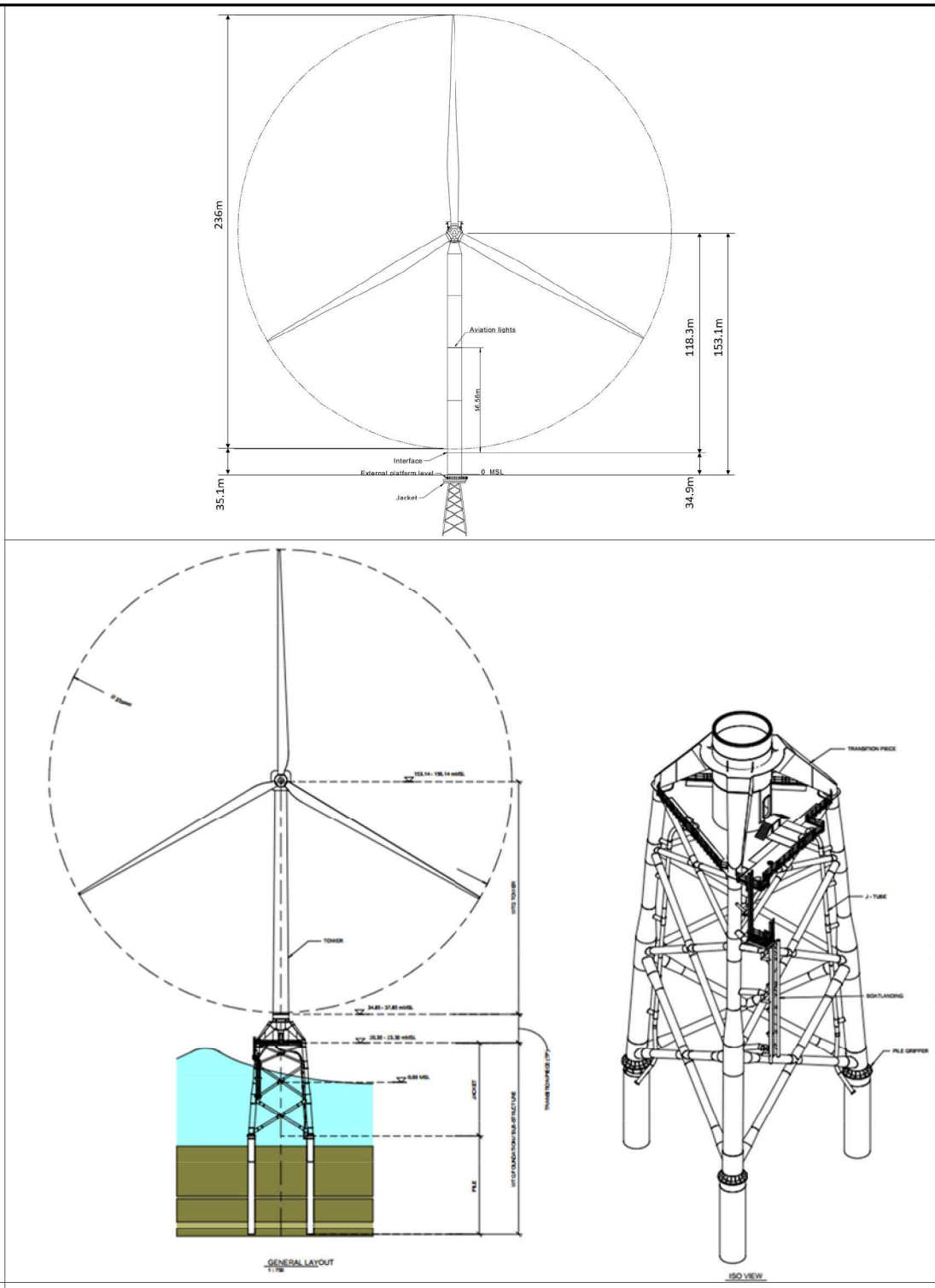


주) WTG(Wind Turbine Generator) : 해상풍력발전기

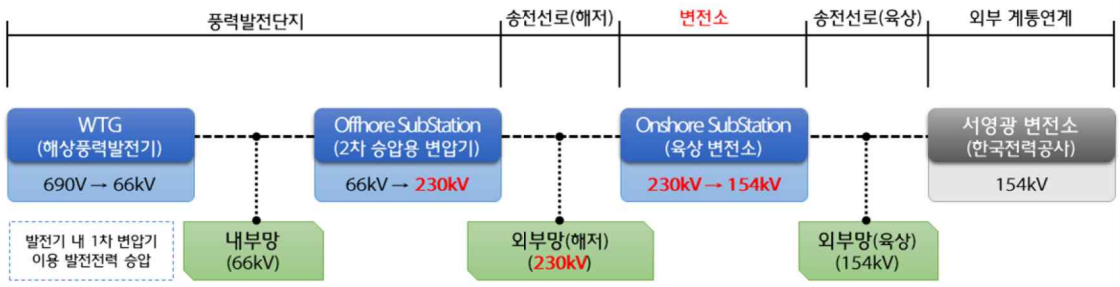


(그림 3.3-1) 사업지구 위치도(상세역)

풍력발전기 모식도(안)



전력계통도



(그림 3.3-2) 풍력발전기 모식도 및 전력계통도

2) 송전선로 계획

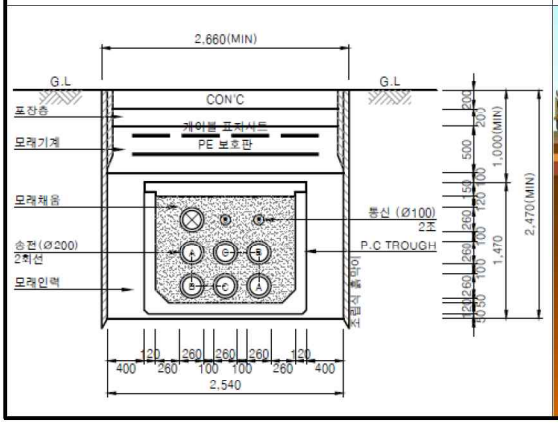
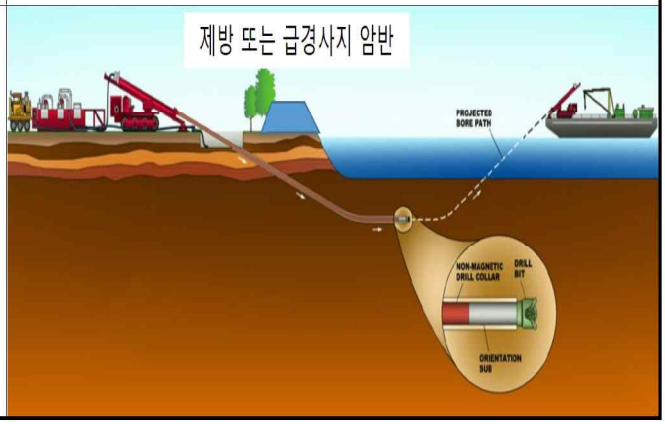
◦ 송전선로는 해상부(내부망, 외부망)와 육상부(외부망)로 구분되며, 선로연장은 내부망 90.2㎞, 외부망 41.9㎞로 계획함

◦ 또한, 신로포설방법은 해상부는 굴착 후 포설(원지형 자연 회복), 육상부 내륙은 관로식 및 HDD공법으로 계획하였음

〈표 3.3-5〉 송전선로 설치계획

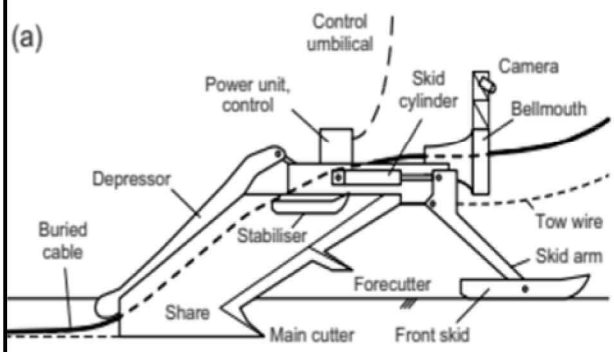
구 분	내부망 (해저)	외부망 (해저)	외부망 (육상)
설치구간	발전단지~OSS	OSS~육상L.P	육상L.P~서영광변전소
전 압	66kV	230kV	154kV
Group (가닥)	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심
케이블 규격	XLPE C-500~800㎟	XLPE 3C-1200~2000㎟	XLPE 3C-2000㎟
선로연장	약 90.2㎞	약 41.9㎞	약 1.5㎞
		총 43.4㎞	
포설방법	굴착 후 포설	굴착 후 포설	관로식 및 HDD공법

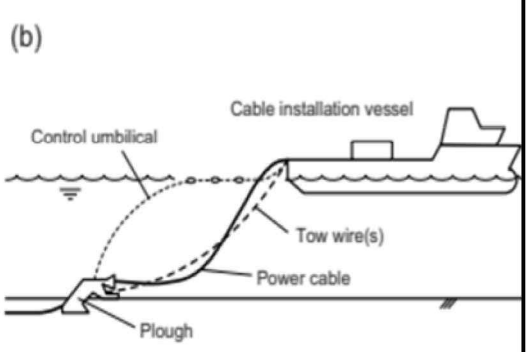
주) 1. OSS(Offshore Substation) : 해상변전소
2. 육상L.P : 육상연결지점(Landing point)
3. HDD(Horizontal Directional Drilling) 공법 : 수평 지향성 굴진 공법(비 개착식 굴착 공법)

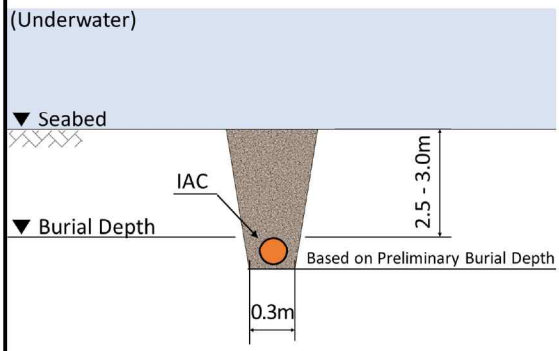
<table>
<tr><td colspan="2">외부망(육상)</td></tr>
<tr><td>관로식</td><td>HDD</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

(그림 3.3-3) 송전선로 포설 모식도

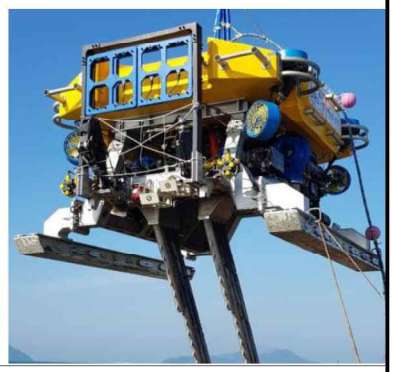
내부망(해저)



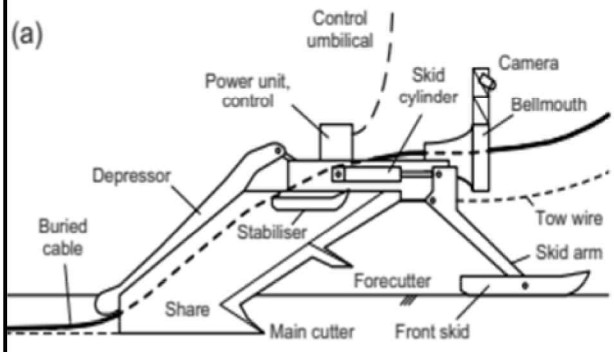


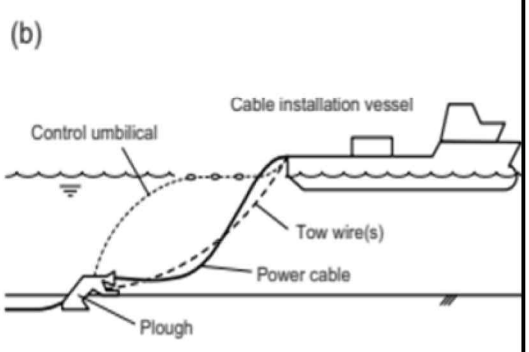






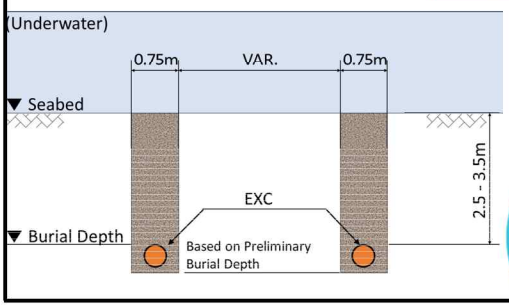
외부망(해저)



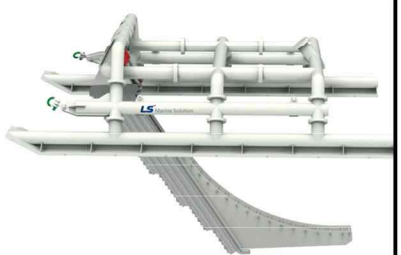








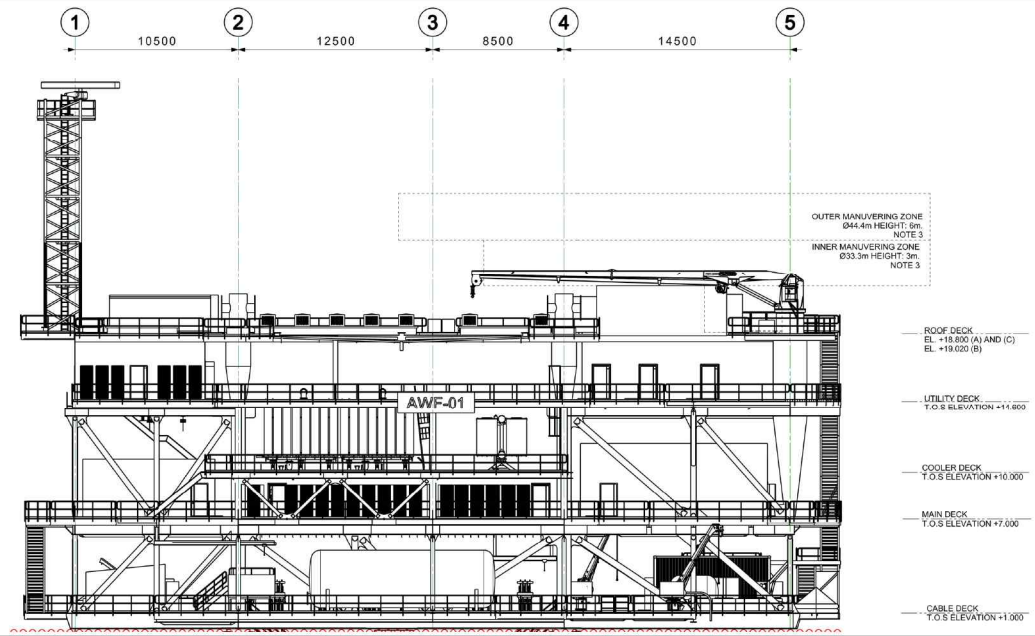
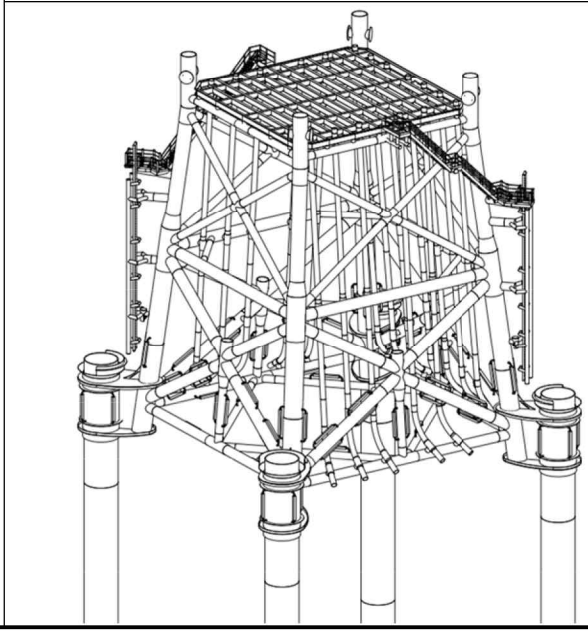
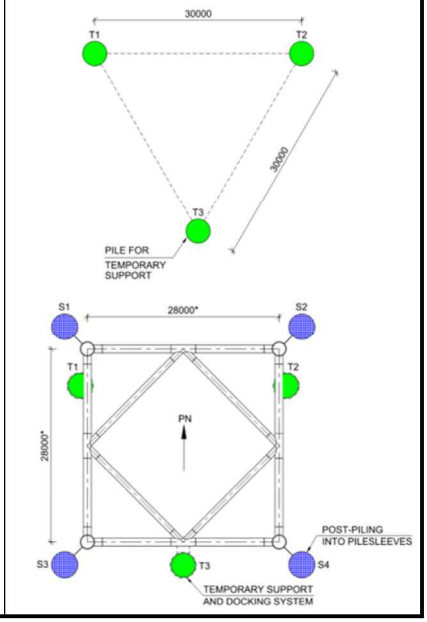




(그림 3.3-3) 계 속

3) 해상변전소(OSS) 계획

〈표 3.3-6〉 해상변전소 설치계획

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="3">1, 2단계 통합 변전소 적용</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">125°56'33"E, 35°19'44"N</td></tr>
<tr><td>구 조</td><td colspan="3">철골 구조물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">크 기</td><td>Topside</td><td>Jacket</td><td>Pile</td></tr>
<tr><td>21m(W) × 46m(D)
×19m(H) (레이더 제외)</td><td>Bottom/Top Width (34m/21m)
× Height (Approx. 42m)</td><td>Depth (74~85m) × 7EA</td></tr>
<tr><td>무 게</td><td>Approx. 3,500톤</td><td>Approx. 2,000톤</td><td>Approx. 4,300톤</td></tr>
<tr><td rowspan="4">개념도</td><td colspan="3">상부 구조(Topside)</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>하부 구조(Jacket)</td><td colspan="2">하부 구조(Pile)</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

4) 육상변전소(ONS) 계획

◦ 사업지구 외부의 계통연계지점인 한국전력공사 서영광 변전소에 연계저리 전송전 전압을 변경하기 위한 육상변전소 시설을 계획함

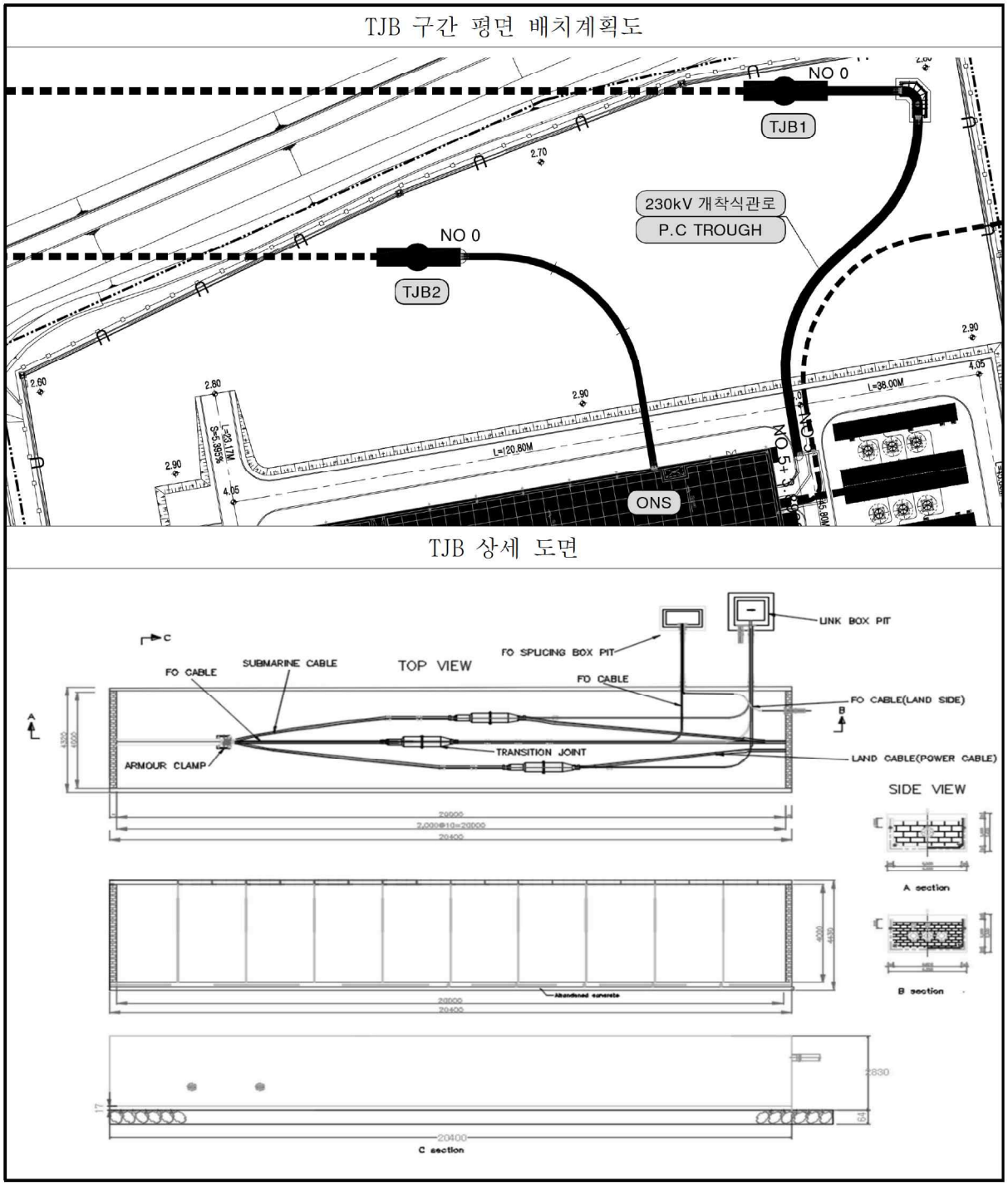
<표 3.3-7> 육상변전소 설치계획

구 분	내 용		비 고
위 치	○ 전라남도 영광군 염산면 송암리 286-25 일원		지목 : 염전(5개 지번) 및 잡종지
형 식	○ 154kV 옥내형(GIS 차단기)		-
대지면적	○ 27,376.43㎡		생산관리지역, TJB 부지 포함
건축면적	○ 2,989.71㎡		일반 철골구조
연 면 적	구 분	면적(㎡)	제1종 근린생활시설 / 변전소
	지하 1층	2,678.46	
	1층	2,934.39	
	2층	553.67	
	합 계	6,166.52	-
건 폐 율	○ 2,989.71 / 27,376.43 × 100 = 10.92%		법정 20%이하
용 적 률	○ 6,166.52 / 27,376.43 × 100 = 12.74%		법정 80%이하
주차대수	○ 10대		법정규정 없어, 임의대수 적용
부대시설	○ 오수처리시설 : 8톤 ○ 조경면적 : 2,235.16㎡		교목 및 관목 4,834주 식재
조감도			

5) TJB(육상-해상 연결구간) 계획

◦ TJB(Transition Joint Bay)는 해저케이블과 송전계통을 연계하기 위한 설비로써, HDD 공법으로 해저케이블 인입 후 육상부 송전계통(ONS)와 연결되는 구간에 설치할 예정임

◦ TJB는 해저 송전선로 선 수와 맞춰 2개소 계획하였으며, HDD 공법 종점부 주변으로 2개소 배치하여 육상변전소에 연계되도록 계획함



(그림 3.3-4) TJB 세부 설치계획도



(그림 3.3-5) 사업지구 조감도

3.4 사업의 기대효과

◦ 환경친화적 공공에너지 개발

- 정부의 재생에너지 3020정책에 부응
- COP21(파리 기후변화협약)에 대비한 국가적인 탄소배출 저감 대응
- 전남 블루 이코노미 정책과 연계한 대규모 해상풍력단지 조성에 부응 (전남형 일자리 창출 기반 마련)

◦ 에너지 자립

- 해상풍력 발전을 통한 전원생산으로 저탄소 에너지 자립 실현

◦ 지역주민 소득증대

- 해상풍럭 발전단지와 인계한 관광자원화 상품 개발
- 수산업과 연계한 해상풍력 이익창출모델 개발

◦ 지역사회 기여

- 사업 대상지인 영광군민 및 안마군도에 일자리 창출
- 발전단지 건설시 지역경제 활성화 효과

제 4 장

사업계획 변경에 따른 환경현황 조사, 예측·평가 및 저감방안

4.1 자연생태환경분야

4.2 대기환경분야

4.3 수환경분야

4.4 토지환경분야

4.5 생활환경분야

4.6 사회·경제환경분야

제4장 사업계획 변경에 따른 환경현황조사, 예측 · 평가 및 저감방안

4.1 자연생태환경분야

4.1.1 육상 동물상 (조류)

가. 현 황

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 금회 추가로 실시한 국제환경사회영향평가(ESIA; Environmental and Social Impact Assessment)의 조사결과를 중점적으로 추가 제시하고, 당초 환경영향평가시 조류 조사 결과를 요약 제시하였다.

1) 조사항목

◦ 조류

- 육상부 조사 (공사예정 구역)
- 해양성 조류 / 광역조사 (발전구역, 송전선로, 육상 및 도서지역)
- 위치추적기 부착 조사
- ESIA 조사 (발전구역, 송전선로, 육상 및 도서지역)

2) 조사범위

가) 공간적 범위

<표 4.1.1-1> 조사시기별 세부 조사범위

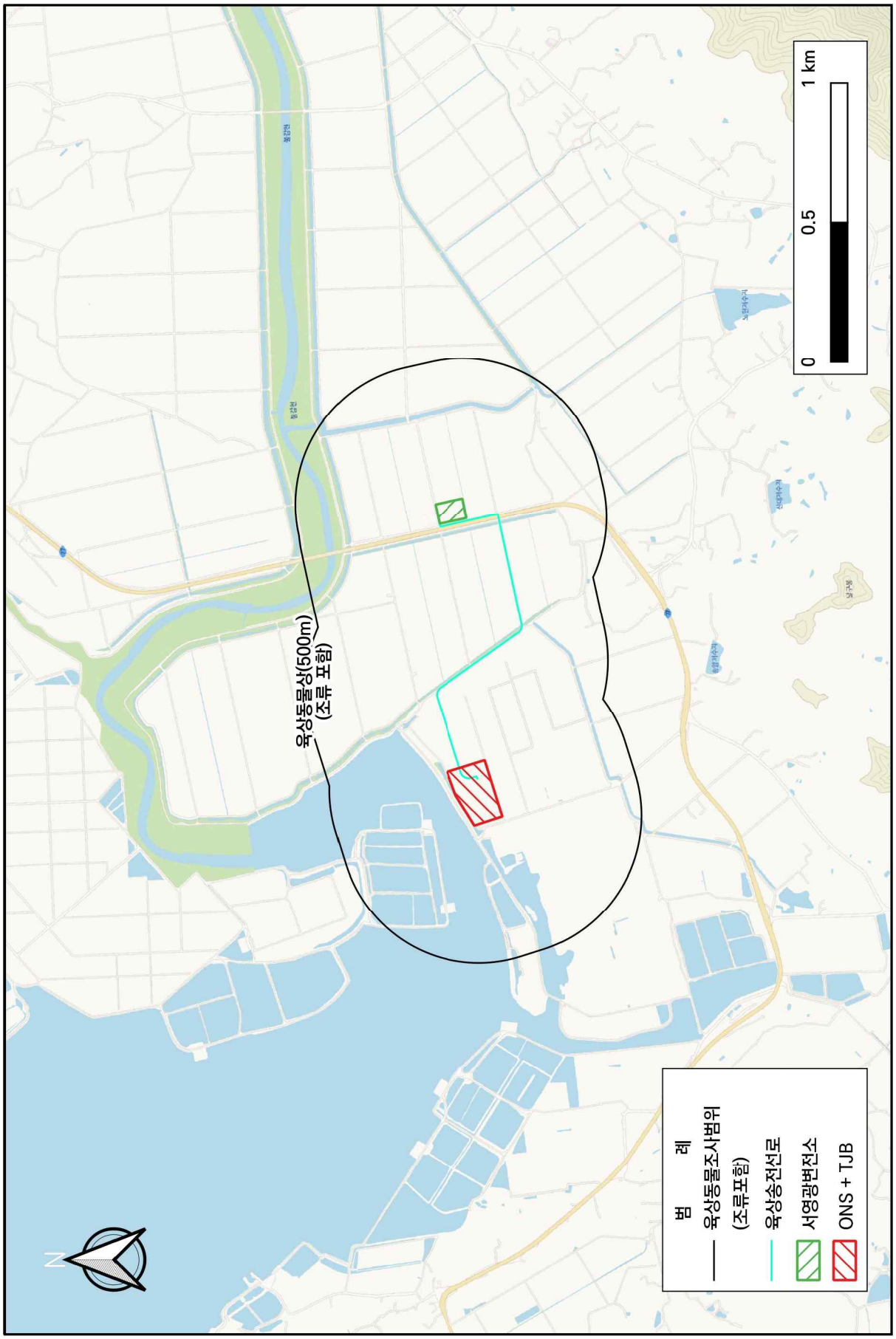
구 분		발전구역	송전선로		육상부			도서지역		
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9
		-	-	-	육상구역	백수읍 일원	설도항 일원	안마도	송이도	칠산도
육상부 조사 (공사구역)	1~3차	-	-	-	✔	-	-	-	-	-
해양성조류/광역조사	1~8차	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
	추가 1~2차	✔	-	-	-	-	-	-	-	✔
ESIA 조사	1~12차	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	-	-

나) 시간적 범위

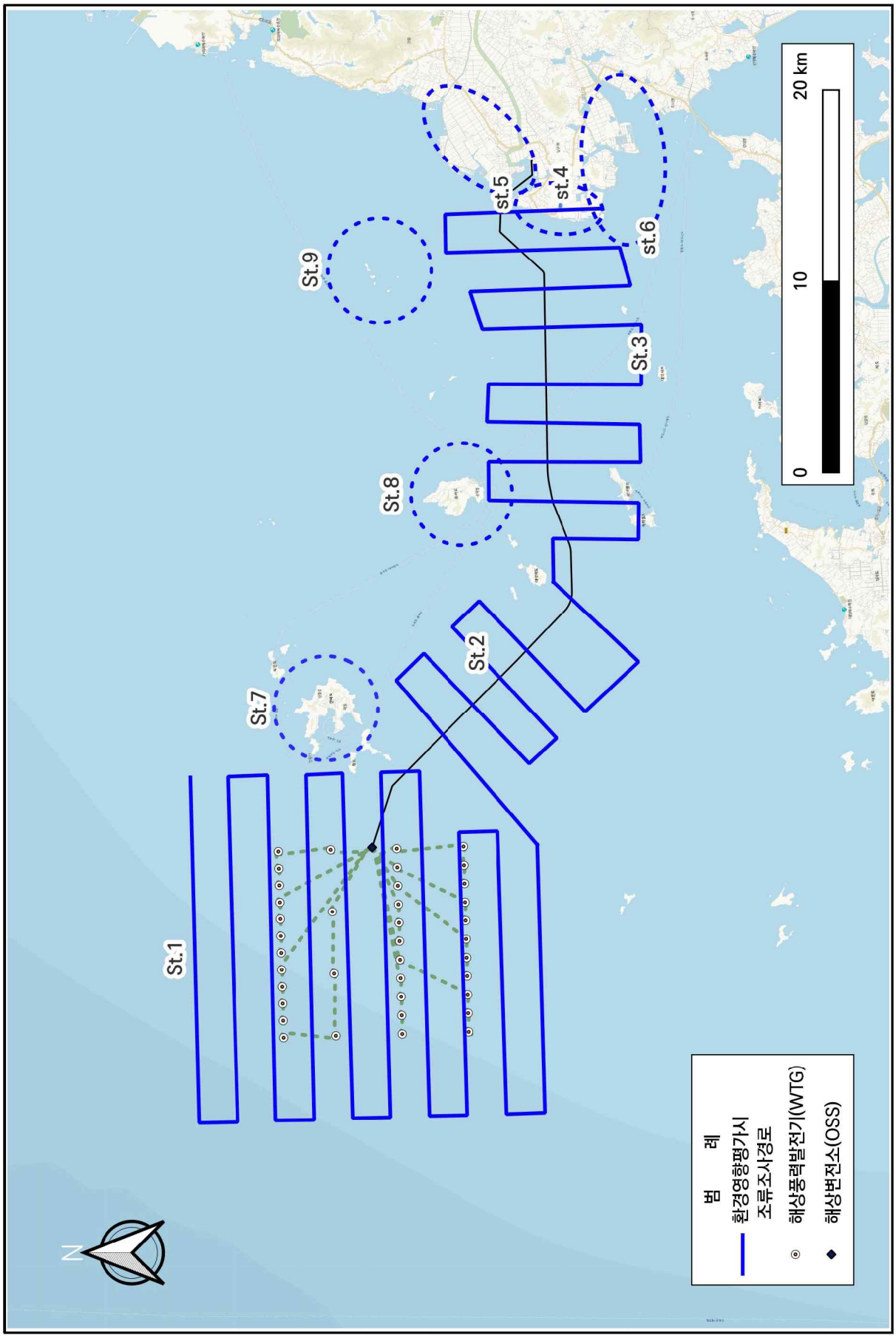
<표 4.1.1-2> 조류 분류군의 조사시기별 조사범위(현지조사)

구 분		계절	조사시기	조사지역			
				육상부	발전구역	송전선로	도서지역
육상부 조사(공사구역 주변)	1차	하계	◦2022.08.22~23	✔	-	-	-
	2차	추계	◦2022.10.17	✔	-	-	-
	3차	동계	◦2023.02.27~28	✔	-	-	-
해양성조류/광역조사	1차	하계	◦2020.08.12~15	-	✔	✔	✔
	2차	추계	◦2020.09.07~08, 10~11	-	✔	✔	✔
	3차		◦2020.09.21~22, 24~25	-	✔	✔	✔
	4차		◦2020.10.07~10	-	✔	✔	✔
	5차		◦2020.10.20~23	-	✔	✔	✔
	6차		◦2020.11.04~05, 07~08	-	✔	✔	✔
	7차	동계	◦2021.02.02~25	-	✔	✔	✔
	추가 1차		◦2022.01.17~23	-	✔	✔	✔
	추가 2차	하계	◦2022.07.19~25	-	✔	✔	✔
	8차	춘계	◦2023.04.16~20	-	✔	✔	✔
위치추적기 부착조사		하계	◦2022.07.~2023.05.	-	-	-	-
ESIA 조사	1차	춘계	◦2023.03.29~30	-	✔	✔	✔
	2차		◦2023.04.26~28	-	✔	✔	✔
	3차		◦2023.05.29~31	-	✔	✔	✔
	4차	하계	◦2023.06.27~29	✔	✔	✔	✔
	5차		◦2023.07.19~21, 31	✔	✔	✔	✔
	6차		◦2023.08.22, 24~25	✔	✔	✔	✔
	7차	추계	◦2023.09.22~24	-	✔	✔	✔
	8차		◦2023.10.11~13	-	✔	✔	✔
	9차		◦2023.11.14~15, 21	-	✔	✔	✔
	10차	동계	◦2023.12.04~05	-	✔	✔	✔
	11차		◦2024.01.02~04	-	✔	✔	✔
	12차		◦2024.02.23~25	-	✔	✔	✔

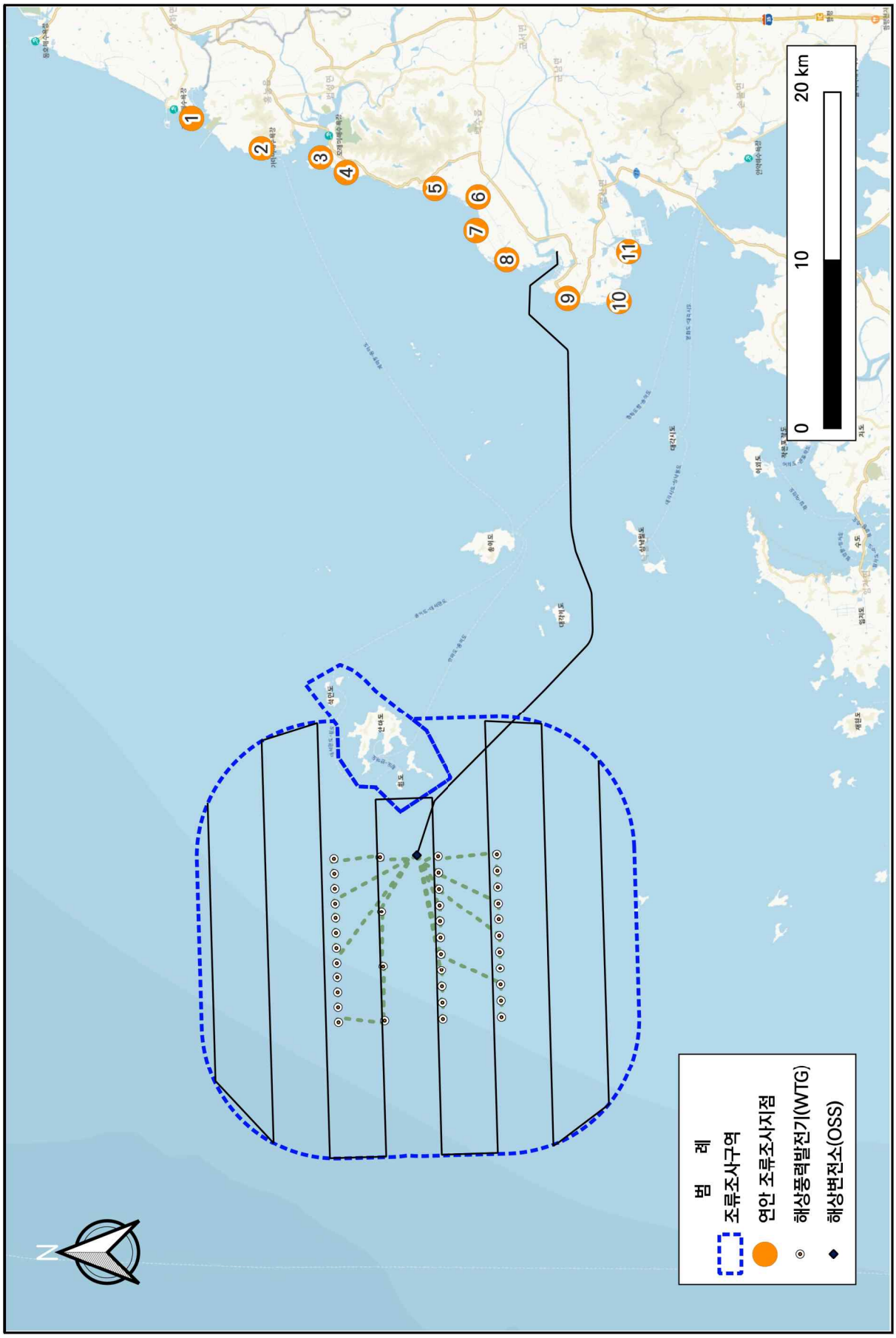
주) 1. 위치추적기 부착조사는 개체의 이동경로를 확인하는 조사로 조사지역은 별도로 제시하지 않음
2. '23년도 ESIA 조사시 육상부 조사는 참고자료로 활용하기 위해 6월부터 8월까지 3개월간 공사구역이 아닌 광역 해안선을 따라 정점별 조사를 실시하였음



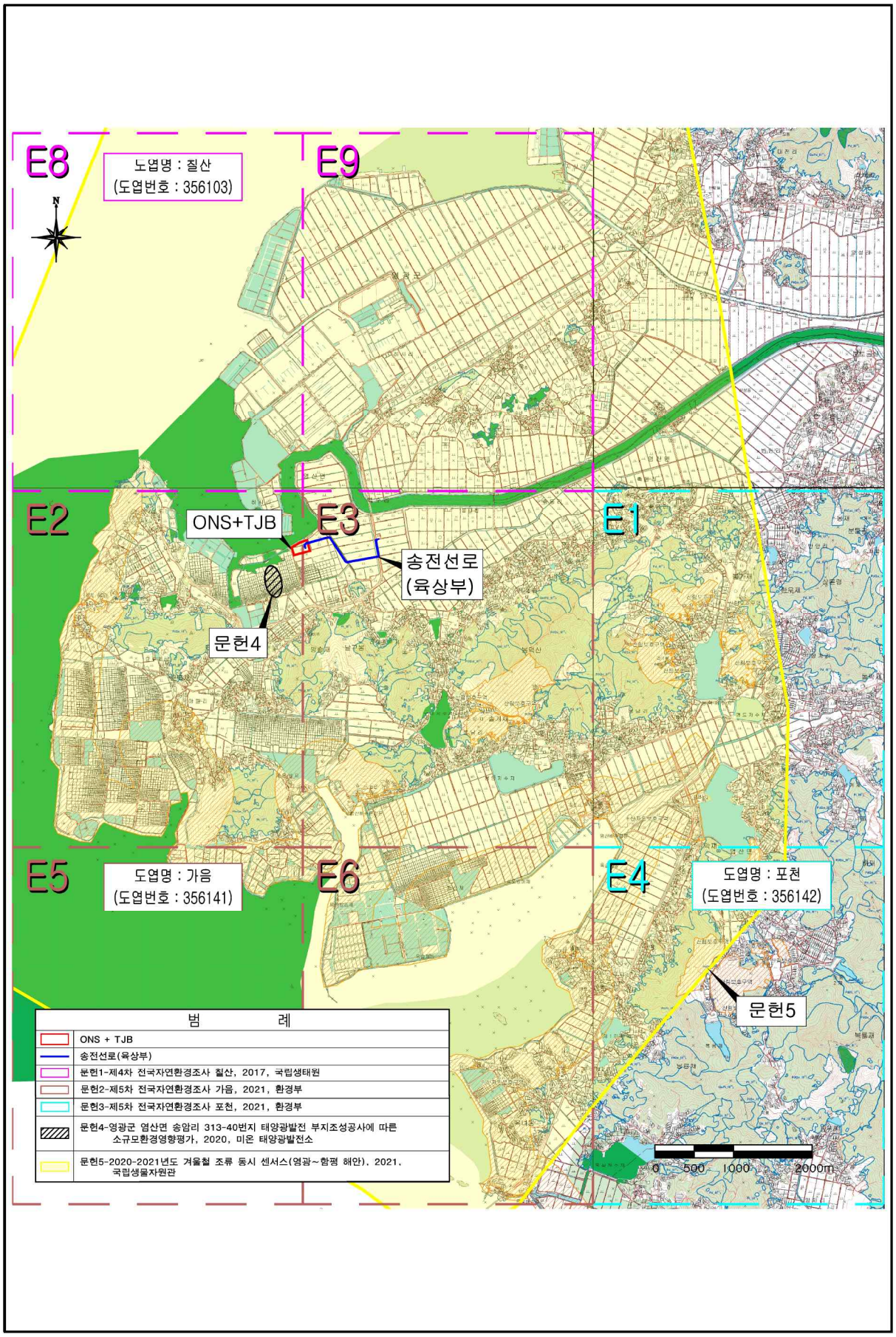
(그림 4.1.1-1) 현지조사 위치도



(그림 4.1.1-2) 현지조사 위치도(당초 평가시, 광역조사 1~8차)



(그림 4.1.1-3) 현지조사 위치도(금회 추가조사, ESIA)



(그림 4.1.1-4) 문헌조사 위치도

3) 조사방법

가) ESIA 현지조사

◦ 조류조사는 선조사법과 정점조사법을 병행하여 실시하였고, 조류 전문가가 참여하였으며 Line transect(해상부 : 도서조사 및 선상조사)조사 및 연안조사를 실시하였음

(1) 해상조사

◦ 해상부(조류 선상조사, ship-based survey) 조사

◦ 해상부(해상풍력발전단지)에서 Strip Transect Sampling 방법으로 선상조사 실시

◦ 선박 이동속도 : 15~20㎞/h ≒ 10knot

◦ 조사궤적을 일정 간격과 일정 시간동안 관찰개체를 나누어 관찰·기록

◦ 조류 종, 개체수, 비행과 이동방향, 고도 등 조사

- 조류의 비행고도는 레이져거리측정쌍안경을 이용하고, 빠르게 이동하여 측정이 불가한 경우 선박높이를 고려하여 수면 위로부터 비행높이를 구분하여 기록



(그림 4.1.1-5) ESIA 조류 조사 시행 사진

(2) 도서조사

◦ 도서조사는 안마도, 횡도, 석만도, 오도 등의 도서를 조사하였으며 조류 종, 개체수, 둥지 유무, 둥지 내 활동 사항 등을 조사하였음

(3) 연안조사

◦ 연안조사는 백수갯벌 11개 정점을 선정하여 4월부터 6월까지 3개월간 조사를 실시하였으며, 각 정점별 갯벌방향, 하천방향, 수로 주변, 바다방향 등을 중심으로 조사를 실시하였음

◦ 조류 종, 개체수, 종 행동, 고도 방향, 무리의 크기 등 조사하였음

나) 문헌조사

◦ 사업지구 주변지역에서 시행된 문헌자료를 총 5개 조사함

(문헌자료는 모두 육상부 연안역 주변에서 조사를 실시하였음)

〈표 4.1.1-3〉 문헌조사 목록

구 분	자 료 명
문헌1	◦제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
문헌2	◦제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
문헌3	◦제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
문헌4	◦영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
문헌5	◦2020~2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관

4) 조사결과

가) 당초 평가시 조사결과

(1) 출현종수

3차에 걸친 육상부 현지조사 결과, 총 27과 50종, 1,447개체가 출현한 것으로 조사되었으며, 법정보호종은 총 6종 출현한 것으로 조사되었다.

육상부 일대에서 실시한 문헌자료 5개를 검토한 결과, 적게는 14과 40종에서 많게는 34과 81종이 출현한 것으로 조사되었으며, 법정보호종 또한 1~10종의 분포를 보였다.

8차에 걸쳐 수행한 해양성 조류 광역조사에서는 총 43과 141종, 58,736개체가 출현하였으며, 법정보호종 또한 17종이 조사되었다.

해상풍력발전구역 및 칠산도를 대상으로 실시한 해양성/광역 추가조사 결과 총 11과 16종, 3,825개체가 조사되었으며, 법정보호종 또한 칠산도 일대에서 2종이 출현한 것으로 조사되었다.

<표 4.1.1-4> 당초 평가시 조사결과 요약

구 분			조사결과	주요 우점종	법정 보호종
육상부 조사	현지조사 (1~3차)		27과 50종 (1,447개체)	참새, 붉은미리오목눈이, 재갈매기, 괭이갈매기	6종
	문헌 조사	1	14과 40종	-	6종
		2	34과 81종	-	10종
		3	33과 68종	-	6종
		4	17과 25종	-	1종
		5	26과 52종	-	8종
해양성 조류 광역조사 (1~8차)			43과 141종 (58,736개체)	1차 : 괭이갈매기, 왜가리, 붉은발도요 2차 : 괭이갈매기, 참새, 중대백로 3차 : 괭이갈매기, 마도요, 왜가리 4차 : 흰물떼새, 왕눈물떼새, 괭이갈매기 5차 : 괭이갈매기, 민물도요, 흰물떼새 6차 : 민물도요, 괭이갈매기, 참새 7차 : 괭이갈매기, 혹부리오리, 청둥오리 8차 : 괭이갈매기, 멧비둘기, 참새	17종
해양성/광역 추가조사 (1~2차)			11과 16종 (3,825개체)	1차 : 바다쇠오리, 괭이갈매기, 재갈매기 2차 : 괭이갈매기, 노랑부리백로	2종
위치추적기 부착 조사			갈매기 이동 경로 파악		-

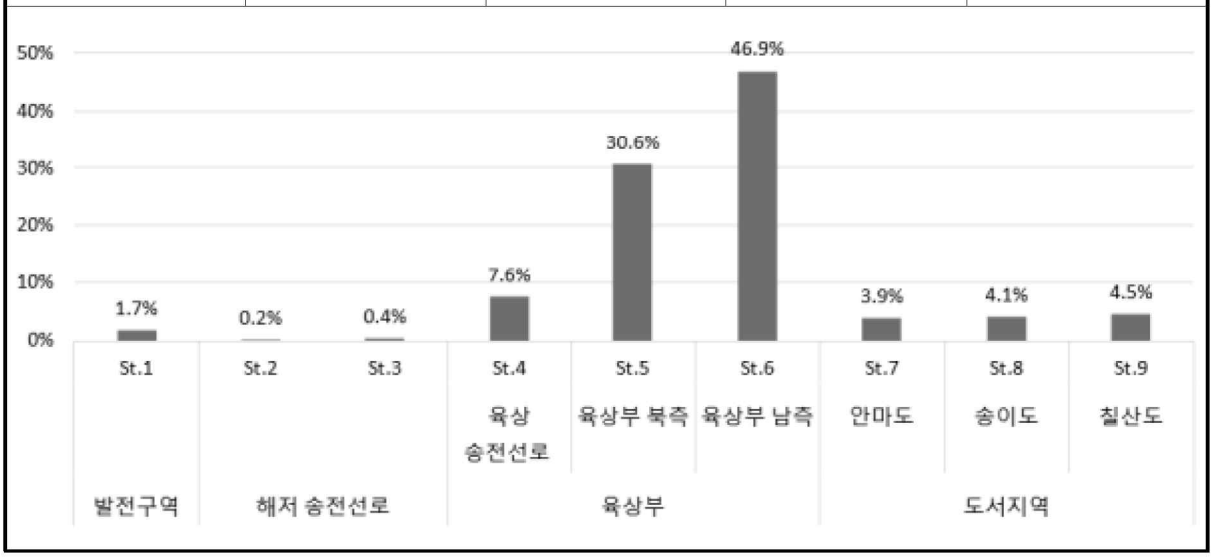
주) 전체 출현종 목록은 「제6장 부록」편 참조

조사구역별 출현개체수를 검토한 결과, 전체 64,008개체 중 육상부 조사구역에서 54,474개체가 관찰되어 대부분의 개체가 관찰되었으며, 발전구역에서는 총 1,120개체로 전체 출현개체수의 약 1.7%가 출현한 것으로 조사되었다.

육상부 조사구역 중 송전선로 주변구역 외에 육상부 북측(St.5, 백수읍 일원)과 육상부 남측(St.6, 설도항 일원)은 갯벌이 위치하고 있어, 대표적인 철새도래지로써 동계조류동시센서스 조사를 실시하고 있는 지역으로 이에 따라 출현개체수가 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단된다.

<표 4.1.1-5> 조사구역별 조류 분포

구 분			개체수	비율(%)
합계			64,008	100.0
발전구역		St.1	1,120	1.7
해저 송전선로		St.2	150	0.2
		St.3	262	0.4
육상부	육상 송전선로	St.4	4,846	7.6
	육상부 북측	St.5	19,617	30.6
	육상부 남측	St.6	30,011	46.9
도서지역	안마도	St.7	2,470	3.9
	송이도	St.8	2,633	4.1
	칠산도	St.9	2,899	4.5

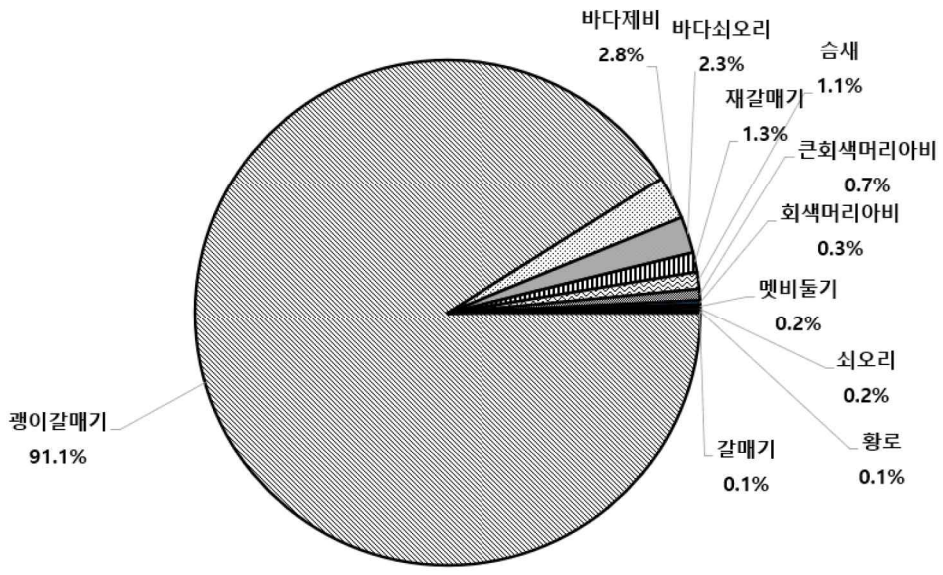


발전구역에서 출현한 조류는 총 11종으로 이 중 괭이갈매기가 1,020개체가 출현하여 약 91.1%의 우짐율을 보이는 것으로 나타났으며, 그 외 개체는 1~31개체로 약 3% 미만의 우점율을 나타내었다.

출현한 개체들은 대부분 물새류가 분포하는 것으로 나타났으며, 법정보호종 조류는 조사되지 않았다.

<표 4.1.1-6> 발전구역 내 조류 종조성

종 명	개체수	비율(%)
합 계	1,120	100.0
괭이갈매기	1,020	91.1
바다제비	31	2.8
바다쇠오리	26	2.3
재갈매기	14	1.3
슴새	12	1.1
큰회색머리아비	8	0.7
회색머리아비	3	0.3
멧비둘기	2	0.2
쇠오리	2	0.2
황로	1	0.1
갈매기	1	0.1

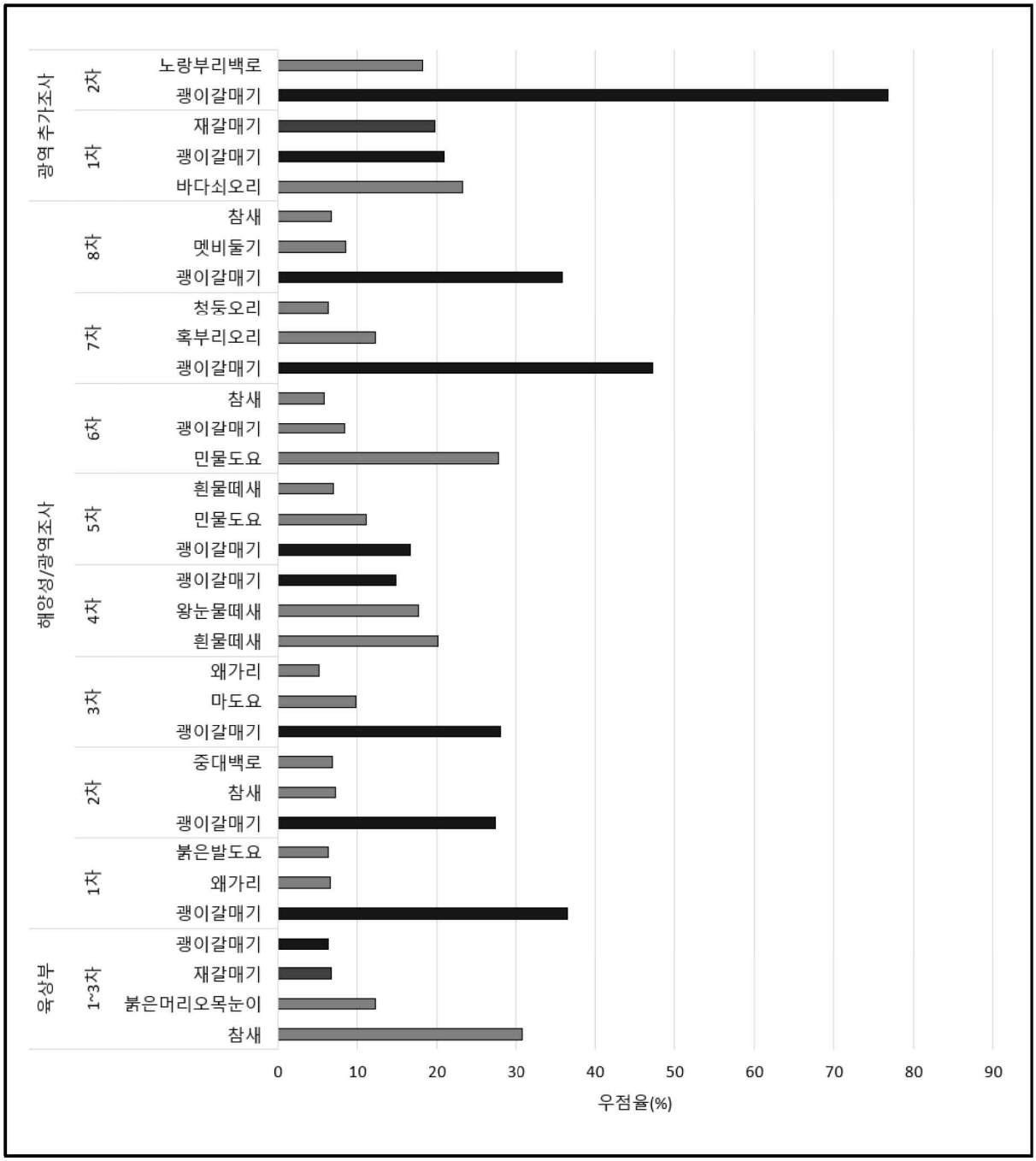


(2) 우점종 출현현황

조사시기별 우점종은 대체로 차이는 있으나, 육상부 조사를 제외하고는 대부분 괭이갈매기가 우점하는 것으로 조사되었다.

육상부 조사시에는 소형 텃새류인 참새나 붉은머리오목눈이가 우짐하는 것으로 나타났으나, 해양성 조류 조사시에는 대체로 괭이갈매기나 재갈매기류가 우점하였다.

흰물떼새, 민물도요 등이 우점하기도 하였으나, 이는 일시적 현상으로 계절적 도래시기에 일시적 증가 양상을 보였다가 계절변화에 따라 우점종에서 사라지는 모습을 보였다.



(그림 4.1.1-6) 조사시기별 우점종 분포

조사시기별 우점종은 조사시기별 - 조사지역별 편차가 있는 점과 각 조사시기별 출현개체수 또한 상이하여, 전체 조사시 출현개체수 대비 종별 출현개체수를 도대로 우점율을 재검토하였다.

검도결과, 괭이갈매기가 27.7%로 최우점하는 것으로 나타났으며, 그 외 5% 이상 우점종은 민물도요(6.5%), 흰물떼새(5.7%), 참새(5.4%) 순으로 조사되었다.

괭이갈매기는 해상부 전역에서 높은 출현빈도를 나타내었으며, 참새는 육상부 인접구역에서 높은 출현율을 나타낸 종이다.

그 외 민물도요와 흰물떼새는 모두 겨울철새로 St.5(백수읍 일원), St.6(섬도항 일원)에서 출현한 것으로 나타나, 발전구역과는 크게 이격된 지역에서 출현한 것으로 조사되었다.

〈표 4.1.1-7〉 전체 출현개체수 대비 우점종

구 분	개체수	우점율 (%)	우점율 트리맵
합계	64,008	100.0	
괭이갈매기	17,733	27.7	
민물도요	4,181	6.5	
흰물떼새	3,644	5.7	
참새	3,456	5.4	
왕눈물떼새	2,394	3.7	
왜가리	2,316	3.6	
마도요	1,995	3.1	
붉은머리오목눈이	1,990	3.1	
뒷부리도요	1,734	2.7	
중대백로	1,682	2.6	
노랑부리백로	1,477	2.3	
청다리도요	1,338	2.1	
저어새	1,317	2.1	
멧비둘기	1,264	2.0	
재갈매기	1,059	1.7	
개꿩	968	1.5	
기타	15,460	24.2	



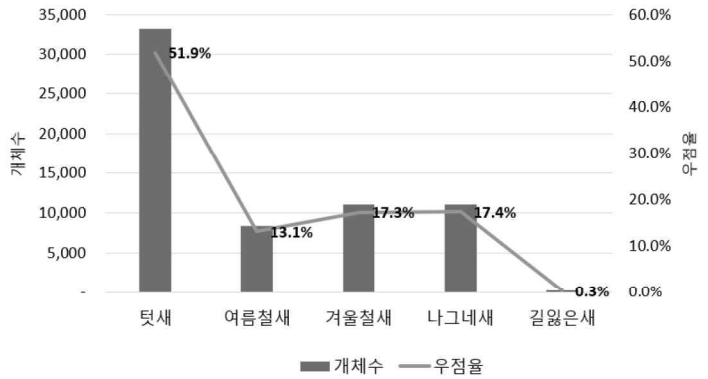
자료 : 국립생물자원관 한반도의 생물다양성(https://species.nibr.go.kr/)

(3) 도래유형별 출현양상

도래유형별 출현종수는 텃새가 51.9%(총 33,194개체)로 가장 높은 비율을 나타냈으며, 다음으로는 철새도래 중 경유하는 나그네새가 17.4%(11,122개체), 겨울철새가 17.3%(11,070개체), 여름철새가 13.1%(8,410개체) 순으로 조사되었다.

<표 4.1.1-8> 전체 도래유형별 출현양상

구 분	개체수	우점율 (%)	그래프
합 계	64,008	100.0	
텃 새	33,194	51.9	
여름철새	8,410	13.1	
겨울철새	11,070	17.3	
나그네새	11,122	17.4	
길잃은새	212	0.3	



(4) 생태지수

생태지수 분석결과, 조사시기별 편차는 있으나, 해양성조류/추가조사시를 제외하고는 대체로 유사한 수준의 생태지수를 보였다.

해양성조류의 추가조사시 상대적으로 종다양도, 종풍부도, 균등도 등이 떨어지는 모습을 보였는데, 타 조사 대비 상대적으로 적은 조사권역을 대상으로 조사를 실시하고, 칠산도에서 특정종이 집중 분포함에 따른 영향으로 판단된다.

<표 4.1.1-9> 전체 도래유형별 출현양상

구 분		종다양도지수	풍부도지수	균등도지수
육상부		2.78	6.73	0.71
해양성/광역	1	2.66	7.16	0.63
	2	3.01	8.20	0.70
	3	2.94	7.61	0.69
	4	2.75	7.98	0.63
	5	3.27	8.58	0.76
	6	2.97	7.74	0.70
	7	2.24	6.23	0.56
	8	2.76	6.66	0.68
해양성/추가조사		0.81	1.82	0.29

(5) 법정보호종 출현현황

법정보호종 출현현황을 조사한 결과, 현지조사시 총 17종, 문헌조사시 총 18종이 조사되었다.

<표 4.1.1-10> 법정보호종 출현현황 요약

분류군	출현종	천연기념물	멸종위기야생생물	현지조사			문헌조사				
				육상조사	해양성/광역		1	2	3	4	5
					1~8차	추가 1~2차					
조류	원앙	제327호	-	-	✔	-	-	◎	◎	-	-
	큰기러기	-	Ⅱ	✔	✔	-	-	-	-	-	◎
	검은머리물떼새	제326호	Ⅱ	-	✔	-	◎	◎	◎	-	-
	검은머리갈매기	-	Ⅱ	-	✔	-	-	-	-	-	◎
	붉은어깨도요	-	Ⅱ	-	✔	-	◎	-	-	-	-
	큰뒷부리도요	-	Ⅱ	-	✔	-	◎	-	-	-	-
	알락꼬리마도요	-	Ⅱ	-	✔	-	◎	◎	-	-	-
	노랑부리백로	제361호	Ⅰ	-	✔	✔	◎	◎	◎	-	-
	황새	제199호	Ⅰ	-	-	-	-	-	-	-	◎
	노랑부리저어새	제205-2호	Ⅱ	✔	✔	-	-	◎	-	-	◎
	저어새	제205-1호	Ⅰ	✔	✔	✔	◎	◎	◎	-	-
	청호반새	-	Ⅱ	-	-	-	-	-	◎	-	-
	참매	제323-1호	Ⅱ	-	-	-	-	-	-	-	◎
	새매	제323-4호	Ⅱ	✔	✔	-	-	◎	-	-	-
	붉은배새매	제323-2호	Ⅱ		✔	-	-	-	-	-	-
	독수리	제243-1호	Ⅱ	-	-	-	-	-	-	-	◎
	물수리	-	Ⅱ	-	✔	-	-	◎	-	-	-
	매	제323-7호	Ⅰ	-	✔	-	-	◎	-	-	◎
	새호리기	-	Ⅱ	✔	✔	-	-	-	-	-	-
	황조롱이	제323-8호	-	✔	✔	-	-	◎	◎	◎	◎
	수리부엉이	제324-2호	Ⅱ	-	✔	-	-	-	-	-	-
합계				6	17	2	6	10	6	1	8

주) 멸Ⅰ : 멸종위기 야생생물Ⅰ급, 멸Ⅱ : 멸종위기 야생생물Ⅱ급

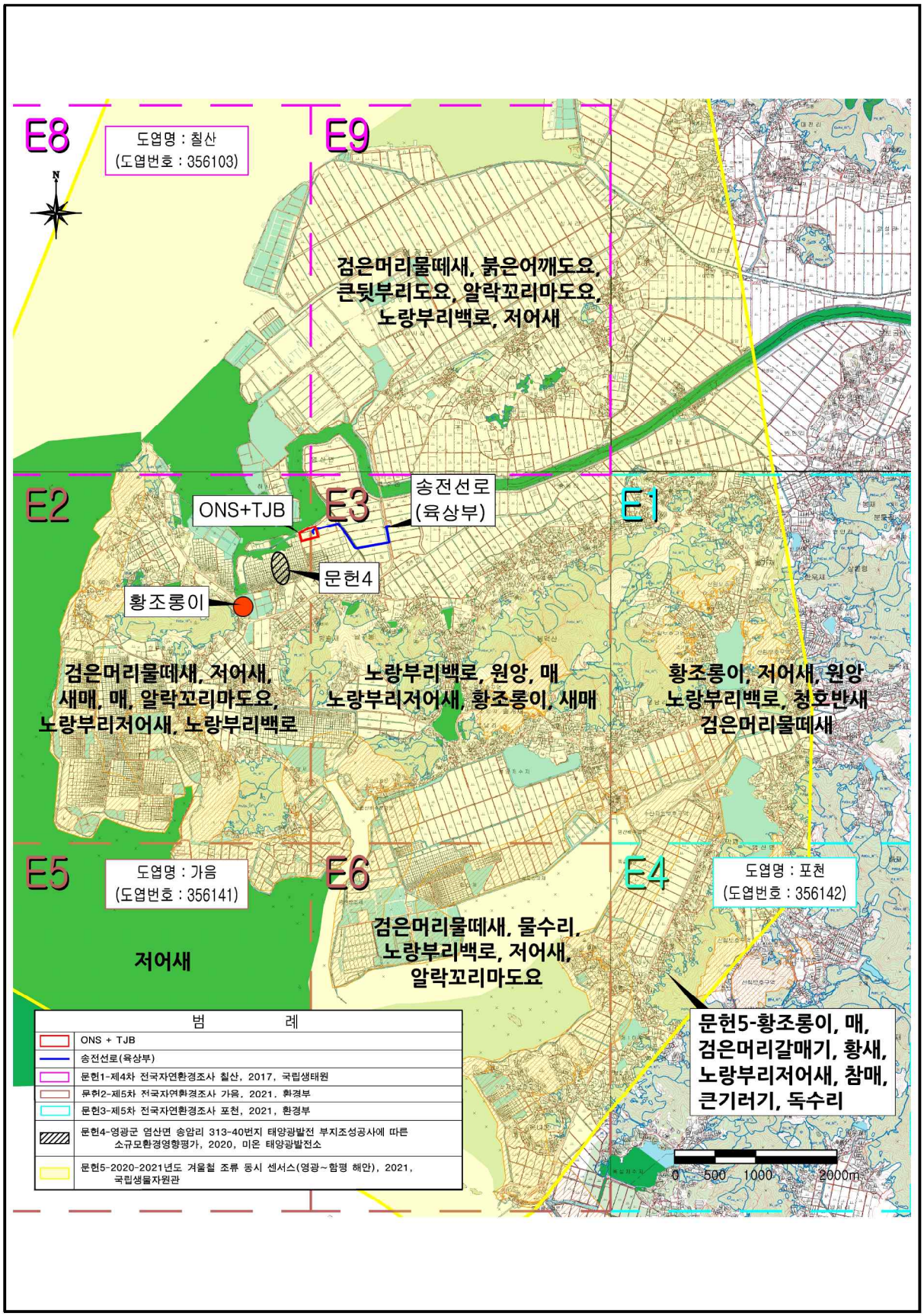
자료 : 1. 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
2. 제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
3. 제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
4. 영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
5. 2020~2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관

법정보호종 출현위치를 검토한 결과, 대부분의 법정보호종은 기존 육지부와 연안을 따라서 주로 분포하는 것으로 조사되었으며, 발전구역 및 해저송전선로 조사구역에서 출현한 법정보호종은 없는 것으로 조사되었다.

또한, 도서지역에서는 안마도 일대에서 6종, 송이도 일대에서 1종, 칠산도 일대에서 4종이 출현하였으며, 상대적으로 출현개체수가 높은 노랑부리백로, 저어새 등의 종이 칠산도에서 대부분 출현한 것으로 조사되었다.

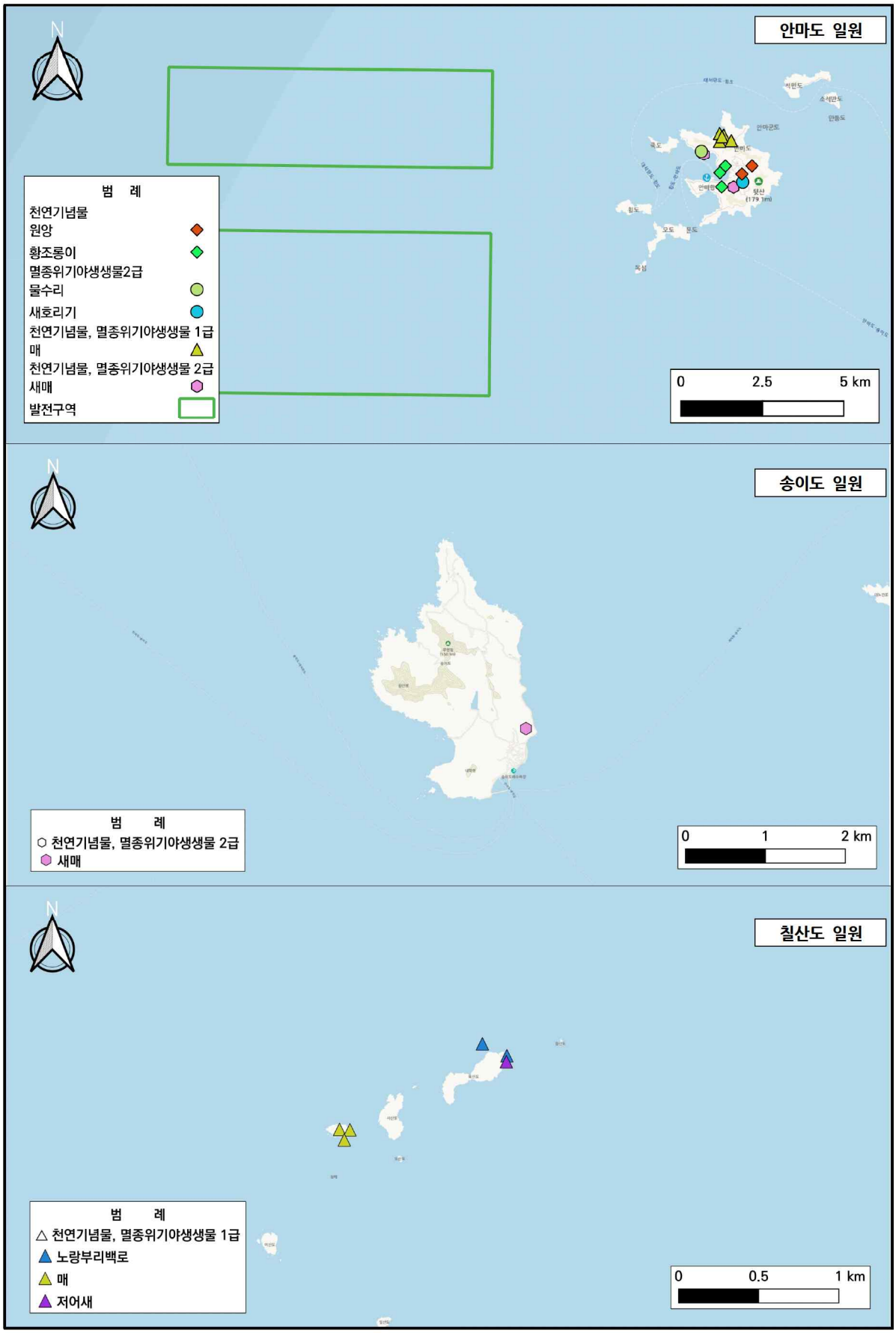
<표 4.1.1-11> 법정보호종 출현현황 요약(출현위치별)

출현종	천연기념물	멸종위기야생생물	현지조사					
			발전구역	해저송전선로	육상부	도서지역		
						안마도	송이도	칠산도
원앙	제327호	-	-	-	-	✔	-	-
큰기러기	-	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
검은머리물떼새	제326호	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
검은머리갈매기	-	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
붉은어깨도요	-	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
큰뒷부리도요	-	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
알락꼬리마도요	-	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
노랑부리백로	제361호	Ⅰ	-	-	✔	-	-	✔
노랑부리저어새	제205-2호	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
저어새	제205-1호	Ⅰ	-	-	✔	-	-	✔
새매	제323-4호	Ⅱ	-	-	✔	✔	✔	✔
붉은배새매	제323-2호	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
물수리	-	Ⅱ	-	-	✔	✔	-	-
매	제323-7호	Ⅰ	-	-	✔	✔	-	✔
새호리기	-	Ⅱ	-	-	✔	✔	-	-
황조롱이	제323-8호	-	-	-	✔	✔	-	-
수리부엉이	제324-2호	Ⅱ	-	-	✔	-	-	-
합계			-	-	16	6	1	4



주) 문헌자료에 정확한 출현위치가 기재된 종은 분포 위치도에 표시하였으며, 정확한 위치가 기재되지 않은 종은 격자 내 표시하였음

(그림 4.1.1-7) 문헌조사 시 법정보호종 분포 위치도



(그림 4.1.1-8) 현지조사 시 법정보호종 분포 위치도

육상부 일원
범 례
◇ 천연기념물
원앙
황조롱이
○ 멸종위기야생생물2급
검은머리갈매기
물수리
붉은어깨도요
새호리기
알락꼬리마도요
큰기러기
△ 천연기념물, 멸종위기야생생물 1급
노랑부리백로
노랑부리저어새
매
저어새
○ 천연기념물, 멸종위기야생생물 2급
수리부엉이
새매
붉은배새매
검은머리물떼새
사업지구
0
2.5
5 km
N

(그림 4.1.1-8) 계 속

(6) 위치추적기 부착 조류 조사결과

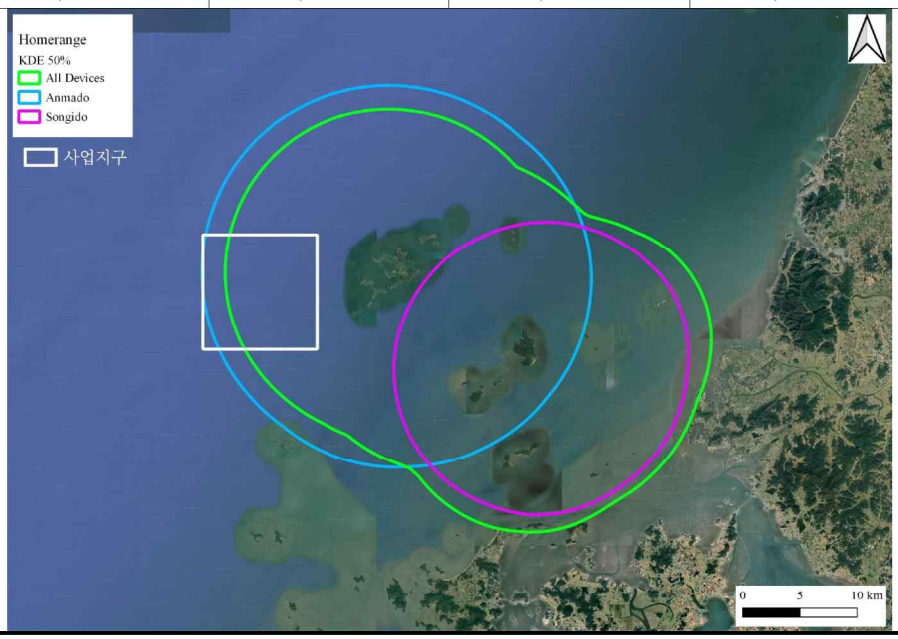
위지추석기 부착 조류조사는 2022년 7월 안마도와 송이도 일대에서, 괭이갈매기 각각 5개체 씩 총 10개체를 포획하여 부착조사를 실시하였다.

이 중 부착 직후 신호 손실 개체와 행동양식이 다른 개체, 총 2개체를 제외하고 8개체의 위치정보를 토대로 행동권 분석을 수행하였다.

행동권분석은 전체, 안마도 개체(5개체), 송이도 개체(3개체)의 3가지로 나눠서 실시하였으며, 일반적으로 중심영역(핵심분포영역)으로 판단하는 KDE 50% 이하의 위치는 위치추적기를 부착한 안마도와 송이도를 중심으로 설정된 것으로 조사되었다.

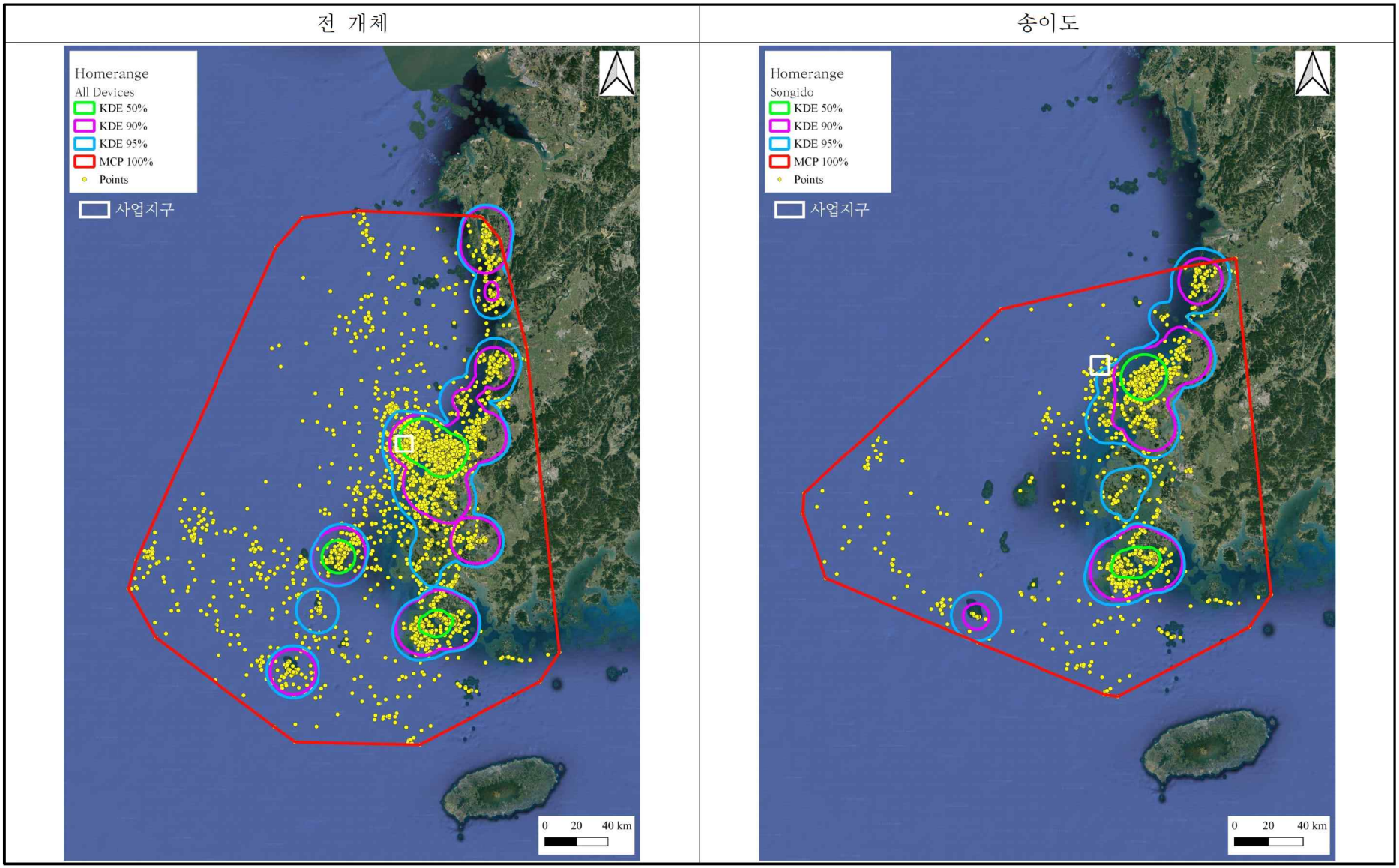
다만, 위치추적기 부착위치가 제한적이고, 위치추적기 부착지역을 중심으로 활동하는 개체를 대상으로 한 분석결과인 만큼 ESIA 조류 조사를 실시하면서 행동권 분석을 재실시하였다.

<표 4.1.1-12> 위치추적기 부착개체의 행동권 분석결과 (단위 : ㎢)

구 분	MCP	KDE		
	100%	95%	90%	50%
전체 개체	98,488.70	20,174.84	15,357.74	2,503.14
송이도	65,735.44	11,388.31	6,832.80	1,338.19
안마도	79,943.87	20,249.98	13,206.48	2,065.00
핵심분포영역				

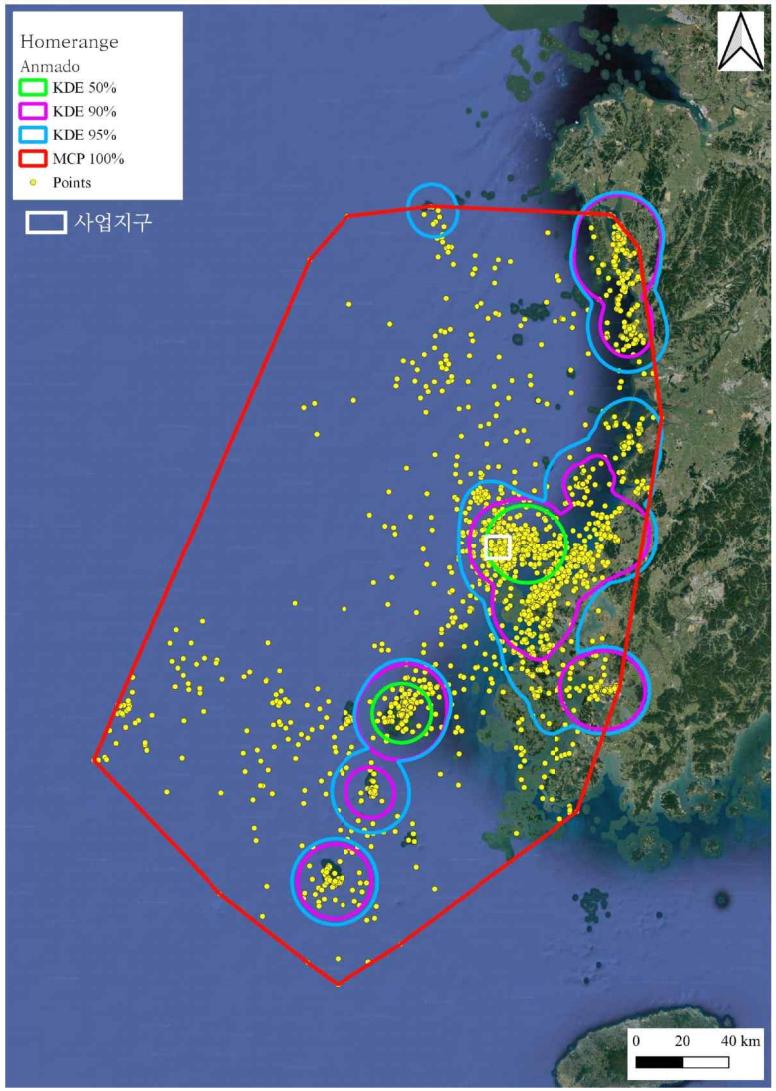
주) 1. MCP(Minimum Convex polygon Method; 최소볼록다각형법) : 획득된 위치정보의 최외곽선을 연결하여 블록 다각형으로 행동권을 표현하는 방법이며, 간혹 이동한 먼 거리의 좌표 사항이 포함되기 때문에 거의 이용하지 않는 범위도 행동 내에 포함된다는 단점이 있음

2. KDE(Kernel Density Estimation; 커널밀도추정법) : 행동권의 밀도 분포를 선과 같은 곡선으로 표현하는 방법으로 95%는 일반적 행동권을, 50%수준은 중심영역(핵심서식지)을 나타내는 것으로 알려져 있어, 이용 빈도에 따른 행동영역을 파악하는 데 적합



(그림 4.1.1-9) 위치추적기 부착조류 행동권 분석결과

안마도



KEI 2023

영광 안마 해상풍력 발전사업(ME2022C008)

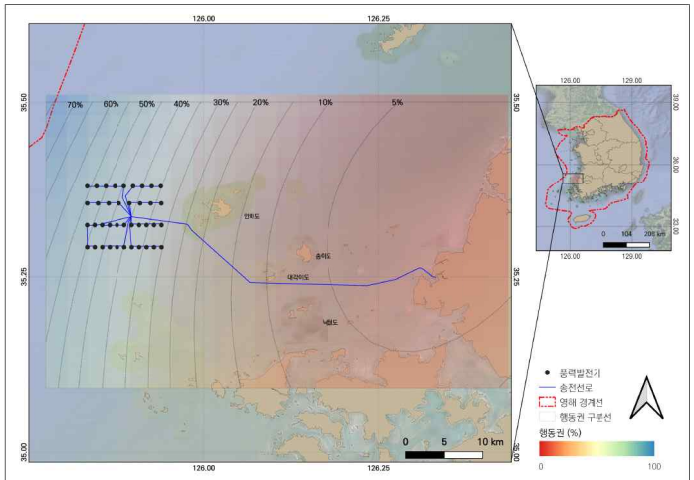
해양성조류 해양 공간이용 현황도

【 영광 안마 해상풍력 발전사업 】

사 업 개 요

○ 위 치 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 일원
○ 규 모 : 546MW(14MW×39기)

❍ 동 사업 환경영향평가서 본안의 '환경영향평가서 보완요구 내용'에 의거하여 본 원(KEI)에서 수행한 '해상풍력 환경성 평가를 위한 조류 공간이용 분석 및 DB 구축 연구' 결과는 아래와 같음



제시된 39기의 풍력발전기는 해양성 조류의 행동권(서식권) KDE 30~60%에 속함

※ 학술적으로 KDE 1%~50% 지역은 핵심 행동권(서식권)으로 평가됨

❍ 본 도면은 '21.05.23.~'23.01.15.까지 한국환경연구원(KEI)에서 수행한 환경부 연구과제 '해상풍력 환경성 평가를 위한 조류 공간 이용 분석 및 DB 구축 연구'의 결과로 '영광 안마 해상풍력 발전사업' 관련 해양성 조류의 공간이용 현황 정보제공을 목적으로 작성됨
- 연구대상종: 괭이갈매기, 저어새
- 분석방법: 커널밀도추정(Kernal Density Estimation, KDE)
- '해상풍력 환경성 평가를 위한 조류 공간 이용 분석 및 DB 구축 연구(Ⅱ)'('23.03.04~'24.03.03) 결과에 따라 사업대상지 및 주변지역에 대한 KDE 결과 등 공간이용 정보는 변경될 수 있음

(그림 4.1.1-9) 계 속

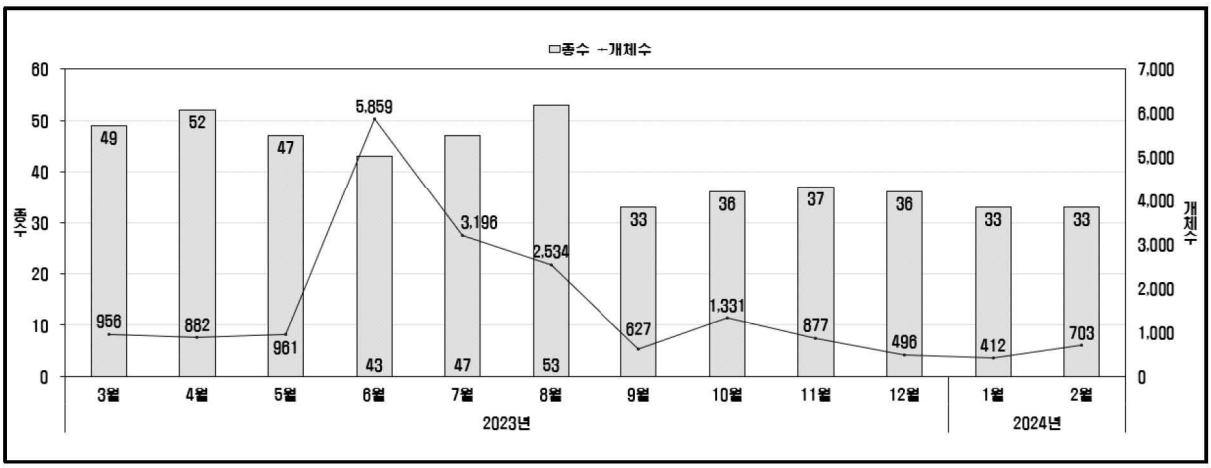
나) ESIA 조사 (추가조사)

(1) 종합(최대개체수)

1~12차에 걸친 현지조사결과 50과 162종, 총 9,652개체(최대개체수)가 조사되었으며, 법정보호종은 총 25종이 조사되었다.

<표 4.1.1-13> ESIA 조사결과 (종합)

조사시기		2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
출현 현황	과수	26	26	25	27	25	28	20	20	20	22	19	20	50
	종수	49	52	47	43	47	53	33	36	37	36	33	33	162
	개체수	956	882	961	5,859	3,196	2,534	627	1,331	877	496	412	703	9,652
법정보호종		7종	3종	7종	10종	8종	8종	4종	3종	3종	2종	4종	4종	25종



(그림 4.1.1-10) 월별 조류 출현 종수 및 개체수 (종합)

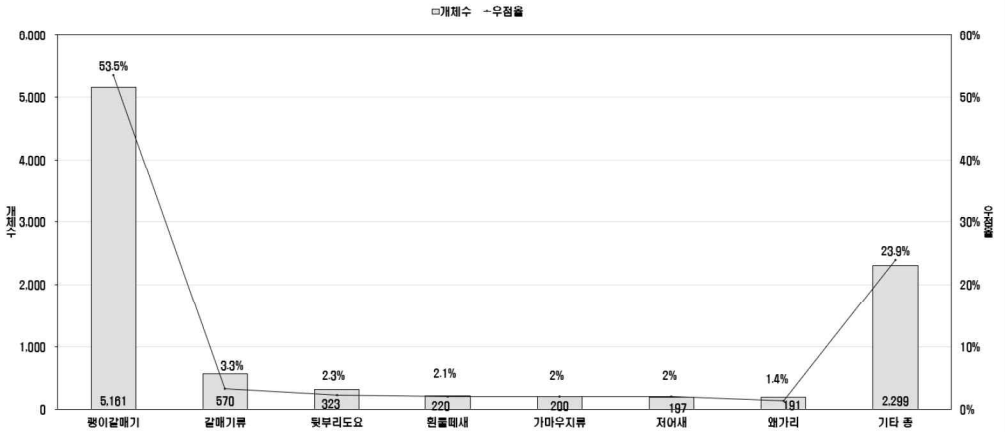
(가) 종(Species)별 출현 현황

현지조사 결과, 2023년 11월에 가마우지류, 2023년 3월~10월, 2023년 12월~2024년 2월까지 괭이갈매기(갈매기류 등)가 우점하는 것으로 조사되었다.

괭이갈매기 우점율은 종합 53.5%로 나타났으며, 그 외 갈매기류는 5.9%로 나타나 전체 출현개체수의 약 59.4% 이상이 갈매기가 우점하는 것으로 조사되었다.

그 외 상위 우점종은 뒷부리도요, 흰물떼새, 가마우지류, 저어새, 왜가리 등으로 나타났으며, 왜가리, 가마우지류를 제외한 3개 종은 모두 여름철새로 특정 시기에만 출현개체수가 늘어나는 양상을 나타내었다.

<표 4.1.1-14> 종(Species)별 조류 출현 현황 (종합)

구분	2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
	개체수 (우점율, %)												
괭이갈매기	198 (20.7)**	184 (20.9)**	497 (51.7)**	5,161 (88.1)**	1,809 (56.6)**	1,179 (46.5)**	344 (54.9)**	444 (33.4)*	193 (22.0)*	169 (34.1)**	53 (12.9)*	129 (18.3)**	5,161 (53.5)**
갈매기류	-	-	-	-	-	-	-	570 (42.8)**	-	-	-	-	570 (5.9)*
뒷부리도요	-	-	-	-	323 (10.1)*	120 (4.7)	-	-	-	-	-	-	323 (3.3)
흰물떼새	-	-	-	7 (0.1)	220 (6.9)	5 (0.2)	-	-	-	-	-	-	220 (2.3)
가마우지류	-	-	-	-	-	-	-	-	200 (22.8)**	-	-	-	200 (2.1)
저어새	-	-	-	108 (1.8)*	148 (4.6)	197 (7.8)*	-	-	-	-	-	-	197 (2.0)
왜가리	11 (1.2)	3 (0.3)	3 (0.3)	99 (1.7)	171 (5.4)	191 (7.5)	17 (2.7)	8 (0.6)	18 (2.1)	8 (1.6)	3 (0.7)	2 (0.3)	191 (2.0)
찌르레기	139 (14.5)*	-	-	33 (0.6)	1 (0.0)	-	-	-	5 (0.6)	-	-	-	139 (1.4)
지느러미 발도요	-	-	7 (0.7)	-	-	131 (5.2)	-	-	-	-	-	-	131 (1.4)
직박구리	120 (12.6)	100 (11.3)*	52 (5.4)	88 (1.5)	45 (1.4)	76 (3.0)	80 (12.8)*	84 (6.3)	109 (12.4)	53 (10.7)*	72 (17.5)**	40 (5.7)	120 (1.2)
박새	101 (10.6)	3 (0.3)	8 (0.8)	26 (0.4)	7 (0.2)	13 (0.5)	20 (3.2)	16 (1.2)	20 (2.3)	28 (5.6)	30 (7.3)	73 (10.4)*	101 (1.0)
기타 종 (species)	387 (40.4)	592 (67.2)	394 (41.1)*	337 (5.8)	472 (14.8)	622 (24.6)	166 (26.4)	209 (15.7)	332 (37.8)	238 (48.0)	254 (61.6)	459 (65.3)	2,299 (23.9)
출현 개체수	956 (100.0)	882 (100.0)	961 (100.0)	5,859 (100.0)	3,196 (100.0)	2,534 (100.0)	627 (100.0)	1,331 (100.0)	877 (100.0)	496 (100.0)	412 (100.0)	703 (100.0	9,652 (100.0)
우점율 그래프													

주) 1. ** : 우점종, * : 아우점종

2. 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

(나) 분류별 조류 출현 현황

분류군별 조류 출현현황을 검토한 결과, 갈매기류가 우점하는 것으로 조사되었으며 도요물떼새류가 아우점하는 것으로 조사되었다.

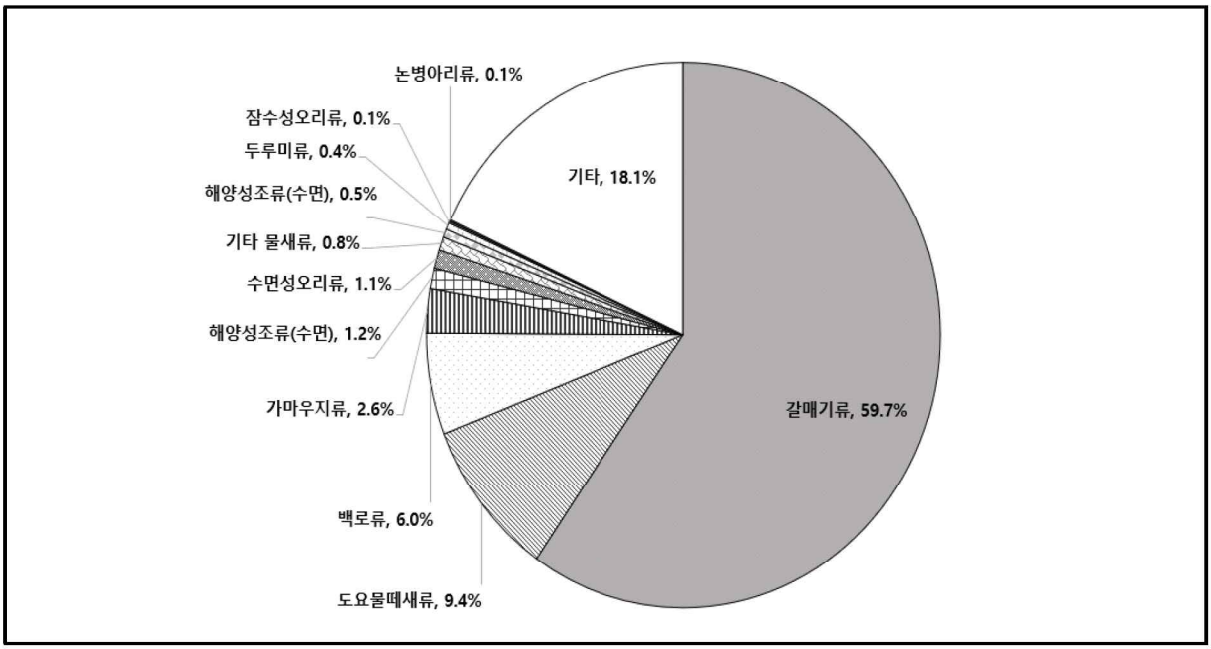
갈매기류는 연중 우점하는 것으로 나타났으나, 도요물떼새류는 도래시기별 우점율이 다소 상이한 것으로 조사되었다.

또한, 해양성조류(수면)에 해당하는 슴새, 바다제비, 해양성조류(잠수)에 해당하는 바다쇠오리가 조사되었다.

<표 4.1.1-15> 분류군별 조류 출현 현황 (종합)

구분	2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
	개체수(우점율, %)												
갈매기류	203 (21.2)	185 (21)	501 (52.1)	5,163 (88.1)	1,811 (56.6)	1,184 (46.7)	346 (55.1)	1,029 (77.3)	197 (22.5)	183 (36.9)	60 (14.6)	132 (18.8)	5,759 (59.7)
도요물떼새류	2 (0.2)	12 (1.4)	8 (0.8)	10 (0.2)	651 (20.4)	418 (16.5)	-	3 (0.2)	-	-	-	-	909 (9.4)
백로류	14 (1.5)	31 (3.5)	39 (4.1)	243 (4.1)	425 (13.3)	541 (21.3)	22 (3.5)	13 (1.0)	18 (2.1)	8 (1.6)	3 (0.7)	2 (0.3)	576 (6.0)
가마우지류	34 (3.6)	12 (1.4)	2 (0.2)	3 (0.1)	5 (0.2)	5 (0.2)	20 (3.2)	8 (0.6)	215 (24.5)	8 (1.6)	4 (1.0)	10 (1.4)	248 (2.6)
해양성조류 (수면)	-	-	118 (12.3)	55 (0.9)	23 (0.7)	83 (3.3)	33 (5.3)	1 (0.1)	-	-	-	-	118 (1.2)
수면성오리류	42 (4.4)	5 (0.6)	-	-	4 (0.1)	4 (0.2)	-	1 (0.1)	56 (6.4)	30 (6.0)	39 (9.5)	75 (10.7)	108 (1.1)
기타 물새류	17 (1.8)	35 (4.0)	13 (1.4)	34 (0.6)	28 (0.9)	25 (1.0)	30 (4.8)	35 (2.6)	2 (0.2)	12 (2.4)	13 (3.2)	3 (0.4)	79 (0.8)
해양성조류 (잠수)	11 (1.2)	3 (0.3)	25 (2.6)	-	-	-	-	-	-	-	31 (7.5)	53 (7.5)	53 (0.5)
두루미류	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43 (6.1)	43 (0.4)
잠수성오리류	1 (0.1)	-	-	-	-	-	-	7 (0.5)	-	-	-	-	8 (0.1)
논병아리류	2 (0.2)	-	-	-	-	-	2 (0.3)	-	-	3 (0.6)	1 (0.2)	3 (0.4)	5 (0.1)
기타	630 (65.8)	599 (67.8)	255 (26.5)	351 (6.0)	249 (7.8)	274 (10.8)	174 (27.8)	234 (17.6)	389 (44.3)	252 (50.9)	261 (63.3)	382 (54.4)	1,746 (18.1)
출현 개체수	956 (100.0)	882 (100.0)	961 (100.0)	5,859 (100.0)	3,196 (100.0)	2,534 (100.0)	627 (100.0)	1,331 (100.0)	877 (100.0)	496 (100.0)	412 (100.0)	703 (100.0)	9,652 (100.0)

주) 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 분류군의 종합(최대개체수)의 합임



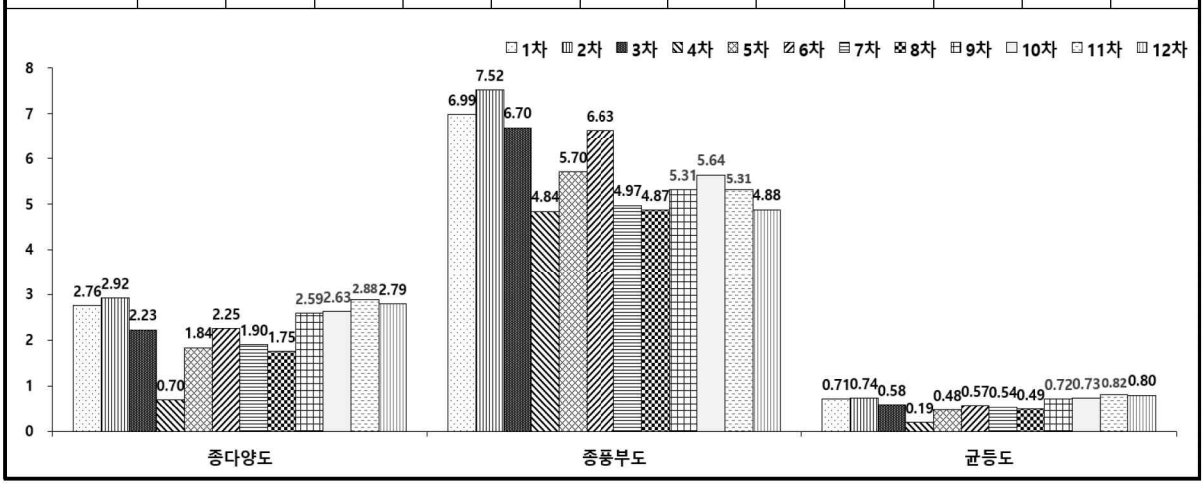
(그림 4.1.1-11) 분류군별 조류 출현 현황 (종합)

(다) 생태지수

생태지수 분석결과, 종다양도는 0.70~2.92, 종풍부도는 4.84~7.52, 균등도는 0.19~0.82의 범위로 나타났다.

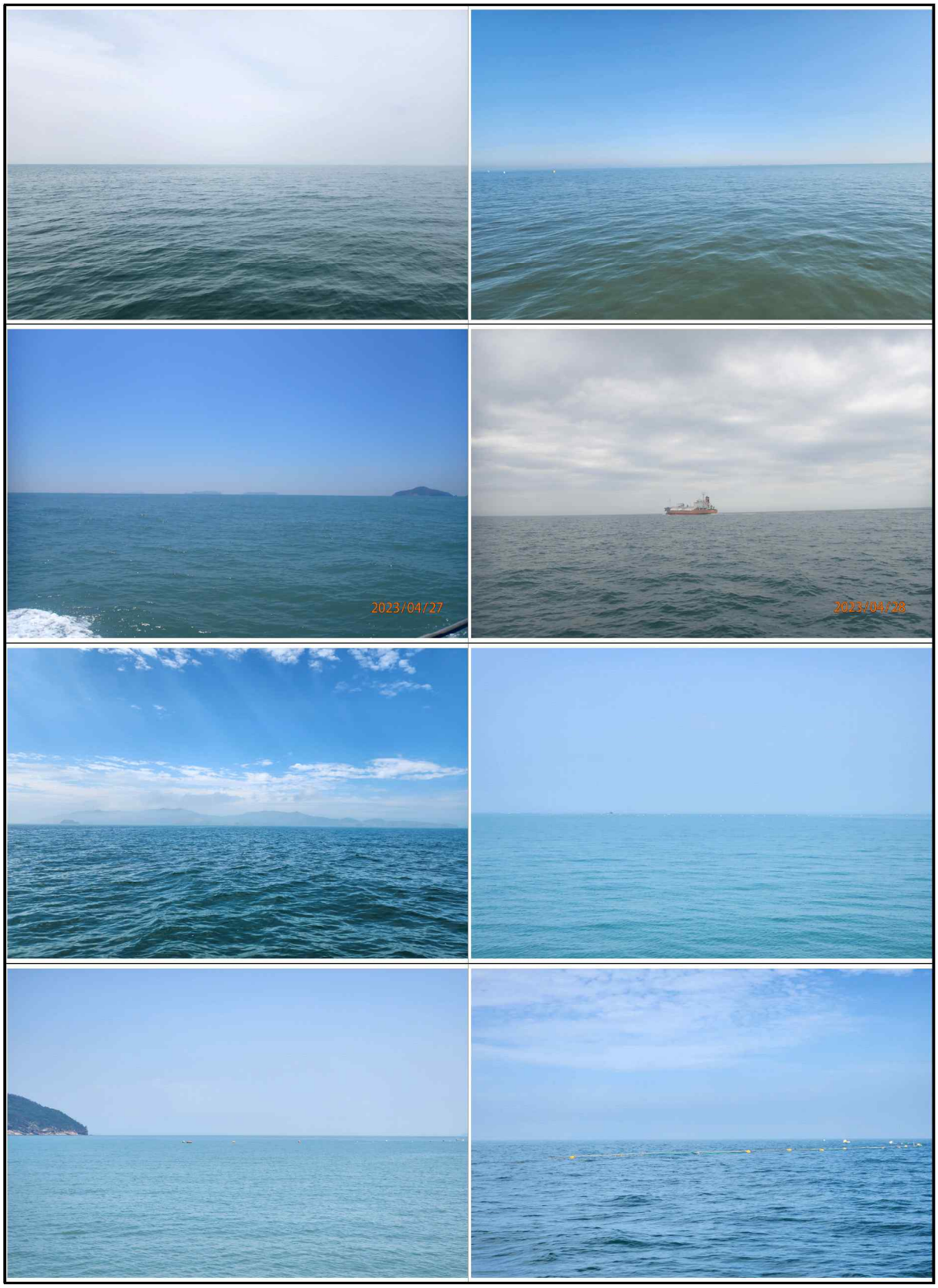
<표 4.1.1-16> 생태지수 분석결과 (종합)

구 분	1차 (3월)	2차 (4월)	3차 (5월)	4차 (6월)	5차 (7월)	6차 (8월)	7차 (9월)	8차 (10월)	9차 (11월)	10차 (12월)	11차 (1월)	12차 (2월)
종다양도	2.76	2.92	2.23	0.70	1.84	2.25	1.90	1.75	2.59	2.63	2.88	2.79
종풍부도	6.99	7.52	6.70	4.84	5.70	6.63	4.97	4.87	5.31	5.64	5.31	4.88
균등도	0.71	0.74	0.58	0.19	0.48	0.57	0.54	0.49	0.72	0.73	0.82	0.80



(2) 해상조사

(가) 조사지역 전경



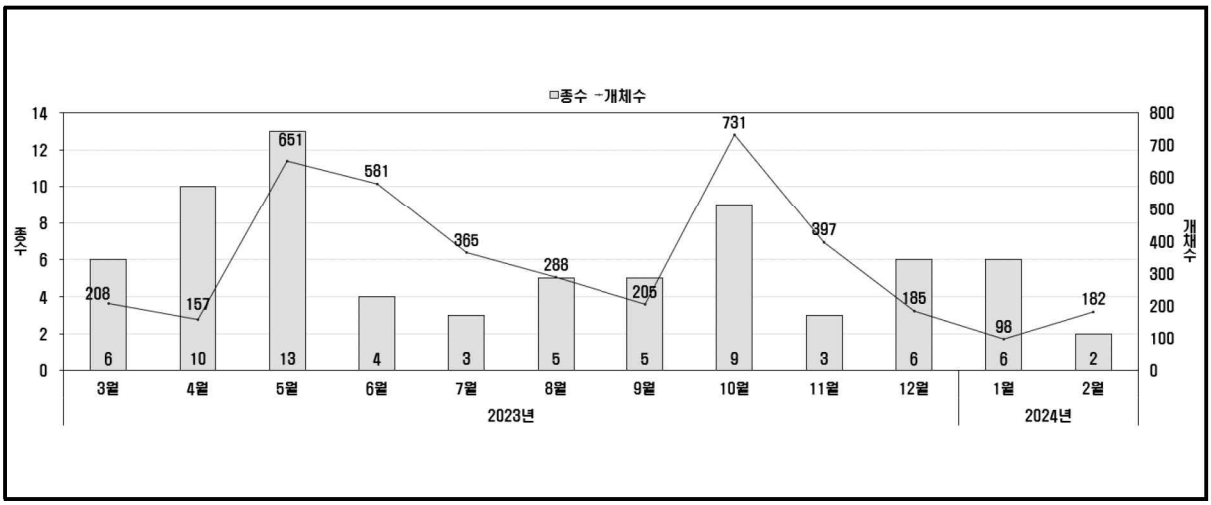
(그림 4.1.1-12) 사업지구 주변 해상현황

(나) 해상조사 종합(최대개체수)

12회에 걸친 해상부 조사결과, 총 15과 32종, 총 1,697개체(최대개체수)가 출현한 것으로 조사되었으며, 법정보호종은 총 6종이 조사되었다.

<표 4.1.1-17> ESIA 조사결과 (해상조사)

조사시기		2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
출현 현황	과수	4	7	9	3	3	4	3	4	2	4	3	2	15
	종수	6	10	13	4	3	5	5	9	3	6	6	2	32
	개체수	208	157	651	581	365	288	205	731	397	185	98	182	1,697
법정보호종		2종	2종	3종	3종	1종	2종	1종	1종	-	-	1종	1종	6종



(그림 4.1.1-13) 월별 조류 출현 종수 및 개체수 (해상조사)

(다) 종(Species)별 출현 현황

현지조사 결과, 2023년 8월과 10월, 11월 조사시를 제외하고는 모두 괭이갈매기가 우점하는 것으로 조사되었으며, 8월에는 지느러미발도요가 우점하고, 10월에는 갈매기류, 11월에는 가마우지류가 최우점하는 것으로 조사되었다.

조사시기별 개체수를 종합한 결과, 갈매기류가 33.6%, 괭이갈매기가 30.9%로 상위 2개 우점분류군이 총 64.5% 우점하는 것으로 조사되었다.

〈표 4.1.1-18〉 종(Species)별 조류 출현 현황 (해상조사)

구분	2023년										2024년		종합
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	(최대개체수)
	개체수 (우점율, %)												
갈매기류	-	-	-	-	-	-	-	570 (78.0)**	-	-	-	-	570 (33.6)**
괭이갈매기	188 (90.4)**	123 (78.3)**	481 (73.9)**	524 (90.2)**	340 (93.2)**	69 (24.0)*	167 (81.5)**	132 (18.1)*	193 (48.6)*	165 (89.2)**	52 (53.2)**	129 (70.9)**	524 (30.9)*
가마우지류	-	-	-	-	-	-	-	-	200 (50.4)**	-	-	-	200 (11.8)
지느러미발도요	-	-	7 (1.1)	-	-	131 (45.4)**	-	-	-	-	-	-	131 (7.7)
바다제비	-	-	62 (9.5)*	1 (0.2)	23 (6.3)*	50 (17.4)	-	-	-	-	-	-	62 (3.7)
슴새	-	-	56 (8.6)	54 (9.3)*	-	33 (11.5)	33 (16.1)*	1 (0.1)	-	-	-	-	56 (3.3)
바다쇠오리	11 (5.3)*	3 (1.9)	25 (3.8)	-	-	-	-	-	-	-	31 (31.6)*	53 (29.1)*	53 (3.1)
황로	-	15 (9.6)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 (0.9)
귀제비	-	-	9 (1.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 (0.5)
큰회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7 (7.1)	-	7 (0.4)
한국재갈매기	-	-	-	-	-	-	-	7 (1.0)	-	2 (1.1)	-	-	7 (0.4)
재갈매기	4 (1.9)	1 (0.6)	-	-	-	-	1 (0.5)	7 (1.0)	4 (1.0)	7 (3.8)*	6 (6.1)	-	7 (0.4)
중대백로	1 (0.5)	7 (4.5)	1 (0.2)	-	2 (0.5)	-	-	1 (0.1)	-	-	-	-	7 (0.4)
검은머리흰죽지	-	-	-	-	-	-	-	7 (1.0)	-	-	-	-	7 (0.4)
흑부리오리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (3.2)	-	-	6 (0.4)
제비갈매기	-	-	3 (0.5)	-	-	5 (1.7)	1 (0.5)	-	-	-	-	-	5 (0.3)
오리류	-	-	-	-	-	-	-	5 (0.7)	-	-	-	-	5 (0.3)
뿔논병아리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (1.6)	-	-	3 (0.2)
중백로	-	-	2 (0.3)	-	-	-	3 (1.5)	-	-	-	-	-	3 (0.2)
왜가리	3 (1.4)	2 (1.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (0.2)
회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (1.1)	1 (1.0)	-	2 (0.1)
쏙독새	-	2 (1.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.1)
쇠제비갈매기	-	-	-	2 (0.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.1)
가마우지	-	2 (1.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.1)
쇠백로	-	-	2 (0.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (0.1)
솔새사촌	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)
제비	-	1 (0.6)	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)
갈매기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (1.0)	-	1 (0.1)
솔부엉이	-	1 (0.6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)
북극도둑갈매기	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)
아비	1 (0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)
흰뺨검둥오리	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)	-	-	-	-	1 (0.1)
계	208 (100.0)	157 (100.0)	651 (100.0)	581 (100.0)	365 (100.0)	288 (100.0)	205 (100.0)	731 (100.0)	397 (100.0)	185 (100.0)	98 (100.0)	182 (100.0)	1,697 (100.0)

주) 1. ** : 우점종, * : 아우점종

2. 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

(라) 분류별 조류 출현 현황

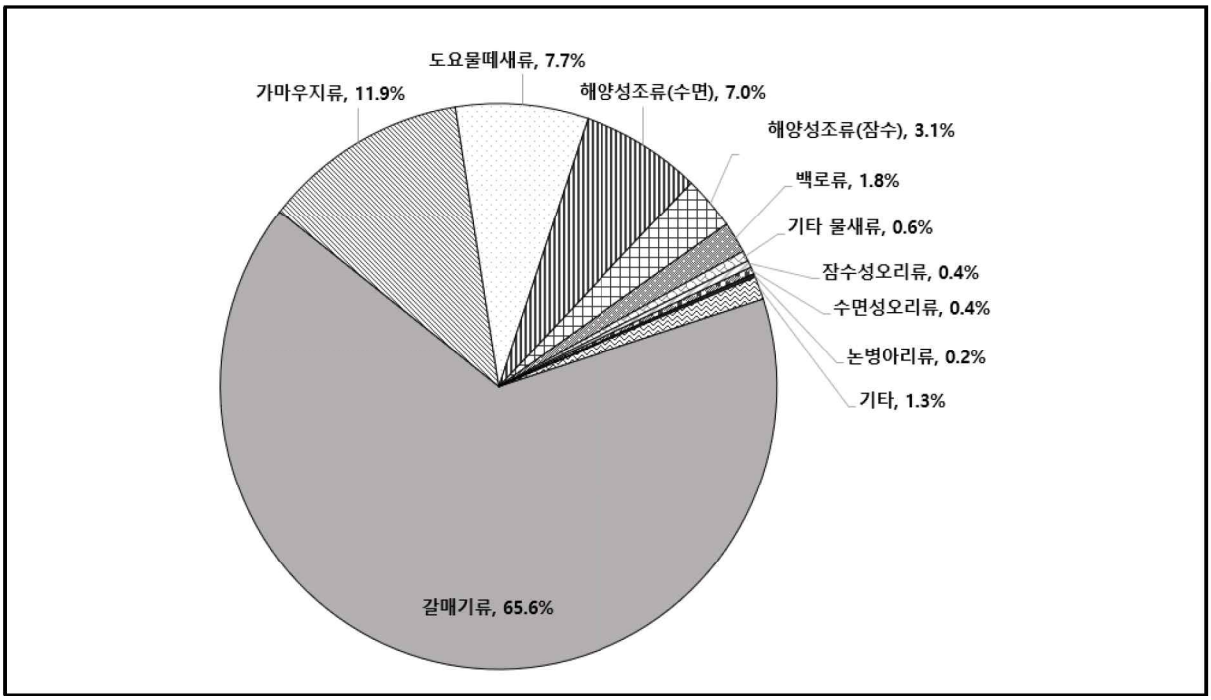
현지조사 결과, 갈매기류가 65.6%로 우점하는 것으로 조사되었으며 가마우지류가 아우점하는 것으로 조사되었다.

또한, 해양성조류(수면)에 해당하는 슴새, 바다제비가 조사되었고 해양성조류(잠수)에 해당하는 바다쇠오리가 조사되었으며 백로류인 황로, 왜가리, 중대백로, 중백로, 쇠백로 등이 해상에서 관찰되었다.

<표 4.1.1-19> 분류군별 조류 출현 현황 (해상조사)

구분	2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
	개체수 (우점율, %)												
갈매기류	192 (92.3)	124 (79.0)	485 (74.5)	526 (90.5)	340 (93.2)	74 (25.7)	169 (82.4)	716 (98.0)	197 (49.6)	174 (94.1)	59 (60.2)	129 (70.9)	1,117 (65.6)
가마우지류	-	2 (1.3)	-	-	-	-	-	-	200 (50.4)	-	-	-	202 (11.9)
도요물떼새류	-	-	7 (1.1)	-	-	131 (45.5)	-	-	-	-	-	-	131 (7.7)
해양성조류 (수면)	-	-	118 (18.1)	55 (9.5)	23 (6.3)	83 (28.8)	33 (16.1)	1 (0.1)	-	-	-	-	118 (7.0)
해양성조류 (잠수)	11 (5.3)	3 (1.9)	25 (3.8)	-	-	-	-	-	-	-	31 (31.6)	53 (29.1)	53 (3.1)
백로류	4 (1.9)	24 (15.3)	5 (0.8)	-	2 (0.5)	-	3 (1.5)	1 (0.1)	-	-	-	-	30 (1.8)
기타 물새류	1 (0.5)	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (1.1)	8 (8.2)	-	10 (0.6)
잠수성오리류	-	-	-	-	-	-	-	7 (1.0)	-	-	-	-	7 (0.4)
수면성오리류	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.1)	-	6 (3.2)	-	-	7 (0.4)
논병아리류	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 (1.6)	-	-	3 (0.2)
기타	-	4 (2.5)	11 (1.7)	-	-	-	-	5 (0.7)	-	-	-	-	19 (1.3)
총합계	208 (100.0)	157 (100.0)	651 (100.0)	581 (100.0)	365 (100.0)	288 (100.0)	205 (100.0)	731 (100.0)	397 (100.0)	185 (100.0)	98 (100.0)	182 (100.0)	1,697 (100.0)

주) 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 분류군의 종합(최대개체수)의 합임



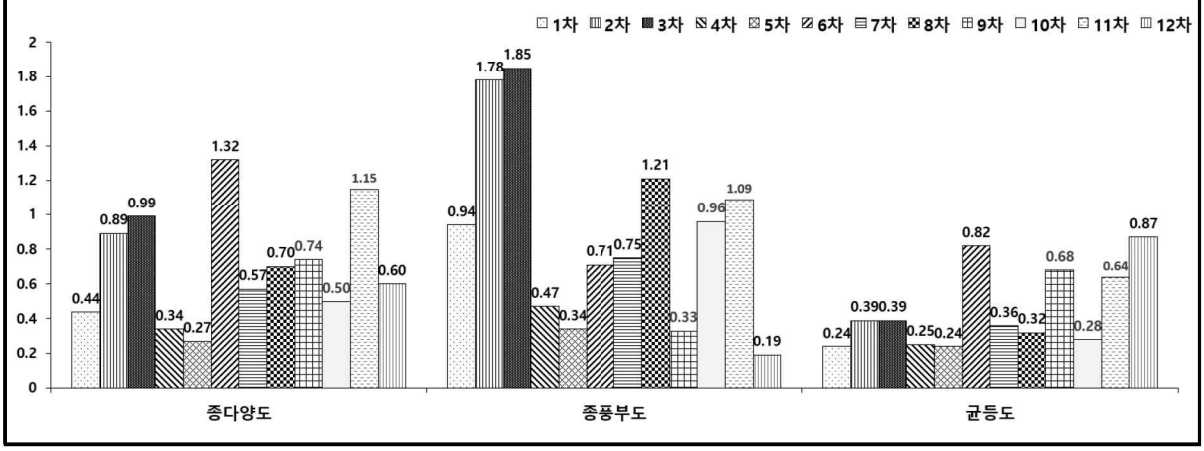
(그림 4.1.1-14) 분류군별 조류 출현 현황 (해상조사)

(마) 생태지수

생태지수 분석결과, 종다양도는 0.27~1.32, 종풍부도는 0.19~1.85, 균등도는 0.24~0.87의 범위로 나타났다.

〈표 4.1.1-20〉 생태지수 분석결과 (해상조사)

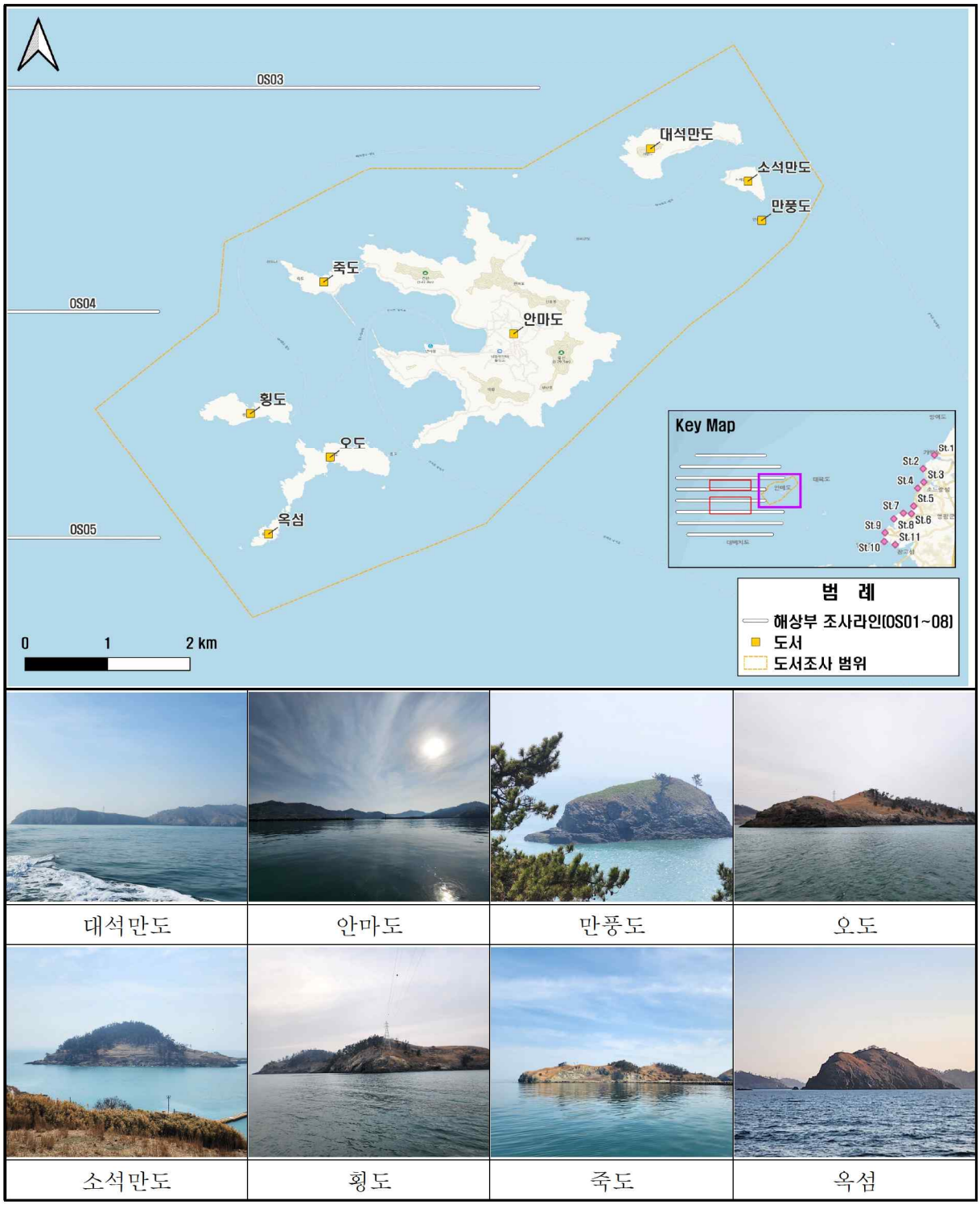
구 분	1차 (3월)	2차 (4월)	3차 (5월)	4차 (6월)	5차 (7월)	6차 (8월)	7차 (9월)	8차 (10월)	9차 (11월)	10차 (12월)	11차 (1월)	12차 (2월)
종다양도	0.44	0.89	0.99	0.34	0.27	1.32	0.57	0.70	0.74	0.50	1.15	0.60
종풍부도	0.94	1.78	1.85	0.47	0.34	0.71	0.75	1.21	0.33	0.96	1.09	0.19
균등도	0.24	0.39	0.39	0.25	0.24	0.82	0.36	0.32	0.68	0.28	0.64	0.87



(3) 도서조사

(가) 도서현황

사업지구 주변으로 8개의 도서에 대해 조사를 실시하였으며, 각 도서지역의 현황은 다음과 같다.



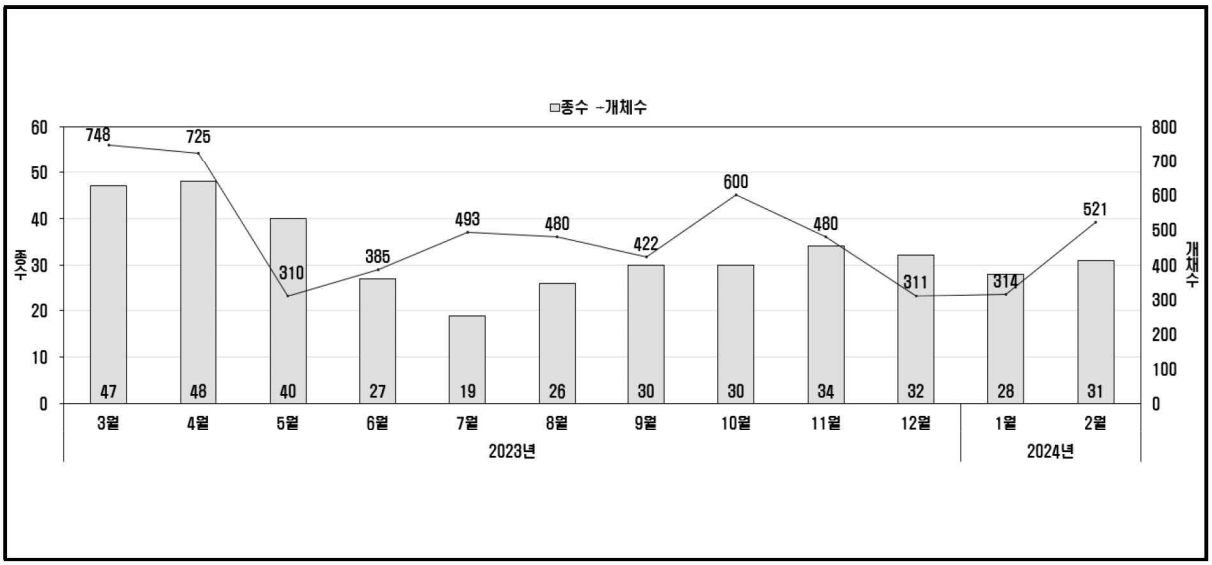
(그림 4.1.1-15) 사업지구 주변 도서지역 현황

(나) 도서조사 종합(최대개체수)

도서지역 조사결과, 39과 122종, 총 2,283개체(최대개체수)가 확인되었으며 법정보호종은 13종이 확인되었다.

<표 4.1.1-21> ESIA 조사결과 (도서조사)

조사시기		2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
출현 현황	과수	24	23	21	20	16	19	19	18	19	20	17	19	39
	종수	47	48	40	27	19	26	30	30	34	32	28	31	122
	개체수	748	725	310	385	493	480	422	600	480	311	314	521	2,283
법정보호종		5종	1종	4종	4종	2종	1종	3종	2종	3종	2종	3종	3종	13종



(그림 4.1.1-16) 월별 조류 출현종수 및 개체수 (도서조사)

(다) 종(Species)별 출현 현황

도서지역 조사결과, 2023년 3월 조사시 찌르레기가 우점하였으며 2023년 4월부터 5월, 11월부터 2024년 1월까지는 조사시 직박구리가 우점하는 것으로 조사되었다.

이후, 2023년 6월부터 10월 조사시에는 괭이갈매기가 우점하는 것으로 조사되었다.

해상부 조사와는 다르게 육상부 텃새 등의 분포가 상대적으로 높게 나타났는데, 이러한 소형텃새류의 서식을 위한 식생군락의 분포 등이 원인으로 판단된다.

〈표 4.1.1-22〉 종(Species)별 조류 출현 현황 (도서조사)

구분	2023년										2024년		종합 (최대개체수)
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
	개체수 (우점율, %)												
괭이갈매기	10 (1.3)	61 (8.4)	16 (5.2)	137 (35.6)**	334 (67.7)**	265 (55.2)**	177 (41.9)**	312 (52.0)**	-	4 (1.3)	1 (0.3)	-	334 (14.6)**
찌르레기	139 (18.6)**	-	-	13 (3.4)	1 (0.2)	-	-	-	5 (1.0)	-	-	-	139 (6.1)*
직박구리	120 (16.0)*	100 (13.8)**	52 (16.8)**	78 (20.3)*	42 (8.5)*	75 (15.6)*	80 (19.0)*	84 (14.0)*	109 (22.7)**	53 (17.0)**	72 (22.9)**	40 (7.7)	120 (5.3)
박새	101 (13.5)	3 (0.4)	8 (2.6)	24 (6.2)	7 (1.4)	13 (2.7)	20 (4.7)	16 (2.7)	20 (4.2)	28 (9.0)	30 (9.6)*	73 (14.0)**	101 (4.4)
노랑눈썹멧새	-	82 (11.3)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82 (3.6)
촉새	1 (0.1)	80 (11.0)	2 (0.6)	-	-	-	-	-	2 (0.4)	-	-	-	80 (3.5)
되새	68 (9.1)	-	-	-	-	-	-	23 (3.8)	6 (1.3)	-	-	-	68 (3.0)
유리딱새	3 (0.4)	58 (8.0)	-	-	-	1 (0.2)	-	-	-	-	-	-	58 (2.5)
쇠붉은뺨멧새	-	55 (7.6)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 (1.9)	55 (2.4)
칼새	-	-	41 (13.2)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41 (1.8)
기타 종(species)	306 (41.0)	286 (39.5)	191 (61.6)	133 (34.5)	109 (22.2)	126 (26.3)	145 (34.4)	165 (27.5)	338 (70.4)*	226 (72.7)*	211 (67.2)	398 (76.4)*	1,205 (52.8)
출현 개체수	748 (100.0)	725 (100.0)	310 (100.0)	385 (100.0)	493 (100.0)	480 (100.0)	422 (100.0)	600 (100.0)	480 (100.0)	311 (100.0)	314 (100.0)	521 (100.0)	2,283 (100)

주) 1. ** : 우점종, * : 아우점종
2. 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

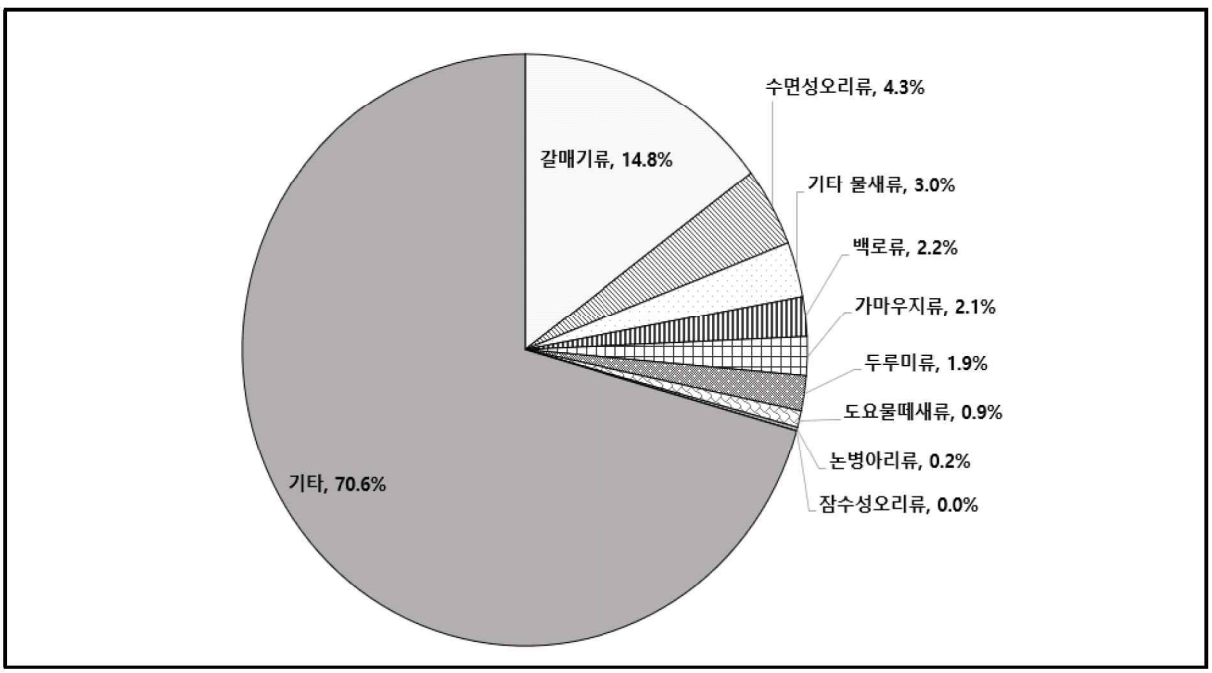
(라) 분류군별 조류 출현 현황

도서지역 조사결과, 대체로 갈매기류가 우점하는 것으로 조사되었으며, 2023년 3월, 2023년 11월~2024년 2월 겨울철에는 수면성오리류, 5월에는 백로류가 일시적으로 우점하는 양상을 나타내었다.

또한, 해양성조류는 조사되지 않았으며 수면성오리류에 해당하는 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 넓적부리, 고방오리가 조사되었고 잠수성오리류에 해당하는 댕기흰죽지가 조사되었다.

〈표 4.1.1-23〉 분류군별 조류 출현 현황 (도서조사)

구분	2023년										2024년		종합 (최대 개체수)
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	
	개체수 (우점율, %)												
갈매기류	11 (1.5)	61 (8.4)	16 (5.2)	137 (35.6)	334 (67.8)	265 (55.2)	177 (42.0)	313 (52.2)	-	9 (2.9)	1 (0.3)	3 (0.6)	339 (14.8)
수면성오리류	42 (5.6)	5 (0.7)	-	-	-	-	-	-	56 (11.7)	24 (7.7)	39 (12.4)	75 (14.4)	98 (4.3)
기타 물새류	16 (2.1)	35 (4.8)	13 (4.2)	34 (8.8)	27 (5.5)	21 (4.4)	30 (7.1)	35 (5.8)	2 (0.4)	10 (3.2)	5 (1.6)	3 (0.6)	69 (3.0)
백로류	10 (1.3)	7 (1.0)	34 (11.0)	11 (2.9)	6 (1.2)	10 (2.1)	19 (4.5)	12 (2.0)	18 (3.8)	8 (2.6)	3 (1.0)	2 (0.4)	50 (2.2)
가마우지류	34 (4.5)	10 (1.4)	2 (0.6)	3 (0.8)	3 (0.6)	5 (1.0)	20 (4.7)	8 (1.3)	15 (3.1)	8 (2.6)	4 (1.3)	10 (1.9)	48 (2.1)
두루미류	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43 (8.3)	43 (1.9)
도요물떼새류	2 (0.3)	12 (1.7)	1 (0.3)	1 (0.3)	-	3 (0.6)	-	3 (0.5)	-	-	-	-	20 (0.9)
논병아리류	2 (0.3)	-	-	-	-	-	2 (0.5)	-	-	-	1 (0.3)	3 (0.6)	5 (0.2)
잠수성오리류	1 (0.1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 (0.0)
기타	630 (84.3)	595 (82.0)	244 (78.7)	199 (51.6)	123 (24.9)	176 (36.7)	174 (41.2)	229 (38.2)	389 (81.0)	252 (81.0)	261 (83.1)	382 (73.2)	1,610 (70.6)
출현 개체수	748 (100.0)	725 (100.0)	310 (100.0)	385 (100.0)	493 (100.0)	480 (100.0)	422 (100.0)	600 (100.0)	480 (100.0)	311 (100.0)	314 (100.0)	521 (100.0)	2,283 (100)



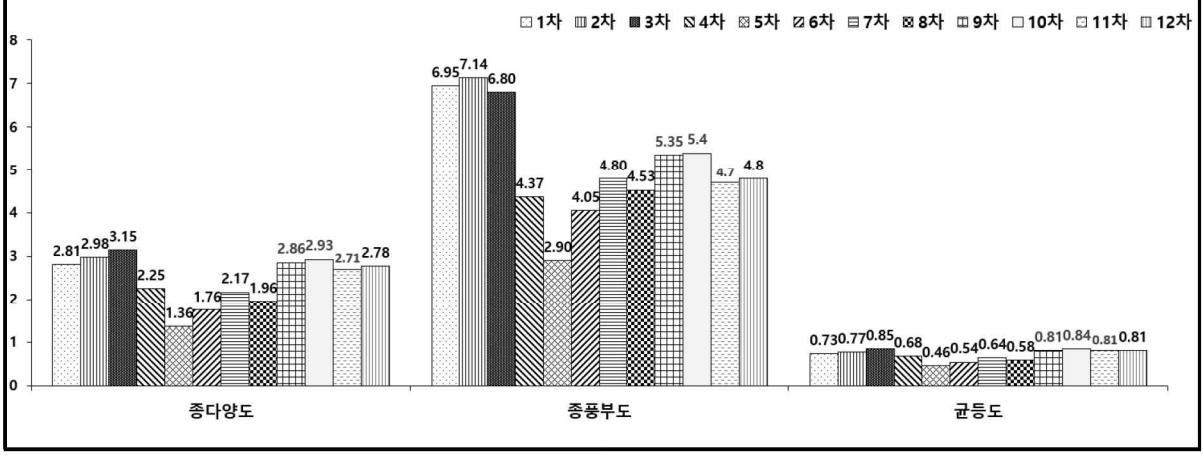
(그림 4.1.1-17) 분류군별 조류 출현 현황 (도서조사)

(마) 생태지수

생태지수 분석결과, 종다양도는 1.36~3.15, 종풍부도는 2.90~7.14, 균등도는 0.46~0.85의 범위로 나타났다.

<표 4.1.1-24> 생태지수 분석결과 (도서조사)

구 분	1차 (3월)	2차 (4월)	3차 (5월)	4차 (6월)	5차 (7월)	6차 (8월)	7차 (9월)	8차 (10월)	9차 (11월)	10차 (12월)	11차 (1월)	12차 (2월)
종다양도	2.81	2.98	3.15	2.25	1.36	1.76	2.17	1.96	2.86	2.93	2.71	2.78
종풍부도	6.95	7.14	6.80	4.37	2.90	4.05	4.80	4.53	5.35	5.40	4.70	4.80
균등도	0.73	0.77	0.85	0.68	0.46	0.54	0.64	0.58	0.81	0.84	0.81	0.81



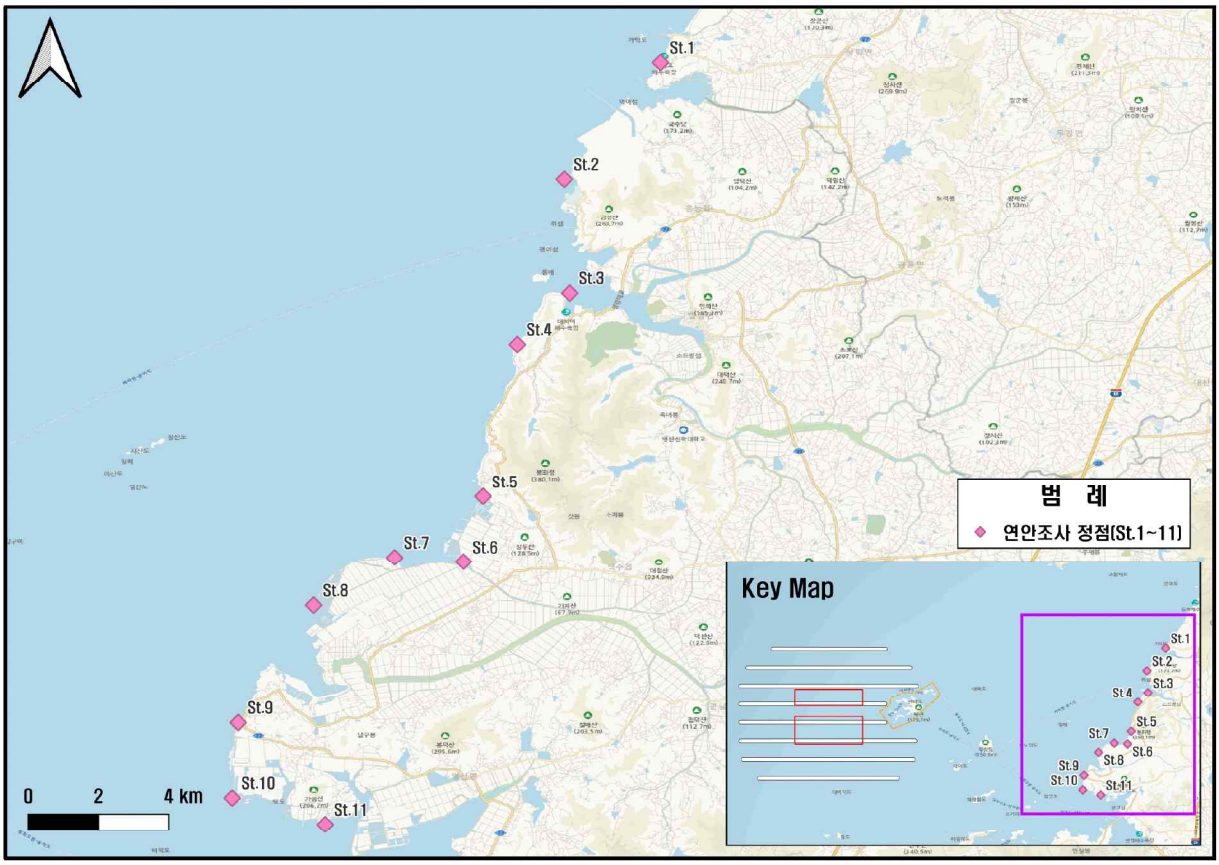
(4) 연안조사

(가) 연안현황

연안 조사는 백수갯벌을 따라 11개 정점을 선정하여 조사를 실시하였다.



(그림 4.1.1-18) 연안조사지점 현황



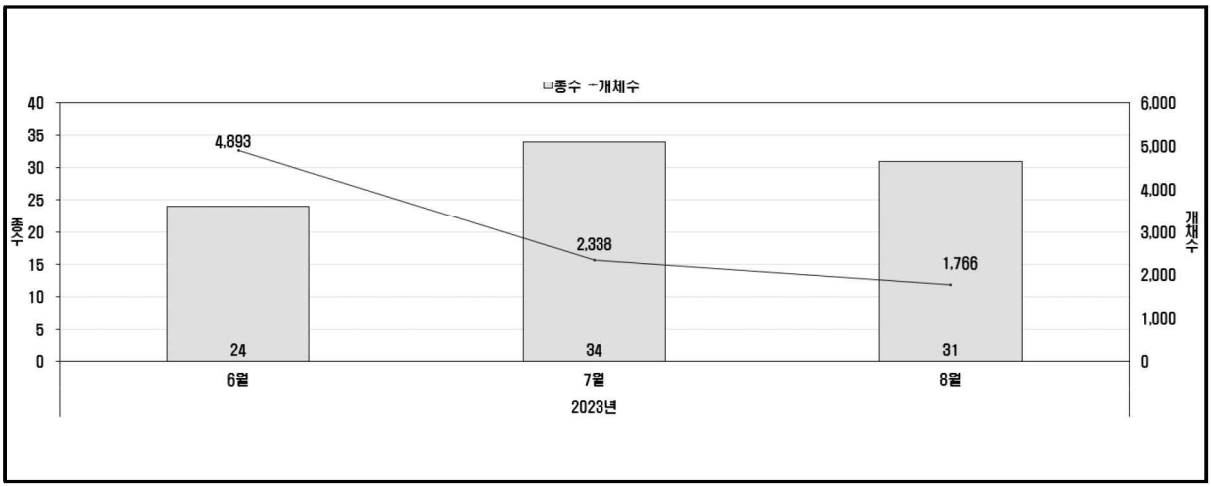
(그림 4.1.1-19) 연안조사 위치도

(나) 연안조사 종합(최대개체수)

연안 조사결과, 총 26과 51종, 총 6,024개체(최대개체수)가 출현한 것으로 조사되었다.

<표 4.1.1-25> ESIA 조사결과 (연안조사)

조사시기		2023년			종합 (최대개체수)
		6월	7월	8월	
출현 현황	과수	17	17	18	26
	종수	24	34	31	51
	개체수	4,893	2,338	1,766	6,024
법정보호종		4종	6종	5종	8종



(그림 4.1.1-20) 월별 조류 출현종수 및 개체수 (연안조사)

(다) 종(Species)별 출현 현황

현지조사 결과, 모든 조사시기에서 괭이갈매기가 최우점하는 것으로 조사되었으며, 그 외 도래시기에 따라 뒷부리도요, 흰물떼새, 저어새 등이 우점하는 것으로 조사되었다.

<표 4.1.1-26> 종(Species)별 조류 출현 현황 (연안조사)

구분	2023년			종합 (최대개체수)
	6월	7월	8월	
	개체수 (우점율, %)			
괭이갈매기	4,500 (92.0)**	1,135 (48.5)**	845 (48.0)**	4,500 (74.7)**
뒷부리도요	-	323 (13.8)*	120 (6.6)	323 (5.4)*
흰물떼새	7 (0.1)	220 (9.4)	5 (0.3)	220 (3.7)
저어새	108 (2.2)*	148 (6.3)	197 (11.2)*	197 (3.3)
왜가리	94 (1.9)	165 (7.1)	181 (10.3)	181 (3.0)
중대백로	10 (0.2)	19 (0.8)	79 (4.5)	79 (1.3)
쇠청다리도요	-	-	72 (4.1)	72 (1.2)
중백로	-	61 (2.6)	64 (3.6)	64 (1.1)
청다리도요	-	14 (0.6)	51 (2.9)	51 (0.8)
참새	50 (1.0)	41 (1.8)	45 (2.6)	50 (0.8)
기타 종(species)	124 (2.5)	212 (9.1)	107 (6.1)	287 (4.8)
출현 개체수	4,893 (100.0)	2,338 (100.0)	1,766 (100.0)	6,024 (100.0)

주) 1. ** : 우점종, * : 아우점종
2. 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

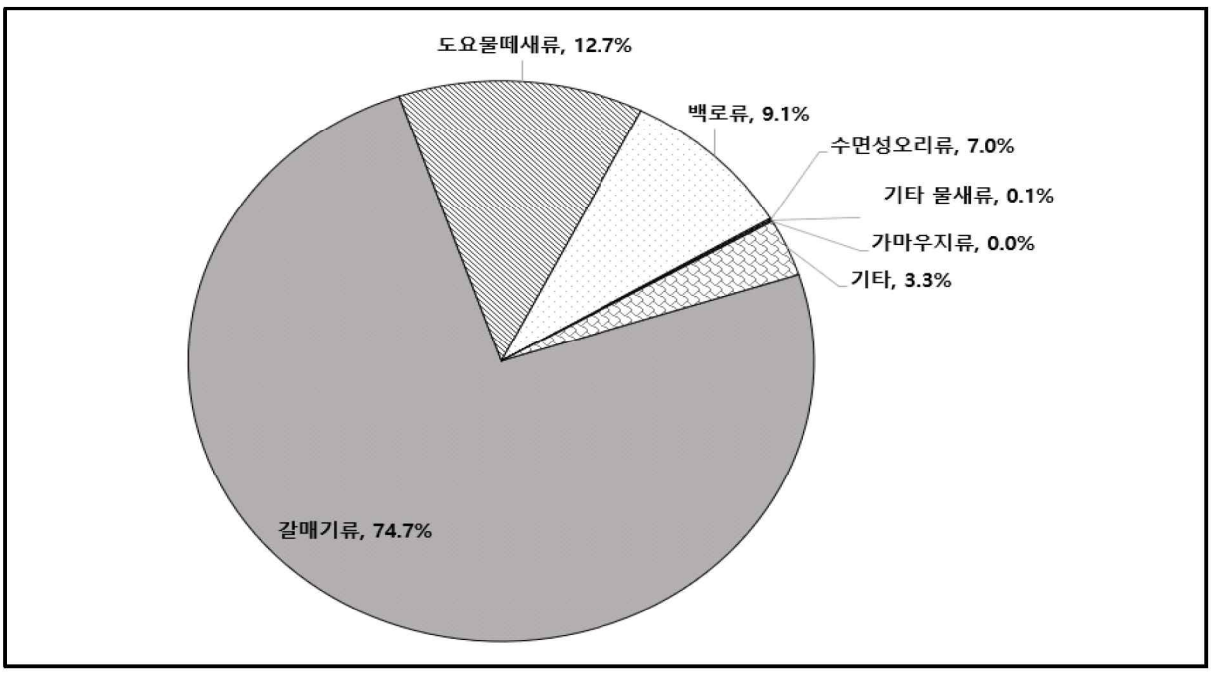
(라) 분류별 조류 출현 현황

분류군별 출현현황 분석결과, 갈매기류가 74.7%로 최우점하는 것으로 나타났으며, 그 외 도요물떼새류와 백로류가 각각 12.7%, 9.1%의 출현비율을 나타내었다.

<표 4.1.1-27> 분류군별 조류 출현 현황 (연안조사)

구분	2023년			종합
	6월	7월	8월	(최대개체수)
	개체수 (우점율, %)			
갈매기류	4,500 (92.0)	1,137 (48.7)	845 (48.0)	4,502 (74.7)
도요물떼새류	9 (0.2)	651 (27.8)	280 (15.9)	764 (12.7)
백로류	232 (4.7)	417 (17.8)	531 (30.1)	547 (9.1)
수면성오리류	-	4 (0.2)	4 (0.2)	8 (0.1)
기타 물새류	-	1 (0.0)	4 (0.2)	4 (0.1)
가마우지류	-	2 (0.1)	-	2 (0.0)
기타	152 (3.1)	126 (5.4)	98 (5.6)	197 (3.3)
출현 개체수	4,893 (100.0)	2,338 (100.0)	1,762 (100.0)	6,024 (100.0)

주) 출현 개체수 합계는 조사기간 중 각 분류군의 종합(최대개체수)의 합임



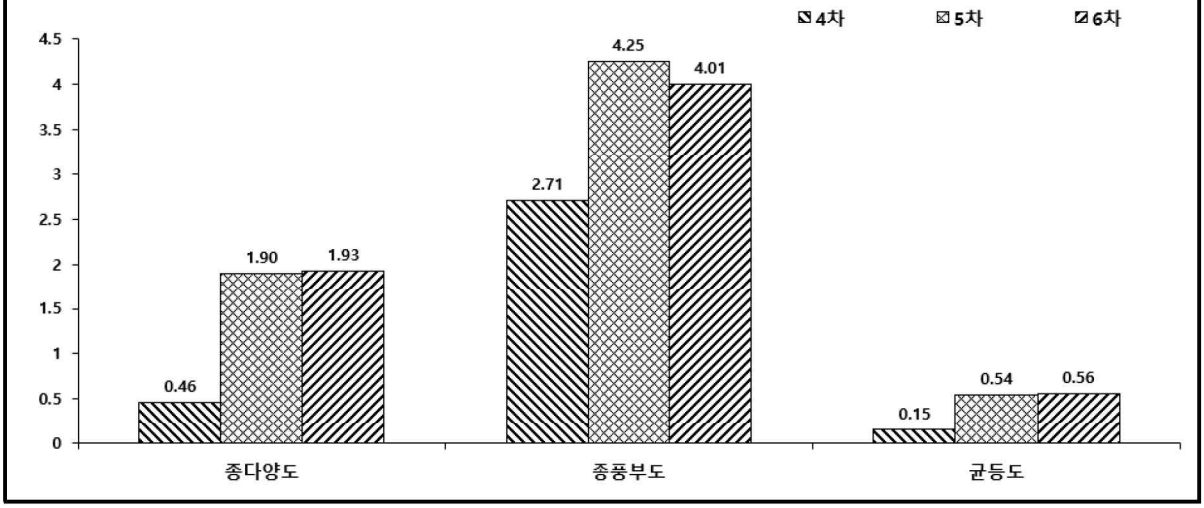
(그림 4.1.1-21) 분류군별 조류 출현 현황 (연안조사)

(마) 생태지수

생태지수 분석결과, 종다양도는 0.46~1.93, 종풍부도는 2.71~4.25, 균등도는 0.15~0.56의 범위로 나타났다.

〈표 4.1.1-28〉 생태지수 분석결과 (연안조사)

구 분	4차 (6월)	5차 (7월)	6차 (8월)
종다양도	0.46	1.90	1.93
종풍부도	2.71	4.25	4.01
균등도	0.15	0.54	0.56





(그림 4.1.1-22) 현지조사 시 관찰된 조류 현황(3~5월)

		
저어새	검은머리물떼새	황조롱이
		
바다제비	노랑부리저어새	지느러미발도요

(그림 4.1.1-23) 현지조사 시 관찰된 조류 현황(6~8월)

		
꾀꼬리	슴새	황조롱이
		
물총새	괭이갈매기	노당배진박새

(그림 4.1.1-24) 현지조사 시 관찰된 조류 현황(9~11월)

		
바다쇠오리	바다직박구리	매
		
박새	나무발발이	왜가리

(그림 4.1.1-25) 현지조사 시 관찰된 조류 현황(12~2월)

(5) 법정보호종

ESIA 현지조사 시 법정보호종은 원앙, 두견, 솔부엉이, 매, 팔색조 등 천연기념물 15종, 저어새, 노랑부리저어새 등 멸종위기 야생생물 Ⅰ급 2종, 흰목물떼새, 새매, 참매, 붉은배새매 등 멸종위기 야생생물 Ⅱ급 15종, 알락꼬리마도요, 아비, 슴새, 바다제비, 바다쇠오리 등 해양보호생물 8종으로 총 25종이 확인되었다.

법정보호종 분포는 주로 도시지역과 연안에서 출현종이 많이 나타났으며, 해상부 조사에서는 주로 수면성오리류와 해양성조류(수면,잠수)가 나타났다.

〈표 4.1.1-29〉 법정보호종 출현현황 (종합)

출현종	천연기념물	멸종위기야생생물		해양보호생물	현지조사			
		Ⅰ급	Ⅱ급		도서	해상	연안	종합
원앙	✓	-	-	-	-	-	○	○
황조롱이	✓	-	-	-	○	-	○	○
두견	✓	-	-	-	○	-	-	○
솔부엉이	✓	-	-	-	-	○	-	○
저어새	✓	✓	-	✓	-	-	○	○
노랑부리백로	✓	✓	-	✓	-	-	○	○
노랑부리저어새	✓	-	✓	-	-	-	○	○
매	✓	-	✓	-	○	-	-	○
잿빛개구리매	✓	-	✓	-	○	-	-	○
붉은배새매	✓	-	✓	-	○	-	-	○
새매	✓	-	✓	-	○	-	-	○
참매	✓	-	✓	-	○	-	-	○
흑두루미	✓	-	✓	-	○	-	-	○
팔색조	✓	-	✓	-	○	-	-	○
검은머리물떼새	✓	-	✓	✓	-	-	○	○
새호리기	-	-	✓	-	○	-	○	○
큰말똥가리	-	-	✓	-	○	-	-	○
흰목물떼새	-	-	✓	-	○	-	-	○
쇠제비갈매기	-	-	✓	-	-	○	-	○
긴꼬리딱새	-	-	✓	-	○	-	-	○
알락꼬리마도요	-	-	✓	✓	-	-	○	○
아비	-	-	-	✓	-	○	-	○
슴새	-	-	-	✓	-	○	-	○
바다제비	-	-	-	✓	-	○	-	○
바다쇠오리	-	-	-	✓	-	○	-	○
합계	15	2	15	8	13	6	8	25

〈표 4.1.1-30〉 조사시기별 법정 보호종 출현 현황 (종합)

조사시기	2023년										2024년		합계	비고
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월		
합 계	7종	3종	7종	10종	8종	8종	4종	3종	3종	2종	4종	4종	25종	-
원앙	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	천
황조롱이	-	-	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	천
두견	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천
솔부엉이	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천
저어새	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅰ,해
노랑부리백로	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅰ,해
노랑부리저어새	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
매	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○	○	천,멸Ⅱ
잿빛개구리매	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
붉은배새매	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
새매	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	○	천,멸Ⅱ
참매	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
흑두루미	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	천,멸Ⅱ
팔색조	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
검은머리물떼새	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ,해
새호리기	-	-	-	○	○	○	○	○	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
큰말똥가리	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
흰목물떼새	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
쇠제비갈매기	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
긴꼬리딱새	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
알락꼬리마도요	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ,해
아비	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	해
슴새	-	-	○	○	-	○	○	○	-	-	-	-	○	해
바다제비	-	-	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	해
바다쇠오리	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	해

주) 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급, 해 : 해양보호생물

〈표 4.1.1-31〉 조사시기별 법정보호종 출현 현황 (해상조사)

조사시기	2023년										2024년		합 계	비고
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월		
합 계	2종	2종	3종	3종	1종	2종	1종	1종	-	-	1종	1종	6종	-
솔부엉이	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천
쇠제비갈매기	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
아비	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	해
슴새	-	-	○	○	-	○	○	○	-	-	-	-	○	해
바다제비	-	-	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	해
바다쇠오리	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	해

주) 천 : 천연기념물, 멸Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 해 : 해양보호생물

〈표 4.1.1-32〉 조사시기별 법정보호종 출현 현황 (도서조사)

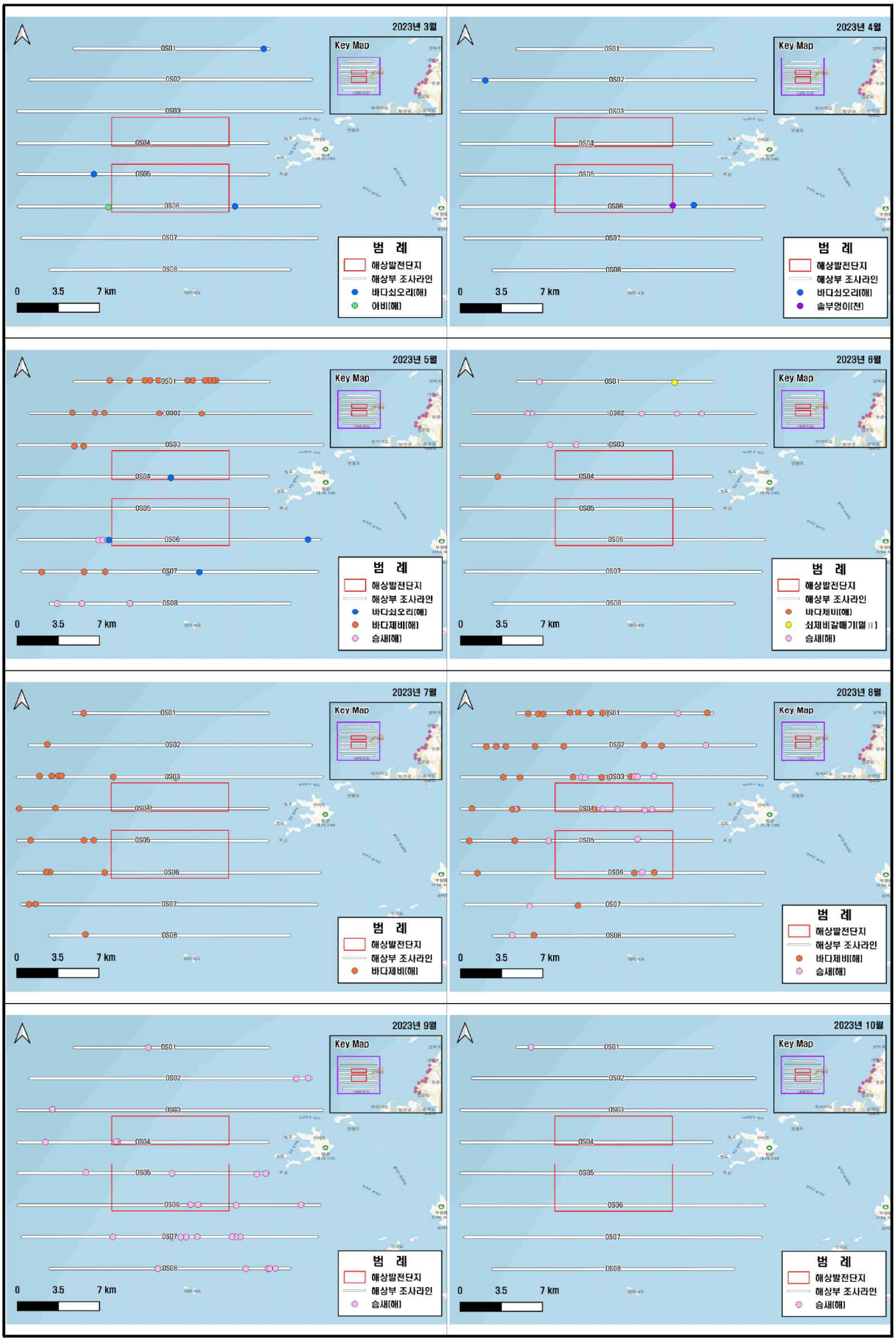
조사시기	2023년										2024년		합 계	비고
	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월		
합 계	5종	1종	4종	4종	2종	1종	3종	2종	3종	2종	3종	3종	13종	-
황조롱이	-	-	-	○	○	-	○	○	○	○	○	○	○	천
두견	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천
매	○	○	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○	○	천,멸Ⅱ
잿빛개구리매	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
붉은배새매	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
새매	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	-	○	천,멸Ⅱ
참매	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
흑두루미	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	천,멸Ⅱ
팔색조	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	천,멸Ⅱ
새호리기	-	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
큰말똥가리	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
흰목물떼새	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ
긴꼬리딱새	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	멸Ⅱ

주) 천 : 천연기념물, 멸Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅱ급

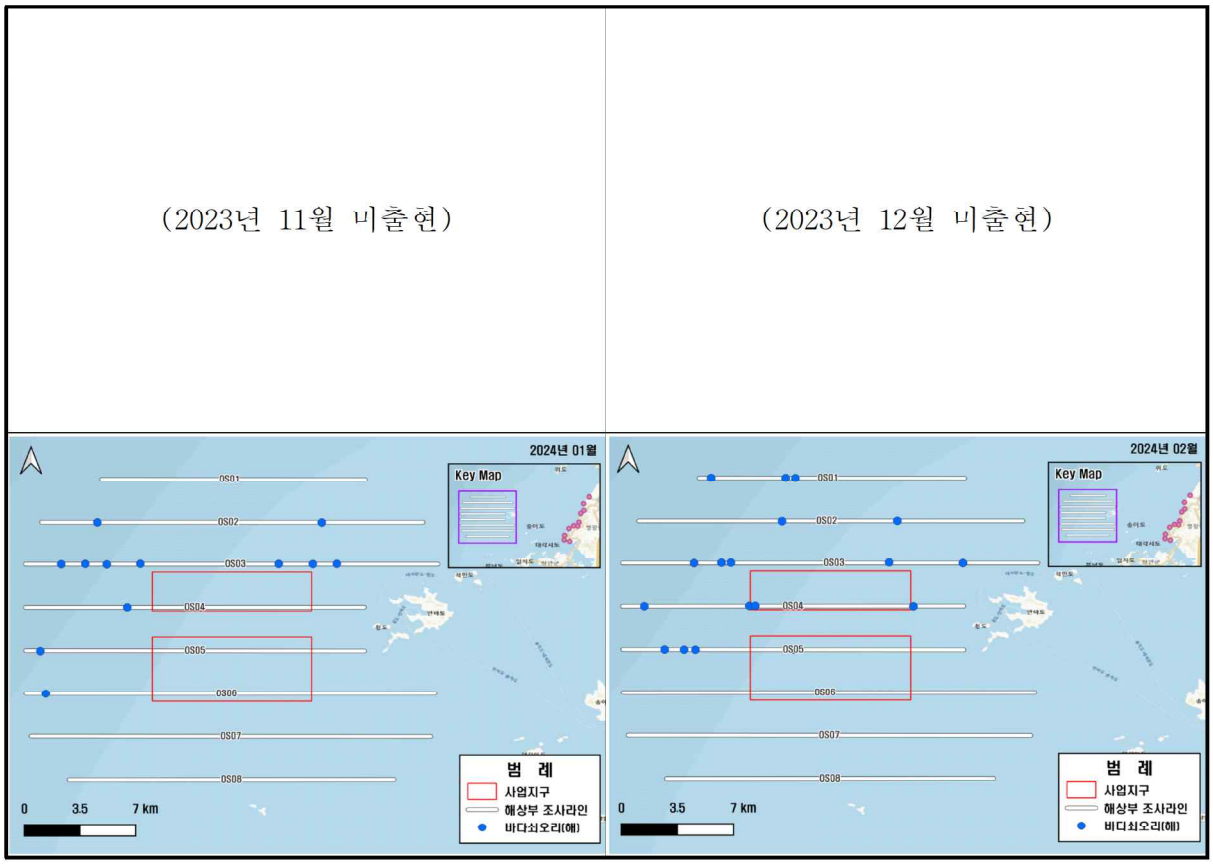
〈표 4.1.1-33〉 조사시기별 법정보호종 출현 현황 (연안조사)

조사시기	2023년			합 계	비고
	6월	7월	8월		
합 계	4종	6종	5종	8종	-
원앙	-	-	○	○	천
황조롱이	○	○	-	○	천
저어새	○	○	○	○	천,멸Ⅰ,해
노랑부리백로	○	○	○	○	천,멸Ⅰ,해
노랑부리저어새	-	○	-	○	천,멸Ⅱ
검은머리물떼새	○	○	-	○	천,멸Ⅱ,해
새호리기	-	○	○	○	멸Ⅱ
알락꼬리마도요	-	-	○	○	멸Ⅱ,해

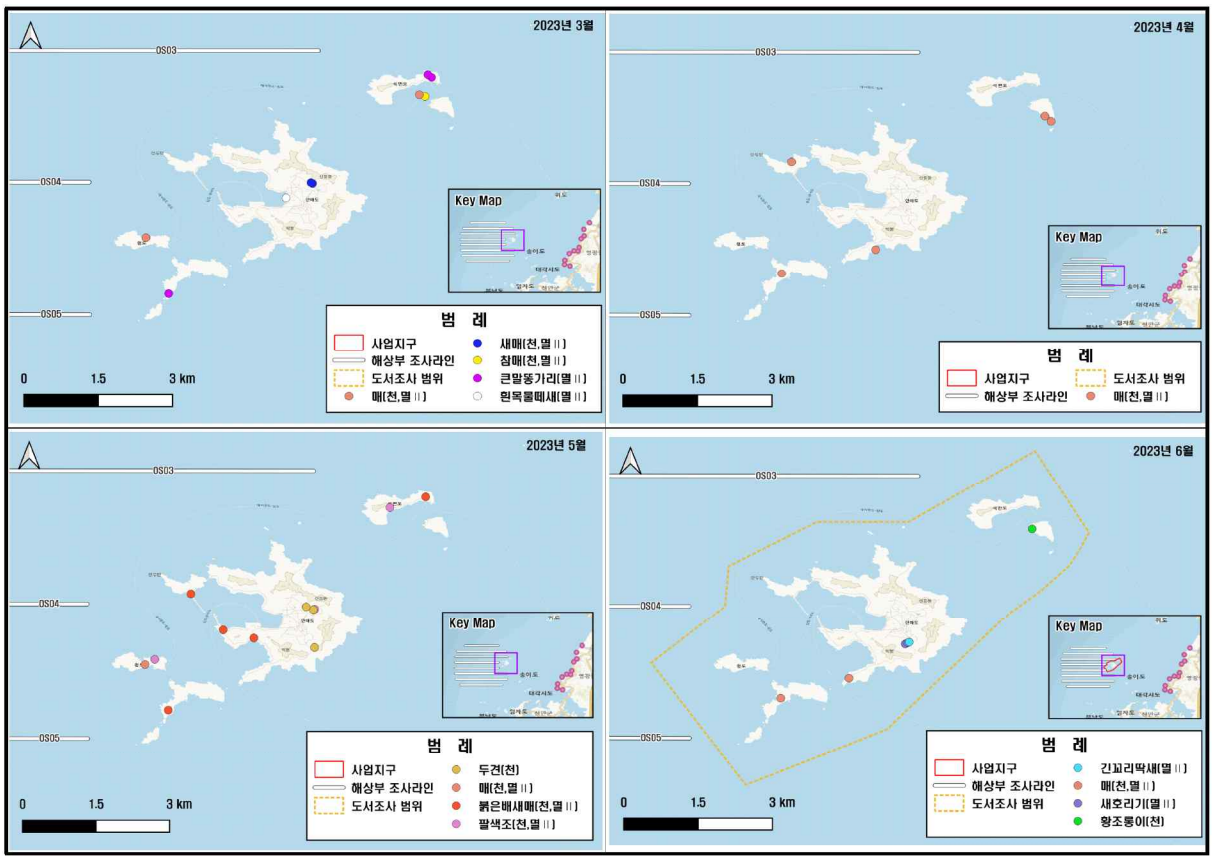
주) 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급, 해 : 해양보호생물



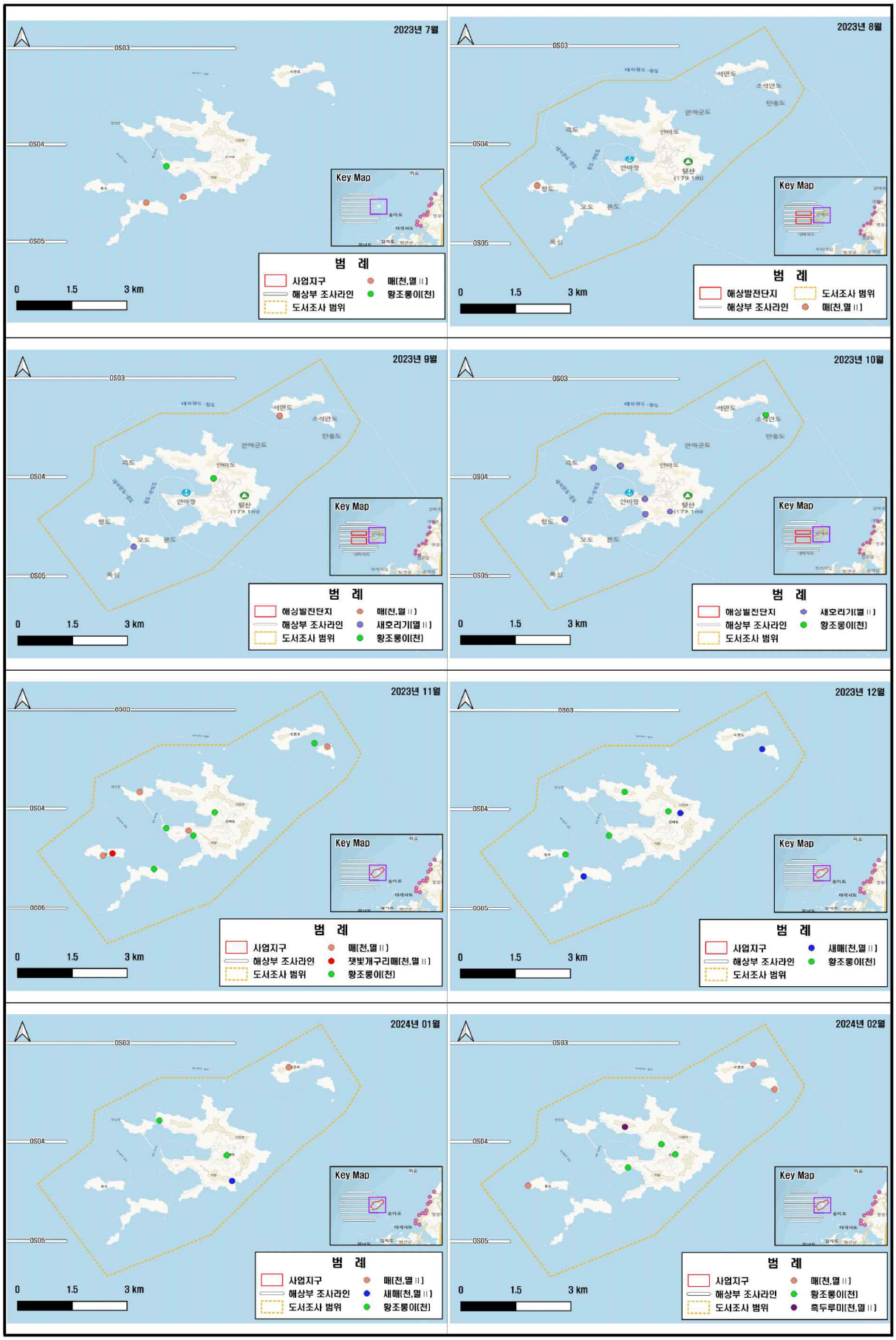
(그림 4.1.1-26) 법정보호종 분포 위치도 (해상지역)



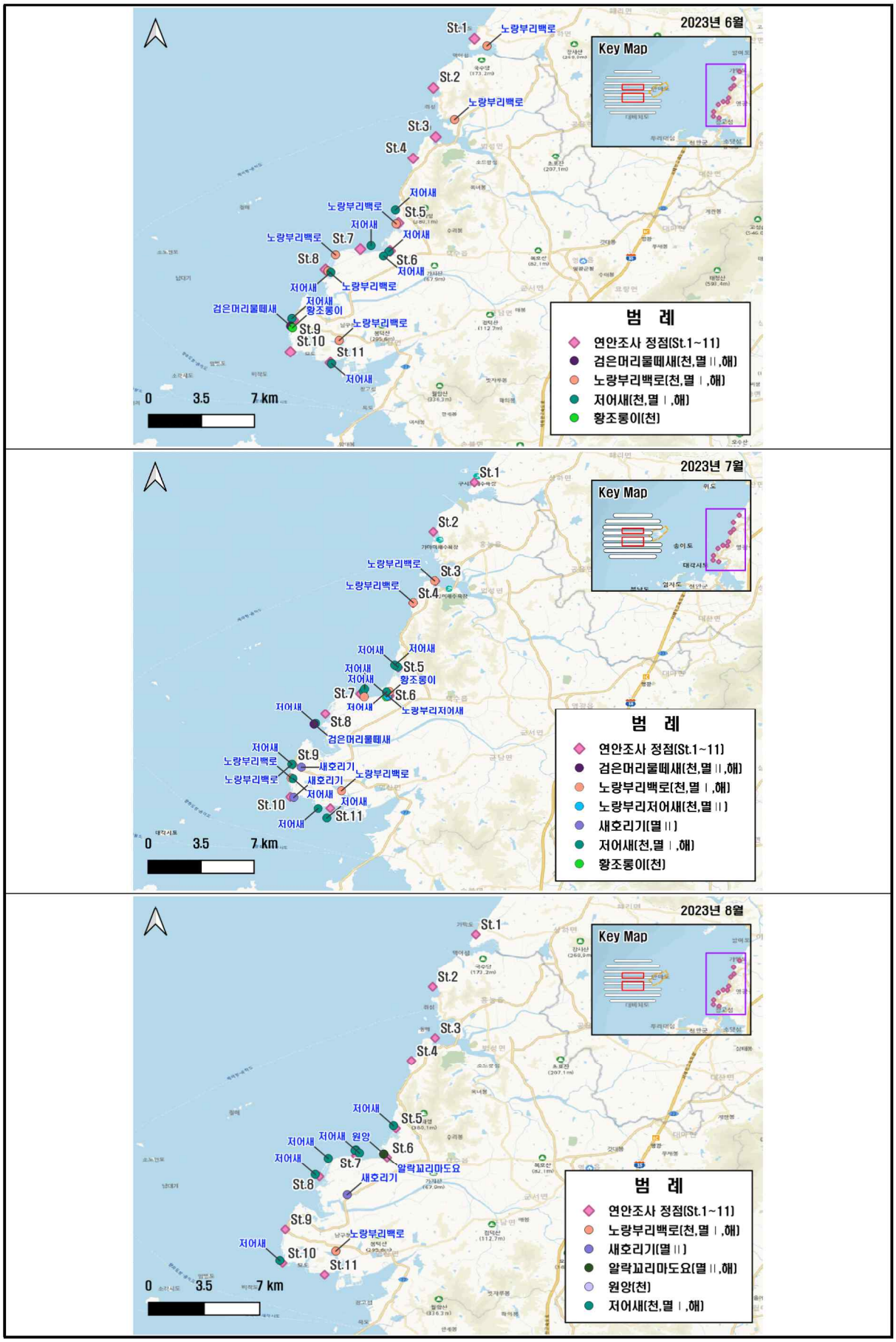
(그림 4.1.1-26) 계 속



(그림 4.1.1-27) 법정보호종 분포 위치도 (도서지역)


2023년 7월
2023년 8월
2023년 9월
2023년 10월
2023년 11월
2023년 12월
2024년 01월
2024년 02월
Key Map
범 례
사업지구
해상부 조사라인
도서조사 범위
매(천,멸ㅣㅣ)
황조롱이(천)
해상발전단지
새오리기(멸ㅣㅣ)
새매(천,멸ㅣㅣ)
잿빛개구리매(천,멸ㅣㅣ)
흑두루미(천,멸ㅣㅣ)
0 1.5 3 km

(그림 4.1.1-27) 계 속



(그림 4.1.1-28) 법정보호종 분포 위치도 (연안지역)

나. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 발전기 배치계획 변경에 따른 조류 영향에 대해 검토하였다.

1) 예측항목

◦ 사업지구 운영에 따른 조류 영향 검토

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 사업계획 및 문헌자료 검토

4) 예측결과

가) 사업지구(해상풍력발전기) 운영에 따른 조류 영향 검토

(1) 조류의 변화

(가) 기존 문헌자료 검토

사업지구는 영광군 낙월면 안마도리 서측 해상으로, 해당지역 내 철새의 주요 이동경로, 대규모 서식개체 등은 확인되지 않았으며, 대규모 번식지인 칠산도, 납대기 일원의 번식 도서는 사업지구에서 약 25㎞ 이상 이격된 곳에 위치한다.

다만, 이동성이 강하고 넓은 활동반경을 가지고 있는 조류의 생태적 특성 상 일부 종의 이동 및 유입 가능성을 완전히 배제할 수는 없으며, 종별 비행 방해요인(BirdLife International, 2003[1])을 검토한 결과, 일부 종에서 조류충돌이 발생할 것으로 예상된다.

조류충돌은 대부분 안개 및 강우 등 악천후시 주로 발생하는 것으로 알려져 있으며, 사업지구 내 충돌이 발생한다면 해당 기상환경에 발생할 것으로 예상된다.

Band[2]에 따르면 해상풍력발전단지는 조류군집에 있어 크게 네 가지 효과를 미칠 수 있다고 제시하였다.

---

1) Windfarms and Birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues, 2003, BirdLife International

2) Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms, 2012, Bill Band

<표 4.1.1-34> 풍력발전단지가 조류 생태에 미치는 효과 (Band, 2012)

구 분	내 용
이주 (Displacement)	◦조류는 풍력발전단지를 부분적으로 또는 완전히 회피할 수 있으며, 이를 위해 기존 서식지에서 이주할 수 있음
장벽효과 (Barrier effects)	◦조류는 번식지와 먹이터 사이를 비행할 때 더 많은 우회 경로를 사용하게 되어 먹이를 구하는 데 더 많은 에너지를 소모할 수 있음
서식지 영향 (Habitat effects)	◦풍력 발전으로 인해 해양 서식지와 먹이가 풍부해짐에 따라 조류가 유인되거나 이주할 수 있음
충돌 위험 (Collision Risk)	◦조류가 터빈이나 로터 블레이드에 부딪히거나 충돌하여 다치거나 죽을 수 있음

해양조류의 비행고도는 해상풍력발전 터빈블레이드와 충돌가능성을 결정하는 중요한 요인으로, 대부분의 해양조류는 전적으로 터빈블레이드 고도(해발20~150m) 이하로 비행하기 때문에 충돌위험성이 적은 것으로 알려져 있으나, 갈매기 등 일부 종은 충돌할 가능성이 있는 것으로 알려지고 있다(Bradbury et al 2014[3], Johnston et al 2013[4]).

하지만 갈매기류는 풍력발전기 주변으로 접근할 때 시각적으로 확인 후 비행고도를 조절하며 회피가 가능하며(Krijgsveld et al 2011[5]), 이동성을 파악한 결과, 풍력발전기 블레이드 아래로 비행하는 것을 선호하는 것으로 조사되었다(NERI 2006[6]).

또한, Densholm and Kahlert[7]에 따르면, 해상풍력발전단지 내 접근한 조류가 풍력발전기 블레이드에 충돌한 확률은 1% 이하로 보고하였고, 뉘스테드 해상풍력단지에서 조류충돌예측 모델을 사용한 결과, 우점종인 참솜깃오리의 충돌확률은 전체 235,000개체 중 0.018~0.020%(41~48개체)로 추정되어 덴마크 내에서 연간 포획으로 사망하는 개체수(70,000개체)보다 극히 적은 것으로 보고되었다.

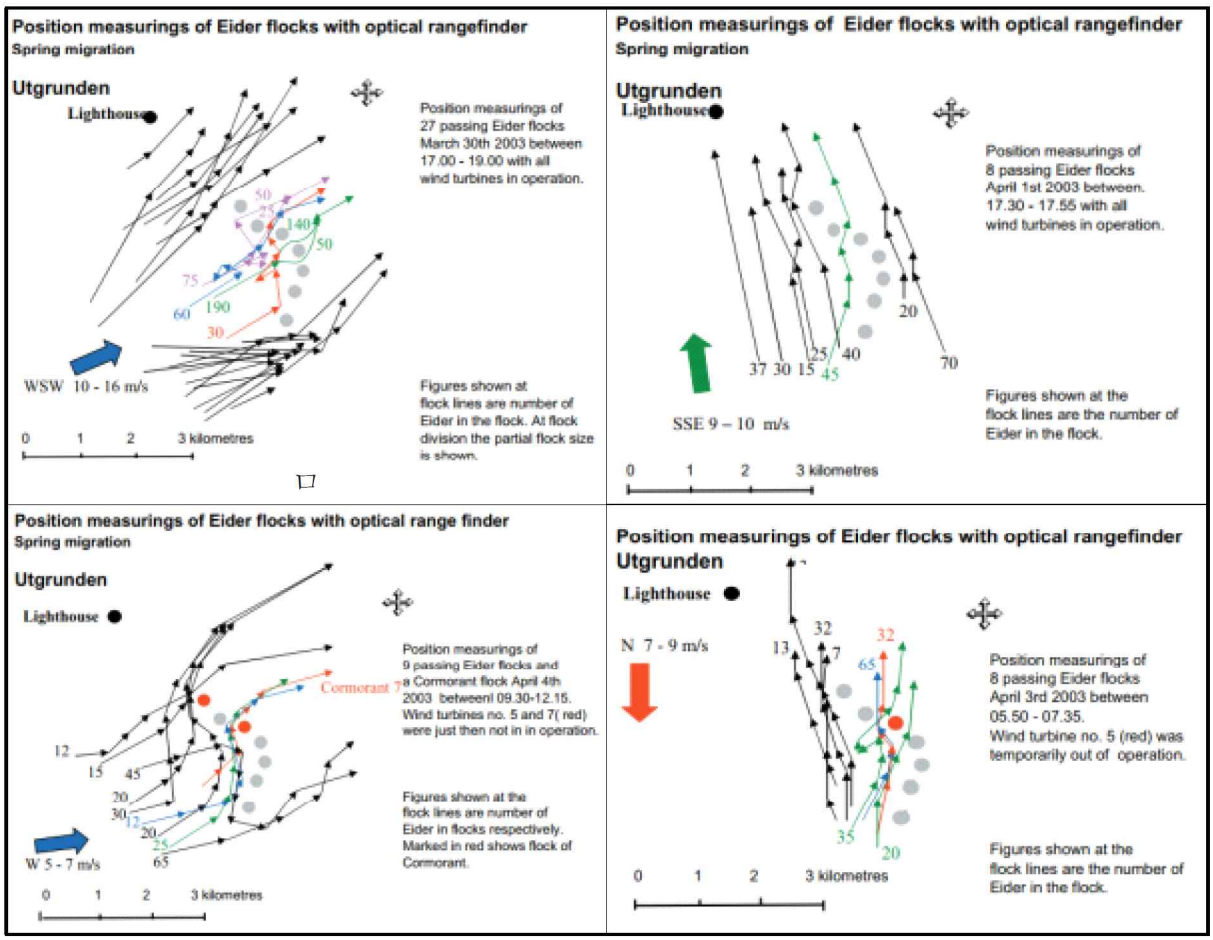
3) Mapping Seabird Sensitivity to Offshore Wind Farms, 2014, Bradbury et al.
4) Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines, 2013, Johnston et al.
5) Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, 2011, Krijgsveld et al.
6) Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark, 2006, NERI
7) Avian collision risk at an offshore wind farm, 2005, M. Densholm and J. Kahlert

이주 및 장벽효과는 해양성 조류가 해상풍력발전단지에 충돌할 가능성을 낮추는 요인으로 이를 확인하기 위해 Pettersson[8](2005)은 다년간의 모니터링을 통해 해상풍력발전기와 이주하는 물새떼의 비행형태를 분석하였다.

모니터링 결과, 대부분의 개체는 발전단지 자체를 회피하는 것으로 나타났으며, 발전기를 직접 통과하는 개체의 경우에는 대부분 블레이드 최대 높이보다 높은 고도로 비행하는 것으로 나타났다.

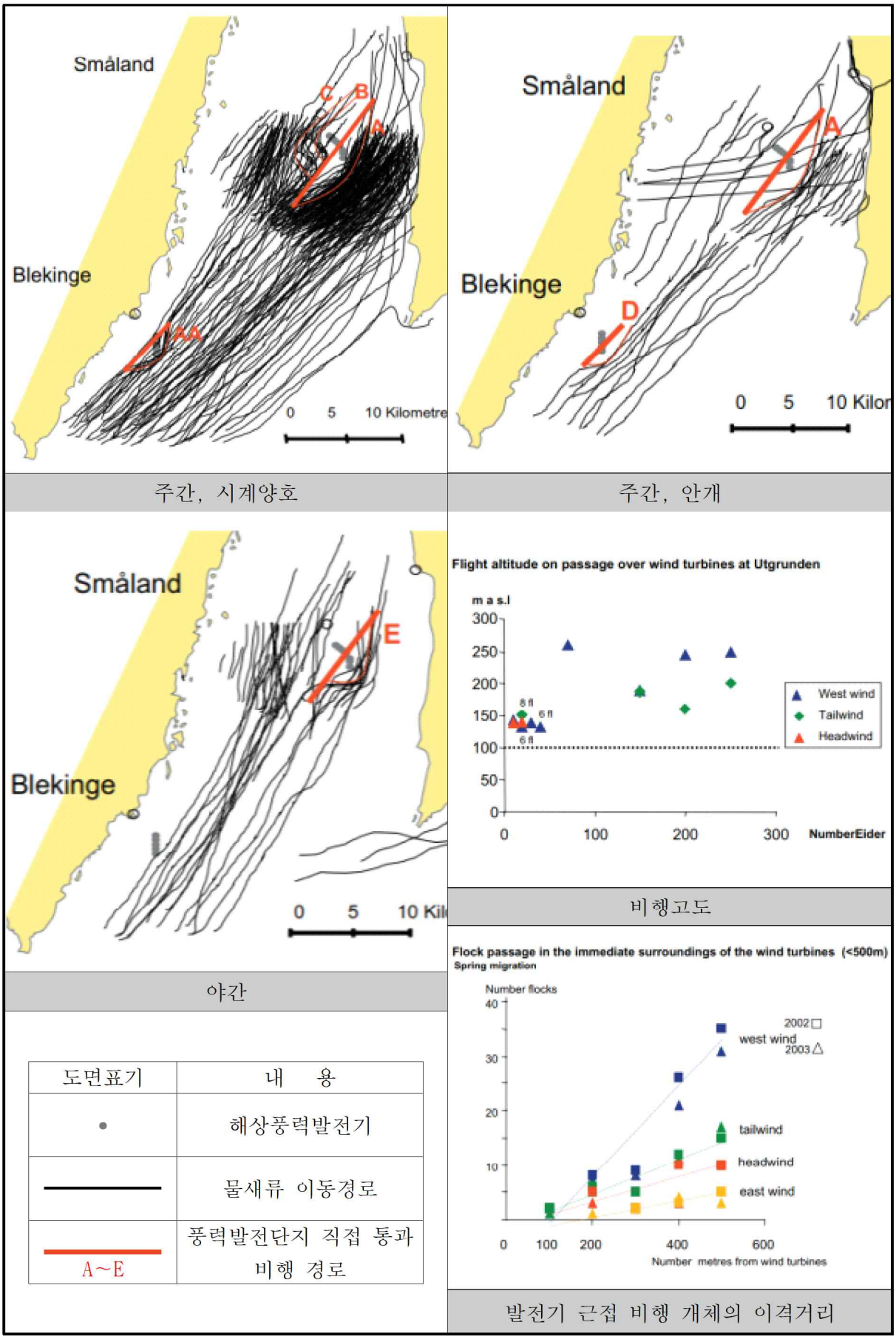
또한, 발전기와 가장 인접한 개체들의 거리도 대부분 400~500m 범위로 이격된 위치에서 비행하는 것으로 나타나 발전기 구조물 자체를 인지하고 회피하는 비행형태를 보였다.

발전기와 인접해서 비행하는 개체들의 경우, 대부분 기존 발전기를 인지하고 회피하는 비행경로를 보였으며, 발전단지 외부를 주된 비행경로로 삼고 있는 것으로 나타났다.



(그림 4.1.1-29) 발전단지 근접 개체의 비행궤적 조사결과 (Pettersson, 2005)

8) The Impact of Offshore Wind Farms on Bird Life in Southern Kalmar Sound, Sweden, 2005, Jan Pettersson



도면표기	내 용
•	해상풍력발전기
———	물새류 이동경로
——— A~E	풍력발전단지 직접 통과 비행 경로

(그림 4.1.1-30) 물새류 이주 조사결과 (Pettersson, 2005)

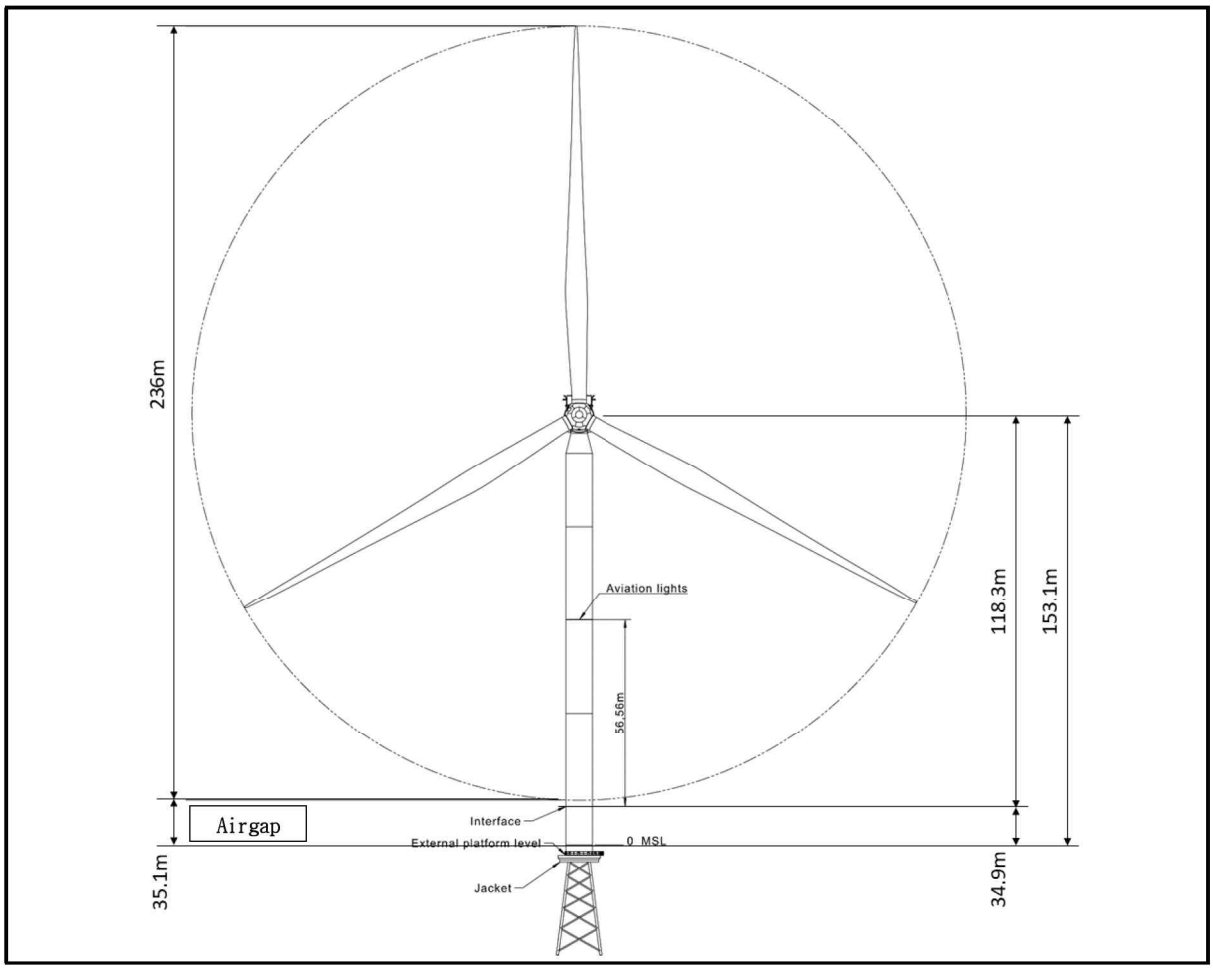
해당 연구에서 특히 주목할 부분은 2001년부터 2003년까지 3년간 모니터링을 실시하면서, 약 2만마리의 물새 무리를 추적하고 관찰하는 동안 실제 충돌은 단 1건만 관찰되어 해상풍력 터빈과 전체 조류의 충돌가능성 자체가 매우 낮은 것으로 제시하고 있다.

<표 4.1.1-35> 충돌 관련 원문 발췌 (Pettersson, 2005)

The collision described below is the only one which was observed and recorded during the whole project period. During observations of approximately 20,000 waterfowl flocks which were tracked and observed passing through Kalmar Sound during the whole study period, only five near-accidents and one collision were observed. From this experience it seems quite clear that these offshore wind turbines do not result in the death of many waterfowl – and whole populations are definitely not threatened.

(나) 사업지구 여건 분석

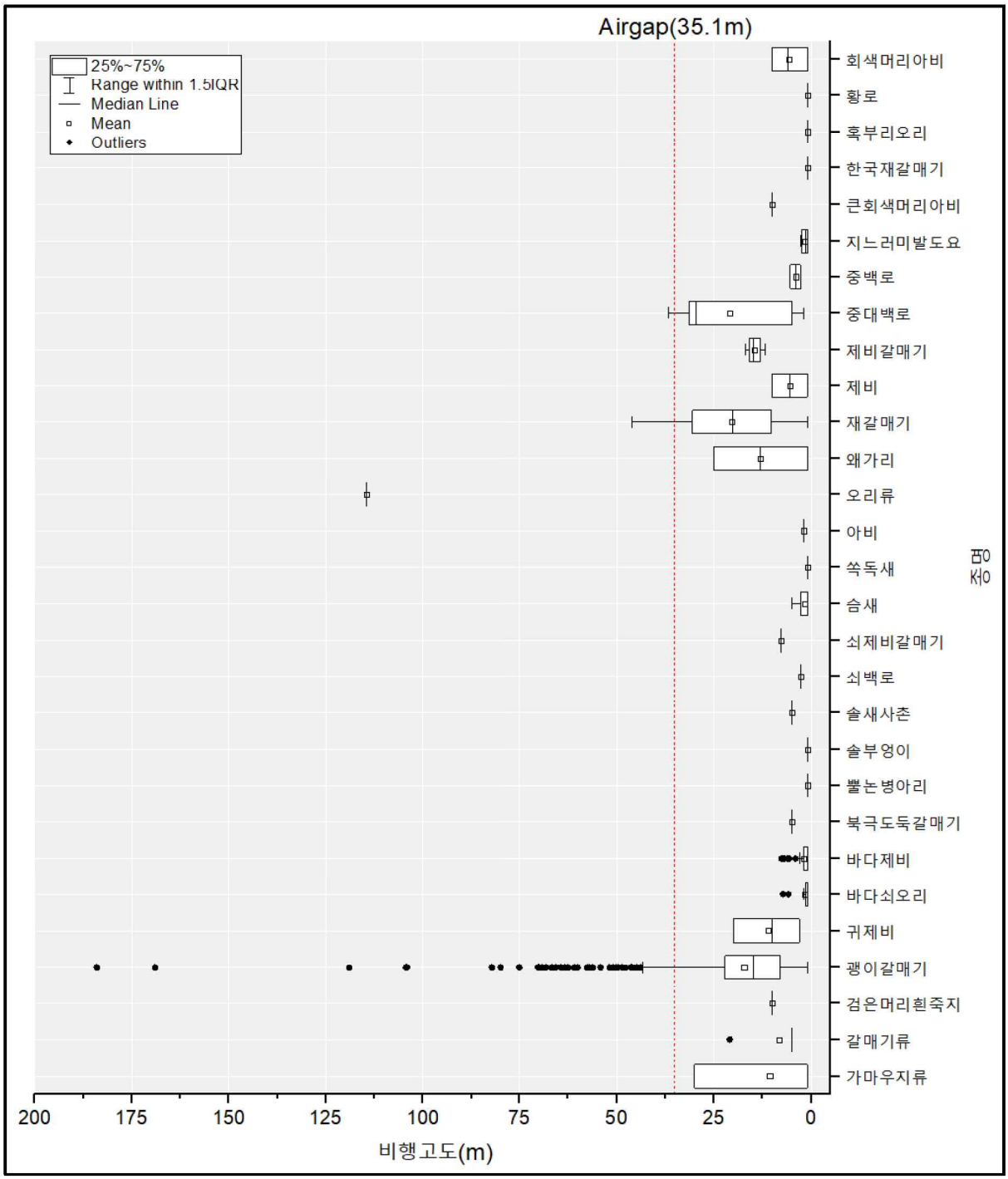
ESIA 조류 현황조사를 실시하면서 발전구역 내에서 관찰된 조류의 주요 비행고도를 검토하였다.



(그림 4.1.1-31) 풍력발전기 모식도

본 사업지구에 설치할 예정인 발전기는 Airgap(해상풍력발전기 블레이드의 최하단 높이)이 35.1m로 현황조사시 조사된 대부분의 조류의 비행고도가 35m 이하로 나타나 일반적인 조류의 충돌 가능성은 매우 낮을 것으로 검토되었다.

특히, 사업지구 내 출현 조류 중 30.9% 이상의 분포를 보여 최우점 하는 것으로 조사된 괭이갈매기의 경우, 평균 비행고도는 17.2±15.5m(최대관측치 184m, 최소관측치 1m)로 관찰되어, 충돌가능성은 매우 낮은 것으로 검토되었다.

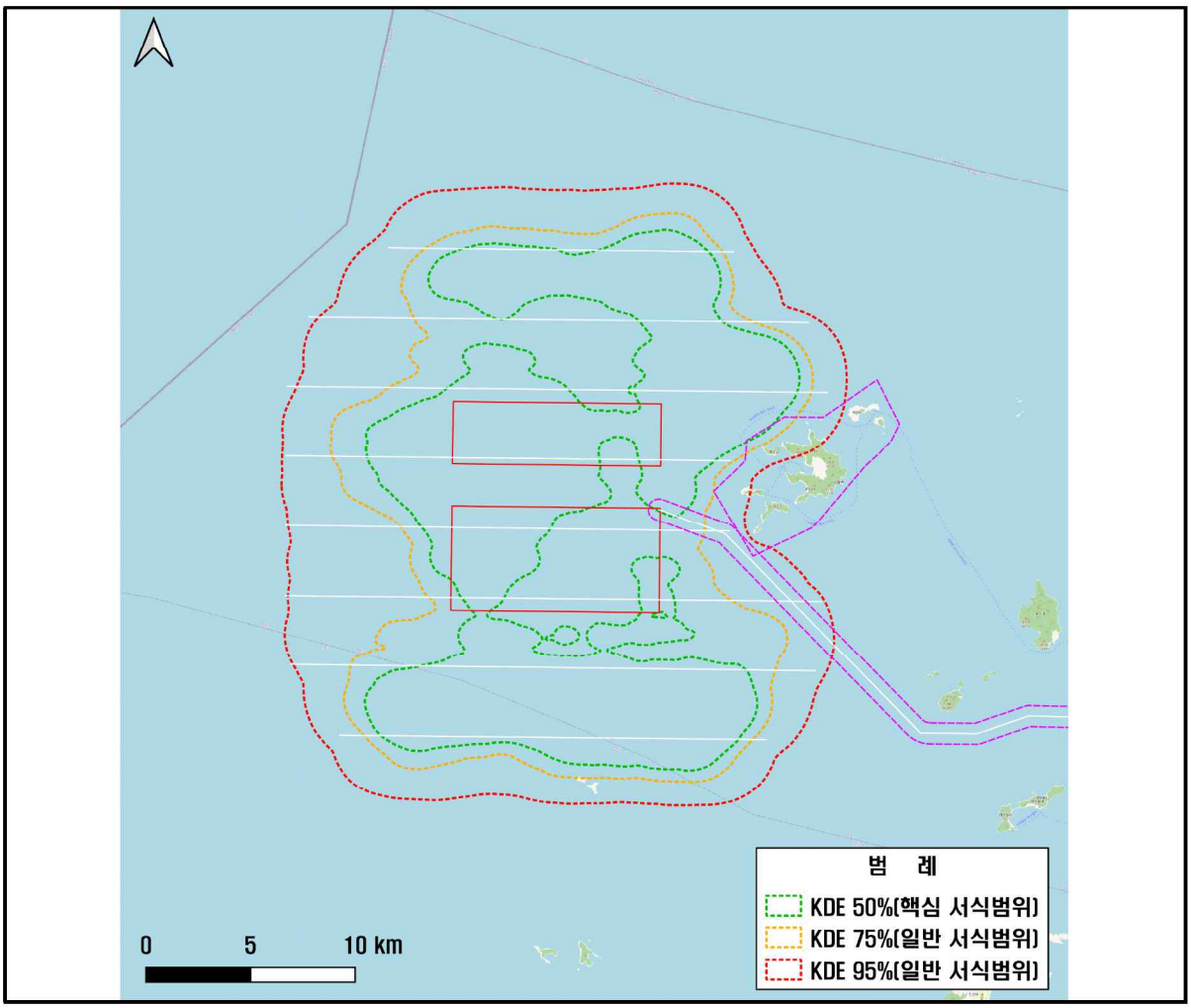


(그림 4.1.1-32) 본 사업지구 및 주변해역에 분포하는 조류의 비행고도

(다) KDE 재검토

본 사업지구 주변지역에 대해 KEI에서 실시한 KDE(핵심 행동권 분석) 검토결과 해양성 조류(괭이갈매기 및 저어새)의 핵심 행동권(KDE 30~60%)에 해당하는 것으로 나타났다. 이에, 금회 실시한 ESIA 조사결과 중 괭이갈매기의 출현 빈도를 바탕으로 핵심 행동권을 분석한 결과 사업지구는 (50~75%) 범위에 해당하는 것으로 나타났다.

핵심 행동권(KDE 1~50%)은 대상종 및 관찰시기 등에 따라 차이를 보일 수 있으나, 위치추적기를 이용한 KDI 검토결과와 현지조사 결과가 유사한 범위를 보이는 것으로 나타났다. 향후 풍력발전단지의 운영에 따른 어선의 출입이 제한될 경우 사업지구 내부로 유입되는 괭이갈매기의 출현 빈도는 일부 감소할 가능성이 있으나, 자연적인 유입 가능성을 배제할 수 없으므로 괭이갈매기의 핵심 행동권 범위에 해당하는 구역을 대상으로 충돌에 대한 영향 등을 검토하였다.



(그림 4.1.1-33) ESIA 조사 결과를 반영한 KDE 재분석 결과

(2) 조류충돌모델링(CRM; Collision Risk Modelling)

(가) 모델링 개요

① 모델 개요 및 역할

사업지구 및 주변 해역에서의 조사된 조류 현황과 사업계획을 반영하여 조류 충돌위험 예측을 위해 충돌위험모델(CRM; The Band Collision Risk Model[9])을 사용하였다.

CRM은 풍력단지 개발사업으로 인해 발생할 수 있는 조류의 충돌 건수를 예측하는데 사용된다.

본 사업에서 사용한 조류충돌위험모델은 생체 인식, 비행특성 및 예상 비행 활동량에 대한 종별 정보와 블레이드의 크기, 블레이드의 피치, 로터 회전 주기 및 터빈이 작동할 것으로 예상되는 시간의 비율에 대한 터빈별 정보를 반영하여 모델링을 수행하였다.

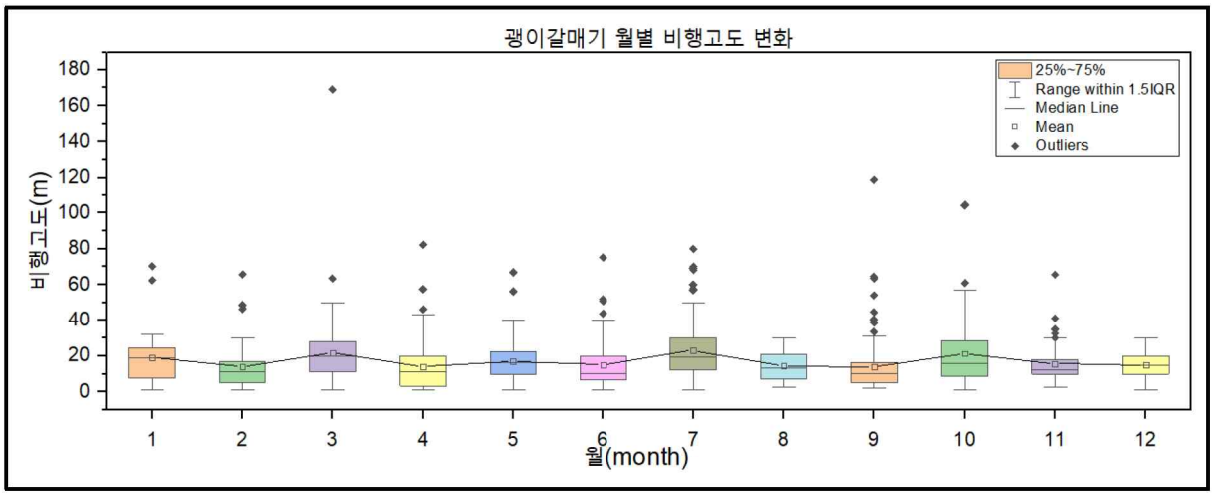
② 데이터 수집 및 처리방법

㉮ 조류 현황(비행행동) 조사

조류충돌위험 예측을 위한 바닷새 자료 수집시 선박 기반 바닷새 조사 방법을 채택하여 비행 조류에 대한 스냅샷(snap shot)과 하위 밴드(sub-band)를 활용한 선횡단(line-transect) 기법을 이용하였다.

본 사업의 ESIA 조류 조사시 총 5개의 하위 밴드를 설정하여 선횡단을 실시하면서, 조류의 서식밀도를 확인할 수 있도록 스냅샷 기법을 반영하였다.

이를 통해 각 조사에서 발견된 조류의 출현 개체수, 비행고도, 이동방향 등 위치정보를 정량화하여 기록하였으며, 이를 모델링의 입력자료로 반영하였다.

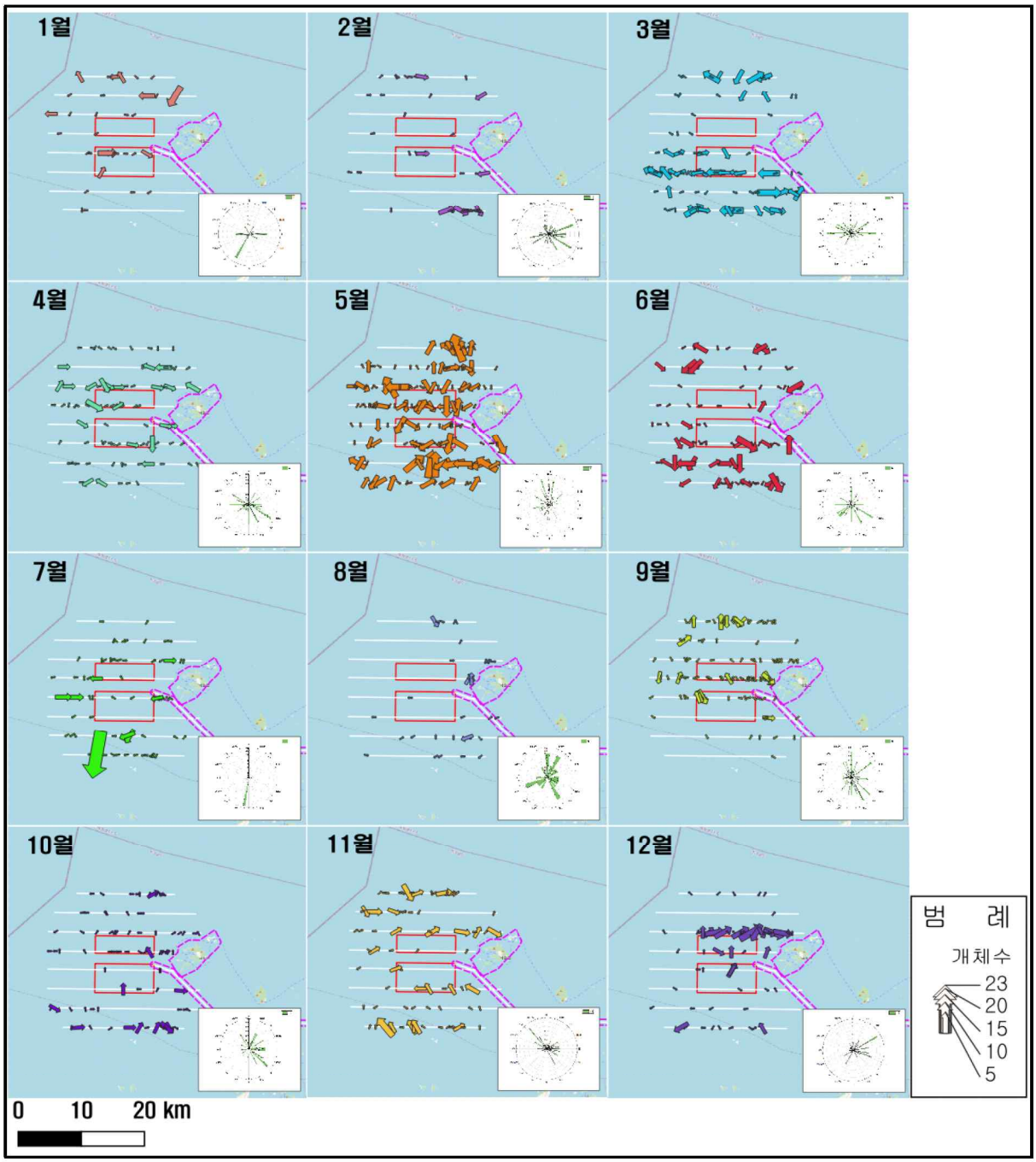


(그림 4.1.1-34) ESIA 추가조사 중 수집된 조류 비행고도

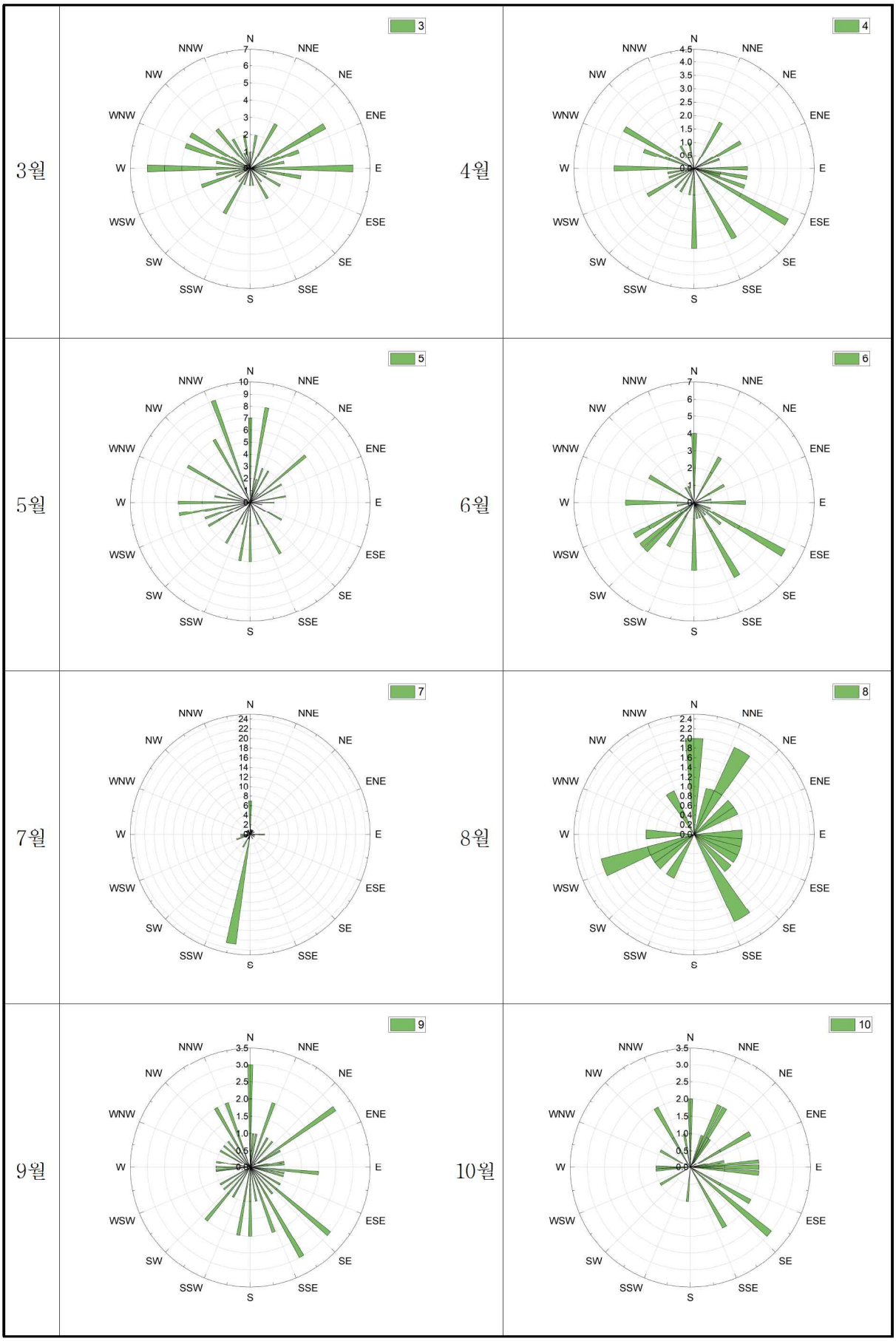
9) Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore windfarms, 2012, Bill Band

본 사업지구 해상에서 ESIA조사를 통해 수집된 괭이갈매기의 비행행동을 정리해보면, 비행고도는 월별 차이가 거의 없고 유사하나, 8월의 비행고도 범위는 다른 시기에 비해 작게 나타났다.

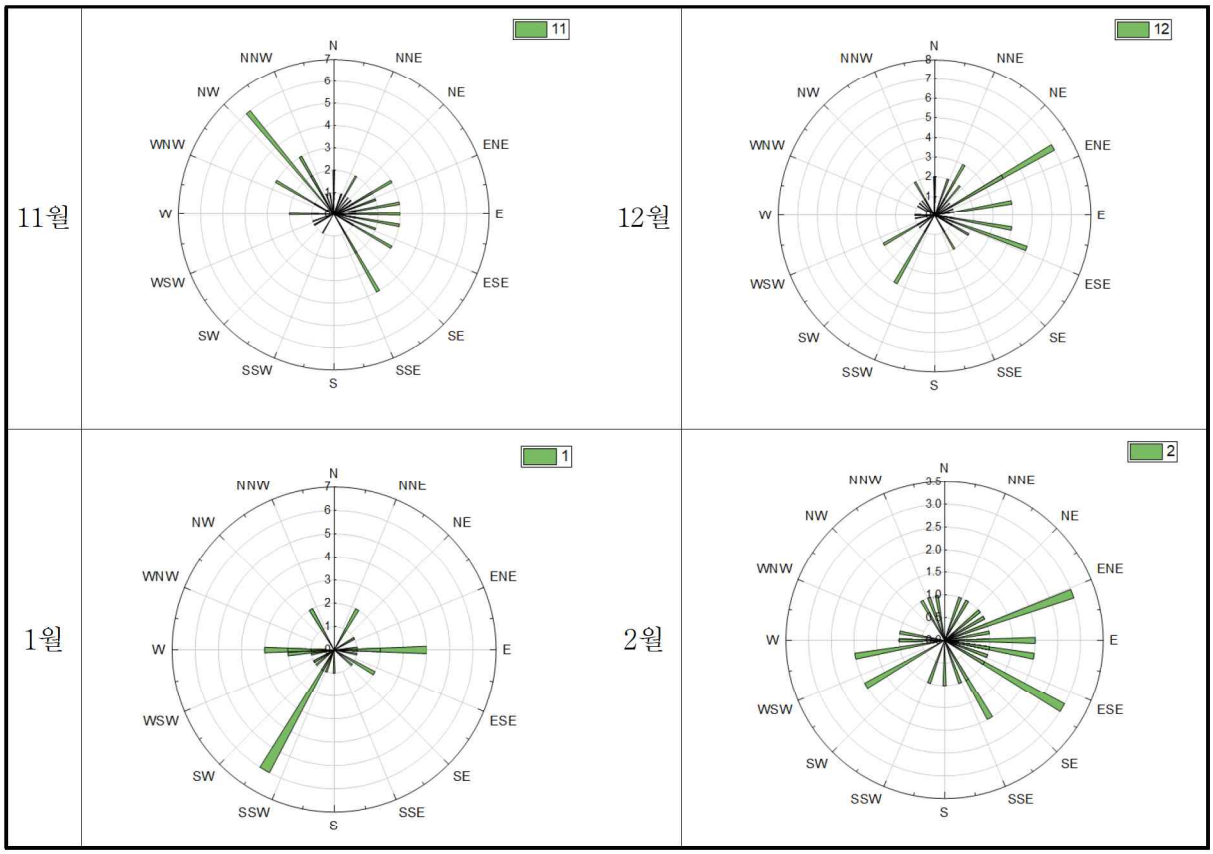
비행방향의 경우, 1~4월은 주로 동서방향, 4, 5월은 북서, 6월은 남서, 남동방향, 7월은 주로 남으로 이동하는 패턴을 보였다. 8월에는 비행행동을 보이는 개체가 비교적 적었고, 9~10월은 북, 남, 11월은 북서, 12월은 동으로 이동하는 패턴을 보였다.



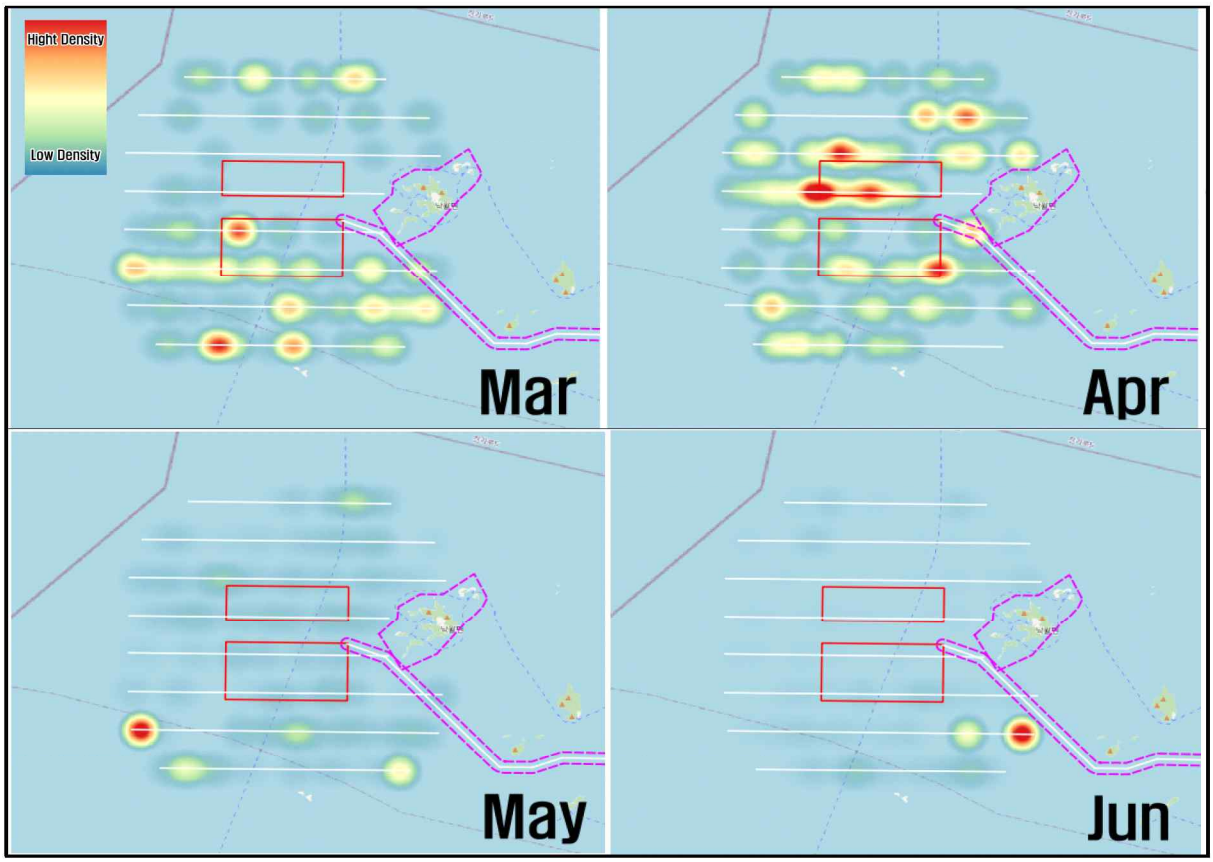
(그림 4.1.1-35) ESIA 추가조사 중 수집된 조류 비행행동 및 비행방향



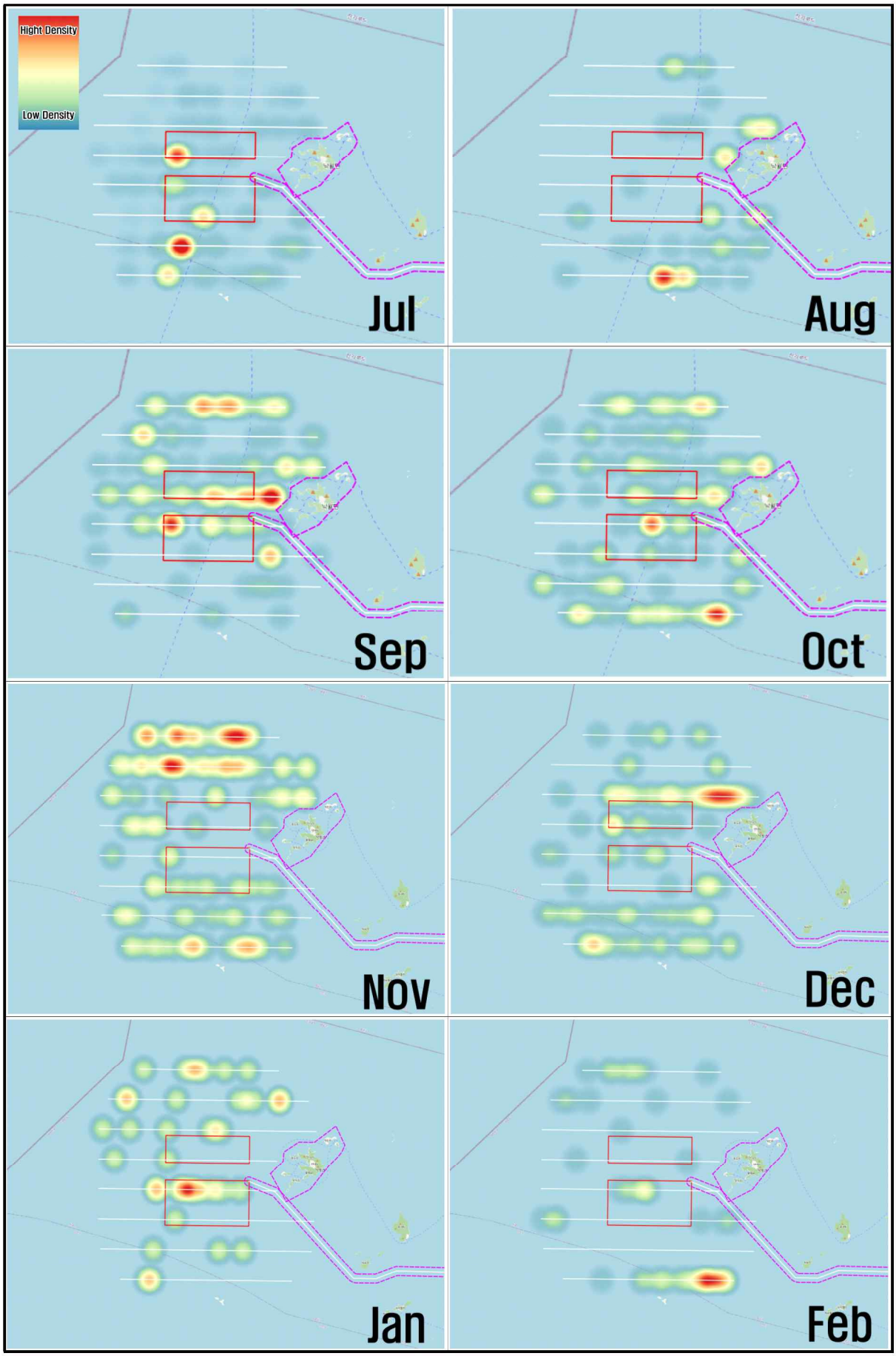
(그림 4.1.1-36) ESIA 추가조사 중 수집된 조류 비행방향별 분포



(그림 4.1.1-36) 계 속



(그림 4.1.1-37) 월별 괭이갈매기 출현 개체수의 상대밀도



(그림 4.1.1-37) 계 속

3월 이후 부터는 사업지구로부터 약 20㎞ 이상 이격된 번식도서인 납대기로 이동하는 개체의 활동이 활발해 지는 것이 관찰되었고, 4월 부터는 번식이 시작되면서 번식지 중심에서부터 해상과 연안으로 먹이활동이 활발해지는 패턴을 보였다.

괭이갈매기의 번식기간 동안(4월말 포함, 5월~6월)에는 해상에서 관찰되는 개체는 감소하였고, 반면 번식도서(납대기)로부터 주변 연안지역으로 이동하는 개체들이 많았다.

이러한 결과는 4월부터 6월까지 월별 괭이갈매기의 개체수의 변화를 통해 확인할 수 있었다.

연안의 괭이갈매기 개체수는 6월에 4,500개체를 나타냈고, 도서지역의 경우에는 4월부터 6월까지 각각 61개체, 16개체, 137개체 순으로, 해상의 경우에는, 123개체, 481개체, 524개체 순으로 나타났다.

〈표 4.1.1-36〉 2023년 괭이갈매기 지역별 분포 변화 (단위 : 개체)

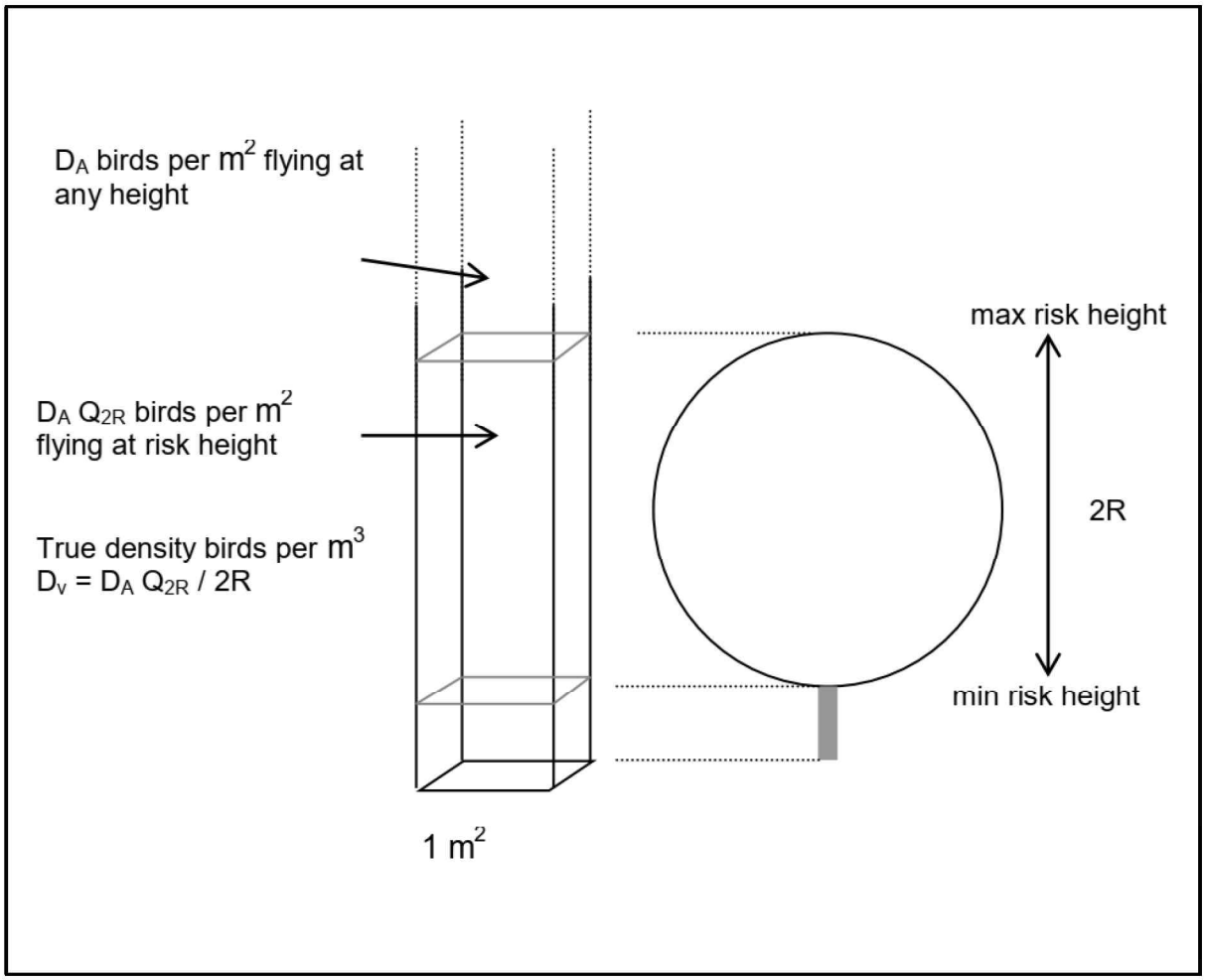
조사시기	2023년					비고
	4월	5월	6월	7월	8월	
연안지역	-	-	4,500	1,137	845	번식기 안마도 및 해상지역 개체수 감소 및 연안지역 개체수 증가
도서지역	61	16	137	334	265	
해상지역	123	481	524	340	69	

번식이 시작되는 4월에는 이동성이 크고 도서와 해상에서의 단위면적당 개체밀도에 비해 연안에서의 개체밀도가 상대적으로 큰 것으로 나타났고, 이는 번식기간 중의 취식 및 휴식 활동을 주로 납대기(번식지) 주변의 수심이 얕고 조수간만의 차에 의해 드러나는 갯벌 등 연안지역을 이용하기 때문으로 판단된다.

따라서, 금회 추기로 시행한 ESIA 조사를 통해서 해상공간을 이용하는 조류의 행동패턴인 비행방향, 비행고도, 비행패턴 등에 영향을 미치는 요인 등을 파악할 수 있으며, 이렇게 수집된 조사 데이터를 기반으로 사업지구 운영시(해상풍력발전기 가동시) 조류에 미치는 충돌 위험 영향을 예측하고자 한다.

㉣ Stage B : 로터를 통과하는 조류의 비행횟수 추정

관찰된 조류 종별 밀도를 단위 면석당 조류 개체수로 변환하며, 이 중 위험 높이에서 비행하는 조류의 비율을 곱하여 단위면적 내 충돌가능 고도(블레이드의 최저 높이~최고 높이 사이) 안에서 비행하는 조류를 구한다.



(그림 4.1.1-38) 충돌가능 고도에서 비행하는 조류 모식도

㉤ Stage C : 단일 로터를 통과하는 충돌확률 산출

이 모델은 좌표 r, ϕ 로 정의된 로터 평면의 한 지점에서 로터를 통과하여 날아가는 새의 충돌 확률 p를 산출한다.

$$p(r,\phi) = \left(\frac{b\Omega}{2\pi v}\right)[|c\sin\gamma + \alpha c\cos\gamma| + \max(L, W\alpha F)]$$

여기서, r = 조류의 통과지점 반경

ϕ = 조류 통과지점의 로터 평면 각도(직각 방향)

b = 로터의 블레이드 개수

Ω = 로터의 각속도(라디안/초)

c = 블레이드의 너비

γ = 블레이드의 피치 각도

R = 외부 로터 반경

L = 조류의 길이

W = 조류의 날개 길이

β = 새의 종횡비 ($L \div W$)

v = 로터를 통과하는 조류의 속도

α = $v \div r\Omega$

F = 날개를 펄럭이는 새의 경우 1, 활공하는 조류는 $\cos\phi$ 적용

앞서 계산된 조류의 충돌확률이 로터의 모든 지점에서 동일하게 발생할 수 있다고 가정하여, 로터 디스크 전체 면적에 대한 p의 평균을 계산하고, 이를 전체 영역으로 나눠 평균 충돌확률을 산출한다.

$$p_{average} = \frac{\int_0^R p(r)(2\pi r)dr}{\int_0^R (2\pi r)dr} = \frac{\int_0^R p(r)(2\pi r)dr}{\pi R^2} = 2\int_0^1 p(r)\left(\frac{r}{R}\right)d\left(\frac{r}{R}\right)$$

(나) 모델링 결과

① 사업계획 변경 후

사업지구 및 주변해역에 분포하는 바닷새 중 관찰빈도가 2회 미만으로 낮고, 표본 크기가 적은 종은 분석에서 제외하였고, 슴새, 바다제비, 바다쇠오리, 귀제비 등은 해상에서는 관찰되었으나, 비행고도가 10m 이하로 관찰되어 이들 종 또한 조류충돌위험 대상종에서 제외되었다.

따라서 사업지구 및 주변해역의 공간을 이용하는 바닷새들 중 조류 충돌위험 가능성이 높은 종은 괭이갈매기와 재갈매기로 나타났고, 이들 괭이갈매기의 연간 발생할 수 있는 충돌 가능성은 약 54회로 나타났으며, 재갈매기의 경우 약 5회로 나타났다.

이는 금회 발전구역 주변 해상에서 조사된 갈매기류의 출현개체수가 총 2,037개체임을 감안할 때, 매우 낮은 수준인 것으로 판단된다.

다만, 이러한 예측결과는 월별 풍력발전기의 이용률을 약 95%로 가정하여 산출한 결과로, 실제 사업지구의 풍력발전기 가동률은 이보다 훨씬 낮을 것으로 예상된다.

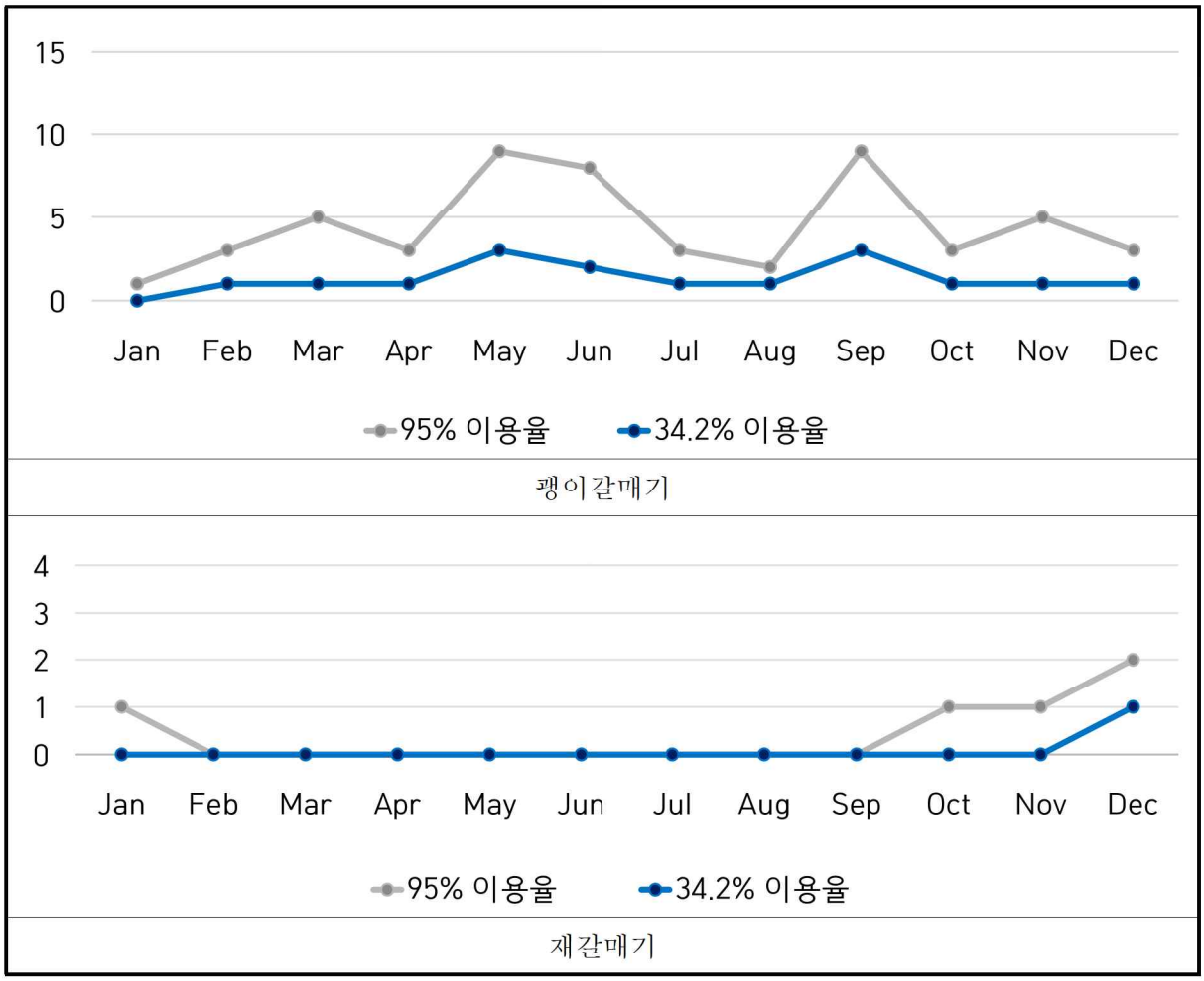
이러한 사업지구 내 풍황계측 결과를 토대로 본 사업지구의 월별 풍력발전기 이용율은 34.22% 수준(1,2 구역 평균)으로 예상하고 있으며, 이를 토대로 예측된 연간 충돌가능성은 괭이갈매기는 16회, 재갈매기는 1회 충돌하는 것으로 나타났다.

〈표 4.1.1-37〉 월별 풍력발전기 이용율별 충돌가능성 예측결과 (단위 : 회)

구분		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
괭이갈매기	95%	1	3	5	3	9	8	3	2	9	3	5	3	54
	34.2%	0	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	16
재갈매기	95%	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5
	34.2%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

또한, 상기한 모델링 결과는 모든 지점에서 조류의 서식밀도가 동일한 상황을 가정하여 산출한 결과로, 실제로 발전단지 주변해역에서 출현하는 주요종의 조류 출현 밀도는 지역별로 차이를 나타내는 것으로 검토되었다.

따라서, 향후 지속적인 조류 분포에 대한 모니터링을 실시(사후환경영향조사 및 조류 사전모니터링)하여, 이러한 결과를 토대로 조류 충돌 방지를 위한 저감방안 세부 설치계획을 수립하는 것이 타당할 것으로 판단된다



(그림 4.1.1-39) 월별/이용율별 CRM 결과 분포도

② WTG 배치계획 변경에 따른 조류충돌 영향여부 비교

사업계획 변경에 따른 조류충돌 변화에 대해 비교를 실시한 결과, 사업계획 변경 후 발전기 배치계획 축소 및 이용률 변화 등에 따라 조류 충돌 가능성은 오히려 감소한 것으로 예측되었다.

<표 4.1.1-38> 사업계획 변경 전/후 충돌가능성 예측결과

구 분	당 초		변 경		비 고
	이용률	충돌횟수	이용률	충돌횟수	
괭이갈매기	95.0%	62	95%	54	감) 8회
	33.2%	18	34.2%	16	감) 2회
재갈매기	95.0%	6	95%	5	감) 1회
	33.2%	1	34.2%	1	-

주) 당초 : 당초 환경영향평가시 계획된 WTG 39기 및 33.2% 가동을 조건으로 예측을 실시한 결과
변경 : 변경 환경영향평가시 계획된 WTG 38기 및 34.2% 가동을 조건으로 예측을 실시한 결과

자 문 의 견 서

과제명	「안마 해상풍력발전」이 조류에 미치는 영향

의 견
■ 전라남도 영광군 안마도 서측에 설치될 안마 해상풍력발전단지는 546MW 발전용량 14MW 39기이며, 해수면으로부터 블레이드 까지 높이가 되는 AIR GAP은 35.1M로 확인되며, 발전단지는 백수갯벌, 고창갯벌로부터 약 25㎞ 이상 이격되어 있음 ■ 안마도 동측으로 칠산도, 납대기를 포함하여 바닷새의 번식도서들이 위치하고, 번식기 및 비번식기 중 주요한 바닷새의 서식지로 이용되는 갯벌이 분포하며, 안마 해상풍력에서 Environmental and Social Impact Assessment (ESIA)를 위한 월별 정밀조사를 수행한 자료를 보면, 언안에는 저어새, 노랑부리저어새, 노랑부리백로 등이 빈번하게 관찰되나, 안마도와 서측 해상에서는 관찰된 기록이 없으며, 괭이갈매기 또한 갯벌이 있는 해안지역을 주로 이용하는 것으로 확인되어 해상발전단지로의 유입가능성을 적은 것으로 나타남 ■ ESIA 추가조사의 조사방법은 조사범위 설계는 해상풍력발전단지 건설 및 운영에 관한 해외 선진사례인 넓은 해상지역을 대상으로 바닷새를 조사하는 표준화된 방법(Camphuysen, 2002)을 따르고, 국내 환경부와 해양수산부에서 발간된 가이드라인을 준수하여 디사인되어 적정한 것으로 판단됨 ■ 조사경로에서 관찰되는 조류의 종별 비행고도, 시공간적 분포현황, 월별 출현 패턴 등의 정밀한 결과를 제시하고 있어 사업시행에 따른 영향을 예측하는데 적정한 조사 결과를 제시한 것으로 보이며, 조류의 행동패턴을 파악하는데 적절한 방법으로 판단됨 ■ 충돌위험성이 높은 괭이갈매기는 20㎞ 이격된 납대기를 번식지로 이용하고 있으며, 번식기간 중에는 번식지를 중심으로 행동권을 형성하게 되는데 현재 제시된 GPS 위치추적결과에서는 번식기와 비번식기에 대한 영향검토 부분이 없어 이러한 부분은 추가적인 분석이 요구되며, 번식기 전인 3월부터 비번식 기간 중인 10월까지 매월 조사된 결과로 충돌위험성을 모델링한 결과를 볼 때 충돌영향이 크지 않은 것으로 나타나 풍력기 설치 이후 조류의 회피 반응에 의해 충돌위험성은 크지 않을 것으로 보임 ■ 해상풍력발전단지 건설로 인한 바닷새 개체군에 미치는 영향은 단기간 모니터링만으로 판단하기 어렵기 때문에 장기적인 모니터링 결과를 바탕으로 이동 및 분포 패턴을 바탕으로 충돌 방지대책을 수립하는 것이 필요하며, 해상풍력발전단지 건설 전과 건설 이후의 지속적이고, 동일한 조사방법을 수행하여 연속성 있는 데이터를 수집하고 분석하여 해상풍력발전단지 운영에 필요한 가이드라인을 제시하는데 자료로 활용할 수 있도록 권함

위와 같은 자문 의견을 제출합니다.

2023. 12. 12

소속: 삼육대학교 성 명 정 훈

(그림 4.1.1-40) 조류 전문가 자문의견서

자 문 의 견 서

과제명	「안마 해상풍력발전」 계획(배치) 변경에 따른 조류충돌 영향검토

의 견
■ 전라남도 영광군 안마도 서측에 계획된 안마 해상풍력발전단지 건설에 따른 설비용량은 546MW, 발전량은 1,584.3MW, 발전기는 총 39기로 계획되어 있었음 ■ 이번 변경 시 발전기는 총 38기로 1기를 축소하여 설비용량은 14MW 줄어든 532MW로 감소하였고, 이용률은 약간 높아져 발전량이 6.8GWh/y로 증가 (1구역2.6%, 2구역 2.0%) 하였음 ■ 계획의 변경으로 인하여 일부 발전단지 내 발전기 배치의 변화가 있으나 크지 않고, 발전단지 경계, 발전기 제원(Airgap 35.1m, 로터 지름 236m 등) 등은 당초와 동일함 ■ 풍력발전기 블레이드와 조류(바닷새)의 충돌 예측은 발전단지 내에서 비행하는 개체의 비행고도와 밀도, 해수면에서 블레이드 끝까지의 거리(Airgap), 로터의 회전반경 등을 고려하여 추정함. 금회 계획 변경으로 발전기 1기가 줄어들었고, 발전기 제원에 대한 변화도 없으므로 당초 계획 대비 변경에 따른 조류 충돌 가능성은 차이가 없을 것으로 예상됨 ■ 조류는 풍력발전단지 전체를 하나의 큰 인공구조물로 인식하는 경향이 있으므로 발전단지 전체가 감소하거나 증가하지 않는다면 내부의 배치 변경에 따른 조류-충돌에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 판단됨 ■ 조류의 이동패턴과 시기는 매년 달라질 수 있으므로 실제 발전을 시작하는 시점부터는 발전단지(해상) 내에서 매년 직접 수행한 조류 조사 결과를 바탕으로 해상에서 충돌이 예상되는 종을 도출하고, 필요시 종별 주요 출현 시기에 맞는 대응책을 수립할 것을 권함.

위와 같은 자문 의견을 제출합니다.

2024. 11. 16

소속: 경희대학교 이과대학 생물학과 명예교수　　성 명 유 정 칠 (서명)

(그림 4.1.1-40) 계 속

다. 저감방안 및 평가

1) 조류충돌 방지대책 수립

앞서 시행된 조사결과 및 조류충돌 모델링 결과, 조류종의 충돌 가능성은 극히 낮은 것으로 검토되었으나, 향후 발전단지 운영시 조류 충돌 발생을 최소화하기 위한 조류충돌 방지대책을 검토하여 적용하였다.

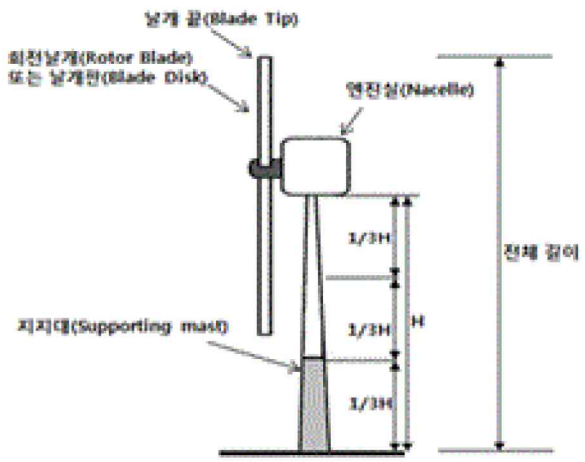
가) 시각적 저감방안

(1) 색채계획 검토

국내에 설치되는 모든 풍력발전터빈은 국토교통부에서 제시하는 「항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준」을 준수하여야 한다.

해당 규정에는 풍력터빈의 경우 주탑의 하부 1/3을 제외하고는 모두 흰색으로 채색하도록 규정하고 있어, 블레이드 및 주탑의 전체 채색은 관련 규정을 준수하기 위해 흰색으로 채색할 계획이다(단, 주탑 하부 기초의 경우에는 선박 충돌 등의 영향을 고려하여 적정 색상으로 채색할 계획임).

<표 4.1.1-39> 풍력터빈 관련 색채표지

관련내용	색채표지 모식도
제39조(색채의 표지) ⑥ 풍력 터빈의 경우에는 회전날개, 엔진실, 지지대의 상부 2/3는 흰색으로 채색해야 한다. 다만, 지방항공청장의 비행안전 확인결과 다른 방식으로 표시되어야 한다고 판단되는 경우는 제외한다.	 <그림 4-13> 풍력터빈의 색채 표지 방법

자료 : 항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준(국토교통부고시 제2024-39호)

또한, 상기 국토교통부 규정에서 제시하지 않는 하부 기초구조물의 경우, 해양수산부에서 제시하는 「항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준」을 준수하여 도색할 계획이다.

〈표 4.1.1-40〉 하부구조물 도색 예시

관련내용	도색 예시
제48조(풍력발전기 구조물의 표시) 해양풍력발전구조물은 다음 각 호의 기준에 따라 표시해야 한다. 1. 도색 가. **고정식 해양풍력발전 구조물: 최고 만조위 선상에서 최대 30미터를 넘지 않는 범위에서 황색으로 도색** 나. 부유식 해양풍력발전 구조물: 수면상으로부터 6미터에서 최대 30미터를 넘지 않는 범위에서 황색으로 도색 다. **최소 15미터 이상 도색**해야 하며, 필요한 경우, 황색 횡대의 높이가 2미터를 넘지 않도록 교차 도색 가능	

자료 : 1. 항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준(해양수산부고시 제2024-52호)
2. 사진출처 : 전자신문 / 제주 탐라해상풍력 발전기

(2) UV 반사 페인트

UV페인트 채색과 관련된 문헌을 검토한 결과 대부분 조류가 UV를 인지함은 맞으나, 실제로 조류의 눈에는 단순히 다른 색상 정도로만 인지되는 수준일 수 있어 그 효용성에 대해서는 의문이 제기되고 있는 상황이다.

〈표 4.1.1-41〉 UV페인트 도색 관련 연구자료

연구자료	주요내용
◦Khan, S., 2014	◦일반적으로 인간이 볼 수 있는 색상 외에도 새는 자외선에 민감
◦D.P.Young. et al. , 2003[10]	◦현재 연구에서는 자외선 반사 페인트를 칠한 블레이드와 일반 페인트를 칠한 터빈 블레이드 사이에 조류의 사용, 사망률 또는 위험에 차이가 있다는 강한 증거를 제시하지 못함
◦Cook et al., 2011[11]	◦새는 자외선 범위 빛을 볼 수 있기에 자외선을 반사하거나 방출하는 물체는 단순히 조류의 눈에 다른 색으로 보이기 때문일 수 있음

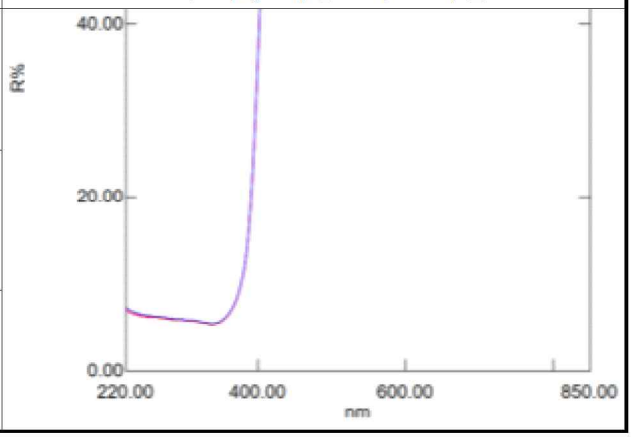
다만, 주간에 조류의 충돌가능성을 최소화하기 위해 UV반사율을 가진 페인트를 도색할 계획이며, 풍력발전기 운용중 충돌 가능성을 최소화 할 계획이다.

자외선은 크게 파장 0~400㎚ 범위의 빛으로 정의할 수 있으며, 300㎚ 이하의 파장은 대기 중 오존에 의해 대부분 흡수되고, 310㎚ 이하의 파장은 눈의 핵산과 단백질에 의해 흡수되는 것으로 알려져 있다.

10) Comparison of Avian Responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines, 2003, D.P. Young et al.
11) Identifying options to prevent or reduce avian collisions with offshore windfarms, 2011, Aonghais S Cook et al.

따라서, 시각에 사용할 수 있는 자외선은 통상 320~400㎚ 범위로 해당 파장 범위에서 반사율을 깆고 있는 페인드를 도색하여 자외신에 민감한 조류종이 해상풍력 발전기를 식별할 수 있도록 할 계획이다.

<표 4.1.1-42> UV페인트 도색 관련 연구자료

구 분		내 용	도색 예정 페인트의 반사율
자외선 (UV)	0~300㎚	◦대기중 오존에 의해 대부분 흡수 (Huffman, 1992[12])	
	300~310㎚	◦눈의 핵산과 단백질에 의해 흡수 (Jacobs, 1992[13])	
	320~400㎚	◦조류의 시각에 영향을 주는 자외선	

(3) 항공보안등 설치

상기한 바와 같이, 야간 및 악천후시에는 UV페인트 도색 만으로는 저감방안이 부족할 것으로 예상되어, 야간 충돌 영향을 고려하여 항공보안등을 설치할 계획이다.

당초 환경영향평가시에는 항공보안등 색상을 녹색으로 적용하는 것으로 계획하였으나, 「항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준」을 검토한 결과, 흰색 또는 붉은색 표시등을 설치하도록 규정되어 있어, 관련 기준에 적합한 규격의 항공보안등을 설치하여 야간 조류충돌 가능성을 최소화 할 계획이다.



(그림 4.1.1-41) 항공보안등 설치 예시

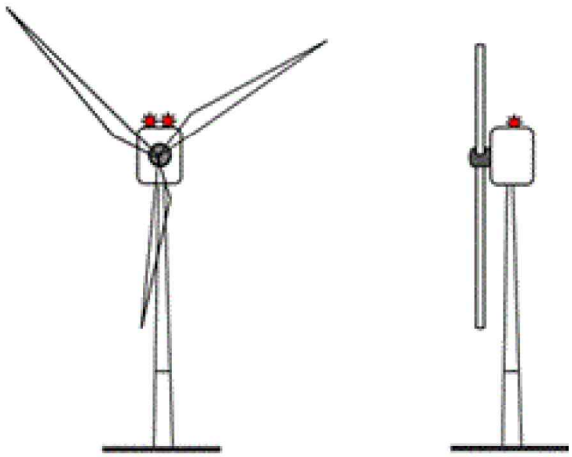
12) Atmospheric ultraviolet Remote Sensing. Academic Press, San Diego, USA. 1992. Huffman, R.E.
13) Ultraviolet vision in vertebrates. American Zoologist 32: 544-554. 1992. Jacobs, G.H.

〈표 4.1.1-43〉 항공보안등 설치 규정

제33조(고정 물체)

⑤ 풍력터빈에는 다음 각 호와 같이 표시등을 설치한다.

1. 1개 이하의 풍력터빈에는 다음 각 호와 같이 표시등을 설치할 것
   가. 전체 높이(날개가 모인 중심 부분 높이와 수직 날개 높이를 더한 높이를 말한다. 이하 이 조에서 같다)가 150m 미만인 풍력터빈은 조종사가 어느 방향에서나 볼 수 있도록 터빈 상부에 중광도 A나 B 또는 C형태 표시등을 설치할 것.
   나. 전체 높이가 150m에서 315m인 풍력터빈은 조종사가 어느 방향에서나 볼 수 있도록 터빈 상부에 2개의 중광도 A나 B 또는 C형태 표시등을 설치하되, 2개의 등은 서로의 출력에 영향을 주지 않도록 설치하여야 하며, 지상과 엔진실의 중간 높이에 3개 이상의 저광도 E 형태 표시등도 추가로 설치하여야 한다. 다만, 비행안전 확인을 통해 저광도 E 형태 표시등 설치가 부적합하다고 판정을 받은 경우 저광도 A형태 또는 B형태 표시등을 사용할 수 있다.



〈그림 4-3〉 풍력터빈에 표시등 설치

2. 2개 이상의 풍력터빈이 있는 풍력발전단지에는 다음 각 호와 같이 표시등을 설치할 것
   가. 제1호에 따라 표시등을 설치할 것
   나. 풍력발전단지 내의 표시등의 설치간격은 900m 이내여야 하며 풍력발전단지의 전체적인 윤곽이 잘 나타나도록 설치할 것
      1) 풍력터빈이 능선 등을 따라 선형으로 배열된 풍력발전단지에는 직선 각각의 끝단이나 직선을 구성하는 일부 구간의 각 끝단에 있는 풍력터빈에 표시등을 설치할 것
      2) 풍력터빈이 일정한 공간 내에 집중적으로 집단을 형성하고 있는 클러스터형 풍력발전단지에는 가장 바깥쪽 경계에 있는 풍력터빈에 표시등을 설치할 것
      3) 풍력터빈이 사각형 모양으로 일정 간격으로 떨어져 격자형으로 배열된 풍력발전단지에는 각각의 모서리에 표시등을 설치할 것
      4) 풍력발전단지를 구성하고 있는 집단 인근에 소수의 풍력터빈이 존재하는 경우에는 소수의 풍력터빈도 하나의 집단으로 간주하여 표시등을 설치할 것
   다. 집단의 경계가 잘 나타나도록 설치하여야 하며, 섬광등이 설치되는 곳에서는 풍력발전단지 전체에 등이 동시에 섬광되도록 설치하여야 한다.
   라. 풍력발전단지 내에서 상당히 높은 고도에 위치한 모든 풍력터빈은 위치에 관계없이 식별이 가능하도록 하여야 한다.

[별표 9] 항공장애 표시등의 종류와 성능(제27조, 제28조, 제44조 관련)

2. 항공장애 표시등의 종류와 성능

성능 종류	색채	신호형태 (섬광주기,분당섬광/fpm)	배경휘도별 최고광도(cd)[b]			광배 분표[d]
			500cd/㎡ 이상(주간)	50~500cd/㎡ (박명)	50cd/㎡ 미만 (야간)	
중광도 A형태	흰색	섬광 (20~60fpm)	20000	20,000	2,000	제3호 표 2
중광도 B형태	붉은색	섬광 (20~60fpm)	비해당	비해당	2,000	
중광도 C형태	붉은색	고정	비해당	비해당	2,000	

비고

(a) (생략)

(b) 섬광등의 광도는 국제민간항공기구(ICAO)의 비행장 설계 매뉴얼(Aerodrome Design Manual) (ICAO Doc 9157) Part 4에서 정하는 실효광도로 한다.

(c) 풍력터빈에 적용하는 경우에는 섬광 주기를 터빈 상부의 항공장애 표시등과 동일하게 하여야 한다.

(d) 광배분표는 제3호의 표 1 및 표 2에 따른다.

자료 : 항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준(국토교통부고시 제2022-353호)

나) 청각적 저감방안

(가) 조류충돌 방지대책

본 사업지구에 적용예정인 조류충돌 방지대책은 앞서 언급한 시각적 저감방안과는 별개로 청각적 저감방안으로 구성할 계획이다.

청각적 저감방안은 조류의 접근을 감시하기 위한 탐지모듈과 충돌회피모듈의 2개 모듈로 구성할 계획이며, 탐지모듈 및 충돌회피모듈 모두 지속적으로 국내 및 해외 도입사례 등을 검토하여 관련한 효과가 실효성 있게 발휘된 제품을 최종 저감방안으로 선정할 계획이다.

특히, 국내에서도 관련하여 조류충돌 방지대책 및 조류 접근 감시장비의 도입을 위한 기술개발 및 모니터링 연구 등을 진행하고 있어 이와 관련한 기술의 성숙 정도를 감안하여 국내 실정에 적합한 최적 탐지모듈 및 충돌회피모듈을 구성할 계획이다.

(나) 설치 시점

본 사업지구의 해상풍력발전기 가동 이전까지 조류 사전모니터링(카메라 설치) 및 사후환경영향조사 등 지속적인 모니터링을 통해 조류 출현 정보를 확인한 이후, 운영 이전에 최종 설치 위치의 결정 및 저감방안을 시공할 계획이다.

(다) 설치 위치 결정방안

당초 환경영향평가 협의시 조류충돌 방지대책(조류 접근감지 및 소음 발생장치)의 설치위치를 예시로 제시하였으나, 실제 소음발생장치의 위치가 전체 발전단지 중 1개소 밖에 없는 등 설치 실효성에 대해 검토가 필요한 상황이다.

또한, 당초 평가시 제시한 배치계획은 업체별 카메라의 탐지범위 및 경고음 송출장치의 성능 등에 따라 관련 영향범위에 차이가 발생될 수 있어, 조류탐지 및 경고음 송출장치의 기술적 성숙도 및 영향범위 등을 고려하여 탐지모듈(카메라), 충돌회피모듈(스피키) 등의 설치 위치와 개소를 결정할 계획이다.

〈표 4.1.1-44〉 조류충돌 방지대책 적용 예시

구 분	탐지모듈	충돌회피모듈
특 징	카메라 모듈 탑재	자동경고음 송출
사진 예시		

〈표 4.1.1-45〉 조류 탐지모듈 비교

구 분	DTBird	MUSE	AI-ACS
사진예시			
제 조 사	DTBird (SPAIN)	DHI (DENMARK)	RIAN (KOREA)
탐지방식	◦광학 및 적외선 이용	◦레이더 및 광학 이용	◦광학 및 적외선 이용
특 징	◦조류 탐지 성능은 주간에 한해 성능 보증 ◦충돌방지모듈 연동 가능 ◦국내 설치사례 없음	◦조류 탐지를 위한 레이더 및 카메라 이용 ◦단, 레이더 방식은 국내 선박 및 군사용 레이더 간섭 가능성 때문에 설치제약 검토 필요 ◦충돌방지모듈 연동 가능	◦AI 이용 조류 데이터 분석 및 기록 ◦충돌방지모듈 연동 가능 ◦국내 실증단지 내 적용 실험 진행 ◦사업지구 주변 출현가능 법정보호종 분류 가능

(라) 사전 모니터링계획

당초 환경영향평가 협의시 안마도 일대에 레이더 기반 장비를 위한 사전모니터링을 실시하는 것으로 계획하였다.

다만, 사전 모니터링의 목적은 사업지구 주변 조류의 출현현황 모니터링 및 조류 식별능력을 향상하는 것이 주된 목적이므로 국내 및 사업지구 실정에 적합하도록 사업지구 인근에 카메라 기반 모니터링 장비를 설치할 계획이다. 또한, 운영 이전 1년간 기계학습 (AI Deep Learning)을 통해 조류종 식별 능력을 향상시킬 수 있도록 계획하였다 (세부 모니터링 계획은 사후환경영향조사 계획 참조).

여기에 더해 앞서, 현황에 제시한 ESIA 월별 조류 조사결과를 누적하여 기계 기반 사전 모니터링을 보완하도록 계획하였다.



(그림 4.1.1-42) AI 기반 조류 학습 사례 예시

라. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 조사주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지(단, ESIA 조류 조사는 운영 전 1년간 실시)

〈표 4.1.1-46〉 사후환경영향조사 계획(육상동・식물상)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
육상동・식물상	운영전	◦조류 사전 모니터링 (카메라 이용 조류 출현 영상 감시, AI시스템의 조류 종 인식 데이터 보완)	◦횡도 등 안마도 주변 1개소	◦현지조사	◦상시 (운영 이전 1년간)
		◦ESIA 조류 조사(출현종, 개체수, 비행고도, 비행방향 등)	◦사업지구 및 주변지역	◦현지조사	◦1회/월(년 12회) (운영 이전 1년간)
	공사시	◦육상 식물상 - 식물상, 식생현황 - 생태계 교란식물 분포현황 (추가 유입 여부)	◦육상부 송전선로 및 변전소	◦현지조사	◦1회/반기 (춘・추계)
		◦육상 동물상 : 포유류, 양서・파충류, 육상곤충류			
		◦육수 동물상 : 어류, 저서성대형무척추동물 - 분류군의 분포현황 - 법정보호종 서식・출현 및 변화 여부			
		◦조류 - 분류군의 분포현황 - 법정보호종 서식・출현 및 변화 여부	◦현황조사지역 4개소 (St.1~4)		◦1회/분기
		◦저감대책 및 적정운영 여부 - 생태교란식물에 대한 관리방안 여부 - 비산먼지 발생 최소화 여부 - 토사유출 저감계획 준수여부 - 특정야생생물(법정보호종) 교육 등 시행여부	◦사업지구 및 주변지역		◦1회/반기 (춘・추계)
	운영시	◦조류 - 서식환경 변화에 따른 분포 현황 - 법정보호종 서식・출현 및 변화 여부 - 풍력발전단지 및 주변지역 조류 이동방향 조사(주변 개발사업 누적) - 풍력발전기 조류충돌 모니터링 - 조류 풍력발전단지 이용현황(휴식, 취식, 피난 등) 조사 - 조류충돌 저감방안 운영실태 조사	◦사업지구 및 주변지역 : 7개 지점 - 안마도 및 해상풍력 발전단지 주변지역 - 해저송전케이블 매설지 주변지역 - 안마도 일대 - 송이도 일대 - 칠산도 일대		◦1회/2개월(년 6회)

주) 조사위치 및 조사범위는 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

4.1.2 해양 동 · 식물상

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 공사계획 변경사항과 관련하여 금회 사업지구 및 주변지역에 출현한 해양동·식물상에 미치는 영향을 검토·예측하였다.

1) 예측항목

◦ 공사시 부유물질 확산에 따른 영향

◦ 공사시 유류유출에 의한 영향

◦ 수중소음 영향

◦ 해저케이블 전자기장 영향

◦ 해파리 폴립 영향

◦ 인공어초 등 설치계획 검토

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 사업계획 및 문헌자료 검토

4) 예측결과

가) 공사시 부유물질 확산에 따른 영향

당초 환경영향평가시 조사해역 중 횡도 및 목섬 일원에서 해양보호생물인 새우말의 출현을 확인하였으며, 그 밖에 동·식물플랑크톤, 저서생물, 어란 및 자치어, 해산어류 가운데 공사에 의한 영향으로 소멸 가능성이 있거나 특별히 보호해야 할 종들은 나타나지 않았다.

또한, 공사로 인한 부유물질 발생시 사업지구 인근 해역에 서식하는 여과섭식성 동물플랑크톤이나 저서생물들의 서식환경에 영향을 미칠 것으로 예상되며, 그 영향의 정도는 부유물질의 발생량과 확산범위에 따라 달라질 수 있을 것으로 판단된다. 공사 진행으로 인하여 외부환경요인의 일시적인 변화로 인해 자연적 천이보다는 악화된 환경에 적응된 소수 종들이 일시적으로 우점 할 가능성이 있다. 식물플랑크톤의 경우 부유물질 발생으로 SPM농도가 높아지면 광합성의 저해를 초래하여 기초생산력 저하 및 먹이 연쇄과정에 다소 영향을 미칠 가능성이 있다.

<표 4.1.2-1> 부유물질 발생으로 인해 예상되는 해양생태계의 변동

생태계항목	변동에 영향을 미치는 잠재적 요인	예상되는 영향
식물플랑크톤	부유토사	출현종수 및 개체수 감소
	영양염 유입	특정종의 개체수 증가 (적조 발생 가능)
동물플랑크톤	부유토사	출현종수 및 개체수 감소
기초생산력	부유토사	생산력 감소
조하대 저서동물	유기오염	오염지표종의 출현 및 대량 번식
	퇴적상 변화	출현종 및 밀도 감소
조간대 생물	부유토사	출현종 및 밀도 감소
어란	부유토사 및 향후 오염으로 인한 산란환경 및 먹이량 감소	출현종 및 밀도 감소
자치어	먹이 감소로 인한 성육장으로서의 가치 저하	출현종 및 밀도 감소
어류	먹이 감소로 인한 성육장 및 산란장으로서의 가치 저하	출현종 및 밀도 감소

(1) 동 · 식물플랑크톤

본 사업시행시 해저 송전선로 매설 등에 의한 해수의 부유물질 증가로 인해 수중으로의 투과 광량을 감소시켜 플랑크톤의 기초생산력을 감소시킴과 동시에 규조류의 경우 응집·침강현상을 일으켜 현존량이 일시적으로 감소할 것으로 예상되고, 이와 반대로 부유토사에 함유된 유기물 및 영양염류들이 수중으로 빠져나와 비교적 낮은 광조건과 풍부한 유기물 조건하에서 잘 성장하는 와편모조류 계통의 식물플랑크톤이 대량으로 번식할 가능성이 있다.

공사시 핀 파일 항타, 해저 송전선로 매설에 따라 부유사 농도가 증가할 경우, 플랑크톤에 미치는 영향을 살펴보면 공사로 인한 토사에 함유된 많은 유기물 및 영양염류들(인, 질소, 규소 등)이 수중으로 빠져나와 비교적 낮은 광조건과 풍부한 유기물 조건하에서 잘 성장하는 와편모조류 계통의 적조원인생물이 대량 번식할 경우가 우려가 되며, 이와 반대로 공사공정으로 인한 수계 내 탁도 증가는 수중으로의 광 투과 깊이를 감소시켜 플랑크톤의 기초생산력을 감소시킴과 부유토사는 플랑크톤과 함께 응집 침강현상을 일으켜 전체 출현종 및 현존량이 일시적으로 감소할 수도 있다.

문헌조사 자료에 의하면 부유사 농도별 경과일수에 따른 플랑크톤의 생산력 피해율은 부유사 농도가 10ppm일 경우 65일 경과후에는 약 20%의 생산력 피해율을, 50%의 생산력 피해율로 보았을 때 50ppm의 경우는 약 45일, 100ppm의 경우는 약 22

일, 150ppm의 경우는 약 15일, 200ppm의 경우는 약 10일, 250ppm의 경우는 약 6일, 300ppm의 경우는 약 5일로 조사되었다(부산수산대학교 해양과학공동연구소, 1995).

본 사업의 부유사확산 수치모형실험결과, 해상풍력 발전단지 및 송전선로(외부망)은 0.5ppm 이상의 농도 증가를 보이는 지역은 국한적으로 나타나 부유사 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

따라서, 공사시 고농도의 부유물질이 발생될 경우 기존 플랑크톤의 출현종과 개체수의 감소가 예상되지만, 부유사 확산 영향은 사업지구 인근에 국한되어 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

(2) 조하대 저서동물

문헌자료에 의하면 공사시 해저지형의 변화를 초래하고, 공사중 해저질의 교란으로 인한 부유사 확산은 서식지 환경변화를 유발시키며, 공사기간 중에 발생되는 부유물질과 부유확산 토사물질들은 이들의 영향을 받는 구역 내 저서동물을 매몰시키거나 질식사를 유발할 수 있다. 청지렁이의 경우, 부유사 농도 20㎎/L에서는 8일간 전혀 영향을 받지 않았고, 50㎎/L에서는 10%의 폐사율을 나타냈으며, 100㎎/L에서 25%의 폐사율을 나타냈다(농림수산부, 1988).

한편, 치하보리새우(*Penaeus japonicus*)의 경우는 해저니의 부유물질농도 50㎎/L 이상에서 생존율이 감소되었고, 100㎎/L에서 25%의 폐사율을 나타냈다(일본매립준설협회, 1988).

조하대 저서동물은 저서환경의 변화에 비교적 민감하고, 사업지구 중 송전선로 매설 되는 부분에 해당하는 저서동물의 서식지 소멸 및 감소는 피할 수 없을 것으로 예상되나 사업지구 외 주변지역은 본 사업시행으로 인한 영향은 미미할 것으로 사료된다.

공사로 인해 부유물질 증가와 침적으로 사업지구 인근해역에서 공사기간 중 일시적인 군집구조의 변화 및 표층하퇴적물식자(갯지렁이류)의 증가가 예상되나 시간이 지날수록 다시 회복될 것으로 보이며, 공사완료 후 해당해역에 유향 및 유속의 변화로 일부지역이 세굴되고 다른 지역에서는 퇴적물이 쌓여 저서생물 서식환경을 다소 변화시킬 것으로 보인다.

(3) 조간대 생물

(가) 조간대 저서동물

문헌자료에 의하면 부유사가 참굴에 미치는 영향에 대한 조사결과, 참굴은 0ppm과 10ppm 실험구에서는 처리기간 동안 한 개체도 폐사되지 않았지만 13일 처리기간 동안 20ppm에서는 10%가 폐사되었고, 25일째에는 25%가 폐사되었다. 50ppm 실험구에서는 4일째에 10%, 25일째에서는 55%가 폐사되었다. 그리고 100ppm 실험구에서는 13일째 50%, 25일째에서는 65%가 폐사되어 부유사의 농도가 높을수록 그리고 경과일수가 많을수록 폐사율이 증가되었다(군산지방해양수산청, 1998).

한편, 새만금지구 생태변화 예측연구 보고 자료에 의하면 참굴은 10ppm에서는 폭로 18일 동안에 거의 전부 생존하였고, 20ppm에서는 15% 정도 폐사되었으며, 30ppm에서는 9일 동안에 20%가 폐사되었고, 100ppm에서는 3일째에 20%가 폐사되었으나 6일 동안에 90%가 폐사되고 9일 동안에는 전부 폐사되었다(농림수산부, 1988).

사업지구 입지 특성상 조간대의 직접 훼손은 거의 없을 것으로 예상되나, 일부 육상구간 양육부 정점에 한해 영향이 예상된다.

(나) 해조류

해조류의 광합성에 영향을 주는 장기적 영향의 안전한계는 김류는 10ppm 이내, 미역의 유엽기는 5ppm 이내로, 미역 등의 해조류의 유주자에 현탁입자가 부착하면 유영저해를 일으켜, 착저밀도, 기반착생후의 생존 등에 영향을 일으킨다고 알려져 있다.

실내실험의 자료에서 3~4ppm인 것으로 나타났으나, 실제로 해양은 해저부근의 흐름 및 저질의 재부상 등과 같은 현상이 일어나기 때문에 이들 영향은 단순하지 않다(해양수산부, 2001).

본 사업의 부유사확산 수치모형실험결과, 해상풍력 발전단지 및 송전선로(외부망)은 0.5ppm 이상의 농도 증가를 보이는 지역은 국한적으로 나타나 부유사 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

공사시 사업지역 내에 분포하는 부착성 해조류의 경우, 부유사 확산에 의한 유주자착생 및 광합성에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 예상되며, 운영시 유기물 유입이 가중될 때에는 사업지역 주변에 환경오염 등 환경변화에 강한 구멍갈파래(*Ulva pertusa*)등의 파래류가 국지적으로 번무할 것으로 예상된다.

<표 4.1.2-2> 부유사와 해조류와의 생리적 관계

구 분	유주지착생	광합성	퇴적
김	-	◦ 10ppm 이상에서 영향 있음	-
미역	◦ 부유사 입자가 유주자에 흡착하여 유영저해, 착저밀도 등에 3~4ppm에서 저해를 일으킴	◦ 유엽기(1.5~2.5㎜) 500ppm에서 악영향을 미침 ◦ 5ppm이 안전한계임	◦ 퇴적량에 의해 배우체의 착생, 발아직후의 영향이 크고, 퇴적층이 깊이가 0.3㎜정도에서 영향있음 ◦ 퇴적층의 얇을 경우 3일경부터 영향이 있고, 9~10일경부터 세포의 사망이 나타남

자료 : 부유사 발생량 평가 및 수질오염방지막 효율에 관한 연구용역(Ⅱ), 2001, 해양수산부

(4) 어란 및 자치어

이동성이 없거나 극히 작은 어란 및 자치어의 경우, 해수의 부유물질이 일시적으로 증가하면 어란의 부화율 감소가 예상되며, 생육초기 먹이인 동·식물플랑크톤 군집의 변화에 영향을 받아 자치어의 성장률 감소가 예상된다.

어란 및 자치어는 자연상태에서 8~10ppm 부니농도가 증가될 경우 난부화율 및 호흡장애가 다소 발생하는 것으로 알려져 있다(한국해양연구소, 1995).

한편, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)의 경우는 해저니의 부유물질농도가 20ppm에서 아가미 호흡운동에 극미한 영향을 받게 되나, 50ppm 증가시에는 섭이량과 호흡빈도가 빨라지게 되어 대사생리에 영향을 적게라도 받게 된다고 하였다(일본매립준설협회, 1978).

본 사업의 부유사확산 수치모형실험결과, 해상풍력 발전단지 및 송전선로(외부망)은 0.5ppm 이상의 농도 증가를 보이는 지역은 국한적으로 나타나 부유사 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

따라서, 공사시 고농도의 부유물질이 발생될 경우 기존 플랑크톤의 출현종과 개체수의 감소에 의한 어란 및 자치어에 간접적인 영향이 예상되지만, 수질오염방지막을 설치할 경우 그 피해는 더욱 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

<표 4.1.2-3> 부유물질의 농도별 난부화율 저하와 호흡기능 장애에 미치는 영향

피해내용 / 부유물질농도	피 해 영 향 율		
	난부화율	성장장애	호흡장애
8~10ppm	10%	-	20~40%
200ppm	40%	50%	50% 이상

자료 : 연구논문집 제 11집, 1995, 한국해양연구소

(5) 해산어류

어류는 활동성이 강하므로 부유물질농도의 증가에 직접적으로는 영향을 받지 않으나 부유물질의 증가가 우선 먹이가 되는 동·식물플랑크톤 및 저서생물의 감소를 유발하고 먹이의 탐색을 저해하여 먹이의 감소, 시계의 감소 등의 영향을 받을 수 있으며, 환경이 적절치 않게 되어 회피하게 되므로 어업생산에 문제가 되기도 한다.

부유사 확산은 유영성이 높은 어류에 있어서도 특히, 난의 부화시기에 민감하게 반응하여 부화율이 떨어지거나 난의 사망률이 증가하는 경향을 나타낼 수 있다.

어류의 경우 부유사가 인위적으로 5~10ppm 증가하면 수산생물은 10%의 생산량 감소를 보이고, 10~15ppm 증가하면 30%의 생산량 감소를 보이는 것으로 알려져 있다(한국해양연구소, 1992).

본 사업의 부유사확산 수치모형실험결과, 해상풍력 발전단지 및 송전선로(외부망)은 0.5ppm 이상의 농도를 보이는 지역은 국한적으로 나타나 부유사 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

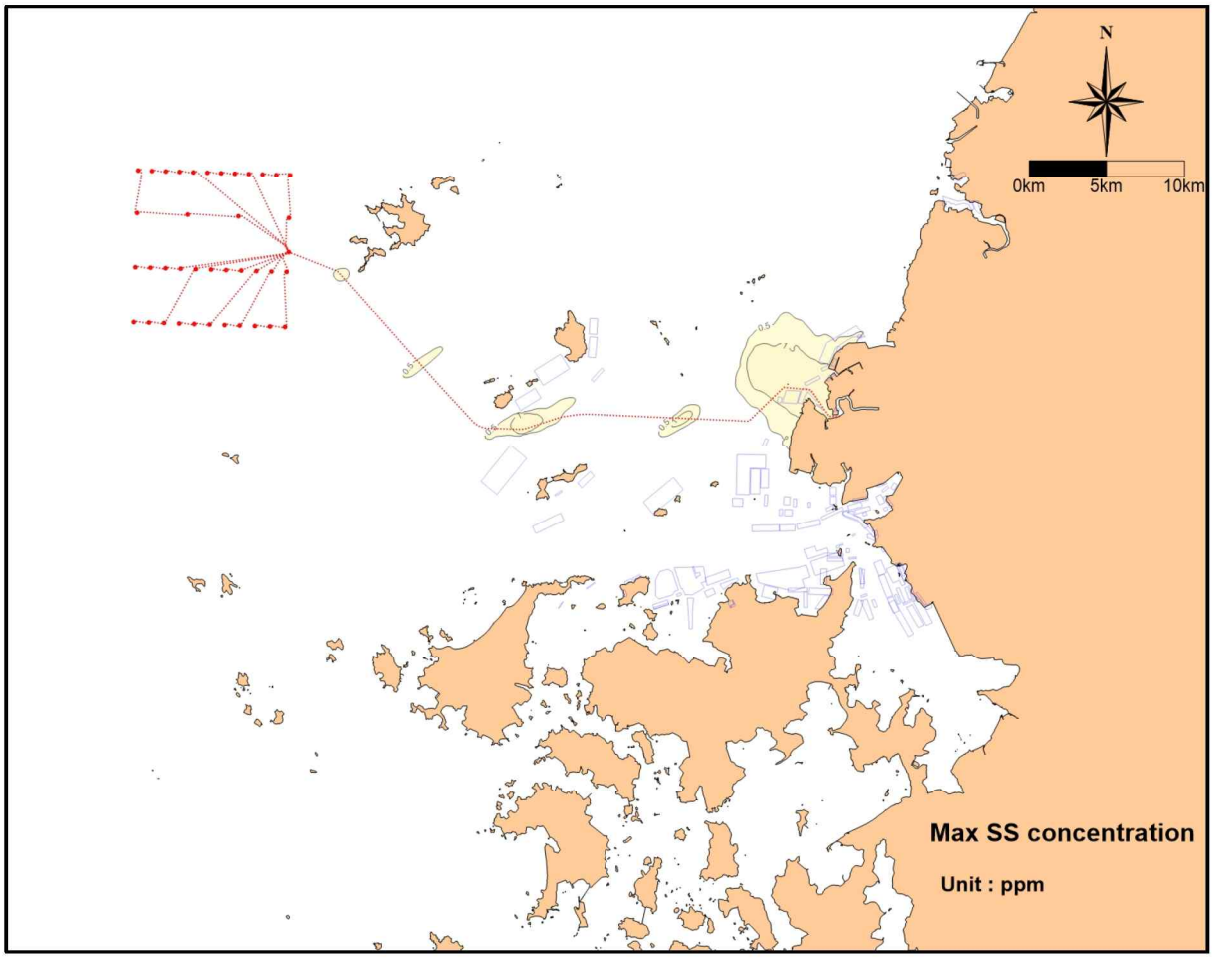
다만, 1ppm 기준 연안부 인접지역의 일부 마을어업권 및 양식어업권에 직·간접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 사업시행으로 인해 사업지구 주변에 위치하여 직·간접적인 영향이 미치는 어업권에 대해 어업피해영향조사를 완료하고, 어업권은 해상에서 육상으로 연결되는 해저송전선로 부근에 국한되어 있으며, 실제 연안부 공사는 간조시 육상화 공사를 실시할 계획으로 부유사에 의한 영향은 미미할 것으로 판단된다(「4.6.1 산업」편 참조).

〈표 4.1.2-4〉 환경요인의 변화정도에 따른 수산생물의 연생산량 감소 적용률

환경요인	발생정도	생산량 감소율(%)	
		정착성생물	유영성생물
부유사	5~10ppm	10	10
	10~15ppm	30	30
유속변화	평균유속 5~10cm/sec	30	20
	평균유속 10cm/sec	40	30
	창·낙조시 유속 10~15cm/sec	20	-
	창·낙조시 유속 15cm/sec 이상	30	20
해저면 변화	1.0~2.0cm/yr	30	30
	2.0cm/yr 이상	50	50
준설 및 매립	-	100	100

자료 : 수도권 신국제 공항건설로 인한 어업권 피해영향 조사 및 보상액 산정, 1992, 한국해양연구소

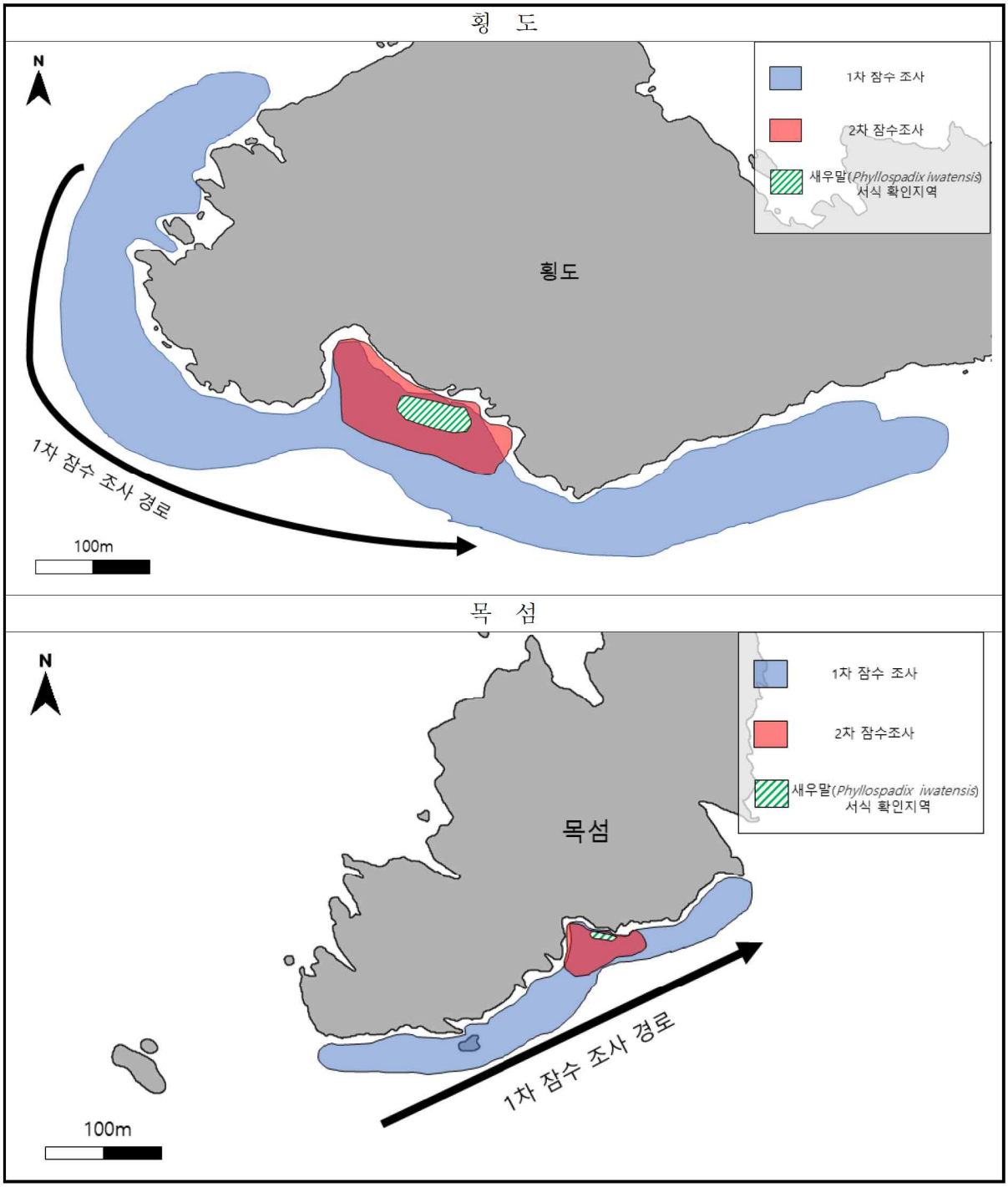


(그림 4.1.2-1) 부유사확산 실험결과 및 어업권 분포도(저감 전, 저층)

(6) 해양보호생물

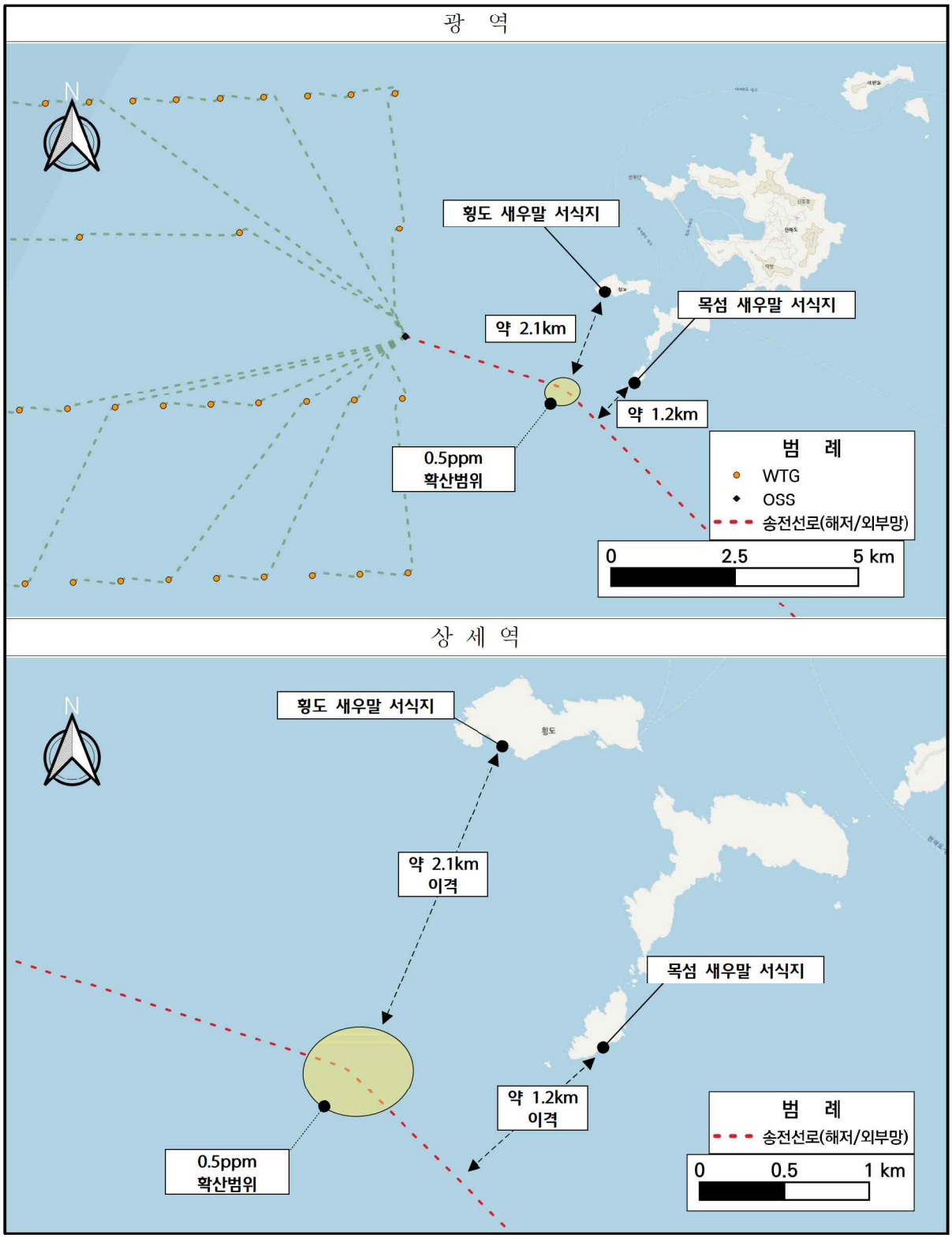
낭초 환경영향평가시 사업지구 주변 해역에 위치한 횡도 및 목성 인근해역에서 해양보호생물인 새우말(*Phyllospadix iwatensis*)의 서식이 확인되었다.

새우말은 통상적으로 우리나라 동해안과 서해안의 수심 8m 이내의 암반에서 주로 자생하는 종으로, 기존 도서지역에 인접하여 국소적으로 서식하고 있는 것으로 조사되었다.



(그림 4.1.2-3) 해양보호생물(새우말) 분포 위치도

부유사 확산 실험결과, 부유사 확산 영향범위는 공사구역에 국한되어 나타났으며, 해저케이블 공사구역도 사업지구에서 최소 1.2㎞ 이상 이격되어 위치함에 따라 해양 보호생물에 부유사 확산으로 인한 영향은 없는 것으로 검토되었다.



(그림 4.1.2-4) 부유사확산범위와 잘피 출현지역 비교

나) 유류유출로 인한 영향

공사시 선박을 비롯한 각종 해상장비의 운전 부주의, 운영시 입출항 선박의 사고 등으로 인한 유류유출시 해양수질 및 저질은 생태적으로 심한 영향을 받으며, 특히 이러한 해역에 서식하는 생물상은 치명적인 영향을 입게 된다.

안전사고로 인해 유류가 해상에 유출되어 해수면에 유막이 덮히면 수중으로 산소가 용해되는데 장애가 되고 정체수역이나 여름에 성층화 되는 해역에서는 산소소비량을 증가시킬 것이다. 따라서, 산소 용해율의 감소로 식물플랑크톤이나 조류에 의한 광합성이 제한되는 것을 비롯하여 전반적인 해양생물에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

유출유가 해양생물에 미치는 피해는 수개월 내에 일어나지만 생태계의 기반과 구조에 따라 수십년에 걸쳐 피해가 장기화될 수 있으며, 서식 생물상이 복원되는데 걸리는 시간은 유류의 종류뿐만 아니라 방제와 복원에 기울이는 노력에 따라 달라진다.

<표 4.1.2-5> 유류유출사고 후 생태계 회복에 소요되는 시간

구 분		3년	5년	10년	20년	30년
해양	모래해변	개체군들이 보임	거의 회복	회복됨	회복됨	회복됨
	암석해안	생물군락은 복원 안된 상태	생물군락 대체로 회복	회복됨	회복됨	회복됨
	간석지	주로 이매패류가 안보임	이매패류가 일부회복 안됨	회복됨	회복됨	회복됨
	염습지	일년생식물, 수명 짧은 생물 복귀	다년생식물 정착 안됨. 대개의 생물 회복	회복 최종단계	피해범위가 꽤 넓었어도 회복	피해범위에 따라 다름
	외양	개체군 복귀지역 얼마 안됨	수명 긴 생물 복귀	생물종 대부분 출현	피해범위가 꽤 넓으면 미회복	피해범위에 따라 다름

자료 : Kennish, M.J., 1994. Practical handbook of marine science, 2nd ed., CRC Press.

다) 수중소음 영향

공사시 및 운영시 수중소음에 따른 해양생태계의 영향을 예측하였으며, 세부적인 수중소음 영향예측 및 저감방안은「4.5.2 소음·진동」편에 제시하였다.

(1) 소음목표기준 설정

소음목표기준을 설정하기 위해 국내외 기준을 검토하였으며, 소음목표기준은 가장 최악의 조건을 가정하여 공사시에는 206SPL$_{Peak}$로, 운영시에는 140SEL로 설정하였다.

<표 4.1.2-6> 해양생태계 소음목표기준 설정

구 분	소음목표기준		적용 기준
	dB SEL	dB SPL$_{Peak}$	
FHWG(2008)	187	206	-
ANSI(2014)	186	207~213	회복가능한 손상 적용
양식어류 배상액 연구(2009)	140	-	-
목표기준	140 (운영시)	206 (공사시)	-

<표 4.1.2-7> 국외 수중소음 관리기준(1)

분석기준	관리기준	
dB Peak-Peak	전체 크기의 어류	206
dB Cumulative SEL	물고기 체중이 2g 이상	187
	물고기 체중이 2g 미만	183

자료 : FHWG, Agreement in Principle Technical/Policy Meeting Vancouver, WA, 2008, Payne *et al.*, 2008

<표 4.1.2-8> 국외 수중소음 관리기준(2)

어종	사망가능 or 잠재적 치명적 부상	회복 가능한 손상	TTS (일시적 청각손실)
부레가 없는 어종	219dB SEL or 213dB SPL	216dB SEL or 213dB SPL	186dB SEL
부레I청각 기능 有	210dB SEL or 207dB SPL	203dB SEL or 207dB SPL	186dB SEL
부레+청각 기능 無	207dB SEL or 207dB SPL	203dB SEL or 207dB SPL	186dB SEL
어란 및 자치어	210dB SEL or 207dB SPL	-	-

자료 : ANSI Underwater noise criteria guideline of pile driving (ASA S3/SC1.4 TR-2014, 2014)

1. 수인한도

◦ 청각능력을 인지하여 스트레스를 받기 시작하는 레벨을 피해 인정기준으로 함

◦ 양식어류의 경우 평상시 배경소음과의 수중소음 레벨 차에 의한 영향을 추가로 고려하여야 함

◦ 양식어류에 대한 피해 유형에 따른 적용 수중소음도는 최고소음도(L_{Amax})를 채택하여 적용하는 것이 타당할 것임.

양식어류 피해현황	평가방법	피해인정기준	비고
폐사, 성장지연, 산란율저하, 부화율저하	L_{Amax}	-수중소음 : 140 dB/㎛Pa -배경소음과의 차 : 20 dB/㎛Pa	

※ 양식장 환경, 수중소음의 특성, 배경소음 등에 대한 신중한 검토를 거쳐 피해 발생 여부를 평가하여야 함

자료 : 소음·진동으로 인한 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구, 2009, 전남대학교 수산연구소

(그림 4.1.2-5) 육상 양식어류의 배상기준(안)

(2) 공사시

본 보고서의「4.5.2 소음·진동」편에 시행된 수중소음 모델링 실험 결과를 요약 제시하였다.

항타시 수중소음 모델링 실험 결과, 206SPL_{peak}를 기준으로 소음 발생원에서부터 공간적인 범위를 산정한 결과, 최대 발생범위가 소음원으로부터 반경 116m 범위 이내로 나타나 수중소음 영향은 국소적으로 영향을 미치는 것으로 검토되었다.

(3) 운영시

본 보고서의「4.5.2 소음·진동」편에 시행된 수중소음 모델링 실험 결과를 요약 제시하였다. 운영시 수중소음 모델링 실험 결과, 140SEL를 기준으로 소음 발생원에서부터 공간적인 범위를 산정한 결과, 최대 발생범위가 소음원으로부터 반경 118m 범위로 발전기 주변으로 영향범위가 거의 확산되지 않는 것으로 나타났다.

해상풍력발전단지의 운영시에는 로터 블레이드의 회전이나 기어박스 등에 의해서 타워 부분에서 진동을 발생시키는 것으로 알려져 있으며, 이러한 진동이 수중으로 전달되어서 수중소음을 일으키게 되는 것으로 알려져 있다.

다만, 블레이드의 회전 소음은 대체로 수면에서 반사되어 수중에서는 영향이 거의 없는 것으로 보고되고 있어, 운영시 수중소음 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

라) 해저케이블 전자기장 영향

풍력터빈을 연결하고 전력을 송신하는 계통연계선(해저케이블)은 전기장 및 자기장을 만들고, 이러한 전자기장이 어류 및 해양생물에 미치는 영향을 파악하고자, 「Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST」 에 제시된 내용을 인용하여 제시하였다.

(1) 저서생물

저서생물 중의 지기장에 대한 민감도 정보는 거의 없었으며, 비슷한 크기의 갑각류에 대한 몇몇 연구가 진행되었다.

카리브닭새우(*Panulirus argus*)의 경우, 지구 자기장을 이용해 방향을 잡으며, 통제된 실험에서 자기극 역전시 방향을 변경하는 것은 확인하였으나, 부정적 영향은 관찰되지 않았다(Jernakoff, 1987).

진주담치, 둥근게, 곰새우, 넙치 등을 3.7mT의 정적 자기장에 여러주 동안 노출시켰을 때 실험군과 대조군 사이의 생존율 차이는 발견되지 않았다(Bochert and Zettler, 2004).

다만, 진주담치에는 생화학적 영향을 주어 수분과 아민계 질소가 각각 20%, 15% 감소하는 영향이 나타나 일부 자기장의 영향을 받을 수 있음을 보여주었다(Aristharkhov *et al.*, 1988).

<표 4.1.2-9> 저서생물에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
곰새우 둥근게 진주담치	생존	3.7mT (37G)	-	-	없음	Bochert and Zettler(2004)
진주담치	생화학 지표	5.8, 8, 80mT (58, 80, 800G)	-	-	수분 20% 감소, 아민계 질소 15% 감소	Aristharkhov et al.(1988)
성게류	발달변이	10~100mT (100~1000G)	-	-	초기 배아의 유사 분열 주기 지연 및 외분비 발생률 증가	Levin and Ernst(1997)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(2) 경골어류

뱀장어는 자기장에 민감하며, 12,663에서 192,473 nT의 B-필드에 노출된 실험에서 심박수 감소와 같은 유의미한 조건 반응을 보였다(Nishi et al. 2004).

그러나 다른 장어 종들은 뱀장어와 같은 반응을 보이지 않았다. 예를 들어, 유럽 뱀장어는 고전압 DC 전선이 있는 환경에서 약 60%가 전선을 건너며, 이동 경로에 장애물이 되지 않음을 시사했다(Westerberg와 Begout-Anras 2000).

연어류는 인위적인 E-필드에 영향을 받을 수 있지만 B-필드에 대한 영향은 제한적이다. E-필드에 노출된 연어와 장어의 심박수가 상승할 수 있다고 보고했다(Marino와 Becker 1977). "첫 반응"은 0.5에서 7.5 V/m의 필드에 노출될 때 발생하며, 이온 반응(즉, 물고기가 전기적으로 충전된 양극 쪽으로 헤엄침)은 0.025 V/m에서 15 V/m의 필드 강도에서 발생하였으며, 유해한 영향은 15 V/m 이상의 필드 강도에서만 발생한다(Balayev 1980, Balayev와 Fursa 1980).

태평양 연어는 지구 자기장, 천체 나침반, 태어난 하천의 냄새를 이용하여 내비게이션을 하나(Quinn et al. 1981), 연어의 행동은 여러 자극에 의해 지배되며, 인공적인 전기장 자극은 효과가 없는 것으로 나타났다(Yano et al. 1997).

<표 4.1.2-10> 경골어류에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
유럽넙치	생존	3.7mT (37G)	-	-	없음	Bochert and Zettler(2004)
연어류, 장어	서맥	-	7~70㎶/cm	-	심박수 상승	Marino and Becker(1977)
	첫 반응	-	0.5~7.5V/cm	-	아가미, 지느러미 떨림	
	음극 반응	-	0.025~15V/cm	-	음극 전하방향 이동	
	전기 마취, 마비	-	15V/cm	-	전기 마취, 마비	Balayev(1980), Balayev and Fursa(1980)
유럽 뱀장어	이주	지구 자기장 10m 거리 크기	-	-	약 60% 케이블 횡단	Westerberg & Begout-Anras(2004)
뱀장어	자기민감도	12,663~192,473nT	-	-	유의미한 조건부 반응 보임	Nishi et al.(2004)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(3) 판새류(연골어류)

판새류는 일반석인 생활에서부터 자연상태의 전자기장을 활용하며, 상대석으로 다른종들보다 민감도가 높은 것으로 알려져 있다.

전기장의 민감성과 관련해서는 연구별로 차이가 있으나, 일반적으로 연골어류는 5×10^{-7}에서 10^{-3} V/m의 전기장에 민감하여, 이 수준에서는 일반적으로 원천에 끌리지만, 1 μV/cm 이상에서는 일반적으로 원천을 회피한다(Kalmijn 1982, Gill와 Taylor 2002).

철갑상어류는 약한 전기신호를 이용해 먹이를 찾을수 있으며, 상어는 1/8에서 8 Hz의 EM 필드를 탐지하며, 일정한 속도로 회전함으로써 주변 E-필드를 탐색할 수 있고(Kalmijn 2000), 이를 통해 지구의 B-필드를 이용해 항해할 수 있다(Walker *et al*. 2003).

대서양홍어도 상어와 유사한 주파수 범위에서 반응을 보이며, 호흡기와 심장리음에 영향을 보였다(Kalmijn, 1966).

<표 4.1.2-11> 판새류(연골어류)에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
상어	교류 민감도	모두	모두	1/8~ 8Hz	기본 기능 영향	Kalmijn(2000b), Walker et al.(2003)
청새리 상어	전기장 민감도	-		-	반복 회전, 시설 공격	Kalmijn(1982)
소형 곱상어	전기장 민감도	-	<0.021μV/cm	-	신호원 18cm 이격지점 공격	Kalmijn(1982)
대형 곱상어	전기장 민감도	-	5nV/m	-	신호원 38cm 이격지점 공격	Kalmijn(1982)
홍어	심장 반응	-	1×10^{-9}V/m	5Hz (일정방형파)	심장 반응	Kalmijn(1966)
대서양 홍어	호흡기 및 심장 반응	-	10^{-6}V/m	5Hz (일정방형파)	호흡기 및 심박리듬 영향	Kalmijn(1966)
	심장 반응	-	4×10^{-5}V/m	5Hz (일정방형파)	심박수 저하	Kalmijn(1966)
노랑 가오리	방향감각	-	<5nv/m 해류와 유사	-	전기장 기준 방향설정 가능	Kalmijn(1982)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(4) 검토결과 요약

저서생물의 자기장 민감도에 대한 정보는 제한석이며, 카리브닭새우는 지구 자기장을 이용해 방향을 잡는 것으로 확인되었으나 부정적 영향은 없었다. 진주담치와 둥근게 등은 3.7 mT의 정적 자기장에 여러 주 노출되어도 생존율 차이는 없었다.

경골어류인 뱀장어는 자기장에 민감하여 실험에서 심박수 감소 반응을 보였으나, 다른 장어 종은 유사한 반응을 보이지 않았고, 유럽뱀장어나 연어류의 이동에 전자기장 영향은 거의 없는 것으로 검토되었다.

전반적으로 해양생태계에 전자기장이 미치는 영향은 제한적인 것으로 검토되었으며, 대부분 전기장을 이용하여 이동하는 분류군에 일부 영향을 줄 수 있음은 밝혔으나, 실제 이동에는 다른 요인에 의하여 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

국내외 전자기장 영향에 대한 실측 및 예측사례를 조사한 결과, 275kV 기준 해저면 1m에서 계산된 자기장은 최대 41mG(4.1μT)로 예측되었고, 전기장은 2.3mV/m로 예측되었다. 이러한 자기장 및 전기장은 해저케이블에서 거리가 멀어질수록 급격히 감소하는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다(전자기장 영향과 관련된 세부 내용은 「4.5.4 전파장해」편 참조).

<표 4.1.2-12> 유사사례 해저케이블 전자기장 예측결과

구 분		수평방향 이격거리			비 고
		최대값	약 3m 이격	약 9.1m 이격	
자기장 (mG)	275kV	41	13	2.1	외부망
	66kV	17	12	1.7	내부망
전기장 (mV/m)	275kV	2.3	1.3	0.5	외부망
	66kV	1.3	1.1	0.4	내부망

주) 약 1m(3.3ft) 깊이에 매설된 해저케이블의 전자파 예측 결과임
자료 : Revolution Wind Farm Offshore Electric-and Magnetic-Field Assessment, Exponent, March 2021

본 사업은 최소 해저면 약 2.5m 깊이에 해저 송전선로를 포설할 계획으로 예측을 실시한 조건보다 깊게 매설할 계획이며, 실제 송전전압 또한 문헌자료 대비 낮은 수준으로 실제 전자기장 영향은 보다 감소될 것으로 예상된다.

또한, 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저질에 의한 자계 차폐효과로 인하여 전자기장에 의한 해양동·식물상에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

마) 해파리 폴립 영향

우리나라의 해파리 대량출현은 1990년 후반 서해 및 남해 일부지역에서 보름달물해파리가, 2003년부터 노무라입깃해파리가 출현하는 것으로 조사되었다[1].

노무라입깃해파리는 중국 연안에서 기원하여 해류를 따라 6월 말부터 우리나라로 유입되는 해파리로, 크기가 1~2m로 크고 독성이 강해서 어업피해 뿐만 아니라 여름철 해수욕객 쏘임사고를 일으키는 것으로 알려져 있다.

보름달물해파리는 15cm 내외로 우리나라 전역에서 가장 흔하게 볼 수 있는 종으로 늦봄(5월)~늦가을(11월)에 전 연안에서 출현하며, 독성은 약하나 사람에 따라 두드러기 등의 반응을 일으킬 수 있다.

<표 4.1.2-13> 우리나라에 피해를 주는 주요 해파리 특성 비교

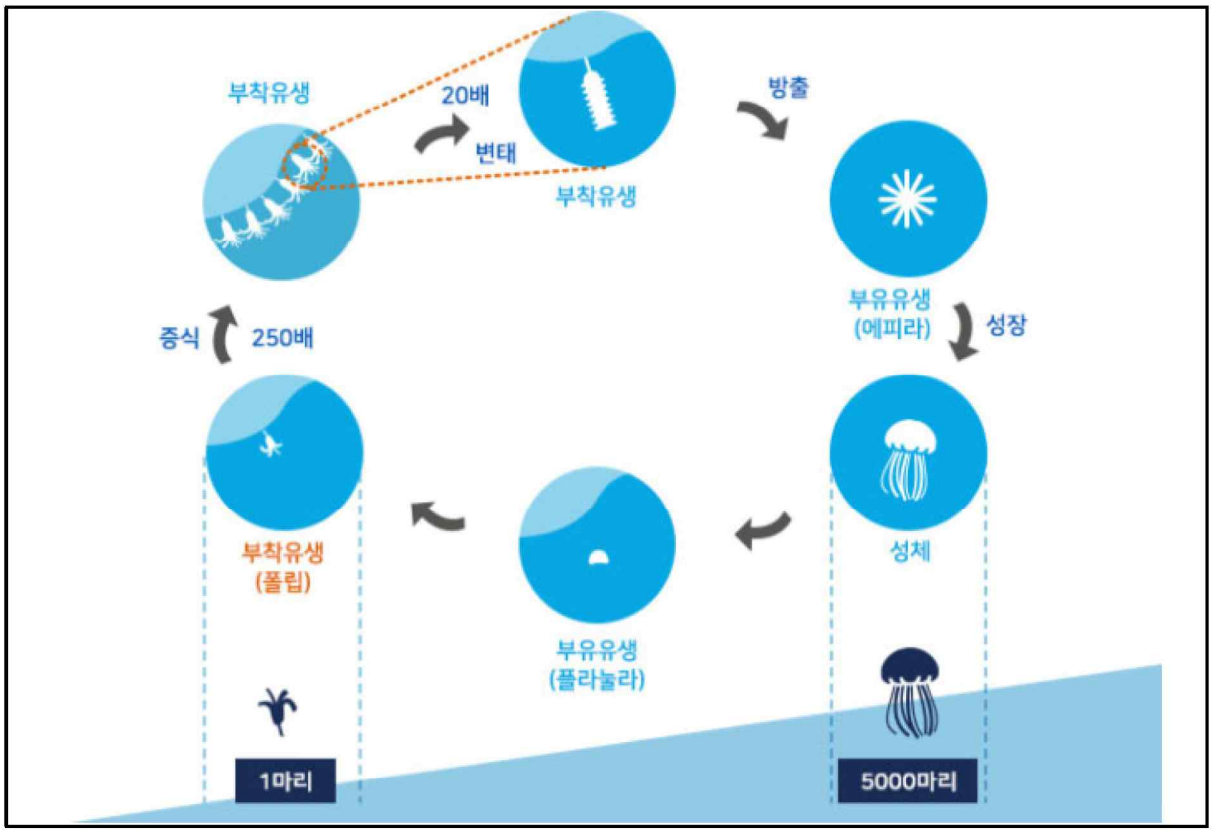
구 분	노무라입깃해파리	보름달물해파리
종 명	◦*Nemopilema nomurai*	◦*Aurelia aurita*
현황사진		
크 기	◦최대길이 2m	◦15cm 내외
형태 및 특징	◦최대무게 150kg에 머리부분은 연한 갈색을 띄고 단단하며 촉수는 검붉은색임 ◦입다리 부분에 부착된 촉수는 양이 매우 많고 길게 늘어뜨릴 수 있어 10m에 달하기도 함 ◦입다리 표면에 있는 작은 구멍들이 입의 역할을 함, 주로 동물플랑크톤을 먹이로 한하며, 촉수의 양이 많아 한 개체만 출현해도 여러명에게 쏘임사고를 유발할 수 있음	◦몸체는 접시처럼 편평한 형태이며 전체적으로 반투명한 우유빛깔을 띄고 있음 ◦촉수는 길게 늘어뜨려도 2~3cm로 짧고 가늘며 몸체 가장자리를 따라서 촘촘히 붙어있음 ◦몸체의 가운데에 4개의 고리모양으로 있는 것이 위와 생식소이며, 우리나라 전역에서 가장 흔하게 볼 수 있는 종
출현시기 및 분포	◦우리나라 전역에서 출현 ◦6월경 제주이남에서 출현을 시작하여 12월 초까지 출현함	◦연간 전연안에 출현
쏘임증상	◦홍반을 동반한 채찍모양의 상처	◦독성은 약하나 사람에 따라 두드러기 등의 반응이 있을 수 있음

자료 : 국립수산과학원 해파리정보시스템(https://www.nifs.go.kr/jelly/main.jely)

1) 해파리 모니터링 및 피해저감 연구, 2015, 국립수산과학원

이와 같이 대량 발생되는 해파리 중 노무라입깃해파리는 중국에서 번식을 시작해서 성체가 된 상태로 우리나라 해안으로 떠내려오나, 보름달물해파리는 우리나라에서 번식함에 따라, 해파리 폴립 제거사업을 시행하고 있는 해양환경공단에서도 주요 제거 목표종으로 '보름달물해파리'를 선정하여 관리중에 있다.

보름달물해파리는 부착성 유생(폴립)을 거쳐서 부유성 성체로 성장하는데, 개체군의 높은 성장률, 환경변화 및 해양오염에 대한 강한 내성으로 개체수가 크게 증가하는 양상을 보이고 있다.



(그림 4.1.2-6) 보름달물해파리 생활사 모식도

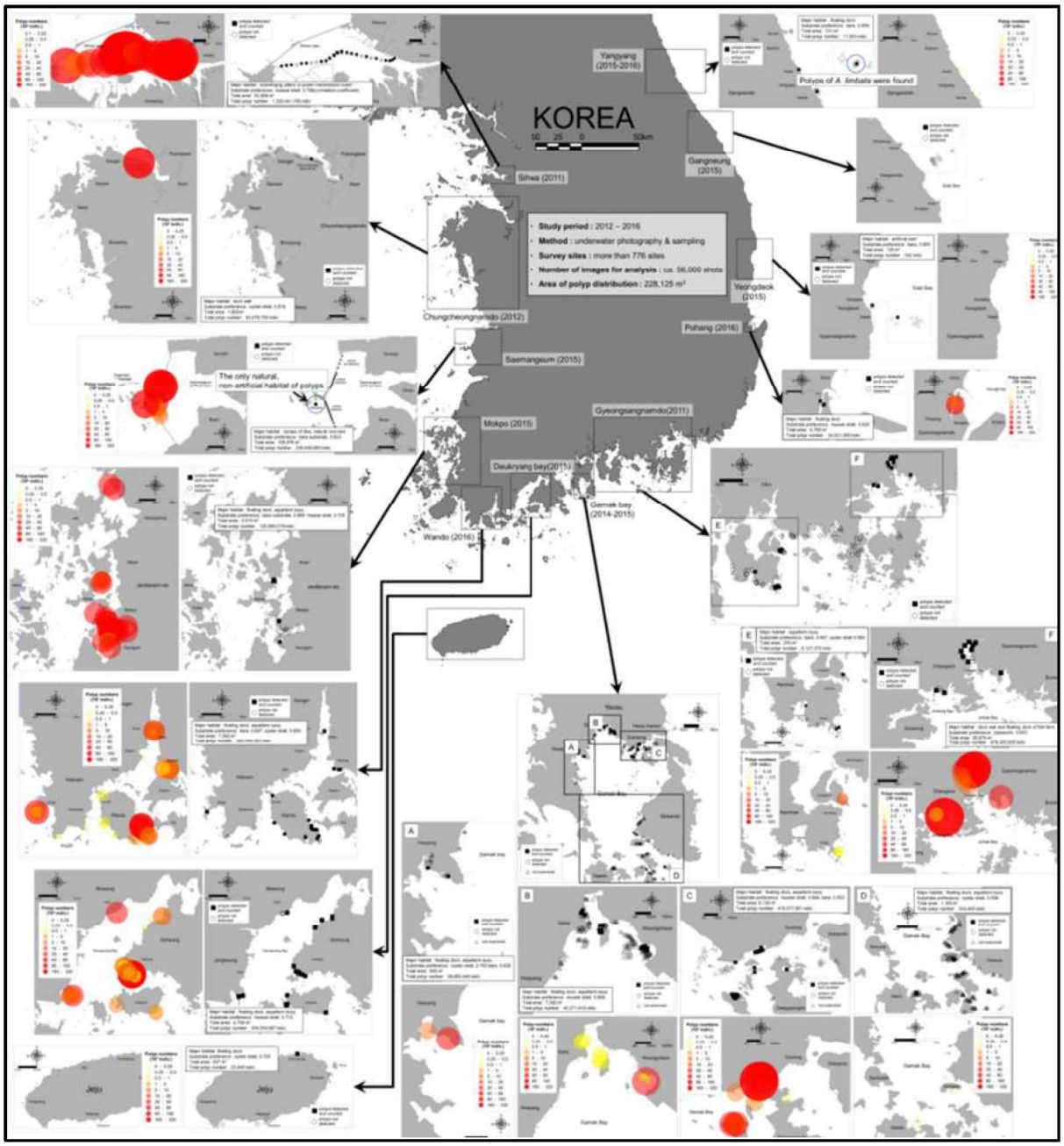
특히 폴립은 해양구조물 등에 부착하여 살아가는 부착유생으로 최대 5천개의 성체로 성장할 수 있어, 2~3㎜의 폴립 1개를 제거하면, 15~30㎝에 이르는 성체 5천개체를 제거하는 효과를 볼 수 있다. 보름달물해파리의 폴립은 연안 해역에 널리 분포하고 있으며, 수심 20m 이상에서는 발견되지 않는다고 보고했고, 0.3~25m 범위에서 유사한 출현현황을 나타낸다는 연구 결과를 도출하였다[2].

또한, 폴립은 적당한 부착기질이 존재하면, 그늘진 지점에서 중력의 반대방향으로

2) (Tang C et al., 2020) Intraguild predation by polyps of three scyphozoan jellyfish; *Nemopilema nomurai*, *Aurelia coerulea*, and *Rhopilema esculentum*

부착하는 특성을 가지며, 대부분의 구조물에서 바닥면 방향으로 폴립이 관찰되는 것으로 김도되었다. 폴립의 서식밀도가 높게 나타나는 지역은 주로 유속이 낮은 연안 지역, 항내측 구조물 등에서 주로 관찰되었으며[3], 대부분 유속이 빠른 외해측 방파제 등 지점에서는 관찰되지 않았다.

따라서, 외해역에 위치하여 개방된 해수의 흐름을 강하게 받는 사업지구 입지 특성상 해파리 폴립 발생 가능성은 매우 낮을 것으로 검토되었다.



자료 : 해양환경정보포털(https://www.meis.go.kr/)

(그림 4.1.2-7) 국내 연안의 보름달물해파리 폴립 출현 분포도

3) 한국 연안역 보름달물해파리의 폴립의 분포 및 제거효과에 관한 연구, 2018, 김병호

바) 인공어초 등 설치계획 검토

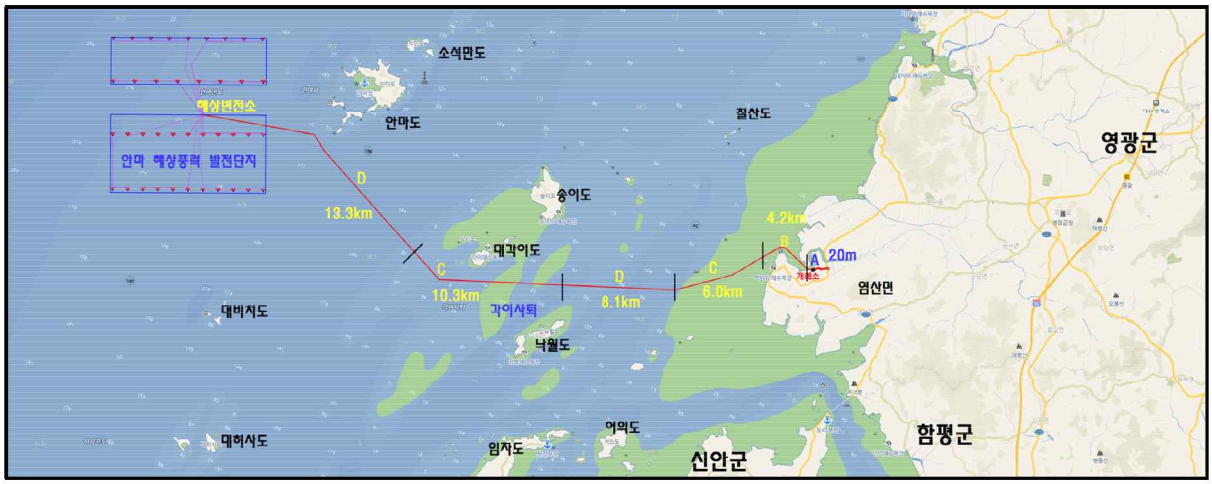
당초 환경영향평가시 인공어초 및 일부 해저케이블 매설구간에 사석보호공 석용을 통해 인공어초 효과를 유발하고자 검토하였다.

다만, 사업지구 여건상 세부 설계가 수립되지 않은 상태로, 인공어초 설치계획 등의 적정성에 대해 재검토를 실시하였다.

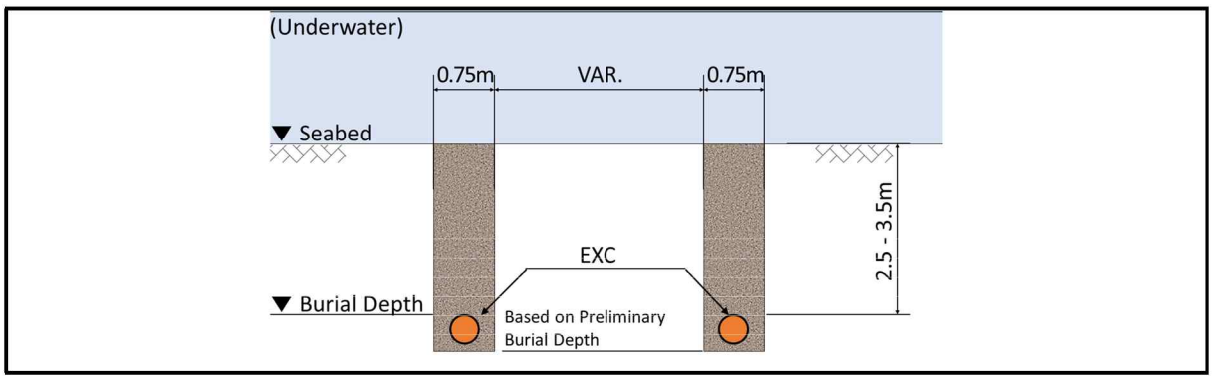
(1) 해저케이블 보호공

당초 환경영향평가시 해저케이블 매설구간 중 D구간(발전구역~대각이도 구간)에 대해 해저케이블 보호공법으로 사석투하를 계획하였다. 다만, 동 해역은 대수심구간으로 사석투하시 정위치에 피복하기 어렵고, 유속이 빠른 지역 특성상 유실 및 해저지형에 매몰되어 그 효과를 발휘하기 어려울 것으로 판단된다.

따라서, 환경영향평가 협의완료 후 세부설계 과정에서 해저케이블은 모두 최소 2.5m 이상 깊이에 매설하는 것으로 계획함에 따라, 별도의 해저케이블 보호공은 불필요할 것으로 판단되어, 사석투하는 실시하지 않는 것으로 계획을 변경하였다.



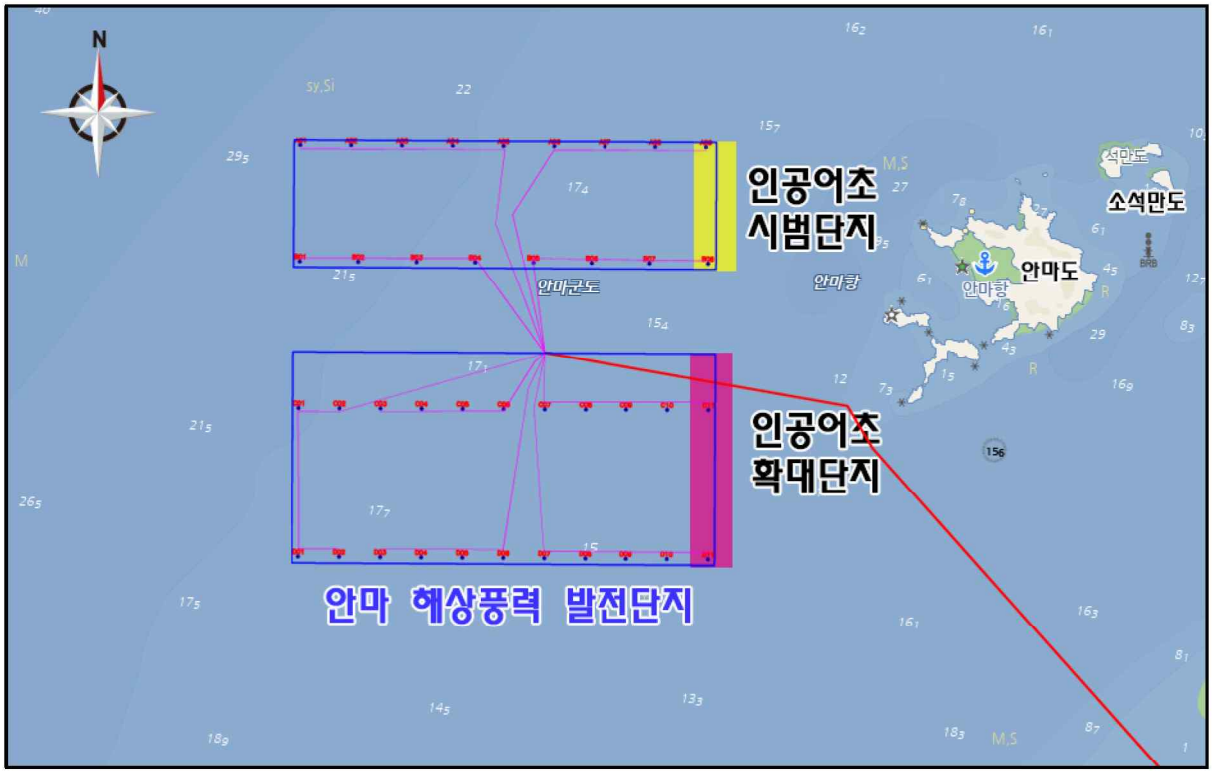
(그림 4.1.2-8) 당초 평가시 해저케이블 보호공법 적용 구간(D구간)



(그림 4.1.2-9) 해저케이블 매설 계획 단면도

(2) 인공어초

기협의 환경영향평가시 발전단지 동측에 인공어초 시범단지 및 확대단지를 조성하여 부착저서생물의 생물다양성을 도모하고자 계획하였다.



(그림 4.1.2-10) 당초 평가시 인공어초 단지 조성 계획(안)

다만, 인공어초의 설치를 위해 검토를 실시하는 「인공어초시설사업 집행 및 관리규정(해양수산부훈령 제572호)」에 따르면, 해저질 특성상 어초의 매몰 가능성이 없는 수역에 설치를 실시하여야 하나, 사업지구 주변 지반조사 결과 점토층 깊이가 24.2~48.3m 범위로 나타났다.

따라서, 사업지구 주변 지반은 어초시설의 매몰뿐 아니라, 국부세굴 등 해저지형 변화 가능성이 포함된 상황으로, 정상적인 어초의 시설 기능 발휘가 어려울 것으로 예상된다.

이에, 인공어초의 설치를 위한 전문가 자문 등을 시행한 결과, 동 지역은 인공어초 설치 여건에 적합한 지역이 아닌 것으로 검토됨에 따라, 보다 실효성 있는 대상해역의 어족자원 유지 방안으로 수산자원 종묘 방류를 계획하였다.

<표 4.1.2-14> 어초시설 적지조사 항목 및 판정요건 기준

제15조(시설예정수역 선정) ① 시·도지사는 제14조의 규정에 따른 어초시설계획의 범위 안에서 공단 이사장 또는 연구조사기관의 장에게 어초시설 적지조사를 의뢰하여 적지로 판정된 수역 중에서 다음 각 호의 기준에 맞는 수역을 어초시설 예정수역으로 선정한다.

1. 적지조사 이전에 인근 어업인들로부터 어초시설 동의가 이루어진 수역
2. 별표 2에 의한 어초시설 적지조사 항목 및 판정요건 기준에 적합한 수역
3. 수산생물의 산란, 서식장 조성 및 수산자원의 보호 등을 위하여 필요한 수역
4. 선박통항이 빈번하지 않은 수역(통항 선박의 안전수심을 고려한다)
5. 경사도가 완만하고 지반이 평탄하며, 조류 및 파랑에 의하여 어초주변의 지반세굴, 어초의 전도·매몰 또는 유실될 우려가 없는 수역
6. 공유수면 매립·간척사업 또는 공업단지 조성 및 골재 채취 등으로 인한 환경변화가 예상되지 않는 수역
7. 지질·지층조사 자료를 분석한 결과, 어초의 매몰 가능성이 없는 수역

[별표 2]

조사항목	조사방법	적지판정 요건
수심	음향측심기, MBES로 측정	태·폭풍에 의한 어초의 전도·매몰 우려가 없는 수역
용존산소 (㎎/L)	표, 저층을 구분 측정	5㎎/L 이상
pH	〃	6.5~8.5
유속	유향유속계로 측정 또는 자료활용	최대유속 2 ㎧ 이하
해저지형	SSS, MBES로 측정, 지층탐사기	기울기 5/100이하로 평탄한 해역
저질 상	입도는 통일분류법으로 분석하고 강도는 지반지지력 산정법으로 산정	퇴적물 중 니질(clay) 함량이 60% 이상인 경우 지반지지력을 산정하여 어초 시설에 따른 지반 안정성을 검토하여 판정
생물 상	서식 특성, 어획 또는 잠수조사(직접조사 또는 자료활용)	서식 생물량·어획량 또는 식물·동물 플랑크톤 존재 여부를 통해 산란·서식장 검토
해조류 (패조류용이초 및 해중림초로 한정함)	해조류 서식조사 (방형구조사 및 해조류 분포조사)	해조류 서식지의 분포조사 결과를 기본으로 하여 적지 판정
어업 이용성	어선수, 조업기간, 어획동향	어업형태별 어선수, 어획동향 조사 (지자체 통계자료 등 활용 가능)
환경오염	현지 확인 및 청취조사	환경오염의 우려가 없는 곳

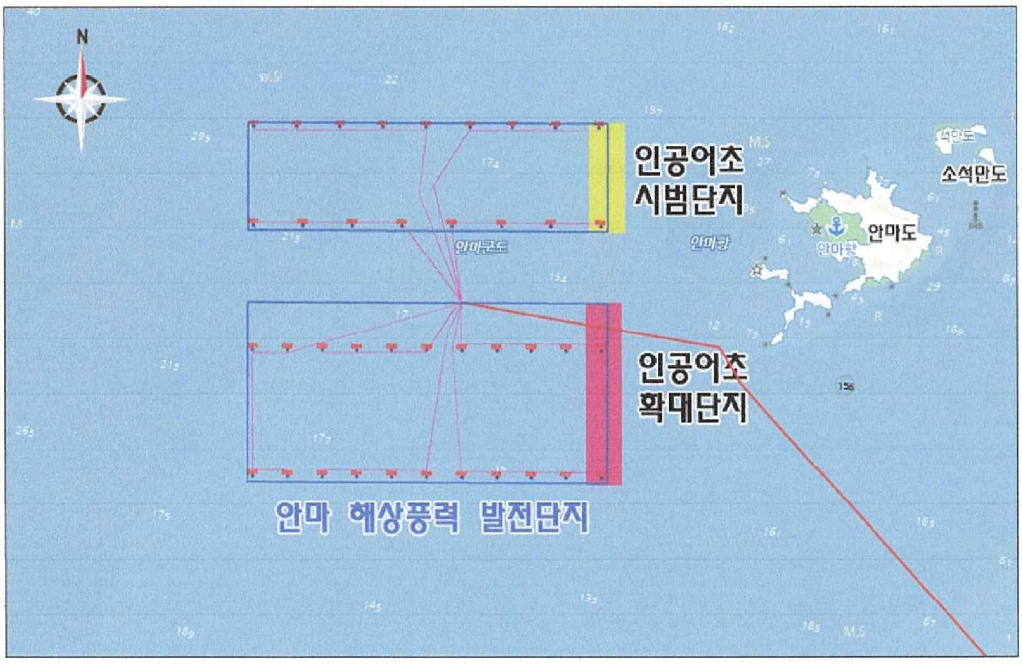
자료 : 인공어초시설사업 집행 및 관리규정(해양수산부훈령 제572호)

영광 안마 해상풍력 발전단지 조성사업
해양생태계 개선방안 자문의견서

본 사업은 전라남도 영광군 안마도 서측 약 5km 이격된 지역 해상에 해상풍력발전단지를 건설하여 저탄소 에너지 생산 기반을 마련하고, 대한민국 정부 및 전세계적인 탄소중립 정책 목표 달성에 이바지하고자 하는 사업이다.

대상해역에 설치 예정인 해상풍력 발전기는 약 38개소를 설치할 계획이며 모두 직접기초 형식인 Jacket 구조물을 해저면에 거치할 계획이다. 발전기 별 설치위치에 따라 수심의 차이가 있으나, 대체로 약최저저조위(A.L.L.W) 기준 D.L.(-)15 ~ 30m 범위 내에서 입지할 예정이다.

당초 환경영향평가 협의시 발전단지 예정지역의 해양생태계 자원 확보를 위해 인공어초 설치를 계획한 것으로 확인되어, 당해 지역의 인공어초 설치 적정성을 검토하고 해양생태계 개선을 위한 적정 대안을 검토하였다.



- 1 -

(그림 4.1.2-11) 인공어초 전문가 자문의견서 (1/3)

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여, 대상 해양생물을 정착시키거나 끌어모으고, 이에 대한 보호와 배양을 목적으로 하는 어장시설로 해양생물의 생활환경과 특성을 활용한 대표적 수산자원 조성 방법이다.

이러한 인공어초는 용도에 따라 어류용, 패류 및 해조류용, 해중림(해초류용)으로 구분할 수 있으며, 패류 및 해조류용, 해중림초는 수심 15m 이내 해역에 주로 설치하나, 인공어초 시범단지 및 확대단지의 수심은 대부분 15m 이상 해역이 대부분이므로, 패류, 해조류, 해초류 인공어초의 설치는 사실상 불가할 것으로 판단된다.

따라서, 어류용 어초에 한해 제한적인 설치가 가능할 것으로 판단되나, 대상 해역의 수심이 깊고, 점성토층이 약 24.2~48.3m 범위로 분포하는 것으로 나타나 중량구조물인 인공어초 설치시 대상해역이 지반 특성상 어초의 매몰이 불가피할 것으로 판단되며, 이는 곧 어초기능의 적절한 발휘는 어려울 것으로 판단된다.

특히, 인공어초 시설물은 직접적 매몰 외에도 유속이 빠른 해역에서는 세굴에 의한 추가적인 지형 변화를 일으키기도 하여, 이러한 부정적 영향을 고려할 때 어초시설 대비 타 대안에 대해 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

대상해역 주변의 인공어초 시설 현황을 검토한 결과, 대부분 도서지역과 인접한 어업권 주변으로 인공어초 시설을 설치하여 빠른 유속에 의한 유실을 방지하고, 어민의 수산자원 생산 증대 효과를 꾀한 것으로 볼 때 사업지구 주변 해역에 인공어초의 직접 설치는 오히려 사업지구 주변의 유속 및 퇴적물 이동에 영향을 주어 해저지형의 변화를 가중할 것으로 판단되어, 적절치 않은 것으로 판단된다.

- 2 -

(그림 4.1.2-11) 인공어초 전문가 자문의견서 (2/3)

다만, 사업지구 주변 해역에 신규 설치되는 해상풍력발전단지가 주변 어업활동에 부정적인 영향을 주는지 여부가 확인되지 않은 상태로 해양생태계 영향을 최소화 하기 위해 효과성이 확실하지 않은 단지 근처 인공어초 시설 대신, 안마도 인근 패류초 설치 또는 정착성 어종 등의 수산자원 종묘 방류 사업 등의 주기적인 추진을 통해 대상해역의 해양생태계와 어업활동 간에 조화를 이룰 수 있도록 조치하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

수산 종묘의 방류는 대상해역내 주되게 어업활동을 벌이고 있는 어업인과 협의를 통해 품종을 선정하여야 하며, 방류량 및 종묘의 규격 등은 수산자원관리공단에서 제시하고 있는 수산종자 방류 지침을 준수하여 효율적인 방류가 이뤄질 수 있도록 하고,

이러한 수산자원의 방류 효과는 관련 어업인과의 지속적인 탐문 및 어획량 변화 등을 주기적으로 확인하여 다음 방류시 반영될 수 있도록 하여 효율적인 수산자원 방류 사업이 정착될 수 있도록 계획할 필요가 있다.

2024. 10. 16.

전남대학교 한경호

- 3 -

(그림 4.1.2-11) 인공어초 전문가 자문의견서 (3/3)

나. 저감방안 및 평가

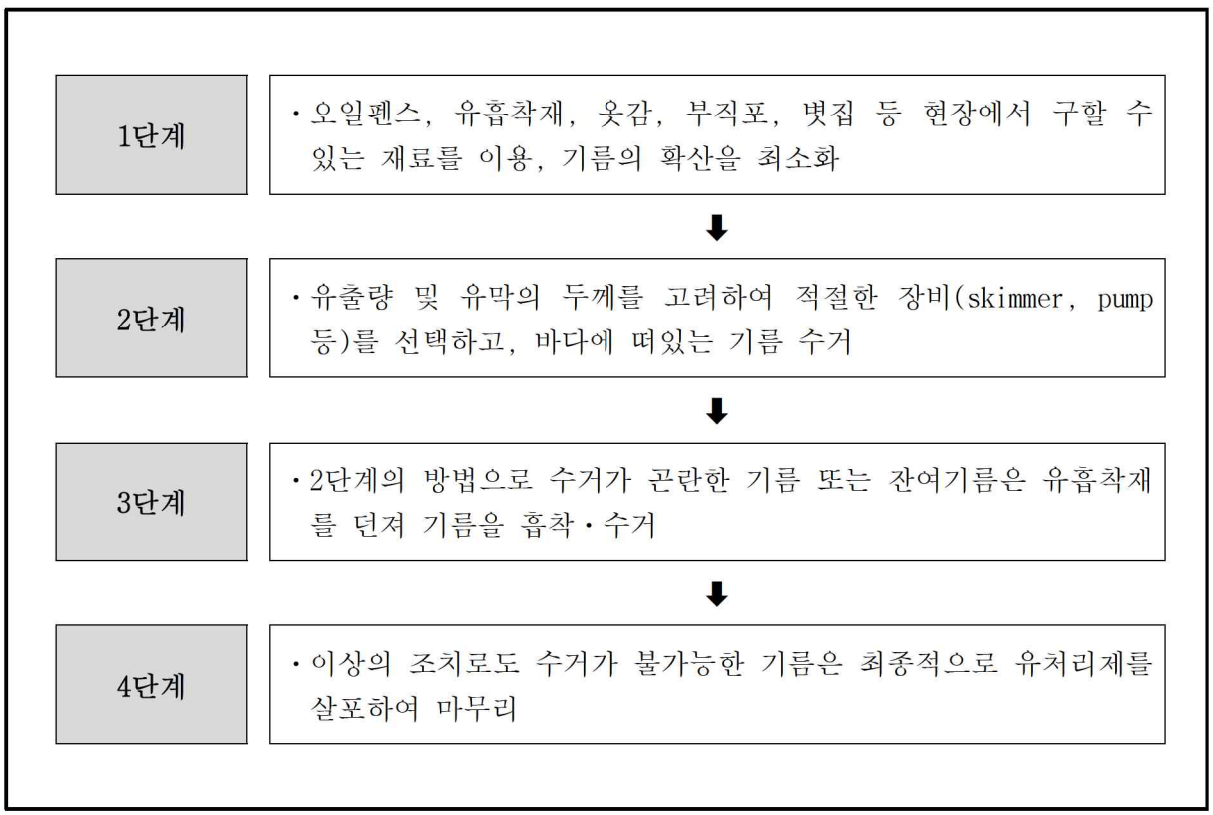
1) 부유물질 저감대책

사업시행으로 인하여 해양생태계에 미치는 부유사확산 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 부유사 확산 영향을 최소화하기 위한 저감방안을 이행하여 해양동·식물상에 미치는 영향을 최소화 할 계획이다.

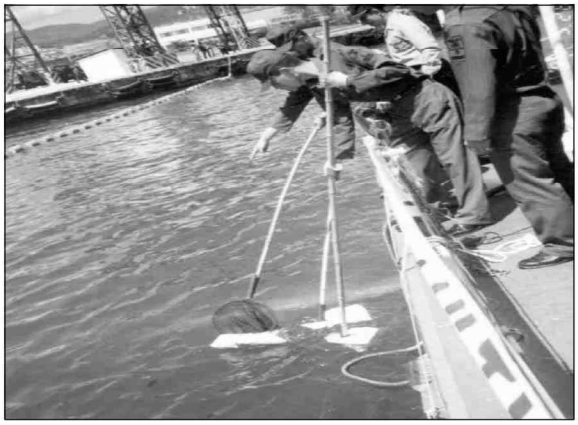
특히, 본 사업지구는 대수심구간에 입지하는 사업 특성상 대부분의 구간에 수질오염방지막 설치가 불가한 입지 특성을 감안하여, 일 작업시간을 늘려 단위시간당 공사강도를 조정하는 등의 저감방안을 이행하여 해양생태계에 미치는 영향이 최소화 되도록 계획하였다(상세 저감방안은「4.3.2 해양수질 및 퇴적물」편 참조).

2) 유류유출 저감방안

공사시 또는 운영시 불의의 사고로 발생할 수 있는 선박 사고 시 다량의 기름이 해상으로 유출되는 경우를 대비하여 「해양환경관리법」에 준한 방제장비 확보방안을 검토하고, 방제장비 확보가 어려울 경우에는 인근 항 및 관할 지방해양경찰서와의 연계 방제체제를 구축하여 해난사고에 대한 종합적인 대책을 수립하도록 하며, 이용선박에 대한 폐유의 무단 방류를 철저히 감시할 계획이다(「4.3.2 해양수질 및 퇴적물」편 참조).



(그림 4.1.2-12) 유류유출 사고시 처리방법



유흡착제를 사용한 방제



유처리제 살포를 통한 방제

(그림 4.1.2-13) 방제장비 적용 현장

3) 수중소음 저감방안

공사시 해양생태계에 미치는 수중소음 영향은 공사구역 인근에 국한되는 것으로 검토되었다.

다만, 해양생태계 영향이 최소화 되도록 공사 가장 큰 소음이 발생하는 파일항타 공사 등의 추진 시 공기방울차단막(Air bubble curatain), 격리망(Isolation cashing), 쿠션블럭(Cushion block), 임시물막이(Cofferdam) 등을 사용할 경우 10~20dB의 소음 저감 효과 발생하는 것으로 나타나, 항타공사시 현지 실정에 적합한 저감방안을 이행할 계획이다.

4) 전자기장 저감방안

국내외 전자기장 영향에 대한 실측 및 예측사례를 조사한 결과, 275kV 기준 해저면 1m에서 계산된 자기장은 최대 41mG(4.1μT)로 예측되었고, 전기장은 2.3mV/m로 예측되었다. 이러한 자기장 및 전기장은 해저케이블에서 거리가 멀어질수록 급격히 감소하는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다.

실제 해저케이블을 해저 2.5m 이상 매설하고, 문헌자료 대비 낮은 전압으로 송전할 계획인 바, 실제 전자기장 영향은 해저케이블 주변에서 보다 국소적으로 나타나 해양생태계에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

다만, 운영시 해양생태계 일부 조사정점과 전자기장 조사정점을 일치시켜 사후환경영향조사를 실시하고, 전자기장과 해양생태계 변화에 대한 상관관계를 분석하는 등 지속적인 모니터링을 실시하도록 계획하였다.

5) 해파리 폴립 저감방안

사업지구의 입지 특성상 해파리 폴립의 발생 가능성은 매우 낮은 것으로 검토되었으나, 정부의 해파리 위기특보 발령 등 정기적인 모니터링을 실시하고 해파리 폴립의 발생이 확인되는 경우 필요시 현장 상황에 적합한 저감방안을 강구하여 해파리 피해가 최소화 될 수 있도록 관리할 계획이다.

<표 4.1.2-15> 해파리 위기특보 발령 기준

구 분	발견수역	해파리 발견 개체수 (마리/100㎡)		민·관 해파리 모니터링 발견률	비 고
		보름달물해파리	노무라입깃해파리		
관심 단계	국지적	5 이상	1 이상	-	부유유생 또는 유체
주의 단계	국지적	5 이상	1 이상	20% 초과	-
경계 단계	광역	20 이상	3 이상	50% 초과	-
심각 단계	광역	100 이상	10 이상	80% 초과	-

주) 1. 국지적 : 1개 시군구 이상, 광역 : 3개 시군구 이상
2. 관심 단계는 해파리 부착유생 대량서식지가 새롭게 발견되는 경우에도 발령
3. 다만, 국립수산과학원장은 해파리 출현현황 및 밀집도, 해역특성을 고려하여 수산업 피해가 우려될 경우 위 위기단계에도 불구하고 해양수산부와 협의 후 적절한 해파리 경보를 발령할 수 있음

6) 대체 수산자원 조성

사업지구 입지 특성상 인공어초 설치는 적합하지 않은 것으로 검토되었다.

다만, 사업지구 주변 해역의 해양생태계 및 어족자원이 적절하게 유지될 수 있도록 대체 수산자원 종묘 방류사업의 실시를 통해 수산자원이 조성 및 유지될 수 있도록 관리할 계획이다.



(그림 4.1.2-14) 수산자원 종묘 방류 예시

다. 사후환경영향조사 계획

본 사업시행으로 인한 사업지구 및 주변지역의 해양생태계 영향을 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 조사를 실시하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용토록 할 계획이다.

특히, 금회 전문가 자문 결과, 인공어초 설치가 불가피하게 어려울 것으로 판단됨에 따라, 인공어초 설치 대신 수산자원 종묘 방류를 실시할 계획으로, 관련하여 사후환경영향조사계획을 변경하고자 한다.

<표 4.1.2-16> 사후환경영향조사 계획의 주요 변경사항(해양동 · 식물상)

구 분	환경영향평가시	금 회	비 고
해양동 · 식물상	◦인공어초 모니터링 -조사위치 : 인공어초 인근 해역 -조사시기 : 운영시 -조사주기 : 1회/반기	◦ <삭 제>	금 회 변경사항 반 영

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 조사주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지

<표 4.1.2-17> 사후환경영향조사 계획(해양동 · 식물상)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
해양동 · 식물상	공사시	◦동 · 식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점	◦현지조사	◦1회/분기
		◦조간대 저서동물(해조류 포함) - 경성조간대, 연성조간대	◦현황 조사정점 : 경성조간대 7개 정점 : 연성조간대 3개 정점(상 · 중 · 하)	◦현지조사	
		◦해산어류	◦현황 조사정점 : 7개 정점	◦현지조사	
		◦잠수조사	◦현황 조사정점 : 2개 정점	◦현지조사	
	운영시	◦동 · 식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점	◦현지조사	◦1회/분기
		◦조간대 저서동물(해조류 포함) - 경성조간대, 연성조간대	◦현황 조사정점 : 경성조간대 7개 정점 : 연성조간대 3개 정점(상 · 중 · 하)	◦현지조사	
		◦해산어류	◦현황 조사정점 : 7개 정점	◦현지조사	
		◦잠수조사	◦현황 조사정점 : 2개 정점	◦현지조사	

주) 1. 음영 : 기협의 환경보전방안 의견 반영에 따른 변경사항임

2. 조사위치 및 조사범위는 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

4.1.3 해양포유류 및 파충류

가. 현 황

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 금회 추가로 실시한 국제환경사회영향평가(ESIA; Environmental and Social Impact Assessment)의 조사결과를 중점적으로 추가 제시하고, 당초 환경영향평가시 해양포유류 조사 결과를 요약 제시하였다.

1) 조사항목

◦ 해양포유류 (ESIA 조사시에는 해양파충류 조사 병행)

2) 조사범위

가) 공간적 범위

◦ 발전구역 및 송전선로 주변지역

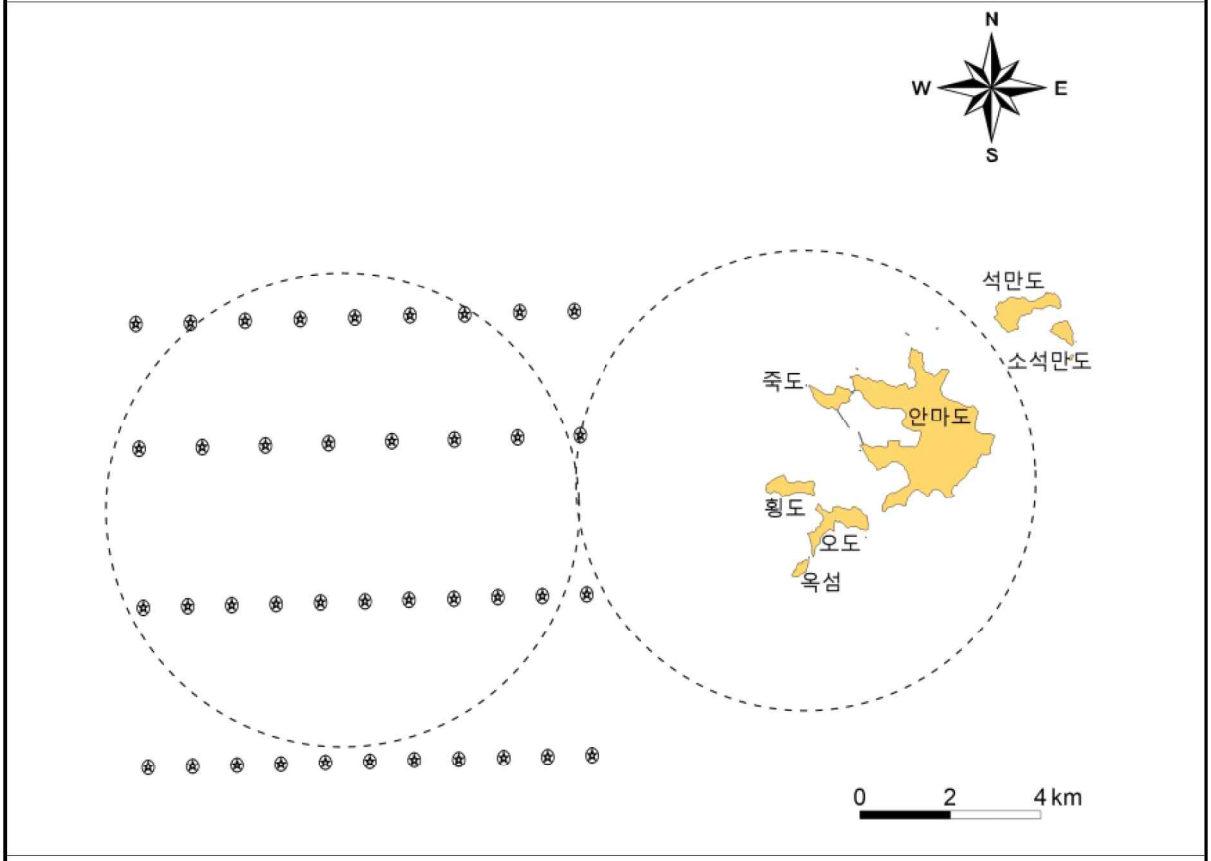
나) 시간적 범위

<표 4.1.3-1> 조사시기별 조사범위 (현지조사)

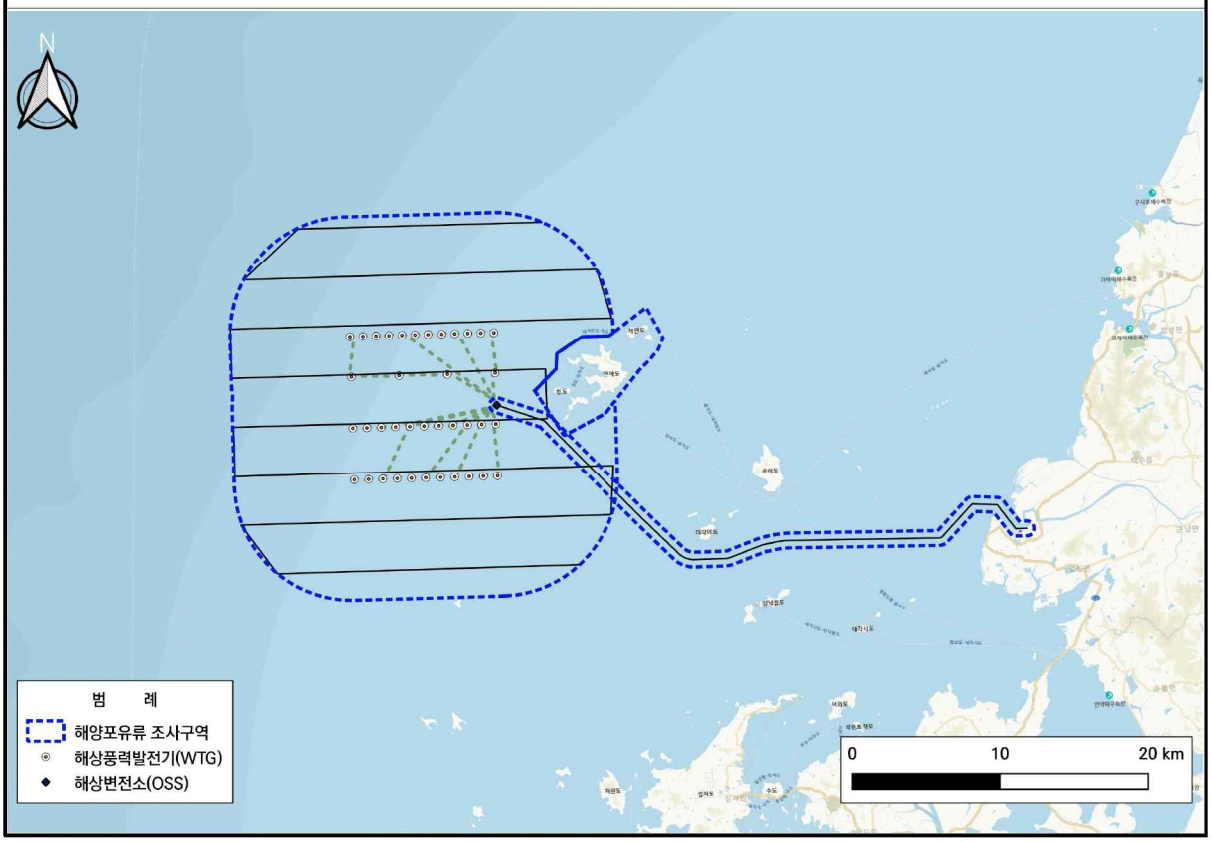
구 분		계절	조사시기	조사지역			조사방법		
				발전구역	안마도	송전선로	목시	무인기	PAM
환경영향평가시	1차	하계	◦2020.08.18~20	✔	✔	-	○	○	-
	2차	추계	◦2020.09.09~11	✔	✔	-	○	○	-
	3차		◦2020.09.23~25	✔	✔	-	○	○	-
	4차		◦2020.10.12~13	✔	✔	-	○	○	-
	5차	동계	◦2020.11.04~06	✔	✔	-	○	○	-
	6차		◦2020.11.24~26	✔	✔	-	○	○	-
	7차	하계	◦2022.08.20	✔	✔	-	○	○	-
ESIA 조사	1차	춘계	◦2023.03.29~31	✔	✔	✔	○	-	○
	2차		◦2023.04.27~28	✔	✔	✔	○	-	○
	3차		◦2023.05.29~31, 06.13	✔	✔	✔	○	-	○
	4차	하계	◦2023.06.27~28, 30	✔	✔	✔	○	-	○
	5차		◦2023.07.19~28	✔	✔	✔	○	-	○
	6차		◦2023.08.23~25	✔	✔	✔	○	-	○
	7차	추계	◦2023.09.23~24	✔	✔	✔	○	-	○
	8차		◦2023.10.12~13	✔	✔	✔	○	-	○
	9차		◦2023.11.13~15, 21	✔	✔	✔	○	-	○
	10차	동계	◦2023.12.04~05	✔	✔	✔	○	-	○
	11차		◦2024.01.02~04	✔	✔	✔	○	-	○
	12차		◦2024.02.23~25	✔	✔	✔	○	-	○

주) PAM(Passive Acoustic Monitoring) : 선박을 이용한 횡단조사시 음향 모니터링 시스템을 운용하여 음향 신호를 획득하는 조사방법

당초 평가시 조사위치도



ESIA 조사위치도



(그림 4.1.3-1) 현지조사 위치도

3) 조사방법

가) 현지조사 (당초 평가시)

◦ 해양포유류의 서식실태 파악을 위한 목시조사는 「보호대상해양생물 서식실태 조사지침(2018, 해양수산부)」에 따라서 수행

- 조사선박의 갑판 상부에 목시조사를 위한 조사원 2인을 배치하여 수평선과 선수 1/3지점의 해역을 육안으로 관측하고, 보조도구로 쌍안경(7×50) 사용
- 좌측의 조사원은 좌현 60° 에서 우측 20° 까지, 우측 조사원은 우현 60° 에서 좌현 20° 까지 각각의 관측해역을 분담하여 관측 실시
- 직선항로 상의 각 측 전방 60° 내의 범위를 주로 관측하되 조사선의 측방, 후방에서도 보조조사원에 의해 지속적인 관측 실시

◦ 상괭이 등 발견 시 선박을 정지하여 관측하였으며, 발견 시간과 개체 수, 발견 위치를 야장에 기록하고 디지털카메라 등을 사용하여 사진 및 영상기록 실시

◦ 목시조사를 위한 조사 정선은 사업지구 조성 대상지와 인근 해역을 포함하도록 설정하여 총 조사경로는 약 90㎞ 내외로 설정

◦ 목시조사에 사용된 선박은 5톤급 어선을 이용하였고, 조사시 선박의 속도는 5~10knot를 유지하였음

◦ 목시조사를 위한 정선은 조사지역 라인이 겹치지 않도록 길이와 폭을 고려하여 설정하였고, 조사시 조석에 의한 영향을 최소화하기 위해 최대한 고조시에 조사를 실시함

◦ 목시조사를 보완하기 위해 무인기 조사를 병행하였으며, 무인기는 고정익, 회전익, VTOL 등을 병행하여 운용하였음

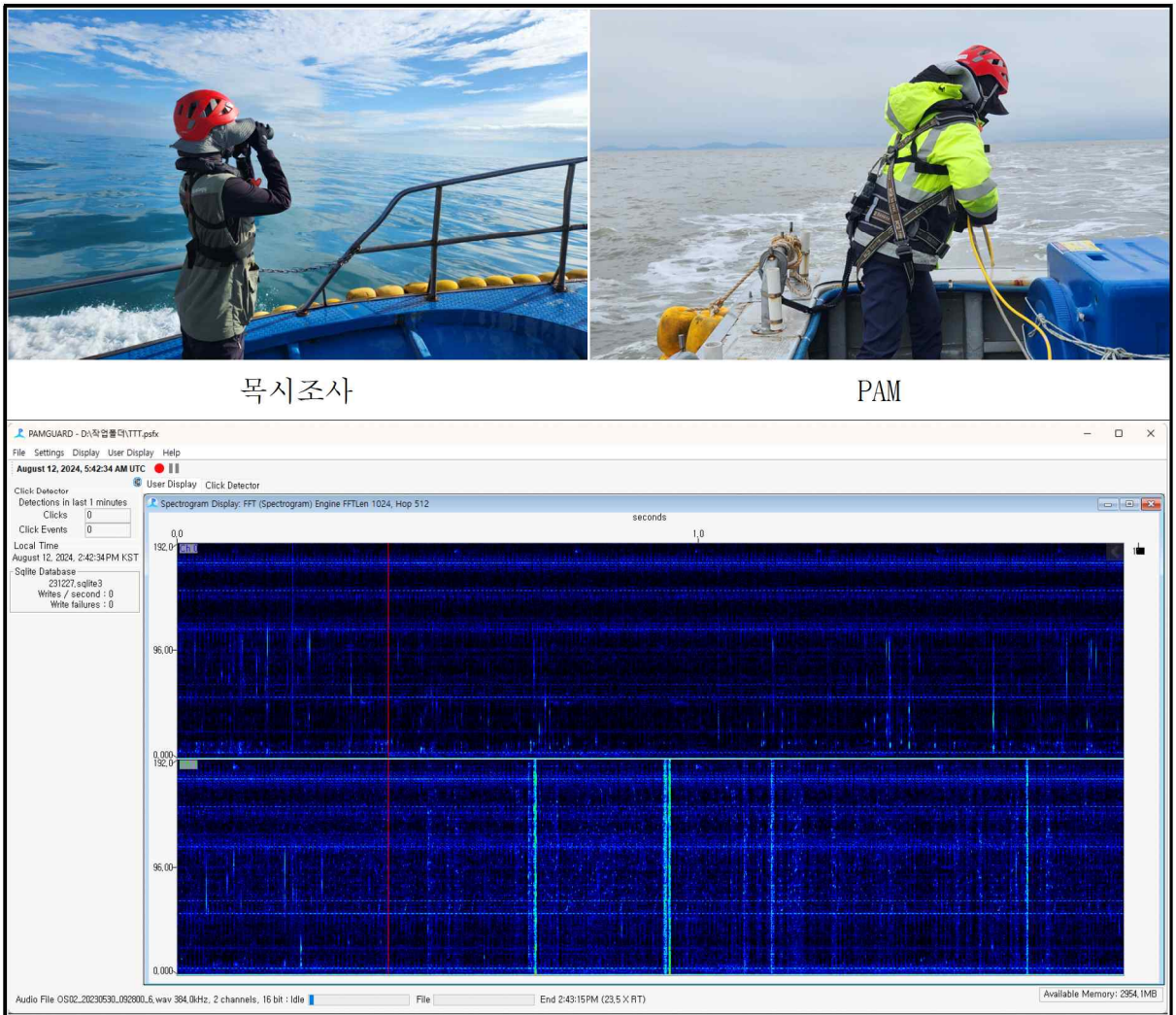
◦ 목시조사 및 무인기 조사를 보완하기 위해 사업지구 주변지역 일원의 해양포유류 및 바다거북의 서식, 혼획여부, 출현시기 등 어업활동 중 경험한 혼획 또는 목격 자료 등을 분석하였음

나) ESIA 조사

◦ 해양포유류 및 해양파충류 조사는 선박의 이동간에 출몰하는 해양포유류 및 해양파충류를 탐색하였으며, 10knot(≒15~20㎞/h) 이하로 이동하는 선박에서 조사자는 선수에서 쌍안경을 이용하여 탐색하였고 발견시 해당위치의 GPS포인트, 선박에서의 거리, 이동방향 등을 기록하였으며, 명확한 종 식별과 기록을 위해 망원렌즈를 이용한 촬영을 진행하였음

◦ PAM(수동 음향 모니터링)은 조사 선박 후면 약 50~60m 이격된 지점에서 약 5m 깊이의 수심에 수중 마이크를 설치하여 시각 조사를 보완하기 위해 실시함

◦ 선박이 이동하는 동안 수중소음을 수집해, 해양포유류 음향분석프로그램인 PAMGUARD와 스펙트로그램을 사용하여 분석하였으며, 분석결과는 음향 감지시간, GPS 좌표 및 감지 횟수를 기록함



목시조사 PAM

PAMGUARD 음향분석

(그림 4.1.3-2) ESIA 해양포유류 및 파충류 조사 및 분석 사진

다) 문헌조사

◦ 사업지구 주변지역에서 시행된 문헌자료를 총 8개 조사하여 제시하였으며, 문헌자료별 조사항목은 다음과 같음

<표 4.1.3-2> 문헌조사 목록

구 분	자료명	해양포유류	해양파충류
문헌1	◦2011-2017년 국내 연안 고래류의 혼획 특성, 이슬희 외, 2018	✔	-
문헌2	◦항공 및 선박 목시조사에 의한 서해 중부 연안해역의 상괭이 자원량 추정, 이종희 외, 2023	✔	-
문헌3	◦고래류의 생태계 기반에 관한 연구, 2007, 국립수산과학원 고래연구소	✔	-
문헌4	◦목시조사(2000-2010)에 의한 한국 연안 고래류의 종류 및 분포, 2012, 손호선 등	✔	-
문헌5	◦한국 서해안 상괭이의 분포와 풍도, 2004, 장창익 등	✔	-
문헌6	◦상괭이의 생태학적 연구, 2005, 국립수산과학원	✔	-
문헌7	◦해양포유류(고래류) 혼획 및 좌초 통계, 2023, 국립수산과학원 고래연구소	✔	-
문헌8	◦국립해양생물자원관 해양생물 공간정보(https://www.mbris.kr/gis/)	-	✔

4) 조사결과

가) 현지조사

7차에 걸친 해양포유류 서식현황을 조사한 결과, 상괭이 외의 고래류 및 기각류는 관찰되지 않았으며, 상괭이는 조사시기별 개체수의 차이는 있으나, 모든 조사시기별로 출현을 확인하였다.

<표 4.1.3-3> 상괭이 현지조사 결과

구 분	목시조사	무인기조사	합 계	비 고
1차	1	22	23	-
2차	2	18	20	-
3차	-	9	9	-
4차	1	14	15	-
5차	-	14	14	-
6차	-	29	29	-
7차	3	24	27	-

안마도 인근의 어선어업 종사자를 대상으로 직접 또는 간접적으로 해양파충류(바다거북)을 목격하거나 혼획한 응답자는 없는 것으로 나타났으나, 고래류 목격/혼획 경험자는 전체 응답자의 60%를 차지하는 것으로 나타났다.

탐문조사를 실시한 결과, 고래류 중 가장 많이 서식하는 종은 상괭이였으며, 이외에 밍크고래, 범고래 등을 관찰한 경험이 있다고 응답하였다.

고래류는 안마도 인근 전체 해상에서 목격되거나 혼획이 발생하였다고 응답하였으며, 최근에는 그 수가 감소하고 있는 것으로 응답자들이 인식하는 것으로 조사되었다.

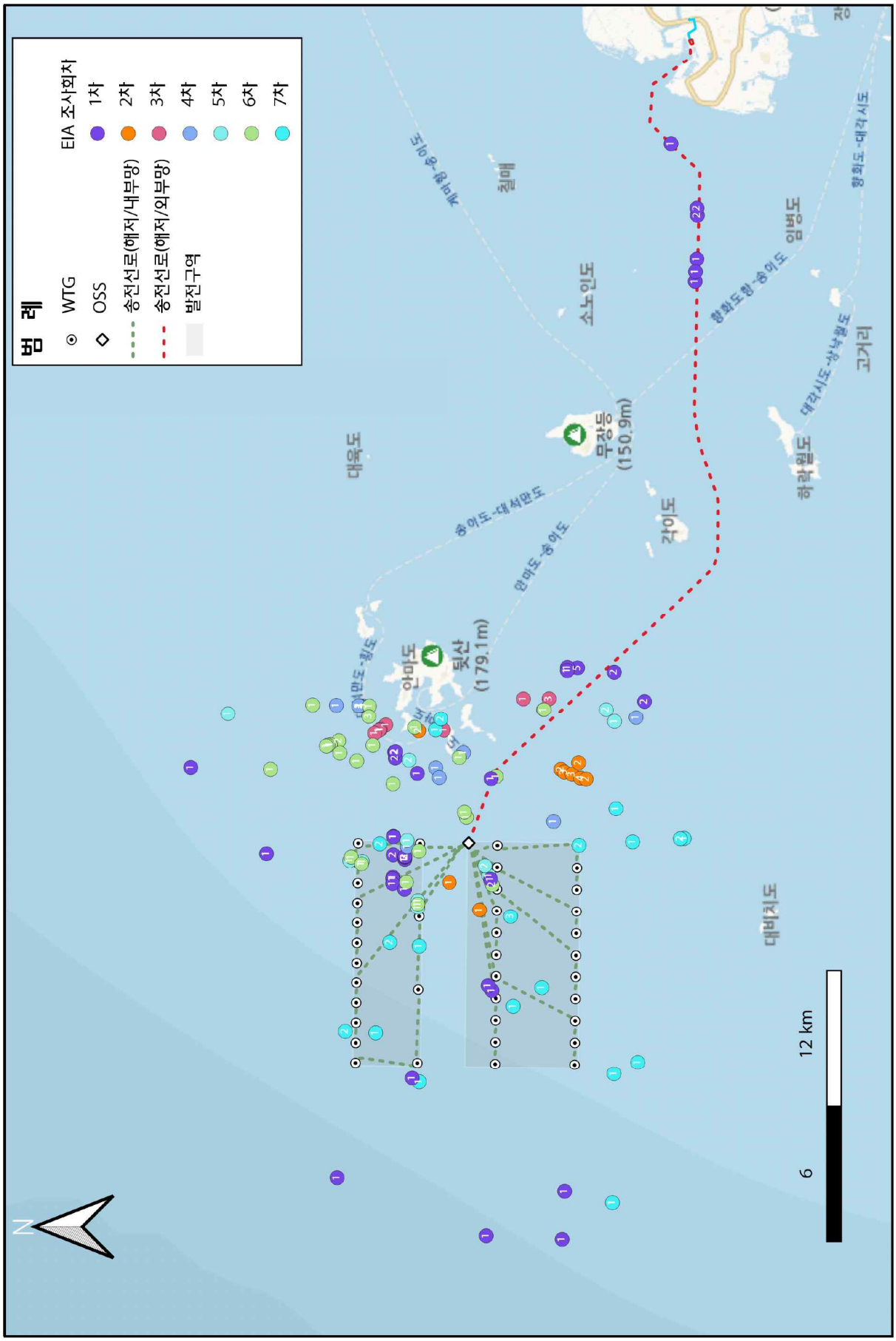
나) ESIA 조사

12차에 걸친 해양포유류 및 해양파충류 서식현황을 조사한 결과, 해양파충류 출현은 없었으며, 해양포유류의 경우에도 상괭이 외의 고래류 및 기각류는 관찰되지 않았다. 상괭이의 조사시기별 출현 개체수는 다음과 같다.

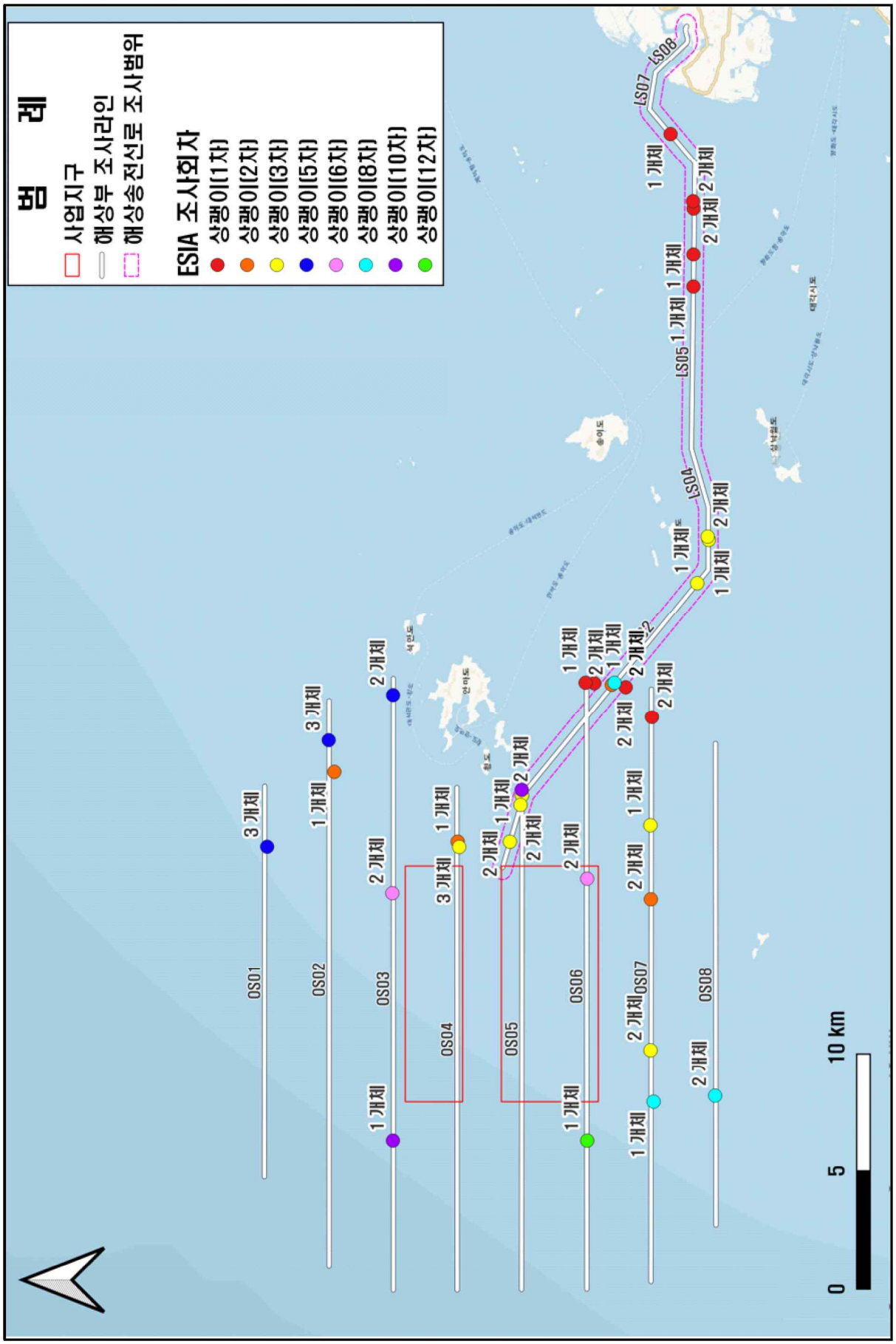
목시조사 결과 상괭이는 총 33회 관찰되었으며, 조사시기별 최대 관찰빈도는 1차와 3차 조사시 9회, 최대 누적 개체수는 1차 조사시 17개체로 조사되었으며 예인식 하이드로폰을 이용한 수중음향 조사시 해양포유류의 음향은 확인되지 않았다.

<표 4.1.3-4> 상괭이 ESIA 조사 결과

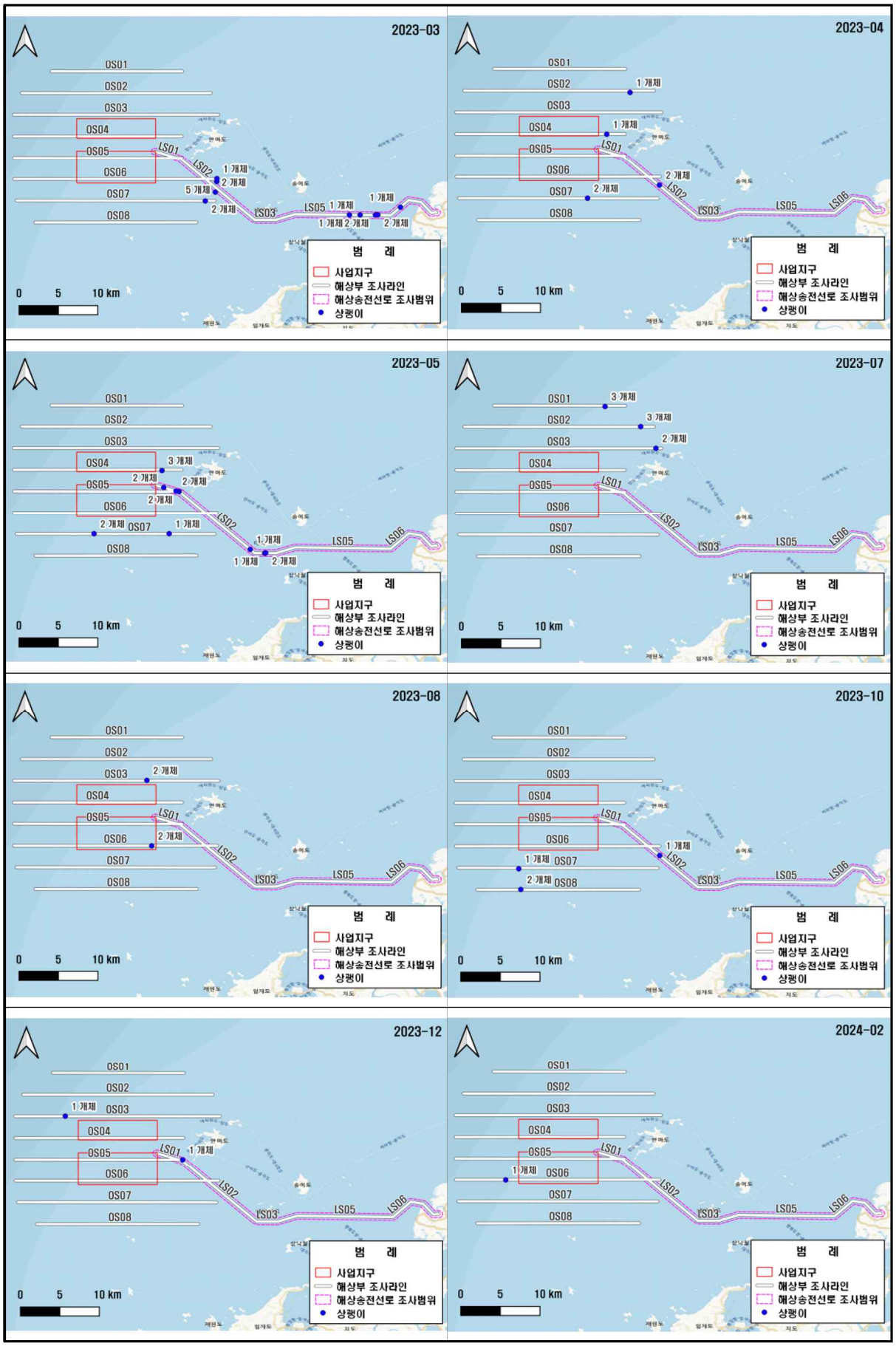
구 분	목시조사		PAM(음향)조사		합 계		비 고
	관찰횟수	개체수	관찰횟수	개체수	관찰횟수	개체수	
1차	9	17	-	-	9	17	-
2차	4	6	-	-	4	6	-
3차	9	16	-	-	9	16	-
4차	-	-	-	-	-	-	-
5차	3	8	-	-	3	8	-
6차	2	4	-	-	2	4	-
7차	-	-	-	-	-	-	-
8차	3	4	-	-	3	4	-
9차	-	-	-	-	-	-	-
10차	2	2	-	-	2	2	-
11차	-	-	-	-	-	-	-
12차	1	1	-	-	1	1	-



(그림 4.1.3-3) 당초 평가시 상괭이 출현 위치도



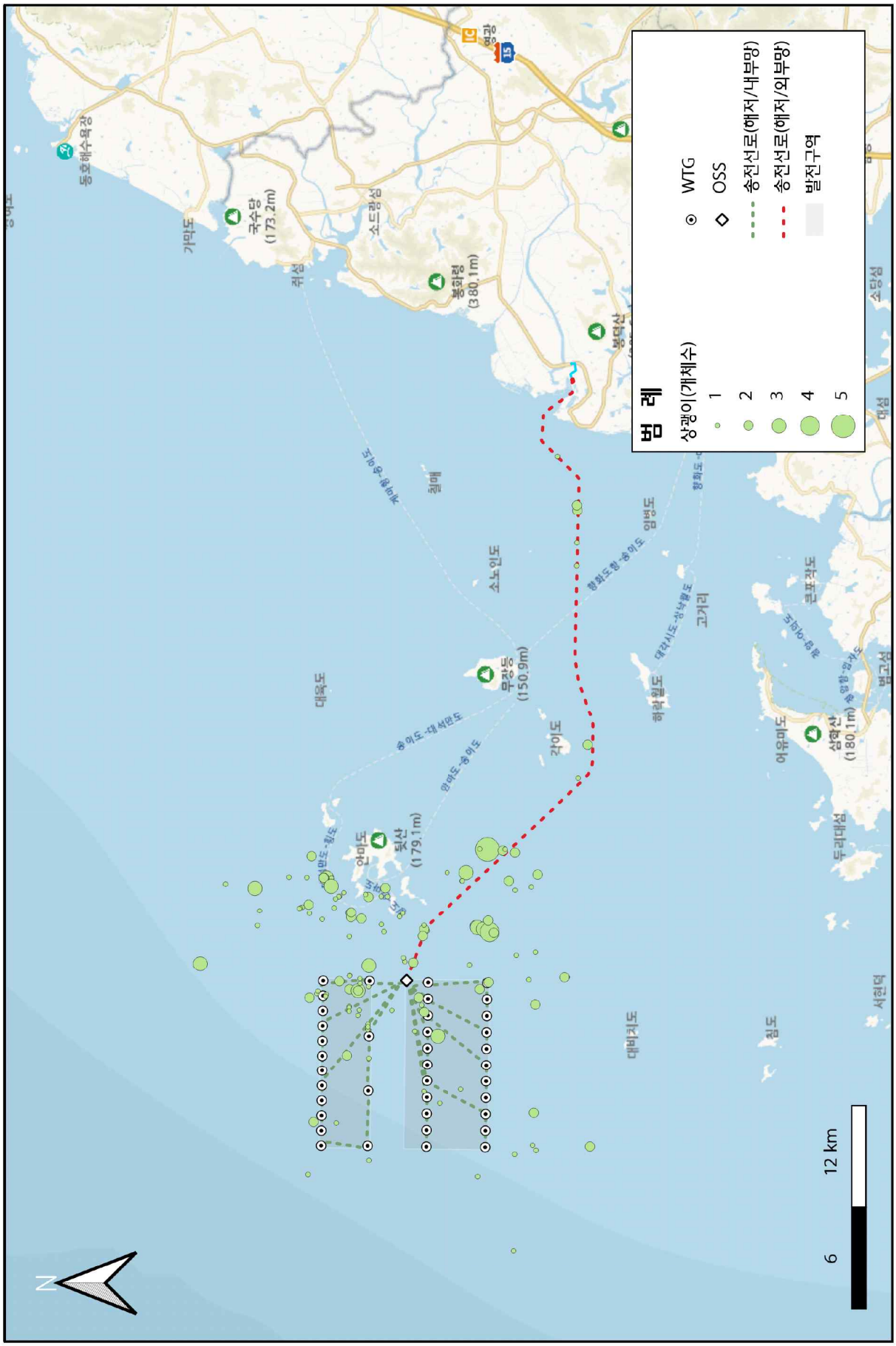
(그림 4.1.3-4) ESIA 조사시 상괭이 출현 위치도 (총괄)



(그림 4.1.3-5) ESIA 조사시기별 상괭이 출현위치도



(그림 4.1.3-6) ESIA 조사시 관찰된 상괭이 사진



(그림 4.1.3-7) 현지조사시 관찰된 상괭이 출현 위치도 (총괄)

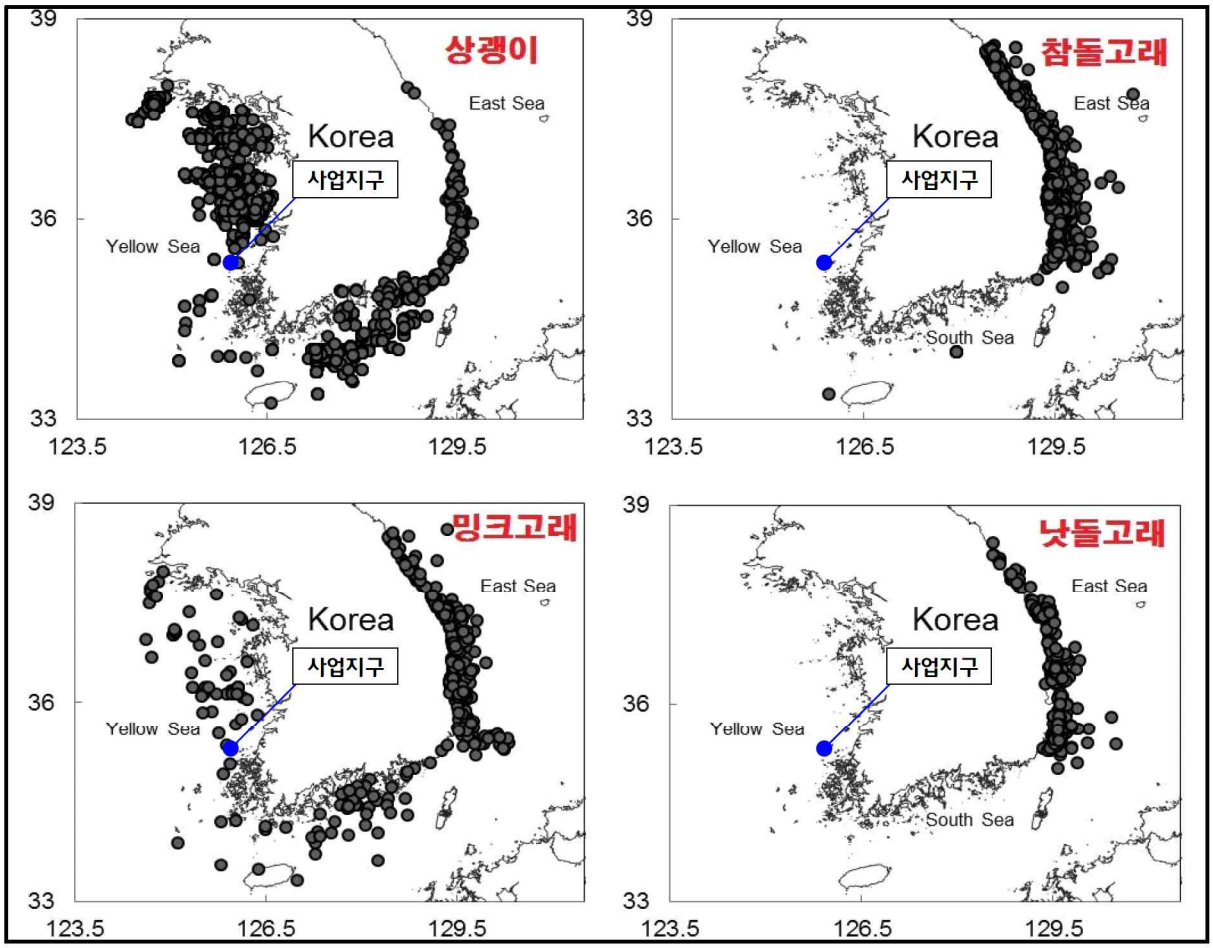
다) 문헌조사

(1) 문헌자료 1

문헌자료 조사결과, 2011~2017년까지 국내 연안에서는 15종, 12,262마리의 고래류가 혼획되었다. 가장 많이 혼획된 종은 상괭이로 8,291마리가 혼획되어 전체 혼획률 중 67.6%를 차지하였고, 다음으로는 참돌고래가 2,919마리 23.8%, 밍크고래가 551마리 4.2%, 낫돌고래가 377마리 3.1% 순이었다.

국내 연안에서 가장 많이 혼획된 종은 상괭이, 참돌고래, 밍크고래, 낫돌고래로 상괭이는 서해, 남해, 동해 전역에서 혼획되었으나, 서해에서 집중적으로 혼획되었고, 남해 또한 많은 혼획 분포를 보였다. 참돌고래는 동해에서 대부분 혼획되었으나, 남해에서도 일부 혼획되었으며, 서해에서는 혼획이 발생하지 않았다.

문헌자료에 제시된 고래류 분포현황을 고려할 때, 참돌고래 및 낫돌고래의 서식 가능성은 거의 없을 것으로 판단되며, 상괭이와 밍크고래는 사업지구 주변해역에서 출현 가능성이 있는 것으로 검토되었다.



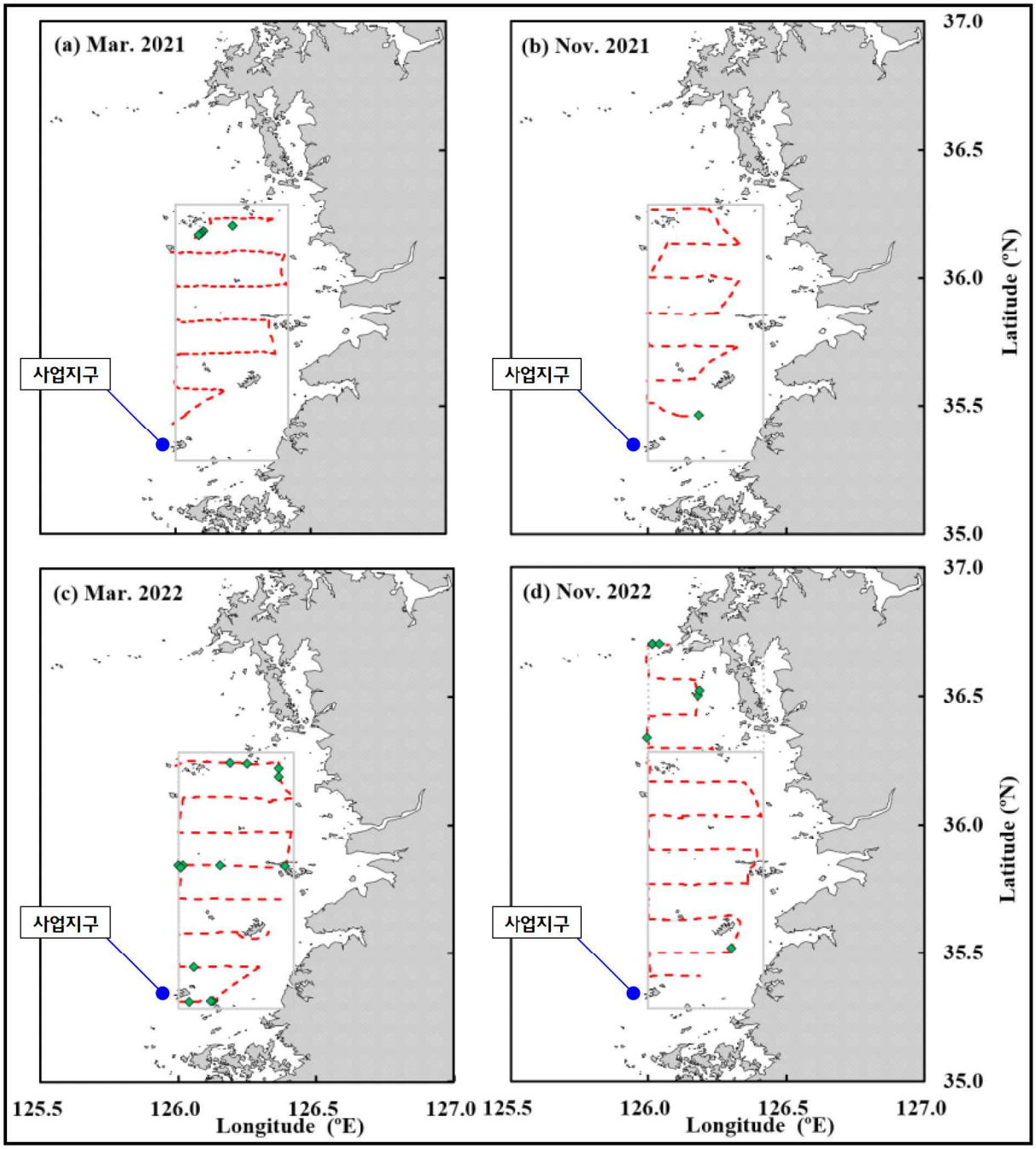
(그림 4.1.3-8) 문헌1 우리나라 연안에서 혼획된 해양포유류 출현빈도(2011~2017년)

(2) 문헌자료 2

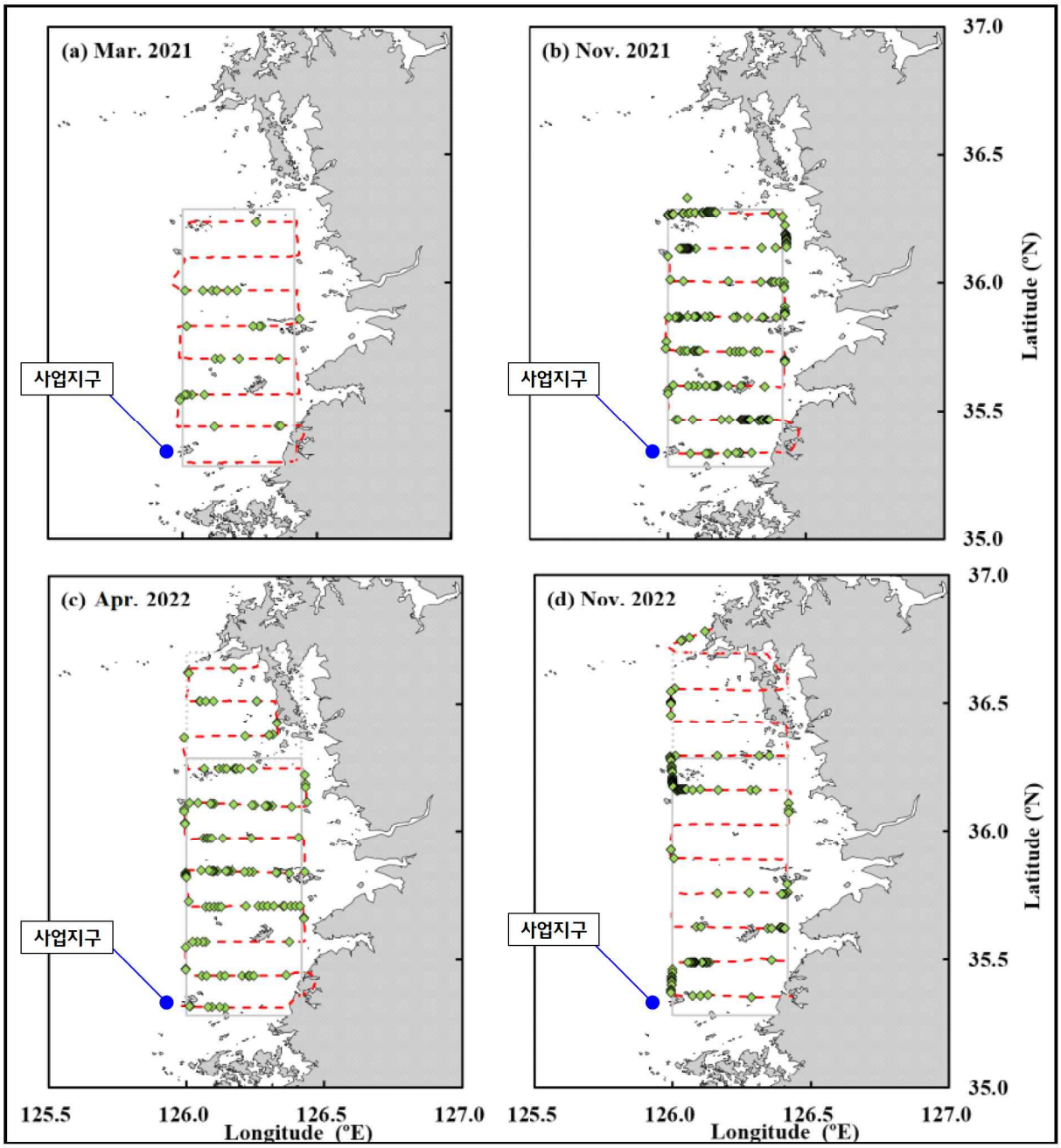
문헌자료 조사결과, 2021년부터 2022년까지 총 4회에 걸쳐 목시조사 및 항공조사를 병행하여 실시하였다.

신상조사시 35개체가, 항공조사시 총 551개체가 관찰되었으며, 주로 서해 중부 연안의 저수심구간을 중심으로 조사를 실시하여 출현 개체수가 높게 나타난 것으로 파악되었다.

사업지구 주변 지역인 안마도와 영광 연안 사이에서도 출현이 확인되었다.



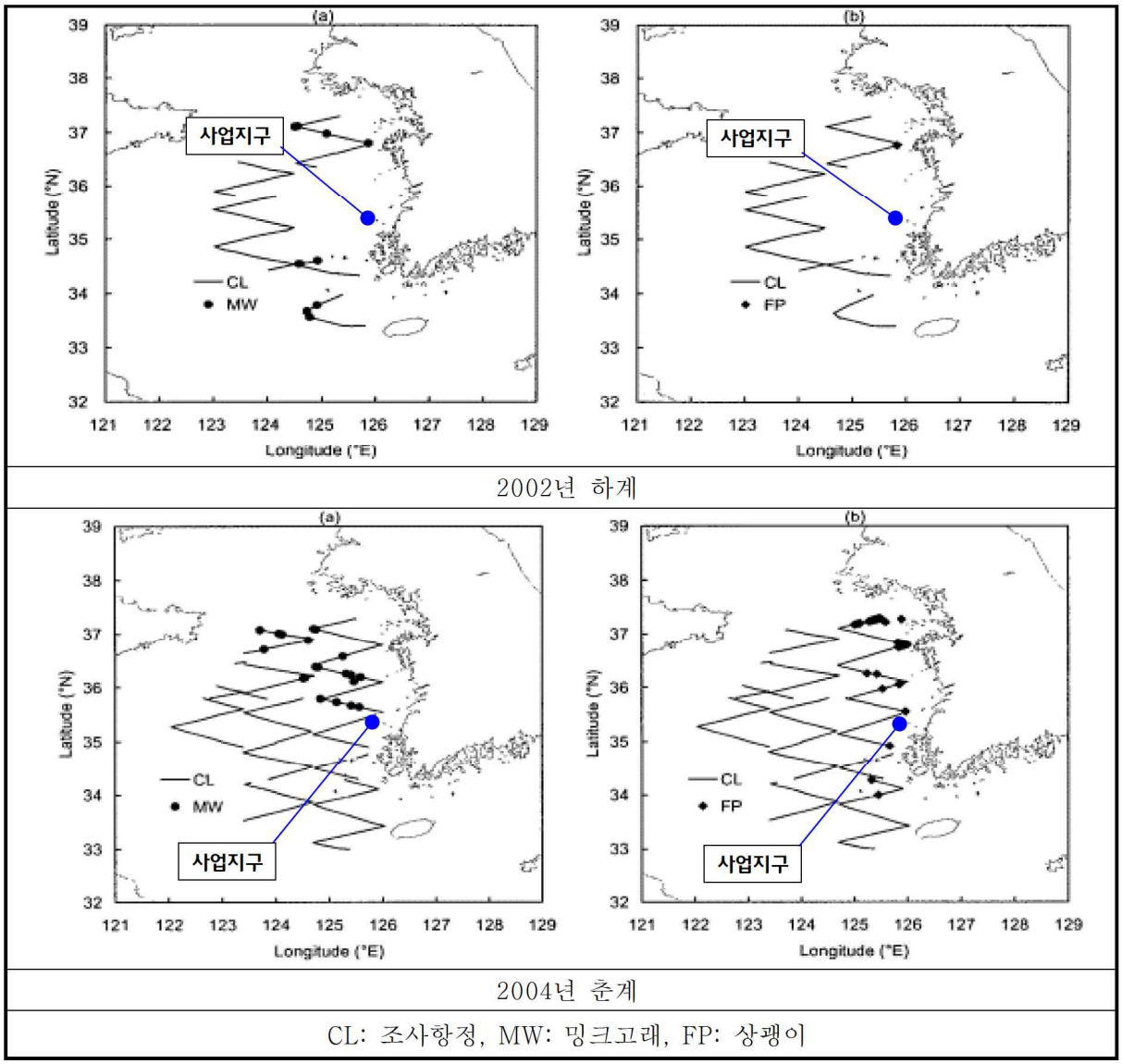
(그림 4.1.3-9) 문헌2 상괭이 선박 목시조사 결과(2021~2022년)



(그림 4.1.3-10) 문헌2 상괭이 항공조사 결과(2021~2022년)

(3) 문헌자료 3

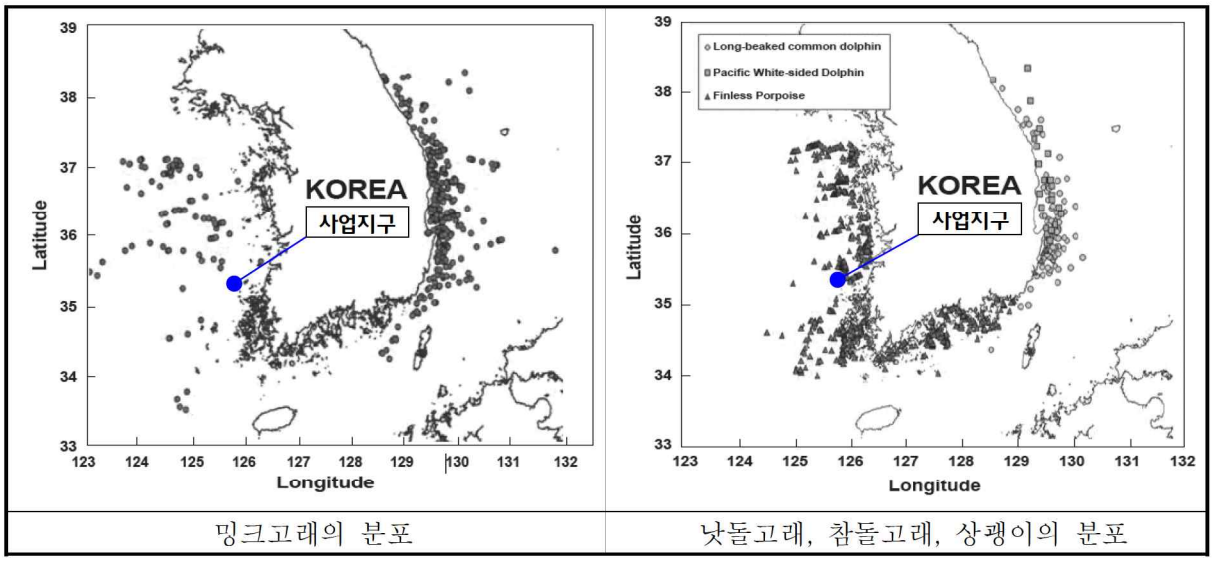
2002년부터 2006년까지 선박을 이용하여 직선횡단선 조사법(Line transect method)으로 조사한 결과, 서해해역에서 밍크고래와 상괭이가 관찰되었으며, 밍크고래는 주로 서해 중북부 해역의 먼바다까지 분포하였으며, 상괭이는 서해 연안을 따라 분포하였다.



(그림 4.1.3-11) 문헌3 해양포유류 발견 위치

(4) 문헌자료 4

2000년부터 2010년까지 근해에서 대형고래류 목시조사 15회, 연안에서 소형고래류 목시조사 38회, 총 53회의 목시조사를 실시한 결과, 해양포유류는 미분류 포유류를 포함하여 13종이 확인되었으며, 서해에서 확인된 해양포유류는 상괭이, 밍크고래, 큰돌고래, 범고래이며, 상괭이는 서해 중부해역부터 울산 앞바다까지 거의 모든 해안에서 발견되었고, 밍크고래는 서해 중부해역에서 발견 빈도가 가장 높았다.



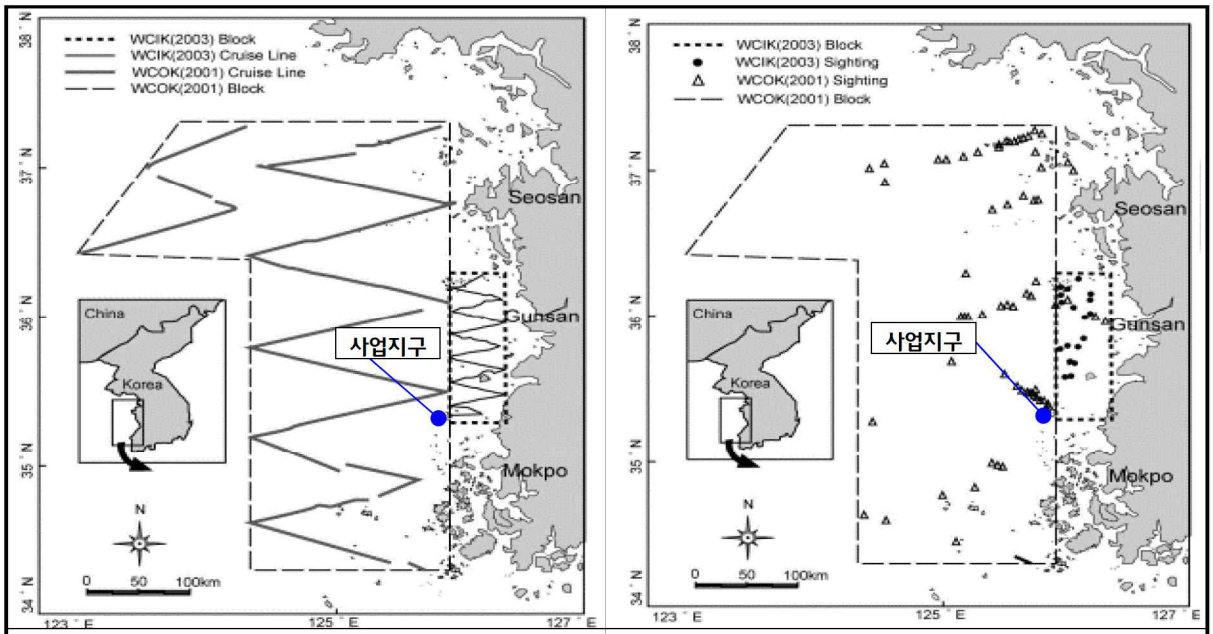
밍크고래의 분포 | 낫돌고래, 참돌고래, 상괭이의 분포

(그림 4.1.3-12) 문헌4 2000년부터 2010년까지 우리나라에서 발견된 소형고래류

(5) 문헌자료 5

2001년 4월 18일부터 5월 17일까지 서해 근해역, 2003년 7월 29부터 8월 2일까지 서해 연안해역에서 상괭이 자원에 대한 목시조사를 실시하였으며, 2001년 목시조사에서 110개 군, 2003년에는 27개 군의 상괭이가 발견되었고, 안마군도 15마일 부근에서 가장 많은 30개 군이 발견되었다.

2001년부터 2003년 목시조사에서 82%의 상괭이가 연안으로부터 15마일 이내의 거리에서 발견되었으며, 15마일에서 40마일 사이에서는 18%의 비율로 발견되었다.



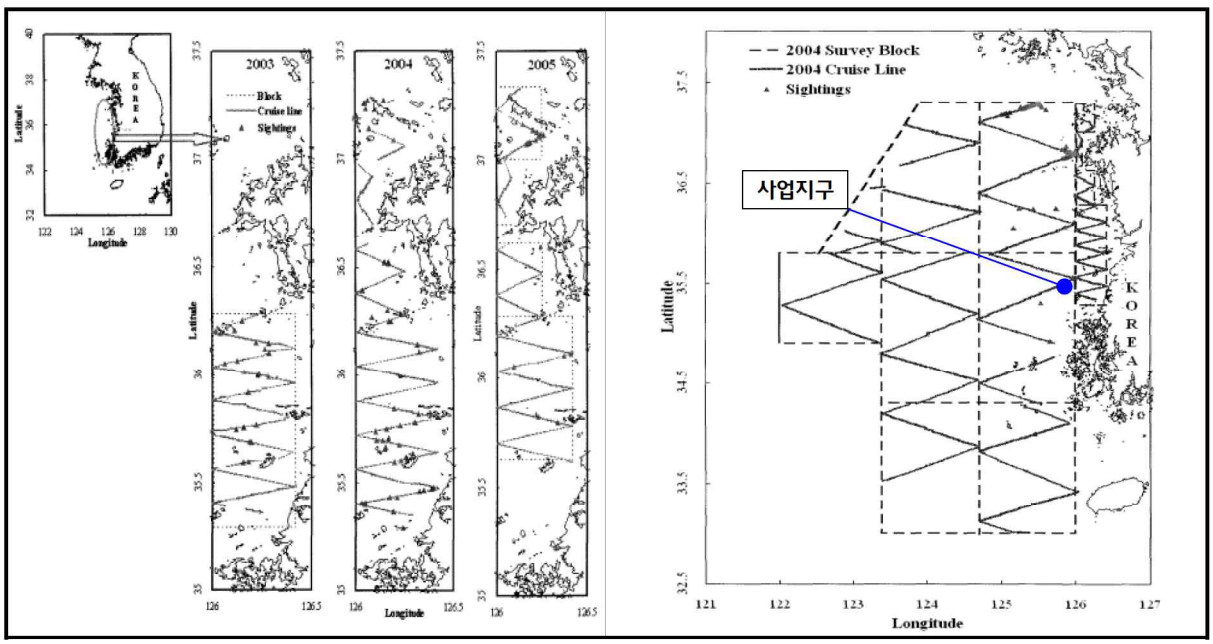
조사경로 | 상괭이 출현위치

(그림 4.1.3-13) 문헌5 서해안 상괭이 조사경로 및 출현위치

(6) 문헌자료 6

2003년부터 2005년까지 서해 연안에서 경도 126° E를 경계로 연안쪽과 근해쪽으로 나누어 4회 조사를 실시하였으며, 목시조사 결과, 2003년 조사라인에서 24개 군, 발견율은 0.0525 ind./㎞, 2004년 48개 군, 발견율은 0.0797 ind./㎞, 2005년 28개 군, 발견율은 0.0583 ind./㎞로 나타났다.

상괭이는 연안에서부터 5㎞에서 15㎞까지의 거리, 수심 10m에서 80m의 범위에서 발견되었다.

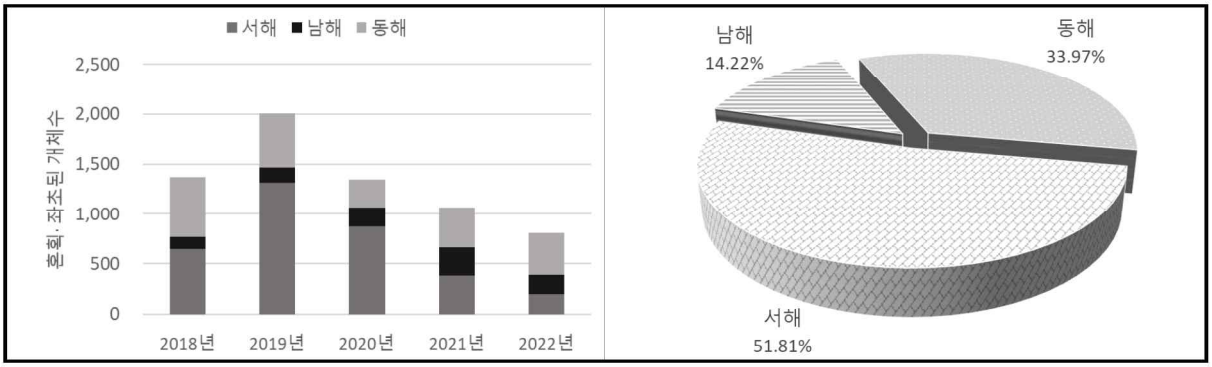


(그림 4.1.3-14) 문헌6 2000년부터 2010년까지 우리나라에서 발견된 소형고래류

(7) 문헌자료 7

국립수산과학원 고래연구소의 2018년부터 2022년까지 지역별 해양포유류(고래류) 혼획 및 좌초 통계(해경에서 발급하는 '고래류 처리확인서')를 기준으로 작성되었으며, 혼획, 좌초, 표류된 개체수를 모두 포함하였다.

최근 5년간 서해에서 상괭이 3,397개체(99.38%), 밍크고래 17개체(0.50%) 등으로 상괭이의 혼획·좌초 비율이 매우 높게 나타났다.



(그림 4.1.3-15) 문헌7 2018년부터 2022년까지 해역별 해양포유류(고래류) 혼획 및 좌초 통계

〈표 4.1.3-5〉 문헌7 연도별-지역별 해양포유류(고래류) 혼획 및 죄초 통계

구분		서해	남해	동해	총합계
2018년	계	651	116	602	1,369
	까치돌고래	–	–	1	1
	꼬마향고래	–	1	–	1
	남방큰돌고래	–	5	1	6
	낫돌고래	–	–	95	95
	밍크고래	3	5	75	83
	뱀머리돌고래	–	1	–	1
	상괭이	648	102	13	763
	쇠돌고래	–	–	15	15
	참돌고래	–	–	394	394
	큰머리돌고래	–	2	8	10
2019년	계	1,314	150	542	2,006
	까치돌고래	–	–	1	1
	남방큰돌고래	–	5	–	5
	낫돌고래	–	–	86	86
	미분류고래류	–	–	2	2
	밍크고래	4	7	56	67
	브라이드고래	–	1	–	1
	상괭이	1310	132	18	1460
	쇠돌고래	–	–	2	2
	점박이돌고래	–	–	1	1
	참고래	–	1	–	1
	참돌고래	–	3	365	368
	큰돌고래	–	–	2	2
	큰머리돌고래	–	–	3	3
	큰이빨부리고래	–	–	1	1
	향고래	–	–	1	1
	흑등고래	–	–	1	1
	흑범고래	–	1	3	4

〈표 4.1.3-5〉 계 속

구분		서해	남해	동해	총합계
2020년	계	869	200	278	1,347
	까치돌고래	–	–	1	1
	남방큰돌고래	–	12	–	12
	낫돌고래	–	–	49	49
	미분류고래류	–	1	4	5
	밍크고래	2	3	68	73
	브라이드고래	1	1	–	2
	상괭이	866	183	22	1071
	참돌고래	–	–	130	130
	큰머리돌고래	–	–	3	3
	향고래	–	–	1	1
2021년	계	386	280	400	1,066
	상괭이	379	235	14	628
	밍크고래	5	7	49	61
	참돌고래	1	2	286	289
	낫돌고래	–	–	34	34
	큰돌고래	–	28	1	29
	남방큰돌고래	–	4	–	4
	큰머리돌고래	–	–	4	4
	브라이드고래	–	–	1	1
	참고래	–	1	–	1
	흑등고래	–	–	1	1
	흑범고래	–	–	1	1
	기타고래	1	1	2	4
	미분류고래	–	2	7	9
2022년	계	198	192	419	809
	상괭이	194	173	14	381
	밍크고래	3	6	46	55
	참돌고래	–	–	296	296
	낫돌고래	–	1	41	42
	큰돌고래	–	1	7	8
	남방큰돌고래	–	9	–	9
	큰머리돌고래	1	–	4	5
	브라이드고래	–	–	1	1
	참고래	–	–	2	2
	흑범고래	–	–	4	4
	범고래	–	–	1	1
	까치돌고래	–	–	1	1
	쇠돌고래	–	–	2	2
	미분류고래	–	2	–	2

(8) 문헌자료 8

우리나라에서는 해양파충류 중 5종의 바다거북을 해양보호생물로 지정하여 관리하고 있으며, 지정목록은 다음과 같다.

〈표 4.1.3-6〉 해양보호생물 중 해양파충류

구 분	국 명	학 명	비 고
1	매부리바다거북	*Eretmochelys imbricata*	IUCN 심각한위기종
2	붉은바다거북	*Caretta caretta*	IUCN 취약종
3	장수거북	*Dermochelys coriacea*	IUCN 취약종
4	푸른바다거북	*Chelonia mydas*	IUCN 멸종위기종
5	올리브바다거북	*Lepidochelys olivacea*	IUCN 취약종

주) IUCN Redlist : 국제자연보전연맹에서 기록한 동식물종의 보전상태에 관한 목록
자료 : 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 시행규칙」 [별표 3]

사업지구 주변해역의 해양파충류 이동경로를 파악하기 위해 국립해양생물자원관의 해양생물 공간정보의 조사결과를 제시하였다.

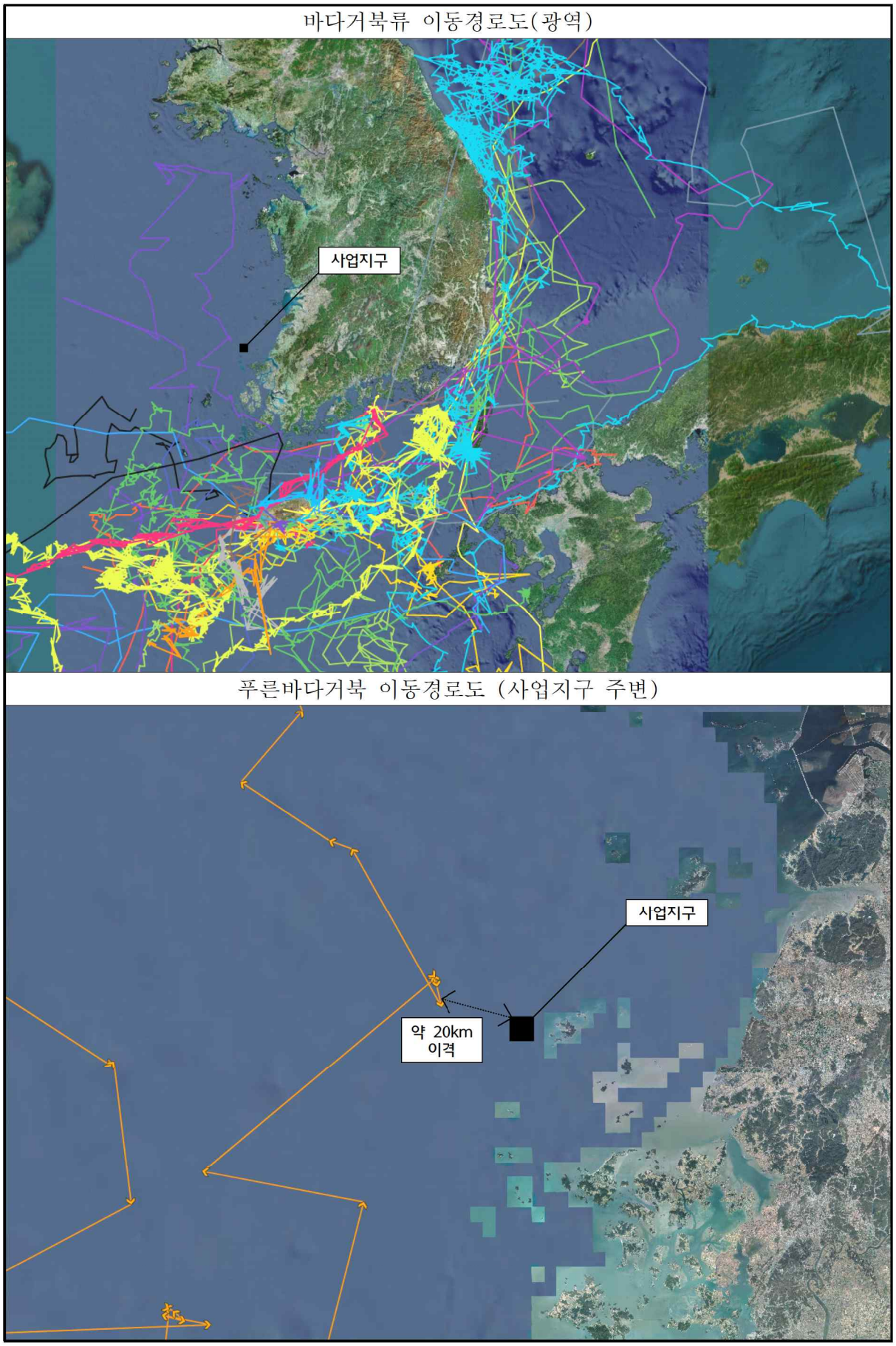
서해안으로 이동하는 개체는 1개체가 관찰되었으며, 해당 개체의 이동경로 확인 결과, 사업지구와는 약 20㎞ 이상 이격된 지역에서 출현하는 것으로 조사되었다.

해양생물 공간정보에서는 2015년부터 2022년까지 이동경로가 확인되는 41개체의 바다거북류(푸른바다거북, 붉은바다거북, 메부리바다거북)의 이동경로를 제공하고 있으며, 대부분의 개체가 주로 남해안과 동해안을 활동범위로 이용하는 것으로 확인되어 사업지구 주변 출현 가능성은 낮을 것으로 검토되었다.

〈표 4.1.3-7〉 문헌8 서해안 관찰 개체 세부정보

발신기번호	대체번호	종명	관찰기간	이동거리
201021	KOR0153	푸른바다거북	2021.08.26 ~2022.08.07	15,876㎞

자료 : 국립해양생물자원관 해양생물 공간정보(https://www.mbris.kr/gis/)



(그림 4.1.3-16) 문헌8 바다거북 이동경로도

나. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 공사계획 변경사항과 관련하여 금회 사업지구 및 주변지역에 출현한 해양포유류(상괭이)에 미치는 영향을 중점적으로 검토·예측하였다.

1) 예측항목

◦ 부유사 확산 영향

◦ 수중소음 영향

◦ 전자기장 영향

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 사업계획 및 문헌자료 검토

4) 예측결과

가) 부유사 확산 영향

해양포유류는 부유사에 의해 개체에 미치는 직접적인 영향은 경미한 것으로 알려져 있으나, 부유사 발생으로 인한 부유 및 저서환경의 교란으로 인하여 먹이의 환경변화 같은 간접적 영향이 나타날 것으로 예상된다.

다만, 부유사 확산실험 결과 부유물질의 확산범위가 공사구역에 국한되어 한정적으로 나타남에 따라 부유사 확산에 따른 간접적 영향은 경미할 것으로 판단된다(부유사확산실험 결과 및 해양생태계 영향은「4.1.2 해양동·식물상」편 참조).

나) 수중소음 영향

공사시 및 운영시 수중소음에 따른 해양포유류의 영향을 예측하였으며, 세부적인 수중소음 영향예측 및 저감방안은「4.5.2 소음·진동」편에 제시하였다.

수중소음 발생에 따른 해양포유류는 영구적, 비영구적 청력장애, 생리장애 및 행동적 반응 등 외부소음에 따라 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

미국 AMEC에서는 소음에 의한 해양포유류의 영향을 행동, 차폐, 일시적·영구적 청력 손실 및 비청각적 생리효과로 구분하여 제시하고 있다.

〈표 4.1.3-8〉 수중소음으로 인한 해양포유류의 반응양상

구 분	반응내용
행동적 반응 (behavioral reaction)	◦먹이, 이동, 호흡패턴 등의 방해, 소리의 중단, 서식지로부터의 이동 등을 포함한 행동적 이상반응
차폐효과 (masking)	◦배경소음의 증가로 해양생물 상호 간 통신능력 감소
일시적 청력 손실 (TTS, temporary threshold shift)	◦외부소음에 의한 청감능력의 일시감소
영구적 청력 손실 (PTS, Permanent threshold shift)	◦외부소음의 지속적인 노출에 다른 청감기관의 손상으로 인한 청감능력의 감소
비청각적 생리효과 (non-audiory physiological effects	◦외부소음 노출에 의한 행동상 변화 등과 같은 비청각 생기기관에 대한 영향

자료 : AMEC Environment & Infrastructure, Inc. 2012. 20MW Offshore wind energy project -Offshore of Atlantic city, New Jersey.

(1) 소음목표기준 설정

소음목표기준을 설정하기 위해 NOAA와 Southall이 제시한 해양포유류 가청주파수 대역별/종별 소음노출기준을 검토하였다.

사업지구 일원에서 출현한 상괭이는 NOAA 기준 고주파고래류(HF), Southall 기준 초고주파고래류(VHF)에 해당하며, 각 기준별 TTS(일시적 청력 손실)를 비교하였다.

소음목표기준은 당초 환경영향평가시 보완의견 등을 고려하여 공사시에는 196SPL$_{Peak}$로, 운영시에는 120SEL로 설정하였다.

〈표 4.1.3-9〉 해양포유류 소음목표기준 설정

구 분	TTS			적용 기준
	비충격	충격		
	dB SEL		dB SPL$_{Peak}$	
NOAA(2018)	153	140	196	고주파 고래류(HF)
Southall(2019)	140		196	초고주파 고래류(VHF)
KEI(2014)	Level A : 180 Level B : 120		Level A : 180 Level B : 160	해양포유류
목표기준	120 (운영시)		196 (공사시)	-

<표 4.1.3-10> NOAA 해양포유류의 소음노출 기준

구 분	일반적 가청 범위	TTS			PTS			타 분류체계와의 비교 (Sohthall, 2019)
		비충격	충격		비충격	충격		
		dB SEL		$dBSPL_{Peak}$	dB SEL		$dBSPL_{Peak}$	
저주파 고래류 (LF)	7Hz ~ 35kHz	179	168	213	199	183	219	저주파 고래류 (LF)
중주파 고래류 (MF)	150Hz ~ 160kHz	178	170	224	198	185	230	고주파 고래류 (HF)
고주파 고래류 (HF)	275Hz ~ 160kHz	**153**	**140**	**196**	173	155	202	**초고주파 고래류 (VHF)**
물범류/수중 (PW)	50Hz ~ 86kHz	181	170	212	201	185	218	물범류/수중 (PCW)
기타 기각류/수중 (OW)	60Hz ~ 39kHz	199	188	226	219	203	232	기타 기각류/수중 (OCW)

자료 : NOAA, 2018 Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0)

<표 4.1.3-11> Southall 청력범위별 소음노출 기준

구 분	TTS		PTS		비 고
	dB SEL	$dB\ SPL_{Peak}$	dB SEL	$dB\ SPL_{Peak}$	
저주파 고래류 (LF)	168	213	183	219	참고래과, 수염고래과, 귀신고래과 등
고주파 고래류 (HF)	170	224	185	230	참돌고래과(대부분), 벨루가, 강돌고래 등
초고주파 고래류 (VHF)	**140**	**196**	155	202	**쇠돌고래과(상괭이속 포함)**, 아마존강돌고래과 등
해우류 (SI)	175	220	190	226	매너티류, 듀공
물범류/수중 (PCW)	170	212	185	218	물범과
기타 기각류/수중 (OCW)	188	226	203	232	바다코끼리과, 바다사자과 등

자료 : Brandon L. Southall et al. 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects

〈표 4.1.3-12〉 국외 해양포유류 피해인정기준

구 분	의미	수중소음 한계 값
Level A harassment	해양포유동물이나 그 서식지에 피해를 줄 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위	고래류 180 물개류 190
Level B harassment	해양포유동물에 대한 직접적인 피해가 아닌 이동, 호흡, 양육, 번식, 먹이, 차폐 등을 포함한 행동적 변화를 일으킬 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위	충격소음 160 연속소음 120

자료 : 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, KEI

(2) 공사시

본 보고서의「4.5.2 소음·진동」편에 시행된 수중소음 모델링 실험 결과를 요약 제시하였다.

항타시 수중소음 모델링 실험 결과, 196SPL_{peak}를 기준으로 소음 발생원에서부터 공간적인 범위를 산정한 결과, 최대 발생범위가 소음원으로부터 반경 445m 범위 이내로 공사구역 주변으로 국한되어 나타났다.

다만, 해양포유류 영향을 최소화하기 위해 공사시 “해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인, 2023.12, 해양수산부” 에 제시된 750m 이내에서 공사시 수중소음목표기준을 달성할 수 있도록 유지관리를 실시할 계획이다.

(3) 운영시

본 보고서의「4.5.2 소음·진동」편에 시행된 수중소음 모델링 실험 결과를 요약 제시하였다.

운영시 수중소음 모델링 실험 결과, 120SEL를 기준으로 소음 발생원에서부터 공간적인 범위를 산정한 결과, 최대 발생범위가 소음원으로부터 반경 865m 범위 이내로 나타났다.

해상풍력발전단지의 운영시에는 로터 블레이드의 회전이나 기어박스 등에 의해서 타워 부분에서 진동을 발생시키는 것으로 알려져 있으며, 이러한 진동이 수중으로 전달되어서 수중소음을 일으키게 되는 것으로 알려져 있다.

다만, 블레이드의 회전 소음은 대체로 수면에서 반사되어 수중에서는 영향이 거의 없는 것으로 보고되고 있어, 운영시 수중소음 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

다) 전자기장 영향

사업지구 내에서 발전되는 전력은 모두 육상 계통연계를 위해 해저케이블을 지나도록 계획되어 있으며, 이러한 계통연계선은 전기장 및 자기장을 형성한다고 알려져 있다. 고래와 돌고래는 자기장 강도와 준위가 낮은 지역을 찾아 이동하는 것을 가능하게 하는 유용한 "자기장 지도"를 형성(walker et al., 2003[1])하며, 많은 고래 및 돌고래는 지구 자기장의 총강도가 0.5mG(5×10-4G) 이하로 떨어질 때 좌초현상에 민감한 것으로 알려져 있다. 통계적으로 민감한 종으로는 흔한 돌고래인 큰코돌고래, 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래가 있으며(Kirschvink et al., 1986[2]), 이빨고래, 수염고래의 집단 좌초현상은 지역적인 자기장 변이와 연관이 있다고 연구자료에서 보고하고 있다(Kirschvink et al., 1986).

몇몇 고래목의 종들은 자기장을 지리적 특성이 없는 외해역에서 장거리 이동을 정확하게 하기 위해서 이용하는 것으로 알려져 있으며, Valberg(2005)[3]의 연구는 상어가 잠수함 전기케이블 주위의 낮은 전기장지역에서 영향을 받을 가능성이 거의 없는 반면, 전자기장의 변화는 고래의 폐사(좌초)에 상당한 연관이 있다고 기술하고 있다.

다만, 본 사업은 해저면 최소 2.5m 이상의 깊이에 해저 송전선로를 포설할 계획으로 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저질에 의한 자계 차폐효과로 인하여 전자기장에 의한 해양포유류에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다(전자기장 영향과 관련된 세부 내용은「4.5.4 전파장해」편 참조).

<표 4.1.3-13> 해양포유류에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	영 향	참 고
고래, 돌고래	이동	지자기 영역 ±0.5mG	자기강도, 준위 낮은 지역을 이동하는 자기지도 이용	Walker et al.(2003)
돌고래, 큰코돌고래 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래	좌초민감도	지자기 영역 ±0.5mG	통계적으로 좌초에 매우 민감	Kirschvink et al.(1986)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

1) Walker, M.M., C.E. Diebel, and J.L. Kirschvink. 2003. Detection and use of the Earth's Magnetic Field by Aquatic Vertebrates, Pp. 53-74 In Sensory Processing in Aquatic Environments (S.P. Collins and N.J. Marshall, eds). Springer, New York.
2) Kirschvink, J.L. , A.E. Dizon, and J.A. Westphal. 1986. Evidence from Strandings of Geomagnetic Sensitive Cetaceans. Journal of Experimental Biology 120:1-24.
3) Valberg, P.A. 2005. Memorandum Addressing Electric and Magnetic Field (EMF) Questions - Draft. Cape Wind Energy Project, Nantucket Sound.

다. 저감방안 및 평가

1) 부유사확산 영향 저감

사업시행으로 인하여 해양포유류에 미치는 부유사확산 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 부유사 확산 영향을 최소화하기 위한 저감방안 등을 이행하여 해양포유류에 미치는 영향을 최소화 할 계획이다(상세 저감방안은「4.3.2 해양수질 및 퇴적물」편 참조).

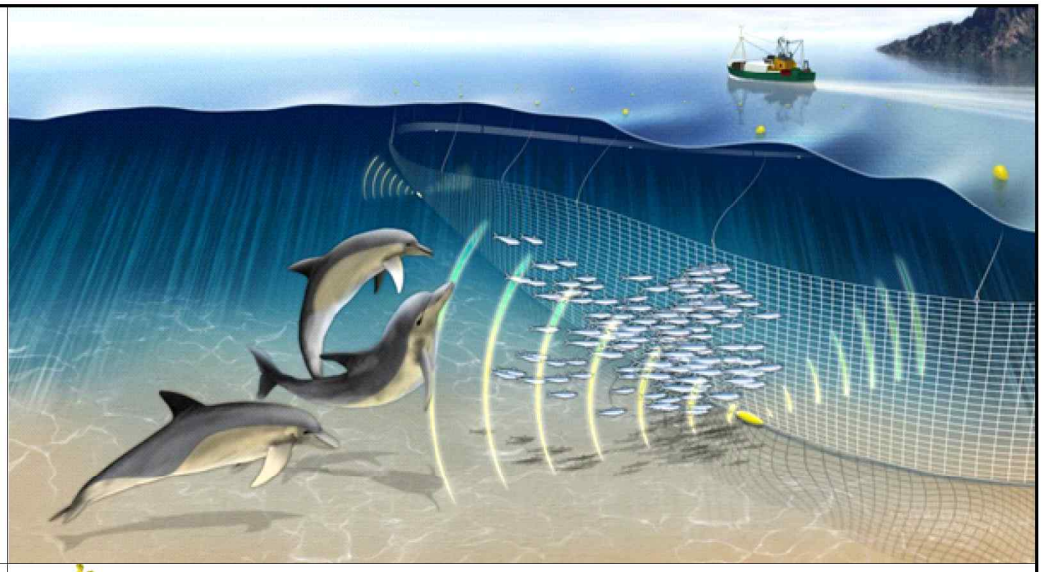
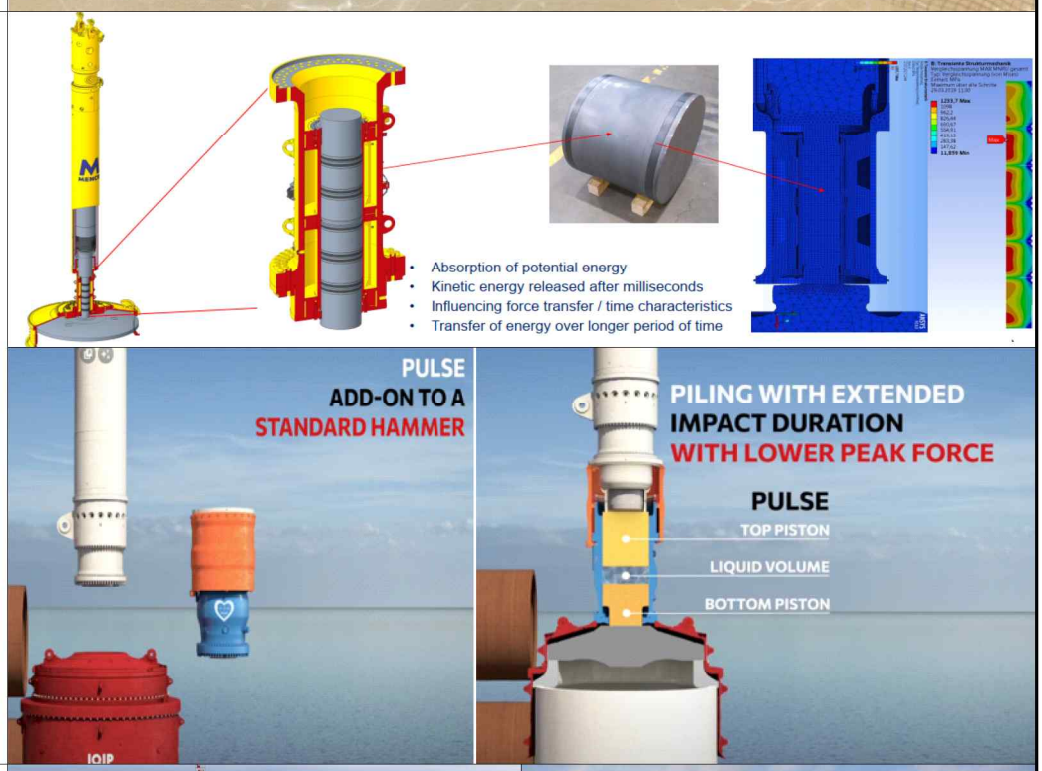
2) 수중소음 저감대책 시행

해양포유류 영향이 최소화 되도록 공사 가장 큰 소음이 발생하는 파일항타 공사 등의 추진 시 공기방울차단막(Air bubble curtain), 격리망(Isolation casing), 쿠션블럭(Cushion block), 임시물막이(Cofferdam) 등을 사용할 경우 10~20dB의 소음 저감 효과 발생하는 것으로 나타나, 항타공사시 현지 실정에 적합한 저감방안을 이행할 계획이다.

또한, 항타공사 시행전 공사지역 인근에 해양포유류 출현 여부를 확인하여 공사를 실시하고, 사전경고음 발생으로 인근지역의 해양포유류가 회피할 수 있도록 사전조치 후 공사를 실시할 계획이다.

<표 4.1.3-14> 파일 항타시 수중소음 저감대책(안)

구 분		내 용	비 고
항타 공사 시행전	MMO (Marine Mammal Observer)	◦ 항타공사 시행전, 해양 포유류의 공사구역 인근 접근 확인후, 작업 시행 여부 판단	현지 실정에 적합한 저감방안 이행 예정
	ADD (Acoustic Deterrent Device)	◦ 항타공사 시행전, 경고음을 발생하여 해양 포유류의 회피 유도	
	Soft-start	◦ 해머 에너지를 줄여서 항타를 시작하는 공법 ◦ 파일링 해머 에너지가 점진적으로 증가하여 존재하는 해양생물이 낮은 수준의 소음을 통해 회피하도록 유도	
항타 공사 시행시	HSD(Hydro Sound Damper), 격리망(Isolation casing)	◦ 수중 음파 및 추가적인 거품 요소의 산란 및 반사에 의한 소음감쇠효과 ◦ 프레임으로 둘러싸인 파일을 해저면까지 내려 항타 시행	

ADD	
HSD, Isolation Casing	
MMO	

자료 : Ocean Science Consulting(https://www.osc.co.uk/)

(그림 4.1.3-17) 수중소음 저감대책(예시)

안마 해상풍력 건설사업에 따른 해양포유류 관련 자문의견서

Ⅰ. 파일항타 공사 시 발생하는 부유사 및 소음의 영향

- 상괭이는 부유사 농도가 높은 연안과 하구뿐만 아니라 양츠강에도 서식하는 해양포유류이므로 부유사가 상괭이의 생존에 직접적인 영향을 미친다고 보기 어려우나 파일항타 공사 시 발생하는 일시적인 대량의 부유사는 상괭이의 **먹이가 되는 어류, 갑각류 및 두족류에 영향**을 줄 수 있음
- 파일항타 공사 시 발생하는 소음 목표기준이 196dB로 공사 지점으로부터 약 255~455m 이내에서 목표기준치를 초과하지만 거리가 멀어질수록 낮아져 750m 떨어진 곳에서는 180~189dB 정도의 소음을 유지하므로 “해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인, 2023.12, 해양수산부”에 제시된 750m 이내에서 공사 시 수중소음 목표기준을 만족하는 것으로 나타남
- 상괭이는 **4~5km/h의 속도로 유영하기 때문에 파일항타 공사 시 부유사 및 소음이 발생할 경우 수 분 이내에 해당 해역을 벗어나 다른 곳으로 이동**할 수 있으므로 부유사와 소음에 의한 직접적인 피해는 미미할 것으로 판단함

Ⅱ. 견인식 음향모니터링 조사에 대한 의견

- 향고래나 부리고래류처럼 수심 2,000미터 내외의 깊은 곳에서 20분~2시간 정도로 **장시간 잠수를 하는 종류의 경우 목시조사로 해당 종류를 관찰하는데 한계가 있기 때문에 견인식 음향모니터링을 병행**하는 경우가 많음
- 또한 대왕고래, 참고래, 혹등고래, 긴수염고래 등 **수 백 km 이상 전달되는 저주파의 소리를 발성하는 대형고래류의 경우**에도 견인식 음향모니터링을 사용하기도 함
- 그러나 동 사업지에 주로 출몰하는 상괭이를 비롯한 소형 돌고래류는 수 분 이내의 짧은 호흡과 비교적 얕은 연안에 분포하기 때문에 음향모니터링을 수행하지 않고 **목시조사만으로도 충분히 분포 유무를 확인**할 수 있음
- 상괭이 등 소형 돌고래류는 고주파의 소리를 만들기 때문에 소리의 크기가

(그림 4.1.3-18) 해양포유류 전문가 자문의견서

작아 멀리 전달되지 않으므로 선박 등 **배경소음이 심한 연안에서는 견인식 음향모니터링으로 확인하기가 쉽지 않음**

- 상기한 향고래, 부리고래류 및 대형 수염고래류 등의 경우 **음향장치의 견인 라인을 2km 이상 길게 늘어뜨려 조사선으로부터 발생되는 소음까지 최소화** 하여 조사를 수행하는데 반해 동 조사의 경우 약 60m 정도로 짧게 연결하여 견인하였기 때문에 조사선으로부터 발생하는 소음의 영향을 많이 받았을 것으로 추정됨
- 따라서 동해의 부유식 해상풍력 발전단지처럼 수심이 깊고 연안으로부터 멀리 떨어진 곳에 분포하는 대형고래류의 조사가 아닌 얕은 수심의 연안에 분포하는 상괭이같은 소형고래류를 대상으로 견인식 음향모니터링을 실시하는 것은 비효율적인 조사방법임
- 다만 배경소음이 적은 연안 해역에서의 **장기간 모니터링을 위한 고정식 음향모니터링은 적용 가능함**

Ⅲ. 해양포유류 완화(저감) 방안에 대한 의견

- 어업 시 **혼획을 막기 위한 음향경고장치(sound pinger)는 고주파를 발생하는 장치**로 어구에 수 십 미터 이내로 가까이 접근했을 때 돌고래류가 감지할 수 있을 정도의 작은 소리를 발생하기 때문에 해상풍력단지 건설 공사 시 발생하는 소음의 크기를 넘어설 수 없으며, 파일항타 공사에 의해 소음이 발생할 경우 이미 수 100m~km 떨어진 곳에서 소음을 감지하고 해양포유류가 미리 회피할 가능성이 높음
- **따라서 파일링 작업 전 30분간 해양포유류 관찰자 최소 3명이 공사작업 구간 내 최소 반경 2㎞ 이상 범위 내 해양포유류가 접근하지 않는 것을 모니터링하고, 해양포유류가 관찰되지 않을 경우 소프트-스타트 작업 절차를 20분간 진행 후 항타를 시작하는 것이 효과가 높을 것으로 사료됨**

2024년 12월 5일

국립해양생물자원관 해양생물다양성본부장 안 용 락 (인)

(그림 4.1.3-18) 계 속

3) 공사시 및 운영시 해양포유류 모니터링

사업지구 주변 지역은 상괭이가 주로 출현하는 지역으로 공사시 및 운영시 지속적으로 분기별 해양포유류 출현 현황을 모니터링하고, 모니터링 결과를 토대로 해양포유류 영향을 검토하고 필요시 추가적인 저감방안을 마련하는데 기초자료로 활용할 계획이다.

라. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

본 사업시행으로 인한 사업지구 및 주변지역의 해양포유류 영향을 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 조사를 실시하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용토록 할 계획이다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 조사주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지

〈표 4.1.3-15〉 사후환경영향조사 계획(해양포유류)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
해양포유류	공사시	◦해양포유류	◦사업지구 및 주변지역 (발전구역 및 송전선로 주변지역)	◦현지조사	◦1회/분기
	운영시				

주) 조사위치 및 조사범위는 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

4.2 대기환경분야

4.2.1 온실가스

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다. 따라서, 해상풍력 발전단지를 중심으로 온실가스 변화 등 영향여부를 중점적으로 검토하여 제시하였다.

1) 예측항목

◦ 공사시

- 장비투입에 의한 온실가스 배출량

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 인근 정온시설

3) 예측방법

◦ 연료별 온실가스 배출계수 및 장비투입계획 반영 산정

4) 예측결과

가) 공사시

(1) 장비투입에 의한 온실가스 배출량

공사시 장비투입에 의한 온실가스 배출량을 산정한 결과, 육상부 1,439.1tCO_2eq, 해상부 15,198.2tCO_2eq로 총 16,637.3tCO_2eq이 발생하는 것으로 예측되었다.

<표 4.2.1-1> 공사장비 가동시 총 연료사용량

구 분		장 비 명	규 격	투 입 대 수	연료 사용량 (L/h)	총 연료 사용량 (L/일)
육상부	HDD 공사 (TJB)	굴 삭 기	0.7㎥	1	11.0	88.0
		덤프트럭	15.0ton	1	15.9	127.2
		PBD 천공기 (유압식)	184kW, 53m	1	37.5	300.0
		소 계				515.2
	변전소 공사 (ONS)	굴 삭 기	0.7㎥	1	11.0	88.0
		탠덤로울러	1.0ton	1	2.5	20.0
		덤프트럭	15.0ton	1	15.9	127.2
		로 우 더	3.5㎥	1	19.9	159.2
		그레이더	3.6m	1	16.2	129.6
		소 계				524.0

<표 4.2.1-1> 계 속

구 분		장 비 명	규 격	투 입 대 수	연료 사용량 (L/h)	총 연료 사용량 (L/일)
육상부	송전 선로 공사	굴 삭 기	0.7㎥	1	11.0	88.0
		탠덤로울러	1.0ton	1	2.5	20.0
		소 계				108.0
	계					1,147.2
해상부	해상풍력 발전단지 (WTG+OSS)	기중기선	150ton	3	108.3	2,599.2
		예 선	1,790kW	3	349.2	8,380.8
		소 계				10,980.0
	송전 선로 공사	기중기선	150ton	3	108.3	2,599.2
		예 선	1,790kW	3	349.2	8,380.8
		펌프준설선	224kW	1	50.1	400.8
		소 계				11,380.8
	계					22,360.8
합 계						23,508.0

주) 1. 총 연료사용량 = 투입대수 × 연료사용량 × 8hr(1일 작업시간)
2. HDD 공사시 사용하는 Drill Rig 장비는 PBD 천공기(유압식)로 적용하였음
3. 해상풍력 발전단지 공사시 HLV 장비는 기중기선 최대규격을 적용하였음
4. HLV 보조를 위한 예선 투입을 적용하였음
5. 해상부 송전 선로 공사시 사용하는 ROV 장비는 펌프준설선으로 적용하였음

자료 : 건설공사 표준품셈, 2024, 한국건설기술연구원

<표 4.2.1-2> 경유의 온실가스 배출계수 및 지구온난화지수

온실효과 가스의 종류	경유의 온실가스 배출계수(kg/TJ)	지구온난화지수
이산화탄소(CO_2)	74,100	1
메탄(CH_4)	3.0	21
아산화질소(N_2O)	0.6	310

<표 4.2.1-3> 예정공정표

구 분		공사년도	1차년도						2차년도						3차년도						4차년도						비 고
		개월	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	
육상부	토목공사					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								25개월
	지중송전 공사					■	■	■					■	■	■				■								14개월
해상부	해상풍력 발전단지															■	■	■	■	■				■	■	■	14개월
	송전선로 공사																■	■	■	■	■	■	■				12개월

주) 공사시 5차년도는 시운전 기간임

<표 4.2.1-4> 장비투입에 의한 온실가스 배출량 (단위 : tCO_2eq)

구 분		CO_2	CH_4	N_2O	계
육상부	HDD 공사(TJB)	671.9	0.6	1.7	674.2
	변전소 공사(ONS)	683.4	0.6	1.7	685.7
	송전신로 공사	78.9	0.1	0.2	79.2
	소 계	1,434.2	1.3	3.6	1,439.1
해상부	해상풍력 발전단지 (WTG + OSS)	8,019.0	6.8	20.1	8,045.9
	송전선로 공사	7,124.3	7.1	20.9	7,152.3
	소 계	15,143.3	13.9	41.0	15,198.2
합 계		16,577.5	15.2	44.6	16,637.3

주) 1. 온실가스 배출량(CO_2 ton) = 총 연료사용량(L/일) × 경유순발열량(35.2MJ/L) × 경유의 온실가스 배출계수 × 지구온난화지수 ÷ 10^6 × 공사일수 ÷ 1,000
2. 육상부 공사기간은 변전소(ONS) 및 HDD 공사(TJB)는 토목공사시기 적용, 육상송전선로 공사는 지중송전 공사시기 적용
3. 월 20일 적용

나. 저감방안 및 평가

1) 공사시

가) 공정별 저감대책

공사시 온실가스 배출 저감대책으로 공사 단계별 배출량을 줄이기 위한 조치를 현장 내에서 해당 공종별로 실시하고, 현장 내 공사장비의 불필요한 공회전을 금지토록 하여 온실가스 배출을 최소화할 계획이다.

<표 4.2.1-5> 공정별 저감대책

구 분		토공	사면공	옹벽공	기초공	가설공	도로포장
검토공법	건설기계의 대형화	◎	△	△	○	△	△
	자동화·정보화에 의한 고효율화	○	△	-	◎	△	○
	고효율 건설기계로의 전환	△	◎	△	△	○	△
	상용전원 이용	△	◎	△	◎	◎	△
	기자재의 적정배치	○	△	△	△	◎	△
	자재의 프리캐스트화	-	○	◎	○	-	○
	현장발생재의 원위치 재활용 등	-	○	○	-	-	◎
건설기계운영	에너지 절약 운전 장려	◎	△	○	○	○	-
	저연비 운전 실시	◎	△	○	○	△	△

주) ◎ : 정량적 효과 기대 가능, ○ : 정성적 효과 기대 가능, △ : 효과 없음, - : 검토대상 외
자료 : 건설시공에서의 지구온난화대책 안내, 2003, (사)일본건설기계화협회

나) 공사장비에 따른 온실가스 저감대책

사업지구는 「대기환경보전법」 및 「전라남도 자동차공회전 제한조례」 등에 의한 공회전 제한지역은 아니나, 공사시 공사장비 가동에 따른 온실가스 발생 영향을 저감하기 위해 공사현장 주요 시억에 공회전 제한 표시판을 설치하고 공사장비 운전자에 대해 공회전 제한 관련 교육을 실시할 계획이다.

주차 및 정차중이나 공사장비의 가동을 위하여 공회전이 불가피한 경우를 제외하고 관리원을 통해 공회전 차량의 관리·감독을 실시하여 공회전 발생을 최소화 할 계획이다.

아래와 같이 사업지구 공사시 공사장비 공회전 제한에 의한 CO_2 삭감율을 적용한 결과, 44.4tCO_2eq이 저감되어 총 1,394.7tCO_2eq이 발생하는 것으로 예측되었다.

<표 4.2.1-6> 공회전 금지에 의한 CO_2 삭감율

구 분		15ton 덤프트럭	0.7㎥ 굴삭기
ID(공회전) 시간율(%)		55	30
공회전시	연비(L/H)	1.6	1.9
	CO_2배출량(gC/H)	4,100	4,900
실 가동시	연비(L/H)	25.0	17.5
	CO_2배출량(gC/H)	66,100	47,600
삭감율(%)		7.0	4.2

자료 : 戶田건설 홈페이지(http://www.toda.co.jp)

<표 4.2.1-7> 장비별 온실가스 저감량

구 분	장 비 명	규 격	저감전 (tCO_2eq)	저감량 (tCO_2eq)	저감후 (tCO_2eq)	삭감율 (%)
HDD 공사 (TJB)	굴 삭 기	0.7㎥	115.2	4.8	110.4	4.2
	덤프트럭	15.0ton	166.4	11.7	154.7	7.0
	PBD 천공기 (유압식)	184kW, 53m	392.5	-	392.5	-
소 계			674.2	16.5	657.7	-
변전소 공사 (ONS)	굴 삭 기	0.7㎥	115.2	4.8	110.4	4.2
	탠덤로울러	1.0ton	26.2	-	26.2	-
	덤프트럭	15.0ton	166.5	11.7	154.8	7.0
	로 우 더	3.5㎥	208.3	8.7	199.6	4.2
	그레이더	3.6m	169.6	-	169.6	-
소 계			685.7	25.2	660.5	-
송전선로 공사 (육상부)	굴 삭 기	0.7㎥	64.6	2.7	61.9	4.2
	탠덤로울러	1.0ton	14.6	-	14.6	-
소 계			79.2	2.7	76.5	-
합 계			**1,439.1**	**44.4**	**1,394.7**	**-**

주) 로우더의 CO_2 삭감율은 굴삭기 삭감율을 적용함



(그림 4.2.1-1) 공회전 제한지역 표지판(예시)

다) 에너지 사용량 저감

공사시 가급적 연료 효율이 우수한 건설장비를 사용하고 노후된 장비 사용은 지양하며, 건설장비를 운영할 경우에는 효율적이고 체계적인 공종계획의 수립으로 장비 운영시간 및 이동거리를 단축시켜 온실가스 배출량을 저감할 계획이다.

신규제작 건설기계에 대한 배출가스 인증 제도는 2004년도에 「대기환경보전법」이 개정되면서 처음 도입되어 2003년 이전에 등록된 건설기계의 배출가스 관리가 어려움을 감안하여, 가능한 2004년도 이후 등록된 건설기계를 활용할 계획이며 2003년 이전의 건설기계를 투입할 경우 엔진정비 등을 실시하여 건설기계에서 배출되는 온실가스가 최소화 될 수 있도록 관리할 계획이다.

<표 4.2.1-8> 저감수단에 따른 오염물질별 저감효과 (단위 : %)

구 분		PM	NOx	CO	HC
저감장치(DPF)		83.6	-	99.5	90
엔진교체	건설용 화물자동차	80	45	25	40
	비도로용 건설기계	60	45	25	40
엔진정비		~30	~25	~20	~25

자료 : 건설기계 배출가스저감사업 타당성 검토연구, 2010, 환경부

라) 저탄소 재료의 사용

건설자재 재료 선정시 가급적 제조과정을 포함한 재료 사용 기간에서 배출되는 온실가스 배출량이 적은 기자재, 환경부에서 권고하고 있는 친환경 인증 자재(환경표지 또는 우수활용제품)를 사용할 것이며, 혼합시멘트 재료 등의 저탄소 제품 사용도 고려할 계획이다.

	
환경표지	우수재활용제품

(그림 4.2.1-2) 녹색제품 인증표시(예)

2) 운영시

가) 해상풍력 발전에 따른 온실가스 감축량

해상풍력 운영에 따른 온실가스 감축량을 산정하기 위하여, 「공공부문 온실가스 목표관리 운영 등에 관한 지침, 2024.2, 환경부」를 적용하여 산정하였다.

금회 사업지구 운영시 전력 생산량은 1구역 680.5 GWh/년, 2구역 910.6 GWh/년으로 총 1,591.1 GWh/년이며, 해상풍력 운영에 따른 온실가스 배출 감축량 산정 결과, 1구역 320,131.6tCO_2eq/y, 2구역 428,378.9tCO_2eq/y으로 총 748,510.5 tCO_2eq/y가 감소되는 것으로 예측되었다.

따라서, 사후환경영향조사 완료시인 5년을 적용한 결과, 총 3,742,552.3 tCO_2eq이 감소되는 것으로 예측되었다.

<표 4.2.1-9> 재생에너지 발전(풍력) 온실가스 배출 감축량 산정식

◦ 온실가스 배출 감축량 산정식 $ER = E \times EF_{co2eq} / 1{,}000$ ER : 총 온실가스 감축량 (tCO_2eq) E : 감축사업에 의한 전력생산량 (kWh) EF_{CO2eq} : 조정 전력 배출계수 (tCO_2eq/MWh)

주) 전력 생산량을 모니터링 함
자료 : 공공부문 온실가스 목표관리 운영 등에 관한 지침, 2024.2, 환경부

<표 4.2.1-10> 발전기 설치계획

구 분	호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
1구역	16	14	224	680.5	이용율 34.68%
2구역	22		308	910.6	이용율 33.75%
합 계	38		532	1,591.1	-

<표 4.2.1-11> 해상풍력 운영시 온실가스 감축량

구 분		연간발진량 (MWh/y)	조정 진력 배출계수 (tCO_2eq/MWh)	온실가스 김축량 (tCO_2eq/y)
해상 풍력 운영시	1구역	696,832.0	0.45914	320,131.6
	2구역	932,454.4		428,378.9
	합 계	**1,629,286.4**		**748,510.5**

자료 : 국가온실가스 배출계수, 2018, 온실가스종합정보센터

나) 녹지에 따른 온실가스 저감량

금회 육상부 사업시행지역 중 변전소 주변지역에 녹지를 조성하고 해당 녹지에 대한 식재계획을 수립하였으며, 사업시행 후 토양의 유기탄소 축적량에 따라 녹지조성에 의한 온실가스 저장량 $65.3tCO_2/m^2$을 저감할 수 있을 것으로 예측되었다.

<표 4.2.1-12> 토지이용계획

구 분		면적(m^2)	비율(%)	비 고
변전소		18,696.14	62.8	-
	건 축	16,460.98	55.3	변전소 및 기타 부대시설
	녹 지	2,235.16	7.5	조경시설
TJB		8,680.29	29.2	-
육상송전선로		2,393.82	8.0	육상송전선로 1.5㎞
합 계		29,770.25	100.0	

<표 4.2.1-13> 토양의 유기탄소 축적량

$$SOC = \sum_{c,s,i} \left(SOC_{REF_{c,s,i}} \times F_{LU_{c,s,i}} \times F_{MG_{c,s,i}} \times F_{I_{c,s,i}} \times A_{c,s,i} \right)$$

SOC : 유기탄소 축적량, ton C
SOC_{REF} : 연간 유기탄소 축적량 기본값, ton C ha^{-1}
F_{LU} : 토지이용에 대헌 축적량변화계수
F_{MG} : 관리체계에 대한 축적량변화계수
F_I : 유기물 투입에 대한 축적량변화계수
A : 각 지목의 면적, ha
c : 기후지대, s : 토양유형, i :국가별 관리시스템

자료 : 온실가스 항목 환경영향평가등 평가지침, 2015, 환경부

<표 4.2.1-14> 토양성분(USDA분류)에 따른 무기토양 유기탄소 축적량 기본값(SOC_{REF})

USDA 분류	IPCC 분류	SOC_{REF} (tC ha^{-1})
Inceptisol	고활성 토양(HAC)	88
Alfisol-		
Mollisol-		
Andisol	화산토	80
Ultisol	저활성 토양(LAC)	63
Entisol		

자료 : 온실가스 항목 환경영향평가등 평가지침, 2015, 환경부

<표 4.2.1-15> 토양의 축적량 변화계수(F_{LU}, F_{MG}, F_I)

토지 분류(지목)	F_{LU}	F_{MG}	F_I
임지(임야)	1.00	1.00	1.00
농경지(전)	0.69	1.00	1.00
농경지(답)	1.10	사용하지 않음	
농경지(과수원)	1.00	1.15	1.11
초지(목장용지, 공원, 묘지)	1.00	1.14	1.11

자료 : 온실가스 항목 환경영향평가등 평가지침, 2015, 환경부

<표 4.2.1-16> 녹지조성에 따른 토양의 온실가스 저장량

구 분		면적(㎡)	저장량(tonC)	저장량(tCO_2)
녹지	조경	2,235.16	17.8	65.3

주) 온실가스 축적량 = 유기탄소 축적량 × 44/12 (44 : 이산화탄소분자량, 12 : 탄소원자량)

<표 4.2.1-17> 사업시행으로 인한 온실가스 배출량 및 저감량 (단위 : tCO_2eq)

구 분				배출량	저감량
공사시	에너지	고정배출		-	-
		이동배출		16,637.3	44.4
		간접배출	분 뇨	-	-
			오 수	-	-
	건설자재			-	-
	AFOLU			-	-
	폐기물				-
	탄소흡수			-	-
	탄소저장			-	-
	소 계			16,637.3	44.4
운영시	에너지	고정배출		-	-
		이동배출		-	-
		간접배출	전 력	-	3,742,552.3
			오 수	-	-
			분 뇨	-	-
	AFOLU			-	-
	사업장 생활폐기물			-	-
	배출시설계 폐기물			-	-
	탄소흡수			-	-
	탄소저장			-	65.3
	소 계			-	3,742,617.6
계 (공사시+운영시)				16,637.3	3,742,662.0
평 가				총 3,726,024.7tonCO_2eq 저감	

다. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

본 사업시행으로 인하여 사업지구 및 주변지역의 온실가스 발생 영향을 확인하고, 관련 저감대책의 적정 이행여부를 관리하기 위해 사후환경영향조사 계획을 수립하였다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사 1단계(육상부 공사시) 착공시 ~ 준공시

◦ 조사주기

- 공사시 1회/반기

3) 조사내용

<표 4.2.1-18> 사후환경영향조사 계획(온실가스)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
공사시	◦공사장비 투입계획 및 효율적인 장비두입 점검 ◦작업장비 공회전 여부	◦사업지구	◦현지조사	◦1회/반기

4.3 수환경분야

4.3.1 해양물리

가. 사업계획 변경으로 인한 예측·평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경됨에 따라, 세부적으로 변경된 공사계획과 관련하여 사업지구 및 주변지역의 해양물리 변화를 중점적으로 검토·예측하였다.

1) 예측항목

◦ 파랑변형실험

◦ 해수유동실험

◦ 퇴적물 이동실험

◦ 국부세굴 실험

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 인근 해역

3) 예측방법

◦ 수치모형실험(SWAN, Delft-3d)

4) 예측결과

가) 파랑변형 실험

(1) 실험 개요

파랑변형실험은 외해 심해파랑 내습시 해상풍력발전단지 인근 해역에서의 파랑을 재현하고 조성 전·후의 유의 파고(H1/3) 변화를 검토하는데 그 목적이 있다.

본 실험에 사용된 모형은 심해에서의 파랑 모의가 가능하고 천해에서 파랑변형의 재현성이 우수한 SWAN(Simulating Waves Nearshore) 모형을 사용하였다.

설계파 실험영역은 전해역, 중간역, 상세역으로 구분하였고 Nesting 기법을 적용하여 각각의 실험을 연계하여 수행하였다.

바람장 제원은 전해역 바람장 모델인 JMA-MSM 자료를 기간에 맞게 선정하여 파랑변형실험을 수행하였다.

<표 4.3.1-1> 파랑변형 실험개요

<table>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td colspan="6">실 험 내 용</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험목적</td><td colspan="6">◦ 해상풍력발전단지 조성 전·후에 따른 파고 변화 검토</td></tr>
<tr><td colspan="2">사용모형</td><td colspan="6">◦ SWAN(Ver.41.31) Delft 공대 다방향 불규칙파 모형</td></tr>
<tr><td rowspan="5">모델
구성</td><td rowspan="2">구 분</td><td colspan="2">전해역</td><td colspan="2">중간역</td><td colspan="2">상세역</td></tr>
<tr><td>동서방향</td><td>남북방향</td><td>동서방향</td><td>남북방향</td><td>동서방향</td><td>남북방향</td></tr>
<tr><td>계산 영역</td><td>25.0°</td><td>23.0°</td><td>0.820°</td><td>0.596°</td><td>0.220°</td><td>0.163°</td></tr>
<tr><td>격자 구성</td><td>600개</td><td>552개</td><td>410개</td><td>298개</td><td>1,100개</td><td>815개</td></tr>
<tr><td>격자 간격</td><td colspan="2">0.042° (약 4km)</td><td colspan="2">0.002° (약 200m)</td><td colspan="2">0.0002° (약 20m)</td></tr>
<tr><td colspan="2">입력조건</td><td colspan="6">◦ JMA-MSM 예보 바람장(2019년, 2020년)</td></tr>
<tr><td colspan="2">실험조건</td><td colspan="6">◦ 주파수분할 : 0.04 ~ 1.0Hz 40분할
◦ 방향분할 : 0 ~ 360° , 60분할
◦ 쇄파계수 : 0.73
◦ 바닥마찰계수 : 0.067</td></tr>
<tr><td colspan="2">기준해면</td><td colspan="6">◦ 약최고고조위 DL(+) 5.958m(안마도 기본수준점, 국립해양조사원)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">실험안</td><td>실험명</td><td>실험안</td><td colspan="3">실험내용</td><td>계절</td></tr>
<tr><td>Present</td><td>현상태</td><td colspan="3">사업시행 전</td><td rowspan="2">하계, 추계
동계, 춘계</td></tr>
<tr><td>Plan</td><td>계획안</td><td colspan="3">사업시행 후</td></tr>
</table>

(2) 사용 모델

(가) 모델 개요

SWAN(Simulation WAves Nearshore) 모델은 수치 파랑 모델로서 주어진 바람, 해저면 및 해류 조건으로부터 연안역, 호수 및 하구의 파랑을 계산한다.

이 모델의 기본방정식은 파랑작용의 평형방정식(wave action balance equation)이며 사용되는 원천항(source terms)에 따라 제1세대, 제2세대 및 제3세대 모델로 분류되며 본 과업에서는 제3세대 모델을 사용한다.

불규칙파랑모형인 SWAN 모델에서 고려되는 전파과정은 다음과 같다.

- 공간좌표 상에서의 이류 수송(advection)
- 수심과 흐름에 의한 굴절 현상(refraction)
- 방파제나 섬 등에 의한 회절 현상(diffraction)
- 수심과 흐름에 의한 천수 현상(shoaling)
- 반대 흐름에 의한 파랑의 블록화 및 반사(blocking and reflection)

한편, SWAN모델은 다음과 같은 원천항을 고려한다.

- 바람에 의한 파랑에너지 생성
- 백파에 의한 파랑에너지 소산
- 쇄파에 의한 파랑에너지 소산

- 저면 마찰에 의한 파랑에너지 소산

- 비선형 상호작용에 의한 에너지 교환

SWAN Cycle 2 는 비정상 또는 정상 모드(mode)의 파랑장을 모의할 수 있으며 정상 모드는 모델 해역 내에서 파랑의 도달시간(travel time)이 바람, 조석의 시간 규모보다 작은 경우에 사용할 수 있다.

쇄파대 등에서는 비선형성이 강하지만 SWAN 모델은 비선형성이 강한 쇄파대 내 파랑의 2차 모멘트 스펙트럼을 추정하여 2차원 작용스펙트럼으로 표현한다.

고려되는 스펙트럼은 에너지 스펙트럼$E(\sigma,\theta)$이 아니라 작용스펙트럼 $N(\sigma,\theta)$이다.

작용밀도 스펙트럼과 에너지밀도 스펙트럼의 관계는 다음과 같고 σ는 각주파수로 절대 각주파수 ω와 다음과 같은 관계가 있다.

$N(\sigma,\theta) = \frac{E(\sigma,\theta)}{\sigma}$, $\omega = \sigma + \vec{\mathrm{k}} \cdot \vec{\mathrm{U}}$ ($\vec{k}$와 $\vec{U}$는 각각 파수와 유속의 벡터)

(나) 기본방정식

파랑 스펙트럼의 발달은 작용평형 방정식에 의하여 기술된다.

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial c_x N}{\partial x}+\frac{\partial c_y N}{\partial y}+\frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma}+\frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

위 식에서 좌변의 제 1항은 작용의 시간 변화량, 제 2항과 제 3항은 지리적 공간에서의 작용의 전파를 의미하고, 제 4항은 수심과 흐름의 변화에 의한 상대주파수의 천이 그리고, 제 5항은 수심과 흐름에 의한 굴절을 나타내며 선형파 이론에 의한 파랑의 전파속도는 아래와 같다.

$$c_x = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}\left[1+\frac{2kd}{\sinh 2kd}\right]\frac{\sigma k_x}{k^2} + U_x$$

$$c_y = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{2}\left[1+\frac{2kd}{\sinh 2kd}\right]\frac{\sigma k_y}{k^2} + U_y$$

$$c_\sigma = \frac{\mathrm{d}\sigma}{\mathrm{d}t} = \frac{\partial \sigma}{\partial d}\left[\frac{\partial d}{\partial t}+\vec{\mathrm{U}} \cdot \nabla d\right] - c_g \vec{\mathrm{k}} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s}$$

$$c_\theta = \frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = -\frac{1}{k}\left[\frac{\partial \sigma}{\partial d}\frac{\partial d}{\partial m}+\vec{\mathrm{k}} \cdot \frac{\partial \vec{\mathrm{U}}}{\partial \mathrm{m}}\right]$$

여기서, s와 m은 각각 파향선(wave ray)과 파향선에 수직인 좌표를 의

미하고 평형방정식의 우변은 원천항(source and dissipation)을 나타내며 이는 파랑의 생성, 소산 및 비선형상호 작용에 의한 에너지 전달을 포함한다.

$$S = S_{in} + S_{ds} + S_{nl}$$

(다) 수치기법

① 바람에 의한 에너지 유입

SWAN 모델에서 바람에 의한 파랑의 생성은 다음 식으로 표현된다.

$$S_{in}(\sigma,\theta) = A + BE(\sigma,\theta)$$

여기서, A는 Phillips(1957)에 의한 공진 기구를 반영하는 것으로서 Cavaleri and Malanotte- Rizzoli(1981)의 식을 사용한다.

SWAN 모델에서는 저주파 성분을 제한하기 위하여 Tolman(1992)에 의한 수정식을 사용한다.

$$A = \frac{1.2}{2\pi g^2}\frac{\rho_a}{\rho_w}\left[U_* \max[0, \cos(\theta-\theta_w)\right]^4 H(\sigma)$$

한편, 마찰속도는 Wu(1982)의 식을 사용한다.

$$U_* = U_{10}\sqrt{(0.8+0.065U_{10})\times 10^{-3}}$$

한편, PM 주파수보다 적은 주파수대에서의 에너지 유입은 필타 H에 의하여 감소된다.

$$H = e^{-\left(\frac{\sigma}{\sigma_{PM}}\right)^{-4}}$$

여기서, σ_{PM}은 PM 주파수로서 σ_{PM}= g/(28U*)로 주어진다.

한편, B는 Miles(1957)의 진단 기구를 나타내며 SWAN 모델에서는 Komen et al.(1984)식과 Janssen(1991) 식 중에서 선택할 수 있다.

Komen et al.의 식은 Snyder et al.(1981)의 식에 근거를 두고 있으며 다음 식과 같다.

$$B = 0.25\frac{\rho_a}{\rho_w}\max\left[0, \frac{28U_*}{c}\cos(\theta-\theta_w)-1\right]\sigma$$

이 식은 WAM 모델에서 채용되고 있는 식이며, Janssen(1991)은 경계층 효과와 해면의 조도에 의한 바람과 파랑의 상호작용을 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B = \beta \frac{\rho_a}{\rho_w} \max\left[0,\ \frac{U_*^2}{c^2}\cos^2(\theta-\theta_w)\right]\sigma$$

여기서, β는 Miles 상수로서 무차원 임계고(λ)를 사용하여 다음 식으로 계산된다.

$$\beta = \frac{1.2}{\kappa^2}\lambda \ln^4\lambda \quad \text{for}\ \lambda \le 1$$
$$\beta = 0 \quad \text{for}\ \lambda > 1$$

$$\lambda = \frac{g z_e\, e^r}{c^2}$$

$$r = \frac{\kappa c}{|U_* \cos(\theta-\theta_w)|}$$

여기서, κ는 Von Karman 상수로서 0.41을 취하며 z_e는 해면의 유효 조도이며 풍속의 분포를 $U(z) = \frac{U_*}{\kappa}\ln\left[\frac{z+z_e-z_o}{z_e}\right]$로 간주하면 유효조도 길이는 다음 식으로 계산된다.

$$z_e = \frac{z_o}{\sqrt{1-\frac{\tau_w}{\tau}}}$$

여기서, τ는 총응력(total stress)이며 조도길이는 Charnock(1955)의 관계식으로 주어진다.

$$z_o = \hat{\alpha}\frac{U_*^2}{g}$$ (여기서 $\hat{\alpha}$ = 0.01)

파랑 응력(wave stress)은 스펙트럼으로부터 계산된다.

$$\overrightarrow{\tau_w} = \rho_w \int\int \sigma B E(\sigma,\theta)\frac{\vec{k}}{k}\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta$$

SWAN 모델에서는 위에서 언급한 일련의 식과 z = 10m 상에서의 풍속 U_{10}을 사용하여 반복법으로 B를 구한다.

② 백파에 의한 에너지 소산

심해 파랑의 모델링에 있어서 백파(whitecapping)는 가장 이해가 어려운 자연현상이며 제3세대 SWAN 모델에서는 Hasselmann(1974)이 제안한 표면펄스 모델(surface pulse model)을 응용한다.

이 모형에 포함된 계수는 심해에서 충분히 발달된 파랑(fully arisen seas)의 에너지 평형을 고려하여 구해지므로 백파 모형의 계수 결정은 바람 입력항의 계산법에 의존한다.

SWAN 모델에서 바람 입력의 계산에 두 가지 식을 사용하고 있으므로 백파 모형도 두 가지의 옵션이 있다.

먼저 Komen et al.(1984)의 바람 입력식을 사용한 경우 백파 소산은 다음 식으로 주어지며 이는 WAM 모델의 cycle 3 version에서 사용된다.

$$S_{br}(\sigma,\theta) = -\Gamma\bar{\sigma}\frac{k}{\bar{k}}E(\sigma,\theta)$$

$$\Gamma = \Gamma_K \alpha_1 \left(\frac{s}{s_{PM}}\right)^m$$

여기서, s는 파형경사(overall wave steepness), s_{PM}은 PM 스펙트럼에 대한 s 값이다.

평균 파형경사 $\bar{s}$는 $\bar{s} = \bar{k}\sqrt{E_{tot}}$로 정의되고 $\bar{\sigma}$와 $\bar{k}$는 각각 다음과 같이 정의되는 평균주파수 및 평균파수이다.

$$\bar{\sigma} = \left(E_{tot}^{-1}\int\int \frac{1}{\sigma}E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta\right)^{-1}$$

$$\bar{k} = \left(E_{tot}^{-1}\int\int \frac{1}{\sqrt{k}}E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta\right)^{-2}$$

$$E_{tot} = \int\int E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta$$

여기서, $\alpha_2 = 4.104\times10^{-5}$, $\delta = 0.5$이다.

이 상수들은 Komen et al.(1984)과 Janssen(1991)이 이상적인 파랑 성장조건하에서의 에너지 균형을 고려하여 얻은 것이다.

그러나 Young and Banner(1991)와 Banner and Young(1994)는 에너지 평형을 고려하여 구한 쇄파 소산 모형의 계수는 스펙트럼의 고주파 꼬리 형상(high frequency tail)에 크게 좌우된다는 사실을 발견하였다.

③ 저면에 의한 에너지 소산

저면에 의한 에너지 소산은 저면마찰(bottom friction), 저면 운동(bottom motion), 침루(percolation) 및 불규칙 저면상의 산란(bottom

scattering) 등에 의하여 발생하며(Shemdin et al., 1978) 모래로 구성된 육붕에서의 에너지 소산은 주로 마칠에 의하여 빌생한다.

JONSWAP 실험에서 스펙트럼 파랑 모델에 사용할 수 있는 마찰 소산식이 유도되었는데(Hasselmann et al., 1973) 이 식은 선형 모형으로서 마찰계수의 선택이 적당한 경우 여러 조건 특히 너울과 폭풍에 대해서 좋은 결과를 주는 것으로 알려져 있다.

Hasselmann and Collins(1968)는 항력 마찰(drag friction)에 기초하여 저면마찰 소산의 비선형 모형을 제안하였다.

또한, Madsen et al.(1988)과 Weber(1991)는 보다 복잡한 와류 이론에 근거한 모형을 고안했다.

SWAN 모델에서는 Weber(1991)의 식을 사용하여 저면마찰 소산을 계산한다.

$$S_{ds,b}(\sigma,\theta) = -C_{bottom}\frac{\sigma^2}{g^2\sinh^2 kd}E(\sigma,\theta)$$(여기서 C_{bottom}은 저면마찰계수)

저면마찰계수는 다음 식으로 정의되는 rms 저면 유속으로부터 구해진다.

$$u_{rms}^2 = \int\int \frac{\sigma^2}{\sinh^2 kd}E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta$$

JONSWAP에서 사용된 경험적인 모형에서는 $C_{bottom} = 0.038\mathrm{m}^2\mathrm{sec}^{-3}$을 사용하였는데 이 값은 너울에 대해서도 적용할 수 있다.

일반적으로 저면마찰계수는 파랑 조건(wave condition)에 의존하지만 Bouws and Komen (1983)이 풍파에 대해서 제안한 $C_{bottom} = 0.067\mathrm{m}^2\mathrm{sec}^{-3}$ 많은 경우에서 유효한 것으로 보고된다(Cavaleri et al., 1989; Tolman, 1994; Luo and Monbaliu, 1994).

Collins(1972)의 항력마찰 모형에서는 다음 식이 유도된다.

$$C_{bottom} = c_{fw}\, g\, u_{rms}$$

여기서, $c_{fw} = 0.015$(Collins, 1972)이다.

Madsen et al.(1988)의 와점성 모형에서는 다음 식을 사용한다.

$$C_{bottom} = \frac{g}{\sqrt{2}} f_{wr}\, u_{rms}$$

여기서, f_{wr}은 Johnson(1966) 공식으로부터 구해지는 무차원 마찰계수이다.

$$\frac{1}{4\sqrt{f_{wr}}}+\log_{10}\left[\frac{1}{4\sqrt{f_{wr}}}\right] = m_f+\log_{10}\left[\frac{a}{K_N}\right]$$

여기서, m_f = 0.08(Johnson and Carlsen, 1976)

a = 저면부근에서 수립자 운동의 진폭(excursion amplitude)

$$a^2 = 2\int\int \frac{1}{\sinh^2 kd} E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta$$

K_N = 저면의 조도

a/K_N이 1.57 보다 작으면 무차원 마찰계수는 = 0.3 (Johnson, 1980)

④ 쇄파에 의한 에너지 소산

무작위 파랑장에서 수심에 의하여 발생하는 쇄파에 의한 파랑에너지 소산의 계산에는 단파(bore) 모형이 적용될 수 있다(Battjes and Jans sen, 1978; Thronton and Guza, 1983).

쇄파 소산의 스펙트럼 분포 특성을 Battjes and Beji(1992)와 Vincent et al.(1994)의 실험으로부터 유추해 보면 쇄파가 파랑 스펙트럼의 형상에는 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

이러한 사실에 근거하여 Eldeberky and Battjes(1996)는 파랑 스펙트럼에 비례하는 쇄파 소산 공식을 도출하였으며 이것이 SWAN 모델에서 사용되는 쇄파 소산 공식이다.

$$S_{ds,br}(\sigma,\theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma,\theta) = \frac{\alpha_{BJ} Q_b \bar{\sigma}}{\beta^2 \pi} E(\sigma,\theta)$$

여기서, α_{BJ}는 수치상수이며 Q_b는 다음 식으로 계산되는 쇄파율이다.

$$\frac{1-Q_b}{\ln Q_b} = -8E$$

$\bar{\sigma}$는 평균주파수로서 아래와 같이 계산된다.

$$\bar{\sigma} = E_{tot}^{-1}\int\int \sigma E(\sigma,\theta)\mathrm{d}\sigma\mathrm{d}\theta$$

최대파고는 $H_m = \gamma d$이며, SWAN 모델에서의 계산에는 Nelson(1987)의 식이 사용된다.

$$\gamma = 0.55+0.88e^{-0.012\cot\beta} \quad \text{for} \quad 0<\beta<0.1$$

여기서, β는 해저면의 경사, α_{BJ}는 쇄파의 발달의 관측으로부터 추정될 수 있으며 통상 1.0을 사용한다.

⑤ 4파 비선형 상호작용

심해에서 4파 비선형상호작용(또는 제3차 비선형상호작용, quadruplet wave-wave interactions) 효과는 스펙트럼의 첨두주파수를 저주파 쪽으로 이동시키는 것이다.

이 현상은 약비선형으로서 수학적인 방정식은 Hasselmann(1962)에 의하여 도출되었다.

4파 비선형상호작용을 엄밀하게 계산하는 데는 매우 많은 계산 시간이 소요되므로 WAM 모델에서는 이산상호작용 근사법(discrete interaction approximation)을 사용하고 있으며 SWAN 모델에서도 이것을 그대로 도입했다.

이 근사법은 무수히 많은 4파 상호작용 배치 중에서 가장 영향이 큰 하나의 배치만을 고려(실제는 이 배치에 대한 경상(mirror symmetrical)도 고려하므로 총 배치 수는 2개임)하며, 배치에 포함된 4파의 주파수는 다음과 같으며 첫 번째 배치에서 두 개의 파수 벡터는 동일하다.

$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$

$\sigma_3 = \sigma(1+\lambda) = \sigma^+$

$\sigma_4 = \sigma(1-\lambda) = \sigma^-$

여기서, λ = 0.25

반면에 다른 두 파는 각각 상대적으로 $\theta_3 = 11.5^\circ$, $\theta_4 = -33.6^\circ$의 각을 가지며 두 번째 배치에서는 $\theta_3 = -11.5^\circ$, $\theta_4 = 33.6^\circ$가 된다.

심해에서 충분히 발달된 파랑(fully arisen seas)의 에너지 평형을 고려하여 구해지므로 백파 모형의 계수 결정은 바람 입력항의 계산법에 의존한다.

심해에서의 이산상호작용근사는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{nl4}(\sigma,\theta) = S^*_{nl4}(\sigma,\theta) + S^{**}_{nl4}(\sigma,\theta)$$

위 식 우변의 제1항은 제1배치에 의한 비선형상호작용이며 제2항은 제2배치(제1배치의 경상 배치)에 의한 비선형항으로 아래와 같이 계산된다.

$$S^*_{nl4}(\sigma,\theta) = 2\delta S_{nl4}(\alpha_1\sigma,\theta) - \delta S_{nl4}(\alpha_2\sigma,\theta) - \delta S_{nl4}(\alpha_3\sigma,\theta)$$

여기서, $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 1+\lambda$, $\alpha_3 = 1-\lambda$이며 각 항은 다음과 같다.

$$\delta S_{nl4}(\alpha_i\sigma,\theta) = C(2\pi)^2 g^{-4}\left(\frac{\sigma}{2\pi}\right)^{11}\left[\begin{array}{l} E^2(\alpha_i\sigma,\theta)\left\{\frac{E(\alpha_i\sigma^+,\theta)}{(1+\lambda)^4}+\frac{E(\alpha_i\sigma^-,\theta)}{(1-\lambda)^4}\right\} \\ -2\frac{E(\alpha_i\sigma,\theta)E(\alpha_i\sigma^+,\theta)E(\alpha_i\sigma^-,\theta)}{(1-\lambda^2)^4} \end{array}\right]$$

여기서, $C = 3\times10^7$

$S_{nl4}^{**}(\sigma,\theta)$는 위 식에 경상 배치의 상대 파향을 대입하여 구하며 Hasselmann(1981)은 JONSWAP 스펙트럼에 대하여 천해에서의 4파 상호작용을 엄밀 계산하였다.

그들은 이 계산으로부터 천해에서의 상호작용을 심해파 대한 값으로 표현하는 아래와 같은 공식을 도출하여 WAM 모델에 도입하였으며 SWAN 모델에서도 같은 방법으로 천해에서의 4파 상호작용을 고려하였다.

$S_{nl4}(\text{finite depth}) = R(k_p d)S_{nl4}(\text{deep water})$

여기서, k_p는 JONSWAP 스펙트럼의 첨두 파수, d는 수심(SWAN 모델에서 $k_p d$는 $0.75\bar{k}d$로 대체)이다.

⑥ 3파 비선형 상호작용

파장과 파고에 비하여 수심이 얕아지게 되면 3파 비선형상호작용(또는 제2차 비선형상호작용, triad interactions)의 영향을 무시할 수 없게 된다.

3파 비선형 상호작용은 파랑의 에너지를 저주파 영역에서 고주파 영역으로 이동시키며, 3파 비선형상호작용에 의해서 생성되는 저주파 영역은 SWAN 모델에서는 고려하지 않는다.

Eldeberky(1996)는 3파 비선형상호작용을 계산하기 위한 LTA(lumped interaction approximation)라고 하는 근사법을 제안하였으며 SWAN 모델에서는 이 방법을 채용하였나.

$$S_{nl3}(\sigma,\theta) = S_{nl3}^{-}(\sigma,\theta)+S_{nl3}^{+}(\sigma,\theta)$$

$$S_{nl3}^{+} = \max\left\{0, \alpha_E 2\pi c c_g J^2 |sin\beta| \left[E^2\left(\frac{\sigma}{2},\theta\right)-2E\left(\frac{\sigma}{2},\theta\right)E(\sigma,\theta)\right]\right\}$$

$$S_{nl3}^{-}(\sigma,\theta) = -2S_{nl3}^{+}(2\sigma,\theta)$$

$$\beta = -\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}\tanh\left[\frac{0.2}{U_r}\right]$$

$$J = \frac{k_{\sigma/2}^2 (gd + 2c_{\sigma/2}^2)}{k_\sigma d\left(gd + \frac{2}{15}gd^3k_\sigma^2 - \frac{2}{5}\sigma^2 d^2\right)}$$

여기서, α_E는 조정 가능한 비례상수

J는 상호작용계수

U_r은 Ursell 파라메타로서 다음 식으로 구한다.

$$U_r = \frac{g}{8\sqrt{2}\pi^2}\frac{H_s \overline{T}^2}{d^2}, \quad \overline{T} = \frac{2\pi}{\overline{\sigma}}$$

한편, 3파 비선형상호작용은 $0.1 < U_r < 10$인 경우에만 계산한다.

⑦ 회절

흐름이 없는 경우를 고려하여 $C_\sigma = 0$으로 가정하였으며, $C_{x,0}$, $C_{y,0}$, $C_{\theta,0}$는 회절이 없는 경우의 전파 속도를 나타낸다.

$$C_{x,0} = \frac{\partial\omega}{\partial k}\cos(\theta)$$
$$C_{y,0} = \frac{\partial\omega}{\partial k}\sin(\theta)$$
$$C_{\theta,0} = -\frac{1}{k}\frac{\partial\omega}{\partial h}\frac{\partial H}{\partial n}$$

여기서, k는 파수이고, n은 파향선에 직각이며 회절을 고려하게 되므로 전파속도는 다음과 같다.

$$C_x = C_{x,o}\,\overline{\delta}, \quad C_y = C_{y,o}\,\overline{\delta}$$
$$C_\theta = C_{\theta,0}\,\overline{\delta} - \frac{\partial\overline{\delta}}{\partial X}C_{y,o} + \frac{\partial\overline{\delta}}{\partial Y}C_{x,0}$$

여기서, $\overline{\delta} = \sqrt{1+\delta}$이다.

⑧ 적용방법

모형에서 작용보존방정식은 유한차분법으로 해석하며 정상상태를 가정할 경우 독립변수 시간은 평형방정식으로부터 제거된다.

지형공간 4개 90° 간격의 구역에서 일차상향법과 Four sweep법과 같은 전진법으로 해석하였으며 스펙트럼공간에서 여러변수들을 상향차분법과 중앙차분법을 같이 사용하여 음해법으로 수치해석하였다.

원천항에 대한 수치해석법은 양해법과 음해법을 같이 사용하였다.

Nesting기법을 사용하여 상세역과 같은 높은 정밀도를 요구하는 지역에 적용하였다.

JONSWAP 스펙트럼을 이용하여 측면과 외해측 경계조건을 만들어 적용하였다.

$$S(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} e^{-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_m}\right)^{-4}} \gamma^{e^{-\frac{1}{2}\frac{(f-f_m)^2}{\sigma^2 f_m^2}}}$$

여기서, α : Phillips 상수(Phillips' constant)

f_m : 첨두주파수(peak frequency)

γ : 첨두향상계수(peak enhancement constant)

σ는 스펙트럼의 폭을 결정하는 파라메터로 다음과 같다.

$$\sigma = \sigma_a \quad \text{for} \quad f \leq f_m, \quad \sigma_b \quad \text{for} \quad f > f_m$$

Hasselmann et al.(1973)이 북해에서 관측한 심해파랑자료의 분석결과에 의하면 α와 f_m은 취송거리(fetch)와 풍속의 함수로 결정되며, γ, σ_a, σ_b의 평균값은 각각 3.3, 0.07, 0.09이다.

특히, γ의 분포범위는 1.0~7.0 이며, 평균파향은 아래와 같이 정의(Kuik, 1988)한다.

$$\theta_{mean} = \arctan\left\{\int \sin(\theta) E(\sigma,\theta) d\sigma\, d\theta / \int \cos(\theta) E(\sigma,\theta) d\sigma\, d\theta\right\}$$

(3) 실험내용

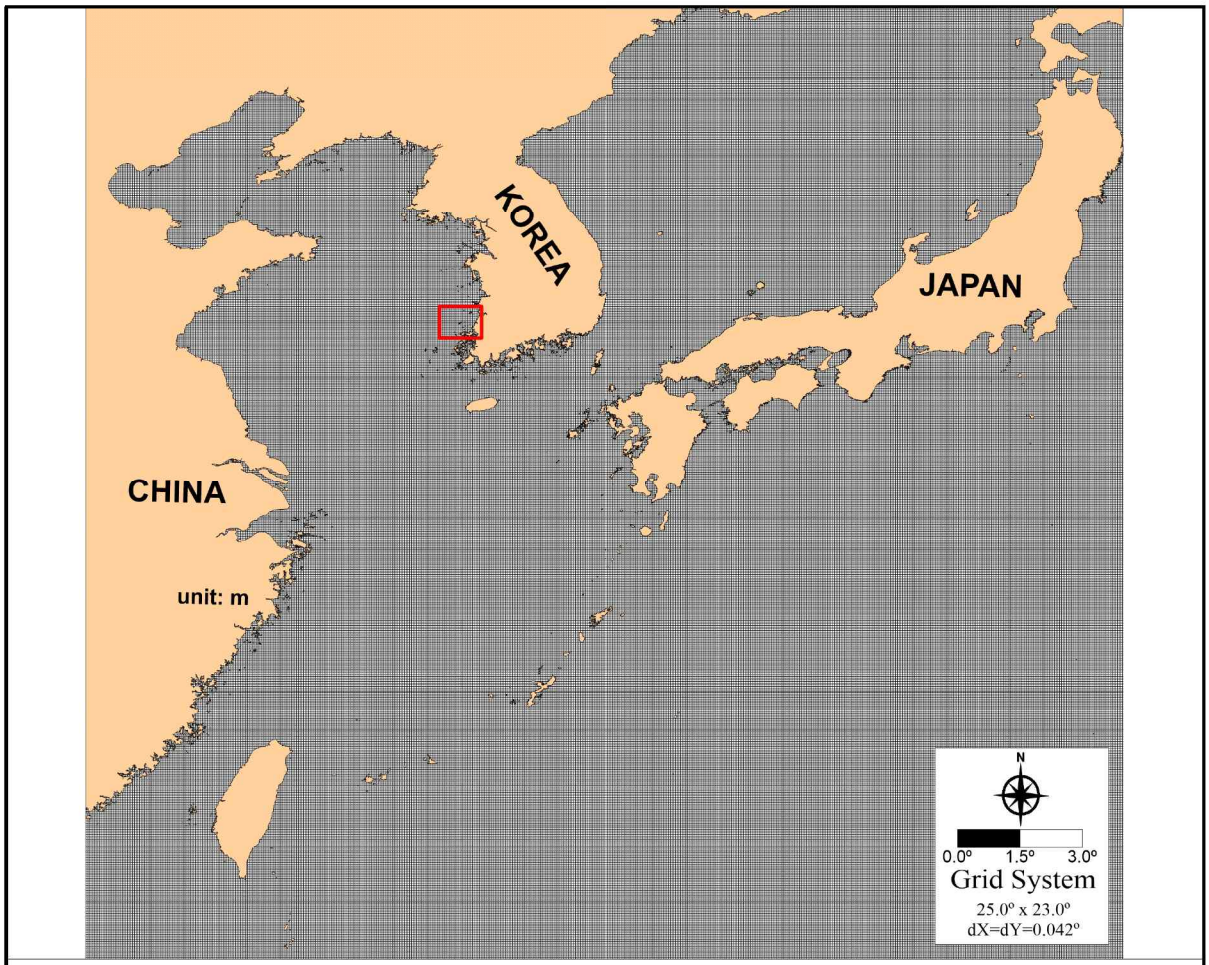
(가) 모델영역 및 격자 구성

모델의 계산영역은 네스팅 자료를 생성하기 위해 전해역, 중간역으로 나누었고 조성 전·후 파고 변화를 계산하기 위하여 상세역으로 구성하였다.

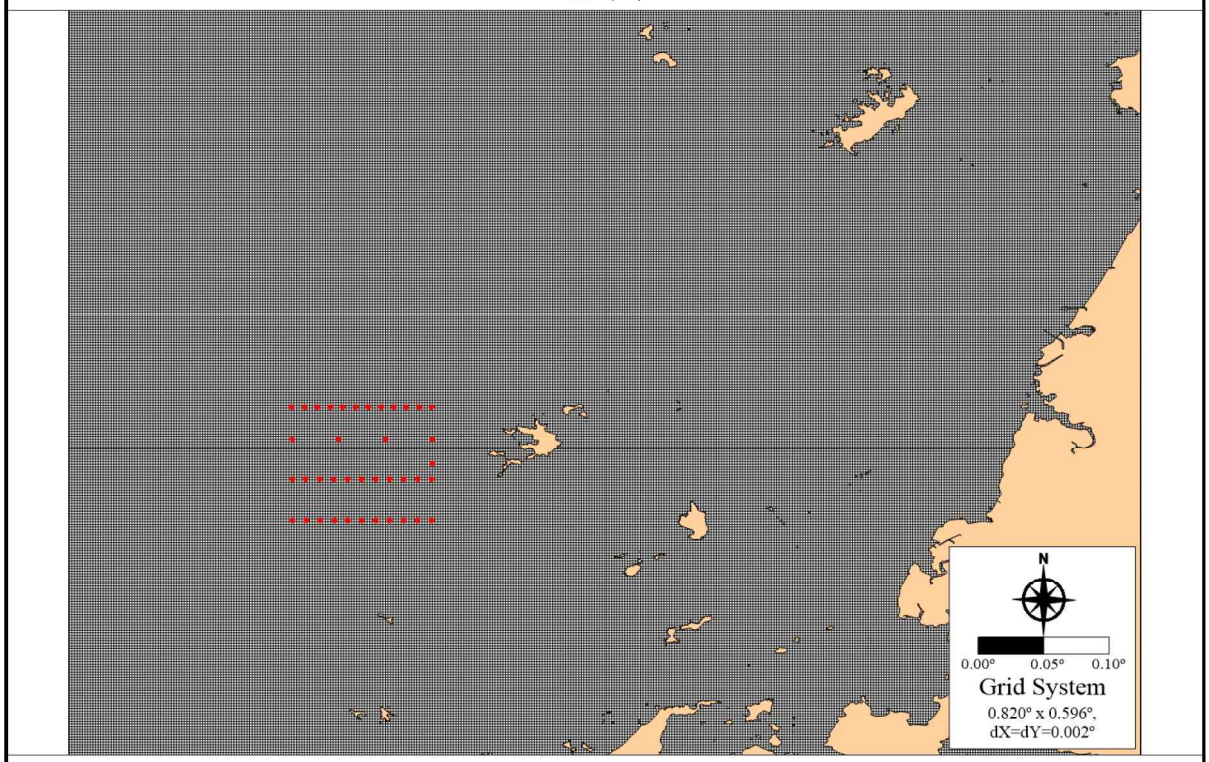
전해역 격자는 동서방향으로 25.0°, 남북방향으로 23.0°, 격자간격 약 0.042°, 중간역 격자는 동서방향으로 0.820°, 남북방향으로 0.596°, 격자간격 0.002°, 상세역 격자는 동서방향으로 0.220°, 남북방향으로 0.163°, 격자간격 0.0002°로 수립하였다.

본 실험에서 적용한 해안선 및 해저지형은 전해역의 경우 SRTM(90m 격자간격), BADA(150m 격자간격) 및 TPXO의 (1/30° 격자간격)자료를 수집하여 제작하였다.

중간역 및 상세역의 경우 국립해양조사원에서 발행한 수치해도를 사용하였으며 초기 해수면은 안마도 기본수준점의 약최고고조위 DL(+)5.958m를 적용하였다.

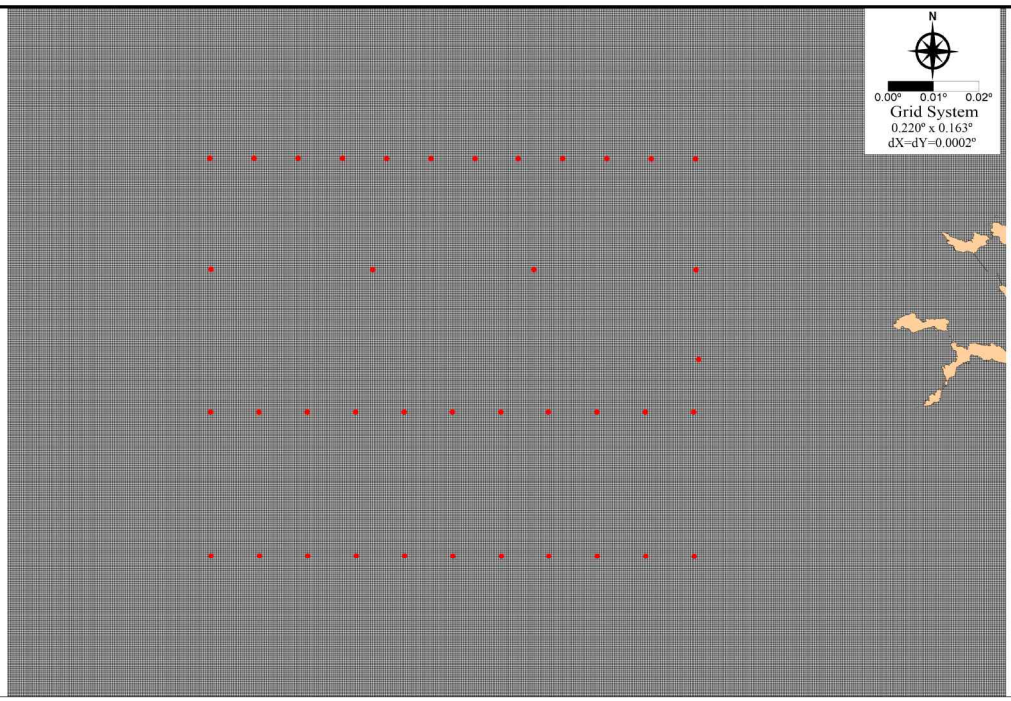


전해역



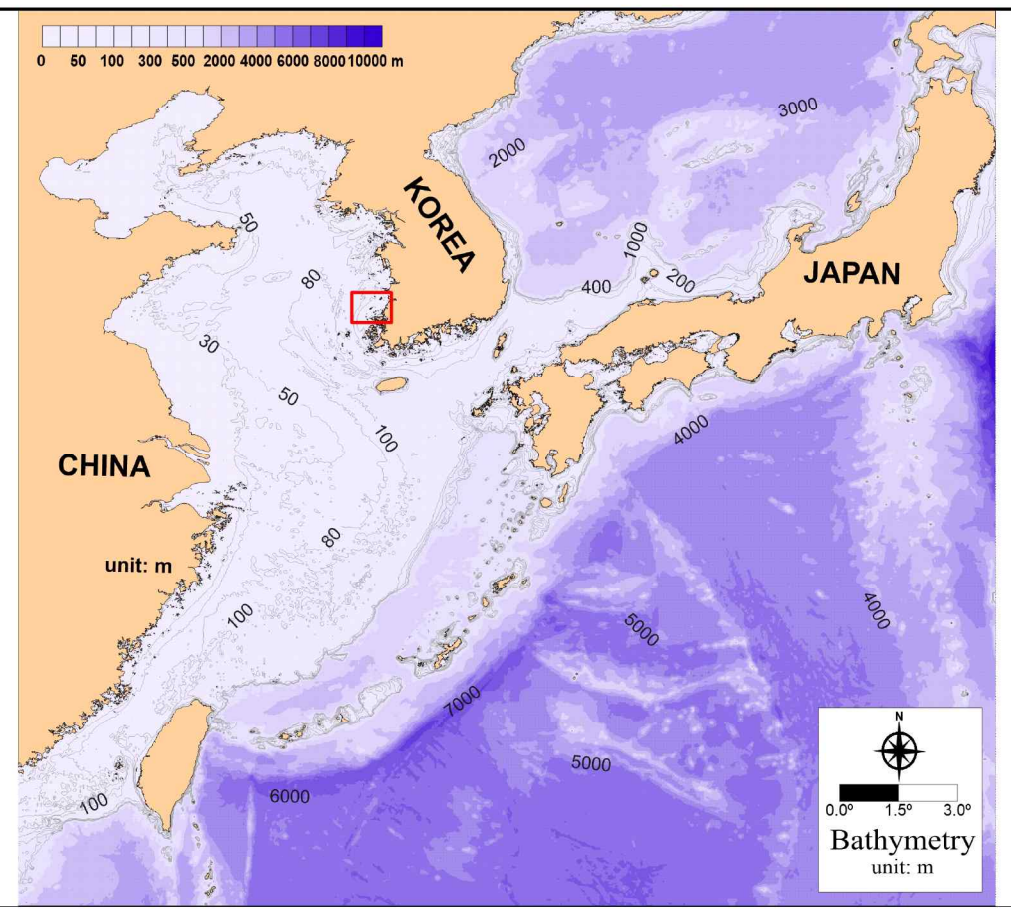
중간역

(그림 4.3.1-1) 파랑변형 모델 격자망도



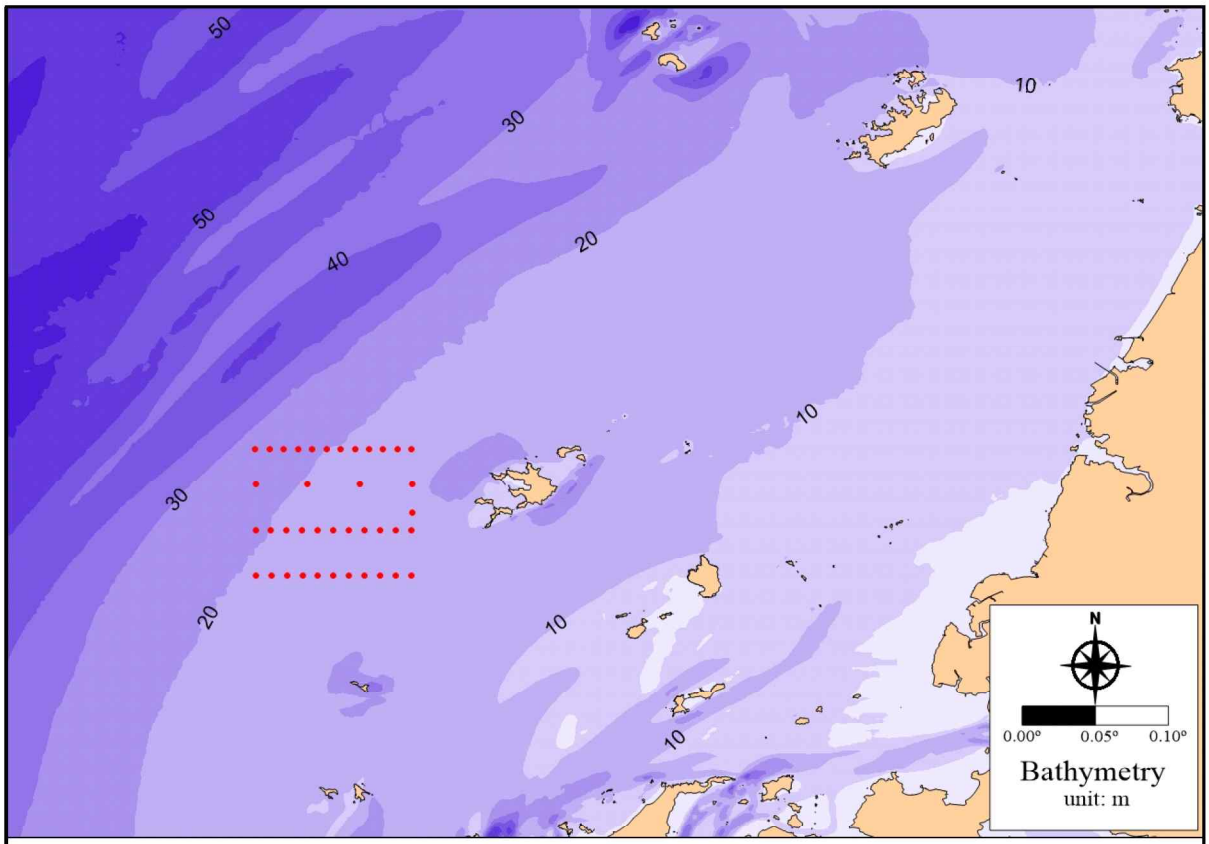
상세역

(그림 4.3.1-1) 계 속

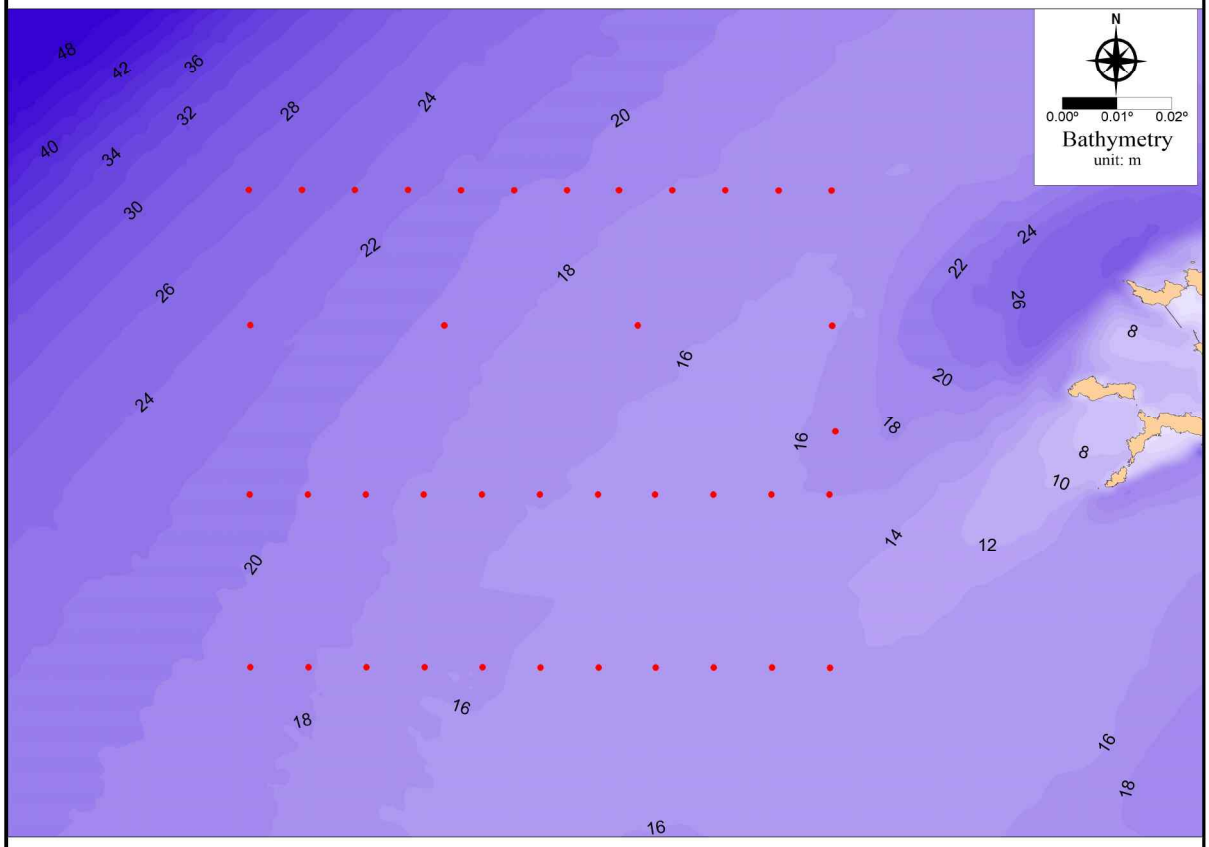


전해역

(그림 4.3.1-2) 파랑변형 모델의 수심도



중간역



상세역

(그림 4.3.1-2) 계 속

(나) 입력자료

일본 기상청 1시간 간격 해상풍 제보자료(JMA-MSM)는 2002. 07. 01 ~ 2006. 02. 28 기간동안 22.5° ~ 47.5°N, 120° ~ 150°E의 범위에서 위도 0.1°, 경도 0.125°의 해상도, 2006. 03. 01 이후에는 22.4° ~ 47.6°N, 120° ~ 150°E의 범위에서 위도 0.05°, 경도 0.0625°의 해상도로 제공되고 있다.

본 과업의 바람장 제원은 공간적인 해상도가 우수한 JMA(Japan Meteorological Agency)의 바람장 자료를 기본으로 사용하였으며, 하계 및 추계에는 2019년, 동계 및 춘계에는 2020년 자료를 수집하여 실험을 수행하였다.

<표 4.3.1-2> 바람장 제원

구 분	기 간	해 상 도	대상 범위	비 고
JMA-MSM	2006.03~현재	위도: 0.05°, 경도: 0.0625°	동아시아 (22.4° ~ 47.6° N, 120° ~ 150° E)	1 Hours interval 예보자료

(다) 모델검증

① 부안·영광파고부이 검증

기상청에서 운용 중인 부안 파고부이 및 영광 파고부이의 2019년, 2020년 유의파고 자료 중 결측값을 제외한 자료를 활용하여 검증을 수행하였다.

부안·영광부이의 평균 유의파고 관측치와 모델치는 각 계절별로 구분하여 오차 및 RAAE(%)를 산정하였으며, 파고 시계열 검증은 2019~2020년(2년 간) 전체기간을 모의하여 관측치와 비교·검토하였다.

부안파고부이의 유의파고 평균값은 관측자료에서 하계 0.61m, 추계 0.86m, 동계 1.00m, 춘계 0.89m로 나타났으며, 모델 계산 결과에서는 하계 0.67m, 추계 0.79m, 동계 0.91m, 춘계 0.94m로 산정되었다.

영광파고부이의 유의파고 평균값은 관측자료에서 하계 0.38m, 추계 0.81m, 동계 0.82m, 춘계 0.75m로 나타났으며, 모델 계산 결과에서는 하계 0.42m, 추계 0.75m, 동계 0.79m, 춘계 0.80m로 산정되었다.

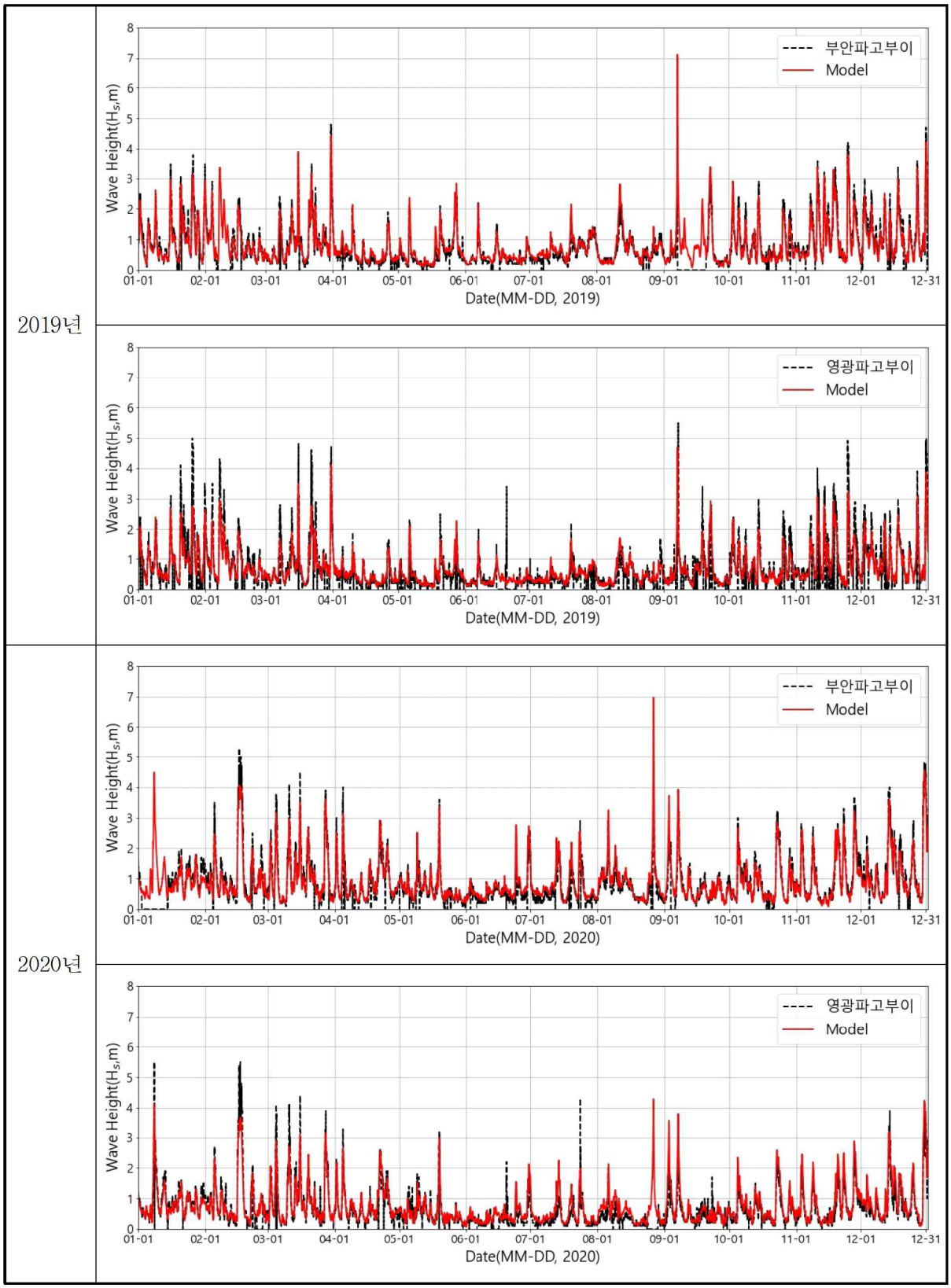
부안파고부이 및 영광파고부이의 유의파고 오차는 각각 -0.09~0.06m, -0.06~0.05m 이내로 나타났고 RAAE(%)의 경우 각각 5.32~9.89%, 3.80~9.52%로 분포하여 대상 해역 인근의 파랑 특성을 비교적 양호하게 모의한 것으로 검토되었다.

<표 4.3.1-3> 부안 · 영광파고부이 유의파고 검증 기간

계 절	기 간	비 고
하 계	2019.07.01.00:00 ~ 2019.07.31.23:00	2019년 부안 및 영광 파고부이 자료 전기간 검증
추 계	2019.10.01.00:00 ~ 2019.10.31.23:00	
동 계	2020.01.16.00:00 ~ 2020.02.15.23:00	2020년 부안 및 영광 파고부이 자료 전기간 검증
춘 계	2020.04.01.00:00 ~ 2020.04.30.23:00	

<표 4.3.1-4> 부안 · 영광파고부이 유의파고 검증 결과

계 절	정 점	구 분	유의파고 평균(m)	오 차(m)	RAAE(%)
하 계	부안 파고부이	관측치	0.61	0.06	8.96
		계산치	0.67		
	영광 파고부이	관측치	0.38	0.04	9.52
		계산치	0.42		
추 계	부안 파고부이	관측치	0.86	-0.07	8.86
		계산치	0.79		
	영광 파고부이	관측치	0.81	-0.06	8.00
		계산치	0.75		
동 계	부안 파고부이	관측치	1.00	-0.09	9.89
		계산치	0.91		
	영광 파고부이	관측치	0.82	-0.03	3.80
		계산치	0.79		
춘 계	부안 파고부이	관측치	0.89	0.05	5.32
		계산치	0.94		
	영광 파고부이	관측치	0.75	0.05	6.25
		계산치	0.80		



(그림 4.3.1-3) 부안파고부이 및 영광파고부이 연간 유의파고 시계열 검증 결과

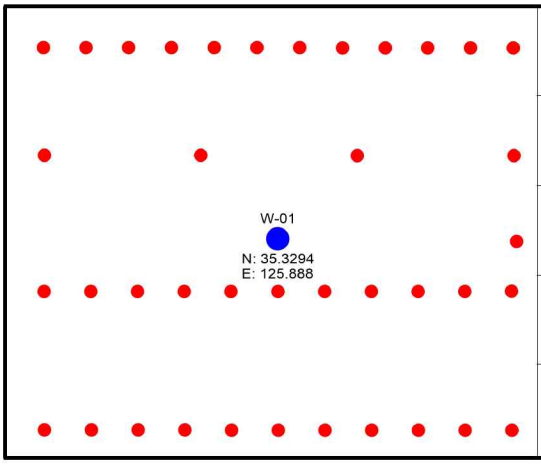
② W-01 정점 검증

W-01 정점의 유의파고, 주기 및 파향 관측자료를 이용하여 모델 계산결과와 비교하여 검증을 수행하였다.

W-01 정점의 유의파고 평균값은 관측자료에서 하계 0.59m, 추계 0.93m, 동계 1.03m, 춘계 0.89m로 나타났으며, 모델 계산결과에서는 하계 0.65m, 추계 0.87m, 동계 0.96m, 춘계 0.91m로 산정되었다.

W-01 정점의 유의파고 오차는 -0.07~0.06m 이내로 나타났으며, RAAE(%)의 경우 2.20~9.23% 로 분포하여 대상 해역 인근의 파랑 특성을 비교적 양호하게 재현하는 것으로 검토되었다.

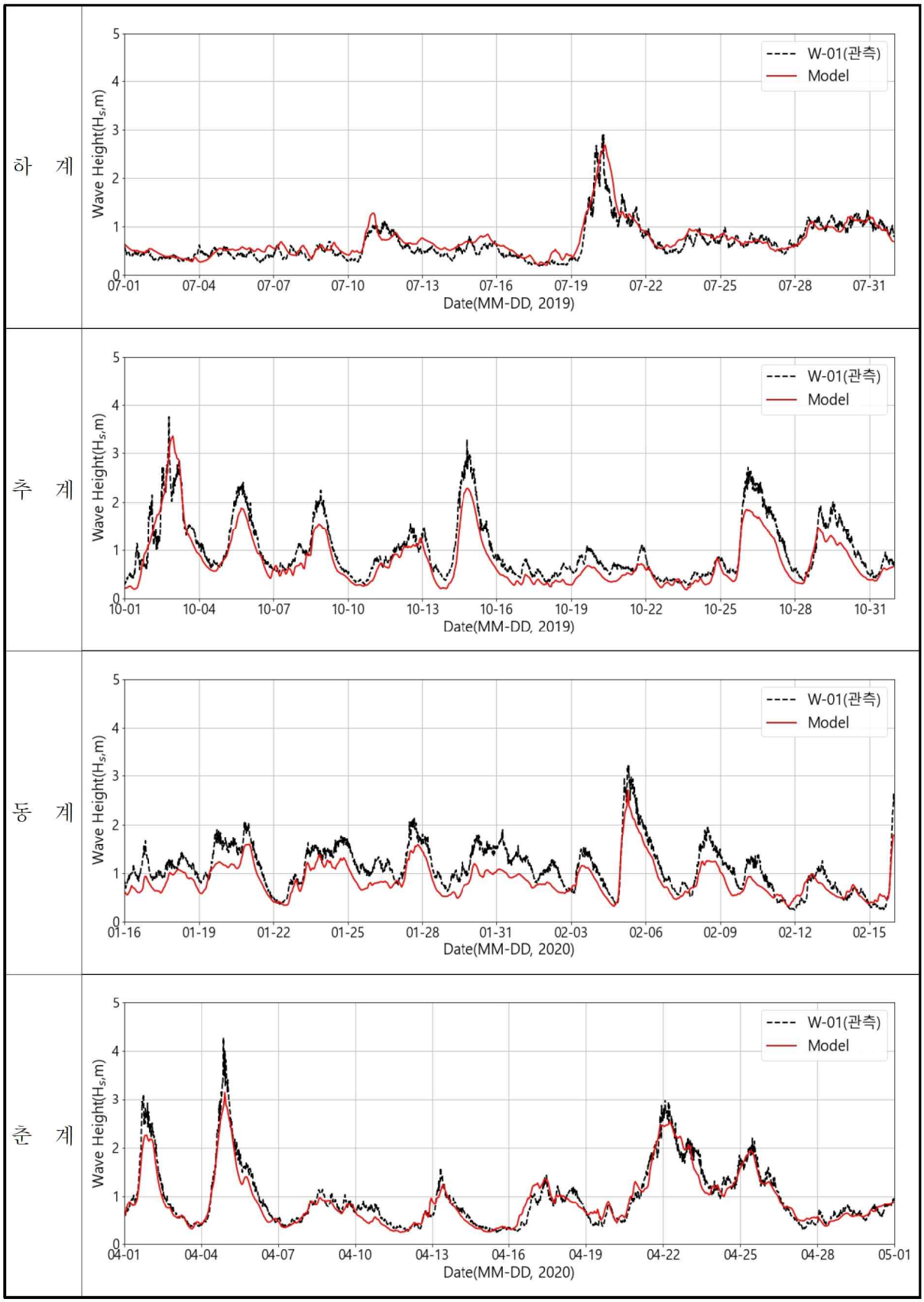
<표 4.3.1-5> W-01 정점 위치 및 파랑 검증 기간



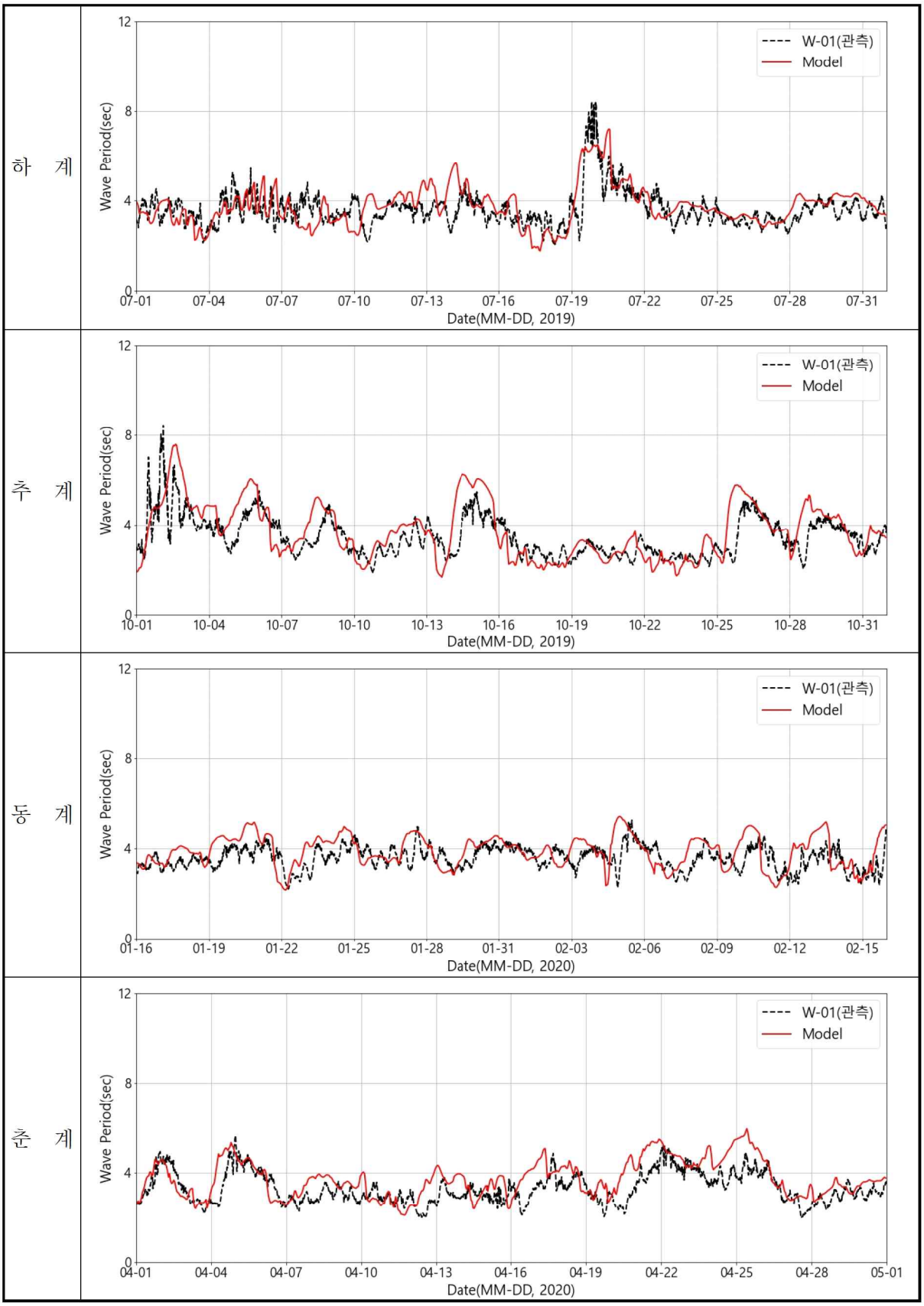
계 절	기 간
하 계	2019.07.01.00:00 ~ 2019.07.31.23:00
추 계	2019.10.01.00:00 ~ 2019.10.31.23:00
동 계	2020.01.16.00:00 ~ 2020.02.15.23:00
춘 계	2020.04.01.00:00 ~ 2020.04.30.23:00

<표 4.3.1-6> W-01 정점 유의파고 유의파고 검증 결과

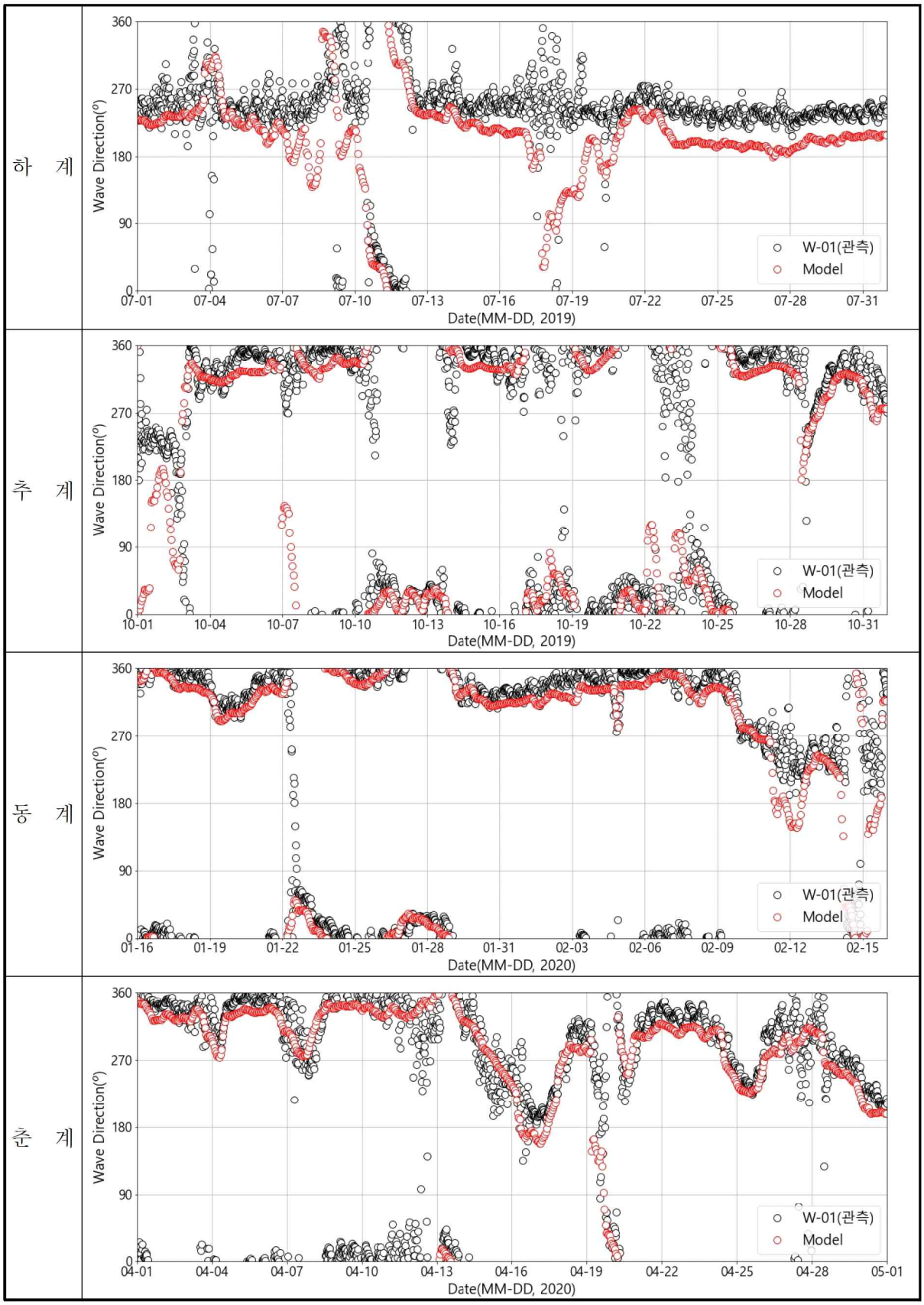
계 절	구 분	유의파고 평균(m)	오차(m)	RAAE(%)
하 계	관측치	0.59	0.06	9.23
	계산치	0.65		
추 계	관측치	0.93	-0.06	6.90
	계산치	0.87		
동 계	관측치	1.03	-0.07	7.29
	계산치	0.96		
춘 계	관측치	0.89	0.02	2.20
	계산치	0.91		



(그림 4.3.1-4) 관측 W-01지점 유의파고 시계열 검증 결과



(그림 4.3.1-5) 관측 W-01지점 주기 시계열 검증 결과



(그림 4.3.1-6) 관측 W-01 파향 시계열 검증 결과

(4) 실험결과

(가) 현상태

해상풍력발전기 건설 위치에서 산정된 유의파고 자료를 활용하여 각 계절에 따라 정점별로 최대 유의파고와 평균 유의파고를 제시하였고 동일 위도상에 위치한 풍력발전기들의 정점별 파고 시계열자료를 분석하고 구역별로 나누어 비교하였다.

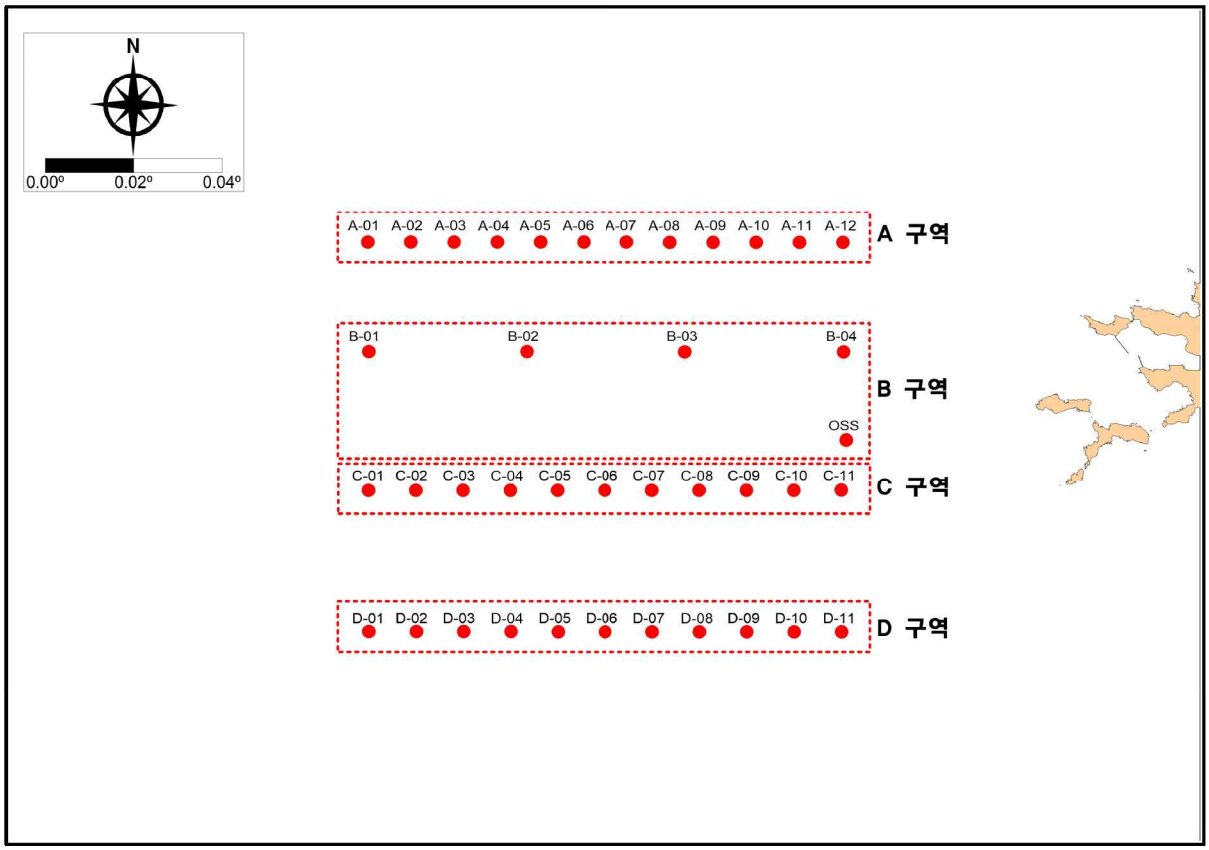
하계에서 구역별 최대유의파고는 A구역 2.50~2.62m, B구역 2.44~2.66m, C구역 2.43~2.76m, D구역 2.31~2.82m 이내로 산정되었으며, 평균유의파고는 A구역 0.69~0.71m, B구역 0.65~0.71m, C구역 0.64~0.72m, D구역 0.59~0.72m 이내로 분포되었다.

추계에서 구역별 최대유의파고는 A구역 3.04~3.31m, B구역 3.13~3.34m, C구역 3.12~3.43m, D구역 2.88~3.47m 이내로 산정되었으며, 평균유의파고는 A구역 0.79~0.80m, B구역 0.78~0.80m, C구역 0.78~0.81m, D구역 0.77~0.81m 이내로 분포되었다.

동계에서 구역별 최대유의파고는 A구역 2.71~2.77m, B구역 2.71~2.75m, C구역 2.70~2.75m, D구역 2.69~2.73m 이내로 산정되었으며, 평균유의파고는 A구역 0.85~0.88m, B구역 0.84~0.88m, C구역 0.84~0.88m, D구역 0.83~0.87m 이내로 분포되었다.

춘계에서 구역별 최대유의파고는 A구역 3.11~3.26m, B구역 3.11~3.24m, C구역 3.12~3.22m, D구역 3.11~3.20m 이내로 산정되었으며, 평균유의파고는 A구역 0.90~0.92m, B구역 0.90~0.92m, C구역 0.89~0.92m, D구역 0.88~0.92m 이내로 분포되었다.

해상풍력발전기 건실 위치의 각 정점별 최대 유의파고는 계절별로 하계 2.82m(2019년 7월 20일), 추계 3.47m(2019년 10월 2일), 동계 2.77m(2020년 2월 5일), 춘계 3.26m(2020년 4월 4일)에 발생하였으며, 추계시 대상해역에 기장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.



(그림 4.3.1-7) 해상풍력발전기 위치 및 유의파고 산정위치도

<표 4.3.1-7> 구역별 최대 유의파고 및 평균 유의파고 (하계-춘계)

구 분	구 역	A	B	C	D
최대 유의 파고 (m)	하 계	2.50 ~ 2.62	2.44 ~ 2.66	2.43 ~ 2.76	2.31 ~ 2.82
	추 계	3.04 ~ 3.31	3.13 ~ 3.34	3.12 ~ 3.43	2.88 ~ 3.47
	동 계	2.71 ~ 2.77	2.71 ~ 2.75	2.70 ~ 2.75	2.69 ~ 2.73
	춘 계	3.11 ~ 3.26	3.11 ~ 3.24	3.12 ~ 3.22	3.11 ~ 3.20
평균 유의 파고 (m)	하 계	0.69 ~ 0.71	0.65 ~ 0.71	0.64 ~ 0.72	0.59 ~ 0.72
	추 계	0.79 ~ 0.80	0.78 ~ 0.80	0.78 ~ 0.81	0.77 ~ 0.81
	동 계	0.85 ~ 0.88	0.84 ~ 0.88	0.84 ~ 0.88	0.83 ~ 0.87
	춘 계	0.90 ~ 0.92	0.90 ~ 0.92	0.89 ~ 0.92	0.88 ~ 0.92

<표 4.3.1-8> 해상풍력발전기 정점별 최대 유의파고 및 평균 유의파고

구 분	최 대				평 균			
	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)
하 계	A-01	2.50	C-01	2.67	A-01	0.71	C-01	0.72
	A-02	2.51	C-02	2.67	A-02	0.71	C-02	0.71
	A-03	2.52	C-03	2.67	A-03	0.71	C-03	0.71
	A-04	2.54	C-04	2.69	A-04	0.71	C-04	0.71
	A-05	2.53	C-05	2.70	A-05	0.70	C-05	0.71
	A-06	2.56	C-06	2.74	A-06	0.70	C-06	0.71
	A-07	2.57	C-07	2.76	A-07	0.70	C-07	0.71
	A-08	2.60	C-08	2.74	A-08	0.70	C-08	0.70
	A-09	2.60	C-09	2.68	A-09	0.70	C-09	0.69
	A-10	2.62	C-10	2.57	A-10	0.70	C-10	0.67
	A-11	2.61	C-11	2.43	A-11	0.69	C-11	0.64
	A-12	2.61	D-01	2.73	A-12	0.69	D-01	0.72
	B-01	2.58	D-02	2.73	B-01	0.71	D-02	0.72
	B-02	2.61	D-03	2.74	B-02	0.71	D-03	0.72
	B-03	2.66	D-04	2.78	B-03	0.71	D-04	0.72
	B-04	2.58	D-05	2.81	B-04	0.67	D-05	0.72
	OSS	2.44	D-06	2.82	OSS	0.65	D-06	0.71
			D-07	2.81			D-07	0.71
			D-08	2.74			D-08	0.69
			D-09	2.60			D-09	0.66
			D-10	2.45			D-10	0.62
			D-11	2.31			D-11	0.59
구 분	최 대				평 균			
	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)
추 계	A-01	3.04	C-01	3.21	A-01	0.80	C-01	0.81
	A-02	3.06	C-02	3.22	A-02	0.80	C-02	0.80
	A-03	3.08	C-03	3.25	A-03	0.80	C-03	0.80
	A-04	3.10	C-04	3.29	A-04	0.80	C-04	0.80
	A-05	3.11	C-05	3.33	A-05	0.80	C-05	0.80
	A-06	3.16	C-06	3.39	A-06	0.80	C-06	0.80
	A-07	3.19	C-07	3.43	A-07	0.79	C-07	0.80
	A-08	3.24	C-08	3.41	A-08	0.79	C-08	0.79
	A-09	3.26	C-09	3.36	A-09	0.79	C-09	0.79
	A-10	3.29	C-10	3.24	A-10	0.79	C-10	0.78
	A-11	3.30	C-11	3.12	A-11	0.79	C-11	0.78
	A-12	3.31	D-01	3.26	A-12	0.79	D-01	0.81
	B-01	3.13	D-02	3.27	B-01	0.80	D-02	0.81
	B-02	3.20	D-03	3.32	B-02	0.80	D-03	0.80
	B-03	3.34	D-04	3.38	B-03	0.79	D-04	0.80
	B-04	3.33	D-05	3.41	B-04	0.78	D-05	0.80
	OSS	3.19	D-06	3.47	OSS	0.78	D-06	0.80
			D-07	3.47			D-07	0.80
			D-08	3.40			D-08	0.79
			D-09	3.23			D-09	0.79
			D-10	3.06			D-10	0.78
			D-11	2.88			D-11	0.77

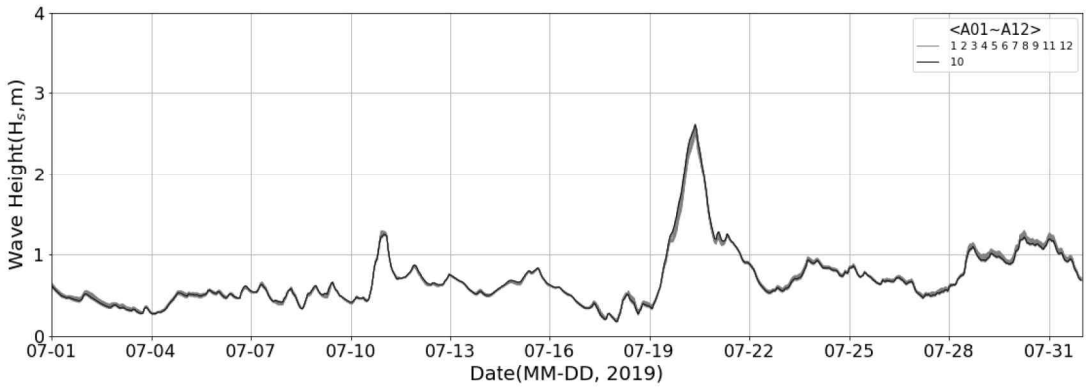
<표 4.3.1-8> 계 속

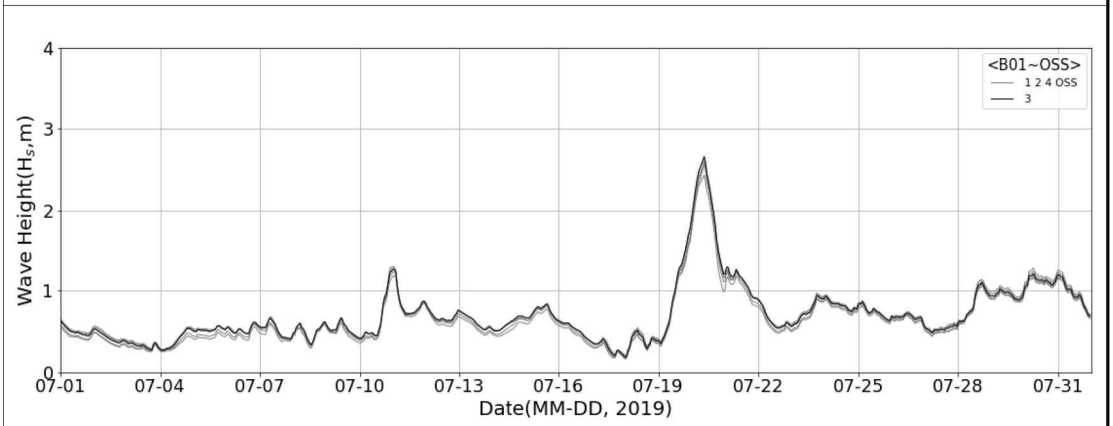
구 분	최 대				평 균			
	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)
동 계	A-01	2.77	C-01	2.74	A-01	0.88	C-01	0.88
	A-02	2.76	C-02	2.73	A-02	0.87	C-02	0.87
	A-03	2.75	C-03	2.72	A-03	0.87	C-03	0.87
	A-04	2.74	C-04	2.72	A-04	0.87	C-04	0.87
	A-05	2.74	C-05	2.70	A-05	0.87	C-05	0.86
	A-06	2.73	C-06	2.71	A-06	0.86	C-06	0.86
	A-07	2.72	C-07	2.70	A-07	0.86	C-07	0.86
	A-08	2.72	C-08	2.70	A-08	0.86	C-08	0.85
	A-09	2.71	C-09	2.71	A-09	0.86	C-09	0.85
	A-10	2.71	C-10	2.72	A-10	0.85	C-10	0.84
	A-11	2.71	C-11	2.75	A-11	0.85	C-11	0.84
	A-12	2.71	D-01	2.73	A-12	0.85	D-01	0.87
	B-01	2.75	D-02	2.72	B-01	0.88	D-02	0.87
	B-02	2.72	D-03	2.70	B-02	0.87	D-03	0.87
	B-03	2.71	D-04	2.71	B-03	0.86	D-04	0.86
	B-04	2.71	D-05	2.69	B-04	0.84	D-05	0.86
	OSS	2.75	D-06	2.70	OSS	0.84	D-06	0.86
			D-07	2.71			D-07	0.85
			D-08	2.71			D-08	0.85
			D-09	2.72			D-09	0.84
			D-10	2.72			D-10	0.84
			D-11	2.72			D-11	0.83
구 분	최 대				평 균			
	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)	번 호	유의파고 (m)
춘 계	A-01	3.26	C-01	3.22	A-01	0.92	C-01	0.92
	A-02	3.24	C-02	3.19	A-02	0.92	C-02	0.92
	A-03	3.23	C-03	3.18	A-03	0.92	C-03	0.91
	A-04	3.21	C-04	3.17	A-04	0.92	C-04	0.91
	A-05	3.21	C-05	3.13	A-05	0.92	C-05	0.91
	A-06	3.19	C-06	3.15	A-06	0.91	C-06	0.91
	A-07	3.16	C-07	3.13	A-07	0.91	C-07	0.90
	A-08	3.16	C-08	3.13	A-08	0.91	C-08	0.90
	A-09	3.14	C-09	3.12	A-09	0.91	C-09	0.90
	A-10	3.12	C-10	3.12	A-10	0.90	C-10	0.90
	A-11	3.12	C-11	3.15	A-11	0.90	C-11	0.89
	A-12	3.11	D-01	3.20	A-12	0.90	D-01	0.92
	B-01	3.24	D-02	3.18	B-01	0.92	D-02	0.91
	B-02	3.18	D-03	3.13	B-02	0.91	D-03	0.91
	B-03	3.15	D-04	3.14	B-03	0.91	D-04	0.91
	B-04	3.11	D-05	3.11	B-04	0.90	D-05	0.91
	OSS	3.15	D-06	3.12	OSS	0.90	D-06	0.90
			D-07	3.14			D-07	0.90
			D-08	3.13			D-08	0.90
			D-09	3.12			D-09	0.89
			D-10	3.12			D-10	0.89
			D-11	3.13			D-11	0.88

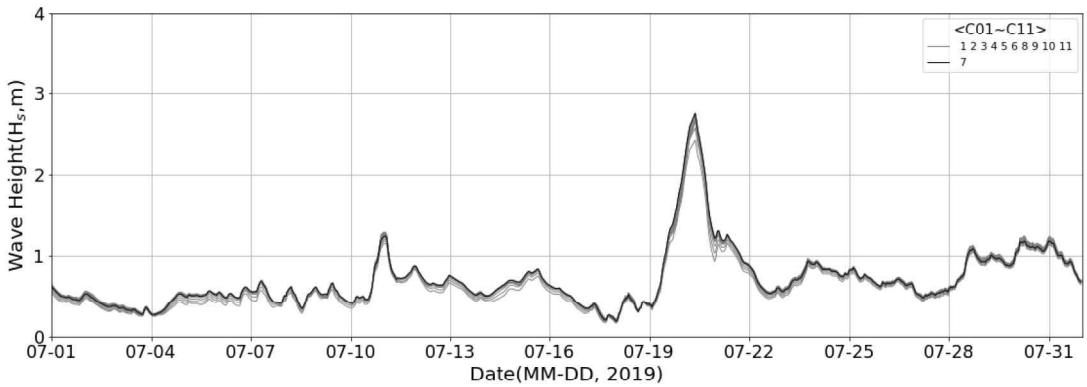
<표 4.3.1-9> 해상풍력발전기 정점별 최대 유의파고 및 평균 유의파고 (하계~춘계)

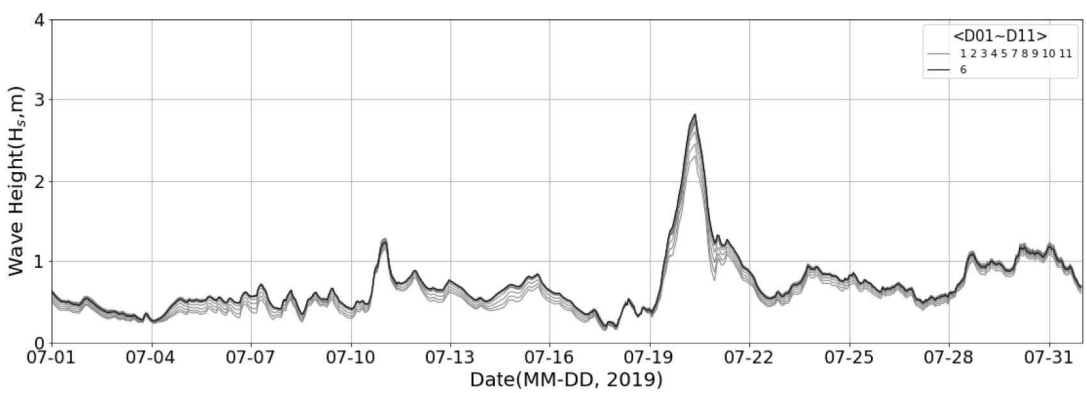
최 대				평 균			
번 호	유의파고(m)	번 호	유의파고(m)	번 호	유의파고(m)	번 호	유의파고(m)
A-01	3.26	C-01	3.22	A-01	0.92	C-01	0.92
A-02	3.24	C-02	3.22	A-02	0.92	C-02	0.92
A-03	3.23	C-03	3.25	A-03	0.92	C-03	0.91
A-04	3.21	C-04	3.29	A-04	0.92	C-04	0.91
A-05	3.21	C-05	3.33	A-05	0.92	C-05	0.91
A-06	3.19	C-06	3.39	A-06	0.91	C-06	0.91
A 07	3.19	C 07	3.43	A 07	0.91	C 07	0.90
A-08	3.24	C-08	3.41	A-08	0.91	C-08	0.90
A-09	3.26	C-09	3.36	A-09	0.91	C-09	0.90
A-10	3.29	C-10	3.24	A-10	0.90	C-10	0.90
A-11	3.30	C-11	3.15	A-11	0.90	C-11	0.89
A-12	3.31	D-01	3.26	A-12	0.90	D-01	0.92
B-01	3.24	D-02	3.27	B-01	0.92	D-02	0.91
B-02	3.20	D-03	3.32	B-02	0.91	D-03	0.91
B-03	3.34	D-04	3.38	B-03	0.91	D-04	0.91
B-04	3.33	D-05	3.41	B-04	0.90	D-05	0.91
OSS	3.19	D-06	3.47	OSS	0.90	D-06	0.90
		D-07	3.47			D-07	0.90
		D-08	3.40			D-08	0.90
		D-09	3.23			D-09	0.89
		D-10	3.12			D-10	0.89
		D-11	3.13			D-11	0.88

하 계



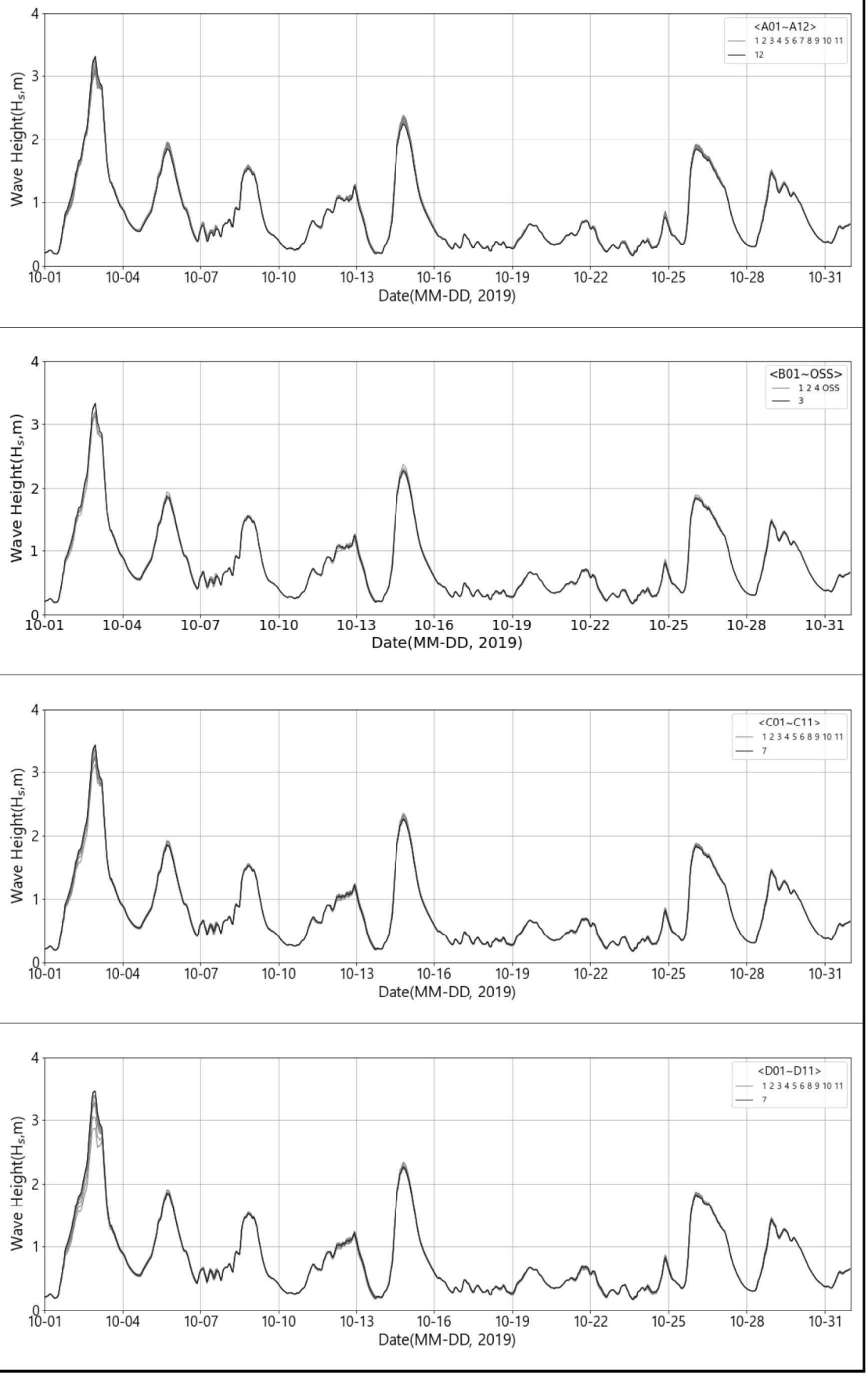




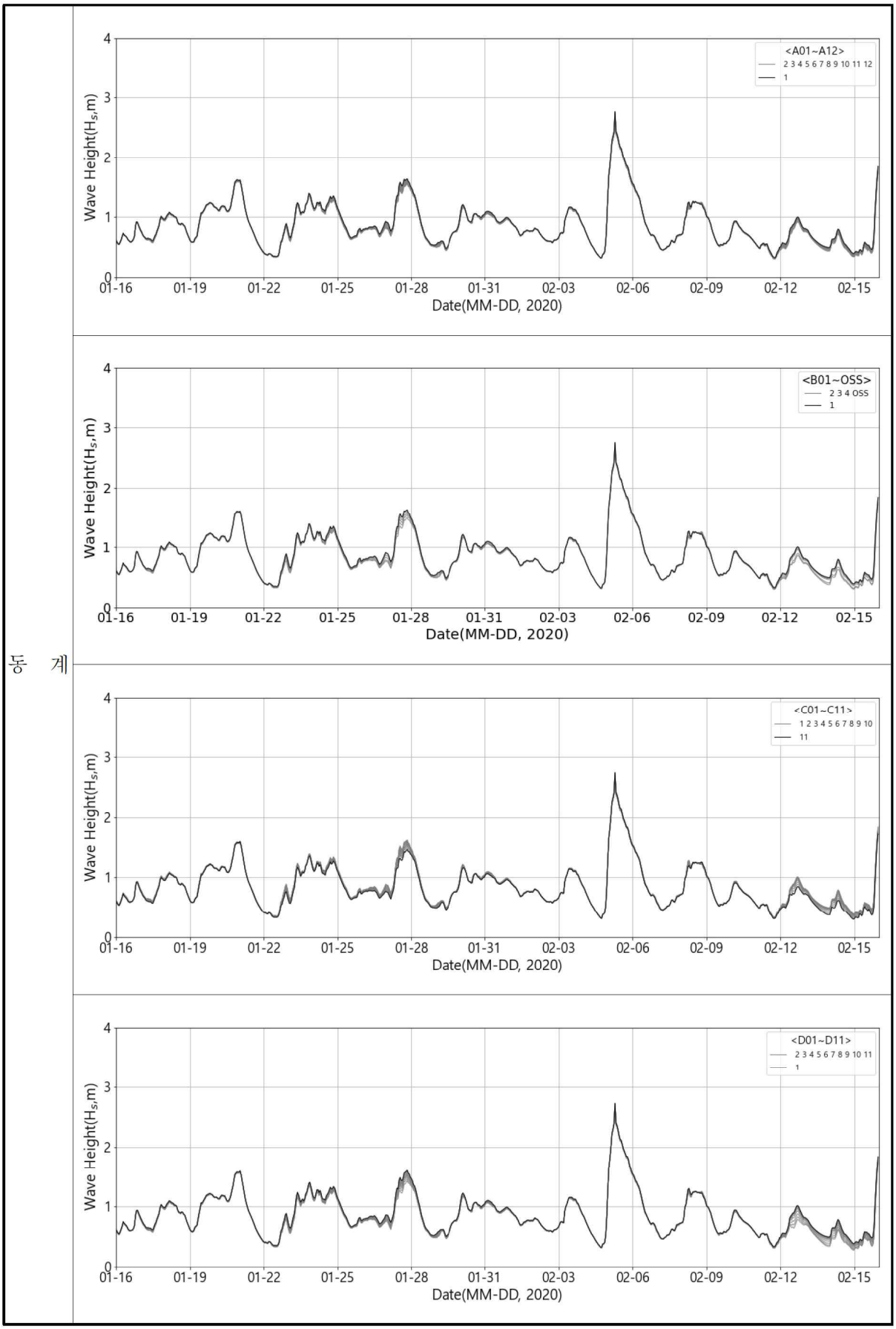


(그림 4.3.1-8) 계절별 해상풍력발전기 정점별 유의파고 시계열 (1/4)

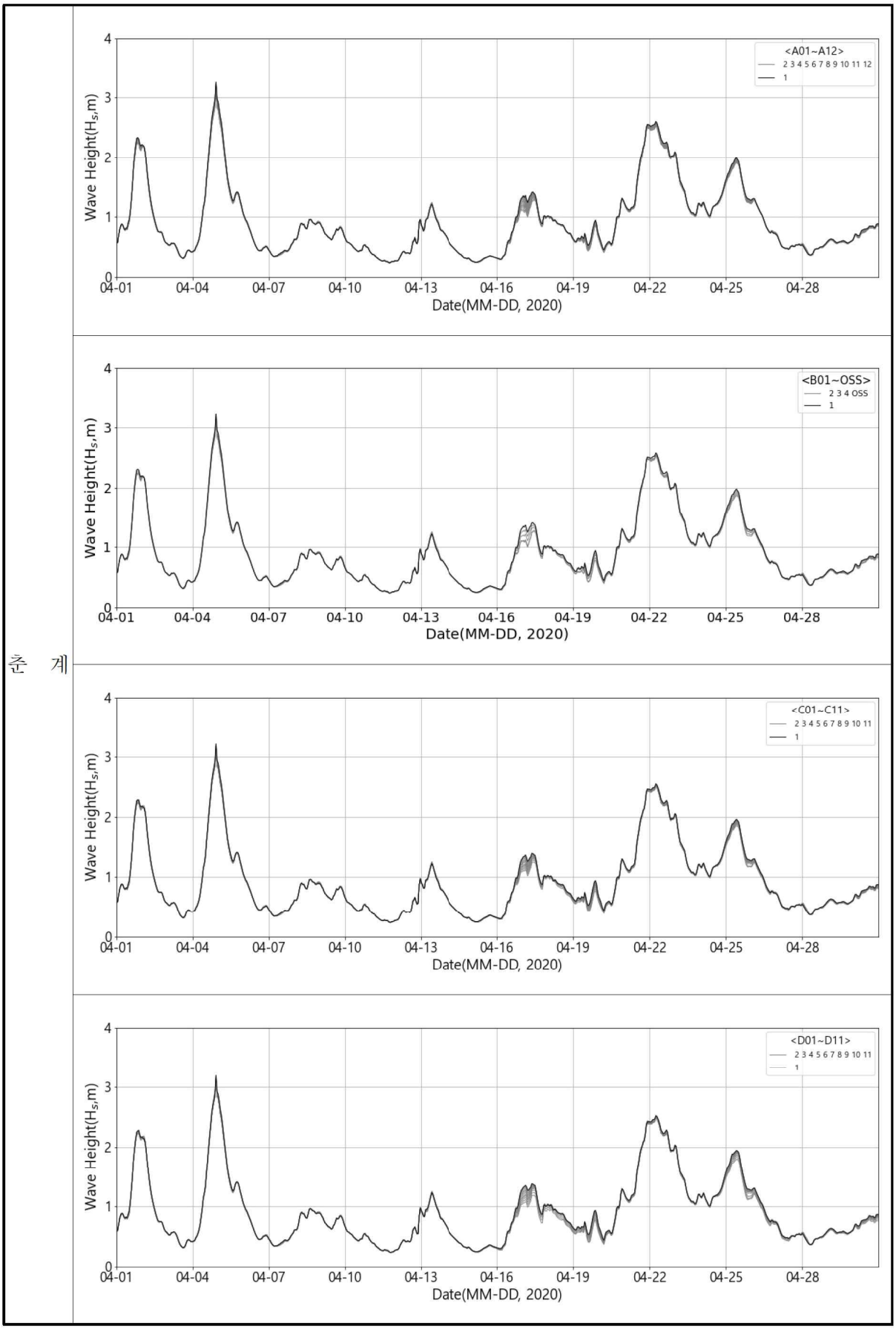
추 계



(그림 4.3.1-8) 계절별 해상풍력발전기 정점별 유의파고 시계열 (2/4)



(그림 4.3.1-8) 계절별 해상풍력발전기 정점별 유의파고 시계열 (3/4)



(그림 4.3.1-8) 계절별 해상풍력발전기 정점별 유의파고 시계열 (4/4)

(나) 조성 후 파고변화

해상풍력발전단지 조성 전·후의 최대유의파고 변화 평균치를 분석하여 사업시행에 따른 파고변화의 영향을 산정하였다.

또한, 각 계절별로 최대 유의파고 발생일을 신정하여 해상풍력발전단지 조성 전·후의 파랑 벡터도를 도시하였고 전 기간(하계~춘계) 최대파고를 산출하여 조성 전 최대 파고분포도와 조성 전·후의 최대파고 변화선도를 제시하였다.

조성 전·후 최대 유의파고 변화의 평균치는 발전단지 내측에서 하계 -0.04m, 추계 -0.06m, 동계 -0.04m, 춘계 -0.05m, 발전단지 외측에서는 하계 -0.03m, 추계 -0.04m, 동계 -0.03m, 춘계 -0.03m, OSS 인근에서는 하계 -0.04m, 추계 -0.06m, 동계 -0.05m, 춘계 -0.07m로 발전단지 내·외측 및 OSS 인근에서 파고가 감소되는 것으로 검토되었다.

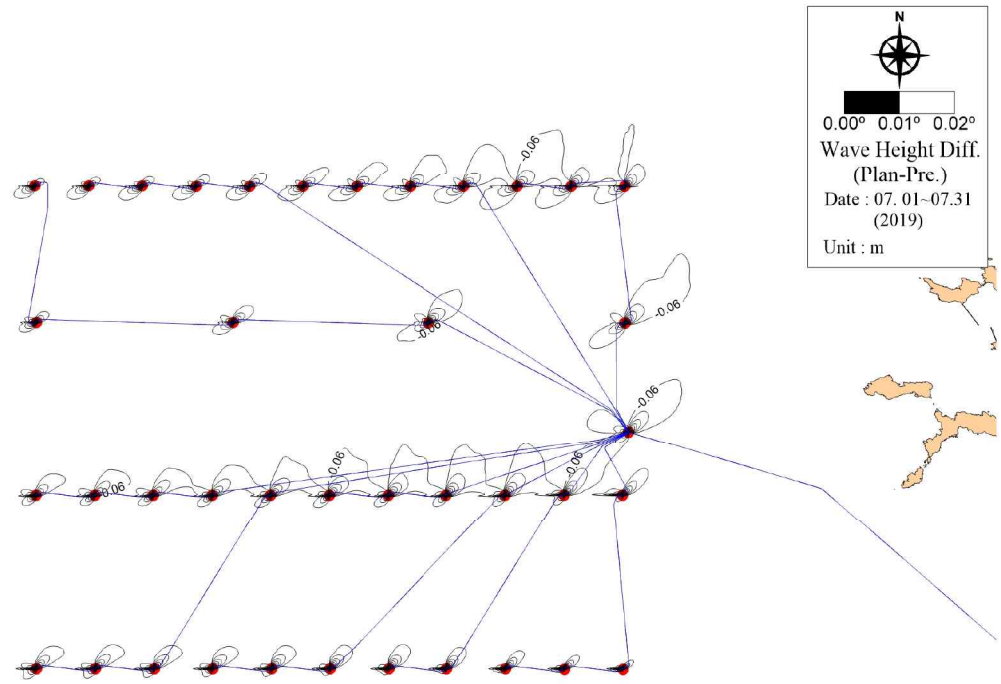
최대파고 발생시 내습 파랑은 하계시 북동계열, 추계 ~ 춘계시 남동계열의 파향으로 나타났으며, 발전단지에서 연안에 접근함에 따라 파고가 감소하는 것으로 나타났다.

조성 전·후에 따른 유의파고 변화는 발전단지 내측에서 외측으로 갈수록 감소하는 것으로 나타났으며, 사업시행으로 인하여 주변해역에 미치는 파고변화 영향은 미약한 것으로 검토되었다.

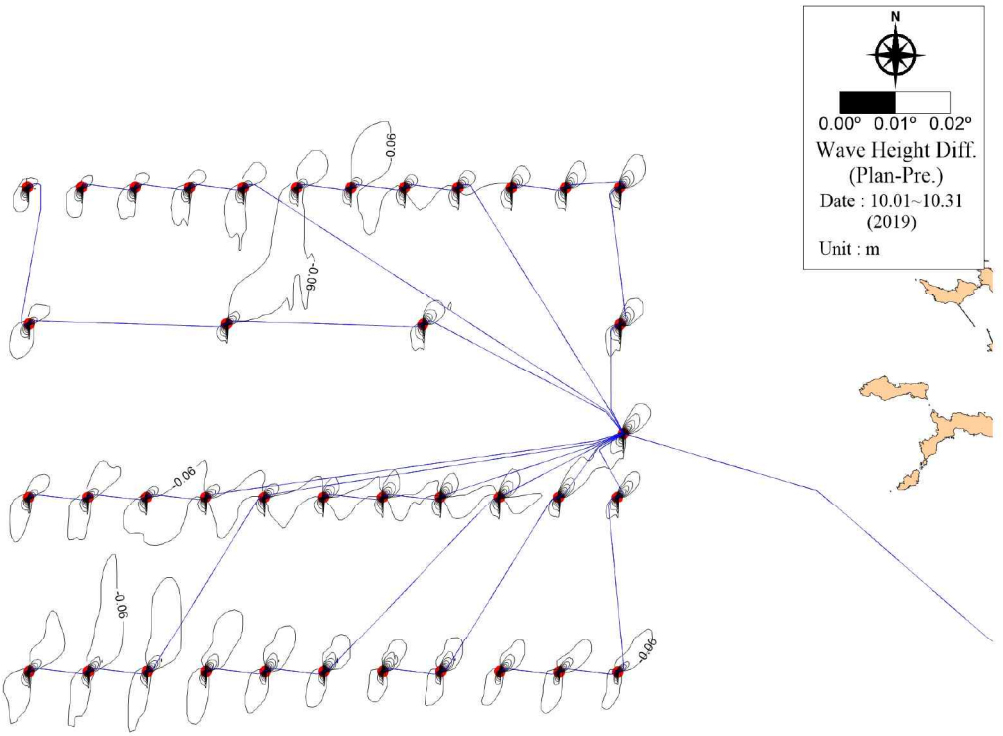
<표 4.3.1-10> 해상풍력발전단지 내·외측 최대유의파고 변화 평균치

계 절	평균 최대 유의파고 변화량(m)		
	해상풍력발전단지 내측	해상풍력발전단지 외측	OSS 인근 해역
하 계	-0.04	-0.03	-0.04
추 계	-0.06	-0.04	-0.06
동 계	-0.04	-0.03	-0.05
춘 계	-0.05	-0.03	-0.07

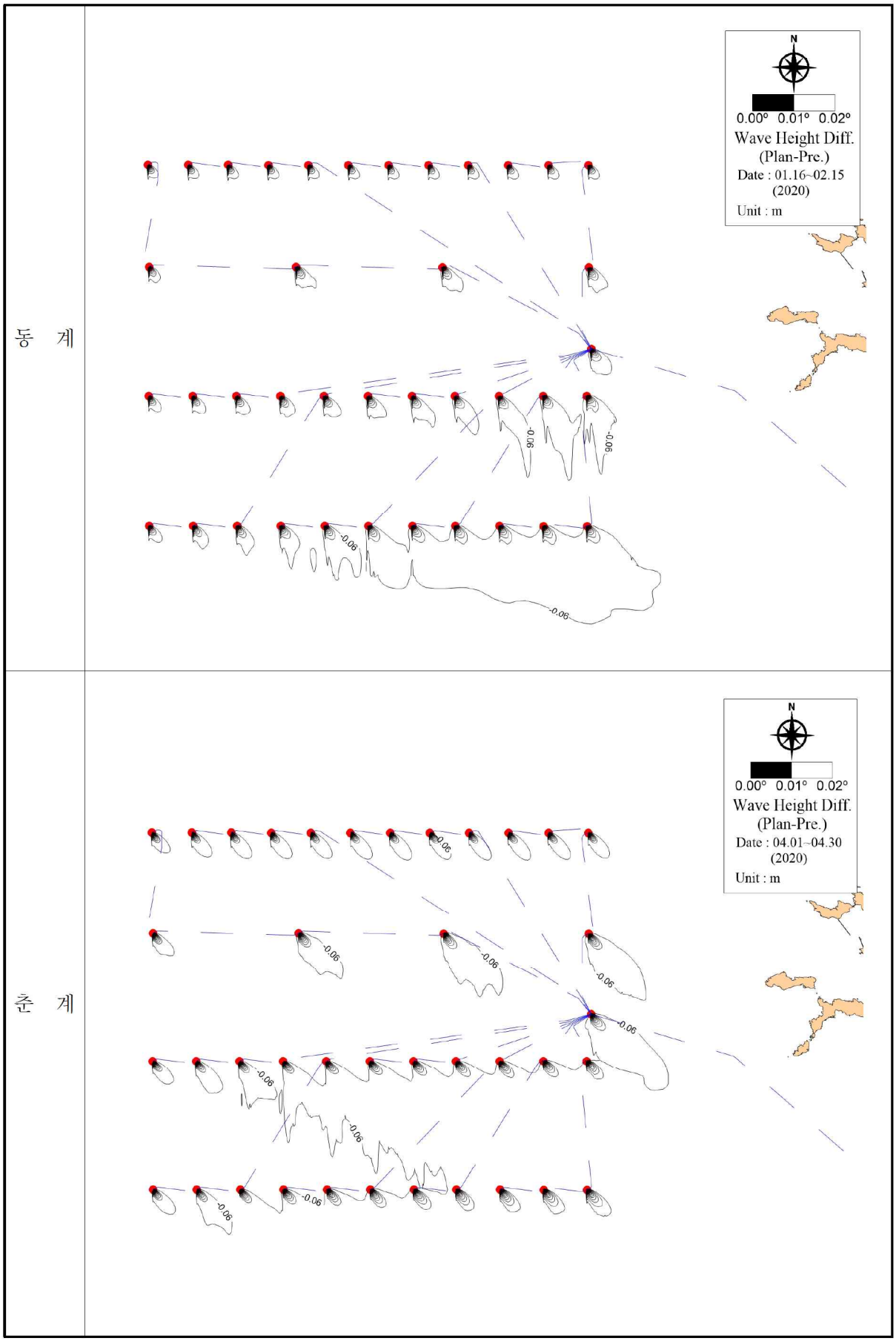
하 계



추 계



(그림 4.3.1-9) 사업시행 전·후 파고변화선도


동 계
N
0.00° 0.01° 0.02°
Wave Height Diff.
(Plan-Pre.)
Date : 01.16~02.15
(2020)
Unit : m
-0.06
춘 계
N
0.00° 0.01° 0.02°
Wave Height Diff.
(Plan-Pre.)
Date : 04.01~04.30
(2020)
Unit : m
-0.06

(그림 4.3.1-9) 계 속

나) 해수유동실험

(1) 실험개요

금회 사업계획 변경에 따른 발전기 배치계획이 일부 변경에 따라 주변 해역의 유동 변화현상을 검토하기 위해 수치모형실험을 수행하고 부유사확산, 퇴적물이동 수치모형실험의 입력자료로 사용하였다.

<표 4.3.1-11> 해수유동실험 개요

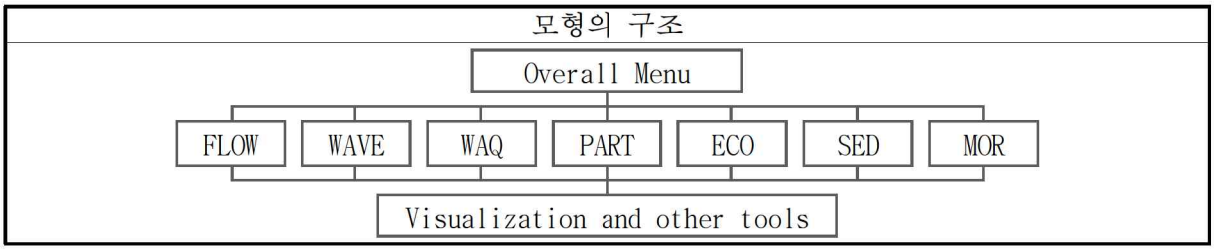
구 분			내 용
실험 목적			◦ 해수유동 특성 파악 및 사후 해수유동 변화 검토
사용 모델			◦ Delft-3d
모델구성	광역	모델 영역	◦ 동서×남북, 238.9km × 276.2km
		격자 구성	◦ 최소 300m, 최대 1000m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 대, 중, 소조기를 포함하는 30일 이상
		계산시간 간격	◦ 2초
	상세역	모델 영역	◦ 동서×남북, 33.9km × 31.3km
		격자 구성	◦ 최소 10m, 최대 100m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 광역 모형과 동일
		계산시간 간격	◦ 0.125초
실험조건			◦ 외력 조건 : 주요 5대 분조 (M_2, S_2, K_1, O_1, N_2) ◦ 유속 조건 : 초기 수위와 유속은 각각 0으로 설정 (Cold start)
실험안			◦ 사업시행 전·후

(2) 사용모형

(가) 모형개요

Delft-3d 모형은 연안의 유동 및 물질수송을 모의하는 3차원 수치모형으로서 네덜란드의 Delft공대가 개발하였다.

Delft-3d 모형은 연속방정식과 운동방정식, 열·염 보존 방정식, 퇴적물질을 포함한 물질보존방정식으로 구성되어 있으며, 정밀도가 우수하다.



(그림 4.3.1-10) Delft-3d 모형의 구성도

(나) DELFT-3D(FLOW) 모델

모델영역의 수심이 수평방향 길이에 비해 상당히 작으므로 σ좌표계를 적용하였고, 천해역 가정(shallow water assumption)이 타당성을 가지며 수심방향의 운동량방정식은 정수압(hydrostatic pressure)의 관계로 간략화 된다.

$$\sigma = \frac{z-\zeta}{d+\zeta} = \frac{z-\zeta}{H}$$

σ좌표계에서 수심평균 연속방정식과 수평방향 ξ, η방향의 운동량방정식은 아래식으로 정의된다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{J_{\xi\xi}}\sqrt{J_{\eta\eta}}} \frac{\partial\left[(d+\zeta)U\sqrt{J_{\eta\eta}}\right]}{\partial \xi}$$

여기서, $J_{\xi\xi}$, $J_{\eta\eta}$: 수평좌표계(ξ, η)에서의 Jacobian

U, V : 수평방향의 유속

Q : 단위면적당 유입, 용출량

$$Q = H\int_{-1}^{0}(q_{output} - q_{\in put})d\sigma$$

여기서, q_{output}, q_{input} : 단위체적당 국부적 발생 유입, 용출량 (sink and source)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{J_{\xi\xi}}}\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\overline{w}}{d+\zeta}\frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{J_{\xi\xi}}\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{J_{\eta\eta}}}{\partial \xi}$$

$$+ \frac{uv}{\sqrt{J_{\xi\xi}}\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\partial \sqrt{J_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fv = \frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\nu\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right) + S_\xi$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{J_{\xi\xi}}}\frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\overline{w}}{d+\zeta}\frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{J_{\xi\xi}}\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\sqrt{J_{\eta\eta}}}{\partial \xi}$$

$$- \frac{u^2}{\sqrt{J_{\xi\xi}}\sqrt{J_{\eta\eta}}}\frac{\sqrt{J_{\eta\eta}}}{\partial \eta} + fu = \frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\nu\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) + S_\eta$$

(다) 연속방정식

수심 평균한 연속방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left[(d+\zeta)U\sqrt{G_{\eta\eta}}\right]}{\partial \xi}+\frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\left[(d+\zeta)V\sqrt{G_{\xi\xi}}\right]}{\partial \eta}=Q$$

Q는 강수·증발로 인한 물의 유출이나 퇴출의 단위 면적당 수량을 나타내었다.

(라) 수평방향의 운동량 방정식

ξ와 η방향에서의 운동량 방정식은 아래식으로 도시한다.

정압력항을 제외하고는 밀도변화는 무시하였고, P_ξ와 P_η는 기압강도로 나타난다.

운동량 방정식에서의 힘 F_ξ와 F_η는 수평방향 레이놀드 응력의 불균형으로 나타난다.

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}}\frac{\partial u}{\partial \xi}+\frac{\nu}{\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial u}{\partial \eta}+\frac{\omega}{d+\zeta}\frac{\partial u}{\partial \sigma}+\frac{u\nu}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta}+$$

$$-\frac{\nu^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi}-fv=-\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\xi\xi}}}P_\xi+F_\xi+$$

$$+\frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(v_{mol}+\max\left(v_{3D},v_V^{back}\right)\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right)+M_\xi,$$

$$\frac{\partial \nu}{\partial t}+\frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}}\frac{\partial \nu}{\partial \xi}+\frac{\nu}{\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial \nu}{\partial \eta}+\frac{\omega}{d+\zeta}\frac{\partial \nu}{\partial \sigma}+\frac{u\nu}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi}+$$

$$-\frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}}\frac{\partial\sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta}+fu=-\frac{1}{\rho_0\sqrt{G_{\eta\eta}}}P_\eta+F_\eta+$$

$$+\frac{1}{(d+\zeta)^2}\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(v_{mol}+\max\left(v_{3D},v_V^{back}\right)\frac{\partial \nu}{\partial \sigma}\right)+M_\eta$$

(마) 운동학적 경계조건

σ좌표계에서 자유표면($\sigma=0$, or $z=\zeta$)와 바닥($\sigma=-1$, or $z=-d$)은 σ좌표평면에 있다.

ω는 σ평면과 관련된 연직방향 유속이고, 표면과 바닥의 불침투성은 다음에 규정된 운동학적 조건에 고려된다.

$\omega\big|_{\sigma=-1}=0$ and $\big|\omega_{\sigma=0}=0\ \ w\big|_{z=-d}=0$ and $w\big|_{z=\zeta}=0$

운동량 방정식에서의 힘 F_ξ와 F_η는 수평방향 레이놀드 응력의 불균형으로 나타난다.

(바) 모형구축 및 실험조건

모형의 개방경계조건으로는 다음식에 의해 산정되는 수위 변화를 부여하였으며 이때 경계에서의 수위는 조석 관측자료와 유속 관측자료를 재현하도록 해면경사와 위상차를 부여하여 시간별로 다르게 입력하였다.

$$H(t)=A_0+\sum_{i=1}^{k}Ai\cdot Fi\cdot\cos\left(\omega_i\cdot t+\left(V_0+u\right)_i-Gi\right)$$

여기서, H(t) : 수면고, A_0 : 일정기간의 평균해면
k : 요소의 수, i : 요소의 인자
Ai : 진폭, Fi : 교점진폭요고
Gi : 위상, ω_i : 각속도, $\left(V_0+u\right)_i$=편각

(3) 실험조건

대상해역의 조석·조류를 재현하기 위한 수치모형의 수립은 크게 계산 대상의 범위 결정, 격자의 크기 결정, 수심자료의 입력, 외해에서의 경계조건 설정, 해저면 마찰손실계수의 입력, 계산시간 결정의 단계로 나눌 수 있다.

대상의 범위 결정은 조석과 조류를 충분히 검증할 수 있는 경계를 찾아서 실험을 수행하였다.

모형의 계산영역 및 격자 체계는 가변형 Grid를 사용하여 모형의 효율성을 높이고, 경계조건으로 주요 5대 분조(M_2, S_2, K_1, O_1, N_2)의 합성조석을 사용하였다.

격자의 크기는 사업지구의 해수흐름을 충분히 반영할 수 있는 크기로 설정하였다.

관측자료는 아래 제시된 자료를 적용하여 비교·검증의 반복과정을 통해 모형검증을 수행하고, 해상풍력단지 조성 전 조위검증 결과를 통하여 수치모형실험의 신뢰성을 높여 현재 해역의 유동을 재현하였다.

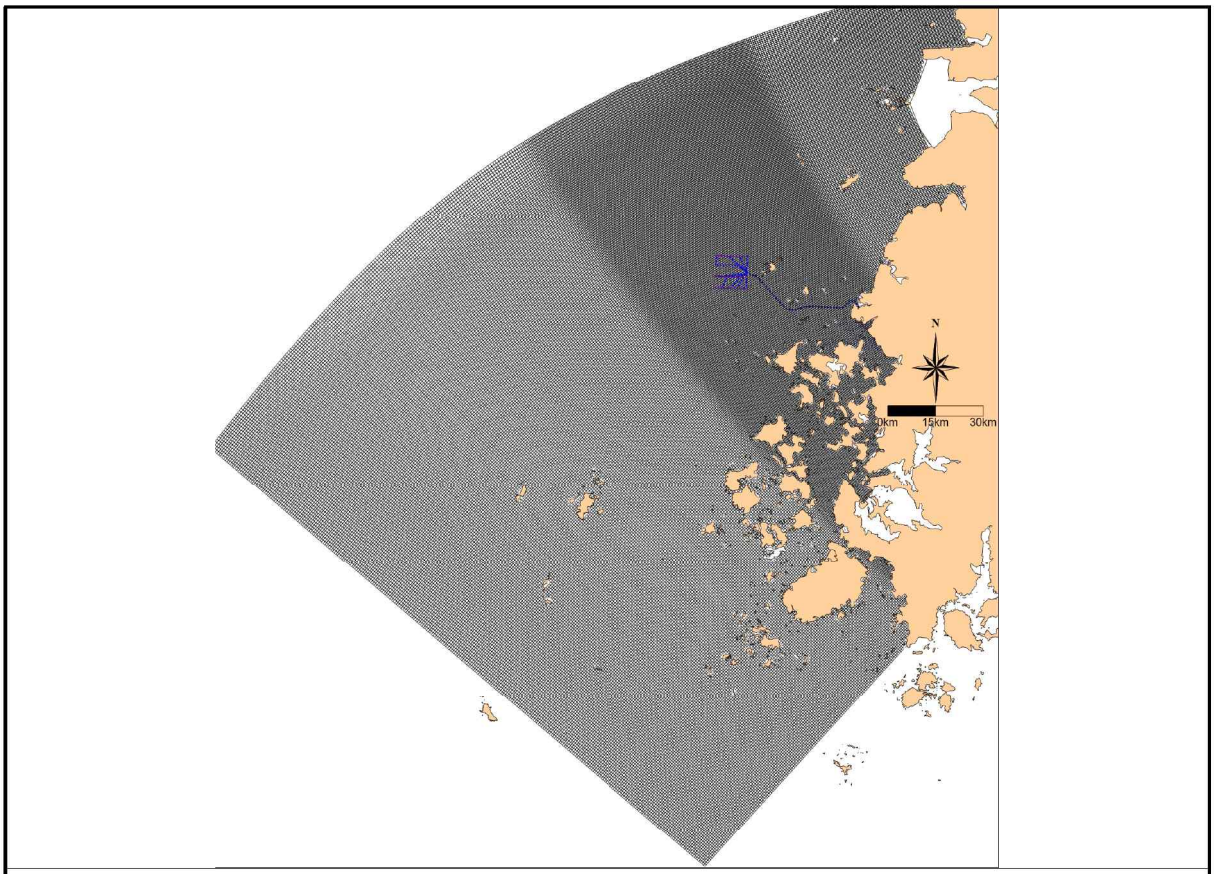
<표 4.3.1-12> 해양물리 조사항목 및 시기

소사항목	소사시기	성섬수	
조 석	1차 : 2019년 07월 09일~08월 08일 3차 : 2020년 11월 10일~12월 10일 6차 : 2022년 08월 29일~09월 28일	1차	1정점
		3차	2정점
		6차	3정점
층별연속조류	1차 : 2019년 07월 09일~07월 24일 2차 : 2020년 01월 06일~01월 21일 3차 : 2020년 11월 10일~12월 10일 4차 : 2021년 02월 24일~03월 11일 5차 : 2021년 12월 06일~12월 21일 6차 : 2022년 08월 29일~09월 28일	1, 2차	2정점
		3차, 4차	3정점
		5차	2정점
		6차	3정점

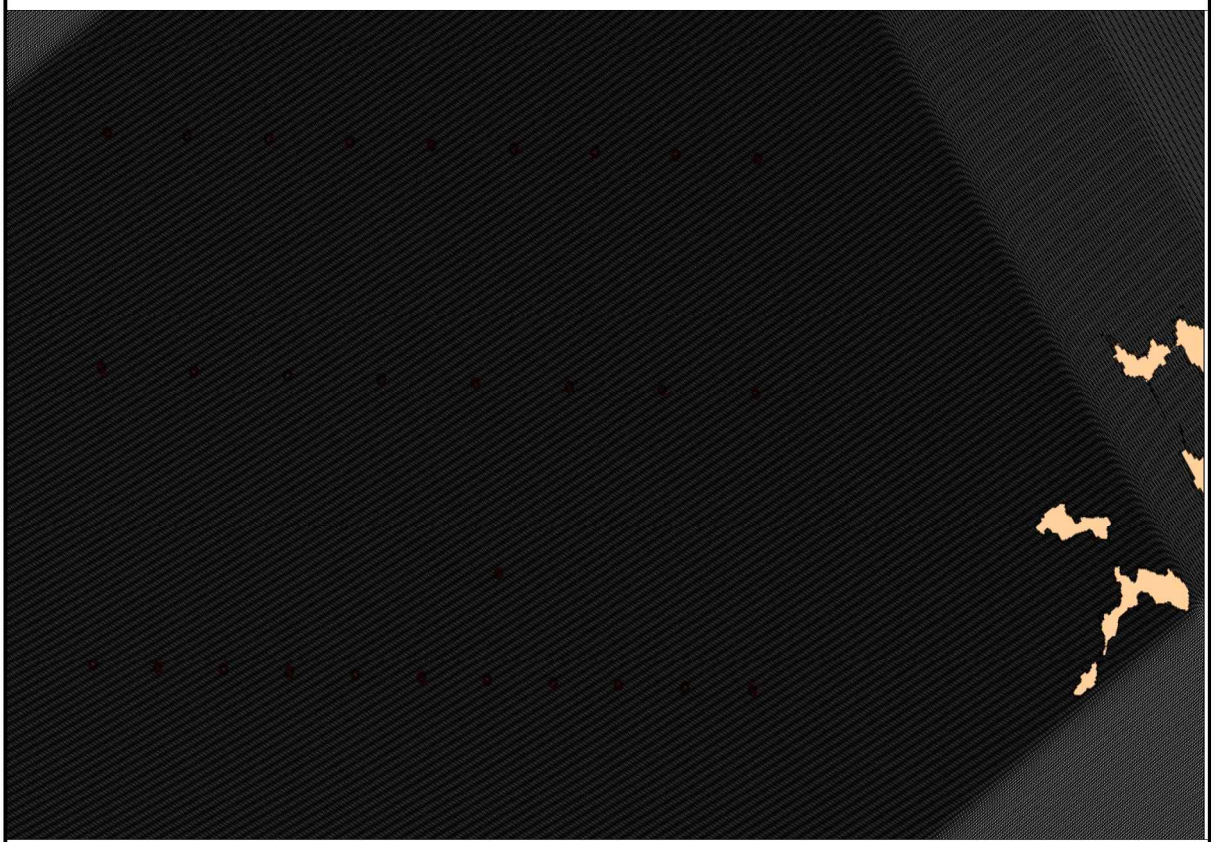
<표 4.3.1-13> 실험기간 및 검증점

구 분	실험기간	검증위치	
		조 석	조 류
1차(하계)	2019.07.09. ~ 2019.08.08.	T-1	PC-1, PC-2
2차(동계)	2020.01.06. ~ 2020.02.05.	T-2, T-3	PC-1, PC-2
3차(추계)	2020.11.10. ~ 2020.12.10.	T-2, T-3	PC-3, PC-4, PC-5
4차(춘계)	2021.02.24. ~ 2021.03.26.	T-2, T-3	PC-3, PC-4, PC-5
5차(동계)	2021.12.06. ~ 2021.12.21.	T-2, T-3	PC-6, PC-7
6차(하계)	2022.08.29. ~ 2022.09.28.	T-1, T-2, T-3	PC-1, PC-2, PC-3

주) 2차, 4차 및 5차는 3차 조석 관측 결과를 사용하여 검증을 실시함

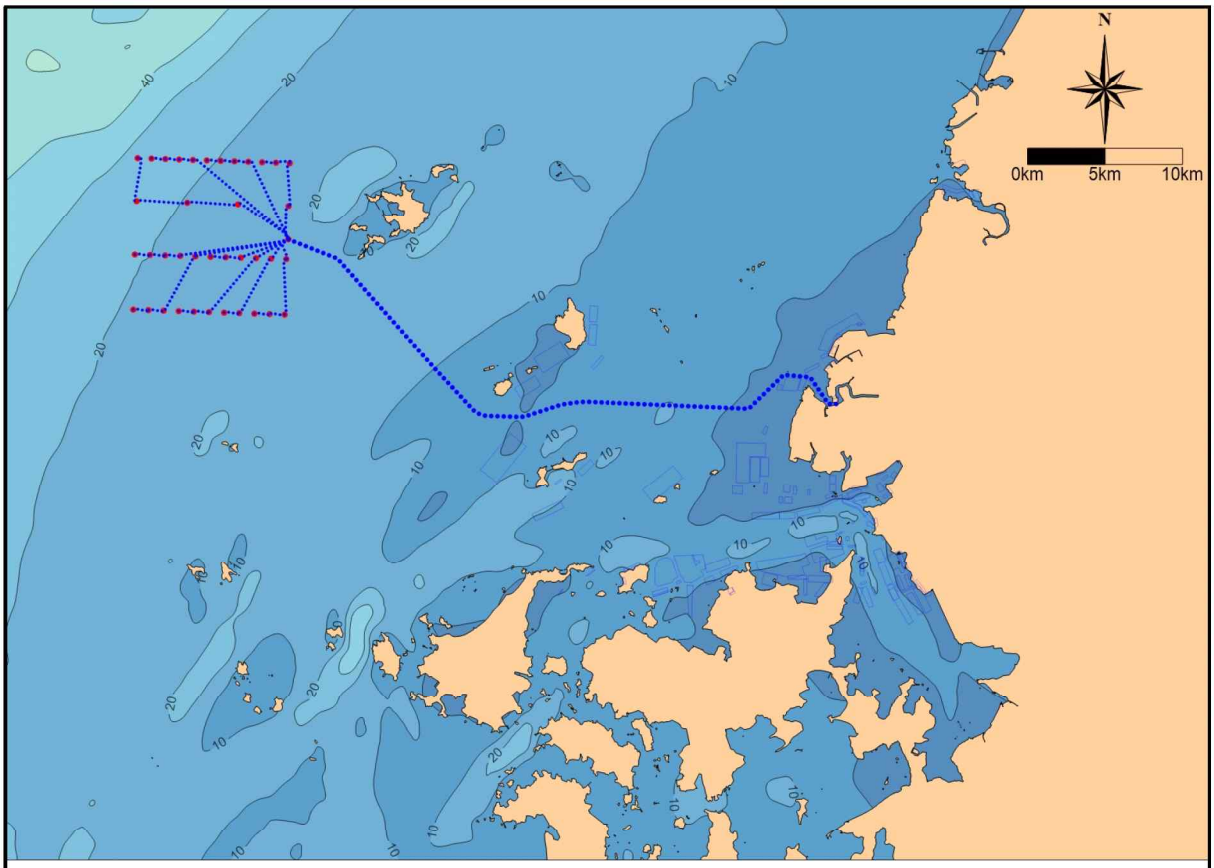


광 역

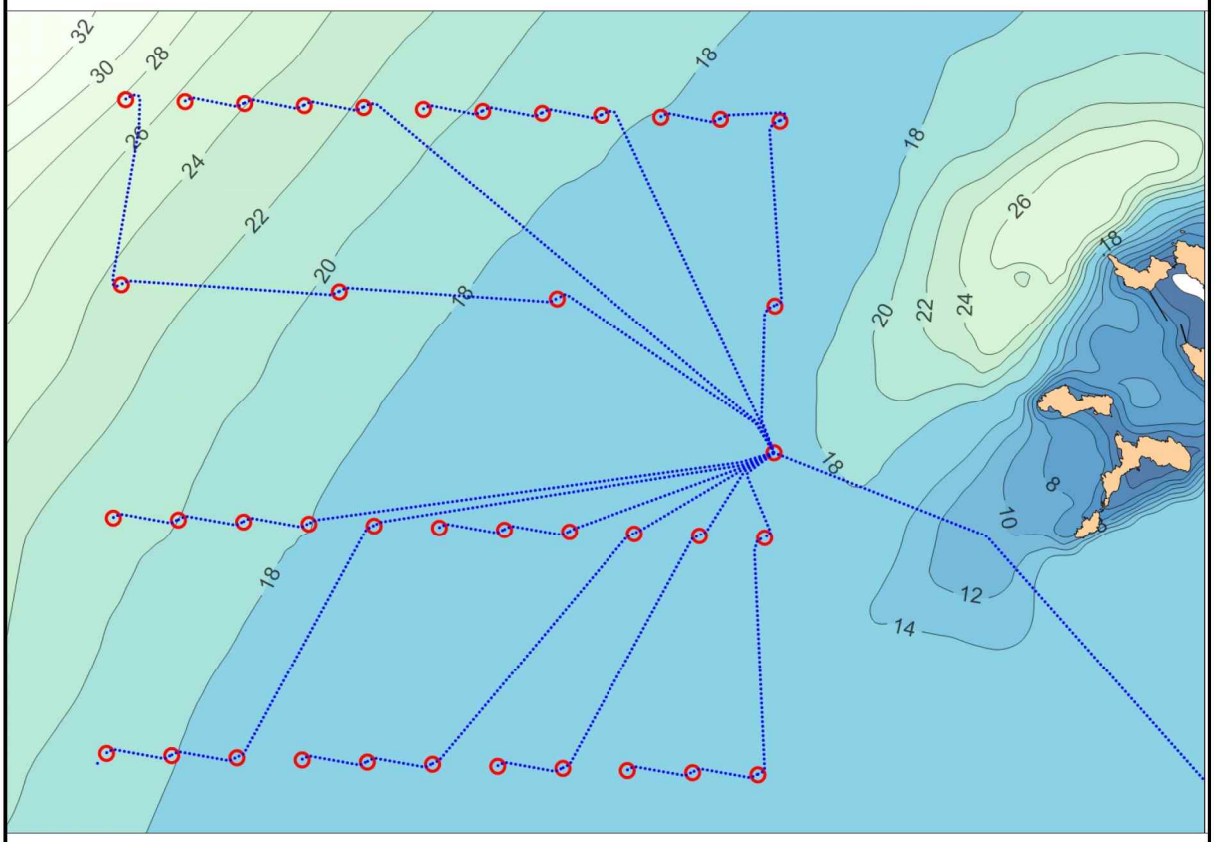


상세역

(그림 4.3.1-11) 격자망도



광 역

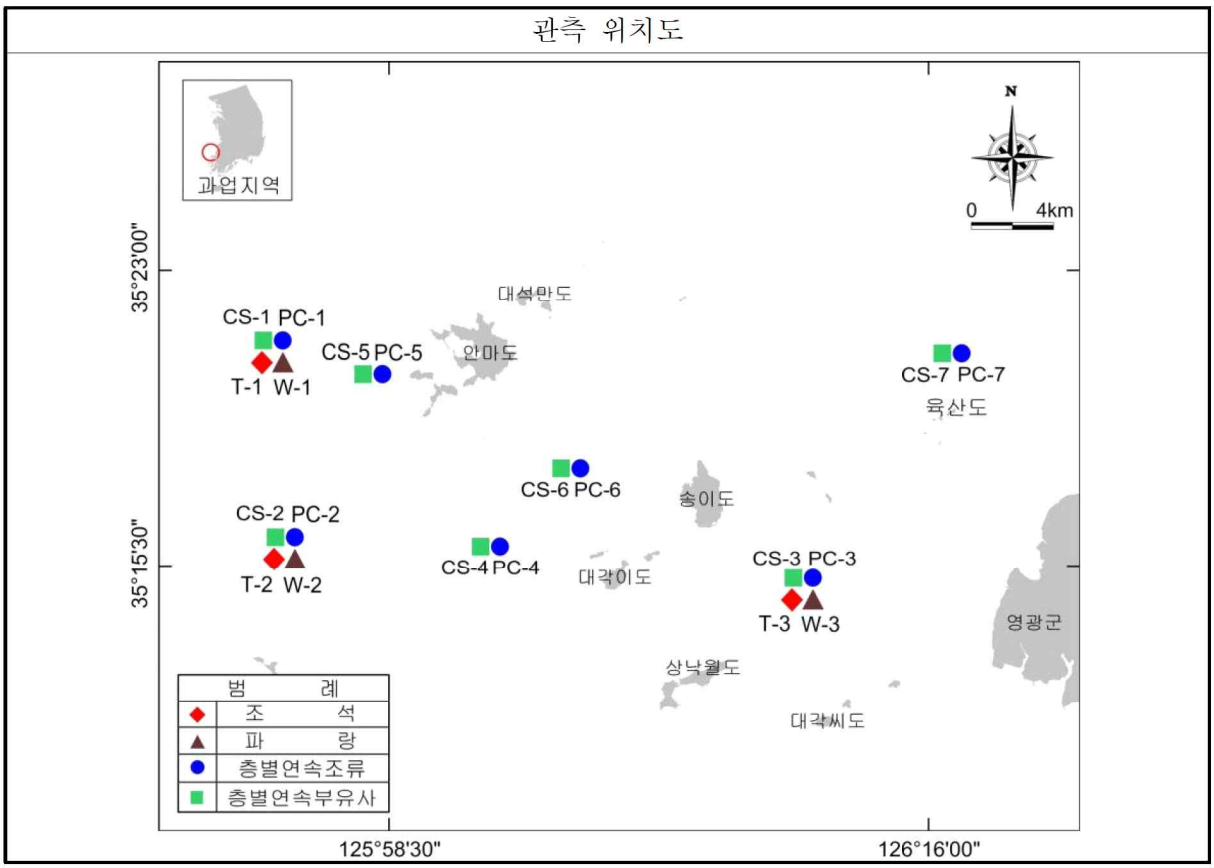


상세역

(그림 4.3.1-12) 수심도

(4) 모형검증

1~6차 조위 및 연속조류관측자료를 이용하여 비교·검증의 반복과정을 통해 조위 및 조류에 대한 모형검증을 수행하여 대상해역의 현상태 해수유동현상을 재현하여 수치모형실험의 신뢰성을 확보하였다.



(그림 4.3.1-13) 검증 위치도

(가) 조석검증

조석의 보정과 검증은 금회 조사된 조위 관측자료를 이용하였으며, 모형에 경계자료로 입력한 주요 5대 분조(M_2, S_2, K_1, O_1, N_2)에 대해여 실시하였다.

관측된 조석의 조화상수와 계산치를 조화분해한 조화상수를 비교하여 모델결과의 정확도를 정량적으로 추정하기 위하여 계산 결과에 대한 절대상대오차(Absolute Relative Error, ARE)와 오차(Error)를 계산하여 제시하였다.

$$ARE(\%) = \left| \frac{Observed - Modeled}{Observed} \right| \times 100 \ ,$$

$$Error = Observed - Modeled$$

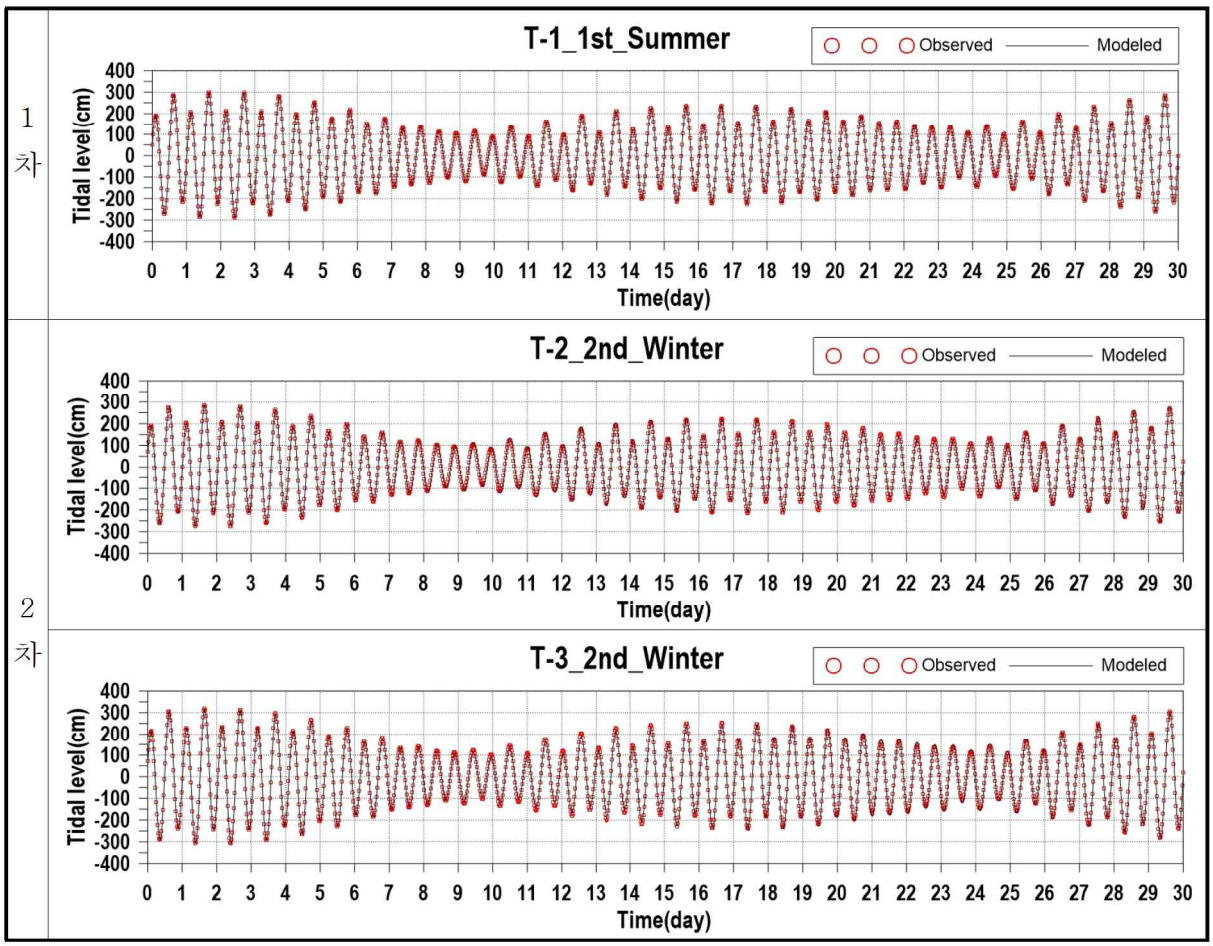
아래의 표는 절대상대오차(ARE)와 오차(Error)를 각 분조별로 제시한 것으로 반조차의 오차는 최대 1.3cm(ARE 2.0%) 이하의 분포이고, 지각의 오차는 2.2° 이하로 산정되어 관측치와 거의 일치하는 것으로 검토되었다.

<표 4.3.1-14> 조위 검증 결과

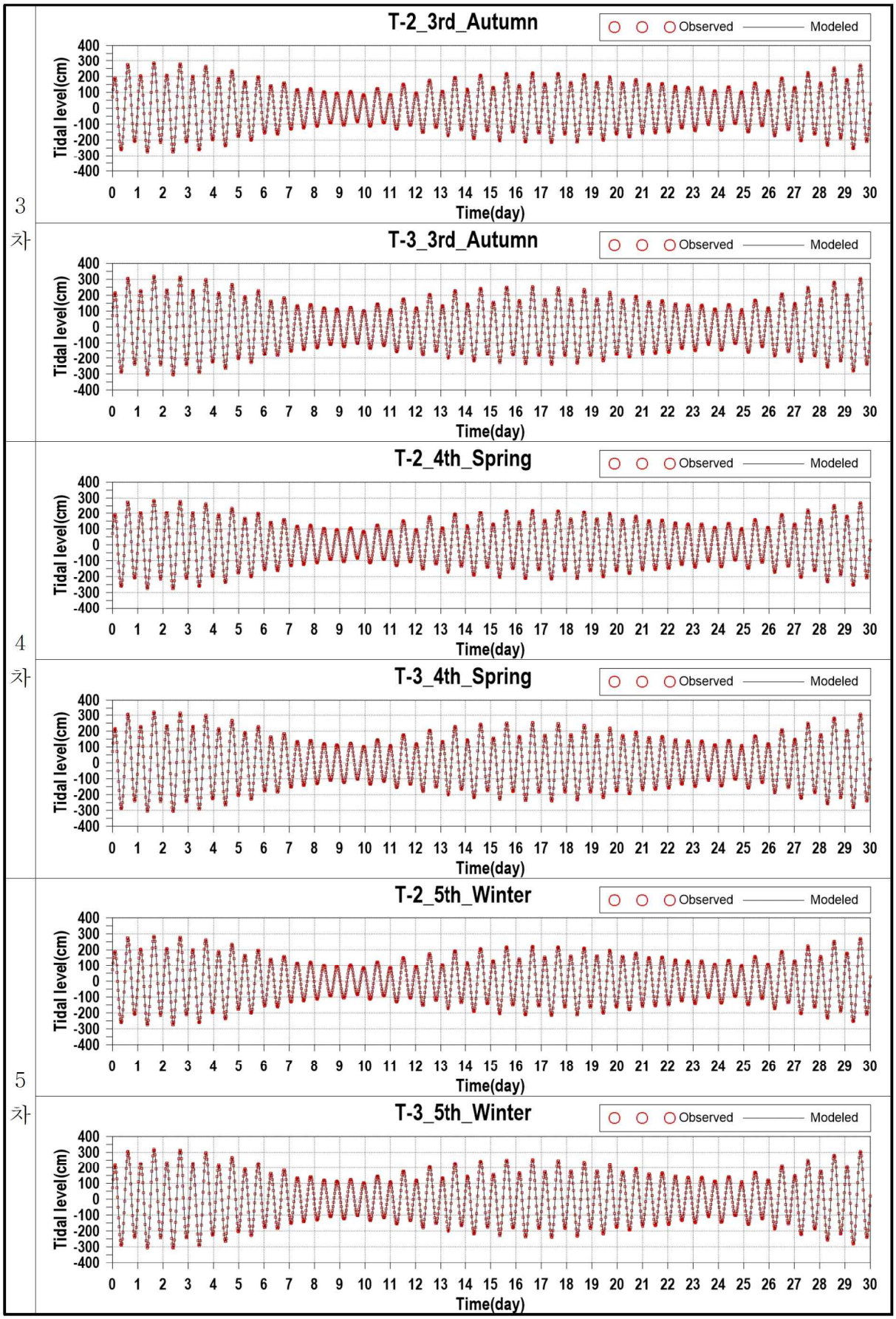
구 분			M_2		S_2		K_1		O_1		N_2	
			진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
			(cm)	(°)	(cm)	(°)	(cm)	(°)	(cm)	(°)	(cm)	(°)
1차	T-1	실측	165.6	65.5	59.4	118	31.7	268.3	24.0	232.9	31.7	39.8
		모델	165.6	65.5	59.4	118.6	31.8	268.3	24.0	232.9	31.7	39.8
		Error	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		ARE(%)	0.0	-	0.0	-	0.3	-	0.0	-	0.0	-
2	T-2	실측	157.6	58.5	57.2	108.9	27.4	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		모델	157.7	58.5	57.3	108.9	27.4	268.1	22.2	231.1	31.6	40.9
		Error	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.1
		ARE(%)	0.1	-	0.2	-	0.0	-	0.0	-	0.3	-
	T-3	실측	178.1	62.0	65.9	110.1	29.5	267.8	23.4	227.2	33.0	33.2
		모델	177.9	62.2	64.9	111.1	29.3	269.5	23.1	227.7	33.5	34.7
		Error	0.2	-0.2	1.0	-1.0	0.2	-1.7	0.3	-0.5	-0.5	-1.5
		ARE(%)	0.1	-	1.5	-	0.7	-	1.3	-	1.5	-
3	T-2	실측	157.6	58.5	57.2	108.9	27.4	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		모델	157.8	58.5	57.2	108.9	27.6	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		Error	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		ARE(%)	0.1	-	0.0	-	0.7	-	0.0	-	0.0	-
	T-3	실측	178.1	62.0	65.9	110.1	29.5	267.8	23.4	227.2	33.0	33.2
		모델	178.4	64.2	64.8	110.5	28.9	268.2	23.5	227.1	33.6	33.5
		Error	-0.3	-2.2	1.1	-0.4	0.6	-0.4	-0.1	0.1	-0.6	-0.3
		ARE(%)	0.2	-	1.7	-	2.0	-	0.4	-	1.8	-
4	T-2	실측	157.6	58.5	57.2	108.9	27.4	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		모델	157.8	58.5	57.2	108.9	27.5	268.0	22.2	231.3	31.5	40.9
		Error	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.1
		ARE(%)	0.1	-	0.0	-	0.4	-	0.0	-	0.0	-
	T-3	실측	178.1	62.0	65.9	110.1	29.5	267.8	23.4	227.2	33.0	33.2
		모델	178.2	64.1	64.6	110.1	28.9	268.8	23.2	227.3	33.6	33.5
		Error	-0.1	-2.1	1.3	0.0	0.6	-1.0	0.2	-0.1	-0.6	-0.3
		ARE(%)	0.1	-	2.0	-	2.0	-	0.9	-	1.8	-
5	T-2	실측	157.6	58.5	57.2	108.9	27.4	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		모델	157.5	58.5	57.2	108.8	27.4	268.1	22.2	231.2	31.5	41.0
		Error	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		ARE(%)	0.1	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	-
	T-3	실측	178.1	62.0	65.9	110.1	29.5	267.8	23.4	227.2	33.0	33.2
		모델	178.0	64.2	65.0	110.4	29.1	267.4	23.6	227.0	33.0	33.0
		Error	0.1	-2.2	0.9	-0.3	0.4	0.4	-0.2	0.2	0.0	0.2
		ARE(%)	0.1	-	1.4	-	1.4	-	0.9	-	0.0	-

<표 4.3.1-14> 계 속

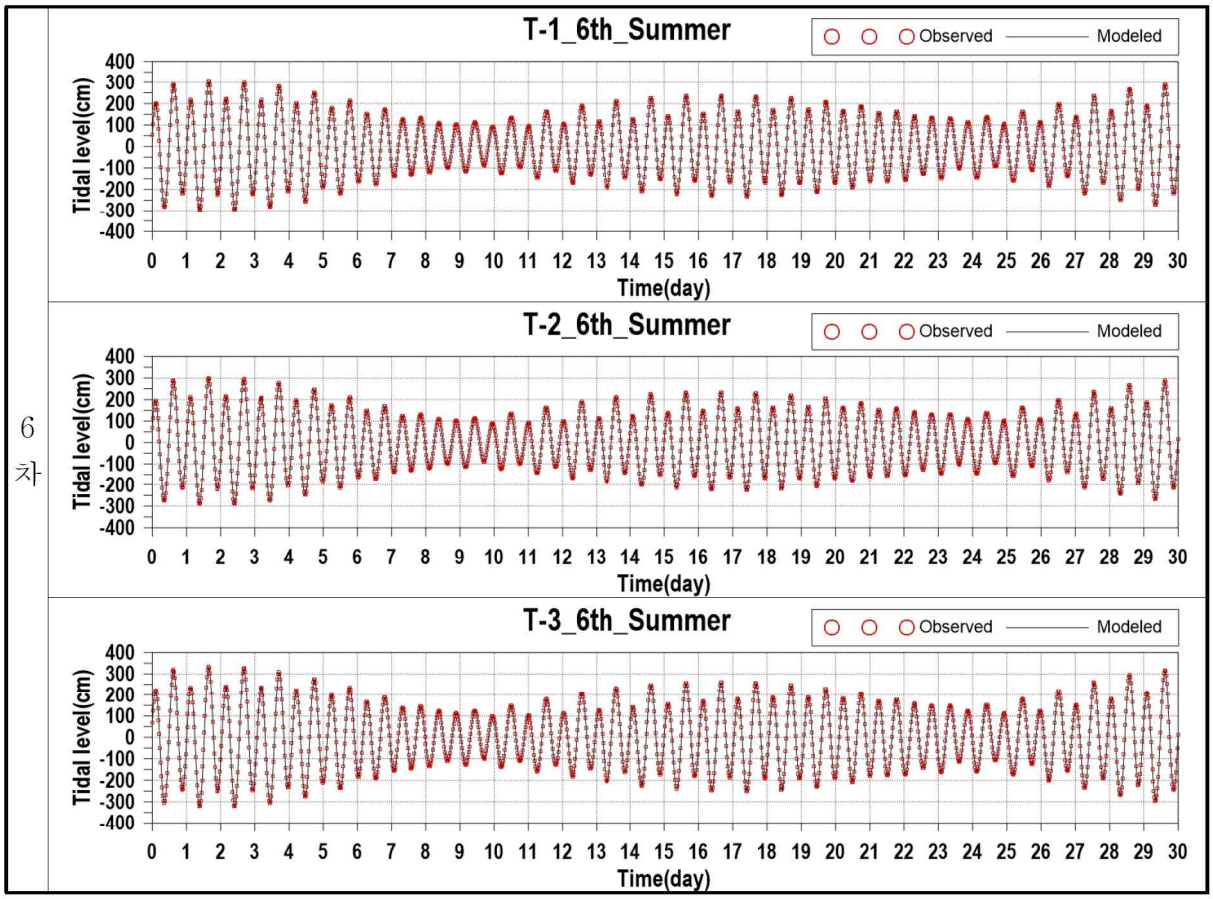
구 분			M_2		S_2		K_1		O_1		N_2	
			진폭 (cm)	지각 (°)	진폭 (cm)	지각 (°)	진폭 (cm)	지각 (°)	진폭 (cm)	지각 (°)	진폭 (cm)	지각 (°)
6차	T-1	실측	167.0	65.7	62.6	116.0	31.1	274.4	24.1	237.6	32.7	42.5
		모델	166.8	65.7	62.5	116.0	31.0	274.4	24.0	237.7	32.6	42.5
		Error	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.0
		ARE(%)	0.1	-	0.2	-	0.3	-	0.4	-	0.3	-
	T-2	실측	164.0	61.6	60.4	111.2	31.0	269.2	24.6	233.0	32.3	38.6
		모델	163.5	60.7	60.6	110.1	30.9	270.6	24.7	234.3	32.0	37.5
		Error	0.5	0.9	-0.2	1.1	0.1	-1.4	-0.1	-1.3	0.3	1.1
		ARE(%)	0.3	-	0.3	-	0.3	-	0.4	-	0.9	-
	T-3	실측	183.7	62.6	68.2	113.0	32.8	268.6	25.4	233.2	35.6	39.9
		모델	183.6	64.0	68.1	114.4	32.2	270.2	25.1	234.8	35.5	41.4
		Error	0.1	-1.4	0.1	-1.4	0.6	-1.6	0.3	-1.6	0.1	-1.5
		ARE(%)	0.1	-	0.1	-	1.8	-	1.2	-	0.3	-



(그림 4.3.1-14) 조석의 시계열 검증 (1/3)



(그림 4.3.1-14) 조석의 시계열 검증 (2/3)



(그림 4.3.1-14) 조석의 시계열 검증 (3/3)

(나) 조류검증

조류의 검증은 금회 조사된 연속조류 관측결과를 이용하여 수행하였으며, 동방 및 북방성분의 절대상대오차(ARE) 및 오차(Error)를 각 분조별로 산정하였다.

또한, 조류 시계열·조류 타원도 및 잔차류를 비교·검증한 결과 모델치가 관측치의 진폭 및 지각을 비교적 양호하게 재현하고 있는 것으로 검토되었다.

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (1/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
1차	PC-1	표층	X축	실측	45.1	16.0	17.0	66.6	12.5	237.2	4.1	207.7
				모델	49.0	2.9	17.9	50.1	11.7	225.7	4.6	196.5
				Error	-3.9	13.1	-0.9	16.5	0.8	11.5	-0.5	11.2
				ARE(%)	8.6	-	5.3	-	6.4	-	12.2	-
			Y축	실측	55.3	40.5	19.2	79.8	16.4	221.7	7.6	193.5
				모델	47.2	15.2	18.8	57.9	14.0	225.4	6.5	170.0
				Error	8.1	25.3	0.4	21.9	2.4	-3.7	1.1	23.5
				ARE(%)	14.6	-	2.1	-	14.6	-	14.5	-

<표 4.3.1-15> 조류 검증 결과 (2/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭 (cm/s)	지각 (°)	진폭 (cm/s)	지각 (°)	진폭 (cm/s)	지각 (°)	진폭 (cm/s)	지각 (°)
1차	PC-1	중층	X축	실측	48.4	9.5	15.5	55.2	7.4	228.3	4.8	184.5
				모델	47.6	2.1	17.1	48.4	7.8	226.3	4.7	197.5
				Error	0.8	7.4	-1.6	6.8	-0.4	2.0	0.1	-13.0
				ARE(%)	1.7	-	10.3	-	5.4	-	2.1	-
			Y축	실측	49.7	32.4	14.7	73.3	13.8	238.6	6.6	209.2
				모델	45.5	15.9	16.3	56.9	12.9	226.1	5.8	180.3
				Error	4.2	16.5	-1.6	16.4	0.9	12.5	0.8	28.9
				ARE(%)	8.5	-	10.9	-	6.5	-	12.1	-
		저층	X축	실측	45.7	358.5	14.1	49.9	5.4	213.5	4.7	181.7
				모델	46.4	357.6	15.4	48.7	5.9	224.8	4.3	198.5
				Error	-0.7	0.9	-1.3	1.2	-0.5	-11.3	0.4	-16.8
				ARE(%)	1.5	-	9.2	-	9.3	-	8.5	-
			Y축	실측	43.5	27.8	13.1	71.2	12.5	240.4	5.9	202.7
				모델	42.2	15.1	14.5	58.3	11.7	224.2	5.5	181.6
				Error	1.3	12.7	-1.4	12.9	0.8	16.2	0.4	21.1
				ARE(%)	3.0	-	10.7	-	6.4	-	6.8	-
	PC-2	표층	X축	실측	53.6	23.6	17.3	70.8	13.7	234.5	8.4	193.5
				모델	53.7	4.5	18.4	47.9	12.5	224.1	7.5	166.4
				Error	-0.1	19.1	-1.1	22.9	1.2	10.4	0.9	27.1
				ARE(%)	0.2	-	6.4	-	8.8	-	10.7	-
			Y축	실측	78.2	25.1	26.5	68.9	18.6	222.3	9.2	189.1
				모델	71.0	4.9	23.9	46.8	16.7	225.7	8.5	169.6
				Error	7.2	20.2	2.6	22.1	1.9	-3.4	0.7	19.5
				ARE(%)	9.2	-	9.8	-	10.2	-	7.6	-
		중층	X축	실측	48.7	15.4	15.9	66.2	12.1	231.8	8.5	203.0
				모델	50.7	5.1	17.5	47.6	11.3	223.4	7.7	177.9
				Error	-2.0	10.3	-1.6	18.6	0.8	8.4	0.8	25.1
				ARE(%)	4.1	-	10.1	-	6.6	-	9.4	-
			Y축	실측	71.5	21.1	23.6	65.6	16.3	224.2	10.1	189.5
				모델	68.7	6.1	22.9	46.6	15.1	225.1	8.9	169.7
				Error	2.8	15.0	0.7	19.0	1.2	-0.9	1.2	19.8
				ARE(%)	3.9	-	3.0	-	7.4	-	11.9	-
		저층	X축	실측	42.9	8.6	14.8	59.2	9.8	230.3	7.1	204.9
				모델	46.4	3.2	15.4	46.9	8.8	222.8	6.3	179.3
				Error	-3.5	5.4	-0.6	12.3	1.0	7.5	0.8	25.6
				ARE(%)	8.2	-	4.1	-	10.2	-	11.3	-
			Y축	실측	63.8	18.2	21.0	62.1	14.1	223.5	9.1	188.1
				모델	63.2	3.4	20.2	48.3	13.2	224.8	8.0	171.6
				Error	0.6	14.8	0.8	13.8	0.9	-1.3	1.1	16.5
				ARE(%)	0.9	-	3.8	-	6.4	-	12.1	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (3/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
2차	PC-1	표층	X축	실측	55.2	44.7	17.8	70.2	10.7	247.2	4.4	196.0
				모델	51.8	17.0	18.1	46.6	9.8	231.5	4.5	205.3
				Error	3.4	27.7	-0.3	23.6	0.9	15.7	-0.1	-9.3
				ARE(%)	6.2	-	1.7	-	8.4	-	2.3	-
			Y축	실측	57.6	65.4	17.9	72.2	16.2	249.6	6.1	193.6
				모델	53.9	43.8	19.2	55.8	14.4	228.5	5.7	180.1
				Error	3.7	21.6	-1.3	16.4	1.8	21.1	0.4	13.5
				ARE(%)	6.4	-	7.3	-	11.1	-	6.6	-
		중층	X축	실측	50.4	38.5	16.5	57.6	8.5	239.7	2.8	191.1
				모델	50.1	16.9	17.4	45.9	9.2	230.7	3.2	205.6
				Error	0.3	21.6	-0.9	11.7	-0.7	9.0	-0.4	-14.5
				ARE(%)	0.6	-	5.5	-	8.2	-	14.3	-
			Y축	실측	53.5	64.5	15.9	69.8	14.7	249.8	5.6	199.3
				모델	47.2	43.7	17.0	55.7	13.3	227.0	5.1	180.5
				Error	6.3	20.8	-1.1	14.1	1.4	22.8	0.5	18.8
				ARE(%)	11.8	-	6.9	-	9.5	-	8.9	-
		저층	X축	실측	44.6	33.1	14.7	45.8	6.6	235.1	1.7	190.1
				모델	46.1	6.2	15.8	46.1	7.4	230.7	1.8	208.0
				Error	-1.5	26.9	-1.1	-0.3	-0.8	4.4	-0.1	-17.9
				ARE(%)	3.4	-	7.5	-	12.1	-	5.9	-
			Y축	실측	48.7	63.7	13.9	65.8	12.9	249.3	4.8	205.6
				모델	43.9	44.3	15.2	55.7	11.9	218.1	4.3	182.9
				Error	4.8	19.4	-1.3	10.1	1.0	31.2	0.5	22.7
				ARE(%)	9.9	-	9.4	-	7.8	-	10.4	-
	PC-2	표층	X축	실측	52.7	359.3	15.8	69.2	12.8	223.8	7.8	155.2
				모델	50.3	359.1	17.1	43.6	13.1	228.0	8.0	166.5
				Error	2.4	0.2	-1.3	25.6	-0.3	-4.2	-0.2	-11.3
				ARE(%)	4.6	-	8.2	-	2.3	-	2.6	-
			Y축	실측	86.7	9.5	25.2	64.5	21.7	226.4	9.0	165.5
				모델	81.2	3.3	24.4	44.4	19.4	226.1	8.2	168.8
				Error	5.5	6.2	0.8	20.1	2.3	0.3	0.8	-3.3
				ARE(%)	6.3	-	3.2	-	10.6	-	8.9	-
		중층	X축	실측	48.0	351.9	15.2	54.6	8.9	218.5	5.4	154.4
				모델	48.7	359.1	16.7	43.3	9.3	228.2	4.6	167.7
				Error	-0.7	-7.2	-1.5	11.3	-0.4	-9.7	0.8	-13.3
				ARE(%)	1.5	-	9.9	-	4.5	-	14.8	-
			Y축	실측	81.3	5.7	24.1	57.2	18.5	224.4	8.3	173.0
				모델	70.6	2.5	23.6	45.0	16.6	226.5	7.8	167.9
				Error	10.7	3.2	0.5	12.2	1.9	-2.1	0.5	5.1
				ARE(%)	13.2	-	2.1	-	10.3	-	6.0	-
		저층	X축	실측	41.6	345.1	13.4	44.4	6.6	214.0	4.1	152.4
				모델	44.8	359.6	15.0	43.9	7.0	226.6	4.1	168.6
				Error	-3.2	-14.5	-1.6	0.5	-0.4	-12.6	0.0	-16.2
				ARE(%)	7.7	-	11.9	-	6.1	-	0.0	-
			Y축	실측	71.4	2.6	21.0	49.3	15.2	221.4	6.5	173.2
				모델	65.2	4.3	21.3	43.8	14.0	226.6	5.9	170.2
				Error	6.2	-1.7	-0.3	5.5	1.2	-5.2	0.6	3.0
				ARE(%)	8.7	-	1.4	-	7.9	-	9.2	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (4/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
3차	PC-3	표층	X축	실측	61.7	0.8	18.5	5.2	7.6	190.1	4.9	119.7
				모델	62.1	1.0	18.9	1.0	7.9	172.9	5.1	134.3
				Error	-0.4	-0.2	-0.4	4.2	-0.3	17.2	-0.2	-14.6
				ARE(%)	0.6	-	2.2	-	3.9	-	4.1	-
			Y축	실측	58.4	355.9	18.7	0.4	6.3	167.0	6.6	134.2
				모델	54.5	348.6	16.2	25.0	5.8	164.0	6.0	127.0
				Error	3.9	7.3	2.5	-24.6	0.5	3.0	0.6	7.2
				ARE(%)	6.7	-	13.4	-	7.9	-	9.1	-
		중층	X축	실측	60.2	358.0	18.4	5.4	7.6	176.7	6.8	128.6
				모델	60.9	359.9	18.9	0.7	6.9	172.9	6.0	134.3
				Error	-0.7	-1.9	-0.5	4.7	0.7	3.8	0.8	-5.7
				ARE(%)	1.2	-	2.7	-	9.2	-	11.8	-
			Y축	실측	50.2	353.6	18.0	345.8	6.0	165.2	4.9	126.2
				모델	47.4	348.3	16.2	324.3	5.6	164.1	4.4	126.6
				Error	2.8	5.3	1.8	21.5	0.4	1.1	0.5	-0.4
				ARE(%)	5.6	-	10.0	-	6.7	-	10.2	-
		저층	X축	실측	44.7	358.4	16.9	354.7	4.9	158.4	4.1	143.6
				모델	46.5	359.7	17.6	360.0	5.5	173.1	4.3	133.4
				Error	-1.8	-1.3	-0.7	-5.3	-0.6	-14.7	-0.2	10.2
				ARE(%)	4.0	-	4.1	-	12.2	-	4.9	-
			Y축	실측	40.1	354.4	16.8	341.4	4.8	160.9	3.0	140.1
				모델	44.9	347.8	15.4	338.2	5.1	164.3	3.1	126.4
				Error	-4.8	6.6	1.4	3.2	-0.3	-3.4	-0.1	13.7
				ARE(%)	12.0	-	8.3	-	6.3	-	3.3	-
	PC-4	표층	X축	실측	65.1	14.9	21.6	30.9	9.4	190.9	10.2	177.9
				모델	60.1	-0.1	24.6	41.4	9.7	178.5	9.2	149.6
				Error	5.0	15.0	-3.0	-10.5	-0.3	12.4	1.0	28.3
				ARE(%)	7.7	-	13.9	-	3.2	-	9.8	-
			Y축	실측	89.9	16.8	32.2	22.2	13.7	196.5	14.0	168.2
				모델	82.1	1.6	28.5	43.4	12.4	183.8	13.0	144.1
				Error	7.8	15.2	3.7	-21.2	1.3	12.7	1.0	24.1
				ARE(%)	8.7	-	11.5	-	9.5	-	7.1	-
		중층	X축	실측	59.9	6.2	20.5	20.8	8.6	188.8	8.1	170.6
				모델	58.0	0.2	21.8	41.3	7.4	178.3	7.2	150.4
				Error	1.9	6.0	-1.3	-20.5	1.2	10.5	0.9	20.2
				ARE(%)	3.2	-	6.3	-	14.0	-	11.1	-
			Y축	실측	84.8	16.5	27.9	21.1	13.9	199.0	14.4	171.0
				모델	79.0	2.0	27.2	43.6	12.4	182.4	13.9	143.9
				Error	5.8	14.5	0.7	-22.5	1.5	16.6	0.5	27.1
				ARE(%)	6.8	-	2.5	-	10.8	-	3.5	-
		저층	X축	실측	52.5	358.8	19.1	13.0	6.7	191.7	5.3	165.5
				모델	52.9	359.9	21.0	40.9	6.5	179.2	5.6	138.6
				Error	-0.4	-1.1	-1.9	-27.9	0.2	12.5	-0.3	26.9
				ARE(%)	0.8	-	9.9	-	3.0	-	5.7	-
			Y축	실측	76.2	16.2	24.4	19.9	12.9	199.1	13.2	170.7
				모델	72.3	3.1	24.7	42.3	11.7	184.9	11.8	143.6
				Error	3.9	13.1	-0.3	-22.4	1.2	14.2	1.4	27.1
				ARE(%)	5.1	-	1.2	-	9.3	-	10.6	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (5/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
3차	PC-5	표층	X축	실측	44.3	0.2	17.2	44.9	8.3	203.9	4.2	179.5
				모델	43.3	0.0	16.4	45.9	8.6	200.7	3.6	178.4
				Error	1.0	0.2	0.8	-1.0	-0.3	3.2	0.6	1.1
				ARE(%)	2.3	-	4.7	-	3.6	-	14.3	-
			Y축	실측	75.4	15.5	27.8	48.8	18.4	211.2	10.0	173.4
				모델	71.7	19.1	26.0	53.5	16.2	207.5	9.2	182.6
				Error	3.7	-3.6	1.8	-4.7	2.2	3.7	0.8	-9.2
				ARE(%)	4.9	-	6.5	-	12.0	-	8.0	-
		중층	X축	실측	38.9	354.6	14.2	36.7	6.5	194.4	3.0	158.3
				모델	41.7	359.6	15.5	45.4	6.5	200.7	3.3	178.2
				Error	-2.8	-5.0	-1.3	-8.7	0.0	-6.3	-0.3	-19.9
				ARE(%)	7.2	-	9.2	-	0.0	-	10.0	-
			Y축	실측	72.2	15.4	26.9	50.2	17.4	210.0	9.9	176.0
				모델	69.3	19.2	24.5	52.8	15.4	207.7	9.4	182.3
				Error	2.9	-3.8	2.4	-2.6	2.0	2.3	0.5	-6.3
				ARE(%)	4.0	-	8.9	-	11.5	-	5.1	-
		저층	X축	실측	33.8	349.2	11.6	28.4	5.0	190.5	2.5	144.9
				모델	37.8	359.2	12.6	44.3	5.5	201.8	2.8	167.4
				Error	-4.0	-10.0	-1.0	-15.9	-0.5	-11.3	-0.3	-22.5
				ARE(%)	11.8	-	8.6	-	10.0	-	12.0	-
			Y축	실측	68.1	15.2	25.1	50.1	16.2	208.8	8.7	177.3
				모델	63.0	19.6	22.2	52.8	14.2	209.5	7.9	181.9
				Error	5.1	-4.4	2.9	-2.7	2.0	-0.7	0.8	-4.6
				ARE(%)	7.5	-	11.6	-	12.3	-	9.2	-
4차	PC-3	표층	X축	실측	64.2	1.6	29.6	60.5	7.5	216.0	5.1	143.1
				모델	61.4	1.2	27.5	35.0	7.8	190.9	4.6	150.6
				Error	2.8	0.4	2.1	25.5	-0.3	25.1	0.5	-7.5
				ARE(%)	4.4	-	7.1	-	4.0	-	9.8	-
			Y축	실측	64.6	358.0	28.4	45.2	8.5	209.4	5.6	130.8
				모델	59.5	348.0	25.7	26.9	8.1	185.3	5.3	149.7
				Error	5.1	10.0	2.7	18.3	0.4	24.1	0.3	-18.9
				ARE(%)	7.9	-	9.5	-	4.7	-	5.4	-
		중층	X축	실측	57.8	357.5	26.7	53.7	6.7	212.7	4.4	141.7
				모델	60.4	359.4	23.4	36.2	7.4	180.9	4.8	151.4
				Error	-2.6	-1.9	3.3	17.5	-0.7	31.8	-0.4	-9.7
				ARE(%)	4.5	-	12.4	-	10.4	-	9.1	-
			Y축	실측	60.1	355.8	26.7	41.7	7.3	212.7	5.3	136.0
				모델	51.2	347.7	23.7	28.0	8.0	186.8	4.8	150.8
				Error	8.9	8.1	3.0	13.7	-0.7	25.9	0.5	-14.8
				ARE(%)	14.8	-	11.2	-	9.6	-	9.4	-
		저층	X축	실측	51.7	355.7	23.9	51.7	6.1	212.7	3.8	142.2
				모델	57.4	359.5	22.3	35.6	6.5	191.4	4.2	151.7
				Error	-5.7	-3.8	1.6	16.1	-0.4	21.3	-0.4	-9.5
				ARE(%)	11.0	-	6.7	-	6.6	-	10.5	-
			Y축	실측	55.2	354.6	24.6	40.0	6.4	214.4	4.8	137.4
				모델	48.8	347.9	22.0	26.7	6.9	185.0	4.9	151.5
				Error	6.4	6.7	2.6	13.3	-0.5	29.4	-0.1	-14.1
				ARE(%)	11.6	-	10.6	-	7.8	-	2.1	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (6/9)

구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
4차	PC-4	표층	X축	실측	62.2	11.7	29.2	65.5	9.4	229.9	6.2	179.1
				모델	59.6	1.1	27.3	41.2	8.0	205.7	5.5	155.8
				Error	2.6	10.6	1.9	24.3	1.4	24.2	0.7	23.3
				ARE(%)	4.2	-	6.5	-	14.9	-	11.3	-
			Y축	실측	89.8	15.4	43.2	63.5	15.9	228.3	11.7	180.5
				모델	82.2	1.4	38.7	45.2	13.6	199.2	12.0	163.3
				Error	7.6	14.0	4.5	18.3	2.3	29.1	-0.3	17.2
				ARE(%)	8.5	-	10.4	-	14.5	-	2.6	-
		중층	X축	실측	57.6	0.3	26.9	54.6	6.5	224.5	4.6	163.8
				모델	57.5	-0.3	23.3	40.7	7.1	195.3	4.9	154.4
				Error	0.1	0.6	3.6	13.9	-0.6	29.2	-0.3	9.4
				ARE(%)	0.2	-	13.4	-	9.2	-	6.5	-
			Y축	실측	82.9	14.0	38.4	62.2	13.8	230.4	11.0	183.3
				모델	79.5	2.4	33.8	44.5	13.1	200.4	10.2	163.6
				Error	3.4	11.6	4.6	17.7	0.7	30.0	0.8	19.7
				ARE(%)	4.1	-	12.0	-	5.1	-	7.3	-
		저층	X축	실측	50.2	353.1	24.0	47.4	4.9	224.2	3.7	157.5
				모델	52.6	359.1	20.7	41.2	5.4	195.8	4.1	156.4
				Error	-2.4	-6.0	3.3	6.2	-0.5	28.4	-0.4	1.1
				ARE(%)	4.8	-	13.8	-	10.2	-	10.8	-
			Y축	실측	74.0	13.1	34.0	60.5	11.9	231.3	10.0	183.7
				모델	72.9	1.0	30.1	44.7	11.7	200.1	10.7	163.9
				Error	1.1	12.1	3.9	15.8	0.2	31.2	-0.7	19.8
				ARE(%)	1.5	-	11.5	-	1.7	-	7.0	-
	PC-5	표층	X축	실측	44.3	4.5	19.3	63.6	5.4	208.9	2.9	187.1
				모델	45.1	-0.5	16.9	48.1	5.9	189.3	3.2	158.0
				Error	-0.8	5.0	2.4	15.5	-0.5	19.6	-0.3	29.1
				ARE(%)	1.8	-	12.4	-	9.3	-	10.3	-
			Y축	실측	72.6	19.4	37.1	67.8	12.3	226.8	8.1	189.6
				모델	66.9	12.1	33.6	55.8	12.6	203.2	7.6	165.8
				Error	5.7	7.3	3.5	12.0	-0.3	23.6	0.5	23.8
				ARE(%)	7.9	-	9.4	-	2.4	-	6.2	-
		중층	X축	실측	39.2	354.6	17.2	54.9	4.0	199.7	1.2	153.9
				모델	43.5	359.0	16.2	47.0	4.5	188.9	1.3	158.2
				Error	-4.3	-4.4	1.0	7.9	-0.5	10.8	-0.1	-4.3
				ARE(%)	11.0	-	5.8	-	12.5	-	8.3	-
			Y축	실측	68.8	19.6	33.7	71.9	11.7	228.1	7.5	191.2
				모델	64.6	13.4	31.2	57.0	12.2	203.3	6.6	165.7
				Error	4.2	6.2	2.5	14.9	-0.5	24.8	0.9	25.5
				ARE(%)	6.1	-	7.4	-	4.3	-	12.0	-
		저층	X축	실측	34.4	346.6	15.5	44.2	3.1	192.4	1.1	117.8
				모델	36.5	359.3	14.5	46.7	3.5	187.2	1.2	139.5
				Error	-2.1	-12.7	1.0	-2.5	-0.4	5.2	-0.1	-21.7
				ARE(%)	6.1	-	6.5	-	12.9	-	9.1	-
			Y축	실측	64.5	19.3	31.0	19.3	10.9	229.2	6.8	191.1
				모델	59.1	13.6	28.4	46.3	10.7	203.4	6.1	167.9
				Error	5.4	5.7	2.6	-27.0	0.2	25.8	0.7	23.2
				ARE(%)	8.4	-	8.4	-	1.8	-	10.3	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (7/9)

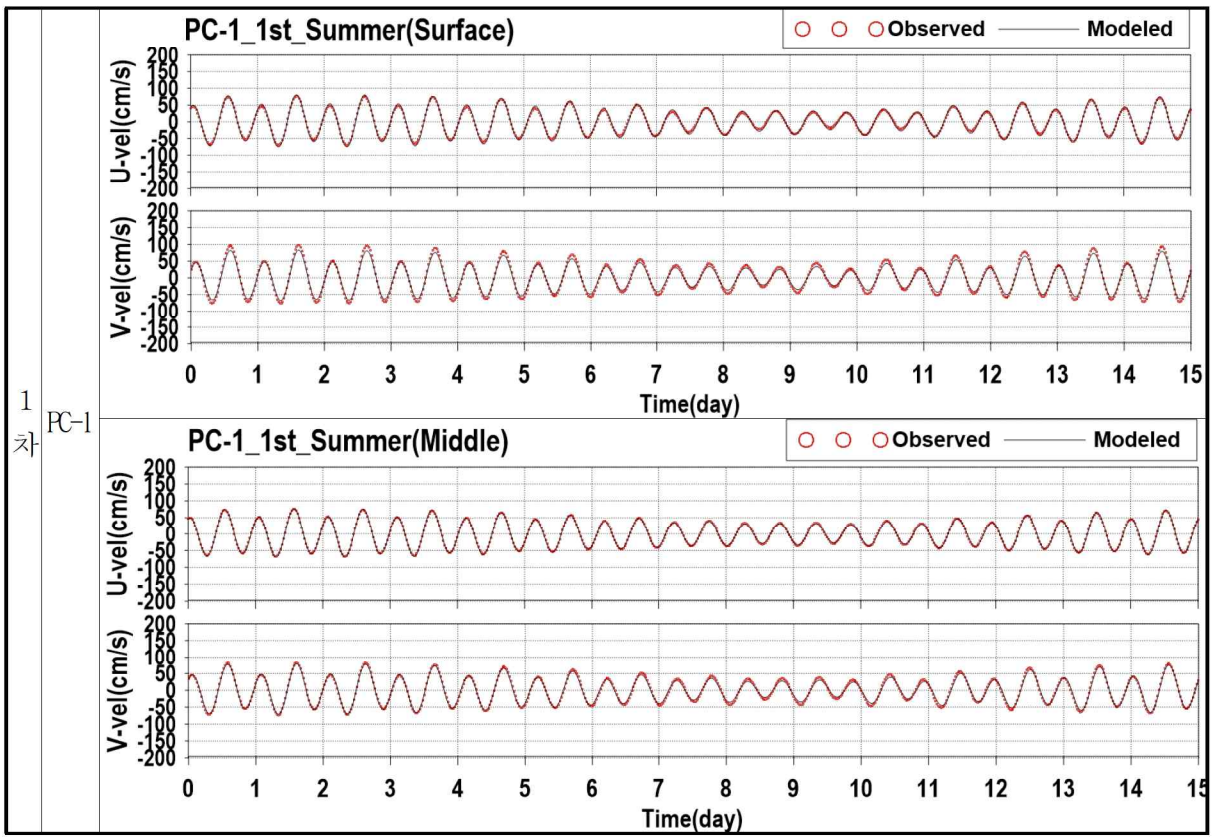
구 분					M_2		S_2		K_1		O_1	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
5차	PC-6	표층	X축	실측	64.8	16.4	37.1	41.5	13.2	210.2	4.1	182.7
				모델	63.5	2.9	34.8	41.4	12.2	208.2	4.4	172.6
				Error	1.3	13.5	2.3	0.1	1.0	2.0	-0.3	10.1
				ARE(%)	2.0	-	6.2	-	7.6	-	7.3	-
			Y축	실측	63.4	14.7	32.6	42.0	13.4	204.7	5.5	166.2
				모델	60.3	2.2	30.4	45.1	12.5	208.0	5.2	146.8
				Error	3.1	12.5	2.2	-3.1	0.9	-3.3	0.3	19.4
				ARE(%)	4.9	-	6.7	-	6.7	-	5.5	-
		중층	X축	실측	60.6	9.7	34.9	33.9	10.9	199.5	4.1	174.8
				모델	60.9	3.4	33.4	41.9	11.7	208.2	4.4	172.3
				Error	-0.3	6.3	1.5	-8.0	-0.8	-8.7	-0.3	2.5
				ARE(%)	0.5	-	4.3	-	7.3	-	7.3	-
			Y축	실측	60.8	15.5	29.1	43.9	13.3	210.2	5.9	163.8
				모델	58.7	1.0	29.2	44.7	12.2	207.9	5.1	146.6
				Error	2.1	14.5	-0.1	-0.8	1.1	2.3	0.8	17.2
				ARE(%)	3.5	-	0.3	-	8.3	-	13.6	-
		저층	X축	실측	52.9	1.7	30.5	25.3	9.0	190.5	3.1	173.7
				모델	55.9	3.1	30.0	41.4	10.2	206.8	3.5	172.4
				Error	-3.0	-1.4	0.5	-16.1	-1.2	-16.3	-0.4	1.3
				ARE(%)	5.7	-	1.6	-	13.3	-	12.9	-
			Y축	실측	56.2	14.9	26.4	42.9	12.5	208.5	5.7	162.5
				모델	53.9	2.6	25.9	43.5	11.3	207.0	5.3	146.5
				Error	2.3	12.3	0.5	-0.6	1.2	1.5	0.4	16.0
				ARE(%)	4.1	-	1.9	-	9.6	-	7.0	-
	PC-7	표층	X축	실측	58.6	15.5	20.5	38.8	11.5	197.7	4.4	151.9
				모델	52.7	-0.2	19.3	36.6	10.2	169.7	4.1	129.6
				Error	5.9	15.7	1.2	2.2	1.3	28.0	0.3	22.3
				ARE(%)	10.1	-	5.9	-	11.3	-	6.8	-
			Y축	실측	37.0	30.5	14.4	32.4	7.4	191.2	1.6	183.3
				모델	31.6	4.9	13.5	26.1	6.5	173.1	1.4	160.0
				Error	5.4	25.6	0.9	6.3	0.9	18.1	0.2	23.3
				ARE(%)	14.6	-	6.3	-	12.2	-	12.5	-
		중층	X축	실측	58.3	13.0	21.0	33.4	9.5	189.9	3.8	154.3
				모델	51.7	-0.1	19.0	36.9	8.2	170.8	3.6	129.1
				Error	6.6	13.1	2.0	-3.5	1.3	19.1	0.2	25.2
				ARE(%)	11.3	-	9.5	-	13.7	-	5.3	-
			Y축	실측	37.5	32.5	13.9	35.8	7.7	197.7	1.6	171.5
				모델	34.8	4.6	11.9	26.7	7.1	174.6	1.4	160.4
				Error	2.7	27.9	2.0	9.1	0.6	23.1	0.2	11.1
				ARE(%)	7.2	-	14.4	-	7.8	-	12.5	-
		저층	X축	실측	53.7	8.5	20.0	25.5	7.8	183.1	3.2	150.7
				모델	50.6	0.2	18.3	36.4	7.6	171.5	3.5	129.8
				Error	3.1	8.3	1.7	-10.9	0.2	11.6	-0.3	20.9
				ARE(%)	5.8	-	8.5	-	2.6	-	9.4	-
			Y축	실측	35.6	34.3	13.2	36.2	7.1	200.8	1.2	183.8
				모델	30.4	4.9	11.7	26.1	6.1	173.8	1.3	179.8
				Error	5.2	29.4	1.5	10.1	1.0	27.0	-0.1	4.0
				ARE(%)	14.6	-	11.4	-	14.1	-	8.3	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (8/9)

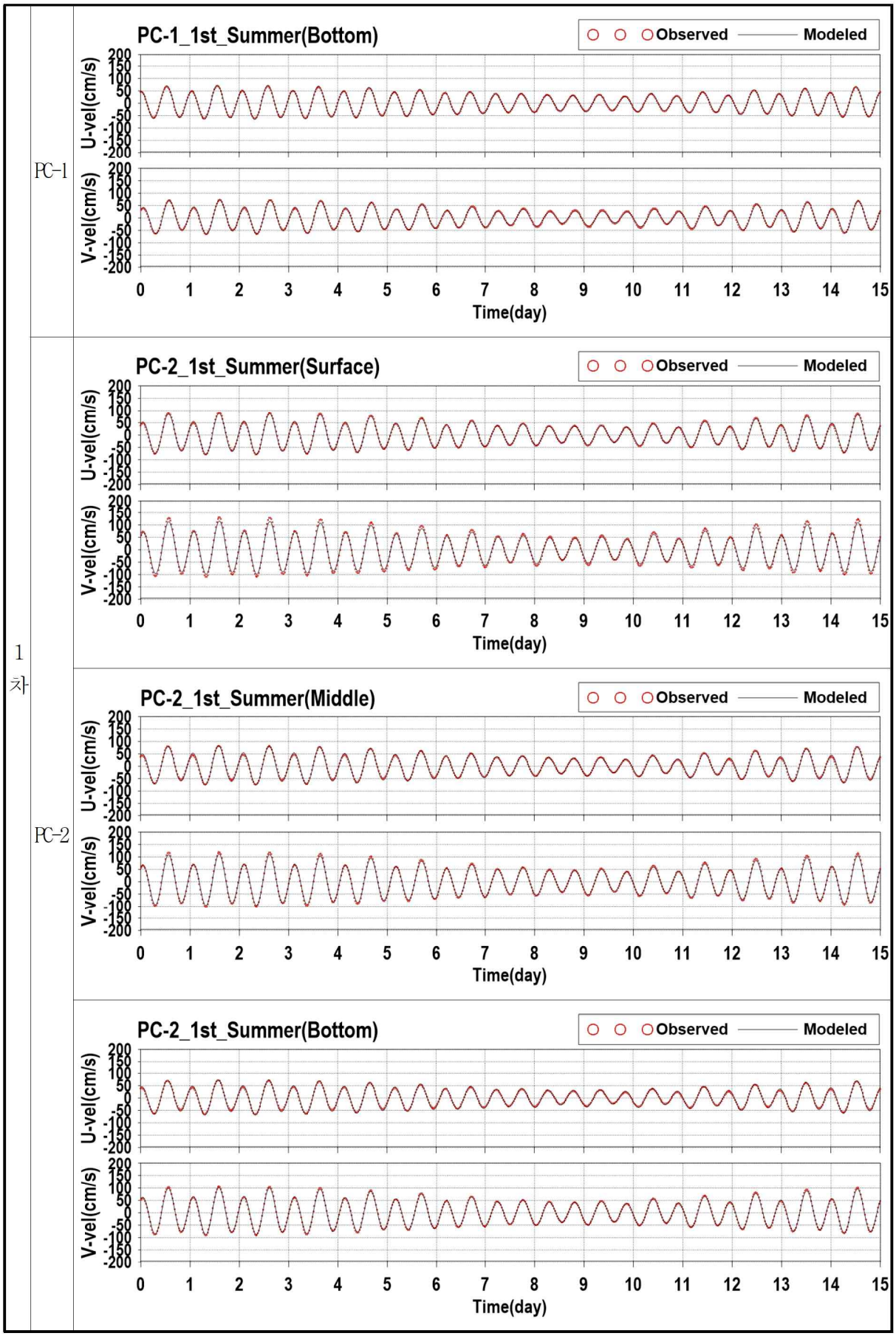
구 분					M_2		S_2		K_1		O_1		N_2	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
6차	PC-1	표층	X축	실측	45.2	12.2	25.6	69.0	6.0	239.8	6.4	217.0	6.3	344.1
				모델	49.5	1.3	24.3	46.8	5.3	219.6	5.7	184.1	7.0	331.3
				Error	-4.3	10.9	1.3	22.2	0.7	20.2	0.7	32.9	-0.7	12.8
				ARE(%)	9.5	-	5.1	-	11.7	-	10.9	-	11.1	-
			Y축	실측	59.3	33.2	30.2	79.8	8.8	229.2	9.7	194.1	9.5	11.9
				모델	53.7	13.5	27.2	55.1	9.8	200.2	8.9	174.1	9.0	0.5
				Error	5.6	19.7	3.0	24.7	-1.0	29.0	0.8	20.0	0.5	11.4
				ARE(%)	9.4	-	9.9	-	11.4	-	8.2	-	5.3	-
		중층	X축	실측	49.9	358.9	24.7	56.6	3.0	234.3	3.1	178.8	7.6	333.2
				모델	47.7	358.6	23.2	46.4	3.3	219.2	3.5	163.5	6.5	331.7
				Error	2.2	0.3	1.5	10.2	-0.3	15.1	-0.4	15.3	1.1	1.5
				ARE(%)	4.4	-	6.1	-	10.0	-	12.9	-	14.5	-
			Y축	실측	52.9	26.6	26.9	76.7	10.1	244.6	8.8	201.6	9.0	2.4
				모델	49.4	14.4	24.0	55.0	9.6	210.7	7.6	175.2	8.6	0.3
				Error	3.5	12.2	2.9	21.7	0.5	33.9	1.2	26.4	0.4	2.1
				ARE(%)	6.6	-	10.8	-	5.0	-	13.6	-	4.4	-
		저층	X축	실측	46.8	348.8	21.7	49.5	2.1	189.5	3.3	140.2	7.0	318.2
				모델	44.1	358.8	20.8	47.6	2.4	189.5	3.6	163.2	6.0	330.2
				Error	2.7	-10.0	0.9	1.9	-0.3	0.0	-0.3	-23.0	1.0	-12.0
				ARE(%)	5.8	-	4.1	-	14.3	-	9.1	-	14.3	-
			Y축	실측	46.0	22.8	23.5	73.1	9.5	246.3	7.9	202.0	8.3	352.5
				모델	40.8	13.9	21.2	54.9	8.9	219.9	6.8	177.2	7.9	359.4
				Error	5.2	8.9	2.3	18.2	0.6	26.4	1.1	24.8	0.4	-6.9
				ARE(%)	11.3	-	9.8	-	6.3	-	13.9	-	4.8	-
	PC-2	표층	X축	실측	56.4	16.6	30.8	71.4	8.3	242.7	6.8	216.0	10.2	4.0
				모델	53.4	1.1	27.7	44.2	7.4	217.0	6.1	191.4	10.0	1.2
				Error	3.0	15.5	3.1	27.2	0.9	25.7	0.7	24.6	0.2	2.8
				ARE(%)	5.3	-	10.1	-	10.8	-	10.3	-	2.0	-
			Y축	실측	76.4	21.8	46.4	76.0	9.0	225.7	8.6	188.3	9.4	13.4
				모델	69.8	5.1	40.1	46.1	9.8	199.8	8.9	162.0	10.6	2.0
				Error	6.6	16.7	6.3	29.9	-0.8	25.9	-0.3	26.3	-1.2	11.4
				ARE(%)	8.6	-	13.6	-	8.9	-	3.5	-	12.8	-
		중층	X축	실측	53.6	6.1	25.6	65.5	5.3	228.6	4.2	198.4	8.5	333.5
				모델	51.5	0.8	22.2	44.4	5.1	206.9	4.8	172.8	9.4	360.0
				Error	2.1	5.3	3.4	21.1	0.2	21.7	-0.6	25.6	-0.9	-26.5
				ARE(%)	3.9	-	13.3	-	3.8	-	14.3	-	10.6	-
			Y축	실측	71.0	17.1	40.0	72.3	8.8	223.6	7.5	185.1	9.1	352.5
				모델	67.6	4.9	35.5	44.8	9.6	199.8	8.0	164.0	10.2	358.2
				Error	3.4	12.2	4.5	27.5	-0.8	23.8	-0.5	21.1	-1.1	-5.7
				ARE(%)	4.8	-	11.3	-	9.1	-	6.7	-	12.1	-
		저층	X축	실측	48.3	357.9	21.6	58.9	3.9	222.6	3.5	187.6	7.4	315.8
				모델	47.2	359.5	19.9	43.9	4.3	197.8	4.0	162.7	7.9	347.0
				Error	1.1	-1.6	1.7	15.0	-0.4	24.8	-0.5	24.9	-0.5	-31.2
				ARE(%)	2.3	-	7.9	-	10.3	-	14.3	-	6.8	-
			Y축	실측	63.7	13.6	34.3	69.7	8.0	218.3	7.0	186.0	9.1	346.6
				모델	62.2	4.1	30.8	44.8	8.8	192.0	7.4	163.7	9.2	354.5
				Error	1.5	9.5	3.5	24.9	-0.8	26.3	-0.4	22.3	-0.1	-7.9
				ARE(%)	2.4	-	10.2	-	10.0	-	5.7	-	1.1	-

〈표 4.3.1-15〉 조류 검증 결과 (9/9)

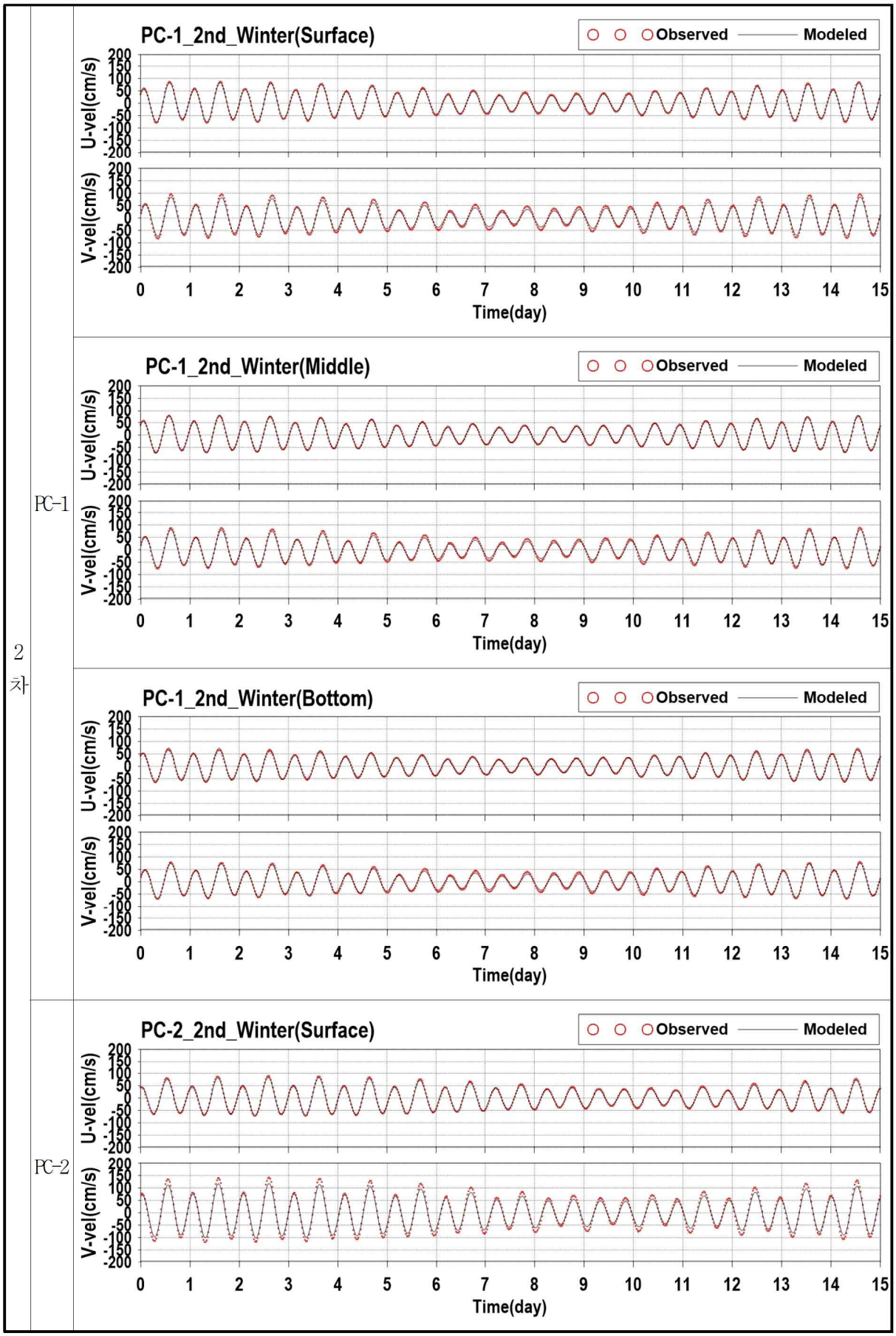
구 분					M_2		S_2		K_1		O_1		N_2	
					진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각	진폭	지각
					(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)	(cm/s)	(°)
6차	PC-3	표층	X축	실측	57.9	2.8	32.4	55.0	10.0	190.9	6.0	139.7	12.6	330.1
				모델	63.7	2.9	29.9	36.1	9.0	178.7	5.7	148.8	12.0	323.8
				Error	-5.8	-0.1	2.5	18.9	1.0	12.2	0.3	-9.1	0.6	6.3
				ARE(%)	10.0	-	7.7	-	10.0	-	5.0	-	4.8	-
			Y축	실측	46.3	355.6	26.1	36.4	4.5	218.7	8.2	180.3	9.5	324.3
				모델	49.6	348.2	23.6	26.9	5.0	189.0	7.7	153.7	10.3	315.1
				Error	-3.3	7.4	2.5	9.5	-0.5	29.7	0.5	26.6	-0.8	9.2
				ARE(%)	7.1	-	9.6	-	11.1	-	6.1	-	8.4	-
		중층	X축	실측	57.5	357.5	30.4	48.6	5.2	200.9	5.3	170.8	11.1	322.5
				모델	62.5	358.4	28.4	35.3	4.8	178.1	5.7	150.0	11.7	323.8
				Error	-5.0	-0.9	2.0	13.3	0.4	22.8	-0.4	20.8	-0.6	-1.3
				ARE(%)	8.7	-	6.6	-	7.7	-	7.5	-	5.4	-
			Y축	실측	49.7	354.1	26.6	34.9	5.8	194.0	6.0	156.8	9.1	315.3
				모델	48.7	348.2	23.8	27.1	5.9	171.3	6.6	143.2	10.0	314.2
				Error	1.0	5.9	2.8	7.8	-0.1	22.7	-0.6	13.6	-0.9	1.1
				ARE(%)	2.0	-	10.5	-	1.7	-	10.0	-	9.9	-
		저층	X축	실측	50.9	354.5	26.5	45.6	4.2	203.2	4.9	173.8	9.0	317.5
				모델	54.4	357.5	23.9	36.1	4.8	178.7	5.2	149.6	9.8	322.6
				Error	-3.5	-3.0	2.6	9.5	-0.6	24.5	-0.3	24.2	-0.8	-5.1
				ARE(%)	6.9	-	9.8	-	14.3	-	6.1	-	8.9	-
			Y축	실측	45.2	352.4	23.6	32.5	5.5	194.9	5.7	157.4	8.1	312.1
				모델	46.3	349.1	20.7	26.2	5.5	170.0	6.1	144.5	8.7	313.1
				Error	-1.1	3.3	2.9	6.3	0.0	24.9	-0.4	12.9	-0.6	-1.0
				ARE(%)	2.4	-	12.3	-	0.0	-	7.0	-	7.4	-



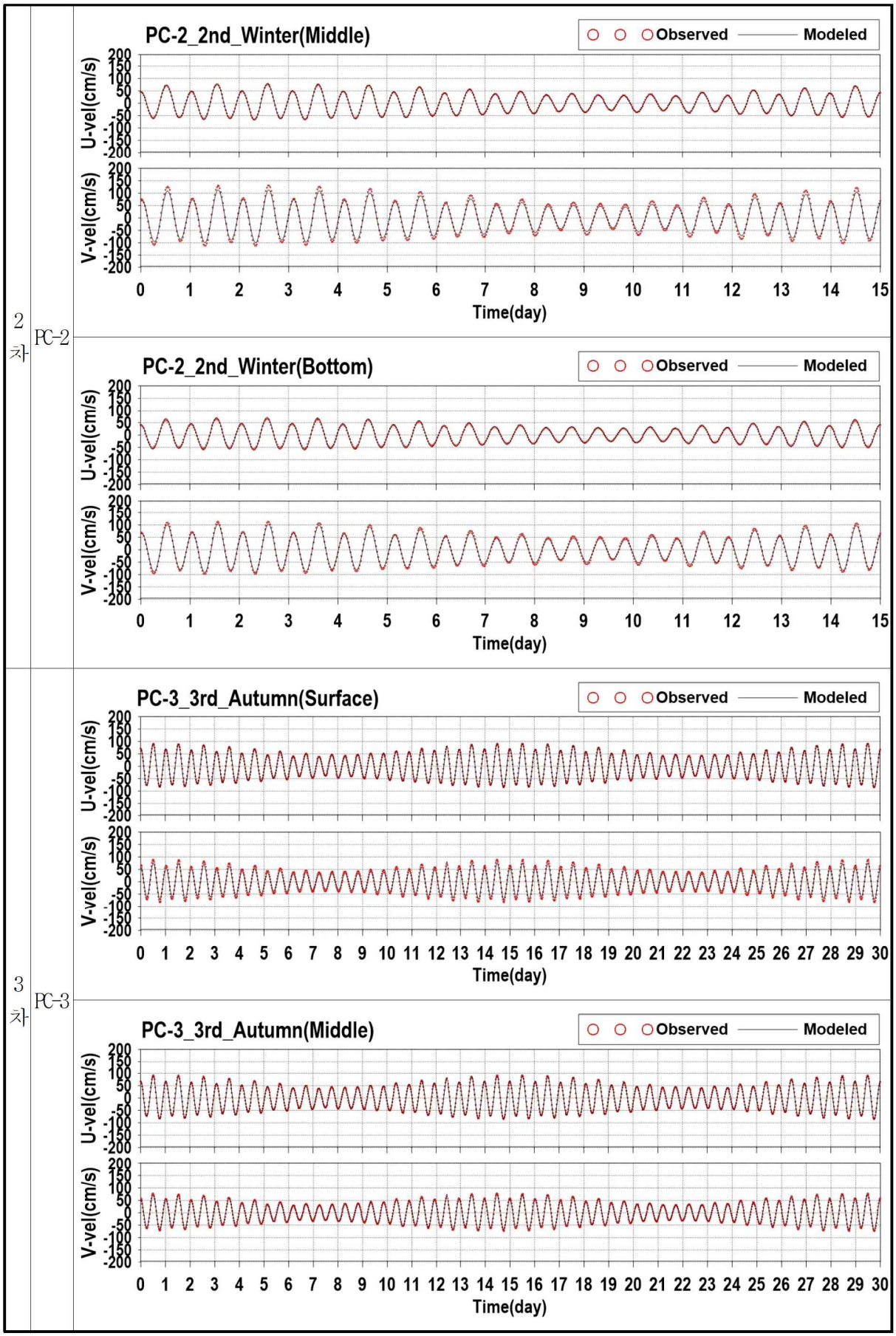
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (1/12)



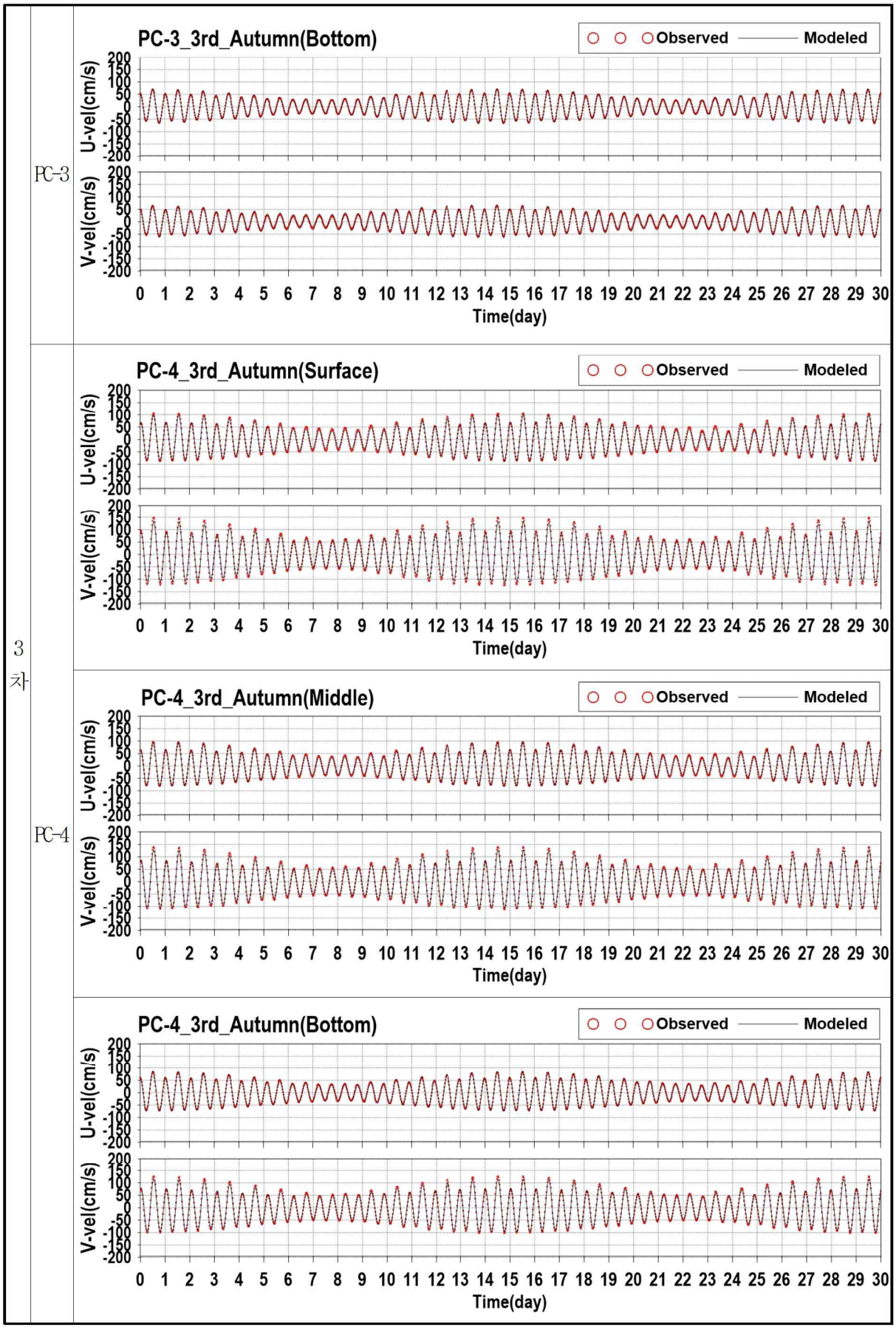
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (2/12)



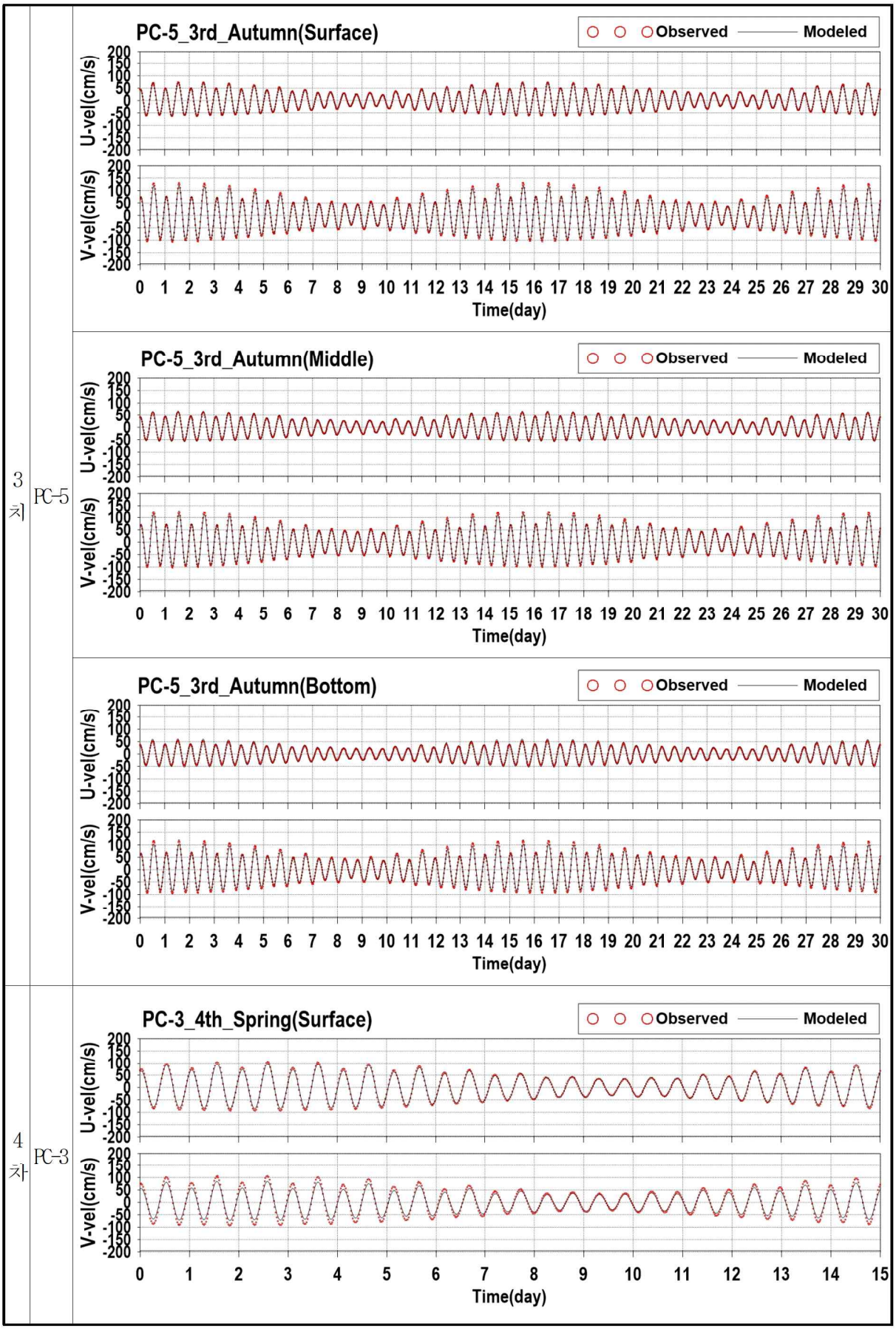
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (3/12)



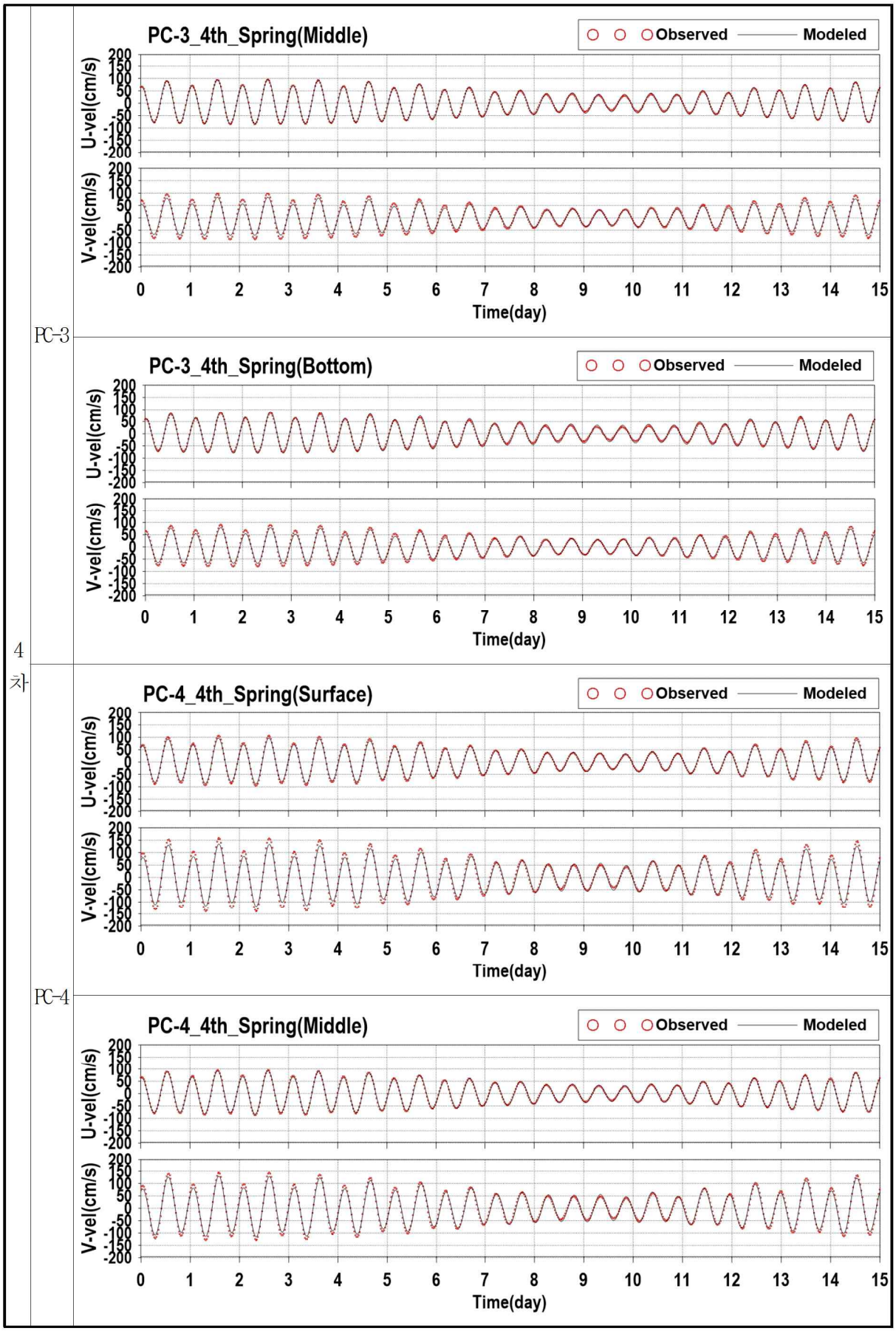
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (4/12)



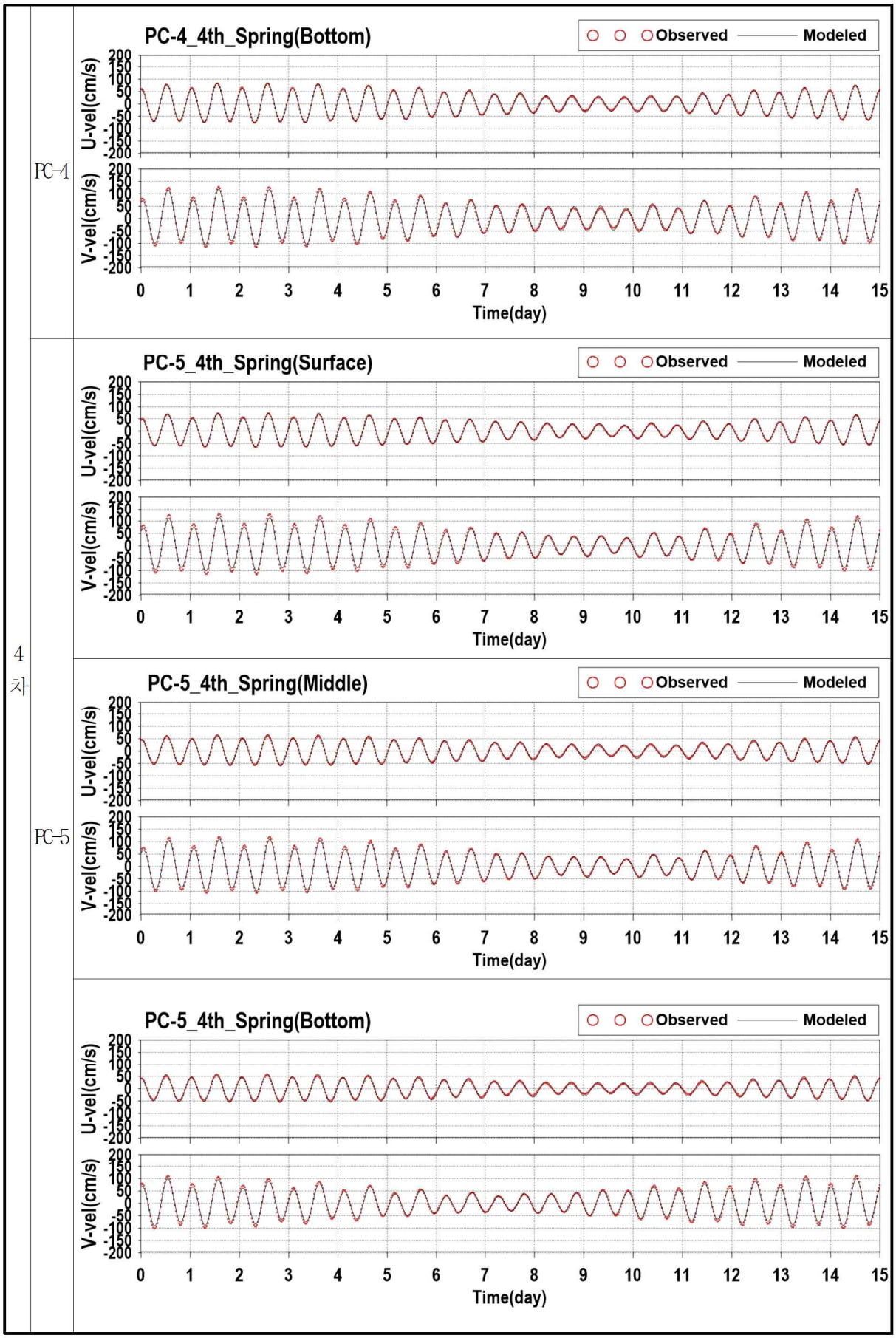
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (5/12)



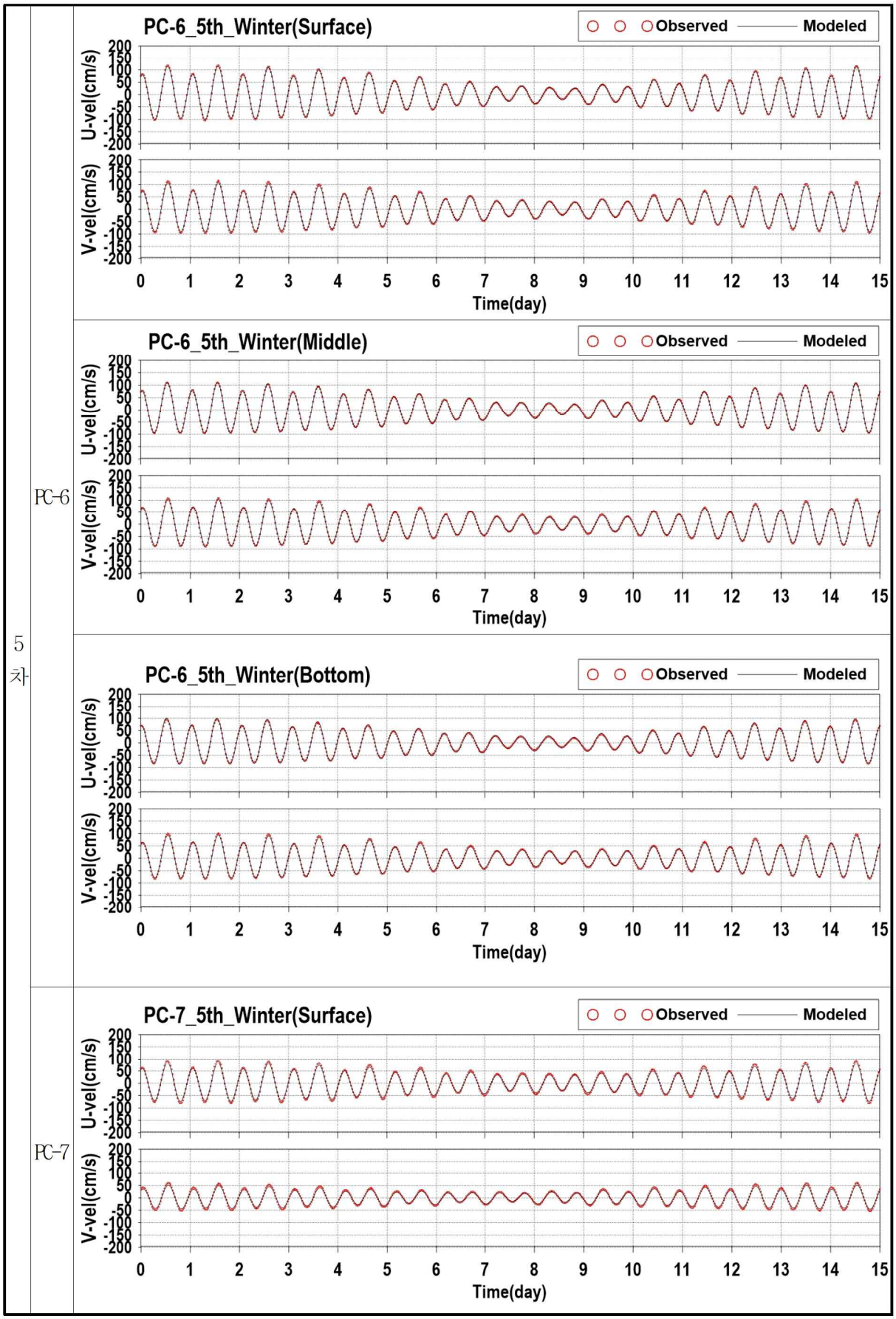
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (6/12)



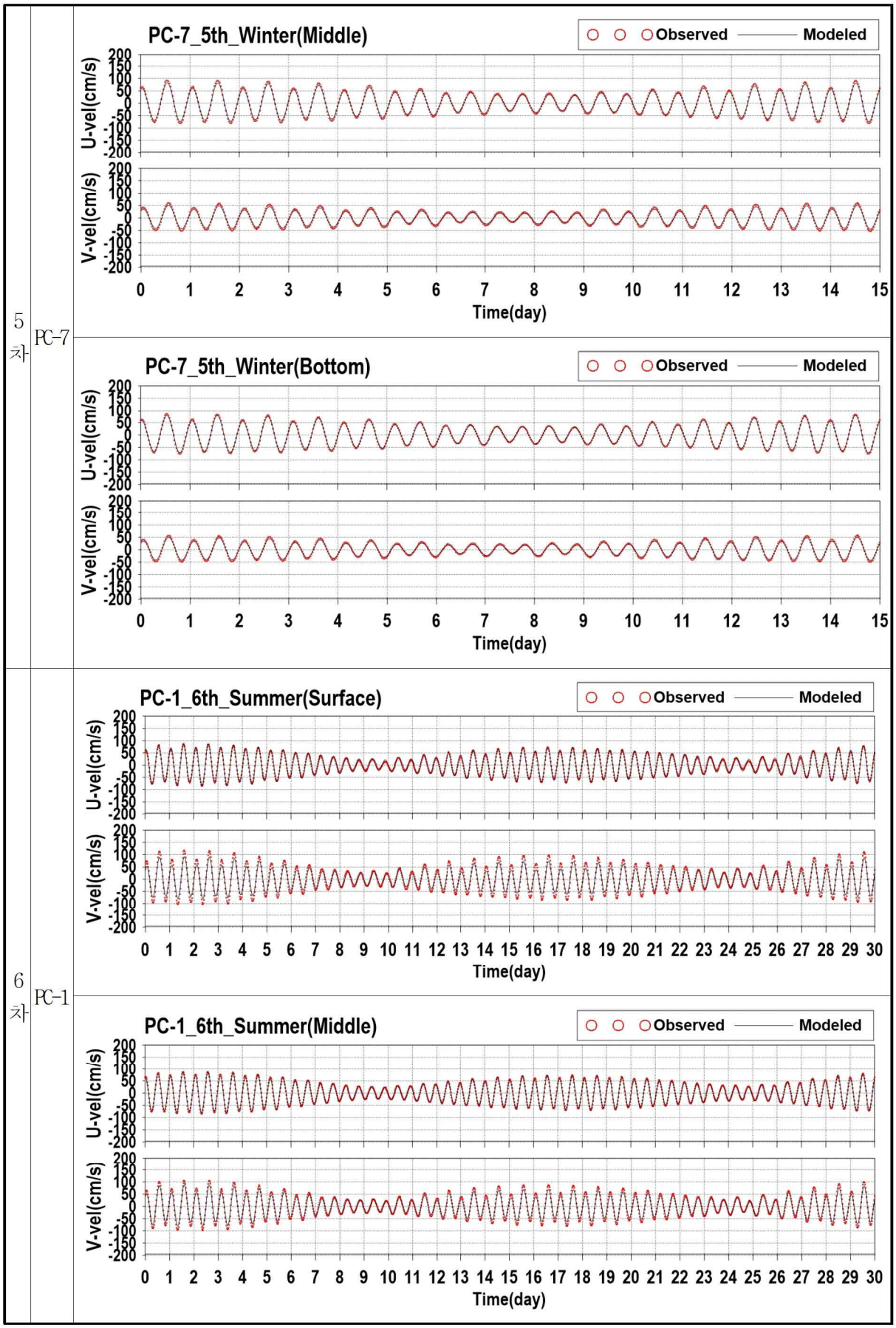
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (7/12)



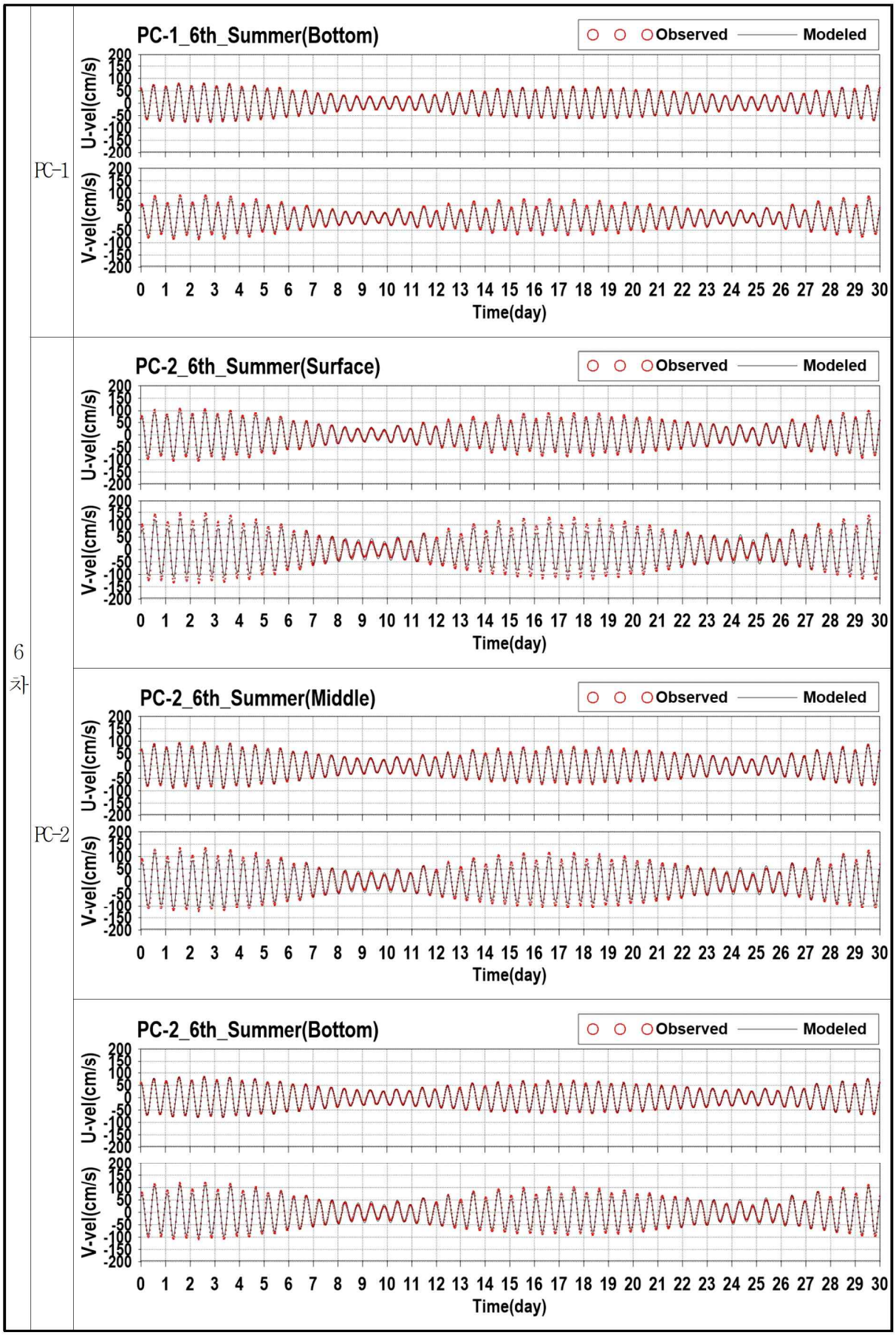
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (8/12)



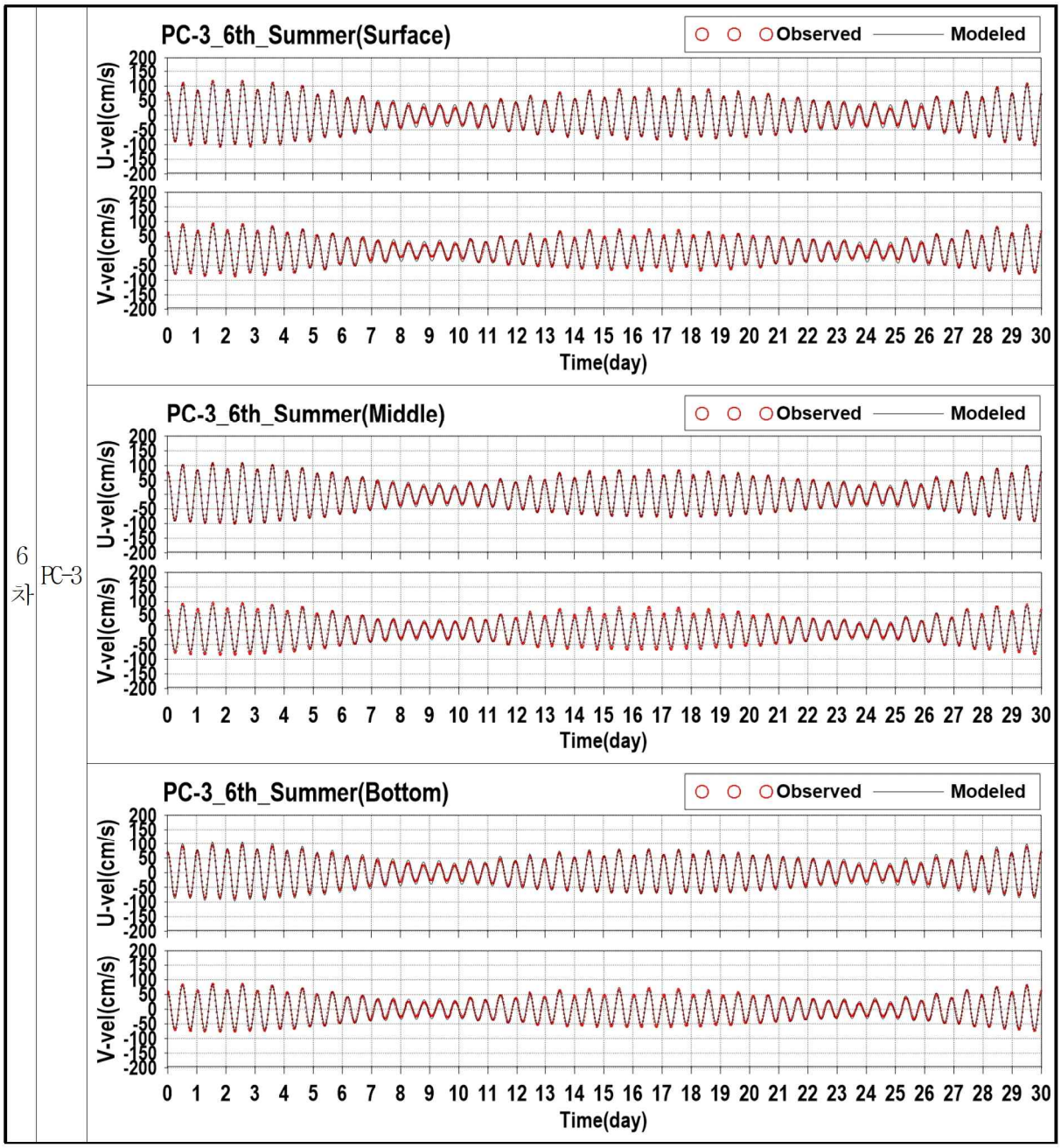
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (9/12)



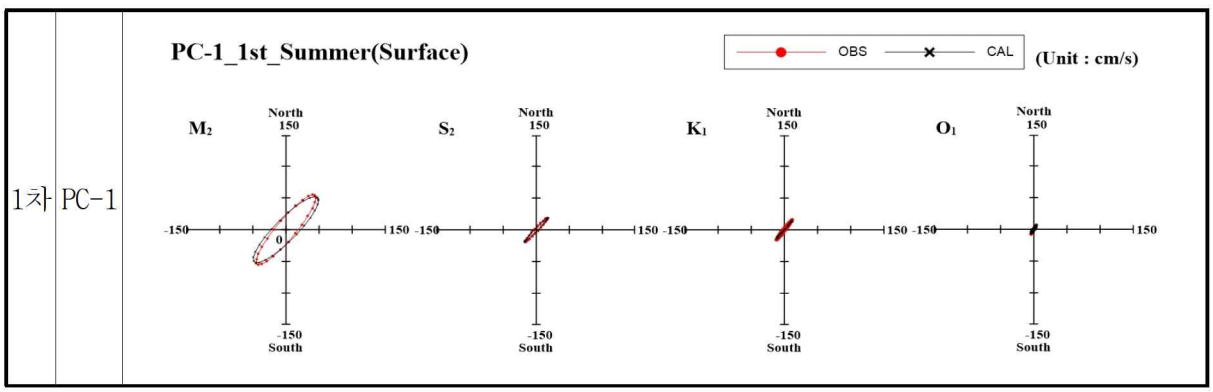
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (10/12)



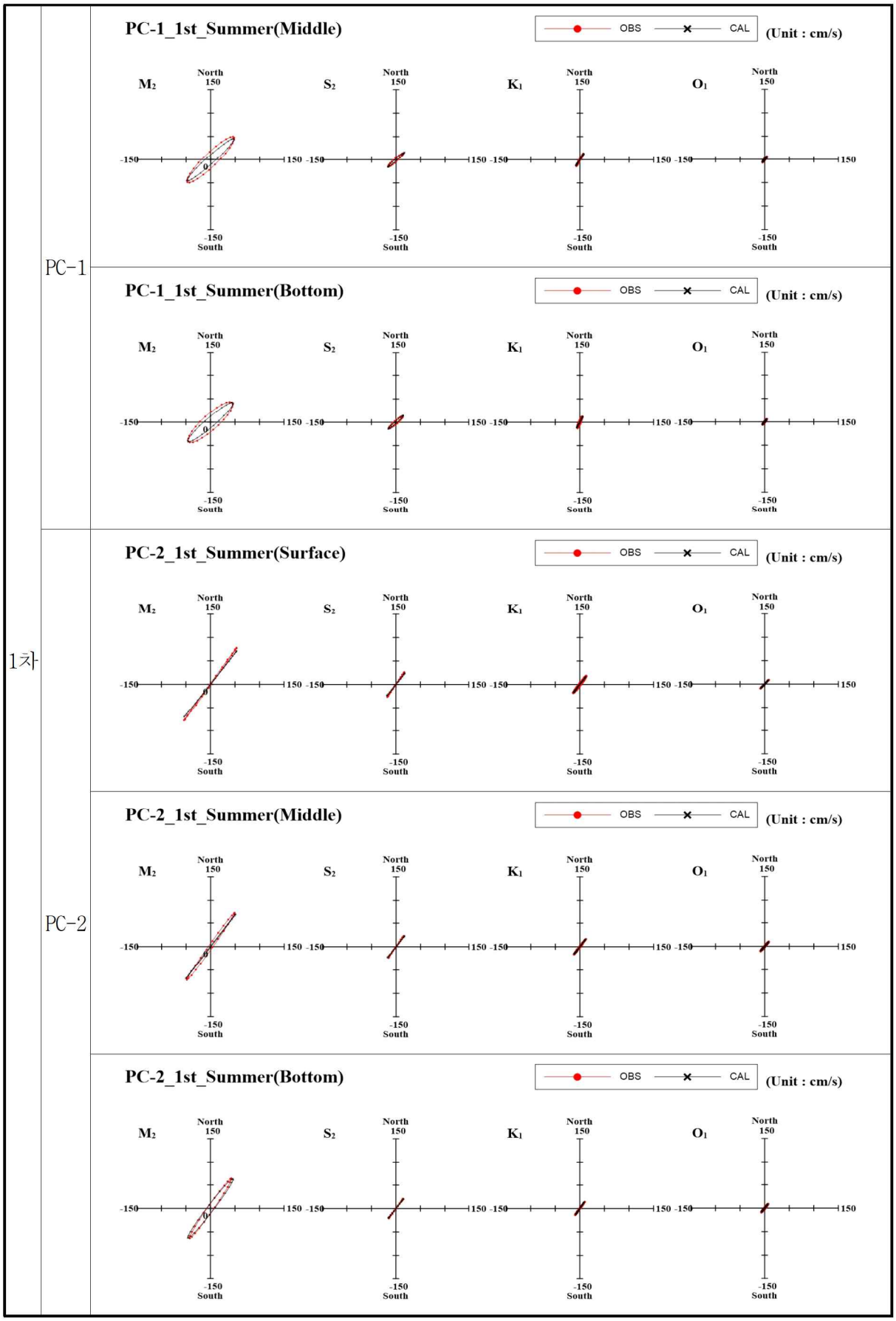
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (11/12)



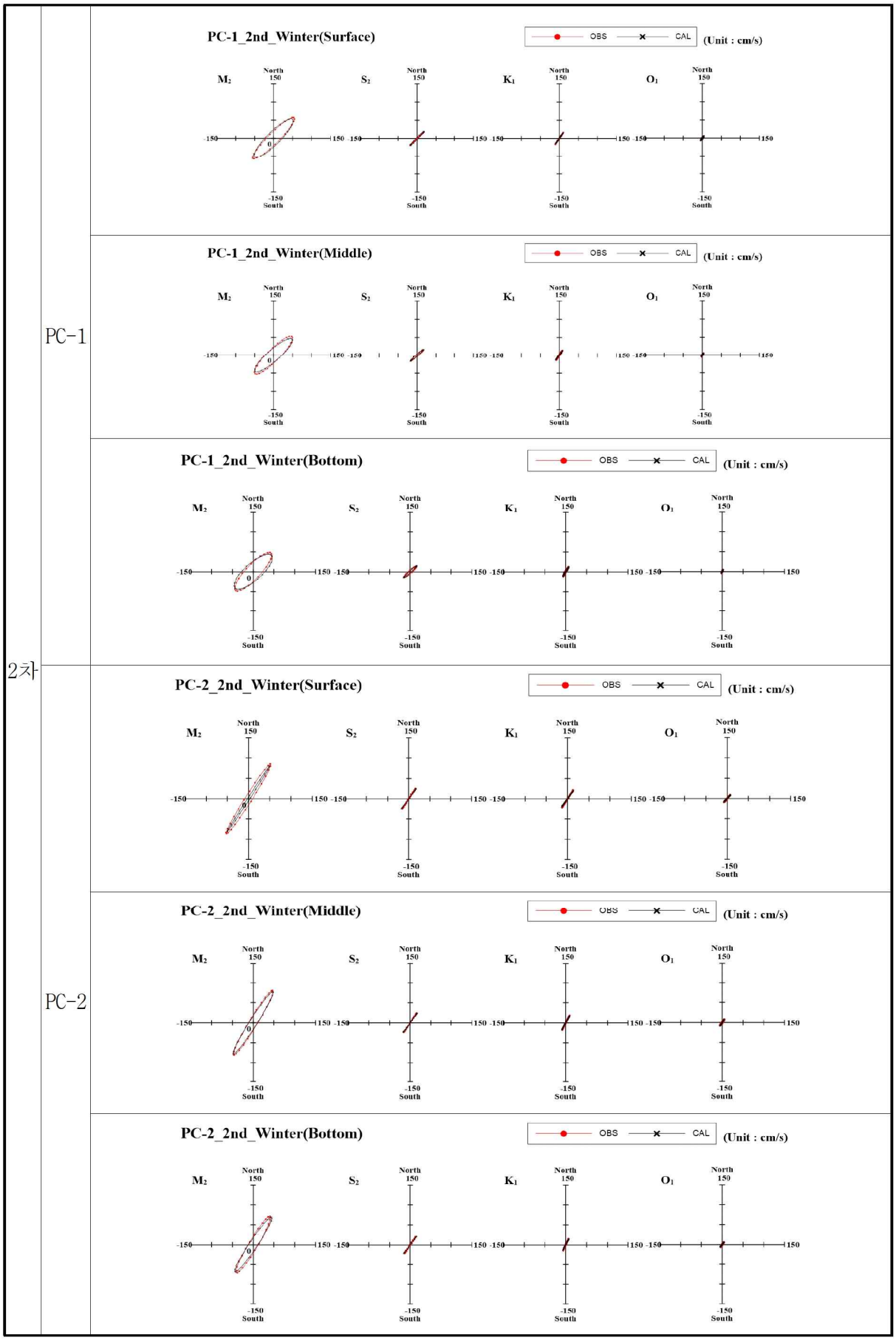
(그림 4.3.1-15) 조류의 시계열 검증 (12/12)



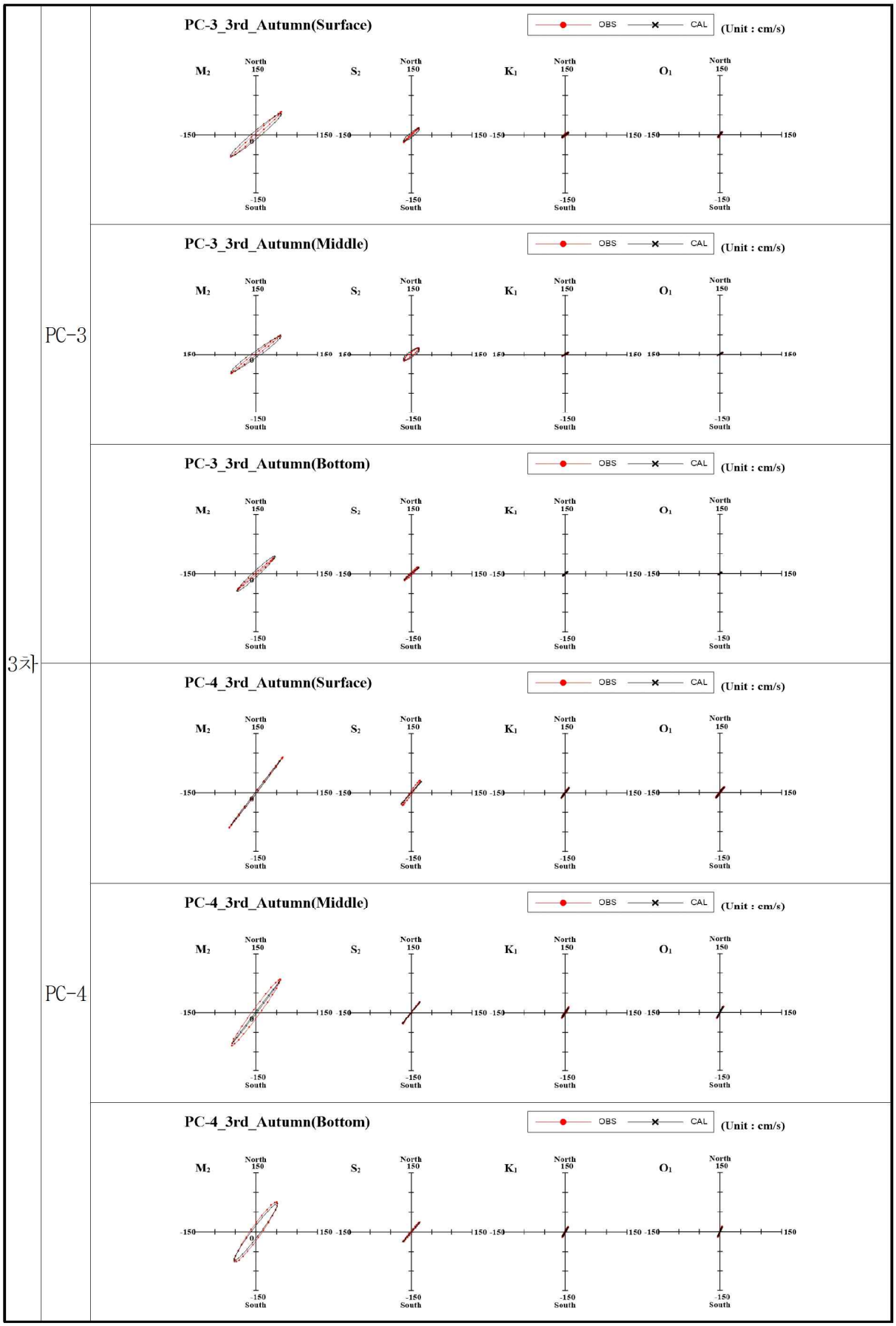
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (1/9)



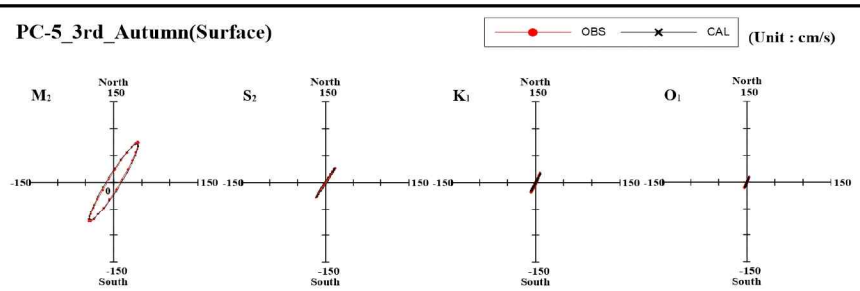
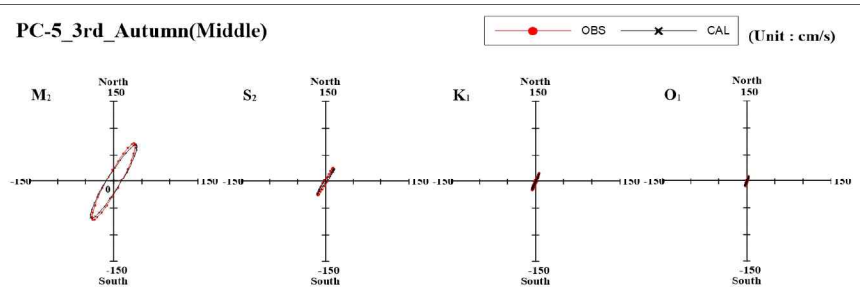
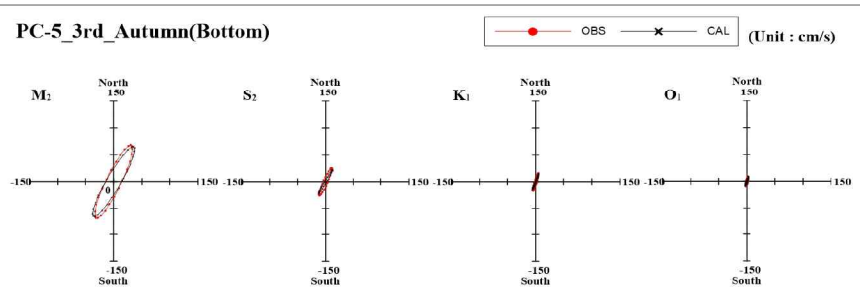
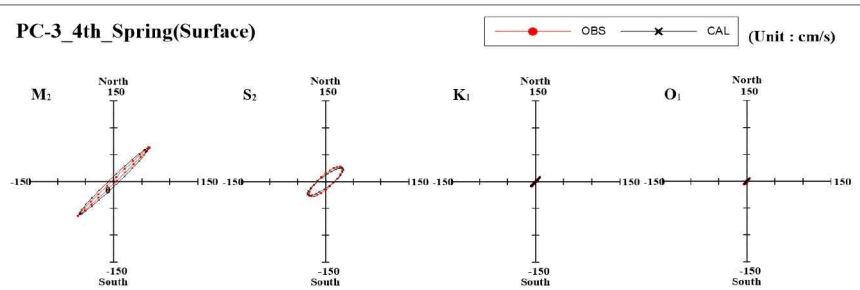
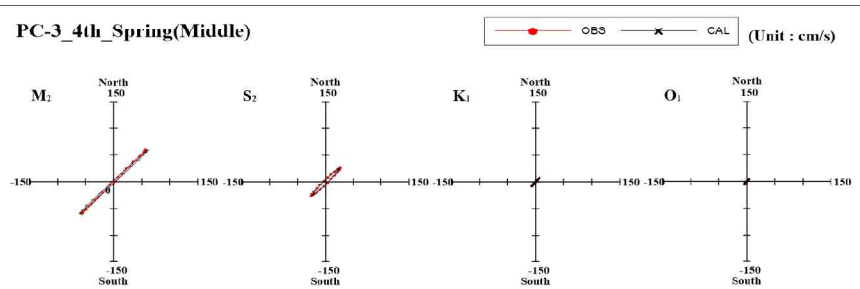
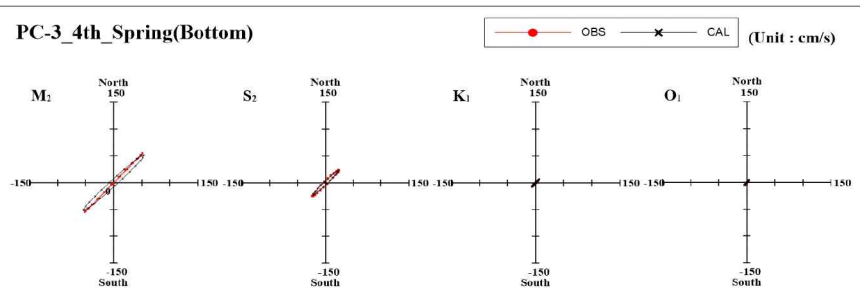
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (2/9)



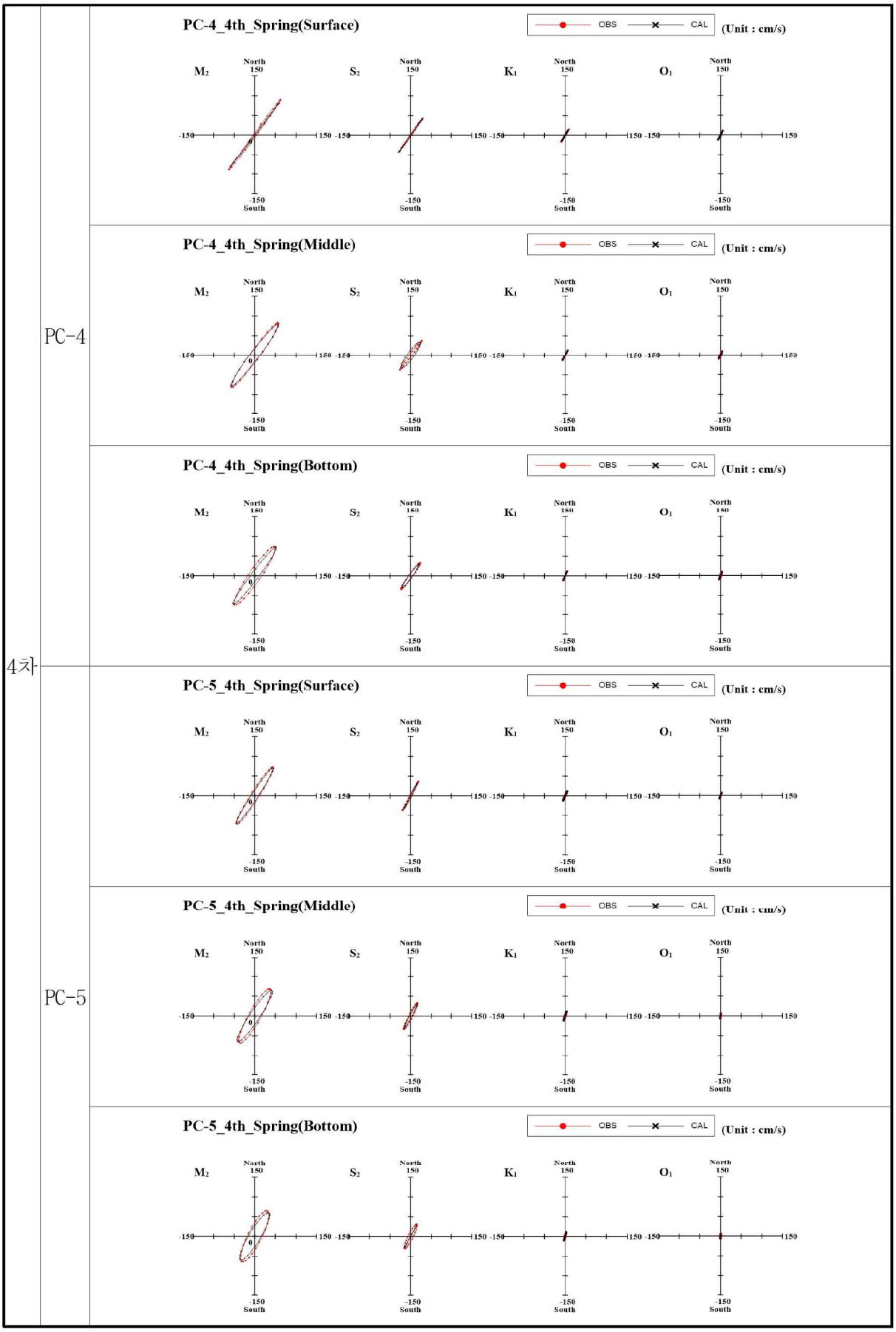
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (3/9)



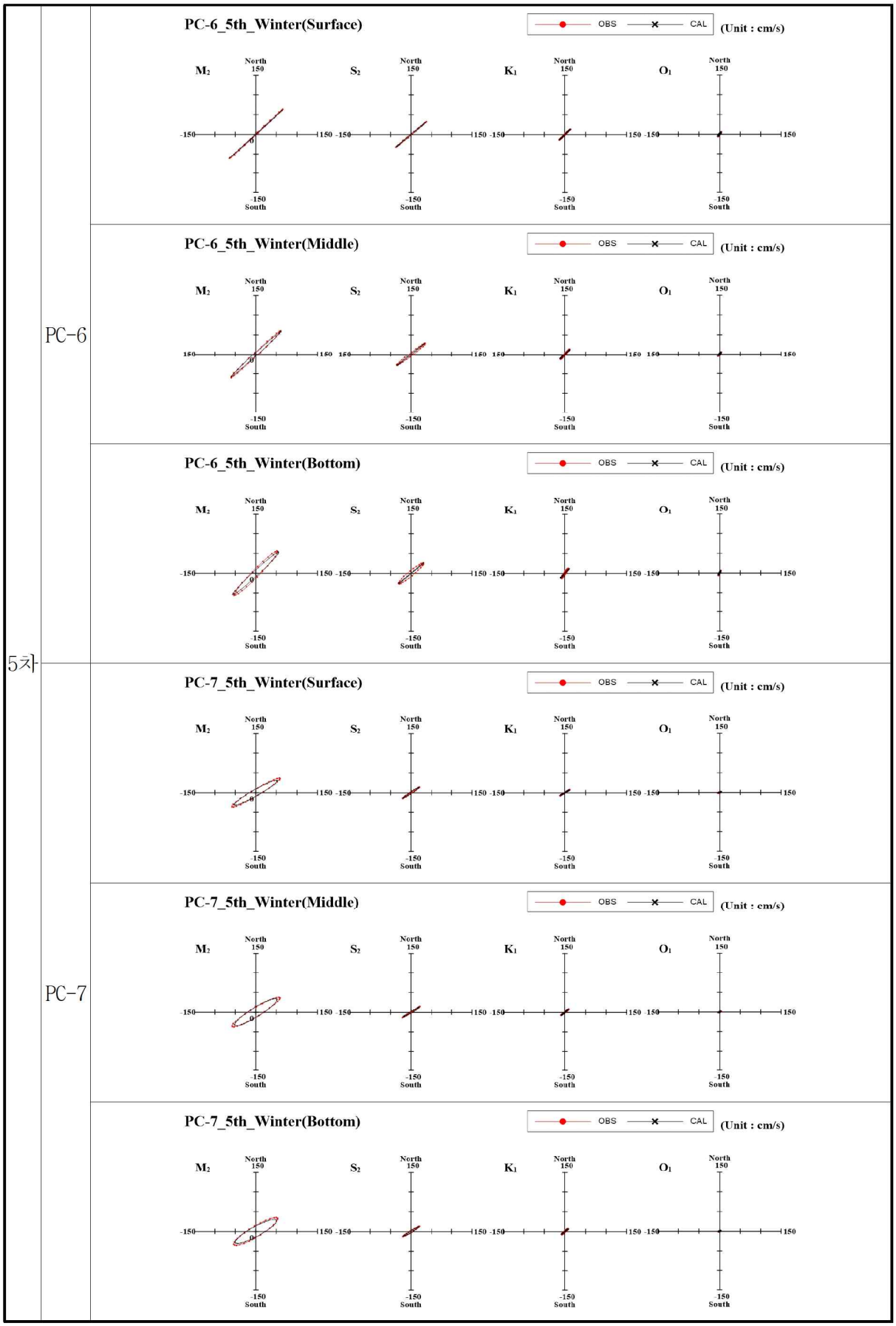
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (4/9)

3차	PC-5	
		
		
4차	PC-3	
		
		

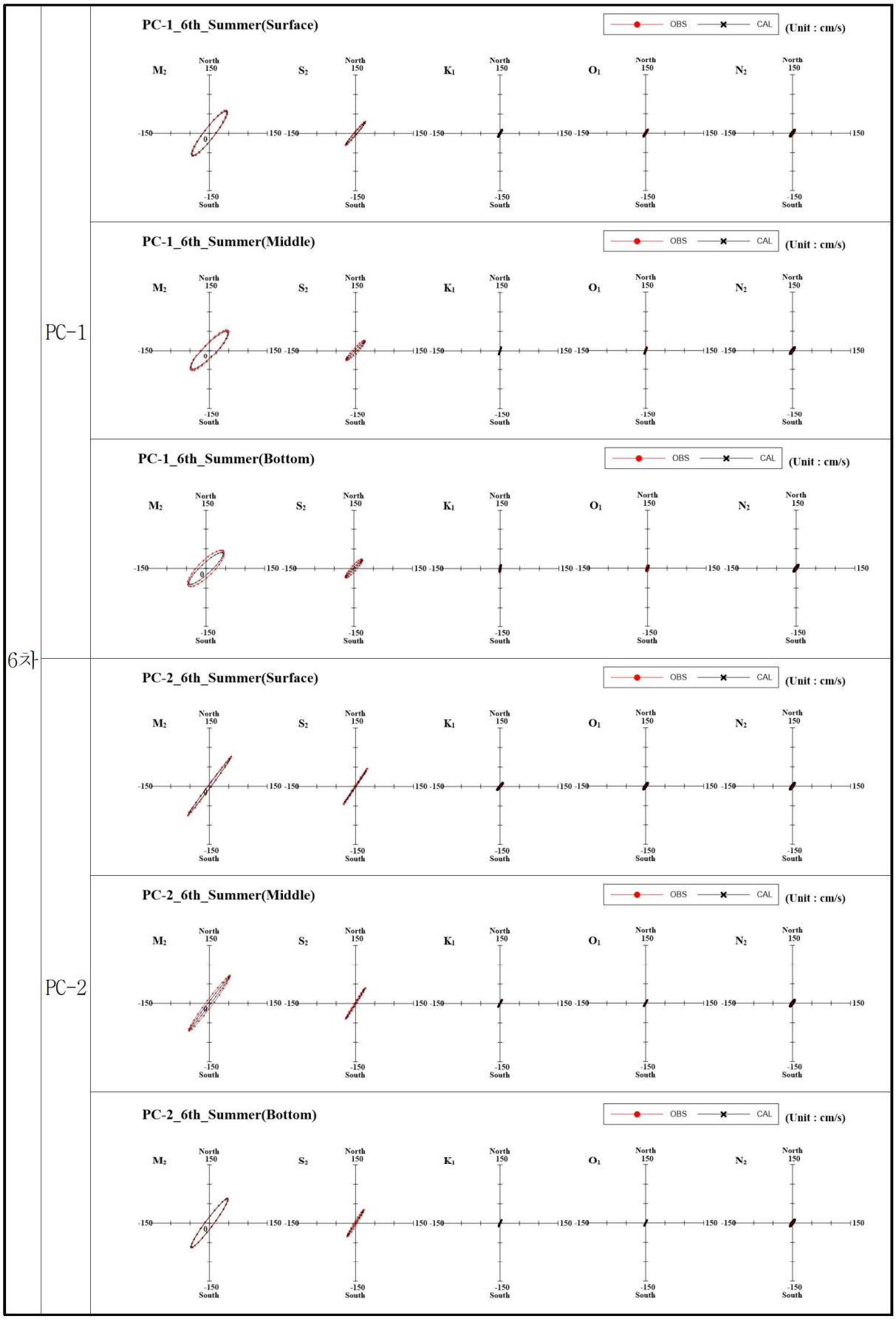
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (5/9)



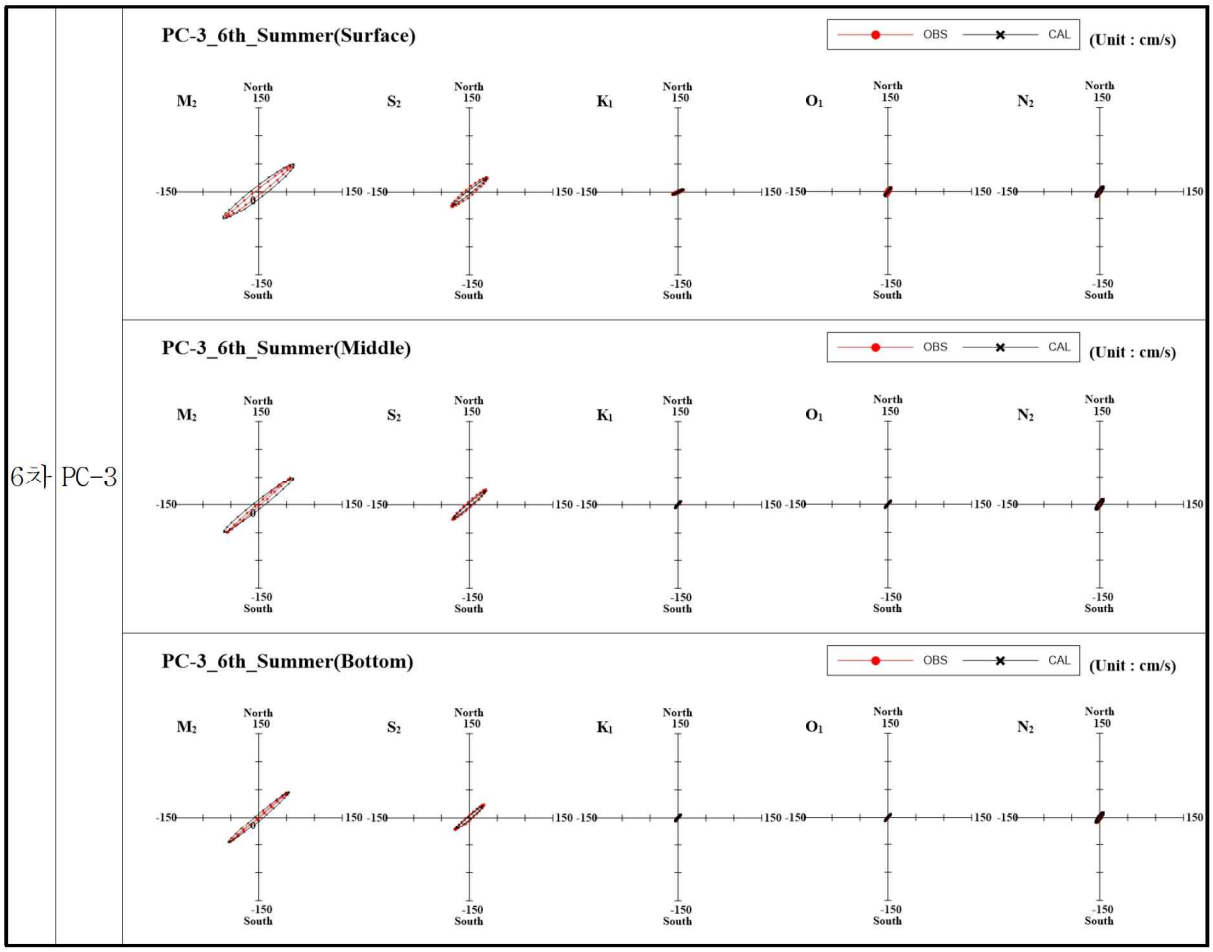
(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (6/9)



(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (7/9)



(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (8/9)



(그림 4.3.1-16) 조류 타원도 검증 (9/9)

〈표 4.3.1-16〉 잔차류 검증 결과

구 분	정 점		유 속 (㎝/s)			유 향 (°)		
			관측	모델	오차	관측	모델	오차
하계 (1차)	PC-1	표층	5.7	3.9	1.8	38.8	49.2	10.4
		중층	1.7	2.6	0.9	63.4	62.9	0.5
		저층	2.3	1.9	0.4	138.0	94.3	43.7
	PC-2	표층	5.6	4.2	1.4	338.0	347.0	9.0
		중층	1.8	2.8	1.0	11.7	28.2	16.5
		저층	1.1	1.9	0.8	108.7	51.6	57.1
동계 (2차)	PC-1	표층	8.4	7.3	1.1	194.4	198.2	3.8
		중층	6.2	7.0	0.8	199.6	205.1	5.5
		저층	5.6	6.9	1.3	211.0	207.9	3.1
	PC-2	표층	5.2	4.0	1.2	190.4	183.9	6.5
		중층	2.2	2.7	0.5	232.0	197.6	34.4
		저층	1.8	2.7	0.9	250.9	205.1	45.8
추계 (3차)	PC-3	표층	10.0	9.7	0.3	223.5	255.6	32.1
		중층	9.3	9.7	0.4	233.7	253.0	19.3
		저층	9.7	9.5	0.2	230.3	251.0	20.7
	PC-4	표층	11.6	12.7	1.1	213.5	247.4	33.9
		중층	10.8	12.6	1.8	202.4	250.1	47.7
		저층	10.1	12.4	2.3	194.7	249.4	54.7
	PC-5	표층	16.1	16.7	0.6	193.0	198.2	5.2
		중층	14.7	16.1	1.4	192.1	197.8	5.7
		저층	13.3	15.3	2.0	192.3	196.3	4.0
춘계 (4차)	PC-3	표층	11.1	12.8	1.7	210.0	256.6	46.6
		중층	9.7	11.7	2.0	218.9	254.1	35.2
		저층	8.2	10.5	2.3	223.9	252.2	28.3
	PC-4	표층	6.2	5.6	0.6	217.5	248.0	30.5
		중층	6.6	5.5	1.1	200.6	250.1	49.5
		저층	6.0	5.3	0.7	193.6	248.6	55.0
	PC-5	표층	12.7	13.8	1.1	194.7	189.1	5.6
		중층	12.8	13.5	0.7	192.8	189.4	3.4
		저층	11.8	12.0	0.2	188.2	189.0	0.8
동계 (5차)	PC-6	표층	12.8	10.4	2.4	222.8	269.7	46.9
		중층	11.3	10.2	1.1	218.1	253.4	35.3
		저층	9.2	9.9	0.7	216.0	245.9	29.9
	PC-7	표층	7.9	10.2	2.3	236.2	252.7	16.5
		중층	10.1	9.3	0.8	242.2	258.2	16.0
		저층	9.8	8.2	1.6	245.5	260.2	14.7
하계 (6차)	PC-1	표층	3.3	4.7	1.4	227.0	221.9	5.1
		중층	4.8	4.1	0.7	193.1	223.4	30.3
		저층	5.4	3.6	1.8	181.7	222.6	40.9
	PC-2	표층	6.1	6.3	0.2	196.1	229.4	33.3
		중층	6.0	5.9	0.1	210.8	247.9	37.1
		저층	6.2	5.3	0.9	207.2	215.2	8.0
	PC-3	표층	3.3	4.5	1.2	227.0	229.3	2.3
		중층	4.8	4.2	0.6	193.1	226.9	33.8
		저층	5.4	4.0	1.4	181.7	225.0	43.3

(4) 실험결과

(가) 조위

고조위는 대조기 553~588cm, 소조기 400~471cm로 분포하고 저조위는 대조기 27~62cm, 소조기 144~208cm로 나타났으며 사업시행에 따른 조위변화는 없는 것으로 검토되었다.

<표 4.3.1-17> 대·소조기 조위 분석결과

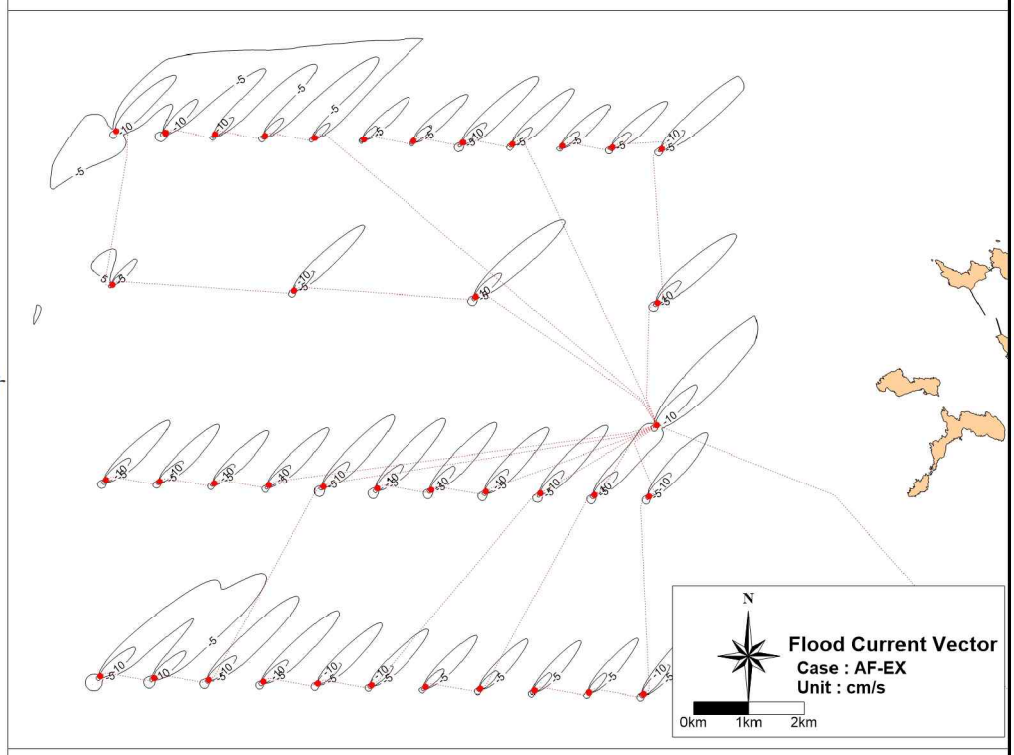
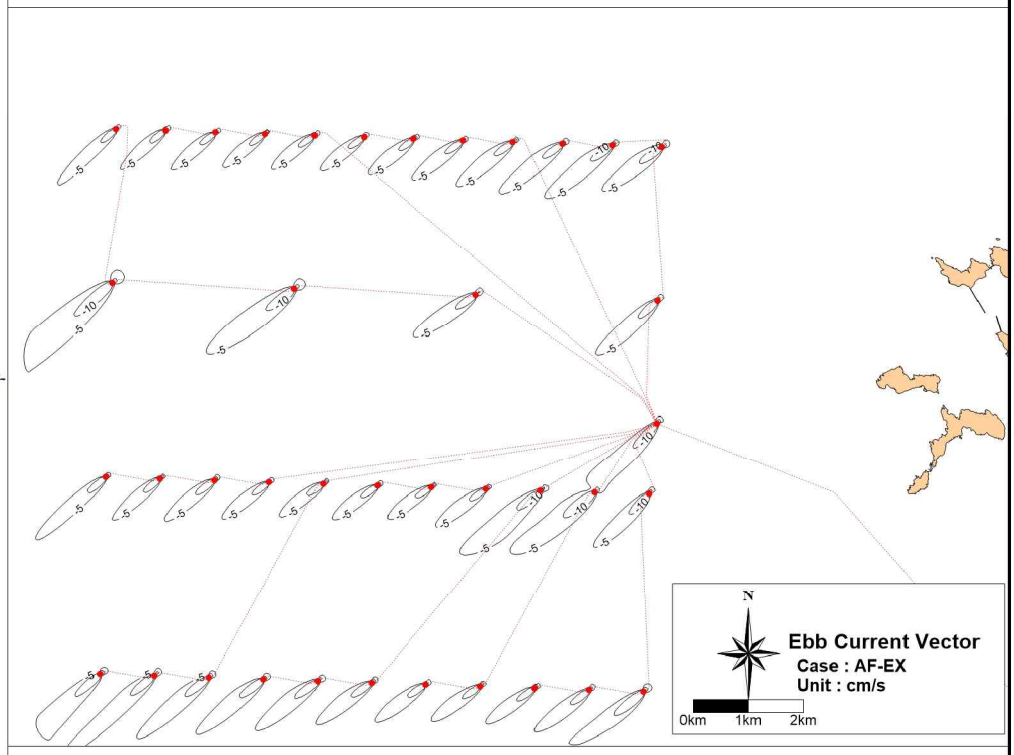
구 분		실험내용			
		고조위(cm)		저조위(cm)	
		대조기	소조기	대조기	소조기
1차(하계)	사업시행 전	587	441	27	152
	사업시행 후	587	441	27	152
2차(동계)	사업시행 전	580	442	32	154
	사업시행 후	580	442	32	154
3차(추계)	사업시행 전	577	400	34	208
	사업시행 후	577	400	34	208
4차(춘계)	사업시행 전	553	471	62	144
	사업시행 후	553	471	62	144
5차(동계)	사업시행 전	588	426	28	179
	사업시행 후	588	426	28	179
6차(하계)	사업시행 전	568	414	30	197
	사업시행 후	568	414	30	197

(나) 조류

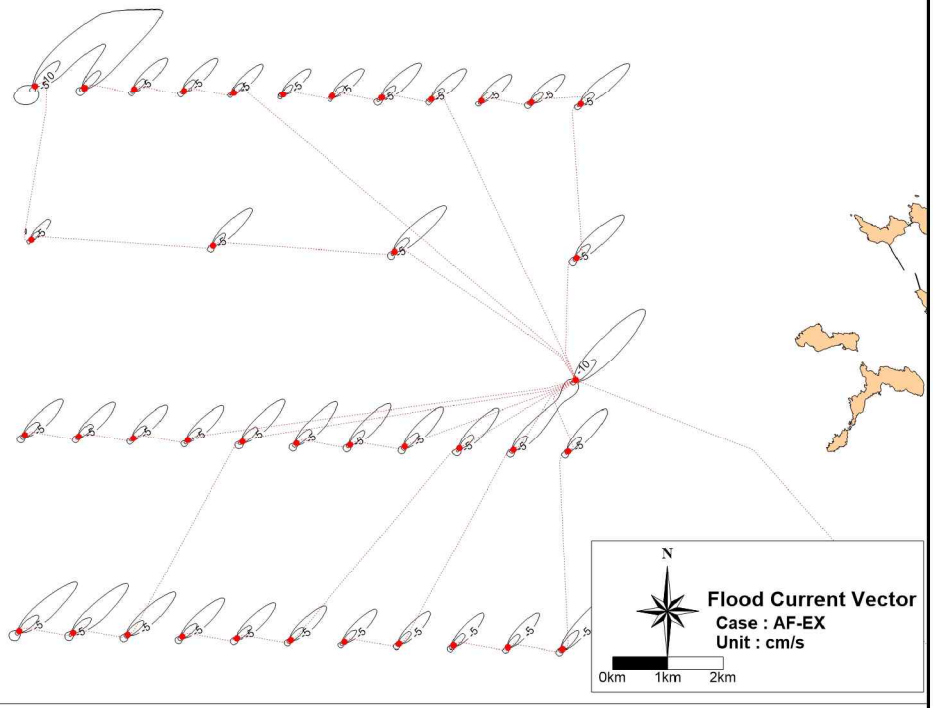
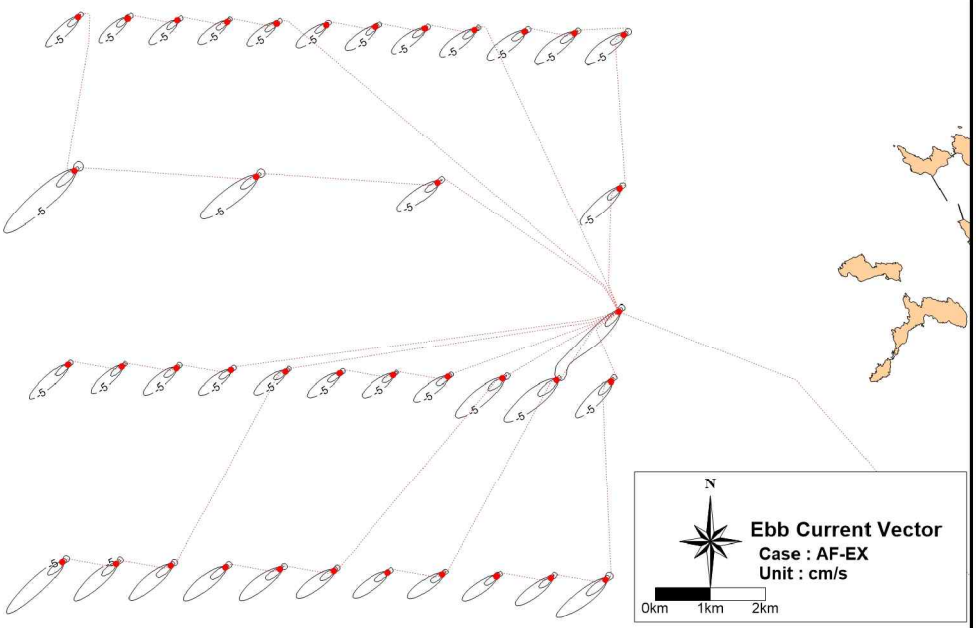
창조시는 대조기 120~139cm/s, 소조기 47~81cm/s로 분포하고 낙조시는 대조기 118~129cm/s, 소조기 40~72cm/s로 나타났으며 사업시행 후 각 지점별 인근역의 최강 창·낙조시 유속은 (-)10cm/sec 내외로 미미하게 감소되는 것으로 검토되었다.

<표 4.3.1-18> 최강 창·낙조류 분석결과

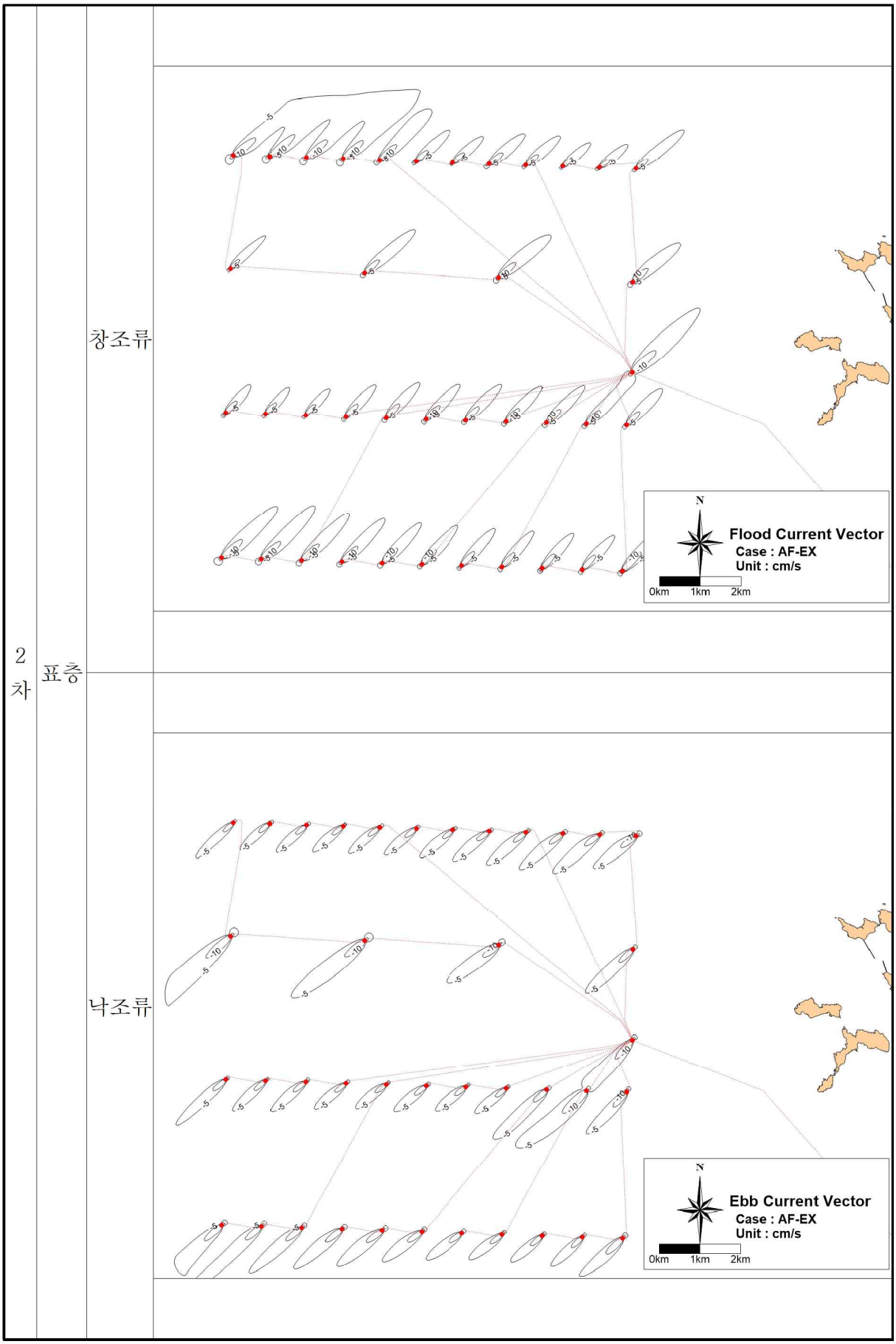
구 분		창조류(cm/s)		낙조류(cm/s)	
		대조기	소조기	대조기	소조기
1차(하계)	사업시행 전	139	79	129	70
	사업시행 후	135	78	129	70
2차(동계)	사업시행 전	132	81	119	72
	사업시행 후	131	80	118	72
3차(추계)	사업시행 전	127	48	125	40
	사업시행 후	127	47	125	40
4차(춘계)	사업시행 전	120	76	121	67
	사업시행 후	120	76	121	67
5차(동계)	사업시행 전	135	70	125	57
	사업시행 후	134	70	125	57
6차(하계)	사업시행 전	122	63	119	49
	사업시행 후	121	61	119	48

1차	표층	창조류	
		낙조류	

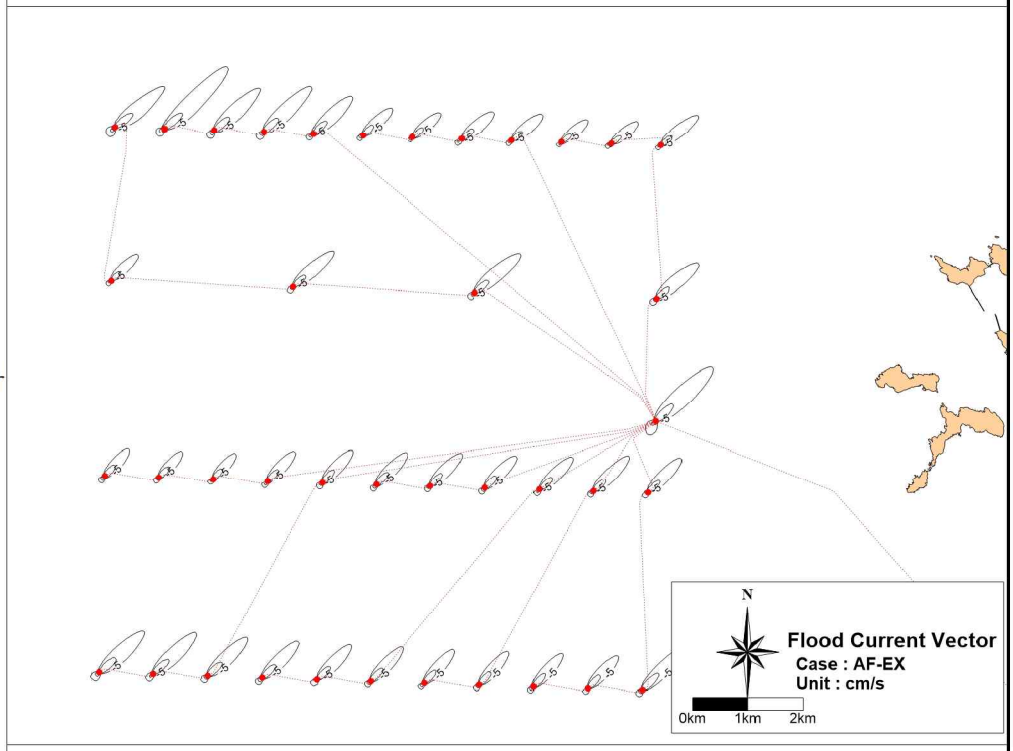
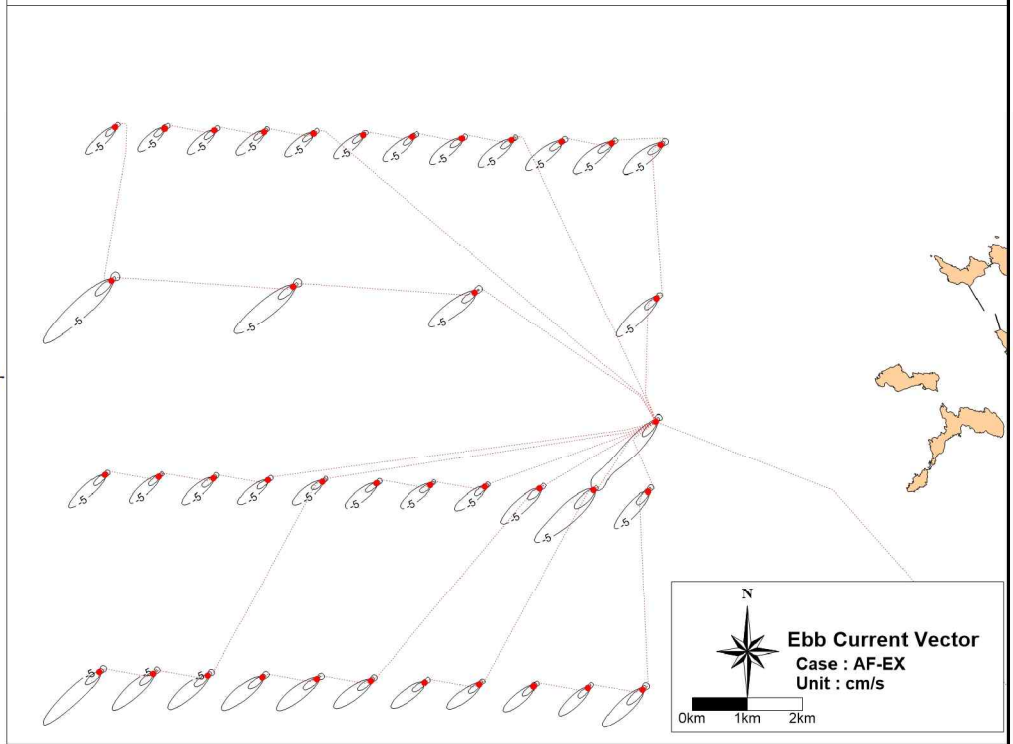
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (1/12)

1차	저층	창조류	
		낙조류	

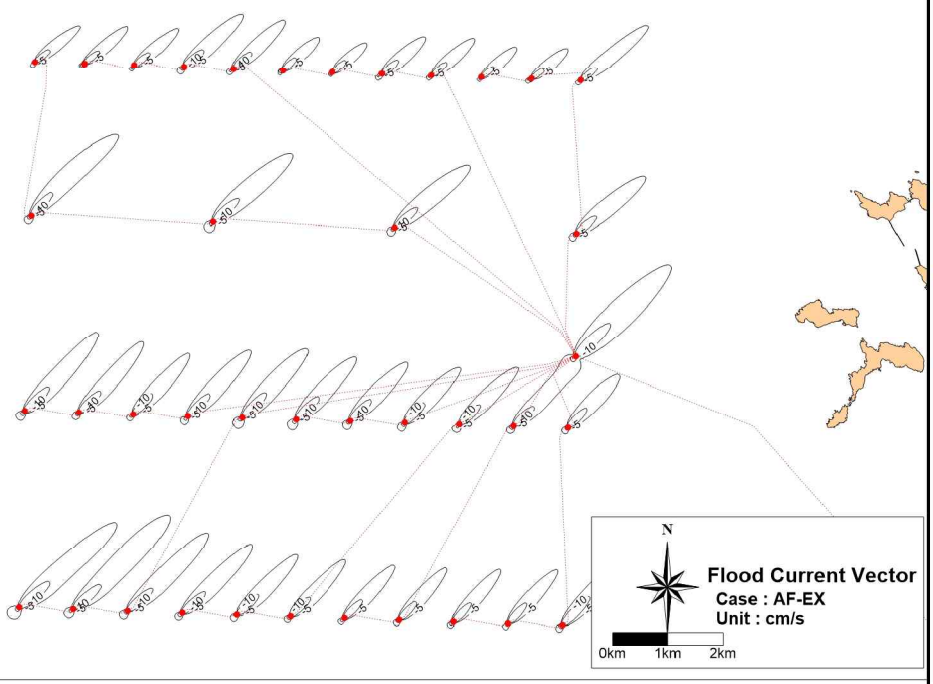
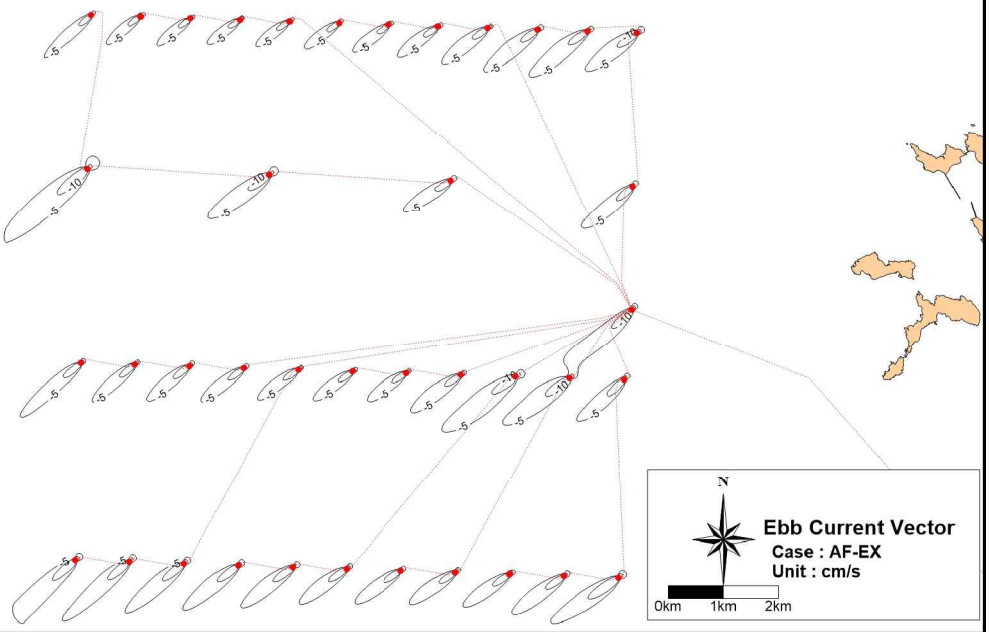
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (2/12)



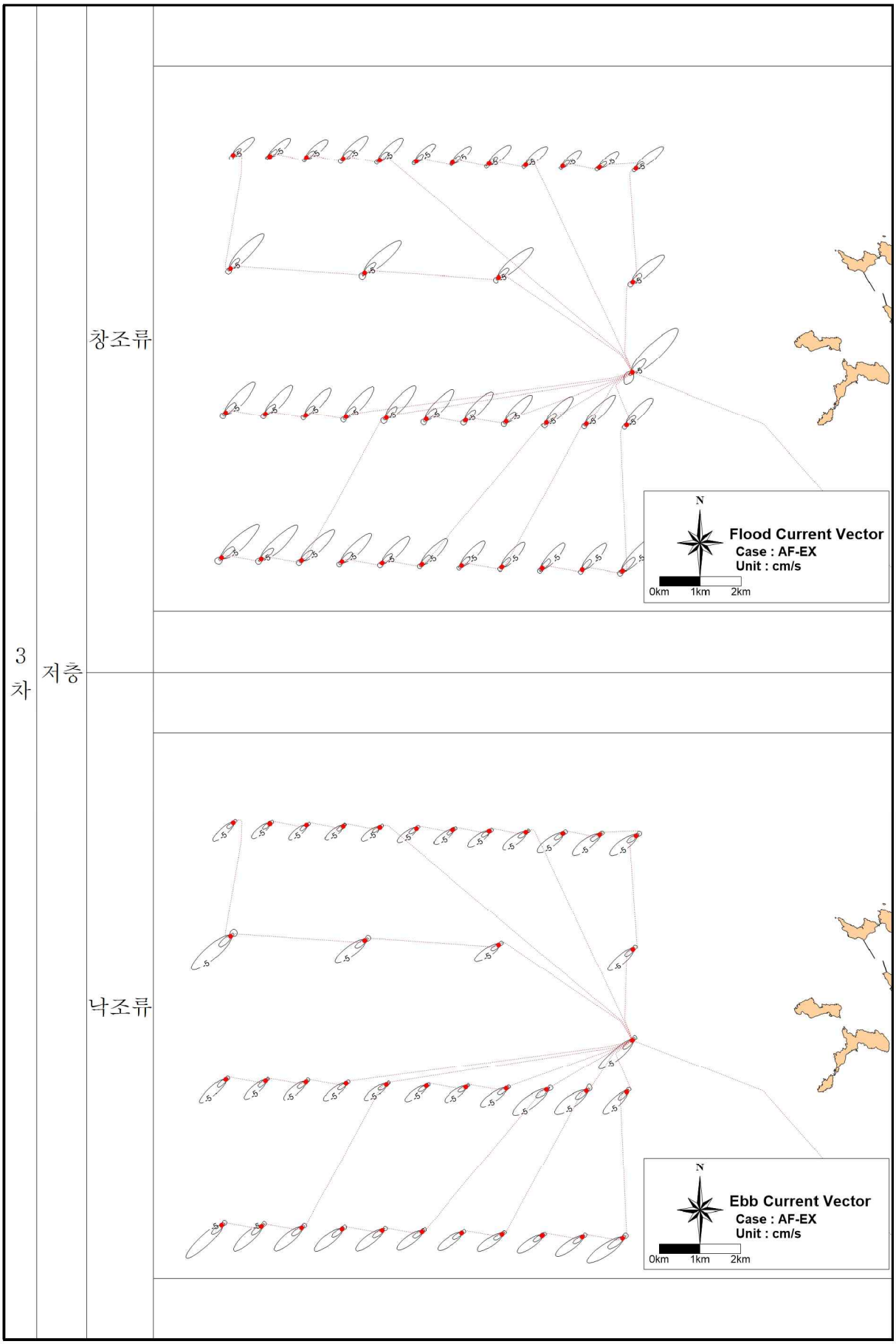
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (3/12)

2차	저층	창조류	
		낙조류	

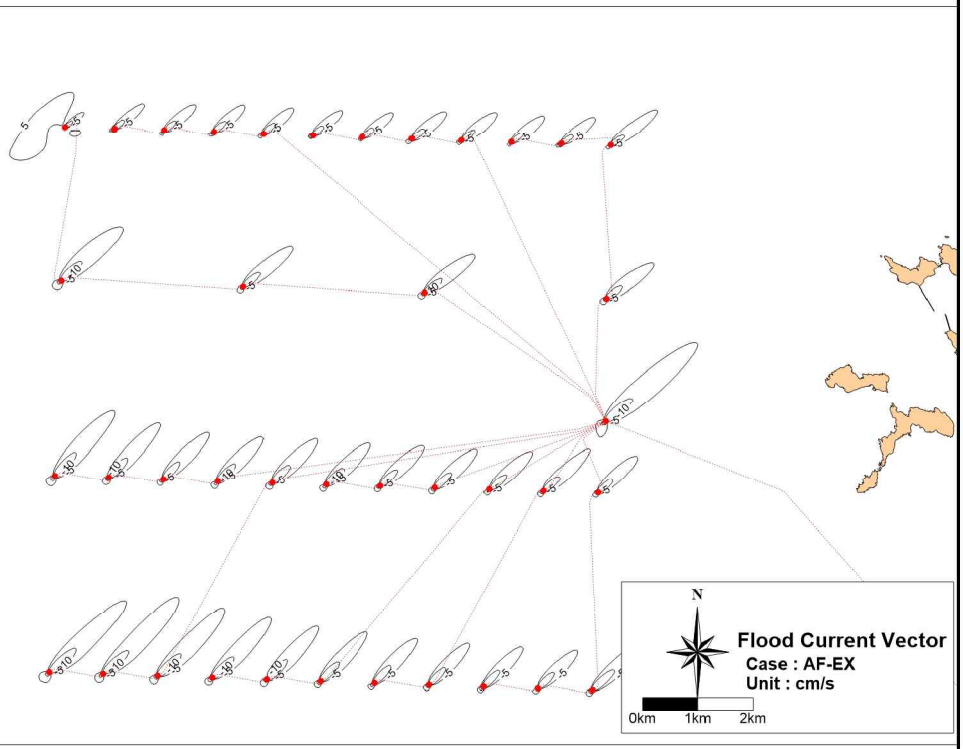
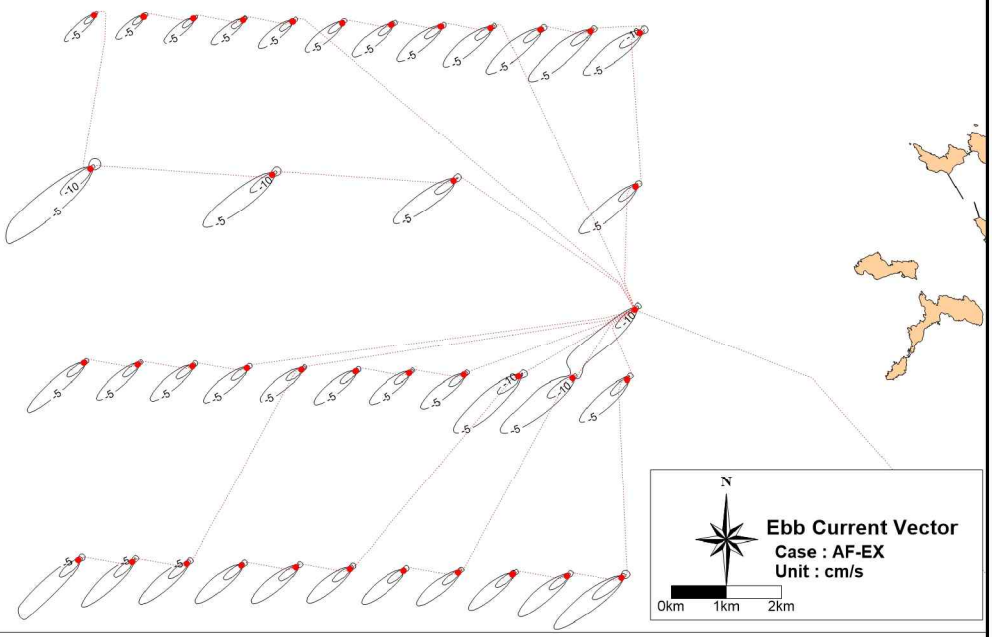
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (4/12)

3차	표층	창조류	
		낙조류	

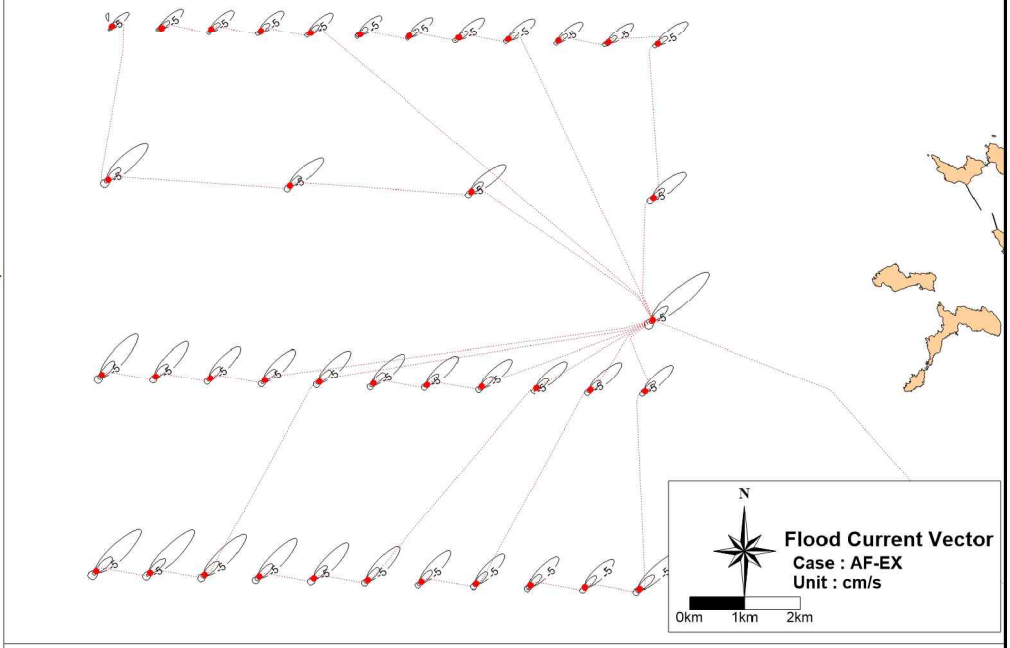
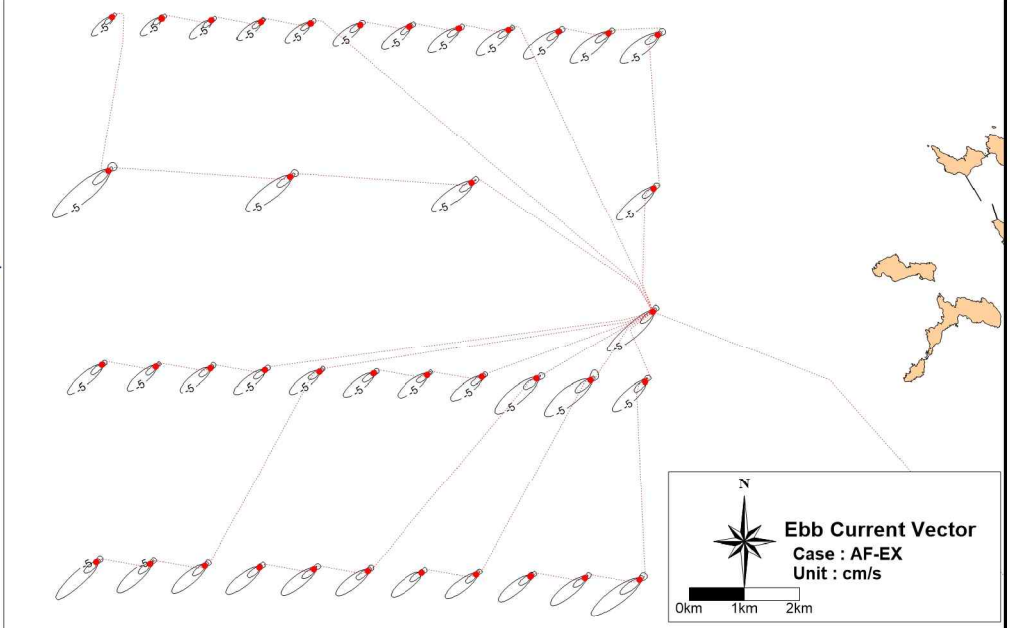
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (5/12)



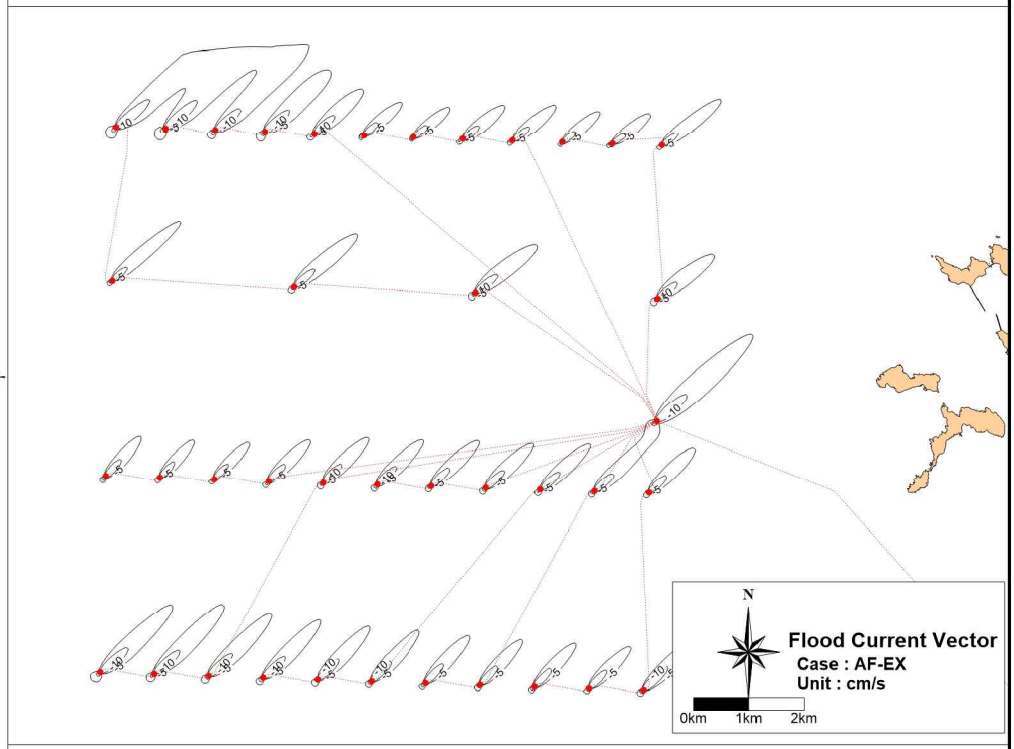
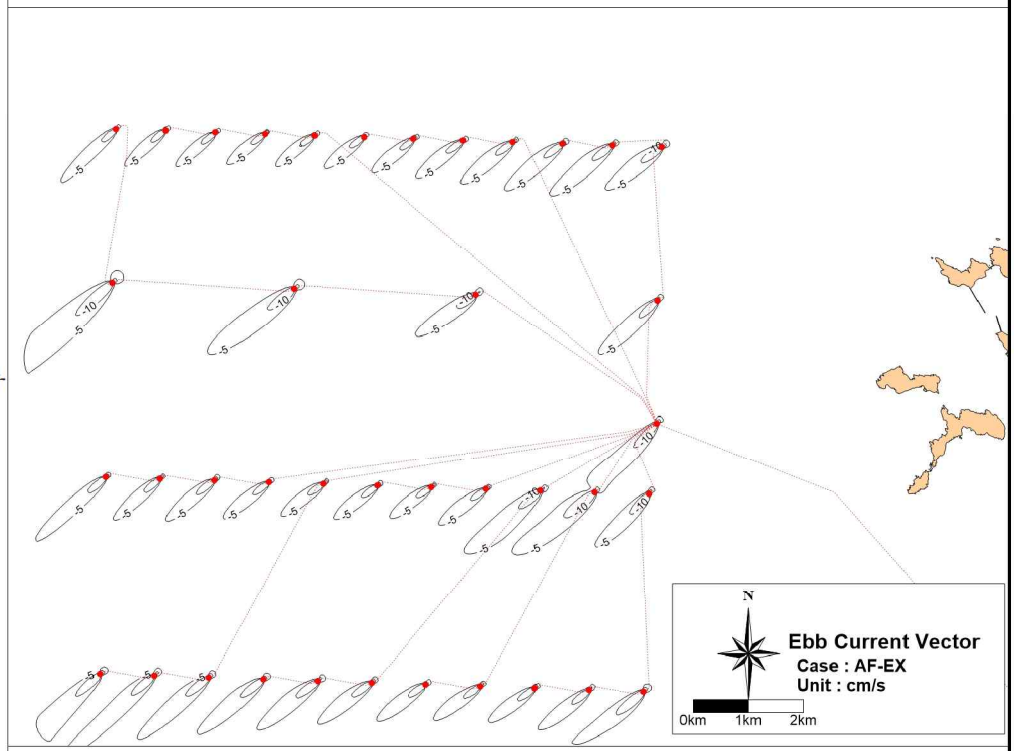
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (6/12)

4차	표층	창조류	
		낙조류	

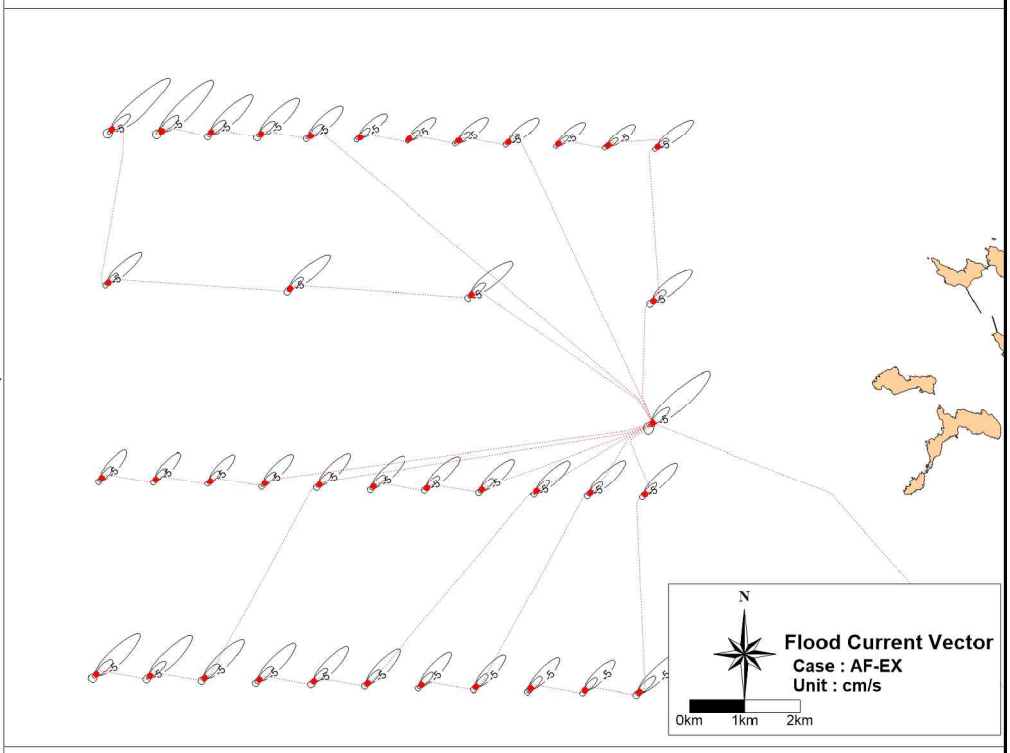
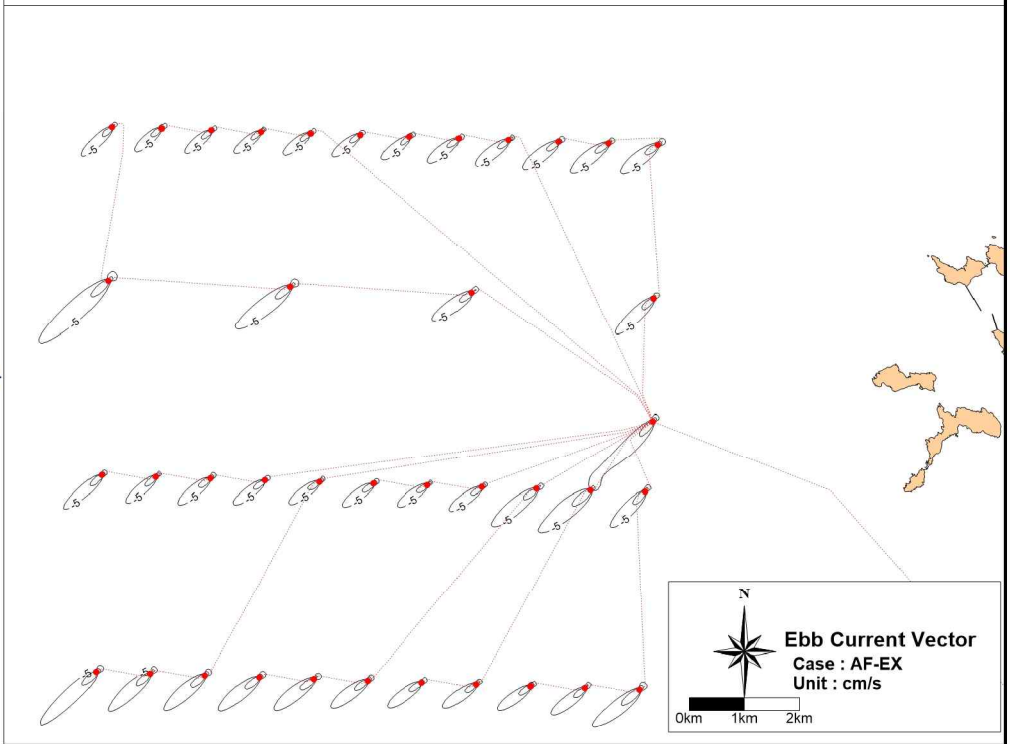
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (7/12)

4차	저층	창조류	
		낙조류	

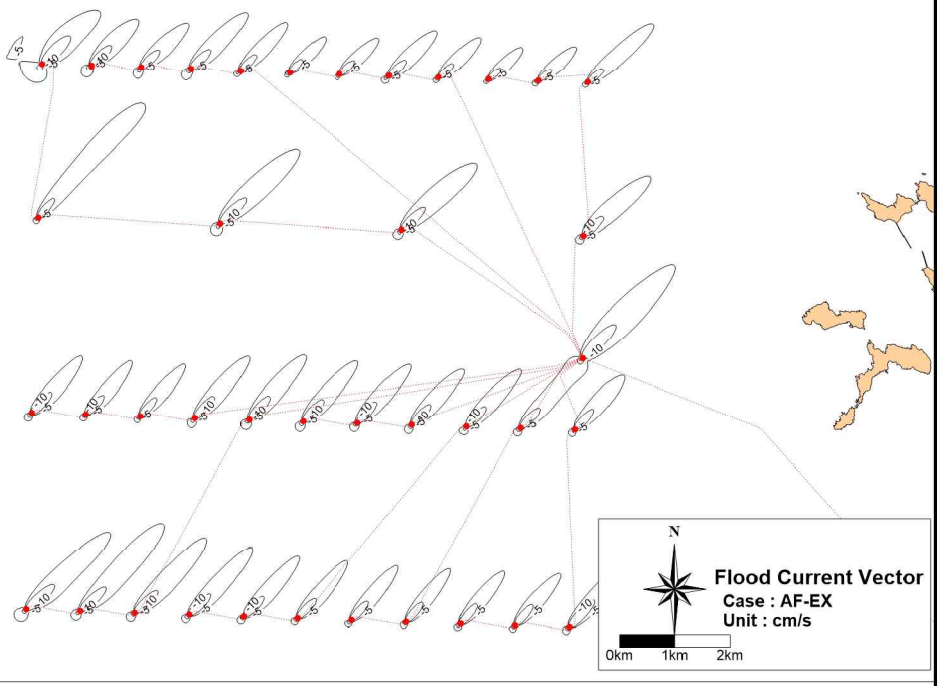
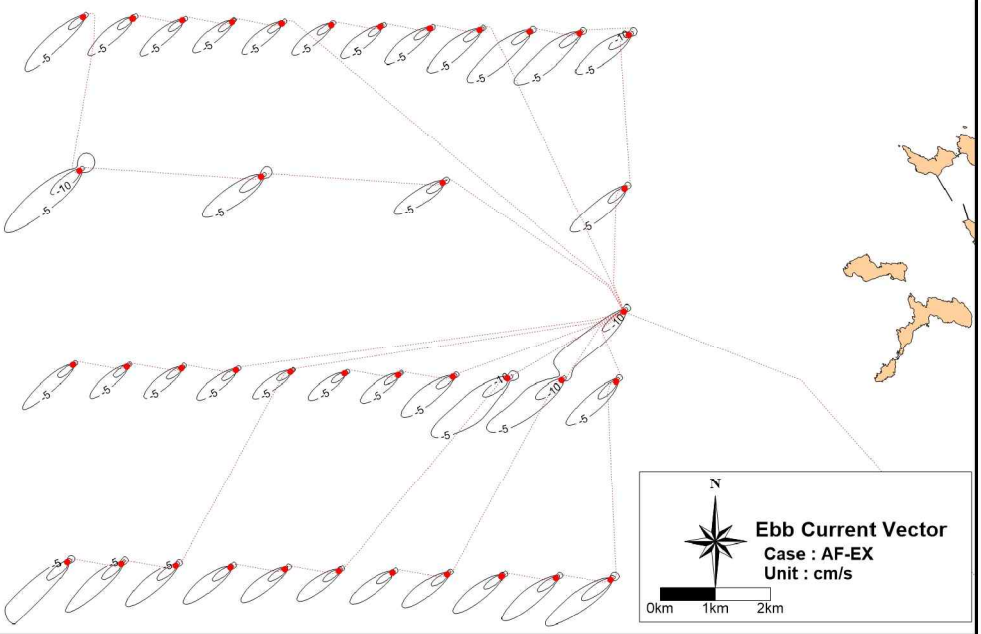
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (8/12)

5차	표층	창조류	
		낙조류	

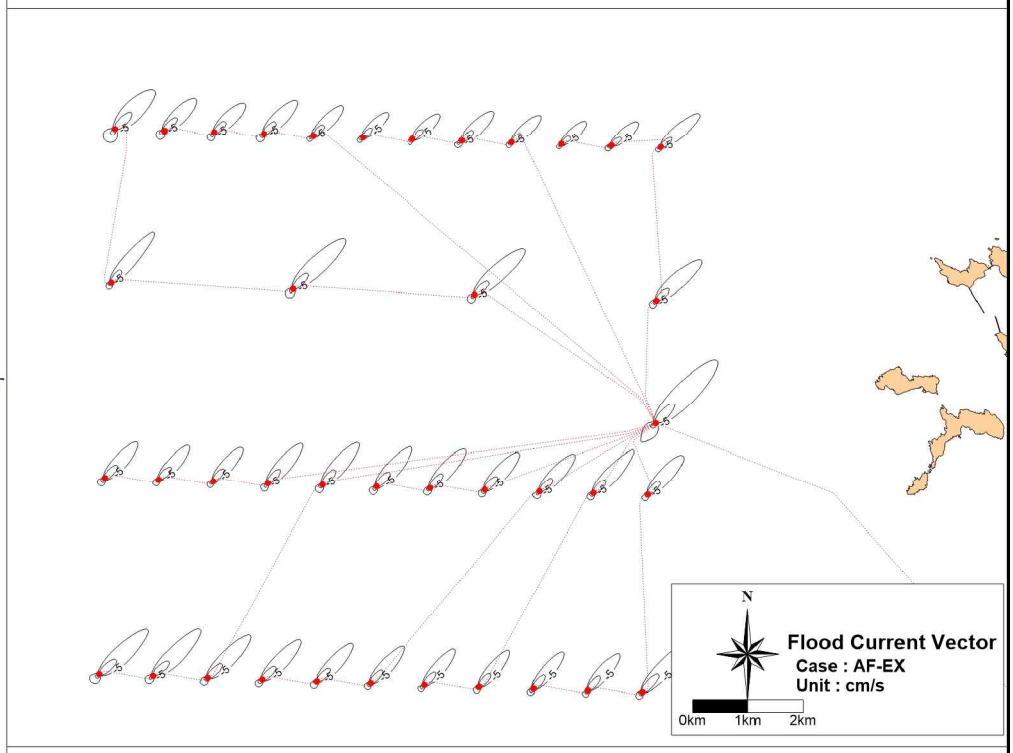
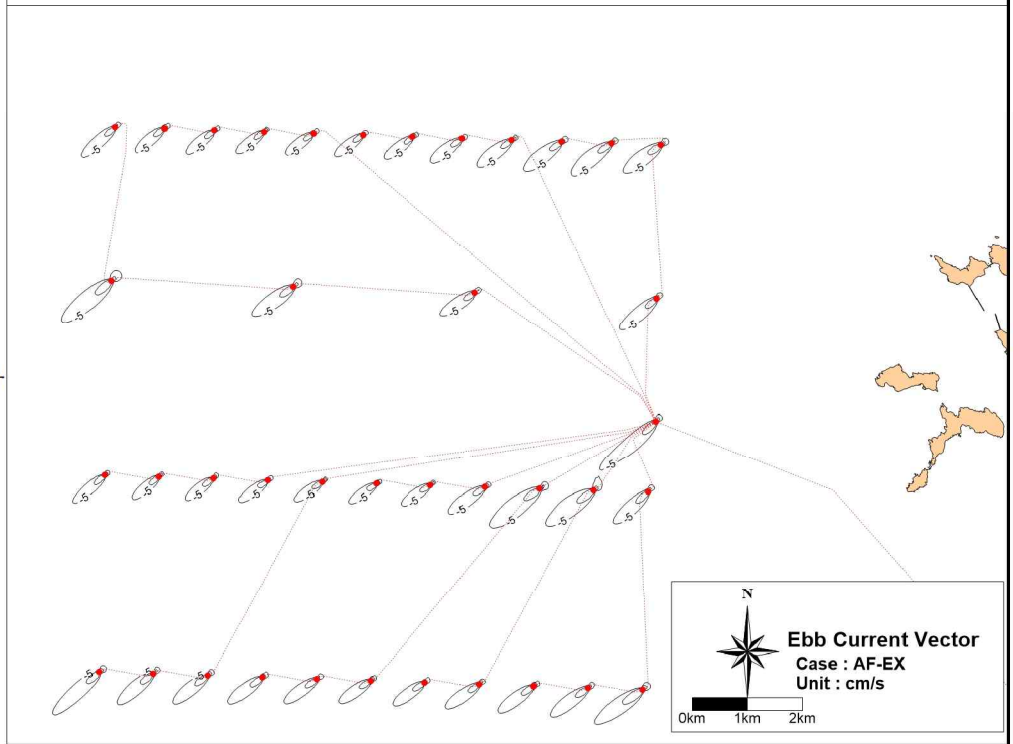
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (9/12)

5차	저층	창조류	
		낙조류	

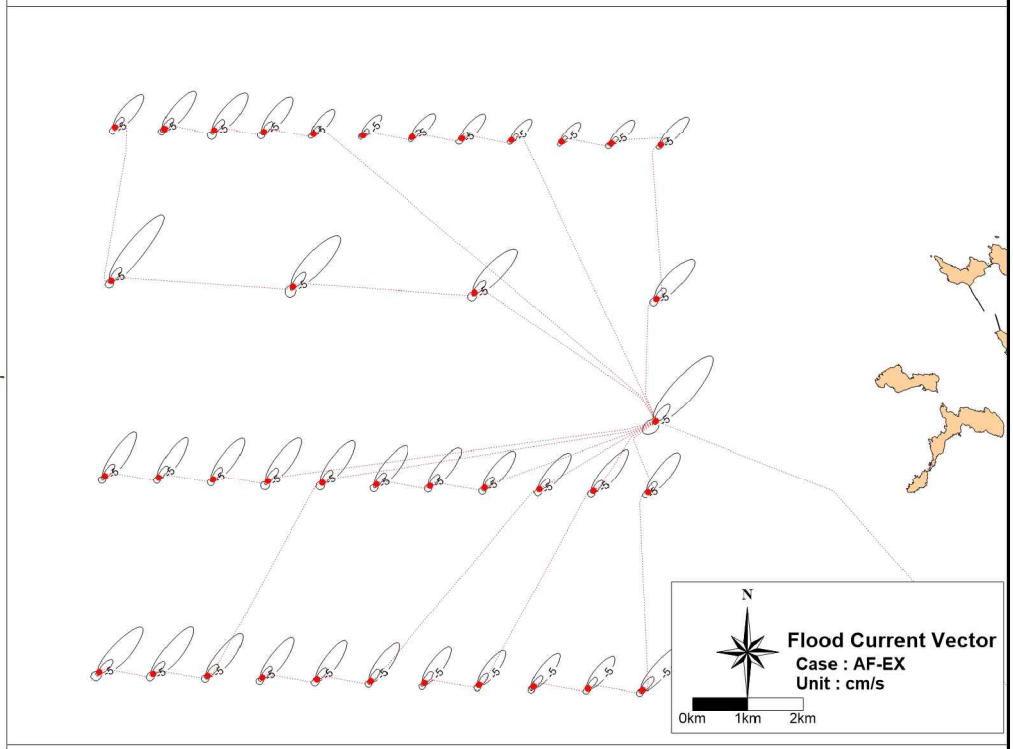
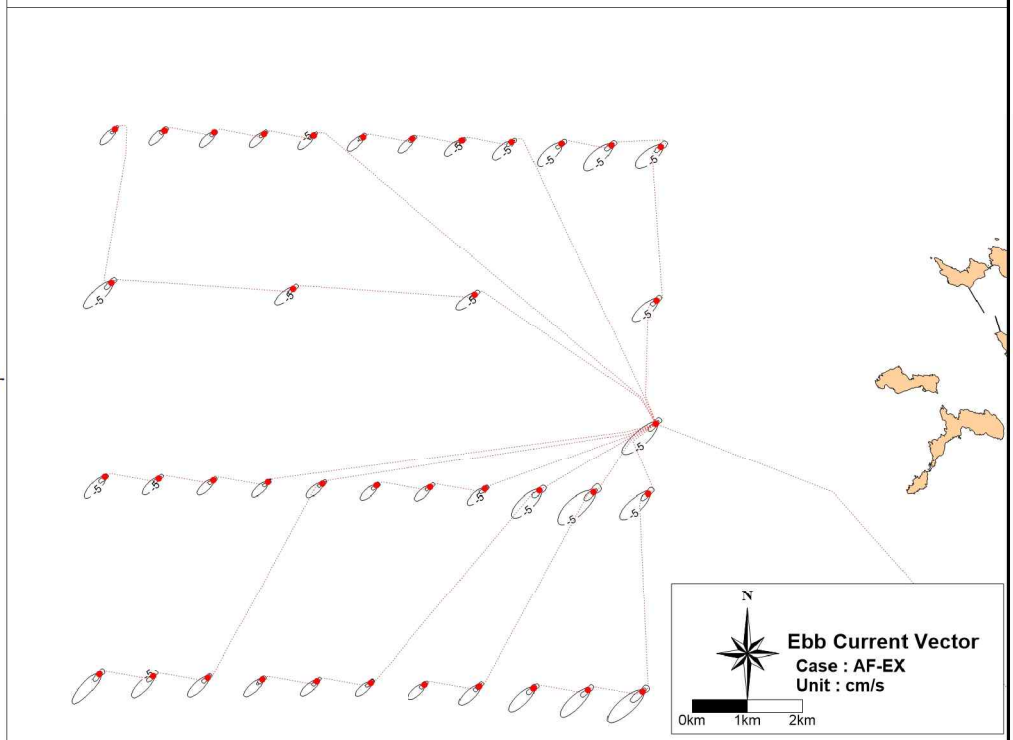
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (10/12)

6차	표층	창조류	
		낙조류	

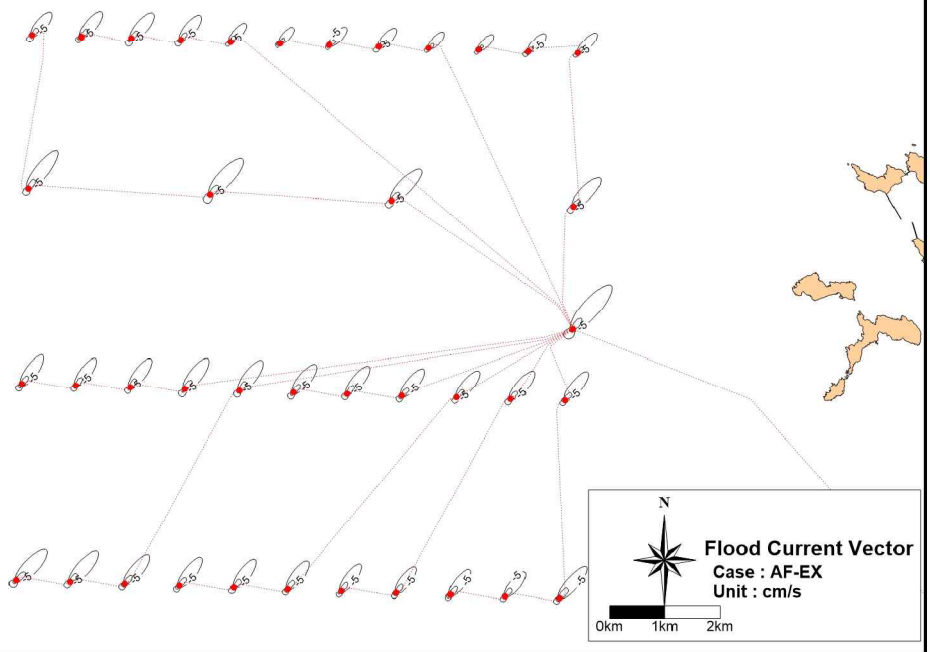
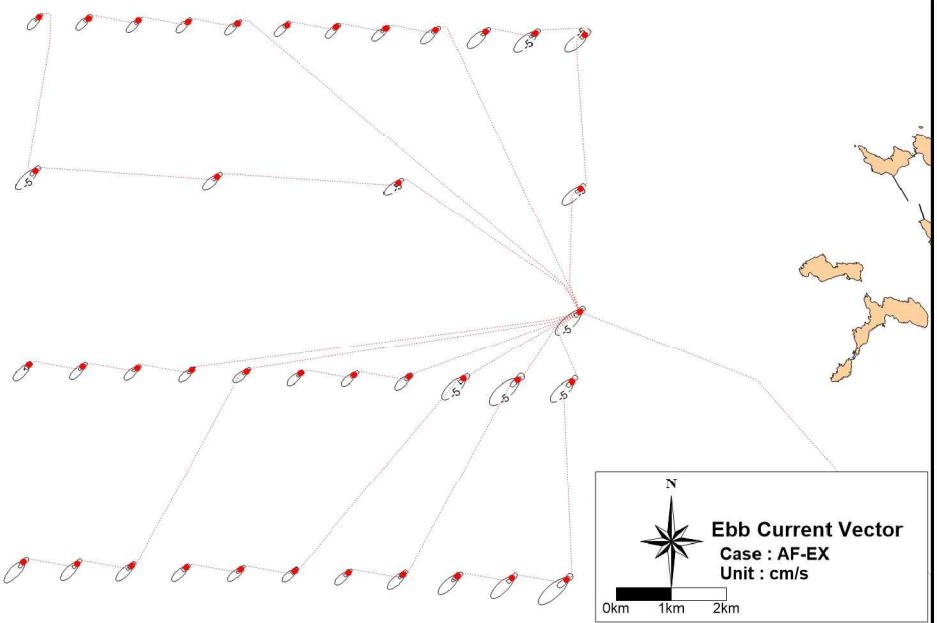
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (11/12)

6차	저층	창조류	
		낙조류	

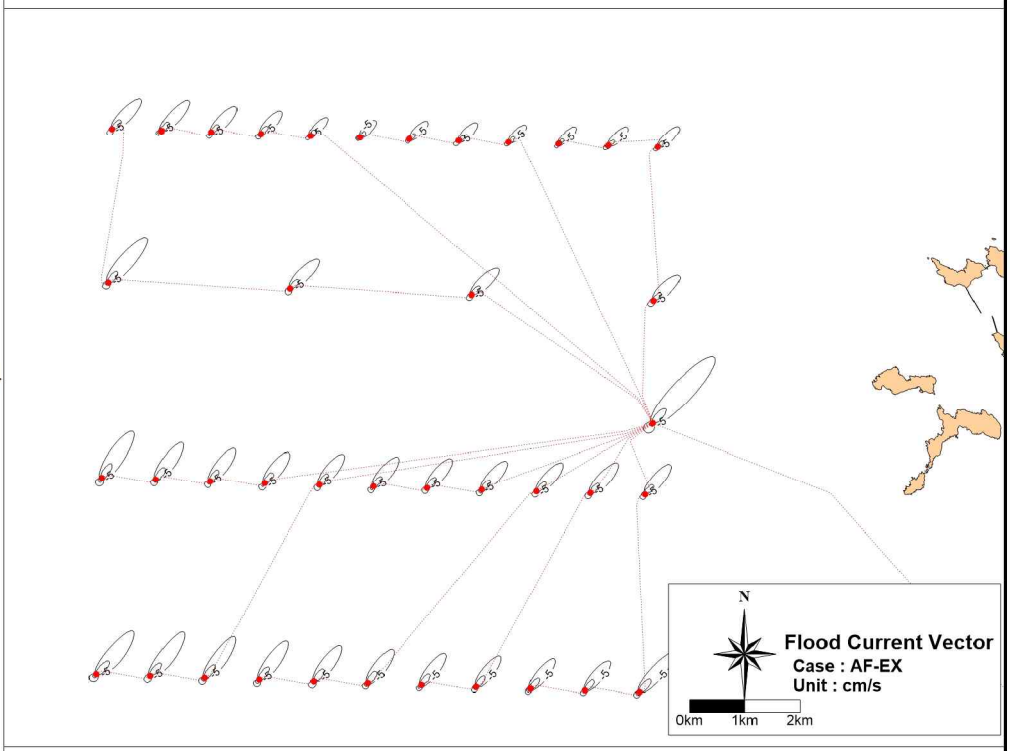
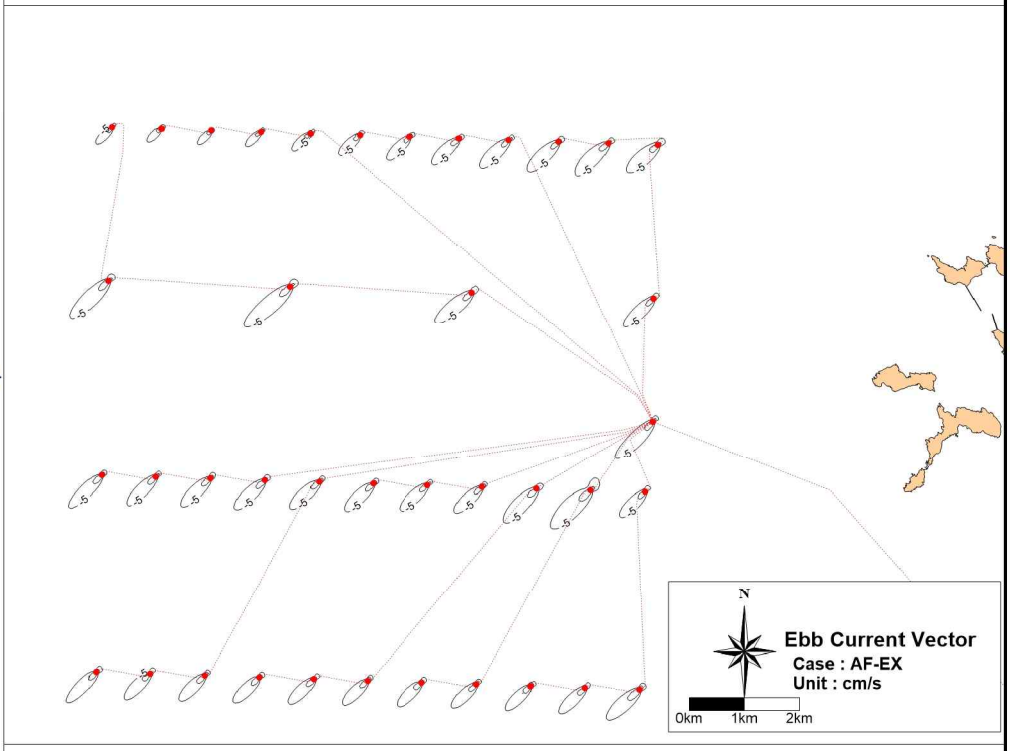
(그림 4.3.1-17) 대조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (12/12)

1차	표층	창조류	
		낙조류	

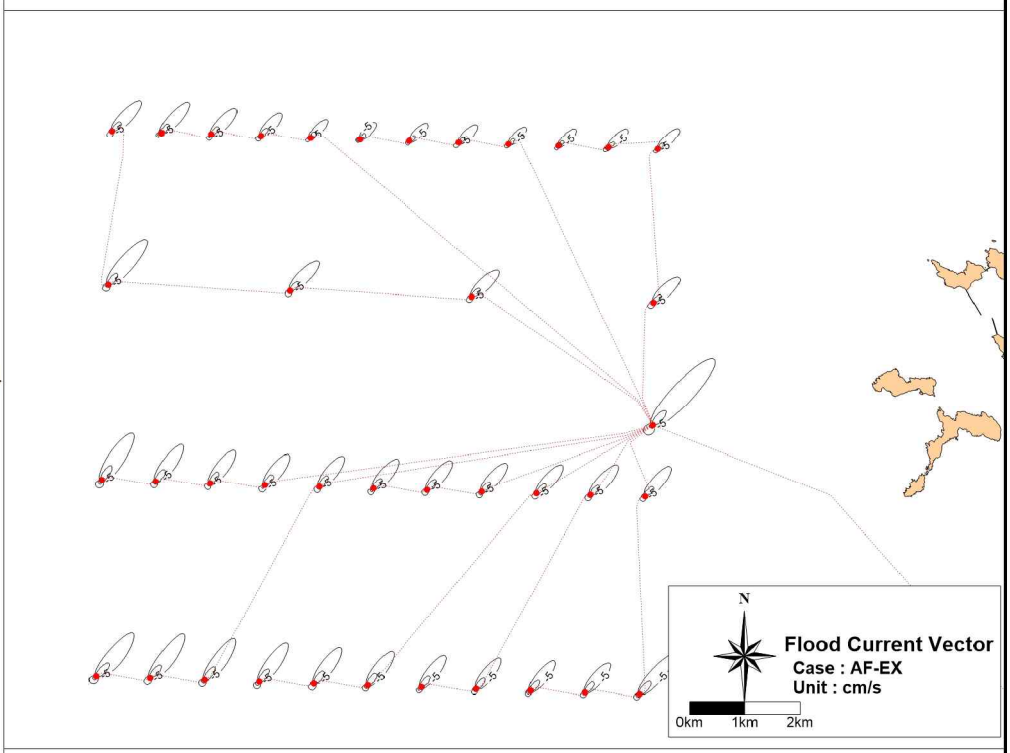
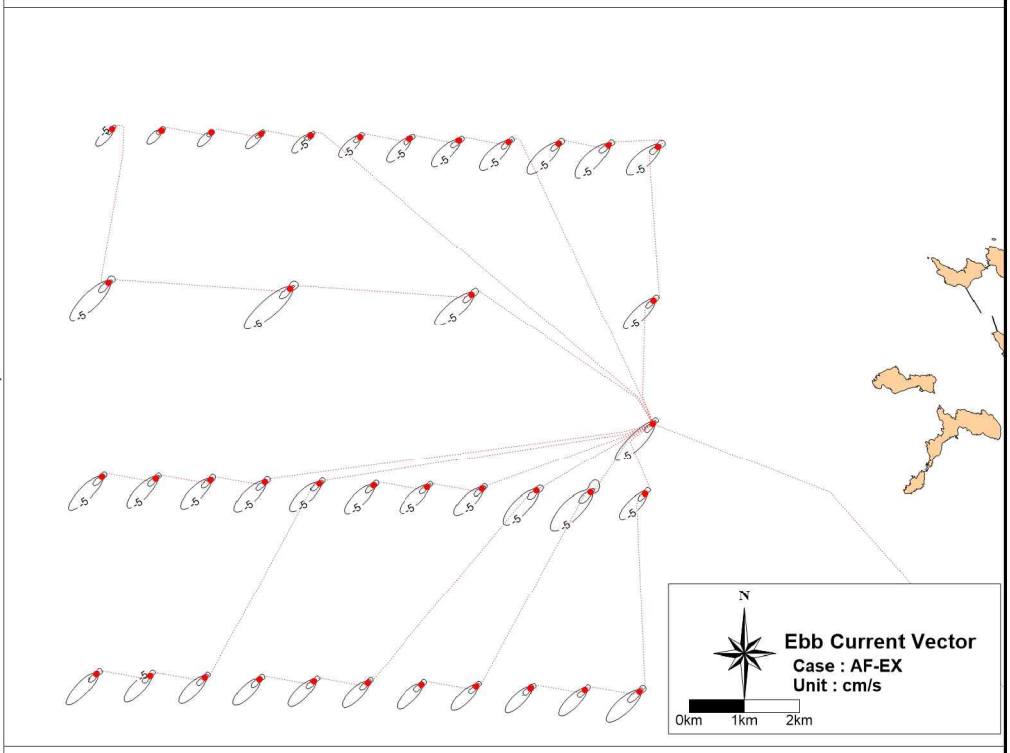
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (1/12)

1차	저층	창조류	
		낙조류	

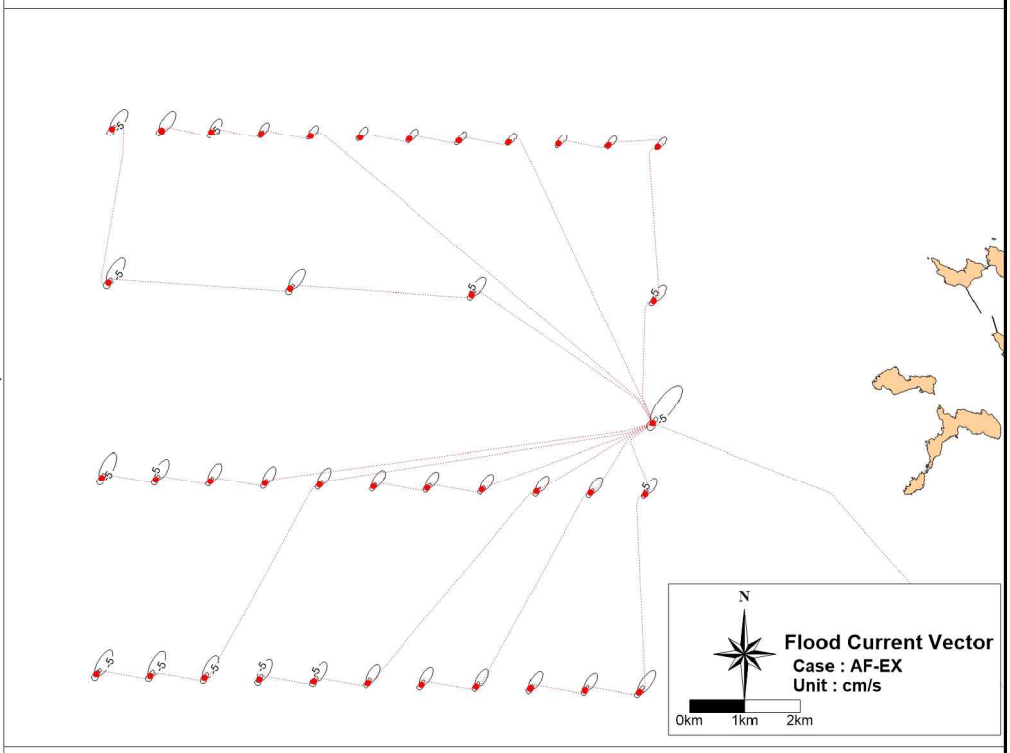
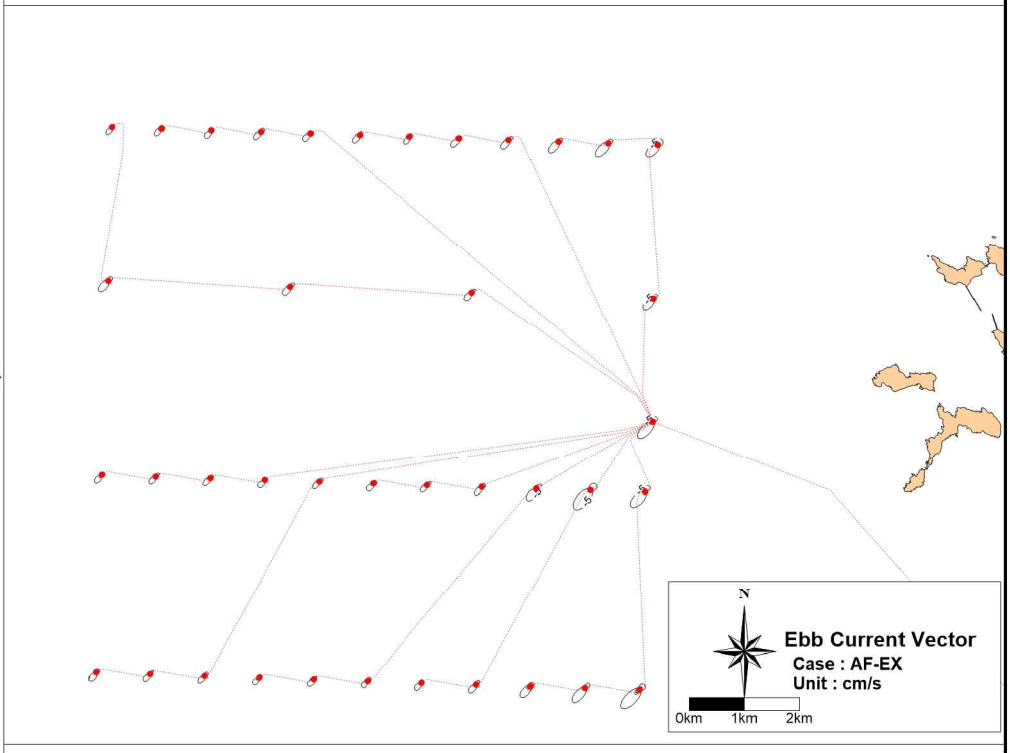
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (2/12)

2차	표층	창조류	
		낙조류	

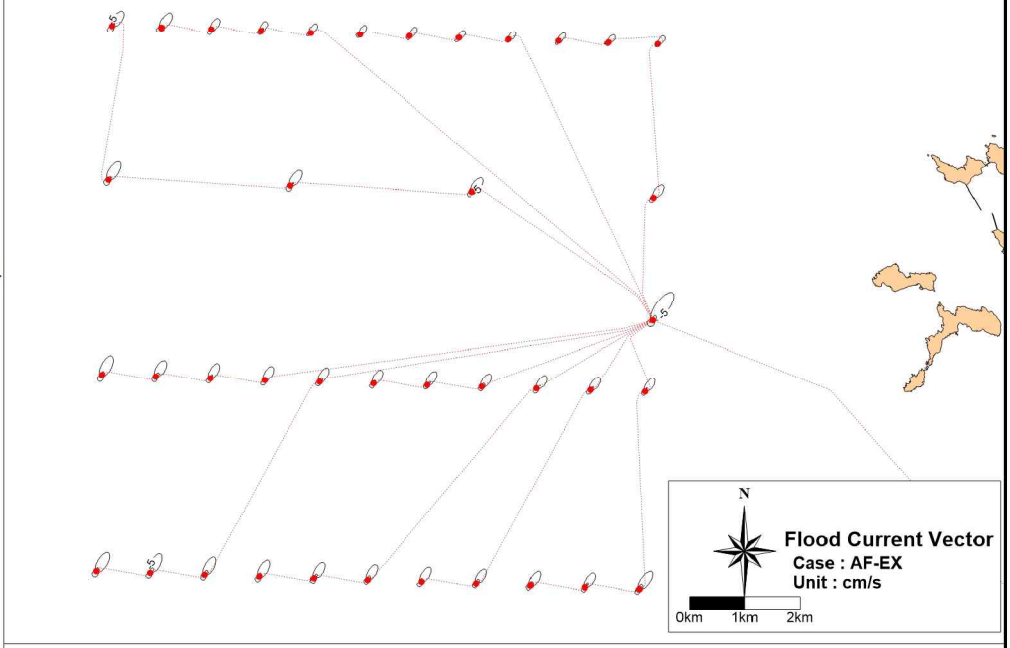
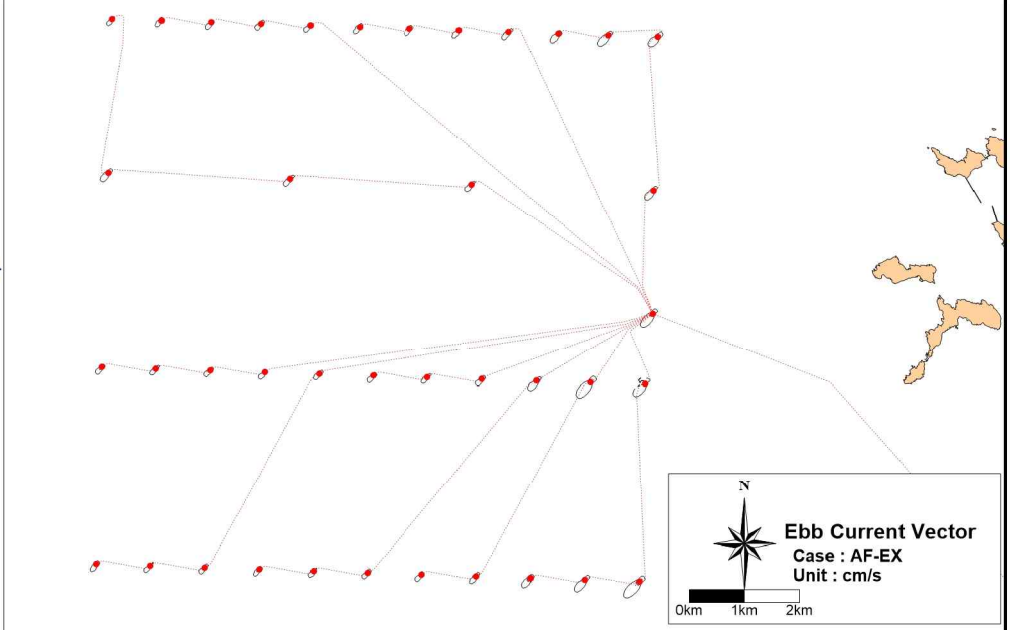
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (3/12)

2차	저층	창조류	
		낙조류	

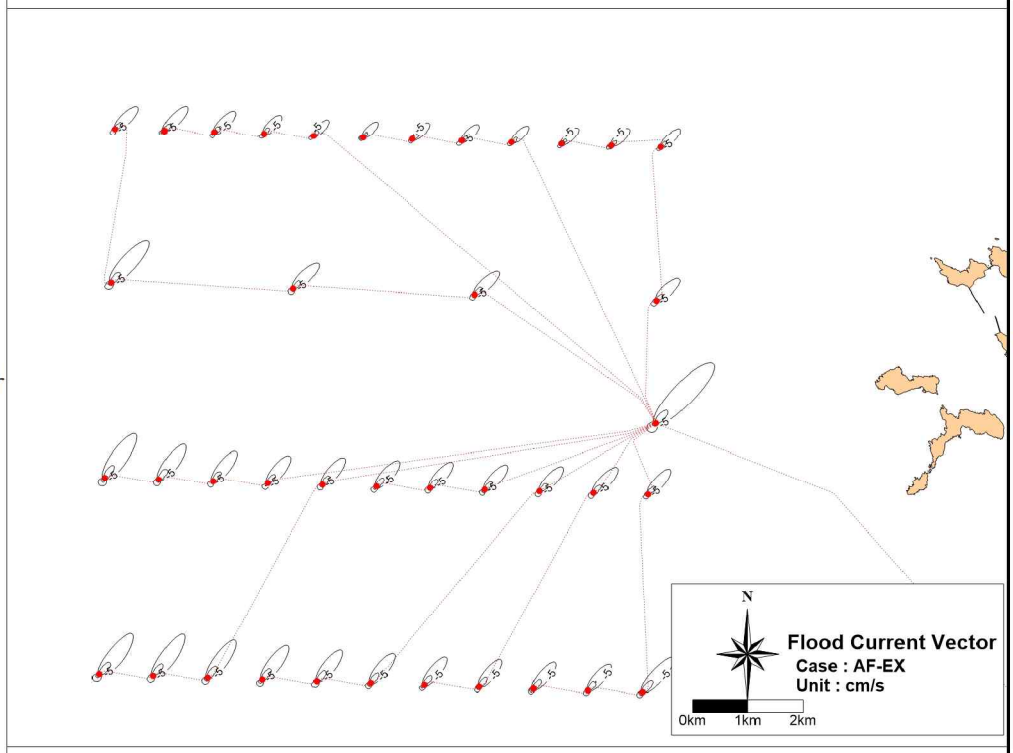
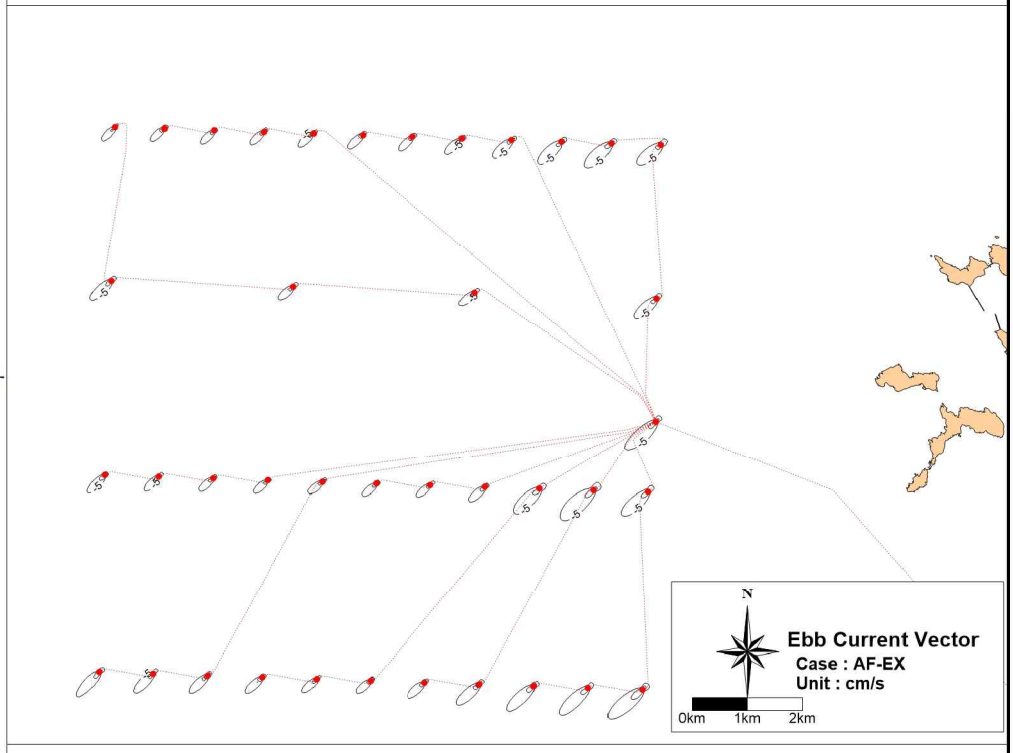
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (4/12)

3차	표층	창조류	
		낙조류	

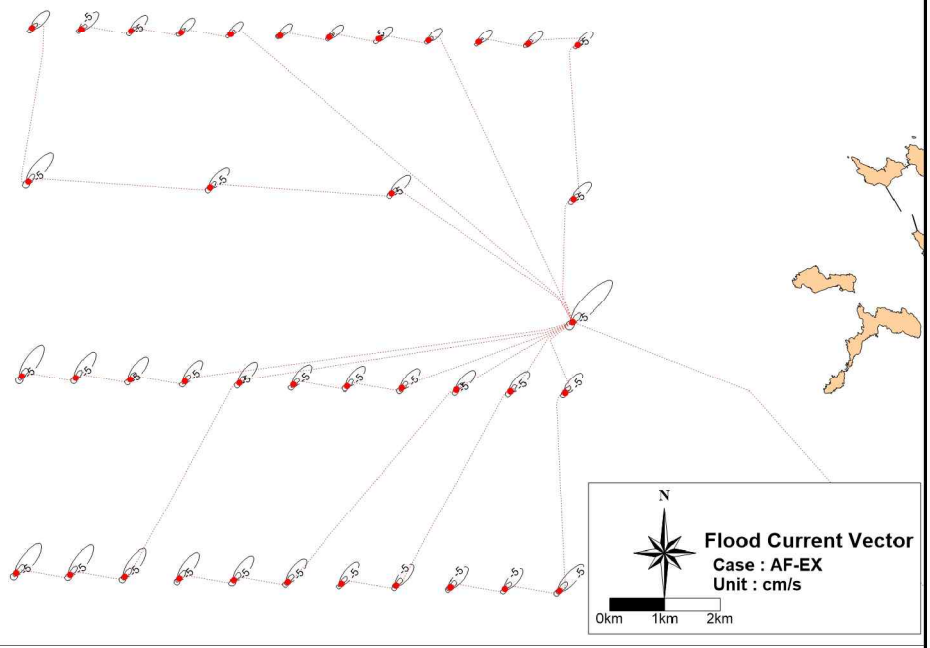
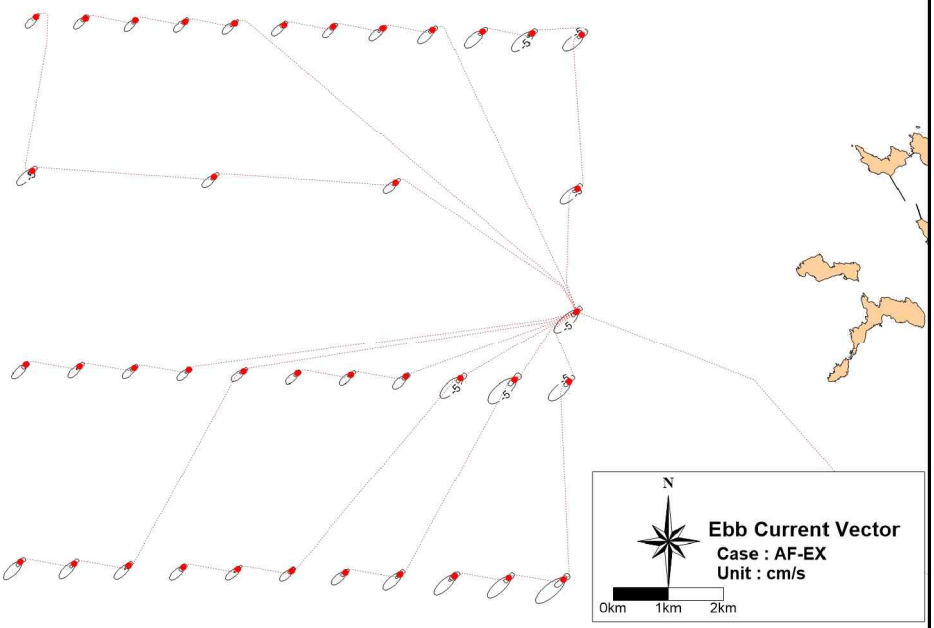
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (5/12)

3차	저층	창조류	
		낙조류	

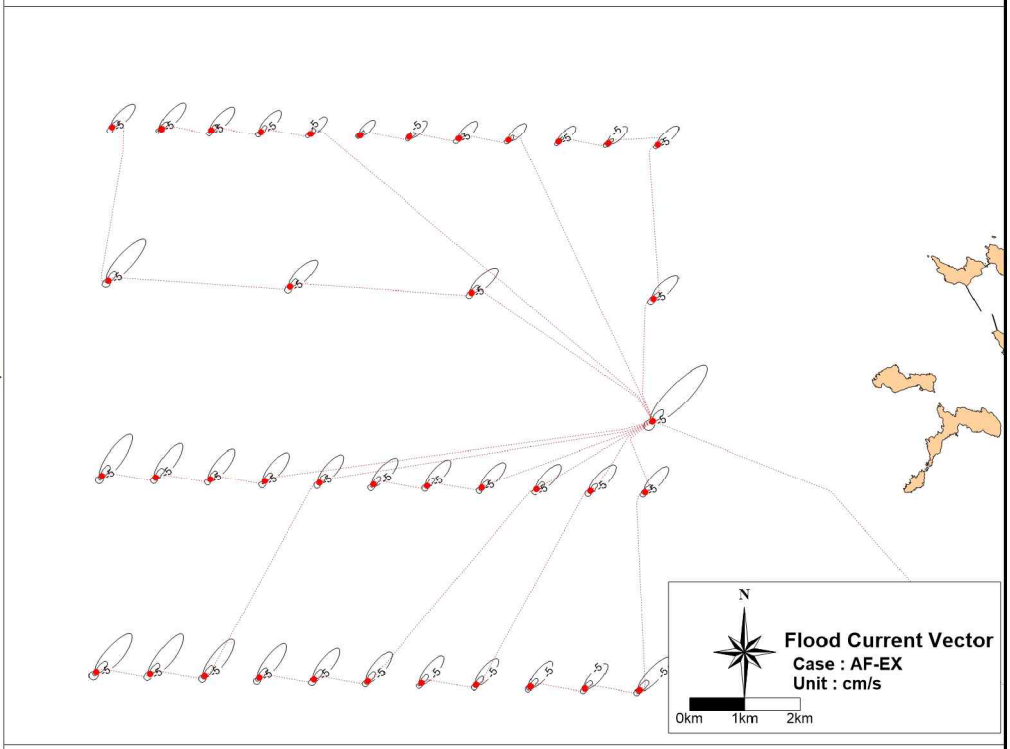
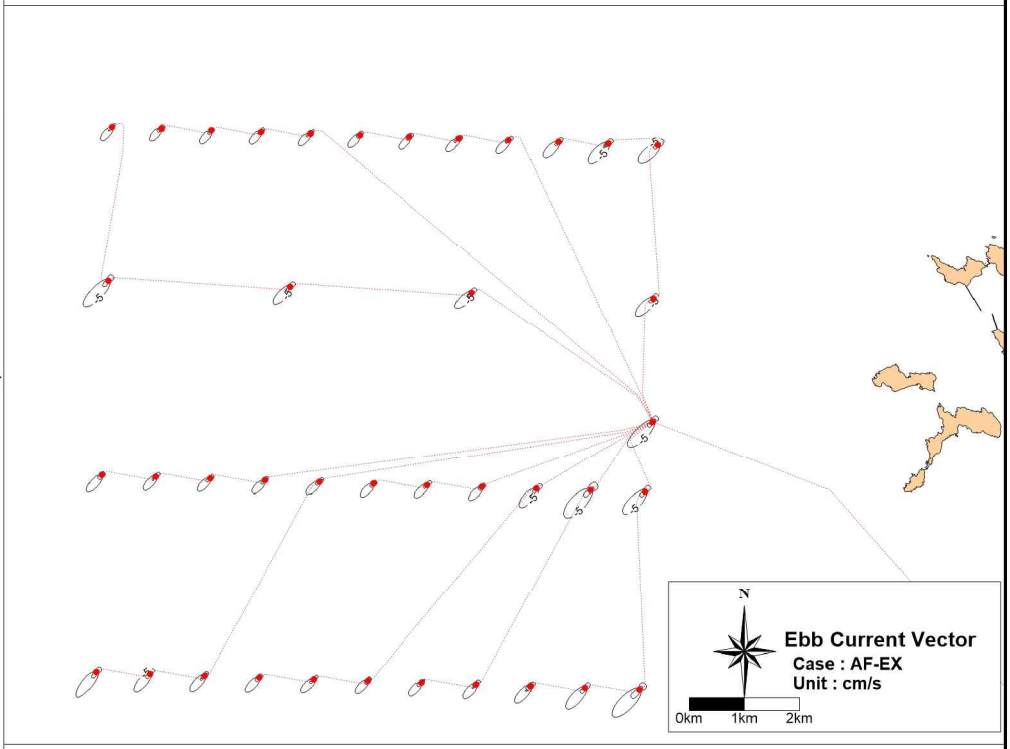
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (6/12)

4차	표층	창조류	
		낙조류	

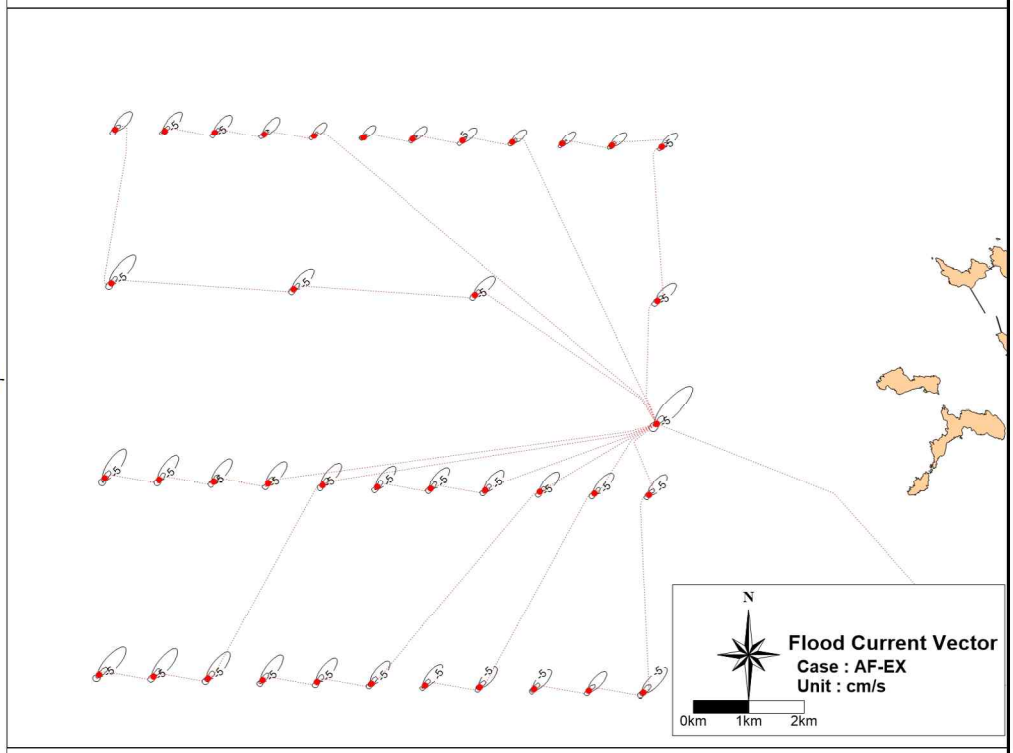
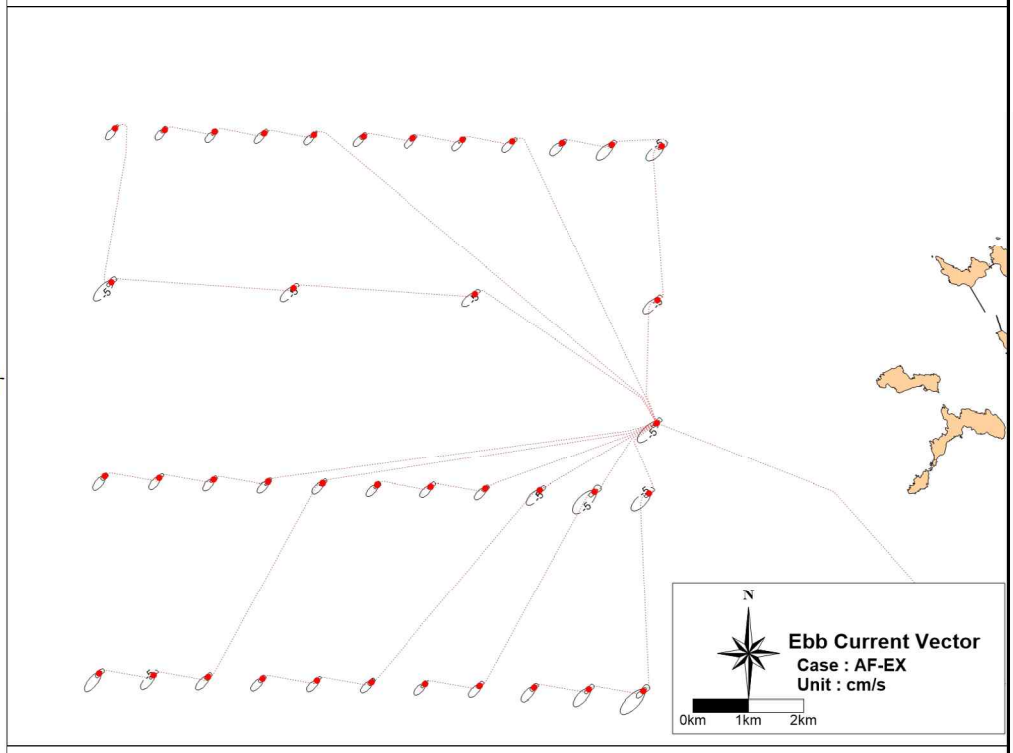
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (7/12)

4차	저층	창조류	
		낙조류	

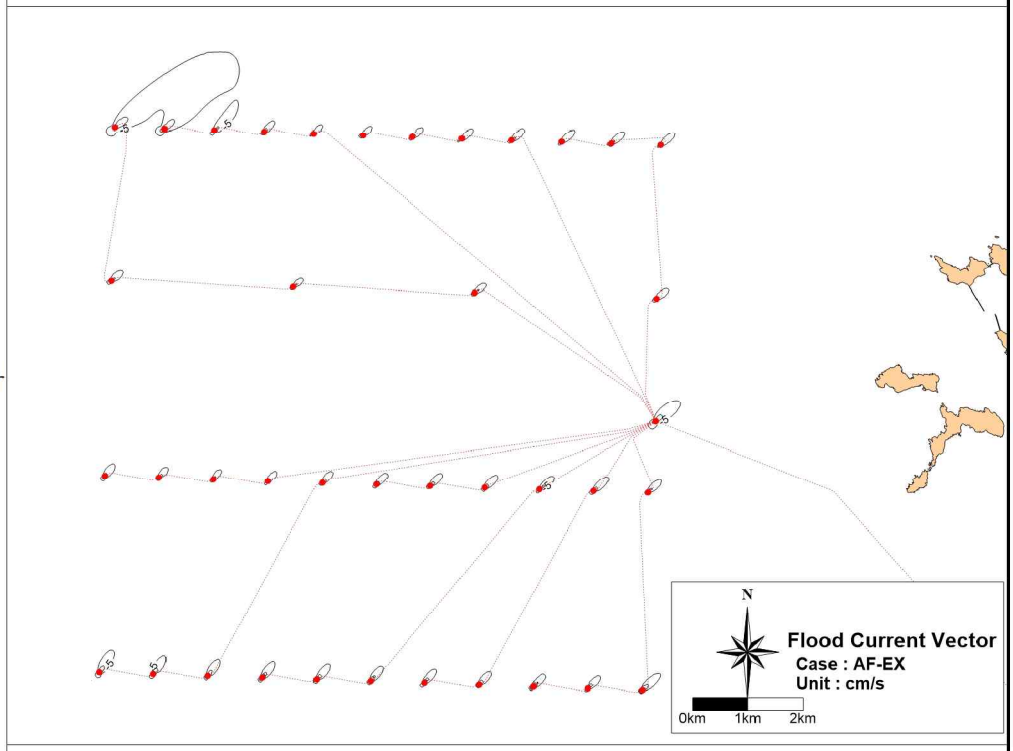
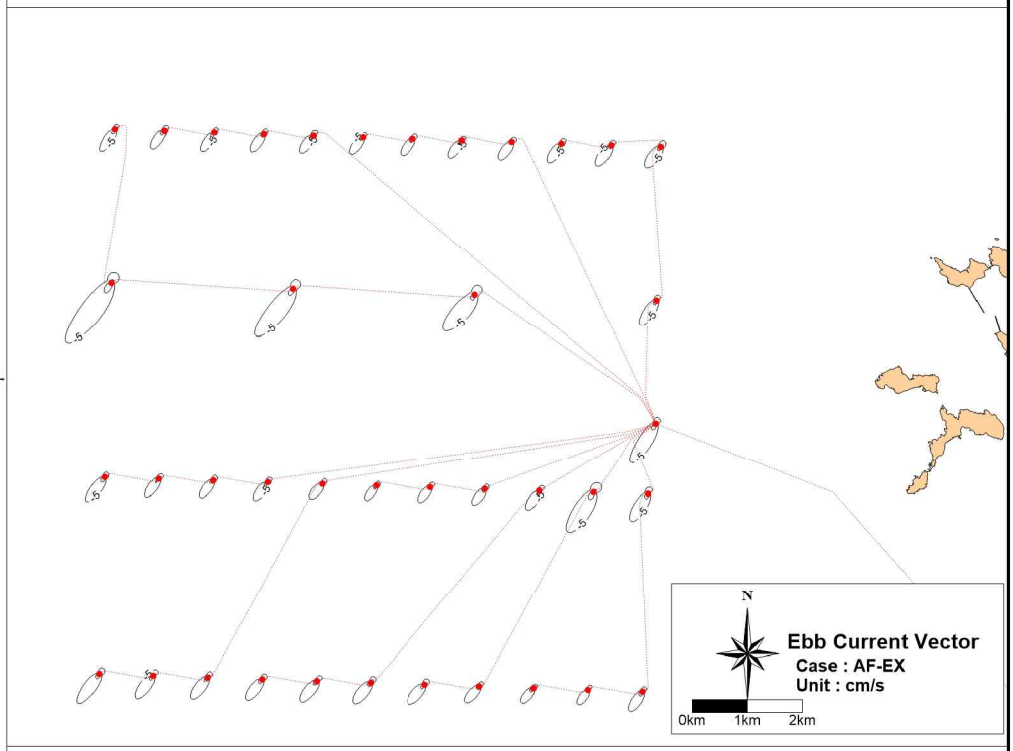
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (8/12)

5차	표층	창조류	
		낙조류	

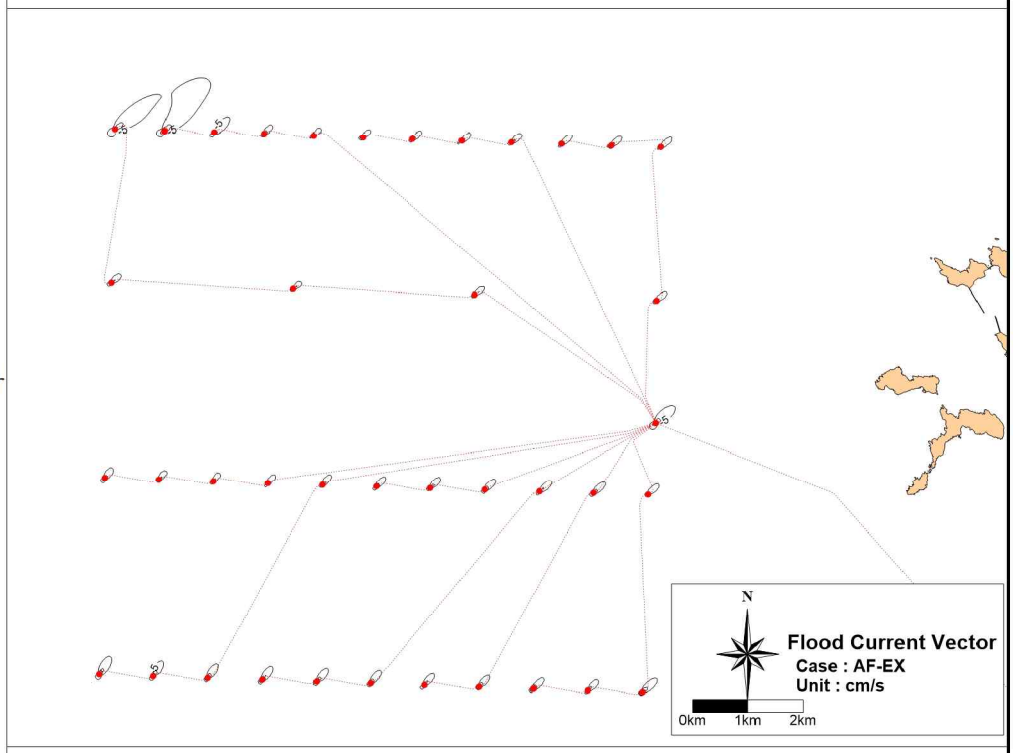
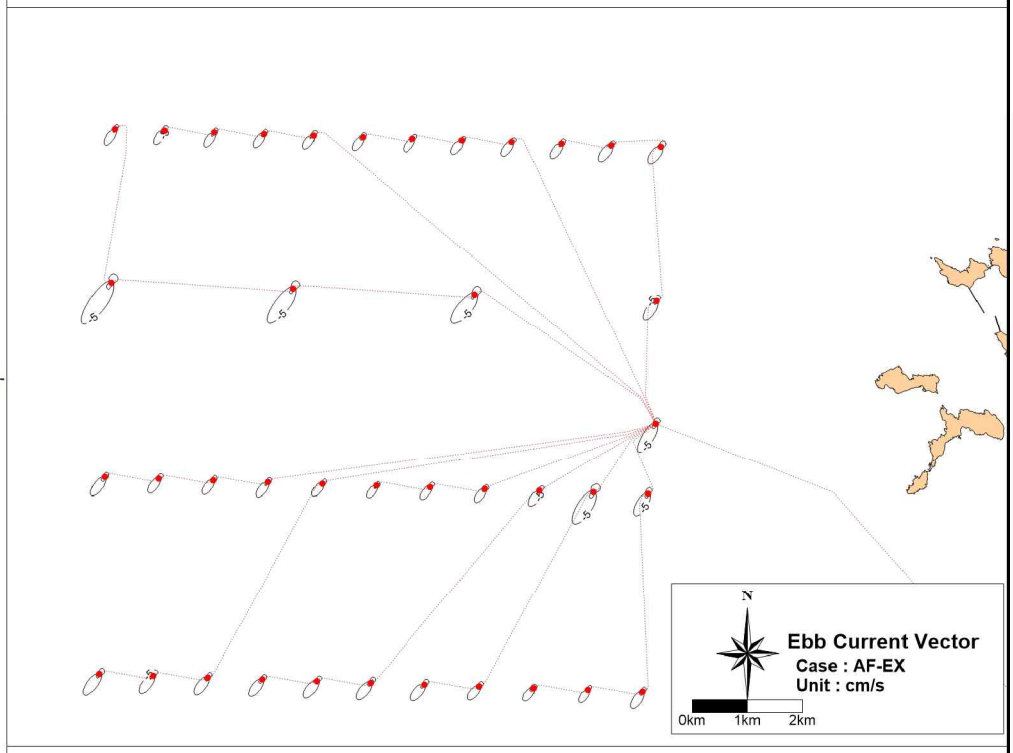
(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (9/12)

5차	저층	창조류	
		낙조류	

(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (10/12)

6차	표층	창조류	
		낙조류	

(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (11/12)

6차	저층	창조류	
		낙조류	

(그림 4.3.1-18) 소조기 조류 변화도(사업시행 후-사업시행 전) (12/12)

다) 퇴적물이동 실험

(1) 실험개요

금회 사업계획 변경에 따른 발전기 배치계획이 일부 변경에 따라 주변 해역의 해양퇴적물 이동 현상을 재현하고 사업시행에 따른 계절별 퇴적고 변화를 검토하기 위해 실험을 수행하였다.

<표 4.3.1-19> 퇴적물이동 실험개요

구 분			실 험 내 용
실험목적			◦ 현재상태 대상해역의 계절별 퇴적물이동 분포 검토 ◦ 사업시행 후 주변해역의 해저지형체계(침·퇴적) 변화 예측
사용모델			◦ Delft-3d(SED)
모델구성	광역	모델 영역	◦ 동서×남북, 238.9km × 276.2km
		격자 구성	◦ 최소 300m, 최대 1000m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 대, 중, 소조기를 포함하는 30일 이상
		계산시간 간격	◦ 2초
	상세역	모델 영역	◦ 동서×남북, 33.9km × 31.3km
		격자 구성	◦ 최소 10m, 최대 100m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 광역 모형과 동일
		계산시간 간격	◦ 0.125초
실험조건			◦ 외력 조건 : 주요 5대 분조 (M_2, S_2, N_2, K_1, O_1) ◦ 파랑 조건 : W-01 파랑 관측자료
실험안			◦ 사업시행 전·후

(2) 사용모형

(가) 모형개요

비점착성 퇴적물의 침강속도는 Van Rijn(1993)의 방법에 따라 계산된다. 즉, 부유물 또는 퇴적물의 직경에 따라 식이 적용된다.

$$w_{s,0}^{(\ell)} = \frac{(s^{(\ell)}-1)g\,d_s^{(\ell)2}}{18\upsilon}, \quad 65\,\mu m < d_s \le 100\mu m$$

$$w_{s,0}^{(\ell)} = \frac{10\nu}{d_s}\left[\left(1+\frac{0.01(s^{(\ell)}-1)g\,d_s^{(\ell)3}}{\upsilon^2}\right)^{0.5}-1\right], \quad 100\,\mu m < d_s \le 1000\mu m$$

$$w_{s,0}^{(\ell)} = 1.1\left[(s^{(\ell)}-1)g\,d_s^{(\ell)}\right]^{0.5}$$

$$1000\,\mu m \le d_s$$

$s^{(\ell)}$ 퇴적물 (ℓ), 상대밀도 $\rho_s^{(\ell)}/\rho_w$ $d_s^{(\ell)}$, 퇴적물직경 (ℓ), υ 동점성계수 $[m^2/s]$

점착성 퇴적물의 퇴적 및 침식은 Partheniades-Krone식에 의해 계산된다.

$$E^{(l)} = M^{(l)} S\left(\tau_{cw}, \tau_{cr,e}^{(l)}\right), \quad D^{(l)} = w_s^{(l)} c_b^{l} S\left(\tau_{cw}, \tau_{cr,e}^{(l)}\right), \quad c_b^{(l)} = c^{(l)}\left(z = \frac{\Delta z_b}{2}, t\right),$$

여기서, $E^{(l)}$: 침식 fiux (kg/㎡/s)

$M^{(l)}$: 침식 parameter (kg/㎡/s)

$D^{(l)}$: 퇴적 flux (kg/㎡/s)

$w_s^{(l)}$: 침강속도 (m/s)

$c_b^{(l)}$: 평균 퇴적물 농도

$\tau_{cr,e}^{(l)}$: 침식전단응력(N/㎡)

$\tau_{cr,d}^{(l)}$: 퇴적전단응력(N/㎡)

퇴적물의 침식·퇴적 현상은 해저에 작용하는 유체의 전단응력에 따라 좌우된다.

전단응력이 영에서 어느 한계값(퇴적한계 전단응력)에 이를 때까지는 수중의 퇴적물이 해저면에 퇴적되고, 퇴적한계 전난응력을 넘어서 침식한계 전난응력에 이를 때까지는 침식이나 퇴적 현상이 일어나지 않으며 이 값을 넘어서면 침식이 발생한다.

퇴적 및 침식 한계전단응력은 해저 퇴적물의 물리·화학적 특성에 따라 변화하며, 침식량을 결정하는 전단강도(τ_e)는 일반적으로 해저 퇴적물의 건조밀도의 함수 또는 겉보기 밀도의 함수로 고려하고 일반적으로 퇴적한계 전단응력(τ_d)은 점착성 퇴적물의 경우 퇴적물의 성분 구성비에 따라 정의된다.

미세 입자들은 해수 중에서 부유하면서 서로 응집되어 입자 자체보다 큰 응집체(floc)를 형성하면서 침강하는데 이러한 응집체 형성과정에서 입자의 물리·화학적 특성, 해수의 염분도, 수온, 탁도 및 해수의 난류성 등 여러 가지 요인이 작용하고 이 중 해수의 탁도 즉, 해수중의 부유사 농도가 미치는 영향이 가장 크다.

일반적으로 농도가 낮을 경우 응집체의 성장은 무시할 수 있으므로 침강속도(w_f)와 농도와의 상관관계는 적고, 농도가 중간 정도의 값(0.3~3.5g/L)을 가질 때 응집체의 침강속도는 농도증가와 함께 증가한다.

(3) 실험조건

본 모형에 사용한 점착성 퇴석물질의 퇴석한계 전단응력, 침식한계 전단응력, 기준침강 속도 등을 산정한 근거를 아래에 제시하였다.

실험 입력제원은 금회 해저질조사와 연속(층별)부유사농도 관측결과를 활용하여 각 계절별로(1차~6차)적용하였다.

퇴적 및 침식작용에 대한 자연 mud의 일반적인 퇴적한계 전단응력(τ_{cd})은 0.04~0.15 N/m^2 (Ashish J. Mehta, 1986), 침식한계 전단응력(τ_{ce})은 0.15~1.0 N/m^2 (Helen Mitchener et, 1995)이 사용되므로 금회 검증 및 보정실험을 통해 퇴적한계 전단응력 0.06N/㎡, 침식한계 전단응력 0.40N/㎡으로 입력하였다.

<표 4.3.1-20> 부유사 배경농도 및 해저질 관측자료

구 분	입력자료	
	배경농도	입경
1차(하계)	15.9mg/L(cs1~cs2)	6.8Φ(sg1~sg12)-1차 조사
2차(동계)	47.7mg/L(cs1~cs2)	6.6Φ(sg1~sg12)-2차 조사
3차(추계)	39.8mg/L(cs5)	6.7Φ(sg1~sg12)-3차 조사
4차(춘계)	102.6mg/L(cs5)	6.7Φ(sg1~sg12)-4차 조사
5차(동계)	39.8mg/L(cs5)	6.7Φ(sg1~sg22)-7차 조사
6차(하계)	29.0mg/L(cs1~cs2)	6.8Φ(sg1~sg22)-8차 조사

<표 4.3.1-21> 퇴적물 입경별 침강속도(Tanimoto et al, 1994)

명칭		입경범위(mm)	Φ 척도	계산대표입경(mm)	침강속도	
					mm/s	m/day
실트	조립실트	0.062~0.031	5	0.047	0.321	27.76
	중립실트	0.031~0.016	6	0.023	0.165	14.21
	세립실트	0.016~0.008	7	0.012	0.091	7.86
	미세립실트	0.008~0.004	8	0.006	0.048	4.18
점토	조립점토	0.004~0.002	9	0.003	0.026	2.27
	중립점토	0.002~0.001	10	0.0015	0.014	1.19

<표 4.3.1-22> 실험 입력자료

구 분		내 용	설정근거
부유사 농도	초기 배경농도	1차 ~ 6차	조사자료
	초기 외해경계	1차 ~ 6차	조사자료
점착성	비중	2.65g/cm^3	조사자료
	입경	1차 ~ 6차	조사자료
	침강속도	1차 ~ 6차	문헌자료
	침식 한계전단응력	0.40N/m	보정실험
	퇴적 한계전단응력	0.06N/m	보정실험

(4) 모형검증

각 계절별 1차 ~ 6차의 점정별 관측 평균 부유사 농도와 퇴석물이동실험 모형에서 계산된 동일 지점의 평균 부유사 농도를 비교 검증하였다.

김증결과, 각 지짐별 평균 부유사 농도의 절대상대오차(ARE)는 0.4~14.8% 이하로 산정되어었다.

<표 4.3.1-23> 평균 부유사 농도(mg/L) 검증 결과

정점		표층				저층			
		관측	계산	오차	ARE(%)	관측	계산	오차	ARE(%)
하계 (1차)	CS-1	11.5	13.2	1.7	14.8	18.9	16.9	-2.0	10.6
	CS-2	13.7	15.7	2.0	14.6	19.0	18.3	-0.7	3.7
동계 (2차)	CS-1	28.6	30.6	2.0	7.0	46.6	43.5	-3.1	6.7
	CS-2	35.0	36.5	1.5	4.3	47.4	47.6	0.2	0.4
추계 (3차)	CS-3	36.9	39.6	2.7	7.3	55.9	55.1	-0.8	1.4
	CS-4	29.1	29.6	0.5	1.7	42.2	41.1	-1.1	2.6
	CS-5	36.9	40.6	3.7	10.0	55.9	55.1	-0.8	1.4
춘계 (4차)	CS-3	72.7	83.4	10.7	14.7	130.7	119.6	-11.1	8.5
	CS-4	32.2	32.8	0.6	1.9	158.3	159.3	1.0	0.6
	CS-5	72.7	68.5	-4.2	5.8	130.7	127.6	-3.1	2.4
동계 (5차)	CS-6	95.7	99.1	3.4	3.6	201.4	196.7	-4.7	2.3
	CS-7	188.5	193.1	4.6	2.4	346.0	341.2	-4.8	1.4
하계 (6차)	CS-1	15.1	16.7	1.6	10.6	39.7	35.0	-4.7	11.8
	CS-2	21.7	22.1	0.4	1.8	40.5	37.5	-3.0	7.4
	CS-3	39.3	40.0	0.7	1.8	62.2	58.4	-3.8	6.1

(5) 실험결과

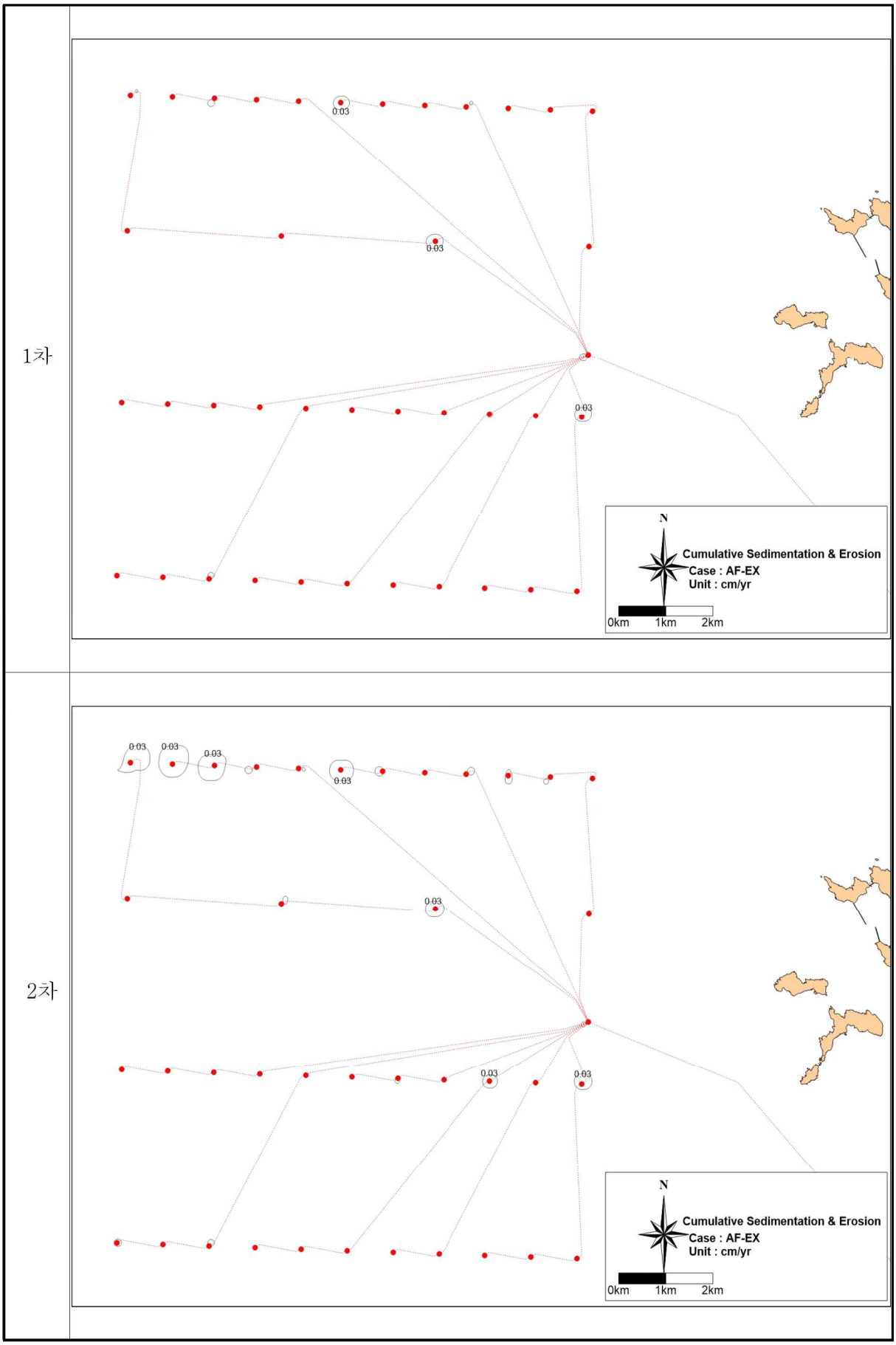
실험은 각 계절별(1차~6차) 및 4계절을 포함한 1년간(2019. 06 ~ 2020. 06) 퇴적물이동 변화분포를 검토하였다.

검토결과, 계절별 배경농도에 따라 침·퇴적 변화가 상이하게 나타났으며 고농도 시 퇴적량이 증가하고 저농도 시 변화량이 감소하는 것으로 나타났다.

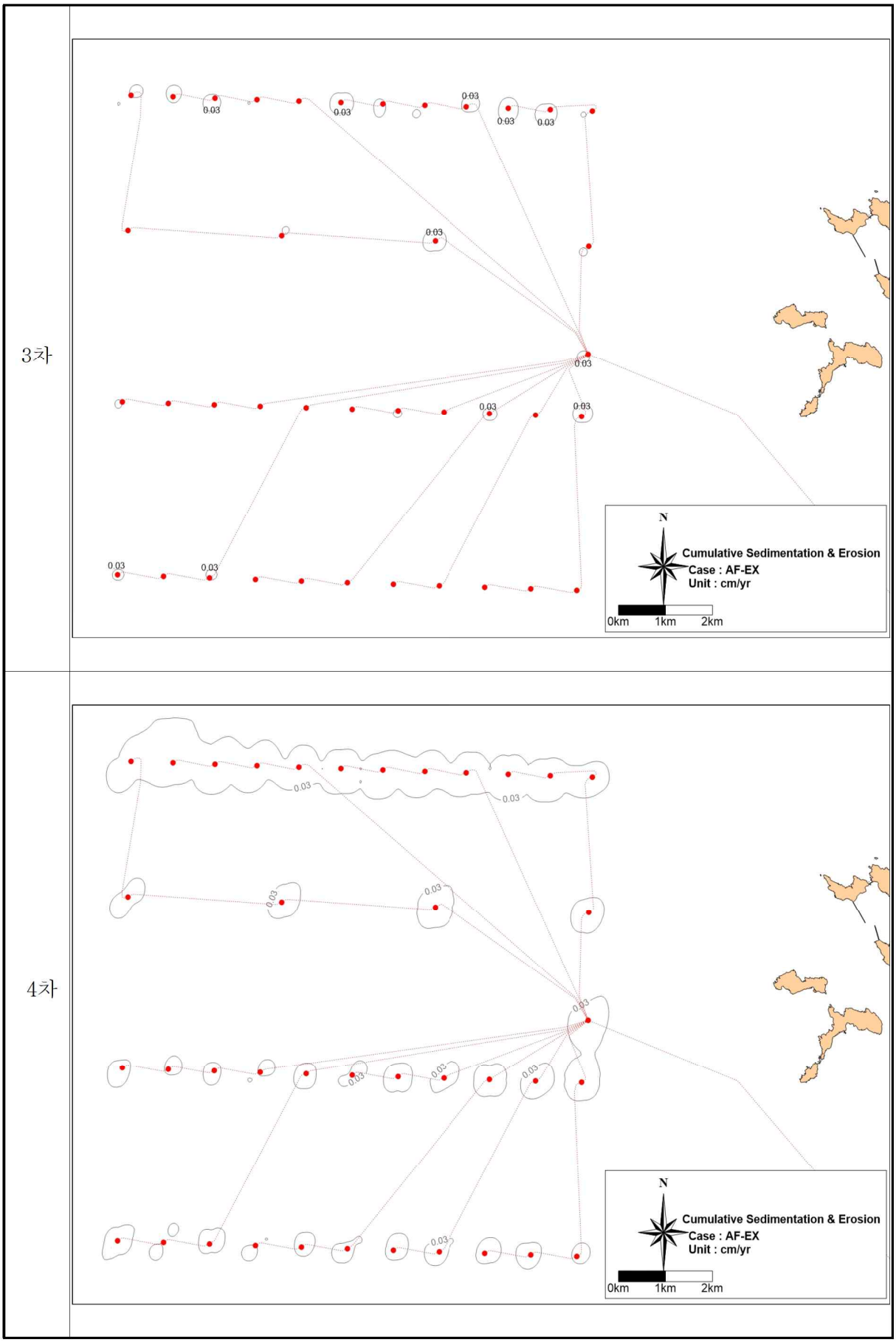
대상해역은 대부분 퇴적이 우세한 것으로 나타났으며, 사업시행에 따른 연간 침·퇴적고 분포 변화는 각 발전기 지점별로 (+)0.2cm/year 내외로 미미하게 증가하는 것으로 나타났다.

<표 4.3.1-24> 발전단지 주변 평균 퇴적물이동 분석결과 (단위 : cm)

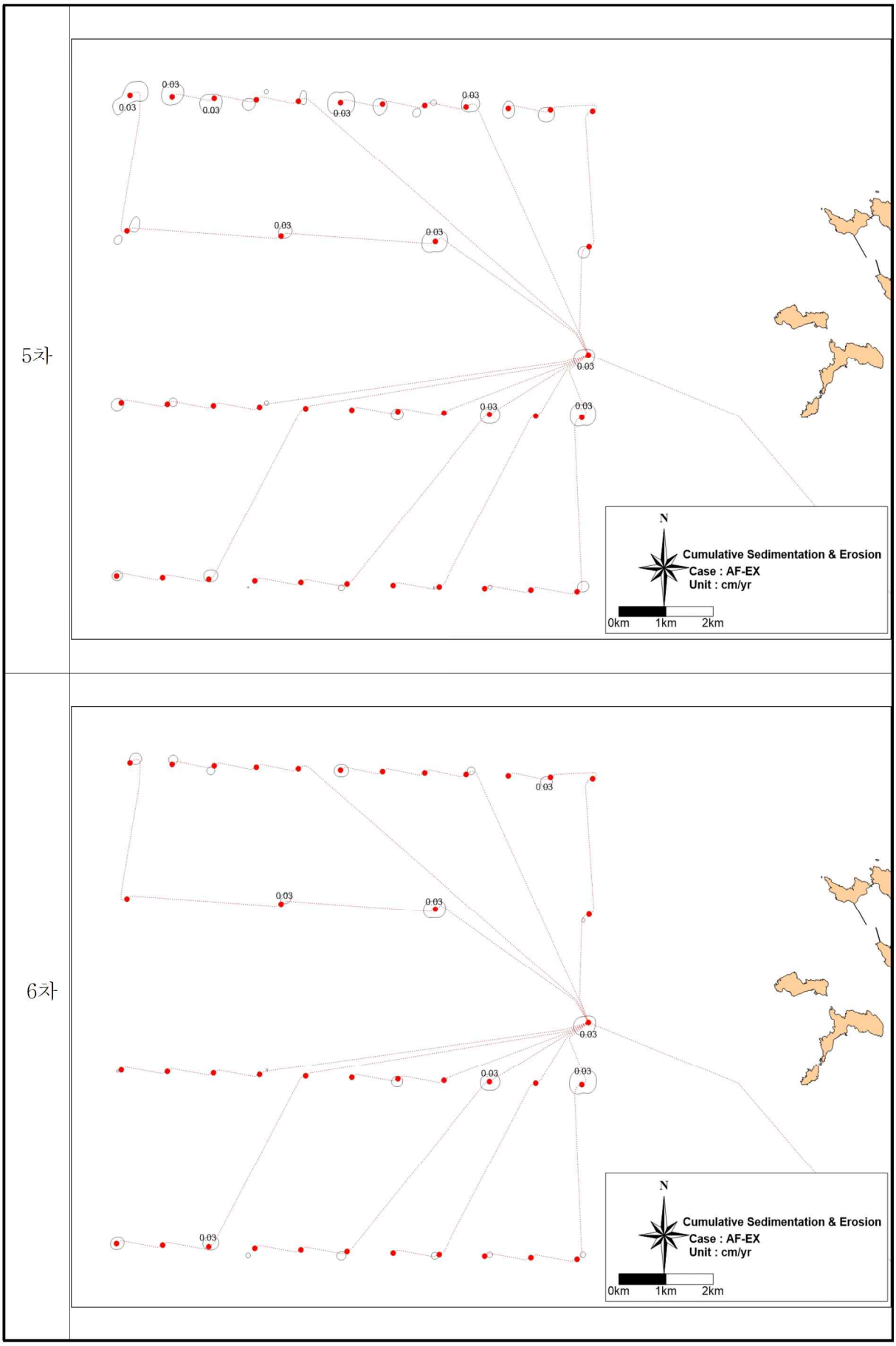
구 분	1차(하계)	2차(동계)	3차(추계)	4차(춘계)	5차(동계)	6차(하계)	연간(1년)
배경농도(mg/L)	15.9	47.7	39.8	102.6	39.8	29.0	45.8
사업시행 전	0.1 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.5 이하	0.2 이하	0.3 이하	2.7 이하
사업시행 후	0.1 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.5 이하	0.3 이하	0.3 이하	2.8 이하



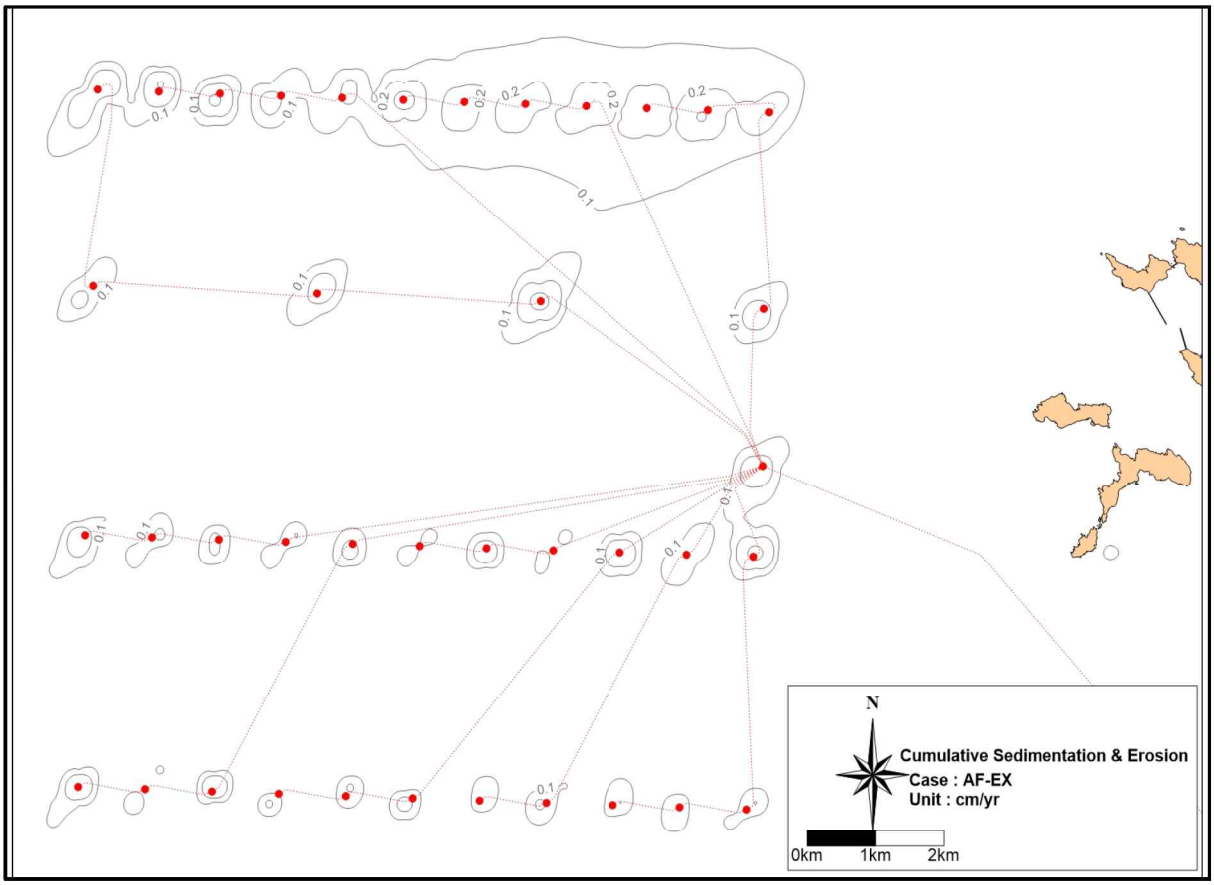
(그림 4.3.1-19) 퇴적물이동 변화 분포도(사업시행 후-사업시행 전) (1/3)



(그림 4.3.1-19) 퇴적물이동 변화 분포도(사업시행 후-사업시행 전) (2/3)



(그림 4.3.1-19) 퇴적물이동 변화 분포도(사업시행 후-사업시행 전) (3/3)



(그림 4.3.1-20) 연간 퇴적물이동 변화 분포도(사업시행 후-사업시행 전)

라) 국부세굴 실험

(1) 실험개요

국부세굴 실험은 안마도 해상풍력발전단지를 조성함에 있어 기초구조물 인근의 국부세굴심을 파악하여 최적설계를 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

구조물 저면부에 세굴이 발생할 경우 구조물 안정성에 문제가 발생할 수 있어 최대 유속이 작용하는 조건에서 국부세굴을 검토하였다.

<표 4.3.1-25> 국부세굴 실험개요

구 분		실 험 내 용
실험목적		◦ 해상풍력발전체 기초구조물의 국부세굴심 검토
사용모형		◦ FLOW3D(Flow Science Inc, 미국)
실험영역		◦ 160m(가로) ×80m(세로) ×50m(높이)
격자간격		◦ ⊿x = ⊿y = ⊿z = 0.2m ~ 0.4m 가변격자
실험조건	외력조건	◦ WTG : 유속 1.4m/s / OSS: 유속 1.2m/s
	실험조위	◦ 약최고고조위 DL(+)5.958m(안마도 기본수준점, 국립해양조사원)
	실험안	◦ WTG, OSS 구조물

(2) 사용모형

(가) 모형개요

파랑에 의한 구조물 주변 기초지반의 세굴을 검토하기 위하여 범용 유동해석 프로그램인 FLOW-3D를 사용하였다.

FLOW-3D는 범용 유체역학 프로그램(CFD Code, Computational Fluid Dynamics)으로 해석방법은 기본적으로 비정상 유동 상태이며, 연속방정식, 3차원 운동량 보전 (Navier-Stokes)방정식 및 에너지 방정식을 유체 및 열 유동 해석에 사용하고 있다.

유체의 난류 유동에는 기본 대수 모형으로부터 RNG(Renormalized Group Theory) 모형까지의 난류 방정식을 선택할 수 있으며 자유표면 해석을 위해 VOF(Volume of Fluid) 기법이 사용되고 있다.

직각 격자 사용시 곡면이나 경사면 등의 형상을 제대로 구현할 수 없으므로 FAVOR(Fractional Area/Volume Ratio) 기법을 이용하여 구조물의 형상을 정확히 표현하고, 비압축성 및 압축성의 계산시 해석 속도를 증진시키기 위해 별도의 보조 방정식을 사용하고 있다.

- Mass conservation : Incompressible, Compressible
- Momentum conservation : Navier-Stokes
- Energy conservation : Heat transfer, Heat conduction, etc
- Fluid fraction evolution : VOF method
- Turbulence Transport : Prandlt-Mixing length, k-epsilon, RNG, Large eddy simulation
- Scalar advection & diffusion
- Physical model : Equation of state, Surface tension, cavitation, melting, Solidification, porous media, Mass & Marker particle, Non-Newtonian viscosities, Shrinkage, 등

(나) 지배방정식

① 연속방정식(Continuity Equation)

기본식

$$\nabla \cdot \mathrm{v} = 0$$

비압축성 흐름일 때

$$\frac{\partial}{\partial x}(u A_x) + \frac{\partial}{\partial y}(v A_y) + \frac{\partial}{\partial z}(w A_z) = \frac{RSOR}{\rho}$$

밀도가 변하는 흐름 혹은 압축성 흐름일 때

$$V_f \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u A_x \rho) + \frac{\partial}{\partial y}(v A_y \rho) + \frac{\partial}{\partial z}(w A_z \rho) = RSOR + RDIF$$

여기서, A_x, A_y, A_z: 면적비

V_f: 개구간 비율

ρ: 밀도

$RSOR$: 전체 유체량/물에 잠긴 부분

$RDIF$: 밀도 확산

② 운동방정식(Momentum Equation)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_f}\left\{u A_x \frac{\partial u}{\partial x} + v A_y \frac{\partial u}{\partial y} + w A_z \frac{\partial u}{\partial z}\right\} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + F_x - \frac{RSOR}{\rho V_f} u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_f}\left\{u A_x \frac{\partial v}{\partial x} + v A_y \frac{\partial v}{\partial y} + w A_z \frac{\partial v}{\partial z}\right\}$$

$$= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + F_y - \frac{RSOR}{\rho V_f} v$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_f}\left\{u A_x \frac{\partial w}{\partial x} + v A_y \frac{\partial w}{\partial y} + w A_z \frac{\partial w}{\partial z}\right\}$$

$$= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + F_y - \frac{RSOR}{\rho V_f} w$$

여기서, F: 힘 (중력, 비관성체 가속도 등)

$RSOR$: 무속도로 주입된 유체에 의한 가속도

(다) 수치기법

연속체로 정의된 방정식을 컴퓨터로 해석하기 위해서는 이의 차분화가 필요하며 차분화하는 방식은 크게 유한요소법 (FEM, Finite Element Method)과 유한차분법으로 나눌 수 있다.

FLOW-3D는 기본 유한차분방식에 FAVOR를 도입한 유한체적법을 사용하고 있다.

일반적으로 해석을 하게 되면 해석 영역을 작은 격자(Mesh)로 나눈 후, 이 격자 단위로 계산이 이루어지게 되며, 각 격자에 주어진 압력에 대해 속도를 구하고 이 속도를 이용하여 Poison 방정식형태의 압력방정식의 해를 구한 다음 다시 속도를 교정하고 그 후에 자유표면의 해석이 요구될 때는 VOF 방정식을 풀어나가는 방법을 이용하고 있다.

① VOF(Volume of Fluid) 방법

제트, 비산 및 파도 등과 같은 복잡한 자유 표면 운동의 기술은 움직이는 격자를 사용하는 라그랑지안(Lagrangian) 방법보다 고정 오일러리안(Eulerian) 방법을 사용하는 VOF 방법을 이용하여 보다 간단히 이루어 질 수 있다.

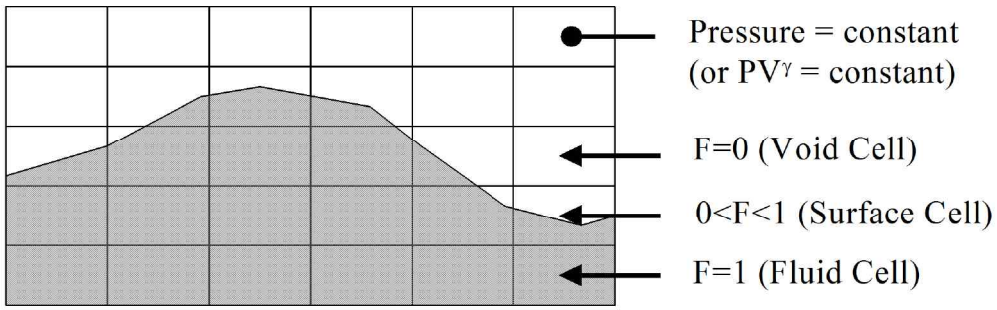
FLOW-3D에 사용되고 있는 VOF 방법은 다른 공용되고 있는 VOF 방법과는 달리 정확한 압력 및 운동학적 경계 조건을 적용하고 있으며, 또한 유한 차분시 경계면의 Smearing을 방지하기 위해 특별 수치차분법을 사용함으로써 두 유체(유체와 공기일 경우는 보통 자유 표면으로 가정)사이의 운동을 기술할 수 있는 수치 해석 방법이다.

VOF 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \left\{ \frac{\partial}{\partial x}(Fu A_x) + \frac{\partial}{\partial y}(Fv A_y) + \frac{\partial}{\partial z}(Fw A_z) \right\} = FDIF + FSOR$$

여기서, *FDIF* : Diffusion of Fluid Fraction

FSOR : Fluid Source/Sink



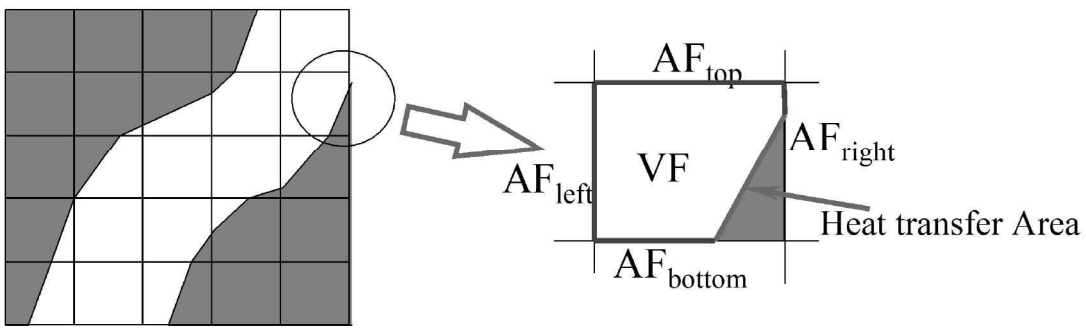
N = 1～8(Cell에서 유체의 방향 정의)

(그림 4.3.1-21) VOF의 개념도

② FAVOR™(분수 면적/체적) 방법

FAVOR는 직교격자체계에서 체적점유율(volume fraction)과 면적점유율(area fracton)의 개념을 이용하여 계산 영역내의 기하학적 모형을 묘사하는 기술(Hirtand Sicilian, 1985)이다.

직교격자를 사용하면서도 경계면에서 곡면 표현이 가능한 장점을 가지며, 신속하고 정확한 곡면 표현을 위해 해석 영역을 작은 격자(cell)로 나누고 각 격자에 대한 비선형 방정식을 해석하여 유동 및 열전달 계산의 정확성을 확보할 수 있는 방법이다.



(그림 4.3.1-22) 유한체적법의 개념도

③ 난류 ($k-\epsilon$ 모델, RNG)

RNG $k-\epsilon$ 모형은 난류모형으로서 표준 $k-\epsilon$ 모형에 통계직인 기법을 적용하여 난류상수를 조정한 기법이며, RNG 이론은 Yakhot 등(1992)이 개발한 이론으로서 작은 척도의 난류량(small scale turbulence)들이 Navier-Stokes 방정식에 미치는 영향을 통계적으로 처리하여 난류상수에 반영한 모형 이론이다.

RNG $k-\epsilon$ 모형은 작은 크기의 난류 유동을 가지는 유체의 움직임을 제거하고 제거된 유체가 큰 크기의 유체의 움직임과 점성에 미치는 영향을 계수조정과 수정된 점성력을 사용하여 표현하는 것이다.

난류점성계수(ν_t)는 다음과 같은 Kolmogorov-Prandtl 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$\nu_t = C_\mu \frac{k^2}{\epsilon}$$

여기서 C_μ(= 0.084)는 난류상수, k는 난류운동에너지, 그리고 ε은 난류운동에너지소산률이다.

k와 ε을 계산하기 위해서는 다음과 같은 각각의 수송방정식을 해석해야 한다.

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + (\rho k U) = [\alpha_k \mu_{eff}\ grad\, k] + 2\mu_t E_{ij} \cdot E_{ij} - \rho\epsilon$$

$$\frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + (\rho \epsilon U) = [\alpha_\epsilon \mu_{eff}\, grad\, \epsilon] + C_{1\epsilon}^{*} \frac{\epsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} \cdot E_{ij} - C_{2\epsilon}\rho \frac{\epsilon^2}{k}$$

여기서 E_{ij}는 생성항, $\alpha_k = \alpha_\epsilon = 1.39$, $C_{1\epsilon} = 1.42$,그리고 $C_{2\epsilon} = 1.68$이다.

RNG $k-\epsilon$ 모형이 통계적인 기법을 이용하여 표준 $k-\epsilon$ 모형을 변형시킨 부분은 점성력 부분과 상수인 $C_{1\epsilon}$을 변형시킨 부분이며, RNG $k-\epsilon$ 모형은 상수 $C_{1\epsilon}$을 다음과 같이 수정하였다.

$$C_{1\epsilon}^{*} = C_{1\epsilon} - \frac{\eta(1-\eta/\eta_o)}{1+\beta\eta^3}$$

$$\eta = (2E_{ij} \cdot E_{ij})^{1/2} \frac{k}{\epsilon}$$

여기서, $\eta_o = 4.377$

$\beta = 0.012$

위와 같은 모든 값들은 벽 근처의 난류량들로부터 계산된 것이다.

β만이 수치모의의 정확도를 향상시키기 위해 조정할 수 있고, 그 외 나머지 상수들은 RNG 과정에서 충분하게 결정된다.

RNG $k-\varepsilon$ 모형은 표준 $k-\varepsilon$ 모형에 비하여 수치모의에 다소 긴 계산시간이 소요되지만 복잡한 난류 유동장 해석을 더욱 효율적으로 수행할 수 있다.

특히 저 레이놀즈수 (low Reynolds number)와 고전단흐름(high shear flow)인 경우의 수치모의에 적합하다고 알려져 있다(Versteeg와 Malalasekera, 1995; Pope, 2000).

③ 국부세굴모듈

FLOW-3D에서는 Drift flux model을 이용하여 Scouring, Sedimentation 현상 해석이 가능하다.

FLOW-3D의 세굴모듈은 부유사 부분(Suspended sediment)과 고형퇴적물 부분(Packed sediment)으로 구분하여 계산한다.

부유사는 국지적인 압력경사에 따라 유체와 함께 부유되거나 이류되며, 유입경계나 해저면 고형퇴적물의 침식으로 인해 생성된다.

고형퇴적물은 주변 퇴적물 입자와 결속되어 있으므로 이류하지 않는다.

이 두 가지 형태의 구분은 임계압축농도(Critical packing concentration) 값으로 정의되며, 셀 내에서는 고형퇴적물에 의해 점유되는 체적부분을 말한다.

고형퇴적물은 유체와의 경계면에서 유체에 의해 부유사형태로 침식이 일어날 때만 움직이며, 부유사는 퇴적물이 고화된 저면으로 침강되는 속도가 침식되는 것보다 빠른 조건일 때 고형퇴적물이 될 수 있다.

(3) 실험내용

(가) 실험조건

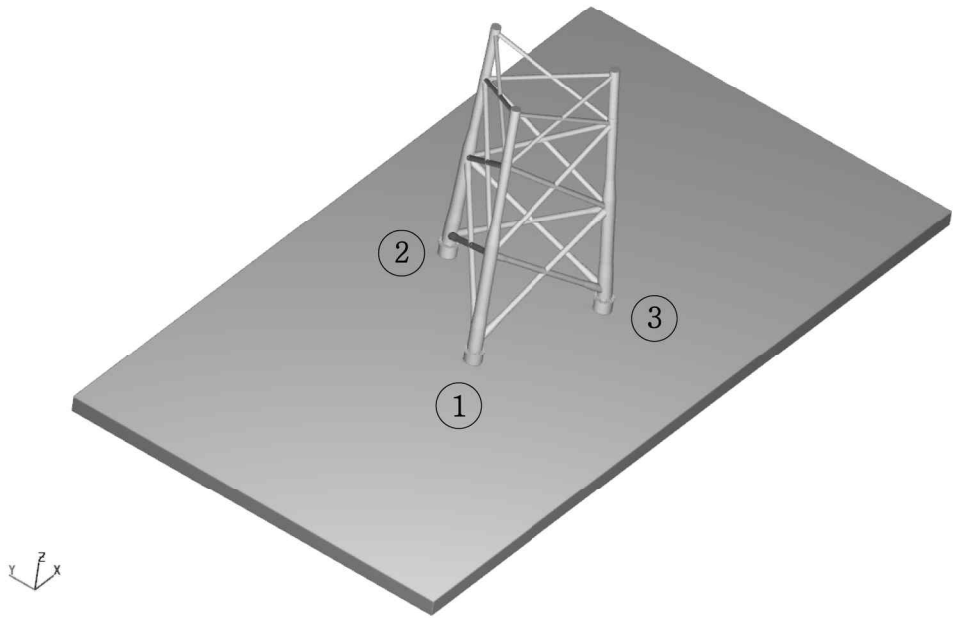
국부세굴실험의 입력제원은 해상풍력발전단지 인근 해역에서 산정된 최대 유속값인 WTG 1.4m/s, OSS 1.2m/s을 적용하였다.

실험조위는 안마도 약최고고조위(DL(+)5.958m) 조건으로 설정하였으며, 저질조건은 지반조사 결과를 토대로 평균입경인 6.5Φ를 적용하여 실험을 수행하였다.

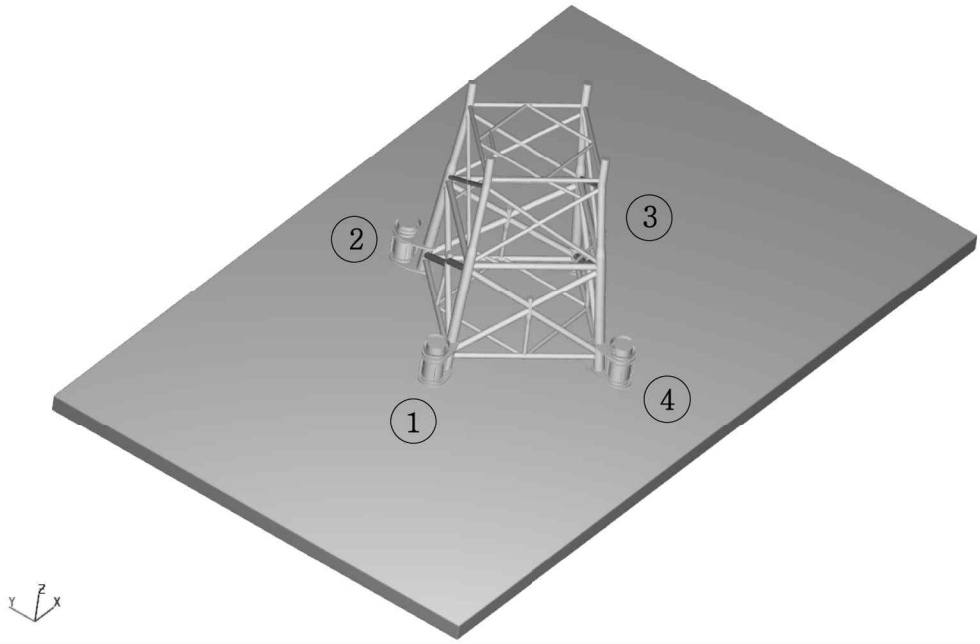
(나) 실험안 및 모형수립

국부세굴 실험은 WTG와 OSS 기초부 형상을 3차원 모형내의 SOLID 구조로 적용하여 수행하였고, 모델 격자구성은 복잡한 구조물 표면에 대하여 보다 정확한 구현을 하기위해 가변격자를 사용하였으며, 격자간격은 0.2m ~ 0.4m, 유효격자수는 WTG: 7,440,000개, OSS: 8,370,000개로 세밀하게 구성하였다.

WTG 구조물

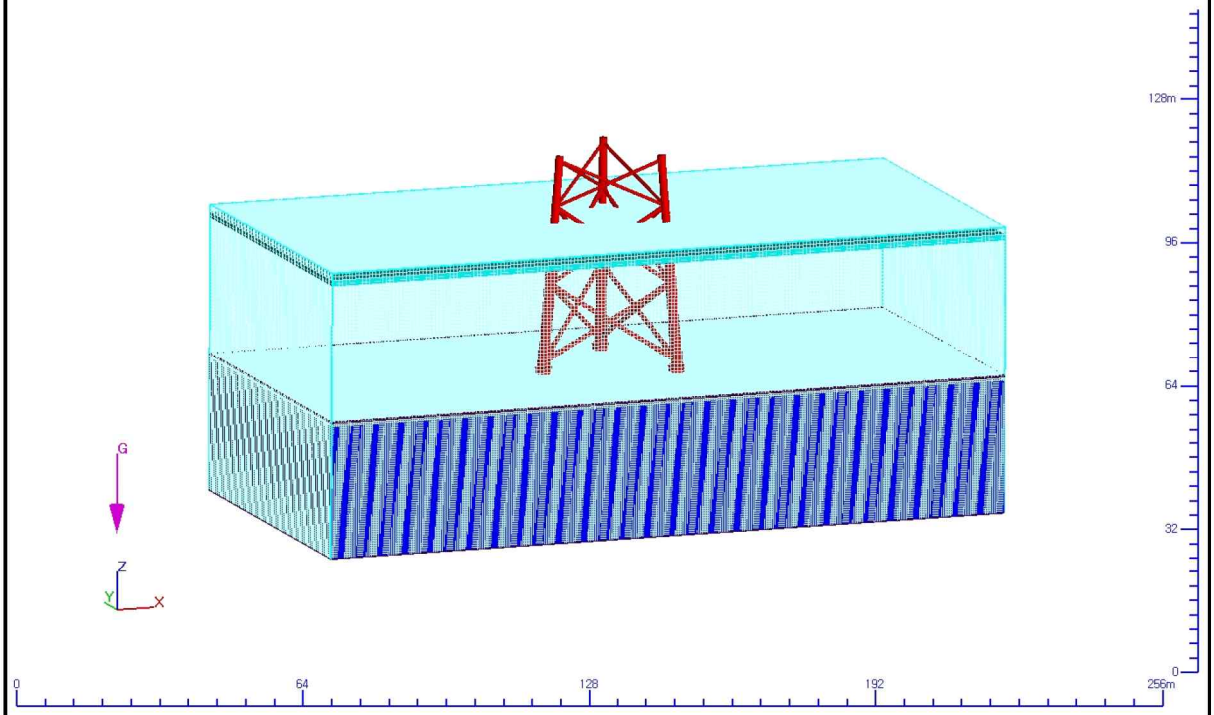


OSS 구조물

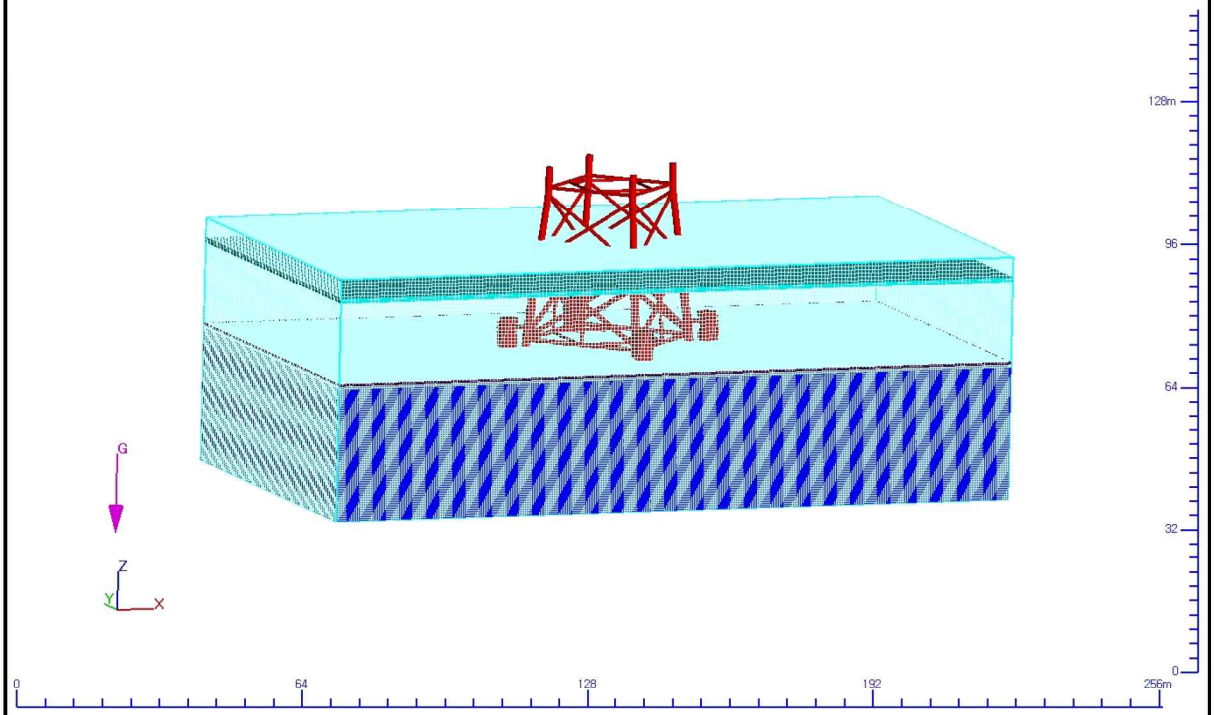


(그림 4.3.1-23) 국부세굴 실험안

WTG 구조물



OSS 구조물



(그림 4.3.1-24) 국부세굴 격자망도

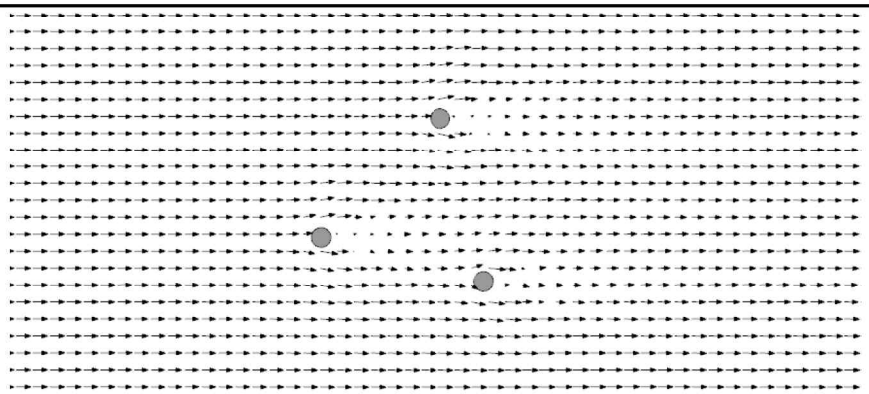
(4) 실험결과

해상풍력발전단지 조성시 발전체 저면부에 세굴이 발생할 경우 전도 등 구조물의 안정성에 문제가 발생할 수 있으므로 최대유속 조건에 대하여 WTG, OSS 기초구조물 주변의 세굴심을 분석하였다.

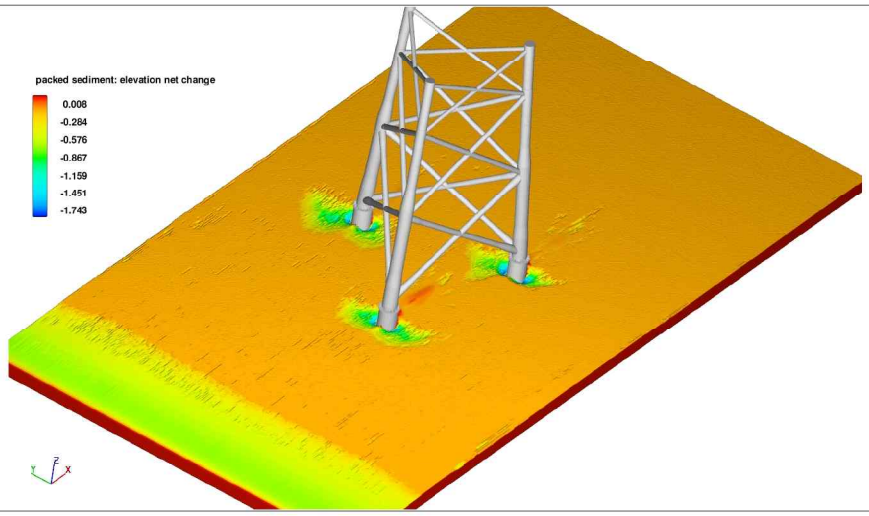
WTG 구조물 검토결과, 파일 위치에 따른 세굴심은 1번 1.70m, 2번 1.68m, 3번 1.74m, OSS 구조물 검토결과, 파일 위치에 따른 세굴심은 1번 1.70m, 2번 1.91m, 3번 1.05m, 4번 1.89m로 나타났다.

<표 4.3.1-26> 구조물별 국부세굴실험 결과

구 분		조위(m)	최대유속(m/s)	최대 세굴심(m)
WTG	Pile 1	약최고고조위 DL(+) 5.958	1.4	1.70
	Pile 2			1.68
	Pile 3			1.74
OSS	Pile 1		1.2	1.70
	Pile 2			1.91
	Pile 3			1.05
	Pile 4			1.89

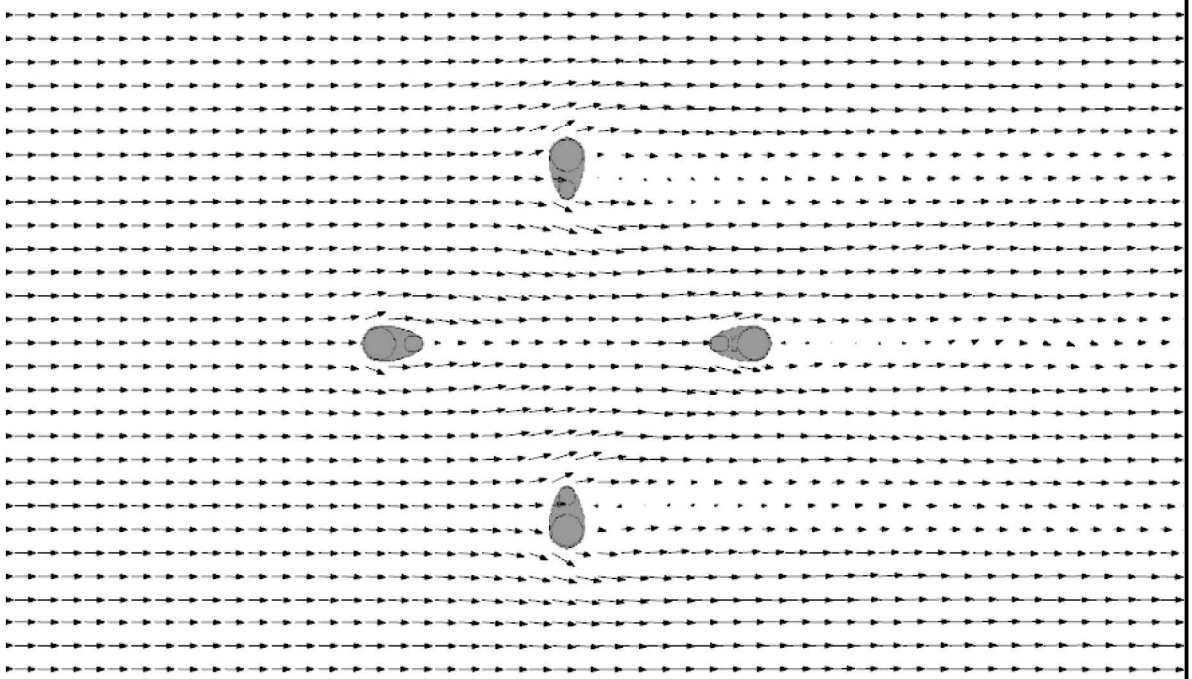


해저면 유속벡터도

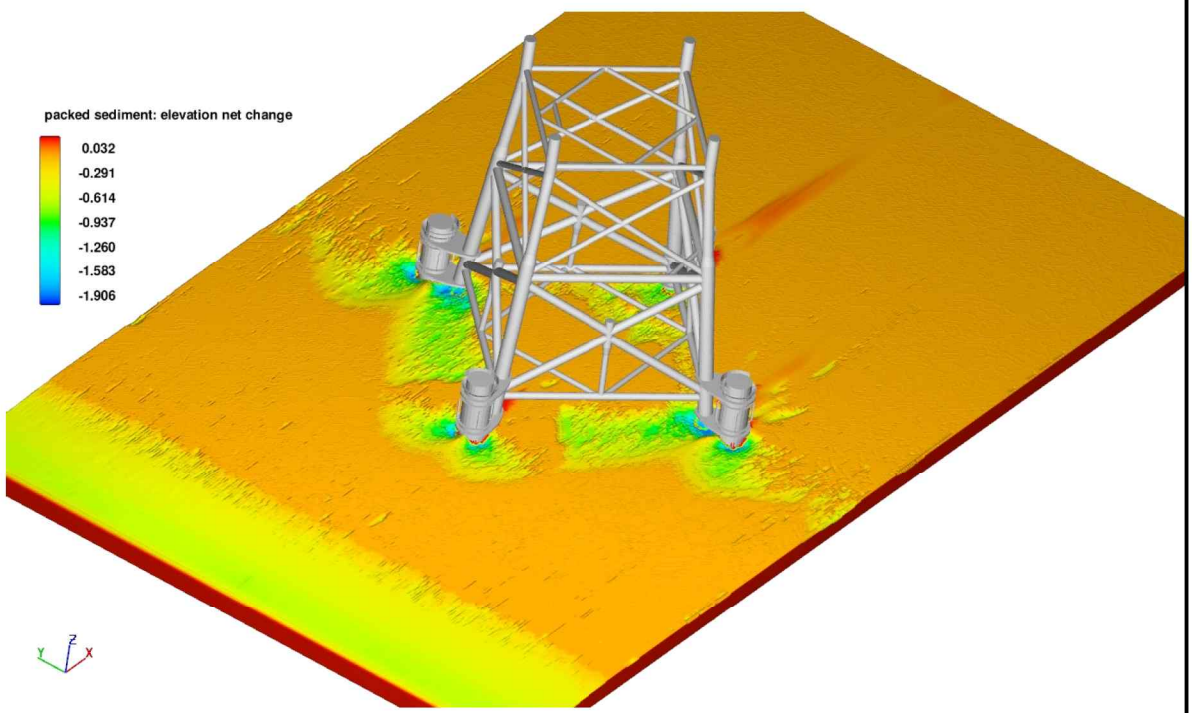


국부세굴

(그림 4.3.1-25) WTG 국부세굴 실험 결과



해저면 유속벡터도



국부세굴

(그림 4.3.1-26) OSS 국부세굴 실험 결과

나. 사후환경영향조사 계획

본 사업시행으로 인한 사업지구 및 주변지역의 해양물리 영향을 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 조사를 실시하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용도록 할 계획이다.

기 협의시 발전구역 및 송전선로 주변 해저지형을 모니터링하기 위한 수심측량 공사시 반기 1회, 운영시 연 1회로 계획하였다.

다만, 수심측량은 사업시행 완료 후 해저 지형 변화를 모니터링하기 위한 항목으로 조사범위가 광범위하고 변화상이 크지 않은 항목이다.

따라서, 공사 준공 전 1회의 현지 조사를 실시하여 운영시와의 비교군이 될 수 있는 데이터를 축적하고, 이후 주기적인 모니터링을 통해 변화상을 파악할 계획이다.

〈표 4.3.1-27〉 사후환경영향조사 계획 주요 변경사항

구 분	2차 환경보전방안시	금 회	비 고
해양물리	◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 공사시 1회/반기, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 준공전 1회, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	금 회 변경사항 반 영

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 조사주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지

〈표 4.3.1-28〉 사후환경영향조사계획(해양물리)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
해양물리	공사시	◦조석	◦현황조사지점 : 1개 정점	◦현지조사	◦1회/분기(공사시) ◦1회/년(운영시)
		◦파랑			
		◦연속조류 및 연속부유사	◦현황조사지점 : 2개 정점		
	운영시	◦수심측량(해저지형 모니터링)	◦해상풍력 단지 및 송전선로구간		◦1회/준공전(공사완료시) ◦1회/년(운영시)

주) 1. 음영 : 기협의 환경보전방안 의견 반영에 따른 변경사항임
2. 조사위치 및 조사범위는 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

4.3.2 해양수질

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 발전기 및 해상변전소 배치계획 변경, 해저송전선로 노선 변경에 따라 부유사 확산실험을 통해 환경영향을 예측·평가하였다.

1) 예측항목

◦ 공사시 부유사 확산 영향

◦ 공사시 유류유출에 의한 영향

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변해역

3) 예측방법

◦ 수치모형실험(Delft-3d모델)

4) 예측결과

가) 공사시 부유사 발생 및 확산에 따른 영향

(1) 실험개요

금회 발전기 및 해상변전소 배치계획 변경, 해저송전선로 노선 변경에 따라 부유사가 해역에 발생되는 범위를 예측하기 위하여 해수유동실험에서 계산된 유동장을 이용하여 부유사 확산 실험을 수행하였다.

<표 4.3.2-1> 부유사 확산 수치모형실험의 개요

구 분			내 용
실험 목적			◦ 공사시 부유사 확산 예측
사용 모델			◦ Delft-3d
모델구성	광역	모델 영역	◦ 동서×남북, 238.9km × 276.2km
		격자 구성	◦ 최소 300m, 최대 1000m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 대, 중, 소조기를 포함하는 30일 이상
		계산시간 간격	◦ 2초
	상세역	모델 영역	◦ 동서×남북, 33.9km × 31.3km
		격자 구성	◦ 최소 10m, 최대 100m의 직교 가변 격자망
		모의 기간	◦ 광역 모형과 동일
		계산시간 간격	◦ 0.125초
실험조건			◦ 외력 조건 : 주요 5대 분조 (M_2, S_2, N_2, K_1, O_1) ◦ 유속 조건 : 초기 수위와 유속은 각각 0으로 설정 (Cold start)
실험안			◦ 사업계획 변경에 따른 공사시 부유사 확산

(2) 실험조건

(가) 초기조건 및 경계조건

부유사확산 거동은 실험 해역의 흐름에 의해 지배적인 영향을 받으므로, 본 실험에서는 조류의 영향만을 외석인 인자로 고려하였으며, 초기 및 개방 경계의 부유사 농도를 0 mg/L로 입력하여 공사에 의해서 발생되는 토사량에 의한 부유사확산 양상을 용이하게 파악할 수 있도록 하였다.

실험 시나리오는 각 실험안 구간에서 공사가 동시에 진행되는 것으로 부유사 발생량이 최대가 되는 상황을 가정하여 예측실험을 수행하였다.

(나) 침강속도 및 확산계수

부유사의 침강속도와 확산계수는 확산 면적과 직접적인 연관이 있으므로 현지의 해역조건을 토대로 침강속도를 산정하였다.

사업지구가 포함되어 있는 대상해역 해저질의 입도는 실트질의 점토, 실트질의 모래 등이 분포하고 있으며, 부유토사는 중력에 의해 시간이 지나면 해저면으로 침강된다.

따라서, 사업대상지의 해저질 조사 자료를 바탕으로 입경에 따른 부유 퇴적물 침강속도 자료를 참조하여 미세립 실트 0.418㎜/sec를 입력하여 계산하였다.

<표 4.3.2-2> 지층분포 현황

공 번	지 층	분포심도 (GL.(-)m)	두께 (m)	색조	구성성분	통일분류	N값(회/cm) (TCR/QRD)
BH-1	퇴적층	0.0~11.0	11.0	암회색	실트질 점토	CL	0/30~1/30
		11.0~15.0	4.0	암회색	실트질 점토	CH	0/30
		15.0~25.0	10.0	암회색	실트질 점토	CL	0/30~2/30
		25.0~36.0	11.0	암회색	실트질 모래	SM	13/30~37/30
		36.0~54.0	18.0	암회색	실트질 점토	CL	12/30~22/30
		54.0~63.0	9.0	암회색	실트질 모래	SM	49/30~50/6
	풍화암	63.0~66.0	3.0	회백색	굴진시 실트질 모래로 분해	WR	50/9~50/5

<표 4.3.2-2> 계 속

공 번	지 층	분포심도 (GL.(-)m)	두께 (m)	색조	구성성분	통일분류	N값(회/cm) (TCR/QRD)
BH-2	퇴적층	0.0~4.0	4.0	암회색	점토	CL	0/30
		4.0~8.0	4.0	암회색	점토	CH	0/30
		8.0~27.3	19.3	암회색	점토	CL	0/30~17/30
		27.3~29.5	2.2	암회색	실트질 모래	SM	29/30~32/30
		29.5~50.5	21.0	암회색	점토	CL	5/30~12/30
		50.5~66.5	6.5	암회색	실트질 모래	SM	30/23~50/16
	풍화토	66.5~71.5	5.0	담회색	실트질 모래	SM	44/30~50/20
	풍화암	71.5~75.0	3.5	담회색	굴진시 실트질 모래로 분해	WR	50/18~50/6
BH-3	퇴적층	0.0~9.0	9.0	암회색	실트질 점토	SM	10/30~27/30
		9.0~11.0	2.0	암회색	모래섞인 실트질 점토	ML	3/30~5/30
		11.0~15.0	4.0	암회색	실트질 모래	SM	7/30~8/30
		15.0~21.7	6.7	암회색	모래섞인 실트질 점토	CL	2/30~4/30
		21.7~23.0	1.3	암회색	실트질 모래	SM	5/30~9/30
		23.0~38.5	15.5	암회색	실트질 점토	CL	5/30~13/30
		38.5~57.0	18.5	암회색	실트질 모래	SM	14/30~36/30
	풍화토	57.0~61.0	4.0	회백색	실트질 모래	SM	27/30~50/17
	풍화암	61.0~62.0	1.0	회갈색	굴진시 실트질 모래로 분해	WR	50/9
	연암	62.0~63.0	1.0	담회색	기반암의 연암	SR	-
BH-4	퇴적층	0.0~16.5	16.5	암회색	점토	CL	0/30
		16.5~21.0	4.5	암회색	실트질 모래	SM	3/30~30/30
		21.0~32.0	11.0	암회색	짐도	CL	7/30~16/30
		32.0~39.0	7.0	암회색	실트질 모래	SM	20/30~41/30
		39.0~47.0	8.0	암회색	점토	CL	13/30~23/30
		47.0~52.0	5.0	암회색	실트	ML	37/30~24/30
		52.0~63.0	11.0	암회색	실트질 모래	SM	15/50~50/27
	풍화토	63.0~72.0	9.0	담회색	모래섞인 점토	CL	20/30~50/25
	풍화암	72.0~75.0	3.0	담회색	굴진시 실트질 모래로 분해	WR	50/10~50/6

<표 4.3.2-3> 부유사 입경별 침강속도

명칭		입경범위 (㎜)	Φ 척도	계산 대표입경 (㎜)	침강속도 (㎜/sec)
모래	극조사	2 ~ 1	0	1.5	63.44
	조사	1 ~ 0.5	1	0.75	33.84
	중사	0.5 ~ 0.25	2	0.37	18.02
	세사	0.25 ~ 0.125	3	0.188	9.616
	미세사	0.125 ~ 0.062	4	0.094	5.115
실트	조립실트	0.062 ~ 0.031	5	0.047	2.776
	중립실트	0.031 ~ 0.016	6	0.023	1.421
	세립실트	0.016 ~ 0.008	7	0.012	0.786
	미세립실트	0.008 ~ 0.004	8	0.006	0.418
점사	조립점사	0.004 ~ 0.002	9	0.003	0.227
	중립점사	0.002 ~ 0.001	10	0.0015	0.119

자료 : Tanimoto et, al., 1994

(다) 부유사 발생 원단위

부유사 발생량 산정은 크게 Nakai(1978)에 의해 제안된 원단위(Turbidity Generation Unit, TGU) 방법과 Avertt & Hayes(1995)의 상관관계 분석법(Correlation Method)으로 구분된다.

상관관계 분석법은 관측 재부유율, 퇴적물 특징 및 준설 장비에 따른 매개변수 등을 고려하는 실험식 모형이나 준설(cutterhead & open bucket dredge)에 대해서만 모형이 개발되었다.

TGU 방법은 전체 물량 중 몇 %가 부유사로 발생하는가를 산정하는 것이며, Nakai(1978) 이외에도 Pennekamp et al(1996), 堀江(1987), Dearnaley et al.(1996) 및 DHI에서 사용하는 방법 등이 있다.

부유사 발생량의 기준이 되는 발생 원단위의 경우 동일한 공종에 대해서도 해역의 유속 조건, 사용장비 조건 및 해저지반 조건에 따라 그 값이 다르며, 과거 시행한 사업에 대한 원단위 적용 조사결과를 토대로, 해당 공사조건과 가장 유사한 조건의 원단위를 선정하여 본 과업에 대한 부유사확산실험에 적용하였다.

해상풍력발전기 및 해상변전소 기초구조물은 모두 직접 기초 형식으로 계획되어 항타작업을 통해 설치할 계획이므로, 항타공사시 부유사 발생원단위를 적용하여 예측을 실시하였다.

<표 4.3.2-4> SS 발생 부하 원단위의 평균치

공종 \ 토질				사질토사	점토질 토사
매립	호안공	굴삭 (그랩선에 의한 경우)		8.4 kg/m³	38.0 kg/m³
		사석 (Cart선에 의한 경우)		5.7 kg/m³	-
		부사 치환사	Cart 선 방식	1.1 kg/m³	-
			-	1.6 kg/m³	-
		Sand compaction	**부사 유**	**16.5 kg/本 (Pile(砂株) 하나당)**	-
			부사 무	174.4 kg/本 (Pile(砂株) 하나당)	-

자료 : 일본 운수성 제4항만건설국 해역정비과, 1982

해저케이블 설치는 수심이 낮아 해저케이블 포설 선박 및 전용 Trrencher를 적용하는 해저 구간과 해상장비의 진입이 불가하여 백호를 이용한 준설을 계획한 연안부 주변 저수심 구간(DL.(±)0 내외 지역)으로 구분된다.

해저케이블 포설을 위한 Trencher는 굴착과 포설 및 되메우기가 동시에 일어나는 장비로 관련 원단위가 제시되어 있지 않아, 「항만 공사에서의 탁도 영향 예측 지침, 2004, 일본 국토교통성 항만국[1)]」에 제시된 그랩 준설선의 부유사 발생 원단위 중 사업지구 적용 장비와 유사한 3m³ 그랩 준설선을 기준으로 사업지구 주변 지반조건과 유사한 17.11kg/m³을 적용하였다.

<표 4.3.2-5> 사업지구 주변 지반조사 결과 (단위 : %)

구 분	모래	실트	점토	비 고
BH-1	1.60	52.2	46.20	-
BH-2	0.90	50.2	48.90	-
BH-3	2.70	52.5	44.80	-
BH-4	7.40	50.0	42.60	-
평균	-	96.85		-

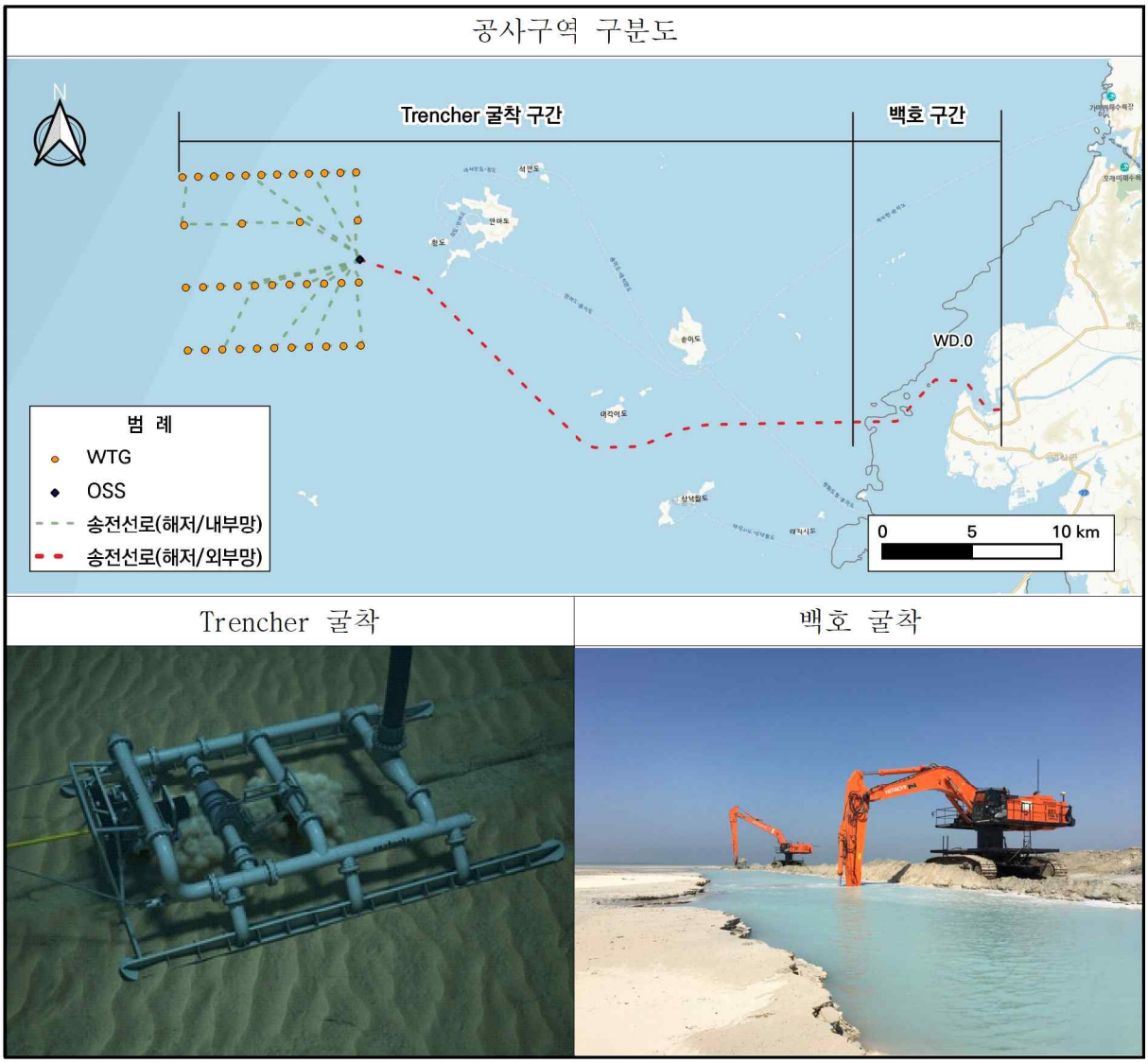
자료 : 해상풍력 발전사업 해양시추조사 및 해양물리탐사 용역, 2020, 안마해상풍력(주)

1) 港湾工事における濁り影響予測の手引き, 平成１６年4月, 国土交通省港湾局

〈표 4.3.2-6〉 준설공 부유사 발생부하 원단위의 평균치

공 종	사용선박	형식	취급 토사			발생원단위 (t/㎥)	단위시간당 시공량(㎥/h)
			조립토	세립토	실트점토분 (%)		
준설공	그래브준설선	30㎥		○	96.0	3.85	775
			○		38.5	2.03	191
		27.5㎥	○		13.5	2.18	450
		25㎥		○	85.6	1.48	400
		23㎥	○		6.9	2.37	346
		20㎥	○		11.8	1.20	335
		18㎥		○	97.0	5.10	96
				○	96.6	17.25	404
				○	84.8	18.40	300
			○		7.1	4.51	216
		16㎥	○		15.9	1.91	292
		15㎥		○	70.2	9.60	346
			○		7.1	9.04	119
		13㎥		○	97.0	36.00	250
		12㎥	○		16.2	13.20	113
		11.5㎥	○		25.6	18.25	172
		10㎥		○	87.2	18.21	248
		8㎥		○	94.5	25.80	-
				○	58.0	9.91	-
			○		21.7	2.59	220
				○	63.1	31.94	137
		6㎥		○	90.4	26.30	61
		5㎥	○		22.6	16.59	106
		4㎥		○	74.0	10.86	128
				○	74.0	0.96	128
			○		15.0	8.40	-
			○		11.3	9.34	100
		3㎥		○	87.5	17.11	-
				○	62.0	11.90	-
			○		45.0	15.84	-

자료 : 항만 공사에서의 탁도 영향 예측 지침, 2004, 일본 국토교통성 항만국



(그림 4.3.2-1) 해저케이블 공사구간별 공사구역 구분도 및 공사 예시

(라) 부유사 발생량 산정

부유사 발생이 예상되는 공종은 풍력발전기 기초구조물(핀 파일) 및 해상변전소(핀 파일)설치와 송전선로(해상부) 매설이며, 월 작업일수는 20일, 일일 작업시간은 8시간으로 적용하여 시간당 발생량을 산정하고 모델에 적용하였으며, 발생위치는 항타공사와 준설공사임을 감안해 저층에서 발생하였다.

부유사 발생량의 경우, 핀 파일의 매설단면적은 관벽(Pin Pile) 두께 60㎜를 고려하였으며, 해상 송전선로 매설 형태는 내부망 폭 0.7m, 깊이 2.5~3.5m, 외부망 폭 0.75m 깊이 2.5~3.5m로 구분하여 총 공사물량을 산정하였다.

<표 4.3.2-7> 해상공사 예정공정표

구 분	공사 년도	1차년도						2차년도						비 고
	개월	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	
WTG(Pin pile)														6개월
OSS(Pin pile)														2개월
IAC														9개월
EXC														7개월

<표 4.3.2-8> 공사시 부유사 예상 발생량

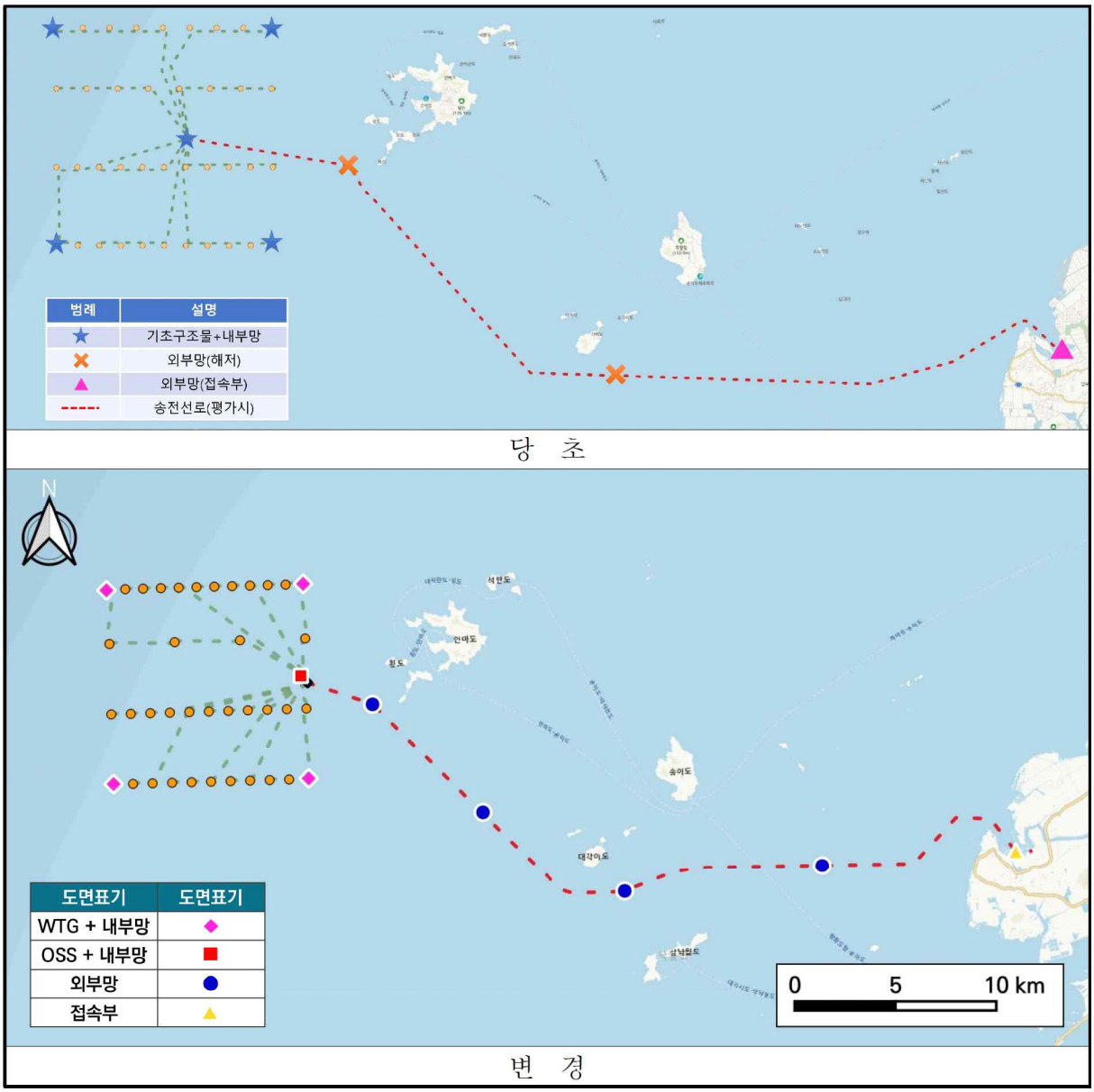
공 종			공사물량 (㎥)	작업기간 (월)	일평균 작업시간 (hour)	작업 강도 (㎥/hr)	발생원단위 (kg/㎥)	부유사 발생량 (kg/hr)
기초 구조물	WTG	항타	114.0	6	8	0.12	16.5	2.0
	OSS	항타	12.0	2	8	0.04	16.5	0.7
내부망(해저)		Trencher 굴착	120,898.6	9	8	83.96	17.1	1,436.6
외부망(해저)		Trencher 굴착	157,651.5	7	8	140.76	17.1	2,408.4
외부망(연안부)		백호 굴착	403,750.0	7	8	360.49	17.1	6,168.0

(마) 실험안 설정

해양에 유입되는 부유물질의 영향범위를 파악하기 위한 부유사 확산 실험안은 당초 3개 실험에 대해 실시하였으나, 금회 기초구조물 및 해저케이블이 동시에 공사가 진행됨에 따른 영향을 파악하기 위해 발전단지 및 해저케이블이 포함된 지점에 대해 수치모형실험을 수행하였다.

<표 4.3.2-9> 공사시 부유사 확산 실험안

구 분	Case-1	비 고
WTG + 내부망	○	동시에 공사가 이루어지며, 기협의시 부유사 발생 위치 포함
OSS + 내부망	○	
외부망(해저)	○	
외부망(연안부)	○	



(그림 4.3.2-2) 부유사 발생 위치도

(바) 부유사 실험 검증

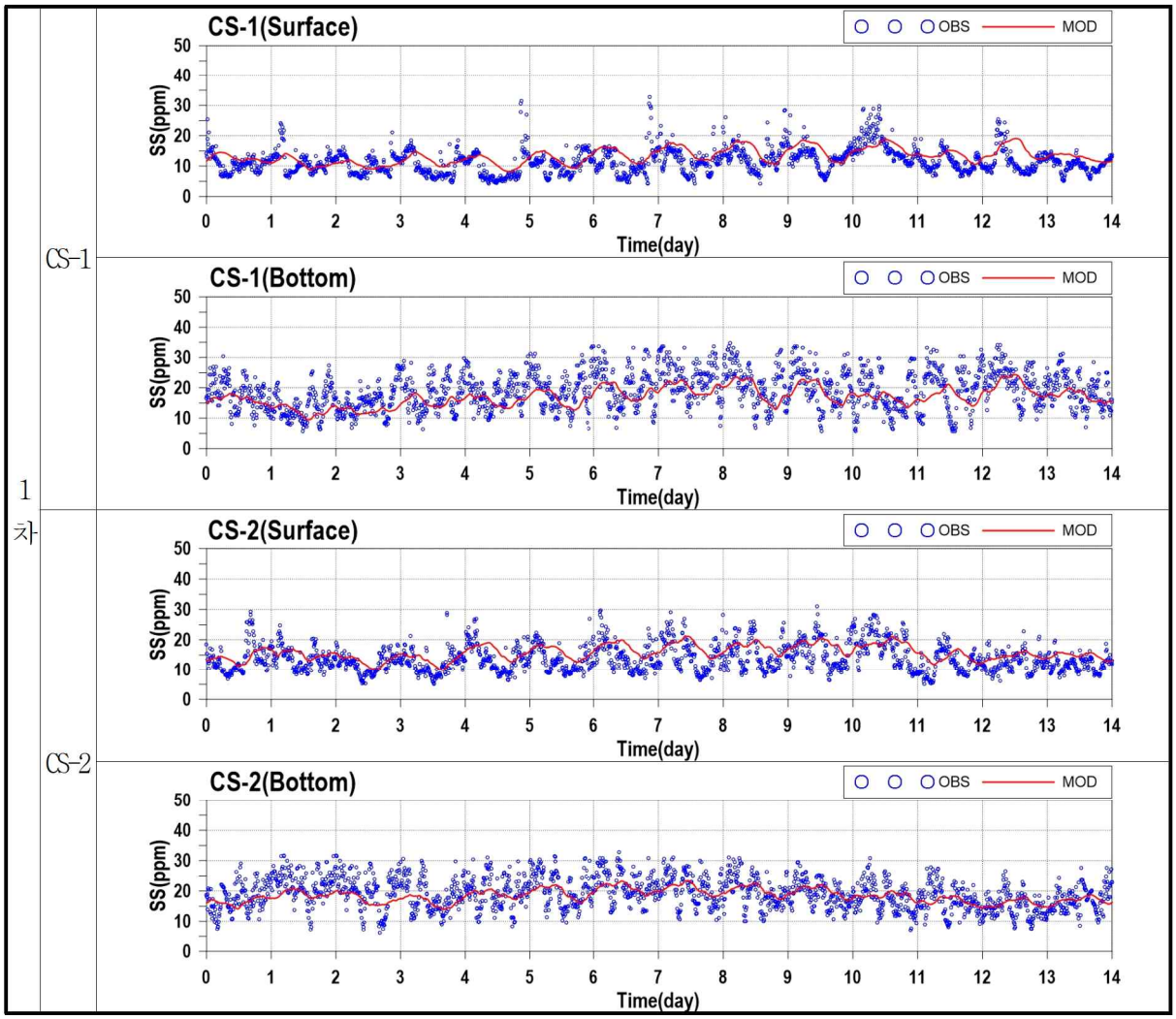
① 부유사 검증곡선

각 계절별로 CS-1 ~ CS-7 지점에서 관측부유사의 평균 농도와 수치 모델에서 계산된 동일 지점 부유사의 통계분석 결과를 비교하였으며, 관측 부유사와 수치 모델로 계산된 한 달 평균 농도를 비교하여 아래에 제시하였다.

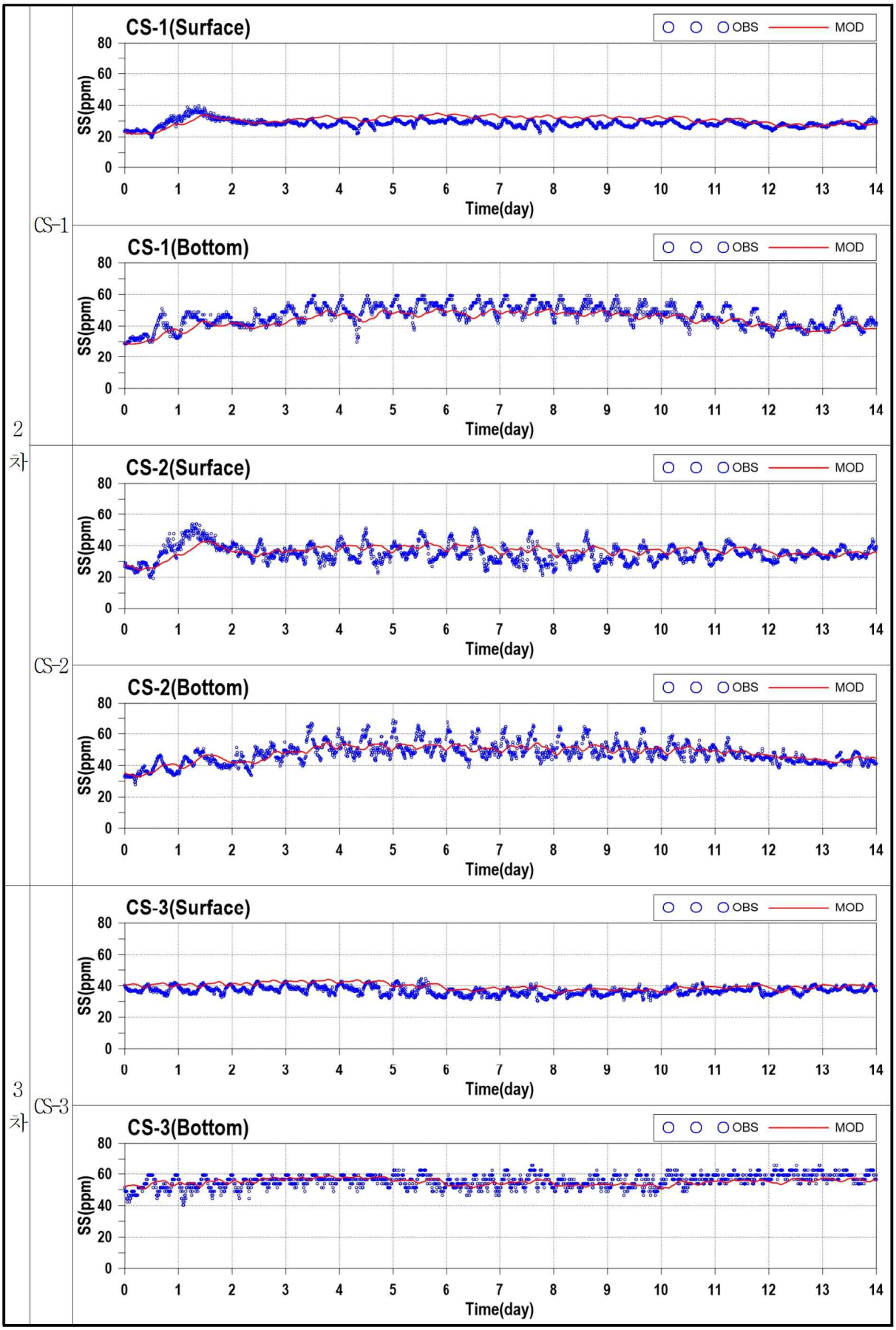
검증결과, 1차 ~ 6차의 각 지점별 평균 부유사 농도 절대상대오차(ARE)는 0.4 ~ 14.8% 이하로 산정되었다.

<표 4.3.2-10> 평균 부유사 농도(mg/L) 검증 결과

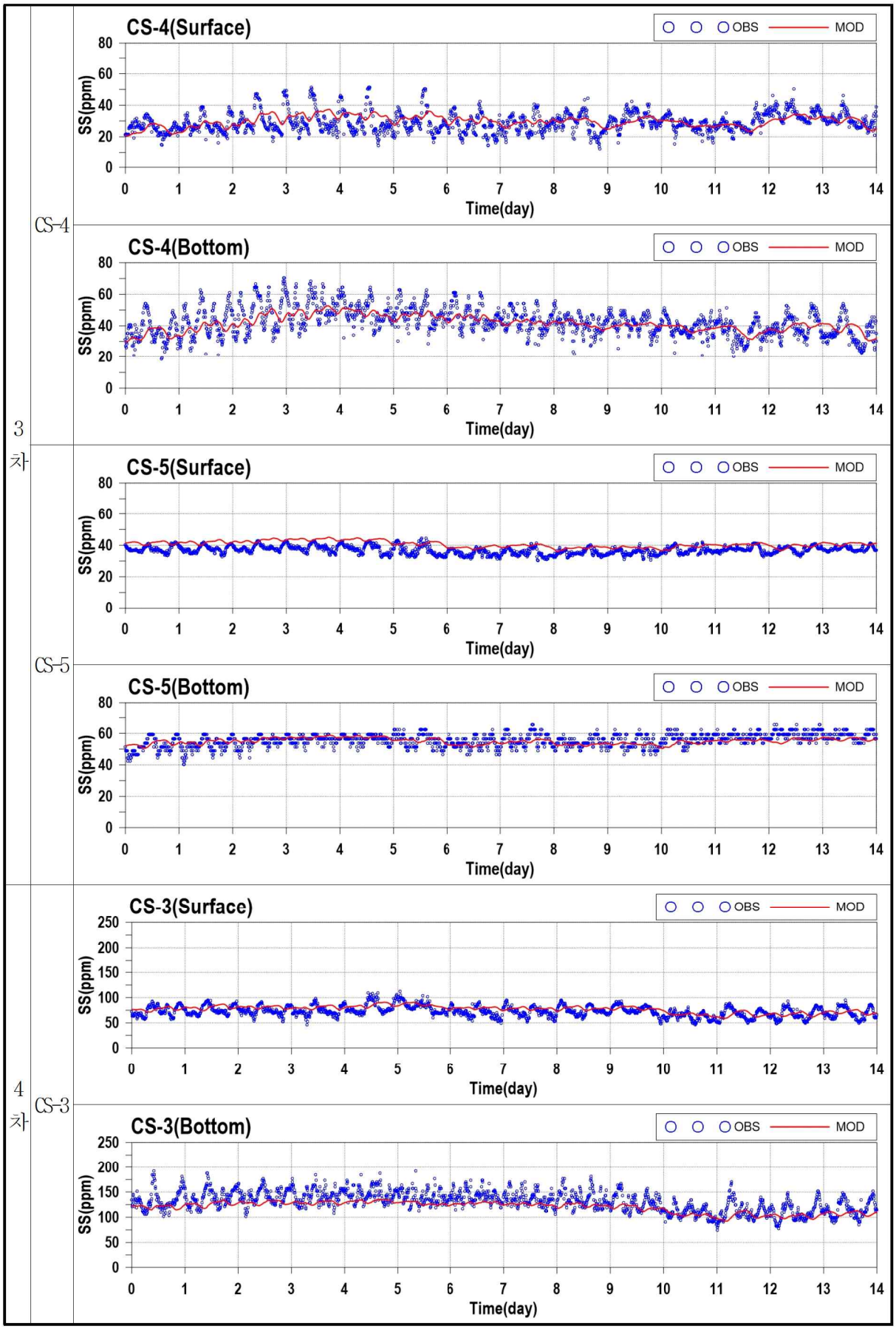
정점		표층				저층			
		관측	계산	오차	ARE(%)	관측	계산	오차	ARE(%)
하계 (1차)	CS-1	11.5	13.2	1.7	14.8	18.9	16.9	-2.0	10.6
	CS-2	13.7	15.7	2.0	14.6	19.0	18.3	-0.7	3.7
동계 (2차)	CS-1	28.6	30.6	2.0	7.0	46.6	43.5	-3.1	6.7
	CS-2	35.0	36.5	1.5	4.3	47.4	47.6	0.2	0.4
추계 (3차)	CS-3	36.9	39.6	2.7	7.3	55.9	55.1	-0.8	1.4
	CS-4	29.1	29.6	0.5	1.7	42.2	41.1	-1.1	2.6
	CS-5	36.9	40.6	3.7	10.0	55.9	55.1	-0.8	1.4
춘계 (4차)	CS-3	72.7	83.4	10.7	14.7	130.7	119.6	-11.1	8.5
	CS-4	32.2	32.8	0.6	1.9	158.3	159.3	1.0	0.6
	CS-5	72.7	68.5	-4.2	5.8	130.7	127.6	-3.1	2.4
동계 (5차)	CS-6	95.7	99.1	3.4	3.6	201.4	196.7	-4.7	2.3
	CS-7	188.5	193.1	4.6	2.4	346.0	341.2	-4.8	1.4
하계 (6차)	CS-1	15.1	16.7	1.6	10.6	39.7	35.0	-4.7	11.8
	CS-2	21.7	22.1	0.4	1.8	40.5	37.5	-3.0	7.4
	CS-3	39.3	40.0	0.7	1.8	62.2	58.4	-3.8	6.1



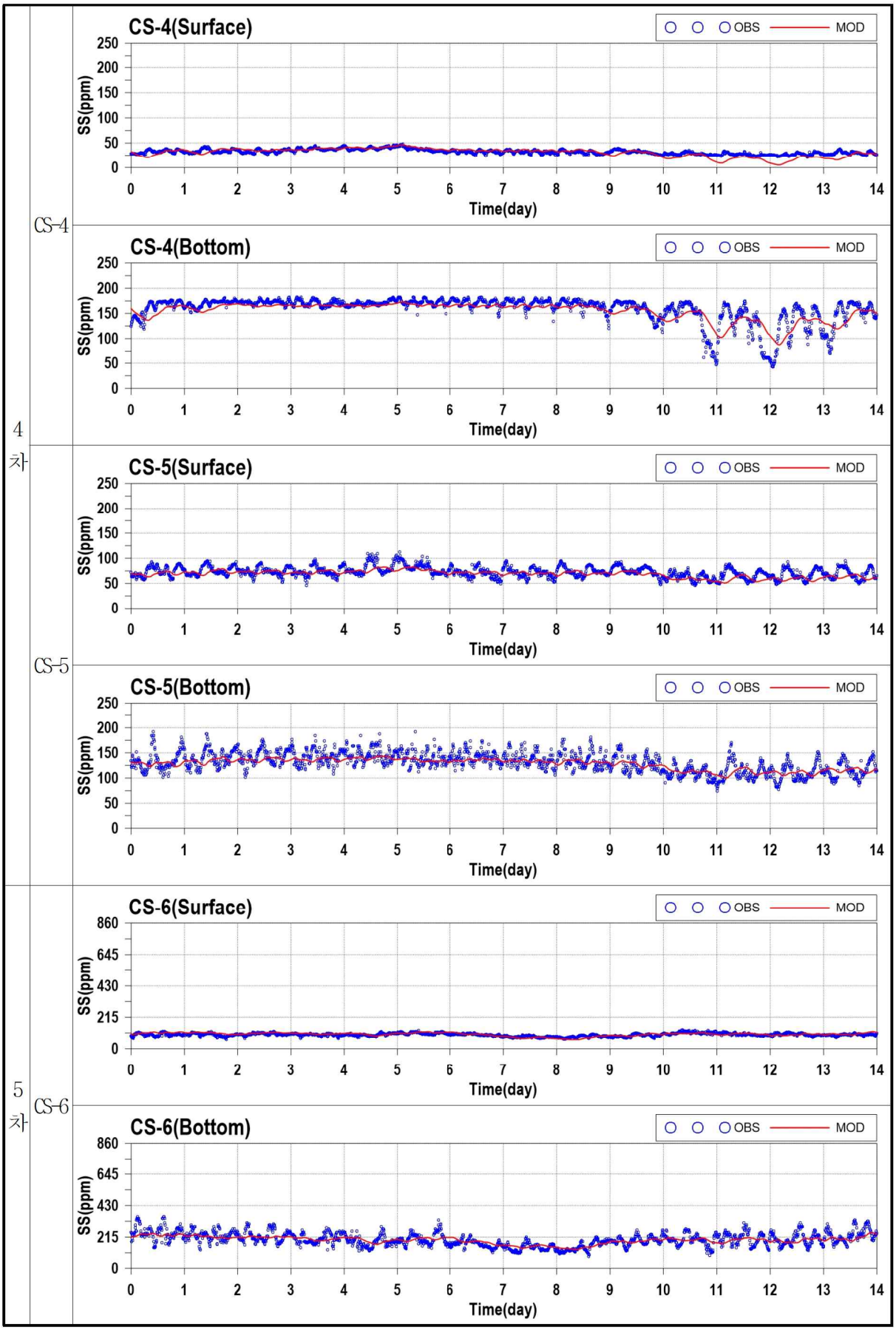
(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (1/6)



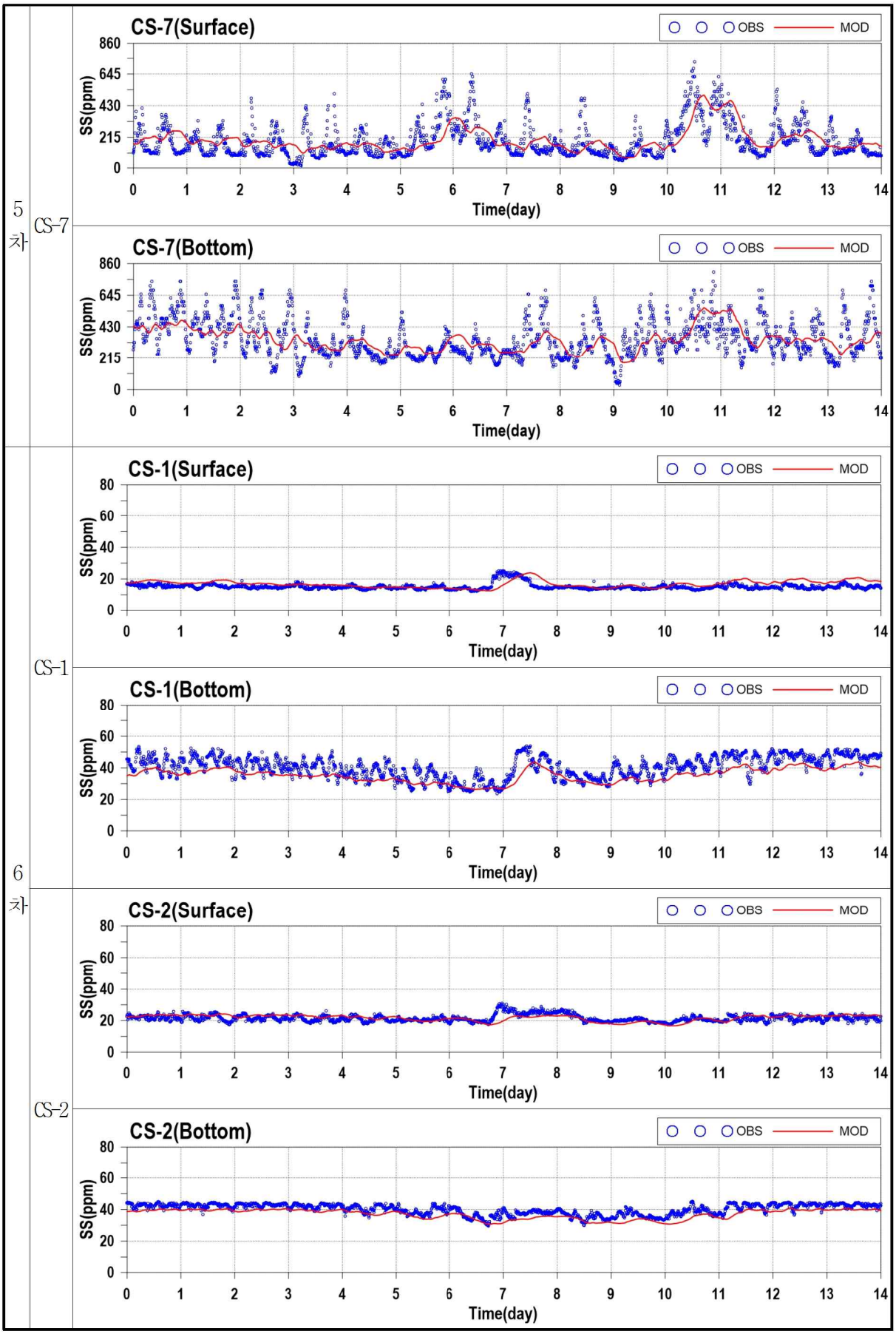
(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (2/6)



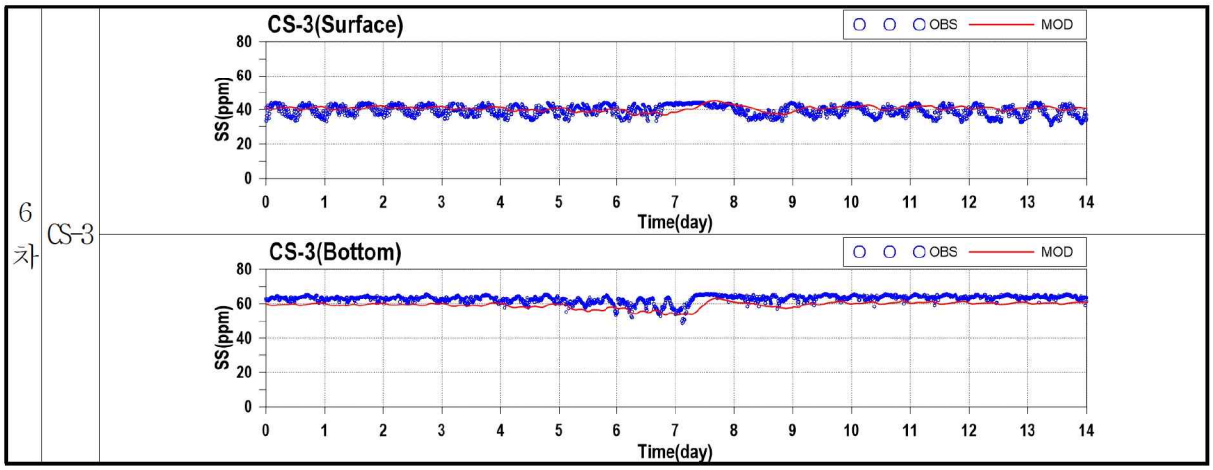
(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (3/6)



(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (4/6)



(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (5/6)



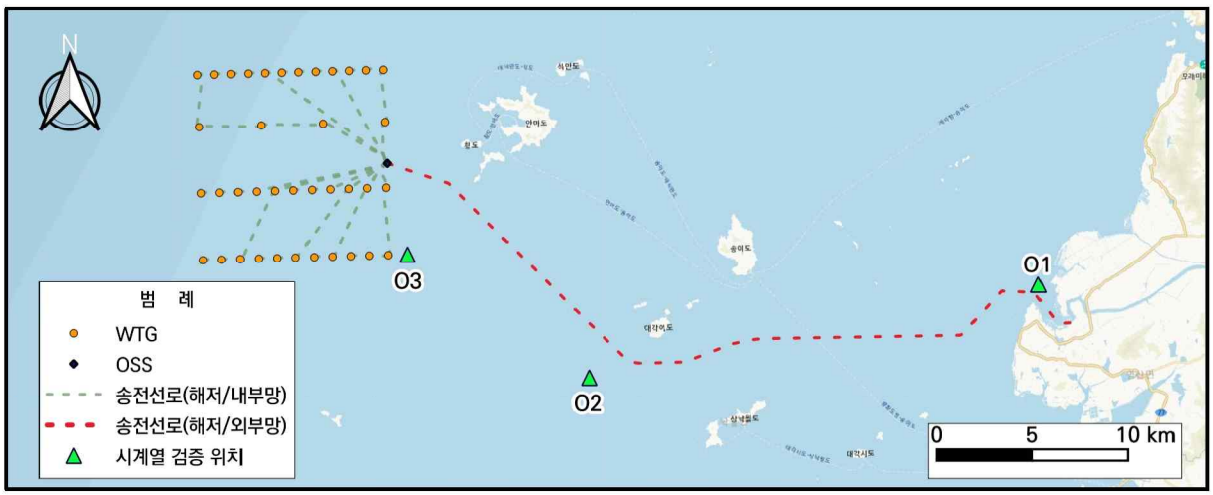
(그림 4.3.2-3) 지점별 부유사 농도 시계열 표층/저층 (6/6)

(3) 실험결과

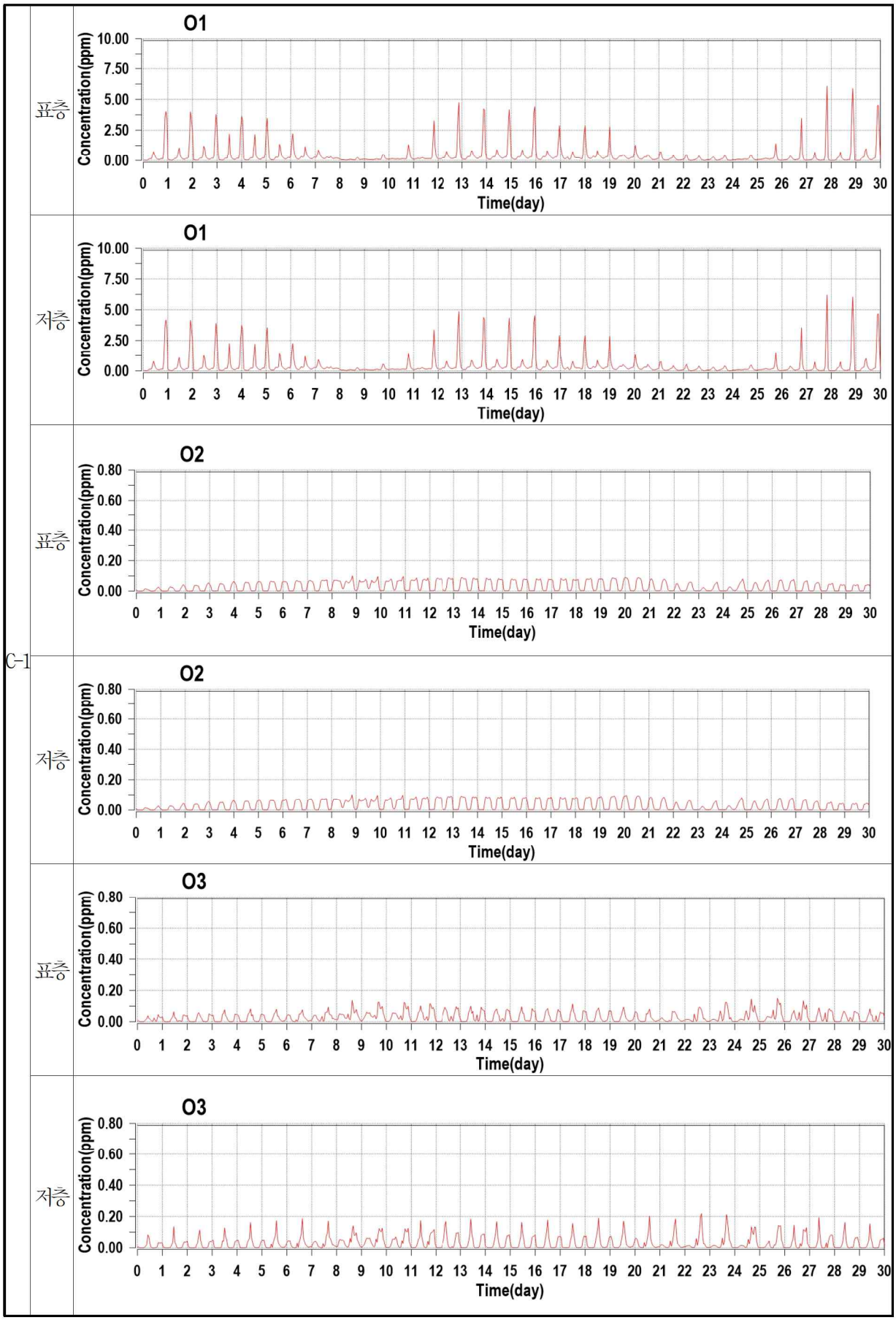
부유사 확산 실험결과, 부유사 최대 확산면적은 외부망 연안부에서 발생하였으며 0.5㎎/L 기준(저층, 34.6㎢), 1㎎/L 기준(저층, 17.6㎢)범위로 확산되는 것으로 나타났고. WTG 및 OSS+내부망에서는 0.5㎎/L 기준농도 이상으로 부유사는 발생하지 않는 것으로 산정되었다.

〈표 4.3.2-11〉 공사 중 부유사 최대 확산 범위(저감 전)

구 분		가중농도 최대 확산면적(㎢)			
		0.5㎎/L		1㎎/L	
		표층	저층	표층	저층
Case-1 (저감전)	WTG + 내부망	-	-	-	-
	OSS + 내부망	-	-	-	-
	외부망(해저)	6.3	6.4	1.6	2.0
	외부망(연안부)	33.7	34.6	17.3	17.6



(그림 4.3.2-4) 부유사 농도 시계열 검증 위치도



(그림 4.3.2-5) Case-1 부유사 농도 시계열

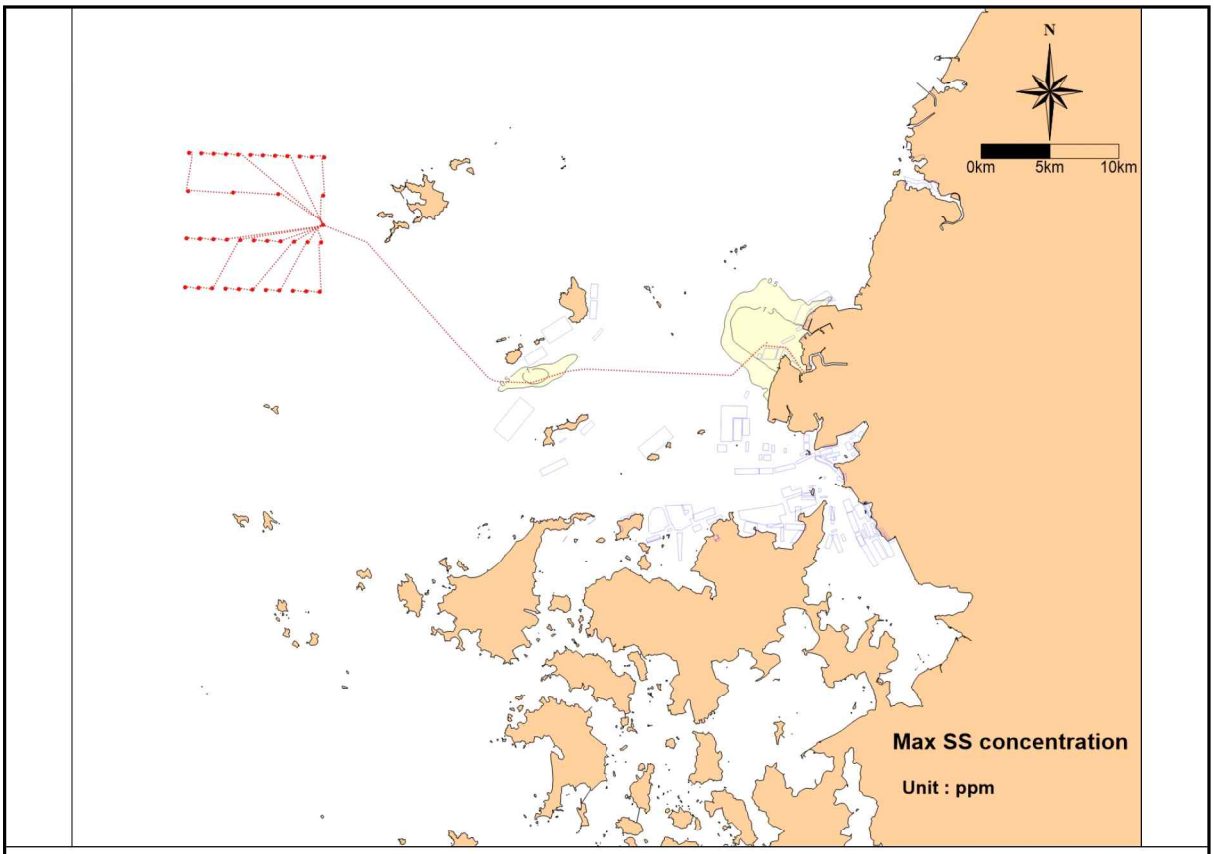
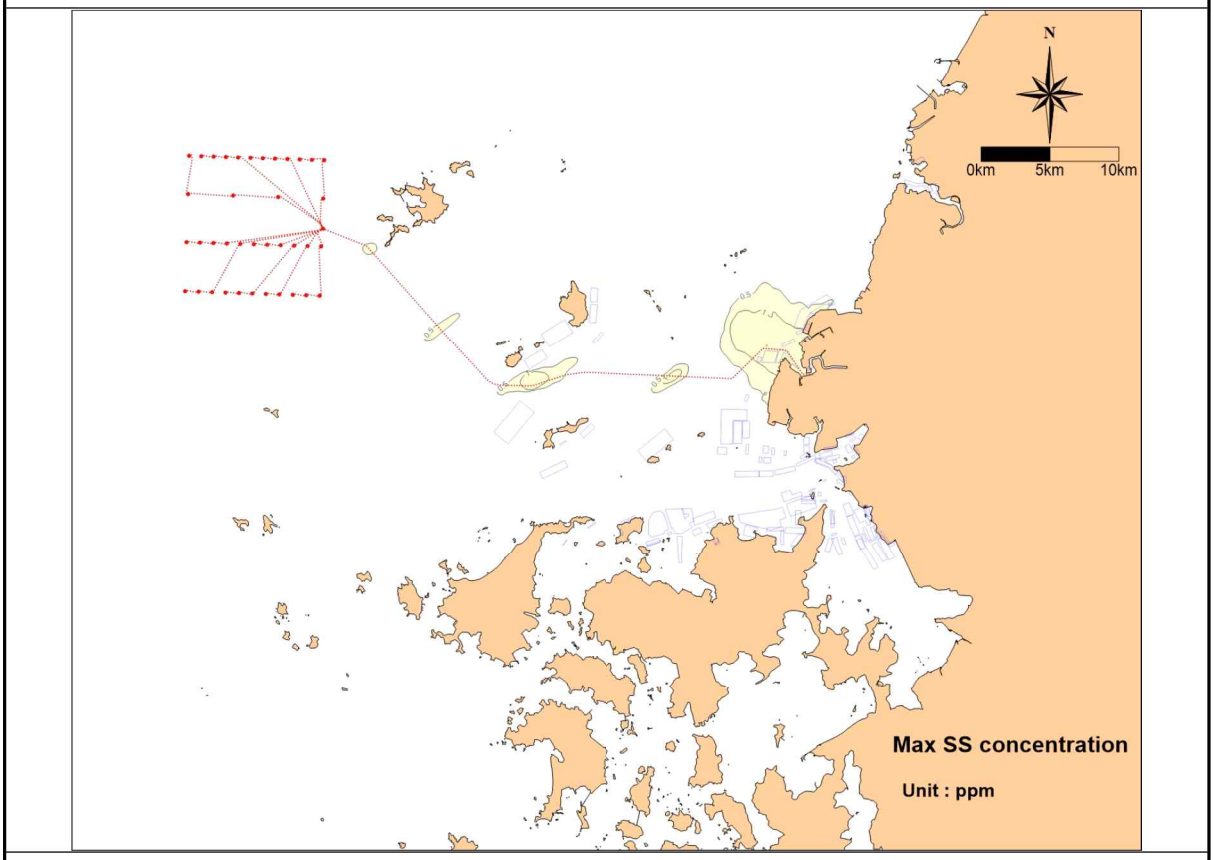


표 층



저 층

(그림 4.3.2-6) Case-1의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

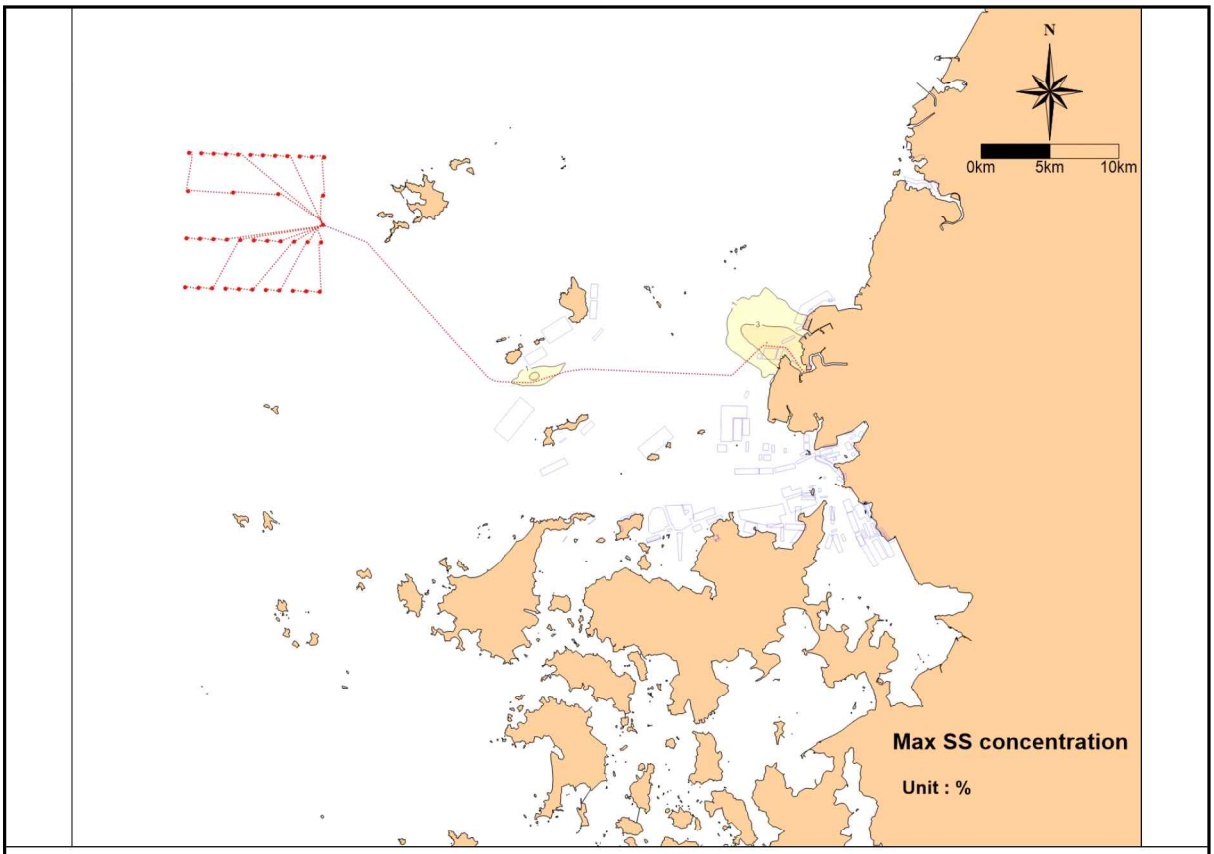
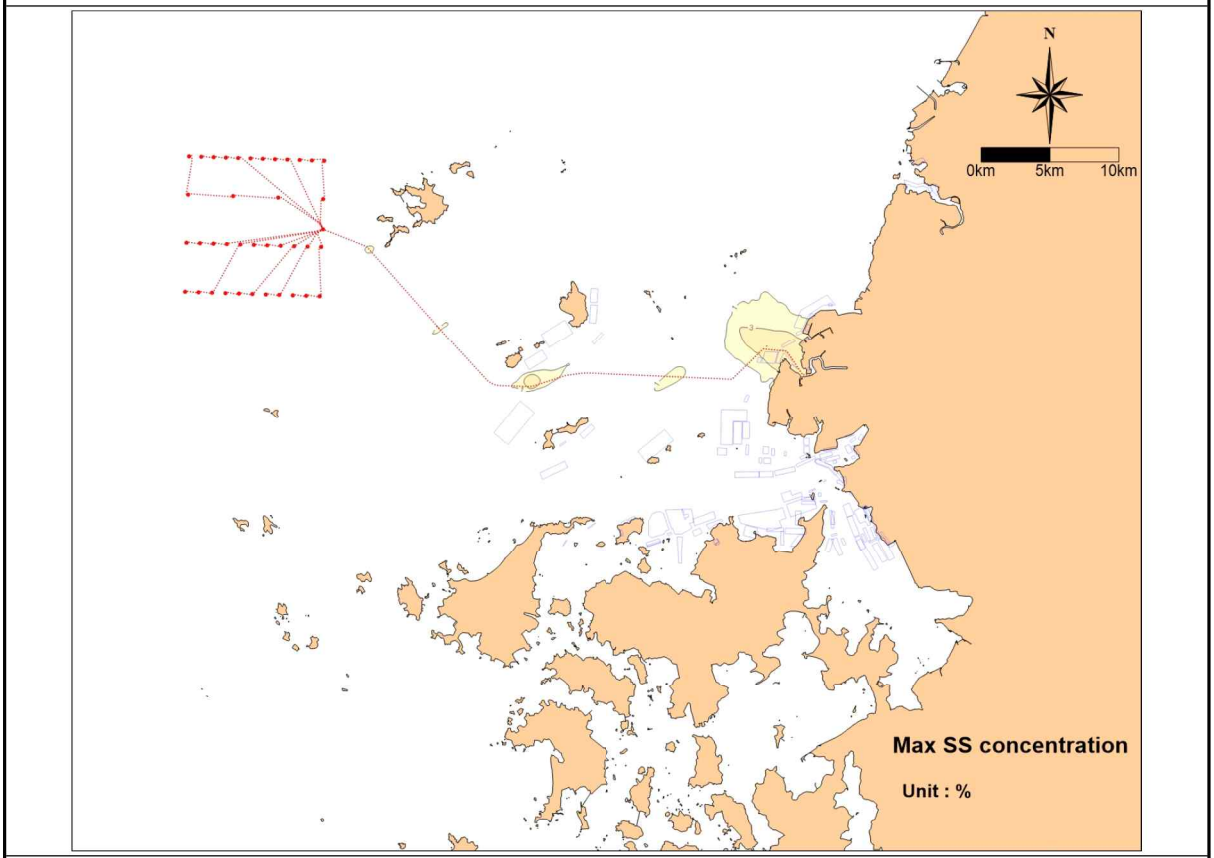


표 층



저 층

(그림 4.3.2-7) Case-1 배경농도 66.3ppm 기준 부유사 가중농도 백분율도

나) 유류유출에 의한 영향

공사시 선박을 비롯한 각종 해상장비의 운진 부주의 등으로 인한 안전사고 발생시 유류유출로 인한 해양 오염피해가 예상되어 긴급방제 조치를 취할 수 있도록 방제체제의 수립이 요구된다.

안전사고로 인해 유류가 해상에 유출되어 해수면에 유막이 덮히면 수중으로 산소가 용해되는데 장애가 되고 정체수역이나 여름에 성층화 되는 해역에서는 산소소비량을 증가시킬 것이다.

따라서 산소 용해율의 감소로 식물플랑크톤이나 조류에 의한 광합성이 제한되는 것을 비롯하여 전반적인 해양생물에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

유출유가 해양생물에 미치는 피해는 수개월 내에 일어나지만 생태계의 기반과 구조에 따라 수십 년에 걸쳐 피해가 장기화될 수 있으며, 서식 생물상이 복원되는데 걸리는 시간은 유류의 종류뿐만 아니라 방제와 복원에 기울이는 노력에 따라 달라진다.

〈표 4.3.2-12〉 유류유출사고 후 생태계 회복에 소요되는 시간

구 분	3년	5년	10년	20년	30년
모래해변	개체군들이 보임	거의 회복	회복됨	회복됨	회복됨
암석해안	생물군락은 복원 안된 상태	생물군락 대체로 회복	회복됨	회복됨	회복됨
간석지	주로 이매패류가 안보임	이매패류가 일부회복 안됨	회복됨	회복됨	회복됨
염습지	일년생식물, 수명 짧은 생물 복귀	다년생식물 정착 안됨. 대개의 생물 회복	회복 최종단계	피해범위가 꽤 넓었어도 회복	피해범위에 따라 다름
외양	개체군 복귀지역 얼마 안됨	수명 긴 생물 복귀	생물종 대부분 출현	피해범위가 꽤 넓으면 미회복	피해범위에 따라 다름

자료 : Kennish, M.J., 1994. Practical handbook of marine science, 2nd ed., CRC Press.

나. 저감방안 및 평가

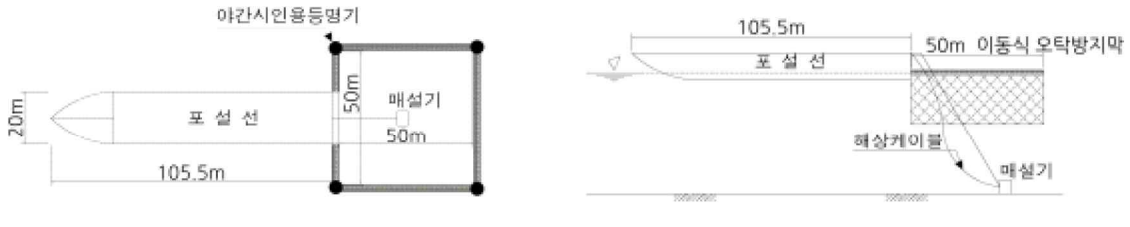
1) 공사시 부유토사 확산 저감대책

가) 수질오염방지막(Silt Protector) 설치

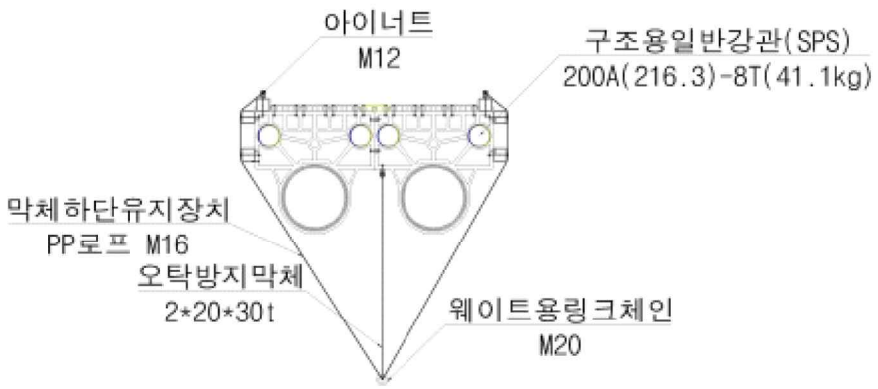
(1) 수질오염방지막 설치계획 적정성 검토

기협의 완료된 환경영향평가시 해저송전선로 케이블 설치 선박 주변으로 이동식 수질오염방지막 설치를 계획하였다.

다만, 공사가 진행예정인 대상해역의 수심이 대부분 10m 이상인 대수심 구간에서 해저케이블 포설이 이루어지며, 부유사 발생은 해저면에서 발생되는 반면, 수질오염방지막은 해수면에 설치할 계획으로, 막체 길이가 상대적으로 짧아 제 성능을 발휘하기 어려울 것으로 판단된다.



포설선 평면 | 포설선 측면



수질오염방지막 단면도

(그림 4.3.2-8) 당초 평가시 수질오염방지막 설치계획(예시)

이에 따라 수질오염방지막의 설치계획 적정성을 재검토하고자 한다.

수질오염방지막(Silt Protector) 설치 적정성과 관련하여 기존에 연구가 이뤄진 「부유토사 발생량 평가 및 오탁방지막 효율에 관한 연구용역(Ⅲ), 2002, 해양수산부」를 검토한 결과, 본 사업지구 주변 최강유속은 본 사업지구 주변해역의 관측된 평균유속이 대부분 50cm/s 이상으로 매우 높은 수준으로 나타났다.

또한, 파고도 연안에 인접한 지역을 제외하고는 대부분 1~3m 범위 내로 나타나 수질오염방지막 설치시 파손 등 유지관리가 불리하고 부유사 저감효과를 기대하기 어려울 것으로 판단되어 해상공사시 수질오염방지막은 미설치하는 것으로 계획하였다.

(1) 유속

표 3.2.2에 제시한 국외 지침에 따르면 대부분의 방지막 성능한계유속은 50 cm/s 이며, 이를 평균유속으로 해석하는 것이 타당할 것이다. 그러나 본 관측에 따르면 평균유속 약 20 cm/s일 때 부유토사 이동량 측면의 방지막 효율이 20~30%에 불과하므로, '유속이 20~30 cm/s를 초과하면 오탁방지막 효율을 기대하기 어렵다'는 일본의 海洋開發工事安全公害對策本部(1989)의 설문조사결과가 타당하다고 판단된다. 설문조사의 응답자가 방지막 제작업체 종사자들이라는 측면에서도 설득력이 있다.

(2) 파랑

기상 악화로 준설이 중지된 기간의 추정 파고 약 0.4m인 파랑에 의해 해저면이 교란되어 부유퇴적물 농도가 플륨 농도 수준으로 증가함이 부산신항에서 관측되었으나 파랑의 영향을 크게 받는 동해안에서의 방지막 효율은 관측하지 못하였다.

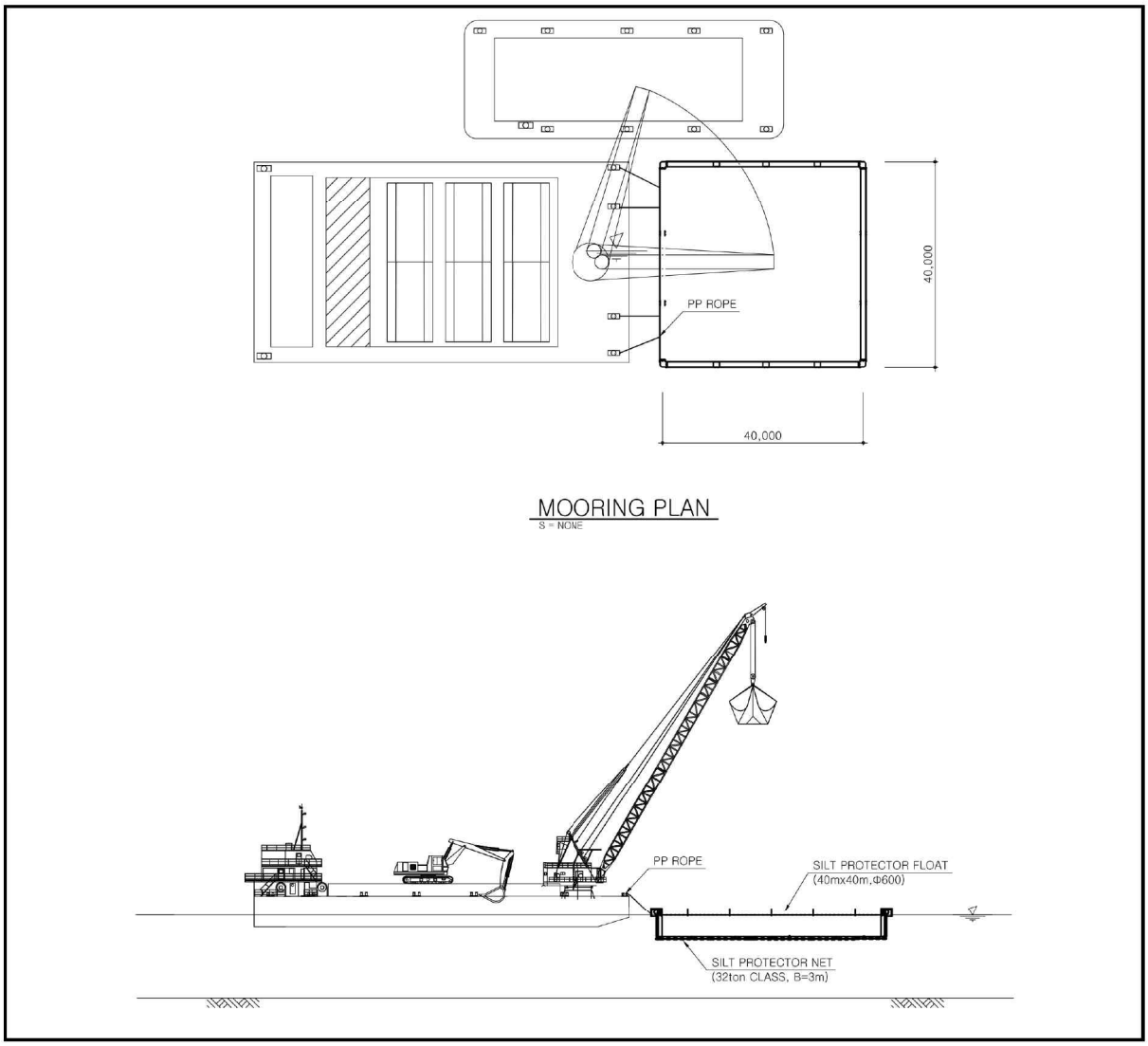
표 3.2.2의 국외 지침에서 방지막 설치와 관련한 파고 기준은 캐나다 온타리오州 환경부의 1m와 일본의 2m이다. 한편 부록 3에 수록한 일본 해상공사오탁방지협회의 방지막 설계·시공 요령에 따르면 국내 방지막의 대부분을 차지하는 고정식 수하형의 일본 표준규격은 다음과 같다.

자료 : 부유토사 발생량 평가 및 오탁방지막 효율에 관한 연구용역(Ⅲ), 2002, 해양수산부

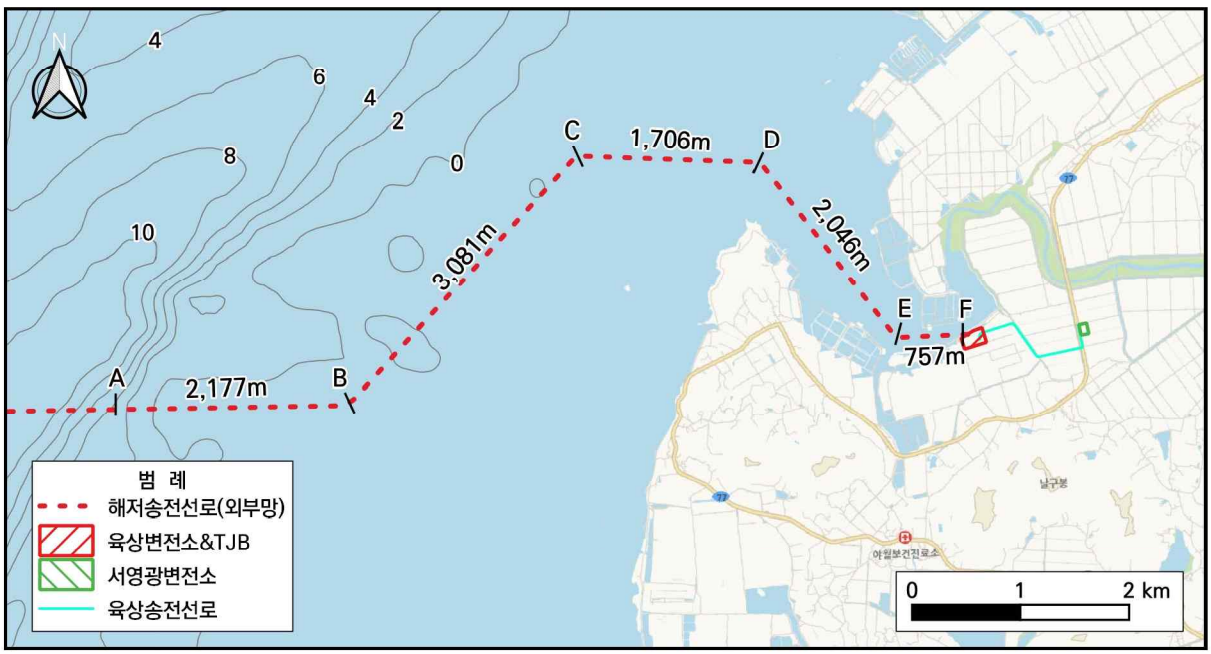
(그림 4.3.2-9) 유속 및 파고 관련 수질오염방지막 저감효율

(2) 이동식 수질오염방지막 설치계획 (필요시)

다만, 해양수질(SPM 등)의 주기적인 모니터링을 실시할 계획이며, 추후 필요시 상대적으로 유속 및 파고가 느린 저수심구간 주변 현장 여건을 고려하여 이동식 수질오염방지막을 설치하여 공사 시행중 발생되는 부유사 확산에 따른 영향을 최소화할 계획이다.



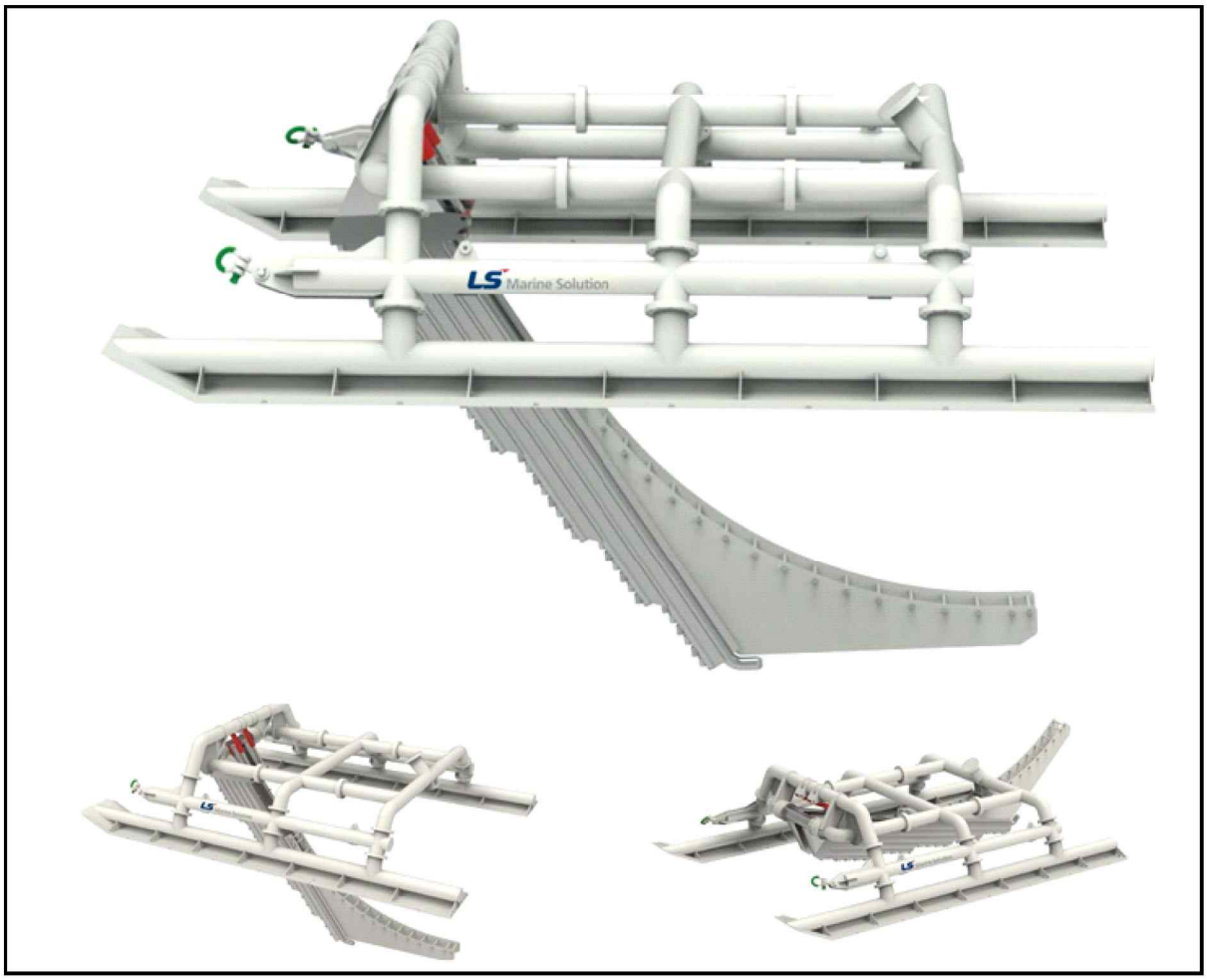
(그림 4.3.2-10) 이동식 수질오염방지막 설치 예시



(그림 4.3.2-11) 이동식 수질오염방지막 설치예정구간 (예시)

나) 해저케이블 포설 장비 도입

해저케이블 포설은 대상해역의 지형변화를 최소화하면서, 부유사 발생이 적은 해저송전선로 전용 Trencher를 이용하여 매설을 실시하고, 자연 되메우기를 실시할 계획이다.



(그림 4.3.2-12) 해저케이블 포설장비(예시)

다) 부유물질 관리기준 설정

기 협의시 SPM(표층) 현황 조사 결과, 평균 5.3~81.4㎎/L로 최소 2.3㎎/L, 최대 91.7㎎/L로 조사되었으며, 서해안의 조석간만의 차가 심한 해역으로 물리적 특성에 의해 저층 퇴적물의 재부유에 의해 영향을 받아 편차가 약 89.4㎎/L 정도 나타나는 것으로 판단된다.

또한, 사업지구 인근 서남해역 조사 분석결과, 평균 35.9~144.5㎎/L로 최소 2.9㎎/L, 최대 566.0㎎/L로 SPM의 농도차가 약 108.6㎎/L로 큰 것으로 조사되었다.

따라서, 기 협의시 대조구 지점의 부유물질 농도를 분석하여, 대조구보다 5㎎/L

이상의 SS 농도가 증가시에 공사강도 조절 등 추가적인 저감방안을 실시할 계획이었으나, SPM 농도의 편차가 큰 서남해역에서는 적용이 불가할 것으로 판단되며, 부유토사 확산에 대해 수시로 육안감시를 실시하고 주변해역의 부유사 농도가 급격히 증가할 경우에는 공사시간 및 강도 조절, 공사방법 개선 등 적절한 조치를 취할 계획이다.

<표 4.3.2-13> 기협의시 SPM(표층) 현황 조사 결과(단위 : mg/L)

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차
SW-1	29.0	24.2	32.5	4.9	5.8	3.4	-	27.1	26.6
SW-2	27.8	26.8	34.9	6.1	6.2	2.3	-	33.6	27.9
SW-3	29.8	31.4	27.0	4.6	6.3	2.4	-	25.6	24.4
SW-4	28.4	32.2	24.3	11.5	7.8	2.3	-	27.9	31.7
SW-5	28.0	28.6	23.7	15.6	7.2	2.5	-	26.2	27.8
SW-6	28.8	26.6	24.0	6.9	6.3	3.8	-	27.8	27.8
SW-7	27.4	30.2	23.2	10.1	7.8	5.3	-	30.8	27.6
SW-8	28.0	28.6	23.4	5.5	5.7	3.2	-	31.4	30.9
SW-9	27.0	28.8	23.0	20.4	6.8	3.3	-	24.9	27.0
SW-10	26.4	30.6	24.8	11.7	6.3	3.3	-	19.6	23.7
SW-11	28.0	32.2	24.2	5.5	5.7	2.6	-	21.7	34.1
SW-12	28.8	28.8	26.5	13.6	6.9	5.8	-	22.1	24.9
SW-13	-	-	-	-	6.0	2.4	-	27.6	29.7
SW-14	-	-	-	-	5.8	2.7	-	20.0	27.3
SW-15	-	-	-	-	5.9	3.8	-	24.8	30.4
SW-16	-	-	-	-	4.0	4.0	-	32.3	30.1
SW-17	-	-	-	-	6.3	4.2	-	22.6	24.0
SW-18	-	-	-	-	4.9	6.9	-	19.0	28.9
SW-19	-	-	-	-	6.9	2.8	-	31.9	23.9
SW-20	-	-	-	-	5.9	28.3	-	27.6	37.6
SW-21	-	-	-	-	11.8	10.4	-	26.5	33.4
SW-22	-	-	-	-	6.6	10.8	-	22.7	33.3
SW-23	-	-	-	-	-	-	63.2	31.3	-
SW-24	-	-	-	-	-	-	81.8	22.5	-
SW-25	-	-	-	-	-	-	88.7	35.5	-
SW-26	-	-	-	-	-	-	91.7	31.9	-

<표 4.3.2-14> 서남해역 SPM(표층) 현황 조사 결과(단위 : mg/L)

구 분	2021년		2022년				2023년				2024년		비 고
	8월	11월	3월	5월	8월	11월	3월	5월	8월	11월	3월	5월	
고창3 (CW2302)	25.0	19.7	62.30	72.2	80.8	33.7	75.5	27.2	10.3	242.0	66.3	39.2	
고창4 (CW2303)	37.1	87.4	101.0	51.8	148.7	32.8	255.1	41.5	16.2	566.0	234.6	161.3	
함평만2 (BW0502)	2.9	52.6	39.8	61.5	21.5	96.5	27.0	22.0	3.8	37.7	43.8	21.2	

주) 이격거리는 해저송전선로와의 최단거리임

자료 : 해양환경측정망, 해양환경정보포털(https://www.meis.go.kr)



(그림 4.3.2-13) 해양환경측정망 위치도

라) 기타 부유사 확산 저감방안

앞서 언급한 바와 같이 본 사업지구 주변해역은 수질오염방지막 설치로 부유사 확산의 저감효과를 기대하기 어려운 지역으로 추가적인 저감방안을 수립하였다.

본 사업지구 주변해역의 유속 특성상 단위시간당 공사강도를 저감할 수 있도록 해상공사시 일 작업시간을 유동적으로 계획하여, 단위시간당 공사강도를 낮춰 부유사 저감을 실시할 계획이다.

또한, 수시로 육안감시를 실시하고 주변해역의 부유사 농도가 급격히 증가할 경우에는 공사중단, 공사시간 및 강도 조절, 공사방법 개선 등 적절한 조치를 취할 계획이다.

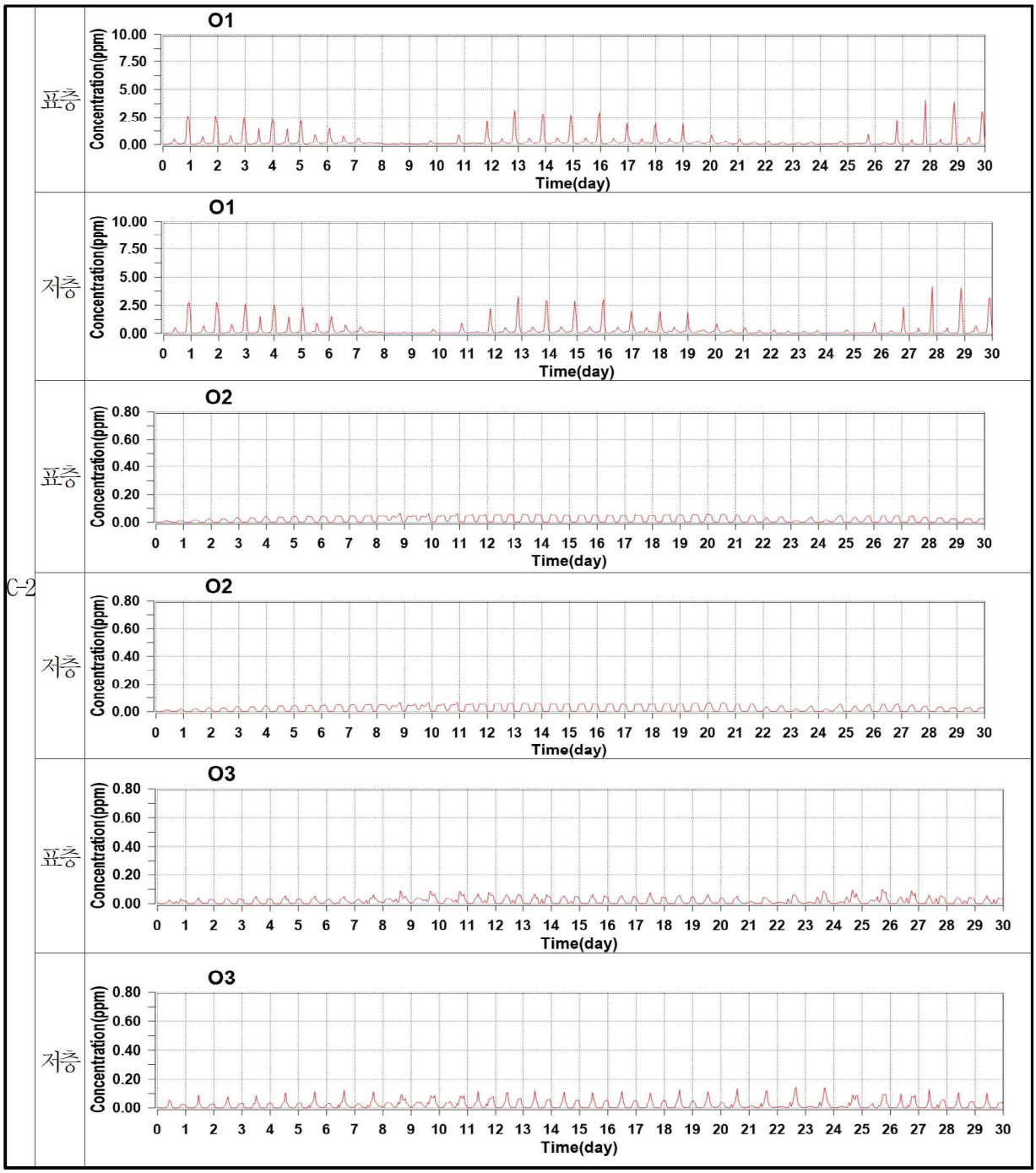
<표 4.3.2-15> 공사시 부유사 예상 발생량 (공사강도 조절 후)

공 종			공사물량 (㎥)	작업기간 (월)	일평균 작업시간 (hour)	작업 강도 (㎥/hr)	발생원단위 (kg/㎥)	부유사 발생량 (kg/hr)
기초 구조물	WTG	항타	114.0	6	12	0.08	16.5	1.3
	OSS	항타	12.0	2	12	0.03	16.5	0.5
내부망(해저)		Trencher 굴착	120,898.6	9	12	55.97	17.1	957.6
외부망(해저)		Trencher 굴착	157,651.5	7	12	93.84	17.1	1,605.6
외부망(연안부)		백호 굴착	403,750.0	7	12	240.33	17.1	4,112.0

주) 단위시간당 공사강도 저감

〈표 4.3.2-16〉 공사 중 부유사 최대 확산 범위 (공사강도 조절 후)

구 분		가중농도 최대 확산면적(㎢)			
		0.5mg /L		1mg /L	
		표층	저층	표층	저층
Case-2 (저감후)	WTG + 내부망	-	-	-	-
	OSS + 내부망	-	-	-	-
	외부망(해저)	2.7	2.9	0.7	1.2
	외부망(연안부)	22.6	23.1	11.8	12.2



(그림 4.3.2-14) Case-2 부유사 농도 시계열 (공사강도 조절 후)

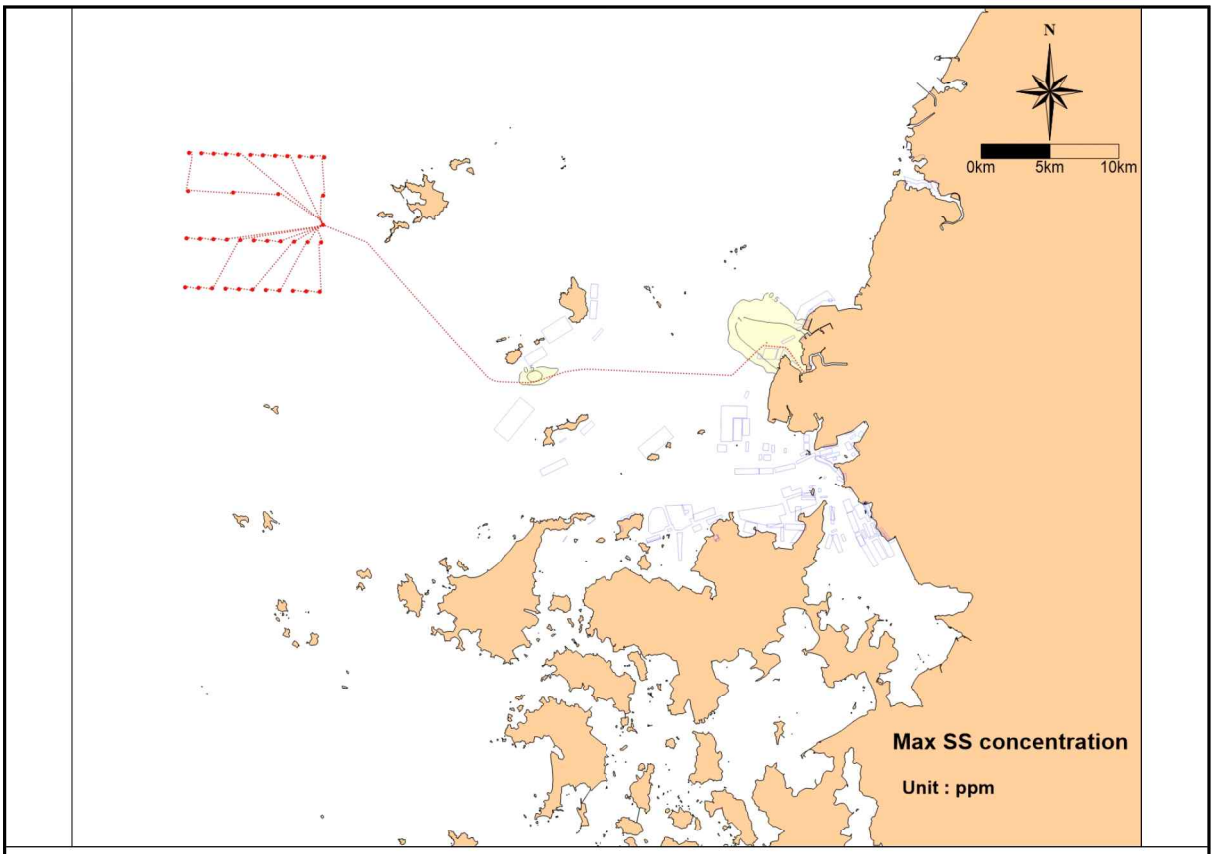
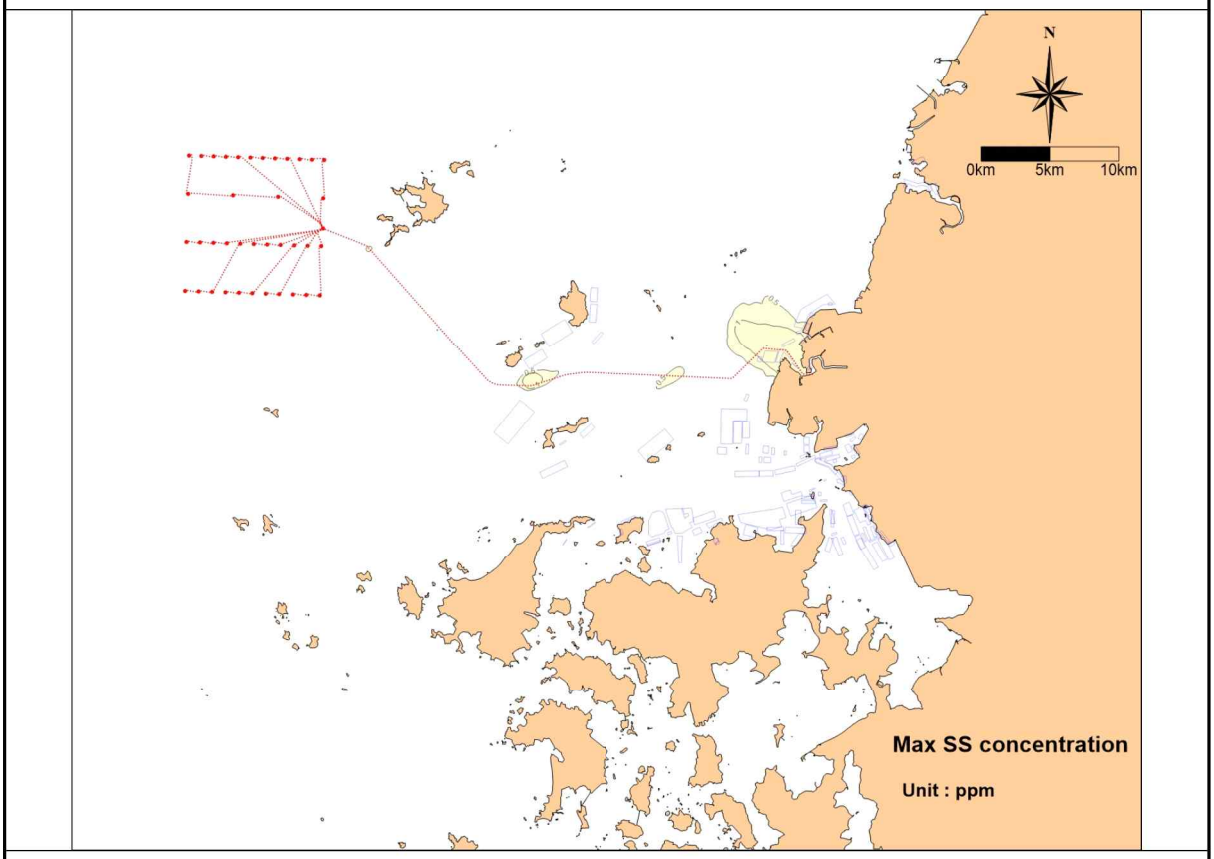


표 층



저 층

(그림 4.3.2-15) 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위(공사강도 조절 후)

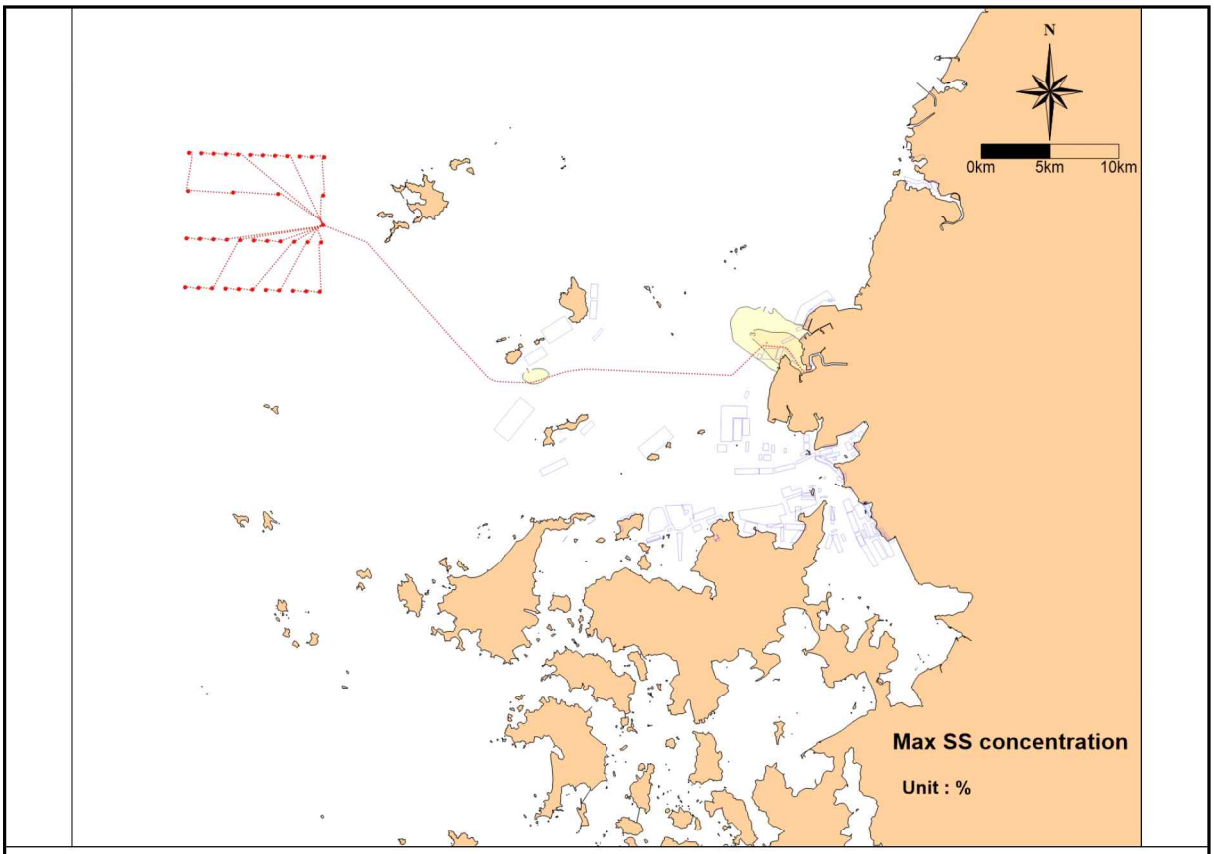
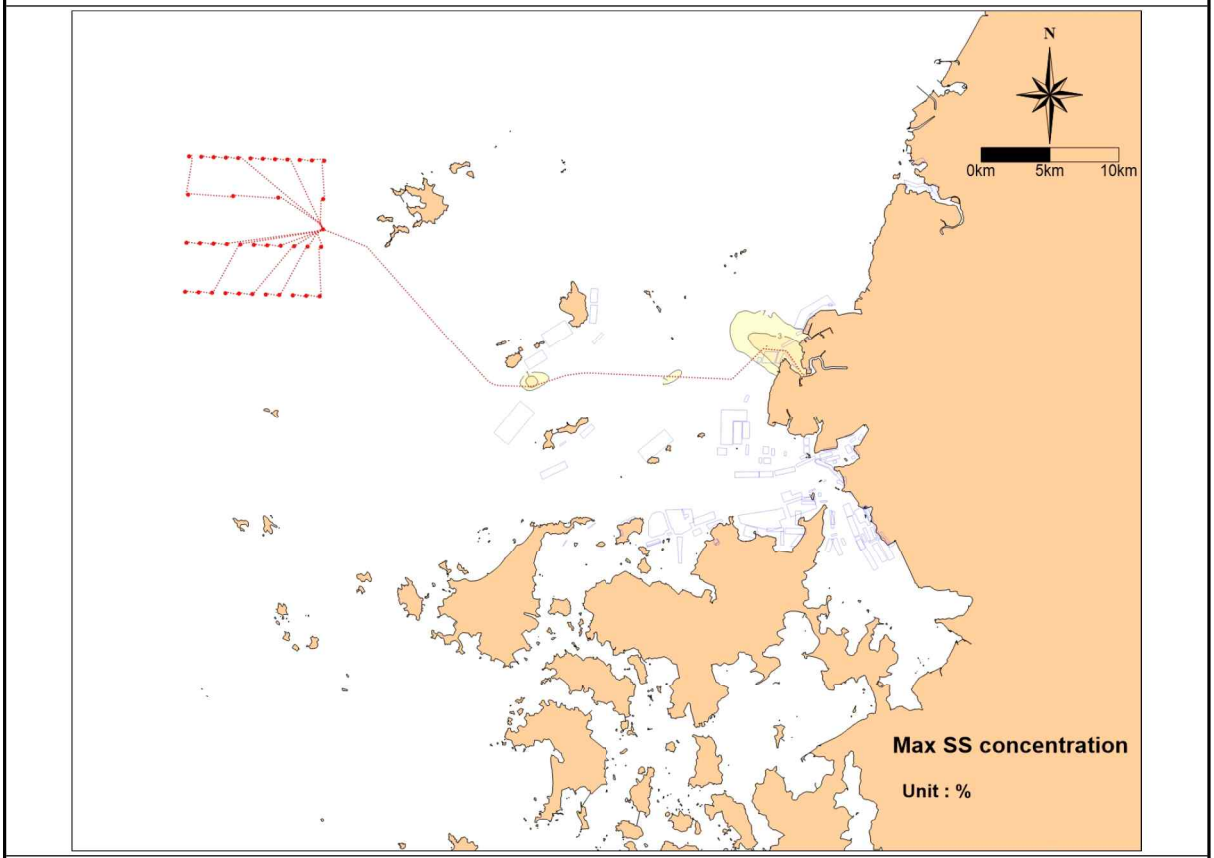


표 층



저 층

(그림 4.3.2-16) 배경농도 66.3ppm 기준 부유사 가중농도 백분율도(공사강도 조절 후)

2) 해양에서 유류유출 사고에 대한 방제대책

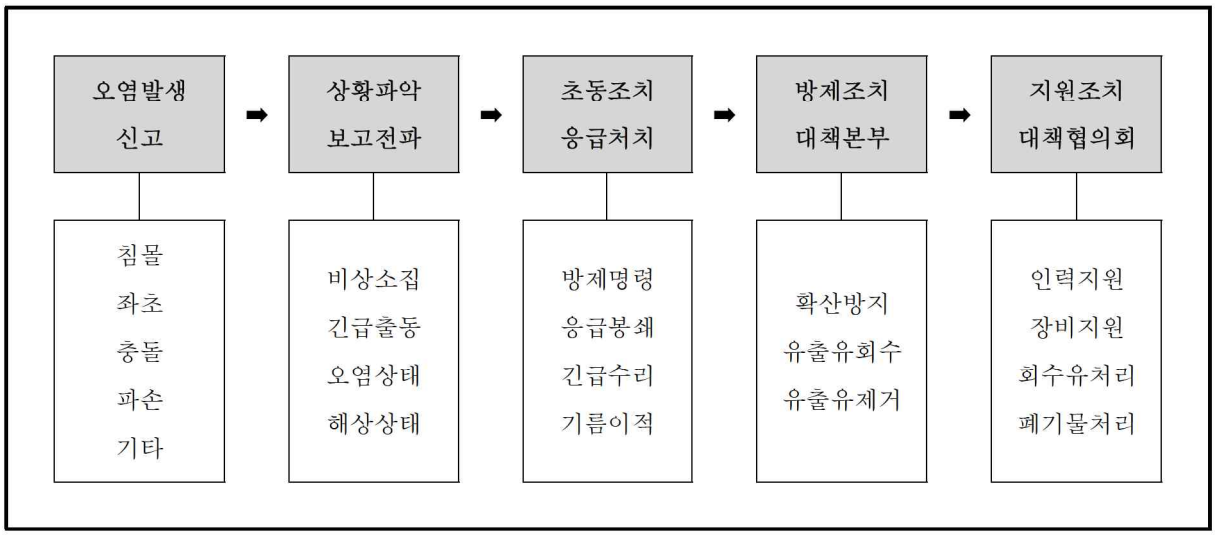
해상 공사시 예기지 못한 사고시 유류유출을 방제하기 위해 지자체, 지방해양경찰서 등 관계기관의 유기적인 조기방제 시스템을 구축하고, 해난사고에 대한 종합적인 대책을 수립하여 유류유출로 인한 해양환경에 미치는 영향을 최소화할 계획이다.

가) 선박에 비치하여야 할 설비 등의 기준

공사시 예기치 못한 유류유출로 인한 해양에 미치는 영향을 최소화하기 위하여, 공사선박에는 「해양환경관리법」제26조, 제66조에 의거하여 기름 등 오염물질의 방제 및 방지에 사용되는 지제 및 약제 등을 상시 배치할 계획이다.

나) 해양오염방제 체계

공사장비 및 각종 선박의 불의의 사고로 인한 유류유출 사고에 대비하기 위하여 다음과 같이 방제계획을 수립하였다.



(그림 4.3.2-17) 유류유출 방제대책

다) 유류유출 사고시 처리계획

해상공사 중 예기치 못한 사고로 인한 유류유출시 먼저 Oil Fence를 1~2중으로 설치하여 기름의 확산을 차단한 후 유흡착제와 유처리제를 이용하여 유출 기름을 회수할 계획이다.

해양유류사고의 경우 영향 범위를 비롯한 피해규모가 크기 때문에 지방행정기관 등 유관기관과의 유기적인 협력을 통해 재난방제에 적극 참여·협조하고, 오일펜스, 유흡착포 등의 기초장비를 비치하여 초기사고에 대처함으로써 해양오염에 적극 대비할 계획이다.

<표 4.3.2-17> 유류 오염사고에 따른 단계별 대응 절차

구 분	절 차	내 용
1단계	신고 및 접수	◦감시시스템, 현장 감시반 또는 원인자
2단계	응급조치	◦현장 응급대책반 출동 및 응급조치(오일펜스 및 흡착포 설치) ◦오염원 확인 및 배출 차단 ◦오염규모에 따라 중앙대책본부의 방제 총괄여부 판단
3단계	방재작업	◦방제작업 실시(유관기관 공조 방제) ◦지속적인 현장관찰 및 필요시 방제장비 보강
4단계	사후처리 및 대책수립	◦사용된 방제물자 정리 및 필요시 추가구입 ◦사용된 방제물자를 절차에 따라 폐기 ◦저서생물 피해 현황파악 및 대책수립(조사반) ◦수질오염 영향파악 및 대책수립(조사반) ◦중앙대책본부 보고 및 전파, 상황종료 ◦원인자 처벌 및 비용 징수

다. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

본 사업시행으로 인하여 사업지구 및 주변지역의 해양수질 및 퇴적물 영향이 예상되므로 공사시 및 운영시에 각 공성별로 발생하게 될 영향 성도를 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 지속적이고 주기적으로 조사·파악하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용토록 할 계획이다.

또한, 금회 사업 계획 변경에 따라 변동 또는 추가되는 사후환경영향조사 내용은 없으므로, 당초 환경영향평가시와 동일하게 사후환경영향조사계획을 수립하였다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 해양환경공정시험기준, 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년

◦ 조사주기 : 공사시 1회/분기, 운영시 1회/반기

3) 조사내용

<표 4.3.2-18> 사후환경영향조사 계획(해양수질 및 퇴적물)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기	비 고
공사시	◦해양수질 : 수온, 염분, pH, DO, 투명도, 저층포화도, COD, TOC, SPM, T-N, T-P, DIN, DIP, 대장균군수, Cr_{6+}, Zn, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, CN, 페놀, 유기인, PCBs, 용매추출유분, 클로로필-a, 규산규소, Fe, Mn (31개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점 (표·저층)	◦해양환경공정시험기준	◦1회/분기	
	◦해양수질 : SPM	◦총 4 정점 : 매설위치 2정점 : 대조구 반경 50m, 100m 각 1정점		◦1회/월	
	◦해양저질 : 입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Cr, NI, PCBs, PAHs, Li, Al, Fe, Mn, Co (22개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점		◦1회/분기	
운영시	◦해양수질 : 수온, 염분, pH, DO, 투명도, 저층포화도, COD, TOC, SPM, T-N, T-P, DIN, DIP, 대장균군수, Cr6+, Zn, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, CN, 페놀, 유기인, PCBs, 용매추출유분, 클로로필-a, 규산규소, Fe, Mn (31개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점 (표·저층)		◦1회/반기	
	◦해양저질 : 입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Cr, NI, PCBs, PAHs, Li, Al, Fe, Mn, Co (22개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점			

주) 1. 음영 : 기협의 환경보전방안 의견 반영에 따른 변경사항임
2. 조사위치 및 조사범위는 「제5장 사후환경영향조사 계획」 편 참조

4.4 토지환경분야

4.4.1 토지이용

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 해상부 공사계획 변경사항과 관련하여 토지이용 변경 영향을 검토·예측하였다.

1) 예측항목

◦ 해상부 시설물 설치계획

2) 예측범위

◦ 사업지구

3) 예측방법

◦ 사업계획서 참조

4) 예측결과

가) 해상부 시설물 설치계획

(1) 풍력발전단지

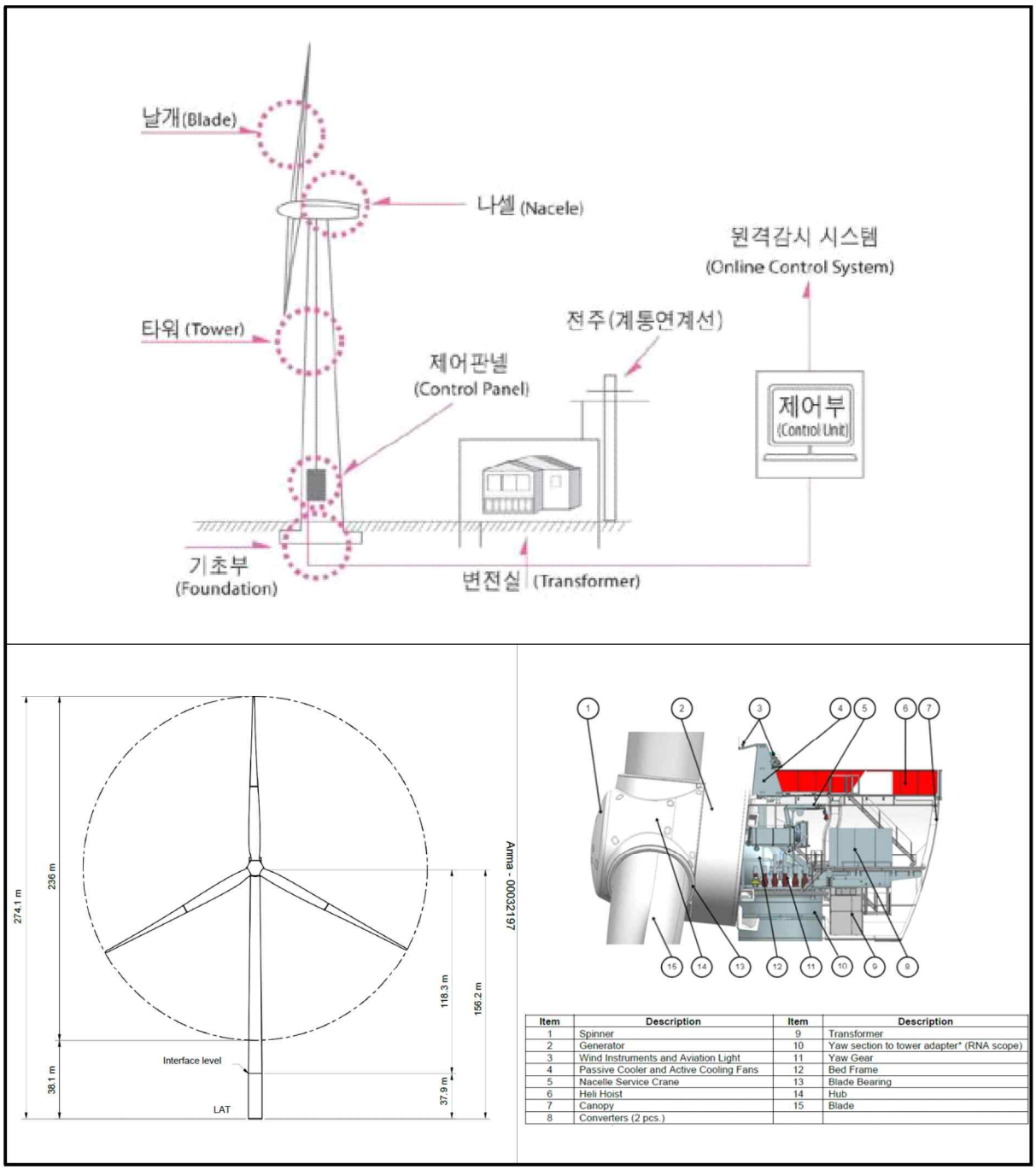
◦ 발전량 : 1,591.1GWh/년 (1구역 680.5GWh/년, 2구역 910.6GWh/년)

<표 4.4.1-1> 풍력발전단지 배치계획 비교

구 분		호기	단위 설비용량 (MW/기)	설비용량 (MW)	발전량 (GWh/년)	비 고
당초	1구역	17	14	238	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22		308	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39		546	1,584.3	-
변경	1구역	16	14	224	680.5	이용율 34.7%
	2구역	22		308	910.6	이용율 33.8%
	합 계	38		532	1,591.1	-
비 고	-	감) 1기	-	감) 14MW	증) 6.8GWh/y	-

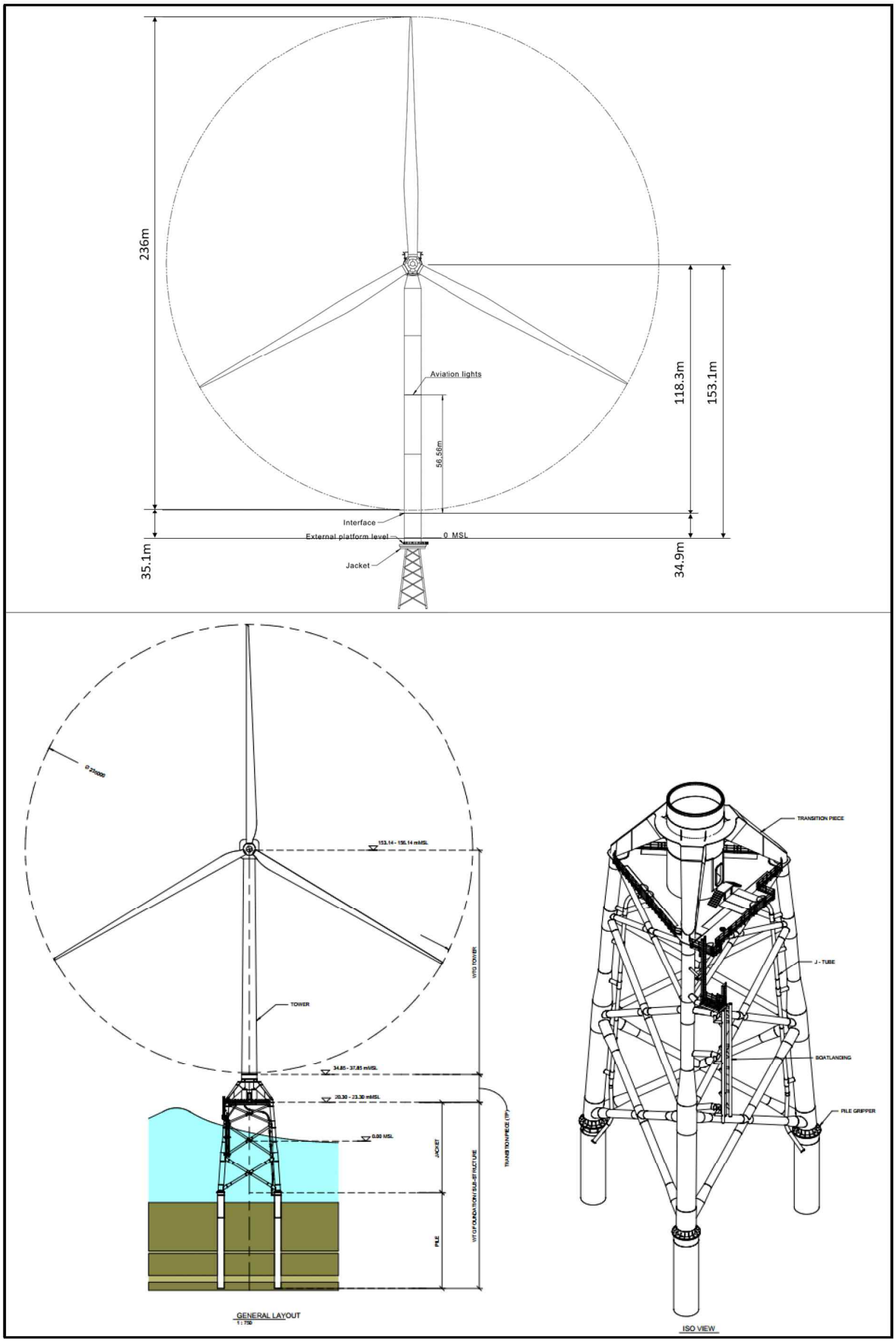
<표 4.4.1-2> 풍력발전기 제원

구 분	모델명	제조사	Hub Height	Rotor diameter	Blade 길이	수면상 높이
당 초	SG DD-236	SIEMENS Gamesa	153m	236m	115m	268m
변 경			153.1m	236m	115m	271.1m



Item	Description	Item	Description
1	Spinner	9	Transformer
2	Generator	10	Yaw section to tower adapter* (RNA scope)
3	Wind Instruments and Aviation Light	11	Yaw Gear
4	Passive Cooler and Active Cooling Fans	12	Bed Frame
5	Nacelle Service Crane	13	Blade Bearing
6	Heli Hoist	14	Hub
7	Canopy	15	Blade
8	Converters (2 pcs.)		

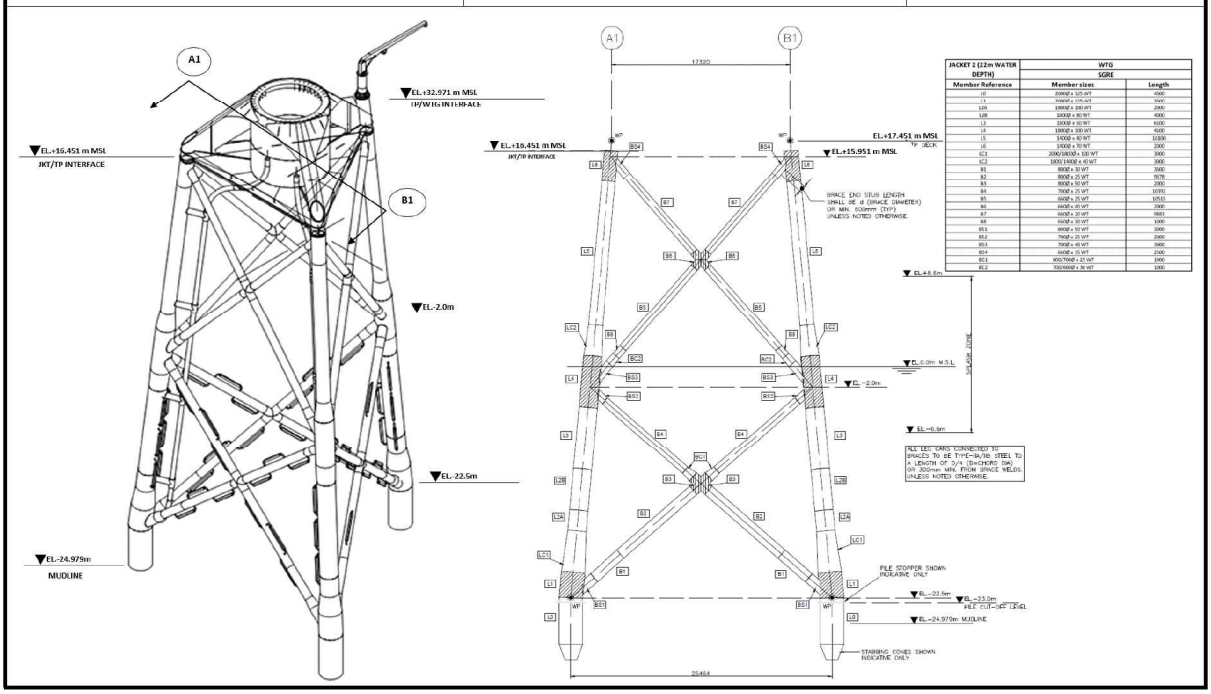
(그림 4.4.1-1) 풍력발전기 모식도(당초)



(그림 4.4.1-2) 풍력발전기 모식도(변경)

<표 4.4.1-3> 기초 구조물 제원 (당초)

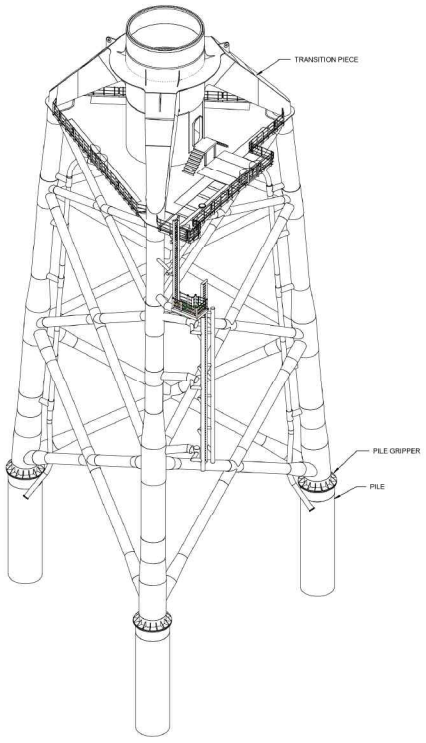
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+32.971m	
Top of External Platform	MSL+17.451m	
Top of Pile	MSL(−)16.5m ~ MSL(−)22.5m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Mudline Elevation	MSL(−)18.98m ~ MSL(−)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	15.52m	Steel Deck 두께 포함
Height Jacket Leg	38.18m ~ 44.18m	수심에 따라 차이가 있음
Total Height of Jacket [TP+Leg]	46.1m ~ 52.1m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	70.979m	
Pin Pile outside diameter	3.0m (Thk.55~100mm)	
Sacrificial Pile Length	56.979m	
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,139 ~ 1,249 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	1,134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	



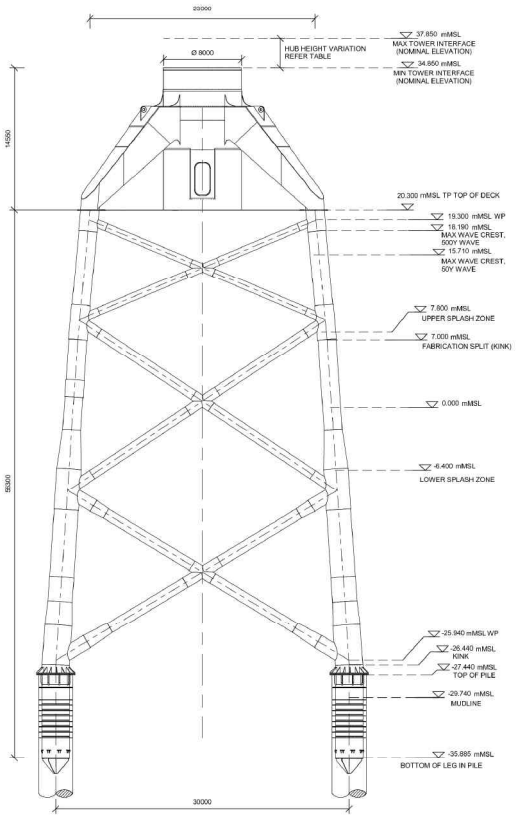
주) WTG(Wind Turbine Generator) : 해상풍력발전기

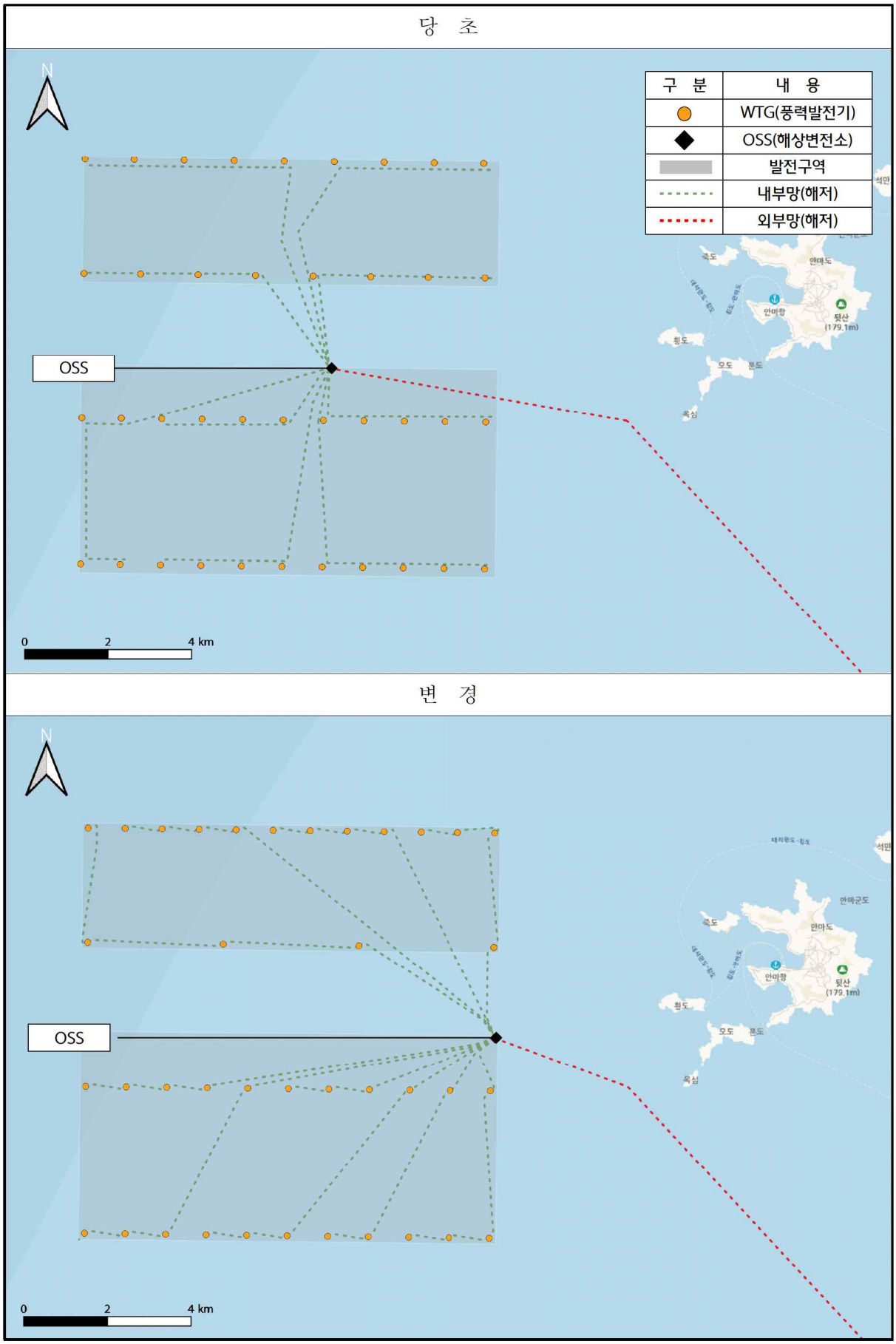
<표 4.4.1-4> 기초 구조물 제원 (변경)

Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL(+)34.85~37.85m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Top of External Platform	MSL(+)20.3~23.3m	
Top of Pile	MSL(-)27.44~24.44m	
Mudline Elevation	MSL(-)29.74~26.74m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	8m	
Width of Jacket at Bottom	23m	
Height of Transition Piece	14.55m	
Height Jacket Leg	56.3m	
Total Height of Jacket [TP+Leg]	70.85m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	56.5 ~ 92.6m	수심에 따른 길이 차이
Pin Pile outside diameter	3.5m (Thk.60mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,471 ~ 1,649 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	887.1 ~ 1,438.5 ton	3 Piles per 1 Jacket



ID	Tower interface [mMSL]
A01	34.850
A02	35.237
A03	36.847
A04	37.850
A05	34.850
A06	35.253
A07	36.114
A08	36.766
A09	37.392
A10	34.850
A11	34.850
A12	34.850
B01	37.331
B02	36.234
B03	34.850
B04	35.253
C01	34.928
C02	35.738
C03	36.692
C04	37.850
C05	34.850
C06	35.162
C07	35.510
C08	35.851
C09	35.974
C10	35.932
C11	35.380
D01	36.828
D02	37.416
D03	34.850
D04	35.161
D05	35.718
D06	35.760
D07	36.050
D08	36.309
D09	36.810
D10	37.170
D11	37.850





(그림 4.4.1-3) WTG 및 OSS 배치계획 비교

<표 4.4.1-5> 발전기별 좌표 (당초)

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 5.38" E	35° 22'24.18" N	21. C04	125° 52' 0.23" E	35° 19' 2.63" N
2. A02	125° 50'52.92" E	35° 22'24.19" N	22. C05	125° 52'38.63" E	35° 19' 2.65" N
3. A03	125° 51'40.42" E	35° 22'24.17" N	23. C06	125° 53'17.03" E	35° 19' 2.68" N
4. A04	125° 52'27.95" E	35° 22'24.18" N	24. C07	125° 53'55.39" E	35° 19' 2.70" N
5. A05	125° 53'15.45" E	35° 22'24.18" N	25. C08	125° 54'33.79" E	35° 19' 2.72" N
6. A06	125° 54' 2.99" E	35° 22'24.18" N	26. C09	125° 55'12.15" E	35° 19' 2.73" N
7. A07	125° 54'50.49" E	35° 22'24.17" N	27. C10	125° 55'50.55" E	35° 19' 2.75" N
8. A08	125° 55'38.03" E	35° 22'24.15" N	28. C11	125° 56'28.91" E	35° 19' 2.79" N
9. A09	125° 56'25.53" E	35° 22'24.14" N	29. D01	125° 50' 5.56" E	35° 17' 8.65" N
10. B01	125° 50' 5.55" E	35° 20'55.23" N	30. D02	125° 50'43.94" E	35° 17' 8.59" N
11. B02	125° 51' 0.17" E	35° 20'55.21" N	31. D03	125° 51'22.33" E	35° 17' 8.56" N
12. B03	125° 51'54.82" E	35° 20'55.22" N	32. D04	125° 52' 0.67" E	35° 17' 8.53" N
13. B04	125° 52'49.43" E	35° 20'55.22" N	33. D05	125° 52'39.05" E	35° 17' 8.49" N
14. B05	125° 53'44.05" E	35° 20'55.21" N	34. D06	125° 53'17.40" E	35° 17' 8.46" N
15. B06	125° 54'38.70" E	35° 20'55.19" N	35. D07	125° 53'55.78" E	35° 17' 8.41" N
16. B07	125° 55'33.31" E	35° 20'55.20" N	36. D08	125° 54'34.17" E	35° 17' 8.40" N
17. B08	125° 56'27.96" E	35° 20'55.21" N	37. D09	125° 55'12.51" E	35° 17' 8.35" N
18. C01	125° 50' 5.10" E	35° 19' 2.58" N	38. D10	125° 55'50.90" E	35° 17' 8.33" N
19. C02	125° 50'43.46" E	35° 19' 2.59" N	39. D11	125° 56'29.24" E	35° 17' 8.27" N
20. C03	125° 51'21.86" E	35° 19' 2.63" N			

<표 4.4.1-6> 발전기별 좌표 (변경)

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N

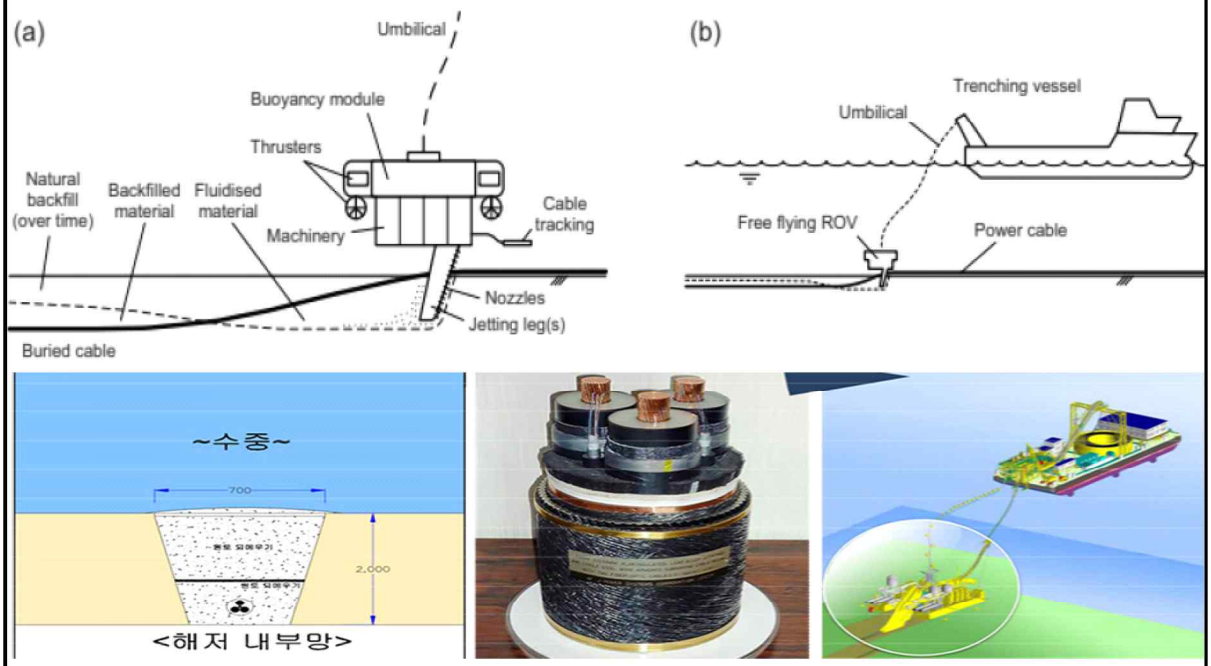
(2) 해상부 송전선로

송전선로는 해상부(내부망, 외부망)와 육상부(외부망)로 구분되며, 당초 협의완료된 사업계획 중 송전과정 중 전력손실 및 해상부 공사영향 최소화를 위해 해상변전소의 승압 전압을 230kV로 변경하여 해저 송전신로 또한 230kV로 송전을 실시하고, 육상부의 개폐소를 변전소로 변경하여 최종 목표 전압인 154kV로 변경 후 외부 전력계통인 서영광 변전소에 연계처리하는 것으로 계획을 변경하였다(육상부 변전계획 변경과 관련하여서는 환경보전방안을 수립하여 협의를 완료함).

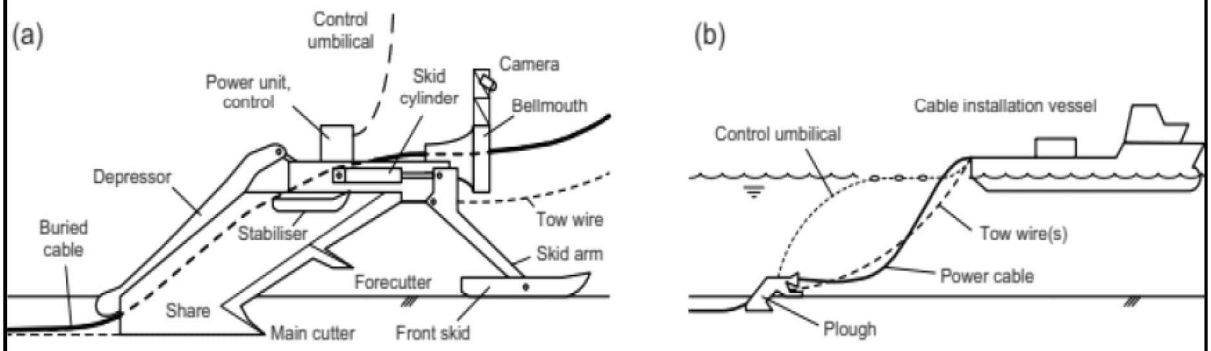
<표 4.4.1-7> 송전선로 설치계획 비교

구 분		내부망 (해저)	외부망 (해저)	외부망 (육상)
당초	설치구간	발전단지~OSS	OSS~육상L.P	육상L.P~서영광변전소
	전 압	66kV	154kV	154kV
	Group (가닥)	1구역 : 4심 2구역 : 5심	1구역 : 2심 2구역 : 2심	1구역 : 3심 2구역 : 3심
	케이블 규격	XLPE C-300㎟~1200㎟	XLPE 3C-800㎟	XLPE 3C-2000㎟
	선로연장	약 68.2km	약 45.8km	약 1.5km
			총 47.3km	
	포설방법	굴착 후 포설	굴착 후 포설	관로식 및 HDD공법
변경	설치구간	발전단지~OSS	OSS~육상L.P	육상L.P~서영광변전소
	전 압	66kV	**230kV**	154kV
	Group (가닥)	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심
	케이블 규격	XLPE C-500~800㎟	XLPE 3C-1200~2000㎟	XLPE 3C-2000㎟
	선로연장	**약 90.2km**	**약 41.9km**	약 1.5km
			총 43.4km	
	포설방법	굴착 후 포설	굴착 후 포설	관로식 및 HDD공법
비 고		케이블 규격 및 연장 변경	송전 전압, 케이블 규격 및 연장 변경	-

내부망(해저)



외부망(해저)

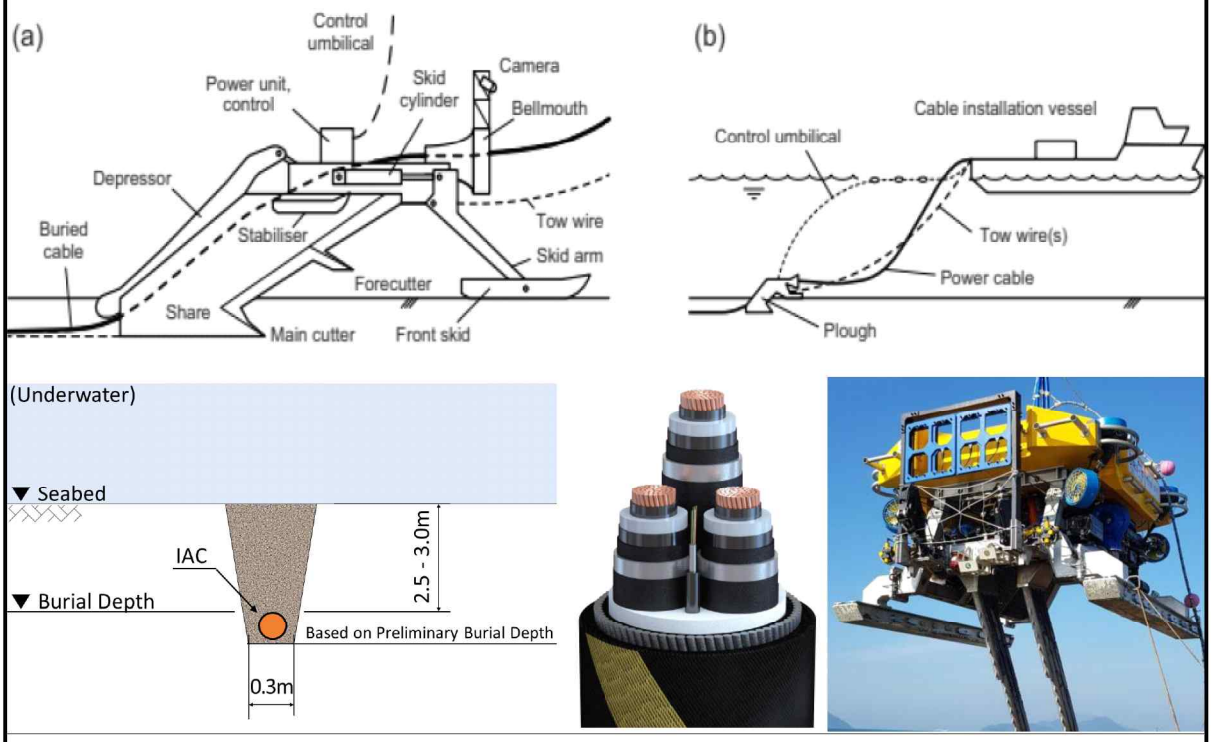




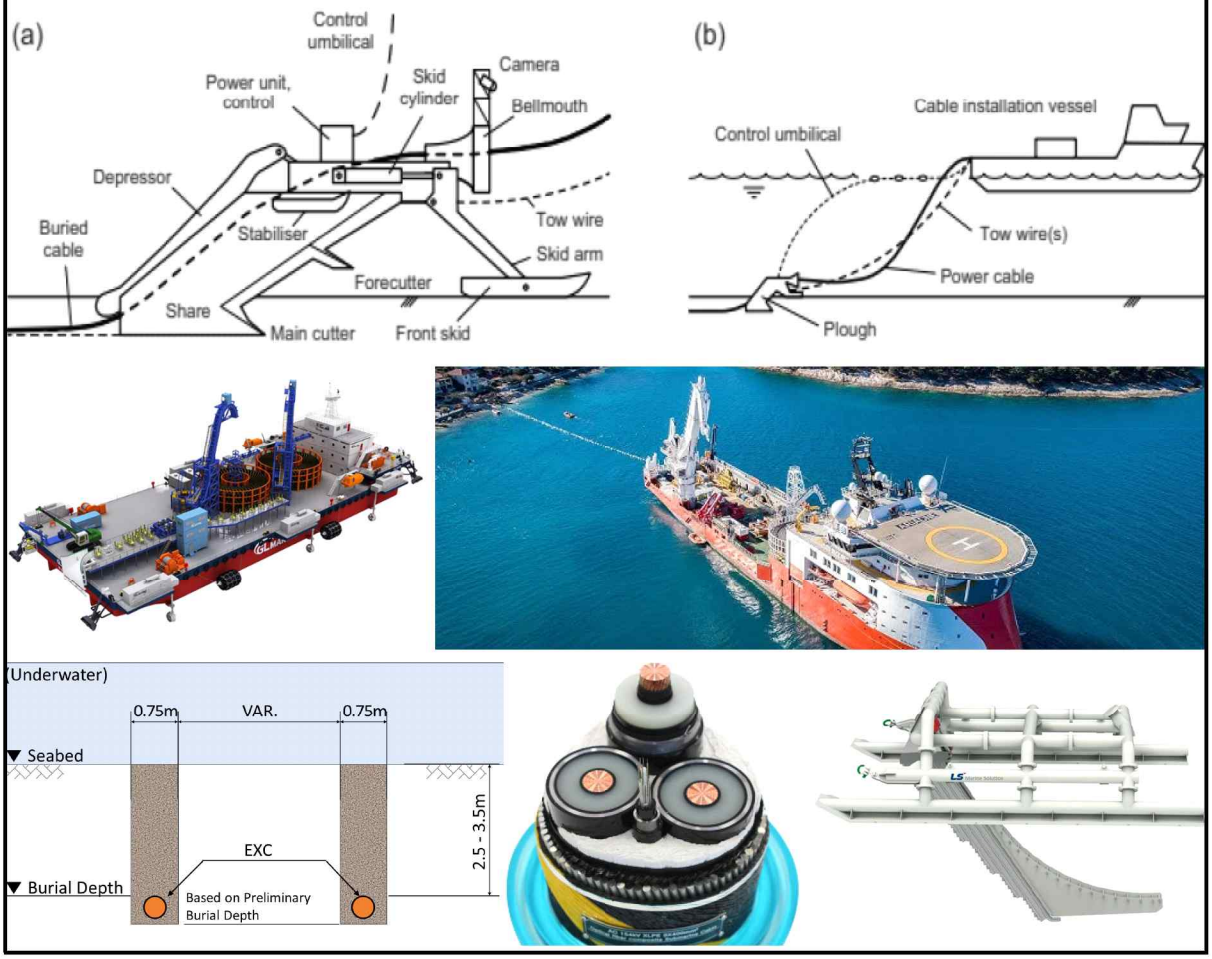


(그림 4.4.1-4) 해저 송전선로 설치 모식도(안) (당초)

내부망(해저)



외부망(해저)



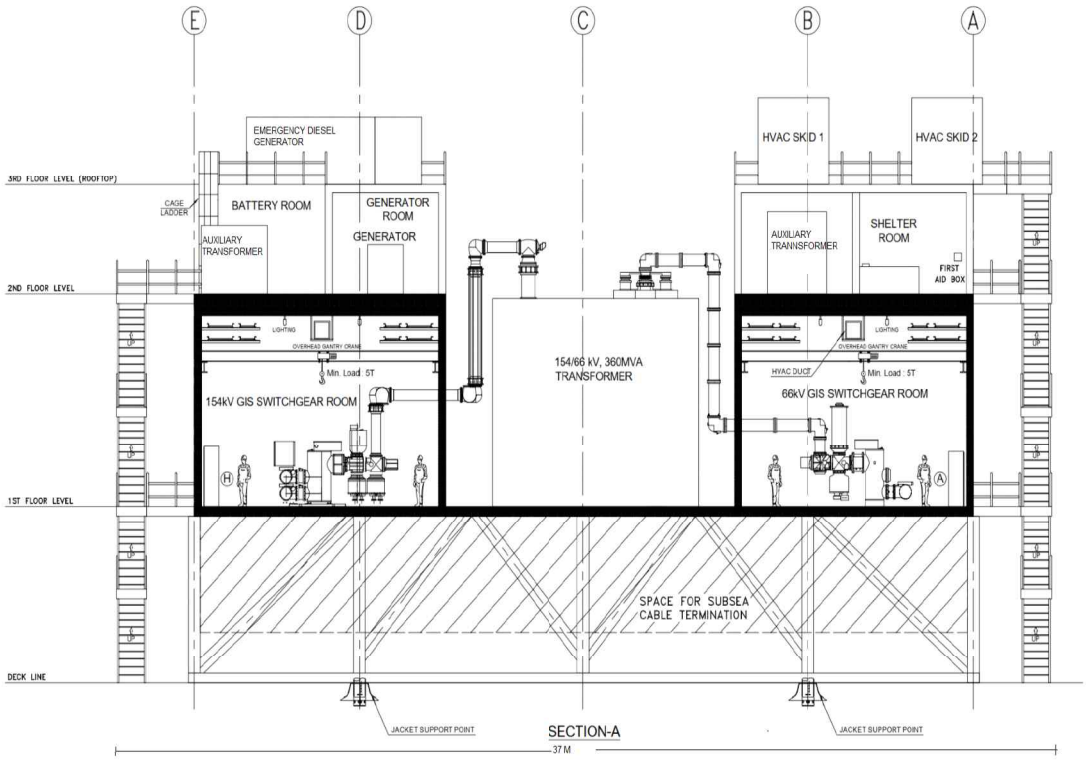
(그림 4.4.1-5) 해저 송전선로 설치 모식도(안) (변경)

(3) 발전소 승압 변전소

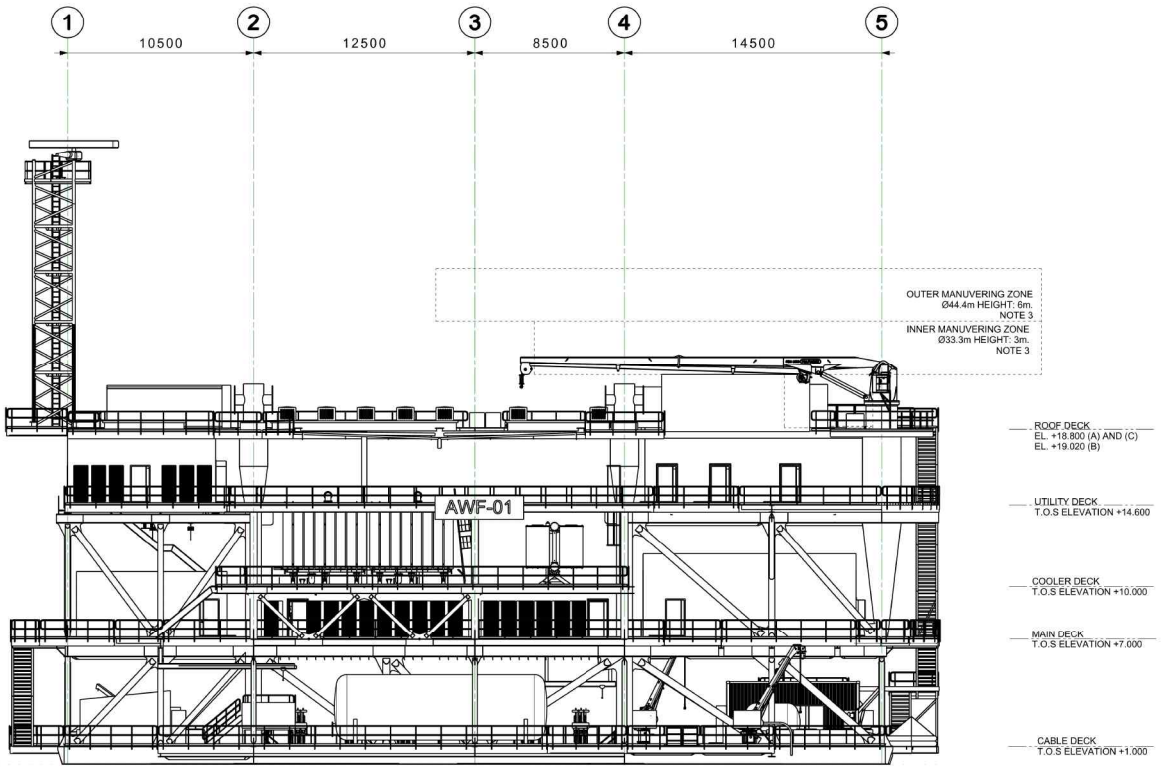
(가) 발전소 승압 변전소 설치 계획

<표 4.4.1-8> 발전소 승압 변전소 설치계획 비교

구 분				내 용
발전소 승압 변전소	당 초	상부 구조물	위치	·발전단지 내 해상 2단계 부지내 (1단계, 2단계 통합) ·125° 53′ 55.2″ E, 35° 19′ 45.45″ N
			구조	·철골 구조물
			사이즈	·상부구조(Topside) : 32m(W) x 37(D) x 30m(H)
			무게	·2,500 톤
		하부 구조물	구조	·철골 구조물
			사이즈	·jacket : Bottom Width (23m) x Top Width (19m) x Height (Approx. 55m) ·Pile: Depth (73m) x 12EA
			무게	·Jacket : Approx. 2300톤 ·Pile : Approx. 3500톤
	변 경	상부 구조물	위치	·발전단지 내 해상 1,2단계 부지 사이 (1단계, 2단계 통합) ·125° 56'33"E, 35° 19'44"N
			구조	·철골 구조물
			사이즈	·상부구조(Topside) : 21m(W) x 46m(D) x 19m(H)
			무게	·3,500 톤
		하부 구조물	구조	·철골 구조물
			사이즈	·jacket : Bottom Width (23m) x Top Width (21m) x Height (Approx. 44) ·Pile: Depth (74~85m) × 7EA
			무게	·Jacket : Approx. 2,000톤 ·Pile : Approx. 4,300톤

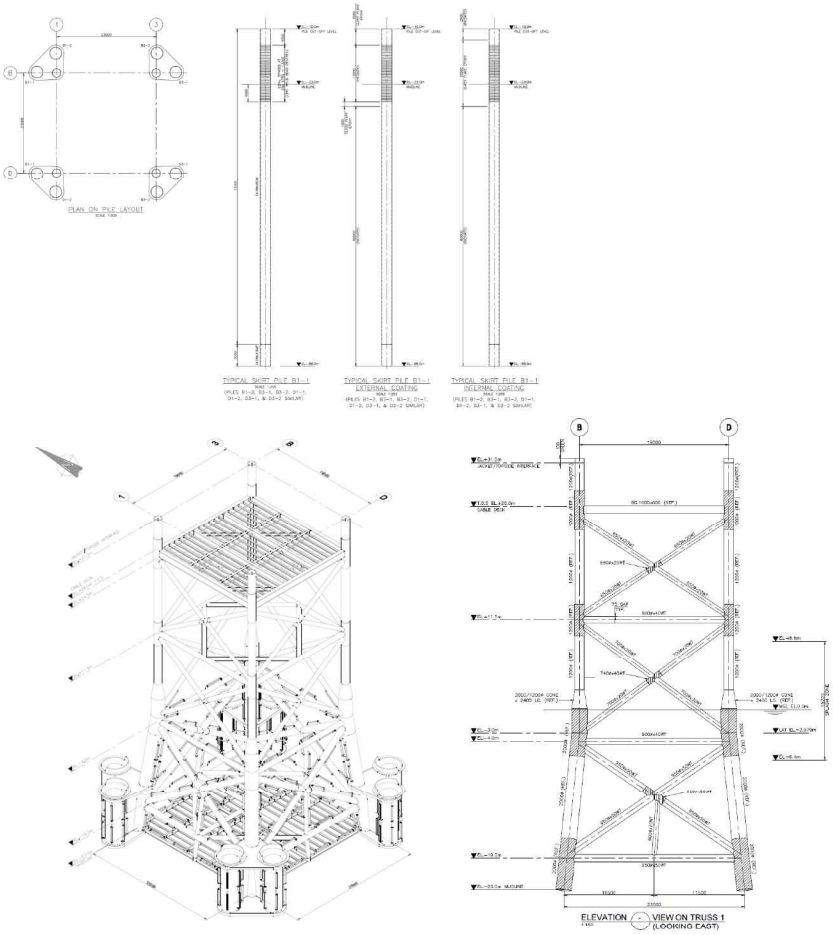


당 초

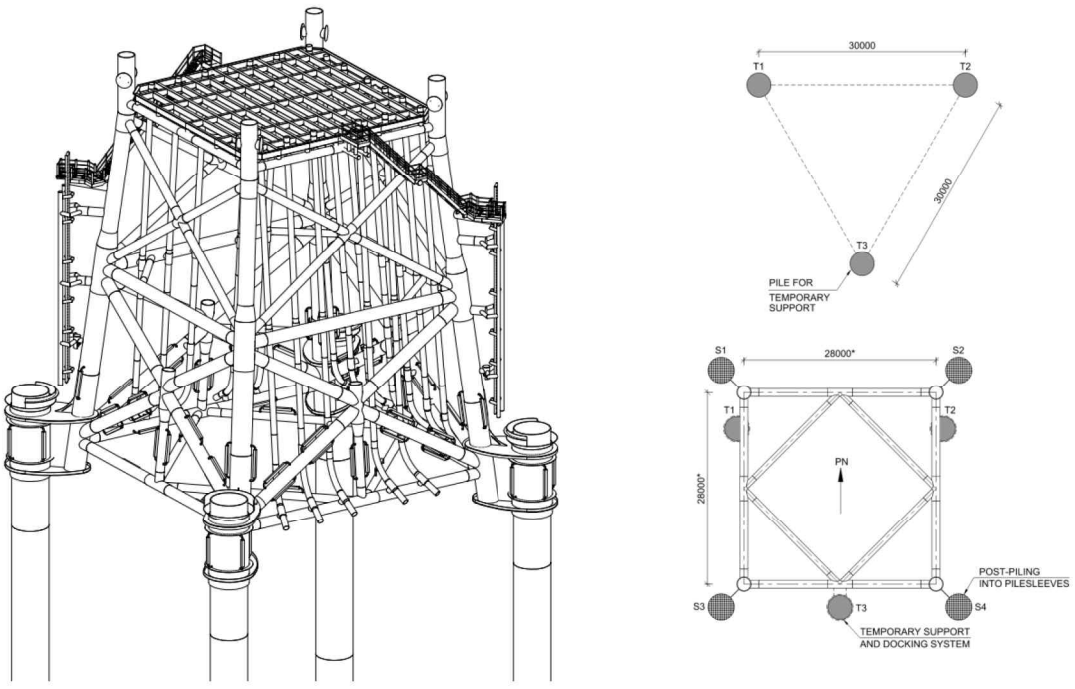


변 경

(그림 4.4.1-6) 해상변전소 개념도 : 상부구조(Top Side)



당 초



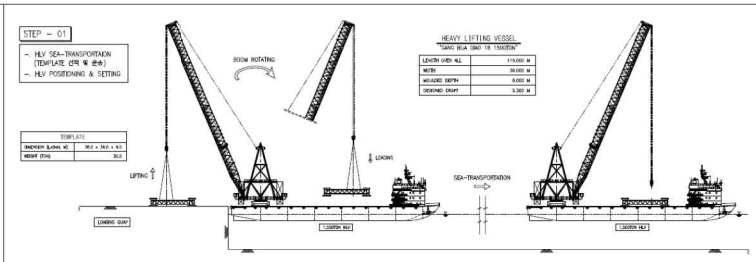
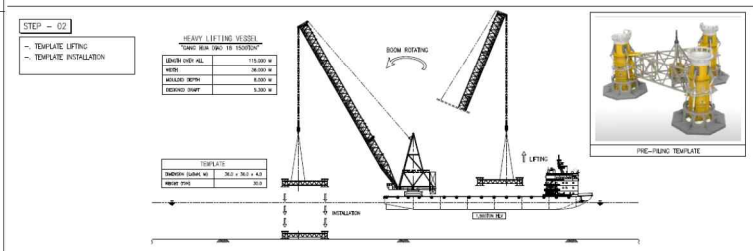
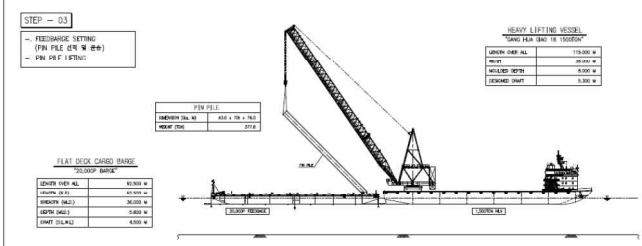
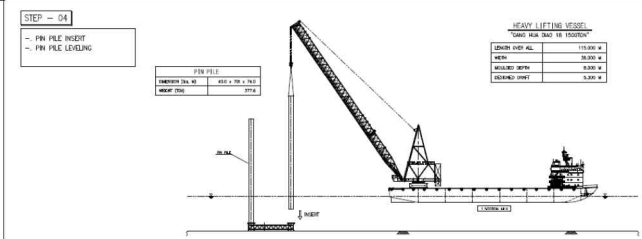
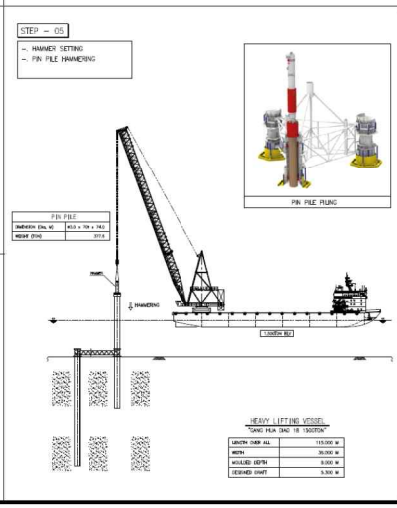
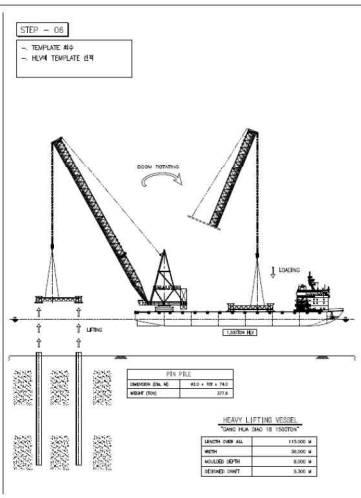
변 경

(그림 4.4.1-7) 해상변전소 개념도 : 하부구조(Jacket)

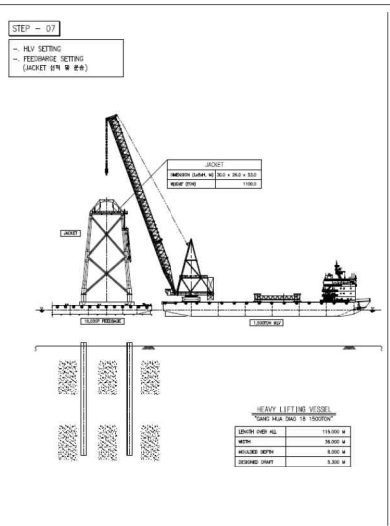
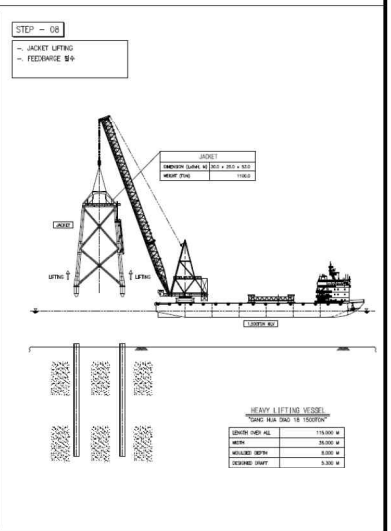
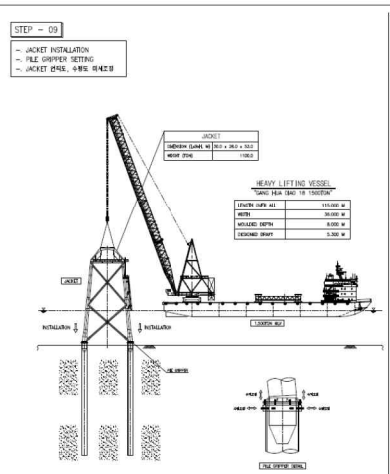
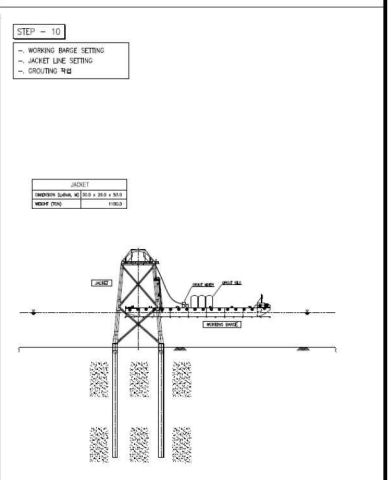
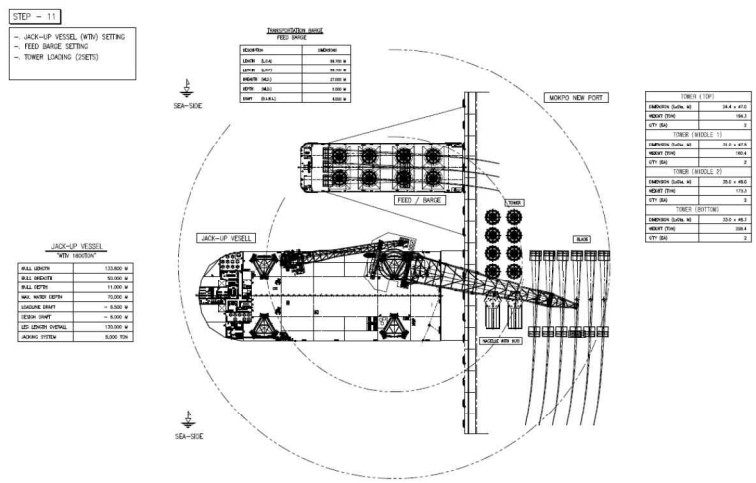
(4) 풍력발전기 및 해상변전소 공정계획

(가) 공사시 풍력발전기 상·하부공 운송 및 설치 절차도

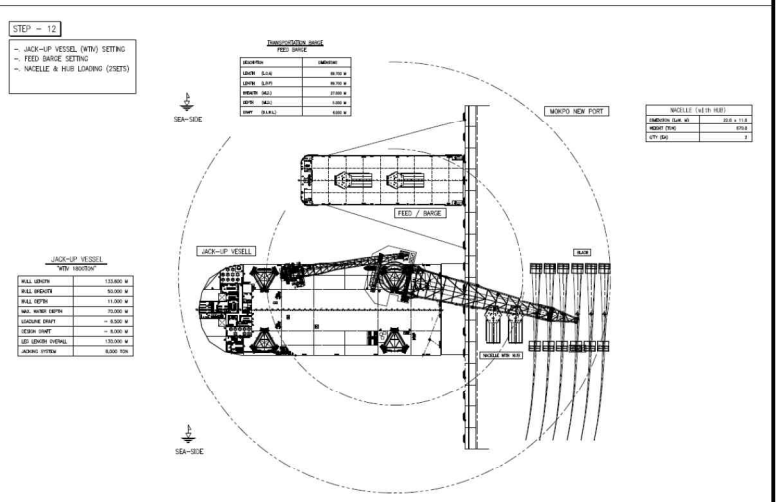
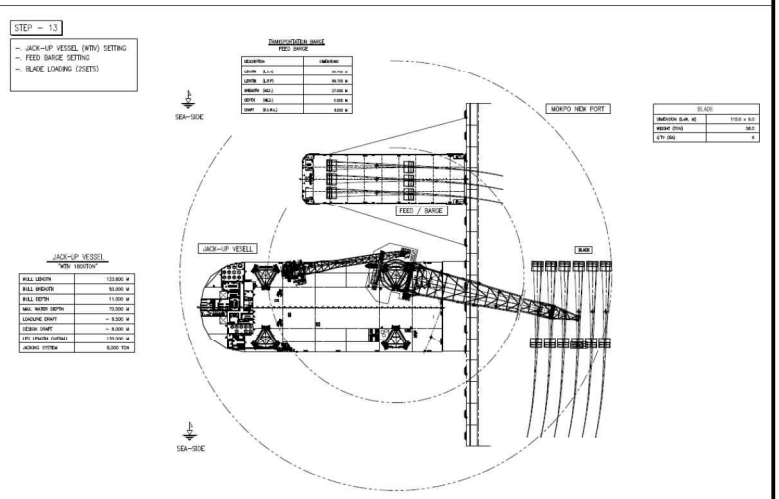
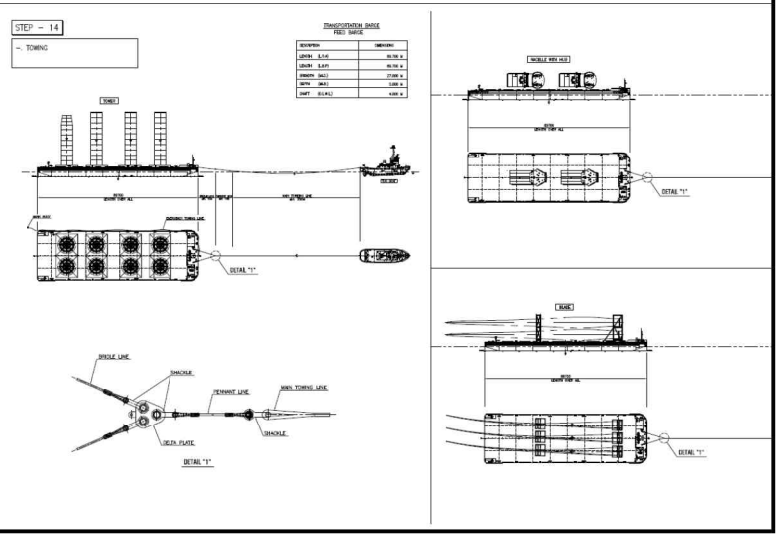
〈표 4.4.1-9〉 풍력발전기 상·하부공 운송 및 설치 절차도 (1/4)

단 계	내 용	
Step-01	·HLV Sea-Transportation (Template 선적 및 운송) ·HLV Positioning & Setting	
Step-02	·Template Lifting ·Template Installation	
Step-03	·Feed barge Setting (Pin Pile 선적 및 운송) ·Pin Pile Lifting	
Step-04	·Pin Pile Insert ·Pin Pile Leveling	
Step-05	·Hammer Setting ·Pin Pile Hammering	
Step-06	·Template 회수 ·HLV에 Template 선적	

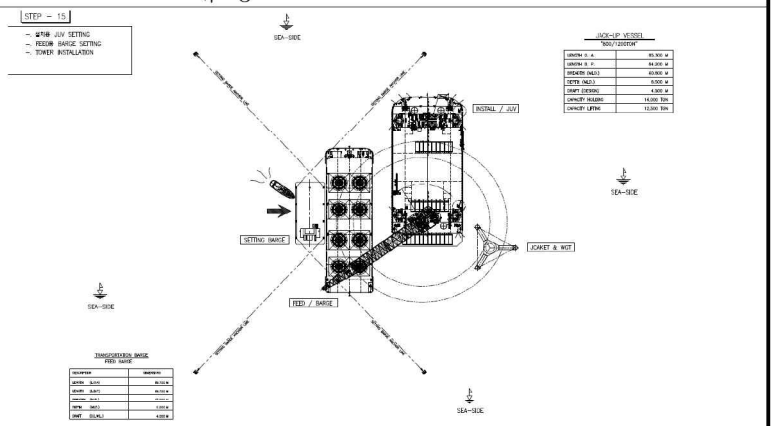
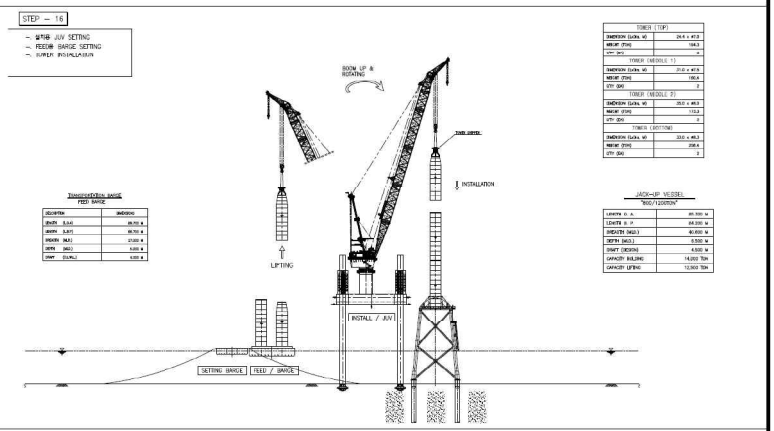
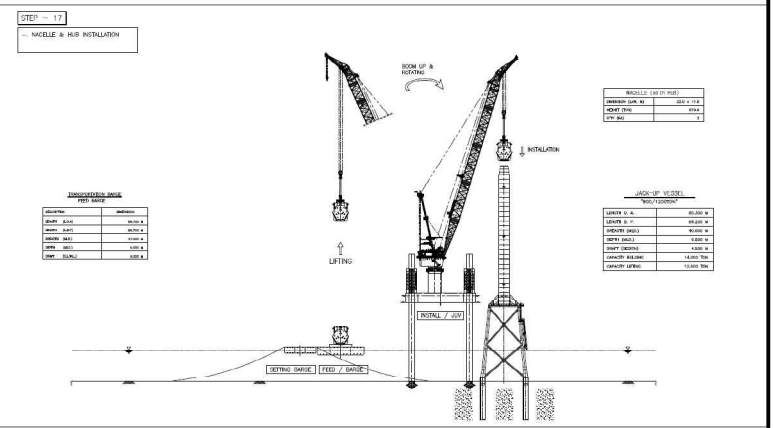
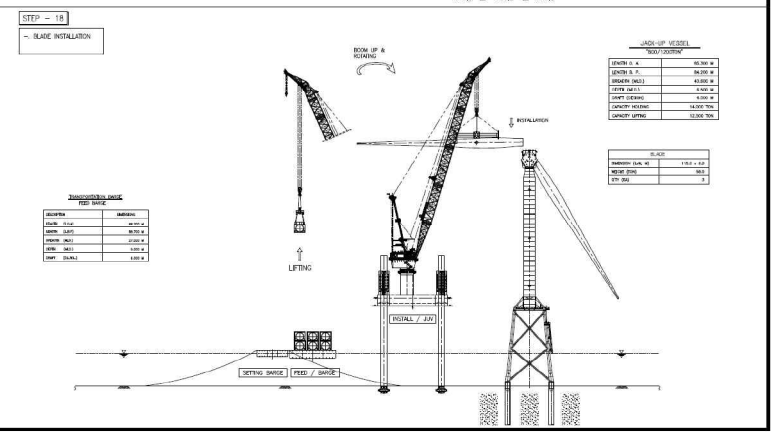
〈표 4.4.1-9〉 풍력발전기 상·하부공 운송 및 설치 절차도 (2/4)

단 계	내 용	
Step-07	·HLV Setting ·Feed barge Setting (Jacket 선적 및 운송)	
Step-08	·Jacket Lifting ·Feed barge 철수	
Step-09	·Jacket Installation ·Pile Gripper Setting ·Jacket 연직도, 수평도 미세조정	
Step-10	·Working Barge Setting ·Jacket Line Setting ·Grouting 작업	
Step-11	·Jack-up Vessel (WTIV) Setting ·Feed barge Setting ·Tower Loading(2sets)	

〈표 4.4.1-9〉 풍력발전기 상·하부공 운송 및 설치 절차도 (3/4)

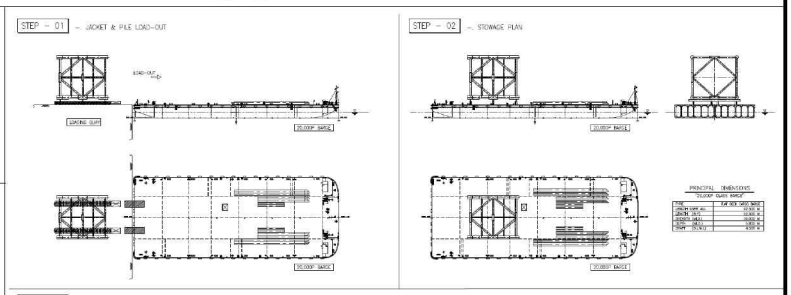
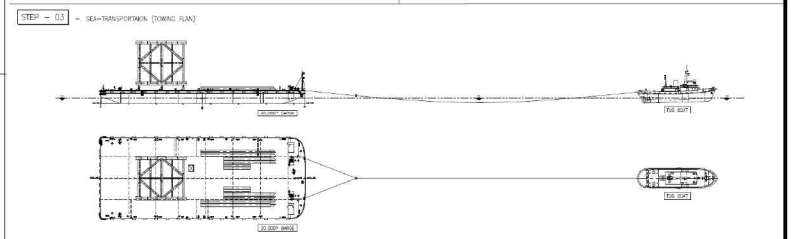
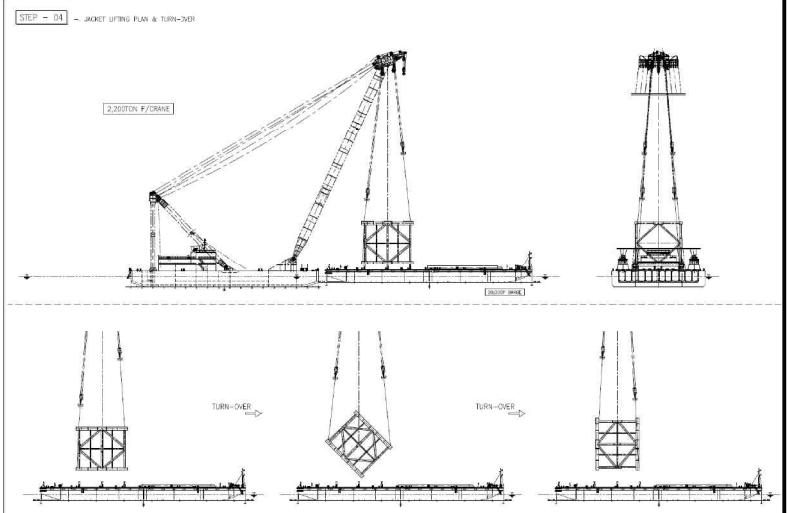
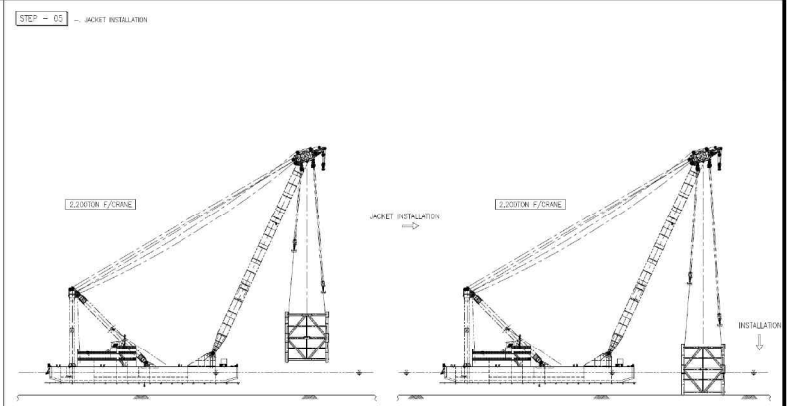
단 계	내 용	
Step-12	·Jack-up Vessel (WTIV) Setting ·Feed barge Setting ·Nacelle & Hub Loading(2sets)	
Step-13	·Jack-up Vessel (WTIV) Setting ·Feed barge Setting ·Blade Loading(2sets)	
STEP-14	·Towing	

〈표 4.4.1-9〉 풍력발전기 상·하부공 운송 및 설치 절차도 (4/4)

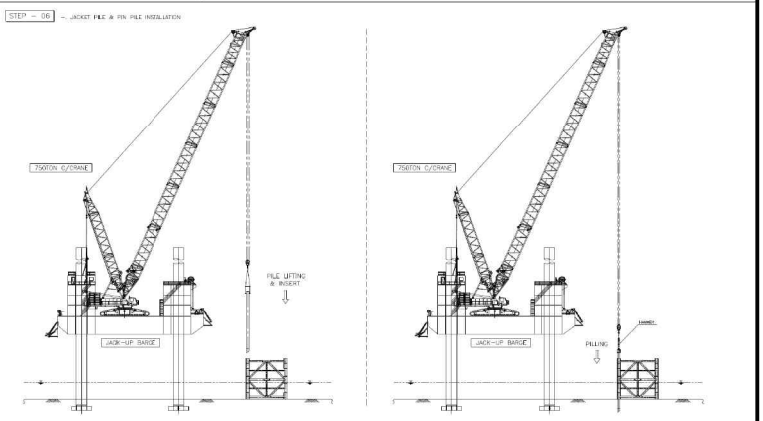
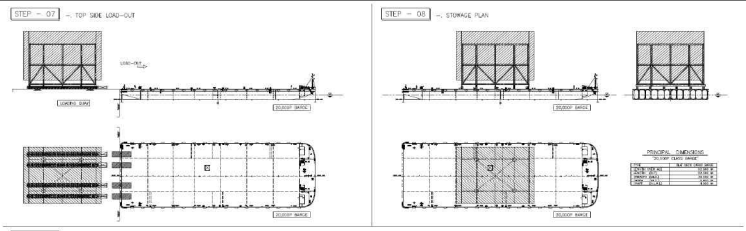
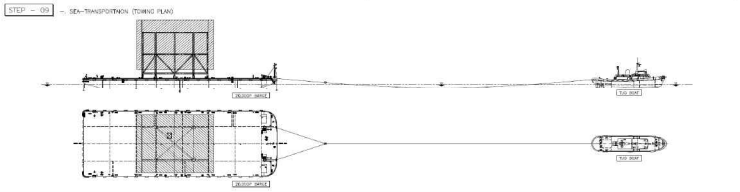
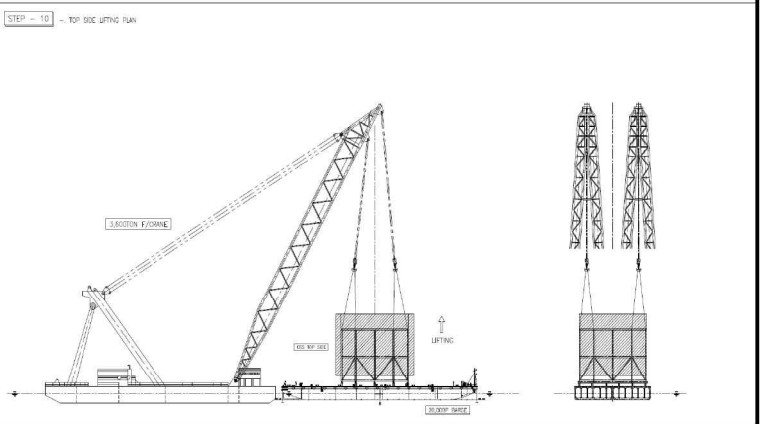
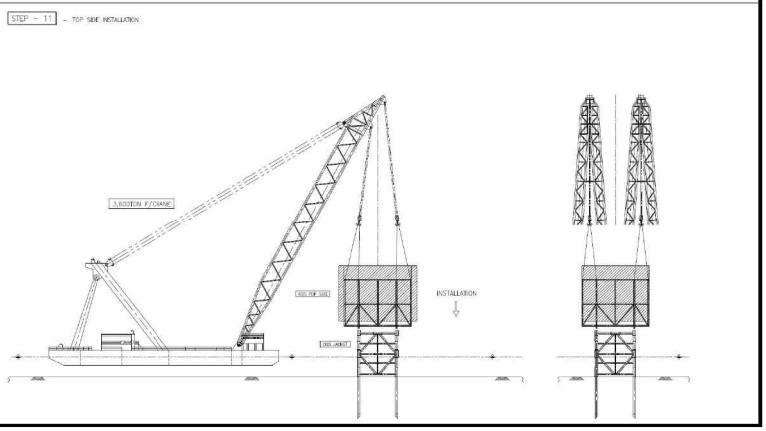
단 계	내 용	
Step-15	·설치용 JUV Setting ·Feed용 Barge Setting ·Tower Installation	
Step-16	·설치용 JUV Setting ·Feed용 Barge Setting ·Tower Installation	
Step-17	·Nacelle & Hub Installation	
Step-18	·Blade Installation	

(나) 공사시 해상변전소 상·하부공 운송 및 설치 절차도

<표 4.4.1-10> 해상변전소 상·하부공 운송 및 설치 절차도

단 계	내 용	
Step-01	·Jacket & Pile Load-Out	
Step-02	·Stowage Plan	
Step-03	·Sea-Transportation (Towing Plan)	
Step 04	·Jacket Lifting Plan & Turn-Over	
Step-05	·Jacket Installation	

〈표 4.4.1-10〉 계 속

단 계	내 용	
Step-06	·Jacket Pile & Pin Pile Installation	
Step-07	·Top Side Load-Out	
Step-08	·Stowage Plan	
Step-09	·Sea-Transportation (Towing Plan)	
Step-10	·Top Side Lifting Plan	
Step-11	·Top Side Installation	

(5) 풍력발전기 운영계획

풍력발전은 바람의 운동에너지를 이용하여 블레이드를 회전시켜 이때 기계적 에너지(회전력)으로 발전기를 돌려 전기를 생산하는 발전방식이다.

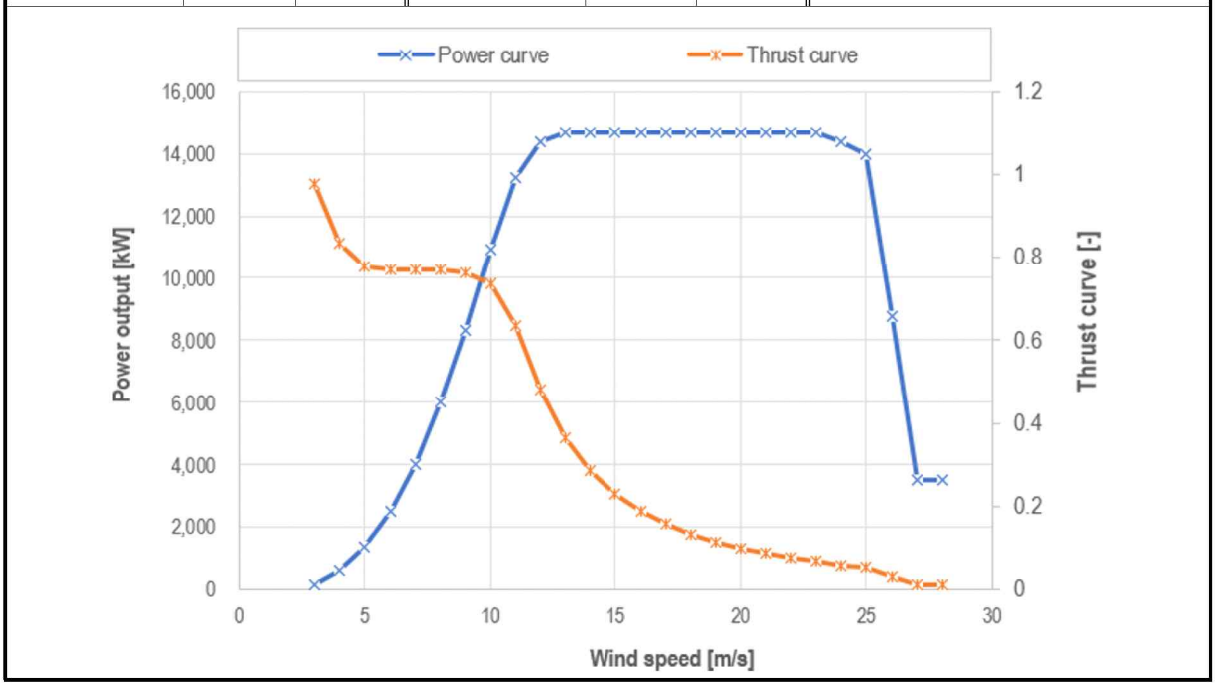
따라서, 풍력발전기를 설치한 이후 일정 풍속 이상의 바람이 불면 가동되며, 일정 풍속 미만 및 태풍 등 일정 풍속 이상시 가동을 중지하여 기기를 보호한다.

연간발전량은 1구역 680.5GWh/년(이용율 34.68%), 2구역 910.6GWh/년(이용율 33.75%)로 예측되었다.

풍속 3.0m/s부터 발전을 시작하여 풍속 14m/s에서 정격출력 14MW로 발전하며, 풍속 28m/s를 초과할 경우 풍력발전기를 정지할 계획이다.

<표 4.4.1-11> 풍속 변화에 따른 Power and thrust curves of SG DD-236 14MW

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Thrust [-]	Wind speed [m/s]	Power [kW]	Thrust [-]	Wind speed [m/s]	Power [kW]	Thrust [-]
3	146	0.976	12	14,355	0.481	21	14,700	0.086
4	627	0.833	13	14,659	0.365	22	14,700	0.076
5	1,383	0.779	14	14,700	0.286	23	14,680	0.068
6	2,494	0.769	15	14,700	0.23	24	14,370	0.059
7	4,038	0.769	16	14,700	0.189	25	14,000	0.053
8	6,034	0.77	17	14,700	0.158	26	8,750	0.032
9	8,320	0.764	18	14,700	0.134	27	3,500	0.013
10	10,938	0.735	19	14,700	0.114	28	3,500	0.013
11	13,249	0.637	20	14,700	0.099	-		



(6) 풍력발전기 철거계획

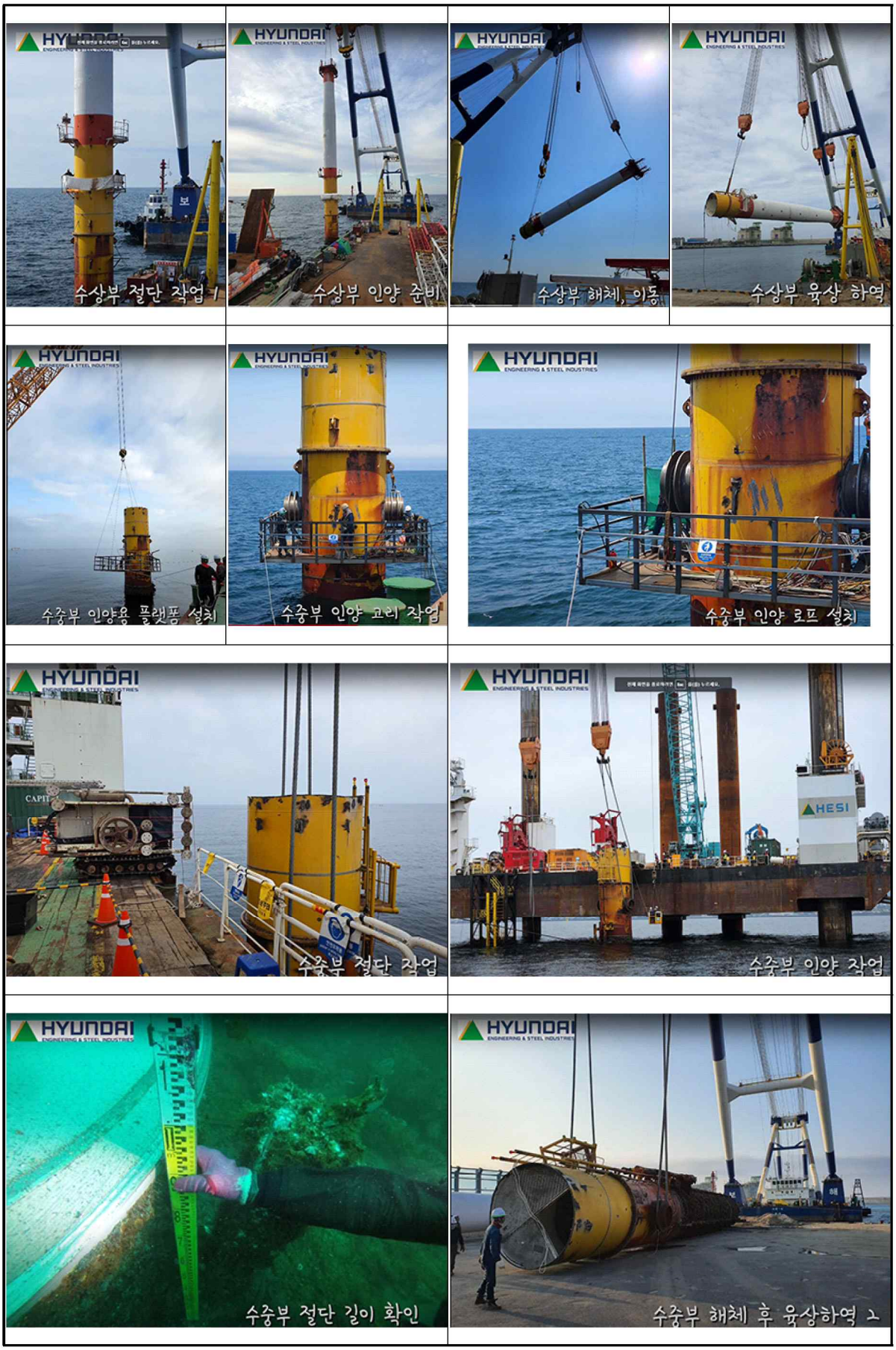
해상풍력 사업이 종료 또는 중단될 경우 구조물로 인한 경관 훼손 및 해양환경에 악영향이 예상되므로 크레인과 잭업 바지 등을 이용하여 설치 순서의 역순으로 철거를 진행할 계획이다.

먼저 상부구조물을 해체하여 육상으로 운송하고, 하부구조물은 해저면 1m 내외로 절단하고 절단 부위는 회수하여 적정처리(재활용 등)할 계획이다.

<표 4.4.1-12> 철거(해체)계획

구 분	철기(해체)계획
상부구조물	·전력 차단 및 발전기내 전력시설 해체 ·주변 시설물 및 외장 해체 ·해체 운송 안정장치 장착(조금구 장착) ·블레이드 분리 ·나셀 및 허브 분리 ·로터와 허브 제거 ·나셀 제거 ·타워 분리 ·상부구조물 육상하역
하부구조물	·내부전선 제거 ·수중부 인양용 플랫폼 및 인양 고리 설치 ·수중부 인양 로프 설치 ·수중부 절단작업 ·수중부 인양 작업 ·수중부 절단 길이 확인 ·수중부 해체 후 육상하역

주) 철거(해체)계획은 유사사례를 바탕으로 제시하였음.



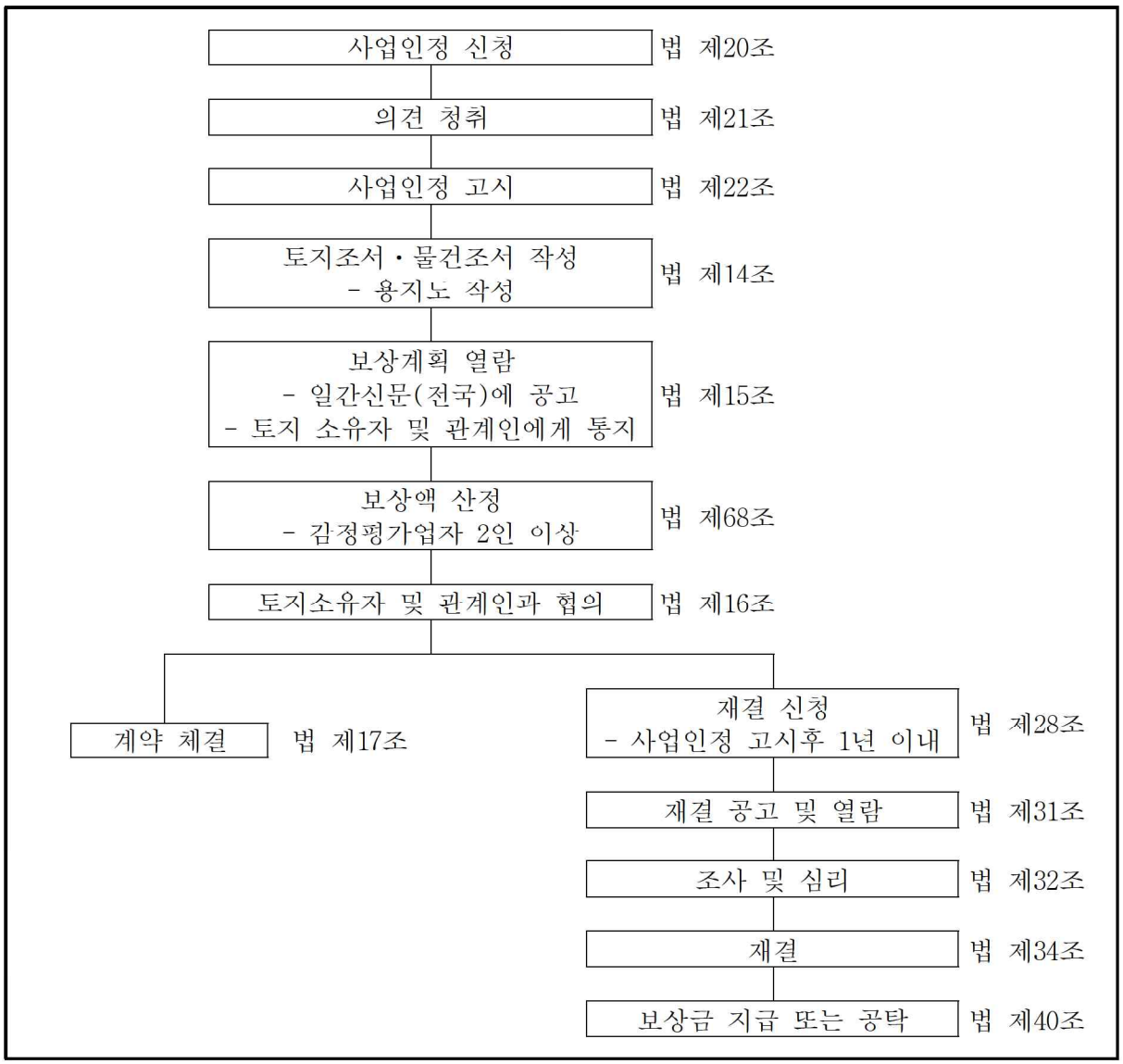
(그림 4.4.1-11) 철거(해체)계획 예시 (“한림해상풍력 기상탑 해체”, 인터넷 발췌)

나. 저감방안 및 평가

1) 토지 등의 취득 및 보상

본 사업시행으로 인하여 편입되는 용지에 대한 보상은「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」에 의거하여 시행함을 원칙으로 하며, 토지소유자 및 관계인과 원활하고 충분한 협의를 거쳐 보상할 계획이다.

「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」규정에 의거 그 자격이 인정된 2인 이상의 감정평가업자가 관계법에 따라 평가한 금액의 산술평가치를 보상가격으로 산정하여 토지소유지 및 관계인괴 협의, 매수함을 원칙으로 히며, 다만 토지소유자가 감정평가업자 1인을 추천할 경우에는 3인 이상의 감정평가업자가 평가한 금액으로 한다.



(그림 4.4.1-12) 보상 절차도(수용에 의한 취득 또는 사용)

2) 지역주민과 지속적인 협조체계 구축

본 사업지구 주변지역에 위치한 주민을 대상으로 지속적인 주민 회의 및 민관협의회를 추진중에 있으며, 사업시행 중에도 지속적으로 지역 주민과 소통 체계를 구축하여 주민 민원 사항을 선제적으로 해결할 수 있도록 계획하였다.

◦ 2017. 09. 25 : 안마도 주민설명회 (1차)
◦ 2017. 12. 06 : 안마도 주민설명회 (2차)
◦ 2018. 10. 16 : 안마도 주민설명회 (3차)
◦ 2020. 01. 16 : 안마도 대책위원회 회의
◦ 2020. 07. 01 : 안마도 증설단지 주민설명회
◦ 2020. 11. 13 : 영광군 피해대책위원회 회의
◦ 2020. 11. 18~20 : 영광군 지역주민 제주도 풍력단지 견학 (1차)
◦ 2021. 07. 20 : 영광군 사업설명회
◦ 2021. 11. 17~19 : 영광군 지역주민 제주도 풍력단지 견학 (2차)
◦ 2021. 12. 21 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (1차)
◦ 2022. 01. 19 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (2차)
◦ 2022. 02. 28 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (3차)
◦ 2022. 03. 30 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (4차)
◦ 2022. 05. 12 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (5차)
◦ 2022. 06. 16 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (6차)
◦ 2022. 08. 02 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (7차)
◦ 2022. 11. 15 : 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 (8차)
◦ 2023. 08. 14 : 영광군 염산면 송암리 주민설명회
◦ 2023. 10. 31 : 영광군 어민회 회의 (1차)
◦ 2023. 11. 01 : 영광군 어민회 회의 (2차)




주민설명회





선진지 견학




개발위원회 회의

(그림 4.4.1-13) 주요 주민협의 등 진행현황 사진

4.4.2 지형 · 지질

가. 현 황

기존 환경영향평가 협의 완료(‘23년 8월) 후 사업자가 추가로 실시한 지반조사결과를 요약 세시하였다.

1) 조사항목

◦ 해저면 지층 분포현황

2) 조사범위

가) 시간적 범위

◦ 2023년 10월 ~ 2024년 2월

나) 공간적 범위

◦ 발전구역 및 해저송전선로 구간

3) 조사방법

◦ 현지조사

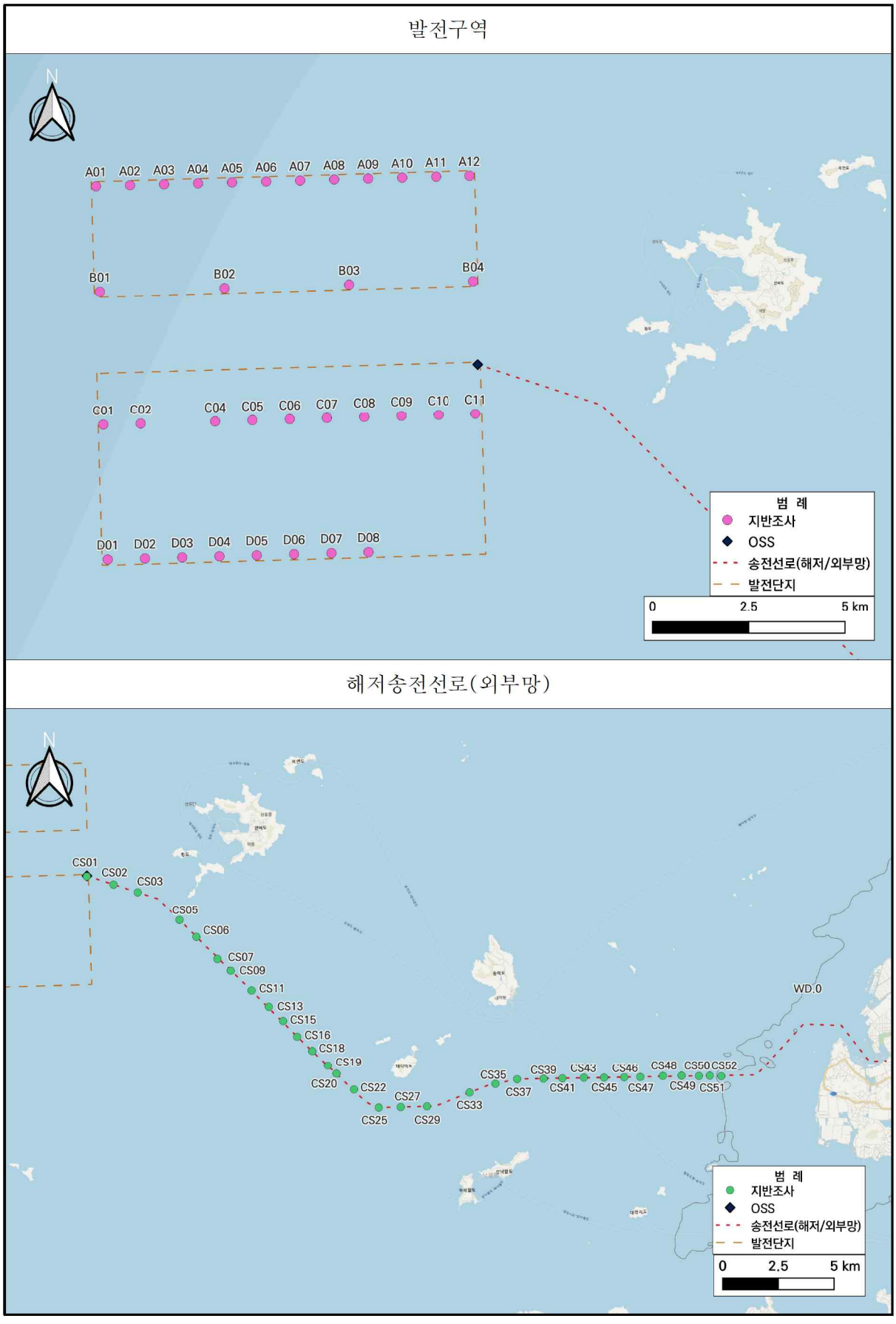
<표 4.4.2-1> 조사지점별 조사좌표

구 분	공 번	조사 종류	수심 (DL.m)	조사 깊이 (m)	조사좌표(UTM zone 51N)		비 고
					Easting(m)	Northing(m)	
발전 구역	A01	BH	-26.8	95.1	757,515.5	3,918,139.4	-
	A02	PCPT	-25.3	44.0	758,400.6	3,918,165.1	-
	A03	BH	-24.3	94.8	759,286.7	3,918,190.1	PCPT병행
	A04	BH	-22.9	26.9	760,169.3	3,918,213.9	PCPT병행
	A05	BH	-21.8	88.1	761,053.7	3,918,239.3	PCPT병행
	A06	PCPT	-20.7	37.6	761,943.0	3,918,263.0	-
	A07	BH	-20.3	63.4	762,825.1	3,918,287.4	PCPT병행
	A08	BH	-19.3	74.7	763,712.4	3,918,315.3	PCPT병행
	A09	BH	-18.8	84.2	764,596.5	3,918,339.0	PCPT병행
	A10	BH	-17.8	23.9	765,482.5	3,918,363.5	PCPT병행
	A11	BH	-17.3	88.5	766,368.1	3,918,388.3	PCPT병행
	A12	BH	-17.1	100.1	767,251.8	3,918,411.3	PCPT병행
	B01	BH	-23.7	90.0	757,616.7	3,915,400.9	-
	B02	BH	-19.6	81.5	760,857.8	3,915,492.6	PCPT병행
	B03	BH	-17.6	66.7	764,100.3	3,915,583.1	PCPT병행
	B04	BH	-16.2	83.0	767,346.4	3,915,671.5	-
	C01	BH	-21.1	53.5	757,705.8	3,911,929.7	PCPT병행
	C02	PCPT	-19.5	44.3	758,677.5	3,911,955.3	-
	C04	PCPT	-18.1	45.9	760,616.0	3,912,012.9	-
	C05	BH	-18.0	74.8	761,584.5	3,912,043.9	PCPT병행
	C06	PCPT	-11.9	36.0	762,556.3	3,912,069.5	-
	C07	PCPT	-16.5	48.8	763,523.4	3,912,099.8	-
	C08	PCPT	-15.4	52.7	764,496.2	3,912,127.8	-

<표 4.4.2-1> 계 속

구 분	공 번	조사 종류	수심 (DL.m)	조사 깊이 (m)	조사좌표(UTM zone 51N)		비 고
					Easting(m)	Northing(m)	
발전 구역	C09	BH	-15.6	66.8	765,463.3	3,912,159.6	PCPT병행
	C10	BH	-16.5	71.0	766,431.7	3,912,186.8	PCPT병행
	C11	PCPT	-15.4	54.8	767,402.9	3,912,216.6	-
	D01	BH	-19.0	96.0	757,819.9	3,908,414.3	PCPT병행
	D02	PCPT	-18.8	49.8	758,789.8	3,908,441.6	-
	D03	BH	-16.8	88.0	759,758.1	3,908,468.8	PCPT병행
	D04	BH	-16.7	92.2	760,727.0	3,908,496.7	PCPT병행
	D05	PCPT	-16.5	42.0	761,698.3	3,908,522.7	-
	D06	PCPT	-15.0	53.0	762,668.3	3,908,552.0	-
	D07	PCPT	-15.5	38.7	763,640.7	3,908,578.9	-
	D08	BH	-15.1	68.6	764,606.7	3,908,604.3	PCPT병행
해저 케이블 (외부망)	CS01	VC	-16.7	6.0	767,462.5	3,913,467.1	PCPT병행
	CS02	VC	-17.9	4.8	768,663.1	3,913,096.6	PCPT병행
	CS03	VC	-13.7	4.7	769,751.5	3,912,749.0	PCPT병행
	CS05	VC	-12.5	6.0	771,632.2	3,911,489.3	PCPT병행
	CS06	VC	-13.6	5.0	772,387.0	3,910,736.8	PCPT병행
	CS07	VC	-15.0	6.0	773,334.5	3,909,733.3	PCPT병행
	CS09	VC	-16.5	6.0	773,935.6	3,909,169.3	PCPT병행
	CS11	VC	-16.8	6.0	774,872.1	3,908,285.6	PCPT병행
	CS13	VC	-17.8	5.7	775,648.6	3,907,555.6	PCPT병행
	CS15	VC	-18.6	5.6	776,290.8	3,906,920.5	PCPT병행
	CS16	VC	-18.9	6.0	776,922.1	3,906,214.4	PCPT병행
	CS18	VC	-6.5	6.0	777,603.3	3,905,571.5	PCPT병행
	CS19	VC	-1.8	6.0	778,301.6	3,904,908.1	PCPT병행
	CS20	VC	-0.0	6.0	778,689.7	3,904,537.0	PCPT병행
	CS22	VC	-5.5	5.7	779,478.9	3,903,825.4	PCPT병행
	CS25	VC	-4.3	4.8	780,590.0	3,903,012.6	PCPT병행
	CS27	VC	-3.1	4.8	781,583.1	3,903,033.2	PCPT병행
	CS29	VC	-0.4	6.0	782,765.2	3,903,068.9	PCPT병행
	CS33	VC	-2.5	5.2	784,708.8	3,903,690.0	PCPT병행
	CS35	VC	-3.7	6.0	785,869.0	3,904,079.7	PCPT병행
	CS37	VC	-4.4	6.0	786,844.7	3,904,286.0	PCPT병행
	CS39	VC	-6.7	6.0	788,030.9	3,904,311.0	PCPT병행
	CS41	VC	-6.7	6.0	788,874.2	3,904,327.4	PCPT병행
	CS43	VC	-5.2	5.9	789,842.7	3,904,354.4	PCPT병행
	CS45	VC	-5.2	6.0	790,748.6	3,904,359.7	PCPT병행
	CS46	VC	-7.2	5.4	791,650.6	3,904,375.6	PCPT병행
	CS47	VC	-7.4	5.4	792,373.6	3,904,389.4	
	CS48	VC	-7.0	5.8	793,387.3	3,904,436.0	PCPT병행
	CS49	VC	-5.9	5.6	794,224.9	3,904,448.7	
	CS50	VC	-5.7	4.6	795,005.0	3,904,434.1	PCPT병행
	CS51	VC	-5.0	5.0	795,493.9	3,904,445.7	PCPT병행
	CS52	VC	-0.6	5.8	796,007.3	3,904,424.9	PCPT병행

주) BH : 보링조사, VC : 바이브로코어, PCPT : 피에조콘관입시험



(그림 4.4.2-1) 추가 지반조사 위치도

4) 조사결과

가) 발전구역

발전구역 조사결과, 해저면에서 가장 처음 출현하는 지층은 대부분의 조사지점에서 점토층으로 나타났으며, 층후는 지점간 차이는 있으나, 4.75~36.05m 범위로 평균 19.8m의 범위로 나타났다.

또한, 점토층이 출현하지 않는 일부 지점에서는 모두 모래질점토층이 출현하는 것으로 나타났으며, 3.9~11.7m 범위로 평균 6.7m 범위로 나타났다.

기반이 되는 암반층은 전체 34개 지점 중 18개 지점에서 출현하였으며, 출현 심도는 DL.(-)64~96m 범위로 나타났다.

전체 구간에 걸쳐 연약층이 폭넓게 분포하는 사업지구의 지반 특성상, 발전기 구조물 거치시 안정성이 확보될 수 있는 지층까지 기초구조물의 말뚝 매입 계획 수립이 필요한 것으로 검토되었다.

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (1/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
A01	퇴적층	0.0~-20.5	20.5	점토	
		-20.5~-21.3	0.8	모래	
		-21.3~-22.6	1.3	실트	
		-22.6~-25.65	3.05	모래	
		-25.65~-28.2	2.55	모래	
		-28.2~-29.5	1.3	점토 및 모래	
		-29.5~-45.45	15.95	점토	
		-45.45~-57.5	12.05	모래	
		-57.5~-58.95	1.45	점토	
		-58.95~-64.2	5.25	모래	
		-64.2~-81.8	17.6	모래	
	풍화토	-81.8~-84	2.2	점토	
		-84~-89	5	실트	
		-89~-90.4	1.4	모래	
	암층	-90.4~-95.1	4.7	경암	(100/70)
A02	퇴적층	0.0~-24.15	24.15	점토	
		-24.15~-26.4	2.25	모래	
		-26.4~-38.45	12.05	점토	
		-38.45~-42.2	3.75	모래 및 실트	
		-42.2~-44.03	1.83	모래	
A03	퇴적층	0.0~-23.6	23.6	점토	
		-23.6~-30.5	6.9	모래	
		-30.5~-34.35	3.85	점토	
		-34.35~-38.5	4.15	모래 및 점토	
		-38.5~-47.9	9.4	모래	
		-47.9~-57.65	9.75	점토	
		-57.65~-65.6	7.95	모래	
		-65.6~-77.8	12.2	모래	
		-77.8~-92.8	15	모래질 실트	
	암층	-92.8~-94.8	2	일반암	(70/54)

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (2/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
A04	퇴적층	0.0~-27.35	27.35	점토	
		-27.35~-34.1	6.75	모래	
		-34.1~-38.7	4.6	모래 및 점토	
		-38.7~-42.15	3.45	모래	
		-42.15~-55.3	13.15	모래	
		-55.3~-60.2	4.9	점토	
		-60.2~-77.5	17.3	모래	
		-77.5~-79.6	2.1	점토	
		-79.6~-83.2	3.6	모래	
	암층	-83.2~-87.4	4.2	경암	(100/50)
A05	퇴적층	0.0~-5.45	5.45	점토	
		-5.45~-8	2.55	실트 및 점토	
		-8~-31.95	23.95	점토	
		-31.95~-33.5	1.55	모래질 실트	
		-33.5~-34.55	1.05	실트	
		-34.55~-43	8.45	모래	
		-43~-49.1	6.1	모래	
		-49.1~-53.55	4.45	점토	
		-53.55~-59	5.45	모래	
		-59~-63.55	4.55	점토	
		-63.55~-77.2	13.65	모래	
	풍화토	-77.2~-85.9	8.7	모래질 실트	
	암층	-85.9~-88.1	2.2	일반암	(70/60)
A06	퇴적층	0.0~-29.65	29.65	점토	
		-29.65~-30.8	1.15	실트	
		-30.8~-31.65	0.85	점토	
		-31.65~-33.57	1.92	모래	
A07	퇴적층	0.0~-5.5	5.5	모래질 점토	
		-5.5~-9.45	3.95	모래질 실트	
		-9.45~-17.7	8.25	점토	
		-17.7~-29.8	12.1	모래	
		-29.8~-34	4.2	점토	
		-34~-35	1	모래질 실트	
		-35~-38.1	3.1	모래	
		-38.1~-40.4	2.3	점토	
		-40.4~-45.7	5.3	모래	
		-45.7~-53.45	7.75	모래	
		-53.45~-57.15	3.7	모래 및 점토	
		-57.15~-59.85	2.7	점토	
		-59.85~-61.65	1.8	실트질 모래	
		-61.65~-63.4	1.75	점토	
A08	퇴적층	0.0~-4.75	4.75	점토	
		-4.75~-5.8	1.05	모래	
		-5.8~-16.3	10.5	점토	
		-16.3~-19.2	2.9	모래	
		-19.2~-27.4	8.2	점토	
		-27.4~-28.15	0.75	모래	
		-28.15~-30.6	2.45	모래질 실트	
		-30.6~-32.65	2.05	점토	
		-32.65~-44.05	11.4	실트질 모래	
		-44.05~-51.1	7.05	모래	
		-51.1~-53.4	2.3	점토	
		-53.4~-58	4.6	모래	
		-58~-60	2	모래질 실트	

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (3/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
A08	퇴적층	-60~-62	2	모래	
		-62~-63.45	1.45	점토	
		-63.45~-68.75	5.3	실트질 모래	
		-68.75~-72.15	3.4	모래	
		-72.15~-74.73	2.58	실트	
A09	퇴적층	0.0~-16.6	16.6	점토	
		-16.6~-21.75	5.15	실트질 모래 및 점토	
		-21.75~-40.2	18.45	점토	
		-40.2~-47.8	7.6	모래질 실트 및 점토	
		-47.8~-50.3	2.5	점토	
		-50.3~-57	6.7	실트질 모래	
		-57~-60.6	3.6	모래	
		-60.6~-65.3	4.7	점토	
		-65.3~-73.2	7.9	모래	
		-73.2~-85.5	12.3	모래질 실트	
		-85.5~-87.16	1.66	모래	
A10	퇴적층	0.0~-5.15	5.15	점토	
		-5.15~-6.2	1.05	모래	
		-6.2~-7.95	1.75	점토	
		-7.95~-12.1	4.15	실트 및 점토	
		-12.1~-14.55	2.45	실트질 모래	
		-14.55~-17.65	3.1	점토	
		-17.65~-18.65	1	실트질 모래	
		-18.65~-24.5	5.85	점토	
		-24.5~-25.3	0.8	모래	
		-25.3~-31.9	6.6	점토	
		-31.9~-33.25	1.35	모래질 실트	
		-33.25~-43.35	10.1	실트질 모래 및 모래질 실트	
		-43.35~-50.2	6.85	모래	
		-50.2~-52.6	2.4	점토	
		-52.6~-60.1	7.5	모래	
		-60.1~-71.65	11.55	모래	
		-71.65~-77.5	5.85	모래질 실트	
	풍화토	-77.5~-79	1.5	실트	
	암층	-79~-83.5	4.5	경암	(100/70)
A11	퇴적층	0.0~-4.8	4.8	점토	
		-4.8~-8.55	3.75	실트 및 점토	
		-8.55~-11	2.45	모래	
		-11~-13	2	실트질 모래	
		-13~-14.75	1.75	모래질 실트	
		-14.75~-19.2	4.45	실트질 모래	
		-19.2~-25.15	5.95	모래 및 점토	
		-25.15~-30	4.85	점토	
		-30~-32	2	모래	
		-32~-34.55	2.55	점토	
		-34.55~-36.5	1.95	모래 및 점토	
		-36.5~-38.4	1.9	모래	
		-38.4~-41.85	3.45	점토	
		-41.85~-70.55	28.7	모래	
		-70.55~-81.2	10.65	모래질 실트	
	풍화토	-81.2~-84.3	3.1	모래	
	암층	-84.3~-88.5	4.2	풍화암	(100/0)
A12	퇴적층	0.0~-8.4	8.4	점토	
		-8.4~-10.65	2.25	모래	

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (4/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
A12	퇴적층	-10.65~-12.8	2.15	모래질 실트	
		-12.8~-20.35	7.55	점토	
		-20.35~-21.45	1.1	실트질 모래	
		-21.45~-24.5	3.05	점토	
		-24.5~-26	1.5	모래	
		-26~-43.05	17.05	점토	
		-43.05~-46.9	3.85	실트질 모래	
		-46.9~-58.75	11.85	모래	
		-58.75~-60.3	1.55	점토	
		-60.3~-62.1	1.8	실트질 모래	
		-62.1~-65.1	3	점토	
		-65.1~-74.8	9.7	모래	
	풍화토	-74.8~-90.3	15.5	모래질 실트	
		-90.3~-92.5	2.2	모래	
		-92.5~-96	3.5	실트	
	암층	-96~-100.1	4.1	경암	(100/60)
B01	퇴적층	0.0~-24.9	24.9	점토	
		-24.9~-29.75	4.85	모래 및 모래질 실트	
		-29.75~-44	14.25	점토	
		-44~-50.7	6.7	모래	
		-50.7~-57.95	7.25	모래 및 실트질 점토	
		-57.95~-61.8	3.85	점토	
		-61.8~-77.35	15.55	모래	
		-77.35~-83.8	6.45	모래질 점토	
		-83.8~-90	6.2	모래질 실트	
B02	퇴적층	0.0~-13.55	13.55	점토	
		-13.55~-15.2	1.65	모래	
		-15.2~-16.95	1.75	점토	
		-16.95~-19.2	2.25	모래	
		-19.2~-25	5.8	점토	
		-25~-31	6	실트질 모래 및 점토	
		-31~-32.95	1.95	점토	
		-32.95~-34.95	2	실트질 모래 및 점토	
		-34.95~-51.25	16.3	모래	
		-51.25~-58.4	7.15	모래질 실트	
		-58.4~-73.95	15.55	모래	
		-73.95~-76.8	2.85	모래질 실트	
	암층	-76.8~-81.5	4.7	경암	(100/70)
B03	퇴적층	0.0~-4.75	4.75	모래질 점토	
		-4.75~-10.3	5.55	점토	
		-10.3~-18.5	8.2	모래	
		-18.5~-20.8	2.3	모래질 실트	
		-20.8~-23.9	3.1	실트 및 모래	
		-23.9~-25.5	1.6	모래질 점토	
		-25.5~-26.4	0.9	모래	
		-26.4~-30.5	4.1	점토	
		-30.5~-32.5	2	모래 및 모래질 실트	
		-32.5~-36.3	3.8	모래	
		-36.3~-39	2.7	모래질 실트	
		-39~-43.5	4.5	점토	
		-43.5~-50	6.5	모래	
		-50~-54	4	점토	
		-54~-65.6	11.6	모래	
	풍화토	-65.6~-67.8	2.2	실트	
	암층	-67.8~-69.3	1.5	풍화암	(65/0)

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (5/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
B04	퇴적층	0.0~-5.45	5.45	점토	
		-5.45~-8.35	2.9	실트	
		-8.35~-10.4	2.05	모래 및 실트	
		-10.4~-13.4	3	실트	
		-13.4~-15.85	2.45	모래 및 실트	
		-15.85~-18.15	2.3	실트	
		-18.15~-31	12.85	점토	
		-31~-35.7	4.7	모래	
		-35.7~-38	2.3	점토	
		-38~-39.6	1.6	실트질 모래	
		-39.6~-42.55	2.95	모래 및 점토	
		-42.55~-45.25	2.7	모래	
		-45.25~-49.2	3.95	실트 및 점토	
		-49.2~-56.5	7.3	모래	
		-56.5~-63.1	6.6	점토	
	풍화토	-63.1~-71.15	8.05	모래질 실트	
		-71.15~-79.5	8.35	실트질 모래	
	암층	-79.5~-83	3.5	일반암	(67/67)
C01	퇴적층	0.0~-11.7	11.7	모래질 점토	
		-11.7~-17	5.3	모래	
		-17~-20.8	3.8	점토	
		-20.8~-23.6	2.8	모래	
		-23.6~-25.3	1.7	점토	
		-25.3~-29.75	4.45	모래 및 점토	
		-29.75~-32.5	2.75	모래	
		-32.5~-37	4.5	점토	
		-37~-39	2	모래질 실트	
		-39~-44.7	5.7	실트 및 점토	
		-44.7~-47.3	2.6	모래	
		-47.3~-51.3	4	실트 및 모래	
		-51.3~-63.4	12.1	모래	
		-63.4~-66.8	3.4	모래질 실트	
		-66.8~-78.9	12.1	모래	
	풍화토	-78.9~-82.5	3.6	모래	
	암층	-82.5~-85.8	3.3	풍화암	(100/0)
C02	퇴적층	0.0~-16.7	16.7	점토	
		-16.7~-20.3	3.6	실트	
		-20.3~-22.2	1.9	모래	
		-22.2~-23.55	1.35	점토 및 실트	
		-23.55~-27.45	3.9	모래	
		-27.45~-28.8	1.35	모래질 실트	
		-28.8~-32.1	3.3	점토	
		-32.1~-33.3	1.2	실트질 모래	
		-33.3~-34.5	1.2	모래	
		-34.5~-44.3	9.8	점토	
		-44.3~-45.72	1.42	모래	
C04	퇴적층	0.0~-35.6	35.6	점토	
		-35.6~-44.75	9.15	실트 및 점토	
		-44.75~-45.82	1.07	모래	
C05	퇴적층	0.0~-32.45	32.45	점토	
		-32.45~-38.5	6.05	실트 및 점토	
		-38.5~-45.05	6.55	점토	
		-45.05~-47.75	2.7	실트질 모래	
		-47.75~-58.4	10.65	모래	

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (6/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
C05	퇴적층	-58.4~-63.5	5.1	모래질 실트	
		-63.5~-72.5	9	모래	
	풍화토	-72.5~-74	1.5	모래질 실트	
	암층	-74~-83.2	9.2	경암	(100/100)
C06	퇴적층	0.0~-18.95	18.95	점토	
		-18.95~-19.95	1	모래	
		-19.95~-24.8	4.85	점토	
		-24.8~-26.6	1.8	점토 및 모래	
		-26.6~-34.1	7.5	점토	
		-34.1~-37.75	3.65	모래	
		-37.75~-46.45	8.7	점토	
		-46.45~-48.72	2.27	모래	
C07	퇴적층	0.0~-14.35	14.35	점토	
		-14.35~-16	1.65	점토 및 모래	
		-16~-22	6	점토	
		-22~-23.15	1.15	모래질 실트	
		-23.15~-26.6	3.45	모래 및 점토	
		-26.6~-33.25	6.65	점토	
		-33.25~-38.85	5.6	모래	
		-38.85~-45.5	6.65	점토	
		-45.5~-48.82	3.32	모래	
C08	퇴적층	0.0~-17.75	17.75	점토	
		-17.75~-20.5	2.75	점토 및 모래	
		-20.5~-23.4	2.9	점토	
		-23.4~-25.75	2.35	모래 및 점토	
		-25.75~-52.66	26.91	점토	
C09	퇴적층	0.0~-3.95	3.95	모래질 점토	
		-3.95~-14.85	10.9	점토	
		-14.85~-17.1	2.25	모래 및 점토	
		-17.1~-19.65	2.55	점토	
		-19.65~-21.2	1.55	모래 및 점토	
		-21.2~-31.1	9.9	점토	
		-31.1~-34.2	3.1	모래질 실트 및 모래질 점토	
		-34.2~-37.75	3.55	실트질 모래 및 모래질 실트	
		-37.75~-42.3	4.55	모래	
		-42.3~-46.05	3.75	모래	
		-46.05~-48.8	2.75	실트질 모래	
		-48.8~-52.3	3.5	모래	
		-52.3~-54.9	2.6	모래질 실트	
		-54.9~-61.05	6.15	모래	
		-61.05~-62.45	1.4	점토	
	풍화토	-62.45~-64	1.55	실트	
	암층	-64~-67	3	일반암	(82/44)
C10	퇴적층	0.0~-35.65	35.65	점토	
		-35.65~-38.7	3.05	모래	
		-38.7~-43.45	4.75	실트질 모래	
		-43.45~-45.15	1.7	점토 및 실트질 모래	
		-45.15~-57.25	12.1	모래	
		-57.25~-62.25	5	모래질 실트	
		-62.25~-65.7	3.45	실트	
	암층	-65.7~-68	2.3	경암	(100/92)
		-68~-71	3	경암	(100/97)
C11	퇴적층	0.0~-10.05	10.05	점토	
		-10.05~-10.8	0.75	모래	

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (7/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
C11	퇴적층	-10.8~-14	3.2	점토	
		-14~-15.2	1.2	모래질 실트	
		-15.2~-30.2	15	점토	
		-30.2~-49.15	18.95	점토 및 실트	
		-49.15~-54.8	5.65	모래	
D01	퇴적층	0.0~-30.2	30.2	점토	
		-30.2~-35.65	5.45	모래 및 점토	
		-35.65~-48	12.35	모래	
		-48~-50.35	2.35	모래질 실트 및 점토	
		-50.35~-52.5	2.15	모래	
		-52.5~-54.25	1.75	점토 및 모래	
		-54.25~-74	19.75	모래	
		-74~-81.3	7.3	모래질 실트	
	암층	-81.3~-96	14.7	일반암	(70/40)
D02	퇴적층	0.0~-36.05	36.05	점토	
		-36.05~-38.7	2.65	모래질 실트	
		-38.7~-39.4	0.7	모래	
		-39.4~-47.95	8.55	점토	
		-47.95~-48.9	0.95	실트	
		-48.9~-49.81	0.91	점토	
D03	퇴적층	0.0~-30.2	30.2	점토	
		-30.2~-32.25	2.05	모래	
		-32.25~-36.6	4.35	실트질 모래 및 점토	
		-36.6~-38.75	2.15	모래	
		-38.75~-41.3	2.55	실트질 모래 및 모래질 실트	
		-41.3~-45.4	4.1	점토	
		-45.4~-46.95	1.55	모래질 실트	
		-46.95~-50.3	3.35	모래	
		-50.3~-54.75	4.45	점토	
		-54.75~-60.75	6	모래질 실트 및 점토	
		-60.75~-64	3.25	점토	
		-64~-69.6	5.6	모래	
		-69.6~-75.85	6.25	실트	
	풍화토	-75.85~-77.5	1.65	모래질 실트	
		-77.5~-85	7.5	모래	
	암층	-85~-88	3	경암	(90/80)
D04	퇴적층	0.0~-28.05	28.05	점토	
		-28.05~-35.75	7.7	모래 및 모래질 실트	
		-35.75~-40.6	4.85	모래	

<표 4.4.2-2> 발전구역 지반조사 결과 (8/8)

공 번	지 층	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	비고 (TCR/RQD)
D04	퇴적층	-40.6~-45	4.4	점토 및 모래	
		-45~-51.6	6.6	모래	
		-51.6~-59.35	7.75	점토	
		-59.35~-60.6	1.25	모래	
		-60.6~-61.85	1.25	점토	
		-61.85~-64	2.15	모래	
	풍화토	-64~-66.3	2.3	모래질 실트	
		-66.3~-73.8	7.5	모래질 점토	
		-73.8~-89.7	15.9	모래질 실트	
	암층	-89.7~-92.2	2.5	풍화암	(72/0)
D05	퇴적층	0.0~-24	24	점토	
		-24~-25.4	1.4	실트 및 점토	
		-25.4~-37	11.6	점토	
		-37~-41.97	4.97	모래	
D06	퇴적층	0.0~-19.4	19.4	점토	
		-19.4~-20.55	1.15	실트	
		-20.55~-30.95	10.4	점토	
		-30.95~-32.7	1.75	모래질 실트	
		-32.7~-35	2.3	모래	
		-35~-40	5	실트	
		-40~-45.5	5.5	모래질 실트	
		-45.5~-53.03	7.53	모래	
D07	퇴적층	0.0~-10.9	10.9	점토	
		-10.9~-12.6	1.7	모래 및 점토	
		-12.6~-15.95	3.35	점토	
		-15.95~-18.35	2.4	모래	
		-18.35~-34	15.65	점토	
		-34~-38.67	4.67	모래	
D08	퇴적층	0.0~-12.4	12.4	점토	
		-12.4~-13.9	1.5	모래질 실트	
		-13.9~-28.85	14.95	점토	
		-28.85~-30.5	1.65	실트	
		-30.5~-33.05	2.55	모래	
		-33.05~-39.45	6.4	점토 및 모래질 실트	
		-39.45~-43.25	3.8	점토	
		-43.25~-47	3.75	점토 및 모래	
		-47~-49.3	2.3	모래	
		-49.3~-51.2	1.9	모래질 실트	
		-51.2~-71.3	20.1	모래	
		-71.3~-80.2	8.9	실트	
	암층	-80.2~-84.2	4	경암	(100/50)

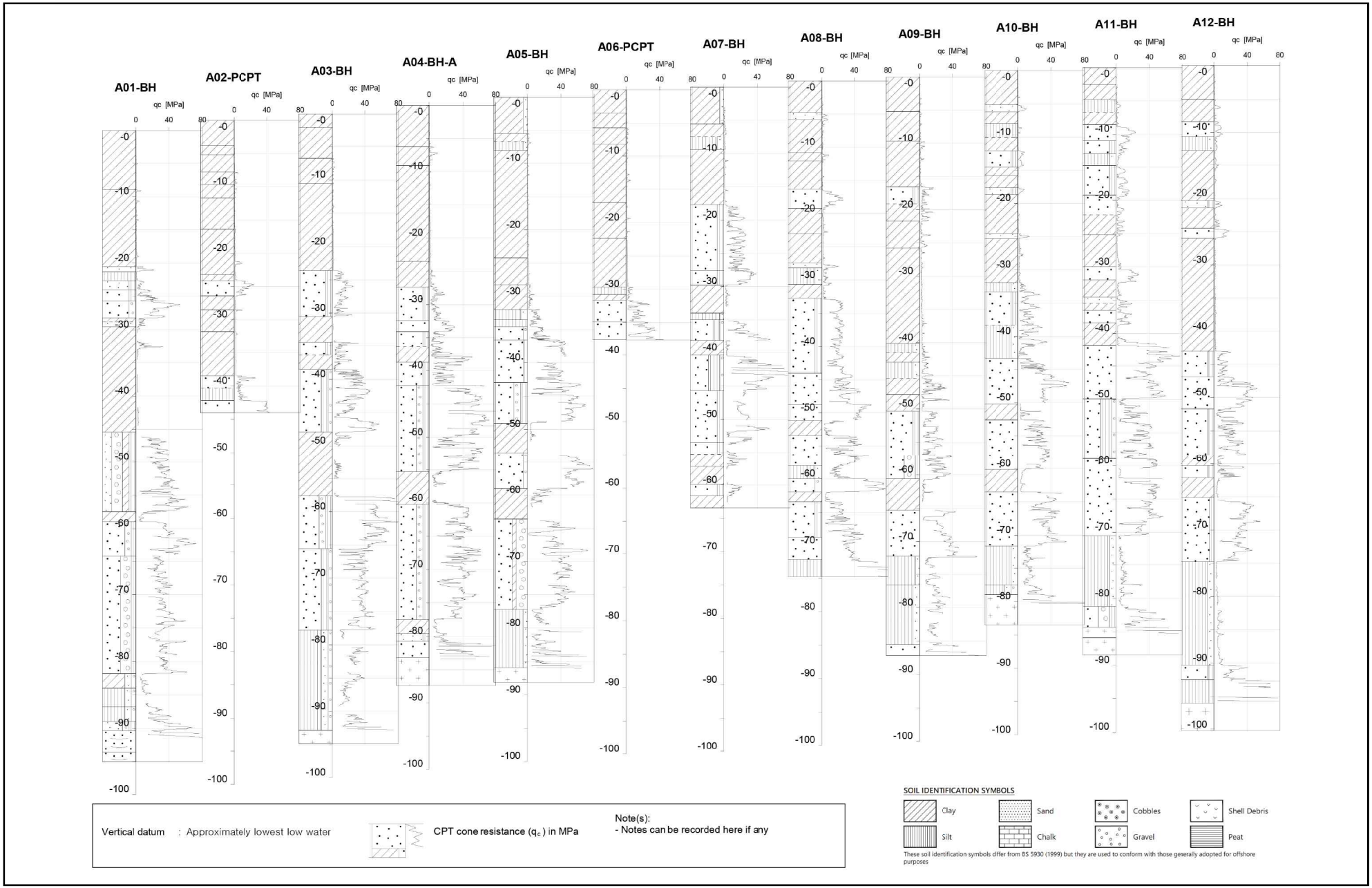
나) 해저송전선로(외부망)

해저송전선로 구간은 해저케이블 포설 깊이인 2.5~3.5m 범위를 고려하여 최대 6m 깊이까지 지반조사를 실시하였다.

조사결과, 지층분포는 최소 4.6~6.0m 범위로 조사되었으며, 지층별 성상은 대부분 점토 및 실트 층으로 나타났으며, 일부 구간에서는 모래 및 실트질 모래가 분포하는 것으로 조사되었다.

<표 4.4.2-3> 해저송전선로 지반조사 결과

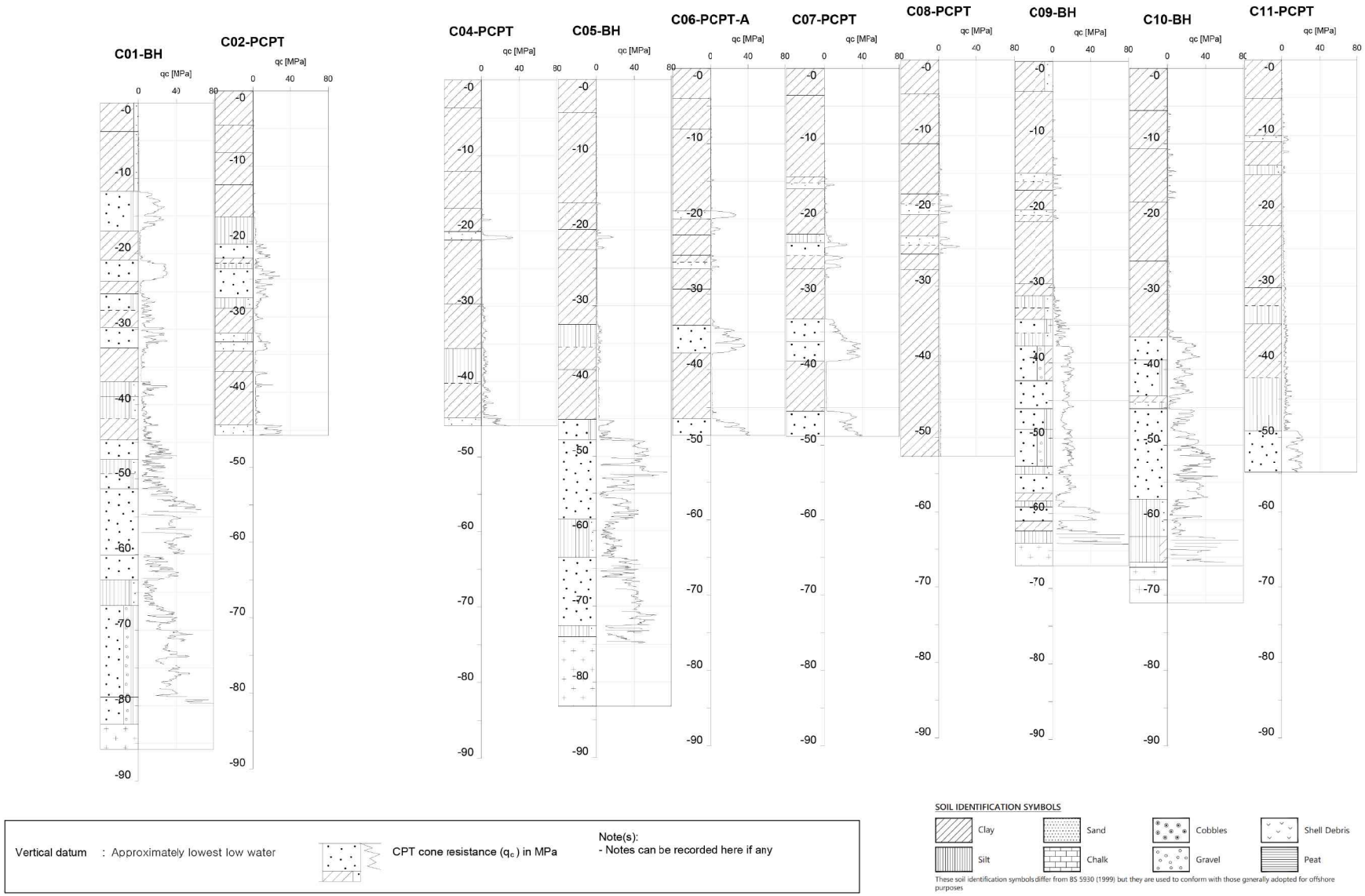
공 번	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성	공 번	심도 (DL.m)	두께 (m)	지층구성
CS01	0.0~-6	6	점토	CS29	0.0~-6	6	모래
CS02	0.0~-4.8	4.8	실트질 모래	CS33	0.0~-2.4	2.4	점토
CS03	0.0~-4.7	4.7	실트질 모래		-2.4~-4	1.6	실트질 모래
CS05	0.0~-2	2	점토		-4~-5.2	1.2	실트
	-2~-6	4	실트질 모래	CS35	0.0~-2.3	2.3	실트
CS06	0.0~-1.65	1.65	점토		-2.3~-6	3.7	모래
	-1.65~-5	3.35	실트질 모래	CS37	0.0~-2	2	모래
CS07	0.0~-5	5	점토		-2~-3	1	점토
	-5~-6	1	실트		-3~-6	3	실트
CS09	0.0~-2	2	점토	CS39	0.0~-2	2	실트질 모래
	-2~-6	4	실트		-2~-6	4	실트
CS11	0.0~-2	2	점토	CS41	0.0~-2	2	모래
	-2~-5.3	3.3	실트		-2~-6	4	점토
	-5.3~-6	0.7	점토	CS43	0.0~-5.85	5.85	점토
CS13	0.0~-1.5	1.5	점토	CS45	0.0~-4.75	4.75	점토
	-1.5~-5.7	4.2	실트		-4.75~-6	1.25	실트
CS15	0.0~-1.2	1.2	점토	CS46	0.0~-2.4	2.4	실트
	-1.2~-3	1.8	실트		-2.4~-5.4	3	점토
	3~ 5.6	2.6	점토	CS47	0.0~ 4	4	점토
CS16	0.0~-4.8	4.8	실트		-4~-5.4	1.4	실트질 모래
	-4.8~-6	1.2	점토	CS48	0.0~-5.8	5.8	점토
CS18	0.0~-6	6	모래	CS49	0.0~-5.6	5.6	점토
CS19	0.0~-6	6	모래	CS50	0.0~-4.5	4.5	점토
CS20	0.0~-6	6	모래	CS51	0.0~-5	5	점토
CS22	0.0~-5.7	5.7	모래	CS52	0.0~-2.3	2.3	실트질 모래
CS25	0.0~-4.8	4.8	모래		-2.3~-5.8	3.5	점토
CS27	0.0~-4.8	4.8	모래	-			



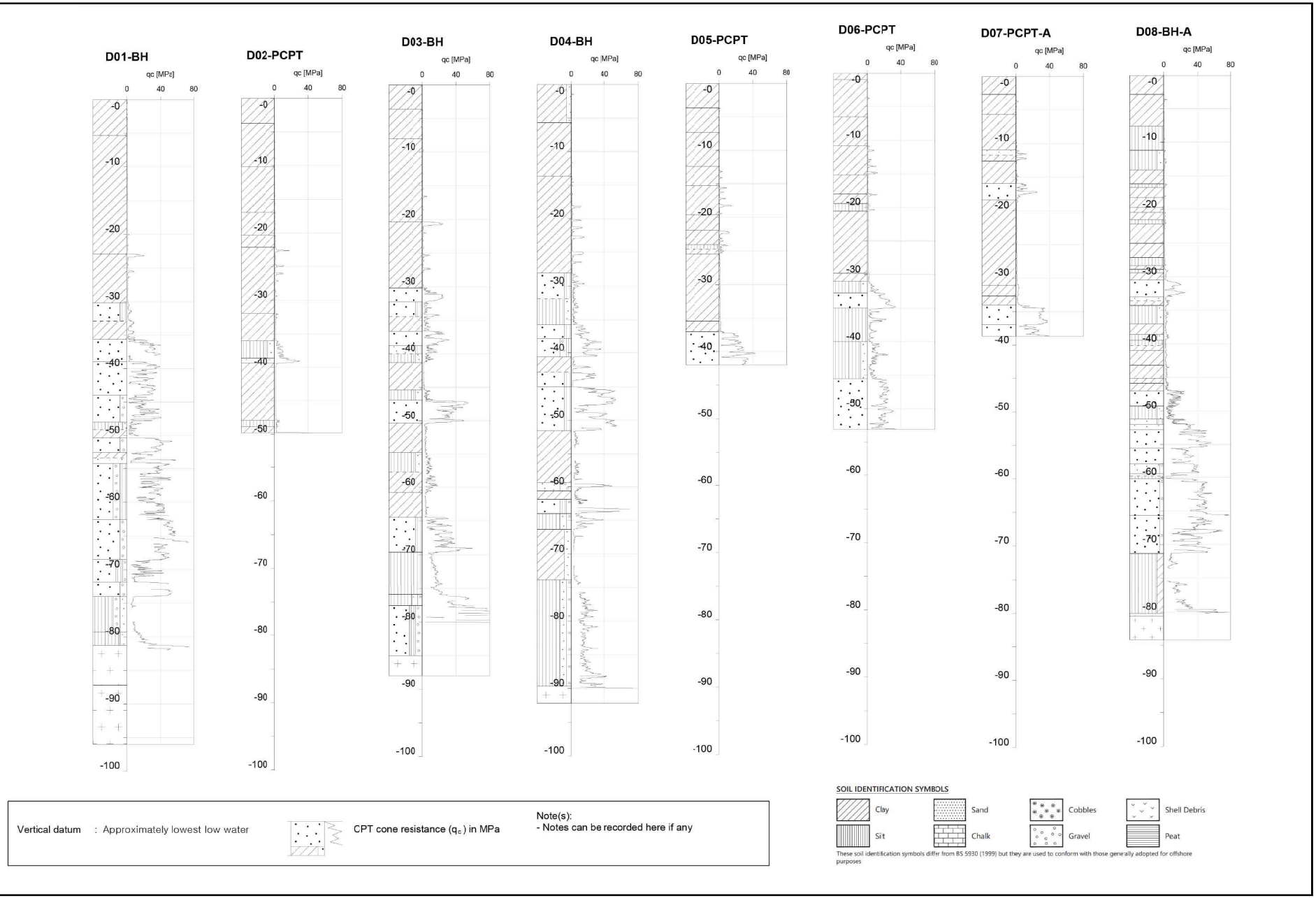
(그림 4.4.2-2) 발전구역 지층단면도 (1/4)



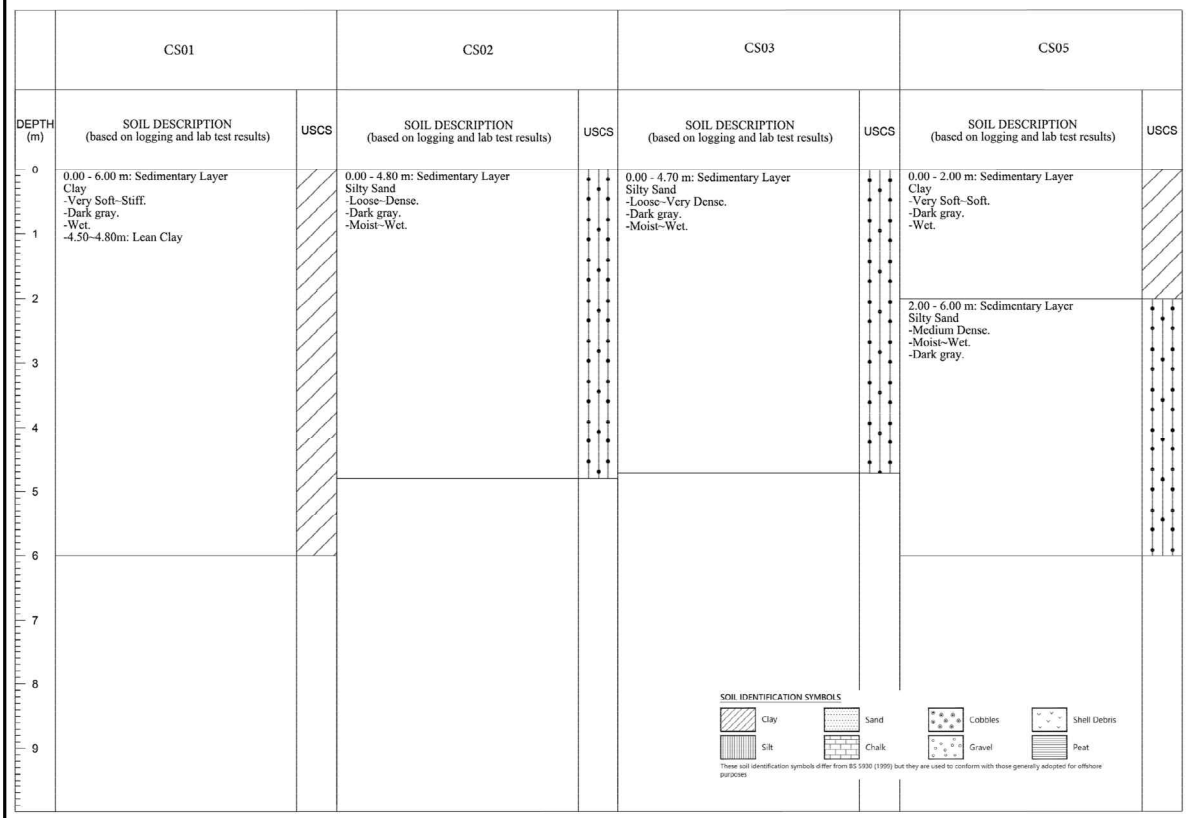
(그림 4.4.2-2) 발전구역 지층단면도 (2/4)

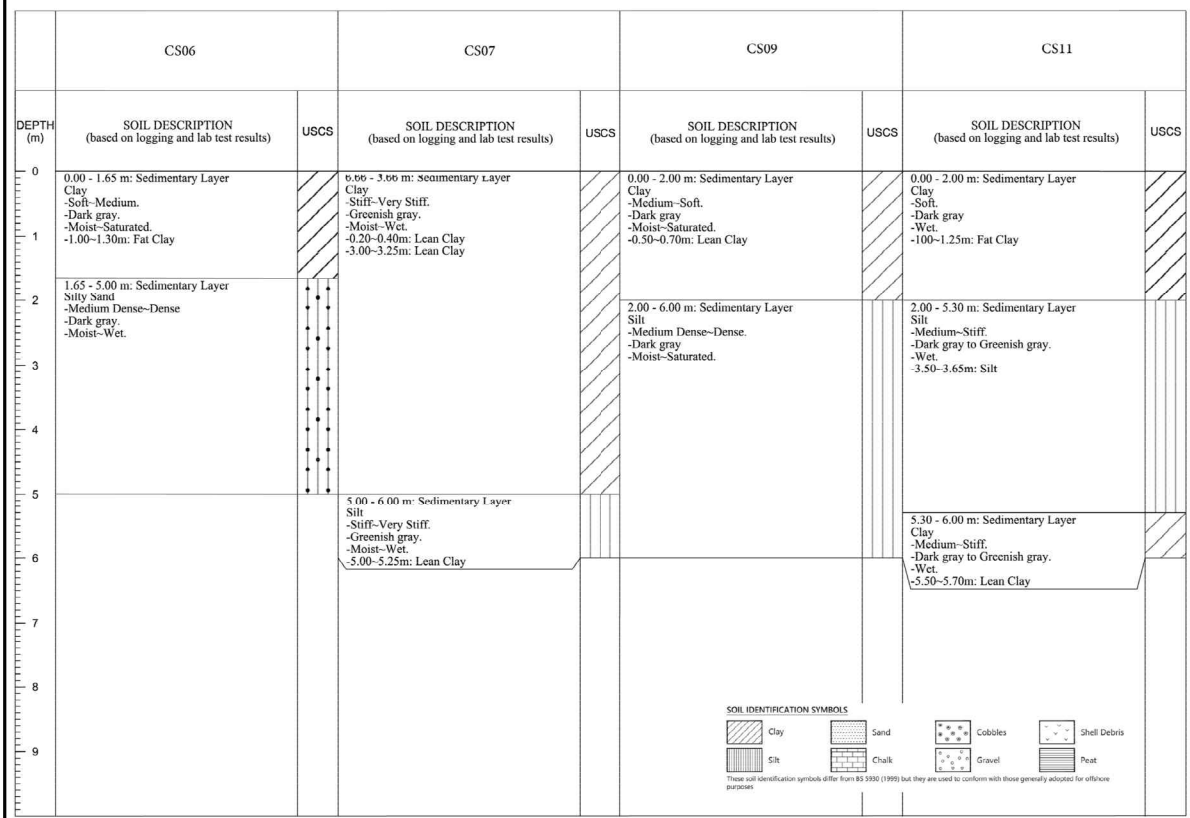


(그림 4.4.2-2) 발전구역 지층단면도 (3/4)

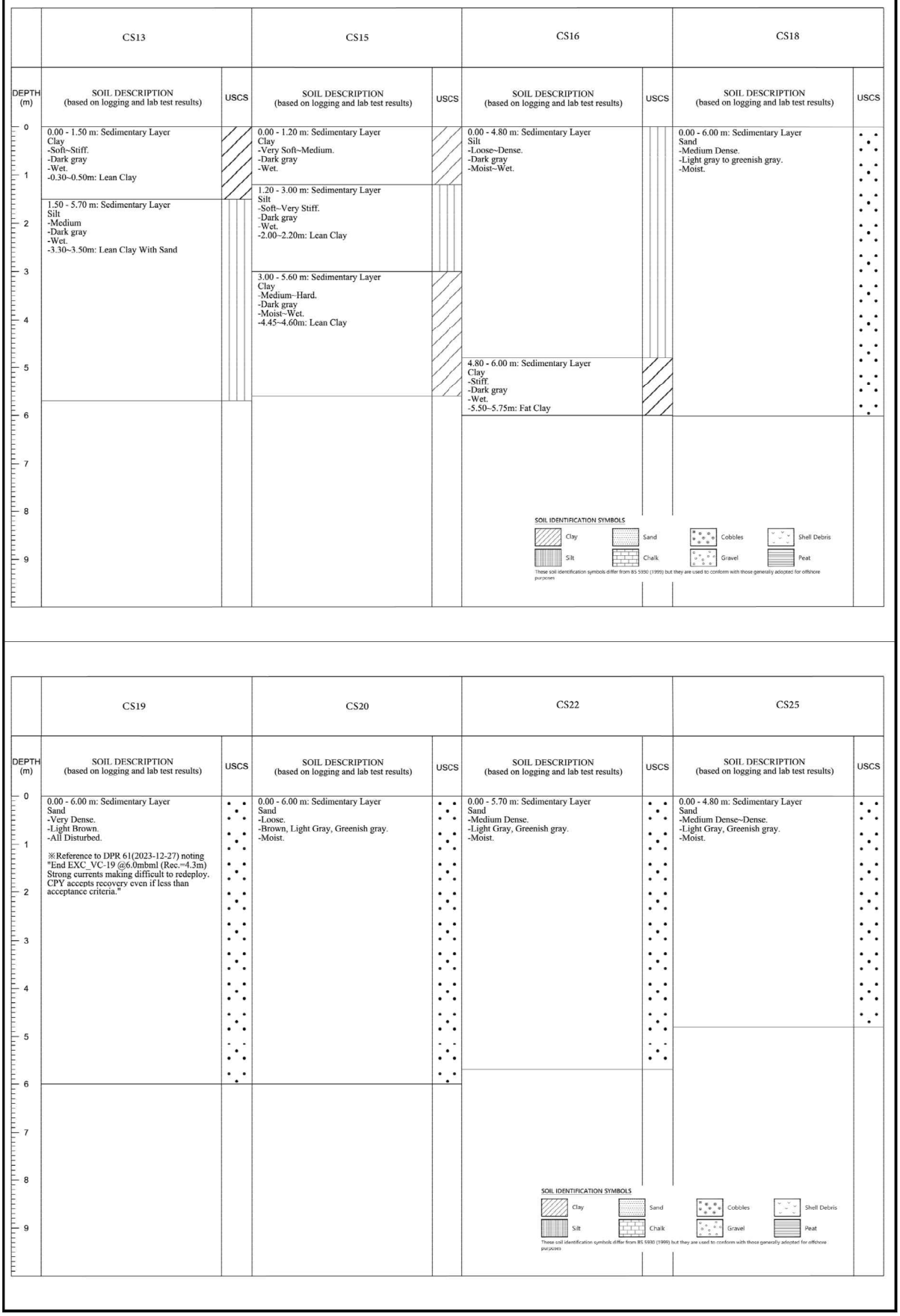


(그림 4.4.2-2) 발전구역 지층단면도 (4/4)

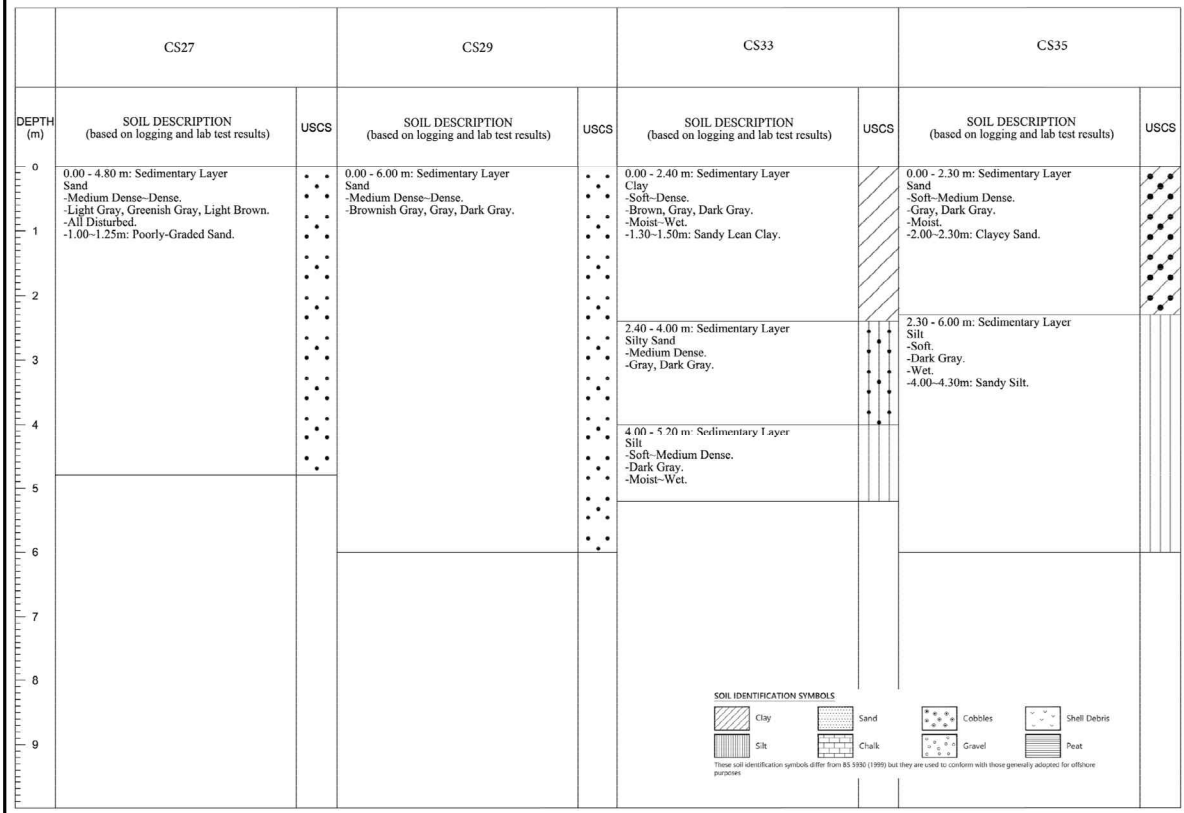


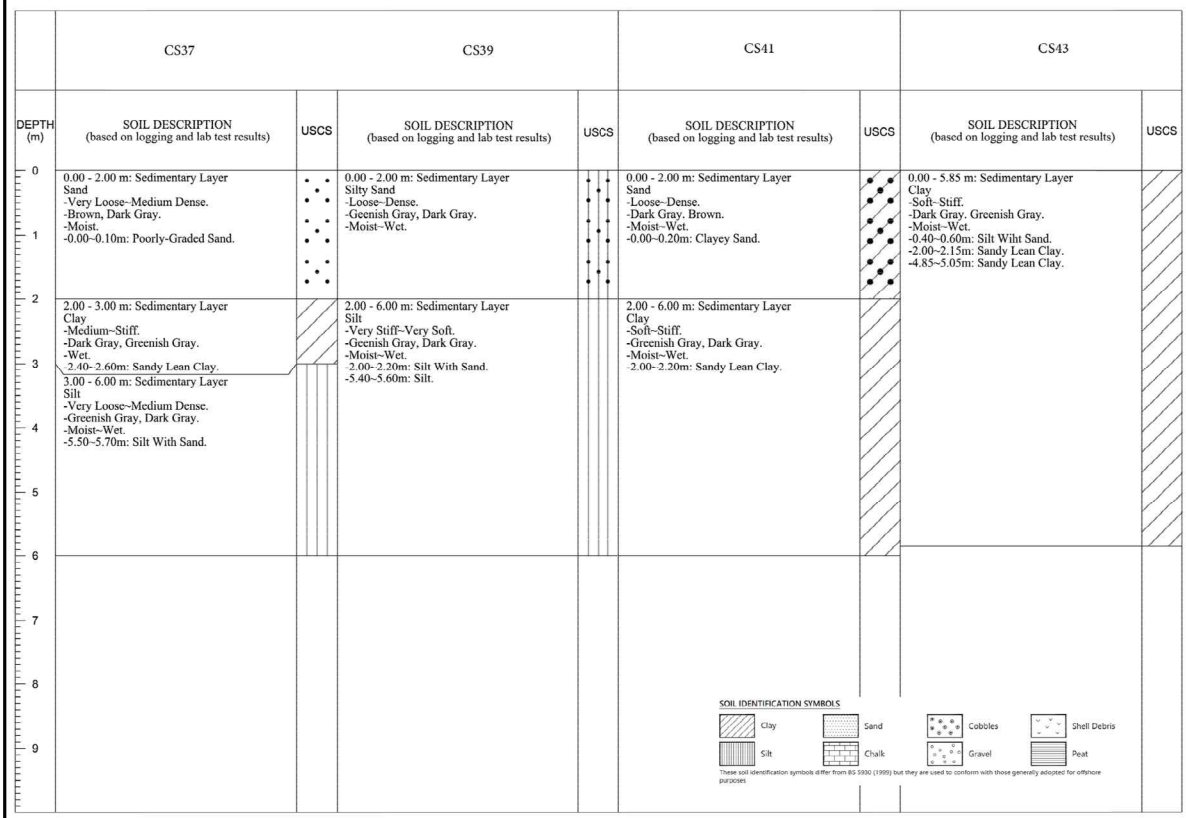


(그림 4.4.2-3) 해저송전선로 지층단면도 (1/4)

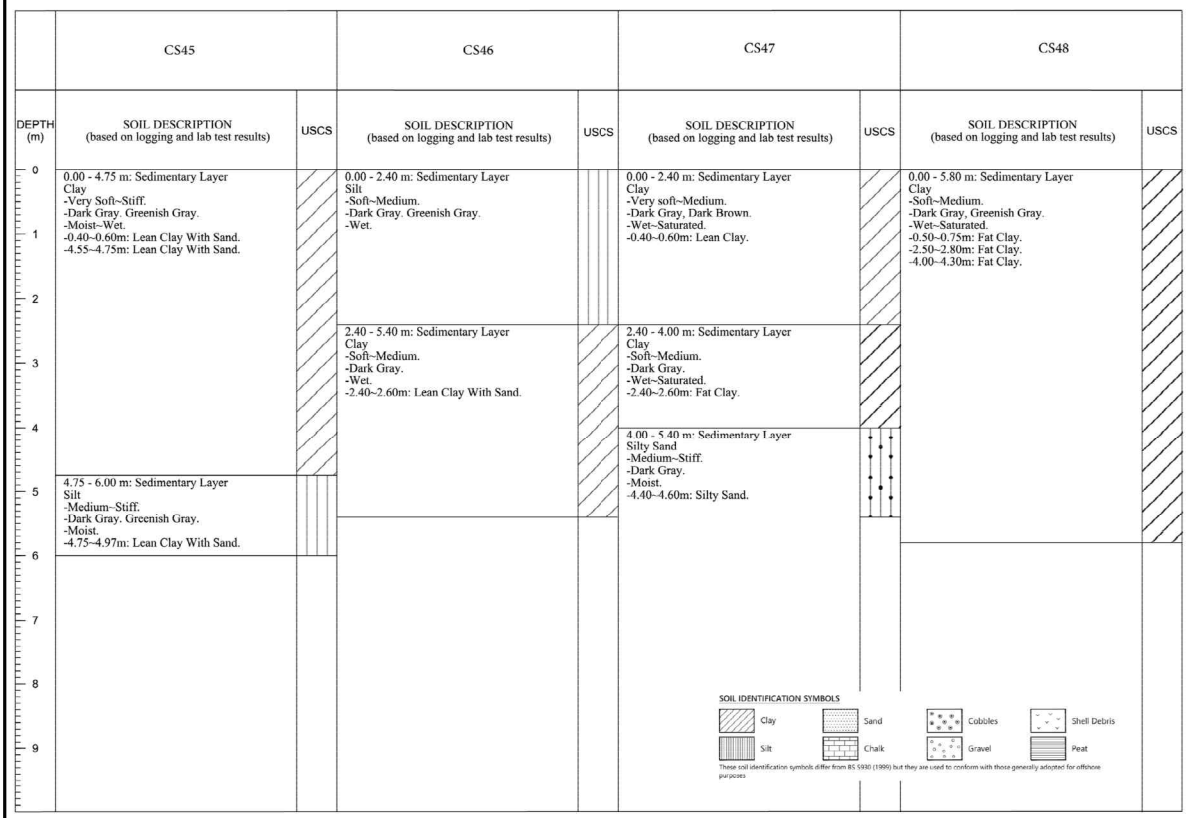


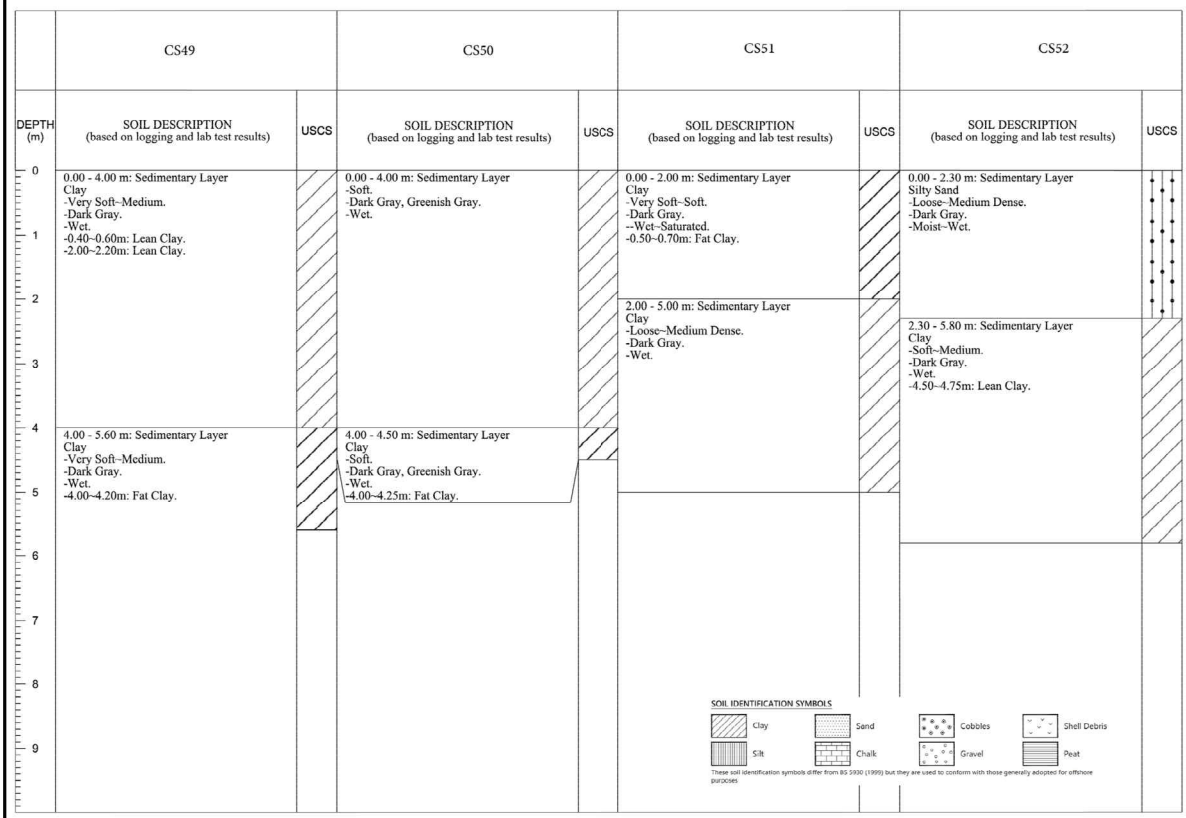
(그림 4.4.2-3) 해저송전선로 지층단면도 (2/4)





(그림 4.4.2-3) 해저송전선로 지층단면도 (3/4)





(그림 4.4.2-3) 해저송전선로 지층단면도 (4/4)

나. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경에 따른 영향에 대해 검토하여 제시하였다.

1) 예측항목

◦ 지형변화

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 사업계획서 및 유사사례 참조

4) 예측결과

가) 지형변화

금회 발전기 게소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경 될 예정이다.

(1) 자켓구조 핀 파일 매설시 영향

공사시 매설되는 핀 파일은 원통형 관형재로 이루어져 직경 3.5~4.0m으로 매설시 토사유출은 미미할 것으로 예상되며, 일부 유출된 토사는 해류를 따라 주변으로 확산되어 지형의 변화에 미치는 영향은 없을 것으로 판단된다.

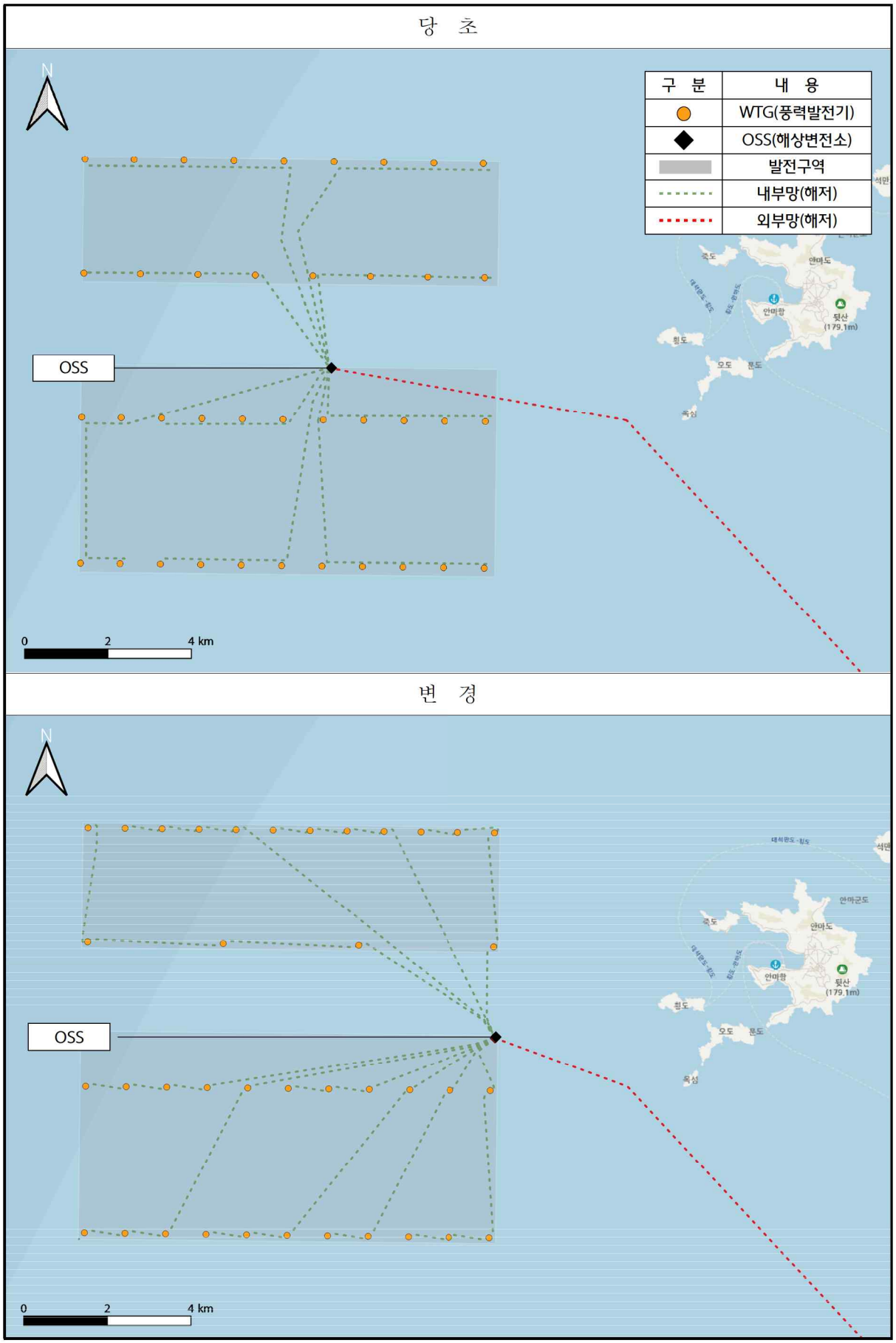
사업 시행후에는 해상풍력발전기 및 해상변전소 기초 구조물 주변으로 국부세굴 현상이 발생할 것으로 예상되나, 최대 1.91m로 나타나 영향은 미미한 것으로 판단된다. 또한, 사업시행으로 인한 연간 퇴적물이동 변화 또한 연간 0.2cm 수준의 퇴적 증가 경향을 나타내어, 사업시행으로 인한 해저 지형 변화는 거의 없을 것으로 판단된다(세부 실험결과는 「4.3.1 해양물리」 편 참조).

<표 4.4.2-4> 발전기별 좌표 (당초)

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 5.38" E	35° 22'24.18" N	21. C04	125° 52' 0.23" E	35° 19' 2.63" N
2. A02	125° 50'52.92" E	35° 22'24.19" N	22. C05	125° 52'38.63" E	35° 19' 2.65" N
3. A03	125° 51'40.42" E	35° 22'24.17" N	23. C06	125° 53'17.03" E	35° 19' 2.68" N
4. A04	125° 52'27.95" E	35° 22'24.18" N	24. C07	125° 53'55.39" E	35° 19' 2.70" N
5. A05	125° 53'15.45" E	35° 22'24.18" N	25. C08	125° 54'33.79" E	35° 19' 2.72" N
6. A06	125° 54' 2.99" E	35° 22'24.18" N	26. C09	125° 55'12.15" E	35° 19' 2.73" N
7. A07	125° 54'50.49" E	35° 22'24.17" N	27. C10	125° 55'50.55" E	35° 19' 2.75" N
8. A08	125° 55'38.03" E	35° 22'24.15" N	28. C11	125° 56'28.91" E	35° 19' 2.79" N
9. A09	125° 56'25.53" E	35° 22'24.14" N	29. D01	125° 50' 5.56" E	35° 17' 8.65" N
10. B01	125° 50' 5.55" E	35° 20'55.23" N	30. D02	125° 50'43.94" E	35° 17' 8.59" N
11. B02	125° 51' 0.17" E	35° 20'55.21" N	31. D03	125° 51'22.33" E	35° 17' 8.56" N
12. B03	125° 51'54.82" E	35° 20'55.22" N	32. D04	125° 52' 0.67" E	35° 17' 8.53" N
13. B04	125° 52'49.43" E	35° 20'55.22" N	33. D05	125° 52'39.05" E	35° 17' 8.49" N
14. B05	125° 53'44.05" E	35° 20'55.21" N	34. D06	125° 53'17.40" E	35° 17' 8.46" N
15. B06	125° 54'38.70" E	35° 20'55.19" N	35. D07	125° 53'55.78" E	35° 17' 8.41" N
16. B07	125° 55'33.31" E	35° 20'55.20" N	36. D08	125° 54'34.17" E	35° 17' 8.40" N
17. B08	125° 56'27.96" E	35° 20'55.21" N	37. D09	125° 55'12.51" E	35° 17' 8.35" N
18. C01	125° 50' 5.10" E	35° 19' 2.58" N	38. D10	125° 55'50.90" E	35° 17' 8.33" N
19. C02	125° 50'43.46" E	35° 19' 2.59" N	39. D11	125° 56'29.24" E	35° 17' 8.27" N
20. C03	125° 51'21.86" E	35° 19' 2.63" N			

<표 4.4.2-5> 발전기별 좌표 (변경)

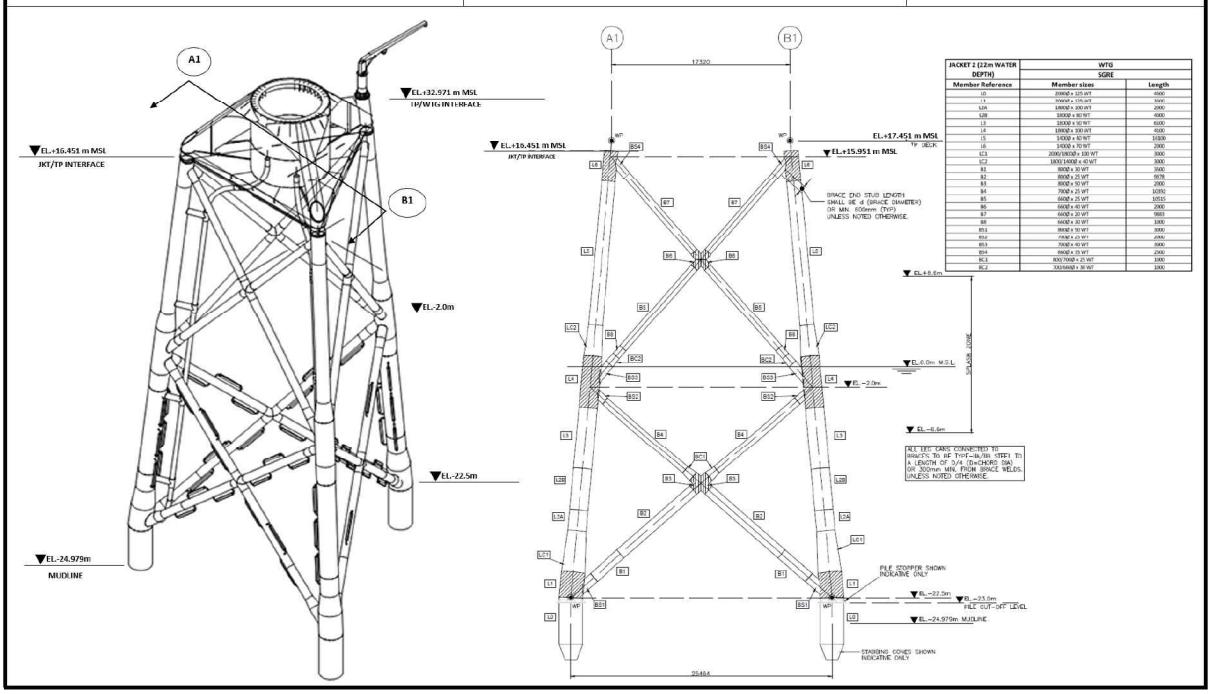
1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N



(그림 4.4.2-4) WTG 및 OSS 배치계획 비교

〈표 4.4.2-6〉 기초 구조물 제원 (당초)

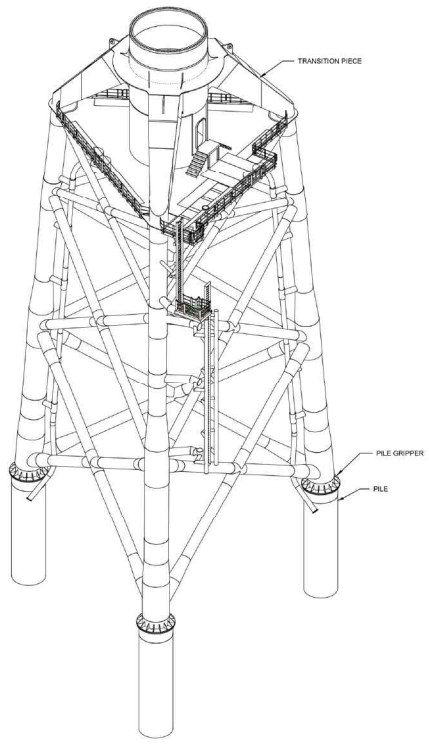
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+32.971m	
Top of External Platform	MSL+17.451m	
Top of Pile	MSL(−)16.5m ~ MSL(−)22.5m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Mudline Elevation	MSL(−)18.98m ~ MSL(−)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	15.52m	Steel Deck 두께 포함
Height Jacket Leg	38.18m ~ 44.18m	수심에 따라 차이가 있음
Total Height of Jacket [TP+Leg]	46.1m ~ 52.1m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	70.979m	
Pin Pile outside diameter	3.0m (Thk.55~100mm)	
Sacrificial Pile Length	56.979m	
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,139 ~ 1,249 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	1,134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	



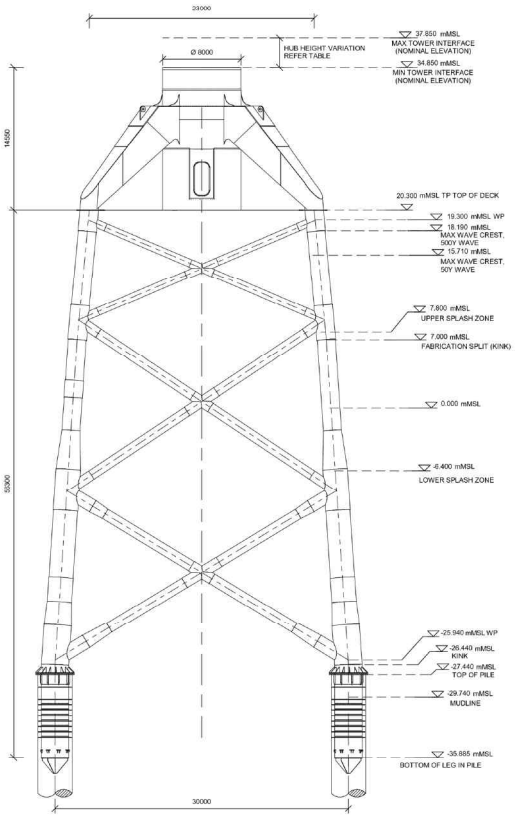
주) WTG(Wind Turbine Generator) : 해상풍력발전기

<표 4.4.2-7> 기초 구조물 제원 (변경)

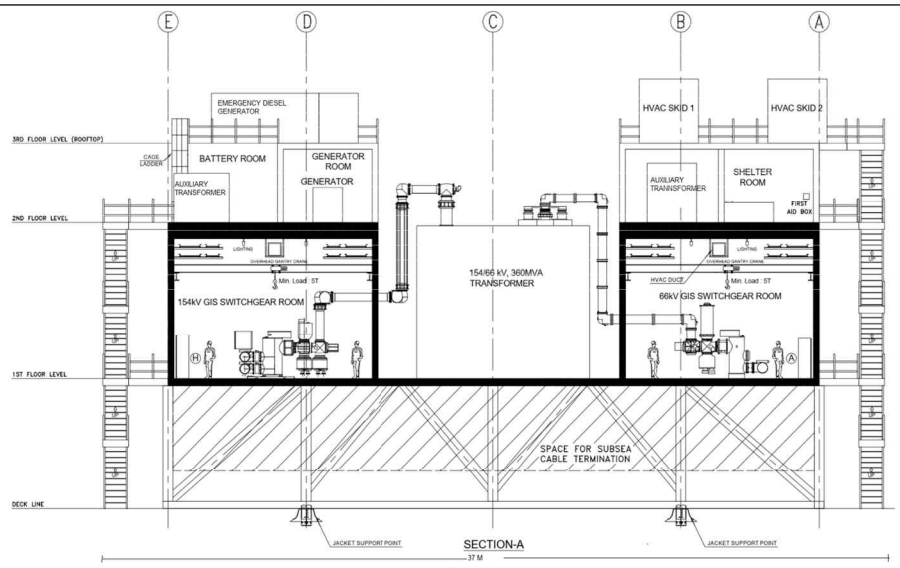
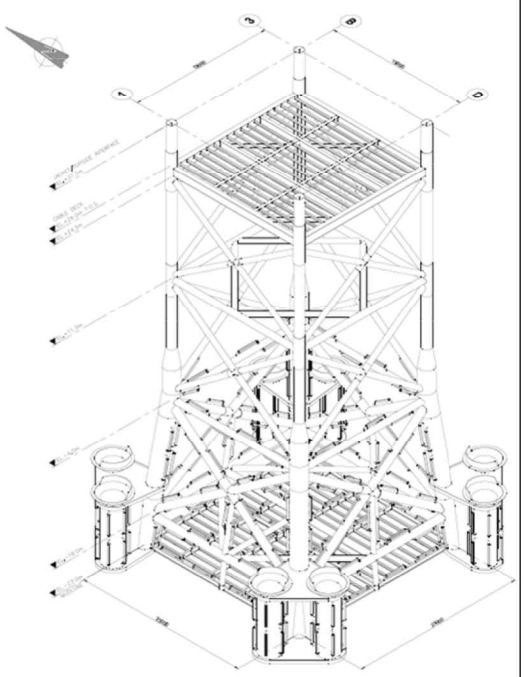
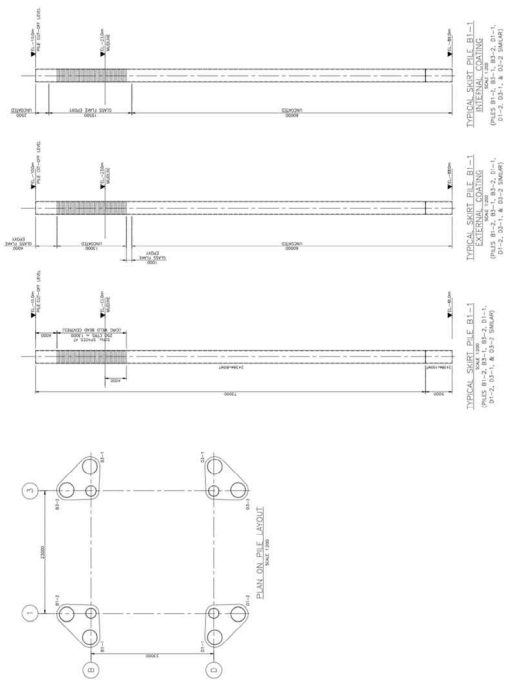
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL(+)34.85~37.85m	WTG 최종위치에 따라 차이가 있음
Top of External Platform	MSL(+)20.3~23.3m	
Top of Pile	MSL(-)27.44~24.44m	
Mudline Elevation	MSL(-)29.74~26.74m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	8m	
Width of Jacket at Bottom	23m	
Height of Transition Piece	14.55m	
Height Jacket Leg	56.3m	
Total Height of Jacket [TP+Leg]	70.85m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	56.5 ~ 92.6m	수심에 따른 길이 차이
Pin Pile outside diameter	3.5m (Thk.60mm)	
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1,471 ~ 1,649 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	887.1 ~ 1,438.5 ton	3 Piles per 1 Jacket



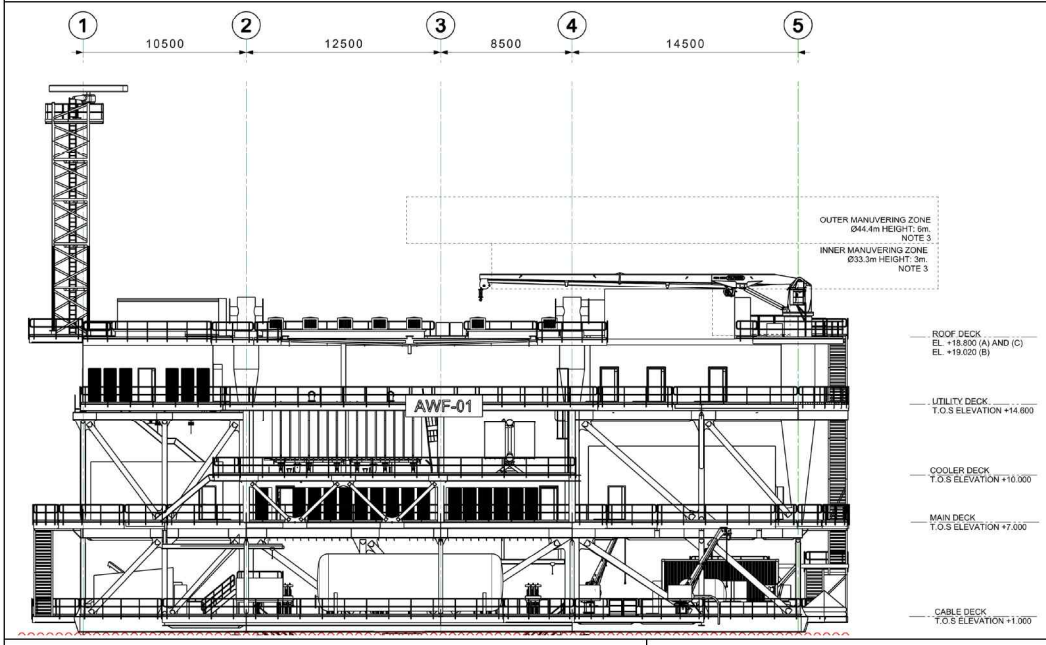
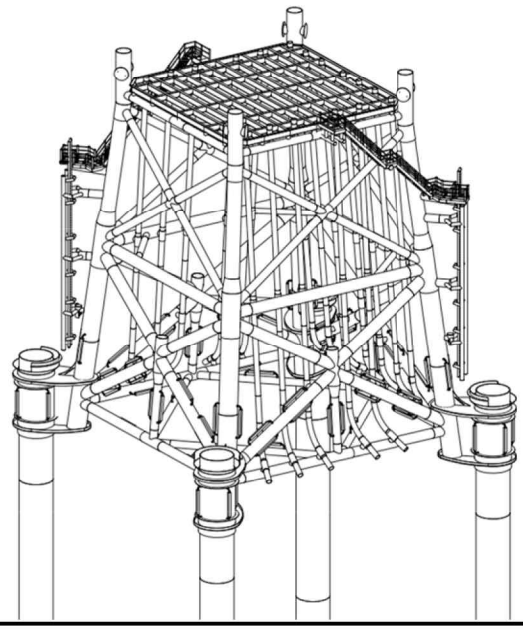
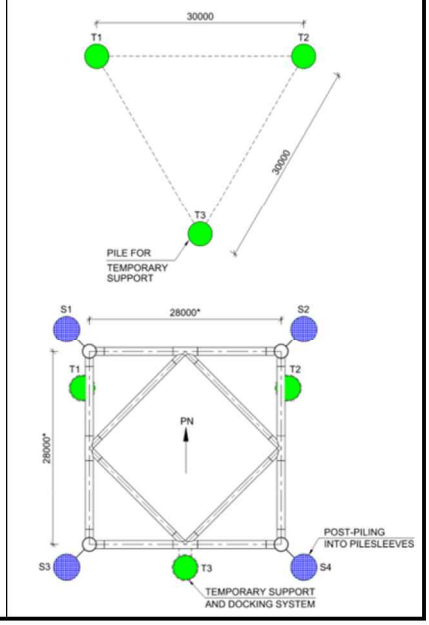
ID	Tower interface [mMSL]
A01	34.850
A02	35.237
A03	36.847
A04	37.850
A05	34.850
A06	35.253
A07	36.114
A08	36.788
A09	37.392
A10	34.850
A11	34.850
A12	34.850
B01	37.331
B02	36.234
B03	34.850
B04	35.253
C01	34.928
C02	35.738
C03	36.692
C04	37.850
C05	34.850
C06	35.162
C07	35.510
C08	35.851
C09	35.974
C10	35.932
C11	35.380
D01	36.828
D02	37.416
D03	34.850
D04	35.161
D05	35.718
D06	35.760
D07	36.050
D08	36.309
D09	36.810
D10	37.170
D11	37.850



〈표 4.4.2-8〉 해상변전소 설치계획 (당초)

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="3">1, 2단계 통합 변전소 적용</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">125°53′55.2″E, 35°19′45.45″N</td></tr>
<tr><td>구 조</td><td colspan="3">철골 구조물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">크 기</td><td>Topside</td><td>Jacket</td><td>Pile</td></tr>
<tr><td>32m(W) × 37(D)
×30m(H)</td><td>Bottom/Top Width (23m/19m)
× Height (Approx. 55m)</td><td>Depth (73m) × 12EA</td></tr>
<tr><td>무 게</td><td>2,500톤</td><td>Approx. 2,300톤</td><td>Approx. 3,500톤</td></tr>
<tr><td rowspan="4">개념도</td><td colspan="3">상부 구조(Topside)</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>하부 구조(Jacket)</td><td colspan="2">하부 구조(Pile)</td></tr>
<tr><td>  </td><td colspan="2">  </td></tr>
</table>

〈표 4.4.2-9〉 해상변전소 설치계획 (변경)

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="3">1, 2단계 통합 변전소 적용</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">125°56'33"E, 35°19'44"N</td></tr>
<tr><td>구 조</td><td colspan="3">철골 구조물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">크 기</td><td>Topside</td><td>Jacket</td><td>Pile</td></tr>
<tr><td>21m(W) × 46m(D)
×19m(H) (레이더 제외)</td><td>Bottom/Top Width (34m/21m)
× Height (Approx. 42m)</td><td>Depth (74~85m) × 7EA</td></tr>
<tr><td>무 게</td><td>Approx. 3,500톤</td><td>Approx. 2,000톤</td><td>Approx. 4,300톤</td></tr>
<tr><td rowspan="4">개념도</td><td colspan="3">상부 구조(Topside)</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조(Jacket)</td><td>하부 구조(Pile)</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td> 
</td></tr>
</table>

(2) 해저송전선로 매설시 영향

해저송전선로 공사시 상부폭 약 0.75m, 깊이 약 2.5~3.5m의 소규모 굴착공정을 진행할 계획으로 조류에 의해 자연적으로 되메워질 것으로 예상되며, 문헌자료인 「해상풍력발전의 환경적·경제적 영향분석, 2011, 한국해양수산개발원」에 따르면 일반적인 해저케이블 공사의 소규모 굴착공정은 해저케이블 매설 후 수시간 내지 수일이 지나면 안정화되는 것으로 조사되어 공사로 인한 지형변화는 미미할 것으로 판단된다.

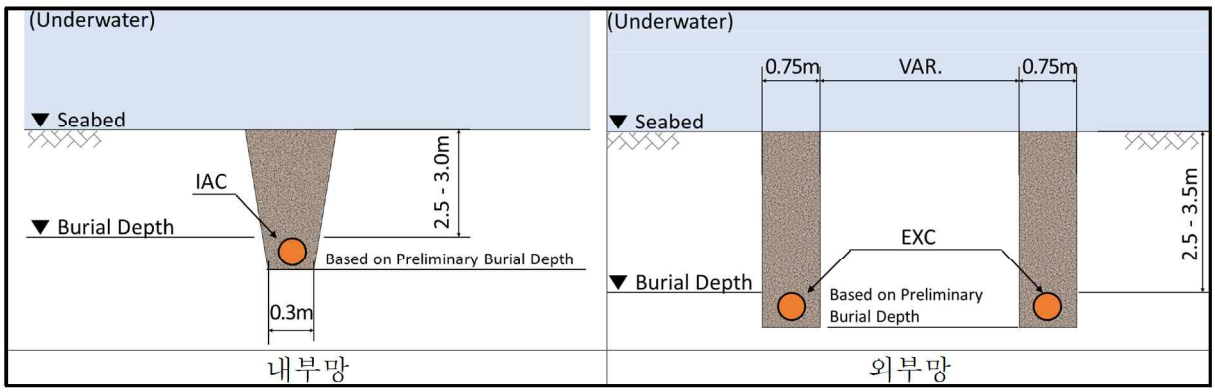
<표 4.4.2-10> 해저송전선로 설치계획

구 분	내부망	외부망
설치구간	발전단지~OSS	OSS~육상L.P
전 압	66kV	230kV
Group (가닥)	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심
케이블 규격	XLPE C-500~800㎟	XLPE 3C-1200~2000㎟
선로연장	약 90.2km	약 41.9km
포설방법	굴착 후 포설	굴착 후 포설

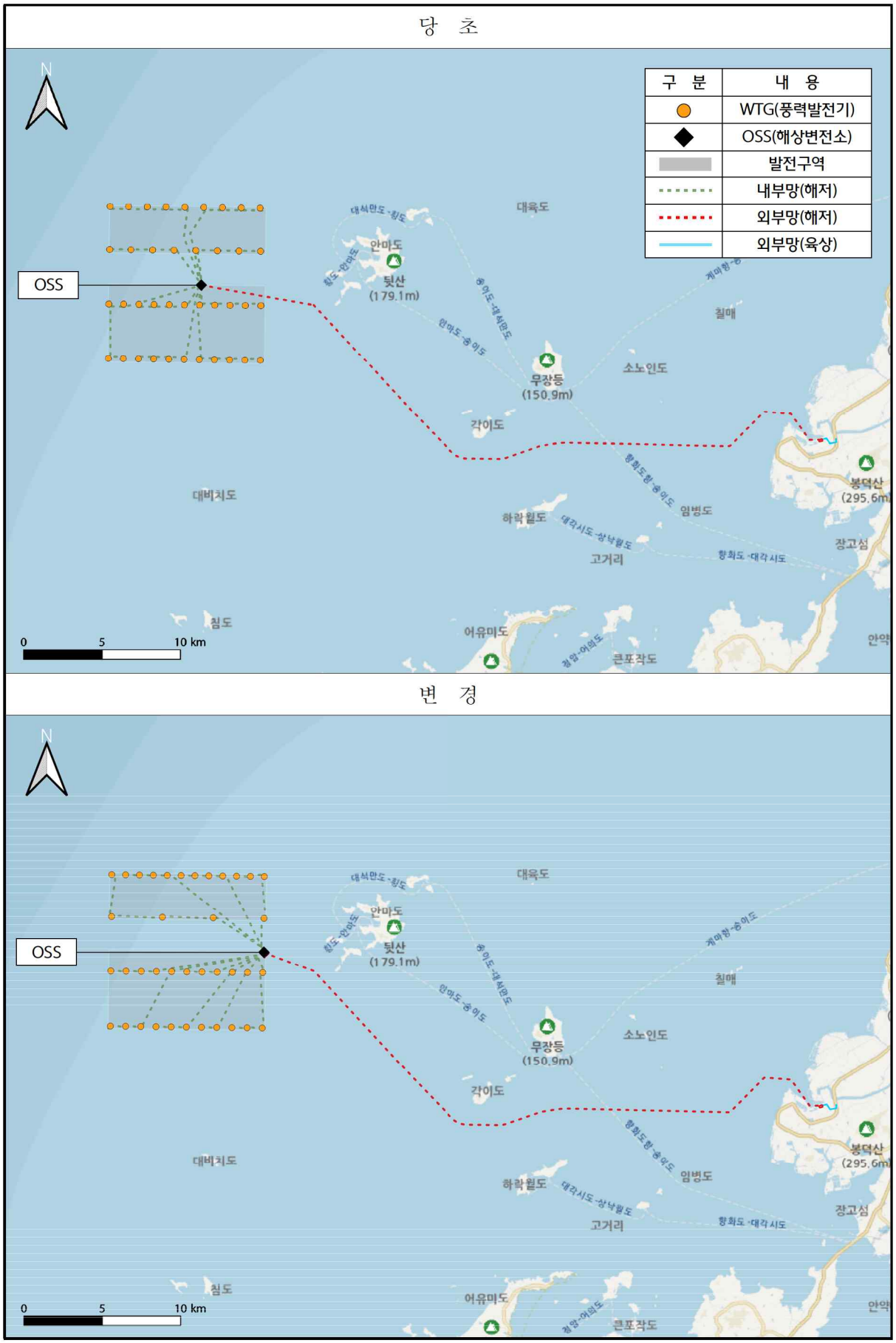
<표 4.4.2-11> 해저송전선로 매설시 미치는 영향(문헌자료)

비록 전력선의 길이가 수 에 달하지만 매설에 필요한 도랑의 폭과 깊이가 소규모이고, **전력선을 매설한 후 수시간 내지 수일이 지나면 안정화되기 때문에 전력선이 해양환경에 큰 영향을 미치는 부분이라고 하기는 어렵**다고 할 수 있으며, 관련된 연구(Ministerie van Economische Zaken, 2000)에서도 그 영향은 무시할만한 수준이라고 밝히기도 한다.

자료 : 해상풍력발전의 환경적·경제적 영향분석, 2011, 한국해양수산개발원



(그림 4.4.2-5) 해저송전선로 포설 모식도



(그림 4.4.2-6) 해저송전선로 배치계획 비교

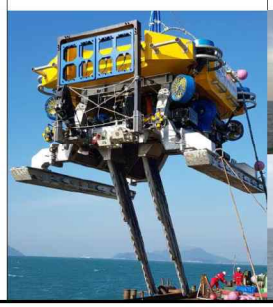
다. 저감방안 및 평가

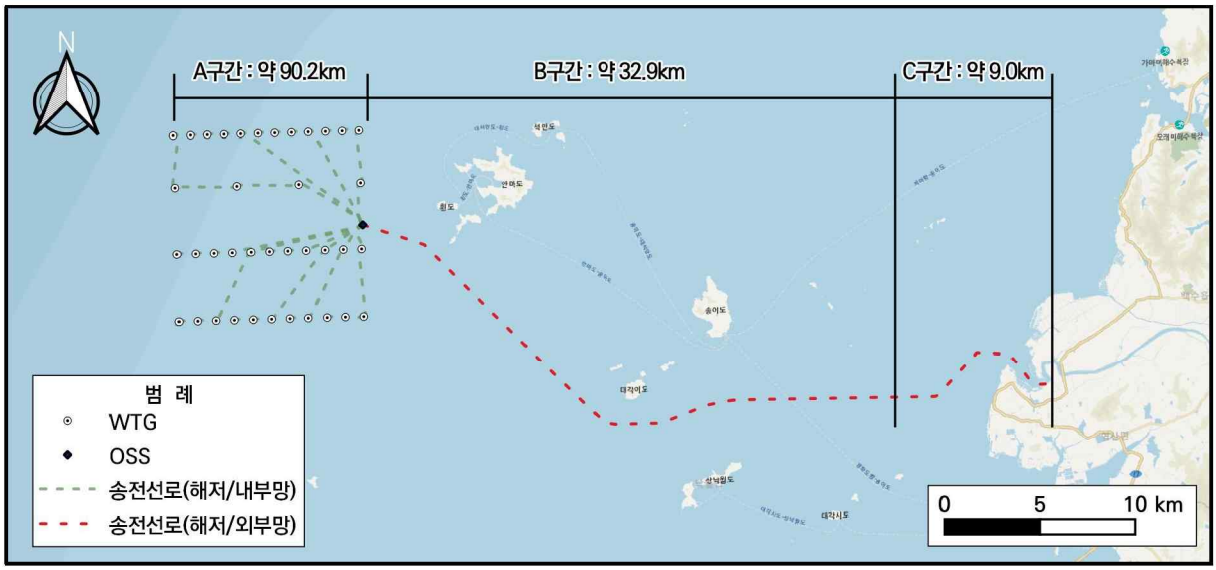
1) 지형의 변화 저감대책

가) 해저송전선로 설치공법

해저케이블 설치공법은 해저송전선로 A, B 구간의 해저케이블은 ROV Trencher 공법으로 공사하며, 수심이 낮은 C 구간은 굴착을 통해 굴착 및 포설을 할 예정이다.

<표 4.4.2-12> 해저케이블 구간별 공법

구 분	A 구간(내부망)	B 구간(외부망)	C 구간(연안부)
공 법	ROV Trencher		Excavator
길 이	약 90.2km	약 32.9km	약 9.0km
시공 예시			



(그림 4.4.2-7) 해저송전선로 구간별 공법

2) 해체 및 철거 세부계획

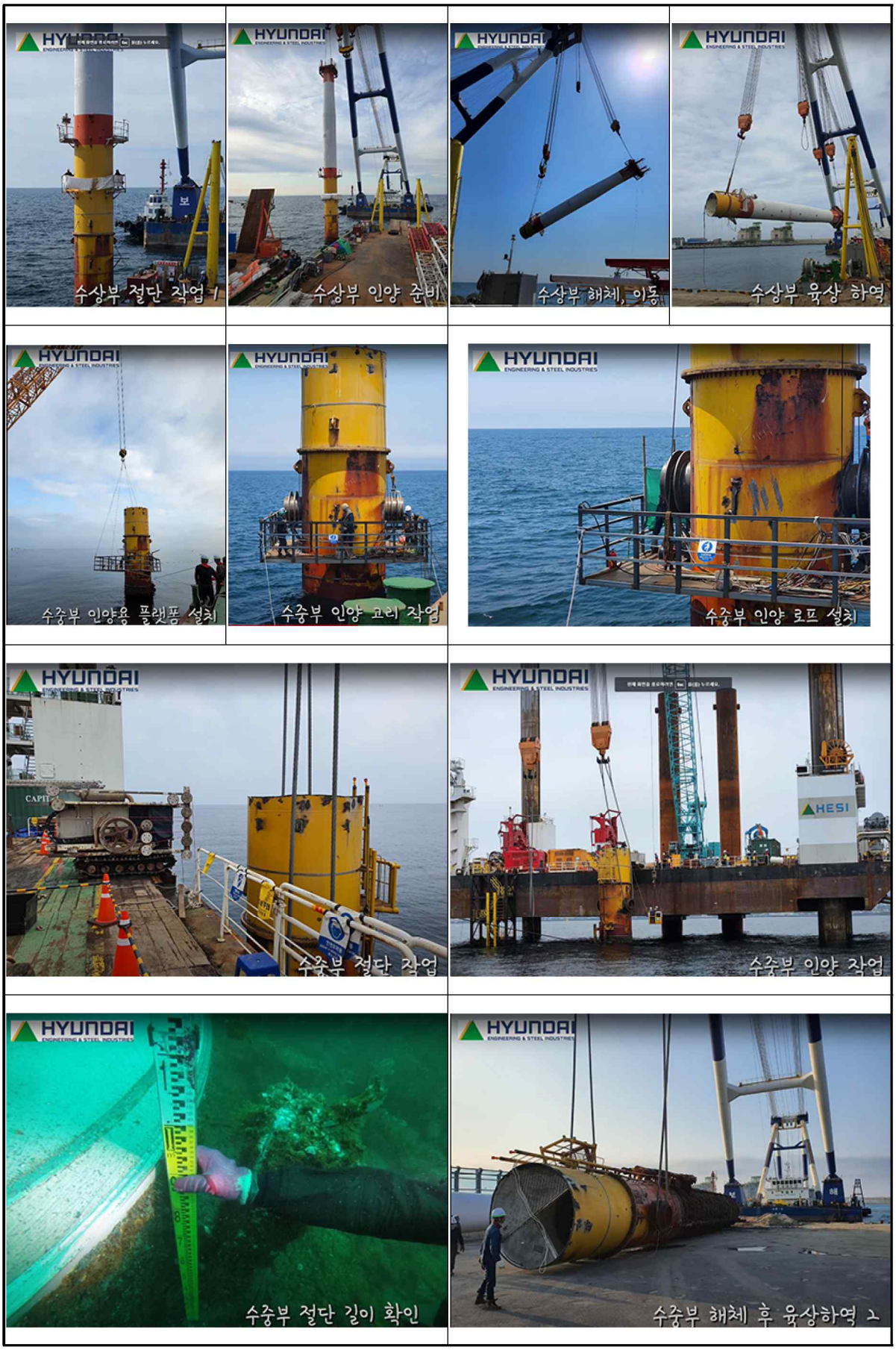
해상풍력 사업이 종료 또는 중단될 경우 구조물로 인한 경관 훼손 및 해양환경에 악영향이 예상되므로 크레인과 잭업 바지 등을 이용하여 설치 순서의 역순으로 철거를 진행할 계획이다.

먼저 상부구조물을 해체하여 육상으로 운송하고, 하부구조물은 해저면 1m 내외로 절단하고 절단 부위는 회수하여 적정처리(재활용 등)할 계획이다.

<표 4.4.2-13> 철거(해체)계획

구 분	철기(해체)계획
상부구조물	·전력 차단 및 발전기내 전력시설 해체 ·주변 시설물 및 외장 해체 ·해체 운송 안정장치 장착(조금구 장착) ·블레이드 분리 ·나셀 및 허브 분리 ·로터와 허브 제거 ·나셀 제거 ·타워 분리 ·상부구조물 육상하역
하부구조물	·내부전선 제거 ·수중부 인양용 플랫폼 및 인양 고리 설치 ·수중부 인양 로프 설치 ·수중부 절단작업 ·수중부 인양 작업 ·수중부 절단 길이 확인 ·수중부 해체 후 육상하역

주) 철거(해체)계획은 유사사례를 바탕으로 제시하였음.



(그림 4.4.2-8) 철거(해체)계획 예시 (“한림해상풍력 기상탑 해체”, 인터넷 발췌)

라. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

사업시행으로 인하여 사업지구의 지형·지질의 영향 및 그 저감대책의 적정성을 파악할 수 있도록 사후환경영향조사를 실시할 계획이다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역(변전소 및 육상부 송전선로 구간)

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 사업착공시부터 사업준공시까지

◦ 조사주기 : 공사시 1회/분기

3) 조사내용

〈표 4.4.2-14〉 사후환경영향조사 계획 (지형 · 지질)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기	비 고
공사시	◦보존가치가 있는 지형·지질에 대한 보존대책 ◦사업지구 및 주변지형 추가 훼손 여부 및 복구여부 ◦발생토량 적정 처리여부 ◦사면처리 대책 적정 시행여부	◦사업지구내	◦현지조사	◦1회/분기	-

4.5 생활환경 분야

4.5.1 친환경적 자원순환

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 공사계획 변경사항에 따른 영향정도를 예측·검토하였다.

※ 육상부 변경사항과 관련된 영향예측 및 저감방안은 당초 환경보전방안검토서(2024.8)에 반영하여 세시하였음

1) 예측항목

◦ 공사시

- 공사장비에 의한 폐유 발생량

◦ 운영시

- 폐유 발생

2) 예측범위

◦ 사업지구

3) 예측방법

◦ 문헌자료 및 유사사례 참조

4) 예측결과

가) 공사시

해상부 공사구간은 크게 해상풍력발전단지(WTG + OSS)와 해저케이블 매설구간으로 나뉘어지며, 동 지역의 공사시 공사장비에 의한 폐유 발생에 따른 건설폐기물 발생이 예상된다.

다만, 공사시 공사인부에 의한 생활폐기물 및 분뇨 발생량은 당초 공사규모를 고려한 투입인력에 의한 생활폐기물 및 오수발생량을 예측함에 따라, 금회 변경시에는 총 공사비의 변경은 없어 예측을 생략하였다.

(1) 공사장비에 의한 폐유 발생량

공사시 공사장비로부터 발생 폐유는 장비운전에 사용되는 주연료를 제외한 엔진유, 기어유, 유압유, 구리스, 넝마 등의 잡유에서 발생하며, 이를 폐유발생량으로 가정하여 산정한 결과 607.2L/일로 예측되었다.

<표 4.5.1-1> 공사시 공사장비의 폐유 발생량

공 종	장 비 명	규 격	투입 대수	연료사용량 (L/hr)	잡품비 (%)	폐유발생량 (L/일)
해상풍력 발전단지 (WTG + OSS)	기중기선	150ton	3	108.3	56	145.6
	예선	1,790kW	3	349.2	18	150.9
	소 계			-	-	296.4
송전선로 공사 (해상부)	기중기선	150ton	3	108.3	56	145.6
	예선	1,790kW	3	349.2	18	150.9
	펌프준설선	224kW	1	50.1	36	14.4
	소 계			-	-	310.8
합 계				-	-	607.2

주) 1. 폐유 발생량 = 연료사용량 × 투입대수 × 1일 기동시간 × 잡품비 × 폐유발생비(10%)
2. 폐유발생비는「환경영향의 합리적 예측평가를 위한 기법 연구, 2002, 한국환경정책·평가연구원」자료인용
3. 1일 가동시간은 8시간으로 가정

자료 : 건설공사 표준품셈, 2024, 한국건설기술연구원

(2) 공사시 폐유 발생량 예측결과 비교

금회 사업계획 변경사항(발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경)에 따라 변경된 장비투입으로 인해 당초 환경영향평가시보다 금회 폐유 및 건설폐기물 발생량이 증가한 것으로 판단된다.

<표 4.5.1-2> 공사시 폐유 발생량 예측결과 비교

구 분	당 초	변 경
폐유(L/일)	253.3	607.2

주) 당초 : 영광 안마 해상풍력 발전사업 환경영향평가서(본안), 2023.01, 안마해상풍력(주)

나) 운영시

해상풍력 발전단지는 무인화 시설로 운영될 계획이며, 사업의 특성상 해상풍력 가동시 폐기물 등 발생이 미미할 것으로 판단되어 운영시 생활폐기물 및 분뇨 발생에 대해서는 예측을 생략하였다.

(1) 폐유 발생

사업지구 운영시 유지보수를 위한 선박의 운항, 풍력발전기의 윤활유 교체 등에 의해 폐유가 발생할 것으로 판단되며, 저감방안의 수립이 필요하다.

나. 저감방안 및 평가

1) 공사시

공사시 발생하는 폐기물은 「폐기물관리법」제13조 및 동법 시행규칙 제14조 관련 [별표 5]에 의한 "폐기물 처리에 관한 구체적 기준 및 방법"과 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」제13조에 의한 "건설폐기물의 처리기준"을 준수하도록 할 것이다.

가) 폐유 처리계획

공사현장내 투입장비로부터 폐유 발생을 최소화하기 위해 공사장비는 가동 전에 정비입소에서 정비를 실시한 후 사용할 계획이다.

장비의 오일교환은 가능한 지정된 정비업체에서 교환하며, 불가피하게 현장에서 오일을 교환할 경우에는 사업지구내 설치된 폐유보관시설에 폐유를 수집·보관 후 전문처리업체에 전량 위탁 처리하여 폐유로 인한 주변지역의 환경오염을 최소화 할 계획이다.

폐유보관시설은 「폐기물관리법」시행규칙 [별표 5]의 규정에 의해 다음과 같이 보관할 계획이다.

- 지정폐기물외의 폐기물과 구분하여 보관, 폐유기용제는 휘발되지 아니하도록 밀폐된 용기에 보관
- 부식 또는 파손되지 아니하는 재질로 된 보관시설 또는 보관용기를 사용하여 보관
- 자체 무게 및 보관하고자 하는 폐기물의 최대량 보관 시의 적재무게에 견딜 수 있고 물이 스며들지 아니하도록 시멘트·아스팔트 등의 재료로 바닥이 포장되고 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고에 보관
- 보관창고에는 보관중인 지정폐기물의 종류, 보관가능 용량, 취급시 주의사항 및 관리책임자를 적어 넣은 표지판을 설치하여야 함
- 수거된 폐유는 지정폐기물 수집·운반업체 및 처리업체를 선정하여 전량위탁처리 할 계획임

<표 4.5.1-3> 폐유(지정폐기물) 보관 표지

(지성폐기물 보관표지)

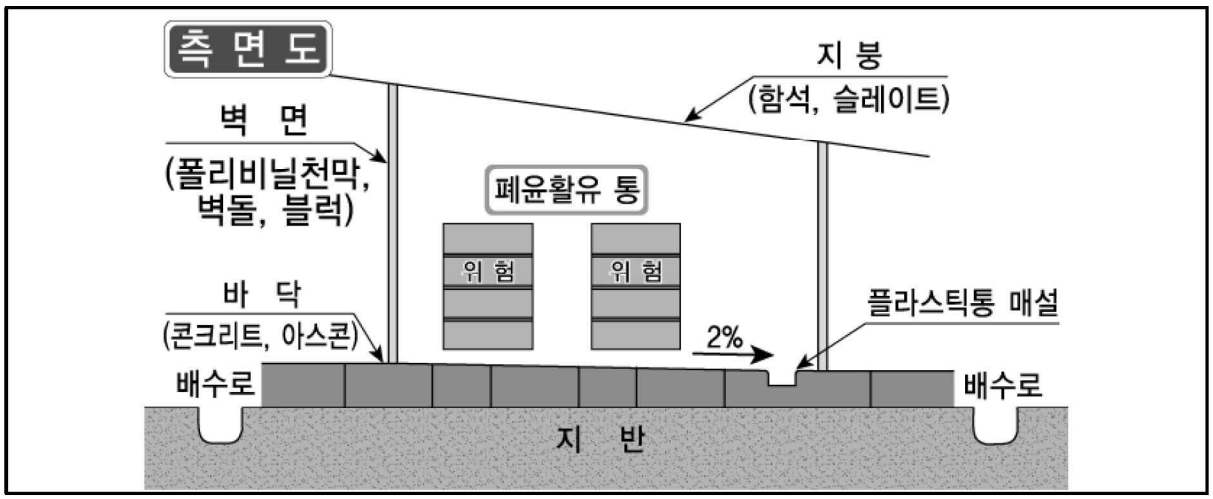
① 폐기물 종류 :	② 보관가능용량 : 톤
③ 관리책임자 :	④ 보관기간 : ~ (일간)
⑤ 취급시 주의사항 : ◦ 보관시 : ◦ 운반시 : ◦ 처리시 :	
⑥ 운반예정장소	

(설치요령)

◦ 보관창고에는 보관표지판을 사람이 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치하여야 한다.

◦ 표지의 규격 : 가로 60센티미터 이상×세로 40센티미터 이상(드럼 등 소형용기에 부착하는 경우에는 가로 15센티미터 이상×세로 10센티미터 이상)

◦ 표지의 색깔 : 황색바탕에 흑색선 및 흑색글자



(그림 4.5.1-1) 폐유보관시설 개요도

2) 운영시

운영시 선박 및 윤활유 교체 등에 의해 발생되는 폐유는 지정폐기물 처리업체에 정량 위탁처리 할 계획이다.

또한, 작업선박의 경우 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙(해양수산부령 제672호)」[별표 7]에 따른 선박 내 폐유저장용기의 비치기준에 따른 저장용기를 비치 후 전량 수거하여 전문 처리업체에 위탁처리 할 계획이다.

<표 4.5.1-4> 폐유저장용기의 비치기준

대상선박	저장용량(단위: ℓ)
1) 총톤수 5톤 이상 10톤 미만의 선박	20
2) 총톤수 10톤 이상 30톤 미만의 선박	60
3) 총톤수 30톤 이상 50톤 미만의 선박	100
4) 총톤수 50톤 이상 100톤 미만으로서 유조선이 아닌 선박	200

자료 : 선박에서의 오염방지에 관한 규칙 [별표 7], 해양수산부령 제672호

다. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

본 사업시행으로 인하여 사업지구의 공사시 및 운영시 폐기물 발생이 예상되므로 폐기물 발생에 따른 영향 여부를 지속적이고 주기적으로 조사·파악하기 위해 사후환경영한조사계획을 수립하였다.

또한, 금회 사업 계획 변경에 따라 변동 또는 추가되는 사후환경영향조사 내용은 없으므로, 당초 환경영향평가시와 동일하게 사후환경영향조사계획을 수립하였다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년

◦ 조사주기 : 공사시 1회/분기 및 운영시 1회/반기

3) 조사내용

<표 4.5.1-5> 사후환경영향조사 계획 (친환경적 자원순환)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기	비 고
공 사 시	◦폐기물 관리 인·허가 사항 여부 ◦작업인부에 의한 생활폐기물 및 분뇨의 적정처리 여부 ◦건설장비로부터 배출되는 폐유의 적정처리 ◦폐기물관리대장 비치 및 기록 여부	◦폐기물 발생 및 보관지역	◦현지조사	◦1회/분기	-
운 영 시	◦풍력발전기 폐오일 처리 적정처리 여부	◦폐기물 발생 및 보관지역	◦현지조사	◦1회/반기	-

4.5.2 소음 · 진동

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위지 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 공사계획 변경사항과 관련하여 발생하는 소음·진동으로 인한 사업지구 주변 정온시설의 피해정도를 예측·검토하였다.

※ 육상부 변경사항과 관련된 영향예측 및 저감방안은 당초 환경보전방안검토서(2024.8)에 반영하여 제시하였음

1) 예측항목

◦ 환경목표기준 설정

- 수중소음
- 공중소음
- 저주파 소음

◦ 공사시

- 해상부 파일 항타시 수중소음

◦ 운영시

- 정온시설분포 현황
- 해상풍력발전기 운영에 따른 공중소음
- 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음
- 해상풍력발전기 운영에 따른 저주파 소음

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 공사시 : MIKE-UAS(DHI) 등

◦ 운영시 : 풍력발전기 소음레벨 산출공식, MIKE-UAS(DHI), 수중소음 예측지점 평가식, SoundPLAN 8.2(ISO 9613-1) 등

4) 예측결과

가) 환경목표기준 설정

(1) 수중소음

(가) 해양생태계

소음목표기준을 설정하기 위해 국내외 기준을 검토하였으며, 소음목표기준은 가장 최악의 조건을 가정하여 공사시에는 206SPL$_{Peak}$로, 운영시에는 140SEL로 설정하였다.

<표 4.5.2-1> 해양생태계 소음목표기준 설정

구 분	소음목표기준		적용 기준
	dB SEL	dB SPL$_{Peak}$	
FHWG(2008)	187	206	-
ANSI(2014)	186	207~213	회복가능한 손상 적용
양식어류 배상액 연구(2009)	140	-	-
목표기준	140 (운영시)	206 (공사시)	-

<표 4.5.2-2> 국외 수중소음 관리기준(1)

분석기준	관리기준	
dB Peak-Peak	전체 크기의 어류	206
dB Cumulative SEL	물고기 체중이 2g 이상	187
	물고기 체중이 2g 미만	183

자료 : FHWG, Agreement in Principle Technical/Policy Meeting Vancouver, WA, 2008, Payne *et al.*, 2008

<표 4.5.2-3> 국외 수중소음 관리기준(2)

어종	사망가능 or 잠재적 치명적 부상	회복 가능한 손상	TTS (일시적 청각손실)
부레가 없는 어종	219dB SEL or 213dB SPL	216dB SEL or 213dB SPL	186dB SEL
부레+청가 기능 有	210dB SEL or 207dB SPL	203dB SEL or 207dB SPL	186dB SEL
부레+청각 기능 無	207dB SEL or 207dB SPL	203dB SEL or 207dB SPL	186dB SEL
어란 및 자치어	210dB SEL or 207dB SPL	-	-

자료 : ANSI Underwater noise criteria guideline of pile driving (ASA S3/SC1.4 TR-2014, 2014)

1. 수인한도

◦ 청각능력을 인지하여 스트레스를 받기 시작하는 레벨을 피해 인정기준으로 함

◦ 양식어류의 경우 평상시 배경소음과의 수중소음 레벨 차에 의한 영향을 추가로 고려하여야 함

◦ 양식어류에 대한 피해 유형에 따른 적용 수중소음도는 최고소음도(L_{Amax})를 채택하여 적용하는 것이 타당할 것임.

양식어류 피해현황	평가방법	피해인정기준	비고
폐사, 성장지연, 산란율저하, 부화율저하	L_{Amax}	-수중소음 : 140 dB/μPa -배경소음과의 차 : 20 dB/μPa	

※ 양식장 환경, 수중소음의 특성, 배경소음 등에 대한 신중한 검토를 거쳐 피해 발생 여부를 평가하여야 함

자료 : 소음·진동으로 인한 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구, 2009, 전남대학교 수산연구소

(그림 4.5.2-1) 육상 양식어류의 배상기준(안)

(나) 해양포유류

소음목표기준을 설정하기 위해 NOAA와 Southall이 제시한 해양포유류 가청주파수 대역별/종별 소음노출기준을 검토하였다.

사업지구 일원에서 출현한 상괭이는 NOAA 기준 고주파고래류(HF), Southall 기준 초고주파고래류(VHF)에 해당하며, 각 기준별 TTS(일시적 청력 손실)를 비교하였다.

소음목표기준은 당초 환경영향평가시 보완의견 등을 고려하여 공사시에는 196SPL_{Peak}로, 운영시에는 120SEL로 설정하였다.

<표 4.5.2-4> 해양포유류 소음목표기준 설정

구 분	TTS			적용 기준
	비충격	충격		
	dB SEL		dB SPL_{Peak}	
NOAA(2018)	153	140	196	고주파 고래류(HF)
Southall(2019)	140		196	초고주파 고래류(VHF)
KEI(2014)	Level A : 180 Level B : 120		Level A : 180 Level B : 160	해양포유류
목표기준	120 (운영시)		196 (공사시)	-

<표 4.5.2-5> NOAA 해양포유류의 소음노출 기준

구 분	일반적 가청 범위	TTS			PTS			타 분류체계와의 비교 (Soththall, 2019)
		비충격	충격		비충격	충격		
		dB SEL		$dBSPL_{Peak}$	dB SEL		$dBSPL_{Peak}$	
저주파 고래류 (LF)	7Hz ~ 35kHz	179	168	213	199	183	219	저주파 고래류 (LF)
중주파 고래류 (MF)	150Hz ~ 160kHz	178	170	224	198	185	230	고주파 고래류 (HF)
고주파 고래류 (HF)	**275Hz ~ 160kHz**	**153**	**140**	**196**	173	155	202	**초고주파 고래류 (VHF)**
물범류/수중 (PW)	50Hz ~ 86kHz	181	170	212	201	185	218	물범류/수중 (PCW)
기타 기각류/수중 (OW)	60Hz ~ 39kHz	199	188	226	219	203	232	기타 기각류/수중 (OCW)

자료 : NOAA, 2018 Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0)

<표 4.5.2-6> Southall 청력범위별 소음노출 기준

구 분	TTS		PTS		비 고
	dB SEL	dB SPL_{Peak}	dB SEL	dB SPL_{Peak}	
저주파 고래류 (LF)	168	213	183	219	참고래과, 수염고래과, 귀신고래과 등
고주파 고래류 (HF)	170	224	185	230	참돌고래과(대부분), 벨루가, 강돌고래 등
초고주파 고래류 (VHF)	**140**	**196**	155	202	**쇠돌고래과(상괭이속 포함),** 아마존강돌고래과 등
해우류 (SI)	175	220	190	226	매너티류, 듀공
물범류/수중 (PCW)	170	212	185	218	물범과
기타 기각류/수중 (OCW)	188	226	203	232	바다코끼리과, 바다사자과 등

자료 : Brandon L. Southall et al. 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects

<표 4.5.2-7> 국외 해양포유류 피해인정기준

구 분	의미	수중소음 한계 값
Level A harassment	해양포유동물이나 그 서식지에 피해를 줄 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위	고래류 180 물개류 190
Level B harassment	해양포유동물에 대한 직접적인 피해가 아닌 이동, 호흡, 양육, 번식, 먹이, 차폐 등을 포함한 행동적 변화를 일으킬 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위	충격소음 160 **연속소음 120**

자료 : 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, KEI

(2) 공중소음

운영시 환경목표기준은 「소음·진동관리법」 규정에 따른 "생활소음·진동 규제기준"을 검토하여 정온시설별로 엄격한 기준을 환경목표기준으로 설정하였다.

<표 4.5.2-8> 운영시 소음 환경목표기준

구 분	공 종	소 음(dB(A))			비 고
주거시설	풍력발전기 가동	아침, 저녁	주 간	야 간	생활소음·진동규제기준
		50	55	45	

<표 4.5.2-9> 생활소음의 규제기준 (단위 : dB(A))

대상지역	소음원 \ 시간대별		아침, 저녁 (05:00~07:00, 18:00~22:00)	주 간 (07:00~18:00)	야 간 (22:00~05:00)
가. 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 있는 학교·종합병원·공공도서관	확성기	옥외설치	60 이하	65 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공 장		50 이하	55 이하	45 이하
	사업장	동일 건물	45 이하	50 이하	40 이하
		기타	50 이하	55 이하	45 이하
	공사장		60 이하	65 이하	50 이하
나. 그 밖의 지역	확성기	옥외설치	65 이하	70 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공 장		60 이하	65 이하	55 이하
	사업장	동일 건물	50 이하	55 이하	45 이하
		기타	60 이하	65 이하	55 이하
	공사장		65 이하	70 이하	50 이하

비고)

1. 소음의 측정 및 평가기준은 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제2호에 해당하는 분야에 대한 환경오염공정시험기준에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상 지역의 구분은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른다.
3. 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상 지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 공사장 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사 사전신고 대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 3시간 이하일 때는 +10dB을, 3시간 초과 6시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
5. 발파소음의 경우 주간에만 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.
6. 삭제 <2019. 12. 31.>
7. 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에만 -5dB를 규제기준치에 보정한다.
   가. 주거지역
   나. 「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교, 「도서관법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m 이내의 지역
8. "동일 건물"이란 「건축법」 제2조에 따른 건축물로서 지붕과 기둥 또는 벽이 일체로 되어 있는 건물을 말하며, 동일 건물에 대한 생활소음 규제기준은 다음 각 목에 해당하는 영업을 행하는 사업장에만 적용한다.
   가. 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」 제10조제1항제2호에 따른 체력단련장업, 체육도장업, 무도학원업, 무도장업, 골프연습장업 및 야구장업
   나. 「학원의 설립·운영 및 과외교습에 관한 법률」 제2조에 따른 학원 및 교습소 중 음악교습을 위한 학원 및 교습소
   다. 「식품위생법」 시행령 제21조제8호다목 및 라목에 따른 단란주점영업 및 유흥주점영업
   라. 「음악산업진흥에 관한 법률」 제2조제13호에 따른 노래연습장업
   마. 「다중이용업소 안전관리에 관한 특별법」 시행규칙 제2조제3호에 따른 콜라텍업

자료 : 소음·진동관리법 시행규칙 [별표 8]

(3) 저주파 소음

본 사업의 운영시 해상풍력발전기 가동에 따라 주변에 미치는 저주파 소음 영향 예측시 환경목표기준은 「저주파 소음 관리 가이드라인, 2018.7, 환경부」에서 제시하고 있는 "주파수별 음압레벨 기준"을 준용하여 설정하였다.

<표 4.5.2-10> 운영시 저주파 소음 영향의 판단기준

주파수(Hz)	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
음압레벨(dB)	85	82	78	73	65	59	56	50	45

주) 판단기준은 행정적인 규제 혹은 벌칙을 위한 것이 아닌 소음으로 인한 민원인의 불만 등이 저주파 소음의 원인인지 여부를 확인하는 것으로 활용함
자료 : 저주파 소음 관리 가이드라인, 2018.7, 환경부

나) 공사시

(1) 해상부 파일 항타시 수중소음

(가) 공사시 수중소음 모델링

① 수중소음 실험개요

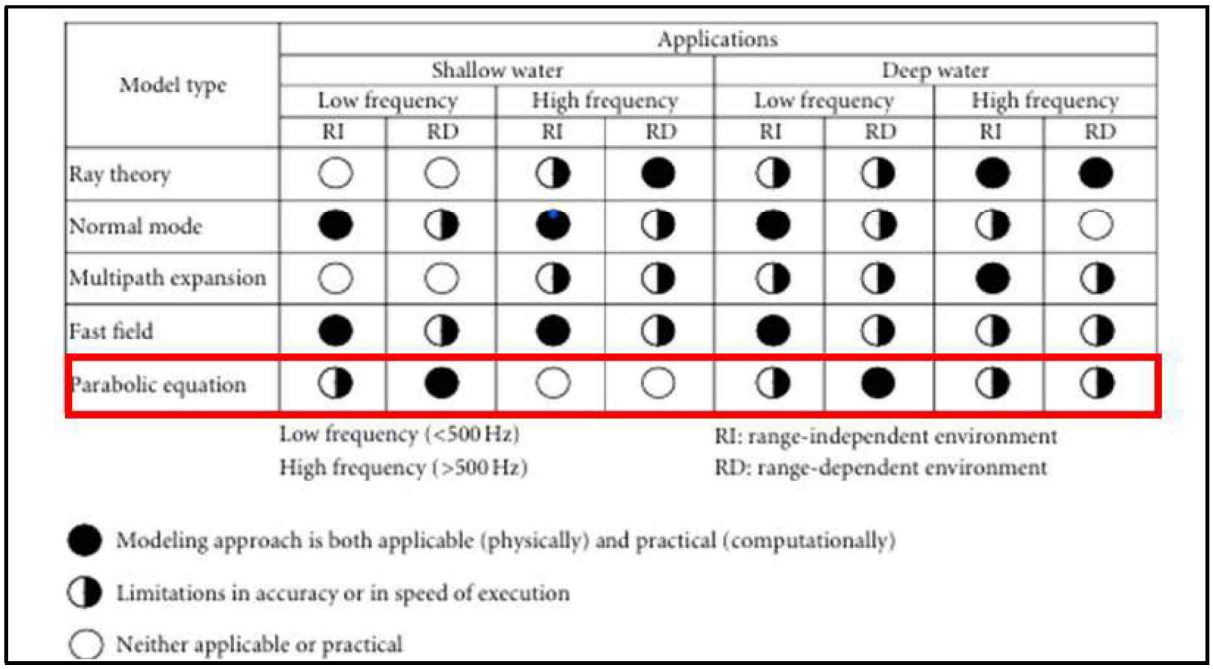
수중소음의 영향평가는 일반적으로 소음 영향 감쇠식 또는 수중음향 모델과 같은 수치 모형실험을 통해 영향 범위를 계산할 수 있다.

단순 감쇠식으로 계산하는 기존의 방법은 경험적인 방식을 통해 산출된 보정계수를 요구하기 때문에 기존 자료와 다른 환경에서의 소음 영향 예측은 다소 적합하지 않을 수 있다.

반면에 수치모형실험을 통한 2차원 단면(x, z) 방향의 소음확산 실험 방식은 사업 대상지의 실제 해양환경 및 지형이 반영된 상세한 공간적 소음확산 영향 산출할 수 있다.

따라서, 본 사업의 해상 풍력단지 공사 중 수중소음 영향검토를 위하여 앞서 언급된 2가지 방식을 기용하여 보수적인 소음 영향 예측 결과를 제시하고자 한다.

수치 모형실험을 위해 채택된 모델은 사업 대상지의 복잡한 수심 조건과 항타 시 발생하는 저주파 대역 계산에 적합한 것으로 알려진 포물선 방정식 기반의 거리 의존 모델인 MIKE-UAS를 사용하였다.



(그림 4.5.2-2) 수중 음향 모델의 적용 범위와 특성 (Paul C. Etter 2012)

<표 4.5.2-11> 모형의 개요 (공사시)

항 목	내 용	
실험목적	· 사업시행에 따른 수중소음 영향검토	
적용모형	· MIKE-UAS(DHI)	
모형범위	· 수중소음 발생 구역으로부터 360도 반경 · 항타 지점으로부터 12방위에 대해 30km 영역	
격자간격	· x방향 : 10 m, z방향 : 1 m	
수심자료	· 국립해양조사원 최신 수치해도	
해양자료	· 안마도 해상풍력단지 수온, 염분 관측자료의 평균 · 해싱풍력단지 지층탐사 자료	
실험조건	· 자켓 구조물 하부의 핀 파일 항타시 발생하는 소음에 대한 영향검토	
실험안	춘계	하계
	Case 1 : WTG(A12) 핀 파일 항타시(직경 3.5m 파일) Case 2 : WTG(C11) 핀 파일 항타시(직경 3.5m 파일) Case 3 : 변전소 핀파일 구조물 항타시(직경 4.0m 파일)	

② 수중 충격음의 평가량

공사 시 발생하는 항타 소음은 광대역 신호 형태로, 피일 내부의 음속과 수중에서의 음속간의 차이로 인해 강한 하향 지향성을 보이며 수중으로 전파된다 (Reinhall 등 2011).

또한, 항타 소음은 주로 낮은 주파수 영역인 30~2,000 Hz의 범위에서 최대의 소음을 발생시키며 이 주파수 대역은 많은 어류들의 청각범위와 겹치는 것으로 알려져있다 (맹준호 외 KEI, 2012).

수중 충격음의 특성은 연속음과 달리 지속시간이 짧고, 광대역 특성을 가지며 아주 큰 최대치 음압을 갖는 음으로 정의할 수 있으며 폭발이나 물체의 충격에 의해 발생한다.

충격파는 선형적인 음향 특성을 갖지 않으므로 평균 음압으로 평가하는 연속음에 대한 평가 방법과 다르며, 어류에 미치는 영향을 평가하기 위한 충격음의 특성은 최대치 음압, 유효치 음압 P_{eff}, 에너지 밀도 E, 노출소음도 SEL(sound exposure level)로 평가되고, 충격음의 유효치 음압 P_{eff}는 아래의 식으로 정의할 수 있다.

여기서, T는 에너지의 90%를 점유하는 시간으로 아래의 식으로 정의할 수 있다.

$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T P^2 dt} \ \text{(Pa)} \qquad \int_0^T p(t)^2 dt = 0.9\int_0^\infty p(t)^2 dt$$

충격음의 에너지 밀도 E, 에너지 밀도 준위 EL, 노출소음도 SEL은 아래의 식과 같이 정의할 수 있다.(Bae., et al 2009).

$$E = \int_0^\infty \frac{p^2(t)}{\rho c} dt \ \ (J/m^2)$$

$$EL = 10\log_{10}\left(\frac{\int_0^\infty p^2(t)dt}{P_{ref}^2 T_{ref}}\right) \qquad SEL = 10\log_{10}\left(\frac{\int_0^t p^2(t)dt}{P_{ref}^2 T_{ref}}\right) \ (dB)3$$

여기서, $P_{ref}^2 = (1\mu Pa)^2$, $T_{ref} = 1s$ 이다.

E와 EL은 충격파의 총에너지를 평가하는데 적용되며, SEL은 1초간의 준위로 정규화되어 있으므로 충격음의 시정수, 최대음압 및 파형이 서로 다른 다양한 충격음의 영향도를 평가하는 데 사용된다.

항타음과 같이 여러개의 과도음이 연속적으로 발생하는 경우는 누적노출소음도(SEL cumulative)로 평가된다.

③ 수중소음 모형 설명

㉮ 수중소음 모형 개요

MIKE Underwater Acoustics Simulator (MIKE-UAS)는 덴마크 수리 연구소 (DHI) 에서 개발된 2차원 수중 음향 모델이며, 음향 발생원(Source)에서 부터 전방위로 음향이 퍼져 나가기 시작할 때와 표준 조건시 연직 단면(r-z 평면)에서 발생하는 수중에서 음향의 전달손실 (Transmission Loss)을 계산하는 모델이다.

UAS를 활용하여 소음원으로부터 수십 km 떨어진 영역까지의 광대역 주파수별 소음에 대한 효과를 모의할 수 있다.

소음원으로부터 일정한 거리에서, 복합 압력 p는 수직 2차원 영역에서 다음과 같은 원거리 방정식을 만족한다(Collins, 1993; 1999a).

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2}+\rho\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}\right)+k^2 p=0$$

이때 ρ 는 밀도, k=(1+i η β)ω/c 는 파수, i 는 허수 단위, ω는 각주파수, c 는 음속, β 음파감쇠 (dB/파장) 그리고 η은 40π log10e 이다.

위 식을 인수분해하면,

$$\left(\frac{\partial}{\partial r}+ik_0(1+X)^{1/2}\right)\left(\frac{\partial}{\partial r}-ik_0(1+X)^{1/2}\right)p=0$$

$$X=k_0^{-2}\left(\rho\frac{\partial}{\partial z}\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}+k^2-k_0^2\right)$$

이때, $k_0=\omega/c_0$k0 이며, c_0 는 대표 위상 속도를 뜻하며, 이때 나가는 에너지(Outgoing energy)가 후방 산란하는 에너지보다 더 우세하다고 가정할 때, 나가는 에너지의 양은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{\partial p}{\partial r}=ik_0(1+X)^{1/2}p$$

위 식의 형식적인 해(Solution) 는 다음과 같다.

$$p(r+\Delta r,z)=\exp(ik_0\Delta r(1+X)^{1/2})p(r,z)$$

이때 Δr 은 계산 간격 범위(Range step)를 뜻 한다. 따라서 n 항 유리함수(Rational function)를 적용하여 지수함수 근사치를 추정하게 되면 위 식은 아래의 식과 같이 유도할 수 있다.

$$p(r+\triangle r,z)=\exp(ik_0\triangle r)\prod_{j=1}^{n}\frac{1+\alpha_{j,n}X}{1+\beta_{j,n}X}p(r,z)$$

이 Padé 근사치는 계수 n, j 및 n에 의해 정의된 비선형 항들의 합으로 구성되며, 수심에 대한 연산항 X는 콜린스와 웨스트우드(1991)에서 설명한 유한 차분법을 사용하여 이산화한다.

UAS는 범위와 수심의 이산화된 단계에서 음향을 계산하기 위해 전진 유한 차이 체계를 사용하여 포물선 근사(Parabolic Approximation)를 계산한다.

단방향 파동 방정식은 고려된 해양 환경에 대한 초기 및 경계 조건을 모두 필요로 하고, 포물선 방정식에 대한 초기 데이터 설정에는 계산 시작 범위에서 수심에 대한 복잡한 압력의 특성이 포함된다.

콜린스(1992, 1999b)가 개발한 Self-Starter는 초기 조건 계산을 빠르고 정확하게 할 수 있는 기법으로써, 포물선 방정식의 수심 연산자와 관련된 경계 값을 강제 델타 함수인 β(α - β0)로 연산하여 계산이 이루어지며, 점 소음원에 대한 Self-Starter 식은 다음과 같다.

$$p(r_0,z)=\exp(ik_0r_0(1+X)^{1/2})(k_0^{1/2}(1+X)^{1/4})^{-1}\delta(z-z_0)$$

해수 표면에서는 공기의 밀도가 물의 밀도보다 훨씬 작기 때문에 압력 방출 경계(Zero Pressure)로 취급되며 경계조건은 수치해석 기법으로 구현된다.

UAS는 범위(range)로 인하여 발생하는 수괴 및 해저 지형에 따른 음속의 범위 의존적 변화를 고려한다. 해저의 구성은 일정 밀도를 가지는 여러층의 퇴적물로 처리된다. 해저 내에서의 전파를 계산에 포함하지만, 전단파가 아닌 압축파만을 고려한다. 즉 해저면의 경우 유체로 인식하여 계산된다.

각 토양층에 대한 해저 지층음향의 분포는 압축 파속과 압축 감쇠를 포함하며, 저층에서 감쇠 상수를 모의하는것 이외에도, 해저면-물 경계에서의 밀도 변화와 해저 내부 밀도 변화를 포함하는 것이 전파에 대한 해저 효과를 현실적으로 처리하는데 중요하다 할 수 있다.

해저면과 가깝게 위치한 하부 경계조건은 여러 파장 두께의 인공 흡수층을 포함함으로써 물리적 해 영역의 끝을 표현하며, 하부 경계에서 반사되는 에너지가 없도록 보장한다.

감쇠는 격자 하단의 몇 개의 파장에 걸쳐 선형적으로 증가하게 된다.

UAS는 Francois & Garison 1982의 경험적 모델을 사용하여 수계의 체적 감쇠를 모델에 적용하였다.

㉯ 수중의 감쇄 손실

Francois-Garrison이 제시한 모델에서의 흡수 계수는 붕산, 황산마그네슘 그리고 담수의 기여에 따라 세 가지 항으로 분해된다(Lurton 2010).

$$\alpha_{att} = A_1 P_1 \frac{f_1 f^2}{f_1^2 + f^2} + A_2 P_2 \frac{f_2 f^2}{f_2^2 + f^2} + A_3 P_3 f^2$$

여기서, α_{att} 는 dB/km 단위의 감쇄율, f 는 kHz 단위의 주파수를 뜻하며, 붕산의 기여도는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$A_1 = \frac{8.86}{c} 10^{(0.78pH-5)}$$

$$P_1 = 1$$

$$f_1 = 2.8\sqrt{\frac{S}{35}}\, 10^{\left(4-\frac{1245}{T+273}\right)}$$

$$c = 1412 + 3.21T + 1.19S + 0.0167z$$

이때 pH는 pH 값을 뜻하며, z는 수심(m), S는 염분(psu) 그리고 T는 수온(°C)을 뜻한다.

황산 마그네슘의 기여도는 다음과 같다.

$$A_2 = 21.44 \frac{S}{c}(1 + 0.025T)$$

$$P_2 = 1 - 1.37 \times 10^{-4} z + 6.2 \times 10^{-9} z^2$$

$$f_2 = \frac{8.17 \times 10^{\left(8-\frac{1990}{T+273}\right)}}{1 + 0.0018(S-35)}$$

담수의 기여도는 다음과 같다.

$$P_3 = 1 - 3.83 \times 10^{-5} z + 4.9 \times 10^{-10} z^2$$

For T≤20 °C : $A_3 = 4.937 \times 10^{-4} - 2.59 \times 10^{-5} T + 9.11 \times 10^{-7} T^2 - 1.5 \times 10^{-8} T^3$

For T>20 °C : $A_3 = 3.964 \times 10^{-4} - 1.146 \times 10^{-5} T + 1.45 \times 10^{-7} T^2 - 6.5 \times 10^{-8} T^3$

물의 감쇄 손실은 Collins(1999a)에서 제시한 내용에서는 적용이 되지 않았고, 파수는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$k = \omega / c$$

하지만 UAS 에서는 물의 감쇄 손실을 파수식에 다음과 같이 고려할 수 있다.

$$k = (1 + i\eta\beta)\omega / c$$

이때 i는 허수 단위, η는 (40πlog10e)-1, β=αab・λ (αab 는 dB/m 단위의 흡수 계수, λ=c/f m단위의 파장이다).

A의 자세한 정의는 수식8을 참조해야 하며 이때 ω는 원 진동수, c는 음속을 뜻한다.

㉰ 수치 이산화(Numerical Discretisation)

UAS는 수평 및 수직 방향으로 등거리 계산 격자가 요구되며, 유한 차분 모델에서 사용되는 공간적 이산화 기법은 파장 λ을 중심으로 모의할 수 있나. 따라서 계산식에는 주파수 항에 대한 민감도를 고려하여 정확한 수치해석을 모의해야 한다.

수심 분해능/해상도(Depth Resolution)은 다음의 식과 같다.

$$dz = \gamma\lambda$$

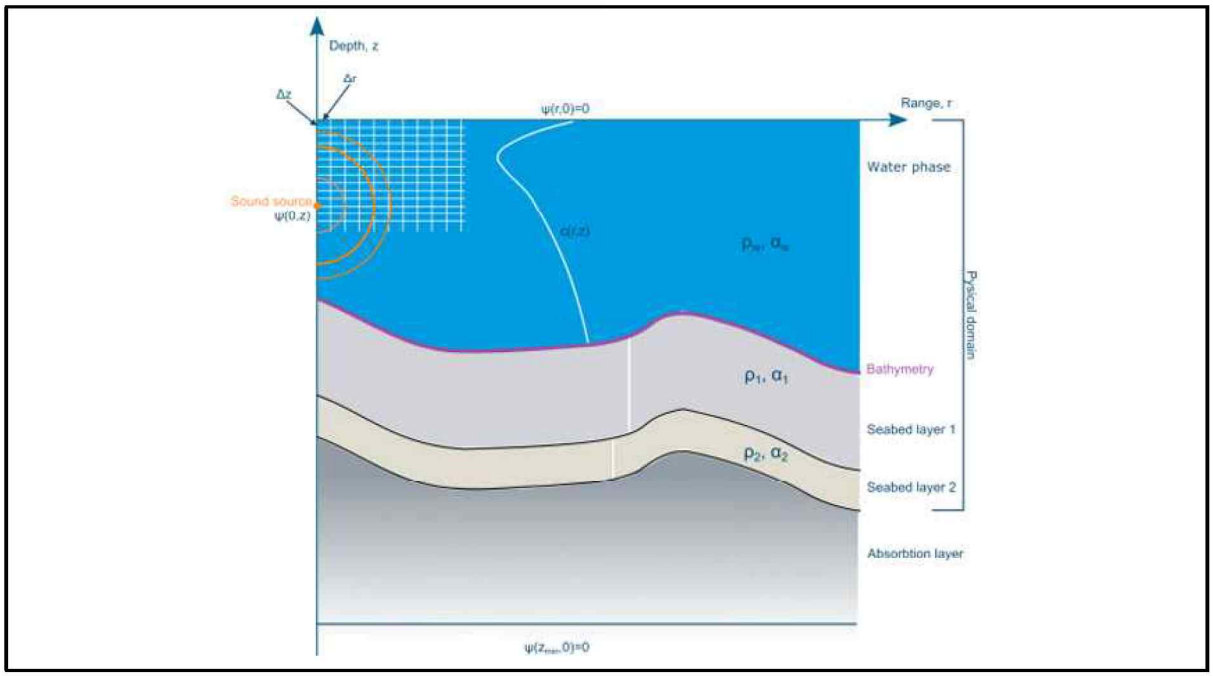
방사 분해능/해상도 (Radial Resolution)는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$dr = \varphi dz$$

위 식에서 γ는 연직 방향으로 계산되는 음파의 조각 개수를 뜻하며, 방사성 방향의 (Radial Direction) 공간적 기울기는 연직 방향보다 비교적 약하기 때문에 전파되는 음파의 분해능/해상도를 안정화하기 위해 φ가 사용되었다.

수치해석의 정확도는 계산 격자의 해상도로 결정될 뿐만 아니라 Parabolic Equation 근사치에서의 Padé 항의 개수도 지배적으로 영향을 미치며, 심해 환경의 경우 넓은 전파각으로 인하여 정확한 수치해석을 위해 Padé 급수에서 많은 계산량이 요구된다.

Padé 근사치에서 계산항이 늘어난다는 것은 계산 시간이 늘어나는 것과 같으므로 UAS의 알고리즘은 정확한 수치해석을 판가름하는 수렴 테스트가 자동으로 작동되며, 이 수렴 테스트는 격자해상도, Padé 급수 확장, 해수환경영향평가에서 요구되는 해수와 해저 지면의 상호작용과 같은 다양한 연구성과를 바탕으로 구성할 수 있다.



(그림 4.5.2-3) 수중소음 모형의 계산 모식도

㉮ 모델의 가정(Model Assumptions)

UAS는 다음과 같은 간소화된 조건을 기반을 두고 있으며 수중음향전파 모델 적용시 특별히 주의해야 할 사항들도 포함하고 있다.

해수의 표면은 간단한 수평 완전 반사 경계로 처리되며, 표면 중력파 외에 기포가 주입되는 상층 바다 상태는 무시한다. 이는 표면 수층의 음속에 큰 영향을 미칠 것이며 이런 접근 방식은 보수적인 소음 영향 범위를 보일 것이라고 판단된다.

표층 인근의 기포 층은 산란으로 인해 상당한 소음 감쇠를 초래할 수 있으며, 산란으로 인한 전달 손실 외에도 공간적으로 변화하는 음속에 의한 굴절에 의해 소리가 더욱 감쇠될 수 있다.

주입된 기포의 부피농도는 상대적으로 적지만(약 1%), 작은 공기 농도에서도 음속에 극적인 영향을 미치며 (Jensen et al. 2011), 특히 고주파 음향 전파는 공기 기포 소리의 감쇠 구조 영향을 많이 받을 수 있다.

해수 표면의 거칠기는 고주파 대에서는 매우 중요할 수 있으며(>1kHz), 내부파가 소리 전파에 미치는 영향은 무시될 수 있으므로 성층화가 심한 지역에서는 모델 사용을 주의해야 한다.

UAS는 압축파만 모의할 수 있으며, 모델 영역 해저에 구성이 전단(탄성파)음향파 (acoustic shear wave)를 전파할 수 있을 만큼 충분한 강성을 가

진 압밀 퇴적물로 되어있다면 S파의 전파가 매우 중요하다 할 수 있다.

소리가 해저와 상호작용할 때, 해저의 구조가 중요하므로 해저 퇴적물은 UAS에서 유체로 모델링되며, 이는 유체가 한 가지 유형의 음파(압축파)만 지원한다는 것을 의미한다.

침전물의 강성(그에 준하는 전단 속도)이 보통 암석과 같은 고체의 강성보다 상당히 낮으므로 퇴적물을 유체로 판단하는 것은 합당한 근사치로 판단할 수 있다.

해저에 침전물이 없는 경우 매체는 탄성으로 계산되어야 하며, 이는 압축파와 전단파를 모두 모의 된다는 것을 의미한다.

해저의 경우 음향 특성이 다른 토양층으로 나뉠 수 있으며, UAS는 대규모 수심의 고려가 가능하지만 큰 암반을 가진 해저면이나 해저면의 해저식물의 효과를 고려하는 상세모의를 하지 않는 경우도 있다.

천해에서는 해저 경계 조건이 주요한 역할을 하며, 전파되는 소리가 짧은 거리에서 해수 표면과 해저면과 모두 상호작용하기 때문에 음파의 전파 특성에 큰 영향을 미침. 음향이 짧은 거리에서 해저와 여러 번 상호작용할 경우, 해저의 층별 구조는 수심측량만큼 중요해진다.

따라서, 음향은 해수뿐만 아니라 기저 퇴적물을 통해서도 상당히 확산되며, 에너지가 기저 퇴적물로 손실되어 음향 준위가 감쇠된다.

UAS의 코드는 해저 경사면에 반사된 음파의 수평 굴절 등으로 인해 생기는 3D 효과를 무시하는 2D 모델이다.

일반적으로는 해저면은 매우 평평하다고 볼 수 있으며 심지어 해저산맥이나 대륙 경사면 그 경사는 10°를 넘지 않으며, 수치 모델에서 해저면을 정확하게 처리하는 것의 중요성은 소음원과 수신원의 이격 거리, 소음원의 주파수 그리고 수심과 같은 요인들이 중요하다 할 수 있다.

해빈 경사, 대륙 경사면, 해저산맥 또는 섬 인근 해저면에 매몰이 발생할 경우, 경사면을 비스듬히 가로지르는 광선은 수평 굴절 현상을 겪게 된다.

수중배경소음의 소음 차단·저감 효과는 UAS에서 모의되지 않기 때문에 대부분의 환경영향평가에서 문제가 되는 소음원 주파수 중 가장 영향력 있을 때의 배경소음 준위는 100dB 이거나 그보다 낮게 나타나므로, 계산된 결

과에 미치는 영향이 무시될 만큼 작다고 판단할 수 있다.

Near field 효과는 무시할 수 있음(충격 범위(예:> 100m))에서 음파 강도 효과와 세역에서 지배적인 사선으로 방출된 음파가 어느 정도 희석되므로, Far-field에서의 음압 수준에 대한 near-field 효과는 실험에 따라 달라질 수 있다.

④ 모델의 검증

Applied Wedge(표준쐐기의 적용) 문제는 Jensen and Ferla(1990)의 연구에서 완전 반사형(fully reflecting), 정온한 해수 표면, 균질한 수괴(음속이 1,500m/s으로 일정하며 감쇠가 없는 상태)와 손실 통과 해저면(penetrable, lossy bottom, 음속이 1,700 m/s이며, 밀도는 1,500kg/㎥, 압축성 감쇄가 0.5dB/λ인 해저면)으로 구성된 쐐기 형태에서의 경사면 음향 전파를 다룬다.

소음원에서의 수심은 200m이며 4㎞ 거리에서 신형적으로 0m까지 감소되며, 소음원에서의 주파수는 25Hz, 소음 발생 수심은 100m(중층)로 나타난다.

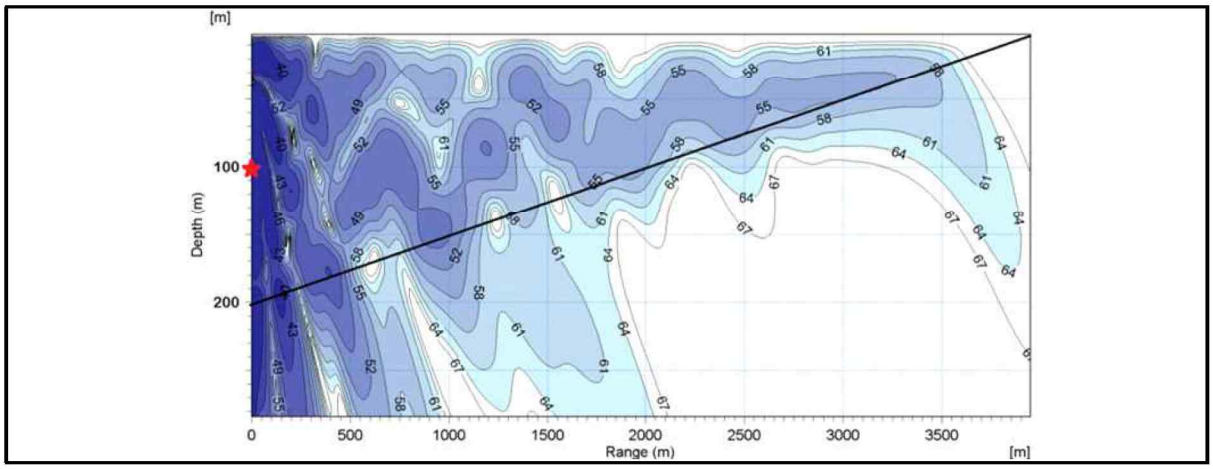
이 실험에서의 적용된 설정은 Benchmark 3 라고 불러지며 이는 모든 Benchmark 쐐기 문제들 중 가장 현실적인 것으로 묘사되고 있는 것으로 알려져 있다.

UAS 검증은 시뮬레이션간 발생할 수 있는 불필요한 해저면에서의 경계 반사를 방지하기 위해, 해저층의 구성은 두께가 5,000m인 기저층과 두께 20λ, 감쇄율 3dB/λ의 종료층으로 구성되어 있다.

이 실험에서 적용될 계수들의 값은 ɣ=0.02, ϕ=5, np=5, ns=1, rs=0 이며 출력해상도는 가로 6m 세로 1.2m 이다.

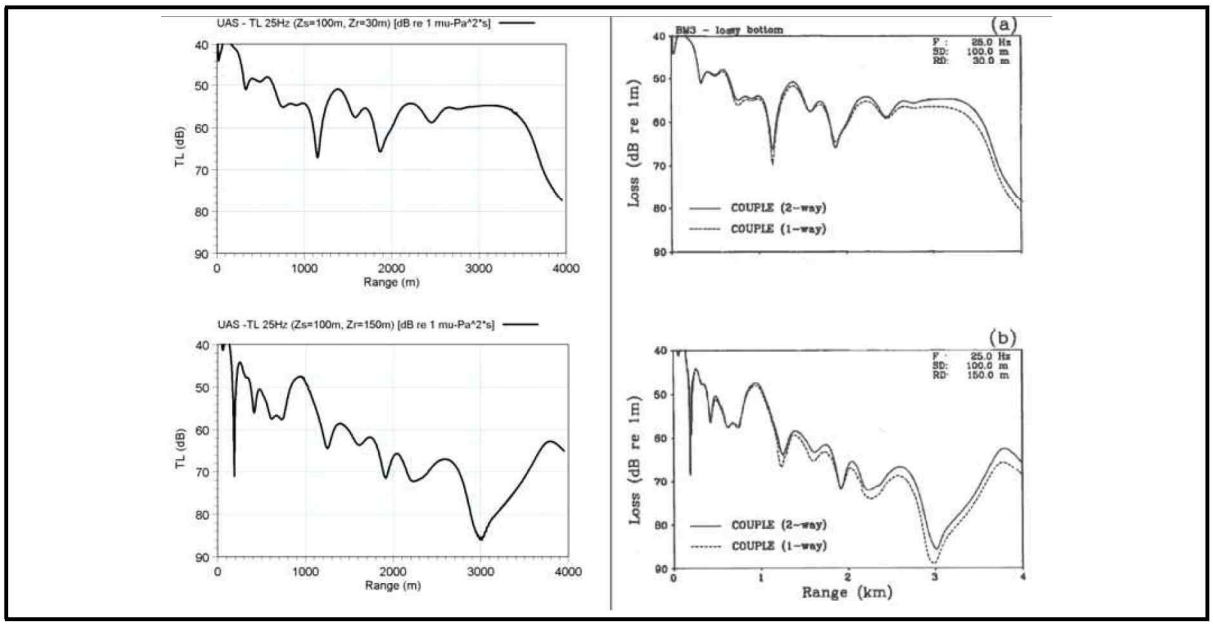
해수 표면에서 285m 아래까지 전달 손실을 도식한 결과를 다음 그림에 제시하였으며, 해저면으로의 전파가 3.5㎞ 지점까지 특히 크다는 것을 확인할 수 있다.

또한, 동일 실험의 수신 수심 30m와 150m에서의 투과손실의 결과에서는 MIKE-UAS를 통한 해석 결과와 Jensen and Ferla(1990)에서 실시한 해석 결과가 함께 도시 되었으며, 두 결과가 잘 일치되었다고 판단된다.



자료: DHI-UAS in MIKE Scentific Documentation

(그림 4.5.2-4) UAS로 모의한 Wedge Problem 의 투과손실 결과, 해저면 경계는 검정 실선



주) 좌측은 UAS 모델의 결과 값이며, 우측 실선은 Jensen and Ferla (1990)에서 도출된 결과

(그림 4.5.2-5) 수음점 30m, 150m 에서의 투과손실 비교

⑤ 모형설정

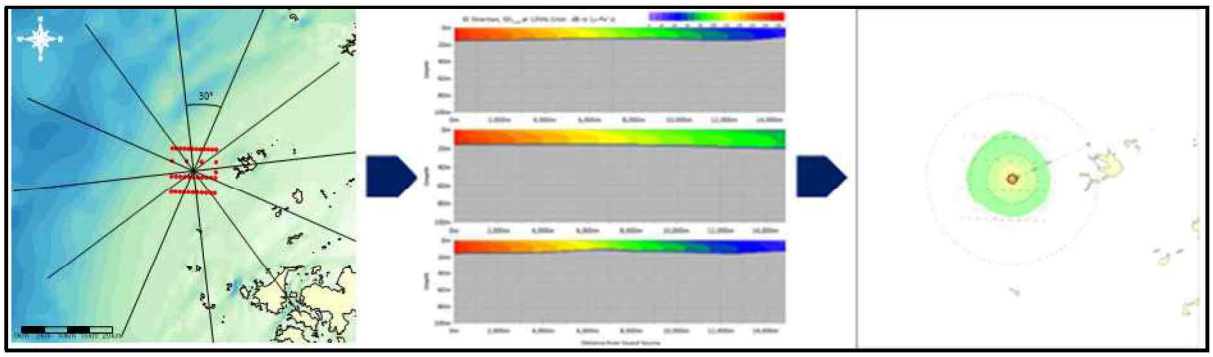
㉮ 실험방법

수중소음 실험은 항타 시 발생하는 수중소음 스펙트럼 수심, 수온, 염분, 음속 등을 충분히 고려할 수 있는 모형을 사용하여 실시하였으며, 결과를 병합하여 주파수별 최대 소음 준위 스펙트럼 결과 도출이 가능하다.

다음 그림은 수중소음 실험방법에 대한 모식도이며, 수중소음 실험은 안마 해상풍력 항타 시공 위치를 중심으로 12 방위 단면을 설정하였다.

이때 해저면의 수심 자료는 국립해양조사원에서 제공하는 최신 수치 해도를 바탕으로 작성하였으며, 해저면의 층후는 대상해역에서 관측 및 분석된 지반조사 자료를 바탕으로 설정하였다.

방향별 2차원 연직 단면 소음확산 실험 결과를 도출한 후 평면적인 소음 영향 범위를 제시하였다.



(그림 4.5.2-6) 수중소음 실험 방법

㈏ 입력자료 생성

대상 해역과 인근 지역의 수치해도와 최신 수심측량 자료를 사용 하여 모델 적용 지역에 대한 수심 평면장을 생성, 소음 근원지로부터 12방위의 수직적 수심 자료 생성하였다.

수온, 염분 자료는 CTD (Conductivity, Temperature, Depth) 관측자료를 활용하여 적절한 값을 선택한 후 실험의 입력값으로 사용하였다.

항타에 의한 발생소음 입력자료는 K.Betke et al 2009 연구에서 제시한 FINO2 자켓 구조물 항타 시 청음된 자료를 스펙트럼 분석한 값을 보정하여 사용함. 실제 관측은 소음원으로부터 500m 떨어진 거리에서 수행하였으므로 동일 이격거리에서 계산된 모델 결과값과 관측 스펙트럼 값을 주파수별로 비교하여 최종 입력자료로 활용될 스펙트럼에 대한 보정을 실시 하였다.

사업 구역의 해저면 구성은 2024년 8월 5일 제출된 해양지반조사 보고서에 제시된 시추자료를 사용하여 분석하였고, DL 기준으로 38~96m로 분포하며 점토, 실트, 자갈, 백악, 조개껍질, 이탄 및 기반암 등 다양한 층으로 구성된 것으로 파악되었다.

해상풍력 설치 지역의 해저면 층후는 시추 결과에서 주로 확인된 실트, 점토, 자갈로 주로 구성되었으며, 소음의 영향 예측을 위한 수치 모형 실험의 입력 자료로는 B01-BH 지점의 데이터를 기반으로 선정하여 아래 표에 제시하였다.

<표 4.5.2-12> 조사해역 시추성과표

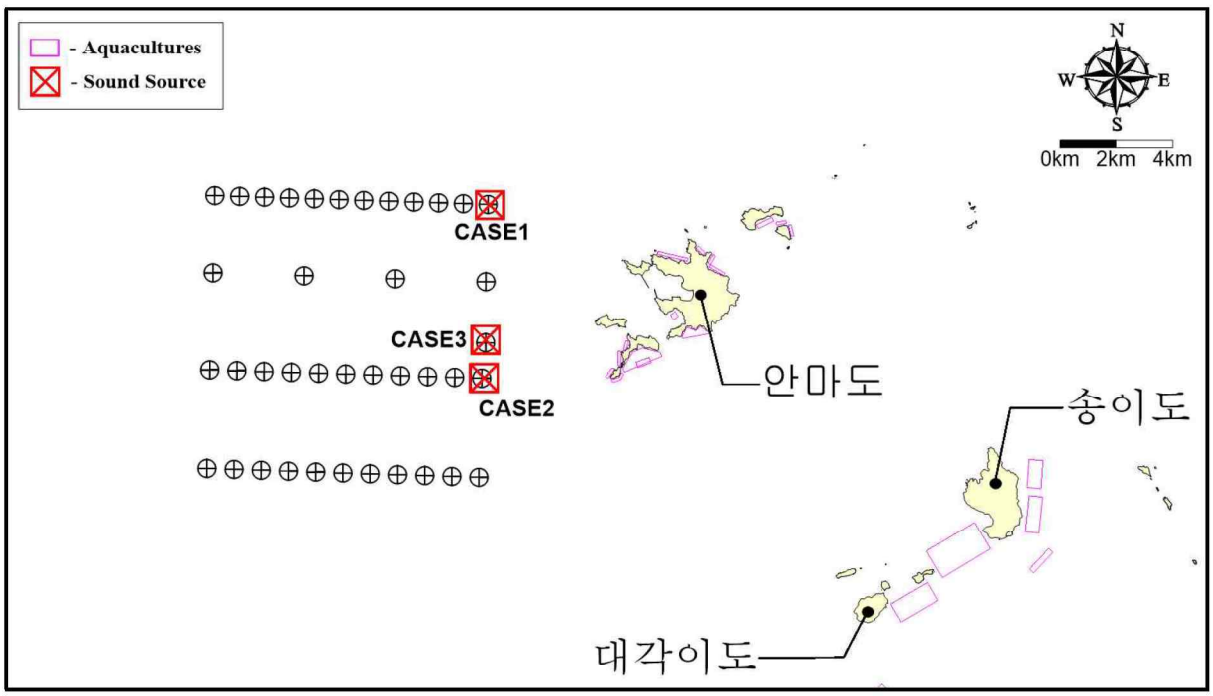
구분	B01-BH								
	점토	자갈	실트	점토	자갈	점토	자갈	점토	실트
심도 (m)	25.0	2.5	2.5	19.0	10.0	8.0	15.0	6.0	6.0

자료 : Anma Offshore Wind Farm Project - Geotechnical Factual Report for wind Tubine Generator Locations(지반측량조사 보고서), 2024

㉰ 수중소음 실험안 선정

해상풍력 단지의 핀 파일은 직경 3.5m의 파일, 해상 변전소의 핀 파일은 직경 4.0m의 파일 항타를 기준으로 평가하였다.

어업권의 경우 안마도 인근에서는 마을어업과 양식어업이 확인되었고, 송이도, 대각이도 등에는 마을어업을 확인하였으며, 항타 작업에 따른 주변 해역의 환경적 영향을 평가하기 위해 풍력 발전기 설치 구역 중 인근 어업권과 인접한 CASE1, CASE2 및 해상 변전소 설치 구역인 CASE3에서 각각 실험을 수행하였다.



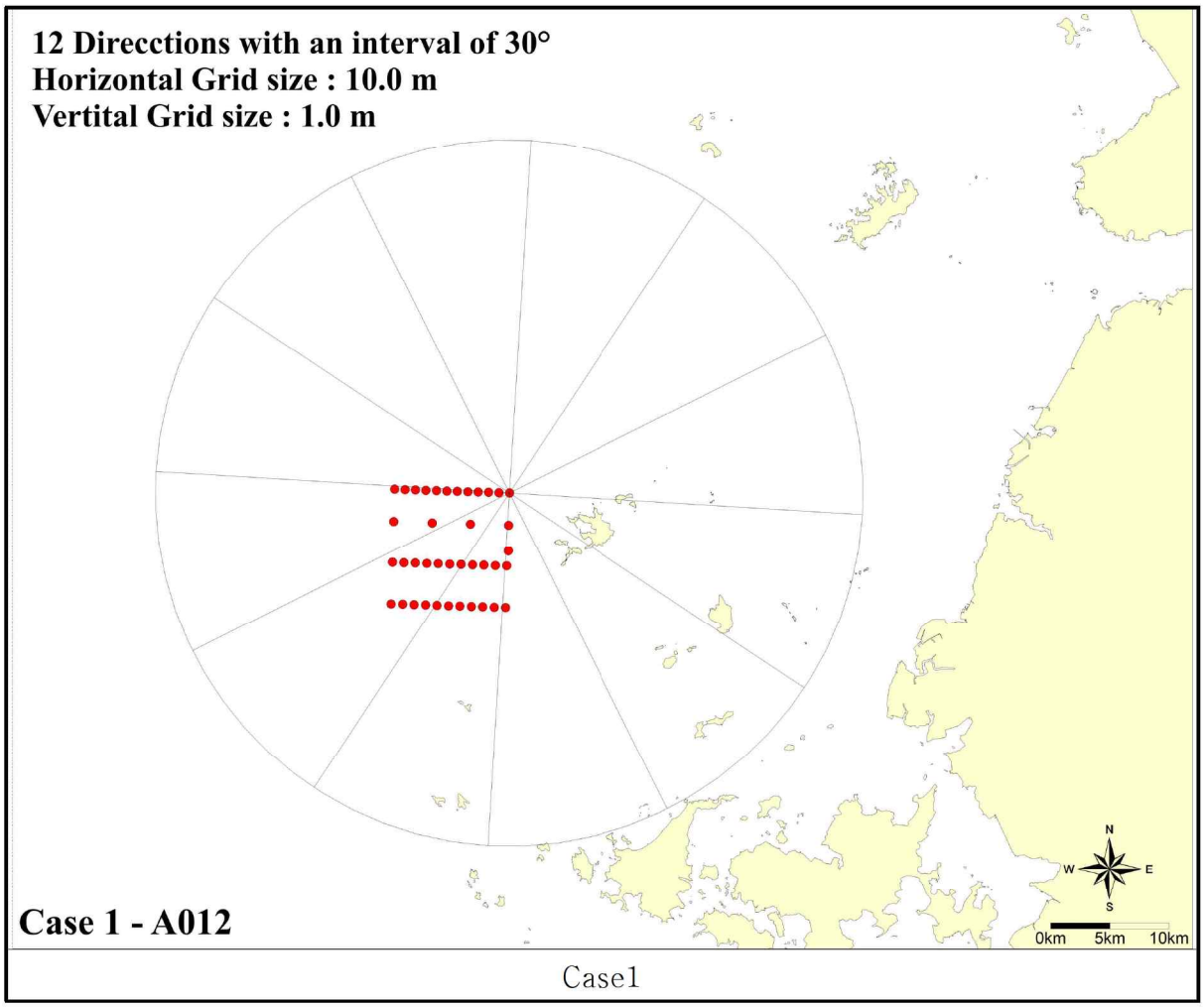
(그림 4.5.2-7) 수중소음 공사시 영향예측 실험안 선정

㉮ 영역의 설정 및 격자생성

모형의 영역은 사업시행에 따른 수중소음 영향이 있을 것으로 판단되는 지역까지 충분히 넓게 구성하였으며 사업지구의 소음 발생 위치를 기준으로 360° 공간을 주변 지형 및 수심이 충분히 고려될 수 있게 분할하여 수행하였다.

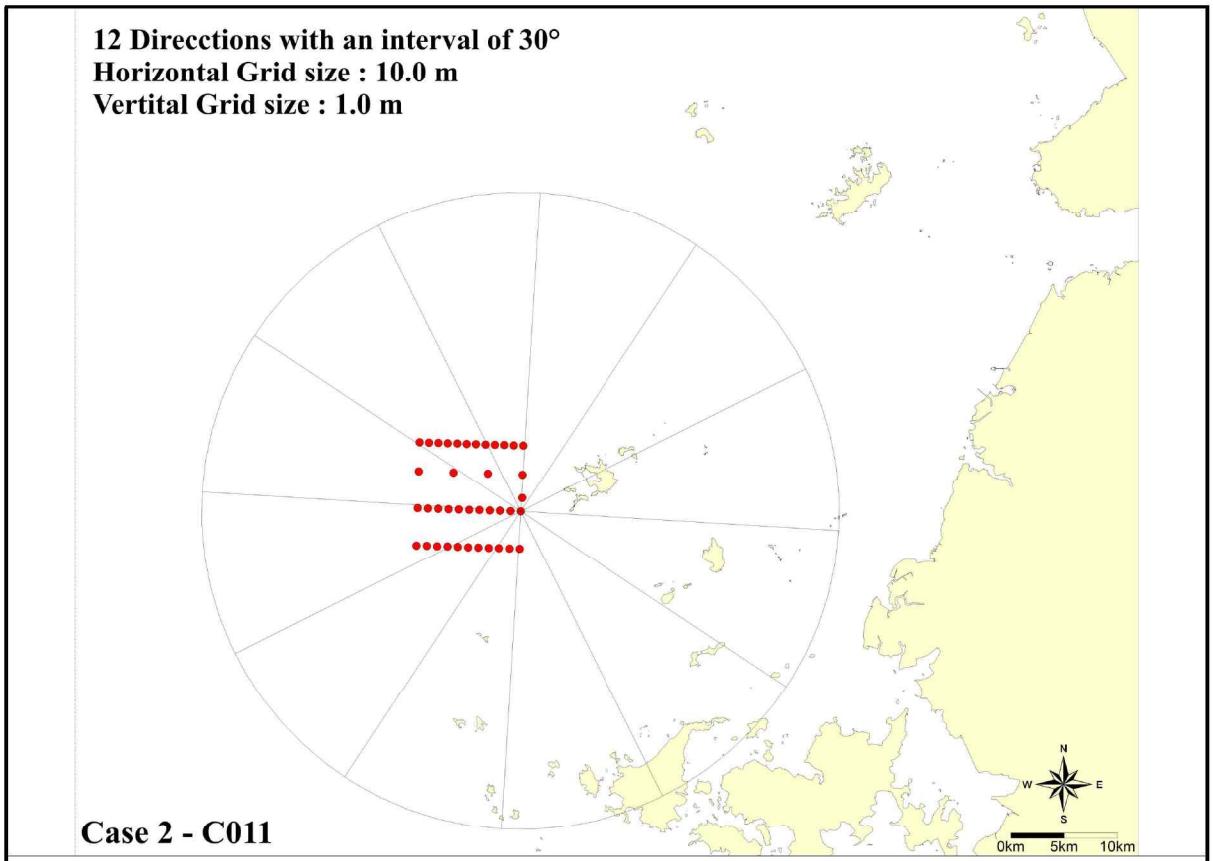
단면 소음실험에 대한 격자의 구성은 수평 방향으로 10m 간격, 연직 방향으로 1m 간격이며, 30도 간격의 12방향의 단면에 대한 격자는 해안선과 수심분포에 따라 다르며, 수평 방향으로 최대 30㎞의 영역을 포함하게 구성하였다.

실험에 활용된 단면은 외부망 경과지를 포함한 사업대상 지역 일대의 해역 전체를 충분히 포함한 수심도에서 거리별 수심을 방향별로 생성하여 각 주파수 대역의 소음확산 영향을 계산하였다. 공사 중 수중소음 확산실험에 사용한 단면의 공간적인 분포를 아래 그림에 도시화하였다.

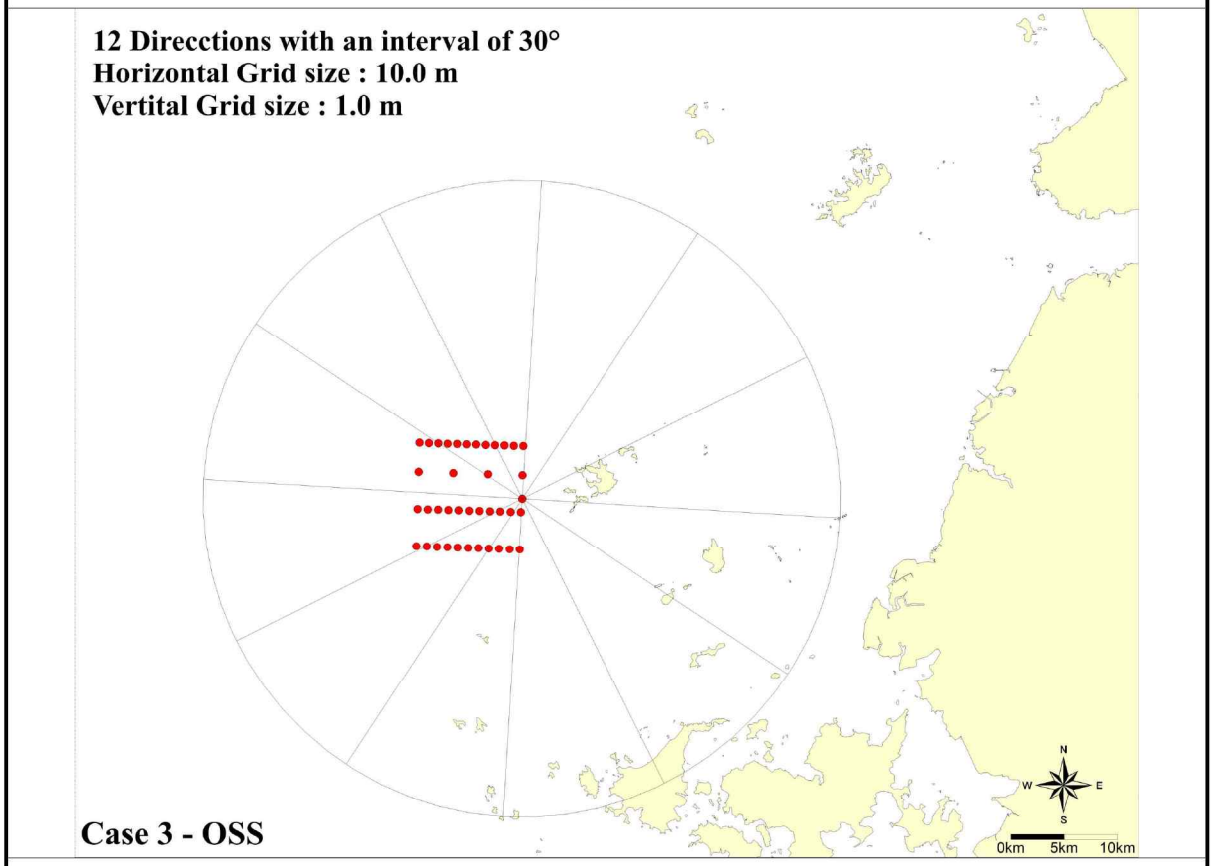


Case1

(그림 4.5.2-8) 수중소음 공사시 영향예측 단면 분포

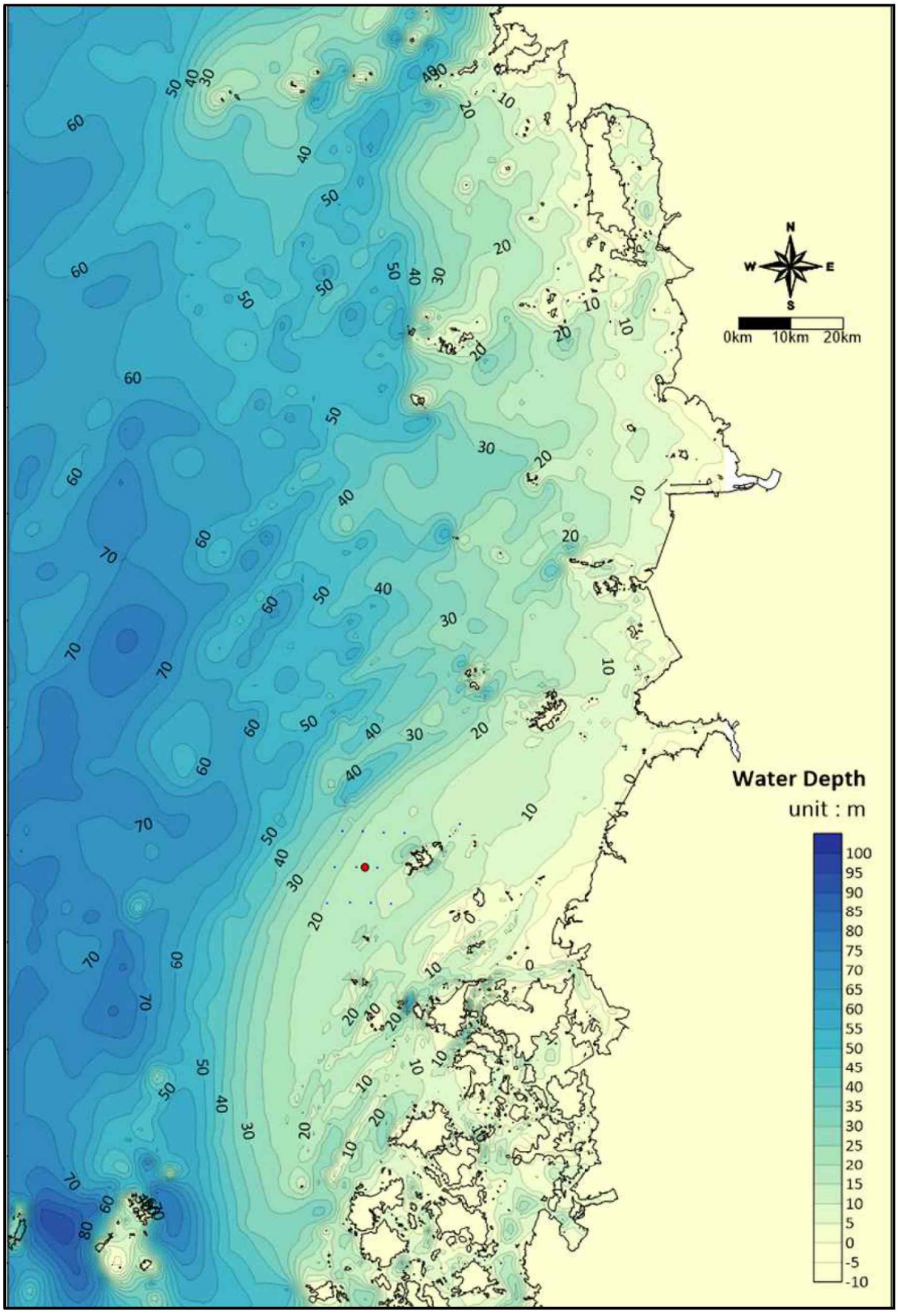


Case2



Case3

(그림 4.5.2-8) 계 속

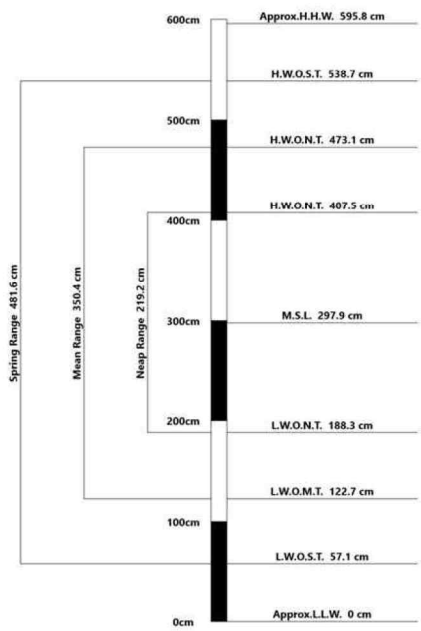


(그림 4.5.2-9) 수중소음 실험 입력 수심도

㈐ 해황 입력

수중소음 모형에 적용한 조위는 안마도 기본수준점 성과(국립해양조사원)의 평균해변 D.L. (+) 297.9㎝를 수치해도의 수심에 보정하여 사용하였다.

<표 4.5.2-13> 안마도(전남영광) 기본수준점 성과

구분	비조화상수	
	약최고고조위	595.8
	대조평균고조위	383.7
	평균고조위	473.1
	소조평균고조위	407.5
	평균해면	297.9
	소조평균저조위	188.3
	평균저조위	122.7
	대조평균저조위	57.1
	악최저저조위	0
	소조차	219.2
	평균조차	350.4
	대조차	481.6
	조석형태수	0.237

안마 해상풍력의 자켓 구조물 시공 기간은 3월~8월로 계획되어 있으며, 대상 해역의 해황의 계절적인 변화에 의한 소음확산 예측의 변화를 확인하기 위하여, 사업지구 인근에서 하계와 추계에 관측된 수온, 염분, pH 및 음속의 연직 분포를 모형에 적용하여 실험은 수행하였다.

사용된 CTD 의 장비는 측정된 수심, 염분, 수온 자료를 이용하여 아래의 Coppens(1981) 산정식으로 음속을 장비에서 계산하여 사용하였다.

$$c(D,S,t) = c(0,S,t) + (16.23 + 0.253t)D + (0.213 - 0.1t)D^2 + \{0.016 + 0.0002(S-35)\}(S-35)tD$$

$$c(0,S,t) = 1449.05 + 45.7t - 5.21t^2 + 0.23t^3 + (1.333 - 0.126t + 0.009t^2)(S-35)$$

여기서, t = T/10 where T = temperature in degrees Celsius

S = salinity in parts per thousand

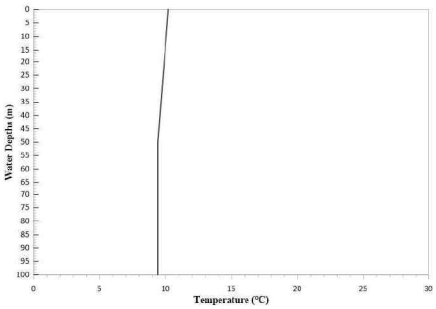
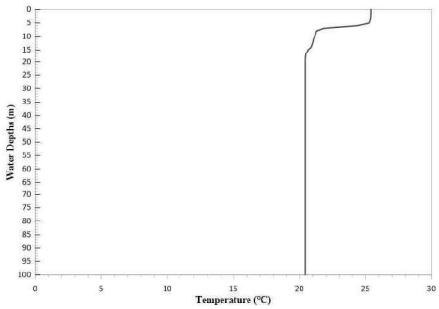
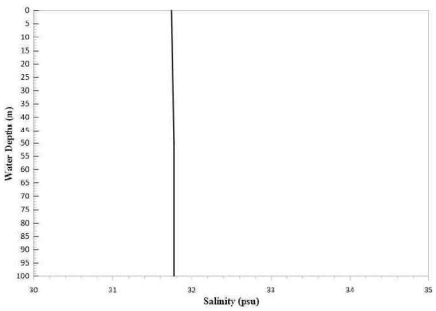
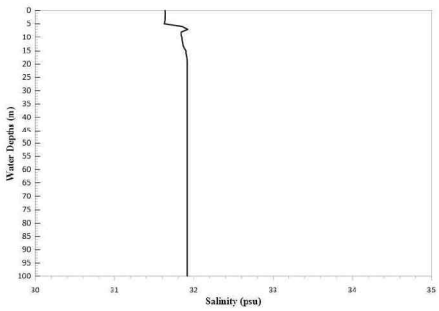
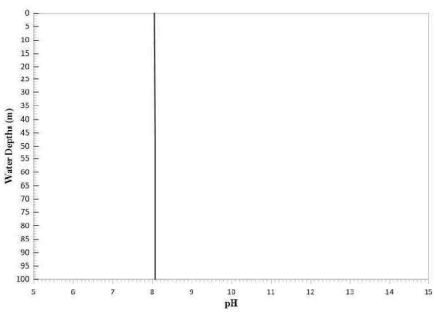
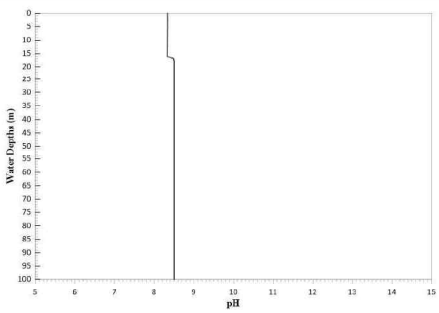
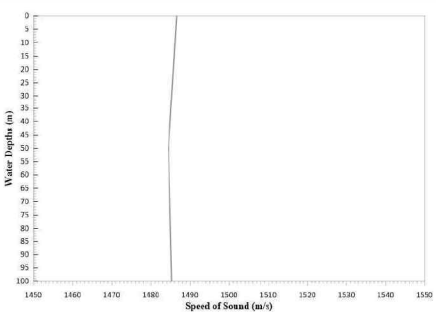
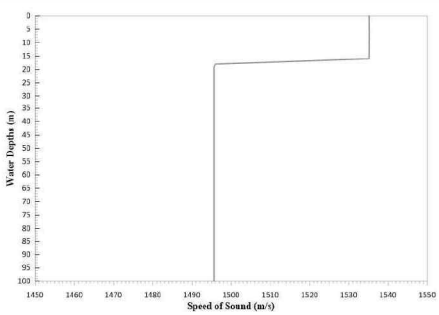
D = depth in kilometers

Range of validity = temperature : 0 to 35℃, salinity : 0 to 45 parts per thousand, depth 0 to 4000m

춘계 조사는 2020년 4월 14일, 하계 조사는 2022년 8월 19일에 수행되었다.

<표 4.5.2-14> 수중소음 모형에 적용된 해양 관측자료(춘계, 하계)

구 분	춘 계			하 계		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수온(℃)	9.4	10.2	9.7	20.4	25.4	20.8
염분(psu)	31.7	31.8	31.8	31.6	31.9	31.9
pH	8.1	8.1	8.1	8.3	8.5	8.5
Sound Speed(m/s)	1,485	1,487	1,485	1,496	1,535	1,501

구 분	춘 계	하 계
수 온		
염 분		
pH		
Sound Speed Profile		

(그림 4.5.2-10) 수중소음 모형에 적용된 연직 분포도(춘계, 하계)

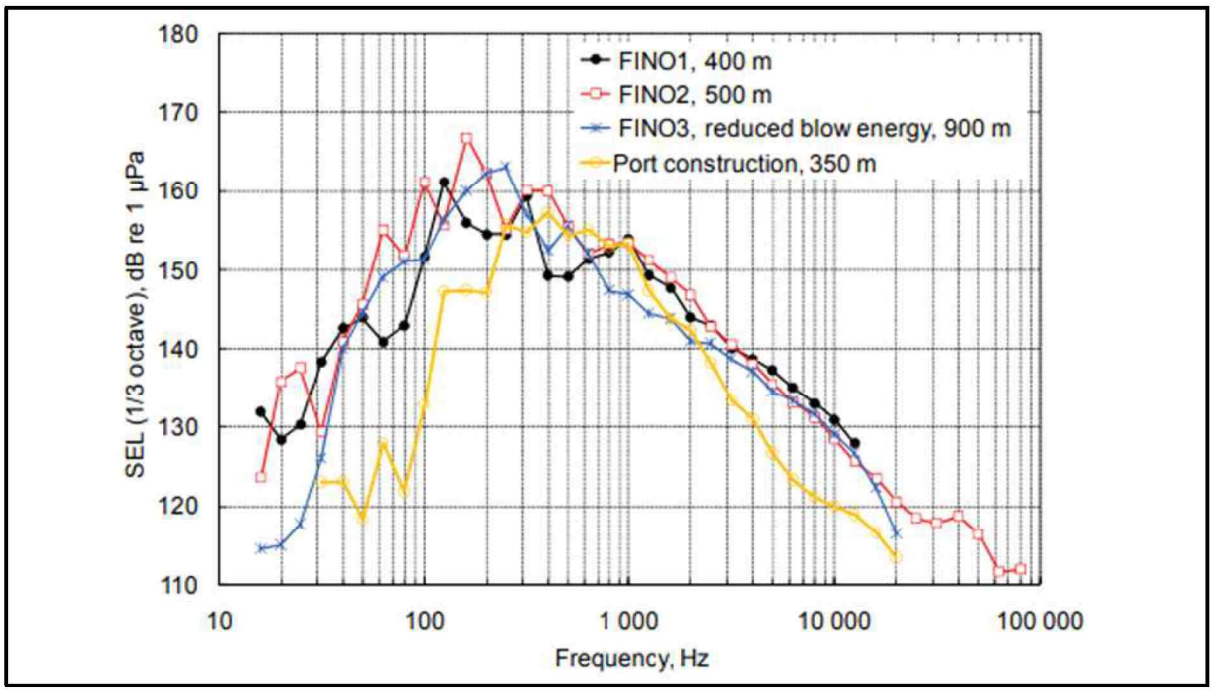
㉮ 수중소음 모형의 검증 및 소음입력 제원

항타 소음으로 인한 영향검도 모형실험은 파일 제원에 맞는 소음 스펙트럼을 소음원으로 사용하였다.

국내에서 공식적으로 개방된 대구경 파일의 항타 소음 실제 관측 자료가 없으며, 서남해 해상풍력 실증단지에서 관측된 자료는 본 사업에서 사용 예정인 터빈의 비해 상대적으로 터빈의 출력량이 낮은 사례이므로 자료 사용에 제한적이다.

본 실험에서는 핀 파일 항타에 의한 발생 수중소음의 입력제원 산정을 위해 핀 파일 3.5m 항타시 구조물 500.0m 이격거리에서 관측된 소음의 주파수별 스펙트럼(K. Betke et al. 2009)을 이용하였다.

FINO2는 발트해(Baltic Sea)의 해상풍력 단지에 인접하게 위치한 연구 플랫폼으로서 3.5m 직경 파일 위에 설치되었으며, 당시 공사 시 발생한 항타 소음을 「K. Betke et al.2009」 연구에서 제시하고 있다. 해당 연구에서는 다양한 형태의 하부 구조물(자켓 파일, 모노 파일, 자켓부말뚝) 설치 시 발생하는 소음을 지름별로 SEL과 SPL로 제시하고 있으며, 금회 소음확산 실험을 위해 3.5m 지름의 FINO2의 SEL 자료를 바탕으로 소음원에서 500.0m 이격 된 위치에서 소음 스펙트럼을 추정하였다.

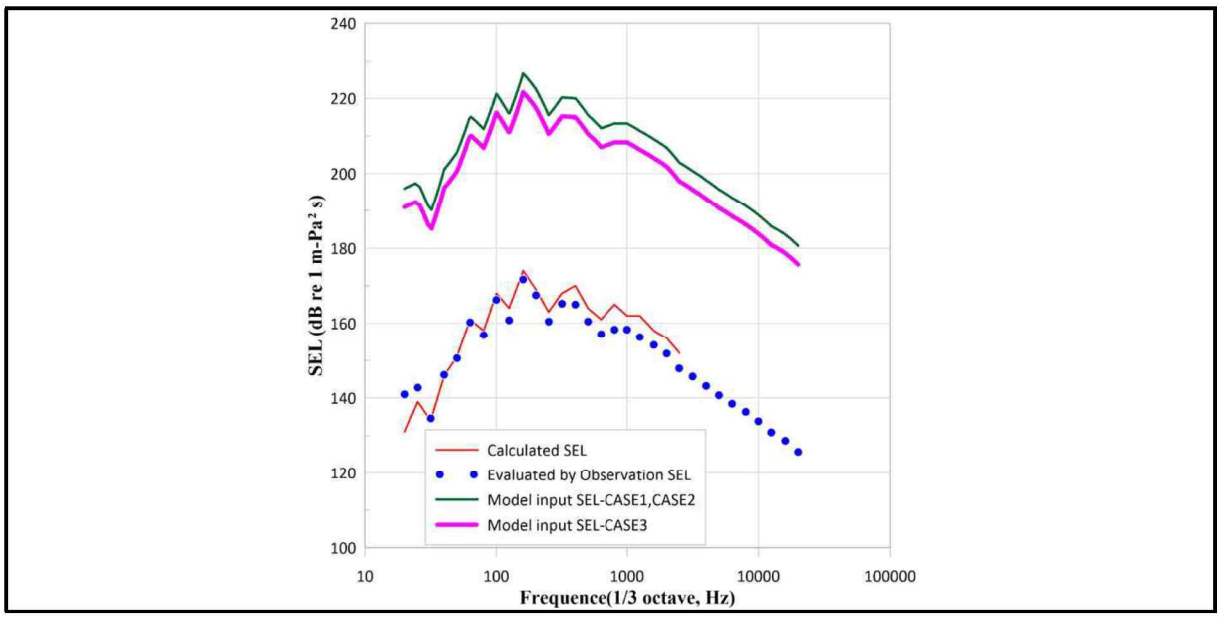


(그림 4.5.2-11) FINO2 3.5m 자켓 구조물 하부 기초시설 설치 시 발생 소음도(K. Betke et al. 2009)

모형의 검증을 위해 소음원 입력값을 500.0m 이격 지점에서 관측자료로부터 추정한 값과 시행착오적 방법으로 보정을 수행하였다.

파일 항타에 의한 수중소음 발생에 대한 수중소음 수치모형 검증 결과를 아래 그림에 도시하였으며, 소음원으로부터 500.0m 이격 위치에서 관측된 SEL 노출 소음도 추정치와 비교하였다.

관측값과 계산값이 유사한 경향을 보이는 것으로 나타나 수중의 해저면의 특성, 유체의 환경이 다른 조건에서 실험한 결과 대비 거리에 따른 감쇠 효과를 수치 모형실험에서 비교적 잘 재현되는 것으로 판단된다.

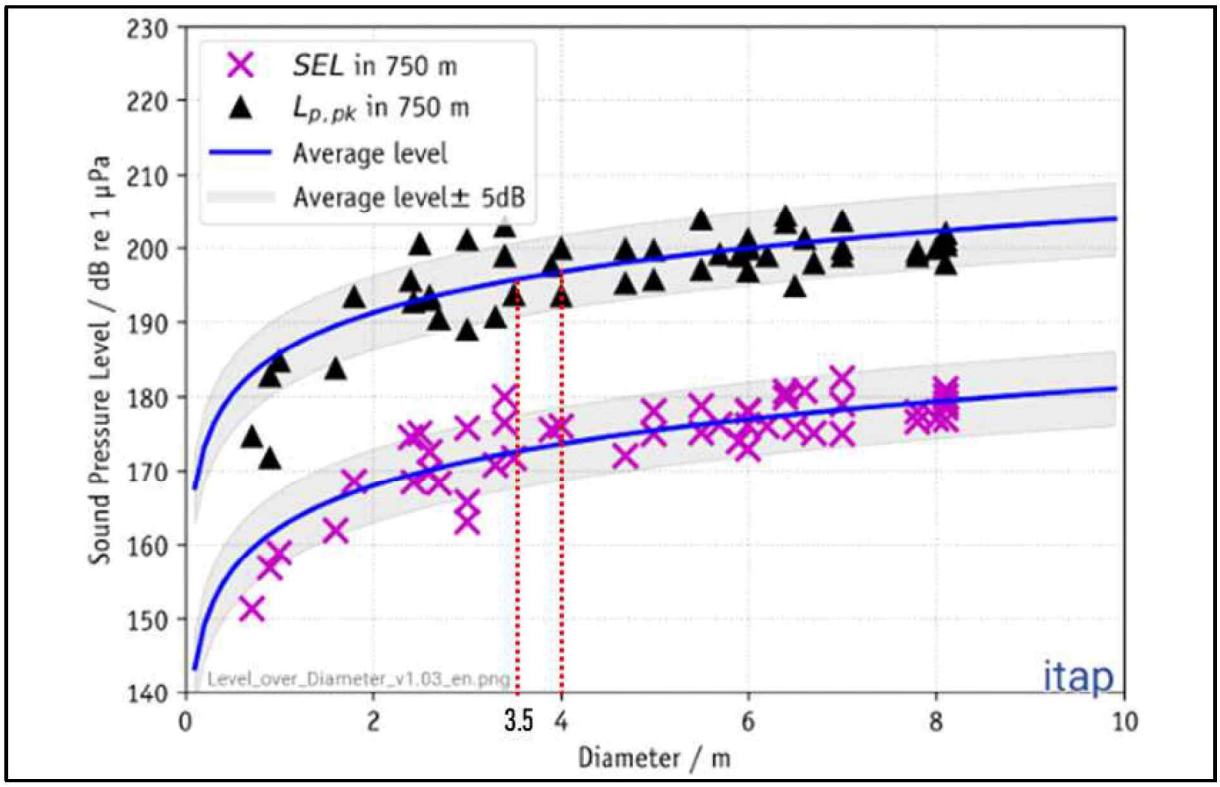


(그림 4.5.2-12) 소음 발생 입력값 및 발생원에서 500.0m 이격 지점에서의 수중소음 추정값(관측자료 기반)과 소음확산 계산 결과의 비교

해상 변전소는 4.0m 직경의 파일 설치가 계획되어 있으며, 아래 제시된 ITAP 2020 연구자료에 따르면, 파일의 직경이 커질수록 항타 시 발생 최대 소음이 점진적으로 증가하는 것으로 알려져 있다.

연구 결과를 보면 4.0m 파일 항타 시 발생 소음은 3.5m 직경 파일 항타 시 보다 최대 발생 소음이 약 1.2 dB 가량 더 높은 것으로 제시하고 있다. FINO2 스펙트럼에서 전체적인 순위를 파일 직경이 변화한 만큼 조정하여 입력자료로 활용하였다.

또한, 항타 시 발생 수중 소음의 영향 기준은 SPL_{pk}를 활용 하기에 ITAP 2022 연구에서 제시한 바와 같이 SEL과 SPL_{pk} 값의 차이인 약 22.9 dB을 적용하여 금회 공사 시 수중소음 영향 예측에 활용 하였다.



(그림 4.5.2-13) 자켓파일, 모노파일, 자켓 부말뚝과 같은 하부 기초시설 설치 시 발생하는 소음 SPL (상단), SEL (하단)(2020, ITAP)과 해상풍력 OSS 구조물 직경에 대한 SPL 추정치

음의 반사 및 흡수 영향을 주는 해저면 경계는 시추 성과를 바탕으로 모래질과 암질을 수직적으로 구성하였으며, 재질에 따른 음파 속도는 MIKE-UAS 모델에서 제시한 자료와 「Computational Ocean Acoustics, Michael B. Porter 외 2011」에서 바탕으로 입력하였고, 수온, 염분, pH는 안마도 해상풍력 수중소음 영향평가의 관측 결과를 바탕으로 입력하였다.

계산에 사용된 소음원은 보정된 FINO2 소음 관측 스펙트럼의 1/3 Octave Band 범위에서 모의하였고 이는 환경부의 '해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼'에서 제시하는 구간이 포함된 · 저주파 대역인 20~3,000Hz의 범위에서 최대소음이 발생하는 구간을 포함하여 계산을 수행하였다.

수중소음의 발생원은 각 항타 지점별 해수면에서 절반 수심에 해당하는 지점에서 발생시켰으며, 해저면 경계의 조성은 해양 지반조사 결과를 참조하여 B01-BH 지점의 해저면 형태를 최대한 재현하였다.

<표 4.5.2-15> 모델의 입력제원

Sound Source		
Spectral Discretization Type	1/3 Octave Band	
Min/Max Center Frequency	20~3,000Hz	
Sound Source Location	-10.0 m from water surface	
Sound Exposure Level Input	Spectrum, referencing from Betke et al. 2009	
Radial Transect Overall Length	max. 30km	
Solution Technique	Normal Transect Resolution	
Seabed		
Layer Type	Silt, Clay, Gravel	
Layer Thickness	Refer to the Geotechnical Survey Results	
Density	1700, 1500, 2000 kg/m^3 respectively	
Compressed Wave Speed	1575, 1500, 1800 m/s respectively	
Compressional Attenuation	1.0, 0.2, 0.6 dB/λ respectively	
	Spring	Summer
Water temperature	Refer to measured CTD vertical profile	
Water salinity		
pH		
Sound Speed		
Output		
Horizontal Spacing	10.0m	
Vertical Spacing	1.0m	
Vertical Maximum	DL(-) 150.0m	
Water Level	DL(+) 2.979m	

⑥ 항타 공사시 수중소음 실험결과

항타시 소음 임계치별 최대 확산 거리를 예측한 결과, 196SPL_{peak} 기준 Case 1는 255.0~356.0m, Case 2는 255.0~360.0m, Case 3는 331.0~445.0m, 206SPL_{pcak} 기준 Case 1는 74.0~102.0m, Case 2는 73.0~103.0m, Case 3는 96.0~116.0m로 예측되었다.

또한, 항타시 750m 지점 최대 발생 소음도 예측 결과, Case 1 180.0~187.0dB re 1 μPa, Case 2 180.0~187.0dB re 1 μPa, Case 3 182.0~189.0dB re 1 μPa로 750m 떨어진 곳에서 해양포유류 보호 소음기준(196 SPLpeak) 이하로 예측되었다.

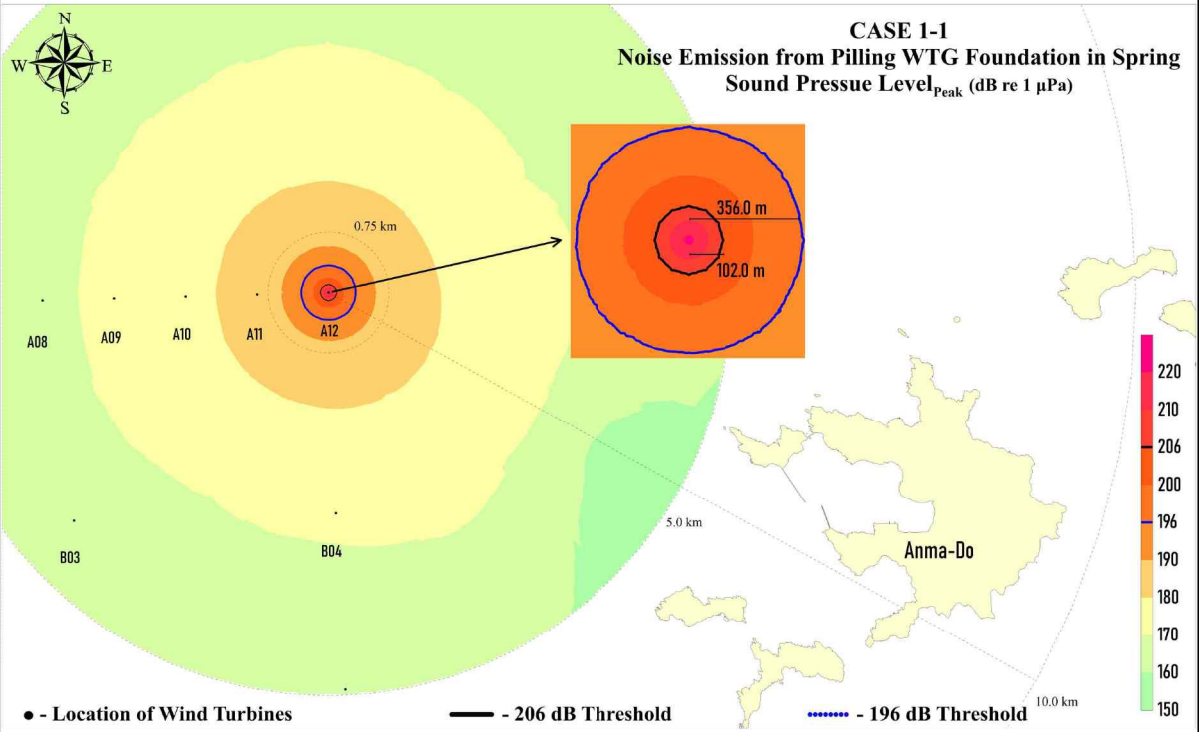
항타시 수중소음의 영향은 핀 파일 주변에 국한되며, 750m 떨어진 곳에서도 해양포유류 보호 소음기준 이하로 예측되어 사업으로 인한 해양생태계 및 해양포유류에 대한 영향은 미미할 것으로 판단되나, 수중소음 영향을 추가 저감하기위해 항타 공사시 수중소음 저감대책을 시행할 계획이다.

<표 4.5.2-16> 항타시 소음 임계치별 최대 확산 거리

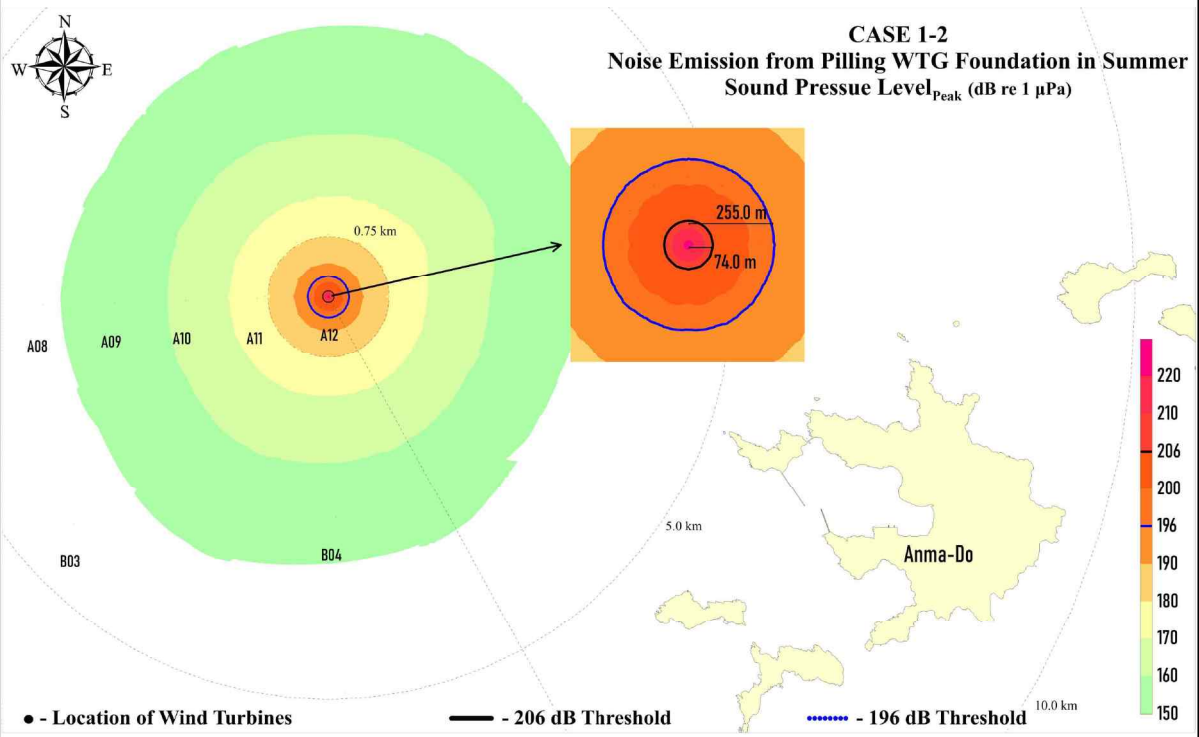
구 분	춘 계		하 계	
	196SPL_{Peak} 기준	206SPL_{Peak} 기준	196SPL_{Peak} 기준	206SPL_{Peak} 기준
Case 1	356.0m	102.0m	255.0m	74.0m
Case 2	360.0m	103.0m	255.0m	73.0m
Case 3	445.0m	116.0m	331.0m	96.0m

<표 4.5.2-17> 항타시 750m 지점 최대 발생 소음 (단위 : dB re 1 μPa)

구 분	춘 계	하 계
Case 1	187.0	180.0
Case 2	187.0	180.0
Case 3	189.0	182.0

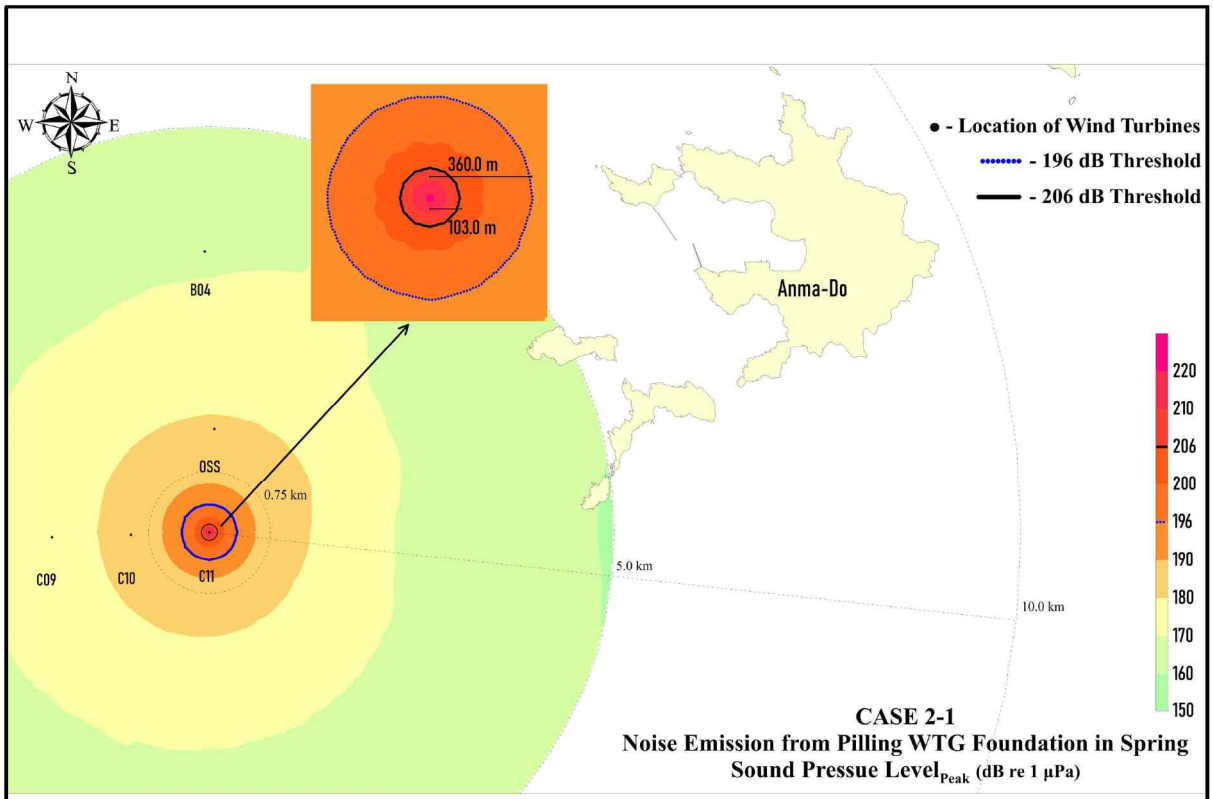


춘 계

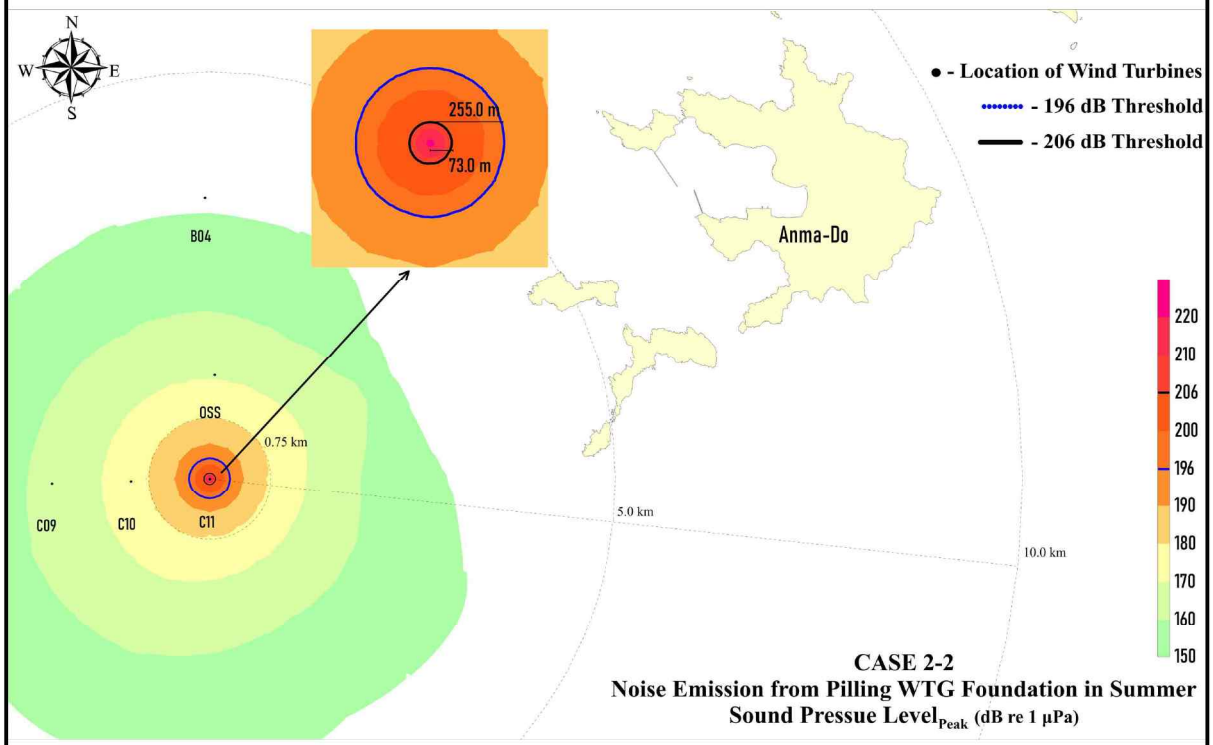


하 계

(그림 4.5.2-14) Case 1 : WTG(A12) 핀 파일 항타 시 소음 영향 예측 (직경 3.5m 파일)

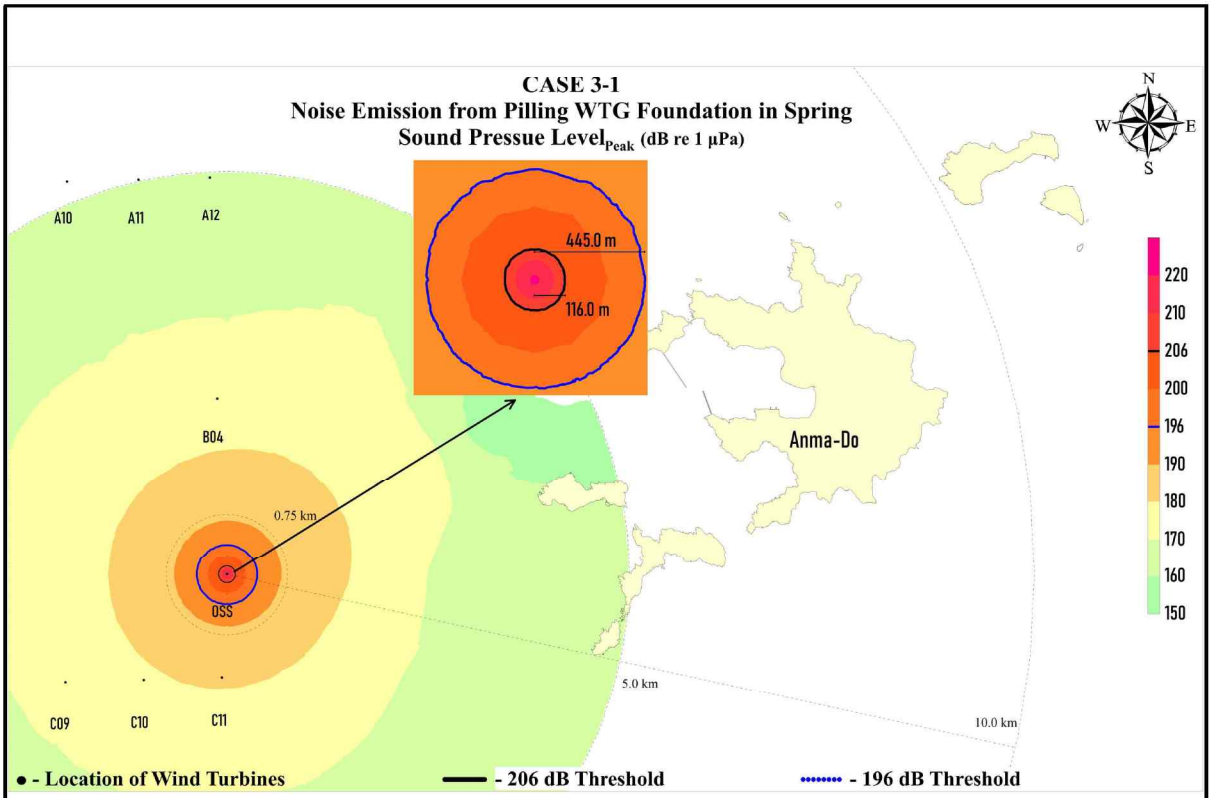


춘 계

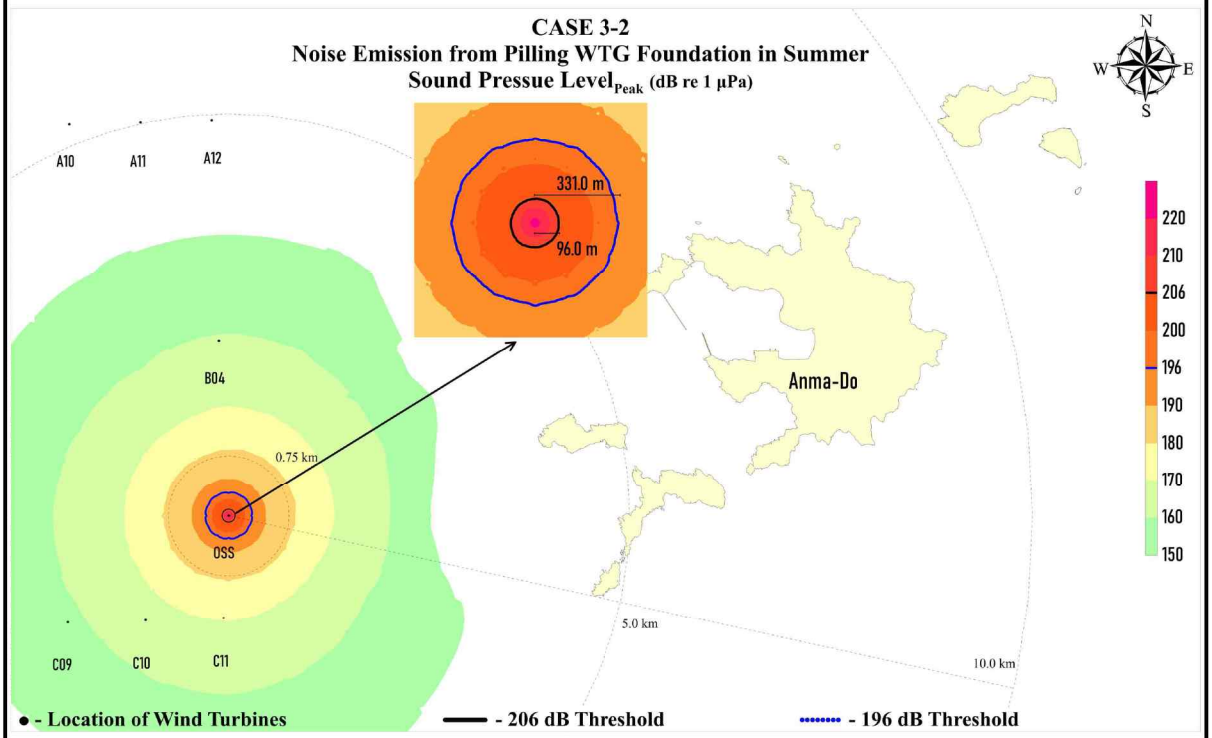


하 계

(그림 4.5.2-15) Case 2 : WTG(C11) 핀 파일 항타 시 소음 영향 예측 (직경 3.5m 파일)



춘 계



하 계

(그림 4.5.2-16) Case 3 : 변전소(OSS) 핀 파일 항타 시 소음 영향 예측 (직경 4.0m 파일)

(나) 공사시 수중소음 예측식

① 항타시 수중소음도 예측식

항타시 수중소음도 예측은 「해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼, 2021.6, KEI」에서 권장하는 수중소음 예측식을 적용하였다.

<표 4.5.2-18> 수중소음 예측지점에 대한 평가 예측식

◦ 수중소음 예측지점에 대한 평가 예측식

$SPL = SL - F \circ log(D_1/D_2)$

SPL : 수중소음 예측지점 평가레벨 (dB)
SL : 수중소음 발생원에 의한 소음정보가 명시되어 있는 지점의 레벨 (dB)
F : 수중소음 발생원·수심 등에 따른 전파보정계수 (m)
D_1 : 수중소음 예측지점의 이격기리 (m)
D_2 : 수중소음 발생원에 의한 소음정보가 명시되어 있는 지점의 이격거리 (m)

자료 : 해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼, 2021.6, KEI

② 소음전파 보정계수(F)

소음전파 보정계수(F)는 전달손실에 대한 이격거리별 회귀곡선식에서 도출된 기울기로써, 수중소음원 종류(항타장비, 해상풍력 발전기 등), 전파특성, 수중소음 전파해역 특성(수심 등)의 차이에 따라 다양한 값을 가질 수 있다.

예측식에서 소음전파 보정계수(F)는 이론적으로 수심이 얕은 해역에서 적용하는 ㅜ형 분산모델[F≒20, 20log(r)]과 원통형 분산모델[F≒10, 10log(r)]로 나뉘어지나, 두 가지 경우에 국한되지 않고 전파특성, 수중소음 전파해역 특성(수심 등)에 따라 curve fitting하여 다양한 값이 도출할 수 있다(이대혁 등, 2021).

따라서, 해역별 수중소음 특성 관련 문헌자료를 검토한 결과, 보정계수(F) 10~21을 적용하였다.

<표 4.5.2-19> 문헌자료별 소음전파 보정계수(F)

구 분	소음전파 보정계수(F)	문헌자료
고 창	21	◦ The Measurement and Prediction of Underwater Nois form Impact Pile Driving during the Construction of Offshore Wind Farm(한동균, 2020.02)
울돌목(진도)	16	◦ 울돌목 주변 해역의 수중음향특성 및 조류발전소의 수중소음 특성 연구(고명권., 2012.02)
거제도(진해만)	20	◦ 진해만에서 측정된 고수파 양상태 해수면 산란 신호 분석 및 모의(김용빈, 2021.02)
제주도 남측	20	◦ 천해 통신채널에서의 수동 시역전 기법을 활용한 수중통신 성능 향상기법 연구(김성범, 2017.02)
태 안	17	◦ 천해 지질환경에서의 음파전달 특성 연구를 위한 KIOST-한양대 공동실험 개요(조성호 등, 2015.07)
동 해	18.5	◦ 동해 천해환경에서 측정된 중주파수 전달손실 측정 : Rayleigh 및 HFBL모델과의 비교(이대혁 등, 2021.06)

③ 항타시 수중소음도 입력값

항타시 수중소음도 입력값은 주파수 대역별 합성소음도인 4.0m 파일 222.7dB(A), 3.5m 파일 221.5dB(A)을 적용하였다.

<표 4.5.2-20> 주파수 대역별 수중소음 입력값

구 분		3.5m Pile	4.0m Pile	구 분		3.5m Pile	4.0m Pile
주파수 (Hz)	20	186.6	187.8	주파수 (Hz)	800	203.9	205.1
	25	188.3	189.5		1,000	203.9	205.1
	31.5	180.1	181.3		1,250	201.9	203.1
	40	191.7	192.9		1,600	199.7	200.9
	50	196.2	197.4		2,000	197.4	198.6
	63	205.8	207.0		2,500	193.5	194.7
	80	202.4	203.6		3,150	191.3	192.5
	100	211.8	213.0		4,000	188.8	190.0
	125	206.3	207.5		5,000	186.3	187.5
	200	217.2	218.4		6,300	184.1	185.3
	250	213.0	214.2		8,000	181.9	183.1
	315	206.1	207.3		10,000	179.4	180.6
	400	210.8	212.0		12,500	176.4	177.6
	500	210.5	211.7		16,000	174.2	175.4
	630	206.1	207.3		20,000	171.2	172.4

④ 항타시 수중소음도 예측결과

수중소음 예측지점에 대한 평가 예측식을 통해 이격거리별 수중소음을 예측한 결과, 3.5m 파일 일 경우 해상풍력 발전기로부터 약 16~355m 이상, 4.0m 파일 일 경우 해상풍력 발전기로부터 약 19~468m 이상 이격지점(보정계수 10~21 기준)부터 환경목표기준(196 SPL_{peak})을 만족하는 것으로 예측되었다.

또한, 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성가이드라인에 따라 소음발생원으로부터 750m 떨어진 곳에서 해양포유류 보호 소음기준(196 SPL_{peak}) 만족여부 검토 결과, 3.5m 파일 및 4.0m 파일 일 경우 모두 해양포유류 보호 소음기준을 만족하는 것으로 예측되었다.

<표 4.5.2-21> 거리별 항타시 수중소음도 예측결과(3.5m 파일)

구 분	보정계수(F)	입력소음도(at 1m)	영향범위(m)									환경목표기준(SPL_{Peak})	목표기준만족범위(m)
			10	20	50	100	300	500	750	1,000	2,000		
예측소음도(dBSPL)	10	221.5	211.5	208.5	204.5	201.5	196.7	194.5	192.7	191.5	188.5	196	355
	11		210.5	207.2	202.8	199.5	194.3	191.8	189.9	188.5	185.2		208
	12		209.5	205.9	201.1	197.5	191.8	189.1	187.0	185.5	181.9		133
	13		208.5	204.6	199.4	195.5	189.3	186.4	184.1	182.5	178.6		92
	14		207.5	203.3	197.7	193.5	186.8	183.7	181.2	179.5	175.3		66
	15		206.5	202.0	196.0	191.5	184.3	181.0	178.4	176.5	172.0		50
	16		205.5	200.7	194.3	189.5	181.9	178.3	175.5	173.5	168.7		39
	17		204.5	199.4	192.6	187.5	179.4	175.6	172.6	170.5	165.4		32
	18		203.5	198.1	190.9	185.5	176.9	172.9	169.7	167.5	162.1		26
	19		202.5	196.8	189.2	183.5	174.4	170.2	166.9	164.5	158.8		22
	20		201.5	195.5	187.5	181.5	172.0	167.5	164.0	161.5	155.5		19
	21		200.5	194.2	185.8	179.5	169.5	164.8	161.1	158.5	152.2		16

<표 4.5.2-22> 거리별 항타시 수중소음도 예측결과(4.0m 파일)

구 분	보정계수(F)	입력소음도(at 1m)	영향범위(m)									환경목표기준(SPL_{Peak})	목표기준만족범위(m)
			10	20	50	100	300	500	750	1,000	2,000		
예측소음도(dBSPL)	10	222.7	212.7	209.7	205.7	202.7	197.9	195.7	193.9	192.7	189.7	196	468
	11		211.7	208.4	204.0	200.7	195.5	193.0	191.1	189.7	186.4		267
	12		210.7	207.1	202.3	198.7	193.0	190.3	188.2	186.7	183.1		168
	13		209.7	205.8	200.6	196.7	190.5	187.6	185.3	183.7	179.8		113
	14		208.7	204.5	198.9	194.7	188.0	184.9	182.4	180.7	176.5		81
	15		207.7	203.2	197.2	192.7	185.5	182.2	179.6	177.7	173.2		60
	16		206.7	201.9	195.5	190.7	183.1	179.5	176.7	174.7	169.9		47
	17		205.7	200.6	193.8	188.7	180.6	176.8	173.8	171.7	166.6		37
	18		204.7	199.3	192.1	186.7	178.1	174.1	170.9	168.7	163.3		30
	19		203.7	198.0	190.4	184.7	175.6	171.4	168.1	165.7	160.0		25
	20		202.7	196.7	188.7	182.7	173.2	168.7	165.2	162.7	156.7		22
	21		201.7	195.4	187.0	180.7	170.7	166.0	162.3	159.7	153.4		19

다) 운영시

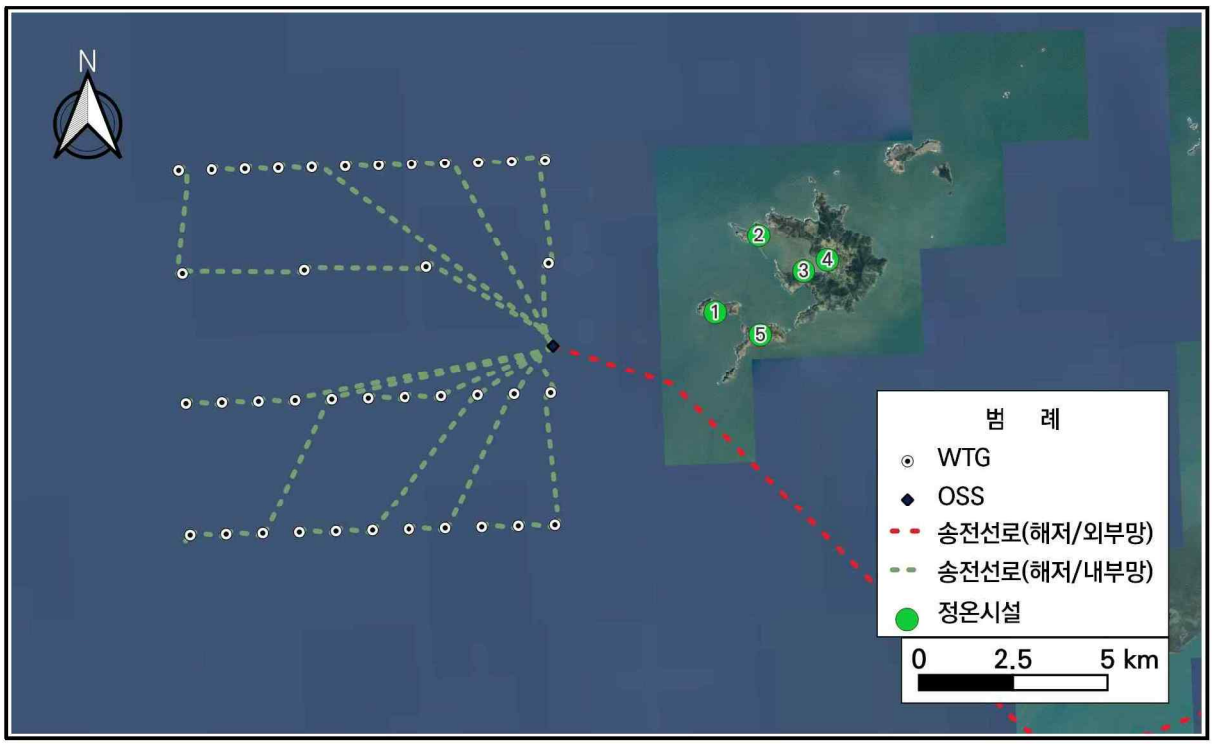
(1) 정온시설 분포현황

사업지구 주변 정온시설 현황을 조사한 결과, 총 5개소의 정온시설이 분포하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.2-23> 정온시설 분포 현황

구분	정온시설		TM 좌표		풍력발전기 이격거리(m)	비 고	
			X (km)	Y (km)			
①	횡도	낙월면 오도길4 (단독가옥)	771,797	3,914,379	4,636	주거시설	-
②	죽도	죽도길 15 (단독가옥)	772,950	3,916,407	5,653	주거시설	-
③	안마도	안마길 8 (선착장)	774,148	3,915,464	6,805	주거시설	-
④	안마도	안마길 96 (마을)	774,780	3,915,759	7,435	주거시설	-
⑤	오도	나월면 오도리 산21 (단독가옥)	772,988	3,913,787	5,801	주거시설	추 가

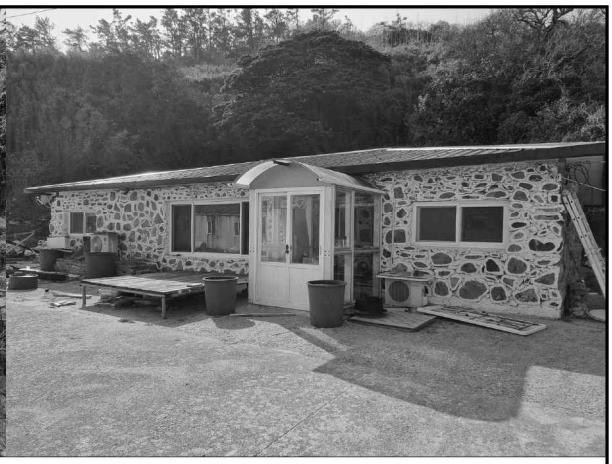
주) 1. 이격거리는 해당 최인접 풍력발전기의 경계로부터 정온시설의 직선거리임
2. 정온시설⑤는 탐문조사시 사람이 거주하는 지역으로 판단되어 금회 정온시설 분포현황에 추가·예측하였음



(그림 4.5.2-17) 사업지구 주변 정온시설 분포 현황



① 낙월면 오도길4 (단독가옥)



② 죽도길 15 (단독가옥)



③ 안마길 8 (선착장)



④ 안마길 96 (마을)



⑤ 낙월면 오도리 산21 (단독가옥)

-

(그림 4.5.2-18) 정온시설 현황 사진

(2) 해상풍력발전기 운영에 따른 공중소음

(가) 공중소음모델링 예측

① 풍력발전기소음도 예측인자

▪소음예측식
- 소음프로그램 : SoundPlan 8.2
- 소음예측식 : ISO 9613-2 / Wind turbines : IoA(Institute of Acoustics) Windturbines

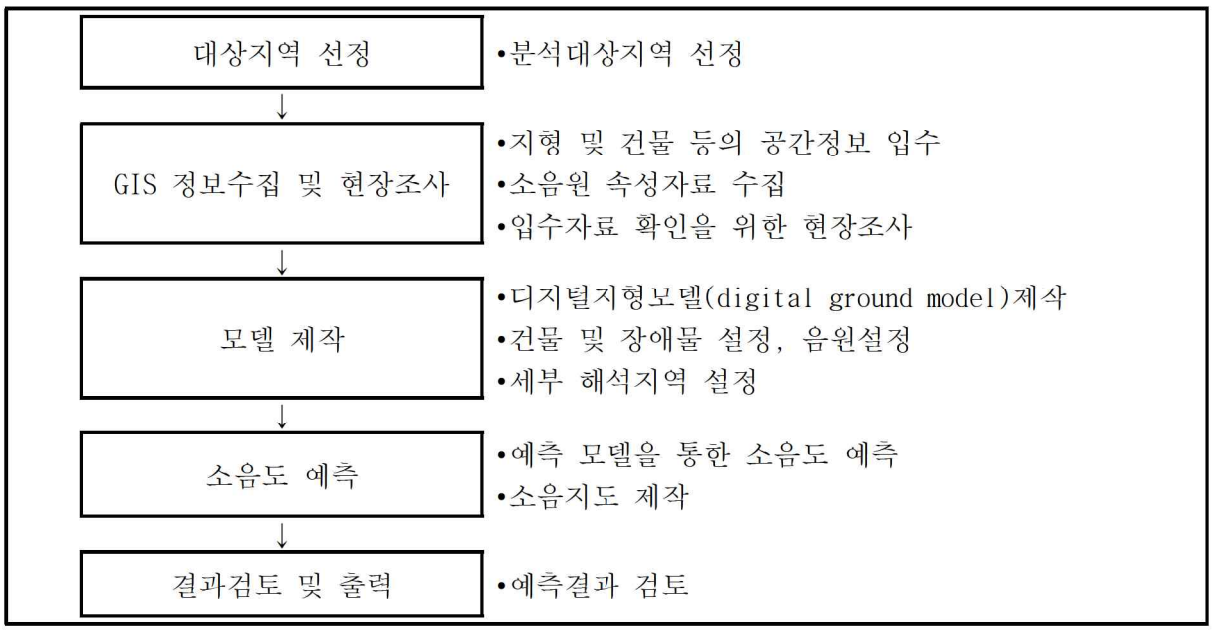
▪소음예측 입력 자료
- 소음예측과정 : Grid Noise Map, Facade Noise Map
- 도로별 입력 자료
- 소음모델링 기초도면 : 수치지도(1:25,000) 활용

② 공중소음모델링 개요

㉮ 소음예측프로그램

본 소음평가 시 활용한 Soundplan-8.2는 지형에 의한 회절, 구조물에 의한 반사영향 등을 고려하여 수음점에서의 소음도를 예측하고, Noise map을 작성할 수 있는 소음전문 예측 program으로서 산업시설, 도로, 철도 등에 의한 소음영향을 예측할 수 있다.

SoundPlan을 이용한 소음지도 제작 및 소음도 예측은 대상지역 설정, GIS정보수집, 모델제작, 소음도 예측 및 소음지도 제작, 예측결과 검토 및 출력의 과정을 통해 수행되는데, 그 세부 과정은 다음과 같다.



(그림 4.5.2-19) SoundPlan을 이용한 소음

㈏ **소음예측식**

◦ ISO 9613-2, NORM ISO 9613-2

- 풍력 터빈은 표준 ISO 9613-2, ÖNORM ISO 9613-2, IoA Windturbines 및 Danish Status Order No.1284 에 따라 평가할 수 있음

<표 4.5.2-24> ISO 9613-2, NORM ISO 9613-2 예측식의 특징

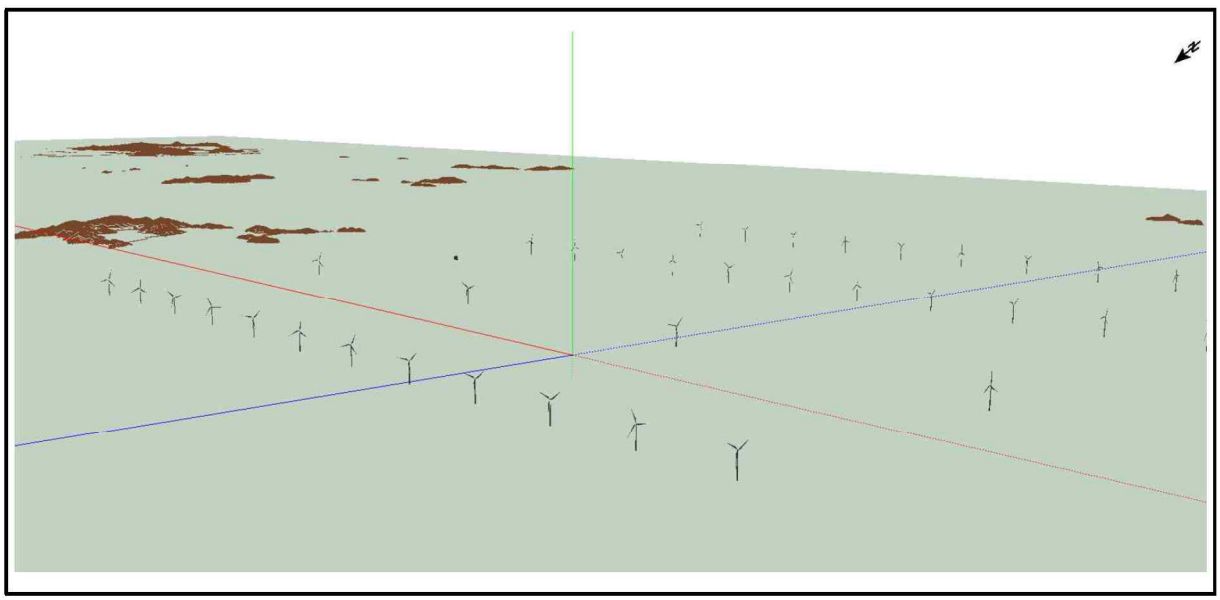
구 분	내 용	비 고
소음기준	LAeq / dB	
계산법	-	
옥타브분석	only overall levels	
적용시기	day : 06:00-22:00, night : 22:00-06:00	
Lden과 Lnight의 적용	적용가능	
소음원	single point	

㈐ **기타조건**

◦ 가상조건 : SoundPlan 프로그램은 소음원 예측식에서 기상입력이 ISO-9612의 기본값(10도, 70%, 1013.25 mbar)으로 적용되게 되어 있으며, 기상조건 수정이 가능함

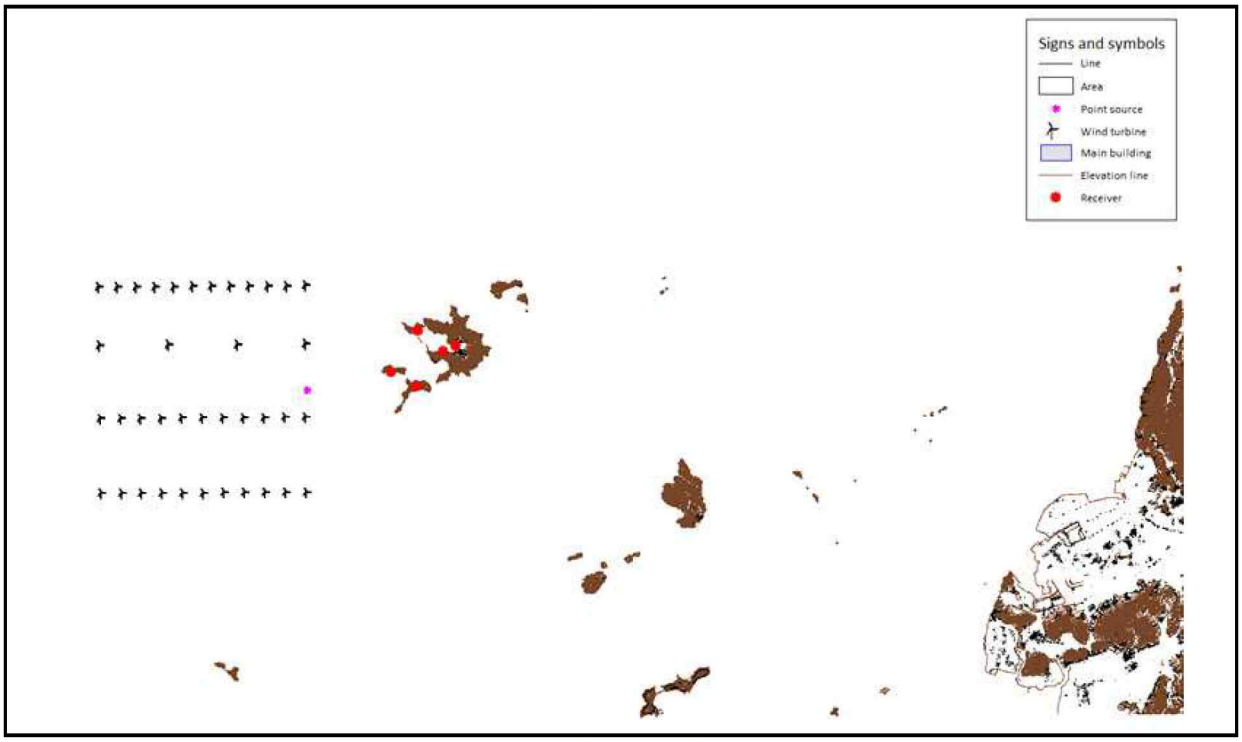
③ **소음예측 입력 자료 및 예측 위치**

㉮ **소음모델링 기초도면**



(그림 4.5.2-20) 소음모델링 기초작업 3D

㉯ 소음예측 위치



(그림 4.5.2-21) 소음원 및 수음점 위치도

㉰ 풍력발전기 소음제원 설정

풍력발전기 운영에 따른 영향은 음향파워레벨(PWL)이 가장 높은 풍속 10~14m/s를 기준으로 120.6dB(A)을 입력값으로 적용하여 예측하였다.

<표 4.5.2-25> 풍력발전기 제원

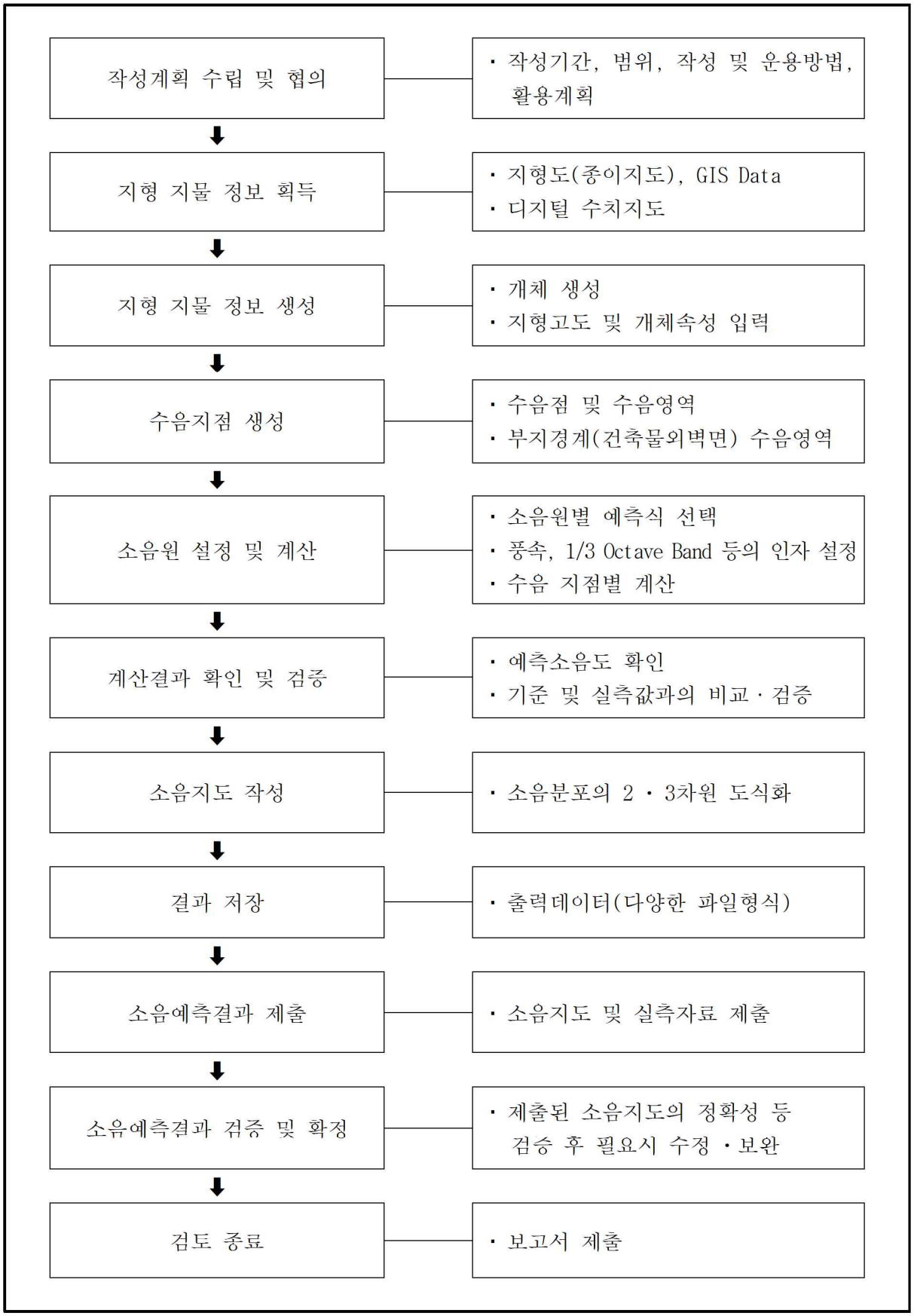
풍력발전기	발전용량	Hub Height(H)	Rotor diameter(D)	설치수량	풍속에 따른 음향파워레벨(dB(A))
SG DD-236	528MW	153.1m	236m	38	10~14m/s, 120.6dB(A)

<표 4.5.2-26> WTG-14MW 1/1 octave band noise(dB(A))

Frequency	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s
63Hz	88.6	88.6	89.6	93.9	97.5	100.5	102.9	105.2	105.3	104.4	104.4	104.4
125Hz	93.3	93.3	94.3	98.3	101.7	104.5	106.9	109.1	109.2	108.1	108.2	108.2
250Hz	97.2	97.2	98.2	102.1	106.4	108.3	110.5	112.7	112.6	111.1	111.1	111.1
500Hz	98.5	98.5	99.4	103.2	106.4	109.2	111.6	113.8	113.7	112.7	112.6	112.6
1kHz	99.3	99.3	100.3	104.5	107.9	110.8	113.1	115.2	115.2	114.4	114.0	114.0
2kHz	95.4	95.4	96.3	100.3	103.8	107.0	110.6	113.8	113.8	116.3	116.5	116.5
4kHz	90.0	90.0	90.9	95.2	98.7	101.6	104.0	106.2	106.4	105.8	105.6	105.6
8kHz	72.5	72.5	73.4	77.9	81.5	84.5	87.0	89.2	89.3	87.9	87.2	87.2
Sum	104.5	104.5	105.5	109.5	112.9	115.8	118.3	120.6	120.6	120.6	120.6	120.6

주) 14m/s 이상의 풍속 조건에서는 최대 14m/s와 동일한 소음도를 나타냄

④ Windturbines에 대한 3D모델링 프로세스



(그림 4.5.2-22) Windturbines에 대한 3D모델링 프로세스

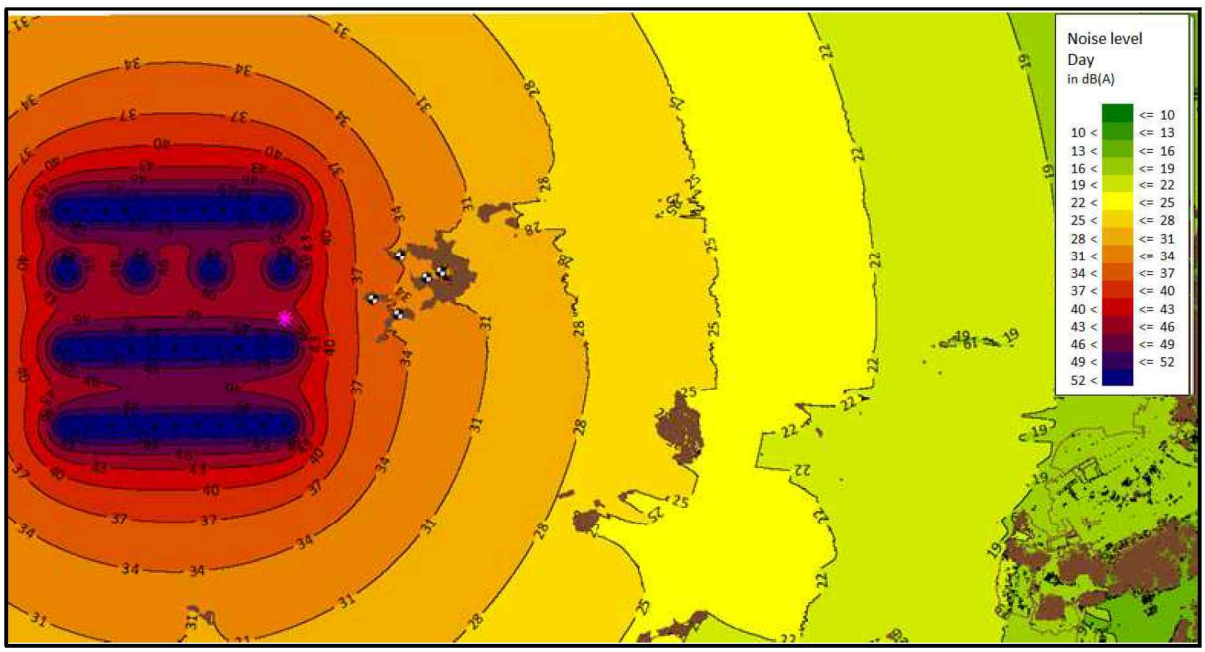
⑤ 공중소음 모델링 예측결과

소음 예측은 38기의 해상풍력발전기와 1기의 해상변전소가 동시에 가동되는 조건을 고려하여 수행하였다.

소음 예측결과, 11m/s에서 가장 높은 소음인 31.3~36.3dB(A)로 모든 정온시설에서 소음환경기준 보다 낮은 수준으로 예측되었다.

<표 4.5.2-27> 공중소음예측 결과 (단위 : dB(A))

구 분	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s
1	20.1	20.1	21.1	25.2	28.7	31.6	34.0	36.3	36.3	35.3	35.3	35.3
2	18.0	18.0	19.0	23.2	26.7	29.6	32.0	34.3	34.3	33.4	33.4	33.4
3	14.8	14.8	15.8	20.1	23.6	26.6	29.0	31.2	31.3	30.4	30.4	30.4
4	17.2	17.2	18.2	22.4	25.9	28.9	31.3	33.6	33.6	32.7	32.7	32.7
5	16.6	16.6	17.6	21.8	25.3	28.3	30.7	32.9	33.0	32.0	32.0	32.0
소음기준	아침 및 저녁 50dB(A), 주간 55dB(A), 야간 45dB(A)											



(그림 4.5.2-23) 소음도 예측결과 (11m/s 기준)

(나) 풍력발전기 소음레벨 산출식 적용 예측

① 풍력발전기 소음제원 설정

공중소음모델링 예측에 사용한 소음제원과 같이 풍력발전기 운영에 따른 영향은 음향파워레벨(PWL)이 기장 높은 풍속 10~14m/s를 기준으로 120.6dB(A)을 입력값으로 적용하여 예측하였다.

② 해상풍력발전기 운영에 따른 공중소음 영향

풍력발전기 1기의 가동소음은 허브높이 기준으로 120.6dB(A) 발생하며, 이에 대해 총 38기의 합성소음도를 산출한 결과, 136.4dB(A)로 예측되었다.

해상풍력발전기 가동시 이격거리별 소음도 예측결과, "가" 지역의 사업장 기타 기준 중, 아침 및 저녁 기준(50dB(A))은 약 2,255m, 주간 기준(55dB(A))은 1,730m, 야간 기준(45dB(A))은 약 2,850m 이상 이격된 거리부터 만족하는 것으로 나타났다.

<표 4.5.2-28> 공사시 이격거리별 소음도 (단위 : dB(A))

공 종	1대당 소음도	합성 소음도	이격거리별 소음도(m)							
			1,000	1,500	1,730	2,000	2,255	2,500	2,850	3,000
풍력발전기 가동	120.6	136.4	63.2	57.3	55.0	52.4	50.0	47.9	45.0	43.8

해상풍력발전기 가동에 의한 소음을 예측한 결과, 13.8~31.9dB(A)로 전 지점 환경목표기준을 만족하는 것으로 예측되었다.

본 예측결과는 풍력발전기 38기가 동일 위치에서 동시에 가동 중이라는 최악의 조건을 적용하여, 실제 풍력발전기 운영에 따른 소음영향은 미미할 것으로 판단된다.

<표 4.5.2-29> 해상풍력발전기 운영에 의한 예측소음도

구분	예측지점		이격거리 (m)	예측소음도 (dB(A))	환경목표기준(dB(A))			기준 초과 여부
					아침, 저녁	주 간	야 간	
①	횡도	낙월면 오도길4	4,636	31.9	50	55	45	만 족
②	죽도	죽도길 15	5,653	25.1	50	55	45	만 족
③	안마도	안마길 8	6,805	17.7	50	55	45	만 족
④	안마도	안마길 96	7,435	13.8	50	55	45	만 족
⑤	오도	낙월면 오도리 산21	5,801	24.1	50	55	45	만 족

주) 이격거리는 해당 최인접 풍력발전기의 경계로부터 정온시설의 직선거리임

<표 4.5.2-30> 풍력발전기 소음레벨 산출공식

◦ 풍력발전기 소음레벨 산출공식

$L_n = L_w - 10\log(r^2+h^2) - 8 - \triangle L_{AIR}$

L_n : n번째 풍력발전기에서 수평거리 r(m) 떨어진 지점에서의 소음레벨(dB)

L_w : 풍력발전기 전력레벨(dB)

r : 풍력발전기에서 소음 예측 지점까지 수평 거리(m)

h : 풍력발전기 블레이드 중심까지 높이(m)

$\triangle L_{AIR}$: 공기 감쇠(dB)

$\triangle L_{AIR} = \alpha (r^2+h^2)^{1/2}$

α : 상수(= 0.005dB/m)

◦ 소음도 합성

$L_p = 10\log(10^{(L1/10)} + \cdots\cdots\cdots + 10^{(Ln/10)})$

L_p = 예측지점의 소음레벨(dB) Ln = n번째 풍력발전기에 의한 소음레벨(dB)

◦ 현지소음 예측

$L = 10\log(10^{(Lp/10)} + 10^{(Lb/10)})$

L : 풍력발전소 가동 후 향후 소음레벨(dB)

L_p : 풍력발전기에 의한 소음레벨(dB)

L_b : 현지 조사에 의해 얻어진 암소음레벨(dB)

사료 : 풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파소음의 영향, 2009, KEI

(3) 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음

(가) 운영시 수중소음 모델링

① 수중소음 실험개요

해상풍력 운용 시 주변 해역의 수중소음 영향을 평가하기 위해서 수중소음 확산 수치모형실험을 사용하여 소음 발생원으로부터의 영향 범위를 검토하였다.

국내의 해상풍력 운용 중의 연속음에 대한 수치모형 실험을 통한 소음 영향해석 연구성과가 없으며, 해외에서 관측된 해상풍력 터빈의 운용 중 계측된 소음 스펙트럼을 이용하여 안마해상풍력 단지에 계획된 터빈에 대한 소음원 입력제원을 추정하였으며, 이를 통한 노출 소음도를 산정하였다.

<표 4.5.2-31> 모형의 개요 (운영시)

항 목	내 용			
실험목적	· 사업시행에 따른 수중소음 영향검토			
적용모형	· MIKE-UAS(DHI)			
모형범위	· 수중소음 발생 구역으로부터 360도 반경 · 항타 지점으로부터 16방위에 대해 30km 영역			
격자간격	· x방향 : 10m, z방향 : 1m			
수심자료	· 국립해양조사원 최신 수치해도			
해양자료	· 안마도 해상풍력단지 수온, 염분 관측자료의 평균 수직분포 · 해상풍력단지 지층탐사 자료			
실험조건	· 해상풍력 단지 내 발전기 전 운용 시 수중소음 영향검토			
실험안 (Case 4)	춘계	하계	추계	동계
	38개 해상풍력 터빈 정점			
	· 안마 해상풍력 풍력단지 38개 터빈 운용 중 최대풍속 발생 시 소음 영향 검토			

② 수중 연속음의 평가량

해상풍력 운영 시 발생 소음 중 수중으로 전파되어 인근 해역의 환경적 영향에 주요 원인은, 터빈의 나셀(Nacelle)로 부터 전파되는 기계음으로 특정할 수 있다.

항타 시 발생하는 충격음과 달리, 운영 시 발생 소음은 저주파 특성을 가지며 그 강도는 선박에 의해 발생하는 소음보다 약하다(Madsen, et al 2006).

일반적으로 연속음은 평균 음압 P_{rms}으로 평가하며, 지정된 주파수 범위에 대한 음압 시계열 $p(t)$ 제곱의 지정된 시간 간격 T와 기준음압 P_0의 제곱을 나눈 값이며 아래의 식으로 정의 할 수 있다.

$$P_{rms} = 10\log_{10}\left(\frac{1}{T}\int p^2(t)dt/p_0^2\right)$$

연속음의 노출 소음도 SEL를 측정 시간 간격 또는 특정 행위가 포함된 시간 누적량으로 아래와 같이 평가하였다.

$$SEL = 10\log_{10}\left(\frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)dt/p_0^2\right)$$

연속음의 최대 소음 발생 시점은 단지 내의 모든 발전기가 가동할 경우일 것이며 이를 고려하기 위해서 SEL_{cum} 에 발전기의 개수를 반영하여 해상풍력 단지 전체에 대한 누적 노출 소음량 아래의 식으로 산정하였다.

$$SEL_{cum} = 10\log_{10}\left(\sum_{i=1}^{N} 10^{\frac{SEL_i}{10}}\right)$$

③ 수중소음 모형 설명

㉮ 수중소음 모형 개요

덴마크의 DHI 사에서 개발된 MIKE UAS 2차원 수중음향 모델을 사용하였으며, 모형에 대한 개요는 위의 공사시 소음확산 실험과 동일하다.

㉯ 발전기/블레이드 설계제원 입력

안마 해상풍력의 풍력 발전단지는 총 38호기로 배치가 계획되어 있으며 각 개별 호기별 단위 설비용량은 14MW이다.

<표 4.5.2-32> 풍력발전단지 배치계획(안)

구 분		호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
풍력	1구역	16	14.0	224.0	680.5	이용율 34.7%
발전	2구역	22	14.0	308.0	910.6	이용율 33.8%
단지	합 계	38	-	532.0	1,591.1	-

<표 4.5.2-33> 풍력발전기별 좌표

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N

㉰ 수중소음 실험안 선정

해상풍력 단지의 빌진 운용 중 주변 해역의 수중소음에 대한 환경적 영향을 평가하기 위해 전체 구조물 설치 구역 개별 38기에 대하여 수중소음 확산실험을 수행하였다.

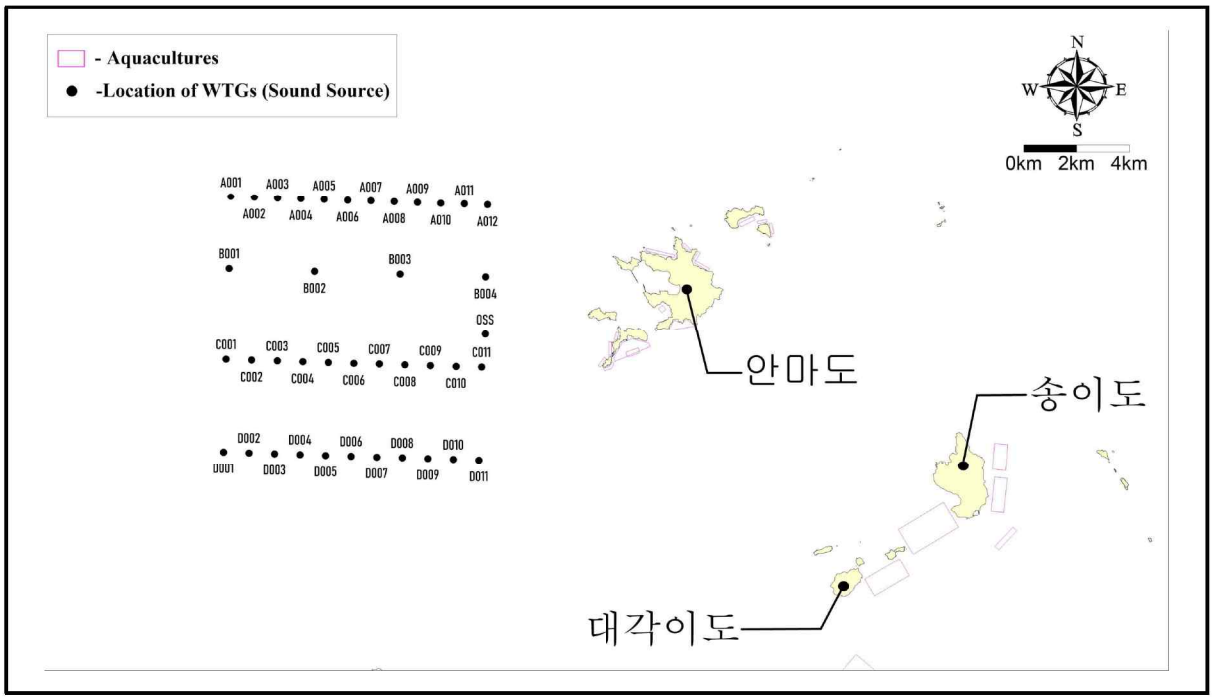
해저 지형 및 해양환경 조건에 따른 소음확산 변화를 반영하기 위해 계절별 수중 배경소음 관측 조사 간 취득한 자료를 바탕으로 4계절에 대한 영향 해석을 수행하였다.

㉱ 영역의 설정 및 격자생성

모형의 영역은 사업 시행에 따른 수중소음 영향이 있을 것으로 판단되는 지역까지 구성하였으며 사업지구의 소음 발생 위치를 기준으로 360° 공간을 주변 지형 및 수심이 충분히 고려될 수 있게 분할하여 수행하였다.

단면 소음실험에 대한 격자의 구성은 수평 방향으로 10m 간격, 연직방향으로 1m 간격이며, 30° 간격의 12방향의 단면에 대한 격자 개수는 해안선과 수심분포에 따라 다르며, 최대 30.0km의 영역을 포함하게 구성하였다.

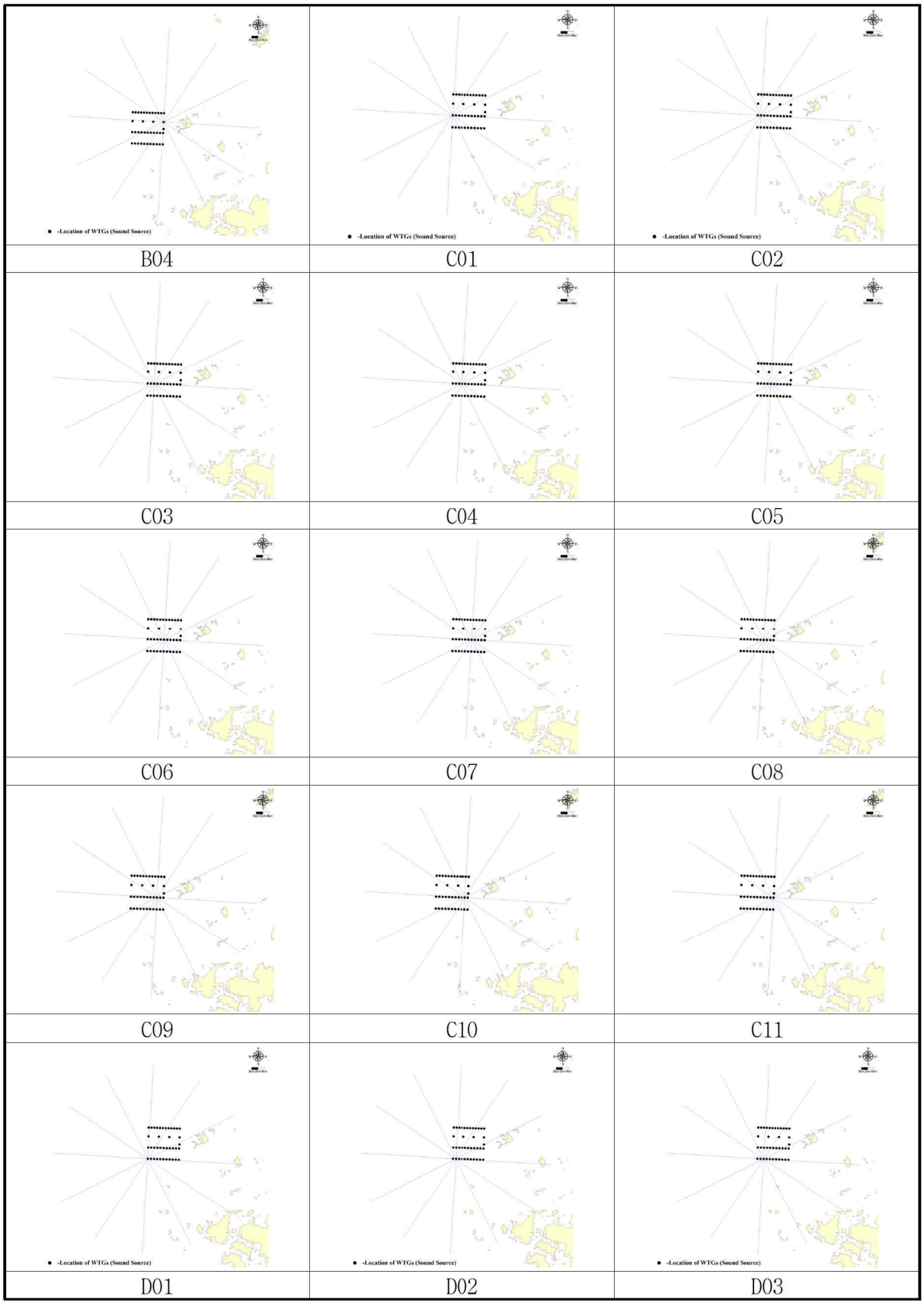
대부분의 모델 입력자료는 공사시 활용 자료와 동일하였고, 수중배경소음 조사 관측 시 취득되었던 해양물리자료와 배경소음 자료를 사용하여 2차원 평면에 대한 소음확산 실험 결과를 바탕으로 24시간 최대 노출 소음도를 계절별로 제시하였다.



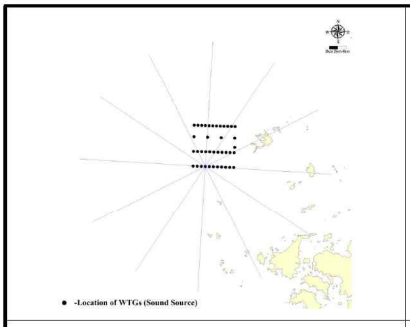
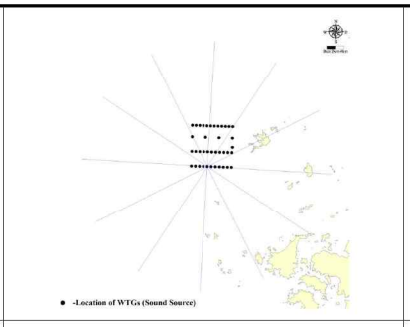
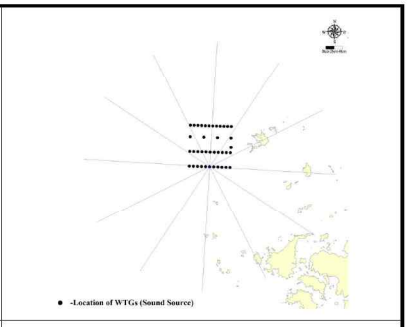
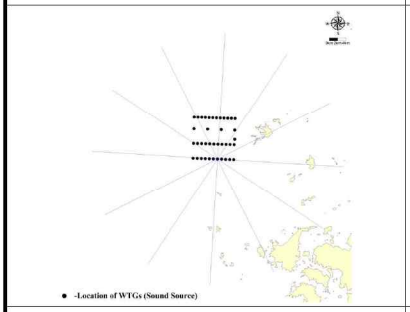
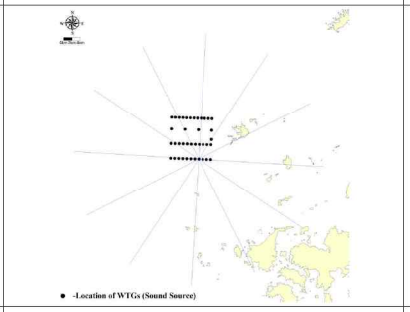
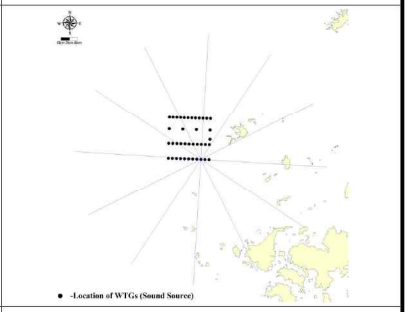
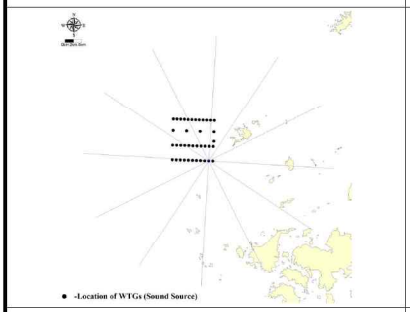
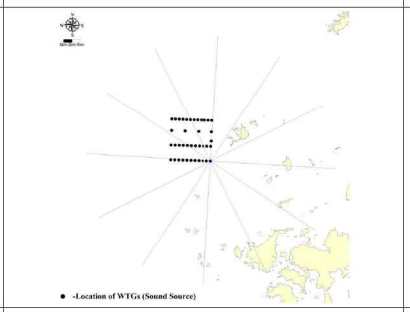
(그림 4.5.2-24) 터빈 위치 및 운영 시 소음확산 실험정점



(그림 4.5.2-25) 운용 중 수중소음 실험 단면 (1/3)



(그림 4.5.2-25) 운용 중 수중소음 실험 단면 (2/3)

		
D04	D05	D06
		
D07	D08	D09
		-
D10	D11	-

(그림 4.5.2-25) 운용 중 수중소음 실험 단면 (3/3)

㈐ 해황 입력

운용 중 수중소음 확산실험에 적용한 조위는 공사 중과 동일한 안마도 기본수준점 성과(국립해양조사원)의 평균해면 D.L. (+) 297.9㎝를 수치해도의 수심에 보정하여 사용하였으며, 춘계와 하계는 공사시와 동일 조건으로 입력하였다.

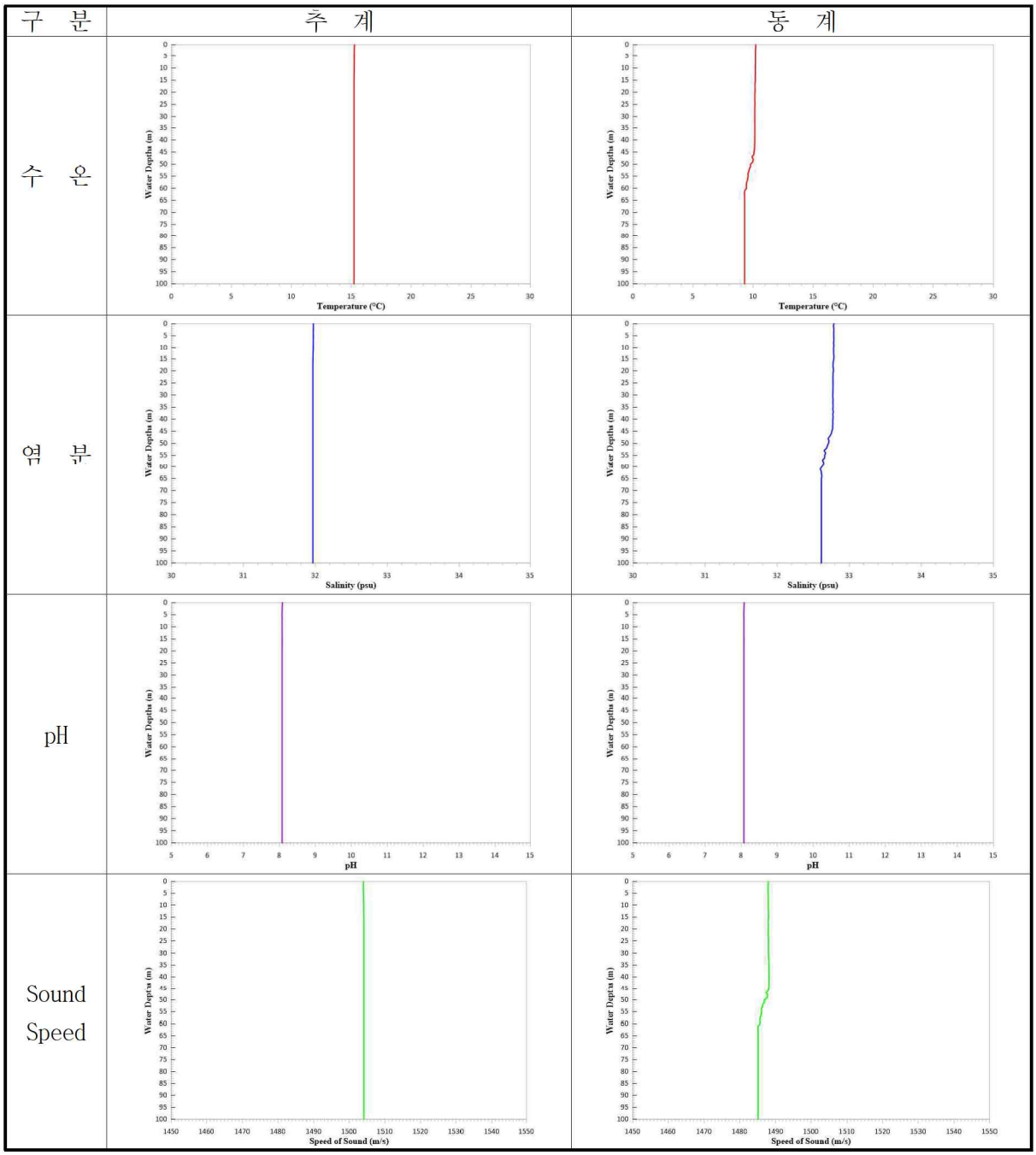
하계와 동계 자료 또한 수중 배경소음 조사 중 관측된 수온, 염분, pH 및 음속의 연직 분포를 모형에 직용하여 실험을 수행하였다.

추계의 조사는 2020년 11월 17일에 수행되었으며, 동계 조사는 2020년 1월 15일에서 1월 16일, 2021년 12월 22일에 수행된 자료를 평균하여 적용하였다.

<표 4.5.2-34> 수중소음 모형에 적용된 해양 관측자료(추계, 동계)

구 분	추 계			동 계		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수온(oC)	15.2	15.3	15.2	9.3	10.2	9.7
염분(psu)	31.9	32.0	32.0	32.6	32.8	32.7
pH	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
Sound Speed(m/s)	1,504	1,504	1,504	1,485	1,488	1,486

주) 춘계 및 하계 조사자료는 공사시 입력자료와 동일하게 적용



(그림 4.5.2-26) 수중소음 모형에 적용된 연직 분포도 (추계, 동계)

㉮ 수중소음 모형의 소음입력 제원

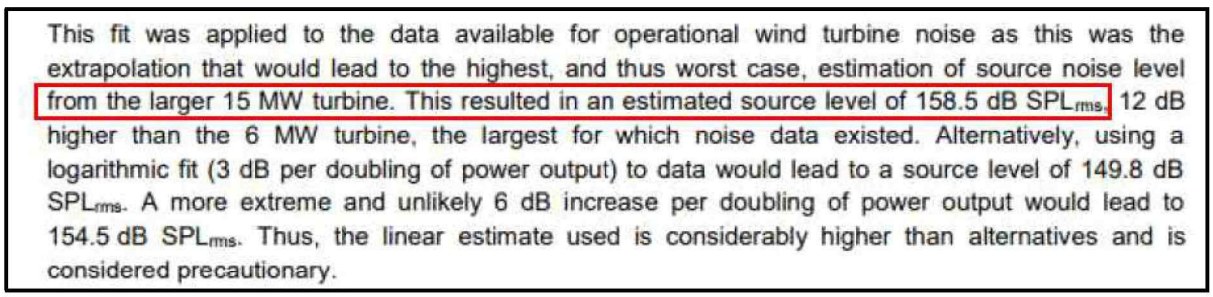
해상풍력발전기 운영시 소음입력원을 설정하기 위해 국외 문헌자료를 통해 해상풍력 발전기별 수중소음도을 검토하였다.

국외의 3.0~20.0MW 해상풍력 발전기 운영시 발전기로부터 1m 이격된 지점에서의 소음은 141.0~165.4dBrms로 검토되었으며, 수중소음입력은 본 사업에서 설치예정인 14MW 풍력발전기와 유사한 15MW(Subacoustech Environmental Ltd., 2019)의 발생소음인 158.5dBrms로 설정하였다.

<표 4.5.2-35> 해상풍력 발전기별 수중소음도(RAMBOLL, Norfolk Boreas)

구 분	수중소음도(1m 이격 기준)(dBrms)
Operation maximum 3MW	141.0
Operation maximum 10MW	146.0
Norfol Boreas 9MW	150.2
Norfol Boreas 20MW	165.4

자료 : 1. Smålandsfarvandet OFFSHORE WIND FARM UNDERWATER NOISE, 2014. 04, RAMBOL
2. Norfolk Boreas Offshore Wind Farm : Underwater noise Assessment, 2019. 06, Subacoustech Envionmental Ltd.

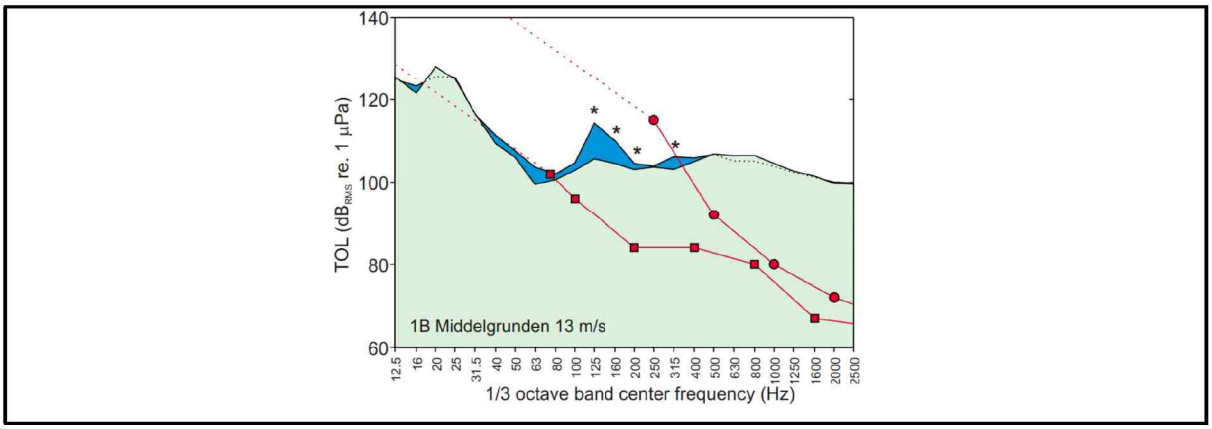

This fit was applied to the data available for operational wind turbine noise as this was the extrapolation that would lead to the highest, and thus worst case, estimation of source noise level from the larger 15 MW turbine. This resulted in an estimated source level of 158.5 dB SPL_{rms}. 12 dB higher than the 6 MW turbine, the largest for which noise data existed. Alternatively, using a logarithmic fit (3 dB per doubling of power output) to data would lead to a source level of 149.8 dB SPL_{rms}. A more extreme and unlikely 6 dB increase per doubling of power output would lead to 154.5 dB SPL_{rms}. Thus, the linear estimate used is considerably higher than alternatives and is considered precautionary.

(그림 4.5.2-27) 15MW급 해상풍력 발전기 수중소음도(Norfolk Boreas Offshore Wind Farm)

운용시 수중소음 영향 예측을 위해서는 1/3 Octave Band의 운영시 관측 소음 스펙트럼 자료기 요구된다.

Norfolk Boreas 해상풍력 보고서에서는 회귀법으로 15MW 크기 터빈의 소음 준위를 추정하였다.

따라서 금회 실험에서는「Tougard 외 2009」연구에서 제시한 관측 소음도를 기준으로 발전기 소음 스펙트럼을 추정하였으며, 2,500 Hz 이상의 소음 준위는 각 계절별 수중 배경소음 자료를 활용하여 Masking Effect를 재현 하였다.



(그림 3.5.2-28) Middlegrunden B 지점에서 측정된 운영 시 소음 스펙트럼 (Tourgard 외 2009

<표 4.5.2-36> 모델의 입력제원 (운영시)

Sound Source				
Spectral Discretization Type	1/3 Octave Band			
Min/Max Center Frequency	20~2,500 Hz			
Sound Source Location	Mid water depth at each WTG location			
Sound Exposure Level Input	Desk Study: Subacoustech Environmental Ltd.(2019)			
Radial Transect Overall Length	Max. 30 km			
Solution Technique	Normal Transect Resolution			
Seabed				
Layer Type	Silt, Clay, Gravel			
Layer Thickness	Refer to the Geotechnical Survey Results			
Density	1700, 1500, 2000 kg/m^3 respectively			
Compressed Wave Speed	1575, 1500, 1800 m/s respectively			
Compressional Attenuation	1.0, 0.2, 0.6 dB/λ respectively			
Water phase				
	Spring	Summner	Fall	Winter
Water temperature	Refer to the profiles provided above			
Water salinity				
pH				
Sound Speed				
Output				
Horizontal Spacing	10.0m			
Vertical Spacing	1.0m			
Vertical Maximum	2.0 ~ 200.0m			
Water Level	DL(+) 2.979m			

⑥ 운영시 수중소음 실험결과

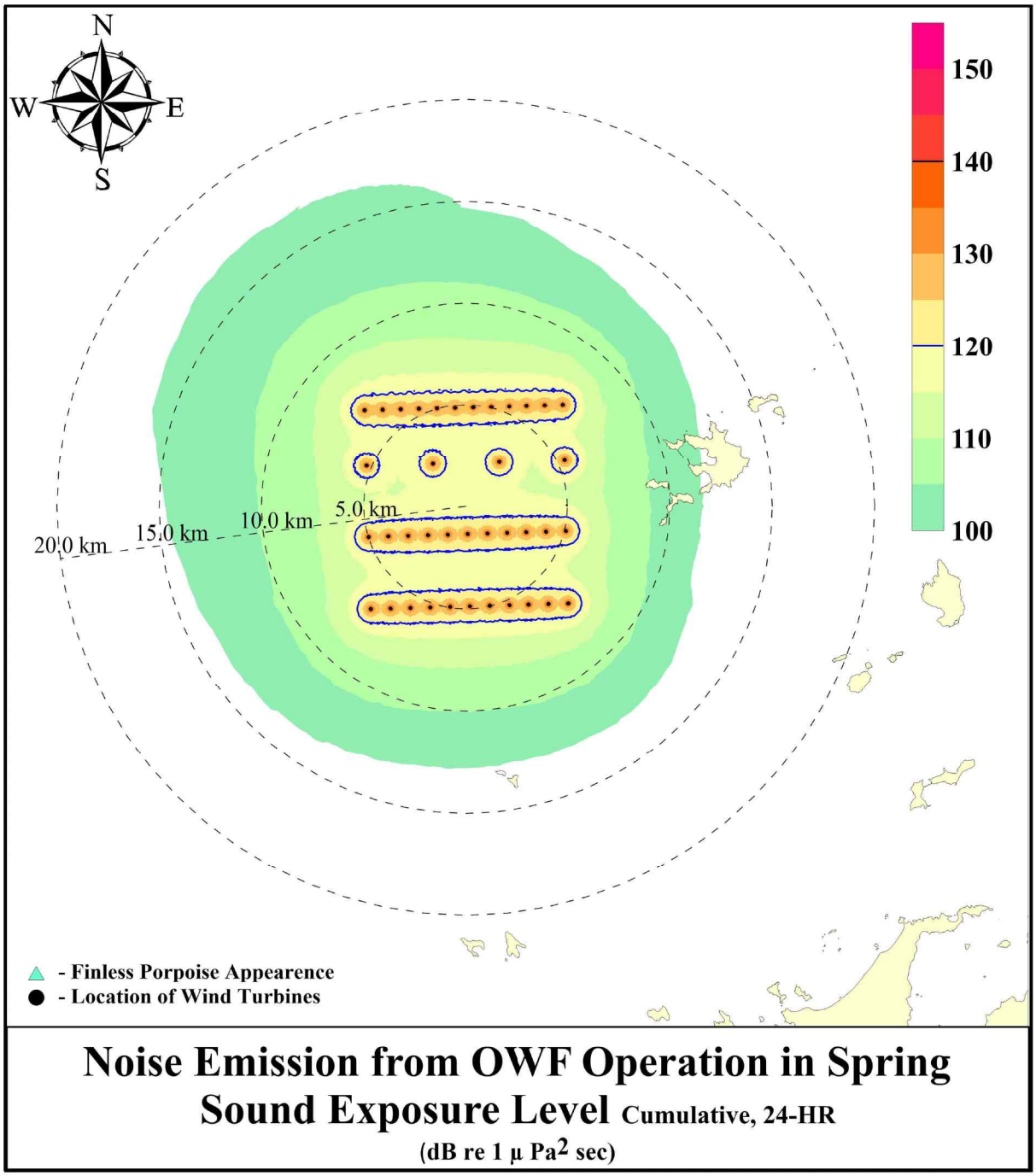
운영시 수중소음 모델링 실험 결과, 최대 발생범위가 소음원으로부터 120 SEL 기준 반경 865m 범위, 140SEL 기준 반경 118.0m 범위로 발진기 주변으로 영향범위가 거의 확산되지 않는 것으로 나타났다.

해상풍력발전단지의 운영시에는 로터 블레이드의 회전이나 기어박스 등에 의해서 타워 부분에서 진동을 발생시키는 것으로 알려져 있으며, 이러한 진동이 수중으로 전달되어서 수중소음을 일으키게 되는 것으로 알려져 있다.

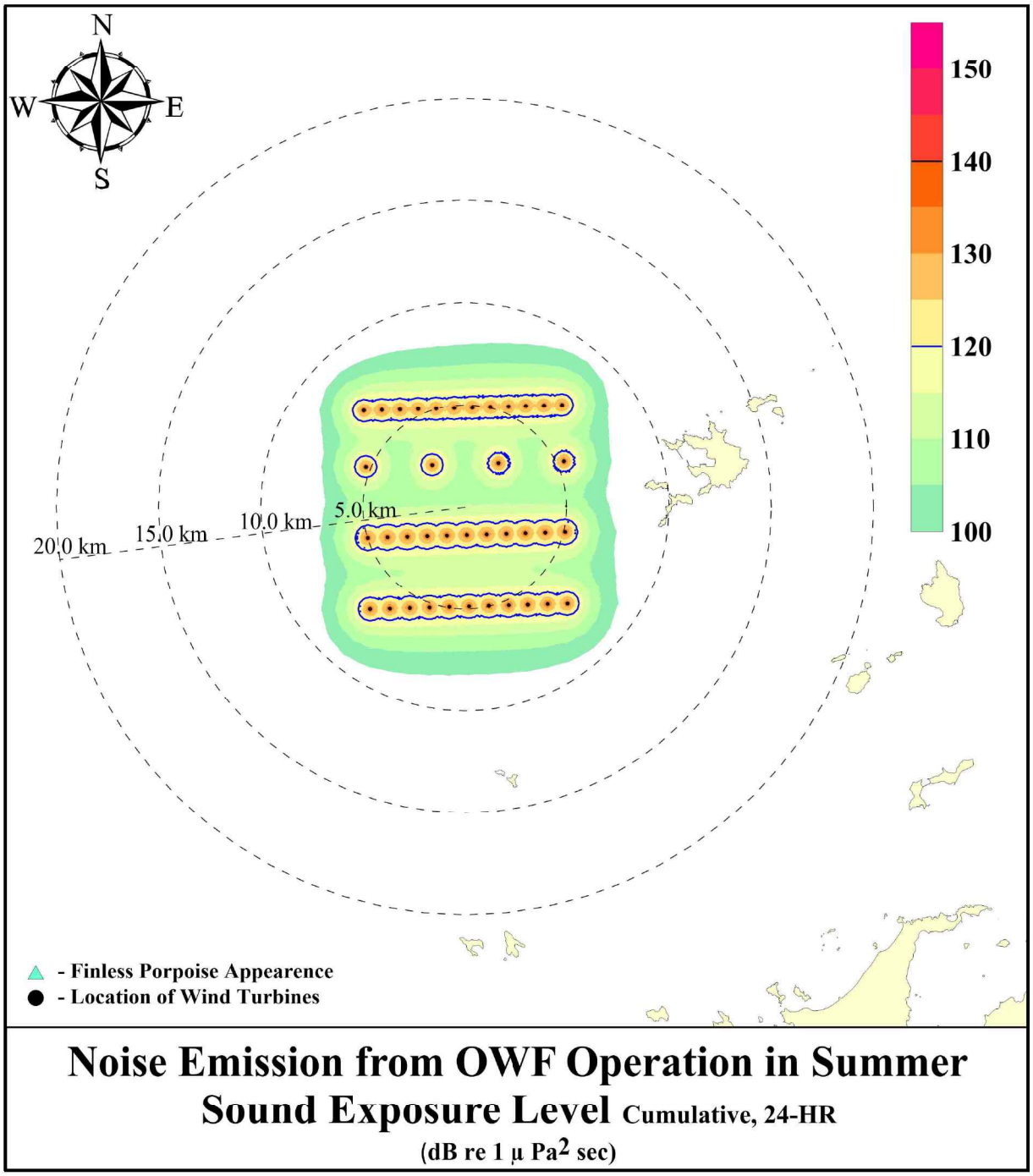
다만, 블레이드의 회전 소음은 대체로 수면에서 반사되어 수중에서는 영향이 거의 없는 것으로 보고되고 있어, 운영시 수중소음 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

<표 4.5.2-37> 운영시 소음 임계치별 최대 확산 거리

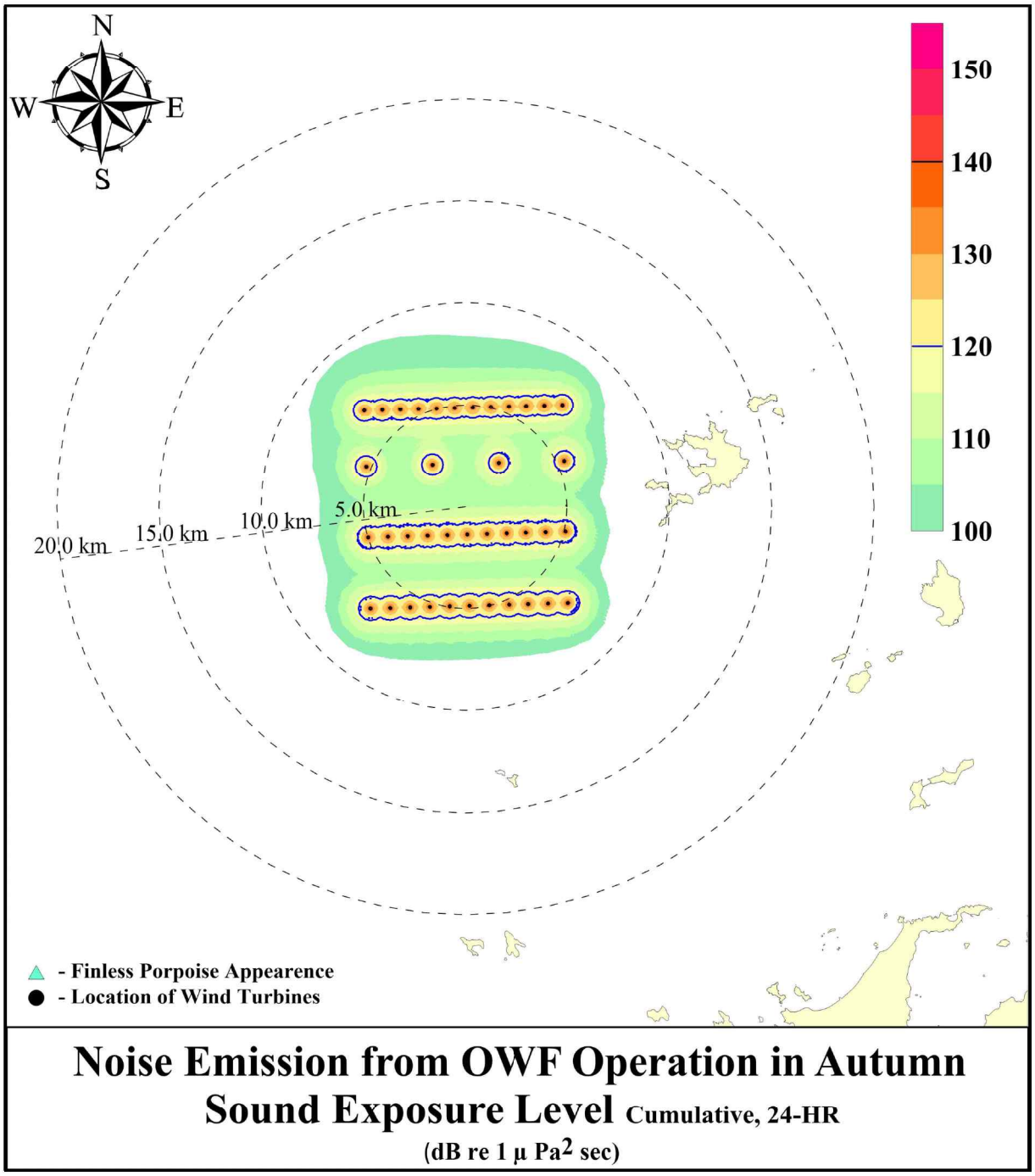
구 분	120SEL 기준	140SEL 기준
Case 4-1	865.0m	118.0m
Case 4-2	658.0m	99.0m
Case 4-3	659.0m	111.0m
Case 4-4	759.0m	115.0m



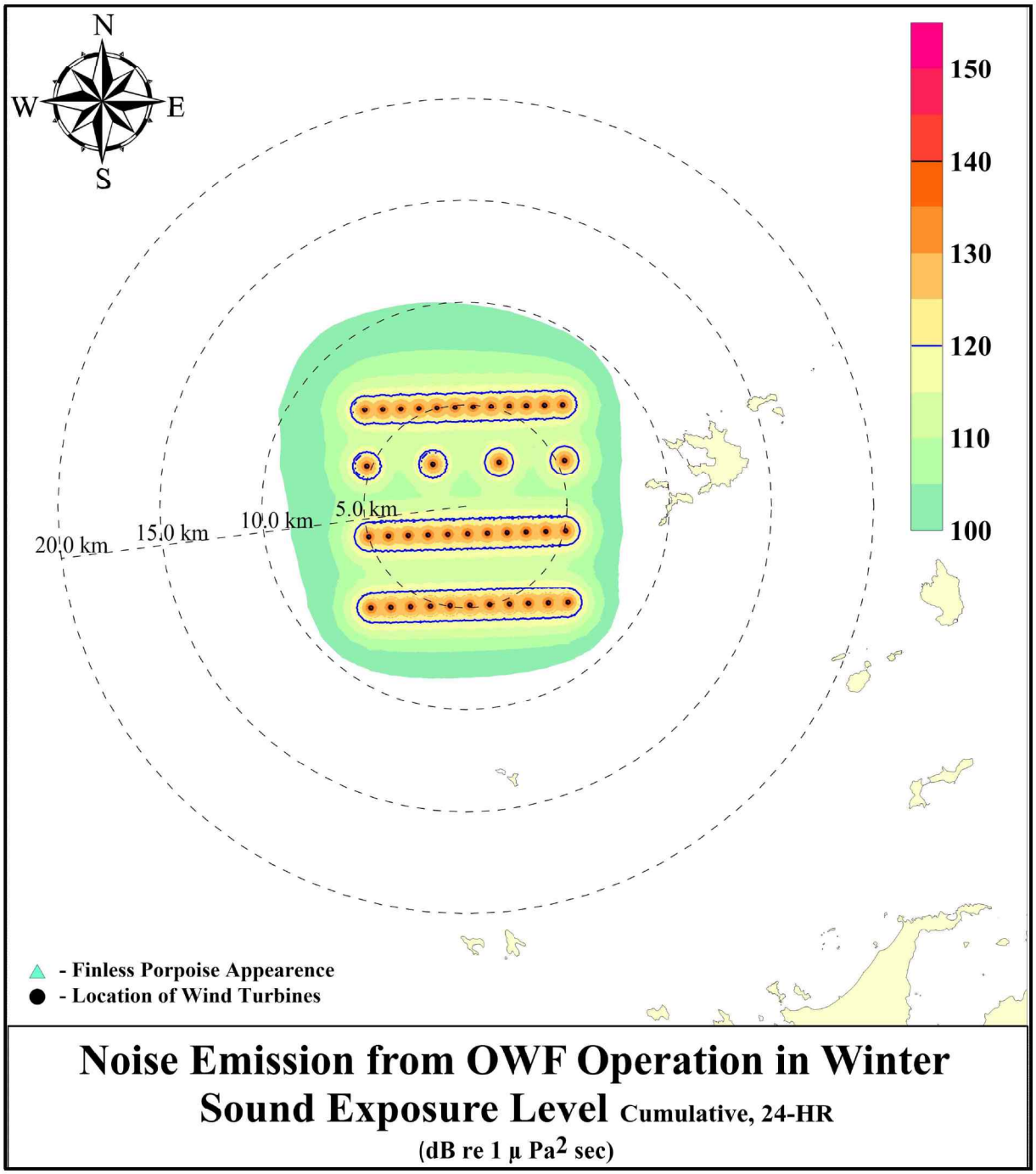
(그림 4.5.2-29) Case 4-1 : 해상풍력 발전단지 전체 가동 시 24시간 누적 노출 소음도, 춘계



(그림 4.5.2-30) Case 4-2 : 해상풍력 발전단지 전체 가동 시 24시간 누적 노출 소음도, 하계



(그림 4.5.2-31) Case 4-3 : 해상풍력 발전단지 전체 가동 시 24시간 누적 노출 소음도, 추계



(그림 4.5.2-32) Case 4-4 : 해상풍력 발전단지 전체 가동 시 24시간 누적 노출 소음도, 동계

(나) 운영시 수중소음 예측식

① 해상풍력 발전기 운영시 수중소음도 예측식

해상풍력 발전기 운영시 수중소음도 예측은 공사시 적용한「해상풍력발전 환경조사·평기 매뉴얼, 2021.6, KEI」에서 권장하는 수중소음 예측식을 적용하였다(<표4.5.2-18> 참조).

② 소음전파 보정계수(F)

소음전파 보정계수(F)는 공사시와 동일하게 10~21을 적용하였다(<표 4.5.2-19> 참조).

③ 해상풍력 발전기 운영시 수중소음도 예측결과

해상풍력 발전기 운영시 입력 소음도 158.5dB SPL을 적용하여 이격거리별 수중소음 예측결과, 해상풍력 발전기로부터 약 68~7,079m 이상 이격지점(보정계수 10~21 기준)부터 환경목표기준(120 SEL)을 만족하는 것으로 예측되었다.

수중소음은 수온, 염분 등 해역환경에 따라 다르게 나타나며, 해상풍력 발전단지의 해역인 서남해역 보정계수 21을 적용하였으며, 발전기로부터 약 68m 이상 이격지점부터 환경목표기준(120 SEL)을 만족하는 것으로 예측되었다.

또한, 해상풍력 발전기 운영시 피해영향범위는 발전단지 인근 국한되는 것으로 예측되며, 블레이드의 회전 소음은 대체로 수면에서 반사되어 수중에서는 영향이 거의 없는 것으로 보고되고 있어, 운영시 수중소음 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

<표 4.5.2-38> 거리별 해상풍력 발전기 운영시 수중소음도 예측결과(예측식 적용)

구 분	보정계수 (F)	입력 소음도 (at 1m)	영향범위(m)									환경목표 기준 (SEL)	목표기준 만족범위 (m)
			10	20	50	100	300	500	1,000	2,000	5,000		
예측 소음도 (dBSPL)	10	158.5	148.5	145.5	141.5	138.5	133.7	131.5	128.5	125.5	121.5	120	7,079
	11		147.5	144.2	139.8	136.5	131.3	128.8	125.5	122.2	117.8		3,162
	12		146.5	142.9	138.1	134.5	128.8	126.1	122.5	118.9	114.1		1,616
	13		145.5	141.6	136.4	132.5	126.3	123.4	119.5	115.6	110.4		915
	14		144.5	140.3	134.7	130.5	123.8	120.7	116.5	112.3	106.7		562
	15		143.5	139.0	133.0	128.5	121.3	118.0	113.5	109.0	103.0		369
	16		142.5	137.7	131.3	126.5	118.9	115.3	110.5	105.7	99.3		255
	17		141.5	136.4	129.6	124.5	116.4	112.6	107.5	102.4	95.6		184
	18		140.5	135.1	127.9	122.5	113.9	109.9	104.5	99.1	91.9		138
	19		139.5	133.8	126.2	120.5	111.4	107.2	101.5	95.8	88.2		106
	20		138.5	132.5	124.5	118.5	109.0	104.5	98.5	92.5	84.5		84
	21		137.5	131.2	122.8	116.5	106.5	101.8	95.5	89.2	80.8		68

(4) 해상풍력발전기 운영에 따른 저주파소음

(가) 풍력발전기 주파수 특성

풍력발전기 운영에 따른 영향은 풍속 11m/s일 때 음향파워레벨(PWL)이 119.5dB(A)로 가장 높음에 따라, 1/3 octave band도 11m/s일 때 음향파워레벨(PWL) 입력값으로 적용하여 예측하였다.

<표 4.5.2-39> 풍력발전기 방출 음향파워레벨(PWL) (단위 : dB(A))

구 분	풍 속(m/s)											
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
L_{WA}	102.9	102.9	103.9	107.9	111.3	114.2	116.7	119.0	119.5	119.4	119.4	119.4

<표 4.5.2-40> 1/3 octave band sound power level (단위 : dB(A))

구 분	저주파(Hz)								
11m/s	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
	66.1	72.7	78.2	82.7	86.2	89.5	94.1	97.6	98.5

"저주파 소음 가이드라인, 환경부, 2018.07"에 저주파소음의 측정방법에 따라 저주파 대역의 주파수별 Z특성을 적용한 음향파워레벨은 1대당 121.0~129.5dB(Z)이다.

<표 4.5.2-41> 주파수별 Z특성을 정용한 음향파워레벨

구 분	저주파(Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
PWL(dB(A))	66.1	72.7	78.2	82.7	86.2	89.5	94.1	97.6	98.5
A 특성보정치	-63.4	-56.7	-50.5	-44.7	-39.4	-34.6	-30.2	-26.2	-22.5
PWL(dB(Z))/1EA	129.5	129.4	128.7	127.4	125.6	124.1	124.3	123.8	121.0
PWL(dB(Z))/38EA	145.3	145.2	144.5	143.2	141.4	139.9	140.1	139.6	136.8

(나) 해상풍력발전기 운영에 따른 저주파소음 영향

저주파 소음 영향의 판단기준을 만족하는 저주파수별 이격거리를 분석한 결과, 이격거리는 주파수별(12.5~80Hz) 301~2,897m로 나타났다.

풍력발전기 38기가 동시에 운영시 이격거리가 최소 2,897m 이상일 경우, 저주파 소음 영향의 판단기준을 만족하는 것으로 풍력발전기와 최인접한 지점인 정온시설 ① 횡도의 경우 약 4,636m 이격되어 인근 주거지역들의 저주파 소음 영향은 미미할 것으로 판단된다.

<표 4.5.2-42> 저주파 소음 영향의 판단기준 만족거리

구 분	저주파(Hz)								
	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
PWL(dB(Z))/38EA	145.3	145.2	144.5	143.2	141.4	139.9	140.1	139.6	136.8
목표기준 만족거리(m)	301	417	579	797	1,255	1,668	1,998	2,626	2,897
저주파예측소음도 (dB(Z))	79.8	78.0	72.4	68.1	61.7	55.5	54.1	47.3	40.7
저주파 소음 영향 판단기준	85	82	78	73	65	59	56	50	45

나. 저감방안 및 평가

1) 공사시

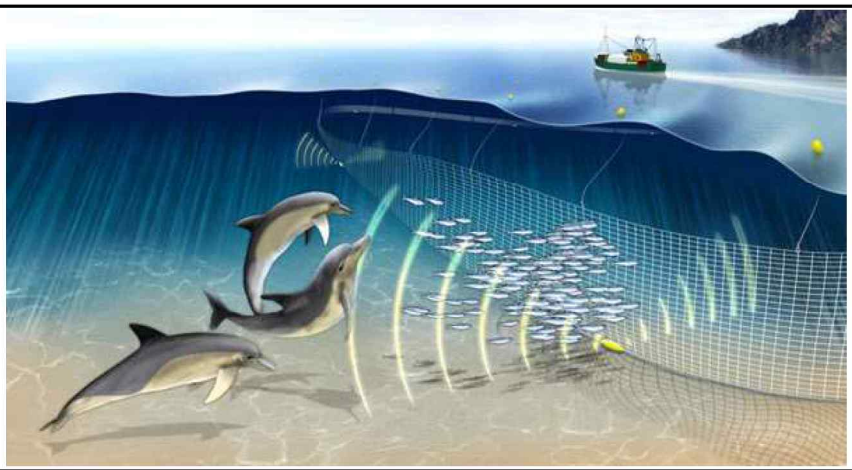
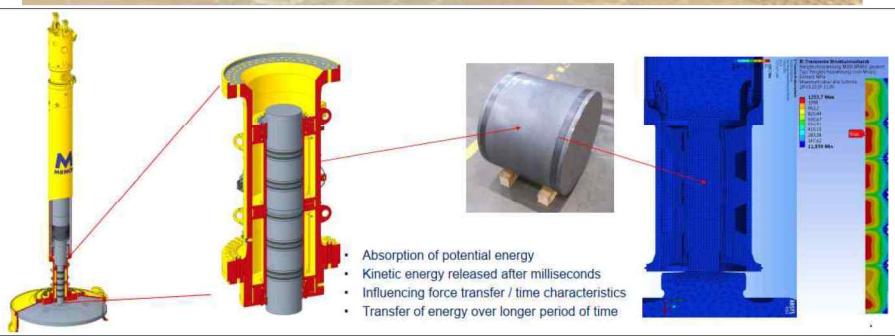
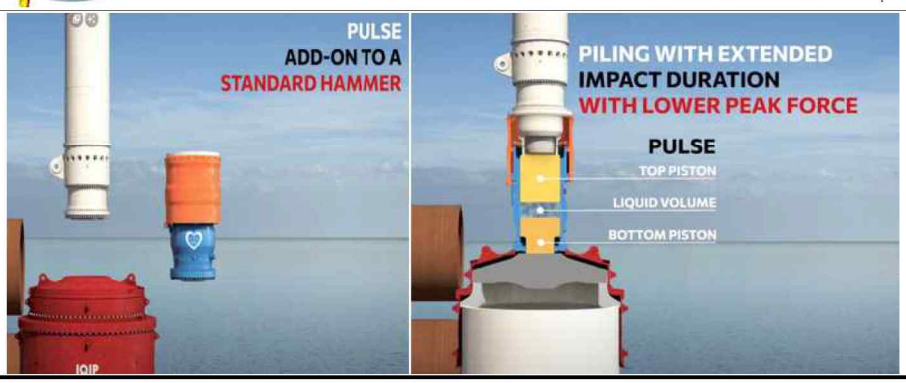
가) 파일 항타시 수중소음 저감대책 시행

해양포유류 영향이 최소화 되도록 공사 가장 큰 소음이 발생하는 파일항타 공사 등의 추진 시 공기방울차단막(Air bubble curtain), 격리망(Isolation casing), 쿠션블럭(Cushion block), 임시물막이(Cofferdam) 등을 사용할 경우 10~20dB의 소음 저감 효과 발생하는 것으로 나타나, 항타공사시 현지 실정에 적합한 저감방안을 이행할 계획이다.

또한, 항타공사 시행전 공사지역 인근에 해양포유류 출현 여부를 확인하여 공사를 실시하고, 사전경고음 발생으로 인근지역의 해양포유류가 회피할 수 있도록 사전조치 후 공사를 실시할 계획이다.

<표 4.5.2-43> 파일 항타시 수중소음 저감대책(안)

구 분		내 용	비 고
항타 공사 시행전	MMO (Marine Mammal Observer)	◦ 항타공사 시행전, 해양 포유류의 공사구역 인근 접근 확인후, 작업 시행 여부 판단	현지 실정에 적합한 저감방안 이행 예정
	ADD (Acoustic Deterrent Device)	◦ 항타공사 시행전, 경고음을 발생하여 해양 포유류의 회피 유도	
	Soft-start	◦ 해머 에너지를 줄여서 항타를 시작하는 공법 ◦ 파일링 해머 에너지가 점진적으로 증가하여 존재하는 해양생물이 낮은 수준의 소음을 통해 회피하도록 유도	
항타 공사 시행시	HSD(Hydro Sound Damper), 격리망(Isolation casing)	◦ 수중 음파 및 추가적인 거품 요소의 산란 및 반사에 의한 소음감쇠효과 ◦ 프레임으로 둘러싸인 파일을 해저면까지 내려 항타 시행	

ADD	
HSD, Isolation Casing	 

(그림 4.5.2-33) 수중소음 저감대책(예시)

2) 운영시

풍력발전기 운영에 따른 공중소음이 수중으로 투과되는 소음은 미미하며, 자연적인 배경소음으로 인하여 마스킹 효과가 발생할 것으로 판단된다.

따라서, 사업지구 주변 지역으로 운영시 수중소음을 사후환경조사를 통해 지속적으로 모니터링하고, 모니터링 결과를 토대로 해양포유류 영향을 검토하고 필요시 추가적인 저감방안을 마련하는데 기초자료로 활용할 계획이다.

가) 수중소음 관련 문헌 및 연구자료 검토

풍력발전기 운영시 로터 블레이드의 회전, 기어박스 등에 의하여 타워부분에서 진동을 발생시키며, 이러한 진동이 수중으로 전달되어 수중소음을 일으키게 되나 블레이드의 회전소음은 수면에서 반사되어 수중에서는 거의 영향이 없는 것으로 보고되었다(Dong Energy et. al., 2006).

또한, 공중소음이 수중으로의 투과되는 비율은 약 0.11%라고 보고되었다(박, 2009).

<표 4.5.2-44> 공기중 소음의 수중소음 영향 여부(문헌자료)

구 분	내 용
자료 1	◦ 공기 중을 전파하여 온 음파가 수공간과 만나는 수면에서 음에너지의 전파특성은 두 매질의 임피던스 차에 의해 결정된다. 경계면에서 음에너지는 임피던스 차가 클수록 반사율이 “1”에 가까워지고 반면 투과율은 상대적으로 “0”에 가까워진다. ◦ 공기의 임피던스 약 420kg/㎡·s와 비교하여 물의 임피던스는 1.48×106~1.5×106kg/㎡·s로 약 3,570배로 매우 큰 차이를 보이고, 각 매질경계에서의 음에너지 반사 및 투과율은 식(2.18)과 식(2.19)를 이용해 구해보면, <u>공기중 소음이 수중으로의 투과되는 비율이 약 0.00109로 입사되는 에너지의 약 0.11%정도만이 수중으로 투과</u>된다.
자료 2	3.3. 운영 중 소음에 의한 영향 해상풍력단지 운영 중에는 <u>풍력블레이드 회전과 기어박스 등 각종 기계설비의 움직임으로 인해 소음과 진동이 발생</u>하게 된다. (중략) 풍력발전 시설의 운영 시 수중소음 및 진동 전달방식은 공중전달, 수중전달 및 지중전달이며, 음압의 세기는 풍속, 발전기 출력 등에 기인한다. <u>블레이드의 회전소음은 수면에서 반사되어 수중에서는 거의 영향이 없는 것으로 보고</u>되어 있으며, 공중소음이 수중으로 투과되는 비율을 약 0.11%라고 보고되었다.

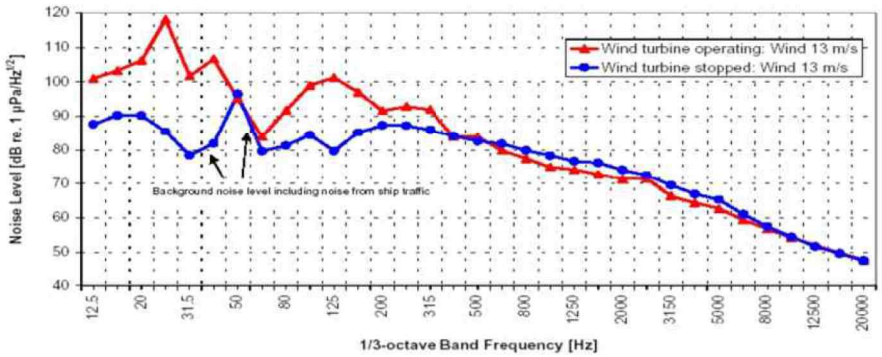
자료 : 1. 지반진동 및 공중소음에 의한 수중소음 변화에 관한연구, 2009, 서울시립대학교
2. 해상풍력단지 환경영향의 이해, 2015, 전인성 외 2인, 풍력에너지저널

운영시 터빈에 의한 소음은 풍속에 따라 증가하지만 풍속의 증가는 주변소음 또한 증가시키므로 터빈에 의해 발생되는 소음은 상대적으로 일정하게 유지된다.

해상 풍력발전기가 운영되는 동안 20~30Hz영역에서 약 120dB/μPa의 최대 소음레벨이 나타나고 있으며, 400Hz~20kHz에서는 배경소음과 유사한 수준을 나타내었다(O.Keller et al., 2006).

1) 운영 시 해상풍력발전기와 수중소음의 관계

해상풍력발전기에서 방사되는 수중소음의 스펙트럼을 보여주는 사례가 <그림3-9>와 <그림3-10>이다. <그림3-9>는 풍력발전기가 가동되는 경우와 정지되는 경우를 비교하였으며, 바람 속도는 13m/s, 풍력발전기로부터 14m거리, 1.2m 깊이에서 측정한 결과이다. 풍력발전기가 운영되는 동안 20~30Hz 영역에서 약 120dB/μPa의 최대 소음레벨을 보여주고 있으며 400Hz~20kHz에서는 배경소음과 유사한 분포를 나타낸다.

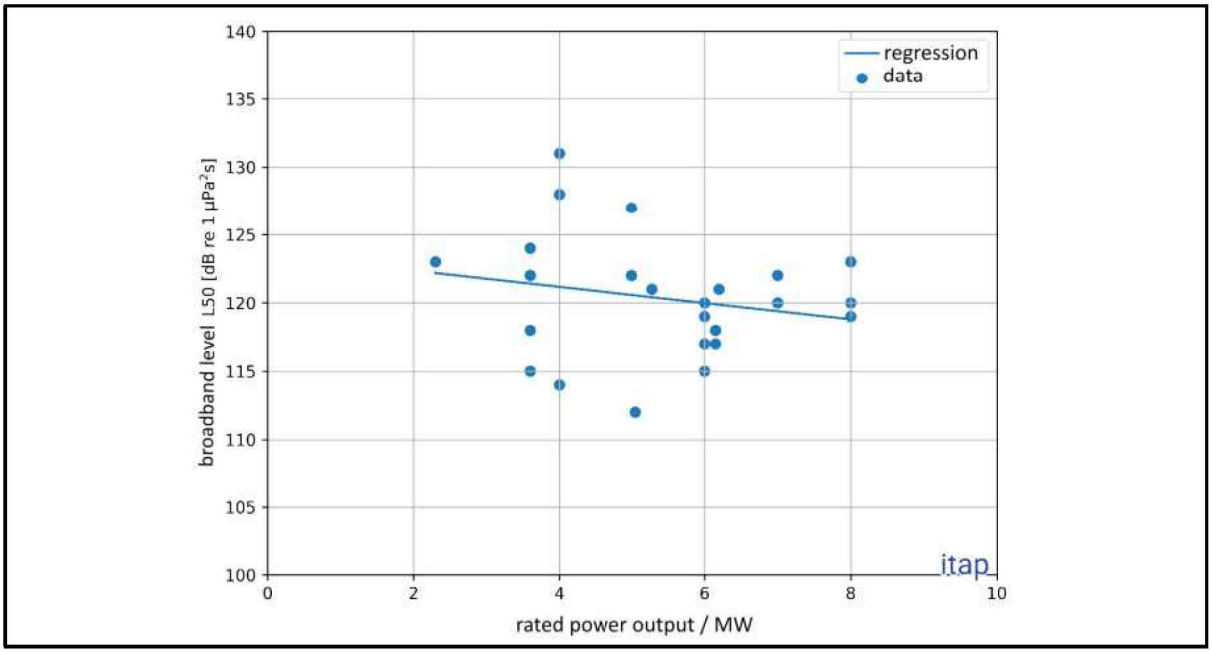


자료: 조력 및 해상풍력사업 환경영향평가 방안 연구, 2012, 맹준호, 한국환경정책·평가연구원

또한, 운영시 터빈에 의한 소음은 100m 이격된 거리에서 발전기 용량이 클수록 오히려 소음이 감소함에 따라, 수중소음은 배경소음과 같은 다른 요인에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

Figure 20 indicates, that the measured total broadband level at a distance of approx. 100m from turbines operating at nominal power decreases with increasing nominal power. The total broadband level may be significantly influenced by other factors, such as the background sound level; see below. If only the 1/3-octave band which is dominating the broadband Sound Pressure Level is taken, however, there is also a decrease in level with increasing nominal power; see Figure 21.
Thus, a constant to decreasing Sound Pressure Level can be assumed for more modern OWTGs with higher nominal power.

자료: 2023_ITAP_operational_noise-experience_report_final



자료: 2023_ITAP_operational_noise-experience_report_final

나) 배경소음의 마스킹 효과

바다는 자연 발생적인 수중 잡음이 있으며, 기 평가시 배경 수중소음을 조사한 결과, 평균 74.0dB(A), 최대 120.1dB(A)까지 조사되었다.

현재 시범운행중인 서남해 해상풍력 시범단지 운영시 수중소음 측정결과, 1m 기준 시운전 전 143.6dB re 1μPa, 시운전 중 151.1dB re 1μPa, 운영시 157.3~158.8dB re 1μPa로 운영 전 보다 7.5~15.2dB re 1μPa 증가하는 것으로 보아 배경 수중소음에 의한 마스킹효과가 있는 것으로 판단된다.

따라서, 자연발생적인 수중 잡음에 의해 해상풍력발전기 운영 수중소음에 대해 마스킹효과가 발생할 것으로 판단됨에 따라 본 사업으로 인한 수중소음의 영향은 미미 할 것으로 판단되며, 운영시 수중소음은 사후환경영향조사를 통해 모니터링 할 계획이다.

어류는 바다에서 자연 발생적인 수중 잡음과 인위적으로 발생하는 수중 잡음이 존재하는 환경에서 서식하기 때문에 어류의 청각은 수중에서 발생하는 배경 잡음에 의해서 영향을 받으며, **잡음이 클 경우는 작은 음이 듣기 어렵게 되는 마스킹 현상**이 발생한다.

따라서, **수중에는 각각의 요인에 의해서 발생하는 배경 잡음들이 언제나 혼합되어 있고, 그 음압의 레벨도 변동하기 때문에** 수중음을 이용하여 어류를 음향 순치시키고, 행동을 제어하기 위해서는 대상 어류에 대한 청각 문턱치 뿐만 아니라 **배경 잡음에 의한 마스킹효과를 충분히 조사하는 것이 중요하다**(Hatakeyma,1992).

자료 : 수중 가청음에 의한 볼락의 청각 능력, 2001, 이창헌·서두옥, 제주대학교

<표 4.5.2-45> 한국 서남해 해상풍력 시범단지 운영시 수중소음 측정 결과

구 분	소음원	측정시기	이격거리 (m)	측정된 수중소음준위 (dB re 1μPa)	음원음압준위 (dB re 1μPa at 1m)	비 고
시운전 전	해상 풍력 발전기 (3MW)	2019.07.26	95	106.0	143.6	
시운전		2019.07.26	95	113.5	151.1	
운영시		2020.10.31	110	118.5	157.3	
		2020.10.31	108	119.5	158.1	
		2020.10.31	125	119.0	158.8	

다. 사후환경영향조사 계획 (변경없음)

본 사업시행으로 인한 사업지구 및 주변지역의 소음 영향을 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 조사를 실시하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용토록 할 계획이다.

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 소음·진동공정시험기준, 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지

◦ 조사주기 : 공사시 1회/분기

3) 조사내용

<표 4.5.2-46> 사후환경영향조사 계획 (수중소음 및 저주파소음)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기	비 고
공사시	◦수중소음	◦현황조사지점 : 10개 지점	◦소음·진동 공정시험기준	◦1회/분기 (항타시)	-
운영시	◦수중소음	◦현황조사지점 : 10개 지점	◦소음·진동 공정시험기준	◦1회/분기	-
	◦저주파소음	◦현황조사지점 : 1개 지점(안마도)	◦소음·진동공정 시험기준	◦1회/분기	

주) 조사지점 및 위치도는「제5장 사후환경영향조사 계획」편 참조

4.5.3 경　　관

가. 현　　황

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위지 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 해상풍력발전단지를 중심으로 경관 변화 등 영향여부를 중점적으로 검토하여 제시하였다.

※ 육상부 변경사항은 당초 환경보전방안검토서(2024.8)에 반영하여 제시하였음

또한, 당초 환경영향평가시 경관현황을 제시하였으나, 『환경영향평가서등의 작성 등에 관한 안내서』 중 “부록 11. 해상풍력 발전사업의 자연경관 영향 시뮬레이션 방법 등에 관한 매뉴얼”에 따라 현황조사 범위를 재설정하여 경관특성을 재검토하였다.

1) 조사항목

◦ 평가범위 설정

◦ 현황조사

- 주요 보호지역 등 지정현황, 경관계획, 경관자원

◦ 경관의 특성 분석

2) 조사범위

◦ 평가범위 설정을 통해 결정

3) 조사방법

◦ 현지 및 문헌조사

4) 조사결과

가) 평가범위 설정

기상청의 영광 종관기상관측자료를 검토한 결과, 2024년 하지 최대 시정거리는 14시를 기준으로 약 49㎞로 나다났다.

사업지구에 설치되는 터빈의 규모인 271.1m(허브높이 153.1m, 로터직경 236m)를 고려할 때 이론적 가시영역의 범위는 45㎞에 해당한다.

따라서, 현황조사를 위한 평가범위는 하지 시정거리가 이론적 가시영역을 초과하고 있어, 이론적 가시영역인 45㎞로 설정하였다.

이에 따라, 평가범위에 해당하는 영광군 및 신안군(임자도 일원), 부안군(위도 일원), 고창군(구시포항 일원)에 대해 조사를 실시하였다.

<표 4.5.3-1> 해양경관 평가 권장 범위

로터 포함 터빈 높이	가시영역(ZTV) 권장 범위	해양경관 평가 권장 범위	비 고
50m 이하	15km	20km	-
51 ~ 70m	20km	25km	-
71 ~ 85m	25km	30km	-
86 ~ 100m	30km	35km	-
101 ~ 130m	35km	40km	-
131 ~ 150m	40km	45km	-
150m 이상	**45km**	50km	사업지구 적용

자료 : 해상풍력 발전사업의 자연경관 영향 시뮬레이션 방법 등에 관한 매뉴얼, 환경부

<표 4.5.3-2> 영광 하지 시정거리

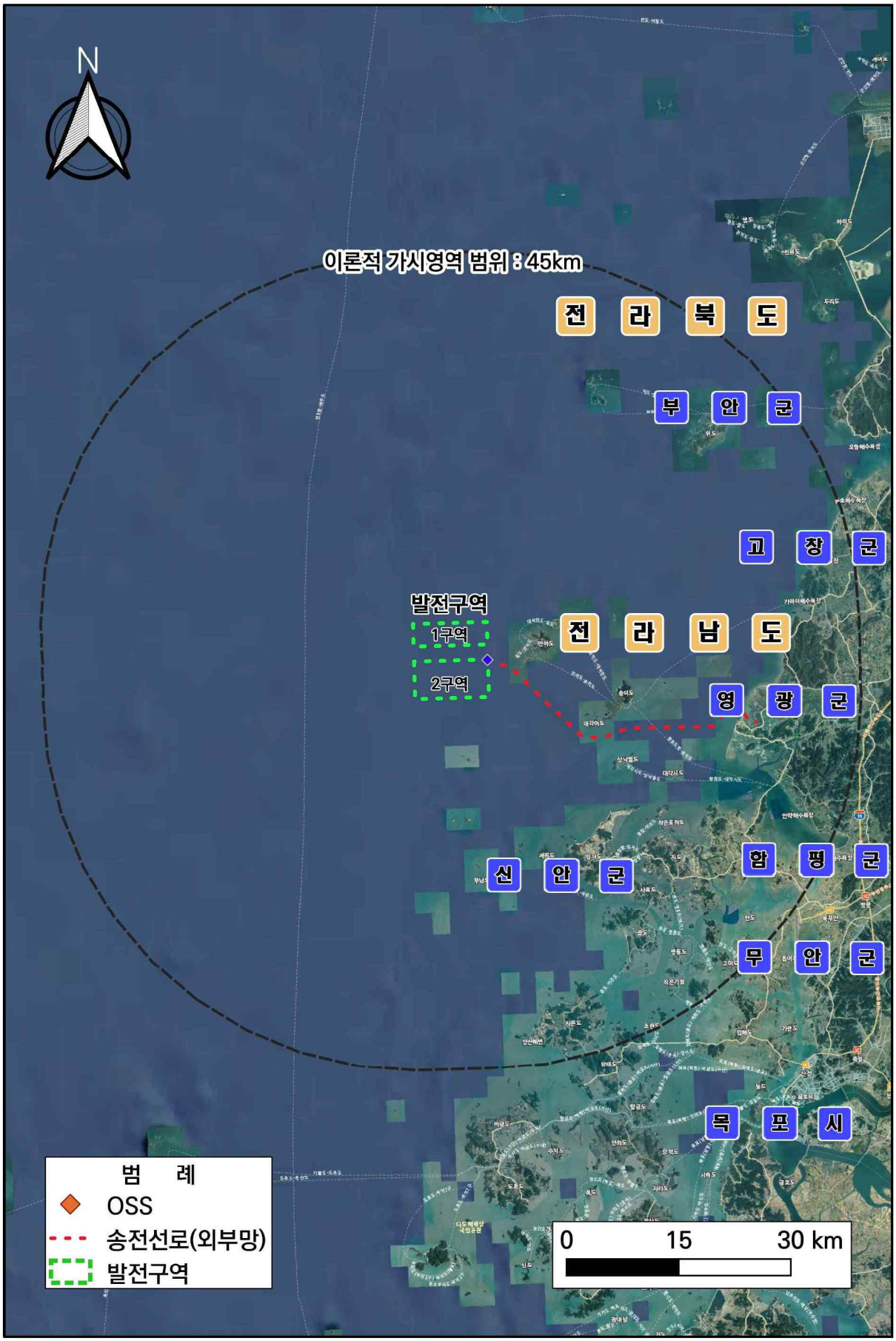
일시	시정(10m)	일시	시정(10m)	일시	시정(10m)
24-06-21 1:00	1,723	24-06-21 9:00	4,823	24-06-21 17:00	4,188
24-06-21 2:00	1,244	24-06-21 10:00	4,889	24-06-21 18:00	3,316
24-06-21 3:00	1,032	24-06-21 11:00	4,808	24-06-21 19:00	3,096
24-06-21 4:00	1,407	24-06-21 12:00	3,517	24-06-21 20:00	4,965
24-06-21 5:00	1,039	24-06-21 13:00	4,833	24-06-21 21:00	4,550
24-06-21 6:00	944	24-06-21 14:00	**4,976**	24-06-21 22:00	4,602
24-06-21 7:00	1,948	24-06-21 15:00	478	24-06-21 23:00	5,000
24-06-21 8:00	3,403	24-06-21 16:00	1,860	24-06-22 0:00	4,751

자료 : 기상청 기상자료개방포털(https://data.kma.go.kr/)

<표 4.5.3-3> 평가범위 설정 방법

구 분	평가범위	비 고
이론적 가시영역 ≥ 하지 시정거리	하지 시정거리	-
이론적 가시영역 < 하지 시정거리	이론적 가시영역	금회 적용

자료 : 해상풍력 발전사업의 자연경관 영향 시뮬레이션 방법 등에 관한 매뉴얼, 환경부



(그림 4.5.3-1) 현황조사 평가범위 설정도

나) 현황조사

현황조사 평가범위에 해당하는 영광군 및 신안군(임자도 일원), 무안군(위도 일원), 고창군(구시포항 일원)에 대해 법령·조례 등에 따른 해양보호구역, 특정도서, 습지보호지역, 국립공원, 환경보전해역, 수산자원보호구역, 명승·천연기념물 등 지정현황을 검토하였다.

(1) 주요 보호지역 등 지정현황

(가) 해양보호구역

현황조사 지역에는 「습지보전법」 제8조, 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 제25조에 의거하여 신안갯벌 해양보호구역이 지정되어 있으며, 약 20.12㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-4> 해양보호구역 지정현황

구분	지정명칭	지정일	면적(㎢)	위치	이격거리(㎞)
신안군	신안갯벌(습지보호지역)	2018.09.03	1,100.86	신안군 일원(확대 지정)	20.12

자료 : 해양보호구역 지정현황, 2024.08, 해양수산부

(나) 특정도서

현황조사 지역에는「독도 등 도서지역의 생태계보전에 관한 특별법」제4조에 의거하여 총 23개소의 특성도서가 지성되어 있으며, 가장 인접하여 각 거도가 약 13.30㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-5> 특정도서 지정현황 (1/4)

구분	지정번호	도서명	지정사유	면적(㎡)	소재지	이격거리(㎞)
영광군	239	육산도	• 멸종위기야생생물 Ⅰ급인 저어새·노랑부리백로, Ⅱ급인 검은머리물떼새 등의 주요 번식지	41,355	낙월면 송이리 산466	30.26

<표 4.5.3-5> 특정도서 지정현황 (2/4)

구분	지정번호	도서명	지정사유	면적(㎡)	소재지	이격거리(㎞)
영광군	251	각거도	• 해식애, 해식동, 시스텍, 파식대, 노치 등 지형경관이 우수 • 특이식생 및 식물구계학적 특정식물 등 식물다양성 풍부 • 멸종위기 야생생물 Ⅰ급 매 서식 및 칼새의 집단번식지	48,595	낙월면 각이리 산10	13.30
신안군	87	오도	• 해식동 발달 • 두루미천남성 분포 • 매, 칼새, 섬개개비 빈식지 • 다양한 삿갓조개류 서식	14,156	자은면 고장리 산272	37.69
	88	두리도	• 해식동, 시스텍 발달 • 예덕나무, 소사나무, 곰솔군락 등 식생안정 • 해양무척추동물 서식상태 양호	119,765	자은면 고장리 산219~산222	39.93
	89	죽도	• 곰솔군락 식생 양호 • 화산역, 화산사, 화산회분포	20,430	자은면 고장리 산263	42.88
	96	소허사도	• 해식동, 타포니형성 • 희귀식물 섬향나무 다수 서식	242,459	임자면 재원리 산358	16.22
	98	매섬	• 풍혈 지형 발달 • 멸종위기생물 검은머리물떼새 번식 • 노루귀, 순비기나무, 산제비란서식	13,763	임자면 이흑암리 225	29.51
	99	부남섬	• 해식애, 해식동 발달 • 해양무척추동물 서식상태 양호	96,507	지도읍 당촌리 산278	32.44
	100	대섬	• 해송군락 식생양호 • 멍석딸기 군락 서식 • 화산각력암과 응회암이 교대로 나타나는 지형	102,942	증도면 방축리 산334	33.15

<표 4.5.3-5> 특정도서 지정현황 (3/4)

구분	지정번호	도서명	지정사유	면적(㎡)	소재지	이격거리(㎞)
신안군	101	호감섬	• 해식애, 해식노치, 시스택형성 • 관목층에 자금우 다수서식 • 해송 생육상태 양호 • 멸종위기생물 인구렁이서식	19,934	증도면 방축리 산332	33.07
	102	갈매섬	• 해안사구 발달 • 멸종위기생물 검은머리물떼새 및 흰물떼새, 쇠제비갈매기 등 서식 • 자란, 산제비란서식	31,200	증도면 대초리 산256 및 지번 미부여	45.32
	103	밖다리섬	• 파식대, 해식노치, 타포니, 해안사구형성 • 관목층 자금우 서식 • 모새나무, 순비기나무서식	61,091	지도읍 당촌리 산277-1	32.06
	104	법고섬	• 해송이 잘 발달 • 주빙하 퇴적층 형성 • 수리부엉이, 쇠부엉이서식 • 산골무꽃, 호자덩굴, 구와취, 죽대서식	82,711	지도읍 감정리 산585, 산586	29.58
	186	육각도	• 멸종위기생물 수달 배설물과 서식굴 확인된 서식처	2,010	임자면 광산리 산222	20.49
	187	바람막이도	• 다양한 형태의 타포니, 차별풍화에 의한 기암 등 풍화지형·경관 우수 • 멸종위기동물 수달 서식, 섬개개비와 검은머리물떼새 번식	11,906	임자면 도찬리 산109	21.73
	188	둔북섬	• 큰 규모의 해식애가 발달하고 파식대, 염풍화혈, 마린포트홀, 노치, 판상절리, 응회암층리 등 이모식적으로 발달 • 멸종위기생물 검은머리물떼새 서식	44,953	자은면 고장리 산264	41.75

<표 4.5.3-5> 특정도서 지정현황 (4/4)

구분	지정번호	도서명	지정사유	면적(㎡)	소재지	이격거리(㎞)
부안군	108	내조도	• 해식노치, 타포니 발달 • 마편초, 초종용서식 • 검은큰따개비 높은밀도 서식	16,352	위도면 대리 산110	36.08
	109	달루도	• 해식애, 시스택, 파식대, 타포니, 해식노치 발달 • 희귀식물인 실거리나무 서식	21,322	위도면 진리 산272	39.29
	110	대형제도	• 해안선 복잡, 기암괴석 많음 • 동백나무, 예덕나무군락 우수	20,355	위도면 치도리 산232	42.34
	111	딴정금도	• 해식애, 타포니, 해식동 발달 • 해양무척추동물 다양성 풍부	6,545	위도면 정금리 산1	41.82
	112	외치도 (큰딴치도)	• 파식대, 타포니, 풍화호 발달 • 소나무군락 등 식생양호 • 감탕나무, 닭의난초 등 서식 • 자연경관 우수	87,868	위도면 치도리 산220	40.01
	231	외조도	• 해안선이 다채롭고, 파식대, 해식애, 타포니 등 해안경관이 우수 • 멸종위기종 매 번식 및 수달 서식 확인	12,788	위도면 대리 산107	35.42
	232	세항도	• 퇴적층리, 구조선, 노치, 다양한 규모의 타모니 등 지형경관적 다양성이 풍부하고 우수 • 멸종위기종 수달, 검은머리물떼새 서식 확인	2,181	위도면 정금리 산38	41.46

자료 : 특정도서 지정현황, 2023.12, 환경부

(다) 습지보호지역 및 람사르습지

현황조사 지역에는 「습지보전법」 제8조, 제9조에 의거하여 총 2개소의 습지보호지역 및 람사르습지가 지정 되어있다. 또한 가장 인접하여 신안갯벌이 약 20.12㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-6> 습지보호지역 및 람사르습지 지정현황

구분	지역명	위치	특징	면적(㎢)	지정일자(람사르등록)	이격거리(㎞)
신안군	신안갯벌	신안군	빼어난 자연경관 및 생물다양성 풍부(염생식물, 저서동물)	1,100.86	2018.09.03 (증도 2011.09.01)	20.12
	증도갯벌	증도면 증도 및 병풍도 일대	-	31.300	2011.09.01	42.79

자료 : 습지보호지역 지정 및 람사르습지 등록 현황, 2024.02, 환경부

(라) 국립공원

현황조사 지역에는 「자연환경보전법」 제4조에 의거하여 총 1개소의 국립공원이 지정되어 있으며, 변산반도가 약 35.42㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-7> 국립공원 지정현황

구분	공원명칭	위치	면적(㎢)	지정일자	이격거리(㎞)
부안군	변산반도	전북	154.957	1988. 6.11	35.42

자료 : 2024 국립공원 기본통계, 2024.02, 국립공원공단

(마) 환경보전해역

현황조사 지역에는 「해양환경관리법」 제15조에 의거하여 영광군 내 일부 함평만 환경보전해역이 지정되어 있으며, 약 33.3㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-8> 환경보전해역 지정현황

구분	명칭	위치	면적(㎢)		구역의 위치
			육역	해역	
영광군	함평만 환경보전해역	전남	165.87	140.73	1. 전라남도 영광군 염산면 일부 2. 전라남도 무안군 현경면·해제면 일부 3. 전라남도 함평군 손불면·함평읍·신광면·대동면 일부



자료 : 환경보전해역 및 특별관리해역 지정 해양수산부 고시 제2000-3호

(바) 수산자원보호구역

현황조사 지역에는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제40소에 의거하여 영광군 내 수산자원보호구역이 지정되어 있으며, 약 31.56㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-9> 수산자원보호구역 지정현황

구분	지역	위치	지정면적 (㎢)			이격거리 (㎞)
			합계	수면	육지	
영광군	함평만	염산면	91.020	76.950	14.070	31.56

자료 : 수산자원보호구역 지정 현황, 2024, 해양수산부

(사) 명승 · 천연기념물

현황조사 지역에는 「자연유산의 보존 및 활용에 관한 법률」 제11조에 의거하여 총 1개의 명승 및 2개의 천연기념물이 지정되어 있으며, 가장 인접하여 영광 칠산도 괭이갈매기·노랑부리백로·저어새 번식지가 약 28.12㎞ 이격된 곳에 위치하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-10> 명승 · 천연기념물 현황

구분		명칭	소재지	수량/면적(㎡)	지정일	이격거리 (㎞)
영광군	명승	영광 법성진 숲쟁이	법성면 법성리 821-1번지 등	27,397 ㎡	2007.02.01	45.16
	천연기념물	영광 칠산도 괭이갈매기·노랑부리백로·저어새 번식지	낙월면 송이도 산462번지 외	232,670 ㎡	1997.12.30	28.12
부안군	천연기념물	부안 위도 진리 대월습곡	위도면 진리 산 271	13,335 ㎡	2023.10.12	39.67

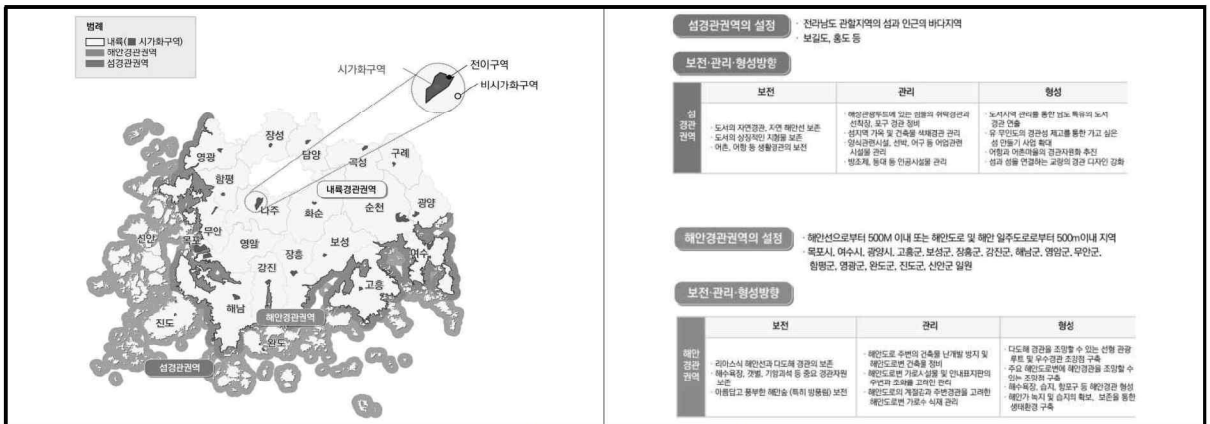
자료 : 국가유산청(http://www.cha.go.kr), 2024

(2) 경관계획

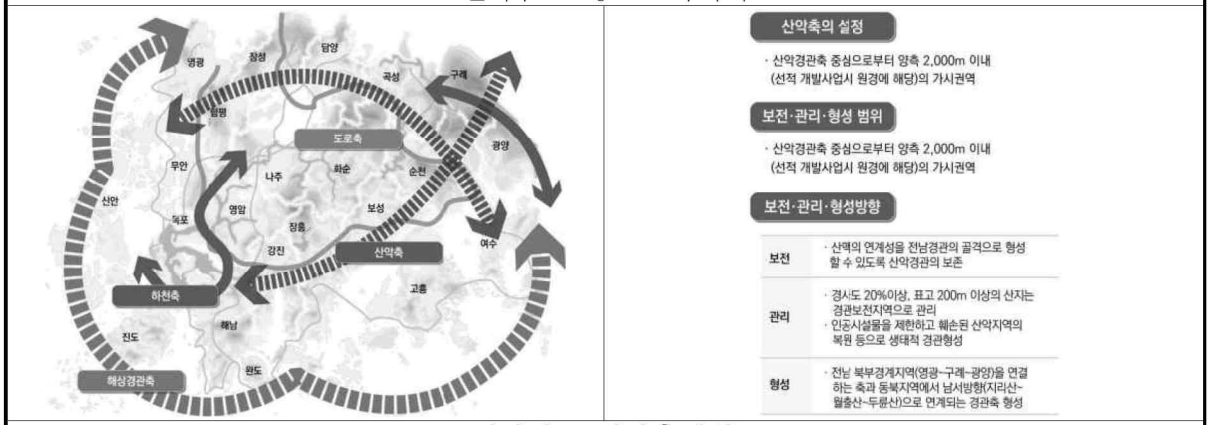
(가) 전라남도 경관계획

2035 전라남도 경관계획 보고서에 따르면 영광군, 신안군의 경관권역은 섬경관권역과 해안경관권역으로 설정되어있으며 경관축은 해상경관축으로 설정되어 있다.

- 섬경관권역의 경우 남도 특유의 도서경관을 가지고 있으며 자연경관 및 해안선, 어촌·어항 등 생활경관이 자원으로 가치를 지님
- 해안경관권역의 경우 다도해 경관을 조망할 수 있으며 리아스식 해안선과 다도해경관, 해수욕장·갯벌·기암괴석·해안숲 등을 자원으로 가치를 지님
- 해상경관축의 경우 도서 및 해안지역의 상징적인 지형물과 도서의 자연경관, 자연해안의 보존을 중점적으로 고려하고 있으며 남도 특유의 도서경관 연출에 주력하고 있음



전라남도 경관권역계획



전라남도 경관축계획

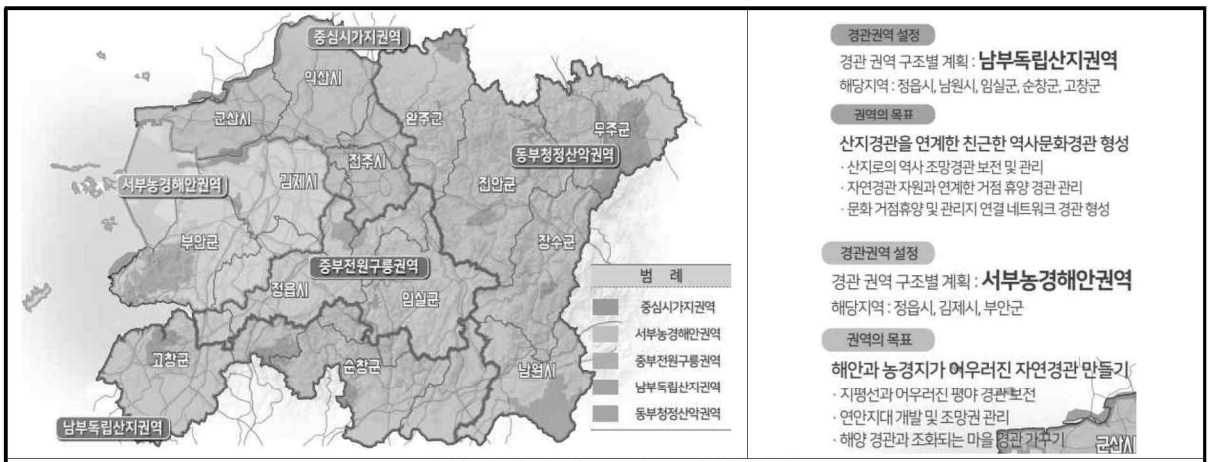
자료 : 2035 전라남도 경관계획, 2020, 전라남도

(그림 4.5.3-2) 전라남도 경관계획

(나) 전북특별자치도 경관계획

제2자 전라북노 경관계획 보고서에 따르면 고창군, 부안군의 경관권역은 각가 남부독립산지권역과 서부농경해안권역으로 설정되어있으며 경관축은 도로경관축과 새만금경관축으로 설징되어 있다.

- 남부독립산지권역의 경우 역사문화자원 및 섬진강 수변경관 등을 자원으로 가치를 지님
- 서부농경해안권역의 경우 서해연안지대 전망경관 및 평야지 경관 보존 등을 자원으로 가치를 지님
- 도로경관축의 경우 주요 산지와 구릉지 등의 자연경관을 보전하고, 조망대상경관과 연계한 도로변 조망구간 또는 조망점 확보에 주력하고 있음
- 새만금경관축의 경우 새만금경관축을 경유하는 자연경의 보존을 중점적으로 고려하고 있음



전북특별자치도 경관권역계획



전북특별자치도 경관축계획

자료 : 제2차 전라북도 경관계획(2019-2030), 2020, 전라북도

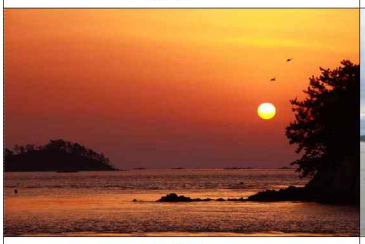
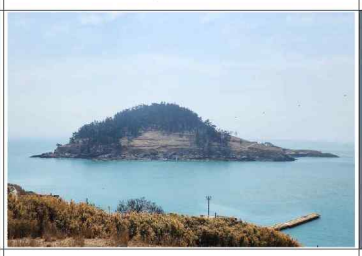
(그림 4.5.3-3) 전북특별자치도 경관계획

(3) 경관자원

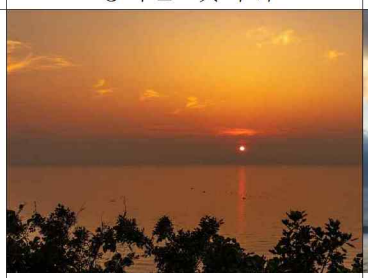
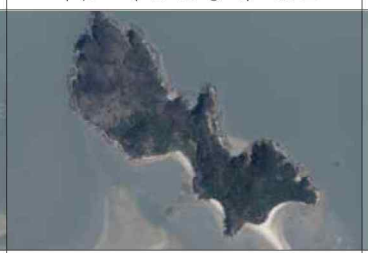
(가) 바다영역 경관 자원

현황조사 지역 인근에는 주변 도서, 갯바위, 어업시설, 낙조 등 바다영역 경관 자원이 분포하는 것으로 조사되었다.

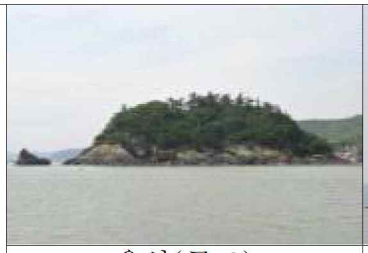
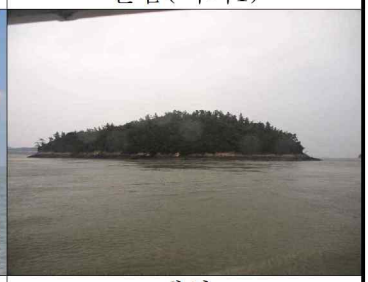
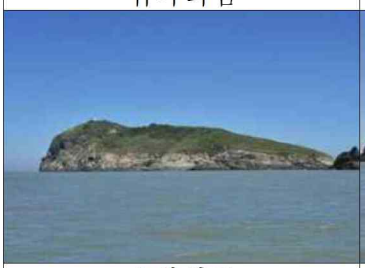
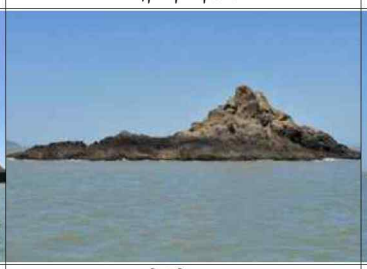
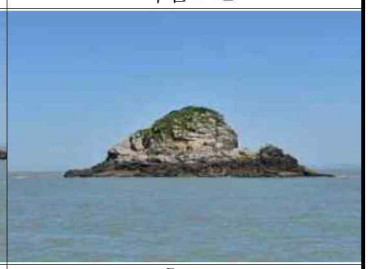
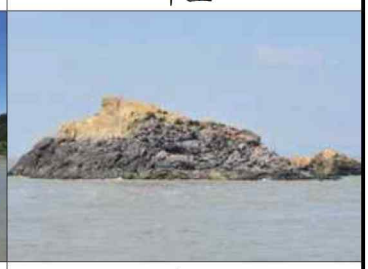
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(1/10)

구 분				
영광군	주변도서			
		칠산도	낙월도	송이도
				
		향화도	각거도	육산도
				
		안마도	내각이도	소각이도
				
		횡도	오도	죽도
				
		대석만도	소석만도	대육도

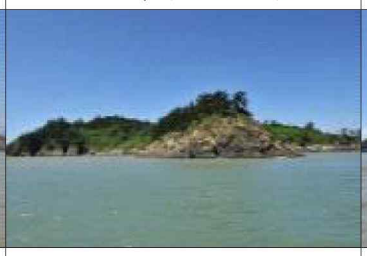
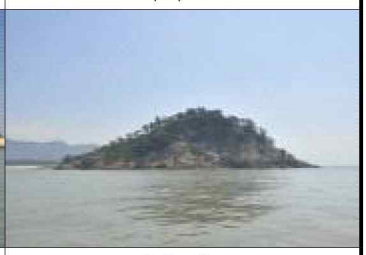
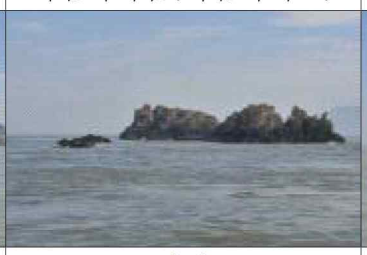
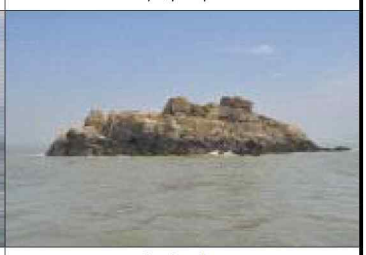
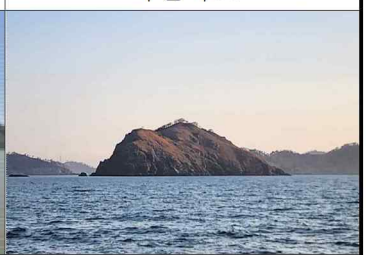
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(2/10)

구 분				
영광군	주변도서			
		괭이섬	도음소도	대노인도
				-
		소노인도	만풍도	-
	갯바위 및 어업시설			
		평바끝 갯바위	노량여 갯바위	천일염전
	낙조			-
		백수 해안도로전망대 인근	백암 해안전망대 인근	-
신안군	주변도서			
		섬타리도	육타리도	대사삼도
				
		재원도	바람막이도(부도)	호감섬

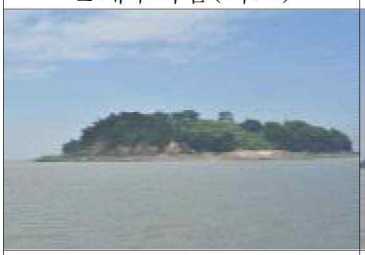
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(3/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		옥섬(국도)	안도(옥도)	안섬(어의1)
				
		소허사도	육각도(영도)	매섬
				
		밖다리섬	부남섬	법고섬
				
		소비치도	대비치도	이암도1
				
		대허사도	이암도2	추도
				
		간도	대로록도	채도

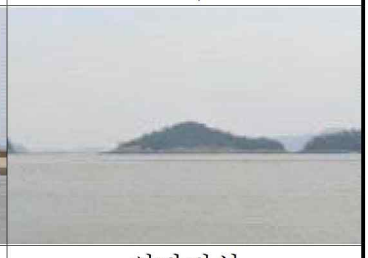
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(4/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		고깔섬(꼬깔도1)	고깔섬(꼬깔도2)	명도1
				
		명도2	소로록도	대태이도
				
		두리대섬(주죽도)	육타리도(소태이도)	부남도
				
		입모도	바람막이섬(바람막이도)	어유미도
				
		굴도	동현덕도	서현덕도
				
		작도	소사삼도	옥섬(죽도)

<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(5/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		갈도(전남-신안-11-70)	갈도(전남-신안-12-157)	추섬
				
		덕개도(독가도)	상나배도(상도)	중나배도(중도)
				
		비계도	대도(소도)	작은개구리섬(소삼도)
				
		큰개구리심(와도)	작은개구리심(소와도)	고거이도
				
		만지도	소치마도	대치마도
				
		할미도	큰쥐섬(대서도)	작은쥐섬

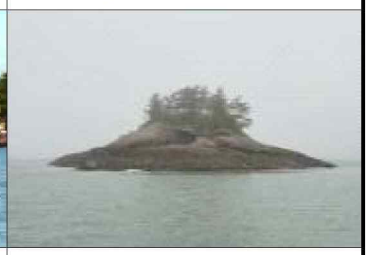
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(6/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		밖섬(어의2)	진대섬(죽도)	신풍도
				
		상섬(무명도)	윗장고도(점고도)	감섬(시도)
				
		대섬(소죽도)	옛낭기(상장고도)	문장고도
				
		밖갈우섬(대갈우도)	장고섬(하장고도)	소갈우도
				
		고동섬(구도)	안갈우섬(여도)	안다리섬
				
		작은호감섬(소과도)	도덕도	내갈도(소균도)

<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(7/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		중삼도(전남-신안-12-110)	중삼도(전남-신안-10-136)	석섬(중삼도)
				
		대삼도	명덕섬(소단도)	부사도
				
		세목섬(삼항도)	악사도(악조도)	연도
				
		복사도	하나배도(라배도)	볼매이덤섬(납덕도1)
				
		동섬	옥도	상거복중도
				
		내대도	청도	삼도(하삼도)

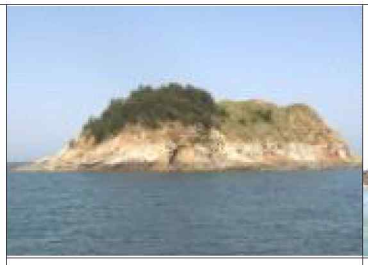
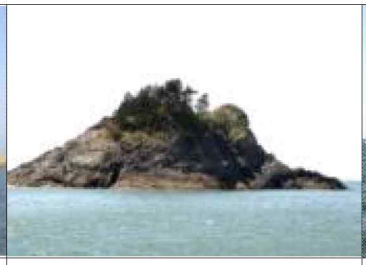
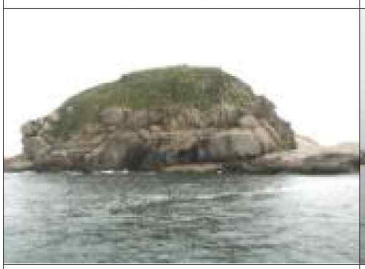
<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(8/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		소복기도	악조도(백학도)	애기섬(예기도)
				
		사암도	조도(전남-신안-11-92)	샘이섬(정도)
				
		소두리도	감바위	벼락섬
				
		큰새미섬(원도)	딴섬	소삼도
				
		작은새미섬(상정도)	구리도	고도
				
		대삼도	동산도	끝등섬(소면화도)

<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(9/10)

구 분				
신안군	주변도서			
		불무섬(치도)	하거복중도	중대도
				
		동구도	석섬(상삼도)	외갈도(대균도)
				
		비겨섬(구도)	명섬(면화도)	해섬(중면화도)
부안군				
		딴정금	거륜도	내조도
				
		상왕등도	하왕등도	정금도
				
		작은딴치도	위도	식도

<표 4.5.3-11> 바다영역 경관 자원 현황(10/10)

구 분				
부안군	주변도서			
		소형제도	수리바위	외조도
				
		딴정금(세향도)	중조도(중간새섬)	모괴도
				
		열도(바라도)	북암	딴달래섬
				-
		큰딴치도	대형제도	-

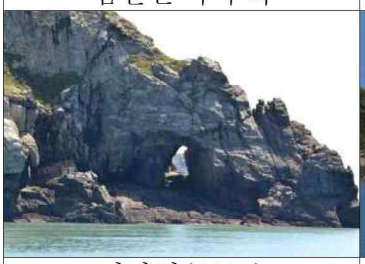
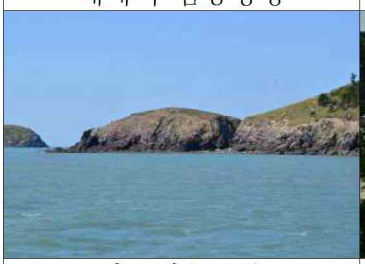
(나) 해안영역 경관 자원

현황조사 지역 인근에는 해안영역 경관 자원인 자연경관요소와 인공경관요소가 분포하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(1/8)

구 분				
영광군	자연경관요소			
		모래해안(GC13) 낙월면 상낙월도 북부 해안 큰갈마골해수욕장	모래해안(GC13) 낙월면 상낙월리 산 306 북부 해안 작은갈마골	파식대(GC03) 낙월면 상낙월리 산 470 서쪽 해안
				
		사취(GC15) 염산면 옥실리 쥐섬 남동쪽	거력해안(GC11) 낙월면 상낙월리 산 302 서쪽	염습지(GC10) 불갑천 중류부
				
		자갈해안(GC12) 낙월면 송이리 송이도 여객선 대기소	해식애(GC01) 상낙월도 북동부	해식동(GC02) 낙월면 상낙월리 북부 해안의 큰갈마 골해수욕장 후면
				
		사주(GC16) 염산면 두우리 앞바다	파식대(GC03) 백수읍 백암리 해변	시스택(GC04) 백수읍 백암리 229-1 번지 해안

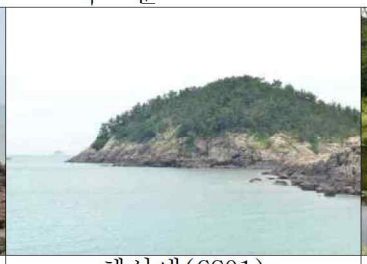
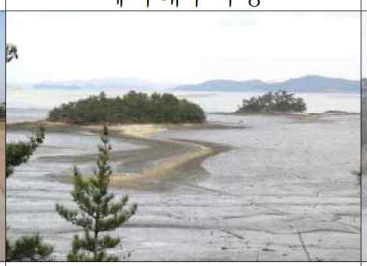
<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(2/8)

구 분				
영광군	자연경관요소			
		해안사구(GC23) 백수읍 상사리와 하사리	해식애(GC01) 낙월면 상낙월도	자갈해안(GC12) 낙월면 상낙월도 남동부
				
		시스택(GC04) 염산면 두우리	간석지(GC09) 염산면 야월리 앞바다	간석지(GC09) 염산면 옥실리 앞바다
				
		시아치(GC05) 안마도에서 출항하는 배에서 남동방향	시스택(GC04) 죽도의 동측 말코해안	간석지(GC09) 안마도교회 옆 해안사구 앞
				
		시스택(GC04) 안마도 출입하는 선상에서 북서쪽	모래해안(GC13) 가마미해수욕장을 842번 지방도로	모래해안(GC13) 백수읍 구수리 모래미해수욕장 77 번 국도
			-	-
		파식대(GC03) 백수읍 대신리	-	-

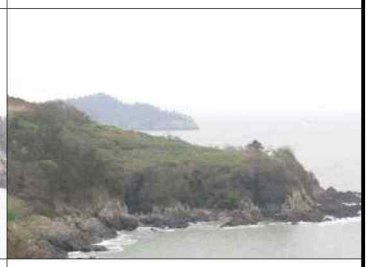
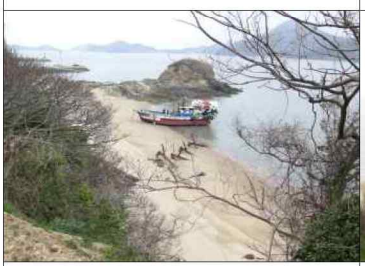
<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(3/8)

구 분				
영광군	인공경관요소			
		계마항	안마항	향화도항
				
		가마미 해수욕장	송이도 해수욕장	모래미 해수욕장
신안군	자연경관요소			
		모래해안(GC13) 임자면 수도리 동남단(수도선착장 동쪽) 만입부	모래해안(GC13) 증도면 방축리 염산방조제 북동쪽	염습지(GC10) 증도면 방축리 염산방조제
				
		파식대(GC03) 지도읍 어의리 어동마을 남동 해안	해식애(GC01) 지도읍 어의리 작은포작도 북부 해안	모래해안(GC13) 임자면 도찬리 모래해안
				
		신안갯벌	간석지(GC09) 임자면 도찬리의 전장포항	해안사구(GC23) 임자면 도찬리 전장포

<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(4/8)

구 분				
신안군	자연경관요소			
		파식대(GC03) 임자면 도찬리	해식애(GC01) 임자면 도찬리	호소성습지(GS26) 임자면 도찬리 산 16
				
		해안사구(GC23) 임자면 도찬리 산 81-1	간석지(GC09) 지도읍 어의리	간석지(GC09) 지도읍 어의리
				
		모래해안(GC13) 제원도 서안 예미해안 서쪽 만입	해식동(GC02) 재원도 서안 예미해변 바로 북서쪽 헤드랜드	해안사구(GC23) 재원도 서쪽 중부 만입의 예미해변 배후
				
		모래해안(GC13) 재원도 서안 중부에 위치한 예미해수욕장	해식동(GC02) 재원도 서안 중부 만입 예미해수욕장	육계도(GC19) 재원도 동안 중부 재원마을 북동 쪽에 위치한 상항월도
				
		모래해안(GC13) 임자면 북서부 대광해수욕장	사취(GC15) 임자면 대기리 큰개구리섬	해식동(GC02) 재원도 남서쪽 헤드랜드 동안을

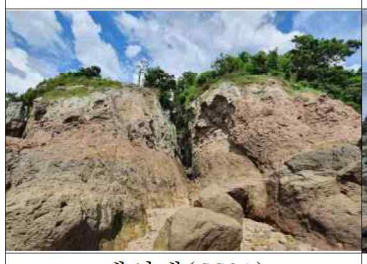
<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(5/8)

구 분				
신안군	자연경관요소			
		해안사구(GC23) 재원도 동안 중부 재원마을 바로 북동쪽	모래해안(GC13) 재원도 동안 중부 재원미을	간석지(GC09) 재원도 동안 중부 만입
				
		모래해안(GC13) 임자면 재원리 남단 만입부	해식동(GC02) 임자면 재원도 남단 헤드랜드	해안단구(GC26) 임자면 재원도 남단 헤드랜드
				
		모래해안(GC13) 임자면 재원리 재원선착장	모래해안(GC13) 임자면 삼두리 감정산 남동부	자갈해안(GC12)신안군 임자면 진리선착장 남쪽 안산 북동사면 말단부 해안
				
		모래해안(GC13) 임자면 이흑암리 81 고지 남쪽 만입부	모래해안(GC13) 임자면 이흑암리 대두마을과 이흑암방조제	해식동(GC02) 임자면 이흑암리 어머리해수욕장

〈표 4.5.3-12〉 해안영역 경관 자원 현황(6/8)

구 분				
신안군	자연경관요소			-
		시스택(GC04) 임자면 이흑암리 어머리 해수욕장 동남단 딴섬	해식동(GC02) 임자면 이흑암리 어머리해수욕장 동남쪽 헤드랜드 남안	-
	인공경관요소			
		전장포항	백길 해수욕장	송도항
				
		설레미 해수욕장	신돌 해수욕장	외기 해수욕장
				
		내치 해수욕장	분계 해수욕장	면전 해수욕장
부안군	자연경관요소			
		주상절리지형(GV17) 위도해수욕장 남단(부안군 위도면 진리 산 141)	해안사구(GC23) 위도면 진리 503 번지	파식대(GC03) 깊은금해변으로 가는 해안도로

<표 4.5.3-12> 해안영역 경관 자원 현황(7/8)

구 분				
부안군	자연경관요소			
		자갈해안(GC12) 위도면 치도리 349-13 번지	자갈해안(GC12) 위도면 대리 435-13 번지	간석지(GC09) 치도리 산 215-2 해안
				
		자갈해안(GC12) 위도면 위도로 890	간식지(GC09) 위도면 대리 180	육계도(GC19) 위도면 대리 15 번지
				
		파식대(GC03) 격포항 여객터미널 남쪽 방파제 내측	자갈해안(GC12) 변산면 격포리 651-3	모래해안(GC13) 변산면 도청리 상록해수욕장
				
		자갈해안(GC12) 변산면 도청리 569-6 일대	모래해안(GC13) 번산먼 도청리 400 광전자연수원	해식애(GC01) 부안번산 요트경기장 서쪽 해안선
				
		해식애(GC01) 전북학생해양수련원	거력해안(GC11) 변산면 도청리 272-8	모래해안(GC13) 위도면 진리 549 번지

〈표 4.5.3-12〉 해안영역 경관 자원 현황(8/8)

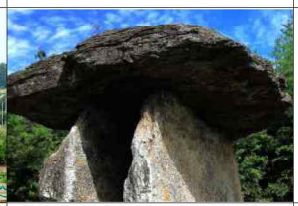
구 분				
부안군	인공경관요소			
		위도항	상왕등도항	논금 해수욕장
				
		미영금 해수욕장	위도 해수욕장	깊은금 해수욕장
고창군	자연경관요소			
		모래해안(GC13) 상하면 장호리 장호해변	간석지(GC09) 자룡천 제방 바깥쪽	모래해안(GC13) 동호리 627-14
	인공경관요소			-
		구시포항	구시포 해수욕장	-

자료 : 1. 제5차 전국자연환경조사(격포 356064), 2021, 환경부
2. 제4차 전국자연환경조사(위도 356063), 2016, 환경부
3. 제5차 전국자연환경조사(송이 356094, 칠산 356103), 2022, 환경부
4. 제4차 전국자연환경조사(낙월 356132), 2018, 환경부
5. 제5차 전국자연환경조사(안마 356093, 석남 356102, 법성포 356104, 화가 356131, 가음 356141, 포천 356142, 임자 356133, 지도 356134), 2020, 환경부
6. 한국어촌어항공단 (https://www.fipa.or.kr)
7. 무인도서 종합정보제공 (http://uii.mof.go.kr)
8. 2023~2024 항만업무편람, 2023, 해양수산부

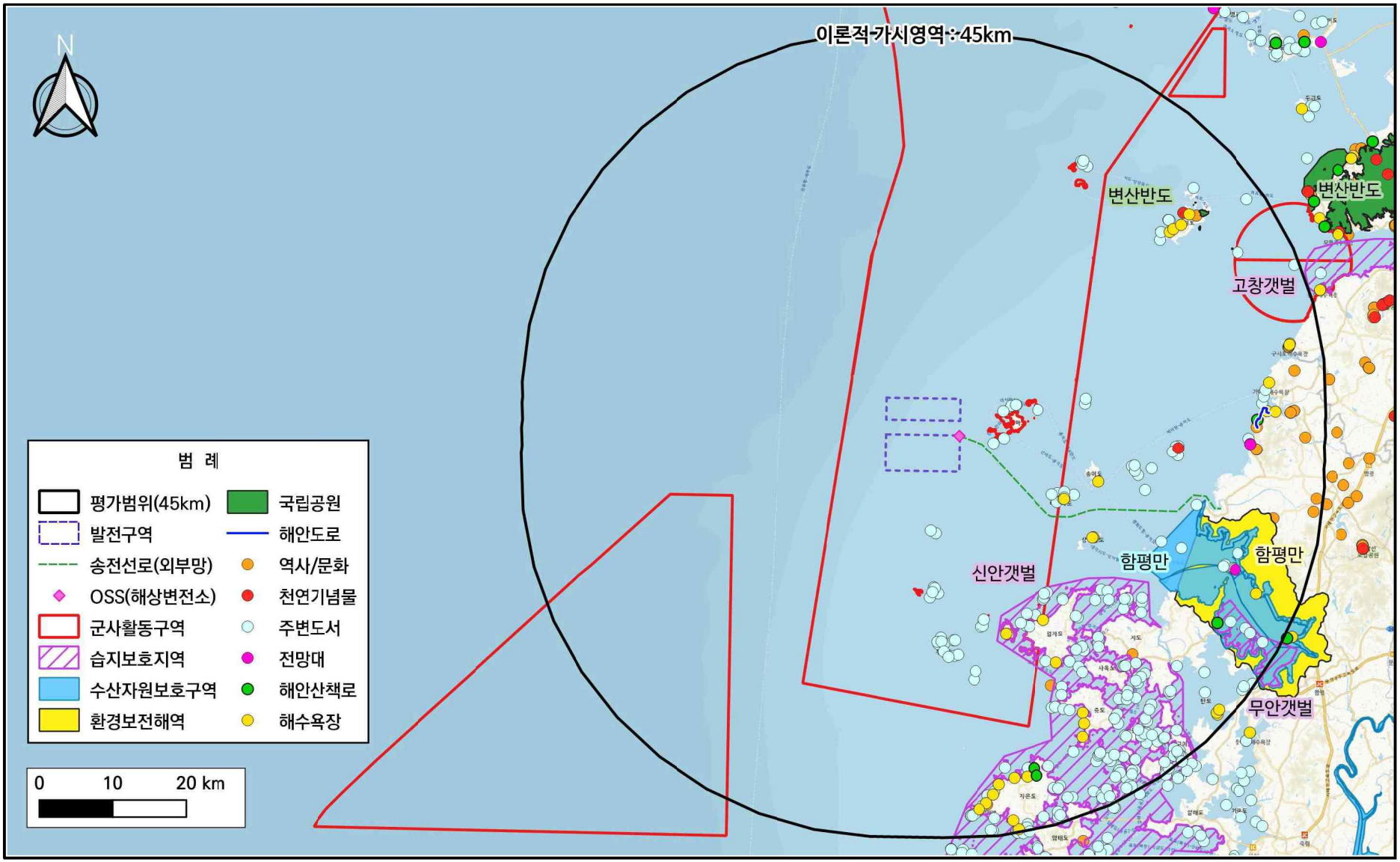
(다) 시각자원

현황조사 지역 인근에는 거주지역, 관광지, 해변 노로, 해변 산책로 등 시각자원이 분포하는 것으로 조사되었다.

<표 4.5.3-13> 시각자원 현황

구 분				
영광군				
	4대 종교문화유적지	칠산타워	숲쟁이공원	백수 해안도로
				
	영광 매간당 고택	성산리지석묘군	정유재란 열부순절지	백수 해안데크
		-	-	-
	제5로 직봉 - 영광 고도도 봉수 유적	-	-	-
신안군				
	전장포 마을	다도해 해상국립공원	자은해넘이길	신안 해저유물 매장해역
고창군			-	-
	화산마을	고창 고인돌	-	-

자료 : 1. 영광군 문화관광(https://tour.yeonggwang.go.kr/), 2024
2. 신안군 문화관광(https://tour.shinan.go.kr/), 2024
3. 고창군 문화관광(https://tour.gochang.go.kr/), 2024
4. 국가유산청(http://www.cha.go.kr), 2024



(그림 4.5.3-4) 경관 자원현황 분포도

다) 경관의 특성 분석

(1) 국가단위 경관 특성

해당지역 및 주변지역이 포함되는 국가단위는 해양수산부고시 제2018-10호 「해양환경기준」의 해역구분표로 특정하여 서남해역연안에 해당되며, 국가단위인 서남해역연안의 경관 특성으로는 다도해와 복잡한 리아스식 해안선으로 구성되어 있으며 섬경관과 낙조, 조간대 및 강한 조류를 특성으로 가진다.

(2) 지역단위(전라남도 및 전북특별자치도) 경관 특성

해당지역 및 주변지역이 포함되는 지역단위는 전라남도 및 전북특별자치도 경관에 포함되며 2035 전라남도 경관계획 보고서에 따르면 영광군과 신안군의 경관권역은 섬경관권역과 해안경관권역으로 설정되어 있으며 경관축은 해상경관축으로 설정되어있다.

또한, 제2차 전라북도 경관계획 보고서에 따르면 고창군, 부안군의 경관권역은 각각 남부독립산지권역과 서부농경해안권역으로 설정되어있으며 경관축은 도로경관축과 새만금경관축으로 설정되어있다.

섬경관권역의 경우 남도 특유의 도서경관을 지니고 있으며 모래해안·갯벌·암석해안 등 다양한 자연경관과 해안선, 어촌·어항 등 생활경관이 자원으로 가치를 지닌다.

해안경관권역의 경우 다도해 경관을 조망할 수 있으며 리아스식 해안선과 다도해경관, 해수욕장·갯벌·기암괴석·해안숲 등을 자원으로 가치를 지닌다.

남부독립산지권역의 경우 역사문화자원 및 섬진강 수변경관 등을 자원, 서부농경해안권역의 경우 서해연안지대 전망경관 및 평야지 경관 보존 등을 자원으로 가치를 지닌다.

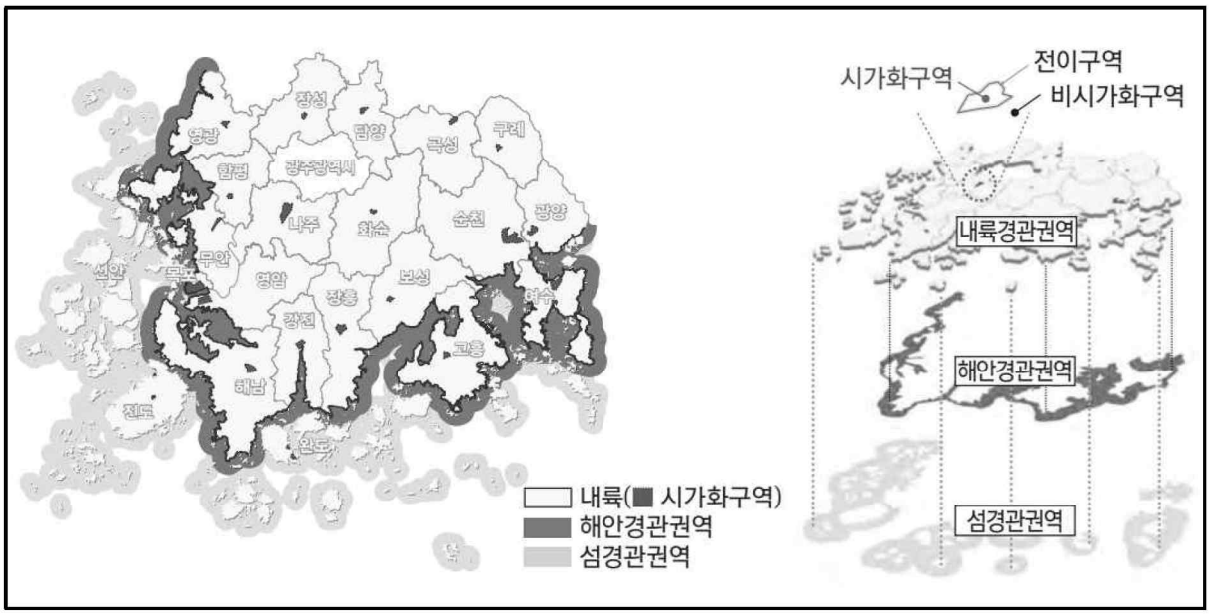
(3) 해상지역 및 주변지역 경관 특성 및 중요성

국가단위 및 지역단위 경관 특성에서 잘 나타나듯이 다도해에 따른 도서경관과 낙조, 리아스식 해안선에 따른 특이한 해안지형 등이 나타나는 남도 특유의 경관을 특성으로 가지고 있다.

또한, 평가범위에 포함된 영광군, 신안군, 고창군, 부안군에는 다양한 경관자원과 시각자원이 분포하고 있으며 경관 특성을 잘 대표하고 있는 도서지

역의 경관과 낙조를 관람하기 위한 공간 및 시각적 자원의 중요성이 높은 것으로 조사되었다.

사업대상지 지역에 다도해해상국립공원과 변산반도가 위치하고 있어 도서경관 및 갯벌, 염전 등 우세한 경관 특성을 잘 유지하고 생태학적 중요성을 잘 고려하여야한다.



(그림 4.5.3-5) 경관특성 분석도

나. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 해상풍력발전단지를 중심으로 경관 변화 등 영향여부를 중점적으로 검토하여 제시하였다.

※ 육상부 변경사항은 당초 환경보전방안검토서(2024.8)에 반영하여 제시하였음

1) 예측항목

◦ 주요 조망점 선정

- 기조자료 수집, 가시영역 및 가시빈도 분석, 예비조망점 선정 및 가시권 분석, 최종 조망점 선정

◦ 경관영향 예측 및 평가

◦ 빛 공해 영향

- 항공장애표시등으로 인한 빛 공해 영향

- 블레이드 움직임으로 인한 그림자 깜빡임 영향

◦ 풍력발전기 설치 및 해체과정 영향

2) 예측범위

◦ 사업지구 주변지역

3) 예측방법

◦ 문헌 및 유사사례 적용

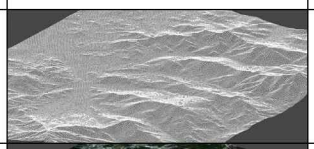
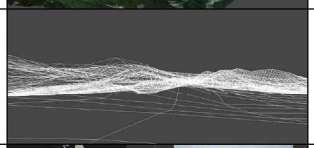
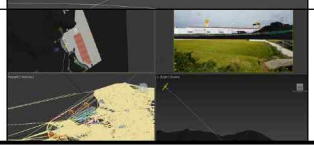
◦ 조망점 선정

- 사용 프로그램 : QGIS Desktop 3.34.8
- 수치지형 데이터 : 사업지구 및 주변지역을 포함한 1:5,000 수치지형도
- 가시지역은 GIS의 3차원 가시지역 분석도구를 사용하여 분석함
- 가시영역 분석 : 각 해상풍력발전기(WTG) 높이에서 조망되는 지역 분석 및 조망빈도 중첩 실시
- 가시권 분석 : 1.6m 높이의 시각에서 본 가시영역 분석을 기준으로 설정

◦ 조망점 분석결과를 토대로 사진 현황 촬영 실시

◦ Autocad 및 3ds Max 프로그램을 이용한 경관시뮬레이션 분석

<표 4.5.3-14> 경관시뮬레이션 분석방법

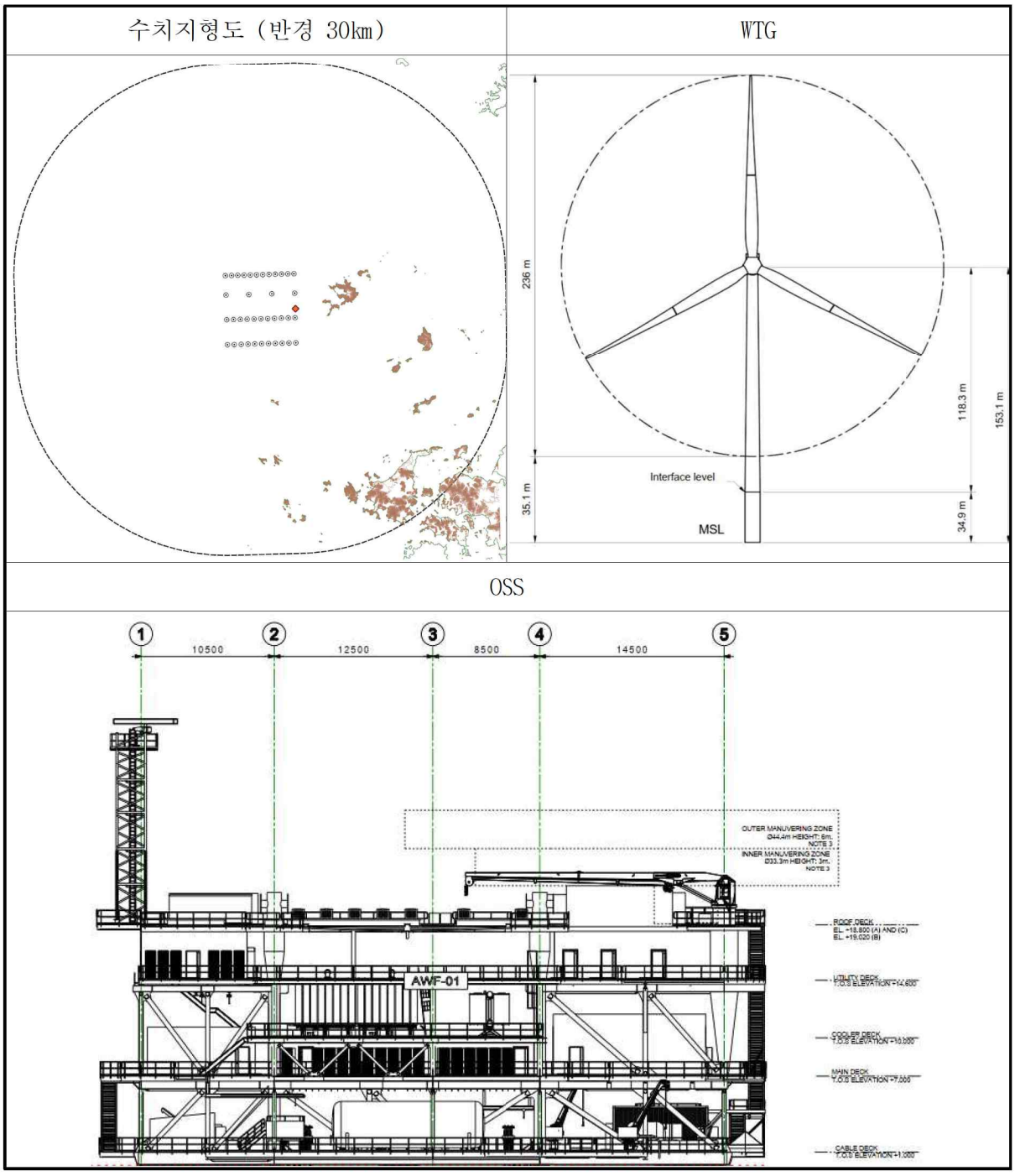
구 분	작업화면 예시	작업 내용
지형 생성		- 수치지형도의 등고선을 이용하여 사업시행 전의 지형 현황을 3D 그래픽화 - 사용 프로그램 : Autocad, 3ds Max
위치정보 입력		- 위성사진, 수치지형도를 활용하여 사업 대상지의 위치 정보 입력 - 사용 프로그램 : Autocad, 3ds Max
조망점별 와이어프레임 생성		- 토지이용계획 및 사업계획을 토대로 사업 건축물 생성 - 사용 프로그램 : Autocad, 3ds Max
그래픽 실사화		- 생성된 와이어 프레임과 현장 사진합성 및 실사화 - 사용 프로그램 : Photoshop

4) 예측결과

가) 주요 조망점 선정

(1) 기초자료 수집

사업지구 주변 지형현황을 확인하기 위해 국토지리정보원에서 제공하는 1:5,000 수치지형도를 취합하여 사용하였으며, 영향예측에 사용한 해상풍력발전기(WTG) 및 해상변전소(OSS) 제원 및 좌표는 다음과 같다.



(그림 4.5.3-6) 기초자료 수집 현황

<표 4.5.3-15> 발전기별 좌표

1구역(A~B), 2구역(C~D)					
No.	Longitude	Latitude	No.	Longitude	Latitude
1. A01	125° 50' 4.5"E	35° 22'24.1"N	20. C04	125° 52'0.2"E	35° 19' 2.6"N
2. A02	125° 50'39.6"E	35° 22'24.1"N	21. C05	125° 52'38.6"E	35° 19' 2.7"N
3. A03	125° 51'14.7"E	35° 22'24.1"N	22. C06	125° 53'17.0"E	35° 19' 2.7"N
4. A04	125° 51'49.7"E	35° 22'24.0"N	23. C07	125° 53'55.4"E	35° 19' 2.7"N
5. A05	125° 52'24.8"E	35° 22'24.0"N	24. C08	125° 54'33.8"E	35° 19' 2.7"N
6. A06	125° 52'59.9"E	35° 22'24.0"N	25. C09	125° 55'12.2"E	35° 19' 2.7"N
7. A07	125° 53'34.9"E	35° 22'24.0"N	26. C10	125° 55'50.6"E	35° 19' 2.7"N
8. A08	125° 54'10.0"E	35° 22'23.9"N	27. C11	125° 56'28.9"E	35° 19' 2.8"N
9. A09	125° 54'45.1"E	35° 22'23.9"N	28. D01	125° 50'5.6"E	35° 17' 8.6"N
10. A10	125° 55'20.1"E	35° 22'23.8"N	29. D02	125° 50'43.9"E	35° 17' 8.6"N
11. A11	125° 55'55.2"E	35° 22'23.8"N	30. D03	125° 51'22.3"E	35° 17' 8.6"N
12. A12	125° 56'30.3"E	35° 22'23.8"N	31. D04	125° 52'0.7"E	35° 17' 8.5"N
13. B01	125° 50' 5.4"E	35° 20'55.2"N	32. D05	125° 52'39.1"E	35° 17' 8.5"N
14. B02	125° 52'13.8"E	35° 20'55.2"N	33. D06	125° 53'17.4"E	35° 17' 8.5"N
15. B03	125° 54'22.3"E	35° 20'55.0"N	34. D07	125° 53'55.8"E	35° 17' 8.4"N
16. B04	125° 56'30.7"E	35° 20'54.9"N	35. D08	125° 54'34.2"E	35° 17' 8.4"N
17. C01	125° 50' 5.1"E	35° 19'2.6"N	36. D09	125° 55'12.5"E	35° 17' 8.3"N
18. C02	125° 50'43.5"E	35° 19'2.6"N	37. D10	125° 55'50.9"E	35° 17' 8.3"N
19. C03	125° 51'21.9"E	35° 19'2.6"N	38. D11	125° 56'29.2"E	35° 17' 8.3"N

주) 가시빈도 분석은 상대적으로 구조물 높이가 높은 WTG에 한하여 수행하였음

<표 4.5.3-16> 해상변전소 설치계획

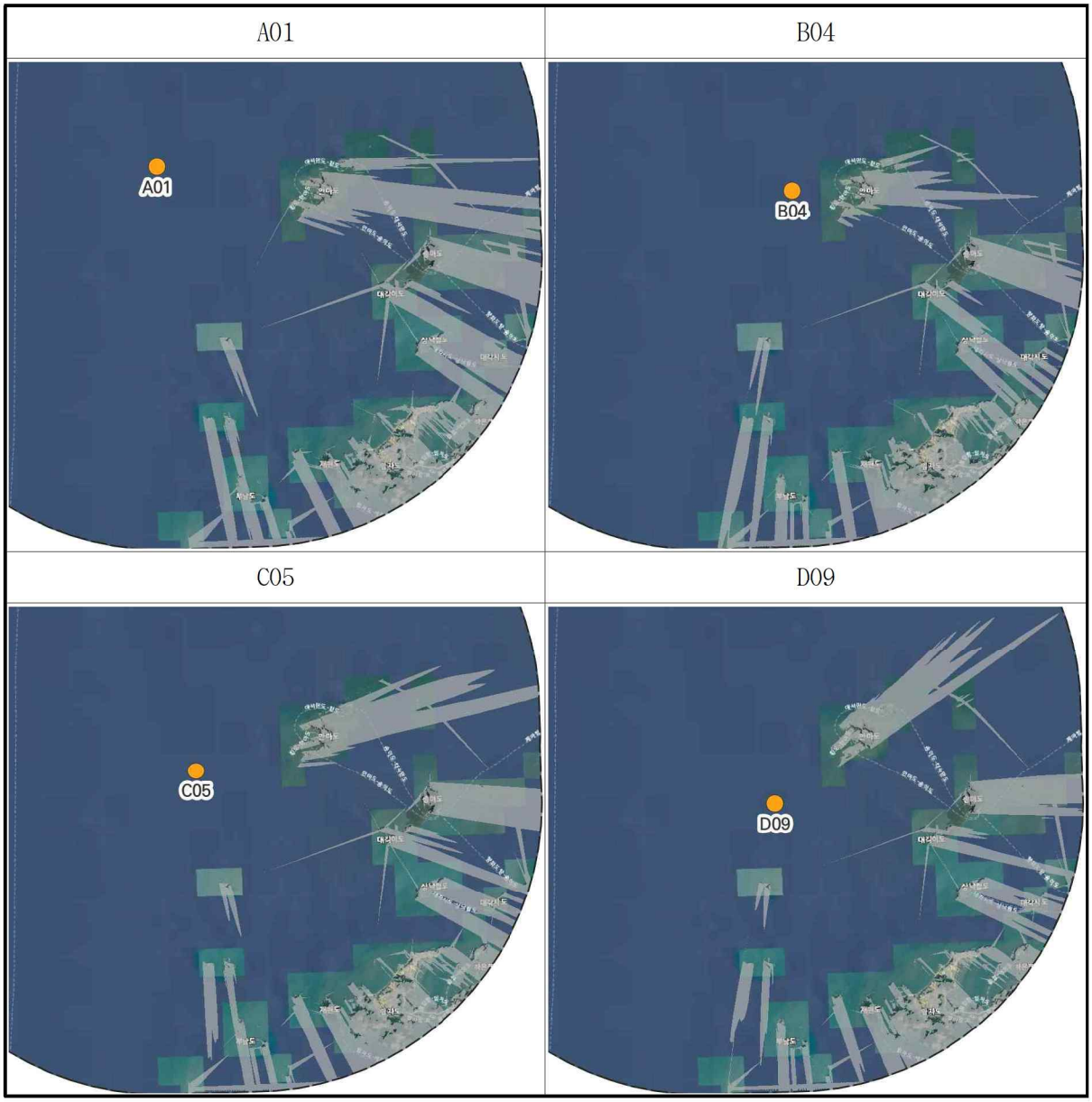
구 분	내 용		
비 고	1, 2단계 통합 변전소 적용		
위 치	125°56'33"E, 35°19'44"N		
구 조	철골 구조물		
크 기	Topside	Jacket	Pile
	21m(W) × 46m(D) ×19m(H) (레이더 제외)	Bottom/Top Width (34m/21m) × Height (Approx. 42m)	Depth (74~85m) × 7EA
무 게	Approx. 3,500톤	Approx. 2,000톤	Approx. 4,300톤

(2) 가시영역 및 가시빈도 분석

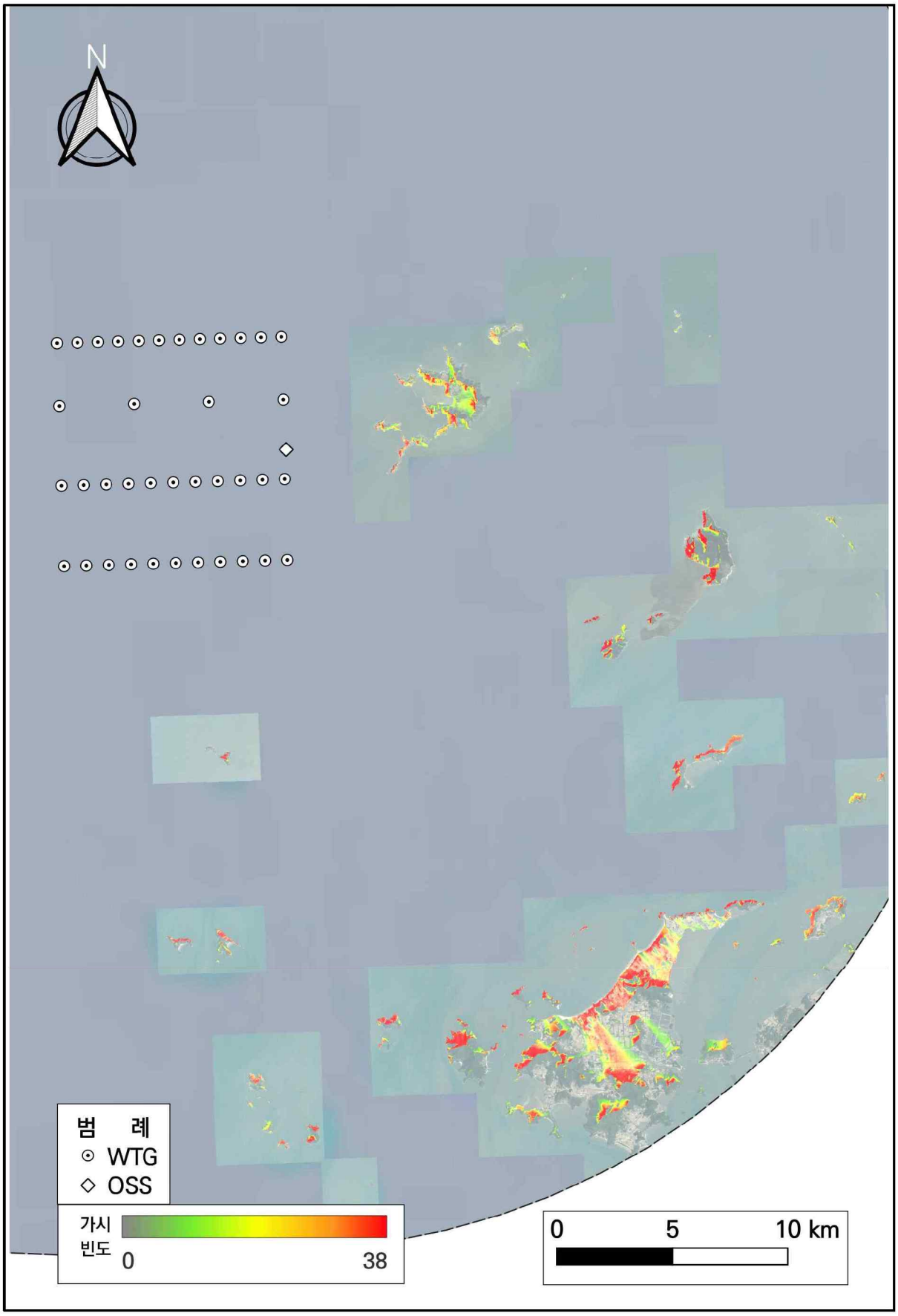
가시영역 및 가시빈도 분석은 실제 조망되는 풍력발전기의 크기 등을 고려하여 풍력발전단지로부터 약 30㎞ 범위로 설정하여 수행하였다.

WTG 최대 높이(271.1m)에서 주변지역을 조망하는 것으로 가정하여 가시영역 분석을 실시하였으며, 각 발전기별 가시횟수를 누적하여 가시빈도 평가를 실시하였다.

본 사업의 입지 특성상 북측 및 서측은 모두 외해로 조망 가능 지역이 없는 것으로 검토되었으며, 동남측에 위치한 도서 및 육지에서 조망가능한 지역을 토대로 예비조망점을 선정하였다.



(그림 4.5.3-7) 터빈 별 가시권 분석결과



주) 사업지구 북서측은 모두 개방해역으로 조망가능 도서 등은 입지하고 있지 않음

(그림 4.5.3-8) 가시빈도 분석결과

(3) 예비조망점 선정 및 가시권 분석

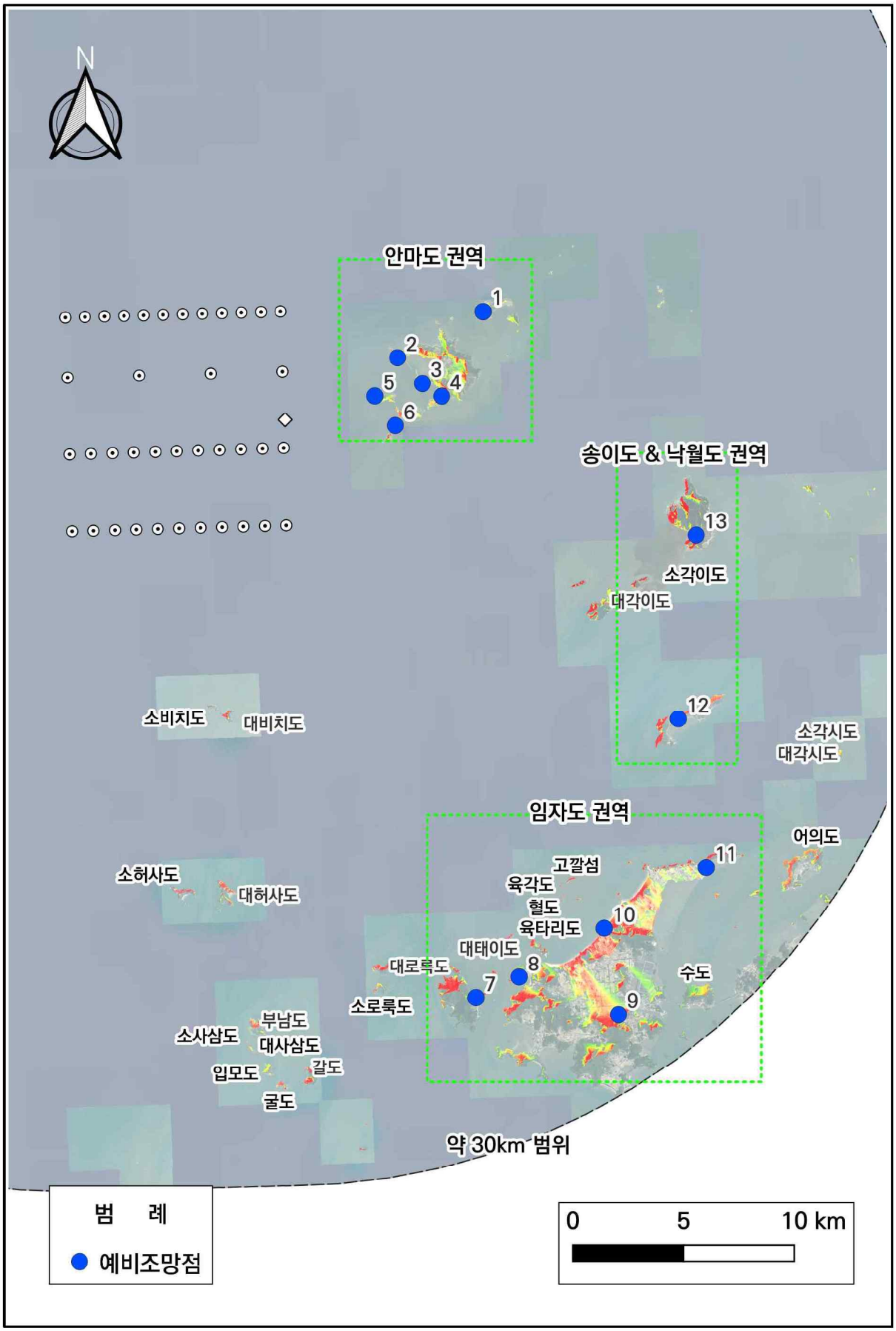
가시영역 분석결과, 발전구역 주변의 도서지역(안마도, 횡도, 오도, 송이도, 상·하낙월도 등)의 주거지역에서는 대부분 사업지구가 차폐되어 가시되지 않거나, 가시되더라도 발전기 최상단 기준 일부만 조망되는 것으로 김도되었다.

따라서, 예비조망점은 발전기 가시빈도가 50%(19기) 이상인 지역이면서 생활지역에서는 대부분 조망되지 않아, 주요 생활지역이 아니더라도 접근 및 조망이 가능한 지역(등산로 등)을 위주로 선정하였으며, 가시빈도가 높게 나타나더라도 실제 조망이 불가한 무인도서지역은 조망점 선정에서 제외하였다.

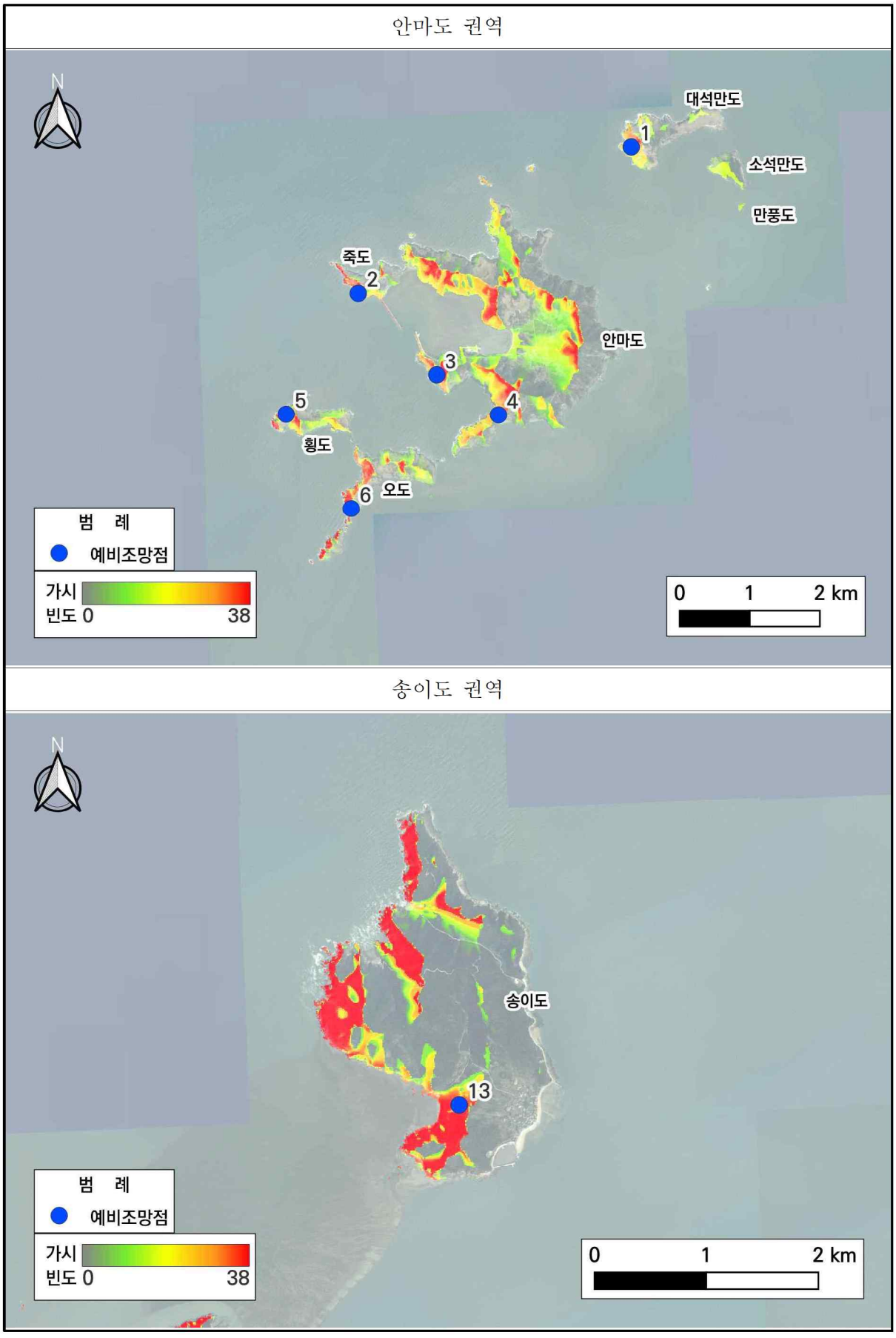
예비조망점 선정 결과 총 13개소의 예비조망점을 선정하였으며, 동 지역에 대해 가시권 분석 및 현장 사진 촬영을 추가적으로 수행하였다.

<표 4.5.3-17> 예비조망점 선정안

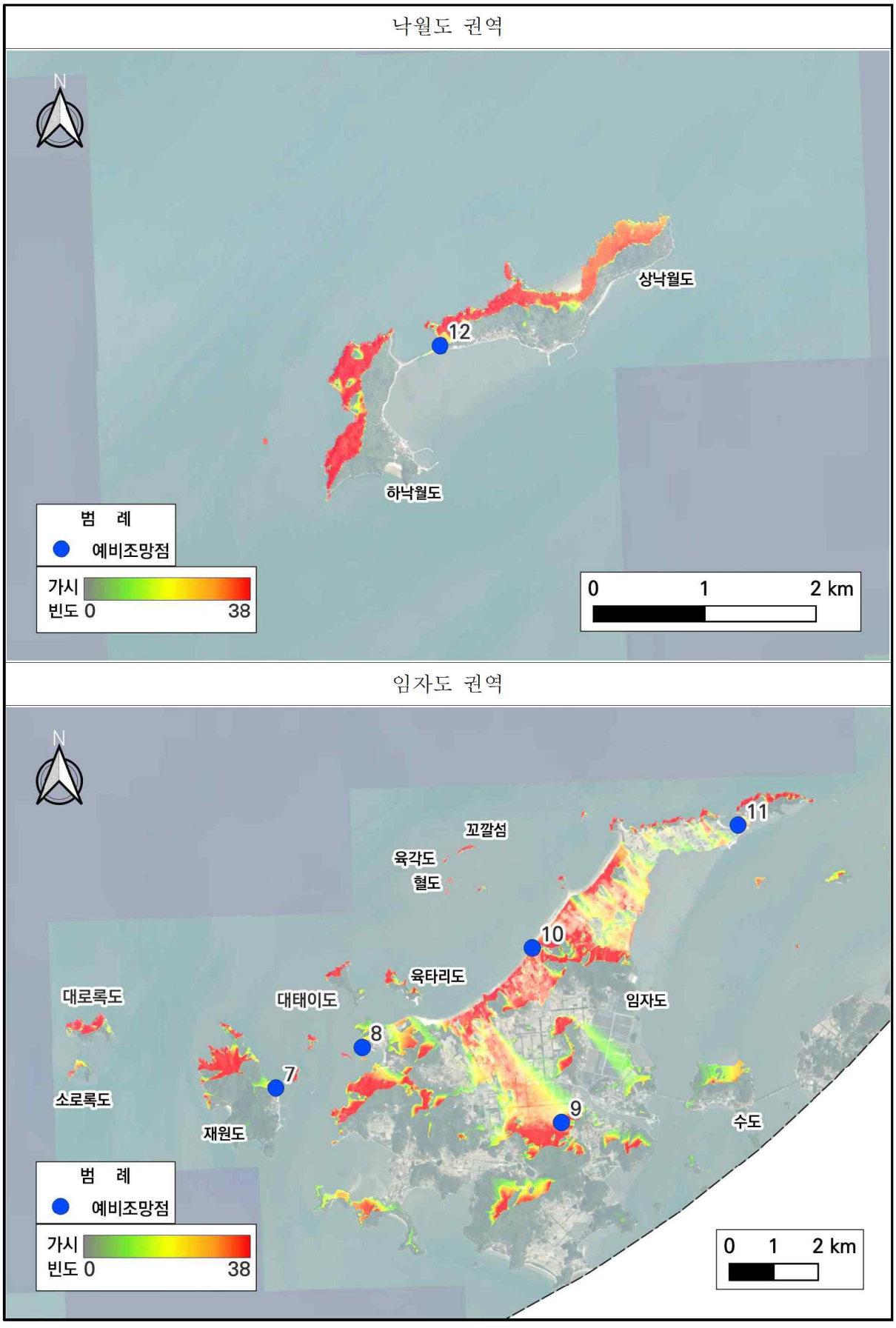
구 분		경도 (E)	위도 (N)	이격거리 (km)	WTG 가시 (대)	발전단지 조망범위 (°)	촬영 화각	비 고
1	대석만도	126 ° 02’ 34”	35 ° 22’ 14”	9.1	30	48	표준/광각	평가시 조망점
2	죽도	125 ° 59’ 57”	35 ° 21’ 10”	5.2	26	78	광각	
3	안마도	126 ° 00’ 40”	35 ° 20’ 33”	6.3	38	73	광각	
4	안마도	126 ° 01’ 14”	35 ° 20’ 11”	7.3	25	68	광각	
5	횡도	125 ° 59’ 15”	35 ° 20’ 15”	4.3	38	98	파노라마	
6	오도	125 ° 59’ 50”	35 ° 19’ 30”	5.1	37	87	파노라마	
7	재원도	126 ° 01’ 45”	35 ° 05’ 26”	23.0	32	25	표준	추가 지점
8	임자도	126 ° 03’ 02”	35 ° 05’ 54”	23.0	25	25	표준	
9	임자도	126 ° 05’ 57”	35 ° 04’ 55”	26.8	28	23	표준	
10	임자도	126 ° 05’ 36”	35 ° 07’ 03”	23.2	35	26	표준	
11	임자도	126 ° 08’ 41”	35 ° 08’ 27”	24.5	36	25	표준	
12	상낙월도	126 ° 08’ 00”	35 ° 12’ 06”	19.8	34	29	표준	
13	송이도	126 ° 08’ 42”	35 ° 16’ 36”	18.5	38	27	표준	
제외 도서	굴도	125° 55′ 58″	35° 03′ 24″	25.4	35	21	-	무인도서 /제외
	대비치도	125° 54′ 37″	35° 12′ 37″	8.5	37	58	-	
	대허사도	125° 54′ 28″	35° 08′ 09″	16.2	0	34	-	가시빈도 낮음
	부남도	125° 55′ 15″	35° 04′ 42″	22.5	0	24	-	
	갈도	125° 56′ 43″	35° 03′ 38″	24.7	1	22	-	
	대로록도	125° 59′ 10″	35° 06′ 09″	20.5	0	27	-	
	대태이도	126° 03′ 03″	35° 6′ 30″	21.2	0	28	-	
	대각씨도	126° 12′ 42″	35° 11′ 01″	26.7	0	23	-	
	소각씨도	126° 13′ 19″	35° 11′ 32″	27.4	0	22	-	
	임병도	126° 14′ 52″	35° 12′ 03″	29.3	5	21	-	
	대각이도	126° 06′ 05″	35° 14′ 57″	14.2	0	36	-	



(그림 4.5.3-9) 예비조망점 총괄도



(그림 4.5.3-10) 권역별 예비조망점 위치도


낙월도 권역
N
상낙월도
12
하낙월도
범 례
예비조망점
가시
빈도 0
38
0 1 2 km
임자도 권역
N
꼬깔섬
육각도
혈도
11
10
육타리도
대로록도
대태이도
임자도
8
7
소로록도
재원도
9
수도
범 례
예비조망점
가시
빈도 0
38
0 1 2 km

(그림 4.5.3-10) 계 속

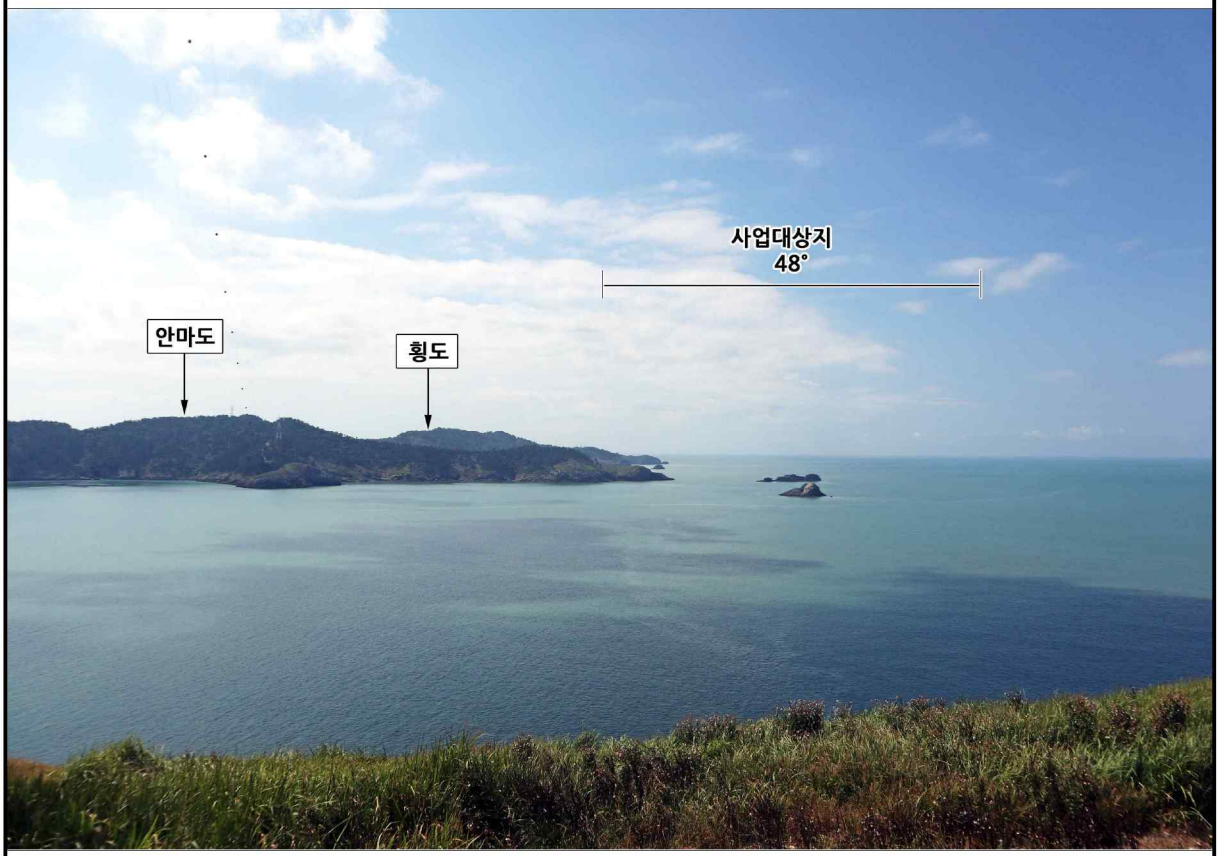
<표 4.5.3-18> 예비조망점 기본정보

구 분		좌표[UTM51N, EPSG 32651] (m)			이격거리 (km)	좌우 시야각 (°)	사진 화각
		X	Y	Z			
1	대석만도 서측 해안	776,444	3,918,389	80.8	9.1	48	24mm
		-대석만도 내 주거지에선 조망되지 않으나, 해안 부근 산지에서 조망					
2	안마도 북측 죽도	772,541	3,916,295	29.1	5.2	78	24mm
		-안마도 북서측의 죽도 생활권역에서 발전단지 직접 조망					
3	안마도 서측 방파제	773,661	3,915,188	68.8	6.3	73	24mm
		-안마도 서측의 항입구부 방파제에서 발전단지 직접 조망					
4	안마도 남측 산지	774,540	3,914,536	33.3	7.3	68	24mm
		-안마도 남측의 등산로에서 사업지구 조망(횡도에 의해 일부 차폐)					
5	횡도 서측 산지	771,531	3,914,568	80.8	4.3	98	파노라마
		-횡도 내 주거지에선 조망되지 않으나, 발전단지 직접 조망 가능					
6	오도 서측 산지	772,457	3,913,208	47.8	5.1	87	파노라마
		-오도 내 주거지에선 조망되지 않으나, 발전단지 직접 조망 가능 인접 도서					
7	재원도 봉산 둘레길	776,156	3,887,284	44.4	23.0	25	48mm
		-재원도 내 해안 산책로에서 사업지구 직접 조망					
8	임자도 하우리항	778,079	3,888,206	5.4	23.0	25	48mm
		-임자도 하우리항 방파제에서 사업지구 일부 조망					
9	임자도 화산마을	782,569	3,886,525	34.9	26.8	23	48mm
		-주요 주거지역에서 발전단지 조망					
10	임자도 대광해수욕장	781,914	3,890,453	5.3	23.2	26	48mm
		-관광지인 임자도 대광해변에서 발전단지 조망					
11	임자도 전장포마을	786,517	3,893,189	9.3	24.5	25	48mm
		-주요 주거지역에서 발전단지 조망					
12	상낙월도 해안도로	785,267	3,899,906	7.3	19.8	29	48mm
		-상낙월도 입구 해안도로에서 발전단지 조망					
13	송이도 서측 등산로	786,065	3,908,262	71.8	18.5	27	48mm
		-송이도 서측 등산로에서 발전단지 일부 조망					

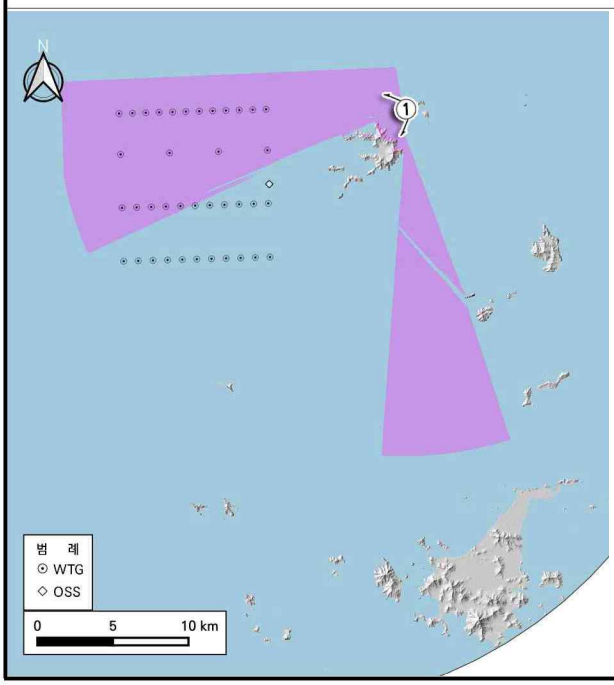
(가) 조망점 1 (대석만도 서측 해안)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 12:44	초점거리 24㎜	50㎞	구름조금

현황사진



가시권 분석



분석결과

◦ 사업지구 동측에 위치한 대석만도의 주거지역에서는 대부분 지형에 의한 차폐로 조망이 불가하여 서측 산지에 조망점을 설정함

◦ 발전구역과 조망지점 사이에 위치한 안마도 및 횡도의 지형에 의해 사업지구 남측 발전구역이 차폐될 것으로 검토되었음

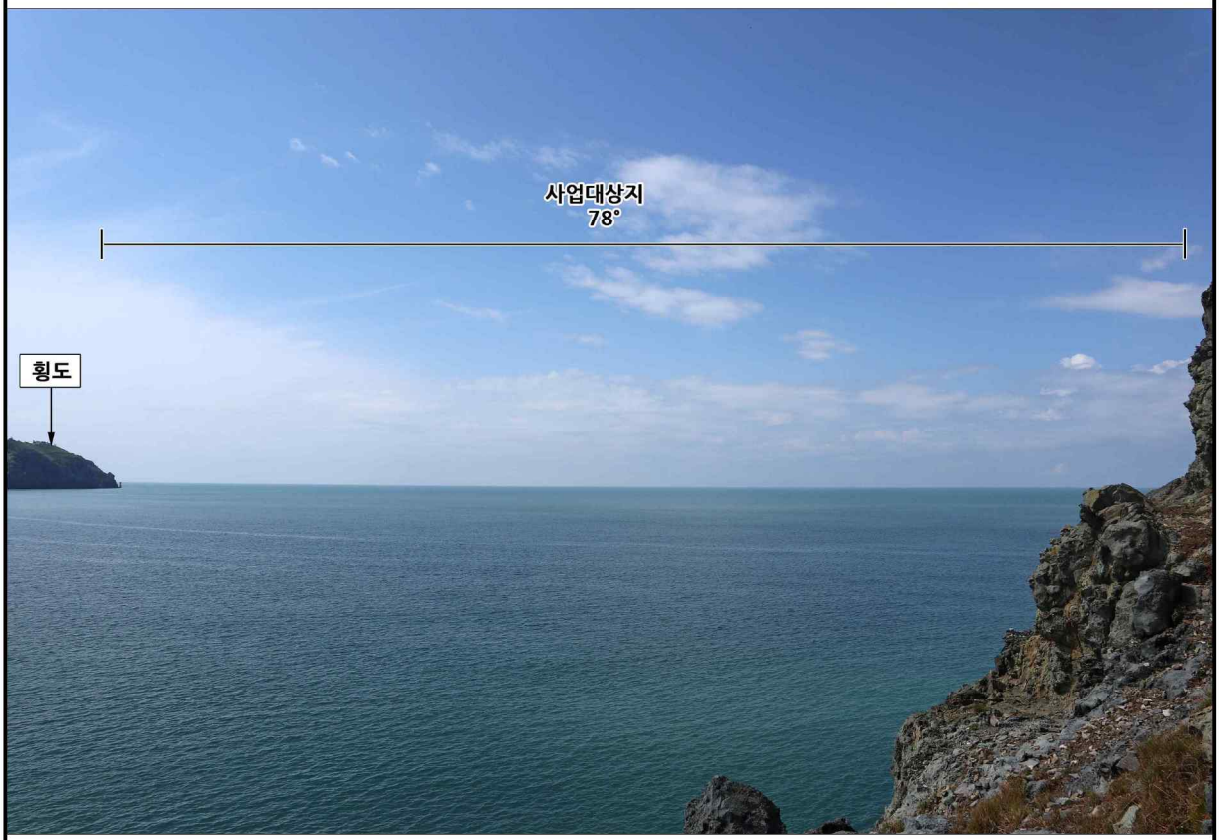
◦ 차폐 예상지역의 발전기는 전부 또는 일부 차폐되어 조망될 것으로 판단됨

◦ 그 외 사업지구 북측의 발전구역은 모두 직접 조망될 것으로 판단됨

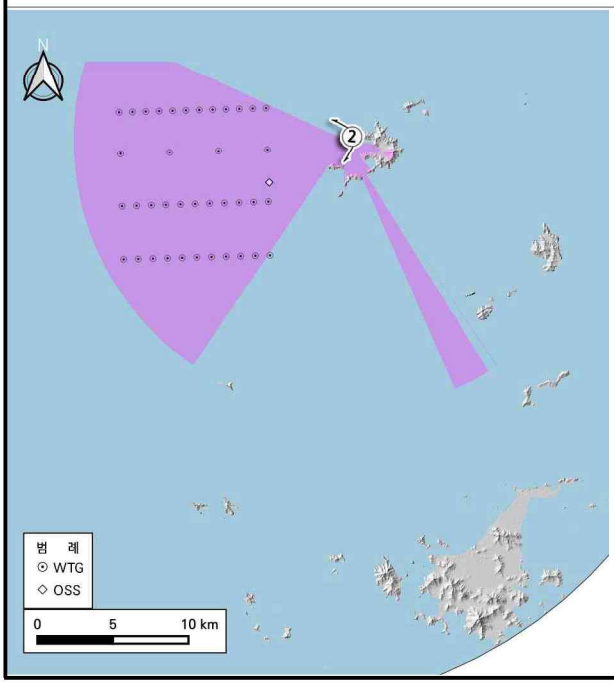
(나) 조망점 2 (안마도 북측 죽도)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 11:56	초점거리 24㎜	50㎞	구름조금

현황사진



가시권 분석	분석결과



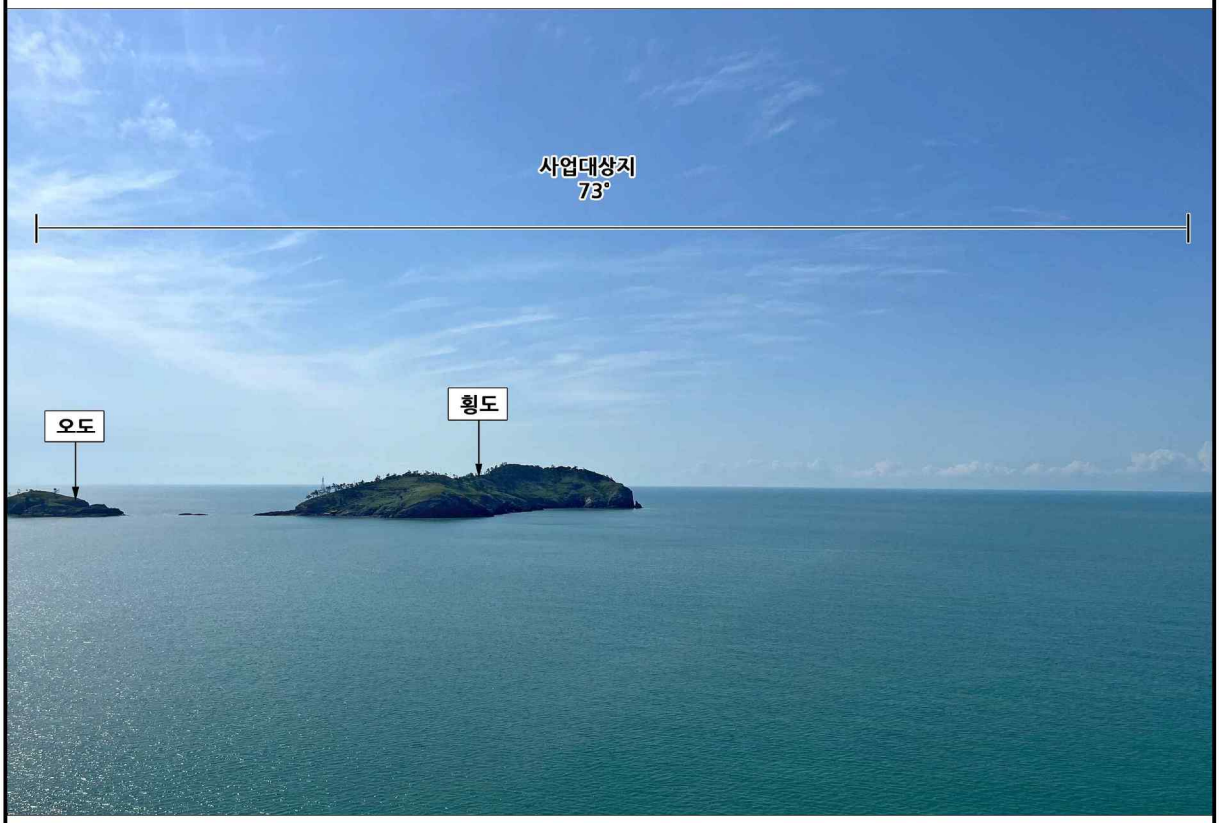
◦ 안마도 내측 주거지역은 섬의 내측 분지형 지대에 위치함에 따라, 직접 조망이 어려울 것으로 판단되어, 안마도 북측에서 조망 가능한 죽도 해안을 조망지점으로 선정함

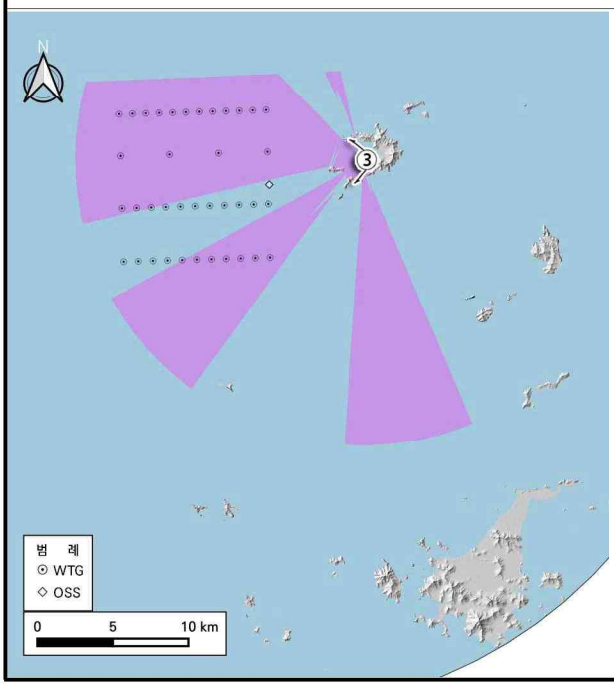
◦ 서측으로 사업지구를 조성하는 지점으로, 발전구역과 조망지점 사이에 위치한 횡도에 의해 일부 차폐가 발생할 것으로 판단되나, 대부분의 발전단지가 직접 조망될 것으로 판단됨

(다) 조망점 3 (안마도 서측 등산로)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 13:57	초점거리 24㎜	29㎞	구름조금

현황사진

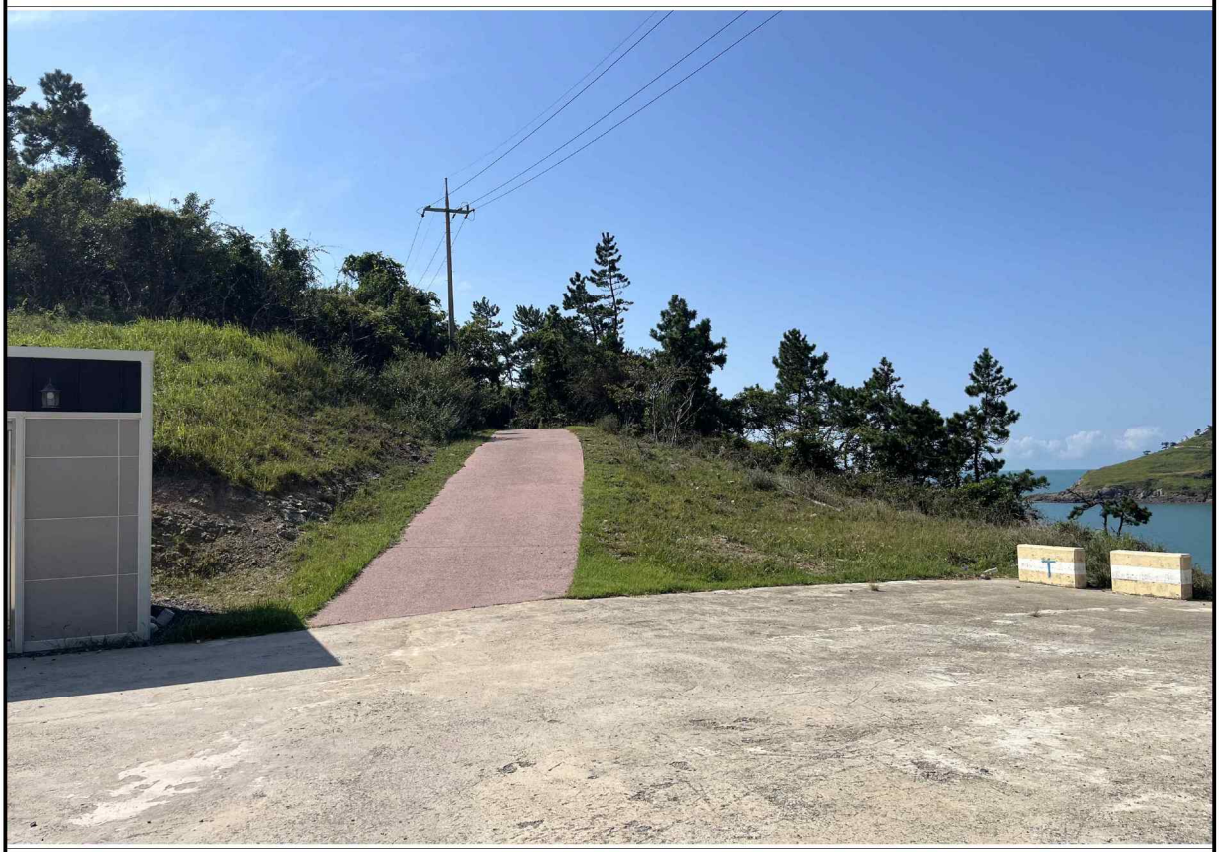


가시권 분석	분석결과
	◦ 안마도 내측 주거지역은 대부분 분지형 지형에 위치하여 차폐되는 지역으로 사업지구가 직접 조망 가능한 지점을 선정함 ◦ 사업지구 동측에 위치한 안마도 서측 등산로에서 조망하는 지점으로 안마도 내에서 사업지구가 가장 가깝고 원활하게 조망될 것으로 판단됨 ◦ 발전구역과 사업지구 사이에 횡도와 오도가 입지하고 있어 일부 빌진기의 차폐가 예상되나, 가시권 분석결과는 하부구조물을 기준으로 분석된 점을 감안할 때, 차폐되는 지역의 발전기는 블레이드 등 상부가 일부 조망될 것으로 판단됨

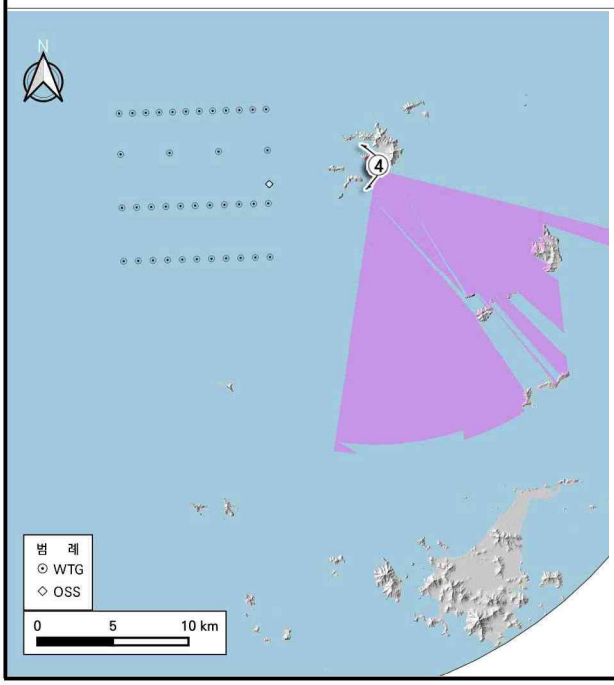
(라) 조망점 4 (안마도 남측 산지)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 13:49	초점거리 24㎜	29㎞	구름조금

현황사진



가시권 분석



분석결과

◦ 안마도 내측 주거지역은 대부분 분지형 지형에 위치하여 차폐되는 지역으로 사업지구가 직접 조망 가능한 지점을 선정함

◦ 사업지구 동측에 위치한 안마도 남측 등산로에서 서측으로 조망한 지점으로 가시빈도 분석시 25대의 발전기가 조성될 것으로 예상됨

◦ 현지 조사를 실시한 결과, 안마도 내 기존 지형 및 수목에 의하여 전면 시계가 차폐되어 사업시행 후에도 발전기 등의 직접 조망은 불가할 것으로 예상됨

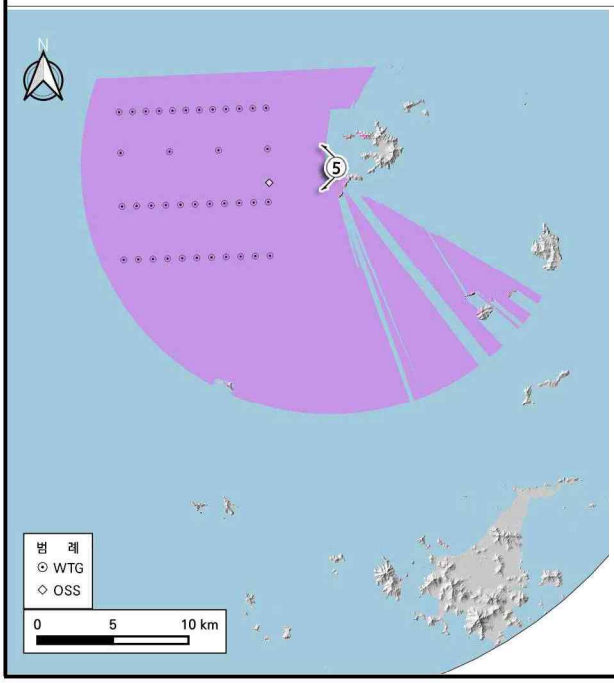
(마) 조망점 5 (횡도 서측 산지)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 11:21	파노라마	49km	구름조금

현황사진



가시권 분석	분석결과



◦ 횡도 내에는 단독가옥이 1개소 위치하나, 사업지구 반대편 사면의 차폐 지역에 위치하여 사업지구의 조망은 어려울 것으로 판단됨

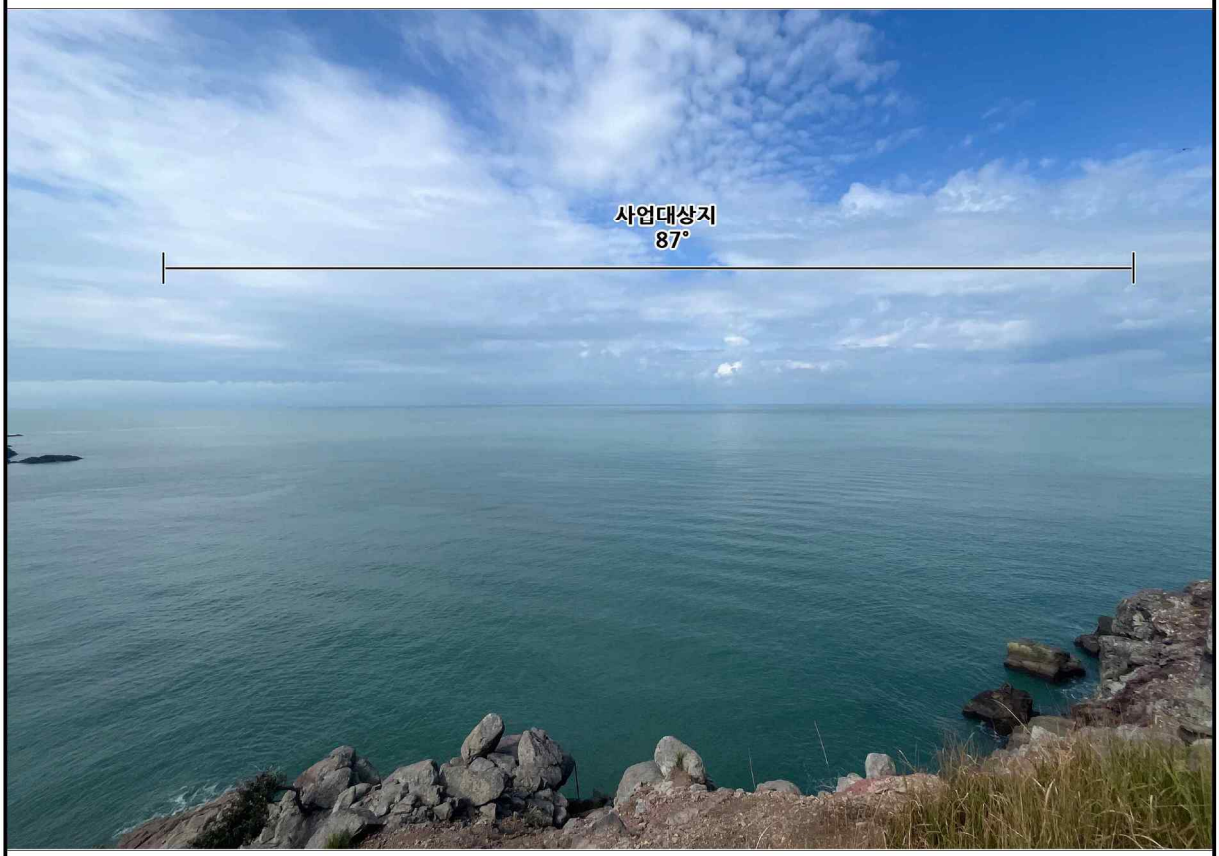
◦ 따라서, 횡도 내에서 발전단지가 직접 조망 가능한 서측 산지를 조망점으로 선정함

◦ 서측으로 기존 지형의 차폐없이 대부분의 발전단지가 직접 조망될 것으로 판단됨

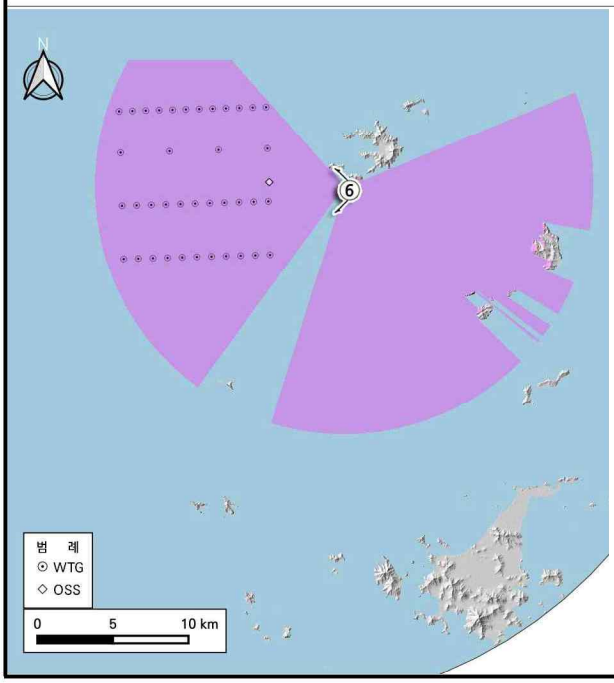
(바) 조망점 6 (오도 서측 산지)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.26. 10:24	파노라마	31km	구름조금

현황사진



가시권 분석	분석결과



◦ 안마도 남동측에 위치한 오도 내에는 단독가옥이 1개소 위치하고 있으나, 오도 내 산지의 사면에 차폐되는 지역으로 사업지구의 조망이 불가함

◦ 따라서, 오도 서측 산지에서 조망지점을 선정하였으며, 차폐되는 지형·지물 없이 사업지구 전체가 직접 조망될 것으로 판단됨

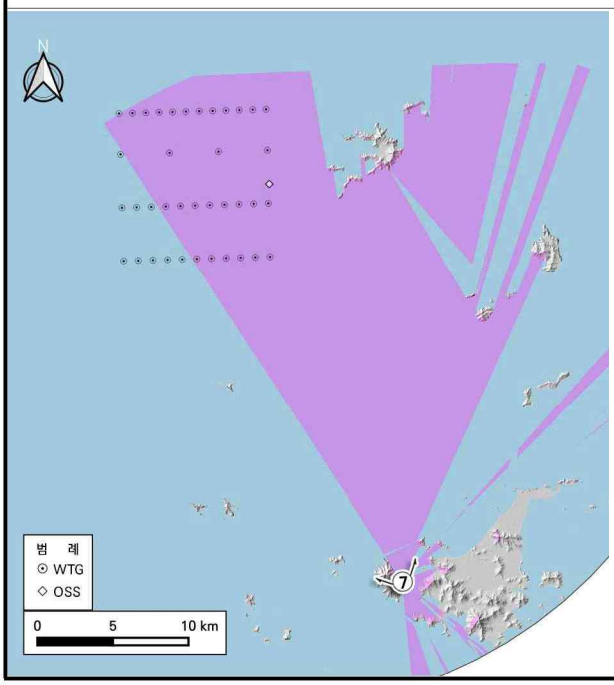
(사) 조망점 7 (재원도 봉산 둘레길)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 11:09	초점거리 48㎜	36㎞	맑음

현황사진



가시권 분석	분석결과



◦ 발전구역 기준 남동측에 위치한 재원도 내 주거지역은 모두 섬의 남동측 해안에 밀집하여 위치하고 있어, 사업지구의 조망이 불가함

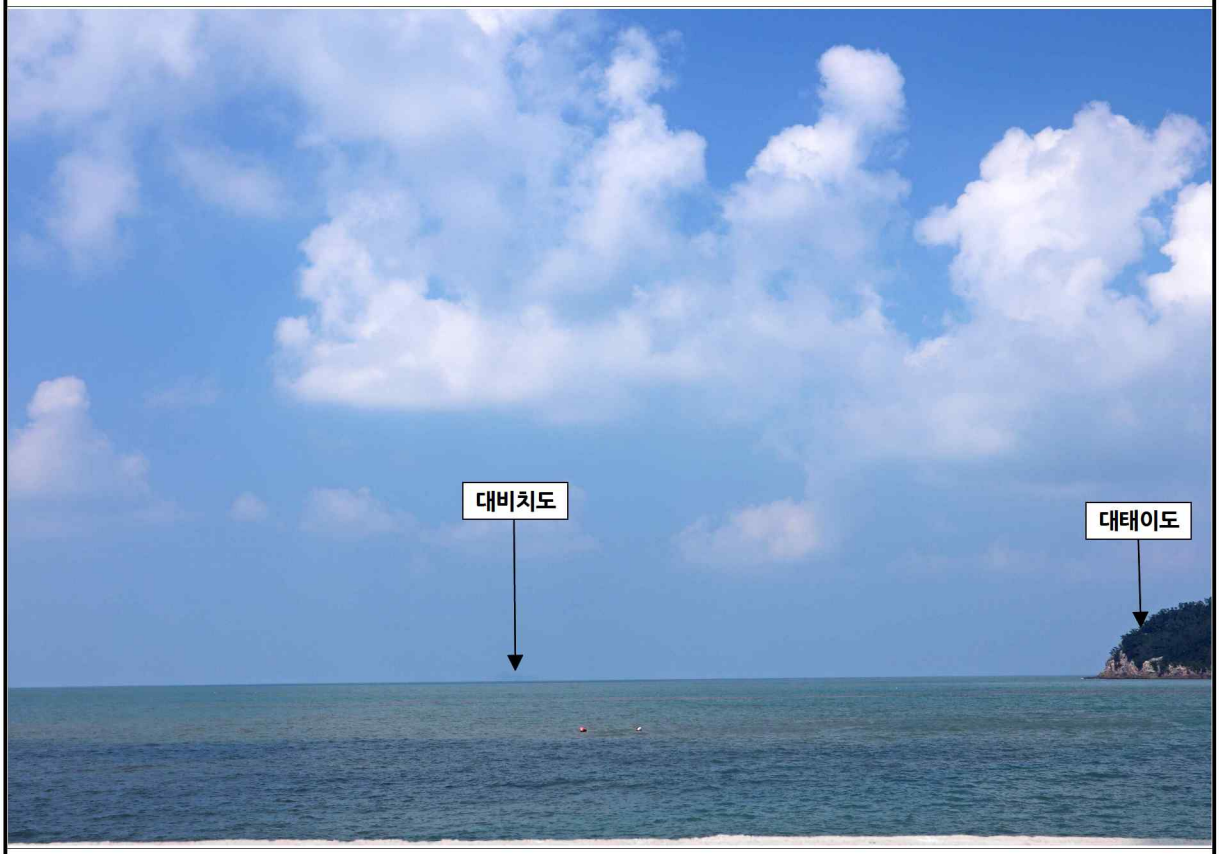
◦ 따라서, 재원도 내 사업지구가 조망 가능한 봉산 둘레길을 조망점으로 선정함

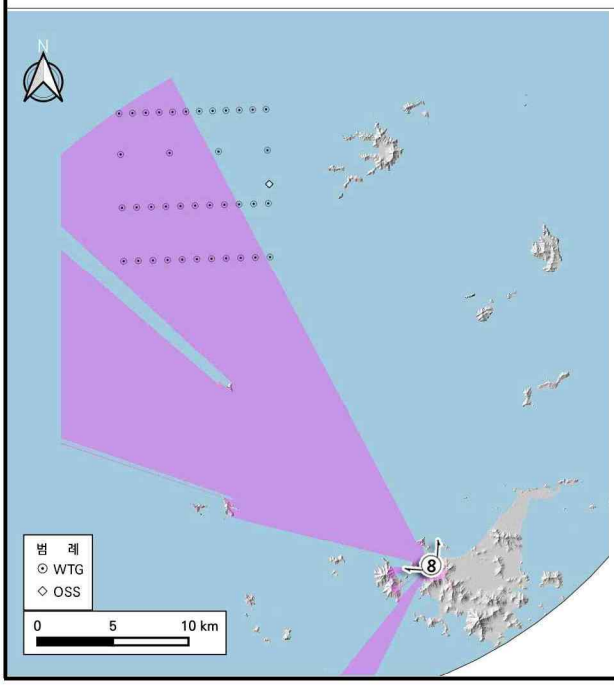
◦ 동 지점에서는 좌측으로 재원도 기존 지형에 의한 차폐가 일부 발생하여 해당 방향에 위치한 발전기 일부를 제외하고는 대부분 직접 조망이 가능할 것으로 판단됨

(아) 조망점 8 (임자도 하우리항)

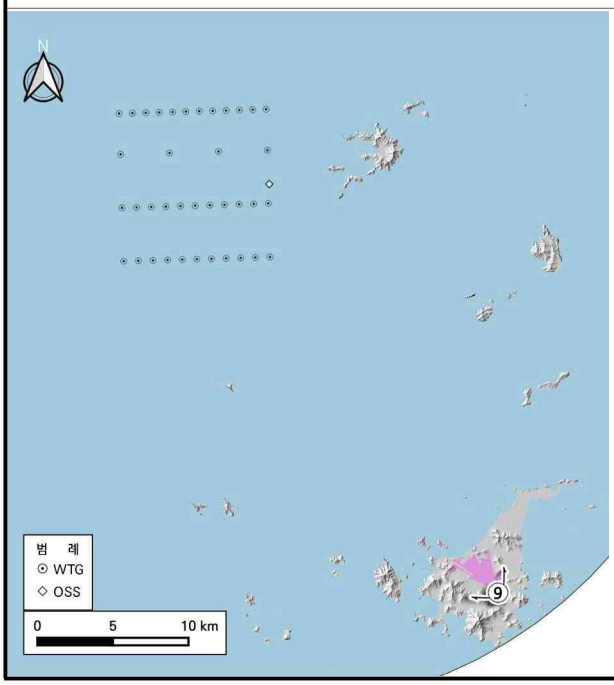
촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 11:38	초점거리 48㎜	36㎞	맑음

현황사진



가시권 분석	분석결과
	◦ 임자도 내 하우리항 방파제에서 북서측에 위치한 사업지구를 조망한 지점으로 우측 전면에 위치한 내태이도 외에는 개방된 해역으로 약 17㎞ 이격된 대비치도가 흐리게 조망됨 ◦ 가시권 분석 결과, 대태이도에 의해 일부 차폐되는 발전기를 제외한 대부분의 발전기는 조망될 것으로 예상됨 ◦ 다만, 조성7(재원도 봉산 둘레길)지점과 유사한 방향에서 조망하는 지점으로 상대적으로 조망지점의 높이가 높고, 거리가 가까운 재원도로 최종 조망점을 선정함에 따라 최종 예측지점에서 제외함

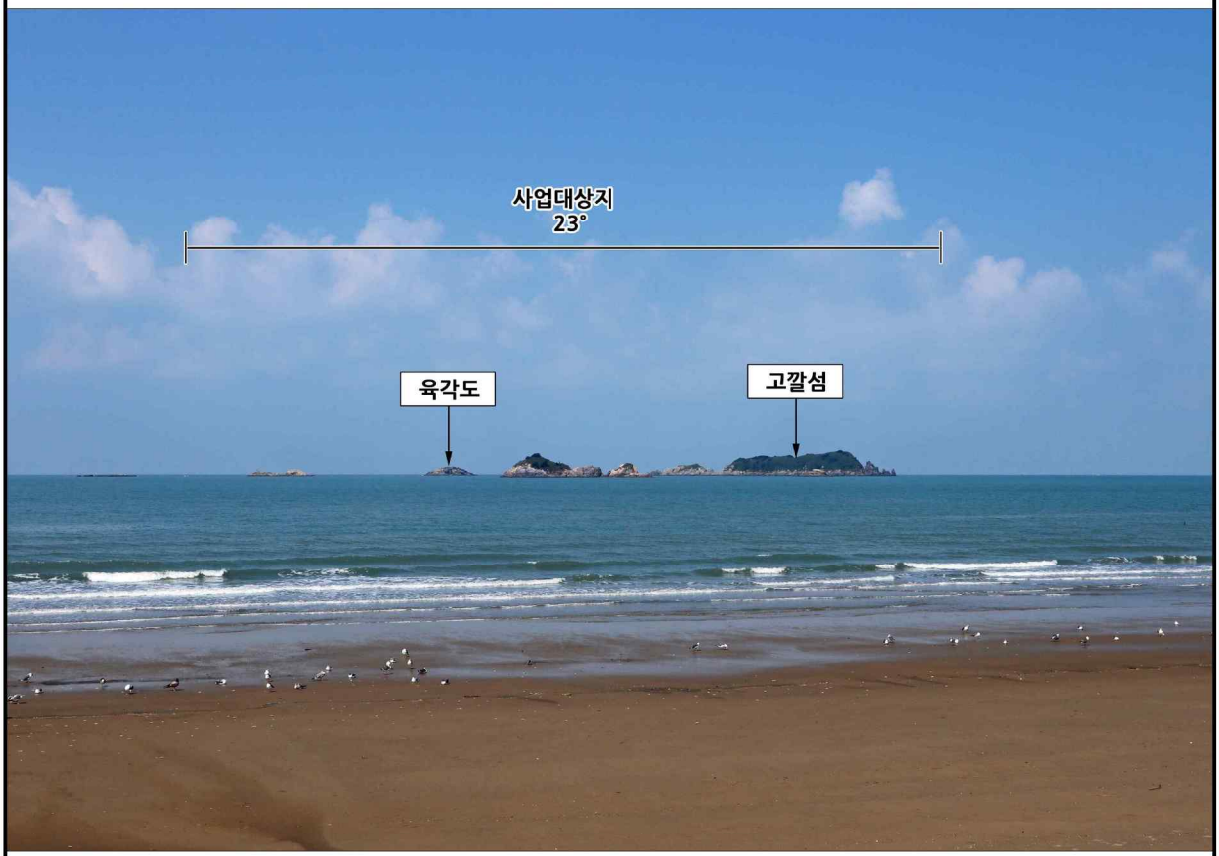
(자) 조망점 9 (임자도 화산마을)

<table>
<tr><td>촬영일시</td><td>촬영화각</td><td>시정거리</td><td>날씨</td></tr>
<tr><td>2024.9.27. 12:31</td><td>초점거리 48㎜</td><td>36㎞</td><td>맑음</td></tr>
<tr><td colspan="4">현황사진</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">가시권 분석</td><td colspan="2">분석결과</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="2">◦ 사업지구 남동측에 위치한 임자도 내 화산마을에서 조망하는 지점으로, 가시빈도 분석시 약 28개의 발전기가 조망될 것으로 예측됨
◦ 다만, 현지조사 및 가시권 분석을 실시한 결과, 조망지점 전면에 주거지, 창고 등이 입지하고 기존 지형에 의해 완전히 차폐되어 조망되지 않을 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

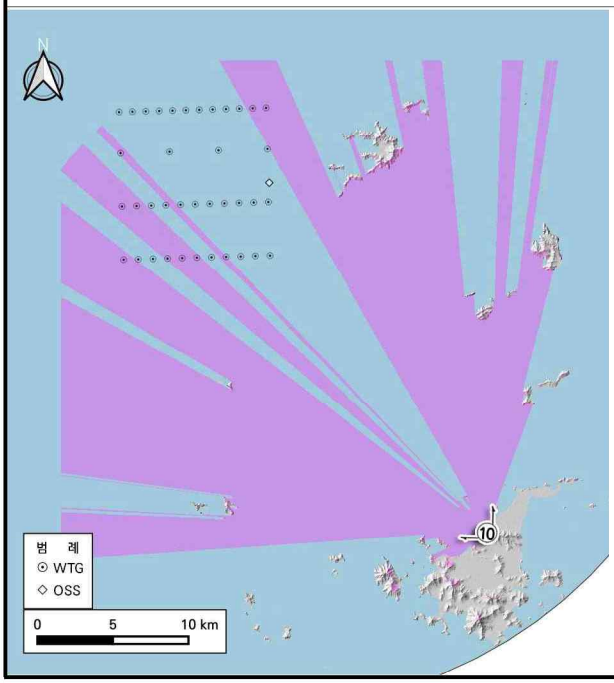
(차) 조망점 10 (임자도 대광해수욕장)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 11:55	초점거리 48㎜	36㎞	맑음

현황사진



가시권 분석	분석결과



◦ 임자도 내 대표적 관광지인 대광해수욕장에서 북서측으로 사업지구를 조망한 지점으로, 전면에 육각도, 고깔섬, 혈도 등 소규모 무인도서가 위치하고 있음

◦ 가시권 분석결과, 사업지구 내 대부분의 발전기가 차폐될 것으로 예측되었으나, 전면에 위치한 무인도서의 높이가 낮아 일부 하부 구조물을 제외하면 발전기 상부가 조망될 것으로 판단됨

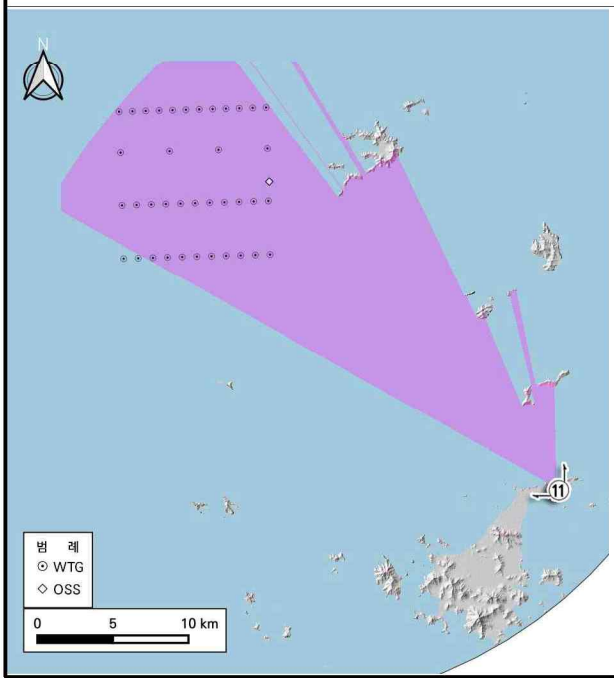
(카) 조망점 11 (임자도 전장포마을)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 12:13	초점거리 48㎜	36㎞	맑음

현황사진



가시권 분석	분석결과



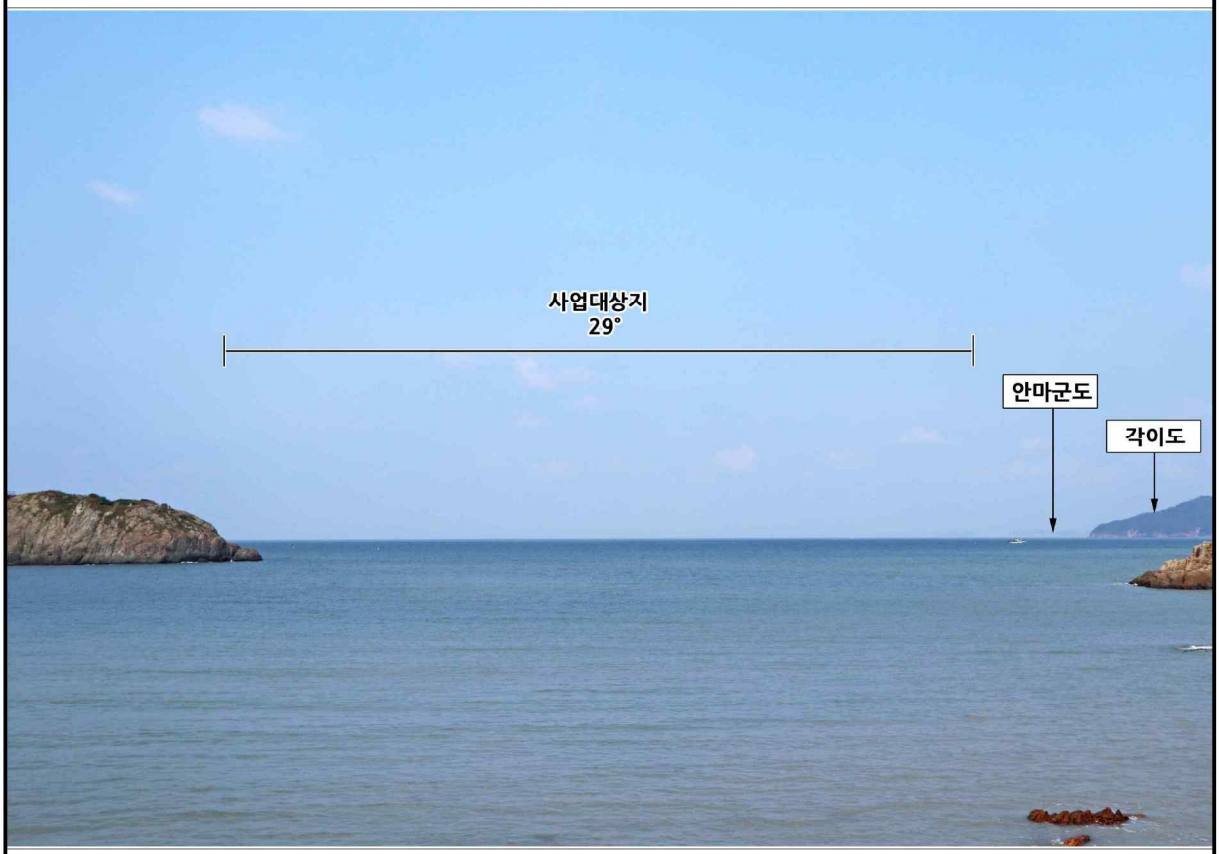
◦ 임자도 동측 말단에 위치한 전장포마을에서 북서측으로 조망한 지점으로, 기존 임자도 내 지형에 의해 차폐되는 발전기는 약 2기로 대부분의 사업지구가 조망될 것으로 판단됨

◦ 대제도, 지형에 의한 자폐 없이 전제 발전구역이 조망될 것으로 판단됨에 따라 최종 조망점으로 선정함

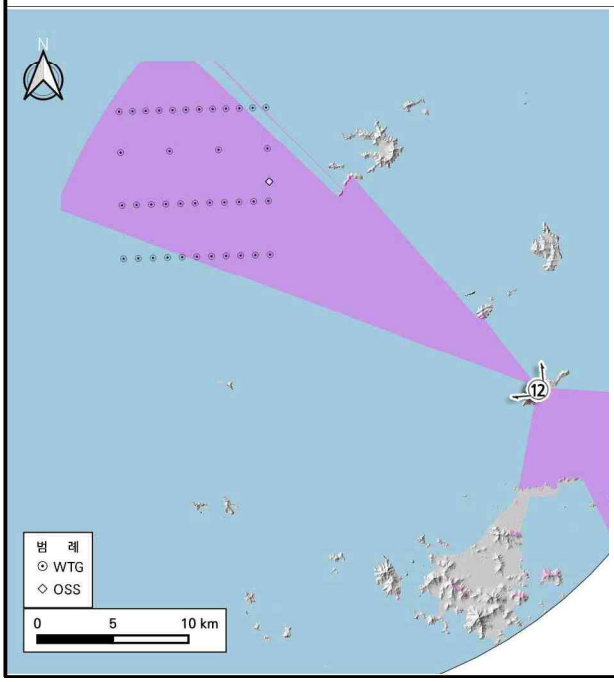
(타) 조망점 12 (상낙월도 해안도로)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 09:44	초점거리 48㎜	24㎞	맑음

현황사진



가시권 분석



분석결과

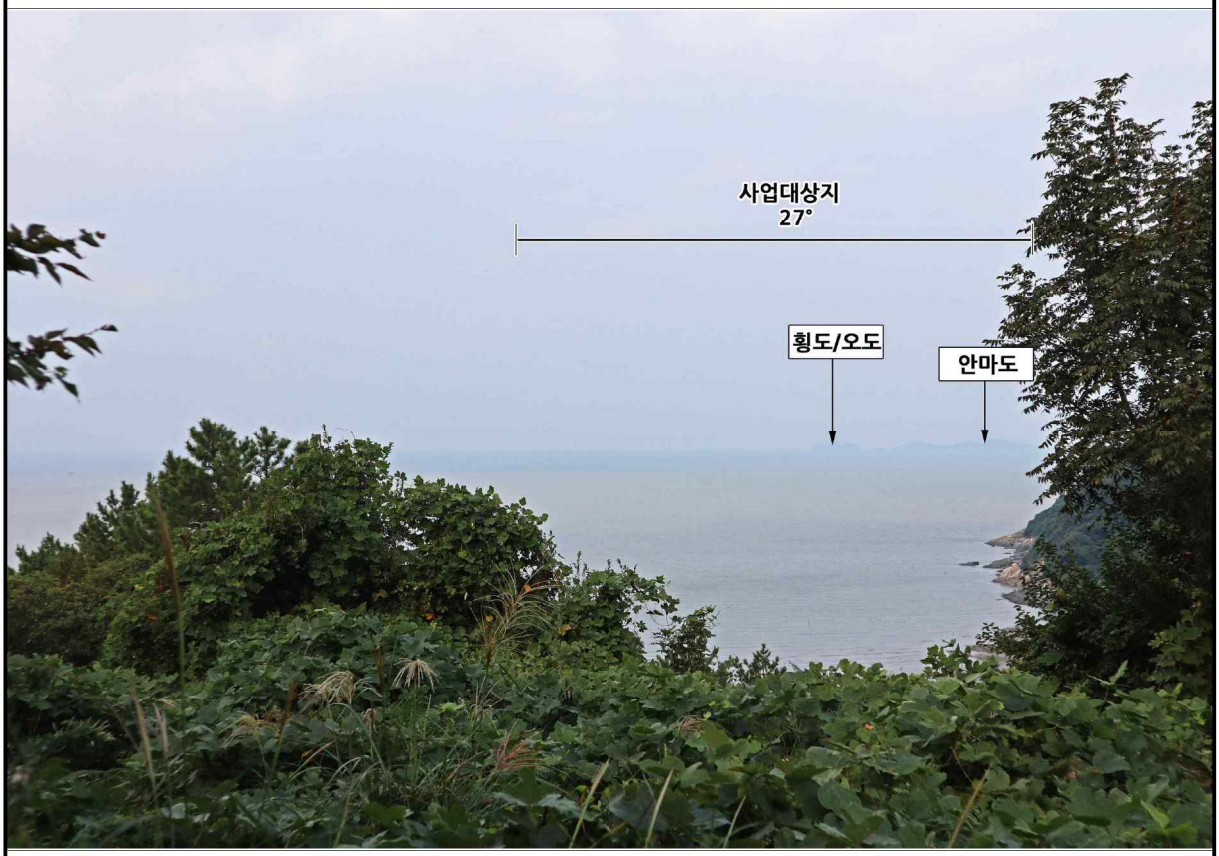
◦ 상낙월도와 하낙월도의 주거지역은 대부분 산지 지형이 배후로 차폐된 지역에 입지하고 있어 사업지구의 조망이 불가한 지역임

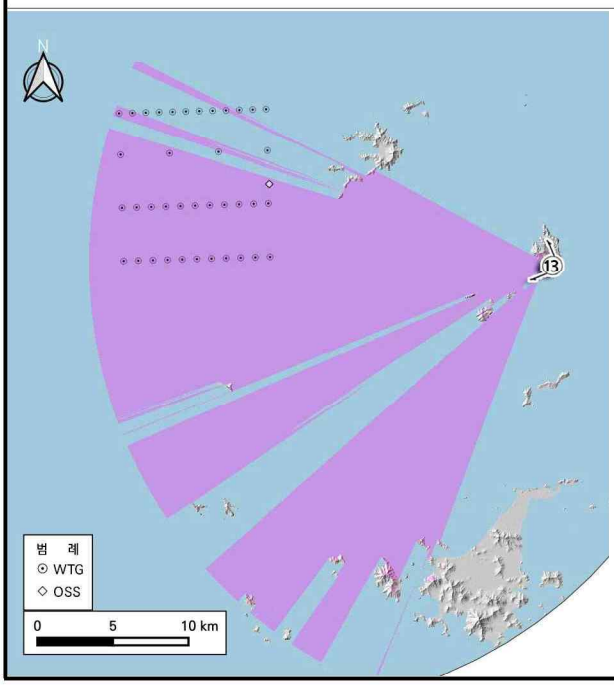
◦ 따라서, 상낙월도와 하낙월도를 연결하는 해안도로에서 북서측으로 사업지구를 조망하는 지점으로 조망지점 좌측의 하낙월도 지형과 우측에 위치한 각이도 등에 의해 차폐되는 지역을 제외하고는 대부분의 발전기가 직접 조망될 것으로 예상됨

(파) 조망점 13 (송이도 서측 등산로)

촬영일시	촬영화각	시정거리	날씨
2024.9.27. 08:43	초점거리 48㎜	22㎞	맑음

현황사진



가시권 분석	분석결과
	◦ 사업지구 동측에 위치한 송이도 주거지역은 동측 해안에 밀집하여 분포하고 있으며, 사업지구의 조망은 불가함 ◦ 따라서, 송이도 내에서 조망이 가능한 송이도 내 등산로(소원길)에서 서측으로 조망하는 지점을 선정함 ◦ 조망위치에서 우측에 위치한 안마도, 횡도 및 오도에 의해 일부 차폐되는 지점을 제외하고는 발전단지가 직접 조망될 것으로 판단됨

(4) 최종 조망점 선정

최종 조망점은 현장조사 결과 및 권역별 대표성을 노대로 총 10개소를 선정하였다.

<표 4.5.3-19> 최종 조망점 선정표

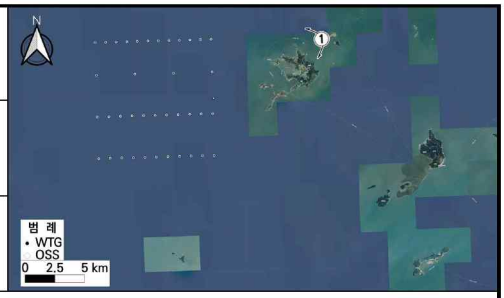
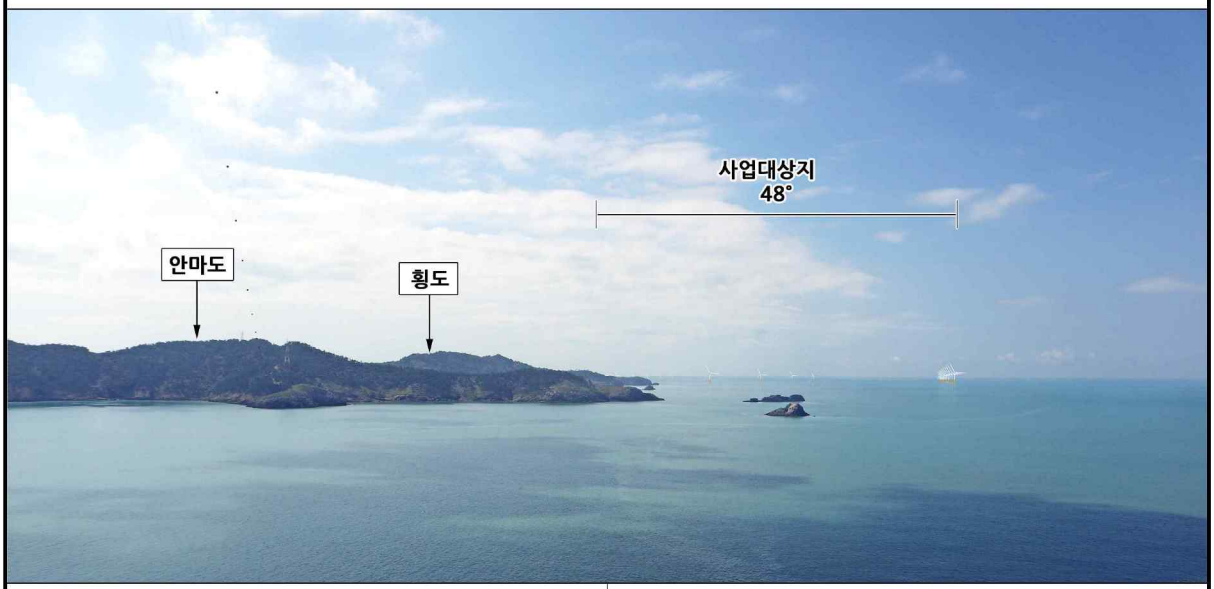
최종 연번	구 분	(단위 : m)			이격 거리 (km)	WTG 가시 (대)	FOV (°)	OWFV (°)	촬영 화각
		TM 좌표		Z (고도)					
		X (E)	Y (N)						
1	대석만도 서측 해안	776,444	3,918,389	80.8	9.1	30	84	48	광각
2	안마도 북측 죽도	772,541	3,916,295	29.1	5.2	26	84	78	광각
3	안마도 서측 등산로	773,661	3,915,188	68.8	6.3	38	84	73	광각
4	횡도 서측 산지	771,531	3,914,568	80.8	4.3	38	118	98	파노라마
5	오도 서측 산지	772,457	3,913,208	47.8	5.1	37	118	87	파노라마
6	재원도 봉산 둘레길	776,156	3,887,284	44.4	23.0	32	51	25	표준
7	임자도 대광해수욕장	782,569	3,886,525	5.3	23.2	35	51	26	표준
8	임자도 전장포마을	781,914	3,890,453	9.3	24.5	36	51	25	표준
9	상낙월도 해안도로	785,267	3,899,906	7.3	19.8	34	51	29	표준
10	송이도 서측 등산로	786,065	3,908,262	71.8	18.5	38	51	27	표준

주) 1. FOV(Field of view) : 촬영화각
2. OWFV(Offshore Wind Farm View) : 해상풍력 발전단지 가시범위

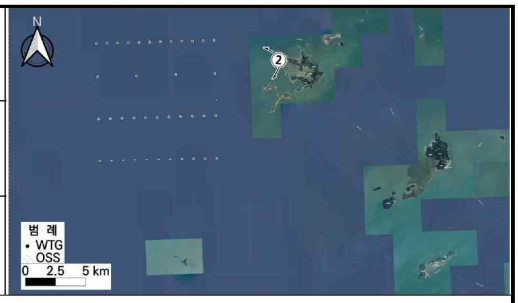
나) 경관영향 예측 및 평가

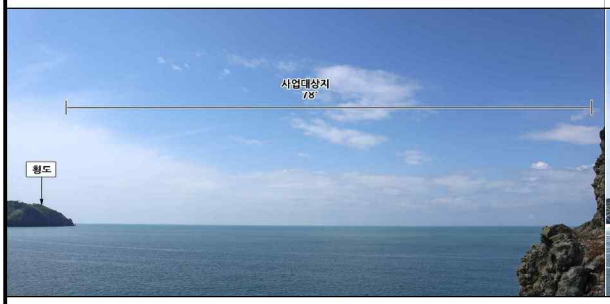
(1) 경관시뮬레이션

(가) 최종조망점1

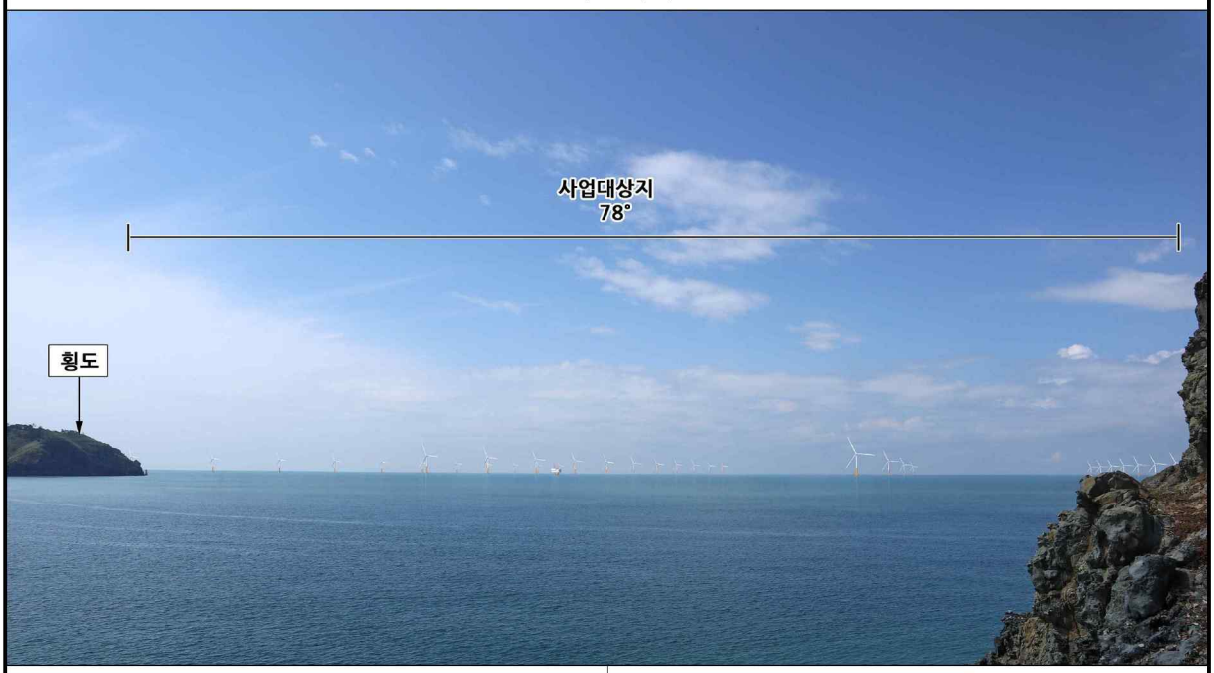
<table>
<tr><td>위 치</td><td>대석만도 서측 해안</td><td rowspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>이격거리</td><td>9.1km</td></tr>
<tr><td>방 향</td><td>북동측</td></tr>
<tr><td colspan="2">현장사진</td><td>와이어프레임</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="3">경관시뮬레이션</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">앙각(°)</td><td>가시 터빈수</td></tr>
<tr><td colspan="2">1.2</td><td>21/38</td></tr>
<tr><td>분석결과</td><td colspan="2">◦ 대석만도 서측 해안은 바다를 향해 열린 조망을 가지며, 발전구역과 조망지점 사이에 위치한 안마도 및 횡도의 지형에 의해 사업지구 남측 발전구역이 일부 차폐되었음
◦ 그 외 사업지구 북측의 발전구역은 모두 직접 조망되어, 스카이라인 경관이 일부 변화할 것으로 예상되나, 발전단지와 약 9.1km 이격되어 있어 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

(나) 최종조망점2

위 치	안마도 북측 죽도	
이격거리	5.1km	
방 향	동측	

현장사진	와이어프레임
	

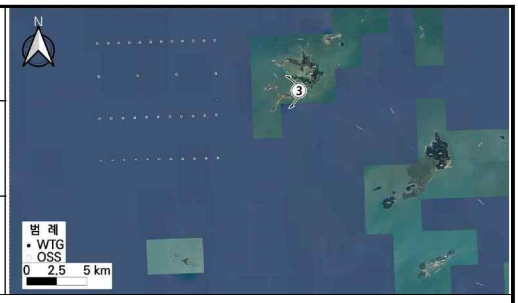
경관시뮬레이션

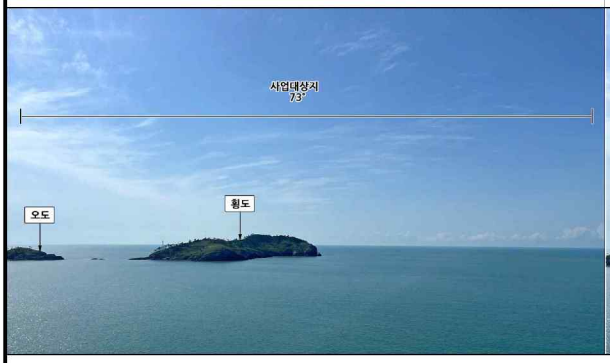


앙각(°)	가시 터빈수
2.7	33/38

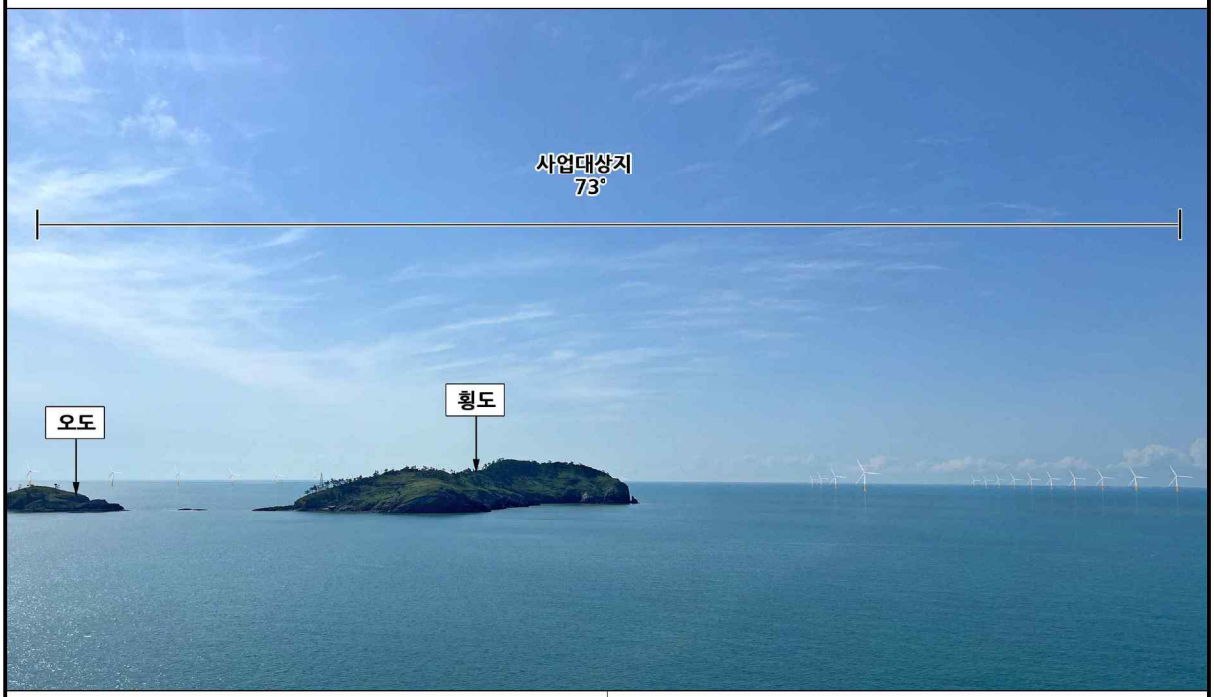
분석결과	◦ 안마도 북측 죽도 해안은 바다를 향해 열린 조망을 가지며, 서측으로 사업지구를 조성하는 지점으로 해상변전소 및 발전구역이 대부분 가시되며, 횡도에 의해 D열 1기의 상부가 간헐적으로 가시됨 ◦ 또한, 죽도의 자연경관인 암석에 의해 A열의 일부가 차폐되며, 사업시행 후 전체 인공구조물이 직접 조망되나, 그 높이가 주변 지형 대비 높게 가시되지 않아 경관영향은 크게 나타나지 않음

(다) 최종조망점3

위 치	안마도 서측 등산로	
이격거리	6.3km	
방 향	동측	

현장사진	와이어프레임
	

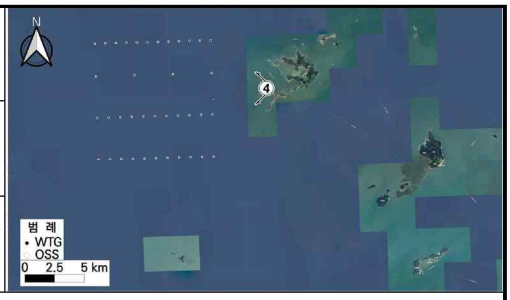
경관시뮬레이션



앙각(°)	가시 터빈수
1.8	32/38

분석결과	◦ 사업지구 동측에 위치한 안마도 서측 등산로는 발전구역 사이에 횡도와 오도가 조망되는 지역으로 전체 구역중 C열 및 해상변전소는 대부분 차폐됨 ◦ A열 및 B열은 대부분 가시되며, D열의 경우 부분적으로 차폐됨 ◦ 다만, 안마도 내측 주거지역은 대부분 분지형 지형에 위치하여 차폐되는 지역으로 실제 거주인구의 경관 영향은 없을 것으로 판단됨

(라) 최종조망점4

위 치	횡도 서측 산지	
이격거리	4.3km	
방 향	동측	

현장사진	와이어프레임
	

경관시뮬레이션



앙각(°)	가시 터빈수
2.5	36/38

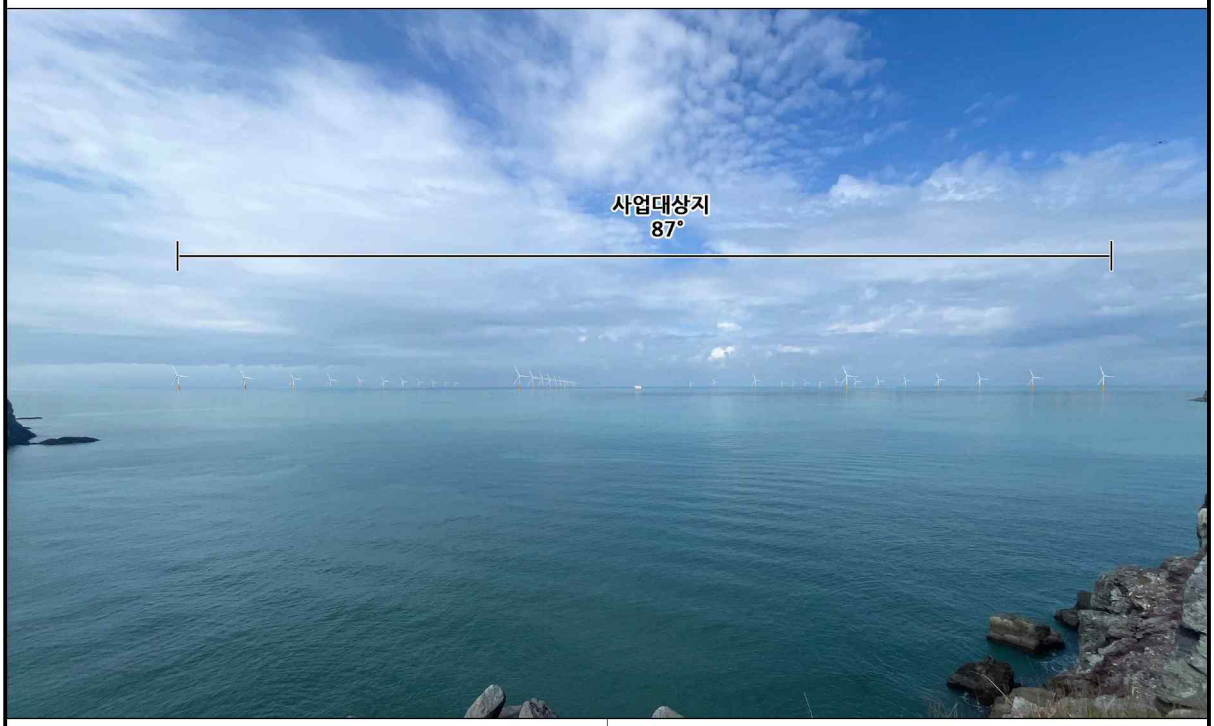
분석결과	◦ 사업지구 동측에 위치한 횡도 서측 산지는 고도가 다소 높은 지역으로 바다를 향해 열린 조망을 가지며, 기존 지형의 차폐가 없어 발전단지의 38기가 전부 조망될 것으로 판단됨 ◦ 가시거리가 좋은 날에는 발전단지 배치가 눈에 띄게 드러나며, 스카이라인에 변화가 발생할 것으로 예상되나, 동 지점은 횡도 내 생활장소가 아닌점을 고려할 때 실제 거주인구의 경관 영향은 없을 것으로 판단됨

(마) 최종조망점5

위 치	오도 서측 산지	
이격거리	5.1km	
방 향	동측	

현장사진	와이어프레임
	

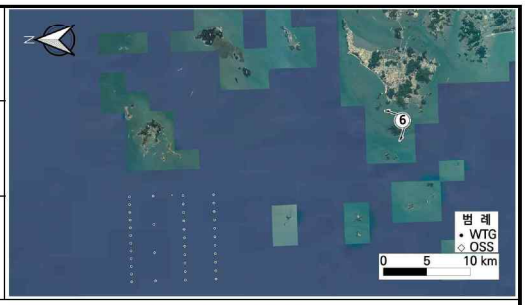
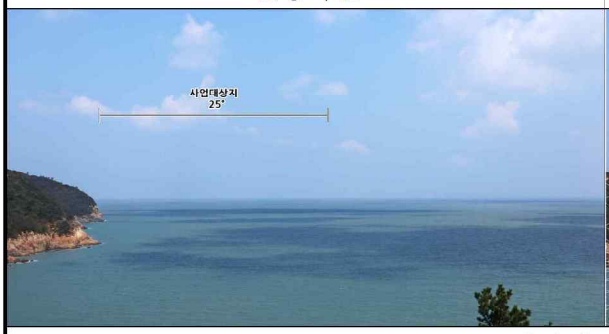
경관시뮬레이션



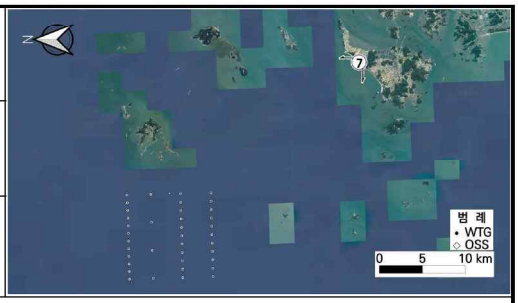
앙각(°)	가시 터빈수
2.5	38/38

분석결과	◦ 사업지구 동측에 위치한 오도 서측 산지는 차폐되는 지형·지물이 없으며, 열린 조망을 가지고 있어 발전구역 전체가 직접 조망되어 스카이라인 경관에 변화가 발생할 것으로 예상되나, 동 지점은 오도 내 생활장소가 아닌점을 고려할 때, 실제 거주인구의 경관 영향은 없을 것으로 판단됨

(바) 최종조망점6

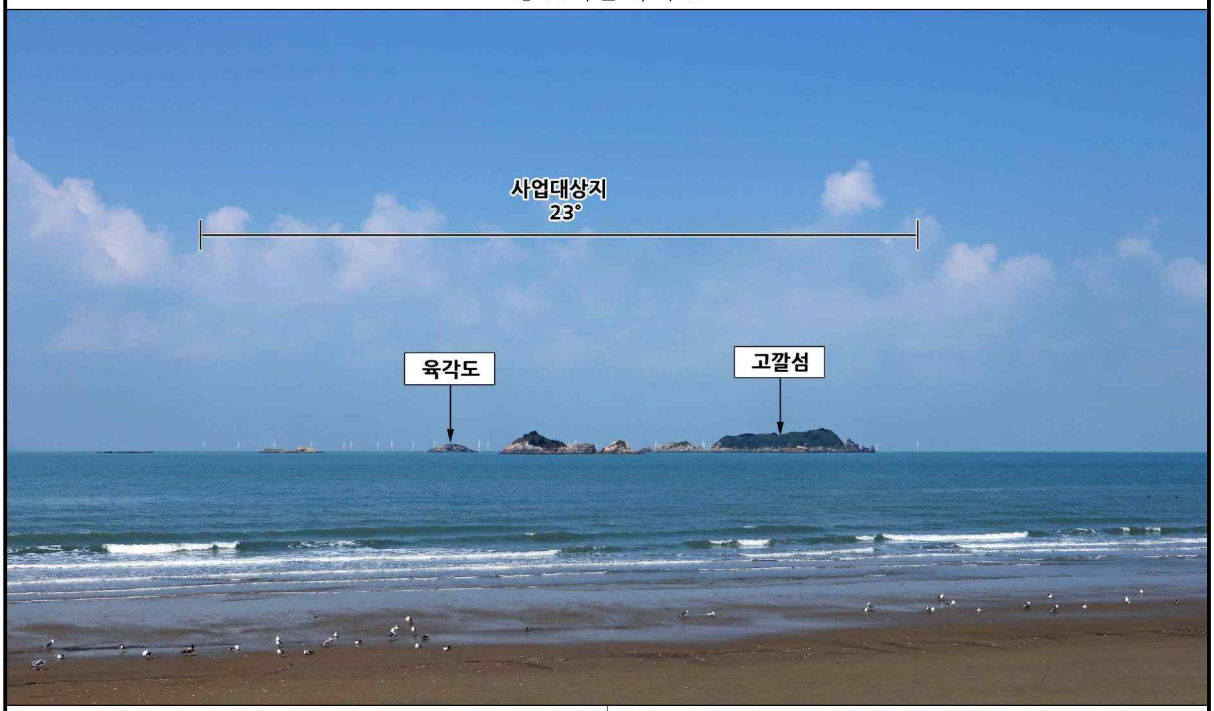
<table>
<tr><td>위 치</td><td>재원도 봉산 둘레길</td><td rowspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>이격거리</td><td>23.0km</td></tr>
<tr><td>방 향</td><td>남서측</td></tr>
<tr><td colspan="2">현장사진</td><td>와이어프레임</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="3">경관시뮬레이션</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">앙각(°)</td><td>가시 터빈수</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.6</td><td>29/38</td></tr>
<tr><td>분석결과</td><td colspan="2">◦ 사업지구 남측에 재원도 봉산 둘레길은 좌측으로 재원도 기존 지형에 의해 발전단지 남서쪽이 일부 차폐되어 조망되는 것으로 예측됨
◦ 그 외 사업지구 북동측 및 남동측은 직접 조망이 되어, 스카이라인 경관이 일부 변화할 것으로 예상되나, 발전단지와 약 23.0km 이격되어 있어 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨
◦ 또한, 촬영당시 안마군도 일원이 눈에 띄게 가시되지 않는 점을 고려할 때 실제 조망되는 경우는 간헐적으로 흐리게 나타날 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

(사) 최종조망점7

위 치	임자도 대광해수욕장	
이격거리	23.2km	
방 향	남서측	

현장사진	와이어프레임
	

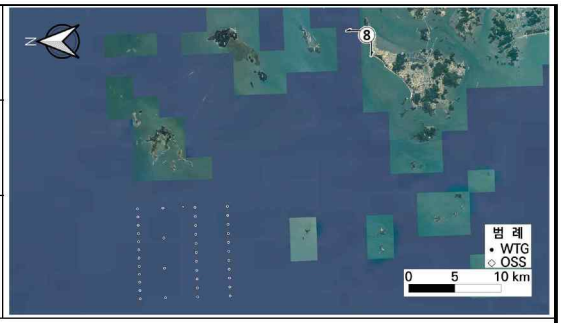
경관시뮬레이션



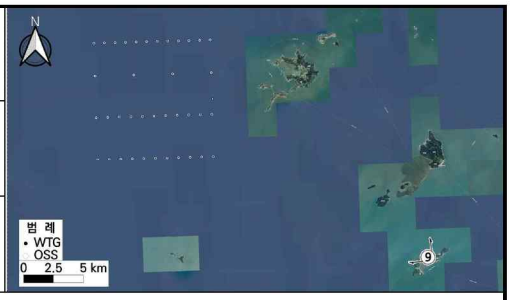
앙각(°)	가시 터빈수
0.7	29/38

분석결과	◦ 사업지구 남동측에 위치한 임자도 대광해수욕장은 전면에 육각도, 고깔섬, 혈도 등 소규모 무인도서가 위치하여, 발전단지 일부를 지형적 요인으로 일부 발전기가 차폐됨 ◦ 발전기보다 낮은 육각도, 혈도 등 소규모 무인도서에서는 하부 구조물을 제외한 발전기 상부가 일부 조망되어 스카이라인 경관에 영향을 미치지만, 약 26.7km 이격되어있어, 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨 ◦ 또한, 촬영당시 안마군도 일원이 눈에 띄게 가시되지 않는 점을 고려할 때, 실제 조망되는 경우에도 간헐적으로 흐리게 조망될 것으로 판단됨

(아) 최종조망점8

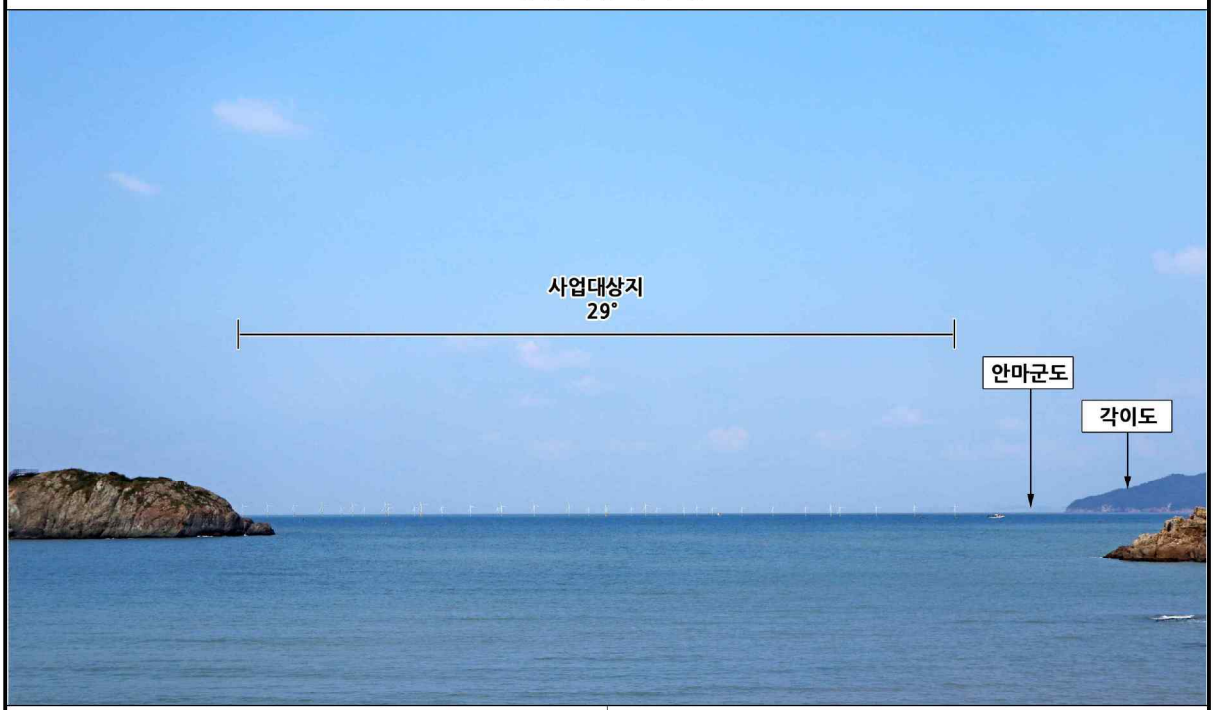
<table>
<tr><td>위 치</td><td>임자도 전장포마을</td><td rowspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>이격거리</td><td>24.5km</td></tr>
<tr><td>방 향</td><td>남서측</td></tr>
<tr><td colspan="2">현장사진</td><td>와이어프레임</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="3">경관시뮬레이션</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">앙각(°)</td><td>가시 터빈수</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.6</td><td>38/38</td></tr>
<tr><td>분석결과</td><td colspan="2">◦ 사업지구 남서측에 위치한 임자도 전장포마을 지점은 기존 임자도 내 지형이 있으나, 높이가 낮아 전체적인 발전단지가 조망되어 스카이라인에 변화가 발생할 것으로 예상됨
◦ 다만, 약 23.2km 이격되어 있어 전체적인 구조물의 높이가 매우 낮게 나타나 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨</td></tr>
</table>

(자) 최종조망점9

위 치	상낙월도 해안도로	
이격거리	19.8km	
방 향	남동측	

현장사진	와이어프레임
	

경관시뮬레이션



앙각(°)	가시 터빈수
0.8	34/38

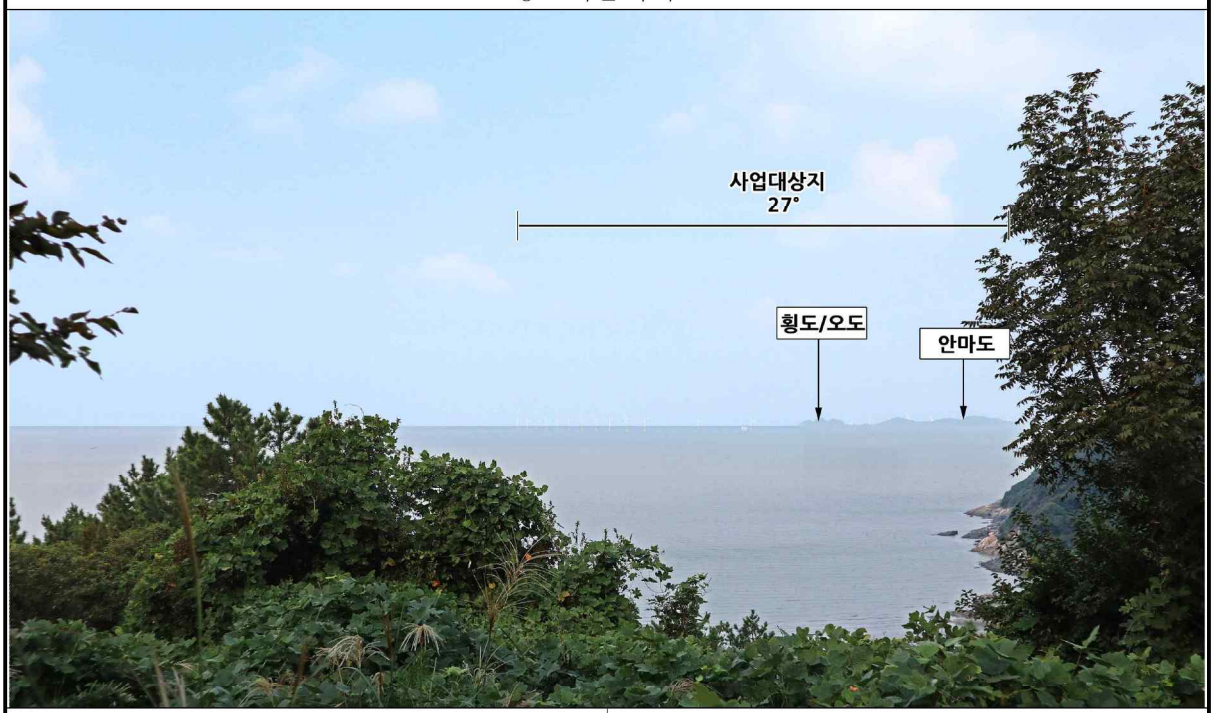
분석결과	◦ 사업지구 남동측에 위치한 상낙월도 해안도로는 안마군도에 의해 북동측 끝단의 발전단지가 일부 차폐되며, 하낙월도의 지형에 의해 남서측 끝단의 발전단지가 일부 차폐되어 조망됨 ◦ 그 외에 발전단지는 조망되어 스카이라인 변화가 발생하나, 약 19.8km 이격되어 있어 전체적인 구조물의 높이가 매우 낮게 나타나 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨

(차) 최종조망점10

위 치	송이도 서측 등산로	
이격거리	18.5km	
방 향	동측	

현장사진	와이어프레임
	

경관시뮬레이션



앙각(°)	가시 터빈수
0.6	30/38

분석결과	◦ 시업지구 동측에 위치한 송이도 서측 등산로는 안마도, 횡도 및 오도에 의해 일부 차폐되지만, 섬의 높이가 낮은 일부 구간은 하부구조물만 차폐되어 발전기 상단은 조망됨 ◦ 그 외 사업지구 남측의 발전구역은 모두 직접 조망되나, 약 22km 이격되어 있어, 경관적으로 이질감은 크지 않을 것으로 판단됨에 따라 영향은 미미할 것으로 판단됨

(2) 조감시뮬레이션

전체석 사업규모를 파악하기 위해 2지점에서 조감 시뮬레이션을 수행하였다.



(그림 4.5.3-11) 조감 시뮬레이션 지점도

본 발전단지는 서측 및 북측으로 도서가 거의 없으며, 남측과 동측에 밀집하여 다도해에 따른 도서 경관이 주를 이루고 있어 도서의 높낮이에 따라 스카이라인의 훼손이 생길 것으로 판단된다.



(그림 4.5.3-12) 조감 시뮬레이션 결과

다) 빛 공해 영향

(1) 항공장애표시등으로 인한 빛 공해 영향

(가) 항공장애표시등 종류 선정(안)

「항공장애 표시등과 항공장애 주간표지의 설치 의 관리기준」에 의거하여 본 사업대상지에 설치될 항공장애표시등을 예측한 결과, 본 사업에서 사용할 풍력발전기 높이는 271.1m(허브높이 153.1m, 로터직경 236m)이므로 터빈허브 상부에 중광도 A, B, C 형태 표시등 설치가 필요하며, 현재 설치 예정 표시등의 최고광도는 20,000cd 이다.

<표 4.5.3-19> 항공장애표시등 종류(안)

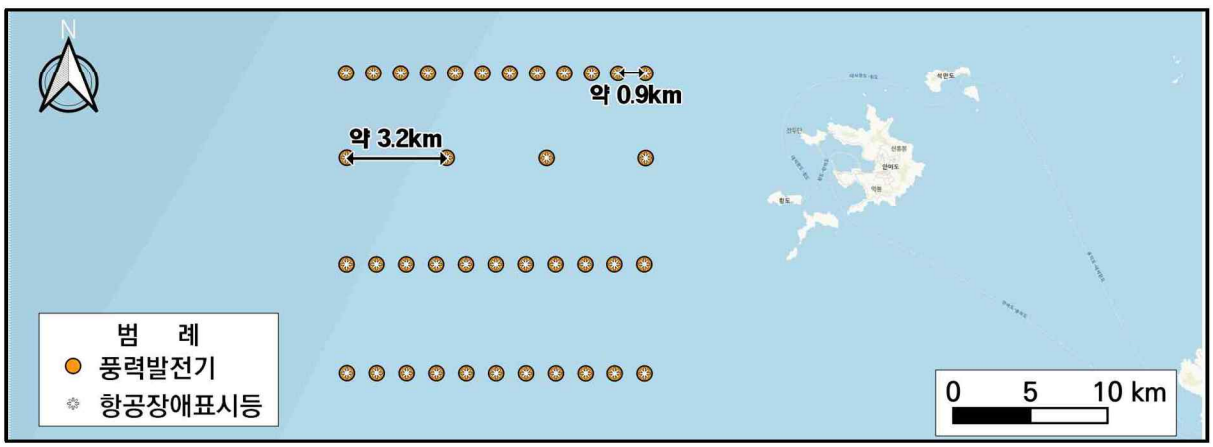
성능 / 종류	색채	신호형태(섬광주기, 분당섬광/fpm)	배경휘도별 최고광도(cd)		
			500cd/㎡ 이상 (주간)	500cd/㎡ (박명)	500cd/㎡ 미만 (야간)
저광도 E형태	붉은색	섬광(C)	비해당	비해당	32
중광도 A형태	흰색	섬광(20~60fpm)	20,000	20,000	2,000
중광도 B형태	붉은색	섬광(20~60fpm)	비해당	비해당	2,000
중광도 C형태	붉은색	고정	비해당	비해당	2,000

자료 : 항공장애 표시등과 항공장애 주간표지의 설치 및 관리기준(국토교통부고시 제2020-828호) [별표 1], 2020.11.18, 국토교통부

(나) 항공장애표시등 설치(안)

「항공장애 표시등과 항공장애 주간표지의 설치 의 관리기준」에 따라 풍력발전단지 내 표시등의 설치 간격은 900m 이내 여야한다.

발전단지 내 설치될 터빈은 총 38개의 터빈이며, 터빈간 거리는 대체적으로 0.9~3.2km 이상 간격에 따라 배치되어 있어 38개의 모든 터빈에 항공장애표시등이 설치될 것으로 판단된다.



(그림 4.5.3-13) 항공장애표시등 설치도(안)

(다) 항공장애표시등으로 인한 빛 공해 영향

본 사업에서 사용할 항공장애표시등의 최고광도는 20,000cd이며, 조도 변환 식을 활용하여 빛 공해 영향을 예측하였다.

<표 4.5.3-20> 조도 변환 계산식

- 조도 $E(lux) = \frac{I}{d^2} = \frac{20000}{(1000)^2} = 0.02$
여기서, I : 광원에서의 광도(cd), [20,000] d : 거리(m), [1,000]

해상풍력 터빈으로부터 1km 떨어진 지역에서 항공장애표시등의 빛의 세기가 주간 및 박명 시기에 0.02lux까지 급격하게 떨어지며, 야간에는 항공장애표시등의 최고광도가 1/10로 낮아져 1km 지역까지 도달하는 빛의 세기가 0.002lux까지 감소한다.

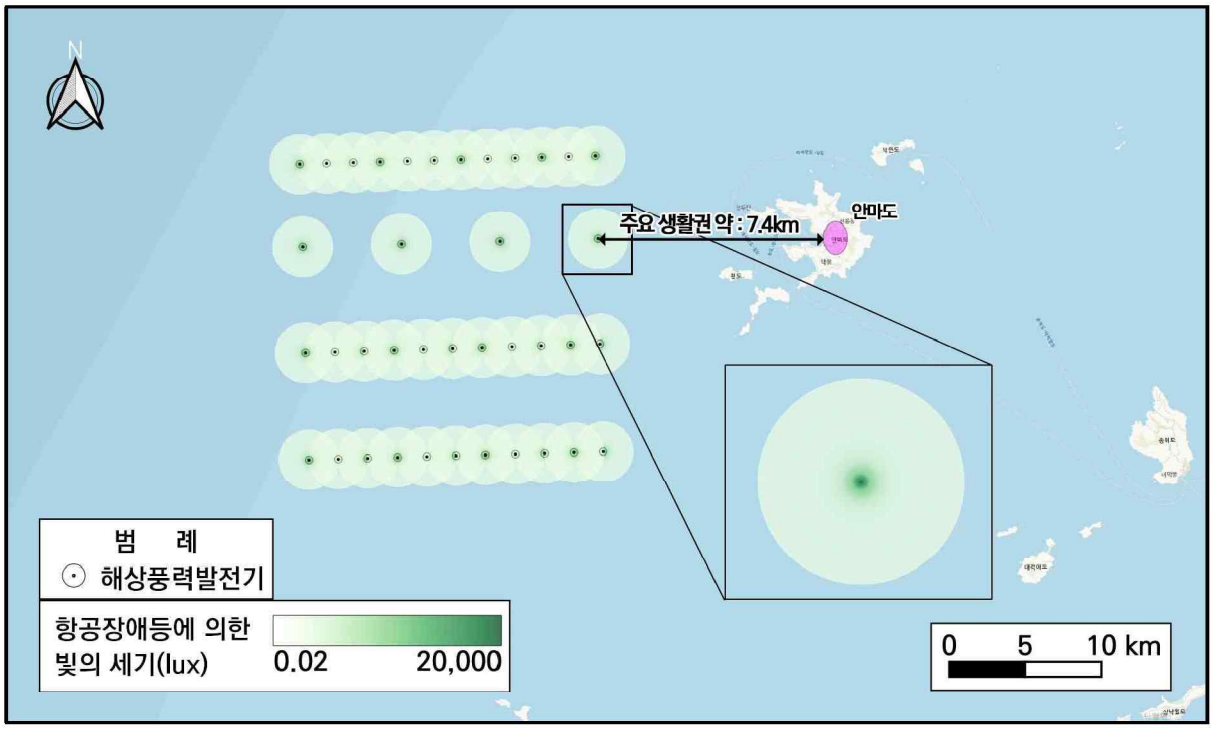
사람의 눈에 0.02~0.002lux 수준의 빛이 들어온다는 것은 대기광이 있는 달 없는 맑은 밤하늘의 세기라고 할 수 있다.

<표 4.5.3-21> 주요 인공광과 자연광의 조도

구 분		조 도(lux)	비 고
인공광	거실[1)]	50	
	일반 개인 사무실(키보드 식별)[2)]	300-400-600	
	인공 조명[1)] (책상 스탠드, 일반적인 TV 스튜디오 조명)	1,000	
자연광	대기광이 있는 달 없는 맑은 밤 하늘[3)]	0.002	
	맑은 밤의 보름달[3)]	0.27	
	맑은 하늘 아래의 어두운 황혼[4)]	3.4	
	낮[3)]	10,000~25,000	

자료 : 1. Strategic Study of Household Energy and Greenhouse Issues, June 1998, Pears, Alan
2. 국가표준인증 KS A 3011 조도기준, 1988, 산업통상자원부 국가기술표준원
3. Radiometry and photometry in astronomy FAQ, 2006, Paul Schlyter
4. Electro-optics handbook, c2000, Ediger, Marwood N ; Waynant, Ronald W

횡도, 오도, 안마도의 경우, 풍력발전기와 주민들이 거주하는 중심부까지 약 4.6~7.4km 이격되어 있으며, 0.0003~0.0009lux로 매우 어두운 밤의 빛의 세기보다 낮은 수치로 빛이 도달하기 때문에, 항공장애등으로 인한 빛공해의 영향이 거의 나타나지 않을 것으로 판단된다.



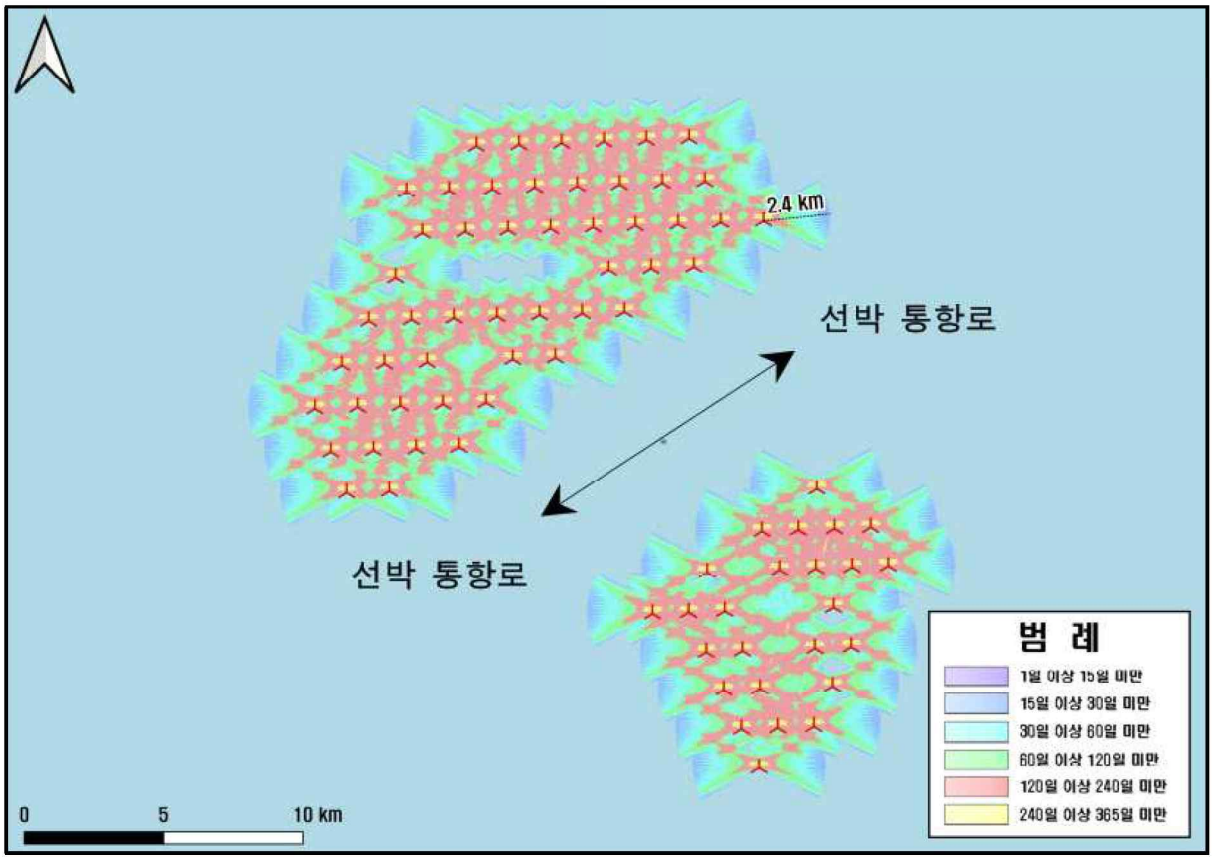
(그림 4.5.3-14) 항공장애표시등으로 인한 빛공해 영향 예측

(2) 블레이드 움직임으로 인한 그림자 깜빡임 영향

그림자 깜빡임(Shadow flicker) 현상이란, 이상의 풍력발전기에 의해 생성된 그림자 효과를 의미하며, 풍력터빈 뒤로 태양이 지나갈 때 그림자에 의해 발생하고 블레이드가 회전함에 따라 그림자가 같은 지점을 통과하여 그림자 깜빡임이라는 효과가 발생한다.

잠재적으로 민감한 수용체(예 : 주거용 건물, 작업장, 학습 및 의료 공간, 시설)가 근처에 있거나 풍력 에너지 시설에 특정 방향을 갖고 있는 경우 문제가 되기도 한다.

해상풍력 발전단지 운영시 블레이드 회전으로 인한 그림자 깜빡임 영향을 예측하기 위해 풍력발전기 제원(Hub Hcight 153.1m, Rotor diamctcr 236m)이 유사한 문헌자료 「울산 한국부유식/이스트블루파워 해상풍력 발전사업 환경영향평가(보완), 2024.06, 한국부유식풍력(주),이스트블루파워(주)」를 조사한 결과, 그림자 깜빡임 영향 범위는 터빈으로부터 최대 2.4km 이내로 판단되며, 본 사업의 풍력발전단지와 최인접 주거지역으로부터 최소 7.4km 이격되어 있으므로 그림자 깜빡임으로 인한 주변 주거시설 및 건물 등에 영향은 없을 것으로 예상된다.



(그림 4.5.3-15) 유사사례 그림자 깜빡임 예측 결과

라) 풍력발전기 설치 및 해체과정

해상풍력 사업이 종료 또는 중단될 경우 크레인과 잭업 바지 등을 이용하여 설치 순서의 역순으로 철거를 진행할 계획이며, 상부구조물을 해체하여 육상으로 운송후, 하부구조물은 해저면 1m 내외로 절단하고 절단 부위는 회수하여 적정처리(재활용 등)할 계획이다

따라서, 경관 변화 단계는 설치 전과 후로 구분되고 해체시는 설치 전과 동일한 경관으로 판단된다.

<표 4.5.3-22> 철거(해체)계획

구 분	철거(해체)계획	비 고
상부구조물	◦ 전력 차단 및 발전기내 전력시설 해체 ◦ 주변 시설물 및 외장 해체 ◦ 해체 운송 안정장치 장착(조금구 장착) ◦ 블레이드 분리 ◦ 나셀 및 허브 분리 ◦ 로터와 허브 제거 ◦ 나셀 제거 ◦ 타워 분리 ◦ 상부구조물 육상하역	
하부구조물	◦ 내부전선 제거 ◦ 수중부 인양용 플랫폼 및 인양 고리 설치 ◦ 수중부 인양 로프 설치 ◦ 수중부 절단작업 ◦ 수중부 인양 작업 ◦ 수중부 절단 길이 확인 ◦ 수중부 해체 후 육상하역	



주) 철거(해체)계획은 유사사례를 바탕으로 제시하였음

(그림 4.5.3-16) 철거(해체)계획 예시("한림해상풍력 기상탑 해체", 인터넷 발췌)

나. 저감방안 및 평가

풍력발전은 화석연료를 이용한 발전에 따른 오염현상을 방지하기 위한 신재생에너지로서 무공해 발전설비이며, 경관적인 측면에서 볼 때 해상교통수단의 항로가 사업지구를 인접하게 운항 중으로 관광객과 섬 이용객에게 볼거리를 제공할 것으로 예상되어 안마도 관광과 연계하여 새로운 관광명소로 활용할 수 있는 긍정적인 영향이 예상된다.

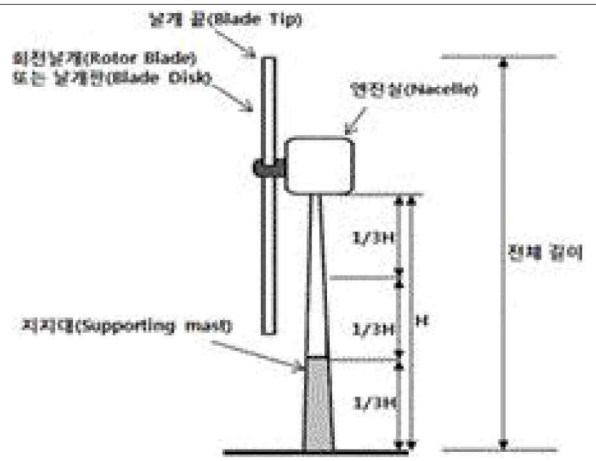
사업시행으로 인해 불가피하게 해양경관에 변화가 예상되는 바, 최대한 주변 환경과 조화를 이룰 수 있으며, 관련규정을 검토하여 적합한 색채계획을 수립할 계획이다.

1) 색채계획 검토

국내에 설치되는 모든 풍력발전터빈은 국토교통부에서 제시하는 「항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준」을 준수하여야 한다.

해당 규정에는 풍력터빈의 경우 주탑의 하부 1/3을 제외하고는 모두 흰색으로 채색하도록 규정하고 있어, 블레이드 및 주탑의 전체 채색은 관련 규정을 준수하기 위해 흰색으로 채색할 계획이다(단, 주탑 하부 기초의 경우에는 선박 충돌 등의 영향을 고려하여 적정 색상으로 채색할 계획임).

<표 4.5.3-23> 풍력터빈 관련 색채표지

관련내용	색채표지 모식도
제39조(색채의 표지) ⑥ 풍력 터빈의 경우에는 회전날개, 엔진실, 지지대의 상부 2/3는 흰색으로 채색해야 한다. 다만, 지방항공청장의 비행안전 확인결과 다른 방식으로 표시되어야 한다고 판단되는 경우는 제외한다.	 <그림 4-13> 풍력터빈의 색채 표지 방법

자료 : 항공장애물 관리 및 비행안전 확인 기준(국토교통부고시 제2022-353호)

또한, 상기 국토교통부 규정에서 제시하지 않는 하부 기초구조물의 경우, 해양수산부에서 제시하는 「항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준」을 준수하여 도색할 계획이다.

<표 4.5.3-24> 하부구조물 도색 예시

관련내용	도색 예시
제48조(풍력발전기 구조물의 표시) 해양풍력발전구조물은 다음 각 호의 기준에 따라 표시해야 한다. 1. 도색 가. **고정식 해양풍력발전 구조물: 최고 만조위 선상에서 최대 30미터를 넘지 않는 범위에서 황색으로 도색** 나. 부유식 해양풍력발전 구조물: 수면상으로부터 6미터에서 최대 30미터를 넘지 않는 범위에서 황색으로 도색 다. **최소 15미터 이상 도색**해야 하며, 필요한 경우, 황색 횡대의 높이가 2미터를 넘지 않도록 교차 도색 가능	

자료 : 1. 항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준(해양수산부고시 제2024-52호)
2. 사진출처 : 전자신문 / 세주 탐라해상풍력 발전기

4.5.4 전파장해

가. 사업계획 변경으로 인한 예측 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른, 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 해상풍력발전단지 및 해저송전선로 노선을 중심으로 전파장해 영향여부를 중점적으로 검토하여 제시하였다.

※ 육상부 변경사항과 관련된 영향예측 및 저감방안은 당초 환경보전방안검토서(2024.8)에 반영하여 제시하였음

1) 예측항목

◦ 전자계 기준

◦ 해상변전소에 의한 전자파 영향

◦ 해저송전선로에 의한 전자파 영향

◦ 해양생태계의 영향

2) 예측범위

◦ 사업지구 및 주변지역

3) 예측방법

◦ 문헌 및 유사측정사례 적용

4) 예측결과

금회 사업계획 변경으로 인한 해상변전소 및 해저송전선로에 따른 전자파 영향을 예측하기 위해 문헌자료 및 유사측정사례를 조사한 결과, 금회 사업지구 운영으로 인한 전자파영향은 미미 할 것으로 판단된다.

가) 전자계 기준

(1) 국내기준

전기설비기술기준에 따라 일반인 기준으로 전계 3.5kV/m, 자계 83.3㎲T 이하가 되도록 하여 상시 정전유도 및 전자유도 작용에 의하여 사람에게 위험을 줄 우려가 없도록 시설을 설치하여야한다.

<표 4.5.4-1> 전자계 국내기준

구 분	전계(kV/m)	자계(㎲T)	비 고
전기설비기준	3.5	83.3	지표상 1m · 일반인 기준, ICNIRP 기준 준용

자료 : 전기설비기술기준, 산업통상자원부고시 제2023-197호

나) 해상변전소에 의한 전자파 영향

한국전력공사에서 제공하는 전국 변전소(440개소)에 대한 자계 측정치의 평균값은 0.084㎲T, 최대값은 13.16㎲T로 전기설비기준(자계 83.3㎲T 이하)을 만족하는 것으로 조사되었다.

따라서, 사업지구에서 운영 예정인 해상변전소 운영에 따른 전자파 영향은 관련 기준을 충족하여 영향은 미미할 것으로 판단된다.

〈표 4.5.4-2〉 전국 변전소 자계측정치(440개소)

전 압	형태별	평균 자계값(㎲T)	최대 자계값(㎲T)
765kV	옥외 GIS	1.097	7.86
345kV	옥외 철구	1.047	12.25
	옥외 GIS	0.918	13.16
	옥내 GIS	0.414	2.30
154kV	옥외 철구	0.363	6.04
	옥외 GIS	0.286	4.18
	옥내 GIS	0.250	8.02
	지하 GIS	0.170	0.97
합 계	440개소	0.084	13.16

자료 : 한국전력공사 홈페이지(home.kepco.co.kr), 2024

다) 해저송전선로에 의한 전자파 영향

(1) 유사사례1(송전선로)

타 사업장(제주 탐라 해상풍력단지)에서의 수중전자기장 측정결과, 해저송전선로 주변에서 0.008㎲T, 비영향해역에서 0.0006㎲T으로 조사되었다.

제주 탐라 해상풍력단지 해저송전선로 자계 측정결과, 전기설비기술기준(산업통상자원부 고시 제2023-197호)에 따른 전자계 국내기준은 83.3㎲T의 0.006~0.851% 수준으로 기준을 하회하므로 전자기장으로 인한 영향은 미미할 것으로 판단된다.

〈표 4.5.4-3〉 제주 탐라 해상풍력단지 해저송전선로 자계 측정결과

구 분	자계 측정치(㎲T)		비 고
	해저송전선로 주변(실험구)	비영향해역(대조구)	
전자기장(60Hz)	0.0083	0.0006	-

주) 비영향해역(대조구)는 해상풍력기로부터 450m 이격됨

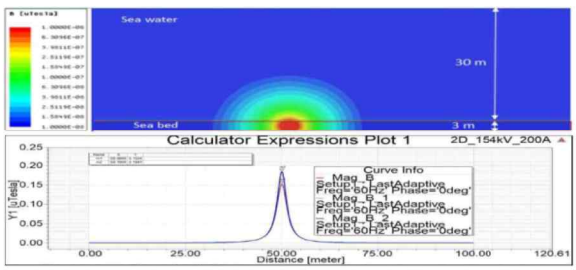
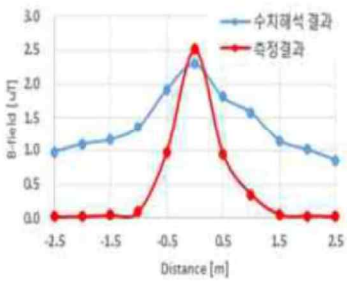
자료 : 해상풍력 단지 해양공간 환경 영향 분석 및 데이터베이스 구축, 2021, KEI

(2) 유사사례2(송전선로)

국내 현재 운영중인 타 사업상(서남해 해상풍력 실증단지)을 모델로한 해저케이블 전자기장 분포 예측 결과와 실측결과, 전자파 노출량은 예측결과 2.3μT, 실측값은 2.5μT로 조사되었다.

따라서, 전기설비기술기준에 만족하며, 해상부 송전선로로 인한 전자기장 영향은 미미할 것으로 판단된다.

<표 4.5.4-4> 서남해 해상풍력단지 해저송전선로 자계 측정결과

구 분	내 용		비 고
조사 대상	◦ 서남해 해상풍력 실증단지(3MW×20기) 해저케이블 - 단일케이블(154kV) 모델링 예측 및 서남해 해상풍력 단지 적용 예측		
모델링 및 실측 결과 비교	◦ 단일케이블(154kV) 모델링 예측 결과. 케이블 인접지점 0.18μT, 10cm 직상지점 0.15μT로 예측됨 ◦ 단일케이블 모델링을 서남해 해상풍력에 적용결과, 해상변전소 주변에서 가장 높은값 확인 - 전자파 노출량은 예측결과 2.3μT(실측값은 2.5μT로 조사됨)		
			
	단일 케이블 모델링	서남해 해상풍력 적용 모델링	

자료 : 해상풍력발전단지 전자기장분포 예측 모델 설계 및 분석연구(2023년도 한국전자파학회 동계종합학술대회 논문집, Vol.5, No.1 2023.02.15~18, 이재민 등)

(3) 유사사례3(송전선로)

국외 전자기장 영향에 대한 실측 및 예측사례를 조사한 결과, 275kV 기준 해저면 1m에서 계산된 자기장은 최대 41mG(4.1μT)로 예측되었고, 전기장은 2.3mV/m로 예측되었다. 이러한 자기장 및 전기장은 해저케이블에서 거리가 멀어질수록 급격히 감소하는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다.

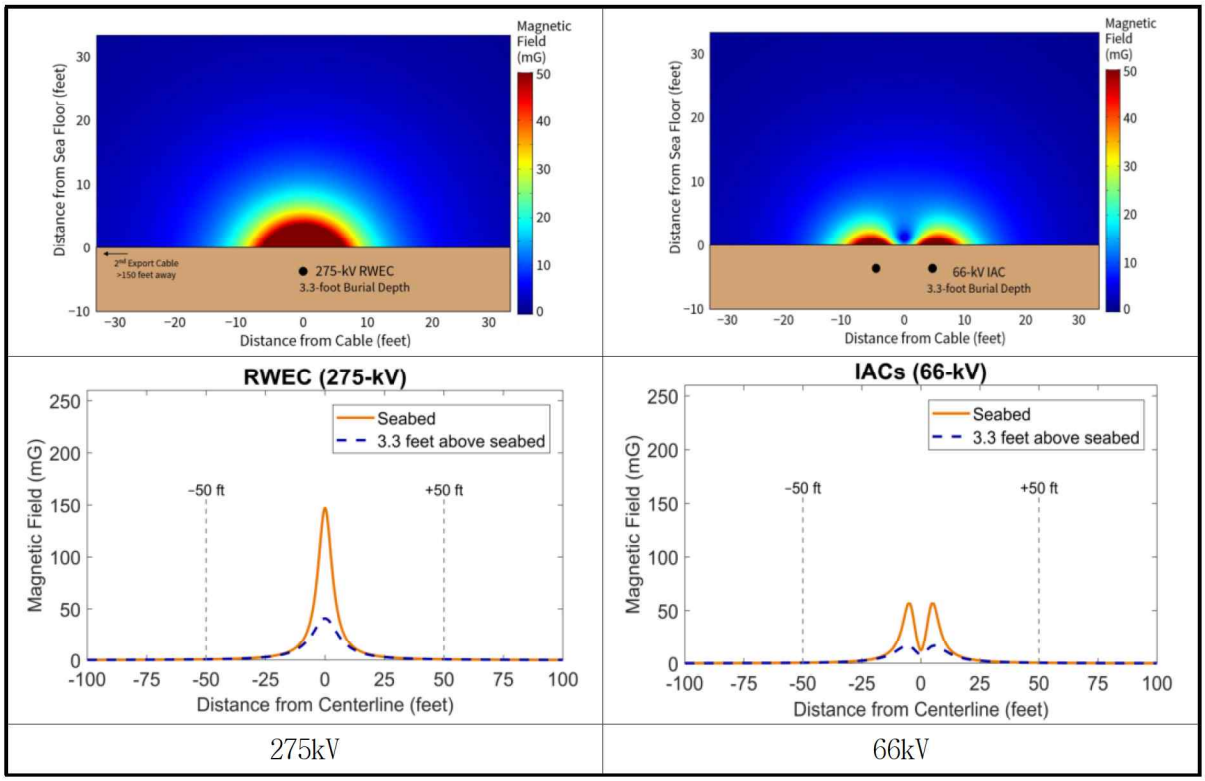
따라서, 금회 계획한 해저 송전선로 외부망 230kV, 내부망 66kV는 문헌자료의 케이블 전압보다 낮거나 같으며, 최소 해저면 약 2.5m 이상의 깊이에 해저 송전선로를 포설하기 때문에 전자기장 영향은 더 적을 것으로 판단된다.

<표 4.5.4-5> 유사사례 해저케이블 전자기장 예측결과

구 분		수평방향 이격거리			비 고
		최대값	약 3m 이격	약 9.1m 이격	
자기장 (mG)	275kV	41	13	2.1	외부망
	66kV	17	12	1.7	내부망
전기장 (mV/m)	275kV	2.3	1.3	0.5	외부망
	66kV	1.3	1.1	0.4	내부망

주) 약 1m(3.3ft) 깊이에 매설된 해저케이블의 전자파 예측 결과임

자료 : Revolution Wind Farm Offshore Electric-and Magnetic-Field Assessment, Exponent, March 2021



자료 : Revolution Wind Farm Offshore Electric-and Magnetic-Field Assessment, Exponent, March 2021

(그림 4.5.4-1) 해저케이블 전자기장 예측 결과(약 1m 매설)

(4) 문헌자료(송전선로)

「조력 및 해상풍력사업 환경영향평가방안 연구Ⅱ. 해상풍력발전사업, 2012, KEI」에 따르면, 전자기장의 세기는 전력 케이블의 형태나 용량에 따라 달라질 수는 있지만, 전력 케이블 주변에 국한하여 전자기장이 형성되는 것으로 나타난다고 조사되었다.

1) 전력 케이블

프로펠러와 말뚝을 갖춘 해상풍력발전 시설이 일반적으로 사람에게 보이는 시설이지만, 여기서 생산한 전력을 육지로 보내기 위해서는 해저에 전력 케이블을 매설해야 한다. 전력 케이블은 그냥 해저에 늘어뜨리는 방식이 아니라 일반적으로 해저에 약 1m 정도 깊이의 도랑을 파고 설치한다. 도랑을 만들기 위해 고압 물분사기를 이용하거나 물리적으로 파내기도 하는데, 보통 도랑이 2m 정도의 폭을 갖는 수준이다. 비록 전력 케이블의 길이가 수 킬로미터에 달하지만 매설에 필요한 도랑의 폭과 깊이가 소규모이고, 전력 케이블을 매설한 후 수 시간 내지 수일이 지나면 안정화되기 때문에 전력 케이블이 해양환경에 큰 영향을 미친다고 보기에는 어렵다. 관련된 연구(Ministerie van Economische Zaken, 2000)에서도 그 영향은 무시할 만한 수준이라고 밝혔다. 다만 전력 케이블이 지나가는 곳에 환경적으로 민감한 보호지역이 있어 불가피하게 횡단을 하게 되면 보호지역과 관련된 법률에서 정한 훼손행위나 행위규제에 해당하는지 추가적으로 살펴볼 필요가 있다. 해저에 매설되는 전력 케이블은 선형이기 때문에 비록 길이가 길더라도 차지하는 공간이 크지 않지만 결국 수가 많아지면 문제가 된다. 더욱이 해상풍력발전 단지가 여러 곳에 건설되면 각각의 발전 단지에서 연안 육지에 있는 전력계통에 연계하는데, 이는 불가피하게 전력을 연결하는 곳을 많이 만들게 되어 환경적으로나 경제적인 측면에서 불리하다. 때문에 여러 해상풍력발전 단지를 연결해서 하나의 전력케이블이 육상의 전력계통에 연계되는 방식도 가능한 방법으로 꼽힌다(신철오 · 육근형, 2011).

자료 : 조력 및 해상풍력사업 환경영향평가방안 연구Ⅱ. 해상풍력발전사업, 2012, KEI

다) 해양생태계의 영향

(1) 해양생태계

풍력터빈을 연결하고 전력을 송신하는 계통연계선(해저케이블)은 전기장 및 자기장을 만들고, 이러한 전자기장이 어류 및 해양생물에 미치는 영향을 파악하고자, 「Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWave EnergyTRUST」 에 제시된 내용을 인용하여 제시하였다.

(가) 저서생물

저서생물 종의 자기장에 대한 민감도 정보는 거의 없었으며, 비슷한 크기의 갑각류에 대한 몇몇 연구가 진행되었다.

카리브닭새우(Panulirus argus)의 경우, 지구 자기장을 이용해 방향을 잡으며, 통제된 실험에서 자기극 역전시 방향을 변경하는 것은 확인하였으나, 부정적 영향은 관찰되지 않았다(Jernakoff, 1987).

진주담치, 둥근게, 곰새우, 넙치 등을 3.7mT의 정적 자기장에 여러주 동

안 노출시켰을 때 실험군과 대조군 사이의 생존율 차이는 발견되지 않았다(Bochert and Zettler, 2004).

다만, 진주담치에는 생화학적 영향을 주어 수분과 아민계 질소가 각각 20%, 15% 감소하는 영향이 나타나 일부 자기장의 영향을 받을 수 있음을 보여주었다(Aristharkhov et al., 1988).

<표 4.5.4-6> 저서생물에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
곰새우 둥근게 진주담치	생존	3.7mT (37G)	-	-	없음	Bochert and Zettler(2004)
진주담치	생화학 지표	5.8, 8, 80mT (58, 80, 800G)	-	-	수분 20% 감소, 아민계 질소 15% 감소	Aristharkhov et al.(1988)
성게류	발달변이	10～100mT (100～1000G)	-	-	초기 배아의 유사 분열 주기 지연 및 외분비 발생률 증가	Levin and Ernst(1997)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(나) 경골어류

뱀장어는 자기장에 민감하며, 12,663에서 192,473 nT의 B-필드에 노출된 실험에서 심박수 감소와 같은 유의미한 조건 반응을 보였다(Nishi et al. 2004).

그러나 다른 장어 종들은 뱀장어와 같은 반응을 보이지 않았다. 예를 들어, 유럽뱀장어는 고전압 DC 전선이 있는 환경에서 약 60%가 전선을 건너며, 이동 경로에 장애물이 되지 않음을 시사했다(Westerberg와 Begout-Anras 2000).

연어류는 인위적인 E-필드에 영향을 받을 수 있지만 B-필드에 대한 영향은 제한적이다. E-필드에 노출된 연어와 장어의 심박수가 상승할 수 있다고 보고했다(Marino와 Becker 1977). “첫 반응”은 0.5에서 7.5 V/m의 필드에 노출될 때 발생하며, 이온 반응(즉, 물고기가 전기적으로 충전된 양극 쪽으로 헤엄침)은 0.025 V/m에서 15 V/m의 필드 강도에서 발생하였으며, 유해한 영향은 15 V/m 이상의 필드 강도에서만 발생한다(Balayev 1980, Balayev와 Fursa 1980).

태평양 연어는 지구 자기장, 천체 나침반, 태어난 하천의 냄새를 이용하여 내비게이션을 하나(Quinn et al. 1981), 연어의 행동은 여러 자극에 의해 지배되며, 인공적인 전기장 자극은 효과가 없는 것으로 나타났다(Yano et al. 1997).

<표 4.5.4-7> 경골어류에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
유럽넙치	생존	3.7mT (37G)	-	-	없음	Bochert and Zettler(2004)
연어류, 장어	서맥	-	7~ 70μV/cm	-	심박수 상승	Marino and Becker(1977)
	첫 반응	-	0.5~ 7.5V/cm	-	아가미, 지느러미 떨림	
	음극 반응	-	0.025~ 15V/cm	-	음극 전하방향 이동	
	전기 마취, 마비	-	15V/cm	-	전기 마취, 마비	Balayev(1980), Balayev and Fursa(1980)
유럽 뱀장어	이주	지구 자기장 10m 거리 크기	-	-	약 60% 케이블 횡단	Westerberg & Begout-Anras(2004)
뱀장어	자기민감도	12,663~ 192,473nT	-	-	유의미한 조건부 반응 보임	Nishi et al.(2004)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(다) 판새류(연골어류)

판새류는 일반적인 생활에서부터 자연상태의 전자기장을 활용하며, 상대적으로 다른종들보다 민감도가 높은 것으로 알려져 있다.

전기장의 민감성과 관련해서는 연구별로 차이가 있으나, 일반적으로 연골어류는 5×10-7에서 10-3 V/m의 전기장에 민감하여, 이 수준에서는 일반적으로 원천에 끌리지만, 1 μV/cm 이상에서는 일반적으로 원천을 회피한다(Kalmijn 1982, Gill와 Taylor 2002).

철갑상어류는 약한 전기신호를 이용해 먹이를 찾을 수 있으며, 상어는 1/8에서 8 Hz의 EM 필드를 탐지하며, 일정한 속도로 회전함으로써 주변 E-필드를 탐색할 수 있고(Kalmijn 2000), 이를 통해 지구의 B-필드를 이용해 항해할 수 있다(Walker et al. 2003).

대서양홍어도 상어와 유사한 주파수 범위에서 반응을 보이며, 호흡기와 심장리듬에 영향을 보였다(Kalmijn, 1966).

<표 4.5.4-8> 판새류(연골어류)에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
상어	교류 민감도	모두	모두	1/8~ 8Hz	기본 기능 영향	Kalmijn(2000b), Walker et al.(2003)
청새리 상어	전기장 민감도	-		-	반복 회전, 시설 공격	Kalmijn(1982)
소형 곱상어	전기장 민감도	-	<0.021μV/cm	-	신호원 18cm 이격지점 공격	Kalmijn(1982)
대형 곱상어	전기장 민감도	-	5nV/m	-	신호원 38cm 이격지점 공격	Kalmijn(1982)
홍어	심장 반응	-	1×10^{-9}V/m	5Hz (일정방형파)	심장 반응	Kalmijn(1966)
대서양 홍어	호흡기 및 심장 반응	-	10^{-6}V/m	5Hz (일정방형파)	호흡기 및 심박리듬 영향	Kalmijn(1966)
	심장 반응	-	4×10^{-5}V/m	5Hz (일정방형파)	심박수 저하	Kalmijn(1966)
노랑 가오리	방향감각	-	<5nv/m 해류와 유사	-	전기장 기준 방향설정 가능	Kalmijn(1982)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

(라) 검토결과 요약

저서생물의 자기장 민감도에 대한 정보는 제한적이며, 카리브닭새우는 지구 자기장을 이용해 방향을 잡는 것으로 확인되었으나 부정적 영향은 없었다. 진주담치와 둥근게 등은 3.7 mT의 정적 자기장에 여러 주 노출되어도 생존율 차이는 없었다.

경골어류인 뱀장어는 지기장에 민감히여 실험에서 심박수 감소 반응을 보였으나, 다른 장어 종은 유사한 반응을 보이지 않았고, 유럽뱀장어나 연어류의 이동에 전자기장 영향은 거의 없는 것으로 검토되었다.

전반적으로 해양생태계에 전자기장이 미치는 영향은 제한적인 것으로 검토되었으며, 대부분 전기장을 이용하여 이동하는 분류군에 일부 영향을 줄 수 있음은 밝혔으나, 실제 이동에는 다른 요인에 의하여 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

해저 송전선로 유사사례(<표 4.5.4-5> 참조) 검토결과, 해저면 약 1m 에서 275kV 기준 자기장은 최대 41mG(4.1μT), 전기장은 2.3mV/m로 예측되었으며, 해저 송전선로에서 거리가 멀어질수록 급격히 감소하는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다.

본 사업은 최소 해저면 약 2.5m 이상의 깊이에 해저 송전선로를 포설할 계획으로 예측을 실시한 조건보다 깊게 매설할 계획이며, 실제 송전전압 또한 문헌자료 대비 낮은 수준으로 실제 전자기장 영향은 보다 감소될 것으로 예상된다.

또한, 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저질에 의한 자계 차폐효과로 인하여 전자기장에 의한 해양동·식물상에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

(2) 해양포유류

사업지구 내에서 발전되는 전력은 모두 육상 계통연계를 위해 해저케이블을 지나도록 계획되어 있으며, 이러한 계통연계선은 전기장 및 자기장을 형성한다고 알려져 있다. 고래와 돌고래는 자기장 강도와 준위가 낮은 지역을 찾아 이동하는 것을 가능하게 하는 유용한 "자기장 지도"를 형성(walker et al., 2003[1])하며, 많은 고래 및 돌고래는 지구 자기장의 총강도가 0.5mG(5×10-4G) 이하로 떨어질 때 좌초현상에 민감한 것으로 알려져 있다. 통계적으로 민감한 종으로는 흔한 돌고래인 큰코돌고래, 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래가 있으며(Kirschvink et al., 1986[2]), 이빨고래, 수염고래의 집단 좌초현상은 지역적인 자기장 변이와 연관이 있다고 연구자료에서 보고하고 있다(Kirschvink et al., 1986).

멸멸 고래목의 종들은 자기장을 지리적 특성이 없는 외해역에서 장거리 이동을 정확하게 하기 위해서 이용하는 것으로 알려져 있으며, Valberg(2005)[3]의 연구는 상어가 잠수함 전기케이블 주위의 낮은 전기장지역에서 영향을 받

1) Walker, M.M., C.E. Diebel, and J.L. Kirschvink. 2003. Detection and use of the Earth's Magnetic Field by Aquatic Vertebrates, Pp. 53-74 In Sensory Processing in Aquatic Environments (S.P. Collins and N.J. Marshall, eds). Springer, New York.

2) Kirschvink, J.L. , A.E. Dizon, and J.A. Westphal. 1986. Evidence from Strandings of Geomagnetic Sensitive Cetaceans. Journal of Experimental Biology 120:1-24.

3) Valberg, P.A. 2005. Memorandum Addressing Electric and Magnetic Field (EMF) Questions - Draft. Cape Wind Energy Project, Nantucket Sound.

을 가능성이 거의 없는 반면, 전자기장의 변화는 고래의 폐사(좌초)에 상당한 연관이 있다고 기술하고 있다.

다만, 본 사업은 해저면 최소 2.5m 이상의 깊이에 해저 송전선로를 포설할 계획으로 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저질에 의한 자계 차폐효과로 인하여 전자기장에 의한 해양포유류에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

<표 4.5.4-9> 해양포유류에 미치는 전자기장 영향

종	조사항목	자기장	영 향	참 고
고래, 돌고래	이동	지자기 영역 ±0.5mG	자기강도, 준위 낮은 지역을 이동하는 자기지도 이용	Walker et al.(2003)
돌고래, 큰코돌고래 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래	좌초민감도	지자기 영역 ±0.5mG	통계적으로 좌초에 매우 민감	Kirschvink et al.(1986)

자료 : Electromagnetic Field Study : Effects of electromagnetic fields on marine species: A literature review, 2010, OregonWaveEnergyTRUST

나. 저감방안 및 평가

해상풍력 발전단지 운영에 따른 전파장해 영향예측 결과, 해양생물에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 판단되며, 해저케이블은 최소 2.5~3.5m 깊이에 매설할 계획으로 실제 영향은 더욱 적을 것이다.

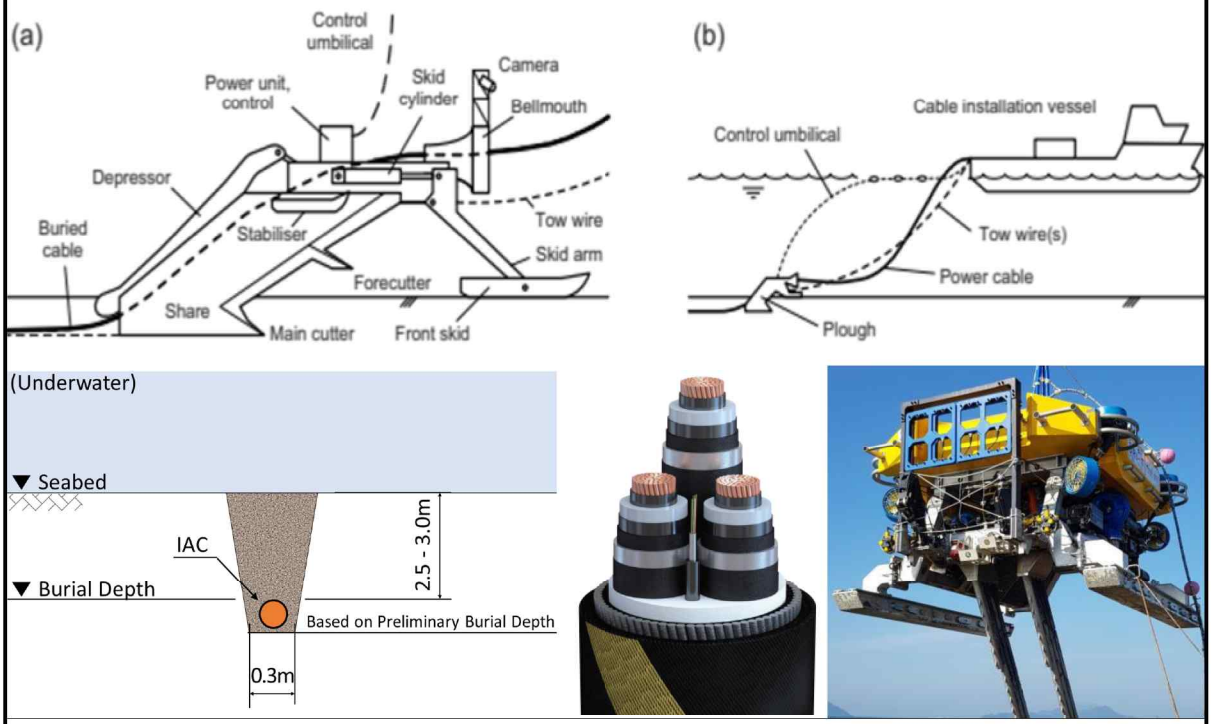
또한, 전자기장에 따른 해양생물의 영향을 모니터링 할 계획이며, 영향이 있을 경우, 추가적인 저감방안을 제시할 예정이다.

<표 4.5.4-10> 해저케이블 규격

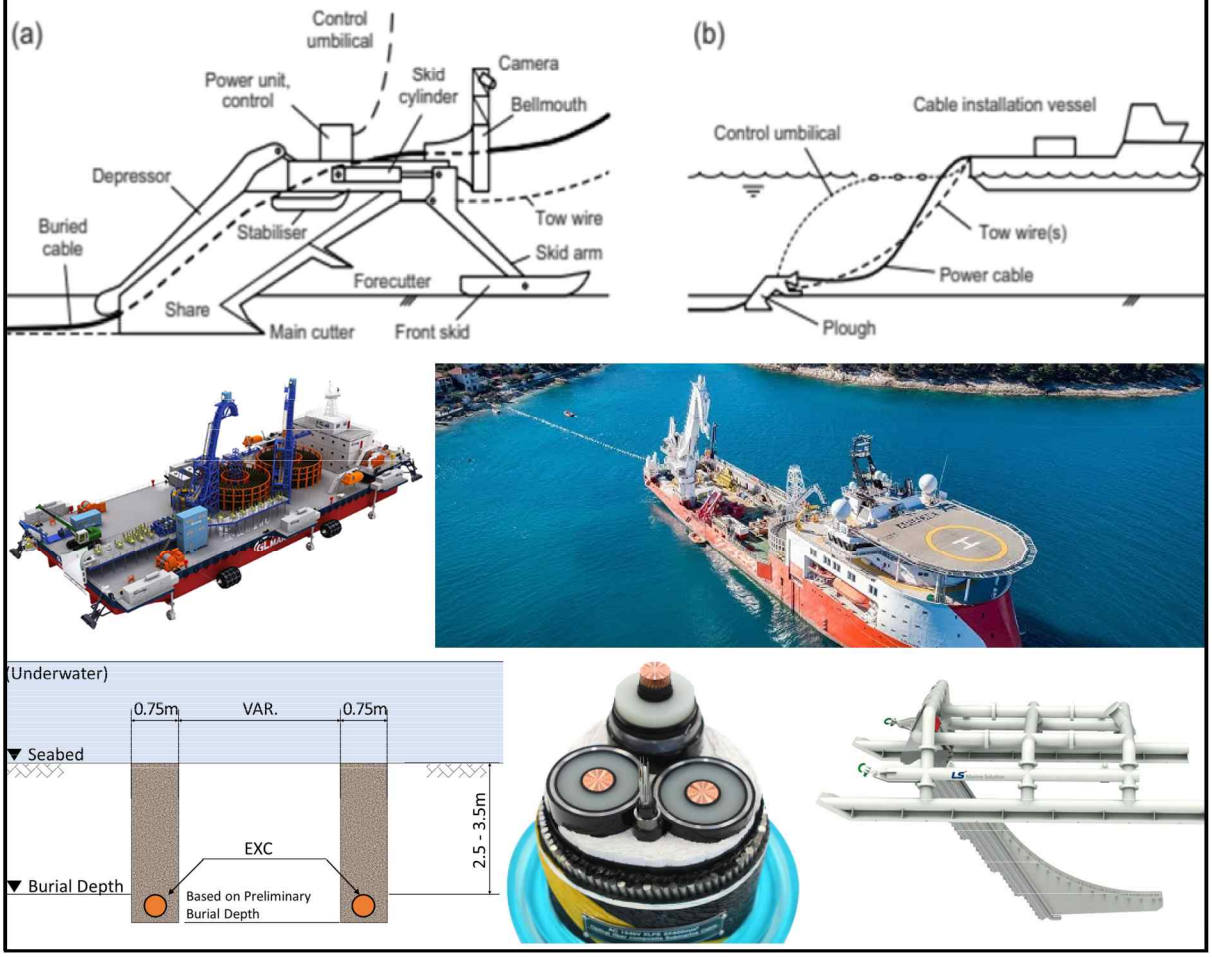
구 분	내부망(해저)	외부망(해저)
설치구간	발전단지~OSS	OSS~육상L.P
전 압	66kV	230kV
Group (가닥)	1구역 : 3심 2구역 : 3심	1구역 : 3심 2구역 : 3심
케이블 규격	XLPE C-500~800㎟	XLPE 3C-1200~2000㎟
선로연장	약 90.2km	약 41.9km
포설방법	굴착 후 포설	굴착 후 포설

<표 4.5.4-11> 해상부 송전선로 포설 모식도(안)

내부망(해저)



외부망(해저)



다. 사후환경영향조사 계획

본 사업시행으로 인한 사업지구 및 주변지역의 전자기장 영향을 파악할 수 있도록 현황조사 항목 및 방법에 준하여 조사를 실시하여 동 사업은 물론 유사사업의 시행 시 기초자료로 활용토록 할 계획이다.

또한, 환경보전방안 검토의견에 따라 전자기장에 따른 해양 동·식물상의 영향을 모니터링하기 위하여 해양 동·식물상의 조사위치에 따라 전자기장 조사위치를 변경하였다.

<표 4.5.4-12> 사후환경영향조사 계획 주요 변경사항

구 분	기 협의시	금 회	비 고
전자기장	◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점	◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점 (조사위치 변경)	금 회 변경사항 반 영

1) 조사지역

◦ 사업지구 및 주변지역

2) 조사방법 및 주기

◦ 조사방법 : 현지조사

◦ 조사기간 : 공사시 및 운영시 5년까지

◦ 조사주기 : 공사시 및 운영시 1회/분기

3) 조사내용

<표 4.5.4-13> 사후환경영향조사 계획 (전자기장)

구 분	조사항목	조사지점	조사방법	조사주기	비 고
공사시 및 운영시	◦전자기장	◦발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점 (조사위치 변경)	◦현지조사	◦1회/분기	-

주) 조사지점 및 위치도는「제5장 사후환경영향조사 계획」편 참조

4.6 사회 · 경제환경분야

4.6.1 산업

가. 사업계획 변경으로 인한 영향 · 평가

금회 사업계획 변경사항은 발전기 개소수 축소에 따른 배치계획 변경, 해상변전소 용량 및 위치 변경에 따른 해저송전선로 노선이 일부 변경되었다.

따라서, 세부적으로 변경된 공사계획 변경사항과 관련하여 금회 사업지구 및 주변 지역 산업에 미치는 영향을 검토·예측하였다.

1) 경제적 효과

◦ 본 사업은 영광군 낙월면 안마도 서측 해상에 해상풍력발전단지를 계획함에 따라, 전력생산에 따른 발전산업에 긍정적인 영향이 예상됨

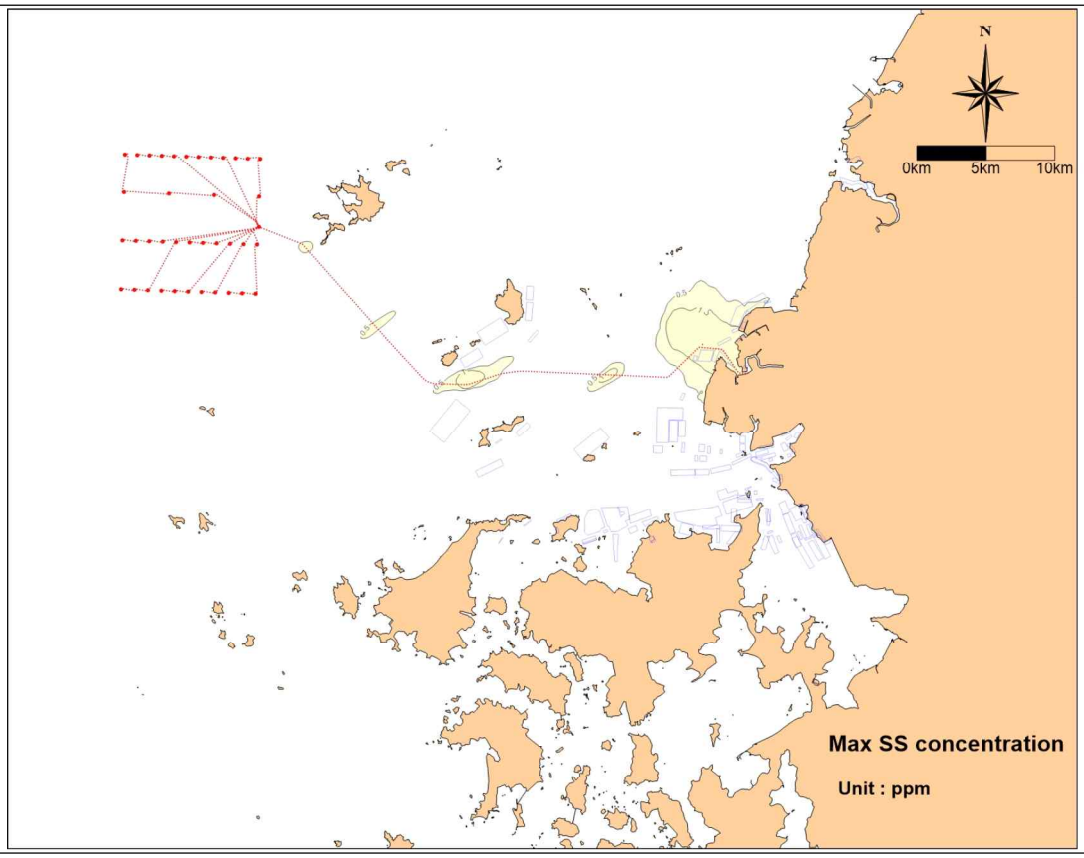
◦ 또한, 공사시 지역업체 고용에 의한 건설인부 투입 및 건설에 필요한 장비, 자재 등의 구입으로 지역 내 도·소매업 등이 활성화될 것으로 예상되며, 건설 기간 중 지역주민의 고용기회 확대 등의 시행에 따라 지역경제 활성화에 기여할 것으로 예상됨

◦ 운영시 대규모 해상풍력 발전단지와 지역 관광단지 연계 관광상품 개발, 해상풍력 관람 유람선 운영, 홍보관 건립 및 교육프로그램 운영 등으로 인한 지역주민 부가수익 창출이 발생할 것으로 기대됨

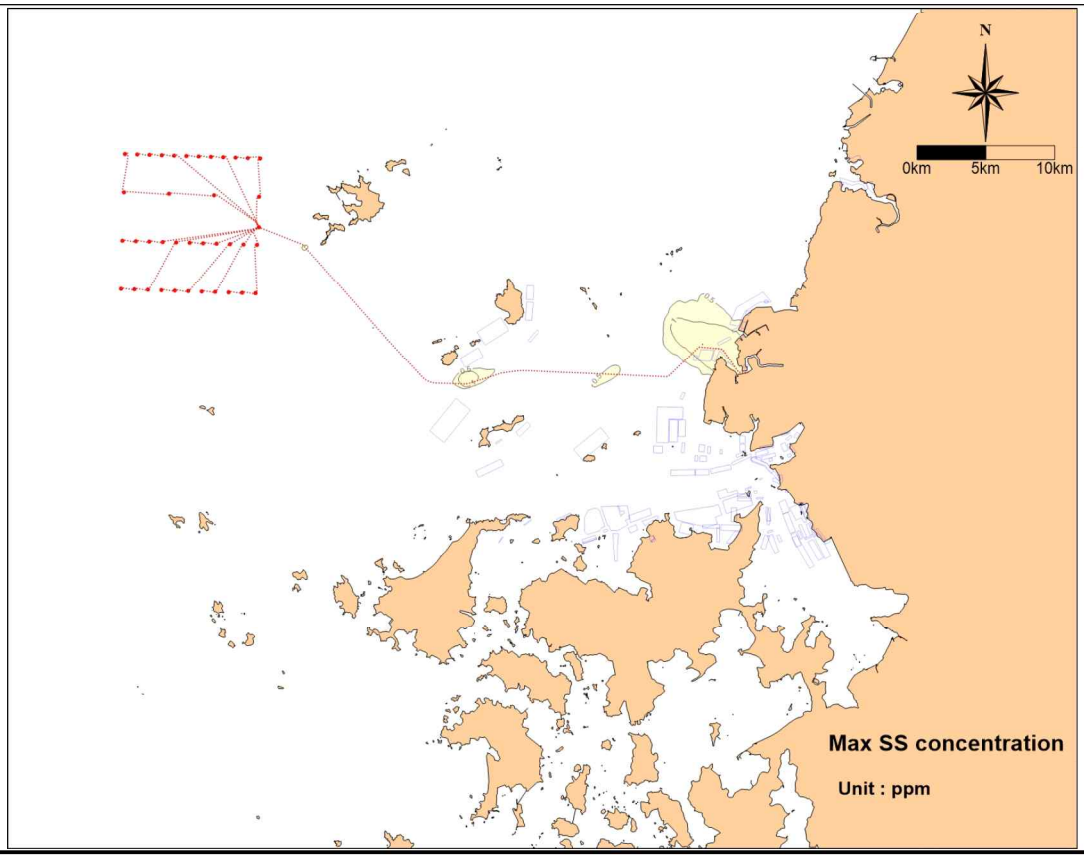
2) 발전기 및 송전선로 설치로 인한 어업권 영향

본 사업시행에 따라 사업지구 주변에 위치하는 어업권의 직·간접적인 영향이 예상되나, 어업권은 해상에서 육상으로 연결되는 해저송전선로 부근에 국한되어 있으며, 실제 연안부 공사는 간조시 육상화 공사를 실시할 계획으로 부유사에 의한 영향은 미미할 것으로 판단된다(세부 부유사확산실험 결과는「4.3.2 해양수질 및 퇴적물」편 참조).

공사강도 조절 전



공사강도 조절 후



(그림 4.6-1) 부유사 누적 최대 확산 범위 (저층)

다. 저감방안 및 평가

1) 부유사 확산 저감방안

본 사업으로 인한 어업피해를 최소화하기 위하여 해양수질(SPM 등)의 주기적인 모니터링을 실시할 계획이며, 추후 필요시 상대적으로 유속 및 파고가 느린 저수심구간 주변 현장 여건을 고려하여 이동식 수질오염방지막을 설치하여 공사 시행중 발생되는 부유사 확산에 따른 영향을 최소화 할 계획이다.(「4.3.2 해양수질 및 저질」편 참조)

2) 어업피해보상 진행 현황

본 사업으로 인해 사업지구 주변에 위치하는 어업권의 직·간접적인 영향이 예상되므로 「수산업법」 규정에 근거한 적법한 보상절차를 실시하여 민원발생을 최소화할 계획이다.

제 5 장

사후환경영향조사 계획

제5장 사후환경영향조사 계획

5.1 사후환경영향조사 개요

본 사업의 사후환경영향조사는 공사 단계별로 구분(육상부 및 해상부)하여 시행할 계획이며, 단계별 세부계획은 다음과 같다.

<표 5-1> 사후환경영향조사 계획 요약

구 분	내 용	비 고
시행주체	◦안마해상풍력㈜	-
조사기간	◦공사시 : 공사 착공시~준공시(실제 공사 준공) -1단계(육상부 공사시) 및 2단계(해상부 공사시) ◦운영시 : 준공후 5년간	◦단계별 착공에 따라 공사시 조사기간 상이
조사내용 (조사항목)	◦대기질, 수질, 토양, 지형·지질, 친환경적자원순환, 온실가스, 육상 동·식물상, 해양 동·식물상, 해양포유류, 해양수질 및 퇴적물, 해양물리, 소음·진동, 전자기장	◦단계별 착공에 따라 조사항목 상이
조사주기/지점	◦항목별 상이	-

<표 5-2> 단계별 사후환경영향조사 계획

구 분		1단계	2단계
개 요		◦육상부 공사시 (25년 착공예정) -변전소 및 육상송전선로 등	◦해상부 공사시 (27년 착공예정) -해상풍력발전기, 해상변전소, 해저케이블 등
승인절차		◦개발행위허가 (㉮ 제56조) ◦건축허가 (건축법 제11조) ◦공사계획 인가 (전기사업법 제61조)	◦공유수면 점용·사용허가 및 실시계획 승인 (㉯ 제8조,제17조) ◦공사계획 인가 (전기사업법 제61조)
조사기간	공사시	◦육상부 착공시~전체공사 준공시	◦해상부 착공시~전체공사 준공시
	운영시	◦전체공사 준공(시운전 제외[2])후 5년간	◦좌 동
조사항목		◦대기질, 수질, 토양, 지형·지질, 친환경적자원순환, 온실가스 ◦육상 동·식물상(육상부에 한함) ◦소음·진동(육상부에 한함)	◦전체 항목 (해상부 조류 조사, 수중소음, 전자기장, 해양환경 항목 등)

주) 1. ㉮ : 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, ㉯ : 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률
2. 공사완료 후 약 1년간 시운전을 실시할 계획으로, 운영시 사후환경영향조사는 상업운전시(공식 운영시) 시작할 계획임

5.2 항목별 세부 조사계획

기수립 환경보전방안에서 수립한 사후환경영향조사 계획 대비 24년 9월 환경보전방안 검토시 검토의견으로 제시된 사후환경영향조사 계획의 변경사항을 추가로 반영하였으며, 사업지구 주변 해저지형 변화에 대한 조사계획을 합리적으로 변경하였다.

본 사업은 공사기간 총 5년으로 1단계 육상부(25년착공예정), 2단계 해상부(27년 착공예정)으로 단계별 공사시 사후환경영향조사를 실시하며, 공사완료후 1년 시운전기간을 갖은 후, 운영시 사후환경영향조사를 실시 할 계획이다.

또한, 금회 사업계획 변경사항에 따라 변경된 인공어초 실치계획을 반영하여 사후환경영향조사시 모니터링계획을 제외하는 것으로 변경하였다.

<표 5-3> 사후환경영향조사 계획 주요 변경사항

구 분		2차 환경보전방안시	금 회	비 고
조사기간	공사시	◦육상부 착공시~전체공사 준공시	◦해상부 착공시~전체공사 준공시	사업기간 반 영
	운영시	◦전체공사 준공후 5년간	◦전체공사 준공(시운전기간 제외)후 5년간	
대기질		◦대기질 현황조사(유지목표 농도) -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 조사지점 1개소	◦대기질 현황조사(유지목표 농도) -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 및 추가지점 총 2개소	환경보전 방 안 검토의견 반 영
수질		◦지표수질 -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 조사지점 2개소	◦지표수질 -조사시기 : 공사시 -조사지점 : 현황 및 추가지점 총 3개소	
해양수질·해양퇴적물		◦해양수질·해양퇴적물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 조사정점 15개소	◦해양수질·해양퇴적물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 및 추가정점 총 15개소	
전자기장		◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점	◦전자기장 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점 (조사위치 변경)	
해양 동·식물상		◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 조사정점 15개소	◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물 -조사시기 : 공사시 및 운영시 -조사지점 : 현황 및 추가정점 총 15개소	
		◦인공어초 모니터링 -조사위치 : 인공어초 인근 해역 -조사시기 : 운영시 -조사주기 : 1회/반기	◦ <삭 제>	금 회 변경사항 반 영
해양물리		◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 공사시 1회/반기, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	◦수심측량(해저지형 모니터링) - 조사시기 : 준공전 1회, 운영시 1회/년 - 조사위치 : 해상풍력 단지 및 송전선로구간 - 조사방법 : 현지조사	

<표 5-4> 사후환경영향조사 계획 (1/4)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
대기질	공사시	◦대기질 현황조사(PM-10, PM-2.5, NO_2) - 유지목표 농도	◦현황 및 추가지점 : 총 2개 지점 (민원발생시 추가)	◦대기오염공정시험기준	◦1회/분기
		◦저감방안 이행여부 - 민원발생 여부, 살수시설, 살수차량 운행 여부 등	◦사업지구 및 주변지역	◦현지조사	
육상동·식물상	운영전	◦조류 사전 모니터링 (카메라 이용 조류 출현 영상 감시, AI시스템의 조류 종 인식 데이터 보완)	◦횡도 등 안마도 주변 1개소	◦현지조사	◦상시 (운영 이전 1년간)
		◦ESIA 조류 조사(출현종, 개체수, 비행고도, 비행방향 등)	◦사업지구 및 주변지역	◦현지조사	◦1회/월(년 12회) (운영 이전 1년간)
	공사시	◦육상 식물상 - 식물상, 식생현황 - 생태계 교란식물 분포현황 (추가 유입 여부)	◦육상부 송전선로 및 변전소	◦현지조사	◦1회/반기 (춘·추계)
		◦육상 동물상 : 포유류, 양서·파충류, 육상곤충류			
		◦육수 동물상 : 어류, 저서성대형무척추동물 - 분류군의 분포현황 - 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부			
		◦조류 - 분류군의 분포현황 - 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부	◦현황조사지역 (St.1~4)		◦1회/분기
		◦저감대책 및 적정운영 여부 - 귀화식물 및 생태교란식물에 대한 관리방안 여부 - 비산먼지 발생 최소화 여부 - 토사유출 저감계획 준수여부 - 특정야생생물(법정보호종) 교육 등 시행여부	◦사업지구 및 주변지역		◦1회/반기 (춘·추계)
	운영시	◦조류 - 서식환경 변화에 따른 분포 현황 - 법성보호종 서식·출현 및 변화 여부 - 풍력발전단지 및 주변지역 조류 이동방향 조사(주변 개발사업 누적) - 풍력발전기 조류충돌 모니터링 - 조류 풍력발전단지 이용현황(휴식, 취식, 피난 등) 조사 - 조류충돌 저감방안 운영실태 조사	◦사업지구 및 주변지역 (St.1~3, 7~9)		◦1회/2개월(년 6회)

〈표 5-4〉 사후환경영향조사 계획 (2/4)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
해양동·식물상	공사시	◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조하대 저서동물	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점	◦현지조사	◦1회/분기
		◦조간대 저서동물(해조류 포함) - 경성조간대, 연성조간대	◦현황 조사정점 : 경성조간대 7개 정점 : 연성조간대 3개 정점 (상·중·하)	◦현지조사	
		◦해산어류	◦현황 조사정점 : 7개 정점	◦현지조사	
		◦잠수조사	◦현황 조사정점 : 2개 정점	◦현지조사	
	운영시	◦동·식물플랑크톤 ◦어란 및 자치어 ◦조히대 저서동물	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점	◦현지조사	◦1회/분기
		◦조간대 저서동물(해조류 포함) - 경성조간대, 연성조간대	◦현황 조사정점 : 경성조간대 7개 정점 : 연성조간대 3개 정점	◦현지조사	
		◦해산어류	◦현황 조사정점 : 7개 정점	◦현지조사	
		◦잠수조사	◦현황 조사정점 : 2개 정점	◦현지조사	
해양포유류	공사시	◦해양포유류	◦사업지구 및 주변지역 (발전구역 및 송전선로 주변지역)	◦현지조사	◦1회/분기
	운영시				◦1회/분기
지형·지질	공사시	◦보존가치가 있는 지형·지질 유산 존재 여부 및 조치사항 ◦사업지구 및 주변지형 추가 훼손여부 및 복구여부 ◦발생토량 적정 처리여부 ◦사면처리대책 적정 시행여부	◦사업지구	◦현지조사	◦1회/분기
해양물리	공사시 운영시	◦조석	◦현황조사지점 : 1개 정점	◦현지조사	◦1회/반기(공사시) ◦1회/년(운영시)
		◦파랑			
		◦연속조류 및 연속부유사	◦현황조사지점 : 2개 정점		
		◦수심측량(해저지형 모니터링)	◦해상풍력 단지 및 송전선로구간		◦1회/준공전(공사시) ◦1회/년(운영시)

주) 음영은 기존 협의내용을 반영하거나 변경된 조사계획임

<표 5-4> 사후환경영향조사 계획 (3/4)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
해양수질·해양퇴적물	공사시	◦해양수질 : 수온, 염분, pH, DO, 투명도, 저층포화도, COD, TOC, SPM, T-N, T-P, DIN, DIP, 대장균군수, Cr^{6+}, Zn, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, CN, 페놀, 유기인, PCBs, 용매추출유분, 클로로필-a, 규산규소, Fe, Mn (31개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점 (표·저층)	◦해양환경공정시험기준	◦1회/분기
		◦해양수질 : SPM	◦총 4 정점 : 배설위치 2정점 : 대조구 반경 50m, 100m 각 1정점		◦1회/월
		◦해양저질 : 입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Cr, NI, PCBs, PAHs, Li, Al, Fe, Mn, Co (22개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점		◦1회/분기
	운영시	◦해양수질 : 수온, 염분, pH, DO, 투명도, 저층포화도, COD, TOC, SPM, T-N, T-P, DIN, DIP, 대장균군수, Cr^{6+}, Zn, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, CN, 페놀, 유기인, PCBs, 용매추출유분, 클로로필-a, 규산규소, Fe, Mn (31개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점 (표·저층)		◦1회/반기
		◦해양저질 : 입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Cr, NI, PCBs, PAHs, Li, Al, Fe, Mn, Co (22개 항목)	◦현황 및 추가정점 : 15개 정점		
친환경적자원순환	공사시	◦폐기물 관련 인·허가 사항 여부 ◦작업인부에 의한 생활폐기물 및 분뇨의 적정처리 여부 ◦건설장비로부터 배출되는 폐유의 적정처리 ◦폐기물관리대장 비치 및 기록여부	◦폐기물 발생 및 보관지역	◦현지조사	◦1회/분기
	운영시	◦풍력발전기 폐유류 처리 적정처리 여부	◦사업지구	◦현지조사	◦1회/반기

〈표 5-4〉 사후환경영향조사 계획 (4/4)

구 분		조사항목	조사지점	조사방법	조사주기
수질	공사시	◦지표수 : pH, COD, BOD, SS, DO, 대장균군수, TOC, T-P 등 총 8개 항목	◦현황 및 추가지점 : 3개 지점	◦수질오염공정시험기준	◦1회/분기
		◦토사유출 저감방안 이행여부 점검 - 침사지, 가배수로	◦저감방안 설치지점	◦현지조사	
	운영시	◦지표수 : pH, COD, BOD, SS, DO, 대장균군수, TOC, T-P 등 총 8개 항목	◦현황 조사지점 : 1개 지점	◦수질오염공정시험기준	◦1회/반기
토양	공사시	◦Cd, Cu, As, Pb, 6가크롬, Zn, Ni, F, 유기인화합물, PCB, CN, 페놀, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TPH, TCE, PCE, 벤조(a)피렌(20개 항목)	◦폐유보관소 주변 : 1개 지점	◦토양오염공정시험기준	◦1회/분기 (폐유보관소 설치시)
소음·진동	공사시	◦주·야간 소음·진동	◦현황조사지점 : 1개 지점	◦소음·진동공정시험기준	◦1회/분기
		◦수중소음	◦현황조사지점 : 10개 지점		◦1회/분기(항타시)
	운영시	◦수중소음	◦현황조사지점 : 10개 지점	◦소음·진동공정시험기준	◦1회/분기
		◦저주파소음	◦현황조사지점 : 1개 지점(안마도)	◦소음·진동공정시험기준	◦1회/분기
온실가스	공사시	◦공사장비 투입계획 및 효율적인 장비투입 점검 ◦작업장비 공회전 여부	◦사업지구	◦현지조사	◦1회/반기
전자기장	공사시	◦전자기장	◦발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점	◦현지조사	◦1회/분기
	운영시	◦전자기장	◦발전단지 및 해저케이블 구간 : 10개 지점	◦현지조사	◦1회/분기

<표 5-5> 사후환경영향조사 지점

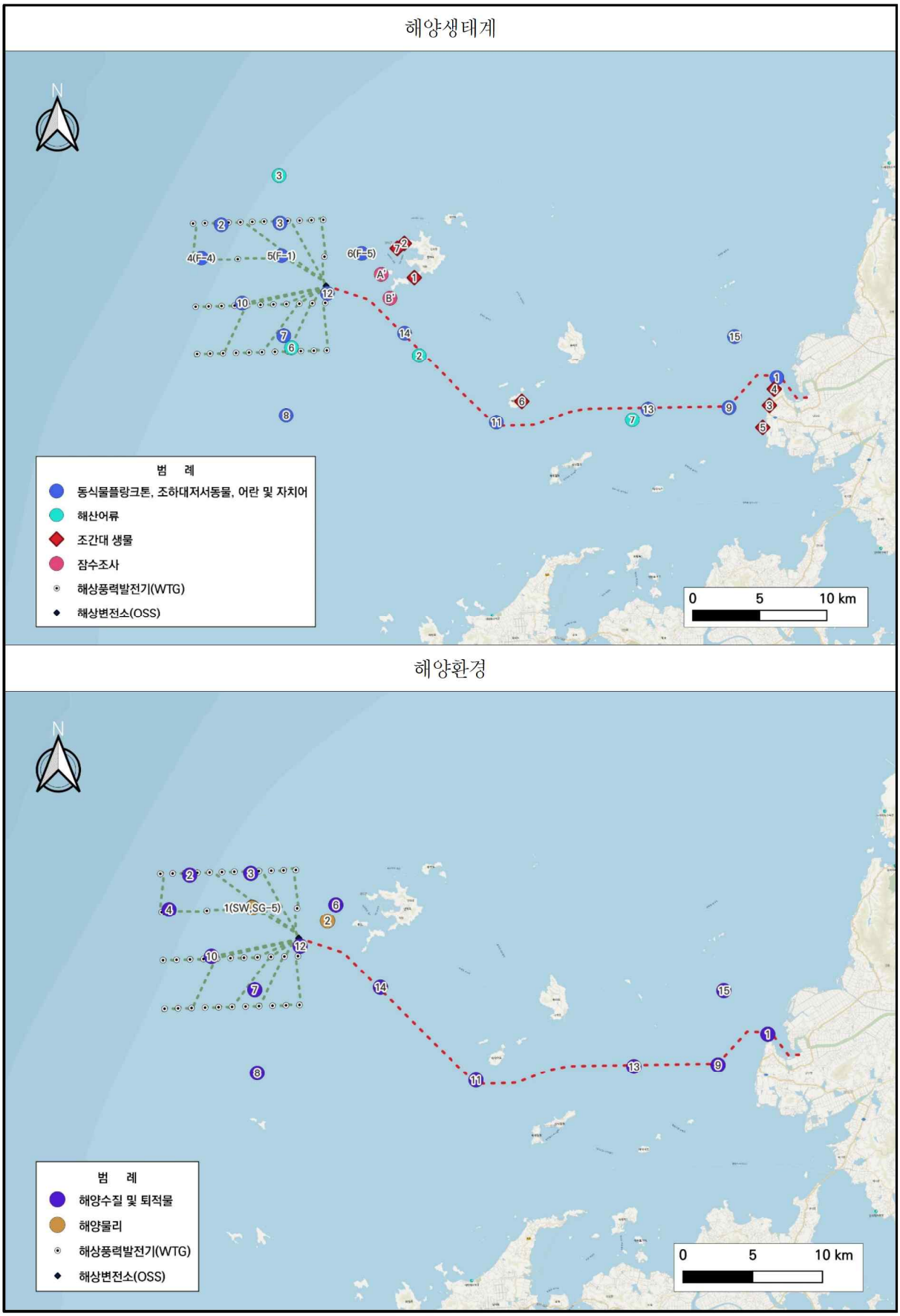
구 분			조 사 지 점		환경영향평가시 조사지점	비 고
			위 도	경 도		
대기질(A)		A-1	N 35° 14′ 22.18″	E 126° 20′ 01.25″	A-9	㉨
		A-2	N 35° 14′ 04.77″	N 126° 20′ 08.23″	추가 지점	
수질(W)		W-1	N 35° 14′ 27.52″	E 126° 19′ 32.67″	W-4	㉨, ㉩
		W-2	N 35° 14′ 34.85″	E 126° 20′ 20.27″	W-5	㉨
		W-3	N 35° 14′ 35.02″	E 126° 19′ 56.82″	추가 지점	㉨
해양수질(SW) 및 해양퇴적물(SG)		SW, SG-1	N 35° 15′ 26.08″	E 126° 18′ 37.02″	변경 지점	㉨, ㉩
		SW, SG-2	N 35° 22′ 19.02″	E 125° 51′ 28.00″	SW, SG-10-1	
		SW, SG-3	N 35° 22′ 19.02″	E 125° 54′ 22.00″	SW, SG-2-1	
		SW, SG-4	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 50′ 26.30″	SW, SG-3	
		SW, SG-5	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 54′ 23.50″	SW, SG-4	
		SW, SG-6	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 58′ 21.05″	SW, SG-5	
		SW, SG-7	N 35° 17′ 46.50″	E 125° 54′ 23.50″	SW, SG-6	
		SW, SG-8	N 35° 14′ 32.60″	E 125° 54′ 23.50″	SW, SG-8	
		SW, SG-9	N 35° 14′ 18.43″	E 126° 16′ 13.05″	변경 지점	
		SW, SG-10	N 35° 19′ 08.20″	E 125° 52′ 23.19″	SW, SG-16	
		SW, SG-11	N 35° 14′ 00.23″	E 126° 04′ 45.92″	SW, SG-18	
		SW, SG-12	N 35° 19′ 25.54″	E 125° 56′ 36.08″	송전선로 좌표 조정	
		SW, SG-13	N 35° 14′ 20.90″	E 126° 12′ 14.66″	송전선로 좌표 조정	
		SW, SG-14	N 35° 17′ 43.86″	E 126° 00′ 20.72″	송전선로 좌표 조정	
		SW, SG-15	N 35° 17′ 10.48″	E 126° 16′ 36.47″	SW, SG-26	
소음·진동(N·V)		N·V-1	N 35° 14′ 22.18″	E 126° 20′ 01.25″	N·V-8	㉨
저주파소음(N)		N-1	N 35° 20′ 50.46″	E 126° 01′ 24.91″	정온시설 영향예측지점	㉩
수중소음(AP)		AP-1	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 43′ 11.00″	-	㉨, ㉩
		AP-2	N 35° 21′ 34.08″	E 125° 53′ 16.00″	-	
		AP-3	N 35° 17′ 48.08″	E 125° 53′ 37.00″	-	
		AP-4	N 35° 21′ 39.00″	E 125° 57′ 11.00″	-	
		AP-5	N 35° 20′ 02.06″	E 125° 57′ 07.02″	-	
		AP-6	N 35° 18′ 11.01″	E 125° 57′ 06.05″	-	
		AP-7	N 35° 20′ 53.06″	E 126° 00′ 36.08″	-	
		AP-8	N 35° 18′ 45.07″	E 126° 00′ 26.07″	-	
		AP-9	N 35° 14′ 00.03″	E 126° 04′ 45.07″	-	
		AP-10	N 35° 13′ 48.00″	E 126° 14′ 39.00″	-	
토 양(S)		S-1	사업지구 내 폐유보관시설		S-1	㉨
육상 동·식물상	육상 동·식물상	1	육상부 송전선로 및 변전소 주변지역		1	㉨
	육수 동물상(Sw)	Sw.1	N 35° 14′ 48.72″	E 126° 20′ 37.28″	Sw.1	
		Sw.2	N 35° 14′ 41.29″	E 126° 20′ 14.79″	Sw.2	
		Sw.3	N 35° 14′ 18.38″	E 126° 20′ 03.41″	Sw.3	
	조류 (ESIA)	St.1	안마도 및 해상풍력발전단지 주변지역		St.1	㉨, ㉩
		St.2	해저송전케이블 매설지 주변지역		St.2	
		St.3	해저송전케이블 매설지 주변지역		St.3	
		St.4	육상 송전선로 및 변전소		St.4	㉨
		St.7	안마도 일대		St.7	㉩
		St.8	송이도 일대		St.8	
		St.9	칠산도 일대		St.9	

주) ㉨ : 공사시, ㉩ : 운영시

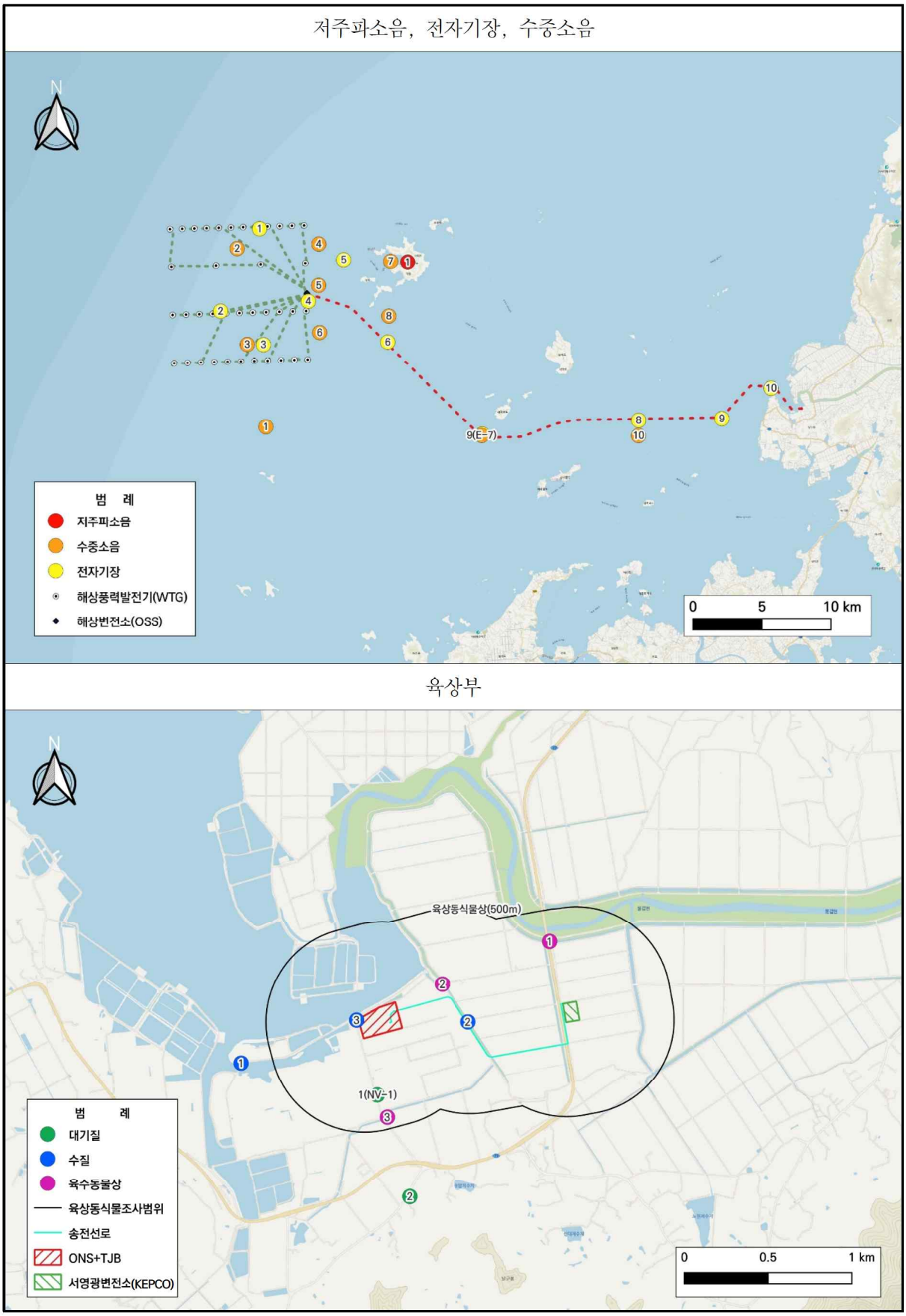
〈표 5-5〉 계 속

구 분			조사지점 위도	조사지점 경도	환경영향평가시 조사지점	비 고
해양동·식물상	동·식물플랑크톤, 조하대저서동물, 어란 및 자치어 (ST)	ST-1	N 35° 15′ 26.08″	E 126° 18′ 37.02″	변경 지점	㉥, ㉦
		ST-2	N 35° 22′ 19.02″	E 125° 51′ 28.00″	ST-10-1	
		ST-3	N 35° 22′ 19.02″	E 125° 54′ 22.00″	ST-2-1	
		ST-4	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 50′ 26.30″	ST-3	
		ST-5	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 54′ 23.50″	ST-4	
		ST-6	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 58′ 21.05″	ST-5	
		ST-7	N 35° 17′ 46.50″	E 125° 54′ 23.50″	ST-6	
		ST-8	N 35° 14′ 32.60″	E 125° 54′ 23.50″	ST-8	
		ST-9	N 35° 14′ 18.43″	E 126° 16′ 13.05″	변경 지점	
		ST-10	N 35° 19′ 08.20″	E 125° 52′ 23.19″	ST-16	
		ST-11	N 35° 14′ 00.23″	E 126° 04′ 45.92″	ST-18	
		ST-12	N 35° 19′ 25.54″	E 125° 56′ 36.08″	송전선로 좌표 조정	
		ST-13	N 35° 14′ 20.90″	E 126° 12′ 14.66″		
		ST-14	N 35° 17′ 43.86″	E 126° 00′ 20.72″		
		ST-15	N 35° 17′ 10.48″	E 126° 16′ 36.47″	ST-26	
	조간대 생물 경성 (T)	T-1	N 35° 19′ 57.11″	E 126° 00′ 54.53″	T-1	
		T-2	N 35° 21′ 21.01″	E 126° 00′ 28.01″	T-2	
		T-3	N 35° 14′ 20.56″	E 126° 18′ 12.53″	T-3	
		T-4	N 35° 14′ 59.09″	E 126° 18′ 28.31″	T-4	
		T-5	N 35° 13′ 26.56″	E 126° 17′ 50.46″	T-5	
		T-6	N 35° 14′ 49.34″	E 126° 06′ 02.85″	T-7	
		T-7	N 35° 21′ 09.47″	E 126° 00′ 06.54″	T-8	
	조간대 생물 연성 (SB)	SB-1	N 35° 14′ 20.56″	E 126° 18′ 12.53″	S-3	
		SB 2	N 35° 14′ 59.09″	E 126° 18′ 28.31″	S 4	
		SB-3	N 35° 13′ 26.56″	E 126° 17′ 50.46″	S-5	
	해산어류 (F)	F-1	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 54′ 23.50″	F-1	
		F-2	N 35° 16′ 48.09″	E 126° 01′ 02.09″	F-2	
		F-3	N 35° 24′ 13.70″	E 125° 54′ 23.50″	F-3	
		F-4	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 50′ 26.30″	F-4	
		F-5	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 58′ 21.05″	F-5	
		F-6	N 35° 17′ 17.20″	E 125° 54′ 45.00″	F-6	
		F-7	N 35° 13′ 56.03″	E 126° 11′ 27.00″	-	
	잠수조사	A'-1	N 35° 20′ 07.50″	E 125° 59′ 17.04″	횡도	
		B'-1	N 35° 19′ 09.36″	E 125° 59′ 40.68″	옥섬	
해양포유류		발전구역 및 송전선로 주변해역			-	
해양물리 (T, W, PC, CS)		T, W-1	N 35° 20′ 59.08″	E 125° 54′ 23.09″	T, W-1	
		PC, CS-1	N 35° 20′ 59.08″	E 125° 54′ 23.09″	PC, CS-1	
		PC, CS-2	N 35° 20′ 22.03″	E 125° 57′ 56.08″	PC, CS-5	
전자기장 (E)		E-1	N 35° 22′ 19.02″	E 125° 54′ 22.00″	SW, SG, ST-3	
		E-2	N 35° 19′ 08.20″	E 125° 52′ 23.19″	SW, SG, ST-10	
		E-3	N 35° 17′ 46.50″	E 125° 54′ 23.50″	SW, SG, ST-7	
		E-4	N 35° 19′ 25.54″	E 125° 56′ 36.08″	SW, SG, ST-12	
		E-5	N 35° 21′ 00.00″	E 125° 58′ 21.05″	SW, SG, ST-6	
		E-6	N 35° 17′ 43.86″	E 126° 00′ 20.72″	SW, SG, ST-14	
		E-7	N 35° 14′ 00.23″	E 126° 04′ 45.92″	SW, SG, ST-11	
		E-8	N 35° 14′ 20.90″	E 126° 12′ 14.66″	SW, SG, ST-13	
		E-9	N 35° 14′ 18.43″	E 126° 16′ 13.05″	SW, SG, ST-9	
		E-10	N 35° 15′ 26.08″	E 126° 18′ 37.02″	SW, SG, ST-1	

주) ㉥ : 공사시, ㉦ : 운영시

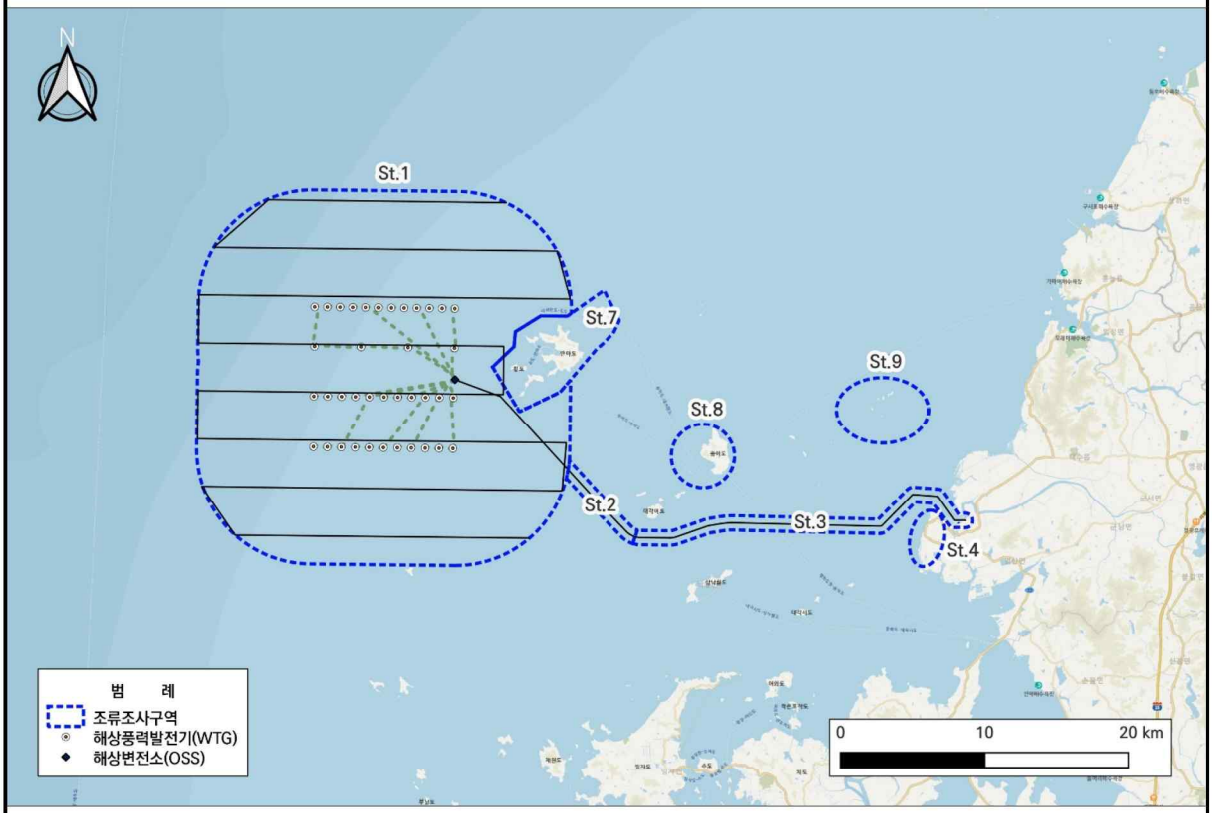


(그림 5-1) 사후환경영향조사 지점도 (1/3)

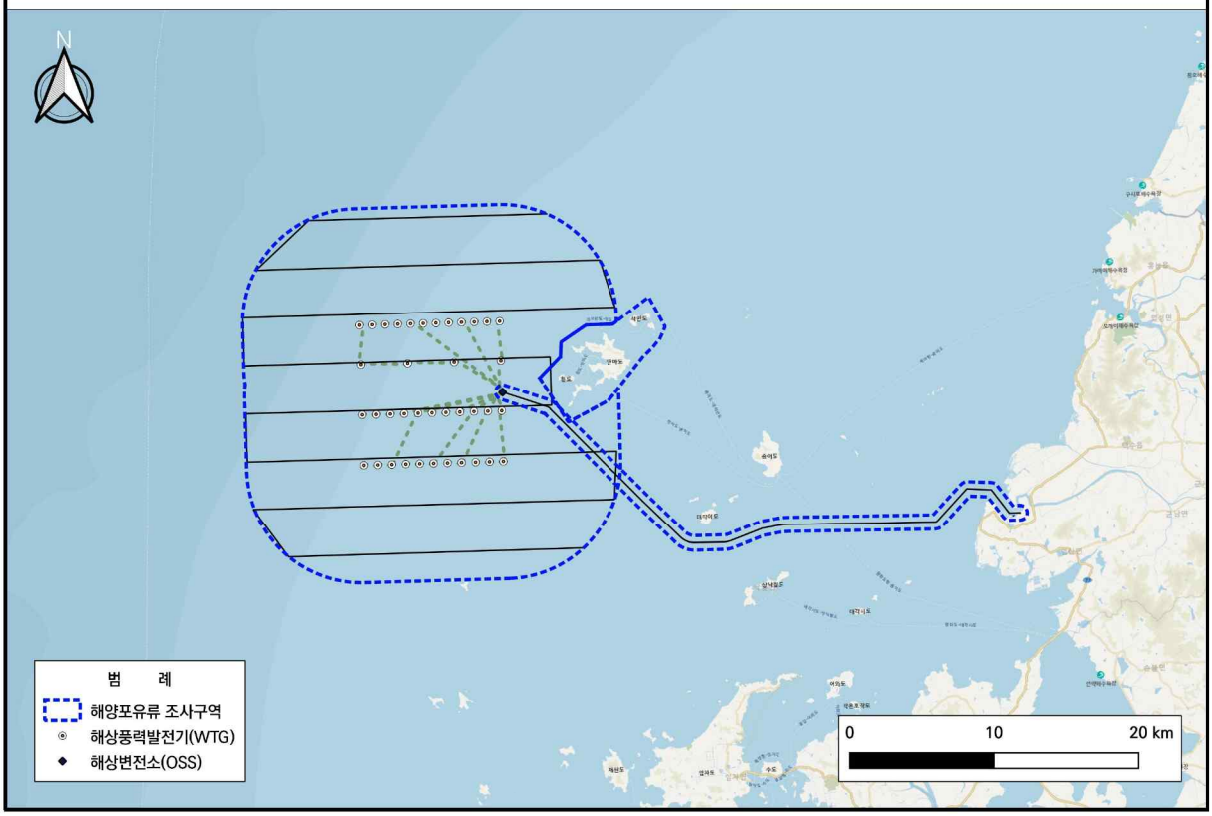


(그림 5-1) 사후환경영향조사 지점도 (2/3)

조류



해양포유류



(그림 5-1) 사후환경영향조사 지점도 (3/3)

제 6 장 부 록

6.1 평가서 작성 등 참여자 인적사항
6.2 관련문서
6.3 육상 동물상 목록
6.4 공중소음 모델링 기초자료
6.5 해양수치모형실험 결과

제6장 부 록

6.1 평가서 작성 등 참여자 인적사항

6.1.1 환경보전방안검토서 작성

가. 평가업체 현황

구 분	(주)대영엔지니어링	
등록 사항	제1종 환경영향평가업	해역이용영향평가 대행자
등록 번호	제서 - 216호	제인 - 001호
등록 기관	한강유역환경청	인천지방해양항만청
등록 일자	2006년 11월 23일	2008년 4월 4일

나. 참여자 명단

분 야	성 명	직 급	자격사항	비 고
총괄	정선구	전무	환경영향평가사	보고서 작성 전체 총괄
자연생태환경	전웅식	전무	해양기술사	자연생태환경분야 총괄
	최만규	이사	자연환경관리/해양기술사	해양포유류 작성 및 검토
	엄두찬	차장	공학석사	해양동·식물상 작성 및 검토
	강미라	과장	이학사	육상동물상 작성
대기환경	김지호	부장	대기환경기사	대기환경분야 총괄
	박에스더	과장	대기환경기사	온실가스 작성
수환경	변성수	사장	환경공학박사	수환경분야 총괄
	나성원	상무	수질환경기사	해양물리, 해양수질 및 퇴적물 검토
	석보영	이사	수질환경기사	해양물리 작성
	김선민	사원	해양환경기사	해양수질 및 퇴적물 작성
토지환경	김재하	전무	환경영향평가사	토지환경분야 총괄
	최만규	이사	자연환경관리/해양기술사	토지이용 작성 및 검토
	권용운	상무	토목기사	지형·지질 작성 및 검토
생활환경	이주행	전무	소음진동기사	생활환경분야 총괄
	송가영	대리	폐기물처리기사	친환경적자원순환 작성 및 검토
	이지혜	과장	환경공학석사	소음·진동 작성 및 검토
	김태곤	대리	대기환경기사	경관 작성 및 검토
	박성철	부장	소음진동기사	전파장해 작성 및 검토
사회·경제환경	장은진	사원	수질환경기사	산업 작성 및 검토

다. 제1종 환경영향평가업 등록증 사본

Page : 1/5

■ 환경영향평가법 시행규칙[별지 제11호서식] <개정 2014.12.2.>

출력 일시 : 2024-7-8 9:27

등 록 번 호 제서-216 호 발급번호 : 202407080614761WUU

제(1)종 환경영향평가업 등록증

기관(업체)명칭		(주)대영엔지니어링	등록상태	영업
대표자 성명		정대연, 유병화		
주사무소	소재지	(51504) 경상남도 창원시 성산구 중앙대로 56 (상남동 양지프라자 301-2호)		
	전화번호	031- 345-6759		
평가담당 부서	소재지	(14059) 경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길 38 , 1403호(관양동, 성지스타위드)		
	전화번호	031- 345-6756 (FAX) 031- 345-6766		
실 험 실	소재지	측정대행계약체결 (주)국도이엠씨, (주)대현환경, (주)디엠이테크, (주)신화환경연구원, (주)유림환경기술연구소, (주)이푸른환경, (주)청명기연환경, (주)한국이엠씨, (주)한국환경기술연구원, 제주환경개발(주)		
	전화번호	- -		
기 타		제 1 종 환경영향평가업 등록에 관한 규정을 준수 및 환경영향평가업자의 유의사항을 준수하여야 함.		

「환경영향평가법」 제54조 및 같은 법 시행규칙 제24조제2항에 따라 제 1 종 환경영향평가업으로 등록하였음을 증명합니다.

2006년 11월 23일

(사)환경영향평가협회장

원본

Page : 2/5

<변경사항>

연 월 일	내 용	확인
2018.12.31	환평협-6477호로 기술인력 변경등록 [총괄: 변성수(특급), 나성원(특급), 안현성(초급), 자연생태환경: 전웅식(특급), 조용호(특급), 황연수(초급), 토지환경: 김재하(특급), 최현석(초급), 생활환경및기타: 배경옥(특급), 최만규(고급), 오윤경(중급), 최용수(초급), 해임: 배종철, 이나영]. 끝.	(사)환경영
2019.02.01	환평협-267호로 기술인력 변경등록 [생활환경 및 기타: 김창경(특급) 추가]. 끝.	(사)환경영
2019.02.21	환평협-425호로 기술인력 변경등록, 측정대행업체 변경등록 [총괄(중급): 나성원(특급)→ 조경제(특급), 총괄(초급): 안현성 해임, 토지환경(초급): 최현석(초급)→ 김창경(초급), 생활환경및기타(특급): 김창경(특급)→ 나성원(특급), 생활환경및기타(중급): 오윤경(중급)→ 김지호(고급)], [(해지) (주)명신환경연구소]. 끝.	(사)환경영
2019.03.12	환평협-584호로 기술인력 변경등록 [자연생태환경(특급): 전웅식(특급)→ 조용호(특급), 자연생태환경(중급): 조용호(특급)→ 최만규(고급), 생활환경및기타(중급): 최만규(고급)→ 전웅식(특급)]. 끝.	(사)환경영
2019.05.02	환평협-1092호로 기술인력 변경등록 [자연생태환경(중급): 최만규(고급)→ 전웅식(특급), 생활환경및기타(특급): 배경옥(특급) 해임, 생활환경및기타(중급): 전웅식(특급)→ 최만규(고급), 생활환경및기타(초급): 안현성(초급), 박춘희(초급) 등록]. 끝.	(사)환경영
2019.06.12	환평협-1447호로 기술인력 변경등록 [생활환경및기타(초급): 최용수(초급)→ 정중진(초급)]. 끝.	(사)환경영
2019.07.24	환평협-1762호로 기술인력 변경등록 [자연생태환경(특급): 조용호(특급)→ 자연생태환경(중급): 최만규(고급), 생활환경및기타(중급): 최만규(고급)→ 양현주(특급)]. 끝.	(사)환경영
2019.08.02	환평협- 1849호로 측정대행업체 변경등록 [추가-태일환경관리㈜'19.07.01~'20.12.31(자동연장),대기(벤젠제외),소음,워터스생활환경연구소'19.07.01~'20.12.31(자동연장),수질(PCB,사염화탄소,1,2-디클로로에탄,PCE,디클로로메탄,벤젠,클로로포름,DEHP,헥사클로로벤젠,DO,Chl-a,총대장균군,분원성대장균군,먹는물분야 및 해역분야 항목제외)].끝.	(사)환경영
2019.08.16	환평협-1955호로 측정대행업체 변경등록 [추가: (주)유림환경기술연구소 - 19.08.01~21.07.31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음]. 끝.	(사)환경영
2020.01.20	환평협-178호로 기술인력 변경등록 [총괄(중급): 조경제(특급)→ 최정열(특급), 자연생태환경(초급): 황연수(초급)→ 박춘희(초급), 생활환경및기타(중급): 김지호(고급)→ 조경제(특급), 생활환경및기타(초급): 박춘희(초급)→ 김도윤(초급)]. 끝.	(사)환경영
2020.03.05	환평협-630호로 측정대행업체 변경등록 [추가 : 영진환경산업(주) - 2020-02-01 ~ 2022-01-31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(헥사클로로벤젠, DO, Chl-a 및 지하수, 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영

원본

Page : 3/5

<변경사항>

연 월 일	내 용	확인
2020.03.06	환평협-655호로 측정대행업체 변경등록(계약변경) [(주)유림환경기술연구소 : 2020-02-26 ~ 2022-02-25(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(포름알데히드, 지하수 및 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영
2020.04.22	환평협-1153호로 대표자 변경등록 [정대연 → 정대연, 유병화]. 끝.	(사)환경영
2020.07.07	환평협-1773호로 기술인력 변경등록 [자연생태환경(특급): 조지훈 등록, 생활환경및기타(초급): 안헌성 해임]. 끝.	(사)환경영
2020.08.13	환평협-2059호로 기술인력 변경등록 [총괄(평가사): 이주행 등록, 총괄(중급): 최정열(특급)→ 생활환경및기타(특급): 최정열(특급) 분야이동, 자연생태환경: 박춘희(초급) 해임, 생활환경및기타(초급): 김도윤(초급)→ 김태곤(초급)]. 끝.	(사)환경영
2020.08.28	환평협-2138호로 기술인력 변경등록 [자연생태환경(중급) : 최만규(고급 → 특급) 승급]. 끝.	(사)환경영
2020.11.30	환평협- 2767호로 측정대행업체 변경등록 [(추가) (주)한국이엠씨 : 2020-11-25 ~ 2022-12-31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(지하수 및 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영
2021.04.16	환평협- 770호로 측정대행업체 및 자연생태환경조사업체 변경등록 [(측정해지) 태일환경관리(주)], [(공동사용계약해지) (주)한국환경생태기술연구소, (추가) (주)비티알에스:2021-04-01 ~ 2023-03-31(자동연장)]. 끝.	(사)환경영
2021.06.10	환평협- 1143호로 기술인력 및 측정대행업체 변경등록, [총괄(평가사): 나성원 등록, 생활환경및기타(특급): 나성원→ 김지호, 생활환경및기타(초급): 김태곤 해임], [(추가) (주)국토이엠씨:2021-06-01 ~ 2022-12-31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음]. 끝.	(사)환경영
2021.06.23	환평협- 1227호로 기술인력 변경등록 [총괄(평가사): 이주행 해임, 생활환경및기타(특급): 최정열 → 이주행, 생활환경및기타(초급): 김태곤 등록]. 끝.	(사)환경영
2021.10.08	환평협- 1871호로 기술인력 변경등록 [생활환경및기타(특급): 박성철 등록, 생활환경및기타(초급): 김태곤 해임]. 끝.	(사)환경영
2022.02.10	환평협- 325호로 측정대행업체 변경등록, [(추가) (주)대현환경 - '22.01.01 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(지하수 및 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영

원본

Page : 4/5

<변경사항>

연 월 일	내 용	확인
2022.02.16	환평협- 387호로 측정대행업체 변경등록, [(해지) 영진환경산업(주)], [(추가) (주)디엠이테크 - '22.02.09 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(지하수 및 해역 전항목 제외)], [(재계약) 워터스생활환경연구소 - '21.01.01 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 수질(벤젠, 클로로포름, 지하수 및 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영
2022.02.23	환평협- 445호로 측정대행업체 변경등록, [(추가) 제주환경개발(주) - '22.02.15 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 대기(납, 벤젠 제외), 소음, 수질(사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, 디에틸헥실프탈레이트, 안티몬, 1,4-다이옥세인, 폼알데히드, 헥사클로로벤젠, DO, 지하수 및 해역 전항목 제외), (재계약) (주)청명기연환경 - '21.01.01 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(지하수 및 해역 전항목 제외), (재계약) (주)이푸른환경 - '21.01.01 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 대기, 소음, 수질(안티몬, 1,4-다이옥세인, 폼알데히드, 헥사클로로벤젠, 지하수 및 해역 전항목 제외)]. 끝.	(사)환경영
2022.09.02	환평협- 2071호로 측정대행업체 변경등록, [(해지) 워터스생활환경연구소, (추가) (주)신화환경연구원 - '22.08.25 ~ '22.12.31(자동연장), 측정분야: 소음, 수질]. 끝.	(사)환경영
2022.09.27	환평협- 2214호로 기술인력 변경등록, [생활환경및기타: 정중진(초급) → 송가영(초급)]. 끝.	(사)환경영
2022.12.01	환평협- 2710호로 기술인력 변경등록, [총괄: 정선구(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영
2023.01.05	환평협- 21호로 기술인력 변경등록, [총괄: 조경제(특급) 등록, 토지환경: 김재하(특급) → 이용재(초급), 생활환경및기타: 조경제(특급) 해임, 김태곤(초급), 박에스더(초급), 정중진(초급), 이지혜(초급) 등록]. 끝.	(사)환경영
2023.01.27	환평협- 263호로 기술인력 변경등록, [총괄: 변성수(특급) 해임, 이주행(평가사) 등록, 자연생태환경: 전웅식(특급), 조지훈(특급) 해임, 변성수(특급) 등록, 생활환경및기타: 이주행(특급) 해임]. 끝.	(사)환경영
2023.02.21	환평협- 514호로 기술인력 변경등록, [자연생태환경: 전웅식(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영
2023.03.14	환평협- 674호로 기술인력 변경등록, [자연생태환경: 조지훈(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영
2023.06.12	환평협- 1289호로 기술인력 변경등록, [자연생태환경: 김귀영(고급), 엄두찬(초급) 등록, 생활환경및기타: 윤효진(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영

원본

<변경사항>

연 월 일	내 용	확인
2023.10.26	환평협-2016호로 기술인력 변경등록, [총괄: 김재하(평가사) 등록, 생활환경및기타: 석보영(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2024.01.24	환평협-216호로 기술인력 변경등록, [토지환경: 권용운(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2024.05.29	환평협-1141호로 기술인력 변경등록, [생활환경및기타: 배분순(특급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회

<행정처분사항>

연 월 일	내 용	확인

본

라. 계약서 사본

DocuSign Envelope ID: CA8CC4F3-46A7-489B-A415-CD44AB48533A

SERVICES AGREEMENT

This Services Agreement is entered into on 14 November 2023 (the "**Agreement Date**").

BETWEEN:

I. **Anma Offshore Wind Energy Co., Ltd**, a company incorporated under the laws of the Republic of Korea, having its registered office at 1F Da-dong, 125, Okdang-ro, Yeonggwang-eup, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do, Republic of Korea (the "**Client**"); and

II. **Daeyoung Engineering Co., Ltd.**, a company incorporated under the laws of the Republic of Korea, having its registered office at 56, Jungang-daero, Seongsan-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea (the "**Supplier**").

(each a "**Party**" and collectively "**Parties**")

WHEREAS:

A. The Client is a developer of a large-scale offshore wind farm project near the western coast of the island Anma, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do, Republic of Korea (the "**Project**").

B. The Supplier is a civil engineering company specialising in port development, offshore plant, urban planning, and coastal protection in the Republic of Korea.

C. The Client wishes to engage the Supplier to provide certain services set out in **SCHEDULE I** in relation to the Project, and the Supplier is willing to provide such services, on the terms set out in this Agreement.

IN WITNESS WHEREOF each Party has set its hand the date first above written.

Anma Offshore Wind Energy Co., Ltd

DocuSigned by:

Name: Eon Woo Cho
Title: Representative Director

Daeyoung Engineering Co., Ltd.

DocuSigned by:
B4B32598C9C6494...

Name: Byung Hwa Yu
Title: Co-Representative Director

마. 재대행 참여현황

1) 육상동물상(조류 및 해양포유류 분석)

◦ 업체명 : (주)해인생태연구소

◦ 조사내용 : ESIA 조류, 해양포유류 조사 및 전문가 자문

◦ 업면허 등록현황

분 야	등록번호	등록일자	등록기관
제2종 환경영향평가업	제부-2-014호	2021.12.10	(사)환경영향평가협회
해역이용영향평가대행자	제부-24호	2022.01.27	부산지방해양수산청

◦ 참여자 명단

구 분	성 명	직 급	자격 및 면허	참여분야
총 괄	서진형	책임연구원	생태공학박사(조류,생태모델링)	총괄 및 조사, 보고서 작성
조 류 및 해양포유류	정인용	책임연구원	이학박사(조류,동물행동생태)	
	박종현	책임연구원	이학박사(조류,동물생태)	조사 및 보고서 작성
	이일범	책임연구원	이학박사(조류,동물생태)	
	엄병철	책임연구원	이학박사(생물학)	
	노정혜	연구원	생물분류기사(동물)	
	고보경	연구원	생물분류기사(동물)	
	하유경	연구원	자연생태복원기사	
	성시내	주임연구원	해양환경기사	
	이슬기	주임연구원	이학석사	
	김민지	연구원	해양환경기사	

∘ 제2종 환경영향평가업 등록증 및 해역이용영향평가대행자 등록증 사본

■ 환경영향평가법 시행규칙[별지 제11호서식] <개정 2016.12.2.>

Page: 1/3

출력 일시 : 2023-6-28 17:14

등록번호 제부-2-014 호 발급번호 : 2023062804632450DAJ

제(2)종 환경영향평가업 등록증

기관(업체)명칭		주식회사 해인생태연구소	등록상태	영업
대표자 성명		서진형		
주사무소	소재지	(48304) 부산광역시 수영구 광남로 38 4층		
	전화번호	051-628-3600		
평가업무 부서	소재지	(48304) 부산광역시 수영구 광남로 38 4층		
	전화번호	051-628-3600 (FAX) 051-980-6400		
실험실	소재지	(48304) 부산광역시 수영구 광남로 38 4층		
	전화번호	051-628-3600		
기타		제 2 종 환경영향평가업 등록에 관한 규정을 준수 및 환경영향평가업자의 유의사항을 준수하여야 함.		

「환경영향평가법」 제54조 및 같은 법 시행규칙 제24조제2항에 따라 제 2 종 환경영향평가업으로 등록하였음을 증명합니다.

2021년 12월 10일

(사)환경영향평가협회장

Page: 2/3

<변경사항>

연월일	내용	확인
2021.12.10	환평협-2287호로 제2종 환경영향평가업 신규등록 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.02.04	환평협-259호로 대표자 및 기술인력 변경등록, [illegible] → 서진형(특급)]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.02.09	환평협-301호로 기술인력 변경등록, [전문조사원(육상식물)(초급): [illegible](초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.03.03	환평협-504호로 기술인력 변경등록, [illegible](초급) 추가]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.04.06	환평협-780호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.04.25	환평협-904호로 기술인력 변경등록, [전문조사원급: 박수민(육상식물)(초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.05.23	환평협-1250호로 주사무소소재지 변경등록, [경상남도 통영시 미수 [illegible] 25 → 경상남도 통영시 무전8길 29 303호]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.06.10	환평협-1379호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록, 박수민(육상식물 → 육상동물)(초급) 변경]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.11.14	환평협-2563호로 기술인력 변경등록, [전문조사원급: [illegible](육상동물)(초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.12.16	환평협-2832호로 기술인력 변경등록, [전문조사원급: [illegible](육상동물)(초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2022.12.27	환평협-2908호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회

Page: 3/3

<변경사항>

연월일	내용	확인
2023.01.06	환평협-34호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.01.16	환평협-168호로 기술인력 변경등록, [illegible](초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.02.27	환평협-554호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.03.17	환평협-699호로 기술인력 변경등록, [illegible] 해임, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.04.12	환평협-916호로 기술인력 변경등록, [illegible](초급) 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.05.15	환평협-1148호로 기술인력 변경등록, [illegible] 해임]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.06.12	환평협-1297호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.06.26	환평협-1364호로 기술인력 변경등록, [illegible] 해임]. 끝.	(사)환경영향평가협회
2023.06.27	환평협-1367호로 기술인력 변경등록, [illegible] 등록]. 끝.	(사)환경영향평가협회

<행정처분사항>

연월일	내용	확인

제부-024호

해양수산부

해역이용영향평가대행자 등록증

1. 기관(업체) 명칭 : 주식회사 해인생태연구소
2. 대 표 자 성명 : 서 진 형 (생년월일: '81.04.24.)
3. 주사무소 소재지 : 경상남도 통영시 무전동 1034-2 삼성오피스텔 303호 (☎ 051-628-3600)
4. 평가서담당부서 소재지 : 부산광역시 수영구 광남로 38, 스타빌딩 4층 (☎ 051-628-3600)
5. 실험실 소재지 : 전라남도 여수시 쌍봉로 82, 3층 ㈜해양수산연구개발 (☎ 061-654-6300)
   부산광역시 금정구 중앙대로 2140 ㈜유림환경기술연구소 (☎ 051-714-6271)
6. 기타

「해양환경관리법」 제86조제1항 및 같은 법 시행규칙 제55조제1항에 따라 해역이용영향평가대행자로 등록하였음을 증명합니다.

2023년 7월 18일

(최초등록 2022.01.27)

부산지방해양수산청장

2) 경관시뮬레이션

◦ 업 체 명 : (주)드림스퀘어에스

◦ 업무내용 : 경관 시뮬레이션 및 분석

◦ 그래픽 디자인 서비스 사업자 등록현황

업체명	대 표 자	등록번호 및 등록사항	관할기관
㈜드림스퀘어에스	김재원	그래픽 디자인 서비스 사업자 등록번호 211-88-32696	강남구청

◦ 참여자 명단

성 명	직급	자격 및 면허	참여분야
김재원	대표	시각디자인 전공	총괄
박건호	실장	도시공학 전공	경관분석
허근호	팀장	디자인전공	시뮬레이션

◦ 사업자등록증 사본



사 업 자 등 록 증

(법인사업자)

등록번호 : 211-88-32696

법인명(단체명) : 주식회사 드림스퀘어에스

대 표 자 : 김재원

개 업 연 월 일 : 2009 년 09 월 08 일 법인등록번호 : 110111-4174796

사업장 소재지 : 서울특별시 강남구 강남대로158길 9(신사동, 리치웰드빌딩 3층)

본 점 소 재 지 : 서울특별시 강남구 강남대로158길 9(신사동, 리치웰드빌딩 3층)

사 업 의 종 류 : 업태 서비스 / 서비스 / 서비스업 종목 건축관련기술서비스 / 컴퓨터그래픽 / 그래픽디자인서비스

발 급 사 유 : 정정

사업자 단위 과세 적용사업자 여부 : 여( ) 부(∨)

전자세금계산서 전용 전자우편주소 :

2021 년 11 월 23 일

강 남 세 무 서 장

국세청

3) 수중소음 시뮬레이션

◦ 업체명 : (주)오셔닉

◦ 조사내용 :수중소음모델링

◦ 업면허 등록현황

분 야	등록번호	등록일자	등록기관
수중소음	551-87-00474	2016년 10월 24일	국세청 (강릉세무서)

◦ 참여자 명단

구 분	성 명	직 급	자격 및 면허	참여분야
총 괄	권경환	부장	공학 박사	총괄 및 보고서 작성
참여자	박지민	대리	공학 석사	수치모형실험 및 보고서 작성

◦ 해역이용영향평가대행자 등록증 사본

제인-039호

해역이용영향평가대행자 등록증

1. 기관(업체) 명칭 ㈜오셔닉
2. 대표자 성명 박창욱(1975.4.8.)
3. 주사무소 소재지 강원도 강릉시 범일로 579번길 24, 창조관 815호 (033-649-7637)
4. 평가서담당부서 소재지 서울특별시 영등포구 양평동 5가 42 선유도투웨니퍼스트밸리 제4층 제407호 (02-6956-4210)
5. 실험실소재지
   가. ㈜오셔닉: 서울특별시 구로구 디지털로33길 55, 1007호 (02-856-4210)
   (구로동, 이앤씨벤처드림타워2차)
   나. ㈜생태기술: 부산광역시 수영구 광남로 211, 4층(미래파크 빌딩) (051-628-6431)
6. 기타

「해양환경관리법」 제86조제1항 및 같은 법 시행규칙 제55조제1항에 따라 해역이용영향평가대행자로 등록하였음을 증명합니다.

2024년 1월 23일

인천지방해양수산청장

(뒤쪽)

<변경사항>

연월일	내 용	확 인
2019.02.15.	해역이용영향 평가대행자 등록	
2019.05.17.	측정업체 주소 변경 : (재)한국환경과학기술연구원(전북 익산시 중앙로 5길 9, 4층) → (재)한국환경과학기술연구원(전북 익산시 오산면 군익로 392-9)	
2020.01.22.	실험실(측정업체) 변경(1개소 추가) : (재)한국환경과학기술연구원→(재)한국환경과학기술연구원, ㈜생태기술	
2020.11.26.	평가서담당부서 소재지 변경 : 서울특별시 영등포구 양평로 90, 문화빌딩 403호→서울특별시 영등포구 양평동5가 42 선유도투웨니퍼스트밸리 제4층 제407호	
2021.04.19.	기술인력(사회·경제환경 분야) 변경 : 김진석 → 정경태	
2021.10.07.	기술인력(자연환경 분야) 변경 : 백혜연 → 어은영	
2021.12.07.	측정대행계약 연장 2020.12.01.~2021.11.30. → 2021.12.01~2022.11.30 **기술인력 변경**[자연환경(나)] 어은영→**백혜연**	
2024.01.23.	**실험실 변경** : (재)한국환경과학기술연구원, ㈜생태기술 → **㈜오셔닉, ㈜생태기술**	인천지방해양수산청

<형정처분사항>

연월일	내 용	확 인

4) 소음모델링

◦ 업 체 명 : 선일기술산업(주)

◦ 업무내용 : 소음모델링 및 분석

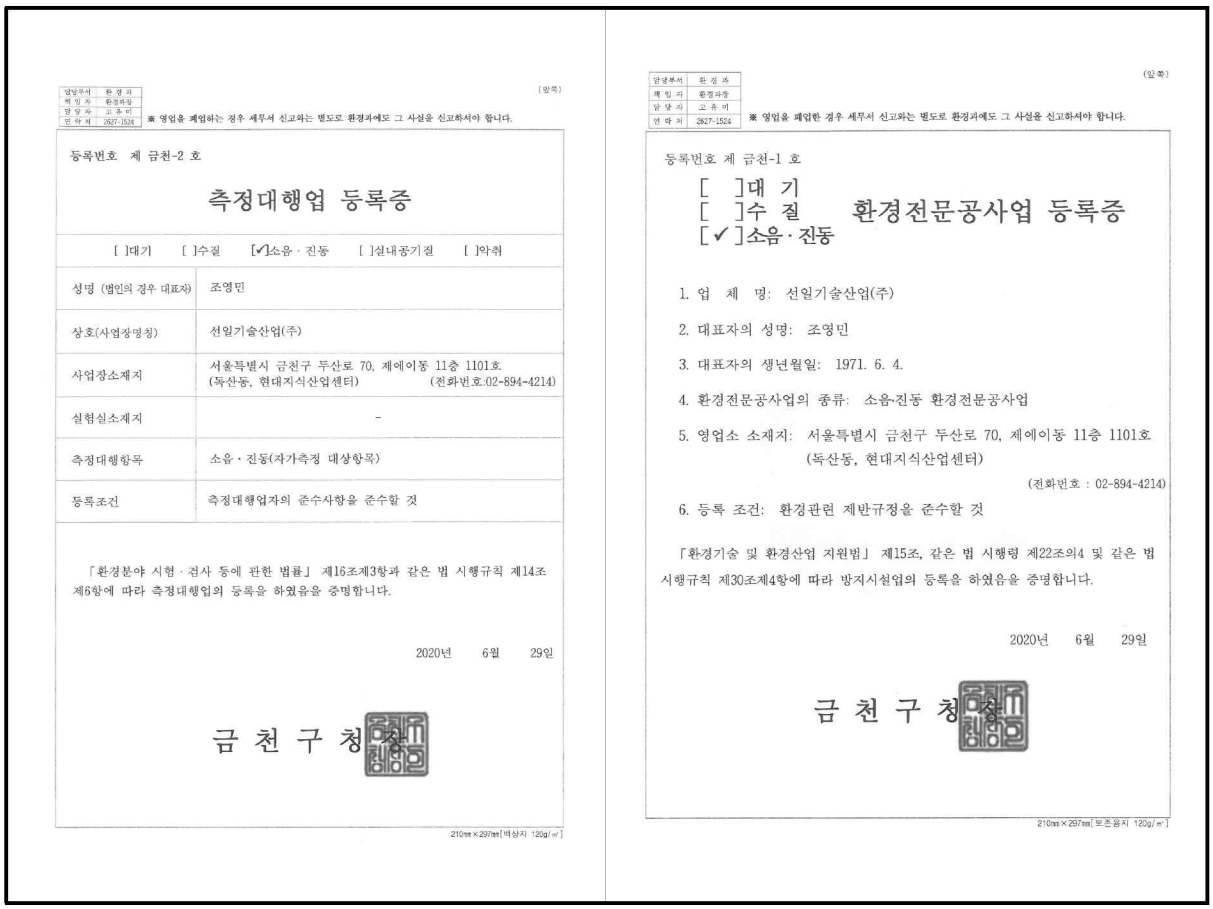
◦ 업면허 등록현황

구 분	선일기술산업(주)	
등록 사항	소음진동 엔지니어링서비스	서울특별시 금천구 두산로 70, 제에이동 11층 1101호(독산동, 현대지식산업센터) 02) 894-4214
등록 번호	110111-1038846(법인등록번호)	

◦ 참여자 명단

분 야	성 명	직 급	자격사항	비 고
총 괄	조영민	이사	소음진동기사	전체 총괄
소음 모델링	소형률	이사	소음진동기사	모델링 및 보고서 작성
	안예찬	대리	학사	

◦ 측정대행업 등록증 등



(앞쪽)

※ 영업을 폐업하는 경우 세무서 신고와는 별도로 환경과에도 그 사실을 신고하셔야 합니다.

등록번호 제 금천-2 호

측정대행업 등록증

[ ]대기 [ ]수질 [✓]소음·진동 [ ]실내공기질 [ ]악취

성명 (법인의 경우 대표자)	조영민
상호(사업장명칭)	선일기술산업(주)
사업장소재지	서울특별시 금천구 두산로 70, 제에이동 11층 1101호 (독산동, 현대지식산업센터) (전화번호:02-894-4214)
실험실소재지	-
측정대행항목	소음·진동(자가측정 대상항목)
등록조건	측정대행업자의 준수사항을 준수할 것

「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제16조제3항과 같은 법 시행규칙 제14조제6항에 따라 측정대행업의 등록을 하였음을 증명합니다.

2020년 6월 29일

금 천 구 청 장

210mm×297mm[백상지 120g/㎡]

(앞쪽)

※ 영업을 폐업한 경우 세무서 신고와는 별도로 환경과에도 그 사실을 신고하셔야 합니다.

등록번호 제 금천-1 호

[ ]대 기
[ ]수 질 환경전문공사업 등록증
[✓]소음·진동

1. 업 체 명: 선일기술산업(주)
2. 대표자의 성명: 조영민
3. 대표자의 생년월일: 1971. 6. 4.
4. 환경전문공사업의 종류: 소음·진동 환경전문공사업
5. 영업소 소재지: 서울특별시 금천구 두산로 70, 제에이동 11층 1101호 (독산동, 현대지식산업센터)
(전화번호 : 02-894-4214)
6. 등록 조건: 환경관련 제반규정을 준수할 것

「환경기술 및 환경산업 지원법」 제15조, 같은 법 시행령 제22조의4 및 같은 법 시행규칙 제30조제4항에 따라 방지시설업의 등록을 하였음을 증명합니다.

2020년 6월 29일

금 천 구 청 장

210mm×297mm[보존용지 120g/㎡]

5) 해양수치모형실험

◦ 업체명 : (주)솔해연기술

◦ 업무내용 : 수치모형실험(파랑변형/해수유동/퇴적물이동/부유사확산/국부세굴)

◦ 업면허 등록현황

분 야	등록번호	등록일자	등록기관
해역이용영향평가대행자	제인-049호	2022.11.07	인천지방해양수산청

◦ 참여자 명단

구 분	성 명	직 급	자격 및 면허	참여분야
총괄	차기석	연구소장	토목공학박사	전체 총괄
보고서 작성	배정현	부 장	토목공학석사	모델링 및 보고서 작성
	우재호	과 장	토목공학석사	
	강두현	대 리	해양환경기사	

◦ 해역이용영향평가대행자 등록증 사본

(앞쪽)

제인-049호

해역이용영향평가대행자 등록증

1. 기관(업체) 명칭 솔해연기술 주식회사
2. 대표자 성명 허지영(1984.4.27.)
3. 주사무소 소재지 인천광역시 서구 중봉대로 490, 335, 336호(청라동) (054-572-3928)
4. 평가서담당부서 소재지 서울특별시 구로구 구로동 222-8, 코오롱디지털타워빌란트2 706호 (02-6338-7402)
5. 실험실 소재지
   가. ㈜유림환경기술연구소: 부산광역시 금정구 중앙대로 2140(청룡동, 유림빌딩) (051-714-6271)
6. 기타

「해양환경관리법」 제86조제1항 및 같은 법 시행규칙 제55조제1항에 따라 해역이용영향평가대행자로 등록하였음을 증명합니다.

2024년 3월 21일

인천지방해양수산청장

6) 재대행 승인 서류

안마해상풍력(주)
Anma Offshore Wind Energy Co., Ltd

안마해상풍력 주식회사
전라남도 영광군 영광읍 옥당로 125, 1층 다동
전화: 02-6030-3906 팩스: 02-6030-3990
seungjae.mun@anmawind.com

문서번호: AWF-PGM-PRM-LET-AWC-0061

수　　신: ㈜ 대영엔지니어링

발송일자: 2024년 5월 8일

제　　목: 환경영향평가 재대행 계약 승인 통보

1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 당사와 귀사 간 2023년 11월 14일 체결한 영광안마 해상풍력 발전사업 환경영향평가 용역계약 및 귀사에서 당사로 제출된 공문『재대행 계약 승인요청서 제출 (문서번호: 대기(환)'24 – 제124호)』관련입니다.
3. 본 공문을 통해 재대행 계약을 승인하오니,「환경영향평가등 재대행 승인 및 관리지침」에 따라 재대행 계약의 원칙을 철저히 이행하여 주시길 바랍니다. 끝.

안마해상풍력 주식회사

대표이사　조 언 우

6.2 관련문서

6.2.1 환경영향평가 협의내용(환경영향평가과-2471, 2023.07.24.)

"2030 부산세계박람회 반드시 유치하겠습니다."

환경부

환 경 부

수신 수신자 참조
(경유)
제목 환경영향평가 협의내용 알림[영광 안마 해상풍력 발전사업]

1. 산업통상자원부 재생에너지보급과-801(2023.6.16.)호 문서와 관련됩니다.
2. "영광 안마 해상풍력 발전사업" 환경영향평가서 협의내용을 붙임과 같이 알려드리니 「환경영향평가법」 제30조 및 같은 법 시행령 제51조에 따라 협의내용이 사업계획에 반영되도록 조치하여 주시고, 사업계획 승인 등을 하거나 확정한 날부터 30일 이내에 협의내용 반영결과를 우리부로 알려주시기 바랍니다.
3. 영산강유역환경청과 한국환경연구원에서는 사후관리 및 환경영향평가정보지원시스템 관련 업무에 참고하시기 바랍니다.

붙임 1. 환경영향평가 협의내용 1부.
2. 협의내용 반영결과 통보서(서식) 1부. 끝.

환 경 부 장 관

수신자 영산강유역환경청장(환경평가과장), 한국환경연구원장, [illegible]장관(재생에너지보급과장)

환경사무관시 보 [illegible] 과장 전결 2023.7.24. [illegible]

협조자

시행 환경영향평가과-2471 접수 재생에너지보급과-1064 (2023. 8. 7.)

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 5층 환경영향평가과 / http://me.go.kr

전화번호 044-201-7293 팩스번호 044-201-7261 / harry1219@me.go.kr / 비공개(5)

영광 안마 해상풍력 발전사업(ME2022C008)

환경영향평가서 협의내용
【 영광 안마 해상풍력 발전사업 】

사 업 개 요

○ 위 치 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 일원
○ 규 모 : 546MW(14MW×39기)
○ 사업자(승인기관) : 안마해상풍력㈜ / 산업통상자원부
○ 근 거 : 「환경영향평가법」 제22조 및 같은 법 시행령 제31조제2항

1 총 괄

□ 본 협의내용과 환경영향평가서(보완서 포함, 이하 '평가서'라 함)에 제시된 각종 저감방안을 사업계획에 반영하여 사업 시행 시 이행될 수 있도록 조치하고, 이행이 완료될 때까지 지속적으로 관리·감독해야 함

○ 협의내용 등을 반영할 수 없을 때는 사업 승인·확정 전에 구체적인 사유를 협의기관에 통보하여 그에 따른 협의를 완료한 후 사업 시행

□ 평가 과정에서 예측하지 못한 상황의 발생으로 주변 환경에 부정적인 영향이 초래되거나 주변 환경이 악화될 경우 추가 대책을 마련하여야 하며,

○ 환경오염 방지시설 설치 계획, 환경관리 교육계획, 환경민원 처리계획 및 협의 내용 준수계획 등을 포함한 사후 환경관리계획을 수립·시행하여야 함

□ 이 협의내용의 이행과 관련하여 다른 관계 법령 등에 의한 인허가·승인·신고·협의 등이 필요한 경우에는 관계 법령에 따른 행정절차를 적정하게 이행하여야 함

1 / 9

2 항목별 협의내용

□ 동·식물상

○ 평가서에 제시한 조류 충돌 저감대책(구조물 도색계획 등)에 대해서는 국내 규정 등에 저촉되는 부분이 없도록 상세히 검토하여 채택하여야 함

- 운영 중에는 조류 조사를 연 5회 이상 시행하여야 하며 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감 대책을 마련해야 함
- 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 발전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유하여야 함

○ 운영시 해양포유류에 대한 조사는 해저케이블 매설 해역을 포함하여 수중소음과 계절별로 동시에 수행하여 해양포유류의 분포와 행동에 미치는 영향을 파악하고 필요시, 저감방안을 마련해야 함

○ 해양동·식물상의 운영시 사후환경영향조사에 대해서는 영향예측에 대한 검증이 매우 중요하므로, 분기별로 실시하여야 함

○ 사후환경영향조사에는 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링 실시를 포함하여야 함

□ 해양환경

○ 부유사 확산 수치 모형에 활용된 정보를 상세히 기술 및 분석하여 수치 모형의 신뢰도를 높여야 함*

- 부유사 관측지점은 어업권이 인접한 해저케이블 설치구간도 포함하여 사후환경영향조사 결과와 주기적인 검증을 통해 필요시, 부유사 발생 저감방안을 마련하여야 함

* (보완) 3.2.1-10에서 부유사 관측값이 예측값에 비해 100mg/L 이상 높게 나타나고 있음

○ 해저케이블 매설에 대한 구간별 설치 심도와 매설계획을 구체적으로 제시하고 적절한 저감방안을 마련하여야 함

- 각이사퇴 구간의 해저케이블 설치공사 시 지형 훼손을 최소화하는 공법 및 공사 시기 조정 등을 적용하여야 하며 운영 시 분기별 조사를 통해 해당 지형의 자연적 복원 및 해양생물의 서식 등을 확인하고 필요시 저감방안을 마련하여야 함

○ 운영시 수심측량 등을 통해 해저지형을 조사하여 부정적 영향이 발견된 경우 적절한 저감 대책을 마련하여야 함

○ 전자기장 측정은 발전단지 및 해저케이블 구간에 대해 사업시행 전 배경 전자기장과 실제 운영시 발생하는 전자기장을 모두 측정하여야 함

- 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장

○ 해양수질·퇴적물 분석항목 중 일부 누락된 항목을 추가하여 현재 농도에서 가중되지 않도록 지속적으로 관리하여야 함

- 해양수질 항목에서는 규산규소, 철, 망간, 퇴적물 항목에서는 알루미늄, 철, 망간, 코발트 항목의 추가 필요

○ 구조물 철거 과정에서 해양환경에 발생할 수 있는 부정적 영향에 대한 대안 및 원상회복 의무 적기 이행에 관한 관리대책을 마련할 필요가 있음

□ 소음·진동

○ 해저케이블 구간을 수중 소음 조사 정점에 포함하고 운영시에도 계절별 조사를 수행하여 해양생물 등에 미치는 영향을 모니터링해야 함

- 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장

○ 사업지구 주변 주거시설에 대한 저주파소음 예측결과가 환경목표기준을 초과하고 있으므로 영향을 최소화하기 위한 대책을 마련하여야 함

- 풍력발전단지 운영으로 인한 저주파소음 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 이를 확인하기 위한 모니터링 계획을 수립하여야 함
- 풍력발전기에 대한 저주파 소음 저감대책으로 운영시간 조정이 기재되어 있으므로 해당 대안에 대한 검토 필요

3 저감방안 요약

1. 육상 동·식물상(평가서 8.1.1-219~236, 보완서 3.1-175~185, 3.7-1~10)

가. 공사시

○ 육상 식물상(식물상 및 식생)

- 세륜세차시설 설치 운영, 주기적 살수차 운행
- 공사차량 속도제한
- 생태계교란생물 발견시 즉시 제거

○ 육상동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류, 조류)

- 저소음·저진동 장비 사용, 야간공사 지양
- 번식기 및 철새이동시기 공사강도 조절

나. 운영시

○ 육상동물상(조류)

- 이동조류 영향 방지대책 강구(블레이드 채색, 스피커와 카메라 장착 등)
- 조류충돌방지시스템 구축 계획
- 모니터링 결과에 따라 저감대책 강구

2. 해양 동·식물상(평가서 8.1.2-346~349, 8.1.3-32~34, 보완서 3.2.2-112~119, 3.2.3-37~40)

가. 공사시

- 부유사 확산 저감대책:오탁방지막, 부유사 저감 공종관리
- 수중소음 등 저감대책 : 불필요한 충격음 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획, 공사장비의 가동시간 일 최대 8시간 한정하여 최소화 할 계획임
- 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)

나. 운영시

- 기초구조물을 활용한 수산자원 조성
- 해상풍력발전단지 감시시스템 구축 및 24시간 상황실 운영 등으로 선박이동에 대한 안전대책 구축
- 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)

3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4)

가. 공사시

- 주요 번식기 공사강도 조절

나. 운영시

- 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, 블레이드 색채(대조패턴)) 등 계획
- 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구

4. 대기질(평가서 8.2.2-28~30)

가. 공사시

- 주기적인 살수실시

- 공사차량 속도제한(20㎞/hr이하)
- 차량덮개 설치, 주기적인 교육 및 관리감독
- 공사장비 효율적 투입, 공회전 지양 등

5. 온실가스(평가서 8.2.3-20)

가. 공사시

- 오염물질 배출이 적은 장비 사용
- 건설장비 공회전 금지
- 노후장비 사용 자제

나. 운영시

- 연간 1구역 121,913tCO_{2eq}, 2구역 152,171tCO_{2eq}의 온실가스 저감

6. 수환경(해양 수·저질 포함)(평가서 8.3.1-15~18, 8.3.2-371~378, 보완서 3.2.2-117~119)

가. 공사시

- 토사유출 저감대책 : 침사지 및 가배수로 설치(건축물 터파기지역 침사지 활용)
- 부유물질 모니터링 실시 : 부유물질 농도 증가시 일시적 작업중단, 작업시간 단축, 작업방법 개선 등의 방법으로 해양환경에 미치는 영향 최소화
- 유류유출 저감대책 : 방제장비 확보방안 검토, 관계기관과 연계한 방제체제 구축

나. 운영시

- 개인하수처리시설 : 15.0㎥/일 설치
- 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 [별표3] 방류수 수질기준」에 준하여 처리할 계획임

7. 토양(평가서 8.4.2-9~10)

가. 공사시

- 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용
- 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리
- 지장물 및 불법폐기물 : 성상별 폐기물 처리규정에 따라 적법처리

나. 운영시

- 분리수거함 설치
- 폐기물 무단투기 및 소각 방지를 위한 사전교육
- 이동식 간이화장실을 설치하여 전량 위탁처리

8. 지형·지질(평가서 8.4.3-69~70)

가. 공사시

- 건축물 축조시 주변 경관과 이질감이 없는 색채, 이미지 및 식재계획
- 부득이 발생되는 사면에 대한 처리는 적정사면구배, 잔디 식재 등 계획
- 발생토량 적정 처리 대책 : 토석정보공유시스템 활용
- 토사유출 저감을 위하여 우기를 피하여 공사, 공사구간에 가배수로 및 임시 침사지 설치

9. 친환경적 자원순환(평가서 8.5.1-9~15)

가. 공사시

- 생활폐기물 및 분뇨 : 성상별 분리수거, 영광군 폐기물 관리계획에 따라 처리, 이동식 간이화장실 설치 및 위탁처리, 선박내 분뇨오염방지설비 설치 및 위탁처리
- 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용

- 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리
- 건설폐기물 처리 : 무단적치 및 불법투기 되는 일이 없도록 관리하여 위탁처리

나. 운영시

- 생활폐기물 : 성상별 분리수거 후 재활용 및 위탁처리
- 분뇨 : 오수처리시설 설치

10. 소음·진동(평가서 8.5.2-125~129, 보완서 3.3.1-85~88)

가. 공사시

○ 육상부

- 공사장 "소음·진동 관리지침서"에 따른 일반적인 저감대책 수립
- 야간공사 지양, 건설장비 점검
- 운행속도 제한, 급발진, 급정지, 공회전 지양

○ 해상부 파일항타시 수중소음

- 사전경고음 발생으로 해양포유류 및 어류를 회피
- 모니터링 결과, 필요시 수중소음 완화대책 강구
- 쿠션블럭(Cushion Blocks), 공기방울막(Air bubble curtain), 수중소음댐퍼(HSD, Hydro Sound Dampers), 격리막(Isolation casing), 임시물막이(Cofferdam) 등

나. 운영시(해상부)

- 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음 영향 모니터링 계획

11. 위락·경관(평가서 8.5.3-47~52, 보완서 3.4-12~14)

- 해상풍력발전단지 : 주변 환경과 조화될 수 있는 색채계획 수립
- 영광군 경관기본계획에 부합하는 경관계획 수립

12. 전파장해(평가서 8.5.4-8)

- 사업의 운영시 라디오 수신장해, TV 수신장해 등의 문제 발생시 주민과 적극적으로 협의하여 라디오 증폭기 설치, 공동수신안테나 설치 등의 적절한 저감대책을 수립·대처할 계획임.

6.2.2 발전사업허가 서류

제2019-33호

발전사업 허가증

1. 성 명(대표자) : 조언우('83.6.6)
2. 상 호 : 안마해상풍력㈜ / 법인번호 : 110111 -6520187
3. 소재지 : 전라남도 영광군 영광읍 옥당로 125, 1층 다동
   (전화 : 02-6030 -3906)
4. 사업의 내용 : 영광 안마 해상풍력 발전사업
   ○ 사업장소 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km앞 해상
   (사업구역 좌표 : 다음 페이지 기재)
5. 사업규모
   ○ 원동력의 종류 : 풍력(해상)
   ○ 설비용량 : 224MW, 공급전압 : 154kV, 주파수 : 60Hz
6. 공사계획인가기간 : 2029년 5월까지
7. 사업준비기간 : 2031년 5월까지
8. 기타

※ ①당초 허가('19.4.23.), ②설치장소/설비용량 조정(2020.7.27.) : 뒷면참조 / 218.4MW →224MW, ③대표자(하경호→황규득, 조언우) 변경('21.11.4), ④준비기간 연장('23.3월 →'26.5월) 및 사업장소(위치조정) 변경허가('22.4.25), ⑤공사계획인가기간 부여 및 준비기간('26.5월→'31.5월) 변경('23.8.1), ⑥대표자(황규득, 조언우→조언우) 및 소재지 (천년로 12길 63, 2층→옥당로 125, 1층 다동) 변경('23.11.6)

※ 주의사항 : 주요 사업허가 취소대상 (전기사업법 제12조)
- 공사계획인가기간에 공사에 착수하지 못하는 경우
- 사업준비기간에 사업개시를 하지 못하는 경우
- 산업통상자원부 장관의 인가 없이 사업의 양수 및 법인의 분할·합병을 한 경우

전기사업법 제7조 및 같은 법 시행규칙 제6조에 따라 위와 같이 발전사업을 허가합니다.

2023년 11월 6일

산업통상자원부장관 산업통상 장관인

210mm×297mm(백상지 120g/㎡)

※ (붙임) 전기사업(해상풍력) 허가(제2019-33호) 사업구역 좌표

구분	위도	경도	비고
P1	35°22'28.01"	125°49'59.73"	
P2	35°22'28.01"	125°56'35.49"	
P3	35°20'50.70"	125°56'35.53"	
P4	35°22'11.86"	125°57'29.93"	
P5	35°20'50.70"	125°57'29.93"	
P6	35°20'50.70"	125°49'59.66"	

제2020-56호

발전사업 허가증

1. 성 명(대표자) : 조언우('83.6.6)

2. 상 호 : 안마해상풍력㈜ / 법인번호 : 110111 -6520187

3. 소재지 : 전라남도 영광군 영광읍 옥당로 125, 1층 다동
(전화 : 02-6030 -3906)

4. 사업의 내용 : 영광 안마2 해상풍력 발전사업

○ 사업장소 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km앞 해상
(사업구역 좌표 : 다음 페이지 기재)

5. 사업규모

○ 원동력의 종류 : 풍력(해상

○ 설비용량 : 304MW, 공급전압 : 154kV, 주파수 : 60Hz

6. 공사계획인가기간 : 2029년 8월까지

7. 사업준비기간 : 2031년 8월까지

8. 기타

※ ①당초 허가('20.7.27.), ②대표자(하경호→황규득, 조언우) 변경('21.11.4), ③준비기간 연장('24.6월→'26.11월) 및 사업장소(위치조정) 변경허가('22.4.25), ④공사계획인가기간 부여 및 준비기간('26.11월→'31.8월) 변경('23.8.1), ⑤대표자(황규득, 조언우→조언우) 및 소재지(천년로 12길 63, 2층→옥당로 125, 1층 다동) 변경('23.11.6)

※ 주의사항 : 주요 사업허가 취소대상 (전기사업법 제12조)
- 공사계획인가기간에 공사에 착수하지 못하는 경우
- 사업준비기간에 사업개시를 하지 못하는 경우
- 산업통상자원부 장관의 인가 없이 사업의 양수 및 법인의 분할·합병을 한 경우

전기사업법 제7조 및 같은 법 시행규칙 제6조에 따라 위와 같이 발전사업을 허가합니다.

2023년 11월 6일

산업통상자원부장관 산업통상 장관인

210㎜×297㎜(백상지 120g/㎡)

※ (붙임) 전기사업(해상풍력) 허가(제2020-56호) 사업구역 좌표

구분	위도	경도	비고
P1	35°19'45.93"	125°49'59.73"	
P2	35°19'45.93"	125°57'29.92"	
P3	35°18'14.93"	125°57'29.92"	
P4	35°19'29.71"	125°56'35.49"	
P5	35°17'03.77"	125°56'35.49"	
P6	35°17'03.76"	125°49'59.73"	

6.2.3 환경보전방안 검토의견 통보(재생에너지보급과-572, 2024.05.22.)

안마해상풍력(주)
Anma Offshore Wind Energy Co., Ltd

안마해상풍력 주식회사
전라남도 영광군 영광읍 옥당로 125, 1층 다동
전화: 02-6030-3906 팩스: 02-6030-3990
seungjae.mun@anmawind.com

문서번호: AWF-PGM-PRM-LET-AWC-0062

수 신: 산업통상자원부장관

참 조: 재생에너지보급과장

발송일자: 2024년 5월 9일

제 목: 영광 안마 해상풍력 발전사업 환경보전방안 검토서 제출

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.
2. 귀 기관에서 당사에 2023년 8월 17일 발송한 공문『환경영향평가서 협의내용 반영결과 제출요청(영광안마 해상풍력 발전사업) (문서번호: 재생에너지보급과-1106)』 관련입니다.
3. 영광 안마 해상풍력 발전사업의 사업계획 및 사후환경영향조사계획에 일부 변경이 발생하여「환경영향평가법」제33조 제2항에 의거 사업계획 등의 변경에 따른 환경보전방안의 검토를 요청합니다.

붙임 1. 환경보전방안검토서 1식.
2. 환경보전방안 반영결과 통보서 1식. 끝.

안마해상풍력 주식회사
대표이사 조 언 우

산업통상자원부

산업통상자원부

수신 안마해상풍력(주)
(경유)
제목 환경보전방안 검토의견 통보(영광안마 해상풍력단지사업)

1. 안마해상풍력(주) AWF-PGM-PRM-LET-AWC-0062(24.5.9) 관련입니다.

2. 위 호와 관련하여 환경영향평가법 제33조 2항에 따라 영광안마 해상풍력발전단지 건설사업의 환경보전방안에 대한 검토의견을 아래와 같이 통보하오니, 관련된 규정을 철저히 준수하고 향후 안전사고 등으로 인하여 지역주민 피해가 발생하지 않도록 유의하여 주시기 바랍니다.

○ 검토의견 : 별도 이견 없음. 끝.

산업통상자원부 장관

산업통상자원부 장관인

주무관 기태문 과장 강규형 전결 2024. 5. 22.
협조자
시행 재생에너지보급과-572 (2024.05.22) 접수
우 30118 세종특별자치시 한누리대로 402, (어진동, 산업통상자원부) / http://www.motie.go.kr
전화번호 044-203-5388 팩스번호 044-203-4769 / ktw23@motie.go.kr / 비공개(5)

1/1

산업통상자원부

산업통상자원부

수신 환경부장관(환경영향평가과장)
(경유)
제목 영광 안마 해상풍력발전사업 환경보전방안 반영결과 통보

1. 안마해상풍력(주) AWF-PGM-PRM-LET-AWC-0062(24.5.9) 관련입니다.

2. 우리부로 접수된 안마해상풍력(주) '안마해상풍력발전사업'의 환경보전방안 반영결과에 대해서 환경영향평가법 제33조4항에 따라 붙임과 같이 송부드리오니, 업무에 참고하시기 바랍니다.

붙임: 1. 안마해상풍력발전사업 환경보전방안 반경결과 1부. 끝.

산업통상자원부장관

주무관	기태문	과장	전결 2024. 5. 22. 강규형
협조자			

시행 재생에너지보급과-571 접수

우 30118 세종특별자치시 한누리대로 402, (어진동, 산업통상자원부) / http://www.motie.go.kr

전화번호 044-203-5388 팩스번호 044-203-4769 / ktw23@motie.go.kr / 비공개(5)

영광 안마 해상풍력 발전사업
환 경 보 전 방 안 검 토 서
(조류 저감방안/해저케이블 위치)

2024. 5.

anma OFFSHORE WIND

제 1 장

사업계획 변경 개요

1.1 사업계획 변경사유
1.2 사업계획 변경내용
1.3 환경영향평가(변경협의) 등 실시근거
1.4 환경영향평가 협의내용의 변경사항

제1장 사업계획 변경 개요

1.1 사업계획 변경사유

가. 협의내용의 반영

안마 해상풍력 발전사업은 2023년 7월 환경영향평가 협의를 완료하였으며, 이후 사업계획과 협의내용 사이에 상충되는 내용이 있는지 검토를 실시하였다.

검토결과, 기협의 보고서의 저감방안으로 제시한 구조물 도색계획 및 조류 충돌 방지대책 등이 기협의 협의내용과 보고서 간 상이한 부분이 있어 이를 명확히 하고 관련 규정을 준수하는 사업 시행을 위해 환경보전방안을 수립하고자 한다.

<표 1.1-1> 주요 협의내용 발췌

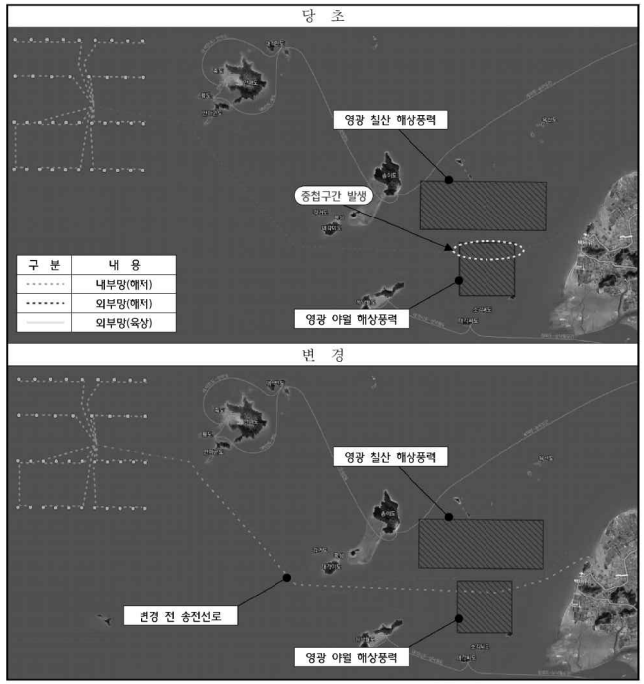
주요 협의내용	사업계획 검토
2. 항목별 협의내용 □ 동·식물상 ◦ 평가서에 제시한 조류 충돌 저감대책(**구조물 도색계획 등**)에 대해서는 **국내 규정 등에 저촉되는 부분이 없도록 상세히 검토하여 채택**하여야 함	◦ 구조물 도색계획 재검토
- 운영 중에는 조류 조사를 연 6회 이상 시행하여야 하며 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감대책을 마련해야 함	◦ 운영 중 조류조사는 연 6회 이상 시행토록 반영
- 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 발전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유	◦ 조류 충돌 및 회피양상 파악을 위한 운영시 모니터링 계획 수립
3. 저감방안 요약 1. 육상동·식물상 나.운영시 ◦ 육상동물상(조류)	
- 이동조류 영향 방지대책 강구 (**블레이드 채색**, 스피커와 카메라 장착 등)	◦ 구조물 도색계획 재검토
- **조류충돌방지시스템 구축 계획**	◦ 조류충돌방지시스템과 모니터링 장비 설치 계획 명확화
- 모니터링 결과에 따라 저감대책 강구	
3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4) 가. 공사시 - 주요 벌식기 공사강도 조절 나. 운영시	
- 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, **블레이드 색채(대조패턴)**) 등 계획	◦ 구조물 도색계획 재검토
- 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구	

나. 해저 송전선로 위치 조정

본 사업의 환경영향평가 협의 완료후 주변지역에서 시행중인 해상풍력발전사업 또한 관련 평가 협의 절차를 이행중에 있는 것으로 조사되었다.

이 중 사업지구 남측에 위치한 "영광 야월 해상풍력 발전사업" 이 환경영향평가 협의 과정에서 사업지구 위치를 조정함에 따라 본 사업의 해저 송전선로와 다소 중첩이 예상된다.

향후 공사 및 운영시 유지관리의 편의성 등을 고려하여 기존 사업지구와 중첩되지 않도록 해저 송전선로의 위치를 변경하고자 한다.



(그림 1.1-1) 송전선로 위치도 비교

1.2 사업계획 변경내용

1.2.1 변경내용 총괄

금회 사업계획 변경사항은 당초 협의 완료된 **발전설비 계획**(발전용량, 사업지구 위치 등)**의 변동사항은 없는 것**으로 검토되었다.

다만, 기협의 완료된 저감방안 중 현지 실정에 적합하지 않은 저감방안을 합리적으로 변경하고자 계획하였으며, 해저송전선로 중 일부 타 사업과 중첩되는 구간을 변경하였다.

〈표 1.2-1〉 사업계획 변경내용

구 분		당 초	변 경	비 고
풍력발전	발전용량	546MW	-	사업계획 변경 없음
	발전구역	총 80㎢	-	
	발전기 형태	수평축 프로펠러 형	-	
	전력생산량	1,584.3GWh/년	-	
송전설비	내부망	1구역 32.0㎞, 2구역 36.2㎞	-	
	외부망	육상 1.1㎞, 해저 44.9㎞	육상 1.1㎞, 해저 45.8㎞	해저 구간 위치 조정
변전설비		154kV 옥내형GIS(해상)	-	사업계획 변경 없음
기타설비		육상계폐소 1개소	-	

〈표 1.2-2〉 기타 협의내용 변경계획 총괄

구 분		당 초	변 경	비 고
조류 저감 방안	발전기 채색계획	◦ 보라색 발전기 채색 ◦ 검은색 블레이드 도색 ◦ UV페인트 도색	◦ 흰색 페인트 도색 ◦ UV 페인트 도색(반사형)	◦ 국토부 관련규정 준수
	조류 충돌 방지대책	◦ 조류 접근감시 및 충돌차단 대책 시행 - 탐지 및 회피모듈 설치	◦ 조류 접근감시 및 충돌차단 대책 시행 - 탐지 및 회피모듈 설치	◦ 시설 종류 및 설치위치 등 구체적 시설계획은 사전모니터링 시행 후 결정
	사전 모니터링 계획	◦ 조류 사전모니터링	◦ 조류 사전모니터링 ◦ 국제환경사회영향평가 조류 추가조사 실시	◦ 국제환경사회영향평가 수준 조류 추가조사 실시

1.3 환경영향평가(변경협의) 등 실시근거

1.3.1 기협의 실시근거

당초 환경영향평가는 전기사업법에 따른 풍력발전소 건설사업으로 발전용량이 10만 킬로와트 이상에 해당되어 환경영향평가 협의를 실시하였다.

<표 1.3-1> 환경영향평가 실시근거

구 분	환경영향평가대상사업의 종류 및 범위			협의 요청시기
3. 에너지 개발사업	라. 「전기사업법」 제2조제15호에 따른 전기설비 중 다음의 어느 하나에 해당하는 설비의 설치사업(마목에 해당하는 사업은 제외한다) 1) 발전시설용량이 1만킬로와트 이상인 발전소. 다만, 댐 및 저수지 건설을 수반하는 경우에는 발전시설용량이 3천킬로와트 이상인 것, 공장용지 또는 산업용지 안의 발전설비의 경우에는 3만킬로와트 이상인 것, **태양력·풍력 또는 연료전지 발전소의 경우에는 발전시설용량이 10만킬로와트 이상**인 것 2) 345킬로볼트 이상의 지상송전선로로서 선로길이(공사계획에 지중화구간이 포함된 경우 그 길이를 포함한다)가 10킬로미터 이상인 것 3) 765킬로볼트 이상의 옥외변전소			「전기사업법」 제61조 또는 「전기안전관리법」 제8조에 따른 공사계획의 인가 또는 신고 전
본 사업	구 분	기준규모	사업규모	검토결과
	풍력발전	100MW	546MW	최소 평가 대상규모 이상
	송전선로	345kV & 10㎞	154kV	-
	변전소	765kV	154kV	-

자료 : 환경영향평가법 시행령 [별표 3]

1.3.2 환경영향평가(재협의)

당초 기협의 완료된 사업계획 대비 전체 사업규모의 변경사항 및 원형보전지역 등의 변경사항은 없는 것으로 계획한에 따라, 환경영향평가 **재협의 대상에는 해당사항이 없는 것**으로 검토되었다.

<표 1.3-2> 재협의 대상여부 검토

환경영향평가법 조항		검토결과
법	**제32조(재협의)** ① 승인기관장등은 제27조부터 제29조까지의 규정에 따라 협의한 사업계획 등을 변경하는 경우 등 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 환경부장관에게 재협의를 요청하여야 한다.	-
시행령	**제54조(환경영향평가서의 재협의 대상 등)** ② 법 제32조제1항제2호에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증가시키는 경우" 란 법 제29조제1항에 따른 협의 내용에 포함된 사업·시설의 규모가 별표 3에 따른 최소 환경영향평가 대상 규모 이상 증가하는 경우(「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」에 따른 공장의 부지면적만 증가시키는 경우로서 추가적인 자연환경의 훼손 또는 오염물질의 배출이 없는 경우는 제외한다)를 말한다. 이 경우 최소 환경영향평가 대상 규모 미만으로 여러 차례 증가된 때에는 그 여러 차례 변경된 규모를 누적하여 산정한다. <개정 2023. 3. 31.>	해당없음
	③ 법 제32조제1항제3호에서 "대통령령으로 정하는 규모 이상으로 개발하거나 그 위치를 변경하는 경우" 란 법 제29조제1항에 따라 통보된 협의 내용에서 원형대로 보전하거나 제외하도록 한 지역을 개발하거나 그 위치를 변경하려는 규모가 해당 사업의 최소 환경영향평가 대상 규모의 30퍼센트 이상인 경우(누적된 변경으로 개발하려는 규모가 해당 사업의 최소 환경영향평가 대상 규모의 30퍼센트 이상인 경우를 포함한다)를 말한다.	해당없음
	④ 법 제32조제1항제4호에서 "대통령령으로 정하는 사유" 란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. <개정 2014. 11. 11., 2023. 3. 31.> 1. 제2항 전단 중 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」에 따른 공장의 부지면적만 증가되는 경우로서 추가적인 자연환경의 훼손 또는 오염물질의 배출이 없는 경우에 해당하여 환경영향평가서의 재협의를 하지 않은 사업자가 그 부지에서 자연환경을 훼손하거나 오염물질을 배출시키는 행위를 하려는 경우 2. 공사가 7년 이상 중지된 후 재개되는 경우	해당없음

1.3.3 환경영향평가(변경협의)

금회 사업계획의 변경사항은 당초 협의완료된 환경영향평가서 등의 세부 협의내용을 명확히 하고, 협의내용에 제시된 추가사항을 반영하고자 하는 변경으로 사업규모의 변동 등은 없는 것으로 계획하였다.

따라서, 환경영향평가법 제33조의 규정에 의거 사업계획 변경에 따른 환경보전방안을 수립하였다.

〈표 1.3-3〉 환경영향평가 변경협의

	환경영향평가법 조항	검토결과
법	**법 제33조(변경협의)** ① 사업자는 제27조부터 제29조까지의 규정에 따라 협의한 사업계획 등을 변경하는 경우로서 제32조제1항 각 호에 해당하지 아니하는 경우에는 사업계획 등의 변경에 따른 환경보전방안을 마련하여 이를 변경되는 사업계획 등에 반영하여야 한다.	○ (환경보전방안 검토서 작성)
	② 승인등을 받아야 하는 사업자는 제1항에 따른 환경보전방안에 대하여 미리 승인기관의 장의 검토를 받아야 한다.	○ (승인기관 검토 요청)
	③ 승인기관장등은 제1항 및 제2항에 따라 환경보전방안을 마련하거나 검토할 때에 대통령령으로 정하는 사유에 해당하면 환경부장관의 의견을 들어야 한다.	× (해당없음)
	④ 제1항에 따른 환경보전방안의 반영 여부에 대한 확인·통보에 관하여는 제30조제2항부터 제4항까지의 규정을 준용한다. 이 경우 "협의 내용"은 "환경보전방안"으로 본다.	○ (환경보전방안 반영결과 통보)
시행령	**시행령 제55조(환경보전방안 검토요청 시 제출서류 등)** ① 법 제33조제2항 본문에 따라 환경보전방안에 대한 검토를 받으려는 자는 다음 각 호에 사항이 포함된 서류를 승인기관의 장에게 제출하여야 한다. 1. 사업계획등의 변경 내용 2. 사업계획등의 변경에 따른 환경영향의 조사·예측·평가 결과 3. 사업계획등의 변경에 따른 환경보전방안의 내용	○ (사업계획 변경에 따른 환경보전방안 검토서 작성)
	② 법 제33조제3항에서 "대통령령으로 정하는 사유"란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다.	
	1. 협의기준을 변경하는 경우	해당없음
	2. 사업·시설 규모가 각 목에 해당되는 경우 가. 협의내용에 반영된 사업·시설 규모의 10%이상 증가 나. 사업규모의 증가가 소규모 환경영향평가 대상사업에 해당	해당없음
	3. 삭제	-
	4. 협의내용에 제시된 원형보전지역의 변경	해당없음
	5. 협의내용에 포함된 토지이용계획의 15%이상 변경	해당없음
	6. 입지 제한 건축물/공작물에 관한 사항의 변경	해당없음
	7. 오염물질의 30% 이상 증가 or 신규 물질이 배출허용기준의 30% 이상 배출	해당없음
	8. 주요 보호지역에서의 사업계획 변경, 주요 저감대책의 변경 등 협의내용 통보시 미리 협의기관의 의견을 듣도록 정한 사항을 변경하는 경우	해당없음
시행규칙	**제14조(경미한 사업계획의 변경)** ① 법 제33조제2항 단서에서 "환경부령으로 정하는 경미한 변경사항"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우를 말한다. 1. 법 제29조제1항에 따라 통보된 협의 내용에 포함된 시설물이 변경(용도 변경만 해당한다)되는 경우로서 새로운 오염물질이 배출되지 아니하는 경우 2. 환경영향 저감시설을 당초의 시설 규모·용량 이상으로 정비 3. 토지이용계획 변경 중 환경보전을 위한 녹지를 확대하려는 경우 4. 확정측량에 따라 사업면적 증감 5. 제1호부터 제4호까지의 규정에 준하는 사업계획 등을 변경하는 경우로서 승인기관의 장이 인정하는 경우	해당없음

1.3.4 자연경관영향 협의 대상사업

본 사업의 자연경관영향 협의 대상사업에 해당하는지 여부를 판단하기 위해 보호지역 및 보호지역 주변외 지역 자연경관영향 협의 대상에 대해 검토한 결과, **보호지역 주변외 자연경관영향 협의 대상사업에 해당**하는 것으로 검토되었다.

※ 단, 금회 사업계획 변경사항(해지송전선로의 위치 변경 등)은 경관에 영향을 주는 사항은 없어, 검토는 생략하였음

〈표 1.3-4〉 자연경관영향 협의 검토대상

구 분	자연경관영향 심의대상
보호지역 주변	◦ 전략환경영향평가 대상 개발기본계획 ◦ **환경영향평가협의 대상 개발사업** ◦ 소규모 환경영향평가 대상 개발사업
보호지역 주변외 지역	◦ **환경영향평가 및 소규모 환경영향평가 협의 대상 개발사업 중 대통령령이 정하는 개발 사업**

자료 : 개발사업 등에 대한 자연경관 심의지침, 2023.04.10., 환경부

〈표 1.3-5〉 보호지역 주변 자연경관영향 협의 대상여부

구 분		경계로부터의 거리	대상여부
자연공원	최고봉 1,200m 이상	2,000m	2㎞ 내 자연공원 없음
	최고봉 700m 이상	1,500m	
	최고봉 700m 미만 또는 해상형	1,000m	
습지보호지역		300m	지정된 보호지역 없음
생태·경관 보전지역	최고봉 700m 이상	1,000m	지정된 보호지역 없음
	최고봉 700m 미만 또는 해상형	500m	

비고) 1. 생태·경관보전지역이 습지보호지역과 중복되는 경우에는 습지보호지역 거리기준을 우선 적용한다.
2. 도시지역 및 관리지역의 거리기준 : 제1호의 일반기준에 불구하고 법 제28조제1항제1호의 규정에 따른 자연공원, 습지보호지역 및 생태·경관보전지역이 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제36조제1항의 규정에 따른 도시지역 및 계획관리지역에 위치한 경우에는 경계로부터의 거리를 300미터로 한다.

자료 : 자연환경보전법 시행령 [별표 1]

〈표 1.3-6〉 보호지역 주변외 지역 자연경관영향 협의 대상여부

구 분	개발사업 등의 세부범위
다. 에너지 개발	다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우. 다만, (3) 또는 (4)의 경우에는 시설을 지상에 설치하는 경우에 한한다. (2) 「전기사업법」 제2조제16호에 따른 **전기설비 중 다음의 어느 하나에 해당하는 설비의 설치사업**[「집단에너지사업법」 제2조제6호에 따른 공급시설 중 발전시설용량이 1만킬로와트(공장용지 또는 산업용지 안에 설치하는 경우에는 3만킬로와트) 이상인 열발생설비의 설치사업은 제외한다] **(가) 발전소** (나) 345kV 이상의 架空송전선로 (다) 765kV 이상의 옥외변전소

자료 : 자연환경보전법 시행령 [별표 2]

1.3.5 건강영향평가

본 사업은 건강영향평가 대상사업에 **해당하지 않는 것**으로 검토되었다.

<표 1.3-7> 건강영향 항목의 추가·평가 대상사업

구 분	대상사업의 범위
1. 산업입지 및 산업단지의 조성	◦국가·일반·도시첨단산업단지, 공장설립 / 15만㎡ 이상
2. 에너지개발	◦전원개발촉진법·전기사업법 **화력발전소 / 1만킬로와트 이상**
3. 폐기물처리시설, 분뇨처리시설 및 가축분뇨처리시설의 설치	◦폐기물매립시설 / 면적 30만㎡ 이상, 용적 330만㎥ 이상 ◦지정폐기물처리시설 / 면적 5만㎡ 이상, 용적 25만㎥ 이상 ◦소각시설 / 100톤/일 이상 ◦가축분뇨처리시설 / 100킬로리터/일 이상

자료 : 환경보전법 시행령 [별표 1]

1.3.6 기후변화영향평가

본 사업은 기후변화영향평가 대상사업에 **해당하지 않는 것**으로 검토되었다.

<표 1.3-8> 기후변화영향평가 대상사업

구 분	기후변화영향평가 대상 개발사업의 종류
가. 도시 개발	제1호(면적이 100만㎡ 이상인 경우만 해당한다)
나. 산업입지·산업단지 조성	제2호(50만㎡ 이상인 경우만 해당하고, 제2호가목 중 산업단지 재생사업은 제외한다)
다. 에너지 개발	제3호가목, 제3호나목, 제3호마목 제3호다목1)(신·재생에너지와 원자력은 제외한다) **제3호라목1)(신·재생에너지와 원자력은 제외**한다)
라. 도로 건설	제5호(도로의 길이가 12km 이상인 경우만 해당한다)
마. 공항 건설	제8호
바. 폐기물 처리시설	제15호

주) 1. 모든 대상사업은「환경영향평가법 시행령」 [별표 3] 내 세부 항목을 같함
2. 라목부터 바목까지의 규정은 2023년 9월 25일 이후 「환경영향평가법」 제11조 또는 제24조에 따라 평가준비서를 작성하는 경우부터 적용

자료 : 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 시행령 [별표 2]

1.4 환경영향평가 협의내용의 변경사항

금회 사업계획 변경에 따라 기협의 환경영향평가 협의내용을 최대한 반영하여 사업을 시행할 계획이며, 일부 사업계획 변경에 따른 협의내용 변경사항에 대해서 다음과 같이 검토하였다.

◦ 기협의 : 환경부 환경영향평가과-2471(2023.07.24.)

<표 1.4-1> 협의내용 변경요청 내용

협의내용	변경요청내용
1. 총괄	
□ 본 협의내용과 환경영향평가서(보완서 포함, 이하 '평가서'라 함)에 제시된 각종 저감방안을 사업계획에 반영하여 사업 시행 시 이행될 수 있도록 조치하고, 이행이 완료될 때까지 지속적으로 관리·감독해야 함 ○ 협의내용 등을 반영할 수 없을 때는 사업 승인·확정 전에 구체적인 사유를 협의기관에 통보하여 그에 따른 협의를 완료한 후 사업 시행	·변경사항 없음
□ 평가 과정에서 예측하지 못한 상황의 발생으로 주변 환경에 부정적인 영향이 초래되거나 주변 환경이 악화될 경우 추가 대책을 마련하여야 하며, ○ 환경오염 방지시설 설치 계획, 환경관리 교육계획, 환경민원 처리계획 및 협의 내용 준수계획 등을 포함한 사후 환경관리계획을 수립·시행하여야 함	·변경사항 없음
□ 이 협의내용의 이행과 관련하여 다른 관계 법령 등에 의한 인허가·승인·신고·협의 등이 필요한 경우에는 관계 법령에 따른 행정절차를 적정하게 이행하여야 함	·변경사항 없음

〈표 1.4-1〉 계 속

협의내용	변경요청내용
2. 항목별 협의내용	
□ 동·식물상 ○ 평가서에 제시한 조류 충돌 저감대책(구조물 도색계획 등)에 대해서는 국내 규정 등에 저촉되는 부분이 없도록 상세히 검토하여 채택하여야 함 - 운영 중에는 조류 조사를 연 6회 이상 시행하여야 하며 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감 대책을 마련해야 함 - 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 활전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유하여야 함	·**변경** - 채색계획 변경(국토부 규정 준수) - 조류충돌 방지대책 명확화 → 조류 사전모니터링을 통해 조류 인식율 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정
○ 운영시 해양포유류에 대한 조사는 해저케이블 매설 해역을 포함하여 수중소음과 계절별로 동시에 수행하여 해양포유류의 분포와 행동에 미치는 영향을 파악하고 필요시, 저감방안을 마련해야 함	·변경사항 없음
○ 해양동·식물상의 운영시 사후환경영향조사에 대해서는 영향예측에 대한 검증이 매우 중요하므로, 분기별로 실시하여야 함	·변경사항 없음
○ 사후환경영향조사에는 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링 실시를 포함하여야 함	·변경사항 없음
□ 해양환경 ○ 부유사 확산 수치 모형에 활용된 정보를 상세히 기술 및 분석하여 수치 모형의 신뢰도를 높여야 함* - 부유사 관측지점은 어업권이 인접한 해저케이블 설치구간도 포함하여 사후환경영향조사 결과와 주기적인 검증을 통해 필요시, 부유사 발생 저감방안을 마련하여야 함 * (보완) 3.2.1-10에서 부유사 관측값이 예측값에 비해 100㎎/L 이상 높게 나타나고 있음	·변경사항 없음
○ 해저케이블 매설에 대한 구간별 설치 심도와 매설계획을 구체적으로 제시하고 적절한 저감방안을 마련하여야 함 - 각이사되 구간의 해저케이블 설치공사 시 지형훼손을 최소화하는 공법 및 공사 시기 조정 등을 적용하여야 하며 운영 시 분기별 조사를 통해 해당 지형의 자연적 복원 및 해양생물의 서식 등을 확인하고 필요시 저감방안을 마련하여야 함	·변경사항 없음

〈표 1.4-1〉 계 속

협의내용	변경요청내용
2. 항목별 협의내용	
○ 운영시 수심측량 등을 통해 해저지형을 조사하여 부정적 영향이 발견된 경우 적절한 저감 대책을 마련하여야 함	·변경사항 없음
○ 전자기장 측정은 발전단지 및 해저케이블 구간에 대해 사업시행 전 배경 전자기장과 실제 운영시 발생하는 전자기장을 모두 측정하여야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	·변경사항 없음
○ 해양수질·퇴적물 분석항목 중 일부 누락된 항목을 추가하여 현재 농도에서 가중되지 않도록 지속적으로 관리하여야 함 - 해양수질 항목에서는 규산규소, 철, 망간, 퇴적물 항목에서는 알루미늄, 철, 망간, 코발트 항목의 추가 필요	·변경사항 없음
○ 구조물 철거 과정에서 해양환경에 발생할 수 있는 부정적 영향에 대한 대안 및 원상회복 의무 적기 이행에 관한 관리대책을 마련할 필요가 있음	·변경사항 없음
□ 소음·진동 ○ 해저케이블 구간을 수중 소음 조사 정점에 포함하고 운영시에도 계절별 조사를 수행하여 해양생물 등에 미치는 영향을 모니터링해야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	·변경사항 없음
○ 사업지구 주변 주거시설에 대한 저주파소음 예측결과가 환경목표기준을 초과하고 있으므로 영향을 최소화하기 위한 대책을 마련하여야 함 - 풍력발전단지 운영으로 인한 저주파소음 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 이를 확인하기 위한 모니터링 계획을 수립하여야 함 - 풍력발전기에 대한 저주파 소음 저감대책으로 운영시간 조정이 기재되어 있으므로 해당 대안에 대한 검토 필요	·변경사항 없음

<표 1.4-1> 계 속

협의내용	변경요청내용
3. 저감방안 요약	
1. 육상 동·식물상(평가서 8.1.1-219~236, 보완서 3.1-175~185, 3.7-1~10) 가. 공사시 ○ 육상 식물상(식물상 및 식생) - 세륜세차시설 설치 운영, 주기적 살수차 운행 - 공사차량 속도제한 - 생태계교란생물 발견시 즉시 제거 ○ 육상 동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류, 조류) - 저소음·저진동 장비 사용, 야간공사 지양 - 번식기 및 철새이동시기 공사강도 조절	·변경사항 없음
나. 운영시 ○ 육상동물상(조류) - 이동조류 영향 방지대책 강구 (블레이드 채색, 스피커와 카메라 장착 등) - 조류충돌방지시스템 구축 계획 - 모니터링 결과에 따라 저감대책 강구	·**변경** - 채색계획 변경(국토부 규정 준수) - 조류충돌 방지대책 명확화 → 조류 사전모니터링을 통해 조류 인식율 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정
2. 해양 동·식물상(평가서 8.1.2-346~349, 8.1.3-32~34, 보완서 3.2.2-112~119, 3.2.3-37~40) 가. 공사시 - 부유사 확산 저감대책 : 오탁방지막, 부유사 저감 공종관리 - 수중소음 등 저감대책 : 불필요한 충격음 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획, 공사장비의 가동시간 일 최대 8시간 한정하여 최소화 할 계획임 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	·변경사항 없음
나. 운영시 - 기초구조물을 활용한 수산자원 조성 - 해상풍력발전단지 감시시스템 구축 및 24시간 상황실 운영 등으로 선박이동에 대한 안전대책 구축 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	·변경사항 없음

<표 1.4-1> 계 속

협의내용	변경요청내용
3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4) 가. 공사시 - 주요 번식기 공사강도 조절 나. 운영시 - 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, 블레이드 색채(대조패턴)) 등 계획 - 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구	·**변경** - 채색계획 변경(국토부 규정 준수)
4. 대기질(평가서 8.2.2-28~30) 가. 공사시 - 주기적인 살수 실시 - 공사차량 속도제한(20㎞/hr 이하) - 차량덮개 설치, 주기적인 교육 및 관리감독 - 공사장비 효율적 투입, 공회전 지양 등	·변경사항 없음
5. 온실가스(평가서 8.2.3-20) 가. 공사시 - 오염물질 배출이 적은 장비 사용 - 건설장비 공회전 금지 - 노후장비 사용 자제 나. 운영시 - 연간 1구역 121,913tCO_2eq, 2구역 152,171tCO_2eq의 온실가스 저감	·변경사항 없음
6. 수환경(해양 수·저질 포함) (평가서 8.3.1-15~18, 8.3.2-371~378, 보완서 3.2.2-117~119) 가. 공사시 - 토사유출 저감대책 : 침사지 및 가배수로 설치(건축물 터파기지역 침사지 활용) - 부유물질 모니터링 실시 : 부유물질 농도 증가시 일시적 작업중단, 작업시간 단축, 작업방법 개선 등의 방법으로 해양환경에 미치는 영향 최소화 - 유류유출 저감대책 : 방제장비 확보방안 검토, 관계기관과 연계한 방제체제 구축 나. 운영시 - 개인하수처리시설 : 15.0/㎥일 설치 - 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 [별표3] 방류수 수질기준」에 준하여 처리할 계획임	·변경사항 없음

〈표 1.4-1〉 계 속

협의내용	변경요청내용
7. 토양(평가서 8.4.2-9~10) 가. 공사시 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 지장물 및 불법폐기물 : 성상별 폐기물 처리규정에 따라 적법처리 나. 운영시 - 분리수거함 설치 - 폐기물 무단투기 및 소각 방지를 위한 사전교육 - 이동식 간이화장실을 설치하여 전량 위탁처리	·변경사항 없음
8. 지형·지질(평가서 8.4.3-69~70) 가. 공사시 - 건축물 축조시 주변 경관과 이질감이 없는 색채, 이미지 및 식재계획 - 부득이 발생되는 사면에 대한 처리는 적정사면구배, 잔디 식재 등 계획 - 발생토량 적정 처리 대책 : 토석정보공유시스템 활용 - 토사유출 저감을 위하여 우기를 피하여 공사, 공사구간에 가배수로 및 임시 침사지 설치	·변경사항 없음
9. 친환경적 자원순환(평가서 8.5.1-9~15) 가. 공사시 - 생활폐기물 및 분뇨 : 성상별 분리수거, 영광군 폐기물 관리계획에 따라 처리, 이동식 간이화장실 설치 및 위탁처리, 선박내 분뇨오염방지설비 설치 및 위탁처리 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 건설폐기물 처리 : 무단적치 및 불법투기 되는 일이 없도록 관리하여 위탁처리 나. 운영시 - 생활폐기물 : 성상별 분리수거 후 재활용 및 위탁처리 - 분뇨 : 오수처리시설 설치	·변경사항 없음

〈표 1.4-1〉 계 속

협의내용	변경요청내용
10. 소음·진동(평가서 8.5.2-125~129, 보완서 3.3.1-85~88) 가. 공사시 ○ 육상부 - 공사장 "소음·진동 관리지침서"에 따른 일반적인 저감대책 수립 - 야간공사 지양, 건설장비 점검 - 운행속도 제한, 급발진, 급정지, 공회전 지양 ○ 해상부 파일항타시 수중소음 - 사전경고음 발생으로 해양포유류 및 어류를 회피 - 모니터링 결과, 필요시 수중소음 완화대책 강구 - 쿠션블럭(Cushion Blocks), 공기방울막(Air bubble curtain), 수중소음댐퍼(HSD, Hydro Sound Dampers), 격리막(Isolation casing), 임시물막이(Coffercam) 등 나. 운영시(해상부) - 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음 영향 모니터링 계획	·변경사항 없음
11. 위락·경관(평가서 8.5.3-47~52, 보완서 3.4-12~14) - 해상풍력발전단지 : 주변 환경과 조화될 수 있는 색채계획 수립 - 영광군 경관기본계획에 부합하는 경관계획 수립	·변경사항 없음
12. 전파장해(평가서 8.5.4-8) - 사업의 운영시 라디오 수신장해, TV 수신장해 등의 문제 발생시 주민과 적극적으로 협의하여 라디오 증폭기 설치, 공동수신안테나 설치 등의 적절한 저감대책을 수립·대처할 계획임.	·변경사항 없음

영광 안마 해상풍력 발전사업

환 경 영 향 평 가

환경보전방안 반영 결과 통보서

2024. 5.

anma OFFSHORE WIND

환경보전방안 반영결과(조치결과 · 조치계획) 통보서

1. 사업개요

가. 사업명: 영광 안마 해상풍력 발전사업

나. 사업장 위치: 전라남도 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 부근

다. 사업시행자(전화번호): 안마해상풍력(주) (02-6241-3980)

라. 착공예정일(준공예정일): 2025년 (2028년)

마. 승인기관명: 산업통상자원부

2. 사업계획등 (승인)내용

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
1.총괄	□ 본 협의내용과 환경영향평가서(보완서 포함, 이하'평가서'라 함)에 제시된 각종 저감방안을 사업계획에 반영하여 사업 시행 시 이행될 수 있도록 조치하고, 이행이 완료될 때까지 지속적으로 관리 · 감독해야 함 ○ 협의내용 등을 반영할 수 없을 때는 사업 승인 · 확정 전에 구체적인 사유를 협의기관에 통보하여 그에 따른 협의를 완료한 후 사업 시행	□ 협의내용 및 환경영향평가서에 제시된 환경영향 저감방안을 사업계획에 반영하여 사업 시행 시 이행될 수 있도록 조치하고 이행이 완료 될 때까지 지속적으로 관리·감독하겠음 ○ 협의내용 등을 반영할 수 없을 시 사업 승인 · 확정 전에 구체적인 사유를 협의기관에 통보하여 그에 따른 협의를 완료한 후 사업 시행하겠음		
	□ 평가 과정에서 예측하지 못한 상황의 발생으로 주변 환경에 부정적인 영향이 초래되거나 주변 환경이 악화될 경우 추가 대책을 마련하여야 하며, ○ 환경오염 방지시설 설치 계획, 환경관리 교육계획, 환경민원처리계획 및 협의 내용 준수계획 등을 포함한 사후 환경관리계획을 수립 · 시행하여야 함	□ 평가 과정에서 예측하지 못한 상황의 발생으로 주변 환경에 부정적인 영향이 초래되거나 주변 환경이 악화될 경우 추가 대책을 마련하겠음 ○ 환경오염 방지시설 설치 계획, 환경관리 교육계획, 환경민원처리계획 및 협의 내용 준수계획 등을 포함한 사후 환경관리계획을 수립 · 시행하겠음		
	□ 이 협의내용의 이행과 관련하여 다른 관계 법령 등에 의한 인허가 · 승인 · 신고 · 협의 등이 필요한 경우에는 관계 법령에 따른 행정절차를 적정하게 이행하여야 함	□ 이 협의내용의 이행과 관련하여 다른 관계 법령 등에 의한 인허가 · 승인 · 신고 · 협의 등이 필요한 경우에는 관계 법령에 따른 행정절차를 적정하게 이행하겠음		

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
2.항목별 협의내용	□ 동·식물상 ○ 평가서에 제시한 조류 충돌 저감대책(구조물 도색계획 등)에 대해서는 국내 규정 등에 저촉되는 부분이 없도록 상세히 검토하여 채택하여야 함 - 운영 중에는 조류 조사를 연 6회 이상 시행하여야 하며 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감 대책을 마련해야 함 - 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 발전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유하여야 함	**○ 채색계획 변경(국토부 규정 준수)** **○ 조류충돌 방지대책 명확화** **→조류 사전모니터링을 통해 조류인식을 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정** - 조류 조사는 운영시 연 6회 조사할 계획이며, 관측자료 수집 및 조류 충돌 발생 현황을 분석하여 필요시, 추가적인 저감 대책을 마련하겠음 - 조류 충돌 및 회피에 대한 모니터링 결과를 분석하여 조류의 발전기 회피 양상을 파악하고 그 결과를 협의기관에 공유하겠음	첨부 #1 [채색 및 조류충돌 방지대책] 첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 운영시 해양포유류에 대한 조사는 해저케이블 매설 해역을 포함하여 수중소음과 계절별로 동시에 수행하여 해양포유류의 분포와 행동에 미치는 영향을 파악하고 필요시, 저감방안을 마련해야 함	○ 운영시 해양포유류 조사는 해저케이블 매설 해역을 포함한 전 사업지구에서 해양포유류의 분포와 행동에 미치는 영향을 파악하고 필요시, 저감방안을 마련할 계획임	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 해양동·식물상의 운영시 사후환경영향조사에 대해서는 영향예측에 대한 검증이 매우 중요하므로, 분기별로 실시하여야 함	○ 해양동·식물상의 운영시 사후환경영향조사는 영향예측에 대한 검증을 위해, 분기별로 실시할 계획임	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 사후환경영향조사에는 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링 실시를 포함하여야 함	○ 인공어초의 효과 검증을 위한 모니터링을 포함하여 사후환경영향조사를 계획하였음	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	□ 해양환경 ○ 부유사 확산 수치 모형에 활용된 정보를 상세히 기술 및 분석하여 수치 모형의 신뢰도를 높여야 함 - 부유사 관측지점은 어업권이 인접한 해저케이블 설치구간도 포함하여 사후환경영향조사 결과와 주기적인 검증을 통해 필요시, 부유사 발생 저감방안을 마련하여야 함 * (보완) 3.2.1-10에서 부유사 관측값이 예측값에 비해 100㎎/L 이상 높게 나타나고 있음	○ 부유사 확산 수치 모형에 활용된 정보를 상세히 기술 및 분석하여 작성하겠음 - 부유사 관측지점은 어업권이 인접한 해저케이블 설치구간도 포함하여 사후환경영향조사를 계획하였으며, 사후환경영향조사 결과와 주기적인 검증을 통해 필요시, 부유사 발생 저감방안을 마련할 계획임	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 해저케이블 매설에 대한 구간별 설치 심도와 매설계획을 구체적으로 제시하고 적절한 저감방안을 마련하여야 함 - 각이사퇴 구간의 해저케이블 설치공사 시 지형 훼손을 최소화하는 공법 및 공사 시기 조정 등을 적용하여야 하며 운영시 분기별 조사를 통해 해당 지형의 자연적 복원 및 해양생물의 서식 등을 확인하고 필요시 저감방안을 마련하여야 함	○ 해저케이블 매설에 대한 구간별 설치 심도와 매설계획을 구체적으로 제시하고 적절한 저감방안을 강구하겠음 - 각이사퇴 구간의 해저케이블 설치공사 시 지형 훼손을 최소화하는 공법 및 공사 시기 조정 등을 적용할 예정이며, 운영시 분기별 조사를 통해 해당 지형의 자연적 복원 및 해양생물의 서식 등을 확인하고 필요시 저감방안을 마련하겠음		

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
2.항목별 협의내용	○ 운영시 수심측량 등을 통해 해저지형을 조사하여 부정적 영향이 발견된 경우 적절한 저감 대책을 마련하여야 함	○ 운영시 수심측량 등을 통해 해저지형을 조사하여 부정적 영향이 발견된 경우 적절한 저감 대책을 마련하겠음		
	○ 전자기장 측정은 발전단지 및 해저케이블 구간에 대해 사업시행 전 배경 전자기장과 실제 운영시 발생하는 전자기장을 모두 측정하여야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	○ 전자기장 측정은 발전단지 및 해저케이블 구간에 대해 공사시 및 운영시 분기 1회 사후환경영향조사를 계획하였음 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 10개 정점 조사를 계획하였음	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 해양수질·퇴적물 분석항목 중 일부 누락된 항목을 추가하여 현재 농도에서 가중되지 않도록 지속적으로 관리하여야 함 - 해양수질 항목에서는 규산규소, 철, 망간, 퇴적물 항목에서는 알루미늄, 철, 망간, 코발트 항목의 추가 필요	○ 해양수질·퇴적물 분석항목 중 일부 누락된 항목을 추가하여 현재 농도에서 가중되지 않도록 지속적으로 관리하여야 함 - 해양수질 항목에서는 규산규소, 철, 망간, 퇴적물 항목에서는 알루미늄, 철, 망간, 코발트 항목을 추가하여 사후환경영향조사를 계획하였음	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 구조물 철거 과정에서 해양환경에 발생할 수 있는 부정적 영향에 대한 대안 및 원상회복 의무적기 이행에 관한 관리대책을 마련할 필요가 있음	○ 구조물 철거 과정에서 해양환경에 발생할 수 있는 부정적 영향에 대한 대안 및 원상회복 의무적기 이행에 관한 관리대책을 마련하겠음		
	□ 소음·진동 ○ 해저케이블 구간을 수중 소음 조사 정점에 포함하고 운영시에도 계절별 조사를 수행하여 해양생물 등에 미치는 영향을 모니터링해야 함 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 최소 10정점 권장	□ 소음·진동 ○ 수중 소음 조사는 해저케이블 구간을 포함하여 공사시 및 운영시 계절별 조사(년 4회)를 계획하였으며, 해양생물 등에 미치는 영향을 모니터링 할 계획임 - 해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인에 따라 10개 정점 조사할 계획임	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	○ 사업지구 주변 주거시설에 대한 저주파소음 예측결과가 환경목표기준을 초과하고 있으므로 영향을 최소화하기 위한 대책을 마련하여야 함 - 풍력발전단지 운영으로 인한 저주파소음 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 이를 확인하기 위한 모니터링 계획을 수립하여야 함 - 풍력발전기에 대한 저주파 소음 저감대책으로 운영시간 조정이 기재되어 있으므로 해당 대안에 대한 검토 필요	○ 사업지구 주변 주거시설에 대한 저주파소음 예측결과가 환경목표기준을 초과하고 있으므로 영향을 최소화하기 위한 대책을 마련하겠음 - 풍력발전단지 운영으로 인한 저주파소음 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하고 이를 확인하기 위한 모니터링 계획을 수립할 예정임 - 풍력발전기에 대한 저주파 소음 저감대책으로 운영시간 조정이 기재되어 있으므로 해당 대안에 대한 실행 검토하겠음	첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
3. 저감방안 요약	1. 육상 동·식물상(평가서 8.1.1-219~236, 보완서 3.1-17ㅎ~185, 3.7-1~10) 가. 공사시 ○ 육상 식물상(식물상 및 식생) - 세륜세차시설 설치 운영, 주기적 살수차 운행 - 공사차량 속도제한 - 생태계교란생물 발견시 즉시 제거 ○ 육상 동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류, 조류) - 저소음·저진동 장비 사용, 야간공사 지양 - 번식기 및 철새이동시기 공사 강도 조절	- 살수시설, 살수차량 운행 - 공사차량 속도제한 - 생태계교란생물 발견시 즉시 제거 - 저소음·저진동 장비 사용, 야간공사 지양 - 번식기 및 철새이동시기 공사 강도 조절 등 저감방안 이행		
	나. 운영시 ○ 육상동물상(조류) - 이동조류 영향 방지대책 강구 (블레이드 채색, 스피커와 카메라 장착 등) - 조류충돌방지시스템 구축 계획 - 모니터링 결과에 따라 저감대책 강구	**- 채색계획 변경(국토부 규정 준수)** **- 조류충돌 방지대책 명확화** **→조류 사전모니터링을 통해 조류 인식을 향상 및 장비 수준에 적합한 조류충돌 방지대책 설치위치 결정**	첨부 #1 [채색 및 조류충돌 방지대책] 첨부 #2 [사후환경영향조사 계획]	
	2. 해양 동·식물상(평가서 8.1.2-346~349, 8.1.3-32~34, 보완서 3.2.2-112~119, 3.2.3-37~40) 가. 공사시 - 부유사 확산 저감대책 : 오탁방지막, 부유사 저감 공종관리 - 수중소음 등 저감대책 : 불필요한 충격을 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획, 공사장비의 가동시간일 최대 8시간 한정하여 최소화 할 계획임 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	- 부유사 확산 저감대책으로 오탁방지막, 부유사 저감 공종관리 등을 시행하겠음 - 수중소음 등 저감을 위해 불필요한 충격을 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획 등 반영하겠음 - 사후환경영향조사를 통한 지속적인 모니터링을 할 계획임		
	나. 운영시 ○ 육상 식물상(식물상 및 식생) - 기초구조물을 활용한 수산자원 조성 - 해상풍력발전단지 감시시스템 구축 및 24시간 상황실 운영 등으로 선박이동에 대한 안전대책 구축 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)	- 기초구조물을 활용한 수산자원 조성 - 해상풍력발전단지 감시시스템 구축 및 24시간 상황실 운영 등으로 선박이동에 대한 안전대책 구축 - 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)		

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
3. 저감방안 요약	3. 자연환경자산(평가서 8.1.4-4) 가. 공사시 - 주요 번식기 공사강도 조절 나. 운영시 - 조류 영향 방지대책 강구(항공장애등 색상 녹색광 선정, 블레이드 색채(대조패턴)) 등 계획 - 사후환경영향조사시 지속적인 모니터링 실시, 필요시 추가적인 저감대책 강구	- 주요 번식기 공사강도 조절 등 저감방안 이행 **- 채색계획 변경(국토부 규정 준수)** - 사후환경영향조사시 지속적 모니터링 실시 후 필요시 추가적 저감방안 강구	첨부 #1 [채색 및 조류충돌 방지대책]	
	4. 대기질(평가서 8.2.2-28~30) 가. 공사시 - 주기적인 살수 실시 - 공사차량 속도제한(20㎞/hr 이하) - 차량덮개 설치, 주기적인 교육 및 관리감독 - 공사장비 효율적 투입, 공회전 자양 등	- 주기적인 살수 실시하겠음 - 공사차량 속도제한(20㎞/hr 이하) - 차량덮개 설치, 주기적인 교육 및 관리감독하겠음 - 공사장비 효율적 투입, 공회전 지양 등		
	5. 온실가스(평가서 8.2.3-20) 가. 공사시 - 오염물질 배출이 적은 장비 사용 - 건설장비 공회전 금지 - 노후장비 사용 자제 나. 운영시 - 연간 1구역 121,913tCO_2eq, 2구역 152,171tCO_2eq의 온실가스 저감	- 오염물질 배출이 적은 장비 사용 - 건설장비 공회전 금지 - 노후장비 사용 자제 - 연간 1구역 121,913tCO_2eq, 2구역 152,171tCO_2eq의 온실가스 저감		
	6. 수환경(해양 수·저질 포함) (평가서 8.3.1-15~18, 8.3.2-371~378, 보완서 3.2.2-117~119) 가. 공사시 - 토사유출 저감대책 : 침사지 및 가배수로 설치(건축물 터파기지역 침사지 활용) - 부유물질 모니터링 실시 : 부유물질 농도 증가시 일시적 작업중단, 작업시간 단축, 작업방법 개선 등의 방법으로 해양환경에 미치는 영향 최소화 - 유류유출 저감대책 : 방제장비 확보방안 검토, 관계기관과 연계한 방제체제 구축 나. 운영시 - 개인하수처리시설 : 15.0/㎥일 설치 - 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 [별표3] 방류수 수질기준」에 준하여 처리할 계획임	- 토사유출 저감대책 : 침사지 및 가배수로 설치(건축물 터파기지역 침사지 활용) - 부유물질 모니터링 실시 : 부유물질 농도 증가시 일시적 작업중단, 작업시간 단축, 작업방법 개선 등의 방법으로 해양환경에 미치는 영향 최소화 - 유류유출 저감대책 : 방제장비 확보방안 검토, 관계기관과 연계한 방제체제 구축 - 개인하수처리시설 : 15.0/㎥일 설치 - 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 [별표3] 방류수 수질기준」에 준하여 처리할 계획임		

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
3. 저감방안 요약	7. 토양(평가서 8.4.2-9~10) 가. 공사시 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 지장물 및 불법폐기물 : 성상별 폐기물 처리규정에 따라 적법처리 나. 운영시 - 분리수거함 설치 - 폐기물 무단투기 및 소각 방지를 위한 사전교육 - 이동식 간이화장실을 설치하여 전량 위탁처리	- 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 지장물 및 불법폐기물 : 성상별 폐기물 처리규정에 따라 적법처리 - 분리수거함 설치 - 폐기물 무단투기 및 소각 방지를 위한 사전교육 - 이동식 간이화장실을 설치하여 전량 위탁처리		
	8. 지형·지질(평가서 8.4.3-69~70) 가. 공사시 - 건축물 축조시 주변 경관과 이질감이 없는 색채, 이미지 및 식재계획 - 부득이 발생되는 사면에 대한 처리는 적정사면구배, 잔디 식재 등 계획 - 발생토량 적정 처리 대책 : 토석정보공유시스템 활용 - 토사유출 저감을 위하여 우기를 피하여 공사, 공사구간에 가배수로 및 임시 침사지 설치	- 건축물 축조시 주변 경관과 이질감이 없는 색채, 이미지 및 식재할 계획임 - 부득이 발생되는 사면에 대한 처리는 적정사면구배, 잔디 식재 등 처리할 계획임 - 발생토량 적정 처리는 토석정보공유시스템 활용할 계획임 - 토사유출 저감을 위하여 우기시 공사를 지양하고, 공사구간에 가배수로 및 임시 침사지 설치할 예정임		
	9. 친환경적 자원순환(평가서 8.5.1-9~15) 가. 공사시 - 생활폐기물 및 분뇨 : 성상별 분리수거, 영광군 폐기물 관리계획에 따라 처리, 이동식 간이화장실 설치 및 위탁처리, 선박내 분뇨오염방지설비 설치 및 위탁처리 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 건설폐기물 처리 : 무단적치 및 불법투기 되는 일이 없도록 관리하여 위탁처리 나. 운영시 - 생활폐기물 : 성상별 분리수거 후 재활용 및 위탁처리 - 분뇨 : 오수처리시설 설치	- 성상별 분리수거, 영광군 폐기물 관리계획에 따라 처리, 이동식 간이화장실 설치 및 위탁처리, 선박내 분뇨오염방지설비 설치 및 위탁처리 - 투입장비 : 장비점검 외부 정비업소 이용 - 불가피한 경우 폐유 보관시설 운영 및 위탁처리 - 건설폐기물 처리 : 무단적치 및 불법투기 되는 일이 없도록 관리하여 위탁처리 - 생활폐기물 : 성상별 분리수거 후 재활용 및 위탁처리 - 분뇨 : 오수처리시설 설치		

구 분	협의내용	사업계획(승인) 내용	협의내용 반영서류	비고
3. 저감방안 요약	10. 소음·진동(평가서 8.5.2-125~129, 보완서 3.3.1-85~88) 가. 공사시 ○ 육상부 - 공사장 "소음·진동 관리지침서"에 따른 일반적인 저감대책 수립 - 야간공사 지양, 건설장비 점검 - 운행속도 제한, 급발진, 급정지, 공회전 지양 ○ 해상부 파일항타시 수중소음 - 사전경고음 발생으로 해양포유류 및 어류를 회피 - 모니터링 결과, 필요시 수중소음 완화대책 강구 - 쿠션블럭(Cushion Blocks), 공기방울막(Air bubble curtain), 수중소음댐퍼(HSD, Hydro Sound Dampers), 격리막(Isolation casing), 임시물막이(Cofferdam) 등 나. 운영시(해상부) - 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음 영향 모니터링 계획	- 공사장 "소음·진동 관리지침서"에 따른 일반적인 저감대책 수립하였음 - 야간공사 지양, 건설장비 점검 - 운행속도 제한, 급발진, 급정지, 공회전 지양 - 사전경고음 발생으로 해양포유류 및 어류 회피를 유도할 계획임 - 모니터링 결과, 필요시 수중소음 완화대책 강구하겠음 - 쿠션블럭(Cushion Blocks), 공기방울막(Air bubble curtain), 수중소음댐퍼(HSD, Hydro Sound Dampers), 격리막(Isolation casing), 임시물막이(Cofferdam) 등 - 사후환경영향조사를 통해 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음 영향 모니터링 계획하였음		
	11. 위락·경관(평가서 8.5.3-47~52, 보완서 3.4-12~14) - 해상풍력발전단지 : 주변 환경과 조화될 수 있는 색채계획 수립 - 영광군 경관기본계획에 부합하는 경관계획 수립	- 해상풍력발전단지 주변 환경과 조화될 수 있는 색채계획 수립하였음 - 영광군 경관기본계획에 부합하는 경관계획 수립하였음		
	12. 전파장해(평가서 8.5.4-8) - 사업의 운영시 라디오 수신장해, TV 수신장해 등의 문제 발생시 주민과 적극적으로 협의하여 라디오 증폭기 설치, 공등수신안테나 설치 등의 적절한 저감대책을 수립·대처할 계획임.	- 사업의 운영시 라디오 수신장해, TV 수신장해 등의 문제 발생시 주민과 적극적으로 협의하여 라디오 증폭기 설치, 공동수신안테나 설치 등의 적절한 저감대책을 수립·대처할 계획임		

3. 참고사항

◦ 생태계보전부담금 부과관련 대상유무 : 해당

※ 단, 생태계보전부담금 부과대상사업 통보는 향후 사업계획 승인 이후에 통보 및 납부 등 절차를 이행할 계획임

6.2.4 환경보전방안 검토의견 통보(환경영향평가과-2928, 2024.09.26.)

산업통상자원부

산업통상자원부

수신 영광안마해상풍력(주)
(경유)
제목 환경보전방안검토서 검토의견 알림(영광 안마 해상풍력 발전사업)

1. 환경부 환경영향평가과-2928(2024. 9. 26. , "환경보전방안검토서 검토의견 알림(영광 안마 해상풍력 발전사업)")호와 관련됩니다.

2. 위 호와 관련하여, 붙임1과 같이 환경부의 검토결과를 통보하오니, 사업계획에 반영될 수 있도록 조치하여 주시기 바라며, 향후 환경영향평가법 제30조 및 같은법 시행령 제51조에 따라 붙임2의 반영결과를 회신하여 주시기 바랍니다.

붙임 1. 환경보전방안서 검토의견 1부.
2. 협의내용 반경결과 통보서(서식) 1부. 끝.

산업통상자원부장관 산업통상자원부장관인

주무관 기태운 과장 최광준 전결 2024. 9. 30.
협조자
시행 재생에너지보급과-1193 (2024.09.30) 접수
우 30118 세종특별자치시 한누리대로 402, (어진동, 산업통상자원부) / http://www.motie.go.kr
전화번호 044-203-5388 팩스번호 044-203-4769 / ktw23@motie.go.kr / 대국민 공개

1/1

환경부

환 경 부

수신 수신자 참조
(경유)
제목 환경보전방안검토서 검토의견 알림(영광 안마 해상풍력 발전사업)

1. 산업통상자원부 재생에너지보급과-1060호(2024.8.27)호와 관련입니다.

2. '영광 안마 해상풍력 발전사업' 환경보전방안검토서에 대한 우리부의 검토의견을 붙임과 같이 알려드리니, 「환경영향평가법」 제30조 및 같은 법 시행령 제51조에 따라 협의내용 반영결과를 통보할 때 본 사업계획 변경에 따른 환경보전방안 및 검토의견을 반영(저감방안 및 사후환경영향조사계획 등)하여 통보해 주시기 바랍니다.

3. 아울러, 영산강유역환경청 및 한국환경연구원은 사후관리 및 환경영향평가정보지원시스템 관련 업무에 참고하시기 바랍니다.

붙임: 환경보전방안검토서 검토의견 1부. 끝.

환 경 부 장관 [illegible]

수신자 산업통상자원부장관(재생에너지보급과장), 영산강유역환경청장([illegible]과장), 한국환경연구원장

시설사무관 김준호 과장 만중기 전결 2024. 9. 26.
협조자
시행 환경영향평가과-2928 접수 재생에너지보급과-1191 (2024. 9. 27.)
우 30103 세종특별자치시 도움 6로 11 정부세종청사 환경부 6-3동 / http://me.go.kr
전화번호 044-201-7267 팩스번호 044-201-7284 / junho@me.go.kr / 비공개(5)

환경보전방안검토서 검토의견
【 영광 안마 해상풍력 발전사업 】

Ⅰ. 사업개요

○ 위　　치 : 전라남도 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 부근

○ 규　　모 : 546MW(14MW × 39기)

○ 주요 변경내용(육상부 사업계획 변경)

- 송전설비: 육상 1.1km → 1.5km
- 변전설비: 육상 154kV 옥내형 GIS 추가
- 기타설비: 육상개폐소 → 육상변전소 변경

Ⅱ. 세부 검토의견

가. 동・식물상

○ 육상부 변전소 및 송전선로 등이 생태・자연도 1등급 지역인 불갑천과 인접하고, 문헌 및 현지조사결과에서 법정보호종이 확인되므로, 공사 전에 법정보호종에 대한 저감방안을 구체적으로 수립하여야 함

- 아울러, 계획부지 내 야생동물이 실질적으로 이용에 용이하도록 적절한 생태영향저감시설(나무쌓기, 돌무더기 등 미소서식처 및 휴식처 조성)의 설치계획을 검토

○ 육상변전소 등 시설물에 무색 투명유리를 적용할 경우 조류충돌 방지 대책을 마련하여야 함

※「야생조류와 유리창 충돌(국립생태원, 2017)」 및「인공구조물에 의한 야생조류충돌 방지 관련 환경영향평가등 검토사항 가이드라인(환경부, 2019)」

나. 대기질

○ 공사시 현황농도 및 최적 저감방안이 적용되었을 때의 가중농도를 고려하여 영향 예상 지점별로 유지목표농도를 설정하고, 다음 사항을 사후환경영향조사계획에 반영하여야 함

- 대기질 예측농도 및 유지목표농도를 목록화하여 작성·관리
- 유지목표농도 초과 시의 추가 저감방안 강구 계획

다. 수질 및 해양환경

○ 육상 변전소 및 송전선로 공사에 따른 토사 유출과 부유사의 해양 유입을 최소화하기 위해 하천뿐만 아니라 해양 방류 지점에도 모니터링 조사정점을 추가하여야 함

○ 해양환경조사 정점(환경보전방안검토서 209쪽)을 연안으로 추가 또는 조정*하여 송전선로 양육지 인근 해역의 모니터링을 강화하는 방안을 검토하여야 함

* 대조구로 판단되는 해상풍력발전단지 외측의 3개 정점을 조정

라. 전파장해

○ 해상 변전소 및 송전선로 전압이 변경되므로, 해상변전소 인근에 전자기장 모니터링 정점을 추가하고, 사후환경영향조사 시 해양생태계 및 수산자원 조사정점과 연계하여 사업으로 인한 영향을 비교·평가하여야 함 <끝>

6.2.5 기타 인 · 허가 서류

가. 전파영향평가

다시 도약하는 대한민국! 함께 잘사는 국민의 나라

국 방 부

수신 수신자 참조
(경유)
제목 영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업 전파영향평가 협의 요청 관련 검토의견 회신

1. 관련 근거 : 영광군 해양수산과-4602(2022.3.16.)「영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업」전파영향평가 협의 요청

2. 위 관련 근거에 따라, '영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업'에 대한 검토의견을 아래와 같이 회신합니다.

가. 검토의견 : 조건부 동의

나. 세부내용

-레이다 전파차폐 해소를 위한 대체장비 제공, 장비 유지보수 및 경계대책 수립 등에 관한 합의각서 체결이 필요합니다.

* 대체장비 : 임자도(육군R/S 또는 목포해경 VTS)?해상타워(풍력단지 끝단 북서쪽 425m 지점, 높이 50m)에 R/D 설치(2개소 각 2대) 및 고성능 감시카메라(2개소 각 1대) 설치

* 경계대책 : 해상타워 내부 진입개소 시건장치 및 감시를 위한 CCTV 운영, 24시간 감시 인력 배치, 상황 발생시 즉각 현장확인을 위한 인력·장비 유지 등

전시 보호항로 유지를 위해 풍력발전기 위치 조정이 필요하며, 해상교통 및 비행안전을 위한 조치가 필요합니다. (해군 3함대사 기지방호작전과, 061-263-3027)

-레이다 전파 차폐로 인해 작전수행이 제한됨에 따라, 풍력발전기의 최고높이(블레이드 포함)를 AGL 500FT 이하로 조정하거나 레이다 차폐 미발생 위치로 이동이 필요합니다. (공군 방공관제사령부 계획과, 031-669-3421). 끝.

국 방 부 장 관

수신자 영광군수(해양수산과장),합동참모의장(군사시설보[illegible]지방호작전과장),공군방공관제사령관(계획과장)

행정사무관 **김자영** 시설기획과장 전결 2022. 6. 24. **김미성**

협조자

시행 시설기획과-4240 (2022. 6. 24.) 접수 해양수산과-10901 (2022. 6. 24.)

우 00000 서울특별시 용산구 이태원로 22(용산동3가 1번지) 본관 802호 / http://www.mnd.go.kr

전화번호 군)900-5809, 일)02-748-5809 팩스번호 02-0000-0000 / jaypower7@mnd.mil / 비공개(2,8)

튼튼한 국방, 과학기술 강군

나. 문화재지표조사

국가유산, 미래를 담은 문화재의 새이름

문화재청

문 화 재 청

수신 수신자 참조
(경유)
제목 영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업부지 내 문화재 보존대책 통보

1. 전라남도 영광군 낙월면 죽도리 신4-1번지 및 전면해상 일원 '안마, 안마2 해상풍력 발전사업부지' 내 문화재 지표조사 관련입니다.
2. 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제9조(문화재 보존 조치의 지시 등)에 따라 사업부지 및 주변의 문화재 보존을 위한 조치사항을 다음과 같이 통보하니, 사업추진에 반영(검토)하시기 바랍니다.
   가. 지표조사 결과, 유구·유물이 확인되지 않은 것으로 보고되었으므로 별도의 보존대책은 필요하지 않음.
   나. 그러나 공사 중 문화재로 의심되는 유구·유물 등이 발견되면 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제5조(개발사업 계획·시행자의 책무) 및 제17조(발견신고 등)에 따라 즉시 공사를 중지하여 그 현상을 변경하지 말고 우리 청에 신고하여야 함.
   다. 동 사업으로 인하여 사업부지 및 인접 지역의 문화재와 그 주변경관 등이 훼손되지 않도록 하여야 함.
3. 아울러, 해당 지방자치단체는 이 건과 관련한 문화재 지표조사보고서, 발굴조사 결과 및 조치사항 등을 문화유적분포지도에 반드시 반영하여 매장문화재의 사전보호 및 사업시행자의 편익을 증진할 수 있는 자료로 적극 활용하시기 바랍니다. 끝.

문 화 재 청 장

수신자 전라남도지사(문화자원과장), 영광군수(문화관광과장), 안마해상풍력 대표이사

학예연구사 도의철 행정사무관 전결 2023.6.30. 이상원
협조자
시행 발굴제도과-7193 (2023. 6. 30.) 접수
우 35208 대전광역시 서구 청사로 189, 문화재청 발굴제도과 (둔산동) / www.cha.go.kr
전화번호 042-481-4952 팩스번호 042-481-4959 / do5525@korea.kr / 대국민 공개

국가유산, 미래를 담은 문화재의 새이름

문화재청

문 화 재 청

수신 수신자 참조
(경유)
제목 영광 송암리(313-11번지 일원) 해상풍력 발전사업(변경)부지 내 문화재 보존대책 통보

1. 전라남도 영광군 소재 송암리(313-11번지 일원) 해상풍력 발전사업(변경)부지 내 문화재 지표조사 관련입니다.
2. 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제9조(지표조사에 따른 문화재 보존 조치의 지시 등)에 따라 사업부지 및 주변의 문화재 보존을 위한 조치사항을 다음과 같이 통보하니, 사업추진에 반영(검토)하시기 바랍니다.
   가. 지표조사 결과, 유구·유물이 확인되지 않은 것으로 보고되었으므로 별도의 보존대책은 필요하지 않음
   나. 그러나 공사 중 문화재로 의심되는 유구·유물 등이 발견되면 「매장문화재 보호 및 조사에 관한 법률」 제5조(개발사업 계획·시행자의 책무) 및 제17조(발견신고 등)에 따라 즉시 공사를 중지하여 그 현상을 변경하지 말고 우리 청에 신고하여야 함
   다. 동 사업으로 인하여 사업부지 및 인접 지역의 문화재와 그 주변경관 등이 훼손되지 않도록 하여야 함
3. 아울러, 해당 지방자치단체는 이 건과 관련한 문화재 지표조사보고서, 발굴조사 결과 및 조치사항 등을 문화유적분포지도에 반드시 반영하여 매장문화재의 사전보호 및 사업시행자의 편익을 증진할 수 있는 자료로 적극 활용하시기 바랍니다. 끝.

문 화 재 청 장

수신자 전라남도동부지역본부장(문화자원과장), 영광군수(문화관광과장), 안마해상풍력 주식회사 대표

주무관 공승은 행정사무관 김영식 발굴제도과장 전결 2023. 11. 23. 김동대
협조자
시행 발굴제도과-12454 (2023. 11. 23.) 접수
우 35208 대전광역시 서구 청사로 189 / www.cha.go.kr
전화번호 042-481-4951 팩스번호 042-481-4959 / flamese7@korea.kr / 대국민 공개

다. 해상교통안전진단

위대한 영광, 군민과 함께

영 광 군

수신 안마해상풍력(주) 귀하
(경유)
제목 해상교통안전진단서 검토의견 알림(영광 안마도 해상풍력발전단지)

1. 귀사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 안마해상풍력-230427-1(2023. 4. 27.)호 및 해양수산부 해사안전정책과-3918(2023. 7. 18.)호와 관련입니다.

3. 귀사에서 제출하신 해상교통안전진단서의 검토의견이 해양수산부로부터 통보되어 다음과 같이 알려드립니다.
   - 검토의견 : 해상교통안전진단서 "동의"

4. 검토의견에 이의가 있을시 「해사안전법」 제17조에 따라 처분기관을 경유하여 해양수산부에 이의신청을 할 수 있음을 알려드립니다.

붙임 심사위원회 권고의견 1부. 끝.

영 광 군 수

주무관	감지원	해양관리팀장	기홍준	해양수산과장	전결 2023. 7. 21. 정용호
협조자					
시행	해양수산과-13170			접수	

우 57036 전라남도 영광군 영광읍 물무로2길 61 / www.yeonggwang.go.kr
전화번호 061-350-5412 팩스번호 061-350-5121 / bada1130@korea.kr / 비공개(6)

개인정보보호의 열쇠, 내 손에 있습니다.

6.3 육상 동물상 목록

가. 당초 평가시

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (1/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Order Anseriformes	기러기목											
Family Anatidae	오리과											
Aix galericulata (Linnaeus)	원앙						◎	◎			Res	천
Anas acuta Linnaeus	고방오리			13	13		◎			◎	WV	
Anas clypeata	넓적부리						◎				WV	
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리			8	8		◎			◎	WV	
Anas falcata Georgi	청머리오리						◎	◎		◎	WV	
Anas penelope	홍머리오리			16	16		◎				WV	
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리		7	17	24		◎	◎		◎	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리	11	17	21	49	◎	◎	◎		◎	Res	
Anas querquedula Linnaeus	발구지					◎	◎				WV	
Anas strepera Linnaeus	알락오리									◎	WV	
Anser albifrons	쇠기러기			50	50						WV	
Anser fabalis serrirostris (Latham)	큰기러기			23	23					◎	WV	멸Ⅱ
Aythya ferina (Linnaeus)	흰죽지						◎	◎		◎	WV	
Aythya fuligula	댕기흰죽지						◎	◎		◎	WV	
Mergus merganser Linnaeus	비오리						◎	◎		◎	WV	
Tadorna tadorna	혹부리오리							◎		◎	WV	
Order Charadriformes	도요목											
Family Charadriidae	물떼새과											
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새					◎	◎				Res	
Charadrius dubius	꼬마물떼새						◎	◎			SV	
Charadrius mongolus Portenko	왕눈물떼새					◎					PM	
Pluvialis fulva	검은가슴물떼새					◎					PM	
Pluvialis squatarola	개꿩					◎	◎			◎	PM	
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과											
Haematopus ostralegus Swinhoe	검은머리물떼새					◎	◎	◎			Res	멸Ⅱ, 천

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (2/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Family Laridae	갈매기과											
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기	27	31	40	98		◎	◎		◎	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	37	24	30	91	◎	◎	◎	◎	◎	Res	
Larus ridibundus	붉은부리갈매기									◎	WV	
Larus saundersi	검은머리갈매기									◎	WV	멸Ⅱ
Family Recurvirostridae	장다리물떼새과											
Himantopus himantopus (Linnaeus)	장다리물떼새					◎					SV	
Family Scolopacidae	도요과											
Actitis hypoleucos Linnaeus	깝작도요	3	3		6				◎		SV	
Arenaria interpres	꼬까도요					◎					PM	
Calidris acuminata	메추라기도요					◎					PM	
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					◎	◎	◎		◎	WV	
Calidris ferruginea	붉은갯도요					◎					PM	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					◎					PM	
Calidris tenuirostris (Horsfield)	붉은어깨도요					◎					PM	멸Ⅱ
Crocethia alba (Pallas)	세가락도요					◎					PM	
Limosa lapponica Naumann	큰뒷부리도요					◎					PM	멸Ⅱ
Limosa limosa Gould	흑꼬리도요					◎					PM	
Numenius arquata Brehm	마도요		2		2		◎			◎	WV	
Numenius madagascariensis (Linnaeus)	알락꼬리마도요					◎	◎				PM	멸Ⅱ
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					◎	◎	◎			PM	
Tringa erythropus (Pallas)	학도요					◎					PM	
Tringa glareola	알락도요					◎					PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					◎	◎		◎		PM	
Tringa ochropus Linnaeus	삑삑도요			3	3		◎			◎	WV	
Tringa stagnatilis (Bechstein)	쇠청다리도요					◎					PM	
Tringa totanus (Oberholser)	붉은발도요					◎					PM	

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (3/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Xenus cinereus	뒷부리도요					◎	◎				PM	
Order Ciconiformes	황새목											
Family Ardeidae	백로과											
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로	45			45	◎	◎	◎	◎	◎	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리			9	9	◎	◎	◎	◎	◎	SV	
Bubulcus ibis (Boddaert)	황로					◎	◎	◎	◎		SV	
Butorides striatus	검은댕기해오라기							◎	◎		SV	
Egretta alba alba	대백로			15	15						WV	
Egretta europhotes	노랑부리백로					◎	◎	◎			SV	멸Ⅰ, 천
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로		2	1	3	◎	◎	◎	◎	◎	SV	
Egretta intermedia (Linnaeus)	중백로						◎				SV	
Nycticorax nycticorax	해오라기					◎					Res	
Family Ciconiidae	황새과											
Ciconia boyciana	황새									◎	WV	멸Ⅰ, 천
Family Threskiornithidae	저어새과											
Platalea leucorodia Linnaeus	노랑부리저어새			3	3		◎			◎	WV	멸Ⅱ, 천
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새	1			1	◎	◎	◎			SV	멸Ⅰ, 천
Order Columbiformes	비둘기목											
Family Columbidae	비둘기과											
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기	11	14	30	55	◎	◎	◎	◎	◎	Res	
Order Coraciiformes	파랑새목											
Family Alcedinidae	물총새과											
Alcedo atthis Gmelin	물총새	1	1		2		◎	◎			SV	
Halcyon pileata	청호반새							◎			SV	멸Ⅱ
Family Coraciidae	파랑새과											
Eurystomus orientalis Sharpe	파랑새						◎	◎			SV	
Order Cuculiformes	두견목											

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (4/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Family Cuculidae	두견과											
Cuculus canorus Heine	뻐꾸기						◎	◎			SV	
Cuculus micropterus	검은등뻐꾸기						◎	◎			SV	
Order Falconiformes	매목											
Family Accipitridae	수리과											
Accipiter gentilis	참매									◎	WV	멸Ⅱ, 천
Accipiter nisus (Tickell)	새매			1	1		◎				WV	멸Ⅱ, 천
Aegypius monachus	독수리									◎	WV	멸Ⅱ, 천
Buteo buteo (Temminck & Schlegel)	말똥가리			6	6		◎	◎		◎	WV	
Pandion haliaetus (Linnaeus)	물수리						◎				PM	멸Ⅱ
Family Falconidae	매과											
Falco columbarius	쇠황조롱이									◎	WV	
Falco peregrinus	매						◎			◎	Res	멸Ⅰ, 천
Falco subbuteo Linnaeus	새호리기	1			1						SV	멸Ⅱ
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이	1			1		◎	◎	◎	◎	Res	천
Order Galliformes	닭목											
Family Phasianidae	꿩과											
Phasianus colchicus Buturlin	꿩	1	2	2	5		◎	◎	◎	◎	Res	
Order Gruiformes	두루미목											
Family Rallidae	뜸부기과											
Fulica atra Linnaeus	물닭		12		12		◎	◎		◎	WV	
Gallinula chloropus	쇠물닭							◎			SV	
Order Passeriformes	참새목											
Family Aegihalidae	오목눈이과											
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이						◎	◎			Res	
Family Corvidae	까마귀과											
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀	2	4	11	17		◎	◎		◎	Res	

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (5/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치	7			7	◎	◎	◎	◎	◎	Res	
Garrulus glandarius Eversman	어치			3	3		◎	◎			Res	
Pica pica Gould	까치	24	11	19	54	◎	◎	◎	◎	◎	Res	
Family Emberizidae	**멧새과**											
Emberiza cioides Moore	멧새			2	2						Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새		12	12	24			◎		◎	Res	
Emberiza rustica latifascia Portenko	쑥새							◎			WV	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새						◎	◎		◎	PM	
Family Fringillidae	**되새과**											
Carduelis sinica (Hartert)	방울새			7	7		◎	◎	◎	◎	Res	
Carduelis spinus (Linnaeus)	검은머리방울새						◎	◎			WV	
Coccothraustes coccothraustes	콩새							◎			WV	
Family Hirundinidae	**제비과**											
Cecropis daurica	귀제비						◎	◎			SV	
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비	4			4	◎	◎	◎	◎		SV	
Family Laniidae	**때까치과**											
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치	2	1	5	8		◎	◎	◎	◎	Res	
Lanius tigrinus Drapiez	칡때까치						◎				SV	
Family Motacillidae	**할미새과**											
Anthus hodgsoni Richmond	힝둥새						◎	◎		◎	PM	
Anthus rubescens Temminck & Schlegel	밭종다리						◎				WV	
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새	4		2	6		◎	◎	◎	◎	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새						◎		◎		SV	
Motacilla grandis	검은등할미새		2		2						Res	
Family Muscicapidae	**솔딱새과**											
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리			3	3		◎				Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새	2	4	4	10		◎	◎	◎	◎	Res	

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (6/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새						◎	◎			SV	
Family Oriolidae	꾀꼬리과											
Oriolus chinensis	꾀꼬리						◎				SV	
Family Paridae	박새과											
Parus ater (Buturlin)	진박새							◎			Res	
Parus major Temminck & Schlegel	박새	2		9	11		◎	◎	◎	◎	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새			13	13		◎				Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이							◎			Res	
Family Ploceidae	참새과											
Passer montanus Domaniewski	참새	242	125	80	447	◎	◎	◎	◎	◎	Res	
Family Pycnonotidae	직박구리과											
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리	14		21	35		◎	◎	◎	◎	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리							◎	◎		Res	
Family Sturnidae	찌르레기과											
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기	17		17	34	◎	◎	◎	◎		SV	
Family Sylviidae	휘파람새과											
Acrocephalus orientalis	개개비					◎	◎	◎			SV	
Cettia diphone	휘파람새						◎	◎			SV	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과											
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이	49	44	85	178		◎	◎	◎	◎	Res	
Family Troglodytidae	굴뚝새과											
Troglodytes troglodytes	굴뚝새									◎	Res	
Family Turdidae	지빠귀과											
Turdus eunomus Temminck	개똥지빠귀			14	14		◎	◎		◎	WV	
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀						◎	◎		◎	SV	
Order Pelecaniformes	사다새목											
Family Phalacrocoracidae	가마우지과											

<표 6.3-1> 조류종 목록 (육상부 1~3차 조사 및 문헌조사) (7/7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사					생활형	비고
		1차	2차	3차	종합	1	2	3	4	5		
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지						◎				Res	
Phalacrocorax carbo Linnaeus	민물가마우지	7		13	20		◎	◎		◎	Res	
Order Piciformes	**딱다구리목**											
Family Picidae	**딱다구리과**											
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리						◎	◎			Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리			1	1		◎	◎			Res	
Picus canus (Clark)	청딱다구리		1	1	2		◎	◎			Res	
Order Podocopediformes	**논병아리목**											
Family Podicipedidae	**논병아리과**											
Podiceps cristatus	뿔논병아리							◎				
Tachybaptus ruficollis (Reichenow)	논병아리			3	3		◎	◎		◎	WV	
출현종수		24	20	39	50	40	81	69	25	52		
출현개체수		515	319	613	1,447	-	-	-	-	-		

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새
2. 멸Ⅰ,Ⅱ : 멸종위기 야생생물Ⅰ,Ⅱ급, 천 : 천연기념물

자료 : 1. 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
2. 제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
3. 제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
4. 영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
5. 2020~2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관

<표 6.3-2> 조류종 목록 (해상부 1차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Procellariiforms	슴새목													
Family Hydrobatidae	바다제비과													
Oceanodroma monorhis (Swinhoe)	바다제비	2	1								3	0.03	SV	
Family Procellariidae	슴새과													
Calonectris leucomelas (Temminck)	슴새	1									1	0.01	SV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지					1		2			3	0.03	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로				110	226	58				394	4.48	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				151	259	161	6			577	6.57	SV	
Bubulcus ibis (Boddaert)	황로						19				19	0.22	SV	
Butorides striata (Shrenck)	검은댕기해오라기						2	2			4	0.05	SV	
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로				198	192	62			37	489	5.56	SV	천,멸I
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로				25	73	34				132	1.50	SV	
Egretta intermedia (Linnaeus)	중백로				3		25				28	0.32	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새				9	159	31			1	200	2.28	SV	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리				4		35				39	0.44	Res	
Order Falconiformes	매목													
Family Accipitridae	수리과													
Accipiter soloensis (Horsfield)	붉은배새매				1						1	0.01	SV	천,멸II
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매							2			2	0.02	Res	천,멸I
Falco subbuteo Linnaeus	새호리기				1						1	0.01	SV	멸II
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이				1	3	2				6	0.07	Res	천
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				13	8			5		26	0.30	Res	

<표 6.3-2> 조류종 목록 (해상부 1차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Charadriiformes	도요목													
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과													
Haematopus ostralegus Swinhoe	검은머리물떼새					3					3	0.03	Res	천,멸Ⅱ
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새					36	62				98	1.12	Res	
Pluvialis squatarola (Linnaeus)	개꿩					79	48				127	1.45	PM	
Family Scolopacidae	도요과													
Actitis hypoleucos Linnaeus	깝작도요				2		8				10	0.11	SV	
Heteroscelus brevipes (Bieillot)	노랑발도요					104					104	1.18	PM	
Limosa lapponica Naumann	큰뒷부리도요					63					63	0.72	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					96	39				135	1.54	WV	
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					84	62				146	1.66	PM	
Tringa erythropus (Pallas)	학도요					112	5				117	1.33	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					315	113				428	4.87	PM	
Tringa totanus (Oberholser)	붉은발도요					524	29				553	6.29	PM	
Xenus cinereus (Guldenstadt)	뒷부리도요					207	253				460	5.23	PM	
Family Laridae	갈매기과													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기					1					1	0.01	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기		2	14	501	1,627	982	24	61		3,211	36.54	Res	
Order Columbiformes	비둘기목													
Family Columbidae	비둘기과													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				44	32		15	12		103	1.17	Res	
Order Cuculiformes	두견이목													
Family Cuculidae	두견이과													
Cuculus canorus Heine	뻐꾸기								1		1	0.01	SV	
Order Coraciiformes	파랑새목													
Family coraciidae	파랑새과													
Eurystomus orientalis Sharpe	파랑새				4						4	0.05	SV	
Family Alcedinidae	물총새과													
Alcedo atthis Gmelin	물총새				2	3	4	1			10	0.11	SV	
Order Piciformes	딱다구리목													
Family Picidae	딱다구리과													

<표 6.3-2> 조류종 목록 (해상부 1차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				5						5	0.06	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리				1						1	0.01	Res	
Picus canus (Clark)	청딱다구리				4						4	0.05	Res	
Order Passeriformes	**참새목**													
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				8			3			11	0.13	Res	
Lanius tigrinus Drapiez	칡때까치				2			2			4	0.05	SV	
Family Oriolidae	**꾀꼬리과**													
Oriolus chinensis Sharpe	꾀꼬리				10						10	0.11	SV	
Family corvidae	**까마귀과**													
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀								2		2	0.02	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				37						37	0.42	Res	
Garrulus glandarius Eversman	어치				6						6	0.07	Res	
Pica pica Gould	까치				17	11			2		30	0.34	Res	
Family Paridae	**박새과**													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				21			13	13		47	0.53	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				8			6	5		19	0.22	Res	
Family Hirundinidae	**제비과**													
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비				28		44	16	21	8	117	1.33	SV	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				12			24	22		58	0.66	Res	
Family Cisticolidae	**개개비사촌과**													
Cisticola juncidis (Temminck & Schlegel)	개개비사촌				6		19				25	0.28	SV	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Steineger	직박구리				34			18	14		66	0.75	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				8						8	0.09	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새				2			5	4		11	0.13	Res	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				98	66	86				250	2.84	Res	
Family Zosteropidae	**동박새과**													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새							17	28		45	0.51	Res	

<표 6.3-2> 조류종 목록 (해상부 1차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Sturnidae	**찌르레기과**													
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기				4			9			13	0.15	SV	
Family Turdidae	**지빠귀과**													
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀				12				9		21	0.24	SV	
Zoothera aurea Holandre	호랑지빠귀				2						2	0.02	SV	
Family Muscicapidae	**딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리					4		5	4		13	0.15	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				11	6					17	0.19	Res	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				92	172	112	19	19		414	4.71	Res	
Family Motacllidae	**할미새과**													
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새					8					8	0.09	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새				9	7		7	4		27	0.31	SV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새							4			4	0.05	Res	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza cioides Moore	멧새					2					2	0.02	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				12						12	0.14	Res	
출현종수		2	2	1	41	31	25	21	17	3	66			
출현개체수		3	3	14	1,518	4,483	2,295	200	226	46	8,788			
종다양도		0.64	0.64	-	2.50	2.40	2.25	2.74	2.38	0.56	2.66			
종풍부도		0.91	0.91	-	5.46	3.57	3.10	3.77	2.95	0.52	7.16			
균등도		0.92	0.92	-	0.67	0.70	0.70	0.90	0.84	0.51	0.63			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-3> 조류종 목록 (해상부 2차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Procellariiforms	슴새목													
Family Procellariidae	슴새과													
Calonectris leucomelas (Temminck)	슴새	3	1								4	0.05	SV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지						2	3	4		9	0.12	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로				3	147	353	4	1		508	6.91	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				5	123	293	5	4		430	5.85	SV	
Bubulcus ibis (Boddaert)	황로						35	5			40	0.54	SV	
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로					116	90			2	208	2.83	SV	천,멸I
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로				1	58	62	2	2		125	1.70	SV	
Egretta intermedia (Linnaeus)	중백로						14				14	0.19	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					117	21				138	1.88	SV	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰빰검둥오리				5		14				19	0.26	Res	
Anas querquedula Linnaeus	발구지						19				19	0.26	WV	
Order Falconiformes	매목													
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매							2		1	3	0.04	Res	천,멸I
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이					2	2				4	0.05	Res	천
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				4				6		10	0.14	Res	
Order Charadriiformes	도요목													
Family Recurbirostridae	장다리물떼새과													
Himantopus himantopus (Linnaeus)	장다리물떼새						11				11	0.15	SV	
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius mongolus Portenko	왕눈물떼새					42					42	0.57	PM	

<표 6.3-3> 조류종 목록 (해상부 2차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Pluvialis squatarola (Linnaeus)	개꿩						231				231	3.14	PM	
Family Scolopacidae	도요과													
Actitis hypoleucos Linnaeus	깝작도요						18				18	0.24	SV	
Calidris alba (Pallas)	세가락도요						42				42	0.57	PM	
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					193					193	2.62	WV	
Calidris canutus (Mathews)	붉은가슴도요						18				18	0.24	PM	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					35	285				320	4.35	PM	
Calidris tenuirostris (Horsfield)	붉은어깨도요						164				164	2.23	PM	멸Ⅱ
Heteroscelus brevipes (Bieillot)	노랑발도요						53				53	0.72	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					82	52				134	1.82	WV	
Numenius madagascariensis (Linnaeus)	알락꼬리마도요					4					4	0.05	PM	멸Ⅱ
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					63	141	1			205	2.79	PM	
Tringa erythropus (Pallas)	학도요					43	74				117	1.59	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					115	121				236	3.21	PM	
Tringa ochropus Linnaeus	삑삑도요						2				2	0.03	WV	
Tringa totanus (Oberholser)	붉은발도요					16	153				169	2.30	PM	
Xenus cinereus (Guldenstadt)	뒷부리도요					71	312				383	5.21	PM	
Family Laridae	갈매기과													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈대기					36					36	0.49	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	1	4	9		892	712	59	336	1	2,014	27.38	Res	
Larus saundersi (Swinhoe)	검은머리갈매기					3					3	0.04	WV	멸Ⅱ
Order Columbiformes	비둘기목													
Family Columbidae	비둘기과													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				15	31	26	7	18		97	1.32	Res	
Order Cuculiformes	두견이목													
Family Cuculidae	두견이과													
Cuculus canorus Heine	뻐꾸기								1		1	0.01	SV	
Order Coraciiformes	파랑새목													
Family Alcedinidae	물총새과													
Alcedo atthis Gmelin	물총새					2		2			4	0.05	SV	
Order Piciformes	딱다구리목													
Family Picidae	딱다구리과													

<표 6.3-3> 조류종 목록 (해상부 2차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				3						3	0.04	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리								1		1	0.01	Res	
Picus canus (Clark)	청딱다구리				1						1	0.01	Res	
Order Passeriformes	**참새목**													
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				3	5		6	5		19	0.26	Res	
Lanius cristatus lucionensis Linnaeus	노랑때까치								2		2	0.03	SV	
Lanius tigrinus Drapiez	칡때까치								3		3	0.04	SV	
Family corvidae	**까마귀과**													
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀							2			2	0.03	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				12						12	0.16	Res	
Garrulus glandarius Eversman	어치				1						1	0.01	Res	
Pica pica Gould	까치				4	8	29		12		53	0.72	Res	
Family Paridae	**박새과**													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				5			14	11		30	0.41	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				2			8	9		19	0.26	Res	
Family Hirundinidae	**제비과**													
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비						37				37	0.50	SV	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이							24	19		43	0.58	Res	
Family Cisticolidae	**개개비사촌과**													
Cisticola juncidis (Temminck & Schlegel)	개개비사촌						9	6			15	0.20	SV	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				15	4		12	26		57	0.77	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리							18			18	0.24	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							2	3		5	0.07	Res	
Acrocephalus bistrigiceps Swinhoe	쇠개개비							1			1	0.01	PM	
Acrocephalus orientalis (Temminck & Schlegel)	개개비								1		1	0.01	SV	
Phylloscopus inornatus (Blyth)	노랑눈썹솔새								4		4	0.05	PM	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				37	84	161				282	3.83	Res	

<표 6.3-3> 조류종 목록 (해상부 2차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Zosteropidae	**동박새과**													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새							14	19		33	0.45	Res	
Family Turdidae	**지빠귀과**													
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀				2			6	4		12	0.16	SV	
Zoothera aurea Holandre	호랑지빠귀							2			2	0.03	SV	
Family Muscicapidae	**딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리					4		6	12	1	23	0.31	Res	
Muscicapa dauurica Raffles	쇠솔딱새							3			3	0.04	PM	
Muscicapa griseisticta (Swinhoe)	제비딱새							1	2		3	0.04	PM	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	6	6	6	4		26	0.35	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새					2		2			4	0.05	SV	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				42	192	276	9	16		535	7.27	Res	
Family Motacllidae	**할미새과**													
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새				2		17	4	4		27	0.37	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새						5	5	7		17	0.23	SV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Eophona migratoria Hartert	밀화부리							8	16		24	0.33	SV	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza cioides Moore	멧새							5			5	0.07	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				4						4	0.05	Res	
출현종수		2	2	1	21	29	36	33	29	4	74			
출현개체수		4	5	9	170	2,496	3,860	254	552	5	7,355			
종다양도		0.56	0.50	-	2.42	2.46	2.89	2.97	1.83	1.33	3.01			
종풍부도		0.72	0.62	-	3.89	3.58	4.24	5.78	4.43	1.86	8.20			
균등도		0.81	0.72	-	0.79	0.73	0.81	0.85	0.54	0.96	0.70			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-4> 조류종 목록 (해상부 3차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로				2	263	83	9	2	2	361	4.17	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				3	228	191	22	2	1	447	5.17	SV	
Bubulcus ibis (Boddaert)	황로						19				19	0.22	SV	
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로					42	37				79	0.91	SV	천,멸I
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로				1	121	57	3	1		183	2.12	SV	
Egretta intermedia (Linnaeus)	중백로					32		3			35	0.40	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					217	79				296	3.42	SV	천,멸I
Order Falconiformes	매목													
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매						1				1	0.01	Res	천,멸I
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이					1	3				4	0.05	Res	천
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				2	4	11		2		19	0.22	Res	
Order Charadriiformes	도요목													
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과													
Haematopus ostralegus Swinhoe	검은머리물떼새						2				2	0.02	Res	천,멸II
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새						313				313	3.62	Res	
Charadrius mongolus Portenko	왕눈물떼새					43	156				199	2.30	PM	
Pluvialis squatarola (Linnaeus)	개꿩						192				192	2.22	PM	
Family Scolopacidae	도요과													
Actitis hypoleucos Linnaeus	깝작도요						9				9	0.10	SV	
Calidris alba (Pallas)	세가락도요						39				39	0.45	PM	
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					55	112				167	1.93	WV	
Calidris canutus (Mathews)	붉은가슴도요						6				6	0.07	PM	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					62	135				197	2.28	PM	
Calidris tenuirostris (Horsfield)	붉은어깨도요						58				58	0.67	PM	멸II
Gallinago gallinago (Linnaeus)	꺅도요						1				1	0.01	PM	

<표 6.3-4> 조류종 목록 (해상부 3차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Limicola falcinellus Dresser	송곳부리도요						2				2	0.02	PM	
Limosa lapponica Naumann	큰뒷부리도요					71	93				164	1.90	PM	
Limosa limosa Gould	흑꼬리도요						34				34	0.39	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					93	751				844	9.76	WV	
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					77	212				289	3.34	PM	
Tringa erythropus (Pallas)	학도요						126				126	1.46	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					209	147				356	4.12	PM	
Tringa ochropus Linnaeus	삑삑도요						3				3	0.03	WV	
Tringa stagnatilis (Bechstein)	쇠청다리도요						6				6	0.07	PM	
Tringa totanus (Oberholser)	붉은발도요						46				46	0.53	PM	
Xenus cinereus (Guldenstadt)	뒷부리도요					83	317				400	4.62	PM	
Family Laridae	**갈매기과**													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기		2			49					51	0.59	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	1	14	3		1372	706	94	236		2426	28.05	Res	
Order Columbiformes	**비둘기목**													
Family Columbidae	**비둘기과**													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				19	22	36	6	6		89	1.03	Res	
Order Coraciiformes	**파랑새목**													
Family Alcedinidae	**물총새과**													
Alcedo atthis Gmelin	물총새				1	3					4	0.05	SV	
Order Piciformes	**딱다구리목**													
Family Picidae	**딱다구리과**													
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				2						2	0.02	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리							1	1		2	0.02	Res	
Picus canus (Clark)	청딱다구리						1				1	0.01	Res	
Order Passeriformes	**참새목**													
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				3	11	17	9	3		43	0.50	Res	
Family corvidae	**까마귀과**													
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀				2				2		4	0.05	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				14						14	0.16	Res	
Pica pica Gould	까치				13	5			5		23	0.27	Res	

<표 6.3-4> 조류종 목록 (해상부 3차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Paridae	**박새과**													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				7			9	6		22	0.25	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이								4		4	0.05	Res	
Family Hirundinidae	**제비과**													
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비						61			12	73	0.84	SV	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				16				15		31	0.36	Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				17			26	16		59	0.68	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				8			16			24	0.28	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							3	1		4	0.05	Res	
Acrocephalus orientalis (Temminck & Schlegel)	개개비							1			1	0.01	SV	
Phylloscopus borealis xanthodryas	솔새							1			1	0.01	PM	
Phylloscopus fuscatus	솔새사촌							1	1		2	0.02	PM	
Phylloscopus inornatus (Blyth)	노랑눈썹솔새							4	4		8	0.09	PM	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				37		193				230	2.66	Res	
Family Zosteropidae	**동박새과**													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새							9	8		17	0.20	Res	
Family Sturnidae	**찌르레기과**													
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기				4				8		12	0.14	SV	
Family Turdidae	**지빠귀과**													
Turdus eunomus Temminck	개똥지빠귀							5			5	0.06	WV	
Turdus naumanni Temminck	노랑지빠귀							2			2	0.02	WV	
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀								3		3	0.03	SV	
Family Muscicapidae	**딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리							5	4	1	10	0.12	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	3		3	4		14	0.16	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새								1		1	0.01	SV	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				47	132	229	17	13		438	5.06	Res	

<표 6.3-4> 조류종 목록 (해상부 3차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Motacllidae	**할미새과**													
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새				2	18	27	4	7		58	0.67	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새				1	7	14		5		27	0.31	SV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새					23			4		27	0.31	Res	
Eophona migratoria Hartert	밀화부리							7			7	0.08	SV	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				7				5		12	0.14	Res	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새								2		2	0.02	PM	
출현종수		1	2	1	22	27	40	24	29	4	70			
출현개체수		1	16	3	212	3,246	4,525	260	371	16	8,650			
종다양도		-	0.38	-	2.52	2.26	2.93	2.42	1.75	0.82	2.94			
종풍부도		-	0.36	-	3.92	3.22	4.63	4.14	4.73	1.08	7.61			
균등도		-	0.55	-	0.82	0.69	0.79	0.76	0.52	0.59	0.69			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-5> 조류종 목록 (해상부 4차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Procellariiforms	슴새목													
Family Procellariidae	슴새과													
Calonectris leucomelas (Temminck)	슴새	1									1	0.01	SV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지			2				5			7	0.06	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로					82	122	5		1	210	1.73	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리					171	127	6	2		306	2.52	SV	
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로					18					18	0.15	SV	천,멸I
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로					46	44	2			92	0.76	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					89	89				178	1.47	SV	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Aix galericulata (Linnaeus)	원앙							3			3	0.02	Res	천
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리						18				18	0.15	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰빰검둥오리						31				31	0.26	Res	
Anser fabalis serrirostris (Latham)	큰기러기						5				5	0.04	WV	멸II
Aythya ferina (Linnaeus)	흰죽지						8				8	0.07	WV	
Aythya fuligula (Linnaeus)	댕기흰죽지					7	12				19	0.16	WV	
Order Falconiformes	매목													
Family Accipitridae	수리과													
Buteo buteo (Temminck & Schlegel)	말똥가리							1			1	0.01	WV	
Pandion haliaetus (Linnaeus)	물수리							1			1	0.01	PM	멸II
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매						1	2		1	4	0.03	Res	천,멸I
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이					2	2				4	0.03	Res	천
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				4	5	7		4		20	0.16	Res	

<표 6.3-5> 조류종 목록 (해상부 4차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Charadriiformes	도요목													
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새					295	2,154				2,449	20.19	Res	
Charadrius mongolus Portenko	왕눈물떼새					192	1,951				2,143	17.67	PM	
Pluvialis squatarola (Linnaeus)	개꿩					74	259				333	2.75	PM	
Family Scolopacidae	도요과													
Actitis hypoleucos Linnaeus	깝작도요					8					8	0.07	SV	
Arenaria interpres (Linnaeus)	꼬까도요						53				53	0.44	PM	
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					168	973				1,141	9.41	WV	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					54	115				169	1.39	PM	
Calidris tenuirostris (Horsfield)	붉은어깨도요					93					93	0.77	PM	멸Ⅱ
Limicola falcinellus Dresser	송곳부리도요						2				2	0.02	PM	
Limosa lapponica Naumann	큰뒷부리도요					37					37	0.31	PM	
Limosa limosa Gould	흑꼬리도요					11					11	0.09	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					68	149				217	1.79	WV	
Numenius madagascariensis (Linnaeus)	알락꼬리마도요					3	14				17	0.14	PM	멸Ⅱ
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					1	161				162	1.34	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					99	127				226	1.86	PM	
Tringa ochropus Linnaeus	삑삑도요					2					2	0.02	WV	
Xenus cinereus (Guldenstadt)	뒷부리도요					117	238				355	2.93	PM	
Family Laridae	갈매기과													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기		2	4		93	74	44	3		220	1.81	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	12	51	6		342	1,073	159	163		1,806	14.89	Res	
Larus heuglini	줄무늬노랑발갈매기					2					2	0.02	WV	
Order Columbiformes	비둘기목													
Family Columbidae	비둘기과													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				24	42	107	24	8		205	1.69	Res	
Order Strigiformes	올빼미목													
Family Strigidae	올빼미과													
Bubo bubo Rreichenow	수리부엉이					1					1	0.01	Res	천,멸Ⅱ
Order Piciformes	딱다구리목													
Family Picidae	딱다구리과													

<표 6.3-5> 조류종 목록 (해상부 4차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				4						4	0.03	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리							1	1		2	0.02	Res	
Picus canus (Clark)	청딱다구리				2						2	0.02	Res	
Order Passeriformes	**참새목**													
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				6	9	9	9	8		41	0.34	Res	
Family corvidae	**까마귀과**													
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀				2	2	2				6	0.05	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				21	16					37	0.31	Res	
Garrulus glandarius Eversman	어치				2						2	0.02	Res	
Pica pica Gould	까치				13	15	36		5		69	0.57	Res	
Family Paridae	**박새과**													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				6	3	9	10	9		37	0.31	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새				8						8	0.07	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				3			5	4		12	0.10	Res	
Parus venustulus	노랑배진박새								16		16	0.13	Vag	
Family Hirundinidae	**제비과**													
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비						15				15	0.12	SV	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				15			11	18		44	0.36	Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				25	4	23	31	42		125	1.03	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				17			21			38	0.31	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							2	2		4	0.03	Res	
Phylloscopus fuscatus	솔새사촌								1		1	0.01	PM	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				74	89	117				280	2.31	Res	
Family Zosteropidae	**동박새과**													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새								6		6	0.05	Res	
Family Turdidae	**지빠귀과**													
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀							5	2		7	0.06	SV	

<표 6.3-5> 조류종 목록 (해상부 4차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Muscicapidae	**딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리							3	4	1	8	0.07	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	4	11	4	3		26	0.21	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새							4			4	0.03	SV	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새					216	296	26	26		564	4.65	Res	
Family Motacllidae	**할미새과**													
Anthus hodgsoni Richmond	힝둥새				8	13		21	13		55	0.45	PM	
Anthus rubescens Temminck & Schlegel	밭종다리								4		4	0.03	WV	
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새						12	3	5		20	0.16	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새						4	2			6	0.05	SV	
Motacilla lugens Gloger	백할미새						2	4	2		8	0.07	WV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새						12				12	0.10	Res	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza chrysophrys Pallas	노랑눈썹멧새						2				2	0.02	PM	
Emberiza cioides Moore	멧새							6	2		8	0.07	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				11	18	16		14		59	0.49	Res	
Emberiza pusilla Pallas	쇠붉은뺨멧새								2		2	0.02	PM	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새						4	9	5		18	0.15	PM	
출현종수		2	2	3	19	39	43	30	28	3	76			
출현개체수		13	53	12	249	2,511	3,486	429	374	3	12,130			
종다양도		0.27	0.16	1.01	2.44	2.96	2.37	2.47	2.23	1.10	2.75			
종풍부도		0.39	0.25	0.80	3.26	4.85	4.64	4.78	4.53	1.82	7.98			
균등도		0.39	0.23	0.92	0.83	0.81	0.63	0.73	0.68	1.00	0.63			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-6> 조류종 목록 (해상부 5차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Podicipediformes	논병아리목													
Family podicipedidae	논병아리과													
Tachybaptus ruficollis (Reichenow)	논병아리				2		2	1			5	0.09	WV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지					8					8	0.14	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로					15	66	2			83	1.47	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				2	49	122	14	3		190	3.37	SV	
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로					4	12				16	0.28	SV	
Egretta intermedia (Linnaeus)	중백로						4				4	0.07	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					103	158				261	4.63	SV	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Aix galericulata (Linnaeus)	원앙							1			1	0.02	Res	천
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리				8	26	84				118	2.09	WV	
Anas falcata Georgi	청머리오리						12				12	0.21	WV	
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리				3		36				39	0.69	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리				4	16	36				56	0.99	Res	
Anas strepera Linnaeus	알락오리						4				4	0.07	WV	
Anser fabalis serrirostris (Latham)	큰기러기				1						1	0.02	WV	멸II
Aythya ferina (Linnaeus)	흰죽지						11				11	0.20	WV	
Aythya fuligula (Linnaeus)	댕기흰죽지						23				23	0.41	WV	
Order Falconiformes	매목													
Family Accipitridae	수리과													
Accipiter nisus (Tickell)	새매							2	1		3	0.05	WV	천,멸II
Buteo buteo (Temminck & Schlegel)	말똥가리				3			2			5	0.09	WV	
Family Falconidae	매과													
Falco amurensis Linnaeus	비둘기조롱이						1				1	0.02	PM	
Falco peregrinus Gmelin	매							1		1	2	0.04	Res	천,멸I

<표 6.3-6> 조류종 목록 (해상부 5차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이				1	2	2	1			6	0.11	Res	천
Order Galliformes	**닭목**													
Family Phasianidae	**꿩과**													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				4	7			3		14	0.25	Res	
Order Charadriiformes	**도요목**													
Family Charadriidae	**물떼새과**													
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새					126	263				389	6.91	Res	
Charadrius mongolus Portenko	왕눈물떼새					10					10	0.18	PM	
Pluvialis squatarola (Linnaeus)	개꿩					31	54				85	1.51	PM	
Family Scolopacidae	**도요과**													
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					211	405				616	10.94	WV	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					42	93				135	2.40	PM	
Calidris tenuirostris (Horsfield)	붉은어깨도요					52	131				183	3.25	PM	멸Ⅱ
Limosa lapponica Naumann	큰뒷부리도요						6				6	0.11	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					21	262				283	5.02	WV	
Numenius madagascariensis (Linnaeus)	알락꼬리마도요						8				8	0.14	PM	멸Ⅱ
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요						5				5	0.09	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요					34	46				80	1.42	PM	
Tringa stagnatilis (Bechstein)	쇠청다리도요						2				2	0.04	PM	
Xenus cinereus (Guldenstadt)	뒷부리도요					54	82				136	2.41	PM	
Family Laridae	**갈매기과**													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기					76	62		4		142	2.52	WV	
Larus cachinnans mongolicus	한국재갈매기						19				19	0.34	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	2	4	62		293	381	116	73		931	16.53	Res	
Larus heuglini	줄무늬노랑발갈매기						2		1		3	0.05	WV	
Order Columbiformes	**비둘기목**													
Family Columbidae	**비둘기과**													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기	1			24			29	7		61	1.08	Res	
Order Piciformes	**딱다구리목**													
Family Picidae	**딱다구리과**													
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				2						2	0.04	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리							2	4		6	0.11	Res	

<표 6.3-6> 조류종 목록 (해상부 5차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Passeriformes	참새목													
Family Laniidae	때까치과													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				4	11	9	13	9		46	2.29	Res	
Family corvidae	까마귀과													
Corvus frugilegus Gould	떼까마귀					4					4	0.07	WV	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				14		14				28	0.50	Res	
Pica pica Gould	까치				17	27	19		2		65	1.15	Res	
Family Paridae	박새과													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				5	2		14	28		49	0.87	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새				3						3	0.05	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				2			4	4		10	0.18	Res	
Parus venustulus	노랑배진박새								22		22	0.39	Vag	
Family Aegithalidae	오목눈이과													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				10			16	12		38	0.67	Res	
Family Pycnonotidae	직박구리과													
Microscelis amaurotis Steineger	직박구리				14			27	33		74	1.31	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				17			32			49	0.87	Res	
Family Sylviidae	휘파람새과													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							3	2		5	0.09	SV	
Phylloscopus inornatus (Blyth)	노랑눈썹솔새								2		2	0.04	PM	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이					102	71				173	3.07	Res	
Family Zosteropidae	동박새과													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새							8			8	0.14	Res	
Family Sturnidae	찌르레기과													
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기							4			4	0.07	SV	
Family Turdidae	지빠귀과													
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀							5	3		8	0.14	SV	
Family Muscicapidae	딱새과													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리							6	4		10	0.18	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				5	6	8	7	5		31	0.55	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새							5	2		7	0.12	SV	

<표 6.3-6> 조류종 목록 (해상부 5차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Passeridae	참새과													
Passer montanus Domaniewski	참새				31	126	92				249	4.42	Res	
Family Motacllidae	할미새과													
Anthus hodgsoni Richmond	힝둥새				21		51	39	18		129	2.29	PM	
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새					2					2	0.04	SV	
Motacilla lugens Gloger	백할미새					8		3	2		13	0.23	WV	
Family Fringillidae	되새과													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새						24				24	0.43	Res	
Carduelis spinus (Linnaeus)	검은머리방울새								32		32	0.57	WV	
Fringilla montifringilla Linnaeus	되새				32			237	73		342	6.07	WV	
Family Emberizidae	멧새과													
Emberiza chrysophrys Pallas	노랑눈썹멧새				3				14		17	0.30	PM	
Emberiza cioides Moore	멧새							6			6	0.11	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				7	13	27				47	0.83	Res	
Emberiza pusilla Pallas	쇠붉은뺨멧새				2			2			4	0.07	PM	
Emberiza rutila Pallas	꼬까참새				1		3		6		10	0.18	PM	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새				4	4	14	26	26		74	1.31	PM	
출현종수		2	1	1	29	31	42	30	28	1	75			
출현개체수		3	4	62	246	1,485	2,726	628	395	1	5,550			
종다양도		0.64	-	-	2.91	2.74	2.96	2.28	2.67	-	3.27			
종풍부도		0.91	-	-	5.09	4.11	5.18	4.50	4.52	-	8.58			
균등도		0.92	-	-	0.86	0.80	0.79	0.67	0.80	-	0.76			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-7> 조류종 목록 (해상부 6차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Podicipediformes	논병아리목													
Family podicipedidae	논병아리과													
Tachybaptus ruficollis (Reichenow)	논병아리				3			2			5	0.07	WV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지						365	24			389	5.24	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba alba	대백로					43	73				116	1.56	WV	
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로					2					2	0.03	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리					79	152	7	2		240	3.24	SV	
Egretta garzetta (Linnaeus)	쇠백로							1			1	0.01	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea leucorodia Linnaeus	노랑부리저어새						31				31	0.42	WV	천,멸Ⅱ
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					15	42				57	0.77	SV	천,멸Ⅰ
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리					23	89	7			119	1.60	WV	
Anas falcata Georgi	청머리오리					214	47				261	3.52	WV	
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리					5	214	7			226	3.05	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리						149	2	4		155	2.09	Res	
Mergus merganser Linnaeus	비오리					2	12				14	0.19	WV	
Order Falconiformes	매목													
Family Accipitridae	수리과													
Accipiter nisus (Tickell)	새매							1			1	0.01	Res	천,멸Ⅱ
Buteo buteo (Temminck & Schlegel)	말똥가리				1		4	2	1	1	9	0.12	WV	
Pandion haliaetus (Linnaeus)	물수리					1	1				2	0.03	PM	멸Ⅱ
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매						1	2			3	0.04	Res	천,멸Ⅰ
Falco subbuteo Linnaeus	새호리기							1			1	0.01	SV	멸Ⅱ
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이						2	1			3	0.04	Res	천
Order Galliformes	닭목													

<표 6.3-7> 조류종 목록 (해상부 6차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				2	6	6		4		18	0.24	Res	
Order Gruiformes	두루미목													
Family Rallidae	뜸부기과													
Fulica atra Linnaeus	물닭					68	208				276	3.72	WV	
Order Charadriiformes	도요목													
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius alexandrinus Linnaeus	흰물떼새					33	362				395	5.32	Res	
Family Scolopacidae	도요과													
Arenaria interpres (Linnaeus)	꼬까도요						4				4	0.05	PM	
Calidris alba (Pallas)	세가락도요					4					4	0.05	PM	
Calidris alpina (Viellot)	민물도요					312	1,752				2,064	27.82	WV	
Calidris ruficollis (Pallas)	좀도요					4	52				56	0.75	PM	
Limosa limosa Gould	흑꼬리도요					12					12	0.16	PM	
Numenius arquata Brehm	마도요					25	193				218	2.94	WV	
Tringa erythropus (Pallas)	학도요					2					2	0.03	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요						2				2	0.03	PM	
Family Laridae	갈매기과													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기	2	16	26		45	98	2	15		204	2.75	WV	
Larus cachinnans mongolicus	한국재갈매기					6	16				22	0.30	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	41	53	73		89	324	11	35		626	8.44	Res	
Larus heuglini	줄무늬노랑발갈매기			1		29	23				53	0.71	WV	
Larus schistisagus Stejneger	큰재갈매기					2					2	0.03	WV	
Family Alcidae	바다오리과													
Synthliboramphus antiquus (Gmelin)	바다쇠오리	6									6	0.08	Res	
Order Columbiformes	비둘기목													
Family Columbidae	비둘기과													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기	1			11	39	133	36	26		246	3.32	Res	
Order Piciformes	딱다구리목													
Family Picidae	딱다구리과													
Dendrocopos kizuki (Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리				3						3	0.04	Res	
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리							3			3	0.04	Res	

<표 6.3-7> 조류종 목록 (해상부 6차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Passeriformes	참새목													
Family Campephagidae	할미새사촌과													
Pericrocotus divaricatus (Raffles)	할미새사촌								15		15	0.20	PM	
Family Laniidae	때까치과													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				3	6	4	8	6		27	0.36	Res	
Family corvidae	까마귀과													
Corvus frugilegus Gould	떼까마귀								2		2	0.03	WV	
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀				4				2		6	0.08	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				15						15	0.20	Res	
Garrulus glandarius Eversman	어치				1						1	0.01	Res	
Pica pica Gould	까치				24	21	39		5		89	1.20	Res	
Family Paridae	박새과													
Parus major Temminck & Schlegel	박새				6		14	15	12		47	0.63	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새				9						9	0.12	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				2			4	7		13	0.18	Res	
Family Aegithalidae	오목눈이과													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이							16	19		35	0.47	Res	
Family Pycnonotidae	직박구리과													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				16			37	22		75	1.01	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리							26			26	0.35	Res	
Family Sylviidae	휘파람새과													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							4	3		7	0.09	SV	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				52	97	156				305	4.11	Res	
Family Zosteropidae	동박새과													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새							14	28		42	0.57	Res	
Family Sturnidae	찌르레기과													
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기								3		3	0.04	SV	
Family Turdidae	지빠귀과													
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀							5	4		9	0.12	SV	
Family Muscicapidae	딱새과													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리							6			6	0.08	Res	

<표 6.3-7> 조류종 목록 (해상부 6차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	7	10	11	9		41	0.55	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새						2	1			3	0.04	SV	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				62	85	281	7			435	5.86	Res	
Family Motacllidae	**할미새과**													
Anthus hodgsoni Richmond	힝둥새				7	14	29	17	14		81	1.09	PM	
Motacilla lugens Gloger	백할미새					9	19	2			30	0.40	WV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새						9				9	0.12	Res	
Carduelis spinus (Linnaeus)	검은머리방울새				25						25	0.34	WV	
Fringilla montifringilla Linnaeus	되새				42			29	32		103	1.39	WV	
Loxia curvirostra Ridgway	솔잣새								22		22	0.30	WV	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza cioides Moore	멧새							5			5	0.07	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				10	14	19	11	21		75	1.01	Res	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새				1	2	3				6	0.08	PM	
출현종수		4	2	3	22	33	39	34	25	1	70			
출현개체수		50	69	100	303	1,315	4,940	327	313	1	7,418			
종다양도		0.62	0.54	0.63	2.49	2.67	2.54	3.06	2.88	-	2.97			
종풍부도		0.77	0.24	0.43	3.68	4.46	4.47	5.70	4.18	-	7.74			
균등도		0.45	0.78	0.57	0.81	0.76	0.69	0.87	0.89	-	0.70			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-8> 조류종 목록 (해상부 7차 조사) (1/3)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Gaviformes	아비목													
Family gaviidae	아비과													
Gavia pacifica Lawrence	회색머리아비	1									1	0.02	WV	
Order Podicipediformes	논병아리목													
Family podicipedidae	논병아리과													
Tachybaptus ruficollis (Reichenow)	논병아리						3				3	0.06	WV	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalaorocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지				2	86	17	19			124	2.49	Res	
Phalacrocorax carbo Linnaeus	민물가마우지					16	19				35	0.70	Res	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba alba	대백로				2	19	10				31	0.62	WV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				2	24	8	3			37	0.74	SV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea leucorodia Linnaeus	노랑부리저어새					3	7				10	0.20	WV	천,멸Ⅱ
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas acuta Linnaeus	고방오리						8				8	0.16	WV	
Anas clypeata Linnaeus	넓적부리						4				4	0.08	WV	
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리					45	52				97	1.95	WV	
Anas falcata Georgi	청머리오리					72					72	1.45	WV	
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리			5		138	128	45			316	6.35	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리					101	64	12			177	3.55	Res	
Anas strepera Linnaeus	알락오리					24					24	0.48	WV	
Aythya ferina (Linnaeus)	흰죽지					9	6				15	0.30	WV	
Mergus merganser Linnaeus	비오리							2			2	0.04	WV	
Tadorna tadorna	혹부리오리					14	595				609	12.23	WV	
Order Falconiformes	매목													
Family Accipitridae	수리과													
Buteo buteo (Temminck & Schlegel)	말똥가리					2		1	1		4	0.08	WV	
Family Falconidae	매과													

<표 6.3-8> 조류종 목록 (해상부 7차 조사) (2/3)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Falco tinnunculus Horsfield	황조롱이							1			1	0.02	Res	천
Order Galliformes	**닭목**													
Family Phasianidae	**꿩과**													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				3		5				8	0.16	Res	
Order Gruiformes	**두루미목**													
Family Rallidae	**뜸부기과**													
Fulica atra Linnaeus	물닭						37				37	0.74	WV	
Order Charadriiformes	**도요목**													
Family Haematopodidae	**검은머리물떼새과**													
Haematopus ostralegus Swinhoe	검은머리물떼새					6	3				9	0.18	Res	천,멸Ⅱ
Family Scolopacidae	**도요과**													
Numenius arquata Brehm	마도요					141	21				162	3.25	WV	
Tringa ochropus Linnaeus	삑삑도요					2					2	0.04	WV	
Family Laridae	**갈매기과**													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기	1		3		134	29				167	3.35	WV	
Larus cachinnans mongolicus	한국재갈매기					2					2	0.04	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	2		14	4	1551	782				2353	47.25	Res	
Larus heuglini	줄무늬노랑발갈매기					6					6	0.12	WV	
Order Columbiformes	**비둘기목**													
Family Columbidae	**비둘기과**													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				22		46	8			76	1.53	Res	
Order Piciformes	**딱다구리목**													
Family Picidae	**딱다구리과**													
Dendrocopos major (Kuroda)	오색딱다구리				1		1	1			3	0.06	Res	
Order Passeriformes	**참새목**													
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				2		3				5	0.10	Res	
Family corvidae	**까마귀과**													
Corvus frugilegus Gould	떼까마귀								2		2	0.04	WV	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				15						15	0.30	Res	

<표 6.3-8> 조류종 목록 (해상부 7차 조사) (3/3)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Pica pica Gould	까치				17	11	17		9		54	1.08	Res	
Family Paridae	**박새과**													
Parus ater (Buturlin)	진박새				7		6				13	0.26	Res	
Parus major Temminck & Schlegel	박새				9		8	7			24	0.48	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새				6						6	0.12	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이							6			6	0.12	Res	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				13			9			22	0.44	Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				14		7	14	23		58	1.16	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리							11			11	0.22	Res	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				36		88				124	2.49	Res	
Family Turdidae	**지빠귀과**													
Turdus eunomus Temminck	개똥지빠귀					9		5	8		22	0.44	WV	
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀							2	1		3	0.06	SV	
Family Muscicapidae	**딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리							1			1	0.02	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				3		2	1	2		8	0.16	Res	
Family Passeridae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				29	52	31				112	2.25	Res	
Family Motacllidae	**할미새과**													
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새					1					1	0.02	SV	
Motacilla lugens Gloger	백할미새					4					4	0.08	WV	
Family Fringillidae	**되새과**													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새				12		7				19	0.38	Res	
Carduelis spinus (Linnaeus)	검은머리방울새				19						19	0.38	WV	
Family Emberizidae	**멧새과**													
Emberiza cioides Moore	멧새							4			4	0.08	Res	
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				15		29				44	0.88	Res	
Emberiza rustica latifascia Portenko	쑥새				8						8	0.16	WV	
출현종수		3	-	3	22	25	31	19	7	-	54			
출현개체수		4	-	22	241	2472	2043	152	46	-	4980			
종다양도		1.04	-	0.90	2.75	1.60	2.00	2.39	1.41	-	2.24			
종풍부도		1.44	-	0.65	3.83	3.07	3.94	3.58	1.57	-	6.23			
균등도		0.95	-	0.82	0.89	0.50	0.58	0.81	0.72	-	0.56			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-9> 조류종 목록 (해상부 8차 조사) (1/4)

학 명	국 명	현지조사									합계	우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9				
Order Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas platyrhynchos Linnaeus	청둥오리				8	45	46				99	2.56	WV	
Anas poecilorhyncha Swinhoe	흰뺨검둥오리					53					53	1.37	Res	
Anas strepera Linnaeus	알락오리					12					12	0.31	WV	
Order Charadriformes	도요목													
Family Charadriidae	물떼새과													
Charadrius dubius	꼬마물떼새					5					5	0.13	SV	
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과													
Haematopus ostralegus	검은머리물떼새					3	4				7	0.18	Res	천,멸Ⅱ
Family Laridae	갈매기과													
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기				34	89					123	3.18	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	43		34	78	653	486	48	43		1385	35.83	Res	
Larus heuglini	줄무늬노랑발갈매기					12	23				35	0.91	WV	
Family Recurvirostridae	장다리물떼새과													
Himantopus himantopus (Linnaeus)	장다리물떼새					2					2	0.05	SV	
Family Scolopacidae	도요과													
Calidris acuminata	메추라기도요					11					11	0.28	PM	
Numenius phaeopus (Scopoli)	중부리도요					2					2	0.05	PM	
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요				8						8	0.21	PM	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Egretta alba modesta (Gray)	중대백로				13	47	16	3			79	2.04	SV	
Egretta cinerea Clark	왜가리				17	42	21				80	2.07	SV	
Bubulcus ibis (Boddaert)	황로	1						1			2	0.05	SV	
Egretta alba alba	대백로				5	13	9				27	0.7	WV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새					42	2				44	1.14	SV	천,멸Ⅰ

<표 6.3-9> 조류종 목록 (해상부 8차 조사) (2/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Order Columbiformes	비둘기목													
Family Columbidae	비둘기과													
Streptopelia orientalis (Layham)	멧비둘기				32	146	154				332	8.59	Res	
Order Coraciiformes	파랑새목													
Family Alcedinidae	물총새과													
Alcedo atthis Gmelin	물총새					2					2	0.05	SV	
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus Buturlin	꿩				2		2		4		8	0.21	Res	
Order Passeriformes	참새목													
Family Aegihalidae	오목눈이과													
Aegithalos caudatus magnus (Clark)	오목눈이				8						8	0.21	Res	
Family Corvidae	까마귀과													
Corvus corone	까마귀			2	9	13			5		29	0.75	Res	
Corvus macrorhynchos Buturlim	큰부리까마귀					13					13	0.34	Res	
Cyanopica cyanus Yamashina	물까치				7						7	0.18	Res	
Pica pica Gould	까치				24	76	65	11	11		187	4.84	Res	
Family Emberizidae	멧새과													
Emberiza elegans Temminck	노랑턱멧새				21				8		29	0.75	Res	
Emberiza pusilla Pallas	쇠붉은뺨멧새						13	14	18		45	1.16	PM	
Emberiza spodocephala Temminck	촉새							13	34		47	1.22	PM	
Family Fringillidae	되새과													
Carduelis sinica (Hartert)	방울새				11	13	24	12	13		73	1.89	Res	
Carduelis spinus	검은머리방울새				9	9	21		23		62	1.6	WV	

<표 6.3-9> 조류종 목록 (해상부 8차 조사) (3/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Eophona migratoria Hartert	밀화부리							8	24		32	0.83	SV	
Fringilla montifringilla Linnaeus	되새								32		32	0.83	WV	
Family Hirundinidae	**제비과**													
Hirundo rustica gutturalis Scopoli	제비					12	15	8			35	0.91	SV	
Family Laniidae	**때까치과**													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치						3				3	0.08	Res	
Family Motacillidae	**할미새과**													
Anthus hodgsoni Richmond	힝둥새				13		12	11	21		57	1.47	PM	
Anthus richardi	큰밭종다리								5		5	0.13	PM	
Motacilla alba leucopsis Gould	알락할미새					2	3				5	0.13	SV	
Motacilla cinerea (Brehm)	노랑할미새							2			2	0.05	SV	
Family Muscicapidae	**솔딱새과**													
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리			4				2			6	0.16	Res	
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	9	5		11		29	0.75	Res	
Saxicola torquata	검은딱새								15		15	0.39	SV	
Family Paridae	**박새과**													
Parus ater (Buturlin)	진박새				3						3	0.08	Res	
Parus major Temminck & Schlegel	박새				12	15	21	16	12		76	1.97	Res	
Parus palustris (Bianchi)	쇠박새				6						6	0.16	Res	
Parus varius Temminck & Schlegel	곤줄박이				3						3	0.08	Res	
Family Ploceidae	**참새과**													
Passer montanus Domaniewski	참새				65	68	72	25	32		262	6.78	Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**													
Microscelis amaurotis Stejneger	직박구리				14	55	35	24	15		143	3.7	Res	
Family Sturnidae	**찌르레기과**													

<표 6.3-9> 조류종 목록 (해상부 8차 조사) (4/4)

학 명	국 명	현지조사										우점도 (%)	생활형	비고
		St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	합계			
Sturnus cineraceus Temminck	찌르레기				6	8	9		9		32	0.83	SV	
Family Sylviidae	휘파람새과													
Cettia diphone borealis	섬휘파람새							7	8		15	0.39	SV	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				43	83	42				168	4.35	Res	
Family Turdidae	지빠귀과													
Turdus eunomus Temminck	개똥지빠귀					7			8		15	0.39	WV	
Turdus pallidus Gmelin	흰배지빠귀							2	3		5	0.13	SV	
Family Zosteropidae	동박새과													
Zosterops japonicus Temminck & Schlege	동박새								2		2	0.05	Res	
Order Pelecaniformes	사다새목													
Family Phalacrocoracidae	가마우지과													
Phalacrocorax capillatus	가마우지				5	35	28	13			81	2.1	Res	
Phalacrocorax carbo Linnaeus	민물가마우지					12					12	0.31	Res	
Order Podocopediformes	논병아리목													
Family Podicipedidae	논병아리과													
Tachybaptus ruficollis (Reichenow)	논병아리						5				5	0.13	WV	
출현종수		2	-	3	27	33	26	18	23	-	56			
출현개체수		44	-	40	460	1,609	1,136	220	356	-	3,865			
종다양도		0.11	-	0.52	2.86	2.43	2.22	2.354	2.89	-	2.76			
종풍부도		0.26	-	0.54	4.24	4.33	3.55	3.15	3.74	-	6.66			
균등도		0.16	-	0.47	0.87	0.69	0.68	0.88	0.92	-	0.68			

주) 1. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급

<표 6.3-10> 조류종 목록 (해상부 추가조사)

학 명	국 명	1차		2차		합계	우점도(%)	이동유형	비고
		St. 1	St. 2	St. 1	St. 2				
Order Gaviformes	아비목								
Family gaviidae	아비과								
Gavia pacifica Lawrence	회색머리아비	2				2	0.05	WV	
Gavia arctica	큰회색머리아비	8				8	0.21	WV	
Order Procellariiforms	슴새목								
Family Procellariidae	슴새과								
Calonectris leucomelas (Temminck)	슴새			7		7	0.18	SV	
Order Pelecaniformes	사다새목								
Family Phalaorocoracidae	가마우지과								
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지		10			10	0.26	Res	
Order Ciconiformes	황새목								
Family Ardeidae	백로과								
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로				683	683	17.86	SV	천,멸I
Family Threskiornithidae	저어새과								
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새				142	142	3.71	SV	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목								
Family Anatidae	오리과								
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리	2				2	0.05	WV	
Mergus serrator Linnaeus	바다비오리		7			7	0.18	WV	
Family Hydrobatidae	바다제비과								
Oceanodroma monorhis (Swinhoe)	바다제비			29		29	0.76	SV	
Order Charadriiformes	도요목								
Family Scolopacidae	도요과								
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요				2	2	0.05	PM	
Family Laridae	갈매기과								
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기	11	6			17	0.44	WV	
Larus canus kamtschatschensis (Bonaparte)	갈매기	1	1			2	0.05	WV	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	15	3	903	1,969	2,890	75.56	Res	
Thalasseus bernsteini Schlegel	뿔제비갈매기				1	1	0.03	SV	
Family Alcidae	바다오리과								
Synthliboramphus antiquus (Gmelin)	바다쇠오리	20				20	0.52	Res	
Order Passeriformes	참새목								
Family Muscicapidae	딱새과								
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리				3	3	0.08	Res	
출현종수		7	5	3	6	16			
출현개체수		59	27	939	2,800	3,825			
종다양도		1.60	1.42	0.18	0.76	0.81			
종풍부도		1.47	1.21	0.29	0.63	1.82			
균등도		0.82	0.88	0.16	0.42	0.29			

주) 1. St. 1 : 해상풍력발전단지 및 주변지역, St. 2 : 해저송전케이블 매설지 및 주변지역

2. Res : 텃새, WV : 겨울철새, SV : 여름철새, PM : 나그네새

3. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ,Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ,Ⅱ

나. 금회 추가조사(ESIA)

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (1/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Anseriforms	기러기목																	
Family Anatidae	오리과																	
Anas platyrhynchos	청둥오리	27	-	-	-	-	-	-	-	51	15	17	32	51	15.3	2.2	WV-Res	
Anas poecilorhyncha	흰뺨검둥오리	11	5	-	-	-	-	-	-	5	6	22	35	35	10.5	1.5	WV-Res	
Anas clypeata	넓적부리	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	WV	
Anas acuta	고방오리	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	WV	
Anas crecca	쇠오리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	8	8	2.4	0.4	WV	
Aythya fuligula	댕기흰죽지	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	WV	
Order Podicipediformes	논병아리목																	
Family Podicipedidae	논병아리과																	
Tachybaptus ruficollis	논병아리	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	WV-Res	
Podiceps cristatus	뿔논병아리	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	0.9	0.1	WV-Res	
Order Ciconiiformes	황새목																	
Family Ardeidae	백로과																	
Butorides striata	검은댕기해오라기	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV	
Bubulcus ibis	황로	-	1	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	4.2	0.6	SV	
Ardea cinerea	왜가리	8	1	3	5	6	10	17	8	18	8	3	2	18	5.4	0.8	SV-Res	
Ardea alba	중대백로	1	3	7	2	-	-	-	3	-	-	-	-	7	2.1	0.3	SV-WV	
Egretta intermedia	중백로	1	1	3	4	-	-	1	1	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV	
Egretta garzetta	쇠백로	-	1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	SV-Res	
Order Pelecaniformes	사다새목																	
Family Phalacrocoracidae	가마우지과																	
Phalacrocorax carbo	민물가마우지	2	-	-	-	-	3	16	3	15	1	1	6	16	4.8	0.7	Res-Wv	
Phalacrocorax capillatus	가마우지	32	10	2	3	3	2	4	5	-	7	3	4	32	9.6	1.4	Res	
Order Falconiformes	매목																	
Family Falconidae	매과																	
Falco tinnunculus	황조롱이	-	-	-	1	1	-	1	2	5	4	2	3	5	1.5	0.2	Res	천
Falco amurensis	비둘기조롱이	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	0.9	0.1	PM-SV	
Falco subbuteo	새호리기	-	-	-	2	-	-	1	7	-	-	-	-	7	2.1	0.3	SV	멸Ⅱ

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (2/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Falco peregrinus	매	2	5	1	3	2	1	1	-	4	-	2	4	5	1.5	0.2	Res	천,멸II
Family Accipitridae	수리과																	
Circus cyaneus	잿빛개구리매	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.3	0.0	WV	천,멸II
Accipiter soloensis	붉은배새매	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1.5	0.2	SV	천,멸II
Accipiter nisus	새매	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	3	0.9	0.1	WV	천,멸II
Accipiter gentilis	참매	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	Res-WV	천,멸II
Buteo buteo	말똥가리	2	-	-	-	-	-	-	1	8	7	12	7	12	3.6	0.5	WV	
Buteo hemilasius	큰말똥가리	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	WV	멸II
Order Gruiformes	두루미목																	
Family Gruidae	두루미과																	
Grus monacha	흑두루미	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	43	12.9	1.9	WV-PM	천,멸II
Order Charadriiformes	도요목																	
Family Recurvirostridae	장다리물떼새과																	
Himantopus himantopus	장다리물떼새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	PM-SV	
Family Charadriidae	물떼새과																	
Charadrius placidus	흰목물떼새	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	Res	멸II
Charadrius dubius	꼬마물떼새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV	
Family Scolopacidae	도요과																	
Gallinago gallinago	꺅도요	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	PM-WV	
Numenius arquata	마도요	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	PM-WV	
Tringa ochropus	삑삑도요	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.0	0.4	PM-WV	
Tringa glareola	알락도요	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	PM	
Actitis hypoleucos	깝작도요	-	-	-	1	-	1	-	3	-	-	-	-	3	0.9	0.1	SV-Res	
Family Laridae	갈매기과																	
Larus crassirostris	괭이갈매기	10	61	16	137	334	265	177	312	-	4	1	-	334	100.0	14.6	Res	
Larus argentatus	재갈매기	1	-	-	-	-	-	-	1	-	5	-	3	5	1.5	0.2	WV	
Order Columbiforea	비둘기목																	
Family Columbidae	비둘기과																	
Columba livia var. domestica	집비둘기	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	Res	
Streptopelia orientalis	멧비둘기	12	3	7	8	-	4	8	5	8	4	-	9	12	3.6	0.5	Res	
Order Cuculiformes	두견목																	

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (3/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Family Cuculidae	두견과																	
Cuculus poliocephalus	두견	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	SV	천
Cuculus micropterus	검은등뻐꾸기	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV	
Cuculus canorus	뻐꾸기	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	SV	
Order Apodiformes	칼새목																	
Family Apodidae	칼새과																	
Apus pacificus	칼새	-	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	12.3	1.8	SV	
Order Coraciiformis	파랑새목																	
Family Coraciidae	파랑새과																	
Eurystomus orientalis	파랑새	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV	
Family Alcedinidae	물총새과																	
Alcedo atthis	물총새	2	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	2	0.6	0.1	SV-Res	
Family Upupidae	후투티과																	
Upupa epops	후투티	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV-Res	
Order Piciformes	딱다구리목																	
Family Picidae	딱다구리과																	
Dendrocopos major	오색딱다구리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	0.3	0.0	Res	
Picus canus	청딱다구리	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	Res	
Order Passeriformes	참새목																	
Family Pittidae	팔색조과																	
Pitta nympha	팔색조	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV	천,멸II
Family Laniidae	때까치과																	
Lanius tigrinus	칡때까치	-	-	13	6	4	-	-	-	-	-	-	-	13	3.9	0.6	SV	
Lanius bucephalus	때까치	12	2	7	4	3	3	12	8	8	11	7	11	12	3.6	0.5	Res	
Lanius cristatus	노랑때까치	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV-PM	
Lanius sphenocercus	물때까치	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	WV	
Lanius cristatus cristatus	홍때까치	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	PM	
Family Oriolidae	꾀꼬리과																	
Oriolus chinensis	꾀꼬리	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV	
Family Monarchidae	긴꼬리딱새과																	
Terpsiphone atrocaudata	긴꼬리딱새	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.9	0.1	SV	멸II

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (4/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Family Corvidae	까마귀과																	
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀	4	5	-	3	-	-	-	1	4	2	4	9	9	2.7	0.4	Res	
Family Paridae	박새과																	
Parus major	박새	101	3	8	24	7	13	20	16	20	28	30	73	101	30.2	4.4	Res	
Parus venustulus	노랑배진박새	-	1	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	9	2.7	0.4	PM-WV	
Parus ater	진박새	-	-	-	-	-	-	-	-	35	33	27	42	42	12.6	1.8	Res	
Parus varius	곤줄박이	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	2.1	0.3	Res	
Parus palustris	쇠박새	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	Res	
Family Hirundinidae	제비과																	
Hirundo rustica	제비	-	16	15	18	29	18	-	-	-	-	-	-	29	8.7	1.3	SV	
Family Aegithalidae	오목눈이과																	
Aegithalos caudatus	오목눈이	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.3	0.0	Res	
Family Alaudidae	종다리과																	
Alauda arvensis	종다리	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	Res-WV	
Family Pycnonotidae	직박구리과																	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리	6	-	-	2	1	10	2	2	8	-	1	-	10	3.0	0.4	Res	
Microscelis amaurotis	직박구리	120	100	52	78	42	75	80	84	109	53	72	40	120	35.9	5.3	Res	
Family Sylviidae	휘파람새과																	
Acrocephalus orientalis	개개비	-	-	4	-	-	-	-	2	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV	
Acrocephalus bistrigiceps	쇠개개비	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	2.4	0.4	PM-SV	
Cettia diphone	휘파람새	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	PM-SV	
Cettia diphone cantans	섬휘파람새	-	1	4	3	3	-	2	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	SV-Res	
Phylloscopus fuscatus	솔새사촌	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.0	0.4	PM-SV	
Phylloscopus sp.	솔새류	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-	-	5	1.5	0.2		
Phylloscopus proregulus	노랑허리솔새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	PM-SV	
Phylloscopus inornatus	노랑눈썹솔새	-	32	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	9.6	1.4	PM-SV	
Phylloscopus borealis	쇠솔새	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11	3.3	0.5	PM	
Phylloscopus coronatus	산솔새	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	8.7	1.3	SV	
Phylloscopus xanthodryas	솔새	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2.1	0.3	PM	
Family Zosteropidae	동박새과																	
Zosterops japonicus	동박새	8	4	-	-	3	-	5	9	-	19	6	-	19	5.7	0.8	Res	
Family Regulidae	상모솔새과																	

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (5/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Regulus regulus	상모솔새	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	5	1.5	0.2	WV	
Family Certhidae	**나무발발이과**																	
Certhia familiaris	나무발발이	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	3	0.9	0.1	Res-WV	
Family Sturnidae	**찌르레기과**																	
Sturnus cineraceus	찌르레기	139	-	-	13	1	-	-	-	5	-	-	-	139	41.6	6.1	SV-WV	
Sturnus vulgaris	흰점찌르레기	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	1.2	0.2	PM-WV	
Family Turdidae	**지빠귀과**																	
Zoothera aurea	호랑지빠귀	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV-Res	
Turdus hortulorum	되지빠귀	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	2.7	0.4	SV	
Turdus pallidus	흰배지빠귀	8	2	4	9	7	-	3	-	-	2	-	4	9	2.7	0.4	SV-Res	
Turdus naumanni	노랑지빠귀	9	-	-	-	-	-	-	-	4	2	9	2	9	2.7	0.4	WV	
Turdus eunomus	개똥지빠귀	21	-	-	-	-	-	-	-	5	6	14	10	21	6.3	0.9	WV	
Family Muscicapidae	**솔딱새과**																	
Luscinia cyanura	유리딱새	3	58	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	58	17.4	2.5	PM-WV	
Phoenicurus auroreus	딱새	32	3	-	-	-	-	-	-	21	11	2	2	32	9.6	1.4	Res	
Saxicola torquatus	검은딱새	3	2	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	5	1.5	0.2	SV	
Monticola solitarius	바다직박구리	3	15	13	34	24	19	22	23	2	6	5	1	34	10.2	1.5	Res	
Muscicapa griseisticta	제비딱새	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	1.2	0.2	PM	
Muscicapa sibirica	솔딱새	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	1.8	0.3	PM-SV	
Muscicapa dauurica	쇠솔딱새	-	-	3	-	-	1	6	-	-	-	-	-	6	1.8	0.3	PM-SV	
Ficedula zanthopygia	흰눈썹황금새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	SV	
Family Passeridae	**참새과**																	
Passer montanus	참새	2	36	-	14	17	24	-	8	-	3	30	-	36	10.8	1.6	Res	
Family Motacillidae	**할미새과**																	
Dendronanthus indicus	물레새	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	0.6	0.1	SV	
Motacilla flava	긴발톱할미새	-	-	13	-	-	-	4	-	-	-	-	-	13	3.9	0.6	PM	
Motacilla citreola	노랑머리할미새	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	3.6	0.5	PM	
Motacilla cinerea	노랑할미새	-	6	-	-	3	2	5	-	-	-	-	-	6	1.8	0.3	SV	
Motacilla alba	알락할미새	11	1	-	-	-	-	1	7	-	-	-	2	11	3.3	0.5	SV	
Motacilla lugens	백할미새	-	1	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	4	1.2	0.2	WV	
Anthus hodgsoni	힝둥새	-	24	1	-	-	-	-	-	6	-	-	-	24	7.2	1.1	SV-PM	
Anthus gustavi	흰등밭종다리	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	0.0	PM	

<표 6.3-11> 조류종 목록 (도서조사) (6/6)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Anthus rubescens	밭종다리	-	2	-	-	-	1	-	10	-	-	-	-	10	3.0	0.4	PM-WV	
Family Fringillidae	**되새과**																	
Fringilla montifringilla	되새	68	-	-	-	-	-	-	23	6	-	-	-	68	20.4	3.0	WV	
Carduelis sinica	방울새	-	2	-	-	-	5	-	34	-	-	-	-	34	10.2	1.5	Res	
Carduelis spinus	검은머리방울새	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	60	18.0	2.6	WV	
Carpodacus roseus	양진이	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	5	1.5	0.2	WV	
Loxia curvirostra	솔잣새	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	50	15.0	2.2	WV	
Coccothraustes coccothraustes	콩새	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.9	0.1	WV	
Eophona migratoria	밀화부리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	20	20	6.0	0.9	WV-PM-SV	
Eophona personata	큰부리밀화부리	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	8	2.4	0.4	WV-PM-SV	
Family Emberizidae	**멧새과**																	
Emberiza cioides	멧새	7	18	3	5	3	7	1	-	13	6	2	-	18	5.4	0.8	Res	
Emberiza tristrami	흰배멧새	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3.0	0.4	PM	
Emberiza pusilla	쇠붉은뺨멧새	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	55	16.5	2.4	PM-WV	
Emberiza chrysophrys	노랑눈썹멧새	-	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	24.6	3.6	PM	
Emberiza rustica	쑥새	20	-	-	-	-	-	-	-	19	8	-	1	20	6.0	0.9	WV	
Emberiza elegans	노랑턱멧새	38	-	-	-	-	-	-	-	25	40	21	71	71	21.3	3.1	Res	
Emberiza spodocephala	촉새	1	80	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	80	24.0	3.5	PM-WV	
Emberiza pallasi	북방검은머리쑥새	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	9	-	9	2.7	0.4	WV	
출 현 과 수		24	23	21	20	16	19	19	18	19	20	17	19	39				
출 현 종 수		47	48	40	27	19	26	30	30	34	32	28	31	122				
출 현 개 체 수		748	725	310	385	493	480	422	600	480	311	314	521	2,283				
다양도지수		2.81	2.98	3.15	2.25	1.36	1.76	2.17	1.96	2.86	2.93	2.71	2.78					
풍부도지수		6.95	7.14	6.80	4.37	2.90	4.05	4.80	4.53	5.35	5.40	4.70	4.80					
균등도지수		0.73	0.77	0.85	0.68	0.46	0.54	0.64	0.58	0.81	0.84	0.81	0.81					
우점도지수		0.35	0.25	0.30	0.56	0.76	0.71	0.61	0.66	0.33	0.30	0.32	0.28					

주) 1. PM : 나그네새, PM-SV : 나그네새-여름철새, PM-WVV : 나그네새-겨울철새, Res : 텃새, Res-WV : 텃새-겨울철새, SV : 여름철새, SV-PM : 여름철새-나그네새, SV-Res : 여름철새-텃새, SV-WV : 여름철새-겨울철새, WV : 겨울철새, WV=PM : 겨울철새-나그네새, WV-PM-SV : 겨울철새-나그네새-여름철새, WV-Res : 겨울철새-텃새

2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅱ급

3. 출현개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

<표 6.3-12> 조류종 목록 (해상조사) (1/3)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Anseriforms	기러기목																	
Family Anatidae	오리과																	
Tadorna tadorna	혹부리오리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	1.1	0.4	WV	
Anas poecilorhyncha	흰뺨검둥오리	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	0.2	0.1	WV-Res	
Anas sp.	오리류	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5	0.9	0.3	WV	
Aythya marila	검은머리흰죽지	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	7	1.2	0.4	WV	
Order Gaviiformes	아비목																	
Family Gaviidae	아비과																	
Gavia stellata	아비	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	0.1	WV	해
Gavia arctica	큰회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	1.2	0.4	WV	
Gavia pacifica	회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	2	0.4	0.1	WV	
Order Procellariiformes	슴새목																	
Family Procellariidae	슴새과																	
Calonectris leucomelas	슴새	-	-	56	54	-	33	33	1	-	-	-	-	56	9.8	3.3	SV	해
Family Hydrobatidae	바다제비과																	
Oceanodroma monorhis	바다제비	-	-	62	1	23	50	-	-	-	-	-	-	62	10.9	3.7	SV	해
Order Podicipediformes	논병아리목																	
Family Podicipedidae	논병아리과																	
Podiceps cristatus	뿔논병아리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	0.5	0.2	WV-Res	
Order Ciconiiformes	황새목																	
Family Ardeidae	백로과																	
Bubulcus ibis	황로	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	2.6	0.9	SV	
Ardea cinerea	왜가리	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.5	0.2	SV-Res	
Ardea alba	중대백로	1	7	1	-	2	-	-	1	-	-	-	-	7	1.2	0.4	SV-WV	
Egretta intermedia	중백로	-	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	0.5	0.2	SV	
Egretta garzetta	쇠백로	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.4	0.1	SV-Res	

<표 6.3-12> 조류종 목록 (해상조사) (2/3)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Pelecaniformes	사다새목																	
Family Phalacrocoracidae	가마우지과																	
Phalacrocorax capillatus	가마우지	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.4	0.1	Res	
Phalacrocorax sp.	가마우지류	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	200	35.1	11.8		
Order Charadriiformes	도요목																	
Family Scolopacidae	도요과																	
Phalaropus lobatus	지느러미발도요	-	-	7	-	-	131	-	-	-	-	-	-	131	23.0	7.7	PM	
Family Laridae	갈매기과																	
Larus crassirostris	괭이갈매기	188	123	481	524	340	69	167	132	193	165	52	129	524	91.9	30.9	Res	
Larus canus	갈매기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.2	0.1	WV	
Larus argentatus	재갈매기	4	1	-	-	-	-	1	7	4	7	6	-	7	1.2	0.4	WV	
Larus cachinans	한국재갈매기	-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	-	-	7	1.2	0.4	WV-Res	
Larus sp.	갈매기류	-	-	-	-	-	-	-	570	-	-	-	-	570	100.0	33.6	WV-Res	
Sterna hirundo	제비갈매기	-	-	3	-	-	5	1	-	-	-	-	-	5	0.9	0.3	PM	
Sterna albifrons	쇠제비갈매기	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.4	0.1	SV-PM	멸II
Family Stercorariidae	도둑갈매기과																	
Stercorarius parasiticus	북극도둑갈매기	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	0.1	PM	
Family Alcidae	바다오리과																	
Synthliboramphus antiquus	바다쇠오리	11	3	25	-	-	-	-	-	-	-	31	53	53	9.3	3.1	WV-Res	해
Order Strigiformes	올빼미목																	
Family Strigidae	올빼미과																	
Ninox scutulata	솔부엉이	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	0.1	SV	천

<표 6.3-12> 조류종 목록 (해상조사) (3/3)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Caprimulgiformes	쏙독새목																	
Family Caprimulidae	쏙독새과																	
Caprimulgus indicus	쏙독새	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.4	0.1	SV	
Order Passeriformes	참새목																	
Family Hirundinidae	제비과																	
Hirundo rustica	제비	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	0.1	SV	
Cecropis daurica	귀제비	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1.6	0.5	SV	
Family Sylviidae	휘파람새과																	
Phylloscopus fuscatus	솔새사촌	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.2	0.1	PM-SV	
출 현 과 수		4	7	9	3	3	4	3	4	2	4	3	2	15				
출 현 종 수		6	10	13	4	3	5	5	9	3	6	6	2	32				
출 현 개 체 수		208	157	651	581	365	288	205	731	397	185	98	182	1,697				
다양도지수		0.44	0.89	0.99	0.34	0.27	1.32	0.57	0.70	0.74	0.50	1.15	0.60	1.86				
풍부도지수		0.94	1.78	1.85	0.47	0.34	0.71	0.75	1.21	0.33	0.96	1.09	0.19	4.17				
균등도지수		0.24	0.39	0.39	0.25	0.24	0.82	0.36	0.32	0.68	0.28	0.64	0.87	0.54				
우점도지수		0.96	0.88	0.83	0.99	0.99	0.69	0.98	0.96	0.99	0.93	0.85	1.00	0.64				

주) 1. PM : 나그네새, PM-SV : 나그네새-여름철새, Res : 텃새, SV : 여름철새, SV-PM : 여름철새-나그네새, SV-Res : 여름철새-텃새, SV-WV : 여름철새-겨울철새, WV : 겨울철새, WV-Res : 겨울철새-텃새

2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅱ급, 해 : 해양보호생물

3. 출현개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

<표 6.3-13> 조류종 목록 (연안조사) (1/3)

학 명	국 명	2023년				R.D.	Dom.	생활형	비고
		6월	7월	8월	종합 (최대 개체수)				
Order Anseriforms	기러기목								
Family Anatidae	오리과								
Aix galericulata	원앙	-	-	4	4	0.1	0.1	Res-WV	천
Anas poecilorhyncha	흰뺨검둥오리	-	4	-	4	0.1	0.1	WV-Res	
Order Ciconiiformes	황새목								
Family Threskiornithidae	저어새과								
Platalea leucorodia	노랑부리저어새	-	1	-	1	0.0	0.0	WV	천,멸Ⅱ
Platalea minor	저어새	108	148	197	197	4.4	3.3	SV	천,멸Ⅰ,해
Family Ardeidae	백로과								
Butorides striata	검은댕기해오라기	1	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Ardea cinerea	왜가리	94	165	181	181	4.0	3.0	SV-Res	
Ardea alba	중대백로	10	19	79	79	1.8	1.3	SV-WV	
Egretta intermedia	중백로	-	61	64	64	1.4	1.1	SV	
Egretta garzetta	쇠백로	4	8	9	9	0.2	0.1	SV-Res	
Egretta eulophotes	노랑부리백로	15	15	1	15	0.3	0.2	SV	천,멸Ⅰ,해
Order Pelecaniformes	사다새목								
Family Phalacrocoracidae	가마우지과								
Phalacrocorax carbo	민물가마우지	-	2	-	2	0.0	0.0	Res-Wv	
Order Falconiformes	매목								
Family Falconidae	매과								
Falco tinnunculus	황조롱이	1	1	-	1	0.0	0.0	Res	천
Falco subbuteo	새호리기	-	4	1	4	0.1	0.1	SV	멸Ⅱ
Order Charadriiformes	도요목								
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과								
Haematopus ostralegus	검은머리물떼새	2	1	-	2	0.0	0.0	Res	천,멸Ⅱ,해
Family Charadriidae	물떼새과								
Pluvialis squatarola	개꿩	-	3	-	3	0.1	0.0	PM-WV	
Charadrius dubius	꼬마물떼새	-	3	-	3	0.1	0.0	SV	
Charadrius alexandrinus	흰물떼새	7	220	5	220	4.9	3.6	PM-Res	
Family Scolopacidae	도요과								
Limosa limosa	흑꼬리도요	-	30	28	30	0.7	0.5	PM	
Numenius phaeopus	중부리도요	-	-	1	1	0.0	0.0	PM	

<표 6.3-13> 조류종 목록 (연안조사) (2/3)

학 명	국 명	2023년				R.D.	Dom.	생활형	비고
		6월	7월	8월	종합 (최대 개체수)				
Numenius arquata	마도요	-	33	5	33	0.7	0.5	PM-WV	
Numenius madagascariensis	알락꼬리마도요	-	-	1	1	0.0	0.0	PM	멸Ⅱ,해
Tringa totanus	붉은발도요	-	15	-	15	0.3	0.2	PM-SV	
Tringa stagnatilis	쇠청다리도요	-	-	72	72	1.6	1.2	PM	
Tringa nebularia	청다리도요	-	14	51	51	1.1	0.8	PM	
Tringa ochropus	삑삑도요	-	-	1	1	0.0	0.0	PM-WV	
Xenus cinereus	뒷부리도요	-	323	120	323	7.2	5.4	PM	
Actitis hypoleucos	깝작도요	-	7	-	7	0.2	0.1	SV-Res	
Calidris alpina	민물도요	-	2	-	2	0.0	0.0	PM-WV	
Family Laridae	갈매기과								
Larus crassirostris	괭이갈매기	4,500	1,135	845	4,500	100.0	74.7	Res	
Larus argentatus	재갈매기	-	2	-	2	0.0	0.0	WV	
Order Columbiforea	비둘기목								
Family Columbidae	비둘기과								
Columba livia var. domestica	집비둘기	2	-	-	2	0.0	0.0	Res	
Streptopelia orientalis	멧비둘기	8	26	12	26	0.6	0.4	Res	
Order Cuculiformes	두견목								
Family Cuculidae	두견과								
Cuculus micropterus	검은등뻐꾸기	1	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Order Coraciiformis	파랑새목								
Family Coraciidae	파랑새과								
Eurystomus orientalis	파랑새	-	-	2	2	0.0	0.0	SV	
Family Alcedinidae	물총새과								
Halcyon coromanda	호반새	1	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Alcedo atthis	물총새	-	-	1	1	0.0	0.0	SV-Res	
Order Passeriformes	참새목								
Family Laniidae	때까치과								
Lanius bucephalus	때까치	-	1	1	1	0.0	0.0	Res	
Family Oriolidae	꾀꼬리과								
Oriolus chinensis	꾀꼬리	2	-	-	2	0.0	0.0	SV	
Family Corvidae	까마귀과								
Cyanopica cyanus	물까치	17	2	3	17	0.4	0.3	Res	

<표 6.3-13> 조류종 목록 (연안조사) (3/3)

학 명	국 명	2023년				R.D.	Dom.	생활형	비고
		6월	7월	8월	종합 (최대 개체수)				
Pica pica	까치	11	19	12	19	0.4	0.3	Res	
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀	5	2	1	5	0.1	0.1	Res	
Family Paridae	**박새과**								
Parus major	박새	2	-	-	2	0.0	0.0	Res	
Family Hirundinidae	**제비과**								
Hirundo rustica	제비	20	23	15	23	0.5	0.4	SV	
Family Cisticolidae	**개개비사촌과**								
Cisticola juncidis	개개비사촌	-	-	5	5	0.1	0.1	SV-Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**								
Microscelis amaurotis	직박구리	10	3	1	10	0.2	0.2	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**								
Acrocephalus orientalis	개개비	2	-	-	2	0.0	0.0	SV	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**								
Paradoxornis webbianus	붉은머리오목눈이	-	4	-	4	0.1	0.1	Res	
Family Sturnidae	**찌르레기과**								
Sturnus cineraceus	찌르레기	20	-	-	20	0.4	0.3	SV-WV	
Family Muscicapidae	**솔딱새과**								
Monticola solitarius	바다직박구리	-	-	2	2	0.0	0.0	Res	
Family Passeridae	**참새과**								
Passer montanus	참새	50	41	45	50	1.1	0.8	Res	
Family Motacillidae	**할미새과**								
Motacilla alba	알락할미새	-	1	1	1	0.0	0.0	SV	
출현과수		17	17	18	26				
출현종수		24	34	31	51				
출현개체수		4,893	2,338	1,766	6,024				
다양도지수		0.46	1.90	1.93	1.24				
풍부도지수		2.71	4.25	4.01	5.74				
균등도지수		0.15	0.54	0.56	0.32				
우점도지수		0.94	0.62	0.59	0.80				

주) 1. PM : 나그네새, PM-Res : 나그네새-텃새, PM-SV : 나그네새-여름철새, PM-WV : 나그네새-겨울철새, Res : 텃새, Res-WV : 텃새-겨울철새, SV : 여름철새, SV-Res : 여름철새-텃새, SV-WV : 여름철새-겨울철새, WV : 겨울철새, WV-Res : 겨울철새-텃새

2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급, 해 : 해양보호생물

3. 출현개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종압(최대개체수)의 합임

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (1/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Anseriforms	기러기목																	
Family Anatidae	오리과																	
Tadorna tadorna	혹부리오리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	0.1	0.1	WV	
Aix galericulata	원앙	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	Res-WV	천
Anas platyrhynchos	청둥오리	27	-	-	-	-	-	-	-	51	15	17	32	51	1.0	0.5	WV-Res	
Anas sp.	오리류	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5	0.1	0.1	WV	
Anas poecilorhyncha	흰빰검둥오리	11	5	-	-	4	-	-	1	5	6	22	35	35	0.7	0.4	WV-Res	
Anas clypeata	넓적부리	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	
Anas acuta	고방오리	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	WV	
Anas crecca	쇠오리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	8	8	0.2	0.1	WV	
Aythya fuligula	댕기흰죽지	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	
Aythya marila	검은머리흰죽지	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	7	0.1	0.1	WV	
Order Gaviiformes	아비목																	
Family Gaviidae	아비과																	
Gavia stellata	아비	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	해
Gavia arctica	큰회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	0.1	0.1	WV	
Gavia pacifica	회색머리아비	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	2	0.0	0.0	WV	
Order Procellariiformes	슴새목																	
Family Procellariidae	슴새과																	
Calonectris leucomelas	슴새	-	-	56	54	-	33	33	1	-	-	-	-	56	1.1	0.6	SV	해
Family Hydrobatidae	바다제비과																	
Oceanodroma monorhis	바다제비	-	-	62	1	23	50	-	-	-	-	-	-	62	1.2	0.6	SV	해
Order Podicipediformes	논병아리목																	
Family Podicipedidae	논병아리과																	
Tachybaptus ruficollis	논병아리	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	WV-Res	
Podiceps cristatus	뿔논병아리	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	3	3	0.1	0.0	WV-Res	
Order Ciconiiformes	황새목																	
Family Threskiornithidae	저어새과																	
Platalea leucorodia	노랑부리저어새	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	천,멸II
Platalea minor	저어새	-	-	-	108	148	197	-	-	-	-	-	-	197	3.8	2.0	SV	천멸I,해
Family Ardeidae	백로과																	
Butorides striata	검은댕기해오라기	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (2/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Bubulcus ibis	황로	-	16	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0.3	0.2	SV	
Ardea cinerea	왜가리	11	3	3	99	171	191	17	8	18	8	3	2	191	3.7	2.0	SV-Res	
Ardea alba	중대백로	2	10	8	12	21	79	-	4	-	-	-	-	79	1.5	0.8	SV-WV	
Egretta intermedia	중백로	1	1	5	4	61	64	4	1	-	-	-	-	64	1.2	0.7	SV	
Egretta garzetta	쇠백로	-	1	5	4	8	9	1	-	-	-	-	-	9	0.2	0.1	SV-Res	
Egretta eulophotes	노랑부리백로	-	-	-	15	15	1	-	-	-	-	-	-	15	0.3	0.2	SV	천멸I,해
Order Pelecaniformes	사다새목																	
Family Phalacrocoracidae	가마우지과																	
Phalacrocorax carbo	민물가마우지	2	-	-	-	2	3	16	3	15	1	1	6	16	0.3	0.2	Res-Wv	
Phalacrocorax capillatus	가마우지	32	12	2	3	3	2	4	5	-	7	3	4	32	0.6	0.3	Res	
Phalacrocorax sp.	가마우지류	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	200	3.9	2.1		
Order Falconiformes	매목																	
Family Falconidae	매과																	
Falco tinnunculus	황조롱이	-	-	-	2	2	-	1	2	5	4	2	3	5	0.1	0.1	Res	천
Falco amurensis	비둘기조롱이	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	0.1	0.0	PM-SV	
Falco subbuteo	새호리기	-	-	-	2	4	1	1	7	-	-	-	-	7	0.1	0.1	SV	멸II
Falco peregrinus	매	2	5	1	3	2	1	1	-	4	-	2	4	5	0.1	0.1	Res	천,멸II
Family Accipitridae	수리과																	
Circus cyaneus	잿빛개구리매	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	천,멸II
Accipiter soloensis	붉은배새매	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0.1	0.1	SV	천,멸II
Accipiter nisus	새매	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	3	0.1	0.0	WV	천,멸II
Accipiter gentilis	참매	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	Res-WV	천,멸II
Buteo buteo	말똥가리	2	-	-	-	-	-	-	1	8	7	12	7	12	0.2	0.1	WV	
Buteo hemilasius	큰말똥가리	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	WV	멸II
Order Gruiformes	두루미목																	
Family Gruidae	두루미과																	
Grus monacha	흑두루미	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	43	0.8	0.4	WV-PM	천,멸II
Order Charadriiformes	도요목																	
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과																	
Haematopus ostralegus	검은머리물떼새	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	Res	천멸II,해
Family Recurvirostridae	장다리물떼새과																	
Himantopus himantopus	장다리물떼새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM-SV	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (3/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Family Charadriidae	물떼새과																	
Pluvialis squatarola	개꿩	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	PM-WV	
Charadrius placidus	흰목물떼새	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	Res	멸II
Charadrius dubius	꼬마물떼새	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	SV	
Charadrius alexandrinus	흰물떼새	-	-	-	7	220	5	-	-	-	-	-	-	220	4.3	2.3	PM-Res	
Family Scolopacidae	도요과																	
Gallinago gallinago	꺅도요	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM-WV	
Limosa limosa	흑꼬리도요	-	-	-	-	30	28	-	-	-	-	-	-	30	0.6	0.3	PM	
Numenius phaeopus	중부리도요	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM	
Numenius arquata	마도요	1	-	-	-	33	5	-	-	-	-	-	-	33	0.6	0.3	PM-WV	
Numenius madagascariensis	알락꼬리마도요	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM	멸II,해
Tringa totanus	붉은발도요	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	15	0.3	0.2	PM-SV	
Tringa stagnatilis	쇠청다리도요	-	-	-	-	-	72	-	-	-	-	-	-	72	1.4	0.7	PM	
Tringa nebularia	청다리도요	-	-	-	-	14	51	-	-	-	-	-	-	51	1.0	0.5	PM	
Tringa ochropus	삑삑도요	-	10	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	10	0.2	0.1	PM-WV	
Tringa glareola	알락도요	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	PM	
Xenus cinereus	뒷부리도요	-	-	-	-	323	120	-	-	-	-	-	-	323	6.3	3.3	PM	
Actitis hypoleucos	깝작도요	-	-	-	1	7	1	-	3	-	-	-	-	7	0.1	0.1	SV-Res	
Calidris alpina	민물도요	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	PM-WV	
Phalaropus lobatus	지느러미발도요	-	-	7	-	-	131	-	-	-	-	-	-	131	2.5	1.4	PM	
Family Laridae	갈매기과																	
Larus crassirostris	괭이갈매기	198	184	497	5,161	1,809	1,179	344	444	193	169	53	129	5,161	100.0	53.5	Res	
Larus canus	갈매기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.0	0.0	WV	
Larus argentatus	재갈매기	5	1	-	-	2	-	1	8	4	12	6	3	12	0.2	0.1	WV	
Larus cachinans	한국재갈매기	-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	-	-	7	0.1	0.1	WV-Res	
Larus sp.	갈매기류	-	-	-	-	-	-	-	570	-	-	-	-	570	11.0	5.9	WV-Res	
Sterna hirundo	제비갈매기	-	-	3	-	-	5	1	-	-	-	-	-	5	0.1	0.1	PM	
Sterna albifrons	쇠제비갈매기	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	SV-PM	멸II
Family Stercorariidae	도둑갈매기과																	
Stercorarius parasiticus	북극도둑갈매기	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM	
Family Alcidae	바다오리과																	
Synthliboramphus antiquus	바다쇠오리	11	3	25	-	-	-	-	-	-	-	31	53	53	1.0	0.5	WV-Res	해

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (4/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Order Columbiforea	비둘기목																	
Family Columbidae	비둘기과																	
Columba livia var. domestica	집비둘기	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	Res	
Streptopelia orientalis	멧비둘기	12	3	7	16	26	16	8	5	8	4	-	9	26	0.5	0.3	Res	
Order Cuculiformes	두견목																	
Family Cuculidae	두견과																	
Cuculus poliocephalus	두견	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	SV	천
Cuculus micropterus	검은등뻐꾸기	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Cuculus canorus	뻐꾸기	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	SV	
Order Strigiformes	올빼미목																	
Family Strigidae	올빼미과																	
Ninox scutulata	솔부엉이	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV	천
Order Caprimulgiformes	쏙독새목																	
Family Caprimulidae	쏙독새과																	
Caprimulgus indicus	쏙독새	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	SV	
Order Apodiformes	칼새목																	
Family Apodidae	칼새과																	
Apus pacificus	칼새	-	-	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41	0.8	0.4	SV	
Order Coraciiformis	파랑새목																	
Family Coraciidae	파랑새과																	
Eurystomus orientalis	파랑새	-	-	1	-	-	2	1	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	SV	
Family Alcedinidae	물총새과																	
Halcyon coromanda	호반새	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Alcedo atthis	물총새	2	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-	2	0.0	0.0	SV-Res	
Family Upupidae	후투티과																	
Upupa epops	후투티	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV-Res	
Order Piciformes	딱다구리목																	
Family Picidae	딱다구리과																	
Dendrocopos major	오색딱다구리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	0.0	0.0	Res	
Picus canus	청딱다구리	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	Res	
Order Passeriformes	참새목																	
Family Pittidae	팔색조과																	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (5/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Pitta nympha	팔색조	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV	천,멸II
Family Laniidae	**때까치과**																	
Lanius tigrinus	칡때까치	-	-	13	6	4	-	-	-	-	-	-	-	13	0.3	0.1	SV	
Lanius bucephalus	때까치	12	2	7	4	4	4	12	8	8	11	7	11	12	0.2	0.1	Res	
Lanius cristatus	노랑때까치	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV-PM	
Lanius sphenocercus	물때까치	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	WV	
Lanius cristatus cristatus	홍때까치	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	PM	
Family Oriolidae	**꾀꼬리과**																	
Oriolus chinensis	꾀꼬리	-	-	1	2	-	-	4	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV	
Family Monarchidae	**긴꼬리딱새과**																	
Terpsiphone atrocaudata	긴꼬리딱새	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.1	0.0	SV	멸II
Family Corvidae	**까마귀과**																	
Cyanopica cyanus	물까치	-	-	-	17	2	3	-	-	-	-	-	-	17	0.3	0.2	Res	
Pica pica	까치	-	-	-	11	19	12	-	-	-	-	-	-	19	0.4	0.2	Res	
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀	4	5	-	8	2	1	-	1	4	2	4	9	9	0.2	0.1	Res	
Family Paridae	**박새과**																	
Parus major	박새	101	3	8	26	7	13	20	16	20	28	30	73	101	2.0	1.0	Res	
Parus venustulus	노랑배진박새	-	1	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	9	0.2	0.1	PM-WV	
Parus ater	진박새	-	-	-	-	-	-	-	-	35	33	27	42	42	0.8	0.4	Res	
Parus varius	곤줄박이	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	0.1	0.1	Res	
Parus palustris	쇠박새	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	Res	
Family Hirundinidae	**제비과**																	
Hirundo rustica	제비	-	17	16	38	52	33	-	-	-	-	-	-	52	1.0	0.5	SV	
Cecropis daurica	귀제비	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0.2	0.1	SV	
Family Aegithalidae	**오목눈이과**																	
Aegithalos caudatus	오목눈이	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.0	0.0	Res	
Family Alaudidae	**종다리과**																	
Alauda arvensis	종다리	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	Res-WV	
Family Cisticolidae	**개개비사촌과**																	
Cisticola juncidis	개개비사촌	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5	0.1	0.1	SV-Res	
Family Pycnonotidae	**직박구리과**																	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리	6	-	-	2	1	10	2	2	8	-	1	-	10	0.2	0.1	Res	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (6/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Microscelis amaurotis	직박구리	120	100	52	88	45	76	80	84	109	53	72	40	120	2.3	1.2	Res	
Family Sylviidae	**휘파람새과**																	
Acrocephalus orientalis	개개비	-	-	4	2	-	-	-	2	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV	
Acrocephalus bistrigiceps	쇠개개비	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	0.2	0.1	PM-SV	
Cettia diphone	휘파람새	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	PM-SV	
Cettia diphone cantans	섬휘파람새	-	1	4	3	3	-	2	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	SV-Res	
Phylloscopus fuscatus	솔새사촌	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0.2	0.1	PM-SV	
Phylloscopus proregulus	노랑허리솔새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM-SV	
Phylloscopus inornatus	노랑눈썹솔새	-	32	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	0.6	0.3	PM-SV	
Phylloscopus borealis	쇠솔새	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	11	0.2	0.1	PM	
Phylloscopus coronatus	산솔새	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	0.6	0.3	SV	
Phylloscopus sp.	솔새류	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-	-	5	0.1	0.1		
Phylloscopus xanthodryas	솔새	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0.1	0.1	PM	
Family Timaliidae	**붉은머리오목눈이과**																	
Paradoxornis webbianus	붉은머리오목눈이	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	Res	
Family Zosteropidae	**동박새과**																	
Zosterops japonicus	동박새	8	4	-	-	3	-	5	9	-	19	6	-	19	0.4	0.2	Res	
Family Regulidae	**상모솔새과**																	
Regulus regulus	상모솔새	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	5	0.1	0.1	WV	
Family Certhidae	**나무발발이과**																	
Certhia familiaris	나무발발이	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	3	0.1	0.0	Res-WV	
Family Sturnidae	**찌르레기과**																	
Sturnus cineraceus	찌르레기	139	-	-	33	1	-	-	-	5	-	-	-	139	2.7	1.4	SV-WV	
Sturnus vulgaris	흰점찌르레기	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	0.1	0.0	PM-WV	
Family Turdidae	**지빠귀과**																	
Zoothera aurea	호랑지빠귀	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV-Res	
Turdus hortulorum	되지빠귀	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	0.2	0.1	SV	
Turdus pallidus	흰배지빠귀	8	2	4	9	7	-	3	-	-	2	-	4	9	0.2	0.1	SV-Res	
Turdus naumanni	노랑지빠귀	9	-	-	-	-	-	-	-	4	2	9	2	9	0.2	0.1	WV	
Turdus eunomus	개똥지빠귀	21	-	-	-	-	-	-	-	5	6	14	10	21	0.4	0.2	WV	
Family Muscicapidae	**솔딱새과**																	
Luscinia cyanura	유리딱새	3	58	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	58	1.1	0.6	PM-WV	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (7/8)

학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Phoenicurus auroreus	딱새	32	3	-	-	-	-	-	-	21	11	2	2	32	0.6	0.3	Res	
Saxicola torquatus	검은딱새	3	2	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	5	0.1	0.1	SV	
Monticola solitarius	바다직박구리	3	15	13	34	24	21	22	23	2	6	5	1	34	0.7	0.4	Res	
Muscicapa griseisticta	제비딱새	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	0.1	0.0	PM	
Muscicapa sibirica	솔딱새	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0.1	0.1	PM-SV	
Muscicapa dauurica	쇠솔딱새	-	-	3	-	-	1	6	-	-	-	-	-	6	0.1	0.1	PM-SV	
Ficedula zanthopygia	흰눈썹황금새	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	SV	
Family Passeridae	**참새과**																	
Passer montanus	참새	2	36	-	64	58	69	-	8	-	3	30	-	69	1.3	0.7	Res	
Family Motacillidae	**할미새과**																	
Dendronanthus indicus	물레새	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	0.0	0.0	SV	
Motacilla flava	긴발톱할미새	-	-	13	-	-	-	4	-	-	-	-	-	13	0.3	0.1	PM	
Motacilla citreola	노랑머리할미새	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0.2	0.1	PM	
Motacilla cinerea	노랑할미새	-	6	-	-	3	2	5	-	-	-	-	-	6	0.1	0.1	SV	
Motacilla alba	알락할미새	11	1	-	-	1	1	1	7	-	-	-	2	11	0.2	0.1	SV	
Motacilla lugens	백할미새	-	1	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	4	0.1	0.0	WV	
Anthus hodgsoni	힝둥새	-	24	1	-	-	-	-	-	6	-	-	-	24	0.5	0.2	SV-PM	
Anthus gustavi	흰등밭종다리	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.0	0.0	PM	
Anthus rubescens	밭종다리	-	2	-	-	-	1	-	10	-	-	-	-	10	0.2	0.1	PM-WV	
Family Fringillidae	**되새과**																	
Fringilla montifringilla	되새	68	-	-	-	-	-	-	23	6	-	-	-	68	1.3	0.7	WV	
Carduelis sinica	방울새	-	2	-	-	-	5	-	34	-	-	-	-	34	0.7	0.4	Res	
Carduelis spinus	검은머리방울새	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	60	1.2	0.6	WV	
Carpodacus roseus	양진이	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-	5	0.1	0.1	WV	
Loxia curvirostra	솔잣새	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	50	1.0	0.5	WV	
Coccothraustes coccothraustes	콩새	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	0.1	0.0	WV	
Eophona migratoria	밀화부리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	20	20	0.4	0.2	WV-PM-SV	
Eophona personata	큰부리밀화부리	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	8	0.2	0.1	WV-PM-SV	
Family Emberizidae	**멧새과**																	
Emberiza cioides	멧새	7	18	3	5	3	7	1	-	13	6	2	-	18	0.3	0.2	Res	
Emberiza tristrami	흰배멧새	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0.2	0.1	PM	
Emberiza pusilla	쇠붉은뺨멧새	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	55	1.1	0.6	PM-WV	

<표 6.3-14> 조류종 목록 (종합) (8/8)

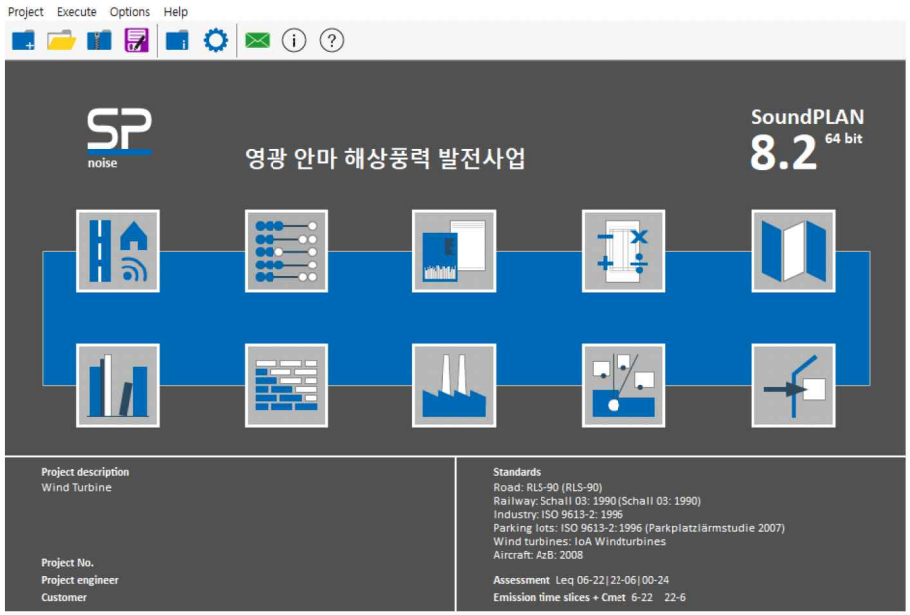
학 명	국 명	2023년										2024년			R.D.	Dom.	생활형	비고
		3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	종합 (최대 개체수)				
Emberiza chrysophrys	노랑눈썹멧새	-	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	1.6	0.8	PM	
Emberiza rustica	쑥새	20	-	-	-	-	-	-	-	19	8	-	1	20	0.4	0.2	WV	
Emberiza elegans	노랑턱멧새	38	-	-	-	-	-	-	-	25	40	21	71	71	1.4	0.7	Res	
Emberiza spodocephala	촉새	1	80	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	80	1.6	0.8	PM-WV	
Emberiza pallasi	북방검은머리쑥새	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	9	-	9	0.2	0.1	WV	
출 현 과 수		26	26	25	27	25	28	20	20	20	22	19	20	50				
출 현 종 수		49	52	47	43	47	53	33	36	37	36	33	33	162				
출 현 개 체 수		956	882	961	5,859	3,196	2,534	627	1,331	877	496	412	703	9,652				
다양도지수		2.76	2.92	2.23	0.70	1.84	2.25	1.90	1.75	2.59	2.63	2.88	2.79	2.54				
풍부도지수		6.99	7.52	6.70	4.84	5.70	6.63	4.97	4.87	5.31	5.64	5.31	4.88	17.55				
균등도지수		0.71	0.74	0.58	0.19	0.48	0.57	0.54	0.49	0.72	0.73	0.82	0.80	0.50				
우점도지수		0.35	0.32	0.58	0.90	0.67	0.54	0.68	0.76	0.45	0.45	0.30	0.29	0.59				

주) 1. PM : 나그네새, PM-Res : 나그네새-텃새, PM-SV : 나그네새-여름철새, PM-WV : 나그네새-겨울철새, Res : 텃새, Res-WV : 텃새-겨울철새, SV : 여름철새, SV-PM : 여름철새-나그네새, SV-Res : 여름철새-텃새, SV-WV : 여름철새-겨울철새, WV : 겨울철새, WV-PM : 겨울철새-나그네새, WV-PM-SV : 겨울철새-나그네새-여름철새, WV-Res : 겨울철새-텃새

2. 천 : 천연기념물, 멸Ⅰ·Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ·Ⅱ급, 해 : 해양보호생물

3. 출현개체수 합계는 조사기간 중 각 종의 종합(최대개체수)의 합임

6.4 공중소음 모델링 기초자료



*1/1 octave band Result Tables

3m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1, 낙월면 오도길4	RS	F 1				20.1	20.1		
2, 죽도리15	RS	F 1				18.0	18.0		
3, 안마길8	RS	F 1				14.8	14.8		
4, 안마길96	RS	F 1				17.2	17.2		
5, 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				16.6	16.6		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

4m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				20.1	20.1		
2. 죽도리 15	RS	F 1				18.0	18.0		
3. 안마길8	RS	F 1				14.8	14.8		
4. 안마길96	RS	F 1				17.2	17.2		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				16.6	16.6		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

5m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				21.1	21.1		
2. 죽도리 15	RS	F 1				19.0	19.0		
3. 안마길8	RS	F 1				15.8	15.8		
4. 안마길96	RS	F 1				18.2	18.2		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				17.6	17.6		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

6m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				25.2	25.2		
2. 죽도리 15	RS	F 1				23.2	23.2		
3. 안마길8	RS	F 1				20.1	20.1		
4. 안마길96	RS	F 1				22.4	22.4		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				21.8	21.8		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

7m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				28.7	28.7		
2. 죽도리 15	RS	F 1				26.7	26.7		
3. 안마길8	RS	F 1				23.6	23.6		
4. 안마길96	RS	F 1				25.9	25.9		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				25.3	25.3		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

8m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				31.6	31.6		
2. 죽도리15	RS	F 1				29.6	29.6		
3. 안마길8	RS	F 1				26.6	26.6		
4. 안마길96	RS	F 1				28.9	28.9		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				28.3	28.3		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

9m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				34.0	34.0		
2. 죽도리15	RS	F 1				32.0	32.0		
3. 안마길8	RS	F 1				29.0	29.0		
4. 안마길96	RS	F 1				31.3	31.3		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				30.7	30.7		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

10m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				36.3	36.3		
2. 죽도리15	RS	F 1				34.3	34.3		
3. 안마길8	RS	F 1				31.2	31.2		
4. 안마길96	RS	F 1				33.6	33.6		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				32.9	32.9		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

11m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				36.3	36.3		
2. 죽도리15	RS	F 1				34.3	34.3		
3. 안마길8	RS	F 1				31.3	31.3		
4. 안마길96	RS	F 1				33.6	33.6		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				33.0	33.0		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

12m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.3	35.3		
2. 죽도리15	RS	F 1				33.4	33.4		
3. 안마길8	RS	F 1				30.4	30.4		
4. 안마길96	RS	F 1				32.7	32.7		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				32.0	32.0		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

13m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 2
Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.3	35.3		
2. 죽도리15	RS	F 1				33.4	33.4		
3. 안마길8	RS	F 1				30.4	30.4		
4. 안마길96	RS	F 1				32.7	32.7		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				32.0	32.0		

Sunil Engineering 1

SoundPLAN 8.2

*1/1 octave band Result Tables

14m/s

영광 안마 해상풍력 발전사업 **2**

Assessed receiver levels

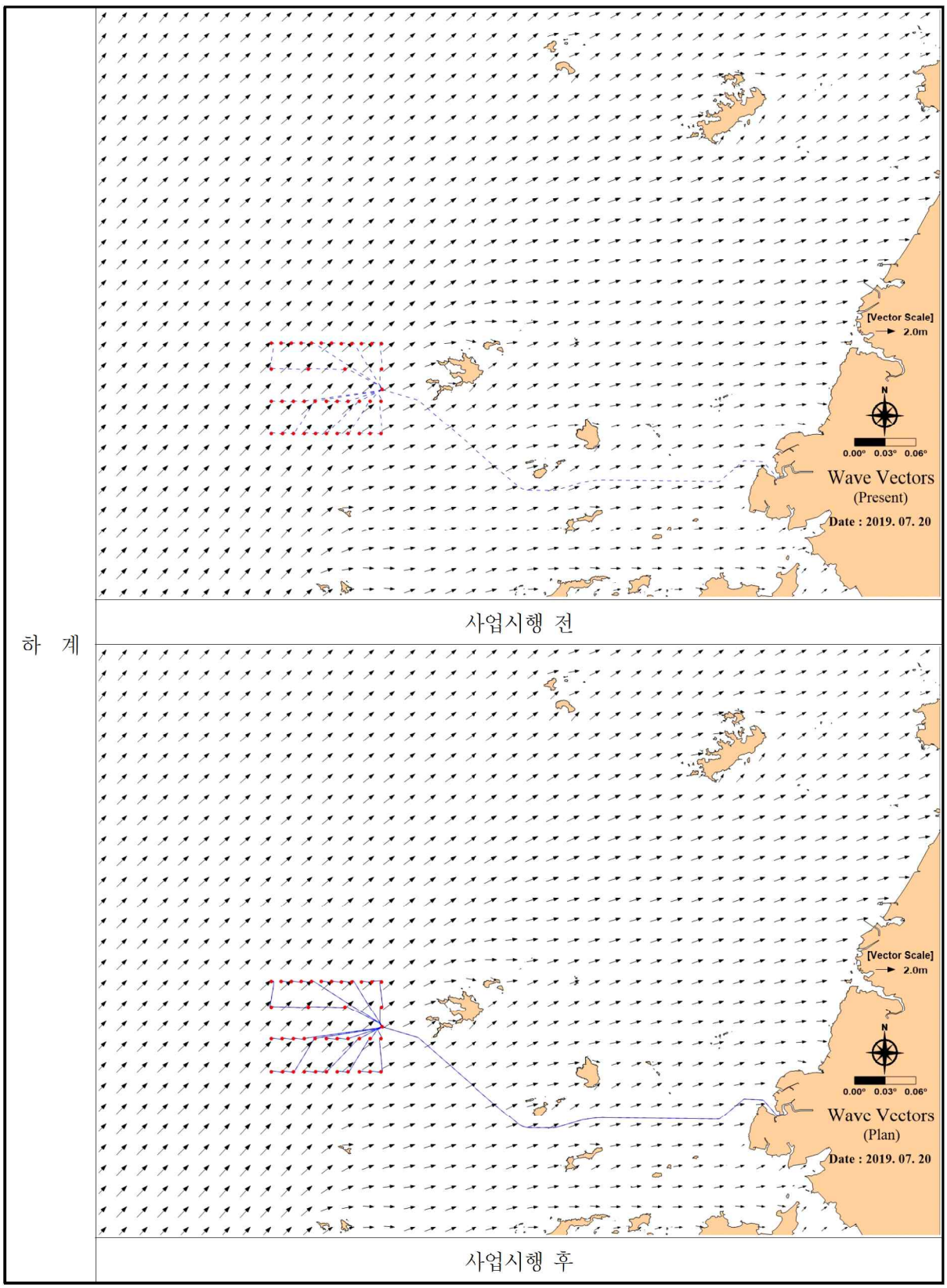
Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.3	35.3		
2. 죽도리15	RS	F 1				33.4	33.4		
3. 안마길8	RS	F 1				30.4	30.4		
4. 안마길96	RS	F 1				32.7	32.7		
5. 낙월면 오도리 산21	RS	F 1				32.0	32.0		

Sunil Engineering 1

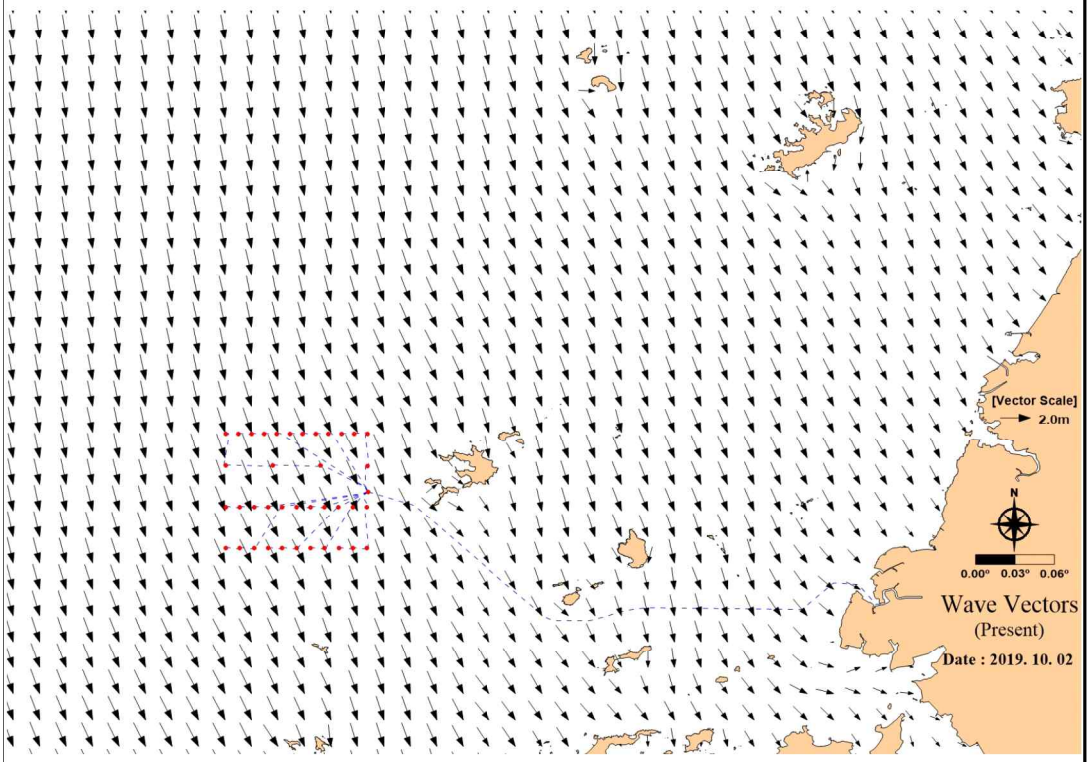
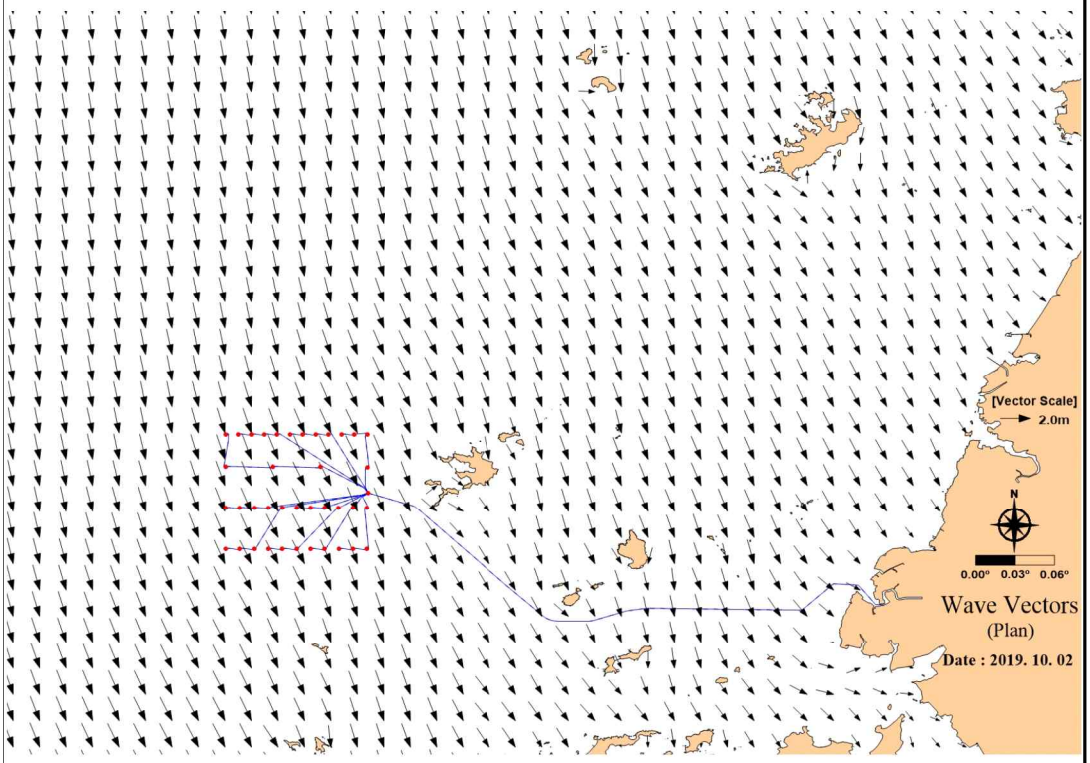
SoundPLAN 8.2

6.5 해양수치모형실험 결과

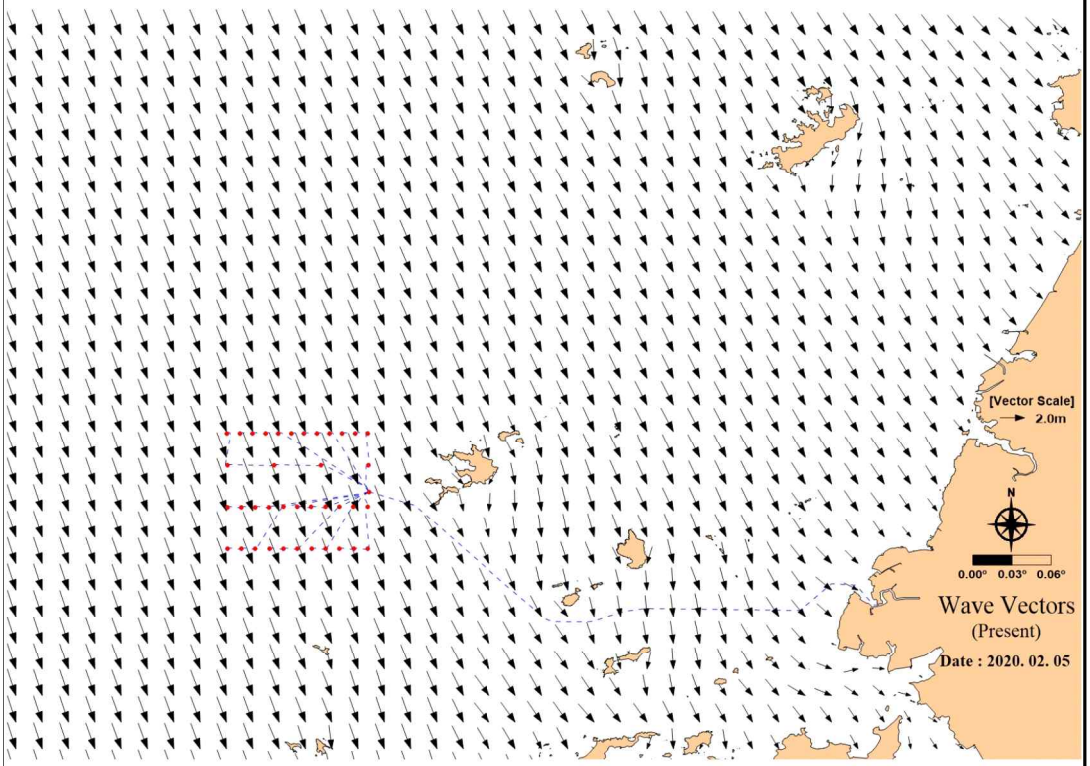
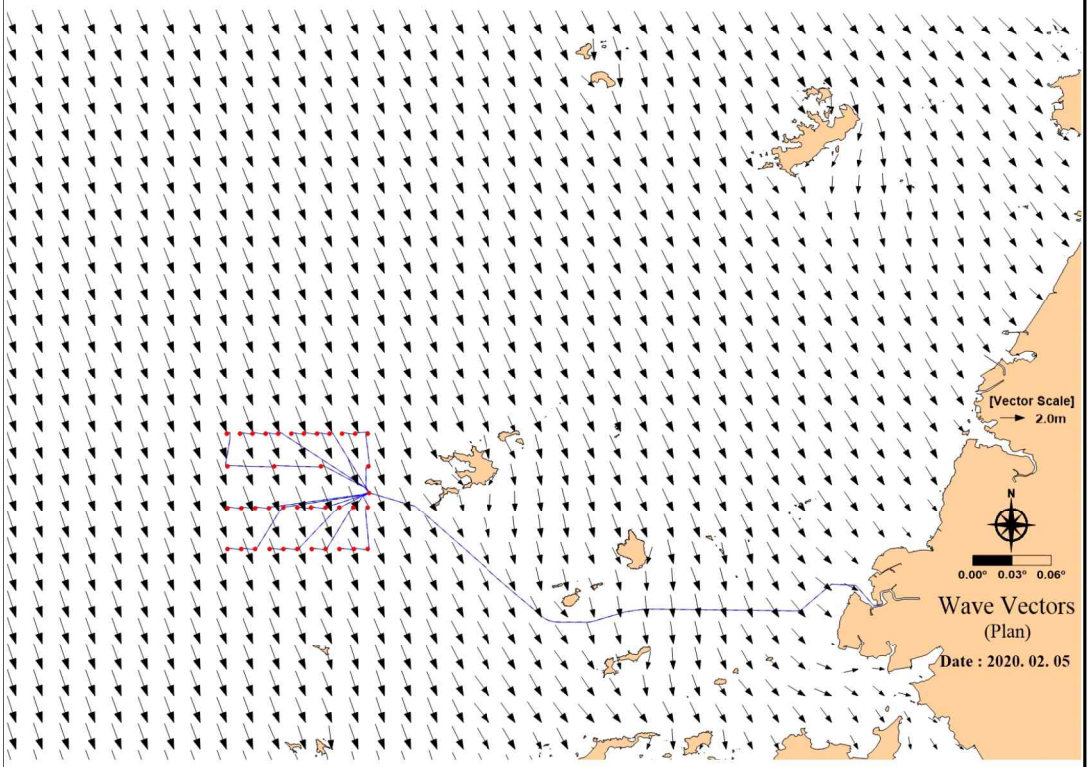
가. 파랑변형실험



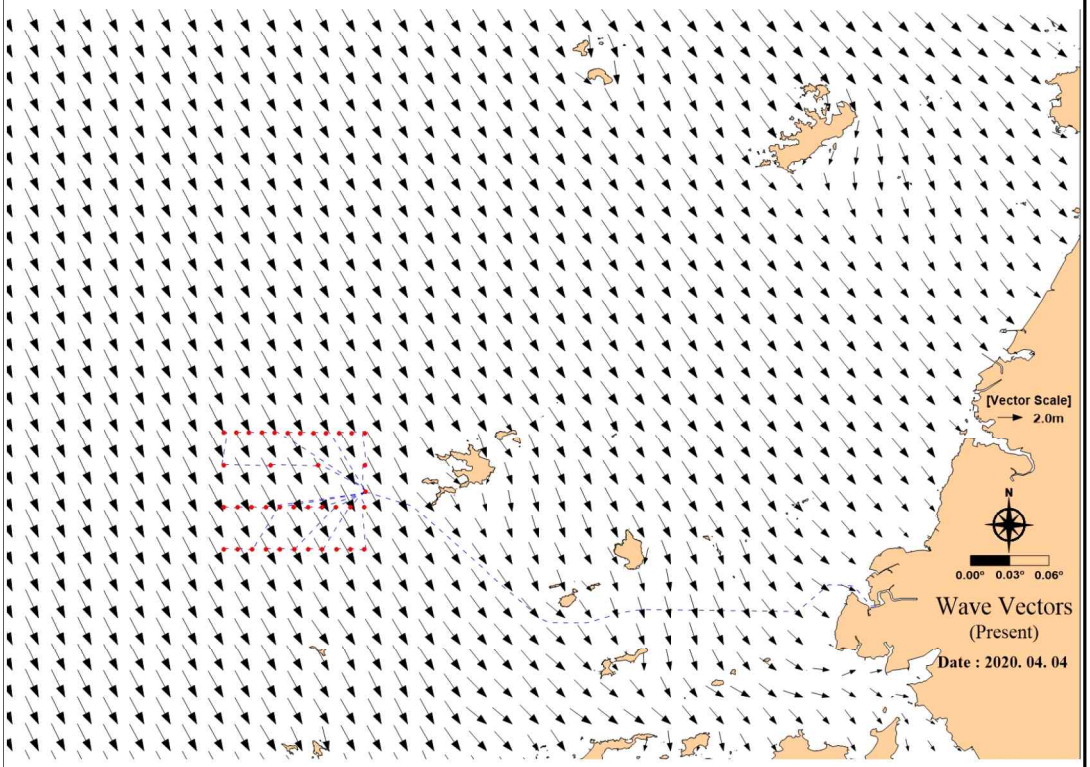
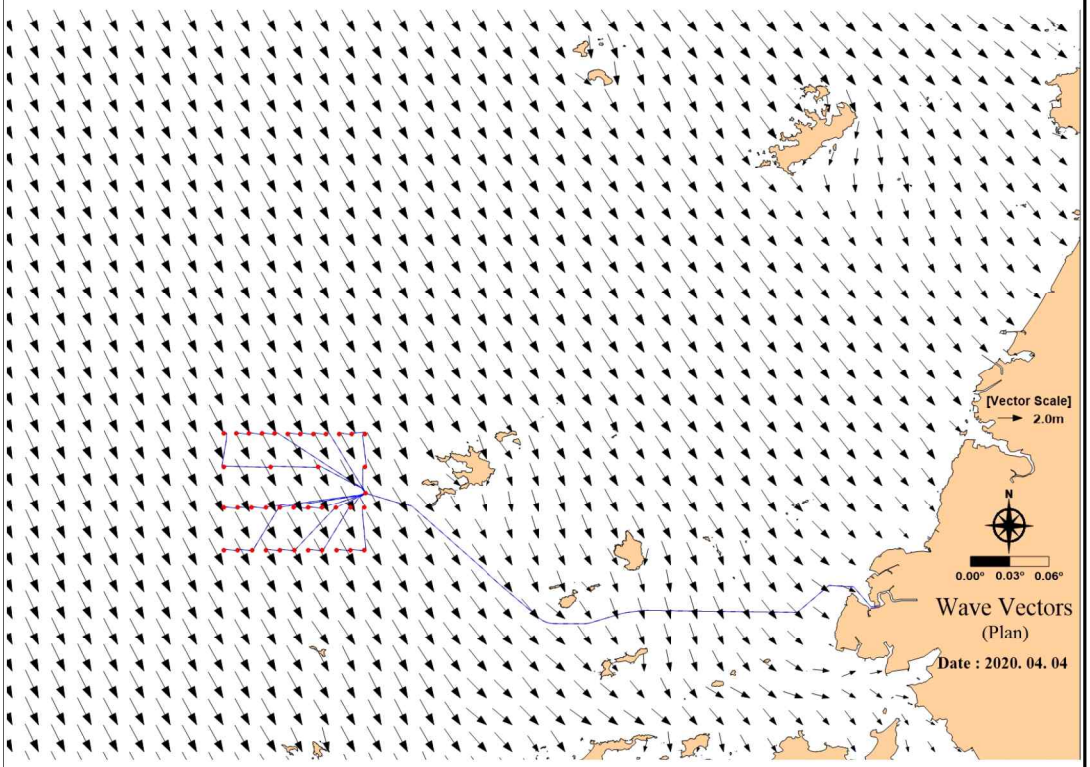
(그림 6.5-1) 파랑 내습시 벡터도 (1/4)

추 계		
	사업시행 전	
		
	사업시행 후	

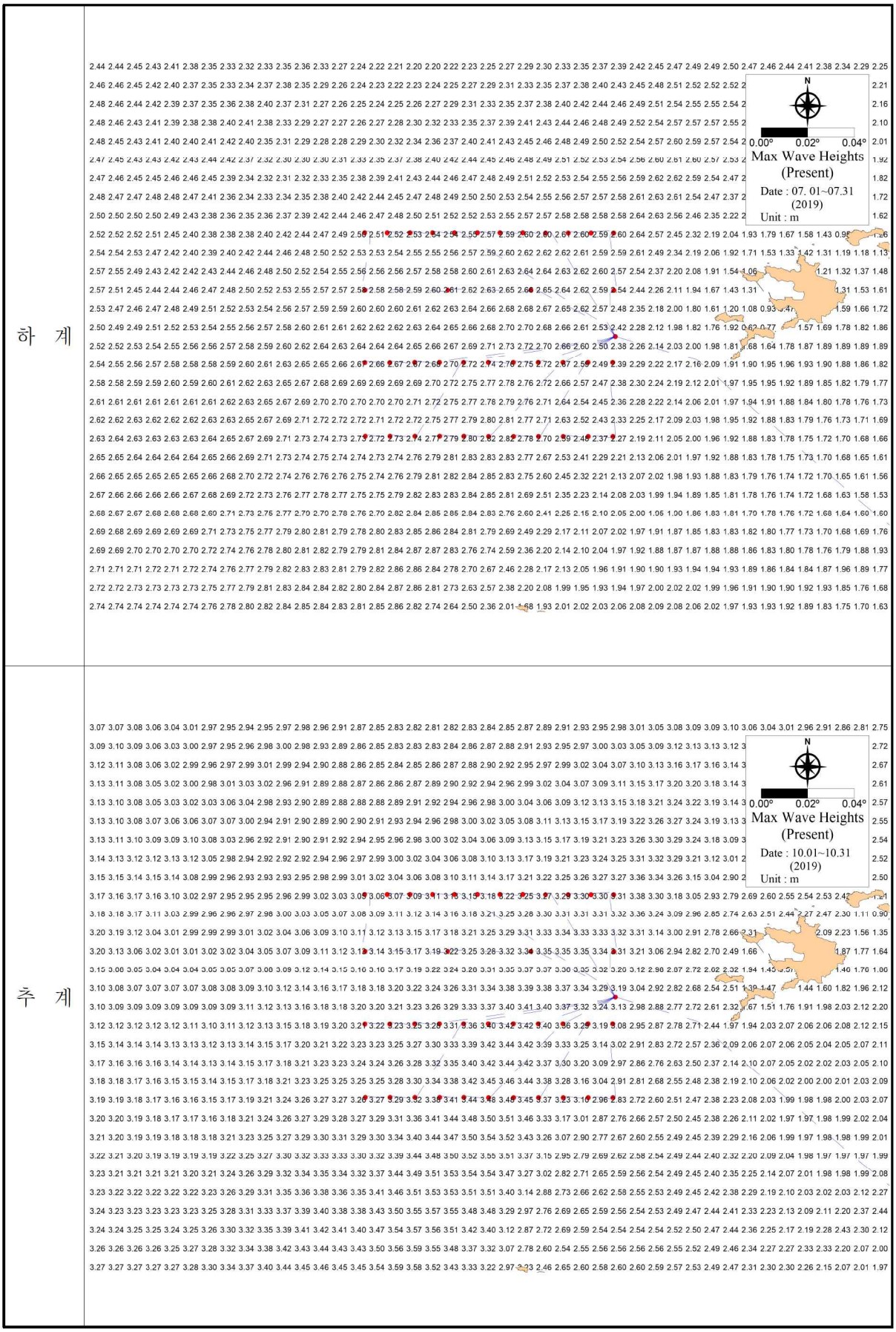
(그림 6.5-1) 파랑 내습시 벡터도 (2/4)

<table>
<tr><td rowspan="3">동 계</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>사업시행 전</td></tr>
<tr><td> 
</td></tr>
<tr><td>사업시행 후</td></tr>
</table>

(그림 6.5-1) 파랑 내습시 벡터도 (3/4)

춘 계		사업시행 전
		사업시행 후

(그림 6.5-1) 파랑 내습시 벡터도 (4/4)



(그림 6.5-2) 사업시행 전 파고분포도

동 계



춘 계

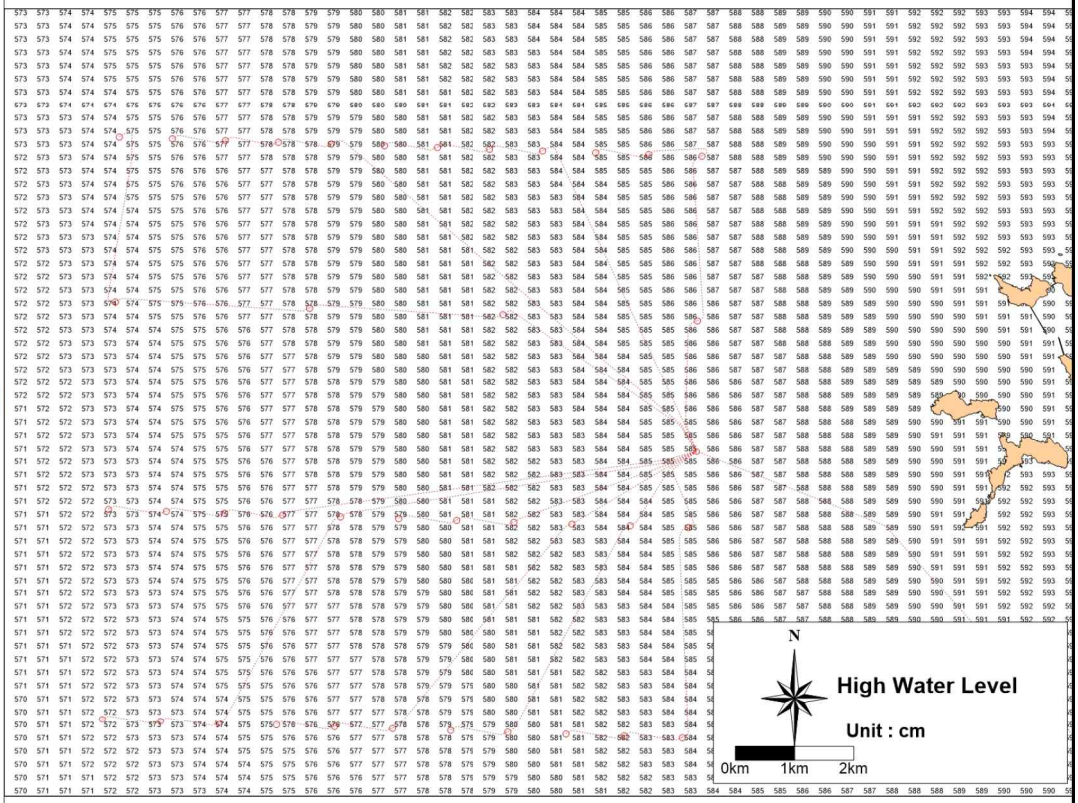


(그림 6.5-2) 계 속

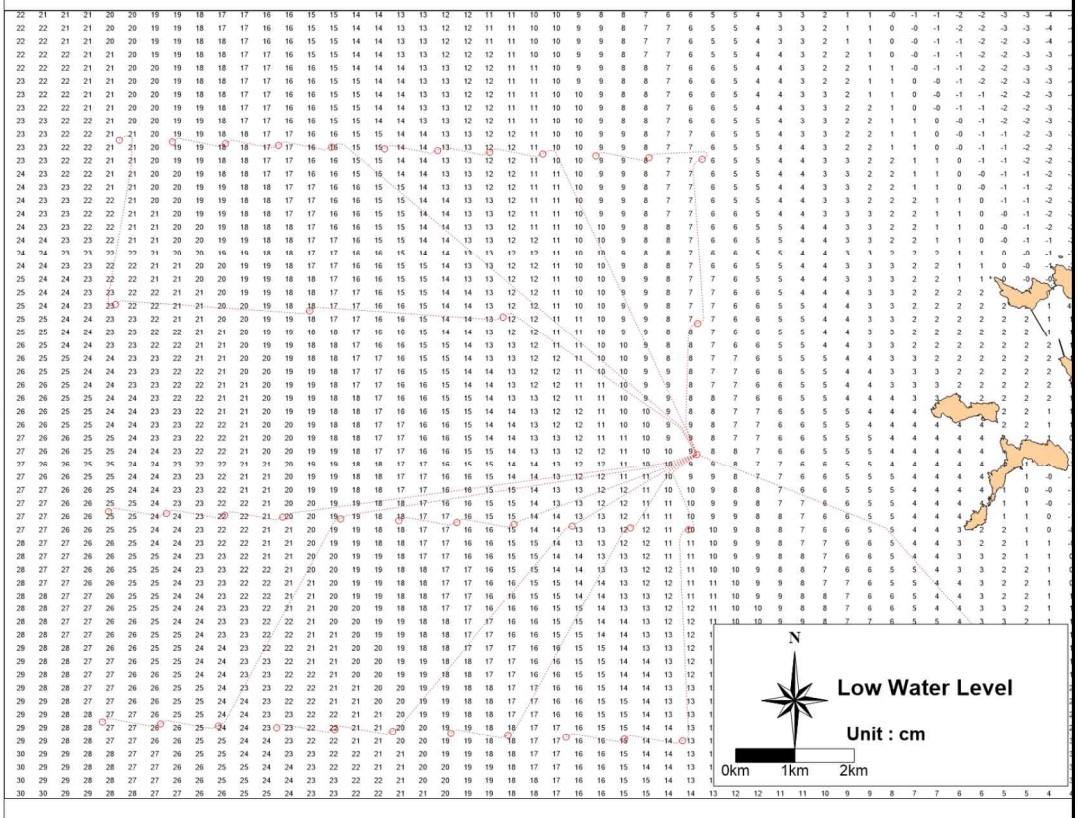
나. 해수유동실험

1차

고조위



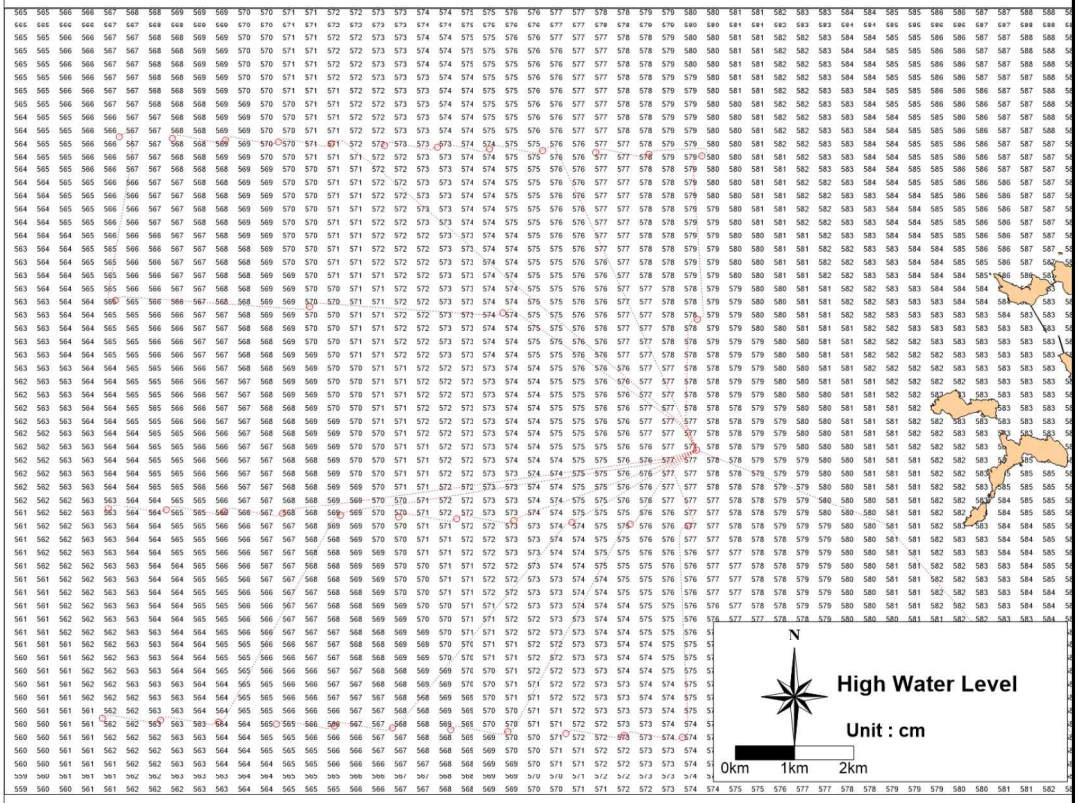
저조위



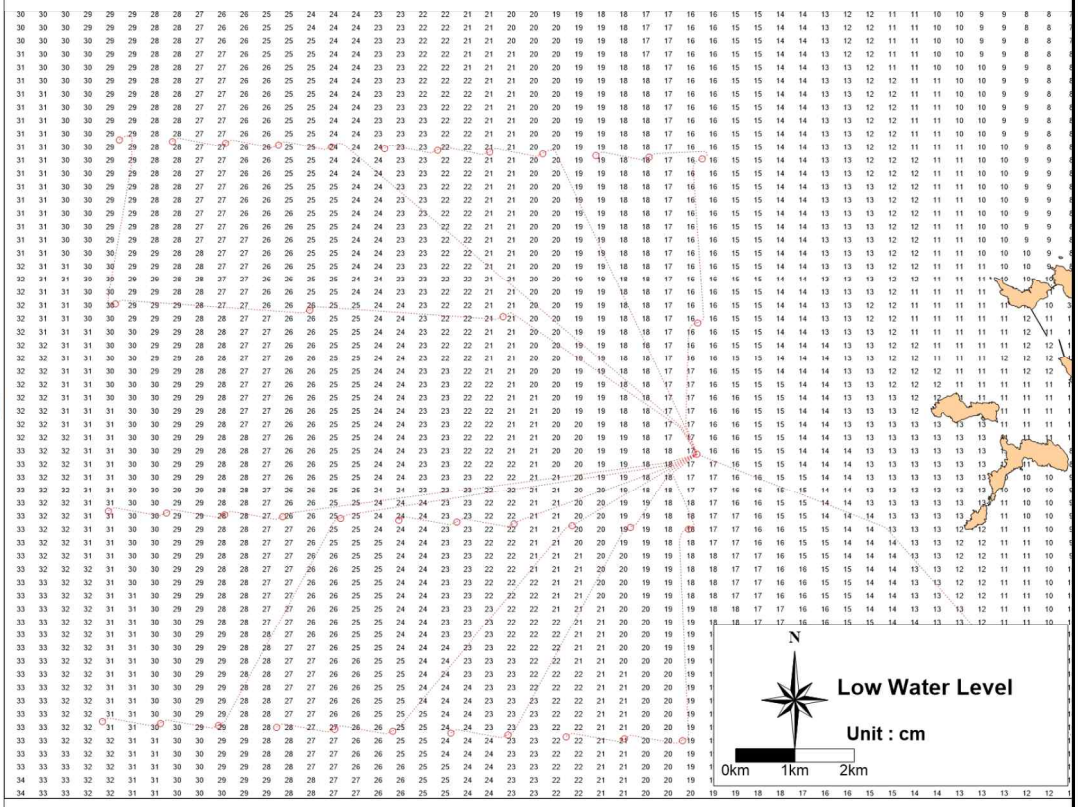
(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (1/6)

2차

고조위



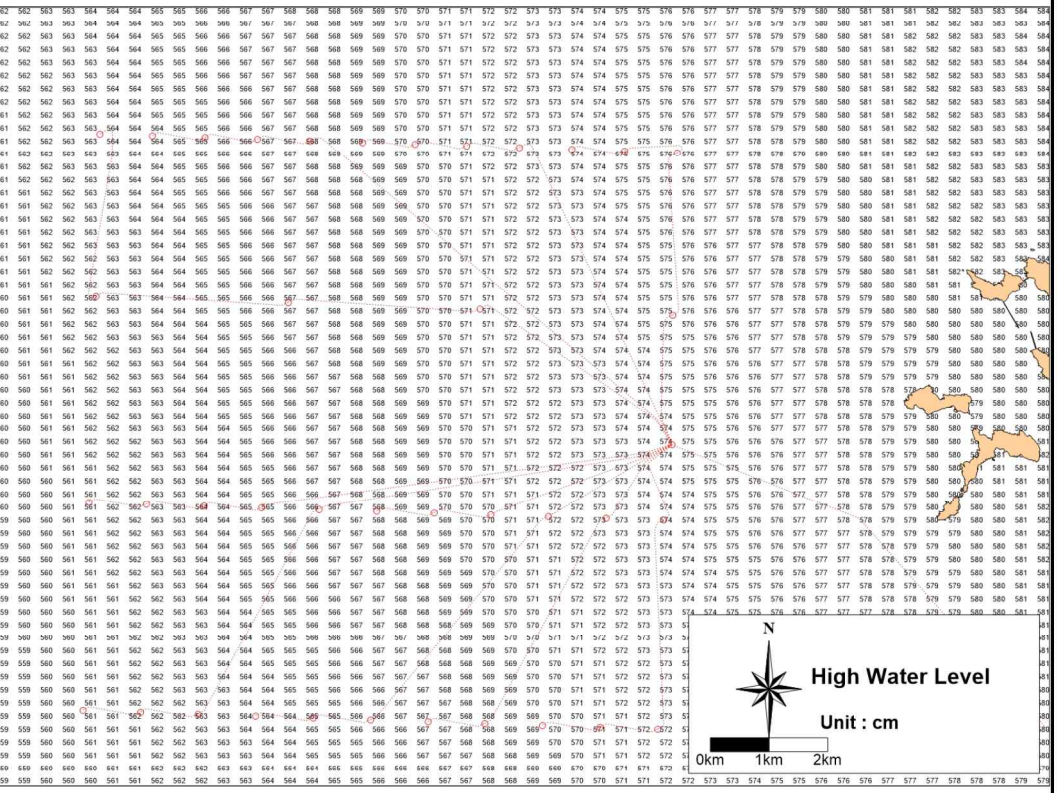
저조위



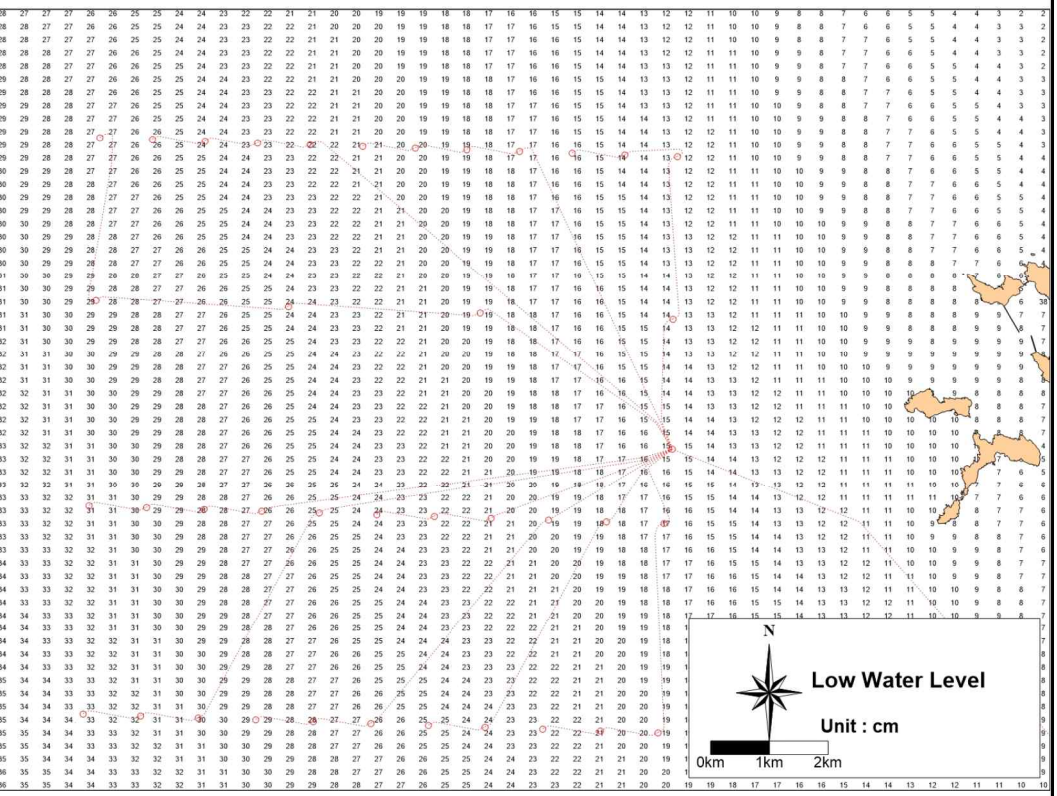
(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (2/6)

3차

고조위



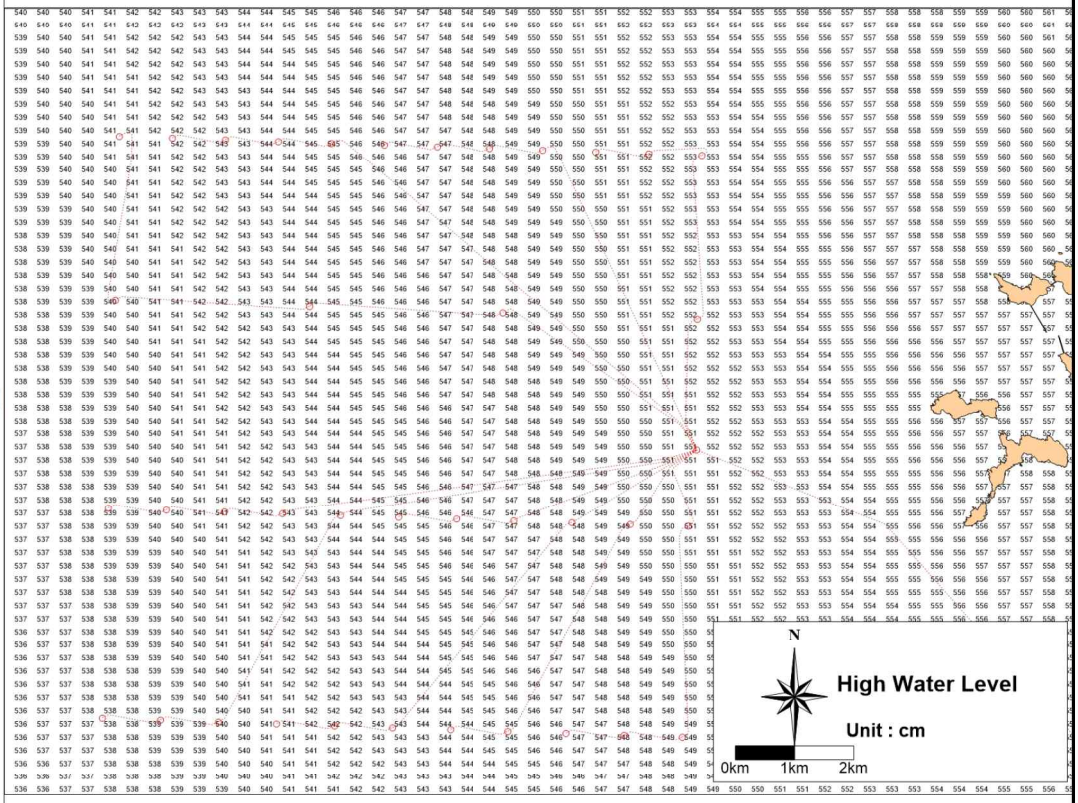
저조위



(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (3/6)

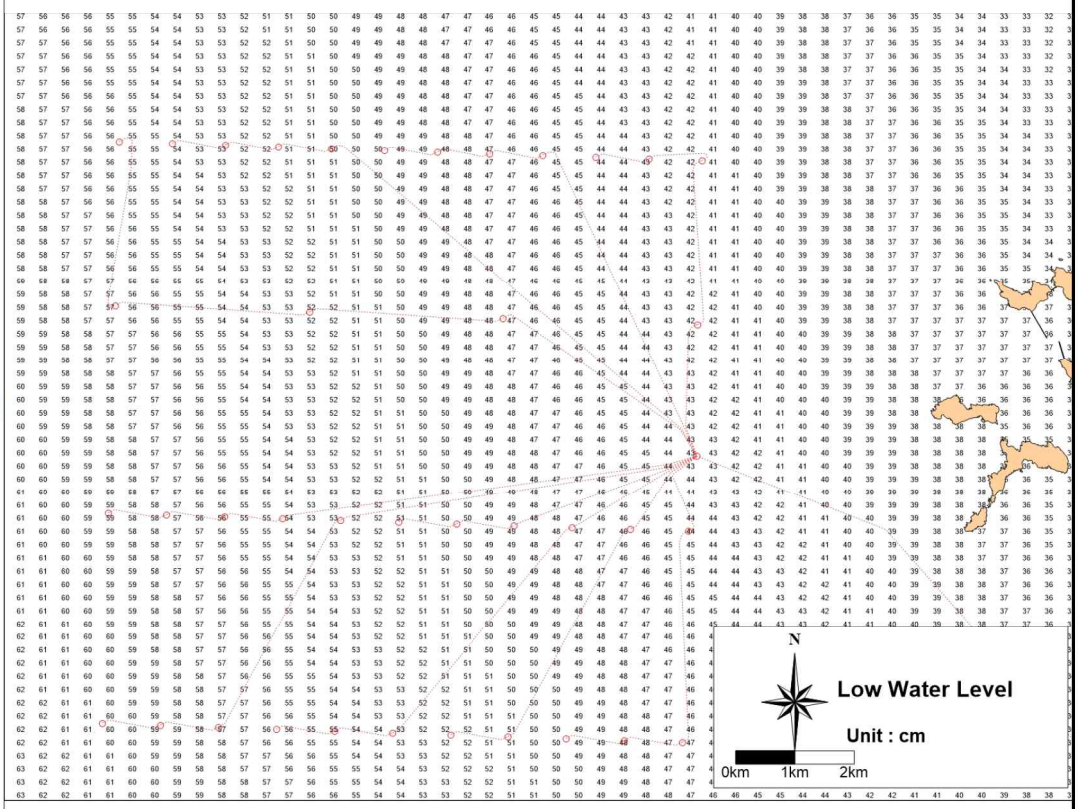
4

고조위



차

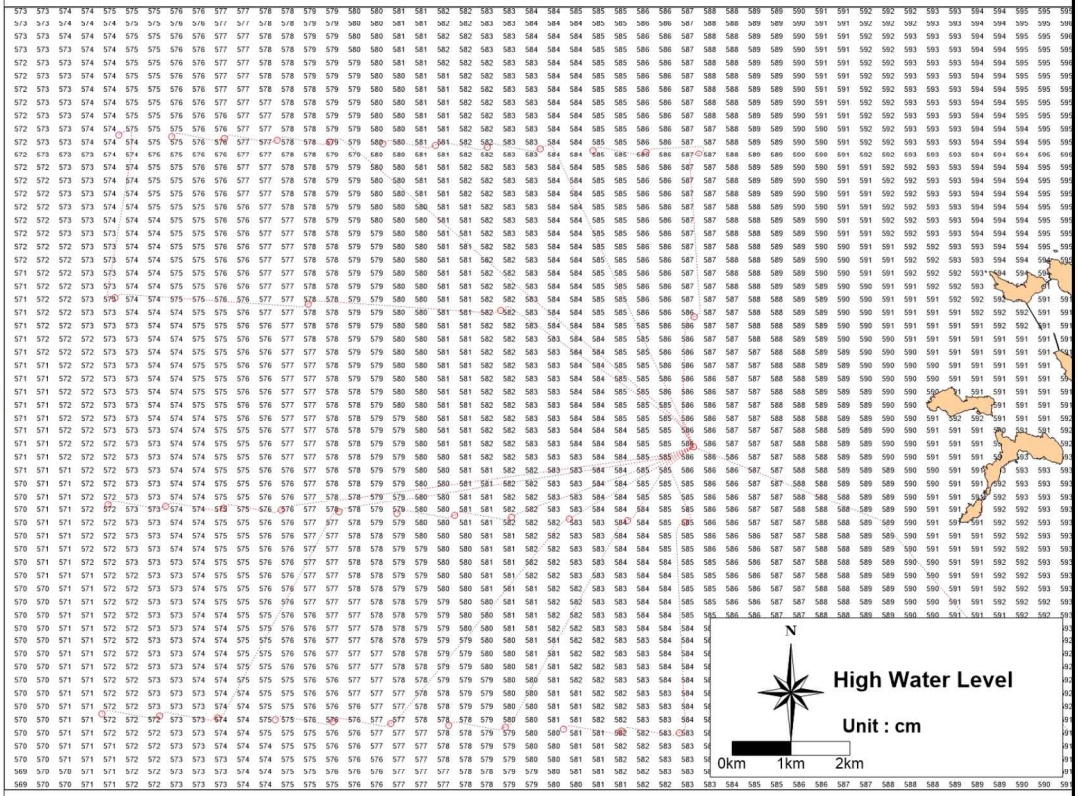
저조위



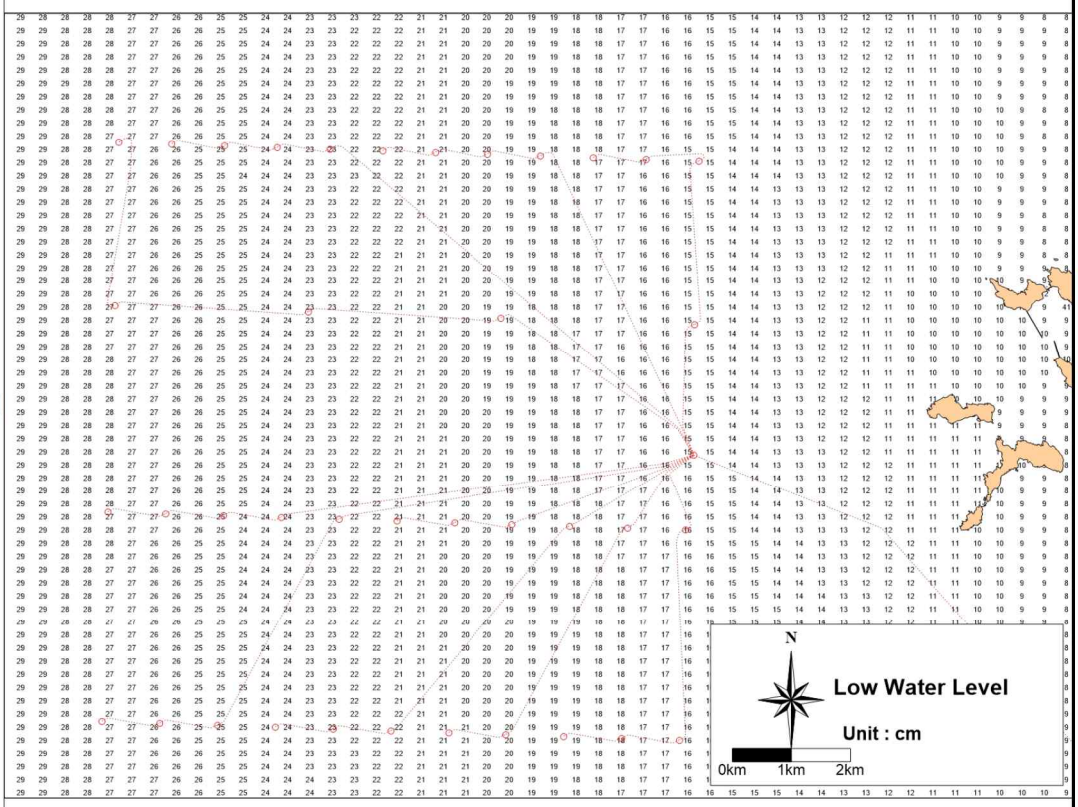
(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (4/6)

5차

고조위



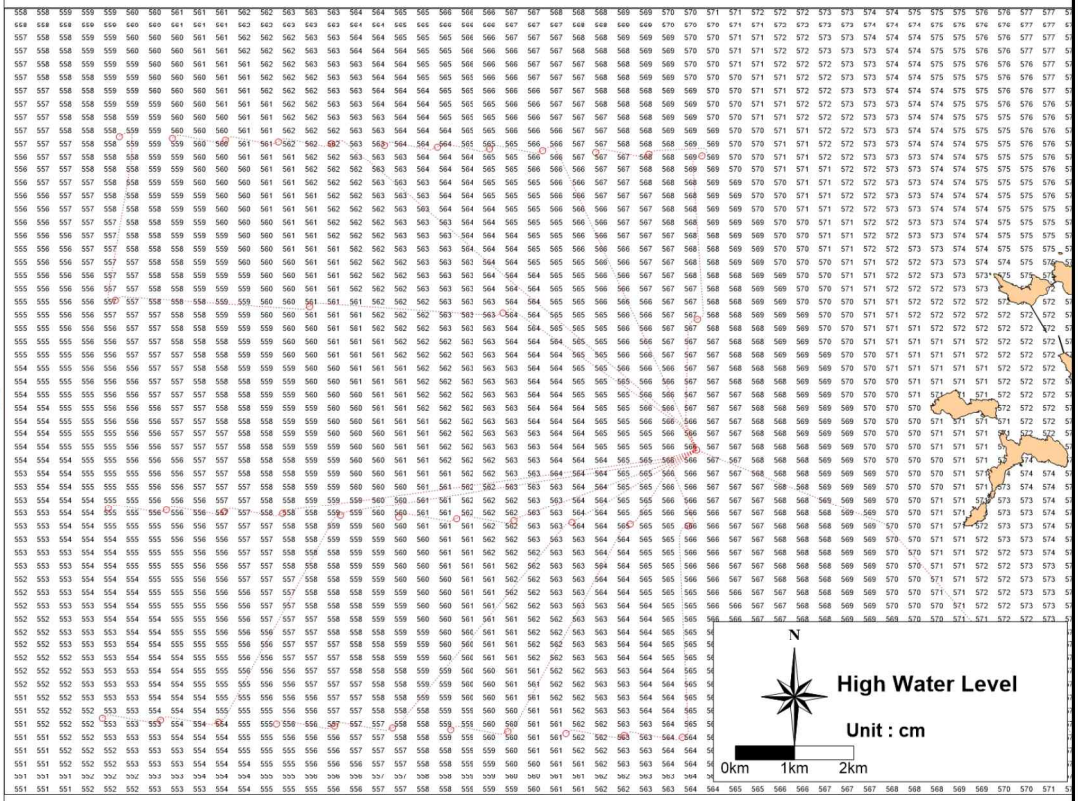
저조위



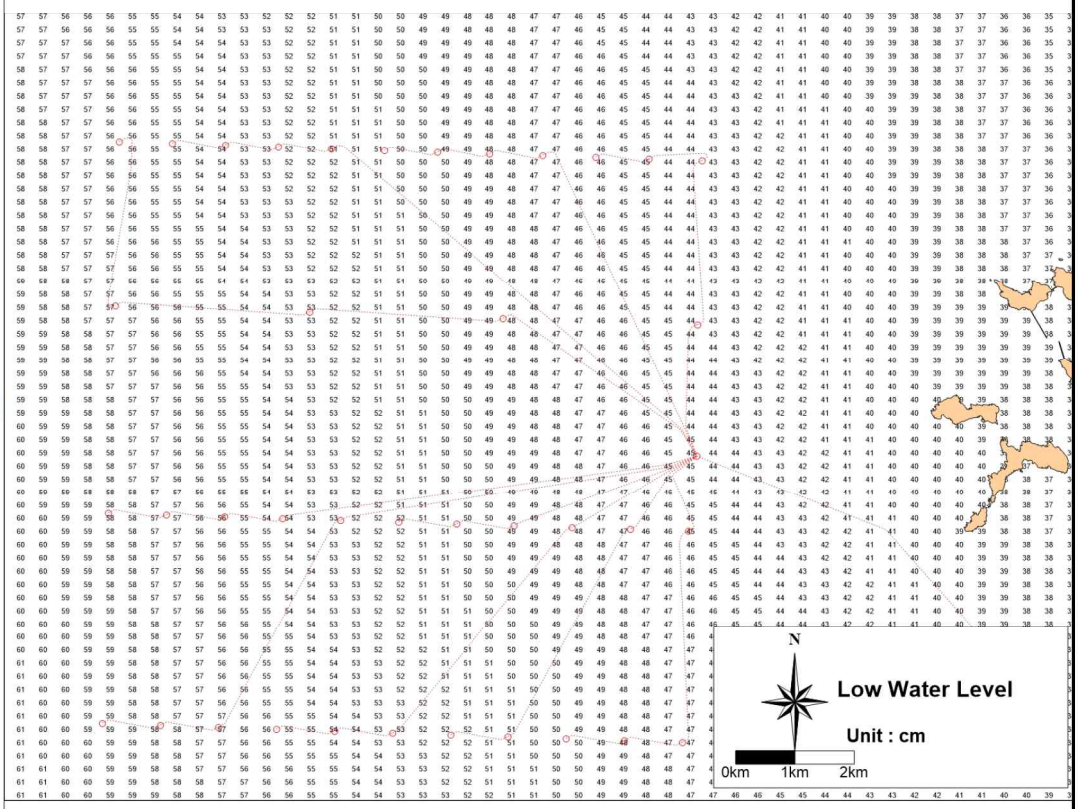
(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (5/6)

6차

고조위



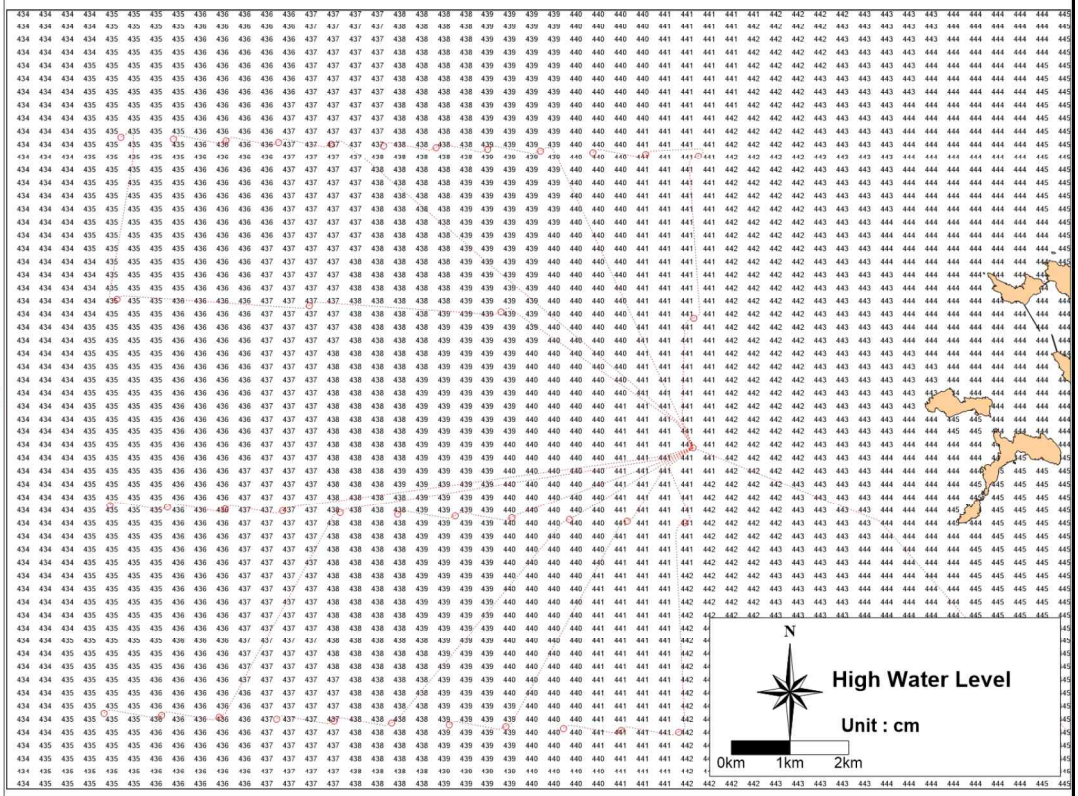
저조위



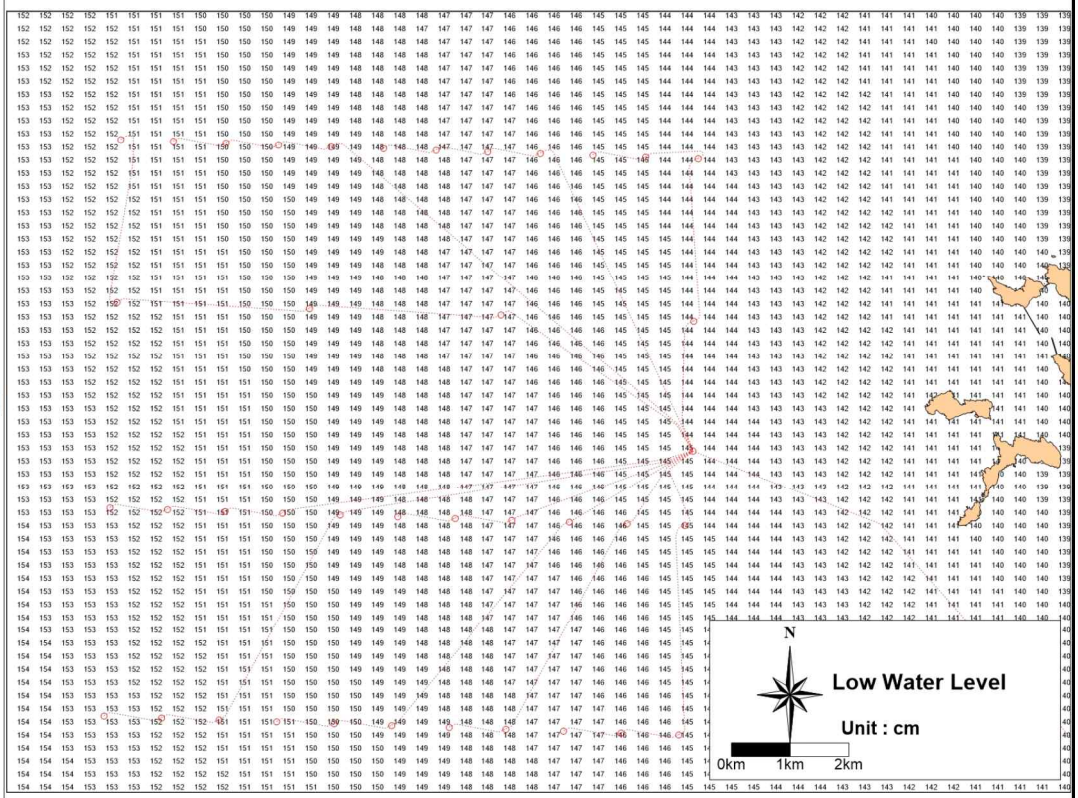
(그림 6.5-3) 대조기 조위 분포도(사업시행 전) (6/6)

1차

고조위



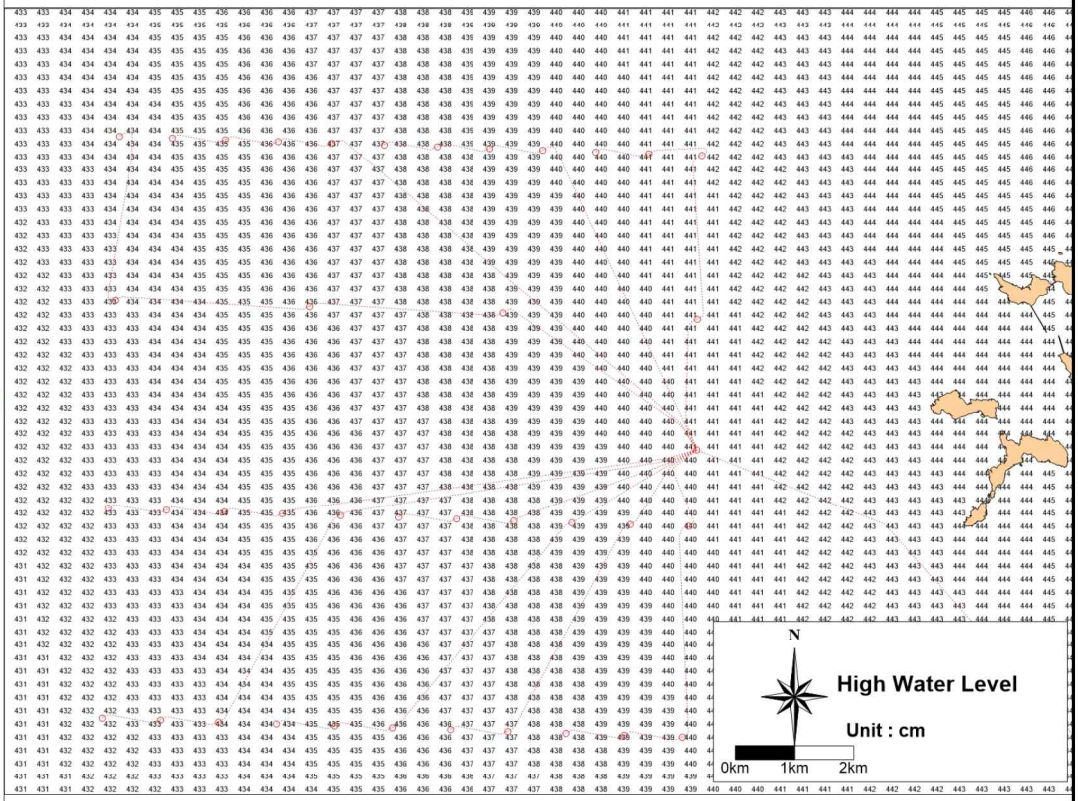
저조위



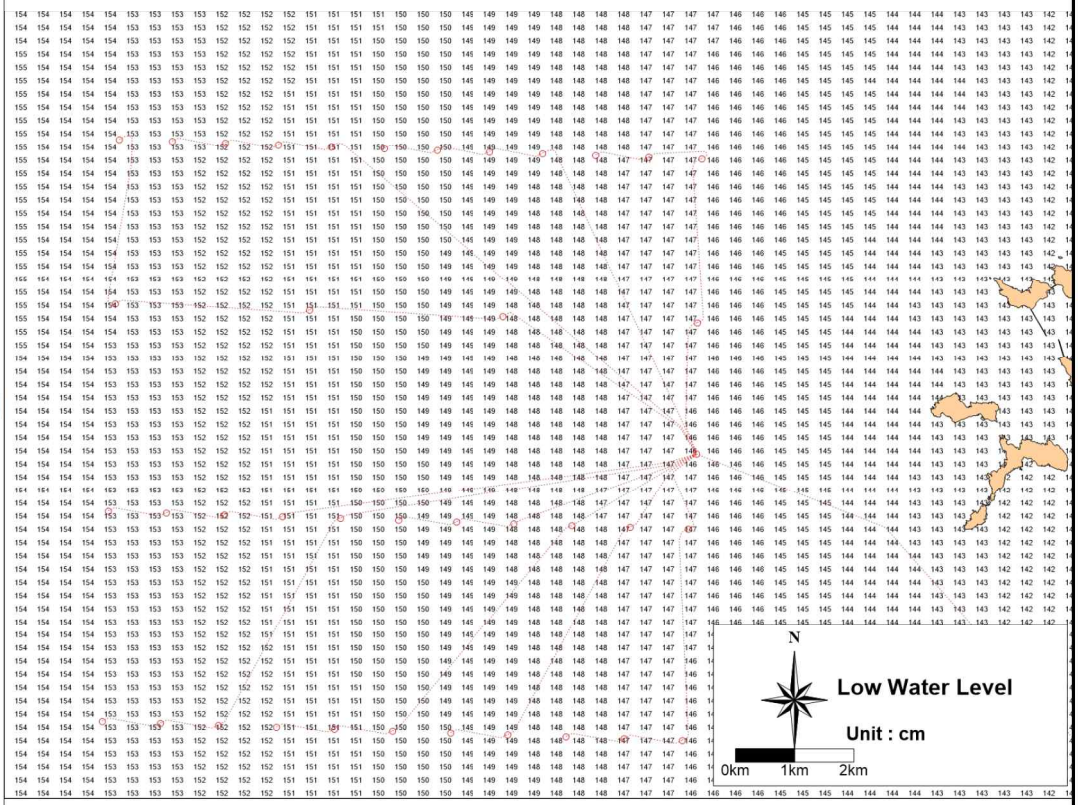
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (1/6)

2차

고조위



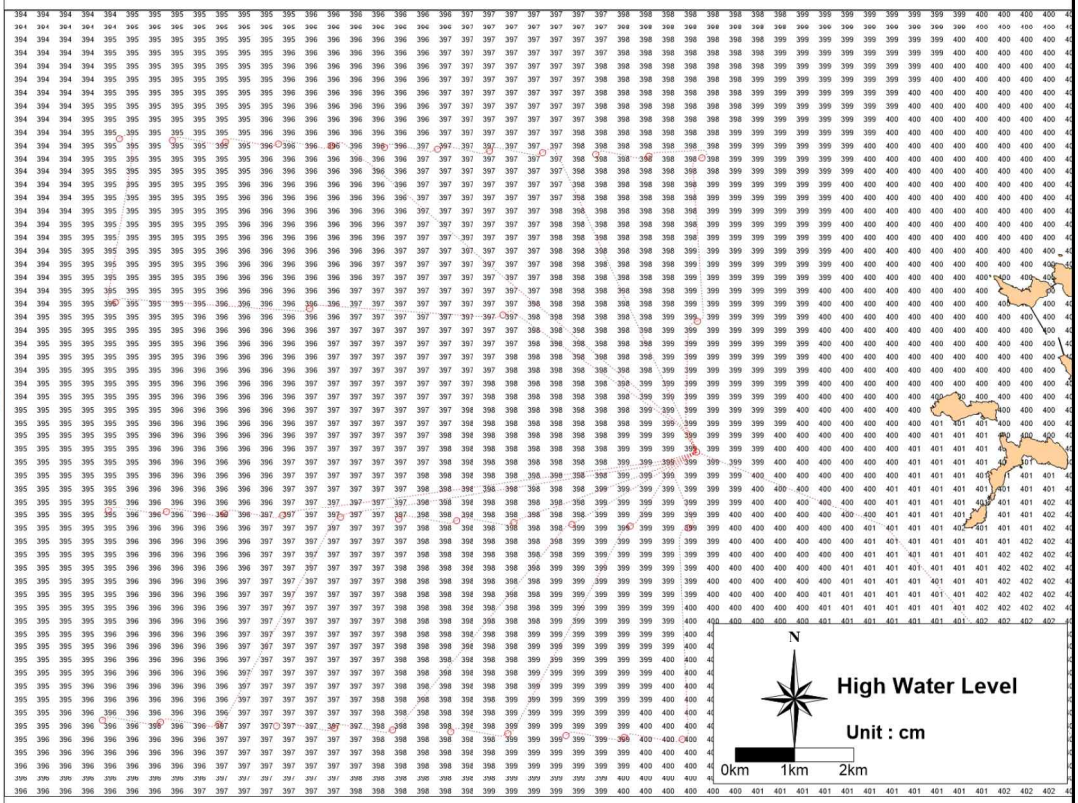
저조위



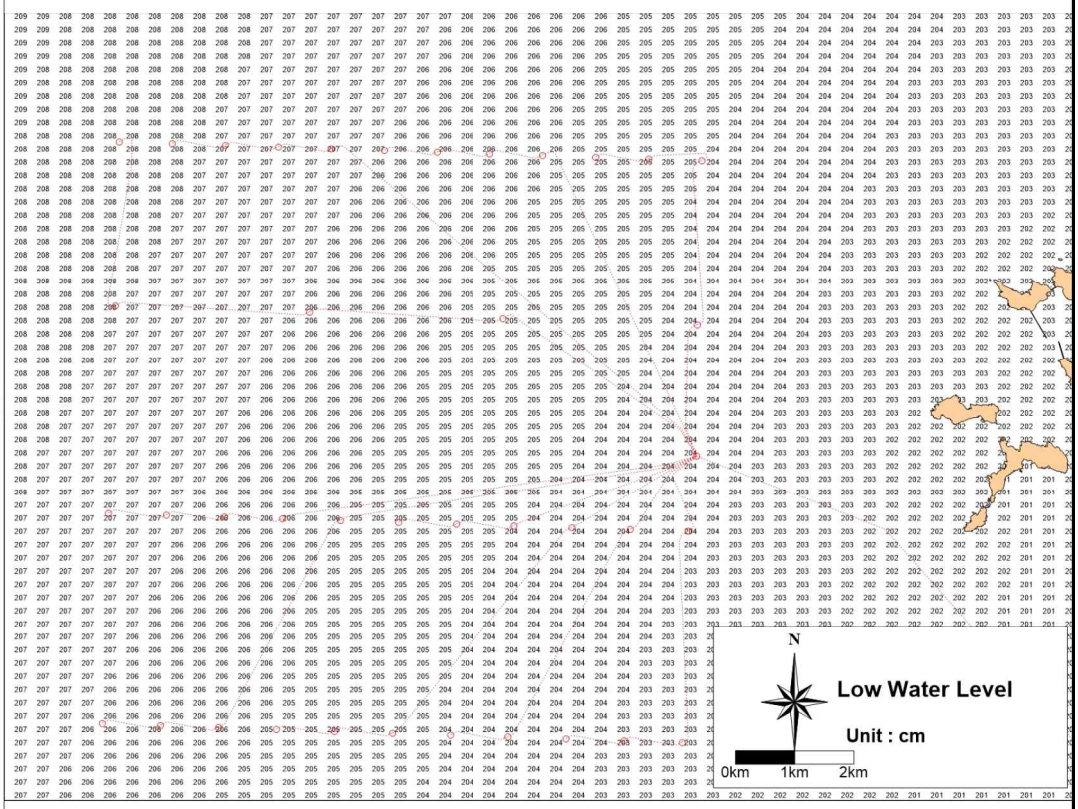
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (2/6)

3차

고조위



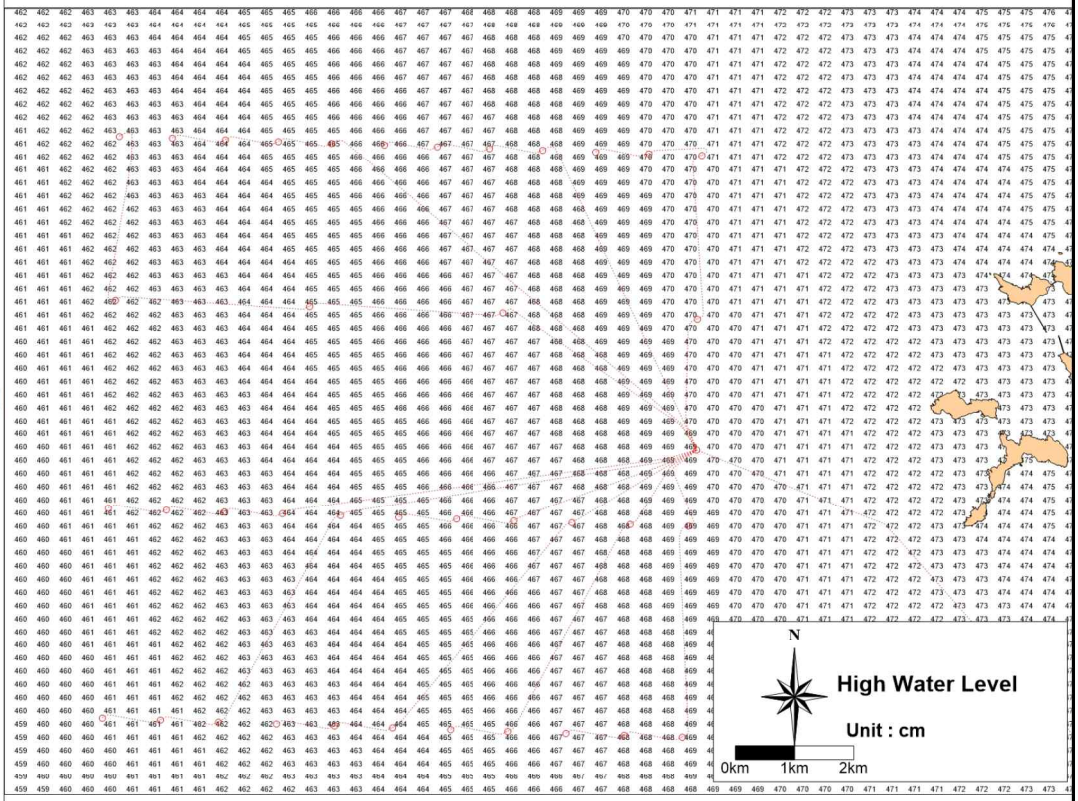
저조위



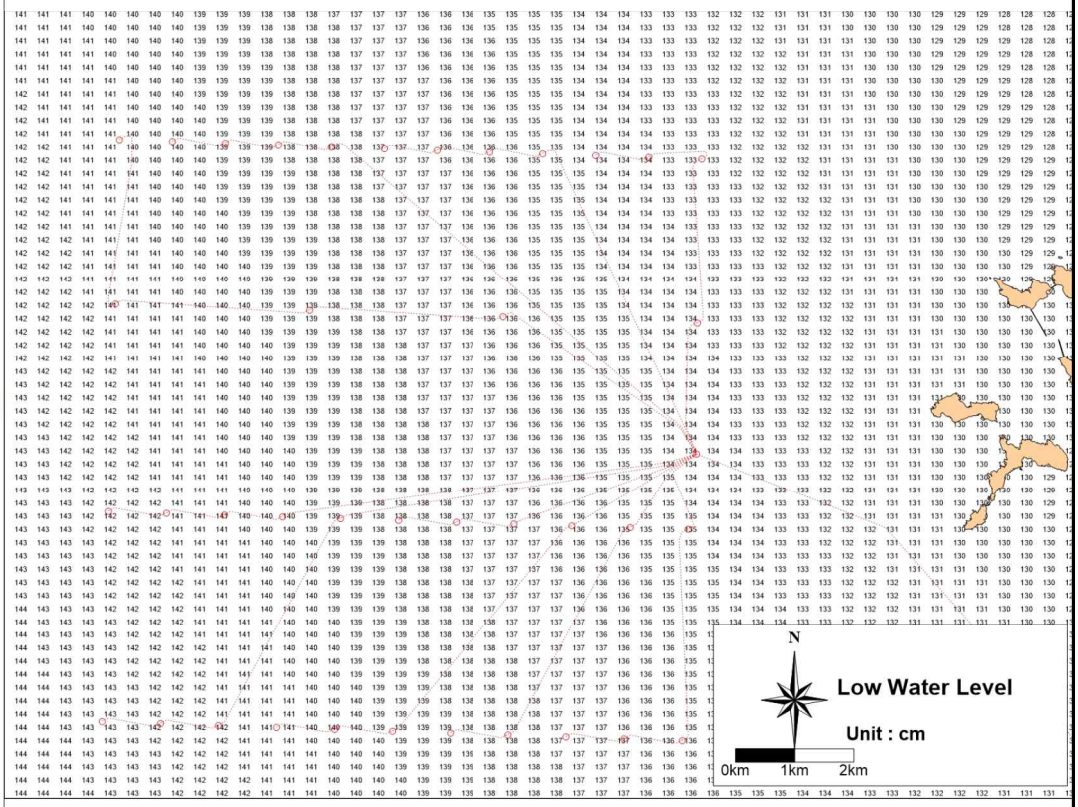
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (3/6)

4차

고조위



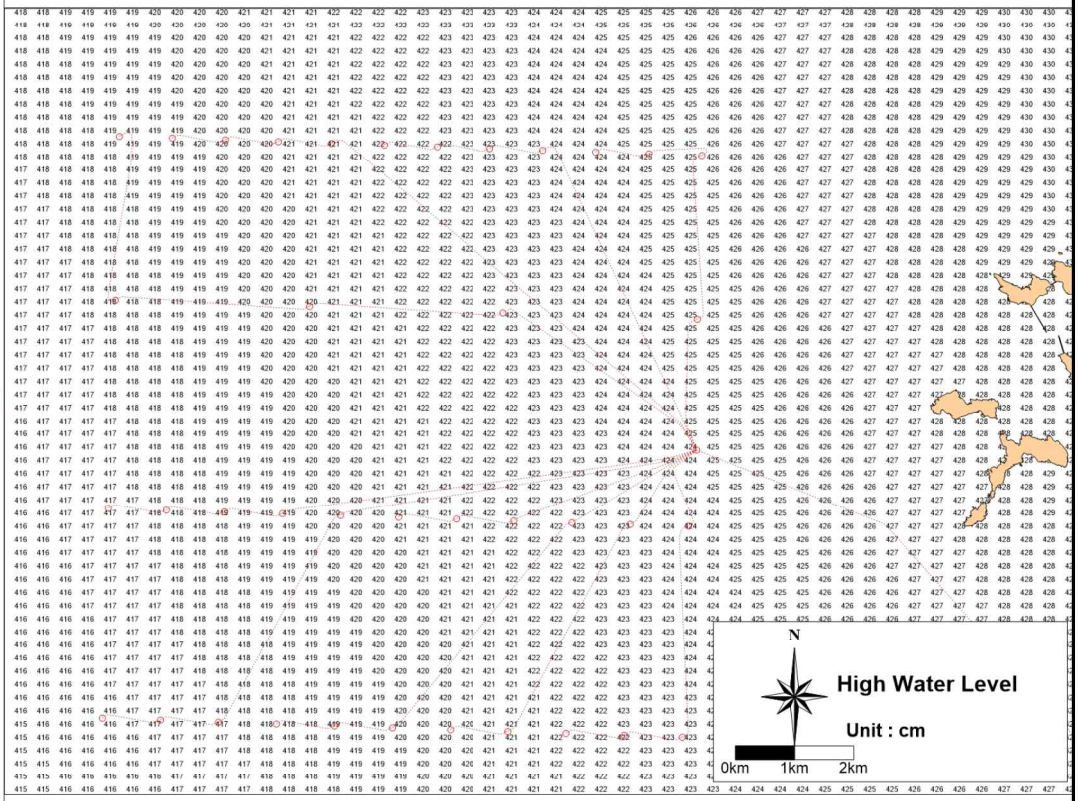
저조위



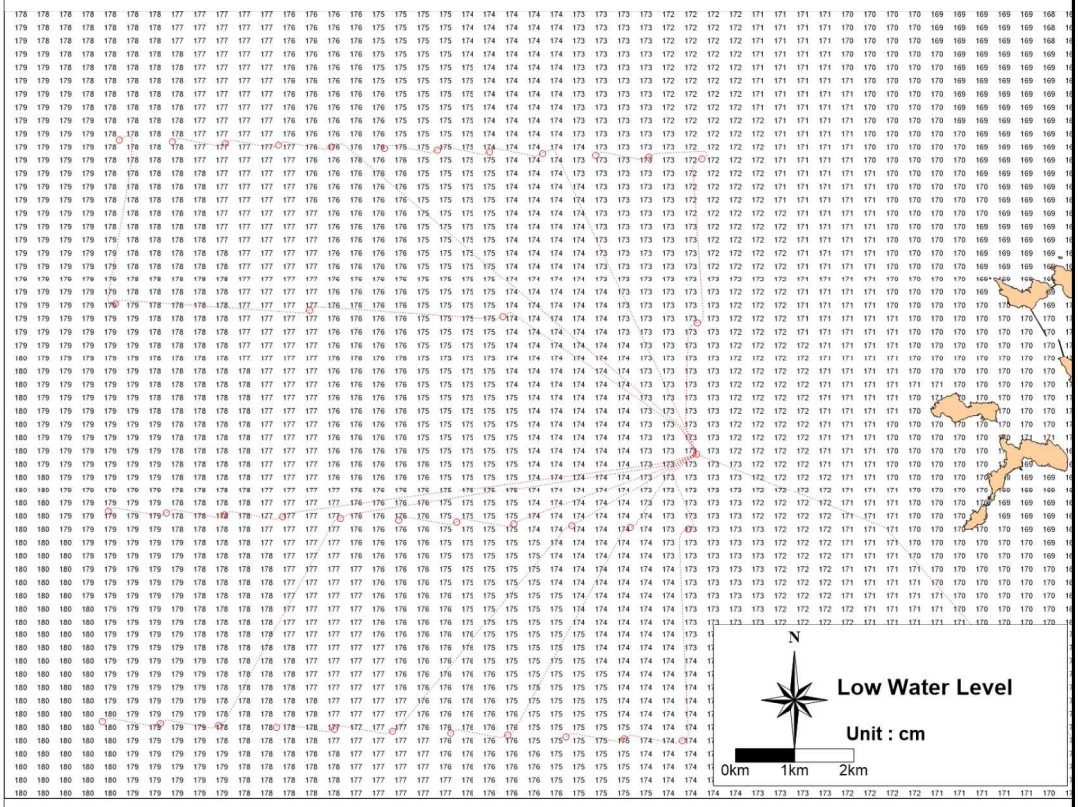
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (4/6)

5차

고조위



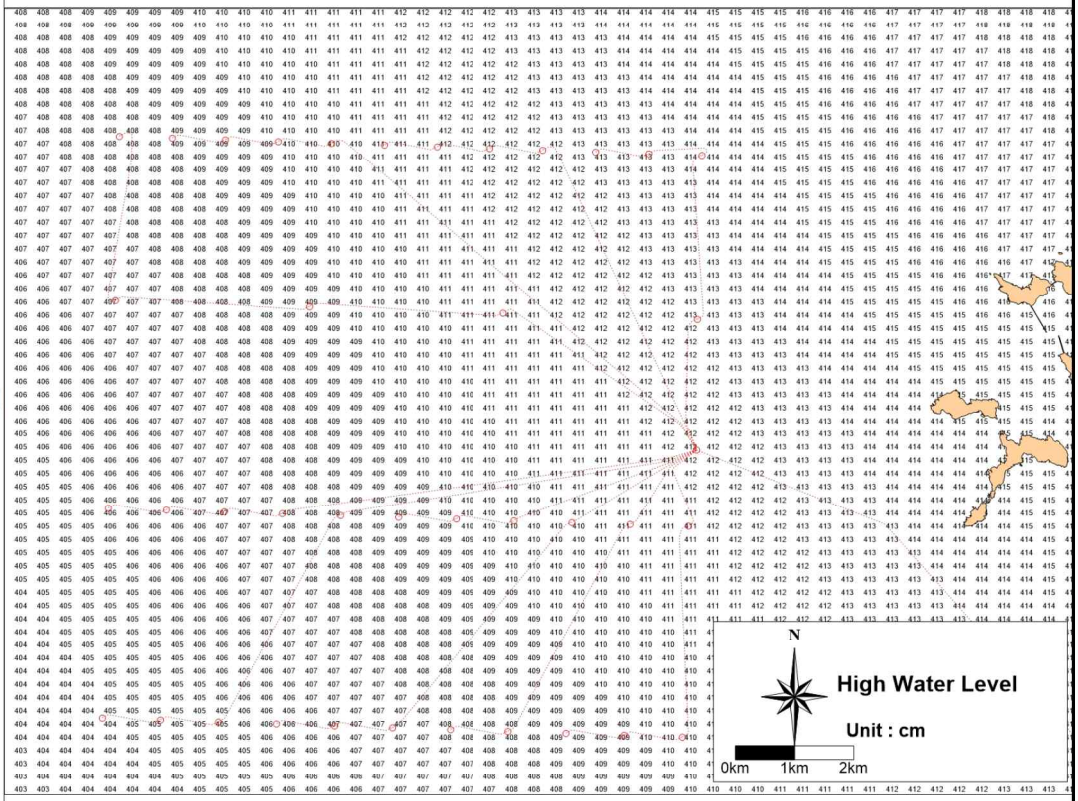
저조위



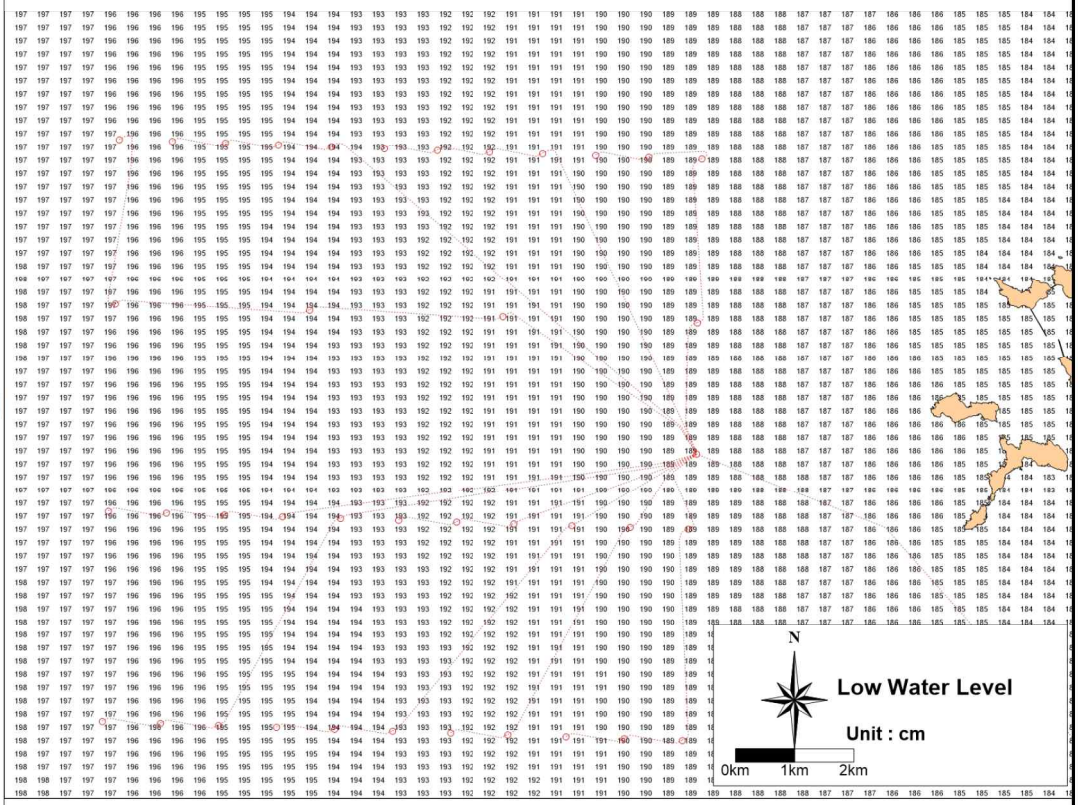
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (5/6)

6차

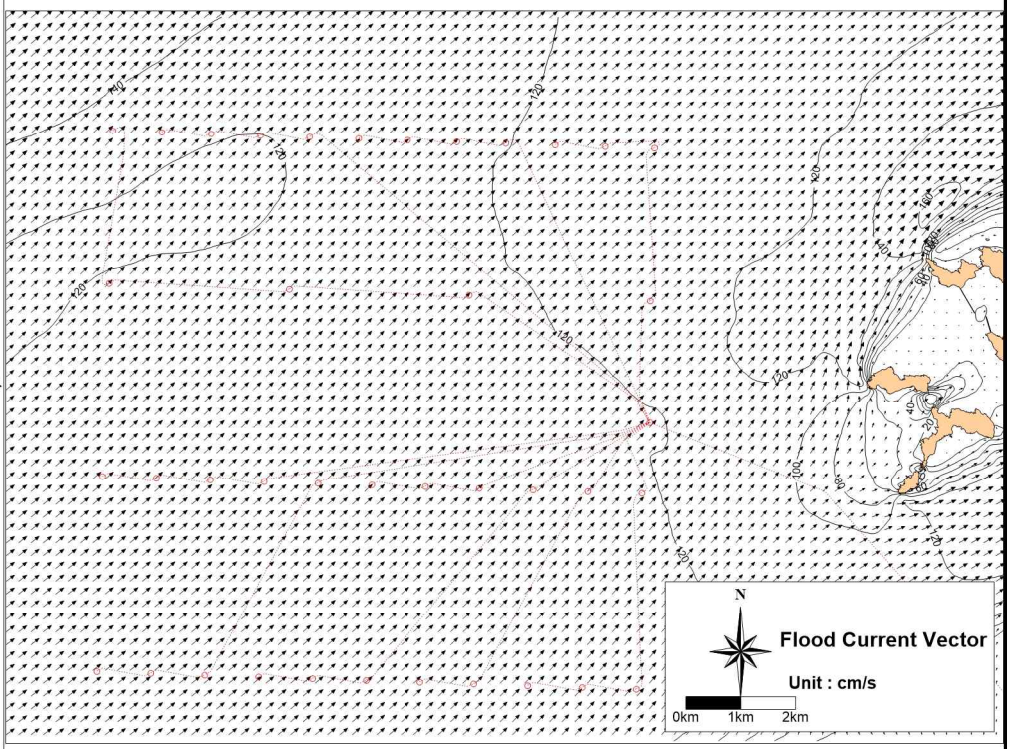
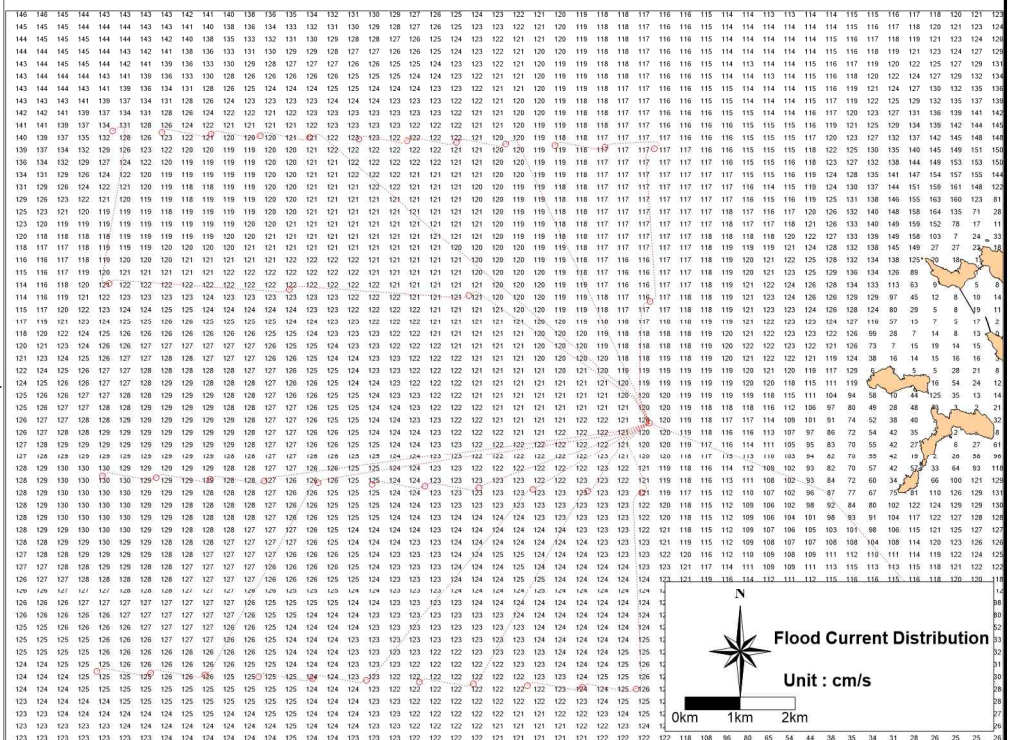
고조위



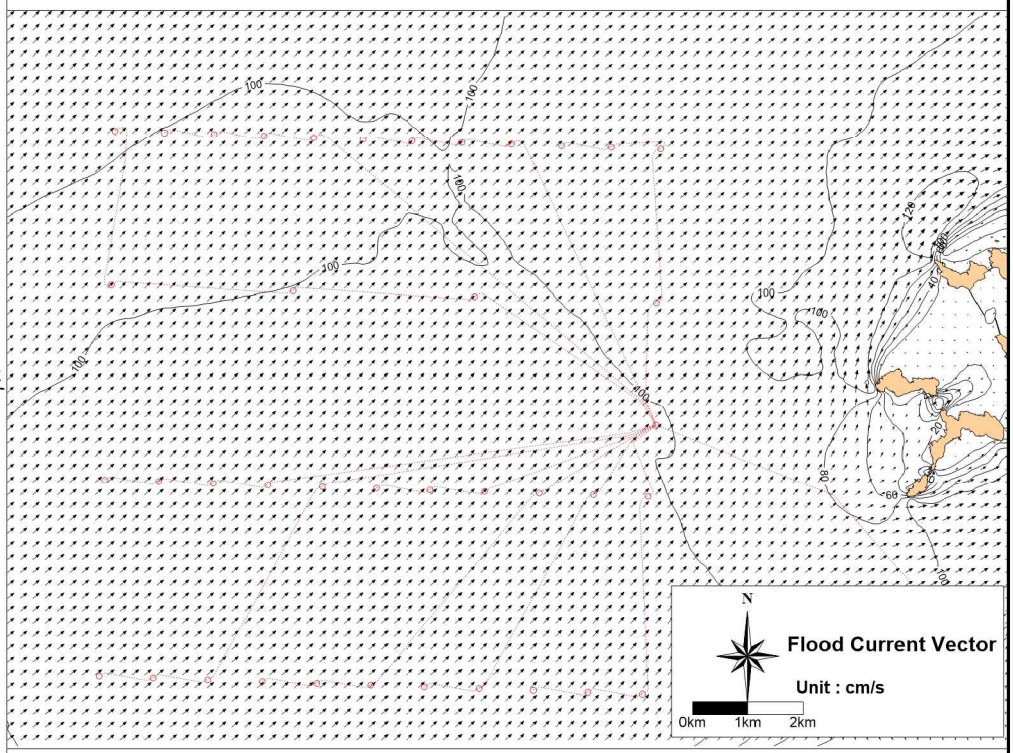
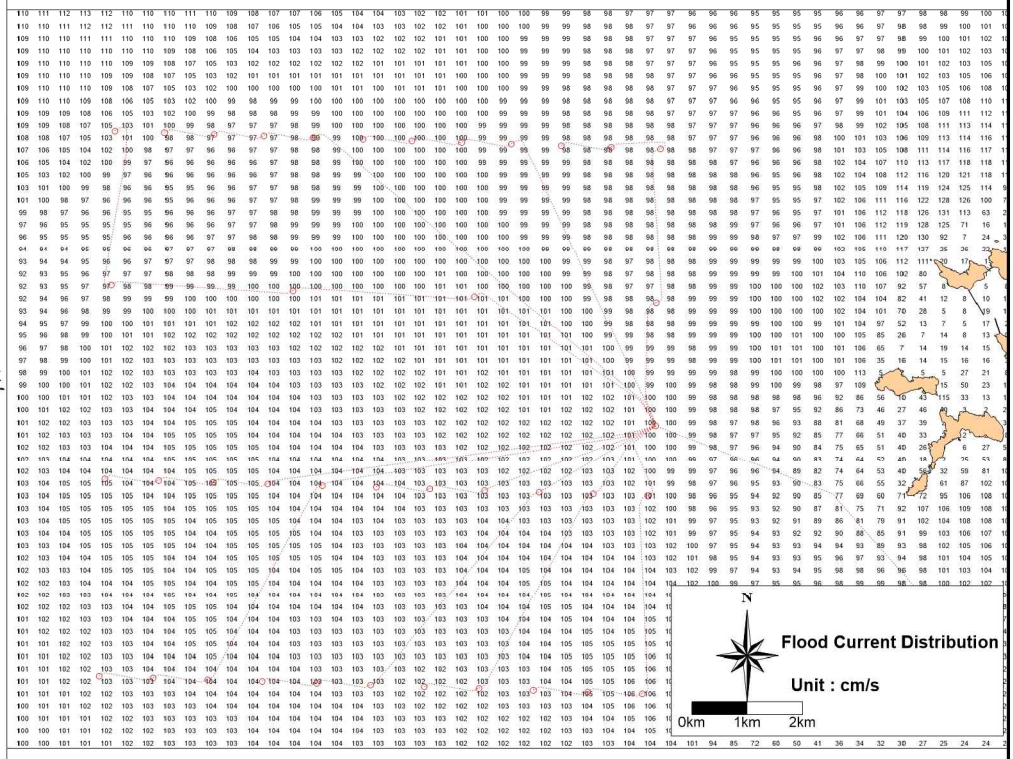
저조위



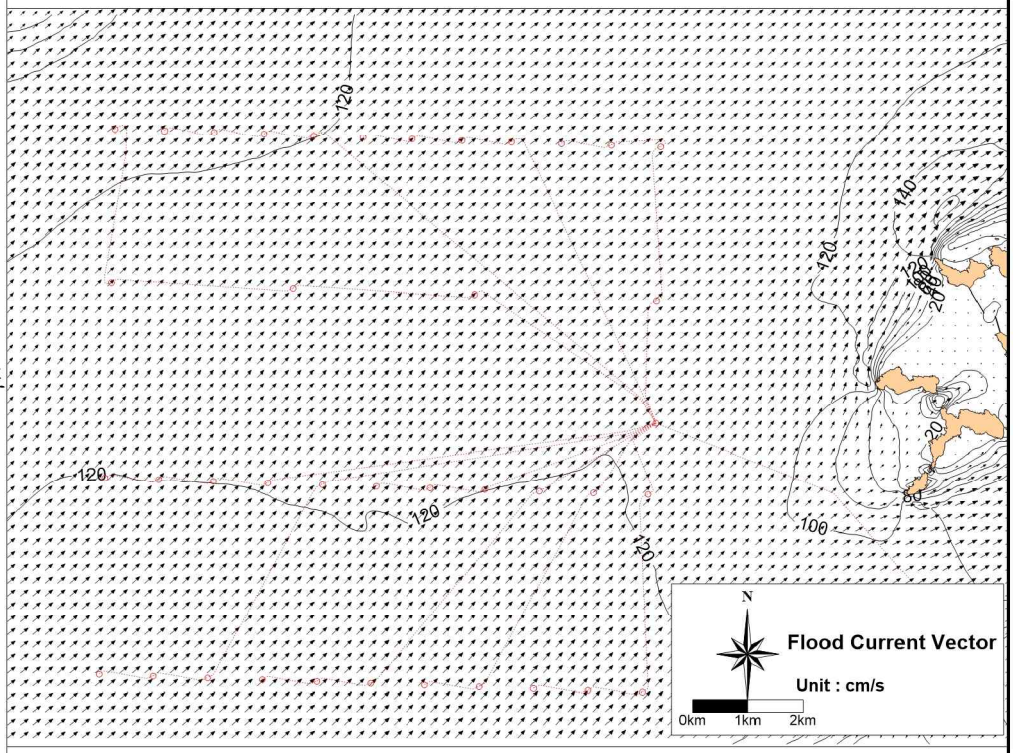
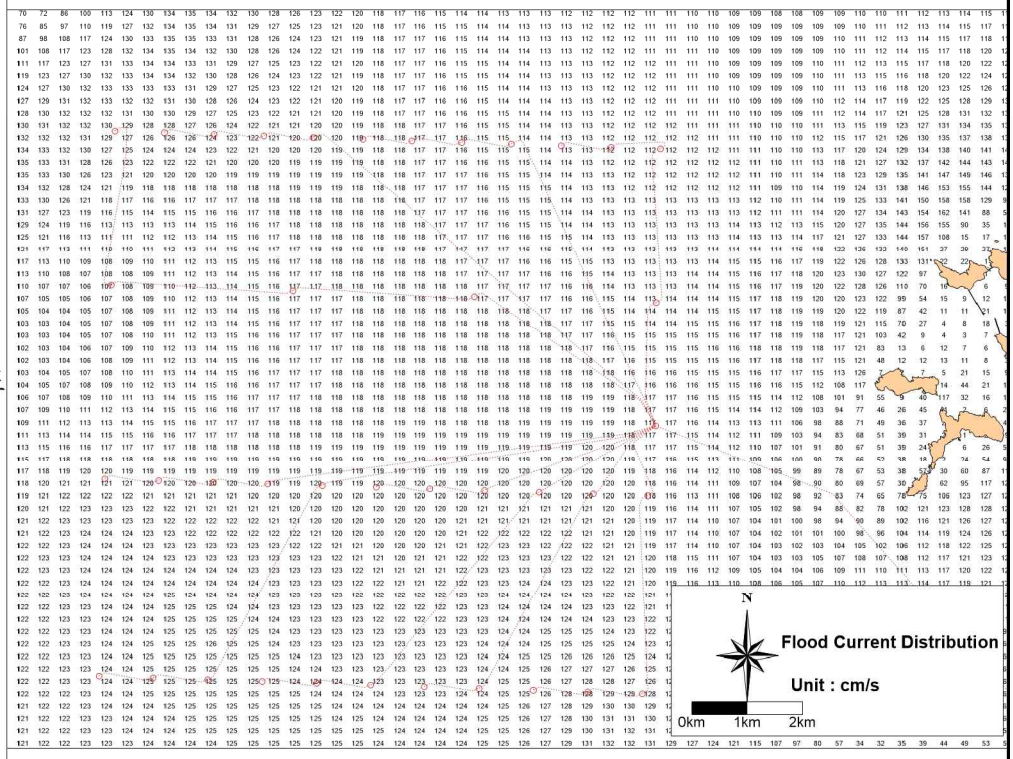
(그림 6.5-4) 소조기 조위 분포도(사업시행 전) (6/6)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

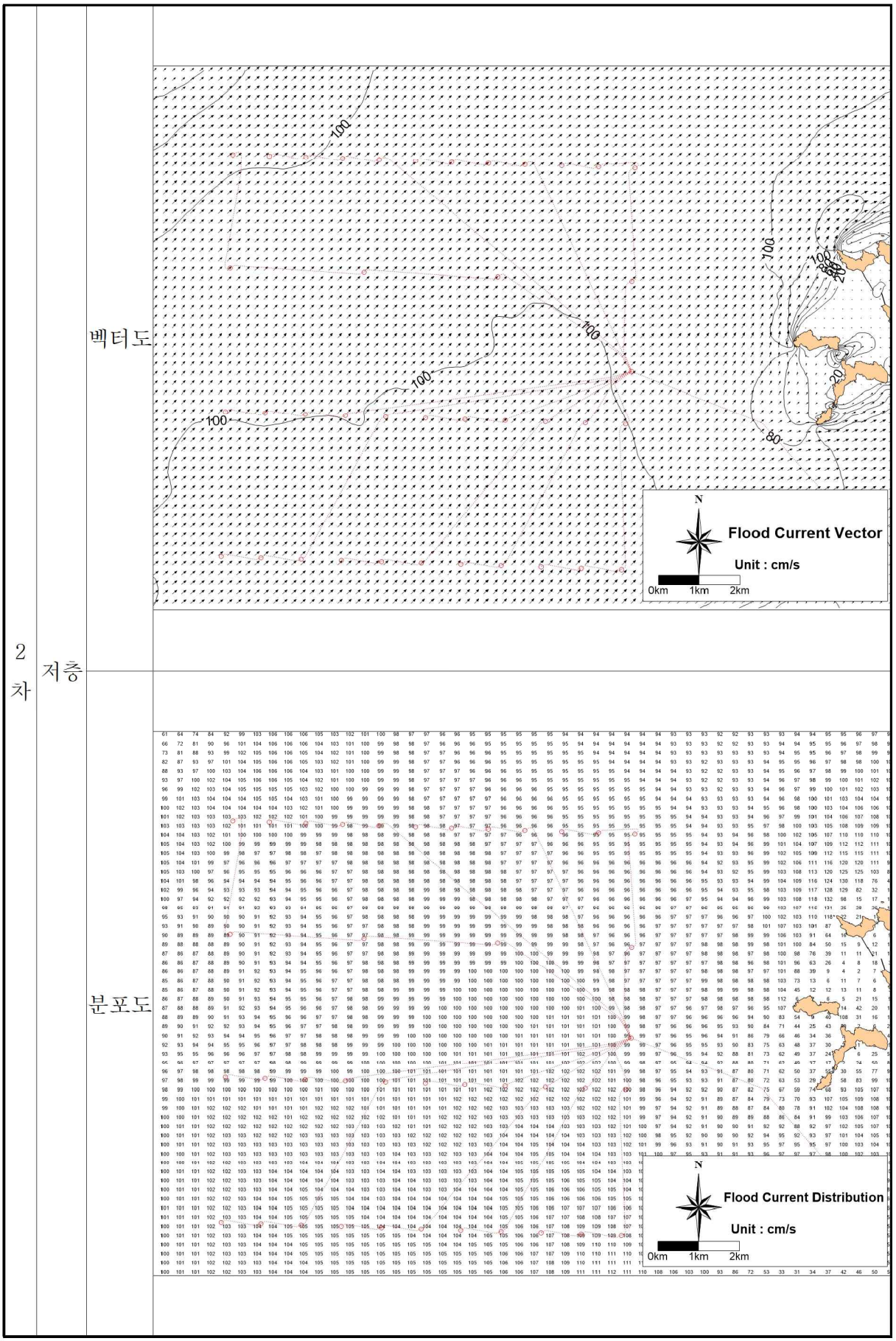
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

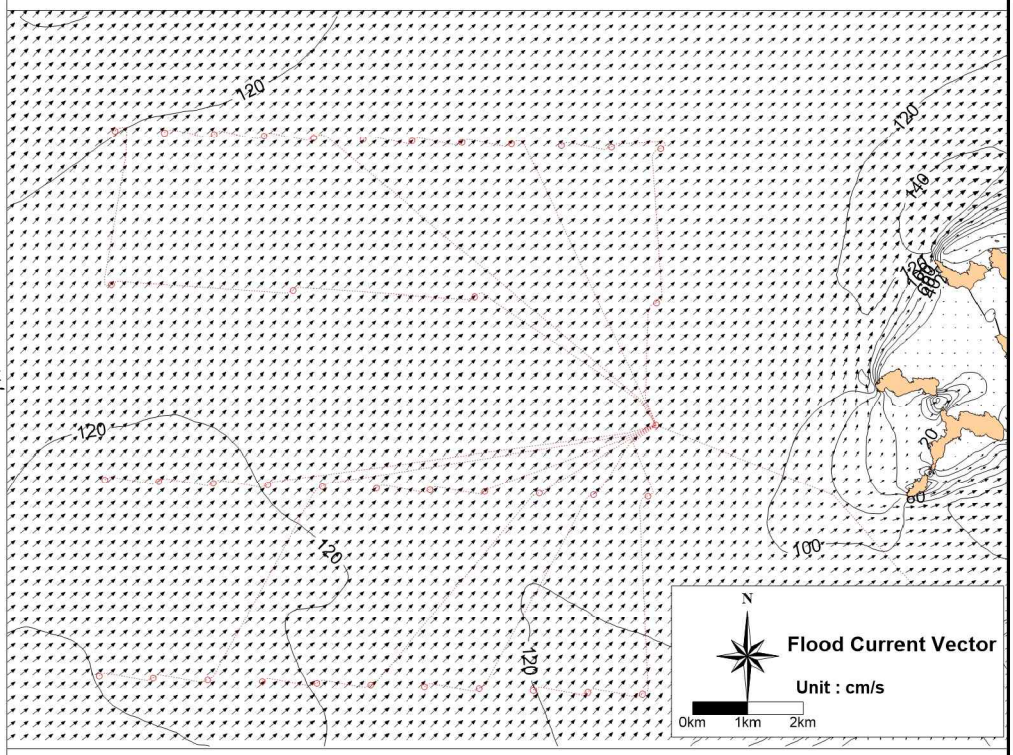
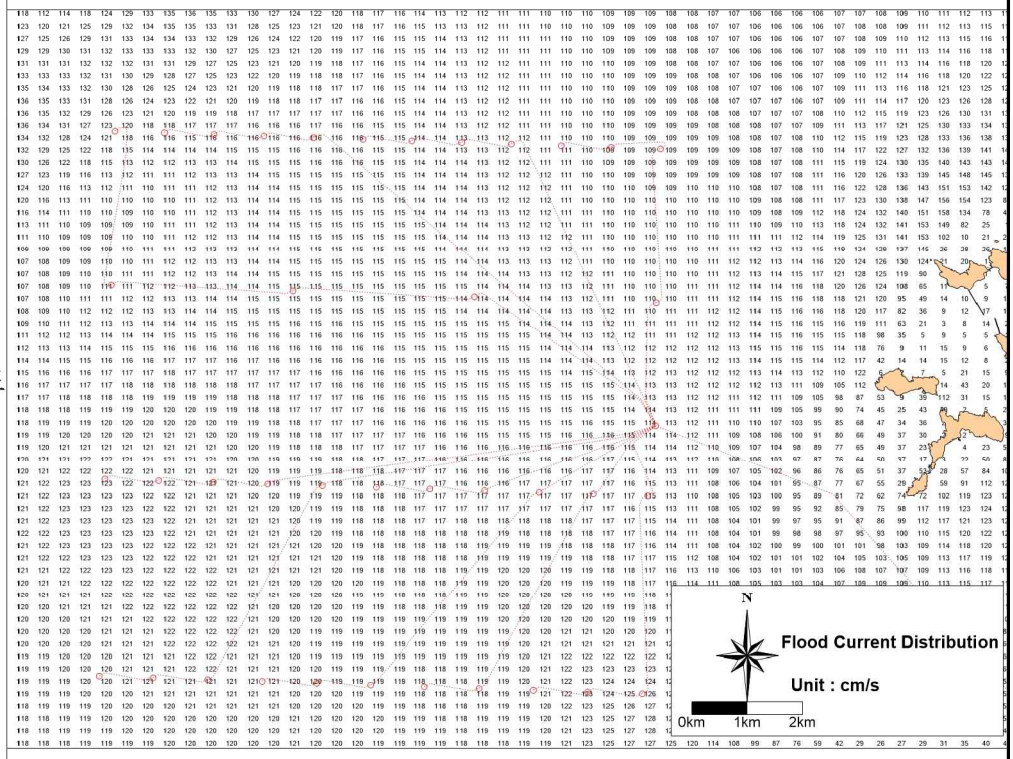
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

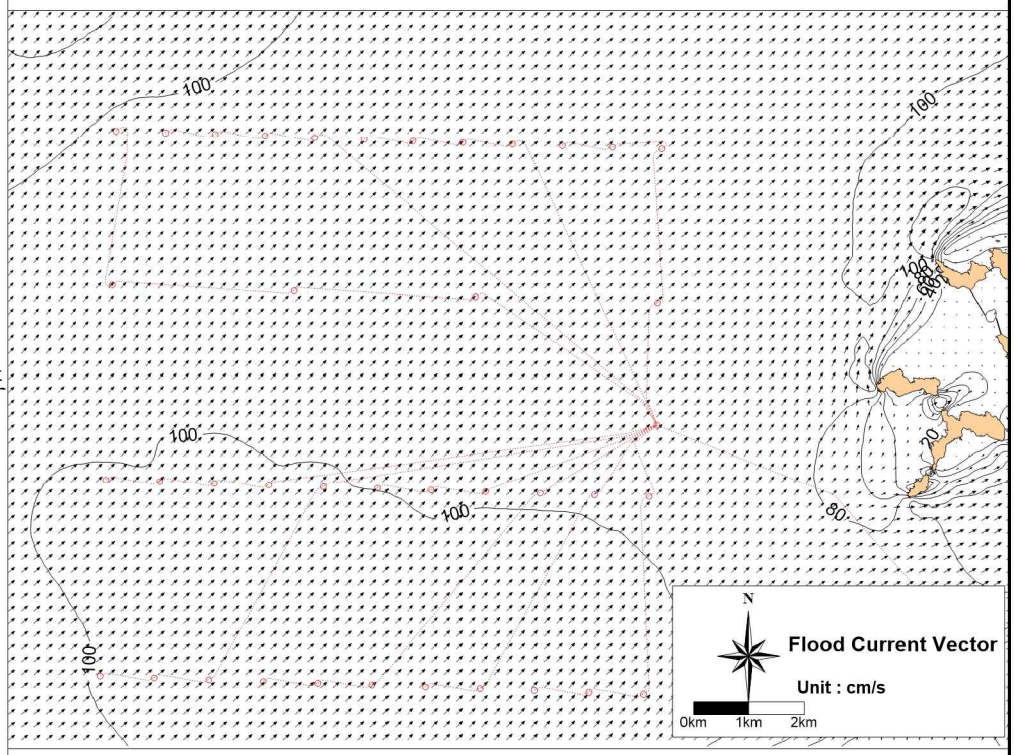
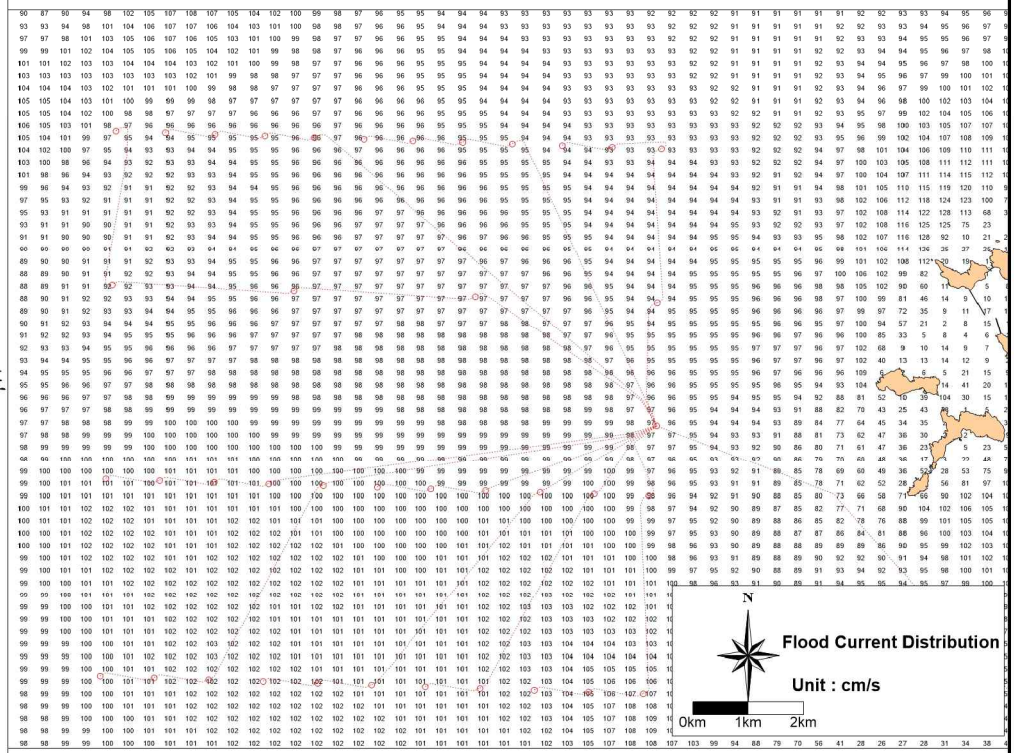
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (3/12)



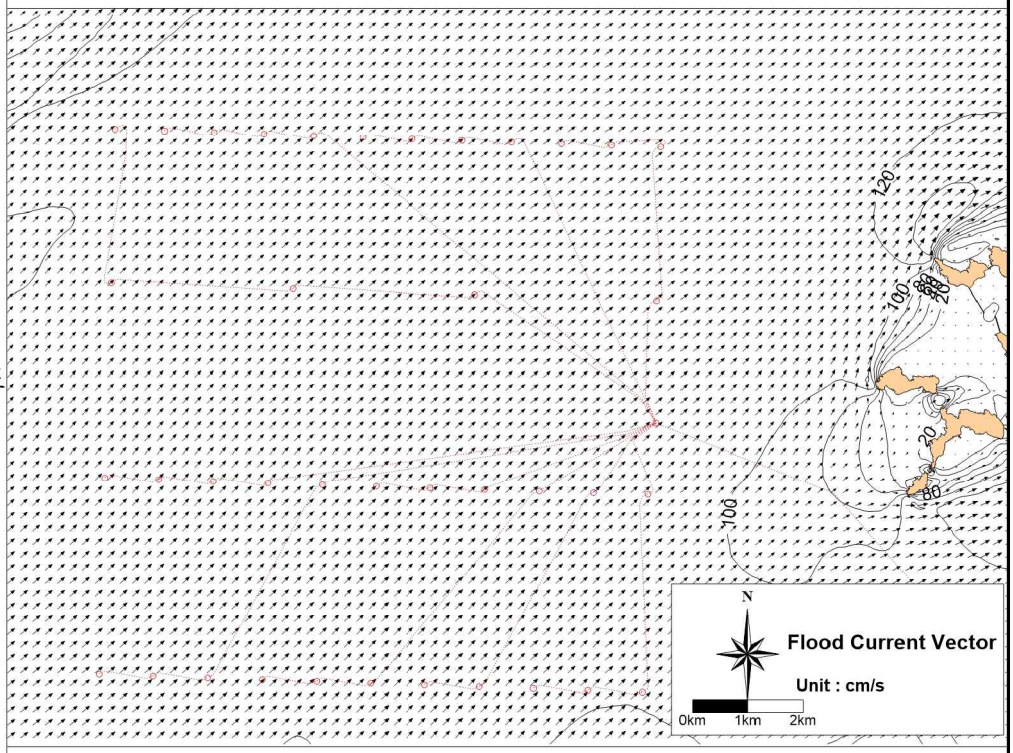
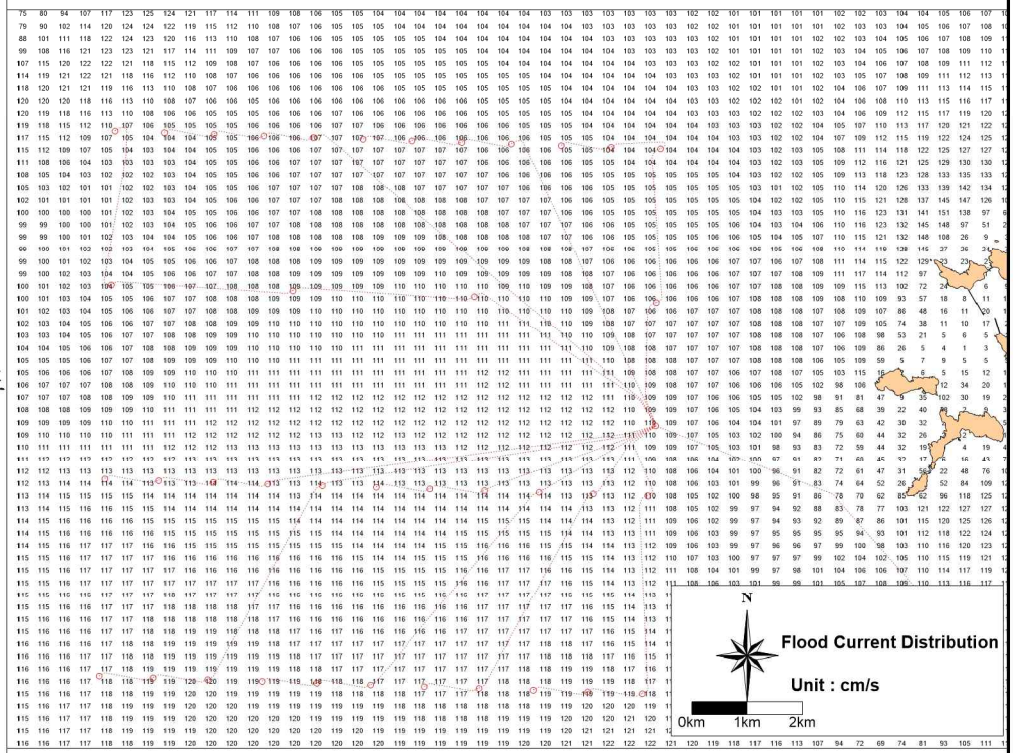
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (4/12)

3 차	표층	벡터도	
		분포도	

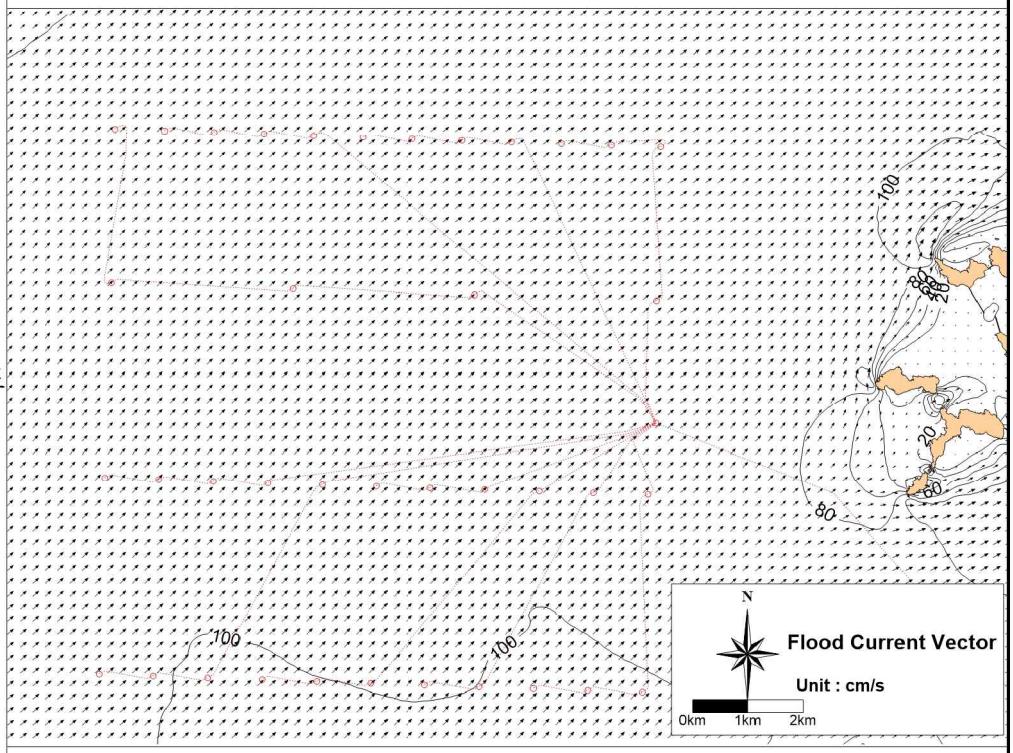
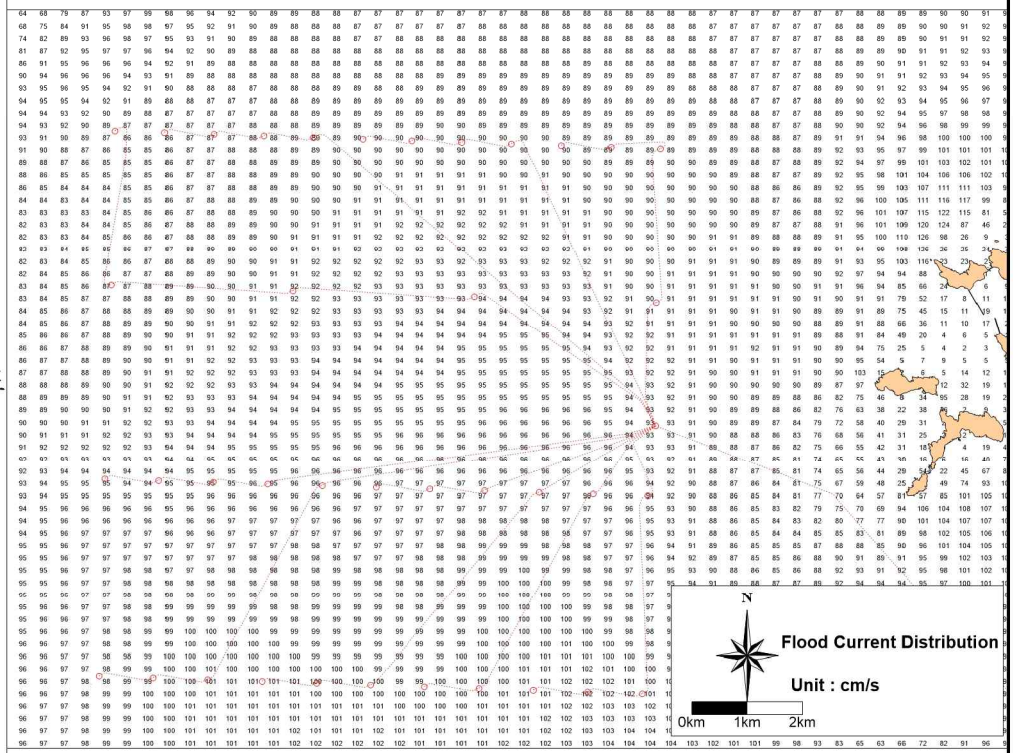
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (5/12)

3차	저층	벡터도	
		분포도	

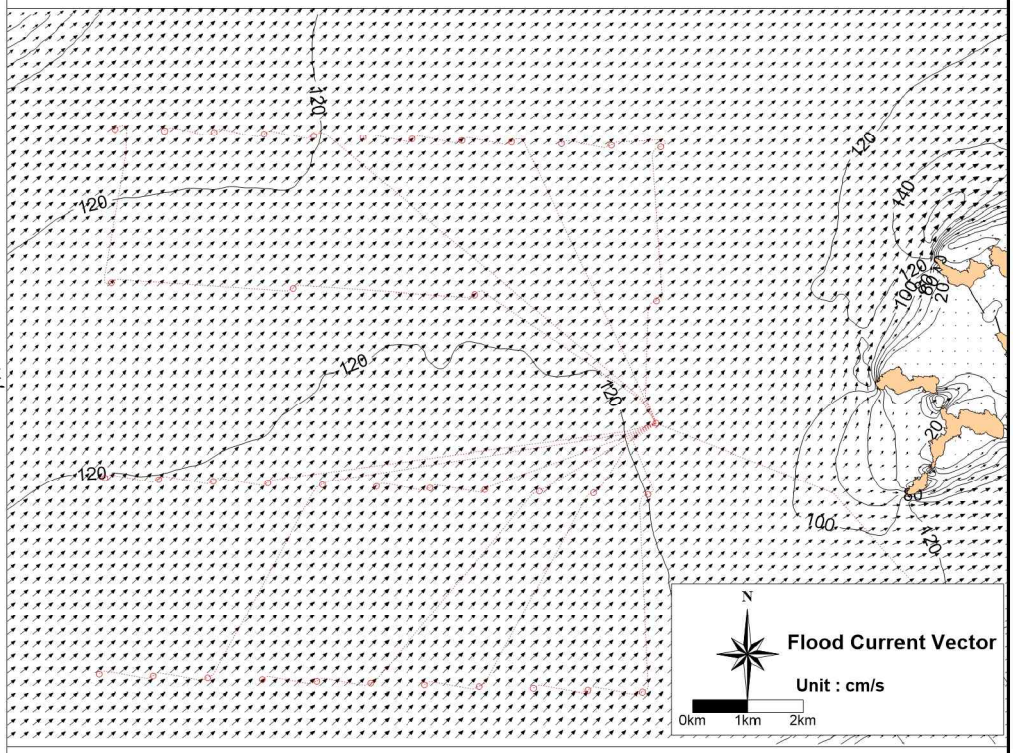
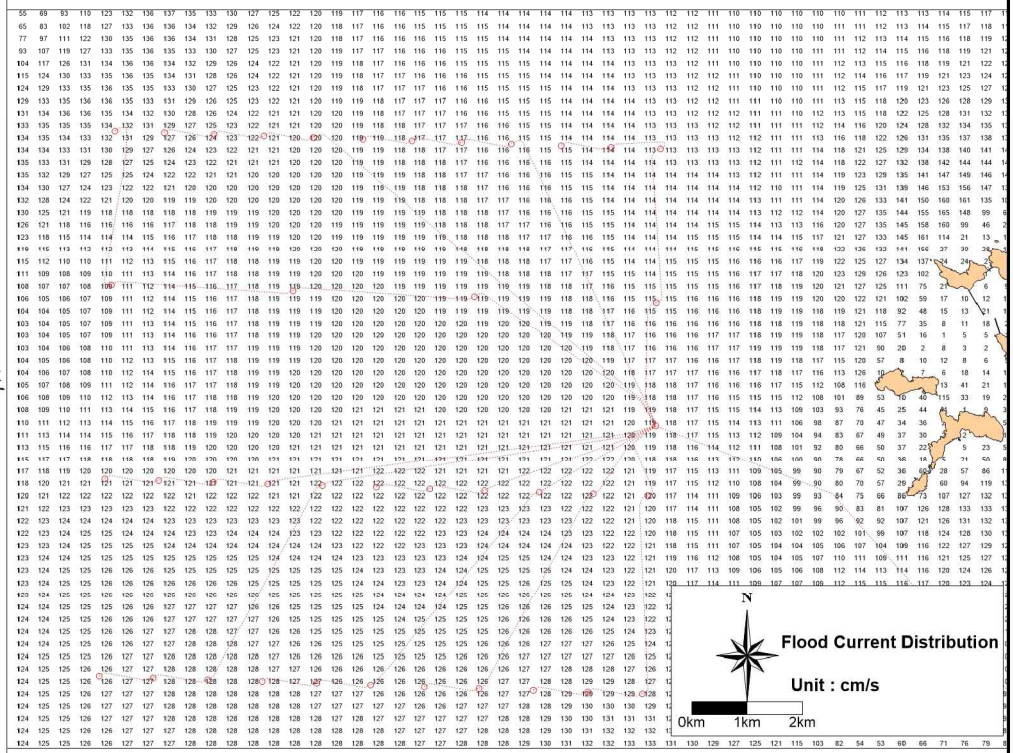
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

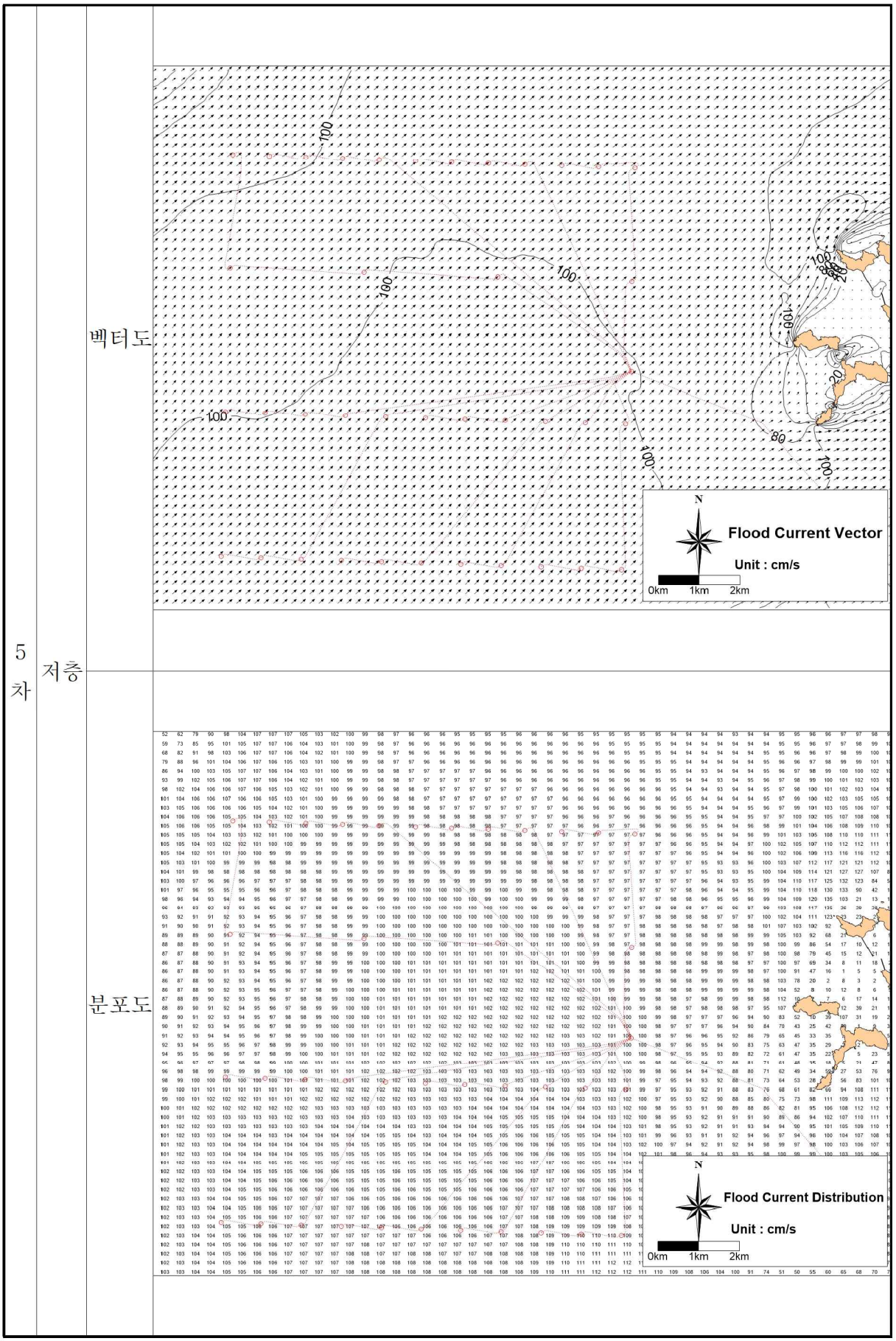
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

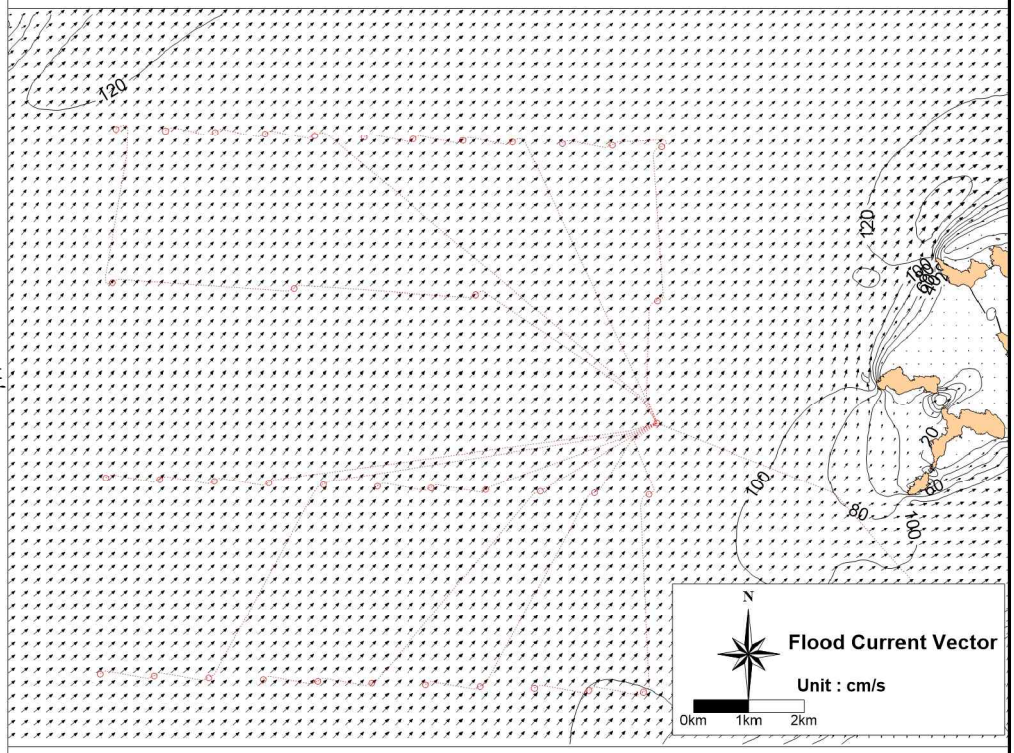
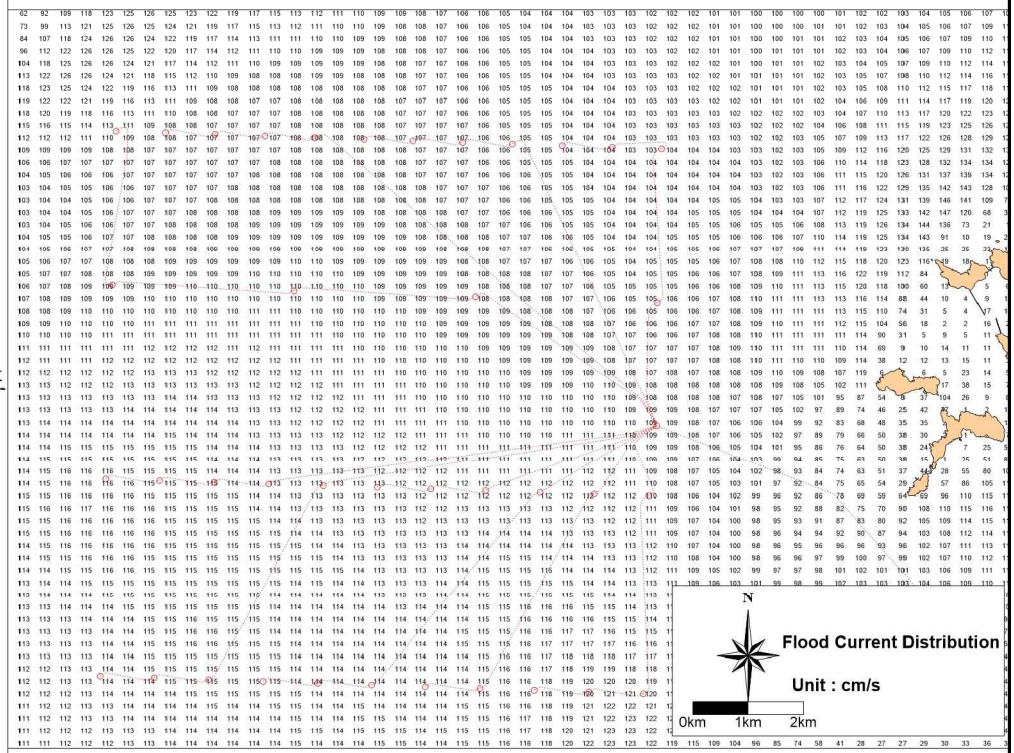
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

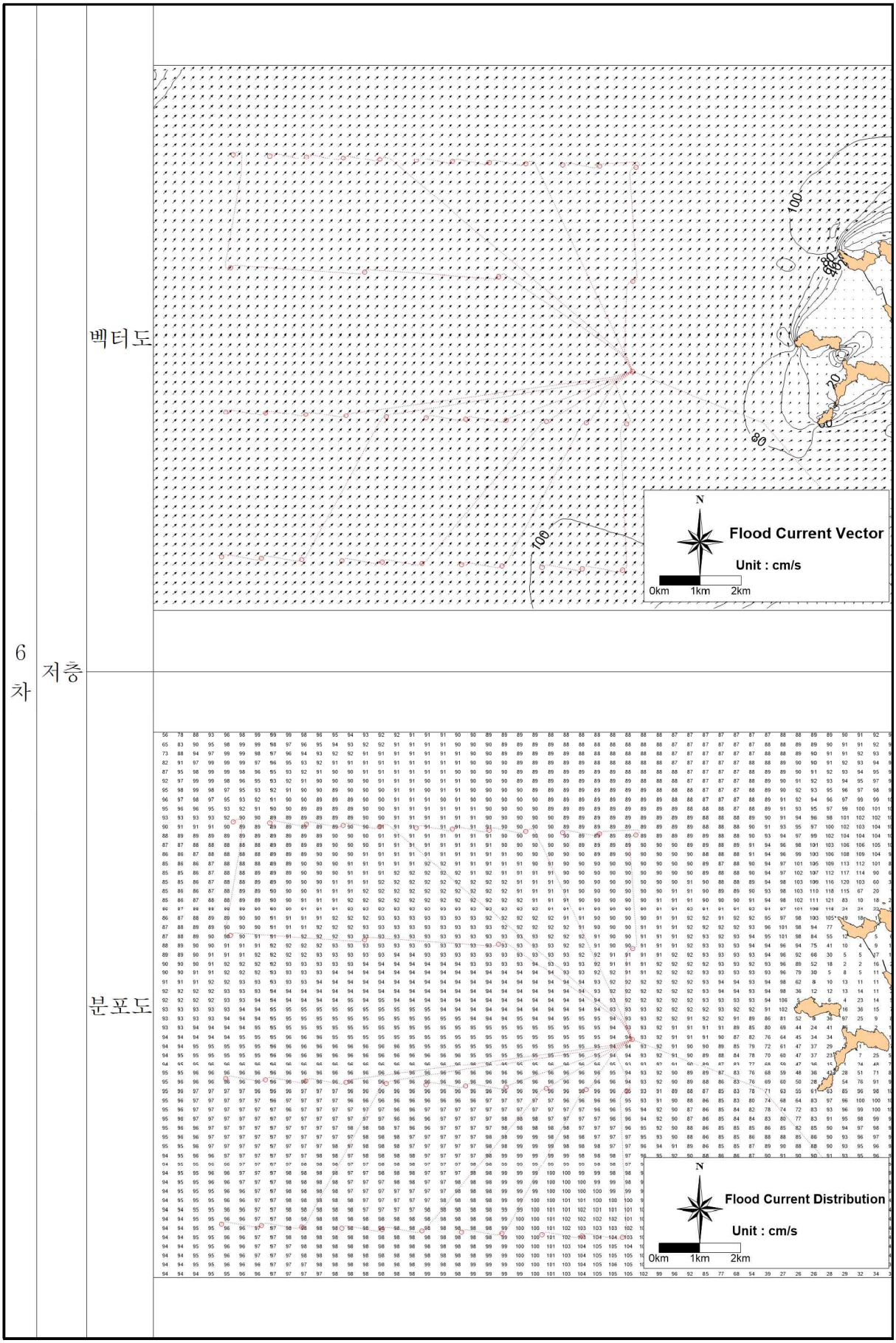
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (9/12)



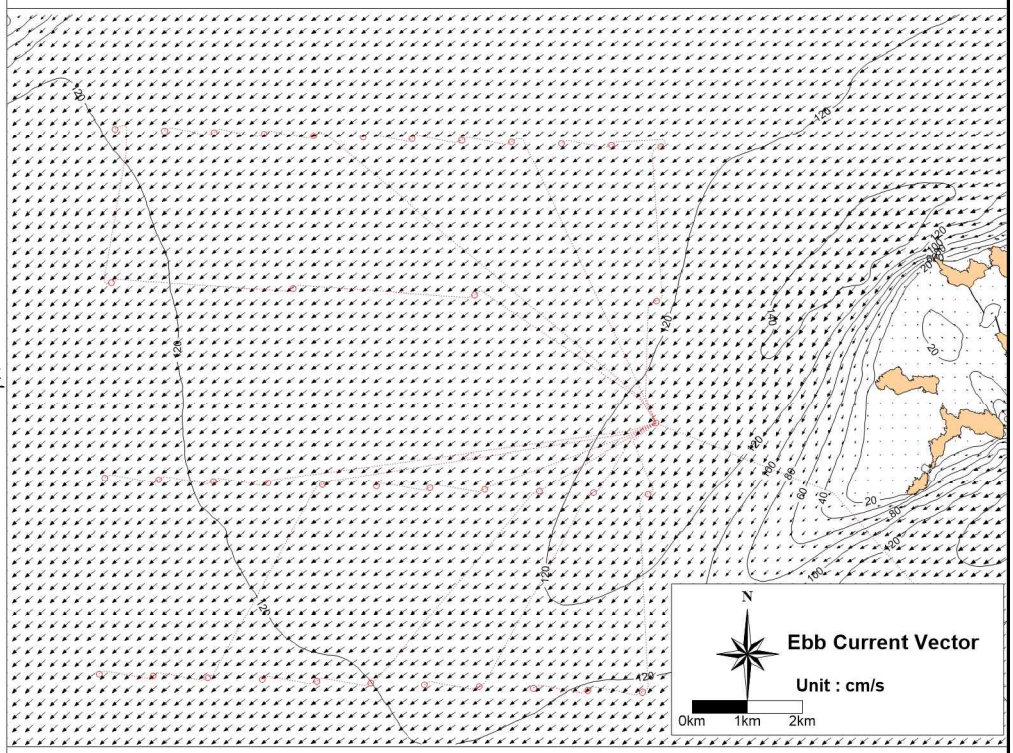
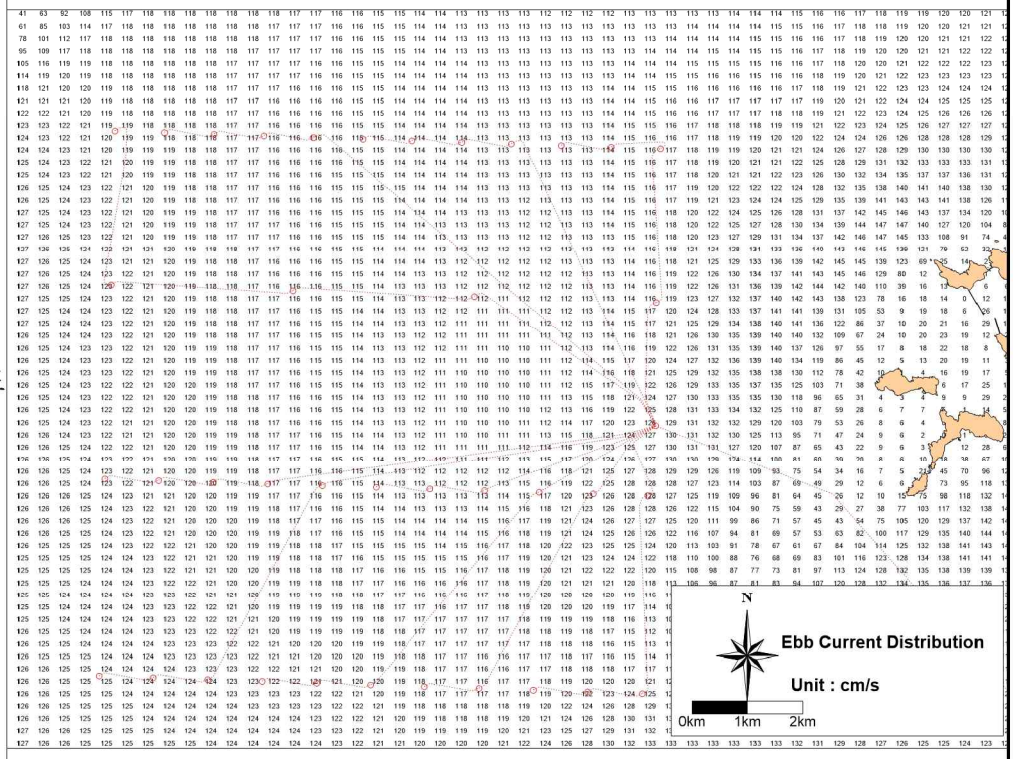
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (10/12)

6차	표층	벡터도	
		분포도	

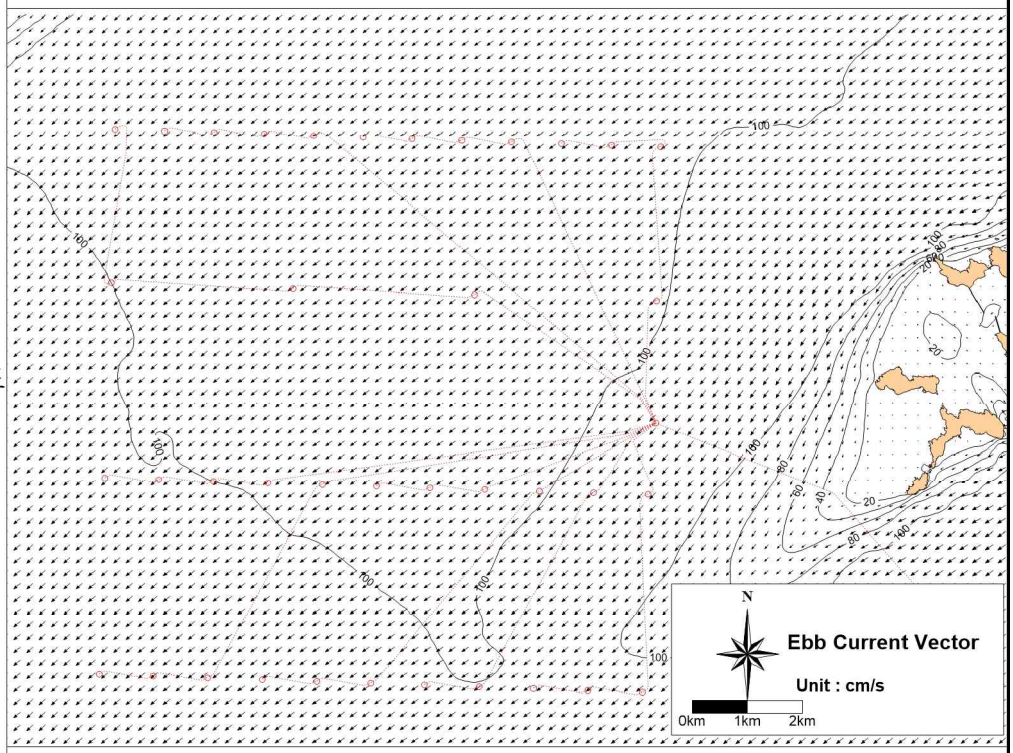
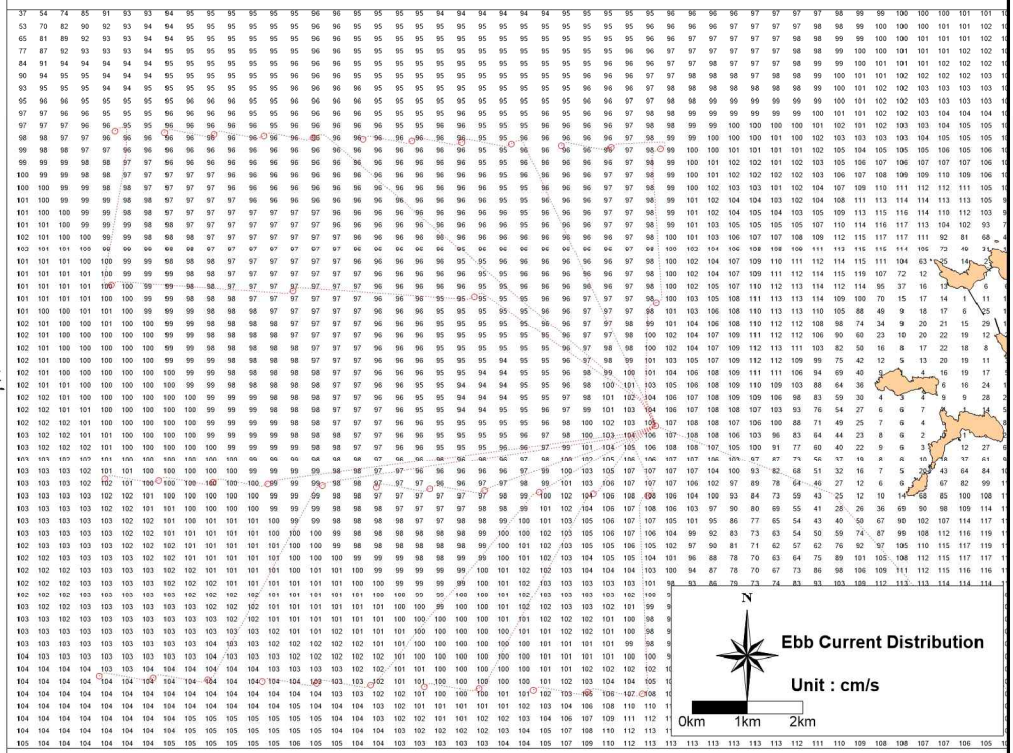
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (11/12)



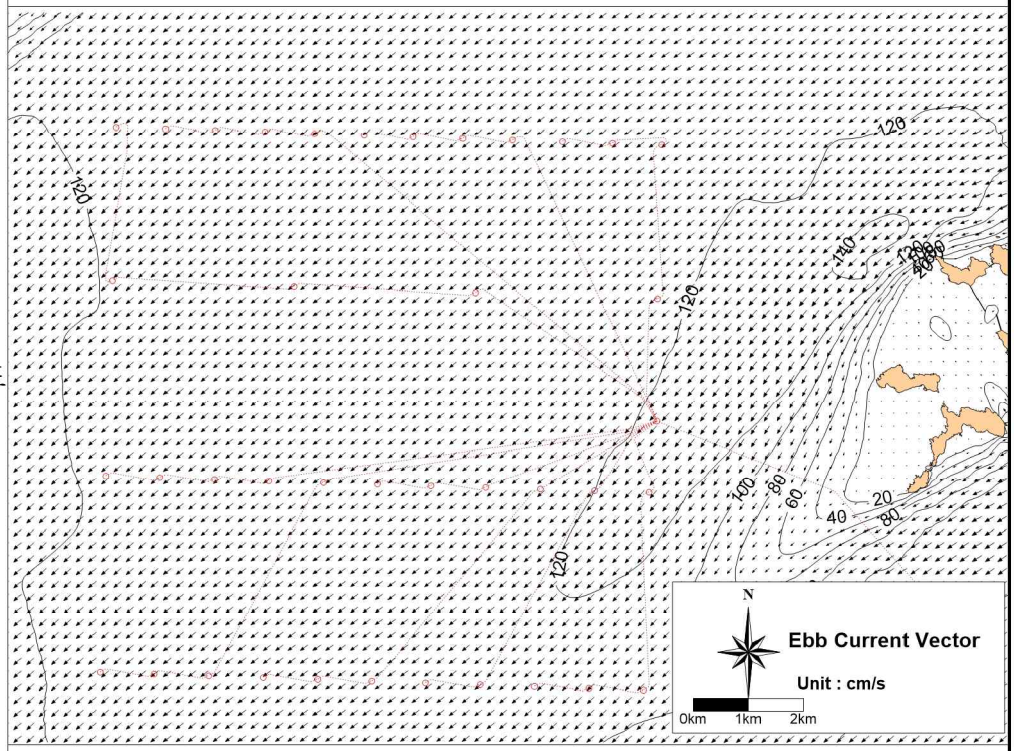
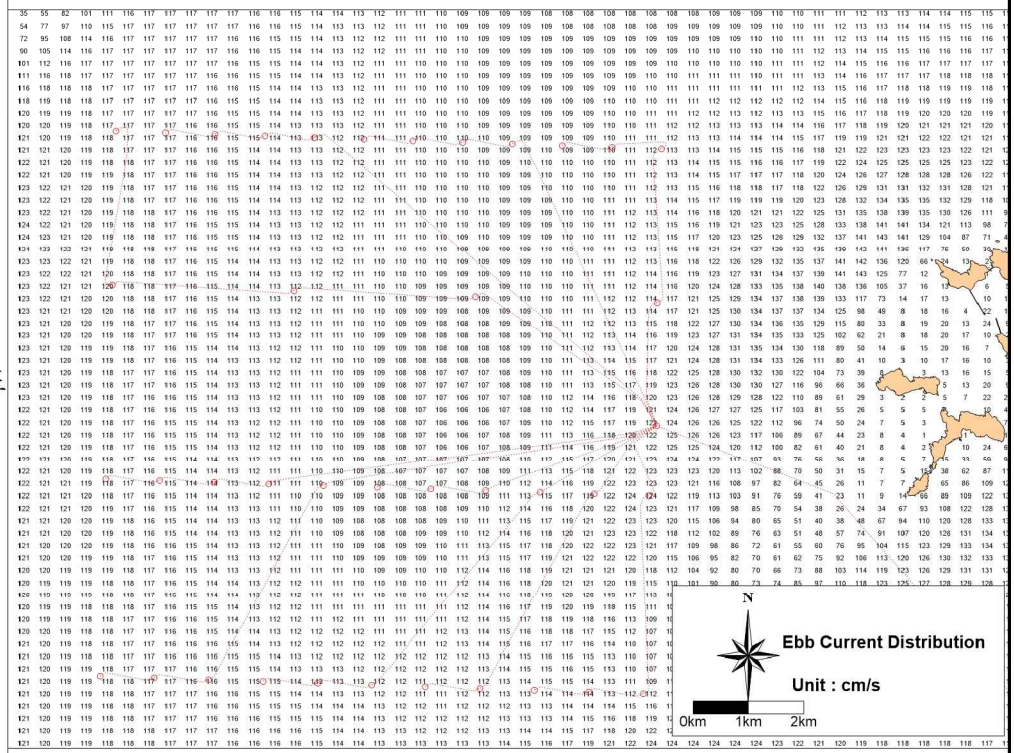
(그림 6.5-5) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (12/12)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

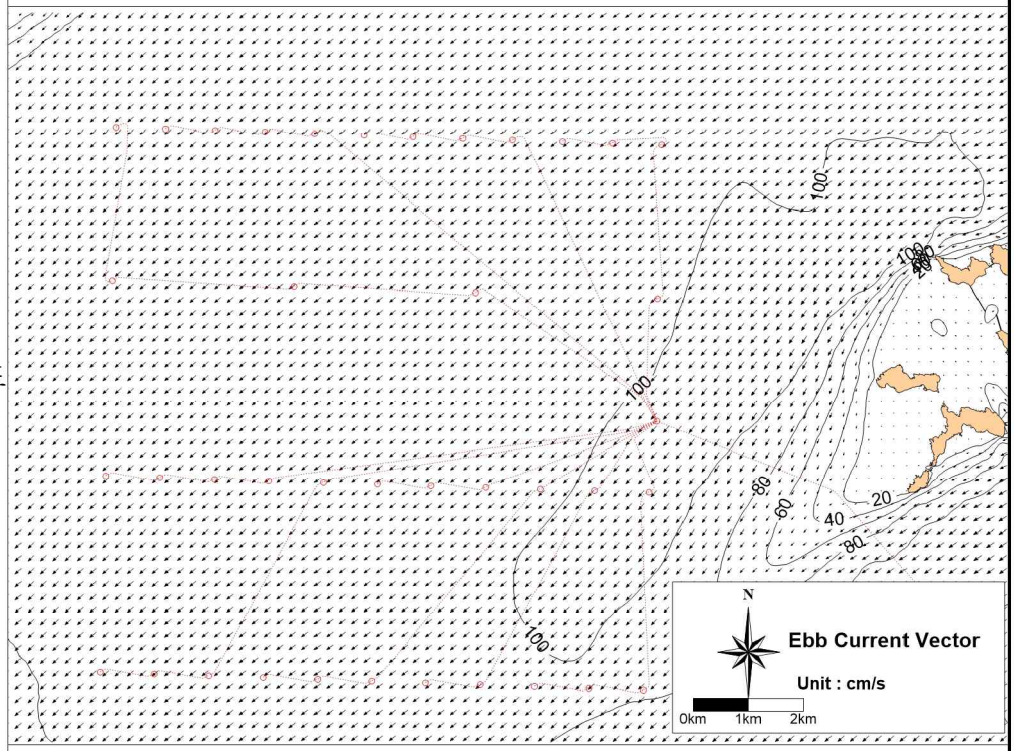
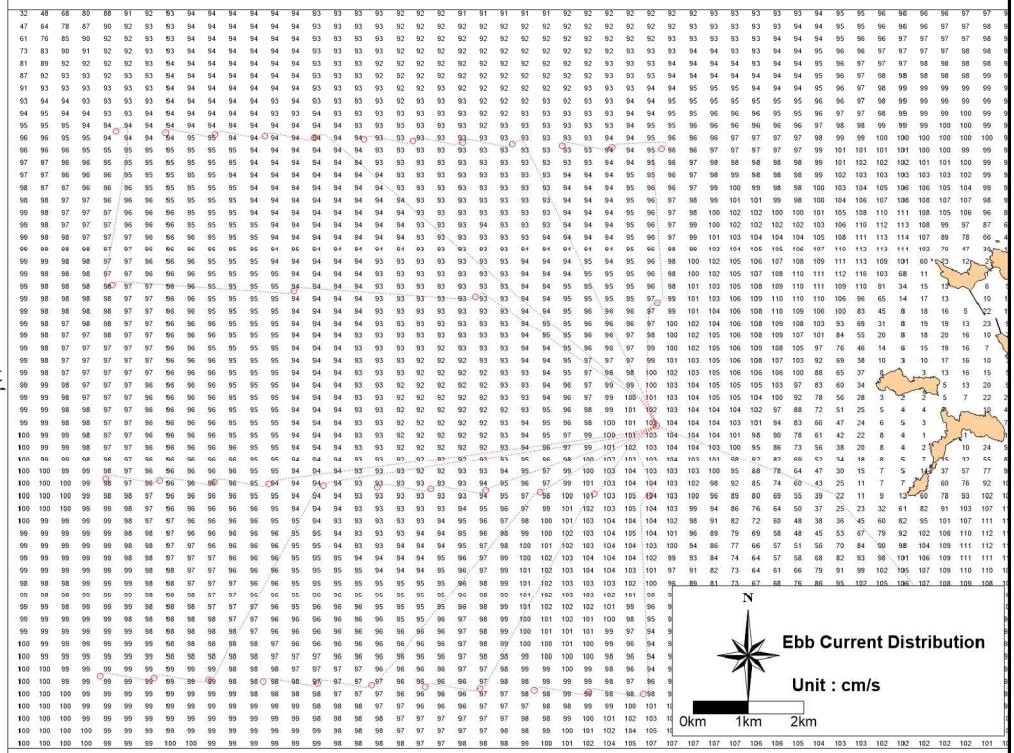
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

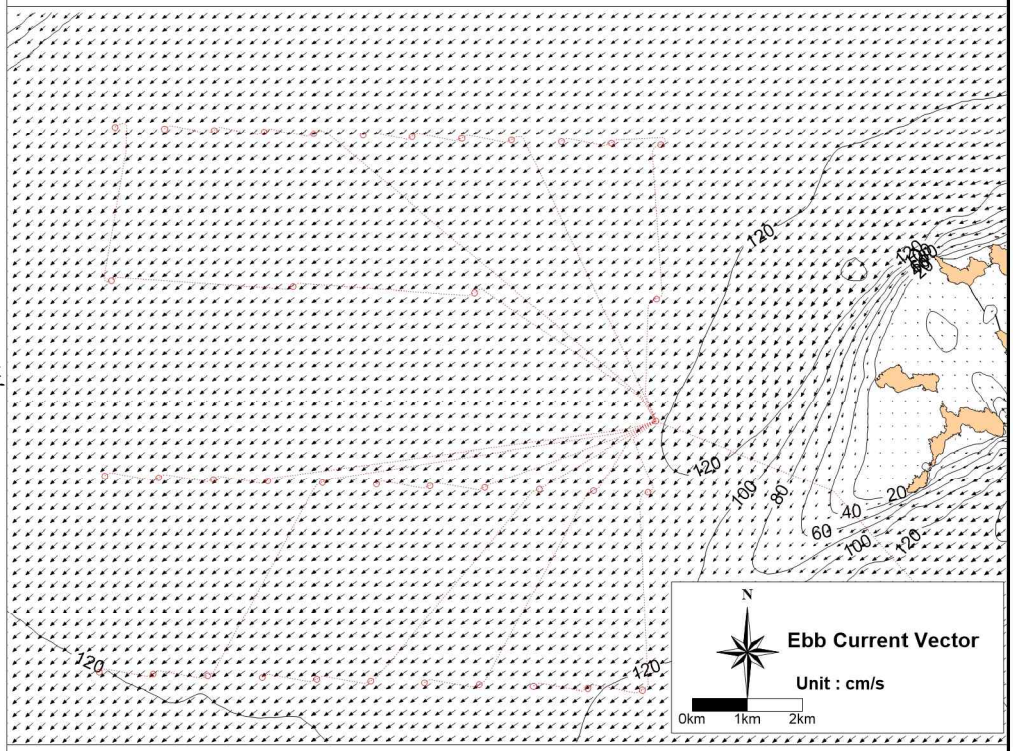
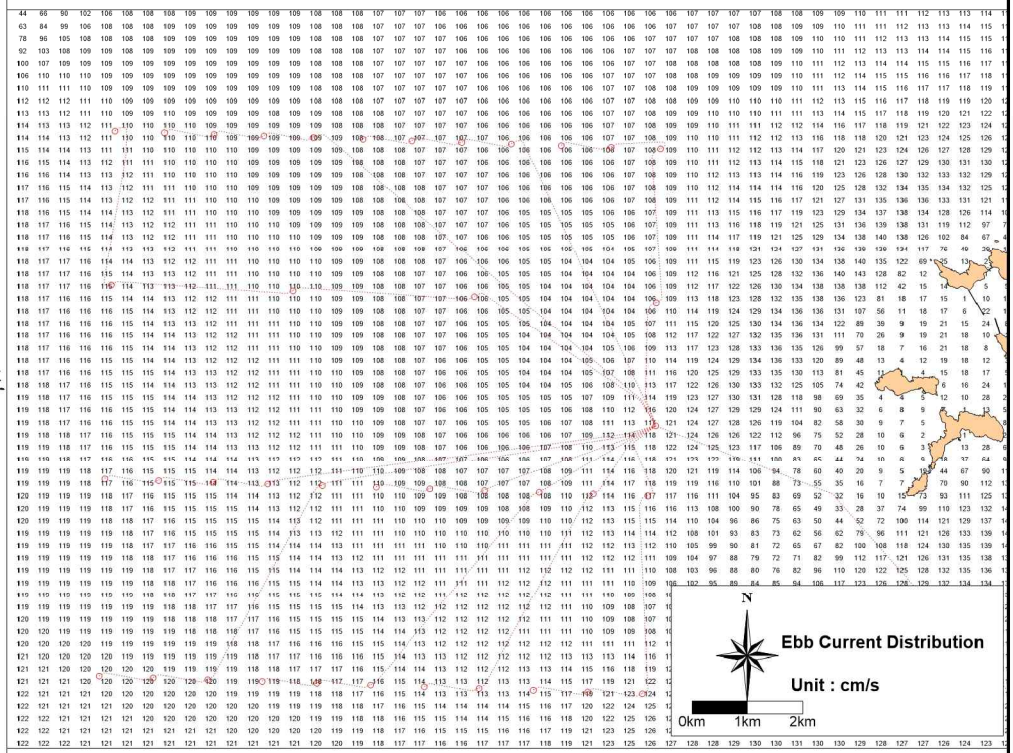
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

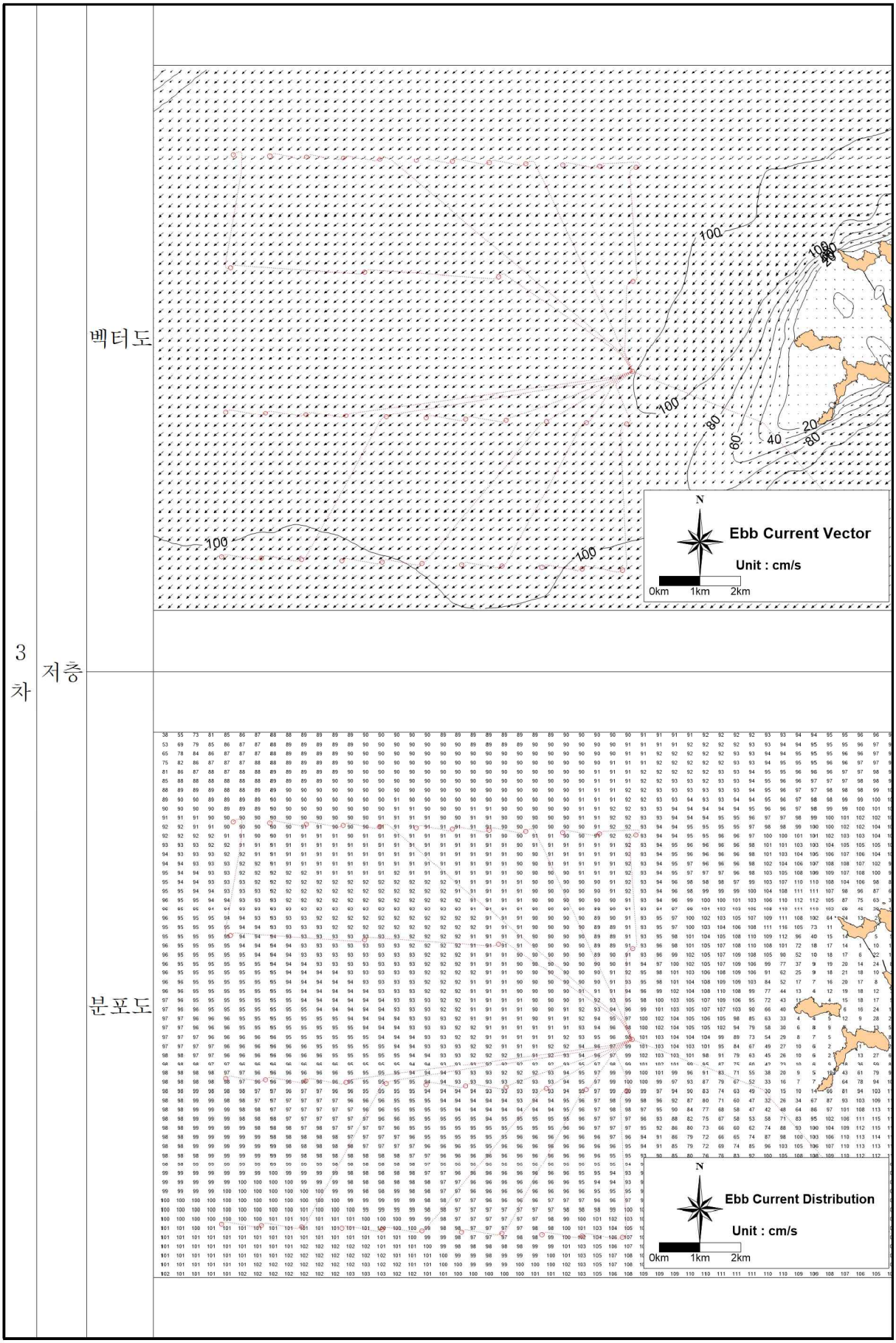
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

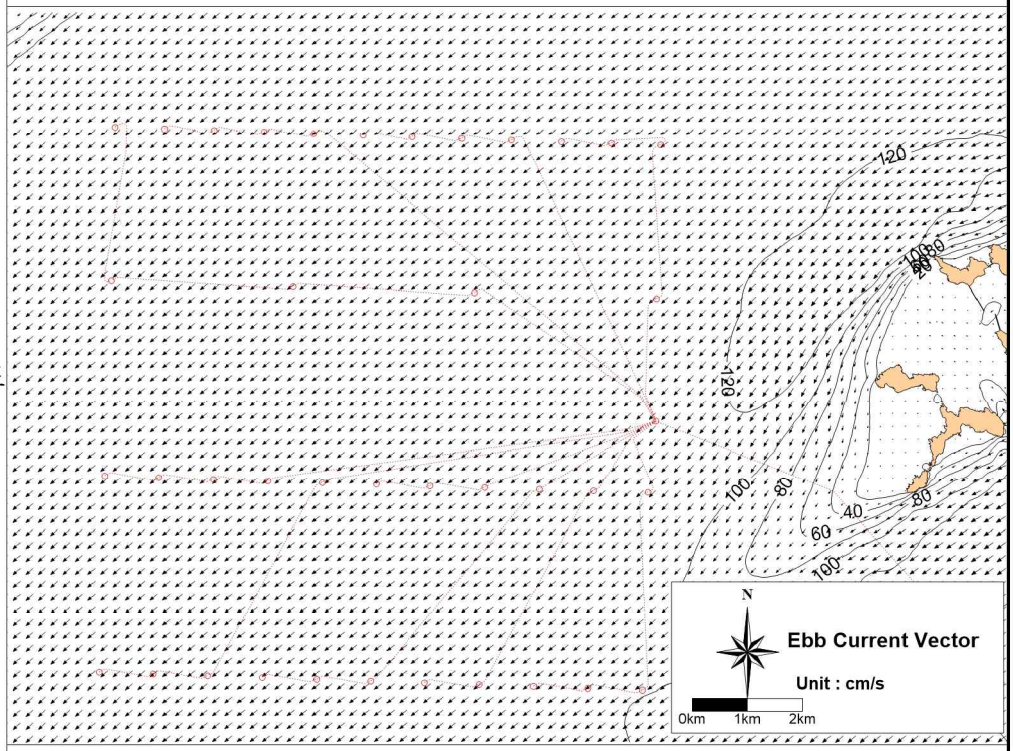
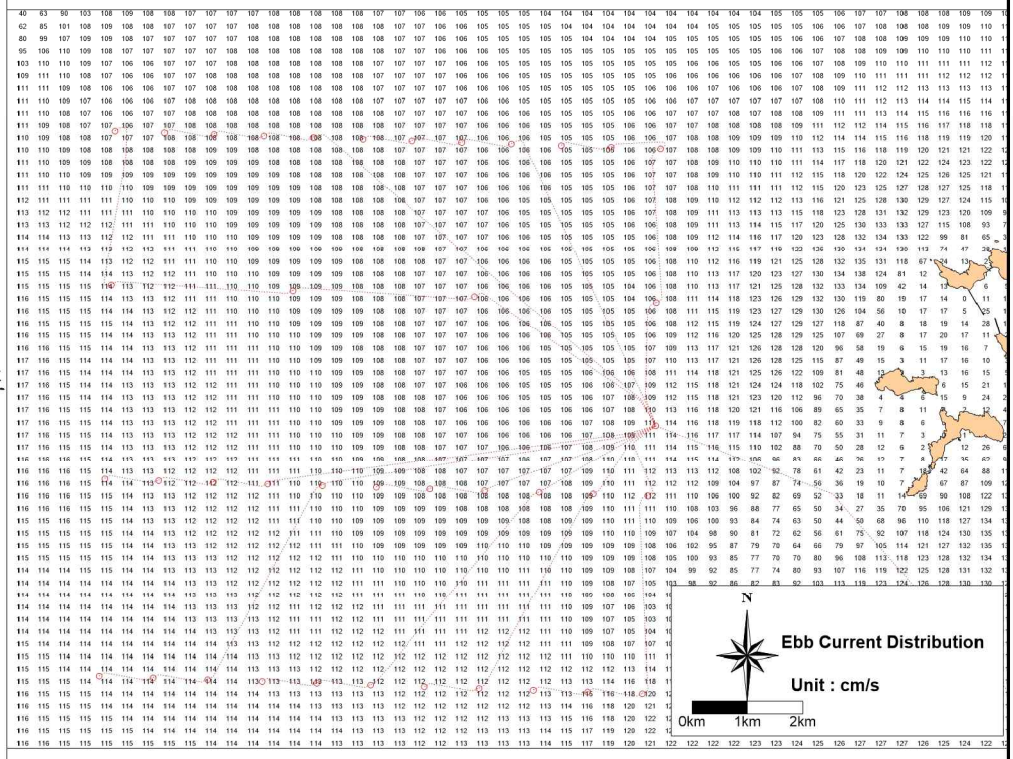
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (4/12)

3 차	표층	벡터도	
		분포도	

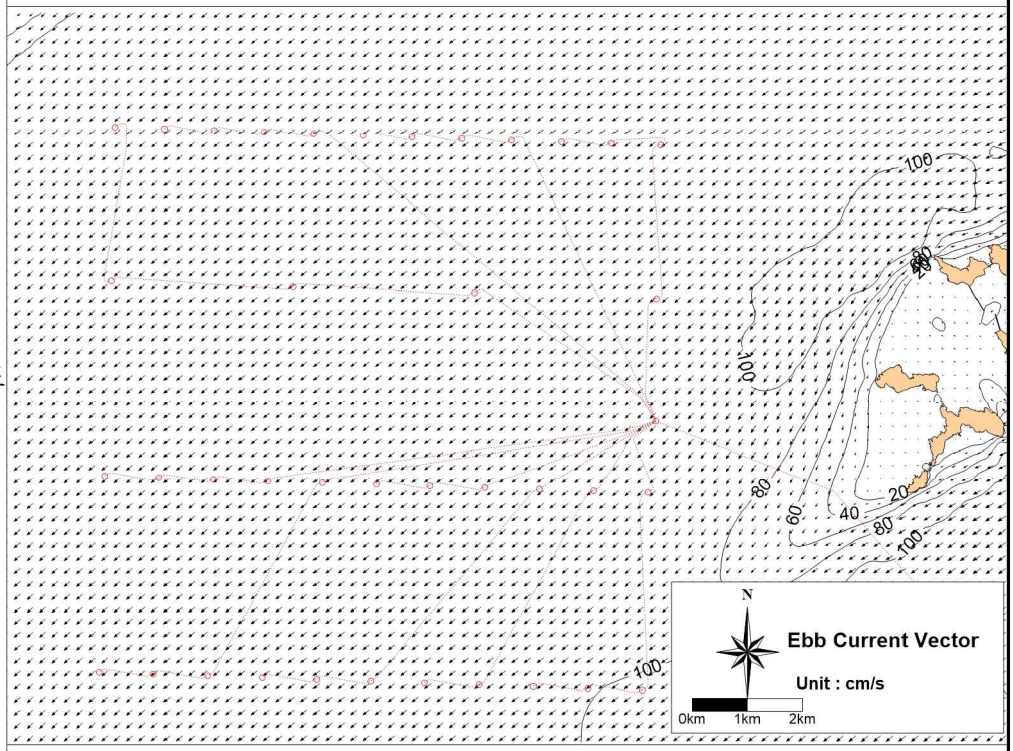
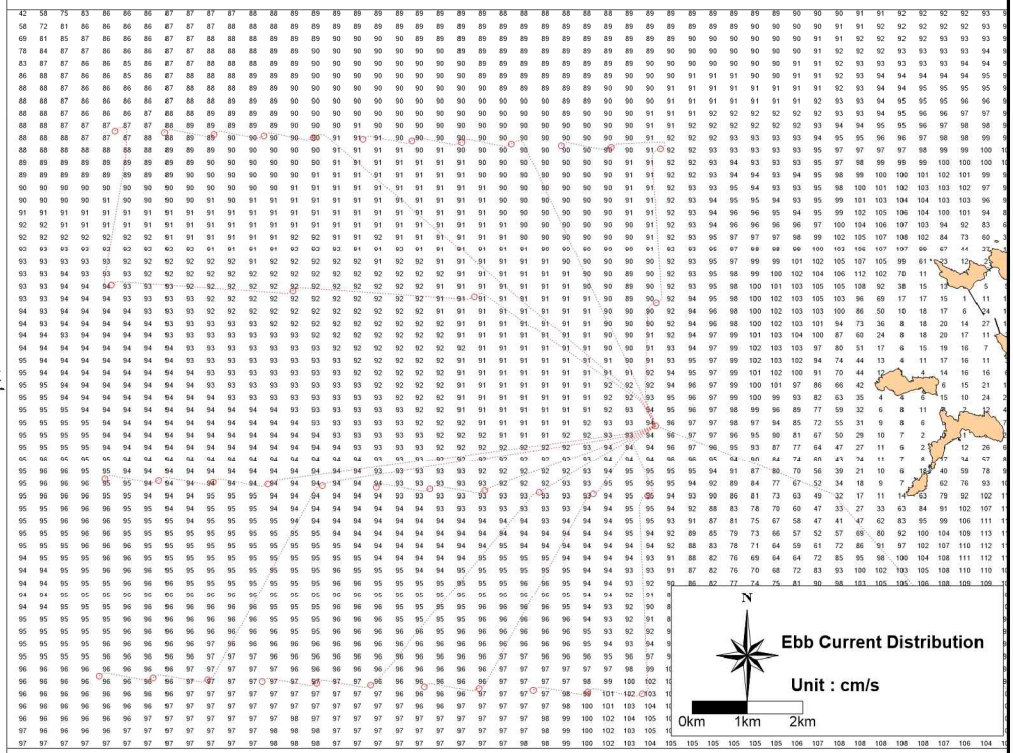
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (5/12)



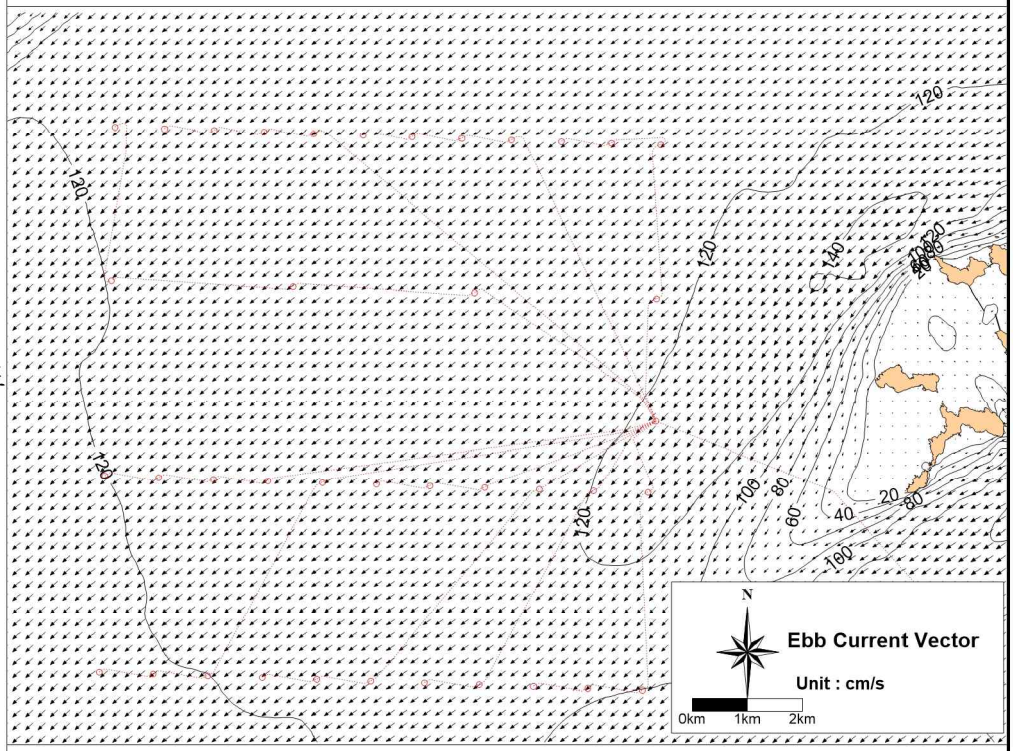
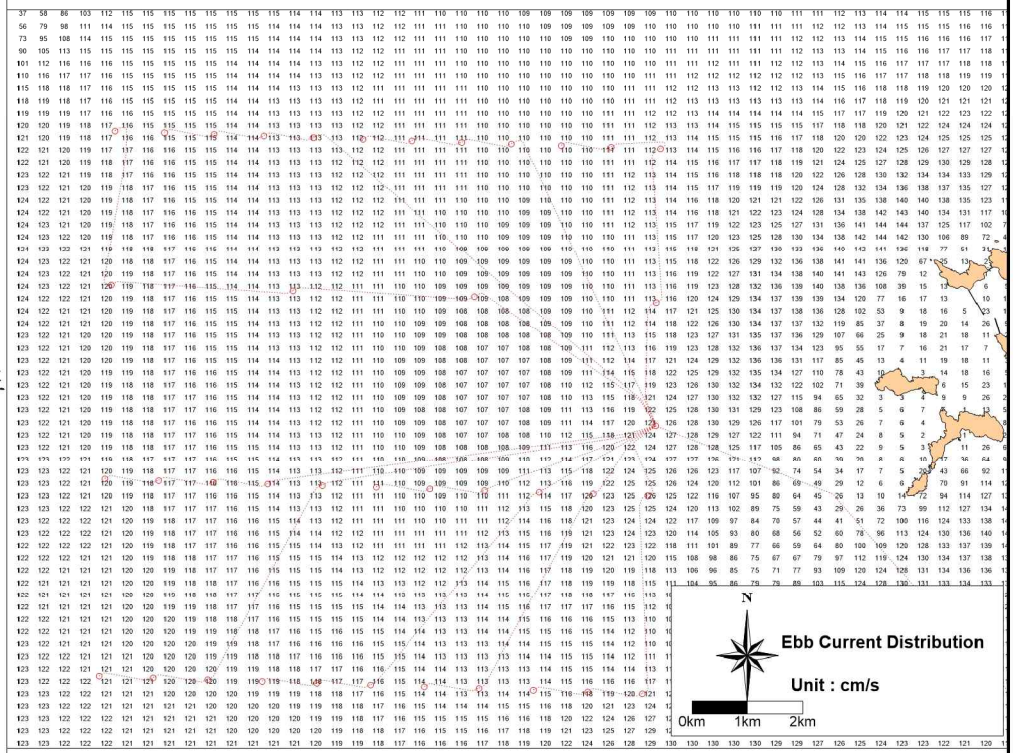
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

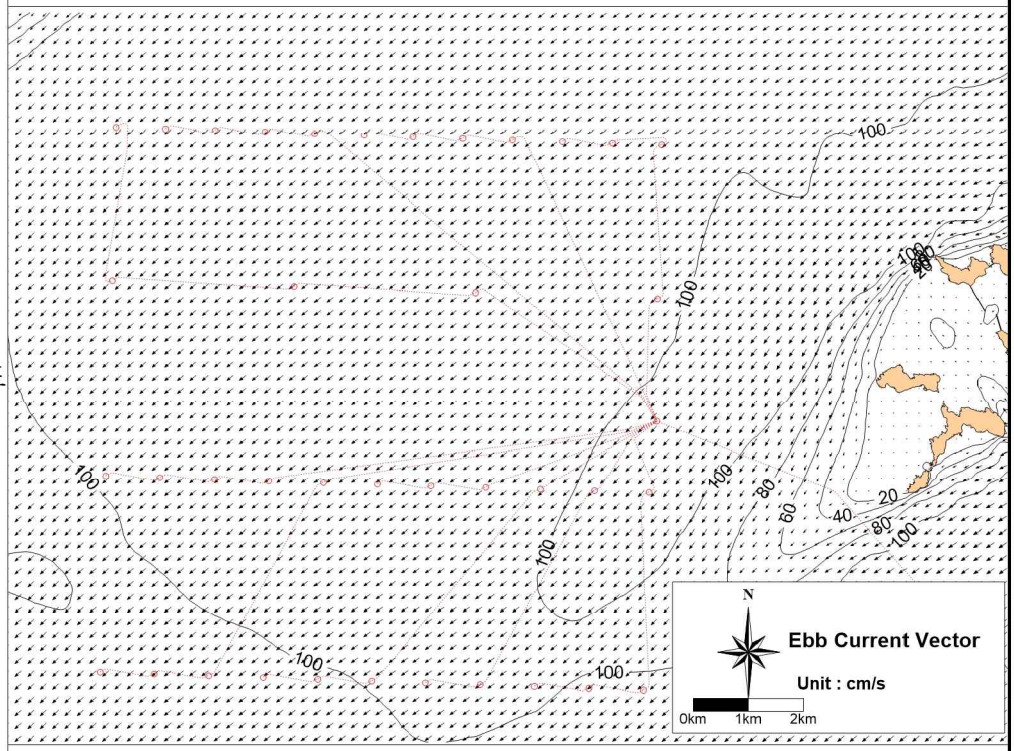
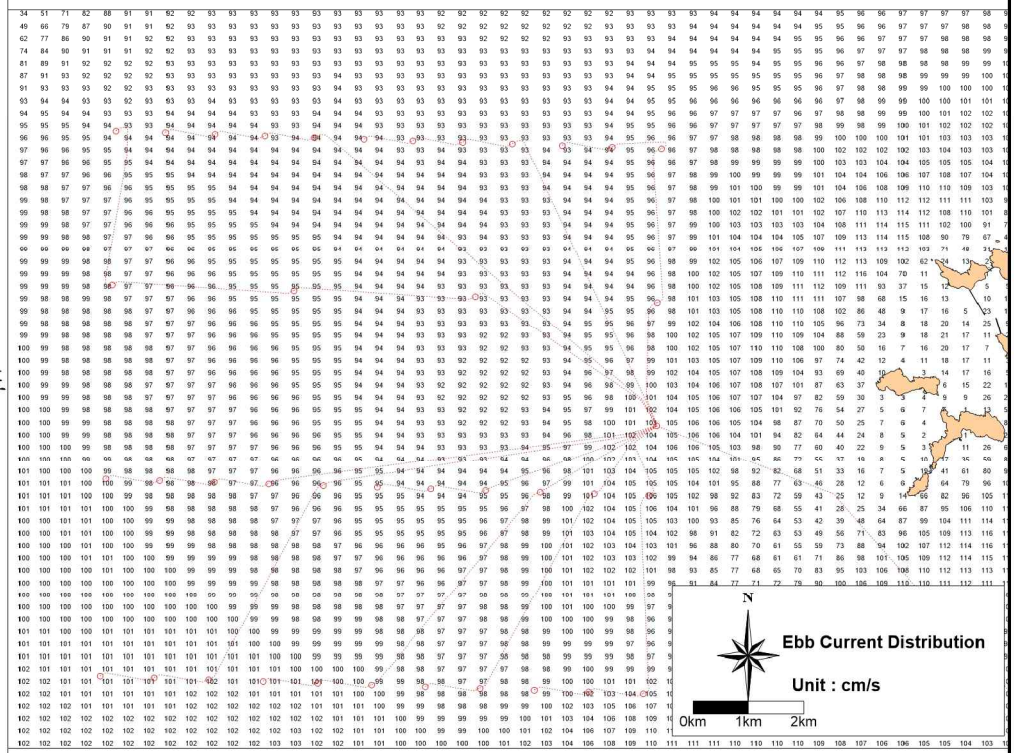
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

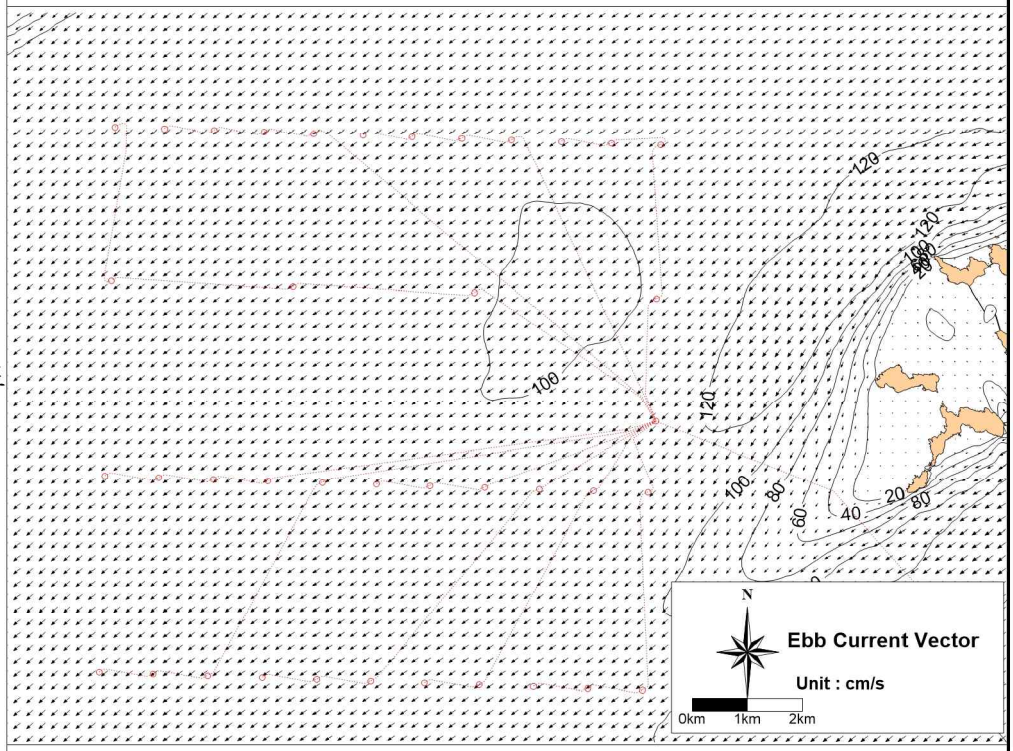
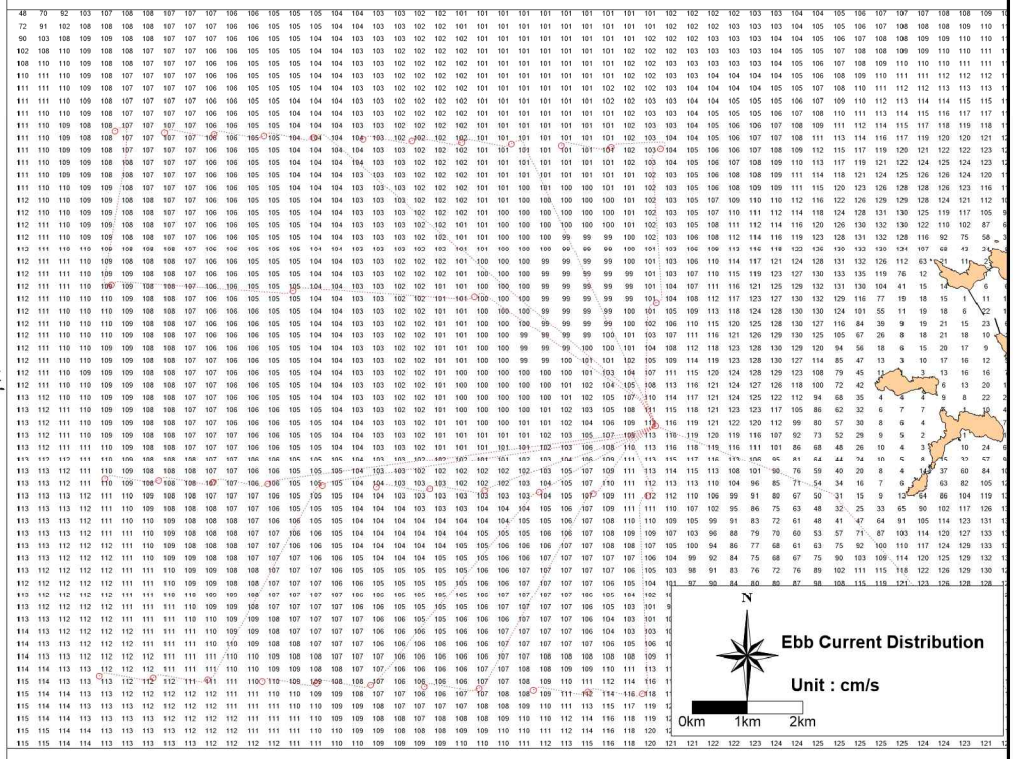
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

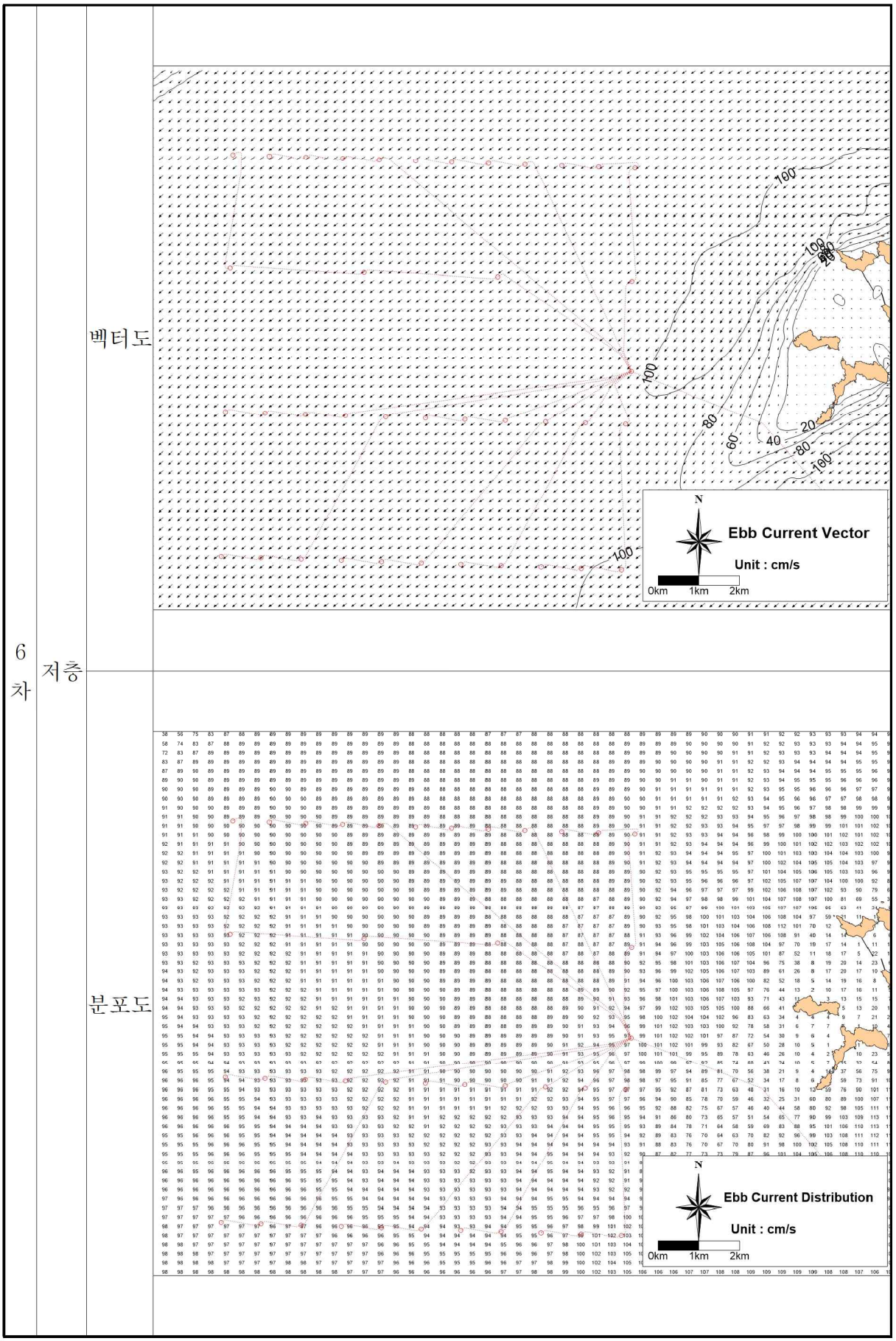
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (9/12)

5차	저층	벡터도	
		분포도	

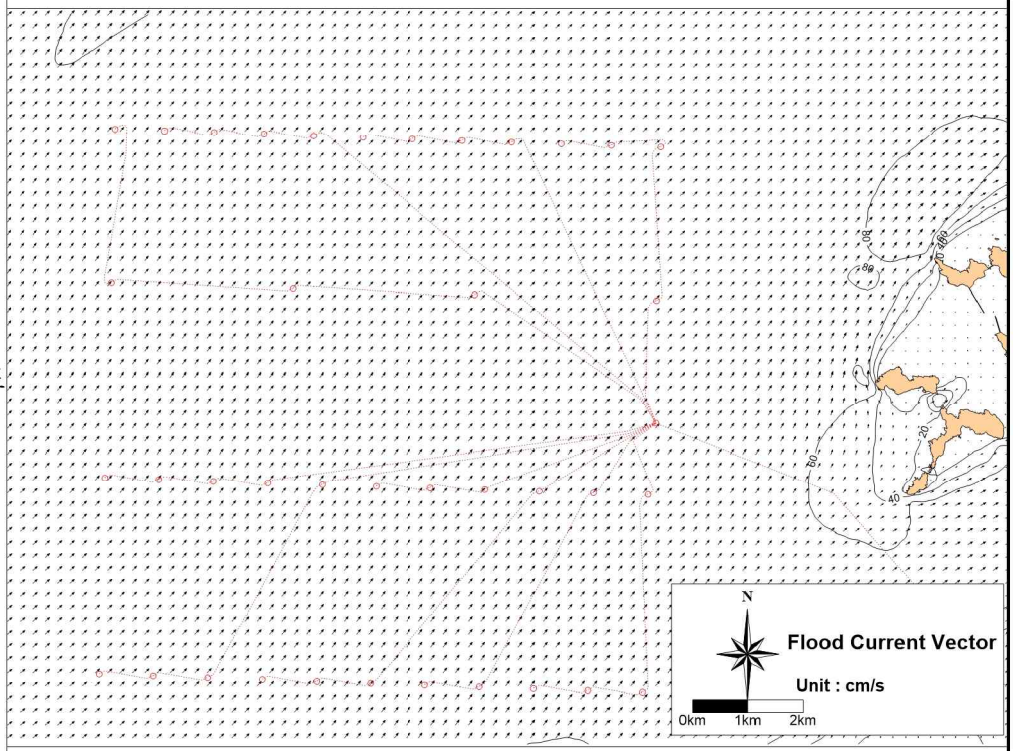
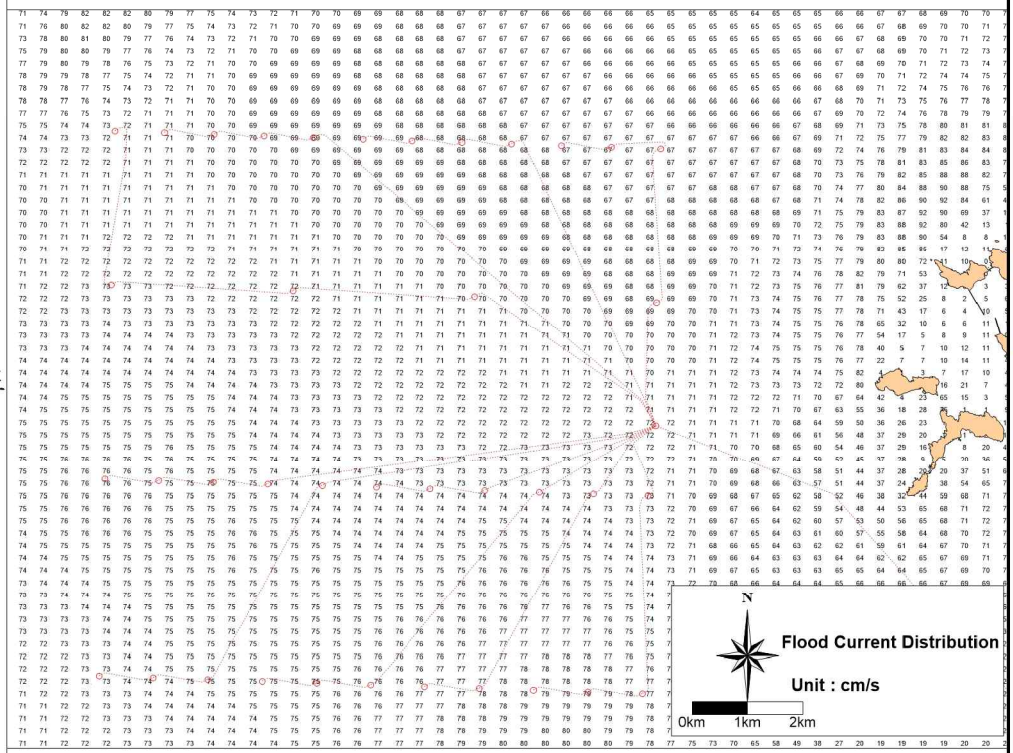
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (10/12)

6차	표층	벡터도	
		분포도	

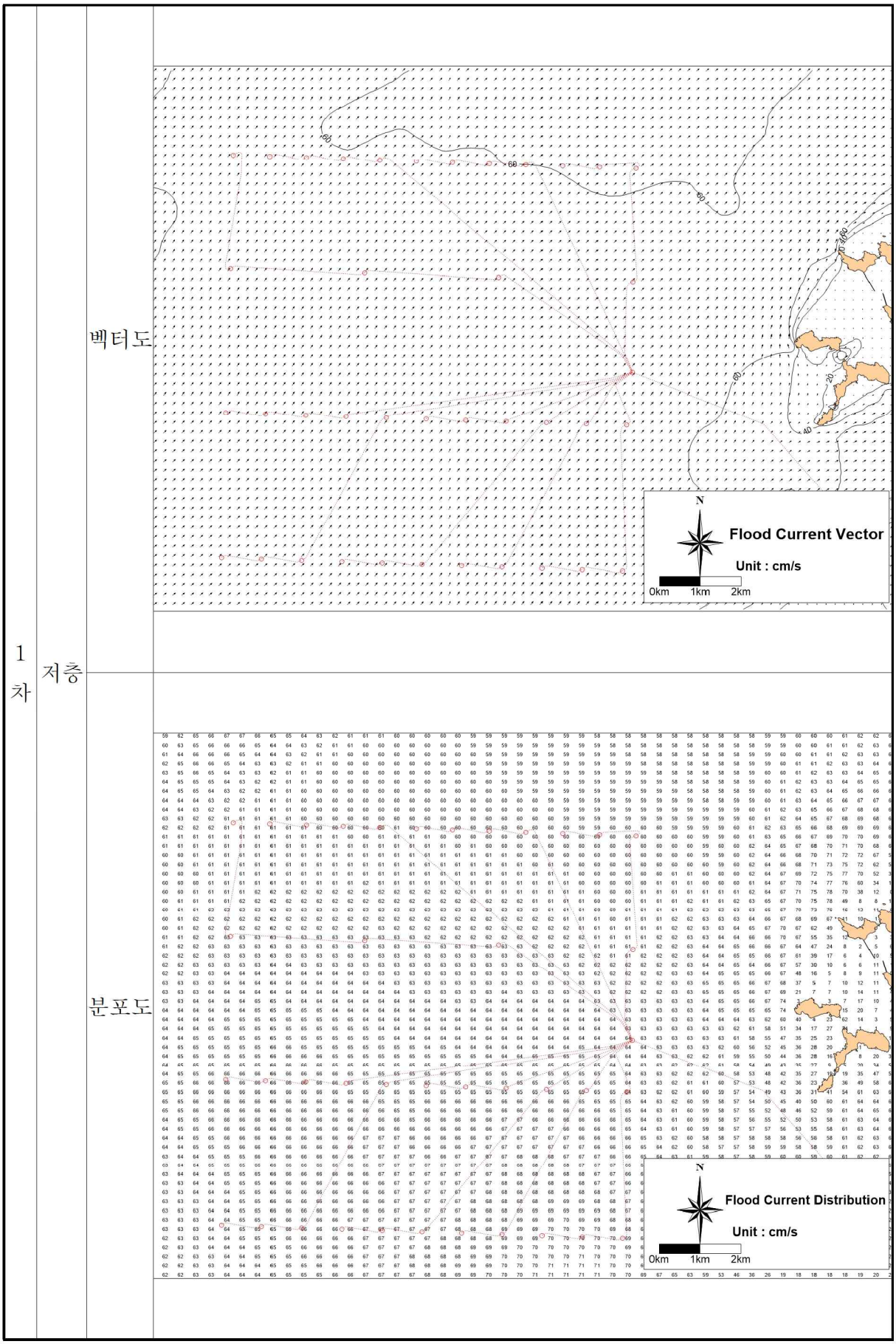
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (11/12)



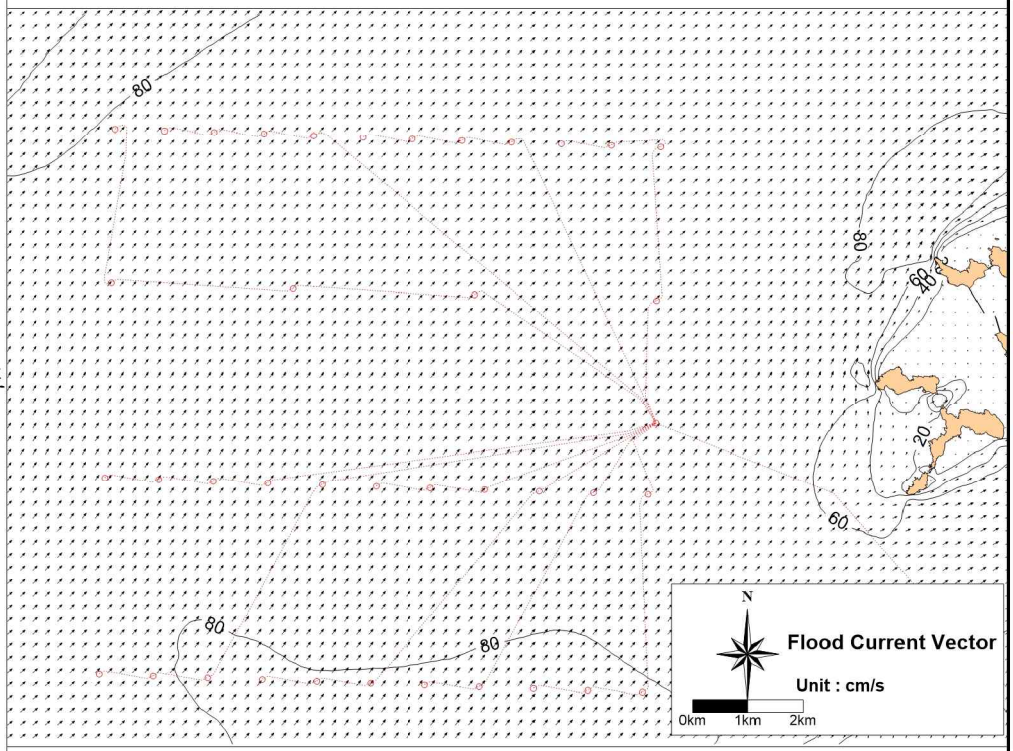
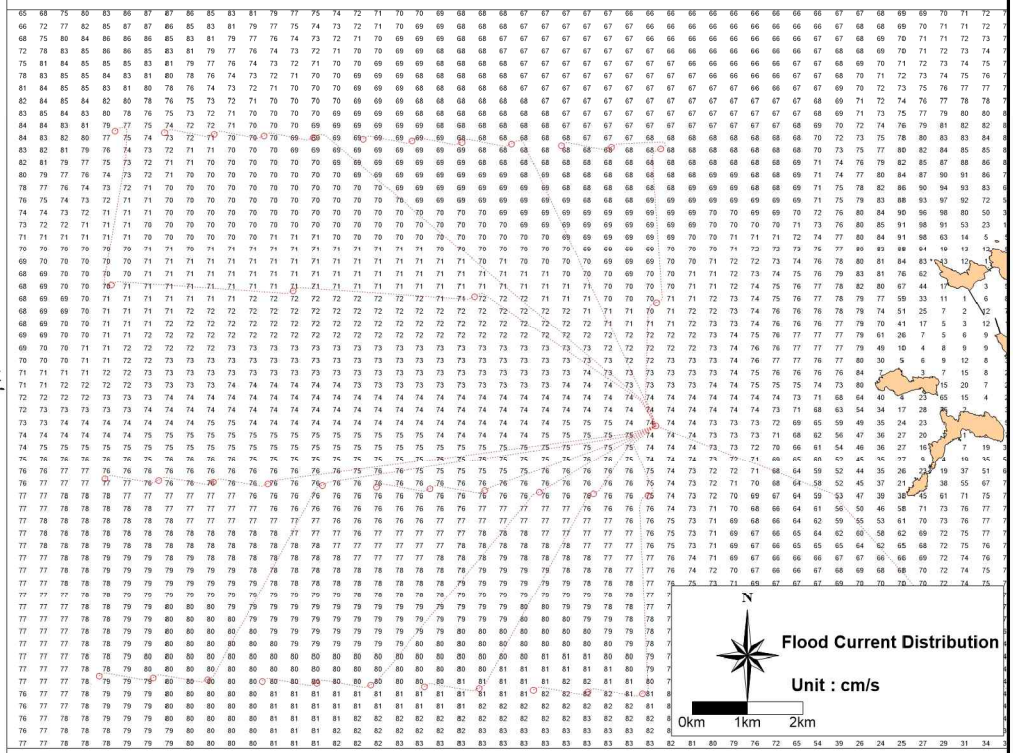
(그림 6.5-6) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (12/12)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

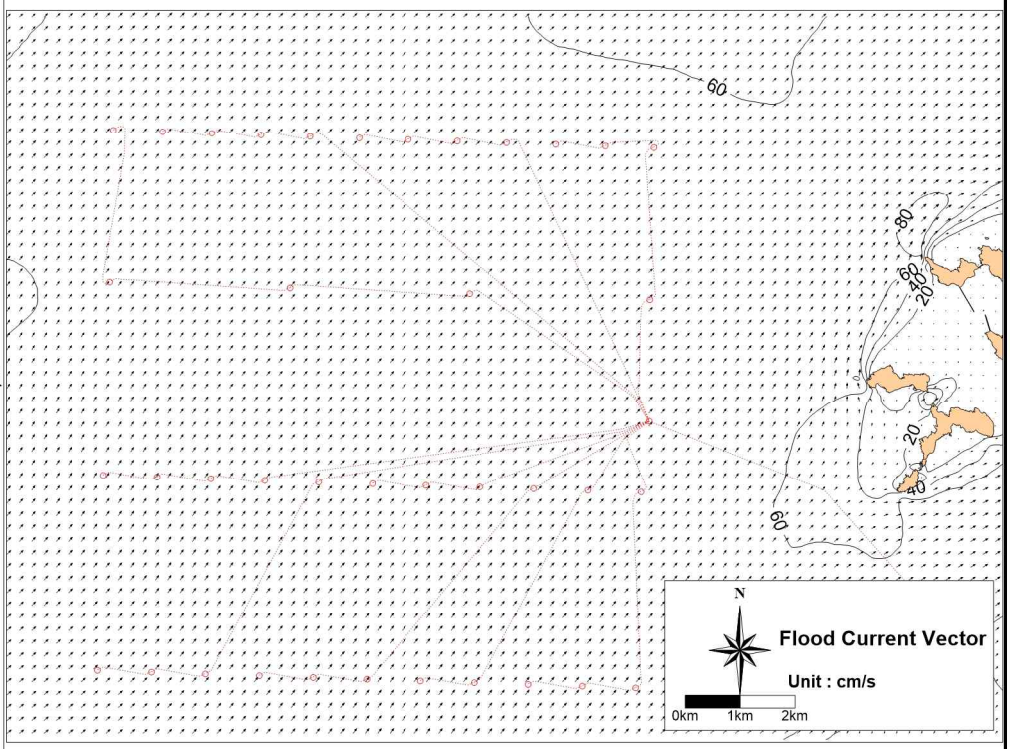
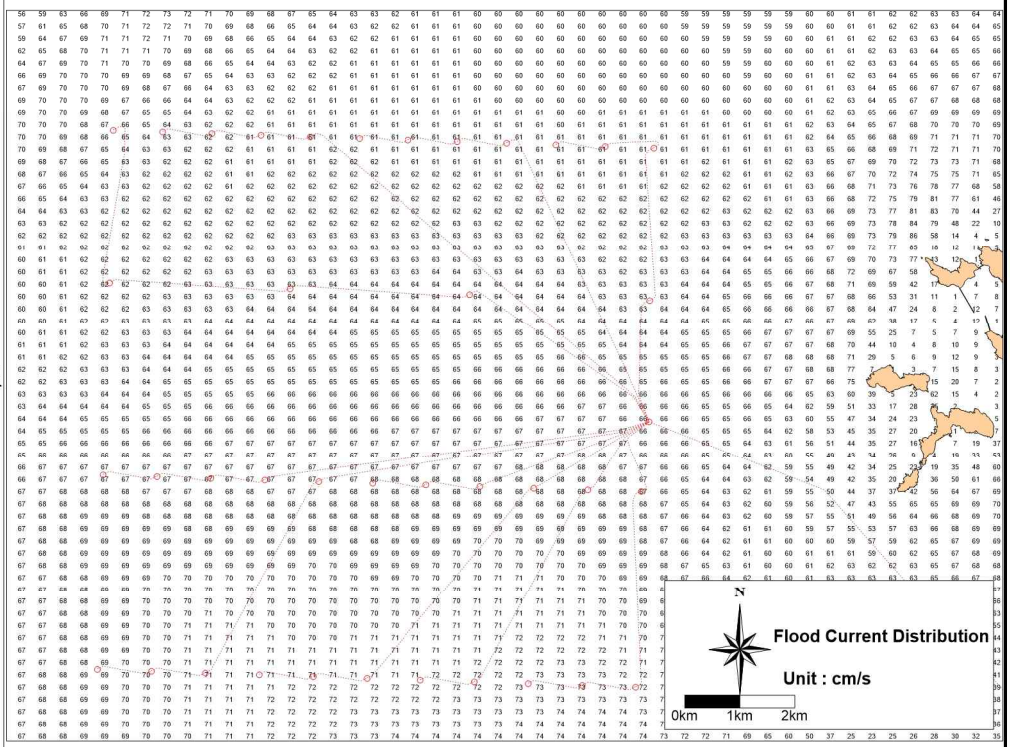
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (1/12)



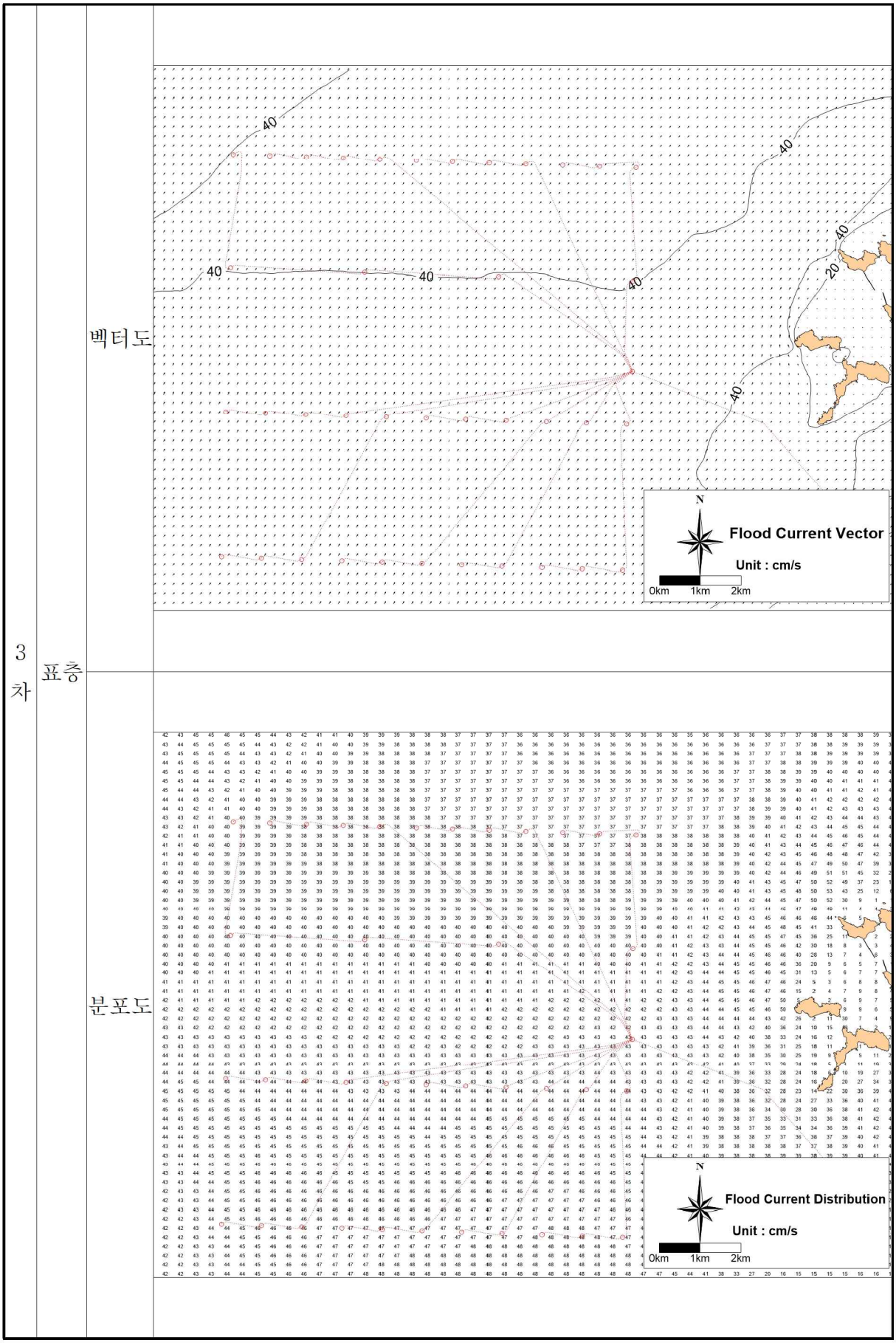
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

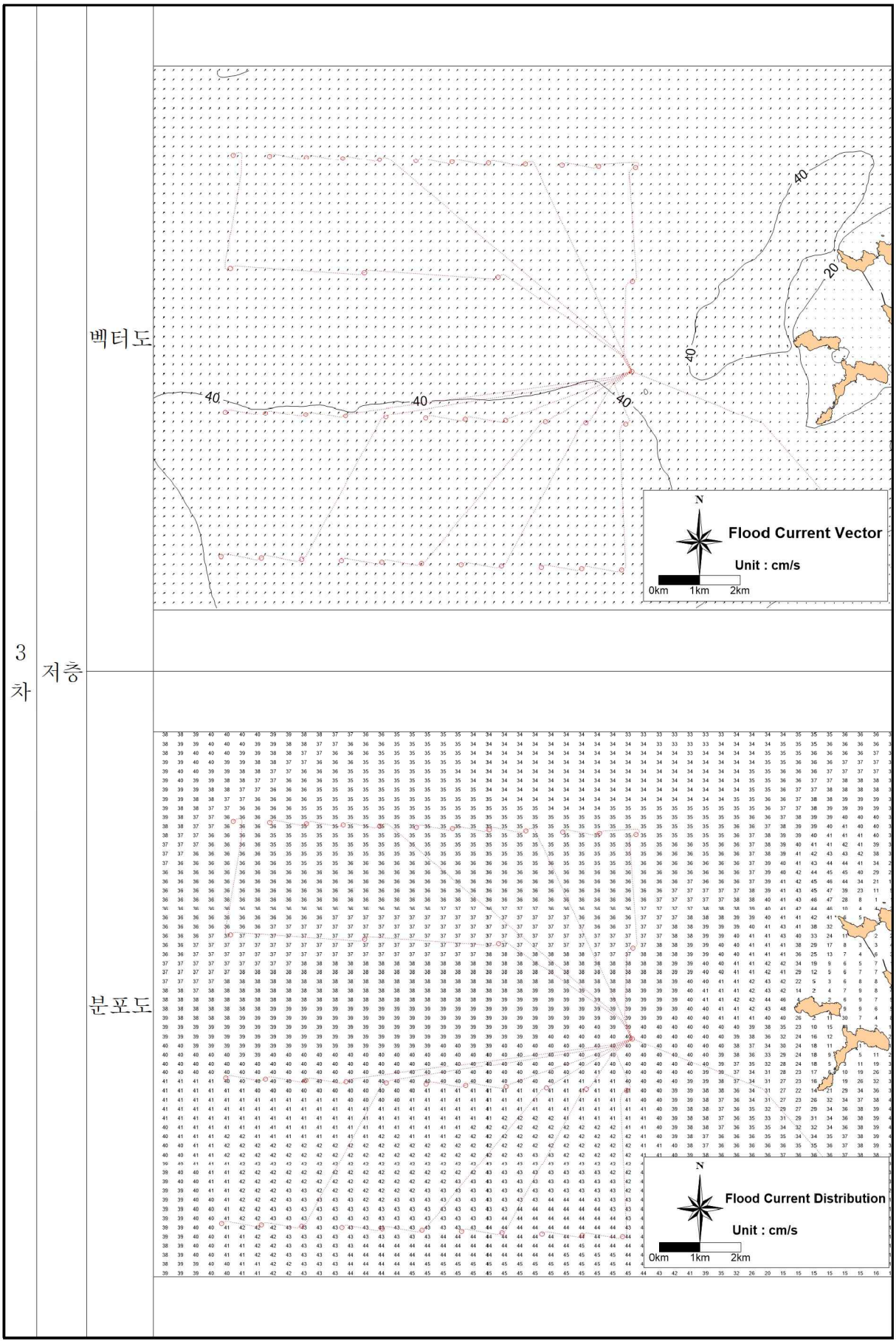
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

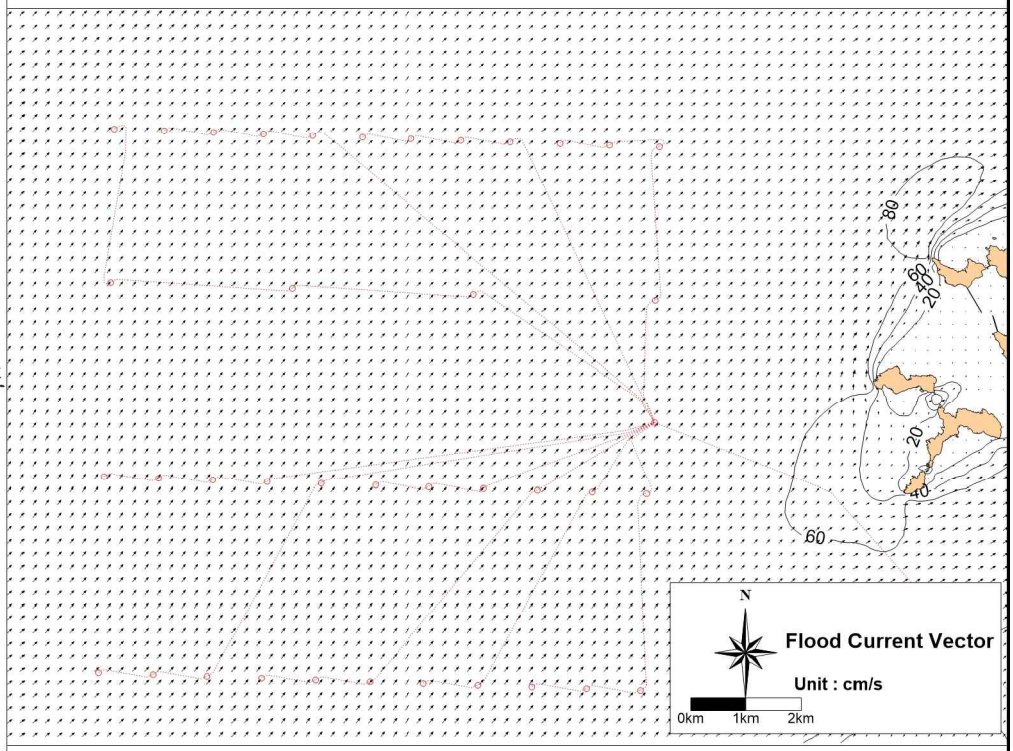
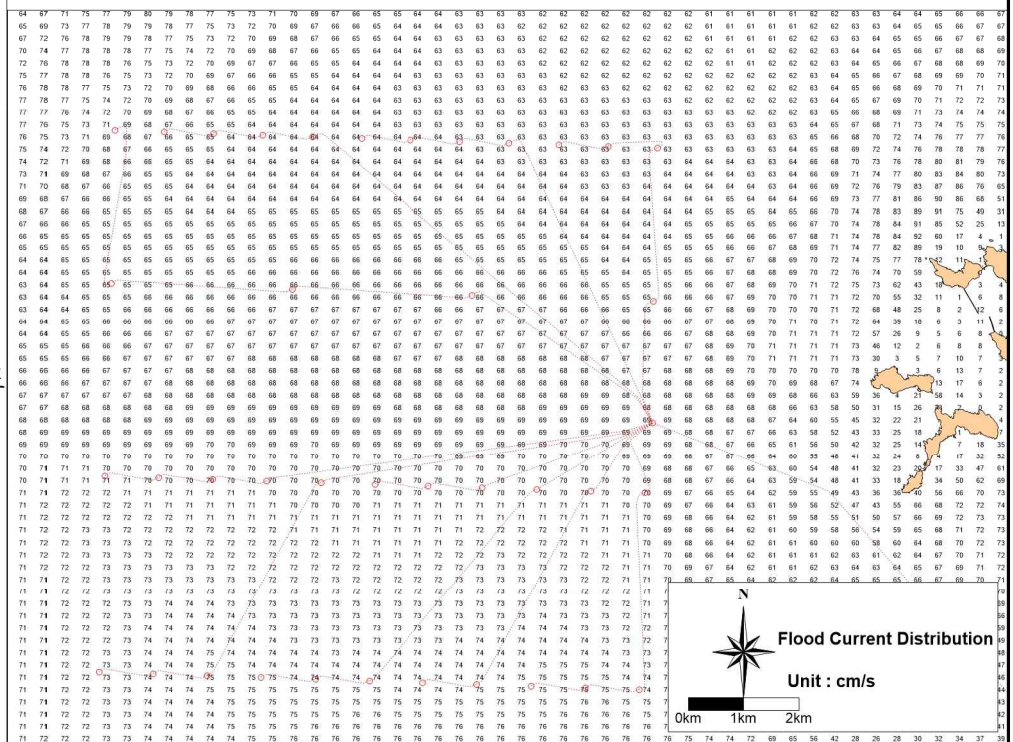
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (4/12)



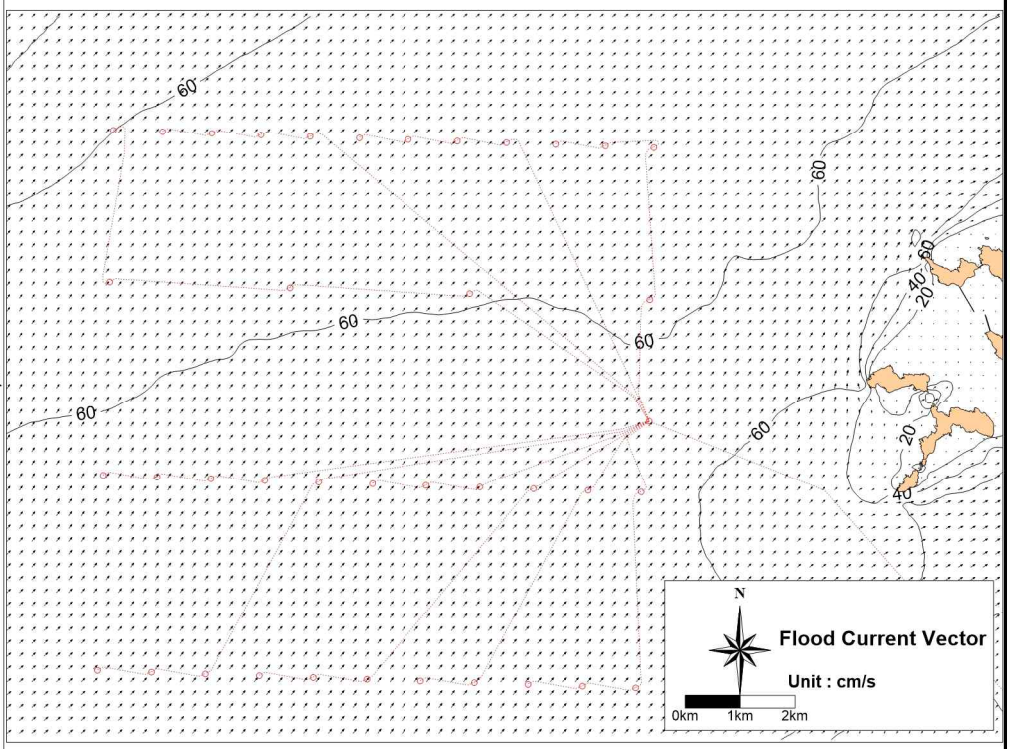
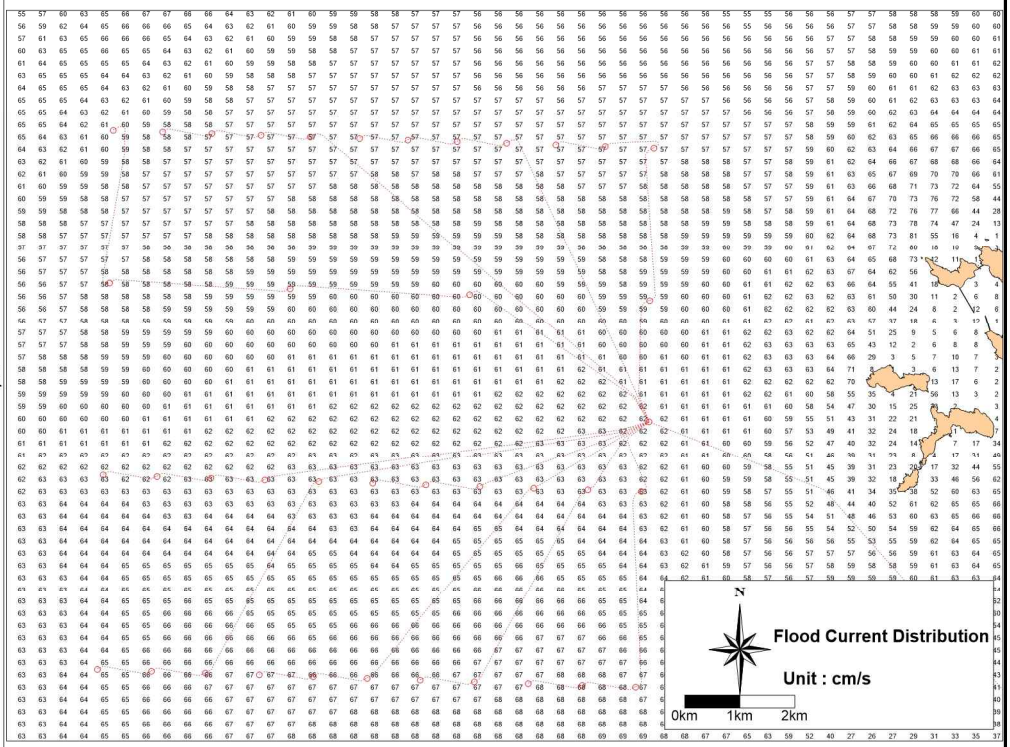
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (5/12)



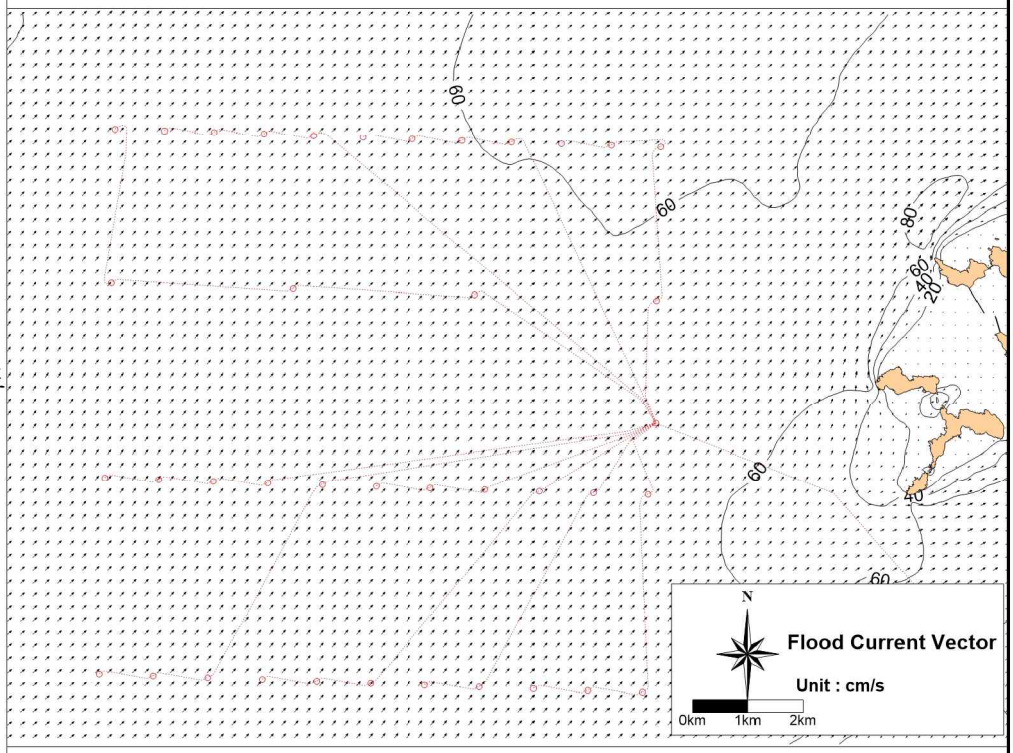
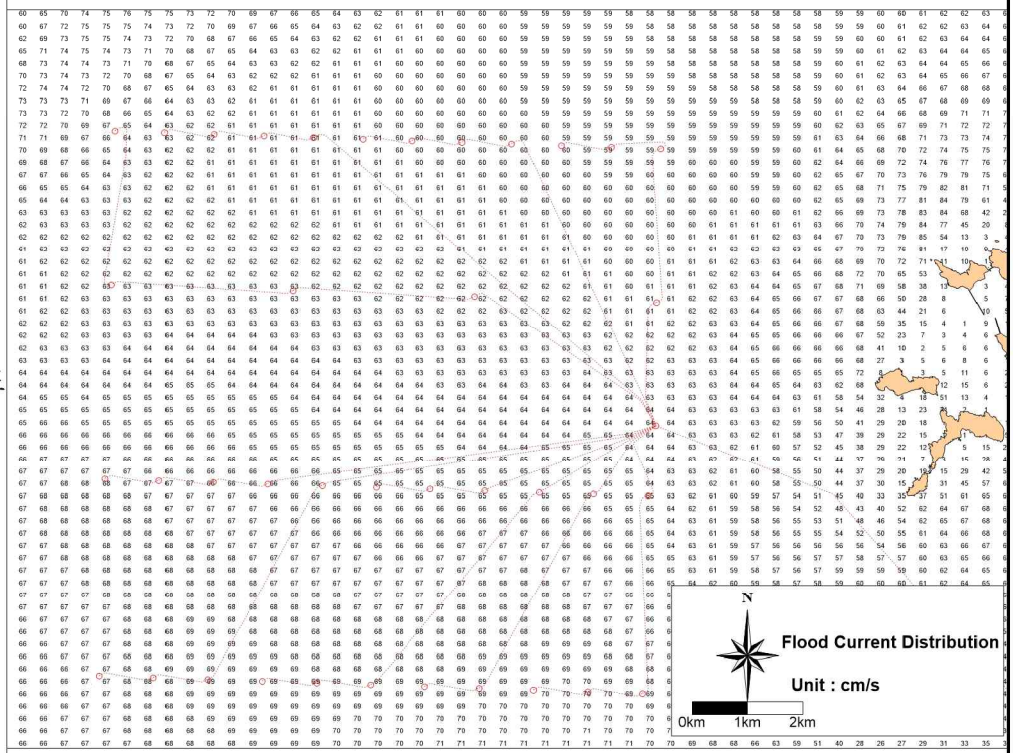
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

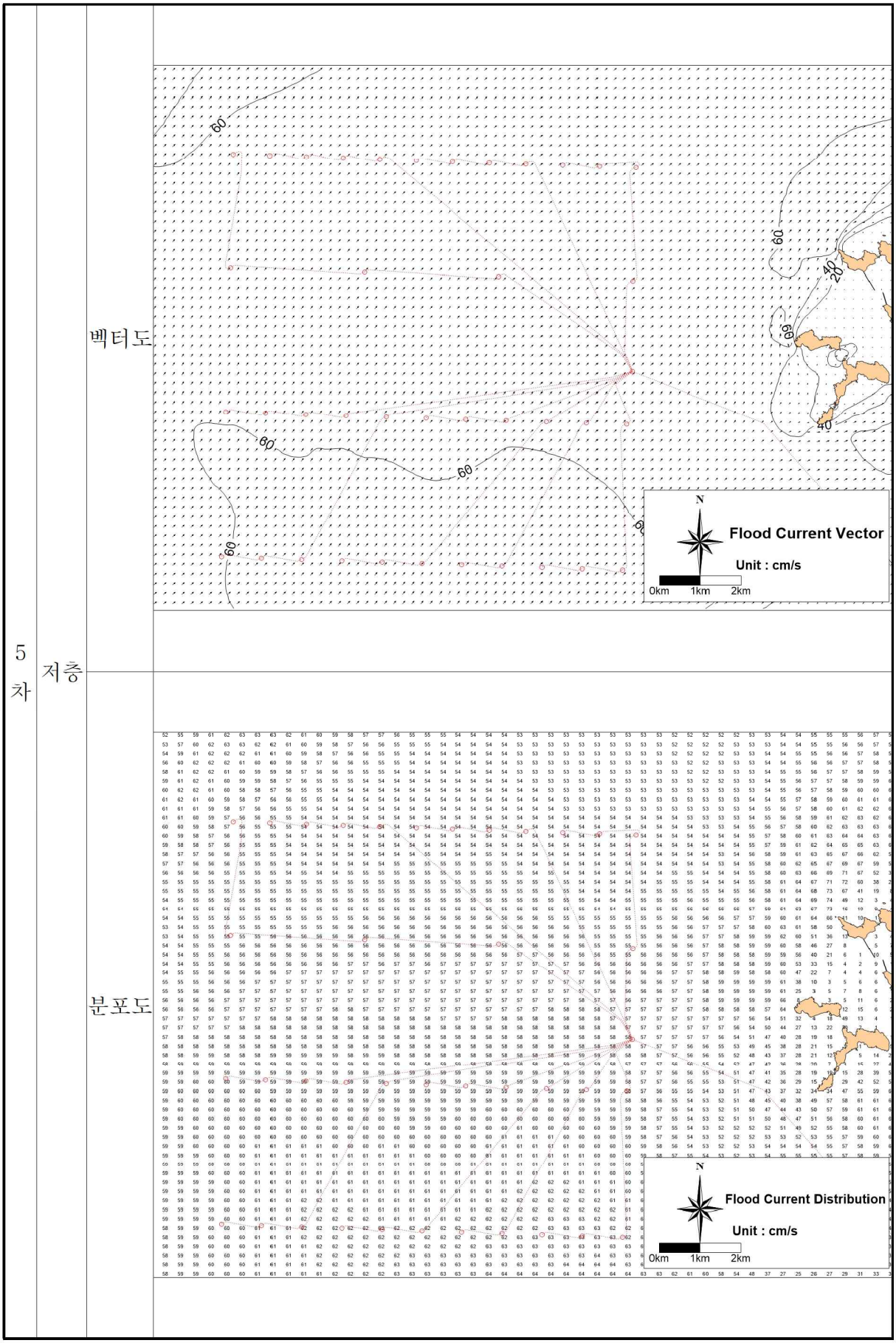
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

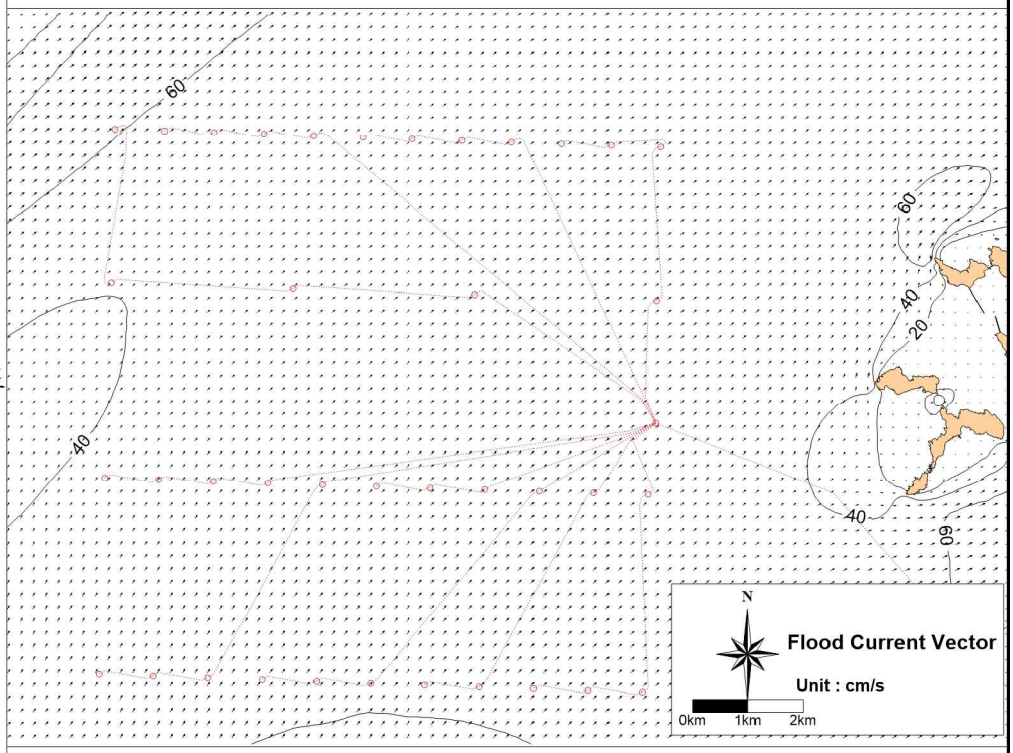
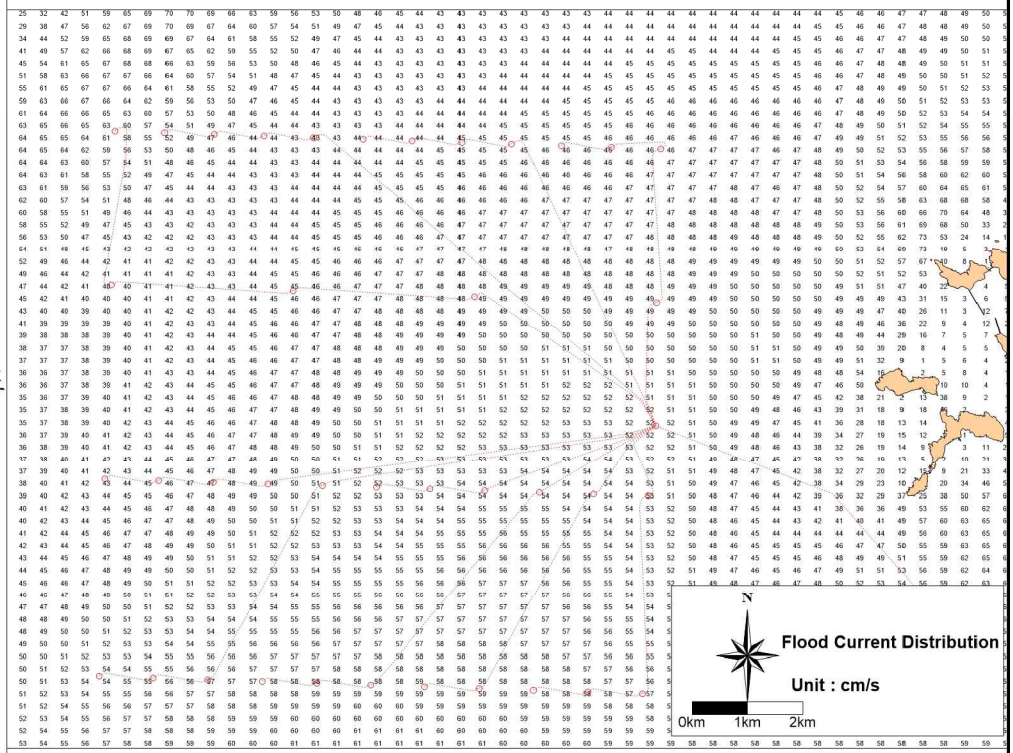
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

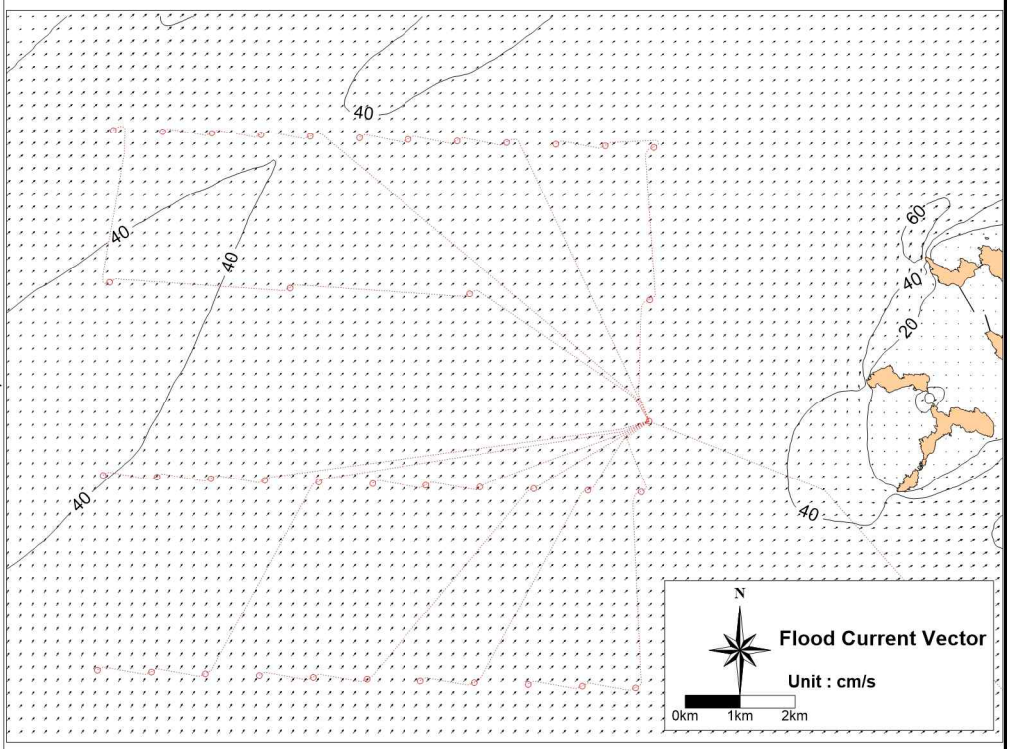
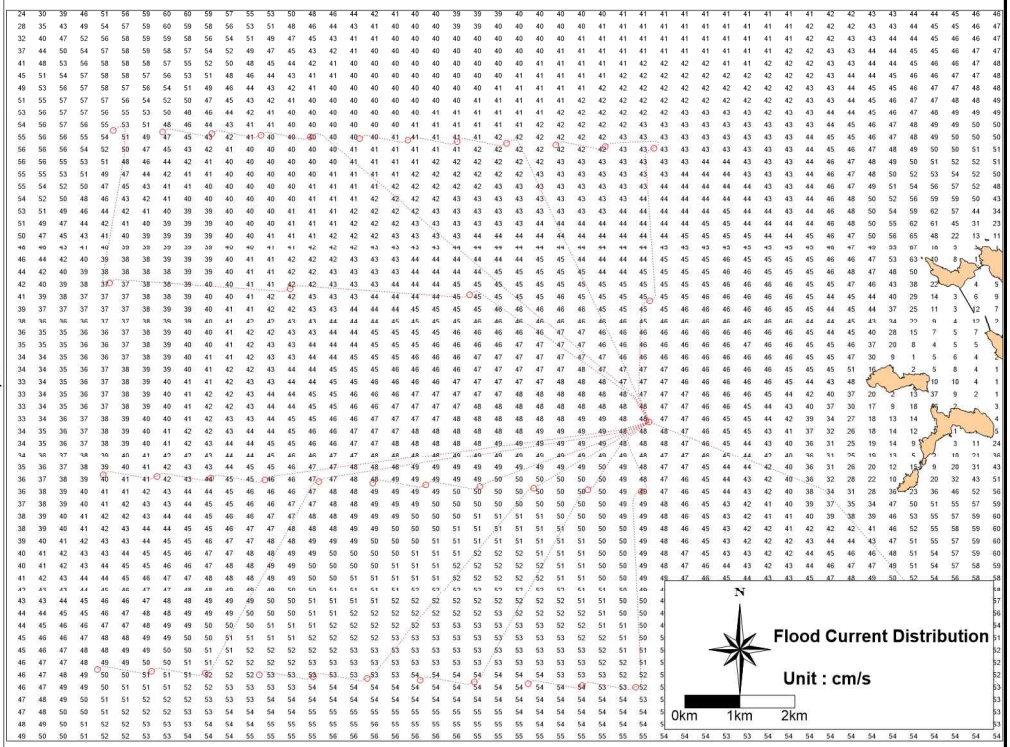
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (9/12)



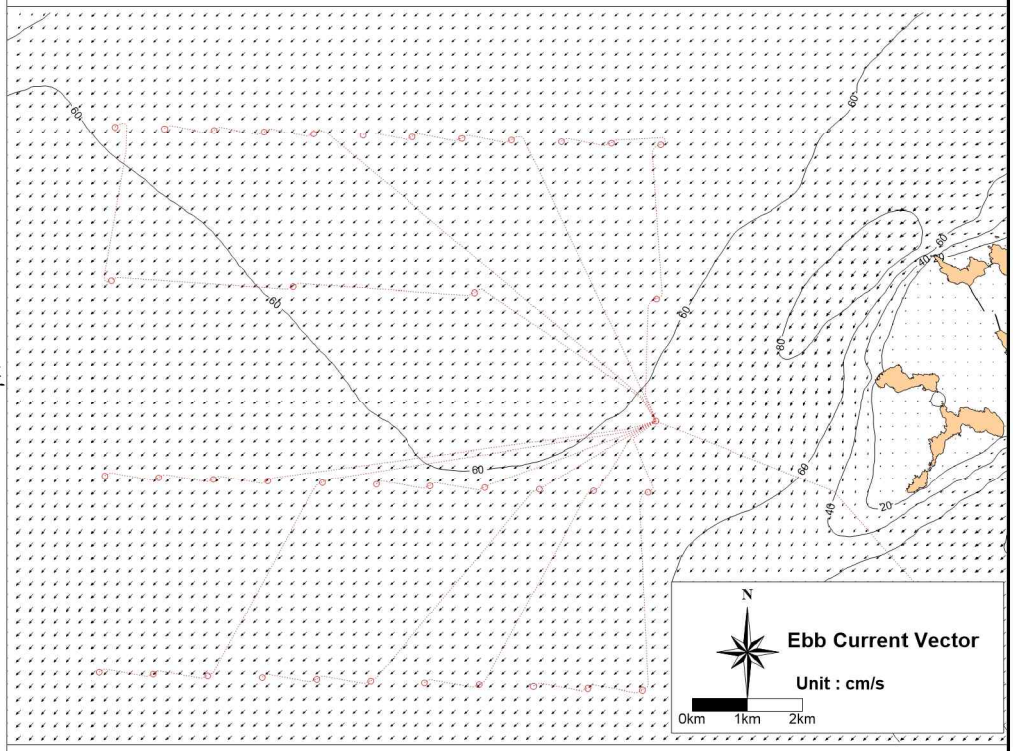
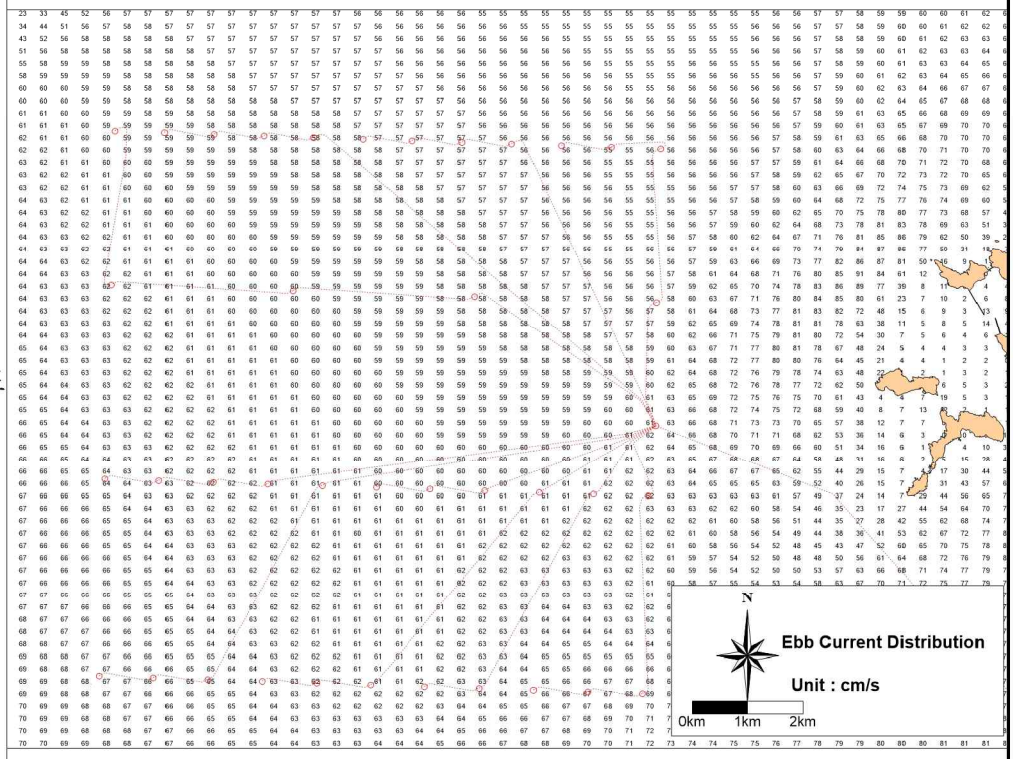
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (10/12)

6 차	표층	벡터도	
		분포도	

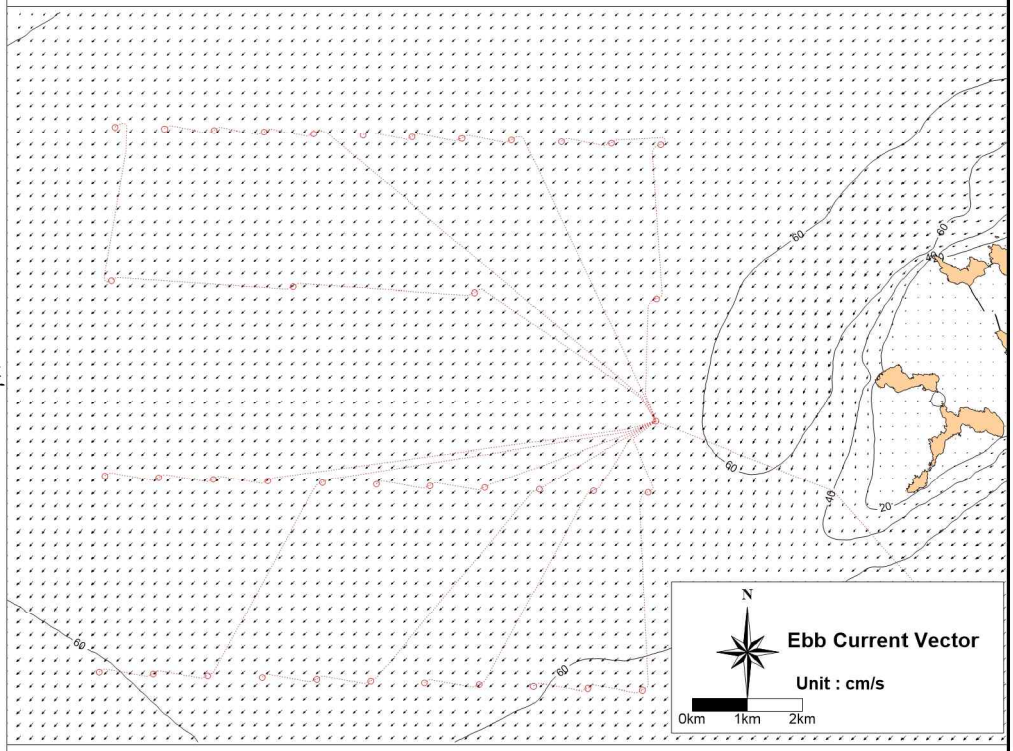
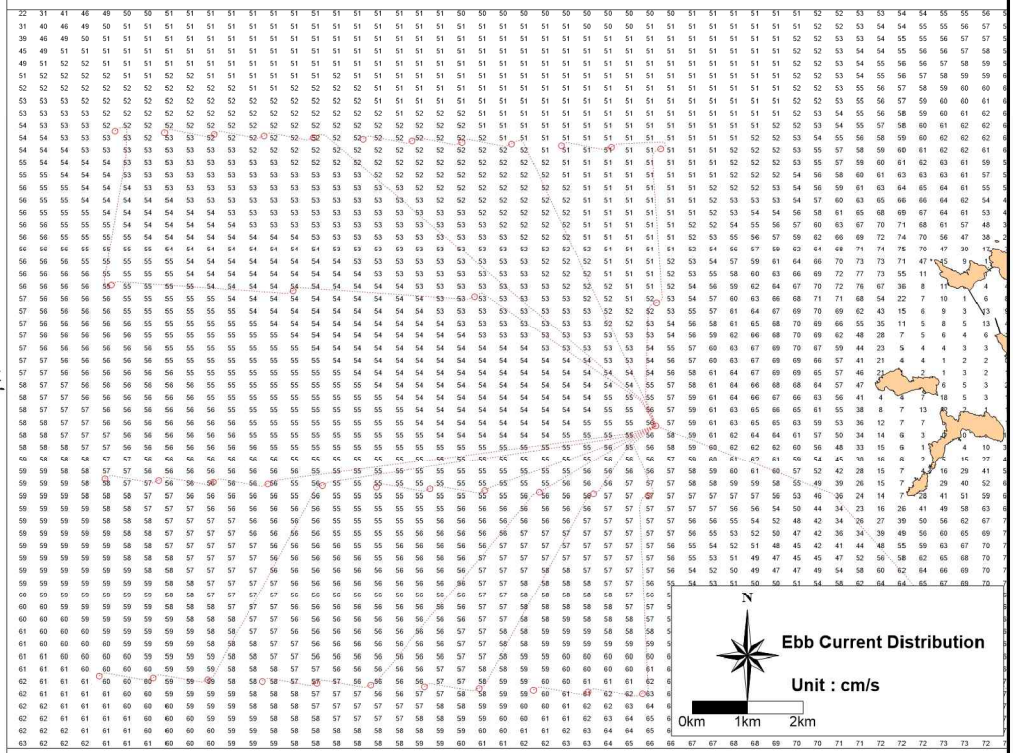
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (11/12)

6차	저층	벡터도	
		분포도	

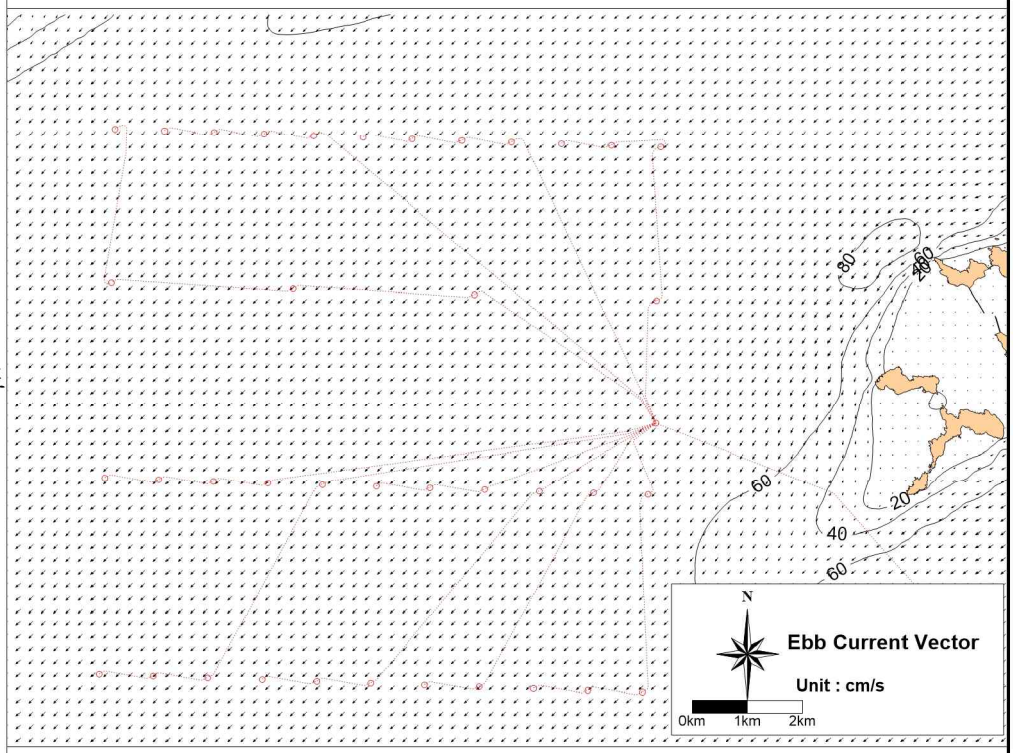
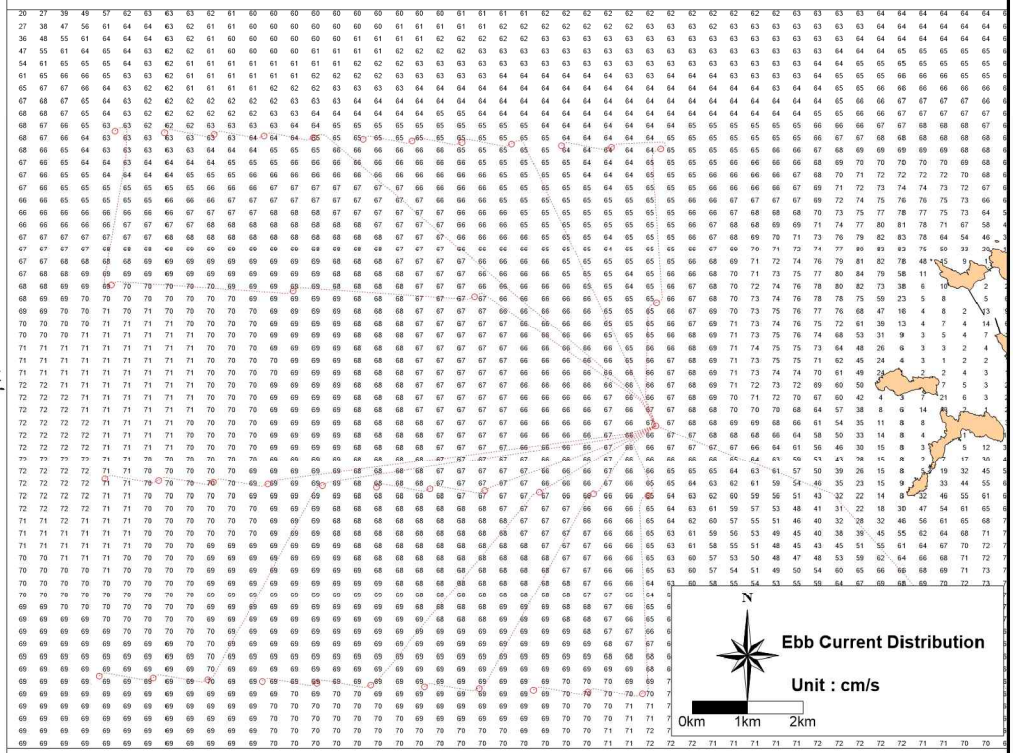
(그림 6.5-7) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (12/12)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

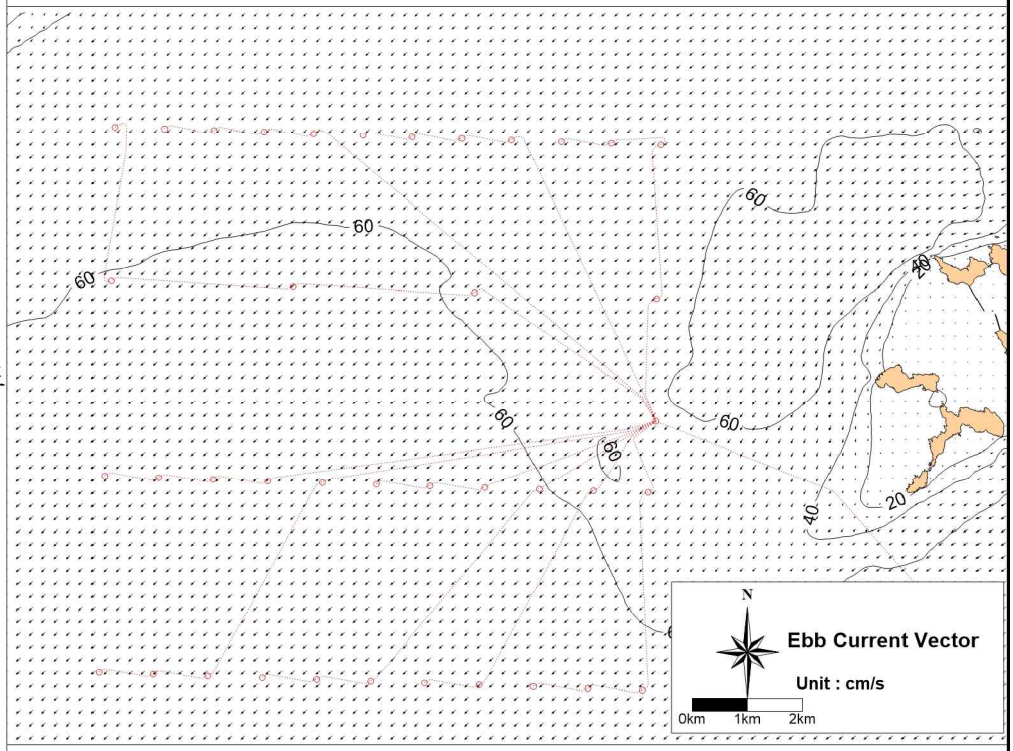
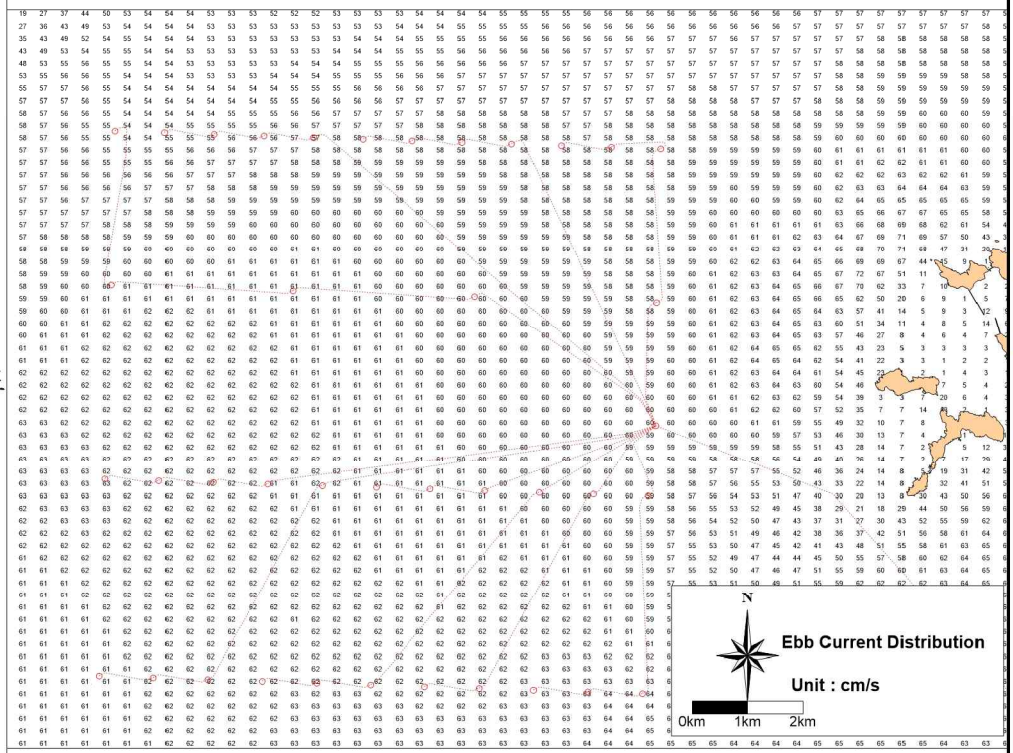
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

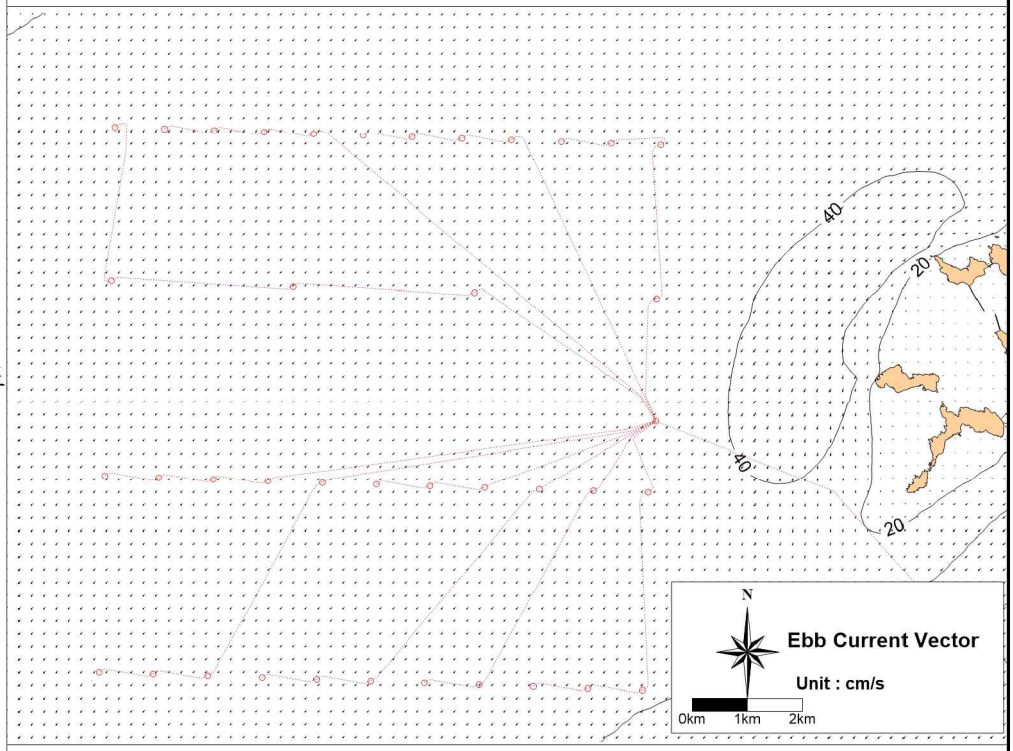
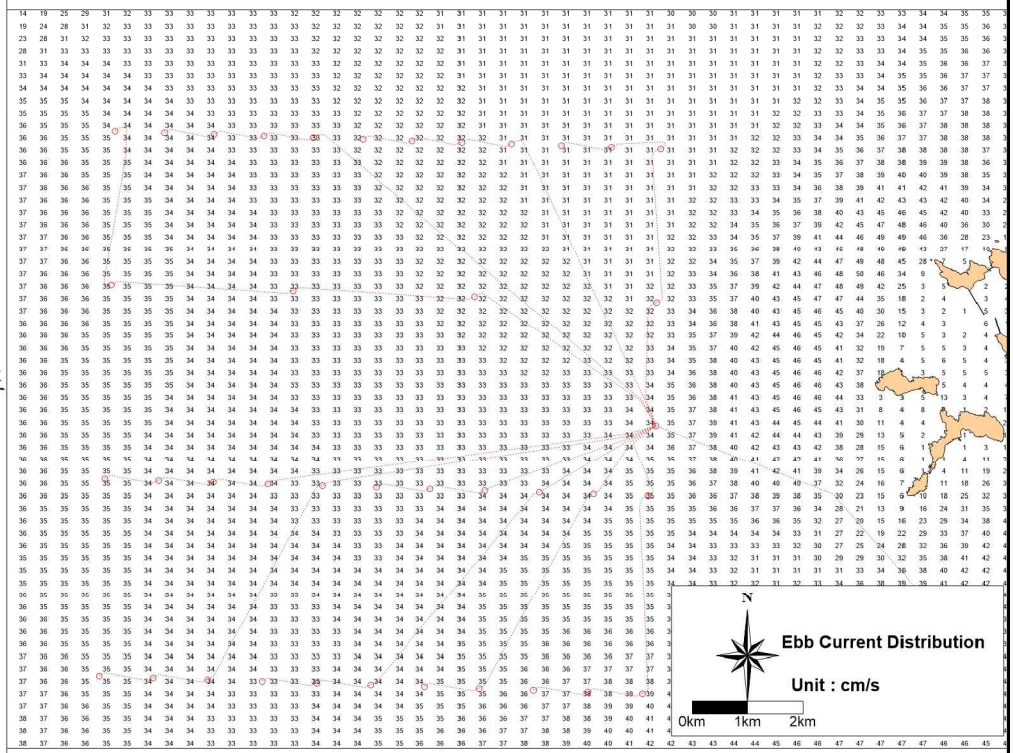
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

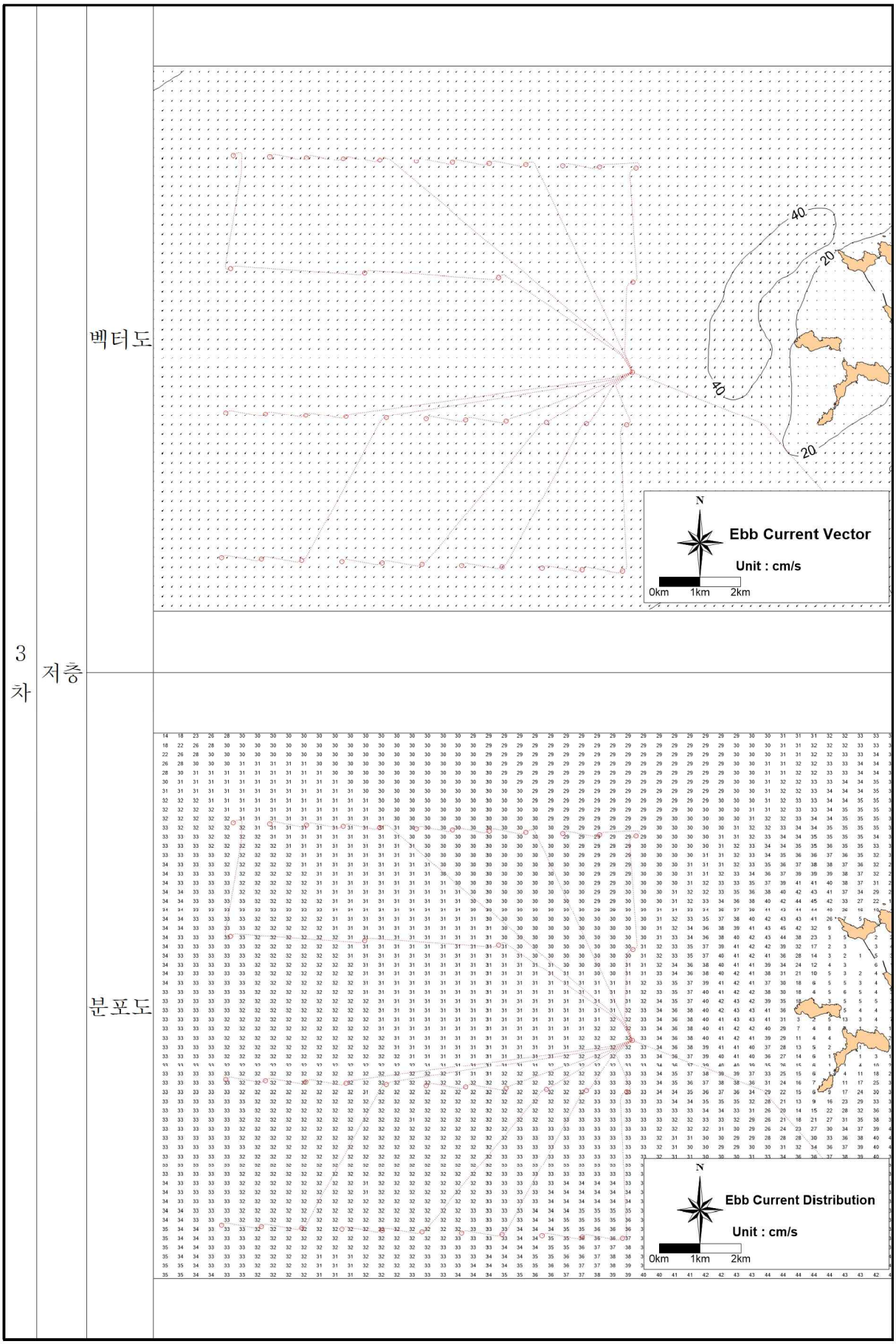
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

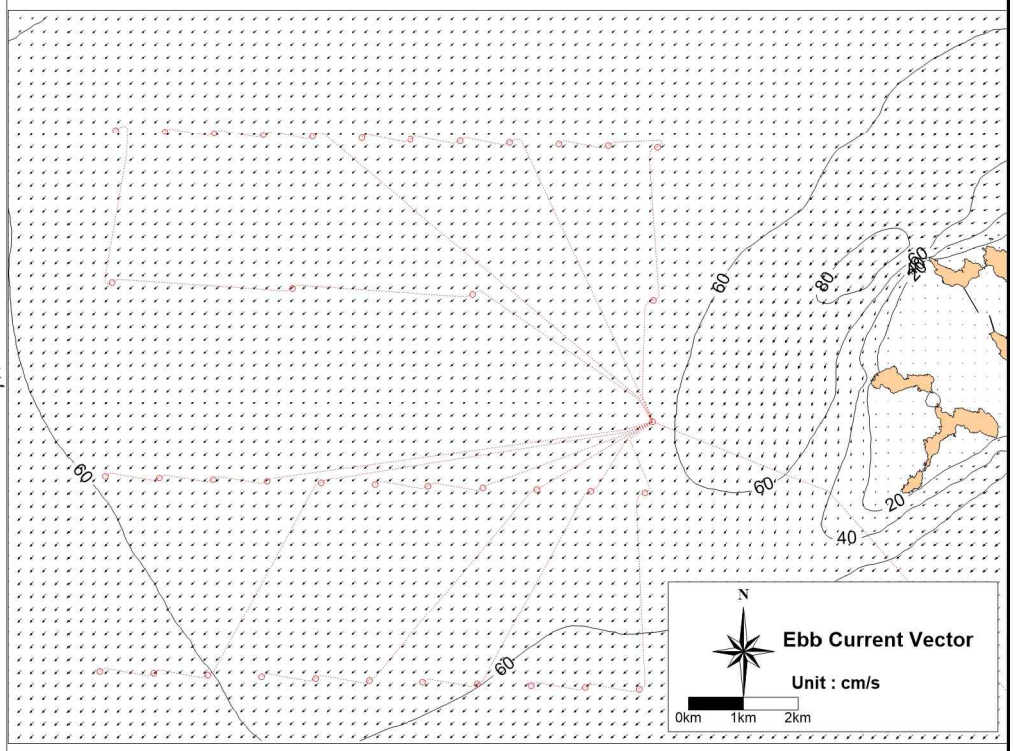
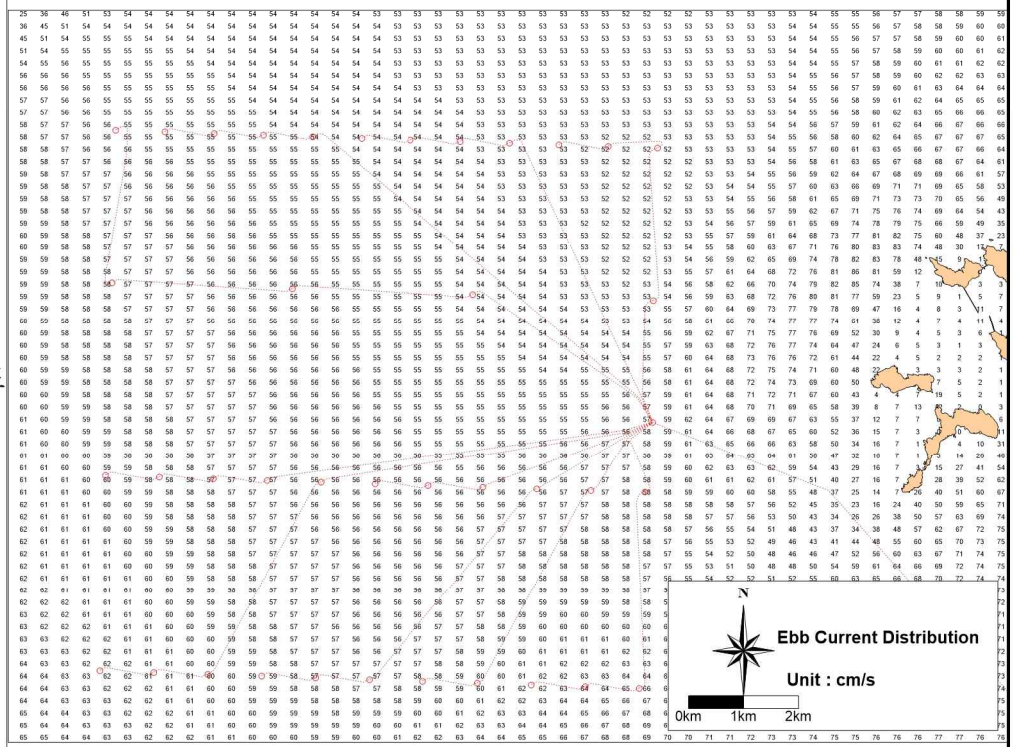
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (4/12)

3차	표층	벡터도	
		분포도	

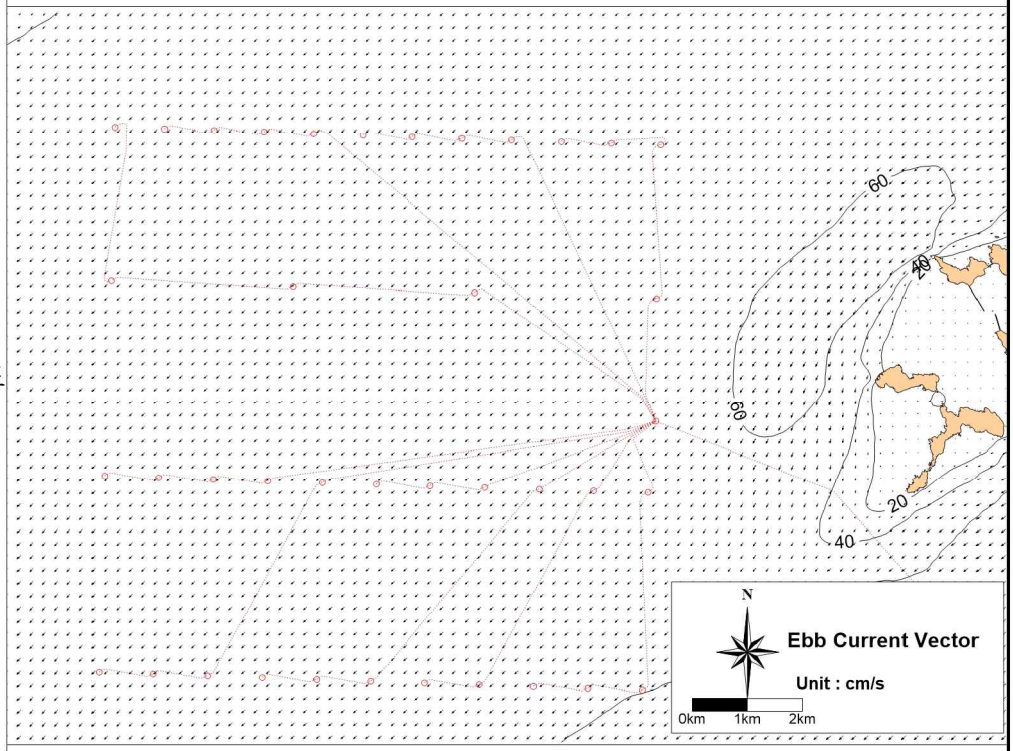
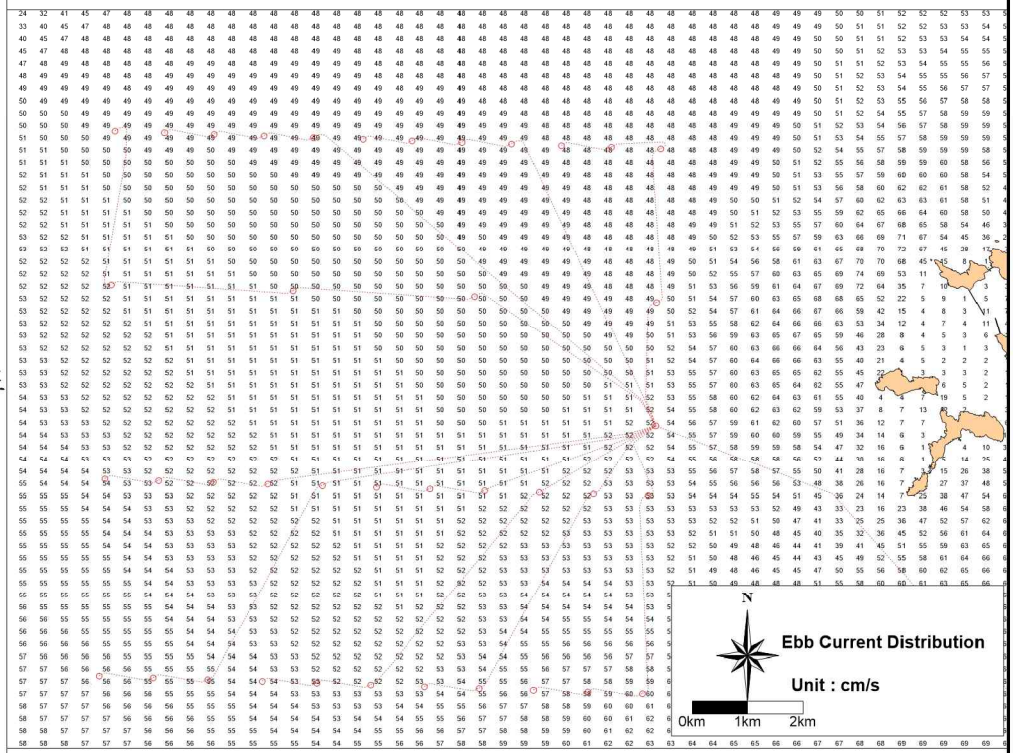
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (5/12)



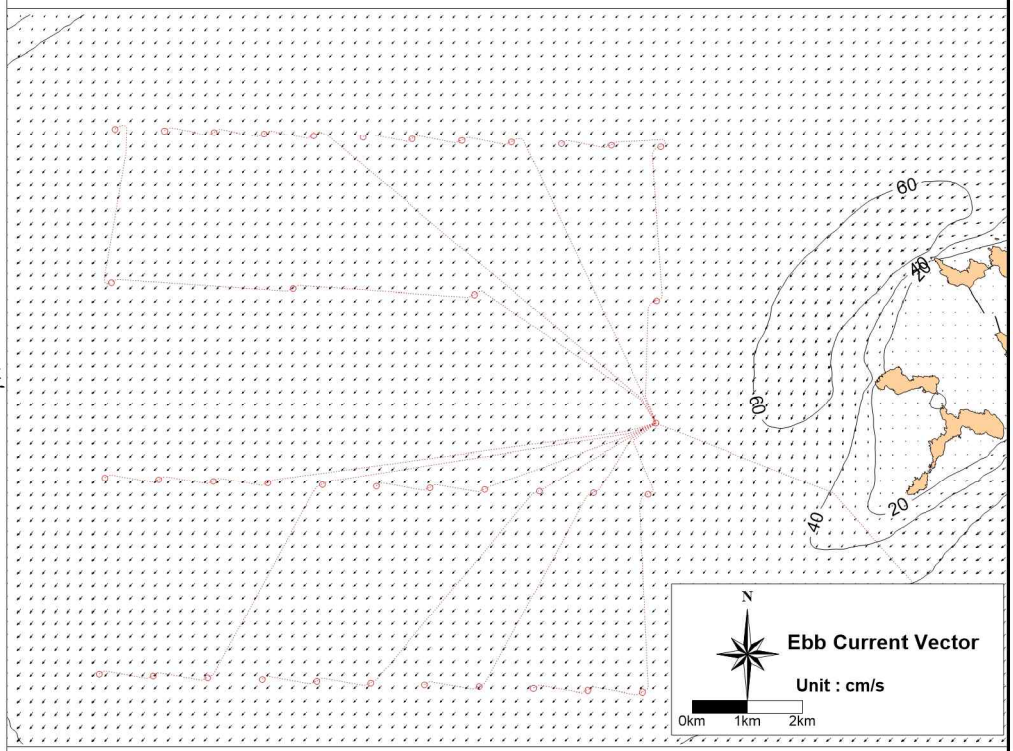
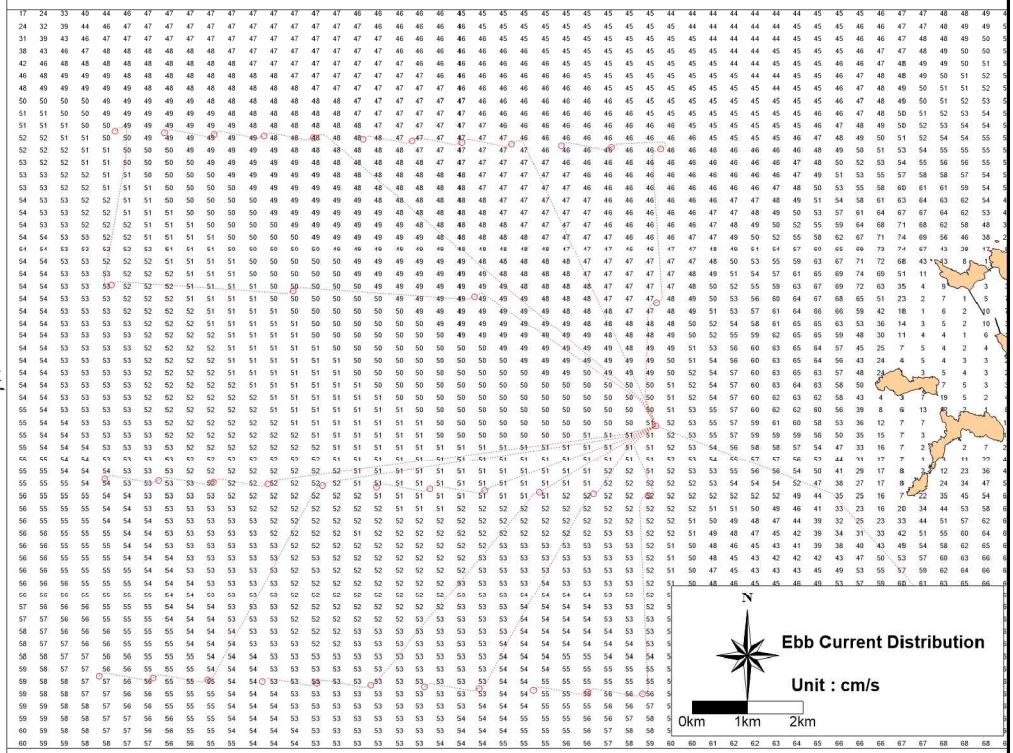
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

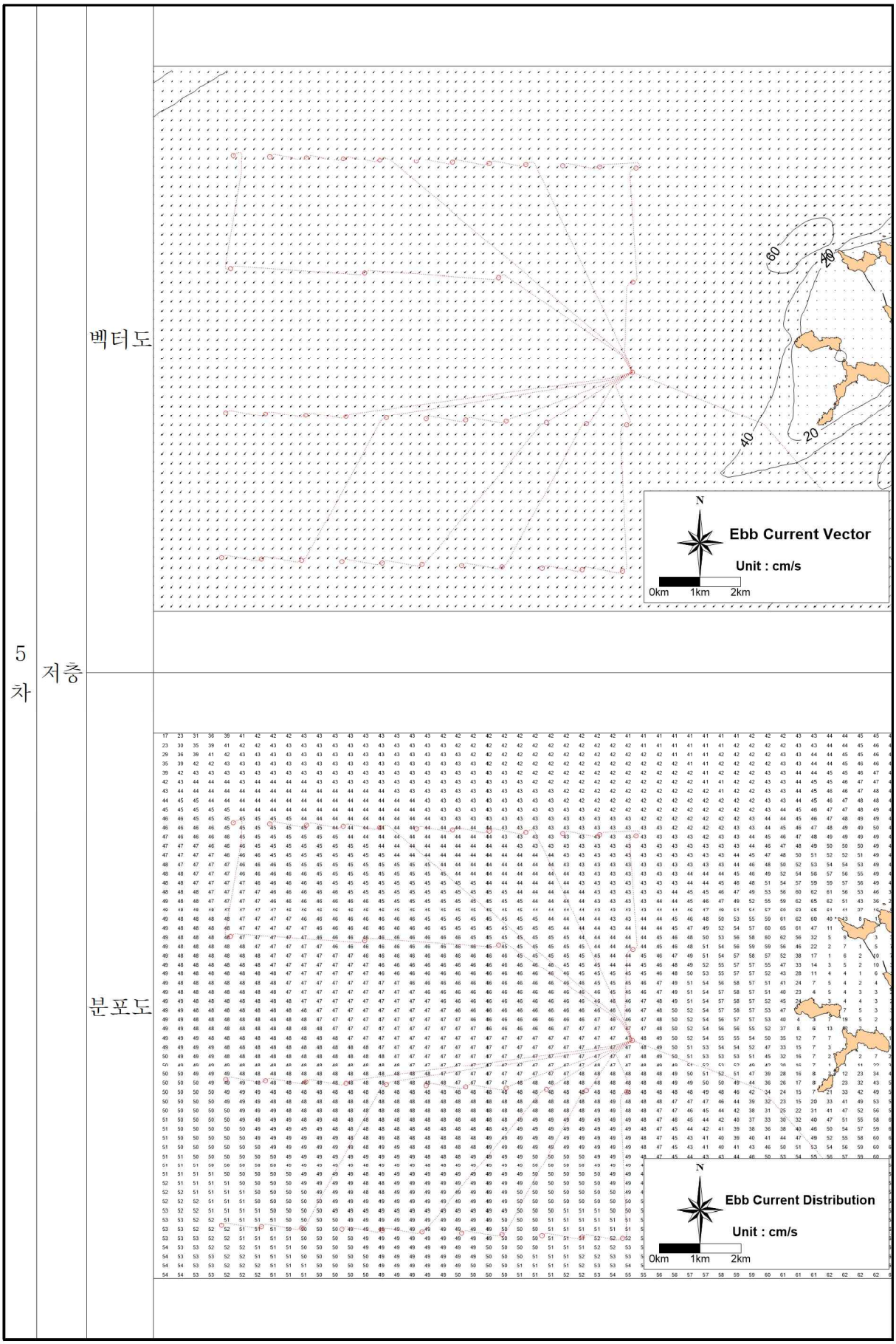
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

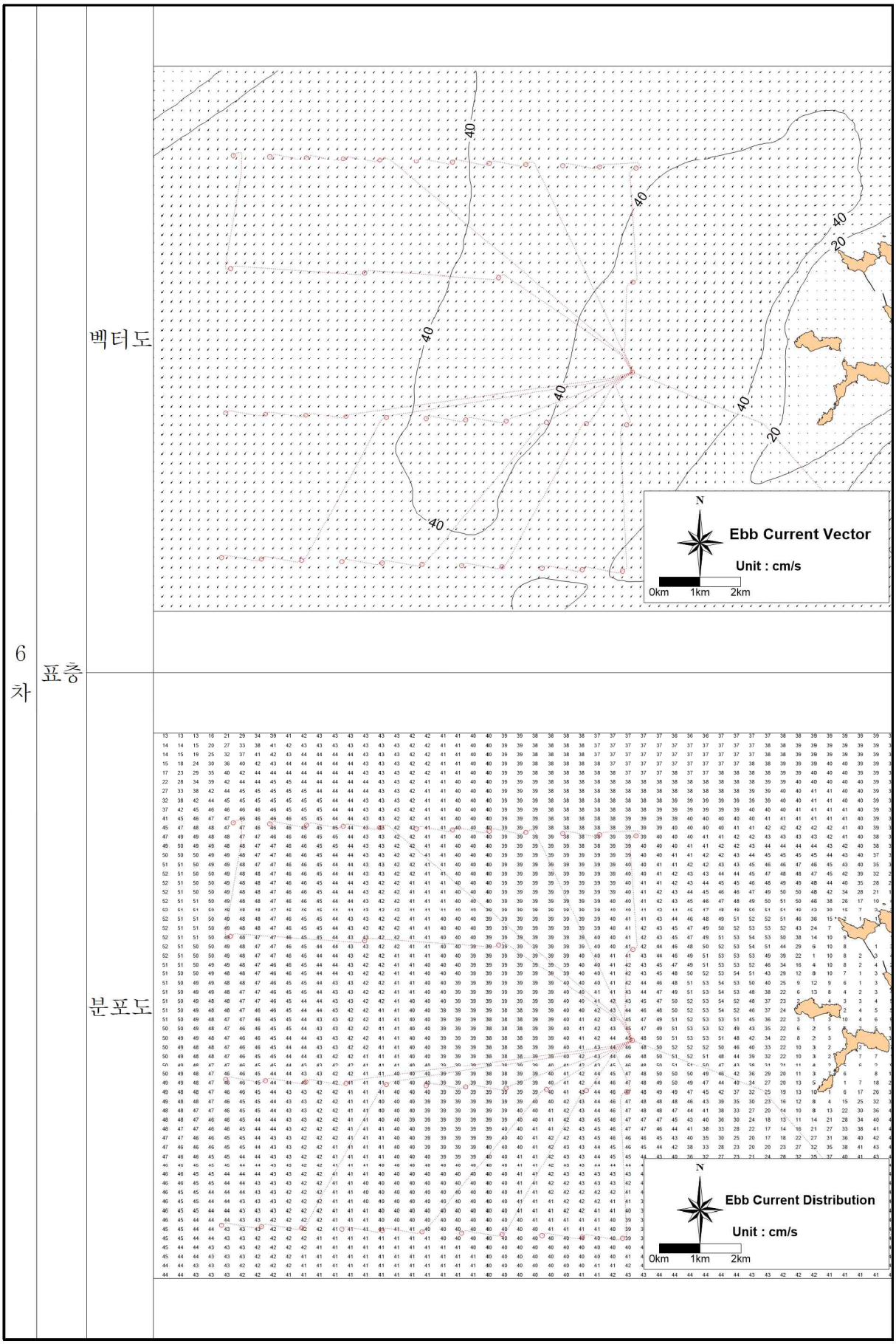
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

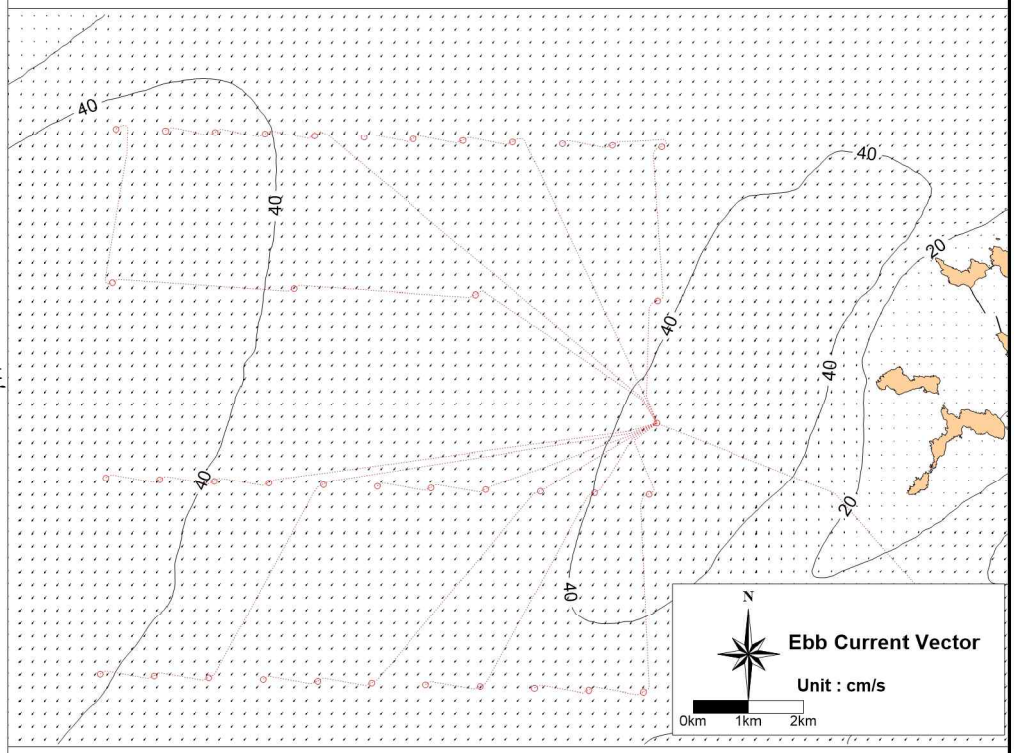
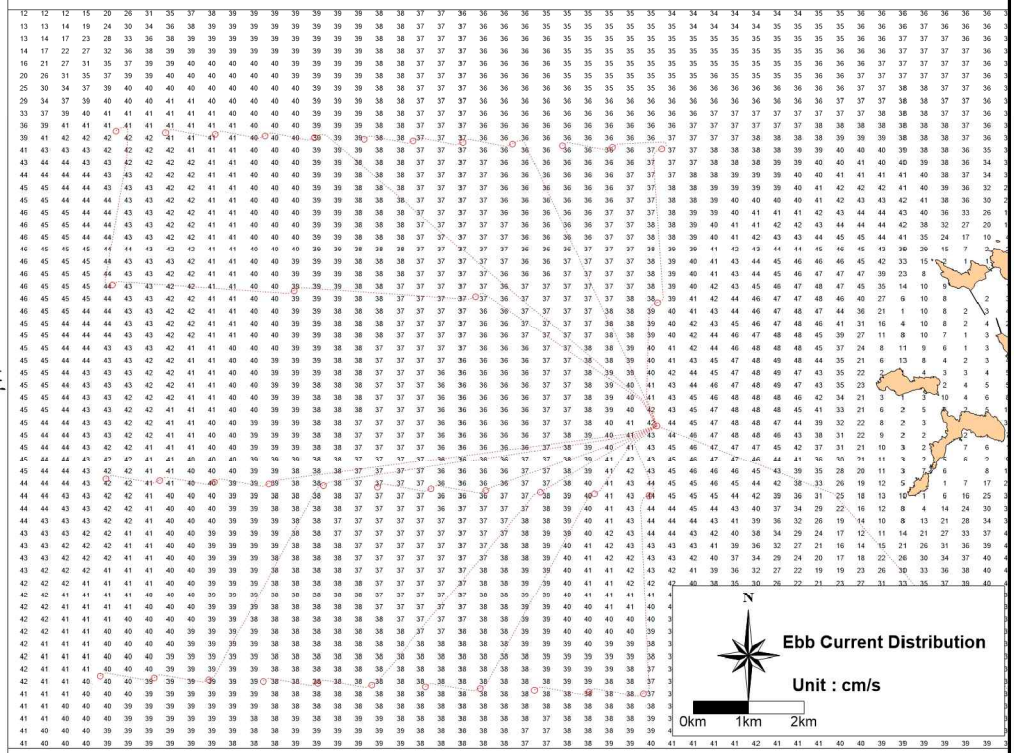
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (9/12)



(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (10/12)



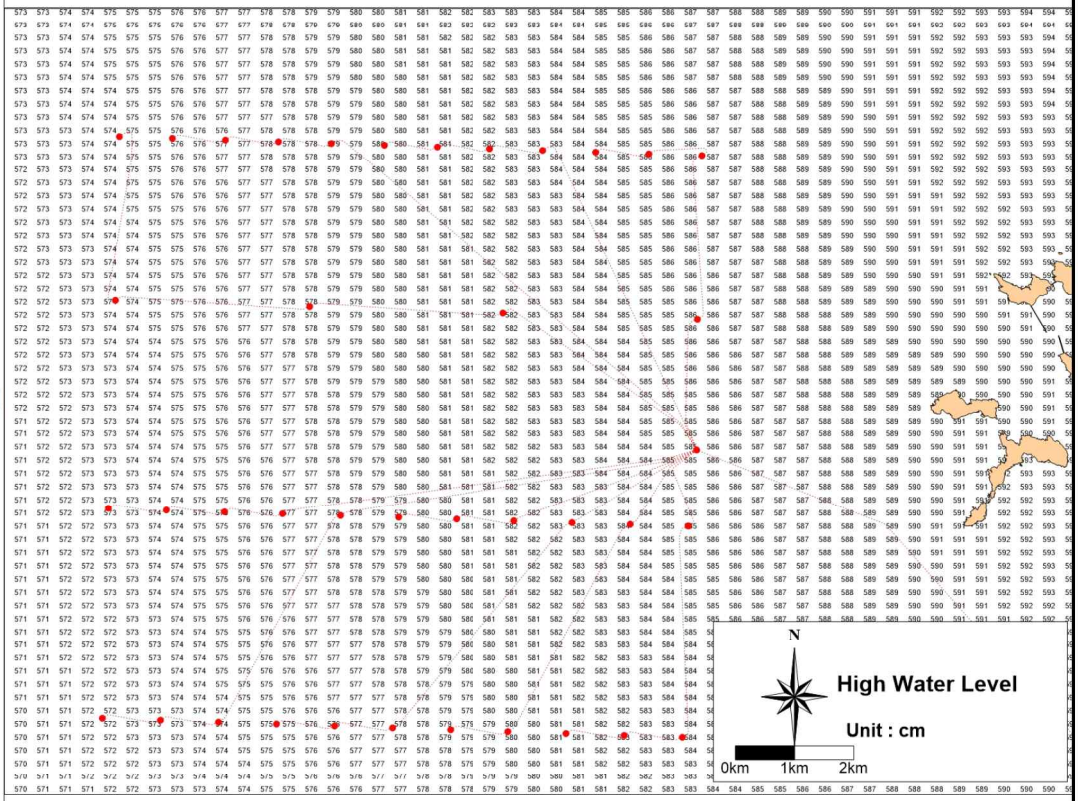
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (11/12)

6 차	저층	벡터도	
		분포도	

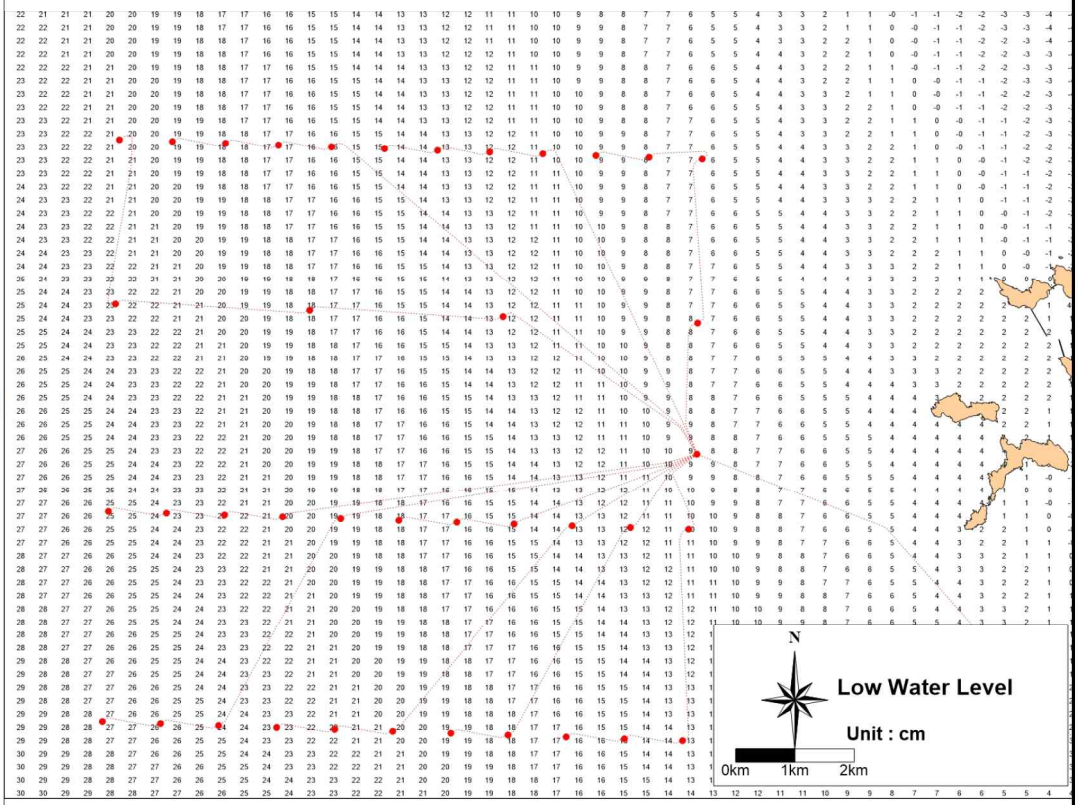
(그림 6.5-8) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 전) (12/12)

1차

고조위



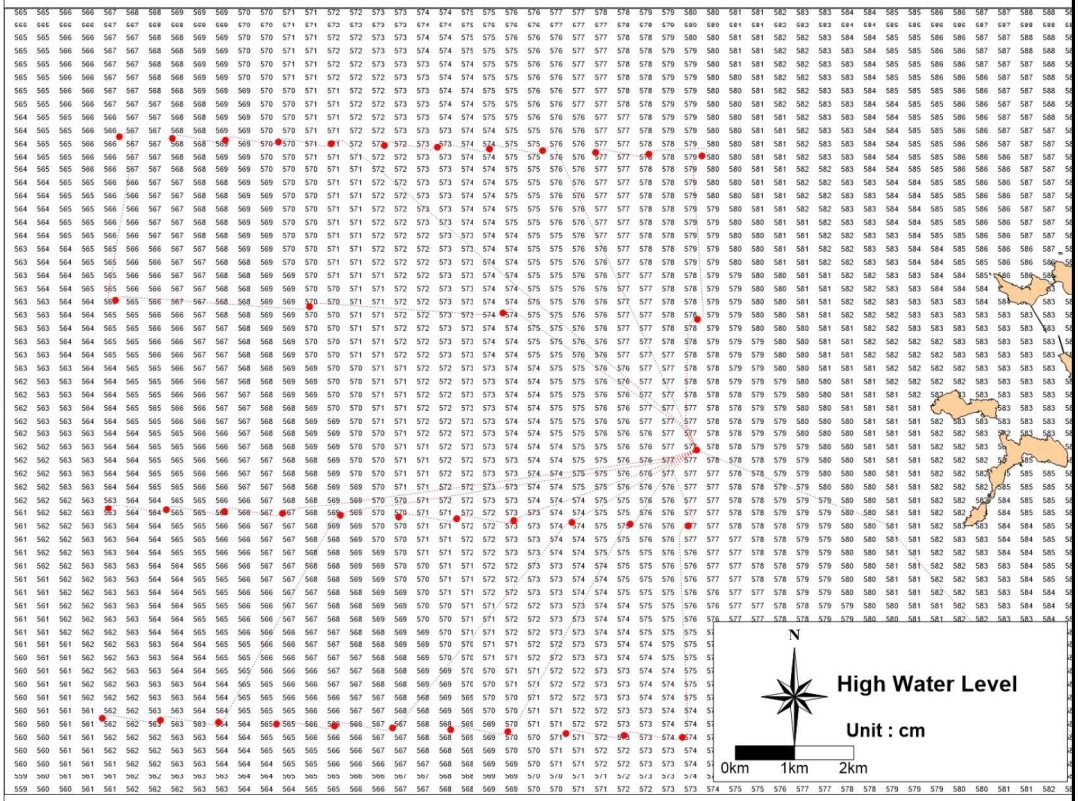
저조위



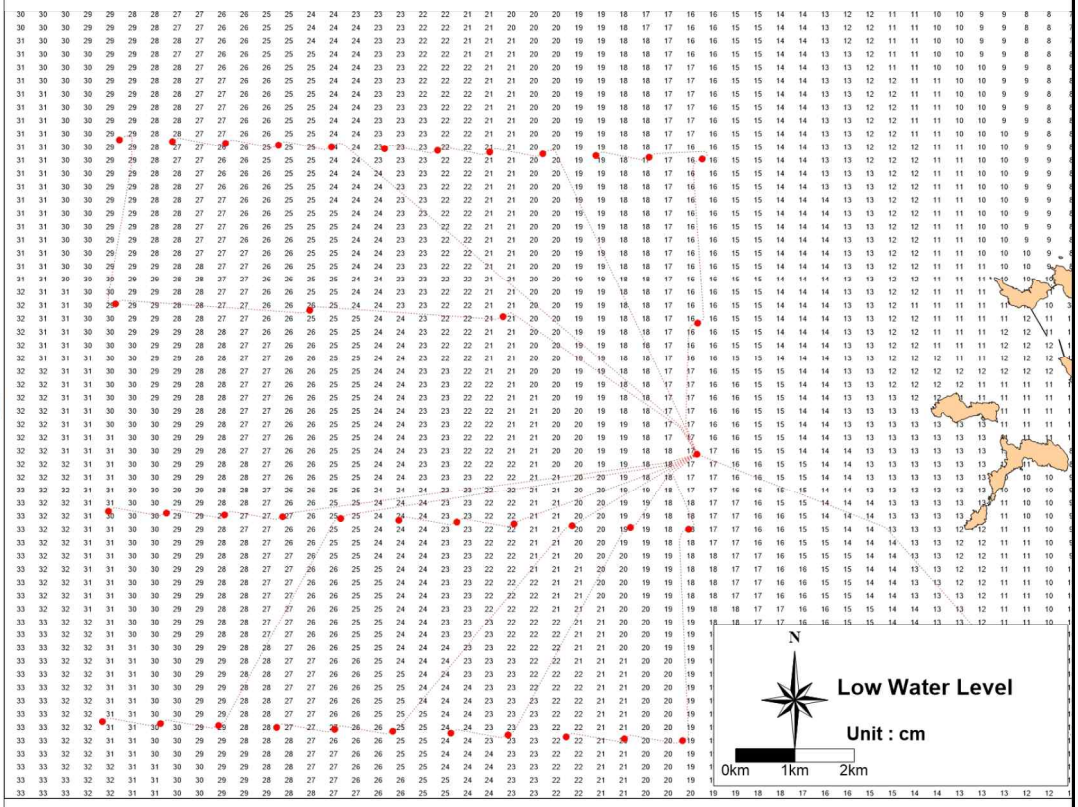
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (1/6)

2차

고조위



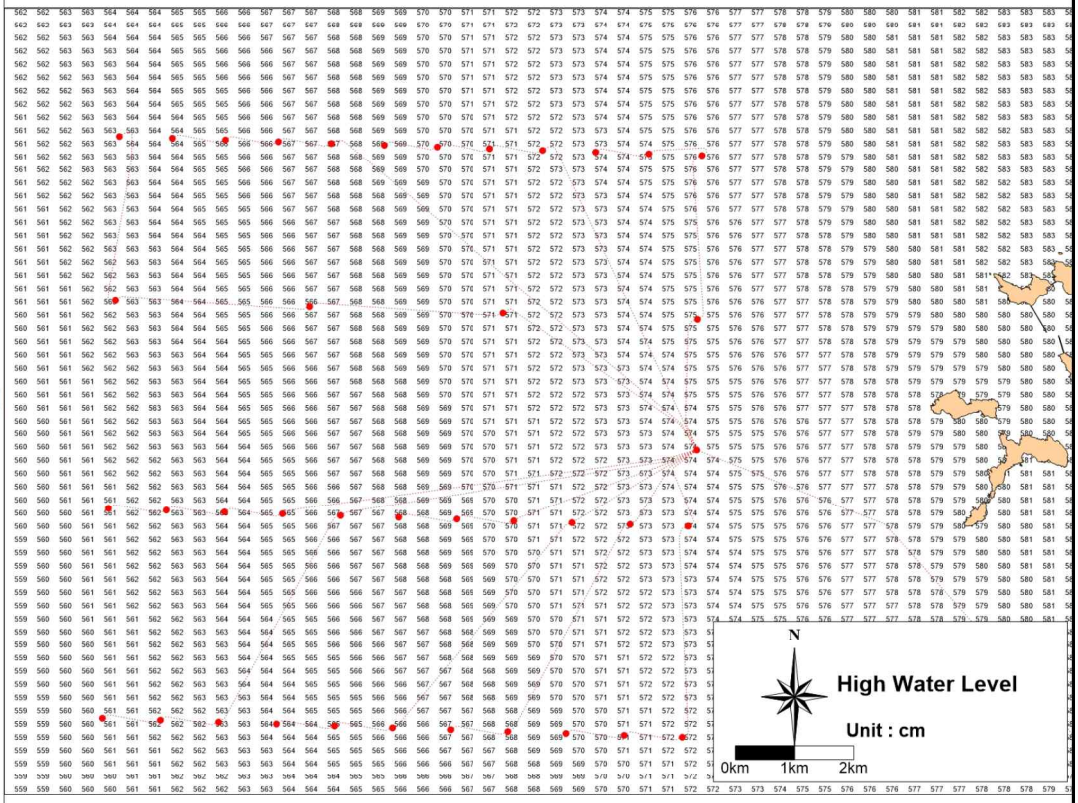
저조위



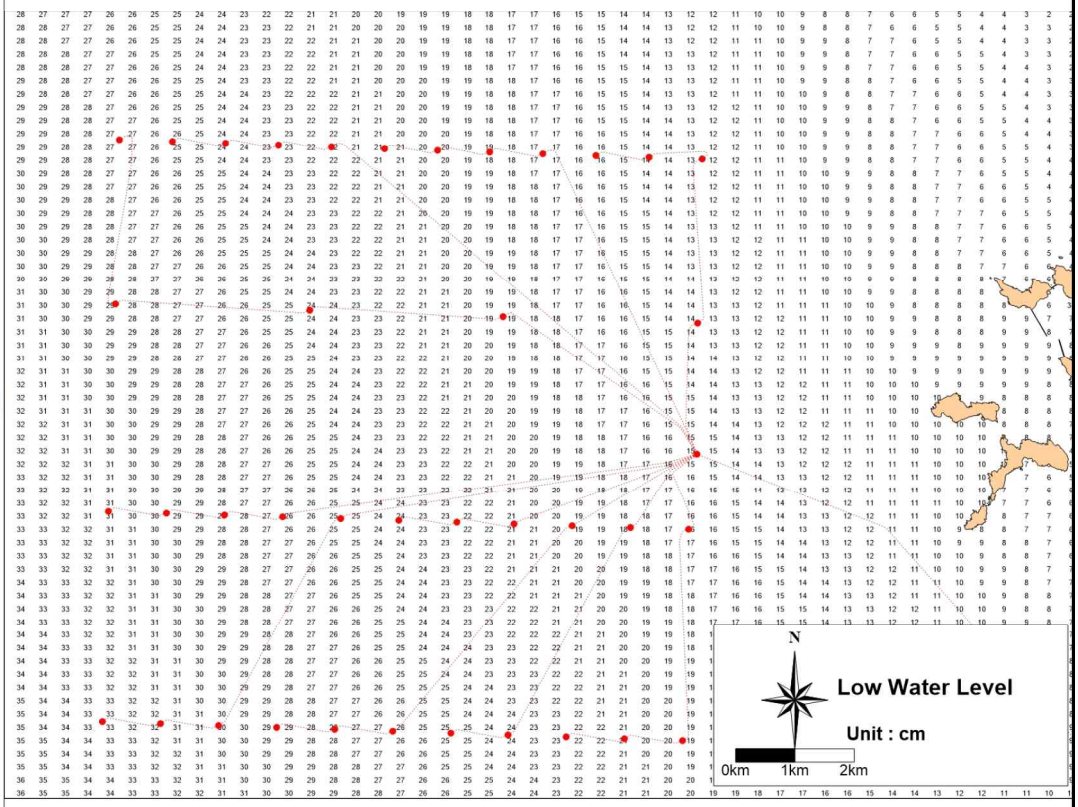
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (2/6)

3차

고조위



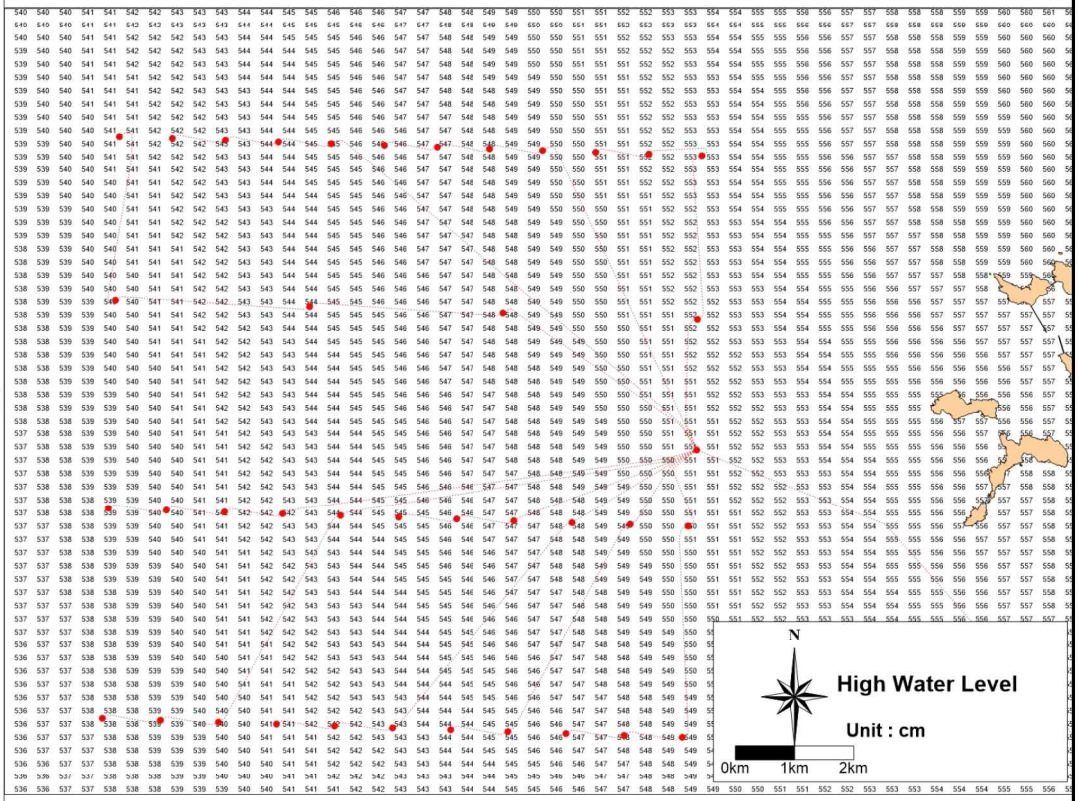
저조위



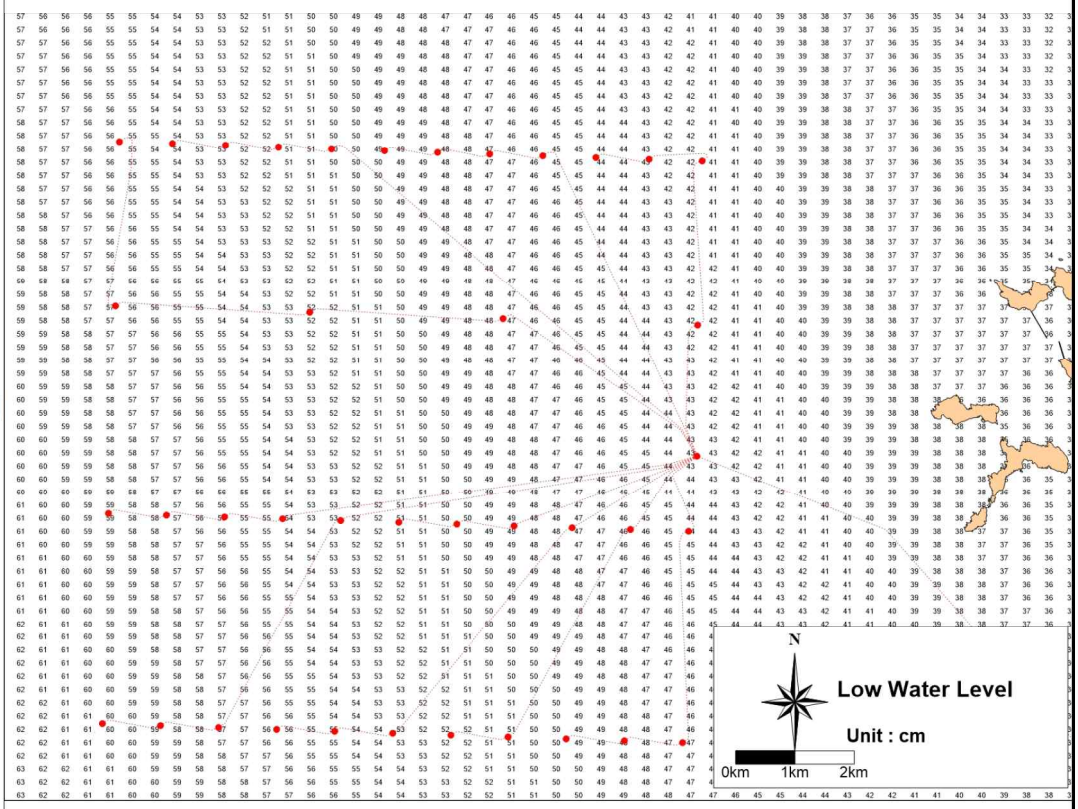
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (3/6)

4차

고조위



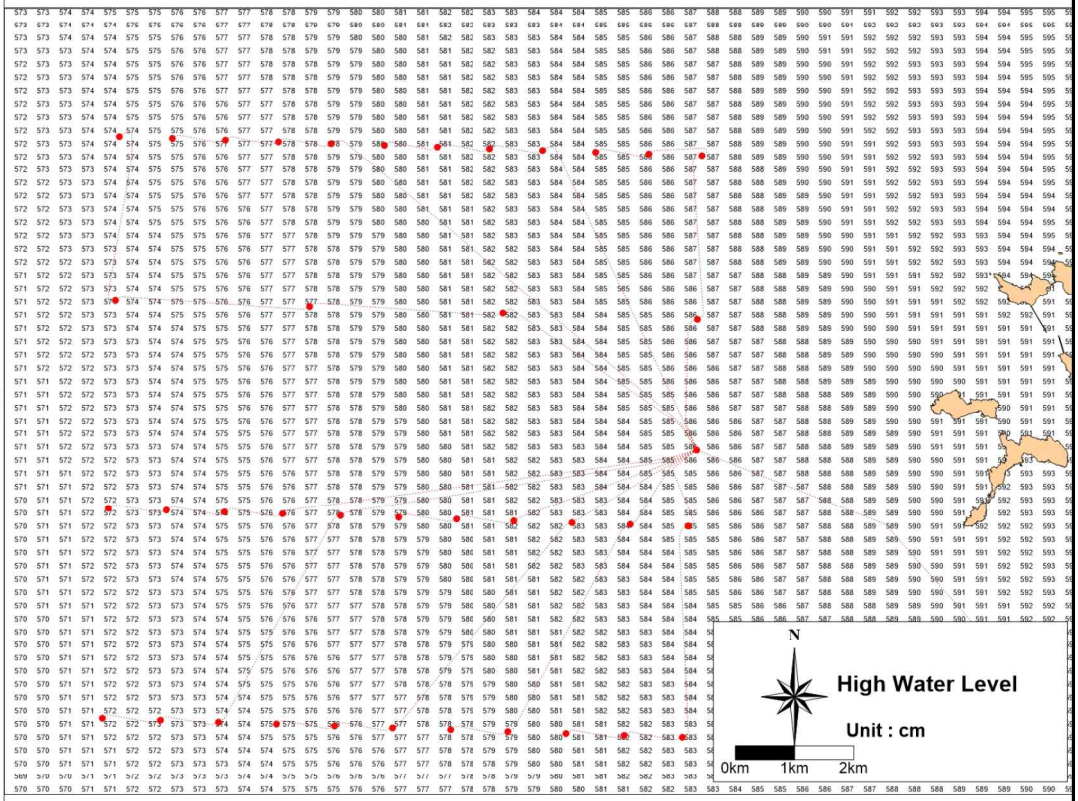
저조위



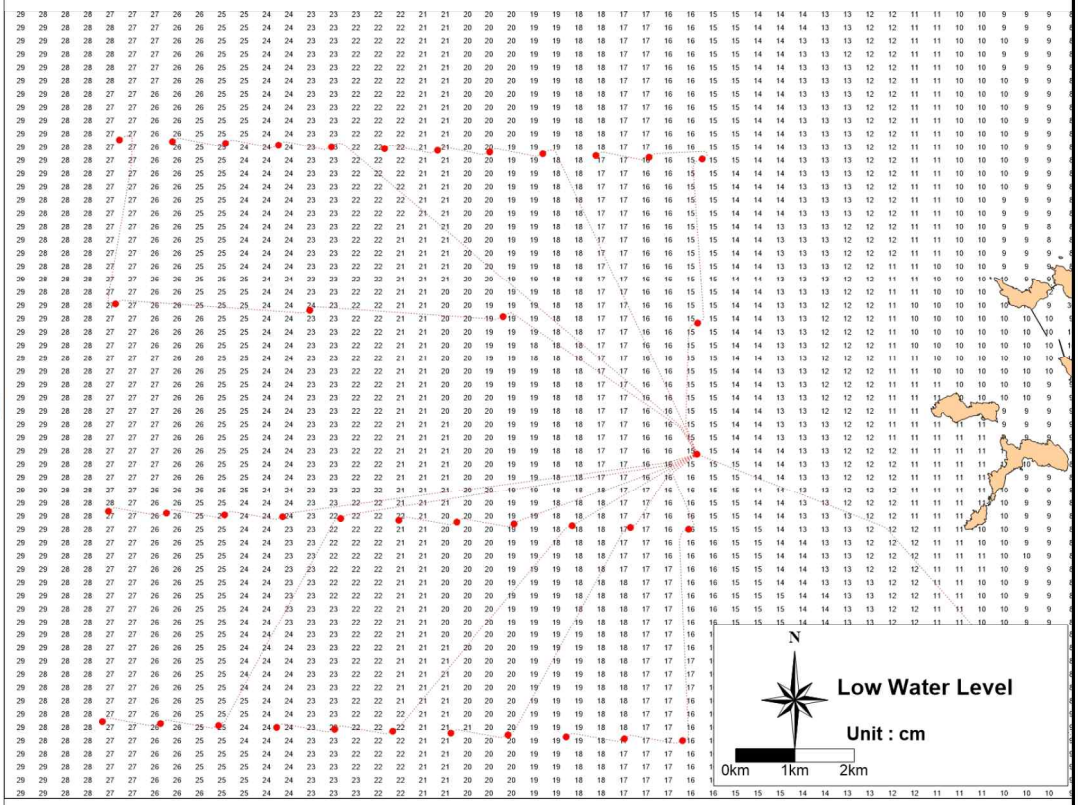
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (4/6)

5차

고조위



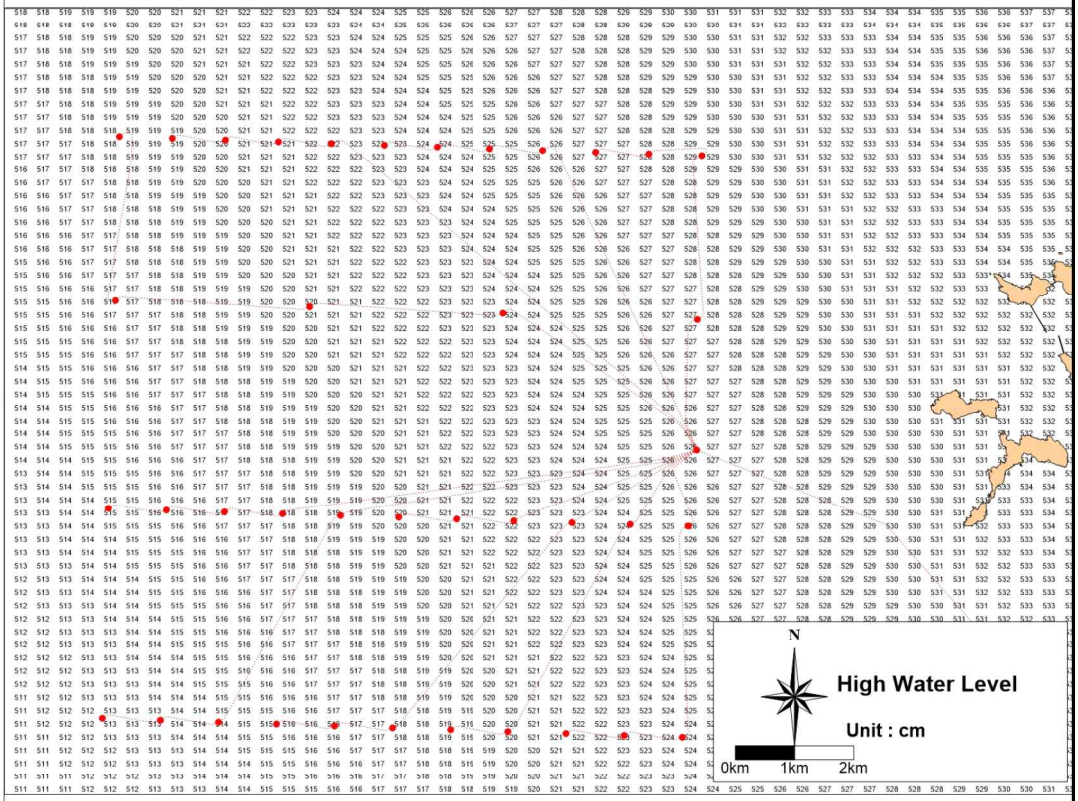
저조위



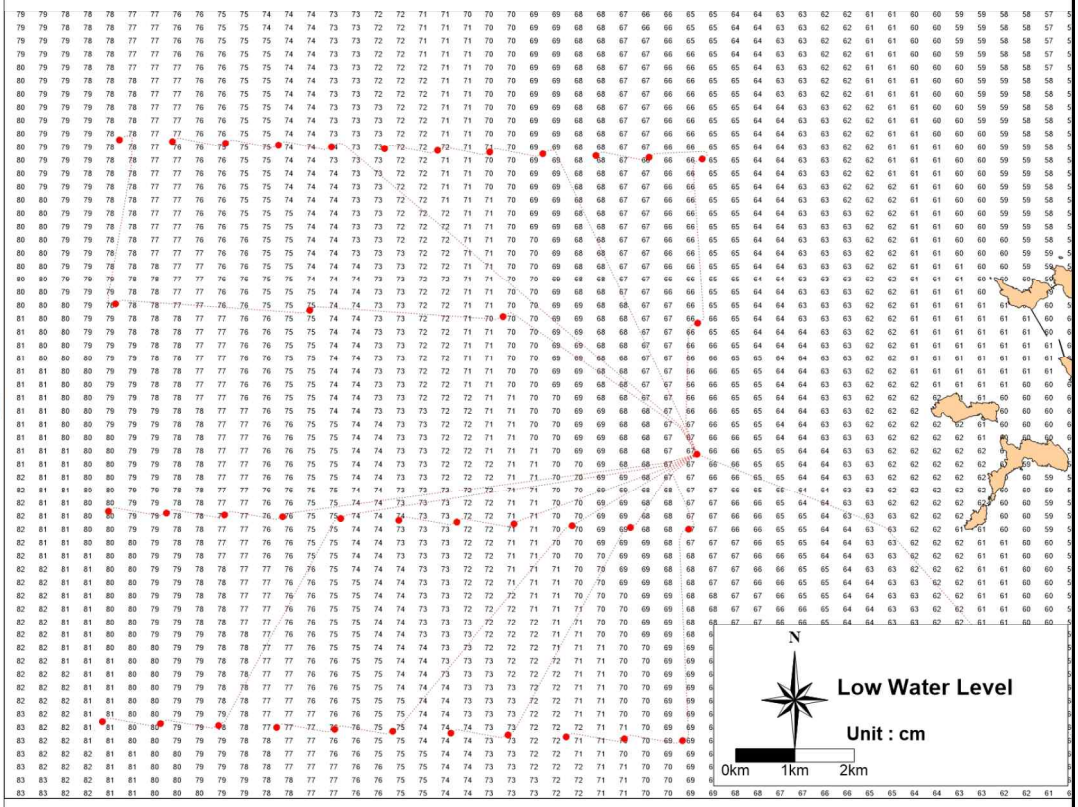
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (5/6)

6차

고조위



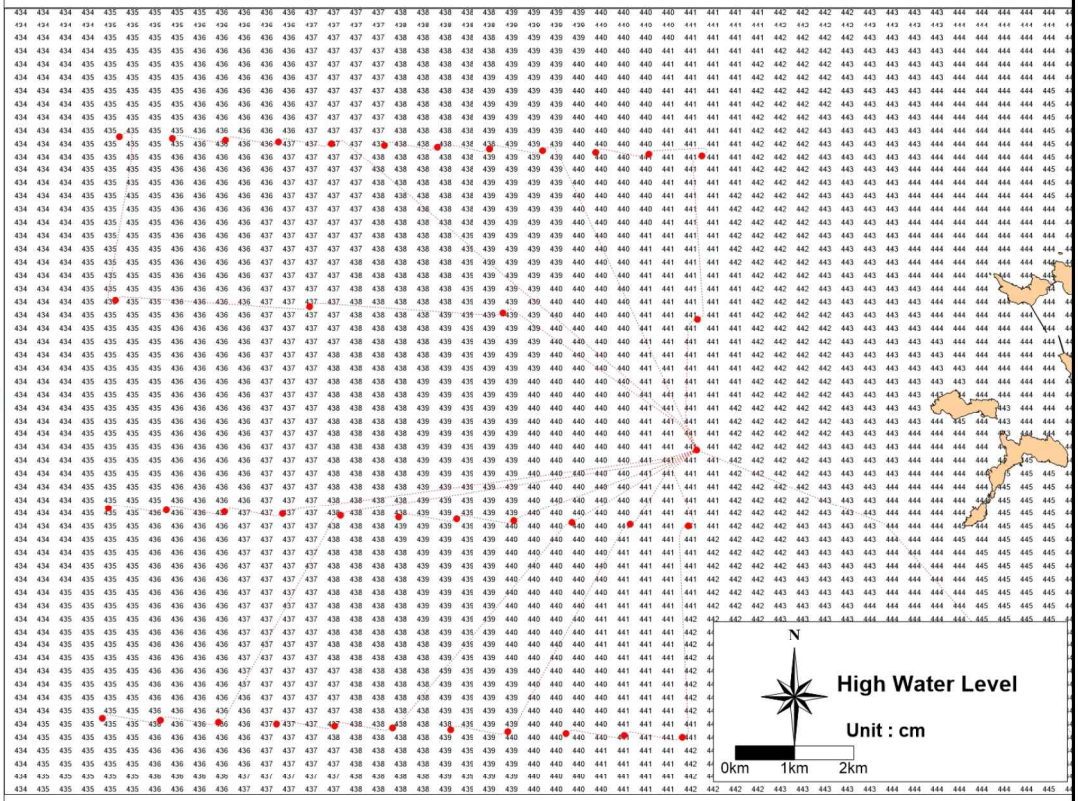
저조위



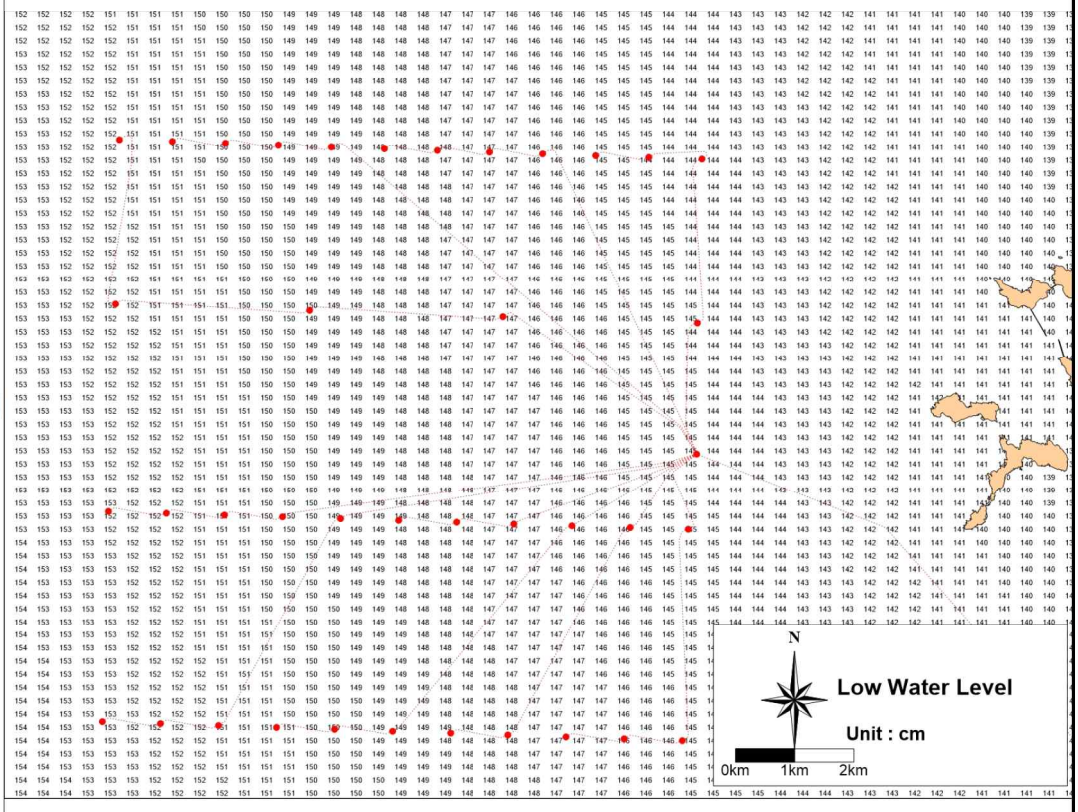
(그림 6.5-9) 대조기 조위 분포도(사업시행 후) (6/6)

1차

고조위



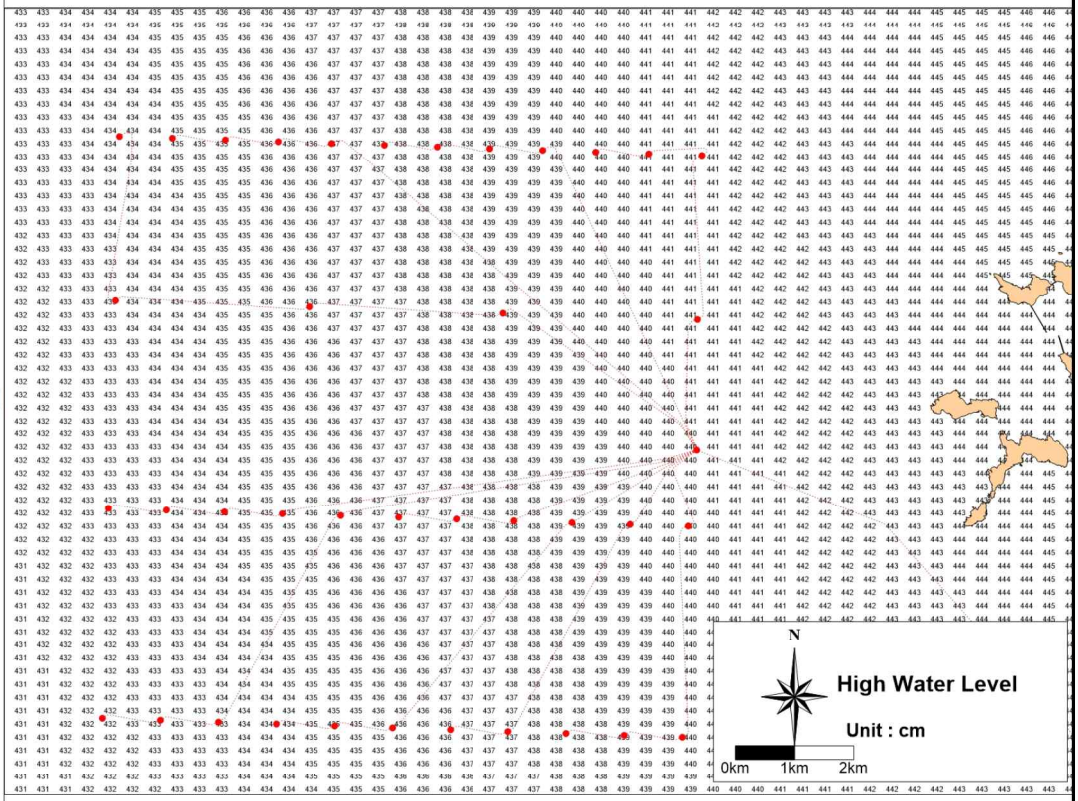
저조위



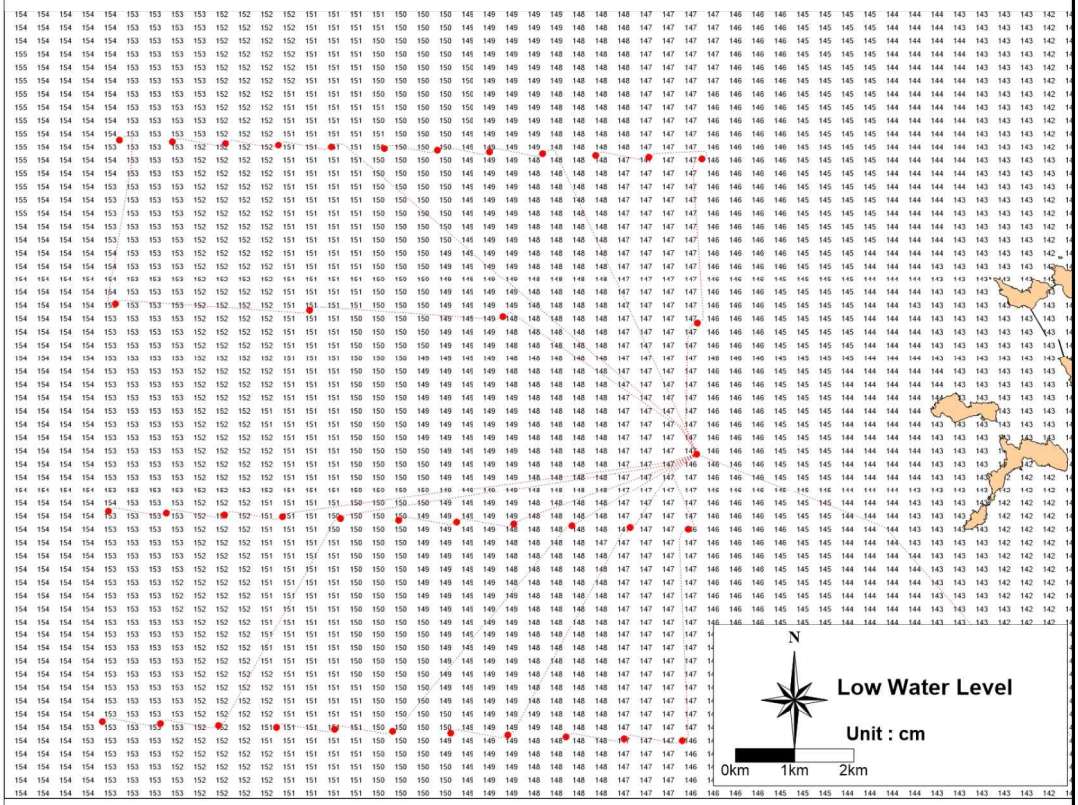
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (1/6)

2차

고조위



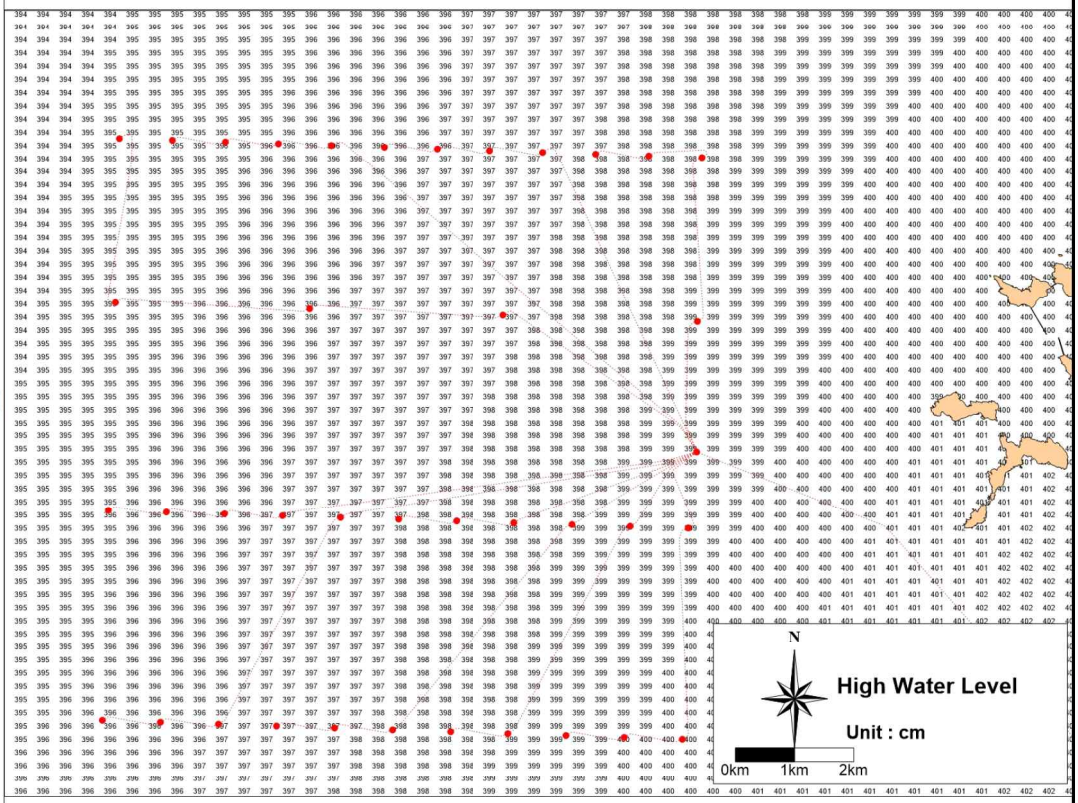
저조위



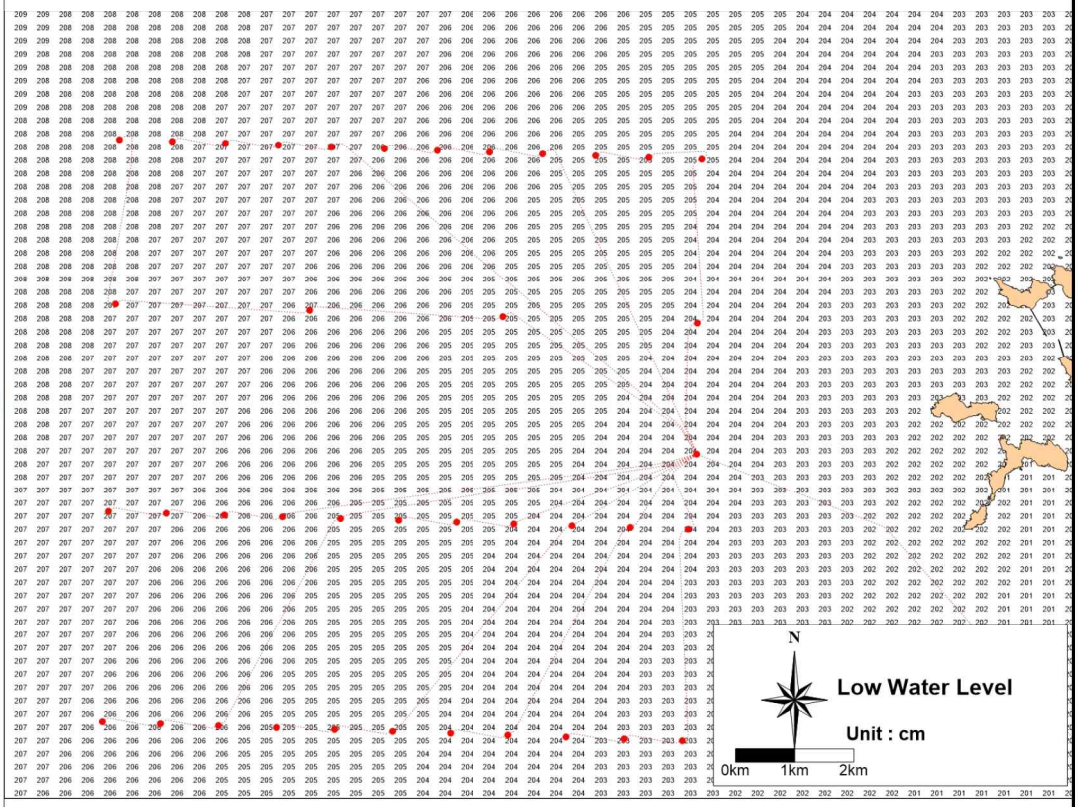
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (2/6)

3차

고조위



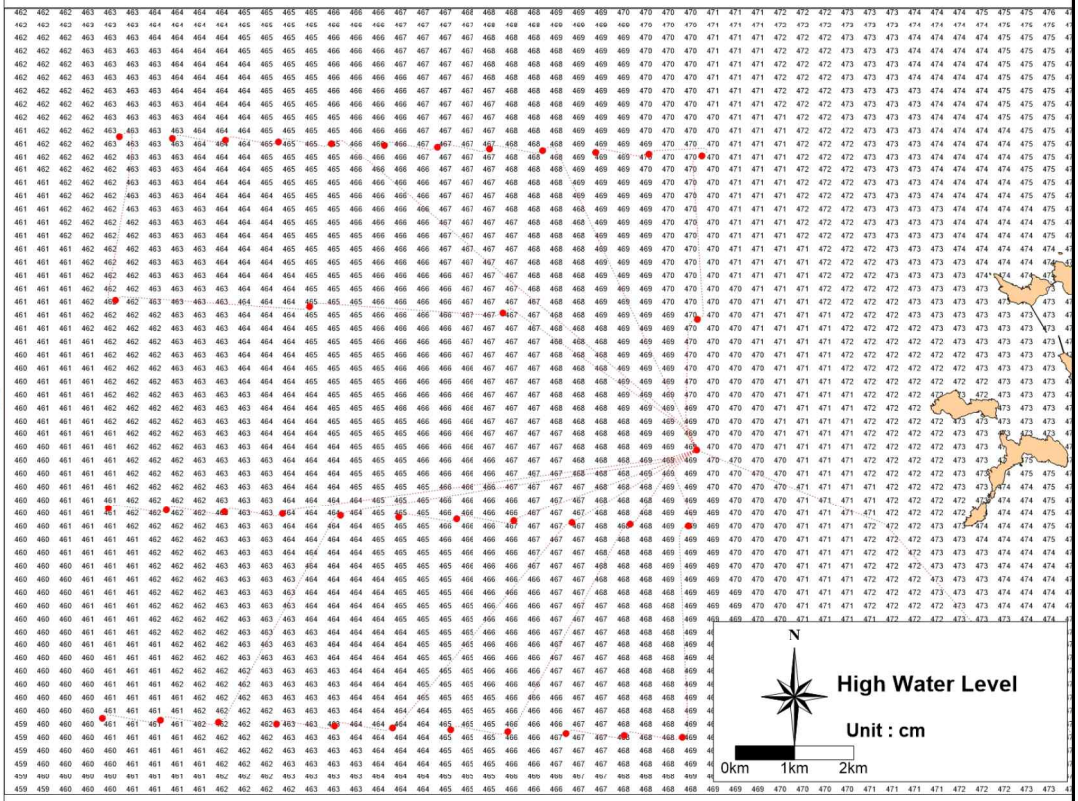
저조위



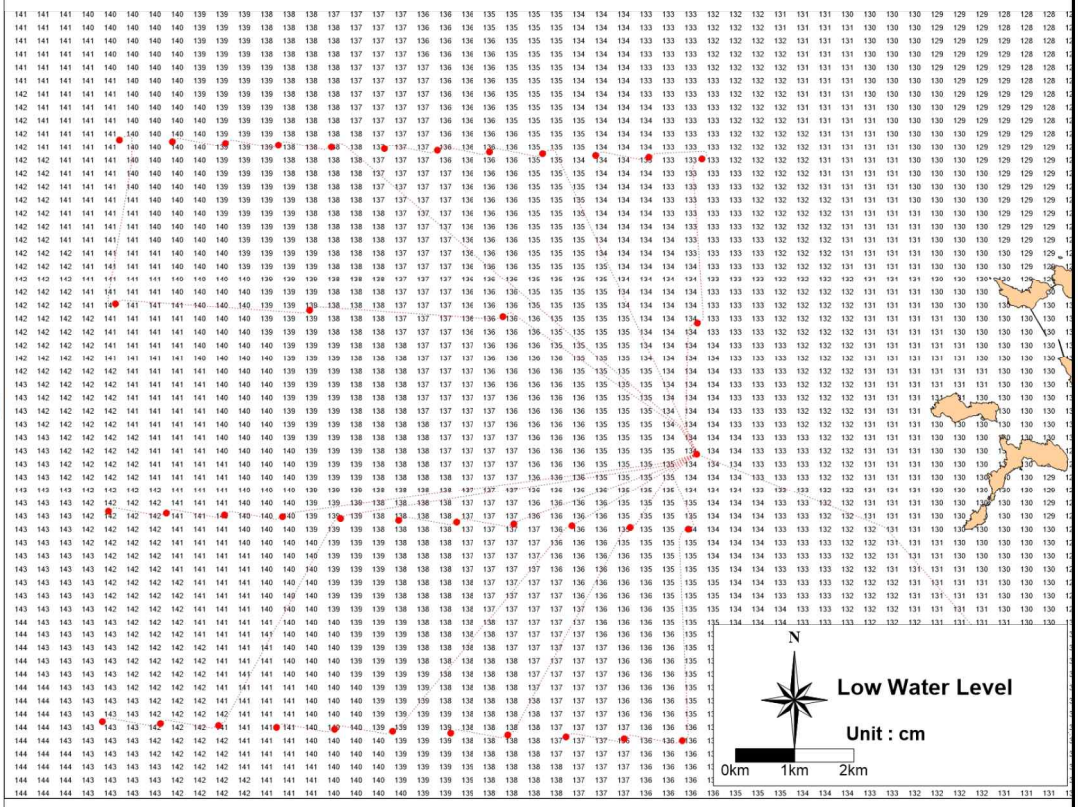
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (3/6)

4차

고조위



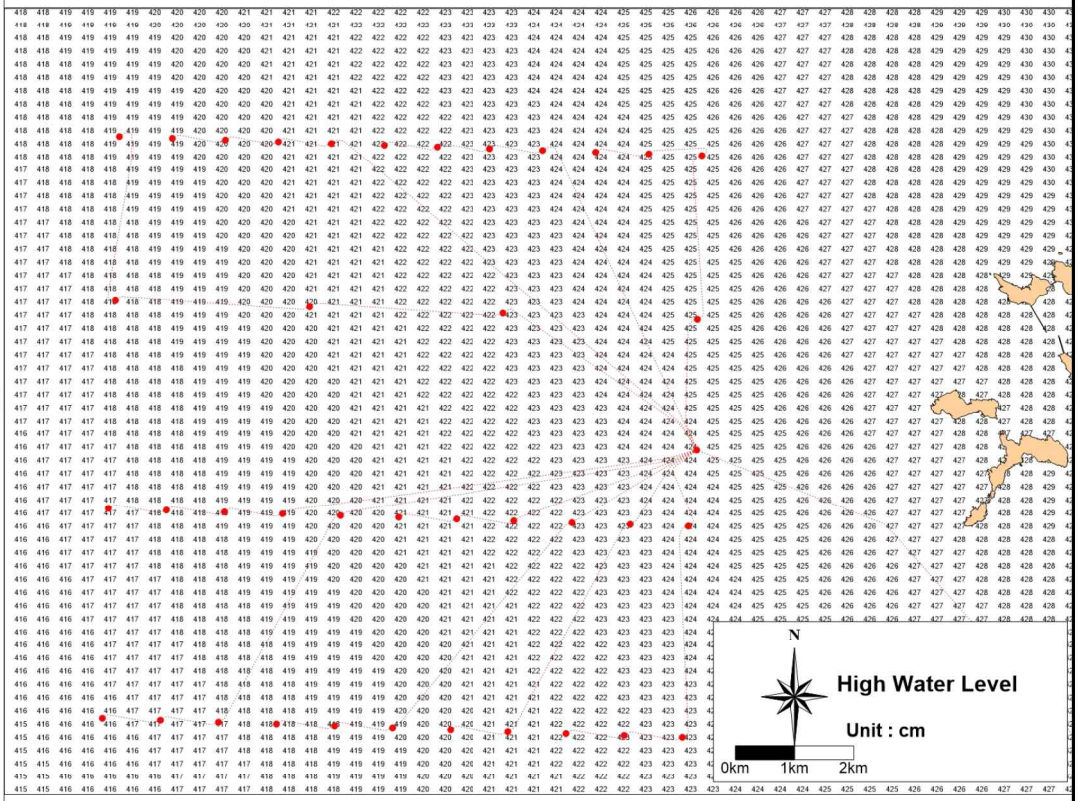
저조위



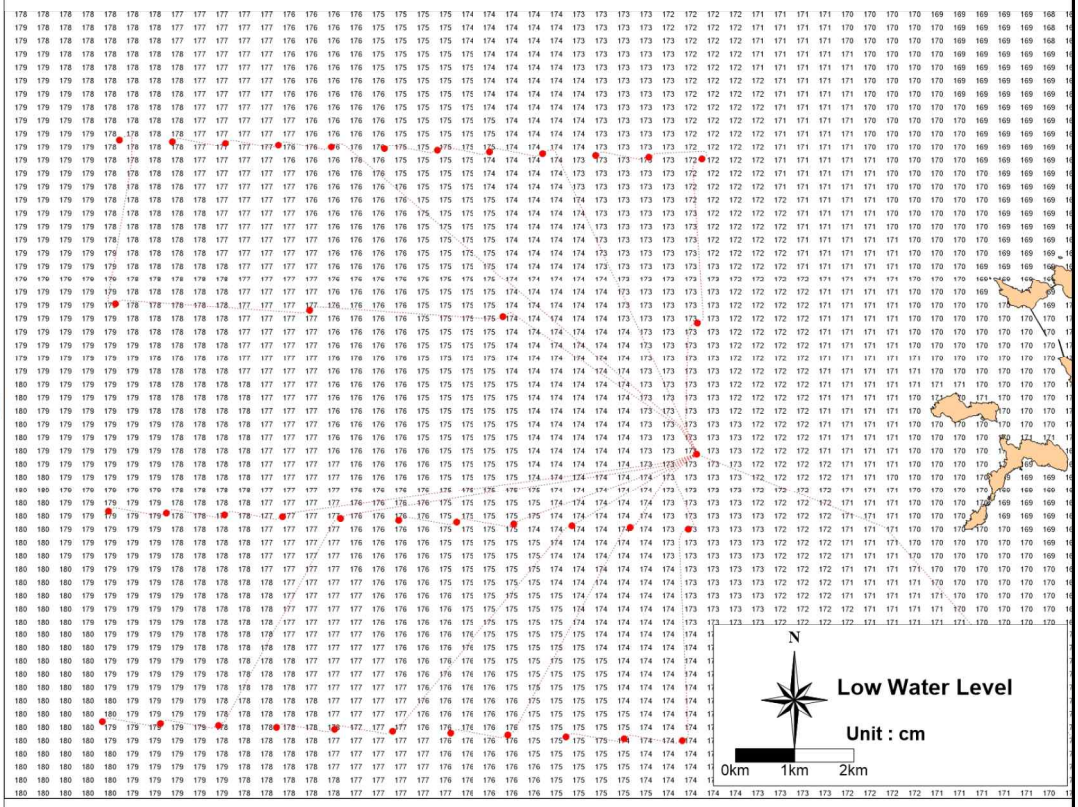
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (4/6)

5차

고조위



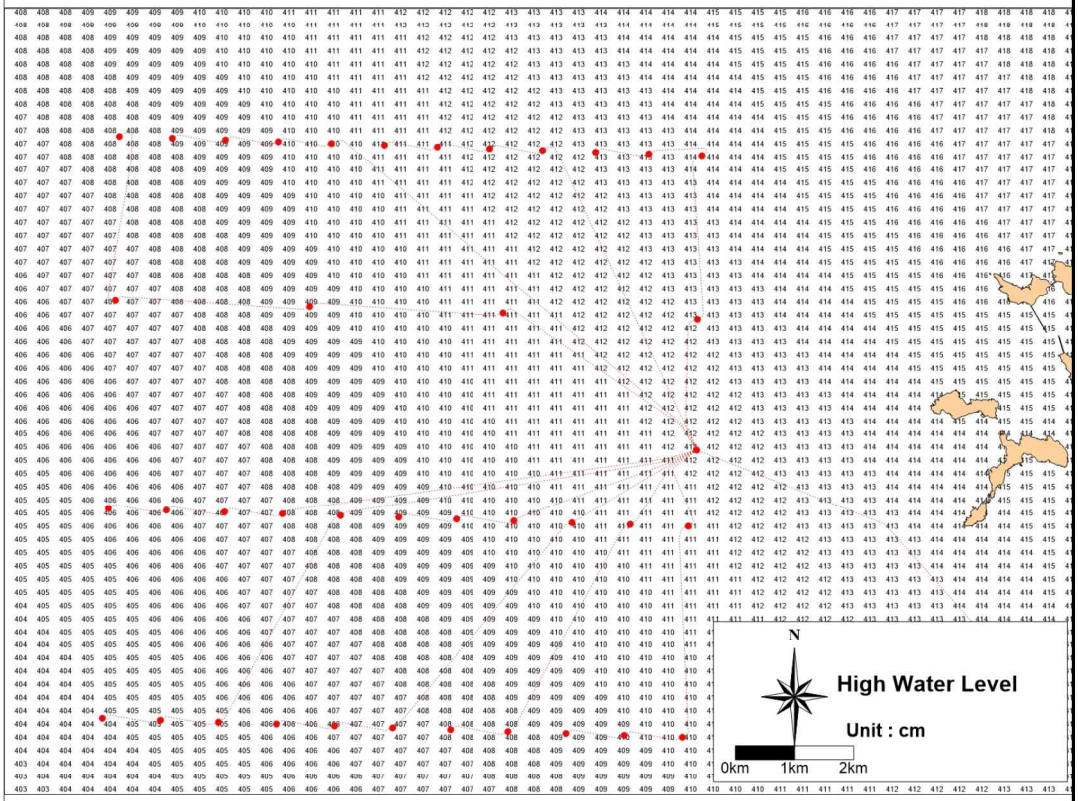
저조위



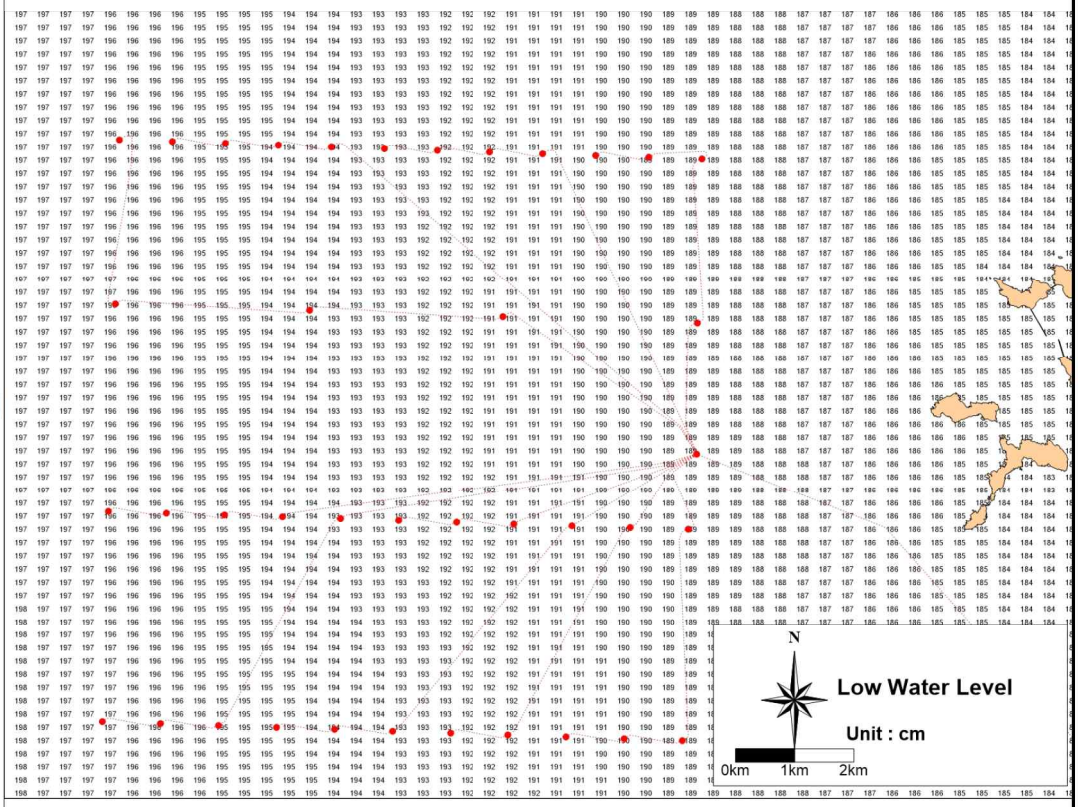
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (5/6)

6차

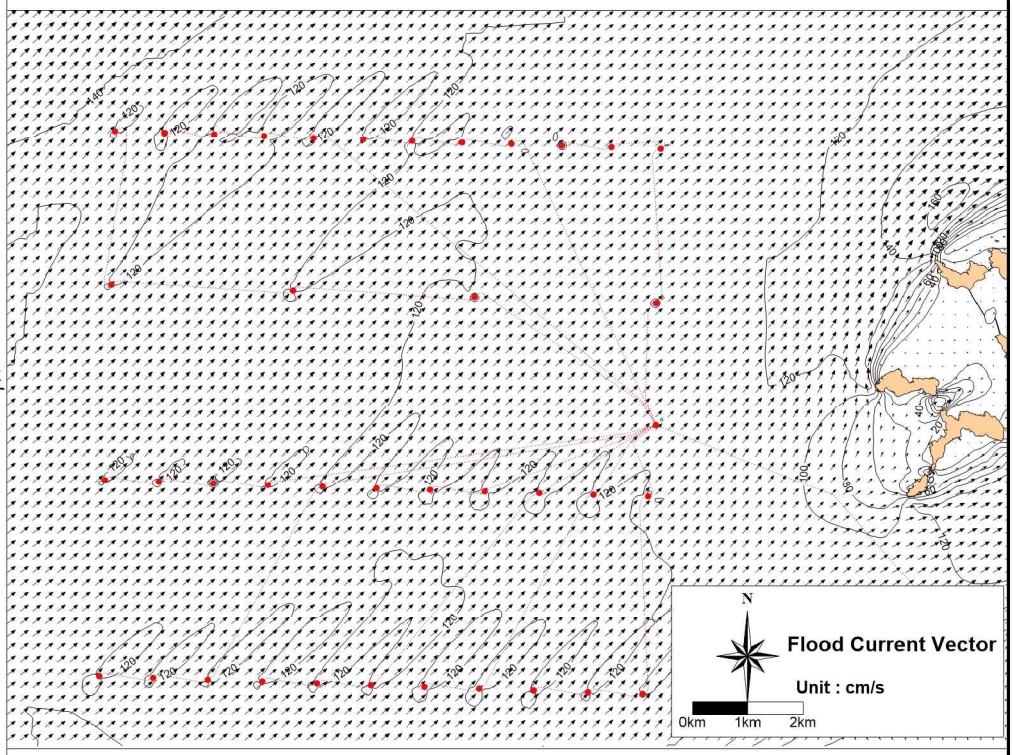
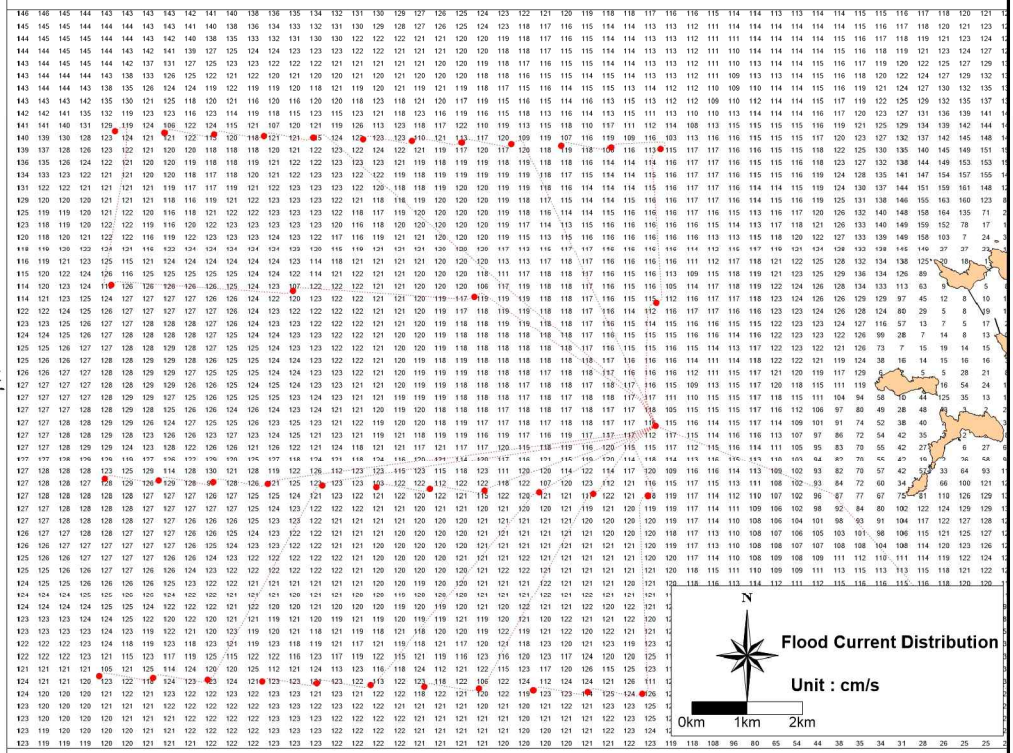
고조위



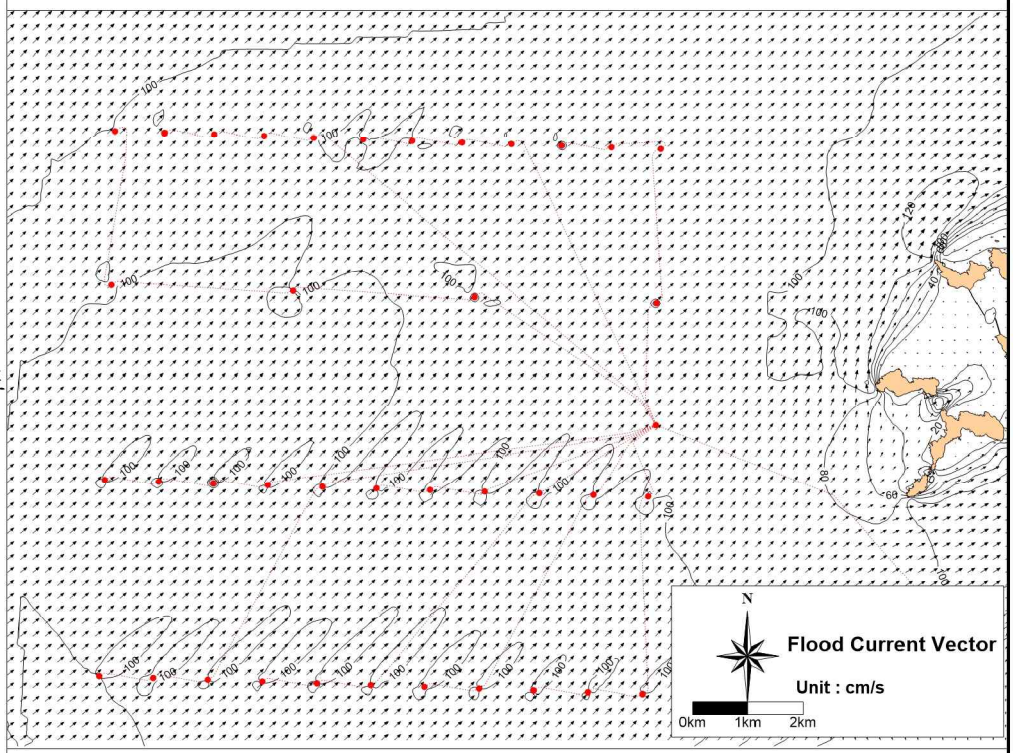
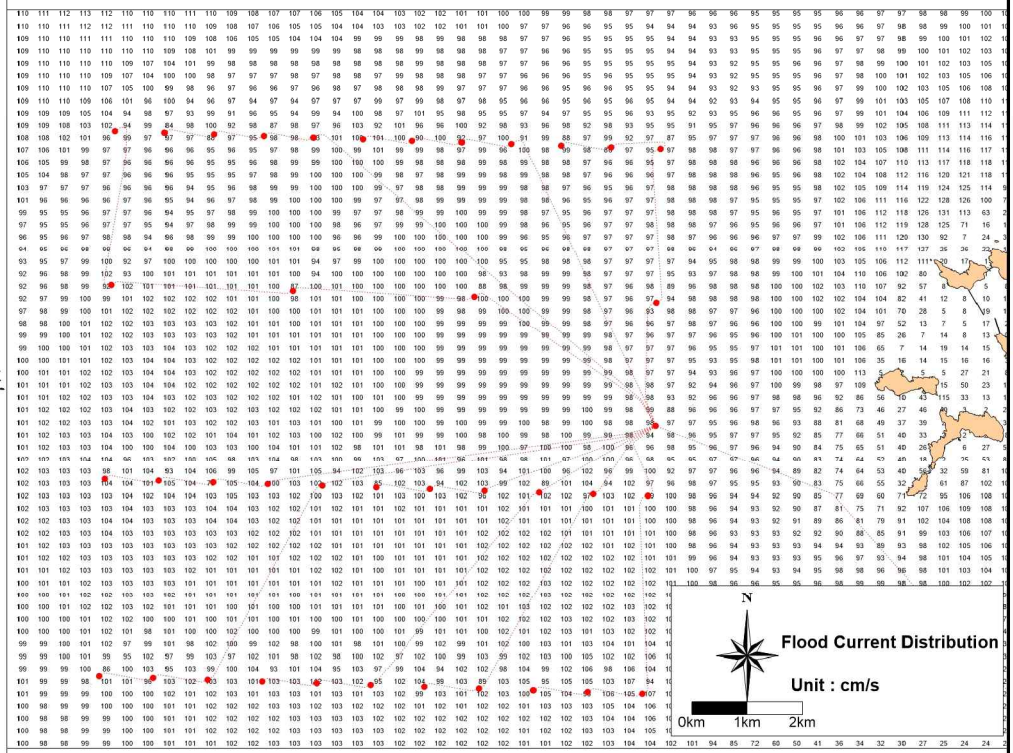
저조위



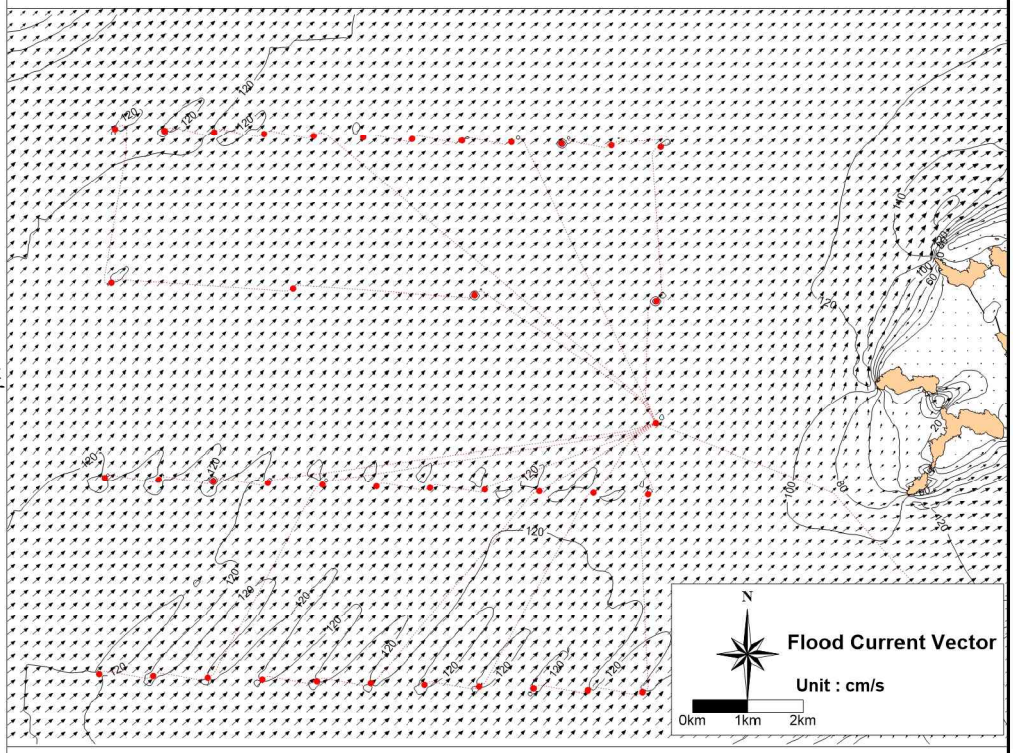
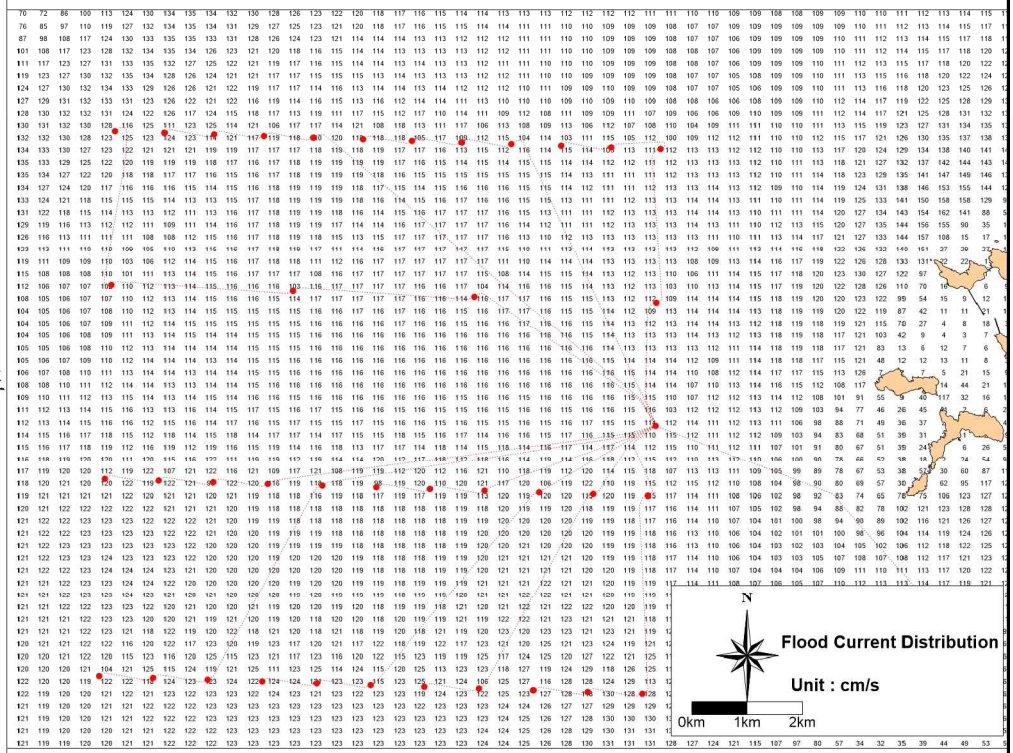
(그림 6.5-10) 소조기 조위 분포도(사업시행 후) (6/6)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

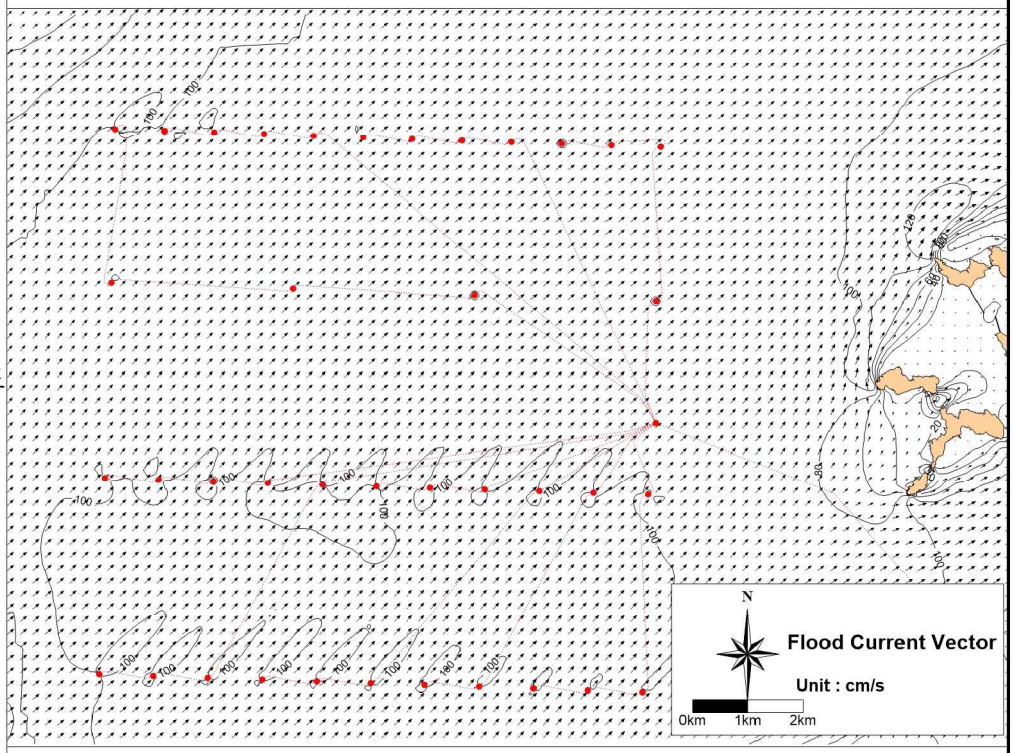
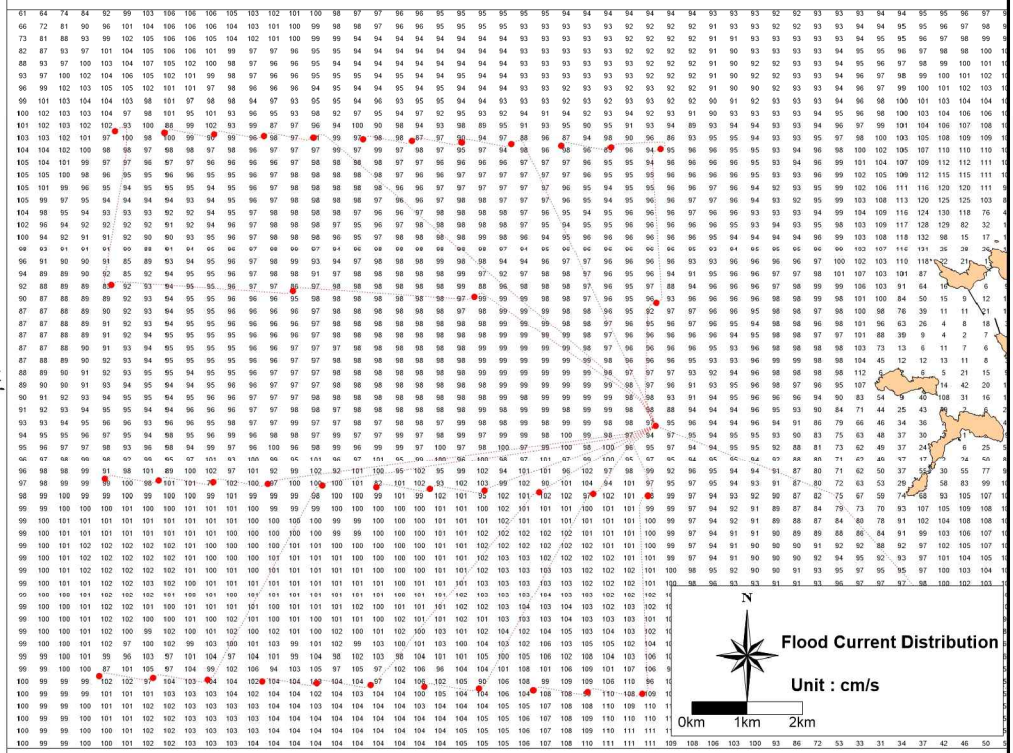
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

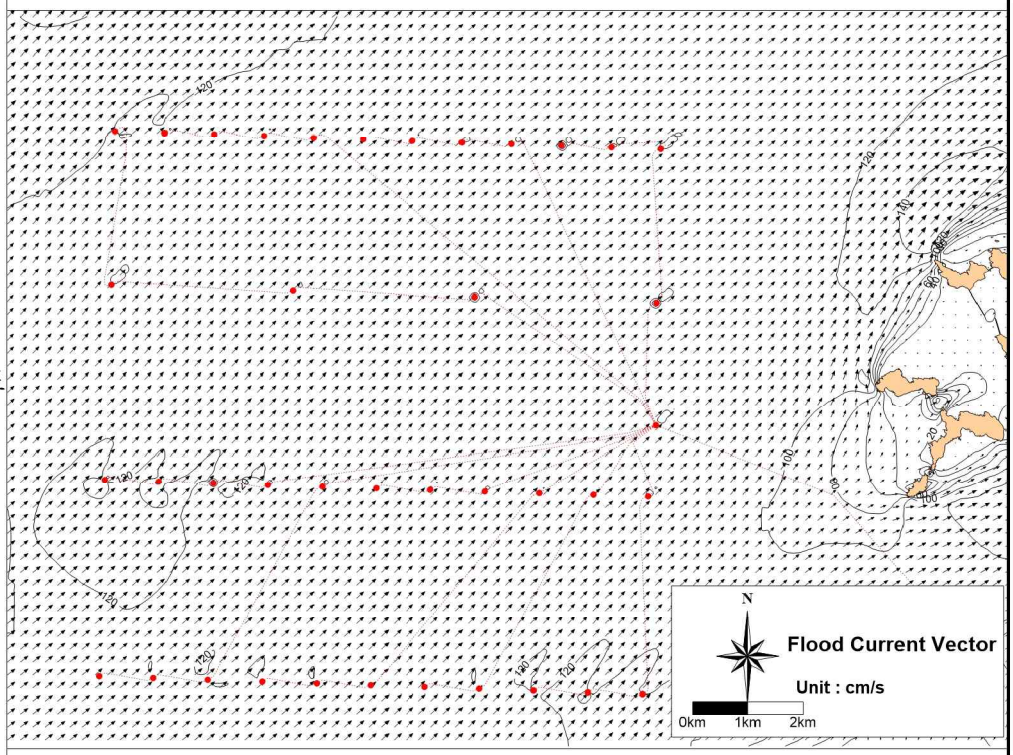
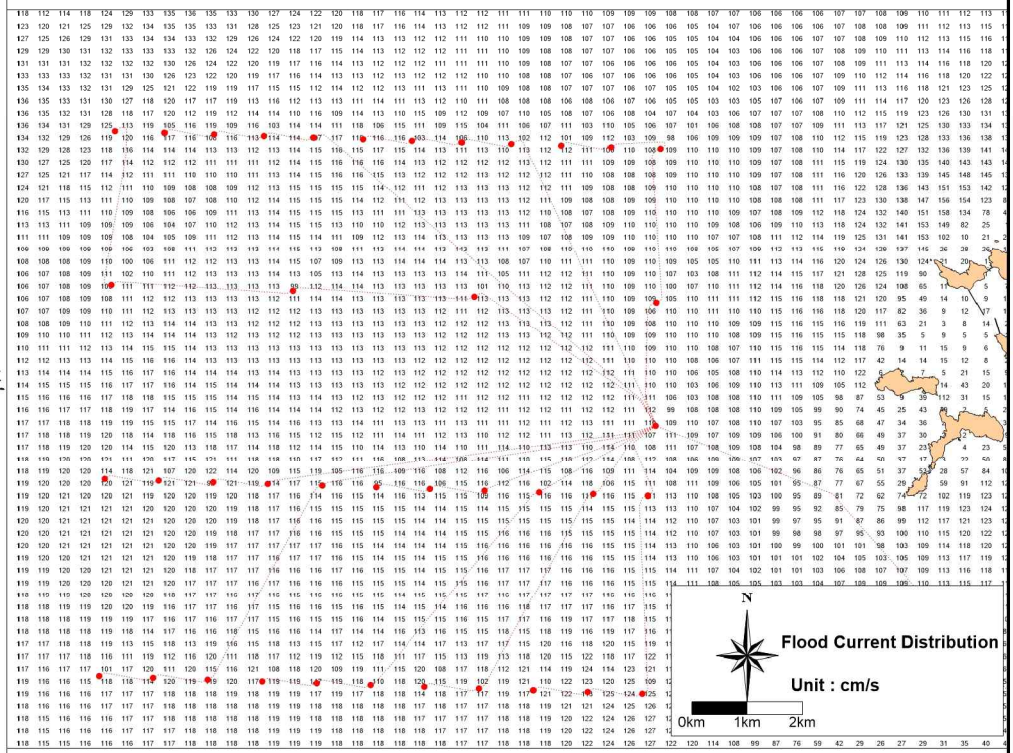
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

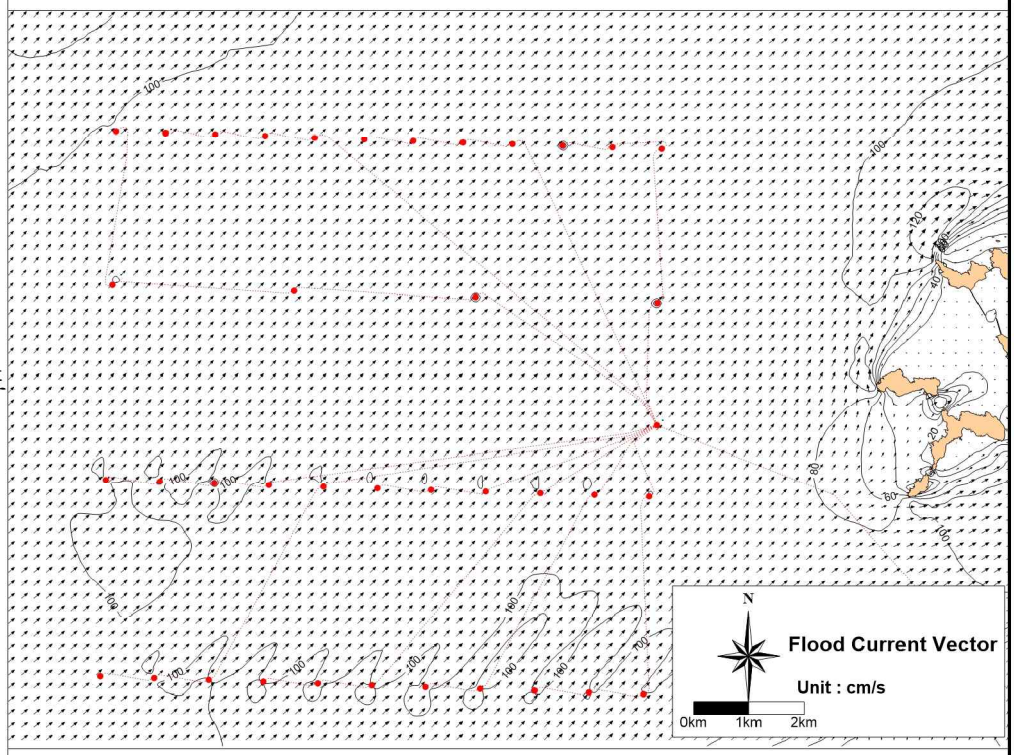
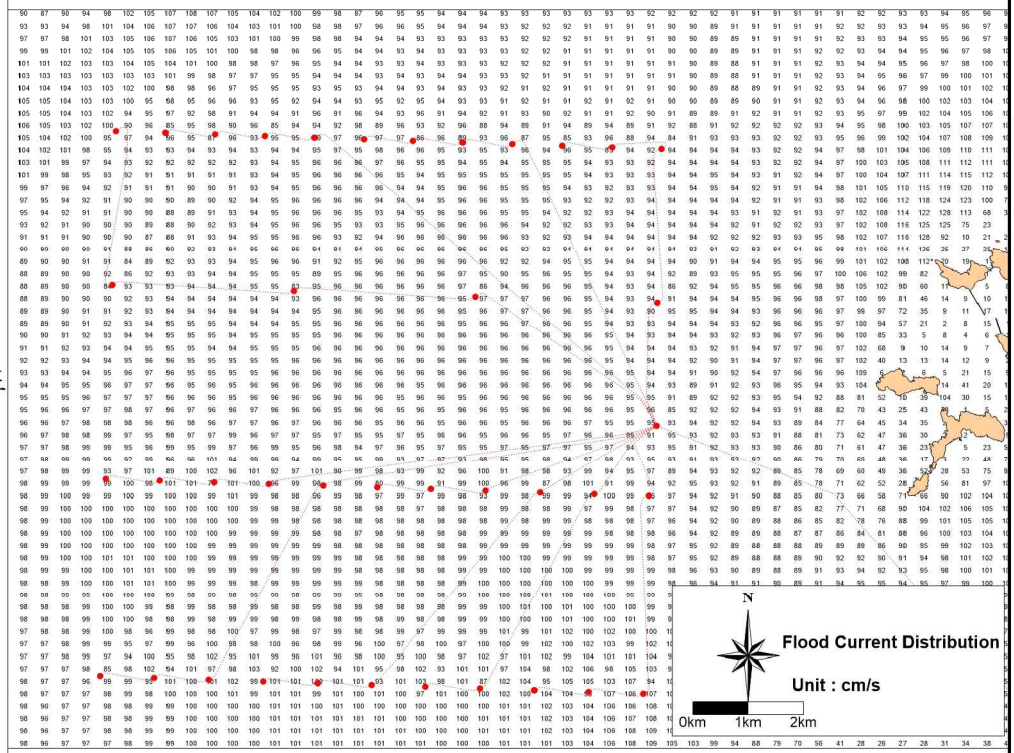
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

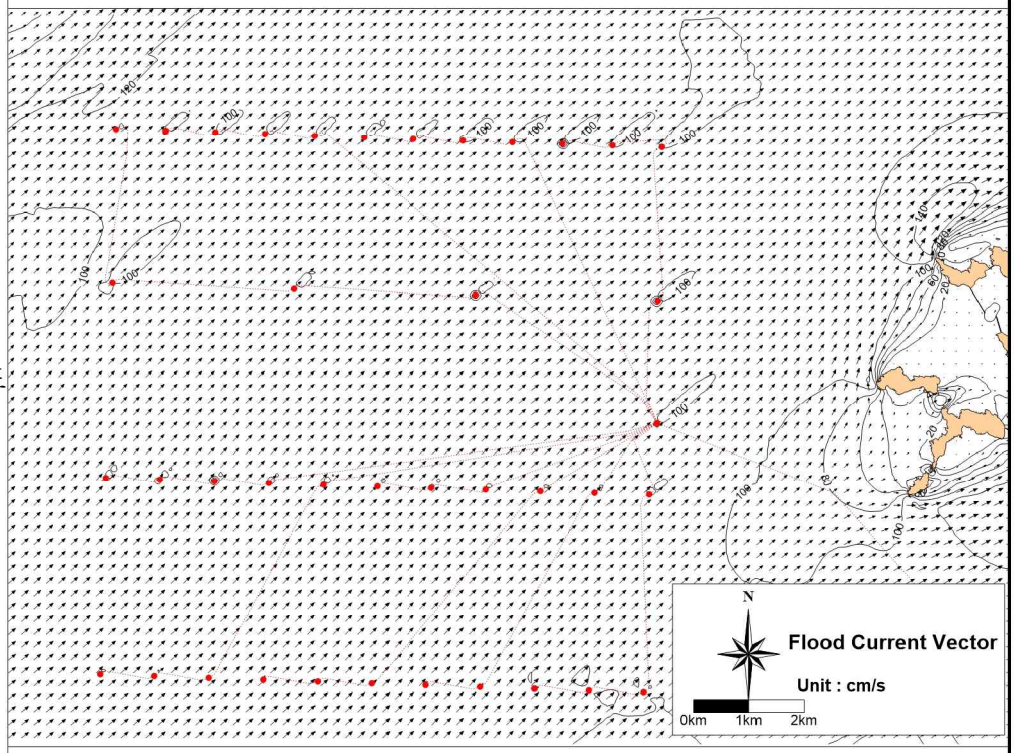
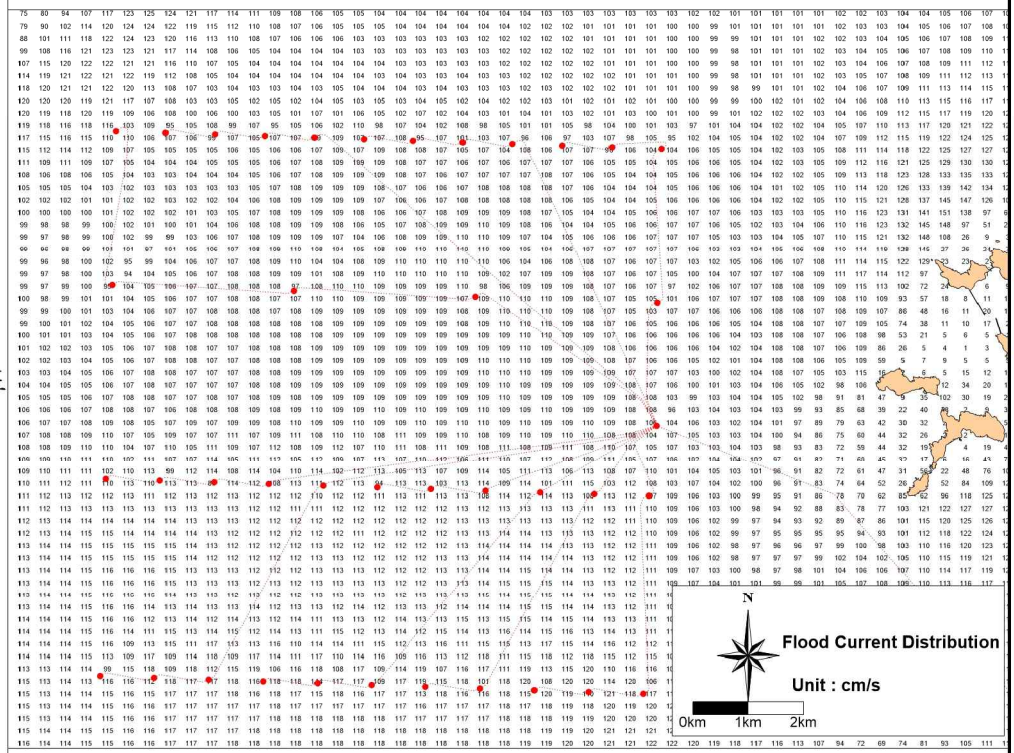
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (4/12)

3 차	표층	벡터도	
		분포도	

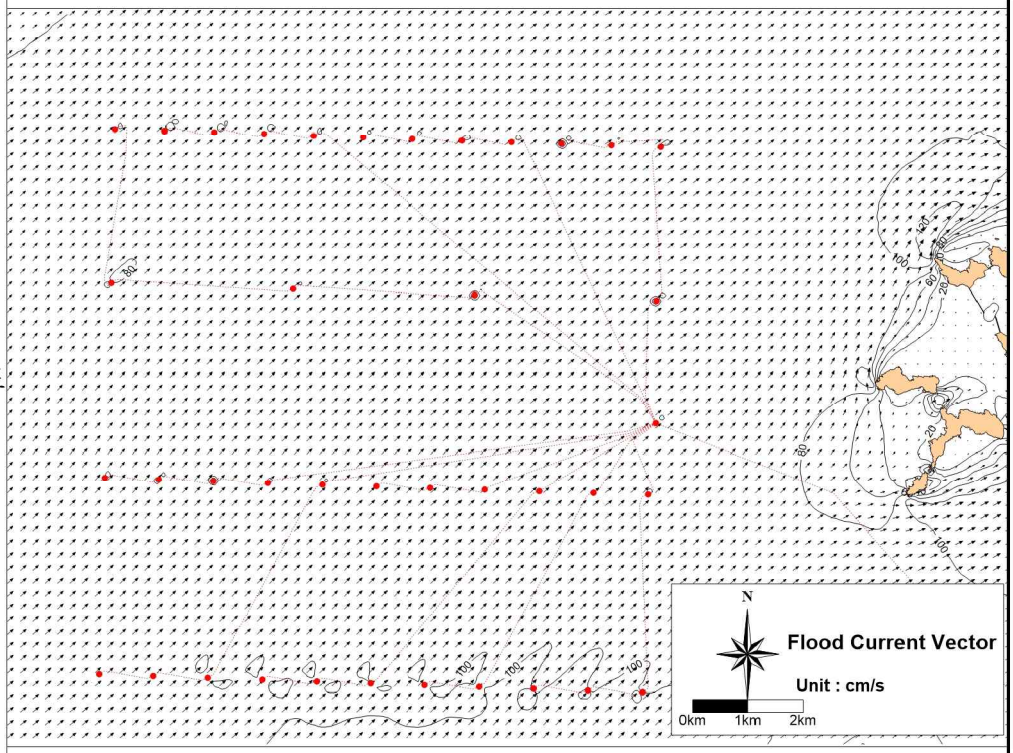
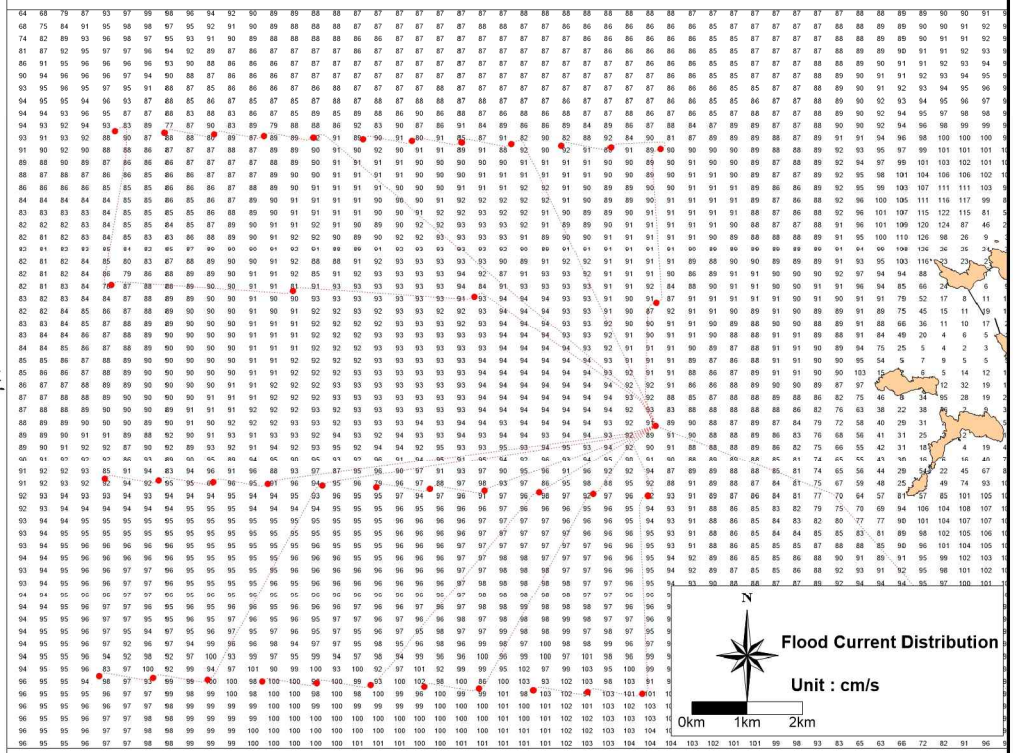
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (5/12)

3차	저층	벡터도	
		분포도	

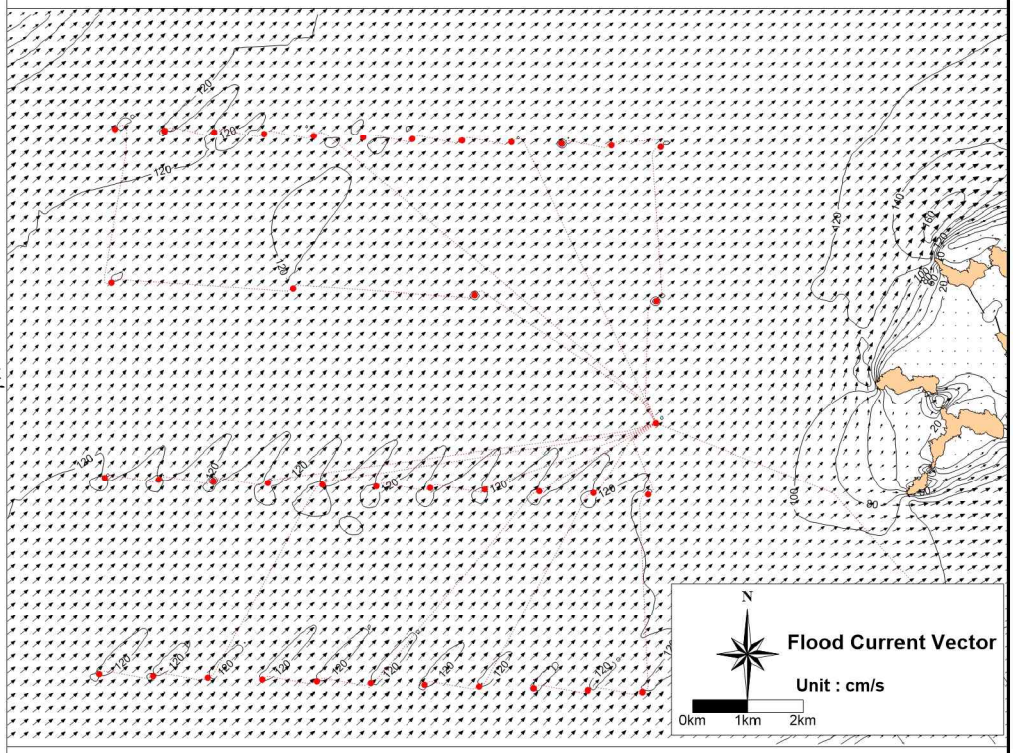
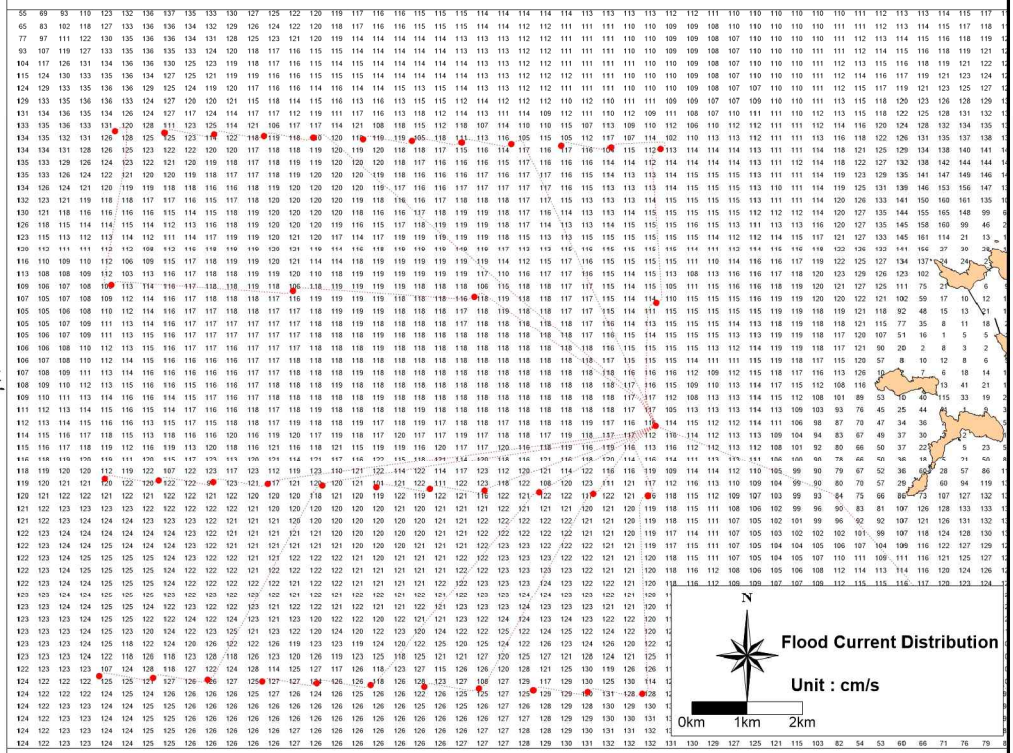
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

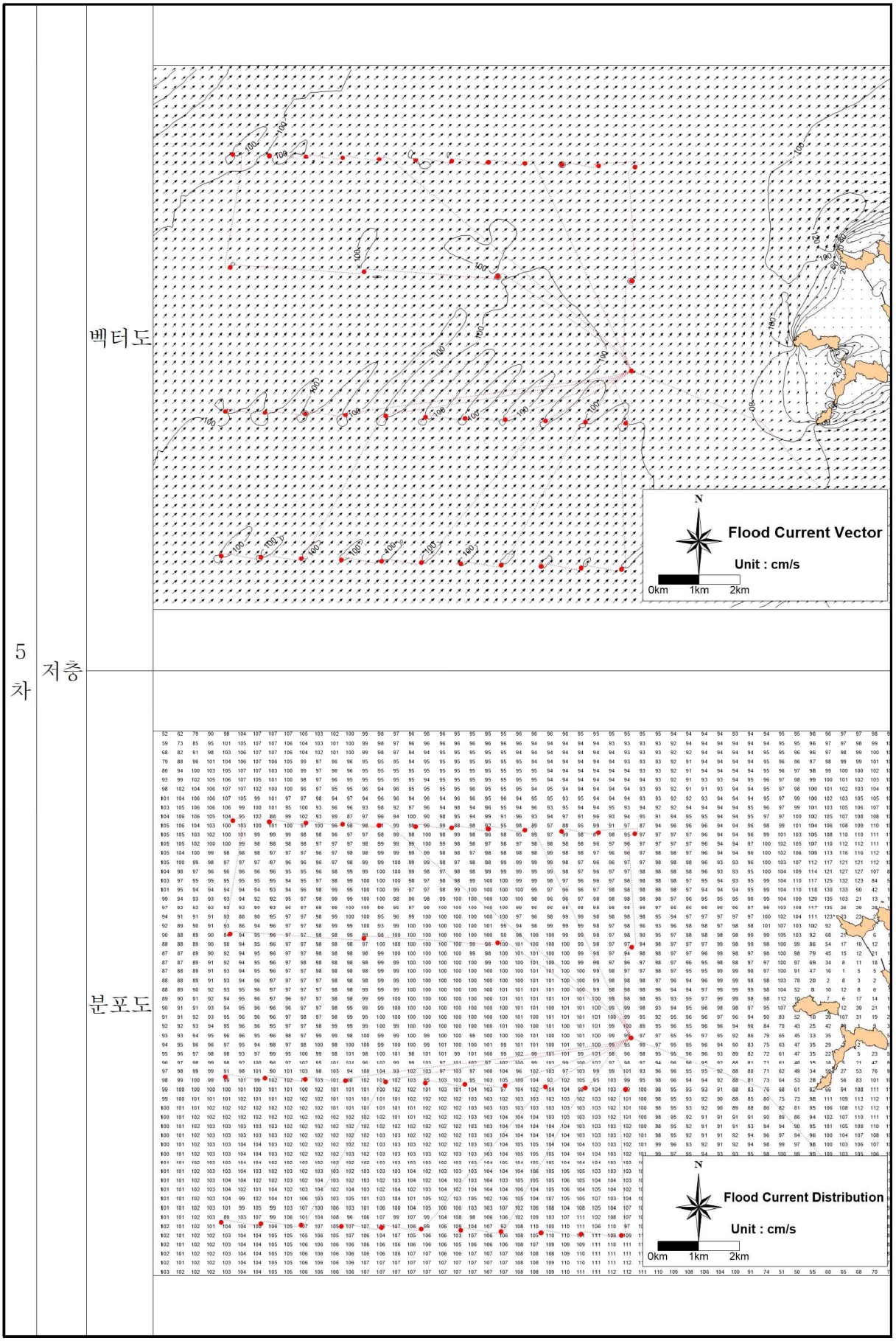
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

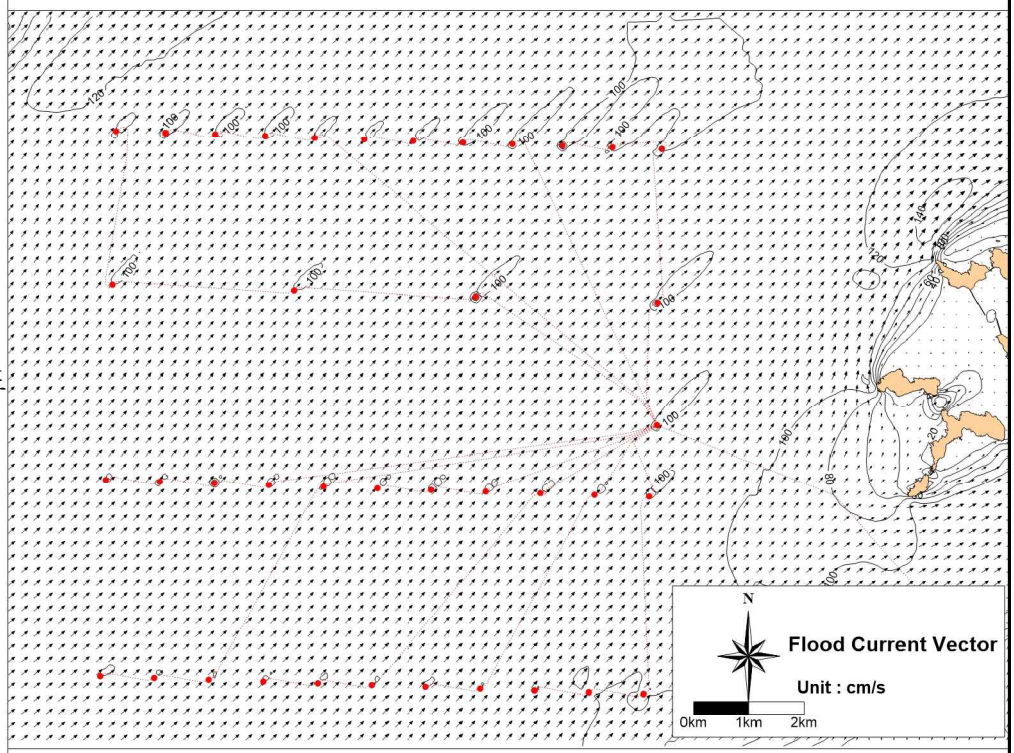
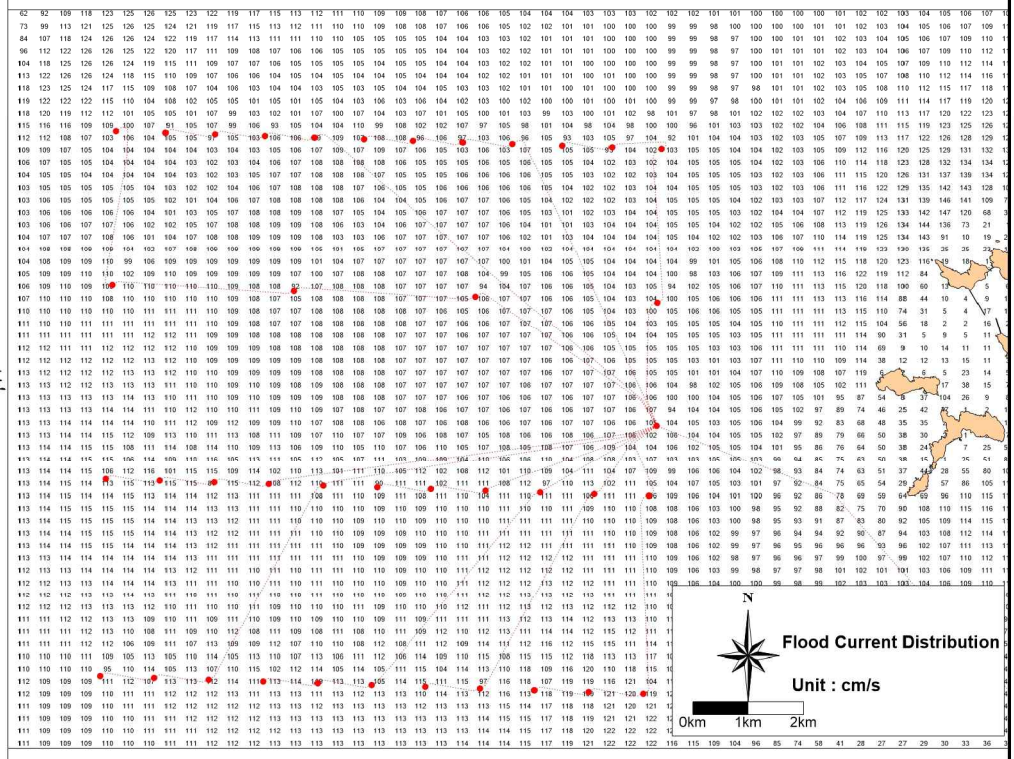
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

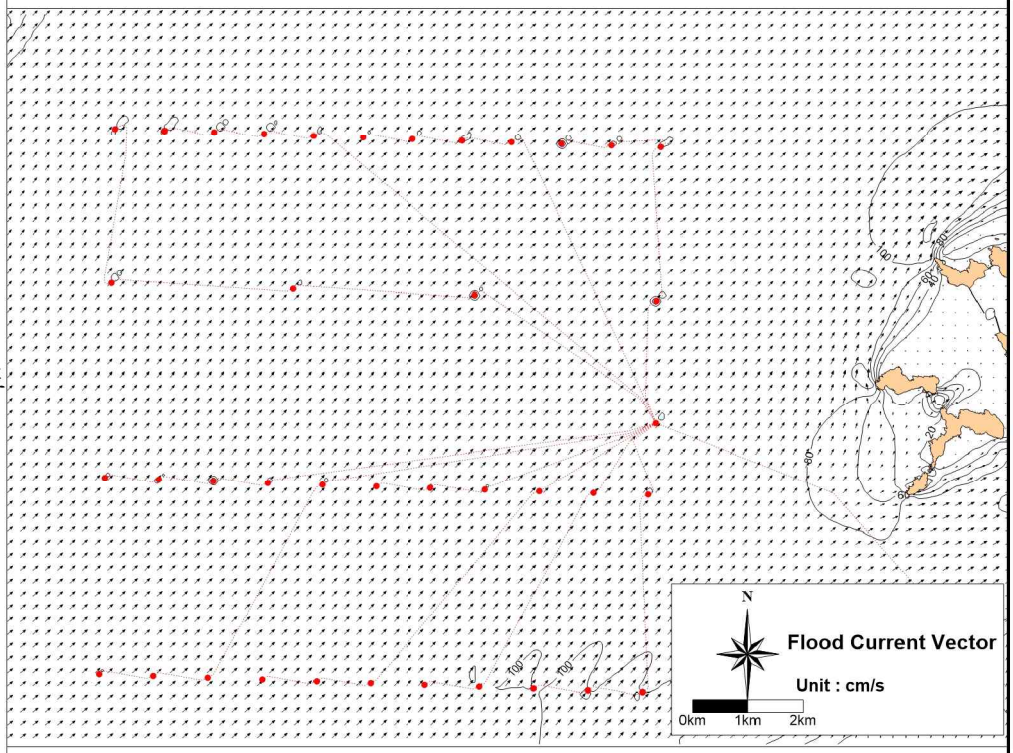
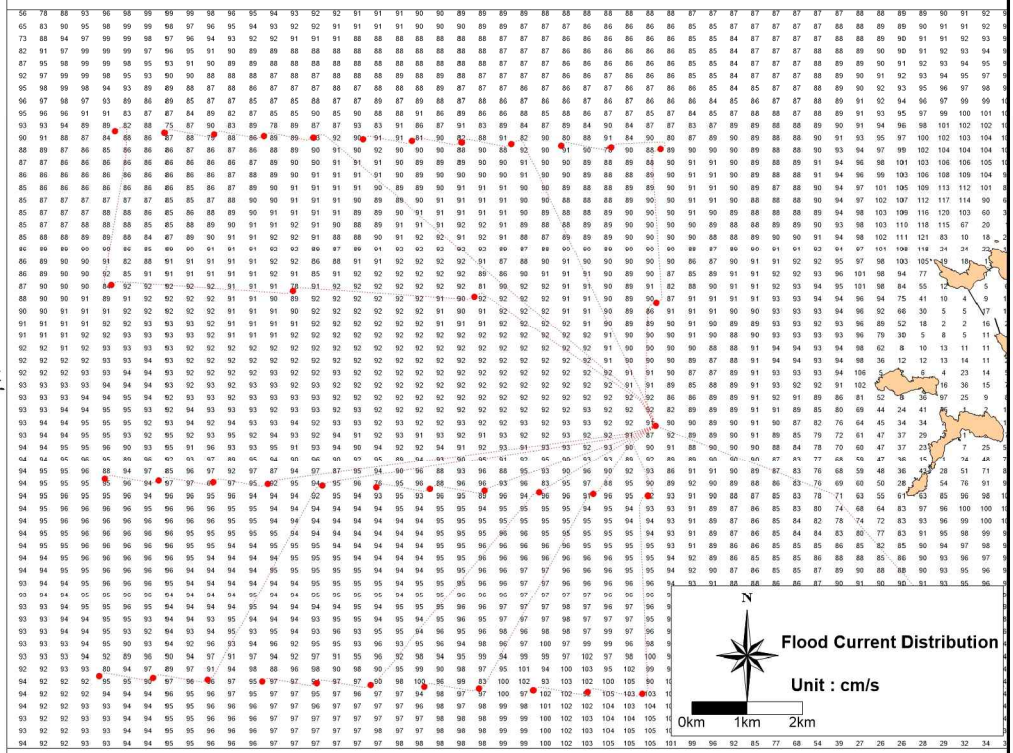
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (9/12)



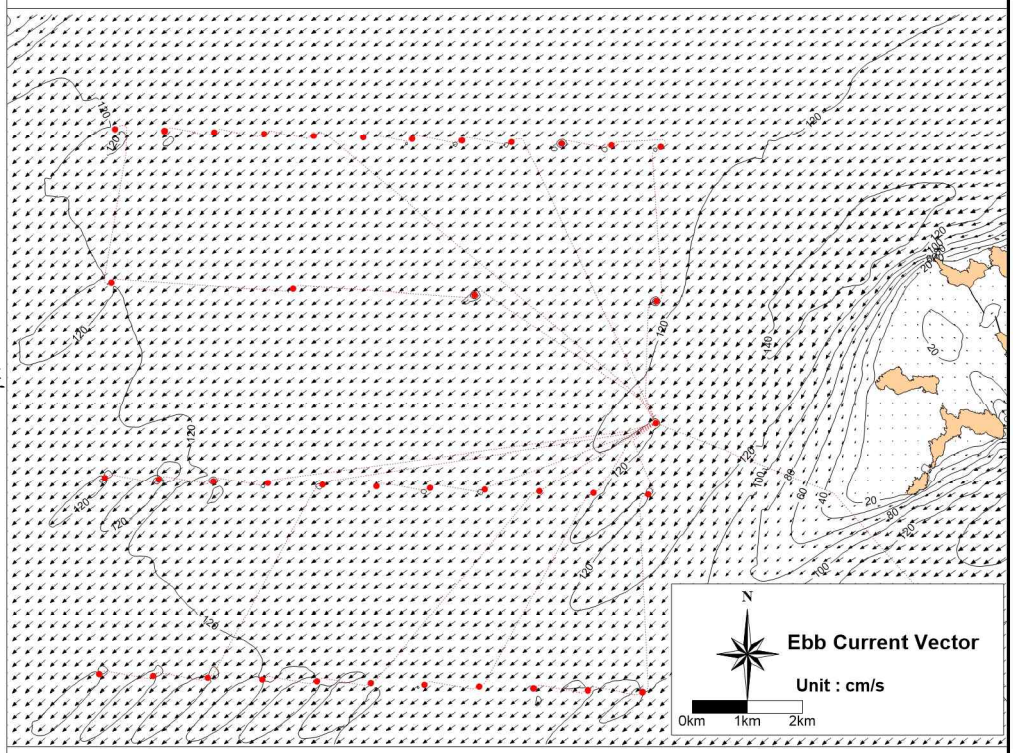
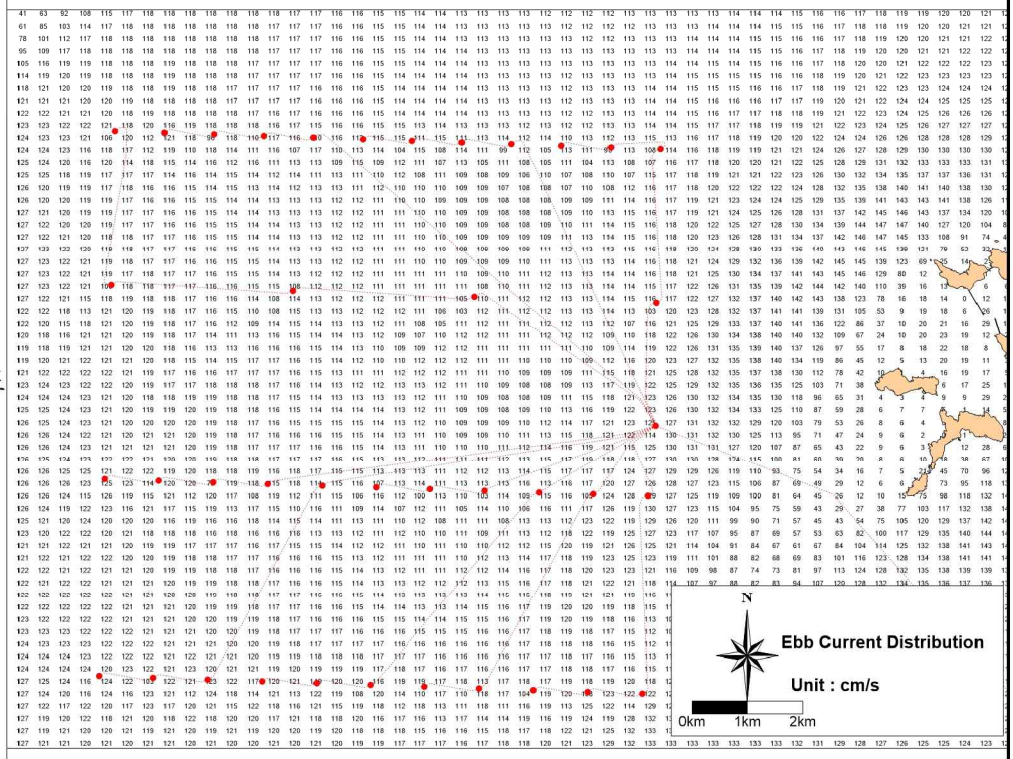
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (10/12)

6 차	표층	벡터도	
		분포도	

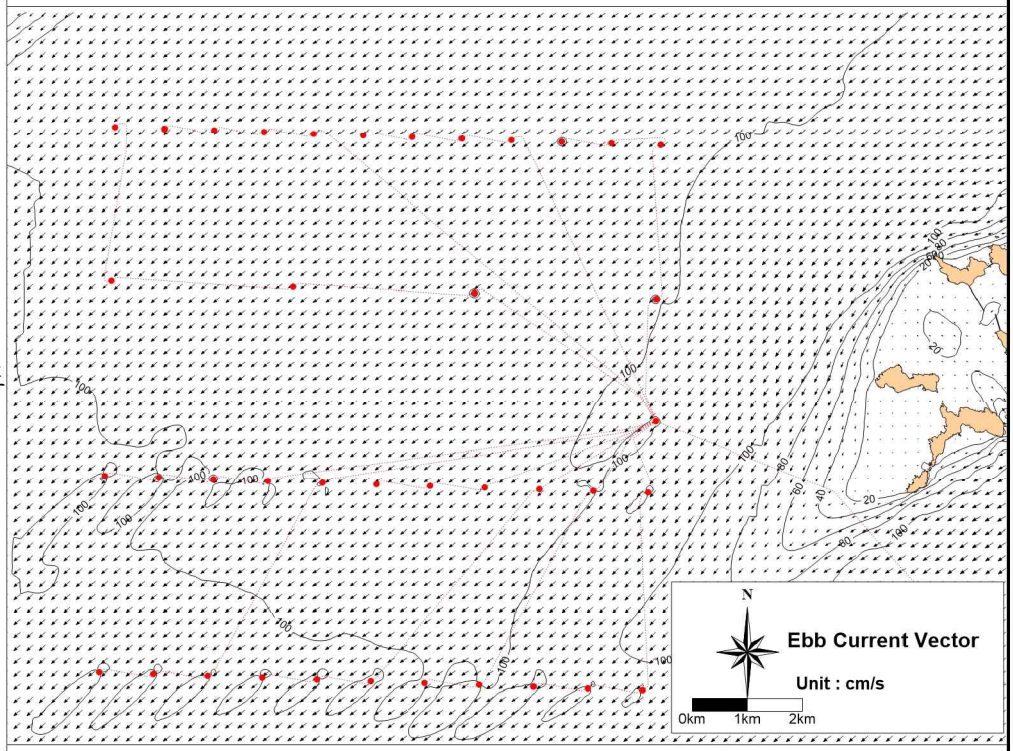
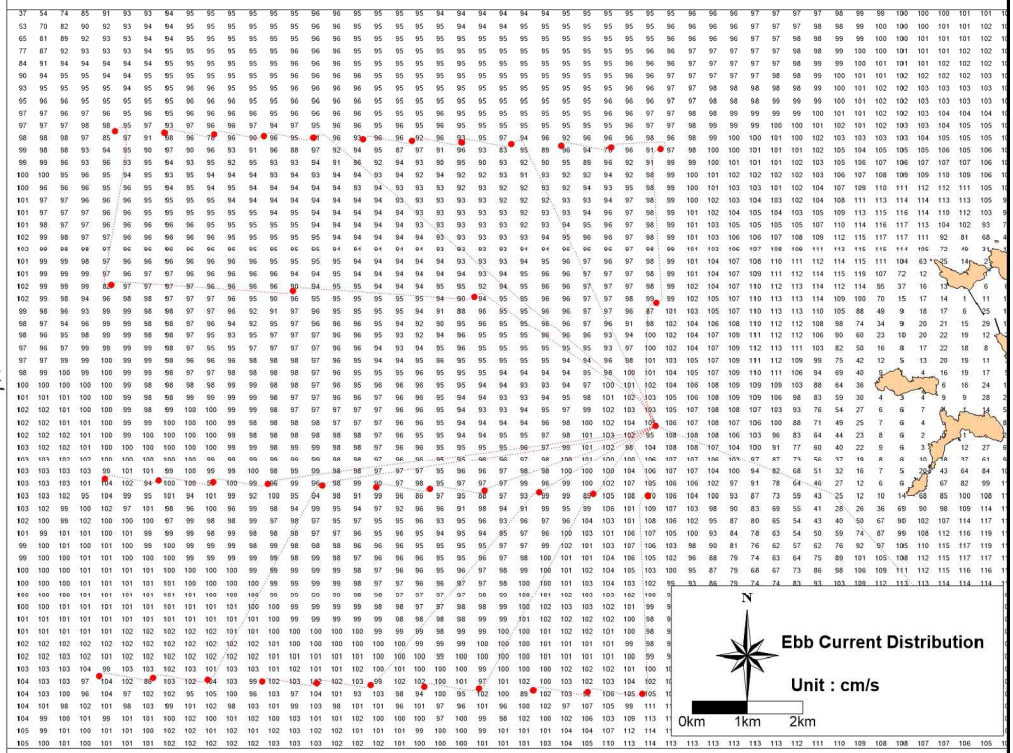
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (11/12)

6차	저층	벡터도	
		분포도	

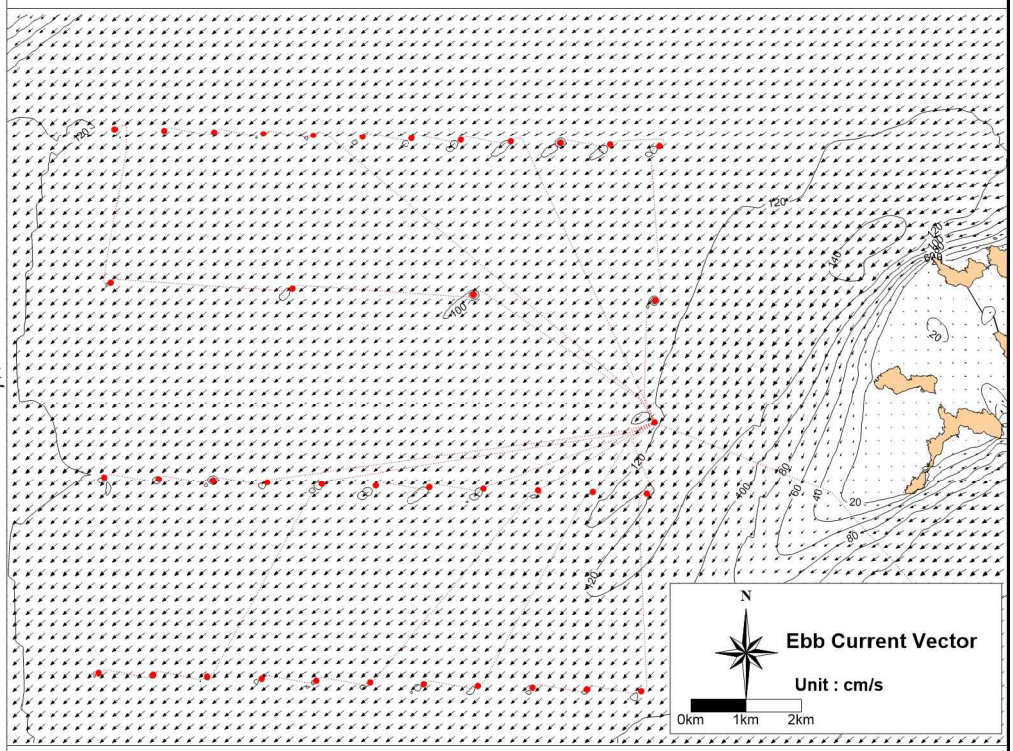
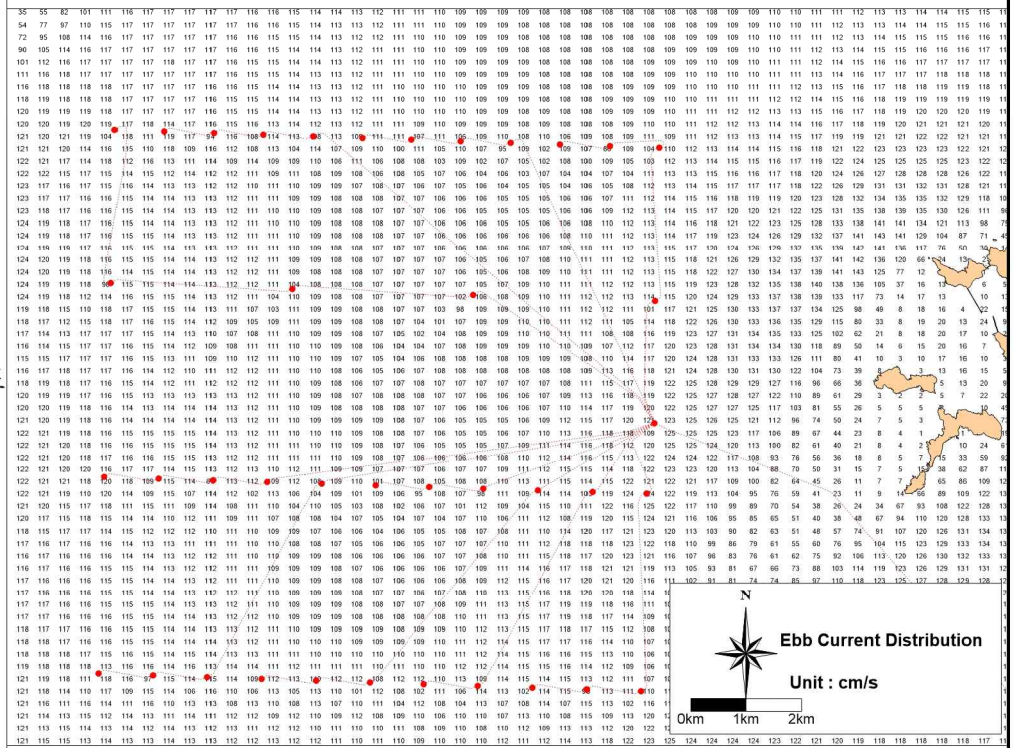
(그림 6.5-11) 대조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (12/12)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

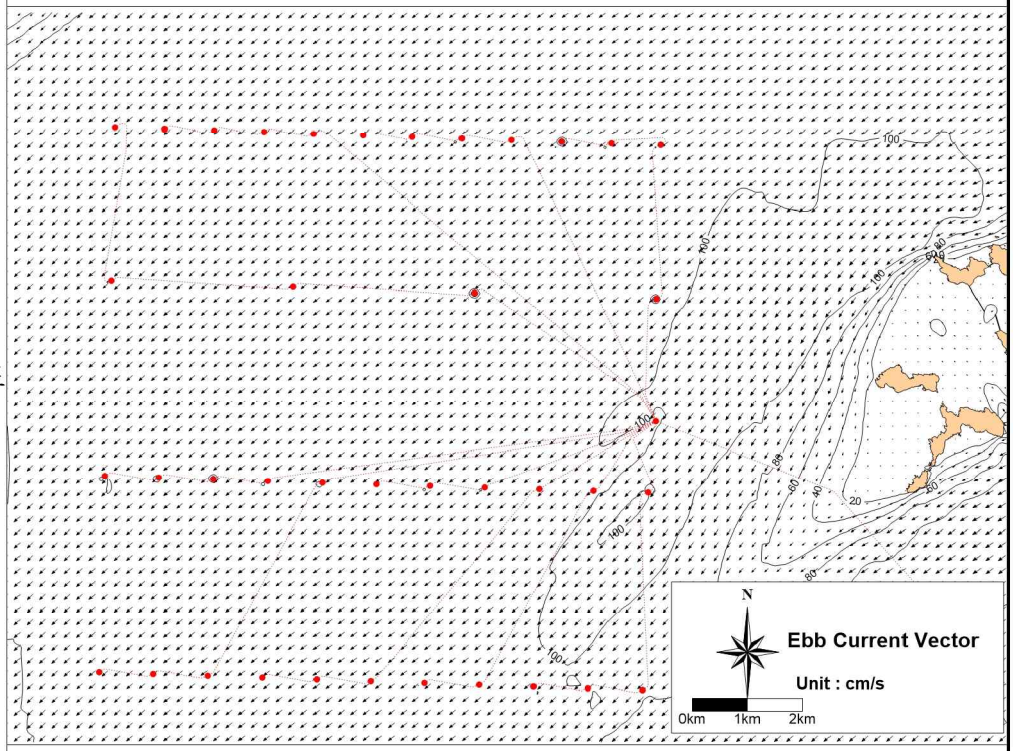
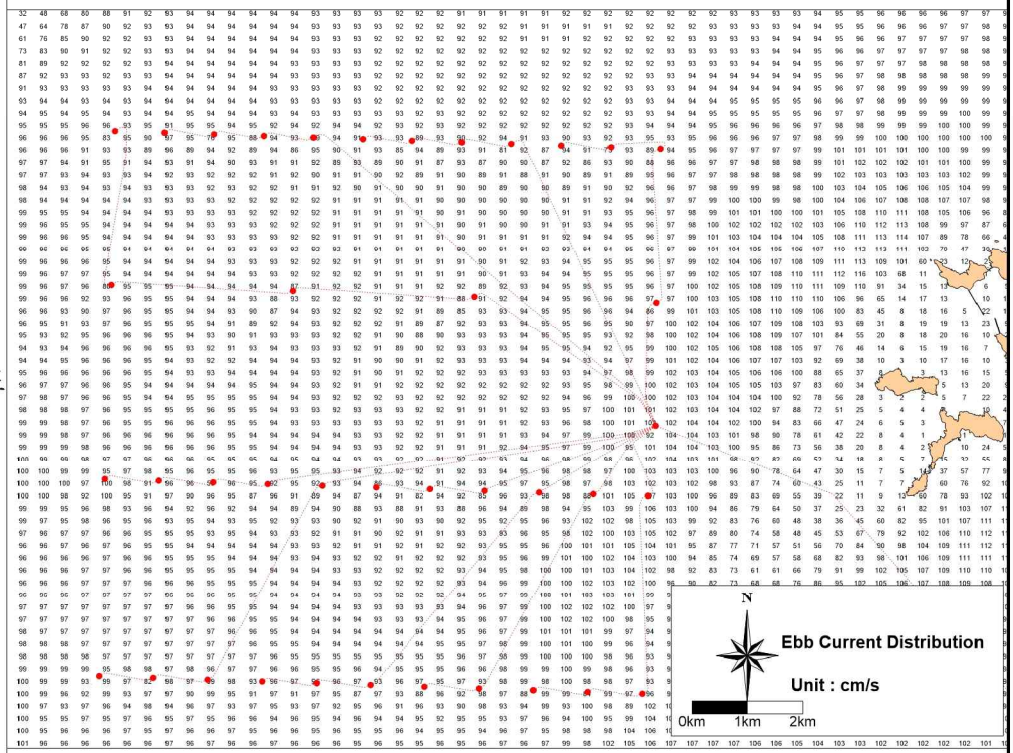
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

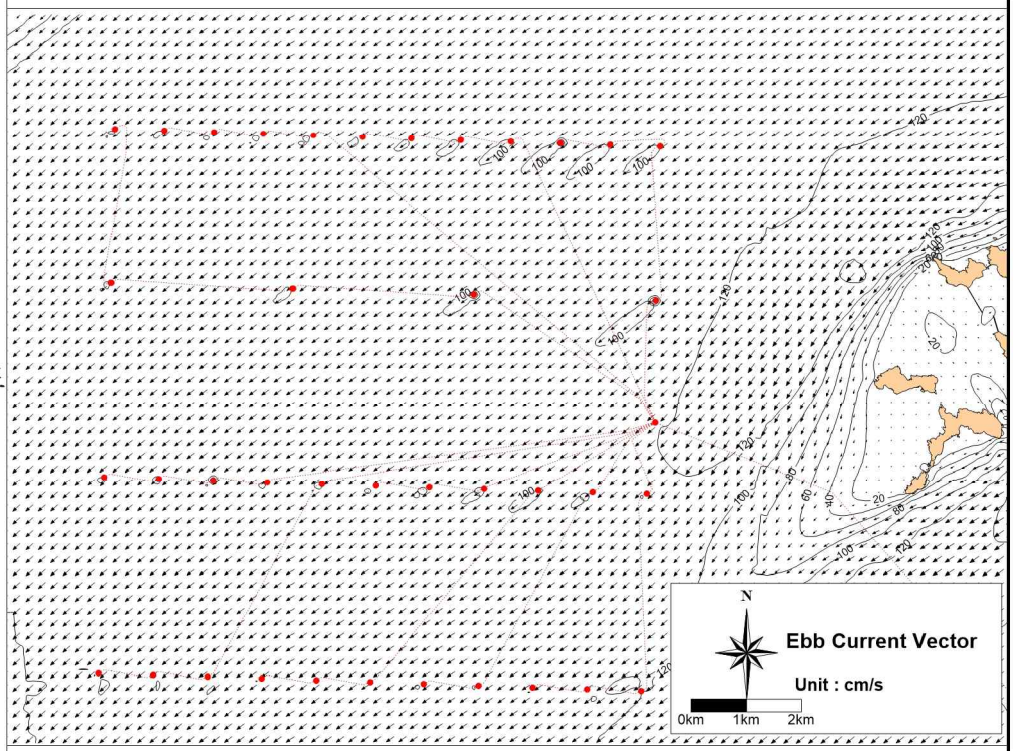
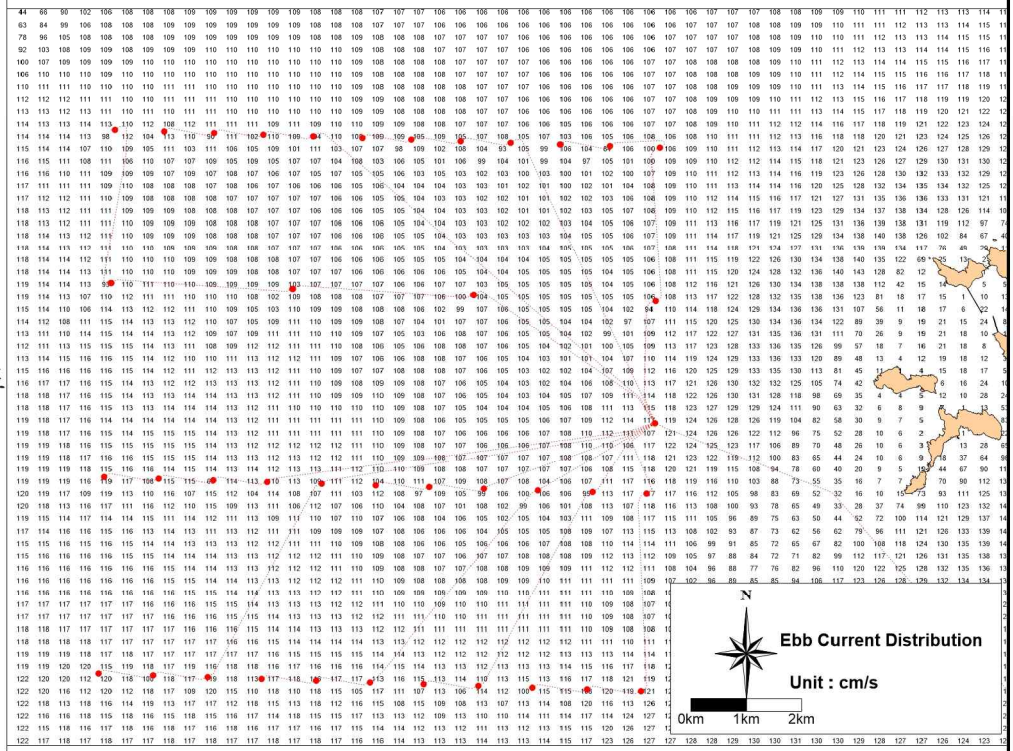
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

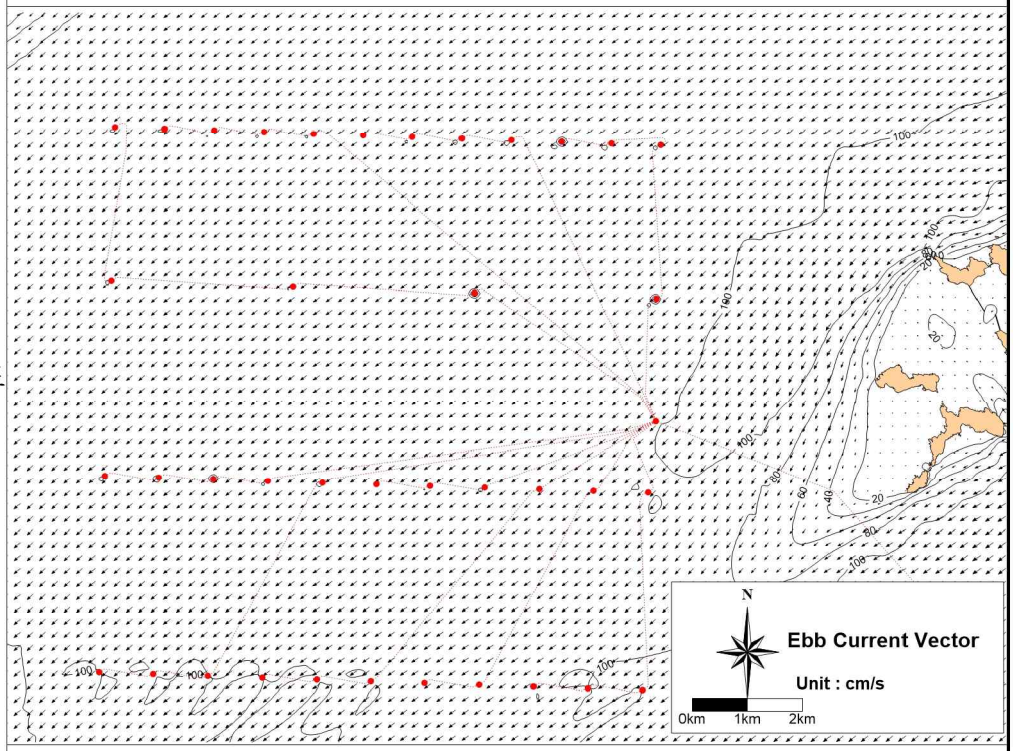
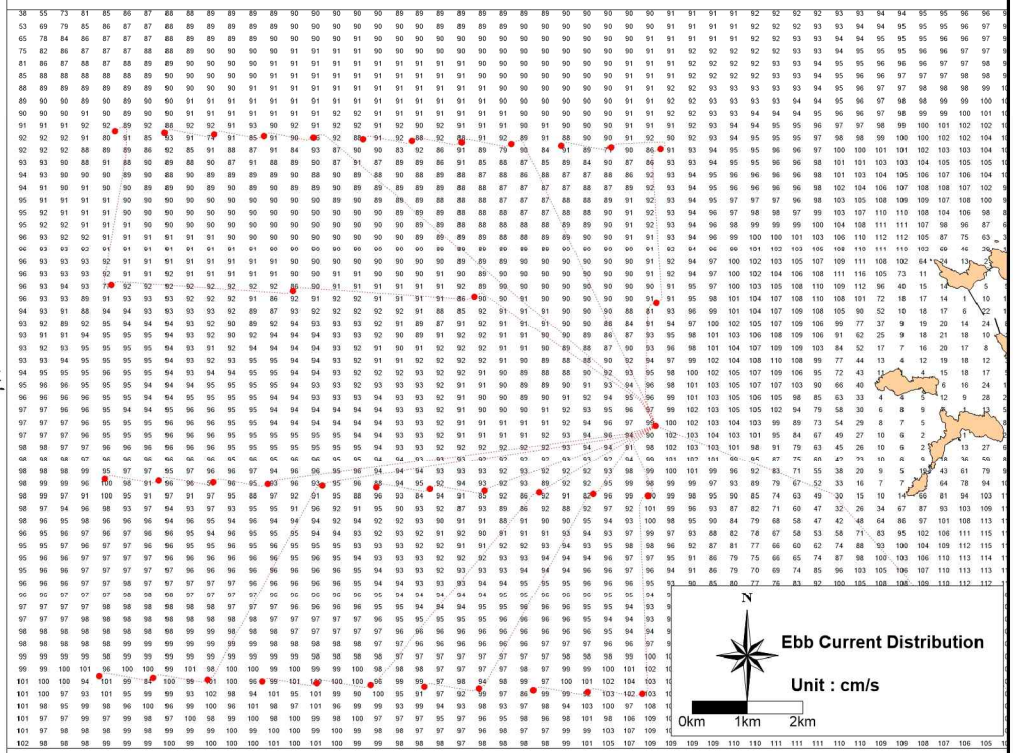
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

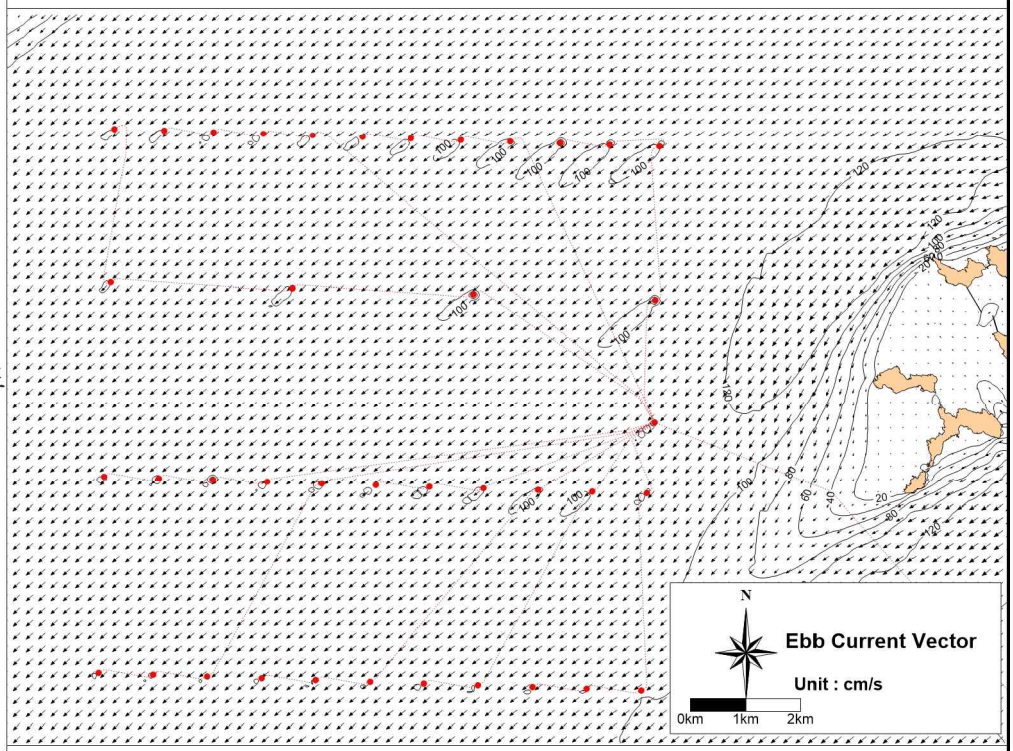
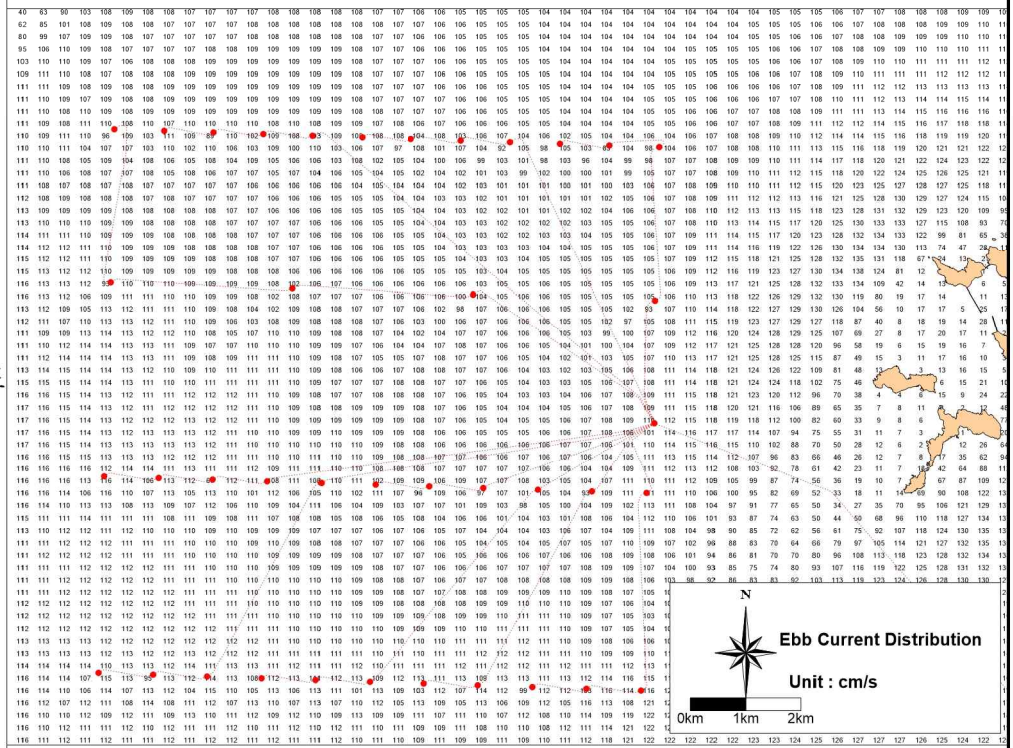
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (4/12)

3차	표층	벡터도	
		분포도	

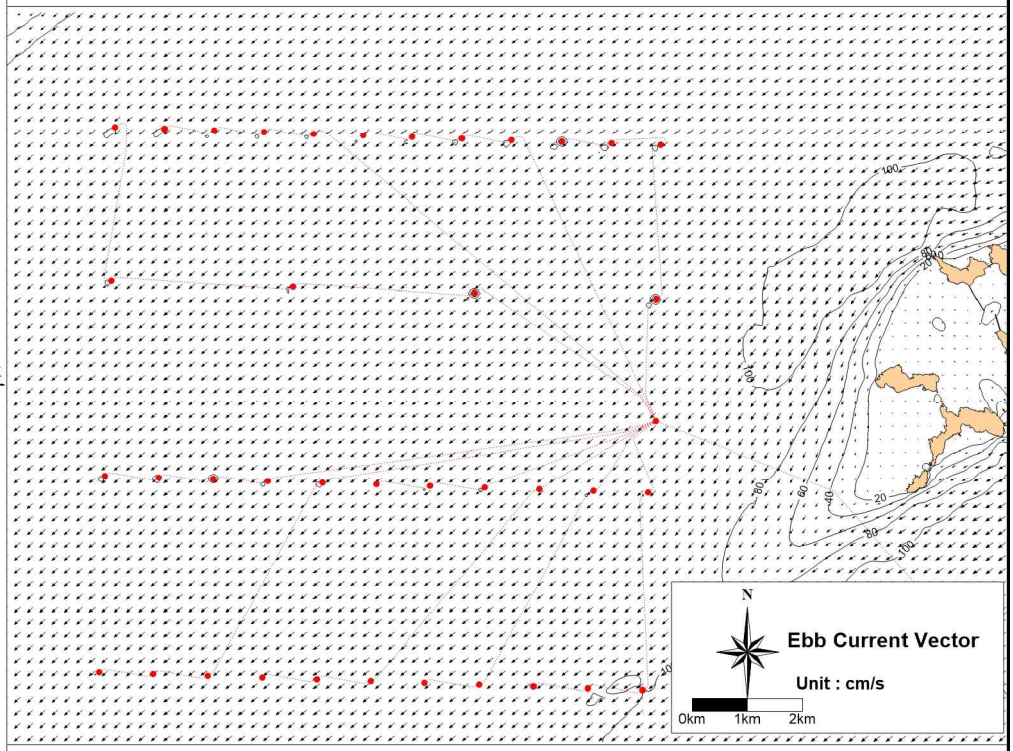
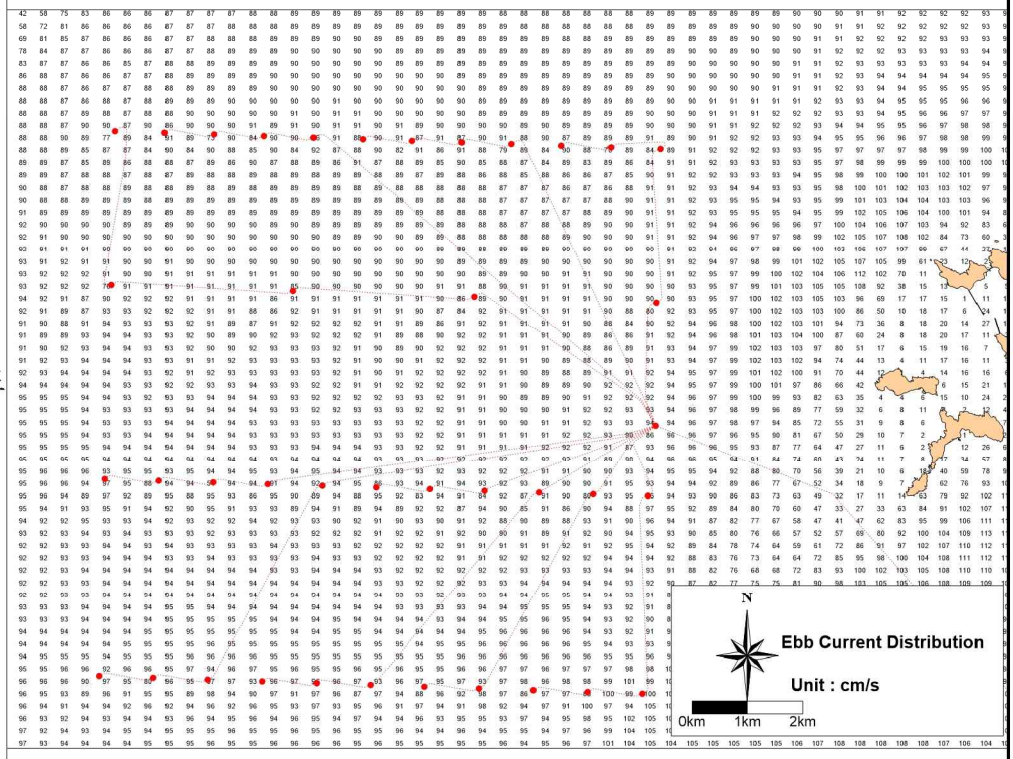
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (5/12)

3차	저층	벡터도	
		분포도	

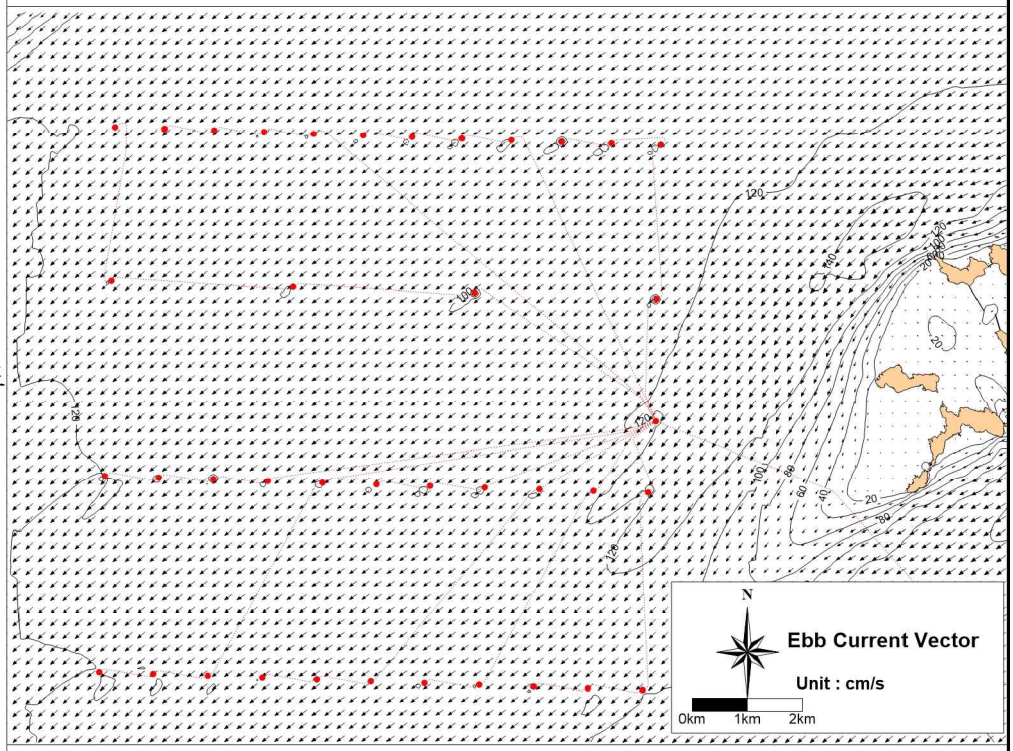
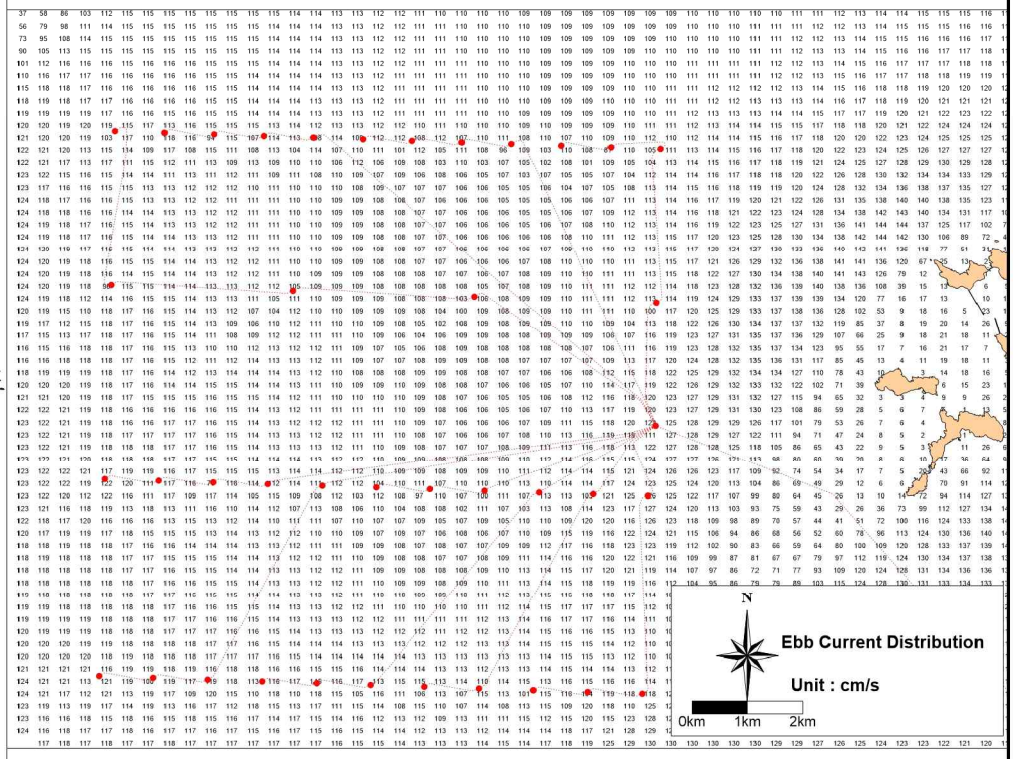
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

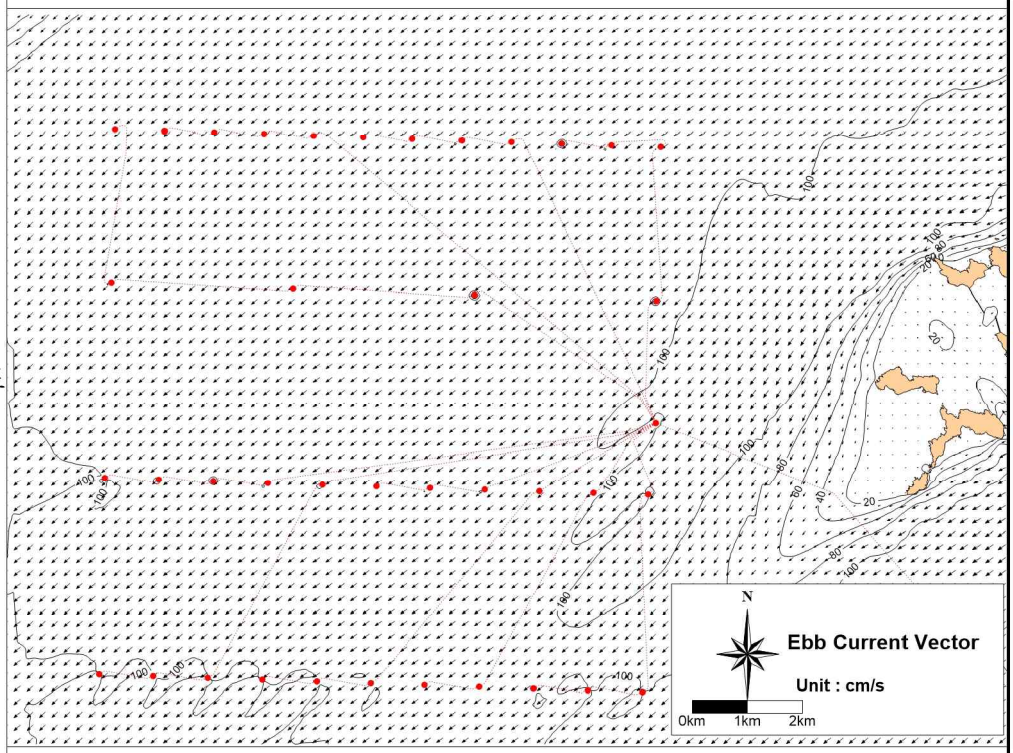
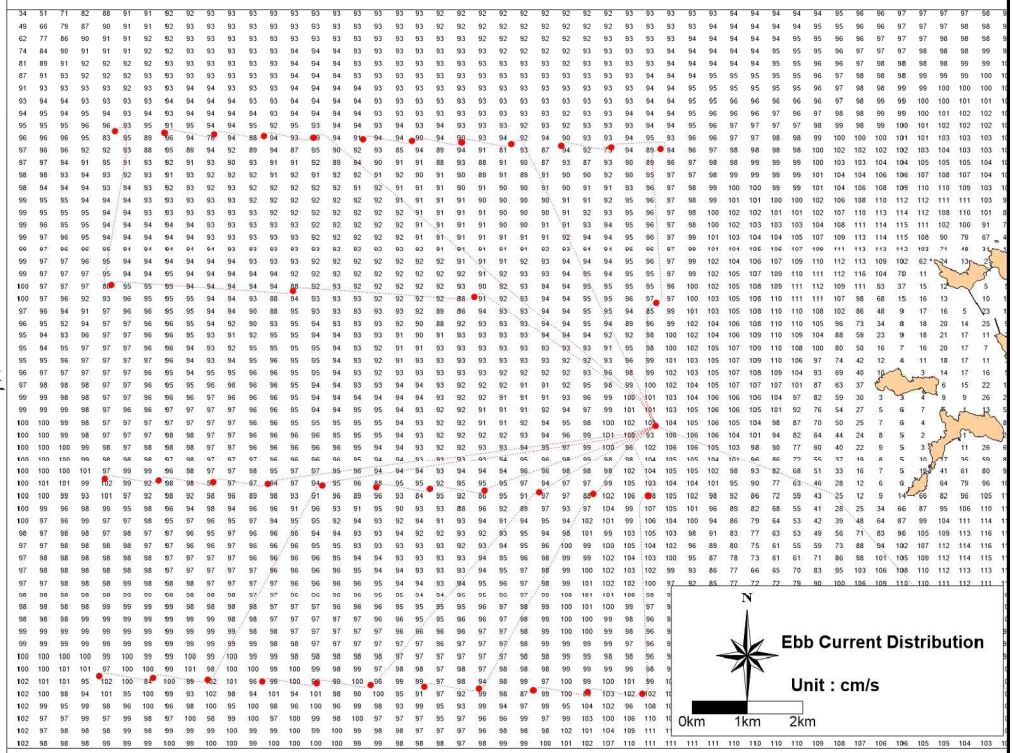
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

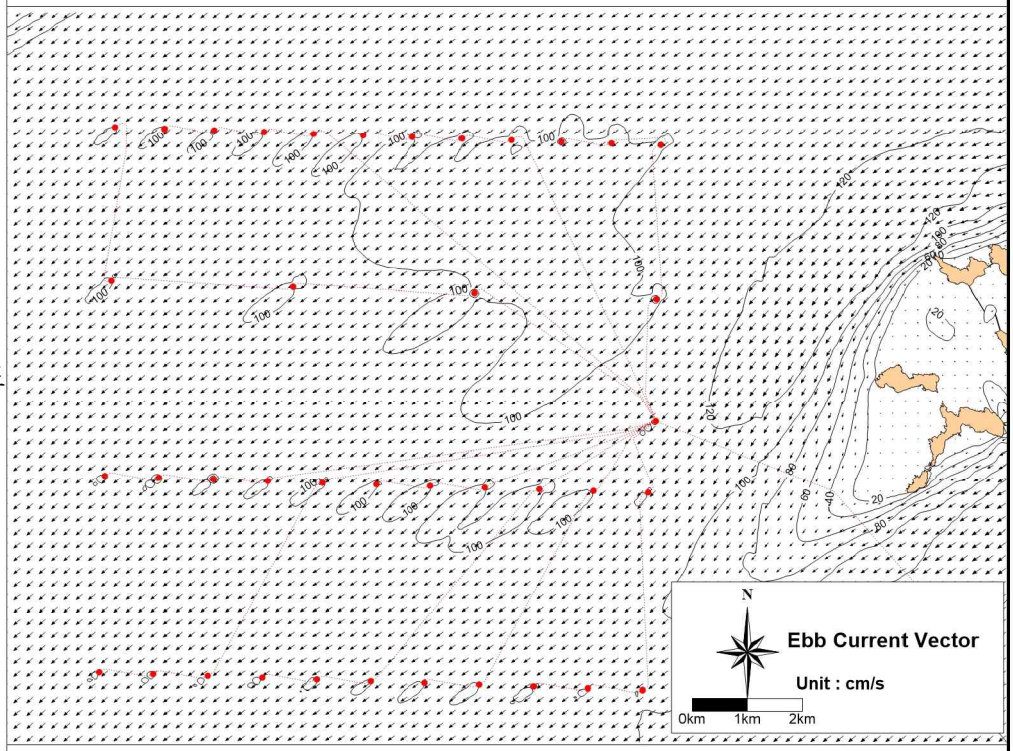
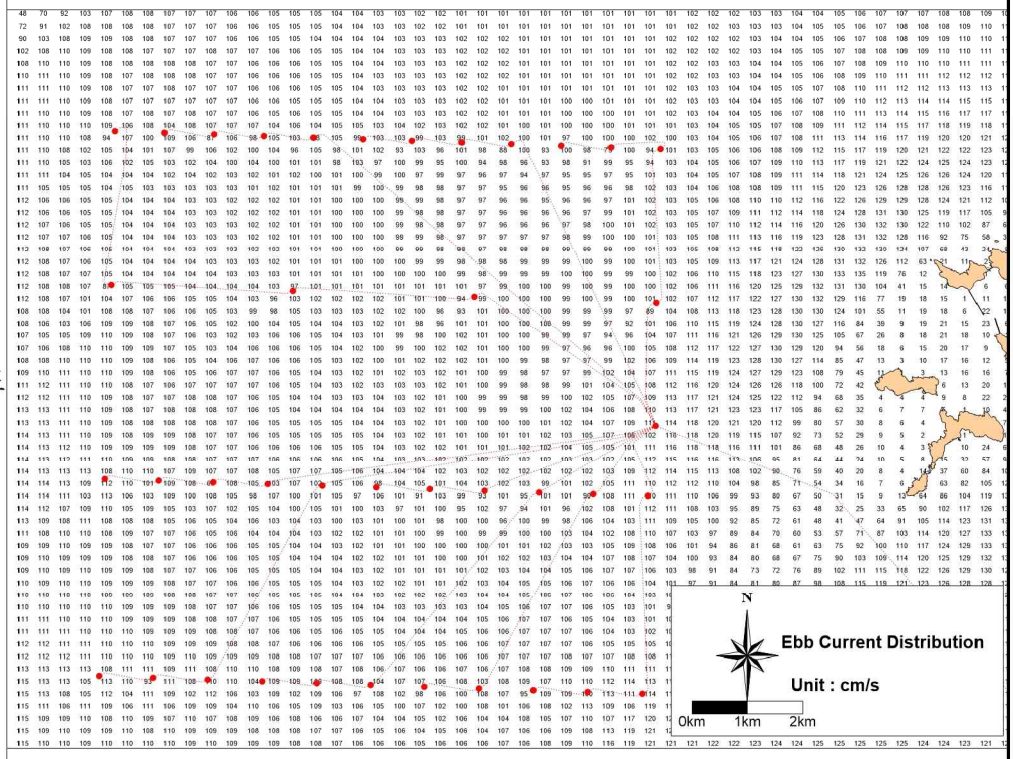
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

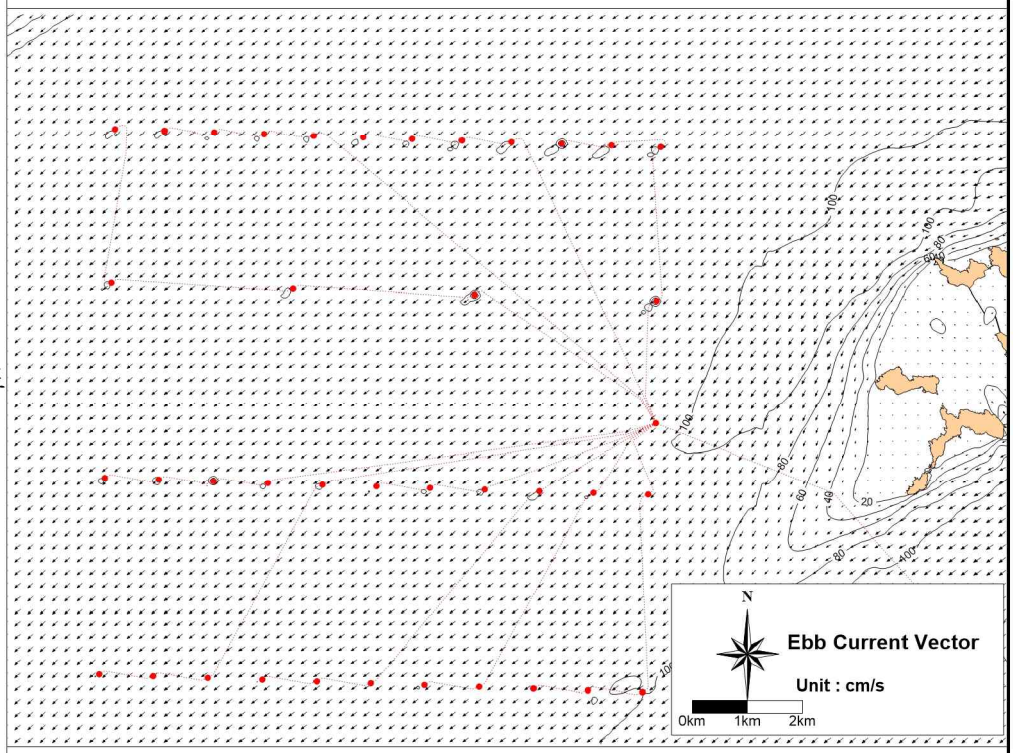
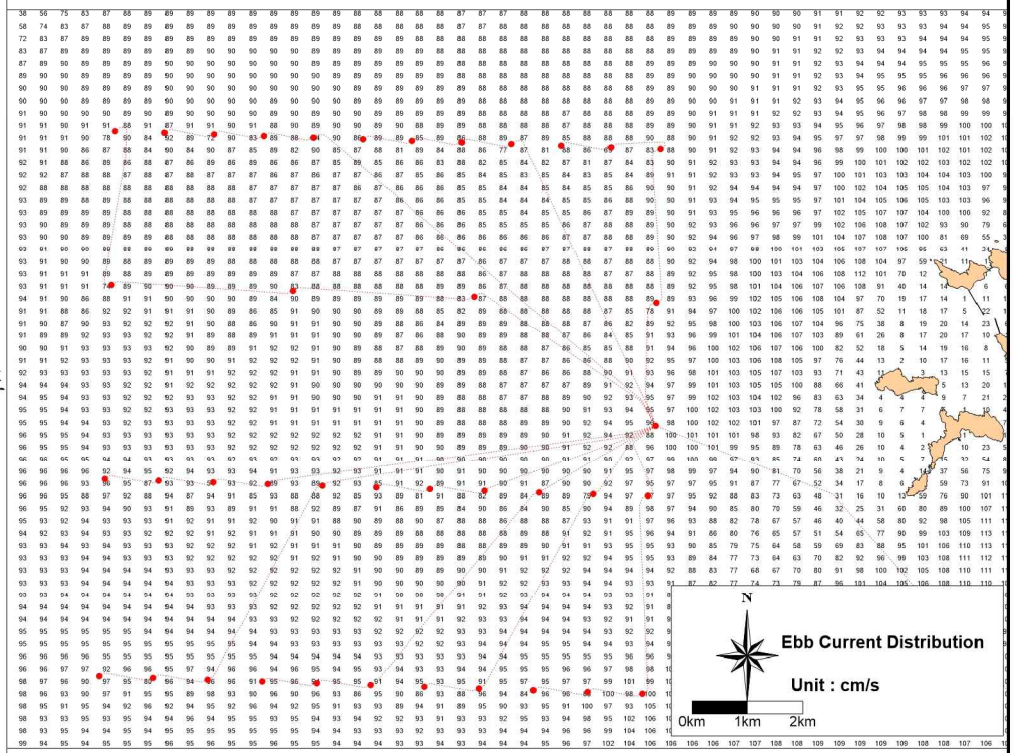
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (9/12)

5차	저층	벡터도	
		분포도	

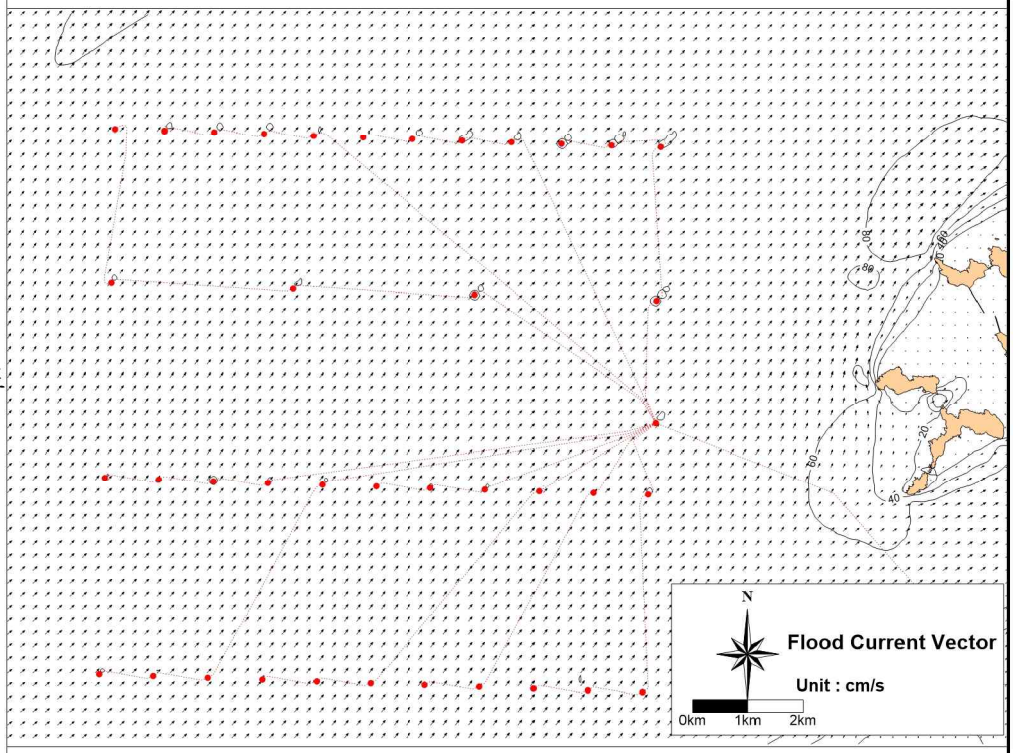
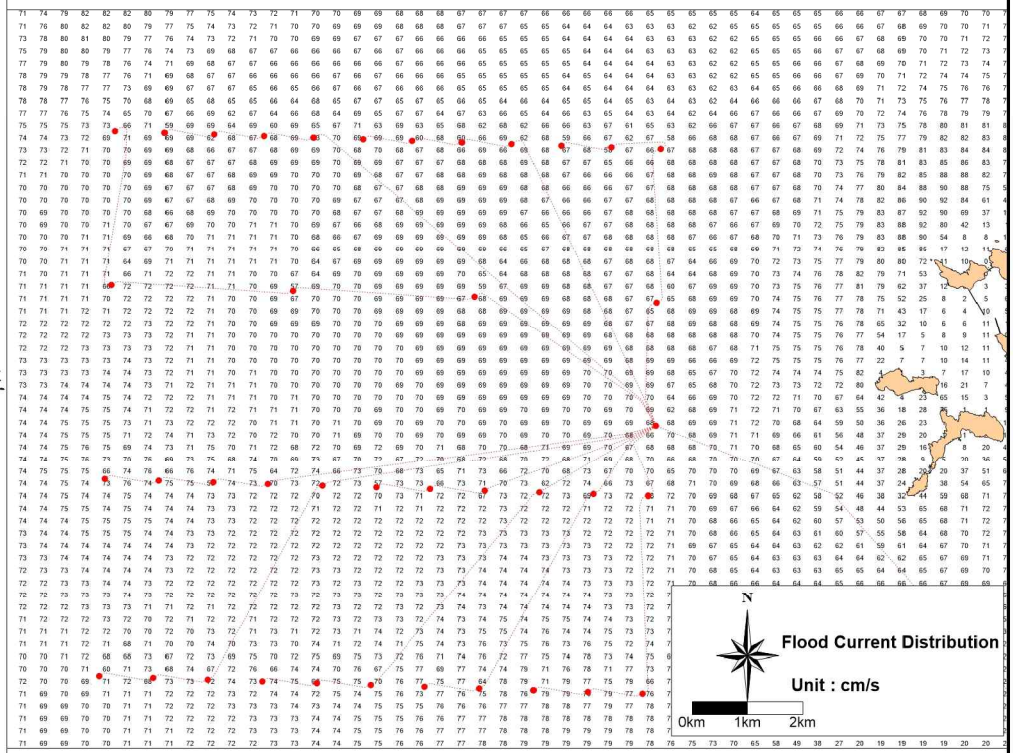
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (10/12)

6차	표층	벡터도	
		분포도	

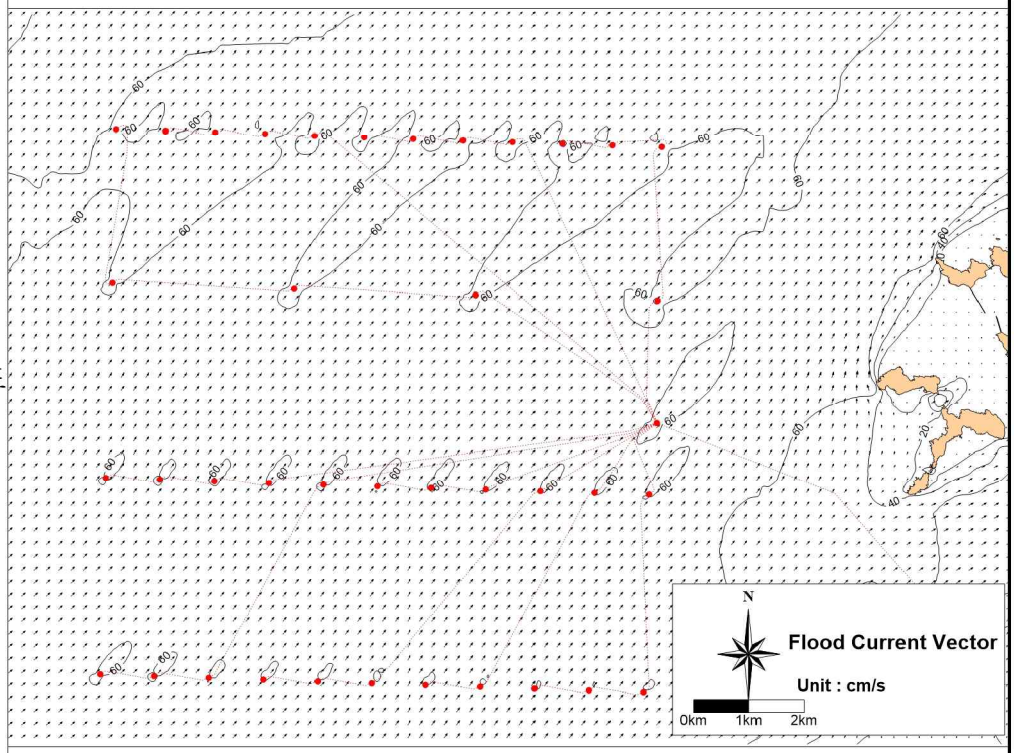
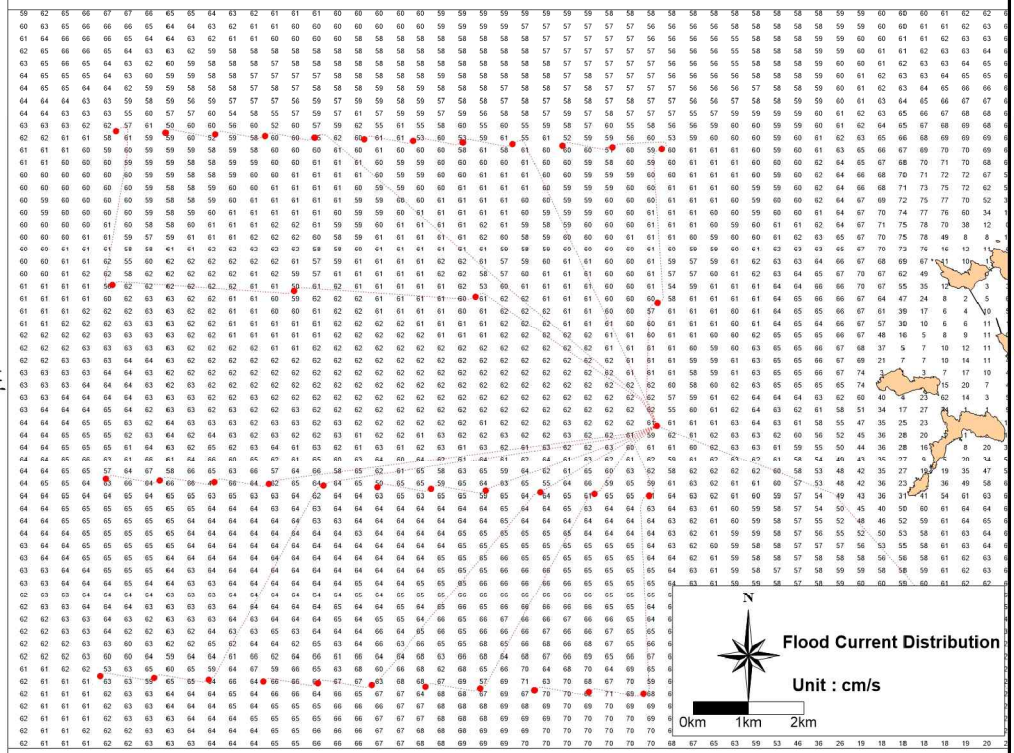
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (11/12)

6차	저층	벡터도	
		분포도	

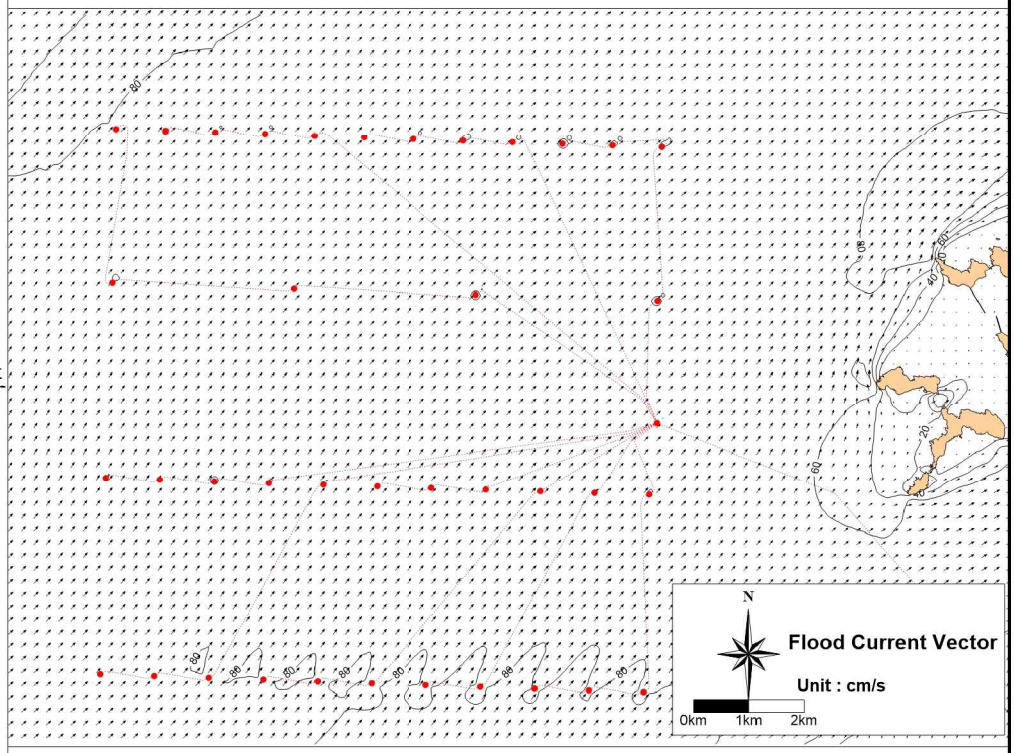
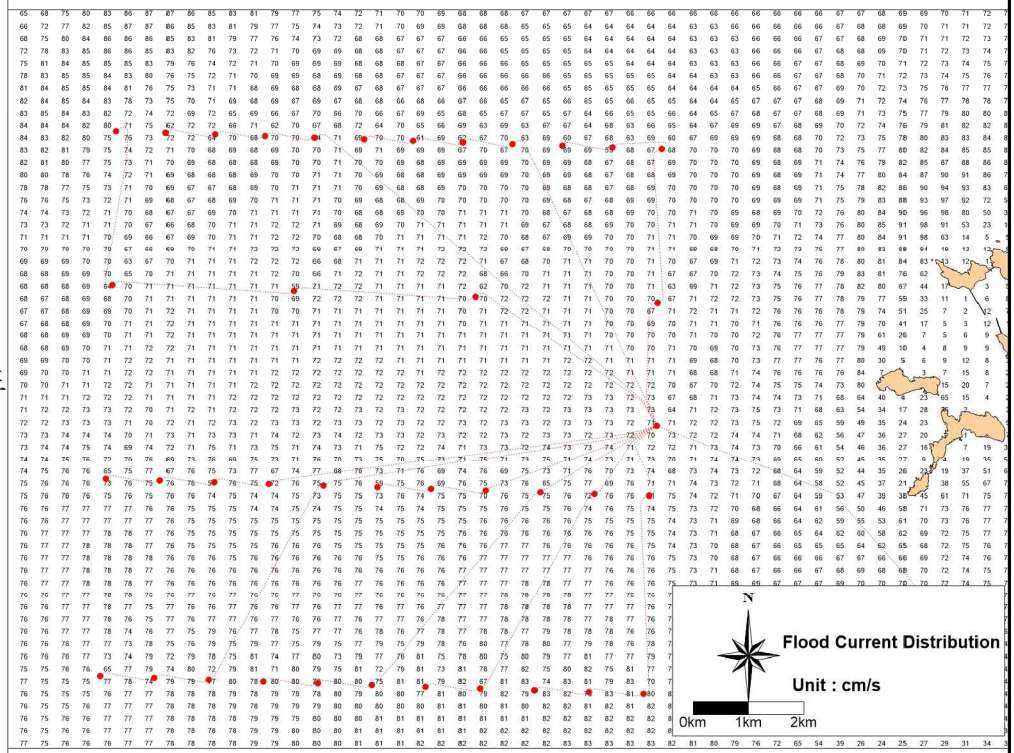
(그림 6.5-12) 대조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (12/12)

1차	표층	벡터도	
		분포도	

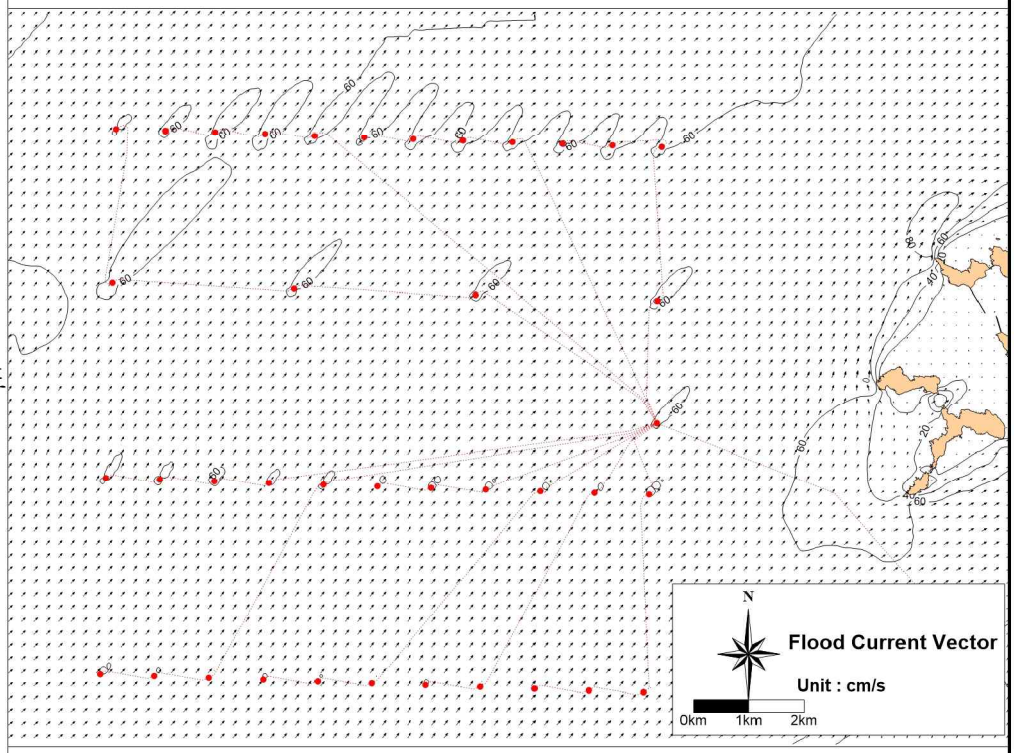
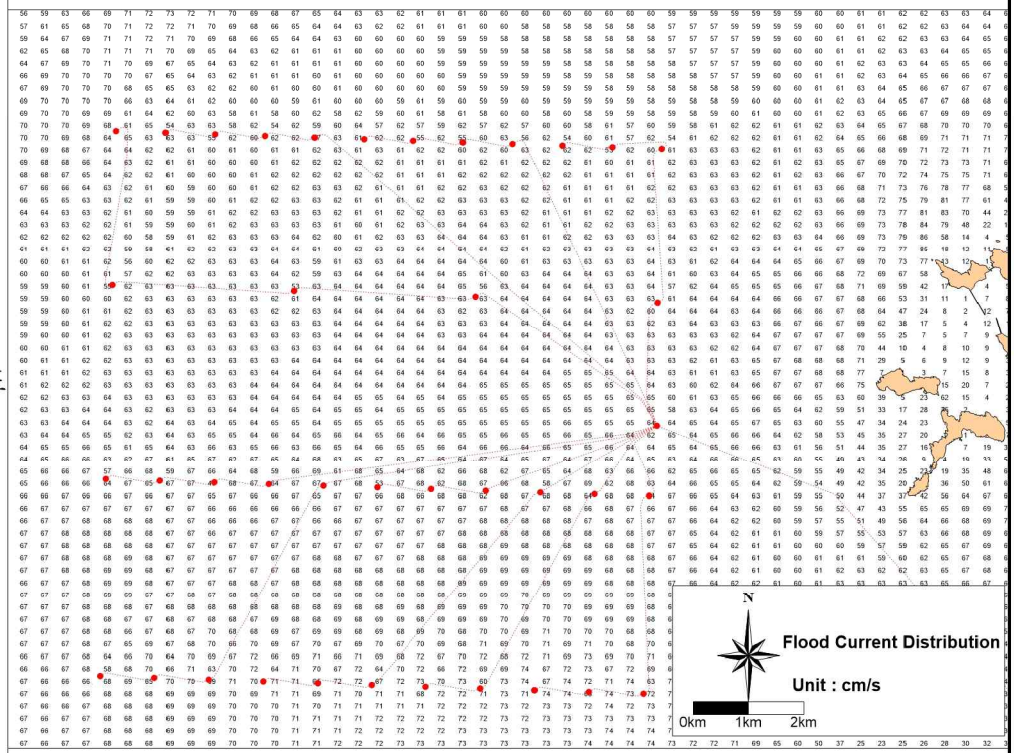
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

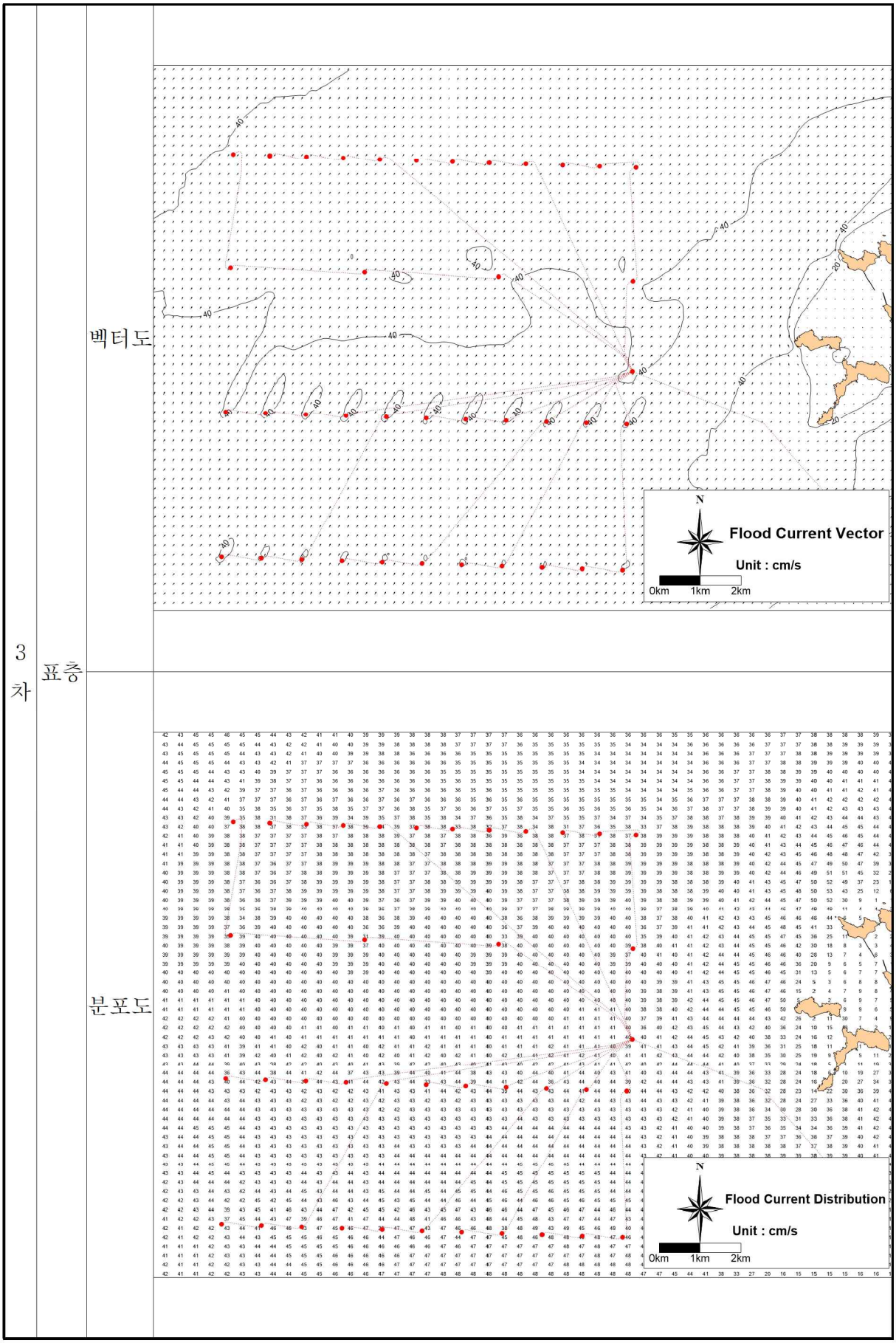
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

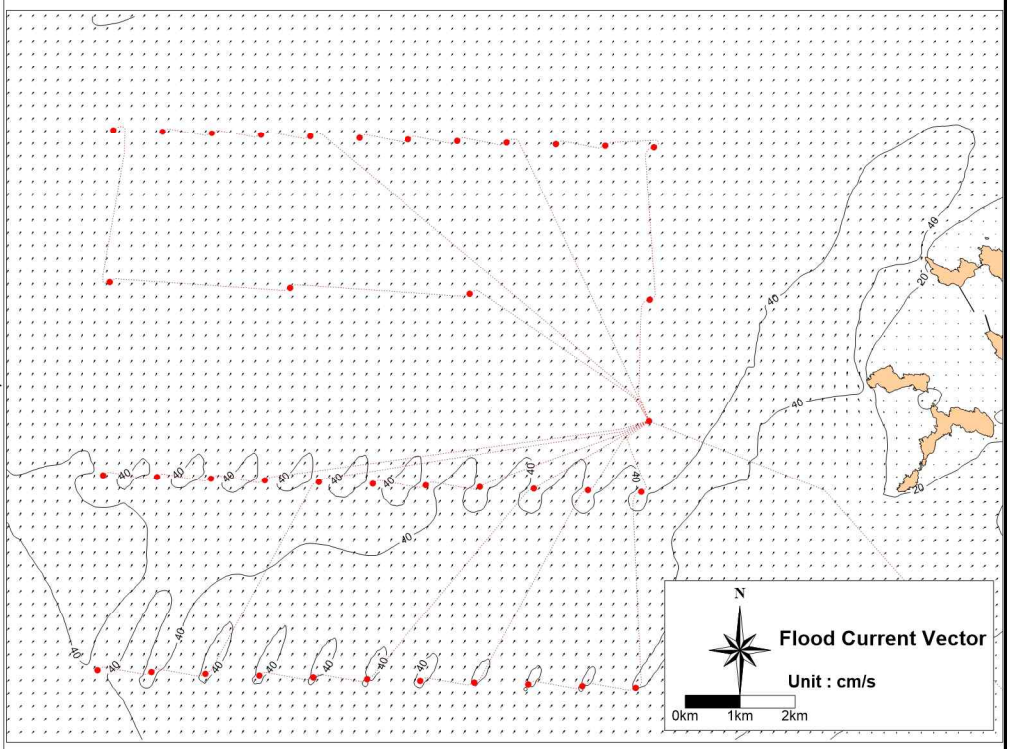
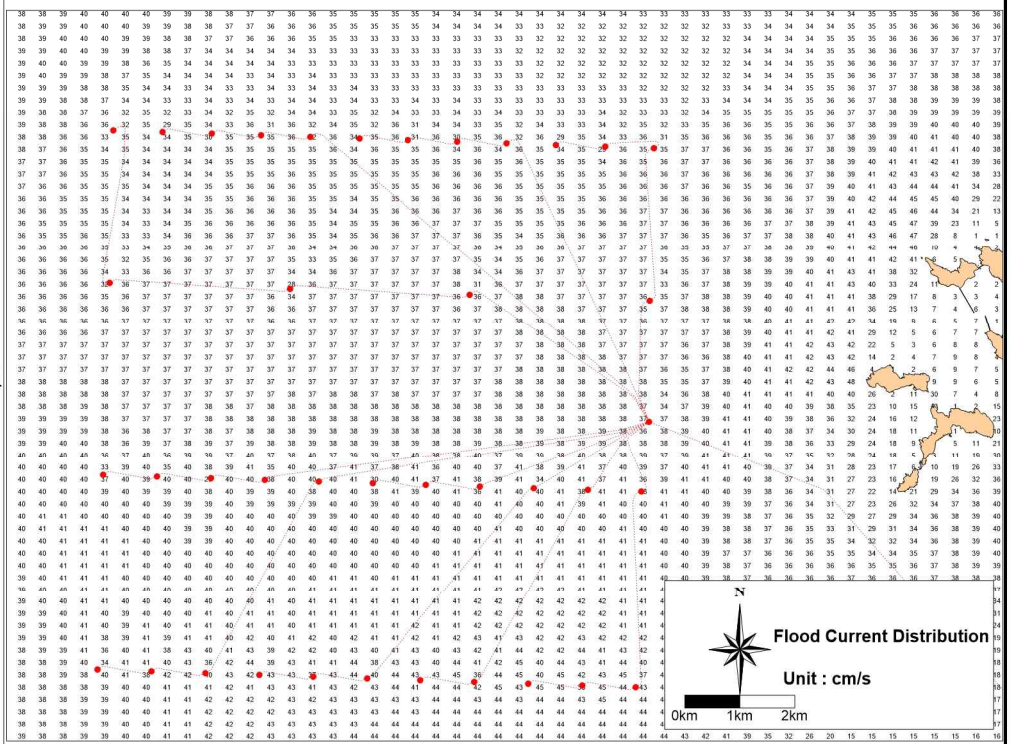
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

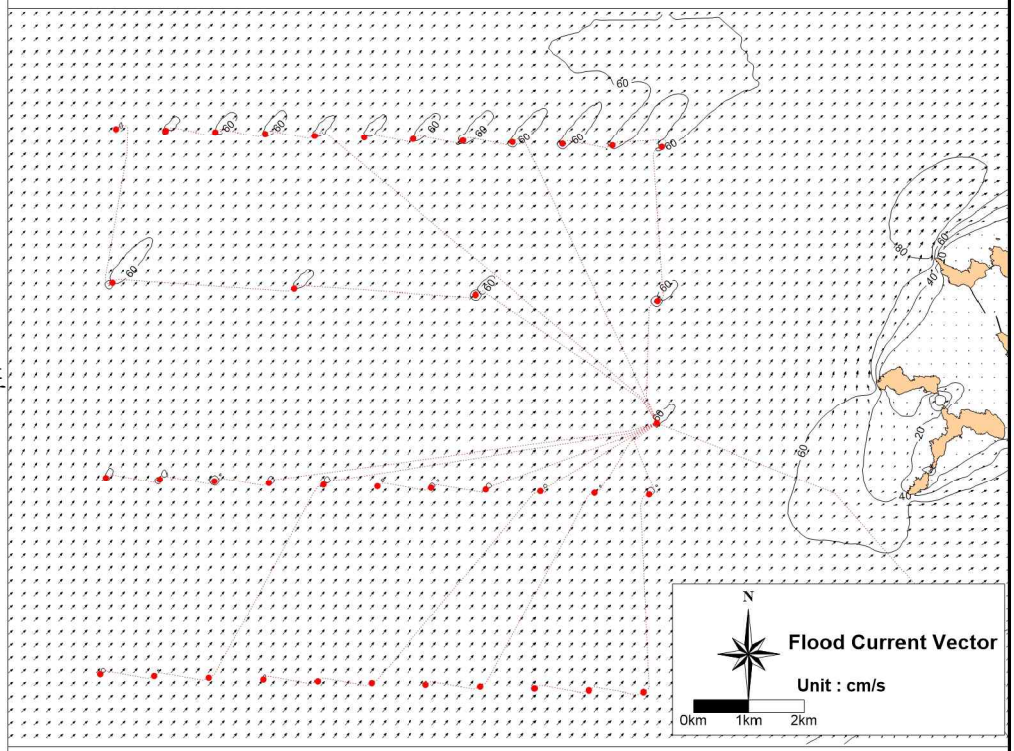
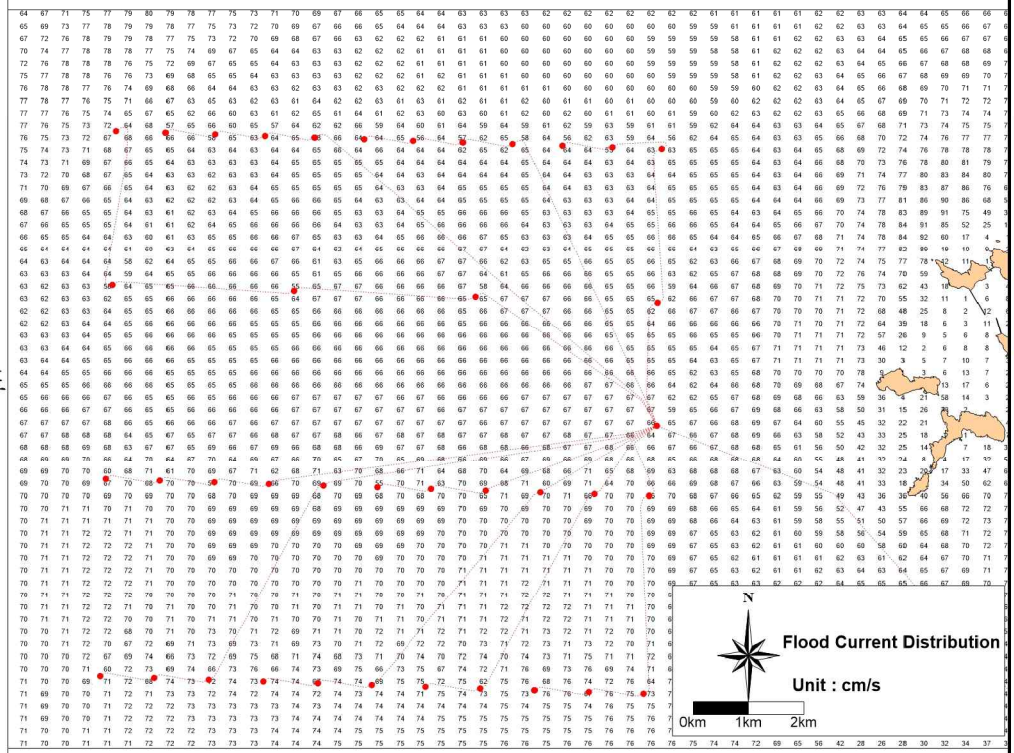
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (4/12)



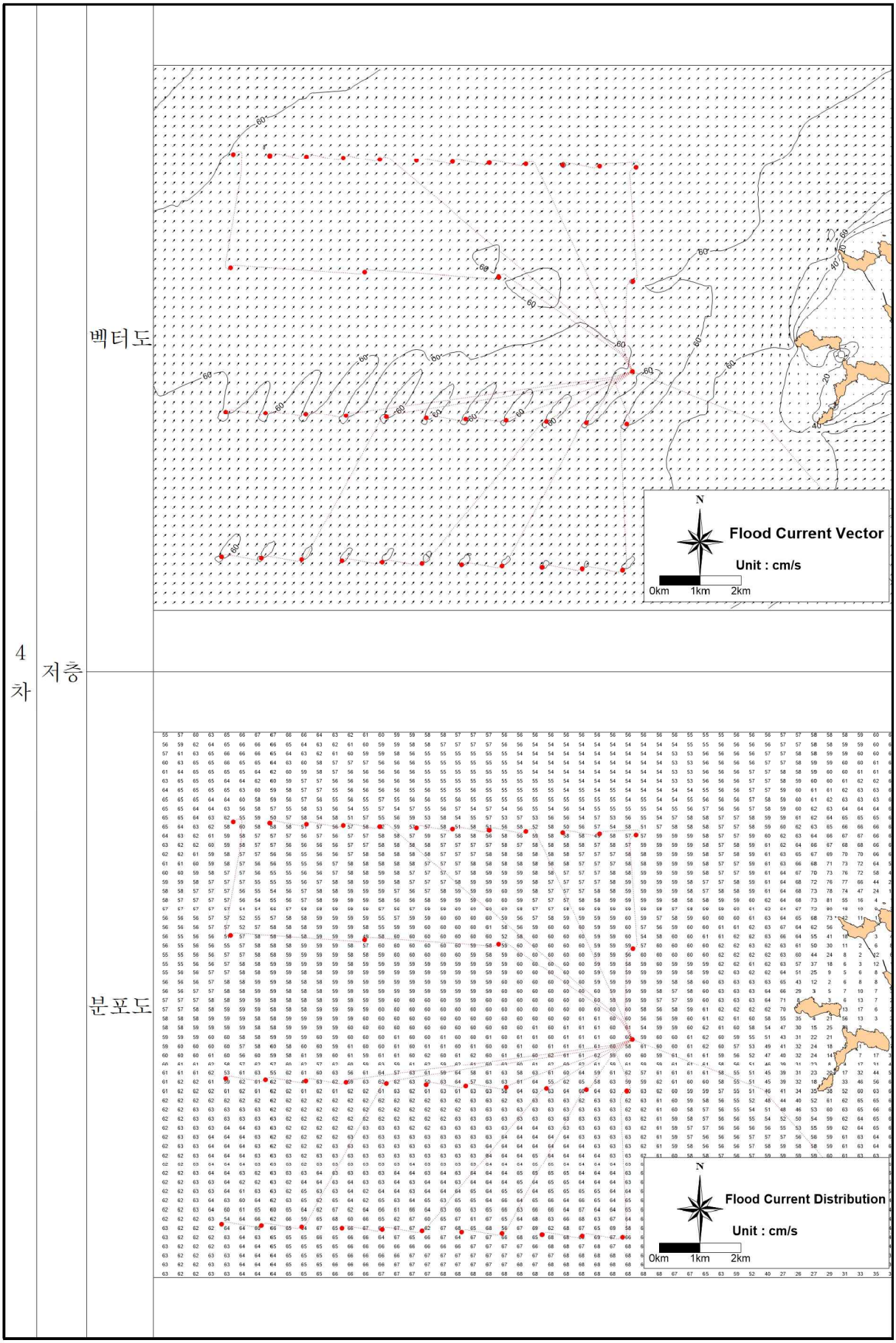
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (5/12)

3차	저층	벡터도	
		분포도	

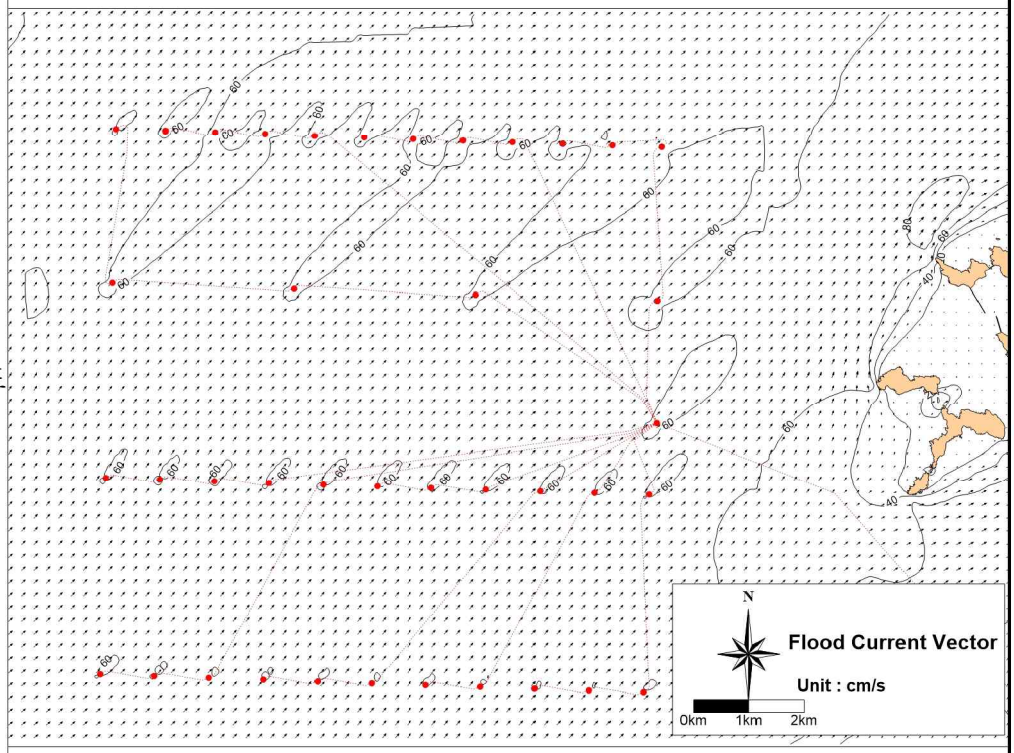
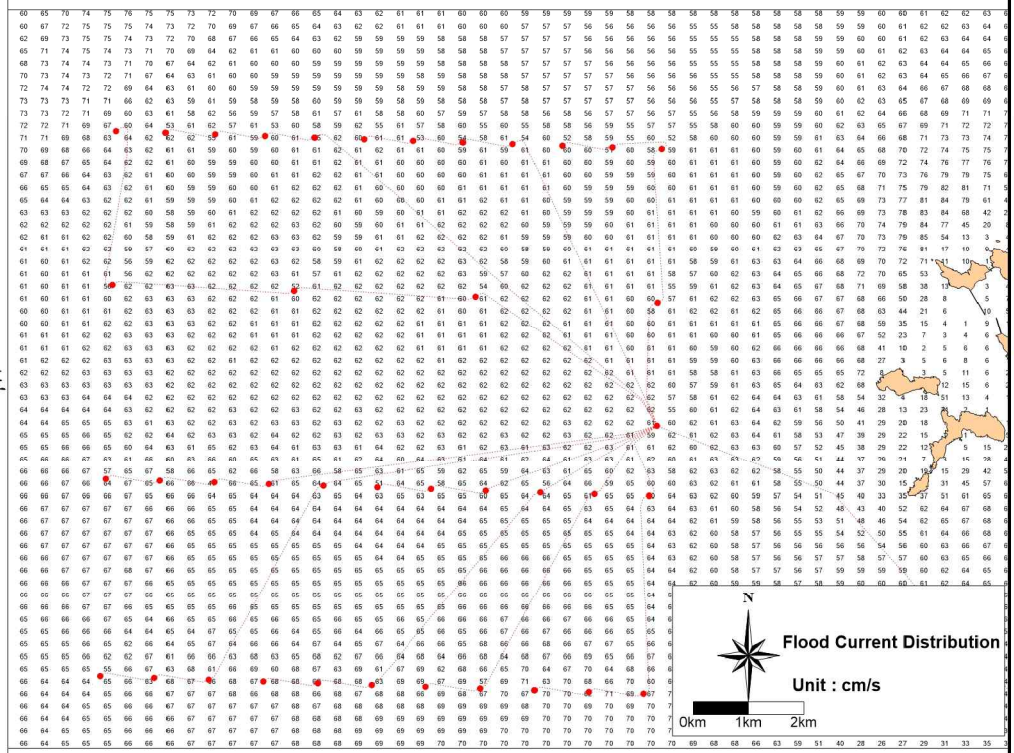
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

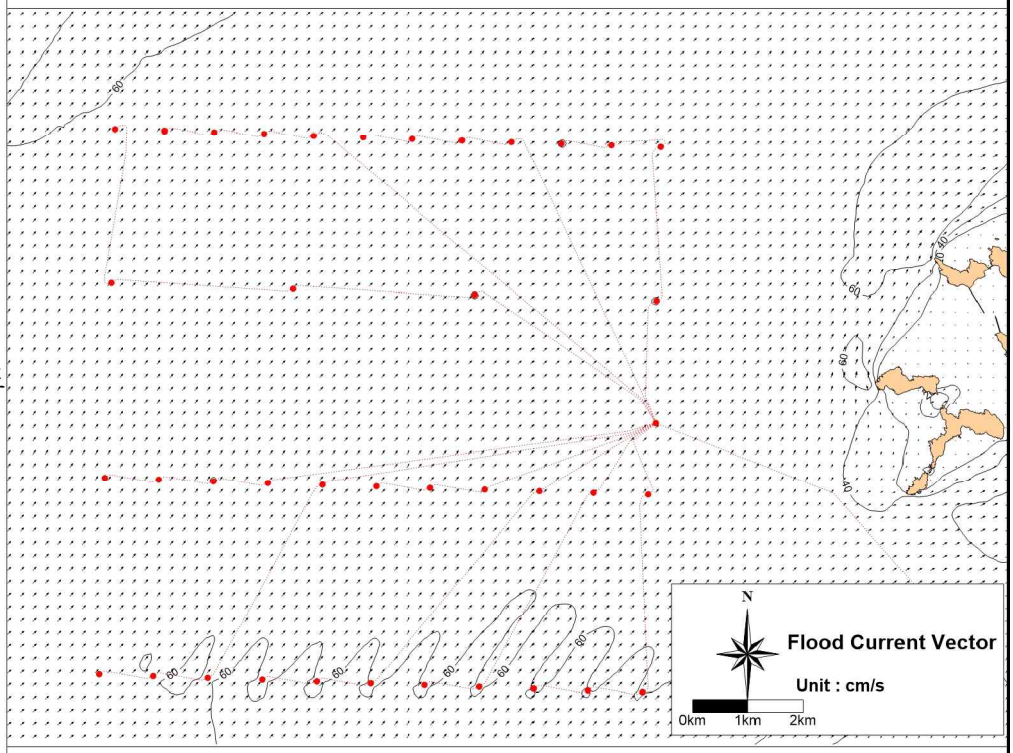
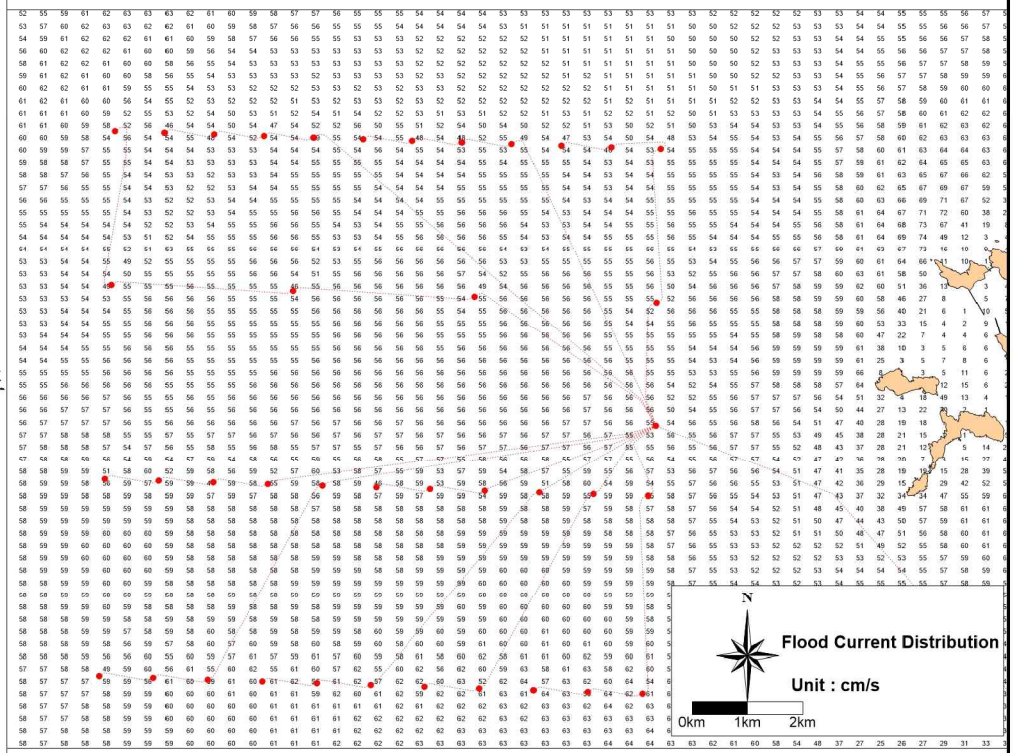
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (7/12)



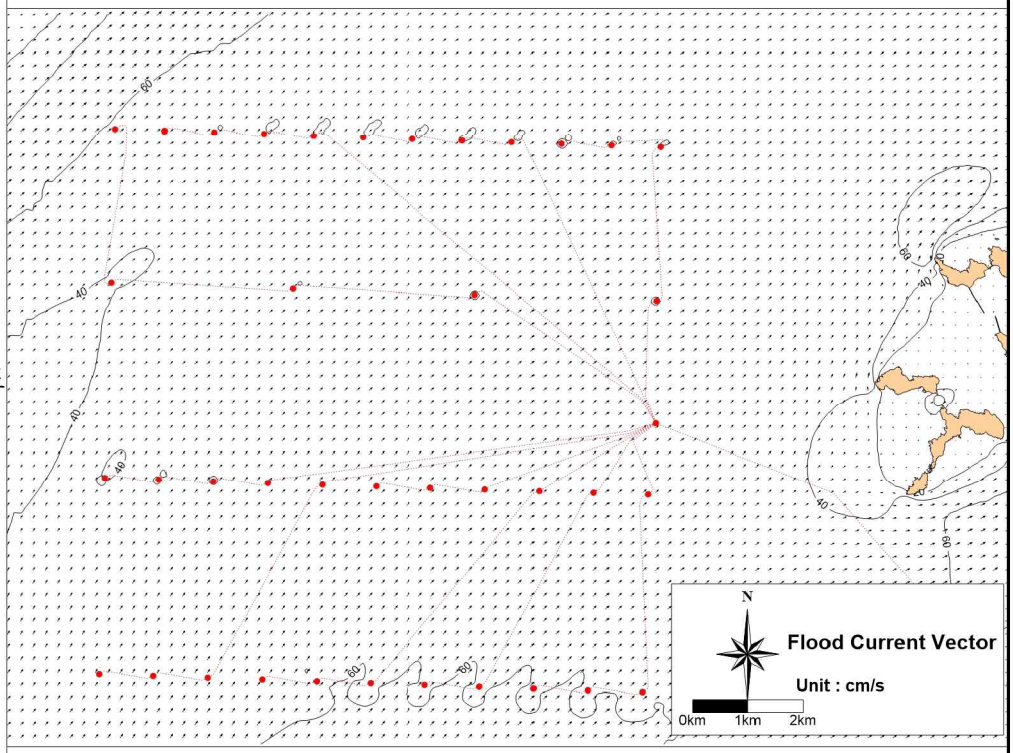
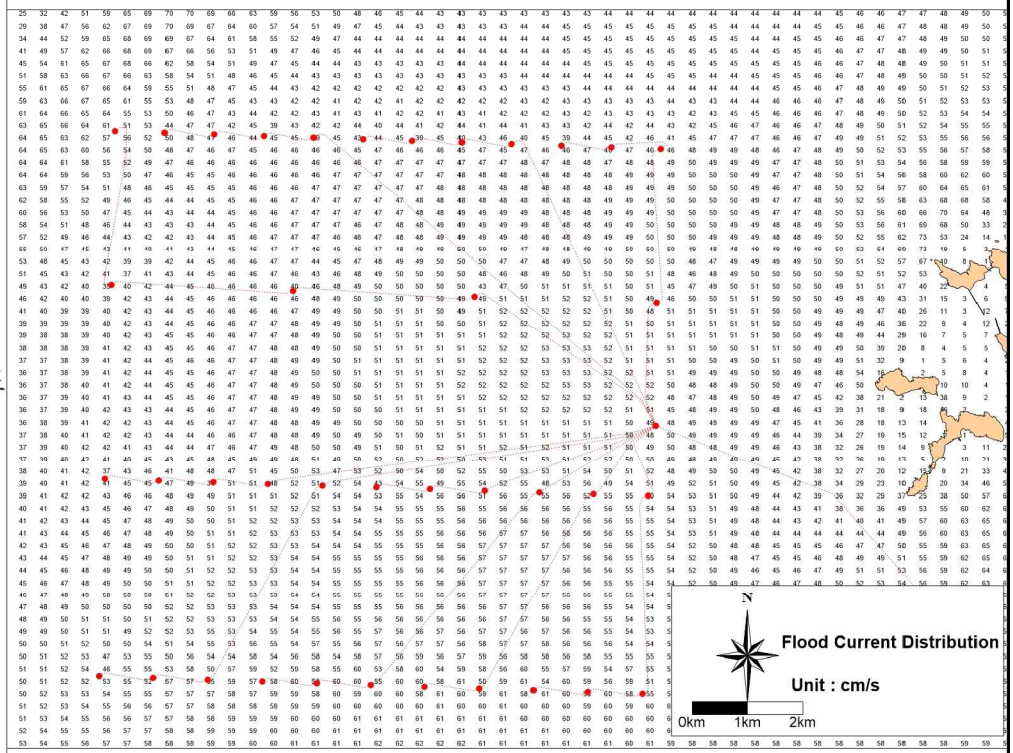
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

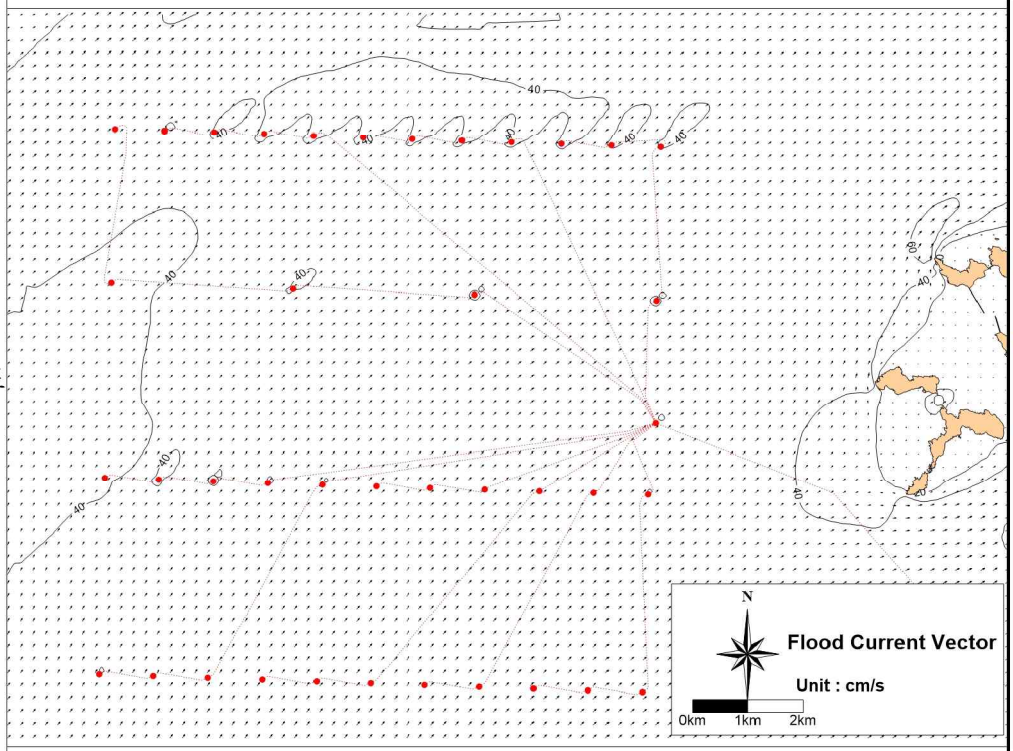
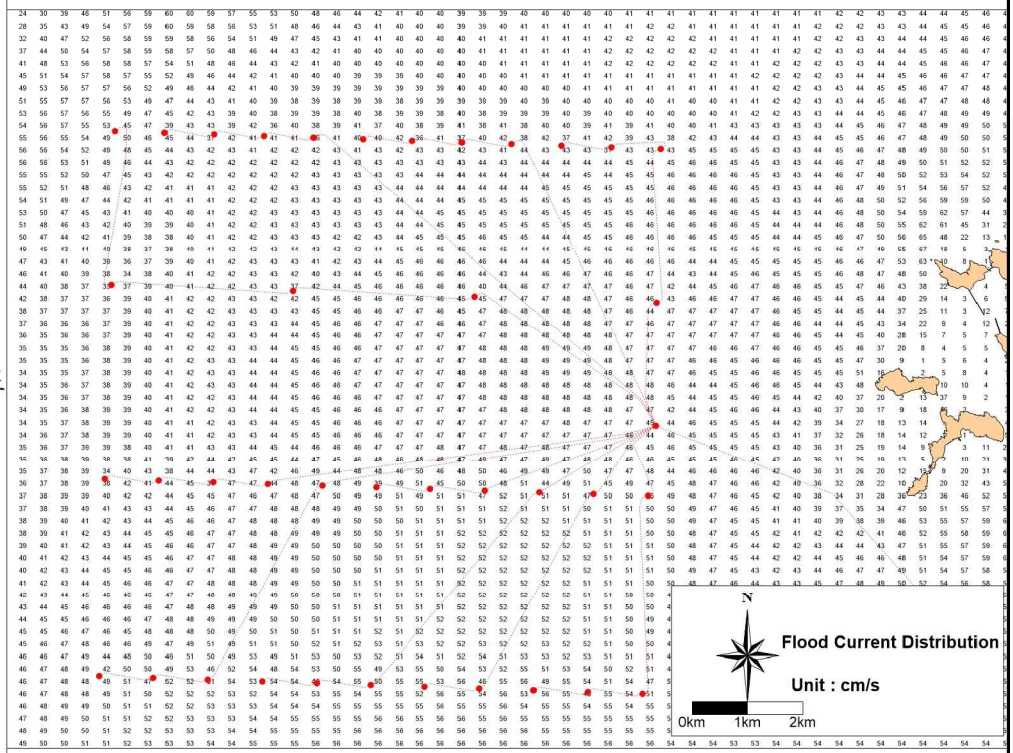
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (9/12)

5 차	저층	벡터도	
		분포도	

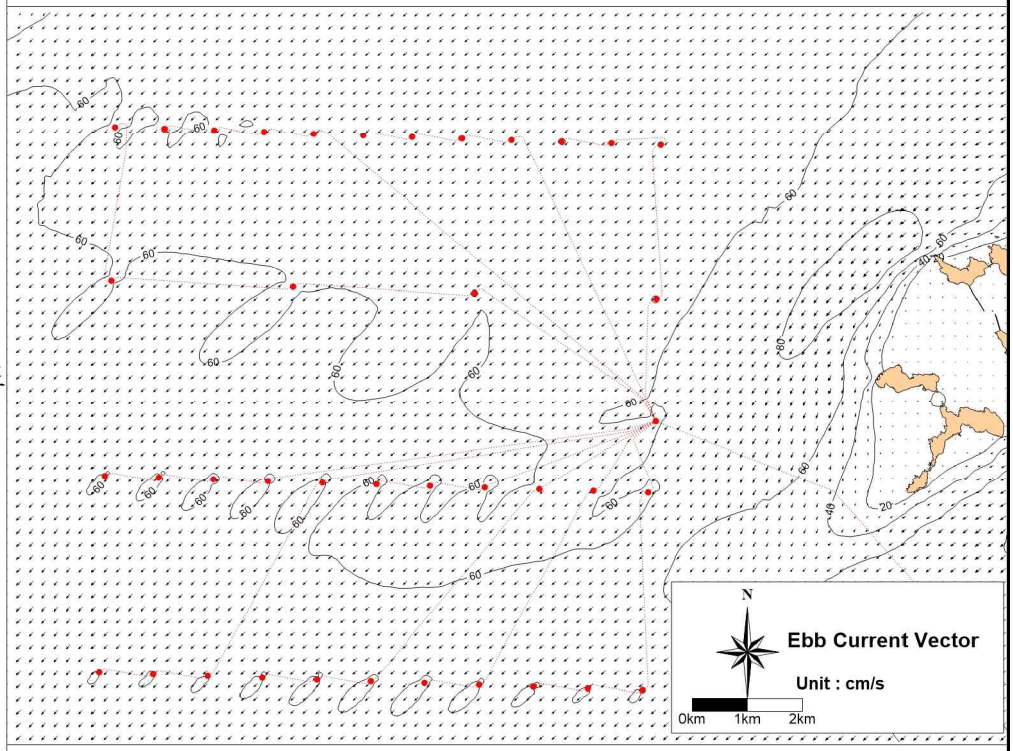
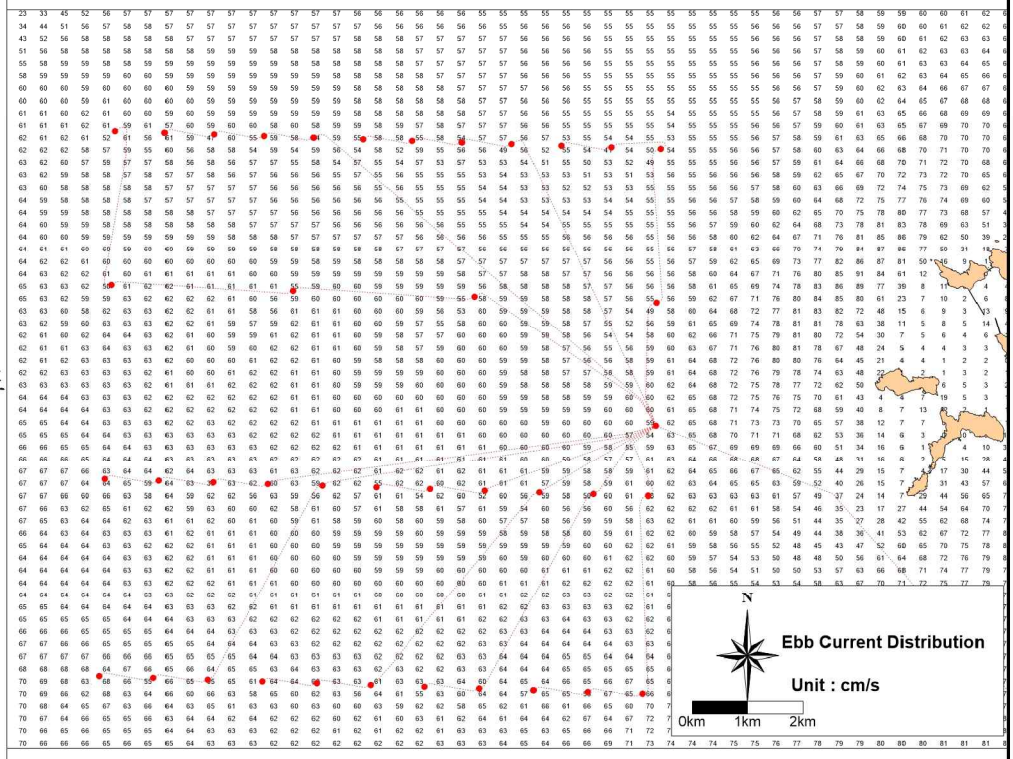
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (10/12)

6 차	표층	벡터도	
		분포도	

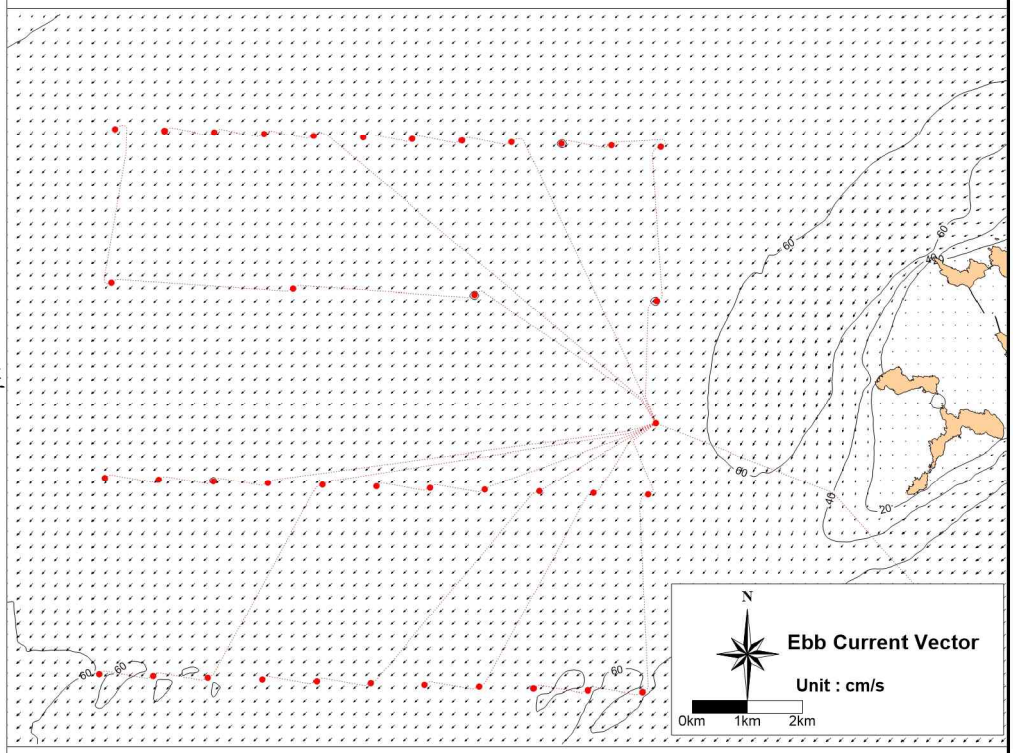
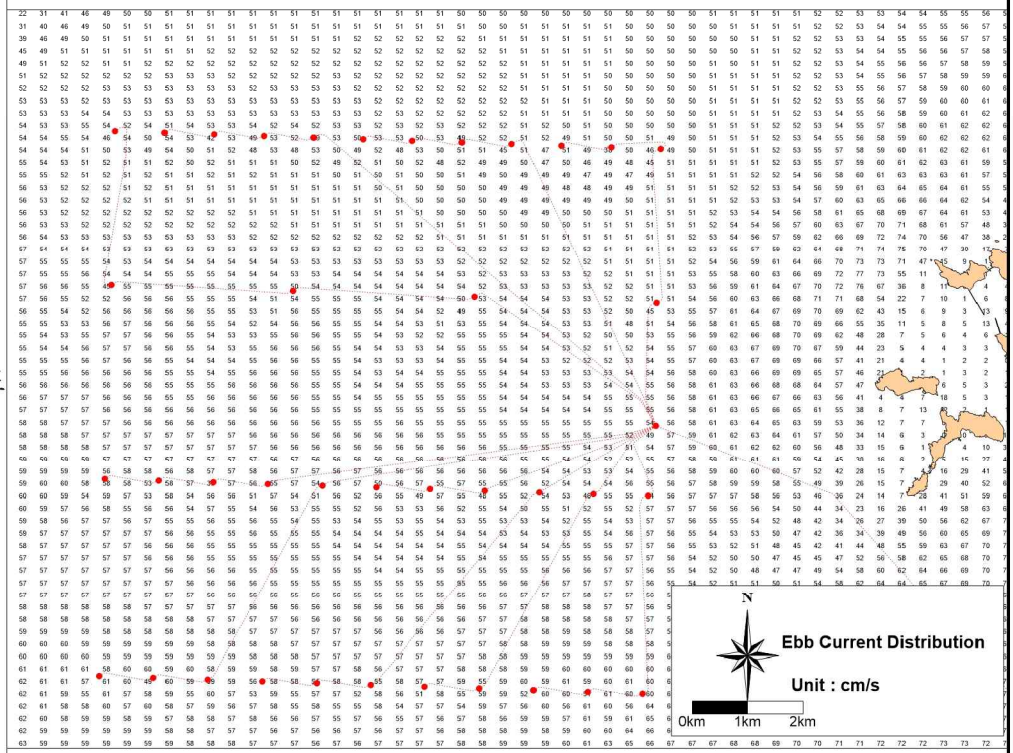
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (11/12)

6차	저층	벡터도	
		분포도	

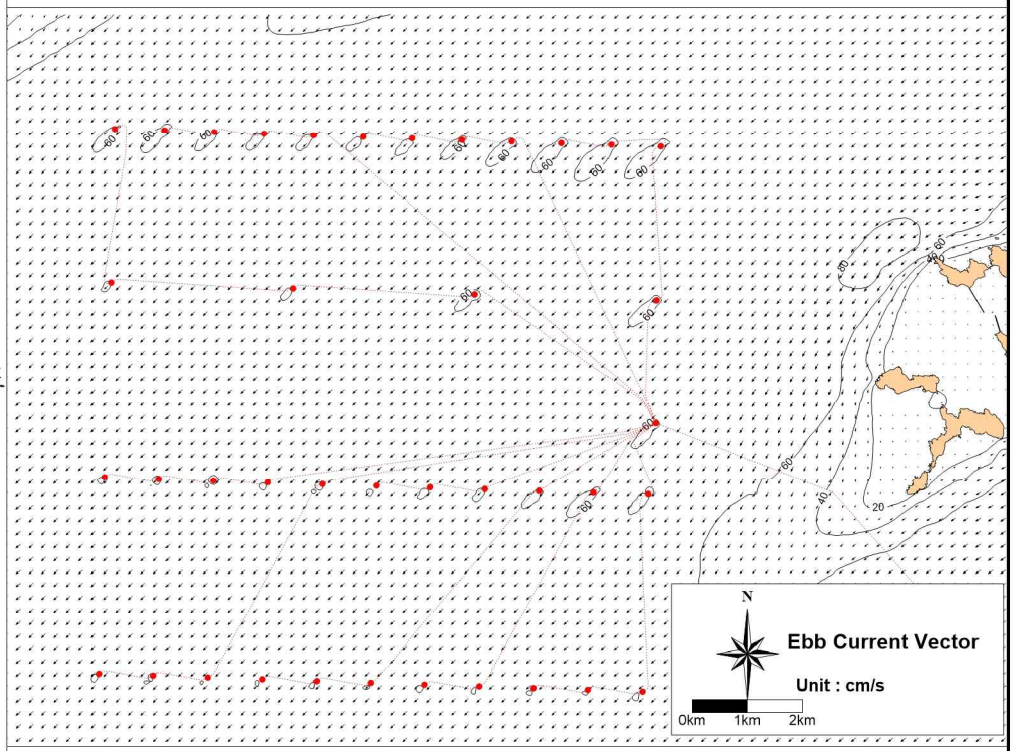
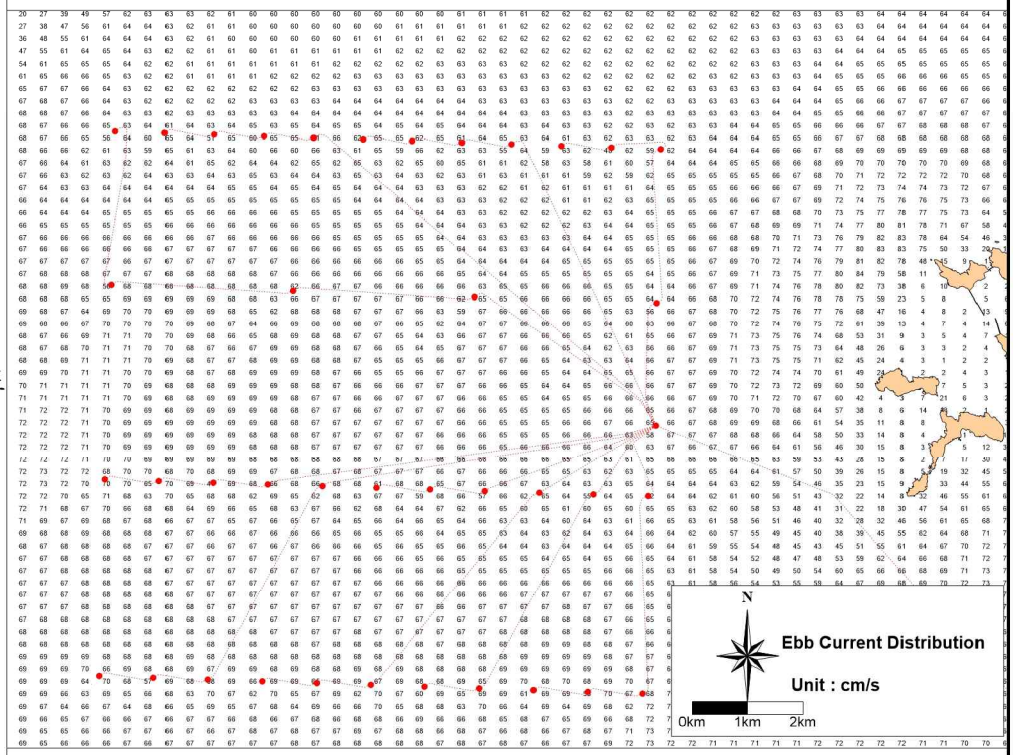
(그림 6.5-13) 소조기 창조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (12/12)

1 차	표층	벡터도	
		분포도	

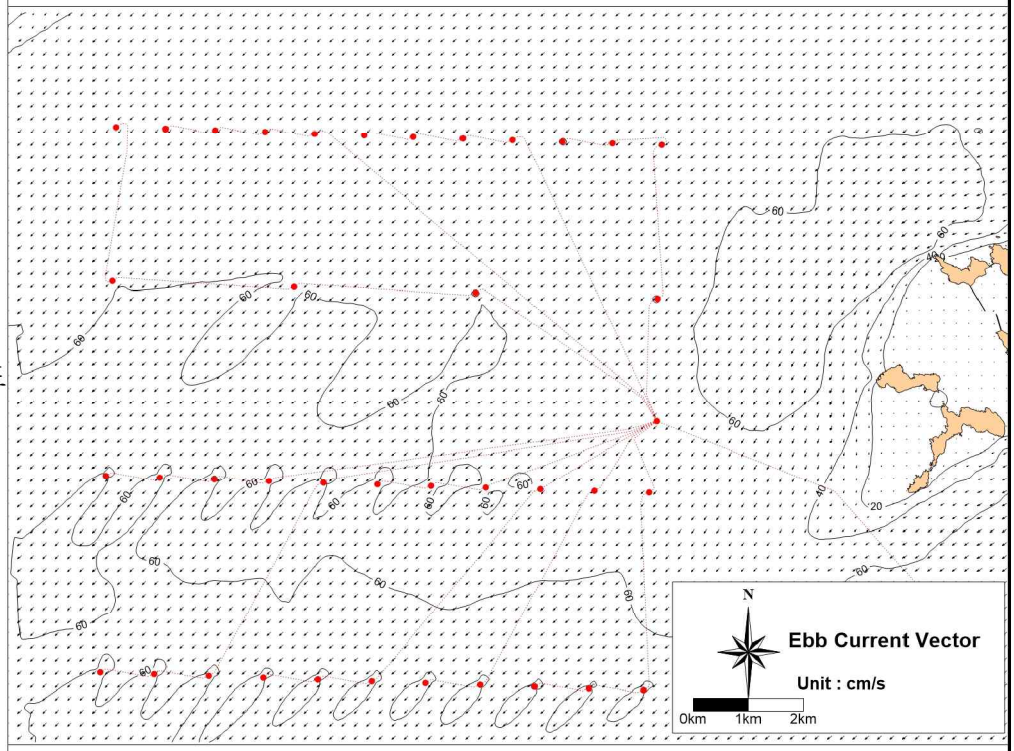
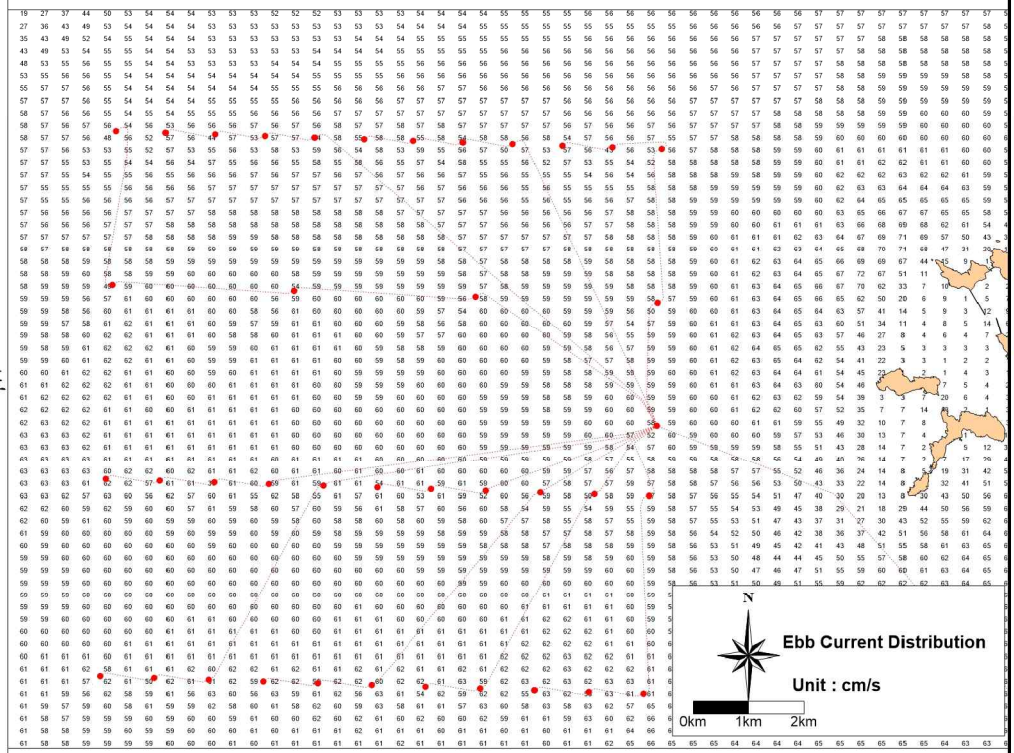
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (1/12)

1차	저층	벡터도	
		분포도	

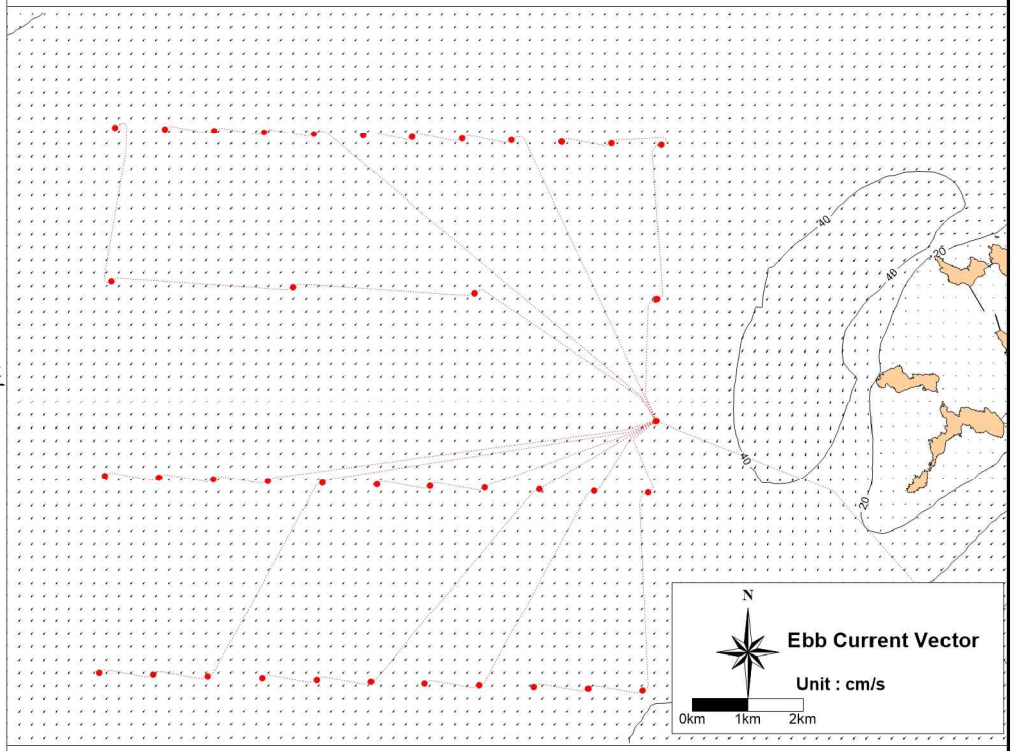
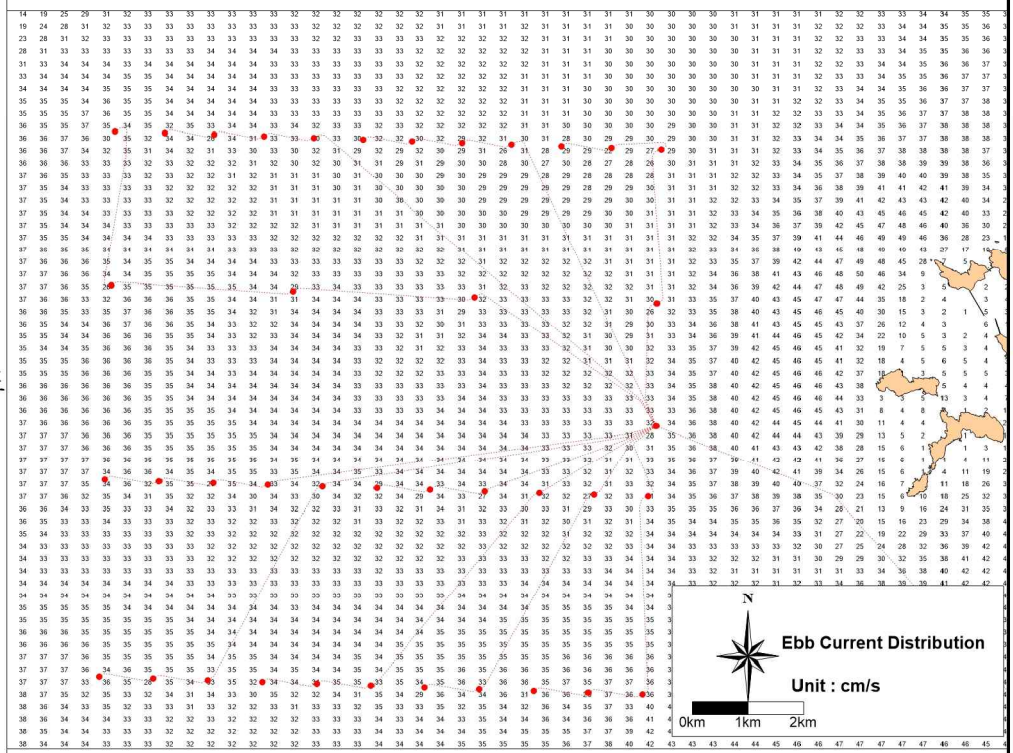
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (2/12)

2차	표층	벡터도	
		분포도	

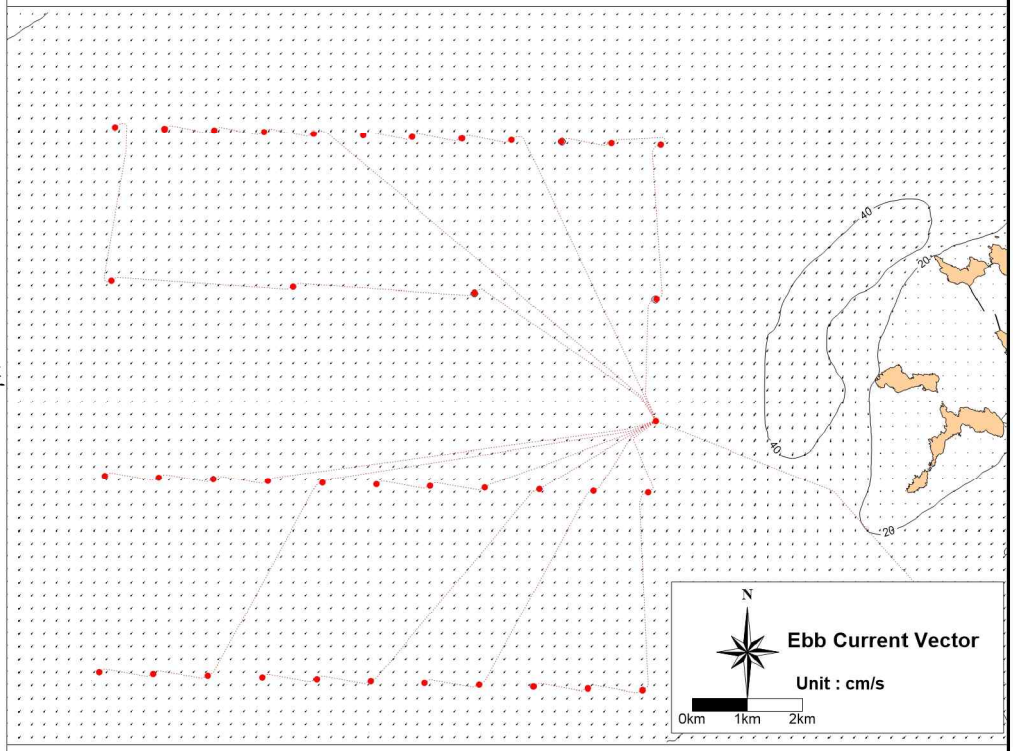
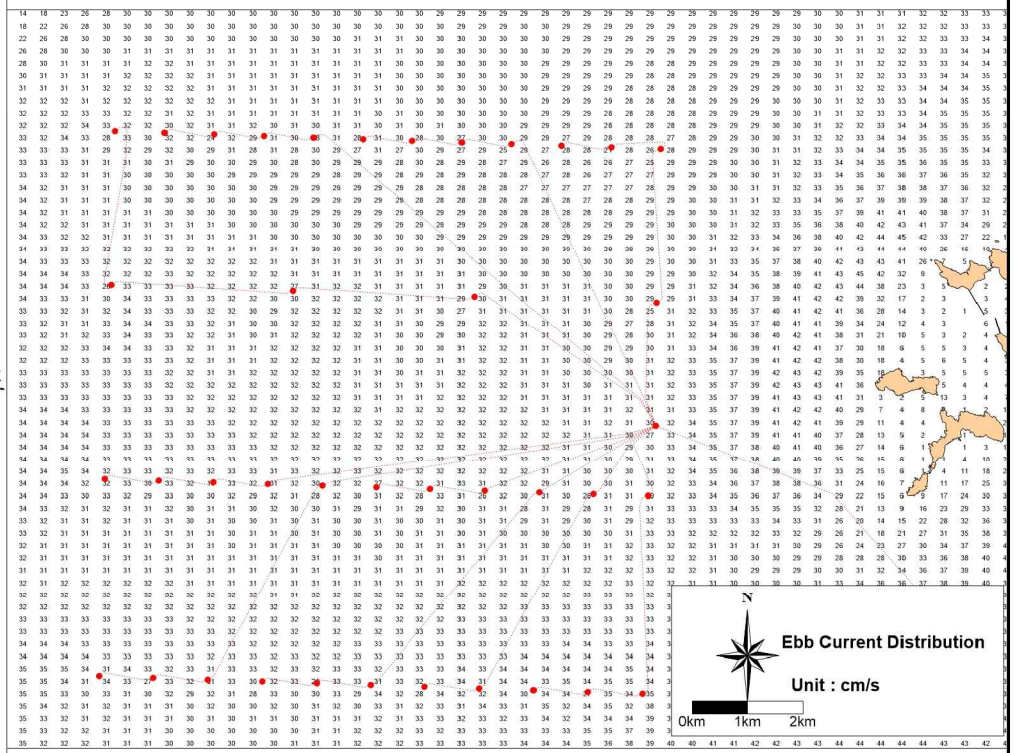
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (3/12)

2차	저층	벡터도	
		분포도	

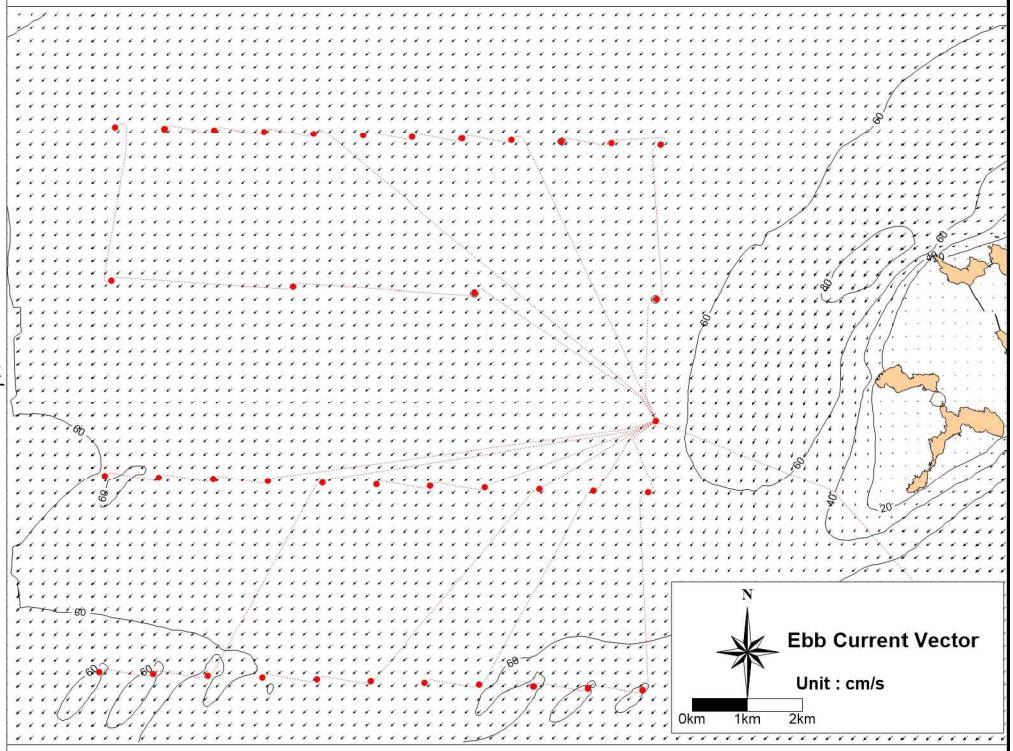
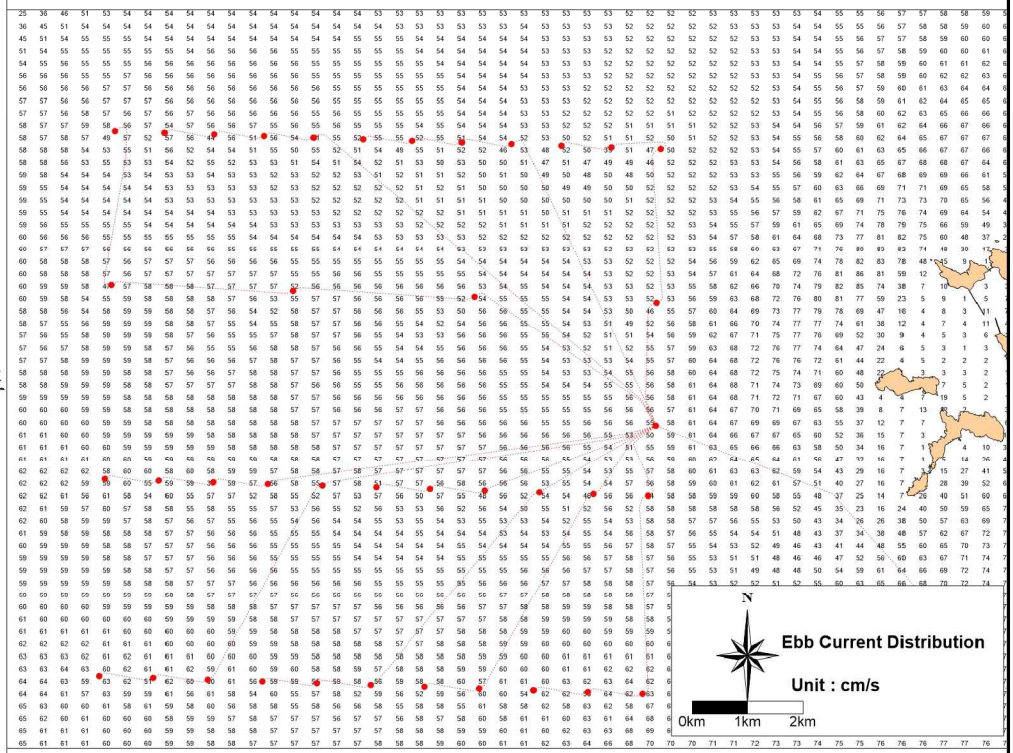
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (4/12)

3차	표층	벡터도	
		분포도	

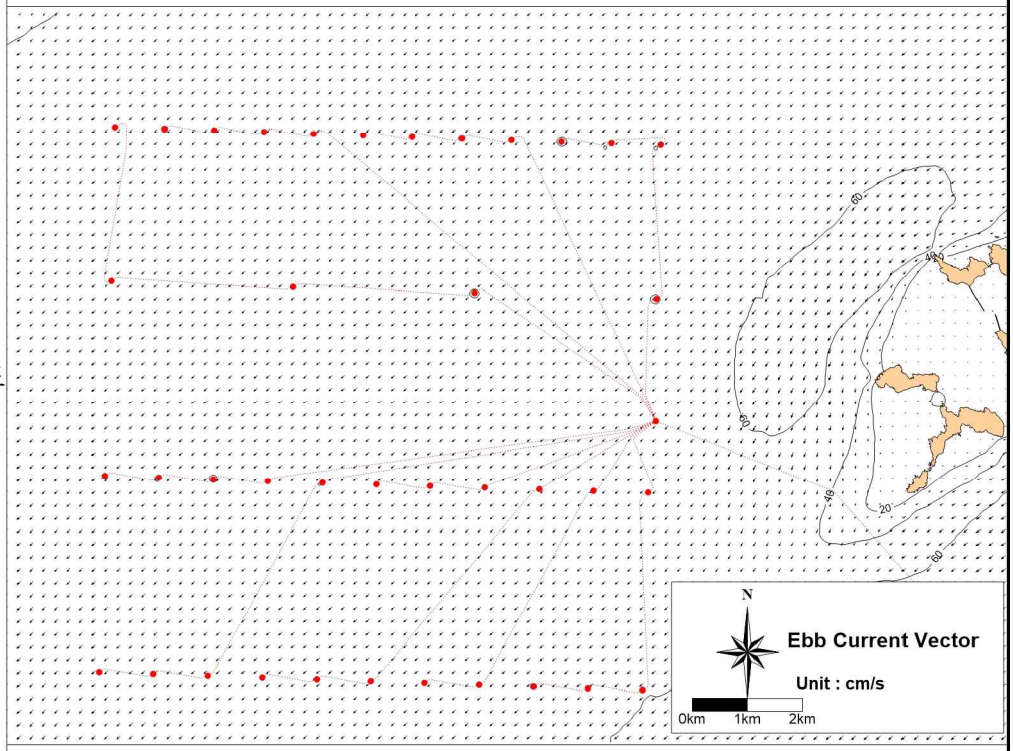
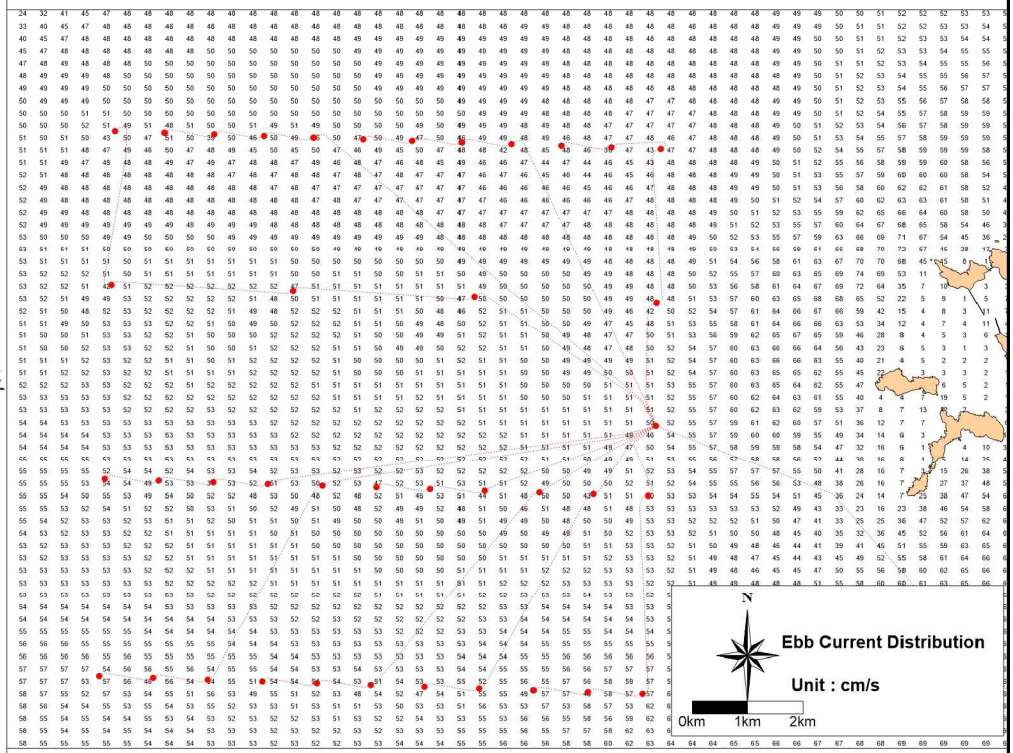
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (5/12)

3 차	저층	벡터도	
		분포도	

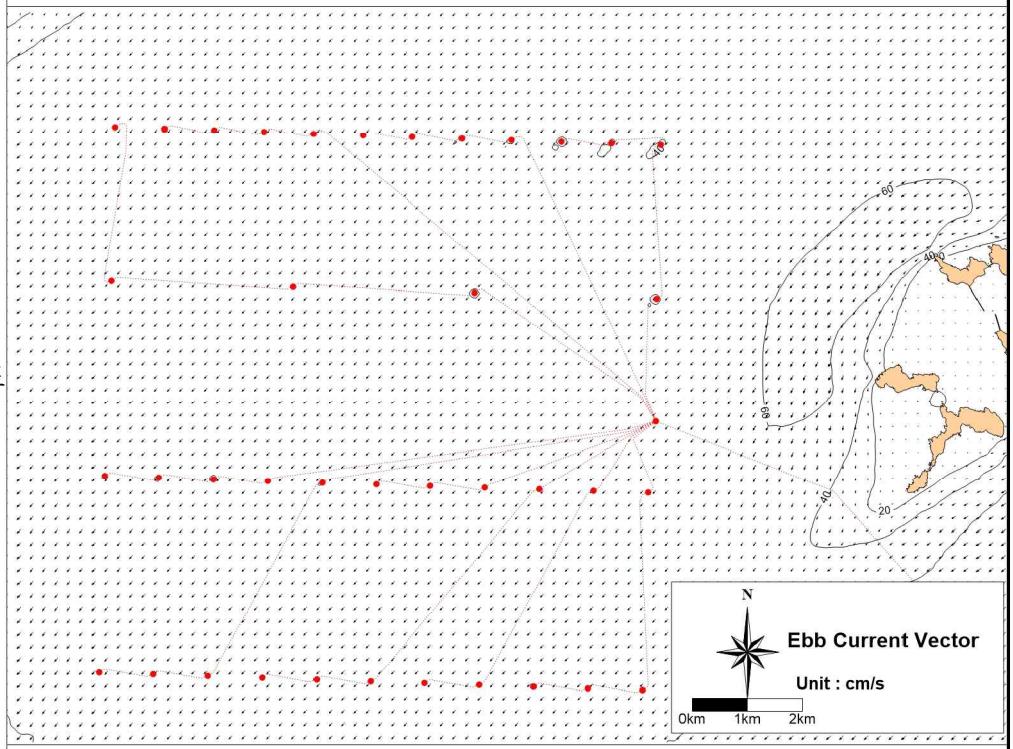
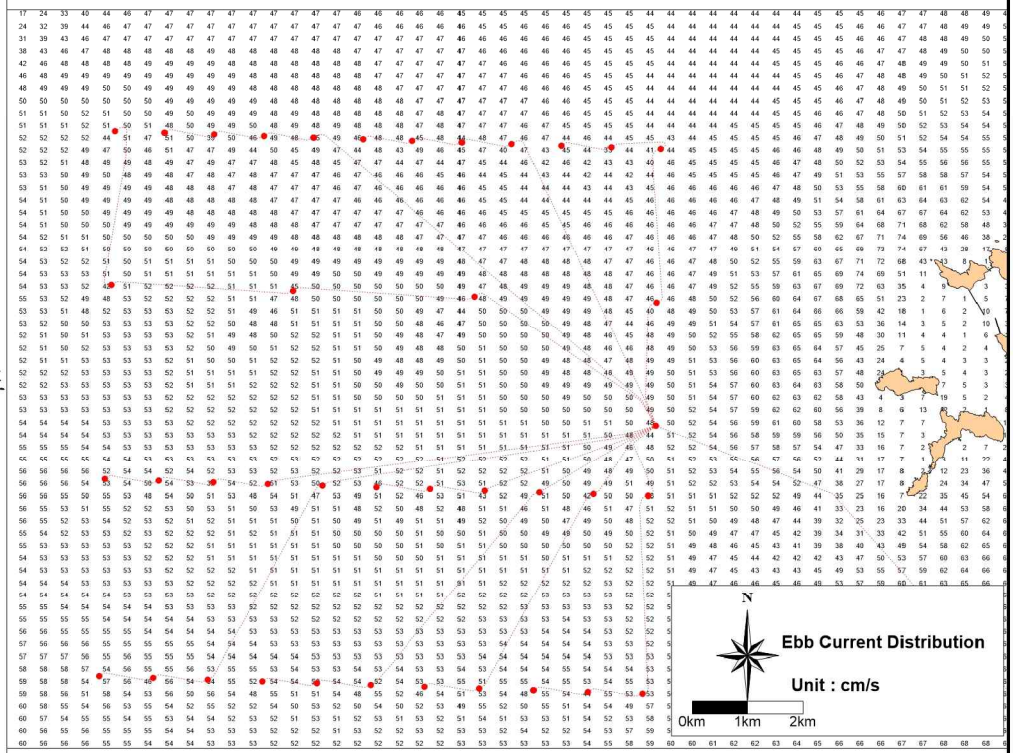
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (6/12)

4차	표층	벡터도	
		분포도	

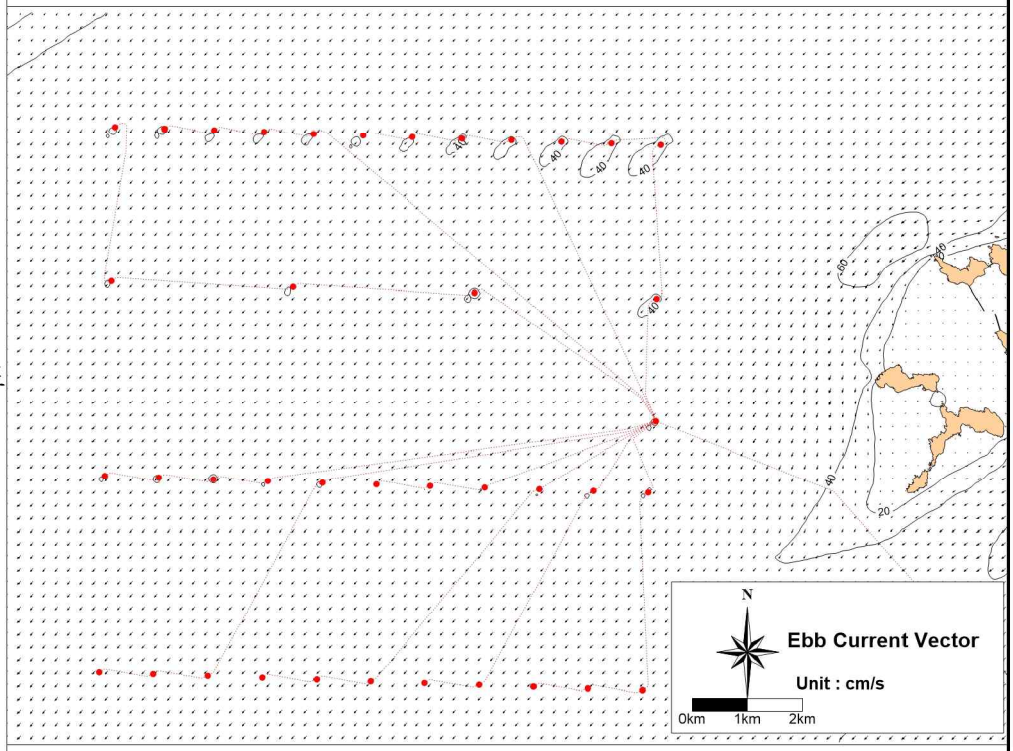
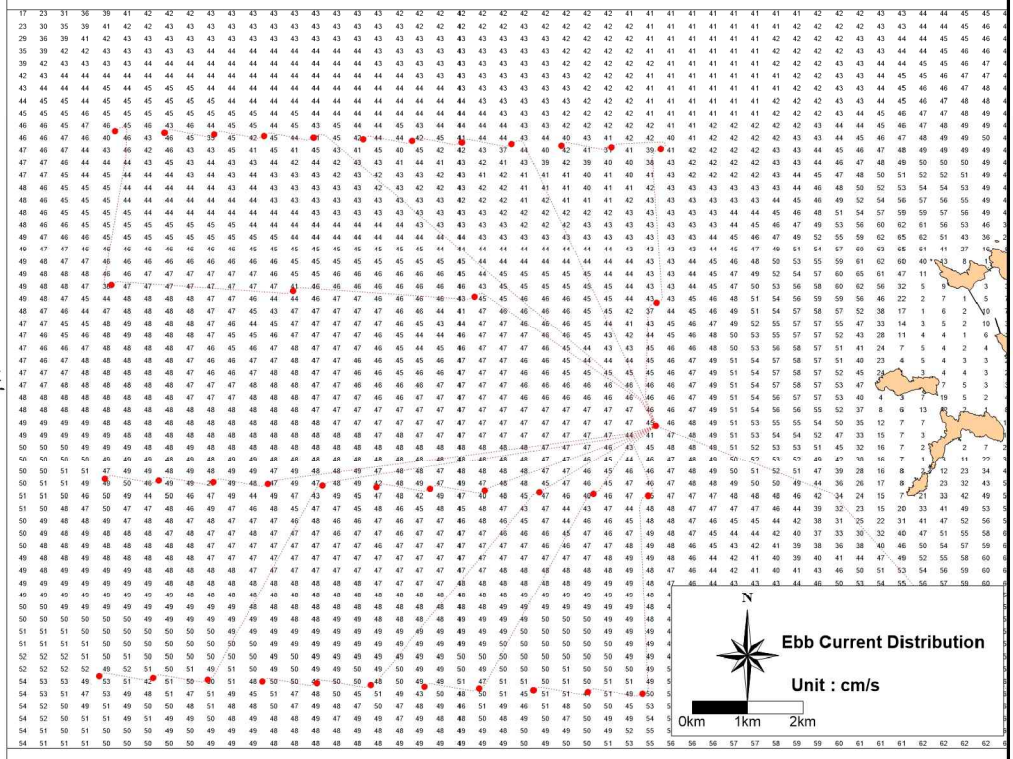
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (7/12)

4차	저층	벡터도	
		분포도	

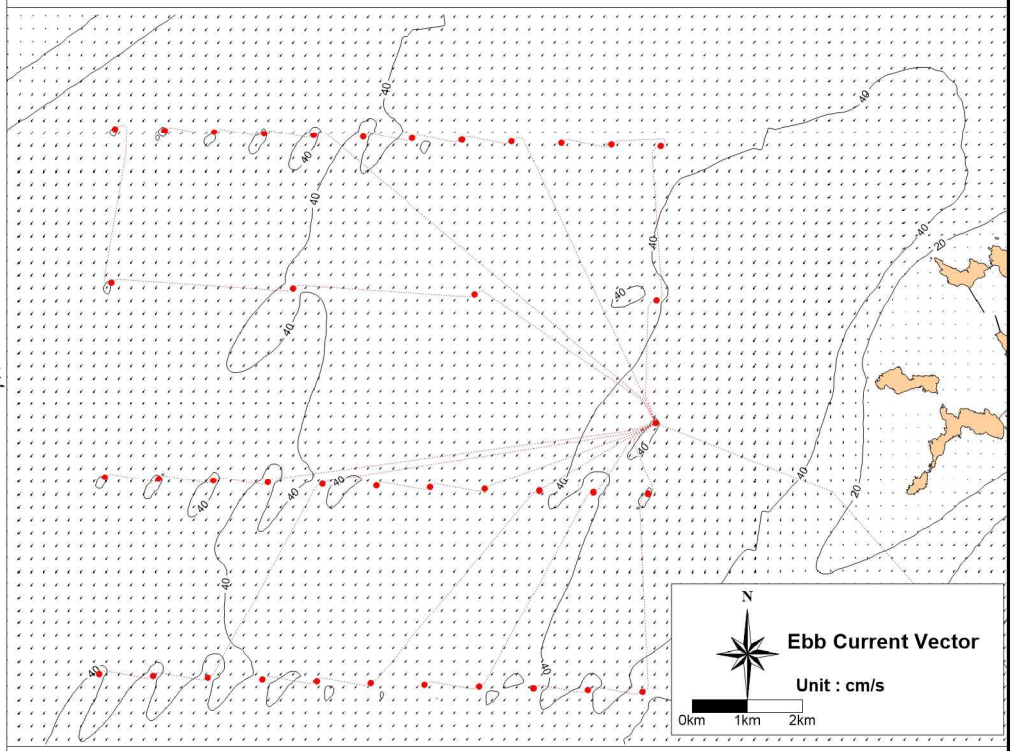
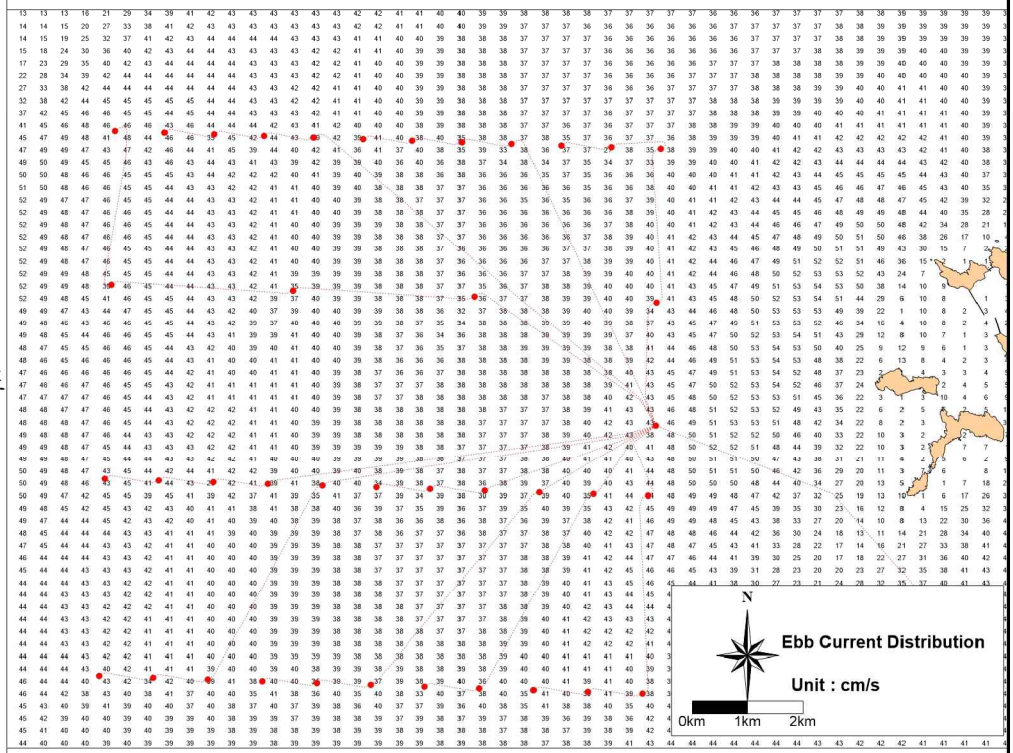
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (8/12)

5차	표층	벡터도	
		분포도	

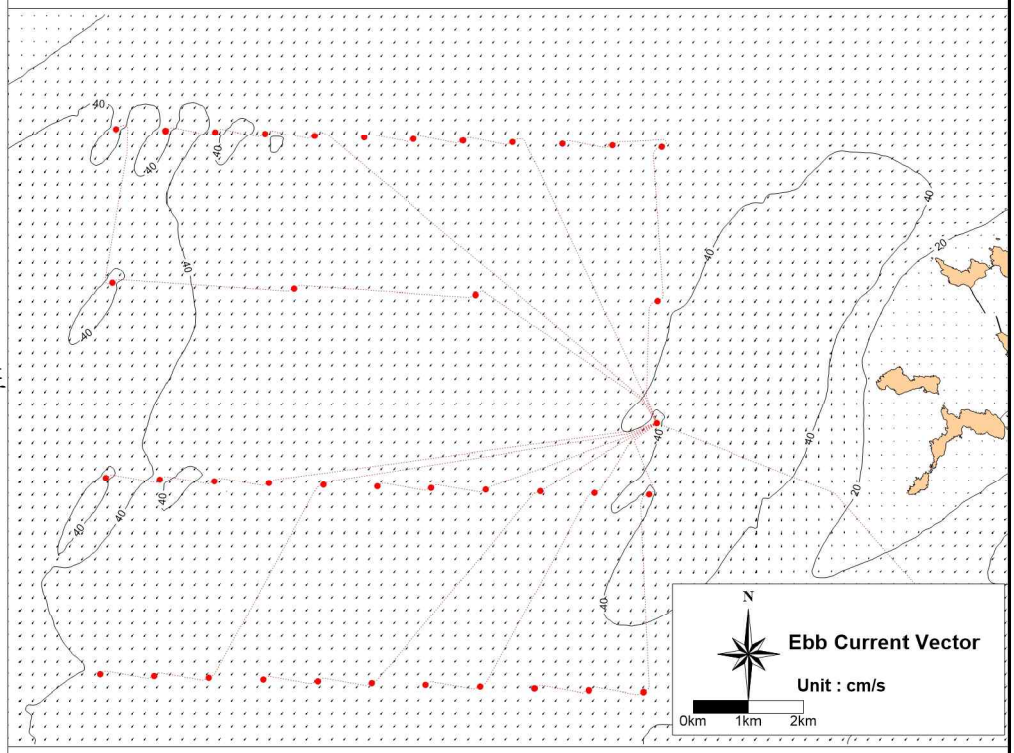
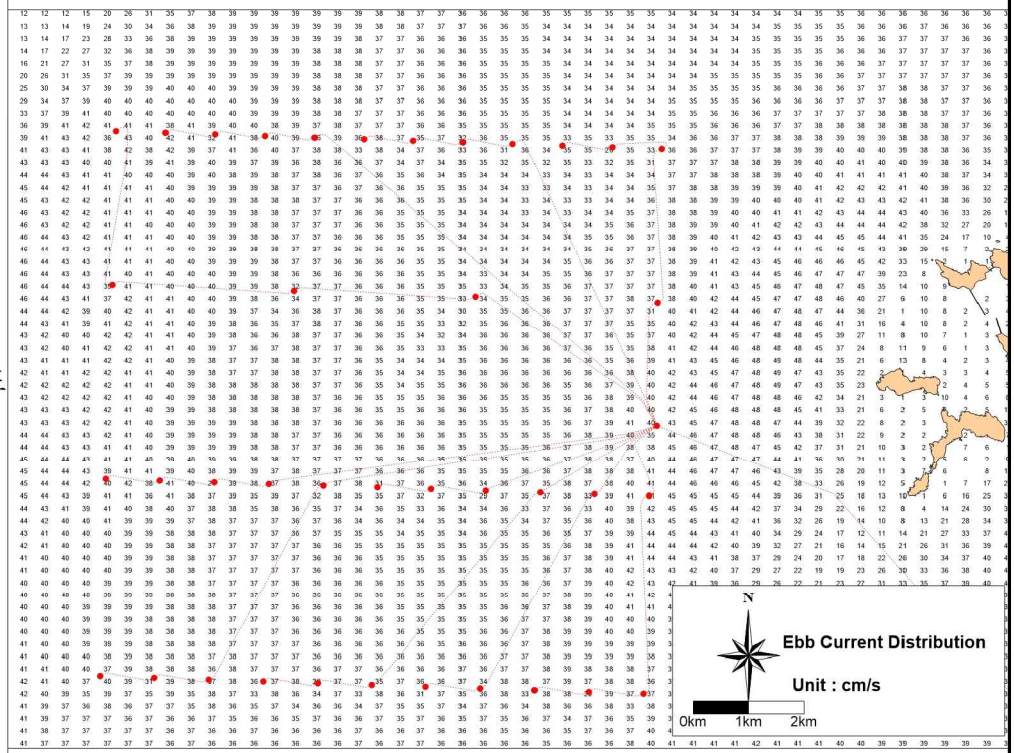
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (9/12)

5차	저층	벡터도	
		분포도	

(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (10/12)

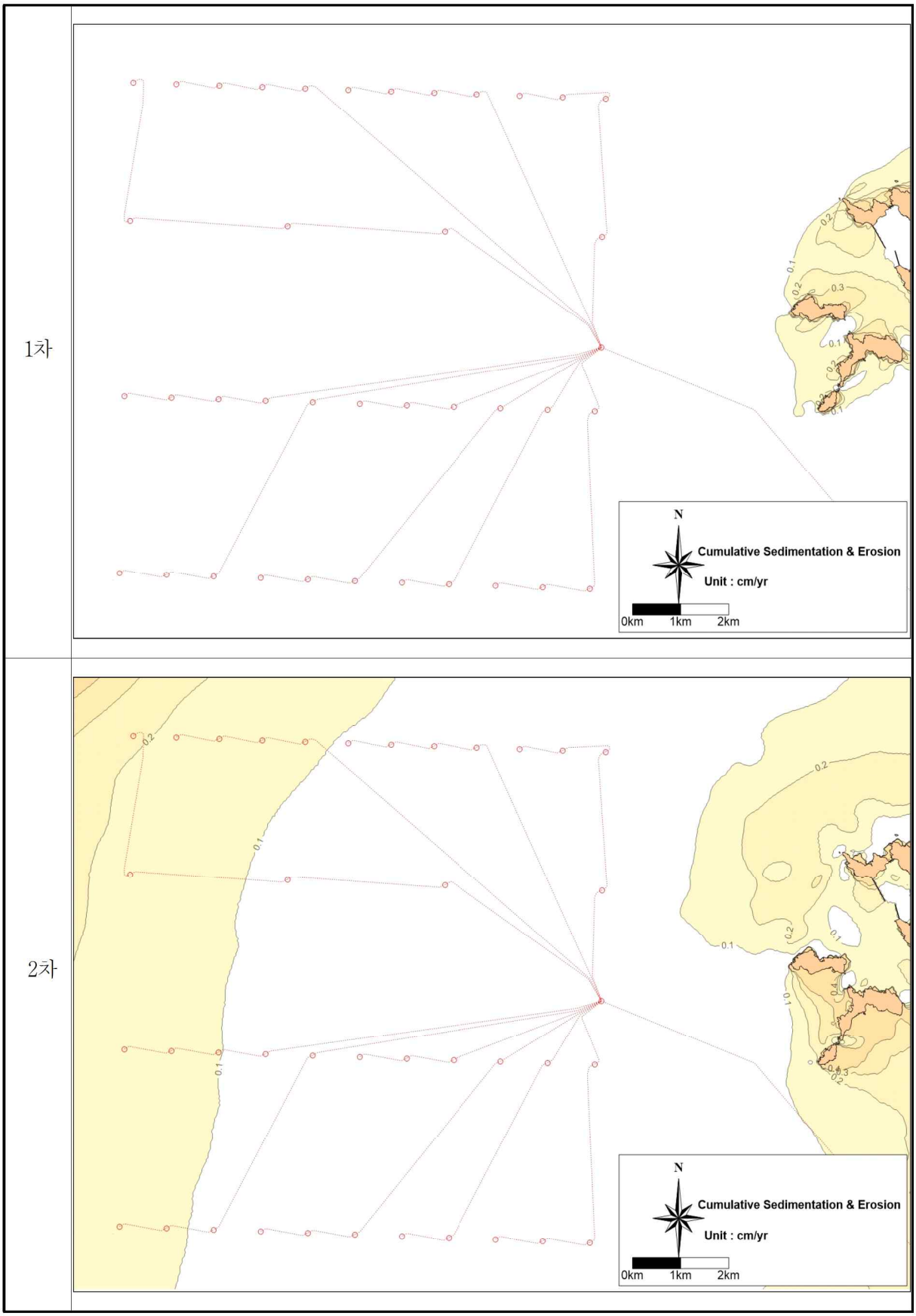
6차	표층	벡터도	
		분포도	

(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (11/12)

6 차	저층	벡터도	
		분포도	

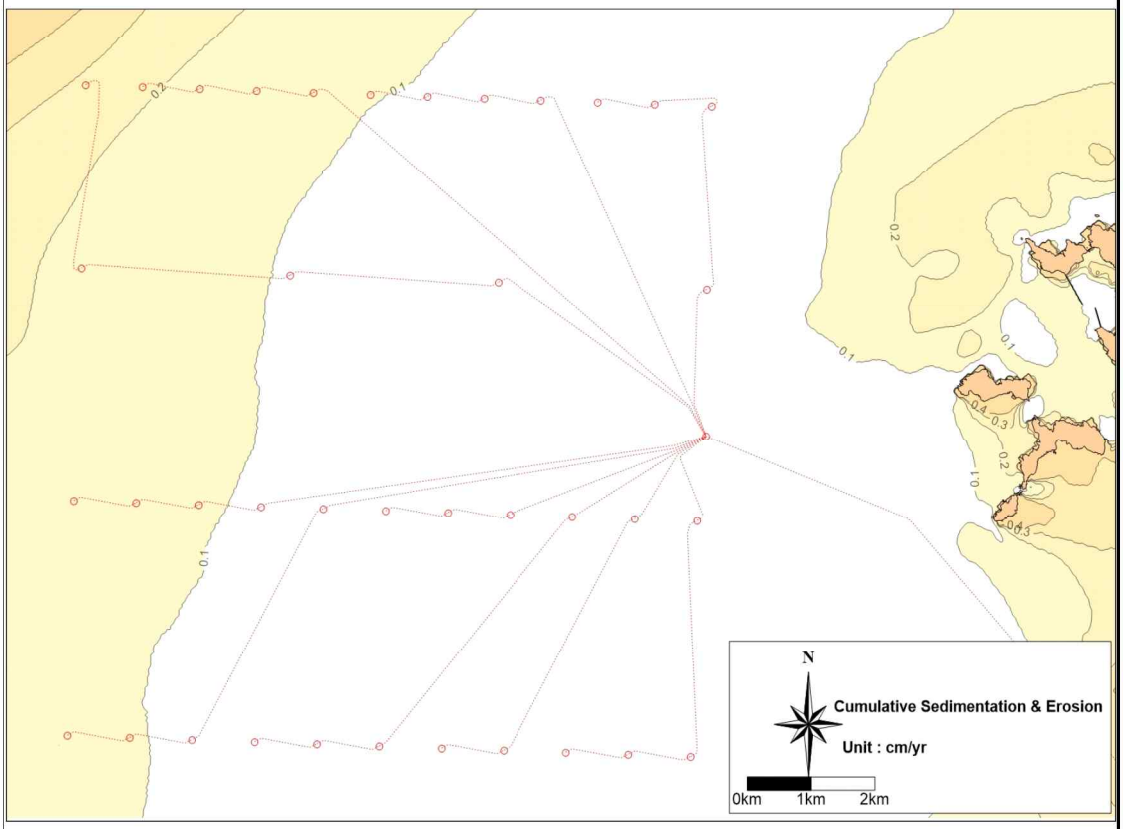
(그림 6.5-14) 소조기 낙조류 벡터 및 분포도(사업시행 후) (12/12)

다. 퇴적물이동실험

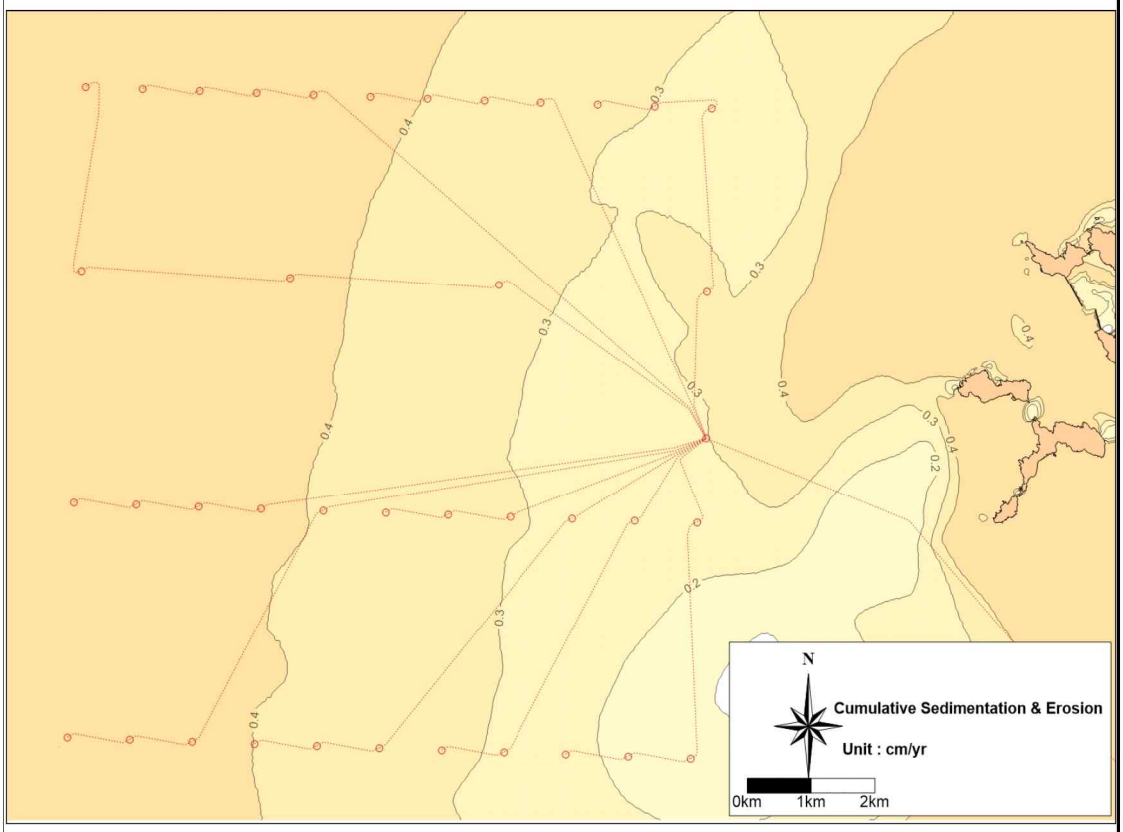


(그림 6.5-15) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 전) (1/3)

3차

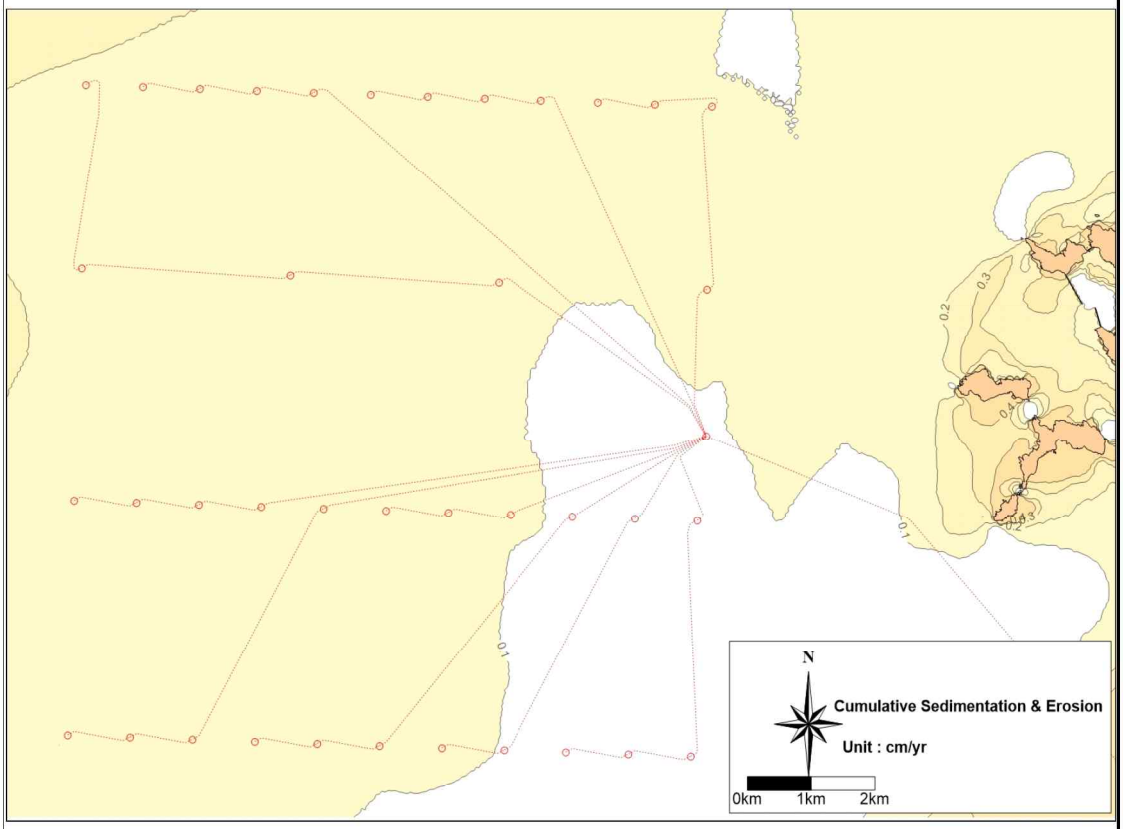


4차

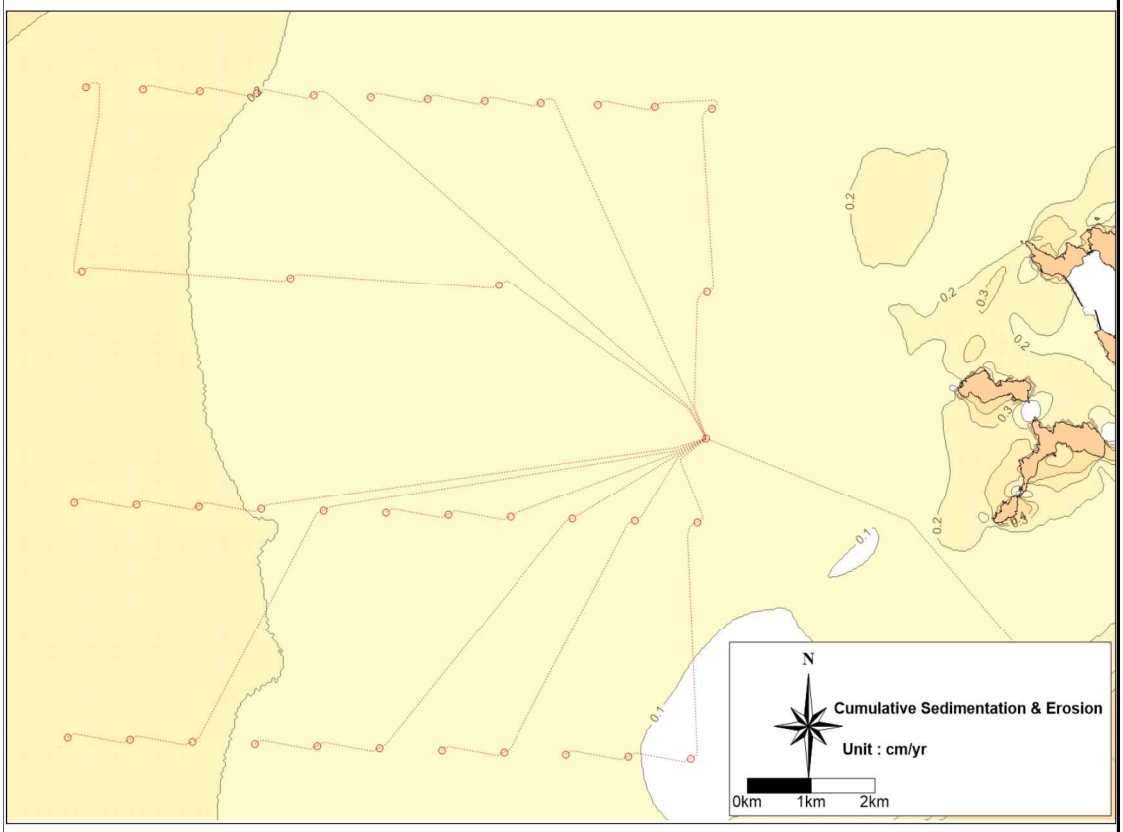


(그림 6.5-15) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 전) (2/3)

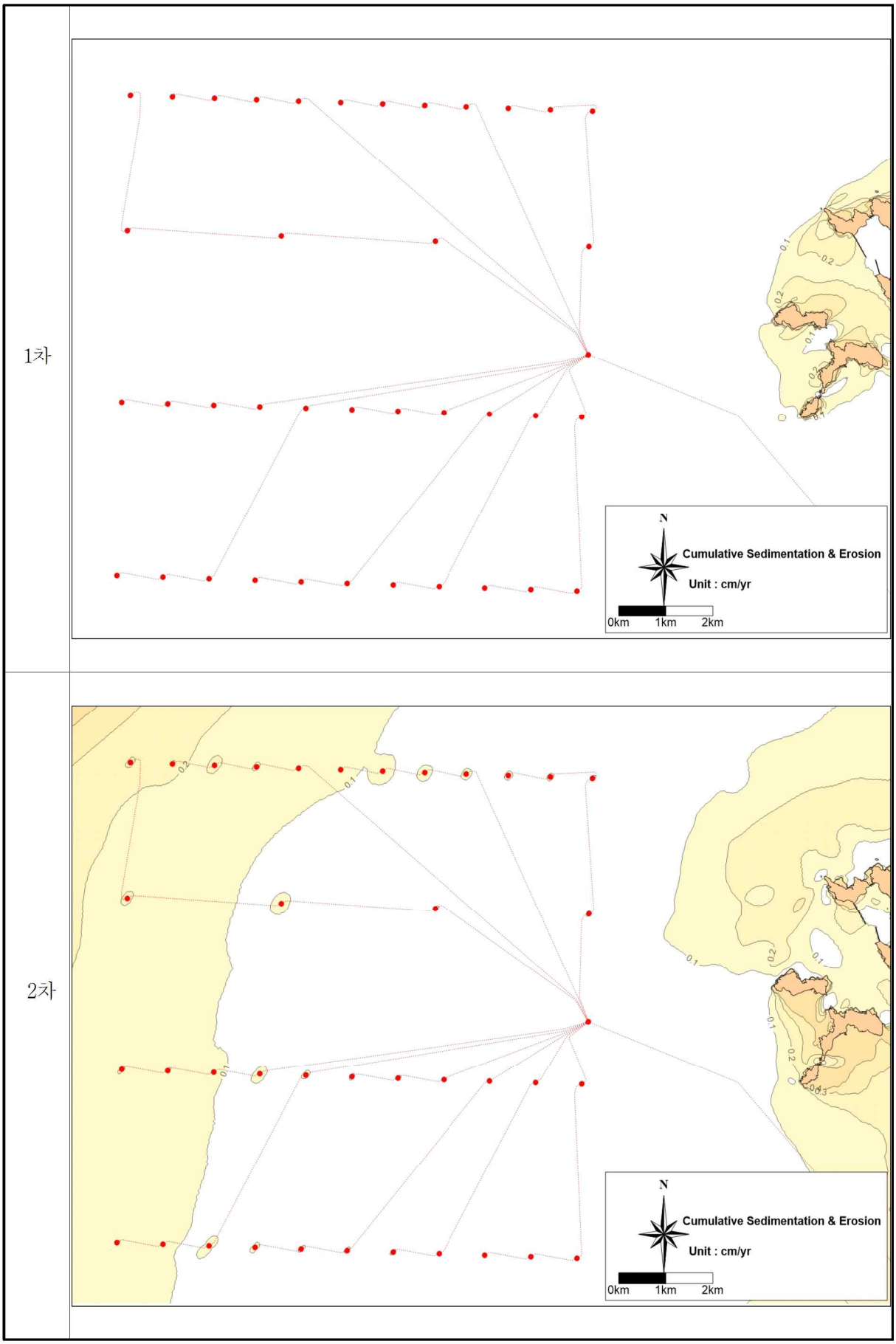
5차



6차

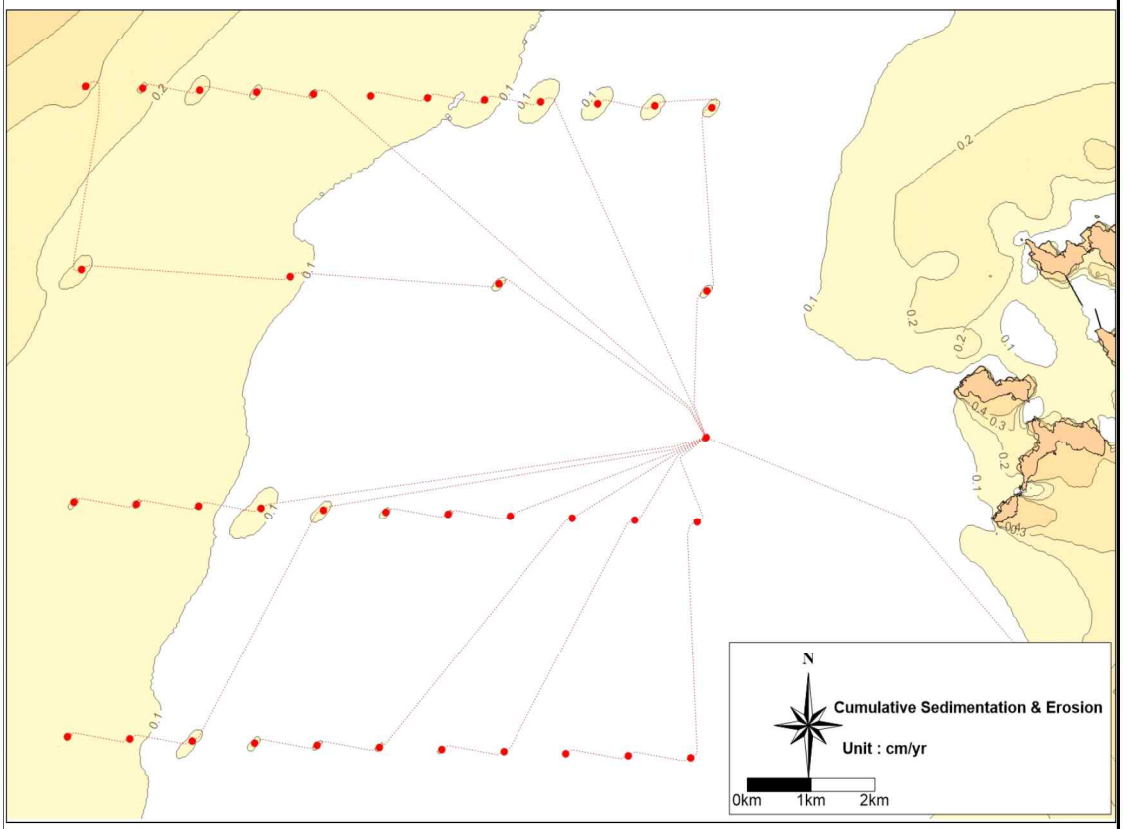


(그림 6.5-15) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 전) (3/3)

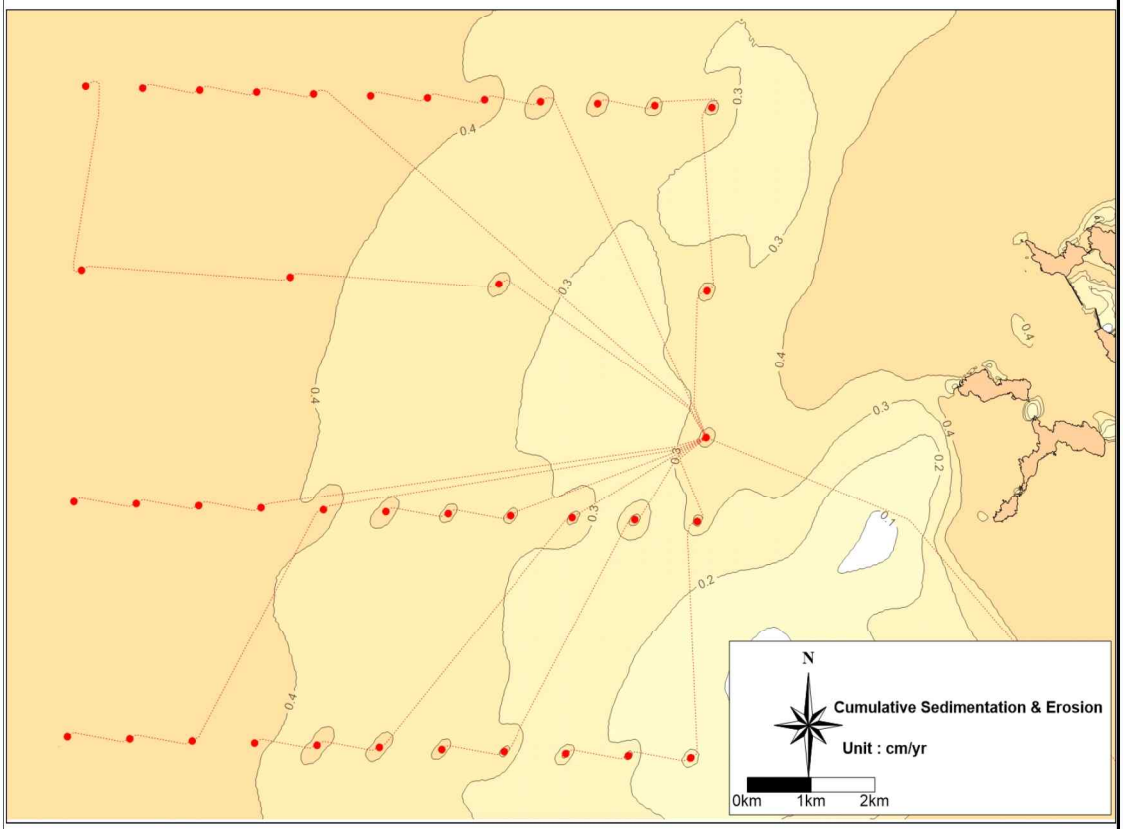


(그림 6.5-16) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 후) (1/3)

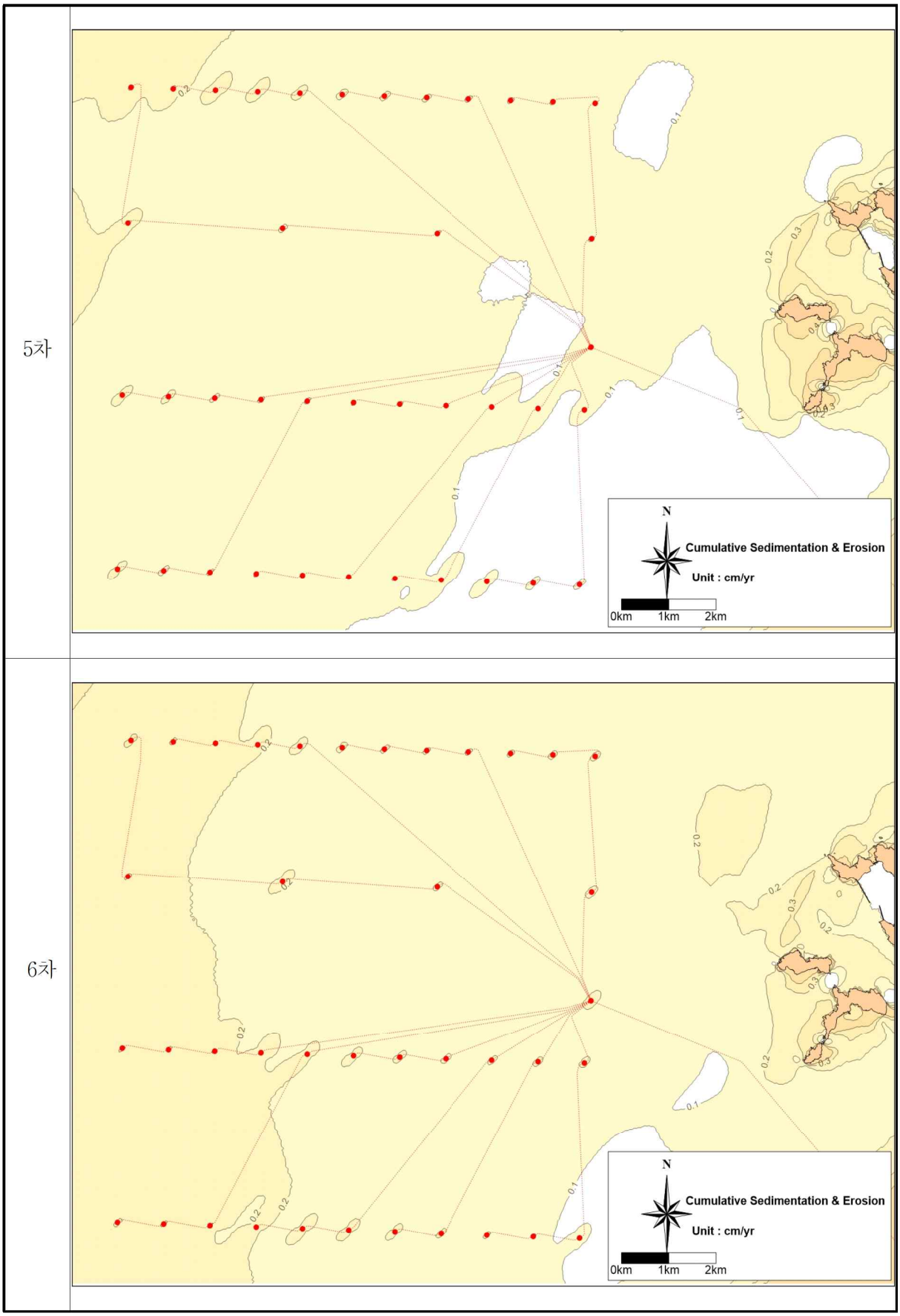
3차



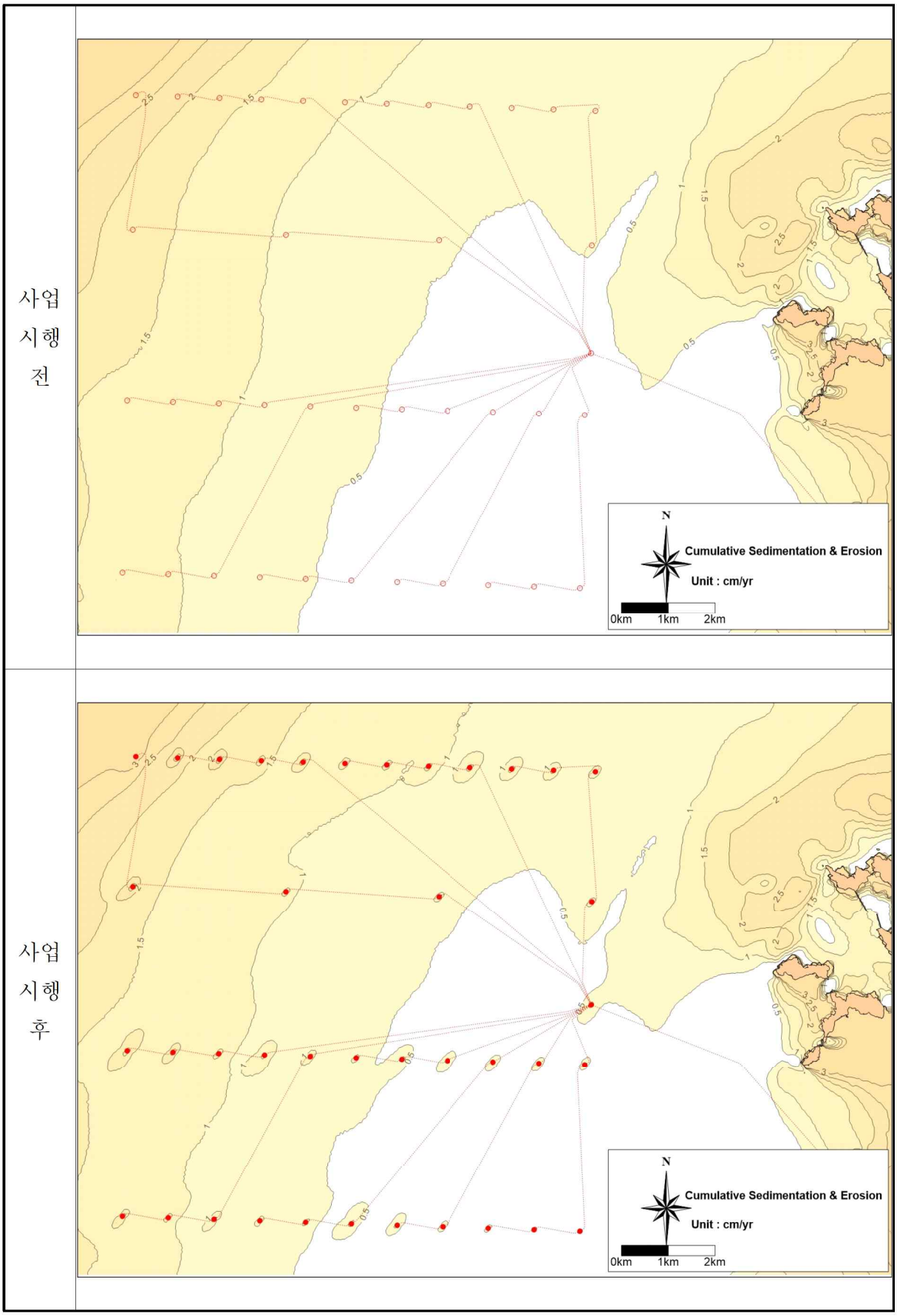
4차



(그림 6.5-16) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 후) (2/3)



(그림 6.5-16) 퇴적물이동 실험결과(사업시행 후) (3/3)



(그림 6.5-17) 퇴적물이동 실험결과(1년)