목록

(보완) 0000 표지 및 목차 1
(보완) 0100 보완의견 4
(보완) 0200 사업의 개요 22
(보완) 0310 동·식물상-1(조사) 48
(보완) 0310 동·식물상-2(영향예측)23.06.05 134
(보완) 0310 동·식물상-3(위치추적기)23.05.31 147
(보완) 0310 동·식물상-4(저감방안)23.06.05 228
(보완) 0321 해양물리 및 지형·지질-23.6.01 242
(보완) 0322 해양생태계·보호생물-23.6.01 288
(보완) 0323 수산자원-23.6.01 418
(보완) 0324 누적영향 및 원상회복 460
(보완) 0331 수중 소음·진동-23.6.01 468
(보완) 0332 지상 소음 558
(보완) 0340 경관 592
(보완) 0350 기타(주민수용성 확보 등)-완 606
(보완) 0360 사후환경영향조사 계획-23.06.01 708
(보완) 0370 기타 오류 사항 수정 등 722
(보완) 0410 부록-조류조사(23.06.05) 734
(보완) 0420 소음진동data 762

영광 안마 해상풍력 발전사업

환경영향평가서(보완)

2023. 6.

안마해상풍력(주)

사업명	안마해상풍력발전단지 조성사업
위치	전라남도 영광군 낙월면 안마도 서쪽 5km 해상 일원

목 차

제 1장 보완의견 ····· 1-1

1.1 보완의견 ····· 1-3

1.2 보완의견 반영내용 ····· 1-6

1.3 각항목별 반영내용 ····· 1-13

제 2장 사업의 개요 ····· 2-1

2.1 사업의 배경 및 목적 ····· 2-3

2.2 환경영향평가 실시근거 ····· 2-3

2.3 사업의 추진경위 및 향후 추진계획 ····· 2-4

2.4 사업의 개요 ····· 2-5

2.5 사업의 기대효과 ····· 2-15

제 3장 항목별 보완내용

3.1 동·식물상 ····· 3.1-1

3.2 해양환경

3.2.1 해양물리 및 지형·지질 ····· 3.2.1-1

3.2.2 해양 생태계·보호생물 ····· 3.2.2-1

3.2.3 수산자원 ····· 3.2.3-1

3.2.4 누적영향 및 원상회복 ····· 3.2.4-1

3.3 소음·진동 ····· 3.3-1

3.3.1 수중 소음·진동 ····· 3.3.1-1

3.3.2 지상 소음 ····· 3.3.2-1

3.4 경관 ····· 3.4-1

3.5 기타(주민수용성 확보 등) ····· 3.5-1

3.6 사후환경영향조사 계획 ····· 3.6-1

3.7 기타 오류 사항 수정 등 ····· 3.7-1

제 4장 부 록

4.1 조류 조사(보완) ····· 4.1-1
4.2 소음 · 진동 DATA ····· 4.2-1

제 1 장 보완의견

1.1 보완의견

1.2 보완의견 반영내용

1.3 각항목별 반영내용

제 1 장 보완의견

1.1 보완의견

산업통상자원부

산업통상자원부

World EXPO 2030 BUSAN, KOREA

수신 영광안마해상풍력(주)
(경유)
제목 환경영향평가서 보완요청(영광안마 해상풍력 발전사업)

1. 환경부 환경영향평가과-955(2023.3.23.)호와 관련입니다.

2. (주)영광안마해상풍력에서 추진중인 '영광안마 해상풍력 발전사업'에 대해 「환경영향평가법」 제28조에 따라 환경영향평가서 보완을 요청하오니 관련 자료를 제출해 주시기 바랍니다.

붙임 보완요구내용 1부. 끝.

산업통상자원부장관

주무관	조진영	공업사무관	윤다은	과장	전결 2023.3.27. 이경수
협조자					
시행 재생에너지보급과-418				접수	

우 30118 세종특별자치시 한누리대로 402 (어진동) / http://www.motie.go.kr

전화번호 044-203-5386 팩스번호 044-203-4769 / bada6611@motie.go.kr / 비공개(5)

환경영향평가서 보완요구 내용

【 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

가. 동·식물상

❍ 괭이갈매기 행동권 분석은 1년 전체 기간으로 평가하고, 본 평가서에 포함된 결과 외에도 타 번식지에서 부착한 개체들의 정보도 함께 포함하여 종합적으로 평가하여야 함

- 겨울 철새와 여름 철새뿐만 아니라, 봄에 산란하는 조류의 특성을 고려하여 계절 조사를 수행하고, 조류의 이동 경로뿐만 아니라 비행 고도 등 행동 패턴을 파악하여 해상풍력 터빈기 충돌 가능성 등을 분석

※ 일시적으로 이동하는 조류 보다 집단번식 및 집단휴식 조류는 일정 지점으로 회귀하는 특성 때문에 사업지 내에 존재할 경우 조류충돌 확률이 급증하고 이에 의한 개체군 영향이 커질 수 있음

❍ 사업지역의 다양한 법정보호종 및 조류(번식, 유지, 서식, 이동 등) 영향을 최소화하기 위해 섬지역과 이격 등을 포함한 실질적인 저감 방안을 검토・제시하여야 함

- 발전단지 내의 수면 위에 노출된 구조물이 갈매기류를 발전단지 내로 유인할 가능성이 있으므로, 바닷새의 유입을 가정한 유입 방지 및 충돌 방지대책
- 봄철 철새 이동 시기 중국에서 이동해 온 철새가 주변도서(안마도)로 내려앉기 위해 고도를 낮춰 접근할 가능성이 있으므로, 이를 감안한 영향과 운영 시 충돌 방지대책

- 안개 등 기상상황에 따라 회피 유도장치의 기능이 제한될 수 있으므로 이에 대한 보완 방안
- 사업지역은 습새 등 해양성 조류의 먹이터로 활용되는 지역이므로 조류충돌을 최소화하기 위해 블레이드 최하단부를 최대한 높이는 등 다양한 저감방안 검토

○ 상기 보완사항에 대해 한국환경연구원에서 수행한 '해상풍력 환경성 평가를 위한 조류 공간이용 분석 및 DB구축 연구' 내용 등을 참고·활용하여 작성할 수 있도록 함

나. 해양환경

□ 해양물리 및 지형·지질

○ 해상풍력발전단지의 장기간(20년 이상) 운영에 따른 해수유동 변화와 침식·퇴적 변동 등에 따른 영향과 저감방안을 제시하여야 함

- 부유사 확산 수치모형 실험은 조수 간만의 차이를 반영
- 해저케이블 구간*에서 부유사 발생 예측 지점이 2곳**에 불과하므로 부유사 예측 지점을 추가하고, 관측한 입도 자료를 기반으로 부유사 발생 원단위를 적용

* 1구역 43.3 km, 2구역 57.8 km, ** 환경영향평가서(본안) 8.3.2-334쪽

- 해저케이블 매설 구간은 생태자연도 Ⅰ등급 해역과 각이 사퇴*를 통과하므로, 해저케이블 매설 위치를 변경하거나 영향을 최소화하는 공법 선정

* 사퇴: 모래의 퇴적물·각이 사퇴는 바닷물 간조 시에도 물이 다 빠지지 않은 바다 속 지형으로, 플랑크톤을 먹기 위한 새우, 어류 등 작은 생물들의 서식처

○ 해저지형 훼손으로 인한 해양생물 피해가 예상(8.1.2-346~348쪽)되므로, 본 개발사업에 따른 해저지형 훼손 피해영향 범위를 확인하고, 다양한 저감방안(피해를 입는 해양동·식물을 대상으로 "보상" 차원의 송전선로 매립구간 상부에 자연석 투하, 인위적 부착기질 조성 등)을 검토·제시하여야 함

□ 해양 생태계·보호생물

○ 식물플랑크톤 출현 종과 군집 구조는 조사 시기에 따라 큰 차이가 있으므로 조사 시기를 최대한 일치시키고, 이를 바탕으로 계절과 사업의 영향을 구분하여야 함(8.1.2-291쪽)

※ 동물플랑크톤은 관련 국가해양생태계종합조사 조사지침서(2020년)를 참고하여 망구 60cm, 망목 200㎛를 활용하여 조사

○ 본 해역이 회유성 어류의 이동 경로상에 위치하는 지에 대한 정밀 조사 및 영향 예측을 하여야 함

- 사업지역 해산어류 및 수생생물에 대한 조사결과를 토대로 항타 시 소음・진동 발생에 따른 해양생태계 영향 예측
- 사업지역에 서식하는 수산생물과 회유성 어류 현황조사 결과 우점종을 토대로 계통연계선의 전자기장 발생에 따른 해양생물에 미치는 영향 예측

○ 각 조사 항목별, 공정별 해양생물에 미치는 영향과 저감방안을 상세히 수립하여야 함

- 항타 작업으로 인한 영향을 최소화할 수 있는 최적의 저감방안
- 파일설치 및 케이블 설치 공사 시 부유토사 발생으로 인한 주변 해양생물에 미치는 영향 저감을 위해 해역 특성을 감안한 저감방안
- 해저 케이블 공정 시 부유토사 유지농도(매설지점에서 반경 100m 이내 등)를 설정하고 유지관리계획(공사강도 조정 등) 수립
- 최대 전력이 예측되는 해상변전소와 해저케이블 매설 위치를 고려하여 갯벌, 어업권, 저서 생태계에 미치는 영향과 운영 시 발생하는 전자기파가 해양생물에 미치는 영향 평가

※ 사후환경영향조사 계획에 해저케이블 매설위치의 전자기장 조사 실시 여부 검토

- 해양생물 다양성 및 수산자원 회복을 위해 발전기 시설물 등을 대상으로 해양생물 서식처를 제공하는 방안 검토
- 개폐소에서 발생되는 오수가 생태·자연도 Ⅰ등급 지역으로 배출

되므로 방류수 수질을 강화하는 방안 검토

□ 수산자원

○ 어류 및 수산자원에 대한 조사결과, 해산어류 3~8종 출현 및 개체수도 적으며, 영광군 수협자료는 본 사업지역을 대표하기 어렵고, 6정점에 대한 통발조사로는 정확한 현황파악이 어려우므로 다음 사항을 토대로 추가 조사를 실시하여야 함

- 통발 수 및 조사범위 확대
- 해산 어류에 대해 다양한 어구를 통해 조사
- 회유성 어류에 대한 조사
- 수산자원에 대한 문헌자료를 통해 사업대상 해역에 출현하는 종에 대한 조사를 실시하고, 조사어구로 사용한 자망의 망목 크기 등 조사방법과 횟수를 전문가 자문을 받아 재점검하여 제시

○ 금회 평가서에 참조기를 확인하지 못한 원인이 어구가 아닌 조사시기의 차이에 따른 것으로 판단되므로, 수산자원량 변동 지표가 되는 참조기의 수산자원량을 확인하기 위해 춘계시기 자망조사를 실시하고, 조사결과를 사후관리를 위한 기초자료로 사용하여야 함

○ 사업으로 인한 수산업 영향범위를 파악하기 위해 사업해역과 해저케이블 경과지를 포함하여 면허, 허가, 신고어업의 현황조사 결과를 관련 도면에 종합적으로 표시하여야 함

- 주민설명회 답변(6-35쪽) 중 풍력단지 내 통항이 가능하도록 협의 중에 있다고 하였으나, 세부 계획이 없으므로 관련 방안 제시

□ 누적영향 및 원상회복

○ 예정지 주변에 다수의 해상풍력 발전단지 조성사업이 계획되어 있으므로, 이번 사업시행으로 인해 해양환경 및 조류 등에 미치는 누적 영향을 조사하여야 함

* 영광-낙월 해상풍력 발전단지(352.8MW), 서남해 해상풍력 실증단지(2460MW)

○ 기존 육상변전소 건설 및 지상송전탑을 제외하는 적극적인 대안을

제시하였으나, 해저케이블 설치를 최소화하는 대안을 검토하여야 함

- 원거리 송전을 각 해상풍력발전 사업자가 추진하기 보다는 향후 유사한 시기에 시행하는 사업자 간 해저케이블 연계 또는 공동개발하는 방안 등 대안 검토

※ 다만 사업추진의 불확실성이 높은 승인신청 사업이나 환경영향평가 협의가 완료되지 않은 사업보다는 협의가 완료된 사업을 대상으로 연계 및 공동개발을 추진하는 것을 검토

○ 철거 과정에서 발생할 수 있는 해양환경과 생태계에 대한 영향 예측·평가를 제시하고, 전문가 자문을 통해 원상회복에 대한 종합적인 관리대책 등을 마련하여야 함

다. 소음·진동

○ 공사·운영시 소음·진동이 상괭이 서식처에 미치는 영향을 평가하고, 이에 따른 저감 대책을 마련하여야 함

- 특히 상괭이 출현 빈도는 3~6월에 높고, 산란기는 4~5월이므로 상괭이의 춘계 조사를 추가

○ 공사시 파일 항타 작업과 운영시 터빈 가동에 해산어류 및 수산생물에 대한 영향 가능성을 정밀하게 진단하여야 함

- 사업대상 해역에 서식하는 해양생물의 가청 주파수와 민감 주파수를 조사하고, 공사 시 발생하는 소음·진동을 저감할 수 있는 다양한 공법에 대한 평가 실시

- 회유성 어류 및 주변 수산자원에 대한 정확한 현황조사에 근거하여, 회유 및 산란 시기를 고려하여 공사시기를 조정하는 방안을 수립하여 제시

○ 공사 시 수중소음 환경목표기준은 항타공사 등의 순간적인 충격소음 특성을 고려하여 해양생물의 청력도에 대한 PTS(Permanent Threshold Shift)뿐만 아니라 TTS(Temporary Threshold Shift)에 의한 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 196dBpeak를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함

※ Mathias, H. A., et al., A framework for regulating underwater noise during pile driving, 2017 참조

- 운영 시 수중소음 환경목표기준(dBrms)은 해상풍력발전기 가동에 따른 연속소음의 특성과 해양생물의 청력도 등을 고려하여 해양생물에 대한 직접적 영향뿐만 아니라 행동적 변화를 일으킬 수 있는 간접적 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 120dBrms를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함

○ 사업지구 내 해상풍력발전단지 배치 등을 고려하여 다수의 해상풍력발전기 가동에 따른 운영시 지상 소음(안마도지역의 저주파소음 포함) 영향을 평가하여야 함

라. 경관

○ 조망점 선정과 관련하여(표 8.5.3-12) 개폐소 및 서영광변전소를 조망대상으로 한 중경의 추가 선정 가능성을 검토하여 제시하여야 함

- 개폐소, 서영광 변전소 등 사업시행 후 시뮬레이션 보완(8.5.3-41, 8.5.3-45) 제시
- 개폐소, 서영광 변전소 조성 시 주요 조망점에서의 차폐식재 및 녹지공간 추가 확보 등의 지역경관과의 조화 계획 제시

마. 기타(주민수용성 확보 등)

○ 주민수용성 확보를 위한 주민협의체 구성(6-26쪽)은 구체적인 운영방안을 검토·제시하여야 함

- 주민협의체 운영 주체의 명확한 설정
- 주민협의체 결정사항에 대한 법적 구속력, 미준수 시 대응 방안 등 위상을 사전에 설정
- 주민협의체의 기능은 상생방안 마련을 포함하여 민원관리, 환경감시, 참여형 사후환경영향조사 설계 등 다각화하는 방안 검토

- 주민협의체 아래 분과위원회를 구성하여 전문적인 내용을 전담하는 방안 검토
- 주민협의체 결정 내용을 이해당사자에게 공지하는 방안 마련

○「해사안전법」에 따른 해상교통안전진단 결과에 따라 사업계획 등이 변경될 수 있으므로, 환경영향평가 전 해상교통안전진단을 선행하고 그 결과를 제시하여야 함

마. 사후환경영향조사 계획

○ 해상풍력 단지 및 주변 해역(대조구 포함)의 수심을 관측하여(사업 전·중·후) 침퇴적변화를 지속적으로 모니터링할 수 있도록 계획을 수립하여야 함

○ 지형변화(침식·퇴적, 세굴 정도)를 정량적으로 평가하기 위해 사후환경영향조사 시 멀티빔 음향측심기 또는 프로파일링 소나 등의 활용방안을 검토·제시하여야 함

○ 해양물리, 해양수질, 해양저질, 해양동·식물상에 대한 사후환경영향조사는 분기별로 수행하여 사업 전·중·후의 환경적 영향을 파악할 수 있도록 계획을 수립하여야 함

○ 해양성 조류에 있어서 풍력발전단지를 장애물로 인식해 회피하게 될 수 있으나 그에 따른 어족자원 부양 효과로 인한 유인 가능성도 상존하므로 운영 시 조류모니터링 강화방안을 마련하여야 함

- 자연생태환경(동・식물상)에 대한 영향을 고려하여 조류 등 생태환경에 대한 모니터링 계획을 인근 해상풍력발전단지와 연계하여 수립하는 방안 등을 검토·제시

※* 기타 오류 사항 수정 등

○ 항공기-조류충돌 평가방법을 이용하여 해상풍력발전과의 충돌 위험성을 평가(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)하고 있어 이에 대한 수정 필요

- 제시한 평가방법(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)은 비행하는 항공기와 조류의 충돌로 인한

영광 안마 해상풍력 발전사업(ME2022C008)

항공기 피해(훼손 등)의 심각성을 고려한 위험성 평가로 고정된 풍력발전기와의 충돌을 예측하는 방법으로는 적정성이 결여됨

- 특히 제시된 충돌심각성 평가결과(8.1.1-218쪽)는 발전기에 대한 훼손의 심각을 제시한 것으로 조류에 대한 영향을 최소화하기 위한 평가의 목적에 부합하지 못함

❍ 8.1.3-12쪽 : "고래류는 전 세계적으로 90여종이며, 우리나라 연안에서 주로 출현하는 고래류는 밍크고래, 향고래, 범고래, 흑범고래, 큰머리돌고래, 큰돌고래, 남방큰돌고래, 낫돌고래, 참돌고래, 까치돌고래, 상괭이 등이 있음"으로 수정 필요

- 해산어류와 고래류 등을 포함하여 해양생물의 학명과 국명은 국가해양수산생물종 목록집에 따라 표기

❍ 사업으로 인해 안마도 관광과 연계하여 새로운 관광명소로 활용 할 수 있는 긍정적인 영향 예상(8.5.3-50)으로 언급하고 있으나, 그 적절성·객관성에 대해 검토 제시. 끝.

1.2 보완의견 반영내용

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
가. 동・식물상		
○ 괭이갈매기 행동권 분석은 1년 전체 기간으로 평가하고, 본 평가서에 포함된 결과 외에도 타 번식지에서 부착한 개체들의 정보도 함께 포함하여 종합적으로 평가하여야 함. - 겨울 철새와 여름 철새뿐만 아니라, 봄에 산란하는 조류의 특성을 고려하여 계절 조사를 수행하고, 조류의 이동 경로뿐만 아니라 비행고도 등 행동 패턴을 파악하여 해상풍력 터빈기 충돌 가능성 등을 분석 ※ 일시적으로 이동하는 조류 보다 집단번식 및 집단휴식 조류는 일정 지점으로 회귀하는 특성 때문에 사업지 내에 존재할 경우 조류충돌 확률이 급증하고 이에 의한 개체군 영향이 커질 수 있음.	【부분 반영】 ○ 봄철 조사('23.04.16~20)를 실시하였으며, 조류 위치추적을 4월말까지 실시하여 결과를 수록하였음.	
○ 사업지역의 다양한 법정보호종 및 조류(번식, 유지, 서식, 이동 등) 영향을 최소화하기 위해 섬지역과 이격 등을 포함한 실질적인 저감방안을 검토・제시하여야 함. - 발전단지 내의 수면 위에 노출된 구조물이 갈매기류를 발전단지 내로 유인할 가능성이 있으므로, 바닷새의 유입을 가정한 유입 방지 및 충돌 방지대책 - 봄철 철새 이동 시기 중국에서 이동해 온 철새가 주변도서(안마도)로 내려앉기 위해 고도를 낮춰 접근할 가능성이 있으므로, 이를 감안한 영향과 운영 시 충돌 방지대책 - 안개 등 기상상황에 따라 회피 유도장치의 기능이 제한될 수 있으므로 이에 대한 보완 방안 - 사업지역은 슴새 등 해양성 조류의 먹이터로 활용되는 지역이므로 조류충돌을 최소화하기 위해 블레이드 최하단부를 최대한 높이는 등 다양한 저감방안 검토	○	
○ 상기 보완사항에 대해 한국환경연구원에서 수행한 '해상풍력 환경성평가를 위한 조류 공간이용 분석 및 DB구축 연구' 내용 등을 참고・활용하여 작성할 수 있도록 함.	○ 한국환경연구원에서 수행한 '해상풍력 환경성평가를 위한 조류 공간이용 분석 및 DB구축 연구'를 참고하여 내용을 수록하였음.	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
나. 해양환경 : □ 해양물리 및 지형·지질		
○ 해상풍력발전단지의 장기간(20년 이상) 운영에 따른 해수유동 변화와 침식·퇴적 변동 등에 따른 영향과 저감방안을 제시하여야 함. - 부유사 확산 수치모형 실험은 조수 간만의 차이를 반영 - 해저케이블 구간*에서 부유사 발생 예측 지점이 2곳**에 불과하므로 부유사 예측 지점을 추가하고, 관측한 입도 자료를 기반으로 부유사 발생 원단위를 적용 * 1구역 43.3 km, 2구역 57.8 ㎞, ** 환경영향평가서(본안) 8.3.2-334쪽 - 해저케이블 매설 구간은 생태자연도 Ⅰ등급 해역과 각이 사퇴*를 통과하므로, 해저케이블 매설 위치를 변경하거나 영향을 최소화하는 공법 선정 * 사퇴: 모래의 퇴적물·각이 사퇴는 바닷물 간조 시에도 물이 다 빠지지 않은 바다 속 지형으로, 플랑크톤을 먹기 위한 새우, 어류 등 작은 생물들의 서식처	【반영】 ○ 부유사 발생 예측 지점 추가하여 수치모형실험 수행함. ○ 구간별 공정계획 및 영향을 최소한 매설공법을 제시하였음	
○ 해저지형 훼손으로 인한 해양생물 피해가 예상(8.1.2-346~348쪽)되므로, 본 개발사업에 따른 해저지형 훼손 피해영향 범위를 확인하고, 다양한 저감방안(피해를 입는 해양동·식물을 대상으로 “보상” 차원의 송전선로 매립구간 상부에 자연석 투하, 인위적 부착기질 조성 등)을 검토·제시하여야 함.	○ 수심이 깊은 구간에 대해 보호공(자연석 및 스톤백)을 설치하여 케이블 보호 및 저서생물 다양성 확보하겠음.	
나. 해양환경 : □ 해양생태계·보호생물		
○ 식물플랑크톤 출현 종과 군집 구조는 조사 시기에 따라 큰 차이가 있으므로 조사 시기를 최대한 일치시키고, 이를 바탕으로 계절과 사업의 영향을 구분하여야 함(8.1.2-291쪽) ※ 동물플랑크톤은 관련 국가해양생태계종합조사 조사지침서(2020년)를 참고하여 망구 60cm, 망목 200㎛를 활용하여 조사	○ 조사시기를 일치시키고 계절적 영향을 조사하여 수록하였음.	
○ 본 해역이 회유성 어류의 이동 경로상에 위치하는 지에 대한 정밀 조사 및 영향 예측을 하여야 함. - 사업지역 해산어류 및 수생생물에 대한 조사결과를 토대로 항타 시 소음·진동 발생에 따른 해양생태계 영향 예측 - 사업지역에 서식하는 수산생물과 회유성 어류 현황조사 결과 우점종을 토대로 계통연계선의 전자기장 발생에 따른 해양생물에 미치는 영향 예측	○ 회유성 어류의 이동 경로 및 영향 예측하여 제시함.	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
나. 해양환경 : □ 해양생태계・보호생물		
○ 각 조사 항목별, 공정별 해양생물에 미치는 영향과 저감방안을 상세히 수립하여야 함. - 항타 작업으로 인한 영향을 최소화할 수 있는 최적의 저감방안 - 파일설치 및 케이블 설치 공사 시 부유토사 발생으로 인한 주변 해양생물에 미치는 영향 저감을 위해 해역 특성을 감안한 저감방안 - 해저 케이블 공정 시 부유토사 유지농도(매설지점에서 반경 100m 이내 등)를 설정하고 유지관리계획(공사강도 조정 등) 수립 - 최대 전력이 예측되는 해상변전소와 해저케이블 매설 위치를 고려하여 갯벌, 어업권, 저서생태계에 미치는 영향과 운영 시 발생하는 전자기파가 해양생물에 미치는 영향 평가 ※ 사후환경영향조사 계획에 해저케이블 매설위치의 전자기장 조사 실시 여부 검토 - 해양생물 다양성 및 수산자원 회복을 위해 발전기 시설물 등을 대상으로 해양생물 서식처를 제공하는 방안 검토 - 개폐소에서 발생되는 오수가 생태・자연도 Ⅰ등급 지역으로 배출되므로 방류수 수질을 강화하는 방안 검토	【반영】 ○ 사후환경영향조사(대조구 및 매설지점 SS모니터링)를 통하여 부유토사 유지농도를 초과할 경우 공사강도를 조정하겠음. ○ 관련 문헌 등을 참고하여 전자기장 발생에 따른 해양생물에 미치는 영향을 예측하고 사후환경영향조사에 전자기장 조사를 실시하겠음. ○ 인공어초 시범단지 계획하여 제시하였음. ○ 계획된 하수처리시설(25㎥/일) 방류수 수질기준(BOD 및 SS 각각 20㎎/L)보다 강화된 공법을 제시함.	
나. 해양환경 : □ 수산자원		
○ 어류 및 수산자원에 대한 조사결과, 해산어류 3~8종 출현 및 개체수도 적으며, 영광군 수협자료는 본 사업지역을 대표하기 어렵고, 6정점에 대한 통발조사로는 정확한 현황파악이 어려우므로 다음 사항을 토대로 추가 조사를 실시하여야 함. - 통발 수 및 조사범위 확대 - 해산 어류에 대해 다양한 어구를 통해 조사 - 회유성 어류에 대한 조사 - 수산자원에 대한 문헌자료를 통해 사업대상 해역에 출현하는 종에 대한 조사를 실시하고, 조사어구로 사용한 자망의 망목 크기 등 조사방법과 횟수를 전문가 자문을 받아 재점검하여 제시	○ 문헌자료를 통해 수산자원에 대한 자료를 수집하고, 결과를 제시함. ○ 조사범위를 확대하여 다양한 어구를 통한 조사(자망, 통발 등)를 사후환경영향 조사계획에 수립・시행하겠음.	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
나. 해양환경 : □ 수산자원		
○ 금회 평가서에 참조기를 확인하지 못한 원인이 어구가 아닌 조사시기의 차이에 따른 것으로 판단되므로, 수산자원량 변동 지표가 되는 참조기의 수산자원량을 확인하기 위해 춘계시기 자망조사를 실시하고, 조사결과를 사후관리를 위한 기초자료로 사용하여야 함.	【반영】 ○ 어업피해영향조사 및 문헌자료를 제시하고, 사후환경영향조사를 실시하겠음.	
○ 사업으로 인한 수산업 영향범위를 파악하기 위해 사업해역과 해저케이블 경과지를 포함하여 면허, 허가, 신고어업의 현황조사 결과를 관련 도면에 종합적으로 표시하여야 함. - 주민설명회 답변(6-35쪽) 중 풍력단지 내 통항이 가능하도록 협의 중에 있다고 하였으나, 세부 계획이 없으므로 관련 방안 제시	○ 사업해역과 해저케이블 경과지를 포함하여 면허, 허가, 신고어업의 현황조사 결과를 관련 도면에 종합적으로 표시하겠음. ○ 풍력단지 내 통항 세부 계획을 제시하겠음.	
나. 해양환경 : □ 누적영향 및 원상회복		
○ 예정지 주변에 다수의 해상풍력 발전단지 조성사업이 계획되어 있으므로, 이번 사업시행으로 인해 해양환경 및 조류 등에 미치는 누적 영향을 조사하여야 함. * 영광-낙월 해상풍력 발전단지(352.8MW), 서남해 해상풍력 실증단지(2460MW)	○ 안마 해상풍력 및 낙월 해상풍력 발전단지 사후환경영향조사 계획에 반영하여 주변의 사업으로 인한 해양환경 및 조류의 이동방향 등 미치는 영향을 지속적으로 모니터링 할 계획임.	
○ 기존 육상변전소 건설 및 지상송전탑을 제외하는 적극적인 대안을 제시하였으나, 해저케이블 설치를 최소화하는 대안을 검토하여야 함. - 원거리 송전을 각 해상풍력발전 사업자가 추진하기 보다는 향후 유사한 시기에 시행하는 사업자 간 해저케이블 연계 또는 공동 개발하는 방안 등 대안 검토 ※ 다만 사업추진의 불확실성이 높은 승인신청 사업이나 환경영향평가 협의가 완료되지 않은 사업보다는 협의가 완료된 사업을 대상으로 연계 및 공동개발을 추진하는 것을 검토	○ 타 사업자와 해저케이블 연계 또는 공동 개발하는 방안 등 대안을 검토하겠음.	
○ 철거 과정에서 발생할 수 있는 해양환경과 생태계에 대한 영향 예측·평가를 제시하고, 전문가 자문을 통해 원상회복에 대한 종합적인 관리대책 등을 마련하여야 함.	○	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
다. 소음・진동		
○ 공사・운영시 소음・진동이 상괭이 서식처에 미치는 영향을 평가하고, 이에 따른 저감 대책을 마련하여야 함. - 특히 상괭이 출현 빈도는 3~6월에 높고, 산란기는 4~5월이므로 상괭이의 춘계 조사를 추가	【반영】 ○ 안마 Project – ESIA–marine mammal survey Monthly Report 2023.04 자료를 이용하여 제시하였음.	
○ 공사시 파일 항타 작업과 운영시 터빈 가동에 해산어류 및 수산생물에 대한 영향 가능성을 정밀하게 진단하여야 함. - 사업대상 해역에 서식하는 해양생물의 가청 주파수와 민감 주파수를 조사하고, 공사 시 발생하는 소음・진동을 저감할 수 있는 다양한 공법에 대한 평가 실시 - 회유성 어류 및 주변 수산자원에 대한 정확한 현황조사에 근거하여, 회유 및 산란 시기를 고려하여 공사시기를 조정하는 방안을 수립하여 제시	○ 관련 문헌 등을 참고하여 소음・진동을 저감할 수 있는 방안을 제시하였음.	
○ 공사 시 수중소음 환경목표기준은 항타공사 등의 순간적인 충격소음 특성을 고려하여 해양생물의 청력도에 대한 PTS(Permanent Threshold Shift)뿐만 아니라 TTS(Temporary Threshold Shift)에 의한 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 196dBpeak를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함 ※ Mathias, H. A., et al., A framework for regulating underwater noise during pile driving, 2017 참조 - 운영 시 수중소음 환경목표기준(dBrms)은 해상풍력발전기 가동에 따른 연속소음의 특성과 해양생물의 청력도 등을 고려하여 해양생물에 대한 직접적 영향뿐만 아니라 행동적 변화를 일으킬 수 있는 간접적 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 120dBrms를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함.	○ 보완의견에 따라 공사 시 수중소음 환경목표기준을 196dBpeak를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획을 수립하겠음. ○ 운영 시 수중소음 환경목표기준을 120dBrms를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획을 수립하겠음.	
○ 사업지구 내 해상풍력발전단지 배치 등을 고려하여 다수의 해상풍력발전기 가동에 따른 운영시 지상 소음(안마도지역의 저주파소음 포함) 영향을 평가하여야 함.	○ “지멘스”에서 받은 자료(음향파워레벨)로 모델링 수행한 결과 저주파소음이 정온시설(4지점)에서 초과 ○ “해상풍력발전 입시선정 지원을 위한 환경공간 정보 구축, 2021.11, 환경부”에 제시된 저주파소음 영향범위는 80Hz, 110dB 기준으로 4.5km~6.0km 정도로 예측되어 본 사업에 대한 저주파소음은 안마도에 영향이 있는 것으로 예측됨.	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
라. 경관		
○ 조망점 선정과 관련하여(표 8.5.3-12) 개폐소 및 서영광변전소를 조망대상으로 한 중경의 추가 선정 가능성을 검토하여 제시하여야 함. - 개폐소, 서영광 변전소 등 사업시행 후 시뮬레이션 보완(8.5.3-41, 8.5.3-45) 제시 - 개폐소, 서영광 변전소 조성 시 주요 조망점에서의 차폐식재 및 녹지공간 추가 확보 등의 지역경관과의 조화 계획 제시	【반영】 ○ 개폐소 및 변전소를 대상으로 시뮬레이션을 수행하여 제시하였음.	
마. 기타(주민수용성 확보 등)		
○ 주민수용성 확보를 위한 주민협의체 구성(6-26쪽)은 구체적인 운영방안을 검토·제시하여야 함. - 주민협의체 운영 주체의 명확한 설정 - 주민협의체 결정사항에 대한 법적 구속력, 미준수 시 대응 방안 등 위상을 사전에 설정 - 주민협의체의 기능은 상생방안 마련을 포함하여 민원관리, 환경감시, 참여형 사후환경영향조사 설계 등 다각화하는 방안 검토 - 주민협의체 아래 분과위원회를 구성하여 전문적인 내용을 전담하는 방안 검토 - 주민협의체 결정 내용을 이해당사자에게 공지하는 방안 마련	○ 보완의견에 따라 주민협의체 구성 및 구체적인 운영방안을 제시하였음.	
○ 「해사안전법」에 따른 해상교통안전진단 결과에 따라 사업계획 등이 변경될 수 있으므로, 환경영향평가 전 해상교통안전진단을 선행하고 그 결과를 제시하여야 함.	○ 해상교통안전진단 결과를 제시하였음.	

보완의견	반영여부(미반영사유)	비고
바. 사후환경영향조사 계획		
○ 해상풍력 단지 및 주변 해역(대조구 포함)의 수심을 관측하여(사업 전·중·후) 침퇴적변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 계획을 수립하여야 함.	【반영】 ○ 제시된 의견에 따라 사후환경영향조사 계획을 수립하였음.	
○ 지형변화(침식・퇴적, 세굴 정도)를 정량적으로 평가하기 위해 사후환경영향조사 시 멀티빔 음향측심기 또는 프로파일링 소나 등의 활용방안을 검토・제시하여야 함.		
○ 해양물리, 해양수질, 해양저질, 해양동・식물상에 대한 사후환경영향조사는 분기별로 수행하여 사업 전・중・후의 환경적 영향을 파악할 수 있도록 계획을 수립하여야 함.		
○ 해양성 조류에 있어서 풍력발전단지를 장애물로 인식해 회피하게 될 수 있으나 그에 따른 어족자원 부양 효과로 인한 유인 가능성도 상존하므로 운영 시 조류모니터링 강화방안을 마련하여야 함 - 자연생태환경(동・식물상)에 대한 영향을 고려하여 조류 등 생태환경에 대한 모니터링 계획을 인근 해상풍력발전단지와 연계하여 수립하는 방안 등을 검토・제시		
※ 기타 오류 사항 수정 등		
○ 항공기-조류충돌 평가방법을 이용하여 해상풍력발전과의 충돌 위험성을 평가(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)하고 있어 이에 대한 수정 필요 - 제시한 평가방법(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)은 비행하는 항공기와 조류의 충돌로 인한 항공기 피해(훼손 등)의 심각성을 고려한 위험성 평가로 고정된 풍력발전기와의 충돌을 예측하는 방법으로는 적정성이 결여됨. - 특히 제시된 충돌심각성 평가결과(8.1.1-218쪽)는 발전기에 대한 훼손의 심각을 제시한 것으로 조류에 대한 영향을 최소화하기 위한 평가의 목적에 부합하지 못함.	○ 항공기-조류충돌 방법은 맞지 않는 것으로 판단되어 조류 대응시설 설치방안을 제시하였음.	
○ 8.1.3-12쪽 : “고래류는 전 세계적으로 90여종이며, 우리나라 연안에서 주로 출현하는 고래류는 밍크고래, 향고래, 범고래, 흑범고래, 큰머리돌고래, 큰돌고래, 남방큰돌고래, 낫돌고래, 참돌고래, 까치돌고래, 상괭이 등이 있음”으로 수정 필요 - 해산어류와 고래류 등을 포함하여 해양생물의 학명과 국명은 국가해양수산생물종 목록집에 따라 표기	○ 해산어류와 고래류 등을 포함하여 해양생물의 학명과 국명은 국가해양수산생물종 목록집에 따라 표기하였음.	
○ 사업으로 인해 안마도 관광과 연계하여 새로운 관광명소로 활용 할 수 있는 긍정적인 영향 예상(8.5.3-50)으로 언급하고 있으나, 그 적절성・객관성에 대해 검토 제시	○ 안마도 관광 현황, 해상교통수단 통항 현황 및 야간경관계획(사후에 제시) 등을 제시하겠음.	

안마해상풍력(주)
Anma Offshore Wind Energy Co., Ltd.
안마해상풍력㈜

제 2 장 사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적
2.2 환경영향평가 실시근거
2.3 사업의 추진경위 및 향후 추진계획
2.4 사업의 개요
2.5 사업의 기대효과

제 2 장 사업의 개요

2.1 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 신재생에너지의 입지조건 등에 따르는 환경훼손, 민원유발, 소음 등의 문제를 보완하고, 무한한 에너지원인 바람을 이용하여 친환경적이고 지속적인 신재생에너지를 공급하는 차세대 전력공급의 중요한 역할을 할 것임.

○ 이에, “영광 안마 해상풍력 발전사업”은 국가의 친환경 정책에 참여하고, 국가 전력수급계획에 보탬이 될 수 있도록 환경을 최우선으로 하고 안전한 풍력발전시설을 건설함을 목적으로 함.

2.2 환경영향평가 실시근거

○ 영광 안마 해상풍력 발전사업은 「환경영향평가법」 제22조, 동법시행령 제31조 제2항 및 제47조 제2항 관련 〔별표 3〕에서 “3. 에너지 개발사업” 라항 1)호에 따라 발전시설용량이 10만킬로와트 이상인 풍력발전시설에 해당되어 환경영향평가 대상사업임.

<표 2.2 - 1> 환경영향평가 실시근거

구 분		환경영향평가대상사업의 종류 및 범위	협의 요청시기
3. 에너지 개발사업		라. 「전기사업법」 제2조제16호에 따른 전기설비 중 다음의 어느 하나에 해당하는 설비의 설치사업 1) 발전시설용량이 ~ 중략 ~ 태양력·풍력 또는 연료전지 발전소의 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	「전기사업법」 제61조 또는 「전기안전관리법」 제8조에 따른 공사계획의 인가 또는 신고 전
사업규모	초안	· 발전시설용량 : 528MW(52.8만KW, 8MW×66기) · 송전선로 : 154kV, 약 49.5㎞ (해상 약 40.4㎞, 육상 약 7.6㎞, 송이도 가공선로 약 1.5㎞) · 변전소 : 154kV 옥외 GIS형(육상)	
	본안	· 발전시설용량 : 546MW(54.6만KW, 14MW×39기) · 송전선로 루트 : 154kV, 약 46.0㎞(해상 약 44.9㎞, 육상 약 1.1㎞) · 변전소 : 154kV 옥외 GIS형(해상)	

2.3 사업의 추진경위 및 향후 추진계획

2.3.1 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

○ 2019. 07. : 영광 안마 해상풍력 발전사업 환경영향평가 용역 착수

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

○ 2020. 12. 23. ~ 2021. 01. 28. : 환경영향평가협의회 심의

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

○ 2022. 04. 27. : 환경영향평기서(초안) 접수

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

○ 2022. 06. 09. : 주민설명회 개최 및 환경영향평가서(초안) 협의

○ 2023. 01. : 주민 등의 의견 수렴 결과 및 반영 여부 공개(환경영향평가서 협의 요청 전)

○ 2023. 01. : 환경영향평가서(본안) 제출(예정)

2.4 사업의 개요

○ 사 업 명 : 영광 안마 해상풍력 발전사업

○ 위 치 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 서측 5km 부근

○ 사업규모 : 초안 - 528.0MW (1구역 224MW(8.0MW×28기), 2구역 304MW(8.0MW×38기)
본안 - 546.0MW (1구역 238MW(14.0MW×17기), 2구역 308MW(14.0MW×22기)

○ 사업시행자 : 안마해상풍력(주)

○ 승 인 기 관 : 산업통상자원부

○ 사 업 비 : 초안 - 27,540억원(1구역 11,000억원, 2구역 16,540억원)
본안 - 33,967억원(1구역 14,568억원, 2구역 19,399억원)

○ 사 업 기 간 : 2023년 ~ 2027년

○ 상업운전 예정일 : 2027년 4월

○ 운 영 기 간 : 상업운전 개시 후 25년

2.4.1 사업의 내용

가. 주요 사업내용

<표 2.4 - 1> 사업 규모(안)

<table>
<tr><th colspan="7">초 안</th></tr>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>형식/형태</th><th>설비용량</th><th colspan="3">면적/선로길이</th></tr>
<tr><td colspan="2">풍력발전기</td><td>수평축 프로펠러형</td><td>528MW
(8.0MW × 66기)</td><td colspan="3">106.79㎢</td></tr>
<tr><td rowspan="3">송전설비</td><td rowspan="2">내부망</td><td rowspan="2">풍력발전기 ~
죽도 변전소</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">해저케이블 66kV
XLPE 300㎟, 800㎟
3심</td><td>1구역 43.3㎞(3가닥)</td></tr>
<tr><td>2구역 57.8㎞(4가닥)</td></tr>
<tr><td>외부망</td><td>죽도 변전소 ~
154kV 서영광 변전소</td><td>-</td><td>육상</td><td colspan="2">154kV XLPE 800㎟ 단심,
12가닥(약 7.6㎞)
송이도 가공선로 포함
ACSR A410 2B 2회선(약 1.5㎞)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td>해상</td><td colspan="2">154kV XLPE 800㎟ 3심,
4가닥(약 40.4km)</td></tr>
<tr><td colspan="2">변전설비</td><td>154kV 옥내 GIS형(육상)</td><td>270/360MVA × 2bank</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">전력생산량</td><td colspan="4">1구역 612.2GWh/년(이용율 31.2%)
2구역 814.9GWh/년(이용율 30.6%)</td></tr>
<tr><th colspan="7">본 안</th></tr>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>형식/형태</th><th>설비용량</th><th colspan="3">면적/선로길이</th></tr>
<tr><td colspan="2">풍력발전기</td><td>수평축 프로펠러형</td><td>546MW
(14.0MW × 39기)</td><td colspan="3">80㎢</td></tr>
<tr><td rowspan="3">송전설비</td><td rowspan="2">내부망</td><td rowspan="2">풍력발전기 ~
해상 변전소</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">해저케이블 66kV
XLPE 300 ~
1200㎟ 3심</td><td>1구역 32.0㎞(4가닥)</td></tr>
<tr><td>2구역 36.2㎞(5가닥)</td></tr>
<tr><td>외부망</td><td>해상 변전소 ~
154kV 서영광 변전소</td><td>-</td><td>육상</td><td colspan="2">154kV XLPE 2000㎟ 단심,
(약 1.1㎞ × 6가닥)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td>해상</td><td colspan="2">154kV XLPE 800㎟ 3심,
(약 44.9km × 4가닥)</td></tr>
<tr><td colspan="2">변전설비</td><td>154kV 옥내 GIS형(해상)</td><td>270/360MVA × 2bank</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">전력생산량</td><td colspan="4">1구역 704.7GWh/년(이용율 33.8%)
2구역 879.6GWh/년(이용율 32.6%)</td></tr>
</table>

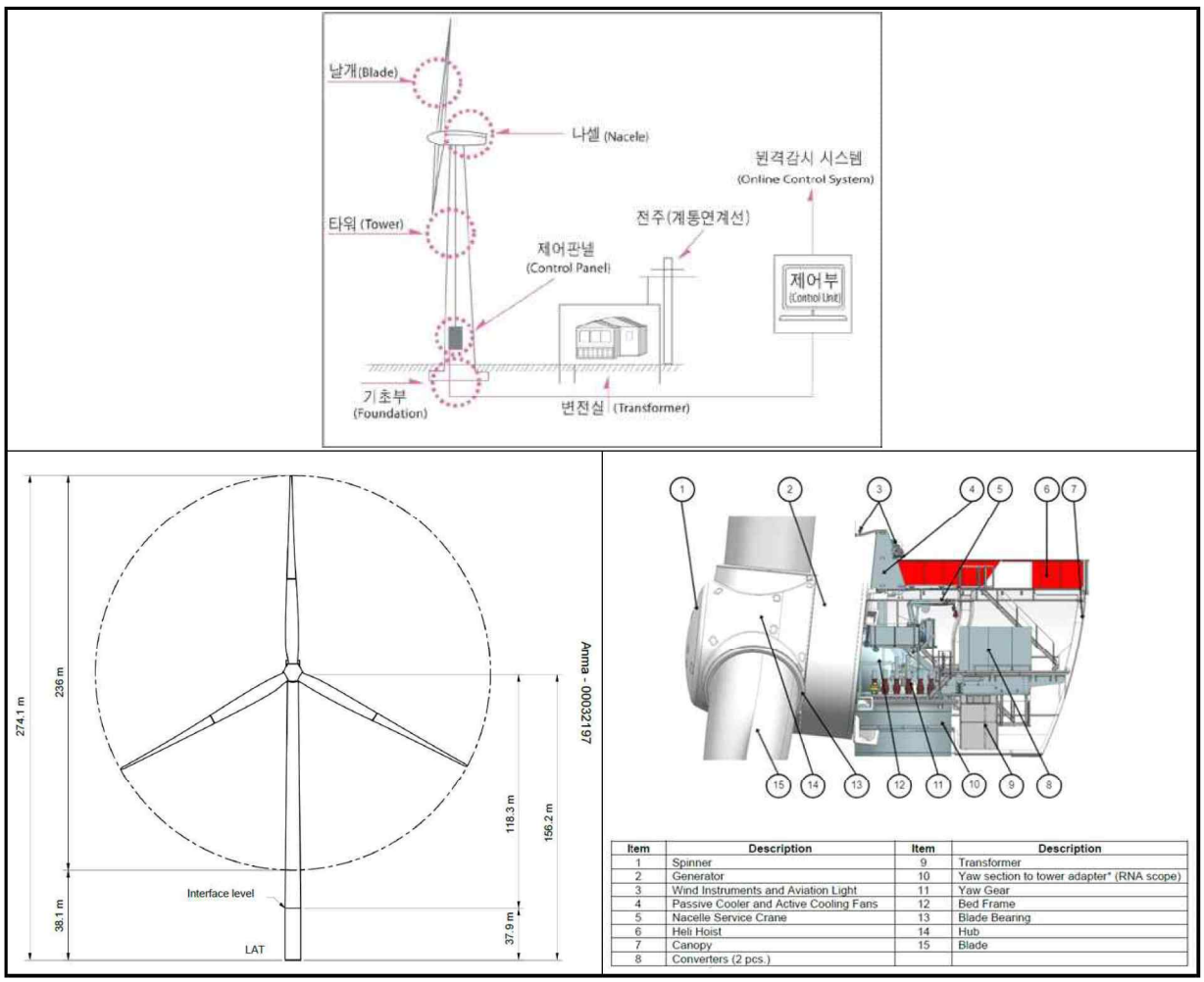
나. 풍력발전단지 조성계획

<표 2.4 - 2> 풍력발전단지 배치계획(안)

구 분		호기	단위 설비용량 (MW/기)	설비용량 (MW)	발전량 (GWh/년)	비 고
초안	1구역	28	8.0	224.0	612.2	이용율 31.2%
	2구역	38	8.0	304.0	814.9	이용율 30.6%
	합 계	66	-	528.0	1,427.1	
본안	1구역	17	14.0	238.0	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22	14.0	308.0	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39	-	546.0	1,584.3	

<표 2.4 - 3> 풍력발전기 제원(안)

구분	모델명	제조사	Hub Height	Rotor diameter	Blade 길이	수면상 높이
초안	WinDS8000	Doosan	약 130m	205m	102.5m	232.5m
본안	SG DD-236	SIEMENS Gamesa	153m	236m	115m	268m



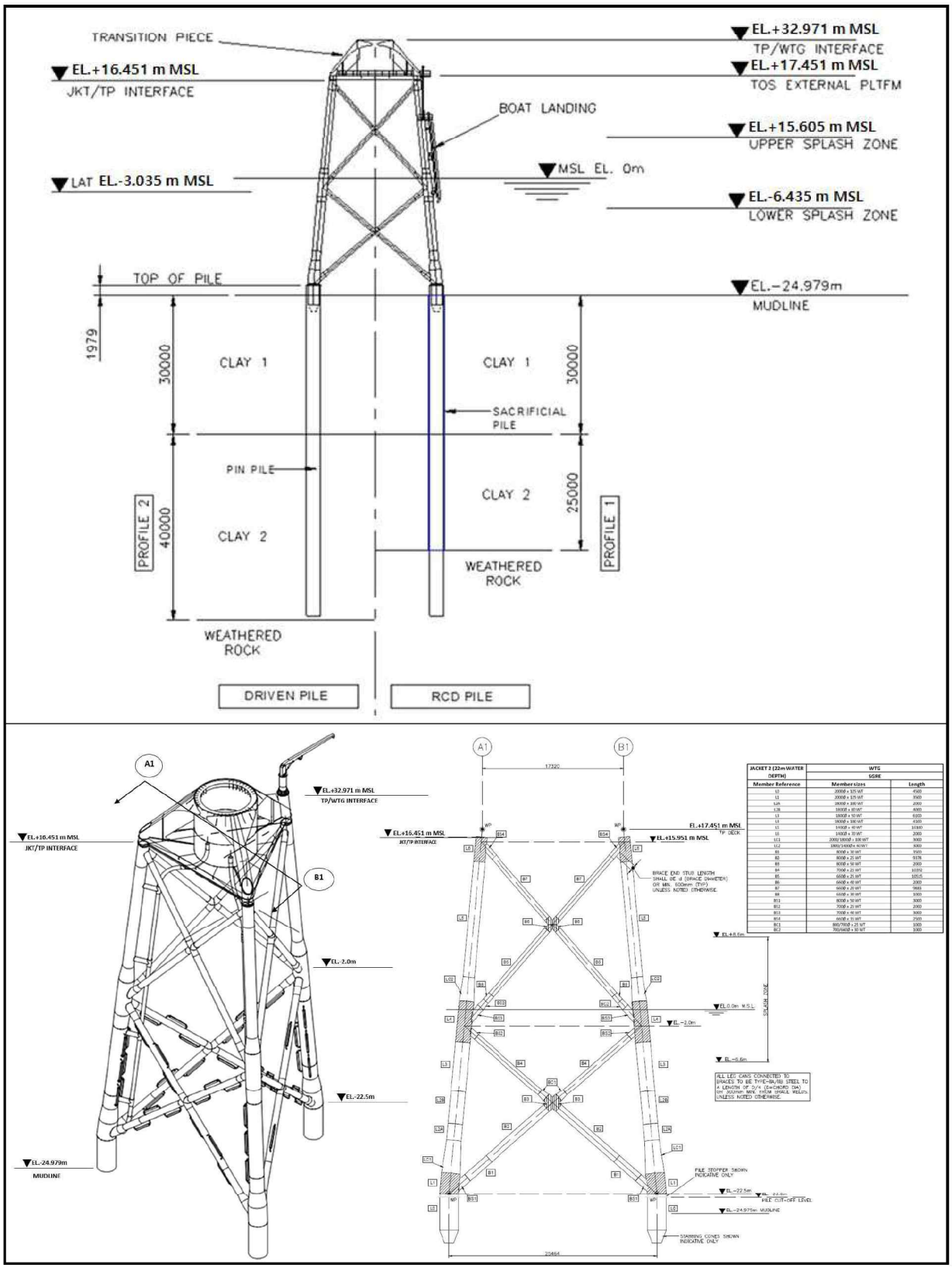
<그림 2.4 - 1> 풍력발전기 모식도(안)

<표 2.4 - 4> 두산 터빈 8MW 기초(자켓 구조물) 개요-초안

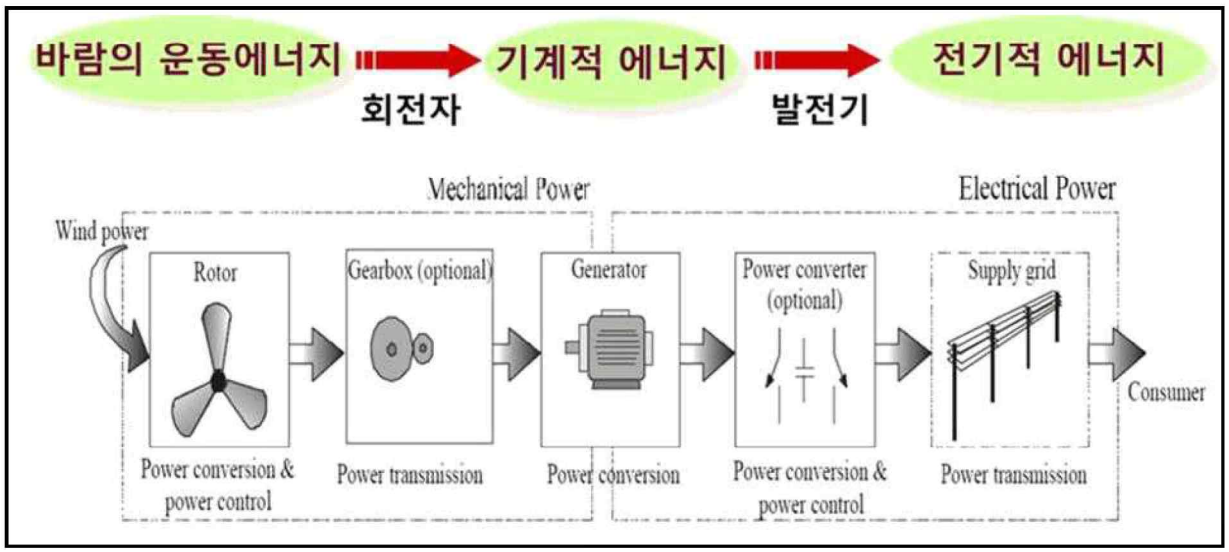
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+29.6m	
Top of External Platform	MSL+22.0m	
Top of Pile	MSL(-)16.5m ~ MSL(-)22.5m	
Mudline Elevation	MSL(-)18.98m ~ MSL(-)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	7.6m	
Height Jacket Leg	38.5m ~ 44.5m	
Total Height of Jacket [TP+Leg]	46.1m ~ 52.1m	
Pile Outline Dimension		
Pin Pile Length	70.979m	
Pin Pile outside diameter	2.8m (Thk.55~100mm)	
Sacrificial Pile Length	56.979m	Only for RCD Case
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	Only for RCD Case
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1139~1149 ton	
Pin Pile weight	1134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	Only for RCD Case

<표 2.4 - 5> SGRE 터빈 14MW 기초(자켓 구조물) 개요 - 본안

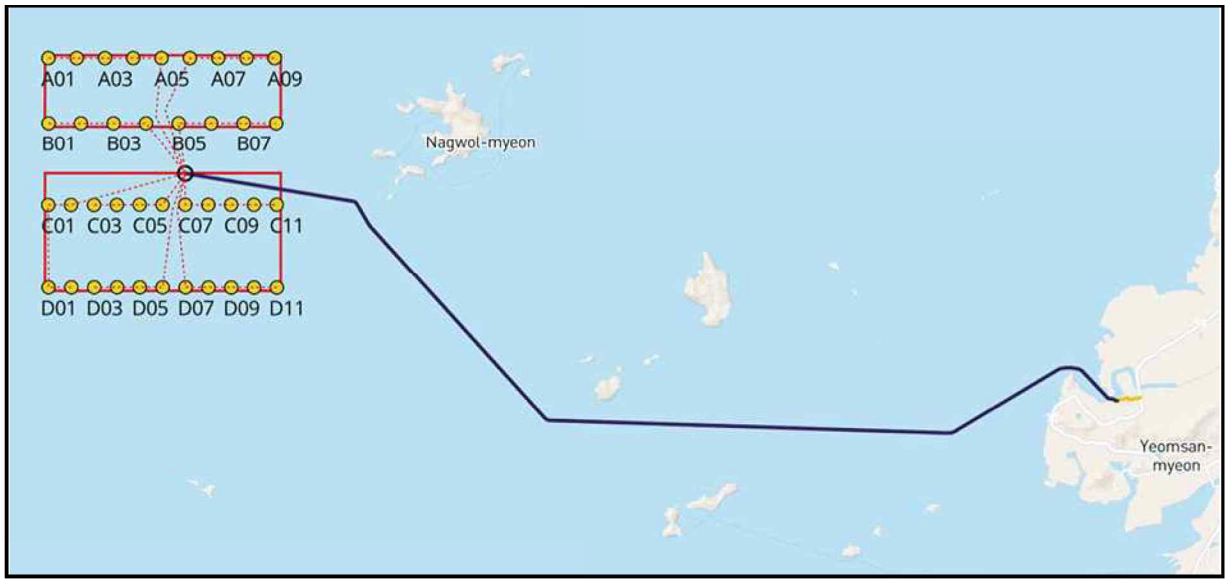
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+32.971m	
Top of External Platform	MSL+17.451m	
Top of Pile	MSL(-)16.5m ~ MSL(-)22.5m	WTG 최종위치에 따라 조금 변화가 있음
Mudline Elevation	MSL(-)18.98m ~ MSL(-)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	15.52m	Steel Deck 두께 포함
Height Jacket Leg	38.18m ~ 44.18m	수심에 따라 조금 변화가 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	Only for RCD Case
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	Only for RCD Case
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1139~1249 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	1134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	Only for RCD Case



<그림 2.4 - 2> 풍력발전기 기초 두산 WTG 자켓구조물 단면도 및 투영도 - 본안



<그림 2.4 - 3> 풍력발전기 구성 및 원리



<그림 2.4 - 4> 풍력발전기 배치 계획도(안)

<표 2.4 - 6> 풍력발전기별 좌표

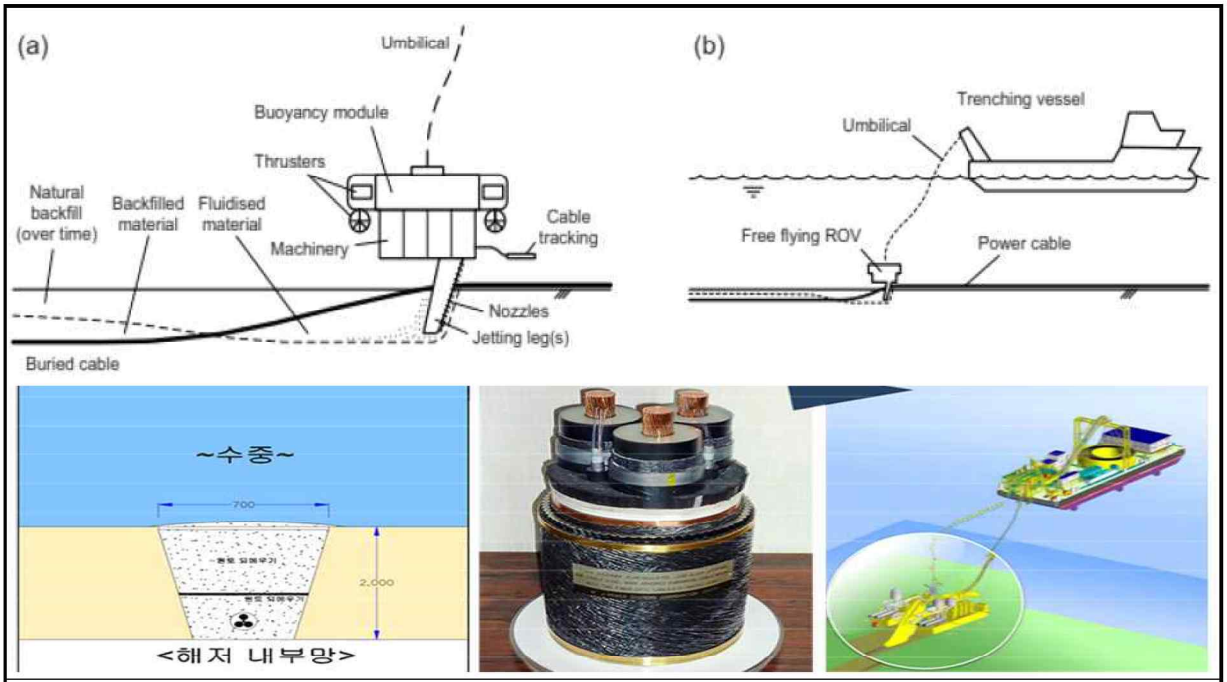
No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss	No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss
1. A01	125°50′5.38″ E	35°22′24.18″ N	21. C04	125°52′0.23″ E	35°19′2.63″ N
2. A02	125°50′52.92″ E	35°22′24.19″ N	22. C05	125°52′38.63″ E	35°19′2.65″ N
3. A03	125°51′40.42″ E	35°22′24.17″ N	23. C06	125°53′17.03″ 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′2.7″ 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′17.4″ E	35°17′8.46″ N
15. B06	125°54′38.7″ 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′55.2″ N	36. D08	125°54′34.17″ E	35°17′8.4″ 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′5.1″ E	35°19′2.58″ N	38. D10	125°55′50.9″ 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			

다. 송전선로 계획

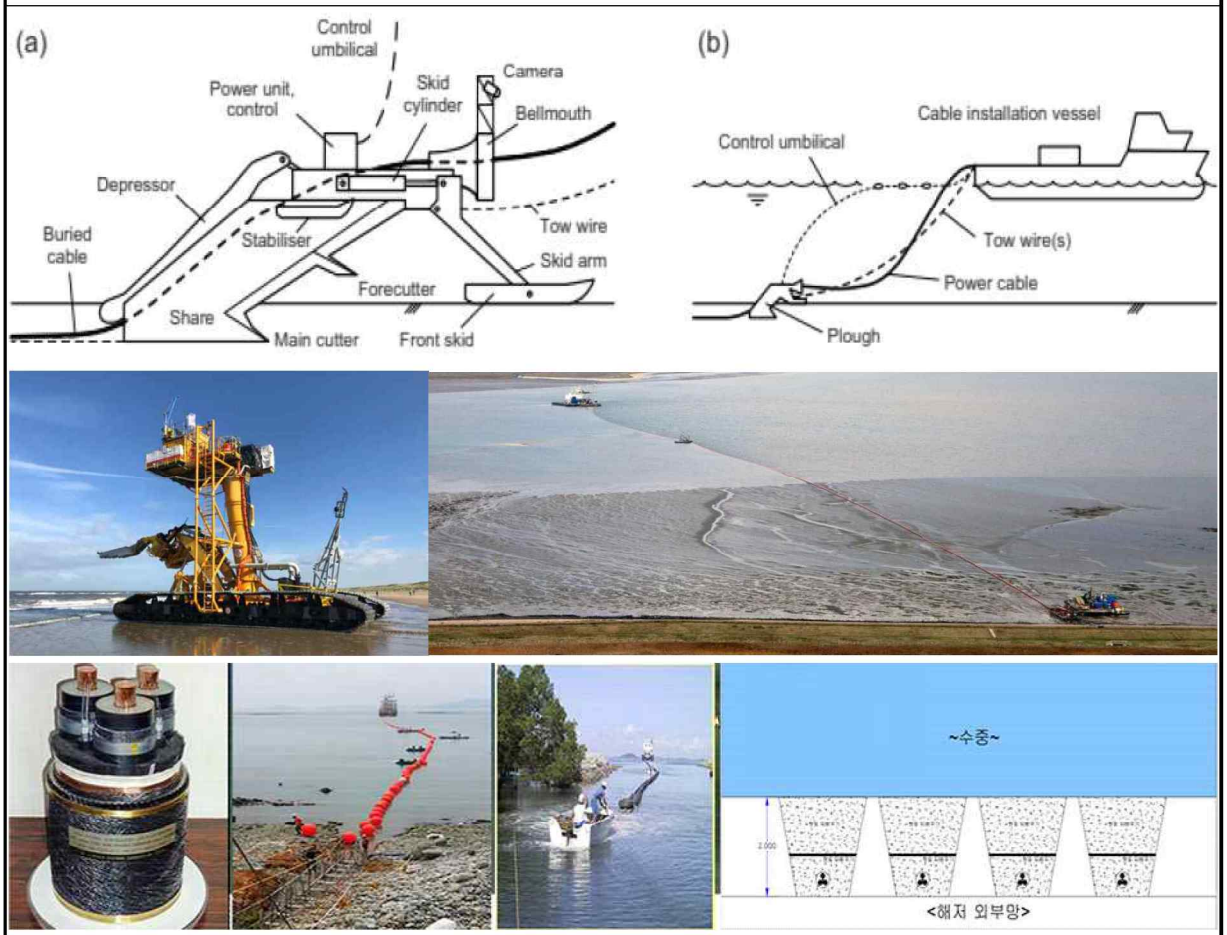
○ 송전선로는 해상부(내부망, 외부망)와 육상부(외부망)로 구분되며, 환경영향평가(초안) 검토의견에 따라 타 사업지 및 송이도 경유를 회피하여 해상변전소와 서영광 변전소를 연계하는 방안을 추진 중이며, 내부망 68.2㎞, 외부망 46.0㎞(해상부 루트 약 44.9.0㎞(3심) × 4회선, 육상부 루트 1.1㎞(단심) × 3상 × 2회선)로 선로 포설방법은 해상부 굴착 후 포설, 육상부 내륙은 관로식 및 HDD공법으로 계획하여 기설 제방 하부를 통과할 예정임. 지반의 강도에 따라 내부망은 Jet Trencher, 외부망은 Plough, 갯벌 구간은 전용장비를 동원할 예정임.

<표 2.4 - 7> 송전선로 설치계획(안)

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">구 분</th><th colspan="2">초안</th><th colspan="2">본안</th><th colspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th>1구역</th><th>2구역</th><th>1구역</th><th>2구역</th><th>초안</th><th>본안</th></tr>
<tr><td rowspan="15">송전선로</td><td rowspan="5">내부망
(해상부)</td><td>전 압</td><td colspan="2">66kV</td><td colspan="2">66kV</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Group 수</td><td>3 Group</td><td>4 Group</td><td>4 Group</td><td>5 Group</td><td rowspan="2">터빈
66기</td><td rowspan="2">터빈
39기</td></tr>
<tr><td>(단위 발전기 8.0MW 기준)</td><td>(단위 발전기 14.0MW 기준)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">케이블
규격</td><td>3가닥</td><td>4가닥</td><td>4가닥</td><td>5가닥</td><td rowspan="4">발전단지
~
죽도
변전소</td><td rowspan="4">발전단지
~
OSS</td></tr>
<tr><td colspan="2">66kV XLPE 3C-300㎟, 800㎟</td><td colspan="2">66kV XLPE 3C-300㎟
~1200㎟</td></tr>
<tr><td rowspan="2">선로연장</td><td>43.3㎞</td><td>57.8㎞</td><td>32.0㎞</td><td>36.2㎞</td></tr>
<tr><td colspan="2">약 101.1㎞</td><td colspan="2">약 68.2㎞</td></tr>
<tr><td rowspan="4">외부망
(해상부)</td><td>전 압</td><td colspan="2">154kV</td><td colspan="2">154kV</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">케이블
규격</td><td>2가닥</td><td>2가닥</td><td>2가닥</td><td>2가닥</td><td rowspan="3">죽도
변전소
~
육상L.P</td><td rowspan="3">OSS ~
육상L.P</td></tr>
<tr><td colspan="2">154kV XLPE 3C-800㎟</td><td colspan="2">154kV XLPE 3C-800㎟</td></tr>
<tr><td>선로연장</td><td colspan="2">약 40.4㎞</td><td colspan="2">약 44.9㎞</td></tr>
<tr><td>포설방법</td><td colspan="2">굴착 후 포설</td><td colspan="2">굴착 후 포설</td></tr>
<tr><td rowspan="5">외부망
(육상부)</td><td>전 압</td><td colspan="2">154kV</td><td colspan="2">154kV</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">케이블
규격</td><td>6가닥</td><td>6가닥</td><td>3가닥</td><td>3가닥</td><td colspan="2" rowspan="2">육상L.P ~
서영광 변전소</td></tr>
<tr><td colspan="2">154kV XLPE 1C-800㎟</td><td colspan="2">154kV XLPE 1C-2000㎟</td></tr>
<tr><td>선로연장</td><td colspan="2">내륙 약 7.6㎞</td><td colspan="2">내륙 약 1.1㎞</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>가공선로</td><td colspan="2">송이도 가공신로 포함
ACSR A410 2B 2회선(약 1.5㎞)</td><td colspan="2">-</td><td>송이도</td><td>-</td></tr>
<tr><td>포설방법</td><td colspan="2">송전탑(5기, 가공선로)
관로식, 덕트뱅크 및 HDD공법</td><td colspan="2">관로식 및 HDD공법</td><td></td><td></td></tr>
</table>

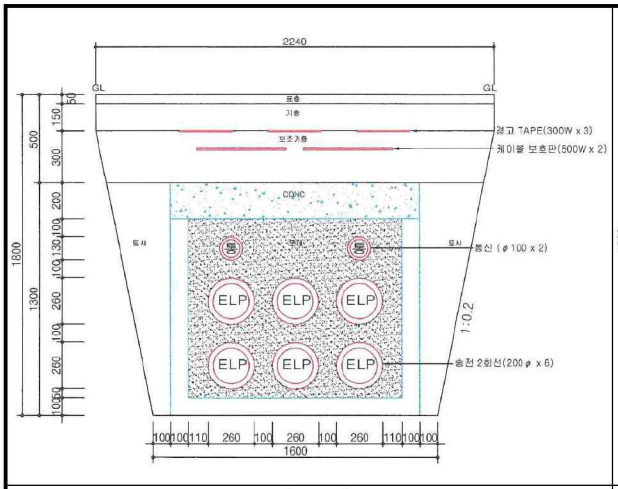


해저 내부망

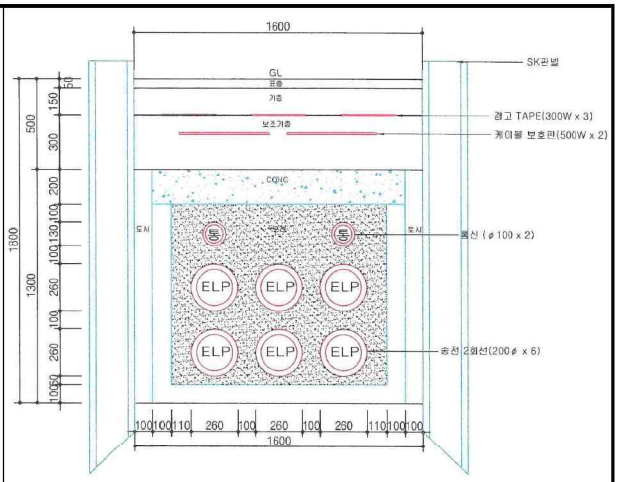


해저 외부망

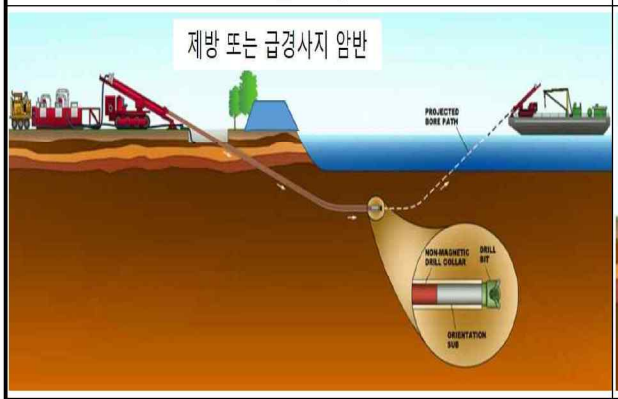
<그림 2.4 - 5> 송전선로 설치 모식도(안) (해저 내·외부망)



관로식

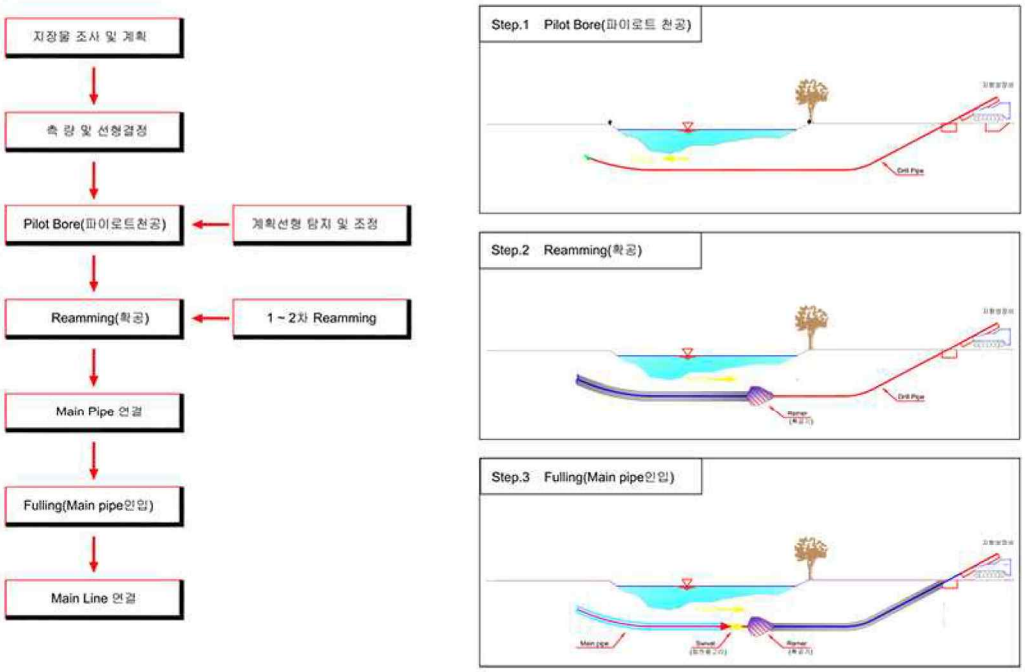


도로/농로 폭 좁을 경우



HDD (Horizontal Directional Drilling)
제방/급경사 암반지역

HDD (Horizontal Directional Drilling)
하천통과지역



제방지역 HDD상세(지향성압입 시공순서도)

<그림 2.4 - 6> 송전선로 설치 모식도(안) (육상부 내륙)

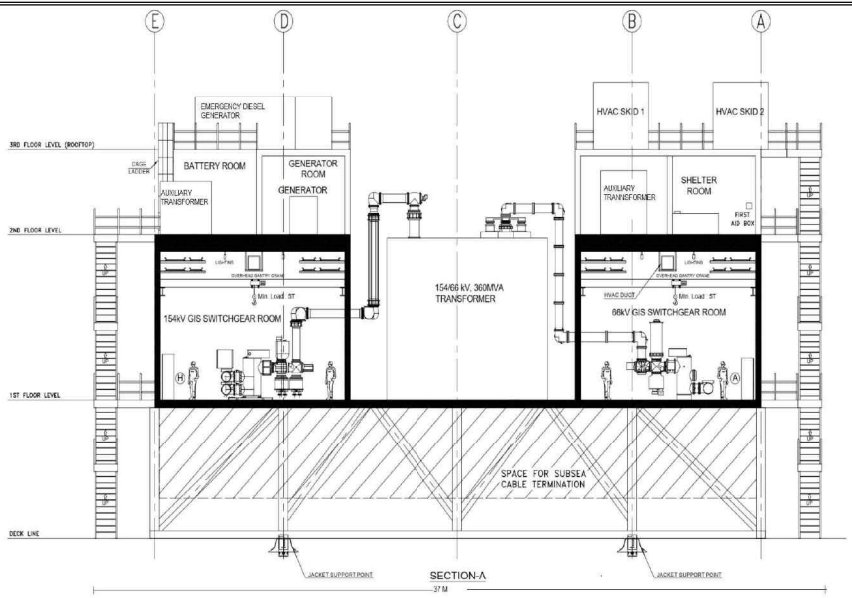
라. 발전소 승압 변전소 계획

○ 변전소 입지 대안별 비교 결과 유지 보수의 용이 및 민원발생이 작을 것으로 예상되는 해상변전소를 최종안으로 선정함.

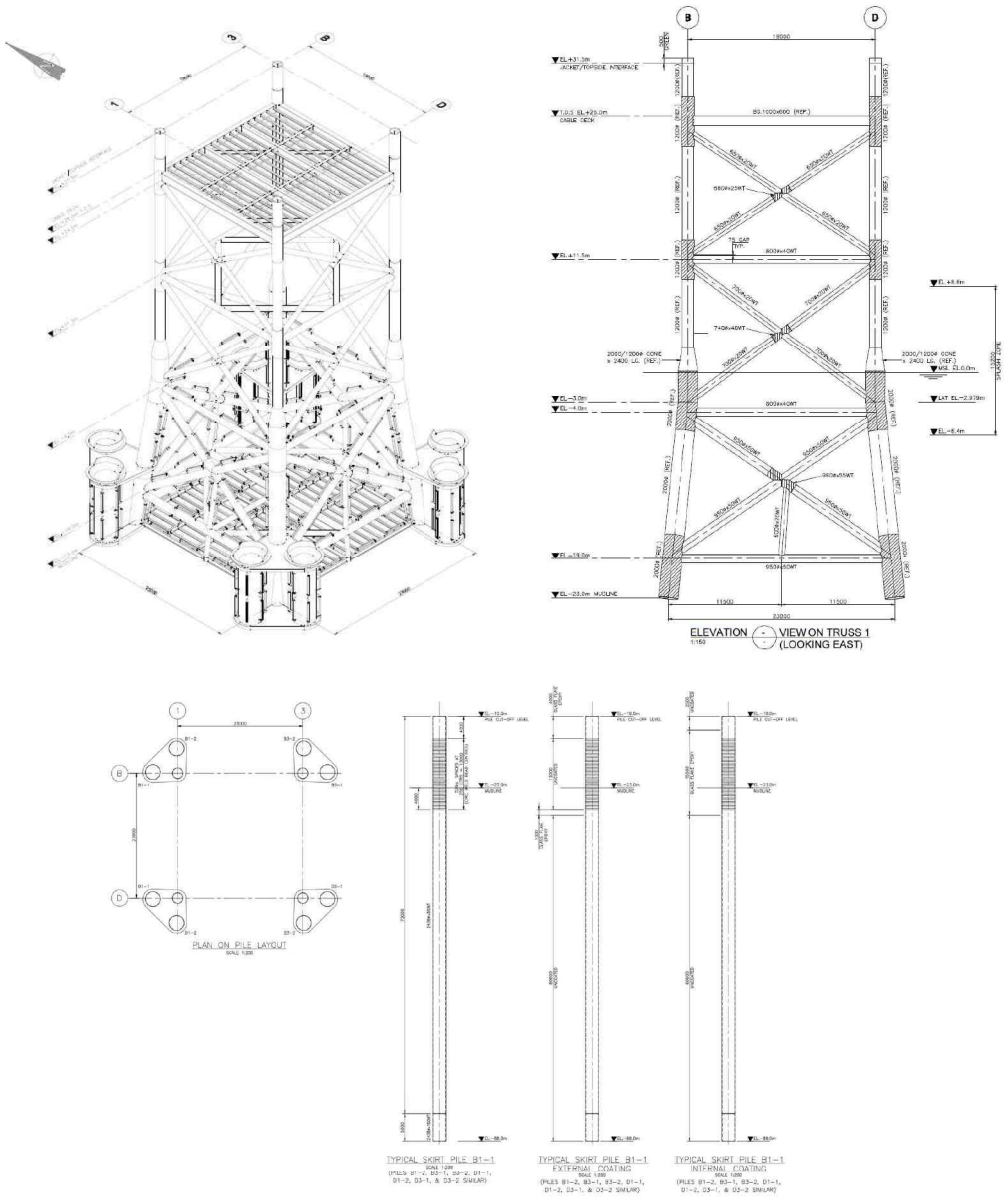
<표 2.4 - 8> 죽도 변전소 계획(안) - 초안

위치	영광군 낙월면 죽도리 내	
구조	철근 콘크리트 건축물	
사이즈	42m(W)x30m(D)x10m(H) 20m(W)x10m(D)x3.5m(H)	
검토	· 1단계, 2단계 통합 변전소 적용 · 고장발생 시 신속한 유지 보수 가능 · 안마도와 제방으로 연결되어 있으나 육로로 접근이 가능하지 않아 선박으로만 접근가능하여 설치 공사 시 민원발생이 작을 것으로 예상	

<표 2.4 - 9> 해상변전소 계획(안) : 상부구조(Top Side) - 본안

구 분	상부구조(Top Side)
개념도	
위치	· 발전단지 내 해상 2단계 부지내 (1단계, 2단계 통합) · 동경 125°53′55.2″E, 북위 35°19′45.45″N
구조	· 철골 구조물
사이즈	· 상부구조(Topside) : 32m(W) x 37(D) x 30m(H)
무게	· 2,500 톤
영향 검토	· 1단계, 2단계 통합 변전소 적용 · 발전단지내 위치하여 상대적으로 민원영향 작음 · 해상변전소는 육상변전소과 비교할시 내부망과 외부망 케이블 물량 감소로 인한 환경피해 및 어업피해 상대적으로 적음

<표 2.4 - 10> 해상변전소 계획(안) : 하부구조(Jacket) - 본안

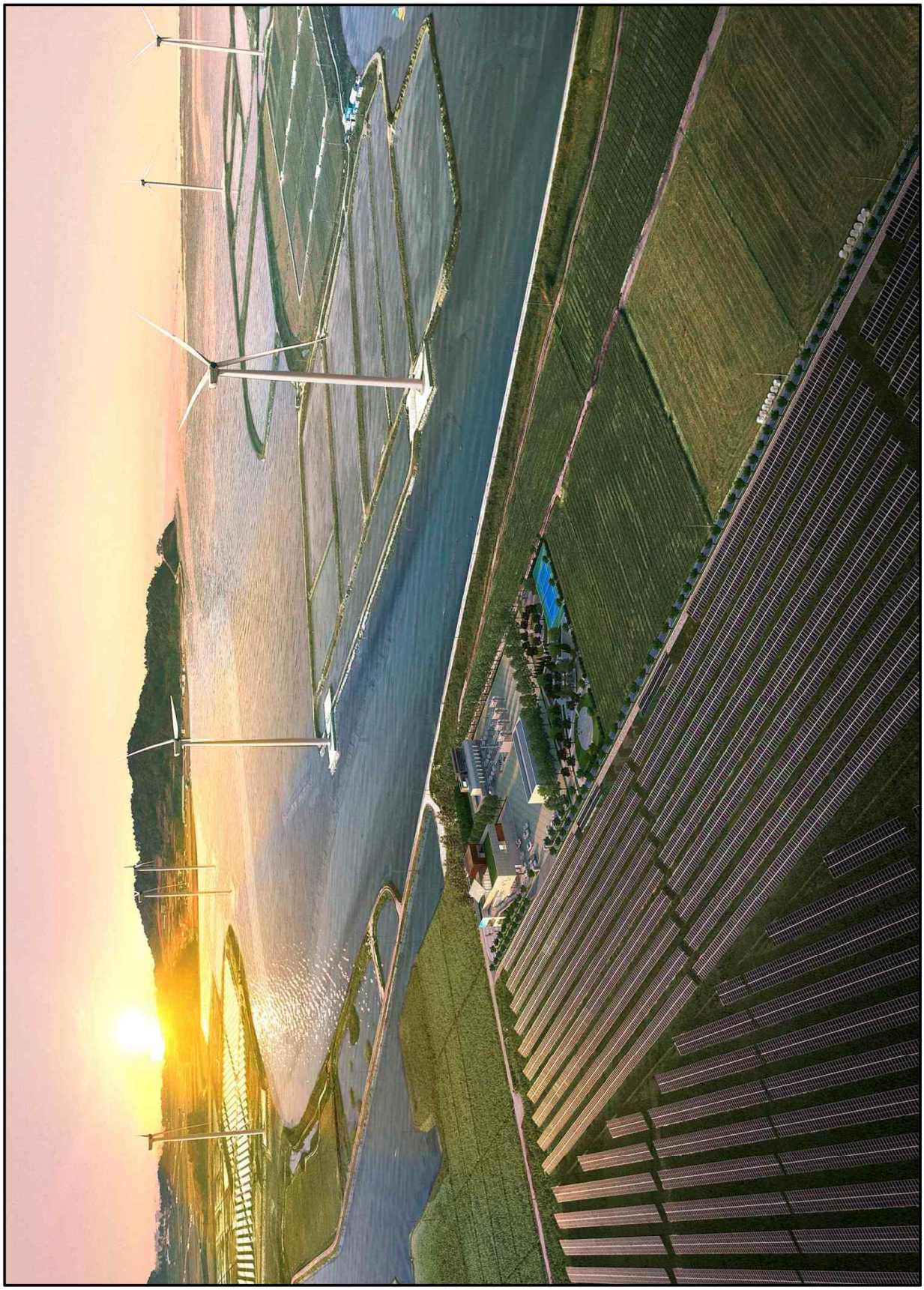
구 분	하부구조(Jacket / Pile)
개념도	
위치	· 발전단지 내 해상 2단계 부지내 (1단계, 2단계 통합) · 1(동경 125°53′55.85″E, 북위 35°19′46.03″N), 2(동경 125°53′55.81″E, 북위 35°19′44.84″N) · 3(동경 125°53′54.54″E, 북위 35°19′44.87″N), 2(동경 125°53′54.59″E, 북위 35°19′46.06″N)
구조	· 철골 구조물
사이즈	· jacket : Bottom Width (23m) x Top Width (19m) x Height (Approx. 55m) · Pile: Depth (73m) x 12EA
무게	· Jacket : Approx. 2300톤 · Pile : Approx. 3500톤
영향 검토	· 발전단지 내인 풍력단지 사이트 중앙에 위치하여 소음관련 민원 영향이 없음. · 해저 토지이용 관련하여 지형이나 지질의 변화를 보이지 않음. · 어장과 멀리 떨어져 있어 어업 활동망에 대한 영향이 적음. · 국립해상공원 및 자연생태계 보전구역과도 멀리 이격 되어 있음. · 발전단지 중앙에 배치하므로 경관에 대해 특이사항 없음.

마. 개폐소 계획

○ 발전기에서 생산된 전력은 발전전압(690V)으로 발생하여 1차 승압용 변압기(690V/66kV)로 승압되어 내부망(66kV)으로 연결되고, 옥내변전소에서 2차 승압용 변압기(66kV/154kV)로 승압되어 계통연계 지점인 한국전력공사 서영광 변전소에 연계하는 방향으로 추진할 예정임.

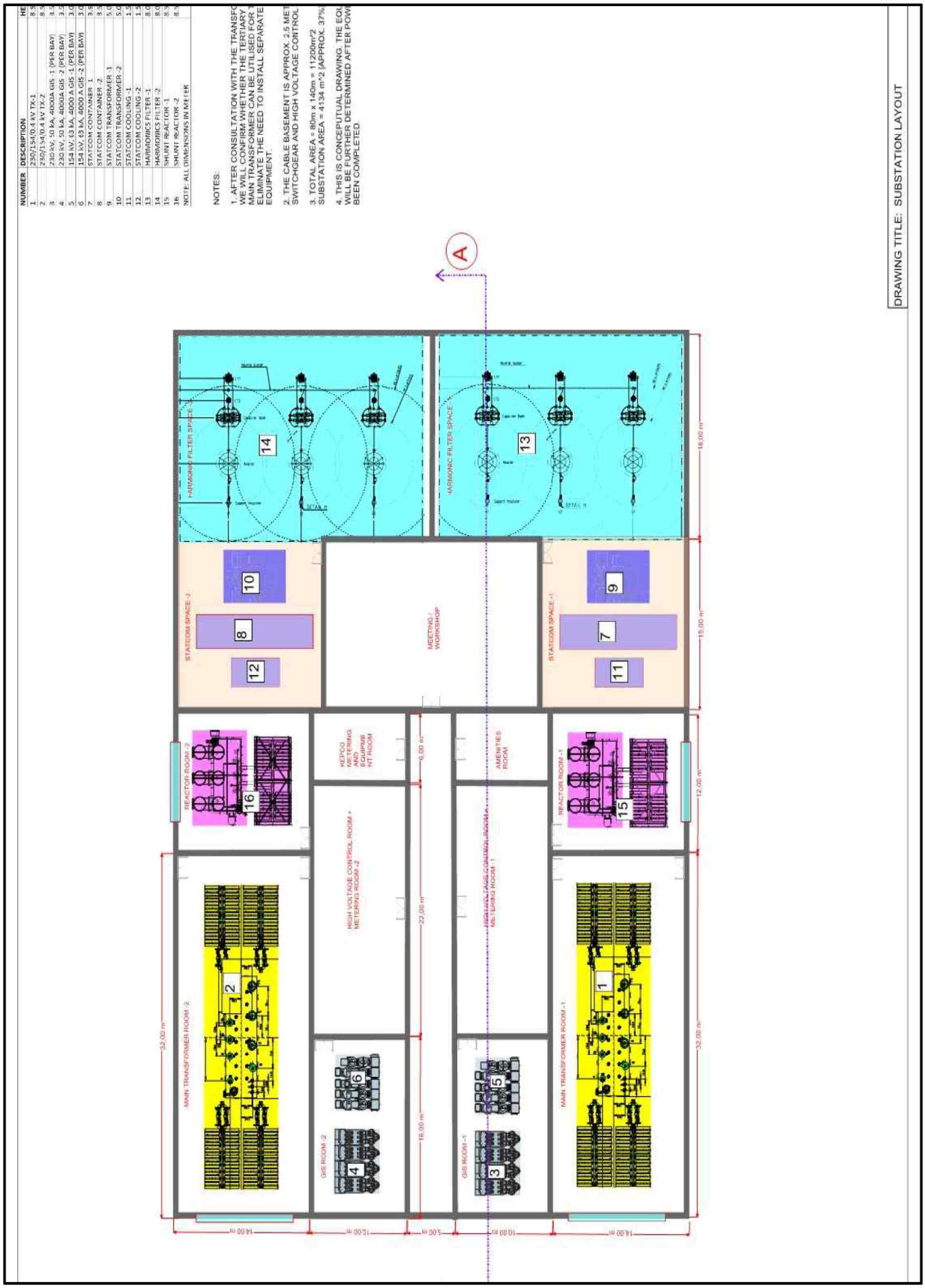
<표 2.4 - 11> 개폐소 계획(안)

구 분	개폐소, 리액터 및 고조파필터 설비					
위 치	· 전라남도 영광군 염산면 송암리 286-3일원					
대지면적	연번	지번	지목	지적면적(㎡)	신청면적(㎡)	비 고
	1	286-3	염전	6,576.0	6,576.0	
	2	286-21	염전	3,306.0	3,306.0	
	3	286-24	염전	3,306.0	3,306.0	
	합 계			13,188.0	13,188.0	
지역 · 지구	· 생산관리지역					
형 식	· 154kV 옥외형(GIB 차단기)					
구 조	· 일반철골구조 외 1구조					
건축면적	· 2,729.00㎡					
건폐율	· 2,729.00 / 13,188.0 × 100 = 20.69% (법정 20%이하)					
용적률	· 2,729.00 / 13,188.0 × 100 = 20.69% (법정 80%이하)					
주차대수	· 발전시설 법정 규정 없음. (임의주차 17대 사용)					
오수처리시설	· 15.0톤					
조경	· 조경면적 1,502.0㎡(교목 및 관목 1,804.0주 식재)					



<그림 2.4 - 7> 계폐소 계획

<그림 2.4 - 8> 건물배치도(안)-(1)



<그림 2.4 - 9> 건물배치도(안)-(2)

2.5 사업의 기대효과

○ 친환경·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 지립

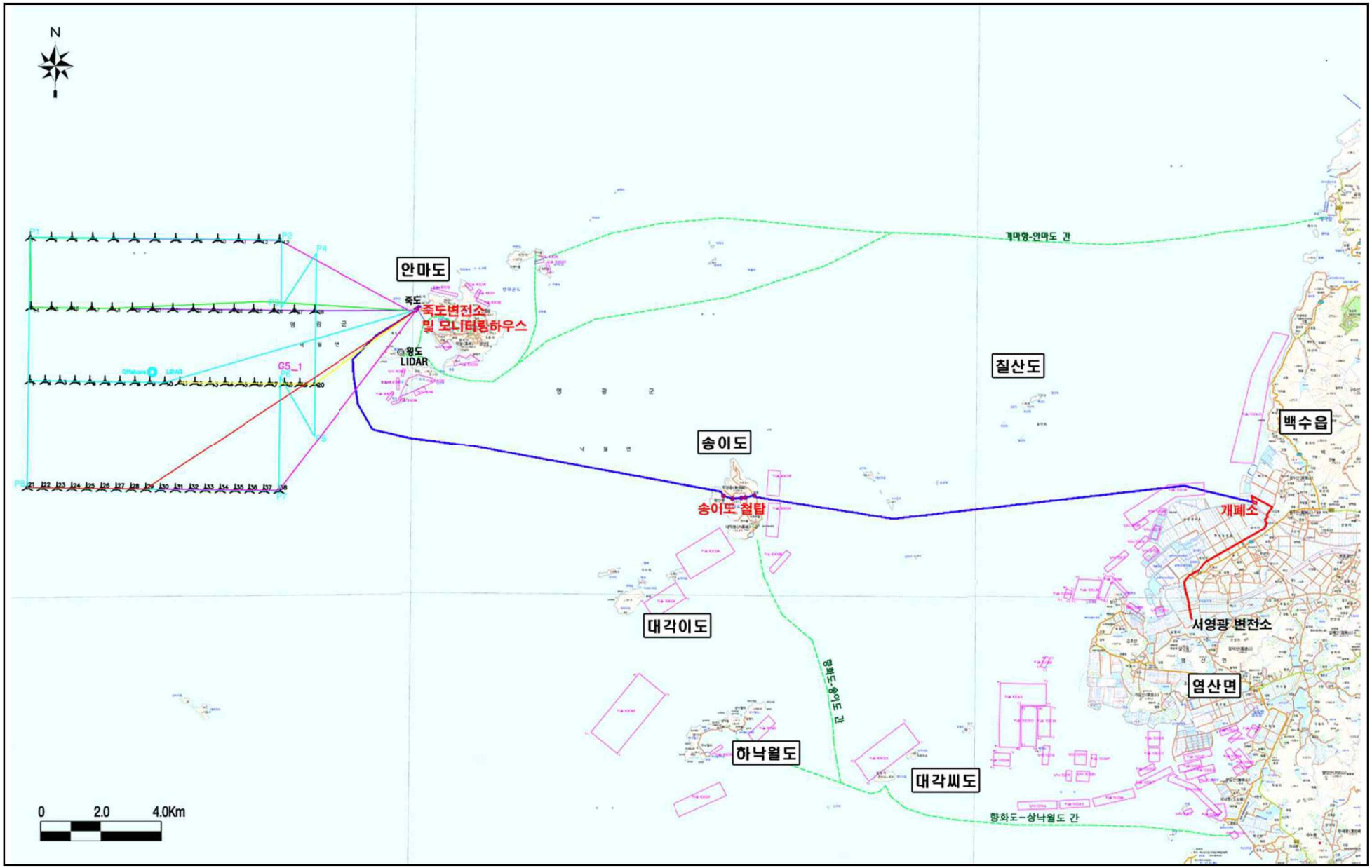
- 해상풍력 발전을 통한 전원생산으로 저탄소 에너지 자립 실현

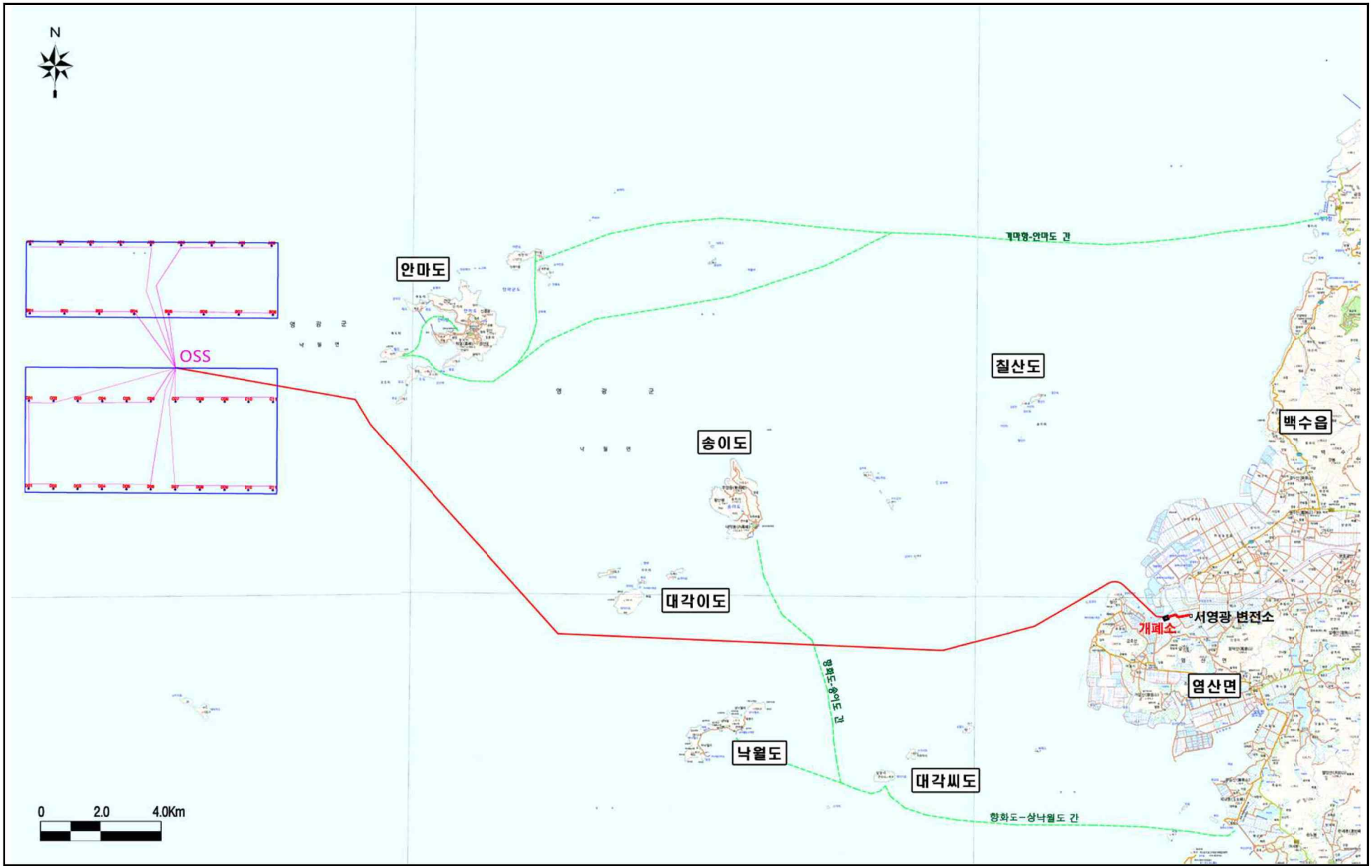
○ 지역주민 소득증대사업

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

○ 지역사회 기여

- 사업 대상지인 영광군민 및 안마군도에 일자리 창출 → 유지보수인력 지역주민 우선 고용
- 발전단지 건설시 지역경제 활성화 효과 → 젊은 인구층 유입, 숙박업소 및 음식점 활성화


N
안마도
죽도
죽도변전소
및 모니터링하우스
황도
LIDAR
칠산도
송이도
송이도 철탑
백수읍
개폐소
서영광 변전소
염산면
대각이도
하낙월도
대각씨도
영광군
계마항-안마도 간
영광군
영광군
영광군


N
OSS
안마도
칠산도
송이도
대각이도
낙월도
대각씨도
백수읍
염산면
서영광 변전소
개폐소
계마항-안마도 간
영광군
영광군
영광군

제 3 장 항목별 보완내용

3.1 동 · 식물상

3.2 해양환경

3.2.1 해양물리 및 지형 · 지질

3.2.2 해양 생태계 · 보호생물

3.2.3 수산자원

3.2.4 누적영향 및 원상회복

3.3 소음 · 진동

3.3.1 수중 소음 · 진동

3.3.2 지상 소음

3.4 경관

3.5 기타(주민수용성 확보 등)

3.6 사후환경영향조사 계획

3.7 기타 오류 사항 수정 등

제 3 장 항목별 보완내용

3.1 동 · 식물상

○ 괭이갈매기 행동권 분석은 1년 전체 기간으로 평가하고, 본 평가서에 포함된 결과 외에도 타 번식지에서 부착한 개체들의 정보도 함께 포함하여 종합적으로 평가하여야 함. - 겨울 철새와 여름 철새뿐만 아니라, 봄에 산란하는 조류의 특성을 고려하여 계절 조사를 수행하고, 조류의 이동 경로뿐만 아니라 비행고도 등 행동 패턴을 파악하여 해상풍력 터빈기 충돌 가능성 등을 분석 ※ 일시적으로 이동하는 조류 보다 집단번식 및 집단휴식 조류는 일정 지점으로 회귀하는 특성 때문에 사업지 내에 존재할 경우 조류충돌 확률이 급증하고 이에 의한 개체군 영향이 커질 수 있음.
○ 사업지역의 다양한 법정보호종 및 조류(번식, 유지, 서식, 이동 등) 영향을 최소화하기 위해 섬지역과 이격 등을 포함한 실질적인 저감방안을 검토·제시하여야 함. - 발전단지 내의 수면 위에 노출된 구조물이 갈매기류를 발전단지 내로 유인할 가능성이 있으므로, 바닷새의 유입을 가정한 유입 방지 및 충돌 방지대책 - 봄철 철새 이동 시기 중국에서 이동해 온 철새가 주변도서(안마도)로 내려앉기 위해 고도를 낮춰 접근할 가능성이 있으므로, 이를 감안한 영향과 운영 시 충돌 방지대책 - 안개 등 기상상황에 따라 회피 유도장치의 기능이 제한될 수 있으므로 이에 대한 보완 방안 - 사업지역은 슴새 등 해양성 조류의 먹이터로 활용되는 지역이므로 조류충돌을 최소화하기 위해 블레이드 최하단부를 최대한 높이는 등 다양한 저감방안 검토
○ 상기 보완사항에 대해 한국환경연구원에서 수행한 '해상풍력 환경성평가를 위한 조류 공간이용 분석 및 DB구축 연구' 내용 등을 참고·활용하여 작성할 수 있도록 함.

3.1.1 조류 조사

가. 조사시기 및 조사범위

조사항목	식물상 및 식생	육상동물상				육수동물상	
		포유류	조류	양서·파충류	육상곤충류	담수어류	저서성 대형무척추동물
2022.08.22～23	◉	◉	◉	◉	◉	◉	◉
2022.10.17	◉	◉	◉	◉	◉	◉	◉
2023.02.27.～28(보완)		◉	◉				
조사범위 (계획대상지중심)	사업지구 반경 500m						

해양성 및 광역 조류 집중조사			
조사차수	조류	조사지역	비고
1차	2020.08.12～15. (여름)	St 1～9. (9개 권역)	선박 및 차량 이용
2차	2020.09.07～08, 09.10～11. (가을)		
3차	2020.09.21～22, 09.24～25. (가을)		
4차	2020.10.07～10. (가을)		
5차	2020.10.20～23. (가을)		
6차	2020.11.04～05, 11.07～08. (가을)		
7차	2021.02.02～25. (겨울)		
추가조사(1차)	2022.01.17.～23. (겨울)	계획대상지 주변 (해상반경 4km)	선박 및 차량 이용
추가조사(2차)	2022.07.19.～25. (여름)	계획대상지 주변 (해상반경 4km)	선박 및 차량 이용
8차(보완)	2023.04.16～20. (봄)	St 1～9. (9개 권역)	선박 및 차량 이용

나. 조사방법

○ 조사지역을 포괄적으로 확인할 수 있는 일정한 조사경로를 선정하고 선정된 조사경로를 따라 좌·우에서 확인가능한 일정범위 내의 조류를 직접 관찰하거나 조류의 울음소리를 통해 확인, 동정, 기록하는 선조사법과 넓은 조사지역 내 시야확보 및 관찰이 용이한 여러 장소에서 약 10분간 머물면서 현장 주변에서 관찰되는 조류의 종류 및 개체수를 파악하는 정점조사법을 병행하여 조사하였음.

○ 조사지역을 포괄적으로 확인할 수 있는 일정한 조사경로를 선정하고 선정된 조사경로를 따라 도보 및 차량을 이용하여 이동하면서 조사지역 내 좌·우에서 확인되는 조류를 조사하는 선조사법(Line Road Census Method)과 조사지역 내 조류군집을 한눈에 파악할 수 있는 적절한 위치에 머물며 조사하는 정점조사법(Point Counts Method)을 병행하여 조사를 실시하였음.

○ 망원경(Swarovski, 20~60×) 및 쌍안경(Swarovski, 10×42)과 육안으로 출현하는 모든 종을 직접 확인하거나 울음소리를 통해서 간접 확인하는 방법으로 종과 개체수를 기록하였으며, 개체수 중복산정을 방지하기 위해 조사지역 내 관찰되는 동일 종의 경우 최대개체수를 기록하였음.

○ 갯벌지역에 주로 서식하는 도요·물떼새와 저어새류, 갈매기류의 경우 밀물과 썰물 시 서식지역의 영향을 많이 받기 때문에 이런 생태적 특성을 고려하여 만조 시 전후 2시간을 기준으로 조사를 실시하였으며, 망원경 및 쌍안경을 통해 종을 동정할 수 있을 정도의 거리에 있는 갯벌 지역에 출현하는 모든 종과 개체수를 기록하였음.

○ 해양성 및 광역 조류 집중조사를 위해 해양부 조사는 해상풍력발전단지 및 계획노선(송전선로) 주변 지역에 대해 선상조사(Ship-based survey) 방법을 이용하였음.

○ 선상조사는 선박을 이용하여 해상의 조류 분포 및 개체수를 조사하는 방법으로 선박을 이용하여 조사대상지역을 지그재그 패턴의 조사경로를 설정하고 조사경로를 따라 저속도로 이동하며 조류이 출현여부, 비행 및 이동방향, 특정 행동 등을 조사하는 방법임.

○ 또한, 해상에 위치하는 해상풍력발전단지의 입지 특성 상 주변 도서지역을 주요 서식지나 중간기착지(Stopover site)로 이용할 수 있기 때문에 주변 도서지역에 서식하는 조류에 대해 각 권역별로 구분하여 조사를 실시하였으며, 각 권역별 도서는 육상조류조사방법인 선조사법과 정점조사법을 병행하여 실시하였음.

다. 분석방법

○ 모집단과 군집을 기술하는 중요 측정값으로는 우점도(Dominance), 종다양도(Biodiversity), 종풍부도(Richness), 균등도(Evenness)로 구분됨.

○ 우점도(Dominance : Dom.) : 각 조사 권역별로 출현하는 전체 총개체수를 기록하여 우점도를 산출하였음(McNaughton, 1967).

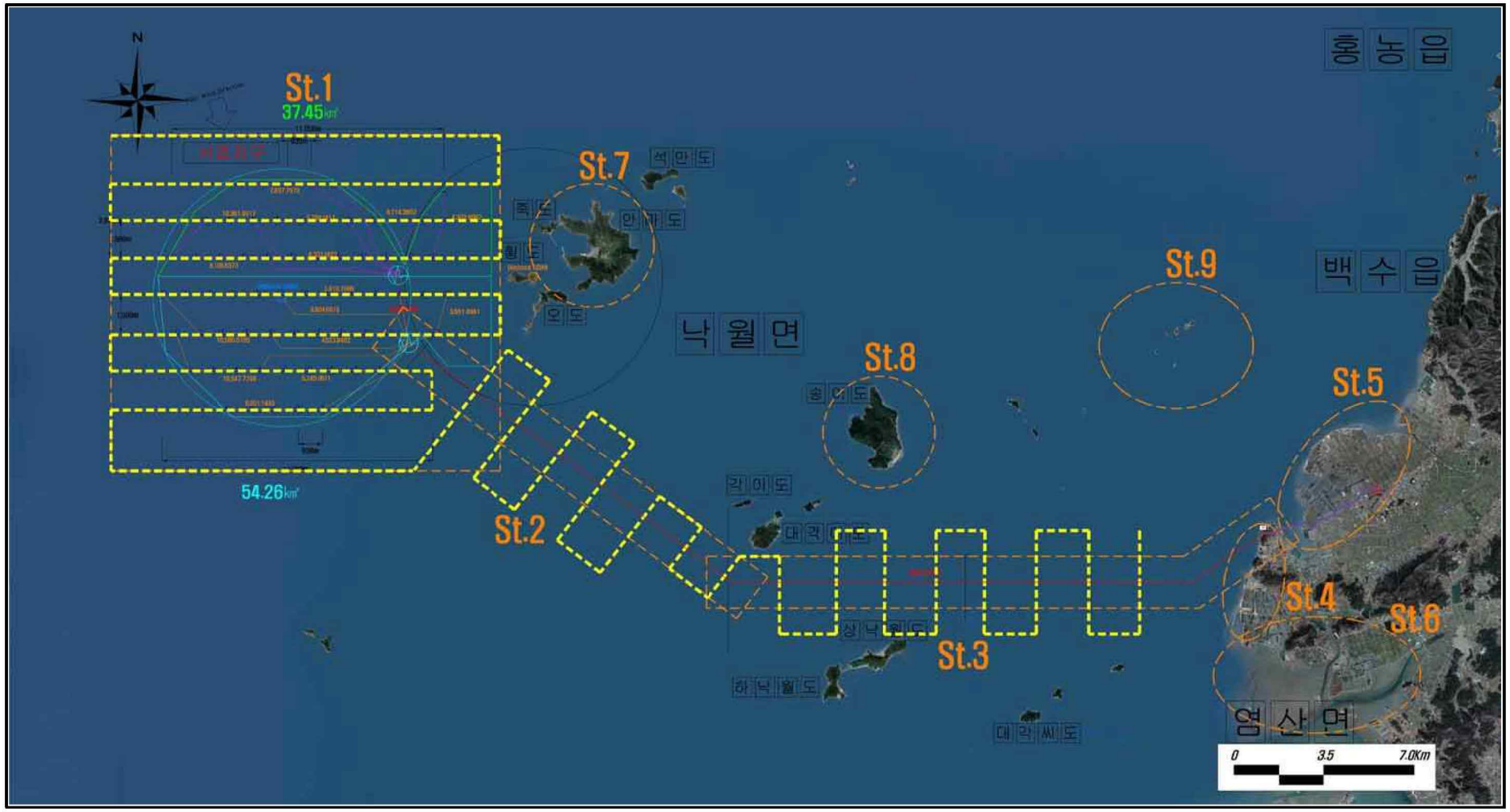
○ 종다양도(Biodiversity Index : H′) : Margalef (1958)의 정보이론(Information theory)에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (Pielou, 1969)을 사용하여 산출하였음.

○ 종풍부도(Richness Index : R′) : 종풍부도는 총개체수와 총종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서, 지수값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것을 전제로 하고 있으며, 대표적인 지수인 Margalef (1956)의 지수를 사용하여 산출하였음.

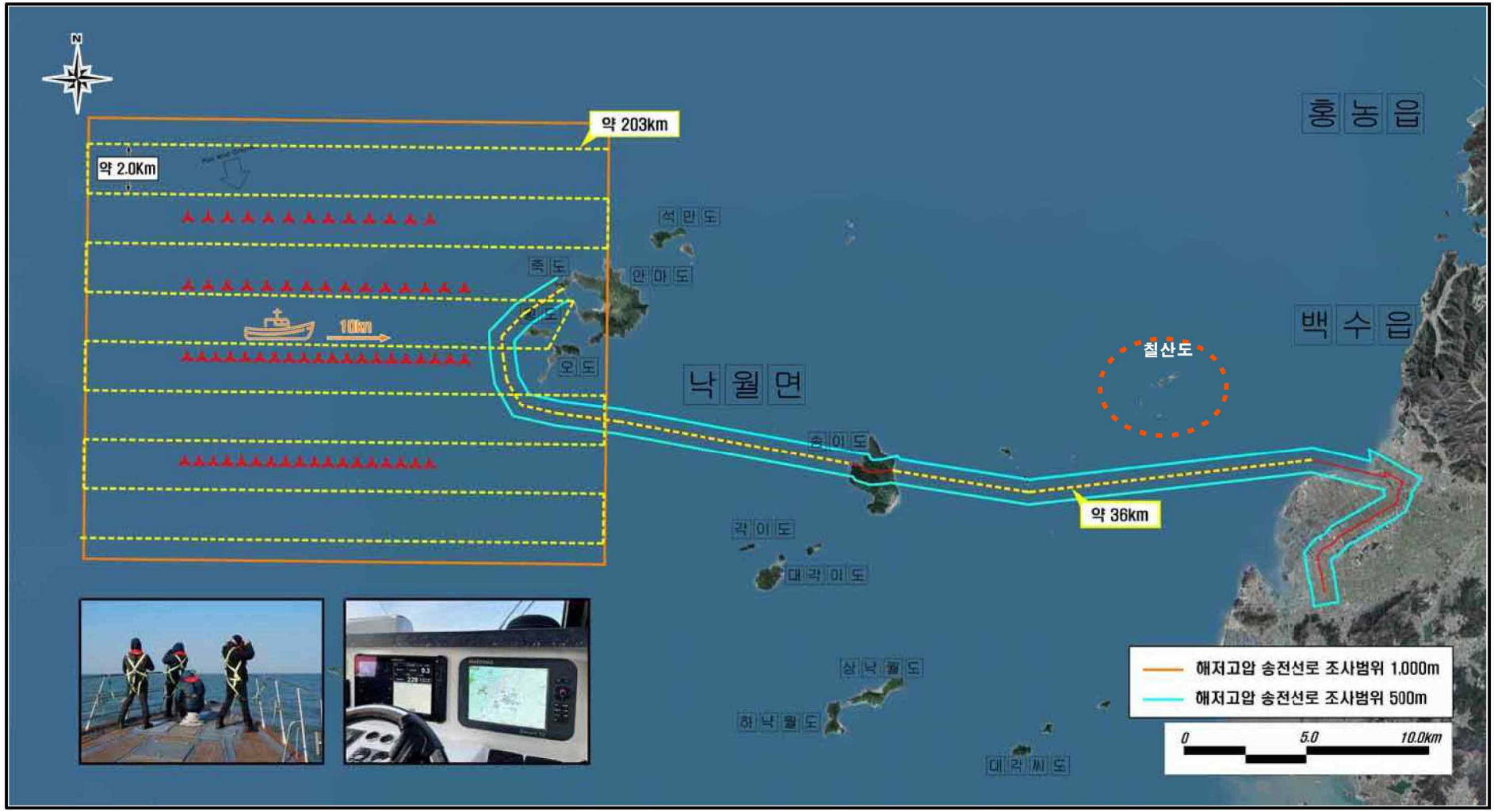
○ 균등도(Evenness Index : E′) : 균등도는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 표현되며, 각 다양도 지수는 군집 내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도 지수는 군집 내 종구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1975)의 식을 사용하여 산출하였음.

<표 3.1 - 1> 동물상 군집분석방법

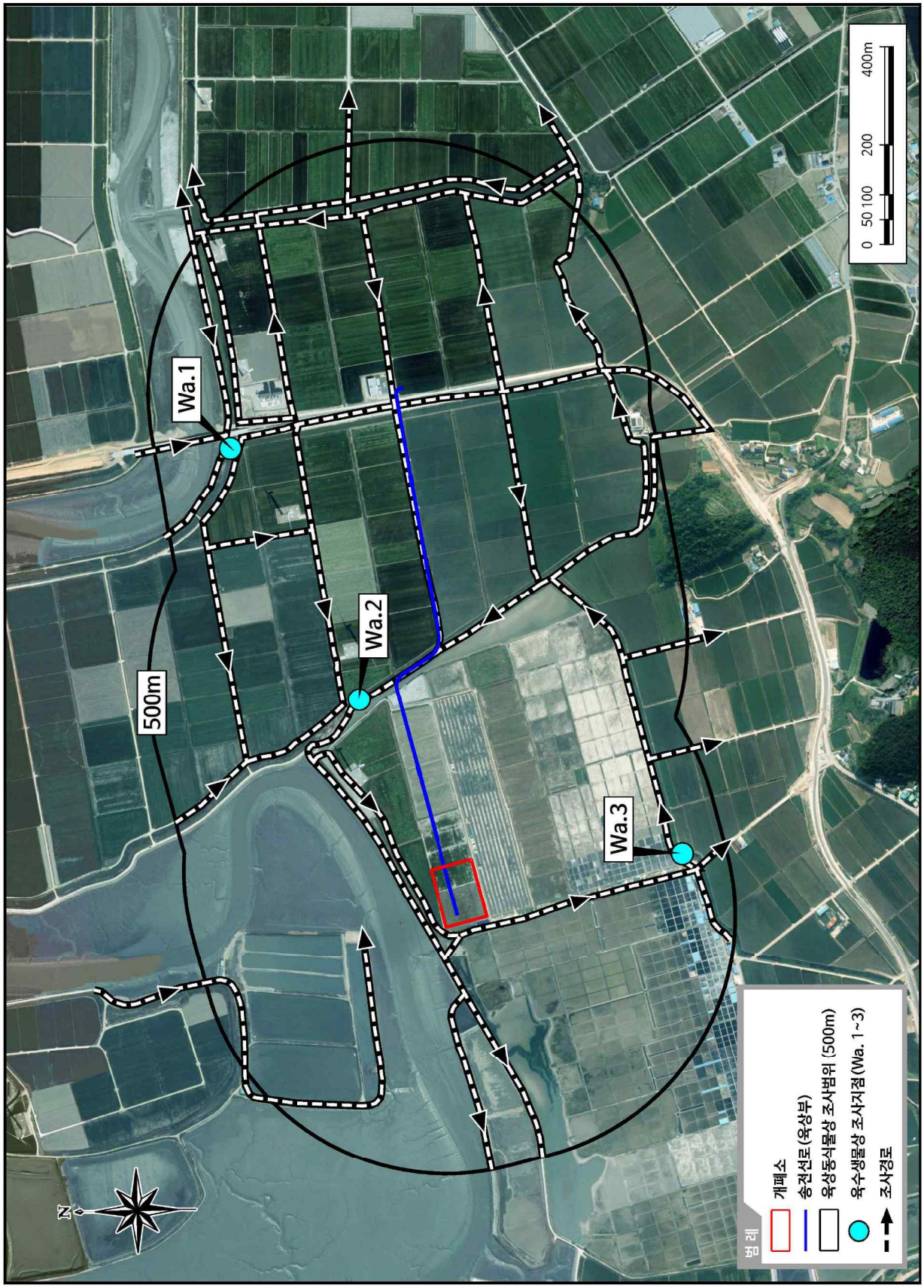
군 집 지수	산 출 식
우점도(%)	▪ Dom. = ni/N×100 (N : 총개체수, ni : 제i번째 종의 개체수
종다양도지수 (Shannon Index, H′)	▪ 종다양도 $(H') = -\sum_{i=1}^{S} P_i(\ln P_i)$ H′: 종다양도, S : 전체종수, Pi : i번째에 속하는 개체수의 비율을 말하며 (ni/N)으로 계산 (N : 총개체수, ni : 제i번째 종의 개체수)
	▪ 다양도가 높으면 불확실성이 높고 다양도가 낮으면 불확실성이 낮다는 개념을 도입하여 산출
균등도지수 (Pielov Index, E′)	▪ E′ = H′ / ln(S) H′ : Shannon Weaver의 다양도지수 S : 전체종수
	▪ 다양도지수는 군집 내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 됨.
풍부도지수 (Margalef Index, R′)	▪ R′ = (S-1)/ln(N) S : 전체종수, N : 총개체수
	▪ 풍부도지수는 총개체수와 총종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로서, 지수 값이 높을 수록 종의 구성이 풍부하게 됨.



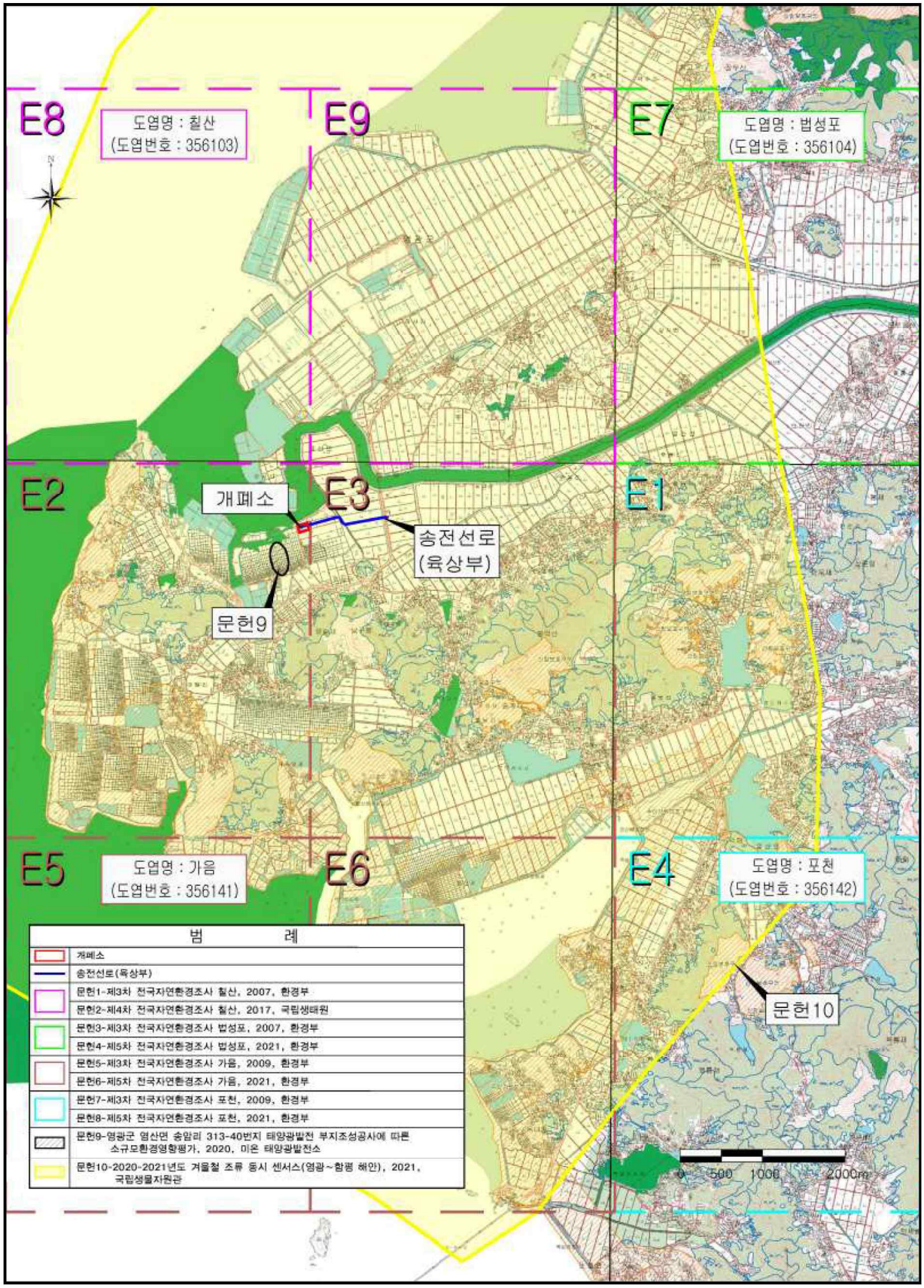
<그림 3.1 - 1> 해상부 조사지역 및 조사경로(광역 조류집중조사) - 권역별 조사(20.08월～21.02월, 23.04월)



<그림 3.1 - 2> 계획대상지 및 주변 해상 광역조류조사구역(추가조사 22.01월, 07월)



<그림 3.1 - 3> 조사 경로 및 육수조사지점(육상부)



<그림 3.1 - 4> 광역조사 대상지

(1) 조류 조사

○ 해상풍력 발전단지의 사업지구는 전남 영광군 염산면 송암리의 일원에 위치한 지역으로, 주변으로 경작지, 염전, 도로, 기존 풍력발전기 등의 교란요소가 위치한 것으로 확인되어 지속적인 교란을 받는 것으로 확인되었음.

<표 3.1 - 2> 육상동물상 목록 집계표<육상부-현지조사, 문헌조사>

구분 / 분류군	현지 조사	문헌조사							비고
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅵ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ	
조류	27과 50종	-	14과 40종	-	34과 81종	33과 68종	17과 25종	26과 52종	

문헌) Ⅰ. 제3차 전국자연환경조사, 칠산(356103), 2007, 환경부
Ⅱ. 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
Ⅳ. 제5차 전국자연환경조사, 법성포(356104), 2021, 환경부
Ⅵ. 제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
Ⅷ. 제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
Ⅸ. 영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
Ⅹ. 2020-2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관

(가) 현지조사

○ 1차 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 20과 24종 515개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 법정보호종은 저어새(멸-Ⅰ급, 천-제205-1호), 새호리기(멸-Ⅱ급), 황조롱이(천-제323-8호) 등 총 3종이 확인되었음.

○ 2차 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 16과 20종 319개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 법정보호종은 확인되지 않았음.

○ 3차 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 23과 39종 613개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 법정보호종은 큰기러기(멸-Ⅱ급), 노랑부리저어새(멸-Ⅱ급, 천-제205-2호), 새매(멸-Ⅱ급, 천-제323-4호) 등 총 3종이 확인되었음.

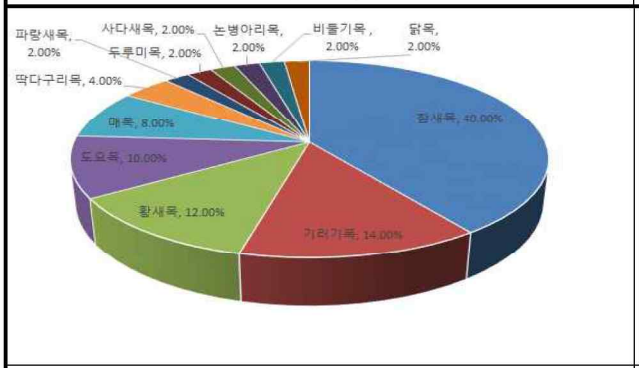
○ 종합결과, 조사지역에서 조류는 총 27과 50종 1,447개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 법정보호종은 큰기러기(멸-Ⅱ급), 노랑부리저어새(멸-Ⅱ급, 천-제205-2호), 저어새(멸-Ⅰ급, 천-제205-1호), 새매(멸-Ⅱ급, 천-제323-4호), 새호리기(멸-Ⅱ급), 황조롱이(천-제323-8호) 등 총 6종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 텃새가 25종(50.00%), 여름철새가 10종(20.00%), 겨울철새 14종(28.00%), 나그네새 1종(3.23%)로 구분되었고, 우점종은 참새(447개체, 30.89%)로 조사되었으고, 그 외 붉은머리오목눈이(178개체, 12.30%), 재갈매기(98개체, 6.77 %), 괭이갈매기(91개체, 6.29%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

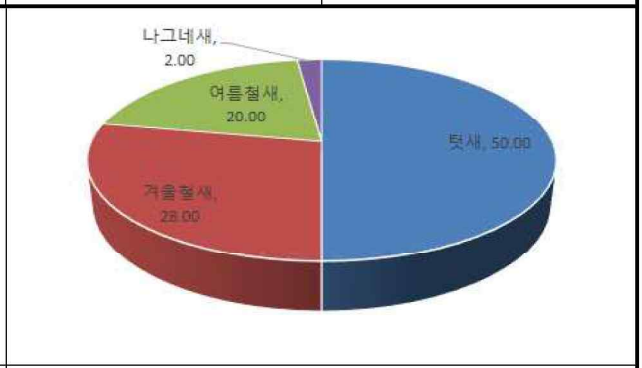
○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.78, 종풍부도 6.73, 균등도 0.71로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목이 20종(40.00%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 기러기목 7종(14.00%), 황새목 6종(12.00%), 도요목 5종(10.00%), 매목 4종(8.00%), 딱따구리목이 2종(4.00%), 파랑새목, 두루미목, 사다새목, 논병아리목, 비둘기목, 닭목이 각각 1종(2.00%) 순으로 구분되었음.

<표 3.1 - 3> 조류의 분류군(Order)별 출현현황 및 도래현황<육상부-종합>

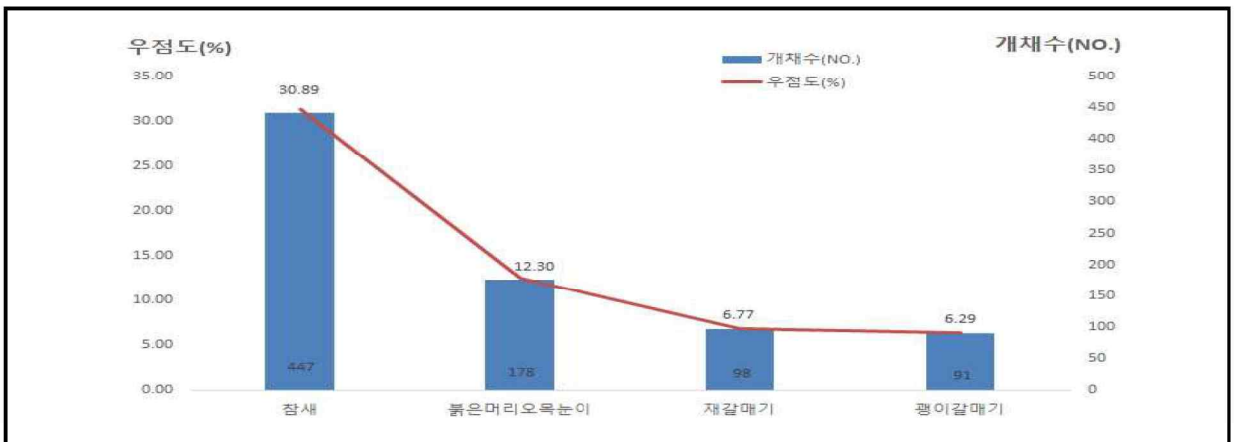
분류군(Order)		현지조사	
		종 수	종비율(%)
Passeriformes	참새목	20	40.00
Charadriformes	기러기목	7	14.00
Anseriformes	황새목	6	12.00
Ciconiformes	도요목	5	10.00
Falconiformes	매목	4	8.00
Coraciiformes	딱다구리목	2	4.00
Piciformes	파랑새목	1	2.00
Cuculiformes	두루미목	1	2.00
Gruiformes	사다새목	1	2.00
Pelecaniformes	논병아리목	1	2.00
Podocopediformes	비둘기목	1	2.00
Columbiformes	닭목	1	2.00
합 계		50	100.00



분류군별 출현현황



이동유형별 도래현황



우점종 현황

<그림 3.1 - 5> 조사지역 조류 우점종 현황<육상부>

(나) 문헌조사

○ 문헌자료인 ‘제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원’에서 조류는 14과 40종이 보고되었으며, 이 중 법정보호종은 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 큰뒷부리도요, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 저어새 등 총 6종이 보고되었음.

○ 문헌자료인 ‘제5차 전국자연환경조사, 법성포(356104), 2021, 환경부’에서 광역조사 지역에 해당하는 E7 격자에서 조류 조사는 이루어지지 않았음.

○ 문헌자료인 ‘제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부’에서 조류는 34과 81종이 보고되었으며, 이 중 법정보호종은 원앙, 검은머리물떼새, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 노랑부리저어새, 저어새, 새매, 물수리, 매, 황조롱이 등 총 10종이 보고되었음.

○ 문헌자료인 ‘제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부’에서 조류는 33과 68종이 보고되었으며, 이 중 법정보호종은 원앙, 검은머리물떼새, 노랑부리백로, 저어새, 청호반새, 황조롱이 등 총 6종이 보고되었음.

○ 문헌자료인 ‘영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소’에서 조류는 17과 25종이 보고되었으며, 이 중 법정보호종은 황조롱이 1종이 보고되었음.

○ 문헌자료인 ‘2020-2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관’에서 조류는 26과 52종이 보고되었으며, 이 중 법정보호종은 큰기러기, 검은머리갈매기, 황새, 노랑부리저어새, 참매, 독수리, 매, 황조롱이 등 총 8종이 보고되었음.

<표 3.1 - 4> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(1)

학 명	국 명	현지조사			문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차 종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Order Anseriformes	기러기목											
Family Anatidae	오리과											
Aix galericulata	원앙						◎	◎			Res	천
Anas acuta	고방오리			13 13			◎			◎	WV	
Anas clypeata	넓적부리						◎				WV	
Anas crecca	쇠오리			8 8			◎			◎	WV	
Anas falcata	청머리오리						◎	◎		◎	WV	
Anas penelope	홍머리오리			16 16			◎				WV	
Anas platyrhynchos	청둥오리		7	17 24			◎	◎		◎	WV	
Anas poecilorhyncha	흰뺨검둥오리	11	17	21 49	◎		◎	◎		◎	Res	
Anas querquedula	발구지				◎		◎				WV	
Anas strepera	알락오리									◎	WV	
Anser albifrons	쇠기러기			50 50							WV	
Anser fabalis	큰기러기			23 23						◎	WV	멸 II
Aythya ferina	흰죽지						◎	◎		◎	WV	
Aythya fuligula	댕기흰죽지						◎	◎		◎	WV	
Mergus merganser	비오리						◎	◎		◎	WV	
Tadorna tadorna	혹부리오리							◎		◎	WV	
Order Charadriformes	도요목											
Family Charadriidae	물떼새과											
Charadrius alexandrinus	흰물떼새				◎		◎				Res	
Charadrius dubius	꼬마물떼새						◎	◎			SV	
Charadrius mongolus	왕눈물떼새				◎						PM	
Pluvialis fulva	검은가슴물떼새				◎						PM	
Pluvialis squatarola	개꿩				◎		◎			◎	PM	
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과											
Haematopus ostralegus	검은머리물떼새				◎		◎	◎			Res	멸 II, 천

<표 3.1 - 5> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(2)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Family Laridae	갈매기과												
Larus argentatus	재갈매기	27	31	40	98			◎	◎		◎	WV	
Larus crassirostris	괭이갈매기	37	24	30	91	◎		◎	◎	◎	◎	Res	
Larus ridibundus	붉은부리갈매기										◎	WV	
Larus saundersi	검은머리갈매기										◎	SV	멸II
Family Recurvirostridae	장다리물떼새과												
Himantopus himantopus	장다리물떼새					◎						SV	
Family Scolopacidae	도요과												
Actitis hypoleucos	깝작도요	3	3		6					◎		SV	
Arenaria interpres	꼬까도요					◎						PM	
Calidris acuminata	메추라기도요					◎						PM	
Calidris alpina	민물도요					◎		◎	◎		◎	PM	
Calidris ferruginea	붉은갯도요					◎						PM	
Calidris ruficollis	좀도요					◎						PM	
Calidris tenuirostris	붉은어깨도요					◎						PM	멸II
Crocethia alba	세가락도요					◎						PM	
Limosa lapponica	큰뒷부리도요					◎						PM	멸II
Limosa limosa	흑꼬리도요					◎						PM	
Numenius arquata	마도요		2		2			◎			◎	PM	
Numenius madagascariensis	알락꼬리마도요					◎		◎				PM	멸II
Numenius phaeopus	중부리도요					◎		◎	◎			PM	
Tringa erythropus	학도요					◎						PM	
Tringa glareola	알락도요					◎						PM	
Tringa nebularia	청다리도요					◎		◎		◎		PM	
Tringa ochropus	삑삑도요			3	3			◎			◎	WV	
Tringa stagnatilis	쇠청다리도요					◎						PM	
Tringa totanus	붉은발도요					◎						PM	

<표 3.1 - 6> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(3)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Xenus cinereus	뒷부리도요					◎		◎				PM	
Order Ciconiformes	황새목												
Family Ardeidae	백로과												
Ardea alba	중대백로	45			45	◎		◎	◎	◎	◎	SV	
Ardea cinerea	왜가리			9	9	◎		◎	◎	◎	◎	SV	
Bubulcus ibis	황로					◎		◎	◎	◎		SV	
Butorides striatus	검은댕기해오라기								◎	◎		SV	
Egretta alba alba	대백로			15	15								
Egretta europhotes	노랑부리백로					◎		◎	◎			SV	멸 I , 천
Egretta garzetta	쇠백로		2	1	3	◎		◎	◎	◎	◎	SV	
Egretta intermedia	중백로							◎				SV	
Nycticorax nycticorax	해오라기					◎						Res	
Family Ciconiidae	황새과												
Ciconia boyciana	황새										◎	WV	멸 I , 천
Family Threskiornithidae	저어새과												
Platalea leucorodia	노랑부리저어새			3	3			◎			◎	WV	멸 II, 천
Platalea minor	저어새	1			1	◎		◎	◎			SV	멸 I , 천
Order Columbiformes	비둘기목												
Family Columbidae	비둘기과												
Streptopelia orientalis	멧비둘기	11	14	30	55	◎		◎	◎	◎	◎	Res	
Order Coraciiformes	파랑새목												
Family Alcedinidae	물총새과												
Alcedo atthis	물총새	1	1		2			◎	◎			SV	
Halcyon pileata	청호반새								◎			SV	멸 II
Family Coraciidae	파랑새과												
Eurystomus orientalis	파랑새							◎	◎			SV	
Order Cuculiformes	두견목												

<표 3.1 - 7> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(4)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Family Cuculidae	두견과												
Cuculus canorus	뻐꾸기							◎	◎			SV	
Cuculus micropterus	검은등뻐꾸기							◎	◎			SV	
Order Falconiformes	매목												
Family Accipitridae	수리과												
Accipiter gentilis	참매										◎	WV	멸II, 천
Accipiter nisus	새매			1	1			◎				WV	멸II, 천
Aegypius monachus	독수리										◎	WV	멸II, 천
Buteo buteo	말똥가리			6	6			◎	◎		◎	WV	
Pandion haliaetus	물수리							◎				PM	멸II
Family Falconidae	매과												
Falco columbarius	쇠황조롱이										◎	WV	
Falco peregrinus	매							◎			◎	Res	멸 I , 천
Falco subbuteo	새호리기	1			1							SV	멸II
Falco tinnunculus	황조롱이	1			1			◎	◎	◎	◎	Res	천
Order Galliformes	닭목												
Family Phasianidae	꿩과												
Phasianus colchicus	꿩	1	2	2	5			◎	◎	◎	◎	Res	
Order Gruiformes	두루미목												
Family Rallidae	뜸부기과												
Fulica atra	물닭		12		12			◎	◎		◎	WV	
Gallinula chloropus	쇠물닭								◎			SV	
Order Passeriformes	참새목												
Family Aegihalidae	오목눈이과												
Aegithalos caudatus	오목눈이							◎	◎			Res	
Family Corvidae	까마귀과												
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀	2	4	11	17			◎	◎		◎	Res	

<표 3.1 - 8> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(5)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Cyanopica cyanus	물까치	7			7	◎		◎	◎	◎	◎	Res	
Garrulus glandarius	어치			3	3			◎	◎			Res	
Pica pica	까치	24	11	19	54	◎		◎	◎	◎	◎	Res	
Family Emberizidae	멧새과												
Emberiza cioides	멧새			2	2								
Emberiza elegans	노랑턱멧새		12	12	24				◎		◎	Res	
Emberiza rustica	쑥새								◎			WV	
Emberiza spodocephala	촉새							◎	◎		◎	PM	
Family Fringillidae	되새과												
Carduelis sinica	방울새			7	7			◎	◎	◎	◎	Res	
Carduelis spinus	검은머리방울새							◎	◎			WV	
Coccothraustes coccothraustes	콩새								◎			WV	
Family Hirundinidae	제비과												
Cecropis daurica	귀제비							◎	◎			SV	
Hirundo rustica	제비	4			4	◎		◎	◎	◎		SV	
Family Laniidae	때까치과												
Lanius bucephalus	때까치	2	1	5	8			◎	◎	◎	◎	Res	
Lanius tigrinus	칡때까치							◎				SV	
Family Motacillidae	할미새과												
Anthus hodgsoni	힝둥새							◎	◎		◎	PM	
Anthus rubescens	밭종다리							◎				WV	
Motacilla alba	알락할미새	4		2	6			◎	◎	◎	◎	SV	
Motacilla cinerea	노랑할미새							◎		◎		SV	
Motacilla grandis	검은등할미새		2		2							Res	
Family Muscicapidae	솔딱새과												
Monticola solitarius	바다직박구리			3	3			◎				Res	
Phoenicurus auroreus	딱새	2	4	4	10			◎	◎	◎	◎	Res	

<표 3.1 - 9> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(6)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Saxicola torquata	검은딱새							◎	◎			SV	
Family Oriolidae	꾀꼬리과												
Oriolus chinensis	꾀꼬리							◎				SV	
Family Paridae	박새과												
Parus ater	진박새								◎			Res	
Parus major	박새	2		9	11			◎	◎	◎	◎	Res	
Parus palustris	쇠박새			13	13			◎				Res	
Parus varius	곤줄박이								◎			Res	
Family Ploceidae	참새과												
Passer montanus	참새	242	125	80	447	◎		◎	◎	◎	◎	Res	
Family Pycnonotidae	직박구리과												
Microscelis amaurotis	직박구리	14		21	35			◎	◎	◎	◎	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리								◎	◎		PM	
Family Sturnidae	찌르레기과												
Sturnus cineraceus	찌르레기	17		17	34	◎		◎	◎	◎		SV	
Family Sylviidae	휘파람새과												
Acrocephalus orientalis	개개비					◎		◎	◎			SV	
Cettia diphone	휘파람새							◎	◎			SV	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과												
Paradoxornis webbianus	붉은머리오목눈이	49	44	85	178			◎	◎	◎	◎	Res	
Family Troglodytidae	굴뚝새과												
Troglodytes troglodytes	굴뚝새										◎	Res	
Family Turdidae	지빠귀과												
Turdus eunomus	개똥지빠귀			14	14			◎	◎		◎	WV	
Turdus pallidus	흰배지빠귀							◎	◎		◎	Res	
Order Pelecaniformes	사다새목												
Family Phalacrocoracidae	가마우지과												

<표 3.1 - 10> 조류서식현황 <현지조사, 문헌조사>(7)

학 명	국 명	현지조사				문헌조사						도래 유형	비고
		1차	2차	3차	종합	II	IV	VI	VIII	IX	X		
Phalacrocorax capillatus	가마우지							◎				Res	
Phalacrocorax carbo	민물가마우지	7		13	20			◎	◎		◎	Res	
Order Piciformes	딱다구리목												
Family Picidae	딱다구리과												
Dendrocopos kizuki	쇠딱다구리							◎	◎			Res	
Dendrocopos major	오색딱다구리			1	1			◎	◎			Res	
Picus canus	청딱다구리		1	1	2			◎	◎			Res	
Order Podocopediformes	논병아리목												
Family Podicipedidae	논병아리과												
Podiceps cristatus	뿔논병아리								◎				
Tachybaptus ruficollis	논병아리			3	3			◎	◎		◎	Res	
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

문헌) II. 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
IV. 제5차 전국자연환경조사, 법성포(356104), 2021, 환경부
VI. 제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
VIII. 제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
IX. 영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
X. 2020-2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관

(다) 해상부 광역조류집중조사(권역별 조사)

○ 총 8회의 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 43과 141종이 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 노랑부리저어새(천연기념물 제205-2호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 원앙(천연기념물 제327호), 큰기러기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 새매(천연기념물 제323-4호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 붉은배새매(천연기념물 제323-2호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 물수리(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 새호리기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 검은머리물떼새(천연기념물 제326호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 알락꼬리마도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 붉은어깨도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 검은머리갈매기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 수리부엉이(천연기념물 제324-2호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 총 16종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 38종(26.95%), 나그네새가 38종(26.95%), 겨울철새가 32종(22.70%), 여름철새가 33종(23.40%)으로 구분되었음.

○ 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 58종(41.13%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 35종(24.82%), 기러기목 14종(9.9.%), 황새목 10종(7.09%), 매목 8종(5.67%), 딱다구리목 3종(2.13%), 사다새목, 파랑새목, 슴새목이 각각 2종(1.42%), 비둘기목, 닭목, 논병아리목, 두견목, 아비목, 두루미목, 올빼미목이 각각 1종(0.71%) 순으로 구분되었음.

○ 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-종합>는 “부록”에 제시함.

① 1차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 36과 66종 8,788개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 검은머리물떼새(천연기념물 제326호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 붉은배새매

(천연기념물 제323-2호, 멸종위기 야생생물 II급), 새호리기(멸종위기 야생생물 II급) 등 총 7종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 30종(45.45%), 여름철새가 23종(34.85%), 나그네새가 10종(15.15%), 겨울철새가 2종(3.03%), 길잃은새가 1종(1.52%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(3,211개체, 36.54%)로 나타났으며, 그 다음으로 왜가리(577개체, 6.57%), 붉은발도요(553개체, 6.29%), 노랑부리백로(489개체, 5.56%), 뒷부리도요(460개체, 5.23%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.66, 종풍부도 7.16, 균등도 0.63으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 28종(41.42%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 14종(21.21%), 황새목 8종(12.12%), 매목 4종(6.06%), 딱다구리목 3종(4.55%), 기러기목, 파랑새목이 각각 2종(3.03%), 슴새목, 사다새목, 닭목, 비둘기목, 두견이목이 각각 1종(1.52%) 순으로 구분되었음.

② 2차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 31과 74종 7,355개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 I급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 I급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 I급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 검은머리갈매기(멸종위기 야생생물 II급), 붉은어깨도요(멸종위기 야생생물 II급), 알락꼬리마도요(멸종위기 야생생물 II급) 등 총 7종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 27종(36.49%), 여름철새와 나그네새가 각각 20종(27.03%), 겨울철새가 6종(8.11%), 길잃은새가 1종(1.35%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(2,014개체, 27.38%)로 나타났으며, 그 다음으로 참새(535개체, 7.27%), 중대백로(508개체, 6.91%), 왜가리(430개체, 5.85%), 뒷부리도요(383개체, 5.21%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 3.01, 종풍부도

8.20, 균등도 0.70으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 33종(44.59%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 21종(28.38%), 황새목 7종(9.46%), 딱다구리목 3종(4.05%), 기러기목과 매목이 각각 2종(2.70%), 슴새목, 사다새목, 닭목, 비둘기목, 두견이목, 파랑새목이 각각 1종(1.35%) 순으로 구분되었음.

③ 3차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 27과 70종 8,650개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 검은머리물떼새(천연기념물 제326호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 붉은어깨도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 총 6종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 26종(37.14%), 나그네새가 22종(31.43%), 여름철새가 15종(21.43%), 겨울철새가 6종(8.57%), 길잃은새가 1종(1.43%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(2,426개체, 28.05%)로 나타났으며, 그 다음으로 마도요(844개체, 9.76%), 왜가리(447개체, 5.17%), 참새(438개체, 5.06%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.94, 종풍부도 7.61, 균등도 0.69로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 31종(44.29%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 24종(34.29%), 황새목 7종(10.00%), 딱다구리목 3종(4.29%), 매목 2종(2.86%), 닭목, 비둘기목, 파랑새목이 각각 1종(1.43%) 순으로 구분되었음.

④ 4차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 26과 76종 12,130개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 원앙(천연기념물 제327호), 큰기러기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 물수리(멸종위기

야생생물 Ⅱ급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 황조롱이(천연기념물 제320-8호), 붉은어깨도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 알락꼬리마도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 수리부엉이(천연기념물 제324-2호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 총 10종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 32종(42.11%), 나그네새 20종(26.32%), 겨울철새 12종(15.79%), 여름철새 10종(13.16%), 길잃은새가 2종(2.63%)으로 구분되었고, 우점종은 흰물떼새(2,449개체, 20.19%)로 나타났으며, 그 다음으로 왕눈물떼새(2,143개체, 17.67%), 괭이갈매기(1,806개체, 14.89%), 민물도요(1,141개체, 9.41%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.75, 종풍부도 7.98, 균등도 0.63으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 33종(43.42%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 20종(26.32%), 기러기목 6종(7.89%), 황새목 5종(6.58%), 매목 4종(5.26%), 딱다구리목 3종(3.95%), 슴새목, 사다새목, 닭목, 비둘기목, 올빼미목이 각각 1종(1.32%) 순으로 구분되었음.

⑤ 5차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 28과 75종 5,550개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 원앙(천연기념물 제327호), 큰기러기(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 새매(천연기념물 제323-4호, 멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 붉은어깨도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급), 알락꼬리마도요(멸종위기 야생생물 Ⅱ급) 등 총 8종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 29종(38.67%), 겨울철새와 나그네새가 각각 18종(24.00%), 여름철새가 8종(10.67%), 길잃은새가 2종(2.67%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(931개체, 16.77%)로 나타났으며, 그 다음으로 민물도요(616개체, 11.10%), 흰물떼새(389개체, 7.01%), 되새(342개체, 6.16%), 마

도요(283개체, 5.10%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 3.27, 종풍부도 8.58, 균등도 0.76으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 33종(44.00%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 17종(22.67%), 기러기목 9종(12.00%), 황새목과 매목이 각각 5종(6.67%), 딱다구리목 2종(2.67%), 논병아리목, 사다새목, 닭목, 비둘기목이 각각 1종(1.33%) 순으로 구분되었음.

⑥ 6차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 31과 70종 7,418개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리저어새(천연기념물 제205-2호, 멸종위기 야생생물 II급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 I급), 새매(천연기념물 제323-4호, 멸종위기 야생생물 II급), 물수리(멸종위기 야생생물 II급), 매(천연기념물 제323-7호, 멸종위기 야생생물 I급), 새호리기(멸종위기 야생생물 II급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호) 등 총 7종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 31종(44.29%), 겨울철새 20종(28.57%), 나그네새 11종(15.71%), 여름철새 7종(10.00%), 길잃은새가 1종(1.43%)으로 구분되었고, 우점종은 민물도요(2,064개체, 27.82%)로 나타났으며, 그 다음으로 괭이갈매기(626개체, 8.44%), 참새(435개체, 5.86%), 흰물떼새(395개체, 5.32%), 가마우지(389개체, 5.24%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.97, 종풍부도 7.74, 균등도 0.70으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 31종(44.29%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 도요목 15종(21.43%), 황새목과 매목이 각각 6종(8.57%), 기러기목 5종(7.14%), 딱다구리목 2종(2.86%), 논병아리목, 사다새목, 닭목, 두루미목, 비둘기목이 각각 1종(1.43%) 순으로 구분되었음.

⑦ 7차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 27과 54종 4,980개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 노랑부리저어새(천연기념물 제205-2호, 멸종위기 야생생물 II급), 황조롱이(천연기념물 제323-8호), 검은머리물떼새(천연기념물 제326호, 멸종위기 야생생물 II급) 등 총 3종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새와 겨울철새가 각각 25종(46.30%), 여름철새 3종(5.56%), 길잃은새가 1종(1.85%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(2,353개체, 47.25%)로 나타났으며, 그 다음으로 혹부리오리(609개체, 12.23%), 청둥오리(316개체, 6.35%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.24, 종풍부도 6.23, 균등도 0.56으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 24종(44.44%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 기러기목 10종(18.52%), 도요목 7종(12.96%), 황새목 3종(5.56%), 사다새목, 매목이 각각 2종(3.70%), 아비목, 논병아리목, 닭목, 두루미목, 비둘기목, 딱다구리목이 각각 1종(1.85%) 순으로 구분되었음.

⑧ 8차

○ 조사결과, 조사지역에서 조류는 총 29과 56종 3,865개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 법정보호종은 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 I급), 검은머리물떼새(천연기념물 제326호, 멸종위기 야생생물 II급) 등 총 2종이 확인되었음.

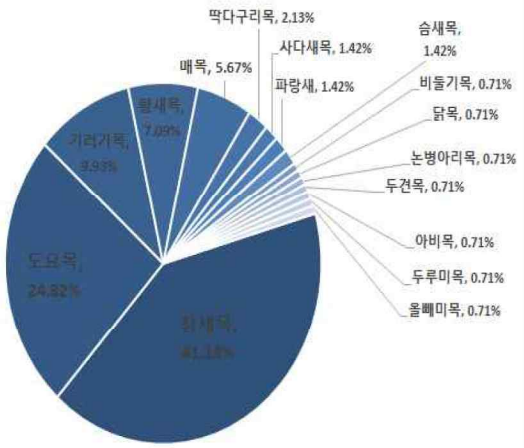
○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 전체 텃새가 27종(48.21%), 겨울철새가 8종(14.29%), 여름철새 14종(25.00%), 나그네새가 7종(12.50%)으로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(1,385개체, 35.83%)로 나타났으며, 그 다음으로 멧비둘기(332개체, 8.59%), 참새(262개체, 6.78%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 2.76, 종풍부도

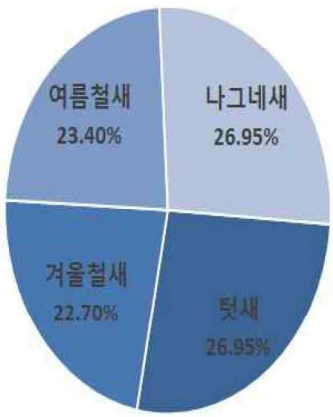
6.66, 균등도 0.68으로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 참새목 24종(44.44%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 기러기목 10종(18.52%), 도요목 7종(12.96%), 황새목 3종(5.56%), 사다새목, 매목이 각각 2종(3.70%), 아비목, 논병아리목, 닭목, 두루미목, 비둘기목, 딱다구리목이 각각 1종(1.85%) 순으로 구분되었음.

<표 3.1 - 11> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-전체>

분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	58	41.13
도요목	35	24.82
기러기목	14	9.93
황새목	10	7.09
매목	8	5.67
딱다구리목	3	2.13
사다새목	2	1.42
파랑새목	2	1.42
슴새목	2	1.42
논병아리목	1	0.71
아비목	1	0.71
닭목	1	0.71
두루미목	1	0.71
비둘기목	1	0.71
두견이목	1	0.71
올빼미목	1	0.71
합 계	141	100.00



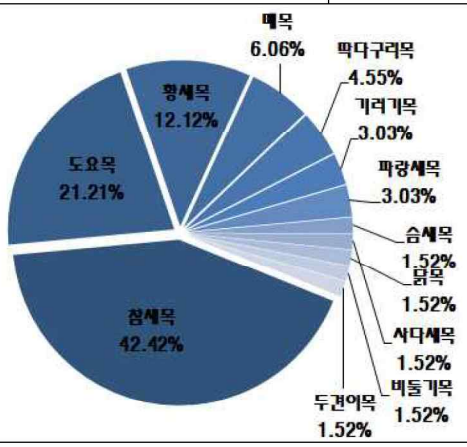
분류군별 출현현황



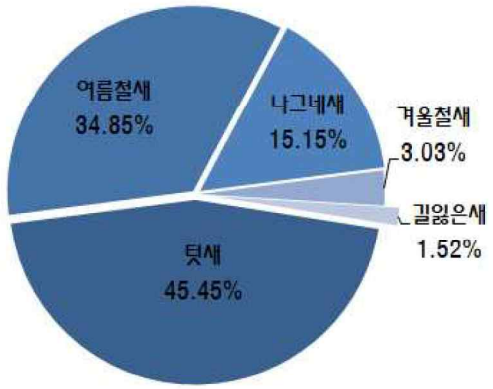
이동유형별 도래현황

<표 3.1 - 12> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-1차>

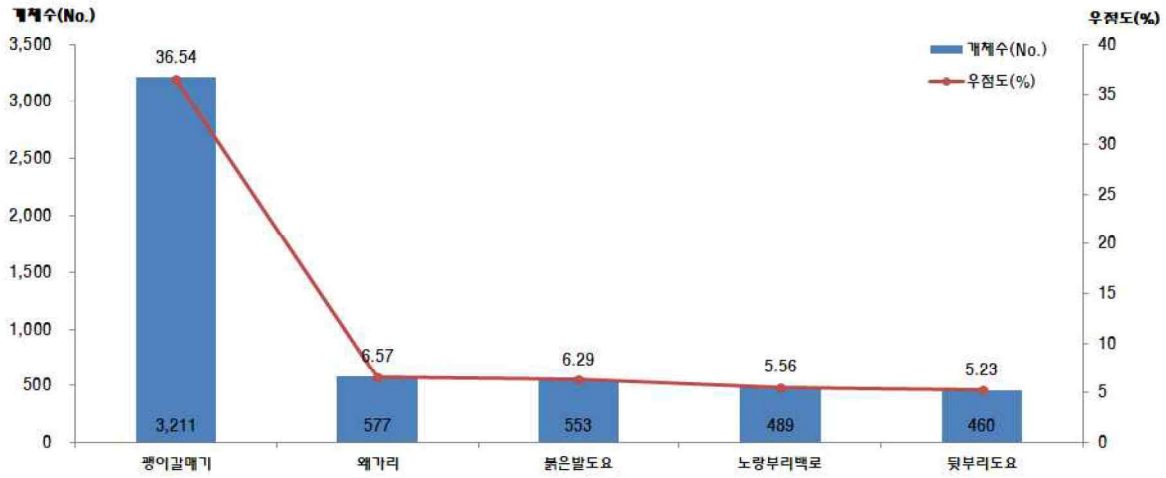
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	28	42.42
도요목	14	21.21
황새목	8	12.12
매목	4	6.06
딱다구리목	3	4.55
기러기목	2	3.03
파랑새목	2	3.03
슴새목	1	1.52
사다새목	1	1.52
닭목	1	1.52
비둘기목	1	1.52
두견이목	1	1.52
합 계	66	≒100.00



분류군별 출현현황



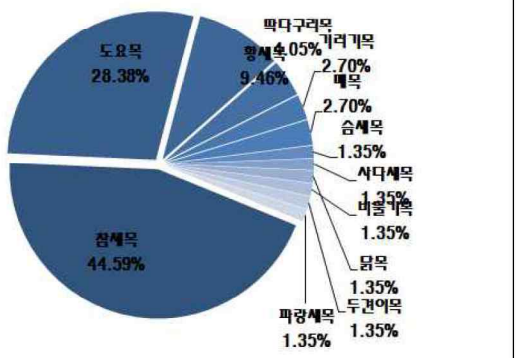
이동유형별 도래현황



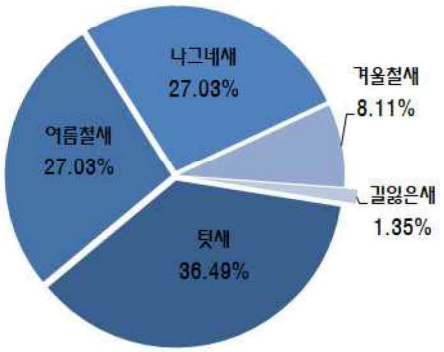
우점종 현황

<표 3.1 - 13> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-2차>

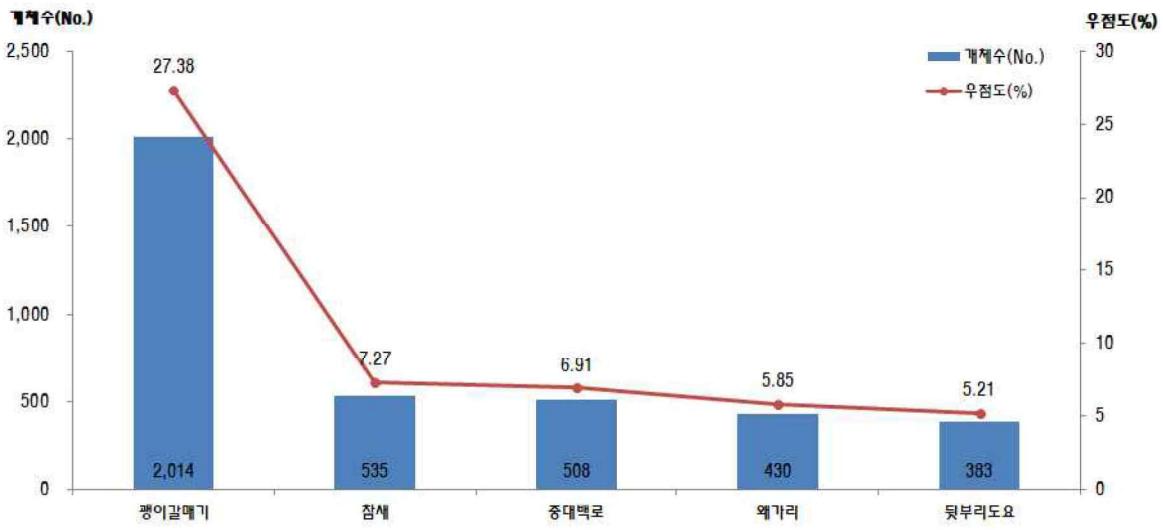
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	33	44.59
도요목	21	28.38
황새목	7	9.46
딱다구리목	3	4.05
기러기목	2	2.70
매목	2	2.70
슴새목	1	1.35
사다새목	1	1.35
닭목	1	1.35
비둘기목	1	1.35
두견이목	1	1.35
파랑새목	1	1.35
합 계	74	≒100.00



분류군별 출현현황



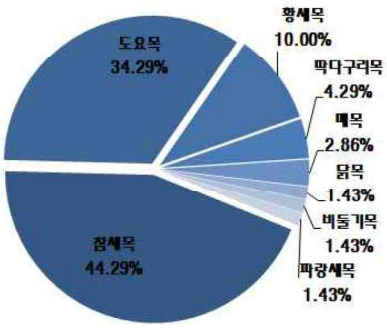
이동유형별 도래현황



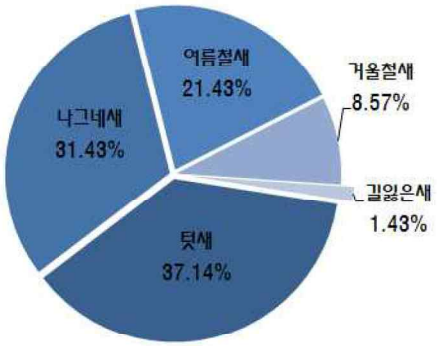
우점종 현황

<표 3.1 - 14> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-3차>

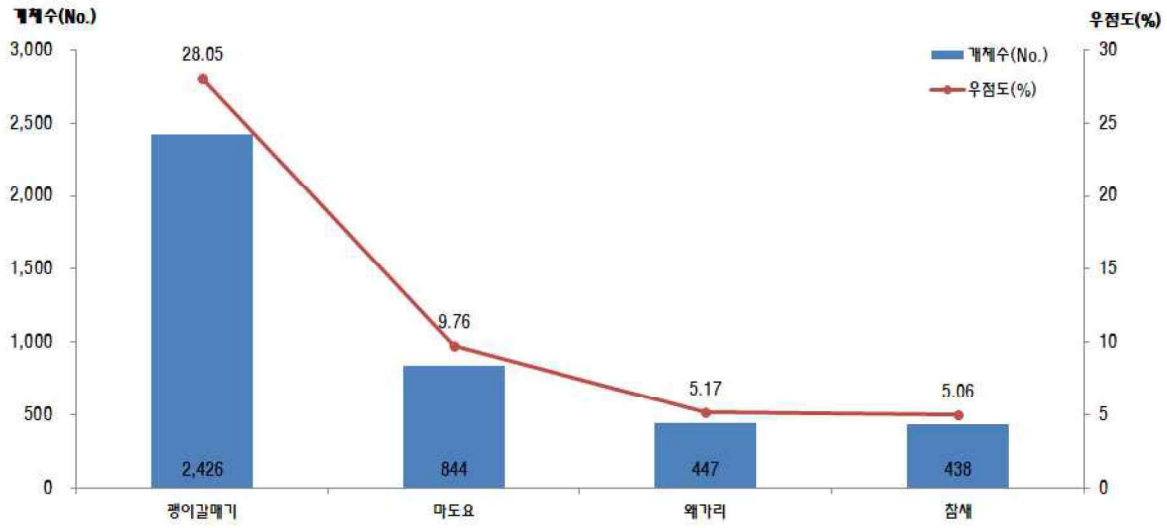
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	31	44.29
도요목	24	34.29
황새목	7	10.00
딱다구리목	3	4.29
매목	2	2.86
닭목	1	1.43
비둘기목	1	1.43
파랑새목	1	1.43
합 계	70	≒100.00



분류군별 출현현황



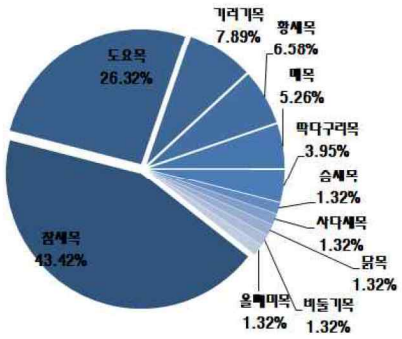
이동유형별 도래현황



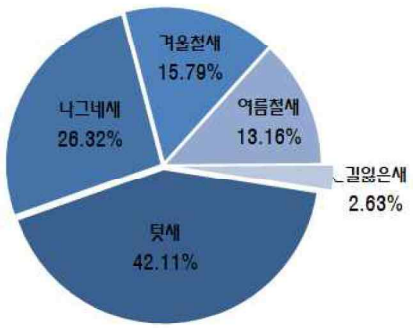
우점종 현황

<표 3.1 - 15> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-4차>

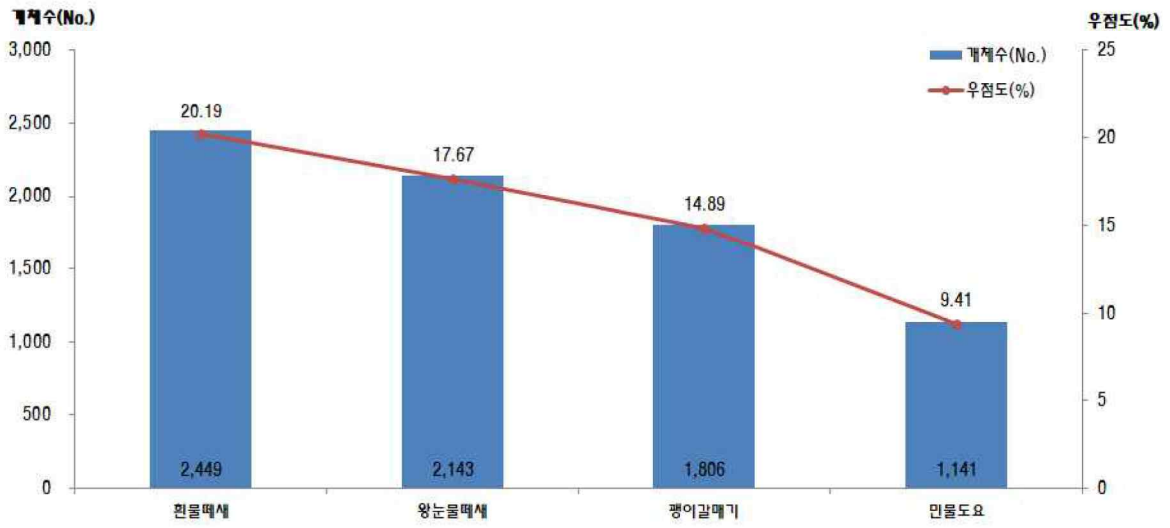
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	33	43.42
도요목	20	26.32
기러기목	6	7.89
황새목	5	6.58
매목	4	5.26
딱다구리목	3	3.95
슴새목	1	1.32
사다새목	1	1.32
닭목	1	1.32
비둘기목	1	1.32
올빼미목	1	1.32
합 계	76	≒100.00



분류군별 출현현황



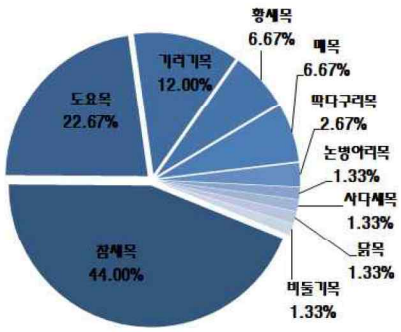
이동유형별 도래현황



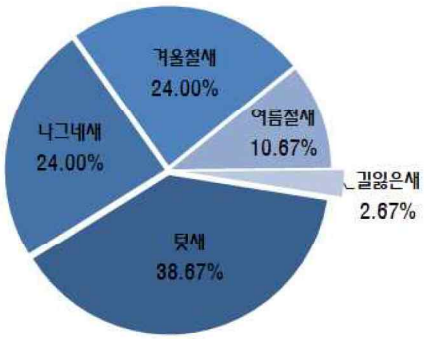
우점종 현황

<표 3.1 - 16> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-5차>

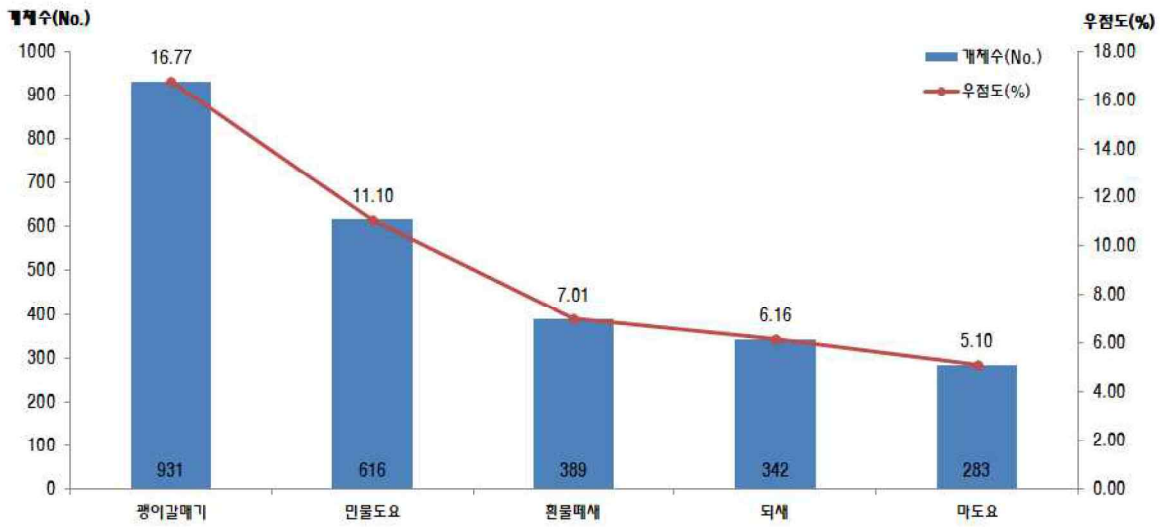
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	33	44.00
도요목	17	22.67
기러기목	9	12.00
황새목	5	6.67
매목	5	6.67
딱다구리목	2	2.67
논병아리목	1	1.33
사다새목	1	1.33
닭목	1	1.33
비둘기목	1	1.33
합 계	75	≒100.00



분류군별 출현현황



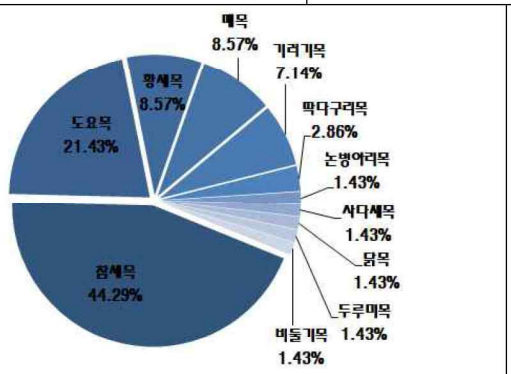
이동유형별 도래현황



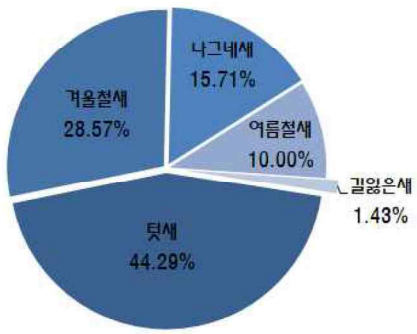
우점종 현황

<표 3.1 - 17> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-6차>

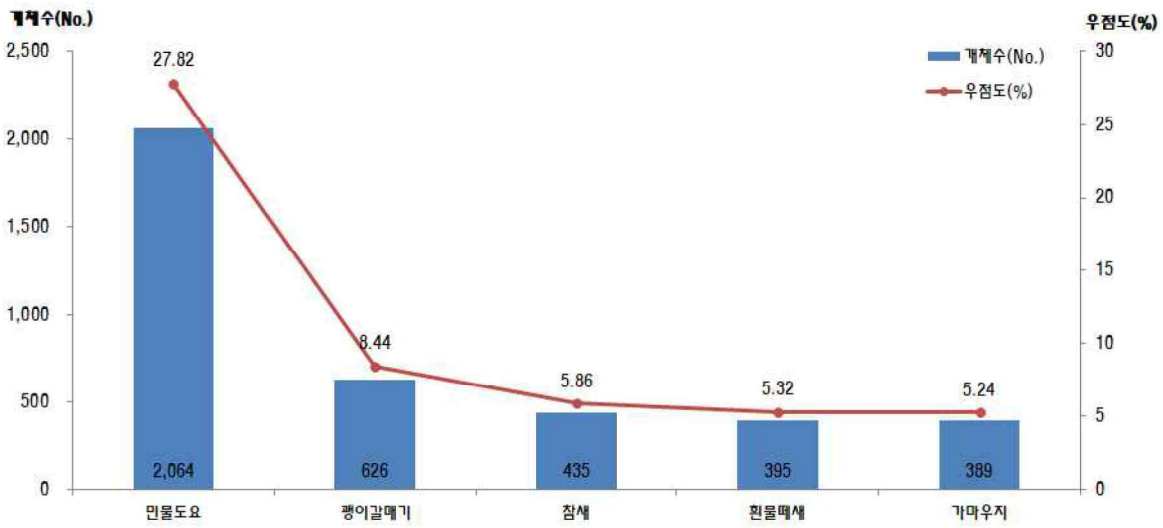
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	31	44.29
도요목	15	21.43
황새목	6	8.57
매목	6	8.57
기러기목	5	7.14
딱다구리목	2	2.86
논병아리목	1	1.43
사다새목	1	1.43
닭목	1	1.43
두루미목	1	1.43
비둘기목	1	1.43
합 계	70	≒100.00



분류군별 출현현황



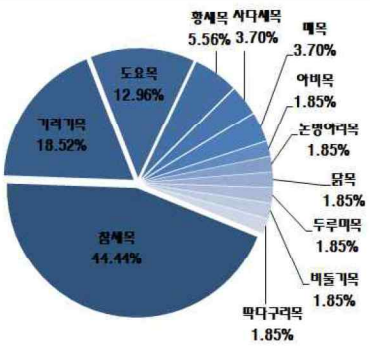
이동유형별 도래현황



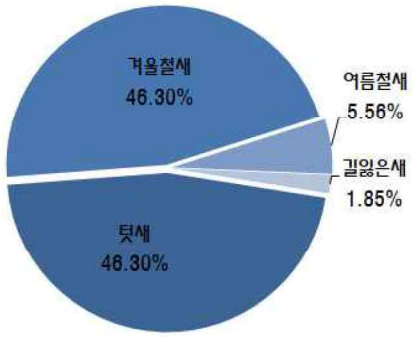
우점종 현황

<표 3.1 - 18> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-7차>

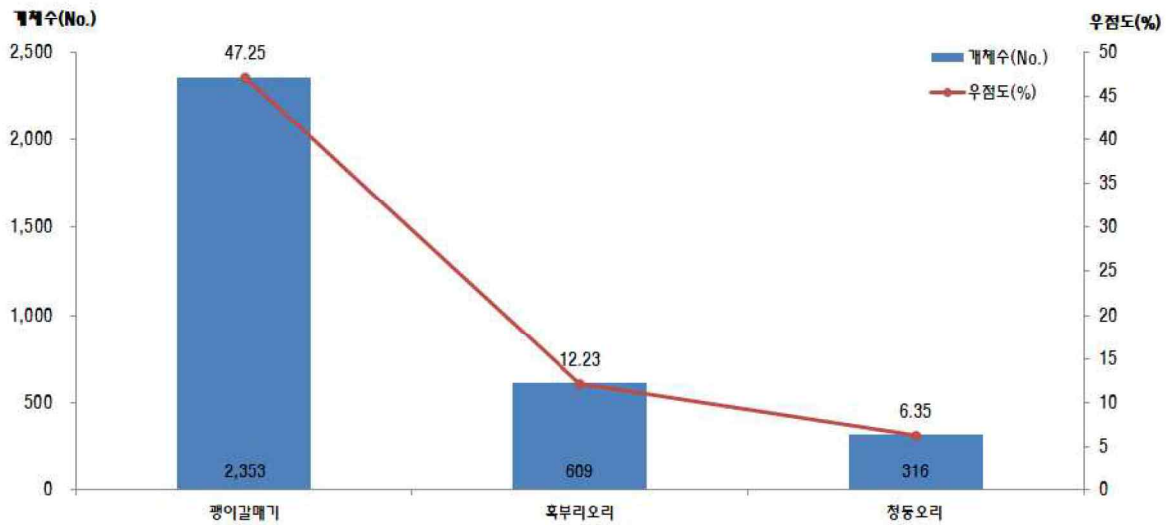
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	24	44.44
기러기목	10	18.52
도요목	7	12.96
황새목	3	5.56
사다새목	2	3.70
매목	2	3.70
아비목	1	1.85
논병아리목	1	1.85
닭목	1	1.85
두루미목	1	1.85
비둘기목	1	1.85
딱다구리목	1	1.85
합 계	54	≒100.00



분류군별 출현현황



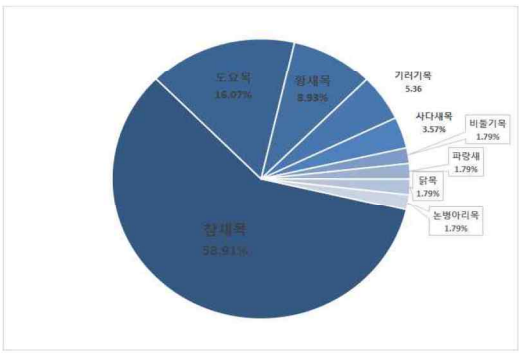
이동유형별 도래현황



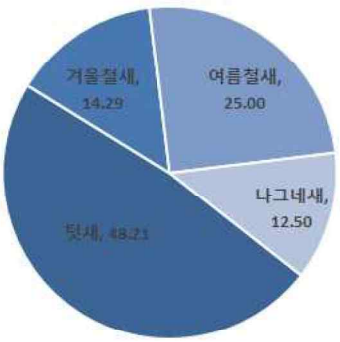
우점종 현황

<표 3.1 - 19> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황 및 우점종 현황<권역별-8차>

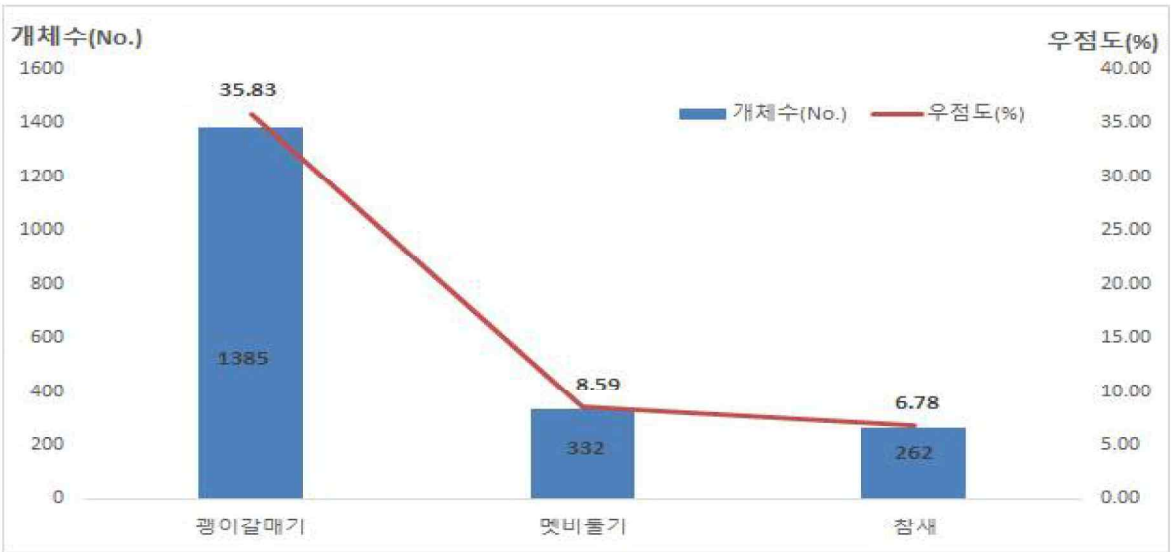
분류군(Order)	현지조사	
	종 수	종비율(%)
참새목	33	58.91
도요목	9	16.07
황새목	5	8.93
기러기목	3	5.36
사다새목	2	3.57
비둘기목	1	1.79
파랑새목	1	1.79
닭목	1	1.79
논병아리목	1	1.79
합 계	56	100.00



분류군별 출현현황



이동유형별 도래현황



우점종 현황

<표 3.1 - 20> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-1차>(1)

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													
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로				110	226	58				394	4.48	Sv	
Ardea 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,멸 II
Family Falconidae	매과													
Falco peregrinus Gmelin	매							2			2	0.02	Res	천,멸I
Falco subbuteo Linnaeus	새호리기				1						1	0.01	Sv	멸 II
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 3.1 - 21> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-1차>(2)

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	Pm	
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 3.1 - 22> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-1차>(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			
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	Pm	
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 Stejneger	직박구리				34			18	14		66	0.75	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				8						8	0.09	Vag	
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 3.1 - 23> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-1차>(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 3.1 - 24> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-2차>(1)

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													
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로				3	147	353	4	1		508	6.91	Sv	
Ardea 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	흰뺨검둥오리				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 3.1 - 25> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-2차>(2)

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	Pm	
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	재갈매기					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 3.1 - 26> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-2차>(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			
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	Pm	
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	Vag	
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 3.1 - 27> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-2차>(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			
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	Pm	
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 3.1 - 28> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-3차>(1)

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													
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로				2	263	83	9	2	2	361	4.17	Sv	
Ardea 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,멸 II
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	Pm	
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	멸 II
Gallinago gallinago (Linnaeus)	꺅도요						1				1	0.01	Pm	

<표 3.1 - 29> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-3차>(2)

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 3.1 - 30> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-3차>(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			
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	Vag	
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 Temmirck	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	Pm	
Family Passeridae	참새과													
Passer montanus Domaniewski	참새				47	132	229	17	13		438	5.06	Res	

<표 3.1 - 31> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-3차>(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 Motaclidae	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	1.76	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 3.1 - 32> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-4차>(1)

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													
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로					82	122	5		1	210	1.73	Sv	
Ardea 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	흰뺨검둥오리						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 3.1 - 33> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-4차>(2)

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	Pm	
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 3.1 - 34> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-4차>(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			
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	Vag	
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 3.1 - 35> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-4차>(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	Pm	
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	8,486	429	374	3	12,130			
종다양도		0.27	0.16	1.01	2.44	2.96	2.37	2.47	2.28	1.10	2.75			
종풍부도		0.39	0.25	0.80	3.26	4.85	4.64	4.78	4.56	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 3.1 - 36> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-5차>(1)

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													
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로					15	66	2			83	1.47	Sv	
Ardea 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	Res	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 3.1 - 37> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-5차>(2)

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 3.1 - 38> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-5차>(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 Passeriformes	참새목													
Family Laniidae	때까치과													
Lanius bucephalus Temminck & Schlegel	때까치				4	11	9	13	9		129	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 Stejneger	직박구리				14			27	33		74	1.31	Res	
Pycnonotus sinensis	검은이마직박구리				17			32			49	0.87	Vag	
Family Sylviidae	휘파람새과													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							3	2		5	0.09	Res	
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	Pm	

<표 3.1 - 39> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-5차>(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 3.1 - 40> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-6차>(1)

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													
Ardea alba alba	대백로					43	73				116	1.56	Wv	
Ardea alba modesta (Gray)	중대백로					2					2	0.03	Sv	
Ardea 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 3.1 - 41> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-6차>(2)

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 3.1 - 42> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-6차>(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 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	Vag	
Family Sylviidae	휘파람새과													
Cettia diphone cantans	섬휘파람새							4	3		7	0.09	Res	
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 3.1 - 43> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-6차>(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			
Phoenicurus auroreus (Pallas)	딱새				4	7	10	11	9		41	0.55	Res	
Saxicola torquatus (Parrot)	검은딱새						2	1			3	0.04	Pm	
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	0.53	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 3.1 - 44> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-7차>(1)

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													
Ardea alba alba	대백로				2	19	10				31	0.62	Wv	
Ardea 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 3.1 - 45> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-7차>(2)

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 3.1 - 46> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-7차>(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	Vag	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과													
Paradoxornis webbianus (Campbell)	붉은머리오목눈이				36		88				124	2.49	Res	
Family Turdidae	지빠귀과													
Turdus eunomus Temmirck	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	

<표 3.1 - 47> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-7차>(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			
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 3.1 - 48> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-8차>(1)

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 Anseriformes	기러기목													
Family Anatidae	오리과													
Anas platyrhynchos	청둥오리				8	45	46				99	2.56	WV	
Anas poecilorhyncha	흰뺨검둥오리					53					53	1.37	Res	
Anas strepera	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	재갈매기				34	89					123	3.18	WV	
Larus crassirostris	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	장다리물떼새					2					2	0.05	SV	
Family Scolopacidae	도요과													
Calidris acuminata	메추라기도요					11					11	0.28	PM	
Numenius phaeopus	중부리도요					2					2	0.05	PM	
Tringa nebularia	청다리도요				8						8	0.21	PM	
Order Ciconiformes	황새목													
Family Ardeidae	백로과													
Ardea alba	중대백로				13	47	16	3			79	2.04	SV	
Ardea cinerea	왜가리				17	42	21				80	2.07	SV	
Bubulcus ibis	황로	1						1			2	0.05	SV	
Egretta alba alba	대백로				5	13	9				27	0.7	WV	
Family Threskiornithidae	저어새과													
Platalea minor	저어새					42	2				44	1.14	SV	천,멸I

<표 3.1 - 49> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-8차>(2)

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	멧비둘기				32	146	154				332	8.59	Res	
Order Coraciiformes	파랑새목													
Family Alcedinidae	물총새과													
Alcedo atthis	물총새					2					2	0.05	SV	
Order Galliformes	닭목													
Family Phasianidae	꿩과													
Phasianus colchicus	꿩				2		2		4		8	0.21	Res	
Order Passeriformes	참새목													
Family Aegihalidae	오목눈이과													
Aegithalos caudatus	오목눈이				8						8	0.21	Res	
Family Corvidae	까마귀과													
Corvus corone	까마귀			2	9	13			5		29	0.75	Res	
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀					13					13	0.34	Res	
Cyanopica cyanus	물까치				7						7	0.18	Res	
Pica pica	까치				24	76	65	11	11		187	4.84	Res	
Family Emberizidae	멧새과													
Emberiza elegans	노랑턱멧새				21				8		29	0.75	Res	
Emberiza pusilla	쇠붉은뺨멧새						13	14	18		45	1.16	PM	
Emberiza spodocephala	촉새							13	34		47	1.22	PM	
Family Fringillidae	되새과													
Carduelis sinica	방울새				11	13	24	12	13		73	1.89	Res	
Carduelis spinus	검은머리방울새				9	9	21		23		62	1.6	WV	

<표 3.1 - 50> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-8차>(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			
Eophona migratoria	밀화부리							8	24		32	0.83	SV	
Fringilla montifringilla	되새								32		32	0.83	WV	
Family Hirundinidae	제비과													
Hirundo rustica	제비					12	15	8			35	0.91	SV	
Family Laniidae	때까치과													
Lanius bucephalus	때까치						3				3	0.08	Res	
Family Motacillidae	할미새과													
Anthus hodgsoni	힝둥새				13		12	11	21		57	1.47	PM	
Anthus richardi	큰밭종다리								5		5	0.13	PM	
Motacilla alba	알락할미새					2	3				5	0.13	SV	
Motacilla cinerea	노랑할미새							2			2	0.05	SV	
Family Muscicapidae	솔딱새과													
Monticola solitarius	바다직박구리			4				2			6	0.16	Res	
Phoenicurus auroreus	딱새				4	9	5		11		29	0.75	Res	
Saxicola torquata	검은딱새								15		15	0.39	SV	
Family Paridae	박새과													
Parus ater	진박새				3						3	0.08	Res	
Parus major	박새				12	15	21	16	12		76	1.97	Res	
Parus palustris	쇠박새				6						6	0.16	Res	
Parus varius	곤줄박이				3						3	0.08	Res	
Family Ploceidae	참새과													
Passer montanus	참새				65	68	72	25	32		262	6.78	Res	
Family Pycnonotidae	직박구리과													
Microscelis amaurotis	직박구리				14	55	35	24	15		143	3.7	Res	
Family Sturnidae	찌르레기과													

<표 3.1 - 51> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-8차>(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	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	붉은머리오목눈이				43	83	42				168	4.35	Res	
Family Turdidae	지빠귀과													
Turdus eunomus	개똥지빠귀					7			8		15	0.39	WV	
Turdus pallidus	흰배지빠귀							2	3		5	0.13	Res	
Family Zosteropidae	동박새과													
Zosterops japonicus	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	민물가마우지					12					12	0.31	Res	
Order Podocopediformes	논병아리목													
Family Podicipedidae	논병아리과													
Tachybaptus ruficollis	논병아리						5				5	0.13	Res	
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

(다) 해상부 광역조류 추가조사(22.01월, 07월)

○ 총 2회 해상부 현지조사결과, 조사지역에서 조류는 총 11과 16종 3,825개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 법정보호종은 노랑부리백로(천연기념물 제361호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급), 저어새(천연기념물 제205-1호, 멸종위기 야생생물 Ⅰ급) 등 총 2종이 확인되었음.

○ 도래유형별 출현현황을 살펴보면 겨울철새가 6종(37.50%), 여름철새가 5종(31.25%), 텃새가 4종(25.00%), 나그네새가 1종(6.25%)로 구분되었고, 우점종은 괭이갈매기(2,890개체, 75.56%), 노랑부리백로(683개체, 17.86%) 순으로 상위 5% 이상을 차지하는 특징종으로 나타났음.

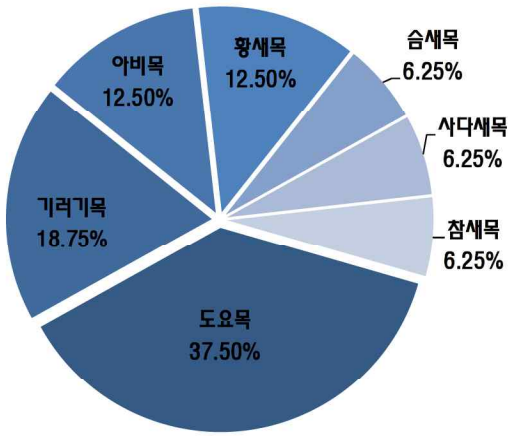
○ 현지조사결과를 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 0.81, 종풍부도 1.82, 균등도 0.29로 각각 분석되었고, 각 분류군(Order)별 현황을 살펴보면, 도요목이 6종(37.50%)으로 가장 다양한 분포현황을 보였으며, 그 다음으로 기러기목 3종(18.75%), 아비목과 황새목이 각각 2종(12.50%), 그 다음으로 슴새목, 사다새목, 참새목이 각각 1종(6.25%) 순으로 구분되었음.

○ 조사시기별로 구분하면 1차 조사에서 총 5과 9종 86개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 우점종은 바다쇠오리(20개체, 23.26%), 괭이갈매기(18개체, 20.93%), 재갈매기(17개체, 19.77%), 가마우지(10개체, 11.63%), 큰회색머리아비(8개체, 9.30%), 바다비오리(7개체, 8.14%)로 나타났고, 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 1.92, 종풍부도 1.80, 균등도 0.87로 분석되었음.

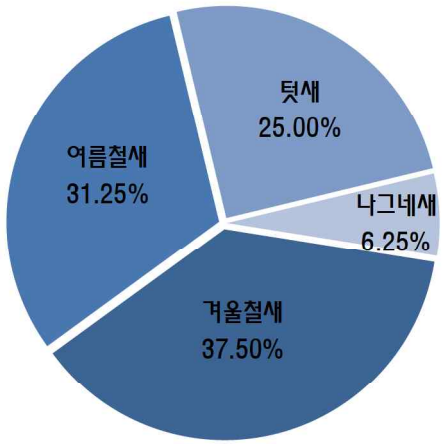
○ 2차 조사에서 총 7과 8종 3,739개체가 서식 및 도래하는 것으로 확인되었으며, 이 중 우점종은 괭이갈매기(2,872개체, 76.81%), 노랑부리백로(683개체, 18.27%)로 나타났고, 군집분석을 실시한 결과, 종다양도 0.70, 종풍부도 0.85, 균등도 0.34로 분석되었음.

<표 3.1 - 52> 조류의 분류군(Order)별 출현현황, 도래현황<해상부 추가조사-전체>

분류군(Order)		현지조사	
		종 수	비율(%)
Charadriiformes	도요목	6	37.50
Anseriformes	기러기목	3	18.75
Gaviformes	아비목	2	12.50
Ciconiformes	황새목	2	12.50
Procellariiforms	슴새목	1	6.25
Pelecaniformes	사다새목	1	6.25
Passeriformes	참새목	1	6.25
합 계		16	100.00

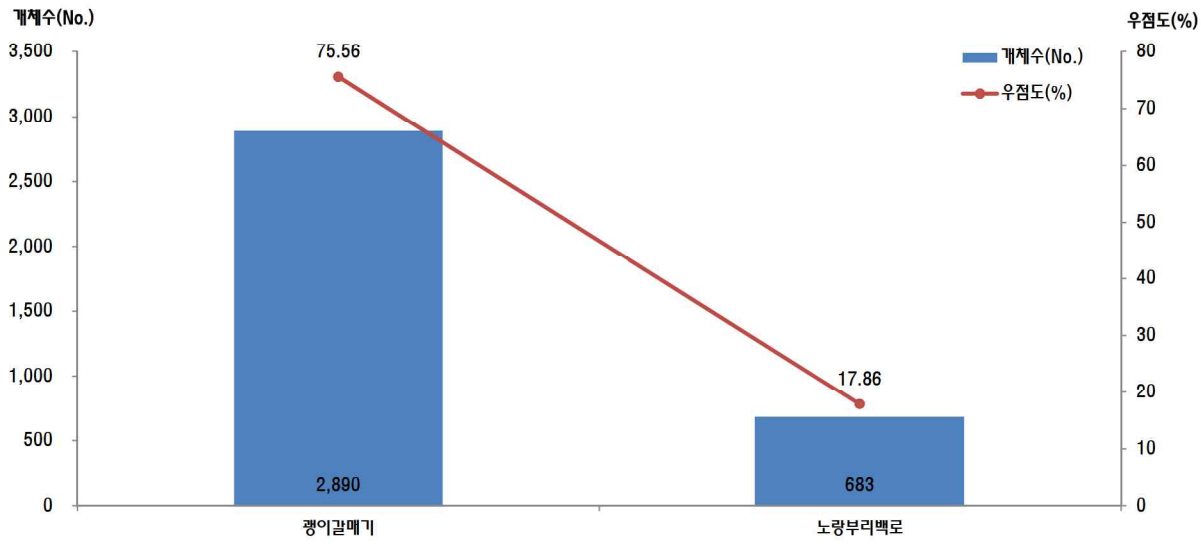


분류군별 출현현황



이동유형별 도래현황

<표 3.1 - 53> 조류의 우점종 현황<해상부 추가조사-전체>



우점종 현황

<표 3.1 - 54> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<추가조사-전체>-(1/2)

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	

<표 3.1 - 55> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<추가조사-전체>-(2/2)

학 명	국 명	1차		2차		합계	우점도(%)	이동유형	비고
		St. 1	St. 2	St. 1	St. 2				
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

<표 3.1 - 56> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<추가조사-1차>

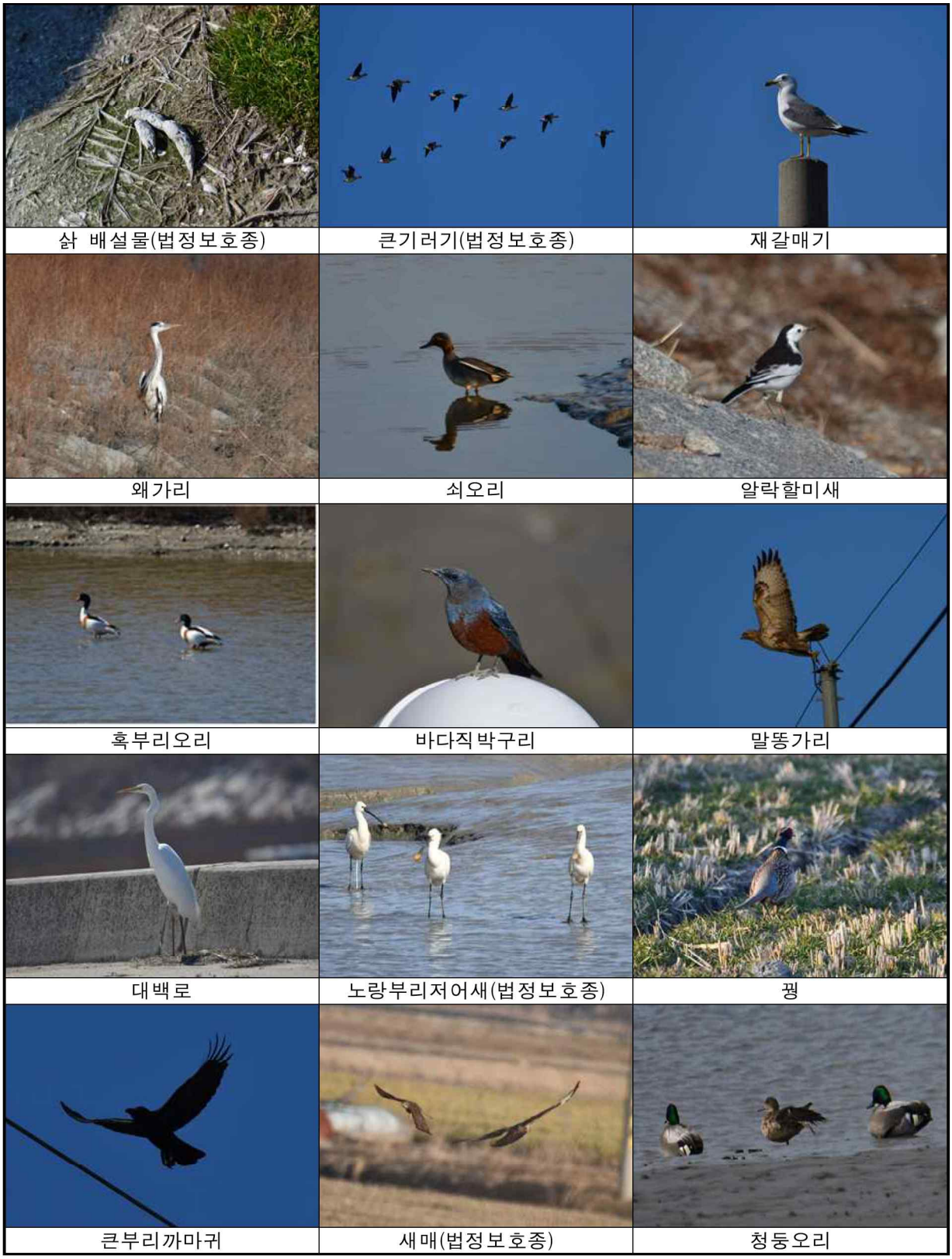
학 명	국 명	St. 1	St. 2	합계	우점도 (%)	이동 유형	비고
Order Gaviformes	아비목						
Family gaviidae	아비과						
Gavia pacifica Lawrence	회색머리아비	2		2	2.33	Wv	
Gavia arctica	큰회색머리아비	8		8	9.30	Wv	
Order Pelecaniformes	사다새목						
Family Phalaorocoracidae	가마우지과						
Phalacrocorax capillatus (Temminck)	가마우지		10	10	11.63	Res	
Order Anseriformes	기러기목						
Family Anatidae	오리과						
Anas crecca crecca Linnaeus	쇠오리	2		2	2.33	Wv	
Mergus serrator Linnaeus	바다비오리		7	7	8.14	Wv	
Order Charadriiformes	도요목						
Family Laridae	갈매기과						
Larus argentatus vegae Plamen	재갈매기	11	6	17	19.77	Wv	
Larus canus kamtschatschensis (Bonaparte)	갈매기	1	1	2	2.33	Wv	
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	15	3	18	20.93	Res	
Family Alcidae	바다오리과						
Synthliboramphus antiquus (Gmelin)	바다쇠오리	20		20	23.26	Res	
출현종수		7	5	9			
출현개체수		59	27	86			
종다양도		1.60	1.42	1.92			
종풍부도		1.47	1.21	1.80			
균등도		0.82	0.88	0.87			

주) 1. St. 1 : 해상풍력발전단지 및 주변지역, St. 2 : 해저송전케이블 매설지 및 주변지역
2. Res : 텃새, Wv : 겨울철새, Pm : 나그네새

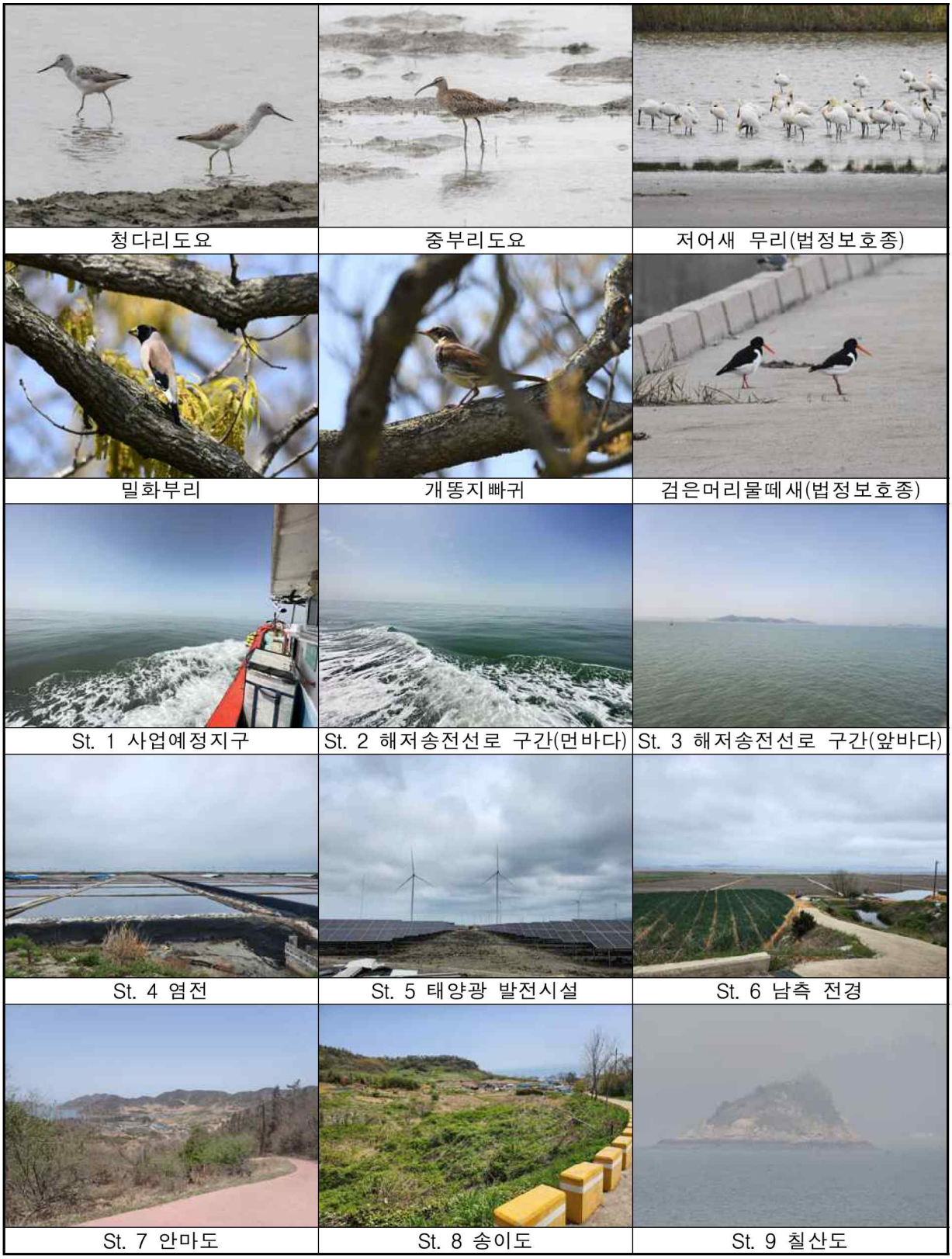
<표 3.1 - 57> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<추가조사-2차>

학 명	국 명	St. 1	St. 2	합계	우점도 (%)	이동 유형	비고
Order Procellariiforms	슴새목						
Family Procellariidae	슴새과						
Calonectris leucomelas (Temminck)	슴새	7		7	0.19	Sv	
Order Ciconiformes	황새목						
Family Ardeidae	백로과						
Egretta eulophotes (Swinhoe)	노랑부리백로		683	683	18.27	Sv	천,멸I
Family Threskiornithidae	저어새과						
Platalea minor Temminck et Schlegel	저어새		142	142	3.80	Sv	천,멸I
Order Anseriformes Family Hydrobatidae	기러기목 바다제비과						
Oceanodroma monorhis (Swinhoe)	바다제비	29		29	0.78	Sv	
Order Charadriiformes	도요목						
Family Scolopacidae	도요과						
Tringa nebularia (Gunnerus)	청다리도요		2	2	0.05	Pm	
Family Laridae	갈매기과						
Larus crassirostris Vieillot	괭이갈매기	903	1969	2872	76.81	Res	
Thalasseus bernsteini Schlegel	뿔제비갈매기		1	1	0.03	Sv	
Order Passeriformes	참새목						
Family Muscicapidae	딱새과						
Monticola solitarius philippensis (Muller)	바다직박구리		3	3	0.08	Res	
총 종수		3	6	8			
출현 개체수		939	2800	3739			
종다양도		0.18	0.76	0.70			
종풍부도		0.29	0.63	0.85			
균등도		0.16	0.42	0.34			

주) 1. St. 1 : 해상풍력발전단지 및 주변지역, St. 2 : 해저송전케이블 매설지 및 주변지역
2. Res : 텃새, Sv : 여름철새, Pm : 나그네새
3. 천 : 천연기념물, 멸 I : 멸종위기 야생생물 I



<그림 3.1 - 6> 3차 현지조사 시 확인된 출현종(23.02월)



<그림 3.1 - 7> 해상부 조사지역의 광역조류집중조사(권역별 8차 : 23.04월)

(2) 법정보호종

(가) 현지조사

○ 총 3회 조사결과, 법정보호종은 수달, 삵, 큰기러기, 노랑부리저어새, 저어새, 새매, 새호리기, 황조롱이 등 총 8종이 확인되었음.

○ 조사시기별로 구분하면, 1차조사 시 확인된 법정보호종은 삵, 저어새, 새호리기, 황조롱이 등 총 4종이었으며, 2차조사 시 확인된 법정보호종은 수달, 삵 등 총 2종이었으며, 3차조사 시 확인된 법정보호종은 수달, 삵, 큰기러기, 노랑부리저어새, 새매 등 총 5종이 확인됨.

(나) 해상부 광역조류집중조사(권역별)

○ 총 8회 조사결과, 법정보호종은 노랑부리백로, 노랑부리저어새, 저어새, 원잉, 큰기러기, 새매, 붉은배새매, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 김은머리갈매기, 수리부엉이 등 총 16종이 확인되었음.

(다) 문헌조사

○ 총 10개 문헌조사 결과, 빕징뇨호종은 삵, 수달, 담비, 원앙, 큰기러기, 검은머리물떼새, 검은머리갈매기, 붉은어깨도요, 큰뒷부리도요, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 황새, 노랑부리저어새, 저어새, 청호반새, 참매, 새매, 독수리, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이 등 22종이 확인되었음.

○ ‘문헌II’에서 법정보호종은 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 큰뒷부리도요, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 저어새 등 6종이 확인되었음.

○ ‘문헌IV’에서 법정보호종은 삵, 수달, 담비 등 3종이 확인되었음.

○ ‘문헌VI’에서 법정보호종은 삵, 수달, 윈앙, 검은머리물떼새, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 노랑부리저어새, 저어새, 새매, 물수리, 매, 황조롱이 등 12종이 확인되었음.

○ ‘문헌VIII’에서 법정보호종은 삵, 수달, 담비, 원앙, 검은머리물떼새, 노랑부리백로, 저어새, 청호반새, 황조롱이 등 총 9종이 확인되었음.

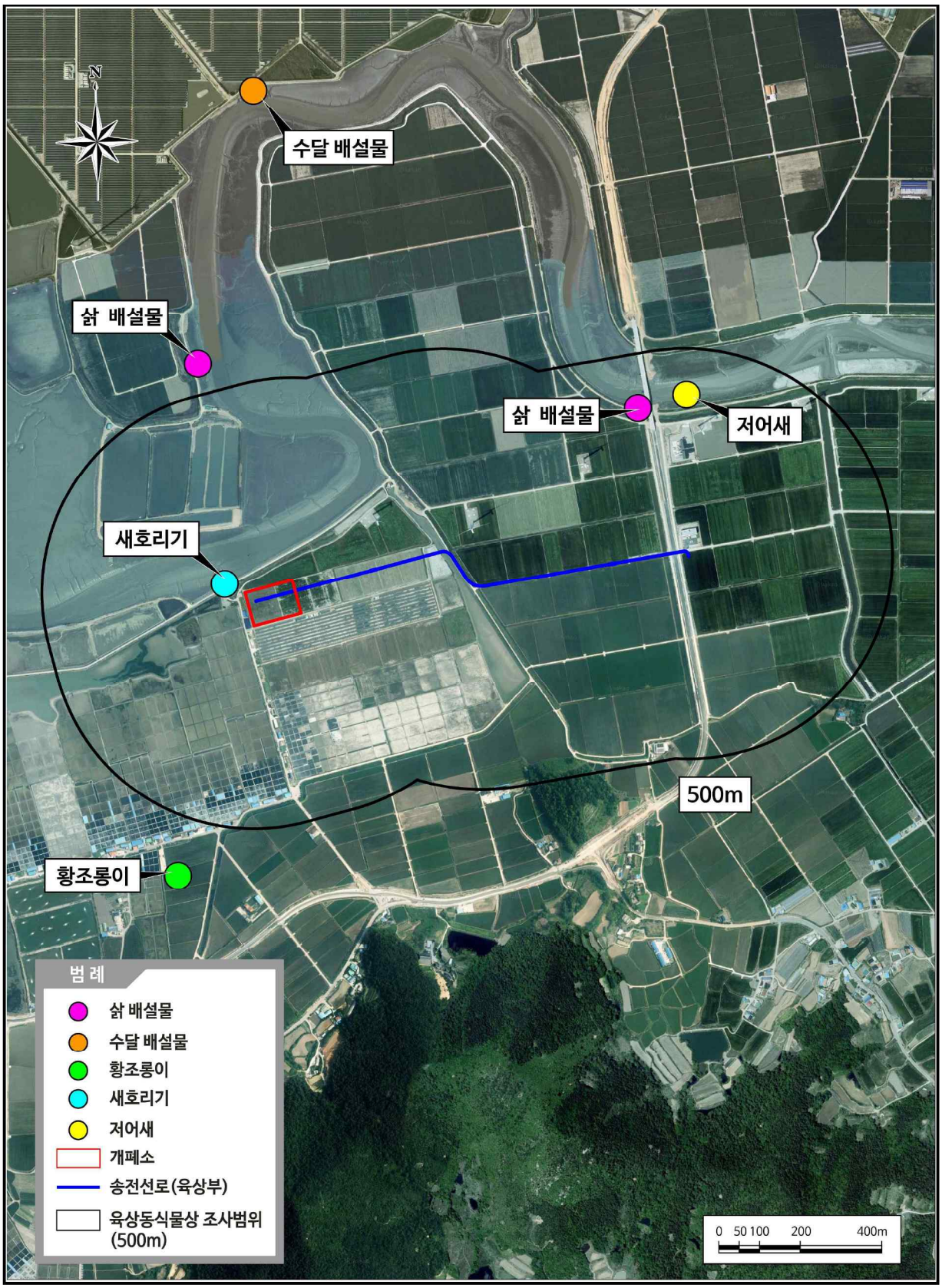
○ ‘문헌IX’에서 법정보호종은 황조롱이 1종이 확인되었음.

○ ‘문헌X’에서 법정보호종은 큰기러기, 검은머리갈매기, 황새, 노랑부리저어새, 참매, 독수리, 매, 황조롱이 등 8종이 확인되었음.

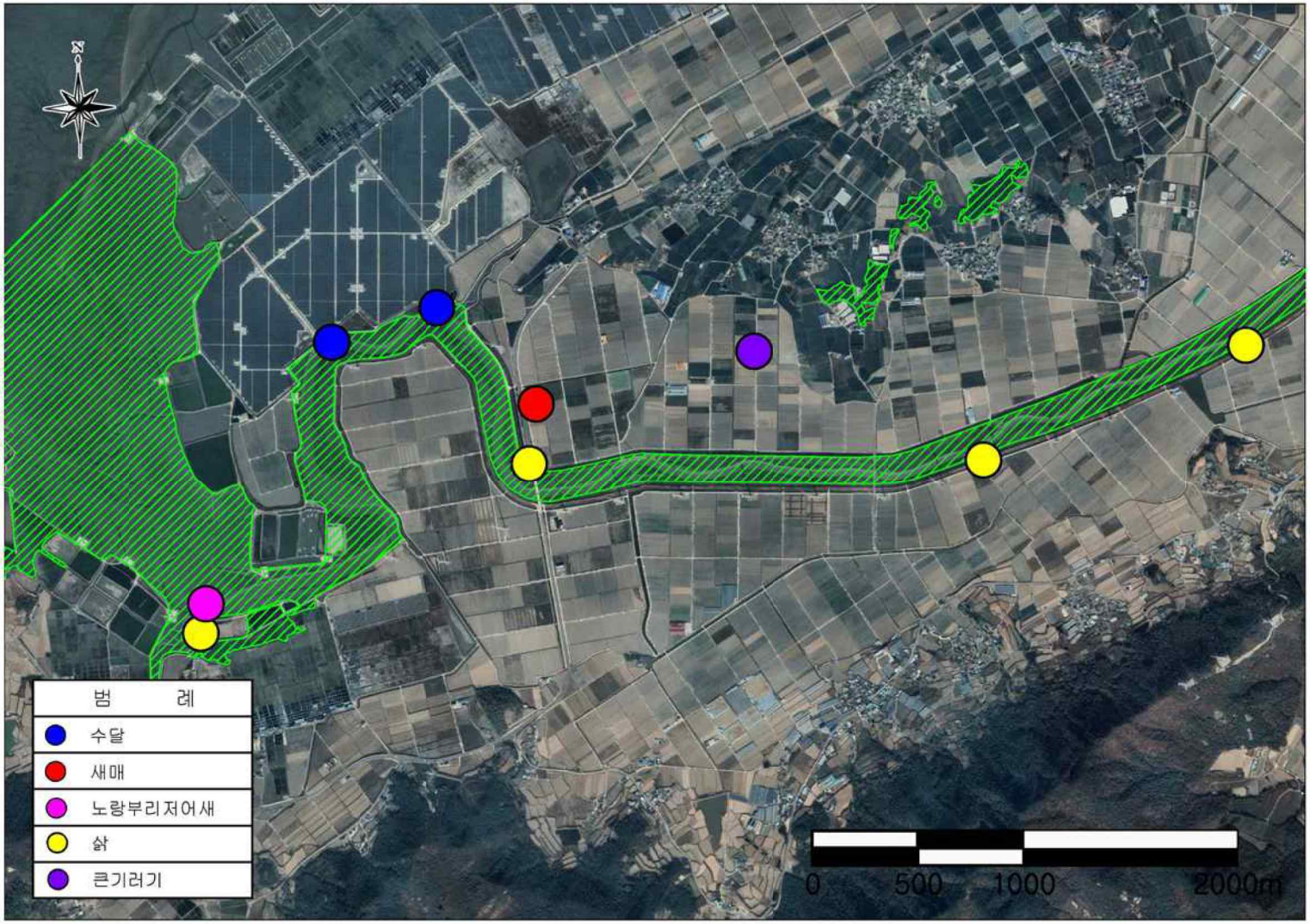
<표 3.1 - 58> 법정보호종 출현현황<현지조사, 문헌조사>

분류군	출현종	천 연 기념물	멸종 위기 야생 생물	현지 조사	권역별	문헌조사									
					1~8차	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
포유류	삵		II	●	-	-	-	-	◎	-	◎	-	◎	-	-
	수달	제330호	I	●	-	-	-	-	◎	-	◎	-	◎	-	-
	담비	-	II	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	◎	-	-
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				8	16	-	6	-	3	-	12	-	9	1	8

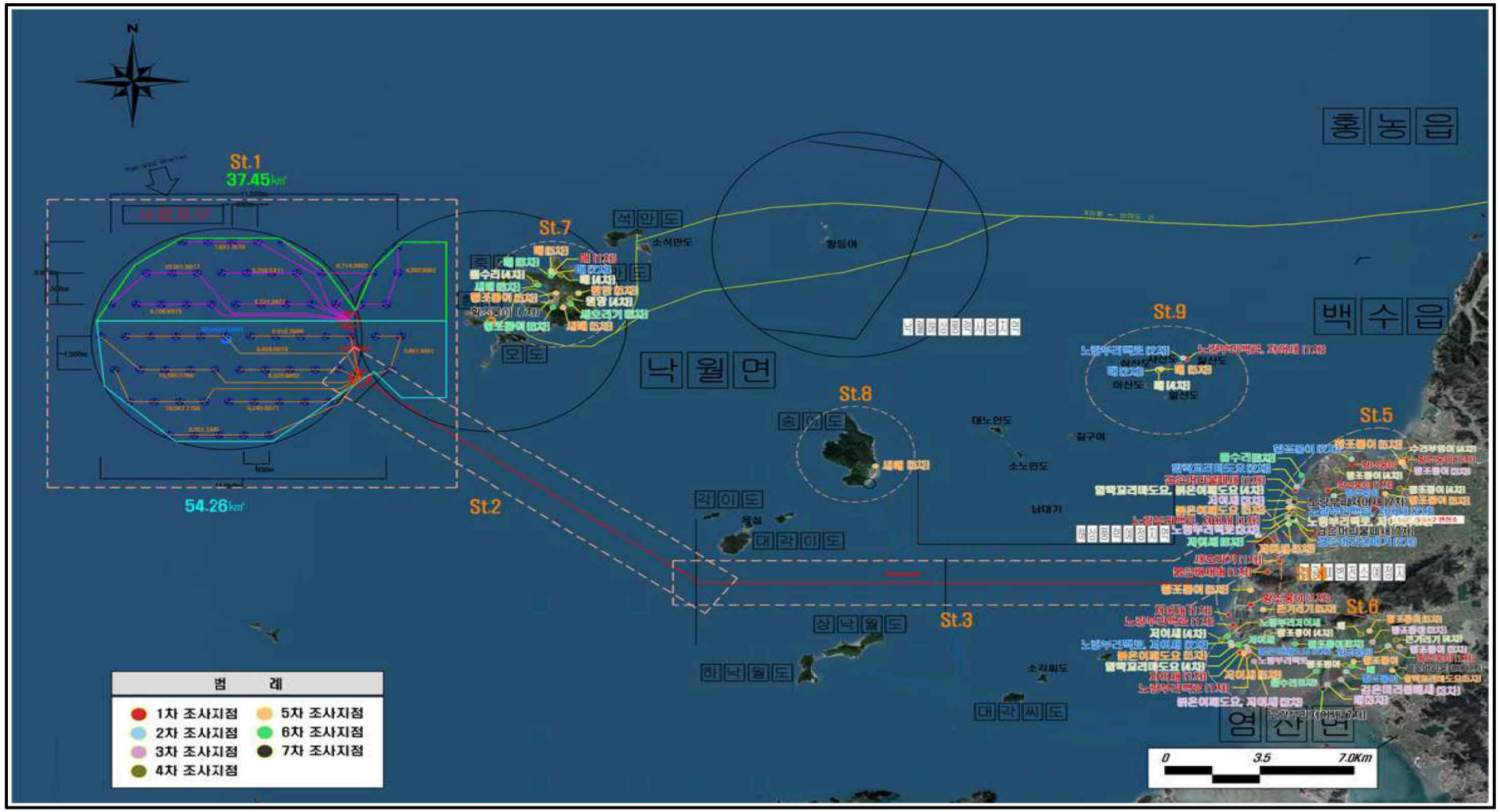
문헌) I. 제3차 전국자연환경조사, 칠산(356103), 2007, 환경부
II. 제4차 전국자연환경조사 멸종위기야생생물, 칠산(356103), 2017, 국립생태원
III. 제3차 전국자연휜경조사, 법성포(356104), 2007, 휜경부
IV. 제5차 전국자연환경조사, 법성포(356104), 2021, 환경부
V. 제3차 전국자연환경조사, 가음(356141), 2009, 환경부
VI. 제5차 전국환경조사, 가음(356141), 2021, 환경부
VII. 제3차 전국자언환경조사, 포천(356142), 2009, 환경부
VIII. 제5차 전국자연환경조사, 포천(356142), 2021, 환경부
IX. 영광군 염산면 송암리 313-40번지 태양광발전 부지조성공사에 따른 소규모환경영향평가, 2020, 미온 태양광발전소
X. 2020-2021년도 겨울철 조류 동시 센서스(영광~함평 해안), 2021, 국립생물자원관



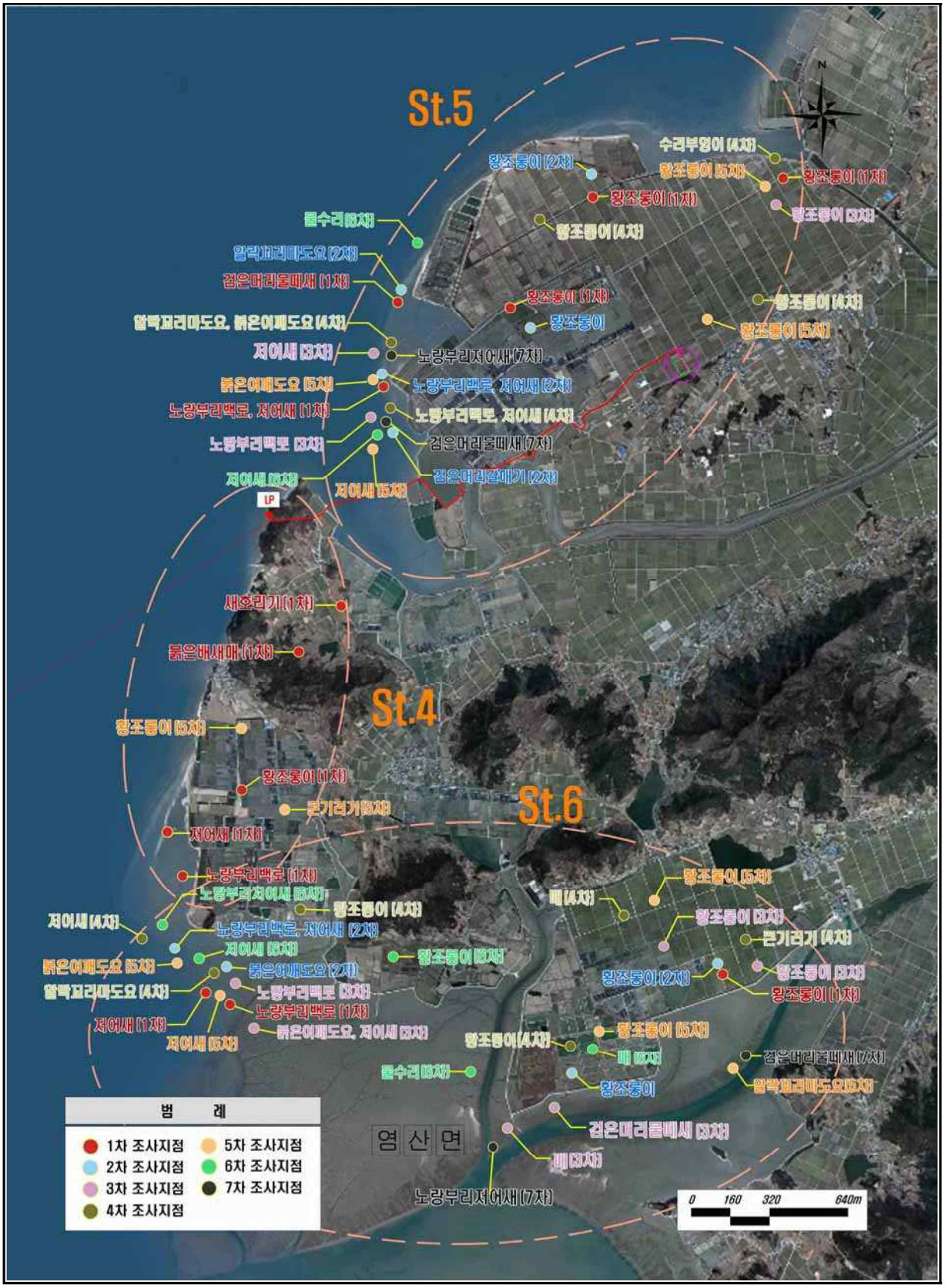
<그림 3.1 - 8> 현지조사(1차, 2차)에서 확인된 법정보호종 위치도



<그림 3.1 - 9> 현지조사(3차)에서 확인된 법정보호종 위치도



<그림 3.1 - 10> 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<권역별 : 전체>



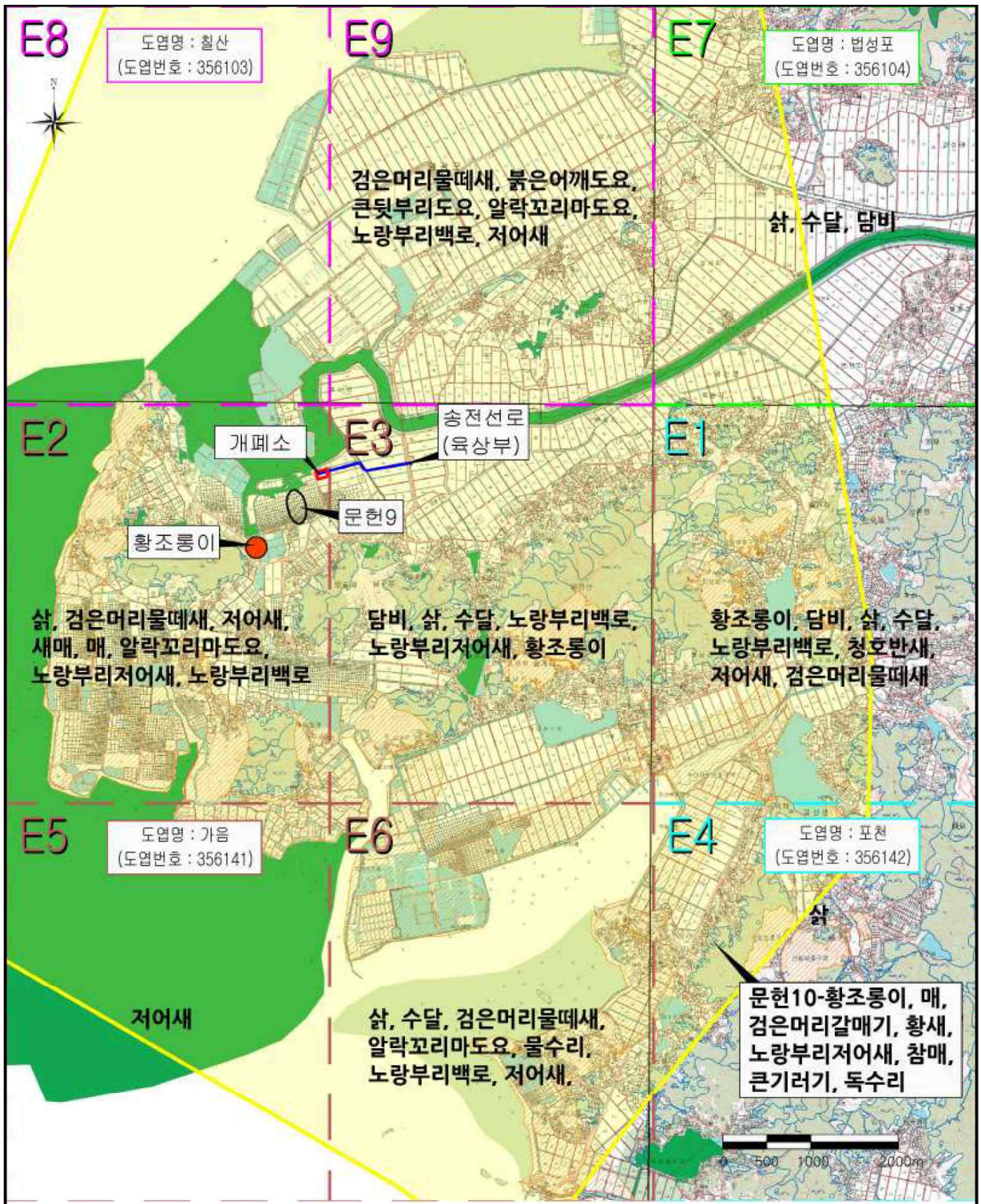
<그림 3.1 - 11> 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<St. 4, 5, 6>

<그림 3.1 - 12> 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<St. 7>

<그림 3.1 - 13> 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<St. 8>

<그림 3.1 - 14> 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<St. 9>

<그림 3.1 - 15> 8차 해상부 광역조류집중조사 법정보호종 출현지점현황<St. 4, 5, 6>



주) 정확한 좌표 및 위치가 명시되어 있지 않은 생물종은 해당 출현 도엽의 격자에 명시하였음

<그림 3.1 - 16> 문헌조사 법정보호종 현황

나. 사업시행으로 인한 영향예측·평가

(1) 법정보호종

○ 육상부 현지조사 결과, 법정보호종은 수달, 삵, 큰기러기, 노랑부리저어새, 저어새, 새매, 새호리기, 황조롱이 등 총 8종이 확인되었음.

○ 해상부 광역조류집중조사 결과, 법정보호종은 노랑부리백로, 노랑부리저어새, 저어새, 원앙, 큰기러기, 새매, 붉은배새매, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 검은머리갈매기, 수리부엉이 등 총 16종이 확인되었음.

○ 총 10개 문헌조사 결과, 법정보호종은 삵, 수달, 담비, 원앙, 큰기러기, 검은머리물떼새, 검은머리갈매기, 붉은어깨도요, 큰뒷부리도요, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 황새, 노랑부리저어새, 저어새, 청호반새, 참매, 새매, 독수리, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이 등 22종이 확인되었음.

① 삵

○ 삵은 산림지역, 개활지 등 전국에 서식하는 포유류로, 주로 설치류, 조류 등을 섭식하는 것으로 알려져 있음.

○ 현지조사에서 삵은 불갑천 일대 초지에서 배설물을 통해 서식이 확인되었으며, 공사 시 소음 및 진동 등 교란요인 발생 시 삵의 활동영역의 축소가 예측됨. 다만, 이동성이 크고 행동반경이 넓어 사업시행 시 회피, 이동할 것으로 예상됨.

② 수달

○ 수달은 주로 하천 및 담수생태계에서 서식하는 포유류로, 주요 먹이원은 어류로 알려져 있으나, 가재, 소형 조류 등을 섭식하기도 함.

○ 현지조사에서 수달은 불갑천 일대 수변부에서 서식이 확인되었으며, 일부 해안가 공사 시 수달의 활동영역의 축소가 예측되지만 넓은 활동반경을 갖는 수달의 생태적 특성을 고려하면 수달에 미치는 영향은 적을 것으로 예상됨.

③ 담비

○ 문헌조사에서 확인된 담비는 우리나라 산림생태계의 최상위 포식자로, 단독 또는 무리지어 사냥하며 소형 조류, 설치류부터 고라니까지 사냥하는 것으로 알려

져 있으며, 시기에 따라 과즙이 있는 으름 등을 섭식하기도 함.

○ 본 조사지역에서 담비가 출현할만한 울창한 산림이 조성되어 있지 않아 출현 가능성은 극히 낮을 것으로 판단되며, 따라서 사업에 시행으로 인해 미치는 영향은 극히 낮을 것으로 예상됨.

④ 참매, 새매, 붉은배새매, 독수리, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이 등 맹금류

○ 현지조사 및 해상부 광역조류집중조사 시 새매, 붉은배새매, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이, 수리부엉이 등이 조사되었고, 그 외 문헌에서 보고되었음.

○ 새호리기와 황조롱이를 제외한 대부분의 맹금류는 우리나라에 겨울철 도래하는 겨울철새로, 넓은 개활지 등에 도래하는 생태적 특성이 있으며, 사업지구 일대 경작지 및 불갑천 일대에 출현 가능성을 완전히 배제할 수 없음.

○ 또한, 매는 우리나라의 무인도서 또는 해안절벽에서 번식하는 텃새로 해상부 광역조류집중조사에서 확인되었으며, 사업지구 일대에서 번식 및 서식은 확인되지 않았음.

○ 따라서 본 사업의 시행으로 인해 해당 지역 공사 시 맹금류의 먹이터 축소 등 일시적인 교란의 영향이 예측되나, 이동성이 강하고 활동영역이 넓은 맹금류의 생태적 특성 상 계획노선 주변으로 유사한 서식환경이 넓게 분포하고 있어 공사 시 미치는 직접적인 영향은 적을 것으로 예상됨.

⑤ 노랑부리백로, 황새, 노랑부리저어새, 저어새, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 검은머리갈매기, 큰뒷부리도요 등 갯벌의존성 수조류

○ 현지조사 시 저어새가 사업지구 외부 불갑천 일대에서 먹이활동 중인 개체가 확인되었으며, 사업지구 내부 경작지 일대에서 출현하지 않았음.

○ 해상부 광역조류집중조사 시 노랑부리저어새는 하천과 농경지, 갯벌에서 휴식중인 개체가 확인되었으며, 검은머리물떼새는 갯벌에서 먹이활동 중인 개체가 확인되었고, 황새는 갯벌에서 휴식중인 개체가 확인되었는데, 예산황새연구원에서 2021년 9월 야상으로 방사한 개체(암컷)로 확인되었음.

○ 전술한 법정보호종은 조사지역의 해안가와 경작지대 등에서 주로 서식, 활동하는 종으로 사업지구 일대 경작지 및 염전 일대에 태양광발전시설, 기존 풍력발

전기 등이 다수 설치되어 있어 도래 가능성은 낮은 것으로 판단됨.

○ 또한, 주변으로 갯벌지역이 넓게 분포하는 입지환경을 고려하면 공사시 주변지역으로 회피, 이동할 것으로 예상됨.

⑥ 원앙

○ 문헌조사에서 확인된 원앙은 양호한 산림지역의 계곡부 또는 소류지 주변의 수동이 있는 나무에서 번식하는 생태적 특성이 있으며, 겨울철 남해안, 제주도 지역에서 큰 무리를 이루어 월동하기도 함.

○ 사업지구 일대는 원앙이 선호하는 양호한 담수환경이 미약하며, 특히 원앙이 번식지로 이용할 수 있는 대경목 등이 조성되어 있지 않아 원앙의 서식지가 형성될 가능성이 희박하여 본 사업으로 인해 미치는 영향은 미약할 것으로 예상됨.

⑦ 큰기러기

○ 큰기러기는 우리나라에 도래하는 겨울철새로, 대규모 무리를 이루어 한강하구, 금강하구, 영산강 하구지역과 대형 담수호 인근의 간척지 등에 도래하는 특성이 있음.

○ 해상부 광역조류집중조사 시 큰기러기는 육상부 주변의 농경지에서 먹이활동을 하는 개체군이 확인되었으며, 겨울철 일시적으로 먹이활동을 위해 도래한 것으로 예상되며, 향후 공사로 인한 영향 발생시 사업지구 일대를 회피할 것으로 판단됨.

○ 따라서 본 사업의 시행으로 인해 큰기러기에 미치는 직접적인 영향은 미약할 것으로 예상됨.

⑧ 수리부엉이

○ 해상부 광역조류집중조사 시 확인된 수리부엉이는 텃새로, 우리나라에 서식하는 조류 중 가장 최상위 포식자로 알려져 있음.

○ 수리부엉이는 절벽, 절개지 등을 번식지로 선호하며, 대부분이 농경지로 구성된 사업지구 일대는 수리부엉이의 번식지로 적합하지 않음.

○ 따라서 본 사업의 시행으로 인해 수리부엉이에 미치는 직접적인 영향은 미약할 것으로 예상됨.

⑨ 청호반새

○ 청호반새는 문헌조사에서 보고된 여름철새로 농경지 또는 산지 물가나 강가에 서식하며, 부리는 물고기나 양서류를 낚아채기 좋은 구조로 되어 있어 사냥에 용이함.

○ 하천가 또는 산 중턱의 벼랑에 구멍을 파거나 나무구멍을 번식지로 선호하며, 대부분이 농경지로 구성된 사업지구 일대는 청호반새의 번식지로 적합하지 않음.

○ 따라서 본 사업의 시행으로 인해 수리부엉이에 미치는 직접적인 영향은 미약할 것으로 예상됨.

⑩ 운영단계의 영향 예측·평가

○ 운영단계에서 조사지역 법정보호종에 미치는 영향은 미약할 것으로 예상됨.

(2) 해상부 영향 예측·평가

(가) 영향 예측 및 평가항목

○ 본 계획대상지는 영광군 낙월면 안마도리 일대의 해상으로, 주변으로 대규모 어항이 형성되어 있지 않아 항구에서 휴식, 먹이활동을 하는 갈매기류 등 다양한 해양조류의 주요 취식지, 휴식지 등이 형성되기 어려운 지역임.

○ 하지만 건설 예정인 풍력발전기의 날개 회전으로 발생하는 와류로 인해 인근을 지나거나 비행하는 조류는 풍력발전기 타워 또는 날개 등에 충돌할 가능성이 있으며, 대규모 조류가 규칙적으로 휴식하거나 취식하는 지역(번식지, 월동지 및 중간기착지), 규칙적인 장거리 또는 지역적 이동경로에 위치한 풍력발전단지는 조류충돌을 증가시킬 수도 있음(홍 등 2019).

○ 또한, 대단위 풍력발전단지 개발 과정에서 발생할 수 있는 새로운 구조물, 풍력발전기의 가동 시 발생하는 소음과 진동 그리고 공사 및 유지보수를 위해 수시로 이동하는 선박 등은 조류의 서식에 영향을 미칠 수 있음(홍 등 2019).

○ 특히 연안과 앞바다의 조류는 조수의 변화에 따라 이동하므로, 조류충돌의 위험성은 조수의 변화에 따라 달라질 수 있으며(Drewitt et al 2006), 각 종별로 이용하는 서식지와 비행패턴 등의 차이로 인해 풍력발전기와 조류충돌로 인한 치사율은 상이함(De Lucas et al 2008).

○ 국내 해상풍력 발전사업 환경영향평가 중점 평가항목으로는 조류의 이주경로와 번식지역에 대한 사항이 세부적인 조사항목으로 명시되어 있으며, 운영 시 조류에 미치는 영향예측이 주요한 평가항목으로 구분되고 있음.

○ 또한 해상조사를 통해 일차적으로 얻은 조류의 공간 이용 및 행동 패턴 정보들을 GIS 등 시각적으로 분석하여 조류에 미치는 발전단지의 영향을 검토하는 방향을 권고하고 있음.

○ 안마도 해상풍력 발전단지 및 계획노선(송전선로) 주변에 서식하는 조류에 대한 영향, 예측 및 평가를 위해 국내·외 사례를 참고하여 현실적으로 적용가능여부를 감안하여 다음과 같은 영향, 예측 및 평가항목을 설정하였음.

<표 3.1 - 53> 계획대상지 및 계획노선에서의 조류 영향에 대한 조사, 예측 및 평가 방법

항 목	내 용	
조사방법	국외	▪ 계획대상지 인근 해상에 관측지점을 설치하고, 정점관측법에 의한 연간 조사를 실시(영국) ▪ 비행기나 선박에서 관측하거나 레이더를 이용하여 조사(미국, 덴마크)
	국내	▪ 계획대상지 인근 해상에 관측지점을 설정하고, 정점관측법에 의한 조사 수행 ▪ 계획대상지 및 계획노선 주변지역에 대한 선박을 이용한 관측조사수행
예측 및 평가방법	국외	▪ 이동장애에 관하여 일주 혹은 계절에 따라서 조류의 이동 유무를 포함한 정성적인 예측(영국) ▪ 교란은 조류의 영향이 미치는 범위가 문헌에서는 400~800m로서 사업에 따라 영향이 미치는 범위를 계획대상지 주변의 조류 서식범위와 비교하여 충분히 넓게 비교(영국) ▪ 충돌은 이용 빈도나 비행고도 등을 고려하여 충돌수의 정량적 예측을 실시하고, 그 결과와 계획대상지 주변에서 서식하는 마릿수와 비교(영국), 또는 이용 빈도나 비행고도 등을 포함한 정성적인 예측(미국) ▪ 다른 사례와 비교하여 이동장애(미국, 덴마크), 교란(미국, 덴마크) 및 충돌(덴마크)에 대한 정성적인 예측
예측 및 평가방법	국내	▪ 이동경로 및 번식지역 조사 ▪ 운영 시 조류 이동에 미치는 영향 예측 ▪ 이동장애에 관한 계절에 따른 조류의 이동 유무를 포함한 정성적인 예측 ▪ 교란은 조류의 영향이 미치는 범위(문헌에서는 400~800m)로 사업에 따라 영향이 미치는 범위를 계획대상지 주변의 조류 서식범위와 비교하여 충분히 넓게 조사·비교하기 위해 해상의 경우 최대 4㎞, 육상은 1㎞ 확대 조사 ▪ 충돌은 이용 빈도나 비행고도 등을 고려하여 충돌수의 정량적 예측을 실시하고, 그 결과와 계획대상지 주변에서 서식하는 마릿수와 비교(영국), 또는 이용 빈도나 비행고도 등을 포함한 정성적인 예측(미국) ▪ 다른 사례와 비교하여 이동장애(미국, 덴마크), 교란(미국, 덴마크) 및 충돌(덴마크)에 대한 정성적인 예측

(나) 공사 시 및 운영 시 조류 영향예측·평가

○ 계획대상지는 영광군 낙월면 안마도리 서측 해상에 계획되어 있고, 가까운 육상으로부터 거리는 최단거리 약 31㎞가량 이격되어 있으며, 식생이 분포하지 않는 해상지역의 입지특성 상 다양한 조류의 번식지, 취식지가 형성되기 어려운 지역임.

○ 또한 계획대상지 주변으로 항구, 대규모 갯벌지역, 해상 가두리 양식장 등 갈매기류를 포함한 수조류의 주요 휴식처, 섭식처가 분포하지 않는 것으로 조사됨.

○ 현지조사 결과, 해상에서 확인된 조류는 1차 총 36과 66종 8,788개체로 우점종은 괭이갈매기(3,211개체, 36.54%), 2차 총 31과 74종 7,355개체로 우점종은 괭이갈매기(2,014개체, 27.38%), 3차 총 27과 70종 8,650개체로 우점종은 괭이갈매기(2,426개체, 28.05%), 4차 총 26과 76종 12,130개체로 우점종은 흰물떼새(2,449개체, 20.19%), 5차 총 28과 75종 5,550개체로 우점종은 괭이갈매기(931개체, 16.77%), 6차 총 31과 70종 7,418개체로 우점종은 민물도요(2,064개체, 27.82%), 7차 총 27과 54종 4,980개체로 우점종은 괭이갈매기(2,353개체, 47.25%)로 확인됨.

○ 금회 8차 현지조사 결과, 해상에서 확인된 조류는 총 29과 56종 3,865개체로, 이중 우점종은 괭이갈매기(1,385개체, 35.83%)로 확인됨.

○ 한편, 계획대상지 내 대규모 또는 주요 이동경로는 확인되지 않았으며, 따라서 사업시행으로 인해 조류의 이동경로에 미치는 직접적인 영향은 적을 것으로 판단됨.

1) 해상부 조류 이동경로 및 행동패턴

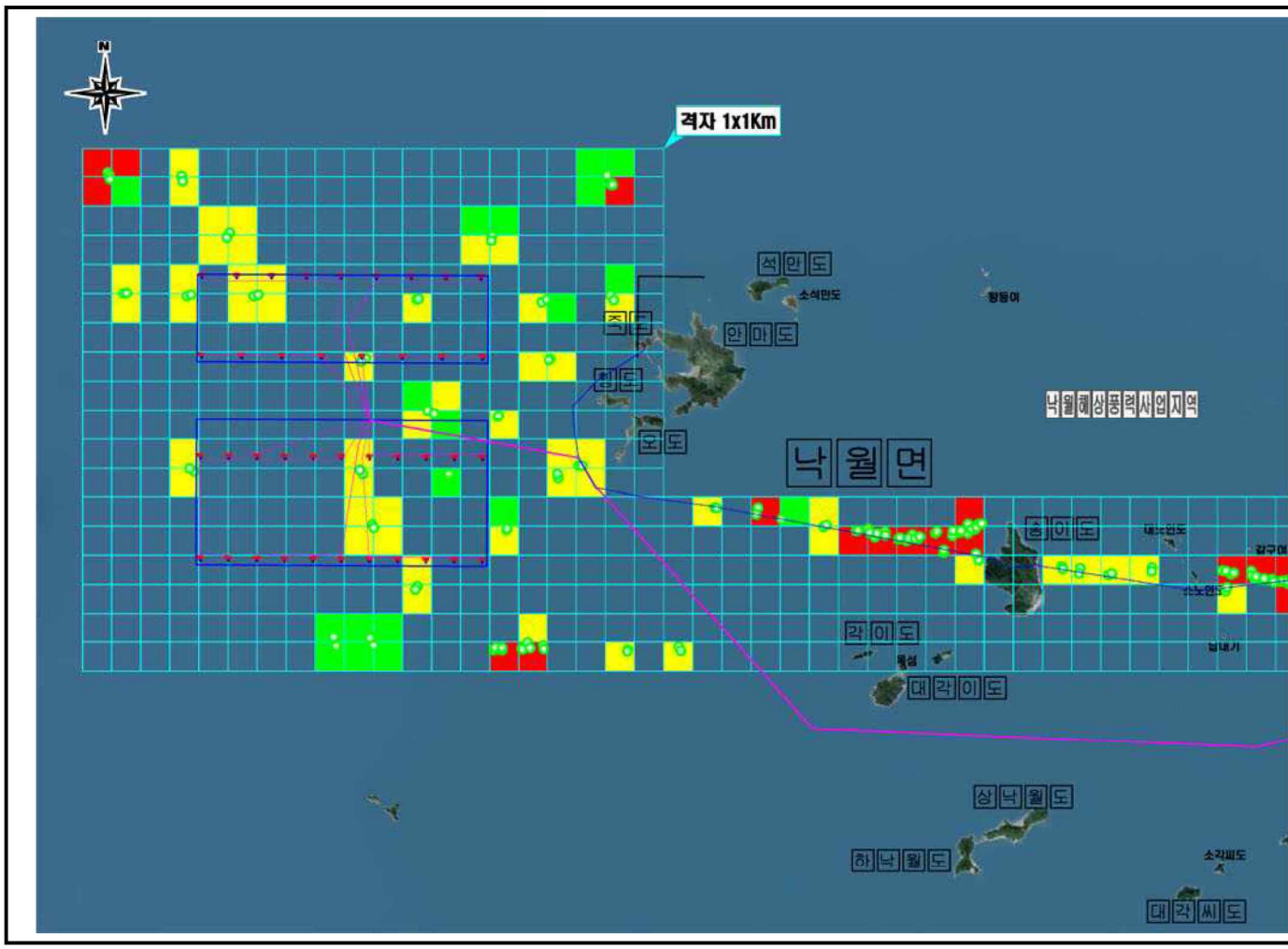
○ 해상조사 시 확인된 조류의 이동패턴은 해저송전선로 매설구간에서는 주로 동측에 위치한 육지지역으로 향하는 이동패턴을 보였으며, 풍력발전단지의 계획대상지에서는 주로 북쪽 또는 북서쪽을 향해 날아가는 패턴을 나타냈음.

○ 조류의 이동패턴 및 방향은 종별, 계절별, 기후 등에 따라 상이할 수 있으며, 지속적으로 모니터링하여 계획대상지 일대에서 이동하는 조류를 정성적, 정량적으로 분석할 계획임.

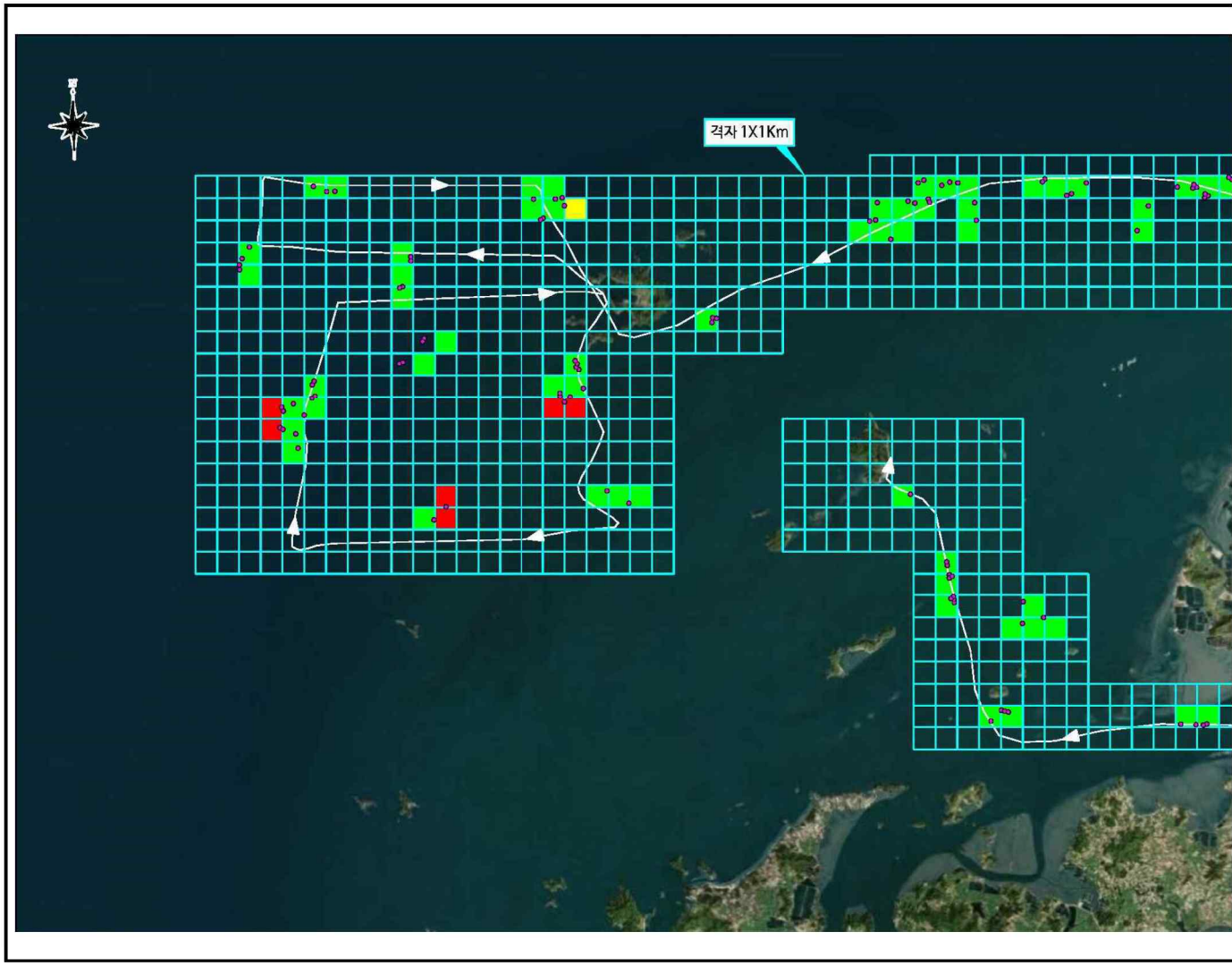
○ 해상조사에서 확인된 조류의 밀도는 계획대상지 남측과 북서측 해역에서 가장 높은 것으로 나타났으며, 먹이원의 위치와 밀접한 연관이 있을 것으로 예상됨.

<그림 3.1 - 17> 해상조사 시 확인된 조류의 이동패턴

<그림 3.1 - 18> 해상조사 시 확인된 조류의 이동패턴(23.04월)



<그림 3.1 - 19> 해상조사 시 확인된 조류의 중점 출현지역



<그림 3.1 - 20> 해상조사 시 확인된 조류의 중점 출현지역(23.04월)

2) 해상부 조류충돌 영향예측 · 평가

○ 계획대상지는 영광군 낙월면 안마도리 서측 해상으로, 해당지역 내 철새의 주요 이동경로, 대규모 서식개체 등은 확인되지 않았으며, 대규모 번식지(칠산도, 약 25㎞이격)는 이격되어 분포하는 것으로 조사됨.

○ 다만, 이동성이 강하고 넓은 활동반경을 가지고 있는 본 분류군의 생태적 특성 상 일부 종의 이동 및 유입 가능성을 완전히 배제할 수 없으며, 종별 비행 방해요인(Strasbourg. 2003)을 검토한 결과, 일부 종에서 조류충돌이 예상됨.

○ 조류충돌은 대부분 안개 및 강우 등 악기상 상황이나, 야간에 주로 발생하는 것으로 알려져 있으며, 계획대상지 내 충돌이 발생 시 해당 기상환경 및 시간대에 발생할 것으로 예상됨.

○ 하지만 계획대상지 내 조류가 이동 시 중간기착지 역할을 할 수 있는 무인도서가 분포하지 않고, 육지와 인접한 지리적 특성 상 도서지역과 육상지역을 이동하는 철새보다 해양조류에 미치는 영향이 더 클 것으로 예상됨.

○ 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 있음(Bradbury et al 2014, Johnston et al 2014).

○ 하지만 갈매기류는 풍력발전기 주변으로 접근할 때 시각적으로 확인 후 비행고도를 조절하며 회피가 가능하며(Krijgsveld et al 2011), 원격 적외선 감시 시스템 및 레이더를 통해 이동성을 파악한 결과, 풍력발전기 블레이드 아래로 비행하는 것을 선호하는 것으로 조사됨(Petersen et al 2006).

<표 3.1 - 54> 종별 비행 방해요인

구분	방해요인			
	서식지 교란	비행	충돌	직접영향
아비류	●	●	●	
논병아리류	●			
사다새류(펠리컨)			●	
가마우지류				●
해오라기류			●	
고니, 기러기류	●		●	
오리류	●	●	●	
맹금류	●		●	
도요류	●	●		
제비갈매기류			●	
바다오리류	●		●	●
올빼미류			●	
들꿩류	●		●	●
두루미류	●	●	●	
느시류	●		●	●
참새류			●	

문헌) Windfarms and Birds - An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Strasbourg, 2003.

○ 또한 (Densholm and Kahlert 2005)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 보고되었음.

○ 한편, 조류는 이동성이 크며 시야가 넓은 생태적 특성을 가지고 있으며, 해상에 위치한 인공구조물인 풍력발전기를 회피하여 이동할 것으로 예상되나, 일부 종의 충돌 가능성을 배제하지 않고 저감방안을 제시하였음.

3) 조류 위치추적기 부착 조사, 영향예측 · 평가

㉮ 야생조류 포획

○ 야생조류 포획의 대상 종은 괭이갈매기로 선정하였으며 사업지구 인근 영광군 안마도·송이도 및 인근 해안가에서 포획을 실시함.

○ 사업지구와 인접한 안마도·송이도에서 위치추적기 부착을 우선적으로 수행하며, 괭이갈매기 번식이 끝나는 6월 말부터 집중 포획을 실시함.

○ 각종 사유(먹이반응, 포획지 환경, 물 때 등)로 인해 포획이 불가능할 경우 발주처와 협의하여 포획시기 및 장소를 변경하여 수행함.

○ 괭이갈매기의 포획은 공기압축방식의 그물포(Air cannon-net)를 이용하여 포획함.

<표 3.1 - 55> 야생조류 포획 조사

구분	포획대상	개체수	포획장소	포획시기
텃새	괭이갈매기	5	영광군 관내 (안마도)	2022년 6월~8월
텃새	괭이갈매기	5	영광군 관내 (송이도)	2022년 6월~8월

그물포 설치 | 조류 포획

<그림 3.1 - 21> 그물포(Air cannon-net)를 이용한 야생조류 포획

㉯ 위치추적기 부착

○ 야생조류를 포획한 후 실시간으로 조류의 이동을 확인할 수 있는 장비를 활용하며, 국내외에서 실용성이 입증된 장비인 WT-300을 이용하였으며, 위치추적기 WT-300의 개략적인 작동 원리는 다음과 같음.

- 위치추적기를 부착한 개체가 이동하면서 정해진 시간에 GPS 위치정보를 수신, 추적기 내부에 저장

- 획득된 위치정보는 정해진 시간에 상용이동통신망을 이용하여 서버로 전송
- 서버에 저장된 위치정보를 PC/스마트폰을 이용, 웹상에서 확인

○ 위치추적기의 시간 설정은 GPS 수신 1일 12회(0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22), 데이터 송신 1일 1회(낮 12시)로 설정하였음.

○ 위치추적기 부착 시에는 생체중(무게) 측정 및 개체의 건강 상태를 파악하여 위치추적기 부착 여부 결정

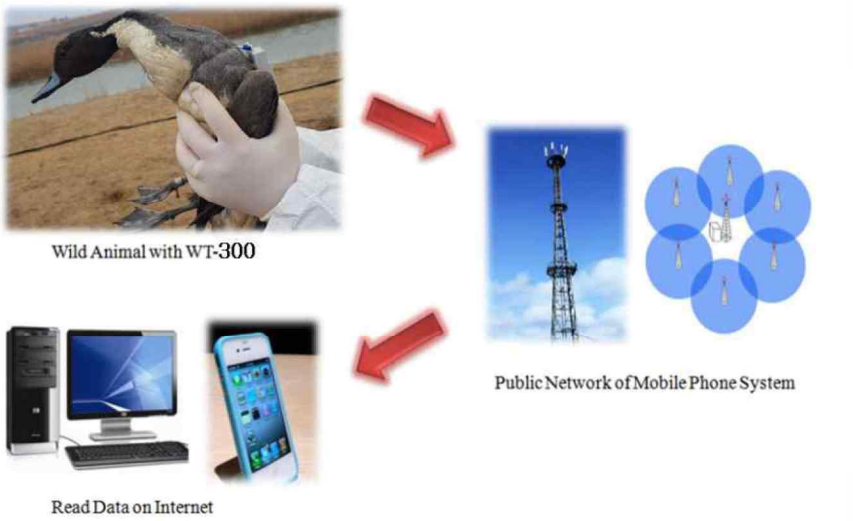
○ 위치추적기 부착은 국제적으로 통용되고 있는 백팩 형태로 부착

○ 위치추적기 부착 시 야생조류의 활동을 고려, 생활에 지장이 없도록 부착

○ 위치추적기는 타 장비와 혼동되지 않도록 추적기마다 고유번호를 부착

○ 빙사 시 사진촬영을 통해 빙사여부 확인

<표 3.1 - 56> 야생동물위치추적기(WT-300) 사양 및 작동원리

<table>
<tr><th>항 목</th><th colspan="2">제 원</th></tr>
<tr><td>무 게</td><td>- 약 22g</td><td rowspan="5"> </td></tr>
<tr><td>수 명</td><td>- 데이터 송수신 사용량에 따라 가변적</td></tr>
<tr><td>메모리</td><td>- 약 200,000회의 위치정보 저장 가능</td></tr>
<tr><td>작동온도</td><td>- -20℃ ~60℃</td></tr>
<tr><td>대상종</td><td>- 500g 이상 야생조류</td></tr>
<tr><td>비 고</td><td colspan="2">- 목적에 따라 GPS 수신횟수, Data 송신횟수 및 주기 조절 가능
- Mobile 통신이 어려울 경우, 내장된 메모리에 위치정보를 자동 저장하여 차후 통신이 가능할 때에 모두 송신, 데이터의 유실을 방지함.
- 글로벌로밍 시스템 도입으로 국외 이동 현황 실시간 추적 가능</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

㈐ 각종 행정사항

○ 관련법령(야생생물 보호 및 관리에 관한 법률)에 의거, 야생조류 포획에 필요한 행정 절차를 통해 포획 및 위치추적기 부착 진행

<표 3.1 - 57> 행정절차

분류	업무유형	세부내용
사전작업 (4~6주)	행정 (2~4주)	▪ 대상종 포획 허가 - 일반종 : 각 지자체(2주) - 천연기념물 : 문화재청 헌상변경(4주) ※ 문화재위원회 심의 일정에 따라 추가 일정 소요 - 멸종위기야생생물 : 각 지방유역환경청(2주)
	추적기준비 (4~6주)	▪ 위치추적기 주문 - WT-300 Pintail(22g) 이상 4주 - WT-300 Crow(15g) 이하 6주
	현장조사 (3~4주)	▪ 포획대상종 분포, 밀도, 포획장소 확인 ▪ 포획지 이용실태 파악 : 이용시간, 이용형태(취식지, 휴식지 등), 이용 범위 ▪ 먹이 반응 확인 ▪ 현장을 고려한 포획 계획 수립 : 포획방법 결정(캐논넷, 미스트넷 등) 및 투입 인력 조정
포획준비 (1~2주)	행정	▪ 포획허가서 수령 - 포획허가 내용에 따라 재허가 신청(조건부 허가일 경우)
	추적기준비 (약 1주)	▪ 추적기 수령 및 작동 테스트 ▪ 부착장비(하네스 끈 등) 확인
	현장준비 (1~2주)	▪ 포획지 내 그물 설치, 경계 완화 작업 등 ▪ 유인 가능종 : 1~2주 유인작업 실시 ▪ 유인 불가종 : 현장 상황을 고려하여 포획장비, 방법, 시간 선정 후 진행
포획실시	포획실시 (3일 이내)	▪ 개체 포획, 사진촬영 및 추적기 부착/방사
결과보고 (약 3주)	행정	▪ 지자체 포획 완료 보고
	보고서작성	▪ 발주처와 모니터링 기간 선정 및 협의 ▪ 위치추적 모니터링 : 데이터 확보 기간 ▪ 결과 분석 : 이동 유형 및 특성 분석 ▪ 최종 결과보고서 작성 : 발주처와 협의

㈑ 조류 위치추적기 조사 분석

○ 위치정보의 분석은 시작일은 위치추적기의 부착 일자부터, 종료일은 신호가 중단된 개체의 경우 신호 중단일자, 신호가 지속적으로 수신되는 개체의 경우 2022년 11월 28일 까지의 위치정보를 대상으로 하였음.

○ 이동경로 분석의 경우 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 전 개체에 대한 분석과 함께 부착지별 분석, 월별 분석을 함께 수행하였음.

○ 행동권 분석은 시간대별 위치정보를 바탕으로 추적된 자료를 활용하여 가장 보편적으로 활용되는 최소볼록다각형법(MCP)과 핵심분포추정법(KDE)을 사용함.

- 최소볼록다각형법(MCP : Minimum Convex polygon Method)은 획득된 위치정보의 최외곽선을 연결하여 블록 다각형으로 행동권을 표현하는 방법이며, 간혹 이동한 먼 거리의 좌표 사항이 포함되기 때문에 거의 이용하지 않는 범위도 행동내에 포함된다는 단점이 있음. 다만 과거부터 이용되어 온 방법으로 다른 지역의 사례와 비교하는 데 적합함.

- 핵심분포추정법(KDE : Kernel Density Estimation)은 행동권의 밀도 분포를 신과 같은 곡선으로 표현하는 방법으로 95%는 일반적 행동권을, 50%수준은 중심영역(핵심서식지)을 나타내는 것으로 알려져 있어, 이용 빈도에 따른 행동영역을 파악하는 데 적합함.

- 전체적인 행동권과 핵심분포영역 파악에 가장 널리 쓰이는 MCP 100% 방법과 KDE 95%, 90%, 50%를 이용하였음

○ 행동권 분석 시 사업지구를 완전히 벗어난 경우, 국외로 이동한 경우에는 분석 대상에서 제외함.

○ 이동경로 분석 및 행동권 분석에는 지리정보프로그램인 QGIS 3.x 와 통계분석 프로그램 R 4.x를 활용하였음.

㈐ 조류 위치추적기 조사 결과

① 위치추적기 부착 현황

○ 2022년 7월 7일 송이도에서 5개체, 8월 2일 안마도에서 5개체 총 10개체의 괭이갈매기를 포획, 위치추적기를 부착하였음.

○ 송이도에서 포획된 개체들은 유조 깃이 확인되지 않는 모두 3년생 이상 성조가 포획되어 성조 5개체에 위치추적기를 부착하였음.

○ 안마도의 경우 성조와 유조가 함께 포획되었으며 이중 성조 3개체와 유조 2개체에 위치추적기를 부착하였음.

○ 각 개체들의 무게를 측정하였으며 생체중 450g~610g 범위의 개체들을 대상으로 외형상(깃털 상태, 부상 어부 등) 문제가 없는 개체들을 선별하여 위치추적기를 부착하였음.

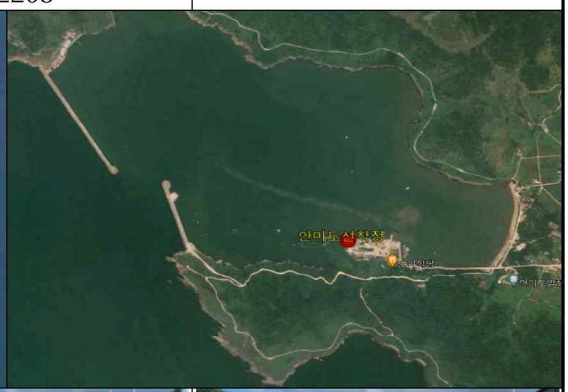
<표 3.1 - 58> 위치추적기 부착 현황

순번	추적기번호	생체중(g)	연령	부착일자	부착위치
1	sol2201	580	성조	2022년 7월 7일	송이도 선착장 (영광군 낙월면 송이리) N35° 16′ 20.1″ E126° 9′ 2.2″
2	sol2202	610	성조		
3	sol2203	500	성조		
4	sol2204	502	성조		
5	sol2205	505	성조		
6	sol2207	530	유조	2022년 8월 2일	안마도 선착장 (영광군 낙월면 월촌리) N35° 20′ 44.0″ E126° 0′ 57.9″
7	sol2209	590	성조		
8	sol2206	455	성조		
9	sol2208	515	성조		
10	sol2210	525	유조		

그물포(Cannon-net) 사진

괭이갈매기 포획 사진

<그림 3.1 - 22> 포획지 그물포 설치 및 야생조류 포획

송이도			
	sol2201	sol2202	sol2203
			- 공 란 -
	sol2204	sol2205	
안마도			
	sol2206	sol2207	sol2208
			- 공 란 -
	sol2209	sol2210	

<그림 3.1 - 23> 송이도 및 안마도 부착지 및 부착개체

② 전 개체 이동현황

○ 2023년 5월 24일 까지의 위치정보를 바탕으로 전 개체 이동 현황을 확인하였음.

○ 위치추적기를 부착한 전체 10개체 중 2023년 5월 24일 현재까지 신호를 송신중인 개체는 총 7개체로 확인됨. 7개체 중 sol2206, sol2207 2개체는 5월 24일 당일까지, 그밖에 sol2202 개체는 5월 22일, sol2204 개체는 5월 23일, sol2208 개체는 5월 18일, sol2209 개체는 5월 23일, sol2210 개체는 5월 23일 까지 마지막으로 신호를 송신한 것으로 확인되었으며, 공해상 및 음영지역 이동을 고려하면 총 7개체가 현재까지 위치정보를 송신중인 것으로 판단할 수 있음.

○ 그 외 3개체의 경우 송이도에서 부착한 개체들로 sol2201 개체가 2022년 9월 17일, sol2203 개체가 2022년 8월 7일, sol2205 개체가 부착 당일인 2022년 7월 7일 신호가 중지되었음.

- sol2201 개체는 추적기 부착 후 다른 지역으로 이동 없이 부착지인 송이도 선착장 인근에서 활동하다 9월 17일 신호 종료
- sol2203 개체는 추적기 부착 후 전남 서해안 인근에서 활동하던 중 북상, 새만금 인근 고군산군도로 이동한 후 8월 7일 신호 종료
- sol2205 개체는 추적기 부착 당일 신호 종료

○ 이들 3개체는 이동 상황과 통신유무 등을 고려할 때 각종 사유로 개체가 폐사한 것으로 판단됨.

- 폐사 사유로는 천적에 의한 사냥, 어구 등 각종 장애물에 의한 사고, 탈진 등 다양한 원인이 있음.

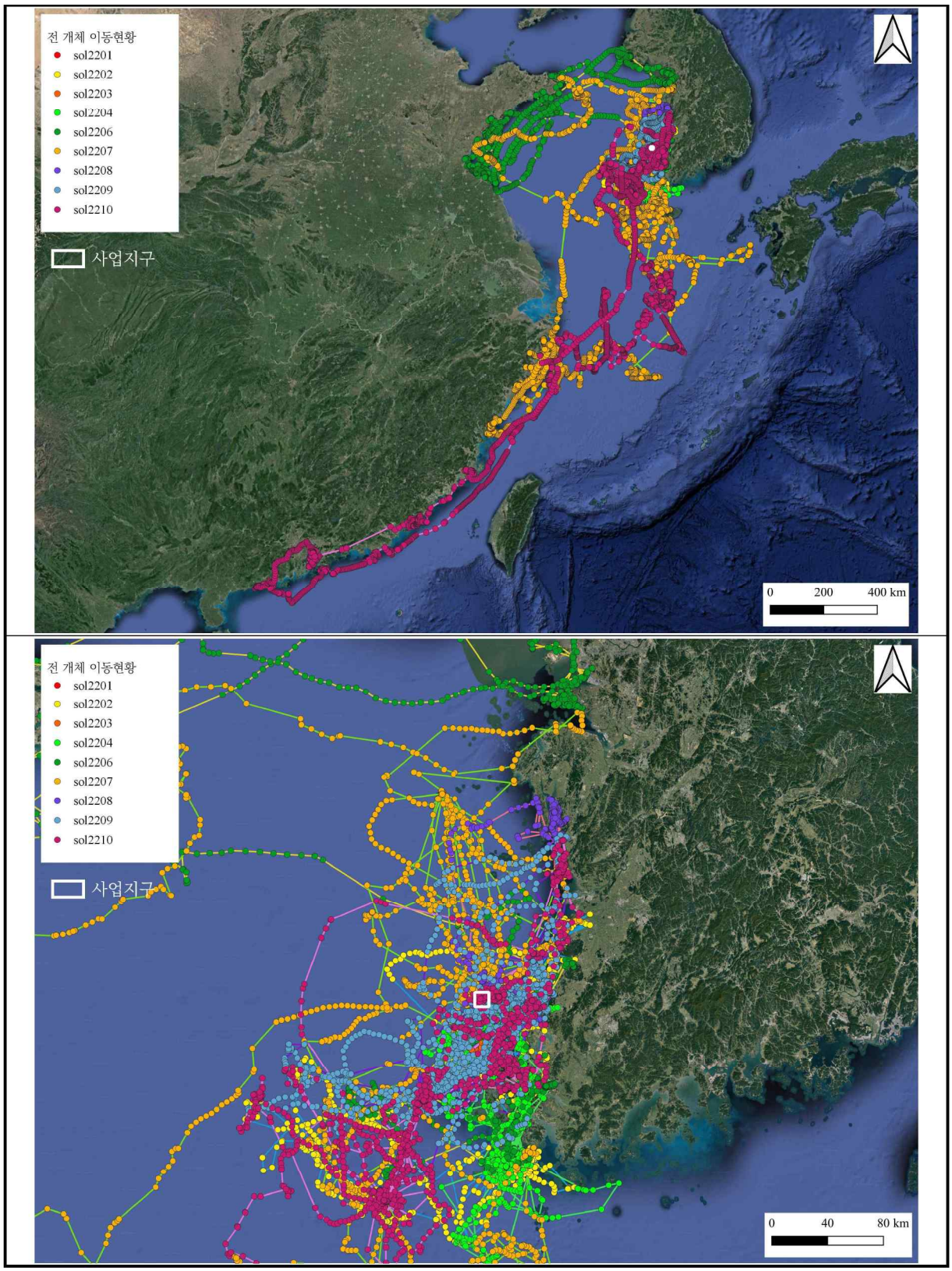
○ 나머지 7개체 중 sol2206, sol2207, sol2210 등 3개체는 국내를 벗어나 서해를 횡단하는 장거리 이동이 확인되었음. 이중 sol2206 개체는 청두 인근 중국 서해안을 2회 왕래 후 국내로 회귀, sol2207 개체는 제주도, 일본 큐슈 인근, 중국 서해안, 중국 남동부 푸저우 인근 까지 이동 후 국내로 회귀, sol2208 개체

는 중국 서해안을 따라 홍콩, 마카오 인근 해안지역까지 이동 후 국내로 회귀한 것이 확인되었음.

○ 2023년 5월 24일 현재 부착지에서 체류하고 있는 개체는 안마항으로 되돌아온 sol2207 1개체로 확인되며, sol2204, sol2209 개체가 송이도 인근 해상에서 활동 중인 것으로 확인됨.

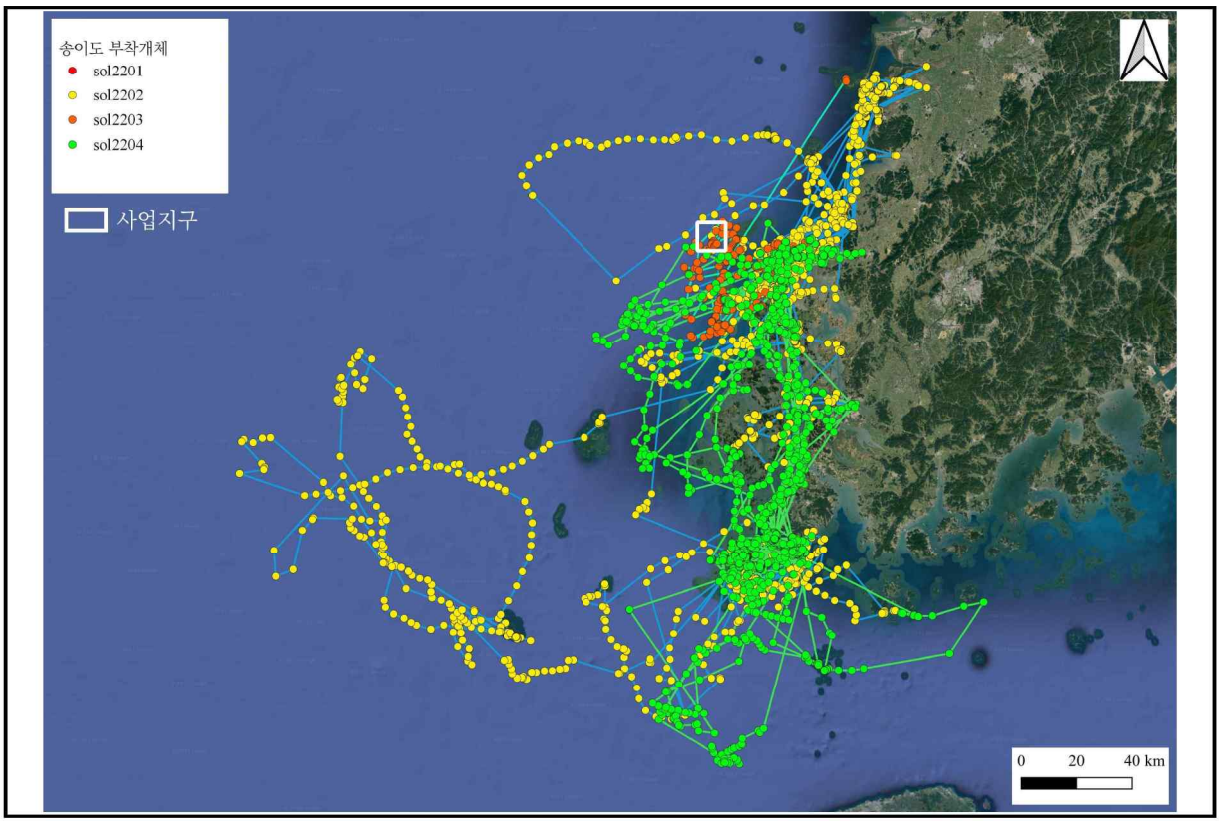
<표 3.1 - 59> 위치추적기 부착 조류 이동현황

번호	추적기번호	부착일	부착지역	최종수신일	최종위치 (2023년 5월 24일 기준)
1	sol2201	2022.07.07.	송이도	2022.09.17.	전남 영광군 낙월면 송이도 선착장
2	sol2202	2022.07.07.	송이도	2023.05.22.	전남 영광군 낙월면 송이도 인근 해상
3	sol2203	2022.07.07.	송이도	2022.08.07.	전북 군산시 옥도면 고군산군도 인근
4	sol2204	2022.07.07.	송이도	2022.05.23.	전남 영광군 낙월면 송이도 인근 해상
5	sol2205	2022.07.07.	송이도	2022.07.07.	-
6	sol2206	2022.08.02.	안마도	2023.05.24.	인천 옹진군 영흥면 영흥도-대부도 인근 해상
7	sol2207	2022.08.02.	안마도	2023.05.24.	전남 영광군 낙월면 안마도 안마항 인근
8	sol2208	2022.08.02.	안마도	2023.05.18.	전남 신안군 임자면 재원도 인근 해상
9	sol2209	2022.08.02.	안마도	2023.05.23..	전남 영광군 낙월면 소노인도
10	sol2210	2022.08.02.	안마도	2023.05.23.	전남 신안군 임자면 진리항 인근 해상



<그림 3.1 - 24> 전 개체 이동현황(위 : 전체, 아래 : 서해안-사업지구 인근)

③ 개체별 이동 현황(송이도)



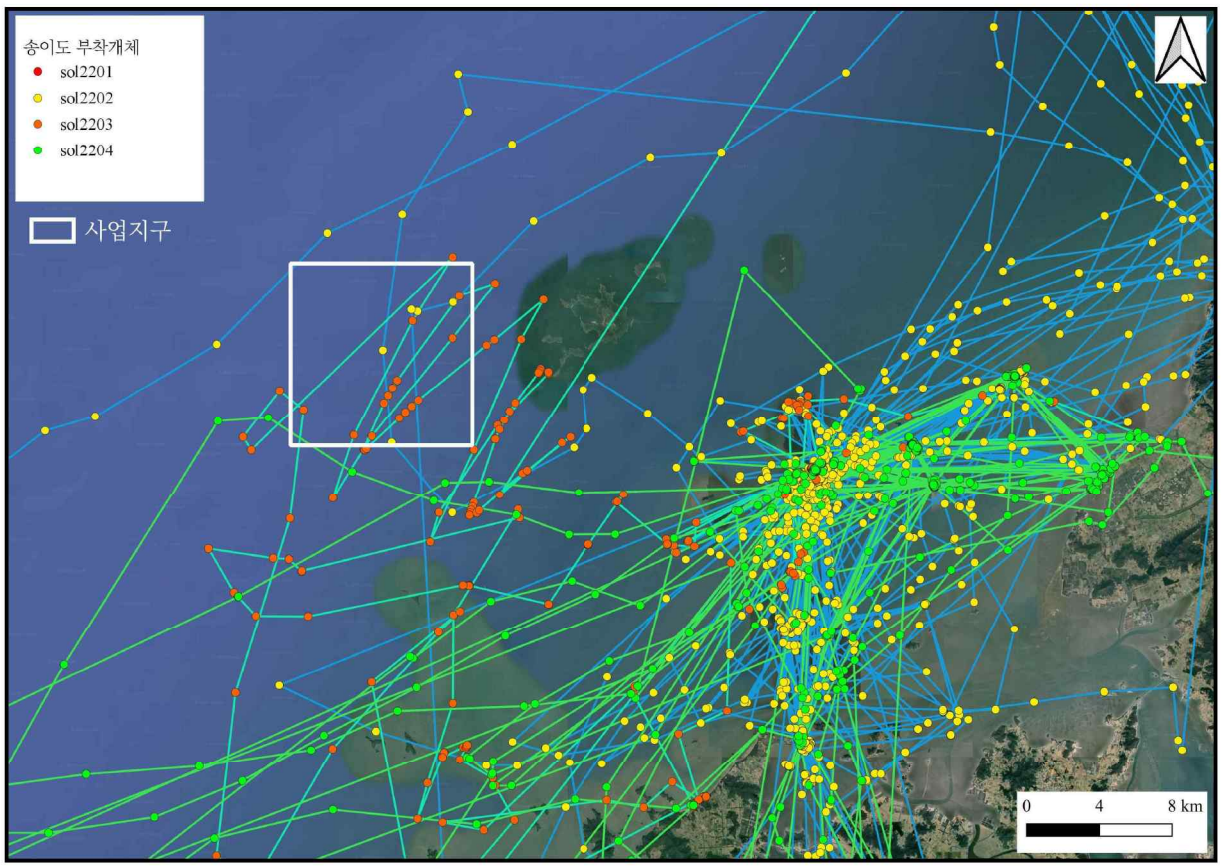
<그림 3.1 - 25> 송이도 부착 개체 이동 현황

○ 2022년 7월 7일 송이도에서 부착한 괭이갈매기 5개체 중 3개체가 부착지를 이탈하여 다른 지역으로 이동하였으며, 이중 2개체가 부착지인 송이도 인근으로 돌아와 활동중에 있음.

- sol2202 개체 : 2023년 5월 23일 현재 전남 영광군 송이도 인근 해상에서 활동 중
- sol2203 개체 : 2022년 8월 7일 전북 군산시 고군산군도 인근에서 신호 중단
- sol2204 개체 : 2023년 15월 23일 현재 전남 영광군 송이도 인근 해상에서 활동 중

○ 나머지 2개체 중 sol2201 개체는 9월 17일 신호 중단 시까지 부착지인 송이도를 벗어나지 않았으며, sol2205 개체는 부착 당일 신호 수신이 중단되어 개체가 폐사한 것으로 추정됨.

○ sol2202, sol2203 개체의 경우 부착지를 이탈해 다른 지역으로 이동 과정에서 사업지구를 수차례 횡단한 것이 확인되었음.



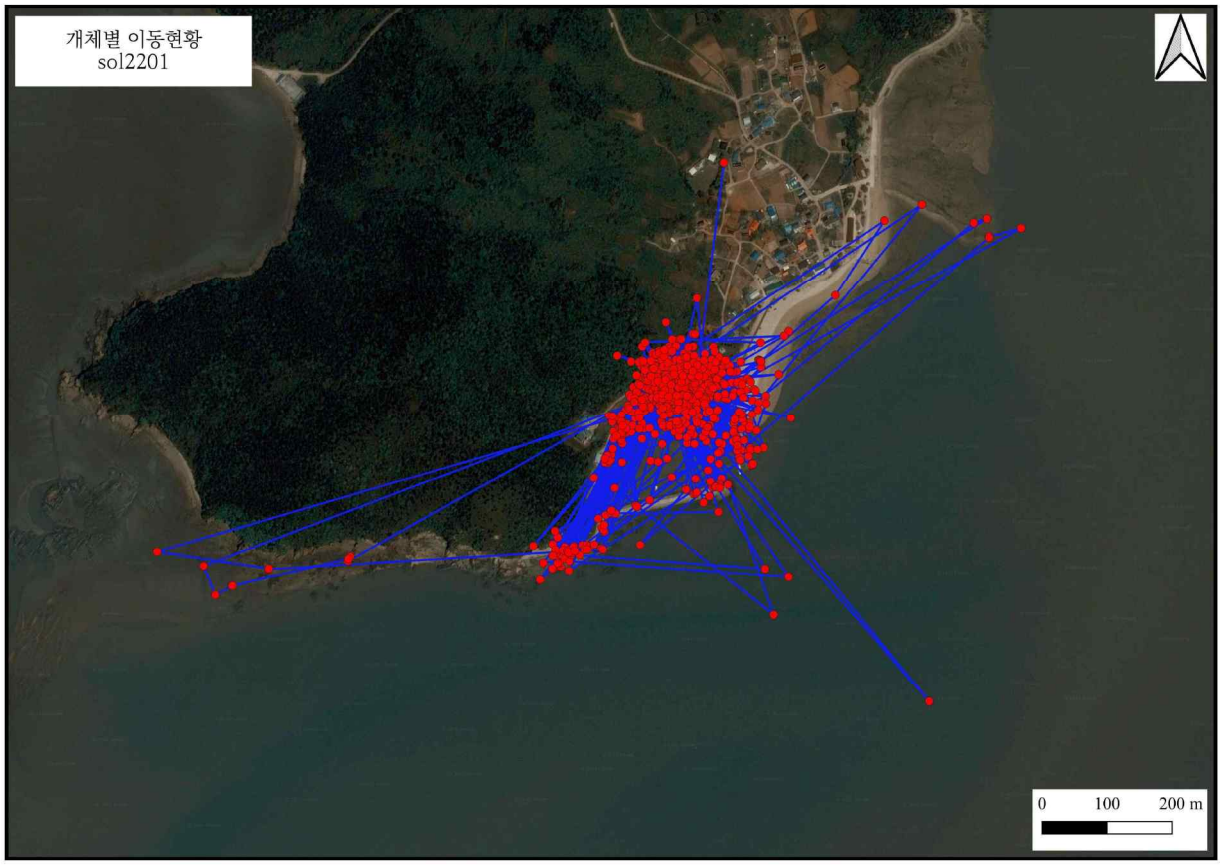
<그림 3.1 - 26> 송이도 부착 개체 : 사업지구 인근

㉠ sol2201

○ 2022년 7월 7일 송이도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 580g로 확인

○ 해당 개체는 위치추적기 부착 후 부착지인 송이도 선착장을 중심으로 인근 해안, 갯벌 등을 중심으로 활동하였음.

○ 약 2개월 가량 이 지역에 머무르던 중 부착지 인근에서 9월 17일 신호가 종료되었음.



<그림 3.1 - 27> sol2201 개체 이동 현황

㉡ sol2202

○ 2022년 7월 7일 송이도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 610g로 확인

○ 해당 개체는 위치추적기 부착 후 부착지인 송이도 선착장을 중심으로 8월 까지 활동하다가 9월 송이도를 이탈, 서남해안 일대를 중심으로 활동하다 2023년 1월 부착지 인근으로 복귀하였음.

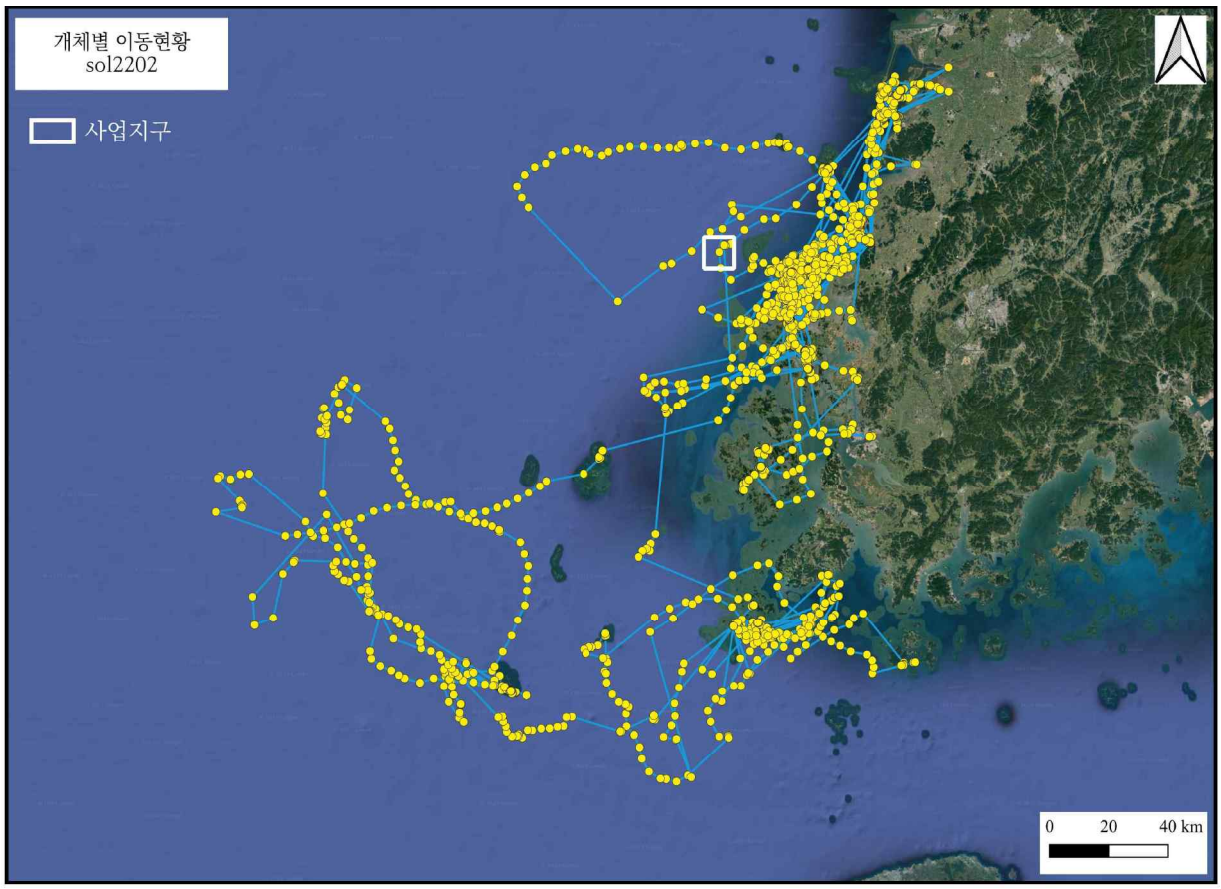
○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 7월~8월 : 7월 7일 부착 후 8월 까지 부착지인 송이도 선착장 인근 해안가를 중심으로 생활함
- 9월 : 9월 5일 송이도를 떠나 님하하여 신안군 지도 인근 해상에 짐시 체류한 후 9월 7일 다시 송이도로 복귀하였음. 이후 송이도 선착장 인근에서 지속적으로 활동하던 중 9월 29일 다시 북상을 시작하여 진남 영광군 계마항을 경유, 전북 부안군 새만금방조제 인근 해상까지 이동하였음.
- 10월 : 새만금 남단 일대와 동진강 상류까지 활발하게 이동하는 양상을 노였으며, 10월 10일 다시 남하를 시작하여 부착지인 송이도로 복귀하였음. 이후 송이도 일대를 중심으로 생활하다 10월 14일 영광군 법성포와 전북 부안군 변산반도 인근 해안 일대로 이동 후 다시 송이도로 돌아왔으며, 10월 19일 전북 부안군 위도를 경유 후 송이도로 복귀하는 등, 송이도를 중심으로 서해안 일대의 해안과 도서지역을 활발히 이동하는 양상을 보임.
- 11월 : 송이도를 중심으로 전북 부안군 위도 일대, 전북 부안군 동진강 및 만경강 하류, 새만금 남단, 전남 신안군 임자도 일대, 전남 영광군 법성포 일대 해안 및 갯벌 지역을 매우 활발하게 왕래하는 양상을 보이고 있음.
- 12월 : 전남 영광군 법성포 일대, 전북 부안군 위도 일대 및 인근 외해를 중심으로 활동하던 중, 12월 11일 남하를 시작하여 서해안 신안군 인근 도서지역 및 인근 해안을 따라 남하하여 12월 13일 전남 진도군 조도 인근 해상에

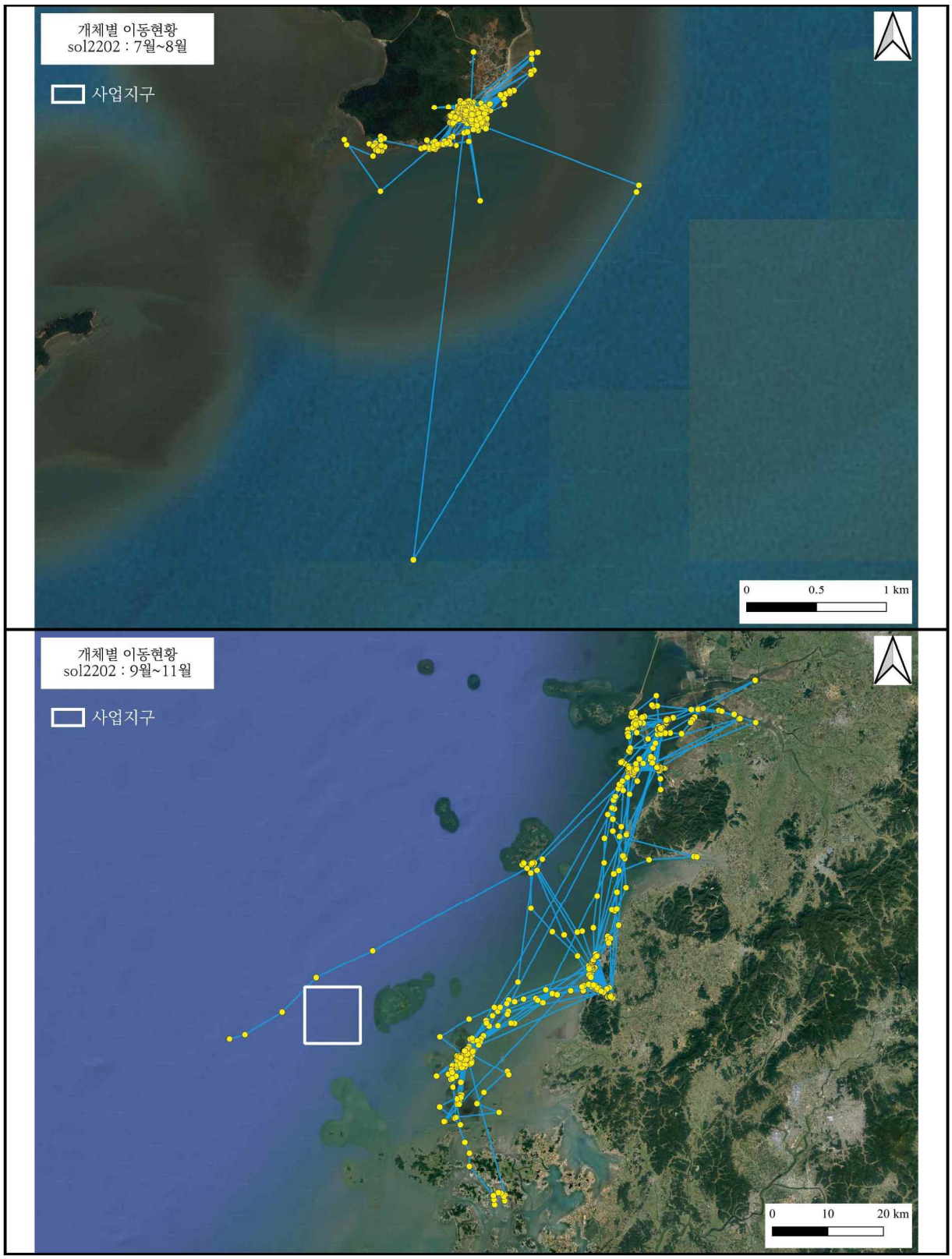
도착. 이후 인근 진도군, 강진군 일대 해안·도서지역을 중심으로 활동하는 양상을 보임. 남하 과정 중 사업지구를 두 차례 통과하는 것이 확인되었음.

- 1월 : 전남 진도군 조도 및 인근 도서지역을 중심으로 활동하였음. 1월 4일 신안군 만재도를 경유 1월 8일 가거도로 이동하였으며, 이후 해당 지역과 서해안 외해를 중심으로 폭넓게 활동하였음. 이후 1월 21일 가거도를 출발, 흑산도를 경유하여 23일 신안군 임자도 인근 내해로 이동하였으며, 이후 임자도·낙월도 및 영광군 법성포 인근 해안을 왕래하며 활동하는 양상을 보임.
- 2월 : 영광군 낙월도, 신안군 암자도 및 증도 인근을 중심으로 활동하는 양상을 보였으며, 외해로 이동은 크게 줄어드는 양상을 보임.
- 3월 : 부착지인 송이도로 복귀하였으며, 이후 송이도를 중심으로 법성포 해안, 영광군 칠산도, 신안군 신안갯벌 일대를 중심으로 활동하는 양상을 보임.
- 4월 : 부착지인 송이도를 중심으로 영광 백수갯벌, 칠산도 일대를 중심으로 활동하고 있음.
- 5월 : 부착지인 송이도를 중심으로 영광 낙월도, 백수갯빌, 칠산도 일대를 중심으로 활동하고 있음.

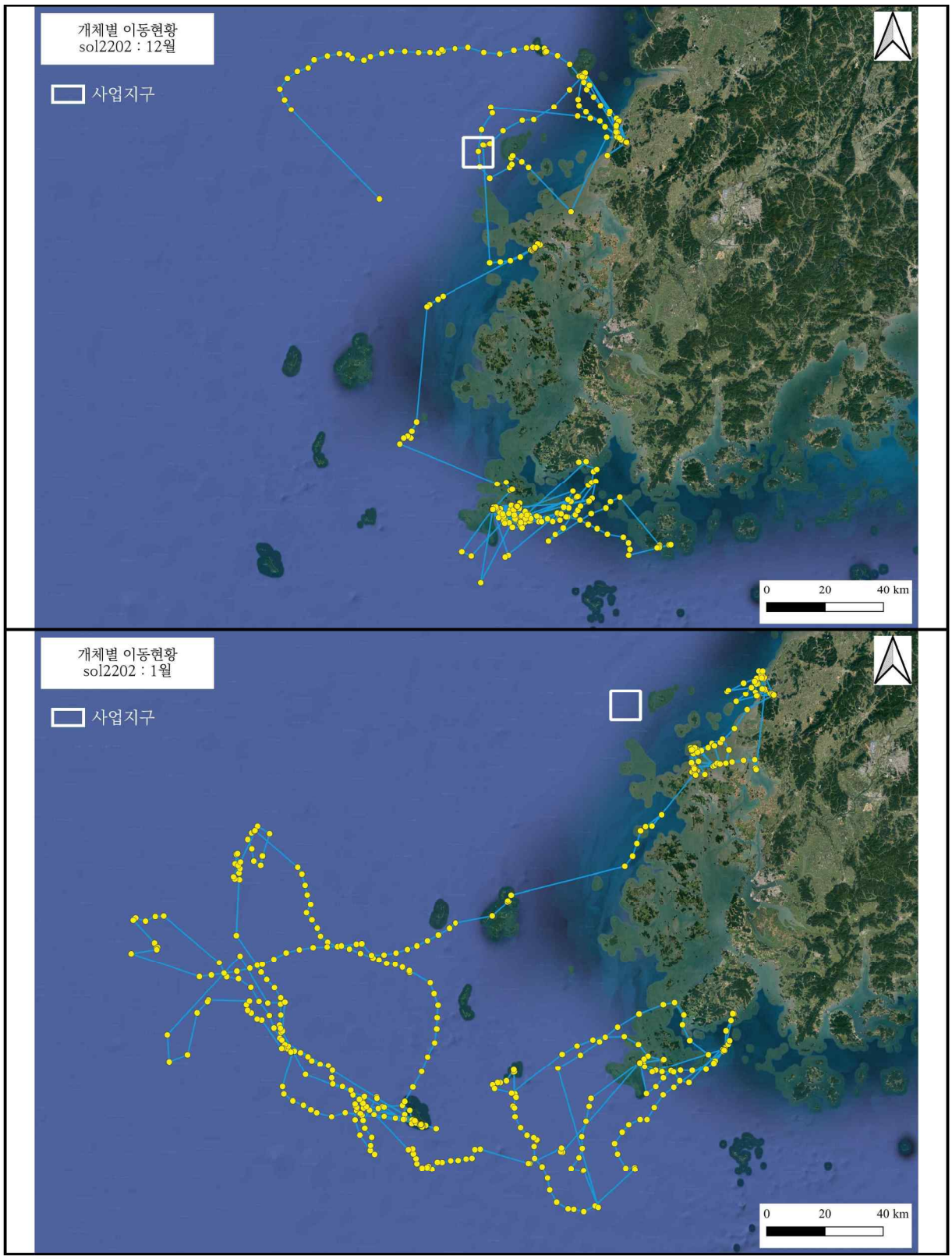
○ 해당 개체는 2023년 5월 22일 현재 전남 영광군 낙월면 송이도 인근 해상에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



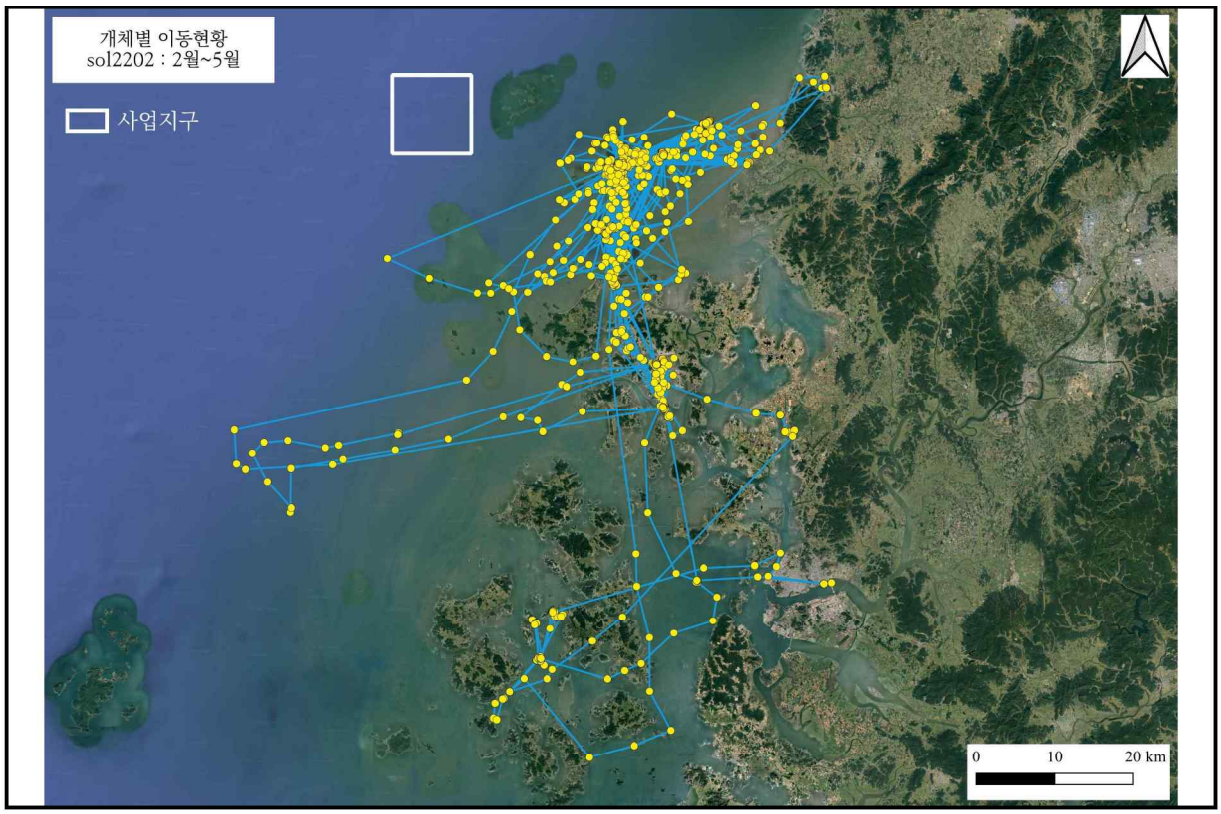
<그림 3.1 - 28> sol2202 개체 이동 현황



<그림 3.1 - 29> sol2202 개체 월별 이동 현황-(1)



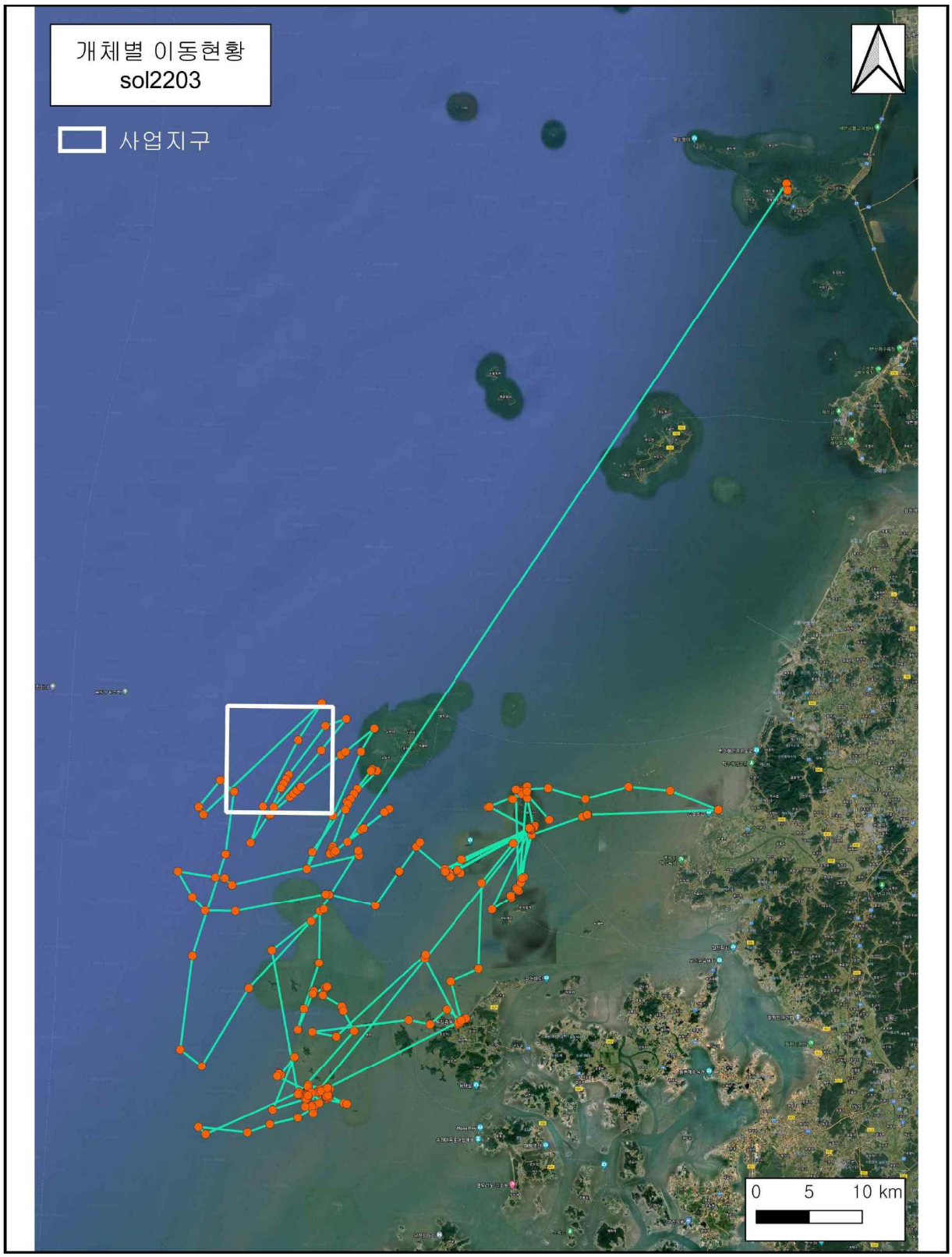
<그림 3.1 - 30> sol2202 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 31> sol2202 개체 월별 이동 현황-(3)

㉢ sol2203

- 2022년 7월 7일 송이도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 500g로 확인
- 해당 개체는 위치추적기 부착 후 부착지인 송이도 선착장 인근 및 전남 영광군 송이도, 낙월도 등 인근 도서지역을 활발하게 왕래하는 이동 성향을 보였음.
- 또한 7월 13일~17일에 걸쳐 전남 신안군 암자도 인근 해상까지 이동하여 활동한 것이 확인되었으며, 7월 19일~20일에 걸쳐 사업지구 인근인 안마도 해상으로 이동하면서 사업지구를 여러 차례 통과한 것이 확인되었음.
- 이후 북싱하어 8월 5일 전북 군산시 고군산군도 인근 해안으로 이동하였으며, 이 지역 인근 해상에서 8월 7일 마지막으로 위치정보를 송신한 후 신호가 종료되었음.
- 해당 개체는 7월에는 부착지 인근 도서지역을 단거리 이동하고, 8월 들어 장거리 이동을 시작한 것으로 판단할 수 있음.



<그림 3.1 - 32> sol2203 개체 이동 현황

㉣ sol2204

○ 2022년 7월 7일 송이도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 502g로 확인

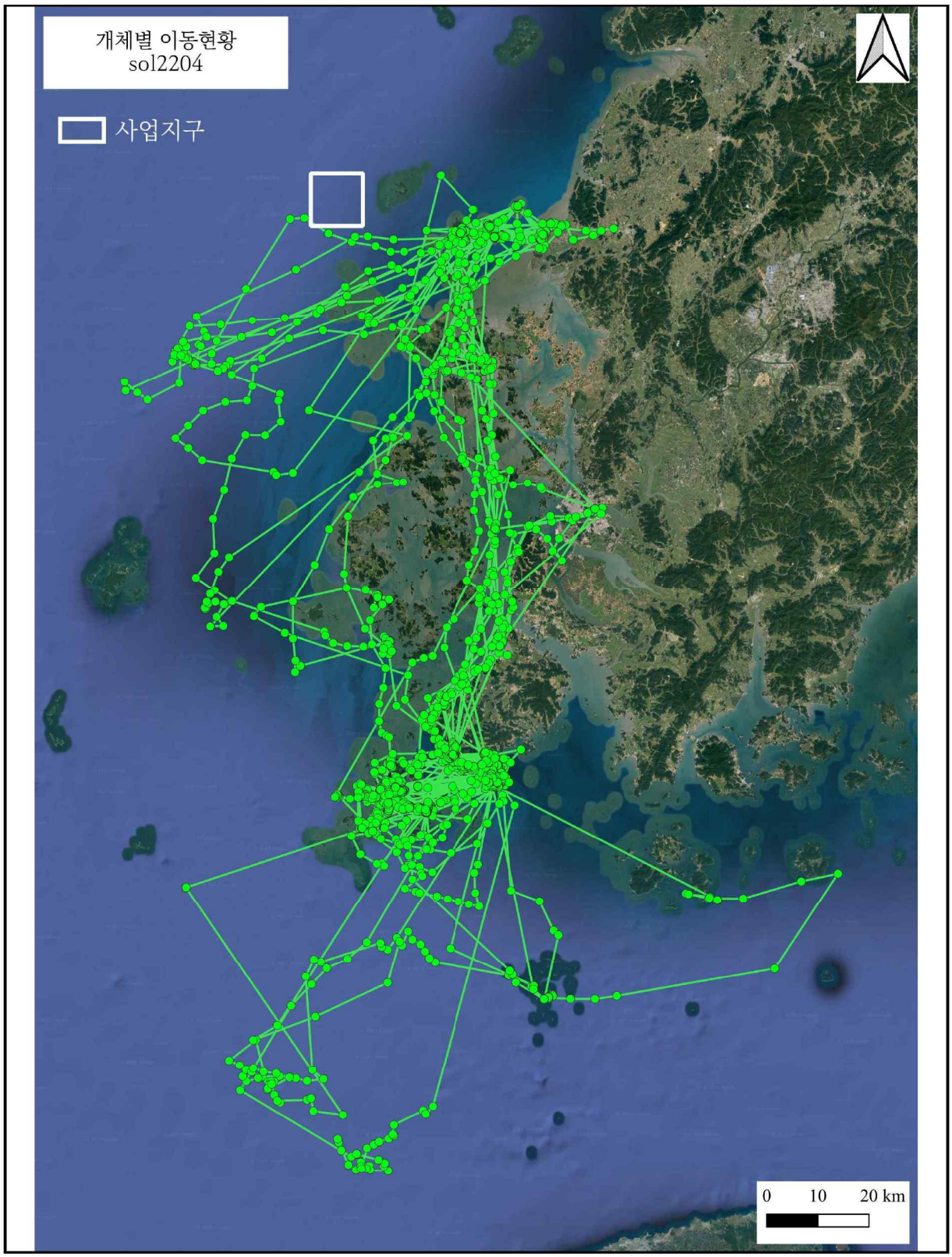
○ 송이도에서 부착한 다른 괭이갈매기 개체들과는 달리 부착 후 이른 시간에 부착지인 송이도를 이탈하여 다른 지역으로 이동하는 행동 양상을 보임.

○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

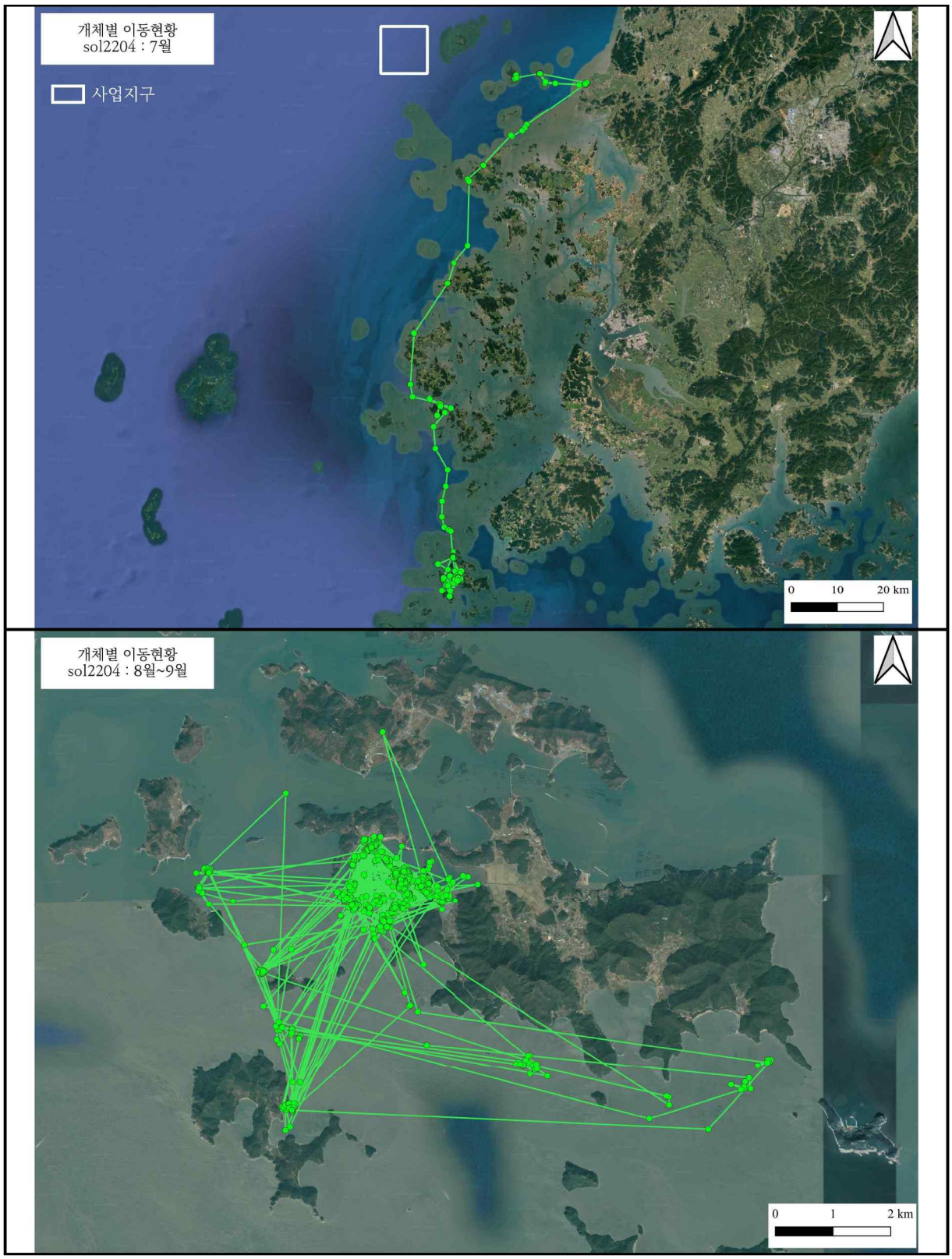
- 7월 : 부착일인 7월 7일 저녁 곧바로 부착지인 송이도를 이탈하여 다음날 인근 영광군 백수갯벌 인근으로 이동하였음. 이후 7월 9일~12일에 걸쳐 전남 영광군 낙월도, 전남 신안군 임자도, 자은도, 비금도, 도초도, 하의도 등 서남해안의 도서지역을 징검다리 긴너듯 경유하며 지속적으로 남하함. 7월 12일 전남 진도군 조도면 상조도 인근 해안으로 이동하였으며 이후 다도해해상국립공원 내 하조도, 관사도, 대마도 등 도서지역의 해안을 중심으로 활동함.
- 8~9월 : 전남 진도군 하조도, 상조도, 관사도, 대마도 등 인접한 도서지역과 해안가를 오가며 활동함.
- 10월 : 9월까지 활동하던 하조도 인근 해상을 벗어나 점차 먼 거리를 움직이기 시작함. 인근 독거도, 사자도 등 다도해 인근의 작은 도서지역 등을 오가며 활동하였으며, 진도군 본섬 지역을 수 차례 왕래한 것을 확인하였음.
- 11월 : 도서지역과 진도 본섬을 오가는 횟수가 많아졌으며 동거차도, 관매도 등 인근 도서지역 까지 이동 범위가 10월에 비해 더 넓은 지역을 오가는 양상을 보임.
- 12월 : 진도 본섬과 인근 도서지역을 지속적으로 왕래하는 가운데 제주시 추자도 인근과 완도군 청산도 인근까지 이동하는 등, 활동범위가 남쪽 해상을 중심으로 한 외해지역으로 점차 넓어지는 것이 확인됨.
- 1월 : 12월과 유사한 양상을 보이고 있으며, 추자도 및 인근 공해상 지역까지 이동하는 양상을 보이고 있음.

- 2월 : 외해로의 이동이 크게 감소하였으며, 진도군 진도항 내항을 중심으로 인근 무인도서 및 양식장 인근을 왕래하며 활동하는 양상을 보임.
- 3월 : 진도항을 중심으로 활동하는 한편 신안군 인근 해안 및 도서지역을 따라 한두차례 이동하는 양상을 보임.
- 4월 : 진도항 인근 해안과 번식지인 송이도 인근을 왕래하며 활동하는 양상을 보임.
- 5월 : 4월과 유사하게 진도항 및 진도 인근 해안과 번식지인 송이도 인근을 왕래하며 활동하는 양상을 보이고 있으며, 간헐적으로 신안군 외해 지역으로의 이동도 관찰되고 있음.

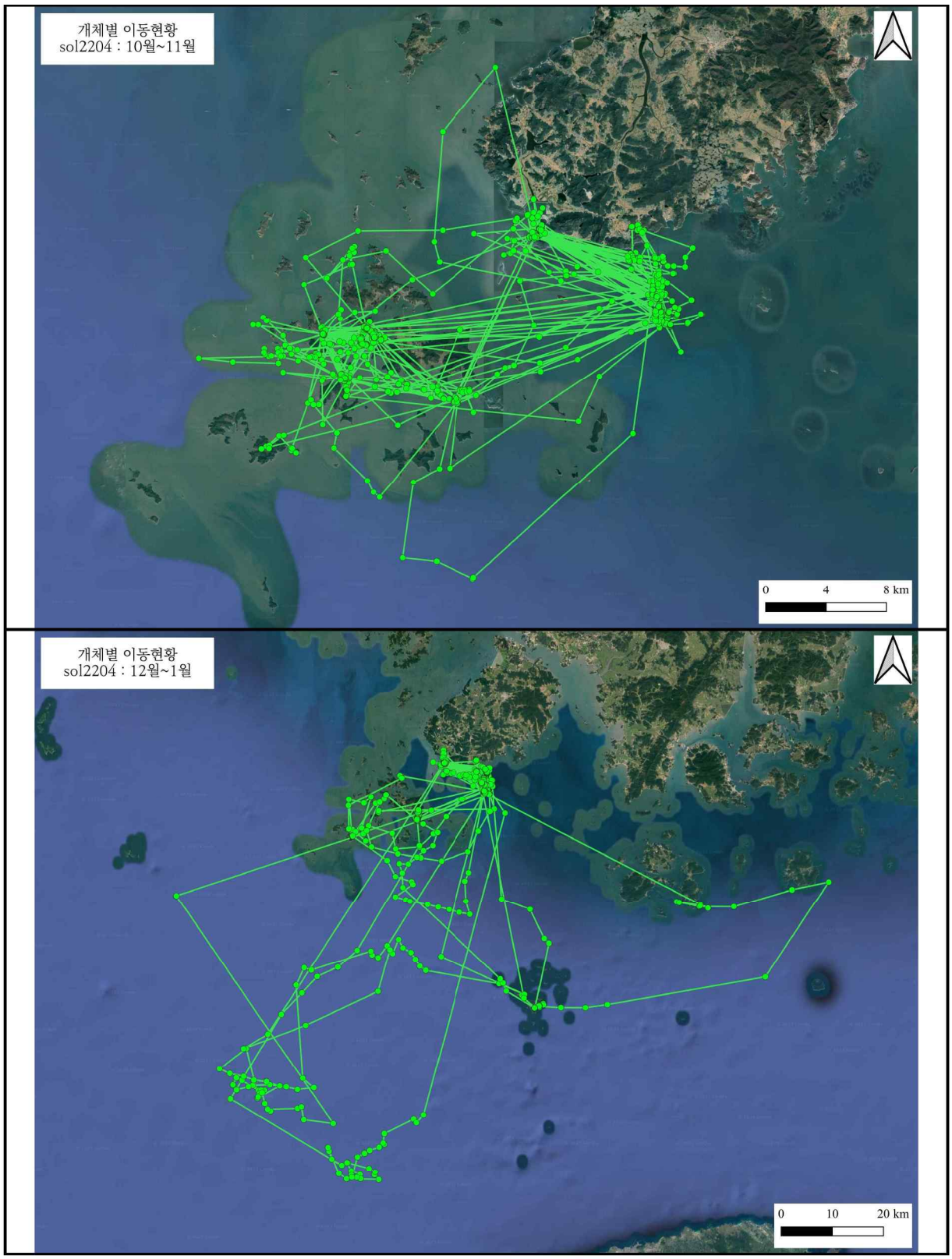
○ 해당 개체는 2023년 5월 22일 현재 전님 영광군 닉월면 송이도 인근 해싱에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



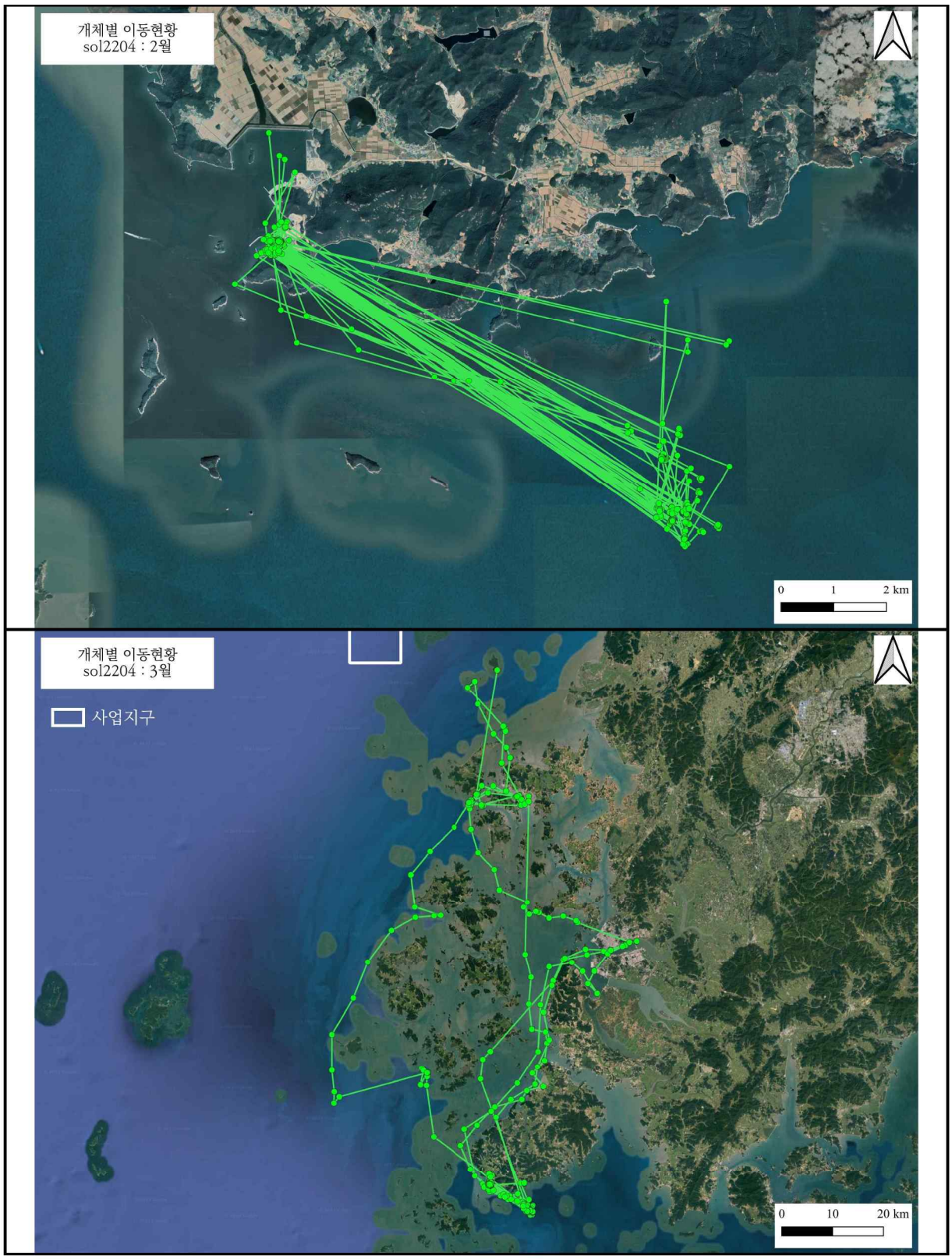
<그림 3.1 - 33> sol2204 개체 이동 현황



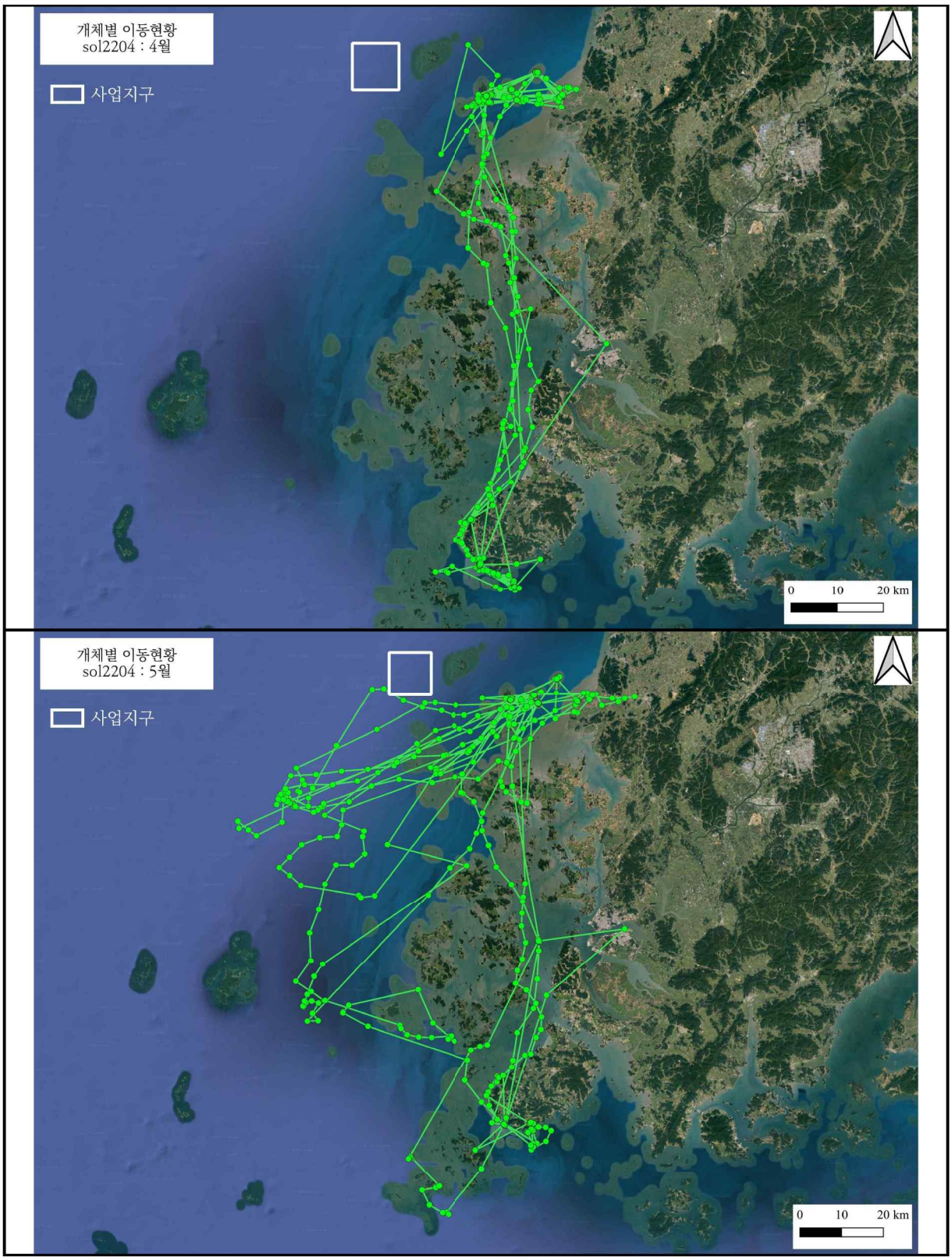
<그림 3.1 - 34> sol2204 개체 월별 이동 현황-(1)



<그림 3.1 - 35> sol2204 개체 월별 이동 현황-(2)

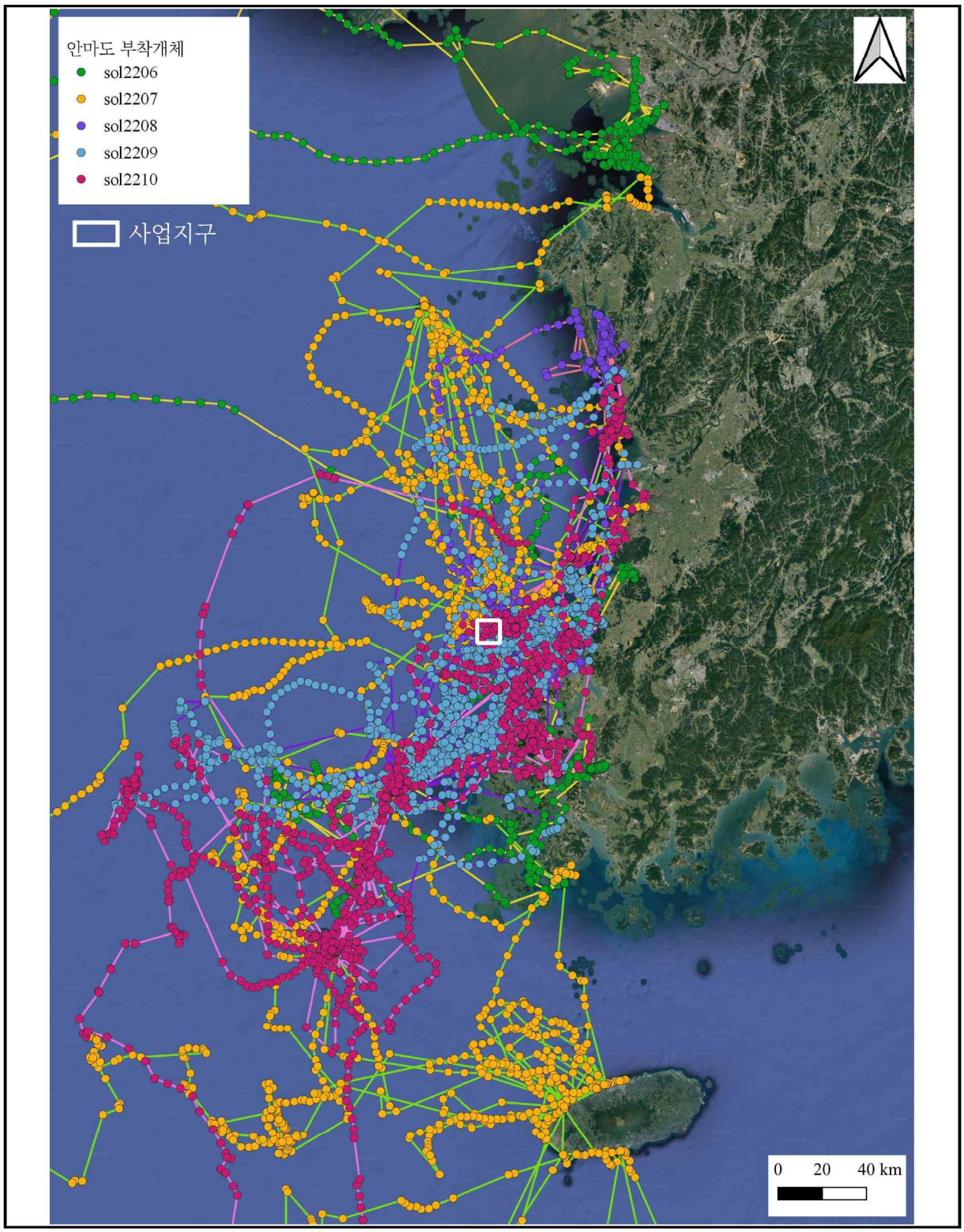


<그림 3.1 - 36> sol2204 개체 월별 이동 현황-(3)



<그림 3.1 - 37> sol2204 개체 월별 이동 현황-(4)

④ 개체별 이동 현황(안마도)



<그림 3.1 - 38> 안마도 부착 개체 이동 현황(국내)

○ 2022년 8월 2일 안마도에서 부착한 괭이갈매기는 5개체 모두 부착지를 이탈하였으며, 1개체(sol2206)를 제외한 나머지 4개체가 낙월면 안마도 인근, 신안군 인근 지역에서 활동하고 있음.

- sol2206 개체 : 2023년 5월 24일 현재 인천 옹진군 영흥면 영흥도 인근 해상을 중심으로 활동 중에 있음.
- sol2207 개체 : 2023년 5월 24일 현재 전남 영광군 낙월면 안마도 안마항 인근을 중심으로 활동 중에 있음.
- sol2208 개체 : 2023년 5월 18일 현재 전남 신안군 임자면 재원도 인근 해상을 중심으로 활동 중에 있음.
- sol2209 개체 : 2023년 5월 23일 현재 전님 영광군 닉월면 소노인도 인근을 중심으로 활동 중에 있음.
- sol2210 개체 : 2023년 5월 23일 헌재 전남 신안군 임자면 진리항 인근 해상을 중심으로 활동하고 있음.

○ 안마도에서 부착한 5개체는 유조 2개체(sol2206, sol2210), 싱조 3개체(sol2207, sol2208, sol2209)로 구성됨.

○ 3개체(sol2206, sol2207, sol2210)가 동절기 국외로 이동하였다가 모두 국내로 다시 되돌아오는 것이 확인됨.

○ 부착지인 안마도와 사업지구가 인집해 있어 위치추적기를 부착한 괭이갈매기들의 사업지구 내 이동이 다수 관찰되었음.

㉠ sol2206

○ 2022년 8월 2일 안마도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 유소로 생체중은 530g로 확인

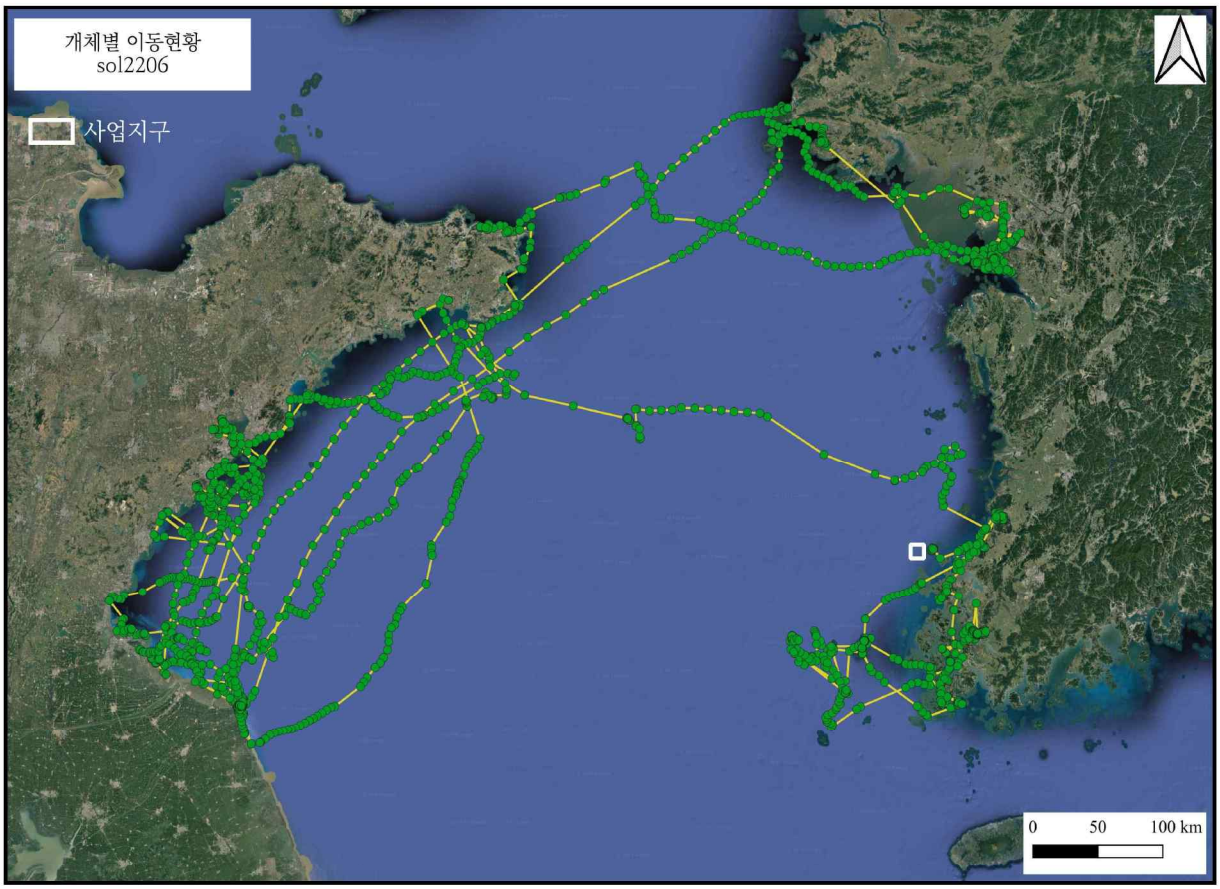
○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 8월 : 8월 2일 부착 후 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며, 8월 24일 이곳을 떠나 영광군 법성포 선착장 인근으로 이동하였음.
- 9월 : 우리나라 서해안을 따라 다양하게 이동하는 양상을 보였음. 법성포 선착장 인근에서 머물던 중 9월 3일 북상을 시작, 전북 부안군 곰소항을 경유하여 고창군 고창갯벌 인근에 도착하였음. 고창갯벌에서 9월 7일까지 머물다 9월 8일 다시 법성포로 돌아왔으며, 이곳에서 잠시 머문 후 9월 10일 남하를 시작, 전남 신안군 임자도, 증도, 장산도 등을 경유하여 9월 13일 전남 목포시 목포내항 인근으로 이동하였음. 이후 목포 내항을 중심으로 목포 외항과 인근 도서지역, 해안가를 중심으로 활동하는 양상을 보임..
- 10월 : 지속적으로 목포 내항 인근에서 활동하던 중 10월 22일 외해로 이동을 시작, 진도와 신의도, 다도해 인근의 도서지역을 경유한 후 서해 먼 바다로 이동하였음. 10월 26일 전남 신안군 흑산도를 경유, 홍도까지 이동하였으며 홍도 서쪽 먼 바다와 인근의 상태도, 하태도 인근을 중심으로 활동하는 양상을 보임.
- 11월 : 10월에 이어 상태도와 하태도, 홍도를 중심으로 활동하였으며 한 차례 비금도, 도초도 등 연안 도서지역으로 이동하는 양상을 보임. 이후 11월 9일 흑산도를 출발하여 북상을 시작, 전남 영광군 백수해안을 거쳐 지속적으로 이동하던 중 11월 10일 진북 고창군 동호해수욕장 해안을 출발하여 서해를 횡단, 11월 12일 중국 산둥반도 남단 웨이하이시 남측 해안에 도착하였음. 이후 중국 동부해안을 따라 이동하며 활동하는 양상을 보이고 있음.
- 12월~4월(국외) : 4월 국내로 복귀하기 전 까지 칭다오시를 중심으로 한 중국 동부해안 일대를 중심으로 활동하였음. 특이할만한 사항으로는 12월 6일부터 이듬해 4월 9일 까지 중국 동부 해안의 항구지역에 정착, 약 3개월 간을

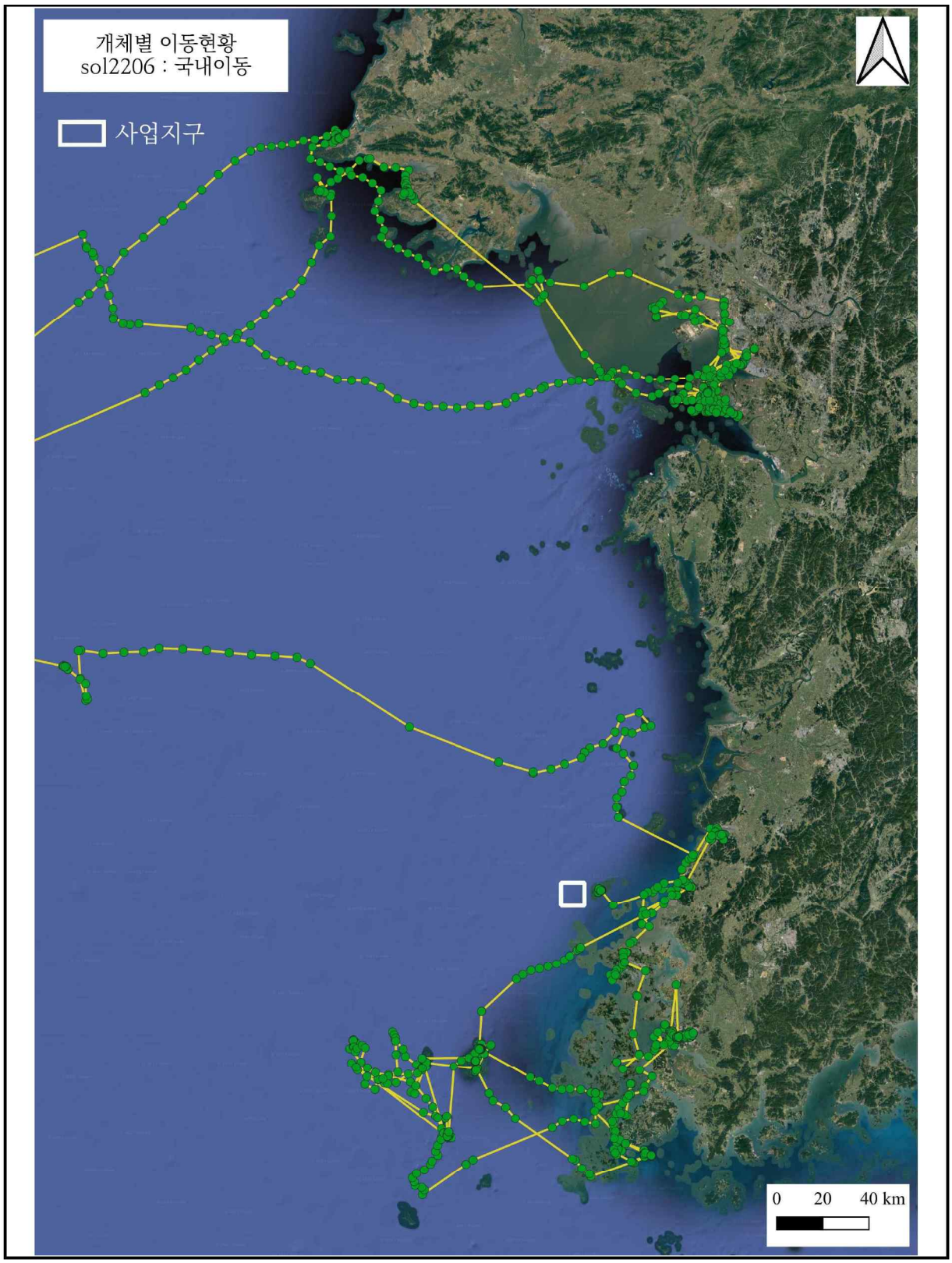
큰 움직임 없이 내항과 인근 갯벌 등을 중심으로 활동하는 양상을 보였음. 이후 서해를 한 차례 왕래하는 모습을 보였는데, 4월 9일 머무르던 항구를 떠나 다음날인 4월 10일 백령도를 경유, 북한 옹진군 인근 해안 지역에 도착하였으며, 이후 해안을 따라 남하하여 4월 12일 인천항 인근과 시화호, 안산시 단원구 대부도 인근 해안을 경유, 다시 서해를 횡단하여 4월 14일 중국 웨이하이시 인근 해안지역으로 이동하였음. 이후 이 지역과 칭다오시 인근 해안에서 활동하던 중 4월 26일 중국 동부해안을 출발, 서해를 횡단하여 27일 북한 옹진군 인근 해안을 경유, 29일 인천 옹진군 영흥도 인근 해안에 도착하였음.

- 5월 : 국내 복귀 영흥도를 중심으로 안산시 시화호, 송도, 영종도 및 강화갯벌 일대를 오가며 활동하고 있는 것으로 확인됨.

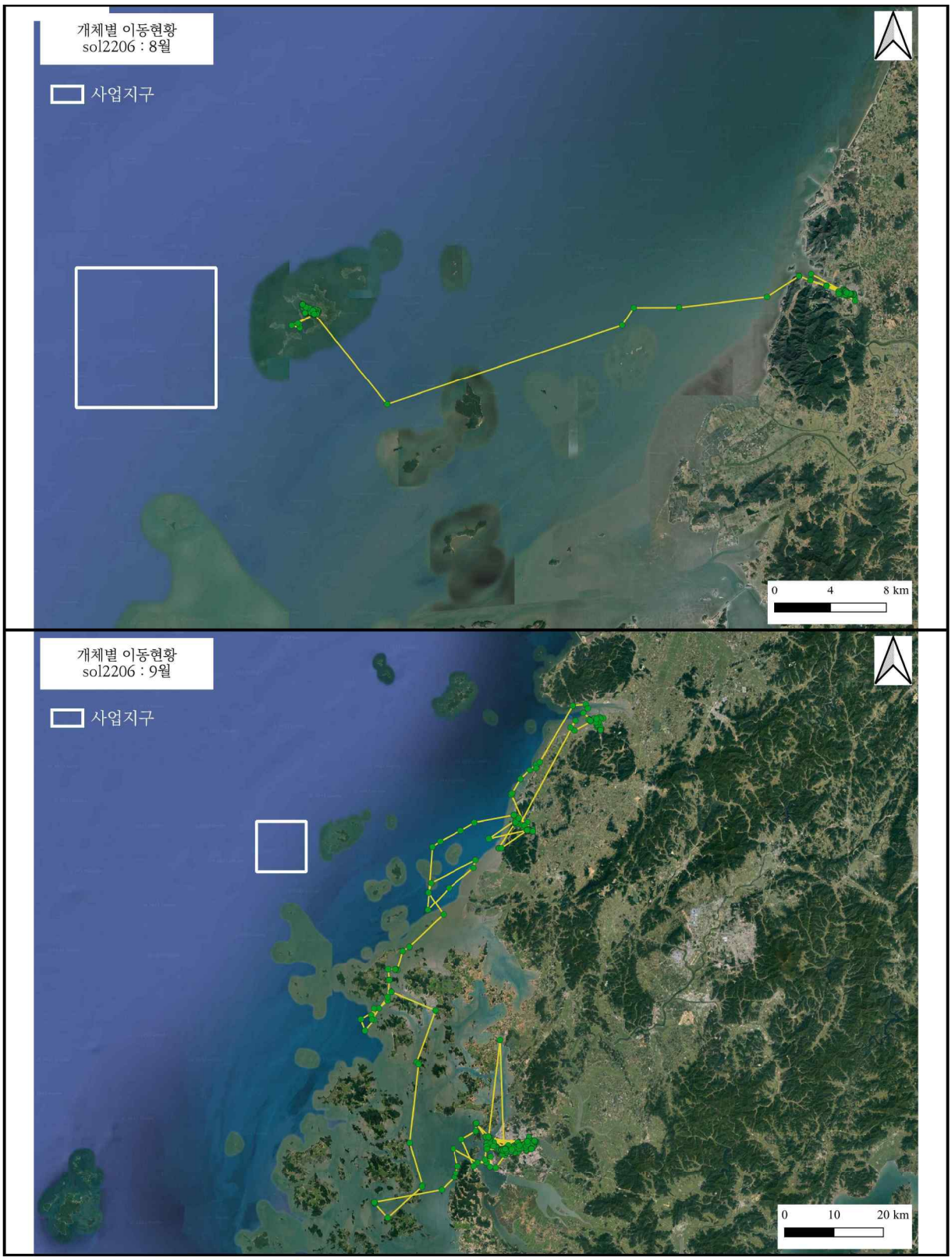
○ 해당 개체는 2023년 5월 24일 현재 인천광역시 옹진군 영흥면 영흥도 인근 해안에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



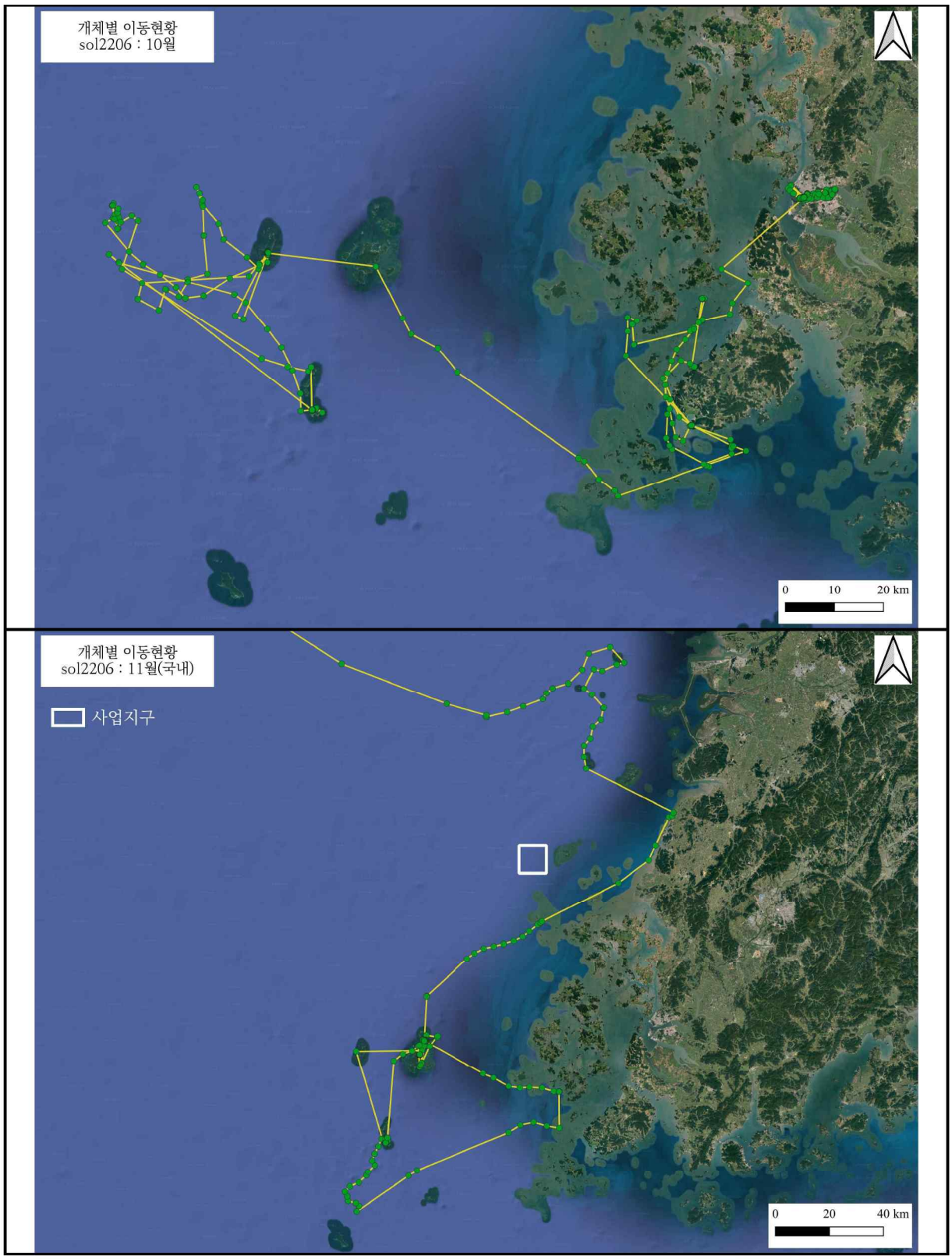
<그림 3.1 - 39> sol2206 개체 이동 현황



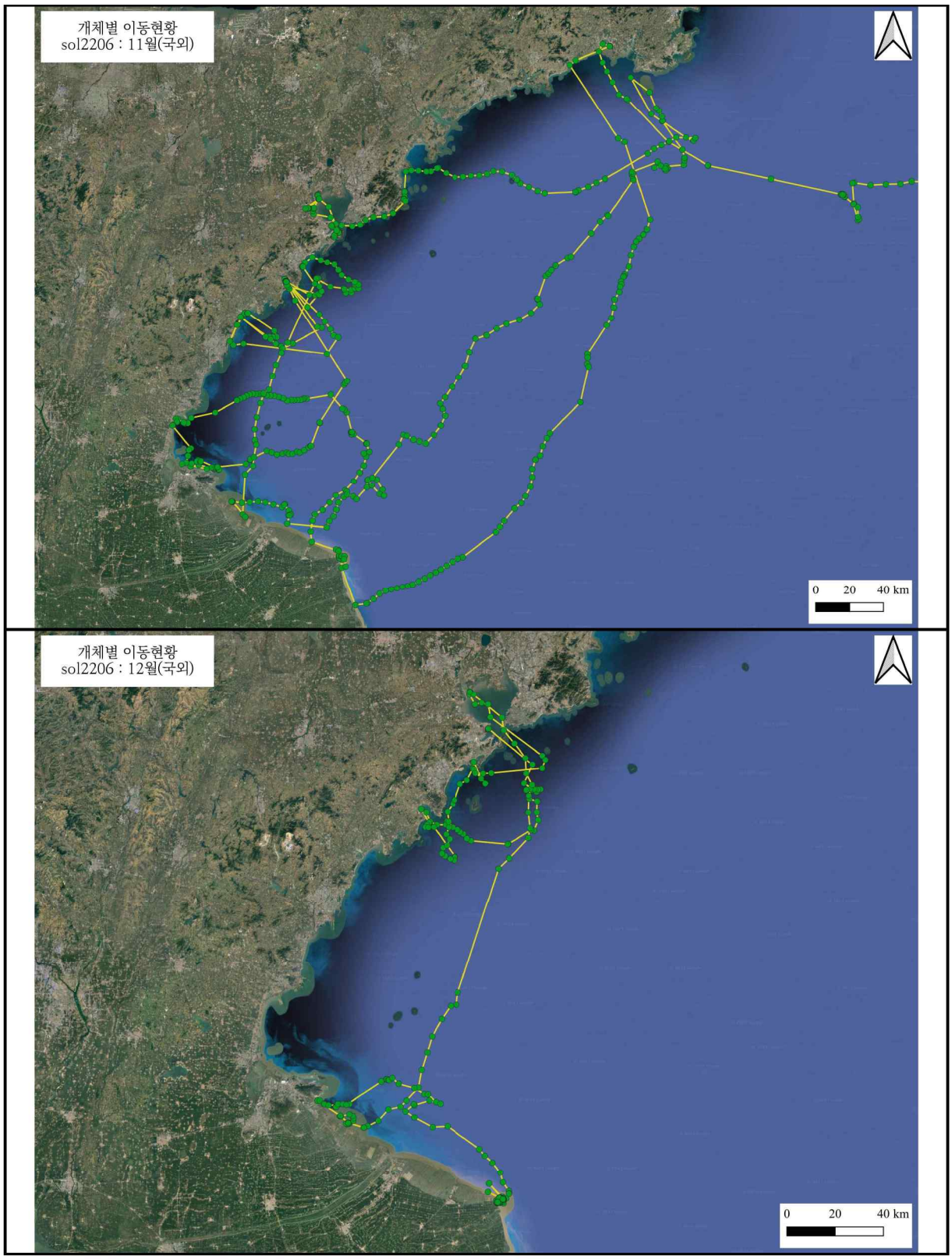
<그림 3.1 - 40> sol2206 개체 이동 현황(국내)



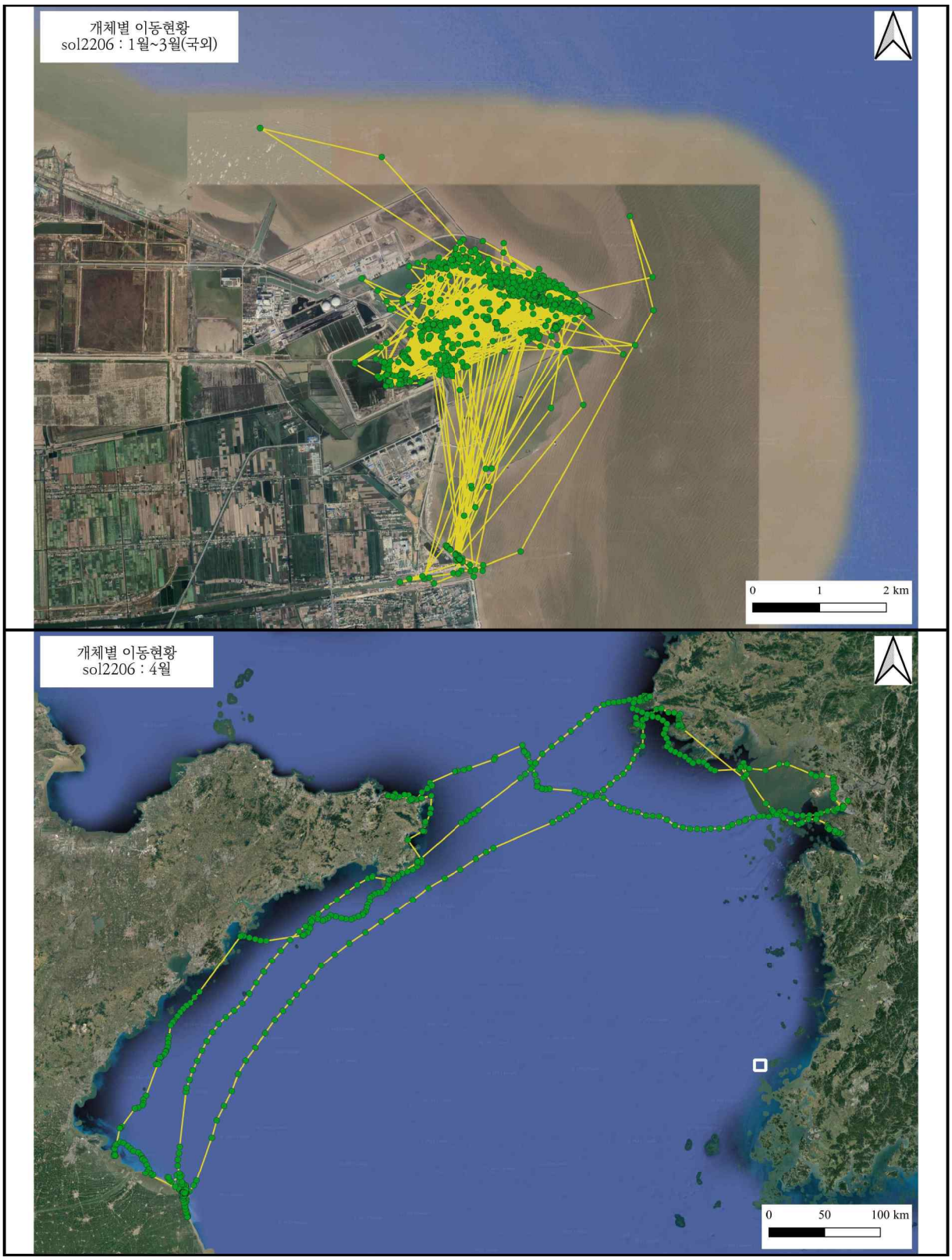
<그림 3.1 - 41> sol2206 개체 월별 이동 현황-(1)



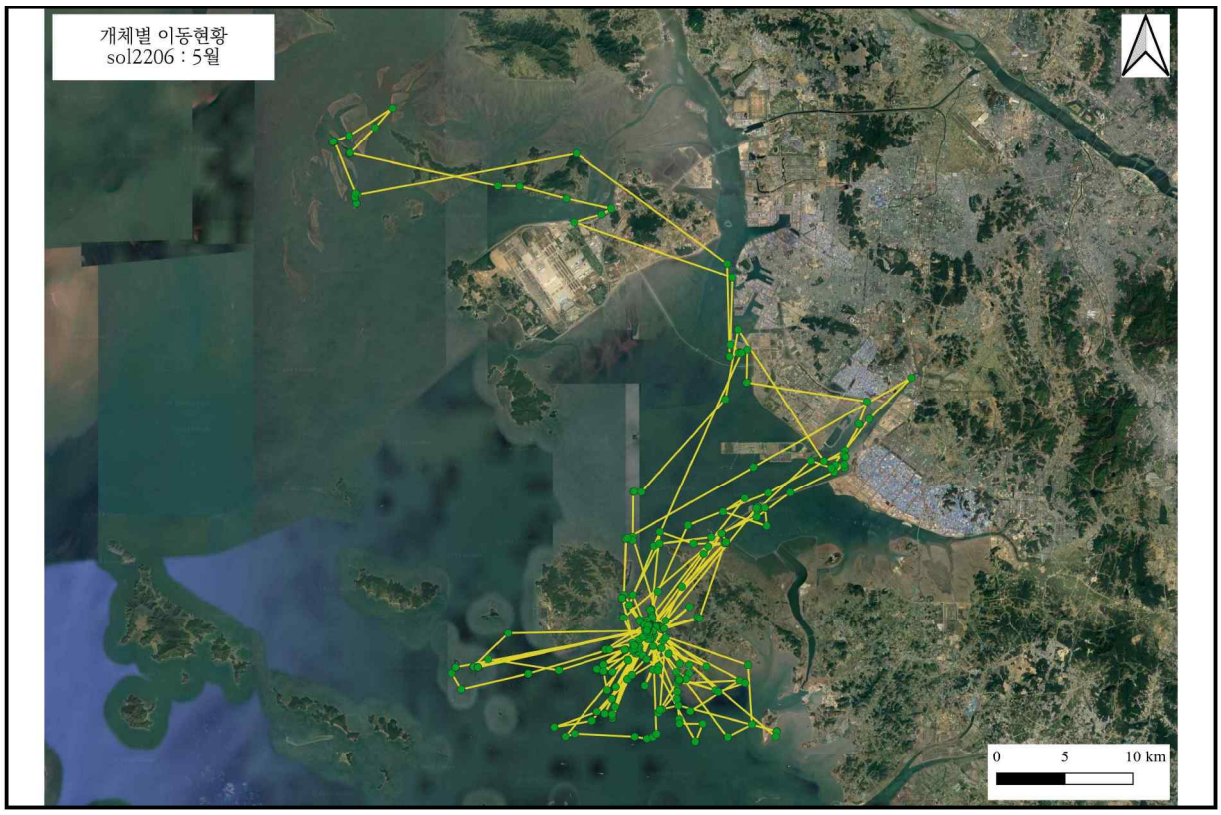
<그림 3.1 - 42> sol2206 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 43> sol2206 개체 월별 이동 현황-(3)



<그림 3.1 - 44> sol2206 개체 월별 이동 현황-(4)



<그림 3.1 - 45> sol2206 개체 월별 이동 현황-(5)

㉡ sol2207

○ 2022년 8월 2일 안마도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 590g로 확인

○ 8월부터 10월까지 부착지인 안마도를 중심으로 인근 해안과 도서지역을 중심으로 활동한 후, 11월부터 장거리 이동을 하는 양상을 보임.

○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 8월 : 8월 2일 부착 후 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며 안마도 인근을 크게 벗어나지 않음.
- 9월 : 부착지인 안마도 인근 해상을 중심으로 인접한 송이도 및 다른 도서지역을 왕래하며 활동하는 양상을 보임. 8월에 비해 활동영역은 확대되었으나 부착지인 안마도 인근을 크게 벗어나지 않았으며, 이 과정에서 사업지구 내부을 수 차례 통과하였음.
- 10월 : 8월, 9월과 유사하게 안마도를 중심으로 인근 해역을 왕래하며 활동하였으며, 안마도를 중심으로 내해 근방보다는 외해 쪽으로 이동이 빈번한 양상을 나타내고 있음. 이 과정에서 사업지구 내부를 수 차례 통과하였음.
- 11월 : 11월 초반 안마도 인근 지역을 중심으로 활동하던 중, 11월 13일~14일 사이 전북 부안군 새만금 남단 지역과 동진강 하류 지역까지 한 차례 왕래하였다가 다시 안마도 인근으로 복귀하는 이동 양상을 보임. 이후 안마도 인근에서 활동하다 11월 21일 다시 새만금 인근으로 이동하였으며, 11월 22일 서해 외해 지역으로 크게 우회하여 안마도를 거쳐 11월 25일 새만금으로 이동하였음. 11월 26일 안마도를 경유하여 남하를 시작하였으며 서해 공해상을 거쳐 11월 28일 전남 신안군 홍도, 29일 흑산도, 30일 전남 진도군 인근 해상을 거쳐 제주도 서부해안까지 이동하였음.
- 12월 : 단시간에 우리나라 서해안과 남해안 먼 바다를 왕래하는 양상을 보임. 12월 1일 제주도를 출발하여 서해 공해상을 통해 12월 6일 중국 칭다오시 인근 동부해안에 도착함. 이후 인근 공해상을 중심으로 활동하다 12월 12일 중국을 출발, 서해를 횡단하여 다음날인 13일 태안반도 인근 해상에 도착하였음. 이후 우리나라 서해 먼 바다를 통해 남하를 시작하였으며 15일 격렬비열

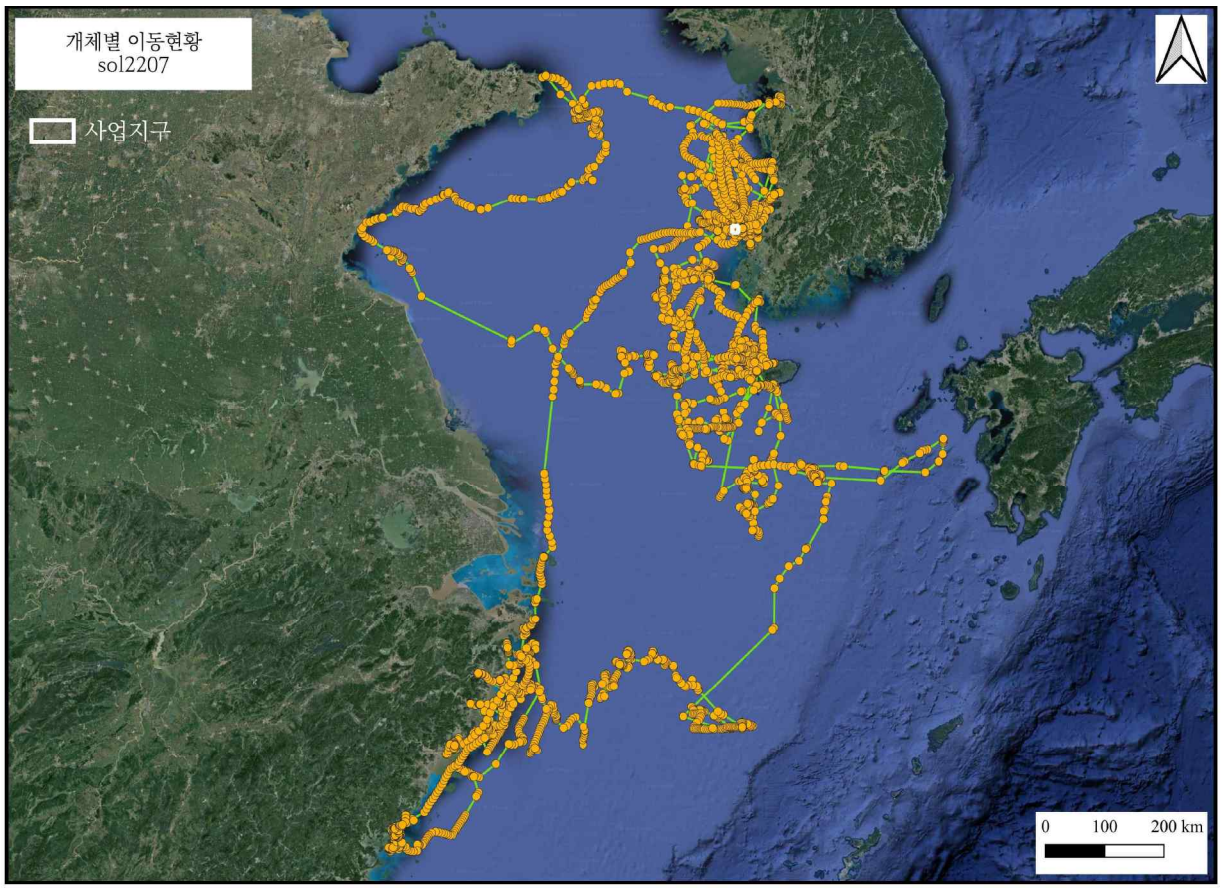
도를 경유하여 12월 17일 전남 신안군 흑산도까지 이동하였음. 이후 인근 공해상 및 홍도, 가거도 등 인근 도서지역을 중심으로 활동하다 12월 23일 내해 방향으로 이동, 진도외 추지도를 경유하여 제주도 제주시 북부 해안 인근으로 이동하였음. 이후 24일~28일 사이 제주도 남쪽 먼 해상에서 활동하다 29일 다시 제주도 인근 해상으로 복귀하는 양상을 보임.

- 1월~4월(국외) : 제주도를 중심으로 추자도, 전남 신안 가거도 등 먼바다를 왕래하며 활동하였음. 1월 20을 남하를 시작하여 이어도 해상과학기지 인근을 경유, 공해상으로 이동하였으며 1월 25일 일본 규슈 인근 해상을 경유하여 2월 7일 중국 남동부 해안에 도착하였음. 이후 중국 남동부해안 도서와 해안지역을 중심으로 활동하다 4월 1일 북상을 시작하였으며, 공해상을 통해 서해를 횡단, 4월 4일 부착지인 안마도 인근 해상에 도착하였음.
- 4월 : 4월 4일 안마도 도착 후 인근 송이도와 칠산도를 중심으로 활동하였으며, 충남 대안군 격렬비열도 인긍으로 약 3차례 왕래힌 것으로 확인됨.
- 5월 : 4월과 유사한 양상을 보이는 가운데 안마도 일대와 태안 격렬비열도 간 왕래 횟수가 증가한 것을 확인하였음.

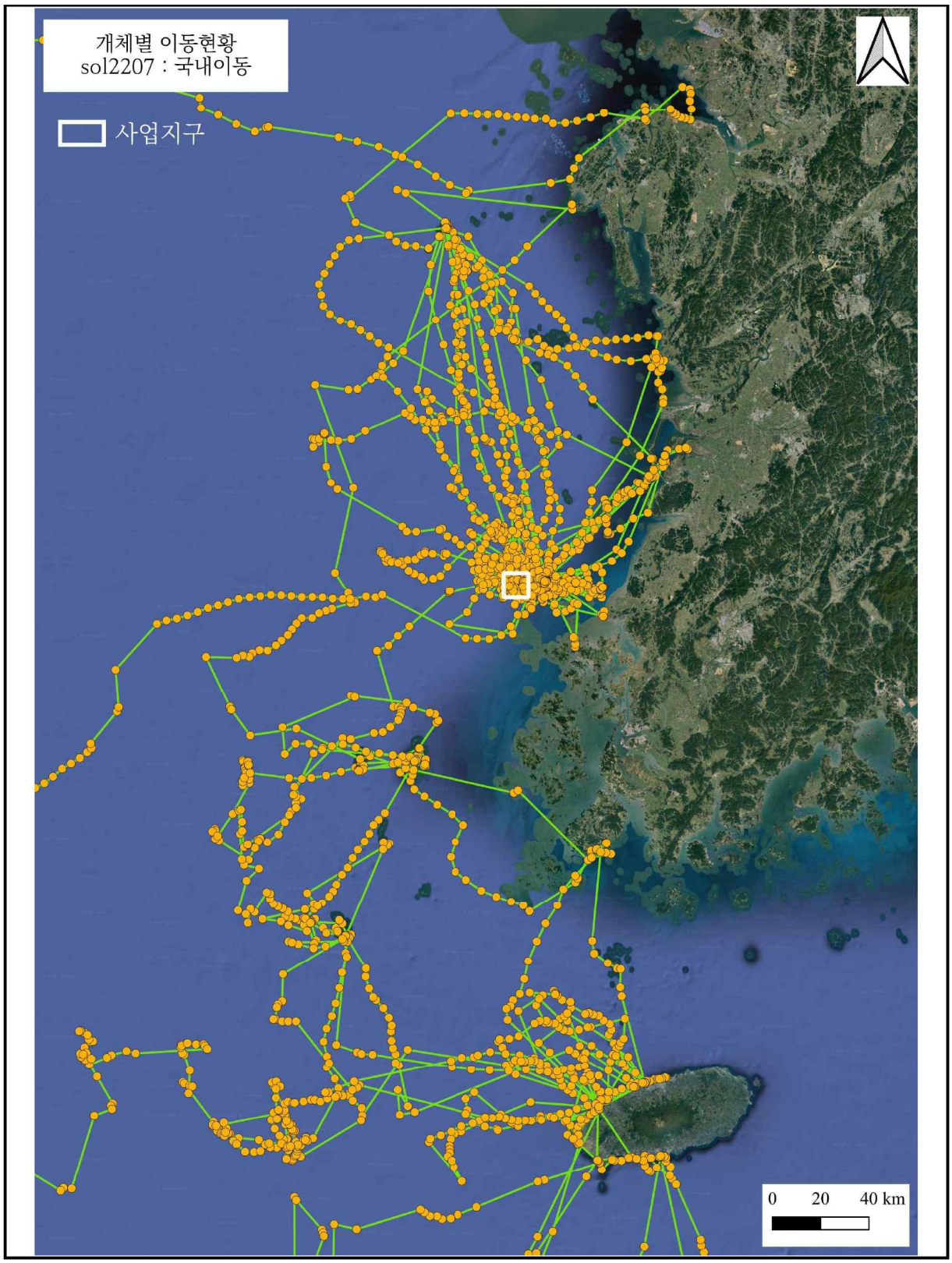
○ 5월 24일 현재 부착지인 전남 영광군 낙월면 안마도 안마항 인근에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.

○ 해당 개체는 국내로 복귀한 4월 이후 태안의 격렬비열도와 부착지인 안마도 인근을 빈번하게 왕래하는 양상이 확인되었음. 이를 통해 해당 개체가 격렬비열도에서 번식을 시작한 후 번식기 먹이 급양을 위해 부착지인 안마도 및 인근 지역으로 왕래하는 것으로 추측할 수 있음.

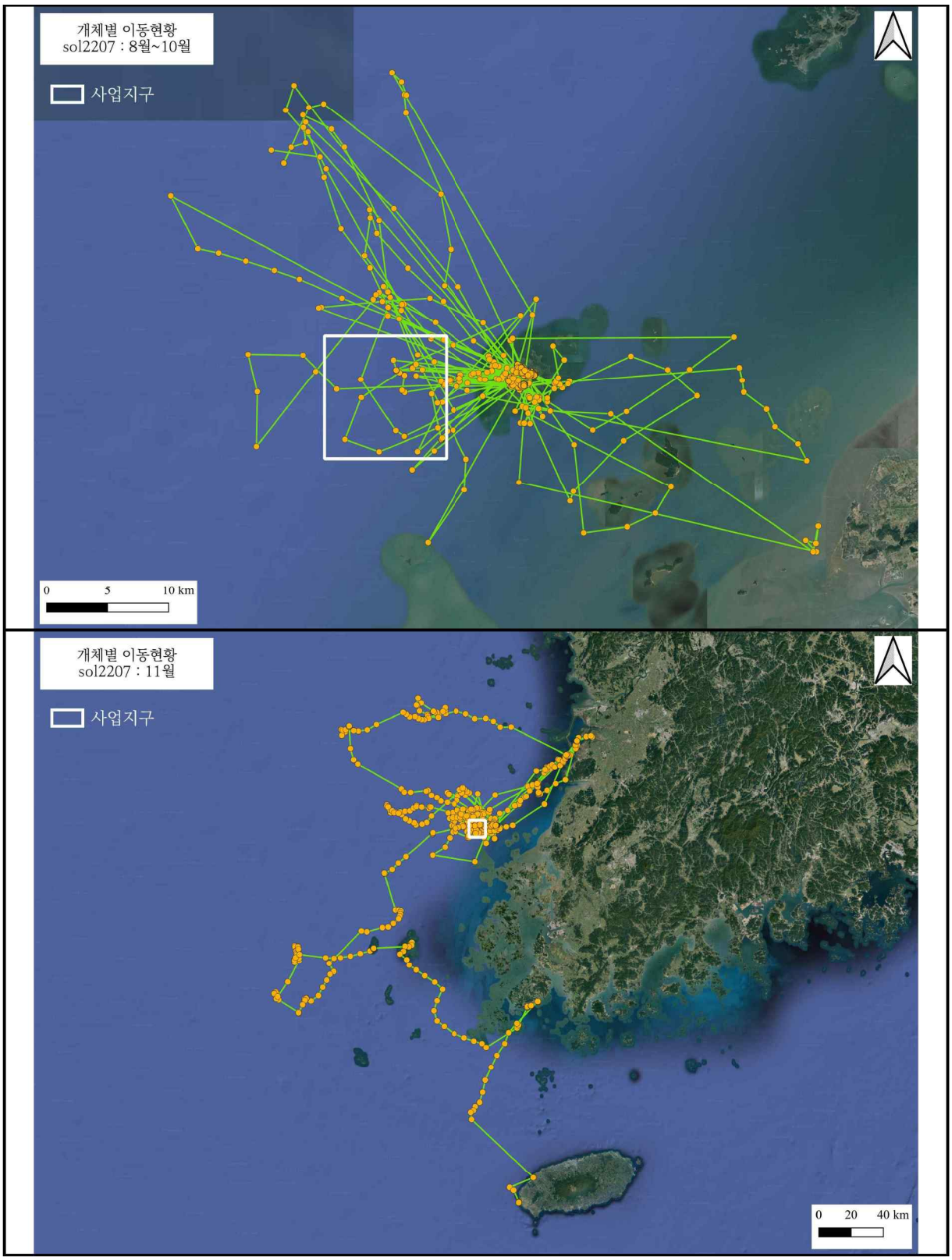
○ 이러한 과정에서 사업지구를 여러 차례 통과한 것이 확인된 바, 번식기 조류 이동에 대한 대책이 함께 고려되어야 할 것으로 판단됨.



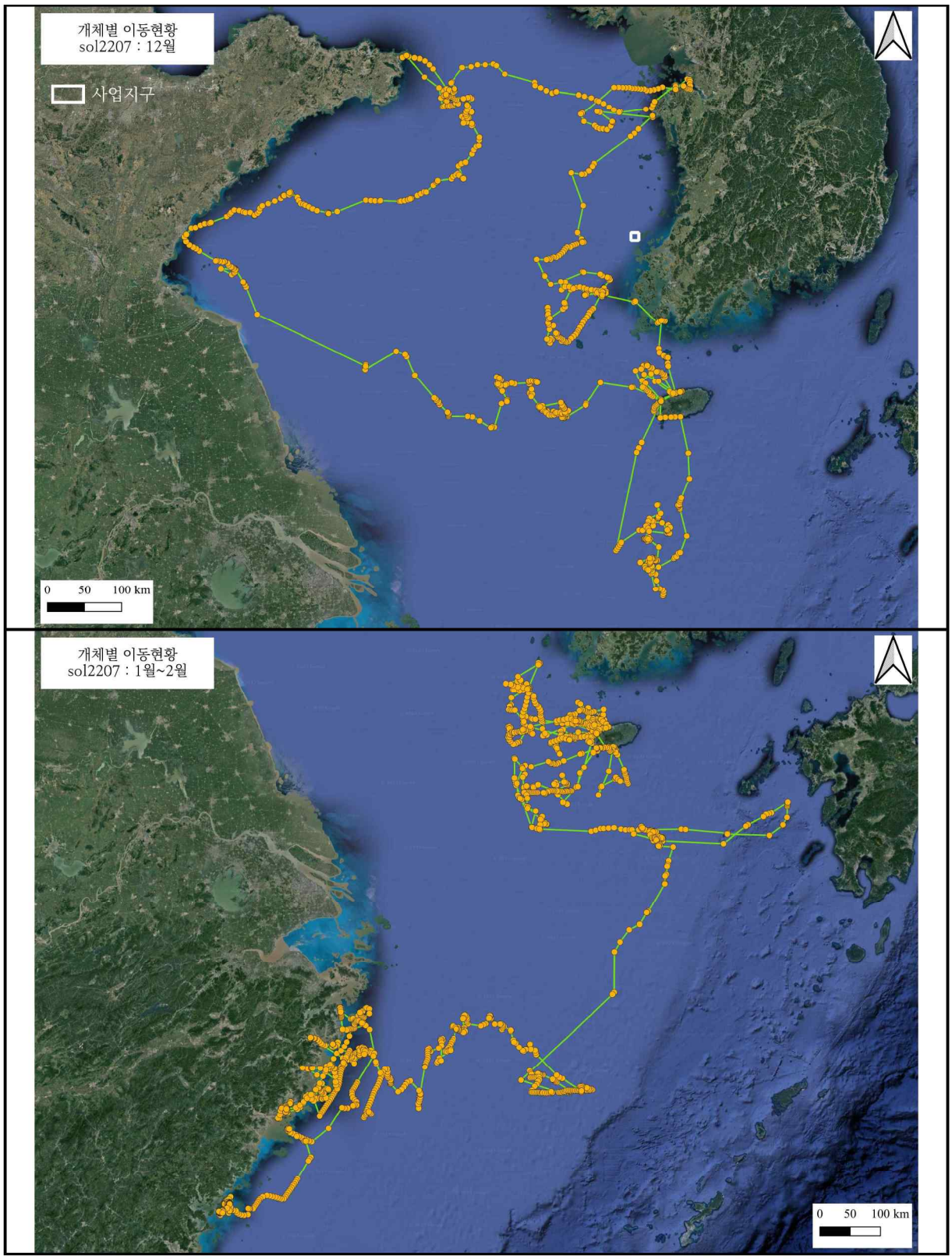
<그림 3.1 - 46> sol2207 개체 이동 현황-(1)



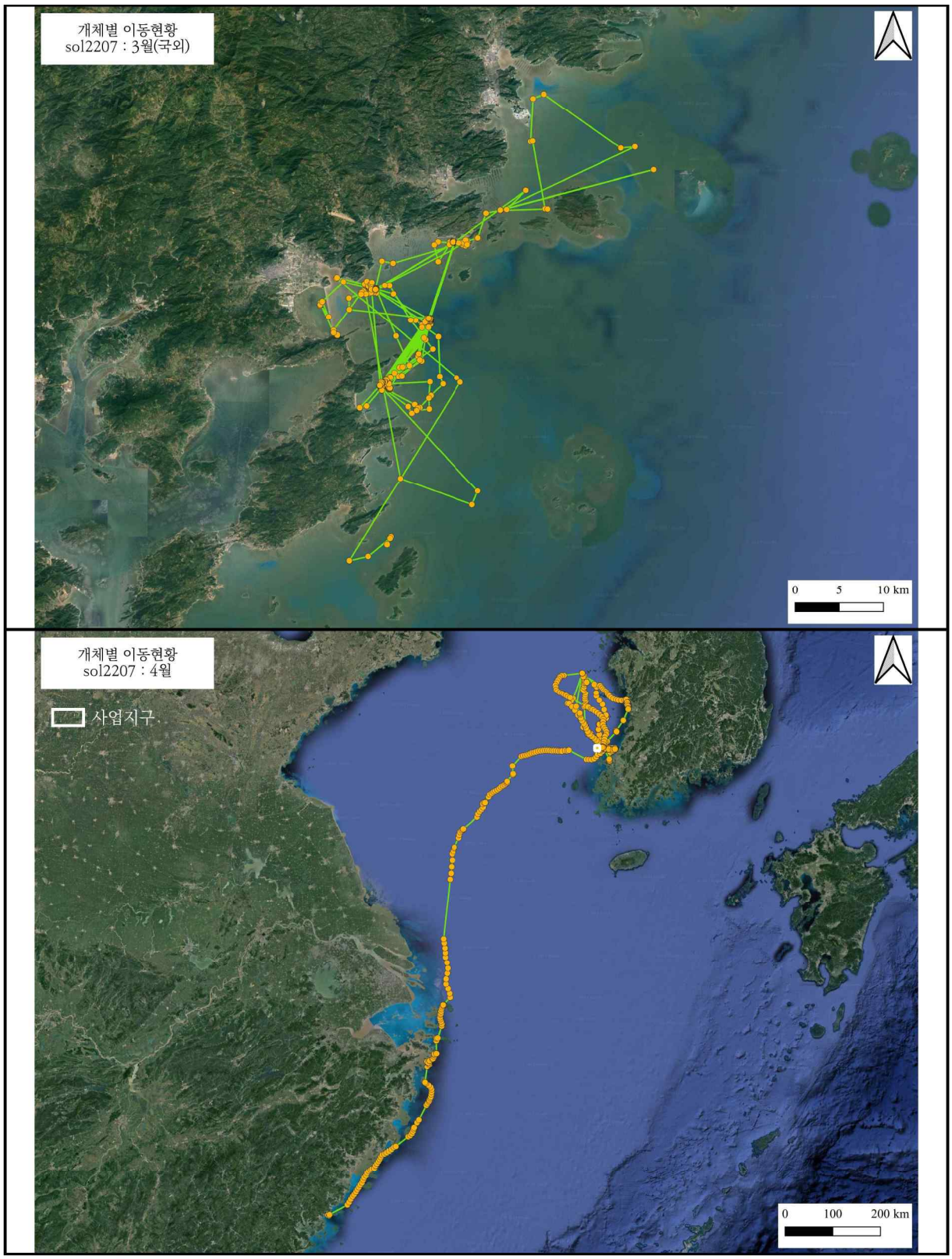
<그림 3.1 - 47> sol2207 개체 이동 현황-(2)



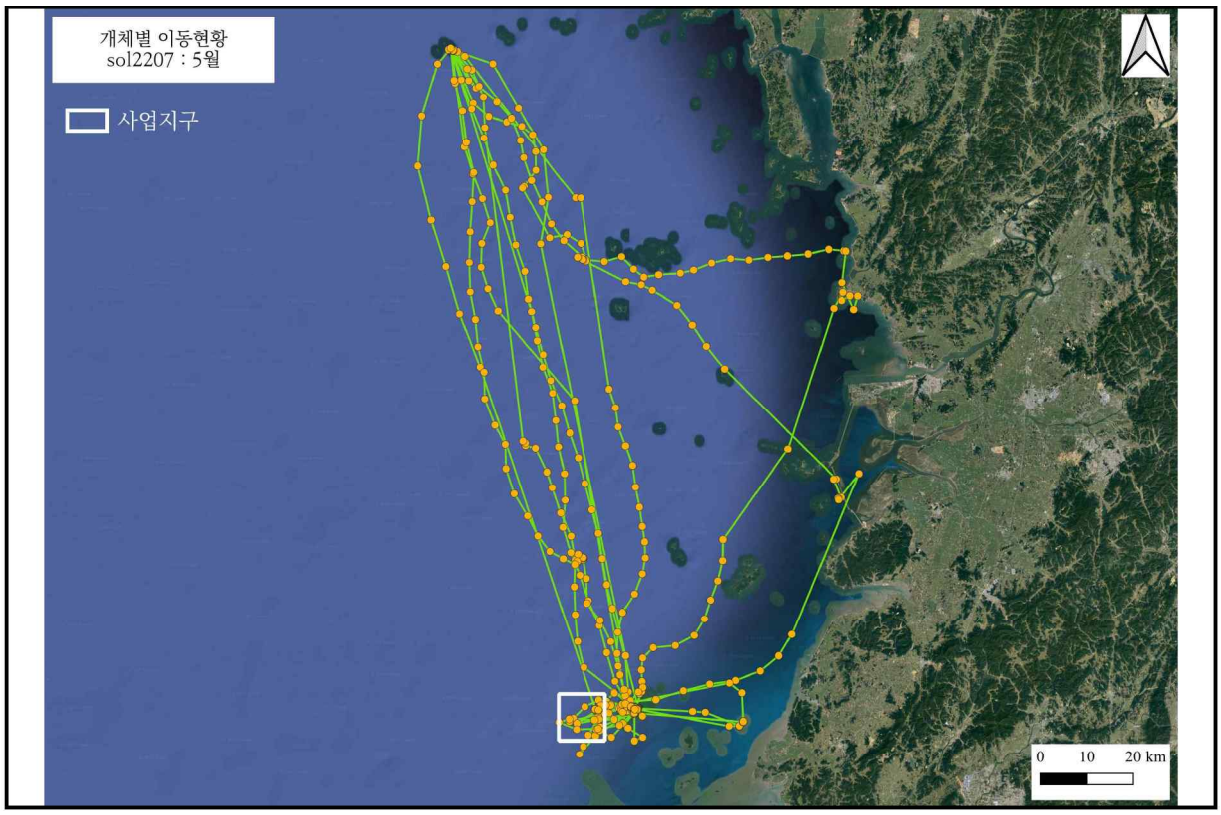
<그림 3.1 - 48> sol2207 개체 월별 이동 현황-(1)



<그림 3.1 - 49> sol2207 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 50> sol2207 개체 월별 이동 현황-(3)



<그림 3.1 - 51> sol2207 개체 월별 이동 현황-(3)

㉡ sol2208

○ 2022년 8월 2일 안마도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 455g로 확인

○ 8월부터 10월까지 부착지인 안마도를 중심으로 인근 해안과 도서지역을 중심으로 활동한 후, 11월부터 장거리 이동을 하는 양상을 보임.

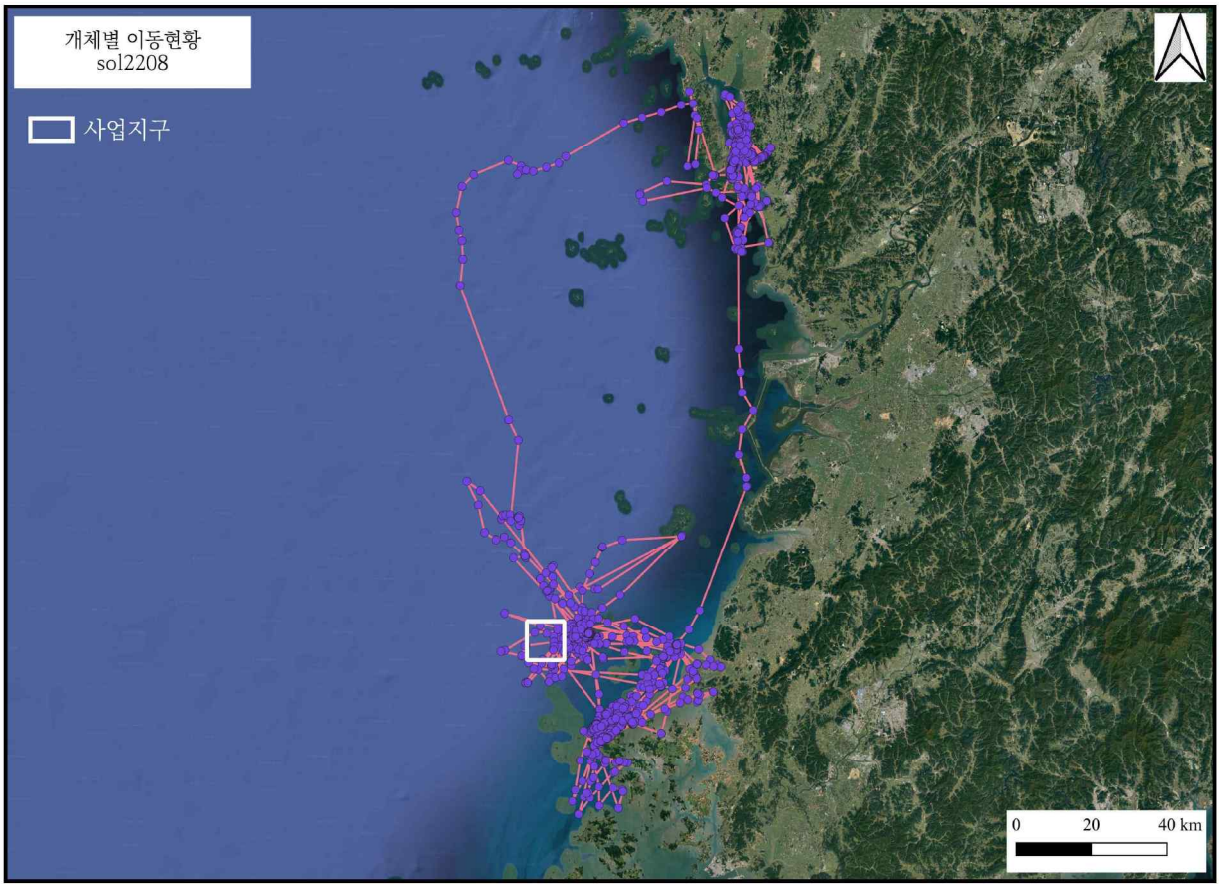
○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 8월 : 8월 2일 부착 후 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며 안마도 인근을 크게 벗어나지 않음.
- 9월 : 8월과 유사하게 안마도 인근을 크게 벗어나지 않고 인근 해역을 중심으로 활동하였음. 이 과정에서 사업지구를 수 차례 통과하는 양상을 보임.
- 10월 : 8월, 9월과 유사하게 안마도 인근을 크게 벗어나지 않고 인근 해역을 중심으로 활동하였음. 이 과정에서 사업지구를 수 차례 통과하는 양상을 보임.
- 11월 : 11월 5일과 7일에 길쳐 진북 부안군 위도로 두 차례 왕래하였음. 이후 안마도 인근 해상에서 활동 범위를 점차 넓혀 가다가 11월 12일 공해상을 통해 북상을 시작, 같은날 충남 태안군 태안반도에 위치한 가지포해수욕장 인근 해안까지 이동하였음. 이후 태안반도를 비롯한 보령시 원산도와 보령시 인근 해안, 천수만 내부인 충남 홍성군 남당항 일대, 충남 보령시 오천항 일대 등 충남서해안 지역을 두루 이동하며 생활하는 양상을 보였음.
- 12월 : 안면도의 영목항과 천수만 내부 죽도 인근 무인도서를 중심으로 천수만 내해를 중심으로 활동하는 한편 간헐적으로 윈산도 및 대천항 인근 해안을 왕래하는 양상을 보임.
- 1월~2월 : 12월과 유사한 양상을 보였으며, 외해로의 별다른 이동 없이 천수만 내부를 중심으로 활동함
- 3월 : 12월~2월과 유사하게 천수만 내부를 중심으로 활동하던 중 3월 19일

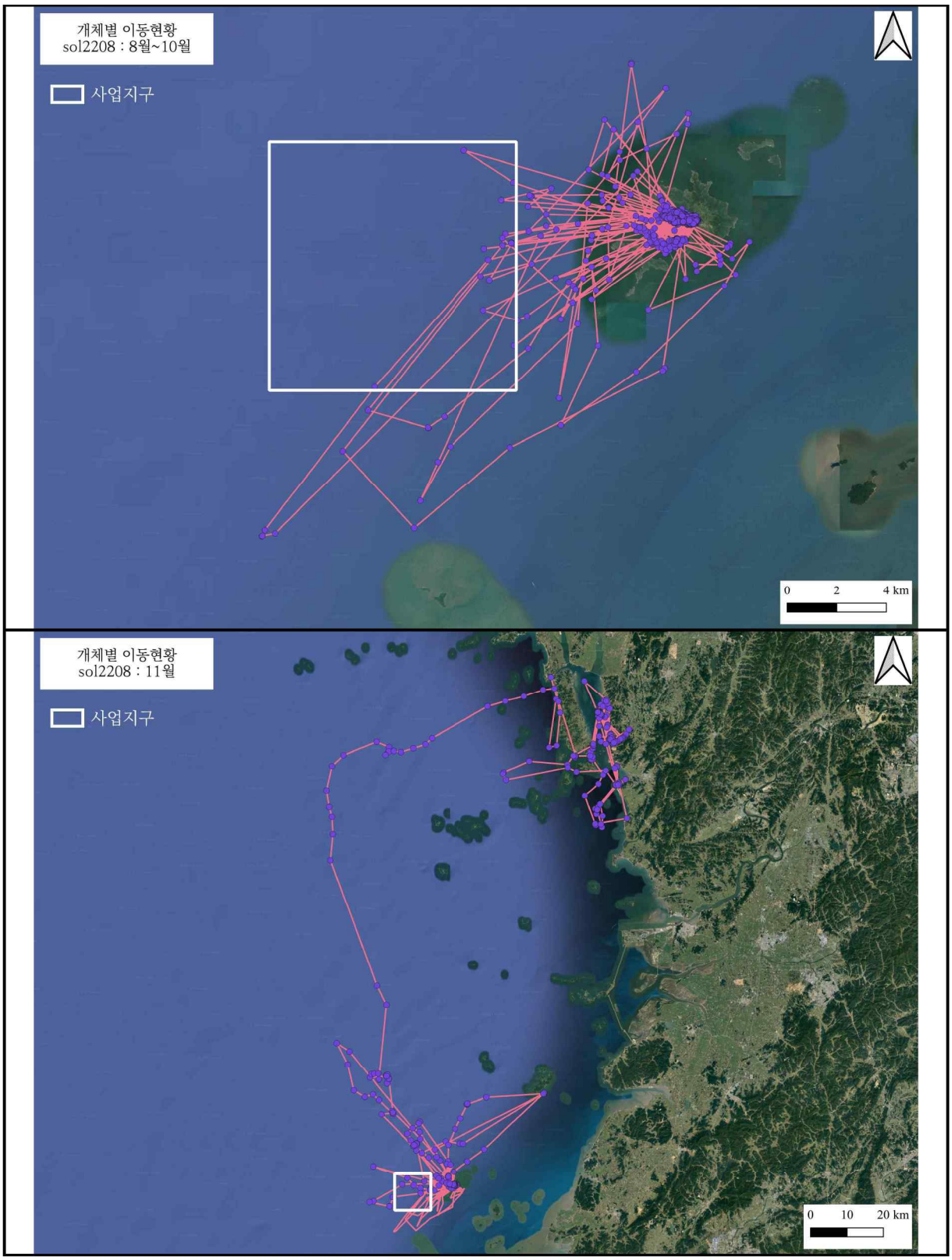
남하를 시작하였으며, 새만금 인근과 영광갯벌을 거쳐 3월 21일 부착지인 안마도에 도착하였음. 이후 영광군 해안 일대와 신안군 암자도 해상 등을 왕래하며 활동하는 양상을 보임

- 4월 : 부착지인 안마도 인근 해상과 영광군 칠산도 인근, 신안군 암자도 인근을 왕래하며 활동하는 양상을 보임.
- 5월 : 4월과 유사하게 부착지인 안마도 인근 해상과 영광군 칠산도 인근, 신안군 암자도 인근을 왕래하며 활동하는 양상을 보임.

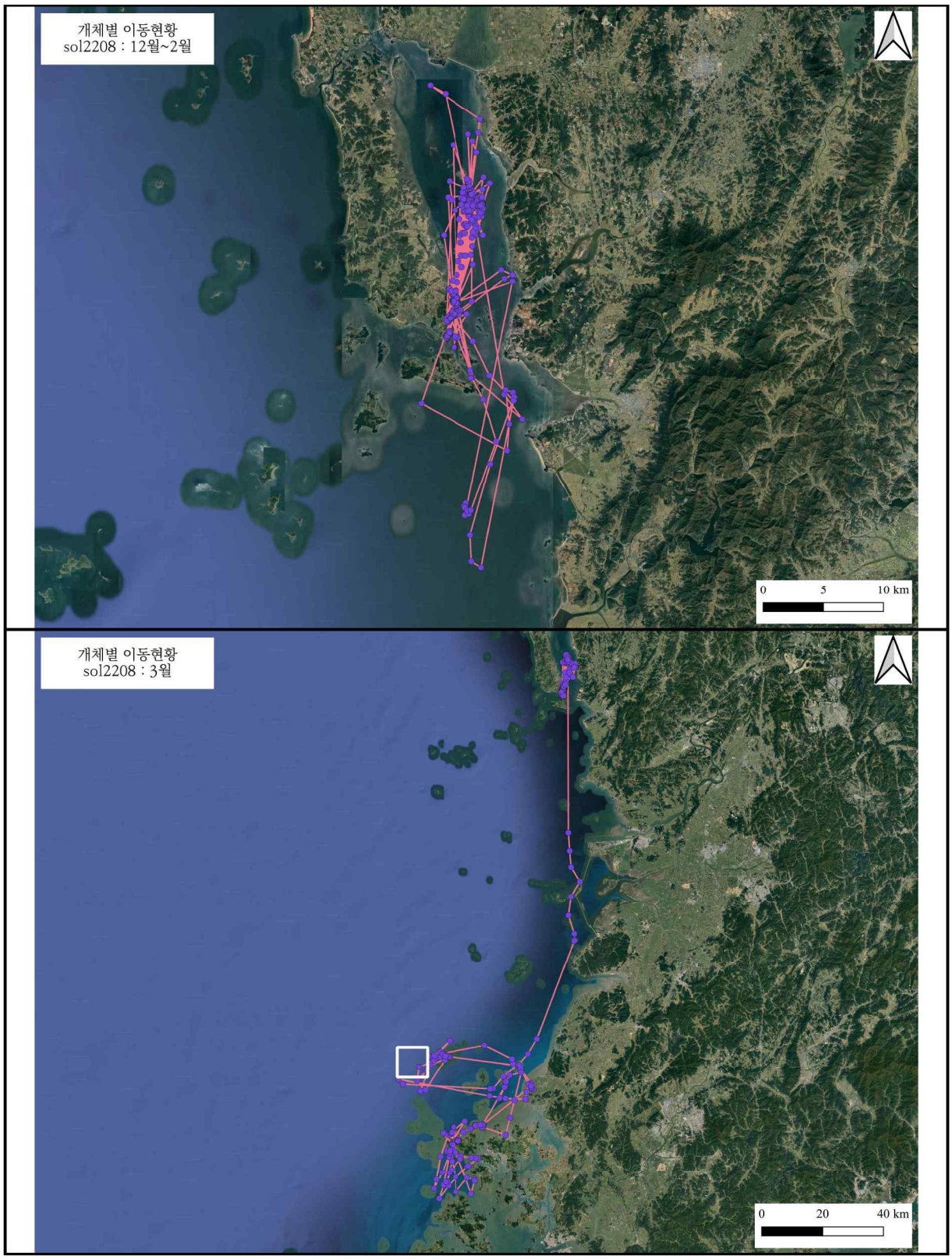
○ 해당 개체는 2023년 5월 18일 현재 전남 신안군 임자면 재원도 인근 해상에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



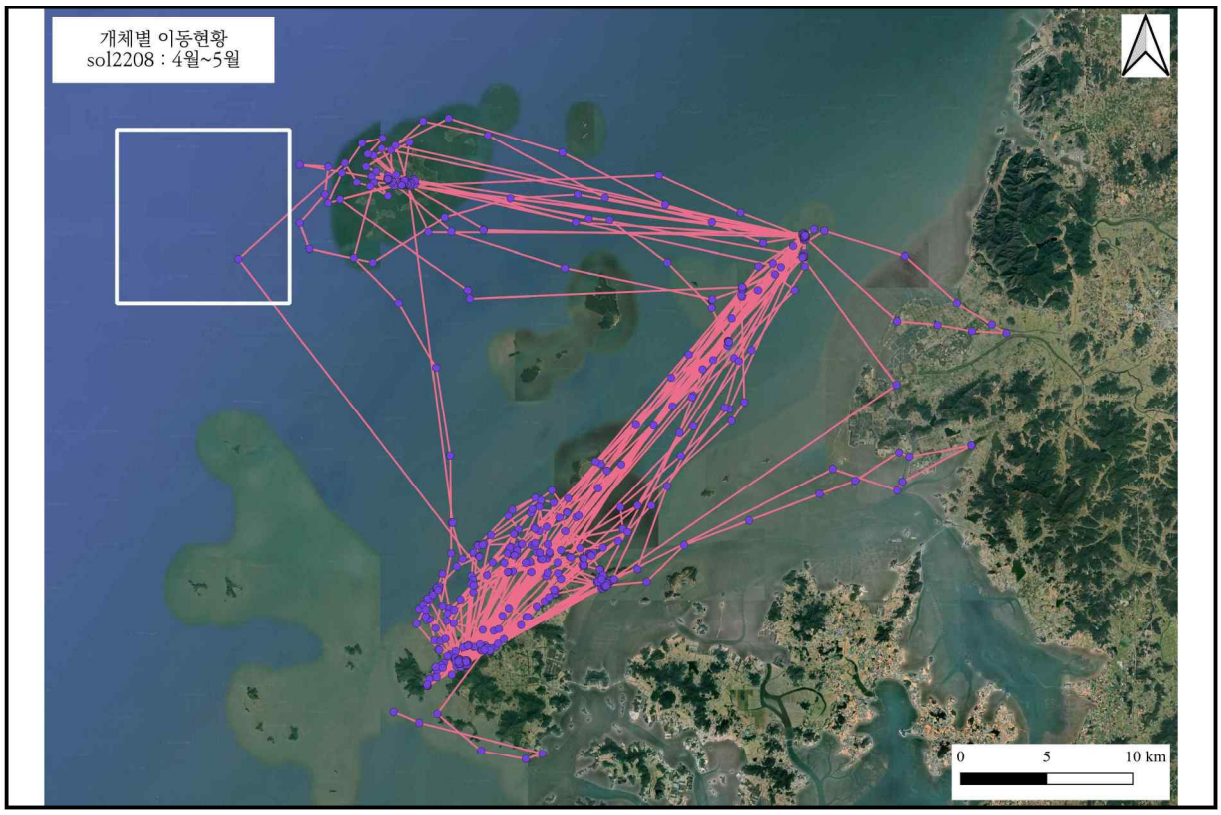
<그림 3.1 - 52> sol2208 개체 이동 현황



<그림 3.1 - 53> sol2208 개체 월별 이동 현황-(1)



<그림 3.1 - 54> sol2208 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 55> sol2208 개체 월별 이동 현황-(3)

㉣ sol2209

○ 2022년 8월 2일 안마도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 성조로 생체중은 515g로 확인

○ 8월~9월 사이 부착지인 안마도 인근에서 활동하였으며, 10월부터 내륙의 전남 영광군 법성포 인근 해안을 왕래하는 등 이동 범위를 넓혀간 후, 11월 장거리 이동을 통해 타 지역으로 이동하였음.

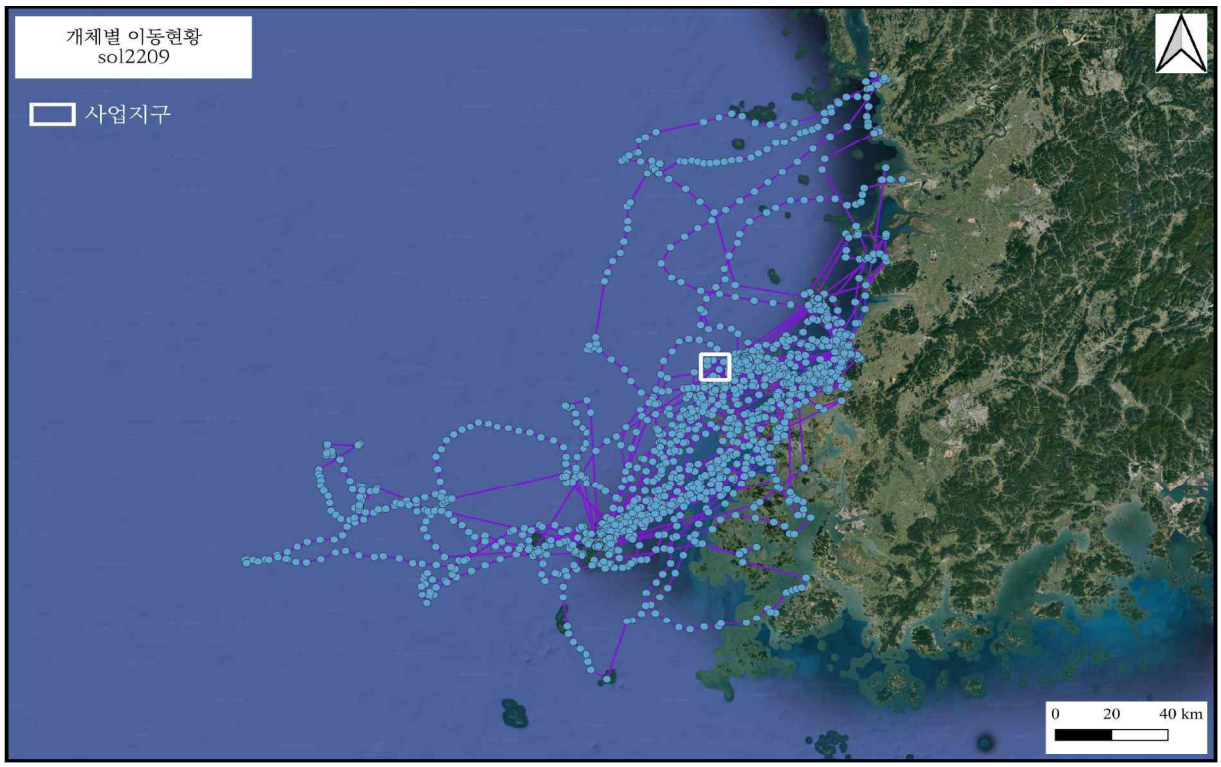
○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 8월 : 8월 2일 부착 후 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며 안마도 인근을 크게 벗어나지 않음.
- 9월 : 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며 안마도 인근을 크게 벗어나지 않음. 8월과 거의 유사한 이동 양상을 보임.
- 10월 : 8월, 9월과 유사하게 안마도 인근을 크게 빗어나지 않고 인근 해역을 중심으로 활동하던 중, 10월 26일~30일 사이 영광군 법성포 인근 해안을 수차례 왕복하는 양상을 보임.
- 11월 : 11월 1일~5일에 걸쳐 안마도와 법성포, 전북 부안군 위도를 한 차례씩 왕래하였으며, 11월 6일에는 공해상을 통해 북상, 충남 서천군의 유부도와 전북 군산시 개야도까지 이동하였음. 이후 다시 남하하여 11월 7일 법성포 인근 해안으로 이동하였으며 이후 전북 부안군 위도 인근 해상, 부안군 격포 인근 해상, 새만금 남단 및 부착지인 안마도 구간을 수시로 왕래하며 활동하였음. 이후 11월 26일 위도를 경유 공해상을 통해 북상을 시작하였으며 11월 27일 충남 보령시 외연도 인근을 지나 대천항 인근 서해안 연안으로 이동하였음. 29일 다시 대천항을 출발, 서해 공해상과 전북 부안군 위도를 경유하여 남하를 시작하였으며 다음날인 30일 전남 신안군 홍도를 거쳐 흑산도까지 이동하였음.
- 12월 : 신안군 흑산도 및 홍도 인근 해상을 중심으로 활동하였으며, 신안군

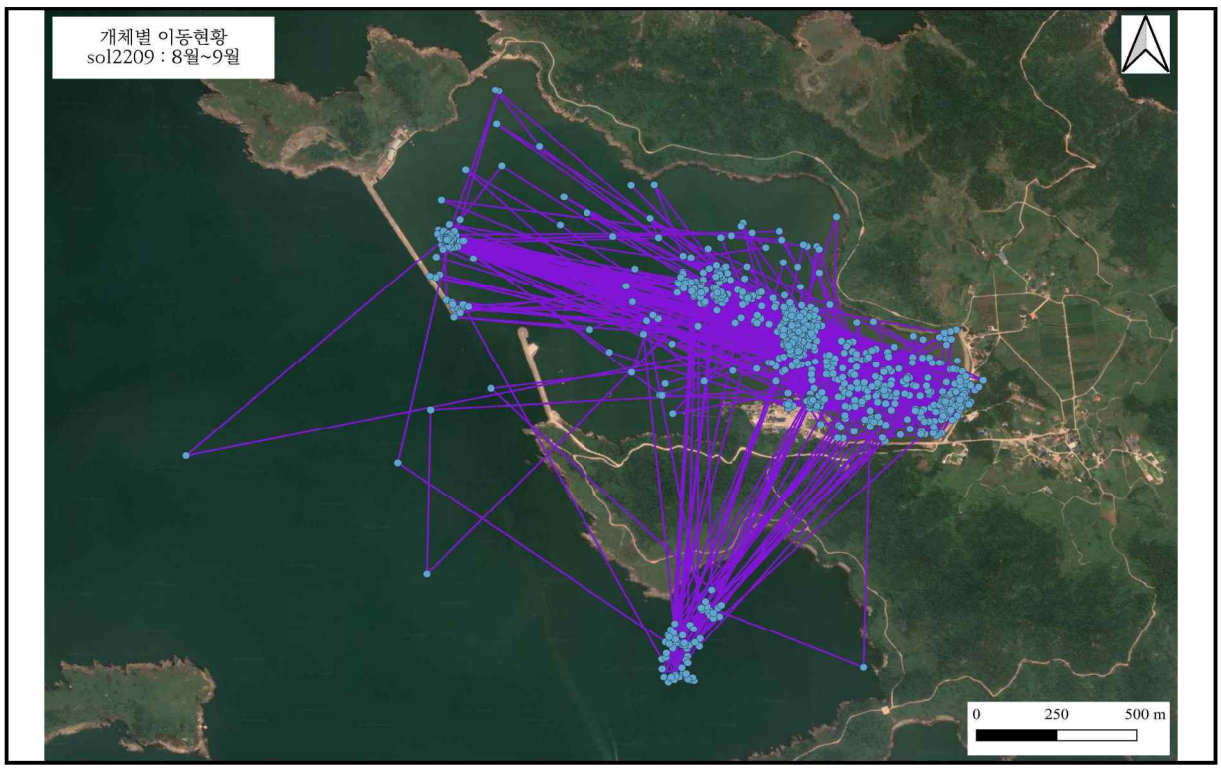
압해도 인근 내해로 간헐적으로 이동하는 양상도 확인됨. 그러던 중 12월 20일 북상을 시작, 서해 공해상을 경유하여 21일 충남 보령시 대천항 인근 무인도서까지 이동하였으며, 이후 다시 서해안을 따라 남하를 시작, 22일 다시 흑산도로 복귀하는 이동 양상을 보임.

- 1월 : 신안군 흑산도 및 홍도를 중심으로 주변 먼 바다를 중심으로 활동하는 양상을 보임
- 2월 : 1월과 유사하게 신안군 흑산도 및 홍도를 중심으로 주변 먼 바다를 중심으로 활동하는 양상을 보이던 가운데, 2월 22일~24일에 거쳐 부착지인 안마도와 칠산도 등 도서지역을 경유하는 이동 양상을 보임.
- 3월 : 신안군 흑산도를 중심으로 신안군 연안의 도서지역, 부착지인 안마도 인근, 칠산도 인근, 영광군 법성포, 계마항 등 서해안 갯벌 및 도서지역을 활빌하게 왕래하는 양상을 보임.
- 4월 : 신안군 흑산도 및 신안군 연안의 도서지역, 부착지인 안마도 인근, 칠산도 인근, 영광군 빕싱포, 계마항 등 서해안 갯빌 및 도서지역을 활발하게 왕래하는 양상을 보이고 있으며, 한 차례 진도군 진도 본섬 인근까지 이동하기도 하였음.
- 5월 : 부착지인 안마도 인근과 칠산도 인근, 영광군 해안 지역을 중심으로 활동하는 앙상을 보이는 가운데 신안갯벌 내해 지역, 흑산도 등지를 간헐적으로 왕래하는 양상을 보이고 있음.

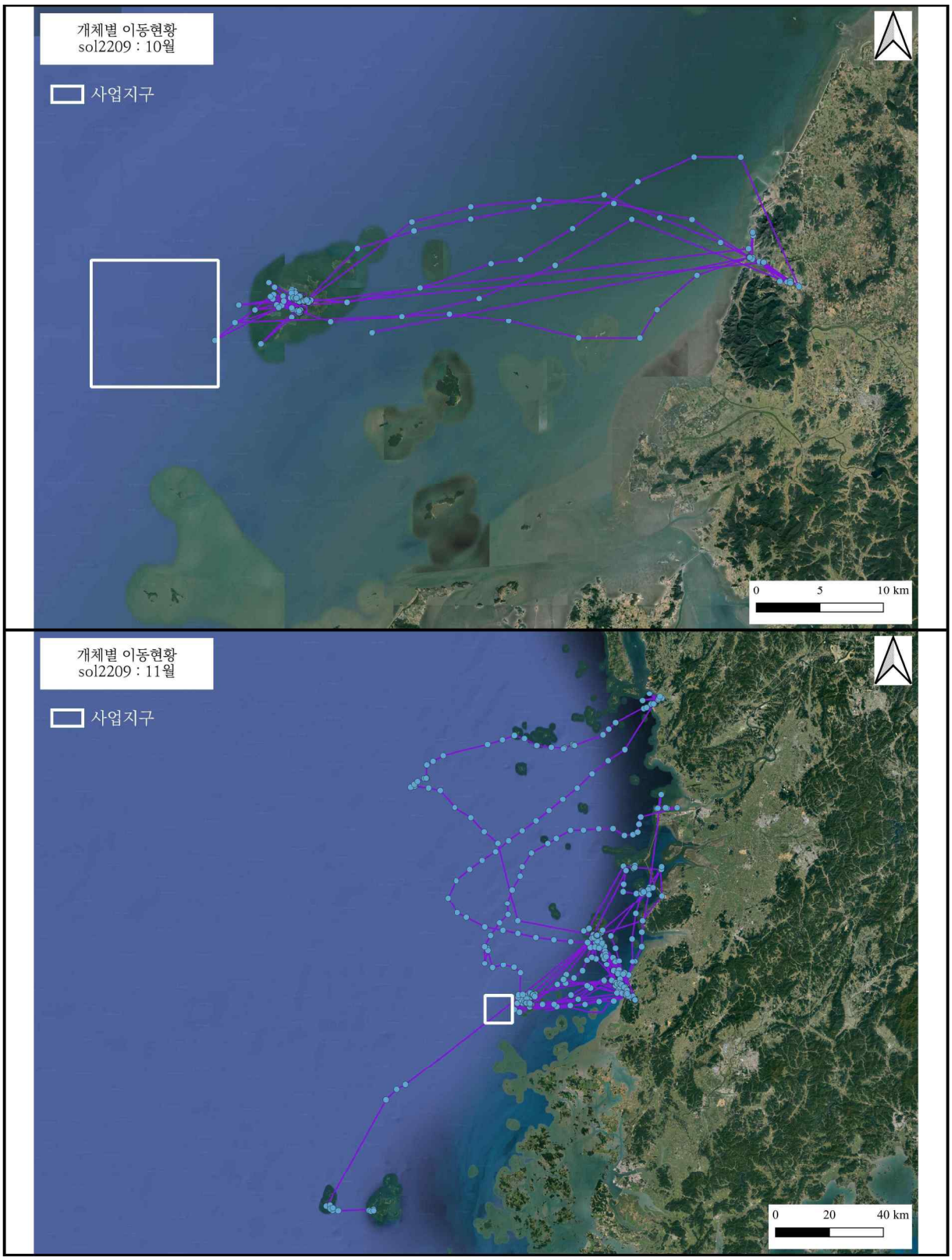
○ 해당 개체는 2023년 5월 23일 현재 전남 영광군 낙월면 소노인도 인근 해안에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



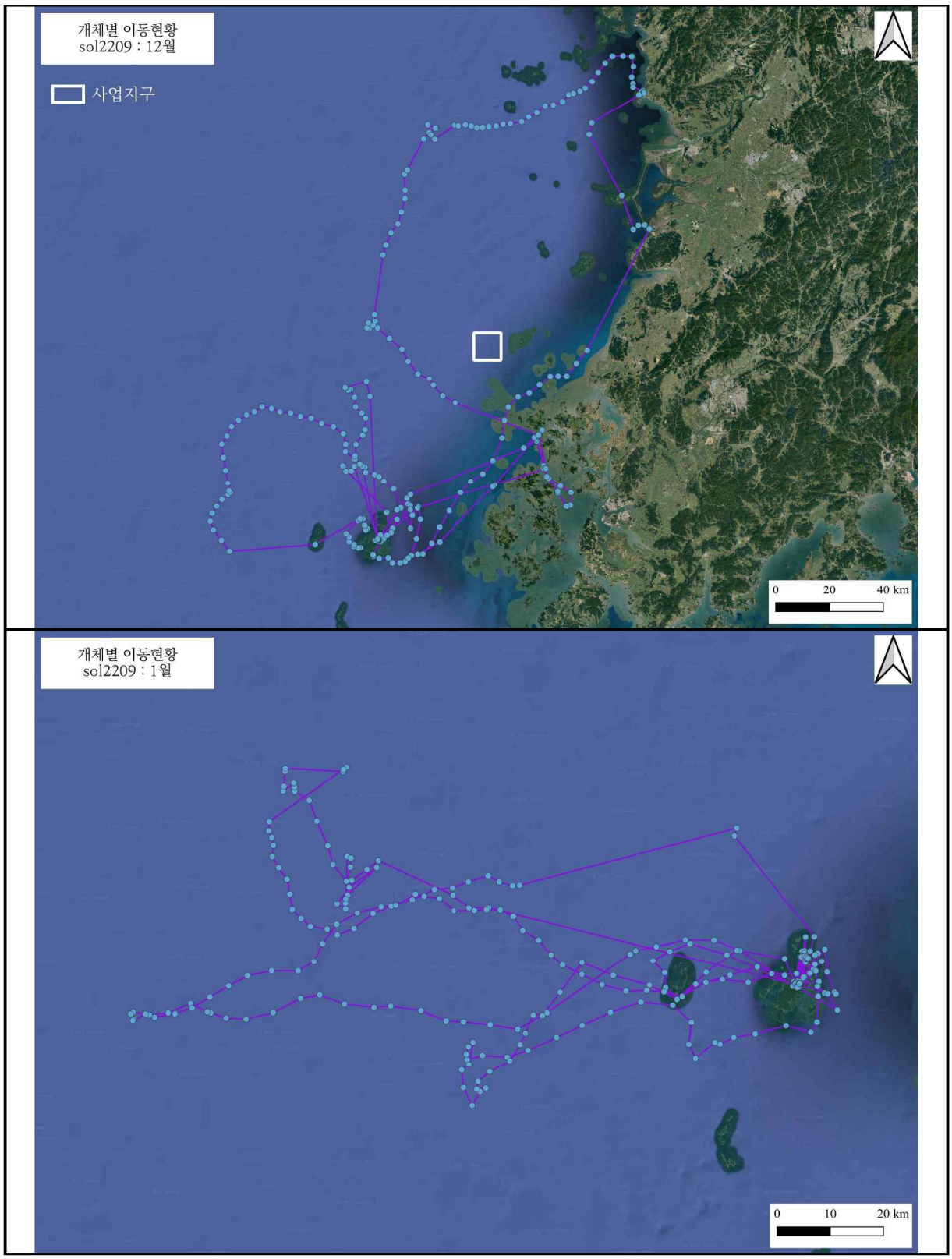
<그림 3.1 - 56> sol2209 개체 이동 현황



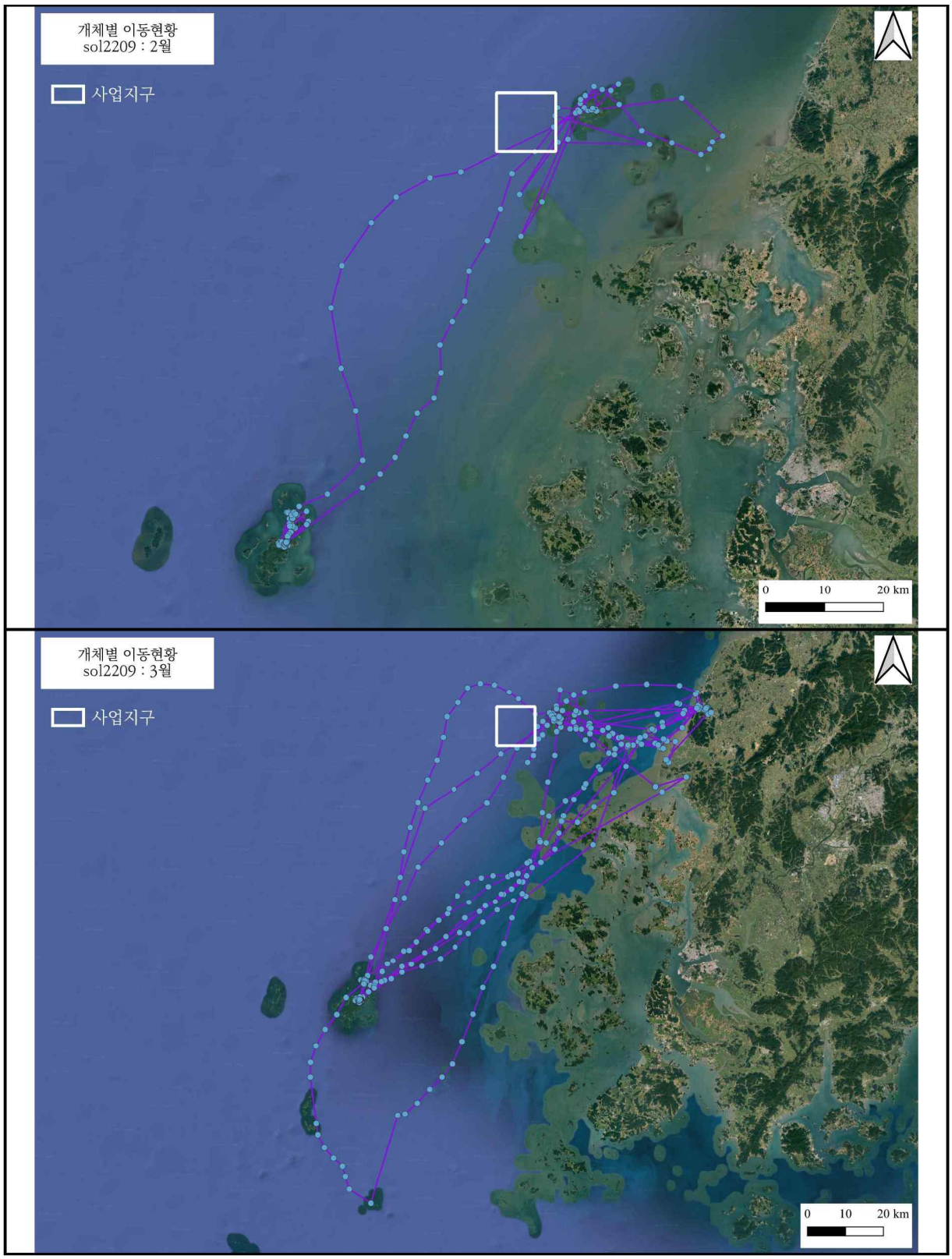
<그림 3.1 - 57> sol2209 개체 월별 이동 현황-(1)



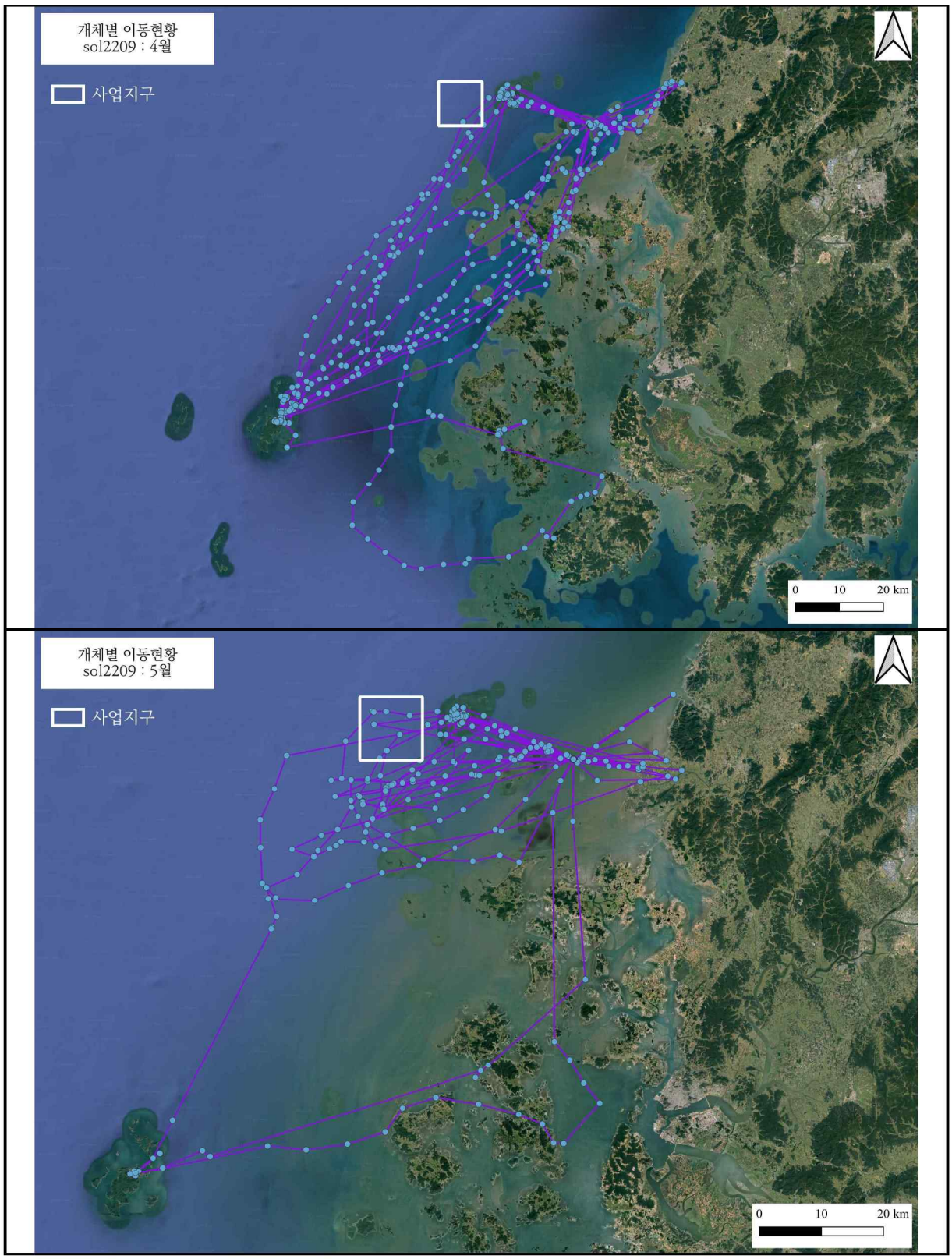
<그림 3.1 - 58> sol2209 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 59> sol2209 개체 월별 이동 현황-(3)



<그림 3.1 - 60> sol2209 개체 월별 이동 현황-(4)



<그림 3.1 - 61> sol2209 개체 월별 이동 현황-(5)

㉤ sol2210

○ 2022년 8월 2일 안마도 선착장에서 포획, 위치추적기를 부착한 괭이갈매기 유조로 생체중은 525g로 확인

○ 8월에는 부착지인 안마도 인근에서 활동하였으며, 9월~10월 사이 전북 부안군 해안부터 전남 신안군 도서지역 등으로 활발한 이동을 보인 뒤 신안군 흑산도로 이동하는 등 활발한 이동 양상을 보였음. 또한 중국 남부 홍콩 인근까지 이동하여 가장 먼 거리를 이동한 개체로 확인되었음.

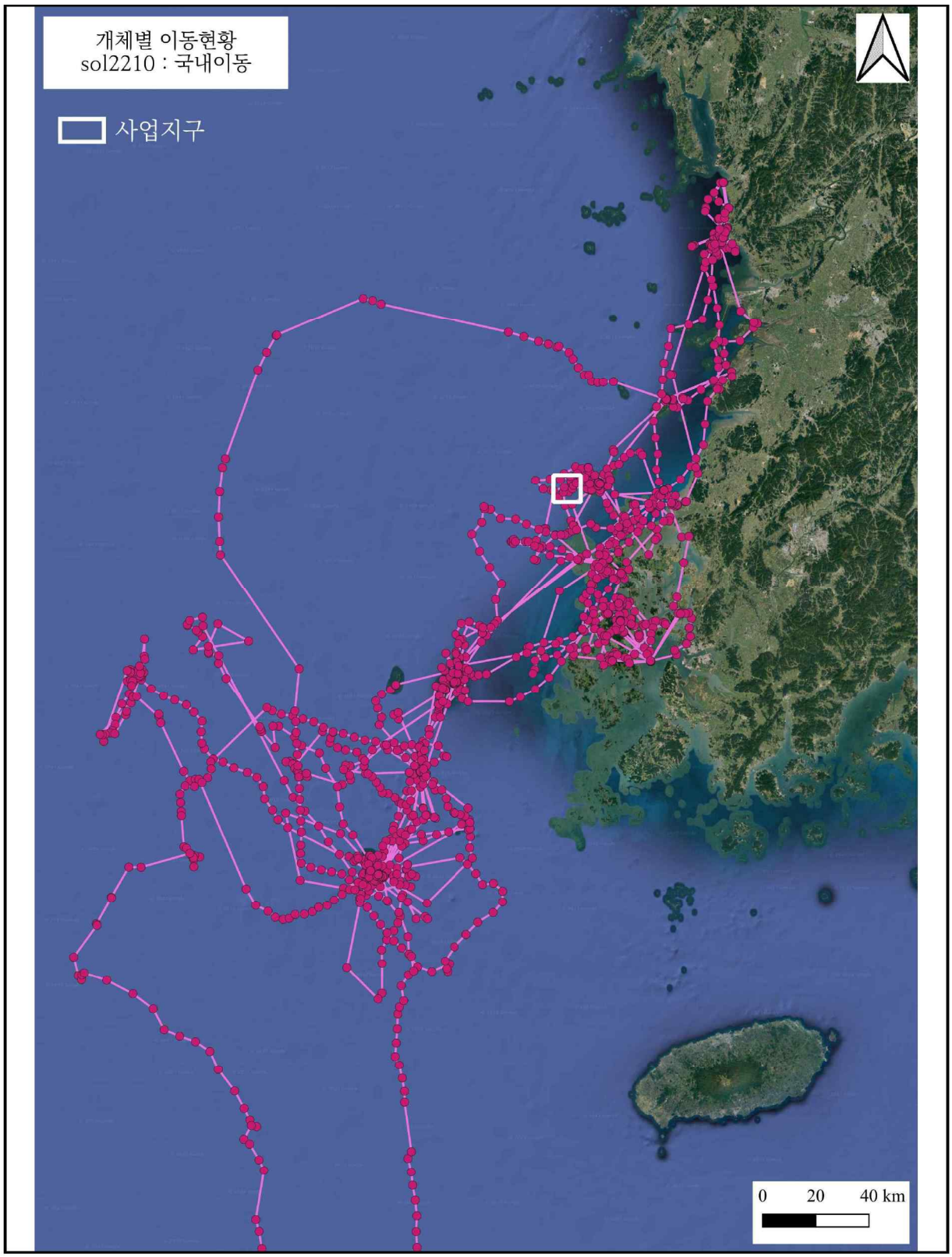
○ 해당 개체의 월별 이동 현황을 살펴보면 다음과 같음.

- 8월 : 8월 2일 부착 후 부착지인 안마항 인근 해안을 중심으로 활동하였으며 안마도 인근을 크게 벗어나지 않는 가운데 안마도 외해 사업지구 인근으로 수 차례 이동하였으며, 이 과정에서 사업지구 내부를 통과하였음.
- 9월 : 부착지인 안마도를 벗어나 인근 내륙 해안과 도서지역으로 매우 다양한 움직임을 보였음. 9월 1일 안마도를 최초로 벗어나 전남 영광군 백수갯벌, 신안군 증도갯빌 및 인근 도서지역을 경유하여 다시 안마도로 회귀하였으며, 이후 인근 송이도, 낙월도 및 신안군 암자도 인근을 왕래하며 활동하였음. 9월 17일에는 전북 부안군 위도 인근 해상과 새만금 남단을 왕복하였으며, 9월 19일 남하를 시작, 신안군 암자도를 경유하여 외해로 이동, 9월 20일 흑산도까지 이동하였음.
- 10월 : 흑산도에 정착한 이후 인근 도서지역인 상태도, 하태도, 만재도, 거문도 등 서남해안 먼 곳에 위치한 도서지역 및 공해상을 오가며 활동하였음. 10월 28일~29일 사이에는 내해 방면으로 이동하여 비금도와 증도갯벌 등을 경유 후 다시 흑산도로 복귀하기도 하였음.
- 11월 : 흑산도 흑산항 인근 해안에 정착하였으며 흑산도에 인접한 다물도, 대둔도 등지의 연안과 양식장 등을 왕래하며 활동하고 있음.
- 12월 : 12월 초에는 11월과 유사하게 흑산항에 인접한 다물도, 대둔도 등지의

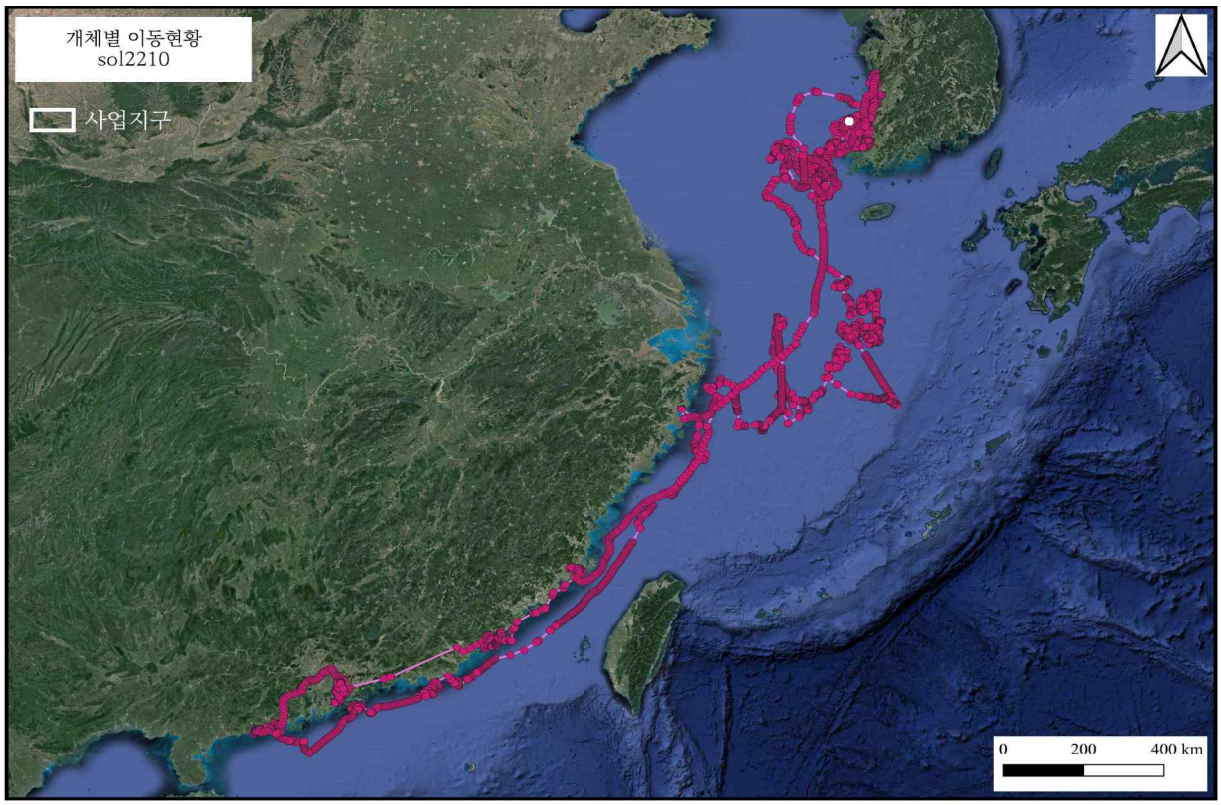
연안과 양식장 등을 왕래하며 활동하였으며, 12월 16일 흑산도 남쪽 하태도로 이동하여 21일 가지 활동하였음. 이후 12월 25일 가거도로 이동하여 가거도항을 중심으로 활동하는 양상을 보임.

- 1월 : 가거도를 중심으로 인근 공해상, 만재도, 하태도 등지를 왕래하며 활동하는 양상을 보였으며, 1월 26일 공해상을 통해 남하를 시작하였음
- 2월~4월(국외) : 동중국해 공해상을 통해 남하하던 중 2월 21일 중국 동부해안 타이저우시 인근 해안에 도착하였으며, 이후 중국 해안을 따라 지속적으로 남하하여 2월 26일 홍콩 인근 경유, 3월 19일 광저우를 거쳐 선전 앞 해상에 정착하였음. 이후 인근 해안과 마카오 등지를 중심으로 활동하던 중 4월 4일 북싱을 시직 해안을 따라 이동하던 중 4월 16일 공해싱을 통해 서해를 횡단, 4월 18일 전북 부안군 새만금 인근을 경유한 후 충남 서천군 마량포구 인근 해상에 도착하였음.
- 5월 : 서천군 마량포구와 인근 춘장대 일대 등에서 활동하다 5월 2일 남하를 시작하여 영광군 칠산도까지 이동하였음. 이후 영광군 백수갯빌, 신안군 신안갯벌 인근 도서지역과 해안지역을 중심으로 활동하는 양상을 보였으며, 한 차례 흑산도까지 왕래하는 양상을 보이기도 하였음.

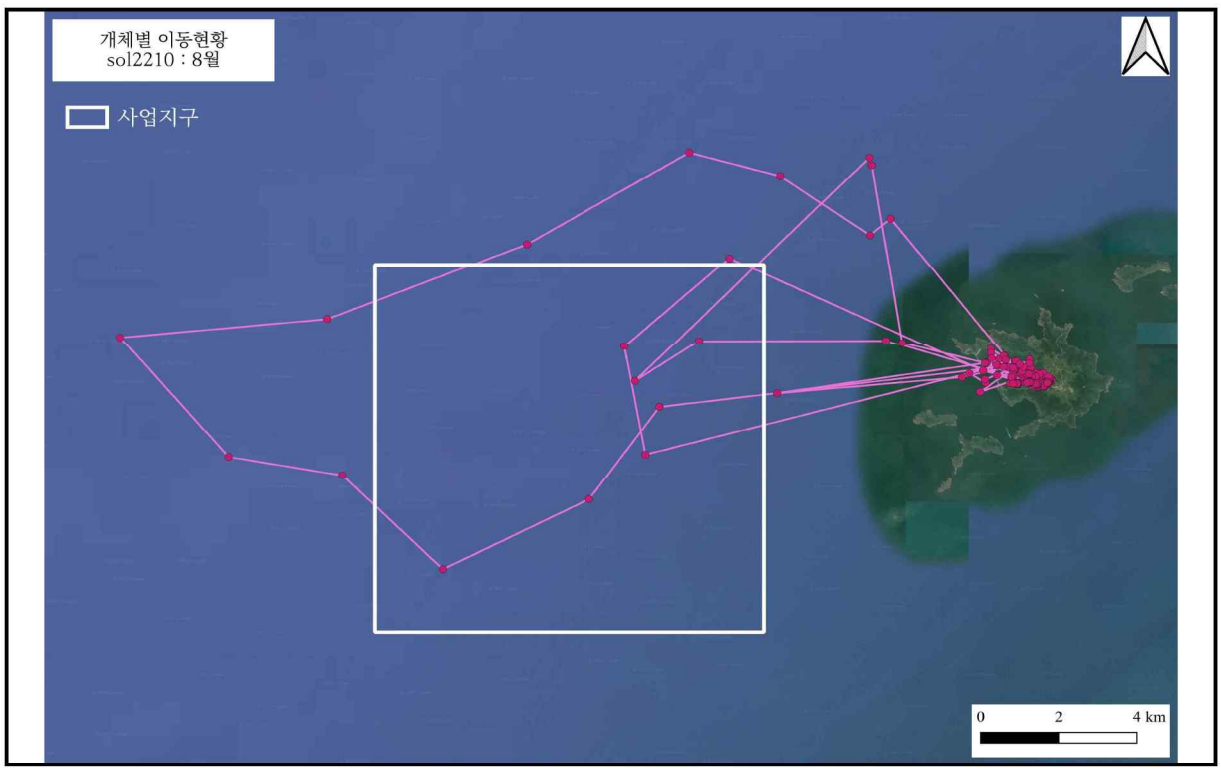
○ 해당 개체는 2023년 5월 23일 현재 현재 전남 신안군 임자면 진리항 인근 해안에서 활동하고 있는 것으로 확인됨.



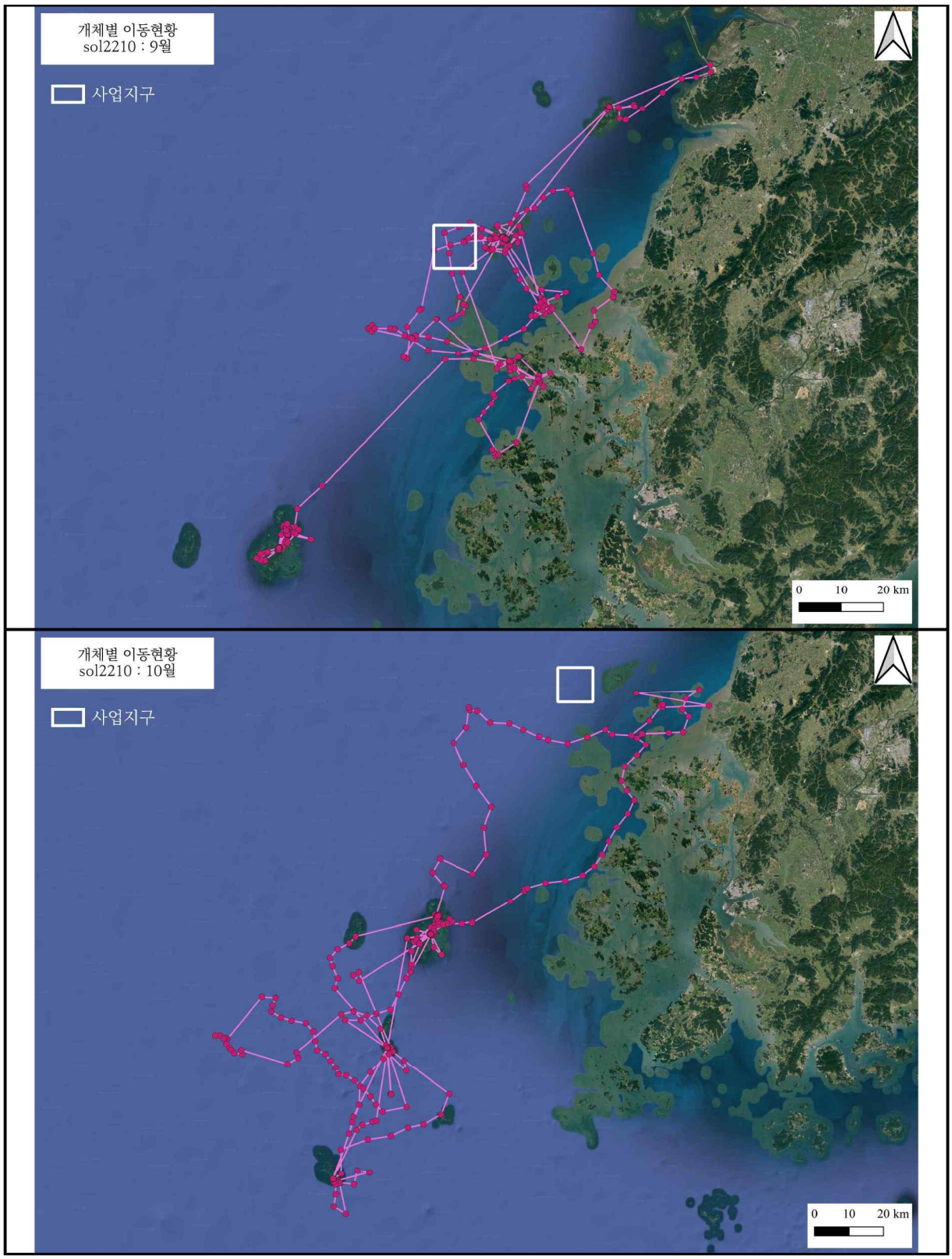
<그림 3.1 - 62> sol2210 개체 이동 현황(국내)



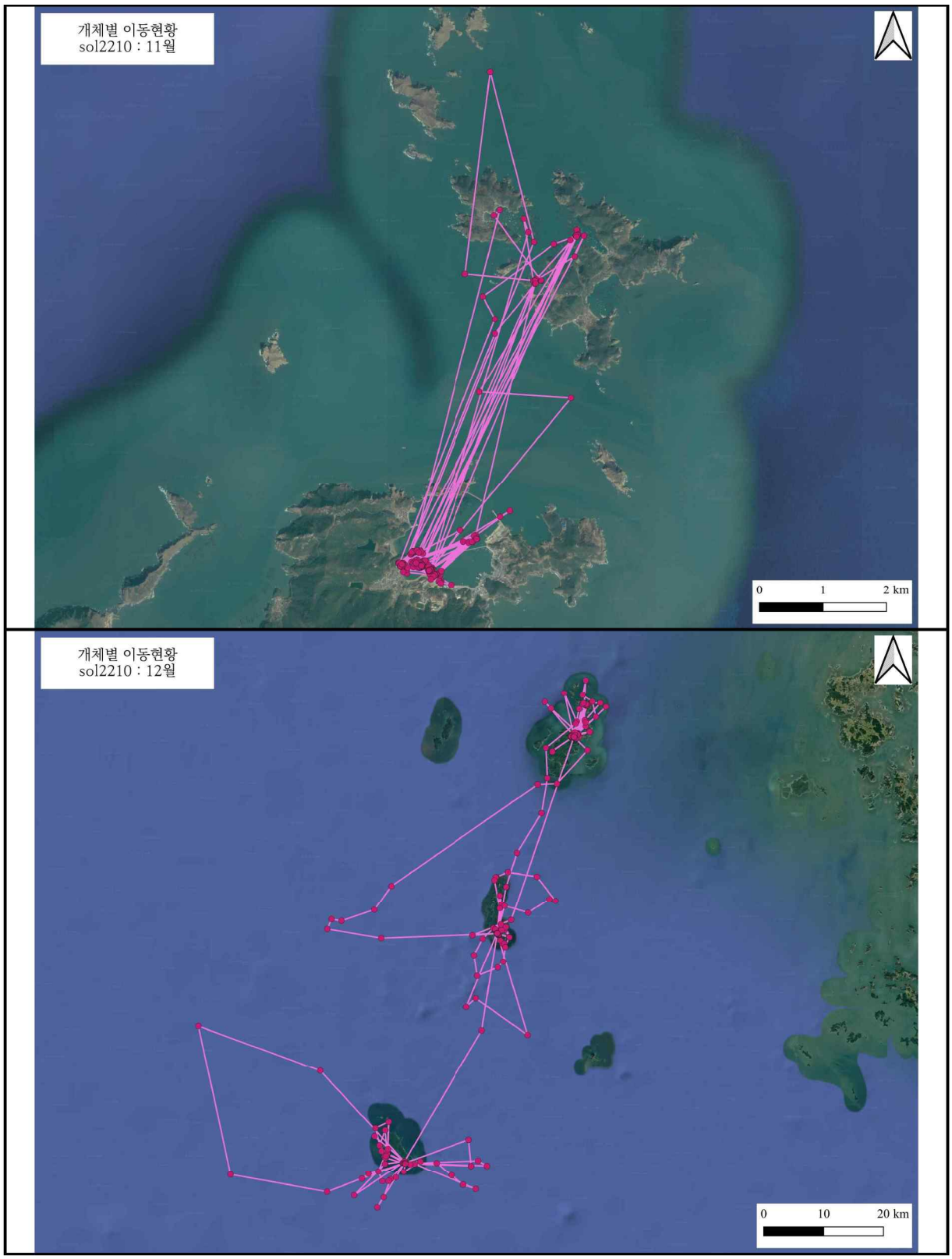
<그림 3.1 - 63> sol2210 개체 이동 현황



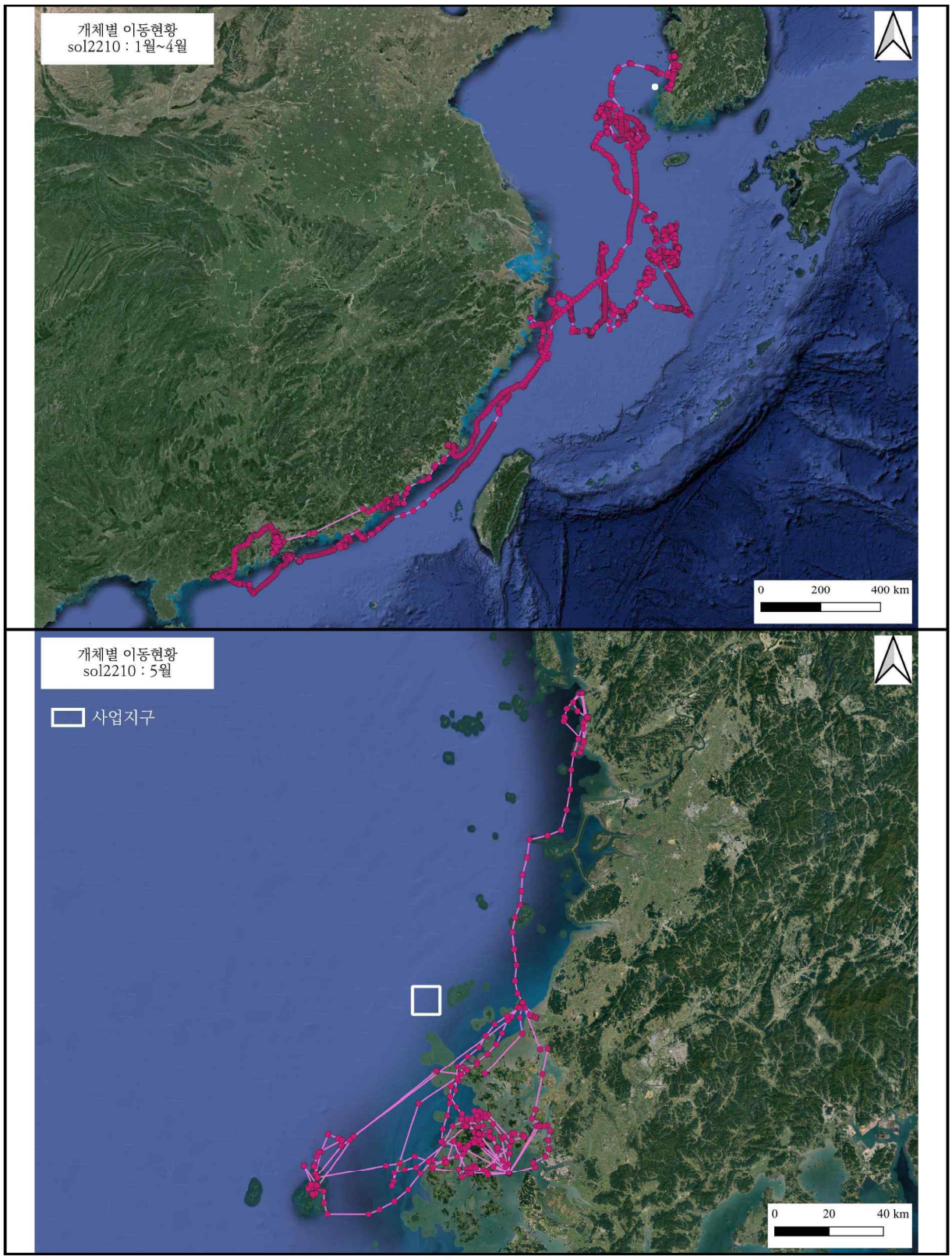
<그림 3.1 - 64> sol2210 개체 월별 이동 현황-(1)



<그림 3.1 - 65> sol2210 개체 월별 이동 현황-(2)



<그림 3.1 - 66> sol2210 개체 월별 이동 현황-(3)



<그림 3.1 - 67> sol2210 개체 월별 이동 현황-(4)

⑤ 사업지구 인접지역 이동 현황

○ 전체 10개체 중 송이도 부착 3개체(sol2202, sol2203, sol2204), 안마도 부착 4개체(sol2207, sol2208, sol2209, sol2210) 등 총 7개체가 사업지구를 최소 한 차례 이상 통과한 것으로 확인되었음.

○ 각 개체별 통과 시점은 다음과 같음.

- sol2202 : 송이도 부착개체로 2022년 12월 중 2차례 사업지구를 통과하였음.
- sol2203 : 송이도 부착개체로 2022년 7월 중 수차례 사업지구를 통과하였음.
- sol2204 : 송이도 부착개체로 2022년 7월 중 1차례 사업지구를 통과하였음.
- sol2207 : 안마도 부착개체로 2022년 9월~11월과 2023년 4월~5월에 걸쳐 사업지구를 수차례 통과하였음
- sol2208 : 안마도 부착개체로 2022년 9월~11월과 2023년 3월~4월에 걸쳐 사업지구를 수차례 통과하였음
- sol2209 : 안마도 부착개체로 2022년 10월과 2023년 2월~5월에 걸쳐 사업지구를 수차례 통과하였음
- sol2210 : 안마도 부착개체로 8월~9월에 걸쳐 사업지구를 수차례 통과하였음.

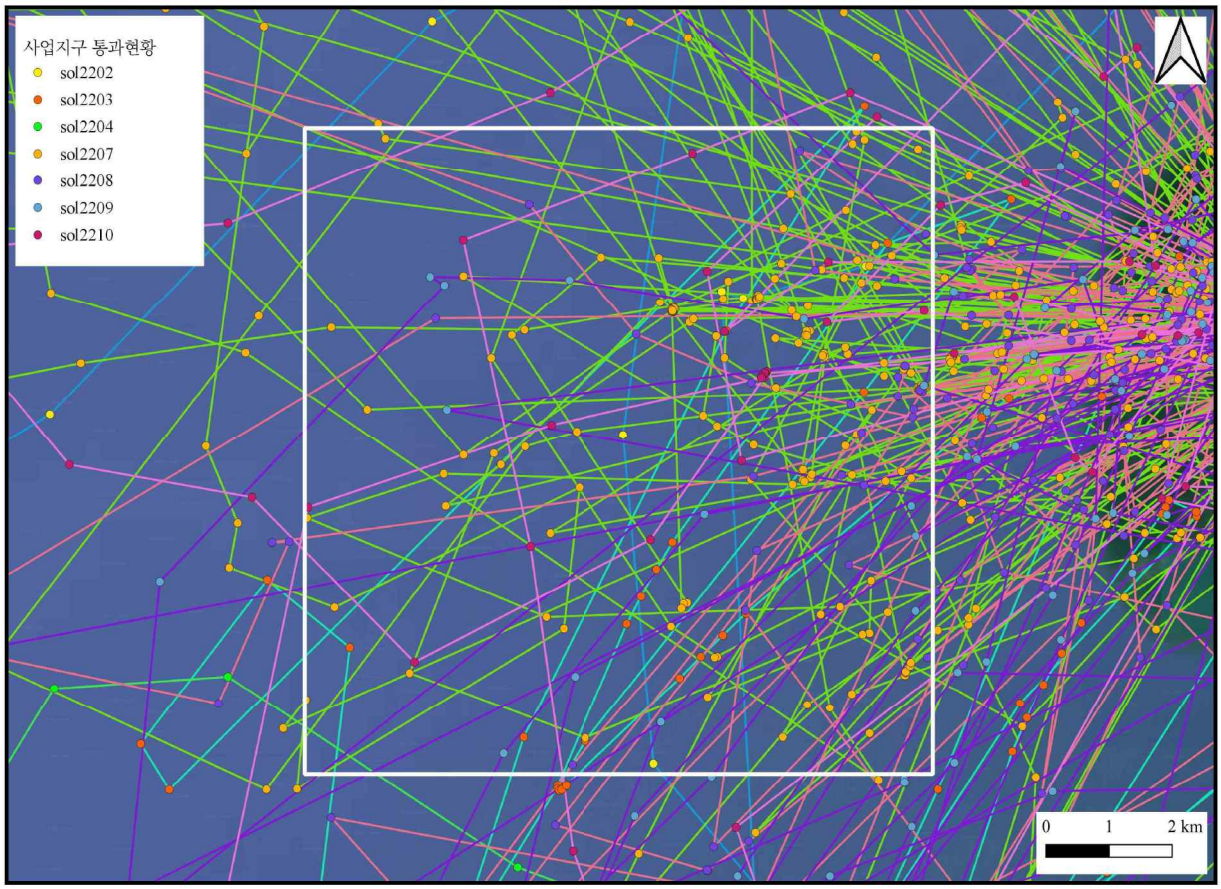
○ 사업지구가 안마도에 접해있는 만큼 안마도에서 부착한 개체들의 사업지구 통과 빈도가 높은 것으로 확인되었음.

○ 각 개체별 이동 현황으로 볼 때 괭이갈매기는 9월 이후부터 점진적으로 장거리 이동 또는 타 지역으로 이동을 준비하는 것을 알 수 있음. 외해 및 다른 지역으로 이동 빈도가 증가하며 이 과정에서 사업지구 진입 빈도가 매우 높아진 것을 알 수 있음. 또한 2월부터 통과 빈도가 높아지는 것으로 확인되었는데 번식기를 맞아 인근 도서지역에 번식을 위해 왕래하는 개체들의 움직임에서 기인하는 것으로 판단됨.

○ 괭이갈매기는 무리를 지어 이동하는 경우가 많은 만큼 더 많은 개체가 사업지구를 통과할 가능성이 있음.

○ 외해를 통한 국내외 장거리 이동 개체들이 확인된 만큼 다양한 방향에서 사업지구로 접근할 것으로 예상됨.

○ 특히 사업지구 인근 도서지역(송이도, 안마도, 칠산도 및 인근 도서지역)에서 번식하는 개체들 이외에도 다른 지역에서 번식하는 개체들이 먹이급양을 위해 사업지구 인근을 빈번히 왕래하는 것으로 판단되며, 이에 따른 적절한 대책이 필요할 것으로 판단됨.



<그림 3.1 - 68> 사업지구 통과현황

㈏ 행동권 분석 결과

○ 위치추적기 부착 개체 중 부착 직후 신호가 들어오지 않은 1개체(sol2205)와 부착 직후 부착지를 이탈하여 타 지역으로 이동, 부착지로 회귀하지 않아 다른 개체와 행동양식이 명백히 다른 것으로 판단되는 1개체(sol2204) 등 2개체를 제외한 나머지 8개체의 전체 위치정보를 합산하여 행동권 분석을 수행하였음.

○ 이와 함께 부착지를 구분하여 안마도 부착 5개체, 송이도 부착 3개체에 대한 행동권 분석을 별도로 수행하였음.

① 전체 행동권 분석 결과

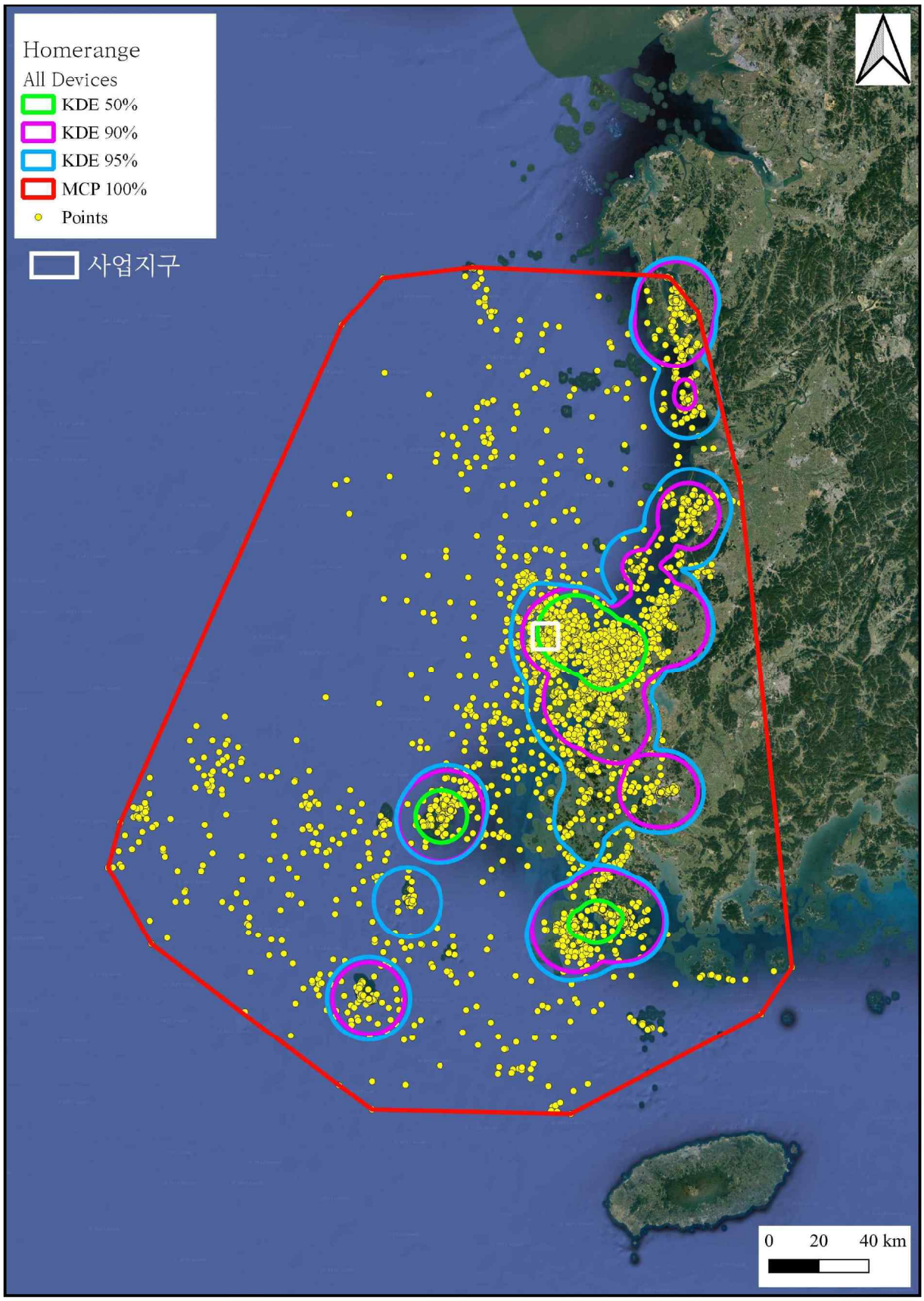
○ 위치추적기 부착개체 8개체를 대상으로 한 전체 행동권 분석 결과 MCP 100% 면적 98,488.70㎢, KDE 95% 면적 20,174.84㎢, KDE 90% 면적 15,357.74㎢, 핵심분포영역으로 볼 수 있는 KDE 50% 면적 2,503.14㎢으로 추정되었음.

○ MCP의 경우 위치정보의 최외각을 연결하는 방빕론의 특성 상 장거리 이동 위치 좌표가 포함되어 있으며, 개체별 이동 현황에서 보듯 동계절 외해로의 이동 빈도가 높아짐. 이에 따라 MCP KDE 분석 결과와 비교하여 매우 큰 수치를 나타내고 있음.

○ 핵심분포영역인 KDE 50% 영역의 경우 영광군 송이도·안마도 일대, 신안군 흑산도 일대, 진도군 진도 서남부·조도 일대 등 크게 세 영역으로 구분되어 있는 것이 확인됨.

<표 3.1 - 60> 전체 행동권 분석 결과

구분	MCP 100%	KDE		
		95%	90%	50%
전 개체	98,488.70㎢	20,174.84㎢	15,357.74㎢	2,503.14㎢


Homerange
All Devices
KDE 50%
KDE 90%
KDE 95%
MCP 100%
Points
사업지구
0 20 40 km

<그림 3.1 - 69> 전 개체 행동권 분석 결과

② 송이도 부착 개체 행동권 분석 결과

○ 송이도에서 위치추적기를 부착한 3개체(sol2201, sol2202, sol2203)를 대상으로 한 전체 행동권 분석 결과 MCP 100% 면적 65,735.44㎢, KDE 95% 면적 11,388.31㎢, KDE 90% 면적 3,832.80㎢, 핵심분포영역으로 볼 수 있는 KDE 50% 면적 1,338.19㎢으로 확인되었음.

○ 부착지인 송이도 및 영광 해안, 새만금 일대, 신안군 도서지역, 진도군 서남부 해안 일대 등의 이용 빈도가 높은 것으로 확인되었음.

○ 대부체적으로 사업지구 바깥쪽 서해상으로 크게 벗어나지 않은 채 내해를 중심으로 활동한 것으로 파악되었으며, 동계절 외해로 이동이 크게 늘어나는 양상을 보임.

○ 핵심분포영역인 KDE 50% 영역의 경우 부착지인 송이도 인근과 진도군 진도 서남부·조도 일대에 집중되어 있음.

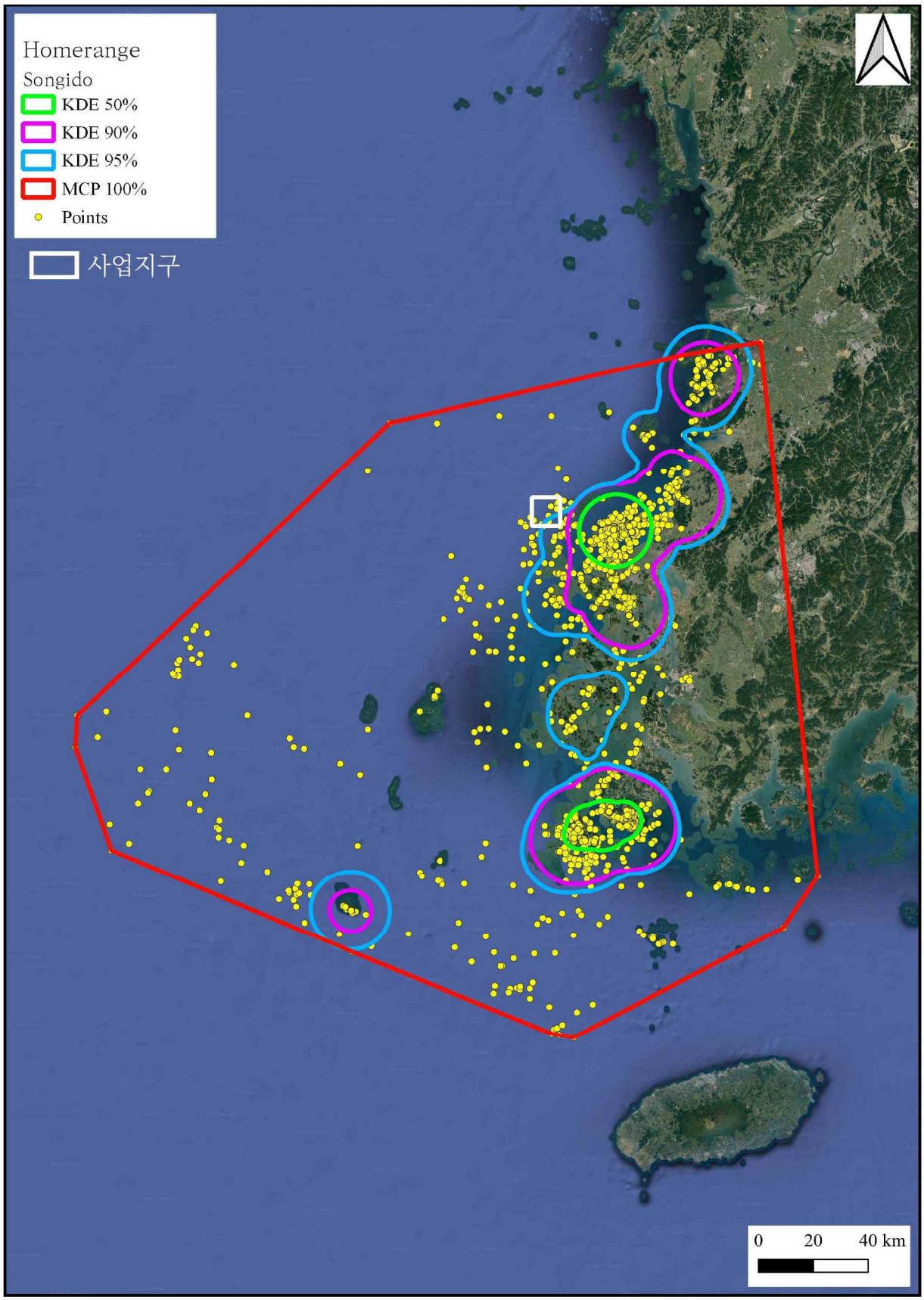
- 영광군 송이도·안마도 일대 : 부착 후 초기 몇 개월 동안 부착지 인근을 크게 이탈하지 않은 괭이길매기의 이동양상 및 번식기 부착지 인근으로 회귀하여 활동한 괭이갈매기 개체들의 행동양상으로 인한 결과로 판단됨.

- 진도군 진도 서남부·조도 일대 : 송이도에서 부착한 개체들을 중심으로 동계절 진도군 진도 서남부와 인근 해상 지역을 중심으로 활동하는 경향을 보인 결과로 판단됨. 송이도 부착 개체 중 남해안 일대로 이동한 2개체(sol2202, sol2204)가 해당 지역에서 동계절 장기간 머문 것이 확인됨.

○ MCP의 경우 위치정보의 최외각을 연결하는 방법론의 특성 상 동계쩔 장거리 이동 위치 좌표가 포함되어 있으며 이에 따라 KDE 분석 결과와 비교하여 매우 큰 수치를 보이고 있음.

<표 8.1.1 - 116> 송이도 행동권 분석 결과

구분	MCP 100%	KDE		
		95%	90%	50%
송이도 부착 3개체	65,735.44㎢	11,388.31㎢	6,832.80㎢	1,338.19㎢


Homerange
Songido
KDE 50%
KDE 90%
KDE 95%
MCP 100%
Points
사업지구
0
20
40 km

<그림 3.1 - 70> 송이도 부착 개체 행동권 분석 결과

③ 안마도 부착 개체 행동권 분석 결과

○ 안마도에서 위치추적기를 부착한 5개체(sol2206, sol2207, sol2208, sol2209, sol2210)를 대상으로 한 전체 행동권 분석 결과 MCP 100% 면적 79,943.87㎢, KDE 95% 면적 20,249.98㎢, KDE 90% 면적 13,206.48㎢, 핵심분포영역으로 볼 수 있는 KDE 50% 면적 2,065.00㎢으로 확인되었음.

○ 안마도 개체의 경우 행동권 분석에 활용된 위치좌표가 송이도보다 많고 장거리 이동한 개체들이 많은 관계로 송이도 개체에 비해 큰 수치로 확인되었음.

○ 부착지인 안마도 및 인근 송이도, 영광 해안, 고창갯벌과 충남 천수만, 전남 목포시 인근 내륙 해안, 신안군 흑산도·홍도·가거도·만재도 등 도서지역의 이용 빈도가 높은 것으로 나타남.

○ 핵심분포영역인 KDE 50% 영역의 경우 영광군 송이도·안마도 일대, 신안군 흑산도 일대 등 크게 두 영역으로 구분되어 있음.

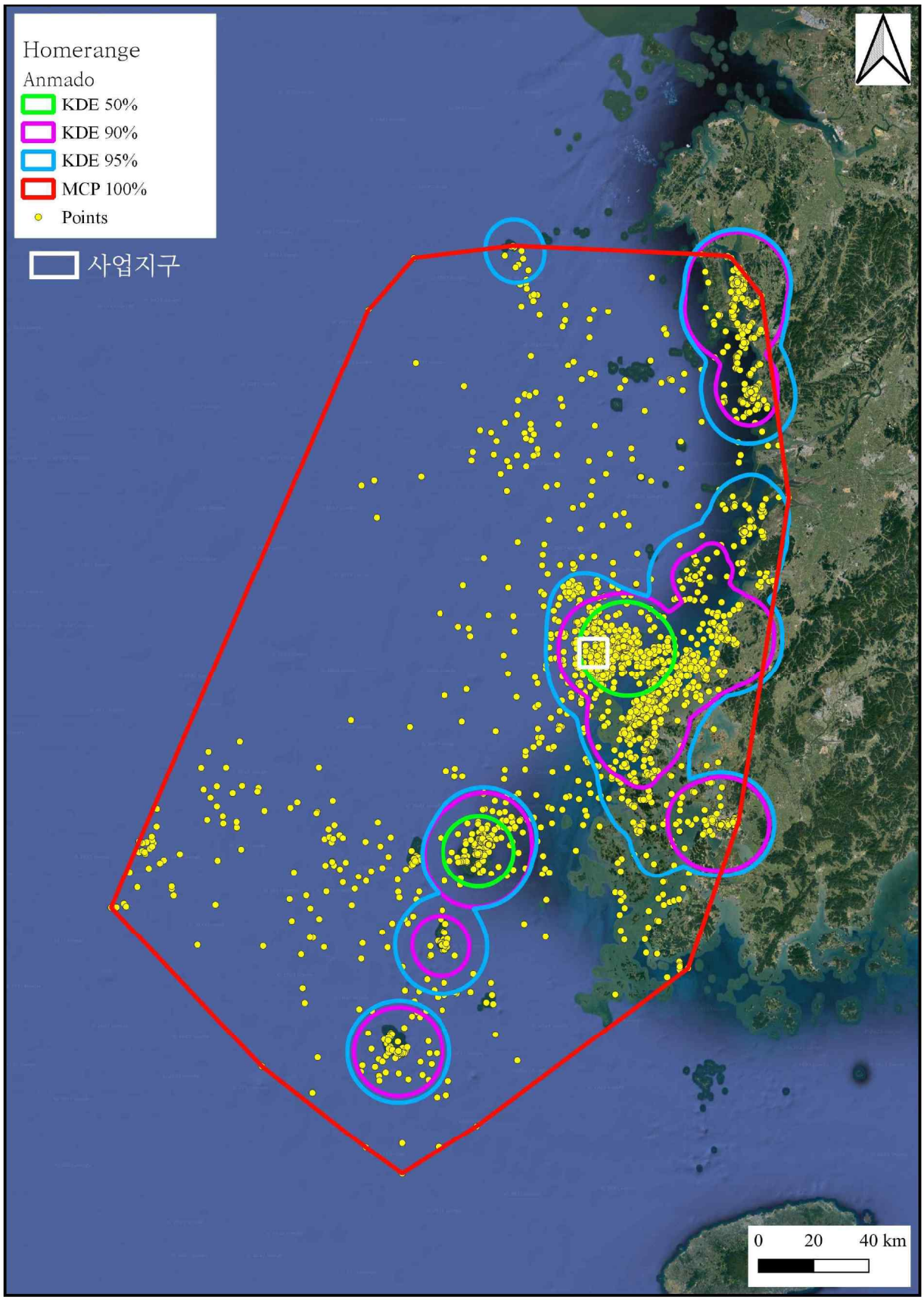
- 영광군 송이도·안마도 일대 : 부착 후 초기 몇 개월 동안 부착지 인근을 크게 이탈하지 않은 괭이길매기의 이동양상 및 번식기 부착지 인근으로 회귀하여 활동한 괭이갈매기 개체들의 행동양상으로 인한 결과로 판단됨.

- 신안군 흑산도 일대 : 안마도에서 부착한 개체들을 중심으로 동계절 신안군 흑산도 일대를 중심으로 활동하는 경향을 보인 결과로 판단됨. 안마도에서 부착한 5개체 중 sol2208을 제외한 4개체가 흑산도 일대에서 활동 또는 이동 중 중간기착 하는 것이 확인됨.

○ MCP의 경우 위치정보의 최외곽을 연결하는 방법론의 특성 상 일회성 장거리 이동 위치 좌표가 포함되어 있으며 이에 따라 KDE 분석 결과와 비교하여 매우 큰 수치를 보이고 있음.

<표 3.1 - 61> 안마도 행동권 분석 결과

구분	MCP 100%	KDE		
		95%	90%	50%
안마도 부착 5개체	79,943.87㎢	20,249.98㎢	13,206.48㎢	2,065.00㎢


Homerange
Anmado
KDE 50%
KDE 90%
KDE 95%
MCP 100%
Points
사업지구
0
20
40 km

<그림 3.1 - 71> 안마도 부착 개체 행동권 분석 결과

④ 핵심분포영역

○ 핵심분포영역인 KDE 50% 영역의 경우 부착지역인 영광군 송이도·안마도 일대, 신안군 흑산도 일대, 진도군 진도 서남부·조도 일대 등 크게 세 영역으로 구분되어 형성되어 있는 것으로 확인됨.

- 영광군 송이도·안마도 일대 : 부착 후 초기 몇 개월 동안 부착지 인근을 크게 이탈하지 않은 괭이갈매기의 이동양상 및 번식기 부착지 인근으로 회귀하여 활동한 괭이갈매기 개체들의 행동양상으로 인한 결과로 판단됨.
- 영광군 신안군 흑산도 일대 : 안마도에서 부착한 개체들을 중심으로 동계절 신안군 흑산도 일대를 중심으로 활동하는 경향을 보인 결과로 판단됨. 안마도에서 부착한 5개체 중 sol2208을 제외한 4개체가 흑산도 일대에서 활동 또는 이동 중 중간기착 하는 것이 확인됨.
- 진도군 진도 서남부·조도 일대 : 송이도에서 부착한 개체들을 중심으로 동계절 진도군 진도 서남부와 인근 해상 지역을 중심으로 활동하는 경향을 보인 결과로 판단됨. 송이도 부착 개체 중 남해안 일대로 이동한 2개체(sol2202, sol2204)가 해당 지역에서 동계절 장기간 머문 것이 확인됨.

○ 핵심분포영역(KDE 50%)으로 추정된 면적은 전체 부착 개체 2,503.14㎢, 송이도 부착 개체 1,338.19㎢, 안마도 부착 개체 2,065.00㎢로 확인되었음. 이중 부착지인 영광군 송이도·안마도 일대만 살펴보면 전체 부착 개체 1,624.26㎢, 송이도 부착 개체 771.01㎢, 안마도 부착 개체 1,328.13㎢로 확인되었음

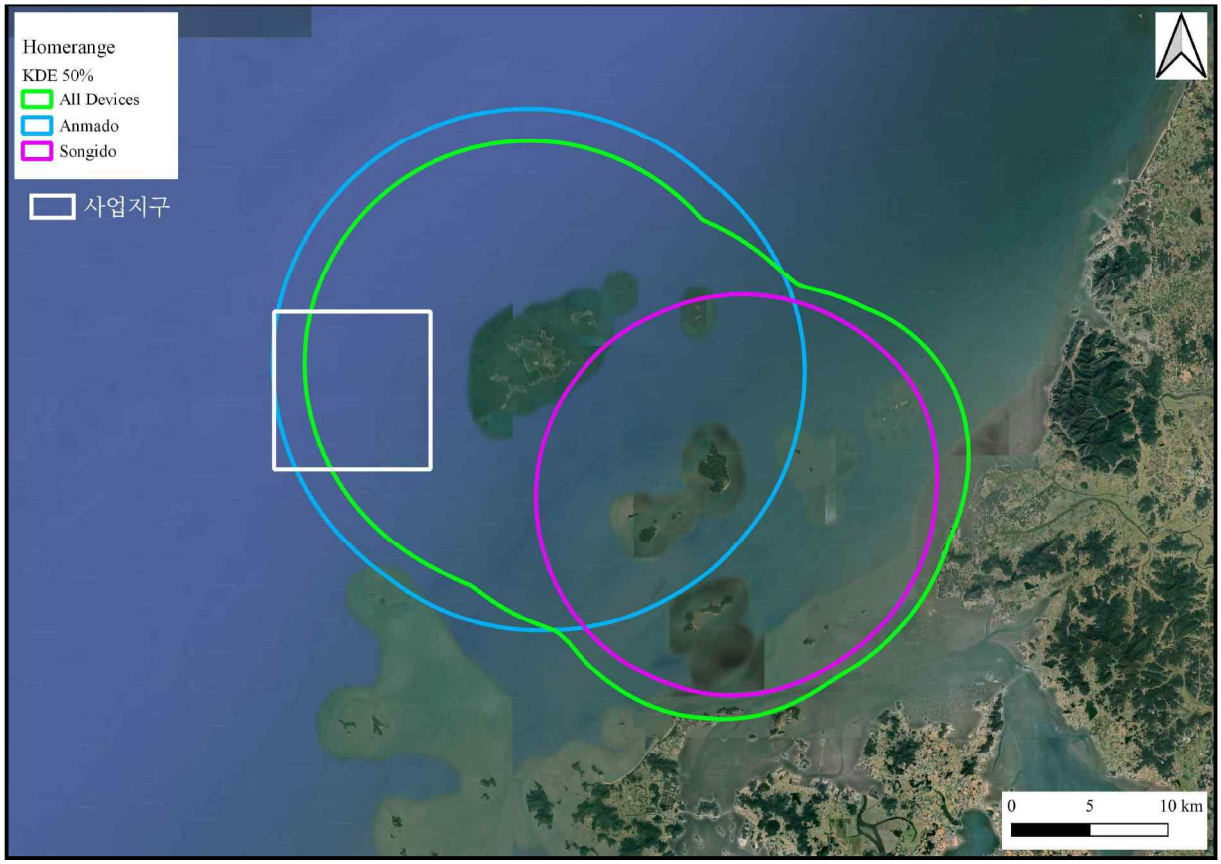
○ 사업지구 인근이자 위치추적기 부착지역인 송이도와 안마도 지역을 중심으로 핵심분포영역이 형성되어 있음. 장거리 이동을 시작하는 10~11월 이전 시기 부착지 인근을 중심으로 활동하며, 번식시기 다시 부착지로 돌아와 활동하는 양상이 핵심분포영역에 그대로 반영되어 있음.

○ 사업지구 상당 부분이 핵심분포영역에 중첩되는 것으로 확인되었음. 이러한 결과는 한국환경정책평가원(2023, 해상풍력 환경성 평가를 위한 조류 공간이용

분석 및 DB 구축)의 연구결과와 거의 유사한 양상을 보임

<표 3.1 - 62> 핵심분포영역(KDE 50%) 분석 결과

구분		전개체	송이도 부착개체	안마도 부착개체
핵심분포영역 (KDE 50%)	전권역	2,503.14㎢	1,338.19㎢	2,065.00㎢
	영광군 송이도·안마도 일대	1,624.26㎢	771.01㎢	1,328.13㎢
	신안군 흑산도 일대	489.31㎢	—	736.87㎢
	진도군 진도서남부·조도 일대	389.57㎢	567.19㎢	—



<그림 3.1 - 72> 괭이갈매기 핵심분포영역(송이도·안마도 지역)

영광 안마 해상풍력 발전사업(ME2022C008)

해양성조류 해양 공간이용 현황도

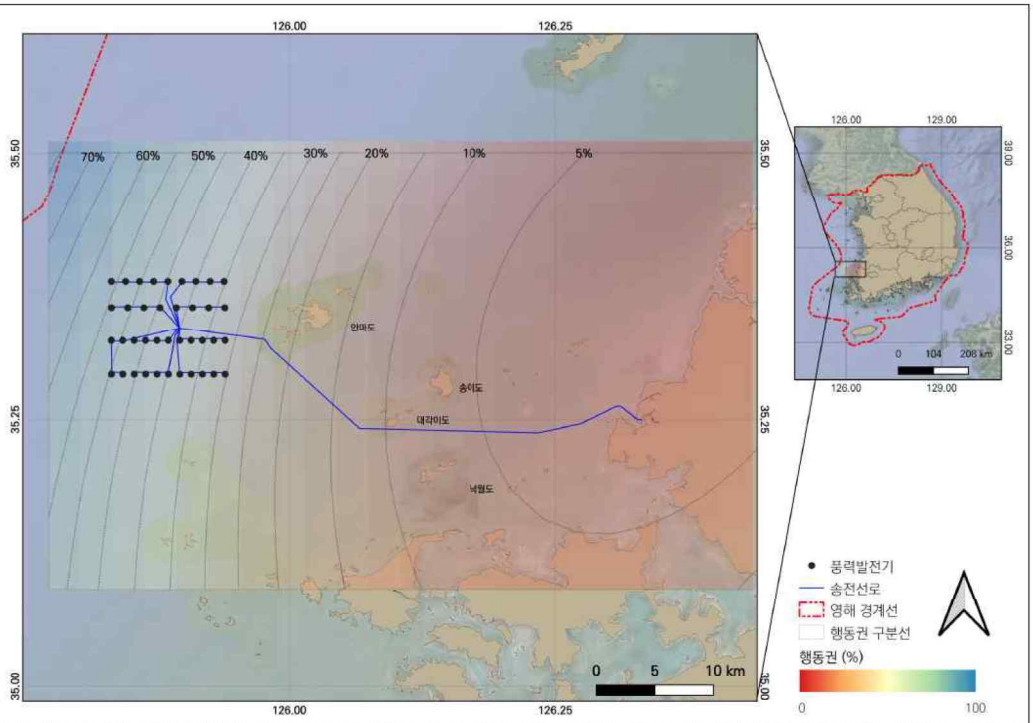
【 영광 안마 해상풍력 발전사업 】

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 3.1 - 73> 해양성조류 해양 공간이용 현황도 : 영광 안마 해상풍력 발전사업 (환경정책평가연구원, 2023)

⑤ 위치추적기 부착조사 결과 종합

○ 해상조류 중 괭이갈매기를 대상으로 사업지구 인근 지역인 송이도와 안마도에서 각 5개체 총 10개체에 위치추적기를 부착하였음.

○ 조기에 신호가 종료된 2개체를 제외한 8개체를 대상으로 2023년 5월 24일 까지 수집된 위치정보를 이용하여 이동현황 및 행동권 분석을 수행하였음.

○ 괭이갈매기는 부착지역(송이도·안마도) 인근 해상, 해안 및 서해안 인근 해상, 해안, 도서지역을 광범위하게 이용한 것으로 확인되었음. 또한 국외 등 장거리 이동한 개체들이 번식기에 다시 부착지역 인근으로 회귀하는 빈도가 높은 것으로 확인되었음.

○ 국내의 경우 북쪽으로는 충남 서해안 천수만 인근, 남쪽으로는 전남 신안군 홍도·흑산도·가거도 및 제주도까지 이동하였으며, 우리나라 서해와 남해 공해상의 넓은 지역을 이동하는 것으로 확인되었음.

○ 3개체가 서해를 횡단하여 중국 동부해안까지 이동하였으며, 가장 멀리 이동한 개체는 중국 남부 홍콩·마카오 인근까지 이동하였음.

○ 부착 후 초반에는 부착지 인근을 중심으로 활동하다가 이후 10~11월 들어 장거리 이동이 많아지는 양상을 보였으며, 이 과정에서 사업지구에 접근하거나 통과하는 횟수가 많은 것으로 확인되었음.

○ 또한 번식 준비가 시작되는 2월부터 부착지로 복귀하는 개체들이 증가하였으며, 이 시기 또한 사업지구 통과 횟수가 증가하는 것으로 확인되었음.

○ 사업지구가 안마도에 인접해 있어 안마도 부착 개체들의 사업지구 내 이동이 빈번한 것으로 확인되었으며, 일정한 방향이 아닌 매우 다양한 접근 경로로 사업지구 내부를 이동하고 있는 것으로 확인됨.

○ 사업지구 내 조류 접근성이 매우 높은 것으로 판단되며 이에 따른 대책을 제시하였음.

다. 저감방안 및 평가

(1) 법정보호종

① 삵

○ 공사 시 삵에 미치는 직접적인 영향은 없을 것으로 예측되어 별도의 저감대책은 수립하지 않았음.

○ 다만, 야행성인 생태적 특성을 고려하여 불필요한 야간공사를 지양하며, 먹이원이 되는 소형동물의 포획 및 남획을 방지하고, 주변환경에 미치는 영향을 저감하기 위한 저소음, 저진동 장비를 사용할 계획임.

② 수달

○ 계획대상지 중 육상부는 기존도로를 따라 계획되어 수달의 이동 가능성이 낮지만, 해안가 공사시 수달에 미치는 영향을 저감하는 대책수립이 필요함에 따라 해안가 공사는 가급적 저진동, 저소음 장비를 사용하고, 불필요한 야간공사를 지양함.

③ 담비

○ 공사 시 및 운영 시 담비에 미치는 직접적인 영향은 예측되지 않아 별도의 저감방안은 제시하지 않았음.

④ 참매, 새매, 붉은배새매, 독수리, 물수리, 매, 새호리기, 황조롱이 등 맹금류

○ 대부분 본 사업시행으로 이동성이 높은 맹금류에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 예측되어 별도의 저감대책은 수립하지 않았음.

⑤ 노랑부리백로, 황새, 노랑부리저어새, 저어새, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 알락꼬리마도요, 검은머리갈매기, 큰뒷부리도요 등 갯벌의존성 수조류

○ 사업지구 북측에 인접한 불갑천에 직접적인 공사는 예정되어 있지 않지만 공사시 공사차량의 소음 및 진동, 토사유출 등의 영향으로 인한 간접적인 영향이 예상됨에 따라 다음과 같은 저감방안을 제시하였음.

○ 갯벌지역 공사는 점진적, 단계적으로 수행하여 이들 분류군의 회피행동, 먹이터 축소 등의 영향을 방지하며, 물 때 및 조차를 이용하여 되도록 만조시, 사리시 공사를 신속하게 진행할 계획임.

○ 또한, 상기한 육수동물상의 저감방안을 충실히 이행하여 불갑천에 미치는 영향을 저감할 계획임

⑥ 원앙, 청호반새, 수리부엉이

○ 계획대상지 및 주변지역으로 도래할 가능성을 배제하지 않고, 상기한 육상동물상의 저감방안을 충실히 이행할 계획임.

⑦ 큰기러기

○ 계획대상지 중 육상부 지역은 농경지가 넓게 형성되어 큰기러기가 겨울철 도래하여 먹이터, 휴식지로 이용할 수 있어 다음과 같은 저감방안을 수립하였음.

○ 저소음 저진동 장비를 사용하여 먹이활동 중인 큰기러기의 회피행동을 최대한 저감할 계획임.

○ 불필요한 경작지의 훼손을 최대한 방지하여 큰기러기의 먹이원이 되는 낱곡류의 손실을 최소화 할 계획임.

(2) 해상부 조류 저감방안

(가) 공사 시 저감방안

○ 해상풍력 설치 예정지는 한반도 서해 중부의 도서 지역인 안마도의 서측 해상에 계획되어 있으며, 설치지역 인근 조류의 주요 이동 경로, 대규모 번식지, 대규모 서식 개체수 등이 확인되지 않았으나, 파일 항타로 인한 조류의 영향을 최소화하기 위한 방안으로 공사강도 조절, 발생 소음원 저감 등을 시공시 적절하게 활용코자 함.

○ 설치 공사 중 항타 작업으로 국부적인 부유사의 발생이 예상되며 이로 인해 탁도가 증가하게 되면 조류의 먹이원 서식에 영향을 미칠 수도 있으므로, 조류의 서식에 간접적인 영향이 예상됨에 따라 공사 시 부유토사 오탁방지막을 설치, 운용할 계획임.

○ 또한, 해상풍력발전기 설치 공사 시 공사장비로 인한 소음·진동이 예상됨에 따라 저소음·저진동 공사 장비를 운용하여 조류에 미치는 간접적인 영향을 최대한 저감할 계획임.

○ 추후 공사 시 사후환경영향조사 결과를 검토하고(해양동식들 등과 연계), 조류의

이동, 번식 기간에 공사의 공간적, 시간적 영향을 줄 수 있다고 판단 될 경우 본 사업에 적절한 강도 조절 등을 통해 대응할 계획임.

(나) 운영 시 저감방안

○ 해상풍력 운영으로 인한 조류 충돌 피해를 최소화하기 위한 방안은 크게 조류의 단지내 유입을 피하기 위한 조류경보 시설(소음 발생, 색채를 이용한 접근 방지 대책) 경고를 통한 수동적인 방법과 충돌 범위내 접근한 조류가 블레이드를 인지하고 피할 수 있도록 발전 시스템을 통제하는 적극적인 방법으로 나눌 수 있음.

○ 위치추적기 부착조사 결과, 사업지구가 안마도에 인접해 있어 안마도 부착 개체들의 사업지구 내 이동이 빈번한 것으로 확인되었으며, 일정한 방향이 아닌 매우 다양한 접근 경로로 사업지구 내부를 이동하고 있는 것으로 확인됨에 따라 운영 중 조류 충돌방지 시스템을 구축하여 적극적 대응할 계획임.

○ 조류충돌은 대부분 안개 및 강우 등 악기상 상황이나 야간에 주로 발생하는 것으로 알려져 있으며, 계획대상지 내에서 또한 전술한 기상환경이나 시간대에 발생할 것으로 판단됨에 따라 다음과 같은 저감방안을 수립·운용하여 조류충돌을 방지할 계획이며, 저감방안의 효과를 검증, 개선하기 위해 개발 후 모니터링 계획을 수립함.

<표 3.1 - 53> 풍력발전 설치·운영에 따른 조류 영향 저감방안 사례

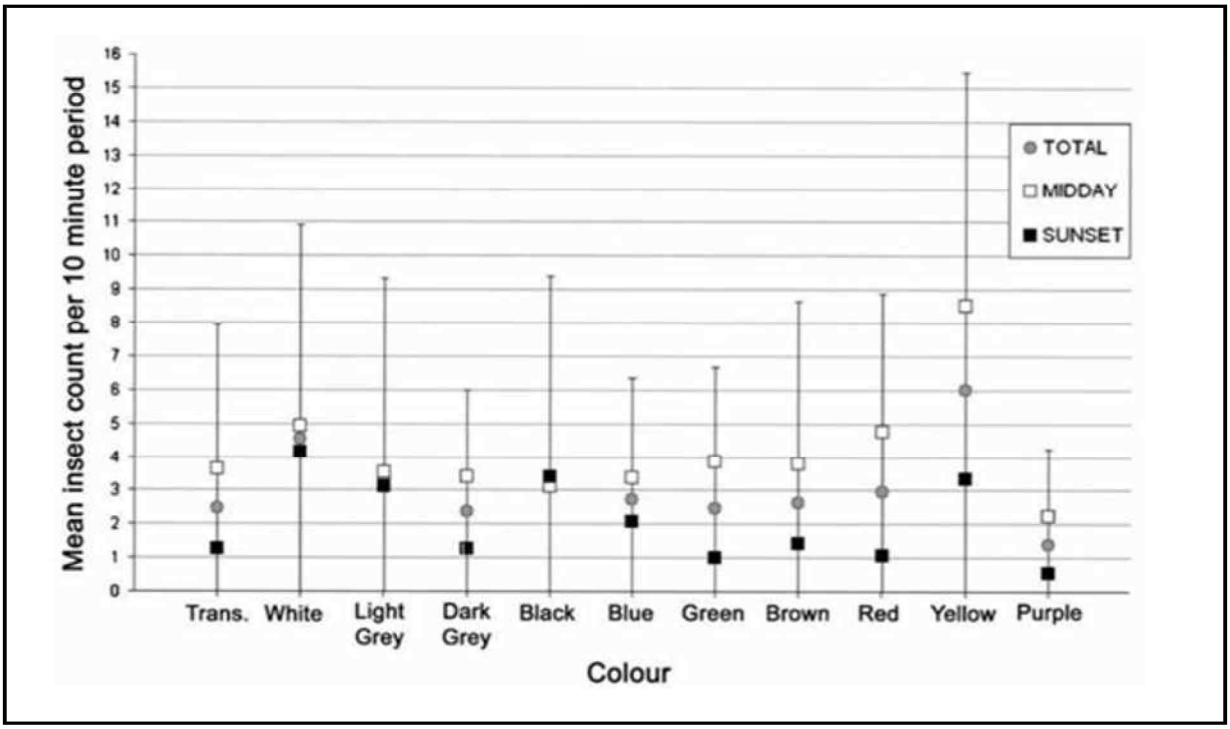
① 중요한 보존지역과 민감도가 높은 지역은 피해서 풍력단지를 조성
② 민감한 서식지를 보호하기 위한 선행작업을 검토, 시행함
③ 가급적 번식 시기와 같은 민감한 기간을 피하도록 공사 계획을 수립함
④ 조성지역에 서식하는 종에 대한 서식지 향상 방안을 고려함
⑤ 현장 지역에 대한 정보를 충분히 제공할 수 있는 현장 직원을 고용하고 특별히 민감한 지역에서는 관련 분야의 생태학자를 고용함
⑥ 풍력발전기 간의 배치 공간 최적화를 통해 개발공간을 최소화함
⑦ 조류의 주요 비행경로와 풍력발전기가 서로 수직이 되게 배치하지 않고 평행을 이루게 하고 풍력발전기 사이로 조류가 이동하기 수월하도록 통로를 배치함
⑧ 풍력발전기 날개의 가시성을 높이도록 대조적인 색상 또는 UV페인트 등을 날개에 도색하여 충돌 위험성이 감소시킴
※「항공장애 표시등과 항공장애 주간표지의 설치 및 관리기준」에 따라 현재 저감방안으로서의 적용은 어려우나 국토교통부와 협의 후 지침 개정 검토
⑨ 조류의 청각적 경고(팀지/충돌 컨트롤 모듈, 충돌 회피 모듈, 정지 컨트롤 모듈)를 실시하여 충돌 위험성을 감소시킴
⑩ 통신 또는 송전케이블은 해저 및 지하에 설치함
⑪ 높은 위치에 설치하는 변류기(deflector) 등은 조류 이동이 많은 구역을 피하도록 함
⑫ 헬리콥터·선박 및 사람에 의한 방해를 최소화하도록 유지보수 계획을 신중히 정하도록 함
⑬ 협의, 인허가 조건 또는 입안을 통해 개발 후 모니터링 계획을 시행하도록 함

자료) 해상풍력발전 환경조사·평가 매뉴얼, 2021.6, 환경부

1) 터빈의 색상

○ 조류시각에서 발전기 터빈 날개 인식율을 높이거나 조류를 터빈 날개로 유인하는 요인 등의 피해 경감을 위해 터빈의 색상을 고려하여 설치할 계획임.

○ 일반적인 블레이드의 색상은 순백색 또는 연회색으로 다른 색상에 비해 많은 곤충이 머무는 것으로 조사되어 곤충을 먹이로 하는 조류의 유인 및 유입으로 충돌이 발생할 가능성이 있으므로 가능한 보라색 계열로 채색할 계획임(Long, C. V. et al., 2011).



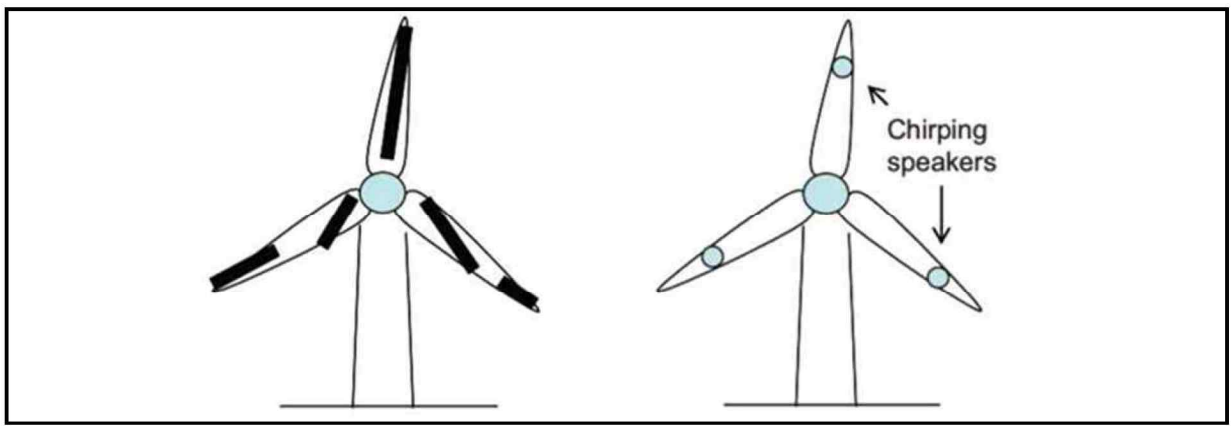
<그림 3.1 - 17> 풍력발전기 색상 테스트 예시<Long, C. V. et al., 2011>

○ 고속으로 회전하는 해상풍력발전기 블레이드의 윤곽선 인식이 저하되는 모션스미어(motion smear) 현상으로 인해 블레이드에 대한 조류충돌이 발생하고 있으며, 최근 이 현상을 방지하기 위한 대책으로 블레이드 한 곳에 검은색으로 도색한 결과, 조류충돌이 최대 70% 저감되는 결과가 도출되어(May et al 2020) 본 사업에서도 적극 활용할 계획임.

<그림 3.1 - 18> 모션시미어(motion smear) 방지를 위한 도색 사례

2) 청각·시각을 이용한 터빈 집근 방지

○ 청각 및 시각적 경고를 통해 악천후 및 야간에 발생할 수 있는 조류충돌을 방지하기 위해 블레이드에 적질한 색상과 패턴의 자외선 페인트를 도색할 계획임.



<그림 3.1 - 19> 블레이드에 Ultra-violet의 패턴과 스피커 장착 예시<Khan, S., 2014>

3) 조류 접근 감시 및 충돌 차단 시스템

○ 조류 접근 감시 및 충돌 차단 시스템(Bird detector), DTbird 등의 장비도입을 통해 모니터링 및 조류충돌방지를 미연에 방지할 계획임.

① 탐지 / 충돌 컨트롤 모듈

- HP카메라(야간 열화상카메라)가 터빈의 360°를 감시하고 조류를 실시간으로 탐지함.
- 대상 종과 터빈의 규모에 따라 설치 디자인과 설정을 주문 제작 가능
- 돌발적인 조류 충돌은 온라인을 통해 동영상 확인 가능

② 충돌 회피 모듈

- 충돌 위험 지역을 비행하는 새에 대해 자동으로 경고음을 송출
- 소리의 유형과 방출 수준, 운영설정은 대상 종, 지역의 소음 규정, 풍력발전의 면적 등에 따라 조정
- 대상 종별 특정 소리를 적용할 수 있어 모든 종에 사용 가능

③ 정지 컨트롤 모듈

- 실시간으로 조류 충돌 위험을 평가·감지하여, 자동으로 작동을 멈추고 재시작할 수 있음.
- 대상 종에 따라 작동 조정이 가능

실시간 조류탐지(예시)	스피커와 카메라 장착(예시)

<그림 3.1 - 20> 조류 접근 감시 및 충돌 차단 시스템(예시)

㉠ 조류 충돌방지 시스템 개요

○ 계획 대상지의 적극적인 조류 충돌 방지를 위해 덴마크수리연구소(DHI)의 MUSE SYSTEMS를 도입하여 조류 접근에 의한 충돌에 대해 추적-대응하는 시스템을 구축함.

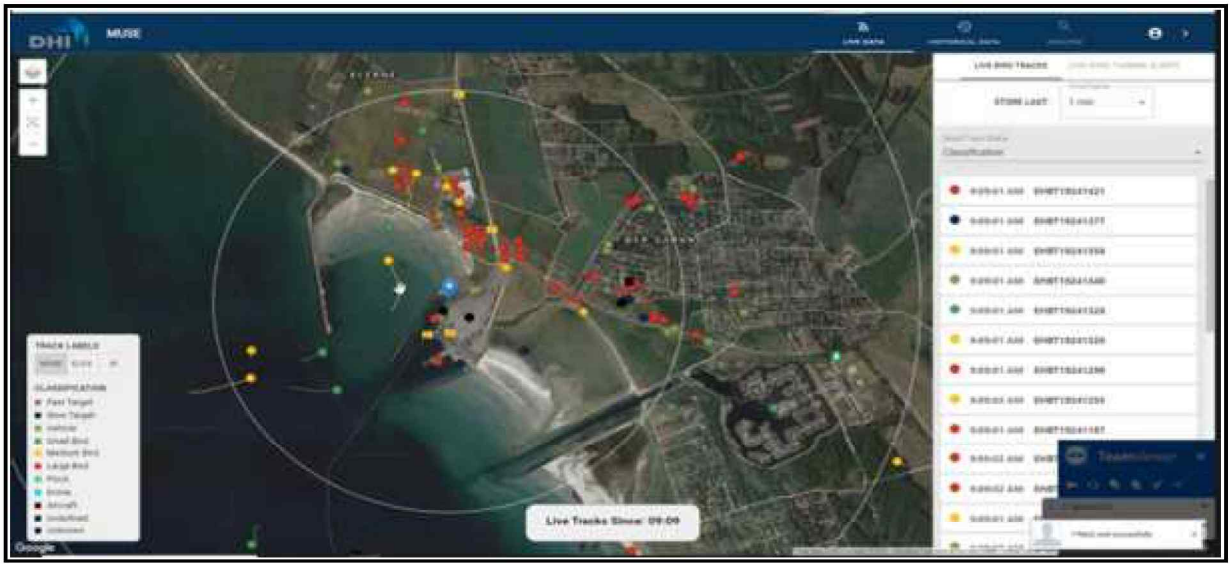
○ MUSE SYSTEMS는 크게 애플리케이션, SCADA 인터페이스, 터빈과의 상호 반응 신호 자동 제어장치 등으로 구성되어 있음.

○ 레이더와(SCANTER 5xxx Radar System) 카메라의(DAT-CON Sensor A1000) 결합된 시스템은 기존 카메라 만을 사용하는 방법보다 더욱 넓은 영역의 감시 추적이 가능하며 이 자료들의 실시간 시각화를 통해 조류의 추적과 대상 종을 파악할 수 있음.

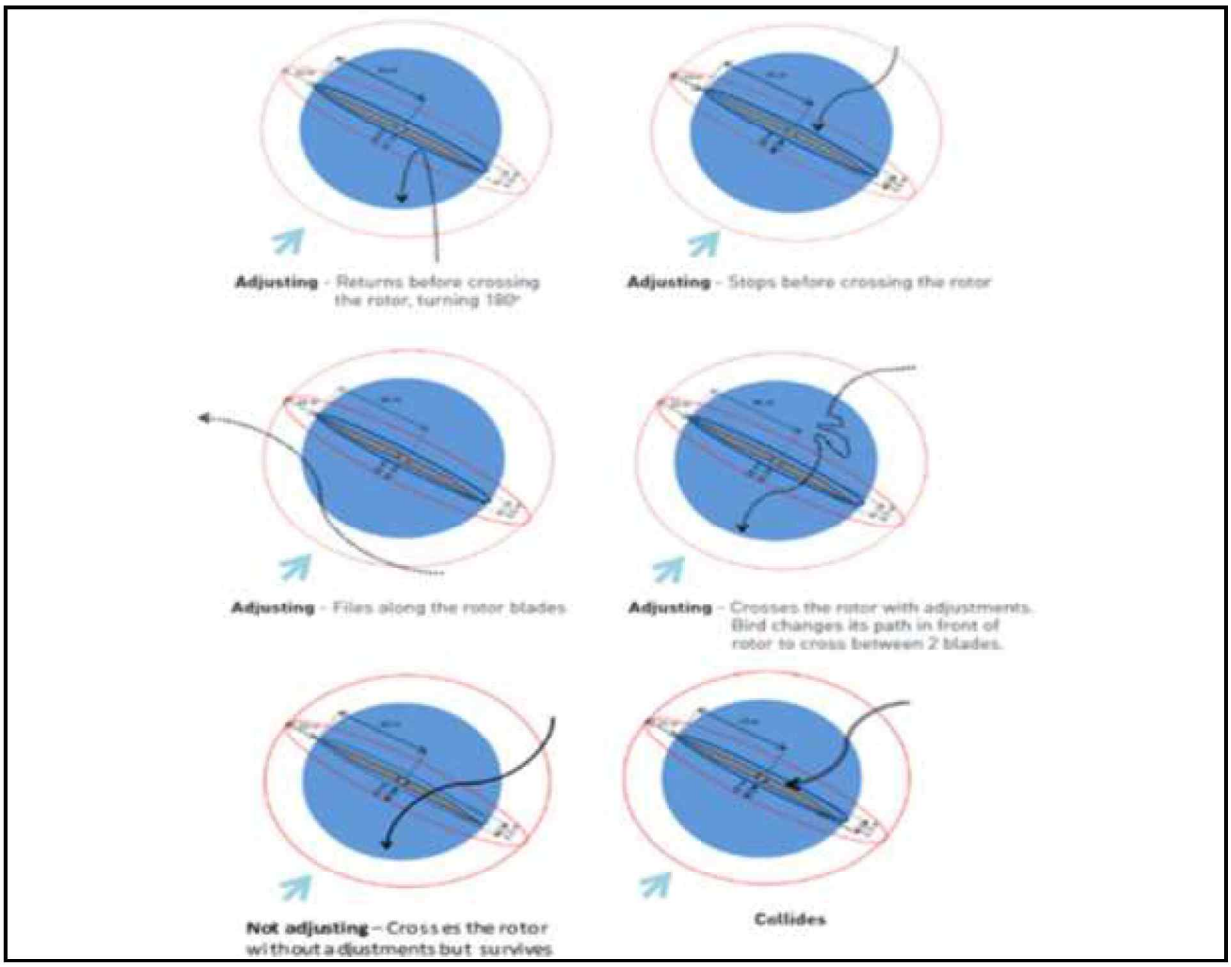
○ 레이더와 카메라 센서를 통한 추적된 자료에 더하여 AI System(Artificial Intelligence System) 학습(DHI - MUSE Core SYSTEMS)을 사용하면 해상풍력 계획 대상지의 체계적이고 효율적인 조류 감시가 가능하며 조류 충돌의 방지에도 효과적으로 대응할 수 있음.

○ 각 터빈 주변에 경보 및 SOD (Shutdown on demand) 구역이 설정되어 있으며 경보 구역은 터빈 설치지점 주변을 둘러싸는 반경 2.0km 의 구역이며 이 시스템은 경보 구역 내에 접근하는 조류 대응을 위한 조기 경고 및 영상 자료를 제공.

○ WTG에 접근하는 서로 다른 조류 종과 비행 특성을 식별하기 위하여 수집된 자료를 기반으로 한 파생 비행 매개변수의 기울기를 사용하여 종별 비행 행동의 3차원 분석을 시행하며 이 분석에서는 방지에는 MACRO, MESO, MICRO 평가 방법이 사용됨(Skov et al. 2018).



<그림 3.1 - 21> MUSE 시스템 GUI 화면 구성(예시)



<그림 3.1 - 22> 조류 행동에 대한 평가 체계(Skov et al. 2018)

㉡ 조류 충돌방지 시스템 성능 및 배치계획

○ 상기 방법을 통해 레이더로(SCANTER 5xxx Radar System) 포착된 새와 조류는 WTG에 근접하는 시점을 거의 실시간으로 알 수 있으며 이를 바탕으로 로터 및 블레이드의 RPM을 줄이거나 정지 시킬수 있음.

○ 음향억제시스템의 경우 수리 같은 맹금류에 대해 억제율이 50% 정도의 효율성을 보인다고 알려져 있으나, 대부분의 조류 종에는 효율이 검증 된 바가 없음.

○ 따라서 해상풍력단지에 접근하는 조류가 회전하는 블레이드에 충돌하는 사고를 실질적으로 저감하기 위해서는 조류가 블레이드를 인식하고 회피할 수 있는 수준으로 회전 속도를 제어하는 적극적인 저감방안을 도입하는 것이 필요함.

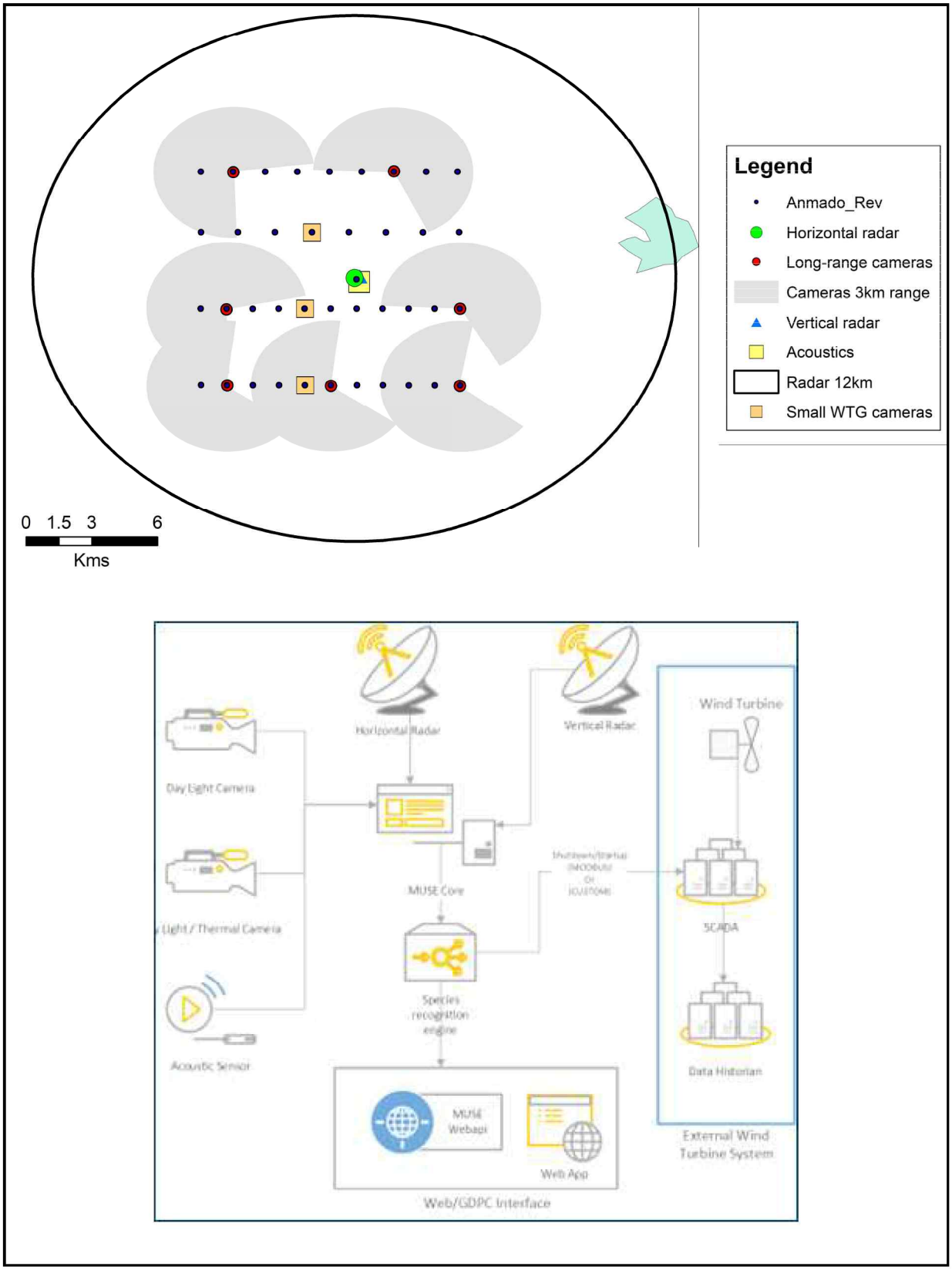
○ 해상풍력 설치 예정지는 조류 상주지역이 아니나 번식 활동 시기에는 조류 이동 경로에 해당되며, 상기 시스템을 통해 조류의 충돌 범위 내에서만 효율적으로 대응하는 방안을 검토하였으며, 설치 시 발생할 수 있는 일부 발전 효율이 저감에도 불구하고 환경보전 가치를 더 크게 기대할 수 있을 것으로 판단함.

○ 안마 해상풍력 계획 대상지의 조류 충돌 저감방안 계획은 필수 장치와 추가 옵션 장치로 나뉘며 배치계획은 다음과 같음.

<표 3.1 - 54> 조류 충돌 저감방안 필수 구성장비

구성 옵션	상세 구성
필수 장비	▪ OSS의 레이더 1대 (SCANTER 5xxx Radar System)
	▪ WTG에 설치된 장거리 카메라 7대 (DAT-CON Sensor A1000)
	▪ 통합 관제 시스템 (DHI-MUSE SYSTEMS)
추가 옵션 장비	▪ OSS의 수직 레이더 1개 (FAR-3220BB-NXT)
	▪ 3개의 터빈 각각에 있는 4개의 소형 WTG 카메라 (AXIS T90D40 IR illuminator / AXIS Q1798-LE camera)
	▪ OSS 에 설치되는 소닉 마이크가 있는 음향 시스템

○ 수평레이더와 팬틸트 카메라 사이의 동적 결합을 통해 카메라는 고정 카메라를 사용하는 것보다 훨씬 넓은 범위의 공역에서 목표 조류를 감지하고 추적할 수 있으며, 영상 추적은 짙은 안개(가시성 <500m)를 제외한 모든 기상 상황에 적용됨.



<그림 3.1 - 23> 조류충돌방지 시스템 배치 계획(안)

전문가 자문위원 검토의견

☐ 안건명 : 안마해상풍력 조류충돌 대응시스템 설치방안

☐ 검토의견

○ 안마해상풍력단지 예정 지역은 국내 최대의 바닷새 번식지역인 칠산군도(칠산도)에 인접해 있고 다수의 괭이갈매기와 바닷새, 맹금류와 도요물떼새 등이 활동하는 지역으로 조류 충돌 및 직간접적인 피해를 저감할 필요성이 높음. 특히 기존의 원격추적연구에 따르면 해당 지역은 번식기에 괭이갈매기가 외해로 먹이활동을 위해 이동하는 경로에 속해 있어 충돌 등의 피해가 발생할 가능성이 높을 것으로 예상되므로, 단순히 조류의 충돌위험을 평가하는 것 이상으로 조류의 충돌을 직접 저감할 수 있는 방안이 요구됨. ○ 지금까지 현재 전 세계적으로 가장 흔히 사용되고 있는 음향, 조명, 색체 등을 이용한 충돌위험 저감 또는 조류의 회피 장비의 실질적인 효과가 검증되지 않은 상황이며, 해상 상황에서 적용이 제한되는 경우가 많음. ○ 본 설치안에서 제안된 시스템은 국내에서 흔히 적용되고 있는 단순한 위험수준 평가를 넘어 조류가 충돌 위험구역에 접근하고 충돌이 임박할 경우 풍력발전기의 회전 속도를 늦추거나 중지시킴으로써 실질적인 충돌 예방 및 저감 효과를 기대할 수 있는 적극적인 저감 대책에 해당하며, 국제적인 기준에 부합하는 조류 충돌 저감 효과를 달성할 수 있을 것으로 기대됨.

2023년 1월 15일

자문위원 : 최충용 (서명)

㈜오셔닉 귀하

자료) 「안마해상풍력」 조류대응 시설 설치방안 보고서, 2023.02

<그림 3.1 - 24> 조류충돌방지 시스템 도입 전문가 자문서

라. 사후환경영향조사 계획

○ 해상풍력발전 단지 해역의 환경에 대한 상세한 조사는 건설 전·중·후를 비교하는 방법(BACI Method : Before After Control Impact)을 활용하여 실시할 계획이며, 계획대상지 및 계획노선이 해상부에 계획된 만큼, 해양성 조류 및 이동조류 등에 대한 모니터링을 건설 전·중·후로 구분하여 사업 준공 후 5년까지로 수립함.

○ 모니터링 결과를 토대로 조류 충돌 모델링 및 조류분포 등 생태에 관한 연구를 진행할 예정이며, 모델링 및 연구결과에 따른 문제파악 및 문제점 발생 시 대책마련 및 개선방안 등을 강구할 계획임.

○ 조류 충돌 모델링은 최근에 개발된 기계학습식(AI) 종분포모형으로 모형 결과에 대한 최상의 확률분포, 효율적인 알고리즘으로 최상의 확률분포, 과적용(Over-fitting)을 최소화하는 장점(Elith et al., 2001) 등 유용성이 입증된 MaxEnt 모형(서창완 등, 2008)을 이용하여 분석할 계획임.

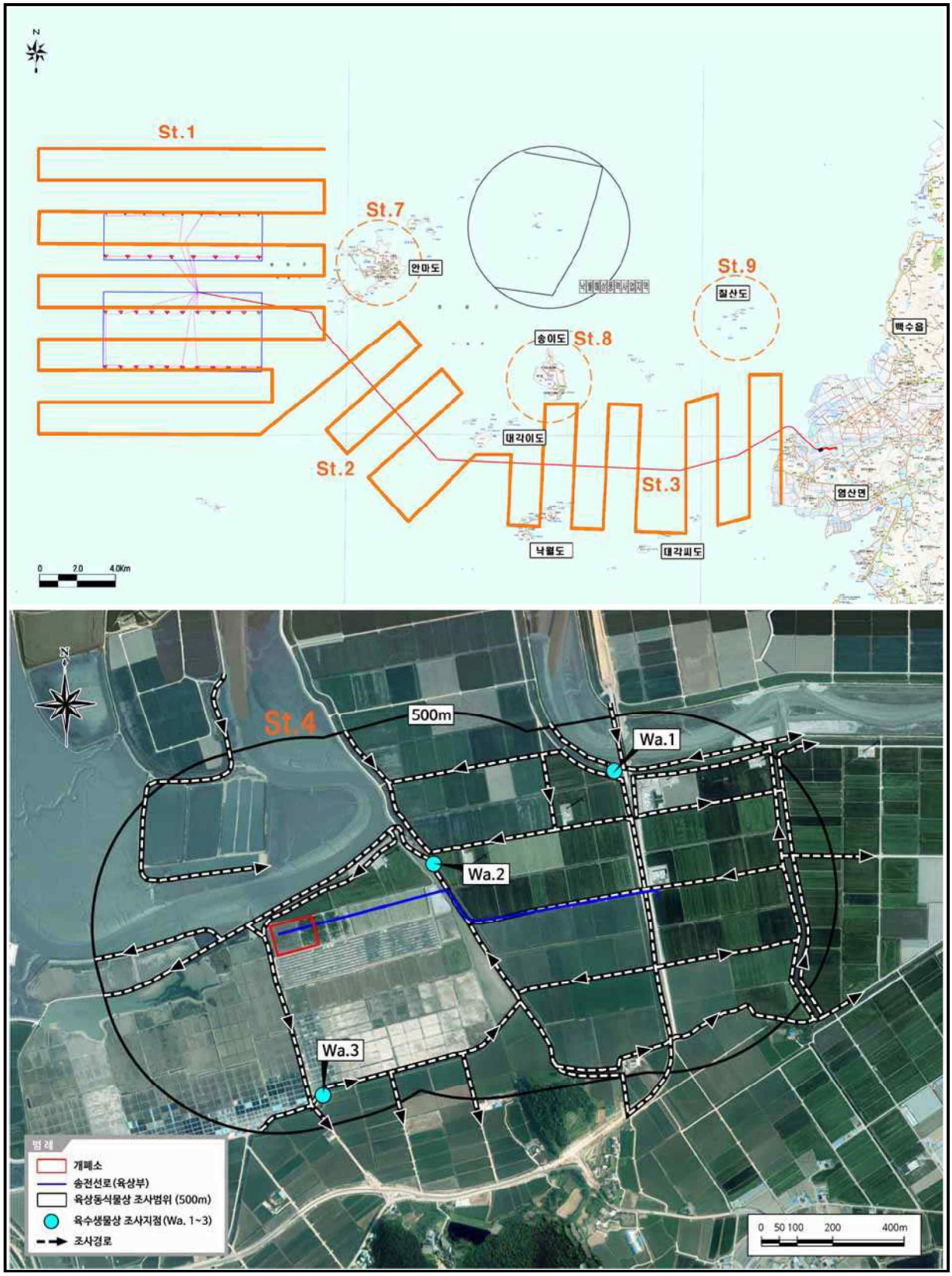
<표 3.1 - 55> 국외(덴마크) 환경모니터링 계획의 실시항목(Dong Energy 2006)

실시항목	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
조류 모니터링	●○	●○	●○	●○	●○	●○	●○	○

주) 1. 호른스 레우(●): 2000.05. 환경영향평가서 제출; 2001.02. 협의; 2002.03. 개시; 2003.07. 가동
2. 뉘스테드(○): 2000.07. 환경영향평가서 제출; 2001.07. 협의; 2002.06. 개시; 2003.12. 가동
3. 뉘스테드 해상풍력발전단지 북측 해역은 람사르 등록 습지 및 EU 조류보호구역임.

<표 3.1 - 56> 육상 동·식물상 사후환경영향조사 계획

구분	조사항목	조사지점	조사주기
공사시	-육상 식물상 ▪ 식물상, 식생현황 ▪ 생태계교란식물 분포현황(추가 유입 여부)	-육상 식물상 : 육상부 송전선로 및 개폐소	-년 2회(춘계, 추계)
	-육상 동물상 : 포유류, 양서·파충류, 육상곤충류 -육수 동물상 : 어류, 저서성대형무척추동물 ▪ 분류군의 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부	-육상 동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류) -육수 동물상 : 육상부 송전선로 및 개폐소	-년 2회(춘계, 추계)
	-조류 ▪ 분류군의 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부	-조류(육상부 송전선로 및 개폐소) ▪ St.4-육상부 송전선로 및 개폐소 -조류(해상부 3개 권역) ▪ St.1-안마도 및 해상풍력발전단지 주변지역 ▪ St.2～3-해저송전케이블 매설지 주변지역	-년 4회 (춘계, 하계, 추계, 동계)
	-저감대책 및 적정운영 여부 ▪ 귀화식물 및 생태계교란식물에 대한 관리방안 여부 ▪ 비산먼지 발생 최소화 여부 ▪ 토사유출 저감계획 준수여부 ▪ 특정야생생물(법정보호종) 교육 등 시행여부	-사업지구 및 주변지역	-년 2회(춘계, 추계)
운영시	-조류 ▪ 서식환경 변화에 따른 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부 ▪ 풍력발전단지 및 주변지역 조류 이동방향 조사 (주변 개발사업 누적) ▪ 풍력발전기 조류충돌 조사 ▪ 조류 풍력발전단지 이용현황(휴식, 취식, 피난 등) 조사 ▪ 조류충돌 저감방안 운영실태 조사	-조류 : 해상부 5개 권역 ▪ St.1-안마도 및 해상풍력발전단지 주변지역 ▪ St.2～3-해저송전케이블 매설지 주변지역 ▪ St.7-안마도 일대 ▪ St.8-송이도 일대 ▪ St.9-칠산도 일대	-년 4회 (춘계, 하계, 추계, 동계)



<표 3.1 - 57> 사후환경영향조사 위치도

3.2 해양환경

3.2.1 해양물리 및 지형·지질

○ 해상풍력발전단지의 장기간(20년 이상) 운영에 따른 해수유동 변화와 침식·퇴적 변동 등에 따른 영향과 저감방안을 제시하여야 함.
- 부유사 확산 수치모형 실험은 조수 간만의 차이를 반영
- 해저케이블 구간*에서 부유사 발생 예측 지점이 2곳**에 불과하므로 부유사 예측 지점을 추가하고, 관측한 입도 자료를 기반으로 부유사 발생 원단위를 적용

* 1구역 43.3km, 2구역 57.8km, ** 환경영향평가서(본안) 8.3.2-334쪽

- 해저케이블 매설 구간은 생태자연도 Ⅰ등급 해역과 각이 사퇴*를 통과하므로, 해저케이블 매설 위치를 변경하거나 영향을 최소화하는 공법 선정

* 사퇴 : 모래의 퇴적물·각이 사퇴는 바닷물 간조 시에도 물이 다 빠지지 않은 바다 속 지형으로, 플랑크톤을 먹기 위한 새우, 어류 등 작은 생물들의 서식처

○ 해저지형 훼손으로 인한 해양생물 피해가 예상(8.1.2-346~348쪽)되므로, 본 개발사업에 따른 해저지형 훼손 피해영향 범위를 확인하고, 다양한 저감방안(피해를 입는 해양동·식물을 대상으로 "보상" 차원의 송전선로 매립구간 상부에 자연석 투하, 인위적 부착기질 조성 등)을 검토·제시하여야 함.

가. 공사시 부유사 확산 수치모형실험

(1) 실험개요

○ 공사로 인한 부유사가 해양으로 유입시 발생하는 환경변화 예측을 위해 공사 중 부유사 확산 수치모형실험을 실시함.

○ 공사시 부유사 확산 예측실험 개요는 아래 표에 제시함.

<표 3.2.1 - 1> 공사시 부유사 확산 수치 실험 개요

구 분		내 용
실험 목적		• 공사시 부유사 확산 예측
사용 모델		• EFDC (미국 VIMS 개발)
모델 구성	모델 영역	• 해수 유동 모델과 동일
	격자 구성	
	수평 격자	
	실험 기간	
계산시간 간격		• 해수 유동 모델과 동일
실험조건		• 해수 유동 모델과 동일
실험안		• 공사시 부유사 최대 확산 범위

○ 실험에 사용된 모형은 EFDC 모형의 퇴적물 모듈로서 침퇴적 수치모형실험에 사용된 모듈과 동일함.

○ EFDC 모델의 퇴적물이동 모듈은 해수유동 모듈과 연계하여 운용되며 해수유동 부분에 관한 상세한 내용은 해수유동 부분에 기술됨.

○ EFDC 모델의 부유사 이류·확산 방정식은 다음과 같음.

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial uC}{\partial x}+\frac{\partial vC}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_H\frac{\partial C}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_H\frac{\partial C}{\partial y}\right)+Q^E+Q^I$$

여기서,
- t : 시간
- x, y : x, y 방향의 좌표축
- u, v : x, y 방향의 속도 성분
- C : 부유사 농도
- K_H : 수평난류확산계수
- Q^E : 부유사의 외부 생성/소멸 항
- Q^I : 부유사의 내부 생성/소멸 항

○ 부유사의 외부 생성/소멸항(Q^E)은 경계를 통한 부유사의 유입과 유출을, 내부 생성/소멸항(Q^I)은 모델 내에서의 부유사의 침식(재부유)과 퇴적을 나타내며, 부유사의 내부 생성/소멸항과 관계된 식들은 다음과 같음.

(가) 재부유와 퇴적

○ 퇴적물의 재부유와 퇴적은 다음과 같이 나타냄.

$$S_c = S_D + S_E$$

여기서,
- S_c : 수주내의 부유 퇴적물량
- S_D : 단위시간, 단위면적당 저면으로의 퇴적량
- S_E : 단위시간, 단위면적당 저면으로부터의 재부유량(침식량)

(나) 퇴적물의 침강

○ 수주로부터 저면으로 점성 부유 퇴적물의 플럭스는 다음과 같음.

$$S_D = w_s S_c\left(\frac{\tau_d-\tau_b}{\tau_d}\right) \quad : \ \tau_b < \tau_d$$

$$S_D = 0 \quad : \ \tau_b \geq \tau_d$$

여기서,
- τ_b : 해저면에 가해지는 전단응력(N/m^2)
- τ_d : 퇴적한계 전단응력(N/m^2)

○ 점성 퇴적물의 침강속도는 널리 사용되고 있는 Ariathurai and Krone(1976)의 실험식을 사용함.

$$w_s = w_{s0}\left(\frac{C}{C_0}\right)^{\alpha}$$

여기서, w_s : 부유 퇴적물의 침강 속도(m/s)
w_{s0} : 부유 퇴적물의 기준 침강 속도(m/s)
C : 부유 퇴적물의 농도(㎎/L)
C_0 : 부유 퇴적물의 기준 농도(㎎/L)
α : 침강계수(-)

(다) 퇴적물의 침식

○ 저면으로부터 수주로의 퇴적물 플럭스는 다음과 같이 침식율과 해저면에 가해지는 전단응력(τ_b) 그리고 침식한계 전단응력(τ_{ce})의 함수로 나타냄.

$$S_E = \frac{dm_e}{dt}\left(\frac{\tau_b - \tau_{ce}}{\tau_{ce}}\right)^{\alpha} \quad : \ \tau_b \geqq \tau_{ce}$$

여기서, τ_{ce} : 침식한계 전단응력(N/m^2)
$\frac{dm_e}{dt}$: 기준침식율(g/s · m^2)
α : 실험상수

○ 침식한계 전단응력은 다음과 같이 겉보기 밀도와 관련됨(Villaret and Paulic, 1986).

$$\tau_{ce} = \zeta(\rho_b - 1)$$

$$\rho_b = \rho + \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho_s}\right)\rho_d$$

$$\rho_d = 480\alpha + (1300 - 280\alpha)P_{sand}^{0.8}$$

여기서, ρ_b : 겉보기 밀도(g/cm^3)
ζ : 실험상수(-)
ρ_d : 건조 밀도(g/cm^3)
ρ_s : 퇴적물 밀도(g/cm^3)
P_{sand} : 사질 함량비(0.0~1.0) (-)
α : 압밀계수(0~2.4) (-)

(2) 점성 및 확산 계수

○ 본 수치모형에서 사용하는 수직난류점성계수(A_v)와 확산계수(A_b)는 2차 운동량 난류 마감 모델(second momentum turbulence closure model)을 사용하며(Mellor and Yamada, 1982; Galperin et al., 1988), 이때 경험상수 B_1, E_1, E_2, E_3은 각기 16.6, 1.8, 1.33, 0.53으로 정의함.

○ 또한 EFDC 모형에서 사용하는 수평난류점성계수(A_M)는 수평난류점성상수(A_{MO})와 Smagorinsky 식의 합으로 정의한다. 본 실험에서는 수평난류점성상수는 0, Smagorinsky 상수(A_{MD})는 0.20으로 입력함.

○ 일반적으로 수치실험에서 난류점성계수와 확산계수는 동일하게 적용하며, 본 실험에서 사용된 난류확산계수(A_H)를 결정하기 위해 사용된 난류확산상수(A_{HO})와 Smagorinsky 상수(A_{HD})는 아래 〔표 7.3.2-103〕과 같고, 동점성계수와 분자확산계수는 각각 1.0E-06과 1.0E-07로 입력함(Ji, 2008).

<표 3.2.1 - 2> EFDC의 점성 및 확산계수 결정

항목		계산 방법	관련 입력 상수
수직난류점성계수	A_v	난류마감모델 (Mellor and Yamada, 1982)	$B_1 = 16.6$ $E_1 = 1.80$ $E_2 = 1.33$ $E_3 = 0.53$
수직난류확산계수	A_b		
수평난류점성계수	A_M	스마고린스키의 식 (Smagorinsky, 1963)	$A_{MO}, A_{HO} = 0.0$ (난류, 점성확산계수) $A_{MD}, A_{HD} = 0.2$ (Smagorinsky 상수)
수평난류확산계수	A_H		
와동점성계수	A_{VO}	1.0E-06	
분자확산계수	A_{BO}	1.0E-07 (Heat), 1.0E-09 (Salinity)	

(3) 모형 수립

○ 계산영역, 격자체계, 외력조건은 해수유동 부문과 동일함.

○ 본 모델에서는 부유사의 범위을 검토하기 위하여 초기 부유사 농도를 0.0 ㎎/L로 가정함.

(4) 실험 조건

○ 공사시 부유사 확산 실험안을 <표 3.2.1-3>에 제시하였으며, 부유사 발생위치를 아래에 나타냄.

○ 부유사 발생은 유동장이 안정된 후에 공사에 따른 부유사를 연속발생(continuous release)시켰으며, 각 계절별 30일간 모델을 수행하여 격자별 누적 최대농도를 최대 확산 범위로 제시함.

<표 3.2.1 - 3> 공사 중 부유사 확산 실험 안

실 험 안	내 용
공사 중	해상 풍력 설치 공사

○ 부유사 발생 원단위는 저질의 성상, 매립도 및 사석의 상태, 수심, 유속 등에 따라 변하므로 일정한 원단위 산정이 용이하지는 않음.

○ 부유사 발생량 산정은 크게 Nakai(1978)에 의해 제안된 원단위(Turbidity Generation Unit, TGU) 방법과 Avertt & Hayes(1995)의 상관관계 분석법(Correlation Method)으로 구분됨.

○ 상관관계 분석법은 관측 재부유율, 퇴적물 특징 및 준설 장비에 따른 매개변수 등을 고려하는 실험식 모형이나 준설(cutterhead & open bucket dredge)에 대해서만 모형이 개발됨.

○ TGU 방법에는 Nakai(1978) 이외에도 Pennekamp et al(1996), 堀江(1987), Dearnaley et al.(1996) 및 DHI에서 사용하는 방법 등이 있음.

○ TGU 방법은 전체 물량 중 몇 %가 부유사로 발생하는가를 산정하는 방법임.

○ 부유사 발생이 예상되는 공종은 풍력발전기 기초구조물(자켓파일) 설치와 송전선로(해상부) 매설이며, 월 작업일수는 20일, 일일 작업시간은 8시간으로 적용하여 시간당 발생량을 산정하고 모델에 적용하였으며, 발생위치는 항타공사와 준설공사임을 감안해 저층에서 발생하도록 함.

○ 기초구조물(자켓파일)과 송전선로(해상부) 매설을 위한 준설 공사 시 부유사의 발생원단위는 『일본 운수성 제4항만건설국 해역정비과, 1982』의 부유사발생원단위

와 입도분석 결과를 참고하여 공법 형식의 원단위를 적용함.

○ 본 사업에서 적용한 발생원단위는 대상 해역의 퇴적물 성분별 함량(Silt 이하 75%, Clay 이하 5%)과 케이블 매설량(단면적 3㎥) 등을 고려하여 국내 및 국외를 아우르는 과거 보고서들에서 제시된 발생원단위 중 퇴적물 성분별 함량이 가장 유사한 조건(Silt 이하 87.5%, Clay 이하 6%)을 적용한 것으로 퇴적물 성분별 함량이 다른 국내의 타 자료를 사용하는 것보다 타당성이 있다고 판단됨.

○ 다음표는 공사 장비에 따른 발생원단위를 나타낸 것으로, 사업의 저질 구성, 작업 공종 및 장비를 고려하여 적용함.

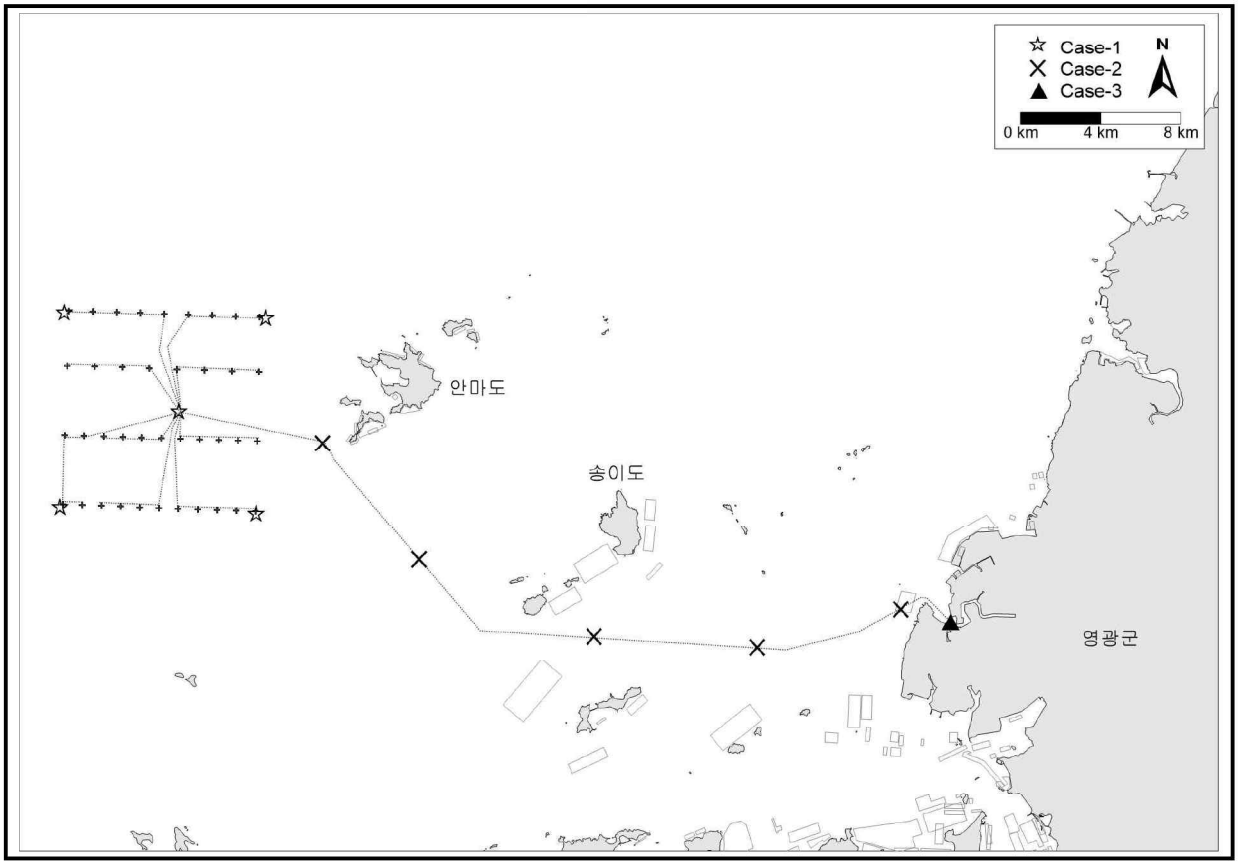
○ 부유사 발생량의 경우, 자켓파일의 매설단면적은 관벽(Pin Pile) 두께인 60~70mm를 고려하였으며, 해상송전선로 매설 형태는 워터젯 공법을 고려하여 가정하였고, 매설길이를 내부망과 외부망으로 구분하여 총 공사물량을 산정함.

○ 상기 조건을 바탕으로 산정된 예상부유사 발생량을 아래 표에 제시함.

○ 사업대상지의 해저질 조사 자료를 바탕으로 입경에 따른 부유 퇴적물 침강속도 자료를 참조하여 미세립 실트 0.418 ㎜/sec를 입력하여 계산을 수행함.

<표 3.2.1 - 4> 부유사 입경별 침강속도(Tanimoto et, al., 1994)

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



<그림 3.2.1 - 1> 부유사 발생 위치도

<표 3.2.1 - 5> SS 발생 부하 원단위의 평균치

공종 \ 토질				사질토사	점토질 토사
매립	호안공	굴삭 (그랩선에 의한 경우)		8.4 kg/㎥	38.0 kg/㎥
		사석 (Cart선에 의한 경우)		5.7 kg/㎥	-
		부사 치환사	Cart 선 방식	1.1 kg/㎥	-
			-	1.6 kg/㎥	-
		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

<표 3.2.1 - 6> SS 발생 부하 원단위의 평균치

공 종	형식		준설토 구성			발생원단위 (kg/㎥)
			d<75㎛(%)	d<5㎛(%)	Sediment Type	
준설	Mechanical Grab	8㎥	58.0	34.6	Silt loam	89.4
		4㎥	54.8	41.2	Clay	84.2
		3㎥	45.0	3.5	Silt loam	15.8
			62.0	5.5	Silt loam	11.9
			87.5	6.0	Silt loam	17.1

자료) 일본운수성 제4항만건설국 해역정비과, 1978

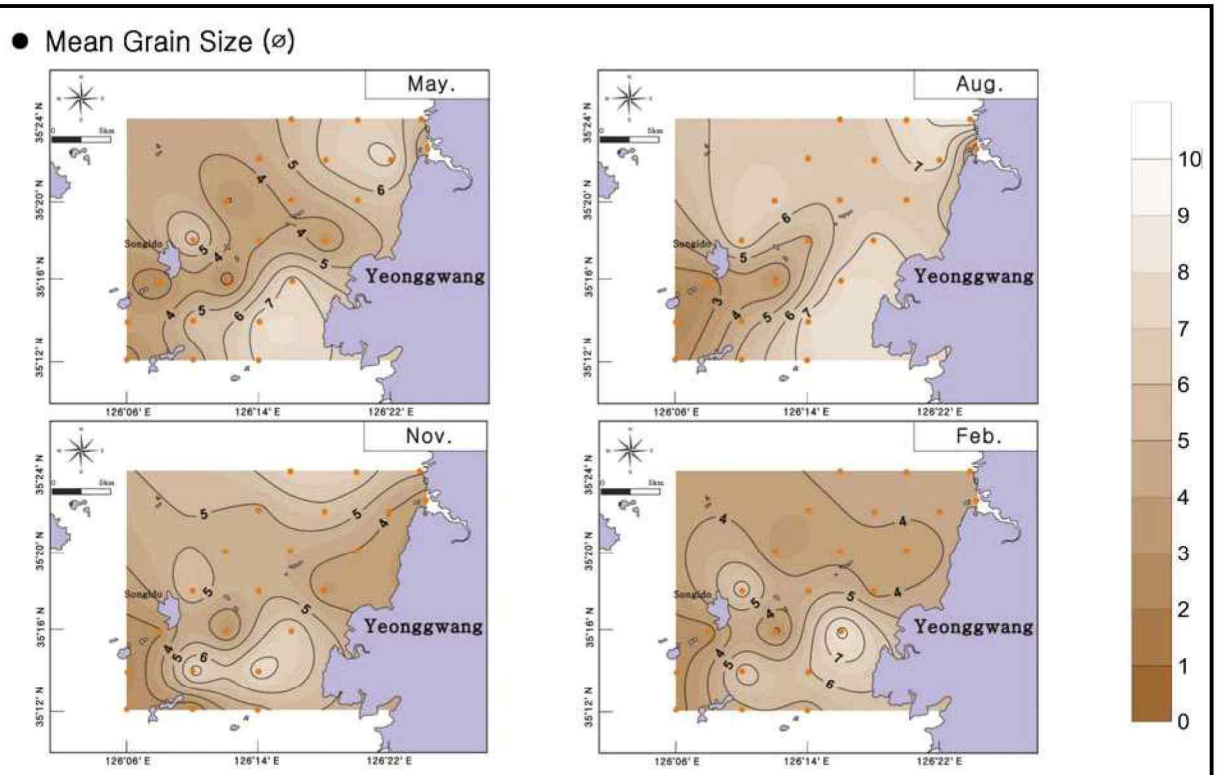
<표 3.2.1 - 7> 준설시 발생원단위 산출식

- 준설시 발생원단위 산출식

$$W = W_0 \times \frac{R}{R_0}$$

여기서,
W : 시공에 의한 SS 발생 원단위 (kg/㎥)
W_0 : SS 발생 원단위 (kg/㎥)
R : 현지 유속에서 오탁한계입자의 입경가적 백분율(%)
R_0 : 원단위 W_0 추정시 토입자의 입경가적 백분율(%)

$$10.30 kg/m^3 = 15.8 \times \frac{29.3227}{45.00}$$



자료) 김영진, 2019. 영광 연안 저서다모류군집의 시·공간변동. 전남대학교, 국내 석사

<그림 3.2.1 - 2> 해저질 입경 분포도

<표 3.2.1 - 8> 해저질 입경 조사결과

조사시기	>500㎛	250㎛	125㎛	62.5㎛<	비고	mud 함량	입도
2017/05/21	0.0009	0.0587	17.3606	10.3950	27.8152	29.3227	3.791
2017/08/12	0.0080	57.8193	16.3287	11.7839	85.9399	2.2632	1.992
2017/11/20	0.0063	40.2703	33.9603	8.9380	83.1749	2.4340	2.107
2018/02/09	0.0091	0.1656	40.5114	8.9123	49.5984	2.2275	2.675

<표 3.2.1 - 9> 공사시 부유사 예상 발생량

공 종	공사물량 (㎥)	작업기간 (일)	일평균 작업시간 (hour)	작업 강도 (㎥/hr)	발생원단위 (kg/㎥)	부유사 발생량 (kg/hr)
39기 (굴착)	357.345	327.6	8	0.14	10.3	1.4
내부망 (굴착)	8.729	14	8	0.08	10.3	0.8
외부망 (굴착)	700	5	8	17.50	10.3	180.3
외부망 (사석)	700	5	8	17.50	5.7	99.8
접속부 (굴착)	700	5	8	17.50	10.3	180.3

<표 3.2.1 - 10> 공사시 부유사 확산 실험안

공종/실험안	Case-1	Case-2	Case-3
기초 구조물	○	○	○
내부망 (해저)	○	○	○
외부망 (해저)	X	○	X
외부망 (육상부)	X	X	○

(5) 공사 중 부유사 확산 수치모형 실험 결과

○ 공사 중 발생하는 부유사의 확산범위을 파악하기 위하여 cold start로부터 시작된 해수 유동장이 안정되는 1일 이후부터 계획지구에 해당되는 발생지점에서 부유사를 연속발생(continuous release) 시켰으며, 대조기와 소조기를 포함하는 30일간의 각 지점의 최대농도를 산정하여 부유사의 확산 범위를 산정함.

○ 공사 중 부유사 발생 검증 시계열은 <그림 3.2.1-3>~<그림 3.2.1-8>에 나타내었으며, 공사 중의 부유사 확산 실험 결과는 <그림 3.2.1-9>~<그림 3.2.1-17>에 나타냄.

○ 실험 결과 부유사의 최대확산범위는 4계절 누적 최대확산범위를 합성하여 나타내었으며, 기준 가중농도 +0.1㎎/L에 대해서 최대 확산면적은 Case-1의 저층에서 2.18㎢, Case-2의 저층에서 3.81㎢, Case-3의 저층에서 4.63㎢ 로 예측됨.

<표 3.2.1 - 11> 공사 중 부유사 최대 확산 범위

공사 중 실험안	가중농도 최대 확산면적 (㎢)		기준 가중농도 (㎎/L)
	표층	저층	
Case-1	1.68	2.18	+0.1
Case-2	3.48	3.81	
Case-3	3.61	4.63	

○ 사업지역 인근 해역의 평균 부유사 농도는 아래 표에 제시한 바와 같이 금회 부유물질 관측 자료를 토대로 각 계절별 표층 평균 11.5~187.0 ㎎/L, 중층 평균 14.9~288.0 ㎎/L, 저층 평균 18.8~350.3 ㎎/L로 나타남.

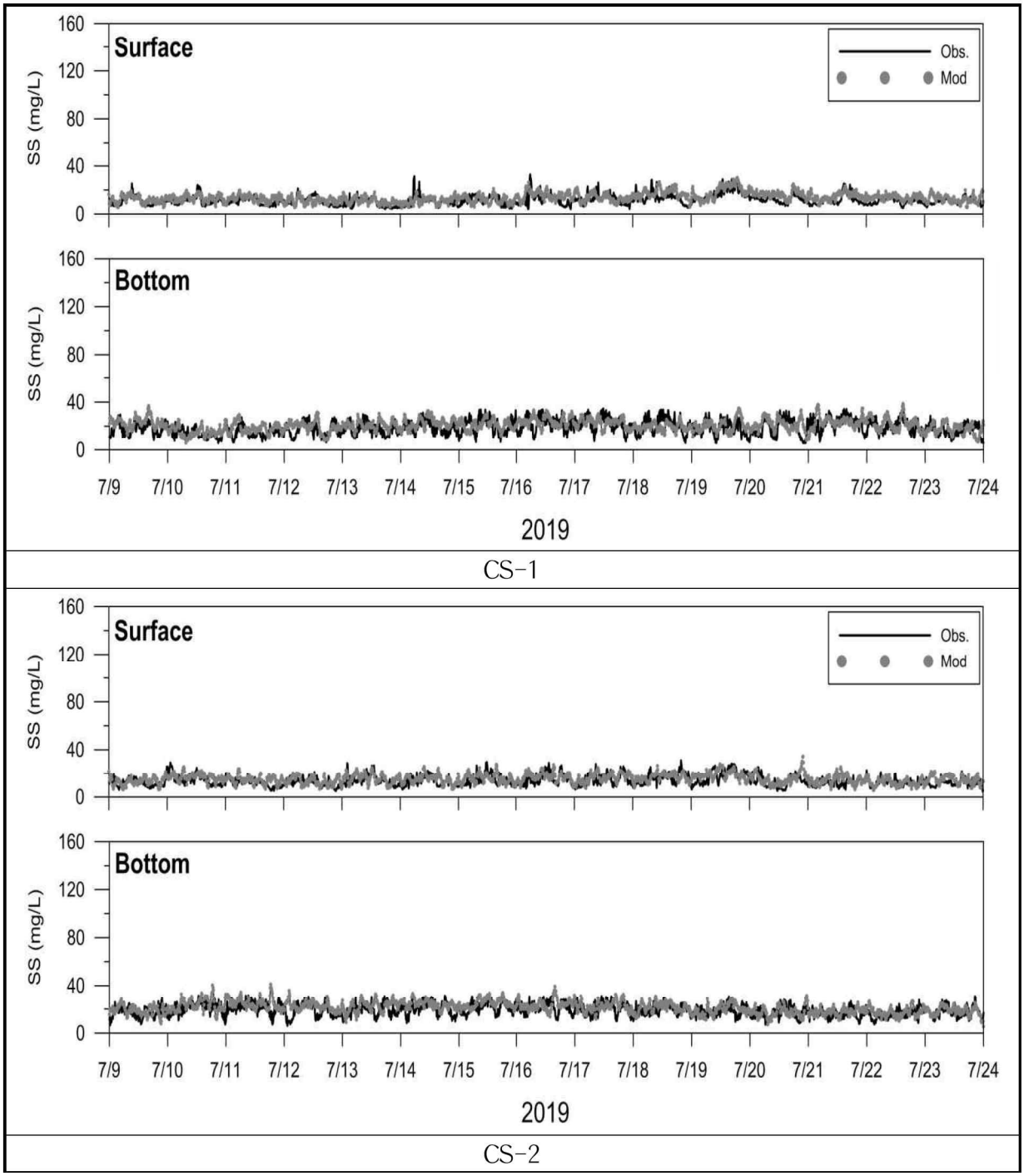
○ 본 실험 결과에서 제시한 부유사 최대확산범위의 기준 가중농도 +0.5 ㎎/L는 위 관측 자료를 기준으로 부유사의 평균 배경 농도(74.5 ㎎/L) 대비 가중율이 최대 0.7% 수준으로 파악됨.

○ 금회 실험 결과는 공사 기간 동안 24시간 연속 공사를 진행한다는 최악의 상황을 가정하여 나타낸 결과로서, 실제 본 사업지역에서 예정공정표에 의한 공사시 부유사의 최대확산범위는 본 실험 결과보다 크지 않을 것으로 판단됨.

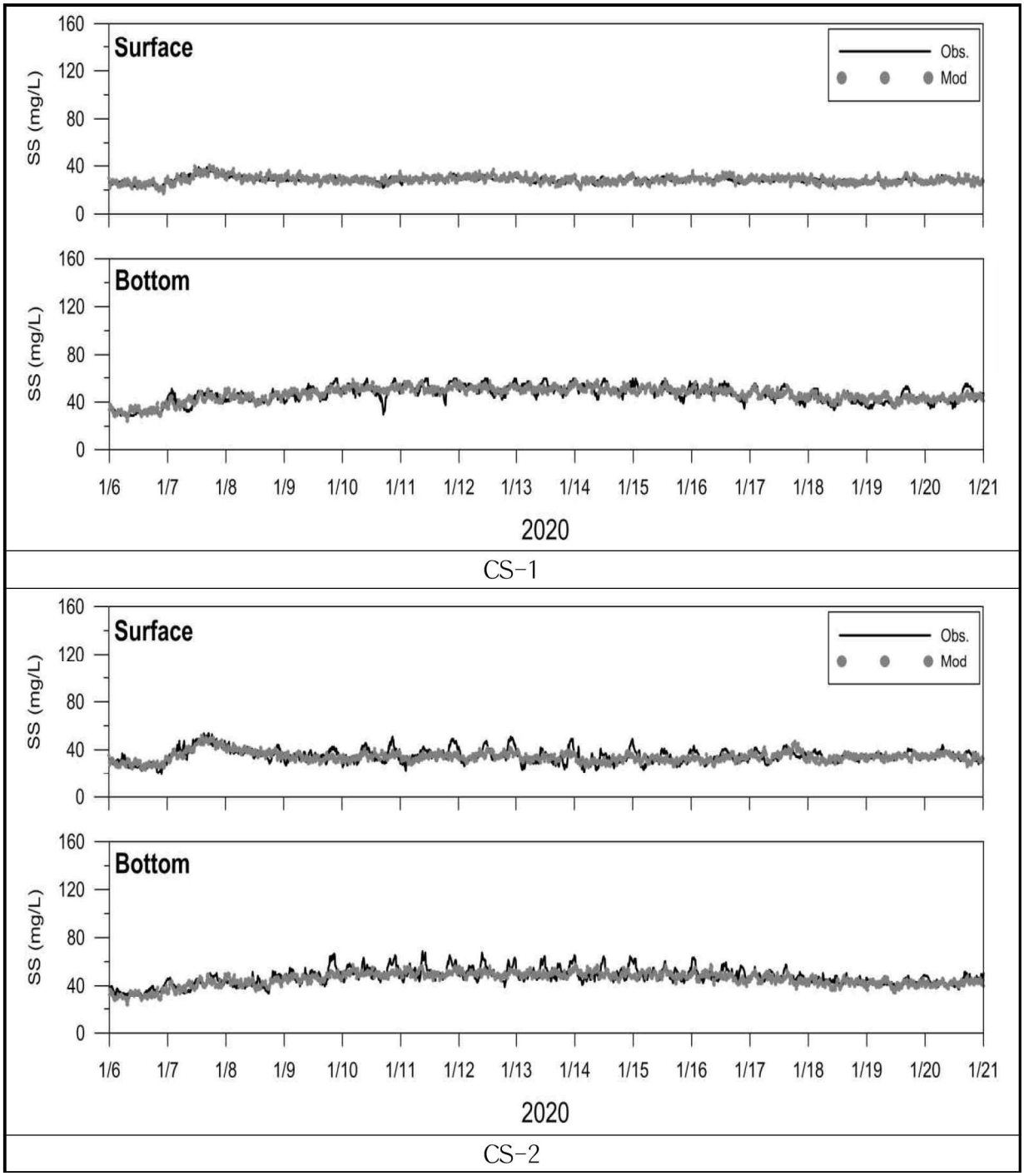
○ 금회 부유사 조사 정점 CS-1~CS-7에서 동시 관측된 부유사 검증 결과 비교 시계열을 제시하였으며, 현장 관측 부유사 농도가 매우 불규칙한 점을 고려하면 본 수치모형은 현상을 잘 재현하고 있는 것으로 판단됨.

<표 3.2.1 - 12> 평균 부유사 농도(mg/L) 검증 결과

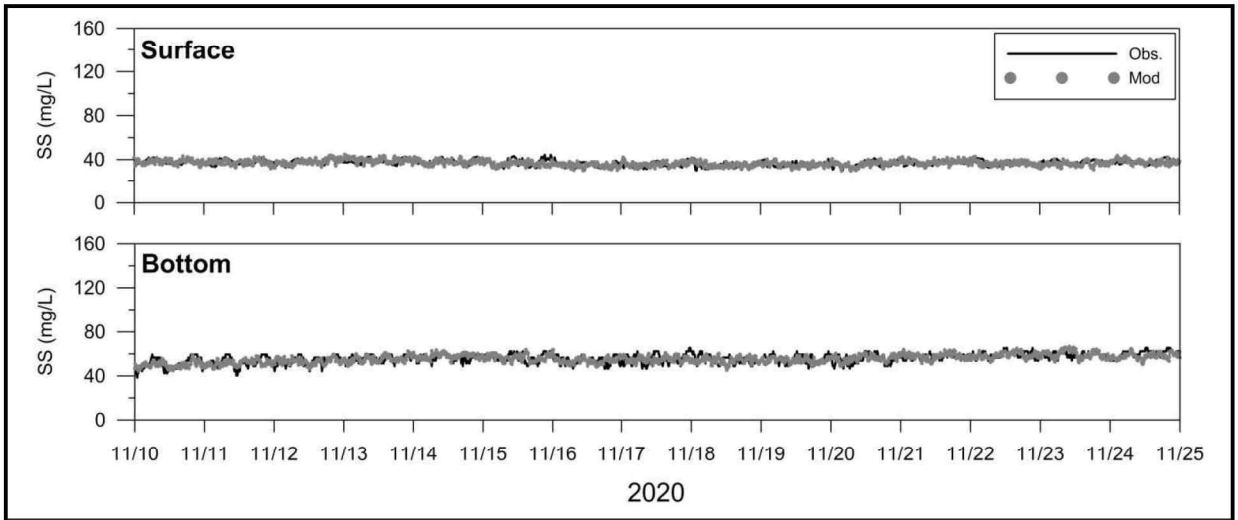
정점			표층			중층			저층		
			관측	계산	편차	관측	계산	편차	관측	계산	편차
1차	하계	CS-1	11.5	13.7	2.2	14.9	15.7	0.8	18.8	20.8	2.0
		CS-2	13.6	15.2	1.6	17.6	16.1	-1.5	19.0	21.2	2.2
2차	동계	CS-1	28.5	28.7	0.2	38.5	40.7	2.2	46.2	46.4	0.2
		CS-2	34.9	34.3	-0.6	43.8	42.3	-1.5	47.1	45.4	-1.7
3차	추계	CS-3	36.9	37.0	0.1	50.4	47.9	-2.5	55.7	55.4	-0.3
		CS-4	29.0	28.5	-0.5	36.0	42.1	6.1	41.9	42.4	0.5
		CS-5	17.4	17.7	0.3	33.1	35.5	2.4	41.2	40.9	-0.3
4차	춘계	CS-3	72.6	72.7	0.1	104.3	122.8	18.5	130.8	131.7	0.9
		CS-4	32.1	31.5	-0.6	89.1	100.2	11.1	158.5	166.7	8.2
		CS-5	22.5	22.0	-0.5	49.6	56.7	7.1	71.4	78.3	6.9
5차	동계	CS-6	95.5	103.3	7.8	153.4	155.1	1.7	202.3	204.4	2.1
		CS-7	187.0	166.5	-20.5	288.0	209.6	-78.4	350.3	246.5	-103.8
6차	하계	CS-1	15.1	16.3	1.2	26.4	28.8	2.4	39.7	39.0	-0.7
		CS-2	21.7	22.1	0.4	30.5	29.9	-0.6	40.6	35.8	-4.8
		CS-3	39.3	43.8	4.5	54.7	51.4	-3.3	62.2	56.6	-5.6



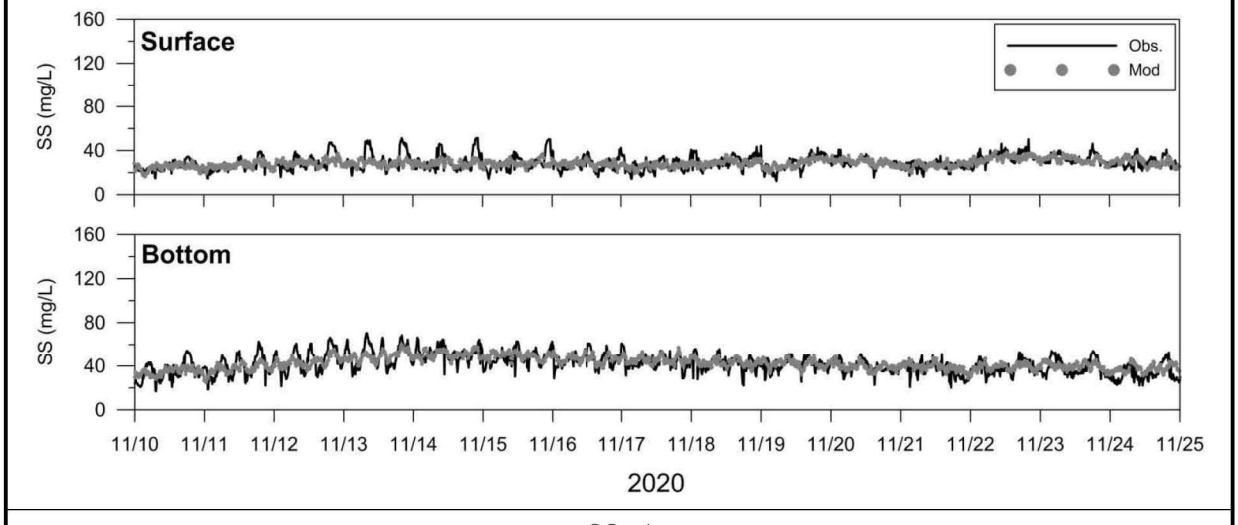
<그림 3.2.1 - 3> 하계(1차) 정점의 부유사 검증 시계열



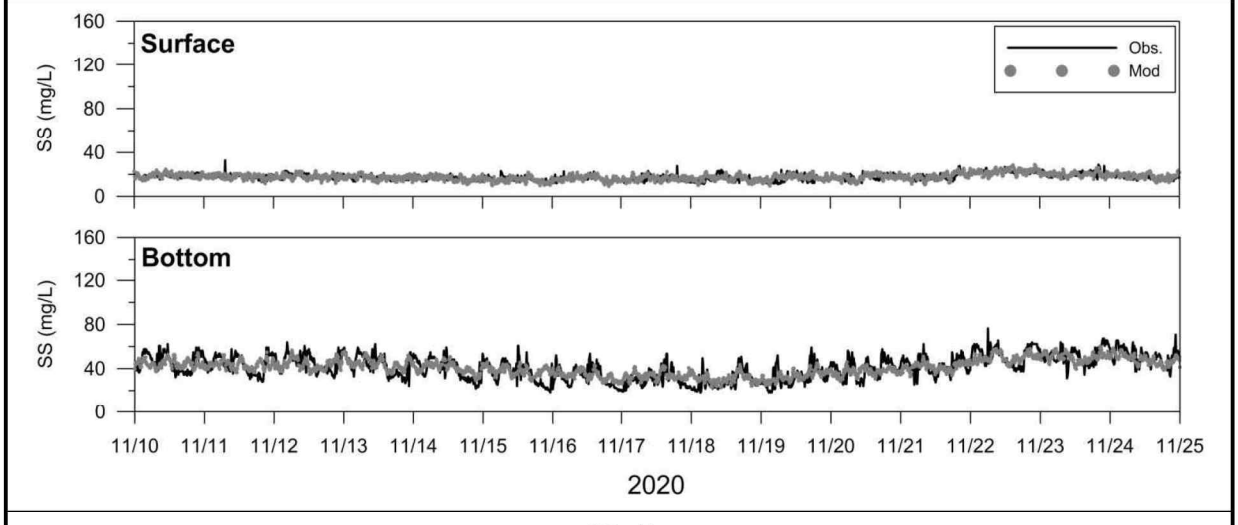
<그림 3.2.1 - 4> 동계(2차) 정점의 부유사 검증 시계열



CS-3

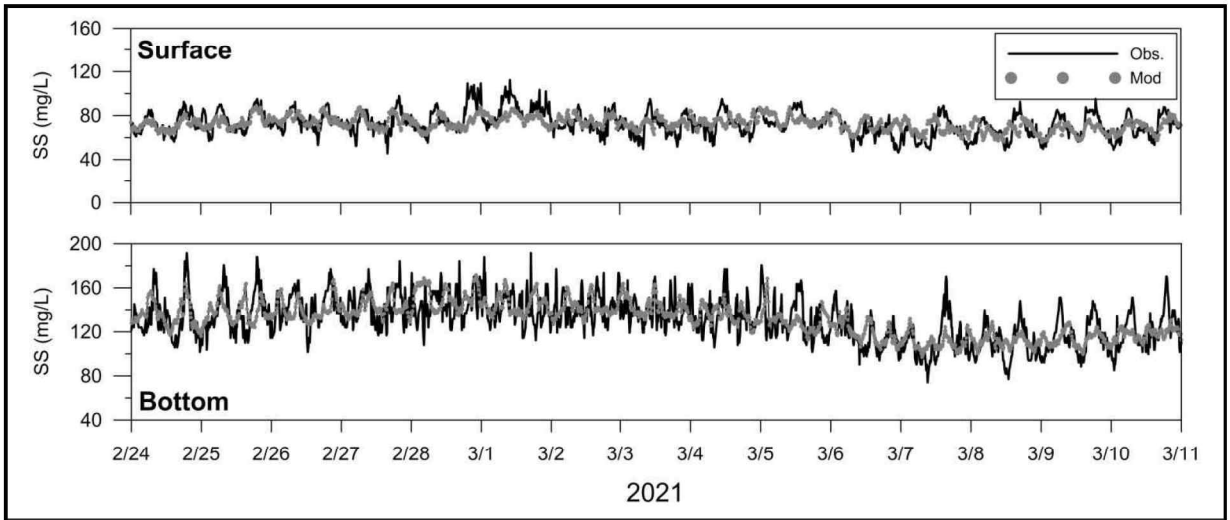


CS-4

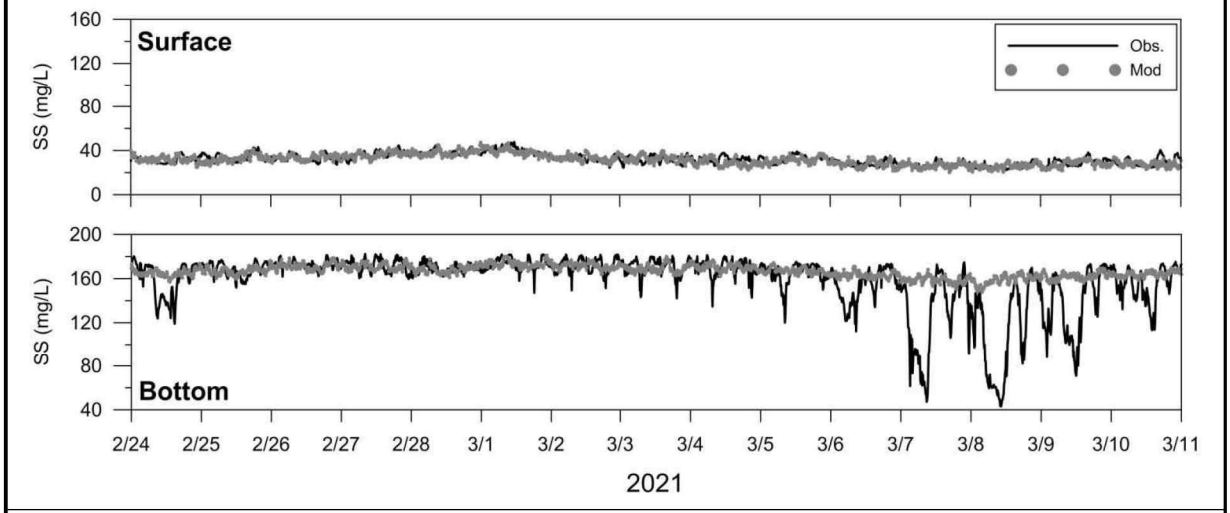


CS-5

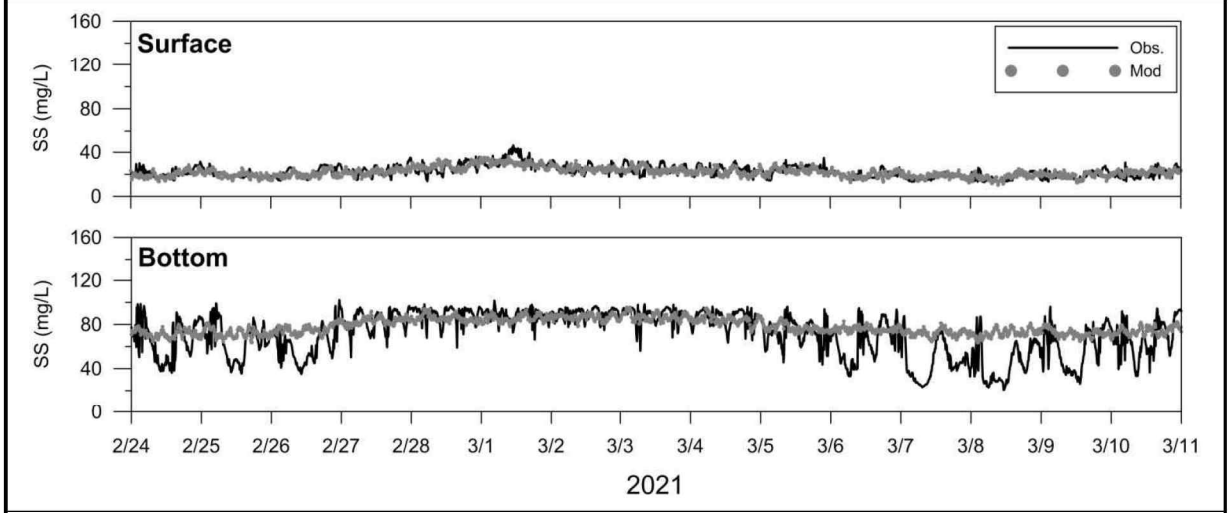
<그림 3.2.1 - 5> 추계(3차) 정점의 부유사 검증 시계열



CS-3

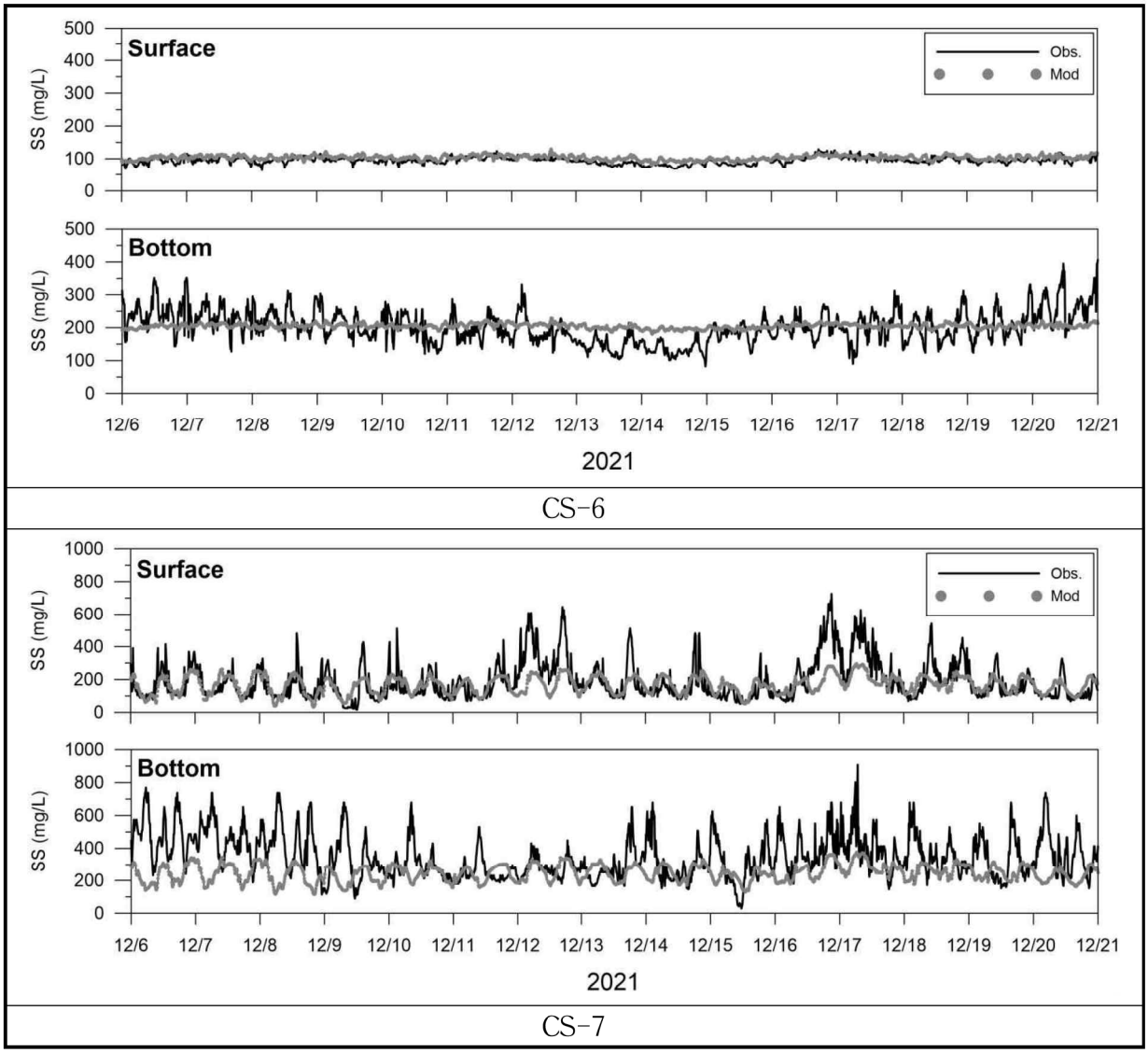


CS-4

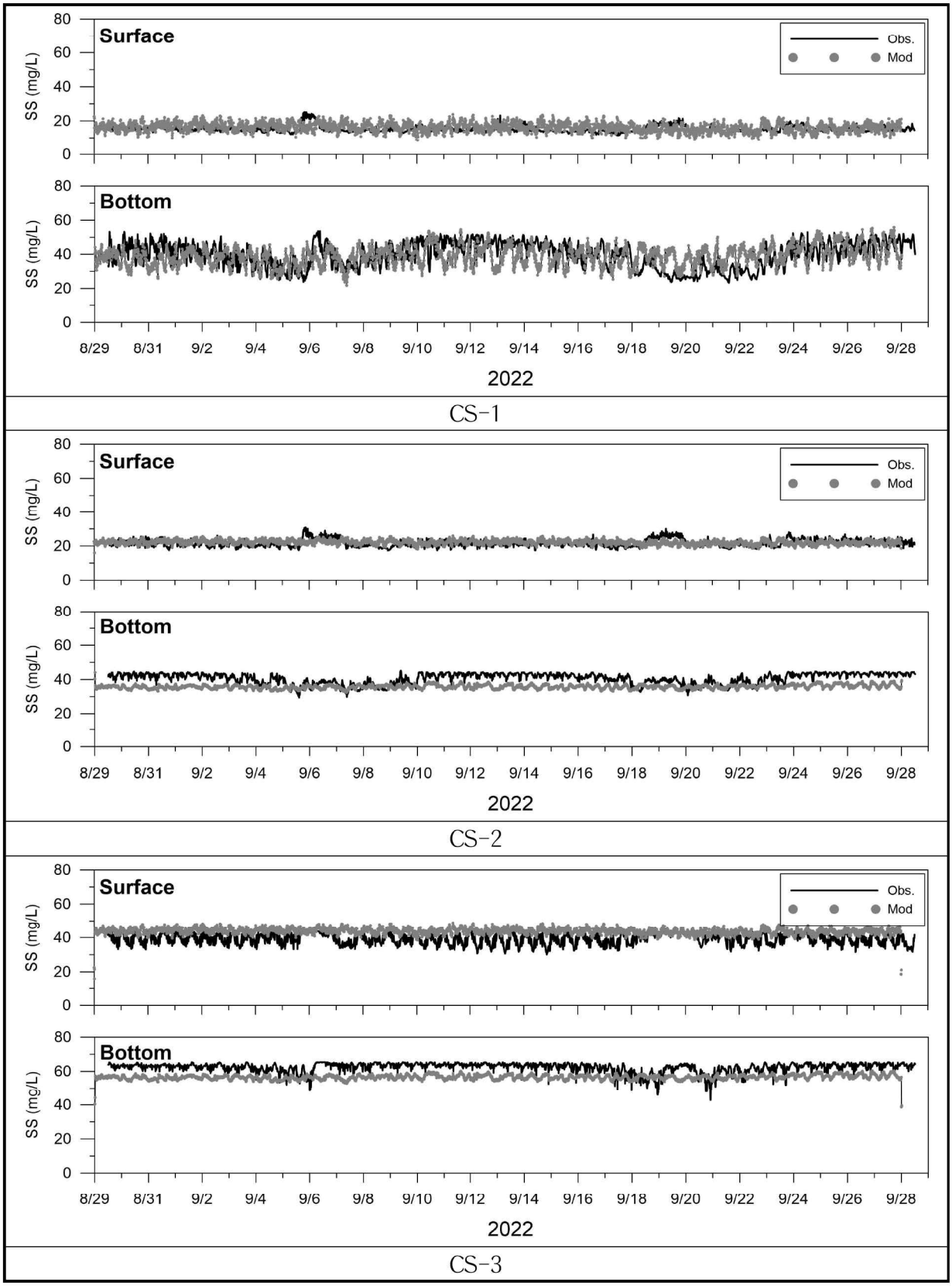


CS-5

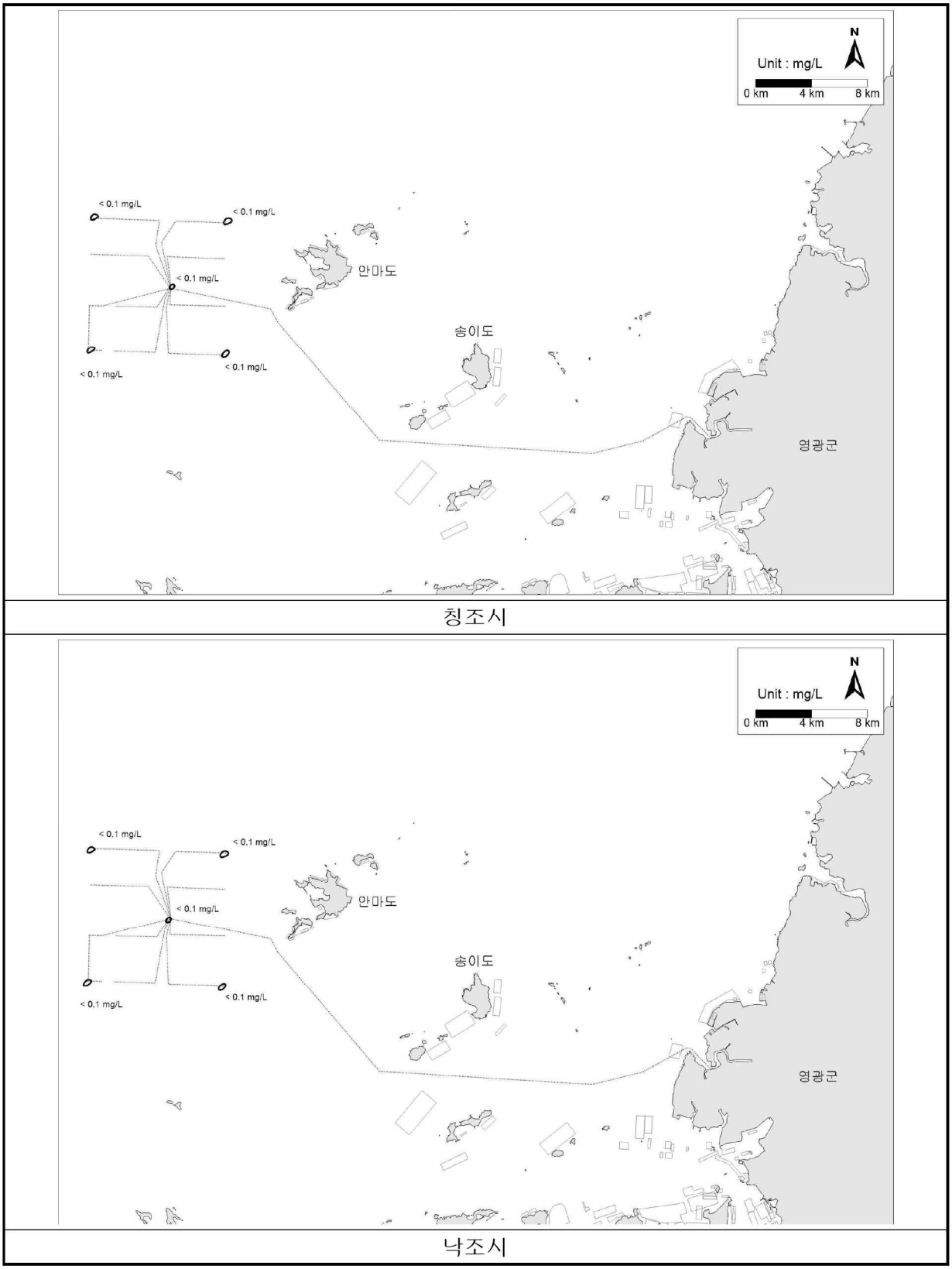
<그림 3.2.1 - 6> 춘계(4차) 정점의 부유사 검증 시계열



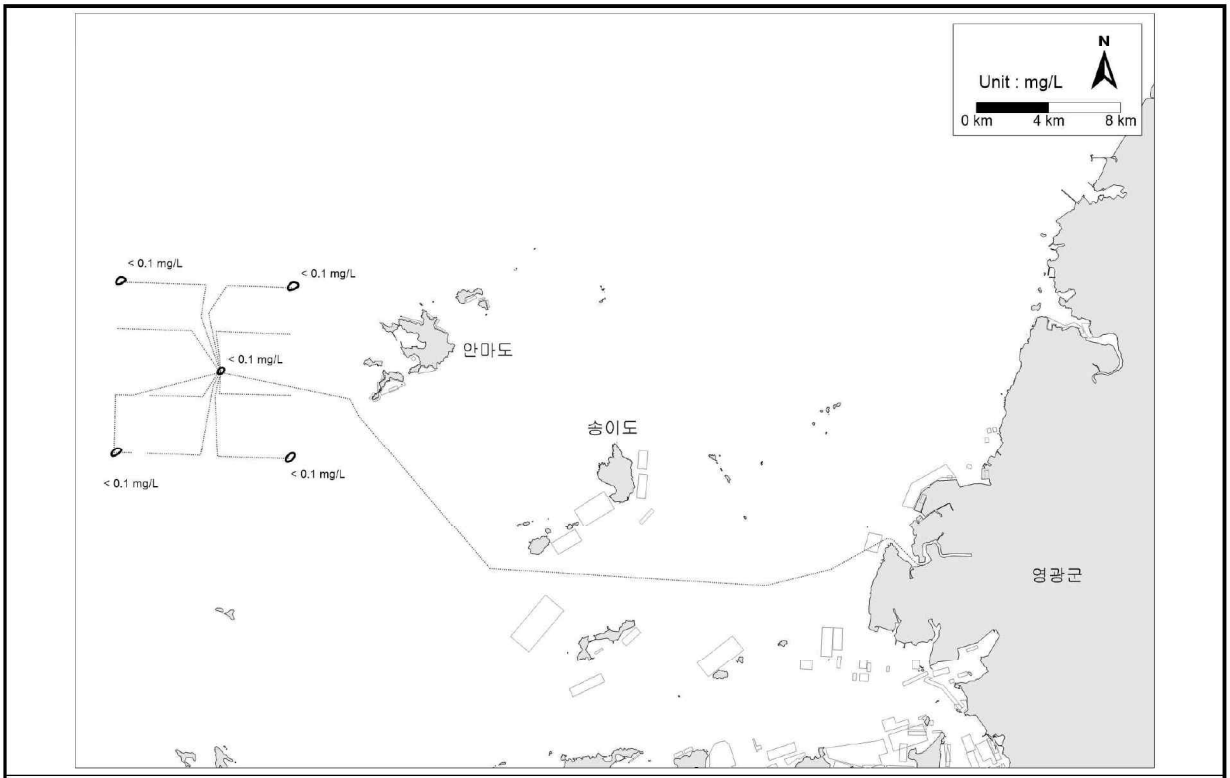
<그림 3.2.1 - 7> 동계(5차) 정점의 부유사 검증 시계열



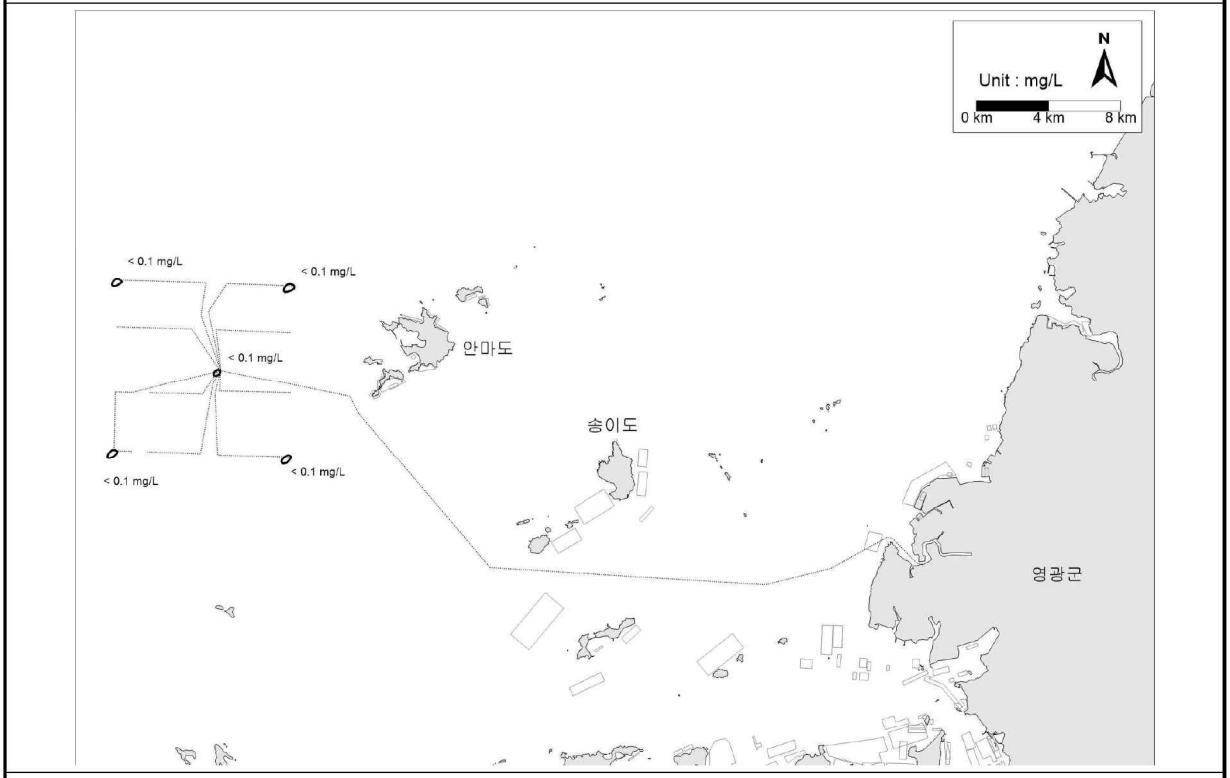
<그림 3.2.1 - 8> 하계(6차) 정점의 부유사 검증 시계열



<그림 3.2.1 - 9> Case-1의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)

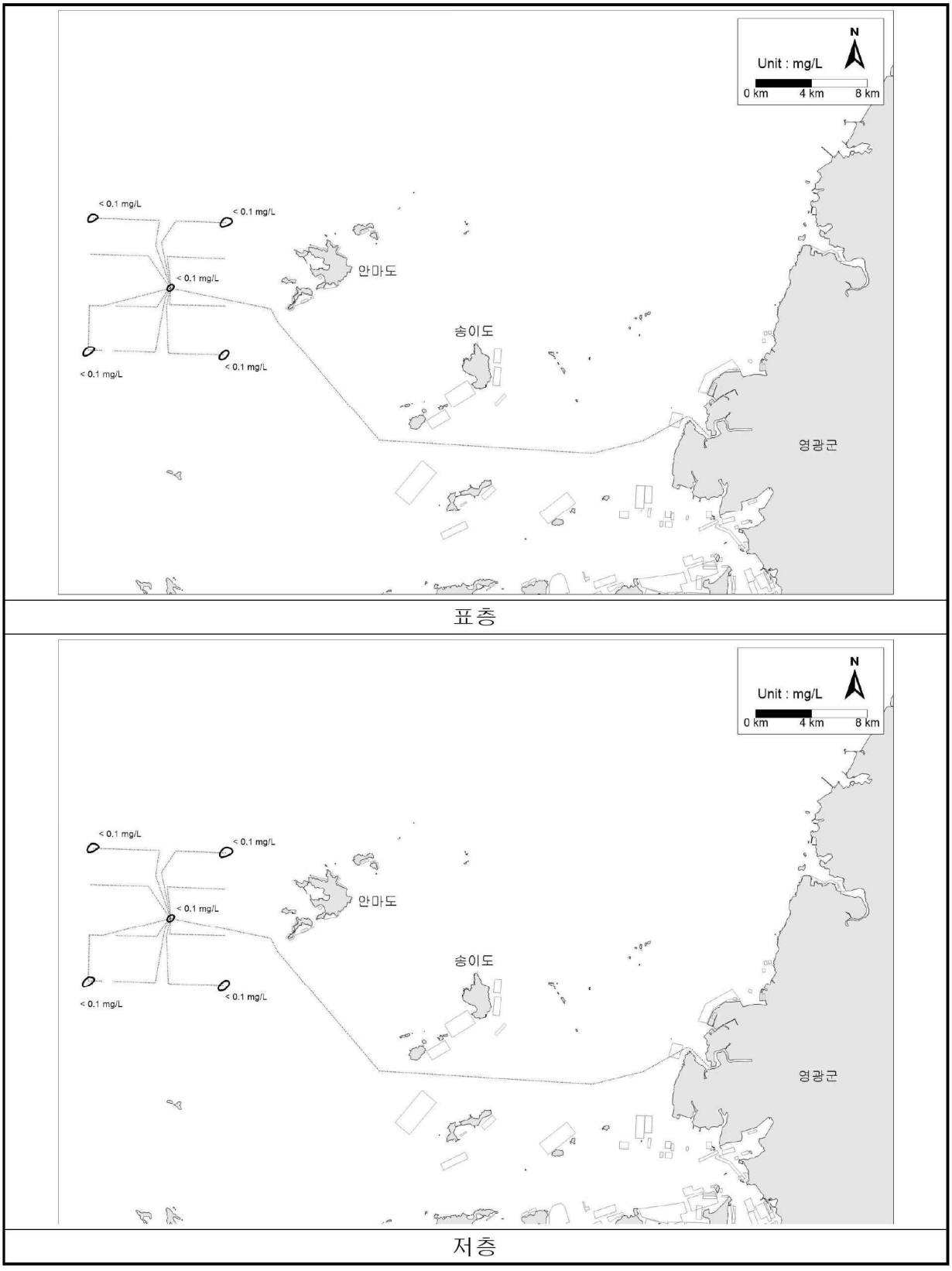


칭조시

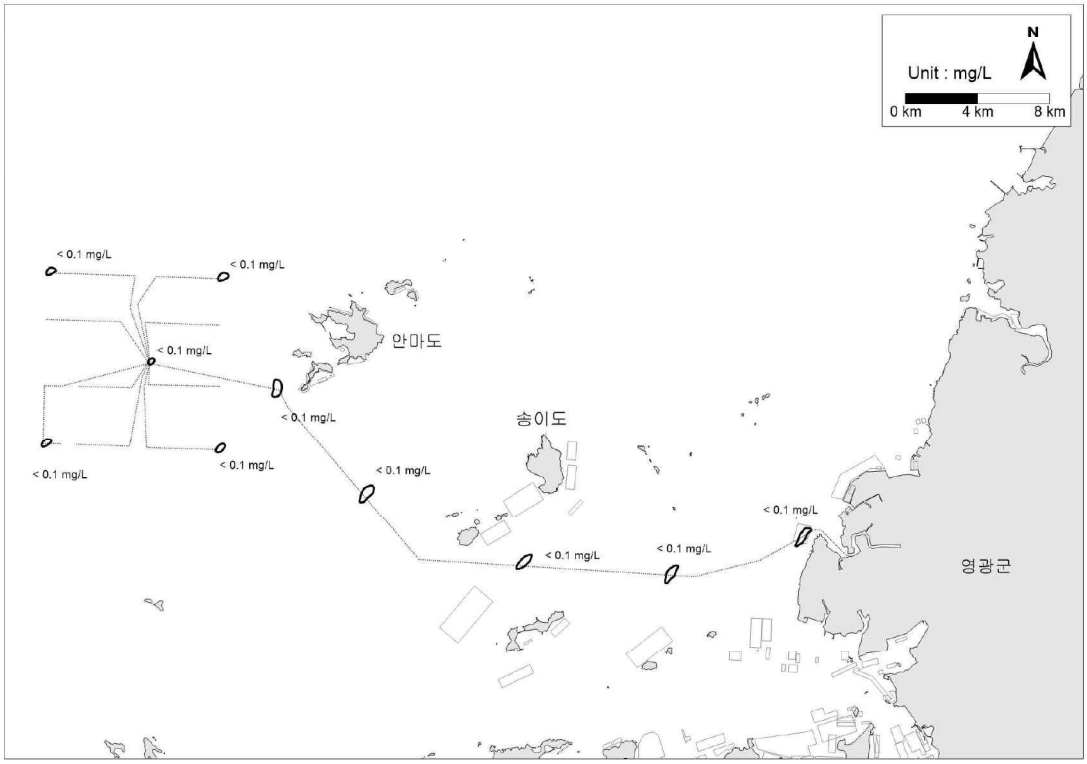


낙조시

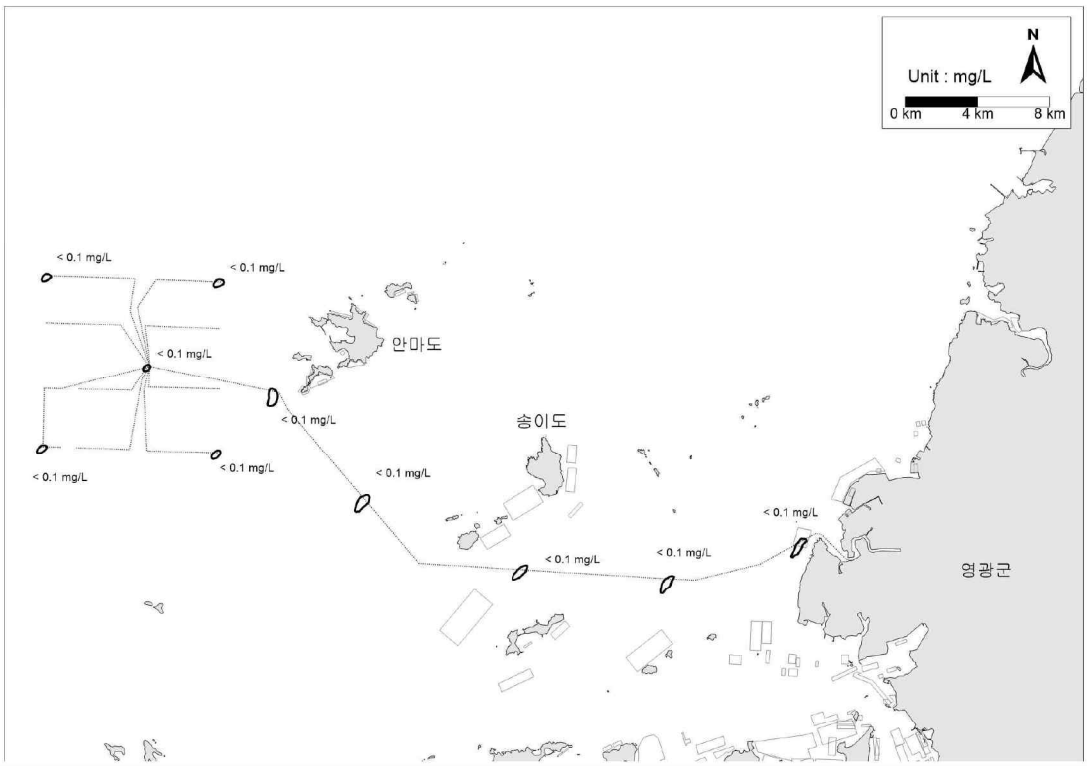
<그림 3.2.1 - 10> Case-1의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)



<그림 3.2.1 - 11> Case-1의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

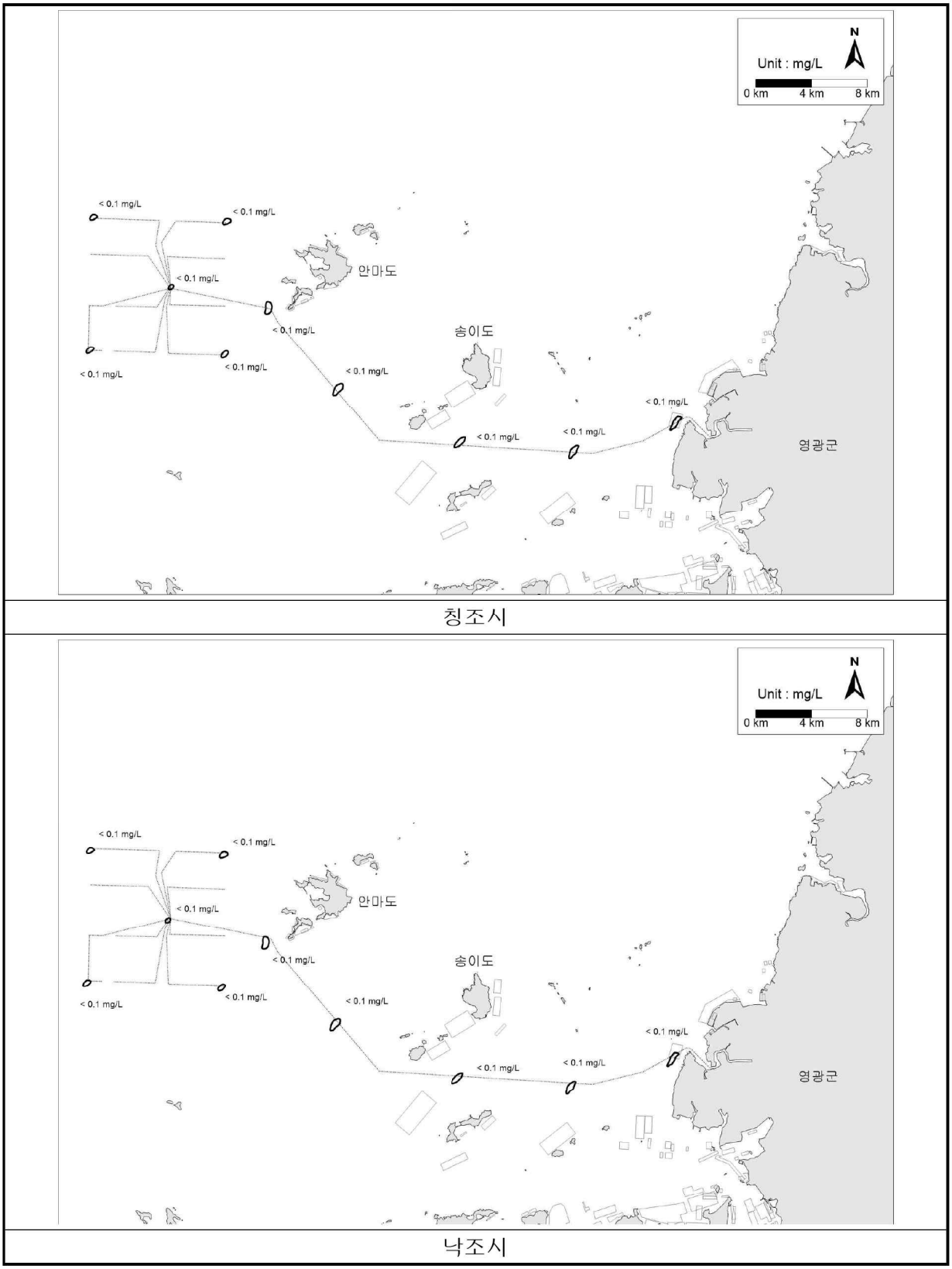


칭조시

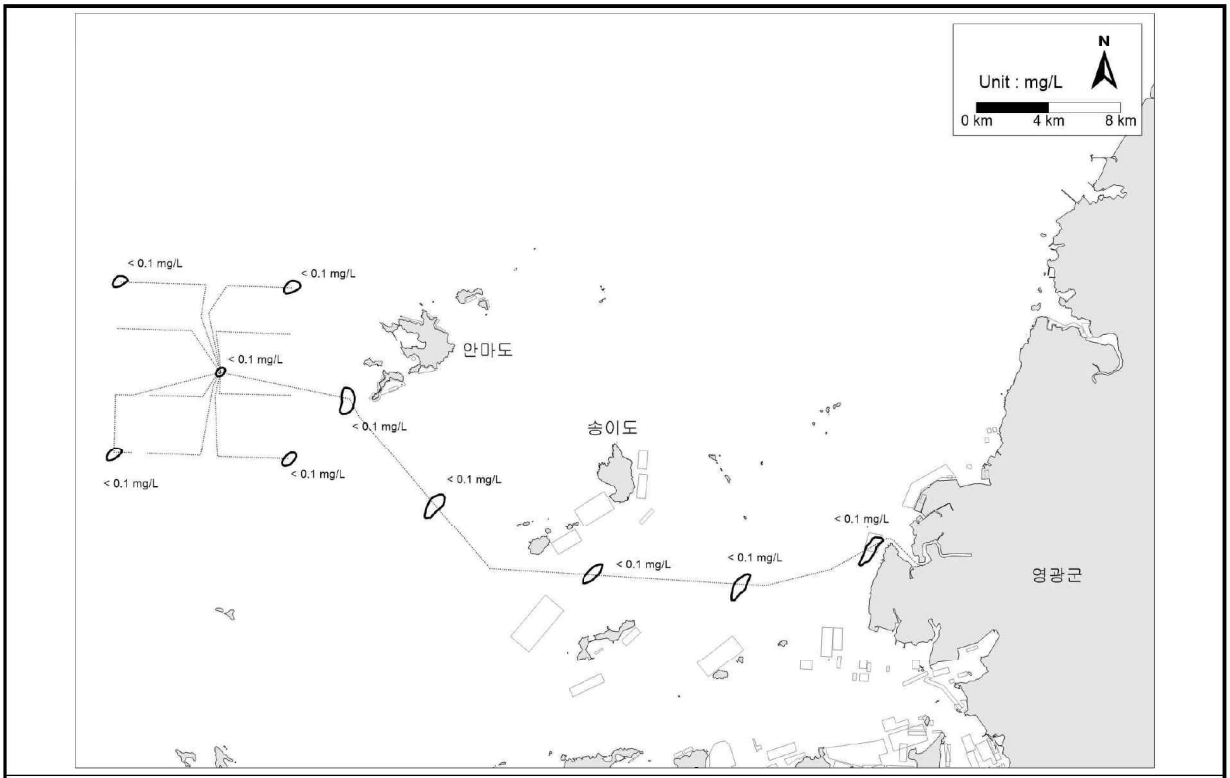


낙조시

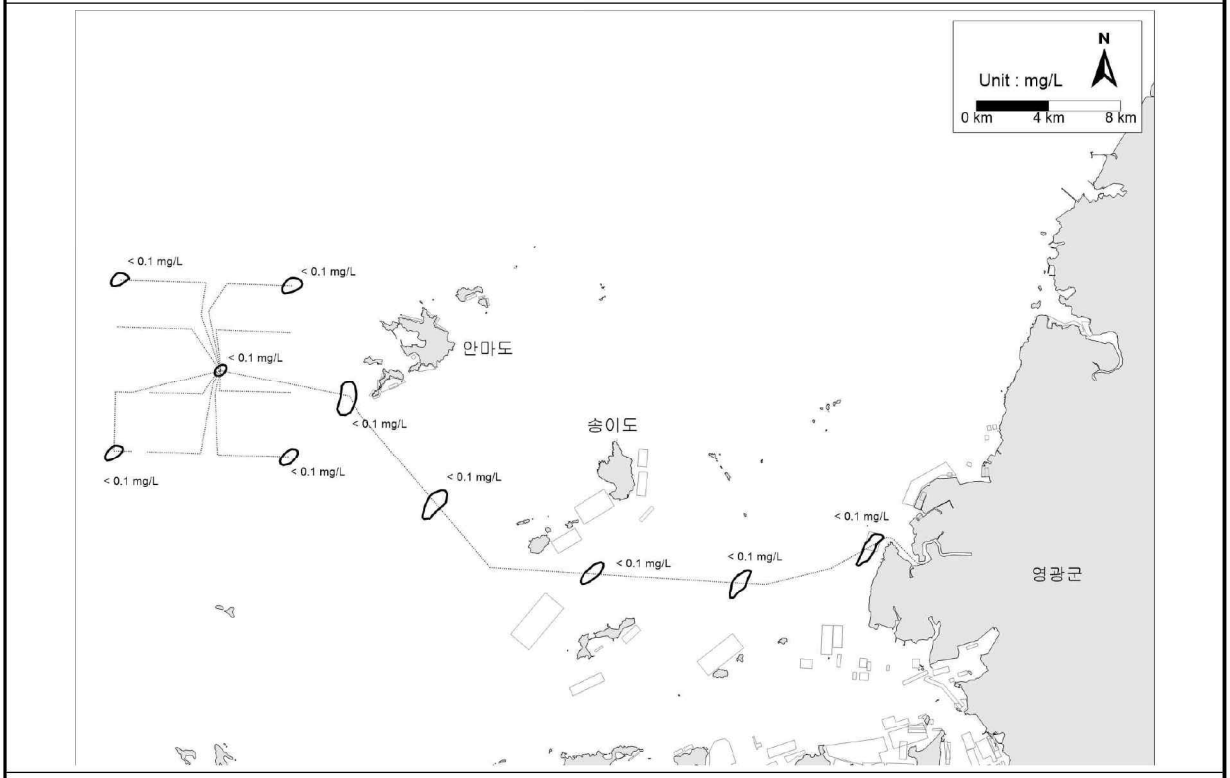
<그림 3.2.1 - 12> Case-2의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)



<그림 3.2.1 - 13> Case-2의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)

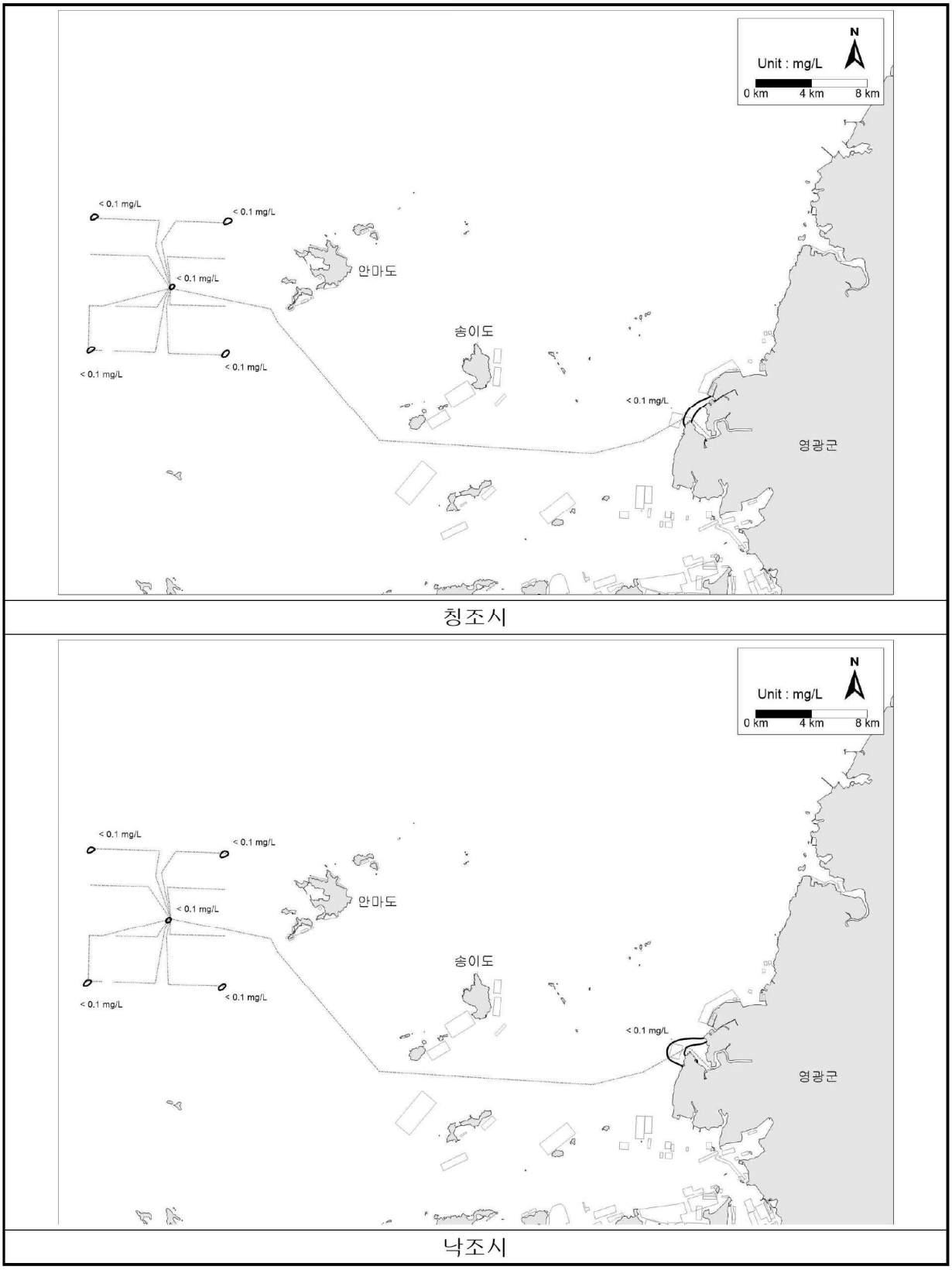


표층

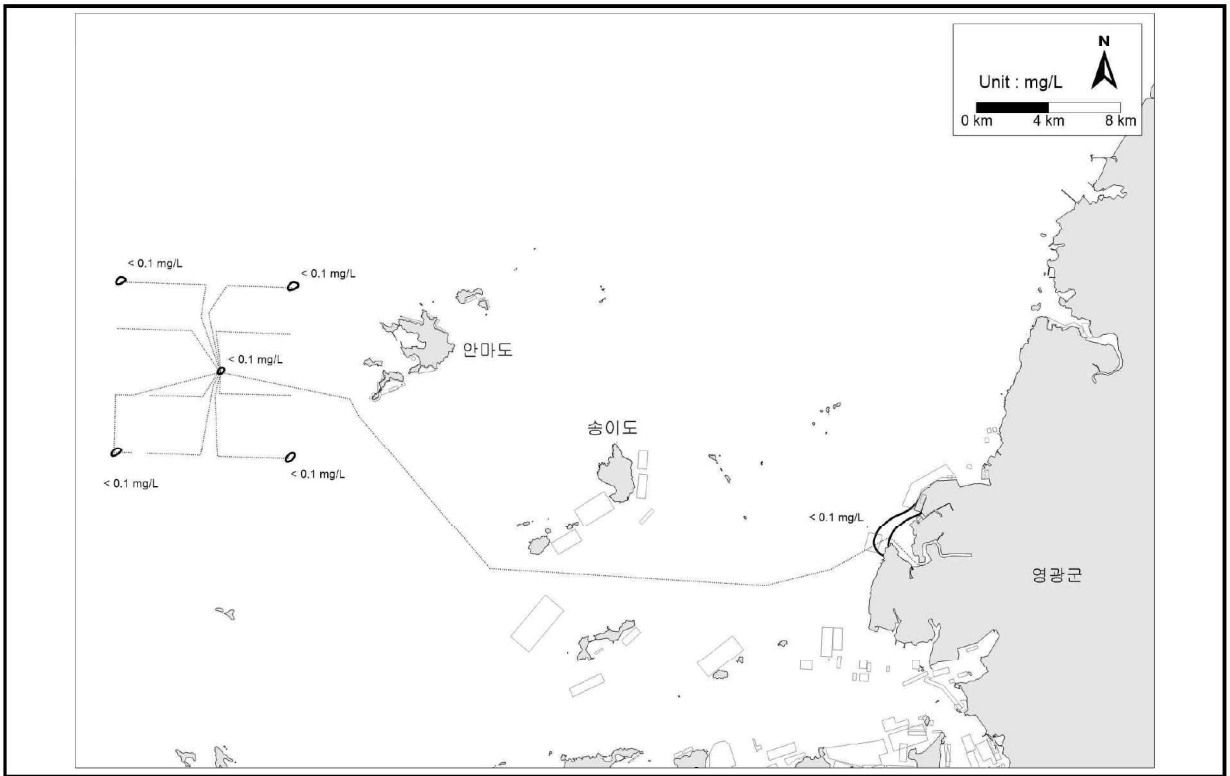


저층

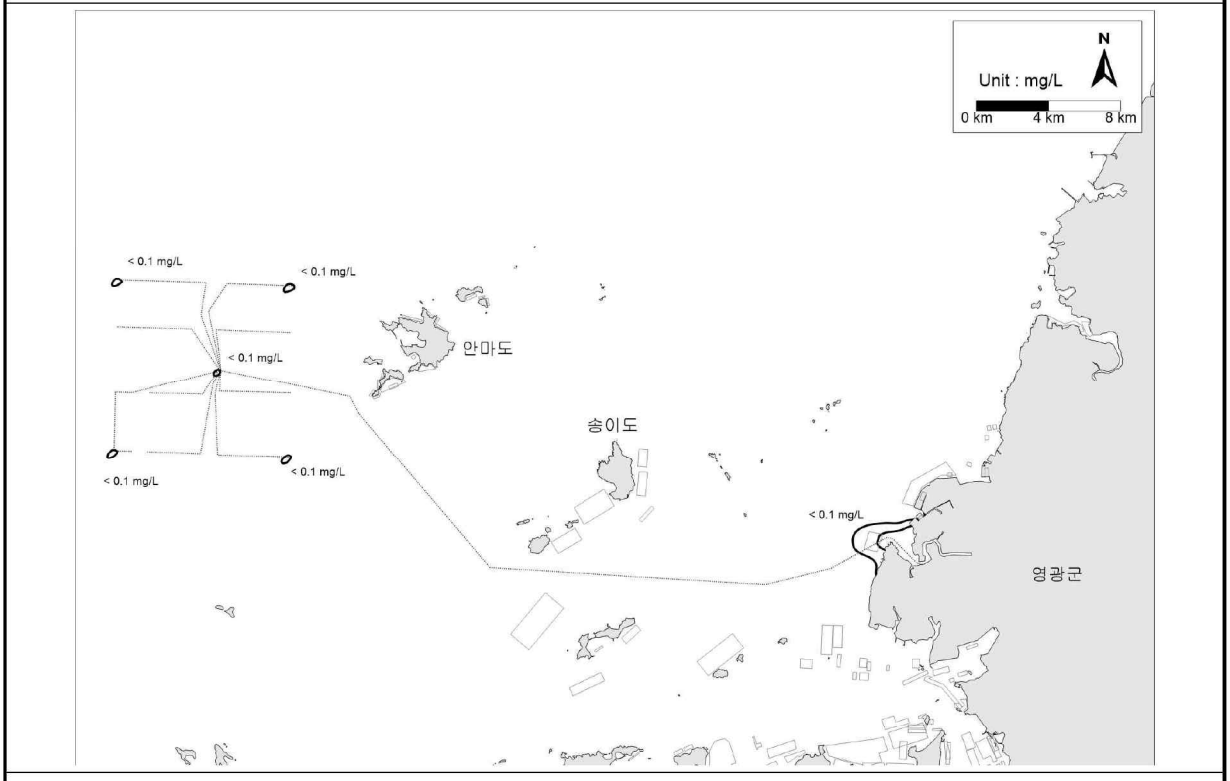
<그림 3.2.1 - 14> Case-2의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위



<그림 3.2.1 - 15> Case-3의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)

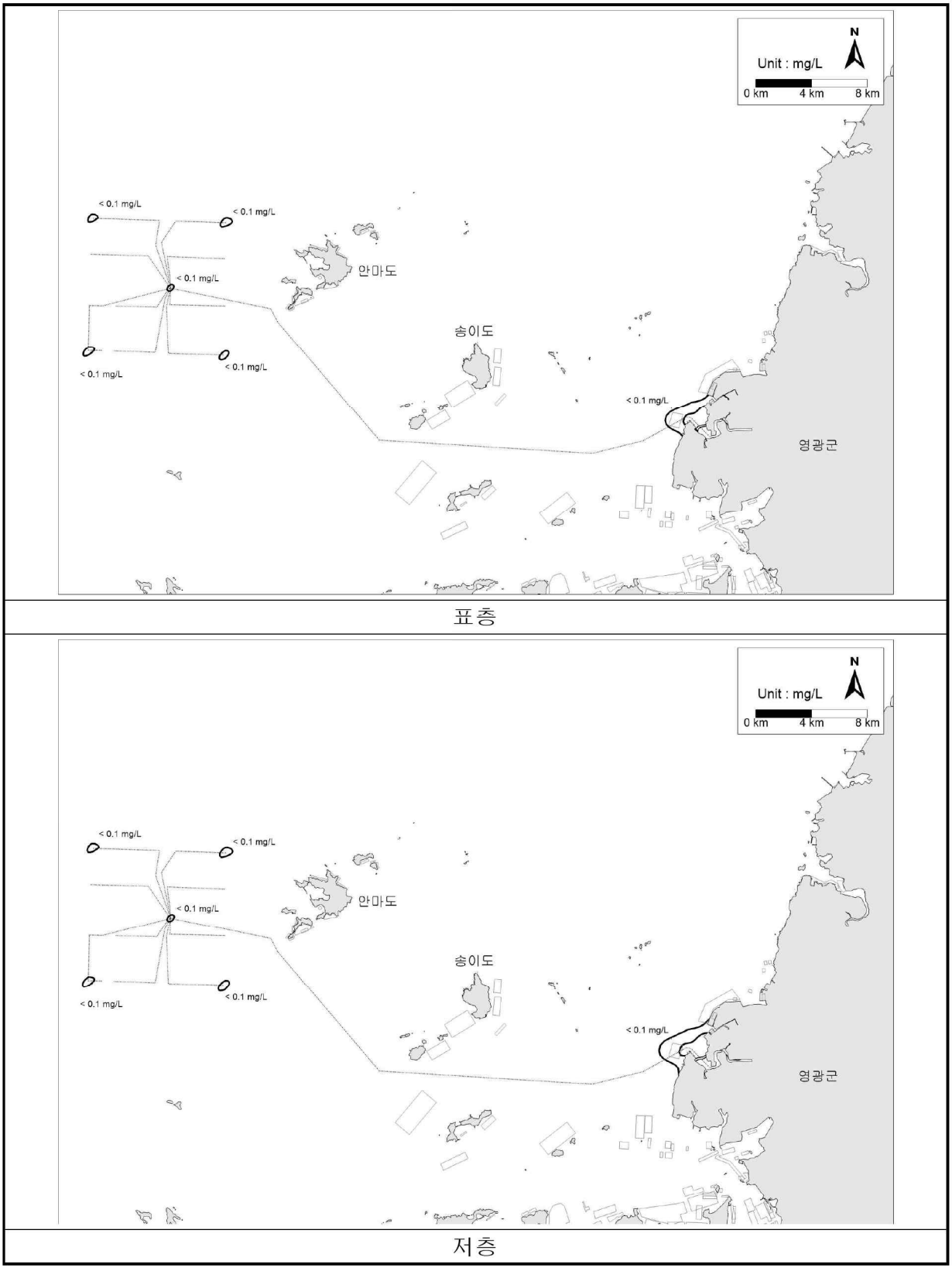


칭조시



낙조시

<그림 3.2.1 - 16> Case-3의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)



<그림 3.2.1 - 17> Case-3의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

나. 운영시 침퇴적 변화 수치실험

(1) 실험 개요

○ 사업 시행에 따른 공사 완료 후 주변 해역의 침퇴적의 변화를 예측함.

○ 침퇴적 변화 수치 실험의 개요는 아래 표에 제시함.

<표 3.2.1 - 13> 침퇴적 변화 수치 실험 개요

구 분		내 용
실험 목적		• 사업 완료 후 주변 해역의 침퇴적 양상 변화 예측
사용 모델		• EFDC (미국 VIMS 개발)
모델 구성	모델 영역	• 해수 유동 모델과 동일
	격자 구성	
	수평 격자	
	실험 기간	
계산 시간 간격		• 해수 유동 모델과 동일
실험 조건		• 해수 유동 모델과 동일
실험안		• 사업 시행 후 연간 침퇴적률 변화

(2) 사용 모델

○ 침퇴적 변화 수치 실험에 사용된 모형은 EFDC 모형의 침퇴적 모듈로서 부유입자의 침강, 퇴적, 침식, 재부유, 이류 및 확산에 의한 부유사 거동을 모의할 수 있음.

(가) 기본 방정식

○ EFDC 모형에서 부유토사에 대한 물질 보존 방정식은 다음과 같음.

$$\frac{\partial m_x m_y hC}{\partial t} + \frac{\partial m_y huC}{\partial x} + \frac{\partial m_x hvC}{\partial y} + \frac{\partial m_x m_y wC}{\partial z} + \frac{\partial m_x m_y w_s C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{K_v}{h}\frac{\partial C}{\partial z}\right) + Q^E + Q^I$$

여기서,

t	:	시간
x, y, z	:	수평 및 수직방향의 좌표축
m_x, m_y	:	수평좌표계의 scale factor
u, v, w	:	x, y, z 방향의 속도 성분
w_s	:	부유토사의 침강 속도
C	:	부유토사 농도
K_y	:	수직난류확산계수
Q^E	:	부유토사의 외부 생성/소멸 항
Q^I	:	부유토사의 내부 생성/소멸 항

○ 본 모형은 numerical diffusion을 최소화하기 위하여 이류항에 대하여 고차 상방 차분법(higher order upwind difference scheme)인 MPDATA(Smolakiewicz and Clark, 1986)를 사용함.

(나) 저면 전단응력

○ 파랑-유동 상호작용에 의한 해저전단응력, τ_b는 다음과 산정할 수 있음.

$$| T_b | = d_r T_{b,c} + | T_{b,w} |$$

여기서,

$T_{b,c}$	:	흐름에 의한 저면 전단응력 (N/㎡)
$T_{b,w}$	:	파랑에 의한 저면 전단응력 (N/㎡)
d_r	:	저면 전단응력 감소 계수(≦1))

○ 먼저 파랑의 효과가 없는 해저면에서 흐름에 의해 가해지는 전단응력, τ_c는 다음 식으로 계산됨(van Rijn, 1993).

$$T_{b,c} = \frac{\rho \kappa^2 V^2}{[-1 + \ln(30h/k_s)]^2}$$

여기서,

ρ	:	유체 밀도 (kg/m^3)
κ	:	von Karman 상수
h	:	수심 (m)
V	:	수심 평균 유속 (m/s)
k_s	:	해저면 조도 (m)

(다) 부유사의 재부유와 침강

○ 일반적으로 유속의 증가로 저면 전단응력의 크기가 침식발생 한계값 보다 커지면 저면에서의 침식 및 재부유가 발생하여 수주내 부유사 농도가 증가하며, 반대로 유속의 감소로 저면 전단응력의 크기가 퇴적 발생 한계값 보다 작아지면 수주에서의 부유사가 침강하여 수주내 부유사 농도가 감소함.

○ 부유사의 퇴적은 난류 전단응력에 의한 응집체(floc)의 파괴가 가장 적고 각 부유입자간의 침강 속도차에 의한 응집체의 성장이 최대인 정조시에 가장 크게 발생함(van Rijn, 1983).

○ 그러므로 퇴적 작용이 가장 활발하게 일어나는 정조시에 부유사의 수주내 농도가 감소하게 되며, 유속이 빠른 창·낙조시에는 수주내 부유사 농도가 증가하게 됨.

○ 모형 내에서 부유사의 재부유와 퇴적을 다음의 식으로 나타낼 수 있음.

$$S_c = S_E - S_D$$

여기서, S_c : 수주내의 부유사량
S_D : 단위시간, 단위면적당 저면으로의 퇴적량
S_E : 단위시간, 단위면적당 저면으로부터의 재부유량 (또는 침식량)

(라) 부유사의 침강

○ 수주로부터 저면으로의 점성 부유사 플럭스는 다음과 같음.

$$S_D = w_s\, S_c\left(\frac{\tau_d - \tau_b}{\tau_d}\right) \quad : \tau_b < \tau_d$$
$$S_D = 0 \quad : \tau_b \geq \tau_d$$

여기서, τ_b : 해저면에 가해지는 전단응력 (N/㎡)
τ_d : 퇴적한계 전단응력 (N/㎡)

○ 점성퇴적물의 침강속도는 널리 사용되고있는 Ariathurai and Krone(1976)의 실험식을 사용함.

$$w_s = w_{s0}\left(\frac{C}{C_0}\right)^{\alpha}$$

여기서, w_s : 부유토사의 침강 속도 (m/s)
w_{s0} : 부유토사의 기준 침강 속도 (m/s)
C : 부유토사의 농도 (㎎/L)
C0 : 부유토사의 기준 농도 (㎎/L)
α : 침강계수

(마) 부유사의 침식

○ 저면으로부터 수주로의 퇴적물 플럭스는 다음과 같이 침식률과 해저면에 가해지는 전단응력(τ_b) 그리고 침식한계 전단응력(τ_{ce})의 함수로 나타낼 수 있음.

$$S_E = \frac{dm_e}{dt}\left(\frac{\tau_b - \tau_{ce}}{\tau_{ce}}\right)^{\alpha} \quad : \tau_b \geq \tau_{ce}$$

여기서, τ_{ce} : 침식한계 전단응력 (N/㎡)
$\frac{dm_e}{dt}$: 침식율 (g/s · m^2)
α : 실험상수

○ 침식한계전단응력은 다음과 같이 겉보기밀도와 관련됨(Villaret and Paulic, 1986).

$$\tau_{ce} = \zeta(\rho_b - 1)$$

여기서, ρ_b : 겉보기밀도 (g/cm^3)
ζ : 실험상수

○ 겉보기 밀도는 다음과 같이 계산됨(Allersma, 1988).

$$\rho_d = 480\alpha + (1300 - 280\alpha)P_{sand}^{0.8}$$

$$\rho_b = \rho + \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho_s}\right)\rho_d$$

여기서, ρ_b : 겉보기 밀도 (g/cm^3)
ρ_d : 건조 밀도 (g/cm^3)
ρ_s : 퇴적물 밀도 (g/cm^3)
P_{sand} : 사질 함량비 (0.0-1.0)

○ 그리고 침식률은 다음과 같이 계산됨(Partheniades, 1963)

$$\frac{dm_e}{dt} = M\left[\frac{\tau_b - \tau_{ce}}{\tau_{ce}}\right] \quad : \tau_b > \tau_{ce}$$

여기서, M : 기준침식률 (0.01-0.5) (g/s · m^2)

(3) 모델 구성

○ 해수 유동 수치실험과 동일한 모델영역 및 격자체계를 사용하였으며, 모델의 초기 조건 및 경계조건은 사업지역 주변의 평균적인 상황을 모의하기 위하여 평균적인 부유사 상황을 고려하여 초기 부유사 농도 및 외해 경계 부유사 농도를 입력하여 유속변화에 따른 부유사 농도와 해저면 변화를 각 계절별로 30일 동안 계산함.

(4) 입력 조건

○ 침퇴적 예측 수치실험의 경우 침퇴적 프로세스를 보정 및 검증을 하는 방법으로 현장 관측 자료를 이용하여 보정 및 검증을 실시함.

○ 본 사업에서도 사업지역 인근에서 실시된 영광군의 『영광 낙월 해상풍력발전단지 건설사업 환경영향평가 보고서(2020. 9)』 등 다수의 보고서에 제시된 침퇴적 실험 입력값을 참조하였고, 이에 더하여 해양환경관리공단의 2011~2020년 해양환경측정망의 최신 측정값과 금회 관측 값을을 참고하여 모델에 입력하여 실험을 수행하였으며, 관측 결과와 유사하도록 수차례 보정 실험을 실시하는 방법을 사용하여 검증을 실시한 후, 이를 이용한 예측 결과를 제시함

○ 퇴적작용의 경우 전단응력이 퇴적임계전단응력보다 작으면 퇴적이 발생하며, 일반적인 퇴적임계전단응력은 0.1~0.2 N/㎡ 범위의 값이 사용됨.

○ 해저면에 가해지는 저면전단응력을 계산하기 위해서는 해저면 조도계수(kS)가 필요함.

○ 침강작용은 부유사 농도에 따른 침강속도변화를 고려하였으며, 기준침강속도는 Buller and Mcmnus(1989)를 참고하였으며, 부유사 기준농도 (C0)는 사업 해역 내의 기존 측정 자료를 입력함.

○ 침식작용의 경우, 기준침식률(M)로 0.003~0.007 g/s㎡ 를 사용하였고, 침식임계 전단응력은 보정실험을 통해 0.15~0.25 N/㎡ 범위로 결정함.

○ 사업대상지의 해저질 조사 자료를 바탕으로 입경에 따른 부유 퇴적물 침강속도 자료를 참조하여 미세립 실트 0.418 ㎜/sec를 입력하여 계산을 수행함.

○ 침퇴적 변화 수치모형 실험의 입력 조건을 다음 표에 제시함.

<표 3.2.1 - 14> 부유사 입경별 침강속도(Tanimoto et, al., 1994)

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

<표 3.2.1 - 15> 침퇴적 변화 수치모형 실험의 입력 조건

입력 계수		입력값	설정 근거
부유사 농도	부유사 초기농도 (㎎/L)	43.5~143.0	금회 및 기존 SS 관측 자료
	외해 경계 부유사 농도 (㎎/L)	43.5~143.0	
퇴적 작용	퇴적 임계 전단응력 (N/㎡)	0.10~0.20	보정 실험을 통해 결정
침강 작용	부유사 기준 침강속도 (㎜/s)	0.418	Buller and McManus, 1989
	부유사 기준 농도 (㎎/L)	15~25	금회 및 기존 SS 관측 자료
침식 작용	기준 침식률(계수) (g/s·㎡)	0.003~0.007	Partheniades(1963)
	침식 임계 전단응력 (N/㎡)	0.15~0.25	보정 실험을 통해 결정

(5) 파랑 입력 조건

○ 퇴적물 이동실험에는 금회 관측한 파랑 자료와 영광 파고부이 자료로 검증된 각 계절별 파랑변형 실험 결과를 실험 시간과 동일한 기간에 각 격자별 시계열로 입력함.

○ 금회 관측한 W-01 지점의 파랑 시계열과 영광 파고부이 시계열을 제시함.

○ 대상 해역 유의파고의 평균은 각각 0.68m(하계), 1.01m(동계), 0.93m(추계), 0.91m(춘계)로 나타남.

○ 계절별 파랑변형 실험의 유의파고 검증 결과, 오차는 ±0.07m의 범위를 보였으며, 상대적 절대평균오차(RAAE)는 최소 -9.58%에서 최대 12.13%, 평균적으로 1.1%로 나타나 대상 해역의 파랑 특성을 잘 모의한 것으로 판단됨.

<표 3.2.1 - 16> 유의파고 검증 결과

계절	정점	구분	유의파고 평균(m)	오차(m)	RAAE(%)
하계	W-01	관측치	0.59	(+)0.07	(+)12.13
		계산치	0.66		
	영광 파고부이	관측치	0.39	(-)0.04	(-)9.58
		계산치	0.35		
동계	W-01	관측치	0.93	(-)0.04	(-)3.71
		계산치	0.89		
	영광 파고부이	관측치	0.80	(-)0.01	(-)1.00
		계산치	0.79		
추계	W-01	관측치	1.03	(-)0.07	(-)6.62
		계산치	0.96		
	영광 파고부이	관측치	0.82	(+)0.03	(+)2.95
		계산치	0.85		
춘계	W-01	관측치	0.89	(-)0.01	(-)1.44
		계산치	0.88		
	영광 파고부이	관측치	0.75	(-)0.01	(-)1.29
		계산치	0.74		

(6) 해저질 입력 조건

○ 금회 관측한 해저질 입도 분석 결과, 1차 하계 조사(2019년 07월 26일~07월 28일) 결과 입도 분포는 6.0~7.0Φ, 2차 추계 조사(2019년 10월 09일~10월 10일) 결과 입도 분포는 6.3~6.9Φ, 3차 동계 조사(2020년 01월 15일~01월 16일) 결과 입도 분포는 6.1~7.0Φ, 4차 춘계 조사(2020년 04월 14일~01월 15일) 결과 입도 분포는 6.5~6.9Φ, 5차 하계 조사(2020년 08월 28일~08월 29일) 결과 입도 분포는 6.5~7.0Φ, 6차 추계 조사(2020년 11월 24일~11월 25일) 결과 입도 분포는 6.5~7.0Φ, 7차 동계 조사(2021년 12월 22일) 결과 입도 분포는 6.6~6.7Φ, 8차 하계 조사(2022년 08월 24일~08월 26일) 결과 입도 분포는 6.7~7.0Φ, 9차 추계 조사(2022년 10월 20일~10월 21일) 결과 입도 분포는 6.0~7.0Φ로 나타남.

○ 퇴적물 이동실험에는 금회 관측한 해저질 입도 분석 결과를 입력하였으며, 사업 해역 해저질은 대부분 실트질 특성을 보임.

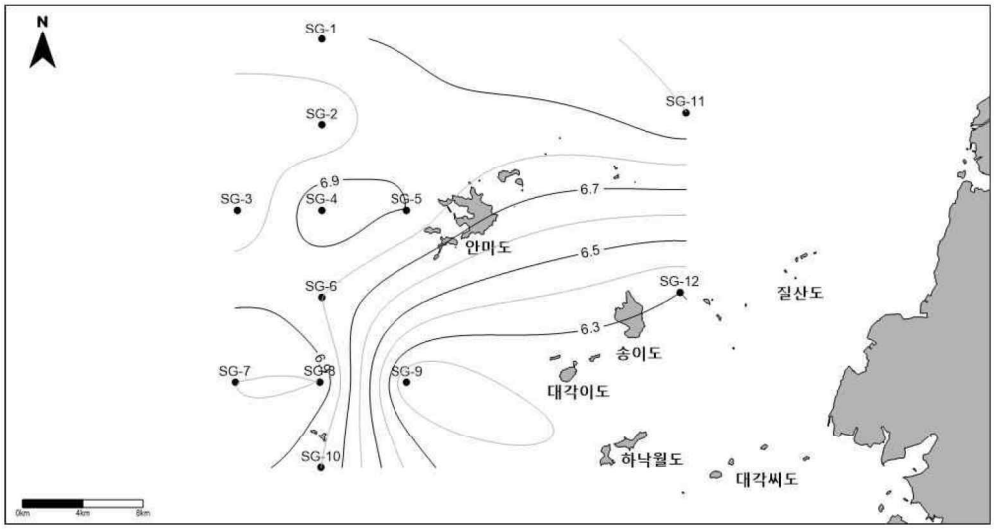
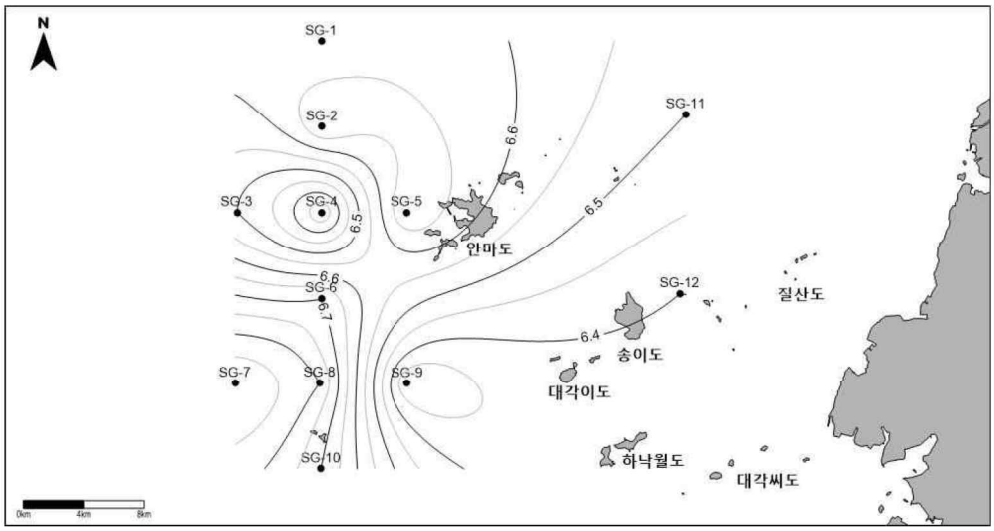
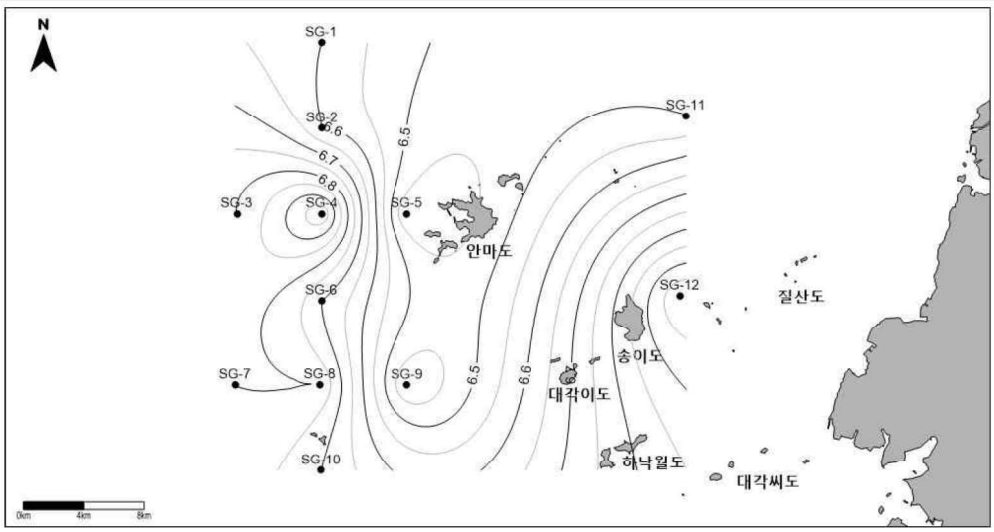
(7) 모델 검증

○ 각 계절별로 CS-1 ~ CS-7 지점에서 금회에 관측한 부유사의 평균 농도와 수치모델에서 계산된 동일 지점 부유사의 통계분석 결과를 비교하였으며, 관측 부유사와 수치모델로 계산된 한 달 평균 농도를 비교하여 아래 표로 제시함.

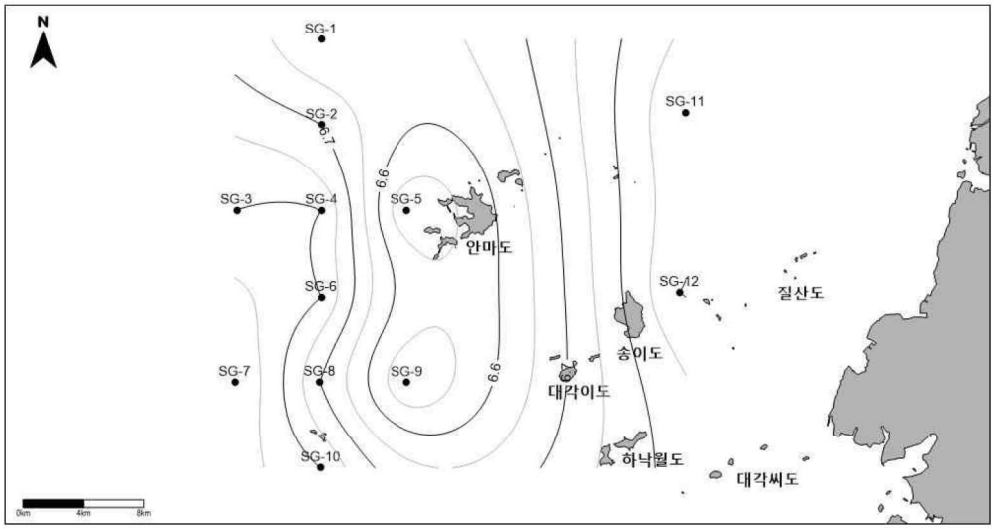
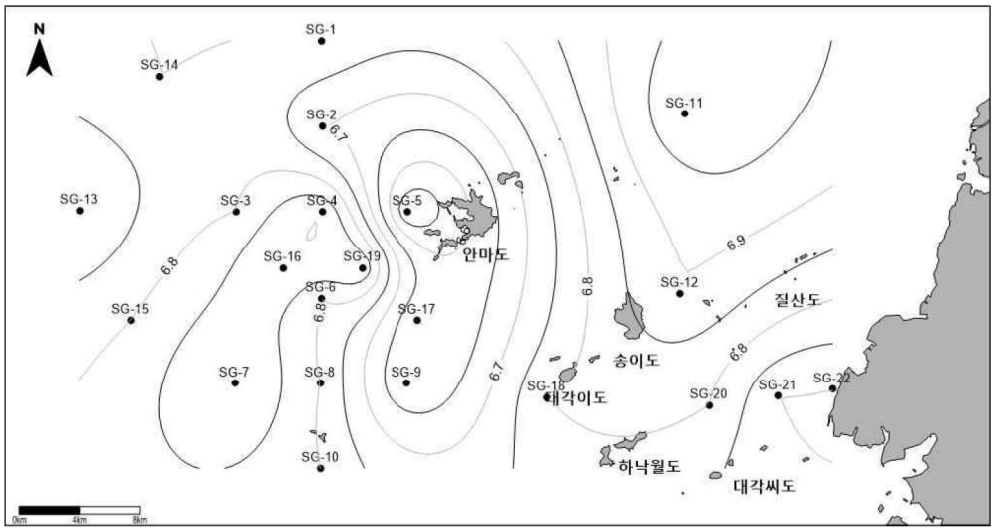
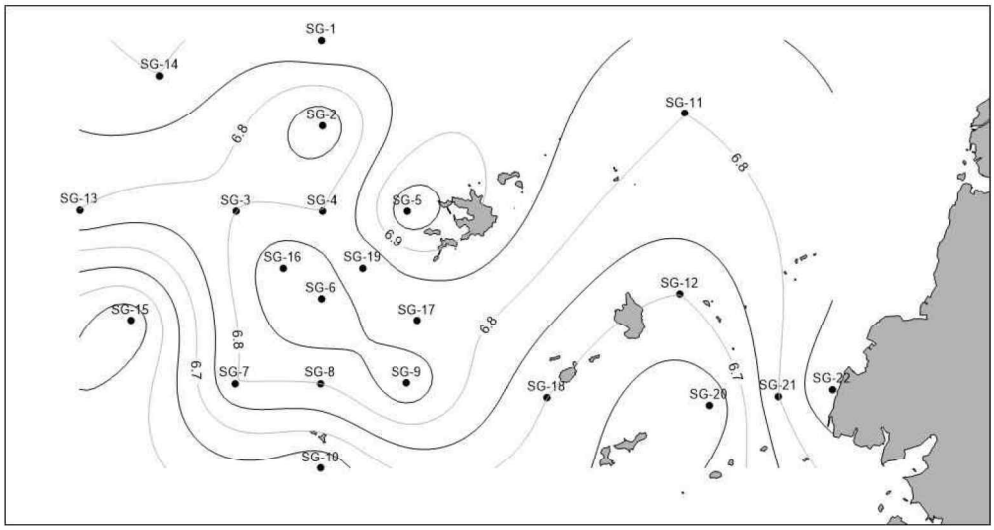
○ 검증 결과, 춘계에 높은 부유사 농도가 발생하는 양상이 계산 결과에서도 잘 나타나는 것으로 분석됨.

<표 3.2.1 - 17> 평균 부유사 농도(mg/L) 검증 결과

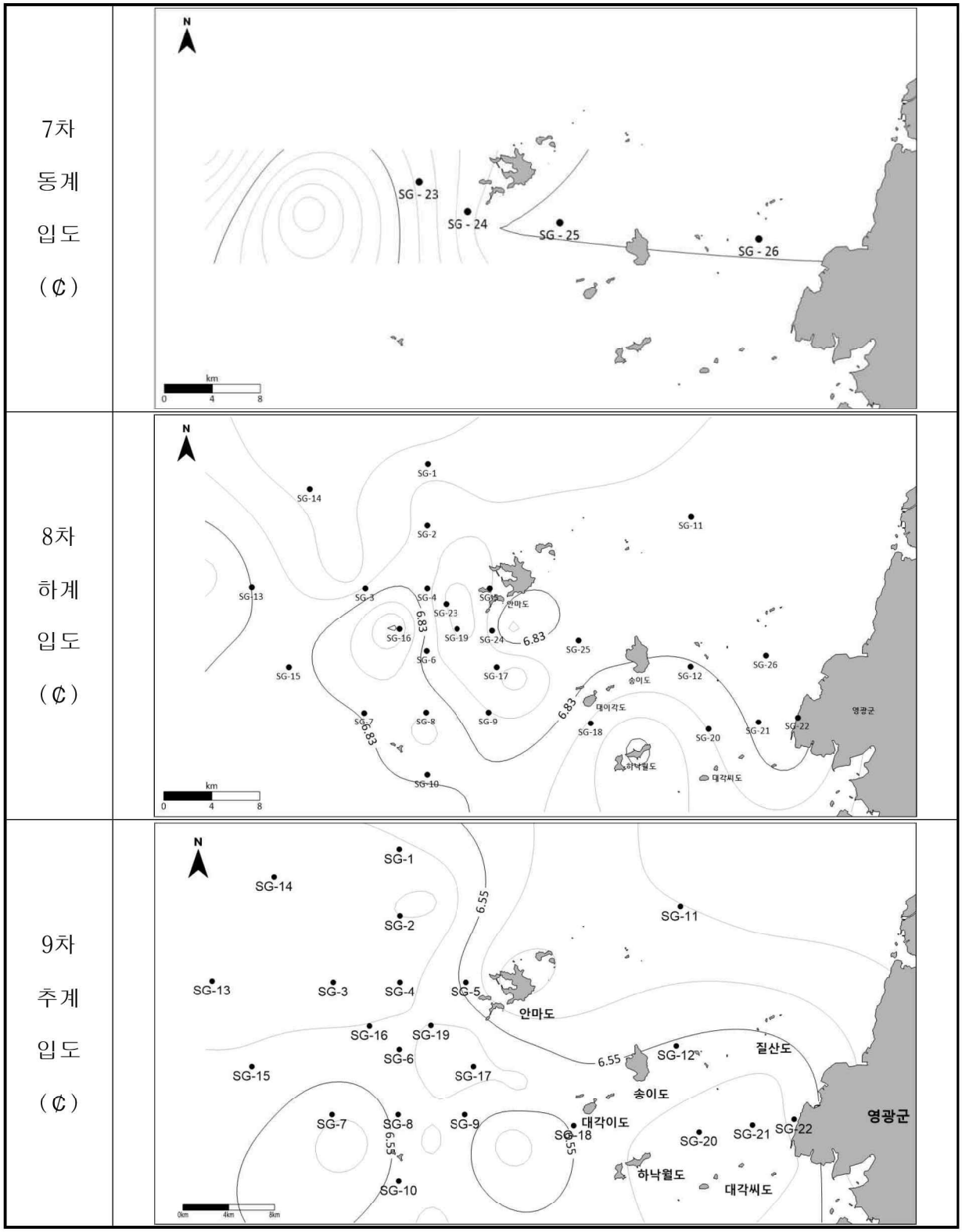
정점		표층			중층			저층		
		관측	계산	편차	관측	계산	편차	관측	계산	편차
하계 (1차)	CS-1	11.5	13.7	2.2	14.9	15.7	0.8	18.8	20.8	2.0
	CS-2	13.6	15.2	1.6	17.6	16.1	-1.5	19.0	21.2	2.2
동계 (2차)	CS-1	28.5	28.7	0.2	38.5	40.7	2.2	46.2	46.4	0.2
	CS-2	34.9	34.3	-0.6	43.8	42.3	-1.5	47.1	45.4	-1.7
추계 (3차)	CS-3	36.9	37.0	0.1	50.4	47.9	-2.5	55.7	55.4	-0.3
	CS-4	29.0	28.5	-0.5	36.0	42.1	6.1	41.9	42.4	0.5
	CS-5	17.4	17.7	0.3	33.1	35.5	2.4	41.2	40.9	-0.3
춘계 (4차)	CS-3	72.6	72.7	0.1	104.3	122.8	18.5	130.8	131.7	0.9
	CS-4	32.1	31.5	-0.6	89.1	100.2	11.1	158.5	166.7	8.2
	CS-5	22.5	22.0	-0.5	49.6	56.7	7.1	71.4	78.3	6.9
동계 (5차)	CS-6	95.5	103.3	7.8	153.4	155.1	1.7	202.3	204.4	2.1
	CS-7	187.0	166.5	-20.5	288.0	209.6	-78.4	350.3	246.5	-103.8
하계 (6차)	CS-1	15.1	16.3	1.2	26.4	28.8	2.4	39.7	39.0	-0.7
	CS-2	21.7	22.1	0.4	30.5	29.9	-0.6	40.6	35.8	-4.8
	CS-3	39.3	43.8	4.5	54.7	51.4	-3.3	62.2	56.6	-5.6

1차 하계 입도 (℄)	
2차 추계 입도 (℄)	
3차 동계 입도 (℄)	

<그림 3.2.1 - 18> 해저질 입도 분석 결과 (1/3)

4차 춘계 입도 (¢)	
5차 하계 입도 (¢)	
6차 추계 입도 (¢)	

<그림 3.2.1 - 19> 해저질 입도 분석 결과 (2/3)



<그림 3.2.1 - 20> 해저질 입도 분석 결과 (3/3)

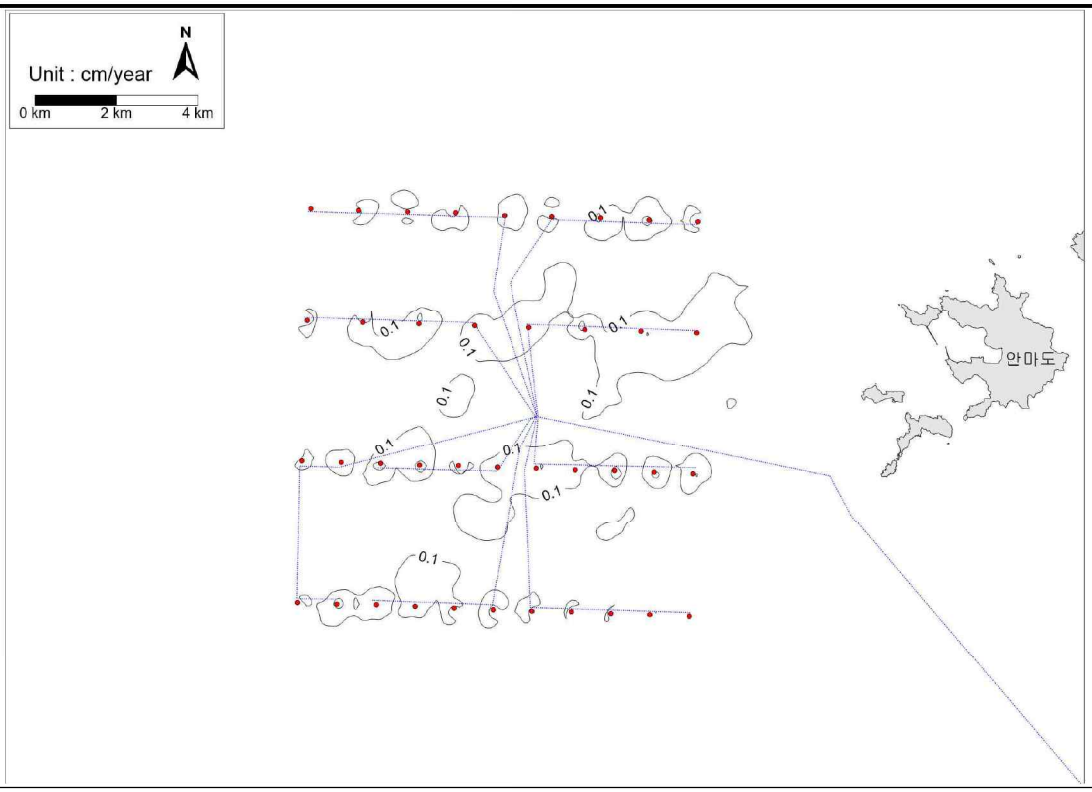
(8) 실험 결과

○ 사업 시행에 따른 연간 침퇴적 변화 분포, 공사 전과 후의 연간 침퇴적율 분포는 다음 그림에 각각 나타냄.

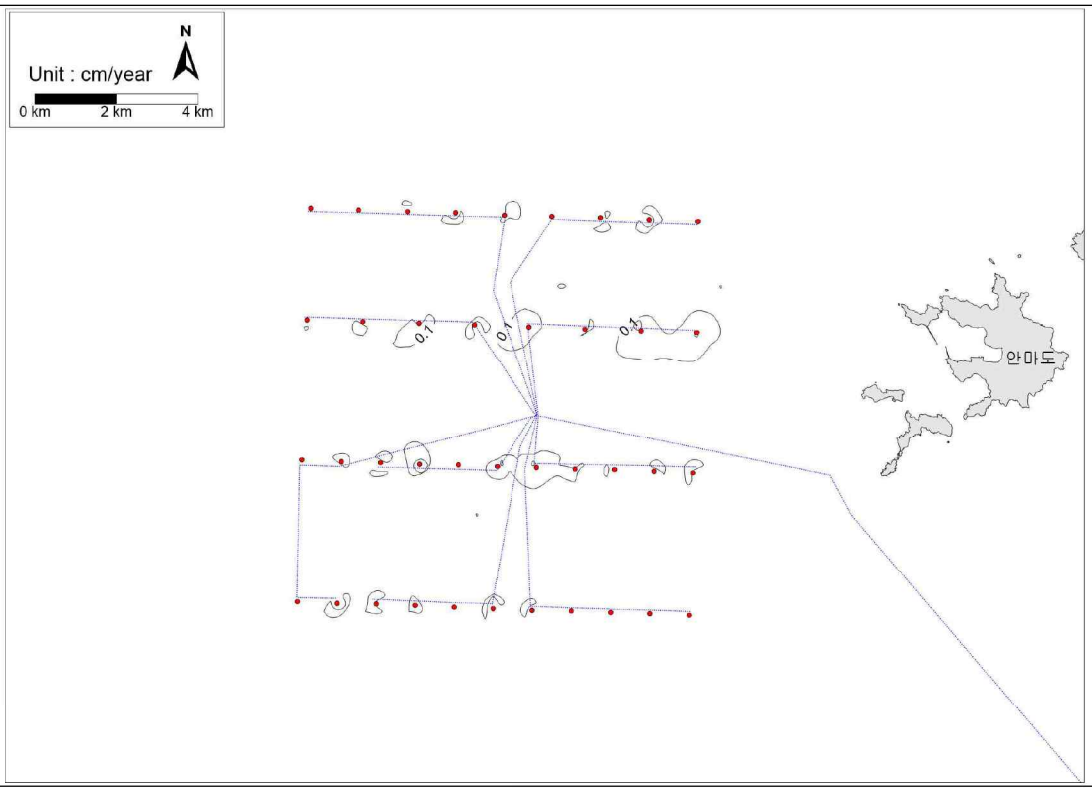
○ 사업 시행 전 연간 침퇴적율은 사업지역 대부분이 silt 질 분포를 보이고, 완만한 수심의 지형적 특성과 사업지역 주변의 약한 유속에 기인하여 0.1~0.7㎝/year 정도의 퇴적 경향이 나타남.

○ 사업 시행 후의 단기 1년간의 연간 침퇴적율 변화는 사업 시행 후 사업지역에 설치되는 구조물을 따라서 0.2~0.5㎝/year 의 침식 경향, 구조물 주변에서는 유속이 감소함에 기인해 0.1~0.7㎝/year 의 퇴적 경향이 발생할 것으로 예측됨.

○ 사업 시행 후의 장기 20년간의 연간 침퇴적율 변화는 사업 시행 후 사업지역에 설치되는 구조물을 따라서 0.5~0.8㎝/year 의 침식 경향, 구조물 주변에서는 유속이 감소함에 기인해 0.3~1.1㎝/year 의 퇴적 경향이 발생할 것으로 예측됨.

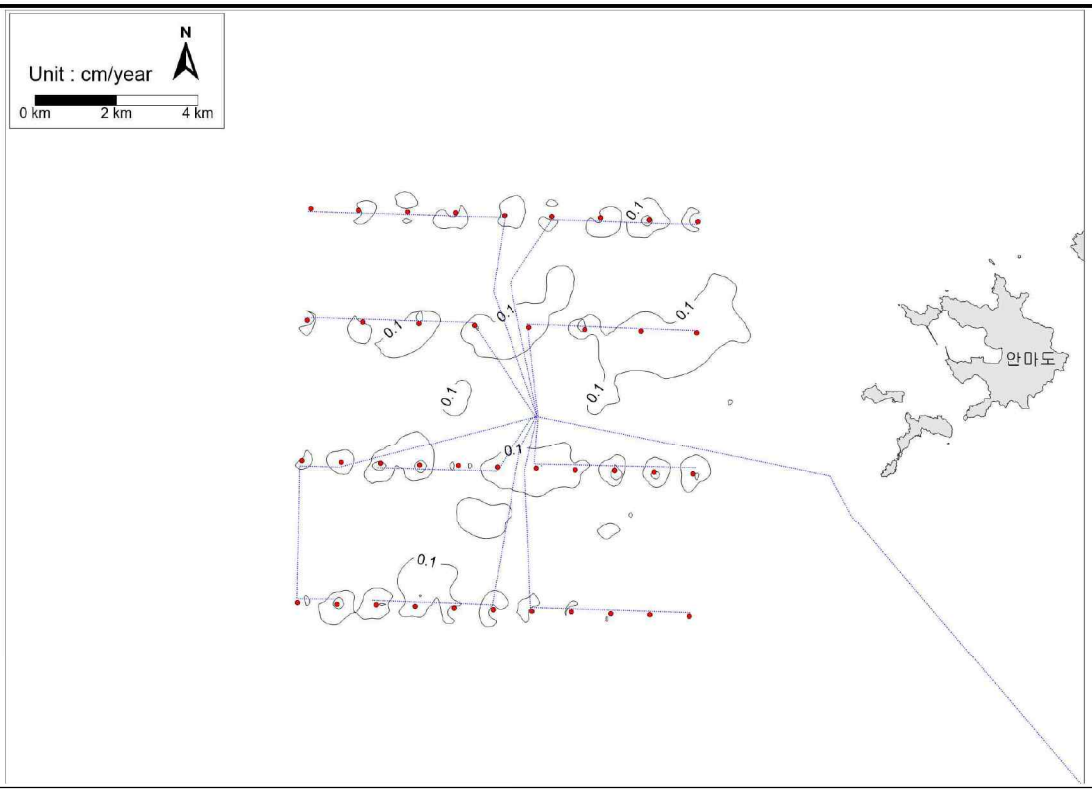


하계(1차)

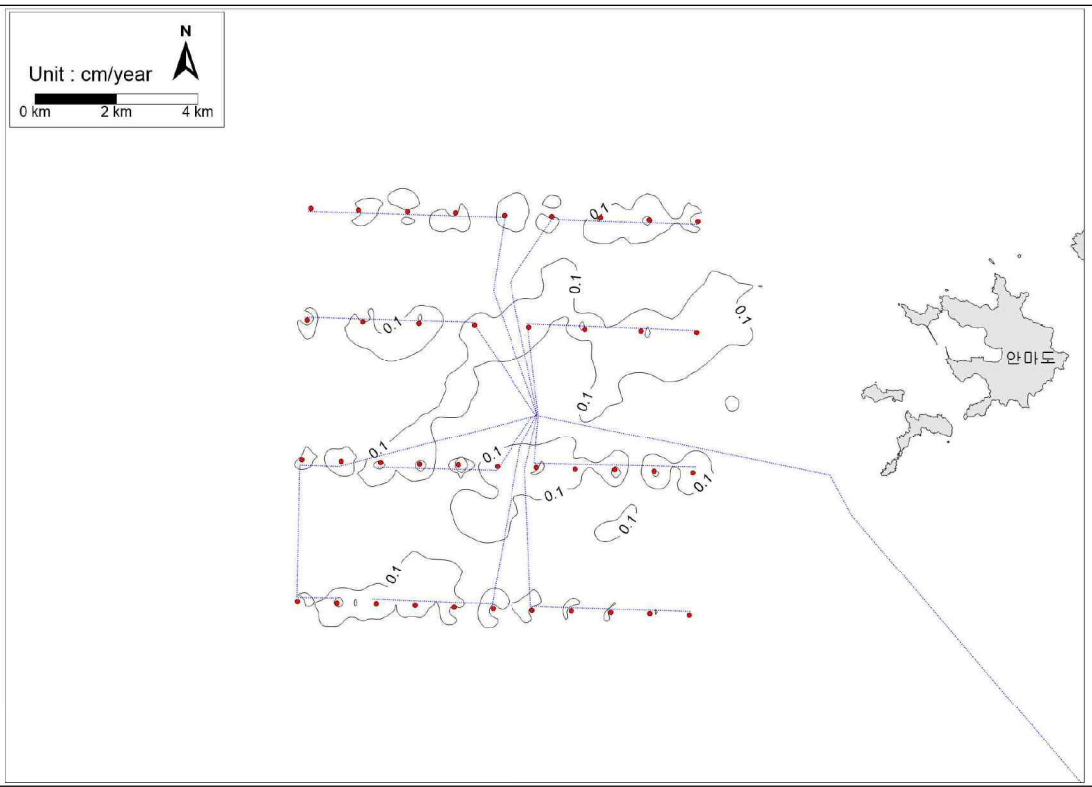


동계(2차)

<그림 3.2.1 - 21> 사업 시행 전/후의 연간 침퇴적율 변화 (1/3)

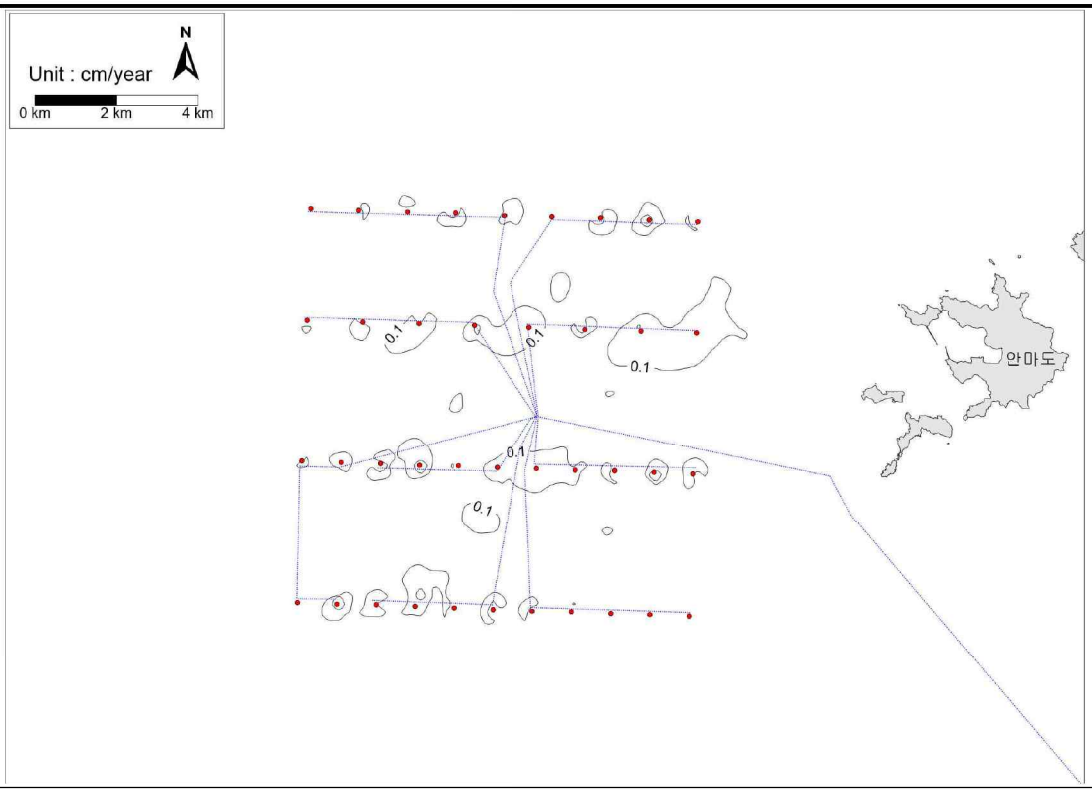


추계(3차)

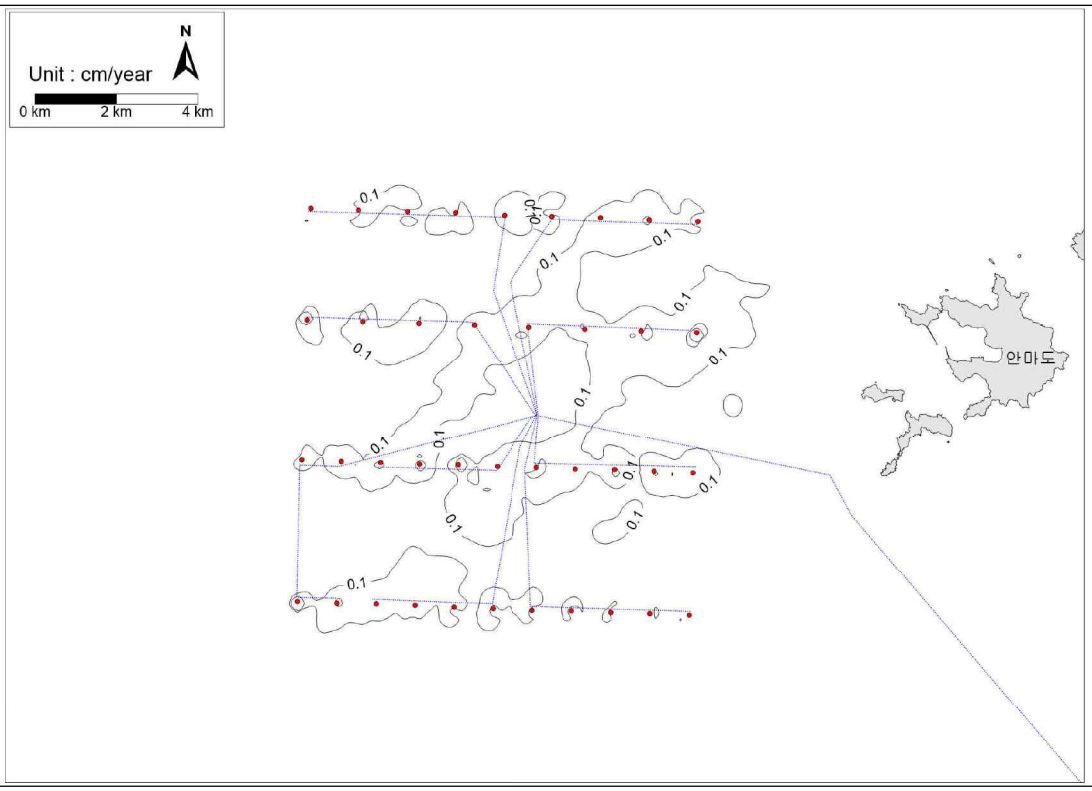


춘계(4차)

<그림 3.2.1 - 22> 사업 시행 전의 연간 침퇴적율 변화 (2/3)

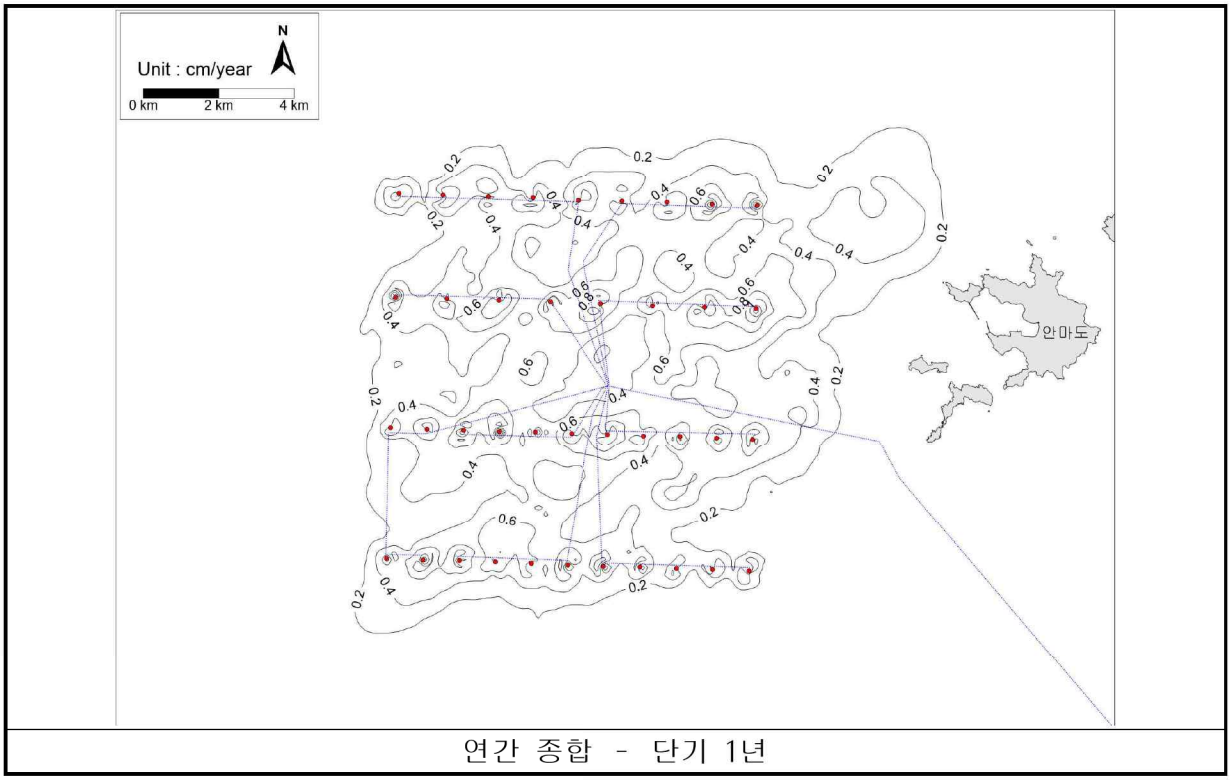


동계(5차)



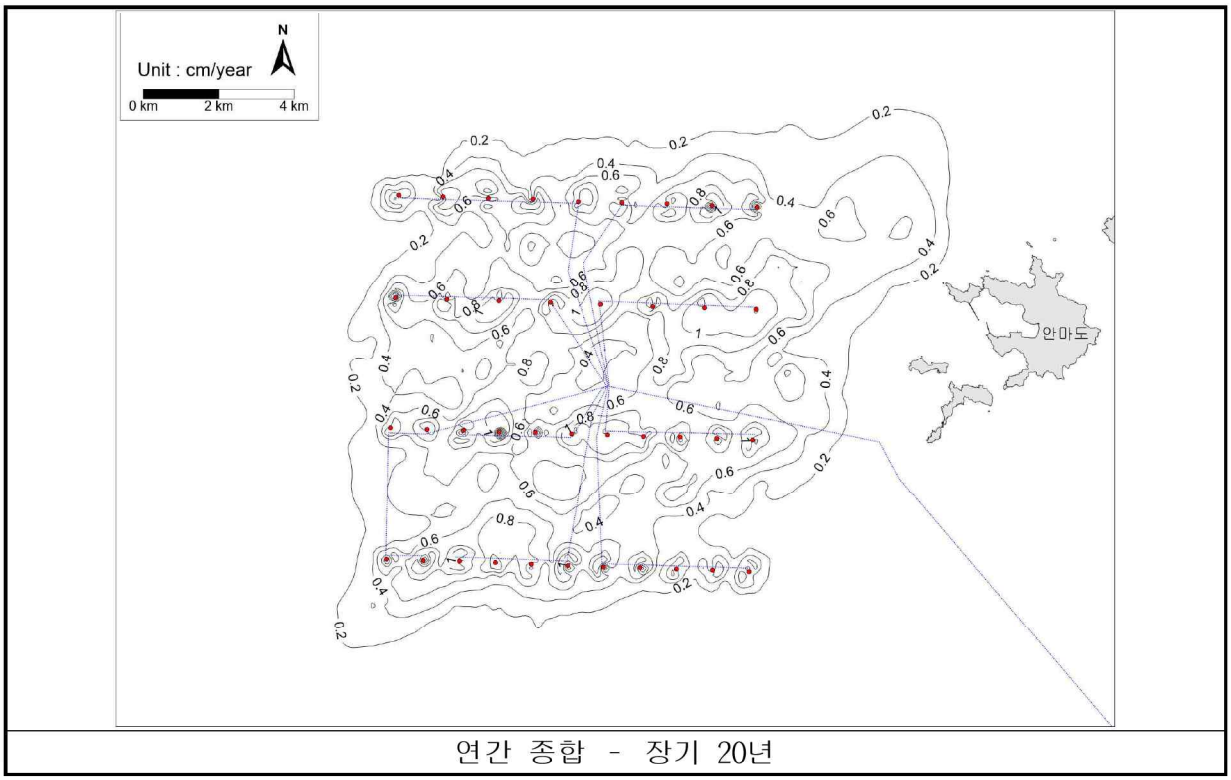
하계(6차)

<그림 3.2.1 - 23> 사업 시행 전/후의 연간 침퇴적율 변화 (3/3)



연간 종합 - 단기 1년

<그림 3.2.1 - 24> 사업 시행 전/후의 단기 1년 누적 침퇴적율 변화



연간 종합 - 장기 20년

<그림 3.2.1 - 25> 사업 시행 전/후의 장기 20년 누적 침퇴적율 변화

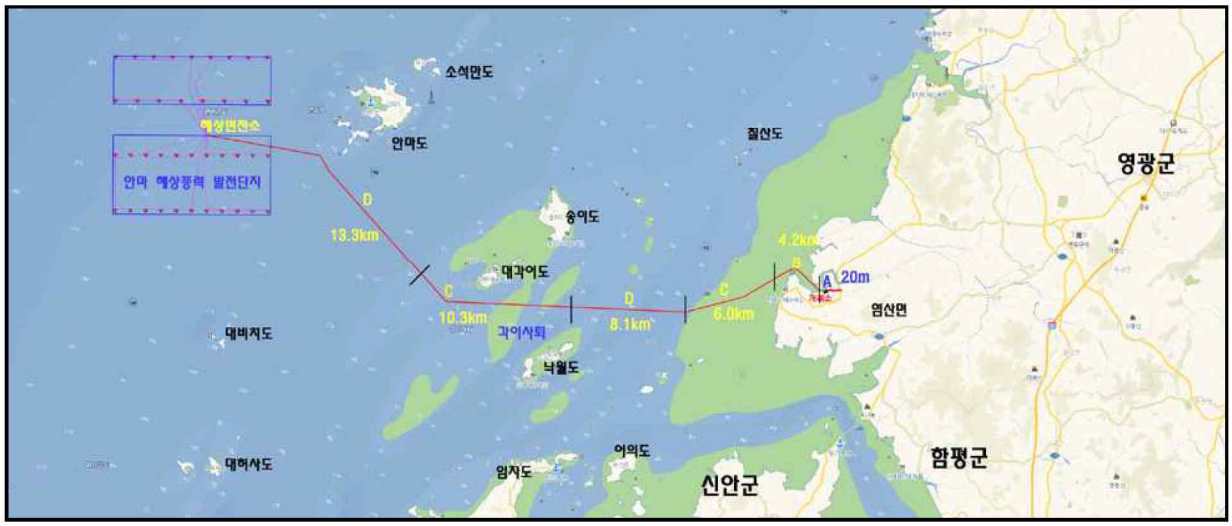
다. 해저케이블 공법 검토

(1) 해저케이블 공법

○ 계통연계선(해저케이블) 공사공법은 해저케이블 전용 매설기를 이용하여 포설한 다음, 수심이 낮은 지역인 A, B, C 구간을 제외한 케이블 보호공법 적용 할 계획임. 해양생태계 보상 차원으로 자연석은 인공어초 역할 및 부착저서생물의 다양성을 확보 할 것으로 보임. D 구간을 제외한 구간에서는 수심이 낮은 지역으로 수심에 영향을 미칠 자연석을 이용 할 경우 해류에 영향으로 세굴 및 지형변화로 케이블이 보호되지 않을 가능성이 크므로 굴착후 자연적인 퇴적으로 매설 할 계획임.

<표 3.2.1 - 18> 해저케이블 구간별 공법

구분	A구간	B구간	C구간	D구간
공법	수평방향 드릴링(HDD, Horizontal-Directional-Drilling) 방식	Trenching with Backhoe, lay cable, then backfill with backhoe	Shallow water jetting, Shallow water trencer	Jetting Sled Trenching ROV
구간 길이	20m	4.2km	6.0km, 10.3km	8.1km, 13.3km
시공 예시	-			
보호공				자연석 및 스톤백



<그림 3.2.1 - 26> 해저케이블 구간별 공법

(2) 해양생태계 영향예측 및 저감방안

○ 사업시행시 해상공사로 인해 해저지형에 대한 훼손이 일어나면 이동성이 작은 저서동물의 서식지가 직접적인 영향을 받기 때문에 공사시 단기적으로 대형저서동물의 출현종수 및 서식밀도는 감소할 것으로 판단됨.

○ 공사로 인한 주변 환경영향으로 교란된 저서생태계의 회복시간은 교란의 규모나 서식처의 유형에 따라 차이는 있으나 1~15년 정도에 회복되는 것으로 보고되고 있으며, 회복되는 군집 또한 금회 조사와 다른 특징의 생물상으로 복구되는 것으로 알려져 있음(Wilsonand Parkes, 1998).

○ 이러한 저서동물의 군집 회복은 퇴적상에 따라 매우 다르게 나타나며, 퇴적 유형에 따라 분류하면 사질(Sand)이나 역질(Gravels)로 되어 있는 경우 대체로 2~4년 정도 소요되며, 펄이나 점토질로 되어 있는 미세퇴적상(fine-grained deposits)에서는 회복 기간이 대략 6개월~1년 정도가 소요되는 것으로 알려져 있음(Wilson and Parkes, 1998).

○ 이동성을 가진 저서생물종은 회피할 수 있으나 고착성 생물 및 주변 환경에 민감한 종들에 대한 영향은 불가피할 것으로 판단됨.

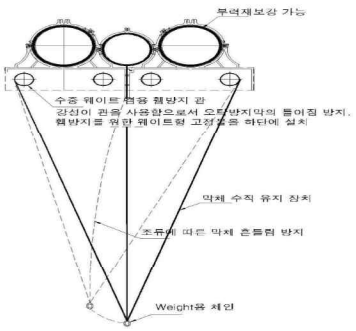
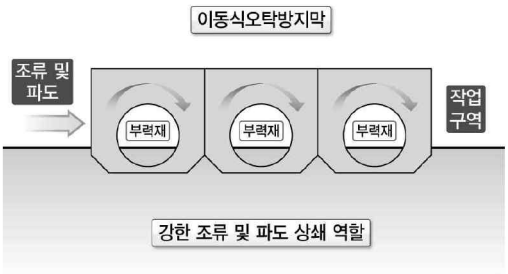
○ 본 사업시행으로 인한 부유사 확산범위를 최소화하기 위해 고정식, 이동식 및 해저케이블 매설선에 수질오염방지막을 설치할 계획이며, 각 공정에 따른 부유사 발생부하를 감소시키고 부유물질 확산을 방지하기 위하여 다음과 같은 유지관리 방안을 수립하겠음

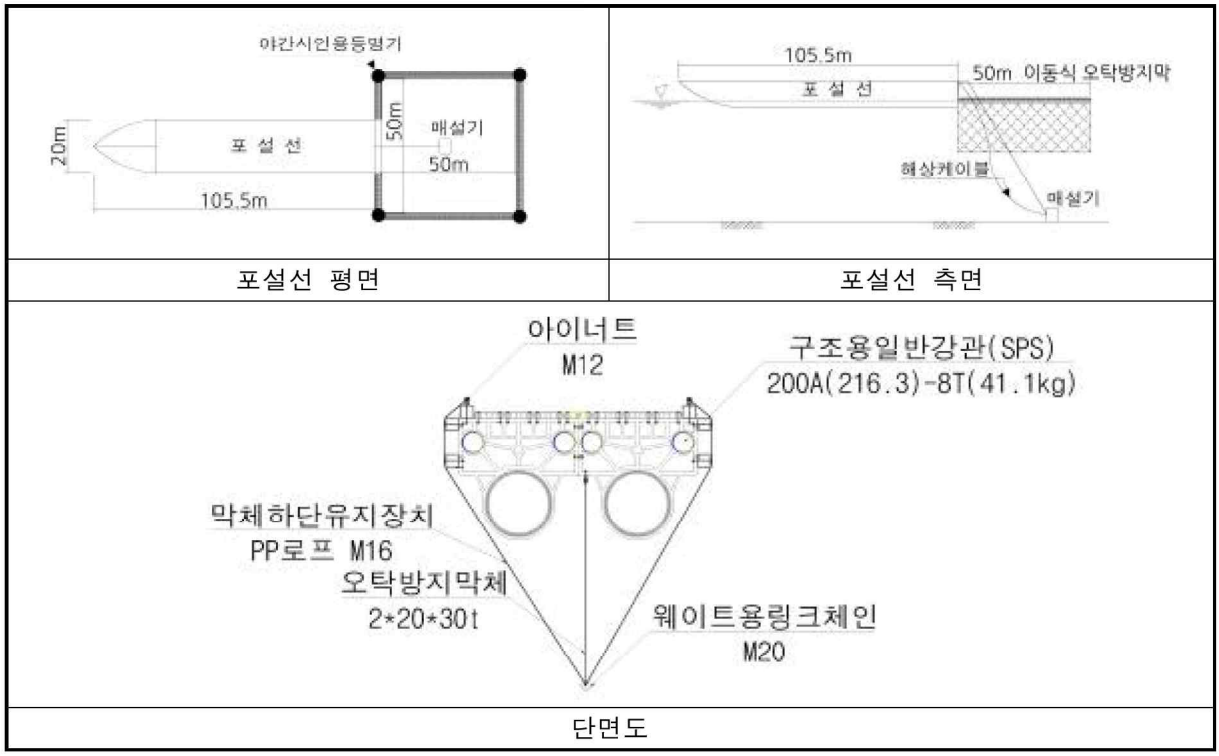
○ 일반적으로 수질오염방지막 설치 후의 부유사 확산 범위는 수질오염방지막 설치 전에 비하여 저감 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 수질오염방지막의 설치는 수질오염방지막의 기능과 해양조건에 대한 대응한계 등을 고려해서 엄선된 양질의 제품을 공사기간 동안 설치, 유지를 해서 공사로 인한 부유물질의 확산 피해를 최소화 할 수 있음. 수질오염방지막의 종류와 설치는 시공에 편리하고 소요의 목적을 최대한 달성할 수 있도록 하고, 설치 후 바람, 조류 및 파랑에 의하여 유실되지 않도록 유지관리 할 계획임. 특히, 수질오염방지막은 야간에도 설치 위치가 식별될 수 있도록 조치하여 야간에 운행하는 선박에 의한 파손 및 항행 방해를 초래하지

않도록 하며, 수질오염방지막의 유동을 방지하기 위해 하상에 설치하는 anchor는 유속, 조위, 파랑 등에 대해서 이동이 없는 충분한 규모로 설치할 계획임

○ 또한, 해상 공사 시 사업대상지 인근 진입항로 침범 및 작업선단의 혼잡 등을 해소할 수 있는 방안으로 고정식 수질오염방지막과 함께 이동식 수질오염방지막을 주로 적용할 예정이며, 해저케이블 포설선에도 수질오염방지막을 부착하여 케이블 설치에 따른 부유물질의 확산을 차단할 계획임.

<표 3.2.1 - 19> 이동식 수질오염방지막 앵커 형식

구분	부력 구조물	상부 부력재 파도상쇄
단면 형상		
공법 개요	• 부력재 하단에 강성이 강한 관 구조물을 설치하여 수중 웨이트 역할 및 이동식 수질오염방지막의 휨방지 • 로프 및 와이어를 수중 막체 하단에 역삼각 형꼴로 연결하여 막체의 쏠림현상 방지 • 조립형 부양구조체형	• 길이 방향으로 연장되는 복수의 파이프와 상기 파이프들이 끼워져 고정되는 오탁방지 연결링을 구비하며, 상기 파이프들 사이의 간극 크기를 통과하면서 파도 및 조류속이 상쇄됨.
단면 특성	• 작업 이동상의 편리성 확보 • 어선 입출항등 민원 발생 방지 • 상부에 Sub 앵커를 설치함으로서 수중에 별도의 닻을 설치하지 않고 막체 하부의 움직임 현상 방지 • 형태 변형 가능으로 인한 박지공사 및 기타 수중블럭거치, 상치콘크리트 타설 등에 적용가능 • 막체의 길이를 수심에 따라 변동 가능함. • 수중 막체 길이 및 조류에 따른 부력보강이 가능하여 부력이 우수함. • PE(폴리에틸렌)구조물 친환경	• 연성 및 인장력이 강한 폴리에틸렌 재질로 조립 제작 오랜 파도의 롤링에 강함. • 조류 및 파도를 상쇄함으로서 불규칙적인 해상날씨에 대한 공사 일수 확보 • 이동식 수질오염방지막 상부에 관리자가 이동이 가능하여 유지관리 비용 절감 및 관리용이 • PE 친환경적 제품으로 사용 종료 후 막체 부분만 폐기처리하게 됨으로써 폐기물 처리비 절감



<그림 3.2.1 - 27> 해저케이블 매설선 수질오염방지막 부착방안

(3) 사후환경영향조사 계획

○ 본 사업시행으로 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악 및 평가시 수립한 저감대책의 적정 운영여부를 관리·감독하고, 예상하지 못한 환경변화에 대응할 수 있도록 사후환경영향조사 계획을 수립함.

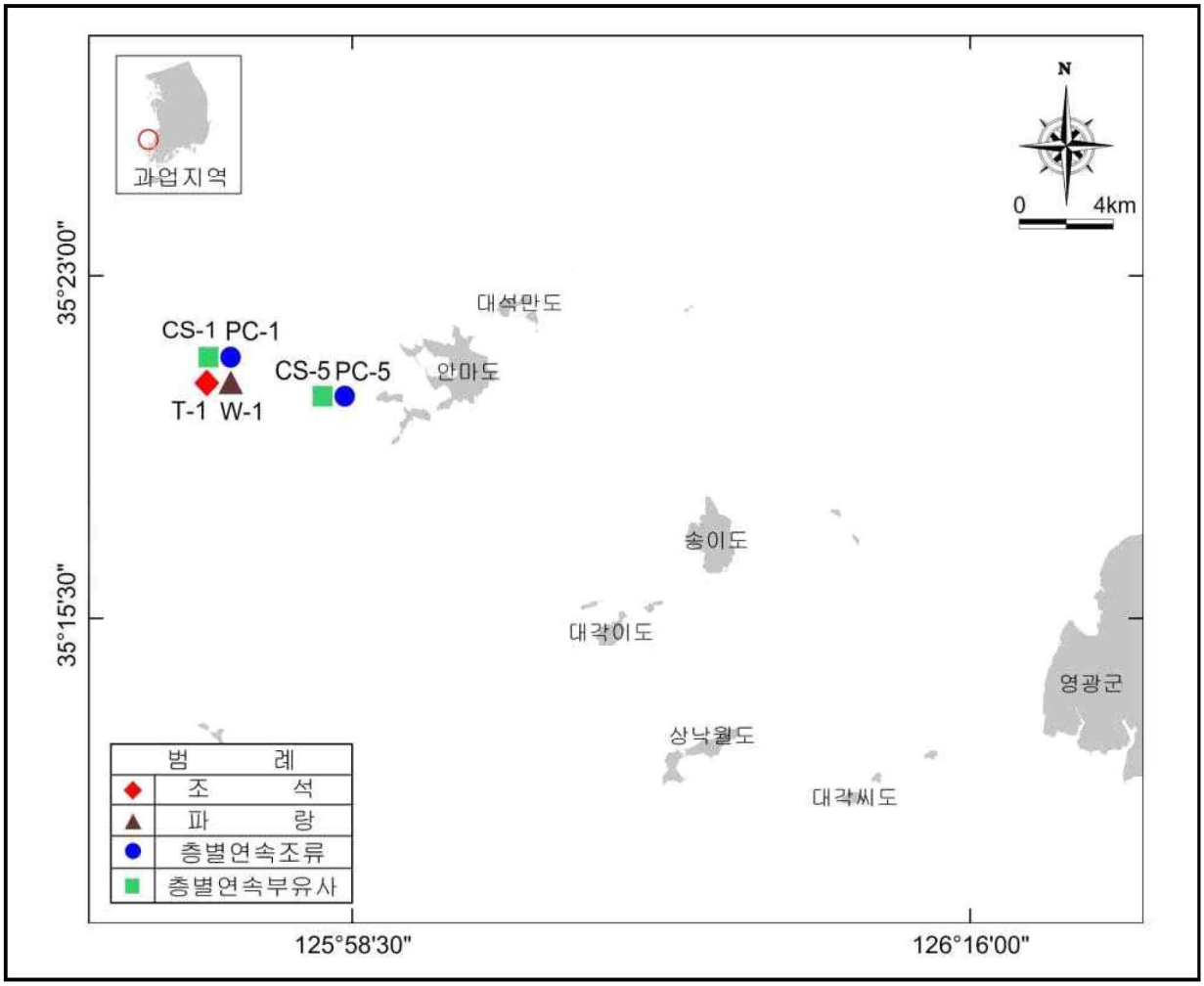
○ 사후환경영향조사 기간은 「환경영향평가법 시행규칙」〔별표1〕에 의거 사업 착공시부터 사업 준공후 5년까지로 수립함.

- 공사시 : 사업 착공시부터 사업 준공시까지

- 운영시 : 사업 준공 후 5년까지

<표 3.2.1 - 20> 사후환경영향조사 계획

구분	조사지점	조사항목	조사주기
해양 물리	□ 공사시 및 운영시 -조석 : T-1정점 -파랑 : W-1정점 -연속조류 및 연속부유사 : PC, CS-1, 5정점	○공사시 및 운영시 -조석, 파랑, 연속조류, 연속부유사	□ 공사시 운영시 -반기 1회 □ 운영시 -연 1회



<그림 3.2.1 - 28> 해양물리 사후환경영향조사 조사지점도

<표 3.2.1 - 21> 해양물리 사후환경영향조사 조사지점

조사항목	조사정점	좌 표		비고
		위 도(N)	경 도(E)	
조석, 파랑	T, W - 1	35° 20′ 59.8″	125° 54′ 23.9″	
층별연속조류, 층별연속부유사	PC, CS - 1	35° 20′ 59.8″	125° 54′ 23.9″	
	PC, CS - 5	35° 20′ 22.3″	125° 57′ 56.8″	

3.2.2 해양생태계 · 보호생물

○ 식물플랑크톤 출현 종과 군집 구조는 조사 시기에 따라 큰 차이가 있으므로 조사 시기를 최대한 일치시키고, 이를 바탕으로 계절과 사업의 영향을 구분하여야 함(8.1.2-291쪽) ※ 동물플랑크톤은 관련 국가해양생태계종합조사 조사지침서(2020년)를 참고하여 망구 60cm, 망목 200㎛를 활용하여 조사
○ 본 해역이 회유성 어류의 이동 경로상에 위치하는 지에 대한 정밀 조사 및 영향 예측을 하여야 함. - 사업지역 해산어류 및 수생생물에 대한 조사결과를 토대로 항타 시 소음·진동 발생에 따른 해양생태계 영향 예측 - 사업지역에 서식하는 수산생물과 회유성 어류 현황조사 결과 우점종을 토대로 계통연계선의 전자기장 발생에 따른 해양생물에 미치는 영향 예측
○ 각 조사 항목별, 공정별 해양생물에 미치는 영향과 저감방안을 상세히 수립하여야 함. - 항타 작업으로 인한 영향을 최소화할 수 있는 최적의 저감방안 - 파일설치 및 케이블 설치 공사 시 부유토사 발생으로 인한 주변 해양생물에 미치는 영향 저감을 위해 해역 특성을 감안한 저감방안 - 해저 케이블 공정 시 부유토사 유지농도(매설지점에서 반경 100m 이내 등)를 설정하고 유지관리계획(공사강도 조정 등) 수립 - 최대 전력이 예측되는 해상변전소와 해저케이블 매설 위치를 고려하여 갯벌, 어업권, 저서 생태계에 미치는 영향과 운영 시 발생하는 전자기파가 해양생물에 미치는 영향 평가 ※ 사후환경영향조사 계획에 해저케이블 매설위치의 전자기장 조사 실시 여부 검토 - 해양생물 다양성 및 수산자원 회복을 위해 발전기 시설물 등을 대상으로 해양생물 서식처를 제공하는 방안 검토 - 개폐소에서 발생되는 오수가 생태·자연도 Ⅰ등급 지역으로 배출되므로 방류수 수질을 강화하는 방안 검토

(1) 해양생태계

(가) 조사항목 및 시기

1) 현황조사

○ 현황조사는 전라남도 영광군 안마군도 서측 5㎞ 해상에 위치한 사업대상지 및 주변 해역의 해양생태계 현황을 파악하고, 본 사업으로 인한 영향이 예상되는 주변 해역을 대상으로 실시함.

○ 「환경영향평가법」 제24조(평가 항목·범위 등의 결정)에 의거, 평가항목 및 범위, 방법 등을 협의하기 위해 4회 조사를 실시하여 평가준비서를 작성 제출함.

○ 환경영향평가협의회의 심의 의견에 따라 해상풍력 발전단지 조성공사(항타작업 및 해저케이블 매설, 작업선박 운항시 등) 및 발전기 운영시 발생이 예상되는 피해가 예상되는 바, 다양한 조사정점과 대조구 설정을 위해 5차 조사시부터 항목별 정점을 추가하여 조사를 실시함.

<표 3.2.2 - 1> 현황조사 조사항목 및 시기

조사시기	조사항목	정점수	
1차 : 2019년 07월 2차 : 2019년 10월 3차 : 2020년 01월 4차 : 2020년 04월 5차 : 2020년 08월 6차 : 2020년 11월 7차 : 2021년 12월 8차 : 2022년 08월 9차 : 2022년 10월	식물플랑크톤(엽록소-*a*)	1~4차	12정점(표·저층)
		5~6차	22정점(표·저층)
		7차(추가)	4정점(표·저층)
		8차(추가)	26정점(표저층)
		9차(추가)	22정점(표저층)
	동물플랑크톤	1~4차	12정점
		5~6차	22정점
		7차(추가)	4정점
		8차(추가)	26정점
		9차(추가)	22정점

2) 문헌조사

○ 사업대상지 인근에서 실시된「영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군」와 2015~2019년에 수행한「국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부」의 조사결과를 바탕으로 출현종수, 현존량(출현량) 및 우점종을 파악하여 현황조사 결과와 비교 및 제시하였음.

<표 3.2.2 - 2> 문헌조사 조사항목 및 시기

조사시기			조사항목	정점수	비고
문헌조사[1)]	2018년	08월	식물플랑크톤(엽록소-*a*) 및 동물플랑크톤	30개 정점	ST.01～ST.30
		11월			
	2019년	02월			
		05월			
		10월			
문헌조사[2)]	2015년	05월	식물플랑크톤(엽록소-*a*) 및 동물플랑크톤	2개 정점	W37, W38
		08월			
	2017년	05월			
		08월			
	2019년	05월			
		08월			

문헌조사1) 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청
문헌조사2) 2015～2019년 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부

(나) 조사범위

1) 현황조사

<표 3.2.2 - 3> 현황조사 조사개요

조 사 항 목	조사정점					비 고
	1~4차	5~6차	7차 (추가)	8차	9차	
식물플랑크톤 (엽록소-*a*)	12정점	22정점	4정점	26정점	22정점	표·저층에서 채수하여 분석
동물플랑크톤	12정점	22정점	4정점	26정점	22정점	수직채집/경사채집

<표 3.2.2 - 4> 현황조사 당일 조석 현황

조 사 일		조 위			
1차	2019년 07월 26일	02:24(216)▼	08:32(433)▲	15:01(171)▼	21:29(436)▲
	2019년 07월 27일	03:44(234)▼	09:37(416)▲	16:06(168)▼	22:46(450)▲
	2019년 07월 28일	05:10(233)▼	10:51(414)▲	17:13(152)▼	23:57(480)▲
2차	2019년 10월 09일	06:14(206)▼	11:56(397)▲	18:08(174)▼	-
	2019년 10월 10일	00:40(475)▲	06:59(172)▼	12:49(436)▲	18:58(143)▼
3차	2020년 01월 15일	05:36(486)▲	11:40(24)▼	18:11(550)▲	-
	2020년 01월 16일	00:30(80)▼	06:25(474)▲	12:31(55)▼	18:57(517)▲
4차	2020년 04월 14일	00:24(88)▼	07:07(509)▲	13:28(182)▼	19:06(411)▲
	2020년 04월 15일	01:14(133)▼	08:09(465)▲	14:42(217)▼	20:10(373)▲
5차	2020년 08월 28일	04:32(239)▼	09:57(403)▲	16:30(163)▼	23:29(482)▲
	2020년 08월 29일	06:06(228)▼	11:29(405)▲	17:55(152)▼	-
6차	2020년 11월 24일	04:25(183)▼	10:13(367)▲	16:30(185)▼	22:54(420)▲
	2020년 11월 25일	05:37(159)▼	11:30(394)▲	17:43(170)▼	23:52(428)▲
7차(추가)	2021년 12월 21일	03:33(445)▲	09:34(54)▼	16:14(526)▲	22:26(130)▼
	2021년 12월 22일	04:06(441)▲	10:06(56)▼	16:47(521)▲	23:01(134)▼
8차(추가)	2022년 08월 24일	01:10(482)▲	07:31(224)▼	13:00(410)▲	29:05(156)▼
	2022년 08월 25일	01:53(510)▲	08:08(197)▼	13:44(441)▲	19:47(127)▼
	2022년 08월 26일	02:28(533)▲	08:40(171)▼	14:21(470)▲	20:24(103)▼
	2022년 08월 27일	02:58(551)▲	09:09(147)▼	14:56(495)▲	20:58(84)▼
9차(추가)	2022년 10월 20일	05:21(234)▼	10:55(357)▲	17:02(197)▼	23:48(440)▲
	2022년 10월 21일	06:16(195)▼	12:05(398)▲	18:08(162)▼	-
	2022년 10월 22일	00:35(467)▼	06:53(152)▲	12:51(446)▼	18:55(125)▲

주) ▼ : 저조, ▲ : 고조 (조위:㎝)

자료) 안마도 조석 예보(해양수산부 국립해양조사원)

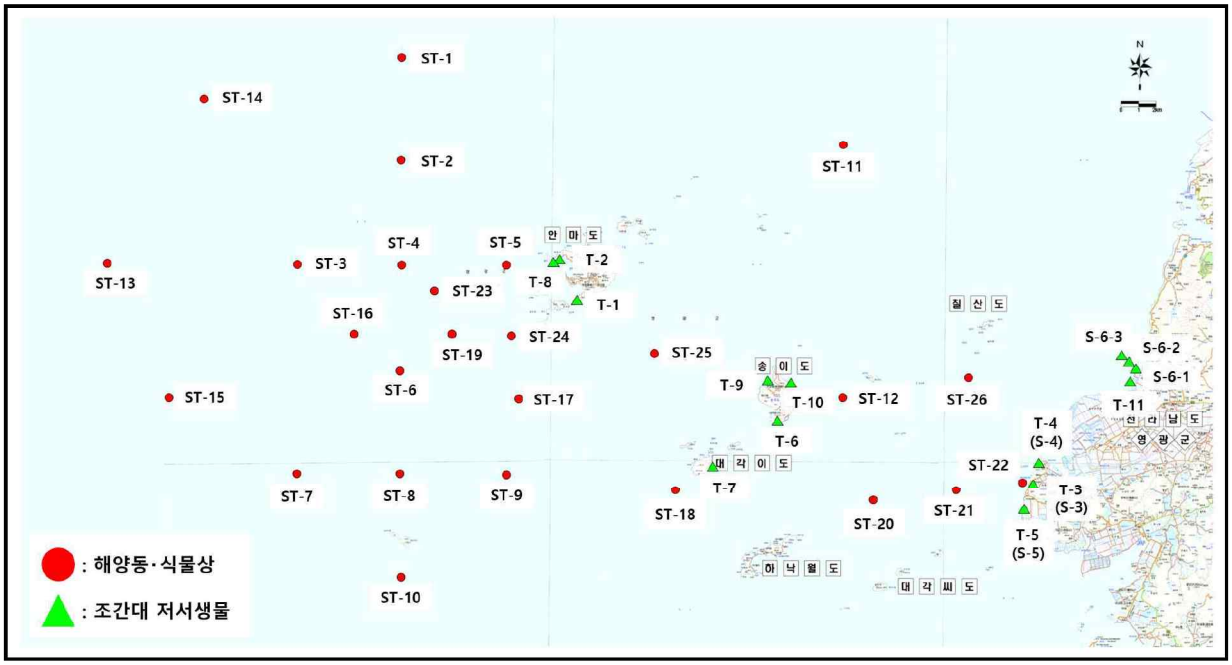
<표 3.2.2 - 5> 현황조사 당일 기상 현황

조사일		평균기온 (℃)	최고기온 (℃)	최저기온 (℃)	평균풍속 (m/s)	상대습도 (%)	일기
1차	2019년 07월 26일	27.2	30.0	25.8	2.7	89.4	-
	2019년 07월 27일	26.4	28.5	25.2	1.9	96.4	-
	2019년 07월 28일	27.0	30.5	24.3	2.9	89.0	-
2차	2019년 10월 09일	12.9	20.0	6.8	1.2	73.6	-
	2019년 10월 10일	15.2	22.2	7.5	0.9	78.8	-
3차	2020년 01월 15일	-0.1	4.0	-2.5	1.0	74.4	-
	2020년 01월 16일	0.5	5.1	-3.4	1.4	64.8	-
4차	2020년 04월 14일	9.8	18.8	-0.2	1.0	64.4	-
	2020년 04월 15일	9.8	17.2	3.2	1.1	61.6	-
5차	2020년 08월 28일	27.6	33.5	24.6	1.7	85.0	-
	2020년 08월 29일	26.7	30.0	24.5	1.8	89.4	-
6차	2020년 11월 24일	5.6	10.6	2.0	1.3	54.9	-
	2020년 11월 25일	6.3	13.0	1.1	1.3	64.8	-
7차 (추가)	2021년 12월 21일	6.8	13.3	2.2	1.3	81.8	-
	2021년 12월 22일	3.3	10.6	-2.0	1.3	63.3	-
8차 (추가)	2022년 08월 24일	24.7	29.6	21.2	1.0	81.4	-
	2022년 08월 25일	23.9	28.3	20.2	1.6	73.6	-
	2022년 08월 26일	23.4	27.7	19.7	1.2	71.4	-
	2022년 08월 27일	21.5	25.7	17.2	2.0	69.3	-
9차 (추가)	2022년 10월 20일	11.5	20.7	2.9	1.0	70.4	-
	2022년 10월 21일	13.8	19.4	5.9	0.5	78.1	-
	2022년 10월 22일	15.9	21.5	12.2	1.4	77.3	-

자료) 기상청 홈페이지(영광)(http://www.kma.go.kr)

<표 3.2.2 - 6> 현황조사 조사지점

구분	조사지점	좌 표		비고
		위 도(N)	경 도(E)	
식물플랑크톤 동물플랑크톤 어란 및 자치어 조하대 저서동물	ST-01	35° 27′ 27.50″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-02	35° 24′ 13.70″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-03	35° 21′ 00.00″	125° 50′ 26.30″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-04	35° 21′ 00.00″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-05	35° 21′ 00.00″	125° 58′ 21.05″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-06	35° 17′ 46.50″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-07	35° 14′ 32.60″	125° 50′ 26.30″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-08	35° 14′ 32.60″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-09	35° 14′ 32.60″	125° 58′ 21.05″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-10	35° 11′ 18.70″	125° 54′ 23.50″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-11	35° 24′ 42.34″	126° 11′ 09.43″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-12	35° 17′ 55.26″	126° 10′ 54.28″	1~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-13	35° 21′ 00.00″	125° 43′ 11.26″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-14	35° 26′ 09.99″	125° 46′ 54.42″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-15	35° 16′ 55.01″	125° 45′ 38.78″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-16	35° 19′ 08.20″	125° 52′ 23.19″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-17	35° 16′ 55.01″	125° 58′ 49.42″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-18	35° 14′ 00.23″	126° 04′ 45.92″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-19	35° 19′ 08.20″	125° 56′ 33.62″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-20	35° 13′ 42.86″	126° 12′ 14.02″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-21	35° 14′ 04.53″	126° 15′ 24.42″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-22	35° 14′ 17.27″	126° 17′ 54.39″	5~6차 조사, 8~9차(추가)
	ST-23	35° 19′ 46.43″	125° 59′ 05.68″	7~8차(추가)
	ST-24	35° 18′ 27.86″	126° 01′ 10.01″	7~8차(추가)
	ST-25	35° 17′ 42.04″	126° 06′ 24.59″	7~8차(추가)
	ST-26	35° 17′ 10.48″	126° 16′ 36.47″	7~8차(추가)

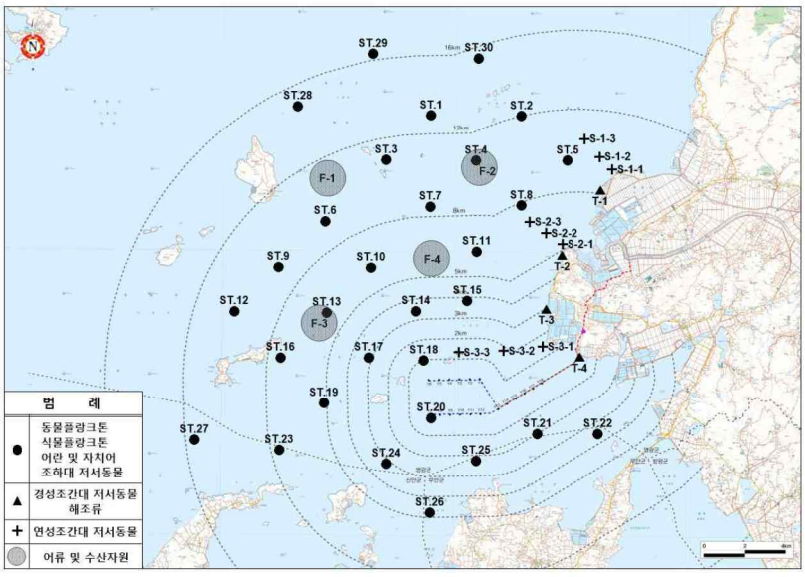


<그림 3.2.2 - 1> 조사지점도(현황조사)

2) 문헌조사

<표 3.2.2 - 7> 문헌조사 조사지점

구분		조사지점	정점좌표(WGS-84)		비고
			위도	경도	
문헌 조사[1]	식물플랑크톤(엽록소-*a*) 및 동물플랑크톤	ST.01	35° 18′ 20.00″N	126° 14′ 25.40″E	
		ST.02	35° 18′ 21.60″N	126° 17′ 13.10″E	
		ST.03	35° 17′ 20.85″N	126° 12′ 45.07″E	
		ST.04	35° 17′ 12.30″N	126° 15′ 49.00″E	
		ST.05	35° 17′ 13.50″N	126° 18′ 36.50″E	
		ST.06	35° 15′ 51.14″N	126° 10′ 44.86″E	
		ST.07	35° 16′ 04.00″N	126° 14′ 23.80″E	
		ST.08	35° 16′ 04.60″N	126° 17′ 11.80″E	
		ST.09	35° 14′ 38.53″N	126° 09′ 19.23″E	
		ST.10	35° 14′ 31.90″N	126° 12′ 33.10″E	
		ST.11	35° 14′ 56.10″N	126° 15′ 47.20″E	
		ST.12	35° 13′ 25.00″N	126° 08′ 18.20″E	
		ST.13	35° 13′ 23.60″N	126° 11′ 09.40″E	
		ST.14	35° 13′ 25.50″N	126° 13′ 55.70″E	
		ST.15	35° 13′ 33.90″N	126° 15′ 05.40″E	
		ST.16	35° 12′ 08.25″N	126° 09′ 25.97″E	
		ST.17	35° 12′ 11.19″N	126° 12′ 16.93″E	
		ST.18	35° 11′ 57.40″N	126° 13′ 48.50″E	
		ST.19	35° 11′ 08.70″N	126° 11′ 08.00″E	
		ST.20	35° 09′ 54.60″N	126° 14′ 21.40″E	
		ST.21	35° 10′ 18.60″N	126° 17′ 40.10″E	
		ST.22	35° 10′ 22.00″N	126° 19′ 32.60″E	
		ST.23	35° 10′ 01.00″N	126° 09′ 45.80″E	
		ST.24	35° 09′ 38.10″N	126° 13′ 02.10″E	
		ST.25	35° 09′ 41.20″N	126° 15′ 46.50″E	
		ST.26	35° 08′ 06.96″N	126° 14′ 08.13″E	
		ST.27	35° 09′ 59.14″N	126° 06′ 33.34″E	
		ST.28	35° 18′ 49.93″N	126° 09′ 58.60″E	
		ST.29	35° 20′ 11.97″N	126° 12′ 23.91″E	
		ST.30	35° 20′ 05.56″N	126° 15′ 47.64″E	
문헌 조사[2]	식물플랑크톤(엽록소-*a*) 및 동물플랑크톤	W37	35° 09′ 40″N	126° 13′ 49″E	
		W38	35° 07′ 44″N	126° 22′ 15″E	



문헌조사[1]	문헌조사[2]

<그림 3.2.2 - 2> 조사지점도(문헌조사)

(다) 조사방법

1) 식물플랑크톤

○ 사업대상지 주변해역 식물플랑크톤 조사는 각 정점에서 수심을 측정한 후 표·저층을 채수하였으며, 표층수는 수면하 1m에서, 저층수는 저질 상층 1m 수심에서 니스킨 채수기를 이용하여 해수 1L씩을 채수하였음. 시료의 광산화를 방지하기 위하여 폴리에틸렌병(갈색병)에 옮겨 Lugol solution으로 현장에서 고정하여 실험실로 운반하였음.

○ 채집한 시료는 침전법에 의해 약 24시간 침전시킨 후 상등액을 제거하여 50mL로 농축시켜 Sedgwick-Rafter counting chamber를 이용하여 계수하고, 현존량(cells/L)으로 환산하여 표기함.

○ 식물플랑크톤의 분류 및 동정은 노재훈 등(2007), 심재형(1994), 정영호(1968), 최중기 등(2016), Jim, D. et al.(1985), Mike, D. et al.(1980), Rines and Hargraves(1988), Round et al.(1990), Tomas(1997) 등의 문헌자료를 참고하였음.

○ Chl-*a*는 식물플랑크톤의 조사정점과 동일한 정점의 수층에서 시료를 채취하였으

며, 현장에서 적당량의 해수를 GF/C 여과지(공경 1.20 ㎛)로 여과하여 냉동시켜 암소에 보관 후 실험실로 옮겨 분석하였음.

○ 엽록소는 실험실에서 원심분리관의 여과지에 90% 아세톤을 적당량 넣어 24시간 동안 냉암소에 보관하여 추출하였으며, 원심분리한 후 상등액의 일부를 취하여 Fluorometric method (Parsons et al., 1984)를 이용하여 측정함.

2) 동물플랑크톤

○ 1~4차시에는 조사 해역 동물플랑크톤 채집은 Norpac식 네트(망목 200㎛, 망구 직경 45㎝)를 이용하여 수직채집 하였으며, 채집된 시료는 중성포르말린을 사용하여 최종농도가 5%가 되게 고정하였고, 실험실로 운반하여 동정하였음.

○ 동물플랑크톤의 정량분석을 위하여 네드 입구에 Flow meter(Hydrobios Co.)를 부착하여 Flow meter의 회전수로부터 채집량을 산출하였음. 동물플랑크톤 종조성 및 현존량 파악에 시료의 분할이 필요할 때는 분할기를 이용하여 시료를 분할한 후, Bogorov 계수판에서 해부현미경(Nikon SMZ 1000)을 사용하여 종 동정 및 출현개체수를 파악하였음. 중형동물플랑크톤 중 가장 우점하는 요각류는 가능한 종 수준까지 동정하였음. 요각류를 대상으로 종을 동정하는 과정에 따라서 보다 세밀한 관찰이 필요한 경우는 동정에 필요한 부속지를 해부하여 고배율 광학현미경(Nikon ECLIPSE 80i) 하에서 관찰하였음. 동물플랑크톤 현존량은 단위체적(m^3)당 개체수로 환산하였음.

○ 5~6차 및 추가 조사 시에는 조사해역 내 동물플랑크톤 채집은 식물플랑크톤의 조사정점과 같은 정점에서 원추형 플랑크톤 네트(망구 60㎝, 망목 303㎛)를 이용하여 수심 5m 이하에서는 표층에서 수평 예인, 5m 이상 정점에서는 저층부터 표층까지 경사 예인하였음. 정량분석은 플랑크톤 네트 입구의 2/3되는 위치에 유량계(flow meter, General Oceanics)를 부착하여 어과된 해수량을 산출하였으며, 채집된 시료는 중성 포르말린으로 시료 내 농도가 4~5%가 되도록 고정하였음. 채집한 시료는 실험실에서 종동정 및 계수를 위해 시료의 총량을 메스실린더로

계량한 후 잘 혼합하여 부차시료(Subsample)를 취하여 계수판(Bogorov chamber)으로 옮겨 해부현미경(Olympus, SZX12)과 광학현미경(Olympus, BX41)을 이용하여 가급적 종 수준까지 분류하고 어려운 분류군은 상위 분류 단계까지만 동정 후 개체수(개체/㎥)로 환산하여 표기함. 동물플랑크톤 분류 및 동정은 유광일(1995), 서호영(2014), Mitsuo and Massaki(1997), Yamaji (1984) 등의 문헌자료를 참고함.

3) 생태지수 및 군집분석

○ 대상해역의 군집분석은 생물군집의 특성을 설명하는 생태지수인 종다양성지수(H′), 종균등도지수(J), 종풍부도지수(R)를 통해 파악할 수 있음. 따라서, 생태지수는 공간조사결과가 충분한 항목에 대하여 산정하였음.

○ 종다양성지수(Diversity Index, H′)는 Margalef (1958)의 정보이론(Information theory)에 의하여 유도된 Shannon-Weaver function (1963)을 사용하여 산출하였으며, 이는 군집의 종 풍부정도와 개체수의 상대적 균형성을 의미하고, 군집의 복잡성을 나타냄.

○ 종풍부도지수(Richness Index, RI)는 총 개체수와 총 종수만을 가지고 군집의 상태를 표현하는 지수로 지수 값이 높을수록 종의 구성이 풍부하게 되므로 환경의 정도가 양호하다는 것을 전제로 하며, 금회 조사에서는 대표적인 지수인 Margalef(1958)의 지수를 사용하여 산출함.

○ 종균등도지수(Evenness Index, EI)는 각 지수의 최대치에 대한 실제치의 비로서 각 다양도 값은 군집 내 모든 종의 개체수가 동일할 때 최대가 되므로 결국 균등도 값은 군집 내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 Pielou (1975)의 식을 사용하여 산출함.

○ 각 항목별 출현종과 출현개체수를 이용한 군집 분석은 다변량 통계 프로그램 Biodiversity professional (version 2)을 이용하여 수행하였음.

☞ 종다양성지수 $H' = -\sum_{i=0}^{s} P_i \times \ln(P_i)$ (Shannon and Weaver, 1963)

☞ 종풍부도지수 $RI = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$ (Margalef, 1958)

☞ 종균등도지수 $J = \frac{H'}{\ln(S)}$ (Pielou, 1975)

여기서, Pi : i번째 종의 점유율, S : 출현종수, N : 출현개체수

(라) 조사결과

1) 식물플랑크톤

① 종조성 및 출현종수

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 35종이었으며, 이 중 규조류가 32종으로 전체 출현종수의 91.3%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 황색편모조류, 유글레나류 및 은편모조류가 각각 1종(2.9%)씩 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 34종, 저층은 21종이 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 31종으로 표층 출현종수의 91.2%를 차지하였으며, 다음으로 황색편모조류, 유글레나류 및 은편모조류가 각각 1종(2.9%)씩 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 19종으로 저층 출현종수의 90.5%를 차지하였으며, 다음으로 황색편모조류와 유글레나류가 각각 1종(4.8%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 18~25종의 범위, 저층에서는 7~14종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 32종이었으며, 이 중 규조류가 26종으로 전체 출현종수의 72.2%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 9종(25.0%), 유글레나류가 1종(2.8%)으로 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 36종, 저층은 23종이 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 26종으로 표층 출현종수의 72.2%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 9종(25.0%), 유글레나류가 1종(2.8%)으로 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 18종으로 저층 출현종수의 78.3%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 4종(17.4%), 유글레나류가 1종(4.3%)으로 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 15~19종의 범위, 저층에서는 5~13종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 47종이었으며, 이 중 규조류가 39종으로 전체 출현종수의 83.0%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출헌하였고, 다음으로 와편모조류가 6종(12.8%), 황색편모조류와 유글레나류가 각각 1종(2.1%)씩 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 40종, 저층은 19종이 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 33종으로 표층 출현종수의 82.5%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 6종(15.0%), 유글레나류가 1종(2.5%)으로 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 18종으로 저층 출현종수의 94.7%를 차지하였으며, 다음으로 황색편모조류가 1종(5.3%)으로 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 18~22종의 범위, 저층에서는 8~11종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 수층간 출현종수는 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 32종이었으며, 이 중 규조류가 27종으로 전체 출현종수의 84.4%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 4종(12.5%), 유글레나류가 1종(3.1%)으

로 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 32종, 저층은 26종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 27종으로 표층 출현종수의 84.4%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 4종(12.5%), 유글레나류가 1종(3.1%)으로 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 22종으로 저층 출현종수의 84.6%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 4종(15.4%)으로 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 7~16종의 범위, 저층에서는 5~14종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 깃으로 조사됨.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 52종이었으며, 이 중 규조류가 35종으로 진체 출헌종수의 67.4%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 13종(25.0%), 황색편모조류가 2종(3.8%), 은편모조류와 유글레나류가 각각 1종(1.9%)씩 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 41종, 저층은 43종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 27종으로 표층 출현종수의 65.9%를 차지하였으며, 다음으로 와펀모조류가 13종(31.7%), 은펀모조류가 1종(2.4%)으로 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 32종으로 저층 출현종수의 74.4%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 7종(16.3%), 황색편모조류가 2종(4.7%), 은편모조류와 유글레나류가 각각 1종(2.3%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 7~16종의 범위, 저층에서는 8~17종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 55종이었으며, 이 중 규

조류가 42종으로 전체 출현종수의 76.4%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 10종(18.2%), 황색편모조류, 은편모조류 및 에브리아류가 각각 1종(1.8%)씩 출현함.

- ○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 50종, 저층은 44종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.
- ○ 표층에서는 규조류가 38종으로 표층 출현종수의 76.0%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 10종(20.0%), 은편모조류와 에브리아류가 각각 1종(2.0%)으로 출현함.
- ○ 저층에서는 규조류가 35종으로 저층 출현종수의 79.5%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 7종(15.9%), 황색편모조류와 은편모조류가 각각 1종(2.3%)씩 출현함.
- ○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 5~26종의 범위, 저층에서는 5~21종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.
- ○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 28종이었으며, 이중 규조류가 22종으로 전체 출현종수의 78.5%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 황색편모조류가 2종(7.1%), 은편모조류, 유글레나류, 와편모조류 및 에브리아류가 각각 1종(3.6%)씩 출현함.
- ○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 19종, 저층은 20종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.
- ○ 표층에서는 규조류가 16종으로 표층 출현종수의 84.1%를 차지하였으며, 다음으로 황색편모조류, 은편모조류 및 유글레나류가 각각 1종(5.3%)씩 출현함.
- ○ 저층에서는 규조류가 15종으로 저층 출현종수의 75.0%를 차지하였으며, 다음으로 황색편모조류가 2종(10.0%), 은편모조류, 와편모조류 및 에브리아류가 각각 1종(5.0%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 6~10종의 범위, 저층에서는 6~10종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 69종이었으며, 이 중 규조류가 52종으로 전체 출현종수의 75.6%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 11종(15.9%), 황색편모조류가 2종(2.9%), 은편모조류, 유글네라류, 녹조류 및 에브리아류는 각각 1종(1.4%)씩 출현함.

○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 63종, 저층은 59종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 49종으로 표층 출현종수의 77.7%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 10종(15.9%), 황색편모조류, 은편모조류, 유글레나류 및 녹조류가 각각 1종(1.6%)씩 출현함.

○ 저층에서는 규조류가 47종으로 저층 출현종수의 79.6%를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 7종(11.9%), 황색편모조류가 2종(3.4%), 은편모조류, 유글레나류 및 에브리아류가 각각 1종(1.7%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 8~23종의 범위, 저층에서는 5~28종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 64종이었으며, 이 중 규조류가 48종으로 전체 출현종수의 74.9%의 점유율을 나타내어 주요 분류군으로 출현하였고, 다음으로 와편모조류가 11종(17.2%), 황색편모조류가 2종(3.1 %), 은편모조류, 에브리아류 및 유글레나류는 각각 1종(1.6%)씩 출현함.

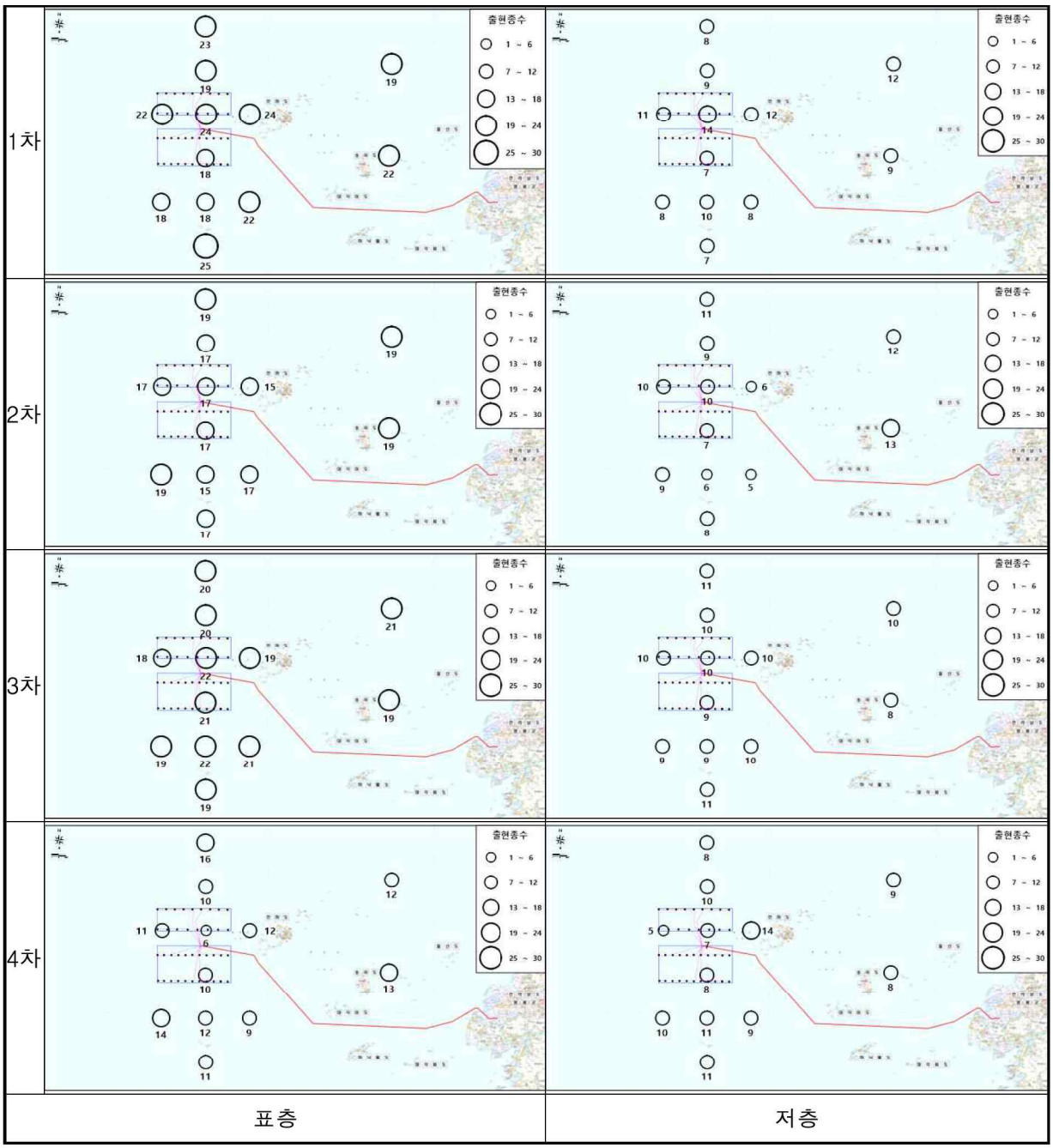
○ 수층별 출현종수 조사결과, 표층은 55종, 저층은 56종이 출현하였으며, 수층간 출현종수 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 표층에서는 규조류가 40종으로 표층 출현종수의 72.8％를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 10종(18.2％), 황색편모조류가 2종(3.6％), 은편모조류, 에브리아류 및 유글레나류가 각각 1종(1.8%)씩 출현함.

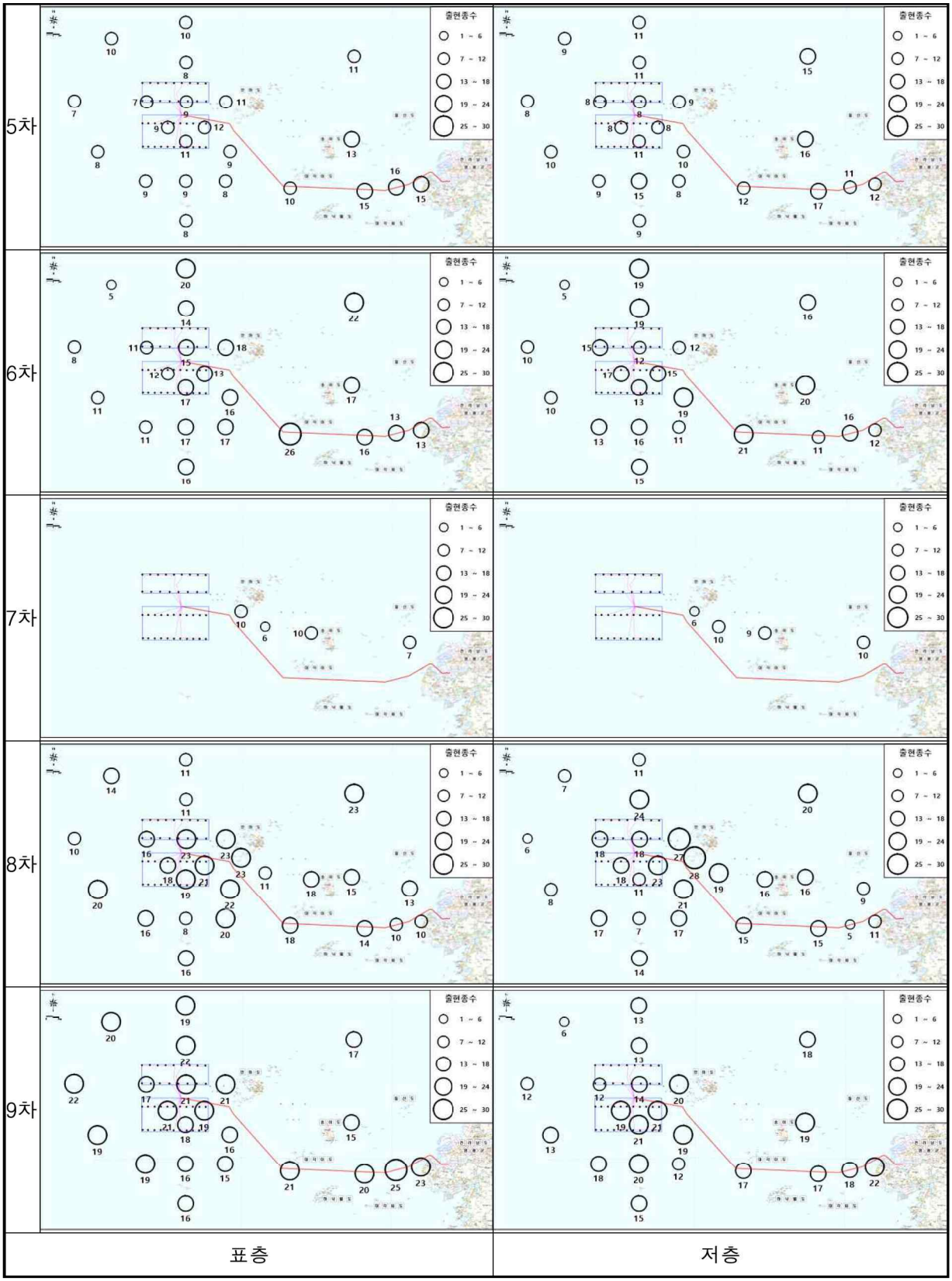
○ 저층에서는 규조류가 40종으로 저층 출현종수의 71.4％를 차지하였으며, 다음으로 와편모조류가 11종(19.6％), 황색편모조류가 2종(3.6％), 은편모조류, 에브리아류 및 유글레나류가 각각 1종(1.8％)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 표층에서는 15~25종의 범위, 저층에서는 6~22종의 범위로서 규조류가 주요 분류군으로 출현하였으며, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 1~6차, 추가 조사 결과, 규조류가 주요 분류군으로 출현하였고, 정점간 출현종수 차이는 규조류의 출현유무에 따라 좌우되는 것으로 분석되었음.

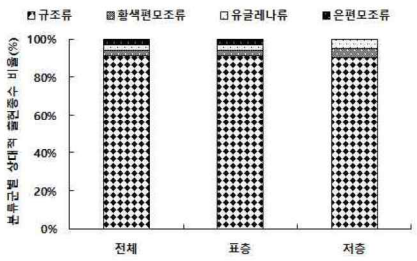


<그림 3.2.2 – 3> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 출현종수



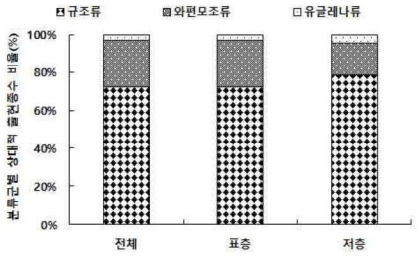
<그림 3.2.2 - 8 > 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 출현종수

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	32	91.3	31	91.2	19	90.5
황색편모조류	1	2.9	1	2.9	1	4.8
유글레나류	1	2.9	1	2.9	1	4.8
은편모조류	1	2.9	1	2.9	-	-
합 계	35	100.0	34	100.0	21	100.0



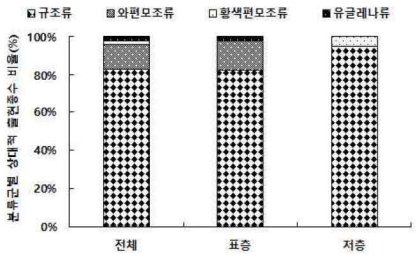
1차(2019년 07월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	26	72.2	26	72.2	18	78.3
와편모조류	9	25.0	9	25.0	4	17.4
유글레나류	1	2.8	1	2.8	1	4.3
합 계	36	100.0	36	100.0	23	100.0



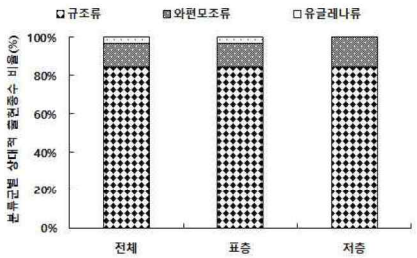
2차(2019년 10월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	39	83.0	33	82.5	18	94.7
와편모조류	6	12.8	6	15.0	-	-
황색편모조류	1	2.1	-	-	1	5.3
유글레나류	1	2.1	1	2.5	-	-
합 계	47	100.0	40	100.0	19	100.0



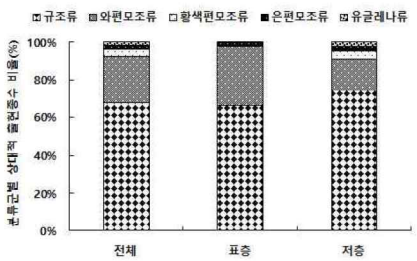
3차(2020년 01월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	27	84.4	27	84.4	22	84.6
와편모조류	4	12.5	4	12.5	4	15.4
유글레나류	1	3.1	1	3.1	-	-
합 계	32	100.0	32	100.0	26	100.0



4차(2020년 04월)

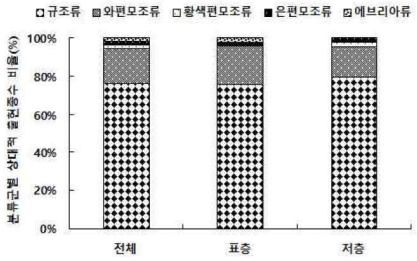
분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	35	67.4	27	65.9	32	74.4
와편모조류	13	25.0	13	31.7	7	16.3
황색편모조류	2	3.8	-	-	2	4.7
은편모조류	1	1.9	1	2.4	1	2.3
유글레나류	1	1.9	-	-	1	2.3
합 계	52	100.0	41	100.0	43	100.0



5차(2020년 08월)

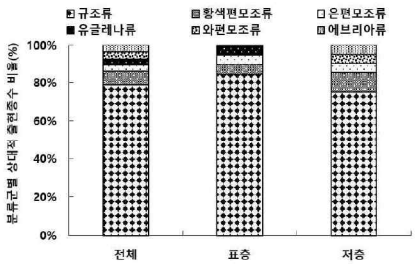
<그림 3.2.2 - 4> 조사시기별 식물플랑크톤의 분류군별 종조성

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	42	76.4	38	76.0	35	79.5
와편모조류	10	18.2	10	20.0	7	15.9
황색편모조류	1	1.8	-	-	1	2.3
은편모조류	1	1.8	1	2.0	1	2.3
에브리아류	1	1.8	1	2.0	-	-
합 계	55	100.0	50	100.0	44	100.0



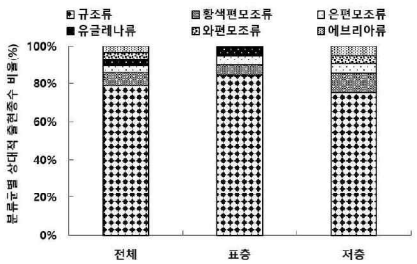
6차(2020년 11월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	22	78.5	16	84.1	15	75.0
황색편모조류	2	7.1	1	5.3	2	10.0
은편모조류	1	3.6	1	5.3	1	5.0
유글레나류	1	3.6	1	5.3	-	-
와편모조류	1	3.6	-	-	1	5.0
에브리아류	1	3.6	-	-	1	5.0
합 계	28	100.0	19	100.0	20	100.0



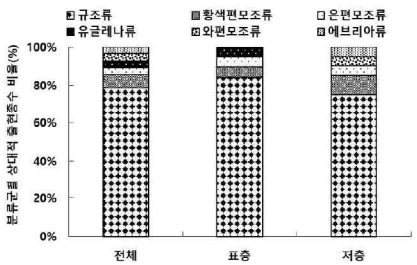
7차 추가(2021년 12월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	22	78.5	16	84.1	15	75.0
황색편모조류	2	7.1	1	5.3	2	10.0
은편모조류	1	3.6	1	5.3	1	5.0
유글레나류	1	3.6	1	5.3	-	-
와편모조류	1	3.6	-	-	1	5.0
에브리아류	1	3.6	-	-	1	5.0
합 계	28	100.0	19	100.0	20	100.0



8차 추가(2022년 8월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
	출현종수	비율	출현종수	비율	출현종수	비율
규조류	22	78.5	16	84.1	15	75.0
황색편모조류	2	7.1	1	5.3	2	10.0
은편모조류	1	3.6	1	5.3	1	5.0
유글레나류	1	3.6	1	5.3	-	-
와편모조류	1	3.6	-	-	1	5.0
에브리아류	1	3.6	-	-	1	5.0
합 계	28	100.0	19	100.0	20	100.0



9차 추가(2022년 10월)

<그림 3.2.2 - 5> 조사시기별 식물플랑크톤의 분류군별 종조성

② 현존량

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 23,847 cells/L이었으며, 이 중 규조류가 22,774 cells/L로서 전체 현존량의 95.4%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 유글레나류가 493 cells/L(2.1%), 은편모조류가 447 cells/L(1.9%), 황색편모조류가 133 cells/L(0.6%)로 조사됨.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 31,867 cells/L, 저층은 평균 15,827 cells/L로서 수층간 현존량은 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 규조류가 30,080 cells/L로서 표층 현존량의 94.4%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 은편모조류가 893 cells/L(2.8%). 유글레나류가 680 cells/L(2.1%), 황색편모조류가 213 cells/L(0.7%)의 점유율을 나타냄.

○ 저층 결과에서는 규조류가 15,467 cells/L로서 저층 현존량의 97.8%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 유글레나류가 307 cells/L(1.9%), 황색편모조류가 53 cells/L(0.3%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 24,000～38,080 cells/L의 범위로 정점 10에서 가장 높은 현존량, 정점 7에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 8,800～21,440 cells/L의 범위로서 정점 12에서 가장 높은 현존량, 정점 6에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 11,423 cells/L이었으며, 이 중 규조류가 9,758 cells/L로서 전체 현존량의 85.5%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 황색편모조류가 1,500 cells/L(13.1%)로 조사되었으며, 은편모조류는 165 cells/L(1.4%)로 조사됨.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 16,620 cells/L, 저층은 평균 6,225 cells/L로서 수층간 현존량은 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 규조류가 14,220 cells/L로서 표층 현존량의 85.6%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 황색편모조류가 2,235 cells/L(13.4%)를

나타내었으며, 은편모조류는 165 cells/L(1.0%)로 조사됨.

○ 저층 결과에서는 규조류가 5,295 cells/L로서 저층 현존량의 85.0%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 황색편모조류가 765 cells/L(12.3%)로 조사되었으며, 은편모조류는 165 cells/L(2.7%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 13,320~20,160 cells/L의 범위로 정점 6에서 가장 높은 현존량, 정점 2에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 3,780~10,260 cells/L의 범위로서 정점 12에서 가장 높은 현존량, 정점 8, 9에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 278,288 cells/L이었으며, 이 중 규조류가 276,270 cells/L로서 전체 현존량의 99.3%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 와편모조류가 1,470 cells/L(0.5%), 황색편모조류가 285 cells/L(0.1%), 유글레나류가 263 cells/L(0.1%)의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 429,990 cells/L, 저층은 평균 126,585 cells/L로서 수층간 현존량은 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 규조류가 426,525 cells/L로서 표층 현존량의 99.2%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 와편모조류가 2,940 cells/L(0.7%), 유글레나류가 525 cells/L(0.1%)의 점유율을 나타냄.

○ 저층 결과에서는 규조류가 126,015 cells/L로서 저층 현존량의 99.5%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 황색편모조류가 570 cells/L(0.5%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 350,100~575,820 cells/L의 범위로 정점 8에서 가장 높은 현존량, 정점 4에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 82,800~205,020 cells/L의 범위로서 정점 3에서 가장 높은 현존량, 정점 8에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 30,998 cells/L이었으며, 이 중 규조류가 26,708 cells/L로서 전체 현존량의 86.2%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 와편모조류가 4,275 cells/L(13.8%), 그 외 분류군(유글레나류)은 0.1% 미만의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 37,980 cells/L, 저층은 평균 24,015 cells/L로서 수층간 현존량은 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 규조류가 33,450 cells/L로서 표층 현존량의 88.1%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 와편모조류가 4,500 cells/L(11.8%), 유글레나류가 30 cells/L(0.1%)로 조사됨.

○ 저층 결과에서는 규조류가 19,965 cells/L로서 저층 현존량의 83.1%를 차지하여 가장 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 와편모조류가 4,050 cells/L(16.9%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 17,100~71,640 cells/L의 범위로 정점 8에서 가장 높은 현존량, 징점 4에서 가장 낮은 현존량을 나타내있고, 저층에서는 9,000~41,580 cells/L의 범위로서 정점 5에서 가장 높은 현존량, 정점 12에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 35,541 cells/L이었으며, 이 중 은편모조류가 20,747 cells/L로서 전체 현존량의 58.4%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 12,219 cells/L(34.4%), 와편모조류가 2,522 cells/L(7.1%), 황색편모조류가 36 cells/L(0.1%), 그 외 분류군(유글레나류)은 0.1% 미만의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 39,560 cells/L, 저층은 평균 31,523 cells/L로서 수층간 현존량 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 은편모조류가 25,850 cells/L로서 표층 현존량의 65.3%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 10,082 cells/L(25.5%), 와

편모조류가 3,628 cells/L(9.2%)로 조사됨.

○ 저층 결과에서는 은편모조류가 15,645 cells/L로서 저층 현존량의 49.6%를 차지하여 가장 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 규조류가 14,356 cells/L(45.6%), 와편모조류가 1,416 cells/L(4.5%), 황색편모조류가 72 cells/L(0.2%), 유글레나류가 34 cells/L(0.1%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 17,212~84,495 cells/L의 범위로 정점 6에서 가장 높은 현존량, 정점 17에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 13,260~70,383 cells/L의 범위로서 정점 12에서 가장 높은 현존량, 정점 10에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 50,840 cells/L이었으며, 이 중 은편모조류가 25,002 cells/L로서 전체 현존량의 49.2%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 21,510 cells/L(42.4%), 와편모조류가 4,287 cells/L(8.4%), 그 외 분류군(황색편모조류, 에브리아류)은 0.1% 미만의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 53,857 cells/L, 저층은 평균 47,820 cells/L로서 수층간 현존량 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 은편모조류가 27,900 cells/L로서 표층 현존량의 51.8%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 21,035 cells/L(39.0%), 와편모조류가 4,883 cells/L(9.1%), 에브리아류는 39 cells/L(0.1%)로 조사됨.

○ 저층 결과에서는 은편모조류가 22,103 cells/L로서 저층 현존량의 46.2%를 차지하여 가장 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 규조류가 21,985 cells/L(46.0%), 와편모조류가 3,691 cells/L(7.7%), 황색편모조류가 41 cells/L(0.1%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 18,600~87,477 cells/L의 범위로 정점 18에서 가장 높은 현존량, 정점 14에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에

서는 22,047～74,706 cells/L의 범위로서 정점 18에서 가장 높은 현존량, 정점 10에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 89,263 cells/L이었으며, 이 중 규조류가 45,549 cells/L로서 전체 현존량의 51.1%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 은편모조류가 42,618 cells/L(47.7%), 황색편모조류가 643 cells/L(0.7%), 와편모조류가 230cells/L(0.7%), 유글레나류가 113cells/L(0.1%), 에브리아류가 110cells/L(0.1%)의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 79,309 cells/L, 저층은 평균 99,218 cells/L로서 수층간 현존량은 저층이 표층보다 높은 깃으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 은편모조류가 46,256 cells/L로 표층 현존량의 58.3%를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 32,186 cells/L(40.6%), 황색편모조류가 641 cells/L(0.8%), 유글레나류는 226 cells/L(0.3%)로 조사됨.

○ 저층 결과에서는 규조류가 58,914 cells/L로서 저층 현존량의 59.3%를 차지하여 가장 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 은편모조류가 38,980 cells/L(39.3%), 황색편모조류가 645 cells/L(0.7%), 와편모조류가 459 cells/L(0.5%), 에브리아류가 220 cells/L(0.2%)로 조사됨.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 39,771～60,333 cells/L의 범위로 정점 26에서 가장 높은 현존량, 정점 25에서 가장 낮은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 51,277～59,373 cells/L의 범위로서 정점 23에서 가장 높은 현존량, 정점 24에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 155,630 cells/L이었으며, 이 중 은편모조류가 82,777 cells/L로서 전체 현존량의 53.2％를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 69,444 cells/L(44.7％), 와편모조류가 3,133 cells/L(2.0％), 황색편모조류가 189 cells/L(0.1％), 에브

리아류, 유글레나류 및 녹조류가 0.1 %미만의 점유율을 나타냄.

○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 158,551 cells/L, 저층은 평균 152,709 cells/L로서 수층간 현존량은 저층이 표층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 규조류가 78,340 cells/L로 표층 현존량의 49.4 %를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 은편모조류가 74,656 cells/L(47.1 %), 황색편모조류가 74,656 cells/L(47.1 %), 와편모조류가 5,411 cells/L(3.4 %), 황색편모조류가 83 cells/L(0.1 %), 녹조류와 유글레나류는 0.1 %미만의 점유율을 나타냄.

○ 저층 결과에서는 은편모조류가 90,899 cells/L로서 저층 현존량의 59.5 %를 차지하여 가징 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 규조류가 60,544 cells/L(39.6 %), 와편모조류가 856 cells/L(0.6 %), 황색편모조류가 295 cells/L(0.2 %), 에브리아류가 86 cells/L(0.1 %), 유글레나류가 0.1 %미만의 점유율로 나타냄.

○ 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 20,042～328,800 cells/L의 범위로 정점 23에서 가장 높은 현존량, 징짐 14에서 가장 낮은 현존량을 나타내있고, 저층에서는 27,394～291,913 cells/L의 범위로서 정점 2에서 가장 높은 현존량, 정점 22에서 가장 낮은 현존량을 나타냄.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 출현한 식물플랑크톤의 평균 현존량은 716,048 cells/L이었으며, 이 중 은펀모조듀가 531,623 cells/L로서 전체 현존량의 74.2 %를 차지하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 172,917 cells/L(24.2 %), 와편모조류가 9,812 cells/L(1.4 %), 황색편모조류가 1,037 cells/L(0.1 %), 유글레나류가 410 cells/L(0.1 %), 에브리아류가 0.1 %미만의 점유율을 나타냄.

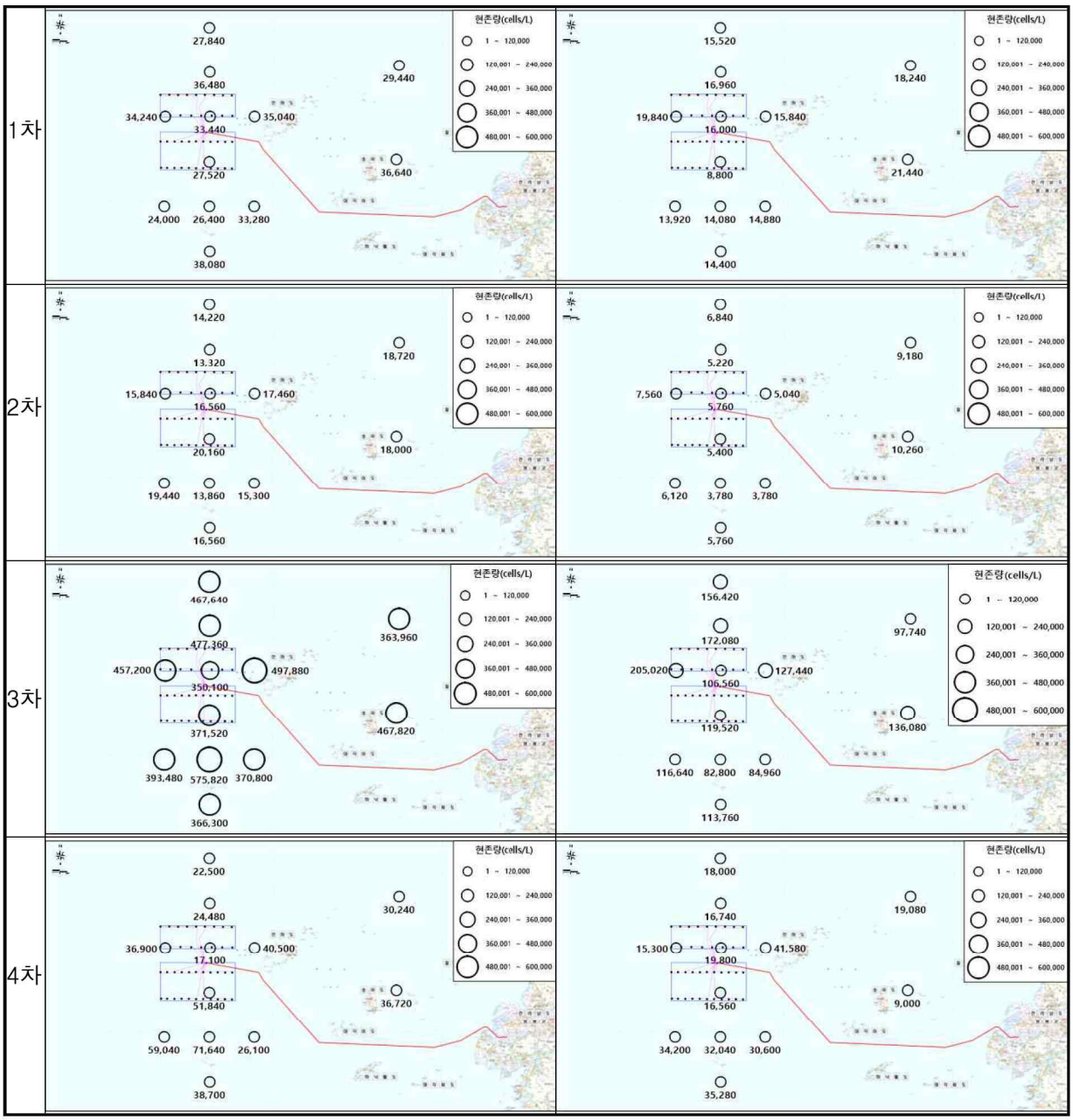
○ 수층별 현존량 조사결과, 표층은 평균 1,060,708 cells/L, 저층은 평균 371,389 cells/L로서 수층간 현존량은 표층이 저층보다 높은 것으로 조사됨.

○ 표층 결과에서는 은편모조류가 843,638 cells/L로 표층 현존량의 79.5 %를 차지

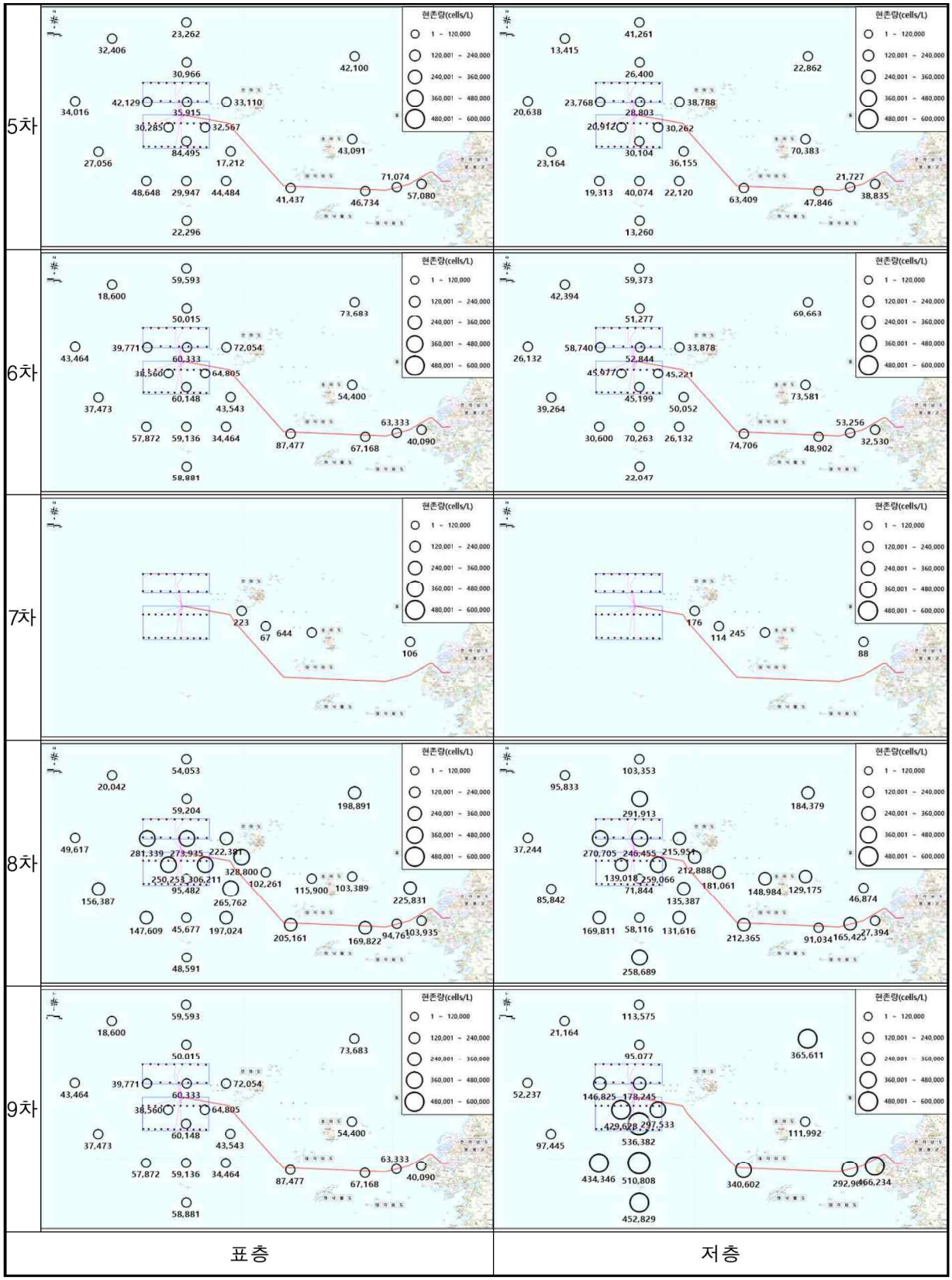
하여 가장 높은 점유율을 나타냄. 다음으로 규조류가 199,338 cells/L(18.8 %), 와편모조류가 15,210 cells/L(1.4 %), 황색편모조류가 1,637 cells/L(0.2 %), 유글레나류가 605 cells/L(0.1 %), 에브리아류는 0.1 %미만의 점유율을 나타냄.

- 저층 결과에서는 은편모조류가 219,609 cells/L로서 저층 현존량의 59.5 %를 차지하여 가장 높은 점유율로 조사되었으며, 다음으로 규조류가 60,544 cells/L(39.6 %), 와편모조류가 856 cells/L(0.6 %), 황색편모조류가 295 cells/L(0.2 %), 에브리아류가 86 cells/L(0.1 %), 유글레나류가 0.1 %미만의 점유율로 나타냄.
- 정점별 현존량 조사결과, 표층에서는 20,042～328,800 cells/L의 범위로 정점 23에서 가징 높은 현존량, 정점 14에서 가징 닞은 현존량을 나타내었고, 저층에서는 27,394～291,913 cells/L의 범위로서 정점 2에서 가장 높은 현존량, 정점 22에서 가장 낮은 헌존량을 나타냄.
- 1～6차, 7차～9차 추가 조사결과, 1차(2019년 07월)부터 4차(2020년 04월)까지는 규조류 중심의 군집분포 특싱, 5차(2020년 08월), 6차(2020년 11월), 7차 추가(2021년 12월), 8차(2022년 8월), 9차(2022년 10월)에는 규조류와 은편모조류가 혼합된 군집분포 특성을 보임.
- 현지조사 해역에서 출현한 종들은 대부분 은편모조류와 연쇄성 규조류들로서 은펀모조듀는 자가영앙, 혼합영앙 유형을 갖으며, 때로 광합성 색소체를 잃어서 섭식을 하는 종속영양과 같은 다양한 유형을 지니고, 환경적 내성 범위가 큰 것으로 알려져 있고, 연안역 및 외해역에서 주요 우점종으로 출현하는 것으로 알러져 있음. 연쇄성 규조류는 체적에 비해 표면적을 상대적으로 크게 하어 형태저항을 하는 종으로 부유생활에 유리한 조건을 갖고 있는 것으로 알려져 있음.
- 현지조사 해역에서 출현한 종들은 환경적 내성 범위가 크고, 연안역에서 주요 우점종으로 출현하는 종으로 조사해역은 일반적인 연안해역의 특징을 나타내

는 것으로 조사됨.

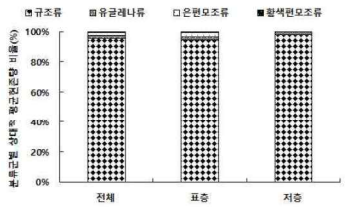


<그림 3.2.2 - 6> 소사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량



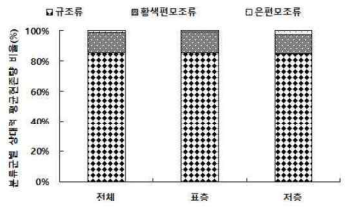
<그림 3.2.2 - 7> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량

분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	22,774	95.4	30,081	94.4	15,467	97.8
유글레나류	493	2.1	680	2.1	307	1.9
은편모조류	447	1.9	893	2.8	-	-
황색편모조류	133	0.6	213	0.7	53	0.3
합 계	23,847	100.0	31,867	100.0	15,827	100.0



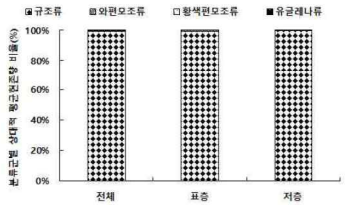
1차(2019년 07월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	9,758	85.5	14,220	85.6	5,295	85.0
황색편모조류	1,500	13.1	2,235	13.4	765	12.3
은편모조류	165	1.4	165	1.0	165	2.7
합 계	11,423	100.0	16,620	100.0	6,225	100.0



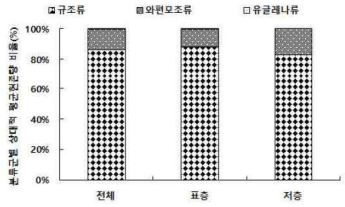
2차(2019년 10월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	276,270	99.3	426,525	99.2	126,015	99.5
와편모조류	1,470	0.5	2,940	0.7	-	-
황색편모조류	285	0.1	-	-	570	0.5
유글레나류	263	0.1	525	0.1	-	-
합 계	278,288	100.0	429,990	100.0	126,585	100.0



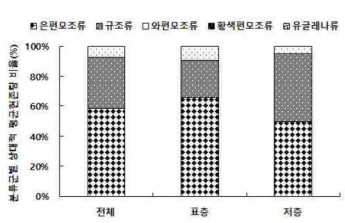
3차(2020년 01월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규소류	26,708	86.2	33,450	88.1	19,965	83.1
와편모조류	4,275	13.8	4,500	11.8	4,050	16.9
유글레나류	15	0.0	30	0.1	-	-
합 계	30,998	100.0	37,980	100.0	24,015	100.0



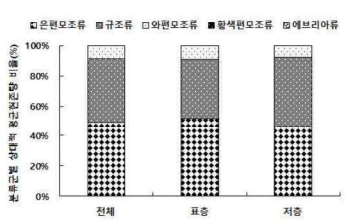
4차(2020년 04월)

분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
은편모조류	20,747	58.4	25,850	65.3	15,645	49.6
규조류	12,219	34.4	10,082	25.5	14,356	45.6
와편모조류	2,522	7.1	3,628	9.2	1,416	4.5
황색편모조류	36	0.1	-	-	72	0.2
유글레나류	17	0.0	-	-	34	0.1
합 계	35,541	100.0	39,560	100.0	31,523	100.0



5차(2020년 08월)

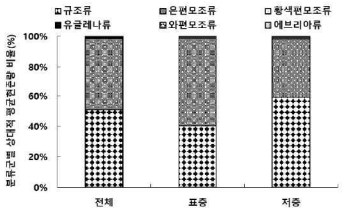
분류군	전 체		표 층		저 층	
(cells/L)	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
은편모조류	25,002	49.2	27,900	51.8	22,103	46.2
규조류	21,510	42.4	21,035	39.0	21,985	46.0
와편모소류	4,287	8.4	4,883	9.1	3,691	7.7
황색편모조류	21	0.0	-	-	41	0.1
에브리아류	20	0.0	39	0.1	-	-
합 계	50,840	100.0	53,857	100.0	47,820	100.0



6차(2020년 11월)

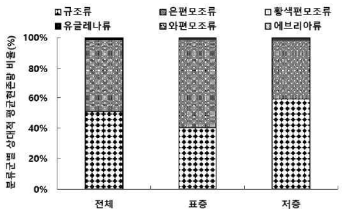
<그림 3.2.2 - 8> 조사시기별 식물플랑크톤의 현존량별 종조성

분류군 (cells/L)	전 체		표 층		저 층	
	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	45,549	51.1	32,186	40.6	58,914	59.3
은편모조류	42,618	47.7	46,256	58.3	38,980	39.3
황색편모조류	643	0.7	641	0.8	645	0.7
와편모조류	230	0.3	-	-	459	0.5
유글레나류	113	0.1	226	0.3	-	-
에브리아류	110	0.1	-	-	220	0.2
합 계	89,263	100.0	79,309	100.0	99,218	100.0



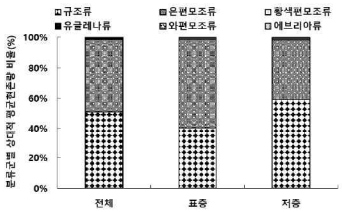
7차 추가(2021년 12월)

분류군 (cells/L)	전 체		표 층		저 층	
	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	45,549	51.1	32,186	40.6	58,914	59.3
은편모조류	42,618	47.7	46,256	58.3	38,980	39.3
황색편모조류	643	0.7	641	0.8	645	0.7
와편모조류	230	0.3	-	-	459	0.5
유글레나류	113	0.1	226	0.3	-	-
에브리아류	110	0.1	-	-	220	0.2
합 계	89,263	100.0	79,309	100.0	99,218	100.0



8차 추가(2021년 12월)

분류군 (cells/L)	전 체		표 층		저 층	
	현존량	비율	현존량	비율	현존량	비율
규조류	45,549	51.1	32,186	40.6	58,914	59.3
은편모조류	42,618	47.7	46,256	58.3	38,980	39.3
황색편모조류	643	0.7	641	0.8	645	0.7
와편모조류	230	0.3	-	-	459	0.5
유글레나류	113	0.1	226	0.3	-	-
에브리아류	110	0.1	-	-	220	0.2
합 계	89,263	100.0	79,309	100.0	99,218	100.0



9차 추가(2021년 12월)

<그림 3.2.2 - 9> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량

③ Chl-a(엽록소-a)

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.36~0.64 ㎍/L(평균 0.48 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.37~0.60 ㎍/L의 범위로 평균 0.48 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.36~0.64 ㎍/L의 범위로 평균 0.47 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.39~0.91 ㎍/L(평균 0.60 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.43~0.91 ㎍/L의 범위로 평균 0.63 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.39~0.75 ㎍/L의 범위로 평균 0.57 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는

없는 것으로 조사됨.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.40～0.92 ㎍/L(평균 0.63 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.40～0.92 ㎍/L의 범위로 평균 0.67 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.43～0.74 ㎍/L의 범위로 평균 0.59 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.47～0.91 ㎍/L(평균 0.66 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.47～0.91 ㎍/L의 범위로 평균 0.70 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.49～0.74 ㎍/L의 범위로 평균 0.62 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.14～11.55 ㎍/L(평균 2.44 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.14～11.55 ㎍/L의 범위로 평균 2.72 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.20～9.50 ㎍/L의 범위로 평균 2.16 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

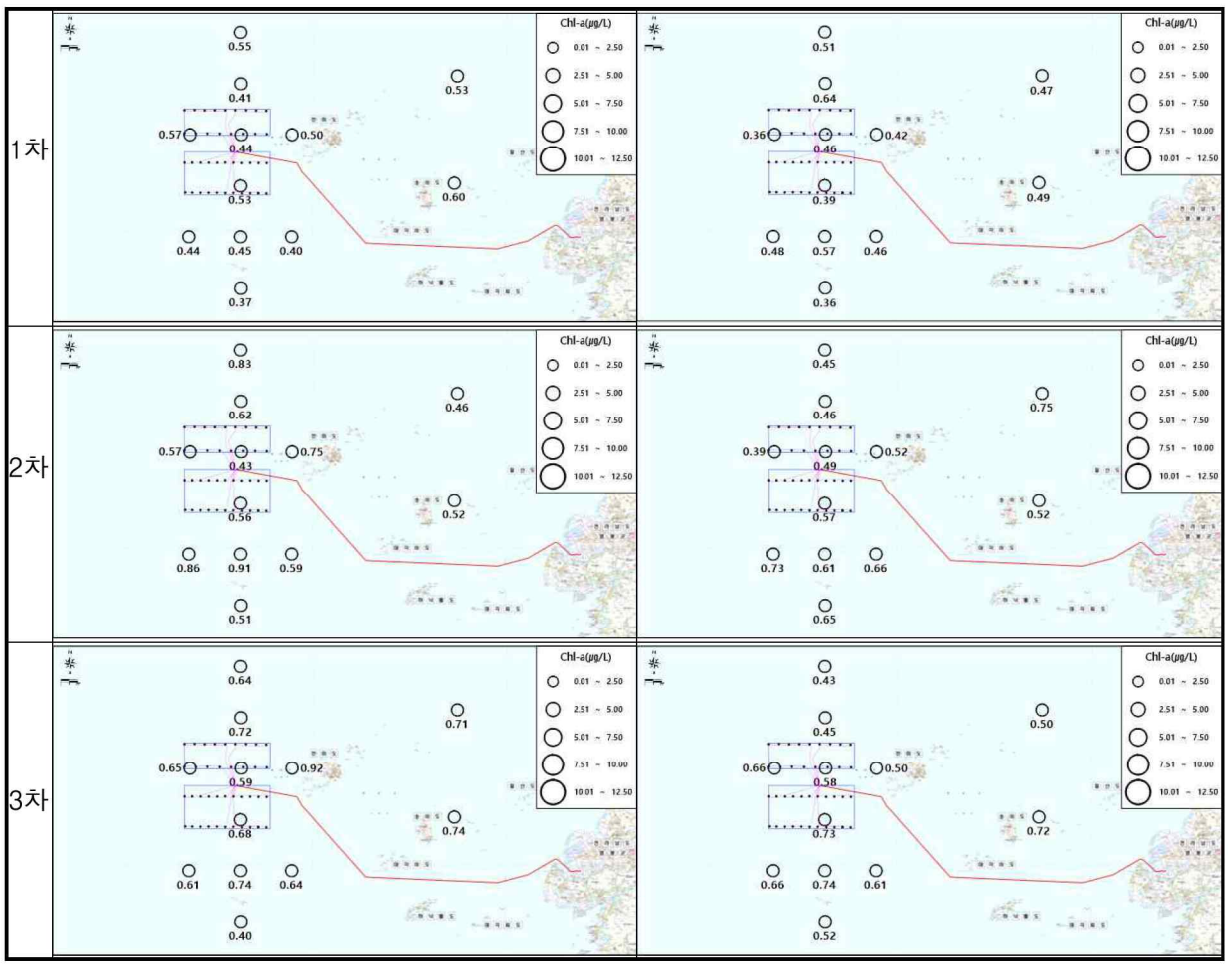
○ 6차(2020년 11월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.24～4.33 ㎍/L(평균 1.99 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.33～3.93 ㎍/L의 범위로 평균 1.81 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.24～4.33 ㎍/L의 범위로 평균 2.16 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.54～3.98 ㎍/L(평균 1.63 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.56～2.77 ㎍/L의 범위로 평균 1.23 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.54～3.98 ㎍/L의 범위로 평균 2.03 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

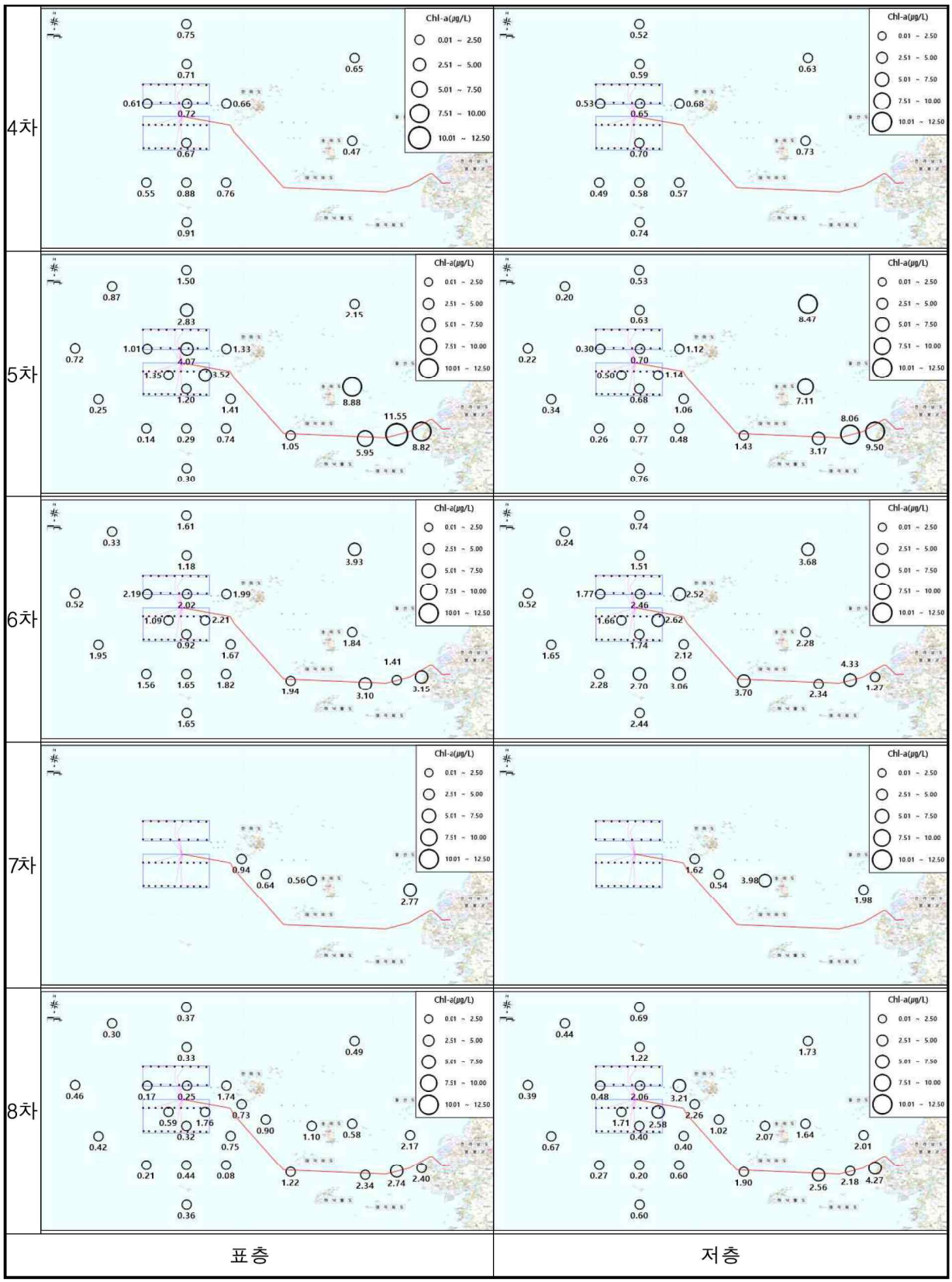
○ 8차 추가(2020년 8월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.08～4.27 ㎍/L(평균 1.17 ㎍/L)의 범위로 표층에서 0.08～2.74 ㎍/L의 범위로 평균 0.89 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.20～4.27 ㎍/L의 범위로 평균 1.44 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

○ 9차 추가(2020년 10월) 조사에서 엽록소-a 농도는 0.43~4.99 ㎍/L(평균 2.20 ㎍/L)의 범위로 표층에서 1.07~4.99 ㎍/L의 범위로 평균 2.84 ㎍/L이었으며, 저층에서 0.43~3.10 ㎍/L의 범위로 평균 1.56 ㎍/L를 나타내었고, 정점 및 수층간 차이는 없는 것으로 조사됨.

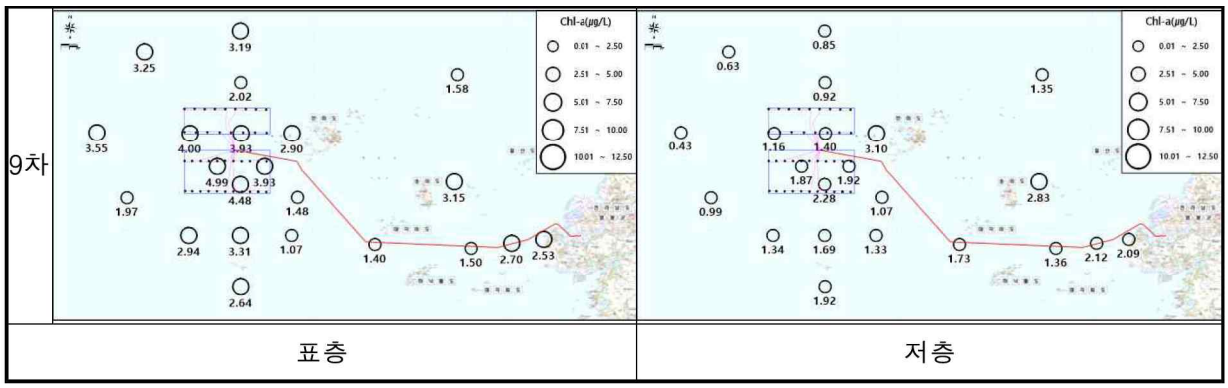
○ 1~6차, 7~9차 추가 조사결과, 현존량 분포 패턴과 유사하게 나타났으며, 이는 엽록소 a 특성 중 일반적으로 현존량이 높을수록 엽록소-a 농도가 높게 나타나는 것과 같이 식물플랑크톤 현존량이 높은 정점에서 높은 엽록소-a 농도를 보임. 한편, 식물플랑크톤 셀의 크기 및 유기쇄설물에 흡착되어 있는 형광물질로 인하여 반드시 현존량과 엽록소-a와 양의 상관관계를 나타내지는 않는 것으로 보고되어 있으며(이 등, 2003), 일부 정점들이 상관성을 보이지 않은 것으로 분석됨.



<그림 3.2.2 - 10> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량



<그림 3.2.2 - 11> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량



<그림 3.2.2 - 12> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 현존량

<표 3.2.2 - 8> 1차(2019년 07월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균
표층	0.55	0.41	0.57	0.44	0.50	0.53	0.44	0.45	0.40	0.37	0.53	0.60	0.48
저층	0.51	0.64	0.36	0.46	0.42	0.39	0.48	0.57	0.46	0.36	0.47	0.49	0.47

<표 3.2.2 - 9> 2차(2019년 10월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균
표층	0.83	0.62	0.57	0.43	0.75	0.56	0.86	0.91	0.59	0.51	0.46	0.52	0.63
저층	0.45	0.46	0.39	0.49	0.52	0.57	0.73	0.61	0.66	0.65	0.75	0.52	0.57

<표 3.2.2 - 10> 3차(2020년 01월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균
표층	0.64	0.72	0.65	0.59	0.92	0.68	0.61	0.74	0.64	0.4	0.71	0.74	0.67
저층	0.43	0.45	0.66	0.58	0.5	0.73	0.66	0.74	0.61	0.52	0.5	0.72	0.59

<표 3.2.2 - 11> 4차(2020년 04월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균
표층	0.75	0.71	0.61	0.72	0.66	0.67	0.55	0.88	0.76	0.91	0.65	0.47	0.70
저층	0.52	0.59	0.53	0.65	0.68	0.70	0.49	0.58	0.57	0.74	0.63	0.73	0.62

<표 3.2.2 - 12> 5차(2020년 08월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	1.50	2.83	1.01	4.07	1.33	1.20	0.14	0.29	0.74	0.30	2.15	8.88
저층	0.53	0.63	0.30	0.70	1.12	0.68	0.26	0.77	0.48	0.76	8.47	7.11

수층	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균
표층	0.72	0.87	0.25	1.35	1.41	1.05	3.52	5.95	11.55	8.82	2.72
저층	0.22	0.20	0.34	0.50	1.06	1.43	1.14	3.17	8.06	9.50	2.16

<표 3.2.2 - 13> 6차(2020년 11월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	1.61	1.18	2.19	2.02	1.99	0.92	1.56	1.65	1.82	1.65	3.93	1.84
저층	0.74	1.51	1.77	2.46	2.52	1.74	2.28	2.70	3.06	2.44	3.68	2.28

수층	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균
표층	0.52	0.33	1.95	1.09	1.67	1.94	2.21	3.10	1.41	3.15	1.81
저층	0.52	0.24	1.65	1.66	2.12	3.70	2.62	2.34	4.33	1.27	2.16

<표 3.2.2 - 14> 7차(2021년 12월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균
표층	0.94	0.64	0.56	2.77	1.23
저층	1.62	0.54	3.98	1.98	2.03

<표 3.2.2 - 15> 8차(2022년 08월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	ST-13	ST-14
표층	0.37	0.33	0.17	0.25	1.74	0.32	0.21	0.44	0.08	0.36	0.49	0.58	0.46	0.30
저층	0.69	1.22	0.48	2.06	3.21	0.40	0.27	0.20	0.60	0.60	1.73	1.64	0.39	0.44

수층	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균
표층	0.42	0.59	0.75	1.22	1.76	2.34	2.74	2.40	0.73	0.90	1.10	2.17	0.89
저층	0.67	1.71	0.40	1.90	2.58	2.56	2.18	4.27	2.26	1.02	2.07	2.01	1.44

<표 3.2.2 - 16> 9차(2022년 10월) 식물플랑크톤의 Chl-a

수층	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	3.19	2.02	4.00	3.93	2.90	4.48	2.94	3.31	1.07	2.64	1.58	3.15
저층	0.85	0.92	1.16	1.40	3.10	2.28	1.34	1.69	1.33	1.92	1.35	2.83

수층	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균
표층	3.55	3.25	1.97	4.99	1.48	1.40	3.93	1.50	2.70	2.53	2.84
저층	0.43	0.63	0.99	1.87	1.07	1.73	1.92	1.36	2.12	2.09	1.56

④ 우점종

○ 1차(2019년 07월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 규조류에 속하는 Skeletonema costatum, Eucampia zodiacus, Coscinodiscus gigas, Paralia sulcata, Chaetoceros sp.가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Skeletonema costatum는 5,760～8,320 cells/L(평균 7,240 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 22.7%를 차지하였으며, 다음으로 Eucampia zodiacus는 1,920～8,960 cells/L(평균 5,187 cells/L)로 16.3%, Coscinodiscus gigas는 1,920～3,200 cells/L(평균 2,573 cells/L)로 8.1%, Paralia sulcata는 1,600～2,880 cells/L(평균 2,187 cells/L)로 6.9%, Chaetoceros sp.는 1,920～2,400 cells/L(평균 2,120 cells/L)로 6.7%이었음.

○ 저층 조사결과, Skeletonema costatum는 2,720～7,040 cells/L(평균 4,200 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 26.5%를 차지하였으며, 다음으로 Eucampia zodiacus는 2,880～5,760 cells/L(평균 3,987 cells/L)로 25.2%, Coscinodiscus gigas는 1,120

~3,840 cells/L(평균 1,933 cells/L)로 12.2%, Paralia sulcata는 640~4,480 cells/L(평균 1,547 cells/L)로 9.8%이었음.

○ 2차(2019년 10월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 규조류에 속하는 Paralia sulcata, Thalassionema rotula, Chaetoceros debilis, Chaetoceros didymus, Rhizosolenia setigera가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Paralia sulcata는 2,700~5,580 cells/L(평균 3,900 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 23.5%를 차지하였으며, 다음으로 Thalassionema rotula는 1,080~3,960 cells/L(평균 2,355 cells/L)로 14.2%, Chaetoceros debilis는 360~2,700 cells/L(평균 1,470 cells/L)로 8.8%였음.

○ 저층 조사결과, Thalassionema rotula는 720~2,700 cells/L(평균 1,275 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 20.5%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 540~1,440 cells/L(평균 825 cells/L)로 13.3%, Chaetoceros didymus는 360~1,260 cells/L(평균 555 cells/L)로 8.9%, Rhizosolenia setigera는 360~1,440 cells/L(평균 405 cells/L)로 6.5%, Chaetoceros debilis는 360~1,260 cells/L(평균 375 cells/L)로 6.0%이었음.

○ 3차(2020년 01월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로서 규조류에 속하는 Skeletonema costatum, Pleurosigma angulatum, Asteroplanus karianus, Eucampia zodiacus, Paralia sulcata가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Skeletonema costatum는 200,160~423,180 cells/L(평균 264,630 cells/L)로 표층 현존량의 61.5%를 차지하였으며, 다음으로 Pleurosigma angulatum는 63,360~82,080 cells/L(평균 74,520 cells/L)의 범위로 17.3%, Asteroplanus karianus는 13,860~63,360 cells/L(평균 32,880 cells/L)로 7.6%, Eucampia zodiacus는 13,680~44,100 cells/L(평균 29,280 cells/L)로 6.7%이었음.

○ 저층 조사결과, Skeletonema costatum는 21,060~112,500 cells/L(평균 60,225 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 47.6%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia

sulcata는 20,880～77,040 cells/L(평균 49,395 cells/L)로 39.0%이었음.

- 4차(2020년 04월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 규조류에 속하는 Skeletonema costatum, Paralia sulcata, Thalassiosira sp., 와편모조류에 속하는 Prorocentrum micans, Prorocentrum minimum이 주요 우점종으로 출현함.
- 표층 조사결과, Skeletonema costatum는 5,760～36,000 cells/L(평균 22,170 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 58.4%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 900～23,580 cells/L(평균 3,855 cells/L)로 10.2%, Prorocentrum micans는 360～13,140 cells/L(평균 2,610 cells/L)로 6.9%였음.
- 저층 조사결과, Skeletonema costatum는 4,500～24,300 cells/L(평균 13,785 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 57.4%를 차지하였으며, 다음으로 Prorocentrum micans는 360～10,440 cells/L(평균 1,725 cells/L)로 7.2%, Prorocentrum minimum는 360～10,440 cells/L(평균 1,605 cells/L)로 6.7%, Paralia sulcata는 1,260～10,440 cells/L(평균 1,335 cells/L)로 5.6%, Thalassiosira sp.은 360～3,960 cells/L(평균 1,230 cells/L)로 5.1%이었음.
- 5차(2020년 08월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 3종으로 은편모조류인 Cryptomonads와 규조류에 속하는 Skeletonema spp., Paralia sulcata가 주요 우점종으로 출현함.
- 표층 조사결과, Cryptomonads는 8,233～68,554 cells/L(평균 25,850 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 65.3%를 차지하였으며, 다음으로 Skeletonema spp.는 3,185～13,045 cells/L(평균 2,339 cells/L)로 5.9%였음.
- 저층 조사결과, Cryptomonads는 4,680～42,271 cells/L(평균 15,645 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 49.6%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 2,300～10,353 cells/L(평균 2,991 cells/L)로 9.5%, Skeletonema spp.는 4,126～16,716 cells/L(평균 1,780 cells/L)로 5.6%였음.

○ 6차(2020년 11월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 2종으로서 은편모조류인 Cryptomonads와 규조류에 속하는 Paralia sulcata가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Cryptomonads는 9,469～46,809 cells/L(평균 27,900 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 51.8%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 2,845～32,521 cells/L(평균 3,933 cells/L)로 7.3%이었음.

○ 저층 조사결과, Cryptomonads는 5,291～37,204 cells/L(평균 22,103 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 46.2%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 2,407～22,446 cells/L(평균 3,893 cells/L)로 8.1%였음.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로서 은편모조류인 Cryptomonads와 규조류에 속하는 Coscinodiscus marginatus, Coscinodiscus sp. Paralia sulcata, Thalassionema nitzschioides가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Cryptomonads는 16,200～79,729 cells/L(평균 8,410 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 58.3%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 3,240～18,534 cells/L(평균 1,613 cells/L)로 11.2%, Thalassionema nitzschioides는 12,356～17,540 cells/L(평균 1,359 cells/L)로 9.4%, Coscinodiscus sp.는 797～10,591 cells/L(평균 801 cells/L)로 5.6%, Coscinodiscus marginatus는 810～9,708 cells/L(평균 746 cells/L)로 5.2%였음.

○ 저층 조사결과, Cryptomonads는 16,454～52,747 cells/L(평균 7,087 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 39.3%를 차지하였으며, 다음으로 Paralia sulcata는 13,774～43,076 cells/L(평균 4,394 cells/L)로 24.4%, Coscinodiscus sp.는 6,428～20,567 cells/L(평균 4,394 cells/L)로 24.4%, Coscinodiscus marginatus는 2,468～13,187 cells/L(평균 1,655 cells/L)로 9.2%였음.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 4종으

로서 은편모조류인 Cryptomonads와 규조류에 속하는 Chaetoceros didymus, Guinaridia delicatula, Eucampia zodiacus가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Cryptomonads는 1,575～200,737 cells/L(평균 74,656 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 47.1 %를 차지하였으며, 다음으로 Eucampia zodiacus는 723～103,125 cells/L(평균 23,061 cells/L)로 14.5 %, Chaetoceros didymus는 771～88,000 cells/L(평균 11,408 cells/L)로 7.2 %, Guinaridia delicatula는 723～49,828 cells/L(평균 9,026 cells/L)로 5.2%였음.

○ 저층 조사결과, Cryptomonads는 11,414～214,200 cells/L(평균 90,899 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 59.5 %를 차지하였으며, 다음으로 Eucampia zodiacus는 747～59,064 cells/L(평균 14,443 cells/L)로 9.5 %였음.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 3종으로서 은편모조류인 Cryptomonads와 규조류에 속하는 Skeletonema spp., Pseudo-nitzchia spp.가 주요 우점종으로 출현함.

○ 표층 조사결과, Cryptomonads는 60,727～2,175,193 cells/L(평균 713,848 cells/L)의 범위로 표층 현존량의 79.5 %를 차지하였으며, 다음으로 Skeletonema spp.는 1,433～563,629 cells/L(평균 117,203 cells/L)로 13.1 %였음.

○ 저층 조사결과, Cryptomonads는 8,140～731,733 cells/L(평균 185,823 cells/L)의 범위로 저층 현존량의 59.1 %를 차지하였으며, 다음으로 Skeletonema spp.는 3,708～315,116 cells/L(평균 80,035 cells/L)로 25.5 %, Pseudo-nitzchia spp.는 814～62,496 cells/L(평균 18,437 cells/L)로 5.9 %였음.

○ 1차～6차, 7차～9차 추가 조사결과, 조사해역에서 출현한 우점종들은 우리나라 전 해역에서 계절에 관계없이 매우 빈번하게 출현하는 연안성 종으로 알려져 있으며, 특히, 주요 우점종으로 출현한 은편모조류와 연쇄성 규조류는 환경적 내성 범위가 큰 것으로 알려져 있음. 위와 같은 특징으로 조사해역은 일반적인 연안해역의 특징을 나타내는 것으로 조사되었으며, 정점간 우점종 차이는 없는

것으로 조사됨.

<그림 3.2.2 - 13> 1차(2019년 07월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률 (cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
표층	*Skeletonema costatum*	5,760	8,160	7,840	8,320	6,400	5,760	8,160	7,840	8,320	6,400	5,760	8,160	7,240	22.7
	Eucampia zodiacus	2,400	7,200	6,720	5,280	5,760	7,040	-	1,920	5,280	8,960	4,480	7,200	5,187	16.3
	Coscinodiscus gigas	2,400	3,200	2,400	2,720	1,920	2,400	3,200	2,400	2,720	1,920	2,400	3,200	2,573	8.1
	Paralia sulcata	1,600	1,920	2,880	2,560	2,400	1,600	1,920	2,880	2,560	2,400	1,600	1,920	2,187	6.9
	Chaetoceros sp.	1,920	2,400	1,920	2,080	2,240	1,920	2,400	1,920	2,080	2,240	1,920	2,400	2,120	6.7
저층	*Skeletonema costatum*	4,640	7,040	4,000	2,720	4,000	2,880	5,760	4,000	2,720	3,040	4,320	5,280	4,200	26.5
	Eucampia zodiacus	3,520	3,520	5,600	4,000	2,880	3,040	4,000	3,840	4,640	4,160	2,880	5,760	3,987	25.2
	Coscinodiscus gigas	3,200	2,240	2,400	2,240	1,440	1,120	1,280	1,920	3,520	3,840	-	-	1,933	12.2
	Paralia sulcata	1,120	1,760	3,520	960	640	-	-	1,120	960	1,120	2,880	4,480	1,547	9.8

<표 3.2.2 - 17> 2차(2019년 10월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
표층	*Paralia sulcata*	2,700	2,700	3,060	3,960	5,580	4,320	5,220	4,320	4,140	4,320	3,060	3,420	3,900	23.5
	Thalassionema rotula	1,080	2,160	1,620	2,340	2,520	2,340	2,160	1,440	2,700	3,420	3,960	2,520	2,355	14.2
	Chaetoceros debilis	900	2,160	2,340	2,700	2,700	1,620	1,980	540	540	900	900	360	1,470	8.8
저층	*Thalassionema rotula*	1,080	720	900	1,980	720	1,440	720	1,440	1,260	720	2,700	1,620	1,275	20.5
	Paralia sulcata	900	1,440	1,260	-	1,440	-	1,260	-	720	1,440	540	900	825	13.3
	Chaetoceros didymus	1,080	-	-	540	900	720	-	360	-	1,080	720	1,260	555	8.9
	Rhizosolenia setigera	-	360	540	-	540	720	-	-	900	360	-	1,440	405	6.5
	Chaetoceros debilis	720	900	1,260	360	-	-	-	-	540	-	720	-	375	6.0

<표 3.2.2 - 18> 3차(2020년 01월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
표층	*Skeletonema costatum*	297,360	315,360	297,360	205,380	315,720	200,160	202,320	423,180	223,380	200,340	203,040	291,960	264,630	61.5
	Pleurosigma angulatum	69,840	82,080	79,920	71,820	81,360	71,280	74,160	63,360	74,160	71,640	76,320	78,300	74,520	17.3
	Asteroplanus karianus	31,500	23,580	26,100	13,860	25,020	44,100	63,360	31,500	20,520	42,300	26,460	46,260	32,880	7.6
	Eucampia zodiacus	40,500	35,100	13,680	22,140	44,100	17,820	24,300	32,040	22,500	31,500	29,520	30,960	28,680	6.7
저층	*Skeletonema costatum*	95,220	97,920	112,500	75,060	76,500	57,240	42,480	22,500	21,060	39,420	40,860	41,940	60,225	47.6
	Paralia sulcata	42,660	55,980	75,960	20,880	40,320	51,300	56,160	44,460	44,280	44,460	39,240	77,040	49,395	39.0

<표 3.2.2 - 19> 4차(2020년 04월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
표층	*Skeletonema costatum*	5,760	12,600	23,760	12,960	30,600	24,840	36,000	34,020	21,960	17,820	20,160	25,560	22,170	58.4
	Paralia sulcata	900	2,700	1,440	-	1,440	2,340	1,440	23,580	-	12,420	-	-	3,855	10.2
	Prorocentrum micans	1,800	360	1,260	900	900	13,140	10,440	1,800	-	-	-	720	2,610	6.9
저층	*Skeletonema costatum*	9,540	7,740	12,060	14,760	17,640	10,800	16,740	18,360	24,300	15,480	13,500	4,500	13,785	57.4
	Prorocentrum micans	1,440	540	540	900	3,240	1,440	10,440	1,800	-	-	-	360	1,725	7.2
	Prorocentrum minimum	3,600	3,240	-	-	10,440	-	360	-	540	360	720	-	1,605	6.7
	Paralia sulcata	-	-	-	-		1,260	-	4,320	-	10,440	-	-	1,335	5.6
	Thalassiosira sp.	900	2,700	1,800	1,440	3,960	360	900	720	1,260	-	720	-	1,230	5.1

<표 3.2.2 - 20> 5차(2020년 08월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	Cryptomonads	13,292	25,107	32,017	27,137	20,498	68,554	38,610	21,279	29,377	11,678	24,877	28,729
	Skeletonema spp.	-	-	-	-	-	3,189	-	-	6,715	3,185	-	-
저층	Cryptomonads	28,884	12,800	16,100	18,104	17,708	13,017	12,069	17,904	15,010	4,680	7,885	29,912
	Paralia sulcata	-	6,400	2,300	4,115	5,903	8,135	-	5,115	-	-	-	-
	Skeletonema spp.	4,126	-	-	-	4,216	-	-	-	-	-	-	16,716

정점		ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
표층	Cryptomonads	24,944	21,603	17,550	22,315	8,233	14,580	22,206	25,962	42,343	27,807	25,850	65.3
	Skeletonema spp.	-	-	-	-	-	13,045	-	7,418	10,586	7,318	2,339	5.9
저층	Cryptomonads	12,995	5,217	11,913	4,826	17,355	42,271	11,946	14,950	8,851	19,784	15,645	49.6
	Paralia sulcata	-	-	-	7,239	6,508	6,794	10,353	-	-	2,931	2,991	9.5
	Skeletonema spp.	-	-	-	-	-	-	-	8,970	-	5,129	1,780	5.6

<표 3.2.2 - 21> 6차(2020년 11월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	Cryptomonads	31,090	38,144	9,469	33,228	32,462	31,660	46,809	26,880	14,667	35,638	27,345	28,000
	Paralia sulcata	-	-	-	-	-	-	-	7,680	-	3,099	-	7,200
저층	Cryptomonads	20,059	18,800	29,838	23,689	23,138	26,960	17,000	17,157	13,938	5,291	37,204	29,106
	Paralia sulcata	2,407	-	4,662	-	-	-	-	-	2,613	-	-	15,362

정점		ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
표층	Cryptomonads	28,646	14,880	23,845	17,137	26,125	46,230	38,884	28,787	17,116	16,764	27,900	51.8
	Paralia sulcata	4,939	-	-	-	-	2,845	-	16,574	32,521	11,662	3,933	7.3
저층	Cryptomonads	9,582	34,276	25,606	23,756	22,436	32,131	24,348	12,826	24,051	15,076	22,103	46.2
	Paralia sulcata	-	-	2,561	-	2,589	12,049	-	22,446	14,602	6,348	3,893	8.1

<표 3.2.2 - 22> 7차 추가(2021년 12월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균	비율
표층	Cryptomonads	36,138	52,955	79,729	16,200	8,410	58.3
	Paralia sulcata	8,131	18,534	5,581	3,240	1,613	11.2
	Thalassionema nitzschioides	-	12,356	17,540	-	1,359	9.4
	Coscinodiscus sp.	5,421	10,591	797	810	801	5.6
	Coscinodiscus marginatus	2,710	9,708	3,189	810	746	5.2
저층	Cryptomonads	16,454	52,747	49,988	36,730	7,087	39.3
	Paralia sulcata	13,986	43,076	25,827	13,774	4,394	24.4
	Thalassionema nitzschioides	20,567	11,428	14,996	6,428	2,428	13.5
	Coscinodiscus sp.	2,468	13,187	12,497	8,264	1,655	9.2

<표 3.2.2 - 23> 8차 추가(2022년 8월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

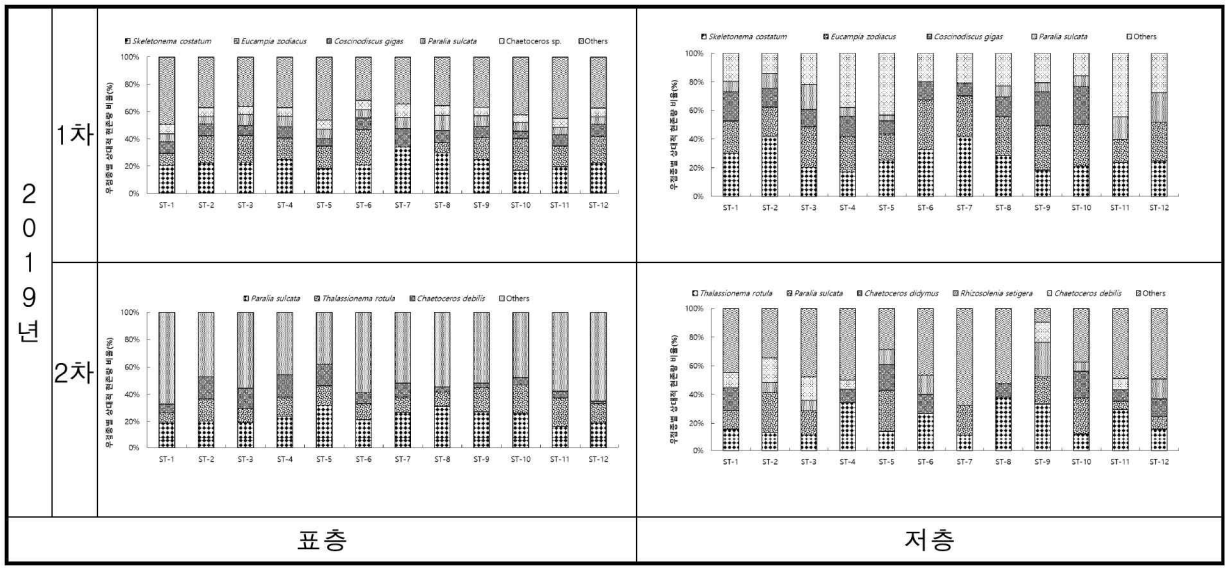
정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	ST-13	ST-14
표층	Cryptomonads	15,898	11,685	61,327	121,748	119,286	57,869	86,828	31,501	150,400	30,851	44,363	33,351	1,575	3,712
	Eucampia zodiacus		2,337	88,157	68,483	16,189	723		2,363	3,008		48,060	2,501	27,565	742
	Chatoceros didymus	795		29,130	26,632	7,668	1,447	16,642	1,575	6,768	771			1,575	2,970
	Guinardia delicatula	1,590	23,370	49,828	17,501	3,408	723	2,894	3,150	4,512	1,543	2,958	23,346	3,150	1,485
저층	Cryptomonads	77,129	194,606	148,330	175,467	91,248	43,542	137,682	47,767	72,717	214,200	47,480	104,533	31,698	83,333
	Eucampia zodiacus		27,559	37,083	15,154	34,218	2,177		3,981	18,179		30,862	747		

정점		ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균	비율
표층	Cryptomonads	38,330	27,500	143,654	172,765	123,721	140,220	32,676	84,500	48,000	78,082	80,485	200,737	74,656	47.1
	Eucampia zodiacus	25,298	103,125	35,913		69,593		3,268	3,380	96,000			2,868	23,061	14.5
	Chatoceros didymus	24,531	48,125	23,703		15,465				88,000		805		11,408	7.2
	Guinardia delicatula	19,932	15,813		3,599	11,599	8,569	7,352		16,000	2,342	6,439	3,585	9,026	5.7
저층	Cryptomonads		69,509	78,257	149,029	95,655	44,772	157,547	11,414	66,269	87,611	104,287	29,297	90,899	59.5
	Eucampia zodiacus	59,064	13,033	13,304		47,828				24,851	43,806		3,662	14,443	9.5

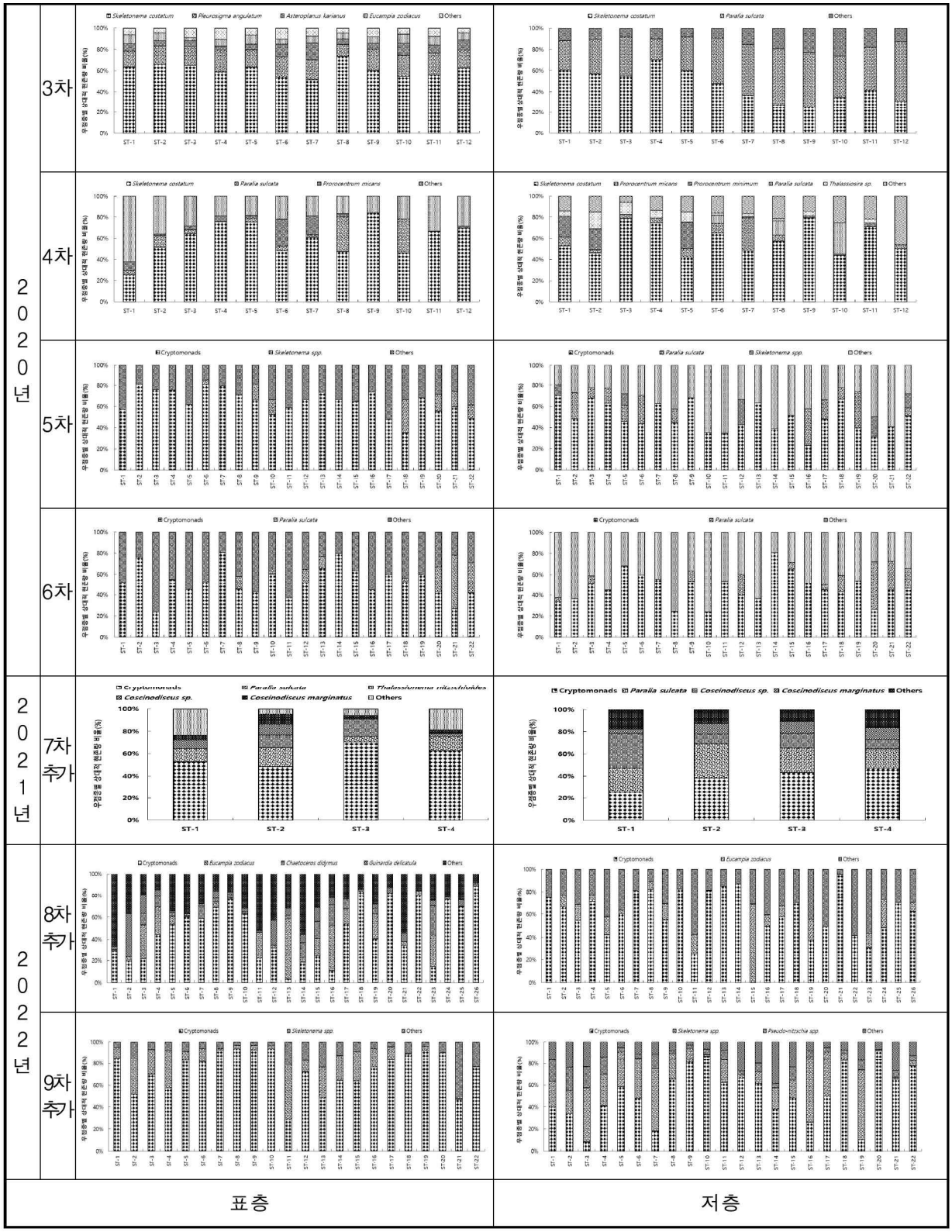
<표 3.2.2 - 24> 9차 추가(2022년 10월) 조사시 식물플랑크톤의 우점종 및 우점률(cells/L)

정점		ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
표층	Cryptomonads	1,523,093	201,939	1,289,782	942,186	550,571	872,016	1,010,370	2,175,193	1,303,439	1,147,592	60,727	188,685
	Skeletonema spp.	167,540	126,212	418,281	563,629	55,057	132,360	18,838	79,098	60,344	32,327	102,477	27,516
저층	Cryptomonads	45,431	32,229	12,101	73,350	565,593	258,680	78,120	334,170	731,733	393,762	228,000	74,167
	Skeletonema spp.	26,501	20,143	72,606	51,345	315,116	197,814	246,078	123,325	116,412	6,300	77,357	3,708
	Pseudo-nitzschia spp.	22,715	20,143	28,236	29,340	40,399	19,021	62,496	11,935	24,945	23,626	32,571	3,708

정점		ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
표층	Cryptomonads	375,030	539,374	636,312	1,321,364	1,302,600	408,148	1,815,380	526,680	71,645	307,918	713,848	79.5
	Skeletonema spp.	216,364	196,136	271,597	305,871	192,050	4,709	72,294	1,596	1,433	1,540	117,203	13.1
저층	Cryptomonads	32,144	8,140	47,150	112,848	369,957	281,232	30,832	568,871	191,825	361,054	185,823	59.1
	Skeletonema spp.	5,625	4,070	15,717	257,939	300,590	23,436	188,846		4,427	23,547	80,035	25.5
	Pseudo-nitzschia spp.	4,018	814	11,788	24,182	30,830	10,937	26,978	7,901	18,445	24,332	18,437	5.9



<그림 3.2.2 - 14> 조사시기별 식물플랑크톤의 우점종별 현존량 분포 특성



<그림 3.2.2 - 15> 조사시기별 식물플랑크톤의 우점종별 현존량 분포 특성

⑤ 생태지수 및 군집분석

○ 본 조사해역에 출현한 식물플랑크톤의 출현종 및 현존량을 이용하여 각 정점별 생태지수를 산출하였음.

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 2.29~2.77(평균 2.54)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 1.58~2.28(평균 1.88)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.79~0.87(평균 0.83), 저층에서는 0.77~0.90(평균 0.84), 종풍부도지수는 표층에서 1.66~2.28(평균 1.94), 저층에서는 0.63~1.34(평균 0.89)로 나타남.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 2.23~2.76(평균 2.52)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 1.53~2.42(평균 2.00)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.82~0.94(평균 0.88), 저층에서는 0.88~0.97(평균 0.94), 종풍부도지수는 표층에서 1.43~1.88(평균 1.68), 저층에서는 0.49~1.30(평균 0.89)로 나타남.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 1.04~1.56(평균 1.33)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.96~1.57(평균 1.22)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.34~0.51(평균 0.44), 저층에서는 0.42~0.66(평균 0.53), 종풍부도지수는 표층에서 1.30~1.65(평균 1.47), 저층에서는 0.59~0.86(평균 0.75)로 나타남.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 0.76~2.25(평균 1.38)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.76~1.74(평균 1.33)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.34~0.81(평균 0.57), 저층에서는 0.41~0.76(평균 0.60), 종풍부도지수는 표층에서 0.51~1.50(평균 0.99), 저층에서는 0.42~1.22(평균 0.81)로 나타남.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 0.85~1.93(평균 1.33)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 1.22~2.33(평균 1.67)의 범위로 조사됨. 종균

등도지수는 표층에서 0.37～0.78(평균 0.58), 저층에서는 0.51～0.88(평균 0.71), 종풍부도지수는 표층에서 0.56～1.34(평균 0.87), 저층에서는 0.68～1.49(평균 0.94)로 나타남.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 0.77～2.27(평균 1.69)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.73～2.47(평균 1.83)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.38～0.77(평균 0.63)로, 저층에서는 0.45～0.91(평균 0.69)로, 종풍부도지수는 표층에서 0.41～2.20(평균 1.27)로, 저층에서는 0.38～1.78(평균 1.25)로 나타남.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 0.39～0.81(평균 0.65)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.87～1.66(평균 1.20)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.17～0.42(평균 0.32), 저층에서는 0.46～0.72(평균 0.55), 종풍부도지수는 표층에서 1.19～1.66(평균 1.38), 저층에서는 0.97～2.01(평균 1.58)로 나타남.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 종다양싱지수는 표층에서 0.59～2.39(평균 1.60)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.24～2.55(평균 1.42)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.23～0.91(평균 0.58), 저층에서는 0.15～0.79(평균 0.52)의 , 종풍부도지수는 표층에서 0.65～1.80(평균 1.29), 저층에서는 0.33～2.20(평균 1.21)로 나타남.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 종다양성지수는 표층에서 0.35～1.93(평균 0.88)의 범위를 나타내었으며, 저층에서는 0.47～1.82(평균 1.27)의 범위로 조사됨. 종균등도지수는 표층에서 0.13～0.60(평균 0.30), 저층에서는 0.17～0.85(평균 0.47), 종풍부도지수는 표층에서 0.99～2.01(평균 1.34), 저층에서는 0.50～1.61(평균 1.22)로 나타남.

○ 1～6차, 7～9차 추가 조사결과, 정점 및 수층 간 유사한 생태학적 제지수를 나타내었으며, 식물플랑크톤 종조성 및 현존량에 따른 정점간 유사도 분석 결과,

1차 조사시 표·저층 모두 약 53.0%, 2차 조사시 표·저층 모두 약 35.0%, 3차 조사시 표·저층 모두 약 70.0%, 4차 조사시 표·저층 모두 약 38.0%, 5, 6차 조사시 표·저층 모두 약 36.0%, 7차 추가 조사 시 표층 45.1 %, 저층 58.1 %, 8차 추가 조사 시 표층 35.8 %, 저층 22.2 %, 9차 추가 조사 시 표층 54.7 %, 저층 34.4 %를 기준으로 하나의 해역으로 구분되어 조사해역은 정점 간 유사한 군집구조를 나타내는 것으로 분석되었으며, 이는 모든 정점에서 출현종조성이 유사하고 우점종의 점유율이 높아 나타난 현상이라 판단됨.

<표 3.2.2 - 25> 1차(2019년 07월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	23	8	27,840	15,520	2.71	1.80	0.86	0.87	2.15	0.73
ST-2	19	9	36,480	16,960	2.43	1.68	0.82	0.77	1.71	0.82
ST-3	22	11	34,240	19,840	2.57	1.97	0.83	0.82	2.01	1.01
ST-4	24	14	33,440	16,000	2.60	2.28	0.82	0.86	2.21	1.34
ST-5	24	12	35,040	15,840	2.77	2.24	0.87	0.90	2.20	1.14
ST-6	18	7	27,520	8,800	2.39	1.58	0.83	0.81	1.66	0.66
ST-7	18	8	24,000	13,920	2.29	1.59	0.79	0.77	1.69	0.73
ST-8	18	10	26,400	14,080	2.45	1.90	0.85	0.83	1.67	0.94
ST-9	22	8	33,280	14,880	2.57	1.78	0.83	0.86	2.02	0.73
ST-10	25	7	38,080	14,400	2.68	1.69	0.83	0.87	2.28	0.63
ST-11	19	12	29,440	18,240	2.54	2.18	0.86	0.88	1.75	1.12
ST-12	22	9	36,640	21,440	2.51	1.84	0.81	0.84	2.00	0.80
최소	18	7	24,000	8,800	2.29	1.58	0.79	0.77	1.66	0.63
최대	25	14	38,080	21,440	2.77	2.28	0.87	0.90	2.28	1.34
평균	-	-	31,867	15,827	2.54	1.88	0.83	0.84	1.94	0.89

<표 3.2.2 - 26> 2차(2019년 10월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	19	11	14,220	6,840	2.76	2.27	0.94	0.95	1.88	1.13
ST-2	17	9	13,320	5,220	2.49	2.04	0.88	0.93	1.69	0.93
ST-3	17	10	15,840	7,560	2.62	2.23	0.92	0.97	1.66	1.01
ST-4	17	10	16,560	5,760	2.45	2.03	0.86	0.88	1.65	1.04
ST-5	15	6	17,460	5,040	2.23	1.73	0.82	0.97	1.43	0.59
ST-6	17	7	20,160	5,400	2.63	1.85	0.93	0.95	1.61	0.70
ST-7	19	9	19,440	6,120	2.53	2.05	0.86	0.93	1.82	0.92
ST-8	15	6	13,860	3,780	2.37	1.65	0.88	0.92	1.47	0.61
ST-9	17	5	15,300	3,780	2.46	1.53	0.87	0.95	1.66	0.49
ST-10	17	8	16,560	5,760	2.41	1.97	0.85	0.95	1.65	0.81
ST-11	19	12	18,720	9,180	2.64	2.24	0.89	0.90	1.83	1.21
ST-12	19	13	18,000	10,260	2.70	2.42	0.92	0.94	1.84	1.30
최소	15	5	13,320	3,780	2.23	1.53	0.82	0.88	1.43	0.49
최대	19	13	20,160	10,260	2.76	2.42	0.94	0.97	1.88	1.30
평균	-	-	16,620	6,225	2.52	2.00	0.88	0.94	1.68	0.89

<표 3.2.2 - 27> 3차(2020년 01월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	20	11	467,640	156,420	1.28	1.14	0.43	0.47	1.46	0.84
ST-2	20	10	477,360	172,080	1.17	1.13	0.39	0.49	1.45	0.75
ST-3	18	10	457,200	205,020	1.26	1.04	0.44	0.45	1.30	0.74
ST-4	22	10	350,100	106,560	1.44	0.96	0.46	0.42	1.65	0.78
ST-5	19	10	497,880	127,440	1.28	1.04	0.43	0.45	1.37	0.77
ST-6	21	9	371,520	119,520	1.56	1.10	0.51	0.50	1.56	0.68
ST-7	19	9	393,480	116,640	1.50	1.29	0.51	0.58	1.40	0.69
ST-8	22	9	575,820	82,800	1.04	1.35	0.34	0.62	1.58	0.71
ST-9	21	10	370,800	84,960	1.37	1.45	0.45	0.63	1.56	0.79
ST-10	19	11	366,300	113,760	1.40	1.57	0.47	0.66	1.41	0.86
ST-11	21	10	363,960	97,740	1.45	1.39	0.48	0.60	1.56	0.78
ST-12	19	8	467,820	136,080	1.24	1.13	0.42	0.54	1.38	0.59
최소	18	8	350,100	82,800	1.04	0.96	0.34	0.42	1.30	0.59
최대	22	11	575,820	205,020	1.56	1.57	0.51	0.66	1.65	0.86
평균	-	-	429,990	126,585	1.33	1.22	0.44	0.53	1.47	0.75

<표 3.2.2 - 28> 4차(2020년 04월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	16	8	22,500	18,000	2.25	1.46	0.81	0.70	1.50	0.71
ST-2	10	10	24,480	16,740	1.63	1.63	0.71	0.71	0.89	0.93
ST-3	11	5	36,900	15,300	1.38	0.76	0.58	0.47	0.95	0.42
ST-4	6	7	17,100	19,800	0.93	0.99	0.52	0.51	0.51	0.61
ST-5	12	14	40,500	41,580	1.07	1.74	0.43	0.66	1.04	1.22
ST-6	10	8	51,840	16,560	1.56	1.28	0.68	0.62	0.83	0.72
ST-7	14	10	59,040	34,200	1.38	1.38	0.52	0.60	1.18	0.86
ST-8	12	11	71,640	32,040	1.42	1.50	0.57	0.62	0.98	0.96
ST-9	9	9	26,100	30,600	0.76	0.91	0.34	0.41	0.79	0.77
ST-10	11	11	38,700	35,280	1.41	1.50	0.59	0.63	0.95	0.96
ST-11	12	9	30,240	19,080	1.40	1.20	0.56	0.55	1.07	0.81
ST-12	13	8	36,720	9,000	1.32	1.59	0.51	0.76	1.14	0.77
최소	6	5	17,100	9,000	0.76	0.76	0.34	0.41	0.51	0.42
최대	16	14	71,640	41,580	2.25	1.74	0.81	0.76	1.50	1.22
평균	-	-	37,980	24,015	1.38	1.33	0.57	0.60	0.99	0.81

<표 3.2.2 - 29> 5차(2020년 08월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	10	11	23,262	41,261	1.58	1.23	0.69	0.51	0.90	0.94
ST-2	8	11	30,966	26,400	0.85	1.65	0.41	0.69	0.68	0.98
ST-3	7	8	42,129	23,768	0.93	1.22	0.48	0.59	0.56	0.69
ST-4	9	8	35,915	28,803	1.04	1.29	0.47	0.62	0.76	0.68
ST-5	11	9	33,110	38,788	1.46	1.61	0.61	0.73	0.96	0.76
ST-6	11	11	84,495	30,104	0.89	1.72	0.37	0.72	0.88	0.97
ST-7	9	9	48,648	19,313	0.90	1.43	0.41	0.65	0.74	0.81
ST-8	9	15	29,947	40,074	1.19	2.00	0.54	0.74	0.78	1.32
ST-9	8	8	44,484	22,120	1.18	1.24	0.57	0.59	0.65	0.70
ST-10	8	9	22,296	13,260	1.57	1.93	0.75	0.88	0.70	0.84
ST-11	11	15	42,100	22,862	1.53	2.33	0.64	0.86	0.94	1.40
ST-12	13	16	43,091	70,383	1.42	1.93	0.55	0.69	1.13	1.34
ST-13	7	8	34,016	20,638	1.04	1.36	0.53	0.65	0.58	0.70
ST-14	10	9	32,406	13,415	1.35	1.90	0.59	0.87	0.87	0.84
ST-15	8	10	27,056	23,164	1.27	1.71	0.61	0.74	0.69	0.90
ST-16	9	8	30,285	20,912	1.11	1.78	0.50	0.85	0.78	0.70
ST-17	9	10	17,212	36,155	1.73	1.68	0.78	0.73	0.82	0.86
ST-18	10	12	41,437	63,409	1.68	1.34	0.73	0.54	0.85	0.99
ST-19	12	8	32,567	30,262	1.36	1.53	0.55	0.74	1.06	0.68
ST-20	15	17	46,734	47,846	1.68	2.14	0.62	0.76	1.30	1.49
ST-21	16	11	71,074	21,727	1.57	1.97	0.57	0.82	1.34	1.00
ST-22	15	12	57,080	38,835	1.93	1.75	0.71	0.71	1.28	1.04
최소	7	8	17,212	13,260	0.85	1.22	0.37	0.51	0.56	0.68
최대	16	17	84,495	70,383	1.93	2.33	0.78	0.88	1.34	1.49
평균	-	-	39,560	31,523	1.33	1.67	0.58	0.71	0.87	0.94

<표 3.2.2 - 30> 6차(2020년 11월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	20	19	59,593	59,373	2.00	2.42	0.67	0.82	1.73	1.64
ST-2	14	19	50,015	51,277	1.15	2.21	0.44	0.75	1.20	1.66
ST-3	11	15	39,771	58,740	1.77	1.86	0.74	0.69	0.94	1.28
ST-4	15	12	60,333	52,844	1.75	1.72	0.65	0.69	1.27	1.01
ST-5	18	12	72,054	33,878	2.01	1.37	0.69	0.55	1.52	1.06
ST-6	17	13	60,148	45,199	1.88	1.60	0.66	0.62	1.45	1.12
ST-7	11	13	57,872	30,600	0.92	1.75	0.38	0.68	0.91	1.16
ST-8	17	16	59,136	70,263	1.99	2.10	0.70	0.76	1.46	1.34
ST-9	17	11	34,464	26,132	2.18	1.72	0.77	0.72	1.53	0.98
ST-10	16	15	58,881	22,047	1.66	2.47	0.60	0.91	1.37	1.40
ST-11	22	16	73,683	69,663	2.27	1.65	0.73	0.59	1.87	1.35
ST-12	17	20	54,400	73,581	1.90	2.12	0.67	0.71	1.47	1.70
ST-13	8	10	43,464	26,132	1.24	1.88	0.60	0.82	0.66	0.88
ST-14	5	5	18,600	42,394	0.77	0.73	0.48	0.45	0.41	0.38
ST-15	11	10	37,473	39,264	1.45	1.39	0.61	0.60	0.95	0.85
ST-16	12	17	38,560	45,977	1.67	1.87	0.67	0.66	1.04	1.49
ST-17	16	19	43,543	50,052	1.72	2.21	0.62	0.75	1.40	1.66
ST-18	26	21	87,477	74,706	2.11	2.18	0.65	0.71	2.20	1.78
ST-19	13	15	64,805	45,221	1.57	1.86	0.61	0.69	1.08	1.31
ST-20	16	11	67,168	48,902	1.88	1.60	0.68	0.67	1.35	0.93
ST-21	13	16	63,333	53,256	1.53	1.78	0.60	0.64	1.09	1.38
ST-22	13	12	40,090	32,530	1.75	1.81	0.68	0.73	1.13	1.06
최소	5	5	18,600	22,047	0.77	0.73	0.38	0.45	0.41	0.38
최대	26	21	87,477	74,706	2.27	2.47	0.77	0.91	2.20	1.78
평균	-	-	53,857	47,820	1.69	1.83	0.63	0.69	1.27	1.25

<표 3.2.2 - 31> 7차 추가(2021년 12월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

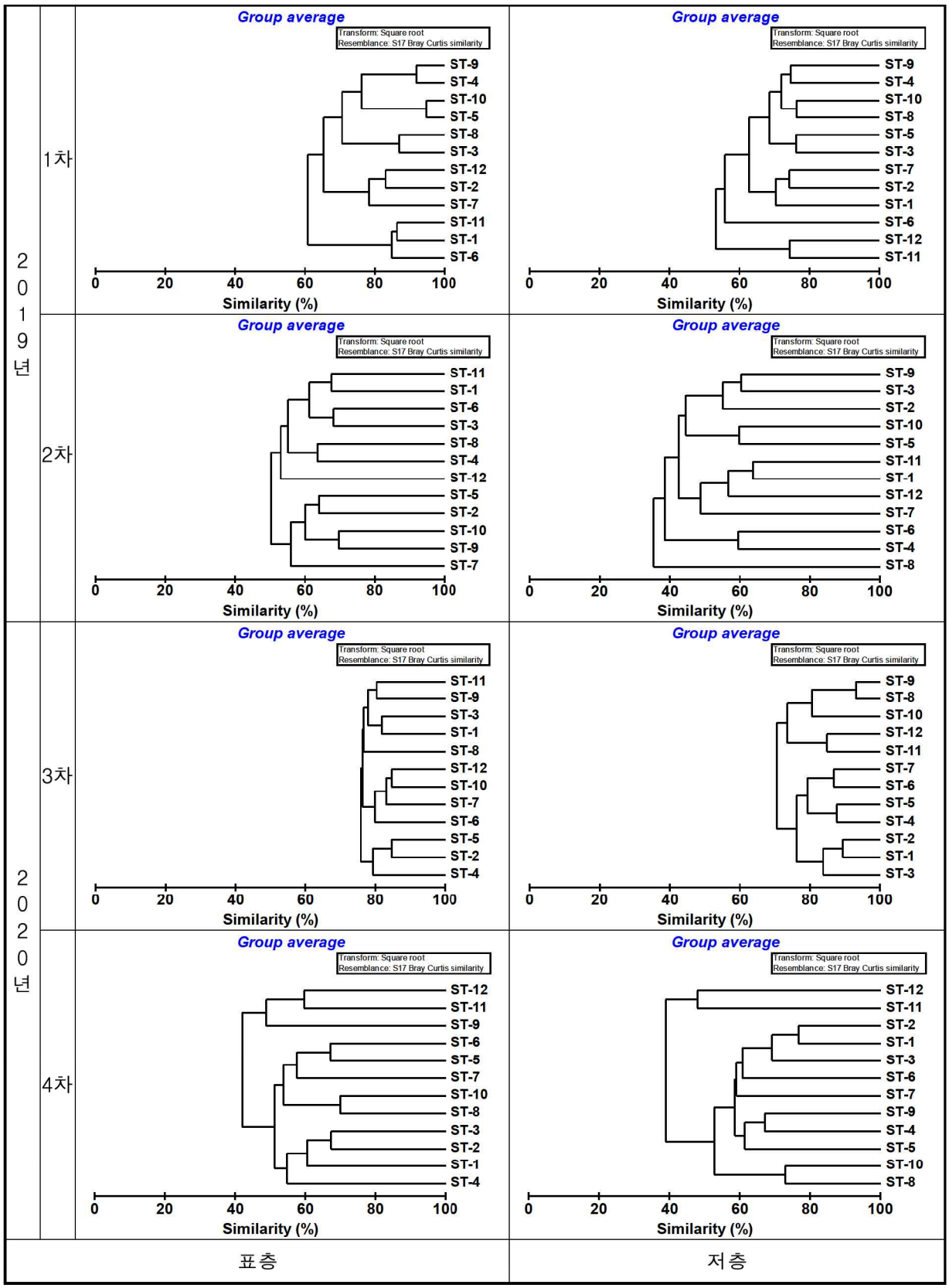
구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-23	10	6	223	176	0.69	0.87	0.30	0.49	1.66	0.97
ST-24	6	10	67	114	0.72	1.25	0.40	0.54	1.19	1.90
ST-25	10	9	644	245	0.39	1.01	0.17	0.46	1.39	1.45
ST-26	7	10	106	88	0.81	1.66	0.42	0.72	1.29	2.01
최소	6	6	67	88	0.39	0.87	0.17	0.46	1.19	0.97
최대	10	10	644	245	0.81	1.66	0.42	0.72	1.66	2.01
평균	-	-	260	156	0.65	1.20	0.32	0.55	1.38	1.58

<표 3.2.2 - 32> 8차 추가(2022년 8월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

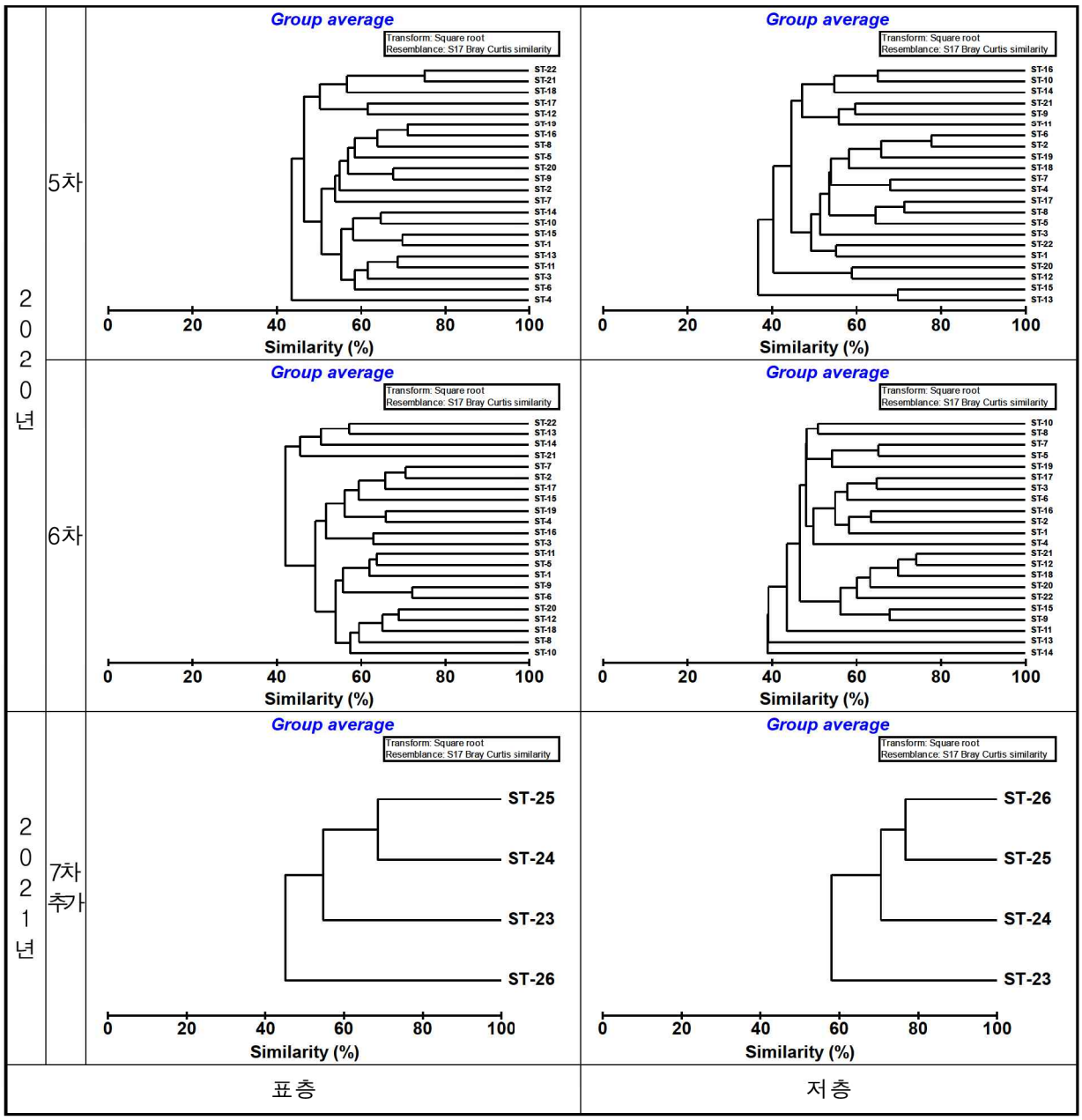
구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	11	11	54,053	103,353	1.68	1.06	0.70	0.44	0.92	0.87
ST-2	11	24	59,204	291,913	1.75	1.43	0.73	0.45	0.91	1.83
ST-3	16	18	281,339	270,705	1.89	1.66	0.68	0.57	1.20	1.36
ST-4	23	18	273,935	246,455	1.75	1.31	0.56	0.45	1.76	1.37
ST-5	23	27	222,381	215,951	1.82	2.18	0.58	0.66	1.79	2.12
ST-6	19	11	95,482	71,844	1.57	1.50	0.53	0.62	1.57	0.89
ST-7	16	17	147,609	169,811	1.50	0.93	0.54	0.33	1.26	1.33
ST-8	8	7	45,677	58,116	1.20	0.76	0.58	0.39	0.65	0.55
ST-9	20	17	197,024	131,616	1.18	1.69	0.39	0.60	1.56	1.36
ST-10	16	14	48,591	258,689	1.62	0.87	0.58	0.33	1.39	1.04
ST-11	23	20	198,891	184,379	2.34	2.36	0.75	0.79	1.80	1.57
ST-12	15	16	103,389	129,175	1.97	0.97	0.73	0.35	1.21	1.28
ST-13	10	6	49,617	37,244	1.61	0.65	0.70	0.36	0.83	0.48
ST-14	14	7	20,042	95,833	2.39	0.57	0.91	0.29	1.31	0.52
ST-15	20	8	156,387	85,842	2.29	0.94	0.77	0.45	1.59	0.62
ST-16	18	18	250,253	139,018	1.96	1.98	0.68	0.68	1.37	1.44
ST-17	22	21	265,762	135,387	1.71	1.75	0.55	0.58	1.68	1.69
ST-18	18	15	205,161	212,365	0.84	1.23	0.29	0.45	1.39	1.14
ST-19	21	23	306,211	259,066	1.91	2.24	0.63	0.71	1.58	1.77
ST-20	14	15	169,822	91,034	0.85	1.76	0.32	0.65	1.08	1.23
ST-21	10	5	94,763	165,425	1.85	0.24	0.80	0.15	0.79	0.33
ST-22	10	11	103,935	27,394	0.84	1.82	0.37	0.76	0.78	0.98
ST-23	23	28	328,800	212,888	2.09	2.55	0.67	0.77	1.73	2.20
ST-24	11	19	102,261	181,061	1.05	1.73	0.44	0.59	0.87	1.49
ST-25	18	16	115,900	148,984	1.39	1.27	0.48	0.46	1.46	1.26
ST-26	13	9	225,831	46,874	0.59	1.35	0.23	0.61	0.97	0.74
최소	8	5	20,042	27,394	0.59	0.24	0.23	0.15	0.65	0.33
최대	23	28	328,800	291,913	2.39	2.55	0.91	0.79	1.80	2.20
평균	-	-	158,551	152,709	1.60	1.42	0.58	0.52	1.29	1.21

<표 3.2.2 - 33> 9차 추가(2022년 10월) 조사시 식물플랑크톤의 수층 및 정점별 생태지수

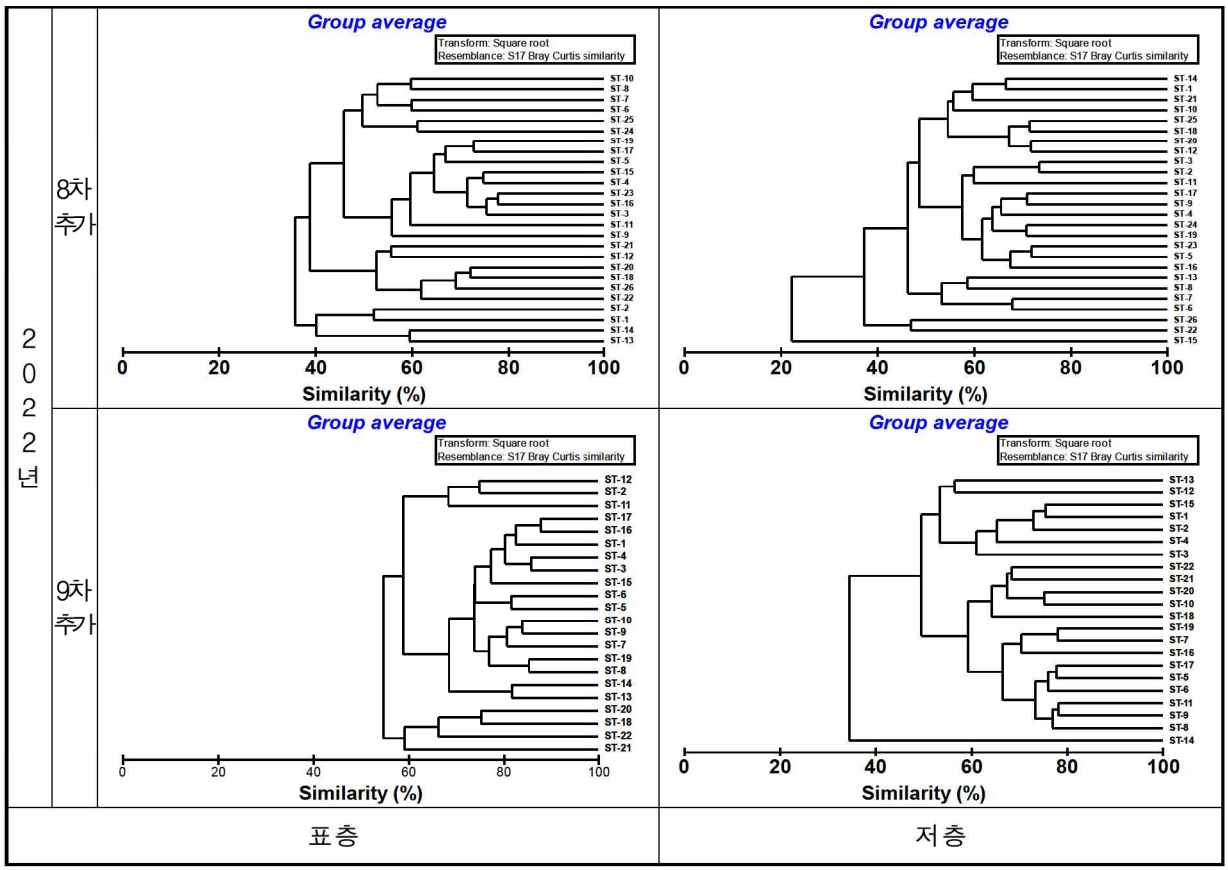
구분	출현종수		현존량(cells/L)		종다양성지수		종균등도지수		종풍부도지수	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
ST-1	19	13	1,785,067	113,575	0.60	1.66	0.20	0.65	1.25	1.03
ST-2	22	13	389,450	95,077	1.34	1.82	0.43	0.71	1.63	1.05
ST-3	17	12	1,809,814	146,825	0.89	1.67	0.31	0.67	1.11	0.92
ST-4	21	14	1,639,568	178,245	1.05	1.52	0.35	0.58	1.40	1.08
ST-5	21	20	663,049	970,396	0.79	1.08	0.26	0.36	1.49	1.38
ST-6	18	21	1,067,444	536,382	0.71	1.32	0.25	0.43	1.23	1.52
ST-7	19	18	1,102,002	434,346	0.43	1.40	0.15	0.49	1.29	1.31
ST-8	16	20	2,323,108	510,808	0.35	1.09	0.13	0.36	1.02	1.45
ST-9	15	12	1,405,623	899,700	0.37	0.70	0.14	0.28	0.99	0.80
ST-10	16	15	1,222,748	452,829	0.35	0.65	0.13	0.24	1.07	1.08
ST-11	17	18	207,228	365,611	1.54	1.21	0.54	0.42	1.31	1.33
ST-12	15	19	261,798	111,992	1.08	1.56	0.40	0.53	1.12	1.55
ST-13	22	12	773,138	52,237	1.47	1.47	0.48	0.59	1.55	1.01
ST-14	20	6	838,479	21,164	1.15	1.52	0.38	0.85	1.39	0.50
ST-15	19	13	995,596	97,445	1.03	1.67	0.35	0.65	1.30	1.05
ST-16	21	19	1,727,561	429,628	0.82	1.21	0.27	0.41	1.39	1.39
ST-17	16	19	1,560,615	738,371	0.63	1.12	0.23	0.38	1.05	1.33
ST-18	21	17	459,168	340,602	0.64	0.81	0.21	0.29	1.53	1.26
ST-19	19	21	1,963,983	297,533	0.41	1.43	0.14	0.47	1.24	1.59
ST-20	20	17	584,934	618,646	0.56	0.47	0.19	0.17	1.43	1.20
ST-21	25	18	152,599	292,905	1.93	1.40	0.60	0.48	2.01	1.35
ST-22	23	22	402,607	466,234	1.14	1.07	0.37	0.35	1.71	1.61
최소	15	6	152,599	21,164	0.35	0.47	0.13	0.17	0.99	0.50
최대	25	22	2,323,108	970,396	1.93	1.82	0.60	0.85	2.01	1.61
평균	-	-	1,060,708	371,389	0.88	1.27	0.30	0.47	1.34	1.22



<그림 3.2.2 - 16> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층별 군집분석 결과



<그림 3.2.2 - 17> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층별 군집분석 결과



<그림 3.2.2 - 18> 조사시기별 식물플랑크톤의 수층별 군집분석 결과

⑥ 문헌자료와 현황조사 자료 비교·분석

○ 본 사업과 관련하여 인근 해역의 식물플랑크톤 변화추이를 분석하기 위해서 인근 해역에서 수행한 『영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청』를 이용하였으며 조사시기별 출현종수, 현존량 및 우점종을 파악하여 제시하였음.

○ 현황조사에서 출현한 식물플랑크톤은 총 19~63종으로, 현존량은 평균 16,620~1,060,708cells/L, 우점종은 규조류 Skeletonema costatum, Paralia sulcata, 은편모조류 Cryptomonads 등이 주요 우점종으로 출현함.

○ 문헌조사에서 출현한 어류 및 수산자원은 총 28~38종의 범위를 나타내었으며, 출현량은 296~1,254 개체/㎥로 우점종은 요각류인 Acartia ohtsukai, Acartia hongi, Copepodite Acartia, 연갑류인 Decapoda zoea, 원생동물인 Noctiluca

scintillans 등이 주요 우점종으로 출현함.

○ 현황조사와 문헌조사 결과, 출현종수와 현존량 결과 범위가 유사한 특징을 나타내었으며, 우점종 또한 유사한 분포 특성을 나타냄.

<표 3.2.2 - 34> 식물플랑크톤 비교·분석 결과

조사시기		수층	출현종수	평균현존량(cells/L)	우점종
문헌자료	2018년 08월	표층	54종	126cells/mL	*Chaetoceros debilis* *Eucampia zodiacus* *Cryptomonads*
		저층	67종	239cells/mL	
	2018년 11월	표층	58종	64cells/mL	*Cryptomonads* *Paralia sulcata* *Chaetoceros debilis*
		저층	60종	42cells/mL	
	2019년 02월	표층	48종	68cells/mL	*Cryptomonads* *Paralia sulcata* *Skeletonema spp.* *Thalassionema nitzschioides*
		저층	44종	60cells/mL	
	2019년 05월	표층	57종	70cells/mL	*Thalassionema nitzschioides* *Paralia sulcata* *Skeletonema spp.* *Thalassiosira sp.2* *Cryptomonads*
		저층	48종	28cells/mL	
현황조사	2019년 08월	표층	34종	31,867	*Paralia sulcata, Thalassionema rotula*
		저층	21종	15,827	
	2019년 10월	표층	36종	16,620	*Paralia sulcata, Thalassionema rotula*
		저층	23종	6,225	
	2020년 01월	표층	40종	429,990	*Skeletonema costatum*
		저층	19종	126,585	
	2020년 04월	표층	32종	37,980	*Skeletonema costatum*
		저층	26종	24,015	
	2020년 08월	표층	41종	39,560	Cryptomonads
		저층	43종	31,523	
	2020년 11월	표층	50종	53,857	Cryptomonads
		서층	43종	47,820	
	2021년 12월	표층	19종	260	Cryptomonads
		저층	20종	156	
	2022년 08월	표층	63종	158,551	Cryptomonads
		저층	59종	152,709	
	2022년 10월	표층	53종	1,060,708	Cryptomonads
		저층	56종	371,389	

자료) 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청

⑦ 조사시기 별 식물플랑크톤의 출현종수, 현존량 및 우점종

○ 대체로 3분기와 4분기에 주로 조사가 수행되었으며, 은편모조류와 규조류가 주요 우점종으로 출현하는 군집분포를 나타내었음.

<표 3.2.2 - 35> 조사시기 별 식물플랑크톤의 출현종수, 현존량 및 우점종

조사시기		분기 별	수층	출현종수	평균 현존량(cells/L)	우점종
2019년	07월	3분기	표층	34종	31,867	*Paralia sulcata, Thalassionema rotula*
			저층	21종	15,827	
	10월	4분기	표층	36종	16,620	*Paralia sulcata, Thalassionema rotula*
			저층	23종	6,225	
2020년	01월	1분기	표층	40종	429,990	*Skeletonema costatum*
			저층	19종	126,585	
	04월	2분기	표층	32종	37,980	*Skeletonema costatum*
			저층	26종	24,015	
	08월	3분기	표층	41종	39,560	Cryptomonads
			저층	43종	31,523	
	11월	4분기	표층	50종	53,857	Cryptomonads
			저층	43종	47,820	
2021년	12월	4분기	표층	19종	260	Cryptomonads
			저층	20종	156	
2022년	08월	3분기	표층	63종	158,551	Cryptomonads
			저층	59종	152,709	
	10월	4분기	표층	53종	1,060,708	Cryptomonads
			저층	56종	371,389	

1) 동물플랑크톤

① 종조성 및 출현종수

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 9개 분류군, 총 24종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 14종이 출현하여 전체 출현종수의 58.2%를 차지하였고, 다음으로 모악동물과 척색동물이 각각 2종(8.3%), 그 외 분류군(만각류, 십각류, 단각류, 연체동물, 환형동물, 극피동물)이 각각 1종(4.2%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 11~16종의 범위를 나타냄.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 11개 분류군, 총 22종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 11종이 출현하여 전체 출현종수의 50.4%를 차지하였고, 다음으로 척색동물이 2종(9.1%), 그 외 분류군(모악동물, 십각류, 원생동물, 연체동물, 자포동물, 만각류, 환형동물, 극피동물, 단각류)이 각각 1종(4.5%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 10~16종의 범위를 나타냄.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 10개 분류군, 총 21종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 12종이 출현하여 전체 출현종수의 56.8%를 차지하였고, 그 외 분류군(단각류, 십각류, 원생동물, 연체동물, 극피동물, 환형동물, 척색동물, 만각류, 모악동물)이 각각 1종(4.8%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 10~16종의 범위를 나타냄.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 10개 분류군, 총 19종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 8종이 출현하여 전체 출현종수의 41.8%를 차지하였고, 다음으로 척삭동물이 3종(15.8%), 그 외 분류군(원생동물, 연체동물, 만각류, 극피동물, 단각류, 십각류, 환형동물, 모악동물)이 각각 1종(5.3%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 8~12종의 범위를 나타냄.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 9개 분류군, 총 31종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 17종이 출현하여 전체 출현 종수의 55.0%를 차지하였고, 다음으로 모악동물과 연갑류가 각각 4종(12.9%), 그 외 분류군(원생동물, 자포동물, 환형동물, 지각류, 만각류, 척색동물)이 각각 1종(3.2%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 8~23종의 범위를 나타냄.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 11개 분류군, 총 40종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 23종이 출현하여 전체 출현 종수의 57.5%를 차지하였고, 다음으로 연갑류가 5종(12.5%), 모악동물이 4종(10.0%), 그 외 분류군(원생동물, 자포동물, 환형동물, 지각류, 만각류, 연체동물, 척색동물, 극피동물)이 각각 1종(2.5%)씩 출현함.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 출헌한 동물플랑크톤은 총 5개 분류군, 총 23종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 12종이 출현하여 전체 출현종수의 52.3%를 자지하였고, 다음으로 연갑류가 5종(21.7%), 모악동물이 4종(17.4%), 환형동물과 만각류가 각각 1종(4.3%)씩 출현함.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 8개 분류군, 총 36종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 16종이 출현하여 전체 출현종수의 44.1%를 자지하였고, 다음으로 연갑류가 6종(16.7%), 자포동물, 모악동물, 지각류, 만각류 및 척색동물이 각각 2종(5.6%), 원생동물, 환형동물, 연체동물 및 극피동물이 각각 1종(2.8%)씩 출현함.

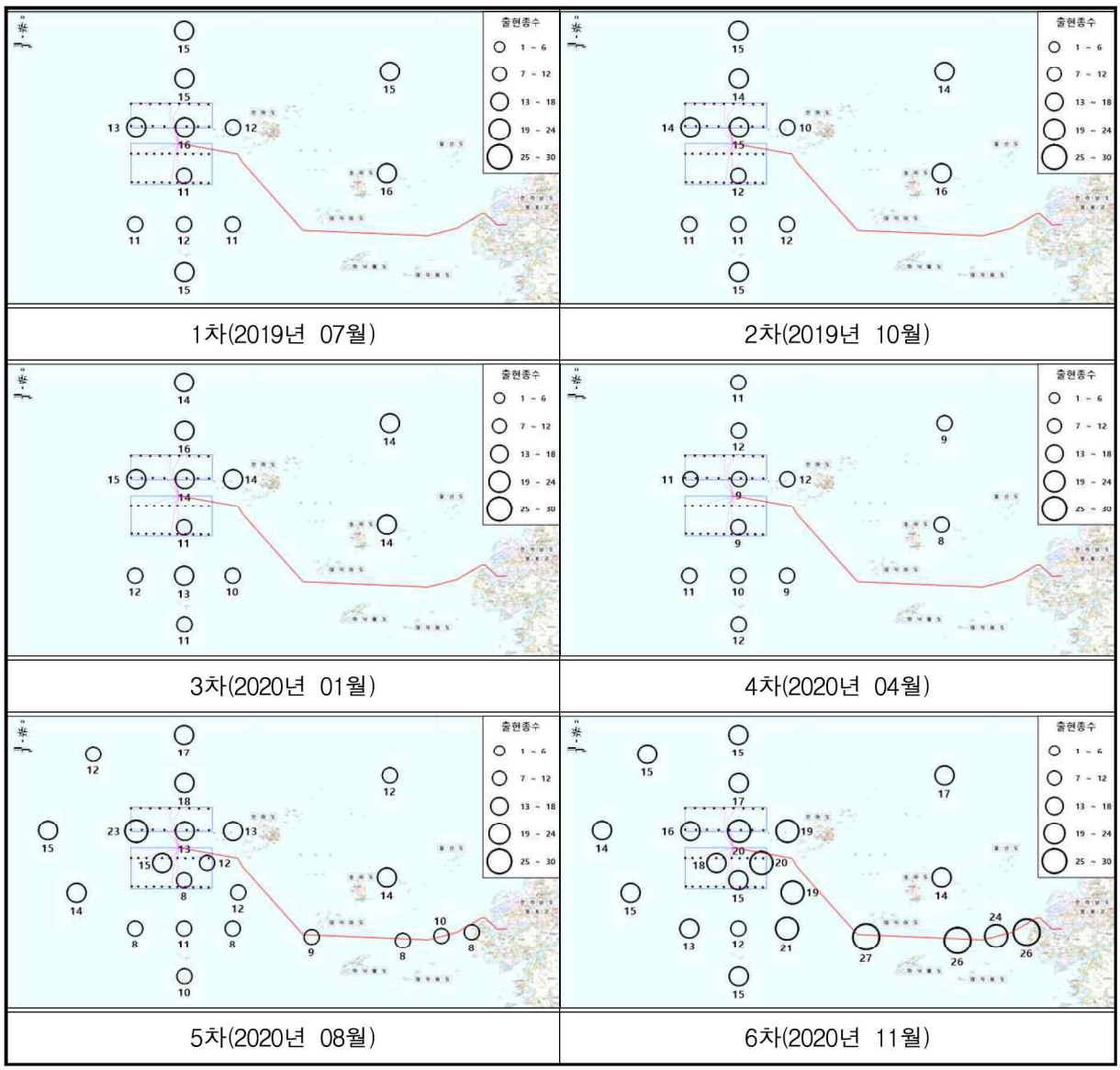
○ 정점별 출현종수 조사결과, 11~24종의 범위를 나타냄.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 7개 분류군, 총 42종이 출현하였으며, 이 중 절지동물에 속하는 요각류가 20종이 출현하여 전체 출현종수의 47.5%를 차지하였고, 다음으로 연갑류가 8종(19.0%), 모악동물이 4종(9.5%), 자포동물, 지각류 및 만각류가 각각 2종(4.8%)씩, 원생동물, 환형

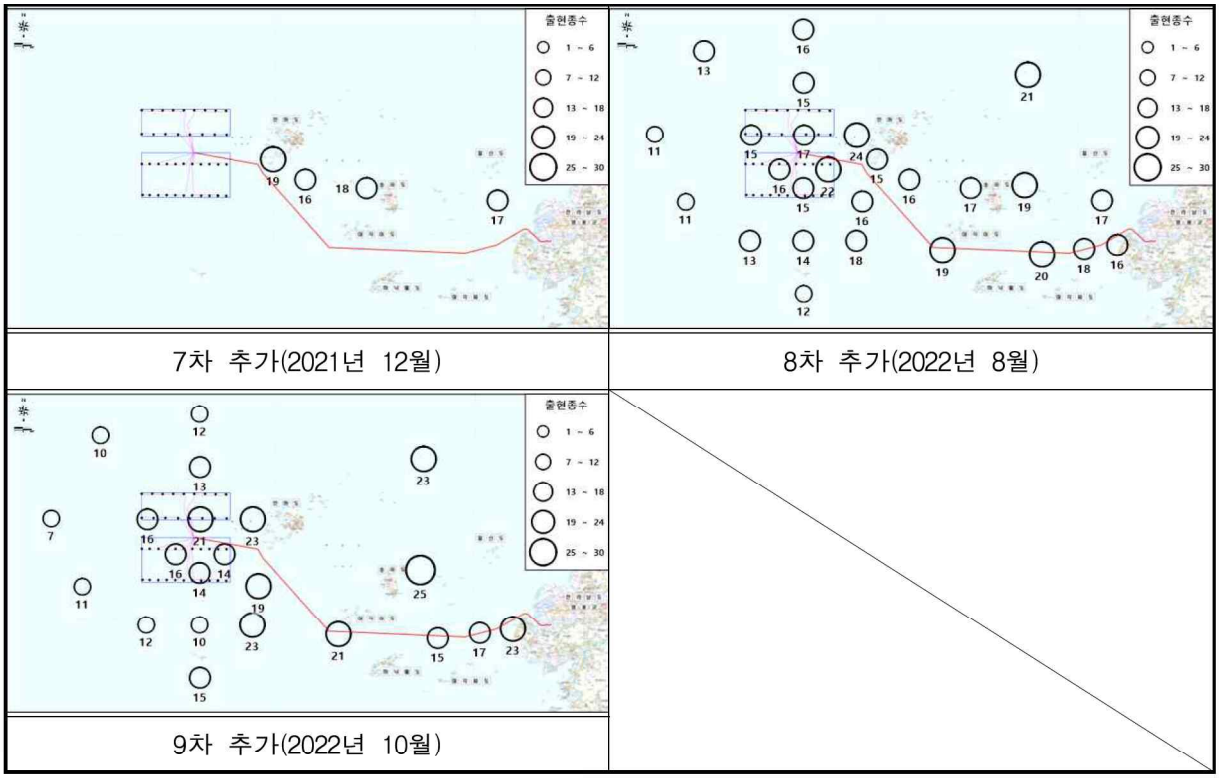
동물, 연체동물 및 척색동물이 각각 1종(2.4%)씩 출현함.

○ 정점별 출현종수 조사결과, 7~25 종의 범위를 나타냄.

○ 1~6차, 추가 조사결과, 정점간 차이는 크지 않은 것으로 조사되었으며, 절지동물의 요각류가 주요 분류군으로 출현하여 조사시기별 유사한 군집구조를 나타내는 것으로 조사됨.



<그림 3.2.2 - 19> 조사시기별 동물플랑크톤의 정점별 출현종수

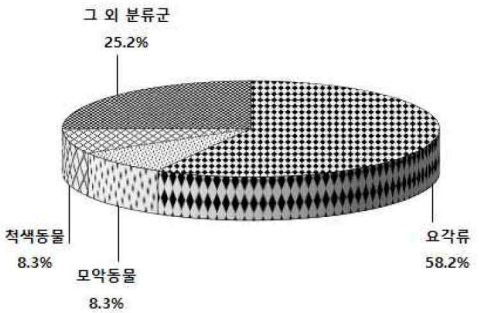


7차 추가(2021년 12월) | 8차 추가(2022년 8월)

9차 추가(2022년 10월)

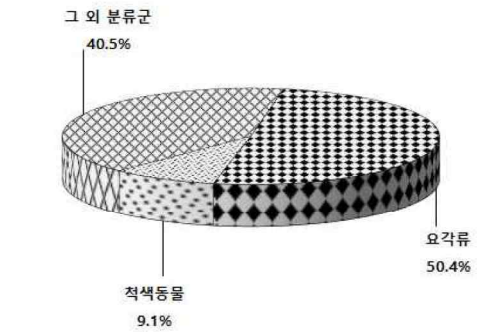
<그림 3.2.2 - 8 > 조사시기별 동물플랑크톤의 정점별 출현종수

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	14	58.2
모악동물	2	8.3
척색동물	2	8.3
그 외 분류군	6	25.2
합계	24	100.0



1차(2018년 08월)

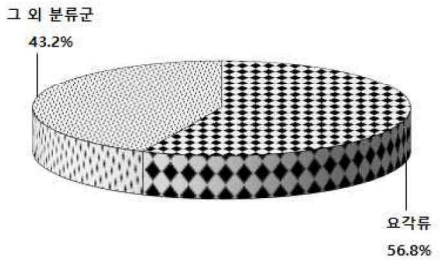
분류군	출현종수	비율(%)
요각류	11	50.4
척삭동물	2	9.1
그 외 분류군	9	40.5
합계	22	100.0



2차(2019년 10월)

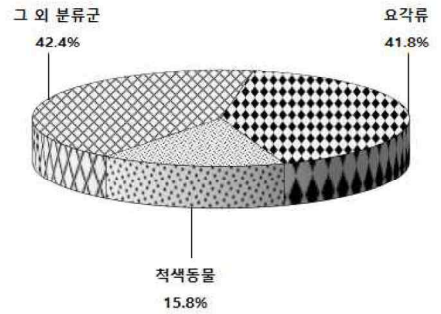
<그림 3.2.2 - 20> 조사시기별 동물플랑크톤의 분류군별 종조성

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	12	56.8
그 외 분류군	9	43.2
합계	21	100.0



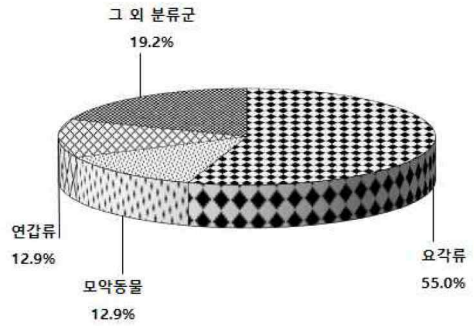
3차(2020년 01월)

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	8	41.8
척삭동물	3	15.8
그 외 분류군	8	42.4
합계	19	100.0



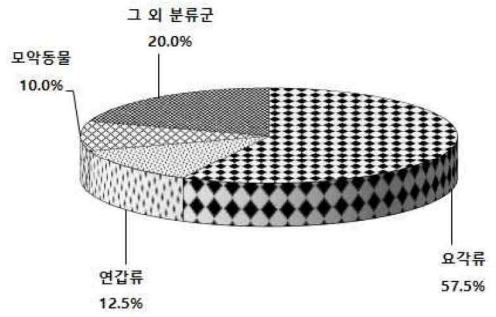
4차(2020년 04월)

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	17	55.0
모악동물	4	12.9
연갑류	4	12.9
그 외 분류군	6	19.2
합계	31	100.0



5차(2020년 08월)

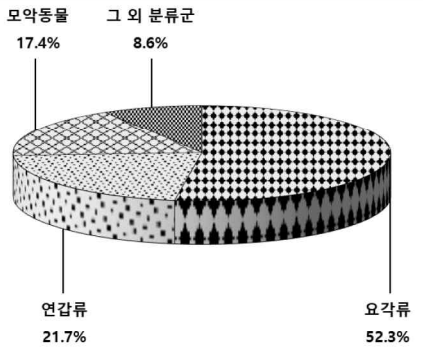
분류군	출현종수	비율(%)
요각류	23	57.5
연갑류	5	12.5
모악동물	4	10.0
그 외 분류군	8	20.0
합계	40	100.0



6차(2020년 11월)

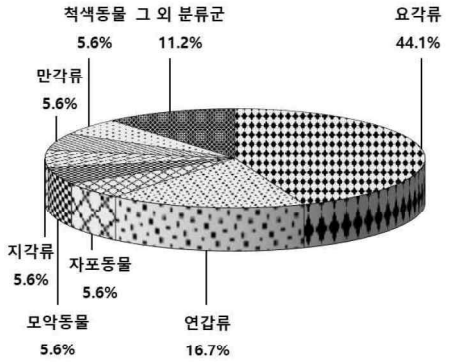
<그림 3.2.2 - 21> 조사시기별 동물플랑크톤의 분류군별 종조성

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	12	52.3
연갑류	5	21.7
모악동물	4	17.4
그 외 분류군	2	8.6
합계	23	100.0



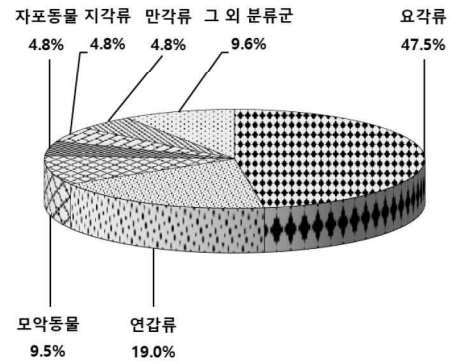
7차 추가(2021년 12월)

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	16	44.1
연갑류	6	16.7
자포동물	2	5.6
모악동물	2	5.6
지각류	2	5.6
만각류	2	5.6
척색동물	2	5.6
그 외 분류군	4	11.2
합계	36	100.0



8차 추가(2022년 8월)

분류군	출현종수	비율(%)
요각류	20	47.5
연갑류	8	19.0
모악동물	4	9.5
자포동물	2	4.8
지각류	2	4.8
만각류	2	4.8
그 외 분류군	4	9.6
합계	42	100.0



9차 추가(2022년 10월)

<그림 3.2.2 - 22> 조사시기별 동물플랑크톤의 분류군별 종조성

② 출현량

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 699 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 574 개체/㎥로 전체 출현량의 82.2%를 차지하였고, 다음으로 모악동물이 74 개체/㎥(10.6%), 연체동물이 41 개체/㎥(5.9%), 그 외 분류군(만각류, 십각류, 극피동물, 척색동물, 환형동물, 단각류)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 480~1,128 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 1,084 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 719 개체/㎥로 전체 출현량의 66.3%를 차지하였고, 다음으로 원생동물이 215 개체/㎥(19.8%), 모악동물이 73 개체/㎥(6.7%), 그 외 분류군(연체동물, 십각류, 자포동물, 만각류, 극피동물, 환형동물, 척색동물, 단각류)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 719~1,615 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 1,509 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 853 개체/㎥로 전체 출현량의 56.5%를 차지하였고, 다음으로 원생동물이 571 개체/㎥(37.8%), 그 외 분류군(십각류, 연체동물, 단각류, 극피동물, 환형동물, 만각류, 척색동물, 모악동물)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 1,185~1,976 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 656 개체/㎥이있으며, 이 중 요각류가 평균 356 개체/㎥로 전체 출현량의 54.2%를 차지하였고, 다음으로 원생동물이 241 개체/㎥(36.7%), 연체동물이 41 개체/㎥(6.3%), 그 외 분류군(척색동물, 만각류, 극피동물, 단각류, 환형동물, 십각류, 모악동물)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 305~1,560 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 556 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 365 개체/㎥로 전체 출현량의 65.7%를 차지하였고, 다음으로 원생동물이 113 개체/㎥(20.3%), 모악동물이 36 개체/㎥(6.5%), 연갑류가 33 개체/㎥(5.9%), 그 외 분류군(만각류, 척색동물, 자포동물, 환형동물, 지각류)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 29~2,548 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 241 개체/㎥이었으며, 이 중 원생동물이 평균 130 개체/㎥로 전체 출현량의 54.0%를 차지하였고, 다음으로 요각류가 93 개체/㎥(38.6%), 그 외 분류군(모악동물, 만각류, 자포동물, 지각류, 연갑류, 척색동물, 환형동물, 연체동물, 극피동물)은 5.0% 미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 312 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 228 개체/㎥로 전체 출현량의 73.2 %를 차지하였고, 다음으로 모악동물이 70 개체/㎥(22.4 %), 그 외 분류군(연갑류, 환형동물, 만각류)은 5.0 %미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 105～650 개체/㎥의 범위를 나타냄.

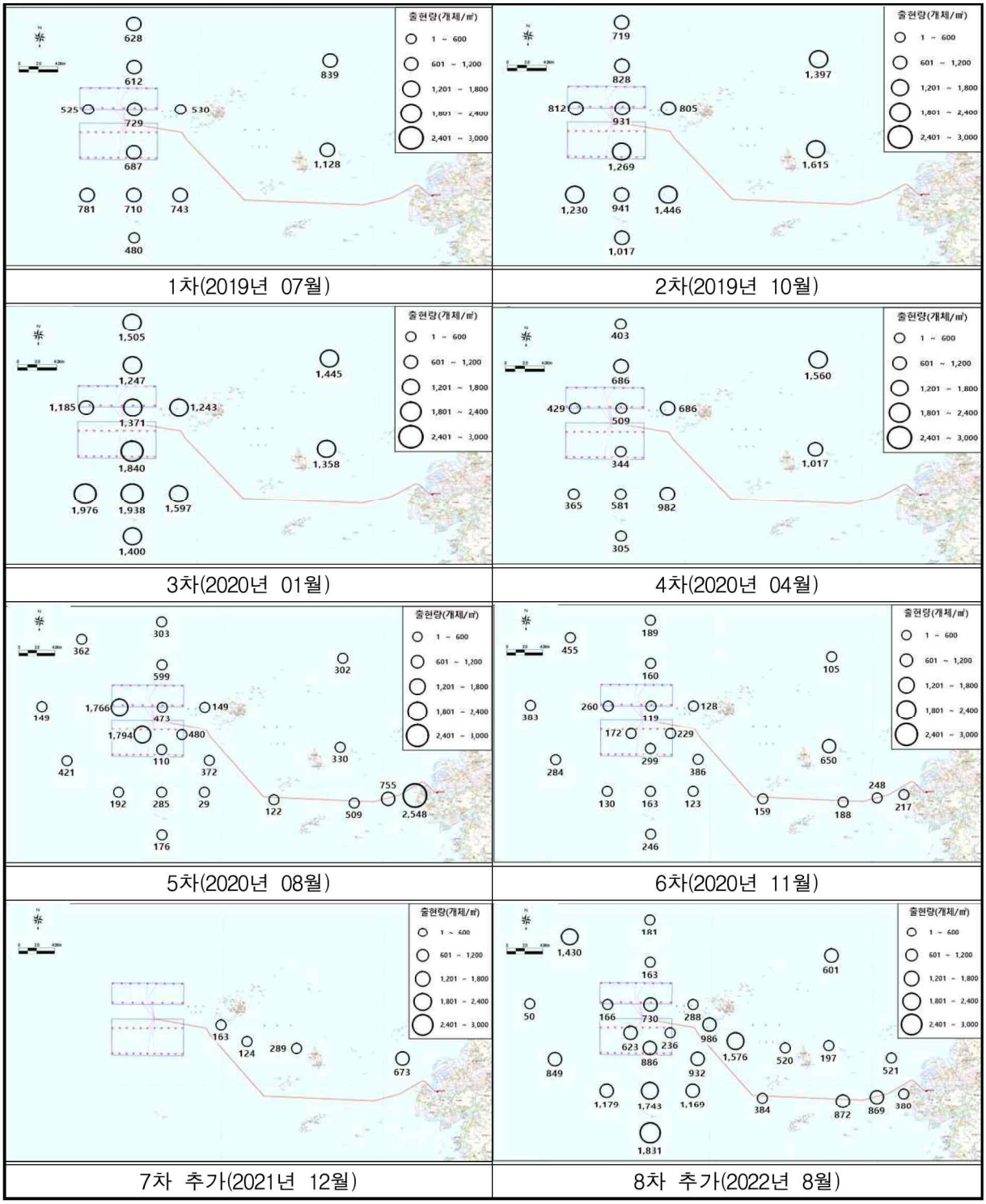
○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 745 개체/㎥이었으며, 이 중 요각류가 평균 566 개체/㎥로 전체 출현량의 76.1 %를 차지하였고, 다음으로 원생동물이 64 개체/㎥(8.6 %), 척색동물이 52 개체/㎥(87.0 %), 그 외 분류군(연갑류, 만각류, 지각류, 모악동물, 자포동물, 연체동물, 환형동물, 극피동물)은 5.0 %미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 50～1,831 개체/㎥의 범위를 나타냄.

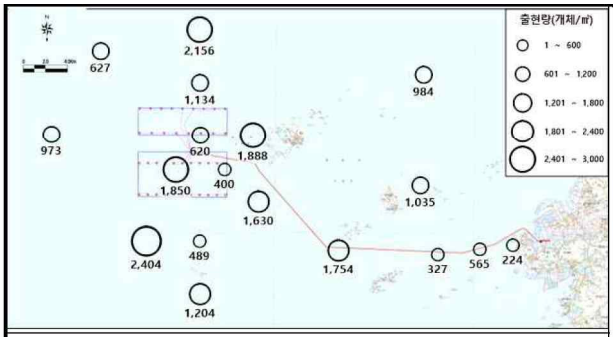
○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 동물플랑크톤 평균 출현량은 1,761 개체/㎥이었으며, 이 중 원생동물이 평균 1,648 개체/㎥로 전체 출현량의 93.6 %를 차지하였고, 그 외 분류군(요각류, 만각류, 척색동물, 모악동물, 지각류, 연갑류, 자포동물, 환형동물, 연체동물)은 5.0 %미만의 낮은 출현율을 나타냄.

○ 정점별 출현량 조사결과, 224～8,165 개체/㎥의 범위를 나타냄.

○ 1～6차, 7～9차 추가 조사결과, 정점 간 차이는 크지 않은 것으로 조사되었으며, 절지동물에 속하는 요각류와 원생동물이 주요 분류군으로 출현하여 조사시기별 유사한 군집구조를 나타내는 것으로 조사됨.



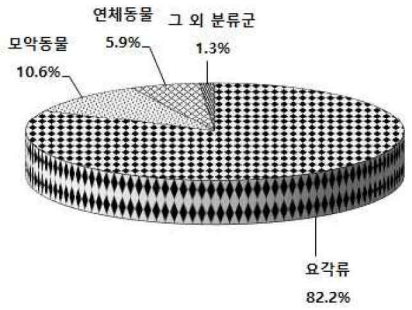
<그림 3.2.2 - 23> 조사시기별 동물플랑크톤의 정점별 출현량



9차 추가(2022년 10월)

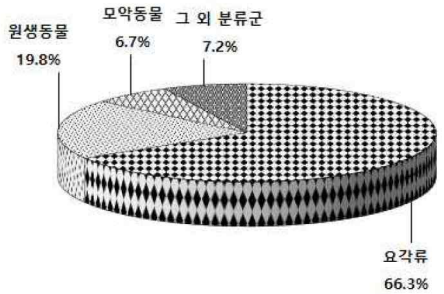
<그림 3.2.2 - 24> 조사시기별 동물플랑크톤의 정점별 출현량

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	574	82.2
모악동물	74	10.6
연체동물	41	5.9
그 외 분류군	10	1.3
합계	699	100.0



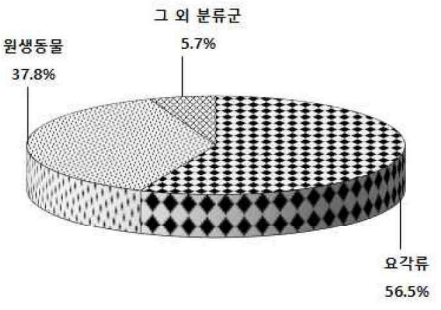
1차(2019년 07월)

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	719	66.3
원생동물	215	19.8
모악동물	73	6.7
그 외 분류군	77	7.2
합계	1,084	100.0



2차(2019년 10월)

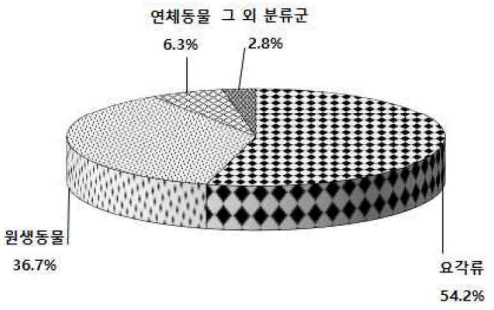
분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	853	56.5
원생동물	571	37.8
그 외 분류군	85	5.7
합계	1,509	100.0



3차(2020년 01월)

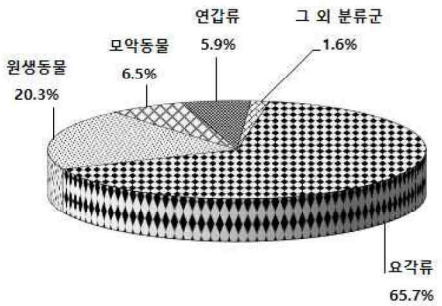
<그림 3.2.2 - 25> 조사시기별 동물플랑크톤의 출현량별 종조성

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	356	54.2
원생동물	241	36.7
연체동물	41	6.3
그 외 분류군	18	2.8
합계	656	100.0



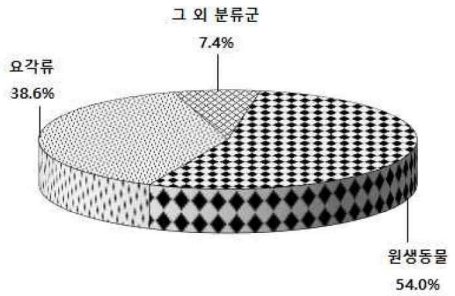
4차(2020년 04월)

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	365	65.7
원생동물	113	20.3
모악동물	36	6.5
연갑류	33	5.9
그 외 분류군	9	1.6
합계	556	100.0



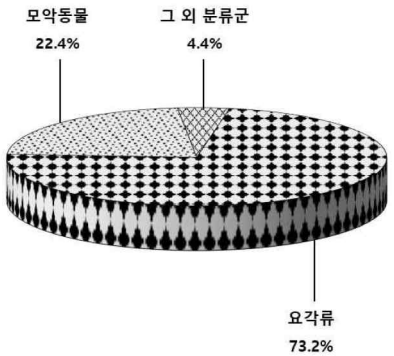
5차(2020년 08월)

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
원생동물	130	54.0
요각류	93	38.6
그 외 분류군	18	7.4
합계	241	100.0



6차(2020년 11월)

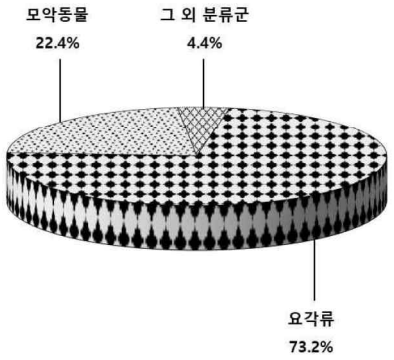
분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	228	73.2
모악동물	70	22.4
그 외 분류군	14	4.4
합계	312	100.0



7차 추가(2021년 12월)

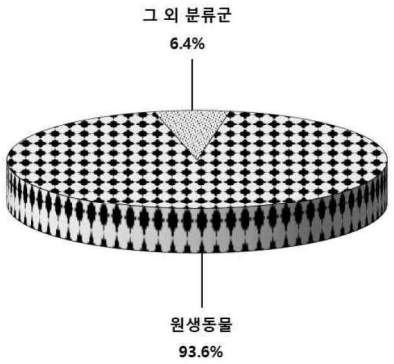
<그림 3.2.2 - 26> 조사시기별 동물 플랑크톤의 출현량별 종조성

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
요각류	228	73.2
모악동물	70	22.4
그 외 분류군	14	4.4
합계	312	100.0



8차 추가(2022년 8월)

분류군	출현량(개체/㎥)	비율(%)
원생동물	1,648	93.6
그 외 분류군	113	6.4
합계	1,761	100.0



9차 추가(2022년 10월)

<그림 3.2.2 - 27> 조사시기별 동물 플랑크톤의 출현량별 종조성

③ 상대적 개체수 분포 및 우점종

○ 종의 우점현상은 종의 서식지에 대한 적응 정도를 유추할 수 있는 한 가지 척도로 볼 수 있는 바, 조사해역의 각 정점별 출현량에서 5.0% 이상의 점유율을 차지하는 종을 우점종으로 정하였음.

○ 1차(2019년 07월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은요각류가 각 정점에서 66.4(정점 4)~88.8%(정점 11), 모악동물은 각 정점에서 6.0(정점 11)~15.3%(정점 1), 연체동물은 각 정점에서 0.0(정점 6)~23.9%(정점 4)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 1차(2019년 07월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 4종으로 요각류인 Paracalanus parvus s. l., Acartia omorii, 모악동물인 Aidanosagitta crassa, 연체동물인 Bivalve larvae가 주요 우점종으로 출현함.

○ Paracalanus parvus s. l.는 193～648 개체/㎥(평균 332 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 47.4%를 차지하였으며, 다음으로 Acartia omorii는 86～209 개체/㎥(평균 154 개체/㎥)로 22.0%, Aidanosagitta crassa는 50～96 개체/㎥(평균 72 개체/㎥)로 10.4%, Bivalve larvae는 4～174 개체/㎥(평균 41 개체/㎥)로 5.9%로 조사됨.

○ 2차(2019년 10월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은 요각류가 각 정점에서 48.5(정점 9)～82.1%(정점 11), 원생동물은 각 정점에서 8.1(정점 2)～40.0%(정점 9), 모악동물은 각 정점에서 4.2(정점 11)～10.7%(정점 1)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 2차(2019년 10월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 요각류인 Paracalanus parvus s. l., Acartia omorii, Acartia hongi, 원생동물인 Noctiluca scintillans, 모악동물인 Aidanosagitta crassa가 주요 우점종으로 출현함.

○ Paracalanus parvus s. l.는 210～778 개체/㎥(평균 356 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 32.8%를 차지하였으며, 다음으로 Noctiluca scintillans는 63～578 개체/㎥(평균 215 개체/㎥)로 19.9%, Acartia omorii는 86～209 개체/㎥(평균 162 개체/㎥)로 14.9%, Acartia hongi는 89～249 개체/㎥(평균 146 개체/㎥)로 13.5%, Aidanosagitta crassa는 52～108 개체/㎥(평균 73 개체/㎥)로 6.7%로 조사됨.

○ 3차(2020년 01월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은 요각류가 각 정점에서 45.6(정점 7)～72.8%(정점 4), 원생동물은 각 정점에서 19.5(정점 4)～49.1%(정점 9)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 3차(2020년 01월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 3종으로 요각류인 Paracalanus parvus s. l., Acartia hongi,, 원생동물인 Noctiluca scintillans가 주요 우점종으로 출현함.

○ Noctiluca scintillans는 266～971 개체/㎥(평균 571 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 37.9%를 차지하였으며, 다음으로 Paracalanus parvus s. l.는 311～664 개체/㎥(평균 460 개체/㎥)로 30.5%, Acartia hongi는 81～261 개체/㎥(평균 160 개체/㎥)로 10.6%를 차지함.

○ 4차(2020년 04월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은 요각류가 각 정점에서 30.9(정점 9)～92.9%(정점 7), 원생동물은 각 정점에서 2.0(정점 6)～65.1%(정점 11), 연체동물은 각 정점에서 0.0(정점 6)～34.2%(정점 4)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 4차(2020년 04월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 원생동물인 Noctiluca scintillans, 요각류인 Acartia hongi, Corycaeus affinis, Paracalanus parvus s. l., 연체동물인 Bivalve larvae가 주요 우점종으로 출현함.

○ Noctiluca scintillans는 7～1,016 개체/㎥(평균 241 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 36.8%를 차지하였으며, 다음으로 Acartia hongi는 36～308 개체/㎥(평균 122 개체/㎥)로 18.6%, Corycaeus affinis는 21～296 개체/㎥(평균 90 개체/㎥)로 13.7%, Paracalanus parvus s. l.는 5～134 개체/㎥(평균 69 개체/㎥)로 10.6%, Bivalve larvae는 4～174 개체/㎥(평균 41 개체/㎥)로 6.3%를 차지함.

○ 5차(2020년 08월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은 요각류가 각 정점에서 10.5(정점 22)～100.0%(정점 9), 원생동물은 각 정점에서 0.0～87.9%(정점 22), 모악동물은 각 정점에서 0.0～19.0%(정점 19), 연갑류는 각 정점에서 0.0～46.2%(정점 21)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 5차(2020년 08월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 5종으로 원생동물인 Noctiluca scintillans, 요각류인 Acartia omorii, Copepodite Paracalanus, Paracalanus parvus s. l., 연갑류인 Decapoda zoea가 주요 우점종으로 출현함.

○ Paracalanus parvus s. l.는 16～631 개체/㎥(평균 109 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 22.3%를 차지하였으며, 다음으로 Acartia omorii,는 2～751 개체/㎥(평균 106 개체/㎥)로 21.7%, Noctiluca scintillans는 118～2,239 개체/㎥(평균 99 개체/㎥)로 20.3%, Copepodite Paracalanus는 2～160 개체/㎥(평균 28 개체/㎥)로 5.7%, Decapoda zoea는 1～333 개체/㎥(평균 26 개체/㎥)로 5.3%를 차지함.

○ 6차(2020년 11월) 조사결과, 동물플랑크톤의 분류군별 상대적 개체수 분포비율은 원생동물이 각 정점에서 1.6(정점 21)～88.3%(정점 6), 요각류는 각 정점에서 10.4(정점 6)～84.6%(정점 13)의 범위를 나타내었으며, 그 외 분류군은 미미한 점유율을 나타냄.

○ 6차(2020년 11월) 우점종 조사결과, 5.0% 이상의 점유율을 차지한 종은 총 4종으로 원생동물인 Noctiluca scintillans, 요각류인 Corycaeus affinis, Calanus sinicus, Copepodite Calanus가 주요 우점종으로 출현함.

○ Noctiluca scintillans는 4～566 개체/㎥(평균 130 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 54.0%를 차지하였으며, 다음으로 Corycaeus affinis는 10～49 개체/㎥(평균 25 개체/㎥)로 10.4%, Calanus sinicus는 1～196 개체/㎥(평균 21 개체/㎥)로 8.6%, Copepodite Calanus는 1～117 개체/㎥(평균 14 개체/㎥)로 6.0%를 차지함.

○ 7차 추가(2021년 12월) 우점종 조사결과, 5.0％이상의 점유율을 차지한 종은 총 4종으로 모악동물인 Aidanosagitta crassa, 요각류인 Paracalanus parvus s.l., Copepodite Paracalanus, Corycaeus affinis가 주요 우점종으로 출현함.

○ Paracalanus parvus s.l.는 11～373 개체/㎥(평균 120 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 38.5％를 차지하였으며, 다음으로 Aidanosagitta crassa는 31～67 개체/㎥(평균 49 개체/㎥)로 15.6％, Copepodite Paracalanus는 3～151 개체/㎥(평균 48 개체/㎥)로 15.2％, Corycaeus affinis는 7～53 개체/㎥(평균 28 개체/㎥)로 8.8％를 차지함.

○ 8차 추가(2022년 8월) 우점종 조사결과, 5.0％이상의 점유율을 차지한 종은 총

6종으로 원생동물에 속하는 Noctiluca scintillans, 요각류 Copepodite Labidocera, Labidocera rotunda, Paracalanus parvus s.l., Acartia ohtsukai, 척색동물에 속하는 Oikopleura spp.가 주요 우점종으로 출현함.

○ Copepodite Labidocera는 3~944 개체/㎥(평균 191 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 25.6 %를 차지하였으며, 다음으로 Labidocera rotunda는 2~373개체/㎥(평균 98 개체/㎥)로 13.2 %, Paracalanus parvus s.l.는 1~535 개체/㎥(평균 98 개체/㎥)로 13.2 %, Noctiluca scintillans는 4~1,370 개체/㎥(평균 64 개체/㎥)로 8.6 %, Acartia ohtsukai는 3~362 개체/㎥(평균 63 개체/㎥)로 8.5 %, Oikopleura spp.는 3~402 개체/㎥(평균 52 개체/㎥)로 7.0 %를 차지함.

○ 9차 추가(2022년 10월) 우점종 조사결과, 5.0 %이상의 점유율을 차지한 종은 총 1종으로 원생동물에 속하는 Noctiluca scintillans가 주요 우점종으로 출현함.

○ Noctiluca scintillans는 100~7,992 개체/㎥(평균 1,648 개체/㎥)의 범위로 전체 출현량의 93.6 %를 차지함.

○ 1~6차, 7~9차 추가 조사결과, 징짐 간 우짐종 차이는 없는 것으로 조사됨. 우점종으로 출현한 연안성 요각류들은 타 해역에 비해 높은 부유사 농도를 보이고 있는 연안역에서 주로 우점하고 있는 종이며, 다른 종에 비해 상대적으로 환경적 내성이 강한 것으로 알려져 있음. 원생동물인 Noctiluca scintillans는 광온·광염성의 특징을 지닌 생물로써 봄철부터 가을철까지 우리나라 주요 항만 근처 및 연안 수역에서 출현하는 대표 우점종으로 알려져 있음. 상기 우점종의 특징에 따라 사업대상지 주변해역은 일반적인 연안 해역의 특징을 나타내는 것으로 조사됨.

<표 3.2.2 - 36> 1차(2019년 07월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
Paracalanus parvus s. l.	231	356	245	326	209	350	331	225	392	193	475	648	332	47.4
Acartia omorii	177	104	118	86	167	193	209	196	156	134	155	154	154	22.0
Aidanosagitta crassa	96	80	67	60	51	71	88	59	92	65	50	90	72	10.4
Bivalve larvae	10	11	43	174	11	-	6	88	40	4	34	71	41	5.9

<표 3.2.2 - 37> 2차(2019년 10월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
Paracalanus parvus s. l.	210	373	256	326	224	330	331	225	392	223	604	778	356	32.8
Noctiluca scintillans	63	67	160	119	168	361	322	134	578	339	129	143	215	19.9
Acartia omorii	161	109	123	86	179	182	209	196	156	155	197	185	162	14.9
Acartia hongi	122	104	94	89	118	233	187	183	109	124	249	142	146	13.5
Aidanosagitta crassa	77	84	66	60	55	63	88	52	89	75	58	108	73	6.7

<표 3.2.2 - 38> 3차(2020년 01월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
Noctiluca scintillans	654	266	334	267	439	793	971	837	784	590	479	439	571	37.9
Paracalanus parvus s. l.	472	400	311	537	481	655	506	664	422	373	357	340	460	30.5
Acartia hongi	144	181	177	103	81	173	261	182	177	122	101	214	160	10.6

<표 3.2.2 - 39> 4차(2020년 04월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	평균	비율
Noctiluca scintillans	181	254	94	128	57	7	8	20	637	90	1,016	403	241	36.8
Acartia hongi	42	173	70	73	75	56	124	172	43	36	290	308	122	18.6
Corycaeus affinis	80	65	46	21	296	146	162	117	70	71	-	-	90	13.7
Paracalanus parvus s. l.	52	76	79	49	124	66	32	134	123	71	5	19	69	10.6
Bivalve larvae	10	11	43	174	11	-	6	88	40	4	34	71	41	6.3

<표 3.2.2 - 40> 5차(2020년 08월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
Paracalanus parvus s.l.	17	104	631	76	50	49	84	203	18	16	74	88
Acartia omorii	129	336	465	211	16	37	35	3	2	-	31	27
Noctiluca scintillans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129	118	-
Copepodite *Paracalanus*	4	15	160	21	12	11	26	53	2	4	14	27
Decapoda zoea	7	-	16	16	16	2	-	-	-	2	-	92

정점	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
Paracalanus parvus s.l.	21	53	36	159	240	68	133	249	198	157	109	22.3
Acartia omorii	88	167	265	751	12	6	15	36	8	18	106	21.7
Noctiluca scintillans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,239	99	20.3
Copepodite *Paracalanus*	6	18	8	70	73	10	15	63	48	42	28	5.7
Decapoda zoea	1	3	-	-	-	4	44	71	333	42	26	5.3

<표 3.2.2 - 41> 6차(2020년 11월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
Noctiluca scintillans	93	66	205	41	41	264	100	118	55	185	67	566
Corycaeus affinis	17	25	27	42	49	13	10	21	26	32	12	42
Calanus sinicus	27	14	2	2	2	1	-	-	1	-	2	-
Copepodite *Calanus*	31	26	7	9	8	1	-	-	1	-	4	1

정점	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
Noctiluca scintillans	53	83	231	100	316	45	186	32	4	7	130	54.0
Corycaeus affinis	16	29	30	39	35	19	15	13	25	15	25	10.4
Calanus sinicus	196	188	1	5	1	1	2	4	5	2	21	8.6
Copepodite *Calanus*	92	117	2	5	1	2	3	1	3	4	14	6.0

<표 3.2.2 - 42> 7차 추가(2021년 12월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균	비율
Noctiluca scintillans	18	11	79	373	120	38.5
Corycaeus affinis	31	40	57	67	49	15.6
Calanus sinicus	4	3	32	151	48	15.2
Copepodite *Calanus*	35	15	53	7	28	8.8

<표 3.2.2 - 43> 8차 추가(2022년 8월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

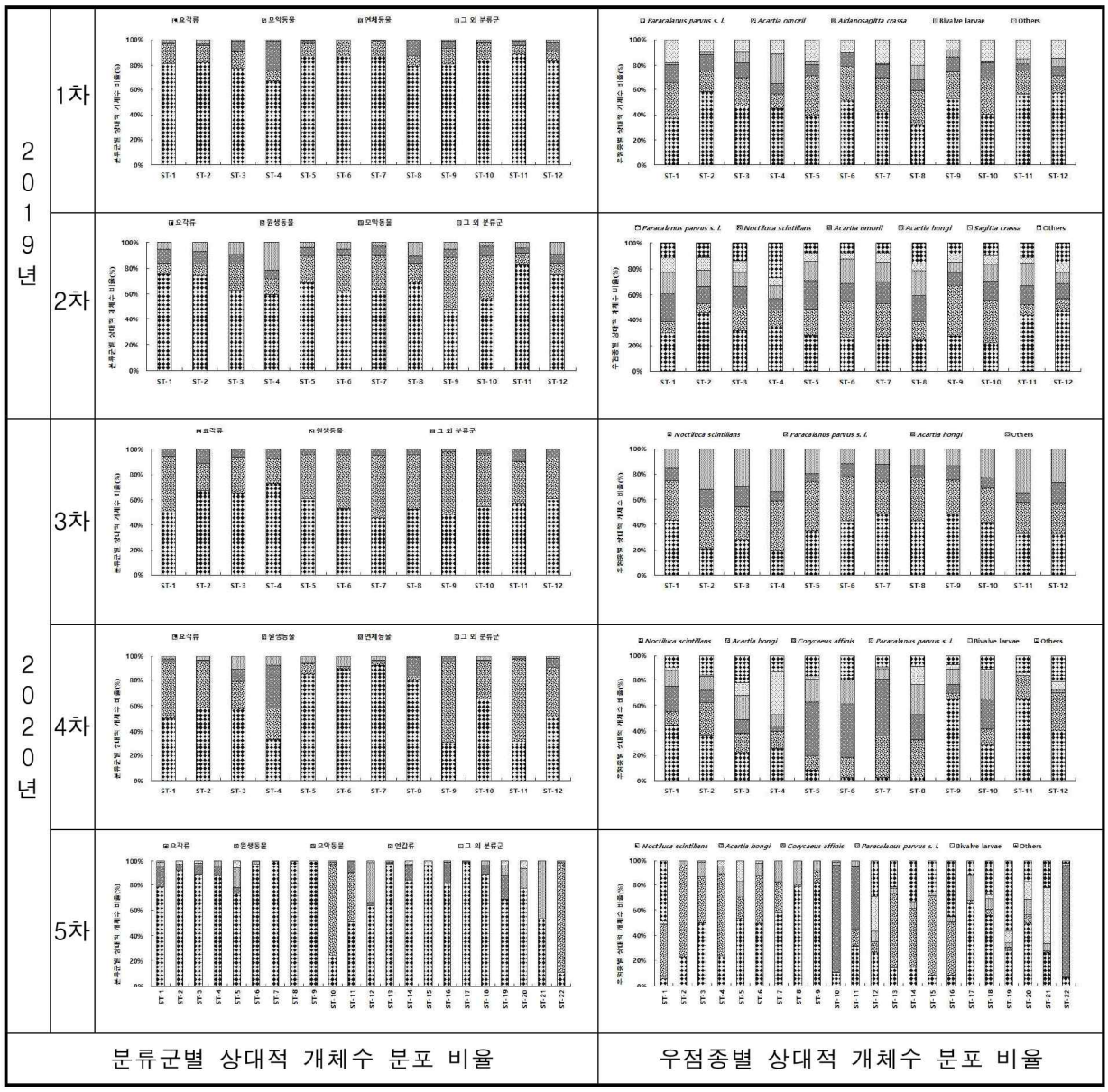
정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12	ST-13	ST-14	ST-15
Copepodite *Labidocera*	3	3	16	72	4	336	426	751	610	601	203	34	3	4	58
Labidocera rotunda	7	14	13	163	12	173	373	63	130	166	114	3	12	3	138
Paracalanus parvus s.l.	5	8	2	23	13	112	156	535	65	276	82	39	1	6	
Noctiluca scintillans	97	86	9	20	19	6					6	4	7	1,370	9
Acartia ohtsukai	7	12	22	170	45	53	61	79	24	203	11	6	11	3	9
Oikopleura spp.	4	8	54	137		31	58	23	115	98	6	3		5	402

정점	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	ST-23	ST-24	ST-25	ST-26	평균	비율
Copepodite *Labidocera*	56	268	42	38	9	7	22	107	944	304	40	191	25.6
Labidocera rotunda	147	235	10	35	14	16	2	314	313	83	7	98	13.2
Paracalanus parvus s.l.	7	170	133	19	344	196	45	20	117	25	147	98	13.2
Noctiluca scintillans	8	11		7								64	8.6
Acartia ohtsukai	72	35	6	37	28	362	151	172	16	7	44	63	8.5
Oikopleura spp.	112	34	15	25				214	7			52	7.0

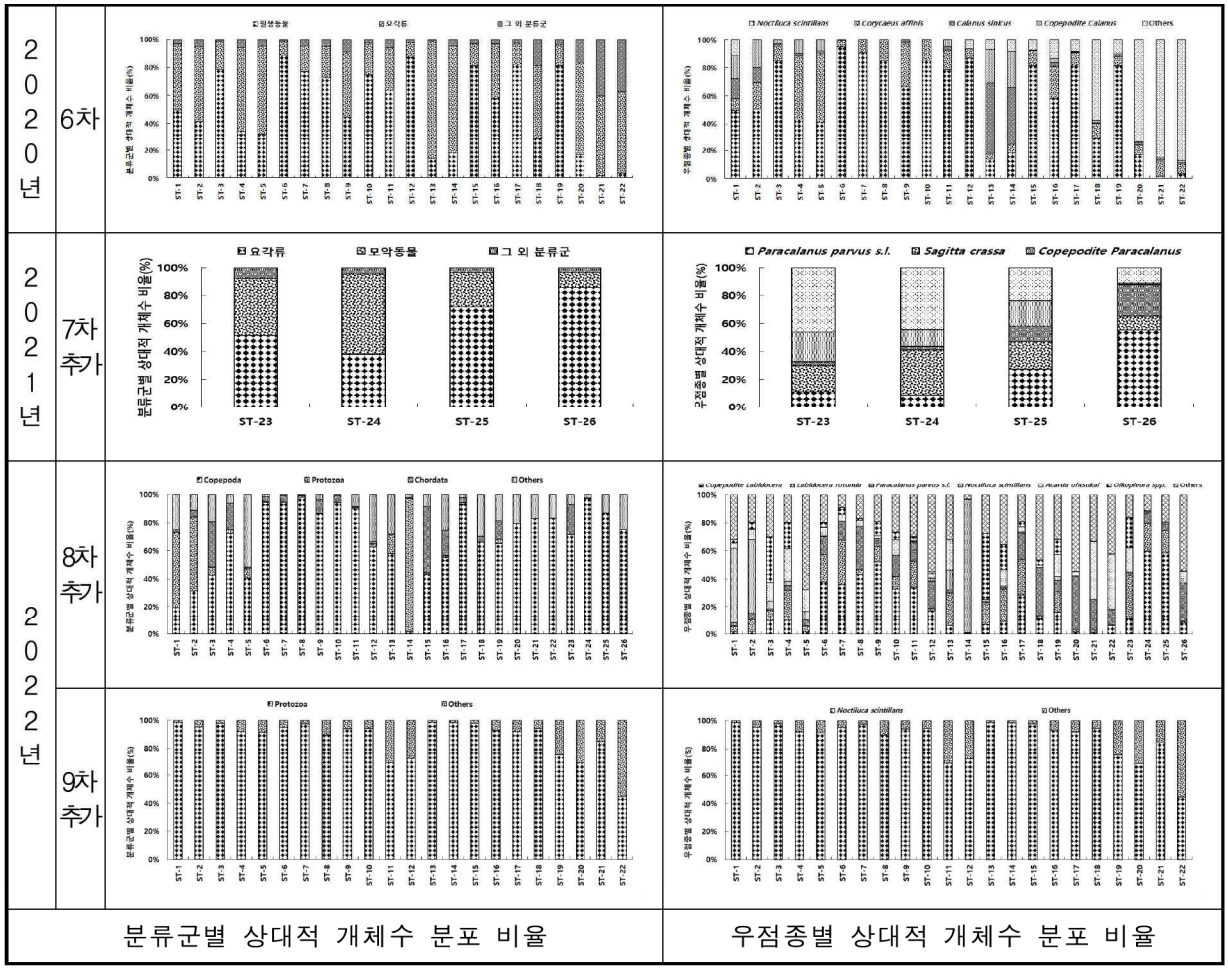
<표 3.2.2 - 44> 9차 추가(2022년 10월) 조사시 동물플랑크톤의 우점종(개체/㎥)

정점	ST-1	ST-2	ST-3	ST-4	ST-5	ST-6	ST-7	ST-8	ST-9	ST-10	ST-11	ST-12
Noctiluca scintillans	2,125	1,082	7,992	571	1,728	3,083	2,345	438	3,711	1,137	678	745

정점	ST-13	ST-14	ST-15	ST-16	ST-17	ST-18	ST-19	ST-20	ST-21	ST-22	평균	비율
Noctiluca scintillans	961	616	3,058	1,717	1,501	1,653	299	225	480	100	1,648	93.6



<그림 3.2.2 - 28> 조사시기별 동물플랑크톤의 분류군 및 우점종별 분포 특성



<그림 3.2.2 - 29> 조사시기별 동물플랑크톤의 분류군 및 우점종별 분포 특성

④ 생태지수 및 군집분석

○ 본 조사해역에 출현한 동물플랑크톤의 출현종 및 출현량을 이용하여 각 정점별 생태지수를 산출하였음.

○ 1차(2019년 07월) 조사에서 종다양성지수는 1.38~1.80(평균 1.57)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.51~0.73(평균 0.61), 종풍부도지수는 1.50~2.28(평균 1.92)로 나타남.

○ 2차(2019년 10월) 조사에서 종다양성지수는 1.67~1.94(평균 1.83)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.65~0.80(평균 0.71), 종풍부도지수는 1.35~2.13(평균 1.76)로 나타남.

○ 3차(2020년 01월) 조사에서 종다양성지수는 1.43～2.00(평균 1.68)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.58～0.73(평균 0.65), 종풍부도지수는 1.22～2.10(평균 1.67)로 나타남.

○ 4차(2020년 04월) 조사에서 종다양성지수는 1.09～2.08(평균 1.62)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.50～0.87(평균 0.70), 종풍부도지수는 1.01～1.92(평균 1.47)로 나타남..

○ 5차(2020년 08월) 조사에서 종다양성지수는 0.55～2.22(평균 1.59)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.27～0.86(평균 0.64), 종풍부도지수는 0.89～2.94(평균 1.94)로 나타남.

○ 6차(2020년 11월) 조사에서 종다양성지수는 0.60～2.78(평균 1.52)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.22～0.85(평균 0.52), 종풍부도지수는 2.01～5.13(평균 3.22)로 나타남.

○ 7차 추가(2021년 12월) 조사에서 종다양성지수는 1.44～2.43(평균 2.06)의 범위를 나타내있으며, 종균등도지수는 0.51～0.82(평균 0.72), 종풍부도지수는 2.46～3.53(평균 3.03)로 나타남.

○ 8차 추가(2022년 8월) 조사에서 종다양성지수는 0.27～2.58(평균 1.94)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.11～0.84(평균 0.69), 종풍부도지수는 1.46～4.06(평균 2.50)로 나타남.

○ 9차 추가(2022년 10월) 조사에서 종다양성지수는 0.08～2.11(평균 0.56)의 범위를 나타내었으며, 종균등도지수는 0.04～0.67(평균 0.20), 종풍부도지수는 0.87～4.07(평균 2.20)의로 나타남.

○ 1～6차, 7차～9차 추가 조사결과, 정점 간 유사한 생태학적 제지수를 나타내었으며, 동물플랑크톤 종조성 및 출현량에 따른 정점간 유사도 분석결과, 1, 2, 3차 조사 시 약 80.0%, 4차 조사 시 약 70.0%, 5, 6차 조사 시 약 60.0%, 7차 추가 조사 시 51.6％, 8차 추가조사 시 37.5％, 9차 추가조사 시 54.7％를 기준으

로 하나의 해역으로 구분되어 조사해역은 정점 간 유사한 군집구조를 나타내는 것으로 조사되었으며, 이는 모든 정점에서 출현종조성이 유사하고 우점종의 점유율이 높아 나타난 현상이라 판단됨.

<표 3.2.2 - 45> 1차(2019년 07월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	15	628	1.72	0.63	2.17
ST-2	15	612	1.39	0.51	2.18
ST-3	13	525	1.56	0.61	1.92
ST-4	16	729	1.65	0.60	2.28
ST-5	12	530	1.59	0.64	1.75
ST-6	11	687	1.38	0.57	1.53
ST-7	11	781	1.56	0.65	1.50
ST-8	12	710	1.80	0.73	1.68
ST-9	11	743	1.41	0.59	1.51
ST-10	15	480	1.69	0.62	2.27
ST-11	15	839	1.51	0.56	2.08
ST-12	16	1,128	1.55	0.56	2.13
최소	11	480	1.38	0.51	1.50
최대	16	1,128	1.80	0.73	2.28
평균	-	699	1.57	0.61	1.92

<표 3.2.2 - 46> 2차(2019년 10월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	15	719	1.93	0.71	2.13
ST-2	14	828	1.78	0.67	1.94
ST-3	14	812	1.94	0.73	1.94
ST-4	15	931	1.92	0.71	2.05
ST-5	10	805	1.79	0.78	1.35
ST-6	12	1,269	1.78	0.72	1.54
ST-7	11	1,230	1.79	0.75	1.41
ST-8	11	941	1.92	0.80	1.46
ST-9	12	1,446	1.67	0.67	1.51
ST-10	15	1,017	1.85	0.68	2.02
ST-11	14	1,397	1.76	0.67	1.80
ST-12	16	1,615	1.81	0.65	2.03
최소	10	719	1.67	0.65	1.35
최대	16	1,615	1.94	0.80	2.13
평균	-	1,084	1.83	0.71	1.76

<표 3.2.2 - 47> 3차(2020년 01월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	14	1,505	1.57	0.59	1.78
ST-2	16	1,247	2.00	0.72	2.10
ST-3	15	1,185	1.95	0.72	1.98
ST-4	14	1,371	1.89	0.72	1.80
ST-5	14	1,243	1.58	0.60	1.82
ST-6	11	1,840	1.43	0.60	1.33
ST-7	12	1,976	1.44	0.58	1.45
ST-8	13	1,938	1.48	0.58	1.59
ST-9	10	1,597	1.43	0.62	1.22
ST-10	11	1,400	1.65	0.69	1.38
ST-11	14	1,445	1.93	0.73	1.79
ST-12	14	1,358	1.84	0.70	1.80
최소	10	1,185	1.43	0.58	1.22
최대	16	1,976	2.00	0.73	2.10
평균	-	1,509	1.68	0.65	1.67

<표 3.2.2 - 48> 4차(2020년 04월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	11	403	1.65	0.69	1.67
ST-2	12	686	1.75	0.70	1.68
ST-3	11	429	2.08	0.87	1.65
ST-4	9	509	1.75	0.80	1.28
ST-5	12	686	1.77	0.71	1.68
ST-6	9	344	1.66	0.76	1.37
ST-7	11	365	1.45	0.60	1.70
ST-8	10	581	1.74	0.76	1.41
ST-9	9	982	1.26	0.57	1.16
ST-10	12	305	1.76	0.71	1.92
ST-11	9	1,560	1.09	0.50	1.09
ST-12	8	1,017	1.51	0.73	1.01
최소	8	305	1.09	0.50	1.01
최대	12	1,560	2.08	0.87	1.92
평균	-	656	1.62	0.70	1.47

<표 3.2.2 - 49> 5차(2020년 08월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	17	303	2.03	0.72	2.80
ST-2	18	599	1.65	0.57	2.66
ST-3	23	1766	2.04	0.65	2.94
ST-4	13	473	1.91	0.74	1.95
ST-5	13	149	2.22	0.86	2.40
ST-6	8	110	1.36	0.66	1.49
ST-7	8	192	1.56	0.75	1.33
ST-8	11	285	0.95	0.40	1.77
ST-9	8	29	1.38	0.66	2.08
ST-10	10	176	1.07	0.46	1.74
ST-11	12	302	1.79	0.72	1.93
ST-12	14	330	2.13	0.81	2.24
ST-13	15	149	1.44	0.53	2.80
ST-14	12	362	1.76	0.71	1.87
ST-15	14	421	1.32	0.50	2.15
ST-16	15	1,794	1.80	0.66	1.87
ST-17	12	372	1.20	0.48	1.86
ST-18	9	122	1.50	0.68	1.67
ST-19	12	480	2.01	0.81	1.78
ST-20	8	509	1.60	0.77	1.12
ST-21	10	755	1.64	0.71	1.36
ST-22	8	2,548	0.55	0.27	0.89
최소	8	29	0.55	0.27	0.89
최대	23	2,548	2.22	0.86	2.94
평균	-	556	1.59	0.64	1.94

<표 3.2.2 - 50> 6차(2020년 11월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	15	189	1.64	0.60	2.67
ST-2	17	160	1.90	0.67	3.15
ST-3	16	260	0.91	0.33	2.70
ST-4	20	119	1.87	0.62	3.98
ST-5	19	128	1.85	0.63	3.71
ST-6	15	299	0.60	0.22	2.46
ST-7	13	130	1.01	0.39	2.47
ST-8	12	163	1.10	0.44	2.16
ST-9	21	123	1.98	0.65	4.16
ST-10	15	246	1.01	0.37	2.54
ST-11	17	105	1.52	0.54	3.44
ST-12	14	650	0.62	0.24	2.01
ST-13	14	383	1.40	0.53	2.19
ST-14	15	455	1.59	0.59	2.29
ST-15	15	284	0.80	0.30	2.48
ST-16	18	172	1.45	0.50	3.30
ST-17	19	386	0.83	0.28	3.02
ST-18	27	159	2.64	0.80	5.13
ST-19	20	229	0.94	0.31	3.50
ST-20	26	188	2.78	0.85	4.77
ST-21	24	248	2.39	0.75	4.17
ST-22	26	217	2.63	0.81	4.65
최소	12	105	0.60	0.22	2.01
최대	27	650	2.78	0.85	5.13
평균	-	241	1.52	0.52	3.22

<표 3.2.2 - 51> 7차 추가(2021년 12월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

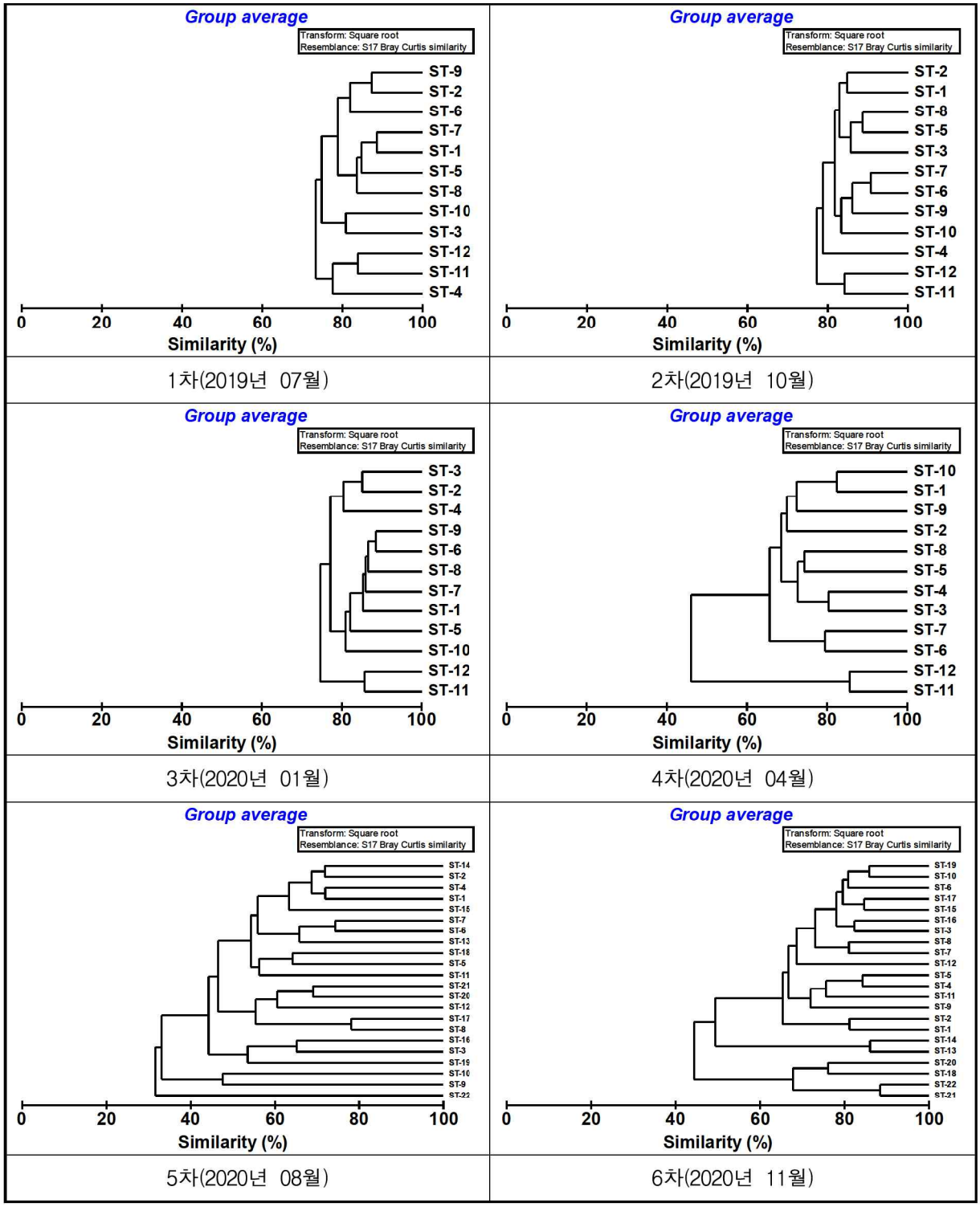
구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-23	19	163	2.43	0.82	3.53
ST-24	16	124	2.26	0.82	3.11
ST-25	18	289	2.10	0.73	3.00
ST-26	17	673	1.44	0.51	2.46
최소	16	124	1.44	0.51	2.46
최대	19	673	2.43	0.82	3.53
평균	-	312	2.06	0.72	3.03

<표 3.2.2 - 52> 8차 추가(2022년 8월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

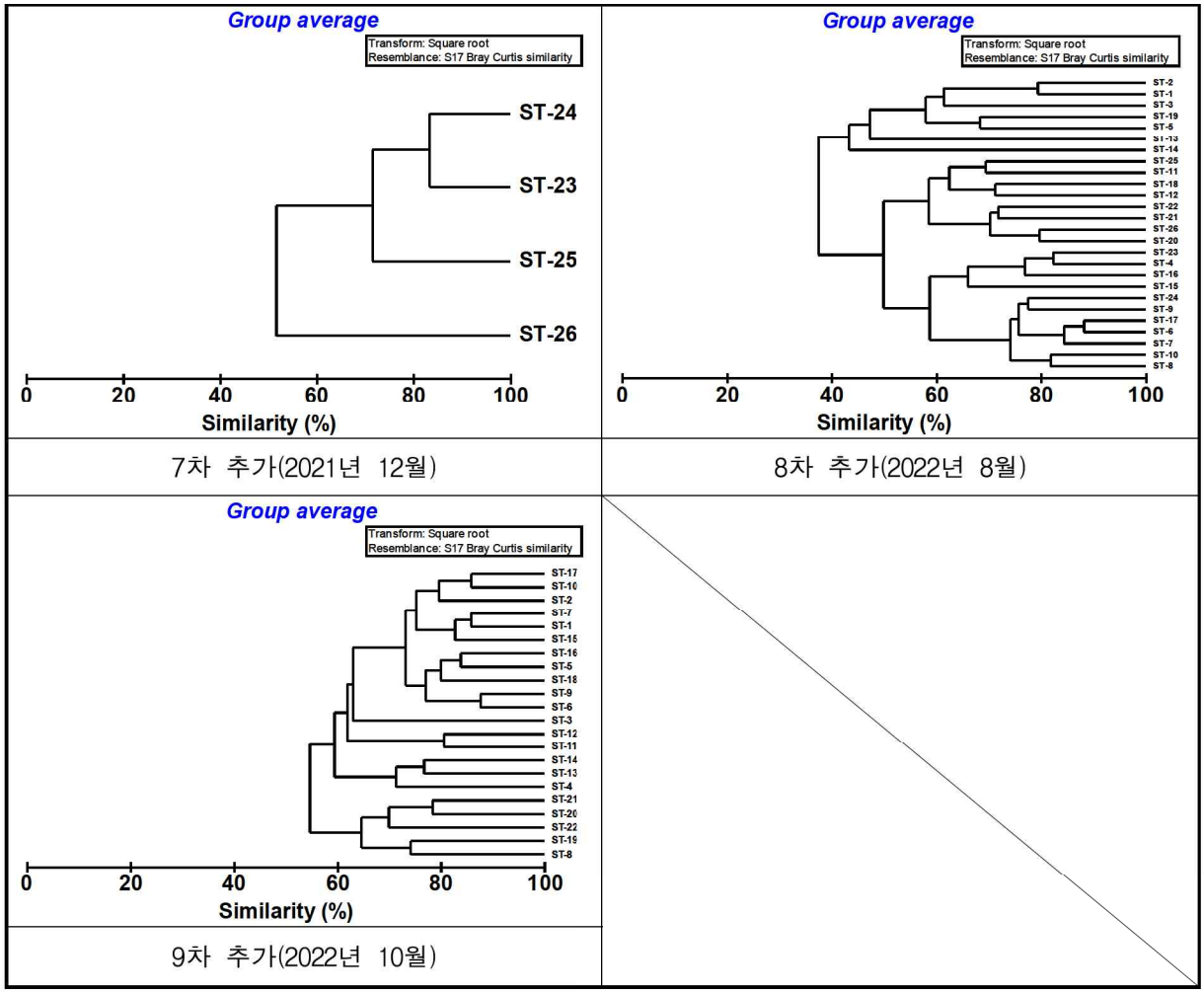
구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	16	181	1.75	0.63	2.89
ST-2	15	163	1.84	0.68	2.75
ST-3	15	166	2.21	0.82	2.74
ST-4	17	730	2.17	0.77	2.43
ST-5	24	288	2.56	0.81	4.06
ST-6	15	886	1.93	0.71	2.06
ST-7	13	1179	1.68	0.66	1.70
ST-8	14	1743	1.61	0.61	1.74
ST-9	18	1169	1.73	0.60	2.41
ST-10	12	1831	2.06	0.83	1.46
ST-11	21	601	2.11	0.69	3.13
ST-12	19	197	2.47	0.84	3.41
ST-13	11	50	2.00	0.83	2.56
ST-14	13	1430	0.27	0.11	1.65
ST-15	11	849	1.65	0.69	1.48
ST-16	16	623	2.32	0.84	2.33
ST-17	16	932	1.99	0.72	2.19
ST-18	19	384	2.18	0.74	3.02
ST-19	22	236	2.58	0.83	3.84
ST-20	20	872	2.06	0.69	2.81
ST-21	18	869	1.90	0.66	2.51
ST-22	16	380	2.12	0.77	2.53
ST-23	15	986	1.92	0.71	2.03
ST-24	16	1576	1.36	0.49	2.04
ST-25	17	520	1.50	0.53	2.56
ST-26	17	521	2.36	0.83	2.56
최소	11	50	0.27	0.11	1.46
최대	24	1831	2.58	0.84	4.06
평균	-	745	1.94	0.69	2.50

<표 3.2.2 - 53> 9차 추가(2022년 10월) 조사시 동물플랑크톤의 정점별 생태지수

구분	출현종수	출현량(개체/㎥)	종다양성지수	종균등도지수	종풍부도지수
ST-1	12	2156	0.10	0.04	1.43
ST-2	13	1134	0.28	0.11	1.71
ST-3	16	8165	0.14	0.05	1.67
ST-4	21	620	0.48	0.16	3.11
ST-5	23	1888	0.51	0.16	2.92
ST-6	14	3243	0.28	0.11	1.61
ST-7	12	2404	0.15	0.06	1.41
ST-8	10	489	0.48	0.21	1.45
ST-9	23	3941	0.35	0.11	2.66
ST-10	15	1204	0.32	0.12	1.97
ST-11	23	984	1.31	0.42	3.19
ST-12	25	1035	1.26	0.39	3.46
ST-13	7	973	0.08	0.04	0.87
ST-14	10	627	0.13	0.05	1.40
ST-15	11	3124	0.14	0.06	1.24
ST-16	16	1850	0.40	0.14	1.99
ST-17	19	1630	0.41	0.14	2.43
ST-18	21	1754	0.37	0.12	2.68
ST-19	14	400	1.02	0.39	2.17
ST-20	15	327	1.31	0.49	2.42
ST-21	17	565	0.75	0.27	2.52
ST-22	23	224	2.11	0.67	4.07
최소	7	224	0.08	0.04	0.87
최대	25	8165	2.11	0.67	4.07
평균	-	1,761	0.56	0.20	2.20



<그림 3.2.2 - 30> 조사시기별 동물플랑크톤의 군집분석 결과



<그림 3.2.2 - 31> 조사시기별 동물플랑크톤의 군집분석 결과

⑤ 문헌자료와 현황조사자료 비교·분석

○ 본 사업과 관련하여 인근 해역의 동물플랑크톤 변화추이를 분석하기 위해서 인근 해역에서 수행한 『영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청』를 이용하였으며 조사시기별 출현종수, 출현량 및 우점종을 파악하여 제시하였음.

○ 현황조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 19~42종으로, 출현량은 평균 1,761개체/㎥, 우점종은 원생동물에 속하는 *Noctiluca scintillans*, 요각류 *Paracalanus parvus* s. l.. 등이 주요 우점종으로 출현함.

○ 문헌조사에서 출현한 동물플랑크톤은 총 28~38종의 범위를 나타내었으며, 출

현량은 296~1,254 개체/㎥로 우점종은 요각류인 *Acartia ohtsukai*, *Acartia hongi*, Copepodite *Acartia* , 연갑류인 Decapoda zoea, 원생동물인 Noctiluca scintillans 등이 주요 우점종으로 출현함.

○ 현황조사와 문헌조사 결과, 출현종수와 출현개체수 결과 범위가 유사한 특징을 나타내었으며, 우점종 또한 유사한 분포 특성을 나타냄.

<표 3.2.2 - 54> 동물플랑크톤 비교·분석 결과

조사시기		출현종수	평균출현량(개체/㎥)	우점종
문헌자료	2018년 08월	37종	296	*Paracalanus parvus* s.l. *Acartia ohtsukai* Mycidacea larvae Copepodite *Labidocera* Decapoda zoea Copepodite *Paracalanus* Copepodite *Acartia*
	2018년 11월	38종	1,244	*Noctiluca scintillans*
	2019년 03월	28종	417	*Acartia hongi* *Noctiluca scintillans* Copepodite *Acartia*
	2019년 05월	34종	1,254	*Acartia hongi* Decapoda zoea Copepodite *Acartia*
현황조사	2019년 08월	24종	699	*Paracalanus parvus* s.l.
	2019년 10월	22종	1,084	*Paracalanus parvus* s.l.
	2020년 01월	21종	1,509	*Noctiluca scintillans*
	2020년 04월	19종	656	*Noctiluca scintillans*
	2020년 08월	31종	556	*Noctiluca scintillans*
	2020년 11월	40종	241	*Paracalanus parvus* s.l.
	2021년 12월	23종	312	Copepodite *Labidocera*
	2022년 08월	36종	745	*Noctiluca scintillans*
	2022년 10월	42종	1,761	*Noctiluca scintillans*

자료) 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군

(2) 해양포유류

(가) 현황조사

1) 조사항목 및 시기

○ 현황조사는 전라남도 영광군 안마군도 해상에 위치한 사업대상지 및 주변 해역의 해양포유류 현황을 파악하고, 본 사업으로 인한 영향이 예상되는 주변 해역을 대상으로 실시함.

○ 안마도 및 사업 예정지 주변 해변과 조사해역을 확장하여 상괭이 서식 실태에 대한 추가 조사(2023년 3월)를 수행함.

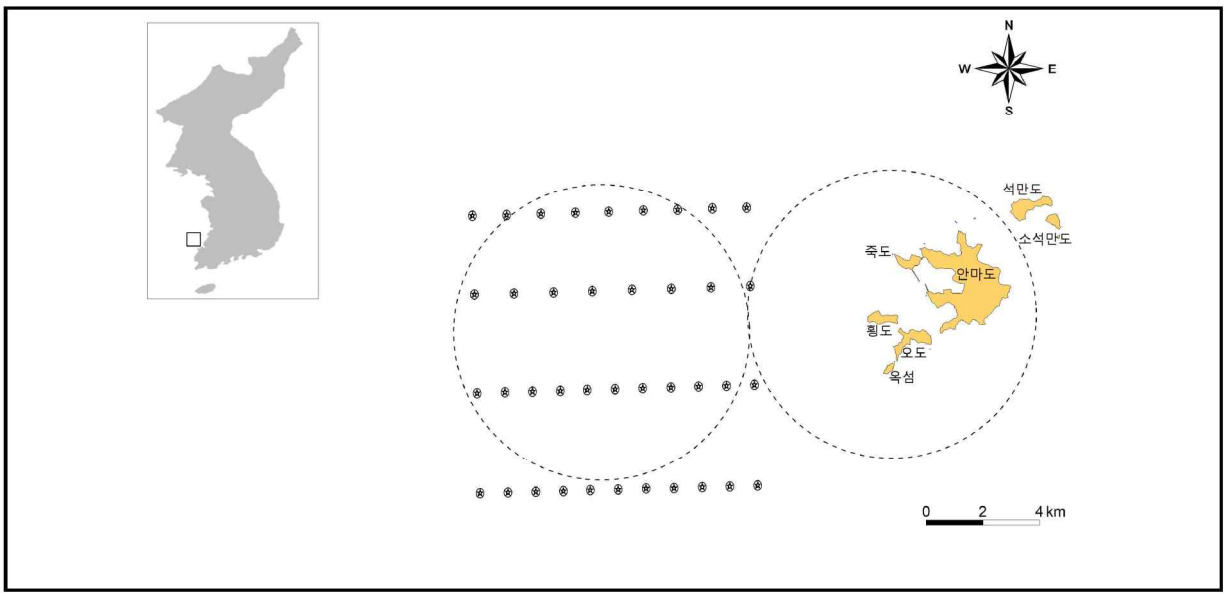
<표 3.2.2 - 55> 현지조사 시기

구분	조사기간	세부내용	비고
현장조사	'23.03.29~31	선상목시, PAM(Passive Acoustic Monitoring)	-

2) 조사범위

<표 3.2.2 - 56> 현지조사 조사개요

조사항목	내용
현장조사	○ 선상 목시조사(Sighting Survey) ○ Passive Acoustic Monitoring (PAM)



<그림 3.2.2 - 32> 안마해상풍력 발전단지 조성지역

3) 조사방법

① 현지조사

㉮ 목시조사

○ 해양포유류 조사는 선박을 이용한 횡단선 조사를 실시하였으며, 해상지점의 조사정점을 연결한 횡단선을 따라 10 knot이하의 속도로 선박을 운행하며 탐색함.

- 선박조사는 해상 상황에 따라 일정 조율을 통하여 안전하게 조사를 실시하였으며, 조사구역은 선박의 선수에서 조사자가 육안 및 Swarovski 쌍안경을 사용하여 탐색함.
- 종 식별과 기록을 위하여 DSLR(D500, Nikon; AF-S NKKOR 200-500mm f/5.6E ED VR, Nikon)을 사용하여 촬영을 진행힘.
- 종 식별과 기록을 위하여 DSLR(D500, Nikon; AF-S NKKOR 200-500mm f/5.6E ED VR, Nikon)을 사용하여 촬영을 진행함.

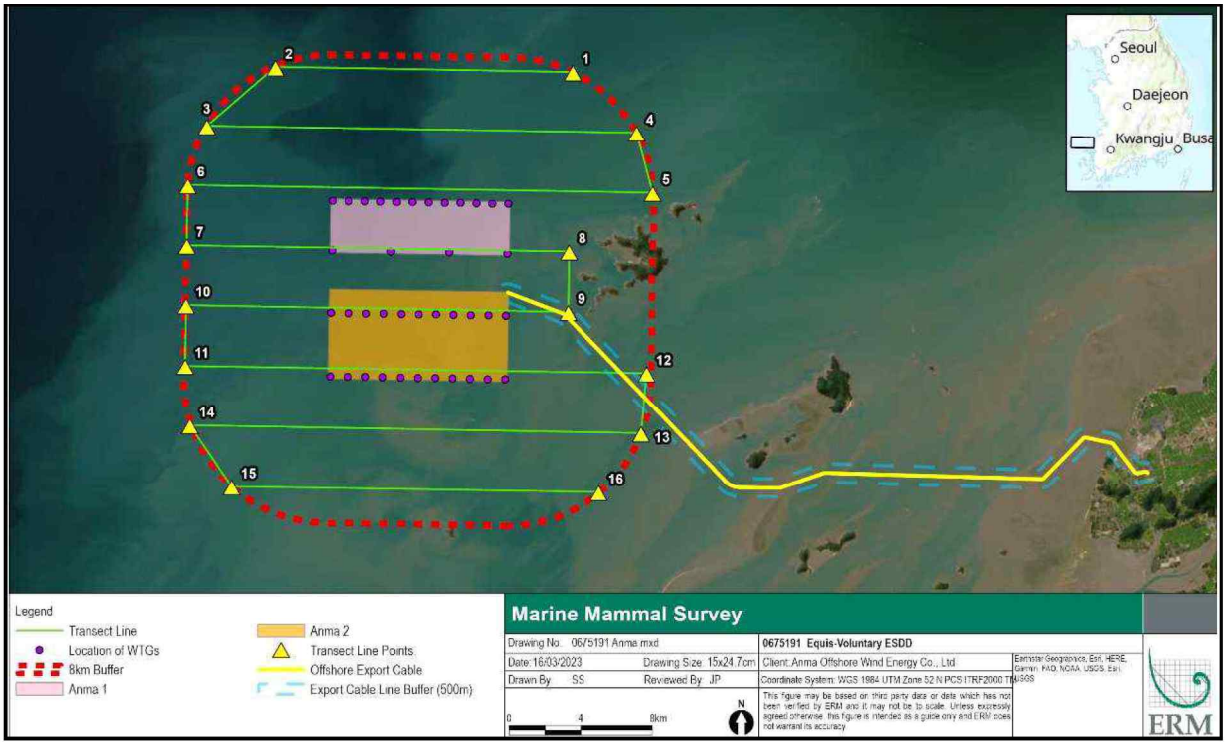
2) PAM (Passive Acoustic Monitornig)

○ 선박을 이용한 직선횡단조사 시에 음향모니터링시스템을 운용하여 음향 신호를 획득함.

- 해상지점의 조사정점을 연결한 횡단선의 시작 지점부터 끝 지점까지 하이드로폰을 예인하며 음향 신호를 획득 후 분석함(총 조사거리 약 207 ㎞).

<표 3.2.2 - 57> 추가조사 세부내용

구분	조사일시	세부내용
목시조사	'23.03.29～31 (09:20～09:29)	-조사시각: 09:20～09:29 -조사거리: 약 207㎞
PAM (음향조사)	'23.03.29～31	-조사방법: 직선횡단조사(strip transect method) -조사거리: 약 207㎞



<그림 3.2.2 - 33> 해양포유류 추가조사 경로

(4) 조사결과

(가) 현지조사

1) 조사지 개황

<표 3.2.2 - 58> 조사해역 환경 자료

조사시기		수심(m)	수온(℃)	평균기온(℃)	최고기온(℃)	최저기온(℃)	평균풍속(m/s) (보퍼트풍력계급)	상대습도(%)
3월	29일	최소 : 13.0 최대 : 49.5	7.8~9.0 (평균 8.6)	8.8	11.6	6.6	2.0 (3이하)	71~97
	30일	최소 : 16.0 최대 : 38.0	8.3~8.9 (평균 8.7)	9.9	11.9	8.2	2.3 (2이하)	60~87
	31일	최소 : 1.9 최대 : 21.0	7.9~8.1 (평균 8.0)	10.9	12.6	8.8	0.6 (2이하)	54~83

○ 조사해역의 수심은 약 1.9~49.5 m이며, 평균 풍속은 0.2~4.3 m/s로 보퍼트풍력계급 3이하였음(직접 측정).

○ 최저수온은 7.8 ℃에서 최고수온은 9.0 ℃의 분포를 보이고 있으며 평균수온은 약 8.5

℃였음(직접 측정).

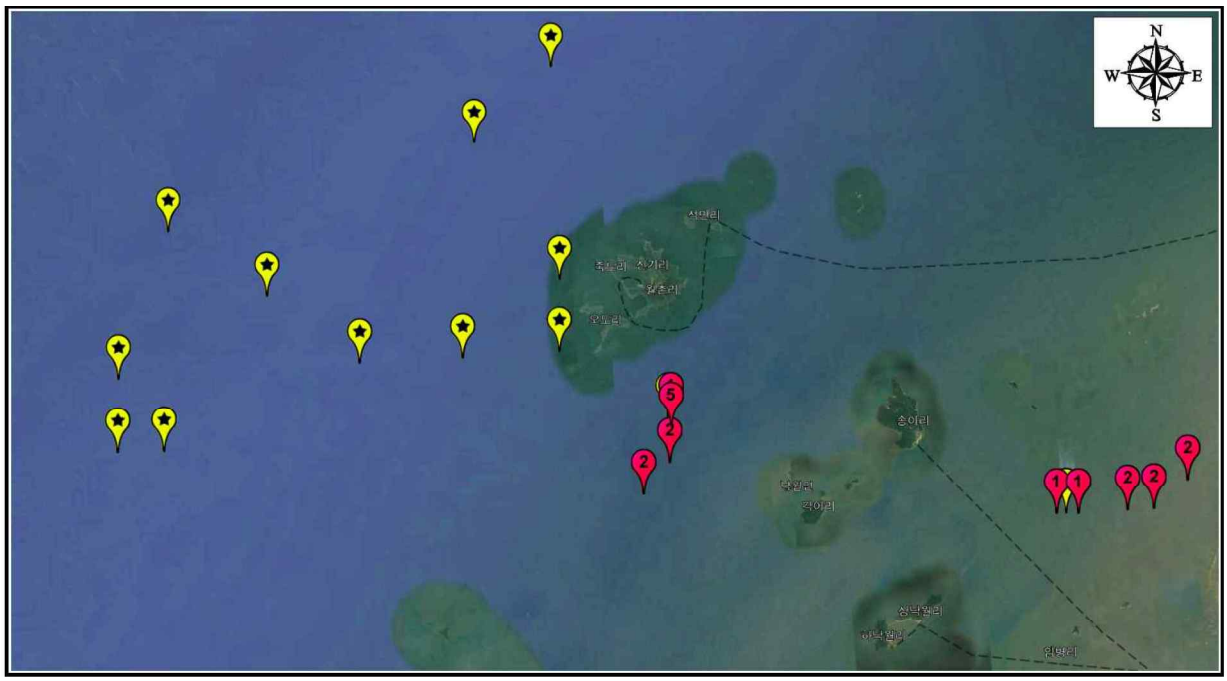
○ 기온은 6.6~12.6 ℃, 습도는 54~97 %의 분포를 보였음(직접 측정).

2) 서식현황

○ 2023년 3월 조사결과, 상괭이 외 고래류 및 기각류의 출현은 관찰되지 않았으며, 상괭이는 목시조사에서 17 개체, 음향조사 시 13차례 상괭이를 관측함.

<표 3.2.2 - 59> 2023년 3월 상괭이 서식현황 조사결과

조사방법	개체수	출현좌표	
		위도	경도
목시조사	2	35°15′34.1″N	126°0′44.3″E
	2	35°16′17.9″N	126°1′34.9″E
	5	35°17′10.5″N	126°1′41.7″E
	1	35°17′25.1″N	126°1′42.5″E
	1	35°14′26.8″N	126°13′1.8″E
	1	35°14′24.7″N	126°13′40.8″E
	2	35°14′24.4″N	126°14′57″E
	2	35°14′25.0″N	126°15′9.5″E
	1	35°15′2.9″N	126°17′2.8″E
합 계	17	-	-
음향조사	관측수	출현좌표	
		위도	경도
	1	35°24′35.3″N	125°56′10.4″E
	1	35°26′25.4″N	125°58′39.8″E
	1	35°22′48.5″N	125°46′41.1″E
	2	35°21′2.3″N	125°49′38.2″E
		35°20′59.9″N	125°58′33.5″E
	2	35°19′12″N	125°55′29.7″E
		35°19′13.9″N	125°52′22.3″E
	3	35°17′25.2″N	126°1′36.8″E
		35°17′20.7″N	125°46′22.4″E
		35°17′23.4″N	125°44′58.7″E
	1	35°19′12.3″N	125°45′3.2″E
	1	35°19′12.8″N	125°58′25.8″E
	1	35°14′26.5″N	126°13′18.6″E
합 계	13	-	-



<그림 3.2.2 - 34> 2023년 3월 목시조사 및 음향조사 시 관측된 상괭이 출현지점 및 개체수(숫자는 출현개체수)

3) 상괭이 서식실태 조사

○ 해양포유류 조사 결과, 확장된 조사해역에서 목시조사 시 17개체의 상괭이 출현을 확인하였고 추가로 음향조사 시 13차례 상괭이를 관측함.

○ 대부분의 상괭이는 기존의 보고에서처럼 연안 가까이 수심이 얕은 곳에서 주로 분포하는 것으로 나타남.

○ 사업대상 예정지의 동쪽해역(안마도의 서쪽) 및 안마도 남쪽과 북쪽 해역에 주로 상괭이가 서식하는 것으로 나타났으며, 해상풍력발전단지의 서쪽 지역은 연안으로부터 거리가 멀고 수심이 비교적 깊기 때문인 것으로 판단됨.

4) 사업대상지에서 상괭이의 분포 특성

㉮ 시기 별 상괭이 분포

○ 상괭이는 표층에 분포하는 생물부터 저층에 분포하는 생물까지 매우 다양한 먹이를 먹는 것으로 알려져 있으며(Park et al., 2011), 어장이 형성되어 섭이가 용이한 4월에서 9월까지 주로 분포함(Lee et al., 2014).

○ 5월부터 9월 사이가 번식기로 알려져 있으며, 5월과 6월이 주요 시기임(Lee et al., 2013).

○ 상괭이는 번식과 관련해서 계절적 분포 변화를 보여 비번식기인 여름에 가장 적게 관찰된다고 하였으며(Park et al., 2017), 그 이후에는 섭이가 용이하고 월동하기 쉬운 곳으로 이동하여 거의 분포하지 않는 것으로 보임(Lee et al., 2014).

○ 서해안에서 시기 별 출현개체수를 정확히 추정하기 위해서는 조석주기 등을 고려한 유사한 조건에서 지속적인 조사 필요함.

㉯ 육지와의 거리 및 수심과 상괭이 분포

○ 우리나라 서해안에 주로 분포하는 상괭이는 5~6 ㎞이내(NERDI, 2000), 수심 50 m이내에서 발견되었으며(Zhang et al., 2004), 선상조사에서도 관찰된 모든 개체는 수심 25 m이내였음.

- 상괭이는 안마도 및 사업대상지 인근의 얕은 수심에서 주로 서식하는 것으로 나타남.

○ 또한 조사 시 선박에 의한 목시조사와 함께 연안을 대상으로 음향조사를 병행하였기 때문에 조사방법의 특성이 반영된 것으로 판단됨.

(2) 부유토사 유지농도

(가) 부유토사 저감 방안 검토

○ 해저케이블 공사구간 부유토사 유지농도 계획 검토 결과, 본 해상풍력 단지 공사가 진행하는 서해안은 계절에 따라 부유물질(SS)의 배경농도가 많이 다르게 나타남에 따라 부유토사 유지농도로 관리보다는 케이블 공사구간과 100m 이격거리의 대조구 지점의 부유물질 농도를 분석하여, 대조구보다 5mg/L 이상의 SS 농도가 증가시에 공사강도 조절 및 공사중지를 하여 해양생태계 영향을 줄일수 있도록 계획을 함.

(나) 사업시행으로 인한 영향예측·평가

1) 부유물질 발생에 의한 영향

○ 해양에서 진행되는 사업으로 인하여 발생할 수 있는 해양생태계 환경변화는 부유물질 확산에 의한 영향으로, 부유물질은 해양에 있어서 농도 또는 탁도로서 그 증감 정도를 측정하며 해양생물의 생리작용에 장해를 주는 요인 중 하나로 알려져 있음.

○ 수중에 현탁된 부유성 입자는 수질을 오탁시키고 수중의 광입사량을 감소시켜 식물성 부유생물의 광합성 효율을 저하시키고 생장을 억제시켜 해양의 생물 생산력을 감소하는 것으로 조사됨.

○ 또한, 어패류의 산란율과 부화율을 저하시키고 수중동물의 체표면과 아가미에 흡착되어 호흡과 포식작용을 저해하여 생산량을 감소시키는 요인이 되며, 이러한 해양생태계의 변화는 해양생물의 종수 감소와 서식밀도의 감소 등으로 일부 소수종 또는 기회종이 우점하는 군집의 다양성이 감소되고, 군집구조의 불안정화로 외부환경에 취약한 반응을 나타낼 수 있음.

① 식물플랑크톤

○ 본 사업시행으로 인해 식물플랑크톤에 미치는 영향은 공사시 해수 중 부유물질 농도 및 탁도의 증가로 인해 현존량이 감소가 예상됨.

○ 부유사관련 생물검정 실험 결과 규조류인 Thalassiosira weissflogii에 대한 부유토사 농도별 성장 변화결과를 파악한 결과, 접종 후 3일째 대조구의 성장을 100%로 표현했을 경우, 200 ppm에서는 90.3%, 250 ppm에서는 88.0%, 300 ppm은 86.5%로서 부유토사 농도가 높을수록 성장이 감소하는 경향을 보였음(해양수산부, 2001).

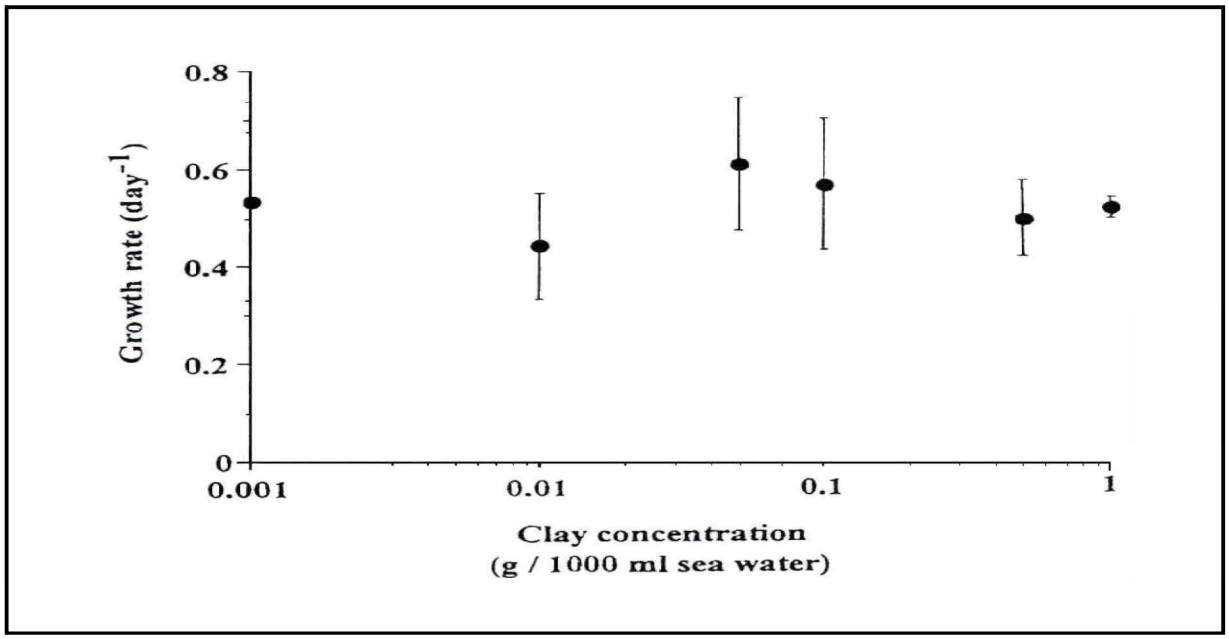
<표 3.2.2 - 60> Thalassiosira weissflogii 부유사농도에 따른 식물플랑크톤에 미치는 영향

농도(ppm) / 시간(hr)	0(대조구)	15	100	150	200	250	300
0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
24	185.4	187.5	190.5	192.5	203.0	199.0	186.0
48	164.0	165.4	166.7	168.5	165.0	164.0	162.5
72	140.5	143.5	140.7	140.7	127.0	123.7	121.5

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

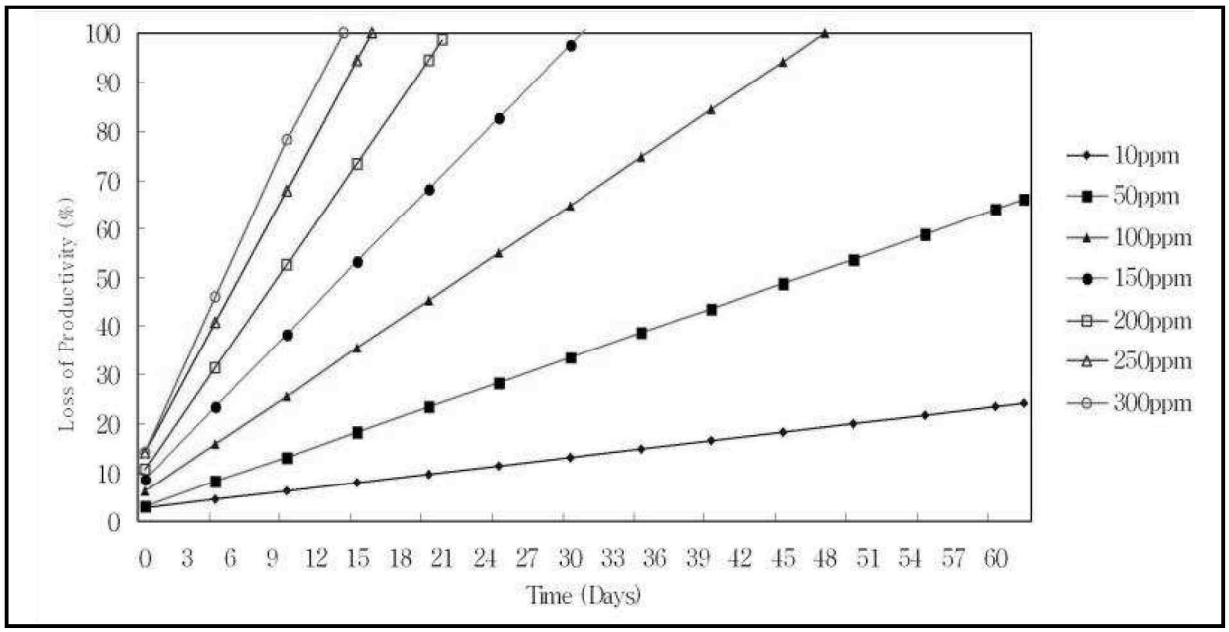
○ 또한, 다른 부유생물 검정 실험결과 규조류인 Skeletonema costatum을 대상으로 실험한 경우 부유사 농도가 50㎎/L을 초과하면 성장률 감소가 시작되며 500㎎/L에서 1/3이 감소하고(한국골재협회 인천지회, 2008), 200㎎/L 이상의 부유물질 농도가 식물플랑크톤의 생산력 감소에 직접적 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있음(맹 등, 2004).

○ 군산지방해양수산청(1998) 조사 자료에서도 부유토사의 농도를 0에서 1g/L까지 변화시켰을때 Skeletonema costatum의 성장률은 0.45~0.6day-1로 큰 변화가 없는 것으로 조사됨.



<그림 3.2.2 - 35> 부유물질 농도에 따른 Skeletonema costatum의 성장(군산지방해양수산청)

○ 그 외 부유사 농도별 경과일수에 따른 식물플랑크톤의 생산력 피해율 실험 결과에서는 부유사 농도가 10ppm일 경우 65일 경과 후에는 약 20%의 생산력 피해율을, 50%의 생산력 피해율로 보았을 때 50ppm의 경우는 약 45일, 100ppm의 경우는 약 22일, 150ppm의 경우는 약 15일, 200 ppm의 경우는 약 10일, 250ppm의 경우는 약 6일, 300ppm의 경우는 약 5일로 보고되었음(부산수산대학교 해양과학공동연구소, 1995).



<그림 3.2.2 - 36> 부유물질 농도별 경과일수에 따른 식물플랑크톤의 생산력 피해율

○ 주요 공공사업벌 임계환경변화량을 적용한 사례에시는 부유사농도 1~10㎎/L 범위에서 환경변화가 나타나 피해를 미칠 수 있는 것으로 분석되었으나, 위 실험들의 생물검정 결과들에서는 임계환경변화량을 적용한 사례 보다 최소 200배 이상의 부유사 농도에서의 실험을 실행하였으며, 그 결과 200㎎/L 이상에서 성장율 12.0% 감소, 500㎎/L 일 때 약 33.0% 감소율을 보여 그 영향은 미미한 것으로 분석되었음.

○ 주요 공공사업별 임계환경변화량인 1~10㎎/L 부유사 농도 기준(45일)에 적용시 기준치 200㎎/L 대비 1/20 수준으로, 그 피해 영향은 또한 감소할 것으로 예상됨.

<표 3.2.2 - 61> 주요 공공사업별 임계환경 변화량(서해안)

환경 요인	임계환경 변화량	적용해역	관련 공공사업	문헌
부유사 (㎎/L)	2 mg/L	충남 태안군	태안화력발전소 건설에 따른 영향범위조사와 피해어업권 및 어업손실보상액 산출	한국해양연구소(1995)
	1～10 mg/L	서해안	항만 공사관련 어업권 피해조사 표준기준 제정을 위한 연구(II)	해양수산부(2002)

○ 따라서, 부유사관련 생물검정 실험 결과 실험종들은 부유사 농도에 환경적 내성이 큰 것으로 조사되었으며, 실험종 뿐만아니라 유사한 연안성 규조류는 문헌자료 및 현황조사에서 우점하고 있는 것으로 조사됨.

○ 그 외 주요 우점종으로 출현한 은편모조류의 Cryptomonads는 연안역에서 연중 출현하는 종으로서 환경적 내성이 큰 것으로 알려져 있음.

○ 현황조사에서 우점종들 외에도 출현한 식물플랑크톤은 연안에서 연중 출현하는 종들이었으며, 대부분 연안의 높은 탁도에 내성을 지니는 종들로 구성되어, 직접적인 저해영향은 크지 않을 것으로 예상됨.

② 동물플랑크톤

○ 공사시 부유물질 및 탁도 증가로 인해 해수 중으로 입사되는 태양광량의 저하가 일차적으로 식물플랑크톤의 생산력 감소와 현존량이 낮아져 이를 먹이원으로 이용하는 동물플랑크톤의 현존량이 동반 감소하는 것이 일반적인 경향이며, 동물플랑크톤에게는 이러한 먹이원의 감소 외에 여과 효율을 감소시켜 섭식률이 낮아지고 이로 인해 성장률과 생산력의 감소를 유발할 수 있음.

○ 또한, 동물플랑크톤 군집에서 여과 섭식자(filter feeder)인 종이 차지하는 비율이 높은 만큼 부유물질 입자에 의한 섭식 방해로 성장률과 난생산력이 저하되며 전반적인 동물플랑크톤 군집의 출현종과 개체수의 감소가 예상됨.

○ 국내에서 부유물질 농도에 따른 동물플랑크톤의 영향에 대한 실험 결과를 살펴보면, 요각류인 Copepodite Acartia의 미성숙 개체는 부유물질 농도가 300㎎/L일 때 치사율이 15.0% 증가하였으며, 1,000㎎/L 이상에서는 70.0% 이상의 치사율을 보였음.

○ 또한 Acartia hongi의 성체는 부유물질 농도가 500㎎/L에서 알 생산이 50.0% 반감되었으며, 1,000 ㎎/L 이상부터 치사율에 영향을 주는 것으로 보고됨(인하대학교, 2007).

<표 3.2.2 - 62> 부유물질 농도에 따른 Acartia hongi의 영향 범위

구 분	영향 정도	참고문헌
Acartia hongi	1,000～2500 ㎎/L에서 알 생산 11.9～36.3% 감소	한국해양연구원(2002)
	1,000 ㎎/L부터 치사율에 영향	
	5,000 ㎎/L 이상에서 알 생산 50% 이상 감소	
	1,000 ㎎/L 이하에서는 성장율에 영향 없음	한국수자원공사(2004)
	500 ㎎/L에서 알생산 50% 감소	국토해양부(2008)
	2,000 ㎎/L 이하에서 치사율에 영향 없음	
	1,000 ㎎/L 이하에서는 알 생산에 영향 없음	한국골재협회 인천시회(2008)
	2,000 ㎎/L 이상에서 알 생산 50% 감소	
	5,000 ㎎/L 이하에서는 치사율에 영향 없음	
Copepodite *Acartia*	300 ㎎/L에서 15% 치사율	국토해양부(2008)
	1,000 ㎎/L 이상에서 70% 이상 치사율	

○ 다른 실험의 경우, 부유사 농도변화에 따른 동물플랑크톤의 부유물질 내성 범위에 대한 실험결과, 요각류인 Eurytmora affinis, Acartia tonsa의 경우, 성장장애 및 섭식저해가 발생될 수 있는 최대 범위는 95～350 ppm로 나타나 산란율과 성장률에 큰 영향을 주지 않는다는 결과를 보였음(Newcombe et al. 1996).

<표 3.2.2 - 63> 부유사 농도에 따른 생태영향

내상종	부유사농도(ppm)	테스트 기간	영향
Eurytmora affinis	>350	field study	reduced population growth(성장저해)
Acartia tonsa	>95	field study	reduced feeding (섭이저해)
A. tonsa, E. affinis	>250	field study	reduced feeding (섭이저해)

주) International Journal of Project Management, 1996

○ 문헌자료 및 현황조사에서 요각류인 Acartia 속 종, Paracalanus 속 종 및 위 실험종들과 동일한 종들이 우점종으로 출현함.

○ 주요 우점종인 요각류는 부유사의 영향을 받을 것으로 예상되나, 위의 실험결과 일정 부유사농도에 어느 정도 내성을 지니고 있어 동물플랑크톤 군집구조의 미치는 영향은 일시적일 것으로 판단되며, 또한, 조사해역은 조석차에 의한

조류 이동으로 동물플랑크톤이 높은 부유물질 농도에 노출되는 시간이 짧아 그 영향이 미미할 것으로 예상됨.

③ 종합결론

○ 위 기술된 해양동식물상에 대한 부유사 농도에 따른 영향성 실험 검증 결과 및 현황조사에서 출현한 대부분이 연안에서 연중 출현하는 종으로 일정 부유사 농도에 대해 내성을 가지고 있는 것으로 파악됨.

○ 공사시 부유사 확산실험 결과(「3.2.1 해양물리 및 지형·지질」참조), 최대확산범위를 합성하여 나타내었으며, 기준 가중농도 +0.1㎎/L에 대해서 최대 확산면적은 Case-1의 저층에서 2.18㎢, Case-2의 저층에서 3.81㎢, Case-3의 저층에서 4.63㎢ 로 예측됨..

○ 실험 결과는 공사 기간 동안 24시간 연속 공사를 진행한다는 최악의 상황을 가정하여 나타낸 결과로서, 실제 본 사업지역에서 공사시 부유사의 최대확산범위는 본 실험 결과보다 크지 않을 것으로 판단됨.

○ 해역에서의 부유사 농도 증가에 따른 수산생물량 감소는 5.0 ~10.0 mg/L 증가시 약 10%, 10.0 ~15.0 ㎎/L 증가시 약 30% 정도인 것으로 알려져 있으며(한국해양연구소, 1992), 결과적으로 저감대책 수립 후 공사시 발생되는 부유사농도는 설치 전과 비교하여 감소할 것으로 예상되어, 부유사 발생으로 인해 해양생물에 미치는 영향은 제한된 면적에서 일시적으로 미칠 것으로 판단됨.

<그림 3.2.2 - 37> 부유사 최대 확산 거리 및 면적

공사 중 실험안	가중농도 최대 확산면적 (㎢)		기준 가중농도 (㎎/L)
	표층	저층	
Case-1	1.68	2.18	+0.1
Case-2	3.48	3.81	
Case-3	3.61	4.63	

2) 공사시 수중소음 등에 의한 영향(항타 작업)

㉮ 해양포유류에 미치는 영향

○ 해상풍력발전단지 건설에 따른 영향은 해저지형변화, 철새와 어류 등의 이동장애, 공기 및 수중소음, 진동, 해저전선에서 발생하는 자기장 등 다양한 형태로 발생함.

○ 이 중 해양포유류에게 직·간접적으로 영향을 끼치는 가장 중요한 부분은 소음으로 소음은 공사 중 발생하는 소음과 운영 중 발생하는 소음으로 구분함.

○ 소리를 개체 간 소통, 이동 방향 인식, 먹이 탐색 등에 활용하는 고래류는 특성상 수중에서 발생하는 소음에 의해 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있음(Madsen et al., 2006; Tyack, 1998; Wartzok and Ketten 1999).

○ 수중소음으로 인한 해양포유류의 피해가 크기 때문에 해상풍력발전과 관련된 선진국에서는 풍력발전사업 추진 시 수중소음의 파악 및 수중 소음으로 인한 영향을 최소화하기 위한 기준을 마련하여 적용하고 있음(손 등, 2015).

- 브라질, 남아프리카 공화국 등은 지질탐사에 따른 수중소음 규제, 아일랜드는 해양포유류만을 대상으로 하는 수중소음 규제 지침 마련, 미국은 해양포유류법에 고래류의 보호를 위한 수중소음 기준을 마련하여 적용함.

○ 한편 덴마크, 영국, 미국 등 일찍이 대규모 해상풍력발전을 추진해온 국가들은 공사 전 장기간의 해양포유류 모니터링을 의무화하고 있으며, 공사 중, 공사 후 해상풍력 운영시 해양포유류에 대한 피해 저감방안 마련을 의무화하고 있음.

㉯ 수중소음에 따른 해양포유류의 영향

○ 수중소음에 대해 해양포유류는 영구적, 비영구적 청력장애, 생리장애 및 행동적 반응 등 외부소음에 따라 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있음.

○ 미국 NOAA는 수중소음이 고래류를 포함한 해양포유류에 미치는 영향을 행동, 음차폐, 생리장애, 청각기관손상, 생태적영향, 개체군 감소 및 누적효과 등으로 상세히 구분함(Marine Mammal Commission 2007).

○ 미국 AMEC 역시 소음에 의한 해양포유류의 영향을 행동, 차폐, 일시적·영구

적 청력장애 및 비청각적 생리장애로 구분하여 관리함(AMEC, 2012).

<표 3.2.2 - 64> 수중소음에 대한 해양포유류의 영향

구분	반응내용
행동적반응	▪ 먹이, 이동, 호흡패턴 등의 방해, 소리의 중단, 서식지로부터의 이동 등을 포함한 행동적 이상반응
차폐효과	▪ 배경소음의 증가로 해양생물 상호 간 통신능력 감소
일시적 청력장애	▪ 외부소음에 의한 청감능력의 일시감소
영구적 청력장애	▪ 외부소음의 지속적인 노출에 다른 첨감기관의 손상으로 인한 청감능력의 감소
비청각적 생리장애	▪ 외부소음 노출에 의한 행동상 변화 등과 가은 비청각 생기기관에 대한 영향

주) AMEC Environment and Infrastructure, Inc. 2012

㉡ 해상풍력 발전 단지 수중소음의 종류 및 기준

○ 해양포유류는 수중에서 발생하는 인위적인 소음의 크기가 배경소음보다 높은 경우 도피반응을 하거나 그렇지 않을 경우, 여러가지 손상 유발함.

○ 미국 NOAA는 항타소음과 같은 충격소음에 대해 다양한 주파수를 이용하는 해양포유류 별 피해가 발생하는 기준을 제시하고 있음.

- 고래류 및 물범, 바다사자류 등에 따라 영구적 청력장애를 가져올 수 있는 소음 기준 제시하고 해상풍력발전 단지 조성 시 발생하는 수중소음 관리에 활용함.

○ 영국은 해양포유류의 회피 발생기준(90dB) 및 일시적 청각장애가 나타나는 수중소음 기준(140dB)을 설정하여 대책 마련에 활용함.

○ 사업대상지에서 주로 출현하는 상괭이가 주로 사용하는 주파수대역에 대한 연구는 이루어지지 않았으나 동일속의 양쯔강 상괭이(Yangtz finless porpoise, Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis)는 20~145kHz의 가청주파수범위를 가지는 것으로 보고된 바 있음(Zhi-Tao Wang et al., 2020).

<표 3.2.2 - 65> 미국 NOAA의 해양포유류의에 대한 수중소음 관리 기준

구분		영구적 청력장애(PTS) 개시 소음(수신음 기준)	
		충격소음(Impulsive)	지속소음(Non-impulsive)
고래류	저주파 사용	230 dBpeak / 192dB SEL	230 dBpeak / 207dB SEL
	중간주파수 사용	230 dBpeak / 187dB SEL	230 dBpeak / 199dB SEL
	고주파 사용	202 dBpeak / 154dB SEL	202 dBpeak / 171dB SEL
물범류		230 dBpeak / 186dB SEL	230 dBpeak / 201dB SEL
바다사자류		230 dBpeak / 203dB SEL	230 dBpeak / 218dB SEL

주) 순간 최대치(dBpeak)와 노출 시간에 따른 값(dB SEL) 두가지를 제시하고 두가지 중 하나라도 초과할 경우 기준을 초과한 것으로 간주

3) 계통연계(해저케이블)에 의한 자기장 영향

① 해양생태계에 미치는 영향

○ 풍력터빈들을 상호 연결하고 있는 계통연계선은 전기장(전하로 인한 전기력이 미치는 공간) 및 자기장(자성물질이나 변하는 전기장에 의해 생성되는 힘의 장)을 만들고 이러한 전·자기장은 전기에 민감한 어류들에게 영향을 미친다고 알려져 있음(Rodmell & Johnson, 2005; Gill & Taylor; 2001; Westerberg, 2000). 전자기장에 연관된 어류들의 관찰 결과는 주로 회피하려는 행동(Rodmell & Johnson, 2005) 및 유영방향의 변경임(Westerberg, 2000).

○ 다음은 「Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy」의 내용을 인용・제시하였음.

- 갑각류의 전자기장 영향에 대한 연구에 의하면, 닭새우류(Spiny lobster)는 유체역학, 시각적 자극뿐만 아니라 지자기에 의한 행동 양상을 보인다고 하였음(Boles and Lohmann, 2003). 닭새우류의 지자기에 의한 영향을 알아보고자 대조실험군과는 반대의 수평 자극(磁極)이 있는 곳에 두었을 때 반대의 이동 경로를 갖는지 증명하는 실험을 하였으나, 인공적인 영향 하에서 조차 닭새우류의 행동양상에 부정적인 걸과는 관측되지 않았음(Lohmann et al., 1995). 닭새우류의 일종인 락랍스터 역시 31kHz의 전자기 신호를 내보내는 태그를 부착하고도 행동 상의 어떠한 이상도 발견되지 않았음(Jernakoff, 1987).

- 또한, 진주담치, 북해새우, 부채게, 넙치는 3.7μT 하의 정적인 지자기에 수주간 노출시킨 결과, 대조군과 실험군 간의 생존률의 차이는 없었으나(Bochert and Zettler, 2004), 또 다른 연구에서는 진주담치에 지자기의 정도를 각각 5.8, 8, 80 μT(58, 80, 800G)로 주었을 때 유도값에 관계없이 20%까지 수분이 감소하였고, 아민계의 질소 수치가 15%까지 잠소하는 것으로 나타나 진주담치의 생화학적 지표가 지자기의 변화에 영향을 받을 수 있는 경향을 나타냄(Aristharkhow et al., 1988).
- 뱀장어는 전자기장에 대한 약간의 감도를 보인바 있으며(CMACS, 2003), 일본 뱀장어의 전자기 민감도 실험조건(Nishi et al., 2004)인 12,663~192,473nT(0.12663~0.192473G)의 자극에 노출되었고, 10~40회 자극을 반복한 결과 모든 장어는 192,473nT(0.192473G)하에서 심박의 감소와 같은 상당한 조건 반응을 보였으나, 일본 뱀장어 이외의 다른 장어는 동일한 반응을 보이지 않았음. 직류 케이블을 이용한 수중 고압 하에서 장어의 행동 방위를 조사한 결과, 대략 60%의 장어가 케이블 위를 횡단하였고, 연구자들은 이들 종의 이동 경로에 고압 케이블의 존재가 아무런 영향을 주지 않는다고 하였음(Westerberg and Begout-Anras, 2000). 발달 단계 중 미숙한 단계에 속하는 장어 치어의 행동을 실험실 조건에서 조사한 결과에서도 유사한 결과가 관찰되었고, 장어의 유영 속도 역시 직류전압 케이블의 존재로 인해 느려지지 않는 것으로 보고됨.
- 오리건 주는 멸종위기종을 포함한 다양한 종류의 연어목이 해안을 통과하고 있으며 연어류 역시 인공의 전자기장으로부터 영향을 받는 것으로 몇몇 연구에서 보고됨. 연어와 장어는 0.007~0.07 V/m 강도의 전기장에 노출되어 있을 때, 심박수가 증가하는 것으로 보고되었으며(Marino and Becker, 1977), 첫 번째 반응은 지느러미와 아가미의 떨림으로부터 관찰되었는데, 이는 0.5~7.5 V/m의 전기장에 노출되었을 때이고, 0.025~15 V/m의 강도에서는 물고기들이 전지의

음극 방향을 향하여 헤엄쳐가는 음극 반응을 보였음. 전기 마취나 마비와 같은 물고기에게 해로운 영향을 주는 영향은 15V/m 이상의 전기장 하에서 관찰되었음(Balayev, 1980; Balayev and Fursa, 1980).

- 태평양 연어는 이동을 위해 이용하는 몇 가지 잠재적인 기제가 있는데 그 중 천체의 나침반이 되는 지자기를 이용한 방위, 출생 줄기의 체취를 이용하여 고향 산란지로 돌아가는 것들이 있다(Quinn et al., 1981; Quinn and Groot, 1983; Groot and Margolis, 1998). 태평양 연어 중 네 가지 종에서 자철석 결정이 발견되었고, 이 결정은 지자기를 향하도록 나침반 역할을 수행하는 것으로 알려져 있음. 한 연구는 연어가 명백히 지자기를 감지하고 있으나 그들의 행동은 다수의 자극에 의해 좌우되기 때문에 인공적인 자기자극이 무효하다는 것을 보여줌(Quinn and Brannon, 1982). 이를 뒷받침하는 연구로, 지자기를 발생하는 인공직인 부착물을 백연어 성체의 머리 부분에 설치하고 조사한 결과, 수평, 수직의 운동에 주목할 만한 영향이 발견되지 않았음(Yano et al., 1997). 더구나, 홍연어 성체는 자기장 수용능력보다는 산란지로의 회귀 여행을 위해 시각적 실마리와 후각적 능력에 더 의존하는 것으로 보고되었으며(Ueda et al., 1998). 자기장의 차단 역시 물고기의 회귀 능력에 어떠한 영향도 주지 않았음.
- 철갑상어, 상어, 홍어류, 가오리류 등은 일상적인 삶에 자연 전자기장을 이용하기 때문에 인공적인 전자기장으로부터 영향을 받을 위험이 다른 종에 비하여 높고, 이들은 먹이의 위치, 해류의 이동, 자기적 방향 측정에 대한 전자기적 정보를 받음.
- 일반적으로 연골어류는 5×10-7~10-3 V/m의 전기장에 대해 민감도를 갖고, 이 수준의 자극에서는 전기장원 쪽으로 끌려가는 경향이 있는 반면, 1 μV/cm 이상에서는 전기장원으로 부터 피하려는 경향이 발견되었음(Kalmijn, 1982; Gill and Taylor, 2002). 그러나 두 연구간의 연골어류의 전자기장에 대한 민감도의 최저 역치에 대해서는 불일치를 보이고 있으며, Gill and Taylor에 따르면 연골

어류가 민감도를 보이는 최저 역치는 5×10-7 V/m, Kalmijn은 5×10-9 V/m임.

- 경골어류의 가장 오래된 분류이기는 하나, 철갑상어의 골격은 연골뼈로 되어있어 연골어류로 분류됨. 철갑상어는 먹이를 잡는데 전기수용감각을 활용할 수 있어 약하지만 전기 물고기임. 유럽의 연구에 따르면, 스텔렛 철갑상어와 러시아 철갑상어는 전기장 주파수와 강도에 따라 상이한 반응을 갖는데(Basov, 1999), 1.0～4.0 Hz 주파수의 0.2～3.0 μV/cm 신호강도 하에서 신호원을 찾으며 활발하게 먹이를 먹는 행동이 관찰됨. 50 Hz, 0.2～0.5μV/cm하에서 신호원을 찾는 행동이 관찰되었으며, 50 Hz하 0.6 μV/cm 이상의 강도에서 신호원으로부터 벗어나고자 하는 행동이 관찰됨.
- 전자기징에 민김한 생물 중 하나로 알려져 있는 싱어류는 자기징이 0.005～1μ Vcm1의 범위에 있을 때는 선호하는 영역이기 때문에 가까이 가지만 10μ Vcm1을 넘어서는 수준에서는 회피하는 행동을 보였음. 그러나 3.7mT에서 수주간 여러 해양생물을 대상으로 시험한 결과, 홍합을 가지고 산란시기 동안 전자기장에 노출시킨 실험결과 특별히 계통연계신에서 발생한 자기장에 의해 저서생물의 생태나 생리에 특별한 영향은 없는 것으로 나타남.
- 상어는 일반적으로 1/8～8 Hz 사이의 주파수를 감지하며, 일정한 속도의 주파수는 상어의 주변 전기장에 대한 탐색을 가능하게 함. 회전이 없는 가속은 자기장을 항한 탐색을 가능하게 하고(Kalmijn, 2000), 이는 상어로 하여금 지구의 자기장을 이용하여 항해하도록 함.
- 눈가오리는 상어와 유사한 주파수 범위에서 반응을 보이는 것이 연구에서 보고되고 있음. 눈가오리는 5 Hz의 일정한 방형파하의 0.01 μV/cm 강도에서 심장반응을 보였고, 10-6 V/m의 전압 강도에서 호흡기계의 리듬이 변하는 것으로 나타났으며(Kalmijn, 1966), 5 Hz 방형파, 4×10-5 V/m에서 심박수의 저하가 관찰됨.
- 연골어류는 잠수함 케이블을 공격하는 것이 관찰되었으며(Marra, 1989), 1982년

메사추세츠의 떨어진 해안가에서 곱상어, 노랑가오리, 청상어의 전기장 민감도를 실험한 결과, 각 종은 전기장원을 공격하였음(Kalmijn, 1982). 곱상어의 경우 전극 간 2 cm 떨어진 전극을 흐르는 8 μA의 직류에서 발생하는 전기장을 이용하였고, 대형 곱상어는 전기장이 0.01 μV/m 혹은 그 이하로 떨어지는 신호원으로부터 30 cm 이상 떨어진 지역에서 총 112번의 공격 중 44번의 공격을 나타내는 것으로 보였음. 15번의 반응은 전기장이 5 μV/m로 측정되는 거리가 38 cm 이상 떨어진 곳에서 발생하였음. 청상어는 하나의 이중극자에 8 μA의 직류가 연결되었으며, 5마리 중 4마리의 청상어(6~8피트)가 반복적으로 계통연계 주변을 맴돌고 전극을 31회 공격하였음. 훈련 실험에서 노랑가오리는 해류에서 발생하는 것과 유사한 일정한 전기징을 향하는 능력을 보였으며, 출생 후 24시간 미만의 어린 보닛헤드 상어는 약한 전기장하에서 긍정적인 먹이 반응을 보이지 못했으나, 생후 32시간 이상의 모든 상어는 진극을 강하게 공격하는 반응을 보였음.

- 자기장과 관련하여, CMACS(2003)는 수중 교류 케이블에서 발생하는 자기장의 세기가 지구 자기장에 비하여 상당히 낮다고 보았으며, 자기장에 민감한 연골어류와 같이 자연발생하는 자기장에 적응한 종들에게 감지되기 어려울 수 있음. 지구 자기장은 교류와 같은 속성을 가지며 CMACS 보고서에서 보여주는 비교는 교유 전력 주파수(50Hz)에 주목하고 있으며, 이는 다양한 주파수의 전자기장 상대강도를 표현할 때 적용됨.
- 고래와 돌고래는 자기장 강도와 준위가 낮은 지역을 찾아 이동하는 것을 가능하게 하는 유용한 “자기장 지도”를 형성하며, 많은 고래 및 돌고래는 지구 자기장의 총강도가 0.5 mG(5×10-4G) 이하로 떨어질 때 좌초현상에 민감함. 통계적으로 상당히 민감한 종으로는 흔한 돌고래인 큰코돌고래, 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래가 있으며(Kirschvink et al., 1985). 이빨고래, 수염고래의 집단 좌초현상은 지역적인 자기장 변이와 연관이 있음(Kirschvink et al., 1985).

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

○ 독일에서는 내륙 해안의 풍력단지를 연결하는 3-cored 계통연계 주변에서 자기장을 측정하였음. 측정결과, 자기장은 10㎶보다 적으며 진공청소기에 의해 발생되는 자기장보다도 약한 것으로 나타났으며, 자기장은 계통연계선으로부터 1m 이격시 3㎶가 감쇠되었으며 독일 육상부의 자연자기장은 대략 45㎶로 조사되었음(ABB Power Technologies, 2003). 또한, 자기징은 계통연계선에서 거리가 멀어질수록 급격하게 낮아지는 경향을 보이며(Normandeauet al., 2011), Andrulewicz et al.(2003)는 계통연계선의 수 미터 내에서 자기장의 변화가 나타나고 20m의 거리에서 자기장의 변화가 자연적 변화를 초과하지 않는다고 보고하였음.

○ Gill et. al.(2005)에 따르면 넙치과 어류는 전기와 자기장에 민감한 어종으로 보고되었으나, 계통연계 주변 해역에서의 어류의 행동과 회유 변화를 단순하게 전자기장의 영향으로 나타내기에는 곤란하기 때문에 단정적인 결론은 제시하지 않았음.

○ 본 사업은 해저면 수직 2m 깊이에 계통연계선을 포설하기 때문에 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저면 토양에 의한 자계 효과로 인해 자기장에 의한 어류에 미치는 영향은 상대적으로 미미할 것으로 판단되나, 이후 시행되는 사후환경영향조사를 통해 어류에 미치는 영향을 모니터링 할 필요가 있음.

② 해양보호생물에 미치는 영향

○ 전자기장이 해양보호생물 중 해양포유류에 미치는 영향은「Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy」의 내용을 인용・제시하였음.

- 고래와 돌고래는 자기장 강도와 준위가 낮은 지역을 찾아 이동하는 것을 가능하게 하는 유용한 “자기장 지도”를 형성하며, 많은 고래 및 돌고래는 지구 자기장의 총강도가 0.5mG (5×10-4G) 이하로 떨어질 때 좌초현상에 민감
- 통계적으로 상당히 민감한 종으로는 흔한 돌고래인 큰코돌고래, 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래가 있음(Kirschvink et al., 1985)
- 이빨고래, 수염고래의 집단 좌초현상은 지역적인 자기장 변이와 연관이 있음 (Kirschvink et al., 1985)
- 몇몇 고래목의 종들은 자기장을 지리적 특성이 없는 외해역에서 장거리 이동을 정확하게 하기 위해서 이용하는 것으로 알려져 있으며. Valburg(2005)의 연구는 싱어가 짐수힘 전기케이블 주위의 낮은 전기장지역에서 영향을 받을 가능성이 거의 없는 반면, 전자기장의 변화는 고래의 폐사(좌초)에 상당한 연관이 있음

○ 결론적으로, 본 사업은 해저면 약 2m 깊이에 계통연계를 포설하기에, 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저질에 의한 자계 차폐효과로 인해 자기장에 의한 해양보호생물에 미치는 영향은 상대적으로 미미할 것으로 판단됨.

<표 3.2.2 - 66> 해양보호생물에 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, 2010, OregonWaveEnergy

<표 3.2.2 - 67> 문헌자료에 제시된 해양생물의 전자기장 영향-(1)

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향
▸저서생물					
북해새우 부채게 진주담치	생존	3.7μT(3G)	-	-	없음
진주담치	생화학 지표	5.8, 8.0, 80.0μT (58, 80, 800G)	-	-	20% 수화 증가 15% 아민계
성게	발달 변이	10-100μT (100-1000G)			초기배아 동공축소 지연, 외낭
▸경골어류					
넙치	생존	3.7mT(37G)	-	-	없음
연어	부정맥	-	7~70μV/cm	-	심박수 증가
	첫반응	-	0.5~7.5V/m	-	아가미, 지느러미 떨
	음극반응	-	0.025~15V/m	-	음극 전하 방향 이동
	마취, 마비	-	15V/m	-	마비
장어	부정맥	-	7~70μV/cm	-	심박수 증가
	첫반응	-	0.5~7.5V/m	-	아가미, 지느러미 떨
	음극반응	-	0.025-15V/m	-	음극 전하 방향 이동
	마취, 마비	-	15V/m	-	마비
은장어	이동	10m 거리 지자기와 동일 차수 규모	-	-	60%의 개체수가 계통연계선
일본장어	자기민감도	12,663~192,473nT	-	-	상당히 조건화된 반

자료) Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy

<표 3.2.2 - 68> 문헌자료에 제시된 해양생물의 전자기장 영향-(2)

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향
▸연골어류					
상어	교류민감도	모두	모두	1/8-8Hz	기본 기능에 영향
청상어	전기장 민감도	-		-	반복된 회전, 시설 공
소형곱상어	전기장 민감도	-	<0.021μV/cm	-	신호원에서 18cm이상 떨어진 지
대형곱상어	전기장 민감도	-	5nV/m	-	신호원에서 38cm이상 떨어진 지
눈가오리	심장반응	-	1×10-9V/m	5Hz (일정방형파)	심장반응
눈가오리	호흡기계 심장반응	-	10-6V/m	5Hz (일정방형파)	호흡기계 및 심박리듬
	심장반응	-	4×10-5V/m		심박수의 저하
노랑가오리	방향정위		해류와 유사 <5nV/m	-	해류와 유사한 일정 전기장 하

자료) Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy

(다) 저감방안 및 평가

1) 부유사 저감 공종관리

○ 공사시 부유사의 발생은 공사강도에 따라 농도 및 확산범위가 변동될 수 있으므로 수시로 육안감시를 실시하여 공사로 인하여 부유사가 현저하게 증가할 경우에는 일시적으로 작업중단, 작업시간 단축, 공사방법 개선 등을 통하여 부유사 부하를 감소시키고 정체시간을 늘려 침전효과를 증대시켜 사업지구 주변의 해양수질이 향상된 후 작업을 실시하도록 할 계획임.

2) 공사시 수중소음 등 저감대책

○ 공사시 불필요한 충격음이 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획·실시 및 합리적인 장비투입계획으로 장비의 집중투입을 방지할 계획임.

○ 또한, 노후화된 장비의 사용을 억제하고, 저소음·저진동 장비 사용 및 가급적 공사장비의 가동시간을 일 최대 8시간으로 한정하여 소음·진동을 최소화 할 계획이며, 파일의 항타공사시 해머낙하 높이를 조절하여 충격음과 진동을 감소시키도록 계획함.

① 항타공사 시 공정관리

○ 본격적인 항타 작업 전 경고음을 발생시키거나 인위적인 소음을 크게 발생시켜 해양포유류 및 어류를 회피 유도할 계획이며, 경고음은 표준작업 절차(작업전 육안조사 → 단계적 경고음 발생 → 파일항타 → 해양포유류 발견시 작업중단)를 수립하여 시행할 계획임.

○ 또한, 파일의 항타공사시 해머낙하 높이를 조절하여 충격음과 진동을 감소시키도록 계획함.

㉮ 작업전 육안조사

○ 단계적 경고음 발생의 최소 30분 이전에 해양포유류의 존재에 대해 육안으로 조사를 수행・관측 지역은 항타지점으로부터 1㎞이내에 육안으로 관측되는 모든 범위 내에서 조사를 수행하여야 하며, 파일항타 지역 혹은 시각적으로 관찰

하기 유리한 지역으로 육안조사를 수행할 예정임.

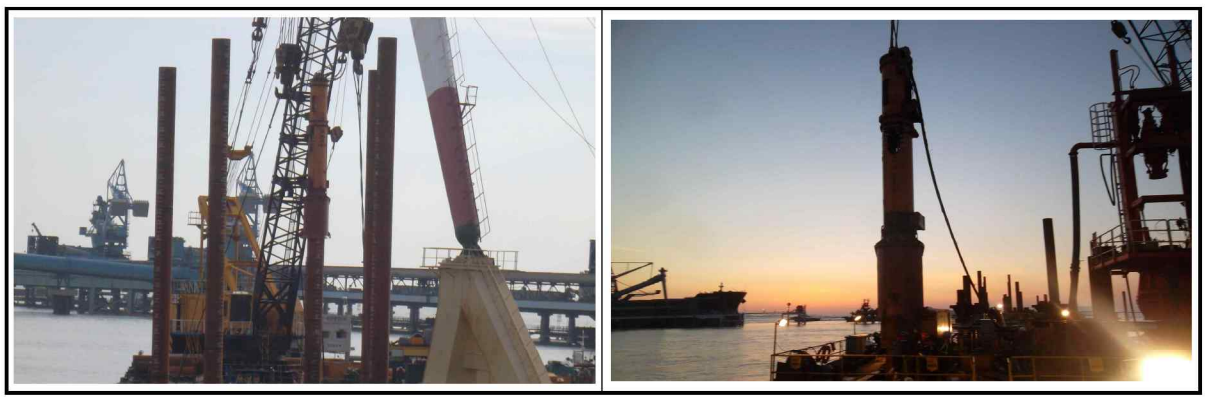
㉯ 단계별 경고음 발생

○ 작업전 육안조사 과정에서 해양포유류가 발견되지 않는 것으로 판단될 경우, 항타 충격에너지를 10분간 점진적으로 단계적 경고음을 발생시켜 어류 및 포유류의 회피를 유도할 예정임.

㉰ 파일항타

○ 단계적 경고음 발생시 해양포유류가 더 이상 발견되지 않거나 발견될 가능성이 없는 것으로 판단되면, 정상적인 항타 충격에너지를 이용하여 항타작업을 수행함.

○ 다만 정상적인 항타시에도 해양포유류에 대한 육안 관찰을 지속적으로 해야하며, 오랜기간 항타작업을 쉬었거나, 육안관측 혹은 시야 확보의 어려움으로 작업이 중단되었을 경우 단계적 경고음 발생 과정을 재수행할 예정임.



<그림 3.2.2 - 38> 저소음·저진동 공법(안)(파일항타시 햄머캡 사용)

<그림 3.2.2 - 39> 저소음·저진동 공법(안)(R.C.D 장비 및 천공작업)

○ 해상풍력 발전과 관련된 선진국에서는 해상풍력 발전단지 조성 시 해양포유류에 대한 영향을 최소화하기 위해 조사, 예측평가 및 보전대책 수립을 위한 방안을 마련하고 있음.

② 해양포유류 영향 평가를 위한 조사 예측 및 평가

○ 주요국은 풍력발전으로 인한 소음 발생에 대한 해양포유류의 영향을 파악하기 위한 조사 및 예측, 평가 방법 등의 기준을 마련하여 시행 중임.

○ 모니터링 및 조사결과를 기반으로 피해저감방안 등을 마련하여 적용 중임.

<표 3.2.2 - 69> 수중소음에 대한 해양포유류의 영향

구분	세부내용	비고
조사수법	▪ 해양포유류에 대하여 연간조사를 원칙으로 선박을 이용하여 직접관찰 및 울음 소리로 확인	영국
	▪ 현지조사에 의한 사업지구에서 수중소음 파악	미국
예측수법	▪ 수중의 확산과 물에 의한 흡수에 관한 모델을 사용하여 공사 중 항타 발생음이나 선박소음 등에 관하여 예측	영국, 덴마크 등
	▪ 수중의 확산과 물에 의한 흡수에 관한 모델을 사용하여 공사 중 항타 발생음이나 선박소음 등을 예측하고 결과와 배경소음 합성	미국
평가수법	▪ 해양포유류나 바다거북에 대한 영향을 피하기 위해 미국해양어업국 지침 활용	미국
	▪ 해양포유류의 청각장애가 나타나는 범위를 계산하고 영향범위 내의 해양포유류 분포 확인	덴마크
	▪ 해양포유류의 회피 발생 기준 (90dB) ▪ 일시적인 청각장애가 나타나는 소음수준(140dB)	영국
환경보전대책 (적용사례)	▪ 항타공사지점 반경 500m 이내 해양포유류가 없는 것을 확인 후 공사개시 ▪ 공사중 보호종이 접근한 경우 보호종이 떠나기 전까지 공사 중지 ▪ 공사 및 운영시 소음에 관한 모니터링 실시하고 미국해양어업국 가이드라인의 기준 유지 확인	미국
	▪ 항타공사지점 반경 1km 이내 해양포유류가 없는 것을 확인 후 공사개시	영국

③ 안마해상풍력 발전단지 조성사업에 따른 해양포유류 보호·보전 방안

○ 안마해상풍력 발전단지 조성사업 대상해역은 문헌조사, 현장조사 및 탐문조사 결과 고래류 특히 서해 연안에 주로 서식하는 상괭이가 주로 서식하는 것으로 나타남.

○ 우리나라보다 앞서 해상풍력을 도입하여 운영 중인 국가들은 풍력발전 시 발생하는 여러 영향 중 포유류에게 심각한 피해를 발생시킬 수 있는 소음에 대한 규제기준을 마련하여 공사 중, 운영 중 발생가능한 피해상황에 대비하고 있음.

○ 소음발생 시 해양포유류는 대부분 회피하게 되고 발생소음의 강도 및 지속성에 따라 일시적 또는 영구적인 형태로 나타나게 됨.

○ 우리나라에서도 공사 전 사업대상지에 대한 모니터링을 통해 대상 해역에 서식하는 해양포유류의 이동경로 및 시기 등의 생태적인 특성을 파악하여 관리하는 것이 중요함.

㉮ 사업대상지 해양포유류 모니터링

○ 안마해상풍력 발진단지 조싱사입이 이루어지는 대상해역은 해양포유류 중 상괭이가 주로 서식하는 해역으로 공사전 개체수, 주요 분포해역, 이동경로 등에 대한 모니터링 결과를 기반으로 공사 중 및 운영 중 피해저감을 위한 대책을 마련하여야 함.

- 우리나라 서해안에 서식하는 상괭이에 대한 습성 등에 관한 연구가 많이 이루어지지 않아 현황자료의 확보가 어려워 사업대상지에 대한 모니터링을 통한 현황정보 확보 필요함.

○ 공사중 발생 가능한 소음의 영향범위 등에 대한 모델링 결과를 활용하여 발생소음에 대한 상괭이 영향범위 및 모니터링 범위 산정함.

- 현재 우리나라에는 해양포유류에 대한 수중소음의 기준은 마련되어 있지 않으며, 미국 등의 사례를 준용하여 180dB를 해양포유동물에 대한 한계값으로 제안한 바 있음.

- 국내에서는 쇠돌고래를 대상으로 한 연구에서 파일 항타음은 100m 거리에서 20dB, 영향거리는 약 2.6㎞로 추정한 바 있으나 상괭이에 대한 연구는 없음.

○ 운영 중 모니터링은 지속적으로 발생하는 풍력발전기의 소음에 대한 고래류의 반응을 모니터링함으로서 고래류의 회피, 적응 등에 관한 사항을 파악하여 피해 저감방안 수립에 반영하여야 함.

㉯ 수중소음으로 부터 해양포유류 피해 저감방안

○ 공사 중 발생하는 소음 저감을 위해 공정에 대한 소음저감계획을 수립하여 항타시기, 장비 등을 조절하여 사업을 추진해야함.

- 항타시기는 주변 해양포유류의 행동패턴, 주기 등을 참고하여 피해를 최소화 할 수 있도록 하고 특히 빈식기 등의 민감한 시기를 피하여 공사 추진

○ 공사 가장 큰 소음이 발생하는 파일항타 공사 등의 추진 시 공기방울차단막(Air bubble curatain), 격리망(Isolation cashing), 쿠션블릭(Cushion block), 임시물막이(Cofferdam) 등을 사용할 경우 10~20dB의 소음 저감효과 발생함.

○ 미국, 영국 등의 국가에서는 항타공사 등 소음이 발생하는 공사 시 사진에 인근에 해양포유류 출현 여부를 확인 후 공사를 진행함.

- 공사 전 점검, 해양포유류 출현 시 공사 중지, 해양포유류가 없는 것을 확인한 후에 공사 개시

- 미국은 공사 중 공사빈경 500m 이내, 영국은 1㎞ 이내의 해양포유류 출현 확인 후 공사 추진

- 공사 시 소음측정 등 관련 모니터링을 실시하여 소음 관련 가이드라인 준수

3) 전자기장 발생 저감대책

○ 계통연계선 설치 구간에서 발생되는 전자기장의 경우 2~3m 내외로 알려져 있으므로(YI et al., 2017), 추후 계통연계선 설치 구간을 중점으로 조사정점을 선정하여 공사시 및 운영시 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)을 통해 해저케이블 인근 해역의 생물량 감소 등 저서동물에 미치는 영향이 있을 것으로 판단될 경우 추가적인 저감대책을 수립하여 제시할 계획임.

(3) 오수처리계획

○ 본 사업 시행으로 인해 발생되는 오수는 생태·자연도 Ⅰ등급 지역으로 배출되므로 방류수 수질을 강화하는 방안을 검토하였음.

○ 운영시 개폐소에서 발생되는 오수처리계획으로 개인하수처리시설(용량 15.0㎥/일)을 설치하여 처리할 계획임.

- 이에 따른 설치기준은 「하수도법」을 준수할 계획이며, 하수처리시설의 처리수질은 「하수도법 시행규칙 〔별표3〕 방류수 수질기준」(BOD 및 SS 각각 20㎎/L 이하)보다 더 강화된 공법을 적용하여 처리토록하겠음.

<표 3.2.2 - 70> 운영시 오수발생량

동별	건물용도	사용면적 (㎡)	계획오수량		비 고
			산정기준	오수량(㎥/일)	
1동	변전소	2,729.00	5 L/㎡	13.65	
소 계		2,729.00	-	13.65	
설계용량		2,729.00	-	15.0	

<표 3.2.2 - 71> 개인하수처리시설의 방류수 수질기준

구 분	1일 처리용량	지 역	항 목	방류수 수질기준
오수 처리시설	50㎥ 미만	수변구역	생물화학적 산소요구량(㎎/L)	10 이하
			부유물질(㎎/L)	10 이하
		특정지역 및 기타지역	생물화학적 산소요구량(㎎/L)	20 이하
			부유물질(㎎/L)	20 이하

자료) 하수도법 시행규칙[별표3] 방류수 수질기준, 환경부

<표 3.2.2 - 72> ABC 현수 미생물 접촉법

구분	AQUATIC 생물막
처리효율	고농도에서 저농도까지 탄력적 운전가능
슬러지 발생량	유입 BOD량에 대한 0.4~1%
부하변동	극히 강함
반송오니	불필요
저수온시처리효율	강함
유기물질(BOD)처리한계	10,000~5ppm
슬러지 팽화 및 해체현상	극히 양호
T-N, T-P의 제거	80%이상 제거
전문성	불필요

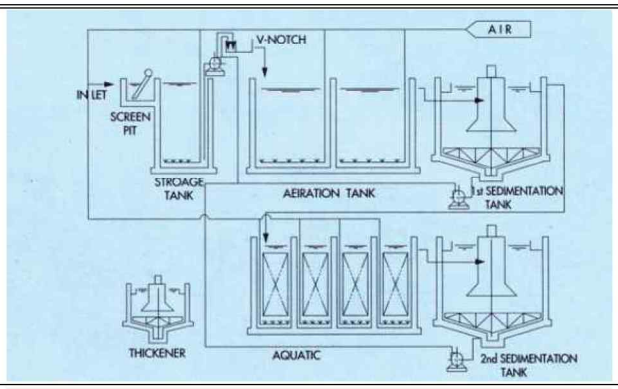
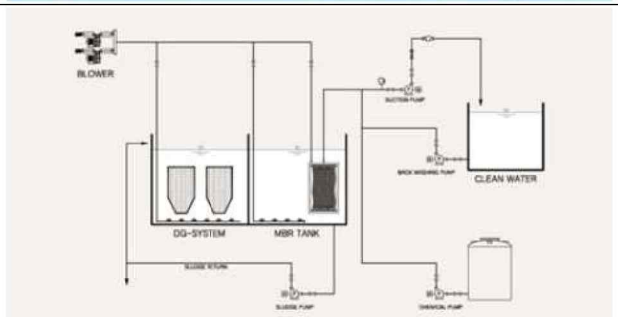
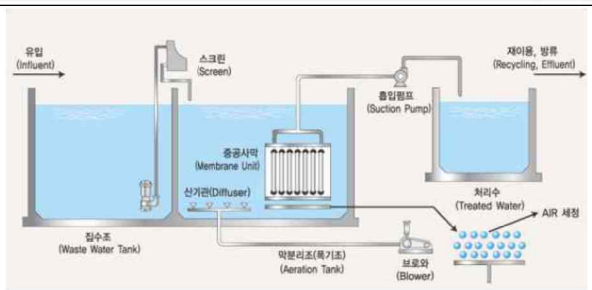
<표 3.2.2 - 73> 침지식 중공사막(고강도) 처리효율

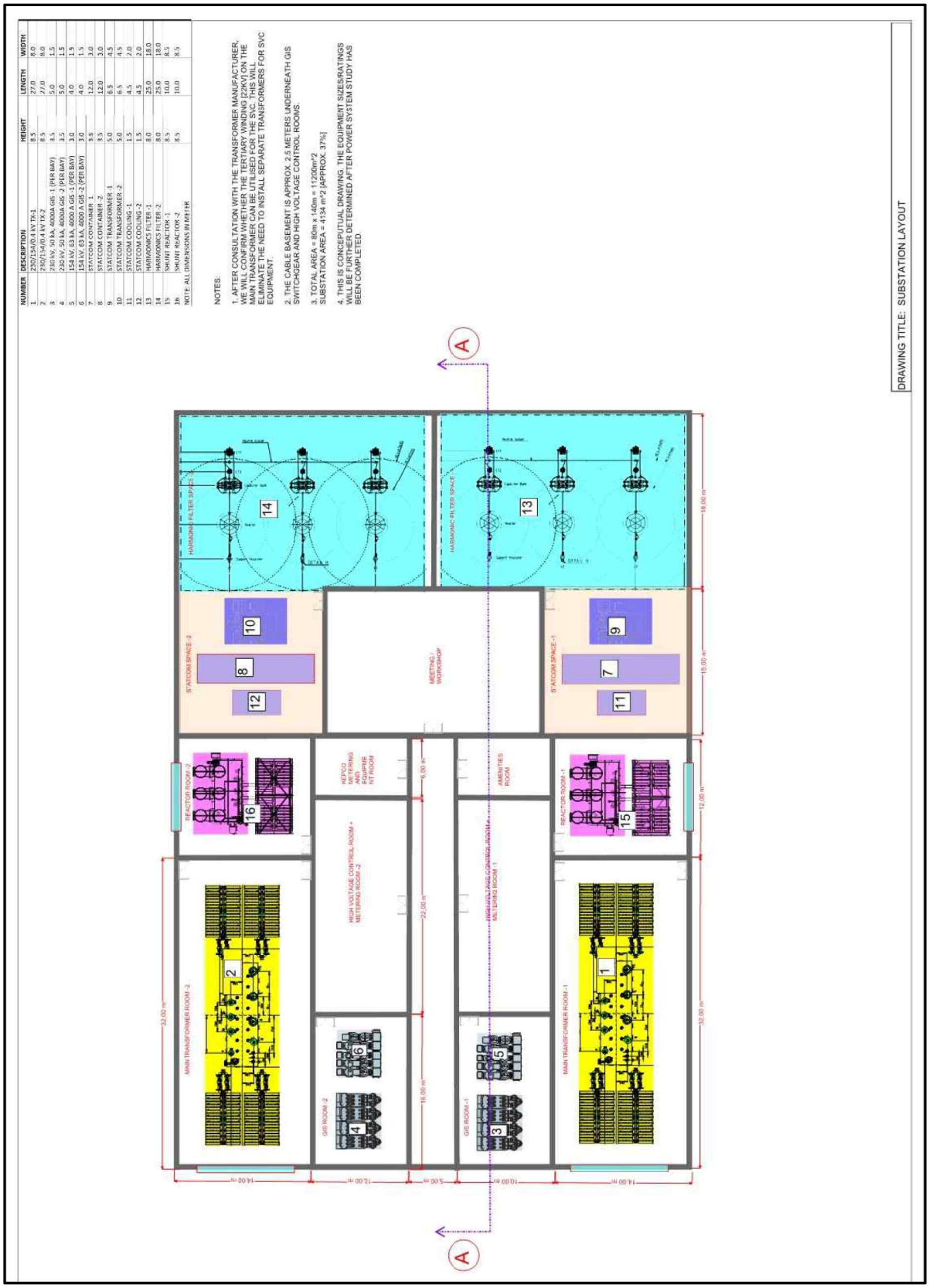
구분	유입수	처리수	제거율(%)
BOD(㎎/L)	250	2	99.2
COD(㎎/L)	230	4	98.3
SS(㎎/L)	120	1	99.2
T-N(㎎/L)	60	8	86.6
T-P(㎎/L)	18	1.1	93.8

<표 3.2.2 - 74> 침지식 중공사막 처리효율

구분	유입수	처리수	제거율(%)
이사회(㎎/L)	250	2	99.2
대구(㎎/L)	230	4	98.3
SS(㎎/L)	120	1	99.2

<표 3.2.2 - 75> 공법별 내용

구분	처리과정
ABC 현수 미생물 접촉법	
침지식 중공사막 (고강도)	
침지식 중공사막	



<그림 3.2.2 - 40> 개폐소 평면도

(4) 사후환경영향조사 계획

○ 본 사업시행으로 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악 및 평가시 수립한 저감대책의 적정 운영여부를 관리·감독하고, 예상하지 못한 환경변화에 대응할 수 있도록 사후환경영향조사 계획을 수립함.

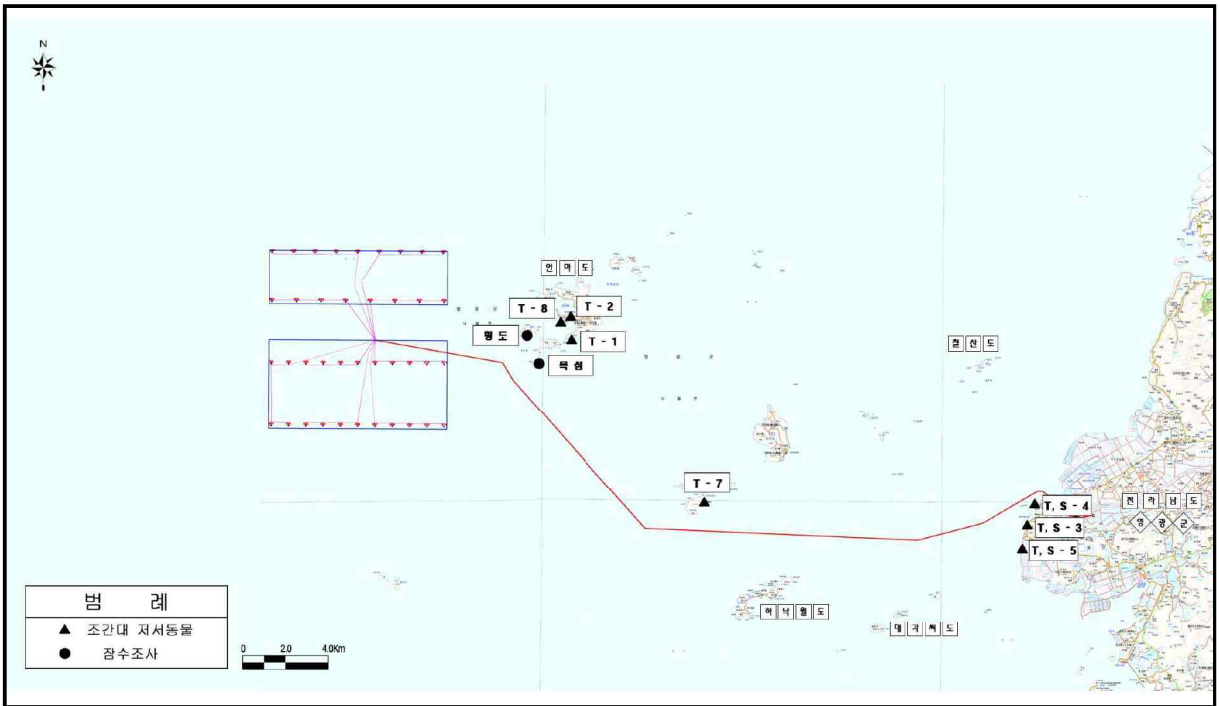
○ 사후환경영향조사 기간은 「환경영향평가법 시행규칙」〔별표1〕에 의거 사업 착공시부터 사업 준공후 5년까지로 수립함.

- 공사시 : 사업 착공시부터 사업 준공시까지
- 운영시 : 사업 준공 후 5년까지

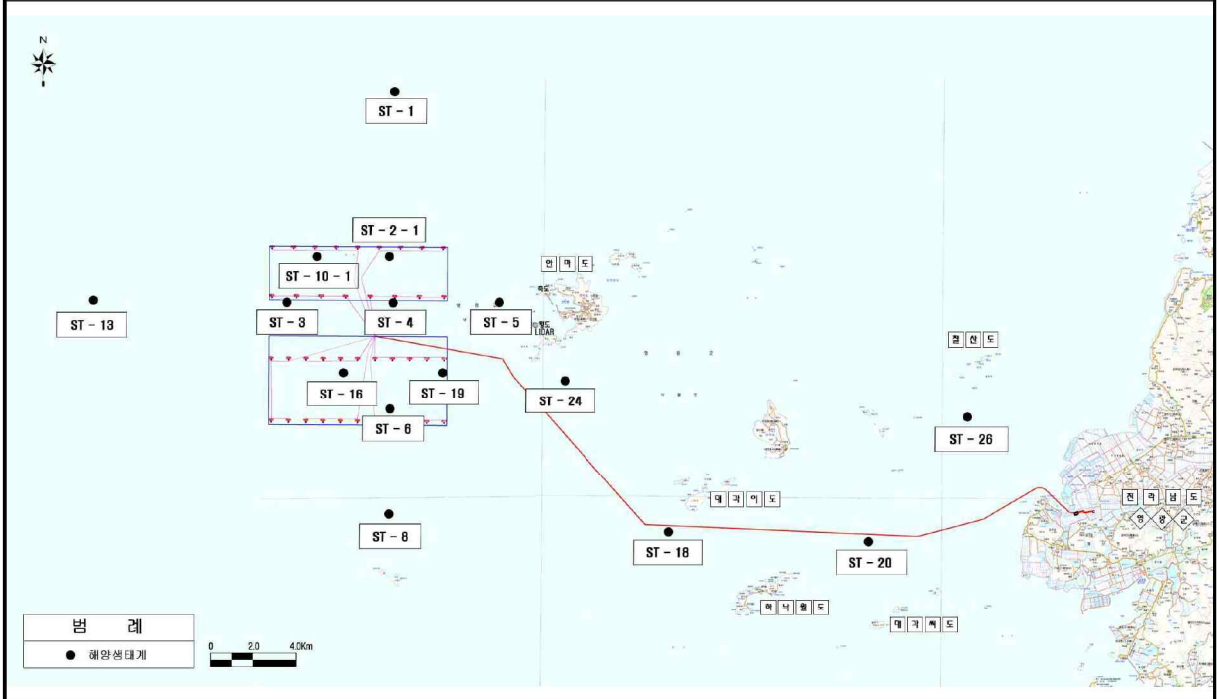
○ 추가적으로 사후환경영향조사 시, 환경영향평가조사 시와 최대한 조사시기를 일치시키도록 하며, 동물플랑크톤은 국가해양생태계 종합 조사 지침서를 참고하여 조사할 수 있도록 계획하겠음.

<표 3.2.2 - 76> 해양동·식물플랑크톤 조사계획

<table>
<tr><td>구분</td><td>조사계획</td></tr>
<tr><td>조사항목</td><td>○ 동·식물플랑크톤, 어란 및 자치어, 조하대 저서동물, 조간대 저서동물(해조류 포함), 잠수조사</td></tr>
<tr><td>조사내용</td><td>○ 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악분석</td></tr>
<tr><td>조사지점</td><td>□ 공사시, 운영시
-해양생태계(조하대) : 15지점, 경성조간대 : 7지점, 연성조간대 : 3지점(상. 중, 하)
잠수조사 : 2지점</td></tr>
<tr><td>조사주기</td><td>○ 공사시 : 분기 1회
○ 운영시 : 반기 1회</td></tr>
<tr><td>조사방법</td><td>○ 현지조사
<table>
<tr><td colspan="2">환경영향평가조사 시</td><td rowspan="2">사후환경영향조사 시</td></tr>
<tr><td>1~4차</td><td>5~6차 및 추가 조사</td></tr>
<tr><td>○망목 200㎛,
망구 직경 45㎝</td><td>○망구 60㎝,
망목 303㎛</td><td>○망구 60cm, 망목 200㎛
(국가해양생태계종합조사 조사지침서(2020년))</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>조사주체</td><td>○ 사업시행자</td></tr>
</table>



해양동·식물상(조간대 저서동물 및 잠수조사) 조사위치도

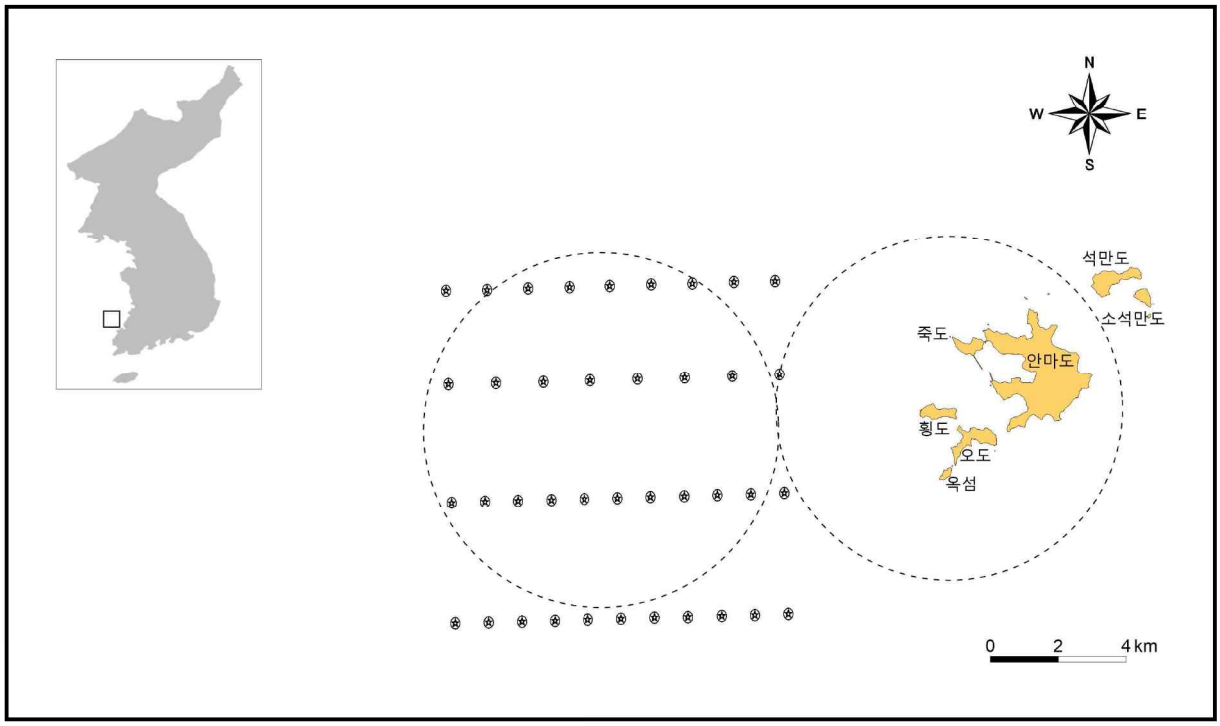


해양동·식물상(부유생태 및 조하대 저서동물) 조사위치도

<그림 3.2.2 - 41> 사후환경영향조사 위치도

<표 3.2.2 - 77> 해양포유류 조사계획

구분	조사지점	조사항목	조사주기
해양 포유류	□ 공사시 및 운영시 -해상풍력발전단지 주변해역	○공사시 및 운영시 -해양포유류	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회



<그림 3.2.2 - 42> 해양포유류 조사지점도

3.2.3 수산자원

○ 어류 및 수산자원에 대한 조사결과, 해산어류 3~8종 출현 및 개체수도 적으며, 영광군 수협 자료는 본 사업지역을 대표하기 어렵고, 6정점에 대한 통발조사로는 정확한 현황파악이 어려우므로 다음 사항을 토대로 추가 조사를 실시하여야 함. - 통발 수 및 조사범위 확대 - 해산 어류에 대해 다양한 어구를 통해 조사 - 회유성 어류에 대한 조사 - 수산자원에 대한 문헌자료를 통해 사업대상 해역에 출현하는 종에 대한 조사를 실시하고, 조사어구로 사용한 자망의 망목 크기 등 조사방법과 횟수를 전문가 자문을 받아 재점검하여 제시
○ 금회 평가서에 참조기를 확인하지 못한 원인이 어구가 아닌 조사시기의 차이에 따른 것으로 판단되므로, 수산자원량 변동 지표가 되는 참조기의 수산자원량을 확인하기 위해 춘계시기 자망조사를 실시하고, 조사결과를 사후관리를 위한 기초자료로 사용하여야 함.
○ 사업으로 인한 수산업 영향범위를 파악하기 위해 사업해역과 해저케이블 경과지를 포함하여 면허, 허가, 신고어업의 현황조사 결과를 관련 도면에 종합적으로 표시하여야 함. - 주민설명회 답변(6-35쪽) 중 풍력단지 내 통항이 가능하도록 협의 중에 있다고 하였으나, 세부 계획이 없으므로 관련 방안 제시

가. 해산어류 및 어업권

(1) 해산어류

(가) 2020년 4월 조사자료 결과

○ 2020년 4월에는 28개 분류군이 출현되었고, 총 425개체가 출현하였다, 밴댕이가 80개체로 18.8%를 차지하여 가장 우점하였고, 넙치가 46개체로 10.8%를 차지하여 우점하였으며, 반지가 42개체로 9.9%로 우점하는 종으로 나타냈음(안마해상풍력발전단지 어업피해조사, 2023).

<표 3.2.3 - 1> 2020년 4월 안마해상풍력 조성단지 주변해역의 해산어류 출현종

Species \ Stations	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	Total	R.A.(%)
감성돔(Acanthopagrus schlegelii)	5				1	6	1.4
개소갱(Odontamblyopus lacepedii)		2	3	2	1	8	1.9
갯장어(Muraenesox cinereus)			4	4	3	11	2.6
꼬치고기(Sphyraena pinguis)	5					5	1.2
꼼치(Liparis tanakae)		4	1	2		7	1.6
꽁치(Cololabis saira)	4	3	5	2		14	3.3
넙치(Paralichthys olivaceus)	11	9	10	7	9	46	10.8
농어(Lateolabrax japonicus)		2	1		3	6	1.4
도화망둑(Amblychaeturichthys hexanema)	4	1				5	1.2
동갈치(Strongylura anasomella)			3	4		7	1.6
민어(Miichthys miiuy)	2			5		7	1.6
민태(Johnius grypotus)				8		8	1.9
반지(Setipinna tenuifilis)	8	7	6	10	11	42	9.9
빨갱이(Ctenotrypauchen microcephalus)		1			2	3	0.7
밴댕이(Sardinella zunasi)	13	20	16	15	16	80	18.8
보구치(Argyrosomus argentatus)	4			2		6	1.4
부세(Larimichthys crocea)		3	5	2		10	2.4
삼세기(Hemitripterus villosus)		1	2			3	0.7
삼치(Scomberomorus niphonius)			3	3		6	1.4
성대(Chelidonichthys spinosus)	4	4				8	1.9
숭어(Mugil cephalus)		4			6	10	2.4
양태(Platycephalus indicus)		7	13	8	8	36	8.5
전갱이(Trachurus japonicus)			3	2	4	9	2.1
전어(Konosirus punctatus)		3		4		7	1.6
쥐치(Stephanolepis cirrhifer)	7		6	4		17	4.0
청멸(Thryssa kammalensis)		11	9	7	10	37	8.7
참복(Takifugu chinensis)		3	3			6	1.4
참조기(Larimichthys polyactis)		5	6	4		15	3.5
Total	67	90	99	95	74	425	100.0
Number of species	11	18	18	19	12	28	

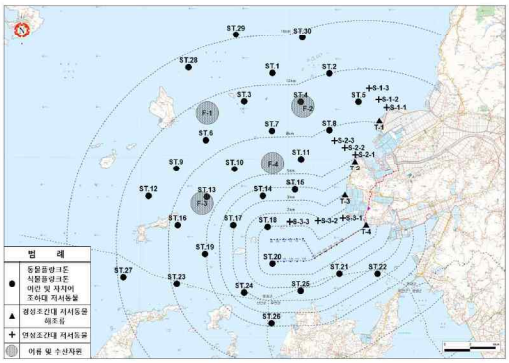
(나) 조사시기 별 비교·분석

○ 본 사업과 관련하여 인근 해역의 어류 변화 추이를 분석하기 위해서 「영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청」와 2015~2019년에 수행한「국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부」의 조사결과를 바탕으로 조사시기 별 출현종수, 출현개체수 및 우점종을 파악하여 비교 및 제시함.

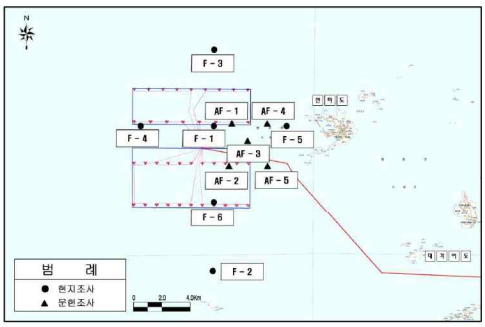
<표 3.2.3 - 2> 조사항목 및 조사시기

구분	조사시기		조사항목	정점수	비고
현황조사	2019년	07월	어류	6개 정점	자망(150m)
		10월			
	2020년	01월			
		04월			
		08월			
		11월			
	2022년	08월			
		10월			
문헌[1]	2018년	08월	어류 및 수산자원(어류만)	4개 정점	자망
		11월			
	2019년	02월			
		05월			
문헌[2]	2015년	05월	어류	1개 정점	자망(자망, 유자망 등)
		08월			
	2017년	05월			
		08월			
	2019년	05월			
		08월			
어업피해조사	2020년	04월	어류	5개 정점	자망(30m씩 6폭)

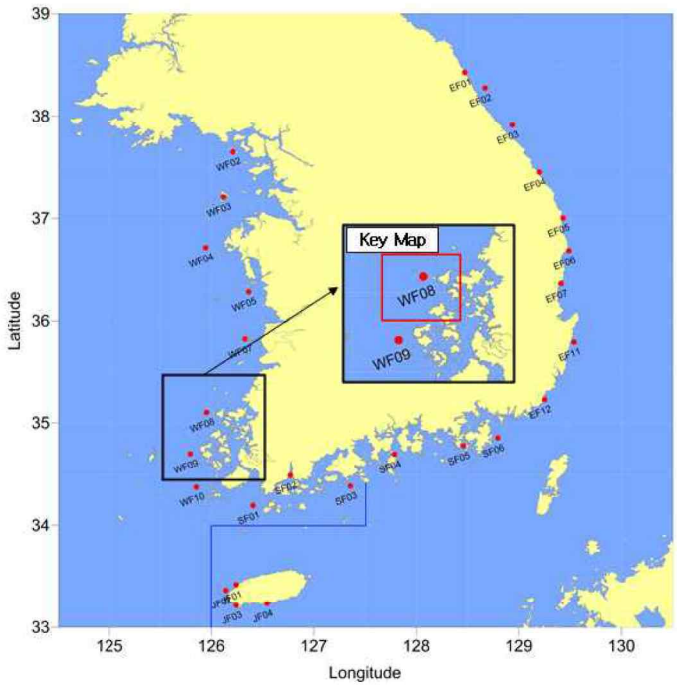
분헌조사[1] : 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청
문헌조사[2] : 2015~2019년 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부



문헌조사[1]



어업피해조사



문헌조사[2]

문헌조사[1] : 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청
문헌조사[2] : 2015~2019년 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부

<그림 3.2.3 - 1> 문헌조사 조사지점 위치도

<표 3.2.3 - 3> 조사지점

구분	조사지점	정점좌표(WGS-84)		비고
		위도	경도	
어류	F-1	35° 16′ 52.70″N	126° 10′ 57.21″E	문헌조사[1]
	F-2	35° 17′ 19.09″N	126° 15′ 39.68″E	
	F-3	35° 12′ 55.59″N	126° 10′ 44.85″E	
	F-4	35° 14′ 41.45″N	126° 14′ 13.06″E	
	WF-8(ST.8)	35° 07′ 00″N	125° 58′ 33″E	문헌조사[2]
		35° 06′ 01″N	125° 57′ 13″E	
	AF.1	35° 21′ 14.12″N	125° 55′ 17.26″E	어업피해 조사
	AF.2	35° 19′ 25.47″N	125° 55′ 19.61″E	
	AF.3	35° 20′ 19.22″N	125° 56′ 14.19″E	
	AF.4	35° 21′ 12.35″N	125° 57′ 14.78″E	
	AF.5	35° 19′ 23.71″N	125° 57′ 14.84″E	

문헌조사[1] : 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청
문헌조사[2] : 2015~2019년 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부

○ 현황조사 출현한 어류는 총 2~8종, 출현개체수는 평균 2~38개체였으며, 참서대, 병어, 민어 등이 주요 우점종으로 출현하였다.

○ 문헌조사[1]에서 출현한 어류는 총 1~4종, 출현개체수는 평균 1~8개체였으며, 꽃게, 갯가재, 범게가 주요 우점종으로 출현하였다.

○ 문헌조사[2]에서 출현한 어류는 총 2~19종, 출현개체수는 평균 2~597개체였으며, 준치, 두점박이민꽃게, 꽃게, 민꽃게 등이 주요 우점종으로 출현하였다.

○ 2020년 04월 어업피해조사 시, 출현한 어류는 총 11~19종, 출현개체수는 평균 85개체였으며, 밴댕이, 넙치, 반지, 청멸, 양태 등이 우점종으로 출현하였다.

○ 현황조사와 문헌조사를 비교한 결과, 출현종수와 출현개체수 결과 범위가 유사한 특징을 나타내었으며, 우점종 또한 유사한 분포 특성을 나타내었다.

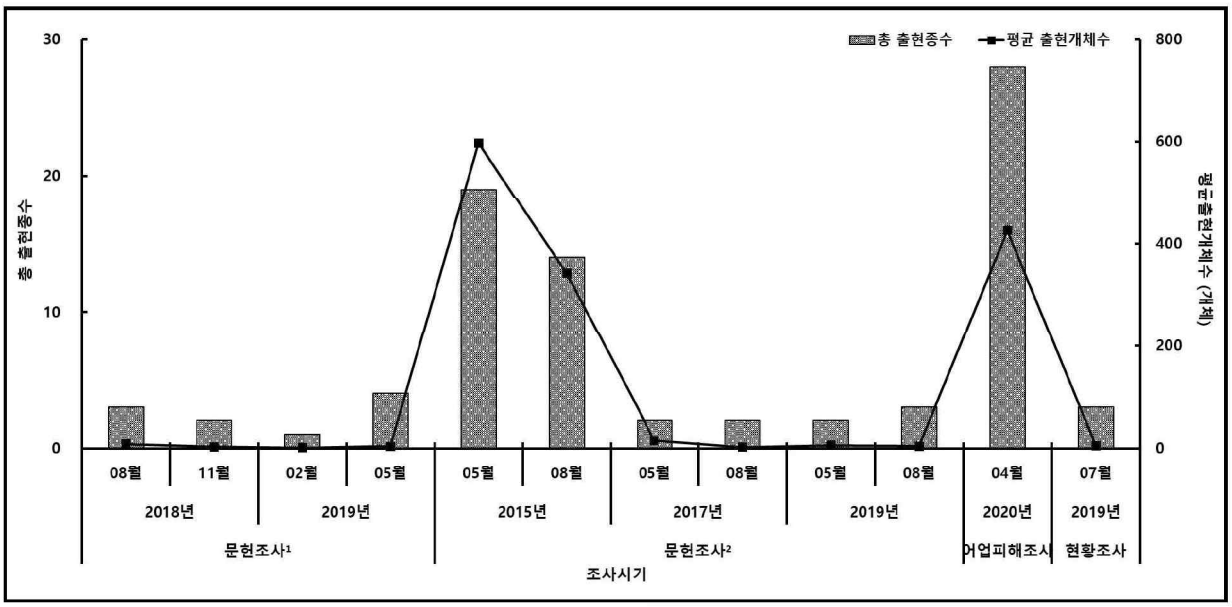
<표 3.2.3 - 4> 현황조사 시 어류 분석결과 요약

구분	조사시기		총 출현종수	평균 출현개체수	우점종
현황조사	2019년	07월	3종	5	참서대, 양태, 병어
		10월	3종	6	참서대, 아귀, 병어
	2020년	01월	2종	2	꼼치, 아귀
		04월	3종	4	삼치, 박대, 아귀
		08월	3종	13	개서대, 홍어, 양태
		11월	8종	38	꼼치, 서대, 아귀, 홍어, 넙치, 삼세기, 양태, 군평선이
	2022년	08월	5종	7	노랑가오리, 동갈돗돔, 민어, 박대, 홍어
		10월	5종	12	노랑가오리, 병어, 삼세기, 참서대, 홍어

<표 3.2.3 - 5> 문헌조사 시 어류 분석결과 요약

구분	조사시기		총 출현종수 (전체)	평균 출현개체수 (전체)	우점종
문헌[1]	2018년	08월	3 종 (7 종)	8 개체 (304 개체)	꽃게, 범게
		11월	2 종 (5 종)	3 개체 (16 개체)	갯가재, 범게
	2019년	02월	1 종 (3 종)	1 개체 (23 개체)	범게
		05월	4 종 (10 종)	4 개체 (53 개체)	범게, 꽃게
문헌[2]	2015년	05월	19 종 (26 종)	597 개체 (653 개체)	준치, 두점박이민꽃게, 갑오징어
		08월	14 종 (23 종)	342 개체 (410 개체)	준치, 중하, 반원니꼴뚜기
	2017년	05월	2 종 (4 종)	15 개체 (22 개체)	양태, 꽃게
		08월	2 종 (5 종)	2 개체 (25 개체)	박대, 양태, 꽃게
	2019년	05월	2 종 (5 종)	6 개체 (41 개체)	군평선이, 민꽃게
		08월	3 종 (4 종)	4 개체 (16 개체)	덕대, 꽃게
어업피해조사	2020년	04월	28종	425 개체	밴댕이, 넙치, 반지, 청멸, 양태

문헌조사[1] : 영광야월 해상풍력 발전단지 조성단지 환경영향평가서, 영광군청
문헌조사[2] : 2015~2019년 국가 해양생태계 종합조사 해양생태총서, 해양수산부



<그림 3.2.3 - 2> 현황조사와 문헌조사 시 출현한 어류의 비교·분석

○ 2020년 04월 어업피해조사 시 참조기가 관찰되었으며, 2012부터 2022년까지 영광군 수협에서 계통판매된 참조기는 3,379,195~9,683,310 ㎏, 부안군 수협에서 계통판매된 참조기는 2015년을 제외하고 2~4,018 ㎏의 위판량을 나타내었다.

○ 상기 종은 해양 저서성 어류로 알려져 있으며, 우리나라 서·남해 수심 40~200 m의 바닥이 모래나 뻘인 해역에 서식하는 연안 회유성 어류(Baik et al., 2004; Eschmeyer et al., 2019)이다.

<표 3.2.3 - 6> 2012~2022년 영광군 및 부안군 수협을 통해 계통판매된 참조기 위판량(㎏)

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
영광군	5,287,560	5,894,704	3,379,195	5,460,080	3,612,153	4,370,218	4,771,003	5,436,448	9,683,310	7,998,887	3,863,982
부안군	59	2	3	0	2,197	3,135	4,018	1,642	290	1,556	2,246

<표 3.2.3 - 7> 현황조사 및 문헌조사 시 출현한 어류의 구분

분류군	학명	국명	구분	
어류	*Areliscus hollandi*	서대	정착성 어류	
어류	*Cynoglossus joyneri*	참서대	정착성 어류	
어류	*Cynoglossus robustus*	개서대	정착성 어류	
어류	*Cynoglossus semilaevis*	박대	정착성 어류	
어류	*Dasyatis akajei*	노랑가오리	-	-
어류	*Hapalogenys mucronatus*	군평선이		회유성 어류
어류	*Hapalogenys nitens*	동갈돗돔	-	-
어류	*Hemitripterus villosus*	삼세기	-	-
어류	*Liparis tanakae*	꼼치	-	-
어류	*Lophiomus setigerus*	아귀	정착성 어류	
어류	*Miichthys miiuy*	민어		회유성 어류
어류	*Okamejei kenojei*	홍어	정착성 어류	
어류	*Pampus argenteus*	병어		회유성 어류
어류	*Paralichthys olivaceus*	넙치	정착성 어류	
어류	*Platycephalus indicus*	양태	정착성 어류	
어류	*Raja kenojei*	홍어	정착성 어류	
어류	*Scomberomorus niphonius*	삼치		회유성 어류
어류	*Ilisha elongata*	준치		회유성 어류
어류	*Setipinna tenuifilis*	반지	-	-
어류	*Pampus echinogaster*	덕대		회유성 어류
어류	*Sardinella zunasi*	밴댕이	-	-
어류	*Thryssa kammalensis*	청멸	-	-
어류	*Larimichthys polyactis*	참조기		회유성 어류
어류	*Stephanolepis cirrhifer*	쥐치		회유성 어류

나. 어업권 현황

(1) 어업권 현황

(가) 면허어업 현황

○ 사업지구 주변에 기 허가된 어업권은 마을어업, 패류양식, 해조류양식이며, 사업지구로부터 인접한 어업권은 패류, 다시마, 전복 등을 양식하는 것으로 조사됨. 면허어업권에 대한 본안(p.4-29)에 제시함.

<표 3.2.3 - 8> 어업권 현황(1)

어업의 종류	면허번호	양식물	면적(㎡)	어장위치	면허기간
마을어업	제10012호	패류	110,000	낙월면 안마지선	2011.09.11～2021.09.10.
마을어업	제10013호	패류	35,000	낙월면 안마지선	2011.09.11～2021.09.10.
마을어업	제10014호	패류	35,000	낙월면 안마지선	2011.09.11～2021.09.10.
마을어업	제10015호	패류	60,000	낙월면 안마지선	2011.09.11～2021.09.10.
마을어업	제10016호	패류	50,000	낙월면 오도지선	2012.07.22～2022.07.21.
마을어업	제10017호	패류	40,000	낙월면 오도지선	2012.07.22～2022.07.21.
마을어업	제10018호	패류	50,000	낙월면 오도지선	2012.07.22～2022.07.21.
마을어업	제10019호	패류	35,000	낙월면 소석만지선	2012.07.22～2022.07.21.
마을어업	제10020호	패류	40,000	낙월면 소석만지선	2012.07.22～2022.07.21.
마을어업	제10022호	패류	100,000	염산면 야월 월평지선	2019.06.29～2029.06.28.
마을어업	제10023호	패류	2,500,000	낙월면 각시도 연접	2011.09.01～2021.08.31.
마을어업	제10025호	패류	625,000	낙월면 송이도 연접	2011.09.01～2021.08.31.
마을어업	제10026호	패류	1,125,000	낙월면 각이도 연접	2011.09.01～2021.08.31.
마을어업	제10027호	패류	300,000	염산면 야월리 연접	2011.09.01～2021.08.31.
마을어업	제10028호	패류	750,000	염산면 두우리 연접	2011.11.18～2021.11.17.
마을어업	제10029호	패류	270,000	염산면 봉남리 연접	2012.10.05～2022.10.04.
마을어업	제10030호	패류	960,000	염산면 두우리 연접	2012.10.05～2022.10.04.
마을어업	제10031호	패류	1,000,000	낙월면 하낙월리연접	2012.10.05～2022.10.04.
마을어업	제10032호	패류	580,000	낙월면 오도리연접	2012.10.05～2022.10.04.
마을어업	제10033호	패류	220,000	낙월면 월촌리연접	2012.10.05～2022.10.04.
마을어업	제10034호	패류	2,200,000	낙월면 송이리지선	2013.02.13～2023.02.12.
마을어업	제10035호	패류	500,000	낙월면 송이리지선	2013.02.13～2023.02.12.
마을어업	제10036호	패류	324,000	염산면 야월리지선	2013.02.18～2023.02.17.
마을어업	제10037호	패류	50,000	낙월면 하낙월리지선	2013.02.18～2023.02.17.
마을어업	제10038호	패류	200,000	낙월면 송이리지선	2013.02.18～2023.02.17.
마을어업	제10039호	패류	100,000	염산면 봉남리지선	2014.03.10～2024.03.09.
마을어업	제10040호	패류	200,000	염산면 봉남리지선	2014.03.10～2024.03.09.
마을어업	제10041호	패류	440,000	낙월면 상낙월지선	2014.03.10～2024.03.09.

<표 3.2.3 - 9> 어업권 현황(2)

어업의 종류	면허번호	양식물	면적(㎡)	어장위치	면허기간
마을어업	제10045호	패류	4,000,000	낙월면 하낙월리지선	2015.12.07～2025.12.06.
마을어업	제10042호	패류	400,000	염산면 야월리지선	2014.03.10～2024.03.09.
마을어업	제10043호	패류	250,000	염산면 옥실리지선	2014.11.25～2024.11.24.
마을어업	제10044호	패류	600,000	염산면 두우리지선	2014.12.16～2024.12.15.
마을어업	제10051호	패류	100,000	염산면 옥실리지선	2016.12.27～2026.12.26.
마을어업	제10052호	패류	200,000	염산면 옥실리지선	2016.12.27～2026.12.26.
마을어업	제10053호	패류	90,000	염산면 두우 창우지선	2017.09.07～2027.09.06.
마을어업	제10054호	패류	200,000	염산면 옥실리지선	2017.12.20～2027.12.19.
마을어업	제10055호	패류	250,000	염산면 옥실리지선	2017.12.20～2027.12.19.
마을어업	제10056호	패류	500,000	염산면 야월리지선	2017.12.20～2027.12.19.
마을어업	제10057호	패류	220,000	염산면 봉남리지선	2017.12.20～2027.12.19.
마을어업	제10058호	패류	200,000	염산면 봉남리지선	2017.12.20～2027.12.19.
마을어업	제10059호	패류	550,000	백수읍 구수리지선	2021.06.17～2023.06.16.
마을어업	제10060호	패류	5,000,000	백수읍 백암 약수지선	2021.06.17～2023.06.16.
마을어업	제10062호	패류	330,000	홍농읍 칠곡리지선	2021.06.17～2023.06.16.
마을어업	제10063호	패류	250,000	법성면 자갈금지선	2021.06.17～2023.06.16.
마을어업	제10064호	패류	100,000	염산면 두우 당두지선	2019.06.28～2029.06.27.
마을어업	제10065호	패류	3,020,000	염산면 두우 비작도지선	2019.06.28～2029.06.27.
마을어업	제10066호	패류	427,500	염산면 두우 창우지선	2019.06.28～2029.06.27.
마을어업	제10067호	패류	100,000	염산면 야월리지선	2020.02.11～2030.02.10.
마을어업	제10068호	패류	2,000,000	백수읍 하사리지선	2021.06.17～2023.06.16.
해조류양식어업	제10181호	다시마	100,000	낙월면오도리지선	2012.07.22～2022.07.21.
패류양식어업	제10183호	전복	30,000	낙월면오도리지선	2012.07.22～2022.07.21.
패류양식어업	제10191호	꼬막	70,000	염산면 봉남리지선	2019.06.29～2029.06.28.
해조류양식어업	제10196호	김	700,000	염산면 야월리지선	2014.03.10～2024.03.09.
패류양식어업	제10198호	바지락	200,000	염산면 야월리지선	2014.12.16～2024.12.15.
패류양식어입	제10199호	굴	30,000	염산면 두우리지선	2014.12.16～2024.12.15.
패류양식어업	제10206호	굴	50,000	염산면 향화도지선	2016.06.30～2026.06.29.
어류등양식어업	제10210호	숭어	60,000	백수읍 하사리지선	2017.09.07～2027.09.06.
패류양식어업	제10211호	백합	200,000	백수읍 하사리지선	2017.09.07~2027.09.06.
패류양식어업	제10213호	바지락	100,000	백수읍 하사리지선	2019.06.28～2029.06.27.
패류양식어업	제10214호	백합	100,000	백수읍 백수로지선	2019.06.28～2029.06.27.
패류양식어업	제10215호	꼬막	50,000	염산면 옥실리지선	2019.06.28～2029.06.27.
패류양식어업	제10216호	가무락	50,000	염산면 옥실리지선	2019.07.15～2029.07.14.
어류등양식어업	제10217호	어류	20,000	염산면 향화도지선	2019.10.10～2022.10.09.
패류양식어업	제10218호	바지락	140,000	염산면 야월 비작 지선	2019.11.02～2029.11.01.

(나) 어업현황

1) 어가 및 어가인구(해수면 어업)

○ 영광군의 해수면 어업의 어가는 총 3,384가구, 어가인구는 7,106명으로 조사됨.

<표 3.2.3 - 10> 어가 및 어가인구 현황(해수면 어업) (단위 : 가구, 명)

구분	어가					어가인구		어업종사자	
	합계	전업	겸업			계	호당인구	계	호당 종사자
			소계	제1종	제2종				
영광군	3,384	880	2,504	851	1,653	7,106	2.1	8,201	2.4

자료) 제61회(2021년) 통계연보, 2022, 영광군

2) 어가 및 어가인구(내수면 어업)

○ 영광군의 내수면 어업의 어가는 총 107가구, 어가인구는 220명으로 조사됨.

<표 3.2.3 - 11> 어가 및 어가인구 현황(내수먼 어업) (단위 : 가구, 명)

구분	어가					어가인구		어업종사자	
	합계	전업	겸업			계	호당인구	계	호당 종사자
			소계	제1종	제2종				
영광군	107	20	87	78	9	220	2.1	293	2.7

자료) 제61회(2021년) 통계연보, 2022, 영광군

3) 어선보유

○ 영광군의 어선보유량은 동력선 729척, 무동력선 67척을 보유하고 있는 것으로 조사됨.

<표 3.2.3 - 12> 어선보유 현황 (단위 : 척, 톤)

구분	총계				1톤 미만	1~5톤 미만	5~10톤 미만	10~20톤 미만	20~30톤 미만	30~100톤미만
	동력		무동력							
	척수	톤수	척수	톤수						
영광군	729	3,112.82	67	186	173	459	116	26	15	7
1염산면	201	484.83	7	21	50	141	15	1	1	-

자료) 제61회(2021년) 통계연보, 2022, 영광군

(다) 어선어업 허가 및 신고 현황

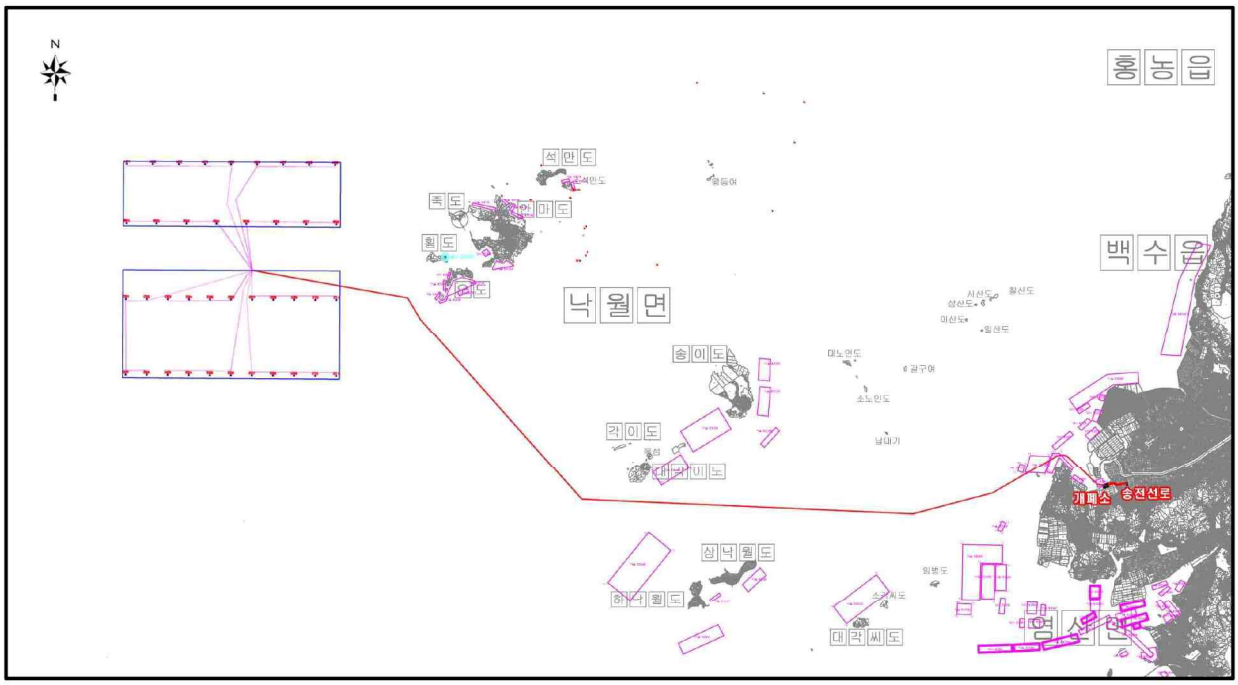
1) 근해어업 허가현황

○ 영광군의 근해어업 허가현황 조사결과, 근해자망어업 34건, 근해채낚기어업 7건, 근해연승어업 7건, 근해봉수망어업 1건으로 총 49건이 조사됨.

<표 3.2.3 - 13> 영광군 근해어업 허가현황 (단위 : 건)

합계	대형기선 저인망어업	중형기선 저인망어업	근해 안강망	근해선망 어업	근해채낚기 어업	근해자망 어업	근해봉수망 어업	근해연승 어업
49	-	-	-	-	7	34	1	7

주) 최근 2022년 통계연보에 조사되지 않아, 제60회(2020년) 통계연보, 2021, 영광군을 참조함.



<그림 3.2.3 - 3> 어업권 현황도

나. 사업시행으로 인한 영향예측·평가

(1) 부유물질 발생에 의한 영향

○ 해양에서 진행되는 사업으로 인하여 발생할 수 있는 해양생태계 환경변화는 부유물질 확산에 의한 영향으로, 부유물질은 해양에 있어서 농도 또는 탁도로서 그 증감 정도를 측정하며 해양생물의 생리작용에 장해를 주는 요인 중 하나로 알려져 있음.

○ 수중에 현탁된 부유성 입자는 수질을 오탁시키고 수중의 광입사량을 감소시켜 식물성 부유생물의 광합성 효율을 저하시키고 생장을 억제시켜 해양의 생물 생산력을 감소하는 것으로 조사됨.

○ 또한, 어패류의 산란율과 부화율을 저하시키고 수중동물의 체표면과 아가미에 흡착되어 호흡과 포식작용을 저해하여 생산량을 감소시키는 요인이 되며, 이러한 해양생태계의 변화는 해양생물의 종수 감소와 서식밀도의 감소 등으로 일부 소수종 또는 기회종이 우점하는 군집의 다양성이 감소되고, 군집구조의 불안정화로 외부환경에 취약한 반응을 나타낼 수 있음.

(2) 어류

○ 본 사업시행으로 인해 발생하는 부유물질이 어류에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해 넙치, 망둑어과, 숭어, 조피볼락을 대상으로 한 생물검정실험 결과를 인용하였음.

○ 넙치의 24hr-LC_{50}은 16,673ppm, 96hr-LC_{50}은 2,444ppm으로 부유사에 대해 강한 내성을 지니고 있는 것으로 분석됨(인하대학교, 2007).

○ 망둑어과 및 조피볼락은 20,000ppm 농도구간에서 모두 생존하며 반수치사농도를 구할 수 없을 정도로 부유사에 대한 강한 내성을 지니고 있는 것으로 분석 되었으며, 숭어의 24hr-LC_{50}은 7,987ppm, 96hr-LC_{50}은 390ppm으로 실험 어류 중 부유사에 대해 가장 민감한 종으로 나타났지만 숭어 또한 다른 생물군에 비해 부유사에 대한 내성이 높은 것으로 분석됨.

<표 3.2.3 - 14> 부유사가 어류에 미치는 영향

생물종 / LC_{50}	넙치	망둑어과	숭어	조피볼락
24hr	16,673 ppm	20,000 ppm에서 모두 생존	7,987 ppm	20,000 ppm에서 모두 생존
48hr	6,379 ppm		5,327 ppm	
72hr	3,637 ppm		647 ppm	
96hr	2,444 ppm		390 ppm	

주) LC_{50} (반수치사농도) : 한 생물군의 50.0%를 사망하게 하는 농도

<표 3.2.3 - 15> 실험생물 목록

구 분	실 험 생 물	전 장(cm)	습 중 량(g)
어 류	노 래 미	16.9±3.4	46.5±6.7
	조피볼락	18.6±4.1	102.9±8.4
	숭 어	20.6±3.9	84.7±7.2
패 류	바 지 락	-	11.3±1.4
	개 조 개	-	47.4±3.5
	진주담치	-	35.4±2.7
연체동물	주 꾸 미	-	70.9±8.2

실험구간	부유사농도(ppm)
A	20
B	50
C	200
D	500
E	1,000
F	2,000

<그림 3.2.3 - 4> 실험구간 사진

○ 각 실험생물에 대한 생물검정 실험결과, 숭어를 제외한 나머지 동물군은 96hr 경과한 후에도 사망한 개체가 없어 반수치사농도(LC_{50})를 산출하지 못하였음. 숭어는 96시간 경과 후 1,000ppm에서는 40.0%, 2,000 ppm에서는 60.0%가 사망하여, 96시간 반수치사 농도(96hr-LC_{50})는 1,650 ppm으로 분석됨. 생물검정실험 결과 대부분의 실험생물군에서 사망한 개체가 없었거나, 미미한 반수치사농도(LC_{50})를 보였음.

<표 3.2.3 - 16> 부유사가 각 실험생물에 미치는 영향

구 분	실 험 생 물	결 과
어 류	노 래 미	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음
	조피볼락	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음
	숭 어	사망률(96시간) : 1,000 ㎎/L → 40.0%, 2,000 ㎎/L → 60.0% 반치사농도(96hr-LC_{50}) : 1,650 ㎎/L
패 류	바 지 락	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음
	개 조 개	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음
	진주담치	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음
연체동물	주 꾸 미	각 농도에서 96시간 경과 후 사망한 개체 없음

○ 사업대상지 인근 수협에서 위판 판매된 수산자원과 현황조사 및 문헌조사에서 출현한 어류 및 수산자원 종들은 위 실험군들과 동일하거나 유사한 종들이 다수 출현하였으며, 출현한 종들은 일반적으로 연안에서 연중 출현하는 종들이며, 어류는 유영 능력을 가지고 있어 부유사 농도에 따른 영향은 미미할 것으로 예상됨.

(3) 인근 양식장 및 어장에 미치는 영향

○ 사업시행으로 인한 부유물질 발생시 주변에 서식하는 유영 수산생물은 회피할 수 있으나, 주변 양식장의 양식생물은 회피하지 못하고, 부유사에 노출될 것으로 예상되므로 주위 양식장 현황을 파악하여 예상되는 피해에 대처 해야함.

○ 부유사의 유출은 해수중의 탁도를 증가시켜 해조류 광합성 효율의 감소와 성장을 지연시키며, 두 번째로 부유물질이 해조류의 표면을 덮어 호흡과 영양분의 흡수를 방해하고, 세 번째로 부착기질에 연속적인 토사의 퇴적으로 새로운 포자의 부착 및 기존 해조류의 성장을 방해함(D'Antonio, 1986; Airoldi, 2003).

○ 이매패류의 경우 여과섭식과정에서 무기성부유물질이 다량 포함될 때 처음엔 활발한 여과활동을 하여 불필요한 무기성부유물질을 의분으로 배출하지만 점점 그 활성이 저하되어 치명적 상태에 이르게 되는 것으로 알려져 있음. 이매패류의 경우 여과섭식과정에서 무기성부유물질이 다량 포함될 때 처음엔 활발한 여과활동을

하여 불필요한 무기성부유물질을 의분으로 배출하지만 점점 그 활성이 저하되어 치명적 상태에 이르게 되는 것으로 알려져 있으며, 바지락, 굴 등에는 8～20ppm에서 의분의 배출이 있으며 백합은 50ppm에서 의분이 배출되는 것으로 알려져 있음.

(4) 종합결론

○ 위 기술된 해양동식물상에 대한 부유사 농도에 따른 영향성 실험 검증 결과 및 현황조사에서 출현한 대부분이 연안에서 연중 출현하는 종으로 일정 부유사 농도에 대해 내성을 가지고 있는 것으로 파악됨.

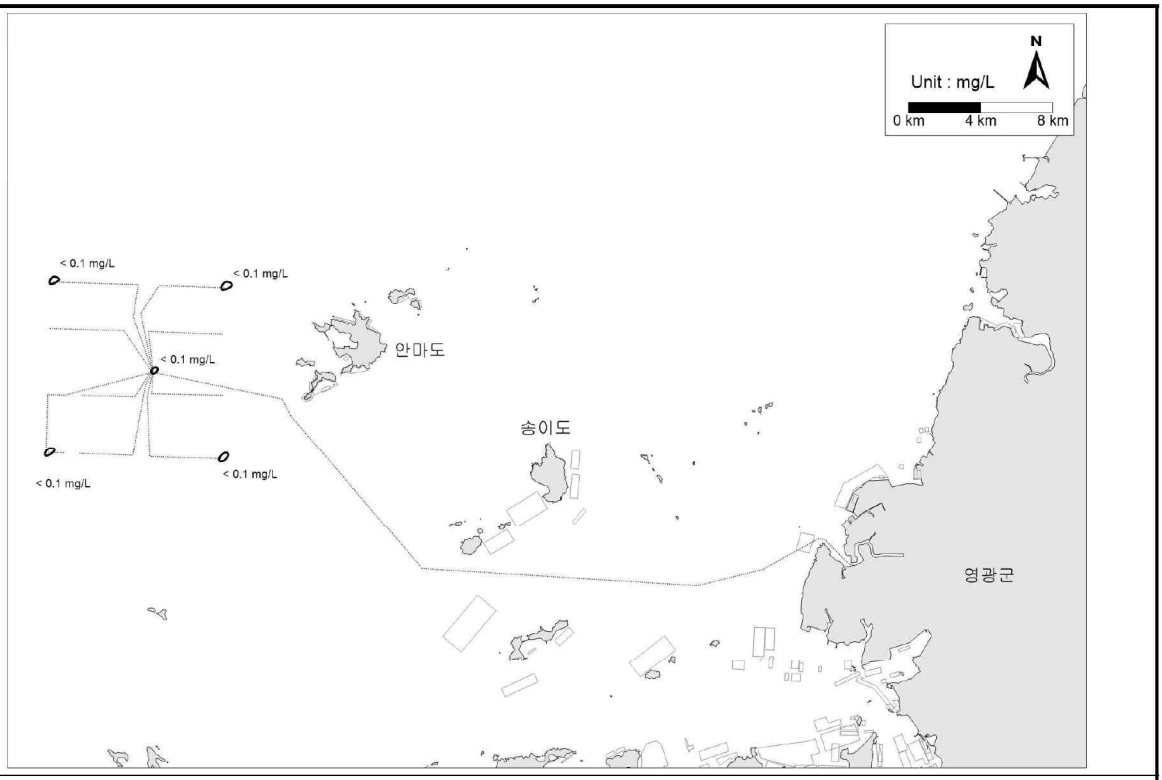
○ 공사시 부유사 확산실험 결과(「3.2.1 해양물리 및 지형지질」참조), 최대확산범위는 기준 가중농도 +0.1 ㎎/L에 대해서 최대확산범위는 4계절 누적 최대확산범위를 합성하여 나타내었으며, 기준 가중농도 +0.1㎎/L에 대해서 최대 확산면적은 Case-1의 저층에서 2.18㎢, Case-2의 저층에서 3.81㎢, Case-3의 저층에서 4.63㎢로 예측됨

○ 실험 결과는 공사 기간 동안 24시간 연속 공사를 진행한다는 최악의 상황을 가정하여 나타낸 결과로서, 실제 본 사업지역에서 공사시 부유사의 최대확산범위는 본 실험 결과보다 크지 않을 것으로 판단됨.

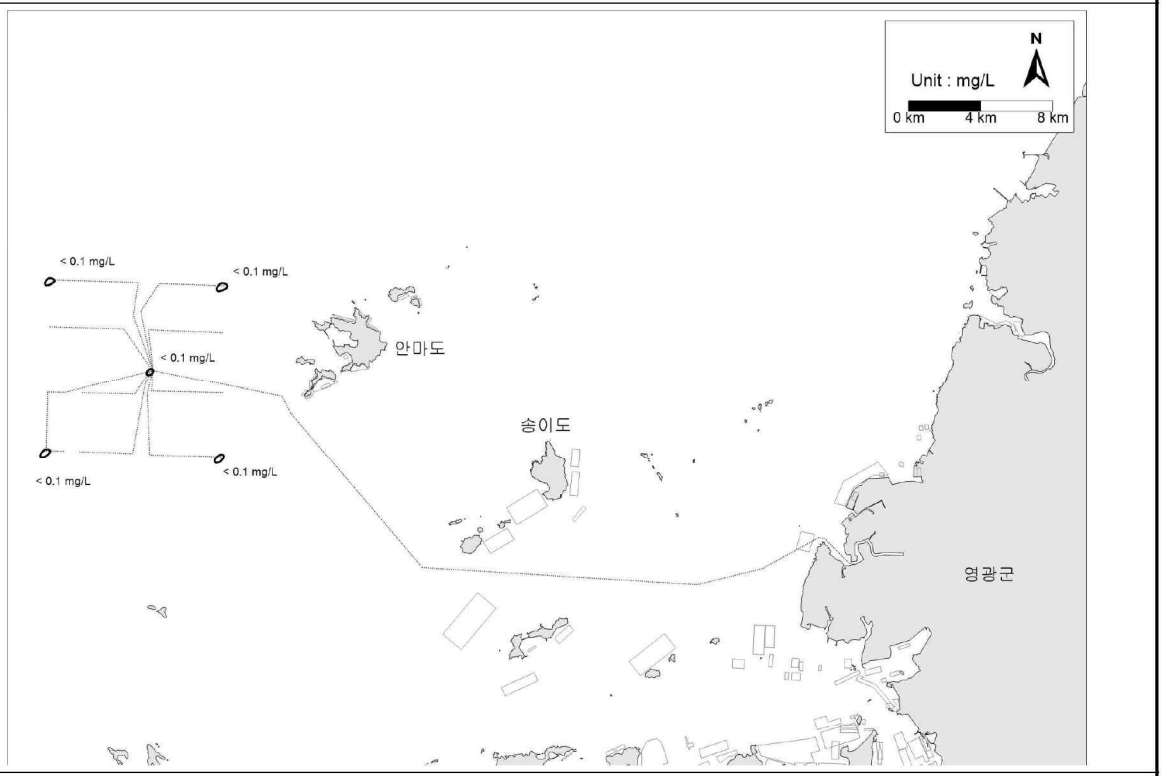
○ 해역에서의 부유사 농도 증가에 따른 수산생물량 감소는 5.0～10.0 mg/L 증가시 약 10%, 10.0～15.0 ㎎/L 증가시 약 30% 정도인 것으로 알려져 있으며(한국해양연구소, 1992), 결과적으로 저감대책 수립 후 공사시 발생되는 부유사농도는 설치전과 비교하여 감소할 것으로 예상되어, 부유사 발생으로 인해 해양 생물에 미치는 영향은 제한된 면적에서 일시적으로 미칠 것으로 판단됨.

<표 3.2.3 - 17> 부유사 최대 확산 거리 및 면적

공사 중 실험안	가중농도 최대 확산면적 (㎢)		기준 가중농도 (㎎/L)
	표층	저층	
Case-1	1.68	2.18	+0.1
Case-2	3.48	3.81	
Case-3	3.61	4.63	

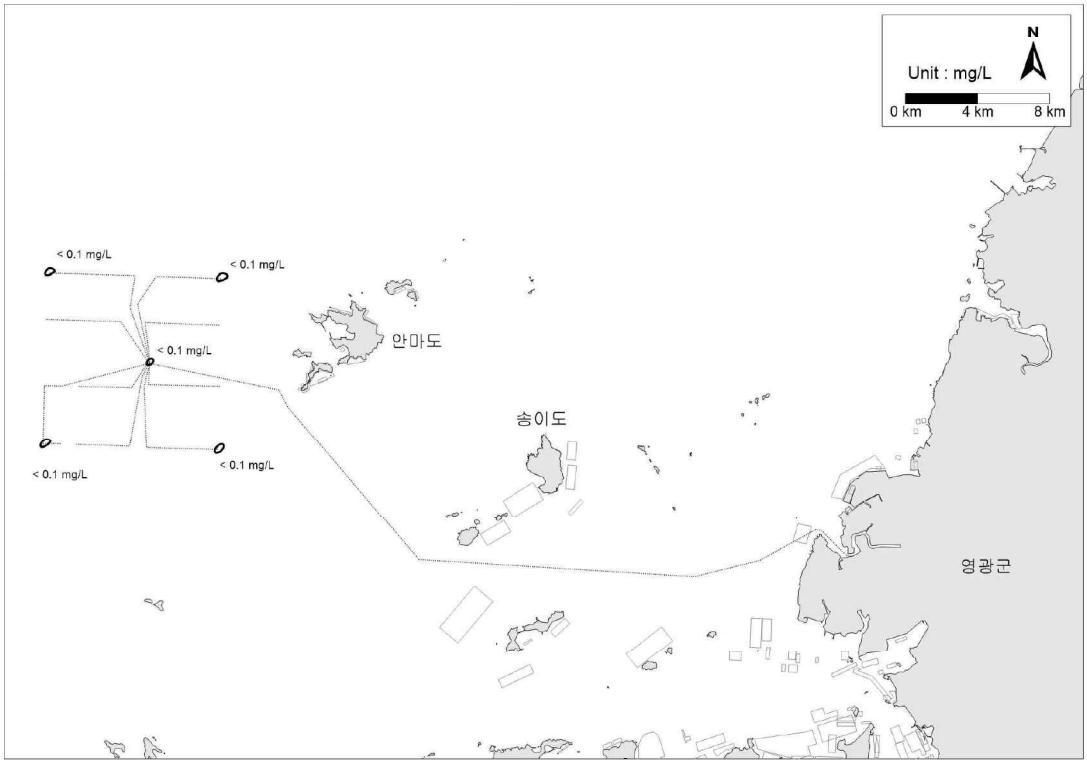


창조시

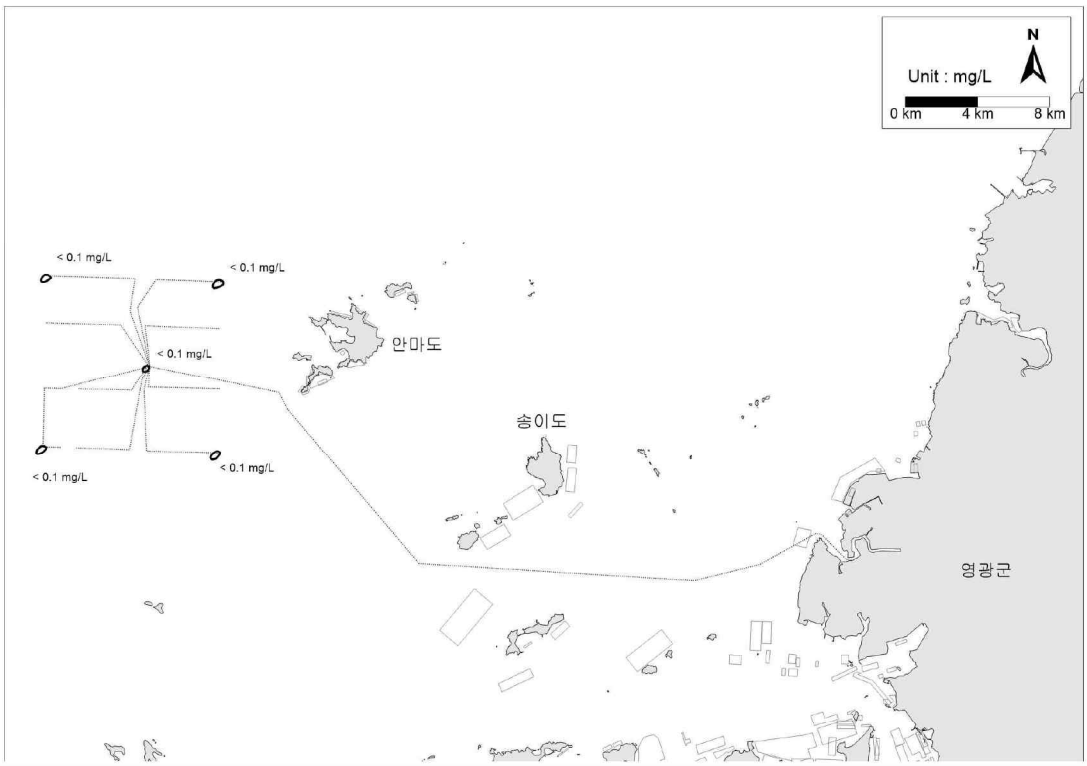


낙조시

<그림 3.2.3 - 5> Case-1의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)

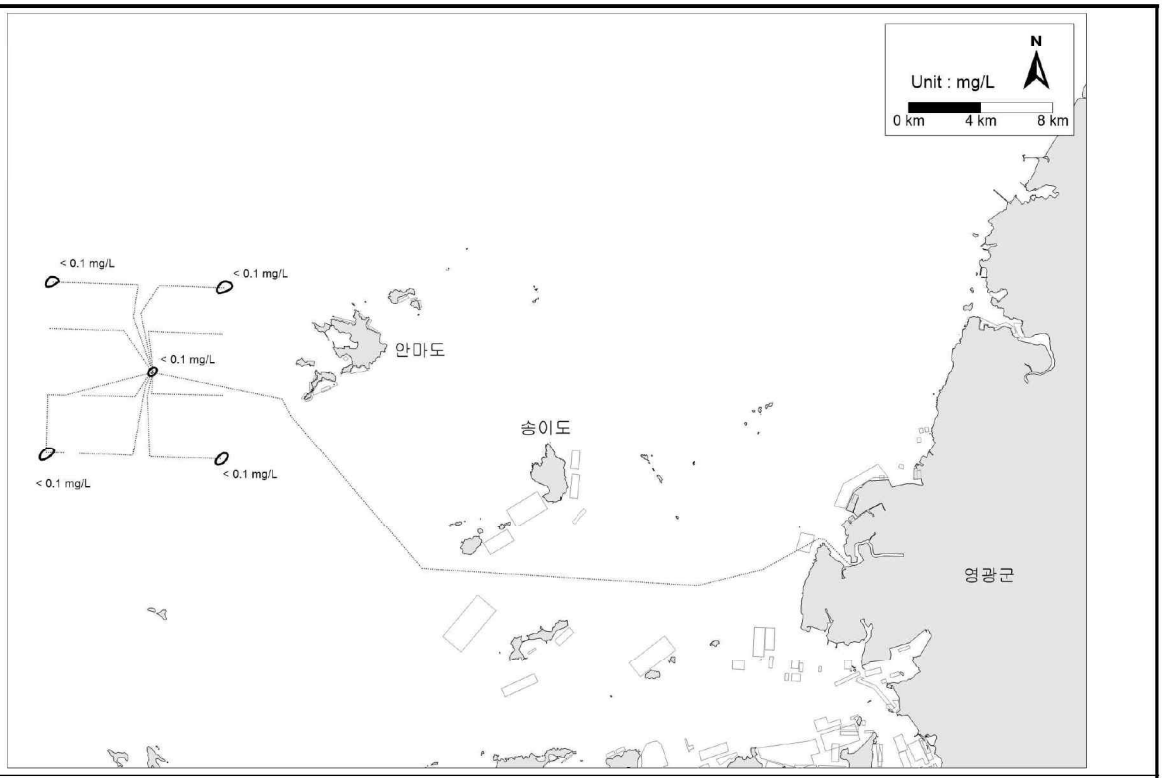


칭조시

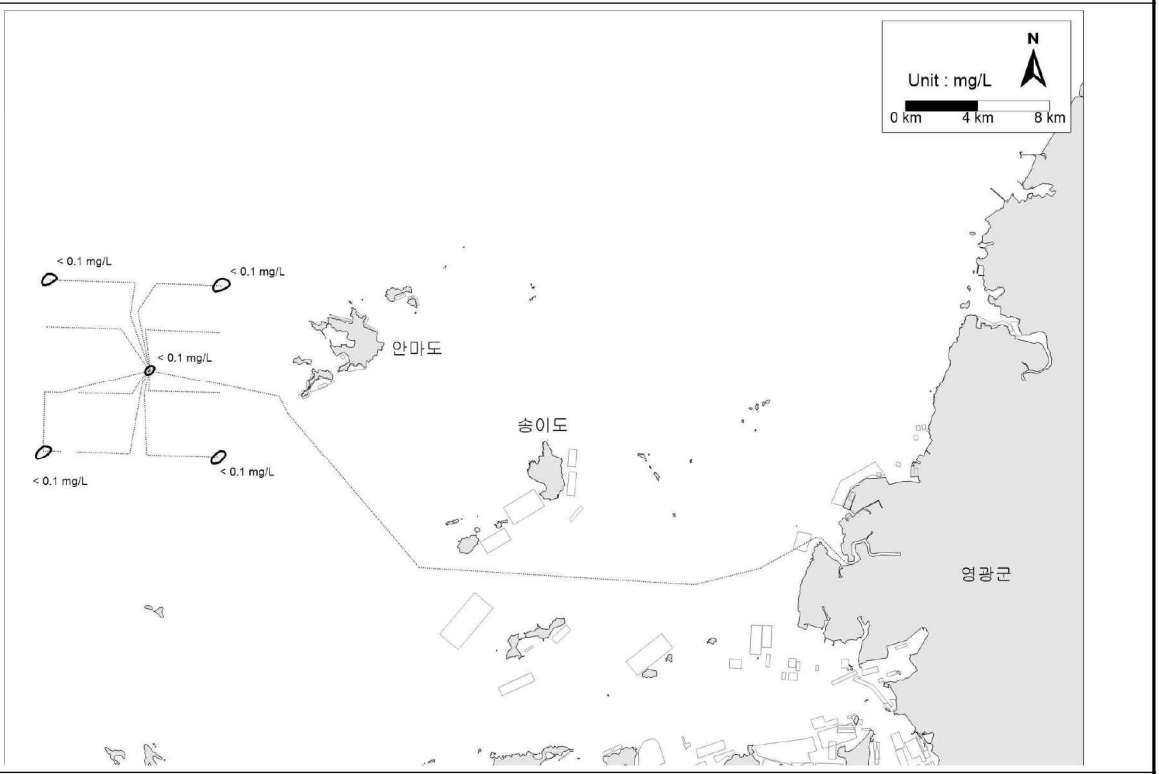


낙조시

<그림 3.2.3 - 6> Case-1의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)

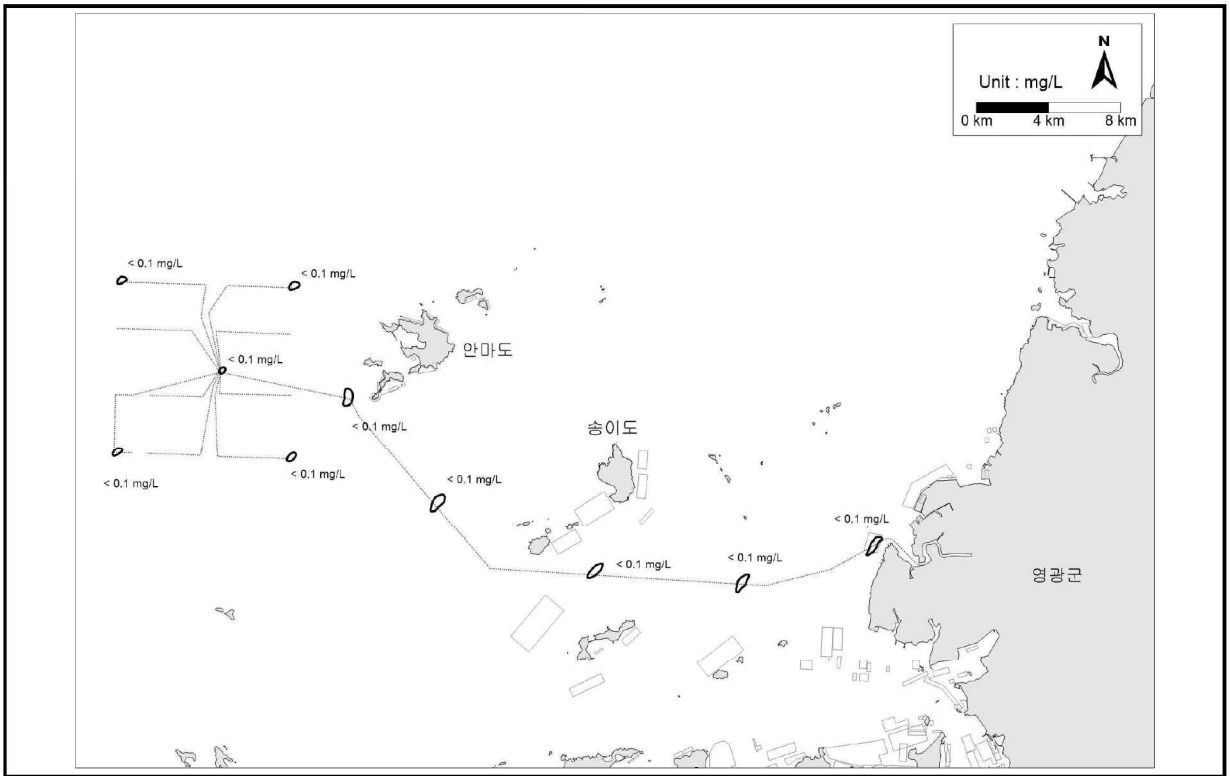


표층

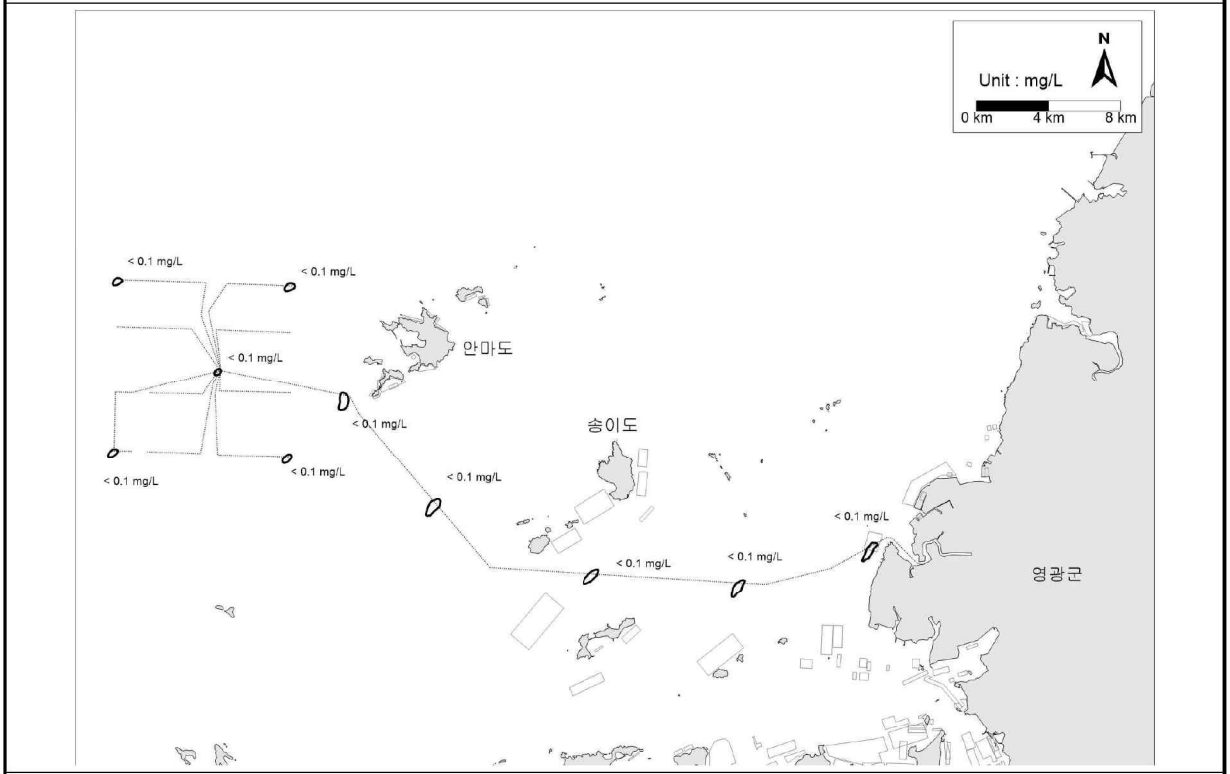


저층

<그림 3.2.3 - 7> Case-1의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

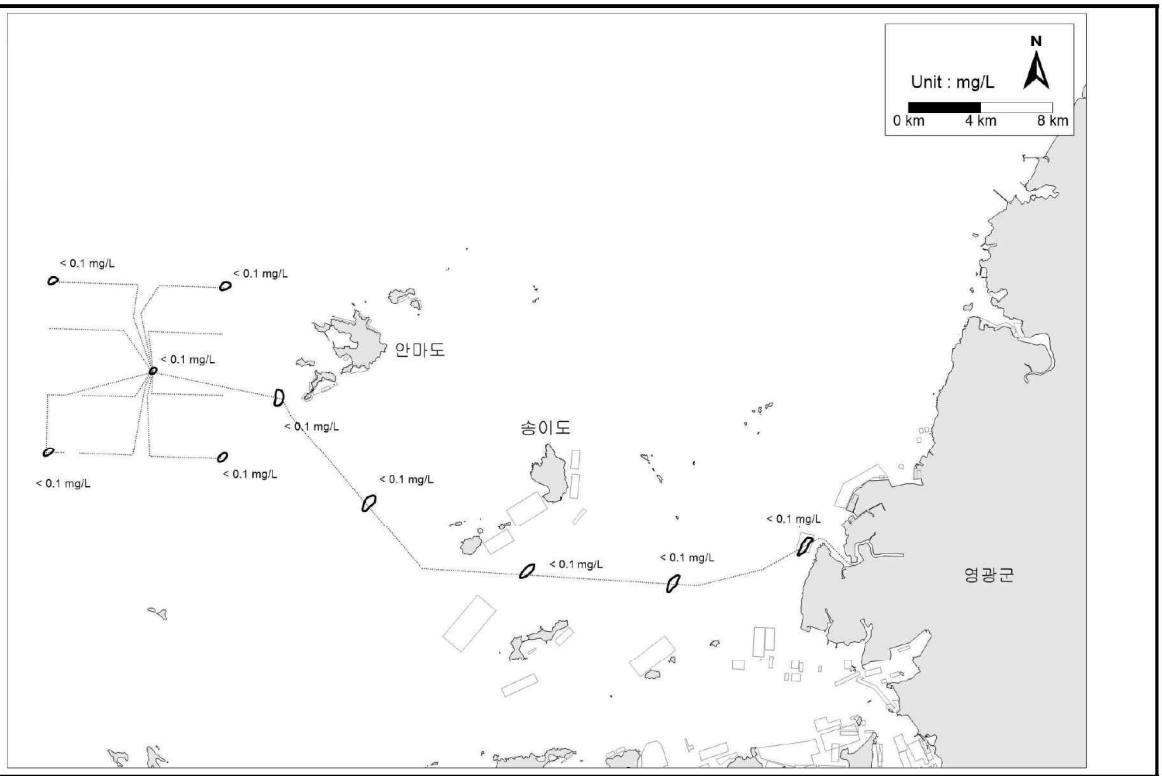


칭조시

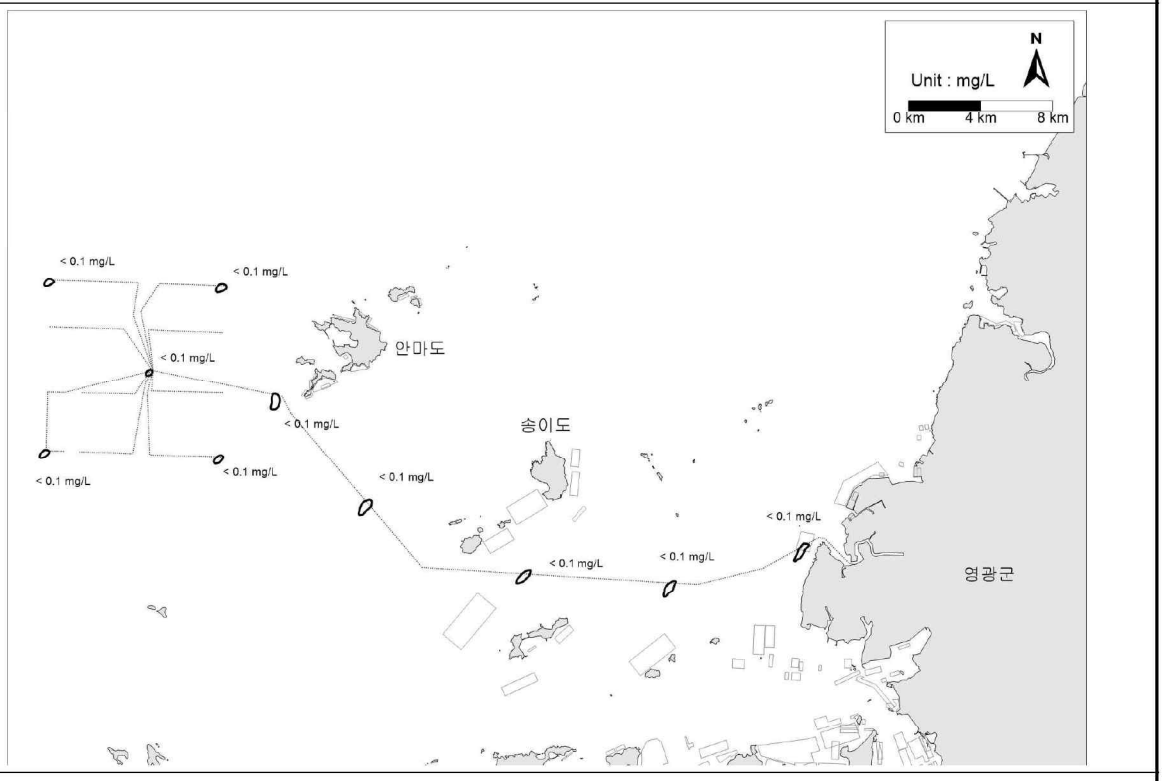


낙조시

<그림 3.2.3 - 8> Case-2의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)

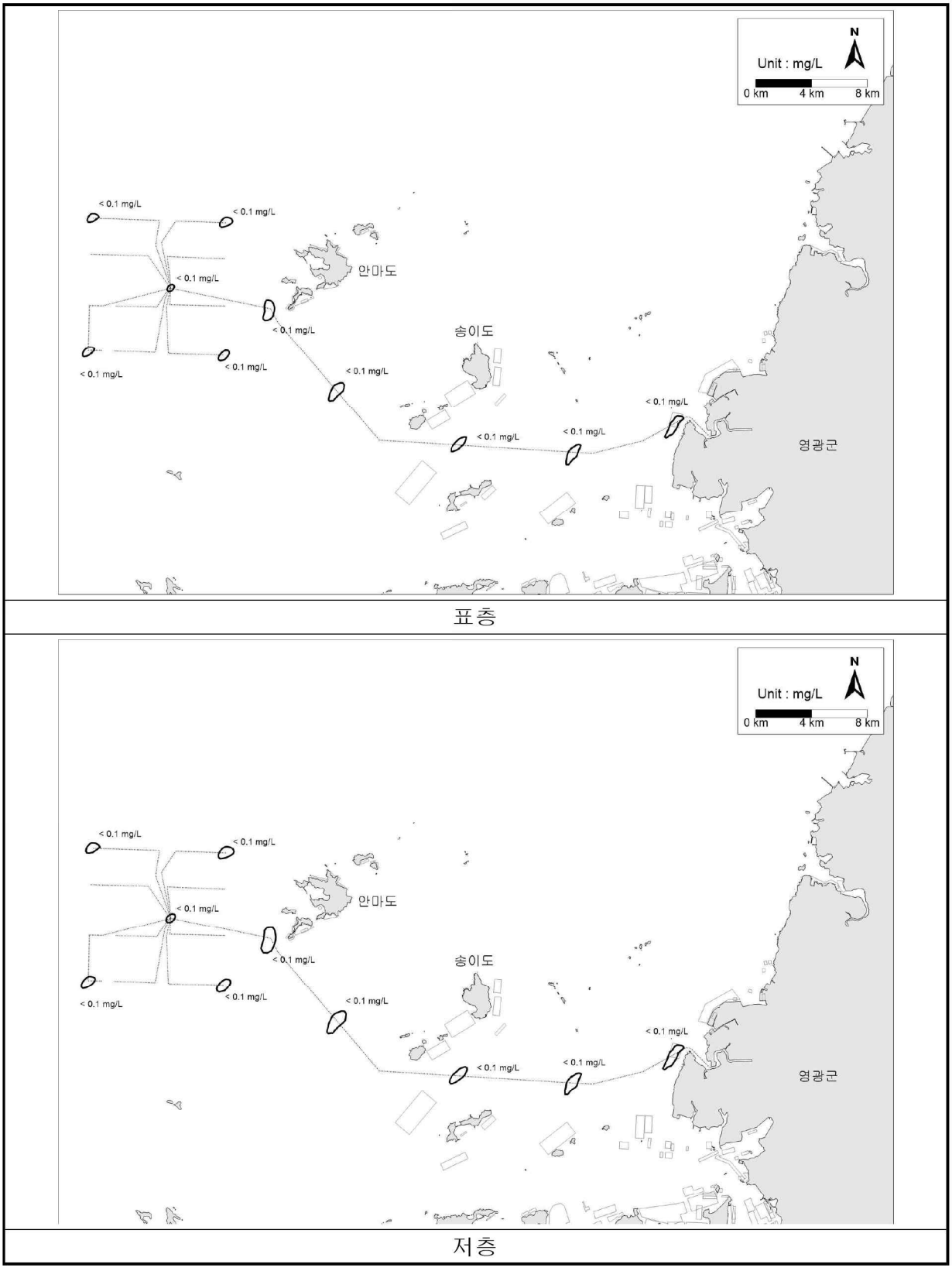


창조시

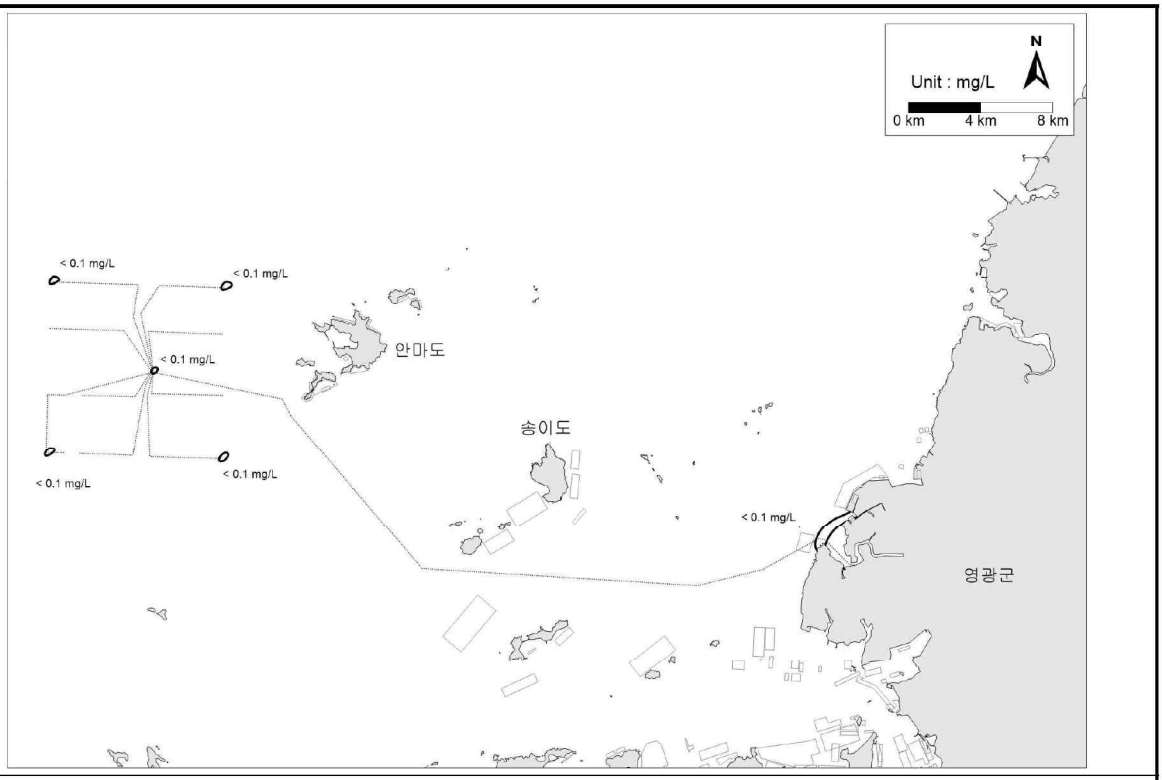


낙조시

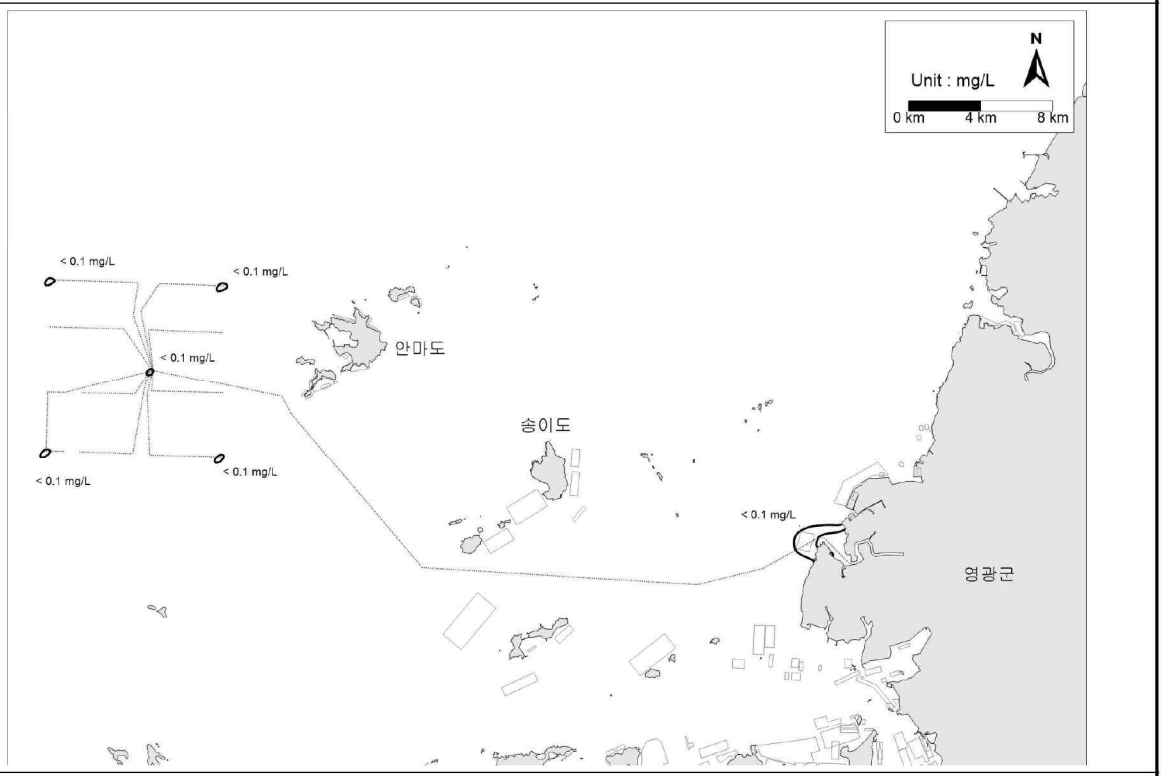
<그림 3.2.3 - 9> Case-2의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)



<그림 3.2.3 - 10> Case-2의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

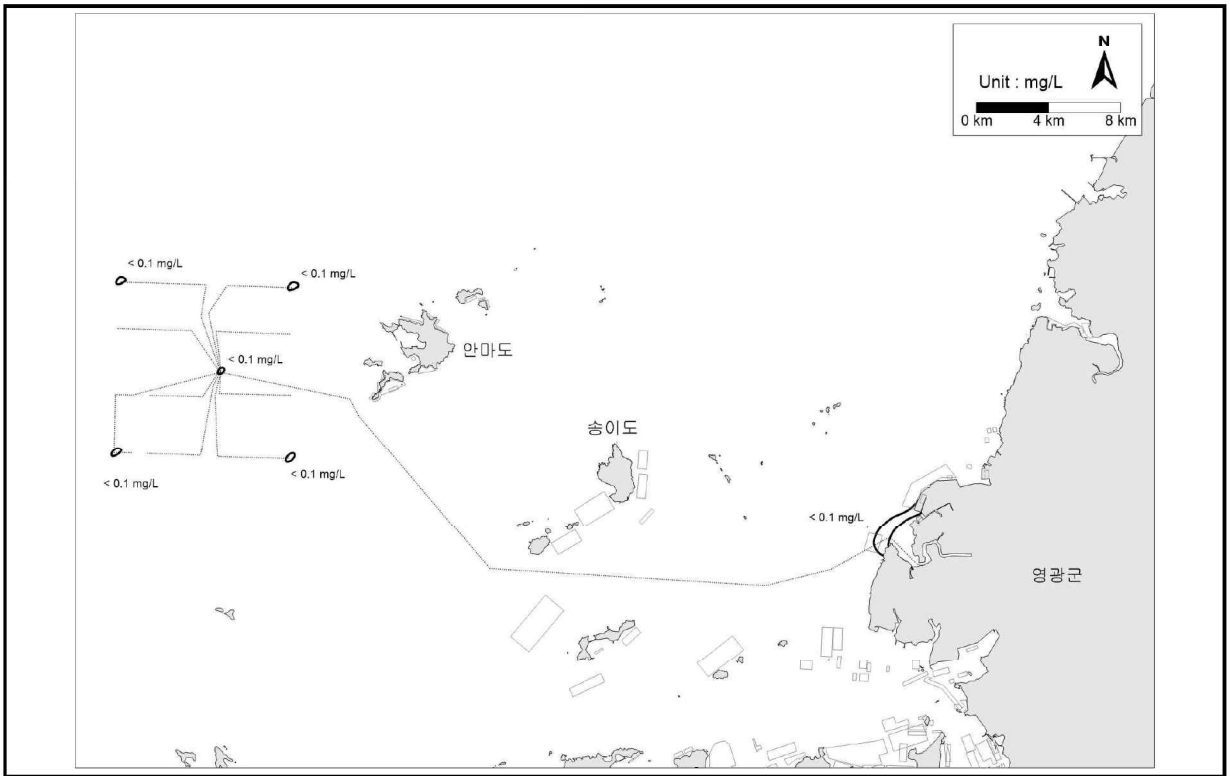


칭조시

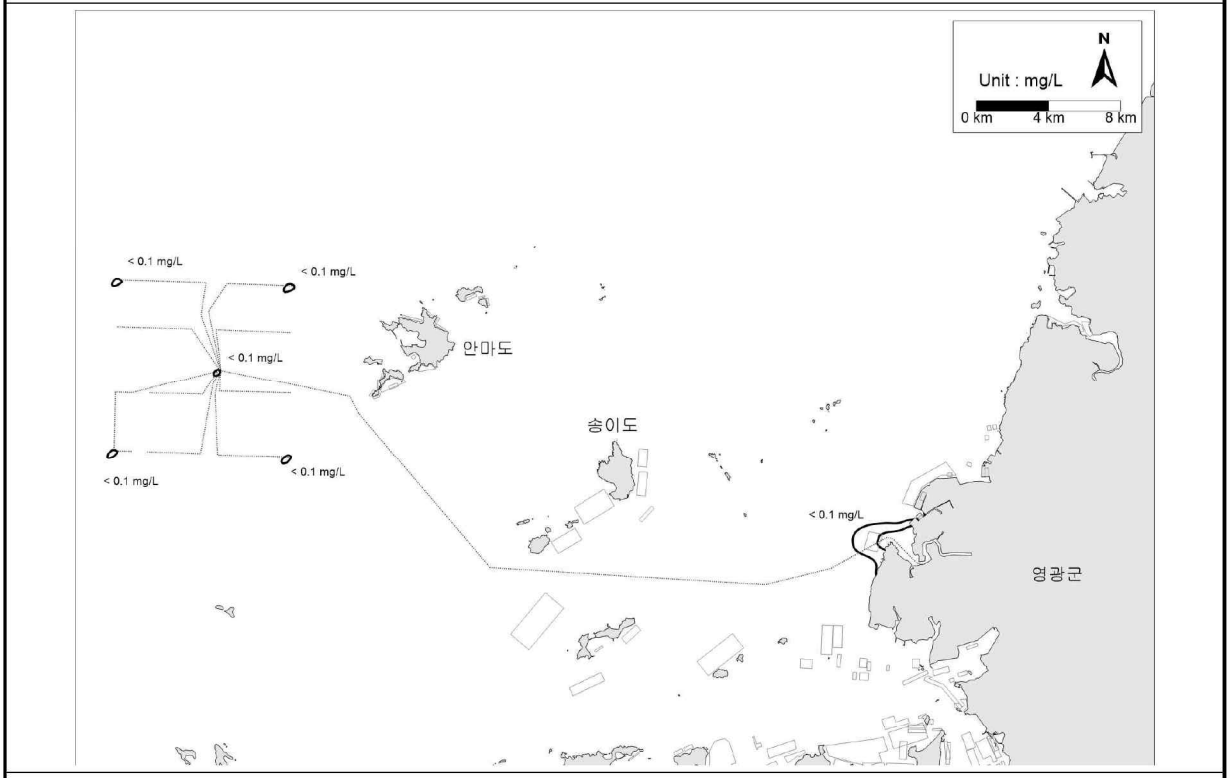


낙조시

<그림 3.2.3 - 11> Case-3의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(표층)

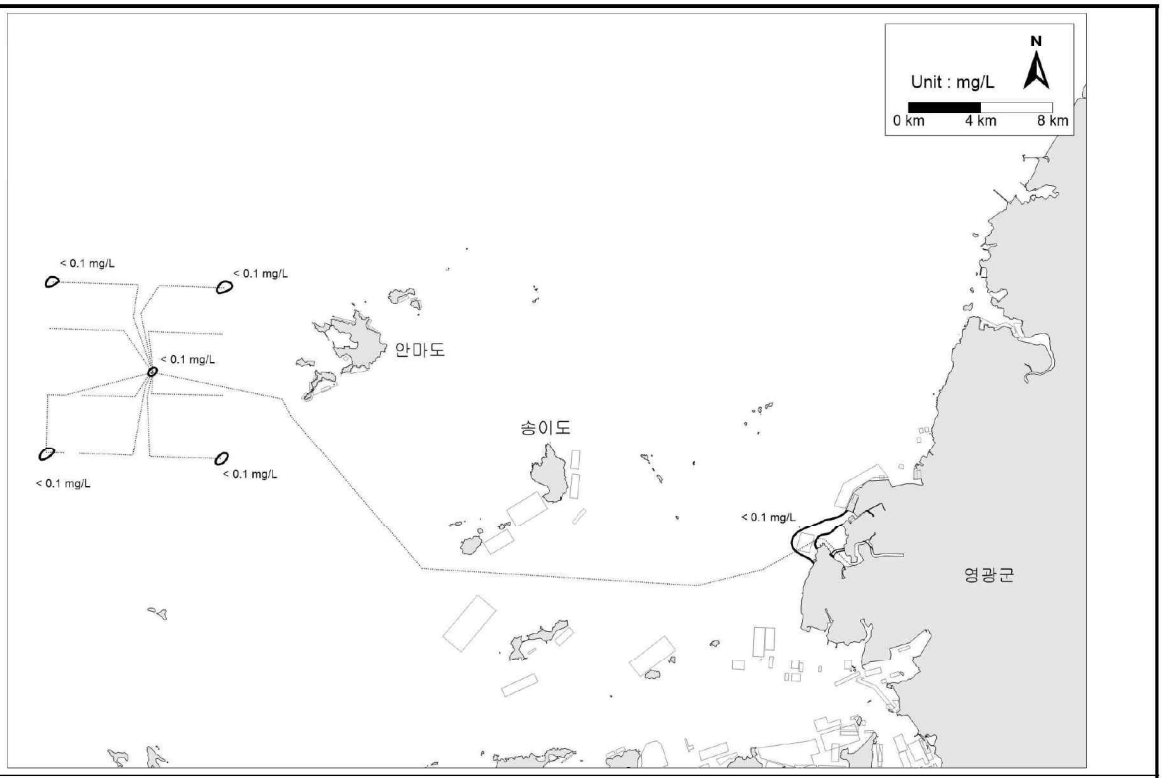


칭조시

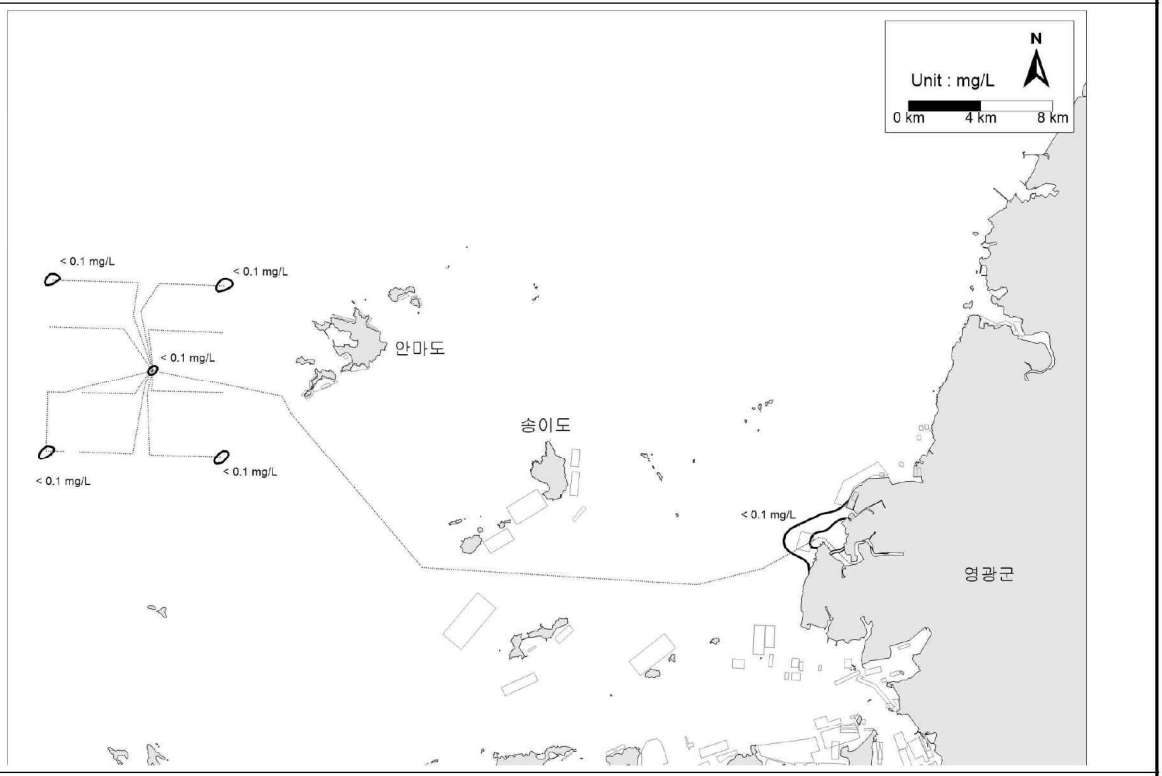


낙조시

<그림 3.2.3 - 12> Case-3의 대조기 창/낙조시 부유사 최대 확산 범위(저층)



표층



저층

<그림 3.2.3 - 13> Case-3의 공사 중 부유사 누적 최대 확산 범위

2) 공사시 수중소음 등에 의한 영향(항타 작업)

○ 파일 항타와 같이 2개의 물체가 부딪히는 경우, 에너지의 급격한 방출에 의해 충격음이 발생함. 이러한 충격음의 물리적 특성은 일차적으로 충격물체의 기계적인 특성에 좌우되는데 항타기의 햄머, 파일의 크기 및 길이, 지반특성, 수심, 염분도, 온도 등은 해머 항타기나 진동 항타기(vibropiling)에서 발생한 소음의 크기를 결정하는 요소임.

○ 한편, 수중음원에서 발생한 음은 전파과정을 거치면서 거리별, 주파수별로 서로 다른 감쇄를 가지며 해양 배경소음과 합쳐져 해양생물의 청각기관 혹은 기타 조직에 도달되어 수신됨. 어류의 서식환경에서 소음과 같은 인위적 스트레스 요인 등으로 어병에 대한 저항성이 약화되면서 1차적으로 생리적 불균형을 초래하여 항상성 유지에 영향을 주고, 장기적으로는 생존율과 성장 등에 악영향을 미칠 수 있음. 또한 도피반응 또는 손상을 입게되며, 특히 부레가 있는 어류는 충격소음에 매우 약할 것으로 사료됨.

○ 공사시기나 운영시 필연적으로 발생하는 소음이나 진동에 의해 일어나는 피해는 육상뿐 아니라 해양생물에도 영향을 미칠 것으로 판단됨.

○ 덴마크 해상풍력발전 단지(Horns Rev) 건설 전・중・후로 나뉘어 환경 모니터링을 실시한 조사결과(2001～2006년), Horns Rev에서는 구조물의 설치 후 기존의 내재저서생물 군집에서 표재저서생물 군집으로 종조성의 변화가 나타났고, 출현 종수가 증가하였음. 발전단지의 건설 후에 Horns Rev에서는 불가사리류가 우점한 반면 Nysted에서는 담치류가 증가하는 동시에 천적인 불가사리와 게류가 감소하는 것으로 나타남. 특히 기초 구조물에서는 담치류가 현저히 증가하여, 생물량이 기존에 비해 50～150배 증가하였고, 해상풍력발전 단지 기초 부분의 면적에서 저서생물의 서식처가 유실되었으나, 총 점유면적은 Horns Rev에서 약 50,000㎡, Nysted에서 45,000㎡로 시설 전체면적의 0.2%에 그쳐 그 영향은 미미한 것으로 보였음(DEA, 2006).

① 문헌자료 검토결과

㉮ 해양생태계에 미치는 영향

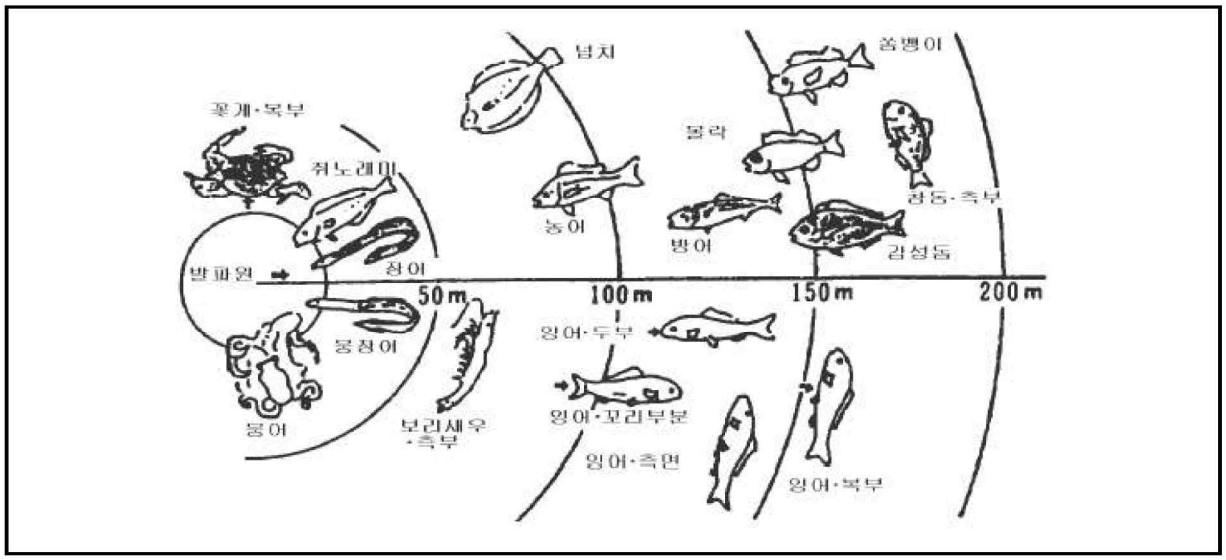
○ UEDA *et. al.*(2008)에 의하면 넙치는 10Hz, 15Hz에서 120dB이상, 60Hz에서 110dB

이상, 30Hz에서 100dB 이상의 진동에서 잠입하고 있었던 개체들은 모래 표면 위로 노출되며, 노출된 개체는 재잠입 하려는 행동을 보이나 잠입하지 못하고 유영하는 현상이 나타남. 그러나 진동 종료시에는 잠입하는 행동을 보여, 실험개시시와 동일한 상태로 회복되었음.

- 쏨뱅이는 암초 등을 은신처로 이용하는 저서어류로서 실험 개시시, 10~30Hz에서는 영향이 나타나지 않았으며, 60Hz에서 120dB까지도 영향이 없었으나 130dB에서는 이상 유영형태가 나타남.
- 해양생물에 영향을 미치는 진동 영향은 진동 레벨이 높을수록 크게 나타나며, 주파수가 높아지면 동일한 진동레벨에서 영향발생 개체는 증가하였음. 또한 130dB 진동 레벨에서는 주파수에 관계없이 진동 개시 직후에 기질과 생물이 교란되어 잠입한 생물은 기질 표면으로 노출되고, 암초성 생물은 이상 행동을 나타냄.
- 진동레벨에 관하여 어떠한 주파수에서도 약 110dB을 넘으면 잠입생물이 노출되는 비율이 높아지며, 30Hz 주파수에서는 다른 주파수 영역대보다 적은 진동레벨에서도 생물에 미치는 영향이 크게 나타남. 130dB 진동레벨에서는 진동자극에 의한 직접적인 스트레스보다 저질 교란으로 인하여 표면에 노출되어 영향이 나타나는 것으로 보고되었으며, 위의 실험결과 해상공사에서 발생한 진동이 100dB 이상으로 나타나면 모래기질에 잠입하여 서식하고 있는 해양생물에 영향을 미칠 것으로 보고하였음.
- 00사업으로 인한 어업피해보고서(한국해양과학기술원, 2010)에서 쇄암봉 소음이 해산어류에 미치는 영향에 대한 실험결과, 수중소음이 조피볼락, 점농어, 넙치의 생리에 미치는 영향은 생존율 실험에서는 임계음압은 드러나지 않았으나, 행동반응과 혈장내 코티졸의 변화로 본 조피볼락, 점농어, 넙치에 대한 수중소음의 임계음압은 각 151.5dB, 148dB, 그리고 157.5dB로 나타났고, 이 3개 값의 평균치인 152.3dB가 주요 수산자원의 행동에 미치는 임계음압이라 보고하였음.
- 따라서 공사시 소음과 진동이 발생하면 영향이 미치는 공간에 있는 유영생물은 모두 영향을 받는다고 할 수 있음.

<표 3.2.3 - 18> 소음·진동에 따른 수중생물영향

구 분	어 종	소음·진동에 따른 영향	비고
미국국립 해양수산국 (NMFS)	chinook, 청어	224dB/μPa 이상시 치사 및 부레 파열	
Ueda *et al.* (2009)	넙치	10Hz-120dB, 15Hz-120dB, 60Hz-110dB 30Hz-100dB 이상시 잠입개체 모래위로 노출	약 110dB 이상 진동시 잠입생물의 노출비율이 높아짐
	쏨뱅이	60Hz-130dB 이상시 이상유영행동함	
한국해양 과학기술원 어업피해 보고서	조피볼락	151.5dB 이상시 이상행동 및 코르티솔 변화	수산자원 행동 임계음압 : 평균 152.3dB
	점농어	148dB 이상행동 및 코르티솔 변화	
	넙치	157.5dB 이상행동 및 코르티솔 변화	



<그림 3.2.3 - 14> 1톤의 수중 공타 발파에 따른 어종별 안전범위

○ 다음 표는 Payne *et al.*과 Bastasch et al.은 어류에 대한 피해 인정기준을 제시한 것이며, Payne et al.의 Agreement in Principle for Interim Criteria for Injury to Fish from Pile Driving Activities는 California, Oregon, and Washington Departments of Transportation, US Federal Highway Administration과 주 및 연방 자원관련 기관이 모여 파일 항타시 수중소음으로 인한 어업에 미치는 영향을 개선하기 위해 합의한 문서임.

○ 해외에서는 어류의 피해인정 기준을 187dB SEL(cumulative)로 설정하였으며, 100m 이격된 위치에서 사업시행으로 인한 영향은 미미할 것으로 판단됨.

○ ‘수중소음이 어류에 미치는 영향’에 대한 학술대회 자료를 인용한 결과, 42~66inch 파일 항타시 이격거리 10m에서의 최고음압레벨 210dB peak, 피해인정 기준 206 dB peak를 기준으로 예측을 수행한 결과, 모든 예측식에서 항타 지점으로부터 100m 이격시 피해인정기준(206dB peak)을 만족하는 것으로 예측되어, 100m 이격시 어류에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단됨.

○ 또한, 해외의 사례에서 볼 때, 사업대상지 주변의 어류들은 공사시에 일시적으로 회피현상을 보이다가 단지 조성 완료 후 시간이 경과하면서 공사 이전의 어류 분포 수준을 회복하는 것으로 보고되어, 장기적으로 본 사업이 수산생물 분포에 미치는 영향은 유사한 경향을 보일 것으로 사료됨(USACE, 2004; Wilhelmsson *et al.*, 2006a).

○ 한편, 운영시 발생되는 소음에 대한 영향을 예측하기 위해 영국 내에 위치한 세 개의 풍력발전단지(North Hoyle windfarm, Kentish Flats windfarm, Barrow windfarm)를 모니터링하여 다음과 같은 결과를 도출함.

○ 일반적으로 운영 시 풍력발전단지에서 발생하는 수중소음은 매우 낮은 것으로 확인되었으며, 가동 중인 터빈 바로 인근에서 측정한 수중소음치도 바다배경 소음값과 차이가 없었음.

○ 또한, 소음의 증가가 해양 동물의 이동이나, 자연적으로 발생하는 배경소음의 변화보다 크지 않았으며, 모든 운영 중인 풍력발전단지 내에서 수중소음 측정결과 어류에 미치는 소음영향은 해상풍력발전단지 주변 수중보다 2dB 정도의 추가 소음을 미치는 것으로 조사됨.

○ 따라서, 터빈 인근에서 발생되는 수중 소음의 증가가 어류의 행동에 미치는 영향은 경미할 것으로 판단됨.

<표 3.2.3 - 19> 해외의 어류에 대한 피해인정 기준

참고문헌	종	피해인정 기준
Agreement in Principle for Interim Criteria for Injury to Fish from Pile Driving Activities	어류 (2 grams 이상)	206 dB peak, 187 dB SEL(cumulative)
	어류 (2 grams 미만)	206 dB peak, 183 dB SEL(cumulative)
Oregon LNG terminal and Oregon pipeline project underwater noise propagation monitoring and Mitigation	어류 (2 grams 이상)	206 dB peak, 187 dB SEL(cumulative)
	어류 (2 grams 미만)	206 dB peak, 183 dB SEL(cumulative)

자료1) Agreement in Principle for Interim Criteria for Injury to Fish from Pile Driving Activities, 2008
자료2) Oregon LNG Terminal and Oregon Pipeline Project－Underwater Noise Propagation, Monitoring, and Mitigation, 2008

<표 3.2.3 - 20> 항타시 수중소음에 대한 영향범위

구 분	기준소음도 (at 10m)	영향범위						피해인정 기준
		10m	20m	50m	100m	200m	500m	
예측소음도(dB peak)	210	210	193.0	182.8	176.8	171.3	164.3	206

자료) 수중소음이 어류에 미치는 영향, 한국소음진동공학회 2006년 추계학술대회논문집, 2006

㈏ 인근 양식장 및 어장에 미치는 영향

○ 수중소음으로 인해 인근 어류 및 패류, 해조류 양식장에 피해를 줄수 있으므로 사업지구 인근 주위 양식장 현황을 파악하여 예상되는 피해에 대처해야 함.

○ UEDA *et. al.*(2008)에 의하면 바지락과 개량조개의 경우 10Hz와 15Hz에서 120dB 이상, 30Hz에서 100dB 및 60Hz에서 110dB 이상의 진동에서 약 5분 경과 후 기질(모래)이 액상화 되어 유동상태가 되면 잠입하고 있었던 개체들은 모래위로 노출되며, 130dB에서는 주파수에 관계없이 진동이 시작되면 모래위로 노출됨. 모래 표면으로 노출된 개체는 진동 중에는 잠입 행동을 보이지 않으며, 폐각을 닿고 기질 표면에 노출됨.

○ 그러나, 상기 언급한 '수중소음이 어류에 미치는 영향'에 대한 학술대회 자료에 의하면 모든 예측식에서 항타 지점으로부터 20m 이상 이격시 피해인정기준(206dB peak)을 만족하는 것으로 예측되었으므로, 공사시 항타로 인한 영향은 경미할 것으로 예상됨.

3) 계통연계(해저케이블)에 의한 자기장 영향

① 해양생태계에 미치는 영향

○ 풍력터빈들을 상호 연결하고 있는 계통연계선은 전기장(전하로 인한 전기력이 미치는 공간) 및 자기장(자성물질이나 변하는 전기장에 의해 생성되는 힘의 장)을 만들고 이러한 전·자기장은 전기에 민감한 어류들에게 영향을 미친다고 알려져 있음(Rodmell & Johnson, 2005; Gill & Taylor; 2001; Westerberg, 2000). 전자기장에 연관된 어류들의 관찰 결과는 주로 회피하려는 행동(Rodmell & Johnson, 2005) 및 유영방향의 변경임(Westerberg, 2000).

○ 다음은 「Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy」의 내용을 인용·제시하였음.

- 갑각류의 전자기장 영향에 대한 연구에 의하면, 닭새우류(Spiny lobster)는 유체역학, 시각적 자극뿐만 아니라 지자기에 의한 행동 양상을 보인다고 하였음(Boles and Lohmann, 2003). 닭새우류의 지자기에 의한 영향을 알아보고자 대조 실험군과는 반대의 수평 자극(磁極)이 있는 곳에 두었을 때 반대의 이동 경로를 갖는지 증명하는 실험을 하였으나, 인공적인 영향 하에서 조차 닭새우류의 행동양상에 부정적인 결과는 관측되지 않았음(Lohmann et al., 1995). 닭새우류의 일종인 락랍스터 역시 31kHz의 전자기 신호를 내보내는 태그를 부착하고도 행동 상의 어떠한 이상도 발견되지 않았음(Jernakoff, 1987).
- 또한, 진주담치, 북해새우, 부채게, 넙치는 3.7μT 하의 정적인 지자기에 수주간 노출시킨 결과, 대조군과 실험군 간의 생존률의 차이는 없었으나(Bochert and Zettler, 2004), 또 다른 연구에서는 진주담치에 지자기의 정도를 각각 5.8, 8, 80μT(58, 80, 800G)로 주었을 때 유도값에 관계없이 20%까지 수분이 감소하였고, 아민계의 질소 수치가 15%까지 잠소하는 것으로 나타나 진주담치의 생화학적 지표가 지자기의 변화에 영향을 받을 수 있는 경향을 나타냄(Aristharkhow et al., 1988).
- 뱀장어는 전자기장에 대한 약간의 감도를 보인바 있으며(CMACS, 2003), 일본 뱀장어의 전자기 민감도 실험조건(Nishi et al., 2004)인 12,663~192,473nT(0.12663~0.192473G)의 자극에 노출되었고, 10~40회 자극을 반복한 결과 모든 장어는

192,473nT(0.192473G)하에서 심박의 감소와 같은 상당한 조건 반응을 보였으나, 일본 뱀장어 이외의 다른 장어는 동일한 반응을 보이지 않았음. 직류 케이블을 이용한 수중 고압 하에서 장어의 행동 방위를 조사한 결과, 대략 60%의 장어가 케이블 위를 횡단하였고, 연구자들은 이들 종의 이동 경로에 고압 케이블의 존재가 아무런 영향을 주지 않는다고 하였음(Westerberg and Begout-Anras, 2000). 발달 단계 중 미숙한 단계에 속하는 장어 치어의 행동을 실험실 조건에서 조사한 결과에서도 유사한 결과가 관찰되었고, 장어의 유영 속도 역시 직류전압 케이블의 존재로 인해 느려지지 않는 것으로 보고됨.

- 오리건 주는 멸종위기종을 포함한 다양한 종류의 연어목이 해안을 통과하고 있으며 연어류 역시 인공의 전자기장으로부터 영향을 받는 것으로 몇몇 연구에서 보고됨. 연어와 장어는 0.007~0.07 V/m 강도의 전기장에 노출되어 있을 때, 심박수가 증가하는 것으로 보고되었으며(Marino and Becker, 1977), 첫 번째 반응은 지느러미와 아가미의 떨림으로부터 관찰되었는데, 이는 0.5~7.5 V/m의 전기장에 노출되었을 때이고, 0.025~15 V/m의 강도에서는 물고기들이 전지의 음극 방향을 향하여 헤엄쳐가는 음극 반응을 보였음. 전기 마취나 마비와 같은 물고기에게 해로운 영향을 주는 영향은 15V/m 이상의 전기장 하에서 관찰되었음(Balayev, 1980; Balayev and Fursa, 1980).
- 태평양 연어는 이동을 위해 이용하는 몇 가지 잠재적인 기제가 있는데 그 중 천체의 나침반이 되는 지자기를 이용한 방위, 출생 줄기의 체취를 이용하여 고향 산란지로 돌아가는 것들이 있다(Quinn et al., 1981; Quinn and Groot, 1983; Groot and Margolis, 1998). 태평양 연어 중 네 가지 종에서 자철석 결정이 발견되었고, 이 결정은 지자기를 향하도록 나침반 역할을 수행하는 것으로 알려져 있음. 한 연구는 연어가 명백히 지자기를 감지하고 있으나 그들의 행동은 다수의 자극에 의해 좌우되기 때문에 인공적인 자기자극이 무효하다는 것을 보여줌(Quinn and Brannon, 1982). 이를 뒷받침하는 연구로, 지자기를 발생하는 인공적인 부착물을 백연어 성체의 머리 부분에 설치하고 조사한 결과, 수평, 수직의 운동에 주목할 만한 영향이 발견되지 않았음(Yano et al., 1997). 더구나, 홍연어 성체는 자기장 수용능력보다는

산란지로의 회귀 여행을 위해 시각적 실마리와 후각적 능력에 더 의존하는 것으로 보고되었으며(Ueda et al., 1998). 자기장의 차단 역시 물고기의 회귀 능력에 어떠한 영향도 주지 않았음.

- 철갑상어, 상어, 홍어류, 가오리류 등은 일상적인 삶에 자연 전자기장을 이용하기 때문에 인공적인 전자기장으로부터 영향을 받을 위험이 다른 종에 비하여 높고, 이들은 먹이의 위치, 해류의 이동, 자기적 방향 측정에 대한 전자기적 정보를 받음.
- 일반적으로 연골어류는 5×10-7~10-3 V/m의 전기장에 대해 민감도를 갖고, 이 수준의 자극에서는 전기장원 쪽으로 끌려가는 경향이 있는 반면, 1 μV/cm 이상에서는 전기장원으로 부터 피하려는 경향이 발견되었음(Kalmijn, 1982; Gill and Taylor, 2002). 그러나 두 연구간의 연골어류의 전자기장에 대한 민감도의 최저 역치에 대해서는 불일치를 보이고 있으며, Gill and Taylor에 따르면 연골어류가 민감도를 보이는 최저 역치는 5×10-7 V/m, Kalmijn은 5×10-9 V/m임.
- 경골어류의 가장 오래된 분류이기는 하나, 철갑상어의 골격은 연골뼈로 되어있어 연골어류로 분류됨. 철갑상어는 먹이를 잡는데 전기수용감각을 활용할 수 있어 약하지만 전기 물고기임. 유럽의 연구에 따르면, 스텔렛 철갑상어와 러시아 철갑상어는 전기장 주파수와 강도에 따라 상이한 반응을 갖는데(Basov, 1999), 1.0~4.0 Hz 주파수의 0.2~3.0 μV/cm 신호강도 하에서 신호원을 찾으며 활발하게 먹이를 먹는 행동이 관찰됨. 50 Hz, 0.2~0. 5μV/cm하에서 신호원을 찾는 행동이 관찰되었으며, 50 Hz하 0.6 μV/cm 이상의 강도에서 신호원으로부터 벗어나고자 하는 행동이 관찰됨.
- 전자기장에 민감한 생물 중 하나로 알려져 있는 상어류는 자기장이 0.005~1μ Vcm1의 범위에 있을 때는 선호하는 영역이기 때문에 가까이 가지만 10μ Vcm1을 넘어서는 수준에서는 회피하는 행동을 보였음. 그러나 3.7mT에서 수주간 여러 해양생물을 대상으로 시험한 결과, 홍합을 가지고 산란시기 동안 전자기장에 노출시킨 실험결과 특별히 계통연계선에서 발생한 자기장에 의해 저서 생물의 생태나 생리에 특별한 영향은 없는 것으로 나타남.

- 상어는 일반적으로 1/8~8Hz 사이의 주파수를 감지하며, 일정한 속도의 주파수는 상어의 주변 전기장에 대한 탐색을 가능하게 함. 회전이 없는 가속은 자기장을 향한 탐색을 가능하게 하고(Kalmijn, 2000), 이는 상어로 하여금 지구의 자기장을 이용하여 항해하도록 함.
- 눈가오리는 상어와 유사한 주파수 범위에서 반응을 보이는 것이 연구에서 보고되고 있음. 눈가오리는 5Hz의 일정한 방형파하의 0.01 μV/cm 강도에서 심장반응을 보였고, 10-6 V/m의 전압 강도에서 호흡기계의 리듬이 변하는 것으로 나타났으며(Kalmijn, 1966), 5Hz 방형파, 4×10-5 V/m에서 심박수의 저하가 관찰됨.
- 연골어류는 잠수함 케이블을 공격하는 것이 관찰되었으며(Marra, 1989), 1982년 메사추세츠의 떨어진 해안가에서 곱상어, 노랑가오리, 청상어의 전기장 민감도를 실험한 결과, 각 종은 전기장원을 공격하였음(Kalmijn, 1982). 곱상어의 경우 전극 간 2 cm 떨어진 전극을 흐르는 8 μA의 직류에서 발생하는 전기장을 이용하였고, 대형 곱상어는 전기장이 0.01 μV/m 혹은 그 이하로 떨어지는 신호원으로부터 30 cm 이상 떨어진 지역에서 총 112번의 공격 중 44번의 공격을 나타내는 것으로 보였음. 15번의 반응은 전기장이 5 μV/m로 측정되는 거리가 38 cm 이상 떨어진 곳에서 발생하였음. 청상어는 하나의 이중극자에 8 μA의 직류가 연결되었으며, 5마리 중 4마리의 청상어(6~8피트)가 반복적으로 계통연계 주변을 맴돌고 전극을 31회 공격하였음. 훈련 실험에서 노랑가오리는 해류에서 발생하는 것과 유사한 일정한 전기장을 향하는 능력을 보였으며, 출생 후 24시간 미만의 어린 보닛헤드 상어는 약한 전기장하에서 긍정적인 먹이 반응을 보이지 못했으나, 생후 32시간 이상의 모든 상어는 전극을 강하게 공격하는 반응을 보였음.
- 자기장과 관련하여, CMACS(2003)는 수중 교류 케이블에서 발생하는 자기장의 세기가 지구 자기장에 비하여 상당히 낮다고 보았으며, 자기장에 민감한 연골어류와 같이 자연발생하는 자기장에 적응한 종들에게 감지되기 어려울 수 있음. 지구 자기장은 교류와 같은 속성을 가지며 CMACS 보고서에서 보여주는 비교는 교류 전력 주파수(50Hz)에 주목하고 있으며, 이는 다양한 주파수의 전자기장 상대강도를 표현할 때 적용됨.

- 고래와 돌고래는 자기장 강도와 준위가 낮은 지역을 찾아 이동하는 것을 가능하게 하는 유용한 “자기장 지도”를 형성하며, 많은 고래 및 돌고래는 지구 자기장의 총 강도가 0.5 mG(5×10^{-4}G) 이하로 떨어질 때 좌초현상에 민감함. 통계적으로 상당히 민감한 종으로는 흔한 돌고래인 큰코돌고래, 대서양낫돌고래, 긴수염고래, 참거두고래가 있으며(Kirschvink *et al.*, 1985). 이빨고래, 수염고래의 집단 좌초현상은 지역적인 자기장 변이와 연관이 있음(Kirschvink *et al.*, 1985). 몇몇 고래목의 종들은 자기장을 지리적 특성이 없는 외해역에서 장거리 이동을 정확하게 하기 위해서 이용하는 것으로 알려져 있으며. Valburg(2005)의 연구는 상어가 잠수함 전기케이블 주위의 낮은 전기장지역에서 영향을 받을 가능성이 거의 없는 반면, 전자기장의 변화는 고래의 폐사(좌초)에 상당한 연관이 있다고 하였음.

○ 독일에서는 내륙 해안의 풍력단지를 연결하는 3-cored 계통연계 주변에서 자기장을 측정하였음. 측정결과, 자기장은 10 μV보다 적으며 진공청소기에 의해 발생되는 자기장보다도 약한 것으로 나타났으며, 자기장은 계통연계선으로부터 1m 이격시 3 μV가 감쇠되었으며 독일 육상부의 자연자기장은 대략 45 μV로 조사되었음(ABB Power Technologies, 2003). 또한, 자기장은 계통연계선에서 거리가 멀어질수록 급격하게 낮아지는 경향을 보이며(Normandeauet al., 2011), Andrulewicz et al.(2003)는 계통연계선의 수 미터 내에서 자기장의 변화가 나타나고 20m의 거리에서 자기장의 변화가 자연적 변화를 초과하지 않는다고 보고하였음.

○ Gill et. al.(2005)에 따르면 넙치과 어류는 전기와 자기장에 민감한 어종으로 보고되었으나, 계통연계 주변 해역에서의 어류의 행동과 회유 변화를 단순하게 전자기장의 영향으로 나타내기에는 곤란하기 때문에 단정적인 결론은 제시하지 않았음.

○ 본 사업은 해저면 수직 2m 깊이에 계통연계선을 포설하기 때문에 포설깊이에 따른 자계 감쇄효과와 해저면 토양에 의한 자계 효과로 인해 자기장에 의한 어류에 미치는 영향은 상대적으로 미미할 것으로 판단되나, 이후 시행되는 사후환경영향조사를 통해 어류에 미치는 영향을 모니터링 할 필요가 있음.

<표 3.2.3 - 21> 문헌자료에 제시된 해양생물의 전자기장 영향-(1)

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
▸저서생물						
북해새우 부채게 진주담치	생존	3.7μT(3G)	-	-	없음	Bochert and Zettler (2004)
진주담치	생화학 지표	5.8, 8.0, 80.0μT (58, 80, 800G)	-	-	20% 수화 증가 15% 아민계 질소 감소	Aristharkhov et al.,(1988)
성게	발달 변이	10-100μT (100-1000G)			초기배아 동공축소 지연, 외낭배 발생 증가	Levin and Ernst(1997)
▸경골어류						
넙치	생존	3.7mT(37G)	-	-	없음	Bochert and Zettler(2004)
연어	부정맥	-	7~70μV/cm	-	심박수 증가	Marino and Becker(1977)
	첫반응	-	0.5~7.5V/m	-	아가미, 지느러미 떨림	Marino and Becker(1977)
	음극반응	-	0.025~15V/m	-	음극 전하 방향 이동	Marino and Becker(1977)
	마취, 마비	-	15V/m	-	마비	Balayev (1980) Balayev and Fursa(1980)
장어	부정맥	-	7~70μV/cm	-	심박수 증가	Marino and Becker(1977)
	첫반응	-	0.5~7.5V/m	-	아가미, 지느러미 떨림	Marino and Becker(1977)
	음극반응	-	0.025-15V/m	-	음극 전하 방향 이동	Marino and Becker(1977)
	마취, 마비	-	15V/m	-	마비	Balayev (1980) Balayev and Fursa(1980)
은장어	이동	10m 거리 지자기와 동일 차수 규모	-	-	60%의 개체수가 계통연계선을 횡단	Westerberg &Begout-Anras(2004)
일본장어	자기민감도	12,663~192,473nT	-	-	상당히 조건화된 반응	Nishi et al. (2004)

자료) Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy

<표 3.2.3 - 22> 문헌자료에 제시된 해양생물의 전자기장 영향-(2)

종	조사항목	자기장	전기장	주파수	영 향	참 고
▸연골어류						
상어	교류민감도	모두	모두	1/8-8Hz	기본 기능에 영향	Kalmijin (2000b) Walker et al.(2003)
청상어	전기장 민감도	-		-	반복된 회전, 시설 공격	Kalmijn (1982)
소형곱상어	전기장 민감도	-	<0.021μV/cm	-	신호원에서 18cm이상 떨어진 지점에서 공격	Kalmijn (1982)
대형곱상어	전기장 민감도	-	5nV/m	-	신호원에서 38cm이상 떨어진 지점에서 공격	Kalmijn (1982)
눈가오리	심장반응	-	1×10-9V/m	5Hz (일정방형파)	심장반응	Kalmijn (1966)
눈가오리	호흡기계 심장반응	-	10-6V/m	5Hz (일정방형파)	호흡기계 및 심박리듬 영향	Kalmijn (1966)
	심장반응	-	4×10-5V/m		심박수의 저하	Kalmijn (1966)
노랑가오리	방향정위		해류와 유사 <5nV/m	-	해류와 유사한 일정 전기장 하 방향능력	Kalmijn (1982)

자료) Electromagnetic Field Study, 2010, OregonWaveEnergy

(다) 저감방안 및 평가

1) 부유사 저감 공종관리

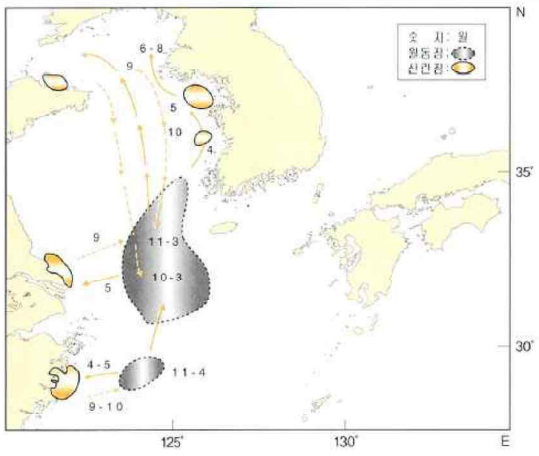
○ 공사시 부유사의 발생은 공사강도에 따라 농도 및 확산범위가 변동될 수 있으므로 수시로 육안감시를 실시하여 공사로 인하여 부유사가 현저하게 증가할 경우에는 일시적으로 작업중단, 작업시간 단축, 공사방법 개선 등을 통하여 부유사 부하를 감소시키고 정체시간을 늘려 침전효과를 증대시켜 사업지구 주변의 해양수질이 향상된 후 작업을 실시하도록 할 계획임.

○ 또한, 공사 시 공종관리(작업시간 단축, 작업시간 개선 등)을 통해 부유물질 저감효과를 증대시켜 탁도 등에 의한 어류에 미치는 부유사 영향을 최소화할 계획이며, 사업대상지의 주요 회유성 종의 생활사는 다음과 같음.

① 참조기

○ 참조기는 우리나라 서·남해, 빌해만, 동중국해 등 수심 40~160m인 바닥이 모래나 펄인 곳에 주로 분포하며, 산란기는 4~6월이고 남쪽일수록 빠르고 북쪽일수록 늦으며, 산란장은 우리나라 서해안 일대와 중국 연안해역임.

○ 산란 최적 수온은 12~14℃이며, 서식 수층은 1~90m, 서식 수온은 7~25℃이고, 단각류, 요각류, 멸치, 새우류, 전갱이류, 소형어류 등을 섭이하는 것으로 알려져 있음.



참조기

<그림 3.2.3 - 15> 회유성 경로

2) 공사시 수중소음 등 저감대책

○ 공사시 불필요한 충격음이 발생하지 않도록 공사인부에 대한 교육 및 관리방안 계획·실시 및 합리적인 장비투입계획으로 장비의 집중투입을 방지할 계획임.

○ 또한, 노후화된 장비의 사용을 억제하고, 저소음·저진동 장비 사용 및 가급적 공사장비의 가동시간을 일 최대 8시간으로 한정하여 소음·진동을 최소화 할 계획이며, 파일의 항타공사시 해머낙하 높이를 조절하여 충격음과 진동을 감소시키도록 계획함.

3) 전자기장 발생 저감대책

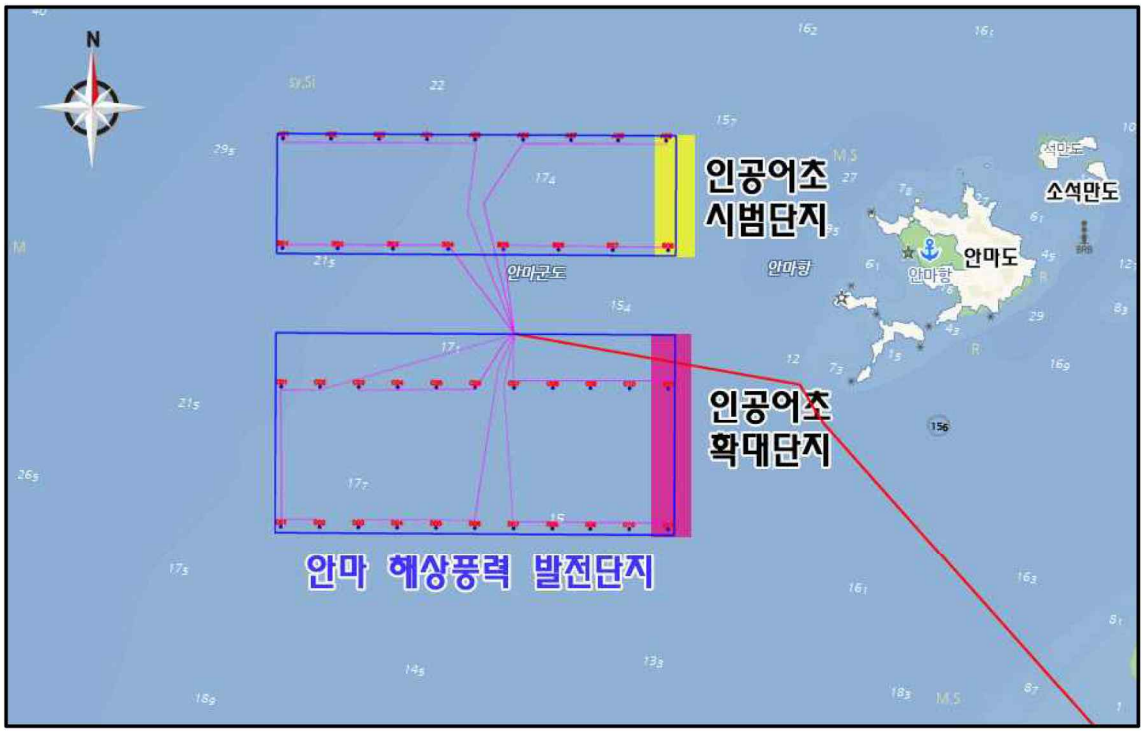
○ 계통연계선 설치 구간에서 발생되는 전자기장의 경우 2~3m 내외로 알려져 있으므로(YI et al., 2017), 추후 계통연계선 설치 구간을 중점으로 조사정점을 선정하여 공사시 및 운영시 지속적인 모니터링(사후환경영향조사)을 통해 해저케이블 인근 해역의 생물량 감소 등 저서동물에 미치는 영향이 있을 것으로 판단될 경우 추가적인 저감대책을 수립하여 제시할 계획임.

4) 해양생물 다양성 및 수산자원 회복을 위한 대책

○ D구간에 케이블 보호공법 적용 할 계획임. 해양생태계 보상 차원으로 자연석은 인공어초 역할 및 부착저서생물의 다양성을 확보 할 것으로 보임.

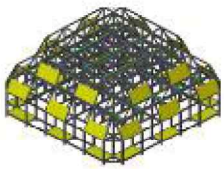
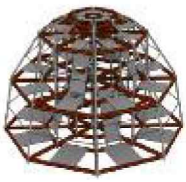
<그림 3.2.3 - 16> 해저케이블 구간별 공법

○ 해상풍력 조성단지 외곽 동측에 주민(어민) 협의체와 협의를 진행하여 치어방류 사업과 인공어초 시범단지를 조성을 검토계획임. 해상풍력 구조물 및 인공어초는 어류 위집 효과 및 어류의 서식처 제공으로 수산자원 회복 및 어민 소득 증대에 기여 할 것으로 보임, 또한 해상풍력 구조물 및 인공어초에 부착저서생물의 다양성이 확보될 것으로 판단됨.



<그림 3.2.3 - 17> 인공어초 단지 예시

<표 3.2.3 - 23> 인공어초 종류 및 특징

어초종류	모식도	어초특징
테트라형		- 소파제 형태로 파랑에 매우 안정 - 사방으로 뻗은 몸체는 어패류의 서식이 용이하도록 구성 - 내구 구조가 복잡하도록 산적 시설하여 어류 위집 효과 향상 가능
다면체형		- 사석의 사면이 노출되어 해조류 조기 부착 및 성장 촉진 용이 - 어초 저층부 공간으로 해중림 조성 및 해류로 인한 와류 발생 용이 - 조류 부착 활성화, 어패류 서식 및 위집 효과 기대
팔각반구형대형강제어초		- 팔각형의 프리즘 형태로 어망 등 어구에 의한 어장훼손 최소화 - 파랑 등 유체력에 안정된 구조로 용승효과 유도 - 30m 이상의 대수심에서도 높은 어류위집 효과 발현 가능
방사형		- 헥사포드 기능형 구조로 무게 중심이 낮고 침하, 전도 등에 안정적 - 넓은 부착면적을 제공하여 패류 및 해조류 등의 부착 용이 - 어초 중앙부의 홀에 의해 해수 소통 원활 및 어패류 서식공간 제공
이중돔형		- 각각의 프레임에 은폐 식생공을 형성시켜 치어·치패의 은신처 제공 - 상부와 하부가 프레임에 의해 구분된 구조로 충분한 음영효과 발현 - 프레임의 표면적은 다량의 해조류가 부착할 수 있도록 폭넓게 확보

(2) 사후환경영향조사계획

○ 본 사업시행으로 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악 및 평가시 수립한 저감대책의 적정 운영여부를 관리·감독하고, 예상하지 못한 환경변화에 대응할 수 있도록 사후환경영향조사 계획을 수립함.

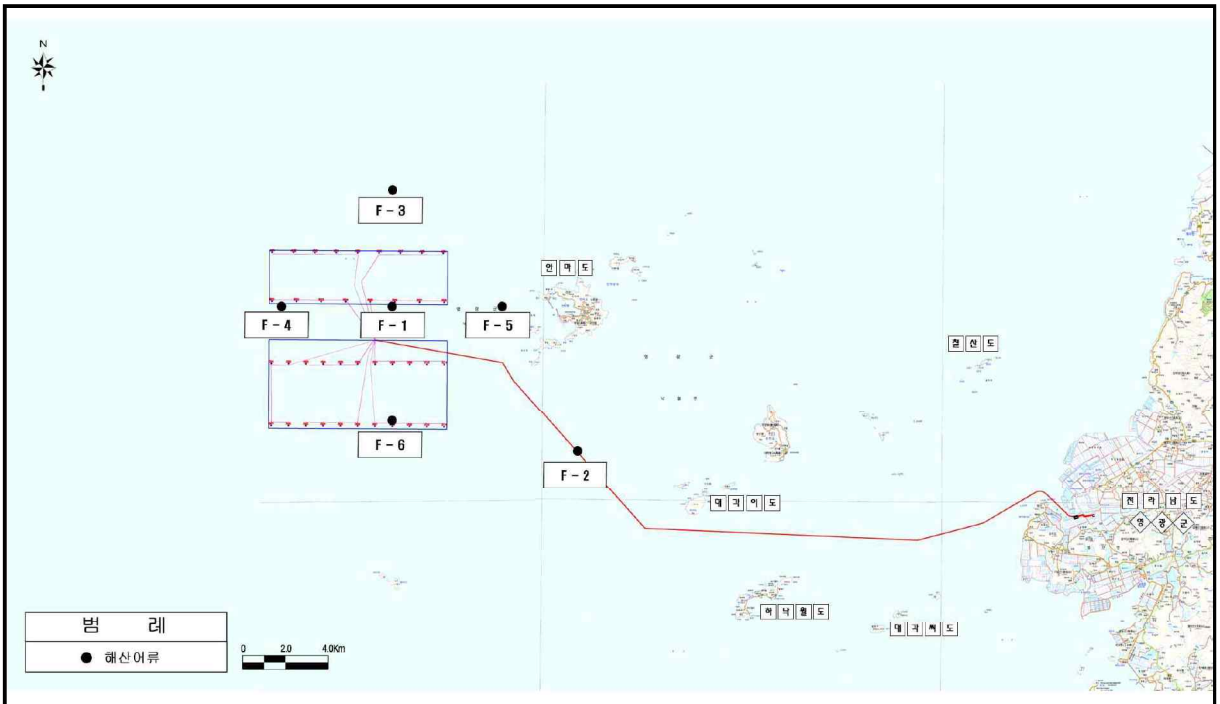
○ 사후환경영향조사 기간은 「환경영향평가법 시행규칙」〔별표1〕에 의거 사업 착공시부터 사업 준공 후 5년까지로 수립함.

- 공사시 : 사업 착공시부터 사업 준공시까지
- 운영시 : 사업 준공 후 5년까지

○ 추가적으로 조사어구(상용어구)에 대한 전문가 자문을 실시할 계획이며, 조사범위 확대를 위해 기존 조사 정점(6개 정점)에서 1개 정점을 추가하여 사후환경영향조사 계획을 수립함.

<표 3.2.3 - 24> 사후환경영향조사계획

구분	조사계획
조사항목	○ 해산어류
조사내용	○ 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악분석
조사지점	□ 공사시 ○ 7개 정점 □ 운영시 ○ 7개 정점
조사주기	○ 공사시 : 분기 1회 ○ 운영시 : 반기 1회
조사방법	○ 현지조사(지점당 자망 길이 200m, 통발 10EA)
조사주체	○ 사업시행자



해양동·식물상(해산어류) 조사위치도

<그림 3.2.3 - 18> 사후환경영향조사 위치도

3.2.4 누적영향 및 원상회복

○ 예정지 주변에 다수의 해상풍력 발전단지 조성사업이 계획되어 있으므로, 이번 사업시행으로 인해 해양환경 및 조류 등에 미치는 누적 영향을 조사하여야 함. * 영광-낙월 해상풍력 발전단지(352.8MW), 서남해 해상풍력 실증단지(2460MW)
○ 기존 육상변전소 건설 및 지상송전탑을 제외하는 적극적인 대안을 제시하였으나, 해저케이블 설치를 최소화하는 대안을 검토하여야 함. - 원거리 송전을 각 해상풍력발전 사업자가 추진하기 보다는 향후 유사한 시기에 시행하는 사업자 간 해저케이블 연계 또는 공동 개발하는 방안 등 대안 검토 ※ 다만 사업추진의 불확실성이 높은 승인신청 사업이나 환경영향평가 협의가 완료되지 않은 사업보다는 협의가 완료된 사업을 대상으로 연계 및 공동개발을 추진하는 것을 검토
○ 철거 과정에서 발생할 수 있는 해양환경과 생태계에 대한 영향 예측·평가를 제시하고, 전문가 자문을 통해 원상회복에 대한 종합적인 관리대책 등을 마련하여야 함.

가. 누적영향

○ 본 사업지역 주변으로 풍력발전단지 및 태양광발전단지 등의 사업이 계획·시행되고 있음.

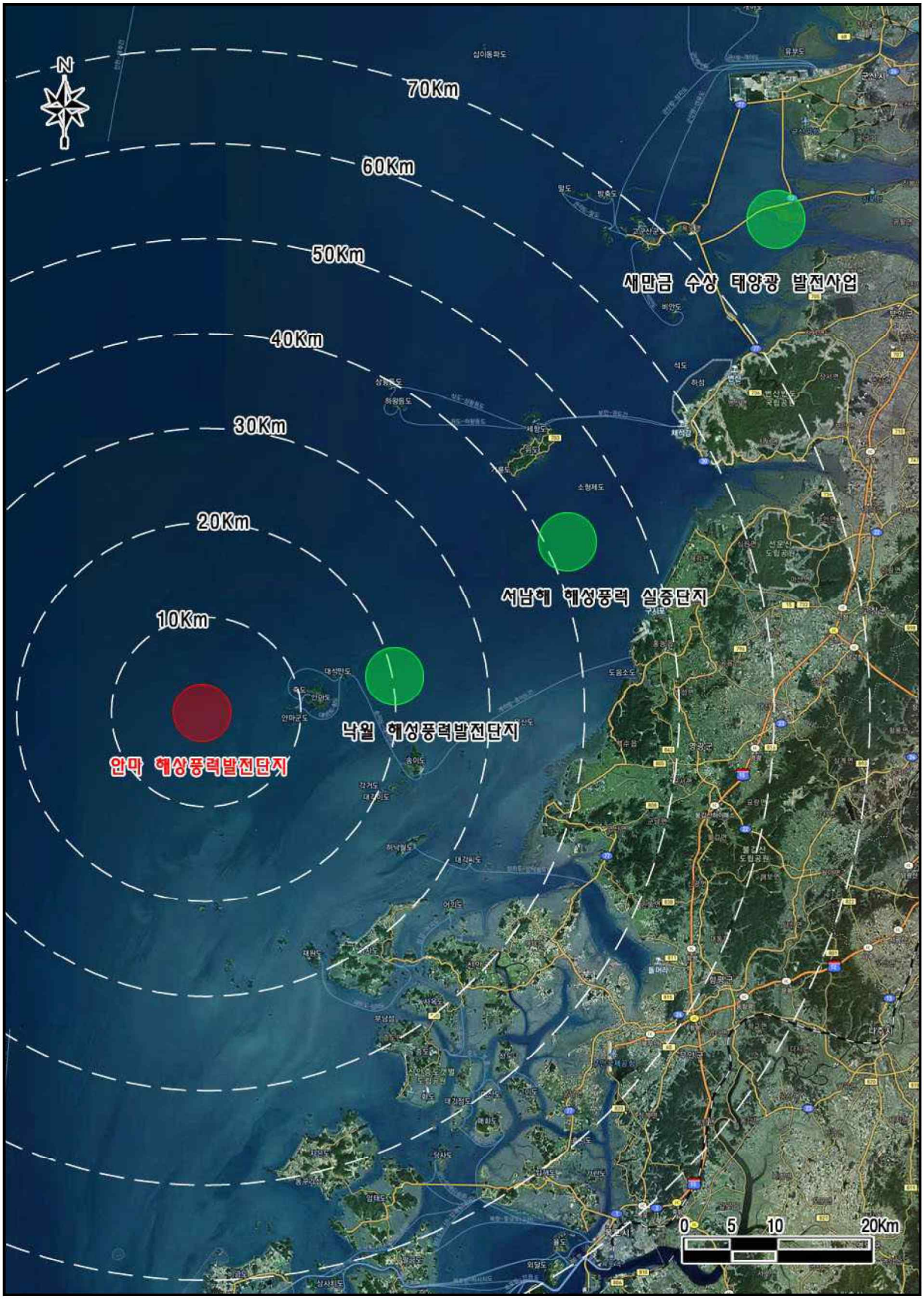
○ 사업지역과 약 90㎞ 이격된 새만금 수상 태양광발전사업 및 약 40㎞ 이격된 서남해 해상풍력발전단지는 조류이동에 누적영향은 크지 않을 것으로 판단됨.

○ 사업지역과 약 20㎞ 이격되어 있는 낙월 해상풍력발전단지는 공사 준비단계(건설기간 약 2.5년)로 확인되며, 사후환경영향조사 계획에 반영하여 주변의 사업으로 인한 해양환경 및 조류의 이동방향 등 미치는 영향을 지속적으로 모니터링 할 계획임.

<표 3.2.4 - 1> 주변 개발사업 현황

사업명	규모	비고	이격거리
영광 낙월 해상풍력발전단지	풍력발전기 약 352.8MW (4.2MW×84기)	협의 완료일 2020.12.30	20㎞
서남해 해상풍력 실증단지[1)]	풍력발전기 2,460MW	1단계 운영중(60MW) 2~3단계 추진중(2.4GW)	40㎞
새만금 수상 태양광발전사업[2)]	수상태양광 2.1GW	1~2단계 추진중	90㎞

주1) 한국해상풍력(주) http://www.kowp.co.kr
주2) 새만금개발청 https://www.saemangeum.go.kr



<그림 3.2.4 - 1> 안마 해상풍력발전단지 주변 개발사업 현황

나. 대안검토

○ 해저 케이블을 최소화 할 수 있는 방안으로 공동으로 케이블을 사용할 수 있는 방안을 제시토록 의견을 받았으나, 이는 현실적으로 불가능한 방안으로 각자 사업자 및 이해관계자들의 협의가 불가능하며 사업추진 시기 또한 달라 공동으로 케이블을 사용할 수 있는 방안은 현실적으로 불가하여 제시하지 못하였으며, 이러한 공동 케이블을 추진할 수 있는 방법은 국가차원에서 풍력발전사업자들의 공모사업으로 추진시킴이 적절한 방법으로 판단됨.

다. 원상회복

1) 풍력발전기 철거계획

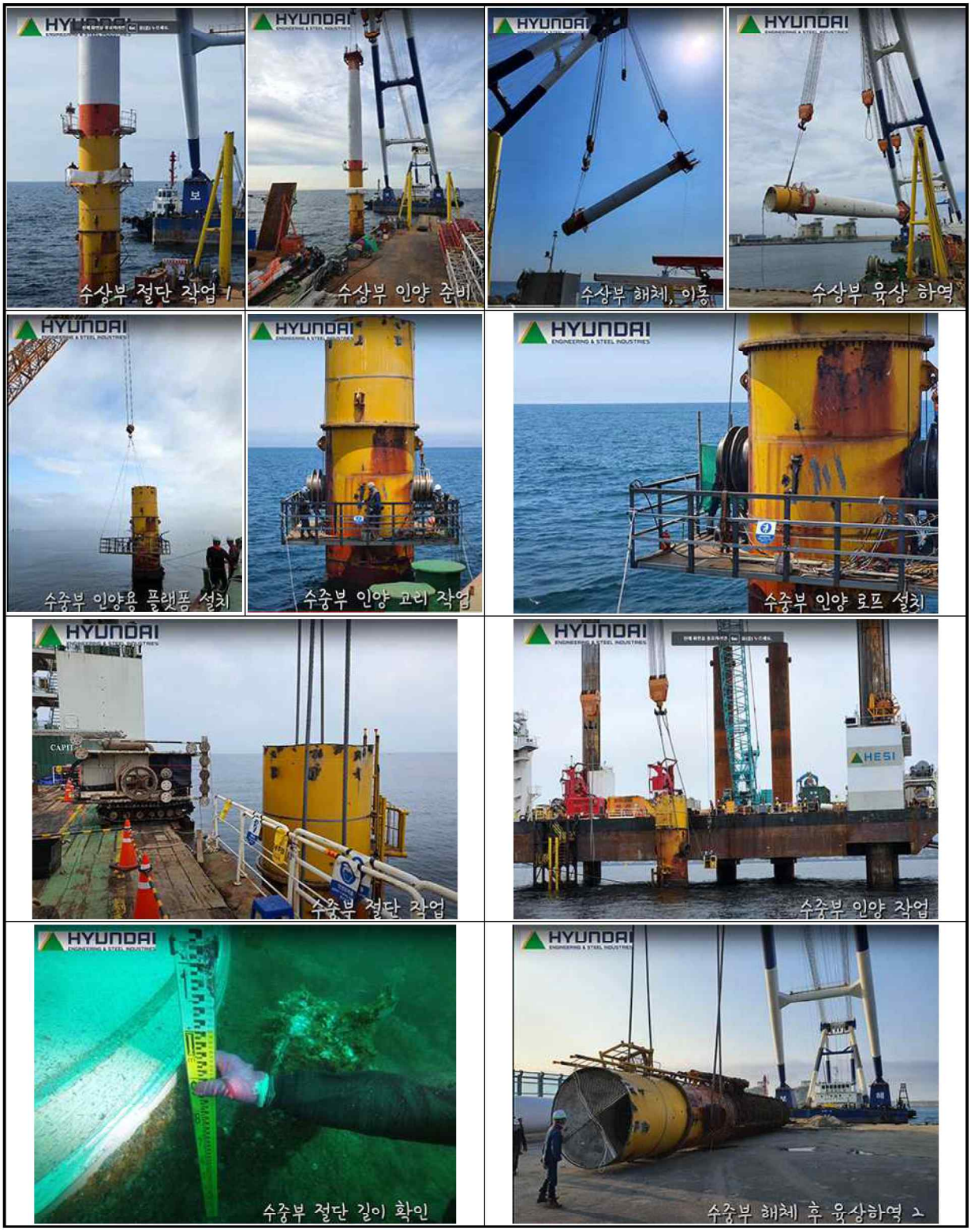
○ 해상풍력 사업이 종료 또는 중단될 경우 구조물로 인한 경관 훼손 및 해양환경에 악영향이 예상되므로 크레인과 잭업 바지 등을 이용하여 설치 순서의 역순으로 철거를 진행할 계획임.

○ 먼저 상부구조물을 해체하여 육상으로 운송하고, 하부구조물은 해저면 1m 내외로 절단하고 절단 부위는 회수하여 적정처리(재활용 등)할 계획임.

<표 3.2.4 - 2> 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 3.2.4 - 2> 철거(해체)계획 예시("한림해상풍력 기상탑 해체", 인터넷 발췌)

2) 영향 예측 및 평가

㉮ 선박사고 등에 의한 유류유출 영향 및 저감대책

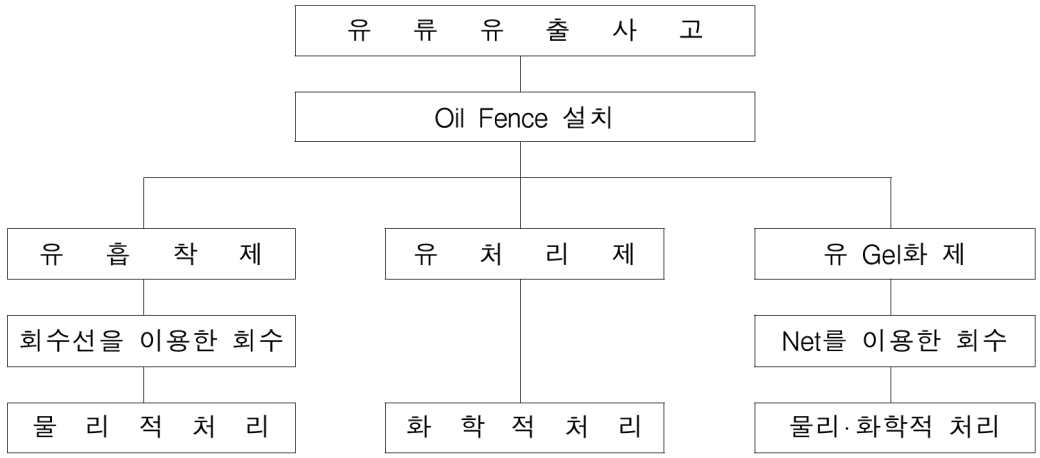
○ 해상풍력단지 구조물 철거공사하는 과정애서 작업선박 등에 의한 우발적 해상사고가 발생할 경우 해역으로 유류유출 영향이 예상됨.

○ 본 사업대상지 및 계통연계선이 위치하는 해역은 해풍과 조류가 강한 지역으로 유류유출사고 발생시 인근 도서, 어장 및 보호지역 등의 피해가 우려됨에 따라 적정 저감방안이 필요함.

○ 우발적 해상사고의 발생은 선박의 연료(기름) 유출을 유발할 가능성이 많으며, 이러한 기름유출사고는 해양환경 뿐만 아니라 해양동·식물상에 악영향을 미치게 되므로 해상사고에 따른 기름유출 사고시 초기에 기름의 확산 방지 및 제거가 중요함.

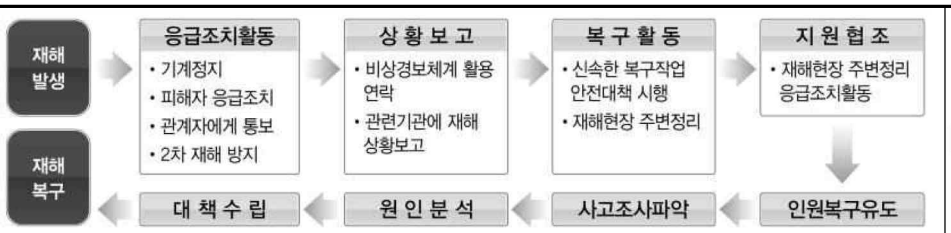
○ 불의의 사고로 발생할 수 있는 선박사고나 다량의 기름이 해상으로 유출되는 경우를 대비하여 해양환경관리법에 준한 방재장비 확보방안을 검토하고, 해난사고에 대한 종합적인 대책을 수립하도록 하며, 이용선박에 대한 폐유의 무단 방류를 철저히 감시하도록 할 것임.

○ 사고시를 대비하여 신속한 연락체계를 위한 방재조직을 구성하고, 관련자에 대한 주기적인 방재교육을 실시하여 사고발생시 현장에서 신속히 대처할 수 있도록 하며, 해양경찰, 지자체 등의 관계기관과 유기적인 방제체계를 구축할 계획임.

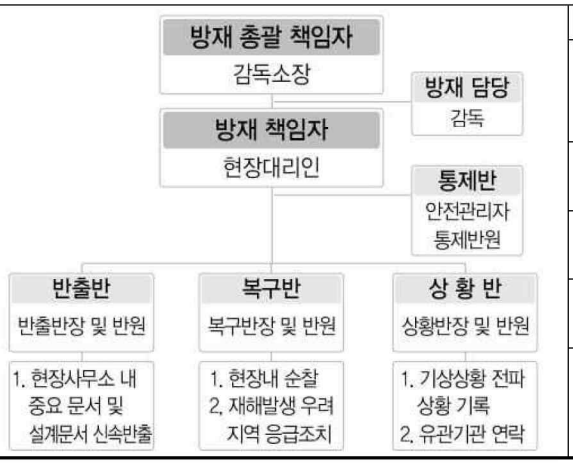


○ 1단계 : Oil Fence 등 확산방지막을 설치하여 기름의 확산을 최소화함
○ 2단계 : 유출된 기름의 양 또는 유막의 두께에 따라 기름을 수거 할 수 있는 장치나 도구(Oil skimmer, pump, 바가지 등)들을 이용하여 해상에 부유하고 있는 기름을 직접 수거
○ 3단계 : 위의 방법으로 수거처리가 곤란한 기름 또는 잔여기름에 대하여는 유흡착제를 투입하여 기름을 흡착·수거
○ 4단계 : 이상과 같은 물리적 수거단계가 끝난 후 더 이상 물리적 수단으로는 수거처리 불가능한 잔여기름을 최종적으로 유처리제를 살포하여 마무리 방재조치 단계로서 사용하여야 함

<그림 3.2.4 - 3> 유류 유출 사고시 유류처리방법



● 재해발생시 상황별 대응방안 구축
▶신속한 현장대응으로 피해규모 최소화



구 분	주 요 업 무
통제반	● 사고내용 및 피해범위를 신속히 파악하여 대피인원을 영향 범위 외로 유도
반출반	● 현장사무소내 중요 문서 및 설계문서 확보 및 신속반출
복구반	● 응급조치가 끝나면 비상사태 발생 원인을 파악 분석, 복구작업을 시행
상황반	● 피해상황 전파/유관기관 협조 요청 ● 피해지역 사진촬영 등 기록유지
전직원	● 현장 전근로자는 통제반 등의 지휘아래 피해자 및 피해물건에 내한 신속한 안전조치

<그림 3.2.4 - 4> 긴급조치 및 비상연락체계 구축

3) 원상회복에 대한 관리대책

○ 원상회복은 설치에 역순으로 하여 발전기 해저면에서 1m여유를 두고 절단하여 구조물을 두고 원상복구 할 예정이며, 정확한 원상복구 계획은 추후 제시토록 하겠음.

3.3 소음 · 진동

3.3.1 수중 소음 · 진동

○ 공사 · 운영시 소음 · 진동이 상괭이 서식처에 미치는 영향을 평가하고, 이에 따른 저감 대책을 마련하여야 함. - 특히 상괭이 출현 빈도는 3~6월에 높고, 산란기는 4~5월이므로 상괭이의 춘계 조사를 추가
○ 공사시 파일 항타 작업과 운영시 터빈 가동에 해산어류 및 수산생물에 대한 영향 가능성을 정밀하게 진단하여야 함. - 사업대상 해역에 서식하는 해양생물의 가청 주파수와 민감 주파수를 조사하고, 공사 시 발생하는 소음 · 진동을 저감할 수 있는 다양한 공법에 대한 평가 실시 - 회유성 어류 및 주변 수산자원에 대한 정확한 현황조사에 근거하여, 회유 및 산란 시기를 고려하여 공사시기를 조정하는 방안을 수립하여 제시
○ 공사 시 수중소음 환경목표기준은 항타공사 등의 순간적인 충격소음 특성을 고려하여 해양생물의 청력도에 대한 PTS(Permanent Threshold Shift)뿐만 아니라 TTS(Temporary Threshold Shift)에 의한 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 196dBpeak를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함 ※ Mathias, H. A., et al., A framework for regulating underwater noise during pile driving, 2017 참조 - 운영 시 수중소음 환경목표기준(dBrms)은 해상풍력발전기 가동에 따른 연속소음의 특성과 해양생물의 청력도 등을 고려하여 해양생물에 대한 직접적 영향뿐만 아니라 행동적 변화를 일으킬 수 있는 간접적 영향을 포함한 보수적인 관점의 기준인 120dBrms를 적용하여 영향범위 설정 및 모니터링 계획에 반영하여야 함.

(1) 사업시행으로 인한 영향예측 · 평가

(가) 예측항목

1) 공사시

○ 해상부 자켓파일 항타 시 수중소음

2) 운영시

○ 해상풍력발전기 가동 시 수중소음

(나) 예측범위

○ 해상부 수중소음의 경우 고정 대상시설이 아닌 이동성 어류 등 수중생물에 해당되어 영향권 분석을 시행하였음.

1) 운영시

○ 해상풍력단지 조성지역 일대(사업지구 최외곽 경계로부터 30㎞ 내외)

(다) 예측방법

1) 공사시

① 해상부 파일 항타 시 수중소음

○ 해상풍력발전단지 건설에 따른 영향은 해저지형변화, 철새와 어류 등의 이동 장애, 공기 및 수중소음, 진동, 해저전선에서 발생하는 자기장 등 다양한 형태로 발생함.

○ 이 중 해양포유류에게 직·간접적으로 영향을 끼치는 가장 중요한 부분은 소음으로 공사 중 발생하는 소음과 운영 중 발생하는 소음으로 구분함.

○ 소리를 개체간 소통, 이동 방향 인식, 먹이 탐색 등에 활용하는 고래류는 특성상 수중에서 발생하는 소음에 의해 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있음(Madsen et al., 2006; Tyack, 1998; Wartzok and Ketten 1999).

○ 수중소음으로 인한 해양포유류의 피해가 크기 때문에 해상풍력발전과 관련된 선진국에서는 풍력발전사업 추진 시 수중소음의 파악 및 수중소음으로 인한 영향을 최소화 하기 위한 기준을 마련하여 적용하고 있음(손 등, 2015).

- 브라질, 남아프리카 공화국 등은 지질탐사에 따른 수중소음 규제, 아일랜드는 해양포유류만을 대상으로 하는 수중소음 규제 지침 마련, 미국은 해양포유류법에 고래류의 보호를 위한 수중소음 기준을 마련하여 적용함.

○ 한편 덴마크, 영국, 미국 등 일찍이 대규모 해상풍력발전을 추진해온 국가들은 공사 전 장기간의 해양포유류 모니터링을 의무화 하고 있으며, 공사 중, 공사 후 해상풍력 운영시 해양포유류에 대한 피해 저감방안 마련을 의무화하고 있음.

2) 운영시

① 해상풍력발전기 가동 시 수중소음

○ 각종 해외문헌자료 중 해상풍력발전기 터빈가동 시 실측된 수중소음 결과를 제시하여 환경목표기준과 비교하였음.

(라) 예측결과

1) 공사시

① 해상부 파일 항타 시 수중소음

○ “조력 및 해상풍력사업 환경평가방안에 관한 연구 : II. 해상풍력발전사업, 2012, 한국환경정책·평가연구원”, “해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책·평가연구원”에 따르면 해상풍력 구조물 설치시 하부지지대를 해상에 고정시키기 위한 항타작업은 항타기와 해저지면의 충돌에 따른 에너지의 급격한 방출에 의하여 충격소음이 발생하게 되는데, 이는 수중으로 직접 전파되기도 하고 지반의 진동을 야기하여 수중생물에 영향을 미칠 수 있는 것으로 조사됨.

<표 3.3.1 - 1> 다양한 해상풍력발전 건설시 방출된 소음레벨의 분포(예시)

측정지역	Utgrunded Sweden	North Hoyle, GB	North Hoyle, GB	SKY2000, D reserch pile
기초구조	모노파일	모노파일	모노파일	모노파일
항타방식	충격항타	충격항타	충격항타	충격항타
터빈수	7	30	30	-
터빈용량(MW)	1.5	2	2	-
해저지형	사질	자갈모래	사질	사질
측정연도	2000	2003	2003	2002
수심(m)	5~6	7~11	0.4~7.5	-
측정거리(m)	30	250~6,000	250~8,000	20
항타기간	1.5시간	5개월	-	-
항타수	1,320	-	-	-
최고주파수(Hz)	100~2,000	40~1,000	-	30~300
최고소음(dB)	205	198	-	204
1m내 최고소음(dB)	227	260	297	228

자료) Keller et al. 2006

㉮ 수중소음 발생 원인 및 평가

㉯ 수중소음에 대한 생물 영향

○ 인위적으로 발생하는 수중소음은 해양포유류나 어류 등의 수서생물의 청각이나 조직에 피해를 주며(Hastings, M. C. et al 2005), 인위적인 수중소음 중 선박소음, 해저 탐사용 air gun, 음향탐지 장비, 수중 폭파음, 항타음, 모터 회전음 등이 있고 이들이 어류의 청각이나 어체의 손상에 미치는 영향에 관한 연구가 다양하게 진행 중임.

○ 국내에서도 공사 시 수중소음 등에 대한 양어장, 어장에 어업피해에 관련된 연구가 진행되고 있으며, 수중소음 준위가 어류의 최소 가청치 보다 큰 경우 소음을 인지하여 행동 반응을 일으키는 것으로 알려져 있고(Nedwell, J. R., et al.), 주파수에 따른 어류의 청감은 어류의 종에 따라 다르며 이에 대한 연구도 진행되고 있음.

○ 연속음과 달리 충격파는 어류의 청감보다는 부레 파열과 같은 물리적 효과를 일으키며 미국의 국립 해양수산국(National Marine Fisheries Service: NMFS)은 충격파인 경우 유효치 음원준위가 190dB/uPa 이상에서 물개류의 일시적인 청각 손상을 입고, 고래는 180dB/upa 이상인 경우 일시적인 청각 손상을 입는다고 제시하였음.

○ 어류의 다양성, 충격 발생 음의 다양성과 충격음 발생기작 및 전파환경 등과 같은 다양한 요소에 의해 충격음에 대한 피해 영향평가는 복합적으로 수행되어야 하지만 현실적인 데이터의 제한과 발생 충격소음에 대한 정확한 평가가 불투명하여, 정확한 예측이 불가한 어려운 주제임(Bae. et al 2009).

○ 본 연구에서는 이러한 다양한 요인 중 항타시 발생 충격파에 대한 기존 연구 성과를 바탕으로 실험을 수행하고, 충격음이 주변 전파환경에 의해 확산되는 양상을 평가하는데 목적이 있음.

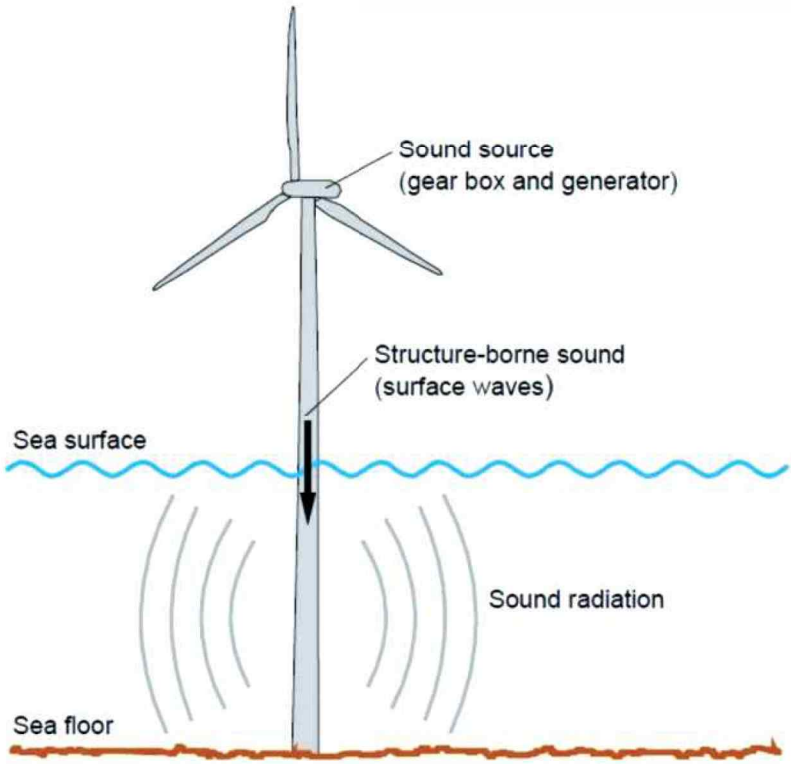
㉡ 해상풍력 발전기 수중소음 발생원인 및 특징

○ 해상풍력 발전기를 건설하기 위한 단계에서 다양한 소음 원인이 발생하고 있으며 그 중 항타 작업으로 인한 충격소음에 의한 해양생물의 영향이 중요하게 다루어지고 있음.

○ 항타기와 해저 지면의 충돌 등에 의한 음압의 급격 발생으로 충격소음이 발

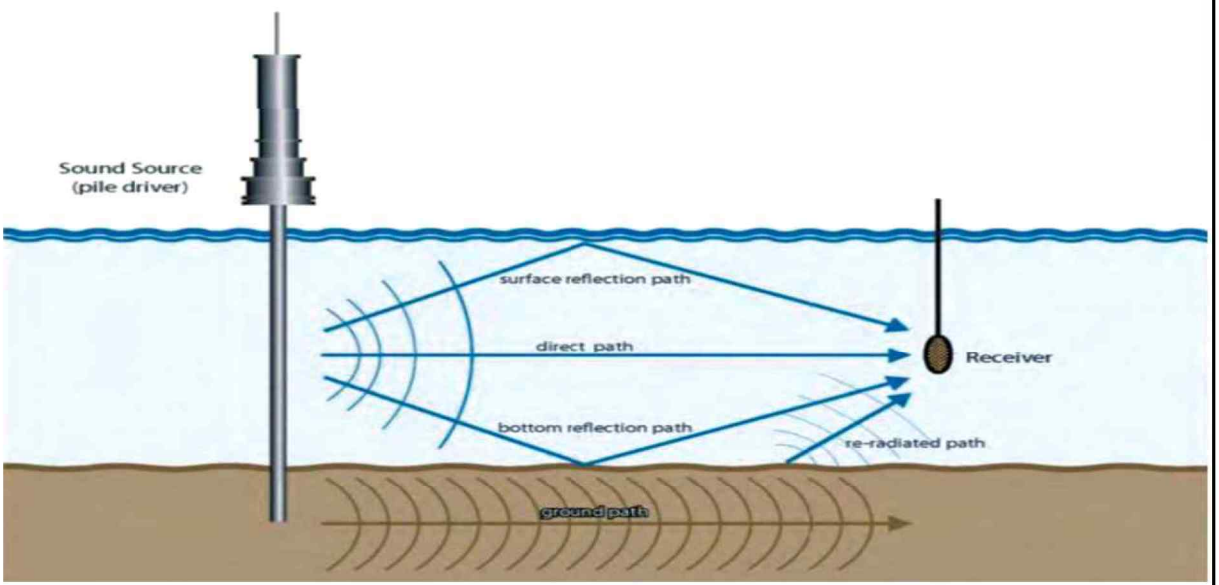
생하며, 이러한 충격에너지는 수중으로 직접 전파되기도 하고 지반의 진동을 일으켜 그에 따른 소음을 발생시키게 됨.

- 해상의 표면이나 해저의 지면에 의한 반사 소음과 직접 소음과의 간섭 효과로 인해 복잡한 소음전파양상을 보여주고 있음(California Department of Transportation et al. 2009).
- 항타에 의한 소음 발생은 해저의 지면 성분, 수심, 항타방법, 항타장비종류, 소음저감장치 등에 따라 다양한 분포를 나타내며, 항타소음은 낮은 주파수 영역에서 발생하며 30~2,000 Hz의 범위에서 최대소음을 발생시키는 것이 일반적인 것으로 알려져 있음.
- 해상풍력발전기 운영 시 로터 블레이드 회전, 기어박스 등의 원인으로 인해 타워 부분의 진동을 발생시키고 이러한 진동이 수중으로 전달되어 수중소음을 일으키며, 해상풍력발전기 운영 시 방사되는 수중소음은 낮은 주파수 영역에서 나타남.
- 이러한 주파수 영역보다 더 낮거나 약 1kHz 이상의 주파수에서도 수중소음이 방출되고, 일반적으로 주위의 배경소음보다 낮은 값을 보여주는 것으로 알려져 있어, 20Hz에서 1kHz 사이의 주파수 영역이 해상풍력발전기로부터 방사되는 소음평가의 중요한 영역이 될 수 있음.
- 해상풍력발전기에서 방사되는 수중소음의 스펙트럼을 보여주는 사례는 아래 그림과 같음.



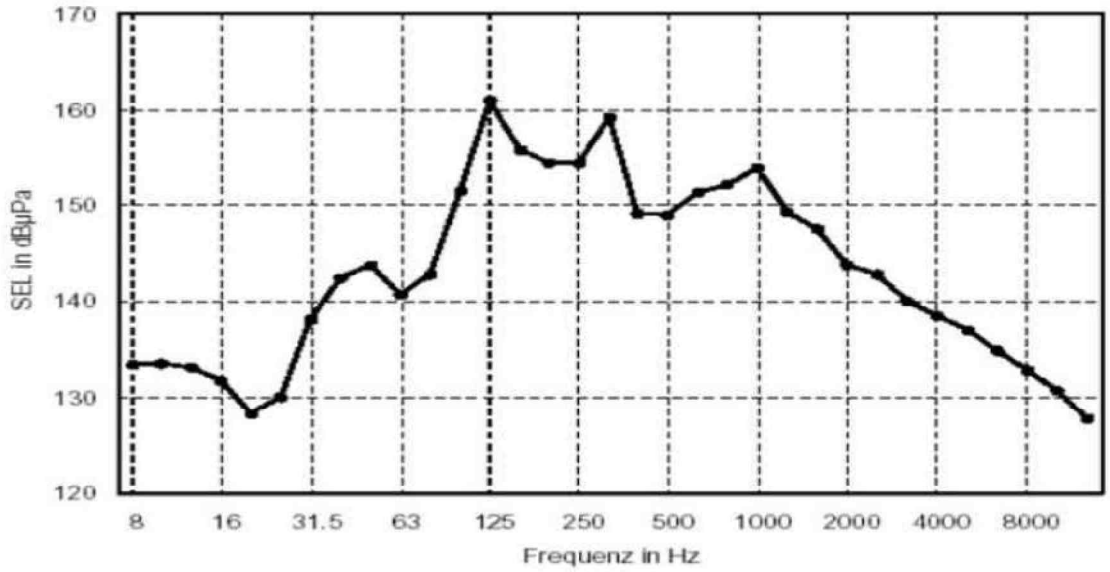
자료) 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책・평가연구원

<그림 3.3.1 - 1> 해상풍력발전기 운영에 따른 수중소음의 전파(예시)



자료) 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책・평가연구원

<그림 3.3.1 - 2> 수중에서의 항타공정에 따른 소음전파 모식도(예시)



자료) 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책·평가연구원

<그림 3.3.1 - 3> 해상풍력발전시설 건설시 항타소음의 주파수 분포

㈏ 환경목표기준의 설정

㉠ 국내 피해 인정 기준

○ 국내에서는 해양생물에 미치는 수중소음에 대한 피해인정기준은 없으며, 중앙환경분쟁조정위원회에서 제시하는 육상양식장에 대한 수중소음 기준이 있는 것으로 조사됨.

- 국내 수중소음에 대한 분쟁의 주된 대상은 육상 양식어종으로 환경분쟁조정위원회에서 작성한 “소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구 최종보고서, 2009.10, 전남대학교 수산과학연구소(황두진 외)”에서는 ‘뱀장어, 메기, 미꾸라지, 가물치, 붕어, 송어, 잉어 등 양식어종에 대하여 수중소음에 의한 어종별 피해현황(폐사, 성장지연, 산란율저하, 부화율저하)에 따른 피해발생 예측율, 평상 시와 소음레벨차에 의한 어종별 피해발생 예측율’을 제시하고 있음.

<표 3.3.1 - 2> 중앙환경분쟁조정위원회의 수중소음피해 인정 기준

양식어류 피해현황	평가방법	피해 인정 기준
폐사, 성장지연, 산란율저하, 부화율저하	LAmax	· 수중소음 : 140dB/μPa · 배경소음과의 차 : 20dB/μPa

자료) 소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구 최종보고서, 2009.10, 전남대학교 수산과학연구소(황두진 외)

○ 이에 대한 평가방법은 LAmax에 의한 방법을 제시하고 있으나, “수중 소음 관리 기준 설정을 위한 소고, 2010, 임대규외 2인, 대한화약발파공학회지”에 따르며, ‘수중 소음에 폭로되는 주 대상물은 인간이 아닌 수중 생명체이므로 청감보정을 거치 A특성을 적용한 LAmax로 평가하는 것은 부적절한 것으로 판단’ 하고 있는 것으로 조사됨.

- 외국에서는 Peak (Peak level, LPeak)치로 평가하는 것을 주로 제안하고 있고, 경우에 따라 RMS를 적용하는 것으로 조사됨.
- RMS와 Peak의 관계는 이론적인 sin, cos 파형에서는 peak치를 1.414로 곱하면 되지만 충격 파형인 경우에는 실제 그보다 더 큰 격차를 보이는 것으로 알려져 있음.

○ 결론적으로 국내 피해인정기준 140dB/μPa에 1.414를 곱하면 197dBpeak값이 되나, 상기에서 언급한 바와 같이 중앙환경분쟁조정위원회의 피해인정기준은 대부분 양식어종을 대상으로 평가하는 것으로, 본 해상풍력 사업으로 인한 해양의 어류에 미치는 영향을 평가하는 것은 바람직하지 않을 것으로 사료됨.

- “충격 소음으로 인한 양식어류 피해기준 제안, 2015, 한국암반공학회(학술지 : 터널과 지하공간), 최태홍회 3인)”, “어류에 미치는 인위적인 수중소음 영향과 피해기준에 대한 고찰, 2017, 한국수산해양기술학회(박지현, 윤종락)” 에 따르면, 국내 피해 인정기준으로 제시하고 있는 140dB/μPa은 일본의 자료(畠山良己, 1996, 日本海洋音響學會誌) 중 ‘어류의 행동에 영향을 주는 위혁(威嚇) 레벨 140~160dB/μPa, 내장이나 부레의 파열 등이 일어나는 손상레벨은 220dB/μPa’을 인용한 것으로 판단한다고 제시하고 있음.

■ 국내 문헌자료(1)

○ “해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책·평가연구원(KEI)”에 제시된 내용에 따르면 미국수산청의 해양포유동물보호법에서 수중소음이 해양포유동물에 미치는 영향정도에 따라 Level A harassment, Level B harassment로 구분하고 있음.

- 적용단위 : dBrms = dB/μPa

<표 3.3.1 - 3> 국외 해양포유류에 대한 피해인정기준

수중 소음 한계 값	
Level A harassment [1)]	고래의 경우 180dB/μPa, 물개의 경우 190dB/μPa 정도 고려
	해양생물의 종류별 청력특성과 관계없이 인위적인 수중소음의 발생으로부터 모든 해양생물을 보호할 수 있는 한계값으로 180dB/μPa을 제한하고 있음
Level B harassment [2)]	충격소음의 경우 160dB/μPa, 연속소음의 경우 120dB/μPa 정도 고려

주) 1. Level A harassment : 해양포유동물이나 그 서식지에 피해를 줄 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위를 의미함.
2. Level B harassment : 해양포유동물에 대한 직접적인 피해가 아니라 이동, 호흡, 양육, 번식, 먹이, 차폐 등을 포함한 행동적 변화를 일으킬 수 있는 충격, 고통, 성가심 등의 행위를 의미함.

자료) 해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책·평가연구원(KEI)

■ 국내 문헌자료(2)

○ “ 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리제도 도입방안, 2015, 국립수산과학원”에 제시된 내용에 따르면 미국의 해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 해양포유류 보호를 위한 수중소음 기준을 제시함.

○ 해양포유동물의 청력도 특징에 따른 PTS(Permanent threshold shift (영구적 청각손상)) 기준을 제시하기 위해 해양포유동물을 5개 그룹으로 구분하였고 특히 고래류는 사용 주파수 범위에 따라 저주파에서 고주파까지 다시 3개 그룹으로 나누었으며, 이러한 분류군 별로 청각장애를 일으키는 수준의 소음에 대한 기준을 다음과 같이 제시하였음.

- 적용단위 : dB peak, dBSEL

<표 3.3.1 - 4> 해양포유류 보호를 위한 수중소음 기준(미국 해양대기청)

Hearing group	PTS 개시 소음 (수신음 기준)	
	충격소음 (Impulsive)	저속소음 (Non-impulsive)
저주파 사용 고래류	230 dB peak & 192 dB SEL	230 dB peak & 207 dB SEL
중간주파수 사용 고래류	230 dB peak & 187 dB SEL	230 dB peak & 199 dB SEL
고주파 사용 고래류	202 dB peak & 154 dB SEL	202 dB peak & 171 dB SEL
물범류	230 dB peak & 186 dB SEL	230 dB peak & 201 dB SEL
바다사자류	230 dB peak & 203 dB SEL	230 dB peak & 218 dB SEL
※ 순간 최대치(dB peak)와 노출시간에 따른 값(dB SEL)의 두가지를 제시하고 두가지 중 하나라도 초과하면 기준을 초과한 것으로 간주함.		

자료) 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리제도 도입방안, 2015, 국립수산과학원

■ 국내 문헌자료(3)

○ “ 어류에 미치는 인위적인 수중소음 영향과 피해기준에 대한 고찰, 2017, 부경대학교(박치현, 윤종락)”에 제시된 내용에 따르면 미국표준협회(ANSI : American National Standards Institute)는 수중소음 피해기준의 필요성을 인식하여 파일 항타음의 피해기준 가이드라인(ASA S3/SC1.4 TR-2014, 2014)을 제시하였으며, 이는 부레 등의 구조가 서로 다른 연어, 역돔, 배스, 철갑상어 연구결과를 기준으로 제시한 치사, 손상 및 TTS 가이드라인으로 아래와 같음.

- 적용단위 : dB peak(=SPL peak), dBSEL

<표 3.3.1 - 5> 파일 항타음의 피해기준 가이드라인(미국표준협회)

Fish species (어종)	Mortality and potential mortal injury (치사율)	Recoverable injury (손상률)	TTS (일시적 청각역치 변화)	Masking (마스킹)	Behavior (행동변화)
(1) no swim bladder(particle motion detection)	SEL cum > 219dB 또는 SPL peak > 213dB	SEL cum > 216dB 또는 SPL peak > 213dB	SEL cum > 186dB	(N) Modeate (I) Low (F) Low	(N) High (I) Modeate (F) Low
(2) swim bladder is not involved in hearing (particle motion detection)	SEL cum > 210dB 또는 SPL peak > 207dB	SEL cum > 203dB 또는 SPL peak > 207dB	SEL cum > 186dB	(N) Modeate (I) Low (F) Low	(N) High (I) Modeate (F) Low
(3) swim bladder involved in hearing (primarily pressure detection)	SEL cum > 207dB 또는 SPL peak > 207dB	SEL cum > 203dB 또는 SPL peak > 207dB	SEL cum > 186dB	(N) High (I) High (F) Modeate	(N) High (I) High (F) Modeate
(4) Eggs and larvae	SEL cum > 210dB 또는 SPL peak > 207dB	(N) Modeate (I) Low (F) Low	(N) Modeate (I) Low (F) Low	(N) Modeate (I) Low (F) Low	(N) Modeate (I) Low (F) Low

비고) 1. 어종은 “(1)부레가 없은 어종으로 입자운동만 감지하는 어종(상어, 넙치, 대서양 고등어 등)”, “ (2) 귀와 멀리 떨어진 위치에 부레 혹은 기낭이 있고 입자운동을 감지하는 이종(연어 등)”, “ (3) 귀와 가까이 부레가 있어 청각능력이 우수한 어종(금붕어, 청어, 메기, 대구 등)”, “ (4) 자치어”로 구분
2. 근거리 (N : near, 음원으로부터 수십미터), 중거리 (I : intermediate, 음원으로부터 수백미터), 원거리 (F : far, 음원으로부터 수천 미터)

지료) 어류에 미치는 인위적인 수중소음 영향과 피해기준에 대한 고찰, 2017, 부경대학교(박치현, 윤종락)

㉡ 국외 피해 인정 기준

■ 해외문헌자료(1)

○ “FHWG(Fisheries Hydroacoustic Working Group) Agreement in Principle Technical/Policy Meeting Vancouver, WA(Payne et al. 2008)”에 따르면, 미국의 FHWA(Federal Highway Administration)외 ‘NOAA’s Fisheries Northwest and Southwest Regions’, ‘U.S fish and Wildligfe Service Regions 1 & 8’, ‘California/Washington/Oregon Departments of Transportation’, ‘California Department of Fish and Game’ 등 총 7개 기관은 2008년 6월 벤쿠버 및 워싱턴에서 파일 항타작업으로 인한 어류의 피해에 대한 관리기준을 설정하고 이에 대해 합의하였으며 제시한 기준은 아래와 같음.

- 적용단위 : dB peak, dBSEL

<표 3.3.1 - 6> 국외 해양포유류와 어류에 대한 피해인정기준

Interim Criteria for Injury	Agreement in Principle
Peak	· 206 dB (for all size of fish)
Cumulative SEL	· 187 dB - for fish size of two grams or greater(어류 2g이상) · 183 dB - for fish size of less than two grams (어류 2g미만)

자료) FHWG(Fisheries Hydroacoustic Working Group) Agreement in Principle Technical/Policy Meeting Vancouver, WA(Payne et al. 2008), 미국

■ 2 해외문헌자료(2)

○ "Underwater Pilling Noise Guidelines, 2012, Government of South Australia"에 제시된 내용에 따르면 South Australia(오스트레일리아 중남부 주)의 항타 시 수중소음 가이드라인은 아래와 같음.

- 적용단위 : dB peak(=dB re 1μPa), dBrms

<표 3.3.1 - 7> 국외 해양포유류에 대한 피해인정기준

Functional Hearing group	Impact	Physiological noise exposure criteria (생리적 소음노출 기준)	
		Impact Pilling	Vibro-driving
Low-frequency cetaceans (고래류)	TTS	Peak 224 dB re 1 μPa	SPL 180 dB re 1 μPa
	PTS	Peak 230 dB re 1 μPa	Peak 230 dB re 1 μPa
Mid-frequency cetaceans (고래류)	TTS	Peak 224 dB re 1 μPa	SPL 180 dB re 1 μPa
	PTS	Peak 230 dB re 1 μPa	Peak 230 dB re 1 μPa
High-frequency cetaceans (고래류)	TTS	Peak 224 dB re 1 μPa	SPL 180 dB re 1 μPa
	PTS	Peak 230 dB re 1 μPa	Peak 230 dB re 1 μPa
Pinnipeds (고래류)	TTS	Peak 212 dB re 1 μPa	SPL 190 dB re 1 μPa
	PTS	Peak 218 dB re 1 μPa	Peak 218 dB re 1 μPa

비고) TTS = Temporary threshold shift(일시적 청력손실), PTS = Permanent threshold shift(영구적 청력손실)

자료) Underwater Pilling Noise Guidelines, 2012, Government of South Australia

㉢ 금회 본 사업 시 적용기준

○ 국내에서는 해양생물에 대한 피해인정기준이 제시되지 않으므로 상기 검토된 해외 문헌자료를 참고하였으며, "8.1.2 해양동·식물상, 8.1.3 해양포유류" 조사결과에 따라 사업지구 주변에 분포하는 해산어류, 해양포유류(고래류)를 대상으로 하였음.

○ 금회 소음 예측 시 해양생물에 대한 피해인정기준은 국외자료를 토대로 고래류 202dB peak, 어류 206dB peak를 피해인정기준으로 설정하여 해양생물에 미치는 영향범위를 검토하였음.

<표 3.3.1 - 8> 수중소음 환경목표기준 선정(공사시)

구분	환경목표기준
고 래 류	202 dB peak
어 류	206 dB peak

㉰ 수중소음에 따른 해양포유류의 영향

○ 수중소음에 대해 해양포유류는 영구적, 비영구적 청력장애, 생리장애 및 행동적 반응 등 외부소음에 따라 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있음.

○ 미국 NOAA는 수중소음이 고래류를 포함한 해양포유류에 미치는 영향을 행동, 음차폐, 생리장애, 청각기관손상, 생태적영향, 개체군 감소 및 누적효과 등으로 상세히 구분함(Marine Mammal Commission 2007).

○ 미국 AMEC 역시 소음에 의한 해양포유류의 영향을 행동, 차폐, 일시적·영구적 청력장애 및 비청각적 생리장애로 구분하여 관리함(AMEC, 2012).

<표 3.3.1 - 9> 수중소음에 대한 해양포유류의 영향

구분	반응내용
행동적 반응	▪ 먹이, 이동, 호흡패턴 등의 방해, 소리의 중단, 서식지로부터의 이동 등을 포함한 행동적 이상반응
차폐 효과	▪ 배경소음의 증가로 해양생물 상호 간 통신능력 감소
일시적 청력장애	▪ 외부소음에 의한 청감능력의 일시감소
영구적 청력장애	▪ 외부소음의 지속적인 노출에 다른 첨감기관의 손상으로 인한 청감능력의 감소
비청각적 생리장애	▪ 외부소음 노출에 의한 행동상 변화 등과 가은 비청각 생기기관에 대한 영향

주) AMEC Environment and Infrastructure, Inc. 2012

③ 수중소음 실험

㉮ 수중소음 실험개요

○ 대상해역의 사업시행에 따른 수중소음의 영향 범위를 산정하고 공간적인 소음 확산 결과를 제시하는 데 목적이 있음.

○ 수중소음의 단순 감쇠식으로 계산하는 기존의 방법에 비해 2차원 단면(x, z) 방향의 소음확산 실험을 사용하면 해양환경 및 지형이 반영된 소음확산 영향을 해저지형의 형상 및 재질을 반영하여 공간적으로 모의할 수 있음.

○ 본 연구에서는 해상풍력단지 건설에 따른 공사 중 항타 시와 해상풍력 운용 중 수중소음 영향검토를 위하여, DHI사의 MIKE-UAS를 사용하여 수중소음 발생 구역으로부터 360도 반경으로 수중소음 실험을 수행하였음.

○ 실험에 사용되는 수중소음 모델인 MIKE-UAS(DHI) 모형은 풍력단지 및 해양 개발에 따른 영향검토에 전 세계적으로 검증된 Dansk Hydraulisk Institut (Danish Hydraulic Institute)에서 개발된 MIKE 모듈 중 수음 소음 모듈이며, 수중소음 실험의 개요는 다음의 표와 같음.

<표 3.3.1 - 10> 모형의 개요

항목	내용	
실험목적	• 사업시행에 따른 수중소음 영향검토	
적용모형	• MIKE-UAS(DHI)	
모형범위	• 수중소음 발생 구역으로부터 360도 반경 • 항타 지점으로부터 16방위에 대해 15km 영역	
격자간격	• x방향 : 100 m, z방향 : 1 m	
수심자료	• 국립해양조사원 최신 수치해도	
해양자료	• 안마도 해상풍력단지 수온, 염분 관측자료의 평균 • 해상풍력단지 지층탐사 자료	
실험조건	• 자켓 구조물 파일 항타시 발생하는 소음에 대한 영향검토	
실험안	하계	추계
	case1 : 고래 출몰 관측지점 인근에서의 자켓구조물 항타 시(직경 4.0m 파일) case2 : 인근 해역 어장 인근에서의 자켓구조물 항타 시(직경 4.0m 파일) case3 : 변전소 자켓 구조물 항타 시(직경 3.5m 파일)	

㈏ 수중 충격음의 평가량

○ 수중 충격음의 특성은 연속음과 달리 지속시간이 짧고, 광대역 특성을 가지며 아주 큰 최대치 음압을 갖는 음으로 정의할 수 있으며 폭발이나 물체의 충격에 의해 발생함.

○ 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 있음.

$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T P^2 dt} \ \text{(Pa)} \qquad \int_0^T p(t)^2 dt = 0.9\int_0^\infty p(t)^2 dt$$

○ 충격음의 에너지 밀도 E, 에너지 밀도 준위 EL, 노출소음도 SEL은 아래의 식과 같이 정의할 수 있음(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, $P_{ref}^2 = (1\mu Pa)^2$, $T_{ref} = 1s$임.

○ E와 EL은 충격파의 총에너지를 평가하는데 적용되며, SEL은 1초간의 준위로 정규화되어 있으므로 충격음의 시정수, 최대음압 및 파형이 서로 다른 다양한 충격음의 영향도를 평가하는 데 사용됨.

○ 항타음과 같이 여러개의 과도음이 연속적으로 발생하는 경우는 누적노출소음도(SEL cumulative)로 평가됨.

○ 각각의 과도음의 SEL이 동일한 경우 누적 노출 소음도 SEL_{cum}은 아래의 식과 같이 정의할 수 있음(Park., et al 2017). $SEL_{cum} = SEL + 10\log_{10}(N)$

㉰ 수중소음 모형 설명

㉠ 수중소음 모형 개요

○ MIKE UAS 덴마크의 DHI 사에서 개발된 2D 범위에 대한 음향 모델이며, 음향 발생원(source)에서 부터 전방위로 음향이 퍼져 나가기 시작할 때와 표준 조건 시 연직 단면(r-z 평면)에서 발생하는 음향의 전파-손실 (transfer loss)을 모의하는 2차원 수중음향 모델임.

○ UAS를 이용하여 광대역을 포함한 소음 발생에 대한 효과를 모의할 수 있다. 소음원으로부터 일정한 거리에서, 복합 압력 p는 수직 2차원 영역에서 다음과 같은 원거리 방정식을 만족함(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+iηβ)ω/c 는 파수, i 는 허수 단위, ω는 원 진동수, c 는 음속, β 음파감쇠 (dB/파장) 그리고 η는 40πlog10e 이고, 나음을 인수 분해하면,

$$\left(\frac{\partial}{\partial r}+ik_0(1+X)^{1/2}\right)\left(\frac{\partial}{\partial r}-ik_0(1+X)^{1/2}\right)p=0$$

$$X=k_0^{-2}\left(\rho\frac{\partial}{\partial z}\frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial z}+k^2-k_0^2\right)$$

○ 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 있음.

$$\frac{\partial p}{\partial r}=ik_0(1+X)^{1/2}p$$

○ 위 식의 이전 해(solution) p 는 $p(r+\Delta r,z)=\exp(ik_0\Delta r(1+X)^{1/2})p(r,z)$

○ 이때 Δr 은 계산 간격 범위(range step)를 뜻 함. 따라서 n 항 유리함수 (rational function)를 적용하여 지수함수 근사치를 추정하게 되면 위 식은 아래의 식과 같이 유도할 수 있음.

$$p(r+\Delta r,z)=\exp(ik_0\Delta r)\prod_{j=1}^{n}\frac{1+\alpha_{j,n}X}{1+\beta_{j,n}X}p(r,z)$$

○ 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 이산화함. 'UAS'는 범위와 수심의 이산화된 단계에서 음향을 계산하기 위해 전진 유한 차이 체계를 사용하여 포물선 근사(Parabolic Approximation)를 계산함.

○ 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 포함됨.

○ 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 같음.

$$p(r_0,z) = \exp(ik_0 r_0(1+X)^{1/2})(k_0^{1/2}(1+X)^{1/4})^{-1}\delta(z-z_0)$$

○ 해수 표면에서는 공기의 밀도가 물의 밀도보다 훨씬 작기 때문에 압력 방출 경계로 (Zero Pressure) 취급되며 경계조건은 수치해석 기법으로 구현됨. UAS는 범위(range)로 인하여 발생하는 수심 및 수계 내의 음속 변화를 모의하며 해저면의 구성을 일정한 밀도를 가진 여러 가지 퇴적층으로 취급함. UAS는 해저 내에서의 전파 또한 포함하여 모의를 압축파일 경우에만 하게 되며 전단파는 모의를 하지 않는데, 즉 해저 퇴적물의 경우 유체로 인식하여 모델링이 이루어지기 때문임.

○ 각 토양층에 대한 해저 지층음향의 분포는 압축 파속과 압축 감쇠를 포함하며, 저층에서 감쇠 상수를 모의하는것 이외에도, 해수 저층의 경계에서 뿐만 아니라 해저면 내에서의 밀도 변화를 표현하여 현실적인 전파 효과를 모의하는 것이 중요하다 할 수 있음.

○ 해저면과 가깝게 위치한 하단 경계조건은 개략적으로 파장의 두께만큼의 인공 흡수층을 포함함으로써 하단 경계층에서부터 에너지 반사 막는 것으로 수

치해석 영역의 끝을 표현하며, 감쇠의 경우 격자의 하단 몇 개의 파장에 걸쳐 선형적으로 증가하게 됨.

○ UAS는 Francois & Garison 1982의 경험적 모델을 사용하여 수계의 체적 감쇠를 모델에 적용하였음.

㉡ 수중의 감쇄 손실

○ Francois-Garrison이 제시한 모델에서의 흡수 계수는 붕산, 황산마그네슘 그리고 담수의 기여에 따라 세 가지 항으로 분해됨(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, αatt 는 dB/km 단위의 감쇄율, f 는 kHz 단위의 주파수를 뜻하며, 붕산의 기여도는 다음과 같이 정의할 수 있음.

$$A_1 = \frac{8.86}{c} 10^{(0.78pH-5)}$$

$$P_1 = 1$$

$$f_1 = 2.8\sqrt{\frac{S}{35}}\, 10^{\left(4-\frac{1245}{T+273}\right)}$$

$$c = 1412 + 3.21T + 1.19S + 0.0167z$$

○ 이때 pH는 pH 값을 뜻하며, z는 수심(m), S는 염분(psu) 그리고 T는 수온(℃)을 뜻함.

○ 황산 마그네슘의 기여도는 다음과 같음.

$$A_2 = 21.44 \frac{S}{c}(1 + 0.025T)$$

$$P_2 = 1 - 1.37 \times 10^{-4} z + 6.2 \times 10^{-9} z^2$$

$$f_2 = \frac{8.17 \times 10^{\left(8-\frac{1990}{T+273}\right)}}{1 + 0.0018(S-35)}$$

○ 담수의 기여도는 다음과 같음.

$$P_3 = 1 - 3.83 \times 10^{-5} z + 4.9 \times 10^{-10} z^2$$

For T≤20℃ : $A_3 = 4.937 \times 10^{-4} - 2.59 \times 10^{-5} T + 9.11 \times 10^{-7} T^2 - 1.5 \times 10^{-8} T^3$

For T>20℃ : $A_3 = 3.964 \times 10^{-4} - 1.146 \times 10^{-5} T + 1.45 \times 10^{-7} T^2 - 6.5 \times 10^{-8} T^3$

○ 물의 감쇄 손실은 Collins (1999a)에서 제시한 내용에서는 적용이 되지 않았고, 파수는 다음과 같이 정의할 수 있음.

$$k = \omega / c$$

○ 하지만 UAS 에서는 물의 감쇄 손실을 파수식에 다음과 같이 고려할 수 있음.

$$k = (1 + i\eta\beta)\omega / c$$

○ 이때 i는 허수 단위, η는 (40πlog10e)-1, β=αab·λ (αab 는 dB/m 단위의 흡수계수, λ=c/f m단위의 파장이다).

○ A의 자세한 정의는 수식8을 참조해야 하며 이때 ω는 원 진동수, c는 음속을 뜻함.

㉢ 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 있음. 따라서 계산식에는 주파수 항에 대한 민감도를 고려하여 정확한 수치해석을 모의해야 함.

○ 수심 분해능/해상도(Depth Resolution)은 다음의 식과 같음.

$$dz = \gamma\lambda$$

○ 그리고 방사 분해능/해상도 (Radial Resolution)는 다음과 같이 정의할 수 있음.

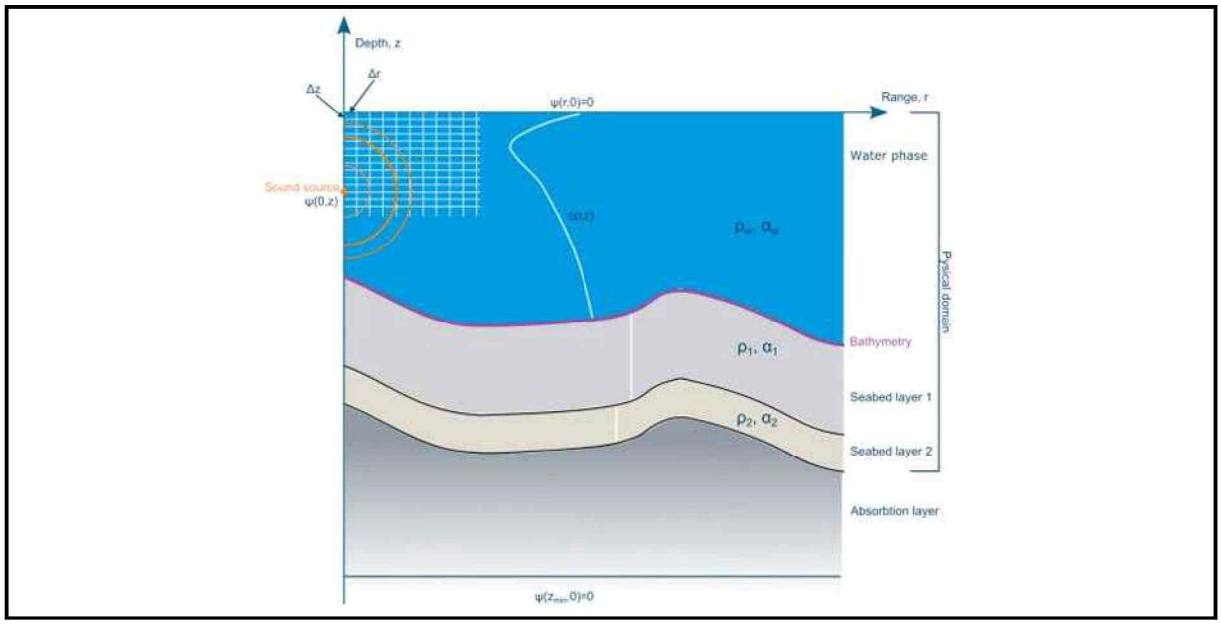
$$dr = \varphi dz$$

○ 위 식에서 γ는 연직 방향으로 계산되는 음파의 조각 개수를 뜻함. 방사성 방향의 (Radial Direction) 공간적 기울기는 연직 방향보다 비교적 약하기 때문에 전파되는 음파의 분해능/해상도를 안정화하기 위해 φ가 사용되었음.

○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 요구됨.

○ Padé 근사치에서 계산항이 늘어난다는 것은 계산 시간이 늘어나는 것과 같으므로 UAS의 알고리즘은 정확한 수치해석을 판가름하는 수렴 테스트가 자동

으로 작동시키며, 이때 이루어지는 수렴 테스트는 격자해상도, Padé 급수 확장, 수 환경에 대한 영향에 관계되는 수심과 해저 지면과의 상호작용과 같은 다양한 연구성과를 바탕으로 구성할 수 있음.



<그림 3.3.1 - 4> 수중소음 모형의 계산 모식도

㉣ 모델의 가정 (Model Assumptions)

○ UAS는 다음과 같은 간소화된 조건을 기반을 두고 있으며 수중음향전파 모델 적용 시 특별히 주의해야 할 사항들도 포함하고 있음.

○ 해수의 표면은 기상조건을 무시하며, 완벽히 수평적인 반사 경계이며 추가로 표면 중력파 외에도, 해양 상단에는 공기 기포가 주입되어 수계 표면 부분에서의 음속에 대한 큰 영향을 미칠 것이며 이런 접근 방식은 보수적인 소음 영향 범위를 보일 것이라고 판단됨.

○ 표면 근처의 기포 층은 산란으로 인해 상당한 소음 감쇠를 초래할 수 있으며, 산란으로 인한 전송 손실 외에도 공간적으로 변화하는 음속에 의한 굴절에 의해 소리가 더욱 감쇠될 수 있음. 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 있음.

- 해수 표면의 거칠기는 고주파 대에서는 매우 중요할 수 있으며(> 1kHz), 내부파의 소리 전파에 미치는 영향은 무시될 수 있으므로 성층화가 심한 지역에서는 모델 사용을 주의해야 함.
- UAS는 압축파만 모의할 수 있음. 모델 영역 해저에 구성이 전단탄성음향파(acoustic shear wave)를 전파할 수 있을 만큼 충분한 강성을 가진 압밀 퇴적물로 되어있다면 S파의 전파가 매우 중요하다 할 수 있음.
- 소리가 해저와 상호작용할 때, 해저의 구조가 중요하므로 해저 퇴적물은 UAS에서 유체로 모델링 되며, 이는 유체가 한 가지 유형의 음파(압축파)만 지원한다는 것을 의미함. 침전물의 강성(그에 준하는 전단 속도)이 보통 암석과 같은 고체의 강성보다 상당히 낮으므로 퇴적물을 유체로 판단하는 것은 합당한 근사치로 판단할 수 있음.
- 해저에 침전물이 없는 경우 매체는 탄성으로 계산되어야 하며, 이는 압축파와 전단파를 모두 모의 된다는 것을 의미함.
- 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 있음.
- 천해에서는 해수면과 해저면 바닥 두 경계 사이의 거리가 짧기 때문에 음파의 전파가 상호작용하기에 해저 경계 조건이 지배적인 역할을 할 수 있음. 소리가 짧은 거리의 해저면과 여러 번 상호작용할 때, 해저면의 구조는 수심측량만큼 중요할 수 있음. 그러므로 소리는 물뿐만 아니라 기저 퇴적물을 통해서도 상당히 확산될 수 있으며, 그 결과 에너지가 기저 퇴적물에 손실되어 준위가 감소될 수 있음.
- UAS의 코드는 해저 경사면에 반사된 음파의 수평 굴절 등으로 인해 생기는 3D 효과를 무시하는 2D 모델임.
- 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, 소음원의 주파수 그리고 수

심과 같은 요인이 중요하다 할 수 있음.

○ 해빈 경사, 대륙 경사면, 해저산맥 또는 섬 인근 해저면에 매몰이 발생할 경우, 경사면을 비스듬히 가로지르는 광선은 수평 굴절 현상을 겪게 됨.

○ 수중배경소음의 소음 차단/저감 효과는 UAS에서 모의되지 않기 때문에 대부분의 환경영향평가에서 문제가 되는 소음원 주파수 중 가장 영향력 있을 때의 배경소음 준위는 100 dB 이거나 그보다 낮게 나타나므로, 계산된 결과에 미치는 영향이 무시될 만큼 작다고 판단할 수 있음.

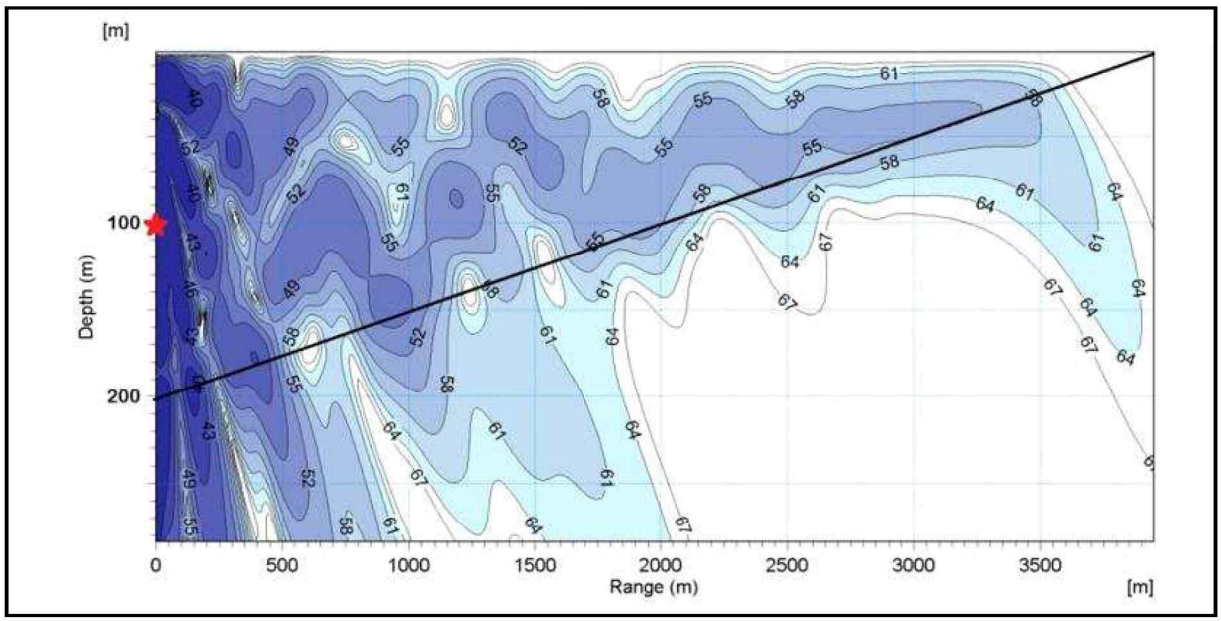
○ Near-field 효과는 무시할 수 있음(충격 범위(예:> 100m)에서 음파 강도 효과와 세역에서 지배적인 사선으로 방출된 음파가 어느 정도 희석되므로, Far-field에서의 음압 수준에 대한 near-field 효과는 실험에 따라 달라질 수 있음.

㉱ 모형설명

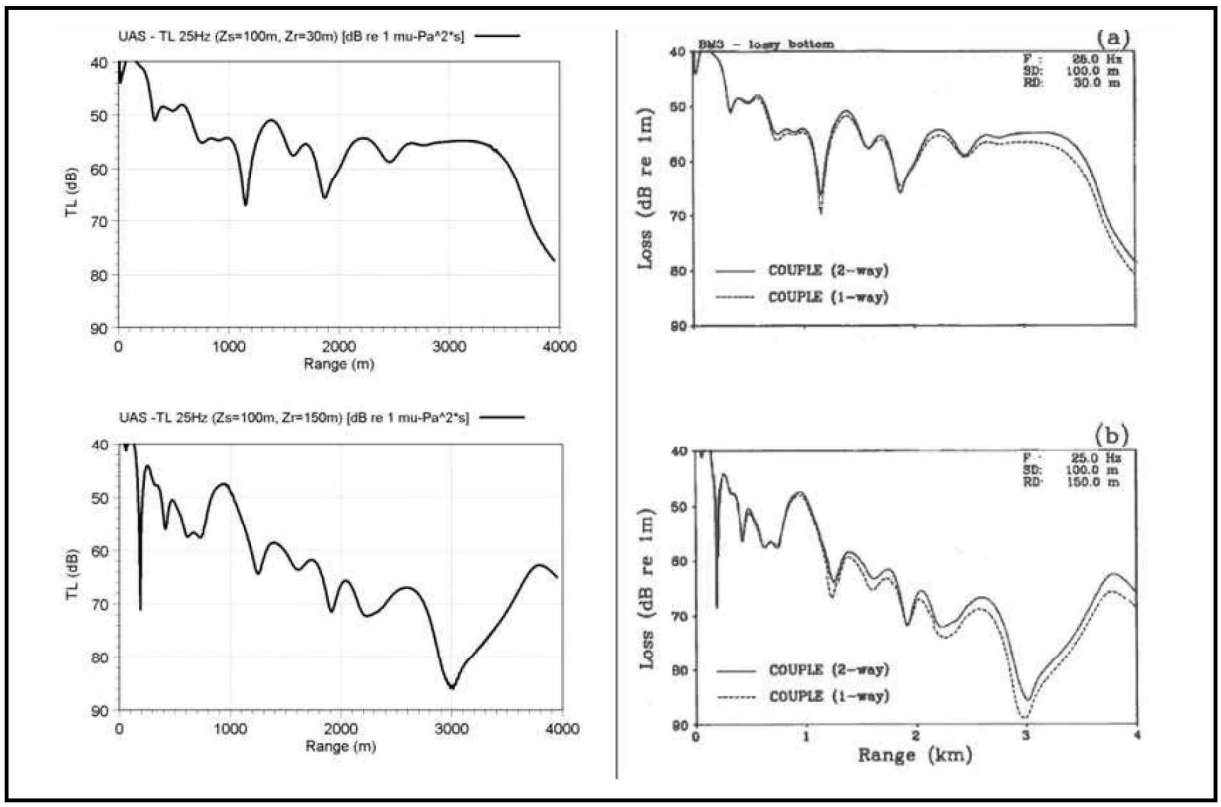
○ Applied Wedge(표준쐐기의 적용) 문제는 Jensen and Ferla (1990)의 연구에서 설명이 되는데, 이 문제는 완전 반사형(fully reflecting), 정온한 해수 표면, 일정한 수계(음속이 1,500m/s으로 일정하며 감쇄가 없는)와 손실 통과 해저면(penetrable, lossy bottom, 음속이 1,700 m/s이며, 밀도는 1,500㎏/㎥, 압축성 감쇄가 0.5dB/λ인 해저면)에서 쐐기형태로 오르막 사면을 따라 이루어지는 음향 전파를 다룰 수 있음. 소음원에서의 수심은 200m이며 4㎞ 사이에 선형적으로 0m까지 감소됨. 소음원에서의 주파수는 25Hz, 소음 발생 수심은 100m(중층)로 나타남. 이 실험에서의 적용된 설정은 Benchmark 3 라고 Jensen and Ferla (1990) 연구에서 불러지며 이는 모든 Benchmark 쐐기 문제들 중 가장 현실적인 것으로 묘사되고 있는 것으로 알려져 있음.

○ UAS 검증은 시뮬레이션간 발생할 수 있는 Spurius 경계 반사를 방지하기 위해, 해저층의 구성은 두께가 5,000m인 지층과 두께 20λ, 감쇄율 3dB/λ의 마지막 층으로 구성되어 있음. 이 실험에서 적용될 계수들의 값은 ɣ=0.02, ϕ=5, np=5, ns=1 그리고 rs=0 임. 출력해상도는 가로 6m 세로 1.2m로 나타남. 해수 표면에서 285m 아래까지 투과손실을 도식한 결과를 다음 그림에 제시하였으

며, 해저면으로의 전파가 근거리와 3.5㎞ 지점에서 특히 크다는 것을 확인할 수 있음. 다음 그림은 동일 실험의 수음점 30m와 150m에서의 투과손실의 결과로 양쪽 UAS를 통한 해석 결과와 Jensen and Ferla (1990)에서 실시한 해석 결과가 도식 되었으며, 두 결과가 잘 일치되었다고 판단됨.



<그림 3.3.1 - 5> UAS로 모의한 Wedge Problem 의 투과손실 결과, 해저면 경계는 검정 실선(자료: DHI-UAS in MIKE Scentific Documentation)



<그림 3.3.1 - 6> 수음점 30m,150m 에서의 투과손실 비교, 좌측은 UAS 모델의 결과 값이며 우측 실선은 Jensen and Ferla (1990)에서 도출된 결과

ⓗ 모형설정

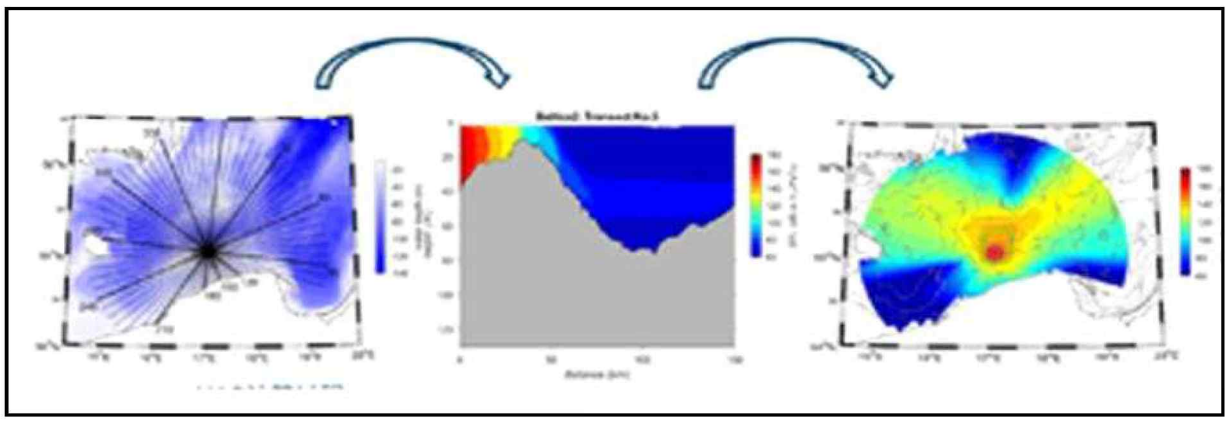
1 실험방법

○ 수중소음 실험은 항타 시 발생하는 수중소음 스펙트럼 수심, 수온, 염분, 음속 등을 충분히 고려할 수 있는 모형을 사용하여 실시하며, 결과를 병합하여 주파수별 소음 준위 스펙트럼 결과 도출이 가능함.

○ 다음 그림은 수중소음 실험방법에 대한 모식도이며, 수중소음 실험은 안마도 해상풍력 시공 위치를 중심으로 16방위 단면을 설정하였음.

○ 이때 해저면의 수심 자료는 국립해양조사원에서 제공하는 최신의 ㅋ수치 해도를 바탕으로 작성하였으며, 해저면의 층후는 대상해역에서 관측된 자료를 바탕으로 설정하였음.

○ 2차원 단면 실험수행 결과로 방향별 소음확산 실험을 수행한 후 평면적인 영향 범위를 제시하였음.



<그림 3.3.1 - 7> 수중소음 실험 방법

2 입력자료 생성

○ 대상해역과 인근 지역의 수치해도와 수심측량 자료를 사용하여, 모델 적용 지역에 대한 수심 평면장을 생성, 소음 근원지로부터 36방위의 수직적 수심 자료 생성하였음.

○ 수온, 염분 자료는 수치모형 실험결과 및 CTD 관측자료를 활용하여 적절한 값을 선택한 후 실험의 입력값으로 사용하였음.

○ 항타에 의한 발생소음 입력자료는 앞서 제시한 보정된 항타 시 소음 스펙트

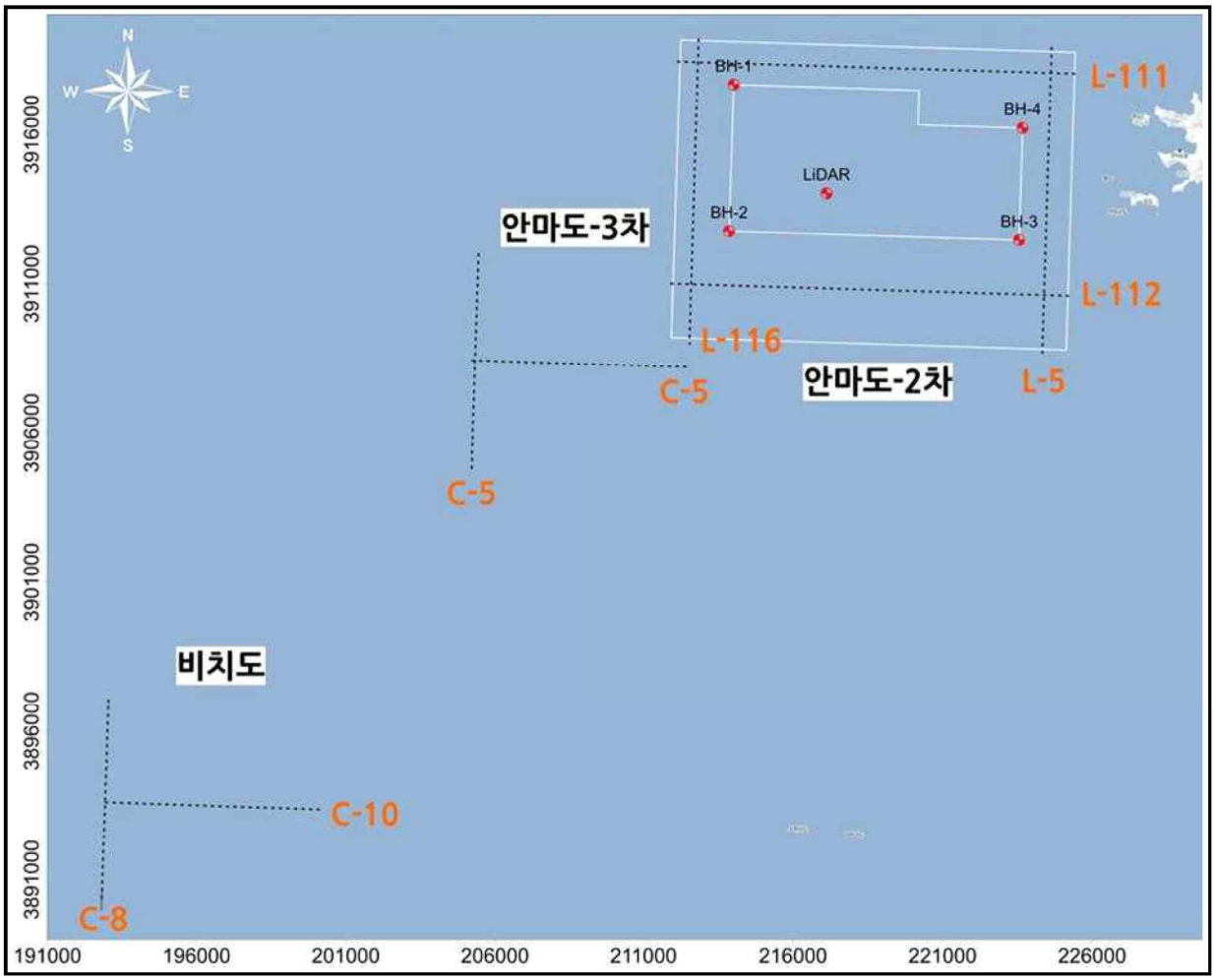
럼을 사용함.

- 실제 관측은 소음원으로부터 500m 떨어진 거리에서 수행하였으므로 동일 이격거리에서 모델 결과와 주파수별 보정 소음 스펙트럼을 비교 분석하여 모형에 대한 보정을 실시하였음.
- 조사구역의 암심은 5지점의 시추자료를 사용하여 분석하였고, DL 기준으로 27~104m로 분포하며 심도는 기반암 및 N 값이 높은 자갈, 모래 섞인 암편 및 풍화암층까지의 심도를 나타내었음.
- 해상풍력 설치 지역의 해저면 층후(퇴적층+풍화토(Seismic unit Ⅰ)의 두께는 10~87m의 분포로 구역 중앙에서 동측으로 넓은 범위로 음향기반암이 주변보다 솟아오른 형태를 보이며 과업 해역의 수심과 같이 큰 변화 없이 평균 61m의 층후를 보이며, 주변으로 섬지형의 영향을 받아 층후의 두께가 기복이 있는 형태를 보이는 것으로 나타났음.
- 해상풍력 단지의 자켓파일은 직경 4.0 m의 파일 항타 시공 시에 대하여 평가하며, 해상 변전소의 자켓파일은 직경 3.5 m의 파일 항타에 대하여 실험을 수행함.
- 자켓파일 시공계획은 전체 39기이며, 항타 작업은 1기당 작업 기간 7일 기준이나 Array Cable 작업 및 OSS Pile 작업을 위해 장비 이동 고려하여 조정함.
- 해상풍력 터빈 및 해상 변전소의 하부 구조물에 대한 설계도면, 위치 및 제원을 아래의 표 및 그림에 제시하였음

<표 3.3.1 - 11> 조사해역 시추성과표

구분	BH-1		BH-2		BH-3		BH-4		Lidar(BH-1)	
	출현심도	층후	출현심도	층후	출현심도	층후	출현심도	층후	출현심도	층후
해성퇴적층	0.0	63.0	0.0	66.5	0.0	57.0	0.0	63.0	0.0	8.7
풍화토	-	-	66.5	5.0	57.0	4.0	63.0	9.0	8.7	20.8
풍화암	63.0	3.0	71.5	3.5	61.0	1.0	72.0	3.0	29.5	1.5
연암	-	-	-	-	62.0	1.0	-	-	-	-
비고	66.0 종료		75.0 종료		63.0 종료		75.0 종료		31.0 종료	

자료) 안마도 220MW 해상풍력 발전사업 해양시추조사 및 해양물리 탐사(수심측량 및 지층탐사 보고서), 2020



<그림 3.3.1 - 8> 시추위치 및 단면라인 항적도

<표 3.3.1 - 12> 풍력발전단지 배치계획(안)

구 분		호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
풍력 발전 단지	1구역	17	14.0	238.0	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22	14.0	308.0	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39	-	546.0	1,584.3	

<표 3.3.1 - 13> 풍력발전기 제원

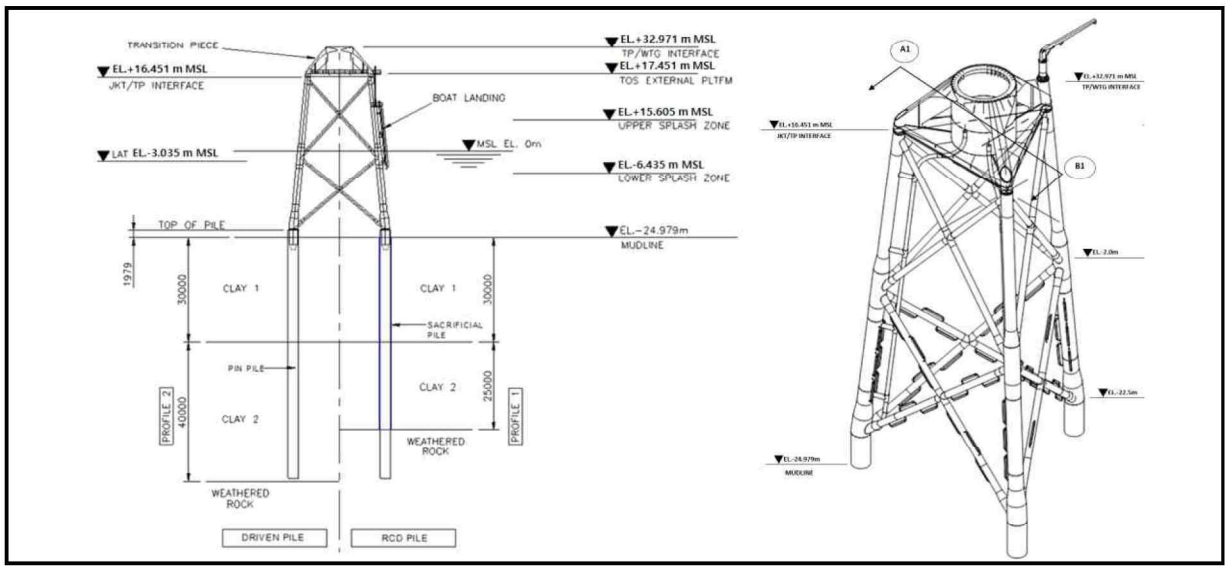
모델명	제조사	Hub Height	Rotor diameter	Blade 길이	수면상 높이
SG DD-236	SIEMENS Gamesa	153m	236m	115m	0m

<표 3.3.1 - 14> SGRE 터빈 14MW 기초(자켓 구조물) 개요

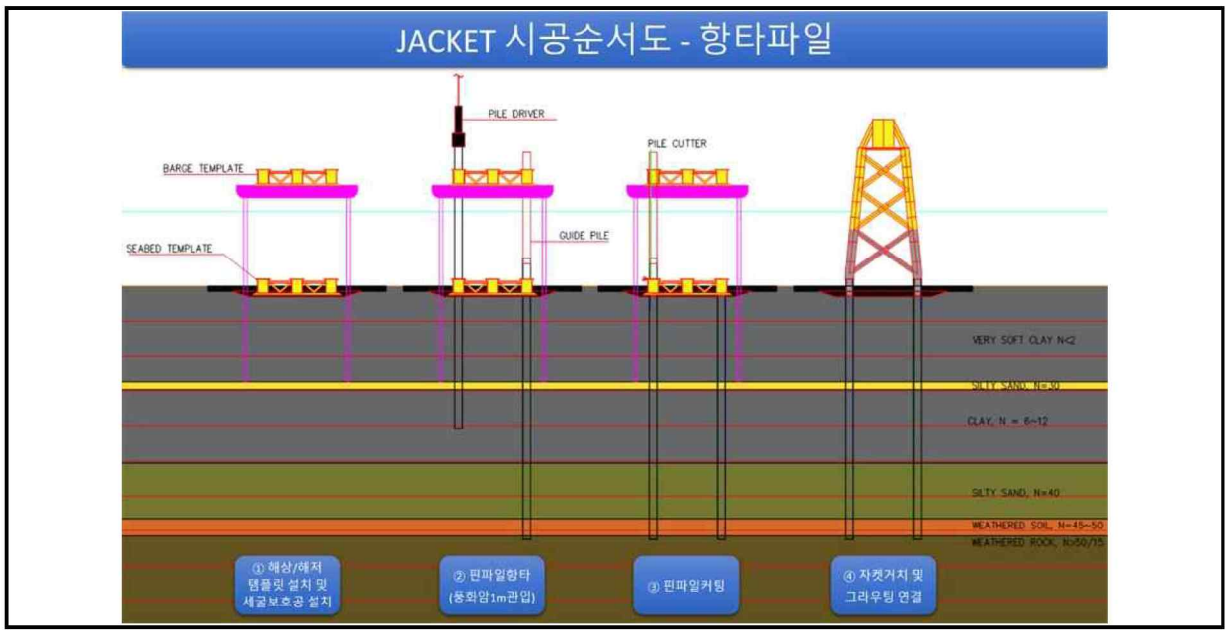
Elevation Information		Remark
Top of Transition Piece	MSL+32.971m	
Top of External Platform	MSL+17.451m	
Top of Pile	MSL(-)16.5m ~ MSL(-)22.5m	WTG 최종위치에 따라 조금 변화가 있음
Mudline Elevation	MSL(-)18.98m ~ MSL(-)24.98m	
Jacket System Outline Dimension		
Width of Jacket at Top	17.320m	
Width of Jacket at Bottom	24.370m ~ 25.464m	
Height of Transition Piece	15.52m	Steel Deck 두께 포함
Height Jacket Leg	38.18m ~ 44.18m	수심에 따라 조금 변화가 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	Only for RCD Case
Sacrificial Pile outside diameter	3.05m (Thk.25mm)	Only for RCD Case
Weight Information		
Jacket, TP and Appurtenance weight	1139~1249 ton	수심에 따른 무게 차이
Pin Pile weight	1134 ton	3 Piles per 1 Jacket
Sacrificial Pile weight	319 ton	Only for RCD Case

<표 3.3.1 - 15> 풍력발전기별 좌표

No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss	No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss
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′2.7″ 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′17.4″ E	35°17′8.46″ N
15. B06	125°54′38.7″ 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′55.2″ N	36. D08	125°54′34.17″ E	35°17′8.4″ 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′5.1″ E	35°19′2.58″ N	38. D10	125°55′50.9″ 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	OSS(변전소)	125°53′55.20″ E	35°19′45.4″ N



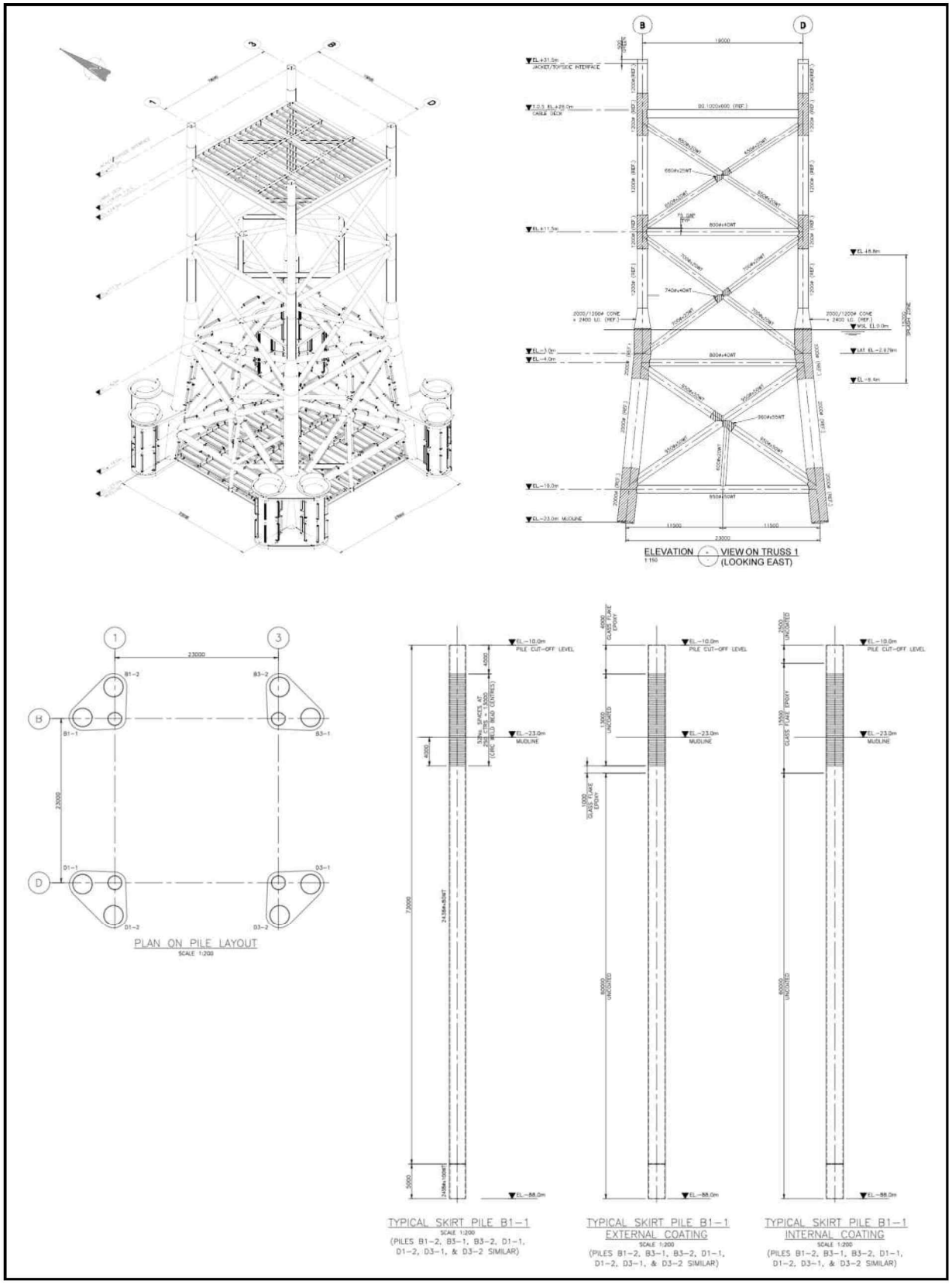
<그림 3.3.1 - 9> 자켓 구조물 단면 및 투영도



<그림 3.3.1 - 10> 자켓 구조물 시공 순서도

<표 3.3.1 - 16> 해상변전소 계획 하부구조물 개요

구분	내용
위치	· 발전단지 내 해상 2단계 부지내 (1단계, 2단계 통합)
구조	· 철골 구조물
사이즈	· jacket : Bottom Width (23m) x Top Width (19m) x Height (Approx. 55m) · Pile: Depth (73m) x 12EA
무게	· Jacket : Approx. 1800톤 · Pile : Approx. 1500톤



<그림 3.3.1 - 11> 해상변전소 계획 하부구조물 개요

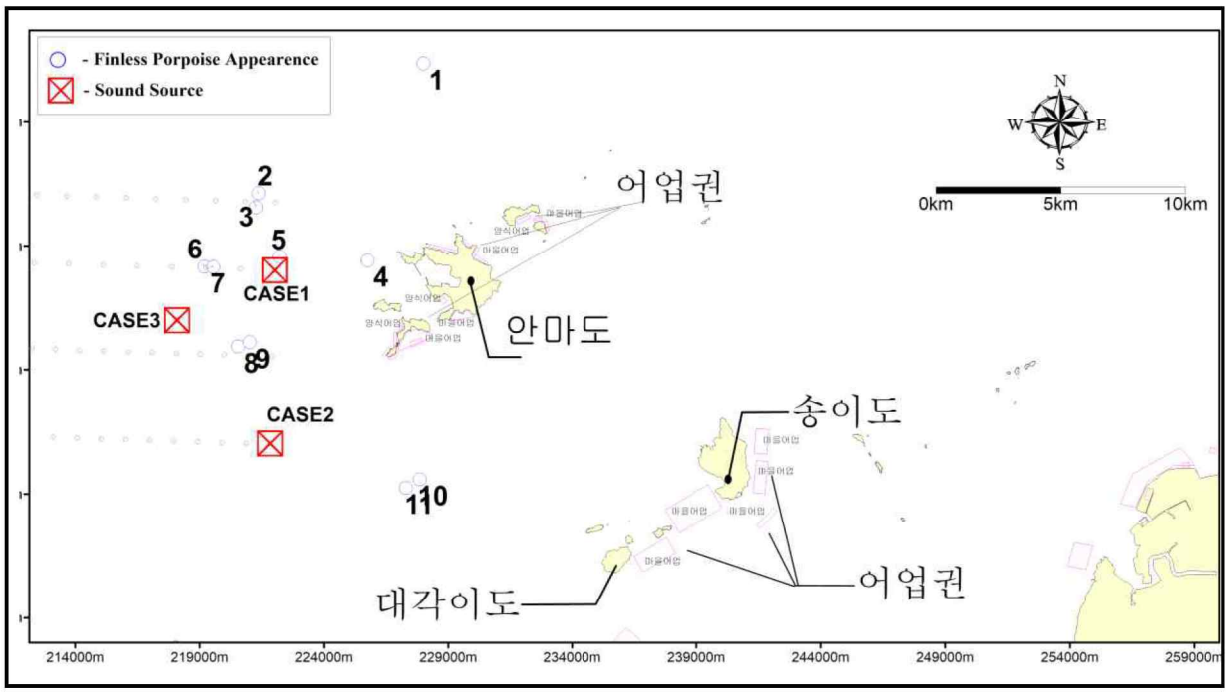
■ 3 수중소음 실험안 선정

○ 항타 작업에 따른 주변 해역의 환경적 영향을 평가하기 위해 구조물 설치 구역 중 3개 위치(CASE1~3)에 대하여 실험을 수행하였음.

○ CASE1과 CASE2 실험은 해상풍력 터빈 설치 위치에 대한 실험이며, CASE 1은 고래 개체가 확인된 인근 지점에서 항타 시 소음 발생에 대한 소음 영향을 계산하였고, CASE 2 는 안마도, 송이도, 대각이도 및 연안 어업권에 대한 확산 영향을 평가하기 위해 선정하였음.

○ CASE3은 OSS 해상변전소 설치 위치에 대한 항타 시 소음확산 실험을 수행함.

○ 어업권의 경우 안마도 인근에서는 마을어업과 양식어업이 확인되었고, 송이도, 대각이도 등에는 마을어업을 확인하였음.



<그림 3.3.1 - 12> 수중소음 실험안 선정

■ 4 영역의 설정 및 격자생성

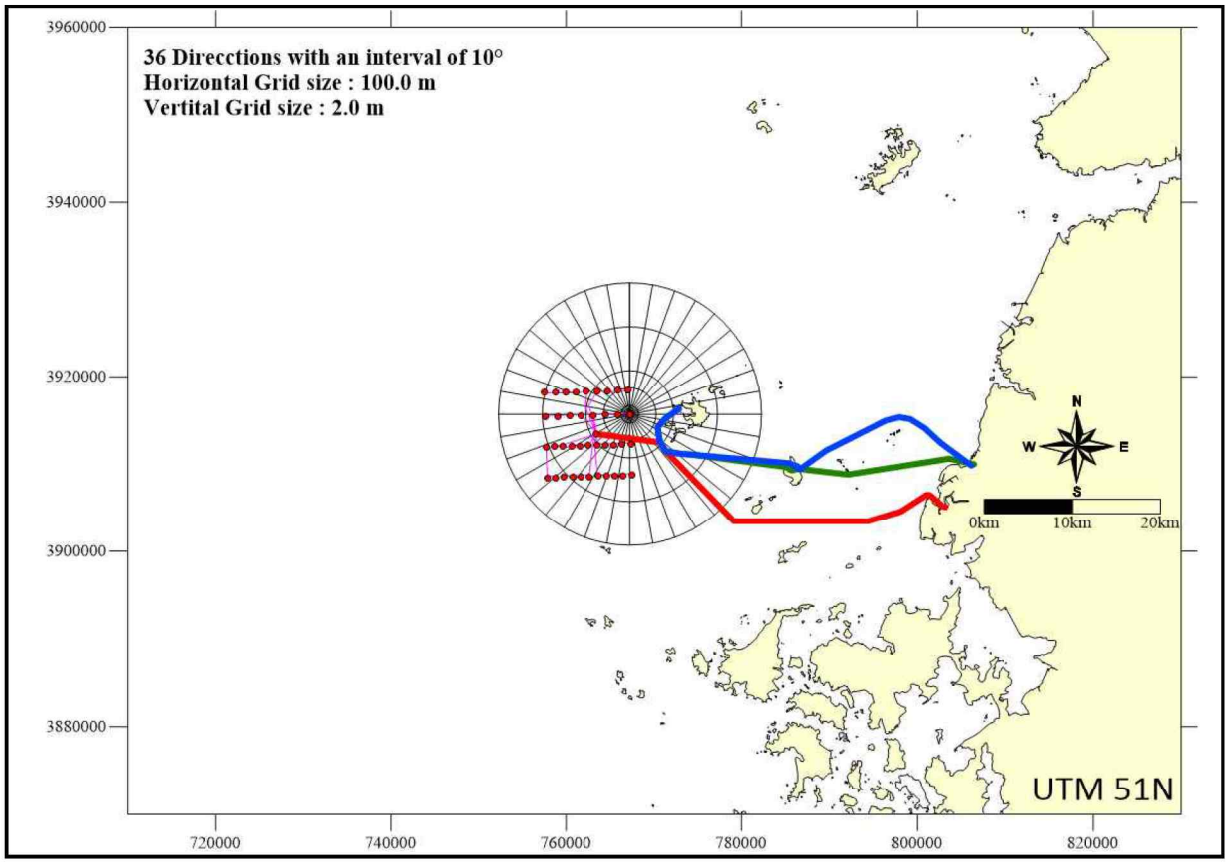
○ 모형의 영역은 사업시행에 따른 수중소음 영향이 있을 것으로 판난되는 지역까지 충분히 넓게 구성하였으며 사업지구의 소음 발생 위치를 기준으로 360° 공간을 주변 지형 및 수심이 충분히 고려될 수 있게 분할하여 수행하였음.

○ 단면 소음실험에 대한 격자의 구성은 수평 방향으로 100m 간격, 연직 방향으

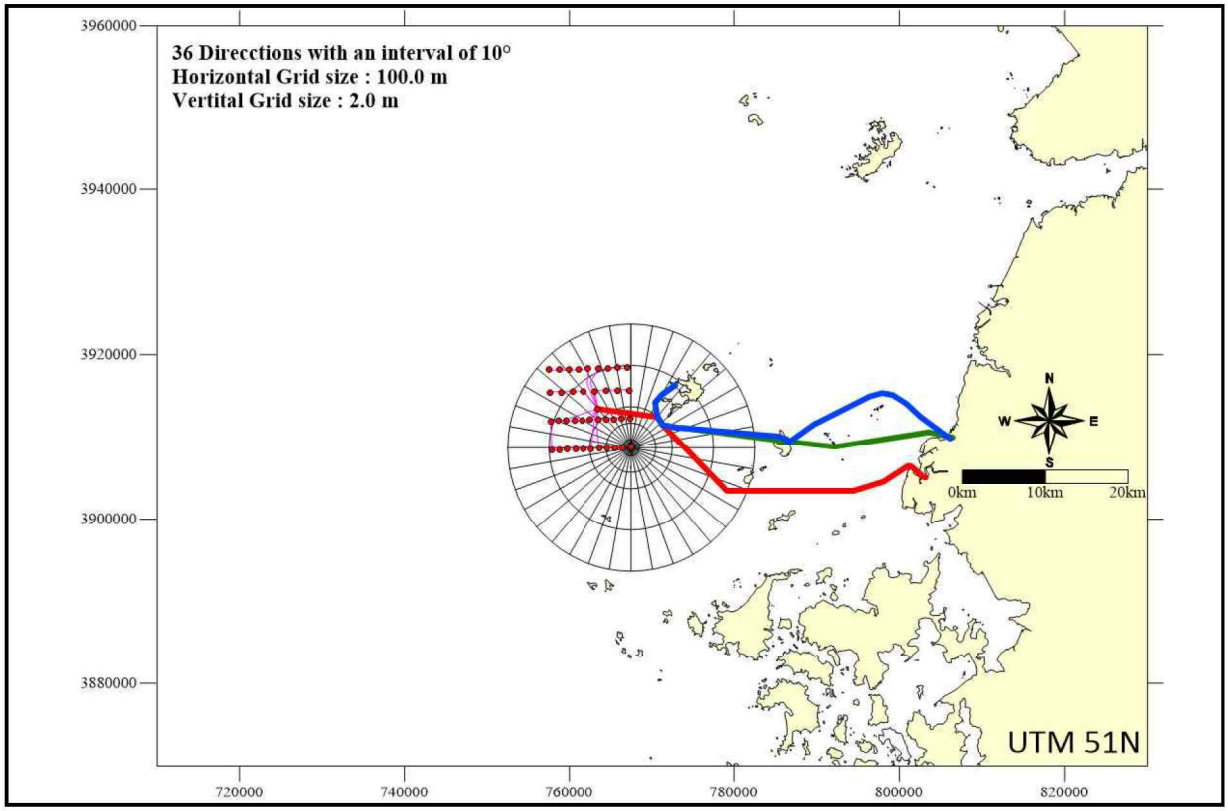
로 2m 간격이며, 10도 간격의 36방향의 단면에 대한 격자는 해안선과 수심분포에 따라 다르며, 수평 방향으로 최대 30㎞의 영역을 포함하게 구성하였음.

○ 수심 입력자료는 국립해양조사원의 수치해도를 바탕으로 작성하였고, 2차원 평면에 대한 36개 방향으로 각 주파수 대역대의 소음확산 영향을 계산하였음.

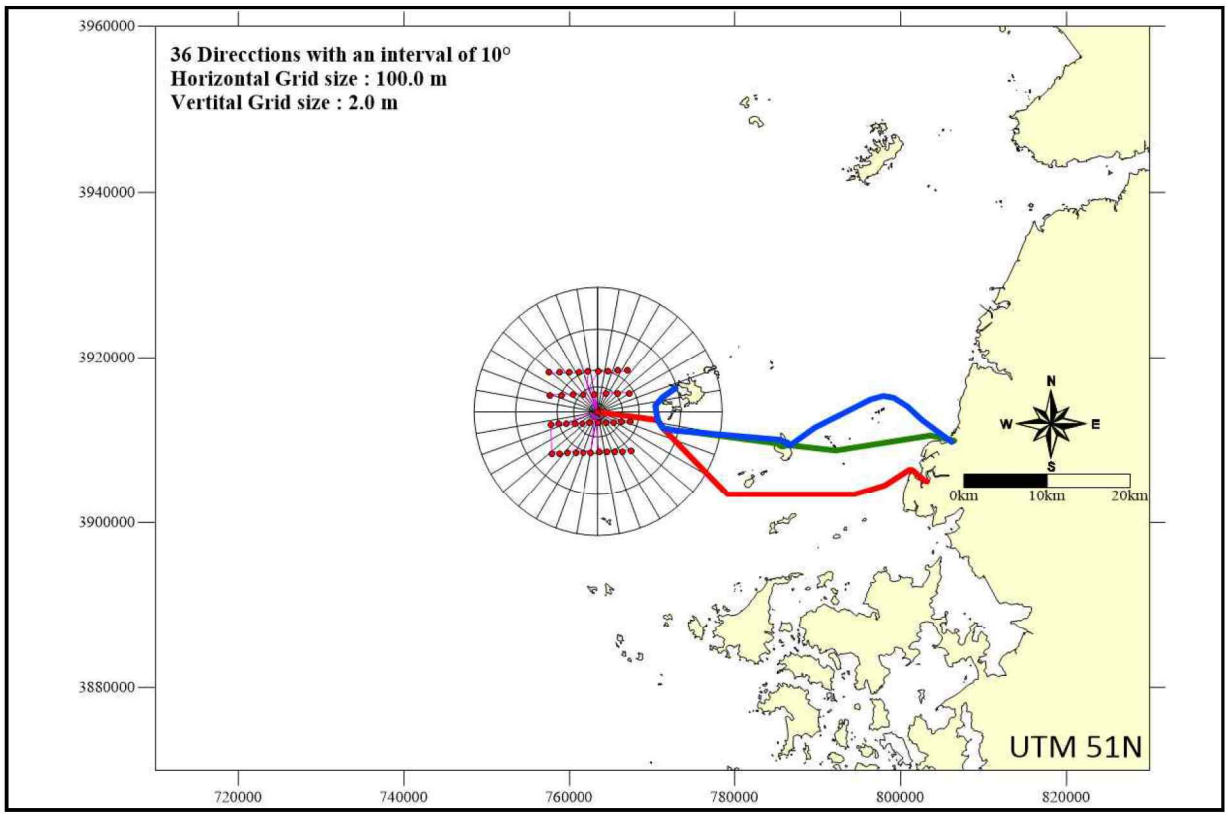
○ 공사 중 수중소음 확산실험에 사용한 단면의 공간적인 분포를 아래 그림에 도시함.



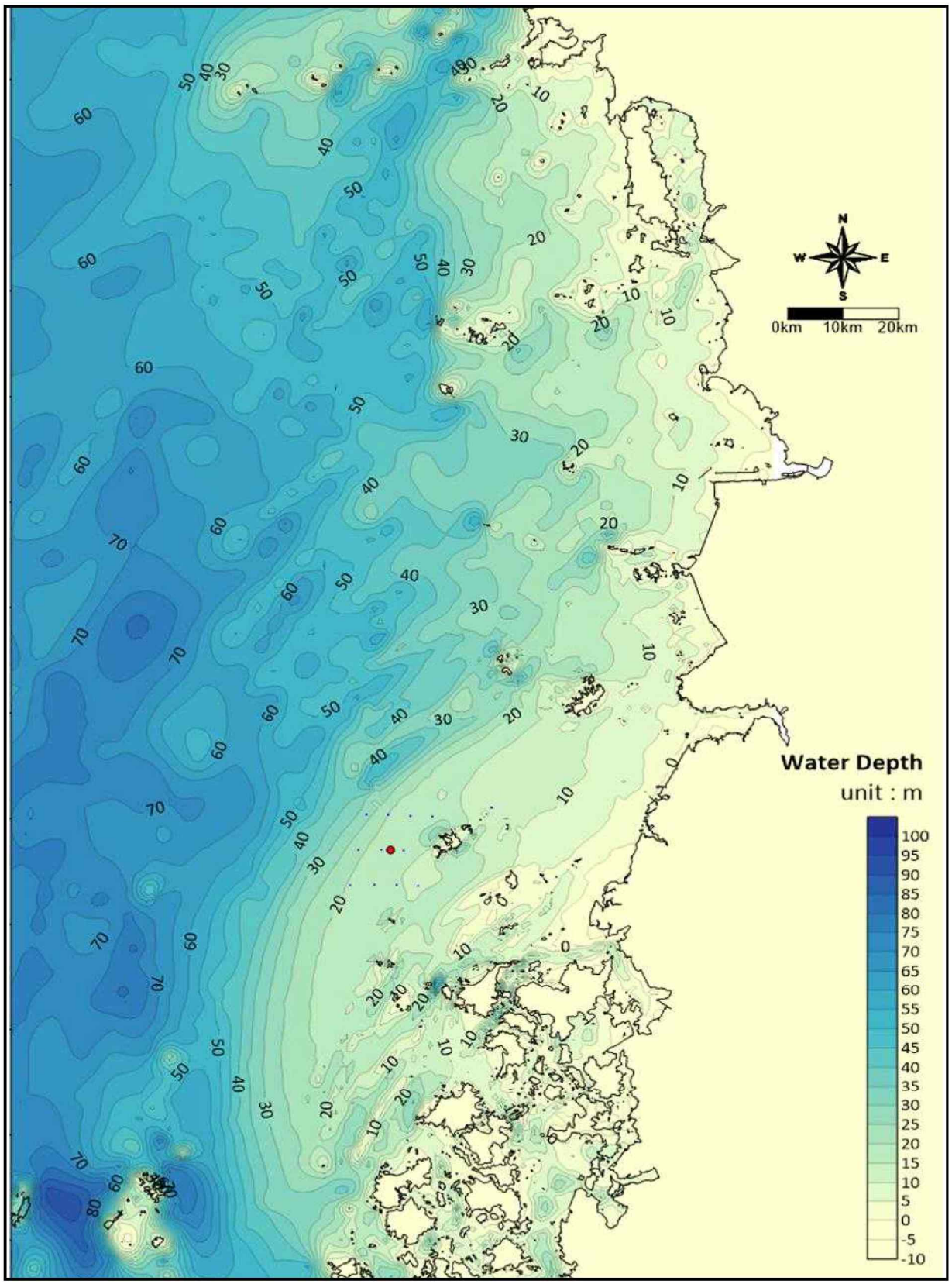
<그림 3.3.1 - 13> 수중소음 실험 단면 분포 (Case1)



<그림 3.3.1 - 14> 수중소음 실험 단면 분포 (Case2)



<그림 3.3.1 - 15> 수중소음 실험 단면 분포 (Case3)

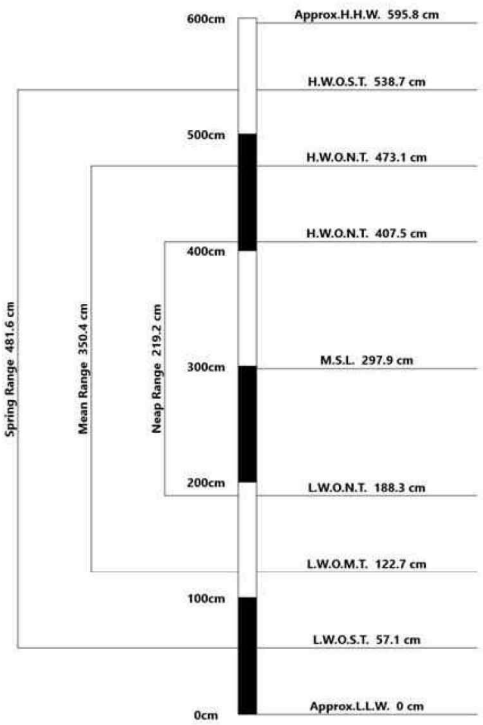


<그림 3.3.1 - 16> 수중소음 실험 입력 수심도

5 해황 입력

○ 수중소음 모형에 적용한 조위는 안마도 기본수준점 성과(국립해양조사원)의 평균해변 D.L. (+) 297.9㎝를 수치해도의 수심에 보정하여 사용하였음.

<표 3.3.1 - 17> 안마도(전남영광) 기본수준점 성과

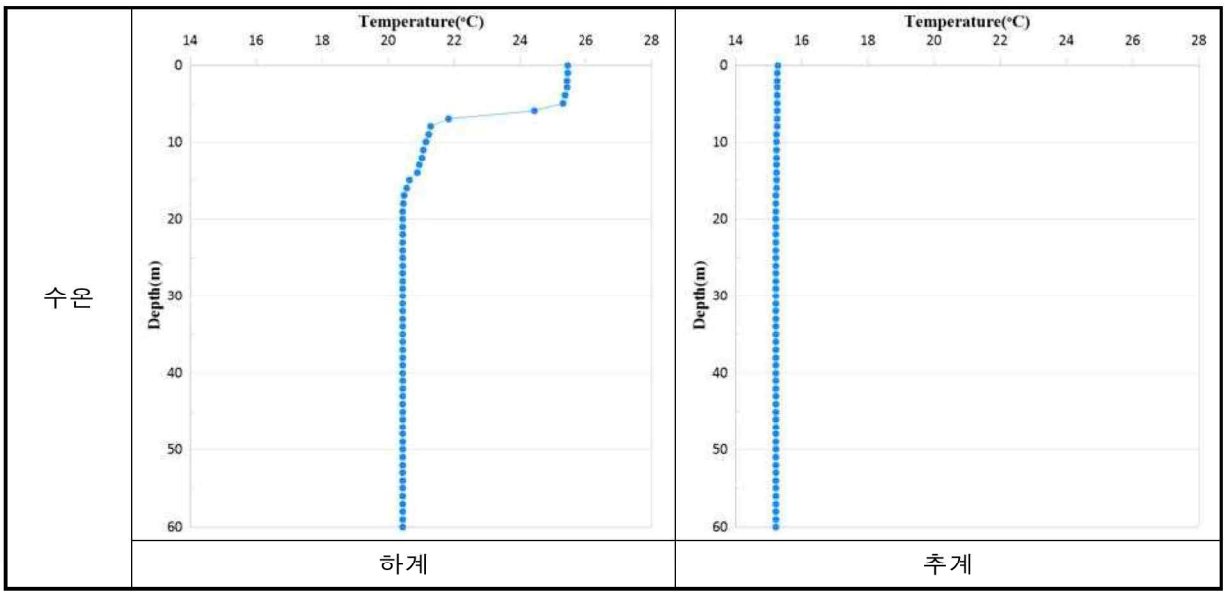
구분	비조화상수	
	약최고고조위	595.8
	대조평균고조위	383.7
	평균고조위	473.1
	소조평균고조위	407.5
	평균해면	297.9
	소조평균저조위	188.3
	평균저조위	122.7
	대조평균저조위	57.1
	약최저저조위	0
	소조차	219.2
	평균조차	350.4
	대조차	481.6
	조석형태수	0.237

○ 안마 해상풍력의 자켓 구조물 시공 기간은 3월 ~ 10월로 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 수행하였음.

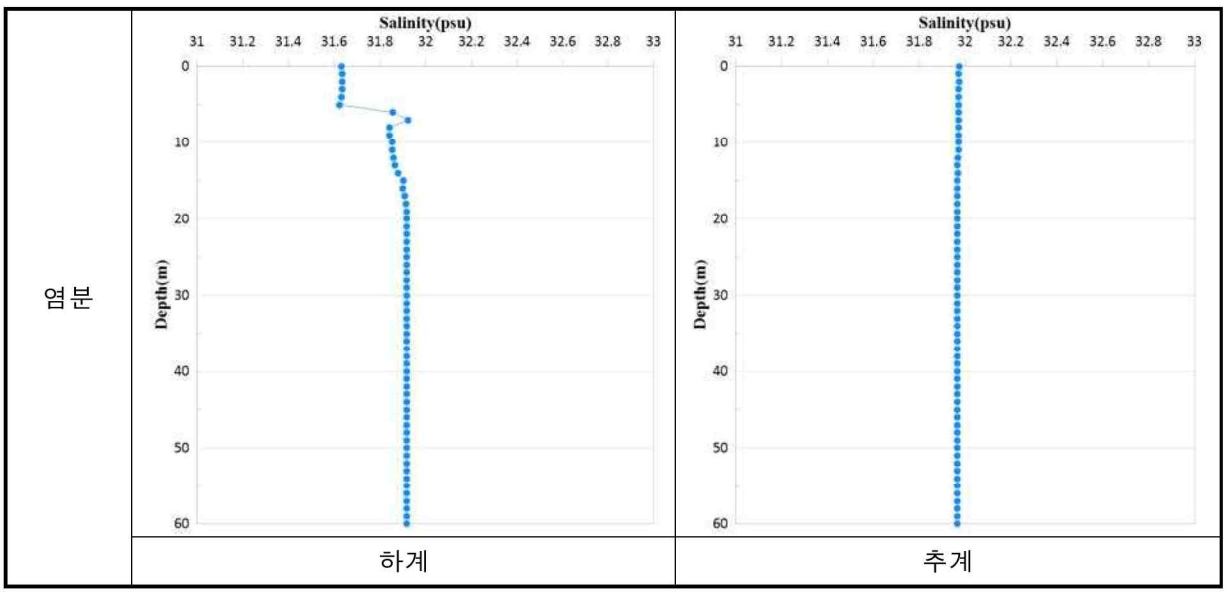
○ 하계의 조사는 21년 8월 19일에 수행되었고, 추계의 조사는 20년 11월 17일에 수행되었으며, 하계에는 수온 및 염분의 수온약층의 연직 분포가 뚜렷하게 나타나고 추계에는 연직적 변화가 크지 않음.

<표 3.3.1 - 18> 수중소음 모형에 적용된 해양 관측자료

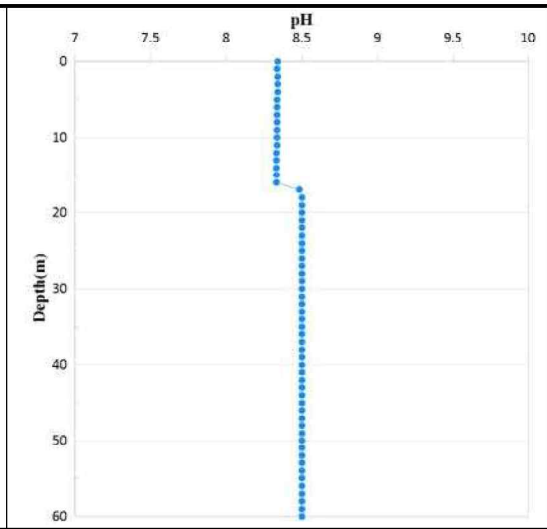
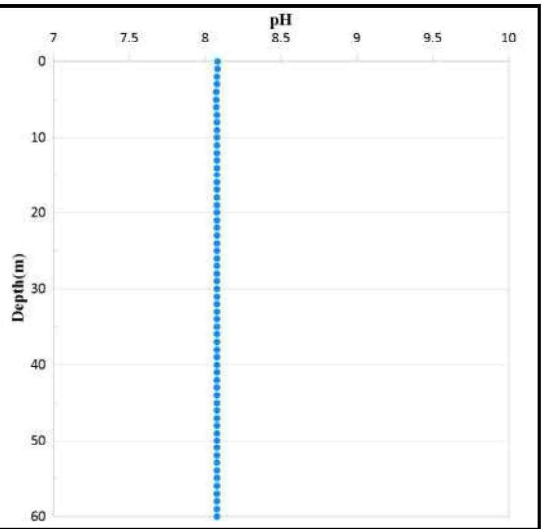
구분	하계			추계		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수온(°C)	20.4	25.4	20.76	15.2	15.3	15.2
염분(psu)	31.6	31.9	31.8	32.0	32.0	32.0
pH	8.3	8.5	8.4	8.1	8.1	8.1
Sound Speed(m/s)	1495	1535	1501	1504	1504	1504



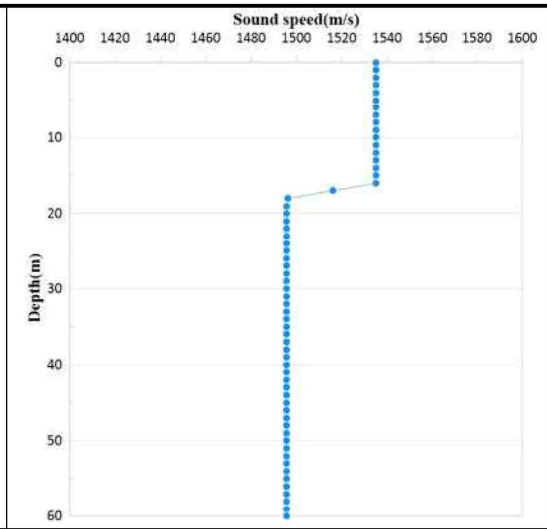
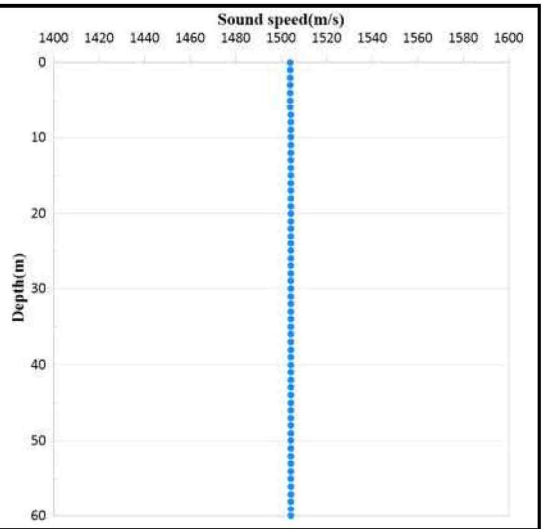
<그림 3.3.1 - 17> 수중소음 모형에 적용된 수온의 연직 분포도



<그림 3.3.1 - 18> 수중소음 모형에 적용된 염분의 연직 분포도

PH		
	하계	추계

<그림 3.3.1 - 19> 수중소음 모형에 적용된 pH의 연직 분포도

Sound Speed		
	하계	추계

<그림 3.3.1 - 20> 수중소음 모형에 적용된 음속의 연직 분포도

■ 수중소음 모형의 검증 및 소음입력 제원

○ 항타 소음으로 인한 영향검토 모형실험은 파일 제원에 맞는 소음 스펙트럼을 소음원으로 사용됨.

○ 국내에서는 아직 실제 관측 항타 소음 스펙트럼 자료가 공개적이지 않으며 해외사례에서도 특정 크기의 지름 자켓파일 항타시 소음관측 자료를 찾기에 어려움이 있음.

○ 따라서, 실제 항타 시 관측자료가 없는 경우 <표 6.1.6 -9>와 같은 유사 관측자료를 바탕으로 추정하여 예측실험을 수행함.

<표 3.3.1 - 19> 벨기에 해상풍력단지 자켓 파일 항타 시공 요약 정보

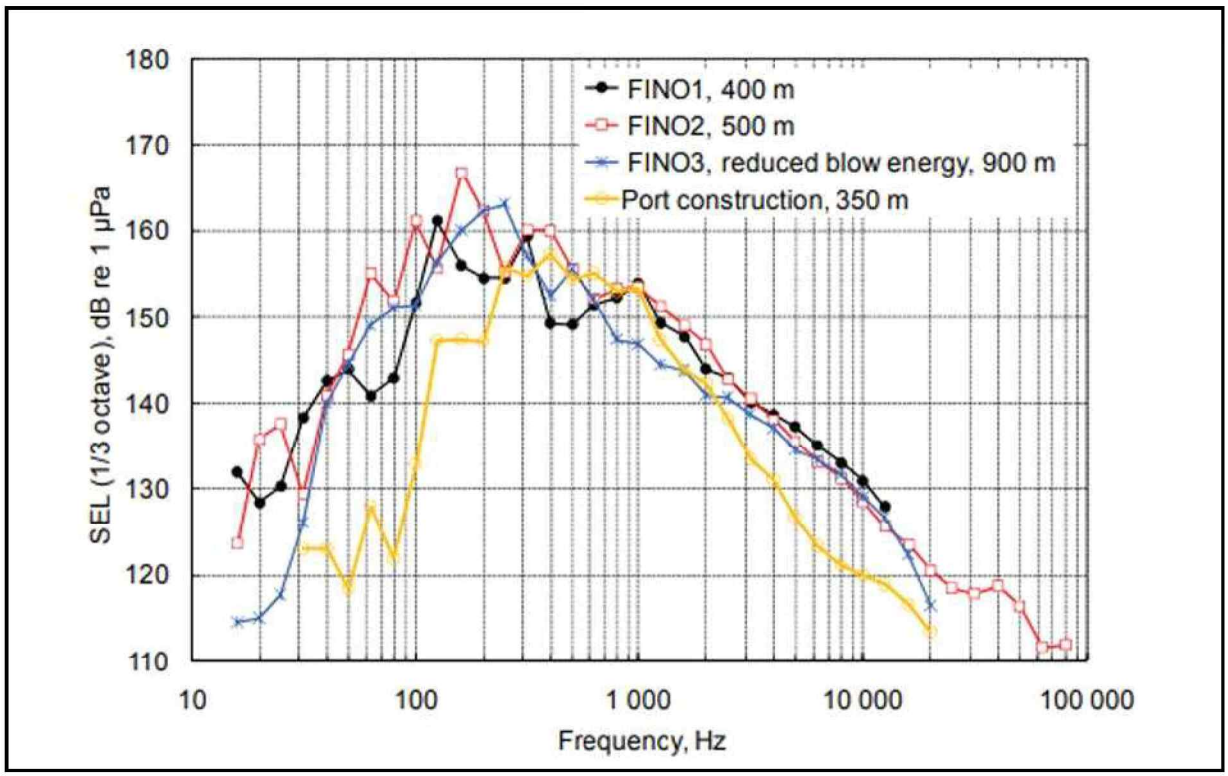
측정지역	C-Power/Thorton Bank
기초구조	자켓파일
항타방식	충격항타
지름 (m)	1.8
파일 길이(m)	21
중량(t)	46
평균 필요 항타 수	4288
측정 거리(m)	750
항타 시간(분)	162
최고주파수(㎐)	100 ~ 200
최고노출소음 (dB re1㎲Pa^2s)	159
총 에너지(MJ)	1376
평균 항타 주파수(회/분)	30

자료) A Case Study from the Belgian Part of the North Sea.(Norro et al 2013)

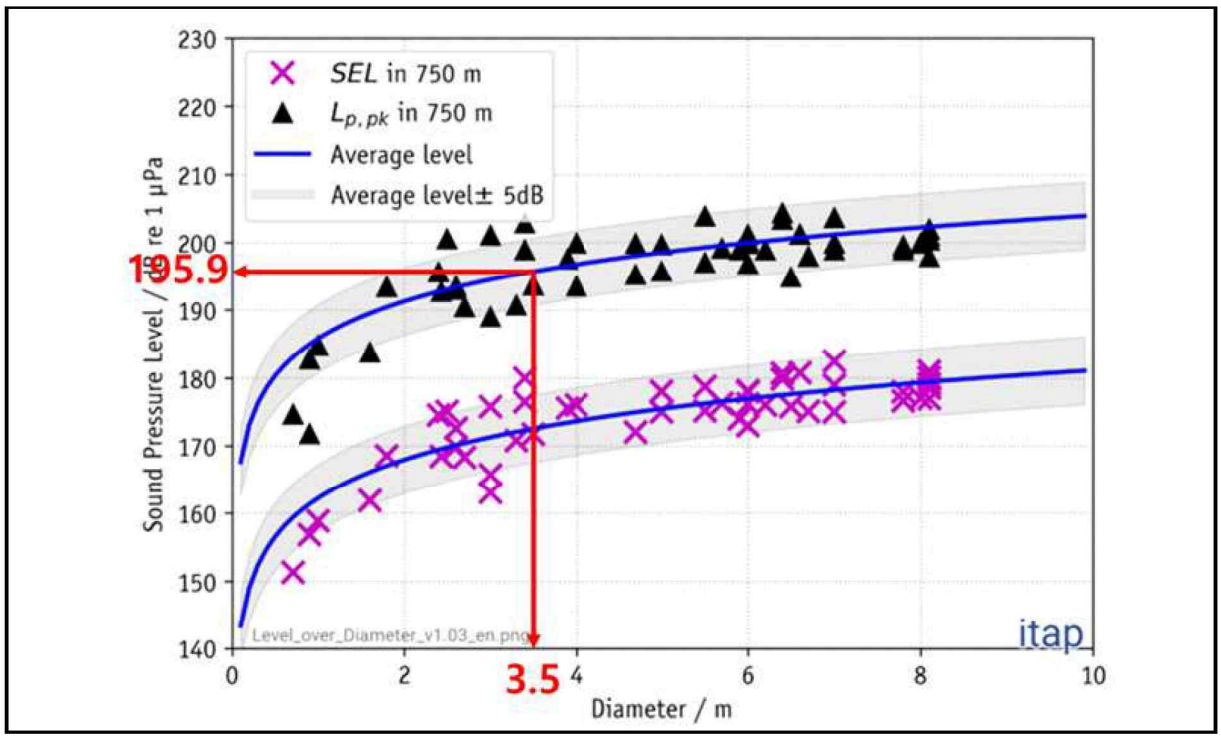
○ 자켓파일 항타에 의한 수중소음 발생에 대한 수중소음 입력 제원 산정을 위해 <그림 3.3.1 - 21>의 자켓파일 3.5m 항타 시 구조물 500.0m 이격거리에서 관측된 소음의 주파수별 스펙트럼(K. Betke et al. 2009)을 이용하여 금회 실험에 적용하였음.

○ 안마 해상풍력에 적용하는 자켓파일 3.0m에서 모형에 누적소음도(SEL)의 스펙트럼 자료를 입력하기 위해 독일에서 수행한 「Underwater noise during percussive pile driving, May 2020, ITAP」의 연구성과를 활용하여 추정하였음.

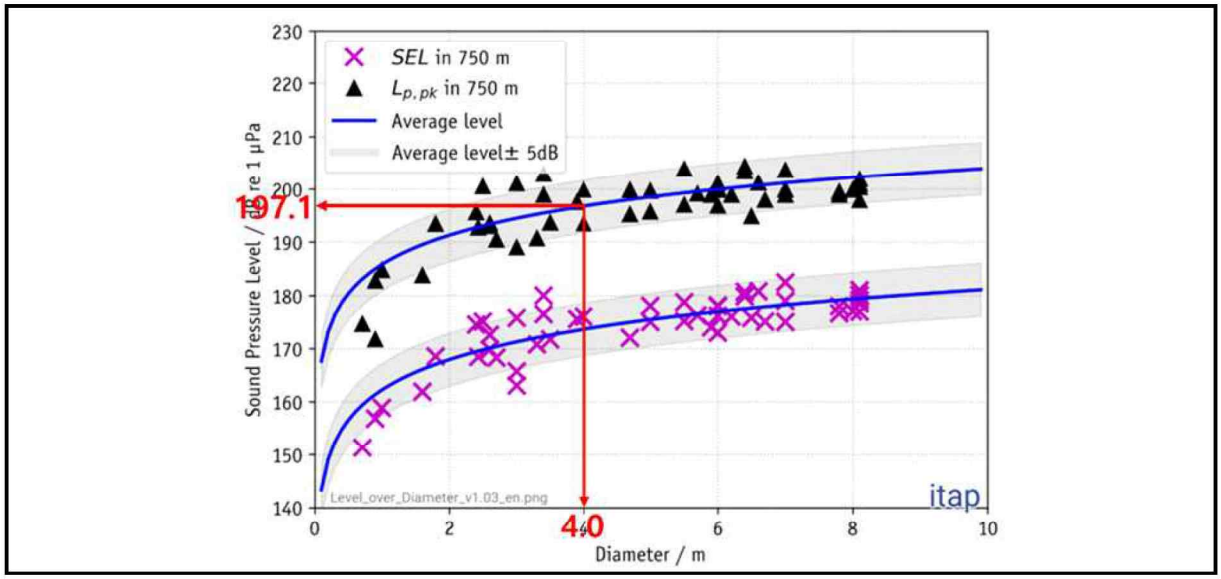
○ 자켓파일, 모노파일, 자켓 부말뚝과 같은 하부 기초시설 설치 시 발생하는 소음을 지름별로 SEL과 SPL로 제시하고 있으며, 금회 소음확산 실험을 위해 3.0m 지름에서의 SEL과 K. Betke et al(2009)의 FINO2의 자료를 바탕으로 소음원에서 500.0m 이격 지점에서의 소음 스펙트럼을 추정하였음.



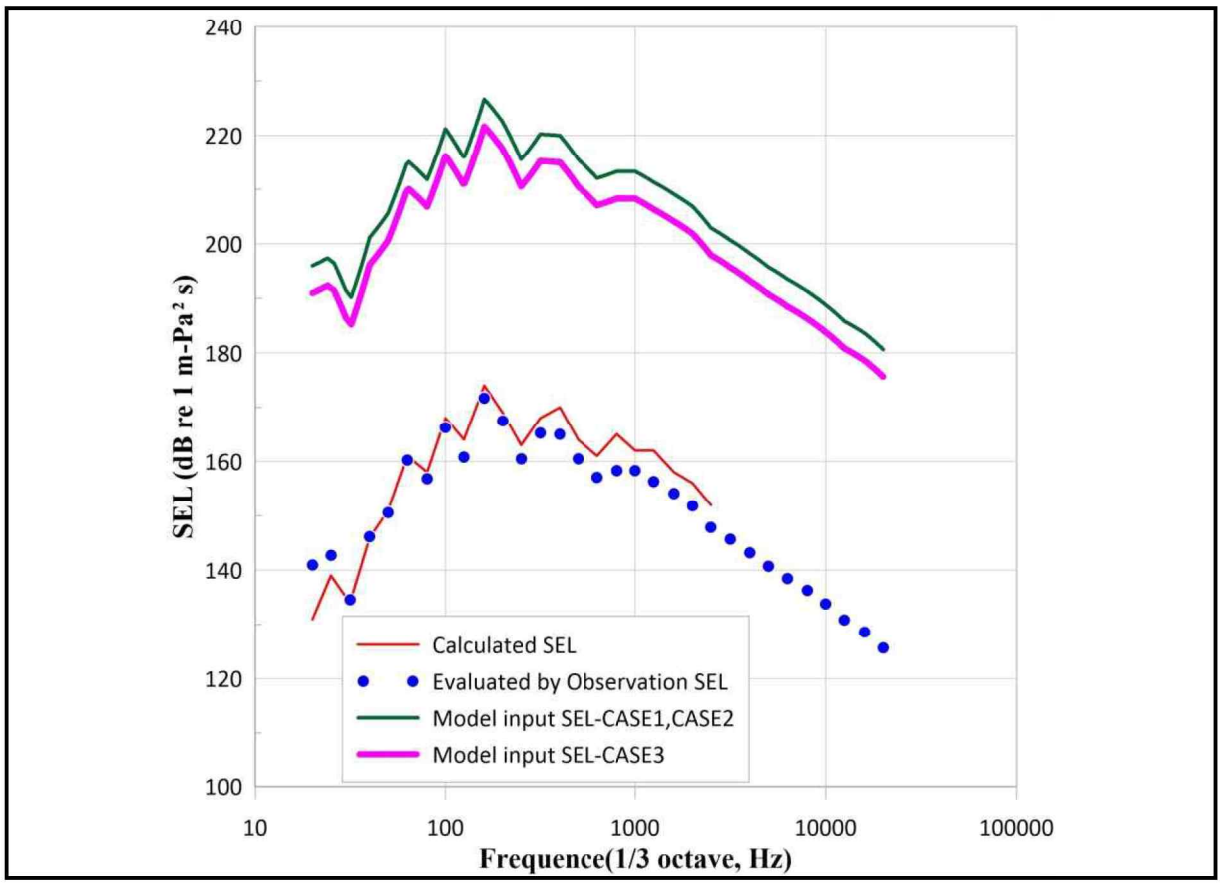
<그림 3.3.1 - 21> FINO2 3.5m 자켓 구조물 하부 기초시설 설치 시 발생 소음도(K. Betke et al. 2009)



<그림 3.3.1 - 22> 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



<그림 3.3.1 - 23> 자켓파일, 모노파일, 자켓 부말뚝과 같은 하부 기초시설 설치 시 발생하는 소음 SPL (상단), SEL (하단)(2020, ITAP)과 해상풍력 터빈 구조물 직경에 대한 SPL 추정치



<그림 3.3.1 - 24> 소음 발생 입력값 및 발생원에서 500.0m 이격 지점에서의 수중 소음 추정값(관측자료 기반)과 소음확산 계산 결과의 비교

○ 모형의 소음원 입력값은 500.0m 이격 지점에서 관측자료로부터 추정한 값과 시행 착오적 방법으로 보정을 수행하였으며, 그 검증 자료는 위 그림에 제시하였음.

○ 파일 항타에 의한 수중소음 발생에 대한 수중소음 수치모형 검증을 위해 소음원으로부터 500.0m 이격 거리에서 관측된 SPL 소음의 음압준위 추정치와 비교 검증하였으며, 관측값과 계산값이 유사한 경향을 보이는 것으로 나타나 수중의 해저면의 특성, 유체의 환경이 다른 조건에서 실험한 결과 대비 거리에 따른 감쇄 효과를 수치모형실험이 비교적 잘 재현하는 것으로 판단됨.

○ 소음의 반사 및 흡수 영향을 주는 해저면 경계는 모래질 그리고 암질에 대해 시추 성과를 바탕으로 구성하였으며, 재질에 따른 음파 속도는 MIKE-UAS 모델에서 제시한 자료를 바탕으로 입력하였고, 수온, 염분, pH는 안마도 해상풍력 수중소음 영향평가의 관측 결과를 바탕으로 입력하였음.

○ 모형은 1/3 Octave Band를 사용하여 모의하였으며 주파수는 20~8,000Hz의 범위에서 계산을 수행하였음.

○ 수중소음의 발생원은 해수면에서 12.5m에서 발생시켰으며, 해저면 경계는 모래질 그리고 암질에 대해 시추 성과를 바탕으로 구성하였으며, 재질에 따른 음파 속도는 MIKE-UAS 모델에서 제시한 자료를 바탕으로 입력하였고, 수온, 염분, pH는 안마도 해상풍력 수중소음 영향평가의 관측 결과를 바탕으로 입력하였음.

○ 모형의 상세 입력제원은 아래의 표에 제시하였음.

<표 3.3.1 - 20> 모델의 입력제원

Sound Source		
Spectral Discretization Type	1/3 Octave Band	
Min/Max Center Frequency	20～8,000 Hz	
Sound Source Location	-12.5 m from water surface	
Sound Exposure Level Input	Spectrum, referencing from Betke et al. 2004	
Radial Transect Overall Length	max. 50 km	
Solution Technique	Normal Transect Resolution	
Seabed		
Layer Type	Sand, Bedrock	
Layer Thickness	63.0m(Sand), 20.0m(Bedrock)	
Density	1900 kg/m³, 2200 kg/m³	
Compressed Wave Speed	1504.36 m/s(Water), 1650 m/s(Sand) , 1400 m/s(Bedrock)	
Compressional Attenuation	0.8 dB/λ(Sand) , 0.1 dB/λ(Bedrock)	
Water phase		
	Summner	Fall
Water temperature	Refer to measured CTD vertical profile	
Water salinity		
pH		
Sound Speed		
Output		
Horizontal Spacing	100.0 m	
Vertical Spacing	2.0 m	
Vertical Maximum	DL(-) 120.0 m	
Water Level	DL(+) 2.979 m	

㉦ 실험결과

○ 본 연구에서는 항타시 발생하는 1/3 Octave의 주파수별 소음확산실험을 수행하였으며 전체 주파수 대역에 대한 전파 영향에 대한 실험을 수행하였음.

○ 연직 2차원 실험결과 중 지점별 연직 최대값과 주파수별 최대값에 대하여 공간적인 분포로 아래의 그림에 제시하였음.

■ 수중소음 공간적 영향 범위산정

○ 건설 공사 시 발생한 강한 수중소음은 고래류의 활동에 영향을 줄 수 있으며 (Madsen et al., 2006, Tyack, 1998; Wartzok and Ketten 1999), 수중소음이 고래류에 미치는 영향에 관해 많은 연구가 이루어져 왔음(Nowacek et al., 2007;Southall et al., 2007; Weilgar, 2007).

○ 이러한 연구 결과들을 바탕으로 스웨덴 환경 보호국 (Swedish Environment Protection Agency, SEPA)과 스웨덴 에너지국은 수중소음이 해양포유류에 끼치는 영향평가 체계(2017)를 공동으로 작성하였음 (VINDVAL).

○ VINDVAL(A framework for regulating underwater noisue during pile driving, 2017, Vindval Project)은 해양 포유동물의 청력도 특징에 따른 영구적 장애(PTS) 기준을 제시하기 위해 고래류들을 3개 그룹으로 구분하였으며, 저주파, 중간 주파수, 고주파 대역의 범위에 따라 3개의 그룹으로 나누어 영구 청각 장애(PTS)와 일시적 청각 장애(TTS)를 일으키기 시작하는 소음의 읍압 준위를 제시하였음.

○ 안마도 해상풍력 단지 주변에서 출현하는 상괭이는 고주파 사용 고래류에 포함되며 영구적 장애를 일으키는 소음도는 202 $dB\,re\,1\,\mu Pa$ 이며 일시적 청각 장애를 일으키는 소음도는 196 $dB\,re\,1\,\mu Pa$ 로 알려져 있음.

○ NOAA의 (2018 Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing V2.0)에서는 물범류의 영구 청각 장애를 일으키기 기준은 218 $dB\,re\,1\,\mu Pa$로 제시하였음.

○ 금회 자켓파일 항타로 인한 수중소음의 영향 범위산정을 위해 위 기준 중 가장 낮은 Vindval의 196, 202 $dB\,re\,1\,\mu Pa$을 기준소음으로 소음 발생원에서부터

상괭이 출몰 정점까지의 거리 및 영향 최대면적을 아래의 표에 제시하였음.

○ 실험결과를 보면 전체 주파수 대역 중 최대 음압 준위(SPL)가 소음 발생원으로부터 반경 1.0㎞ 이내에서 202$dB\ re\ 1\ \mu Pa$이내의 소음도를 보이며, 안마도 해상풍력 설치 지점들은 대부분 수심의 변화가 비교적 크지 않으므로 수행하지 않은 다른 위치에서의 파일 항타 시 고래류와 같은 생물에 청각의 물리적 손상을 주는 노출 소음도는 대부분 항타 지점 1.0㎞ 이내에서만 나타날 것으로 예측할 수 있음.

○ 수중소음 발생원으로부터 상괭이 개체수 관측지점까지의 거리 및 상괭이 관측지점의 소음 노출도를 아래의 표에 제시하였음.

<표 3.3.1 - 21> Vindval의 국가별 해양포유류 청력 TTS/PTS(일시 및 영구적 청력 손상) 소음 임계치 기준

Country	Thresholds		적용
Denmark	Threshold for single pulses: TTS at SEL_{ss} 164 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s PTS at SEL_{ss} 179 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s	Threshold for a series of pulses : TTS at SEL_{cum} 175 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s PTS at SEL_{cum} 190 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s	
United States	Threshold for impulsive sounds: TTS at SPL_{peak} 196 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$ or SEL_{cum} 162 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s PTS at SPL_{peak} 202 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$ or SEL_{cum} 177 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s		√
Germany	Threshold for disturbances: SEL_{ss} 140 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s	Threshold for 750m: SEL 160 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s or $SPL_{peak-peak}$ 190 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$	
Netherlands	Threshold for disturbances: SEL_{ss} 140 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s	Threshold for 750m: SEL 159 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s (Lowest) SEL 172 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2$s (Highest)	

❷ 수중소음 공간 최대영향 범위

○ 전 주파수 대역의 최댓값을 36방향에 대한 2차원 연직 소음전파 실험결과 중 단면 최댓값을 수평적 분포로 도시하였음.

○ 전 주파수 대역에서 수중소음의 음압 준위의 발생원으로부터의 거리 및 면적은 아래의 표에 제시하였음.

○ CASE1 하계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, 일시적 손상 임계치(TTS) 196 $dB\,re\,1\,\mu Pa$의 영향범위는 발생 위치 1.485㎞까지, 영구적 손상 임계치 (PTS) 202 $dB\,re\,1\,\mu Pa$의 음압 준위는 발생 위치 0.659 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 6.135㎢, PTS 영향범위는 1.278㎢까지 나타남.

○ CASE1 추계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, TTS의 영향범위는 발생 위치 1.852㎞까지, PTS의 영향범위는 발생 위치 0.658 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 9.095㎢, PTS 영향범위는 1.574㎢까지 나타남.

<표 3.3.1 - 22> 수중소음 최대 음압 준위 확산 거리 및 면적(CASE1)

구분	하계		추계	
SPL_{peak}	TTS (196 $dB\,re\,1\,\mu Pa$)	PTS (202 $dB\,re\,1\,\mu Pa$)	TTS (196 $dB\,re\,1\,\mu Pa$)	PTS (202 $dB\,re\,1\,\mu Pa$)
Distance(㎞)	1.485	0.658	1.852	0.735
Area(㎢)	6.135	1.278	9.095	1.574

○ CASE2 하계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, TTS의 영향범위는 발생 위치 1.224㎞ 까지, PTS의 영향범위는 발생 위치 0.659 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 4.605㎢, PTS 영향범위는 1.318 ㎢ 까지 나타남.

○ CASE2 추계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, TTS의 영향범위는 발생 위치 1.863㎞ 까지, PTS의 영향범위는 발생 위치 0.863 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 10.082㎢, PTS 영향범위는 2.151 ㎢까지 나타남.

<표 3.3.1 - 23> 수중소음 최대 음압 준위 확산 거리 및 면적(CASE2)

구분	하계		추계	
SPL_{peak}	TTS ($196\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	PTS ($202\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	TTS ($196\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	PTS ($202\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)
Distance(㎞)	1.224	0.659	1.863	0.863
Area(㎢)	4.605	1.318	10.082	2.151

○ CASE3 하계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, TTS의 영향범위는 발생 위치 1.267㎞ 까지, PTS의 영향범위는 발생 위치 0.766 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 4.420㎢, PTS 영향범위는 1.461 까지 나타남.

○ CASE3 추계 실험 결과 소음의 음압 준위(SPL_{peak}) 공간적 최댓값 범위를 보면, TTS의 영향범위는 발생 위치 3.284㎞ 까지, PTS의 영향범위는 발생 위치 1.636 ㎞까지 나타남.

○ 항타 소음으로 인한 TTS 영향범위의 면적은 30.006㎢, PTS 영향범위는 7.678 ㎢까지 나타남

<표 3.3.1 - 24> 수중소음 최대 음압 준위 확산 거리 및 면적(CASE3)

구분	하계		추계	
SPL_{peak}	TTS ($196\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	PTS ($202\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	TTS ($196\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	PTS ($202\ dB\ re\ 1\ \mu Pa$)
Distance(㎞)	1.267	0.766	1.426	0.699
Area(㎢)	4.420	1.461	5.488	1.410

○ 수온약층이 발달하여 수온 감소에 의한 음파의 속도가 감소하게 되며 결국 수온약층의 발달은 소음의 전달 손실을 크게 만드는 효과가 나타나며 실제 관측자료에서도 추계에 관측한 음속이 하계 관측자료에 비해 빠르게 나타났음.

○ CASE2 위치의 추계의 경우 하계에 비해 연직 수온 분포가 크지 않고 항타에 의한 소음원의 발생 위치가 CASE1에 비해 주변 섬과 수심의 영향을 적게 받는 지형직 원인에 의해 소음의 확산 면직이 크게 나타난 것으로 판단됨.

○ CASE3의 경우 입력제원이 CASE1과 CASE2보자 작지만 수중소음의 확산형태가 하계에 유사하게 나타나며, 진체직인 결과는 추계의 수중소음 영향이 하계에 비해 영향범위가 넓게 나타나는 것을 확인할 수 있음.

3 해양포유류 관측지점에서의 소음의 음압 준위

○ 해상에 위치한 사업대상지 및 주변 해역의 해앙포유류 현황 파악을 위해 2020년 8월부터 2022년 8월20일까지 현장조사를 7회 실행하였음.

○ 현장 조사는 목시조사와 무인기 조사를 병행하여 실행하였고, 7차례 조사간 발견된 상괭이 개체수의 합은 137마리로 확인되었으며 아래 그림에 해양포유류 목격 위치를 도식하였음.

○ 사업대상지 인근 상괭이가 발견된 총 출현 지점은 97점이며, 이 중에서 2마리 이상 목격된 위치 8점을 선정하여 파일 항타에 따른 수중소음 실험 결과 상괭이 개체 관측지점별 음압 준위를 아래의 표에 제시하였음.

○ CASE1 하계에 가장 큰 음압 준위를 보인 지점은 소음원으로부터 0.8㎞ 이격되어있는 1번 정점이며 음압 준위는 198.9 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$로 나타났음, 추계 결과 또한 동일 지점에서 가장 큰 음압 준위인 200.3 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$을 나타냈음.

○ CASE2 하계에 가장 큰 음압 준위를 보인 지점은 소음원으로부터 3.0㎞ 이격되어있는 4번 정점이며 노출 소음도는 183.6 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$로 나타났음, 추계 결과 또한 동일 지점에서 가장 큰 음압 준위인 190.5 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$을 나타냈음.

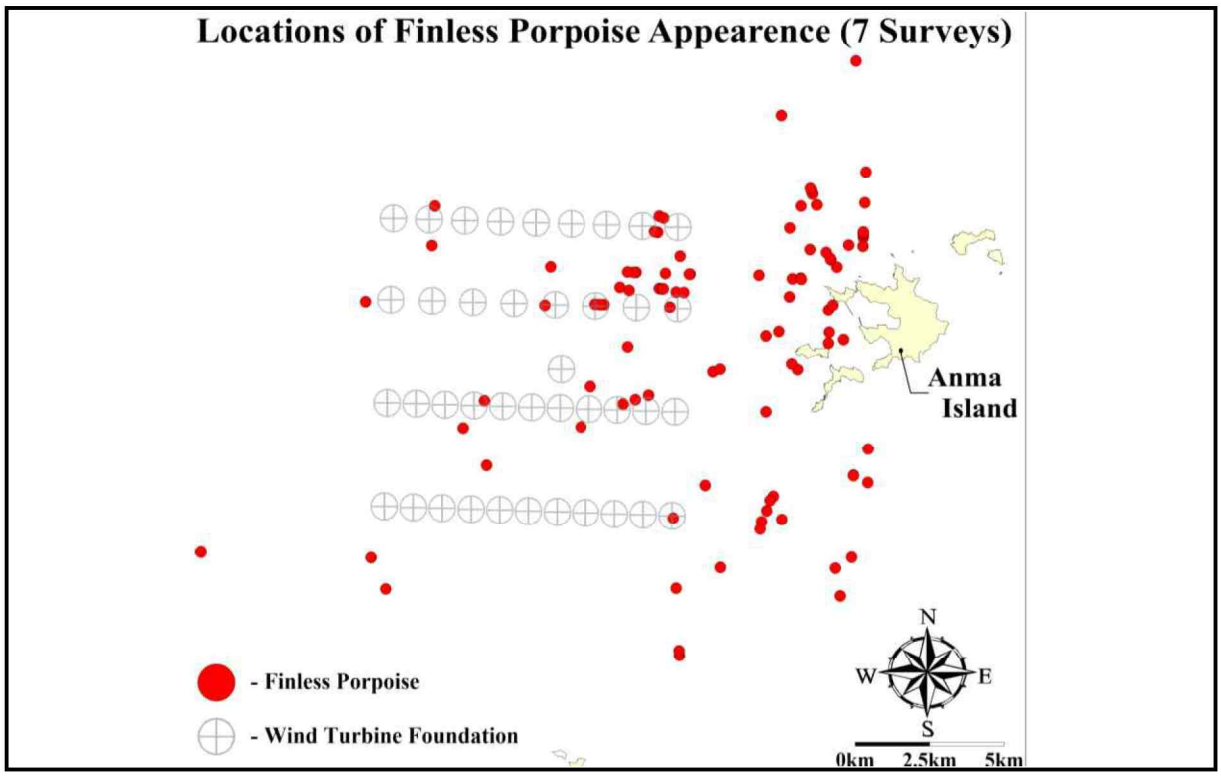
○ CASE3 하계에 가장 큰 음압 준위를 보인 지점은 소음원으로부터 2.1㎞ 이격되어있는 8번 정점이며 노출 소음도는 188.4 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$로 나타났음, 추계 결과 또한 동일 지점에서 가장 큰 음압 준위인 191.0 $dB\ re\ 1\ \mu Pa$을 나타냈음.

○ 소음원인 항타 지점으로부터 TTS의 영향범위 내의 상괭이가 유영한 유일한 경우는 CASE1의 정점 1번으로 나타남. PTS의 영향범위 내에서 상괭이가 관측되지는 않았으나, 출현 가능성을 배제할 수는 없음.

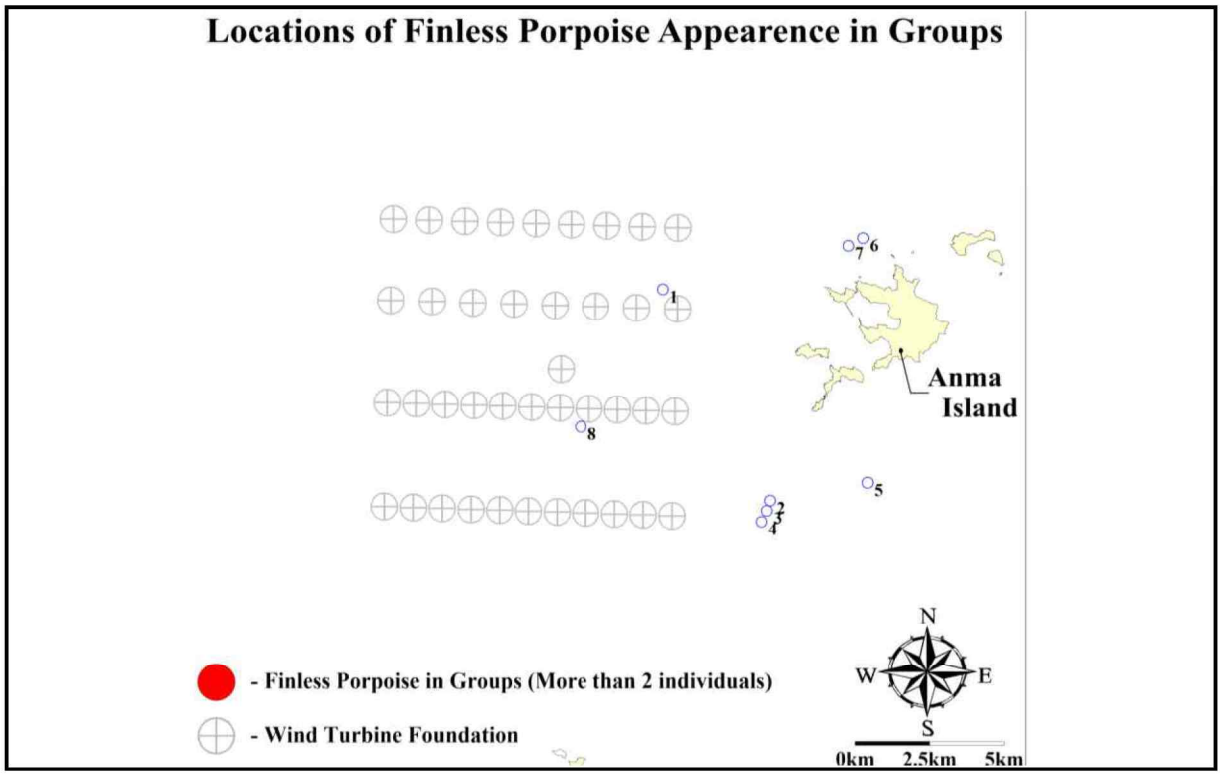
○ 우리나라 서해안에 서식하는 상괭이의 번식기는 5월에서 9월 사이로 알려져 있으며, 5월과 6월이 정점으로 파악되고 있음(Lee et al., 2013).

○ 따라서 이 시기에는 반드시 파일 항타 시공을 피해야 함.

○ 항타 작업 이전에는, 에어건 또는 해양포유류 음향방해장치를 이용하여 반경 2.0km 이내의 상괭이 접근을 제한하고 작업 시에는 Coffer Dam, Big Bubble Curtain 등과 같은 저감 장치를 반드시 동반하여 수중소음 영향 최소화가 필요할 것으로 사료됨.



<그림 3.3.1 - 25> 해양포유류 조사 중 상괭이 발견 위치 97점



<그림 3.3.1 - 26> 상괭이 2 개체수 이상 동시 출현한 상습 군락 출현 정점 8점

<표 3.3.1 - 25> 상괭이 관측 지점에서의 음압 준위(CASE1)

소음원 위치		터빈 B08			
		X좌표	222015	Y좌표	3916005
정점명	출현좌표(UTM52N)		소음원에서의 거리(㎞)	항타 충격음의 음압 준위 (unit :$dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	
	X좌표	Y좌표		하계	추계
1	221526	3916678	0.8	198.9	200.3
2	225121	3909525	7.2	165.7	181.8
3	225017	3909177	7.5	164.6	181.3
4	224841	3908808	7.7	163.8	180.9
5	228396	3910126	8.7	157.7	179.0
6	228245	3918411	6.7	171.2	184.1
7	227756	3918145	6.1	173.7	184.5
8	218764	3912023	5.2	179.8	186.7

자료) 상괭이 관측 1~7차 조사 결과 중 개체수 2마리 이상 관측 지점

<표 3.3.1 - 26> 상괭이 관측 지점에서의 음압 준위(CASE2)

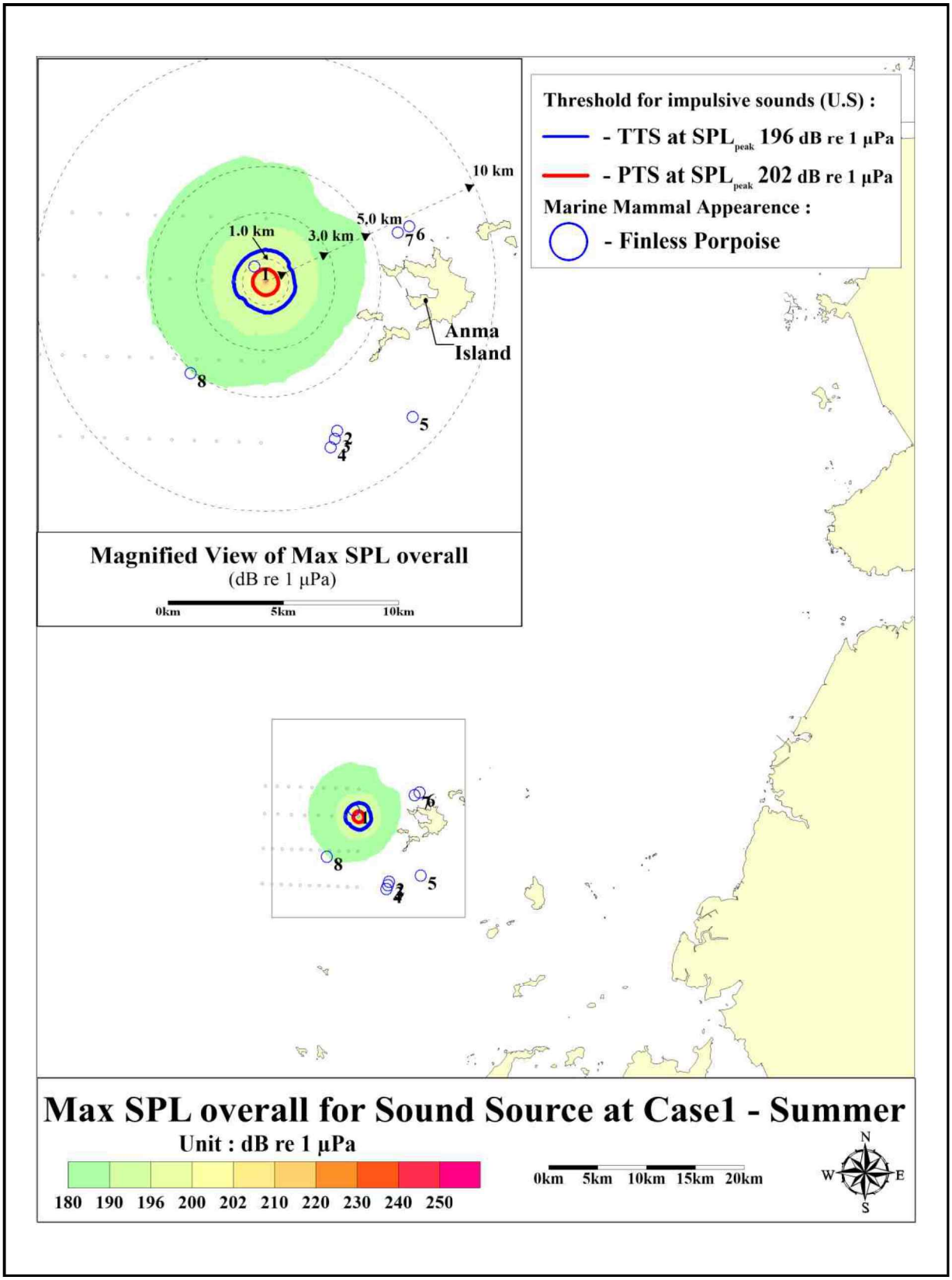
소음원 위치(m)		터빈 D11			
		X좌표	221831	Y좌표	3909010
정점명	출현좌표(UTM52N)		소음원에서의 거리(㎞)	항타 충격음의 음압 준위 (unit :$dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	
	X좌표	Y좌표		하계	추계
1	221526	3916678	7.7	167.0	180.8
2	225121	3909525	3.4	182.8	189.4
3	225017	3909177	3.2	183.0	190.0
4	224841	3908808	3.0	183.6	190.5
5	228396	3910126	6.7	168.2	181.5
6	228245	3918411	11.4	167.1	175.4
7	227756	3918145	10.9	167.8	175.9
8	218764	3912023	4.3	177.0	187.4

자료) 상괭이 관측 1~7차 조사 결과 중 개체수 2마리 이상 관측 지점

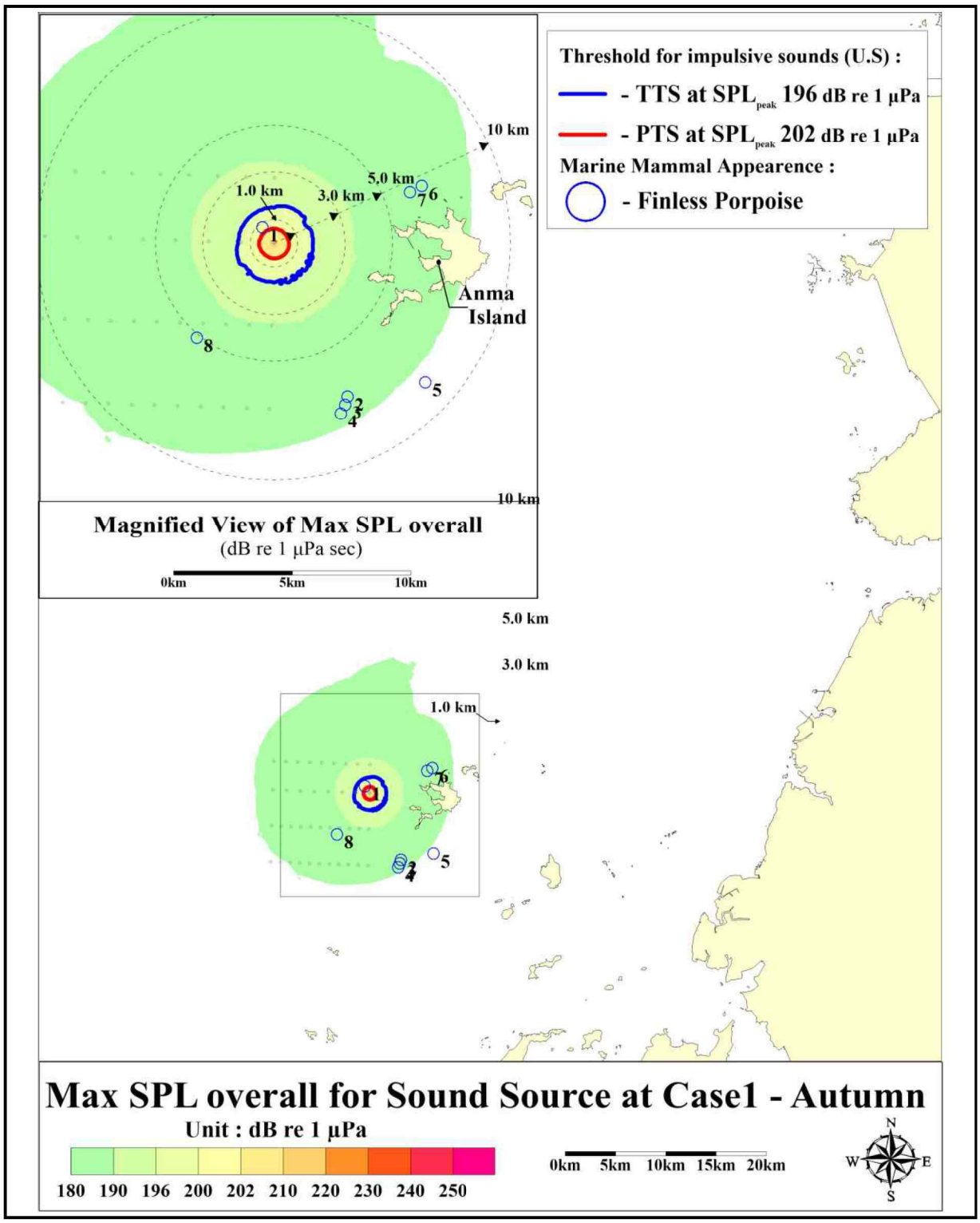
<표 3.3.1 - 27> 상괭이 관측 지점에서의 음압 준위(CASE3)

소음원 위치(m)		변전소 OSS			
		X좌표	218090	Y좌표	3913975
정점명	출현좌표(UTM52N)		소음원에서의 거리(㎞)	항타 충격음의 음압 준위 (unit :$dB\ re\ 1\ \mu Pa$)	
	X좌표	Y좌표		하계	추계
1	221526	3916678	4.4	174.4	181.6
2	225121	3909525	8.3	157.8	170.3
3	225017	3909177	8.4	156.4	170.7
4	224841	3908808	8.5	155.9	170.7
5	228396	3910126	11.0	152.2	165.3
6	228245	3918411	11.1	149.1	169.4
7	227756	3918145	10.5	150.3	170.3
8	218764	3912023	2.1	188.4	191.0

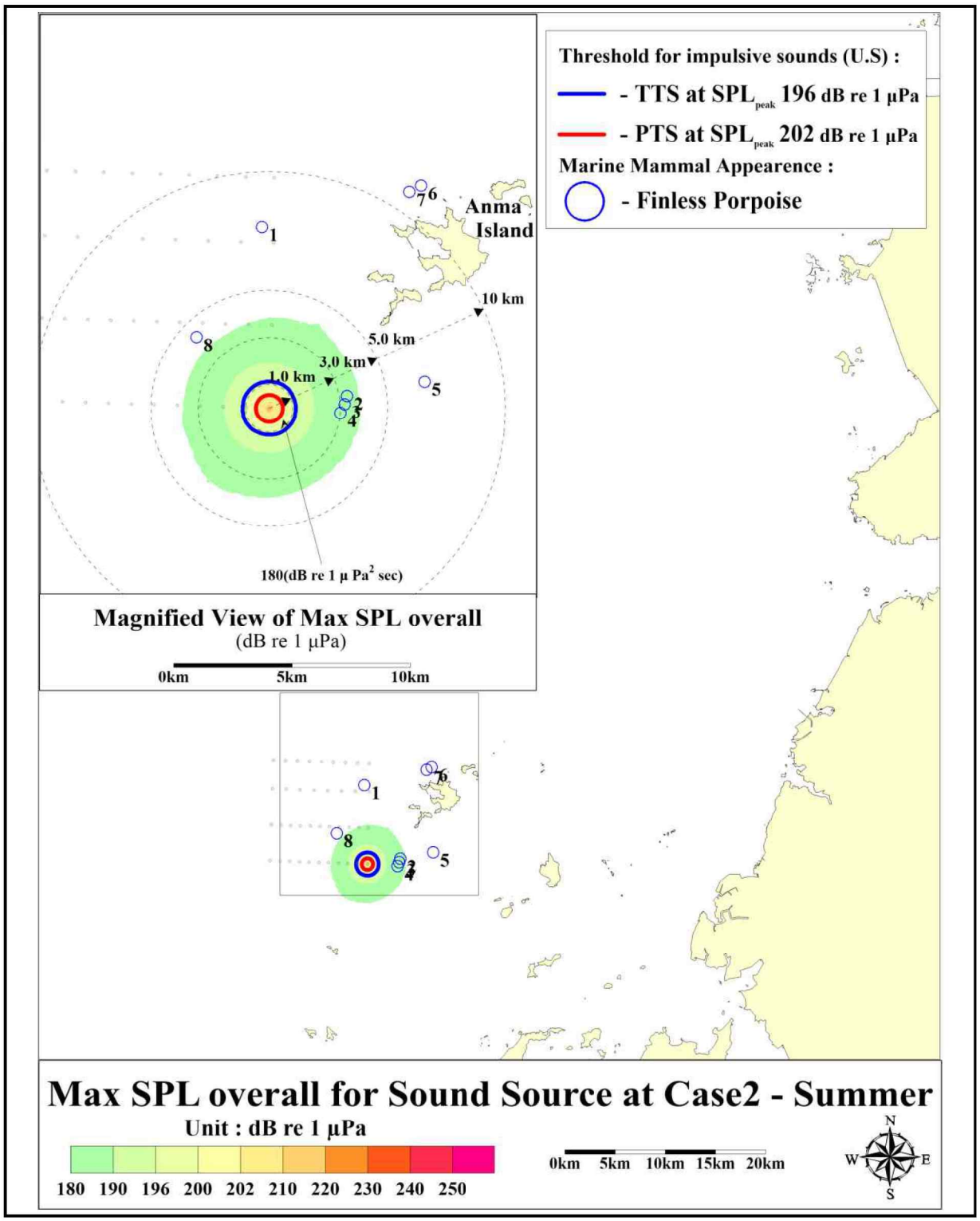
자료) 상괭이 관측 1~7차 조사 결과 중 개체수 2마리 이상 관측 지점



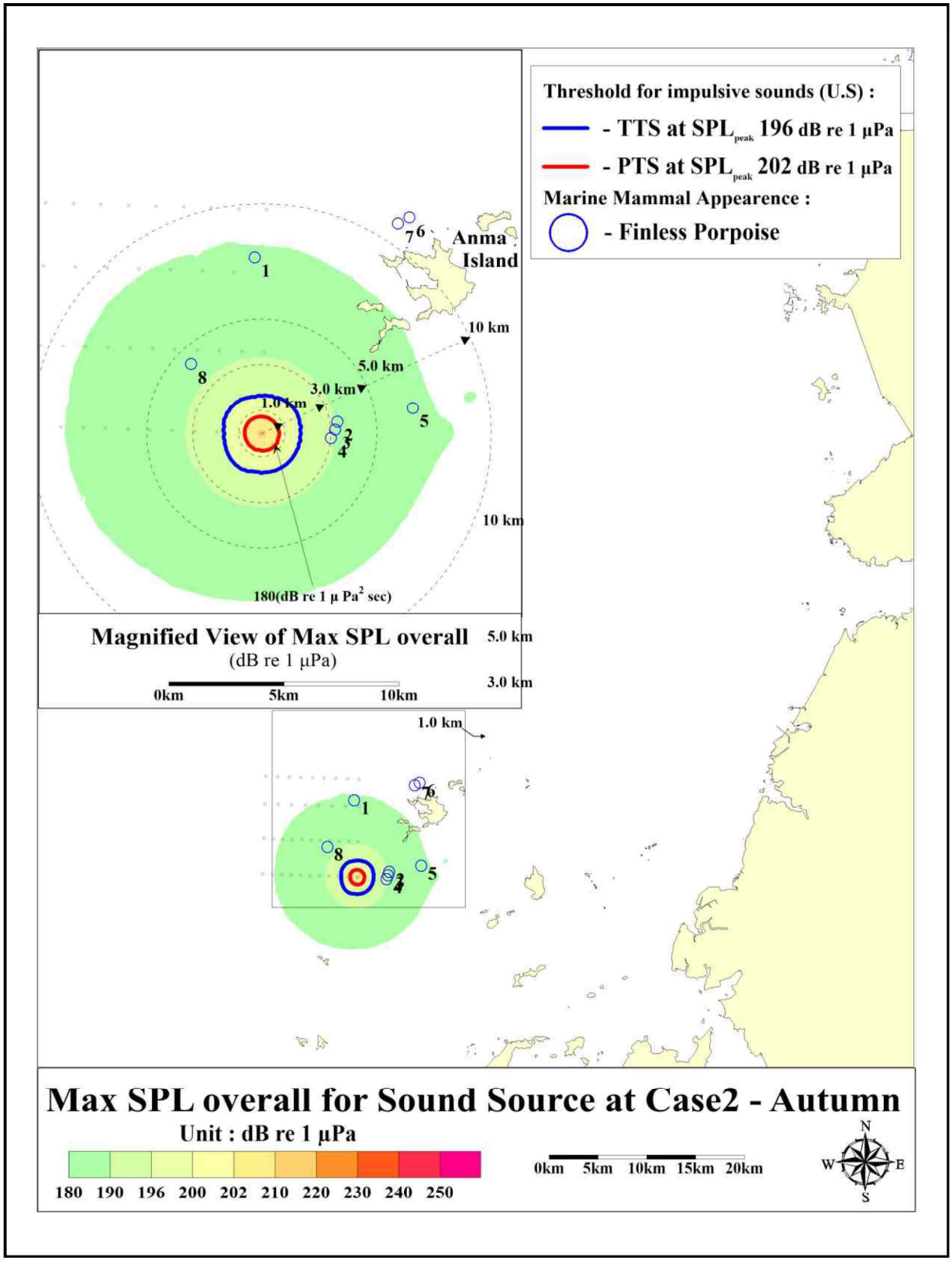
<그림 3.3.1 - 27> 항타로 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE1, 하계)



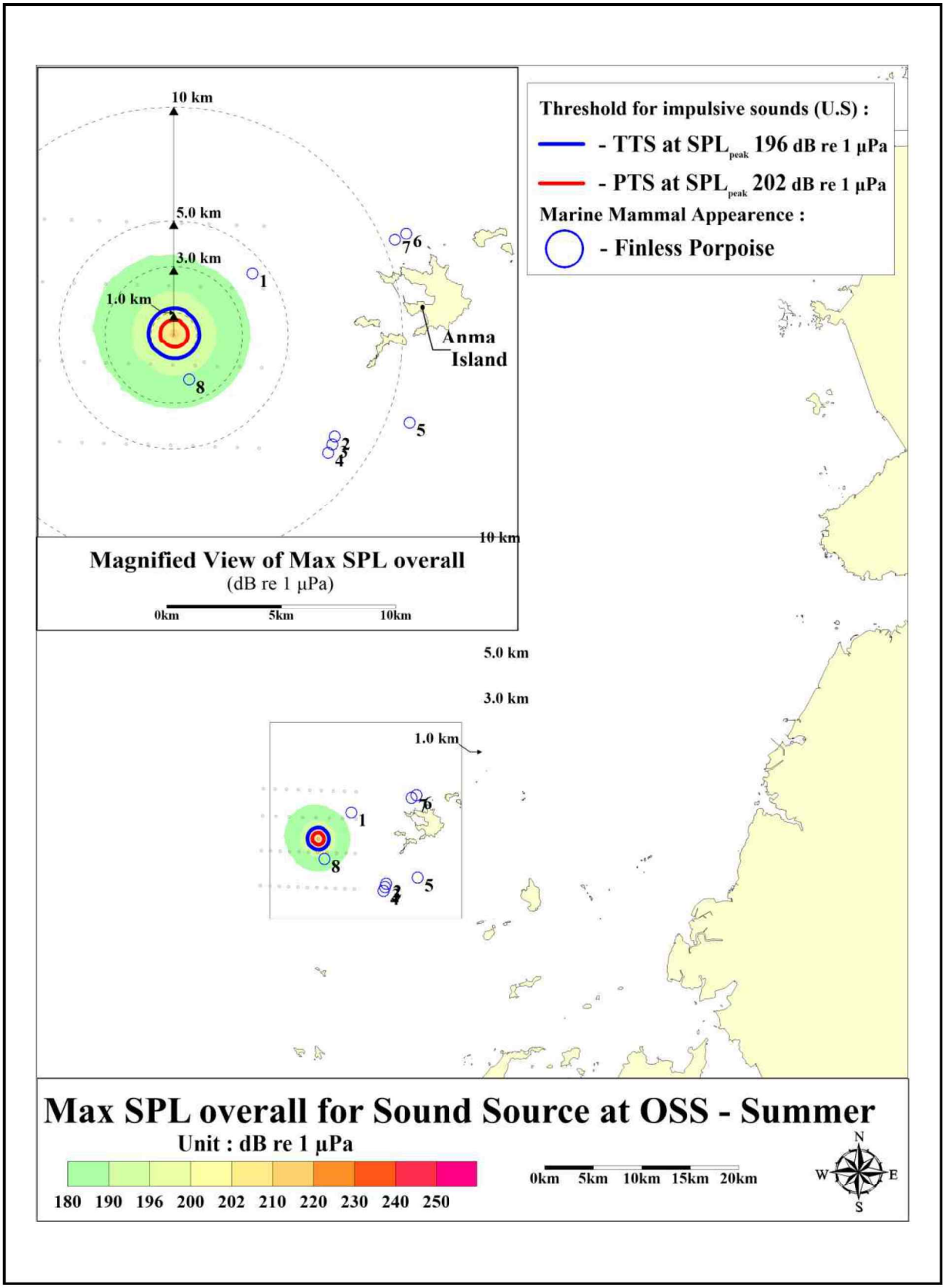
<그림 3.3.1 - 28> 항타 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE1, 추계)



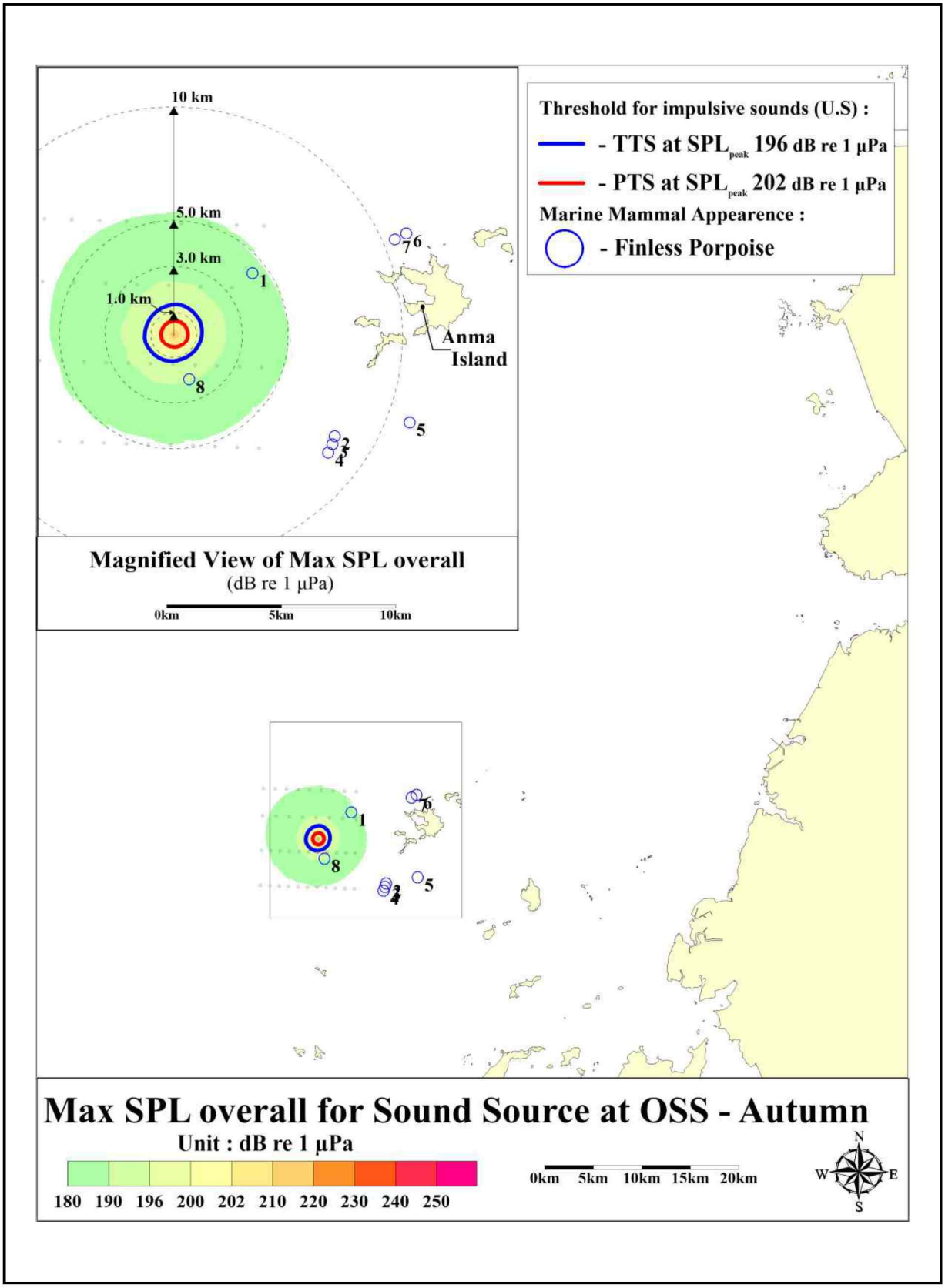
<그림 3.3.1 - 29> 항타 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE2, 하계)



<그림 3.3.1 - 30> 항타 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE2, 추계)



<그림 3.3.1 - 31> 항타 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE3, 하계)



<그림 3.3.1 - 32> 항타 충격소음의 영향 확산 범위 (CASE3, 추계)

2) 운영시

① 해상풍력발전기 가동 시 수중소음

○ “조력 및 해상풍력 사업 환경평가 방안에 관한 연구 : II. 해상풍력발전사업, 2012, 한국환경정책・평가연구원”, “해상풍력발전기 수중소음 평가방안에 관한 고찰, 2014, 한국환경정책・평가연구원”에 따르면, 해상풍력발전이 운영되는 경우 풍력발전기의 로터 블레이드의 회전, 기어박스 등의 원인으로 인해 타워 부분의 진동을 발생시키고, 이러한 진동이 수중으로 전달되어 수중소음을 발생시킴.

○ 수중소음의 전달방식은 공중전달, 수중전달 및 지중전달의 형태로 이루어지며, 음압의 세기는 풍속 풍력기 출력 등에 기인함.

○ 블레이드 회전소음은 수면에서 반사되어 수중에서는 거의 영향이 없는 것으로 보고되고 있으며(Dong Eergy, 2006), 수중음 대부분은 발전기, 기어박스, 변압기의 냉각장치 등 기계설비에서 기인한 소음으로 타워 진동을 통하여 수중으로 전달됨 (Nedwell and Howell, 2004).

○ 가장 낮은 주파수 영역은 3Hz에서 63Hz이고 이러한 주파수 영역보다 더 낮거나 약 1㎑이상의 주파수에서도 수중소음을 방출하나, 이러한 소음 레벨은 일반적으로 주위의 배경소음보다 낮은 값이므로 2㎐ 내지 1㎑의 주파수 영역이 해상풍력발전기로부터의 방사되는 소음평가의 중요한 영역이 됨.

㉮ 환경목표 기준의 설정

㉠ 피해 인정 기준

○ 공개된 문헌에서는 해상풍력 운영 중 발생 수중소음으로 인한 피해 사례 또는 인정 기준은 없으나, 국외에서는 특정 보호 해양생물에 대한 환경목표기준 또는 임계치가 제시된 바가 있음.

○ 해상풍력단지 운영 시 발생 소음은 연속음으로 취급되며 위에서 명시된 항타시 기준 중 Non-impulsive 항목의 임계치를 참조하여 적용함.

㉯ 국내·외 문헌 자료 조사

㉠ 국내 문헌자료

○ 해양수산부에서 22년에 발표한 “해상풍력 해역이용영향평가 평가서 작성 가이드라인“ 중 소음·진동 분야에서는 수중소음에 대한 영양 예측을 공사 시 뿐만 아니라 운영 시 에도 예측 수행할 것을 고시하고 있으며, 이때 평가단위는 발생원 종류와 특성을 고려한 평균 읍압임.

○ 피해영향범위 산출 시 수중소음 모델 또는 수중소음 영향 예측식을 사용할 경우 어류에 영향을 미치는 주파수 대역 (100~500Hz)를 포함 시켜야 하며, 수중 배경소음 기준치에 20 dB을 초과하는 음압레벨(SPL) 또는 140 dB를 초과하는 음압레벨의 영향 범위 예측이 필요함.

○ 환경부에서 2021년에 발표한 ”해상풍력발전 환경조사 평가 매뉴얼“에 따르면 운영 시 영향 예측을 전파보정계수 F 와 발생원의 종류 및 특성을 고려한 음압레벨 SPL 을 적용한 감쇄식을 이용한 영향 예측법을 제시하고 있음.

$$SPL = SL - F \bullet \log(D_1/D_2)$$

㉡ 국외 문헌자료

○ 수중소음 관련 해외 기준들은 독일 연방해양수로국인 BSH (Bundesamt fur Seeschifffahrt und Hydrographie), 덴마크의 해양포유류 특별 조사 위원회 MMWG (Marine Mammal Working Group) 그리고 미국 수산청 NMFS (National Marine Fisheries Service)에서 설립된 기준들이 대표적임.

<표 3.3.1 - 28> 각 국가별 수중소음 피해기준 산정 방법

Item	BSH (독일)	MMWG (덴마크)	NMFS (미국)
기준 설립연도	2011	2015	2018
음향전파 예측법	다양한 식 허용	다양한 식 허용	다양한 식 허용
생물의 이동	고려되지 않음	고려함	-
기준 대상 및 방식	모든 종에 대한 청각 장애/부상에 대한 1가지의 기준치	연안 서식 돌고래류와 물개류	다양한 청각대의 생물들의 일시적/영구적 최대 및 누적 임계치
누적 소음	고려하지 않음	고려됨	고려됨, 24시간 누적
청각가중식	사용하지 않음	사용하지 않음	청각대별로 구별하여 사용

○ 금회 운영 시 소음 영향 예측을 보다 정량적으로 평가하기 위하여 금회 소음 영향 피해 산정에는 NMFS에서 반영한 24시간 누적을 반영하여 평가함.

② 수중소음 실험

㉮ 수중소음 실험개요

○ 해상풍력 운용 시 주변 해역의 수중소음 영향을 평가하기 위해서 수중소음 확산 수치모형실험을 사용하여 소음 발생원으로부터의 영향 범위를 검토하였음.

○ 소음확산실험은 안마해상풍력 단지가 모두 완공된 경우를 대상으로 수행하였으며, 해저 지형 및 해양환경 조건에 따른 소음확산 변화를 반영하기 위해 계절적 해양 물리조사 자료를 바탕으로 4계절에 대한 영향 해석을 수행하였음

○ 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 소음 준위를 산정하였음.

<표 3.3.1 - 29> 모형의 개요

<table>
<tr><th>항목</th><th colspan="4">내용</th></tr>
<tr><td>실험목적</td><td colspan="4">• 사업시행에 따른 수중소음 영향검토</td></tr>
<tr><td>적용모형</td><td colspan="4">• MIKE-UAS(DHI)</td></tr>
<tr><td>모형범위</td><td colspan="4">• 수중소음 발생 구역으로부터 360도 반경
• 항타 지점으로부터 16방위에 대해 15km 영역</td></tr>
<tr><td>격자간격</td><td colspan="4">• x방향 : 100 m, z방향 : 1 m</td></tr>
<tr><td>수심자료</td><td colspan="4">• 국립해양조사원 최신 수치해도</td></tr>
<tr><td>해양자료</td><td colspan="4">• 안마도 해상풍력단지 수온, 염분 관측자료의 평균 수직분포
• 해상풍력단지 지층탐사 자료</td></tr>
<tr><td>실험조건</td><td colspan="4">• 해상풍력 운용 중 영향검토</td></tr>
<tr><td rowspan="3">실험안</td><td>춘계</td><td>하계</td><td>추계</td><td>동계</td></tr>
<tr><td colspan="4">39개 해상풍력 터빈 정점</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 안마 해상풍력 풍력단지 39개 터빈 운용 중 최대풍속 발생 시 소음 영향 검토</td></tr>
</table>

㈏ 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 있음.

○ 항타 시 발생하는 충격음과 달리, 운영 시 발생 소음은 저주파 특성을 가지며 그 강도는 선박에 의해 발생하는 소음보다 약함 (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 있음.

$$P_{rms} = 10\log_{10}\left(\frac{1}{T}\int p^2(t)dt/p_0^2\right)$$

○ 연속음의 노출 소음도 SEL를 측정 시간 간격 또는 특정 행위가 포함된 시간 누적량으로 아래와 같이 평가함.

$$SEL = 10\log_{10}\left(\frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)dt/p_0^2\right)$$

○ 연속음의 최대 소음 빌생 시점은 단지 내의 모든 빌전기가 가동할 경우일 것이며 이를 고려하기 위해서 SEL_{cum}에 발전기의 개수를 반영하여 해상풍력단지 전체에 대한 누적 노출 소음량 아래의 식으로 산정함.

$$SEL_{cum} = 10\log_{10}\left(\sum_{i=1}^{N} 10^{\frac{SEL_i}{10}}\right)$$

○ 국내의 수중소음 환경영향평가에서 해양 생태계의 노출 소음 준위에 대한 기준이 제시되지 않으며, 국외의 연속음 영향 평가에 다수 적용되고 있는 24시간 누적 노출 소음도($SEL_{cum,24HR}$)를 아래와 같은 식으로 적용 하였음.

$$SEL_{cum,24HR} = SPL_s + 10\log\tau$$

㈐ 수중소음 모형 설명

㉠ 수중소음 모형 개요

○ 덴마크의 DHI 사에서 개발된 MIKE UAS 2차원 수중음향 모델을 사용하였으며, 모형에 대한 개요는 위의 공사 중 소음확산 실험과 동일함.

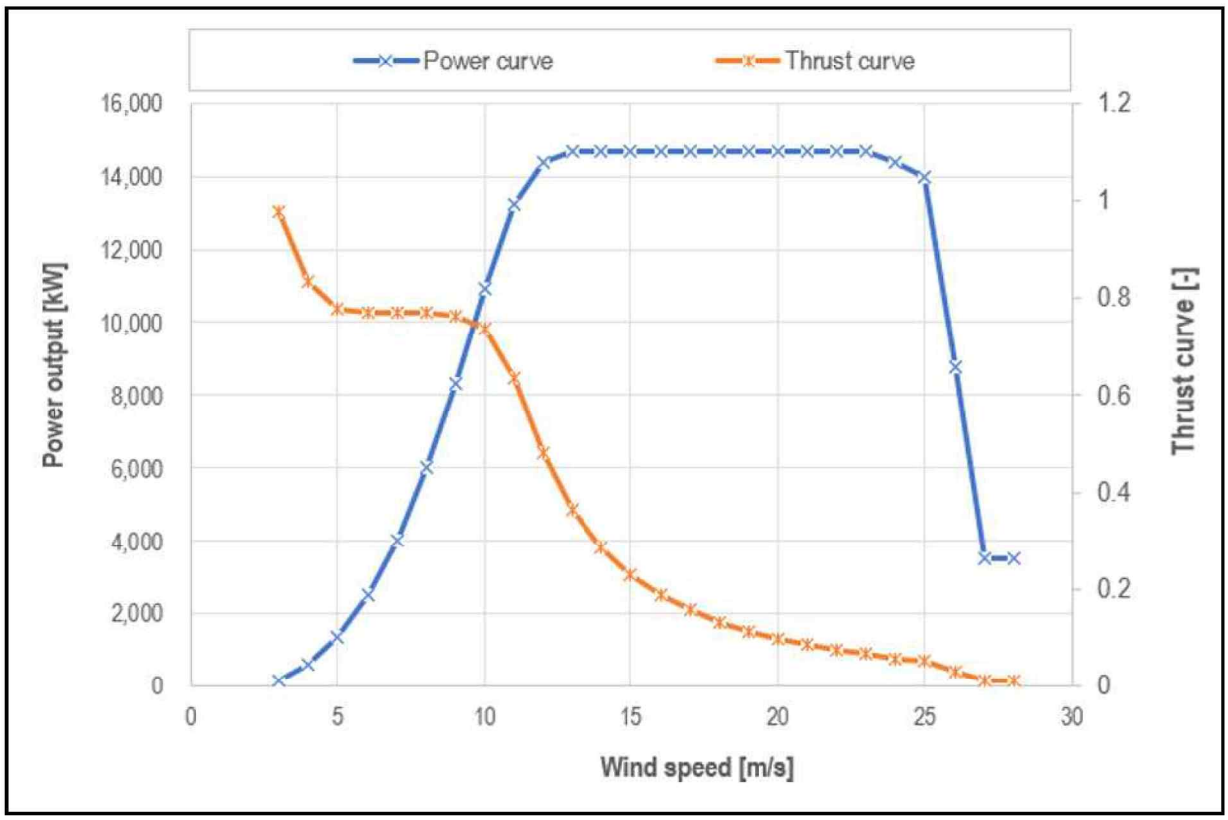
㉡ 발전기/블레이드 설계제원 입력

○ 안마 해상풍력의 풍력 발전단지는 총 39호기로 배치가 계획되어 있으며 각 개별 호기별 단위 설비용량은 14 MW 임.

○ 풍력 발전기의 Power / Thrust 곡선을 보면 16 m/s ~ 25 m/s 의 풍속에서 가장 14 MW 이상의 높은 추진력을 가지며, 이 풍속 범위에서 운용시 최대 발생 소음이 나타날 것으로 판단됨.

<표 3.3.1 - 30> 풍력발전단지 배치계획(안)

구 분		호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
풍력 발전 단지	1구역	17	14.0	238.0	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22	14.0	308.0	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39	-	546.0	1,584.3	



<그림 3.3.1 - 33> 풍력발전기 Power / Thrust 곡선 (SG DD-236 14 MW)

<표 3.3.1 - 31> 안마 해상풍력 발전단지 Power / Thrust curve (SG DD-236 14 MW)

Wind speed [m/s]	Power [kW]	Thrust [-]	Wind speed [m/s]	Power [kW]	Thrust [-]
3	146	0.976	16	14,700	0.189
4	627	0.833	17	14,700	0.158
5	1,383	0.779	18	14,700	0.134
6	2,494	0.769	19	14,700	0.114
7	4,038	0.769	20	14,700	0.099
8	6,034	0.77	21	14,700	0.086
9	8,320	0.764	22	14,700	0.076
10	10,938	0.735	23	14,680	0.068
11	13,249	0.637	24	14,370	0.059
12	14,355	0.481	25	14,000	0.053
13	14,659	0.365	26	8,750	0.032
14	14,700	0.286	27	3,500	0.013
15	14,700	0.23	28	3,500	0.013

<표 3.3.1 - 32> 풍력발전기별 좌표

No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss	No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss
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′2.7″ 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′17.4″ E	35°17′8.46″ N
15. B06	125°54′38.7″ 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′55.2″ N	36. D08	125°54′34.17″ E	35°17′8.4″ 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′5.1″ E	35°19′2.58″ N	38. D10	125°55′50.9″ 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			

㉣ 수중소음 실험안 선정

○ 해상풍력 단지의 발전 운용 중 주변 해역의 수중소음에 대한 환경적 영향을 평가하기 위해 전체 구조물 설치 구역 개별 39기에 대하여 수중소음 확산실험을 수행하였음.

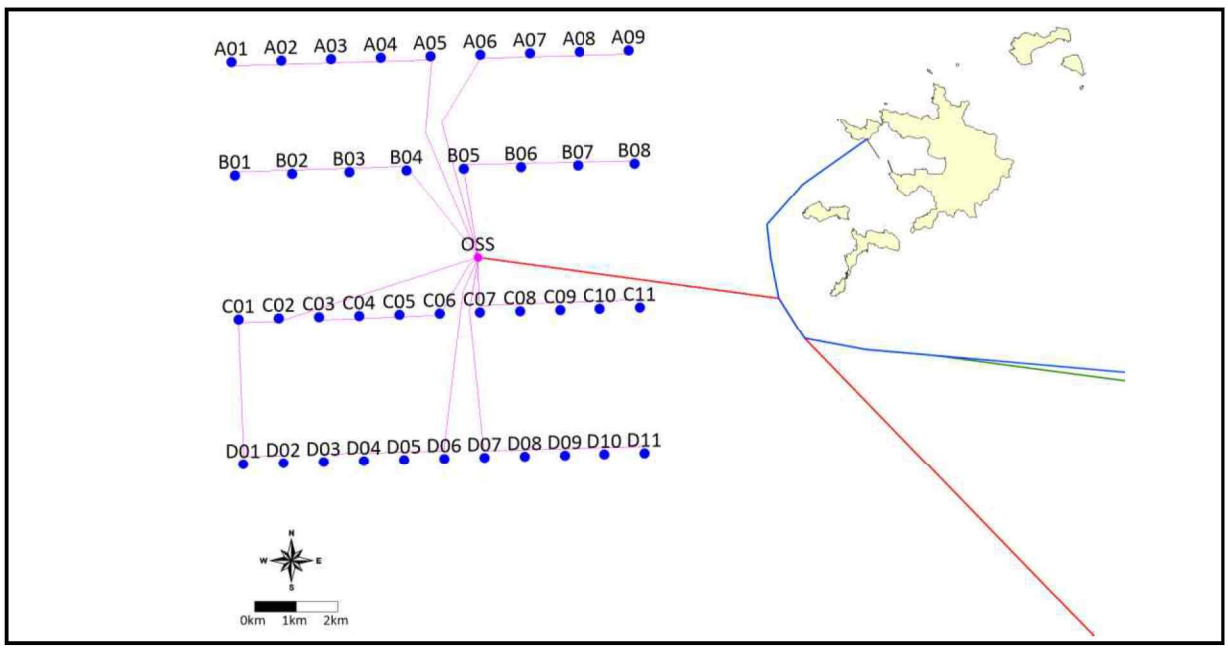
○ 해상풍력 운용 중 계절적인 영향을 반영하기 위하여 4계절에 대한 실험을 수행하였음.

㉤ 영역의 설정 및 격자생성

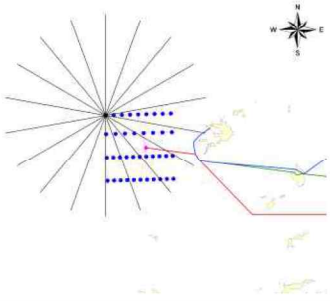
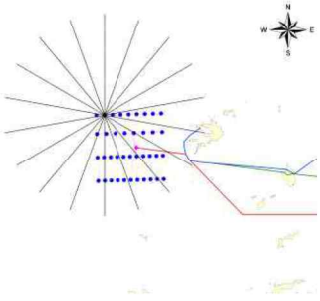
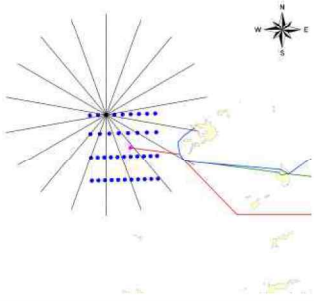
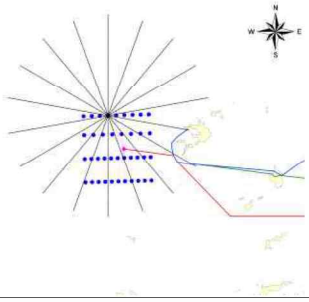
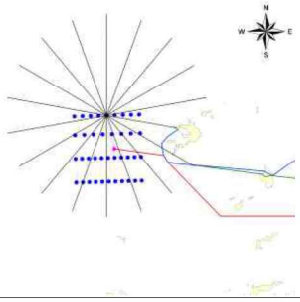
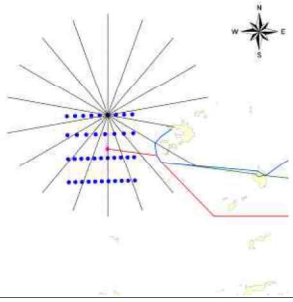
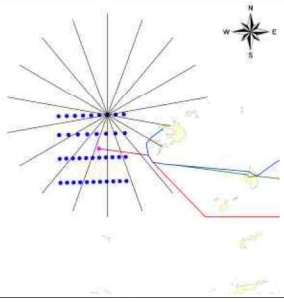
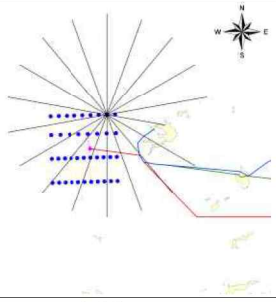
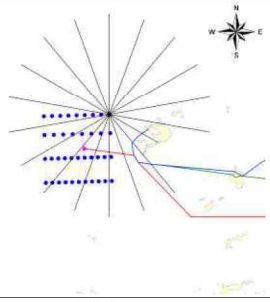
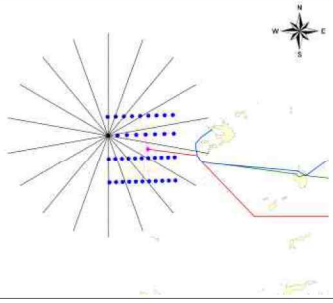
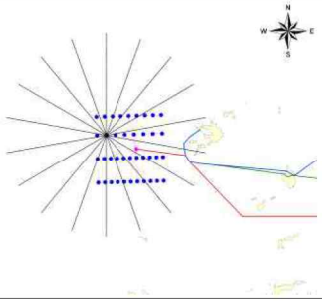
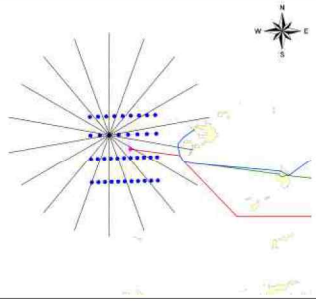
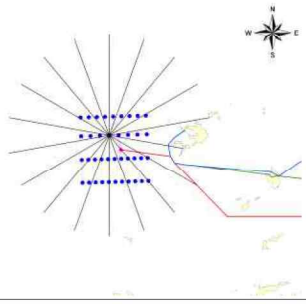
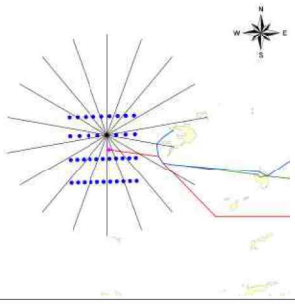
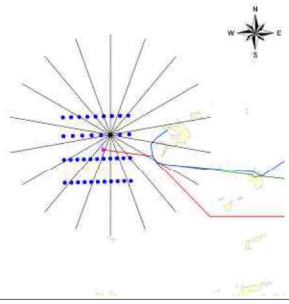
○ 모형의 영역은 사업 시행에 따른 수중소음 영향이 있을 것으로 판단되는 지역까지 구성하였으며 사업지구의 소음 발생 위치를 기준으로 360° 공간을 주변 지형 및 수심이 충분히 고려될 수 있게 분할하여 수행하였음.

○ 단면 소음실험에 대한 격자의 구성은 수평 방향으로 100m 간격, 연직방향으로 2m 간격이며, 20도 간격의 18방향의 단면에 대한 격자는 해안선과 수심분포에 따라 다르며, 수평 방향으로 최대 15.0 ㎞의 영역을 포함하게 구성하였음.

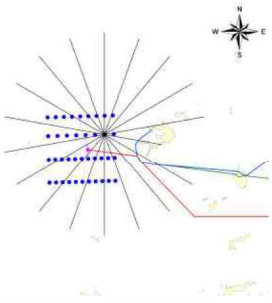
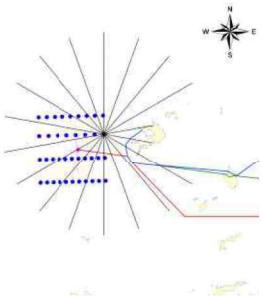
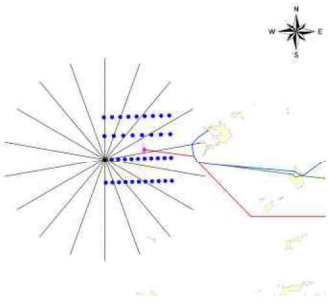
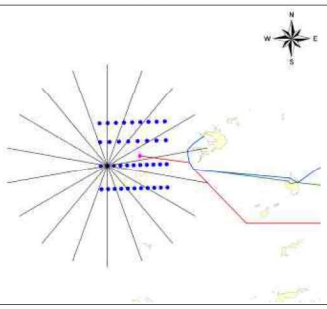
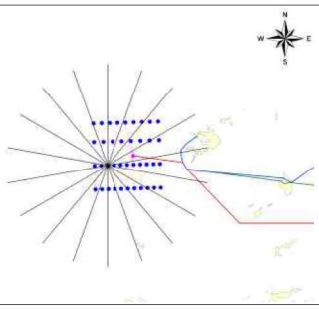
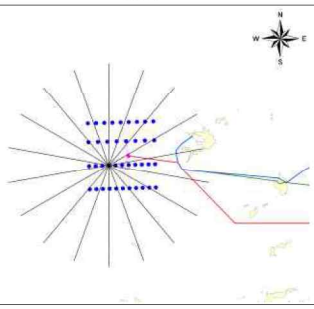
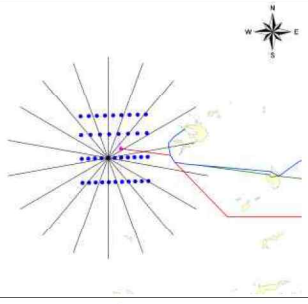
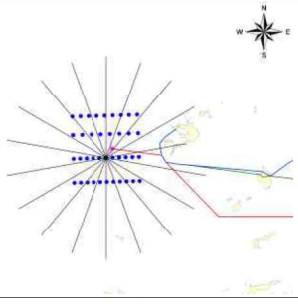
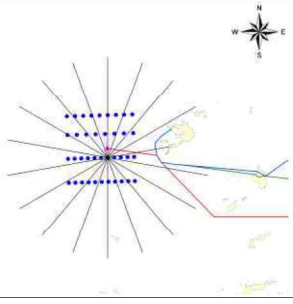
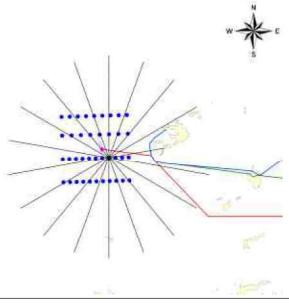
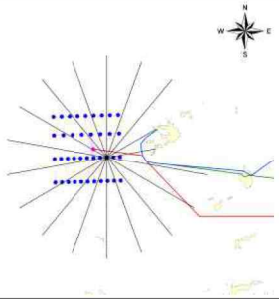
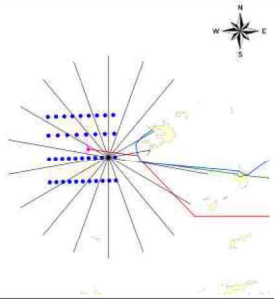
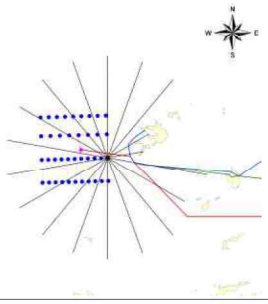
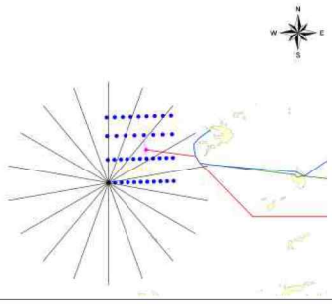
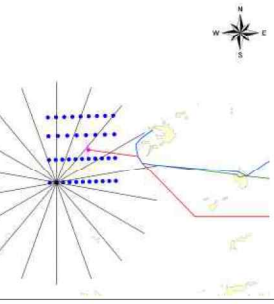
○ 수심 입력자료는 국립해양조사원의 수치해도를 바탕으로 작성하였고, 2차원 평면에 대한 소음확산 실험 결과를 바탕으로 24시간 최대 노출 소음도를 계절별로 제시함



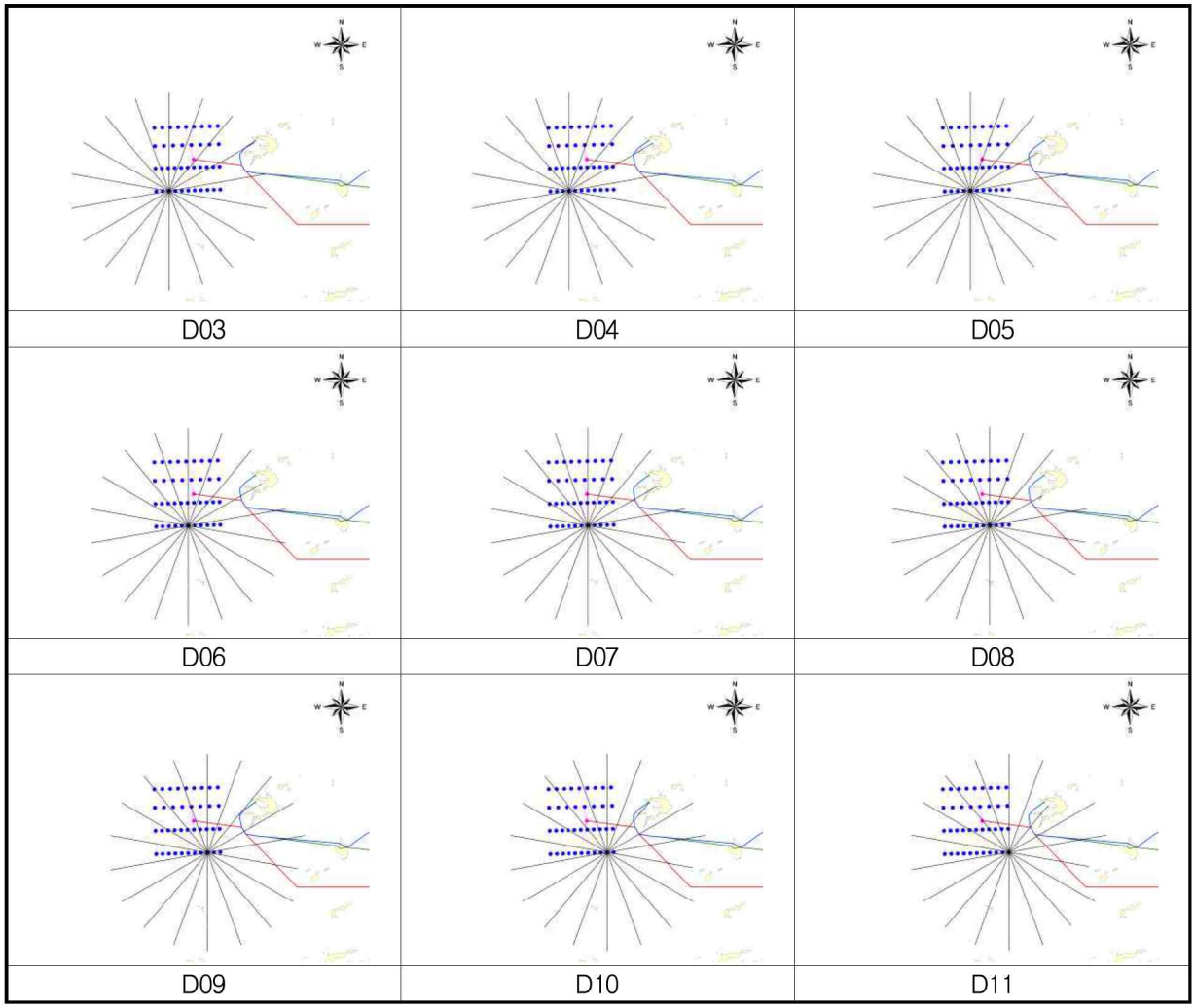
<그림 3.3.1 - 34> 터빈 위치 및 운용 시 소음확산 실험정점

		
A01	A02	A03
		
A04	A05	A06
		
A07	A08	A09
		
B01	B02	B03
		
B04	B05	B06

<그림 3.3.1 - 35> 운용 중 수중소음 실험 단면(1/3)

		
B07	B08	C01
		
C02	C03	C04
		
C05	C06	C07
		
C08	C09	C10
		
C11	D01	D02

<그림 3.3.1 - 36> 운용 중 수중소음 실험 단면(2/3)



<그림 3.3.1 - 37> 운용 중 수중소음 실험 단면(3/3)

㉱ 해황 입력

○ 운용 중 수중소음 확산 실험에 적용한 조위는 공사 중과 동일한 안마도 기본 수준점 성과(국립해양조사원)의 평균해면 D.L. (+) 297.9㎝를 수치해도의 수심에 보정하여 사용하였음.

○ 대상 해역의 해황의 계절적인 변화에 의한 운용 중 소음확산 예측의 변화를 확인하기 위하여, 사업지구 인근에서 관측된 자료 중 수온, 염분, pH 및 음속의 연직 분포를 모형에 적용하여 실험은 수행하였음.

○ CTD 의 음속자료를 계측하지 못한 춘계와 동계의 경우 계측된 수온, 염분, 수심을 이용하여 아래의 Coppens(1981) 산정식으로 음속을 추정 사용하였음.

$$c(D,S,t) = c(0,S,t) + (16.23 + 0.253t)D + (0.213 - 0.1t)D^2 + \{0.016 + 0.0002(S-35)\}(S-35)tD$$

$$c(0,S,t) = 1449.05 + 45.7t - 5.21t^2 + 0.23t^3 + (1.333 - 0.126t + 0.009t^2)(S-35)$$

○ 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

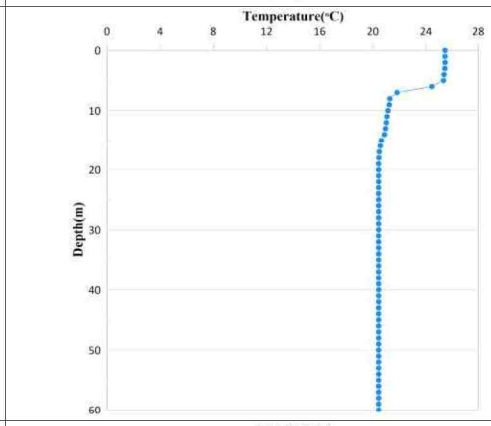
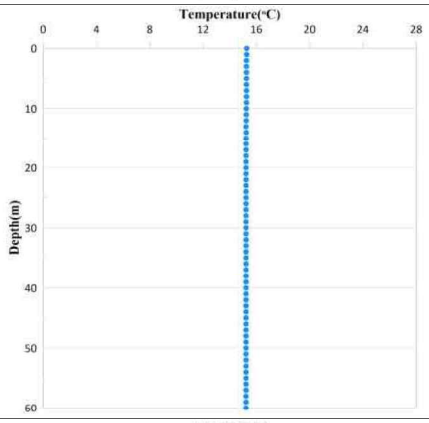
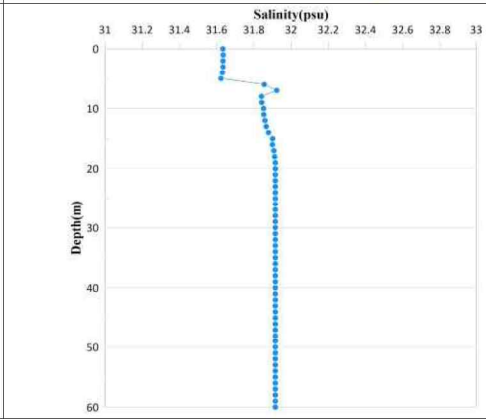
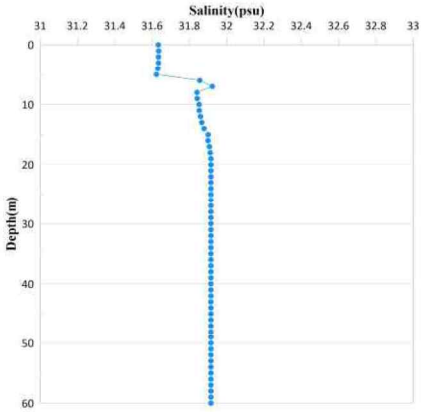
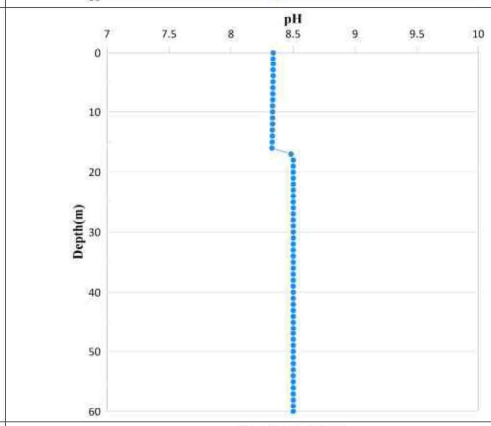
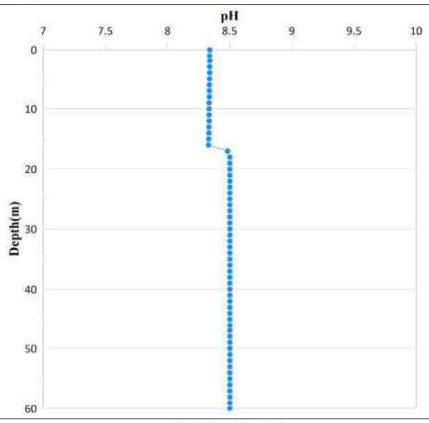
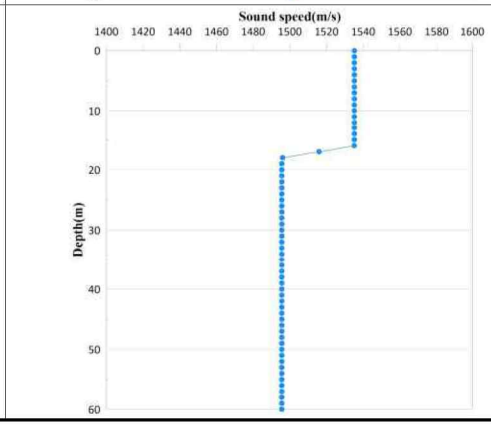
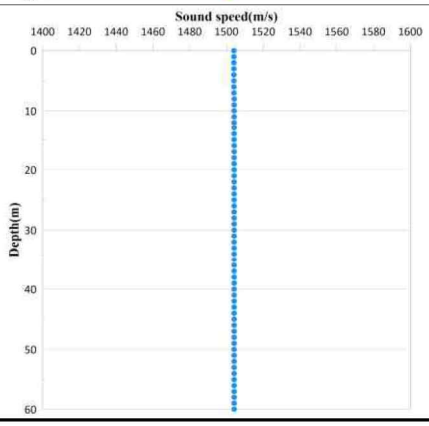
○ 춘계의 조사는 2020년 4월 14일에서 4월 15일에 걸쳐 수행되었고, 하계의 조사는 21년 8월 19일에 수행되었고, 추계의 조사는 20년 11월 17일 에 수행되었으며, 동계 조사는 2020년 1월 15일에서 1월 16일, 2021년 12월 22일에 수행된 자료를 평균하여 적용하였음.

<표 3.3.1 - 33> 수중소음 모형에 적용된 해양 관측자료(하계, 추계)

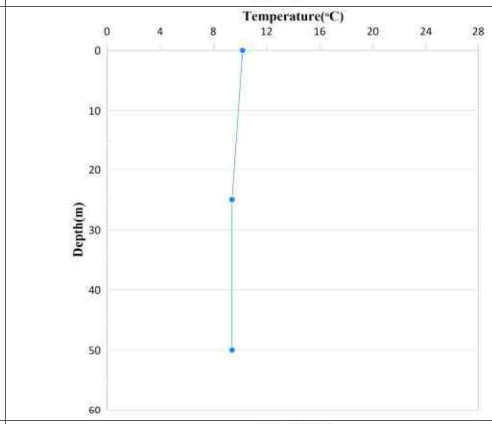
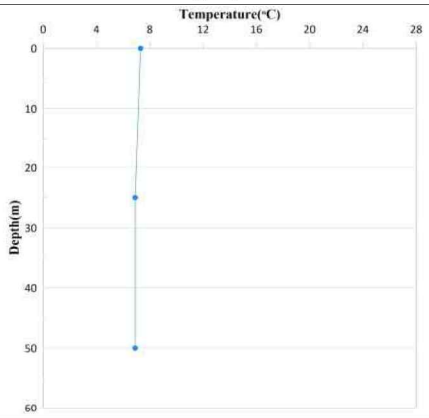
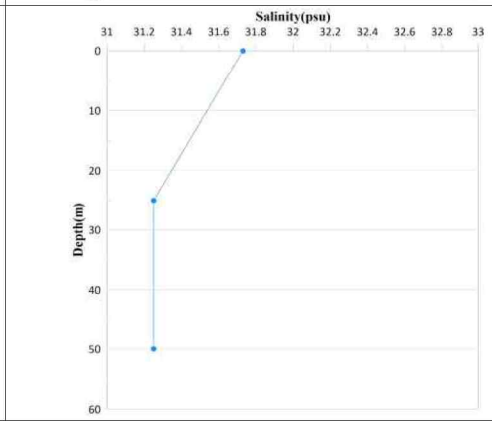
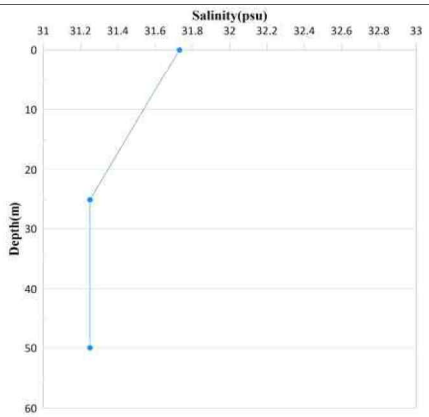
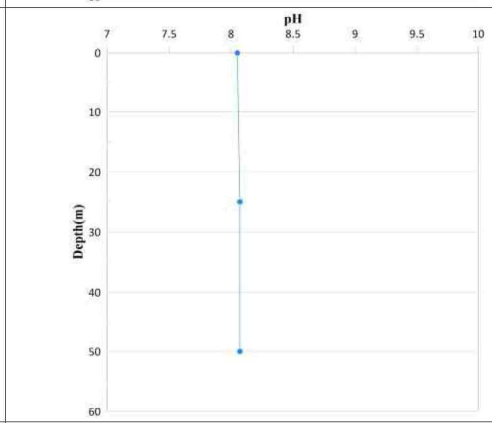
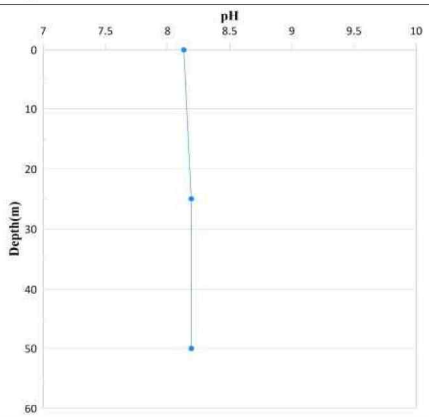
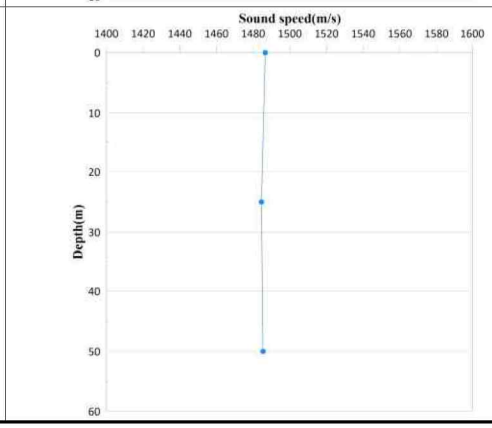
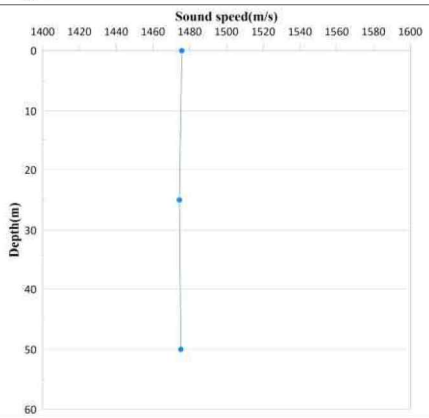
구분	하계			추계		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수온(°C)	20.4	25.4	20.76	15.2	15.3	15.2
염분(psu)	31.6	31.9	31.8	32.0	32.0	32.0
pH	8.3	8.5	8.4	8.1	8.1	8.1
Sound Speed(m/s)	1495	1535	1501	1504	1504	1504

<표 3.3.1 - 34> 수중소음 모형에 적용된 해양 관측자료(춘계, 동계)

구분	춘계			동계		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
수온(°C)	9.4	10.2	9.7	6.9	7.3	7.0
염분(psu)	31.7	31.8	31.8	31.3	31.7	31.4
pH	8.1	8.1	8.1	8.1	8.2	8.2
Sound Speed(m/s)	1484	1487	1485	1474	1476	1475

	하계	추계
수온		
염분		
pH		
Sound Speed		

<그림 3.3.1 - 38> 수중소음 모형에 적용된 수온의 연직 분포도(1/2)

	춘계	동계
수온		
염분		
PH		
Sound Speed		

<그림 3.3.1 - 39> 수중소음 모형에 적용된 수온의 연직 분포도(2/2)

ⓗ 수중소음 모형의 소음입력 제원

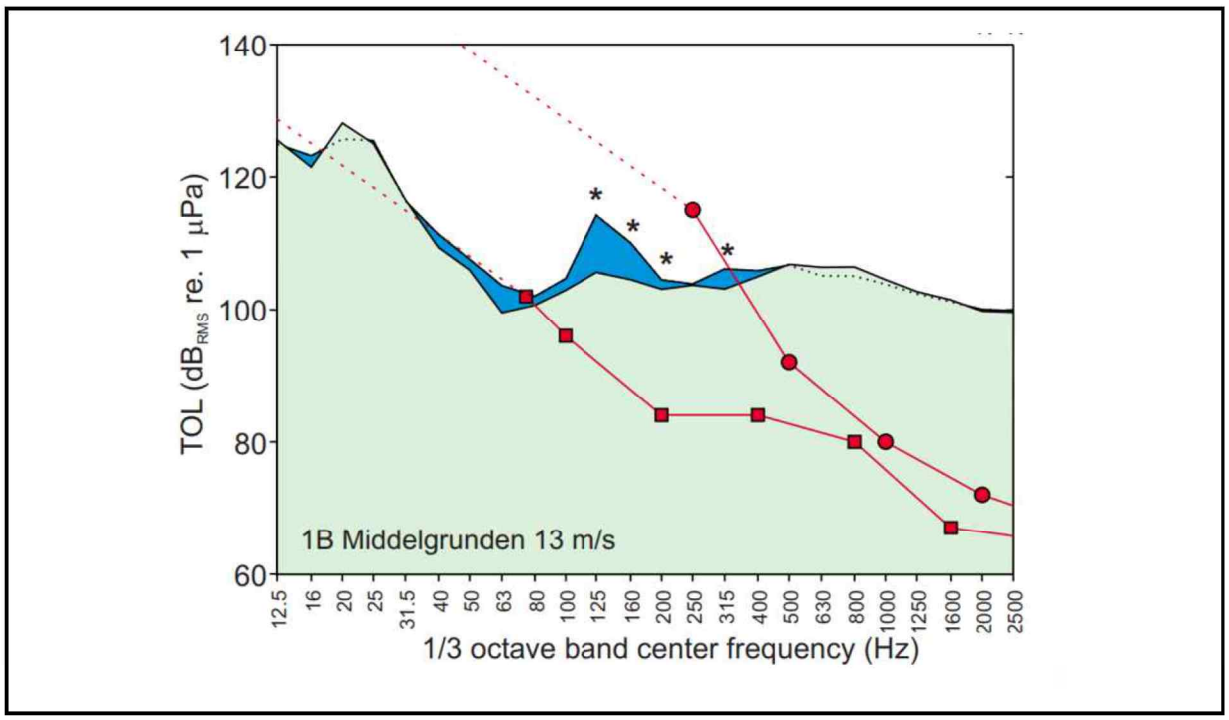
- 운용 시 항타 소음으로 인한 영향검토 모형실험은 파일 제원에 맞는 소음 스펙트럼을 소음원으로 사용됨. 국내에서는 아직 실제 관측 항타 소음 스펙트럼 자료가 공개적이지 않으며 해외사례에서도 6 MW 급 이하의 풍력 터빈에 대한 관측 자료만 확인됨.
- 전 세계적으로 해상풍력 단지의 규모와 풍력 터빈의 규모가 커지고 있는 실정이며, 금회 안마해상풍력 단지에 설치 예정인 14 MW 급 풍력 터빈의 수중소음 관측 자료가 전무한 상황임.
- 금회 운용 시 소음확산영향 해석을 위해 해상풍력 터빈의 규모별 가동시 계측된 관측된 기존 문헌 기준 소음도(Tougard et al. 2009) 바탕으로 14 MW 급 풍력 터빈에 대한 소음 입력원을 추정하여 입력자료로 사용하였음.
- 기존 문헌의 기준소음 스펙트럼은 2 MW 급의 풍력 터빈 가동시에 계측된 자료이며, 안마해상풍력에 설치 예정인 14 MW 급 풍력 터빈 가동에 대한 소음원 추정을 위해 해외 문헌자료로 부터 추정하여 사용하였음.
- Madsen et al (2006)는 해상풍력 터빈의 운용으로 인해 수중배경 소음에 가중되는 주파수 역대는 1,000 Hz 이하의 저주파 역대인 것으로 나타나며 그 범위 또한 수 킬로미터 이내에서만 계측됨
- 계측자료별 해양환경이 다르고 제한적인 자료로 인해 풍력 터빈의 규모와 소음도의 선형적인 증가가 직접적으로 확인할 수 없는 것으로 제시하고 있음 (Stöber, et al 2021).
- 금회 실험에서는 제한된 자료를 통해 풍력단지 운용 시 소음확산 영향 해석을 위해 풍력 터빈의 규모가 커짐에 따라 선형적인 소음도 증가가 발생한다는 가정으로 실험을 수행하였으며, 기존 문헌 자료를 이용한 아래 표 의 산정식을 적용하여 14 MW 급의 소음도를 외삽 하였으며 그 소음원의 차이만큼 저주파역대 소음 입력값을 증가하여 적용하였음.
- Tougard (2009)에서 나타낸 해상풍력단지 운영 시의 소음 스펙트럼의 영향대역이 20 ~ 2,500 Hz인 점을 반영하여, 스펙트럼 중 2,500 Hz 이상의 대역에

서는 계절별 수중배경소음 조사 자료를 적용하여 소음원으로 모델에 입력하였음.

○ 해저면 경계는 모래질 그리고 암질에 대해 시추 성과를 바탕으로 구성하였으며, 재질에 따른 음파 속도는 MIKE-UAS 모델에서 제시한 자료를 바탕으로 입력하였고, 수온, 염분, pH는 안마도 해상풍력 수중소음 영향평가의 관측 결과를 바탕으로 입력하였음.

○ 모형은 1/3 Octave Band를 사용하여 모의하였으며 주파수는 20~8,000Hz의 범위에서 계산을 수행하였음.

○ 수중소음의 발생원은 해수면에서 12.5m에서 발생시켰으며, 해저면 경계는 모래질 그리고 암질에 대해 시추 성과를 바탕으로 구성하였으며, 재질에 따른 음파 속도는 MIKE-UAS 모델에서 제시한 자료를 바탕으로 입력하였고, 수온, 염분, pH는 안마도 해상풍력 수중소음 영향평가의 관측 결과를 바탕으로 입력하였음.



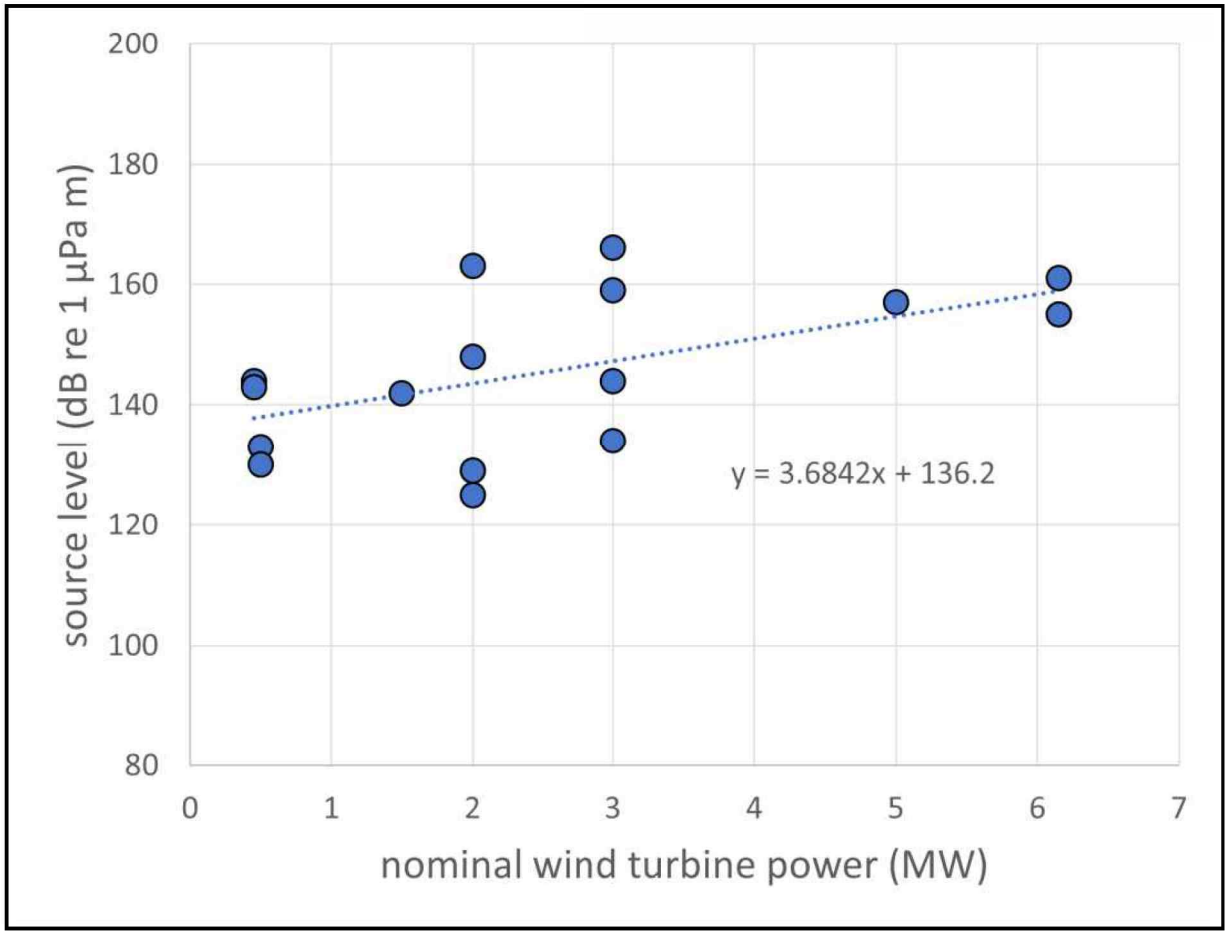
<그림 3.3.1 - 40> FIG. 1. Middlegrunden B 지점에서 측정된 풍속 13 m/s에서 운영 중인 2MW 해상풍력 터빈의 소음 준위 SPL을 Third Octave Level로 도식한 자료 (녹색은 수중 배경소음을 뜻하며 청색은 수중 배경소음을 뚫고 식별된 해상풍력 터빈의 운영 소음)

<표 3.3.1 - 35> 유럽 각지에서 운영중인 해상풍력단지의 제원별 최대소음준위, 음압하중, 발생 주파수, 청음 위치 및 자료 출처

Wind farm/data origin	Nominal power (MW)	Water depth (m)	Max. broadband SPL (dBre1μPa m)	Max. spectral pressure level (dB re 1 μPa m)	Frequency of max (Hz)	Distance in publication (m)	Souce
Vindeby	0.45	4	144	143	125	14	Tougaard et al. (2009)
Bockstigen -Valar	0.5	10	133	130	160	20	Tougaard et al. (2009)
Utgrunden	1.5			142	160	1	Tougaard et al. (2006)
Mittelgrunden	2	5	129	125	25	20	Tougaard et al. (2009)
North Hoyle	2	12	163			Inside (227)	Nedwell eat al. (2007)
Scroby Sands	2	5	148			Inside (15)	Nedwell eat al. (2007)
Northwind	3	20	159			40	Norro and Sigray (2015)
Northwind	3	20	166			150	Norro and Sigray (2015)
Kentish Flats	3	5	144			Inside(102)	Nedwell eat al. (2007)
Barrow	3		134			Inside(5)	Nedwell eat al. (2007)
Alpha ventus	5	30		157	90	1	Benesch (2012)
C-Power	6.15	25	161			40	Norro and Sigray (2015)
C-Power	6.15	25	155			60	Norro and Sigray (2015)
C-Power	6.15	25	155			150	Norro and Sigray (2015)
Model study	6	30		159	560	5	Marmo et al. (2013)
Model study	6	50		187	700	5	Marmo et al. (2013)
Model study	6	50		201	925	5	Marmo et al. (2013)

비고) 1. 측정 수심의 경우 해상풍력 터빈의 최종형태, 수심 측정 위치에 따라 상이할 수 있으므로 참조 목적으로 사용.
2. 측정 거리는 원출처에서 참조하였음

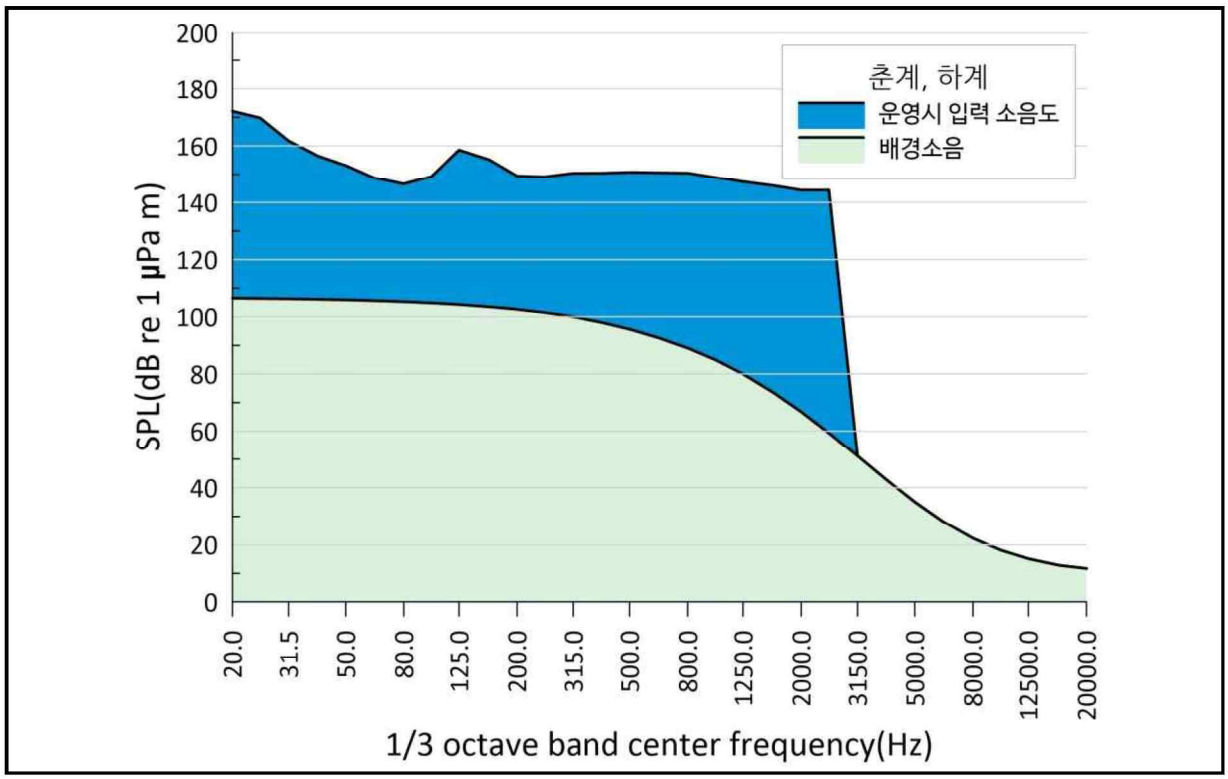
자료) How could operational underwater sound from future offshore wind turbines impact marine life?, Uwe Stöber , Frank Thomsen 2021



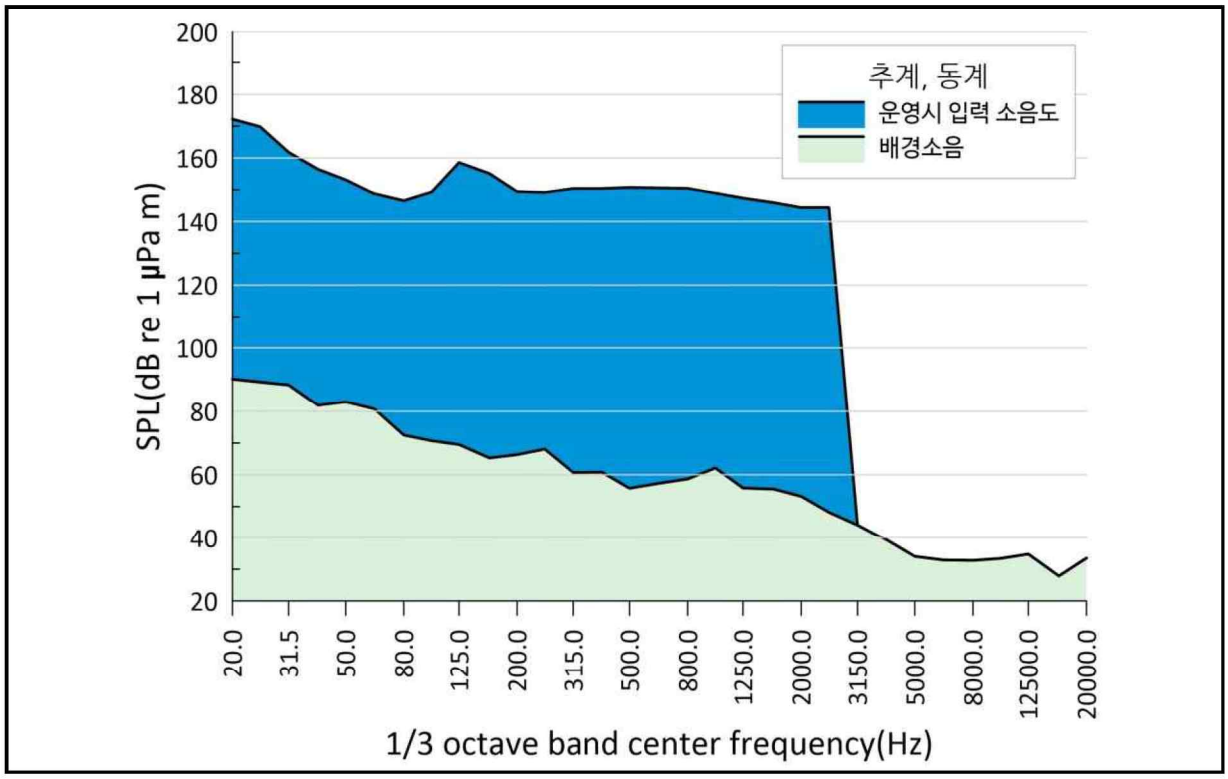
<그림 3.3.1 - 41> 해상풍력 터빈 규모에 따른 소음도 분포 및 추세선

<표 3.3.1 - 36> 터빈 규모에 따른 소음도 증가분 산정

터빈 규모	산정식	최대 소음 준위
2 MW	$y = 3.6842x + 136.2$	187.8
14 MW		143.6
14 MW - 2 MW		44.2



<그림 3.3.1 - 42> 수치모형실험의 운영 시 입력 소음도(춘계, 하계)



<그림 3.3.1 - 43> 수치모형실험의 운영 시 입력 소음도(추계, 동계)

<표 3.3.1 - 37> 모델의 입력제원

Sound Source				
Spectral Discretization Type	1/3 Octave Band			
Min/Max Center Frequency	20～8,000 Hz			
Sound Source Location	각 터빈 설치 위치 수심의 중앙 지점			
Sound Exposure Level Input	해위문헌 - “Underwater noise from three types of offshore wind turbines” Tougard, et al 2009 참조			
Radial Transect Overall Length	max. 15 km			
Solution Technique	Normal Transect Resolution			
Seabed				
Layer Type	Sand, Bedrock			
Layer Thickness	63.0m(Sand), 20.0m(Bedrock)			
Density	1900 ㎏/㎥, 2200 ㎏/㎥			
Compressed Wave Speed	1504.36 m/s(Water), 1650 m/s(Sand) , 1400 m/s(Bedrock)			
Compressional Attenuation	0.8 dB/λ(Sand) , 0.1 dB/λ(Bedrock)			
Water phase				
	Spring	Summner	Fall	Winter
Water temperature	Refer to measured CTD vertical profile			
Water salinity				
pH				
Sound Speed				
Output				
Horizontal Spacing	100.0 m			
Vertical Spacing	2.0 m			
Vertical Maximum	DL(-) 120.0 m			
Water Level	DL(+) 2.979 m			

㉮ 실험결과

○ 본 연구에서는 계절별 운용 시 발생하는 1/3 Octave의 주파수별 소음확산실험을 수행하였으며 전체 주파수 대역에 대한 전파 영향에 대한 실험을 수행하였음.

㉠ 수중소음 공간적 영향 범위산정

○ 해상풍력단지 운영 중 연속음으로 인한 해양생태계 영향 평가는 기존 해상공사중 발생할 수 있는 소음으로 인한 기준 중 Non-impulsive 항목에 포함 되며, 자세한 준위 또는 임계치는 아래에 제시한 해양생물의 영구 청각손실 기준을 참조

<표 3.3.1 - 38> NOAA의 해양포유류 PTS(영구적장애) 개시 노출소음도 기준

Hearing Group	PTS 개시 소음(Non-impulsive)	기준
저주파 사용 고래류	199 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	
중간 주파수 사용 고래류	198 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	
고주파 사용 고래류	173 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	√
물범류	201 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	√
바다사자류	219 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	
*해양생물	120 $dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s$(SEL)	√

*운영 시 수중소음으로 인한 해양생물에 대한 직접적 영향을 보수적으로 판단하기 위해 임의 설정된 기준

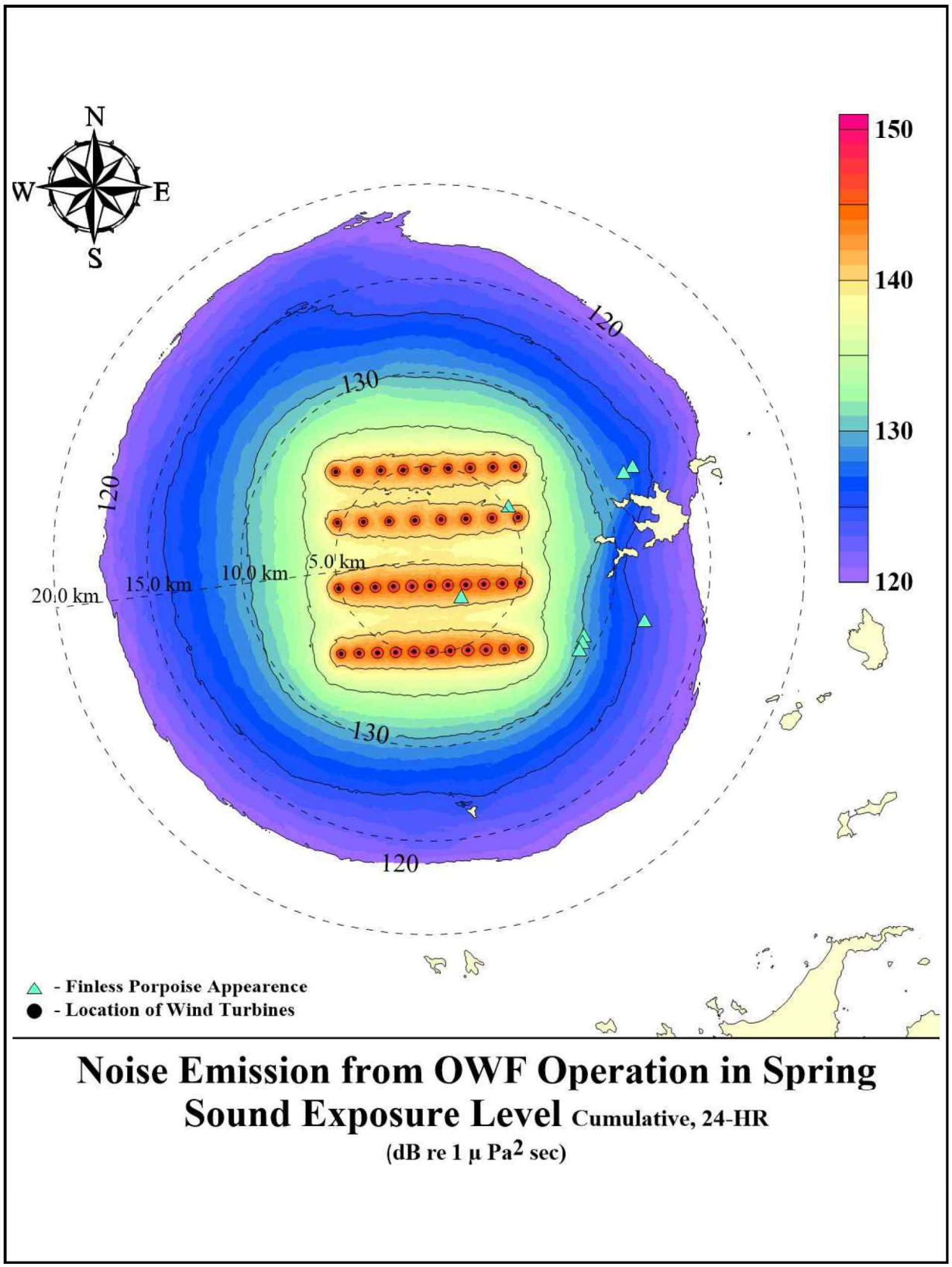
㉡ 수중소음 공간 최대영향 범위

○ 39개의 해상풍력 터빈 위치에서 실험한 주파수 대역별 18방향의 결과를 2차원 적인 시-공간적 누적 분석을 수행하여 연직 소음전파 실험결과 중 단면 최댓값을 수평적 분포로 도시하였음.

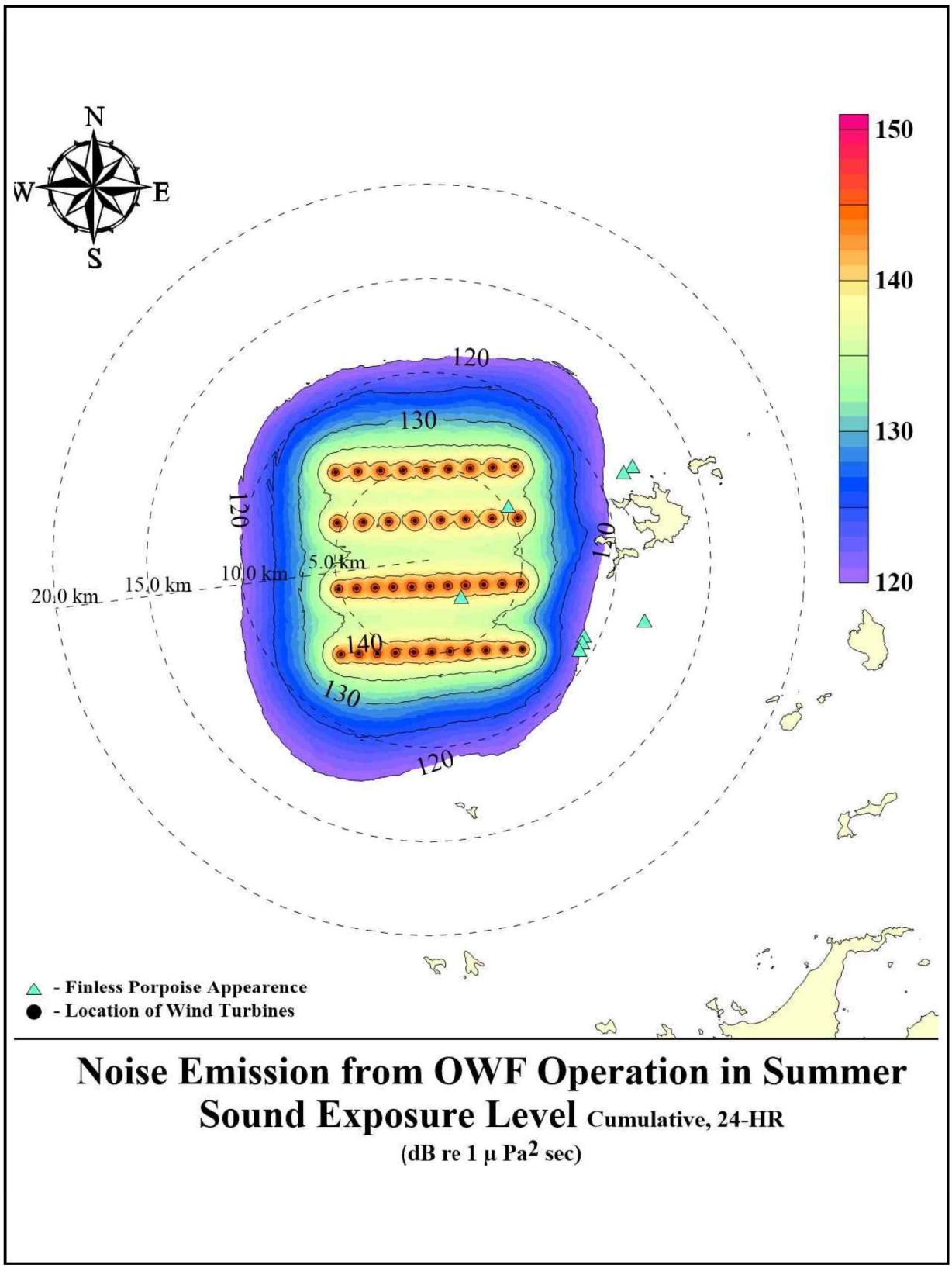
○ 4계절에 대한 운용 중 수중소음 영향평가 실험 결과 해양포유류의 영구적 장애 영향을 줄 것으로 판단되는 기준소음에 대하여 최대거리 및 면적을 분석한 결과 해양포유류의 영구적 장애에 대한 기준인 186$dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$과 201 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$ 은 나타나지 않았음.

<표 3.3.1 - 39> 수중소음 24시간 최대 노출소음도 거리 및 면적(CASE1)

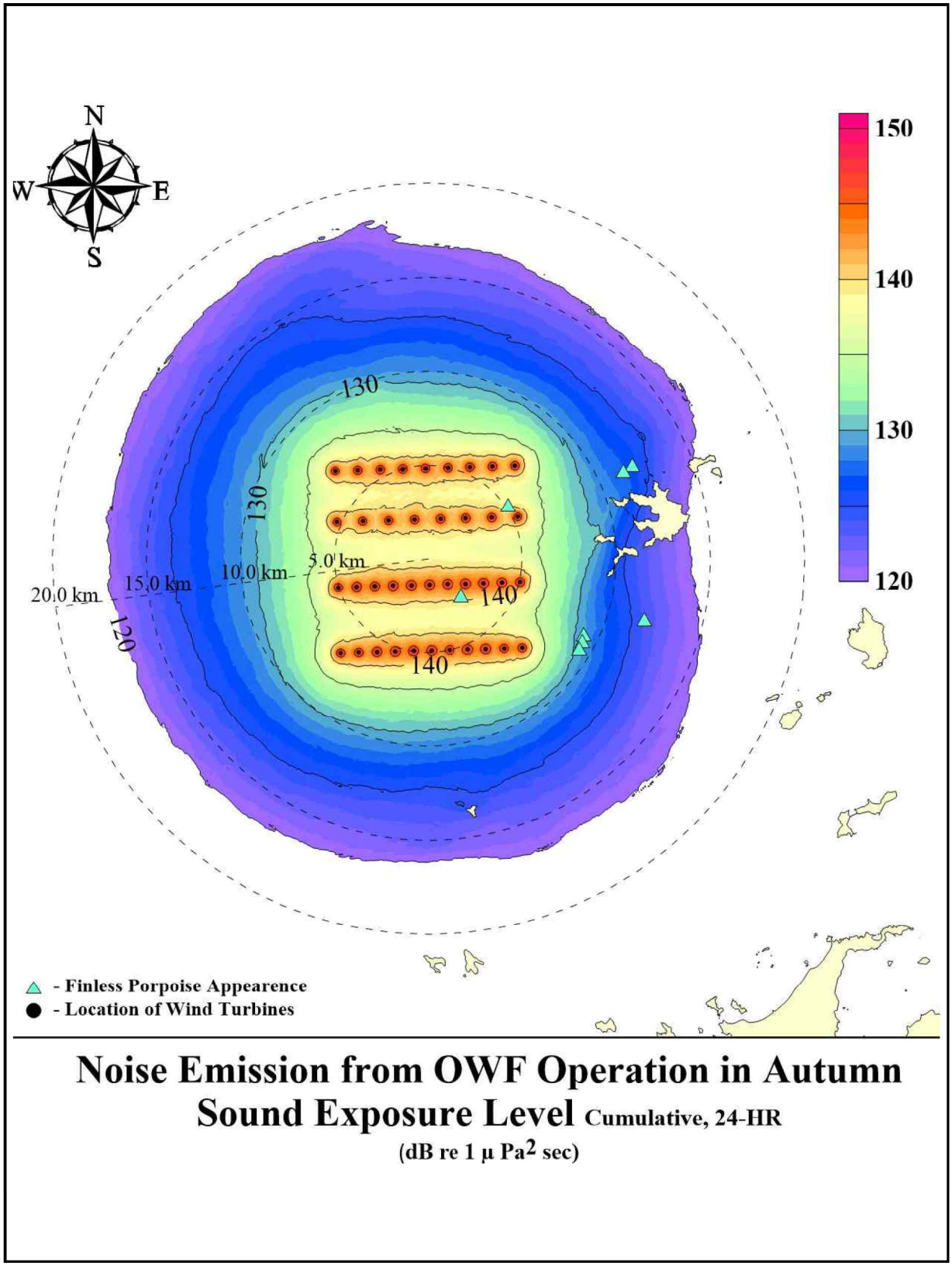
구분	춘계			하계			추계			동계		
$SEL_{cum\ 24hr}$ $(dB\ re\ 1\ \mu - Pa^2s)$	120	173	201	120	173	201	120	173	201	120	173	201
Distance(㎞)	8	-	-	13	-	-	18	-	-	19	-	-
Area(㎢)	873	-	-	376	-	-	853	-	-	925	-	-



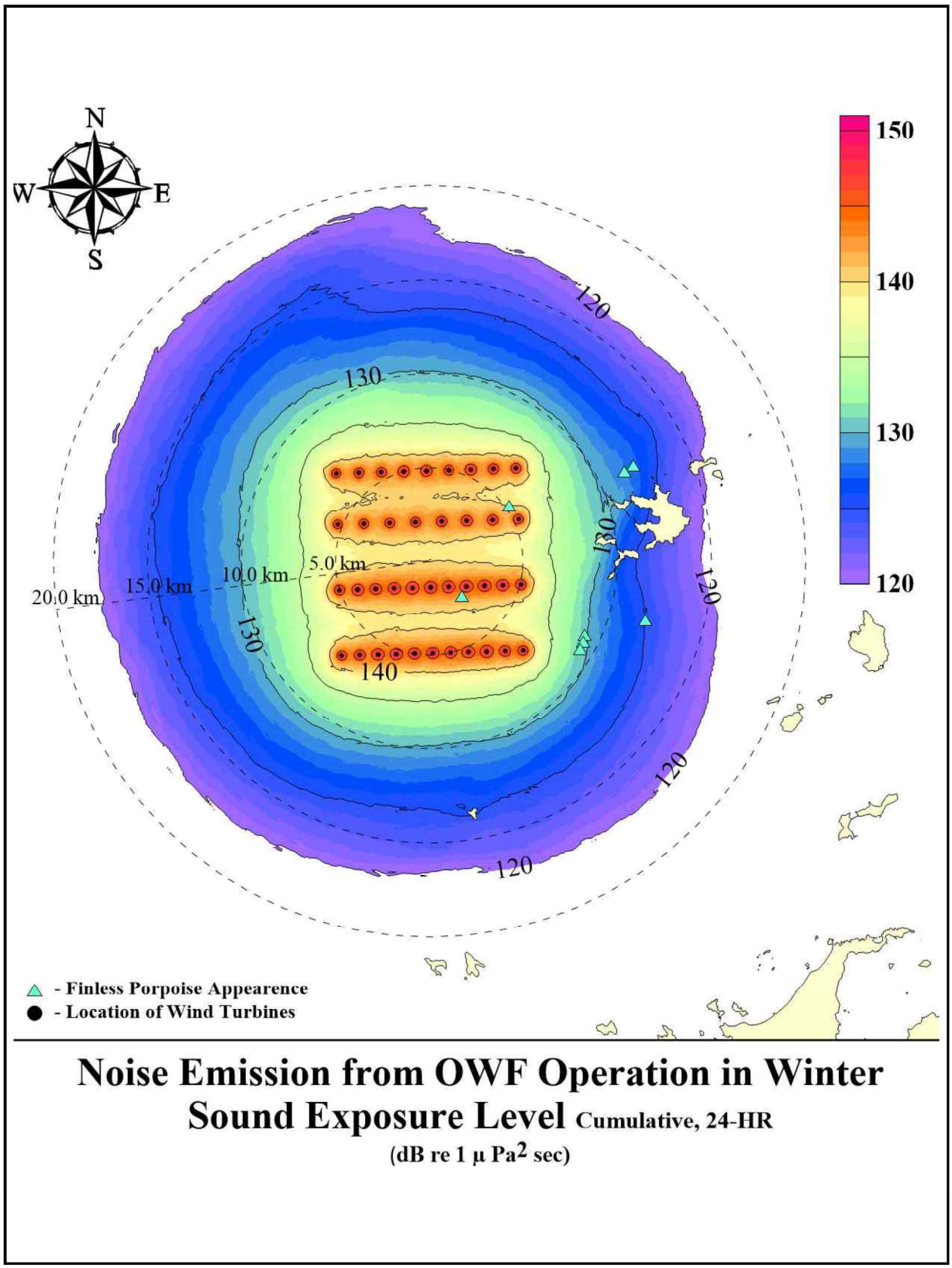
<그림 3.3.1 - 44> 운영 시 24시간 최대 노출 소음도의 최대값 범위(춘계)



<그림 3.3.1 - 45> 운영 시 24시간 최대 노출 소음도의 최대값 범위(하계)



<그림 3.3.1 - 46> 운영 시 24시간 최대 노출 소음도의 최대값 범위(추계)



<그림 3.3.1 - 47> 운영 시 24시간 최대 노출 소음도의 최대값 범위(동계)

㉣ 상괭이 관측지점에서의 노출소음도

○ 해상풍력 운용에 따른 수중소음 실험결과 상괭이 개체 관측지점에 대한 노출 소음도를 아래의 표에 제시하였음.

○ 춘계에 가장 큰 노출 소음도를 보인 개체는 해상풍력단지 중앙으로부터 2.6 ㎞ 이격거리에서 유영한 8번 정점이며 노출 소음도는 143.0 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$임.

○ 하계에 가장 큰 노출 소음도를 보인 개체는 해상풍력단지 중앙으로부터 2.6 ㎞ 이격거리에서 유영한 8번 정점이며 노출 소음도는 139.4 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$임.

○ 추계에 가장 큰 노출 소음도를 보인 개체는 해상풍력단지 중앙으로부터 2.6 ㎞ 이격거리에서 유영한 8번 정점이며 노출 소음도는 141.2 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$임.

○ 동계에 가장 큰 노출 소음도를 보인 개체는 해상풍력단지 중앙으로부터 2.6 ㎞ 이격거리에서 유영한 8번 정점이며 노출 소음도는 142.3 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$임.

○ 4계절 모두 해상풍력단지 내에 매우 근접하며, 터빈 운영으로 진동하는 파일의 감쇄효과가 위치적으로 가장 적은 8번 정점에서 가장 큰 노출소음도가 나타남.

○ 실험 결과 4계절 중 춘계 소음확산의 영향이 가장 큰 것으로 나타나지만, 해양포유류의 영구적 장애를 일으키는 노출소음도 평가 기준 이상의 값은 확인되지 않음.

○ 운영 시 수중소음으로 인한 해양생물에 대한 직접적 영향을 판단하기 위해 보수적으로 설정된 120 $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2s$ 에는 넘는 결과가 나타남, 따라서 Big Buble Curtain, Marine Mammal Deterrent System과 같은 저감 또는 회피 대책 등을 병행하는 해상풍력 이용 전력 개발 운영방안이 필요한 것으로 보임

<표 3.3.1 - 40> 상괭이 관측 지점에서의 노출소음도(운용시)

정점명	운영시						
	소음원 위치 출현좌표 (UTM52N, km)		중앙점으로부터의 이격거리 (km)	24시간 누적 노출소음도 $SEL_{cum,\ 24hr}$ (unit : $dB\ re\ 1\ \mu Pa^2 s$)			
	X좌표	Y좌표		춘계	하계	추계	동계
1	221526	3916678	5.2	140.0	138.0	139.4	140.5
2	225121	3909525	9.2	129.8	119.8	129.3	130.6
3	225017	3909177	9.3	129.8	119.7	129.1	130.6
4	224841	3908808	9.4	129.9	120.1	129.4	130.6
5	228396	3910126	12.0	124.0	111.0	123.9	124.9
6	228245	3918411	11.9	126.6	116.3	126.2	127.4
7	227756	3918145	11.4	127.6	117.7	127.1	128.4
8	218764	3912023	2.6	142.0	139.4	141.2	142.3

자료) 상괭이 관측지점(2020년 11월 해양포유류 무인기 조사 시 관측지점)

(3) 저감방안 및 평가

(가) 공사시

1) 해상부 파일 항타시 수중소음

○ 파일 항타로 인한 해양생물 영향을 최소화하기 위한 방안은 크게 사전경고음 발생과 저감시설을 설치하는 것으로 구분할 수 있음.

○ 추후 공사 시 사후환경영향조사 결과를 검토하고(해양동식물 등과 연계), 수중소음 저감방안이 필요하다고 판단될 경우 본 사업에 적절한 저감시설을 적용토록 하겠음.

① 사전경고음 발생

○ “조력 및 해상풍력 사업 환경평가방안에 관한 연구 : II.해상풍력발전사업, 2012, 한국환경정책·평가연구원”에 따르면, 덴마크, 영국에서는 공사개시 전에 경고음을 발생시키거나, 인위적인 소음을 크게 발생시켜 해양포유류 및 어류를 회피시키는 방안을 채택하고 있는 것으로 조사됨.

○ 이를 반영하여 공사 시 해양포유류의 영향을 최소화하기 위해 공사(파일 항타시 등) 전 사전경고음을 발생시켜 해양포유류를 회피시킬 계획임.

② 저감시설 설치

○ 수중소음 저감방안으로는 파일두부에 쿠션블럭(Cushion Blocks) 설치, 항타장비 주변으로 공기방울막(Air bubble curtain) 설치, 수중소음댐퍼(HSD, Hydro Sound Dampers) 설치, 격리막(Isolation casing) 설치, 임시물막이(Cofferdam) 설치 등이 있는 것으로 조사됨.

3) 해양포유류

○ 해상풍력 발전과 관련된 선진국에서는 해상풍력 발전단지 조성시 해양포유류에 대한 영향을 최소화하기 위해 조사, 예측평가 및 보전대책 수립을 위한 방안을 마련하고 있음.

① 해양포유류 영향 평가를 위한 조사 예측 및 평가

○ 주요국은 풍력발전으로 인한 소음발생에 대한 해양포유류의 영향을 파악하기 위한 조사 및 예측, 평가방법 등의 기준을 마련하여 시행 중임.

○ 모니터링 및 조사결과를 기반으로 피해저감방안 등을 마련하여 적용 중임.

<표 3.3.1 - 41> 수중소음에 대한 해양포유류의 영향

구분	세부내용	비고
조사수법	▪ 해양포유류에 대하여 연간조사를 원칙으로 선박을 이용하여 직접관찰 및 울음 소리로 확인	영국
	▪ 현지조사에 의한 사업지구에서 수중소음 파악	미국
예측수법	▪ 수중의 확산과 물에 의한 흡수에 관한 모델을 사용하여 공사 중 항타 발생음이나 선박소음 등에 관하여 예측	영국, 덴마크 등
	▪ 수중의 확산과 물에 의한 흡수에 관한 모델을 사용하여 공사 중 항타 발생음이나 선박소음 등을 예측하고 결과와 배경소음 합성	미국
평가수법	▪ 해양포유류나 바다거북에 대한 영향을 피하기 위하여 미국해양어업국 지침 활용	미국
	▪ 해양포유류의 청각장애가 나타나는 범위를 계산하고 영향범위 내의 해양포유류 분포 확인	덴마크
	▪ 해양포유류의 회피 발생 기준(90dB) ▪ 일시적인 청각장애가 나타나는 소음수준(140dB)	영국
환경보전 대책 (적용사례)	▪ 항타공사지점 반경 500m 이내 해양포유류가 없는 것을 확인 후 공사개시 ▪ 공사중 보호종이 접근한 경우 보호종이 떠나기 전까지 공사 중지 ▪ 공사 및 운영시 소음에 관한 모니터링 실시하고 미국해양어업국 가이드라인의 기준 유지 확인	미국
	▪ 항타공사지점 반경 1㎞ 이내 해양포유류가 없는 것을 확인 후 공사개시	영국

② 안마 해상풍력 발전단지 조성사업에 따른 해양포유류 보호·보전 방안

○ 안마 해상풍력 발전단지 조성사업 대상해역은 문헌 조사, 현장조사 및 탐문조사 결과 고래류 특히 서해 연안에 주로 서식하는 상괭이가 주로 서식하는 것으로 나타남.

○ 우리나라보다 앞서 해상풍력을 노입하여 운영 중인 국가들은 풍력발선 시 발생하는 여러 영향 중 포유류에게 심각한 피해를 발생시킬 수 있는 소음에 대한 규제기준을 마련하여 공사 중, 운영 중 발생 가능한 피해 상황에 대비하고 있음.

○ 소음 발생 시 해양포유류는 대부분 회피하게 되고 발생소음의 강도 및 지속성에 따라 일시적 또는 영구적인 형태로 나타나게 됨.

○ 우리나라에서도 공사 전 사업대상지에 대한 모니터링을 통해 대상해역에 서식하는 해양포유류의 이동 경로 및 시기 등의 생태적인 특성을 파악하여 관리하는 것이 중요함.

㉮ 사업지구 해양포유류 모니터링

○ 안마 해상풍력발전단지 조성사업이 이루어지는 대상해역은 해양포유류 중 상괭이가 주로 서식하는 해역으로 공사 전 개체 수, 주요 분포해역, 이동 경로 등에 대한 모니터링 결과를 기반으로 공사 중 및 운영 중 피해 저감을 위한 대책을 마련하여야 함.

- 우리나라 서해안에 서식하는 상괭이에 대한 습성 등에 관한 연구가 많이 이루어지지 않아 현황자료의 확보가 어려우므로 사업대상지에 대한 모니터링을 통한 현황정보 확보 필요함.

○ 공사 중 발생 가능한 소음의 영향 범위 등에 대한 모델링 결과를 활용하여 발생소음에 대한 상괭이 영향 범위 및 모니터링 범위 산정함.

- 현재 우리나라에는 해양포유류에 대한 수중소음의 기준은 마련되어 있지 않으나 선(2014)는 미국 등의 사례를 준용하여 180dB를 해양 포유동물에 대한 한곗값으로 제안한 바 있음.

- 국내에서는 쇠돌고래를 대상으로 한 연구에서 파일 항타음은 100m 거리에서 20dB, 영향 거리는 약 2.6㎞로 추정한 바 있으나 상괭이에 관한 연구는 없음.

○ 운영 중 모니터링은 지속적으로 발생하는 풍력발전기의 소음에 대한 고래류의 반응을 모니터링 함으로써 고래류의 회피, 적응 등에 관한 사항을 파악하여 피해 저감방안 수립에 반영하여야 함.

㉯ 수중소음으로 부터 해양포유류 피해 저감 방안

○ 공사 중 발생하는 소음 저감을 위해 공정에 대한 소음저감계획을 수립하여 항타시기, 장비 등을 조절하여 사업 추진 해야 함.

- 항타시기는 주변 해양포유류의 행동 패턴, 주기 등을 참고하여 피해를 최소화할 수 있도록 하고 특히 번식기 등의 민감한 시기를 피하여 공사 추진

○ 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 발생함.

○ 미국, 영국 등의 국가에서는 항타공사 등 소음이 발생하는 공사 시 사전에 인근에 해양포유류 출현 여부를 확인 후 공사 실시함.

- 공사 전 점검, 해양포유류 출현 시 공사 중지, 해양포유류가 없는 것을 확인한 후에 공사개시
- 미국은 공사 중 공사반경 500m 이내, 영국은 1㎞ 이내의 해양포유류 출현 확인 후 공사 추진
- 공사 시 소음 측정 등 관련 모니터링을 실시하여 소음 관련 가이드라인 준수

(나) 운영시

○ 운영 중 모니터링은 지속적으로 발생하는 풍력발전기의 소음에 대한 고래류의 반응을 모니터링 함으로써 고래류의 회피, 적응 등에 관한 사항을 파악하여 피해 저감방안 수립에 반영하여야 함.

(4) 사후환경영향조사계획

○ 본 사업시행으로 주변 지역에 미치는 영향 정도의 지속적 파악 및 평가 시 수립한 저감 대책의 적정 운영 여부를 관리·감독하고, 예상하지 못한 환경변화에 대응할 수 있도록 사후환경영향조사계획을 수립함.

○ 사후환경영향조사 기간은 「환경영향평가법 시행규칙」〔별표1〕에 의거 사업 착공시부터 사업 준공 후 5년까지로 수립함.

○ 공사 시 해상부 파일 항타시 소음발생이 가장 클 것으로 예상되어 현황조사시 측정된 지점 중 대표 1지점(AP-10)을 선정하여 조사를 실시할 계획임.

<표 3.3.1 - 42> 공사시 및 운영시 사후환경영향조사 지점

구분	지점명	좌표		비고
		위도	경도	
AP-1	사업지구 인근 해역	35° 19.77′	125° 52.89′	공사시 및 운영시

주1) 수중소음 조사는 항타지점으로부터 이격지점별 조사(예 : 10m, 20m, 50m, 100m, 500m 등)
주2) 공정 및 현장여건에 따라 위치 및 개소수는 변경될 수 있음.

<표 3.3.1 - 43> 사후환경영향조사계획

구분	조사계획
조사항목	○ 수중소음
조사내용	○ 조사항목의 주변지역에 대한 영향분석
조사지점	□ 공사시 ○ 1지점(항타지점으로부터 이격거리별 측정) □ 운영시 ○ 예측지점 1개소
조사시기	○ 공사시 : 항타시점부터 항타완료시까지 ○ 운영시 : 사업 준공 후 5년까지
조사주기	○ 공사시 : 분기 1회 ○ 운영시 : 반기 1회
조사방법	○ 현지조사
주사주체	○ 사업시행자

주) 1. 공정 및 현장여건에 따라 위치 및 개소수는 변경될 수 있음.
2. 공사시 측정지점은 실제 항타가 이루어지는 지점을 고려하여 항타지점으로부터 이격거리별 측정

페이지 빈칸

3.3.2 지상 소음

○ 사업지구 내 해상풍력발전단지 배치 등을 고려하여 다수의 해상풍력발전기 가동에 따른 운영 시 지상 소음(안마도지역의 저주파소음 포함) 영향을 평가하여야 함.

가. 현황

(1) 조사항목

○ 사업지구 및 주변지역 현황(정온시설 분포 현황)

(2) 조사범위

○ 사업지구 및 주변 정온시설

(3) 조사방법

○ 현황 실측을 통한 조사지역의 소음·진동 분석

○ 측정은 소음·진동 공정시험방법에 준하여 실시

(4) 조사결과

(가) 사업지구 및 주변지역 현황(정온시설 분포 현황)

○ 본 사업지구 주번 주요 정온시설을 조사한 결과, 정온시설을 조사한 결과, 주거시설(낙월면 오도길4 외) 등이 분포함.

<표 3.3.2 - 1> 사업지구 및 주변지역 정온시설물 현황

정온시설		풍력발전단지 위치	이격거리(m)		TM	
			송전선로	개폐소	X	Y
주거시설	① 녹립가옥-1	남동측	391	303	139355	293874
	② 독립가옥-2	남동측	(513)	421	139349	293752
축사시설	③ 축사(우사)-1	남동측	500	(611)	139861	293768
	④ 축사(우사)-2	남동측	351	(1,275)	140694	294275
기타시설	⑤ 사무실(염산풍력발전)	남동측	38	(942)	140333	294392
	⑥ 새우양식장	남동측	268	212	139233	294467

<표 3.3.2 - 2> 해상풍력발전기 주변지역 정온시설물 현황

정온시설		풍력발전단지 위치	이격거리(m)	비고
			해상풍력	
주거시설	낙월면 안마길8	동측	6,887	
	낙월면 안마길96	동측	7,513	
	낙월면 오도길4	동측	4,422	
	낙월면 죽도리15	동측	5,700	

<그림 3.3.2 - 1> 소음예측 위치도

<표 3.3.2 - 3> 풍력발전기별 좌표

No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss	No.	Longitude ±dddmmss.ss	Latitude ±ddmmss.ss
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′2.7″ 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′17.4″ E	35°17′8.46″ N
15. B06	125°54′38.7″ 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′55.2″ N	36. D08	125°54′34.17″ E	35°17′8.4″ 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′5.1″ E	35°19′2.58″ N	38. D10	125°55′50.9″ 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 3.3.2 - 4> 해상변전소 좌표

OSS	X	Y
1	125°53′55.2″ E	35°19′45.45 N

(나) 풍력발전기

<표 3.3.2 - 5> 풍력발전단지 배치계획(안)

구 분		호기	단위 설비용량(MW/기)	설비용량(MW)	발전량(GWh/년)	비 고
풍력발전단지	1구역	17	14.0	238.0	704.7	이용율 33.8%
	2구역	22	14.0	308.0	879.6	이용율 32.6%
	합 계	39	-	546.0	1,584.3	

(다) 풍속 및 주파수별 음향파워레벨

○ 사업지구에 설치되는 풍력발전기 모델에 대한 음향파워레벨을 제시하였음.

<표 3.3.2 - 6> 14M, expected 1/1 octave band performance(Blades without serrated trailing edges)(dB)(A)

Frequency	Hub height wind speeds [m/s]																
	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s	18m/s	19m/s	20m/s
16 Hz	89.6	90.4	91.1	91.9	90.7	93.6	96.0	96.5	95.8	96.0	96.3	98.0	98.8	99.6	100.3	101.1	101.9
31.5 Hz	91.7	92.5	93.2	93.9	92.7	95.5	97.9	98.4	97.6	97.8	98.1	99.8	100.5	101.3	102.0	102.7	103.5
63 Hz	96.0	96.7	97.4	98.0	96.8	99.5	101.8	102.2	101.4	101.6	101.8	103.4	104.1	104.8	105.4	106.1	106.8
125 Hz	104.5	105.1	105.6	106.1	104.9	107.3	109.5	109.7	108.8	109.0	109.1	110.5	111.1	111.6	112.2	112.7	113.2
250 Hz	109.6	109.9	110.2	110.5	109.1	111.3	113.2	113.2	111.9	112.0	112.1	113.1	113.5	113.8	114.1	114.4	114.8
500 Hz	110.2	110.6	110.9	111.3	109.8	112.1	114.1	114.1	113.0	113.0	112.9	114.1	114.5	114.9	115.2	115.6	115.9
1 kHz	113.4	113.6	113.8	114.0	112.4	114.5	116.2	116.3	115.0	114.7	114.6	115.6	115.9	116.1	116.3	116.5	116.7
2 kHz	107.5	108.8	110.1	111.4	110.6	114.1	117.2	117.1	118.9	118.9	118.9	121.7	123.0	124.3	125.6	126.9	128.2
4 kHz	104.0	104.5	105.0	105.5	104.2	106.6	108.6	108.7	108.2	108.1	108.0	109.5	110.0	110.5	111.0	111.5	112.0
8 kHz	88.4	88.5	88.7	88.8	86.7	89.1	91.0	91.3	89.5	88.9	88.5	89.8	89.9	90.0	90.2	90.3	90.4
Sum	117.3	117.9	118.3	118.8	117.5	119.4	122.3	122.3	122.3	122.3	122.2	124.3	125.2	126.2	127.2	128.2	129.3

<표 3.3.2 - 7> 14M 설치예정인 풍력발전기의 저주파대역의 음향파워레벨(dB)(A)

Frequency	Hub height wind speeds [m/s]																
	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s	18m/s	19m/s	20m/s
12.5 Hz	89.1	89.9	90.7	91.4	90.2	93.1	95.5	96.1	95.4	95.6	95.9	97.6	98.4	99.2	100.0	100.7	101.5
16 Hz	89.6	90.4	91.1	91.9	90.7	93.6	96.0	96.5	95.8	96.0	96.3	98.0	98.8	99.6	100.3	101.1	101.9
20 Hz	90.2	90.9	91.7	92.4	91.2	94.1	96.5	97.0	96.3	96.5	96.7	98.5	99.2	100.0	100.8	101.5	102.3
25 Hz	90.8	91.6	92.3	93.1	91.8	94.7	97.1	97.6	96.9	97.1	97.3	99.1	99.8	100.6	101.3	102.1	102.8
31.5 Hz	91.7	92.5	93.2	93.9	92.7	95.5	97.9	98.4	97.6	97.8	98.1	99.8	100.5	101.3	102.0	102.7	103.5
40 Hz	92.9	93.6	94.3	95.0	93.8	96.6	98.9	99.4	98.7	98.9	99.1	100.8	101.5	102.2	102.9	103.7	104.4
50 Hz	94.3	94.9	95.6	96.3	95.1	97.9	100.2	100.6	99.8	100.0	100.3	101.9	102.6	103.3	104.0	104.7	105.4
63 Hz	96.0	96.7	97.4	98.0	96.8	99.5	101.8	102.2	101.4	101.6	101.8	103.4	104.1	104.8	105.4	106.1	106.8
80 Hz	98.4	99.0	99.6	100.3	99.0	101.6	103.9	104.3	103.4	103.8	103.8	105.4	106.0	106.6	107.3	107.9	108.5

(라) 저주파 소음

○ 저주파 소음의 주파수 범위는 아직까지 세계적으로 통일되지는 않았다. 즉, 자국의 실정에 맞게 각 나라별로 다른 기준을 설정하고 있음. 하지만 주파수 250 Hz 이하이면 대부분 공통되는 범위이기 때문에 상한선을 250Hz 정도로 고려하면 무리가 없음. 하한 주파수의 경우는 설정하는 것이 좀 더 어려운 상황인데, 분석하고 평가하는 것은 1 Hz 이하의 주파수도 가능하지만 실제 소음을 발생시키는 소음원의 주요 주파수와 인체에 미치는 영향을 시험하기 위한 음원발생이 8 Hz 이하에서는 힘들기 때문에 정책에 반영시킬 수 있는 범위는 8~250 Hz 범위로 볼 수 있음. 특히, 20 Hz 이하를 초저주파(infra-sound)라고 부르는데 과거에는 귀에 들리지 않는 영역이라고 하였으나 최근에는 음향파워가 충분히 크게 되면 귀에도 들릴 수 있어 귀에 잘 들리지 않은 주파수 개념으로 바뀌고 있다. 초저주파 대역은 dBG로서 표현하기도 함.

○ 저주파 소음은 주파수가 낮기 때문에 음향 에너지가 장거리를 가야만 감쇠함. 즉, 주파수가 높을수록 전파에 따른 감쇠가 크기 때문에 소음원으로부터 어느 정도 떨어져 있으면 인체에 영향이 적지만 저주파일수록 상대적으로 그 영향이 클 수 있음.

1) 저주파 소음 발생원

○ 저주파 소음을 발생시키는 원인은 다양함. 아래 표에서와 같이 저주파 소음을 발생시키는 주요 발생원을 나타냈는데, 주변 생활환경 및 산업현장에서 많이 사용되는 기계류에서 보통 발행하며, 모터를 사용하는 제품, 차량 등을 포함하여 최근에 많이 설치하고 있는 풍력발전기에서도 발행하여 주거시설 및 양식장 등 민원이 발생하기도 함.

- 풍력발전기 • 왕복식 압축기
- 송풍기(송풍기를 이용한 집진기, 건조기, 공조기, 냉각탑 등
- 디젤기관(디젤 기관을 이용한 선박, 비상용 발전장치, 버스, 트럭 등)
- 연소기계(보일러, 가열로, 열풍로, 선로, 소결로, 소성기, 선기로, 등)
- 진공 펌프(로터리블로워, 탈수 펌프 등)
- 진동체 (유사 진동 컨베어, 스파이랄 컨베어, 파쇄기 등)
- 대형구조물(진동에 의한 발생)
- 변압기 • 변압기 • 터 널 • 수력발전기 • 교 량
- 기계프레스 • 헬리콥터
- 제트엔진(제트엔진 (가스터빈)을 이용한 항공기, 비상용발전장치 등)

2) 각 나라별 저주파 소음에 대한 한도

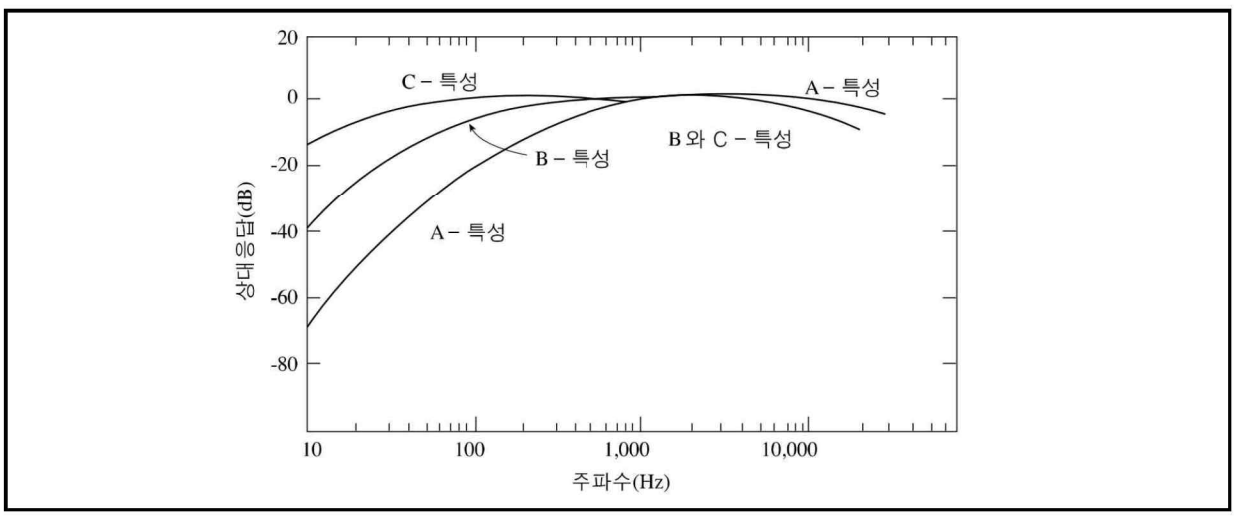
<표 3.3.2 - 8> 저주파 소음에 대한 한도 값 비교

Frequency (Hz)	Denmark	Netherlands	Germany	Poland	Sweden	Japan	ISO 226
	20dBA	NSG dB	DIN 45680 dB	LA10	dB	dB	dB
8	-	-	103	-	-	-	-
10	90.4	-	95	80.4	-	92	-
12.5	93.4	-	87	83.4	-	88	-
16	76.7	-	79	66.7	-	83	-
20	70.5	74	71	60.5	-	76	74.3
25	64.7	64	63	54.7	-	70	65.0
31.5	59.4	55	55.5	49.3	55	64	56.3
40	54.6	46	48	44.6	49	57	48.4
50	50.2	39	40.5	40.2	43	52	41.7
63	46.2	33	33.5	36.2	41.5	47	35.5
80	42.5	27	28	32.5	40	41	29.8
100	39.1	22	23.5	29.1	38	-	25.1
125	36.1	-	-	26.1	36	-	20.7
160	33.4	-	-	23.4	34	-	16.8
200	-	-	-	20.9	32	-	13.8
250	-	-	-	18.6	-	-	11.2

비고) 음향에서 dB 단위는 보정을 하지 않은 경우를 뜻하며 최근에는 dB(Z)로서 표현함

3) 청감보정(A,BC 특성)

○ 어떤 음의 감각적인 크기 레벨을 측정하기 위해 등청감곡선을 역으로 한 보정회로를 사용함. 즉 주파수별로 사람이 들을 수 있거나 사용방법에 따라 소음도를 측정하여 원래의 음압레벨을 보정하는 것을 말함. 일반적으로 A, B, C 특성이 많이 쓰이나 사람에게는 A보정치가 잘 맞는 것으로 알려져 있음.



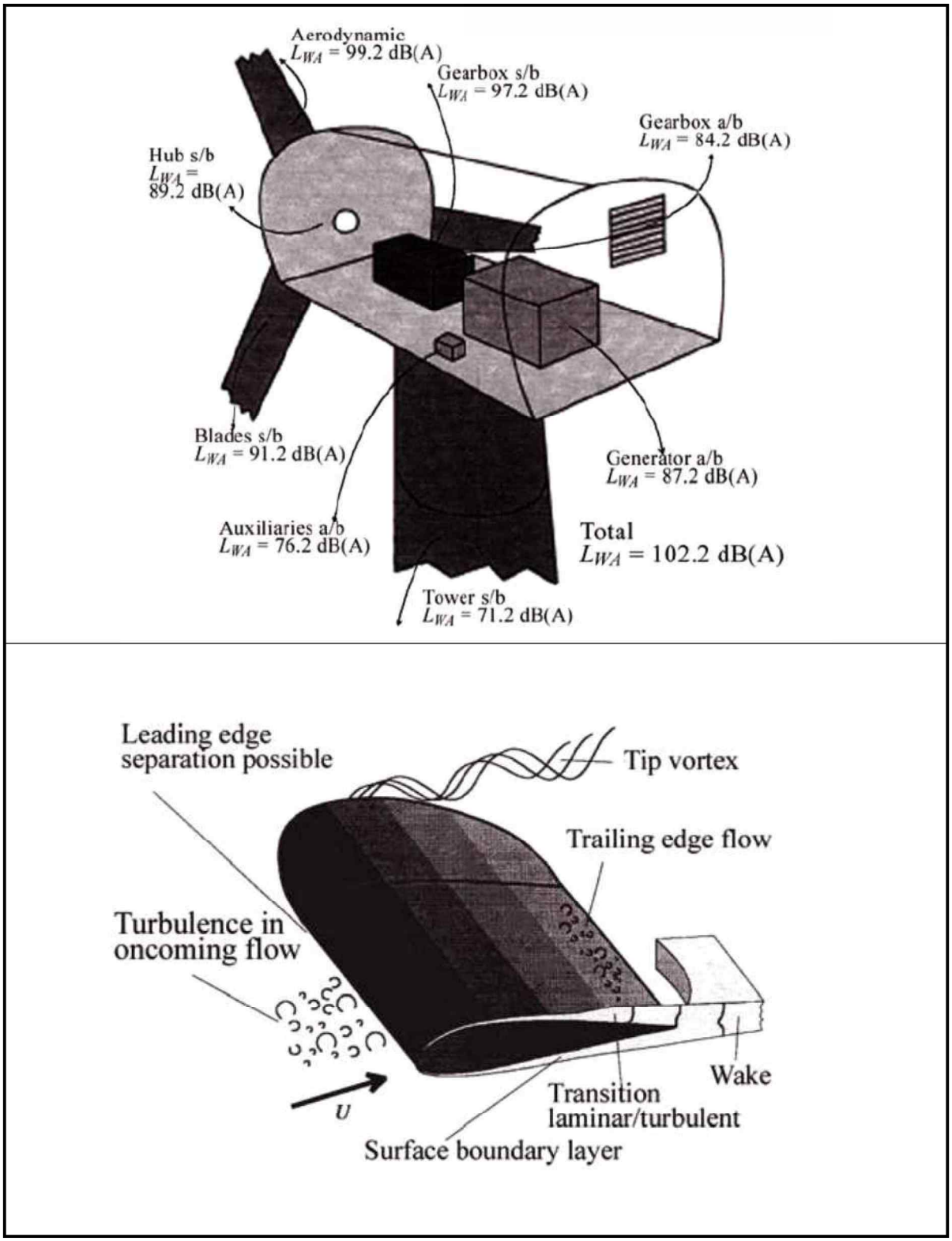
<그림 3.3.2 - 2> 청감보정 특성

<표 3.3.2 - 9> 보정값

1/3 Octave Band Weighting Factors				
Frequency [Hz]	A-Weighting	B-Weighting	C-Weighting	Z-Weighting (dB)
6.3	-85.4	-49.2	-21.3	0
8	-77.8	-43.6	-17.7	0
10	-70.4	-38.2	-14.3	0
12.5	-63.4	-33.2	-11.2	0
16	-56.7	-28.5	-8.5	0
20	-50.5	-24.2	-6.2	0
25	-44.7	-20.4	-4.4	0
31.5	-39.4	-17.1	-3	0
40	-34.6	-14.2	-2	0
50	-30.2	-11.6	-1.3	0
63	-26.2	-9.4	-0.8	0
80	-22.5	-7.4	-0.5	0
100	-19.1	-5.7	-0.3	0
125	-16.1	-4.2	-0.2	0
160	-13.4	-3.0	-0.1	0
200	-10.9	-2.1	0	0
250	-8.6	-1.3	0	0
315	-6.6	-0.8	0	0
400	-4.8	-0.5	0	0
500	-3.2	-0.3	0	0
630	-1.9	-0.1	0	0
800	-0.8	0.0	0	0
1000	0	0.0	0	0
1250	0.6	0.0	0	0
1600	1	0.0	-0.1	0
2000	1.2	-0.1	-0.2	0
2500	1.3	-0.2	-0.3	0
3150	1.2	-0.4	-0.5	0
4000	1	-0.7	-0.8	0
5000	0.5	-1.2	-1.3	0
6300	-0.1	-1.9	-2	0
8000	-1.1	-2.9	-3	0
10000	-2.5	-4.3	-4.4	0
12500	-4.3	-6.13	-6.2	0
16000	-6.6	-8.42	-8.5	0
20000	-9.3	-11.17	-11.2	0

4) 풍력발전기 주요소음원 분석

○ 블레이드 회전에 따른 공기와의 마찰에 의한 공력소음이 가장 큼.



<그림 3.3.2 - 3> 풍력발전기의 주요 소음원 및 블레이드 공력소음의 원인 예

(마) 154kV 옥외형 변압기 소음측정 결과

기록지	OCT 98% WS-10 Store Name:0001 Manual 1min 0d 00:01:00 0025 MAIN 81.4 dB LAeq LAeq 16 Hz 3.5 dB 31.5 Hz 12.7 dB 63 Hz 26.2 dB 125 Hz 43.2 dB 250 Hz 72.5 dB 500 Hz 79.1 dB 1k Hz 75.6 dB 2k Hz 54.1 dB 4k Hz 58.2 dB 8k Hz 19.4 dB 16k Hz 7.2 dB 12/07 15:55:51
측정 사진	

<그림 3.3.2 - 4> 154kV 변압기 소음측정 결과

나. 사업시행으로 인한 영향예측·평가

(1) 조사항목

○ 운영시 : 풍력발전시설 운영에 따른 소음 영향 및 저주파 소음 영향

(2) 예측범위

○ 공간적 범위 : 사업지구 및 인근 정온시설

○ 시간적 범위 : 운영시

(3) 예측결과

1) 풍력발전기소음도 예측인자

▪ 소음예측식
- 소음프로그램 : SoundPlan 8.2
- 소음예측식 : ISO 9613-1 / Wind turbines : IoA(Institute of Acoustics) Windturbines

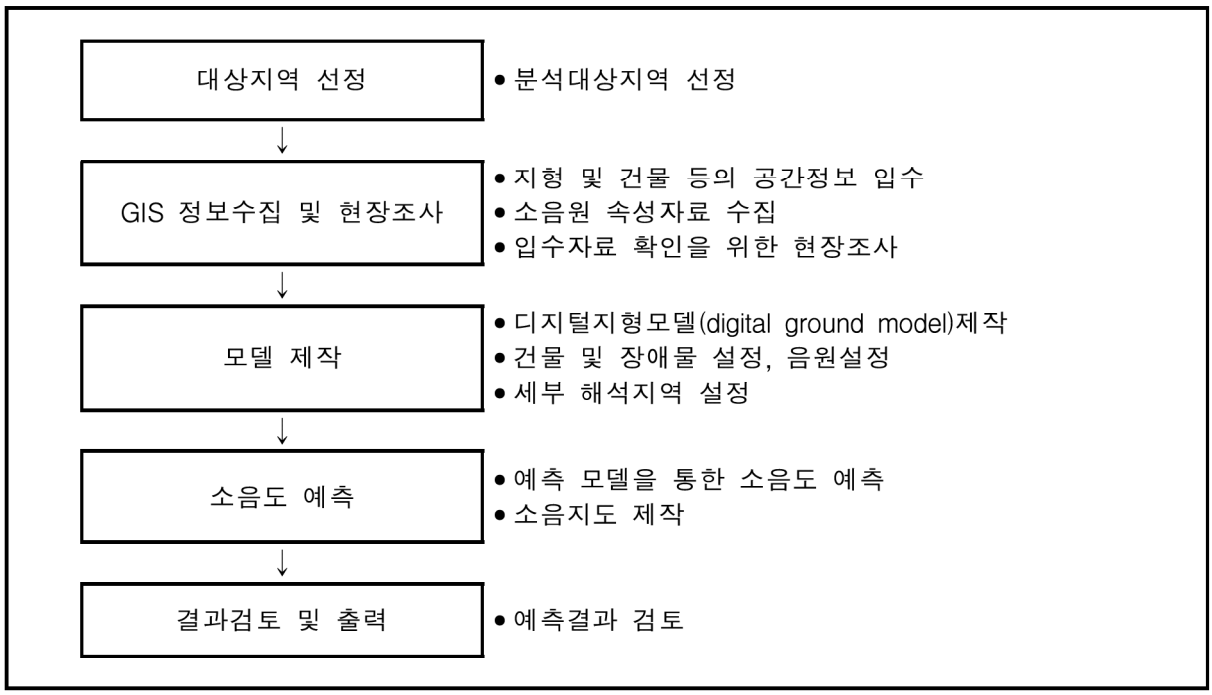
▪ 소음예측 입력 자료
- 소음예측과정 : Grid Noise Map, Facade Noise Map
- 도로벌 입력 자료
- 소음모델링 기초도면 : 수치지도(1:25,000) 활용

㉮ 소음예측식

① 소음예측프로그램

○ 본 소음평가 시 활용한 'Soundplan-8.2은 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 있음.

○ SoundPlan을 이용한 소음지도 제작 및 소음도 예측은 대상지역 설정, GIS정보 수집, 모델제작, 소음도 예측 및 소음지도 제작, 예측결과 검토 및 출력의 과정을 통해 수행되는데, 그 세부 과정은 다음과 같음.



<그림 3.3.2 - 5> SoundPlan을 이용한 소음

② 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 3.3.2 - 10> ISO 9613-2, NORM ISO 9613-2 예측식의 특징

구 분	내 용	비 고
소음기준	LAeq / dB	
계산법	-	
옥타브분석 적용시기	only overall levels day : 06:00-22:00, night : 22:00-06:00	
Lden과 Lnight의 적용	적용가능	
소음원	single point	

③ 기타조건

○ 지면 흡음률 : SoundPlan 프로그램은 지표면의 흡음률은 “G=1”로 설정됨.

○ 가상조건 : SoundPlan 프로그램은 소음원 예측식에서 기상입력이 ISO-9612의 기본값(10도, 70%, 1013.25 mbar)으로 적용되게 되어 있으며, 기상조건 수정이 가능함.

Ground Effect Properties

Ground absorption is defined as follows:

G = 0	hard ground such as asphalt and water
G = 1	soft ground such as fields and grass (default setting)
G = p/100	Set G to any value representing an average of soft and hard ground.

Calculations according to RVS 3.02 and NMPB 96 determine the hard ground of the road automatically from the lane width entered in the road properties and uses it in the propagation calcuation. For two lane roads with a central reservation, the central reservation is not included and the second lane is taken into account as hard ground.

The program allows generating acoustically hard surfaces from the road surfaces. To do this, mark the box **CREATE GROUND AREAS FROM ROAD SURFACES** in the run properties under the tab settings.

자료) SoundPlan 매뉴얼 Ground Effect

ISO 9613 is the most recent and most flexible standard. The values are calculated from formulas derived from the relaxation curves of nitrogen and oxygen. Temperature, moisture, frequency and pressure are input parameters for the calculation. ISO 3891 is partly from tables and partly interpolated with a formula. ANSI 126 is only available in table form. The accuracy of one method compared to another is unknown. However, as ISO 9613 has the latest publishing date, it is probably the most accurate method.

SoundPLAN allows you to choose the method you want for the standards with air absorption by selecting the appropriate setting. If no other conditions are defined, SoundPLAN will use the following default conditions:

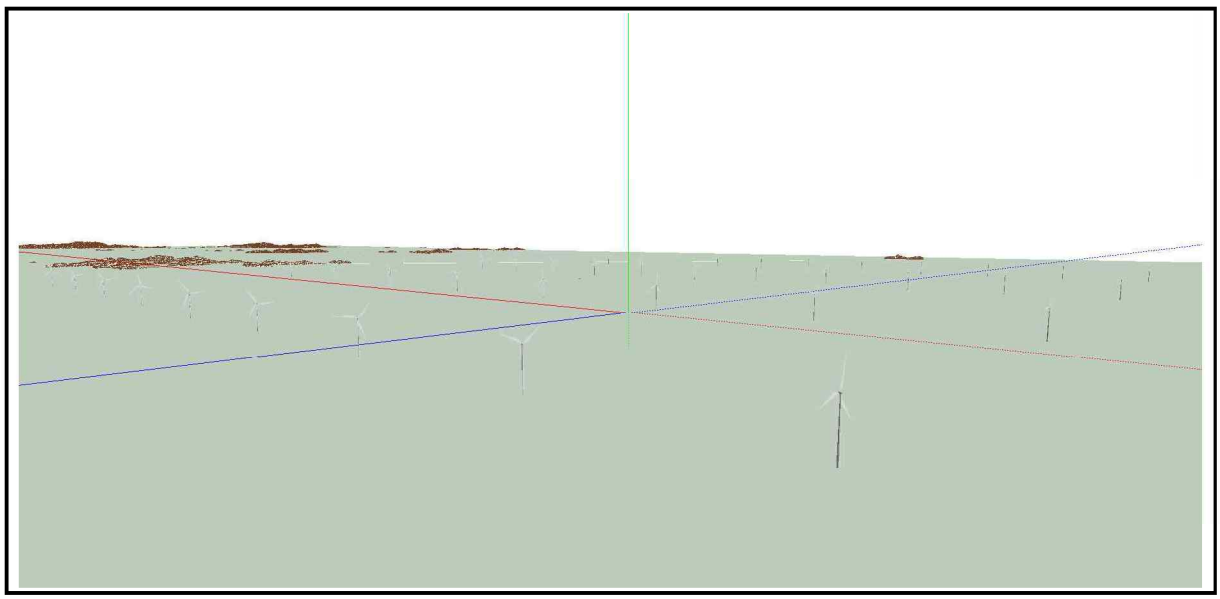
Acoustical Standard	Temperature	Relative Humidity
General Prediction Method for Industrial Plants	15 degrees Celsius	70 percent
VDI 2714 / 2720		
ÖAL 28 / 30	10 degrees Celsius	70 percent
ISO 9613		
Concawe		

자료) SoundPlan 매뉴얼 Air Absorption

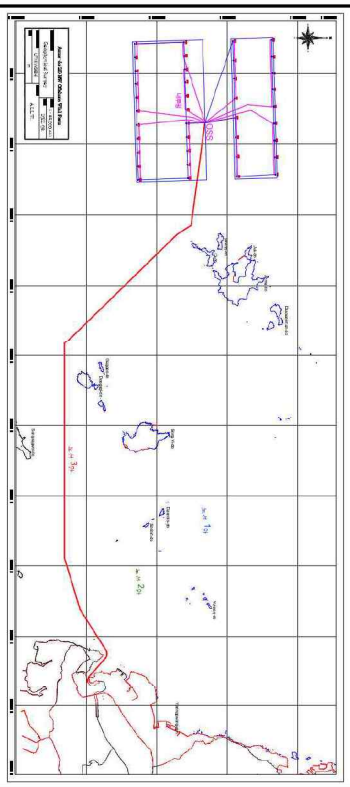
<그림 3.3.2 - 6> 기타 조건 매뉴얼

㈏ 소음예측 입력 자료 및 예측 위치

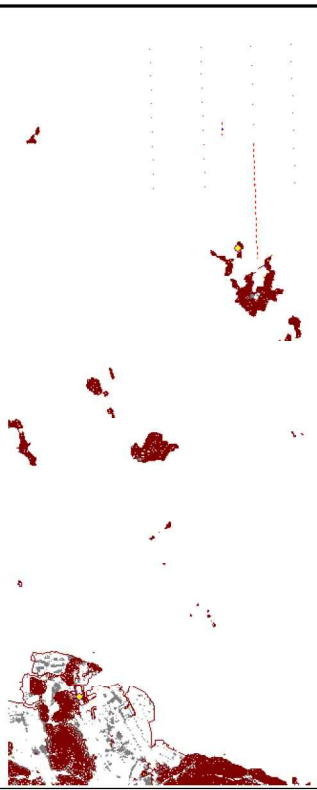
① 소음모델링 기초도면



<그림 3.3.2 - 7> 소음모델링 기초작업 3D



수치지도축척 - 1:25,000
도엽번호 : 35614002~4, 35614012~14



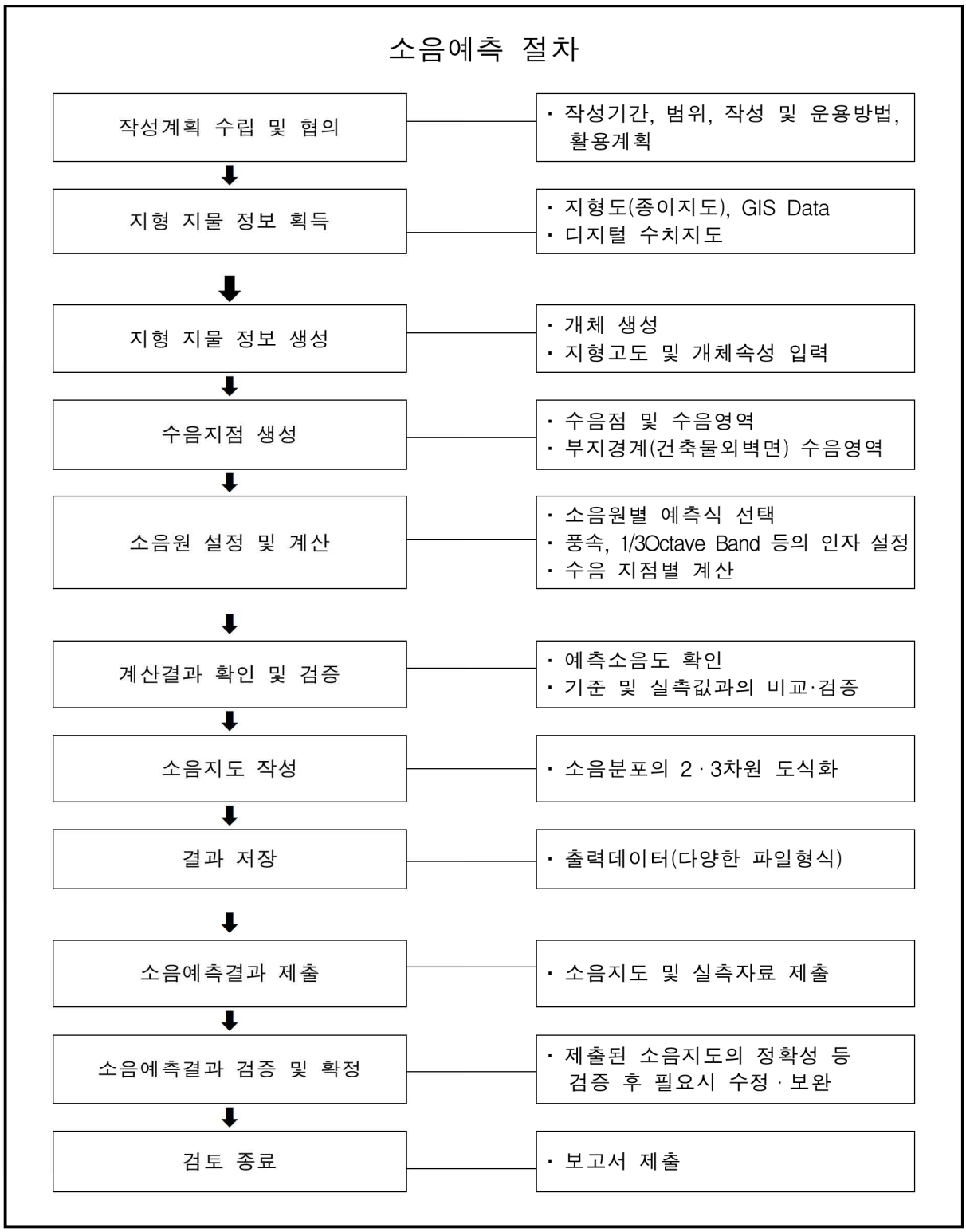
소음모델링용 기초작업 2D

<그림 3.3.2 - 8> 소음모델링 기초도면

② 소음예측 위치

<그림 3.3.2 - 9> 정온시설 위치

2) Windturbines에 대한 3D모델링 프로세스



<그림 3.3.2 - 10> Windturbines에 대한 3D모델링 프로세스

3) 저주파음(dB(Z)) 및 소음(dB(A)) 예측결과

㉮ 풍력발전기 14M, expected 1/3 octave band performance 적용시 저주파음예측 결과

○ 소음예측 조건 저주파소음 풍속 4m/s ~ 20m/s 1/3 octave band, 최고소음발생 조건(SG DD-236-14M)에서의 저주파소음(dB(Z))을 예측하였음.

<표 3.3.2 - 11> 소음예측 결과 (풍속4m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	80.9	74.7	69.1	63.8	59.4	55.6	52.4	51.3	49.5
	죽도길15	79.6	73.4	67.7	62.5	58.0	54.2	50.9	49.6	48.2
	안마길8	79.0	72.7	67.0	61.8	57.3	53.5	50.2	47.4	45.4
	안마길96	79.6	73.4	67.7	62.4	57.9	54.1	52.0	49.9	48.1

<표 3.3.2 - 12> 소음예측 결과 (풍속5m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	81.7	75.5	69.8	64.6	60.2	56.3	53.0	52.0	50.1
	죽도길15	80.4	74.2	68.4	63.3	58.8	54.9	51.5	50.3	48.8
	안마길8	79.8	73.5	67.7	62.6	58.1	54.2	50.8	48.1	46.0
	안마길96	80.4	74.2	68.4	63.2	58.7	54.8	52.6	50.6	48.7

<표 3.3.2 - 13> 소음예측 결과 (풍속6m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	82.5	76.2	70.6	65.3	60.9	57.0	53.7	52.7	50.7
	죽도길15	81.2	74.9	69.2	64.0	59.5	55.6	52.2	51.0	49.4
	안마길8	80.6	74.2	68.5	63.3	58.8	54.9	51.5	48.8	46.6
	안마길96	81.2	74.9	69.2	63.9	59.4	55.5	53.3	51.3	49.3

<표 3.3.2 - 14> 소음예측 결과 (풍속7m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	83.2	77.0	71.3	66.1	61.6	57.7	54.4	53.3	51.4
	죽도길15	81.9	75.7	69.9	64.8	60.2	56.3	52.9	51.6	50.1
	안마길8	81.3	75.0	69.2	64.1	59.5	55.6	52.2	49.4	47.3
	안마길96	81.9	75.7	69.9	64.7	60.1	56.2	54.0	51.9	50.0

<표 3.3.2 - 15> 소음예측 결과 (풍속8m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	84.9	78.7	72.9	67.7	63.2	59.3	55.8	54.0	51.8
	죽도길15	84.0	77.8	72.0	66.8	62.3	58.3	54.8	52.7	50.8
	안마길8	83.4	77.2	71.4	66.1	61.6	57.6	54.1	51.2	48.8
	안마길96	84.7	78.4	72.6	67.4	62.8	58.8	55.9	53.3	52.3

<표 3.3.2 - 16> 소음예측 결과 (풍속9m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	84.9	78.7	73.0	67.7	63.2	59.3	56.0	54.8	52.7
	죽도길15	83.6	77.4	71.6	66.4	61.8	57.9	54.5	53.1	51.4
	안마길8	83.0	76.7	70.9	65.7	61.1	57.2	53.8	50.9	48.6
	안마길96	83.6	77.4	71.6	66.3	61.7	57.8	55.6	53.4	51.3

<표 3.3.2 - 17> 소음예측 결과 (풍속10m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	87.3	81.1	75.4	70.1	65.6	61.6	58.3	57.1	55.0
	죽도길15	86.0	79.8	74.0	68.8	64.2	60.2	56.8	55.4	53.7
	안마길8	85.4	79.1	73.3	68.1	63.5	59.5	56.1	53.2	50.9
	안마길96	86.0	79.8	74.0	68.7	64.1	60.1	57.9	55.7	53.6

<표 3.3.2 - 18> 소음예측 결과 (풍속11m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	87.9	81.6	75.9	70.6	66.1	62.1	58.7	57.5	55.4
	죽도길15	86.6	80.3	74.5	69.3	64.7	60.7	57.2	55.8	54.1
	안마길8	86.0	79.6	73.8	68.6	64.0	60.0	56.5	53.6	51.3
	안마길96	86.6	80.3	74.5	69.2	64.6	60.6	58.3	56.1	54.0

<표 3.3.2 - 19> 소음예측 결과 (풍속12m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	87.2	80.9	75.2	69.9	65.3	61.4	57.9	56.7	54.5
	죽도길15	85.9	79.6	73.8	68.6	63.9	60.0	56.4	55.0	53.2
	안마길8	85.3	78.9	73.1	67.9	63.2	59.3	55.7	52.8	50.4
	안마길96	85.9	79.6	73.8	68.5	63.8	59.9	57.5	55.3	53.1

<표 3.3.2 - 20> 소음예측 결과 (풍속13m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	87.4	81.1	75.4	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7
	죽도길15	86.1	79.8	74.0	68.8	64.1	60.2	56.6	55.2	53.4
	안마길8	85.5	79.1	73.3	68.1	63.4	59.5	55.9	53.0	50.6
	안마길96	86.1	79.8	74.0	68.7	64.0	60.1	57.7	55.5	53.3

<표 3.3.2 - 21> 소음예측 결과 (풍속14m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	87.4	81.1	75.4	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7
	죽도길15	86.1	79.8	74.0	68.8	64.1	60.2	56.6	55.2	53.4
	안마길8	85.5	79.1	73.3	68.1	63.4	59.5	55.9	53.0	50.6
	안마길96	86.1	79.8	74.0	68.7	64.0	60.1	57.7	55.5	53.3

<표 3.3.2 - 22> 소음예측 결과 (풍속15m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	89.4	83.1	77.4	72.1	67.5	63.5	60.0	58.7	56.5
	죽도길15	88.1	81.8	76.0	70.8	66.1	62.1	58.5	57.0	55.2
	안마길8	87.5	81.1	75.3	70.1	65.4	61.4	57.8	54.8	52.4
	안마길96	88.1	81.8	76.0	70.7	66.0	62.0	59.6	57.3	55.1

<표 3.3.2 - 23> 소음예측 결과 (풍속16m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	90.2	83.9	78.1	72.8	68.2	64.2	60.7	59.4	57.1
	죽도길15	88.9	82.6	76.7	71.5	66.8	62.8	59.2	57.7	55.8
	안마길8	88.3	81.9	76.0	70.8	66.1	62.1	58.5	55.5	53.0
	안마길96	88.9	82.6	76.7	71.4	66.7	62.7	60.3	58.0	55.7

<표 3.3.2 - 24> 소음예측 결과 (풍속17m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	91.0	84.7	78.9	73.6	69.0	64.9	61.4	60.1	57.7
	죽도길15	89.7	83.4	77.5	72.3	67.6	63.5	59.9	58.4	56.4
	안마길8	89.1	82.7	76.8	71.6	66.9	62.8	59.2	56.2	53.6
	안마길96	89.7	83.4	77.5	72.2	67.5	63.4	61.0	58.7	56.3

<표 3.3.2 - 25> 소음예측 결과 (풍속18m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	91.8	85.4	79.7	74.3	69.7	65.6	62.1	60.7	58.4
	죽도길15	90.5	84.1	78.3	73.0	68.3	64.2	60.6	59.0	57.1
	안마길8	89.9	83.4	77.6	72.3	67.6	63.5	59.9	56.8	54.3
	안마길96	90.5	84.1	78.3	72.9	68.2	64.1	61.7	59.3	57.0

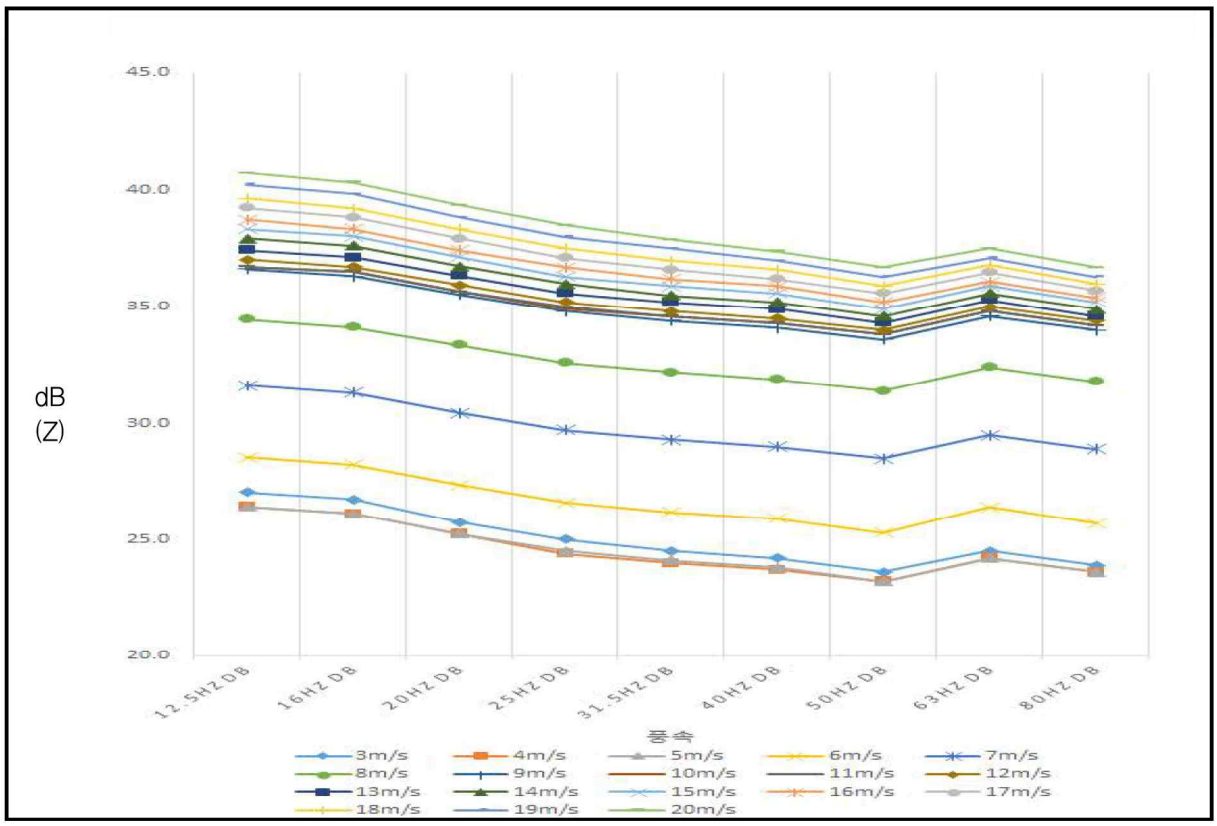
<표 3.3.2 - 26> 소음예측 결과 (풍속19m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	92.5	86.2	80.4	75.1	70.4	66.4	62.8	61.4	59.0
	죽도길15	91.2	84.9	79.0	73.8	69.0	65.0	61.3	59.7	57.7
	안마길8	90.6	84.2	78.3	73.1	68.3	64.3	60.6	57.5	54.9
	안마길96	91.2	84.9	79.0	73.7	68.9	64.9	62.4	60.0	57.6

<표 3.3.2 - 27> 소음예측 결과 (풍속20m/s)

Receiver		12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
주거시설	오도길4	93.3	87.0	81.2	75.8	71.2	67.1	63.5	62.1	59.6
	죽도길15	92.0	85.7	79.8	74.5	69.8	65.7	62.0	60.4	58.3
	안마길8	91.4	85.0	79.1	73.8	69.1	65.0	61.3	58.2	55.5
	안마길96	92.0	85.7	79.8	74.4	69.7	65.6	63.1	60.7	58.2

※< □ >저주파소음 환경목표기준 초과.



<그림 3.3.2 - 11> 풍력발전기 14M, 풍속에 따른 저주파소음분포그래프

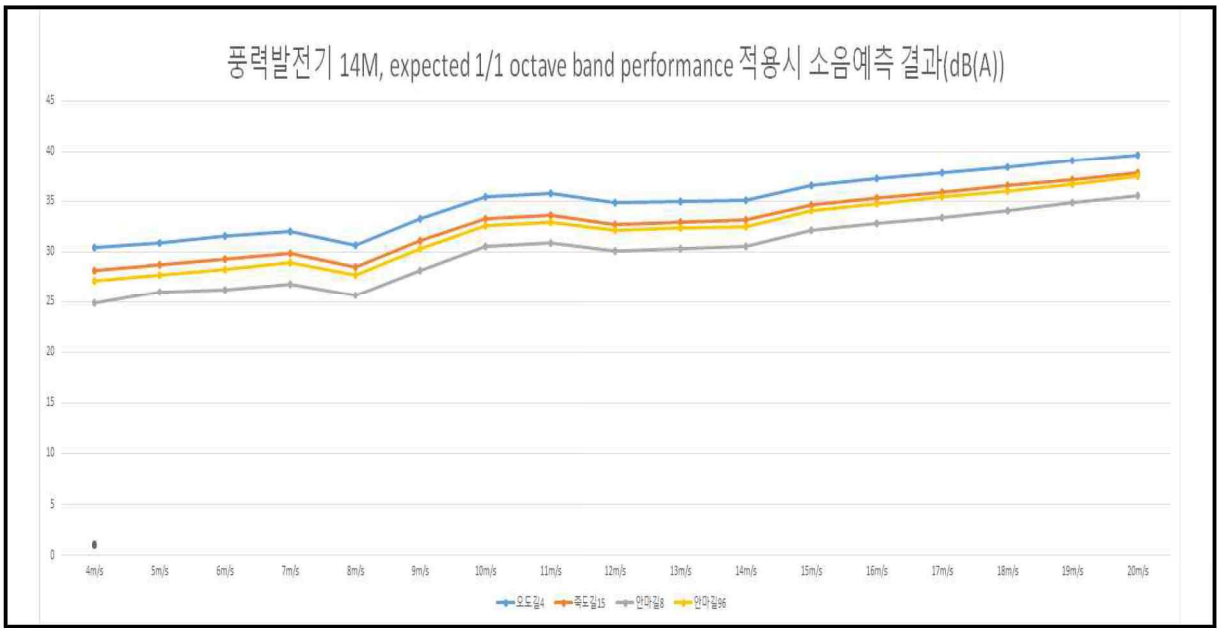
㉯ 풍력발전기 14M, expected 1/1 octave band performance 적용시 소음예측 결과(dB(A))

○ 소음예측 조건 최고소음발생 조건(SG DD-236-14M)에서의 소음(dB(A))을 예측한 결과, 모든 지점에서 소음 환경목표기준을 만족함.

<표 3.3.2 - 28> 풍력발전기 소음예측 결과(dB(A))

Receiver	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s	18m/s	19m/s	20m/s
오도길4	30.4	30.9	31.5	32.0	30.7	33.2	35.4	35.7	34.8	35.0	35.1	36.6	37.2	37.8	38.4	39.0	39.6
죽도길15	28.1	28.7	29.3	29.8	28.5	31.1	33.3	33.6	32.7	32.9	33.1	34.6	35.3	35.9	36.5	37.1	37.8
안마길8	24.9	26.0	26.2	26.8	25.6	28.2	30.5	30.9	30.1	30.3	30.5	32.1	32.8	33.4	34.1	34.8	35.5
안마길96	27.1	27.7	28.3	28.9	27.7	30.3	32.6	32.9	32.1	32.3	32.5	34.0	34.7	35.4	36.0	36.7	37.4

※ 주간 소음기준 55dB(A), 야간 소음기준 45dB(A)



<그림 3.3.2 - 12> 풍력발전기 14M, 풍속에 따른 소음분포그래프

㉰ 변전소 expected 1/3 octave band performance 적용시 소음예측 결과(dB(A))

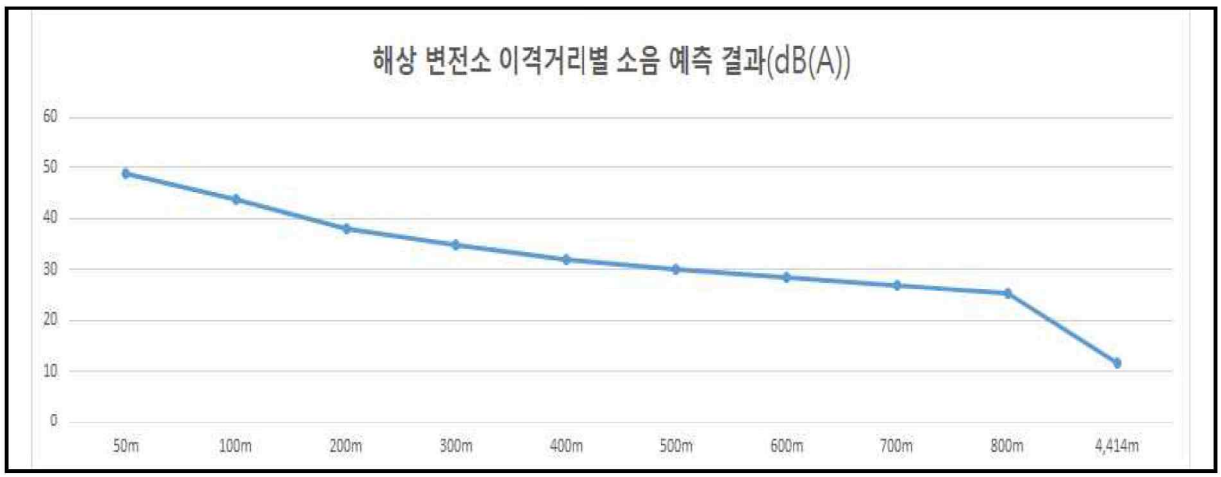
○ 변전소 소음 예측결과 환경기준을 만족함.

<표 3.3.2 - 29> 변전소 소음예측 결과(dB(A))

구 분	50m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	4,414m
이격거리별 소음 예측 결과	48.8	43.7	38.1	34.7	32.1	30.0	28.3	26.8	25.4	11.7

※ 이격거리 4,414m는 소음예측지점 오도길4 임.

※ 주간 소음기준 55dB(A), 야간 소음기준 45dB(A).



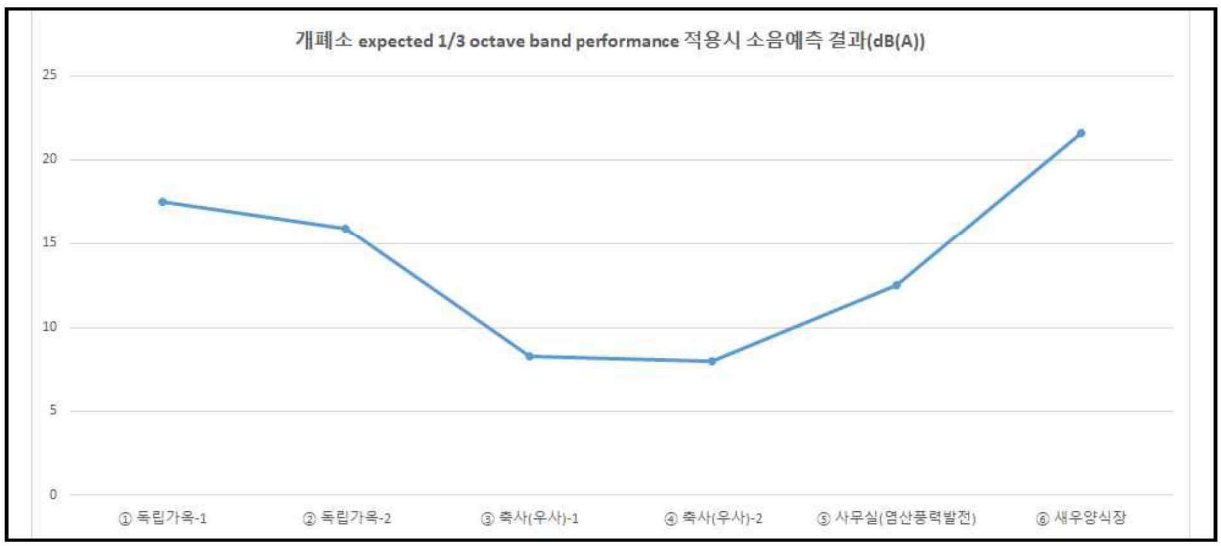
<그림 3.3.2 - 13> 변전소 이격거리별 소음분포그래프

㉮ 개폐소 expected 1/3 octave band performance 적용시 소음예측 결과(dB(A))

○ 개폐소 소음 예측결과, 모든 지점에서 환경기준을 만족함.

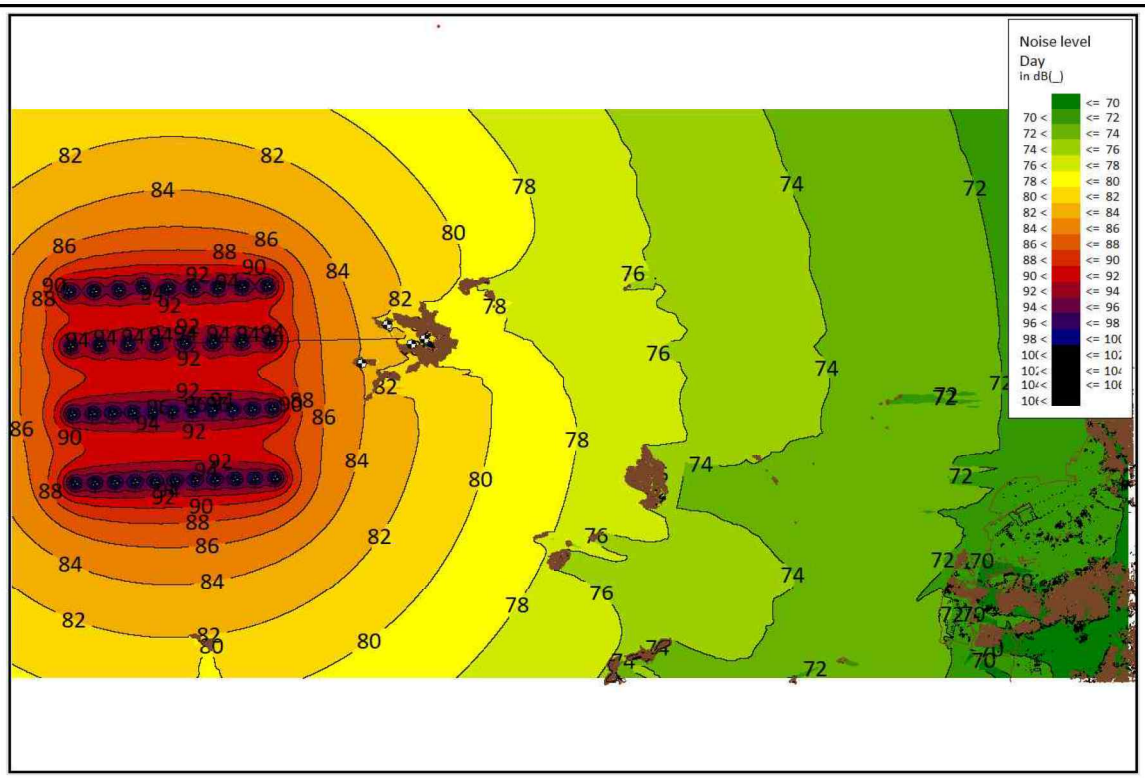
<표 3.3.2 - 30> 개폐소 소음예측 결과(dB(A))

정온시설		예측소음도(dB(A))	비고
주거시설	① 독립가옥-1	17.5	
	② 독립가옥-2	15.9	
축사시설	③ 축사(우사)-1	8.3	
	④ 축사(우사)-2	8.0	
기타시설	⑤ 사무실(염산풍력발전)	12.5	
	⑥ 새우양식장	21.6	

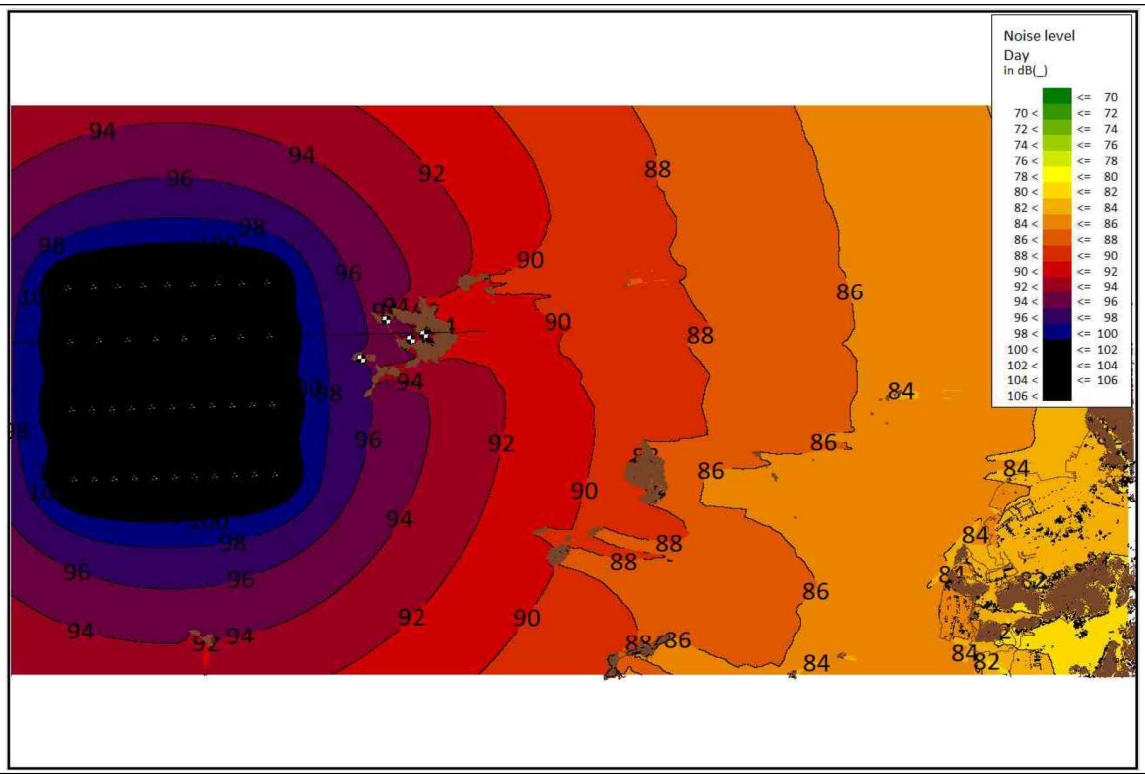


<그림 3.3.2 - 14> 개폐소 예측소음도 분포그래프

4) SoundPlan 수행 결과 Graphic

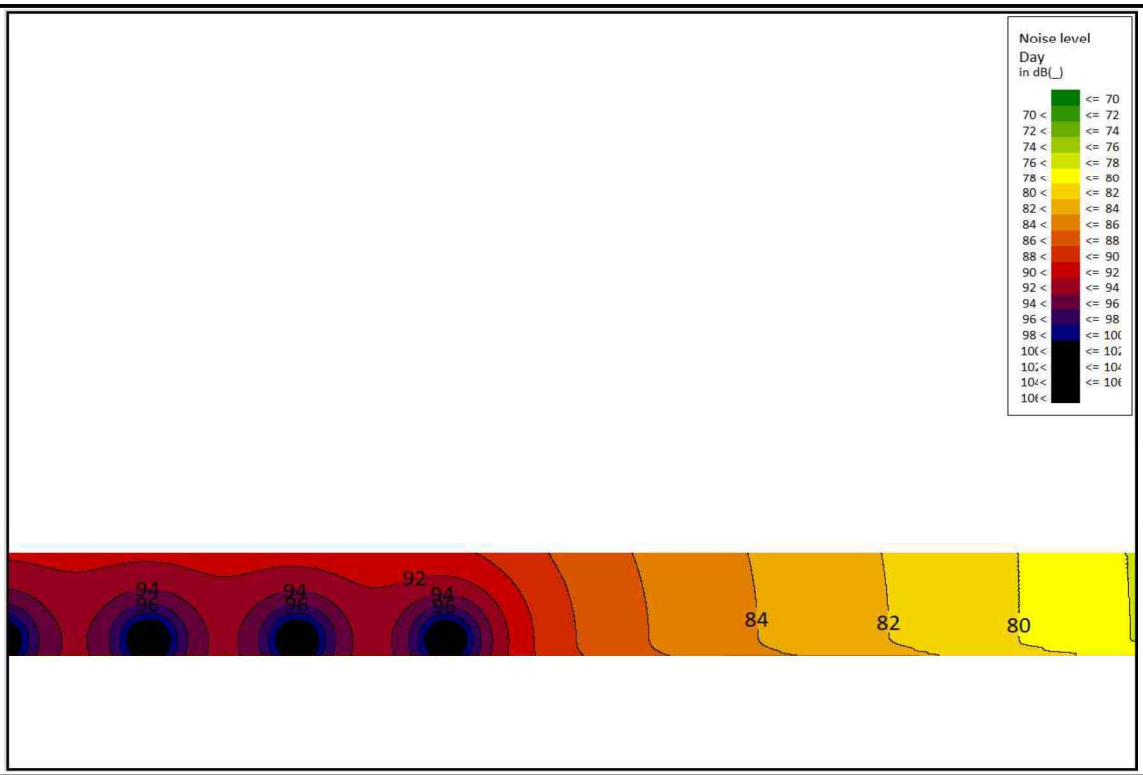


적용 풍속 4m/s

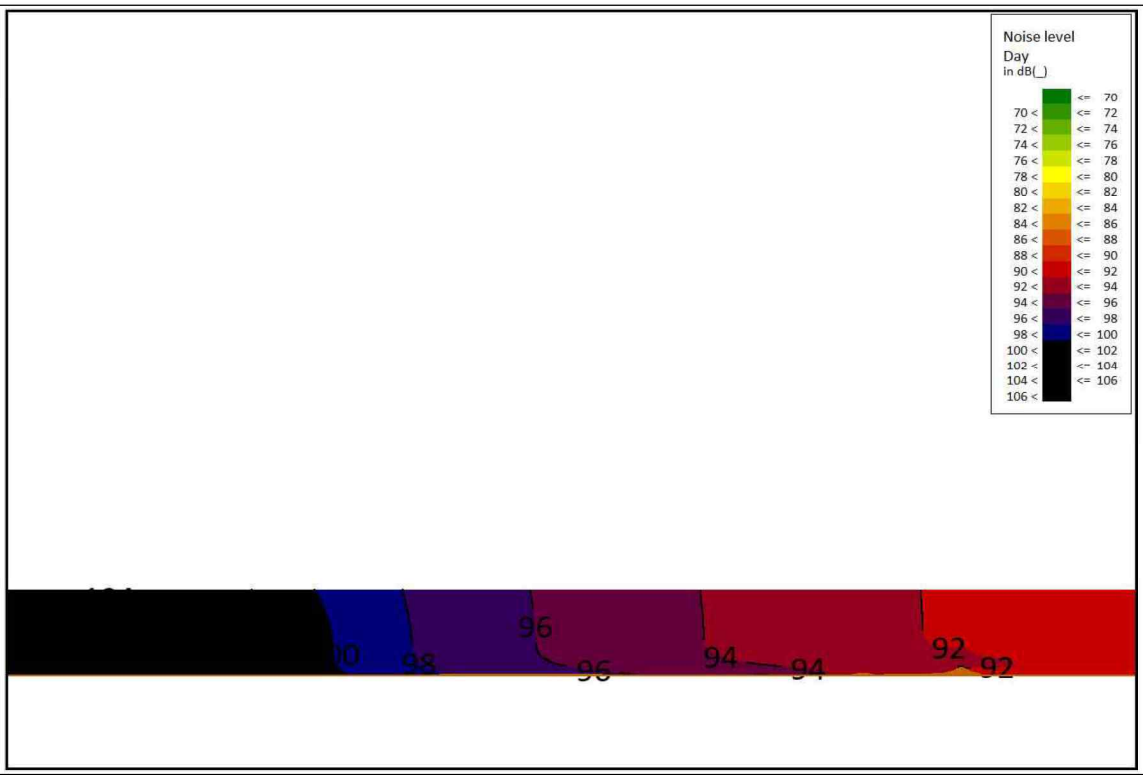


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 15> Wind turbine 14M 저주파음(dB(Z)) 수평분석(2D) 등음선곡선

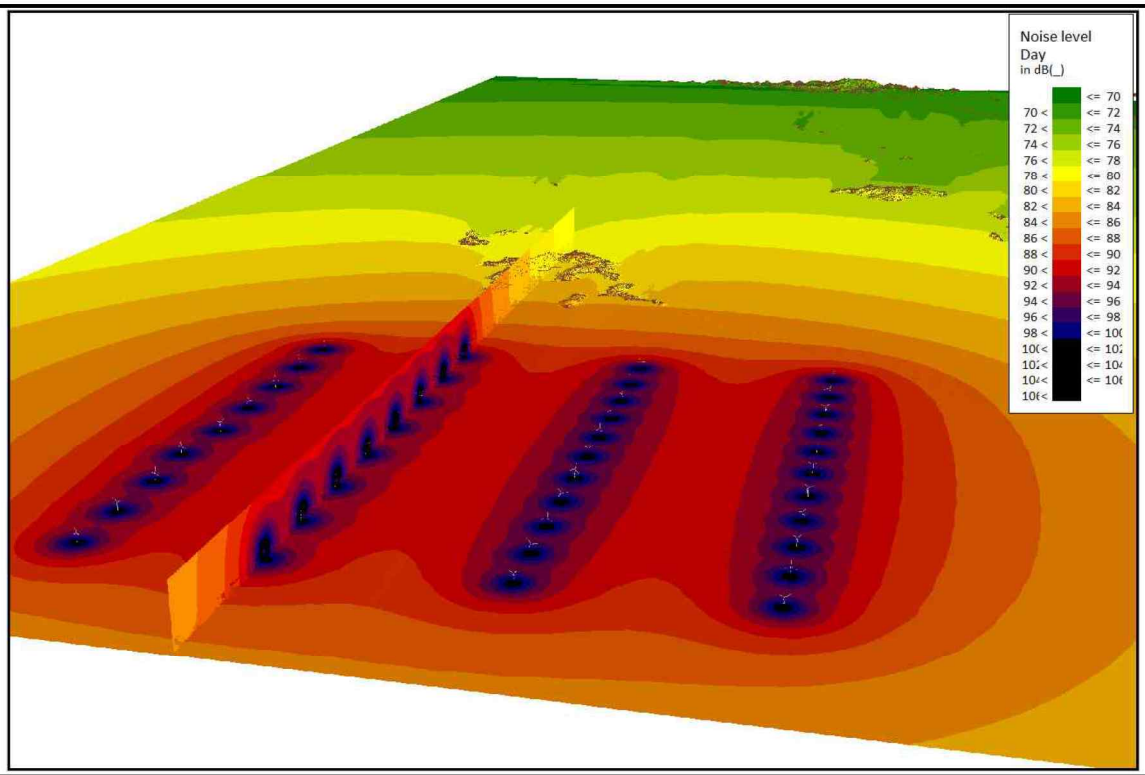


적용 풍속 4m/s

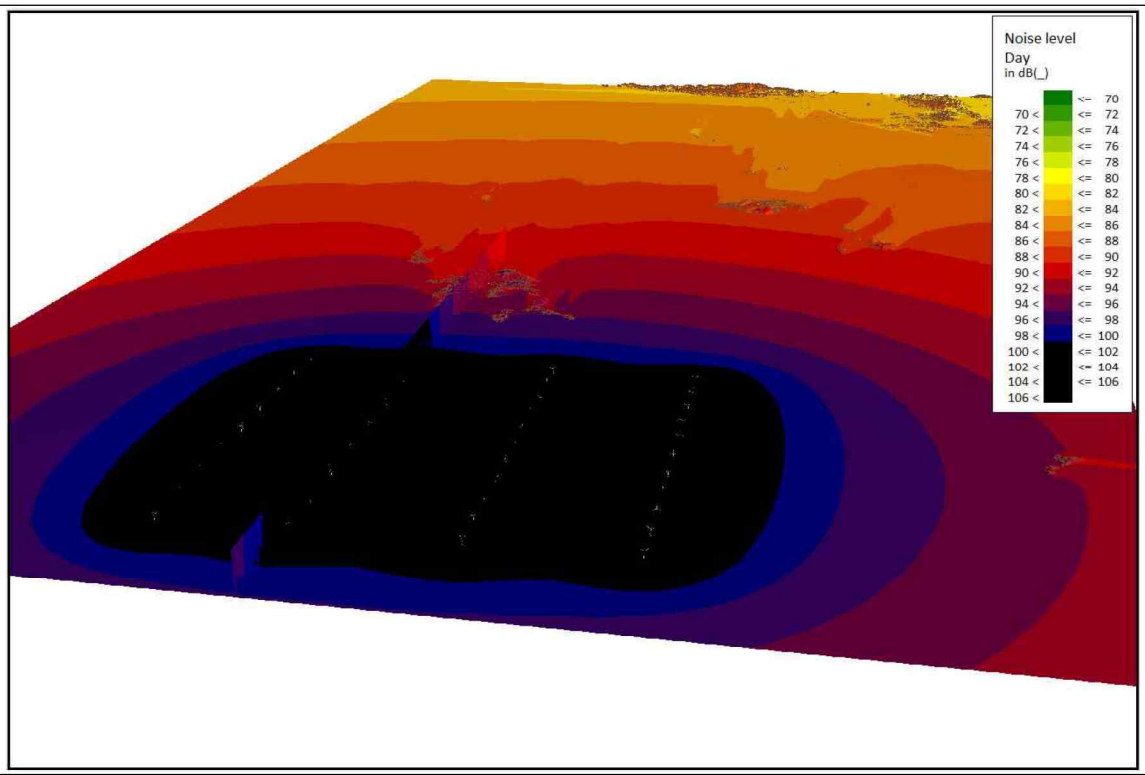


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 16> Wind turbine 14M 저주파음(dB(Z)) 단면분석(3D) 등음선곡선

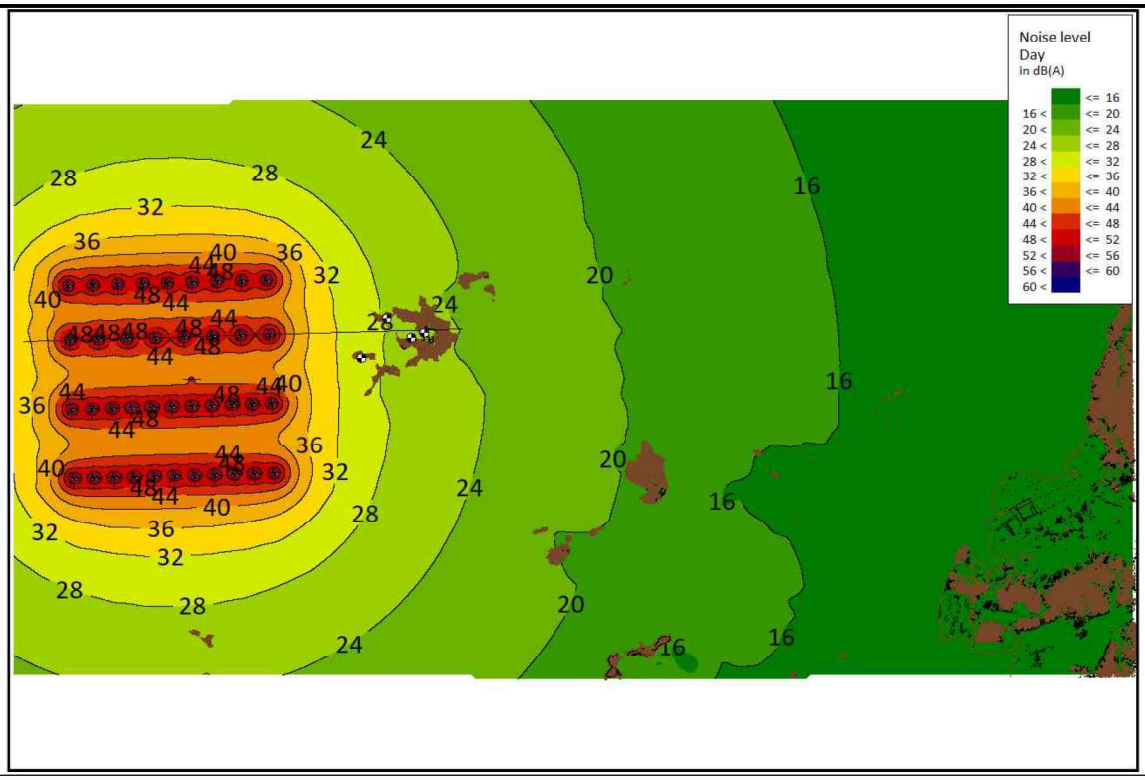


적용 풍속 4m/s

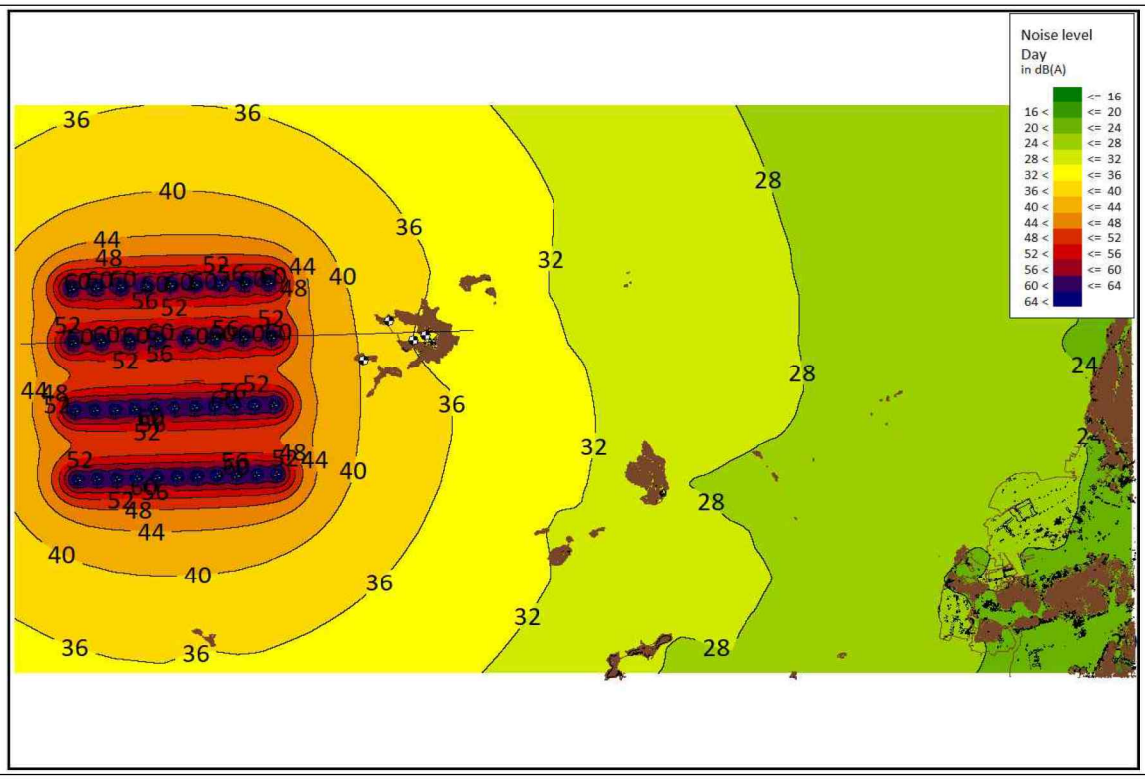


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 17> Wind turbine 14M 저주파음(dB(Z)) 3D분석 등음선곡선

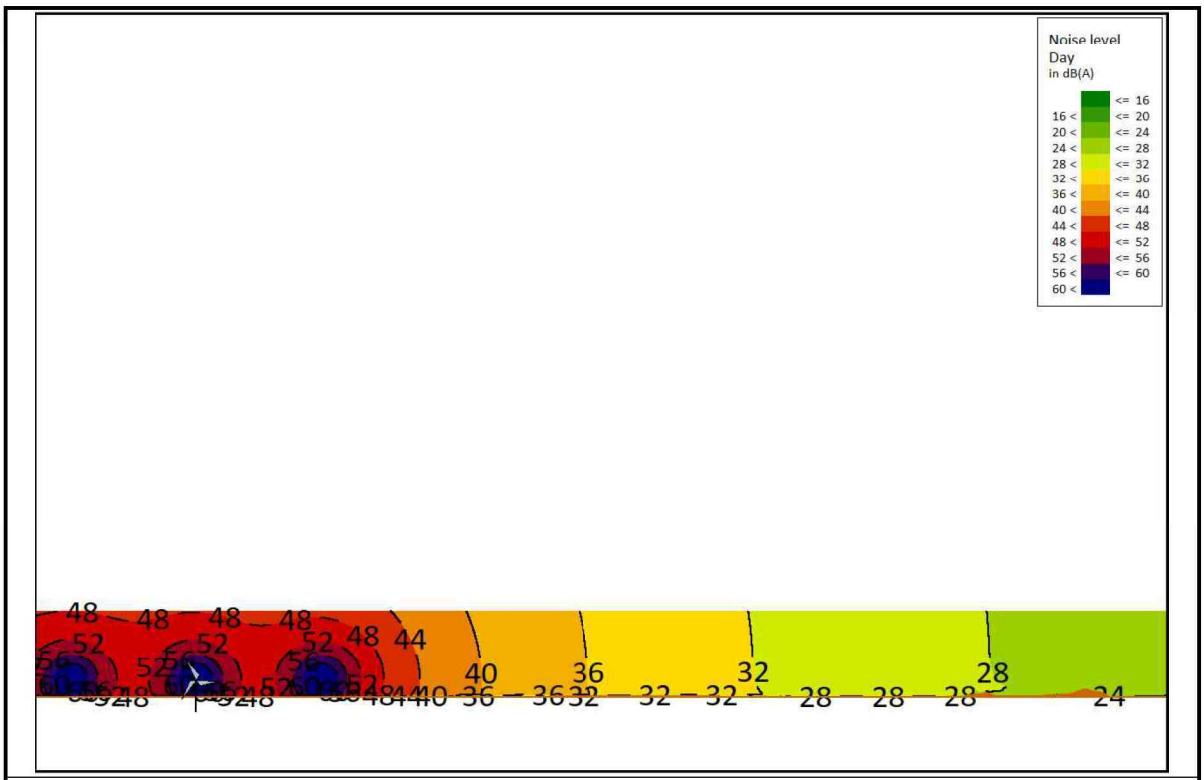


적용 풍속 4m/s

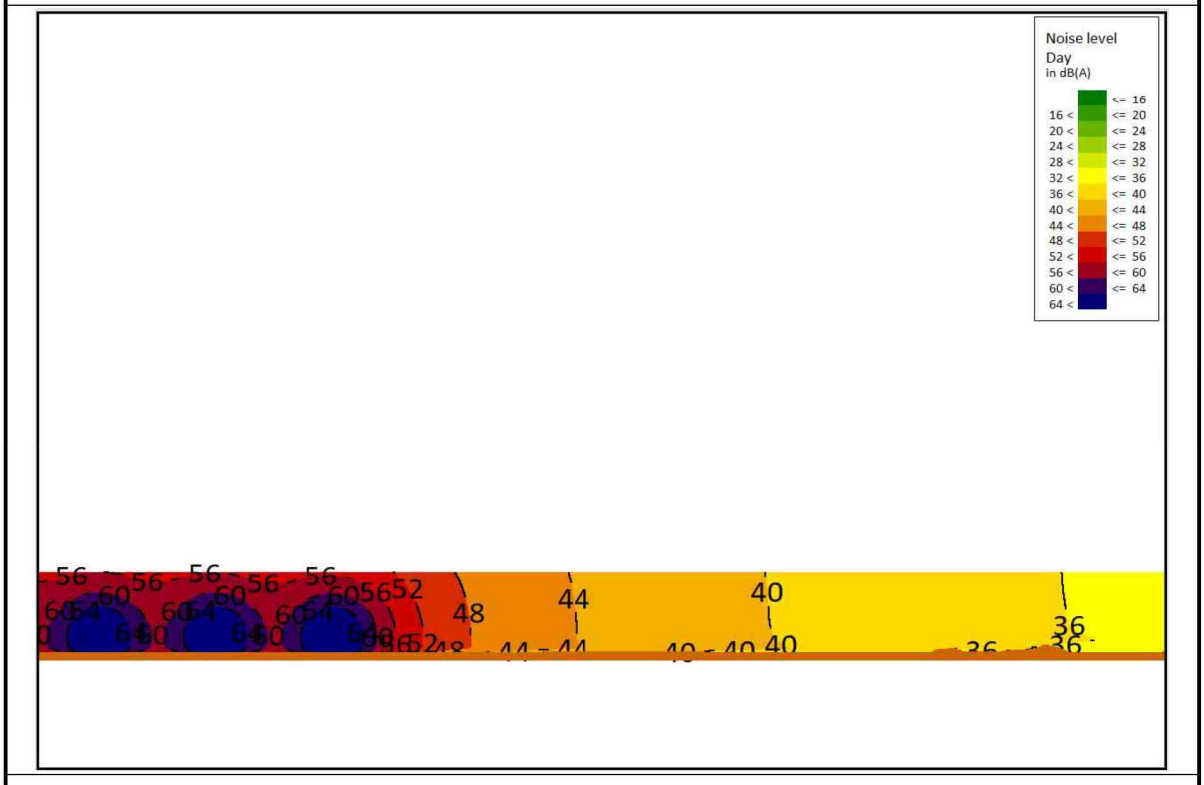


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 18> Wind turbine 14M 소음(dB(A)) 수평분석(2D) 등음선곡선

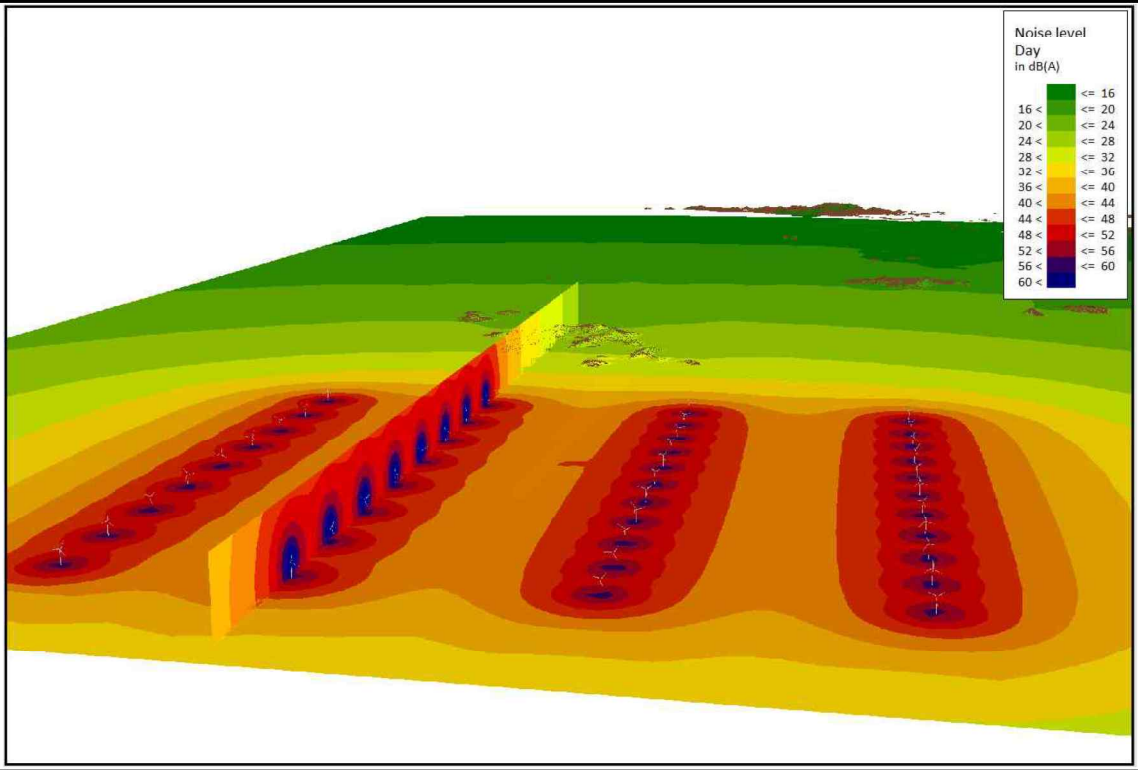


적용 풍속 4m/s

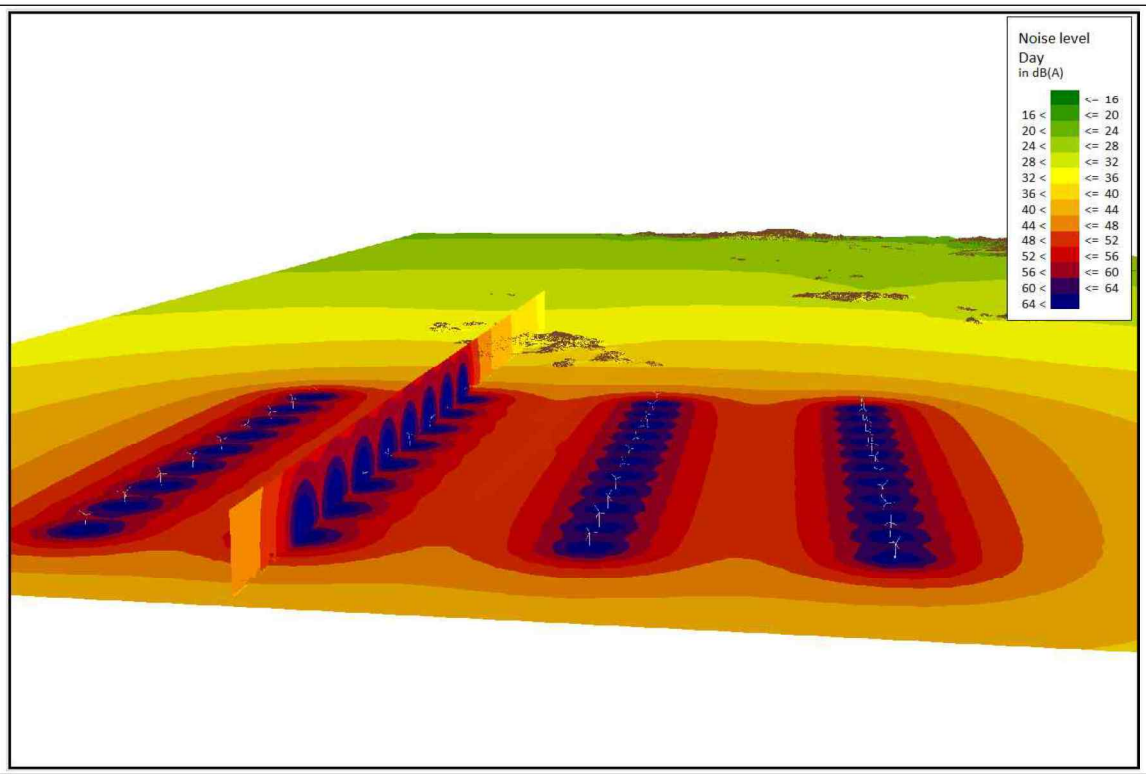


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 19> Wind turbine 14M 소음(dB(A)) 단면분석(3D) 등음선곡선

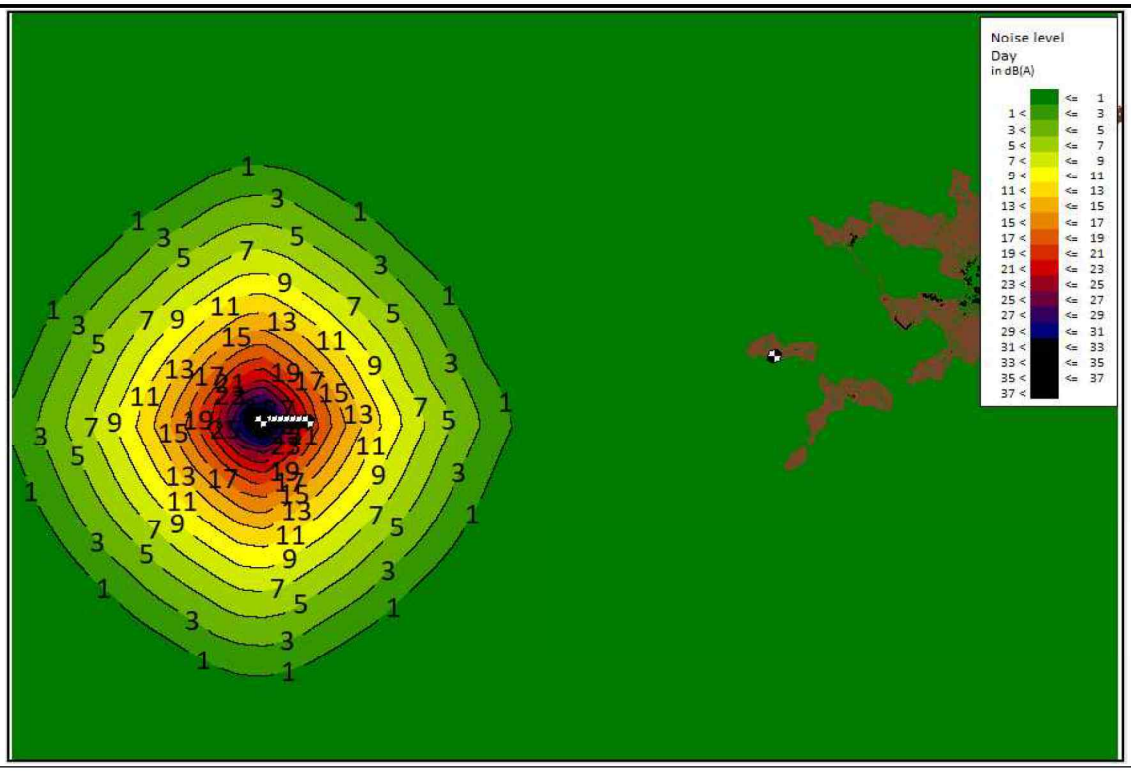


적용 풍속 4m/s

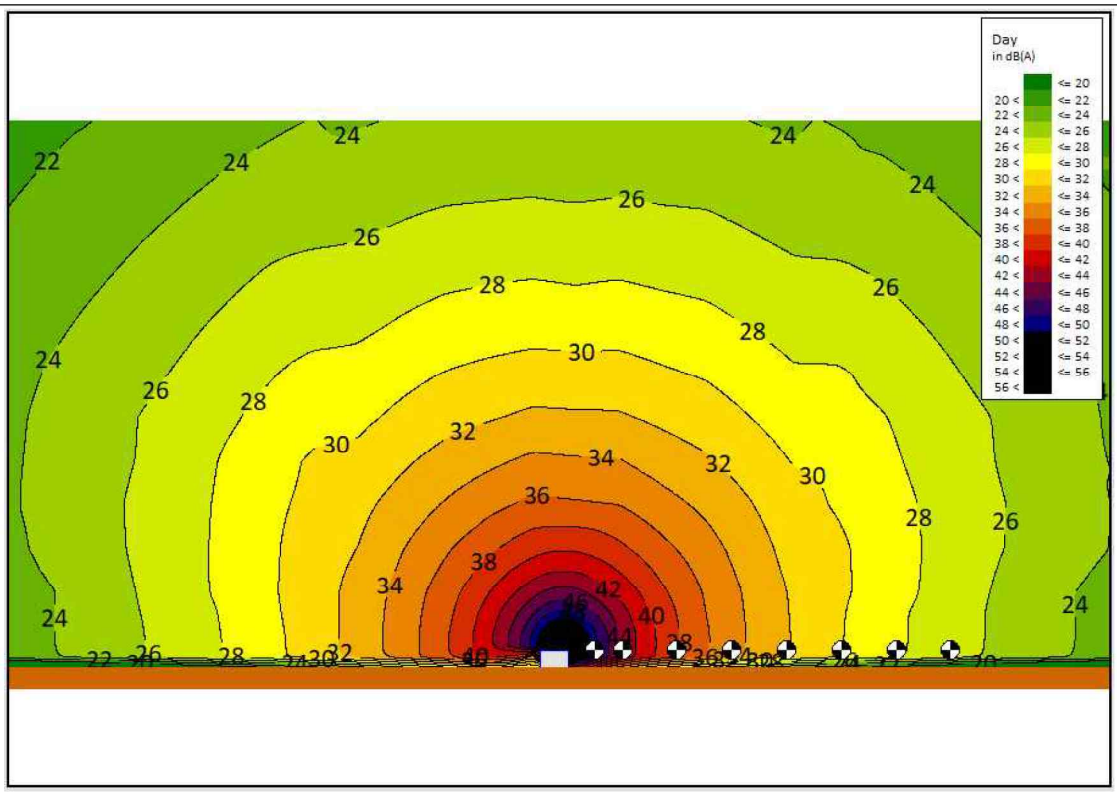


적용 풍속 20m/s

<그림 3.3.2 - 20> Wind turbine 14M 소음(dB(A)) 3D분석 등음선곡선

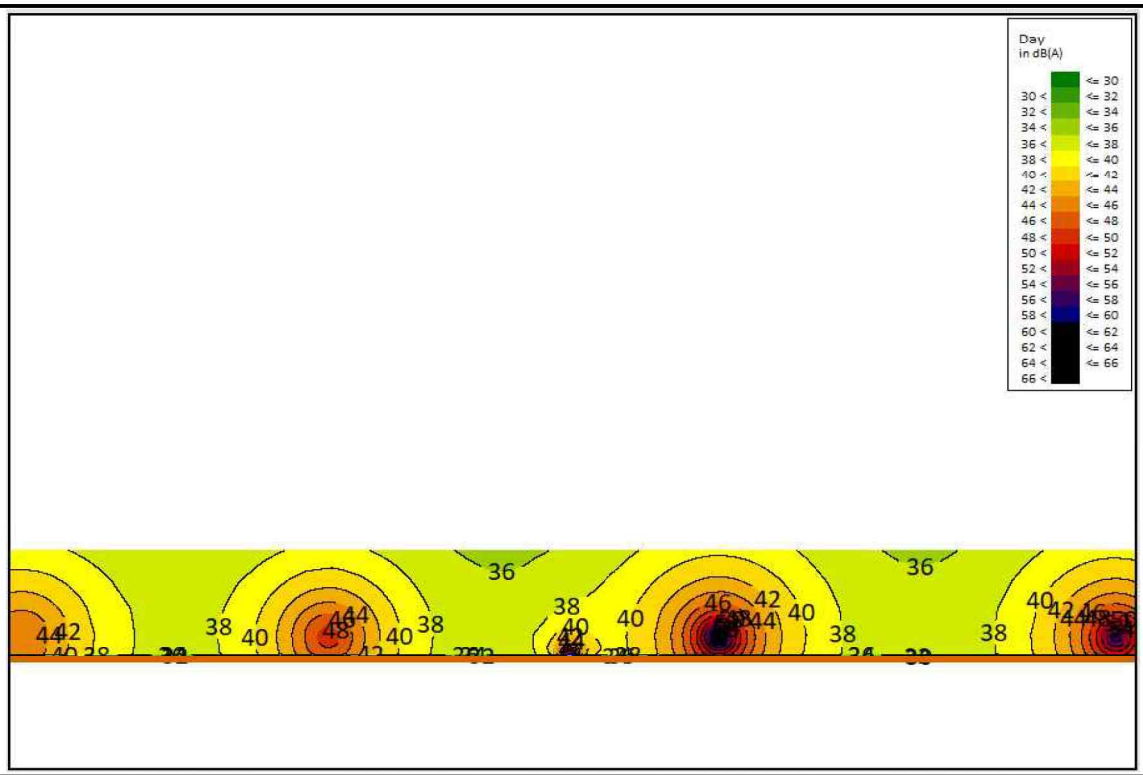


수평분석

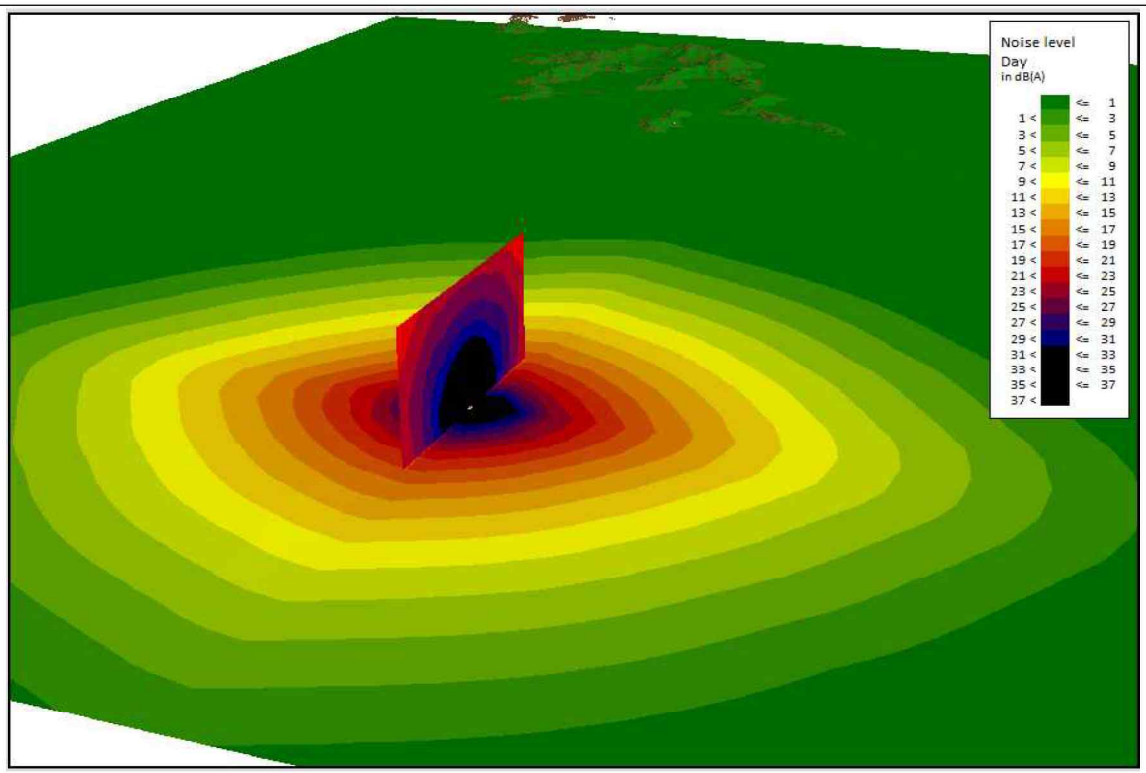


단면분석

<그림 3.3.2 - 21> 변전소 등음선곡선

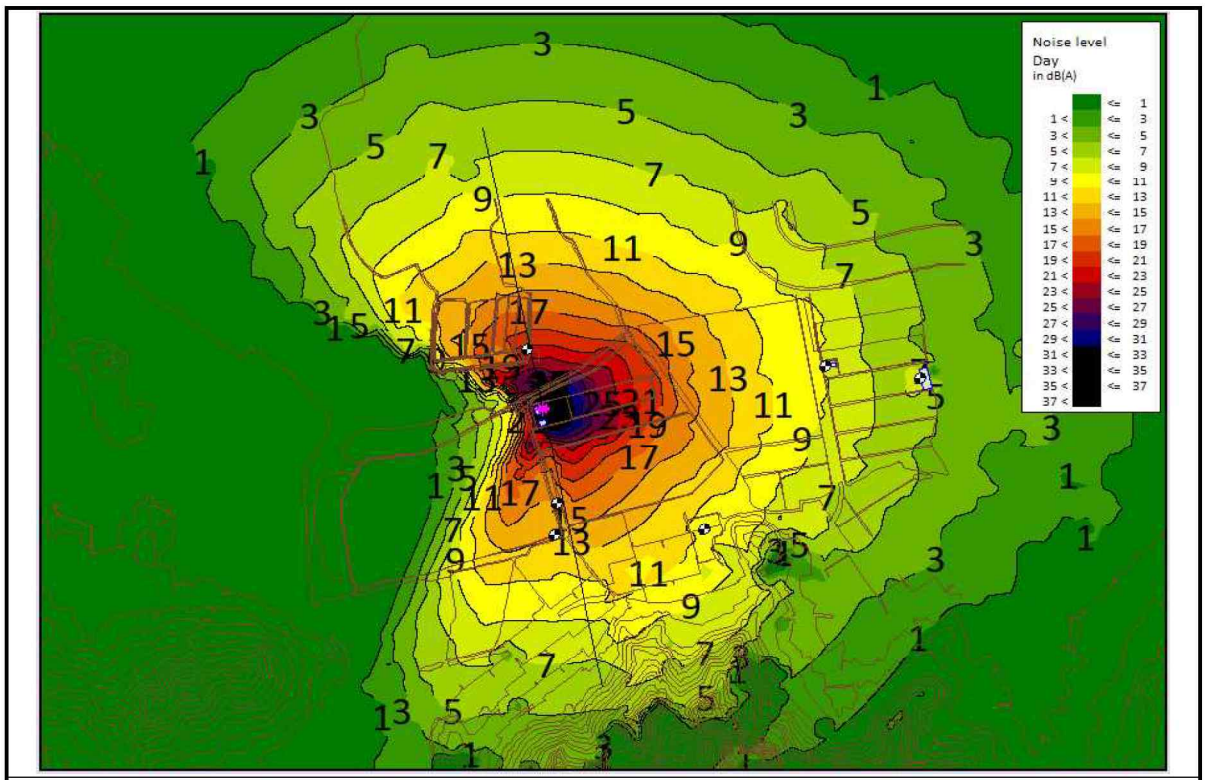


변전소 + Wind turbine 동시 가동시 단면등음선곡선

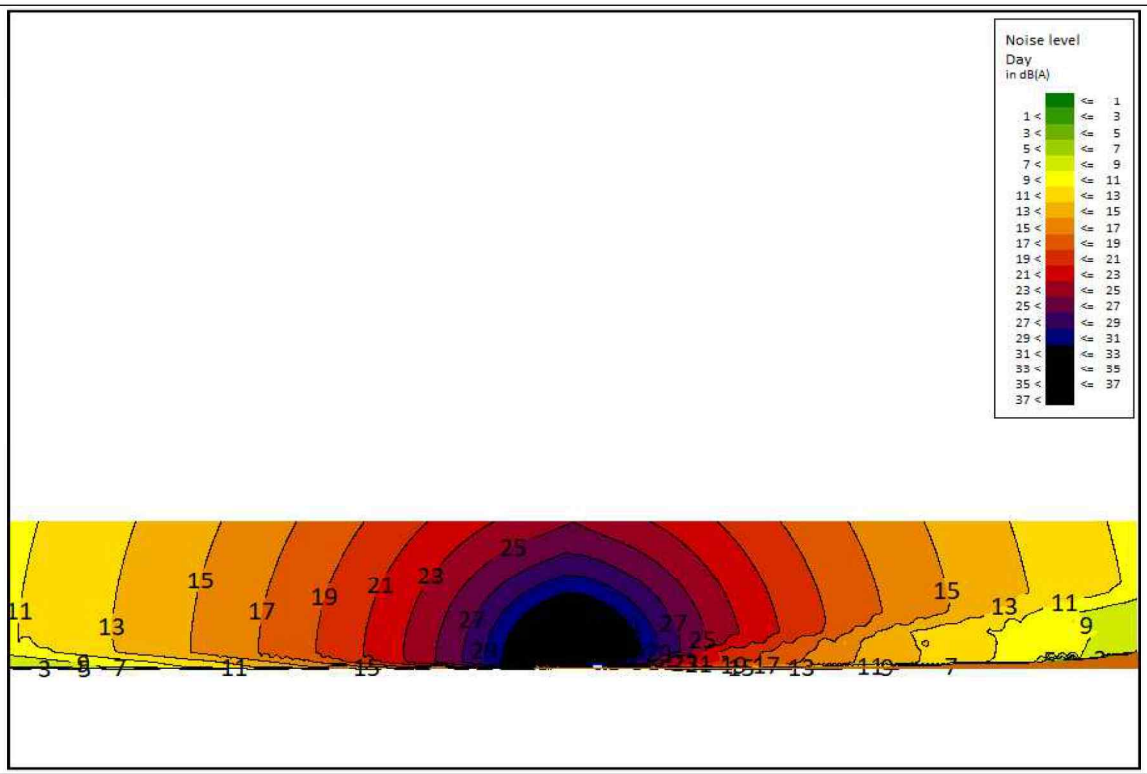


변전소 + Wind turbine 동시 가동시 3D등음선곡선

<그림 3.3.2 - 22> 변전소 등음선곡선

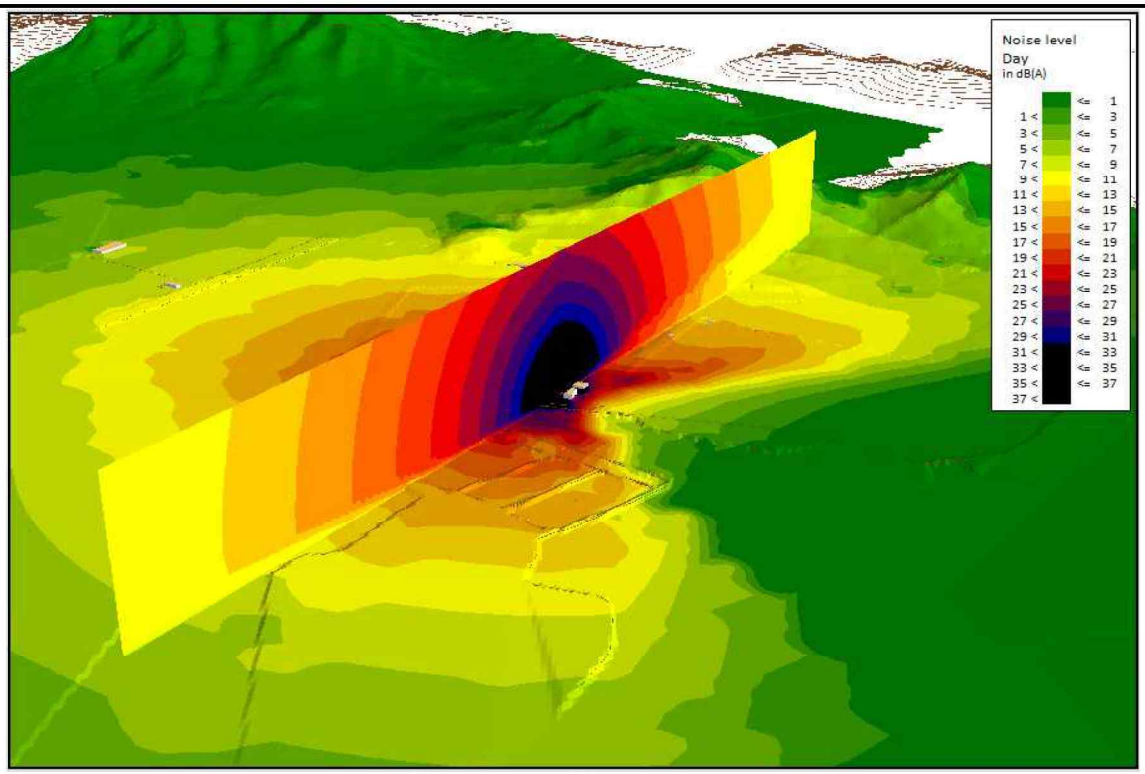


수평분석

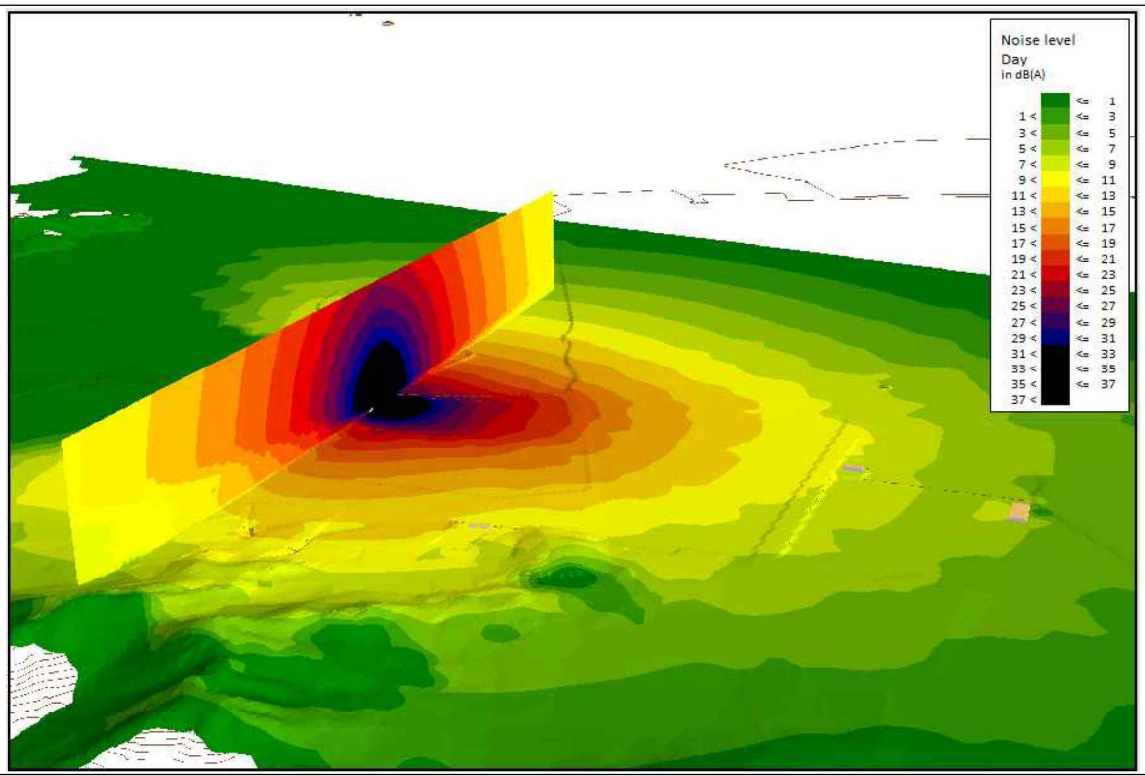


단면분석

<그림 3.3.2 - 23> 개폐소 등음선곡선



3D 등음선곡선



3D 등음선곡선

<그림 3.3.2 - 24> 개폐소 등음선곡선

다. 저감방안 및 평가

○ 풍력발전사업으로 인한 저주파소음 영향예측 결과 안마도 정온시설에서 목표기준을 초과하는 것으로 예측되었으나, 「해상풍력발전 입지선정 지원을 위한 환경공간정보 구축, 환경부, 2021.11」에 제시된 소음영향범위 결과 4~6㎞정도 까지의 영향범위 분포되어 있는 것으로 제시되었음.

3. 풍력발전의 소음영향범위 설정(안) 제안

육상풍력발전에 의한 저주파소음의 음향파워레벨 데이터와 저주파대역별 소음전파특성을 고려할 수 있는 예측식에 근거하여 풍력발전기 개수 및 배치 등의 변화에 따른 저주파소음의 영향범위를 분석한 결과 약 4-6㎞ 정도의 분포를 보여주고 있다는 사실을 확인할 수 있다.

이러한 분석결과를 바탕으로 저주파소음의 대역 중 80Hz에 해당하는 기준인 45dB(환경부, 2018)를 만족시키기 위한 평균적인 관점의 풍력발전 소음영향범위로 5㎞를 제안하였다.

제안된 풍력발전의 소음영향범위를 기반으로 하여 저주파소음이 미치는 영향의 정도를 고려한 세부적인 범위를 설정하기 위해 저주파소음의 대역 중 80Hz에 해당하는 소음의 1dB별 감쇠효과를 고려하여 5단계의 범주로 구분하였다. 다시 말해서, '매우 중대한 영향'의 경우 45dB을 만족하는 이격거리인 5㎞ 이내의 범위로, '중대한 영향'의 경우 5㎞에서 44dB을 만족하는 이격거리인 5.7㎞까지의 범위로, '보통의 영향'의 경우 5.7㎞에서 43dB을 만족하는 이격거리인 6.5㎞까지의 범위로, '작은 영향'의 경우 6.5㎞에서 42dB을 만족하는 이격거리인 7.3㎞까지의 범위로, '영향 미미'의 경우 7.3㎞에서부터는 외해까지 41dB 이하인 영역으로 구분하여 풍력발전의 소음영향범위를 설정하였다.

<그림 3.3.2 - 25> 풍력발전 소음영향범위

○ 따라서, 안마해상풍력 발전사업 뿐만 아니라 모든 풍력발전사업에 저주파소음의 영향이 있는 것으로 조사되었으며, 이에 따라 별다른 저감방안 또한 없는 것으로 조사되었음.

In general, the data quality is good. The data has been filtered for faulty equipment and failures due to weather conditions. This is a procedure done by the logger software and faulty data are identified in the files received. The result of the raw wind data treatment are as follows.

Table 2-2 Treatment of the raw wind data from Offshore LIDAR

Treatment	Height (mMSL)	Start	End	Period	Mean wind speed (m/s)	Recovery Rate (%)
Raw	155	2019/05/24	2021/01/07	19	7.66	83.5%
Filtered	155	2019/05/24	2021/01/07	19	7.66	83.5%
Vertically interpolate	155	2019/05/24	2021/01/07	19	7.66	83.5%
Patched and extended	155	2017/10/28	2021/01/07	38	7.40	90.8%
Trimmed	155	2018/08/01	2020/07/31	24	7.25	95.7%

<그림 3.3.2 - 26> 안마해상풍력의 풍속범위

3.4 경관

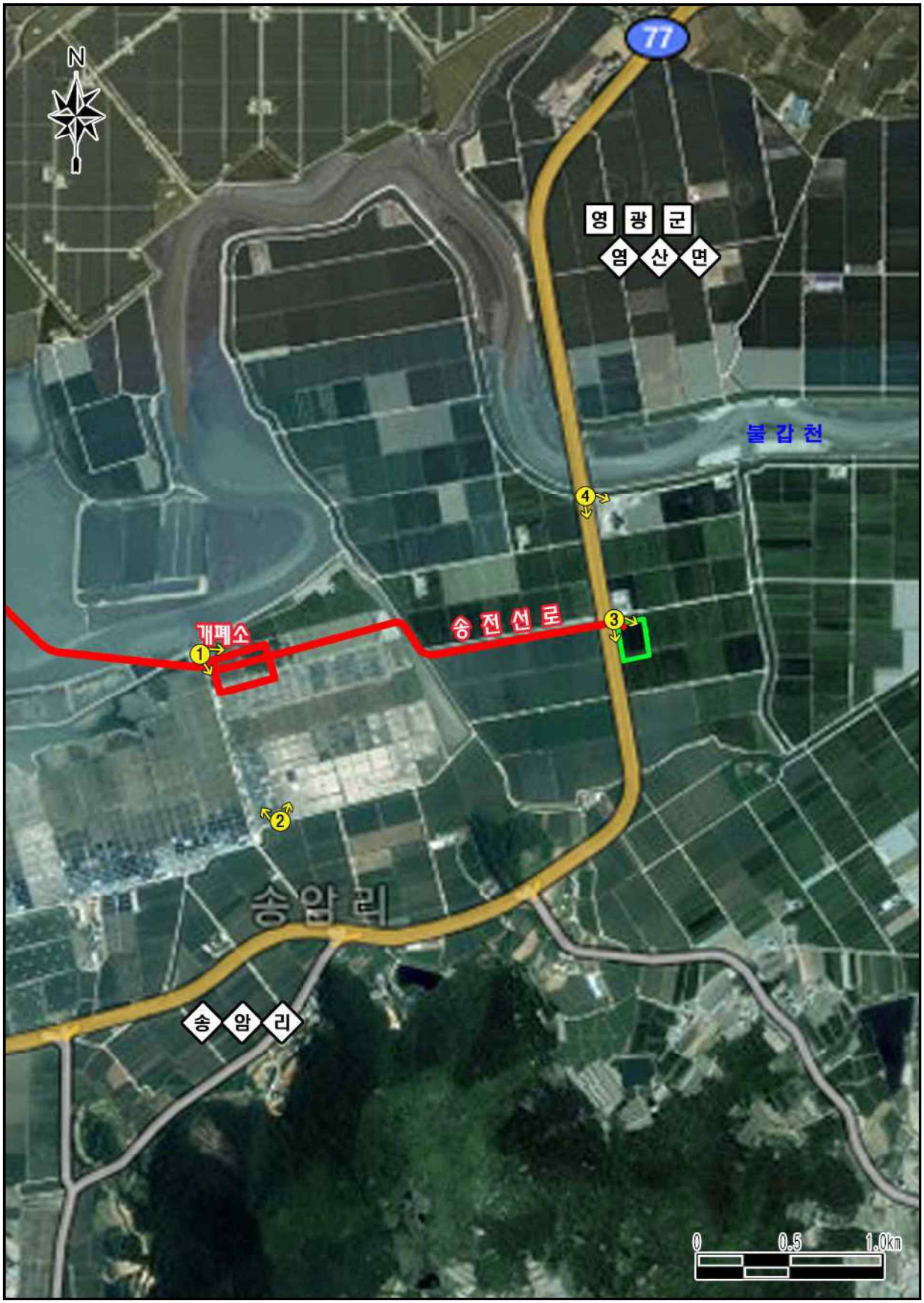
○ 조망점 선정과 관련하여(표 8.5.3-12) 개폐소 및 서영광변전소를 조망대상으로 한 중경의 추가 선정 가능성을 검토하여 제시하여야 함.
- 개폐소, 서영광 변전소 등 사업시행 후 시뮬레이션 보완(8.5.3-41, 8.5.3-45) 제시
- 개폐소, 서영광 변전소 조성 시 주요 조망점에서의 차폐식재 및 녹지공간 추가 확보 등의 지역경관과의 조화 계획 제시

가. 추가 조망점 선정

○ 개폐소 및 서영광 변전소를 대상으로 추가 조망점을 선정하여 제시하였음.

<표 3.4 - 1> 조망점 위치

조망점	조망위치	이용특성			거리	고정 통제 조망점 선정 사유	비고
		생활장소	도로	기타			
1	개폐소			○	인근	개폐소가 건설되는 지점	근경
2	개폐소 남측			○	500m	개폐소 남측 500m 이격된 지점에서 개폐소를 바라본 지점	중경
3	서영광변전소 지점		○		인근	서영광변전소를 바라본 지점	근경
4	서영광변전소 북측		○		500m	서영광변전소 북측 500m 이격된 지점에서 서영광변전소를 바라본 지점	중경

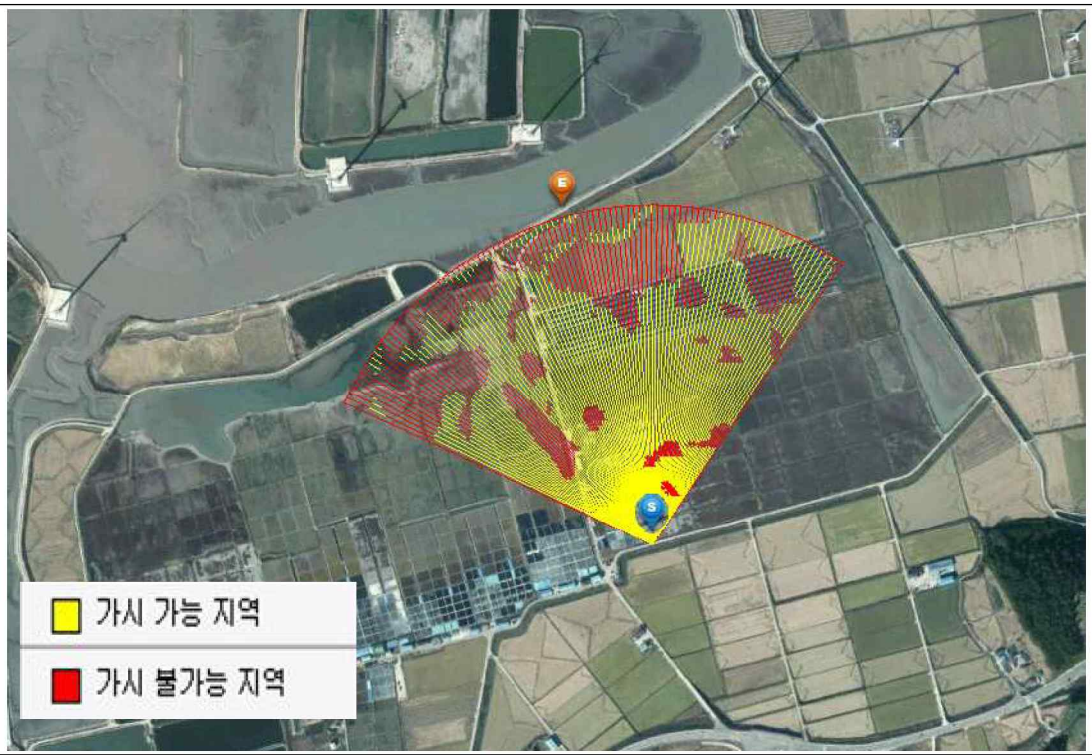


<그림 3.4 - 1> 조망점 위치도

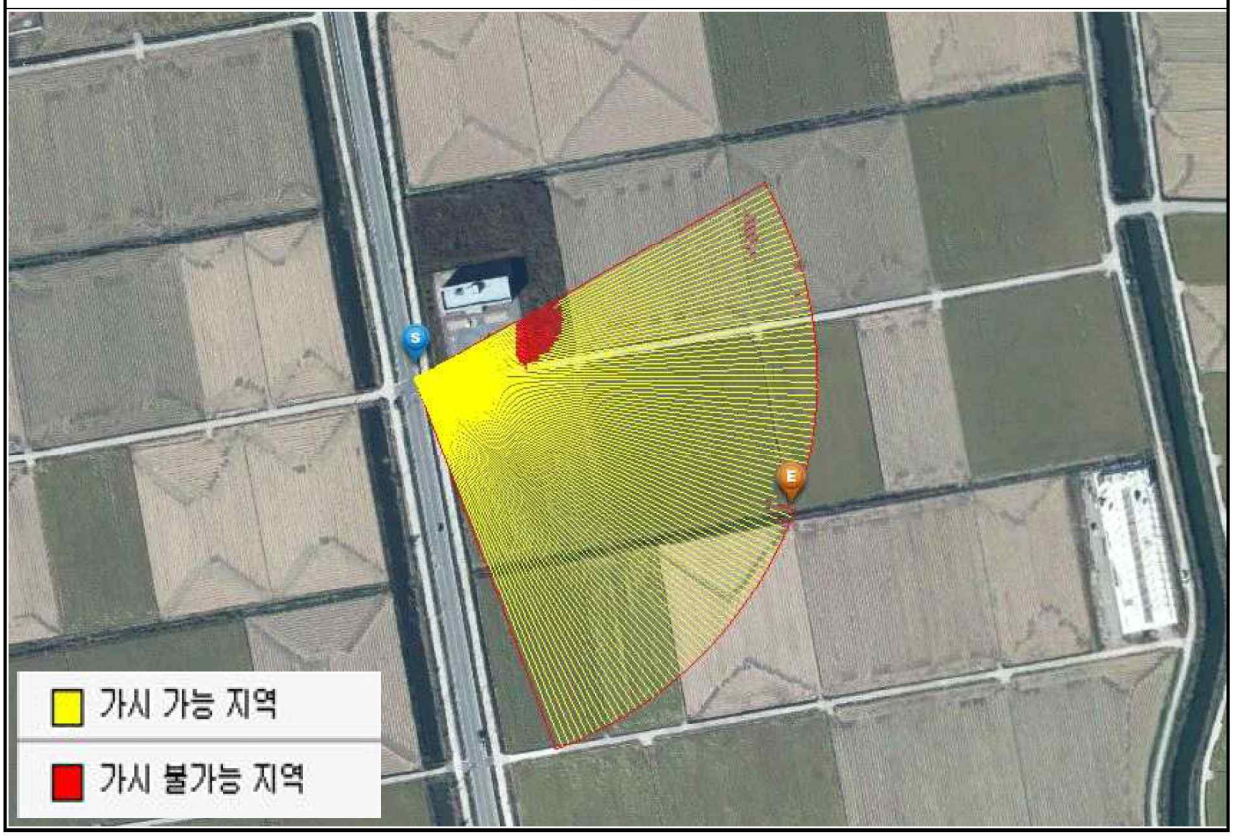
<표 3.4 - 2> 조망점① 현황

위 치	이격거리
개폐소	인접
분석내용	
○ 개폐소가 건설되는 지점으로 지형만을 고려한 가시권분석 및 현장조사 결과, 농경지 및 주변 태양광발전시설등이 조망되면 농촌경관이 형성되어 있음.	
현황사진	
가시권분석	

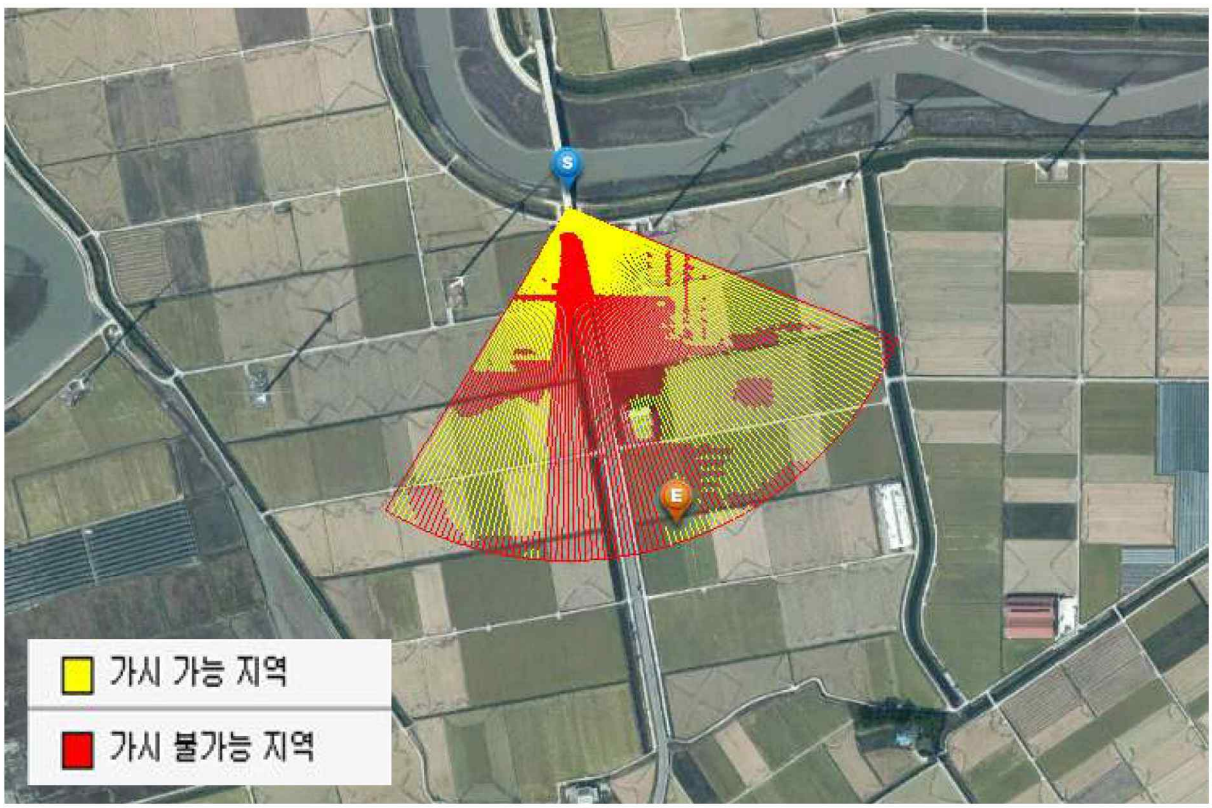
<표 3.4 - 3> 조망점② 현황

위 치	이격거리(m)
개폐소 남측	약 500m이격
분석내용	
○ 본 조망점은 개폐소 남측 500m이격된 지점에서 개폐소를 바라본 지점으로 염전 및 인근 풍력 발전기가 조망되며, 정형적인 어촌경관을 형성하고 있음.	
현황사진	
가시권분석	
	

<표 3.4 - 4> 조망점③ 현황

위 치	이격거리(m)
서영광변전소 지점	인접
분석내용	
○ 서영광변전소를 바라본 지점으로 주로 농경지가 조망되며, 인근 국도 77호선 및 농로가 조망되어 주로 농촌경관을 형성하고 있음.	
현황사진	
가시권분석	
	

<표 3.4 - 5> 조망점④ 현황

위 치	이격거리(m)
서영광변전소 북측	500m
분석내용	
○ 서영광변전소 북측 500m 이격된 지점에서 서영광변전소를 바라본 지점으로 주로 농경지 및 원경으로 임야가 조망되며, 인근 국도 77호선 및 농로가 조망되어 주로 농촌경관을 형성하고 있음.	
현황사진	
가시권분석	
	

나. 사업시행으로 인한 영향예측·평가

(1) 예측항목

○ 사업시행으로 인한 경관변화

(2) 예측범위

○ 사업지구 및 주변지역

(3) 예측방법

○ 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 사업시행 전·후 경관 변화 비교

(4) 예측결과

1) 기존 자연 경관과의 조화 여부(시뮬레이션)

○ 본 사업지구의 조망점 분석 및 현장 조사결과, 사업시행에 따른 경관변화는 크지 않을 것으로 판단되나, 사업지구에 편입되어 구조물 설치 및 철거에 대해서는 경관변화가 발생할 것으로 예측됨.

○ 조망점 현황 검토를 토대로 사업지구의 주요 경관변화 지역을 중심으로 경관 시뮬레이션 검토를 실시함.

사업시행 전

사업시행 후

<그림 3.4 - 2> 사업시행 전・후 경관변화(조망점1)

사업시행 전

사업시행 후

<그림 3.4 - 3> 사업시행 전・후 경관변화(조망점2)

사업시행 전

사업시행 후

<그림 3.4 - 4> 사업시행 전·후 경관변화(조망점3)

사업시행 전

사업시행 후

<그림 3.4 - 5> 사업시행 전・후 경관변화(조망점4)

다. 저감방안 및 평가

(1) 경관보전대책

○ 공사시 지형여건을 최대한 활용하여 과도한 자연의 훼손을 억제토록 계획하며, 사업지구 내 시설물 설치시 주변 지형과 조화된 스카이라인을 형성토록 할 계획임.

○ 본 사업은 인공적인 경관을 조성하기보다는 원 지형을 최대한 활용하는 자연친화적 경관의 조성을 지향하고 있으며, 공사시 발생하는 사면노출 부분에 대해서는 사면안정공법과 사면녹화에 의한 적정한 경관 복구방안을 수립.

○ 사업지구내의 인공시설물에 대해서는 스카이라인 등의 자연경관과 조화를 이루도록 계획함.

(4) 송전선로

○ 사업시행으로 송전선로가 해양과 인접하고 있어 열린 공간적 특성을 띠고 있으므로, 최대한 주변 환경과 조화가 이루어지도록 공사를 시행할 계획임.

<그림 3.4 - 6> 조감도-1

<그림 3.4 - 7> 조감도-2

3.5 기타(주민수용성 확보 등)

○ 주민수용성 확보를 위한 주민협의체 구성(6-26쪽)은 구체적인 운영방안을 검토·제시하여야 함. - 주민협의체 운영 주체의 명확한 설정 - 주민협의체 결정사항에 대한 법적 구속력, 미준수 시 대응 방안 등 위상을 사전에 설정 - 주민협의체의 기능은 상생방안 마련을 포함하여 민원관리, 환경감시, 참여형 사후환경영향조사 설계 등 다각화하는 방안 검토 - 주민협의체 아래 분과위원회를 구성하여 전문적인 내용을 전담하는 방안 검토 - 주민협의체 결정 내용을 이해당사자에게 공지하는 방안 마련
○ 「해사안전법」에 따른 해상교통안전진단 결과에 따라 사업계획 등이 변경될 수 있으므로, 환경영향평가 전 해상교통안전진단을 선행하고 그 결과를 제시하여야 함.

3.5.1 주민수용성

○ 안마해상풍력 발전사업을 위한 주민협의체와의 지속적인 협의 및 회의를 통해 주민협의체의 의견을 수렴하여 상생할 수 있는 방안을 마련하기 위해 수 차례 회의를 진행하였음.

(1) 1차 회의(1차 주민설명회)

(가) 일시/주최 : 2017년 9월 25일(월) 18:00~22:00시 / 안마해상풍력 주식회사

(나) 장　　소 : 전라남도 영광군 안마도 월촌리 주민회관

(다) 목　　적 : 안마도 220MW 해상풍력 발전사업 주민설명회

(라) 참　　석 : 안마도 월촌리 이장, 어촌계장, 개발위원장, 노인회장, 부녀회장 등 약 35명

(마) 내용

○ 주민보상

- 주민참여형 해상풍력 추진방안 구체화 계획 필요

○ 어민피해보상

- 환경영향평가 등 서류상으로 검토한 부분과 실제 사업추진 시 발생하는 환경피해의 차이에 대한 구체적인 조사 필요

○ 사업주의 사업 추진 의지

- 사업추진 의지 부족 등으로 중도 포기하는 부분에 대하여 부정적이므로 공식적인 사업추진 계획 제시

○ 안마도 활성화 계획 요구

- 안마도 활성화를 위한 일일생활권 보장, 편의 및 위락시설 조성 협조 요구

○ 기타 의견

- 안마도 개발위원장은 안마도 활성화를 위한 해상풍력 발전단지 계획에 대하여 긍정적 입장 표명

○ 추후 계획

- 향후 안마도 주민추진위원회가 해상풍력 추진을 위한 주민의견 수렴하여 사업주와 협의키로 함.

(2) 2차 회의(2차 주민설명회)

(가) 출장지 : 전남 영광군 안마군도 일원

(나) 기 간 : 2017년 12월 6일(수)~7일(목)

(다) 목 적 : 안마도 제2차 주민설명회/횡도(안마군도) LiDAR보안장비 설치

(라) 출장자

- 한국수력원자력 서용덕 차장, 류구현 주임
- 현대엔지니어링 전력영업1팀 IPP파트 고대수 차장, 변건준 사원, 투자개발팀 이상민 대리
- 한국풍력산업 윤의순 본부장, 박원담 주임
- 대창전력 조문수 대표, 김정규 이사

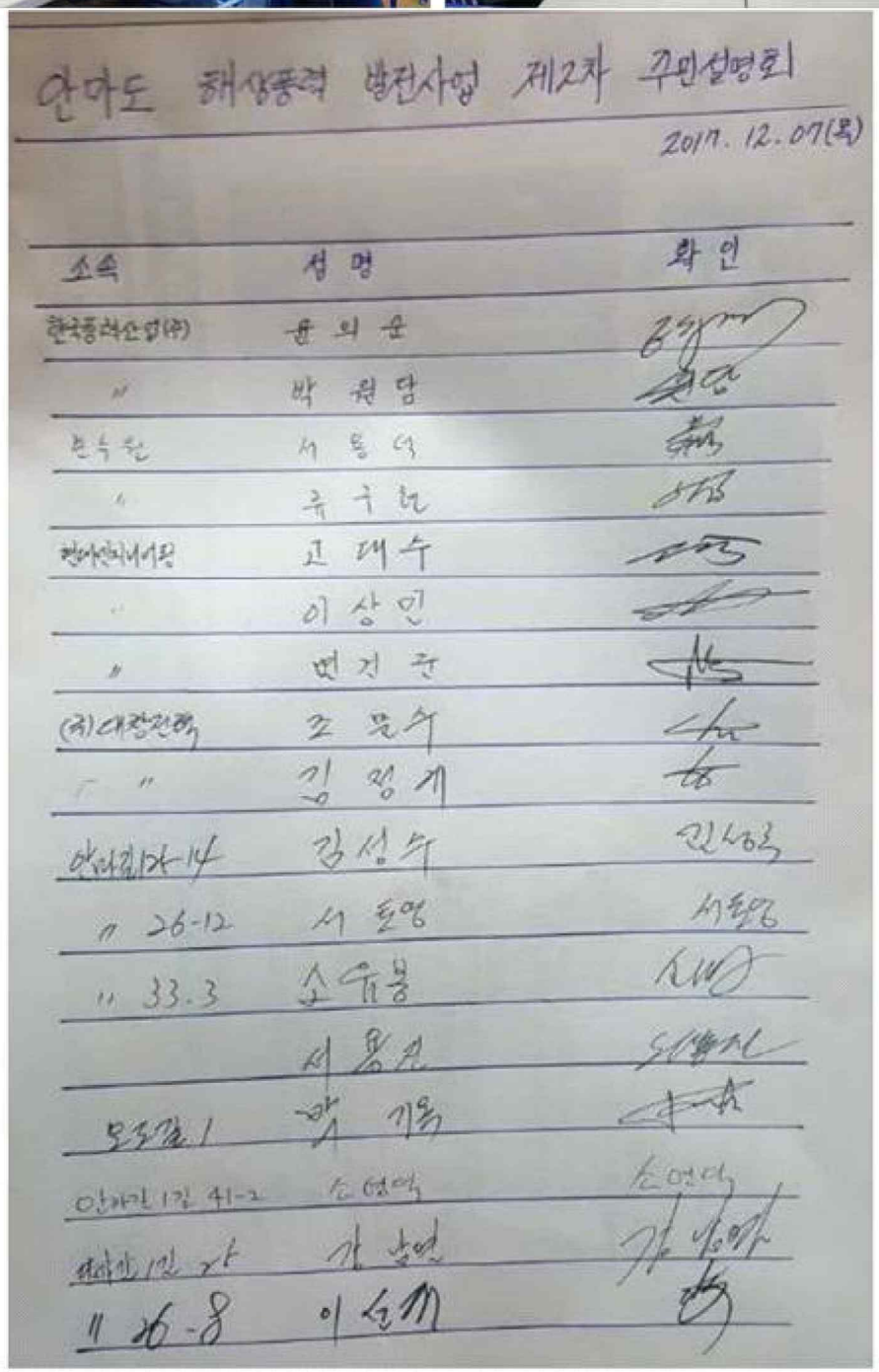
(마) 내용

○ 참 석: 안마도 해상풍력 추진위원회 김성수 위원장(신기리 이장) 외 7명

- 청년회장 서도영, 어촌계장 이선규, 발전소장 강남열, 횡도이장 박기옥, 소영덕 서기, 서용진 위원, 소유봉 위원

○ 내 용

- 안마도 해상풍력 발전사업 개요 및 추진 현황 설명
- 해상풍력 추진시 장점 및 주민과 상생협력방안 설명
- 국가 해상풍력 3020정책 등 설명
- 주관사(한국풍력산업/한수원/현대엔지니어링) 간략 소개
- 안마도 해상풍력 발전사업 제2차 주민설명회 참석자 확인서 서명 득



안마도 해상풍력 발전사업 제2차 주민설명회

2017. 12. 07(목)

소속	성명	확인
한국풍력산업(주)	윤의운	
〃	박원담	
본수원	서용덕	
〃	류구현	
현대인치니어링	고대수	
〃	이상민	
〃	변건준	
(주)대창전력	조문수	
〃	김정계	
안마길1가-14	김성수	김성수
〃 26-12	서토영	서토영
〃 33.3	소유봉	
	서용진	
모도길1	박기옥	
안마길1길 41-2	소영덕	소영덕
안마길1길 2가	강남연	강남연
〃 26-8	이순기	

(3) 3차 회의(3차 주민설명회)

(가) 일　　시 : 2018년 10월 16일(화), 17:00 ~ 20:00시

(나) 장　　소 : 전라남도 영광군 낙월면 안마군도 일원

(다) 목　　적 : 안마해상풍력 발전단지 추진을 위한 제3차 주민설명회

(라) 주　　관 : 전남개발공사, 한국수력원자력, 현대엔지니어링, 한국풍력산업

(마) 동행기관 : 전남도청, 영광군청, 에너지밸리산락융합원, 녹색에너지연구원

(바) 참　　석 : 이장, 어촌계장, 개발위원장, 발전소장 등 안마도 주민 42명

(사) 내용

(4) 4차 회의(안마도 개발위원회 회의)

(가) 출장기간 : 2020년 1월 16일(목)~17일(금)

(나) 출 장 지 : 전남 영광군 낙월면 안마군도 일원 / 안마도 어민회관

(다) 출 장 자 : 하경호 부사장, 윤의순 본부장, 김신철 이사

(라) 목　　적 : 안마군도 개발위원회 면담 및 안마도 해상풍력사업 경과설명

(마) 내용

일시	세부 내용
1/16(목) 17:00 ~ 18:00 [안마어민회관]	**[안마군도 개발위원회 면담]** ❒ 참석자 ▷ 대책위원회 : 김성수 대책위원장, 박기옥 횡도리장, 이선규 어촌계장, 소유봉 위원, 서토영 청년회장, 소영덕 총무 (총6명) ▷ 참석자 : 전남도청 심홍식주무관, 영광군청 김율이주무관, 개발공사 양승환팀장, 한수원 장광수차장, 현대엔지니어링 박상민차장/이용철부장/김기학사원, 세광엔지니어링 임형원차장, 한국풍력산업 하경호 부사장, 윤의순 본부장, 김신철 이사 (총11명) ❒ 안마도 해상풍력 발전사업 경과 설명 ▷ 산업부 전기사업허가를 득하고 인허가를 위한 잔여용역을 진행중임 ▷ 산자부 KETEP 연구과제를 금년 5월까지 완료예정임. ▷ 환경영향평가 심의를 위해 심의위원 4명을 추천하여 추진중이므로 안마도 개발위원회의 적극적인 지원을 요청함 (심위위원중 송이도어촌계장을 안마도 어촌계장으로 변경함) ▷ 안마해상풍력의 사무실을 영광군에 2/3일 오픈하여 대관활동 및 주민수용성관련 활동을 진행예정임 ▷ 마을주민대상 제주 선진지 견학을 휴어기인 3월중순경 추진예정이며 35명 내외의 인원선발을 요청함.

일시	세부 내용
	❑ 주민대책위 Q&A ▷ **(대책위총무)** 당초 발전사업 허가지역을 변경하는 사유에 대한 설명필요 **(답변)** 횡도앞 어선통항에 대한 간섭을 피하고 군레이다와의 간섭을 고려하였으며, 조밀한 단지배치로 후류손실이 커서 사업허가시 단지위치를 해상풍황측정기 인근으로 재배치함. ▷ **(대책위원장)** 발표자료상 발전규모 및 발전기대수가 정확히 맞는 것인지? 문의한 이유는 규모에 따라 주민요구사항이 달라질 수 있음. **(답변)** 현재 220MW로 사업허가를 받았으며 개발공사가 추가로 개발할 80MW를 포함하여 약300MW정도를 고려하고 있음. 발전기 대수는 최종 기종선정에 따라 달라질 수 있음. ▷ **(어촌계장)** 주민보상에 송이도가 포함되는지? **(답변)** 송이도는 낙월면으로 발전소 주변지역 지원에 관한 법률상 법적 보상에만 포함되어 있음. 안마도를 우선적으로 보상하되 송이도는 추가검토가 필요함. ▷ **(대책위총무)** 어업피해조사는 안마도 어민들에게 설명과 충분한 이해를 구한 후 실시할 것을 요청. **(답변)** 어업피해조사는 어업보상전 일반적으로 수행하는 용역으로 안마도를 제외한 영광군의 어민과 협상을 위한 것임을 설명하고 안마도는 별도 협의를 거쳐 우선적으로 보상을 추진예정임. ▷ **(어촌계장)** 사업자가 풍력발전단지 내에서 어선들이 활동할 수 있도록 개방할 것인지? **(답변)** 한해풍이 검토중이며, 당사업장도 종합적인 검토 후 큰 문제가 없을 경우 어선들에게 최대한 개방을 검토하겠음. 특히 레이다설비를 추가하여 어선과의 충돌을 방지할 수 있는 장치를 구비할 것임. ▷ **(대책위원장)** 안마도방문이 1년이상 지났으므로 명운처럼 구체적인 주민보상방안을 제시하여야 하는 것이 아닌지? **(답변)** 명운과는 1년 차이가 있고 해상풍황측정, 환경영향평가등 용역이 끝나야 타당성분석 후 제시가 가능함을 설명함. ▷ **(대책위총무)** 안마해상풍력단지의 Base를 안마도에 두고 변전소, 모니터링실, 유지보수선박등을 운영해야 청년들의 고용이 보장되고 주민동의가능함. 참고로 명운은 처음약속과 달리 변전소를 송이도에 설치하여 주민반발이 큰 상황임. **(답변)** 주민의견을 최대한 반영토록 하겠음.

일시	세부 내용
	▷ **(대책위총무)** 환경영향평가등 인허가시 주민들의 지원이 필요하다고 하는데 어떤 협조와 지원이 필요한지? **(답변)** 예를 들면 환경영향평가 공청회시 반대하는 어민들을 설득하고 인허가시 영광군에 탄원서등을 제출하는등 적극적으로 지원해 주었으면 함. ▷ **(어촌계장)** 어촌회관에 필요한 설비인 가스렌지, 노래방기기와 사무용PC의 지원(약2백만원상당)을 요청함. **(답변)** 내부승인을 득하여 지원토록 하겠음. ▷ **(대책위원장)** 선진지 견학과 개발위 운영비지원건은 개발위 내부회의를 하여 결정한 후 통보예정임 **(답변)** 개발위 의견접수 후 협의하여 결정하겠음. ▷ **(어촌계장)** 주민설명회시 자료공유 필요 **(답변)** 설명회 자료 공유하겠음. [사진: 안마도 개발위 회의 -1]

<table>
<tr><th>일시</th><th>세부 내용</th></tr>
<tr><td></td><td>[사진: 안마도 개발위 회의 -2]
 </td></tr>
<tr><td>1/16(목)
11:00 ~ 14:00</td><td>[횡도 라이다 및 해상기상측정기 점검]

❒ 참석자
▷ 전남도청 심홍식주무관, 영광군청 김율이주무관, 개발공사 양승환팀장, 한수원 장광수차장, 현대엔지니어링 박상민차장/이용철부장/김기학사원, 세광엔지니어링 임형원차장
▷ 한국풍력산업 하경호 부사장, 윤의순 본부장, 김신철 이사

❑ 횡도 라이다 및 해상기상측정기 점검
▷ 낙시배를 용선하여 해상기상탑을 방문하였으나 파고가 높아 접근하지 못하고 사진만 찍고 돌아옴.
▷ 해상기상측정 타워는 작년 태풍으로 모노파일이 약간 찌그러지고 플랫폼의 난간이 일부파손되어 보수중임. 라이다설비는 문제없이 잘 운영되고 있음.
▷ 횡도라이다는 잘 작동되고 있으며 워셔액을 보충하였음.
▷ 횡도부지 임대인과 계약서에 서명하고 계약을 완료함.
▷ 안마해상풍력 단지의 변전소 위치선정을 위해 횡도를 방문하여 현장조사하였으나 가파른 경사로 육상변전소의 설치가 불가함을 확인함.</td></tr>
</table>

일시	세부 내용
	[사진: 횡도 육상변전소 케이블 인출입 장소] [횡도 육상변전소 예상부지] [사진: 해상풍황측정기 하부구조물변형] [해상풍황측정기 플랫홈난간 파손]

(5) 5차 회의(4차 주민설명회)

(가) 일　　시 : 2020년 1월 16일(목)~17일(금)

(나) 장　　소 : 전라남도 영광군 낙월면 안마도

(다) 출 장 자 : 하경호 사장, 윤의순 본부장, 김신철상무, 이찬호 대리

(라) 목　　적 : 안마해상풍력단지 300MW 증설 추진을 위한 주민설명회

(마) 통 행 사

○ (전남개발공사) 정원주 부장, 양승환 과장, 오연길 주무관

○ (전남도청) 심홍식 주무관

○ (현지용역) 김동규 이사

(바) 내　　용

[안마도 풍력대책위원회 회의참석]	
07/01 (수) 15:30 ~ 17:30 [안마도 어민회관]	❑ 참　석 • 김성수(안마도 풍력발전대책위원회 위원장) 외 위원 5명 - 어촌계장 이선규, 발전소장 강남열, 횡도리장 박기옥, 소영덕 서기 등 • 한국풍력산업(주), 전남개발공사, 전남도청 9명 ❑ 내　용 • 주관사(한국풍력산업/전남개발공사) 및 전남도청 담당자 간략 소개 • 안마2 (300MW 증설) 해상풍력 발전사업 개요 및 추진현황 설명 • 기존단지위치 변경이유 및 단지 증설시 장점 설명 • 제주도 선진지 견학 일정 알림 ❑ 질의응답 • 안마도 어민들에 대한 보상은 어업피해조사로 나온 결과 이외에 추가적으로 더 보상을 해주었으면 함 (안마도 어업: 약 25척)

→ 사업지와의 거리에 따라 보상에 차등을 둘 것이며, 본 사업으로 가장 큰 영향을 받는 대상이 안마도 어민들임을 알고 있고, 충분히 고려하겠음

- 220MW의 마을주민들에 대한 구체적인 보상(안) 제시 요청

→ 영광군 주민 및 어민보상에 큰 영향을 주기 때문에 구체적인 보상(안)을 바로 제시하긴 어려우나 정기적으로 회의를 개최하여 협의토록 하겠음

- 피해대책위원회(영광군 어민관련 위원회)와 선협의 후 안마도 주민과 협의 요청, 안마도에서 먼저 협의를 해주었을 경우 입지가 좁아지는 느낌을 받음

→ 착공 전 최종 인·허가 사항인 점·사용 허가를 받기 위해서는 안마도 주민과의 합의서가 필수 조건임, 따라서 주민들의 입지가 좁아질 위험은 없으며, 사업이 빠르게 추진되기 위해 안마도 주민들의 적극적인 지원이 필요함

[안마2 (300MW증설) 해상풍력 발전사업 주민설명회 개최]

07/01 (수)
19:00 ~ 20:30
[안마도 어민회관]

❑ 참석자

- 김성수(안마도 풍력발전대책위원회 위원장) 외 위원 5명
  - 어촌계장 이선규, 발전소장 강남열, 횡도리장 박기옥, 소영덕 서기 등
- 안마도 주민 약 50여명
- 한국풍력산업(주), 전남개발공사, 전남도청 9명

❑ 내 용

- 안마2 (300MW 증설) 해상풍력 발전사업 개요 및 추진현황 설명
- 기존단지위치 변경이유 및 단지 증설시 장점 설명
- 제주도 선진지 견학 일정 알림

❑ 질의응답

- 220MW단지 위치 변경 및 300MW 증설로 인해 기존 220MW 단지의 착공시기가 지연될 것 우려, 공정표상의 22년 초에 실제 착공 가능 여부 문의

→ 변경허가로 인한 공기지연은 없으며 변수는 수협이나 주민의 반대임. 공정표 상 22년 초 착공이지만 최대한 당겨 21년 말 착공을 목표로 잡고 있음.

- 현재 220MW 인·허가 추진현황을 구체적으로 알려주었으면 함

→ 환경영향평가, 어업피해조사, 해역이용협의, 점·사용허가 등의 일정 설명 [21년 말 착공 목표]

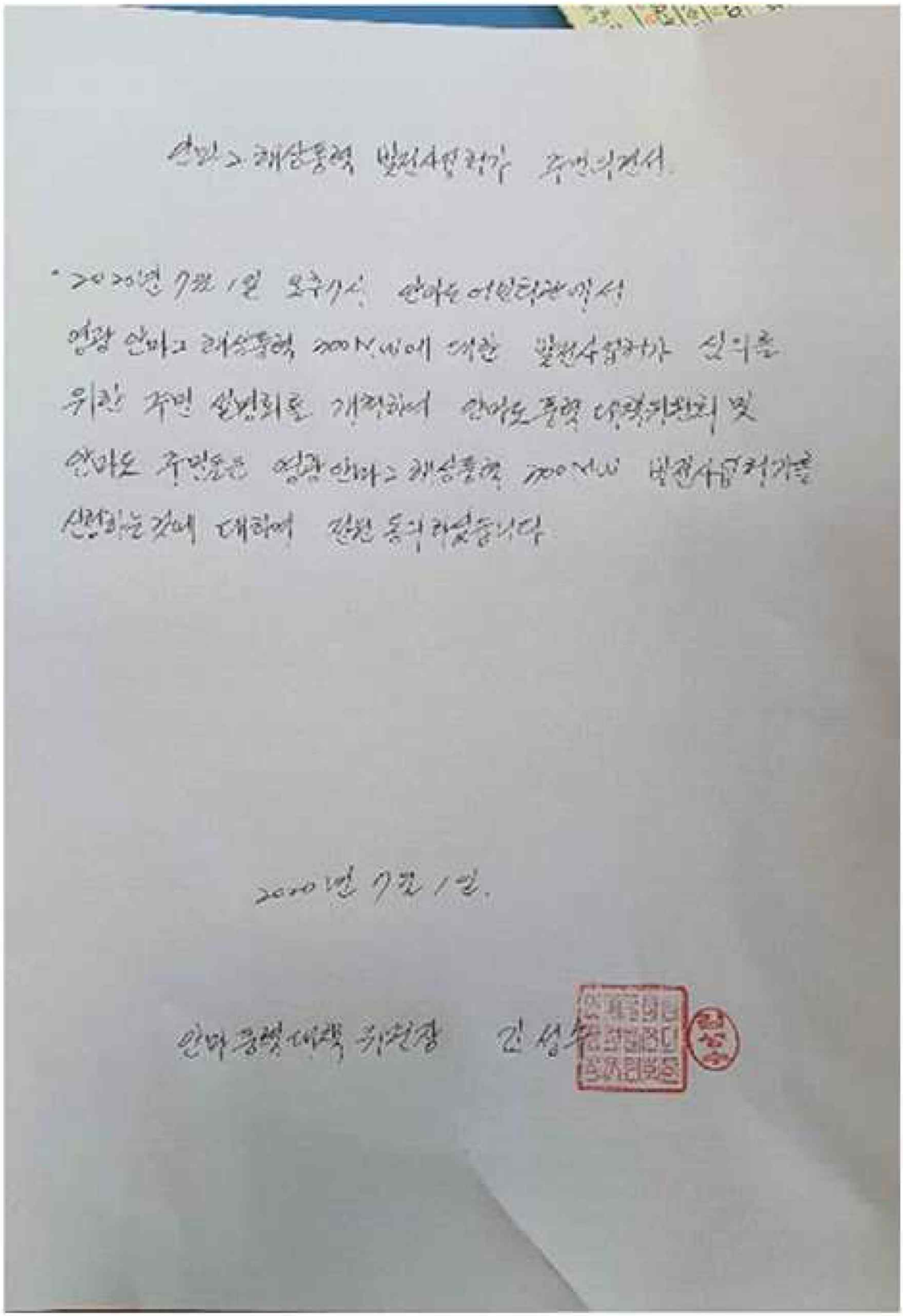
❑ 비 고

- 18:00 ~ 19:00 대책위원회와 주민간 내부회의 후 주민설명회 개최

❑ 결 과

- 영광 안마2 해상풍력 발전사업 허가관련 주민의견서(전원동의) 징구 완료

□ 주민의견서



안마2 해상풍력 발전사업처가 주민의견서

• 2020년 7월 1일 오후7시 안마도 어민회관에서
영광 안마2 해상풍력 300MW에 대한 발전사업처가 심의를
위한 주민 설명회를 개최하여 안마도풍력 대책위원회 및
안마도 주민들은 영광 안마2 해상풍력 300MW 발전사업처가를
신청하는 것에 대하여 전원 동의하였습니다

2020년 7월 1일.

안마풍력대책 위원장 김성수

(6) 6차 회의(제주선진지 견학)

(가) 출 장 지 : 제주도 풍력단지 견학

(나) 기　　간 : 2020. 11. 18.(수) ~ 11. 20.(금), 3일간

(다) 목　　적 : 안마도 해상풍력발전단지 개발을 위한 안마도 주민 선진지 견학

(라) 출 장 자 : 하경호사장, 윤의순본부장, 김신철 상무, 김동규이사, 이찬호대리

(마) 협　　조 : 두모리이장, 삼달육상풍력 발전소장, 전남개발공사 허준희 차장, 전남풍력산업협회 김무용과장, 삼진일렉스 송홍렬전무, 영광군기장 정규팡

(바) 내　　용

[탐라해상풍력 발전소 견학 및 두모리 이장면담]	
11/19 (목) 09:00 ~ 11:00 [탐라해상 풍력단지]	❑ 참석자 • 안마도 주민 대표단 (25인) • 두모리 이장 • 하경호, 윤의순, 김신철, 김동규, 이찬호 (KWC) • 허준회 차장(JNDC), 김무용 과장(전남풍력협회), 송홍렬전무(삼진) ❑ 두모리 이장 발언 1. 2012년 개발위원장이었으며 그때 당시 이장님이 해상풍력을 반대하였으나 그 후 본인이 이장이 되어 마을주민의 동의를 얻고 우여곡절 끝에 준공(2017.09), 현재 2년째 운영 중 2. 신창육상풍력은 소음이 매우 심해 걱정하였으나 탐라해상풍력발전단지는 해안선에서 500m밖에 안떨어져 있음에도 불구하고 소음문제가 전혀 없고 본인 생각에는 바다 파도가 풍력소음을 흡수하는 것 같음 3. 소라를 일정물량 수협과 계약하여 납품하고 있는데 항상 겨우 물량을 맞췄었음. 하지만 금년에는 풍력발전기 간격(300m)마다 전선이 묻어있는데 이 전선이 뜨는 것을 막기 위해 돌을 묻어 놓은 것이 인공어초역할을 하여 일주일만에 소라물량이 다 잡힘

[탈라해상풍력 발전소 견학 및 두모리 이장면담]	
	4. 전자파관련 측정결과 문제 되는 수치가 나온 적은 없고 어업관련 민원 없음, 이따금씩 돌고래가 돌고 감 5. 계약금을 먼저 한 번 받고 이익금은 MW당 일정 금액을 정하여 마을과 공유중이며(1회/년) 발전소에 대한 지분은 없음, 이전에는 마을주민에게서 돈을 걷어 회관이나, 이장직 등을 운영했었는데 이제는 반대로 마을주민들에게 돈을 주고 있음 6. 아쉬운 점으로는 공사할 당시 조명 등을 달아서 관광자원으로도 활용했으면 좋았을 것, 풍력발전기 설치가 수심 50~60m 까지는 가능하다고 들었으며 이후에 현재 설치된 발전단지 뒤로 100MW용량을 신설할 계획을 가지고 있음 7. 환경단체말은 듣지 않아도 되며 사업주에게 충분한 보상을 받는 것이 중요 (지역 어선뿐만 아니라 한림 등 멀리 떨어져 있는 어선에게도 보상을 해줬음)
	❑ 안마도 주민대표단 반응 및 질의 내용 ● 공동협약과정 및 구체적인 보상금액 ● 주민, 어민들에 대한 차등보상 여부 ● 세부적인 내용들은 사업체 제외하고 개인적으로 와서 물어본다고 함 ● 해상풍력 추진에 매우 호의적, 긍정적인 반응

[삼달육상풍력발전단지 견학]	
11/19 (목) 14:00 ~ 15:30 [삼달육상 풍력단지]	❑ 참석자 • 안마도 주민 대표단 (25인) • 삼달육상풍력 발전소장 및 담당자 • 하경호, 윤의순, 김신철, 김동규, 이찬호 (KWC) • 허준회 차장(JNDC), 김무용 과장(전남풍력협회), 송홍렬전무(삼진) ❑ 발표내용 • 삼달육상풍력 건설과정 [WTG, 계통 등] • 삼달육상풍력 O&M 현황 등 ❑ 안마도 주민대표단 반응 • 풍력사업 추진에 매우 호의적, 긍정적인 반응

(7) 7차 회의(안마해상풍력 피대위 협의 진행 관련 회의)

(가) 일　　시 : 2020. 11. 13.(금) 14:00 ~ 15:30

(나) 장　　소 : 영광군피해대책위원회 사무실

(다) 참 석 자 : 안마해상풍력 김신철 상무, 김동규 이사

영광군피해대책위원회 공동위원장 김창우, 황용민, 김명일, 이영택

(라) 내 용

회 의 내 용
□ 회의내용 ○ 안마해상풍력사업 협의 진행필요 – 낙월해상풍력 협상완료 후 안마해상풍력 협상진행 – 낙월해상풍력 결과에 따른 협상이 안마해상풍력 진행에 유리해며, 피대위의 명분상도 유리함 ○ 어업피해조사 업체 선정 필요 – 12월 초까지 통보예정 ○ 안마해상풍력도 대화테이블에 상정 필요 – 금일(20.11.13) 수협에서 피대위 총회를 실시하였으며 안마해상풍력사업 관련 대화진행에 대해 각 위원장들에게 통보·승인 – 금일 면담부터 안마해상풍력관련 수시·정기 테이블 가질 예정 – 안마해상풍력 홀더 작성

[좌측부터 김창우위원장, 김신철상무, 황용민위원장, 김명일위원장, 김동규이사, 이영택위원장]

(8) 8차 회의(안마해상풍력 피대위 협의 진행 관련 회의)

(가) 일　시 : 2021. 07. 20.(화) 14:00 ~ 15:00

(나) 장　소 : 영광예술의전당 대공연장 (영광군 영광읍 천년로 13길2-34)

(다) 목　적 : 사업의 원활한 추진을 위한 영광군 주민·어민 현장의견 청취

(라) 내　용 : 안마해상풍력발전소(Phase Ⅰ,Ⅱ) 건립 사업설명회

(마) 협　조 : 영광군 해양수산과, 경제에너지과

(바) 출장자 : 하경호사장, 김신철상무, 이찬호대리, 선선규이사, 송홍렬전무

(사) 참　석 : 수협통합위원회 20여명, 피대위 15여명, 안마도 위원 1명, 군의원 장기소 외 2명, 영광군청 3명, 언론기자 5명, 영광경찰서 6명, 목포해양경찰 정보과 2명, 전남도의원 1명, 보좌관 1명, 수협직원 2명, 영광어민조합원 및 군민 약 90여명

(아) 비　고 : 코로나19 집합금지 법규에 따라 100명/일 입장가능 제한

(자) 결과

○ 사업설명회 도중 수협통합위원회 회원 20여명의 단상 점거 등 방해로 인해 무산됨

○ 100명/일 입장가능 제한으로 인해 출입금지당한 조합원 및 군민 분노

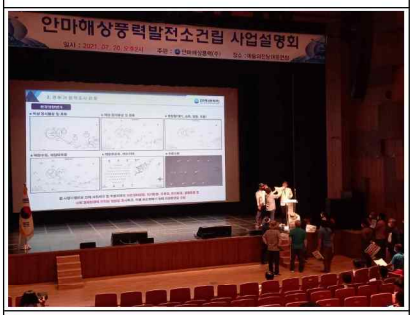
○ 영광군수: 영광군 해수과 팀장 호출 및 영광군이 민관협의체 구성할 수 있게 적극 협조 지시

* 수협통합위원회 요구사항 및 입장

① 민관협의체 구성되면 협의 후 사업설명회 및 기타보고회 진행

② 수협통합위원회와 사전 조율없이 진행했기때문에 반대

③ 전남도의회에서 수협 필두로 민관협의체 구성을 요구하였으며, 8월중 피대위를

설명회 시작	주민 항의	입장가능제한으로 인한 출입금지
		
단상점거 및 항의	영광경찰서 출동	통합위원회 반대 팻말

(9) 9차 회의(안마해상풍력 피대위 협의 진행 관련 회의)

(가) 출 장 지 : 제주도 풍력단지 견학

(나) 기 간 : 2021. 11. 17.(수) ~ 2021. 11. 19.(금)

(다) 목 적 : 안마도 주민수용성 증진

(라) 출 장 자 : 하경호사장, 김신철상무, 노동석부장, 윤주혜대리, 이미연주임

(마) 협 조 : 삼진일렉스 송홍렬전무, 에퀴스 나명진상무, 전남개발공사 정원주부장/최성원주임, 언론 조은정/최영민 기자, 두모리(전)이장 김상문

(바) 내 용

[탐라해상풍력 발전소 견학 및 두모리 이장면담]	
11/18 (목) 09:30~11:00 〔탐라해상 풍력단지〕	❑ 참석자 ● 안마도 주민 대표단 (28인) ● 두모리 이장 ● 윤주혜, 이미연 ❑ 두모리(전)이장님 연설 1. 2012년 당시 개발위원장이었으나 이장님 반대가 있었음 2. 주민들과의 긴 협의를 통해 동의을 받음 (협상에 매우 어려움을 겪음) 3. 대기업의 실적 위주의 사업진행으로 주민들 반발이 심했음 4. 국내 사례가 없어 외국 사례를 참조하다 보니 정보 수집에 어려움이 많았음. 5. 마을에서 추진하게 된 이유: 마을 홍보 효과, 마을의 상징성 필요, 청년 일자리 창출 6. 관광 상품 개발 예정 : 풍력발전기에 소명 설치 7. 사업주에게 충분한 보상을 받는 것이 중요 8. 사업 추진을 위해서는 주민들이 단합하는 것이 중요 ❑ 안마도 주민대표단 질의 내용 ● 풍력발전기의 소음으로 인한 영향 ● 풍력회사와의 이익분배, 발전기금 등 ● 수익금 배분에 대한 주민 참여 여부 ● 풍력회사와의 계약 체결 방법 ● 풍력발전기 일대의 어업 활동 및 어업 보상 영역 ● 풍력단지의 단점 ● 풍력단지 관리시스템에 주민 참여 여부(인력고용 등) ● 마을 주민, 어민들 자녀 보상 조항 여부 ● 영광군 어선들에 대한 보상여부

사진1. 환상숲 견학

사진2. 곶자왈 견학 현장

사진3. 발 마사지 체험

사진4. 낙천아홉굿마을

사진5. 저녁 식사

사진6. 탐라풍력 답사

<table>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>사진7. 두모리(전)이장님 연설</td><td>사진8. 성산일출봉 답사</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>사진9. 귤 체험</td><td>사진10. 저녁 식사</td></tr>
</table>

(10) 주민동의서

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민일동은 공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가 등의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

총 41명.

(주) 한국풍력산업.

번호	성명	주소	서명
1	한성만	대석만길 2	[illegible]
2	최민숙	대석만길 2	[illegible]
3	원지동	대석만길 16	[illegible]
4	전길환	〃 13	[illegible]
5	이광석	〃 9-7	[illegible]
6	김석현	영광군 낙월면 안마 1길 34	[illegible]
7	서상봉	낙월면 안마길 1길 26-3	[illegible]
8	김수생	영광군 낙월면 월촌리 [illegible]	[illegible]
9	김동명	영광, 낙월 안마길 8	김동명
10	이정례	〃 〃 28-17	[illegible]

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민일동은 공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가 등의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
11	소현석	안마길 97-17	[illegible]
12	서용진	〃 1길 27	[illegible]
13	강점순	안마길 1길 24	강점순
14	김경자	안마길 36	김경자
15	구금자	안마길 1길 20-1	구금자
16	이종필	월촌리 259-5	이종필
17	소재성	안마길 101	[illegible]
18	강남연	안마길 1길 25	강남연
19	한동남	안마길 30	한동남
20	강성남	안마길 1길 47	[illegible]

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민일동은 공익우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가 등의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
21	강성방	전남영광군 낙월면 월촌리224	강
22	한호필	영광군 낙월면 안마길155	한호필
23	이덕순	안마길1길 41-2	이덕순
24	손영덕	안마길 1길 41-2	손영덕
25	김금이	안마길 30	김
26	이경화	안마길 1길 46-1	이경화
27	김희연	영광군낙월면 죽도리 10	김희연
28	김성수	안마길 12-14	김성수
29	이영환	〃 12길	이

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민일동은 공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가 등의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
30	강용오	낙월면 월촌리 96번지	강용오
31	강용남	〃 신기리 1건-2	[illegible]
32	한영식	〃 신기리 127-7	[illegible]
33	서준기	안마길 125-6	[illegible]
34	김성배	안마길 139-1	[illegible]
35	강두복	〃 〃 1건 41-6	[illegible]
36	서용복	안마 12길	[illegible]
37	백현선	안마 22-53	[illegible]
38	소유봉	안마길 1길 33.3	[illegible]
39	강종구	〃 27-1	[illegible]

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민일동은 공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가 등의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
40	김진숙	안마길 1/26	[illegible]
41	소용범	안마길 14	[illegible]
		총 41명	
		(주) 한국 풍력 산업	

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민 일동은공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
	소시정	월촌리 안마간1에	[illegible]
	김양님	안마길1길 27-18	김양님
	권옥수	안마길1길 28	[illegible]
	장진영	안마길1길 28	장
	소유성	안마 1길 33-3	유성
	강성재	안마길1길 41-6	[illegible]
	소종덕	안마길1길 53-18	종덕
	이애경	안마길1길 53-18	애경
	김용석	안마길1길 27-17	용석
	김민오	안마길1길 34	민오

한국풍력산업(주)
Korea Wind Energy Co., Ltd.

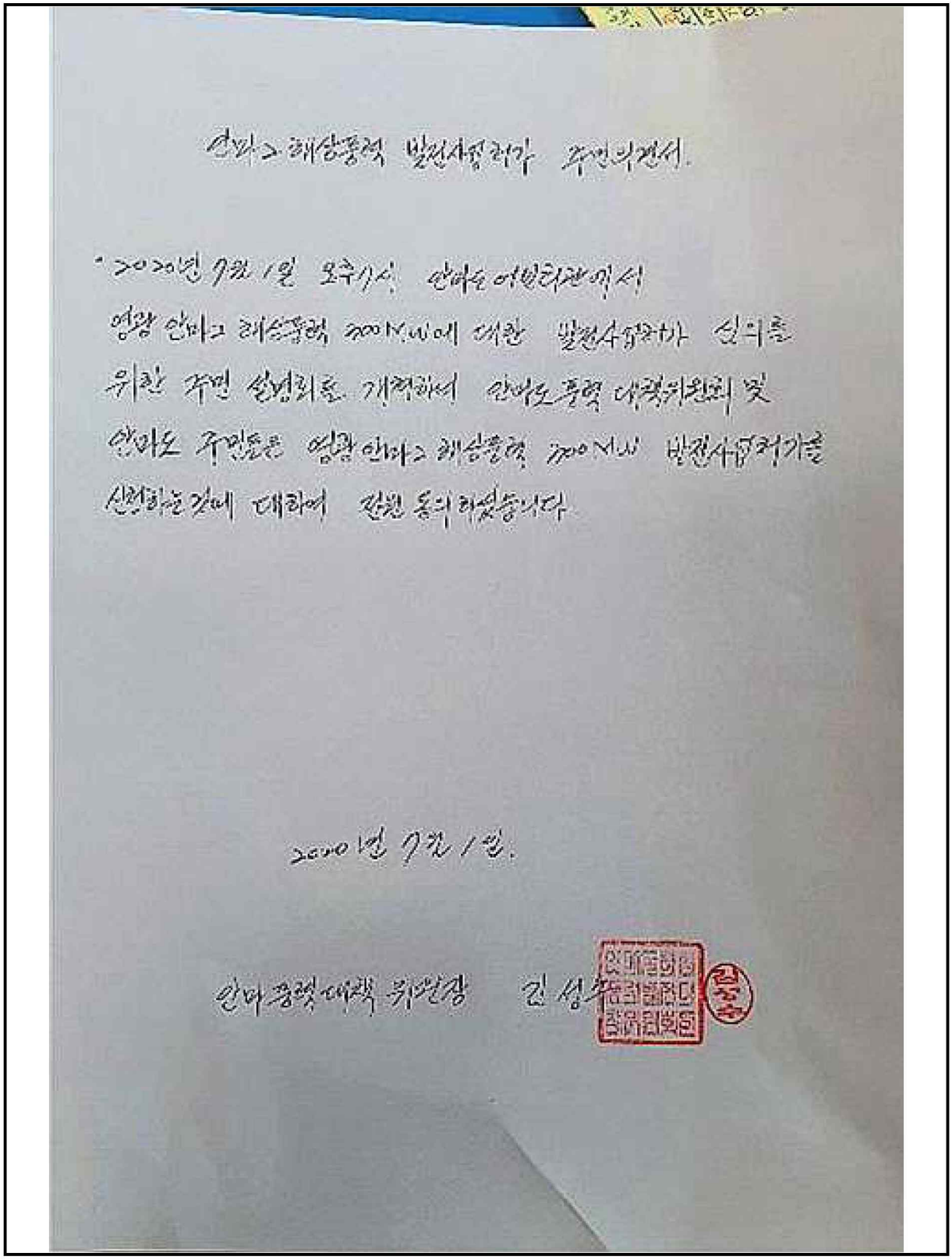
안마도 해상 풍력발전소 조성사업

주 민 동 의 서

전라남도 영광군 낙월면 안마도(월촌리, 신기리, 오도리, 죽도리, 대석만리 등) 일원에 조성하는 풍력발전소 조성사업과 관련 주민설명회를 통하여 풍력발전건설 및 운영에 대한 장점, 단점에 대하여 충분한 설명을 취득하였기에 우리 주민 일동은공익 우선과 지역발전의 계기를 마련하기 위하여 풍력발전소 환경영향 평가의 풍력발전소 인허가 취득에 협조할 것을 확약합니다.

2017년 12월 14일

번호	성명	주소	서명
	이선기	안마길 28-8	
	김용남	안마길1길 53-6	
	김명진	안마길1길 53-4	김명진
	박순례	안마길1길 43	박순례
	서도영	〃 26-12	서도영

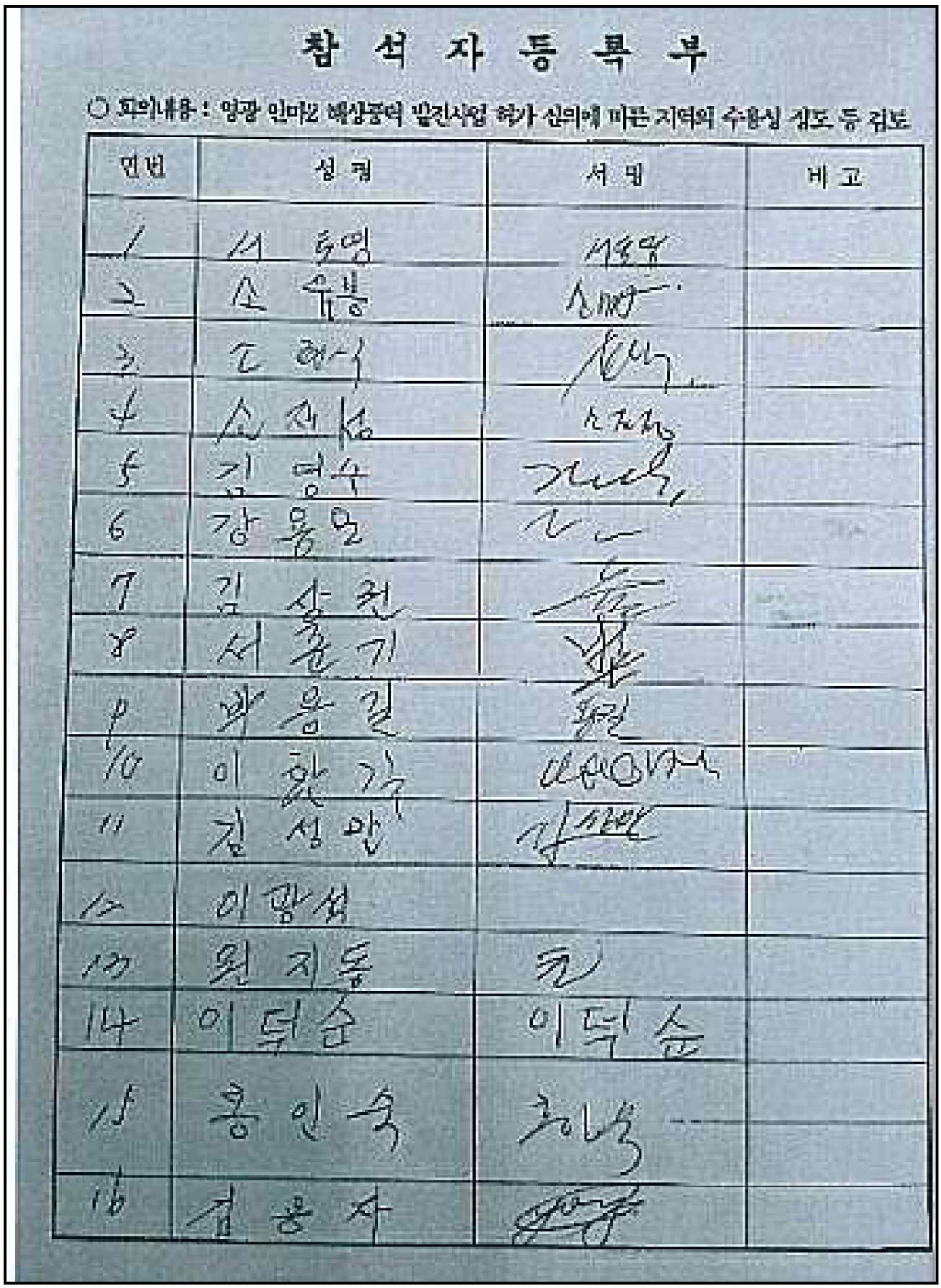


안마그 해상풍력 발전사업허가 주민의견서.

• 2020년 7월 1일 오후7시 안마도 어민회관에서
영광 안마그 해상풍력 300MW에 대한 발전사업허가 심의를
위한 주민 설명회를 개최하여 안마도풍력 대책위원회 및
안마도 주민들은 영광 안마그 해상풍력 300MW 발전사업허가를
신청하는 것에 대하여 전원 동의 하였습니다

2020년 7월 1일.

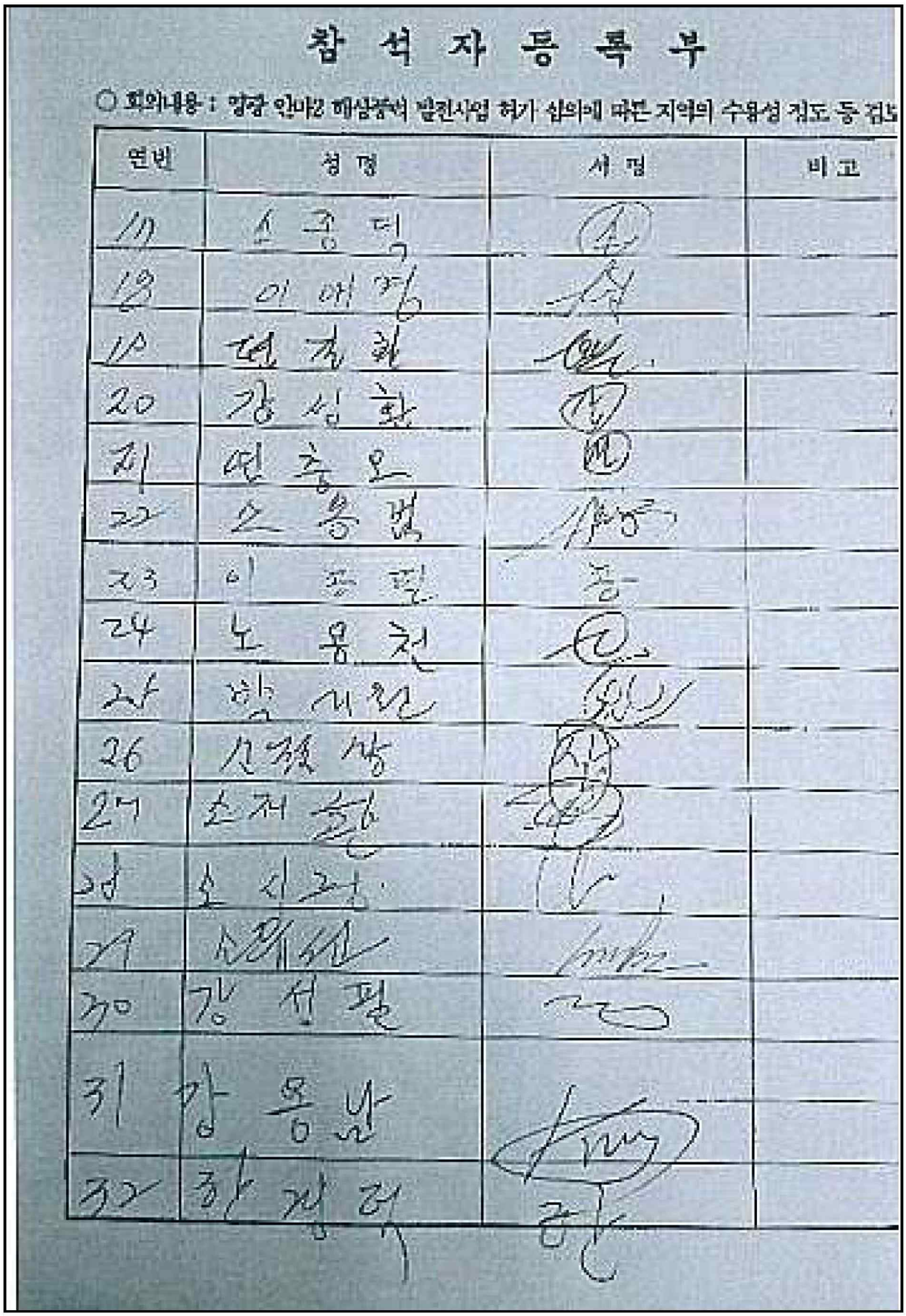
안마풍력대책 위원장 김 성수



참 석 자 등 록 부

○ 회의내용 : 영광 안마2 해상풍력 발전사업 허가 심의에 따른 지역의 수용성 정도 등 검토

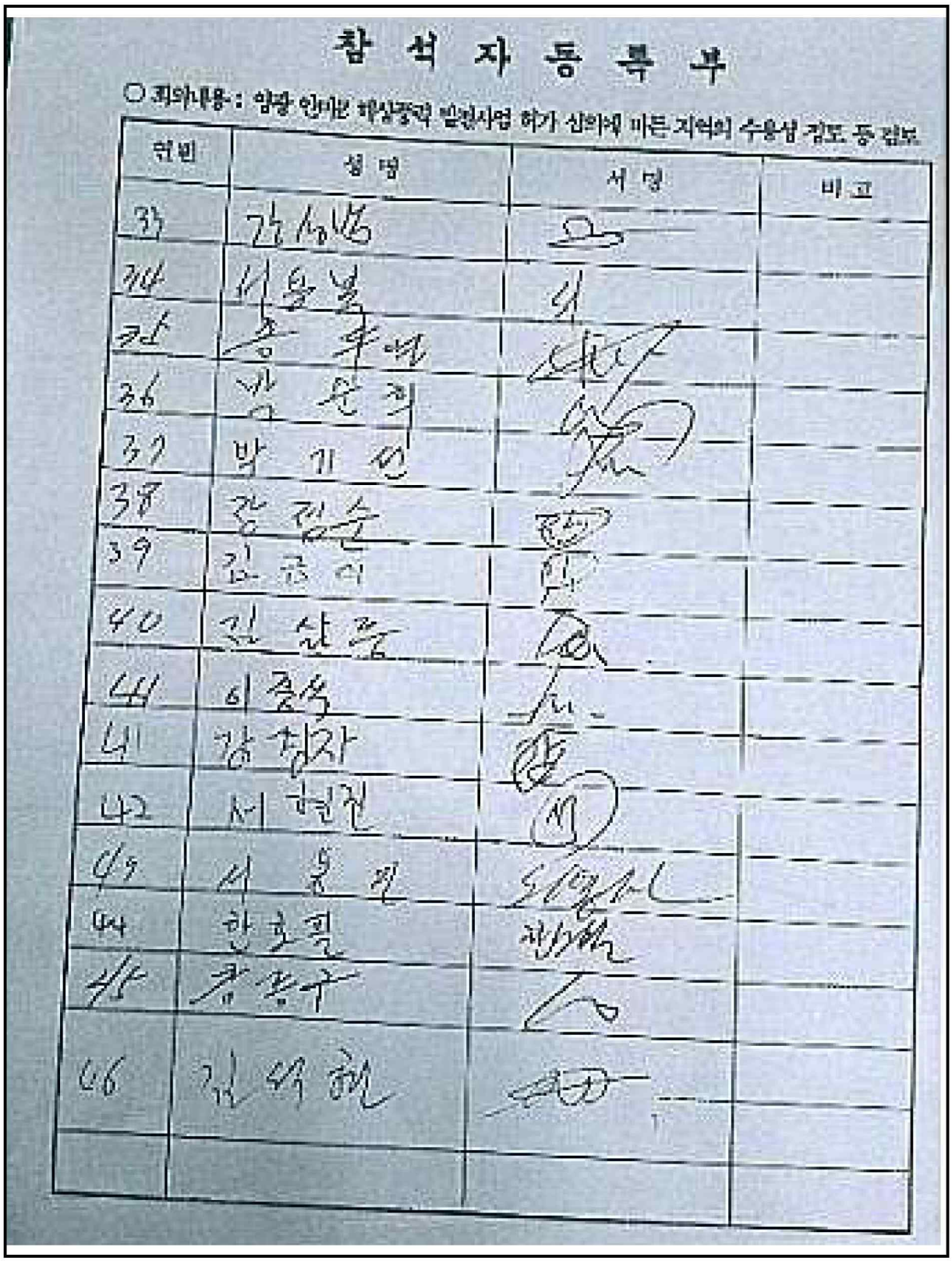
연번	성 명	서 명	비 고
1	서 호영	서호영	
2	소 유봉	소유봉	
3	소 해수	소해수	
4	소 재성	소재성	
5	김 영수	김영수	
6	강 용모	강	
7	김 상천	김상천	
8	서 준기	서준기	
9	박 용길	박길	
10	이 홧각	이홧각	
11	김 성만	김성만	
12	이 광석		
13	원 지동	원	
14	이 덕순	이덕순	
15	홍 인숙	홍인숙	
16	김 용자	김용자	



참 석 자 등 록 부

○ 회의내용 : 영광 안마2 해상풍력 발전사업 허가 심의에 따른 지역의 수용성 정도 등 검토

연번	성 명	서 명	비 고
17	소 종 덕	[illegible]	
18	이 애 정	[illegible]	
19	현 경 화	[illegible]	
20	강 성 환	[illegible]	
21	연 충 오	[illegible]	
22	소 용 범	[illegible]	
23	이 종 필	[illegible]	
24	노 용 천	[illegible]	
25	박 시 원	[illegible]	
26	신 정 상	[illegible]	
27	소 저 환	[illegible]	
28	소 시 정	[illegible]	
29	소 [illegible]	[illegible]	
30	강 성 필	[illegible]	
31	강 용 남	[illegible]	
32	한 정 덕	[illegible]	

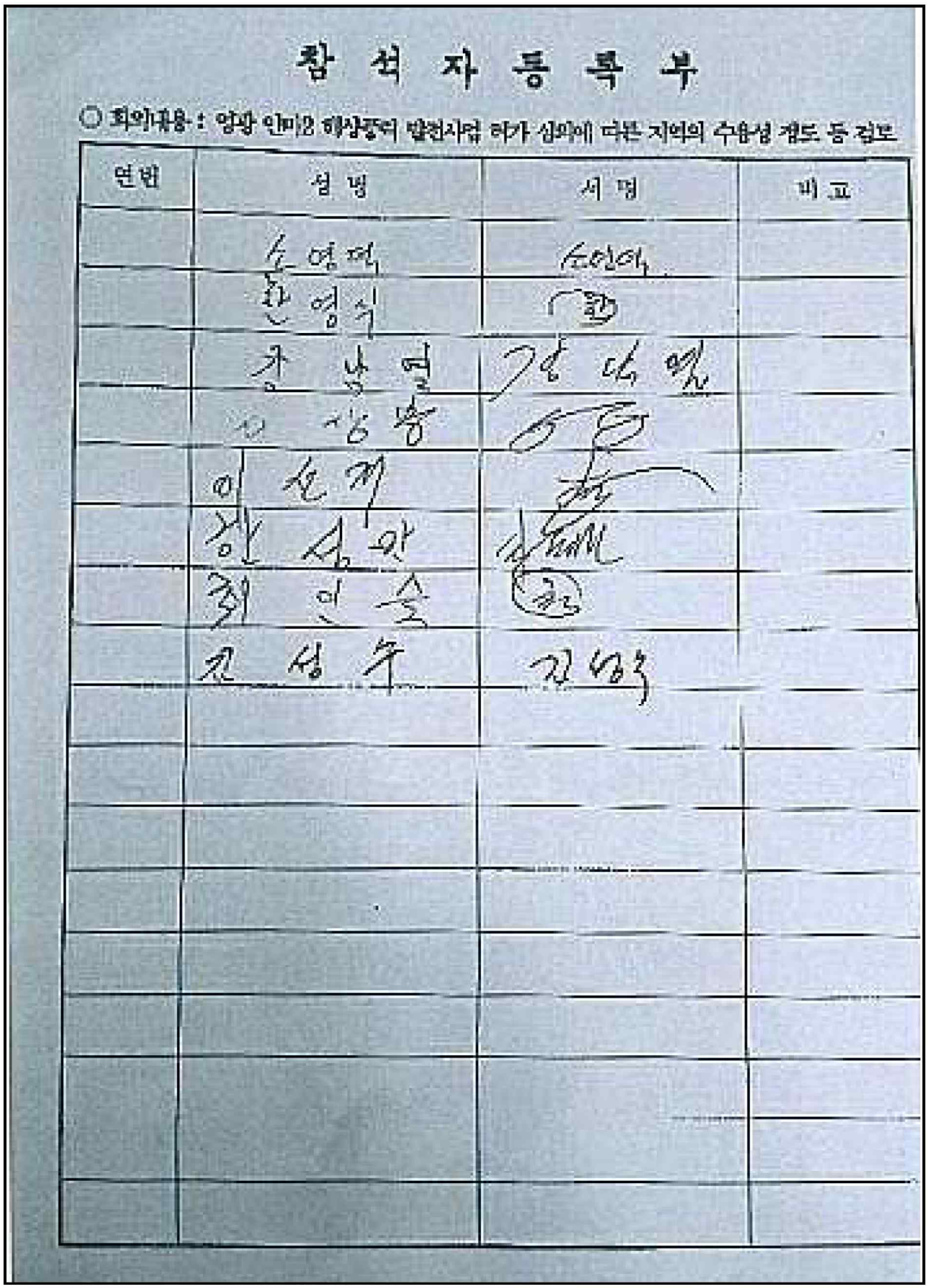


참석자등록부

○ 회의내용 : 영광 안마분 해상풍력 발전사업 허가 심의에 따른 지역의 수용성 정도 등 검토

연번	성명	서명	비고
33	강성범		
34	서용복		
35	송두연		
36	박윤희		
37	박기연		
38	강점순		
39	김금이		
40	김산중		
41	이중옥		
41	강청자		
42	서현진		
43	서용진		
44	한호필		
45	강종구		
46	김석현		

참 석 자 등 록 부



○ 회의내용 : 영광 인미2 해상풍력 발전사업 허가 심의에 따른 지역의 수용성 정도 등 검토

연번	성 명	서 명	비 고
	손영덕	손영덕	
	한영식	[illegible]	
	강남열	강남열	
	[illegible]	[illegible]	
	이선계	[illegible]	
	강성만	[illegible]	
	최인숙	[illegible]	
	진성수	진성수	

(11) 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회

○ 아래와 같이 “영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회”를 ‘21년 12월 발대 선포하여 현재까지 주기적으로 주민들과 소통하고 있음.

구 분	날 짜	장 소	안 건
제1차	2021. 12. 21.	영광군청 대회의실(3층)	· 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 발대 선포 · 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 운영 규정 의결 확정
제2차	2022. 01. 19.	영광군청 소회의실(2층)	· 영광 낙월 해상풍력발전사업 어업피해조사 설명회
제3차	2022. 02. 28.	영광스포티움 실내수영장 다목적실(2층)	· 영광군 민간분야 해상풍력 민관협의회 위원 위촉장 수여 · 안마 해상풍력 발전사업 소개 · 풍황계측기 설치목적 공유수면 점사용 허가 방침 설명
제4차	2022. 03. 30.	영광군청 소회의실(2층)	· ㈜광림 영광의 미래 해상풍력 설명 · 제3차 회의에서 안마 해상풍력 발전사업에 대하여 답변 부족했던 부분에 대하여 답변
제5차	2022. 05. 12.	영광군청 소회의실(2층)	· 풍황 계측기 공유수면 점사용 허가 신청 접수의 건 제6차 회의 상정 · ㈜광림 전기발전사업 허가 신청 관련 전기위원회 회신의 건 · 안마 해상풍력 발전사업 환경영향평가 초안 관련 설명의 건 · 야월 해상풍력 발전사업 환경영향평가 초안 관련 설명의 건
제6차	2022. 06. 16.	영광군청 소회의실(2층)	· 영광군 풍황계측기 공유수면 점사용 허가 신청자 대상 피허가자 선정을 위한 사업제안서 설명회 및 제안서 위원 평가 실시
제7차	2022. 08. 03.	영광군청 소회의실(2층)	· 영광군 영광의 미래 해상풍력((주)광림) 발전사업 허가심의 의견 회신 관련 논의 · 영광 한빛해상풍력(한빛해상풍력(주)) 발전사업 허가심의 의견 회신 관련 논의 · 안마 해상풍력 발전 어업피해조사 설명회 (전남대학교 이성훈 교수) · 회의 공개여부 투표의 건
제8차	2022. 08. 22.	영광군청 소회의실(2층)	· 회의 진행 공개 의결에 따른 운영규정 개정의 건 · 낙월 해상풍력발전 건설공사에 따른 어업피해보상 추진계획 설명회
제9차	2022. 11. 15.	영광군청 소회의실(2층)	· 영광 낙월해상풍력발전 사업 주민참여제도 설명회 · 안마 해상풍력 발전사업 약정서 관련 논의

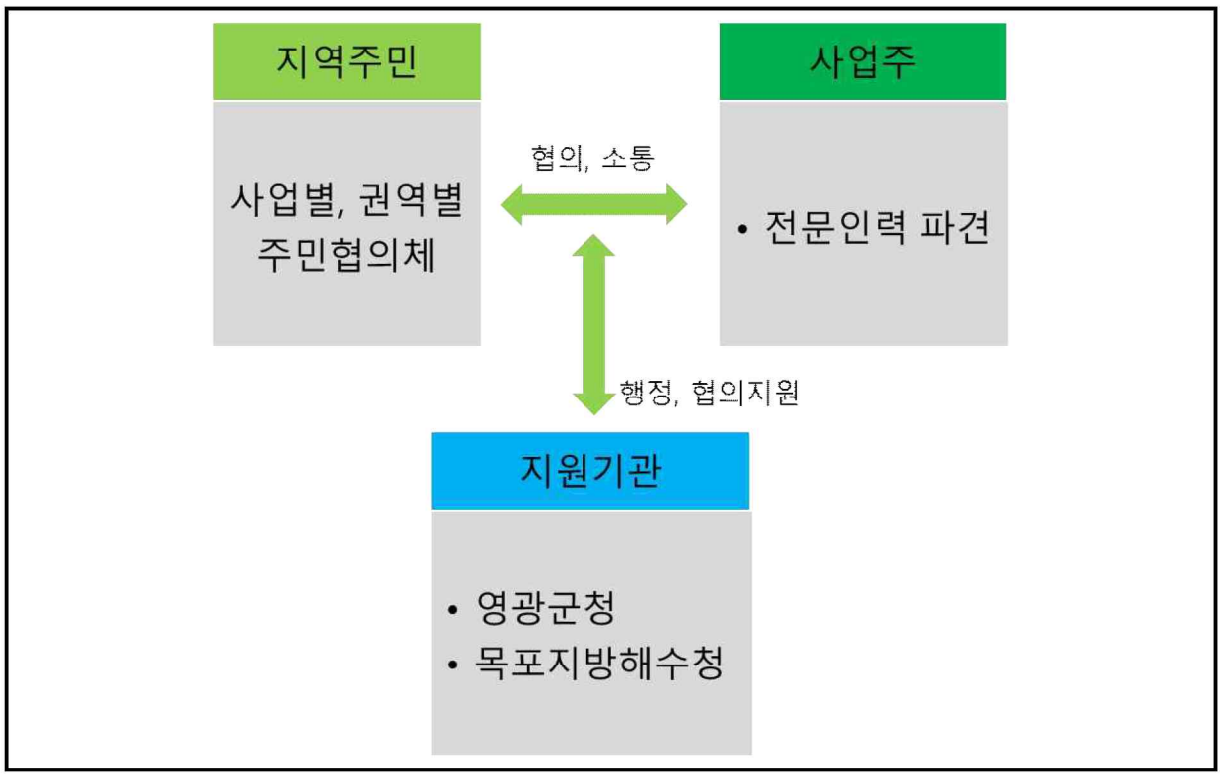
(12) 영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업 주민협의체 구성·운영 계획(안)

(가) 목적

○ 본 주민협의체 설립의 목적은 “영광 안마, 안마2 해상풍력 발전사업”(이하 “본사업”)에 대해 이해관계가 있는 주민, 어민 대표들이 모여 협의체를 구성하고, 해당 사업의 추진과 관련된 쟁점에 대하여 사업주와 원활히 상호 협의하기 위함을 목적으로 함.

(나) 사업 참여주체 및 역할

○ 본사업의 추진을 위한 참여주체는 현장 기반의 사업주에서 파견한 전담인력과 주민협의체와 관련 지원기관으로 구분할 수 있음. 전담인력은 현장의 컨트롤타워로서 주민과 밀접한 관계를 유지하며 본사업이 진행될 수 있도록 지역주민과의 협의, 갈등관리 등의 업무를 진행함. 또, 지원기관인 영광군청, 목포해양수산청에 사업추진을 위한 행정 및 협의 지원을 위해 본사업을 위한 담당자 지정을 요청할 예정임.

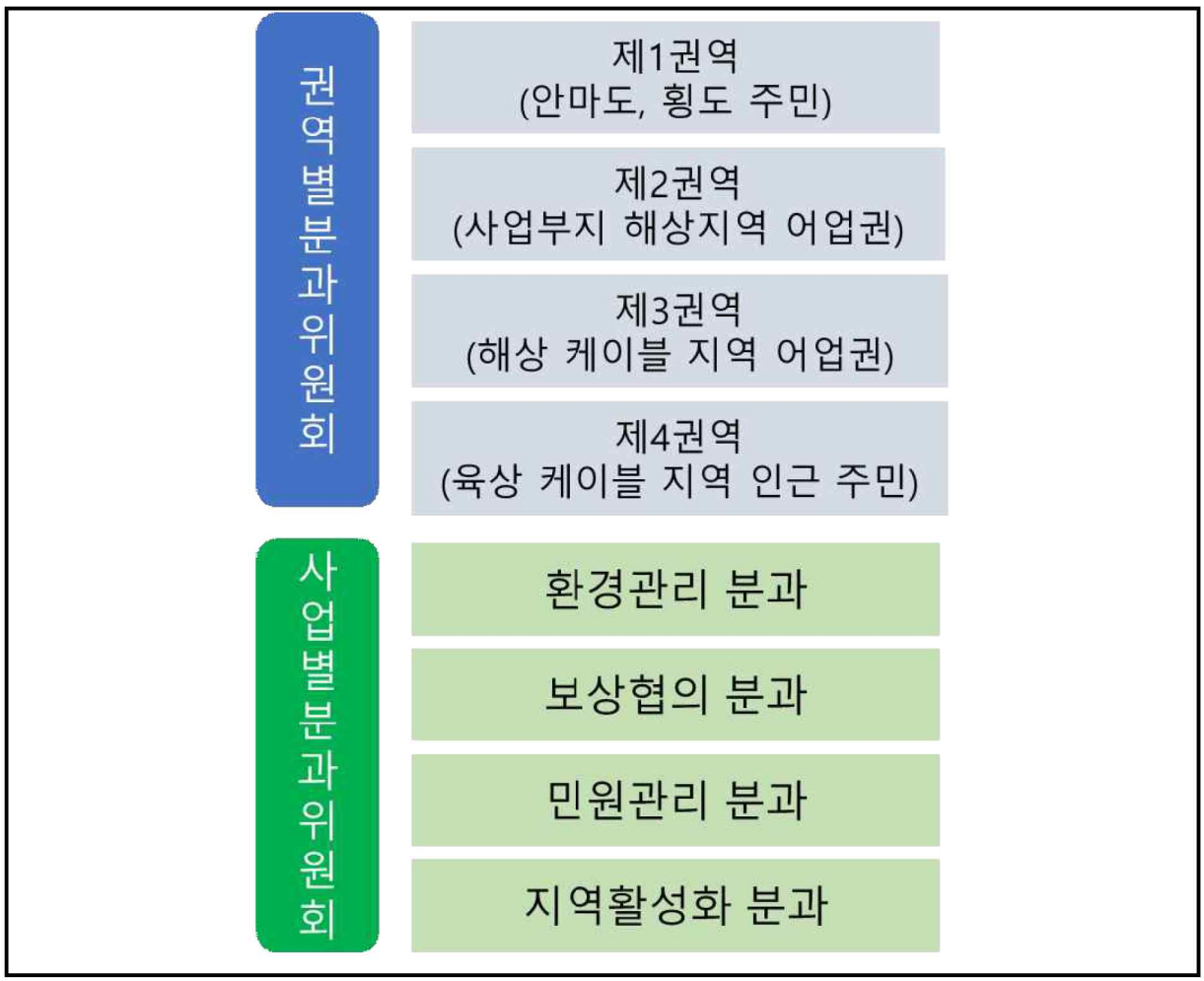


(다) 주민협의체

1) 구성방법 및 운영체계

○ 주민협의체는 본사업을 추진하는데 있어서 사업주와의 소통할 수 있는 공식적인 소통창구 및 주체의 역할을 하며 지역을 대변할 수 있는 대표성을 가진 주체임.

○ 주민협의체는 대표, 감사, 총무 및 8개 분과로 구성하며 분과는 사업별 분과와 지역별 소통과 대표성 확보를 위한 권역별 분과를 동시에 구성함. 각 분과위원회는 만 19세 이상의 성인을 전제로 해상풍력 발전기 10km이내 지역에 거주하는 주민과 신설되는 송변전 설비 인근 주민이면 가입할 수 있도록 함.



○ 각 분과위원회의 임원은 주민 자치조직의 리더나 어업권 대표, 지역의 이·통장 등 중에서 2~3인 사이 내에서 선출하며, 분과위원회로부터 대표성을 인정받은 것으로 봄.

2) 운영방식

㉮ 회의, 정기총회 개최

○ 주민협의체를 구성하는 다양한 분과위원회는 개개의 주민 의견을 대표적으로 전달할 수 있도록 최대한 노력하며, 분기별 1회 지역의 문제 파악 및 사업추진, 우선순위 결정 등을 논의할 수 있는 정기총회를 개최함. 정기총회는 각 분과위원회 임원과 사업주, 지원기관, 필요시 관련 이해관계자, 전문가 등이 참석하며, 분기당 1회 실시함.

㉯ 운영규정 작성

○ 운영규정은 주민협의체의 명칭, 운영기간, 목적, 구체적 활동내용, 사무국, 임원, 임원의 임무, 임기, 회의소집, 경비, 회계 등을 구체적으로 명시하여 효율적 운영이 가능하도록 함.

㉰ 협의기록 및 합의

○ 주민협의체의 회의 개최, 기록 등의 업무를 지원하는 주민협의체 사무국은 사업주에서 용역사를 선정하여 지원함. 협의 기록은 공개함을 원칙으로 하되, 필요시 주민협의체의 결정으로 비공개로 할 수 있다. 정기총회 결과에 따라 주민협의체, 사업주간 서면 합의가 필요한 경우 합의서를 작성함. 양 당사자는 합의안의 이행을 확약하고 그 이행에 필요한 조치를 취하며, 필요시 이를 공증받을 수 있음.

㉱ 정보전달

○ 주민협의체의 총회를 통해 결정된 사항이나 다수의 주민의견을 적극 반영하기 위해서는 주민협의체의 대표임원만 정보를 공유하는 것이 아니라, 주민협의체의 주체가 되는 지역의 모든 주민에게 전달될 수 있도록 지역신문, 사업주 홈페이지, 지원기관에서 지원하는 정보매체를 통해 적극 전달할 의무가 있음.

㉲ 재원확보

○ 주민협의체의 필요한 활동경비의 재원확보는 사업주의 지원금으로 확보함.

<표 3.5 - 1> 총회 명단 구성(안)

연번	구분	소속	직위	성명	비고
1	주민협의체 (권역별 분과위원회 임원)	제1권역	00	000	각 권역별 분과위원회당 2~3인 참석 가능
2		제2권역	00	000	
3		제3권역	00	000	
4		제4권역	00	000	
5	주민협의체 (사업별 분과위원회 임원)	환경관리	00	000	각 사업별 분과위원회당 2~3인 참석 가능
6		보상협의	00	000	
7		민원관리	00	000	
8		지역활성화	00	000	
9	사업주	안마해상풍력	00	000	-
10		안마해상풍력			
11	지원기관	영광군	00	000	-
12		목포지방해수청	00	00	-
13	전문가	변호사	00	00	
		변호사	00	00	

3.5.2 해상교통안전진단

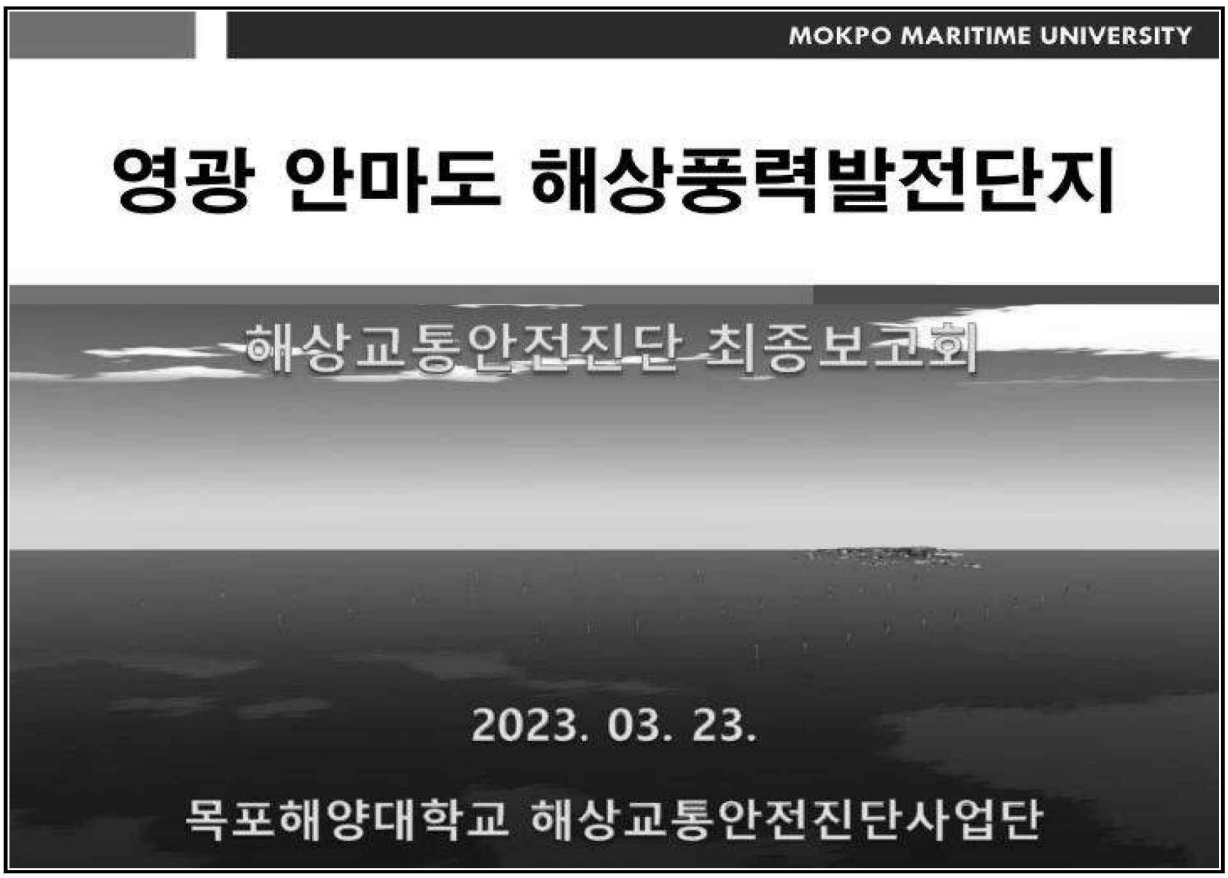
(1) 해상교통안전진단 개요

<표 3.5 - 2> 해상교통안전진단 개요

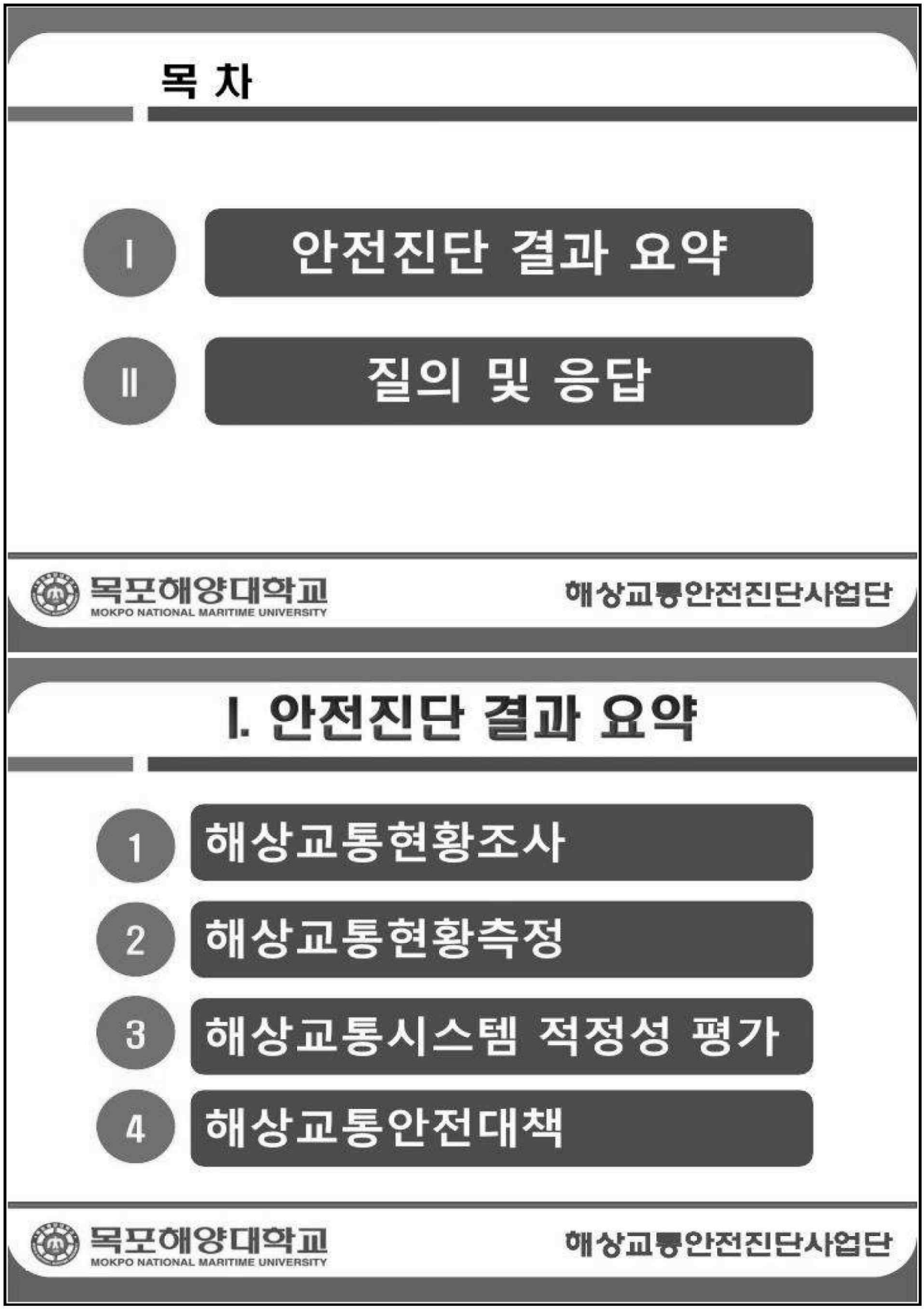
구분	내용
목적	· 해양개발사업이 선박에 미치는 영향을 사전에 조사·측정 및 평가 · 선박통항에 미치는 영향을 사전에 설계에 반영토록 함으로써 보다 미래지향적이고 안전친화적인 개발 유도
대상사업	· 항로 또는 정박지의 지정·고시 또는 변경 · 선박의 통항을 금지하거나 제한하는 수역의 설정 또는 변경 · 수역에 설치되는 교량·터널·케이블 등 시설물의 건설·부설 또는 보수 · 항만 또는 부두의 개발·재개발 · 그 밖에 해상교통안전에 영향을 미치는 사업
관련법규	· 「해사안전법」 제2조 16항 및 제15조 · 「해사안전법 시행령」 제7조의3 · 「해사안전법 시행규칙」 제11조 · 「해상교통안전진단시행지침(해양수산부 고시 제2022-162호)
항목	· 해상교통현황조사 · 해상교통현황측정 · 해상교통시스템 적정성 평가 · 해상교통안전대책

(2) 해상교통안전진단

<표 3.5 - 3> 해상교통안전진단 - (1)



<표 3.5 - 4> 해상교통안전진단 - (2)



<표 3.5 - 5> 해상교통안전진단 - (3)

1. 해상교통현황조사

1. 안전진단대상사업의 개요

□ 해상교통안전진단 과업 개요

과업 명칭	➢ 영광 안마도 해상풍력발전단지 해상교통안전진단
과업 목적	➢ 전 세계적으로 급속히 성장하고 있는 해상풍력 시장 선점을 위해 국가차원의 해상풍력 추진에 역량을 집중하고 해당수역의 우수한 풍황자원 및 지리적 특성을 활용, 풍력발전에 의한 지역산업의 활성화에 부응하고자 함.
시설 규모	➢ 총 발전용량: 546MW(14MW x 39기) ➢ 면적: 약 94km²
사업 위치	➢ 전라남도 영광군 안마도 서측 해상
사업시행자	➢ 안마해상풍력㈜
운영기간	➢ 준공 후 약 20년
안전진단기관	➢ 목포해양대학교 산학협력단

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 5 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 6> 해상교통안전진단 - (4)

1. 안전진단대상사업의 개요

과업대상 위치 및 범위

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 6 - 해상교통안전진단사업단

2. 자연환경 조사 결과

기상환경 조사 결과

★ 최근30년간(1992년~2021년) 기상청 기상연보

구 분			단위	기 상	구 분		단위	기 상
기 온	평균		°C	14.3	해 면 기 압	평균	hPa	1,016.6
	최고			37.0		최고		1,042.4
	최저			-12.8		최저		975.7
					습 도	평균	%	74.1
						최소		5.0
바 람	최대 풍속	풍속	m/s	29.1	현 상 일 수	맑음	일	76.4
		풍향	-	NNW		흐림		104.6
	순간 최대 풍속	풍속	m/s	37.8		안개		24.2
		풍향	-	NW		강수		32.2
	평균풍속		m/s	3.6		강설		24.6
강 수	연평균		mm	1,164.5		결빙		66.1
	일최다			206.5		폭풍		11.2
						뇌전		12.2
						기온		0.3

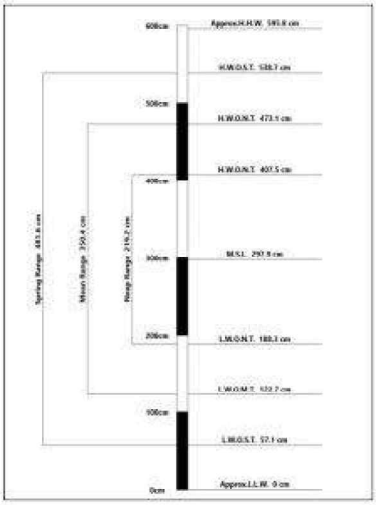
* 현상일수: 1. 강수 10㎜ 이상, 2. 폭풍 풍속 13.9㎧ 이상, 3. 기온 -10℃ 이하

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 7 - 해상교통안전진단사업단

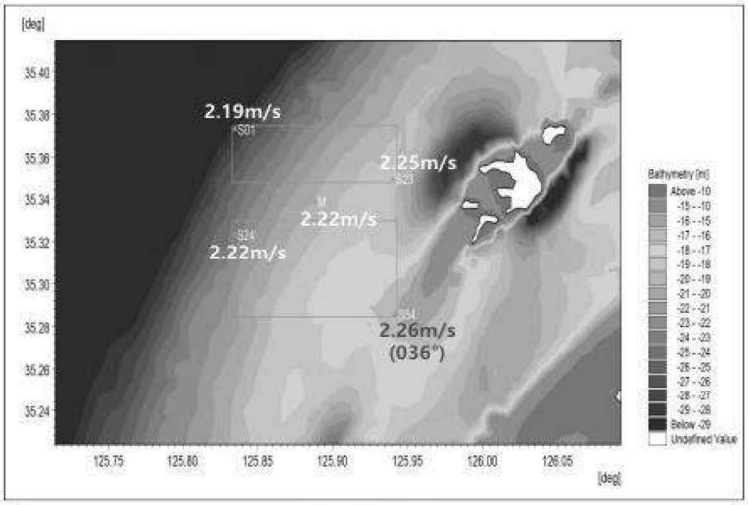
<표 3.5 - 7> 해상교통안전진단 - (5)

2. 자연환경 조사 결과

□ 해상환경 조사 결과(조위 및 조류)



조위도



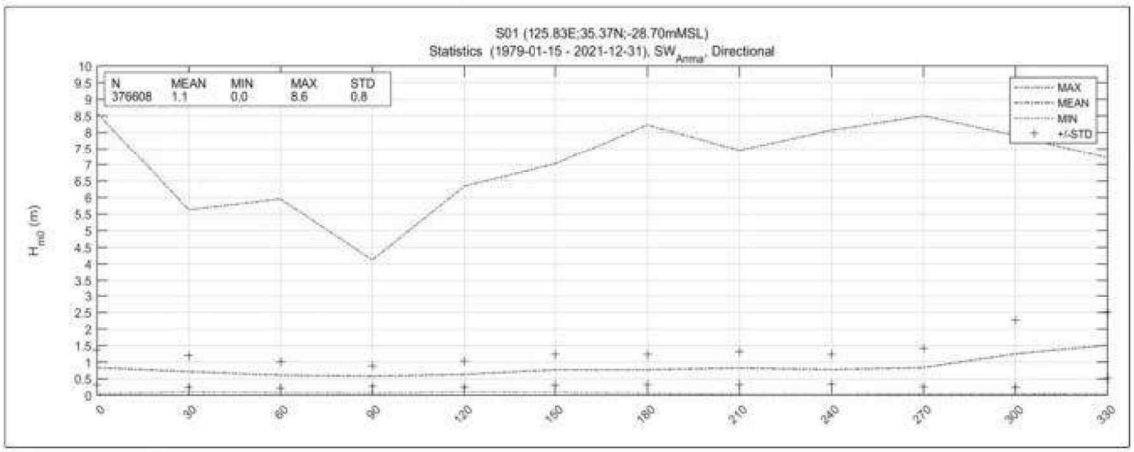
최강 조류

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 8 - 해상교통안전진단사업단

2. 자연환경 조사 결과

□ 해상환경 조사 결과(파랑)

지 점	H_{m0}(m) (MAX.)
S01	8.59m : N계열 파향(40년 빈도)



목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 9 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 8> 해상교통안전진단 - (6)

3. 해상교통환경 조사 결과

☐ 해상교통흐름 관측 조사 분석

GICOMS 자료 분석 (35일)

조사 기간: 2018.06., 10., 12., 2019.03., 2022.01월중 연속된 7일간(총 35일) 자료 분석 수행

현장관측 조사 분석 (3일)

대상해역의 해상교통흐름을 파악하기 위하여 해상교통조사장비를 이용한 AIS, RADAR 관측 실시

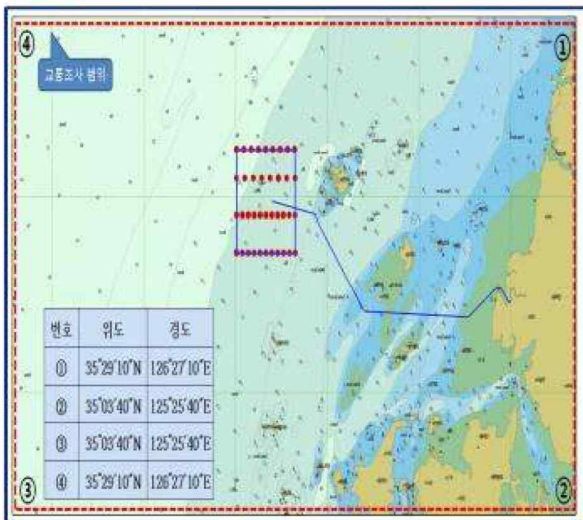
관측조사 기간: 2019.11.28. ~ 11.30.(3일간) 자료 분석 수행

과업 대상을 통항선박의 종류별, 크기별, 속력별로 구분하여 조사 분석

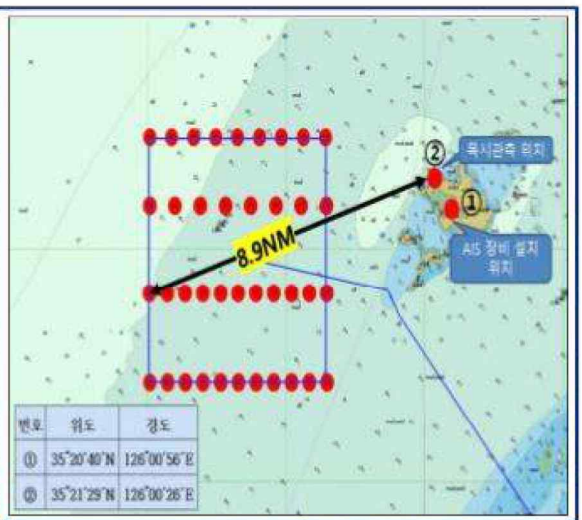
목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 10 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과

☐ 해상교통조사 범위



해상교통조사 범위



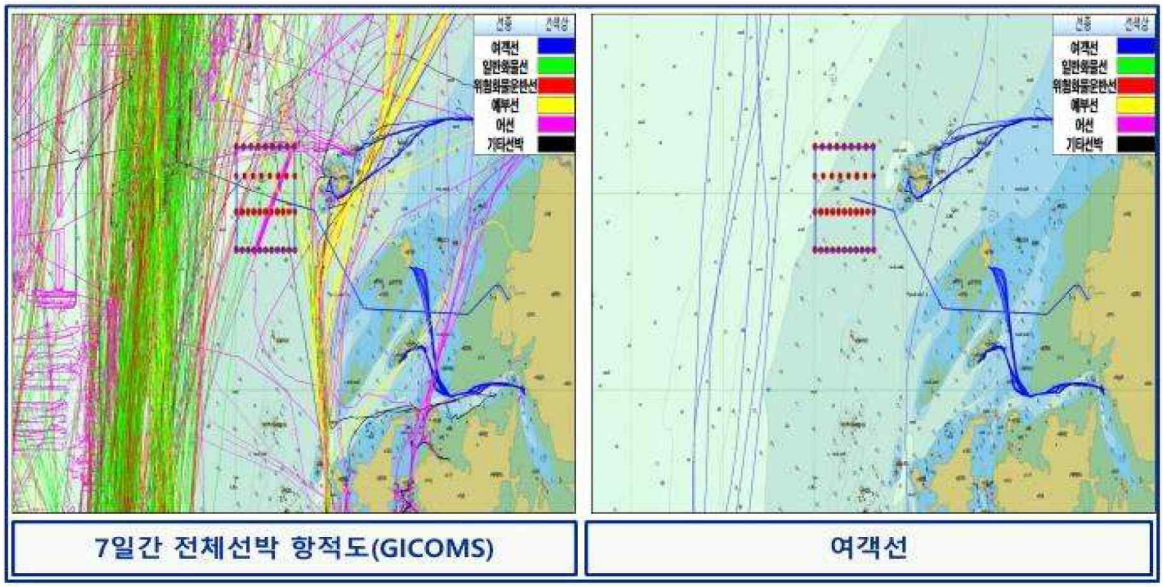
현장관측 조사 위치

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 11 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 9> 해상교통안전진단 - (7)

3. 해상교통환경 조사 결과

전체선박 항적도

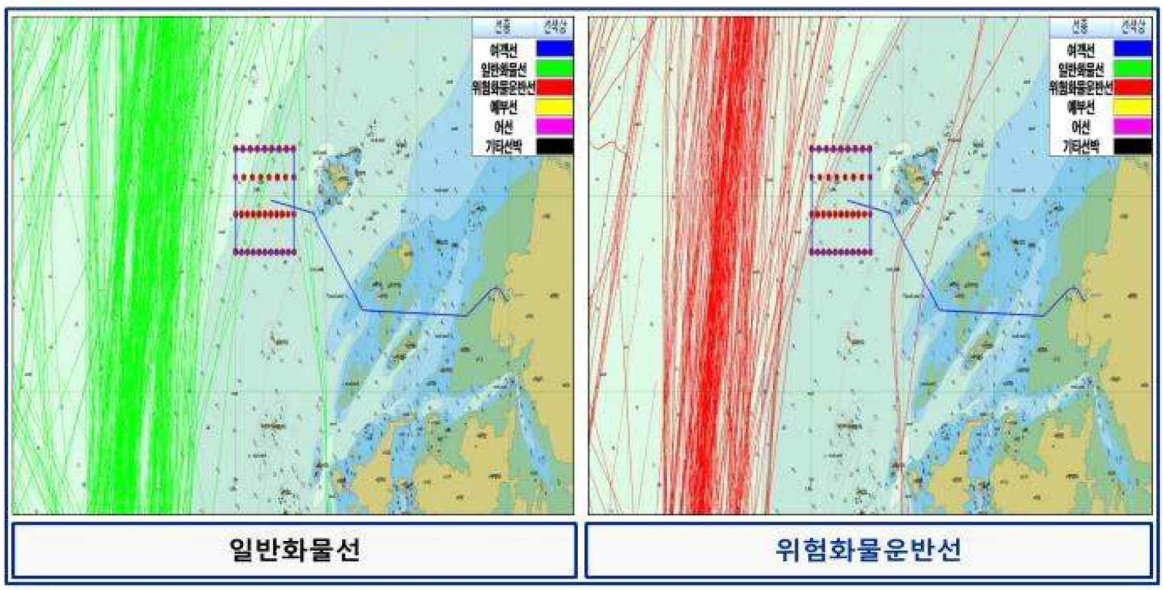


7일간 전체선박 항적도(GICOMS) | 여객선

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 12 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과

선종별 항적도



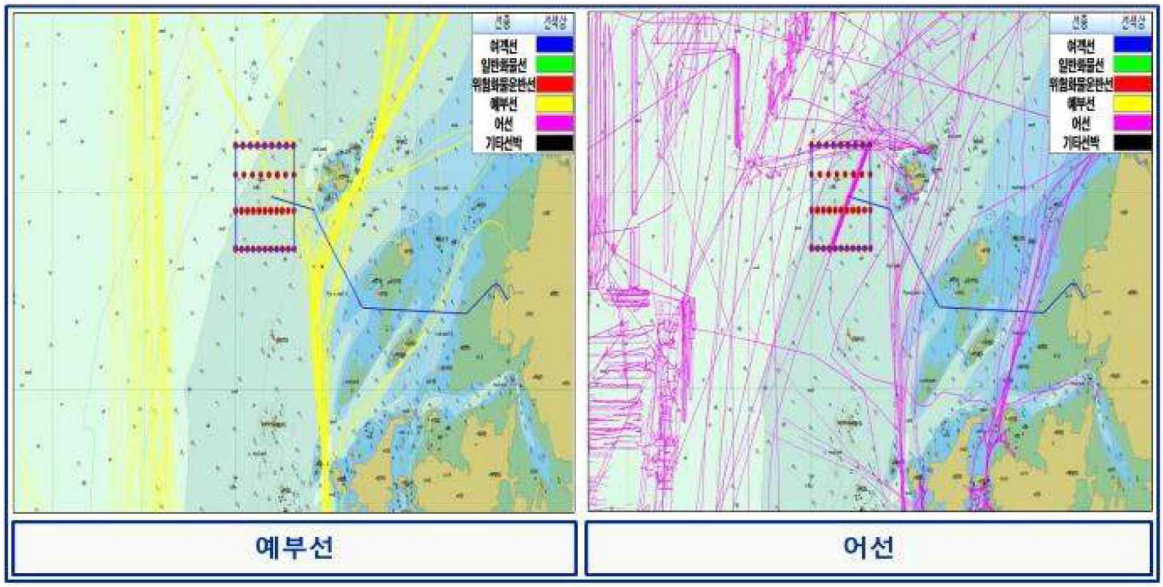
일반화물선 | 위험화물운반선

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 13 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 10> 해상교통안전진단 - (8)

3. 해상교통환경 조사 결과

□ 선종별 항적도

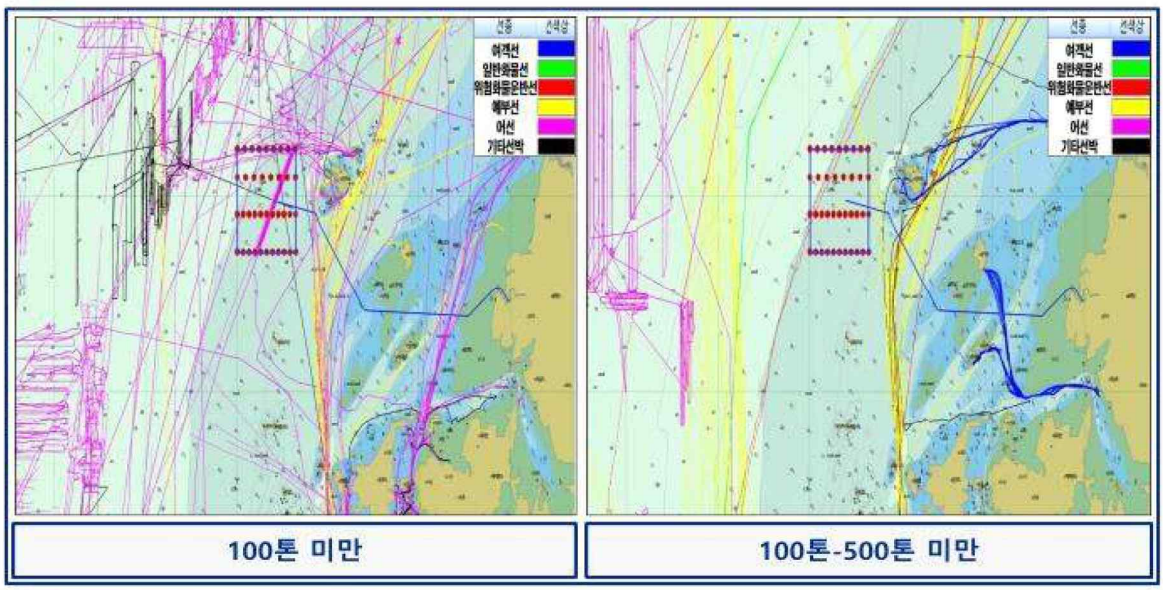


예부선 | 어선

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 14 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과

□ 톤수별 항적도



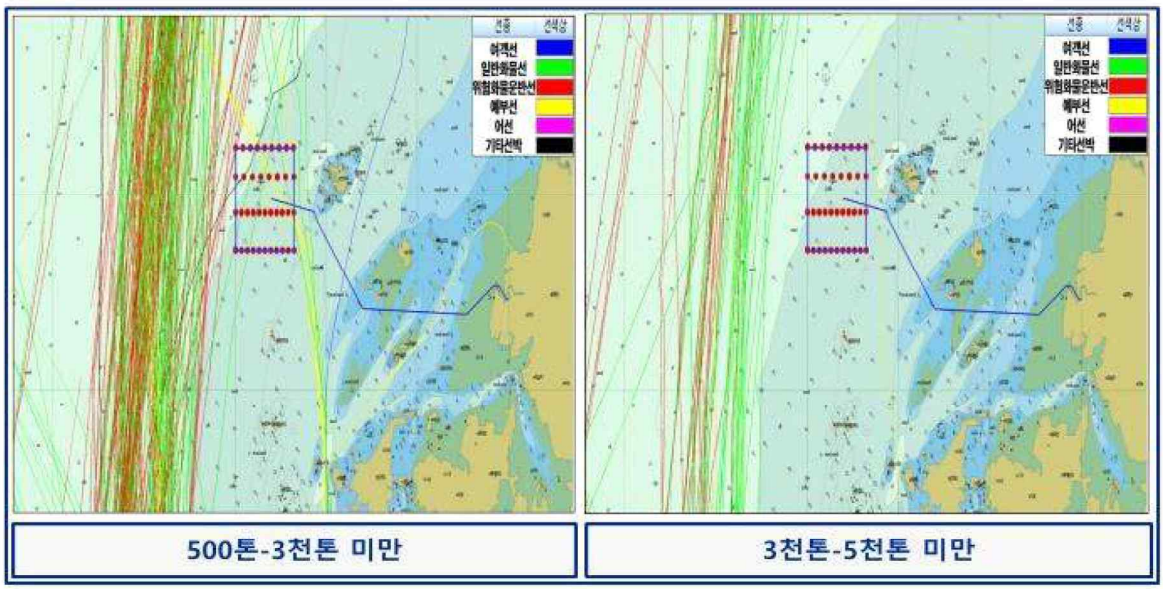
100톤 미만 | 100톤-500톤 미만

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 15 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 11> 해상교통안전진단 - (9)

3. 해상교통환경 조사 결과

□ 톤수별 항적도

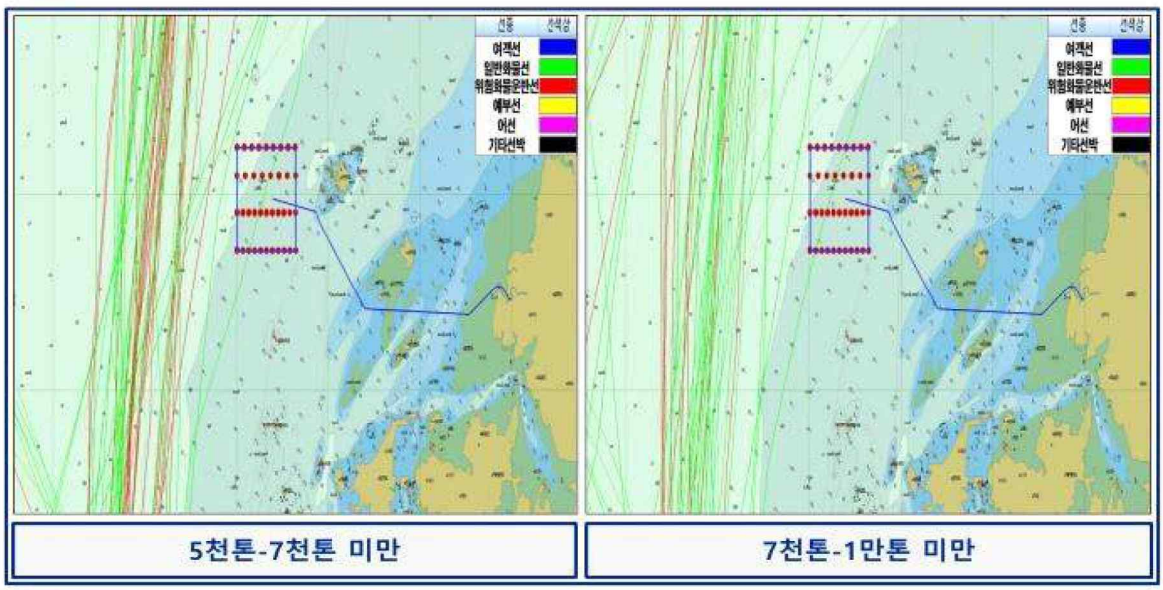


500톤-3천톤 미만 | 3천톤-5천톤 미만

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 16 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과

□ 톤수별 항적도



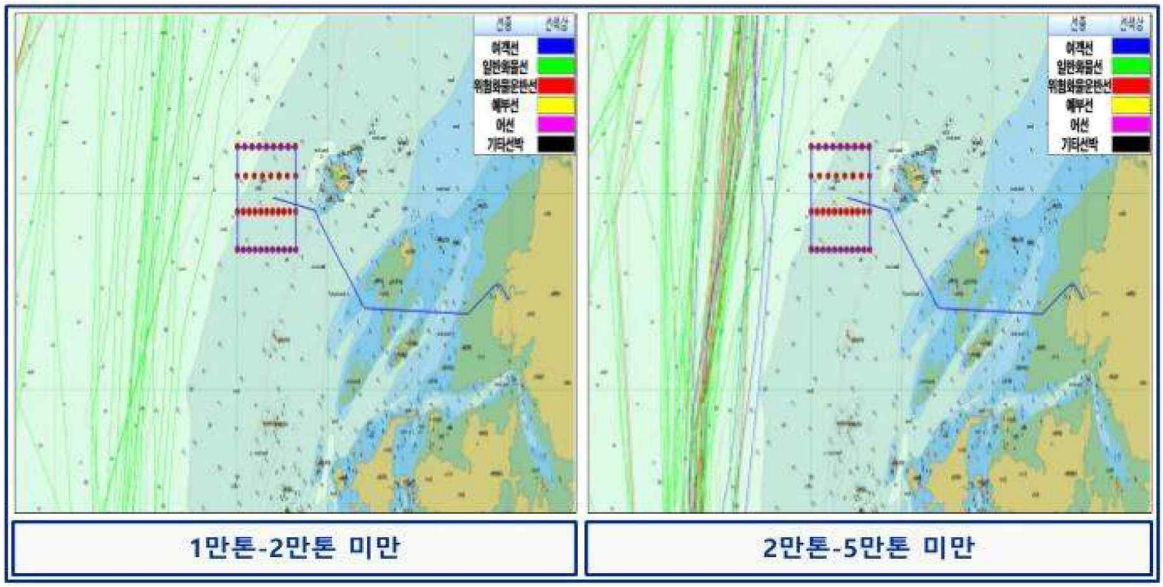
5천톤-7천톤 미만 | 7천톤-1만톤 미만

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 17 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 12> 해상교통안전진단 - (10)

3. 해상교통환경 조사 결과

톤수별 항적도

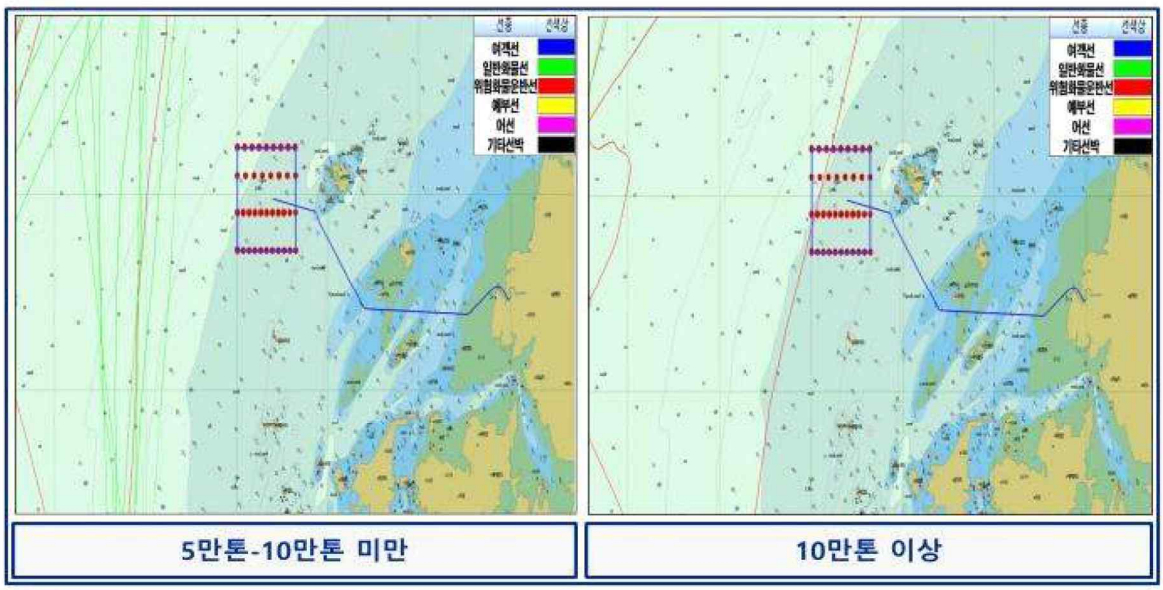


1만톤-2만톤 미만 | 2만톤-5만톤 미만

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 18 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과

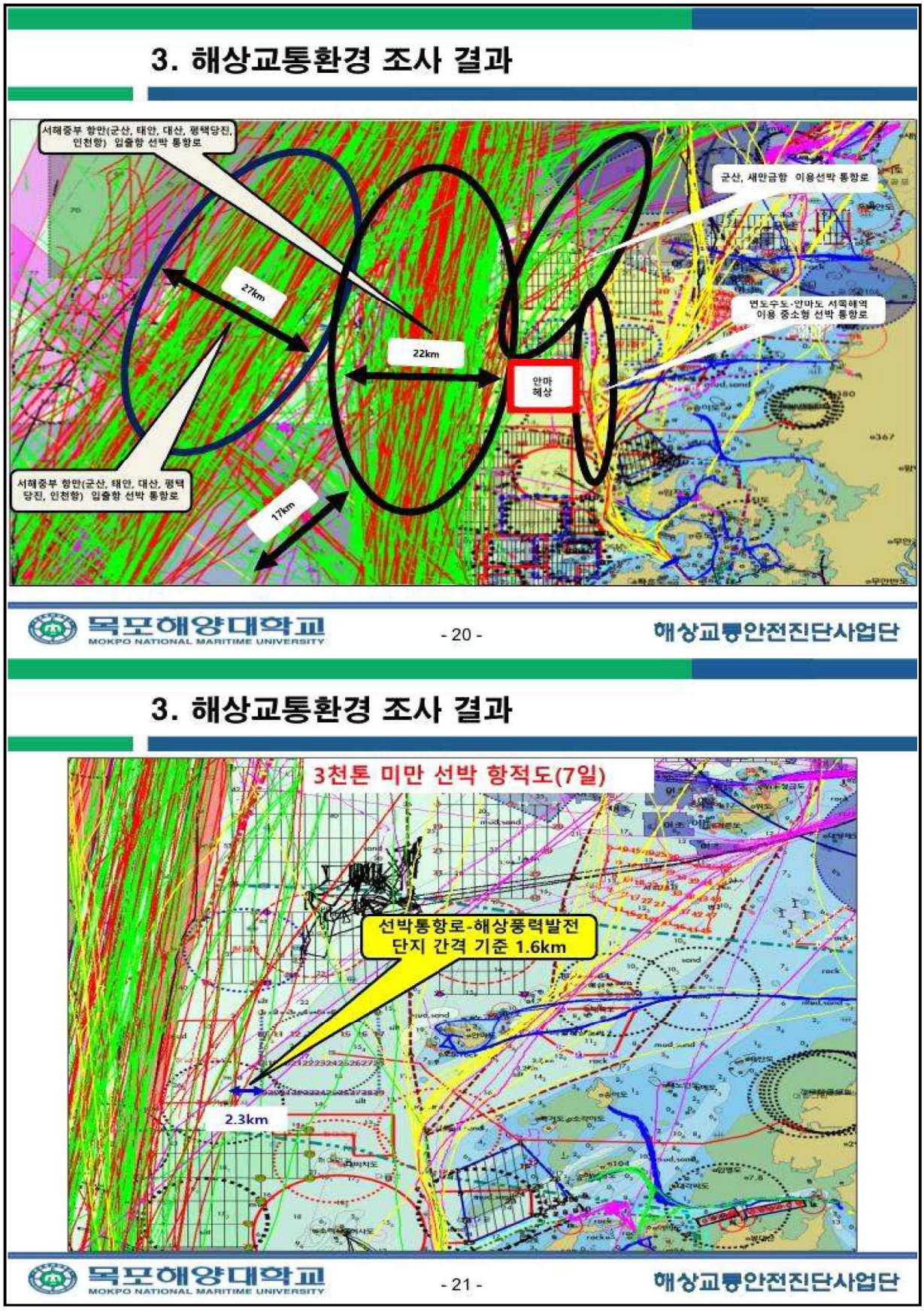
톤수별 항적도



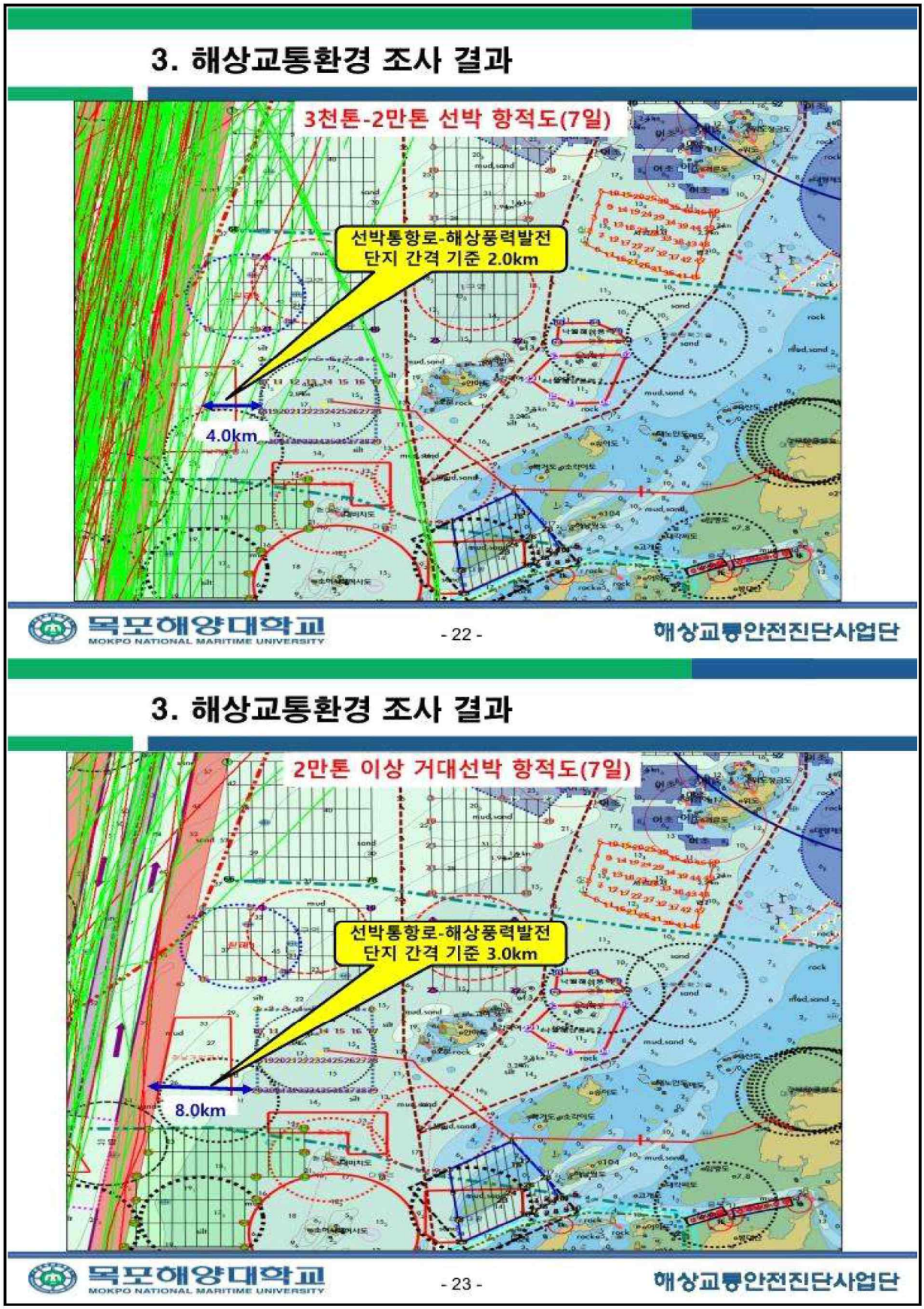
5만톤-10만톤 미만 | 10만톤 이상

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 19 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 13> 해상교통안전진단 - (11)



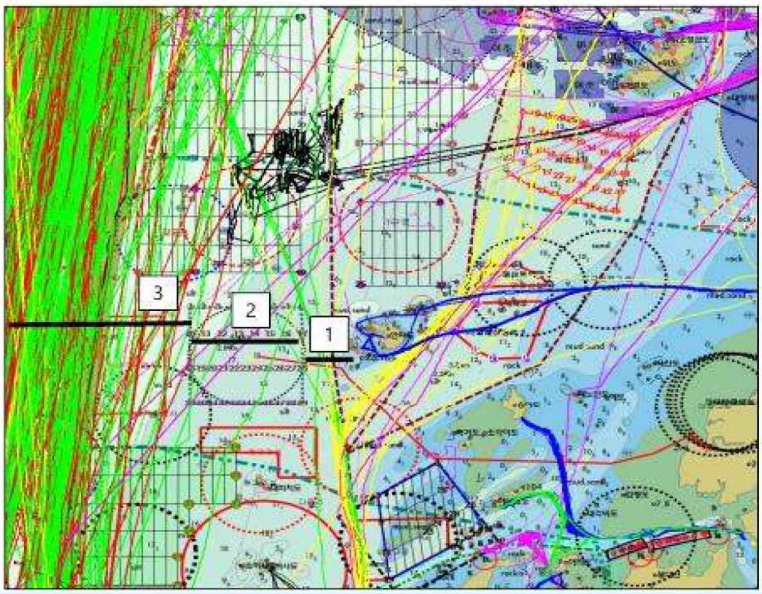
<표 3.5 - 14> 해상교통안전진단 - (12)



<표 3.5 - 15> 해상교통안전진단 - (13)

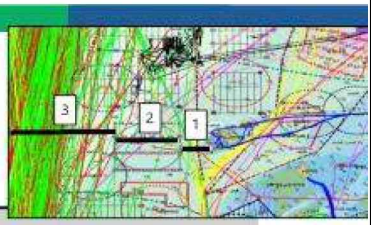
3. 해상교통환경 조사 결과

통과선(GATE LINE) 설정



목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 24 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과



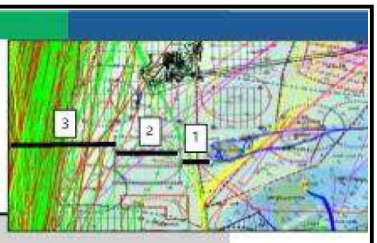
No.1 통과선

구 분	내 용
총 통항척수	◦ 38일 동안 No.1 통과선을 통과한 선박은 모두 126척
일자별	◦ 1일 평균 남향 1.7척, 북향 1.7척 / 1일 평균 3.4척 / 1시간 평균 0.1척 ◦ 3,000톤 이상 2척 / 1일 평균 0.1척
시간대별	◦ 남향 선박은 12~13시 10척, 북향 선박은 08~09시 8척으로 가장 많음
선박종류별	◦ 여객선 2척(1.6%), 일반화물선 5척(4.0%), 위험화물운반선 8척(6.3%), 예부선 2척(1.6%), 어선 85척(67.5%), 기타선박 24척(19.0%)
선박톤수별	◦ 100톤 미만 105척(83.3%), 100~500톤 미만 8척(6.3%), 500~3,000톤 미만 11척(8.7%), 3,000~5,000톤 미만 2척(1.6%), 5,000톤 이상 0척(0.0%)
선박속력별	◦ 9~10노트 25척(19.8%), 8~9노트 19척(15.1%), 7~8노트 15척(11.9%) 순

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 25 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 16> 해상교통안전진단 - (14)

3. 해상교통환경 조사 결과

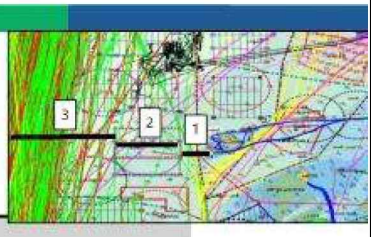


No.2 통과선

구 분	내 용
총 통항척수	◦ 38일 동안 No.2 통과선을 통과한 선박은 모두 248척
일자별	◦ 1일 평균 남향 3.4척, 북향 3.1척 / 1일 평균 6.5척 / 1시간 평균 0.3척 ◦ 3,000톤 이상 23척 / 1일 평균 0.6척
시간대별	◦ 남향 선박은 09~10시 및 15~16시 각 11척, 북향 선박은 05~06시 및 10~11시 각 9척으로 가장 많음
선박종류별	◦ 여객선 0척(0.0%), 일반화물선 23척(9.3%), 위험화물운반선 25척(10.1%), 예부선 21척(8.5%), 어선 134척(54.0%), 기타선박 45척(18.1%)
선박톤수별	◦ 100톤 미만 176척(71.0%), 100~500톤 미만 18척(7.3%), 500~3,000톤 미만 31척(12.5%), 3,000~5,000톤 미만 10척(4.0%), 5,000~7,000톤 미만 3척(1.2%), 7,000~10,000톤 미만 4척(1.6%),10,000~20,000톤 미만 1척(0.4%), 20,000~50,000톤 미만 2척(0.8%), 50,000~100,000톤 미만 1척(0.4%), 100,000톤 이상 2척(0.8%)
선박속력별	◦ 9~10노트 49척(19.8%), 8~9노트 43척(17.3%), 7~8노트 37척(14.9%) 순

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 26 - 해상교통안전진단사업단

3. 해상교통환경 조사 결과



No.3 통과선

구 분	내 용
총 통항척수	◦ 38일 동안 No.3 통과선을 통과한 선박은 모두 2,159척
일자별	◦ 1일 평균 남향 28.0척, 북향 28.0척 / 1일 평균 56.8척 / 1시간 평균 2.4척 ◦ 3,000톤 이상 871척 / 1일 평균 22.9척
시간대별	◦ 남향 선박은 01~02시 61척, 북향 선박은 13~14시 58척으로 가장 많음
선박종류별	◦ 여객선 21척(1.0%), 일반화물선 857척(39.7%), 위험화물운반선 428척(19.8%), 예부선 75척(3.5%), 어선 370척(17.1%), 기타선박 408척(18.9%)
선박톤수별	◦ 100톤 미만 675척(31.3%), 100~500톤 미만 143척(6.6%), 500~3,000톤 미만 470척(21.8%), 3,000~5,000톤 미만 210척(9.7%), 5,000~7,000톤 미만 138척(6.4%), 7,000~10,000톤 미만 120척(5.6%), 10,000~20,000톤 미만 131척(6.1%), 20,000~50,000톤 미만 188척(8.7%). 50,000~100,000톤 미만 71척(3.3%), 100,000톤 이상 13척(0.6%)
선박속력별	◦ 10~11노트 49척(20.8%), 9~10노트 37척(15.7%),8~9노트 29척(12.3%) 순

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 27 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 17> 해상교통안전진단 - (15)

4. 항로 설계기준 검토

해상교통안전진단시행지침

[시행 2022. 10. 12.] [해양수산부고시 제2022-162호, 2022. 10. 12., 일부개정]

해양수산부(해사안전정책과), 044-200-5821

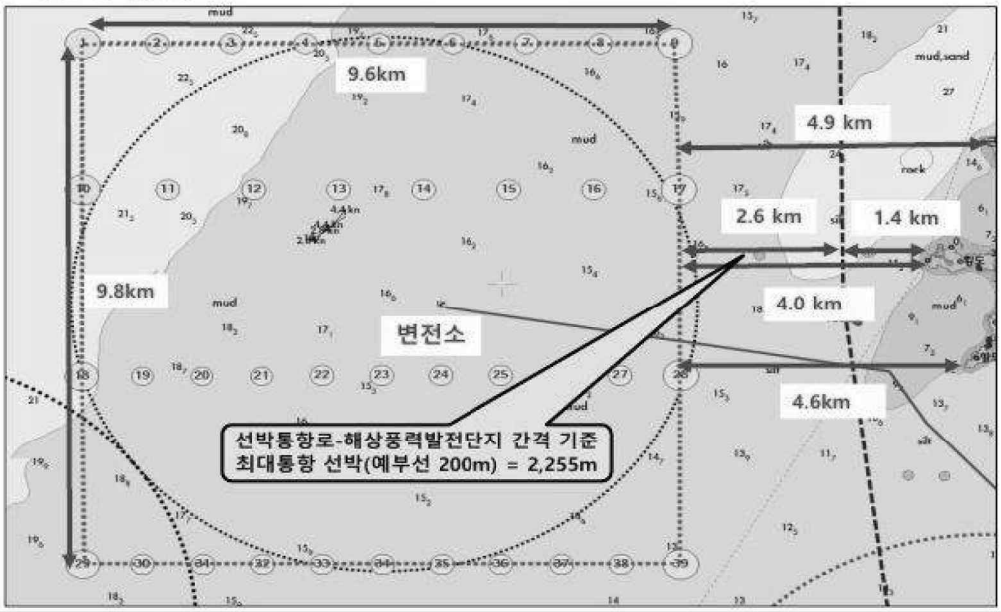
설계기준	② 세부기준 가) 해상교통로-해상풍력발전단지 간격 기준: 선박과 발전시설(발전기)간 충돌사고 등을 예방하기 위하여 해상풍력발전단지의 최외곽에 설치된 발전기를 연결한 선은 해상교통로로부터 최소 0.5해리(926m) 이상 간격을 유지하되 아래 기준을 충족하도록 조정 (1) 해상교통로의 우측에 해상풍력발전단지가 있을 때 간격: 최대 통항선박 길이의 6배 + 500m + 0.3해리(555m) (2) 해상교통로의 좌측에 해상풍력발전단지가 있을 때 간격: 최대 통항선박 길이의 6배 + 500m 나) 해상풍력발전단지 출입통제: 해상풍력발전단지가 조성되는 해역에 대해서는 아래에 따른 공유수면 점·사용 등을 통해 통항안전성, 해상교통안전대책 수립·시행 등에 필요한 배타적 권리 확보 (1) 공유수면 점·사용 등을 통해 풍력단지 내부해역은 전체에 대하여 배타적 권리 확보 (2) 해상풍력발전단지 외부해역은 유엔해양법 등에 따라 500미터 이내로 배타적 권리 확보 다) 항행 보조시설(항로표지):「항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준」제46조(해양풍력발전단지표지의 설치 기준) 적용

해상교통로-해상풍력단지 간격 기준(2022-10-12 시행)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 28 - 해상교통안전진단사업단

4. 설계기준 검토 결과

□ 이격거리 현황

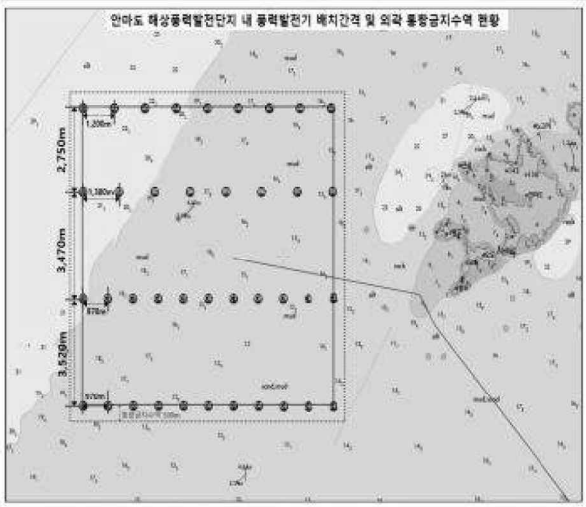


목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 29 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 18> 해상교통안전진단 - (16)

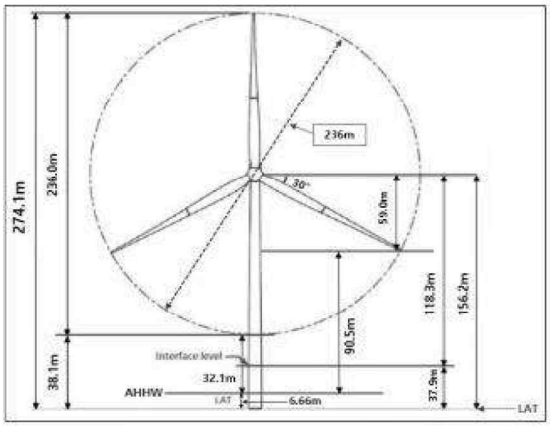
4. 설계기준 검토 결과

□ 풍력발전기 간격



풍력단지 내 풍력발전기 배치 및 간격

□ 풍력발전기 종단면도



풍력발전기 제원 및 치수

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 30 - 해상교통안전진단사업단

4. 설계기준 검토 결과

□ 대상선박(단지 내)

구 분	규 모(ton)	전 장(m)	전 폭(m)	만재흘수(m)	어선깊이(m)	수면에서 마스트높이 (공선 시)(m)
항만 및 어항설계기준	30 G/T급	25.1	5.4	1.7	2.0	7~8 (50톤 이하)
제78대길호 (우리나라 30톤급 어선 분석 결과 최대 길이)	30 G/T급	23.8	5.3	-	1.67	-

구분	규 모(ton)	전 장(m)	전 폭(m)	만재흘수(m)	수면에서 마스트높이(m)
해양경찰 함정(비상상황 시)	5천 G/T급	150.5	16.5	5.4	27.9

□ 대상선박(단지 외곽)

구 분	전 장(m)	비 고
예부선	200	예인선+부선+예인삭

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 31 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 19> 해상교통안전진단 - (17)

4. 설계기준 검토 결과

□ 단지 내 항로 폭 검토 결과

대상선박	설계기준(m)-왕복항로	주요치수	필요 항로폭	현황	충족 여부
30GT급 어선	PIANC(8.5B)	선폭(B)5.4m 전장(L)=25.1	45.9	가항항로 폭 최소 610m 최대 3,160m	충족
	항만 및 어항설계기준(2.0L)		50.2		
5천 GT급 해경함정	PIANC(8.5B)	선폭(B)16.5m 전장 (L)=150.5m	140.25	(풍력발전기 중심 180m(1.5D/2) 통항금지수역 설정)	충족
	항만 및 어항설계기준(2.0L)		301.0		

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 32 - 해상교통안전진단사업단

4. 설계기준 검토 결과

□ 단지 내 수심 검토 결과

구 분	선저 여유수심	여유수심	선박흘수 (A)	선박흘수에 따른 선저여유수심 (B)	저질에 따른 여유수심 (C)	대상선박	선저여유수심을 고려한 필요수심 (D=A+B+C)
PIANC	Heavy swell (H_s > 2m)	1.3T~ 1.4T	1.7m	0.51m ~ 0.68m	0.5m (Sand/Clay)	30GT급 어선	최대 2.88m 최소수심 14.7m : 충족
항만 및 어항설계기준	스웰이 존재하거나 비교적 항로가 긴 경우 최대흘수의 20%	20%	1.7m	0.34m	-		2.04m 최소수심 14.7m : 충족
PIANC	Heavy swell (H_s > 2m)	1.4T	5.4m	2.16m	0.5m (Sand/Clay)	5천 GT급 해경함정	8.06m 최소수심 14.7m : 충족
항만 및 어항설계기준	스웰이 존재하거나 비교적 항로가 긴 경우 최대흘수의 20%	20%	5.4m	1.08m	-		6.48m 최소수심 14.7m : 충족

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 33 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 20> 해상교통안전진단 - (18)

4. 설계기준 검토 결과

□ 단지 내 통항선박 마스트 높이에 대한 고려항목 내용 및 적용 값

항 목	내 용	적용 값
선박의 트림	30~60cm (NAVFAC DM26)	0.3m
파고	어선의 통항 제한파고(2.0m)의 1/2	1.0m
선체동요량	선체동요실험에서 구한 최대 마스터 상승량	0.5m
조석오차	조시 20~30분 이내, 조고 0.3m 이내	0.3m
기압에 의한 해면상승	기압이 100hpa 하강하면 해면은 약 0.1m 상승	0.1m
흘수오차	흘수 읽기과정 또는 계산과정의 오차	0m
심리적 여유량	조선자의 심리적 여유 높이	2.0m
검토 결과	각 고려항목의 합	4.2m

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 34 - 해상교통안전진단사업단

4. 설계기준 검토 결과

□ 단지 내 터빈 날개 하부 높이 검토에 따른 통항선박 검토 결과

항 목	내 용	적용 값
풍력발전기 날개 하부 높이	① 약최고고조위부터 풍력터빈 날개 회전직경 끝단까지 수직높이	32.1m
통항선박 마스트 높이 고려항목	② 각 고려항목의 합	4.2m
통항 가능한 마스트 높이	(① - ②)	27.9m
통항선박 마스트 높이	30톤급 어선	약 11m
	5천 GT급 해경 함정	27.9m
검토 결과	(통항 가능한 마스트 높이 - 통항선박 마스트 높이)	통항 가능

□ 해상교통안전진단지침 설계기준(해상교통로-풍력단지 간격) 검토 결과

구 분	대상선박 길이(m)	①안전 이격거리(m)	②통항선박 항로 폭(m)	해상교통로-해상풍력단지 필요 이격거리(③=①+②)
풍력단지 우현에 두고 있을 때 (6L+0.3NM+500m)	예부선 L = 200.0	2,255	1.0L=200.0	2,455m 최소 이격거리 2,600m(충족)

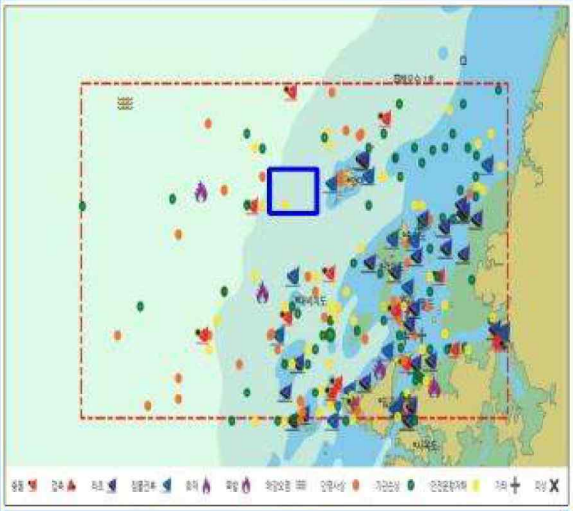
목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 35 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 21> 해상교통안전진단 - (19)

5. 해양사고 발생현황

해양사고 조사 결과

★ 최근10년간(2012년~2021년) 해양안전심판원 재결서



해양사고 종류별 분포도

종류별 해양사고 분석 결과

5. 해양사고 발생현황

해양사고 분석 결과

구 분	해양사고 분석결과 요약
총 해양사고	• 2012년부터 2021년까지 최근 10년간 총 305건의 해양사고 발생
종류별	• 부유물감김사고가 83건(27.2%)으로 가장 많았으며, 기관손상사고 62건(20.3%), 안전사고 55건(18.0%), 좌초사고 27건(8.9%), 운항저해사고 20건(6.6%), 기타사고 19건(6.2%), 충돌사고 17건(4.6%), 침몰사고 9건(3.0%), 전복사고 7건(2.3%), 화재・폭발사고 5건(1.6%), 해양오염사고 1건(0.3%) 순으로 발생
발생월별	• 봄철(3월~5월) 47건, 여름철(6월~8월) 143건, 가을철(9월~11월) 82건, 겨울철(12월~2월) 33건 • 여름철(6월~8월)에 가장 많이 발생
선종별	• 305건의 해양사고를 일으킨 348척의 선박을 선종별로 분석한 결과, 어선이 231척으로 가장 많았으며, 예인선 32척, 수상레저기구 30척, 기타선 27척, 여객선 17척, 화물선 7척, 위험화물운반선 4척 순으로 발생
선박 크기별	• 100톤 미만의 선박이 283척으로 가장 많았으며, 100톤 이상 500톤 미만의 선박 41척, 1,000톤 이상 5,000톤 미만의 선박 18척, 500톤 이상 1,000톤 미만의 선박 4척, 톤수 미상의 선박 2척 순으로 조사됨.

<표 3.5 - 22> 해상교통안전진단 - (20)

2. 해상교통현황측정

1. 해역이용자 의견수렴

☐ 해역이용자 의견수렴 결과

기관	의견	사업자 조치사항
목포지방 해양수산청 (선원해사안전과)	• 의견수렴 결과에 따른 요청사항 및 제시한 안전대책 등을 충실히 이행바람	• 안전을 종합적으로 고려한 대책과 기타 의견수렴에서의 요청사항 등을 충실히 이행하겠음
목포지방 해양수산청 (항로표지과)	• 단지 내 통항 제한 강화를 위해 [해양풍력발전단지의 항로표지 설치 지침]을 반영하여 설치 요함 • 공사 전 항로표지 설치와 관련, 항로표지과와 반드시 협의할 것	• 강화된 [해양풍력발전단지의 항로표지 설치 지침]을 반영토록 하겠으며, 공사 전 항로표지 설치와 관련, 항로표지과와 사전 협의하겠음
목포항 VTS	• 단지 조성 전/후 관제와 관련된 음영구간 발생 시 VTS와 협의해서 추가 장비의 설치가 이루어졌으면 함. • 안전을 위해 공사와 관련, 담당자는 VTS로부터 교육받고 일정 및 내용 등을 VTS에 보고 필요 • 공사 담당자와 직통라인을 설치하여 공사 관련한 안전 및 특이사항을 VTS와 협조될 수 있도록 해주기 바람	• 단지로 인한 음영구간 발생 시 VTS와 협의하여 추가의 장비 설치가 이루어질 수 있도록 하겠음 • 공사 담당자는 공사 전 VTS 방문하여 교육이 이루어질 수 있도록 하겠음 • 공사 관련한 일정 및 내용 등을 VTS센터와 직통라인을 구축하여 상시적으로 공유하겠음

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 39 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 23> 해상교통안전진단 - (21)

1. 해역이용자 의견수렴

□ 해역이용자 의견수렴 결과

기관	의견	사업자 조치사항
목포항 도선사회	• 장기적인 관점에서 화물선의 안전 통항을 확보하기 위해 TSS와 같은 지정항로를 설정이 바람직함 • 현재 단지 외부에 항로표지를 설치하여 통항 선박이 단지가 조성되어 있음을 인지할 수 있도록 하는 것이 통항에 큰 지장이 없을 것으로 판단됨 • 단지에 접근하는 선박에 충분한 정보 제공 시 기존에 관습적으로 통항하는 선박도 충분히 위험성의 인지 및 우회 통항을 할 것으로 판단됨	• 향후 대상해역 인근에 대규모 해상풍력단지가 설치될 경우에는 통항 선박의 안전을 위해 TSS와 같은 지정항로를 설정이 바람직함. • 강화된 항로표지 설치 지침에 의거, 이를 반영한 단지 외부에 항로표지를 설치하겠음 • 감시센터를 설치, 운영하여 단지에 입역 또는 접근하는 선박에게 입역정보 또는 경고방송을 하여 주변수역에서 통항선박으로 하여금 주의를 환기시키겠음
목포해경 영광파출소	• 단지 개발과 관련한 공사 위치 및 일정 등을 우선 해양안전과에 송부 바람 • 파출소에서는 통보받은 사항을 어민들에게 충분한 홍보 및 안전에 대해 협조하겠음 • 대상수역에서 공사 시 작업담당자와 직접 연락 가능한 연락망 구축 및 통보 요함	• 공사 전 비상연락망을 구축하여 관계기관에 제출하겠으며, 풍력단지 개발에 따른 공사일정 또는 구간에 대한 내용을 목포해양경찰서, 해수청 등의 관계관청 및 어민 등에게 철저히 알리고 홍보토록 하겠음

1. 해역이용자 의견수렴

□ 해역이용자 의견수렴 결과

기관	의견	사업자 조치사항
영광군청 해양수산과	• 지역 주민 수용성 확보측면에서 더욱 원만한 해결을 위해선 단지 개발에 따른 여러 행정절차 등에 대해 어업인과 사전에 모든 정보를 공유할 필요 있음	• 지역 주민들의 수용성 확보 측면에서 안전진단을 비롯한 여러 행정절차 정보를 공유하여 어업인들과의 마찰, 갈등이 발생 치 않도록 하겠음
영광군 어민	• 단지 내 발전기 구조물 등으로 인해 일부 어업(유자망)은 불가능할 것으로 판단됨 • 개발 예정수역은 폐어망, 통발 등으로 인해 애로사항이 많음 • 단지 내 조업구역에 대해 업종별 구역의 구분이 필요함	• 공사 전 폐어망 및 통발 등 해저에 산재한 폐기물들을 제거하겠음 • 단지 내 조업구역에 대해 어민과 전문가들의 의견을 충분히 청취 후 허용 가능한 어업과 업종별 구분이 되도록 하겠음

<표 3.5 - 24> 해상교통안전진단 - (22)

2. 해상교통혼잡도 평가

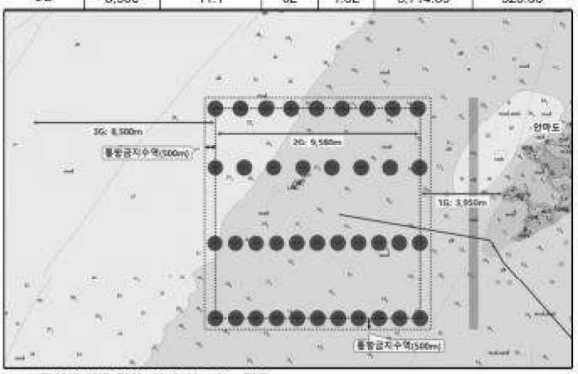
☐ 해상교통혼잡도 평가방법 및 실용교통용량 산출

☐ 선박의 폐쇄영역을 이용하여 각 항로의 실용교통 용량 산출
☐ 현재 또는 장래의 시간당 Peak Time L^2 환산 교통량과 비교
☐ 그 값이 허용 교통용량 범위 내에 들어가는지의 여부로써 평가

현재 통항 교통량 조사
↓
실용교통량 분석
↓
L^2 환산교통량 분석
↓
현행 해상교통혼잡도 평가
↓
장래 해상교통혼잡도 평가

평가 방법

평가항로	적용 항로폭(m)	통항선박 평균속력(kts)	장직경	단직경	기본교통용량 (척/h)	실용교통용량 (척/h)
1G	3,950	9.0	6L	1.6L	1,399.63	349.91
2G	9,580	9.0	6L	1.6L	3,394.55	848.64
3G	8,500	11.1	6L	1.6L	3,714.63	928.66



L : 표준선의 선박 길이, 여기서는 70m 적용

평가항로 및 실용교통용량 산출

2. 해상교통혼잡도 평가

☐ 현행 해상교통혼잡도 요약

평가항로	최대 평균 해상교통혼잡도	피크시간 해상교통혼잡도	피크시간대
1G	0.01%(ALL)	0.67%	18~19시
	☆ 1G 평가항로에서 각 평가 기간 중 평균 해상교통혼잡도는 모든 기간에서 0.01%로 평가되었으며, 총 평가시간(912시간) 중 통항량 피크시간(18~19시)대의 최대 해상교통혼잡도는 0.67%로 나타남 ☆ 모든 시간대에서 해상교통혼잡도 범위는 0~20%로 분석됨 ☆ **해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨**		
2G	0.04%(Q6)	2.62%	17~18시 / 21~22시
	☆ 2G 평가항로에서 각 평가 기간 중 평균 해상교통혼잡도의 최댓값은 0.04%(Q6)로 평가되었으며, 통항량 피크시간(17~18시/21~22시)대의 최대 해상교통혼잡도는 2.62%로 나타남 ☆ 모든 시간대에서 해상교통혼잡도 범위는 0~20%로 분석됨 ☆ **해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨**		
3G	0.90%(Q6)	5.04%	21~22시
	☆ 3G 평가항로에서 각 평가 기간 중 평균 해상교통혼잡도의 최댓값은 0.90%(Q6)로 평가되었으며, 통항량 피크시간(21~22시)대의 최대 해상교통혼잡도는 5.04%로 나타남 ☆ 모든 시간대에서 해상교통혼잡도 범위는 0~20%로 분석됨 ☆ **해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨**		

<표 3.5 - 25> 해상교통안전진단 - (23)

2. 해상교통혼잡도 평가

☐ 해상풍력단지 건설 후 해상교통혼잡도 요약

평가항로	최대 평균 해상교통혼잡도	피크시간 해상교통혼잡도	피크시간대
1G 항로 폭 400m	0.12%(Q1)	6.66%	18~19시
	☆ 장래 1G 평가항로에서 각 평가 기간 중 평균 해상교통혼잡도의 최댓값은 0.12%(Q1)로 평가되었으며, 통항량 피크시간(18~19시)대의 최대 해상교통혼잡도는 6.66%로 나타남 ☆ 모든 시간대에서 해상교통혼잡도 범위는 0~20%로 분석됨 ☆ **해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨**		
2G+3G 항로 폭 8,000m	1.02%(Q6)	5.45%	21~22시
	☆ 2G+3G 평가항로에서 각 평가 기간 중 평균 해상교통혼잡도의 최댓값은 1.02%(Q6)로 평가되었으며, 통항량 피크시간(21~22시)대의 최대 해상교통혼잡도는 5.45%로 나타남 ☆ 모든 시간대에서 해상교통혼잡도 범위는 0~20%로 분석됨 ☆ **해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨**		

☐ 가중치 적용에 따른 장래 해상교통혼잡도 요약

가중치	평가항로	장래 피크시간 혼잡도	평가항로	장래 피크시간 혼잡도
100%	1G	13.32%	2G+3G	10.90%

➡ **현재 통항량에 100%를 추가하여 장래 해상교통혼잡도 평가를 추가 수행.**
해상교통혼잡도 허용 값인 100%를 만족하는 것으로 분석됨.

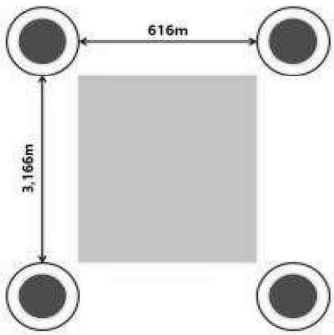
목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 44 - 해상교통안전진단사업단

2. 해상교통혼잡도 평가

☐ 발전기 내부수역에 대한 최대 수용 척수

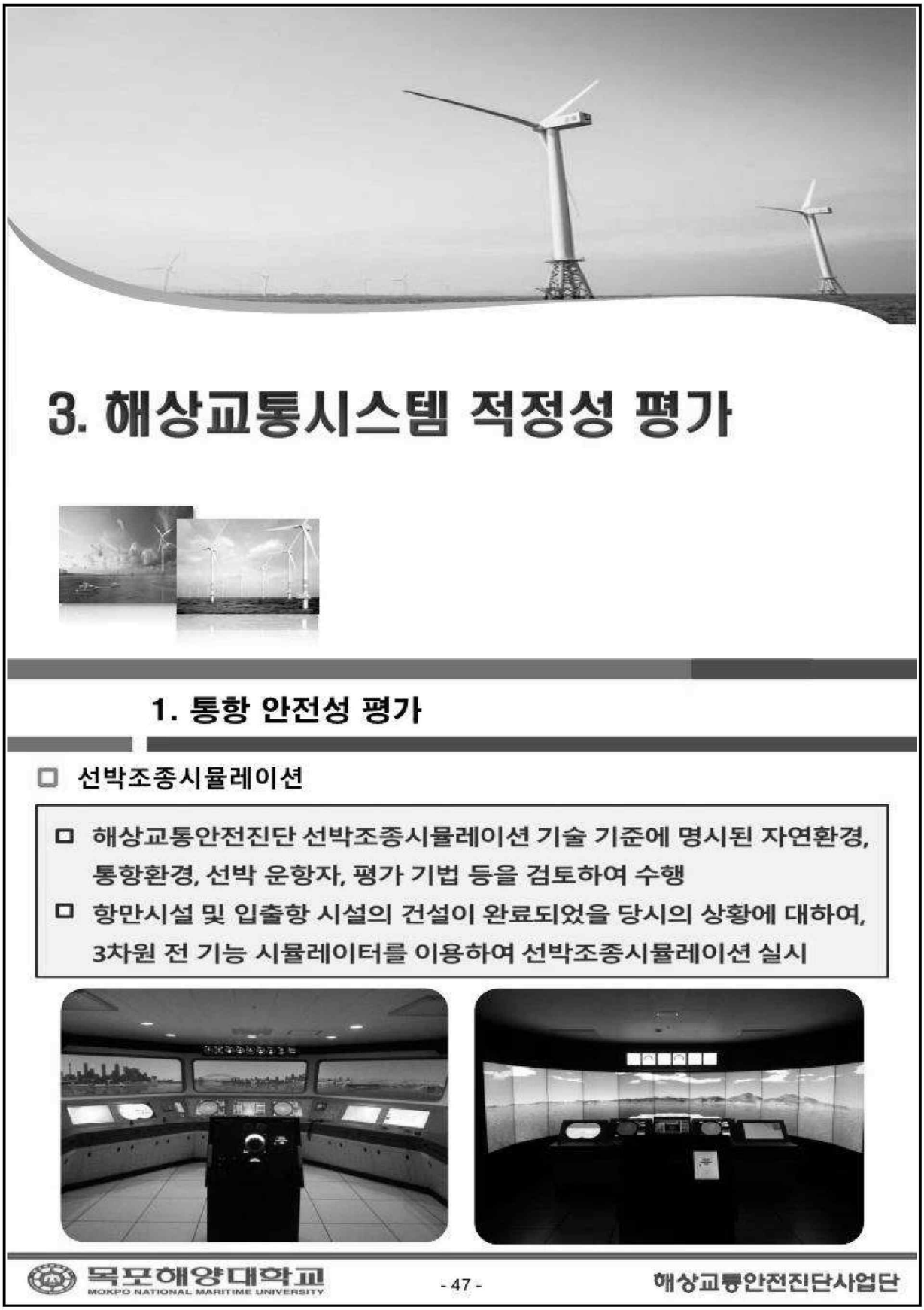
톤수(GT)	전장(m)	최대 수용 척수
5톤 이하 통항	12.1	130
10톤 이하 어선 혼재 통항	17.8	60
20톤 이하 어선 혼재 통항	22.1	39
30톤 이하 어선 혼재 통항	25.1	30

※ 터빈 내 어선 크기가 혼재되어 있는 경우 최대 톤급을 기준



목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 45 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 26> 해상교통안전진단 - (24)



<표 3.5 - 27> 해상교통안전진단 - (25)

1. 통항 안전성 평가

□ 평가항목

근접도 평가

□ 통항에 지장을 초래하는 장애물과의 최근접 통항거리를 기초로 산출한 충돌[침범]확률 및 통항 선박과의 이격거리(최소, 평균, 표준편차)

제어도 평가

□ 대상선박이 사용한 타각과 엔진에 대한 사용량과 여유제어량 산출

운항자 주관적 평가

-3.0 ~ -2.1	-2.0 ~ -1.1	-1.0 ~ -0.1	0	+0.1 ~ +1.0	+1.1 ~ +2.0	+2.1 ~ +3.0
큰 위험 존재로 운항불가	통상 운항수준 보다 위험	통상 운항수준 보다 약간 위험	통상적인 운항수준	통상 운항수준 보다 약간 안전	통상 운항수준 보다 안전	위험이 없어 안전

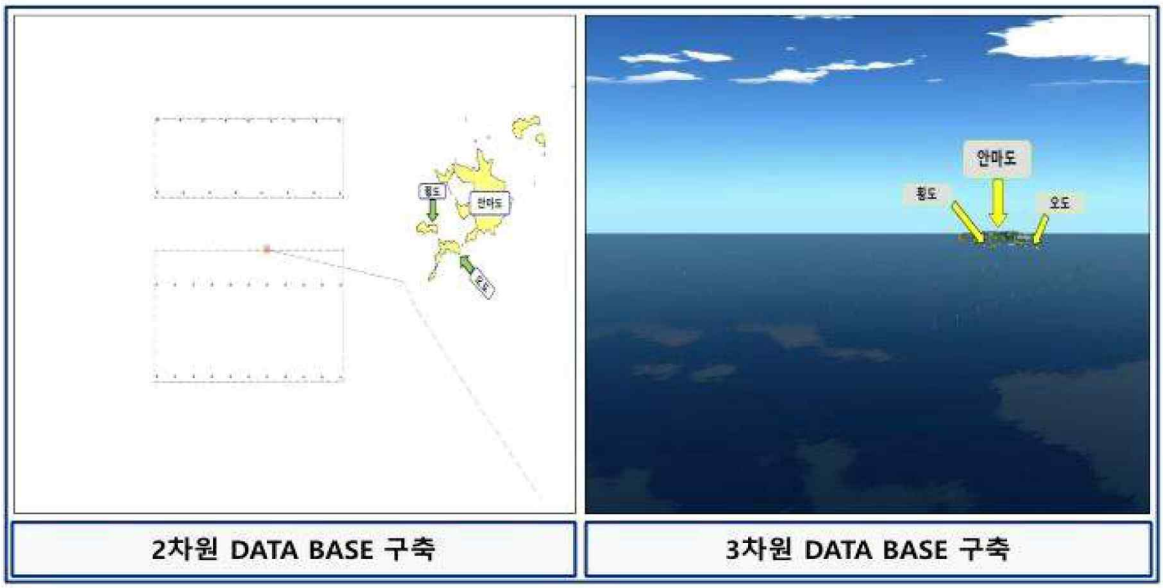
종합 평가

□ 충돌[침범]확률이 10^{-4} 미만이고, 운항자 주관적 평가가 -2.0 이상인 경우 안전성 확보 가능하다 평가

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 48 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 해역 모델링



2차원 DATA BASE 구축 | 3차원 DATA BASE 구축

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 49 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 28> 해상교통안전진단 - (26)

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	150.5
	Beam(m)	16.5
	Max. Draught (m)	5.4

5천 GT급 해양경찰 함정 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 50 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	25.1
	Beam(m)	5.4
	Max. Draught (m)	1.7

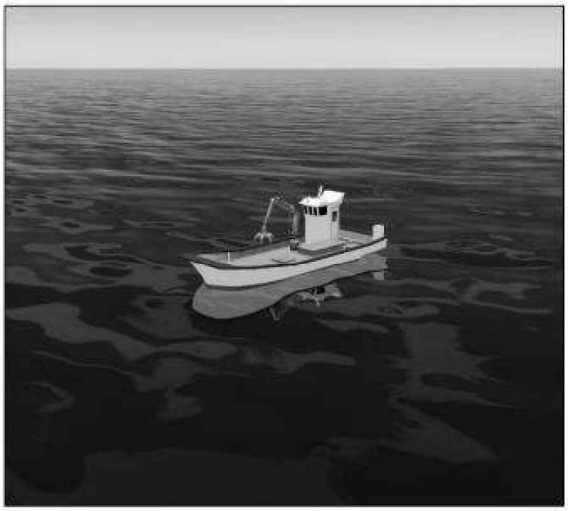
30GT급 어선 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 51 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 29> 해상교통안전진단 - (27)

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링



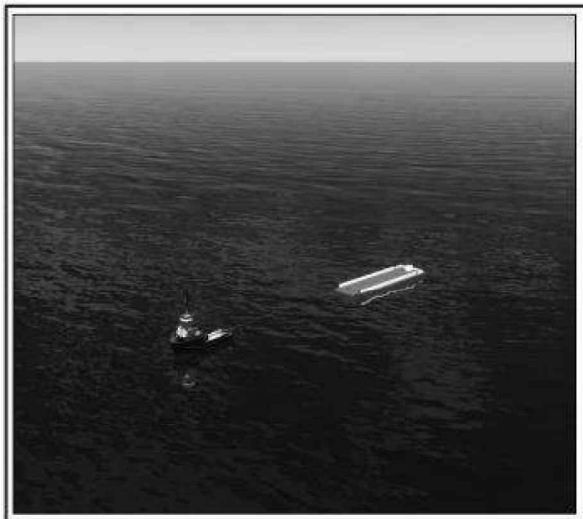
구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	17.8
	Beam(m)	4.5
	Max. Draught (m)	1.1

10GT급 어선 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 52 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링



구 분	항목	제원
General Data	Length(m)	200.0
	Length: Tug+Tow line+Barge	
	Beam(m)	40.5
	Max. Draught (m)	4.2

예부선 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 53 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 30> 해상교통안전진단 - (28)

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	107.0
	Beam(m)	17.0
	Max. Draught (m)	6.4

5천 DWT급 일반화물선 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 54 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	366.0
	Beam(m)	49.0
	Max. Draught (m)	16.0

1.2만 TEU급 컨테이너선 | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 55 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 31> 해상교통안전진단 - (29)

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	334.0
	Beam(m)	59.4
	Max. Draught (m)	22.4

30만 DWT급 VLCC | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 56 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	312.0
	Beam(m)	50.0
	Max. Draught (m)	18.4

20만 DWT급 VLOC | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 57 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 32> 해상교통안전진단 - (30)

1. 통항 안전성 평가

□ 대상 선박 모델링

구 분	항목	제원
General Data	Length Overall(m)	345.0
	Beam(m)	55.0
	Max. Draught (m)	9.0

27만 CBM급 LNG/C | 대상선박 제원

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 58 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안전성 평가

□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen1. 단지 내 통항 시뮬레이션)

□ 바람

⟶ 14m/s, NW(315°)

□ 조류

⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°)

□ 파랑

⟶ 2.0m, NW

환경 조건

□ O1 (30톤급 어선)

⟶ 단지 남동측에서 출발, 진입▶ D10, D11 발전기 간 통과▶ C7, C8 발전기 간 통과▶ B3, B4 발전기 간 통과▶ A1, A2 발전기 간 통과 후 단지 진출

□ O2 (5천톤급 해경함정)

⟶ 단지 동측 출발, 진입▶ 해상변전소를 좌현에 두고 항행 ▶ 단지 진출

□ O3 (30톤급 어선)

⟶ 단지 내 출발▶ C4, C5 발전기 간 통과, 북진▶ B3, B4 발전기 간 통과 후 B3발전기를 좌현에 두고 항행, 남진▶ C2, C3 발전기 간 통과 후 출발 위치로 항행

□ O4 (10톤급 어선)

⟶ 단지 내 출발▶ C7, C8 발전기 간 통과, 북진▶ B5, B6 발전기 간 통과 후 B3발전기를 좌현에 두고 항행, 남진▶ C9, C10 발전기 간 통과 후 출발 위치로 항행

시나리오 설정

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 59 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 33> 해상교통안전진단 - (31)

1. 통항 안전성 평가

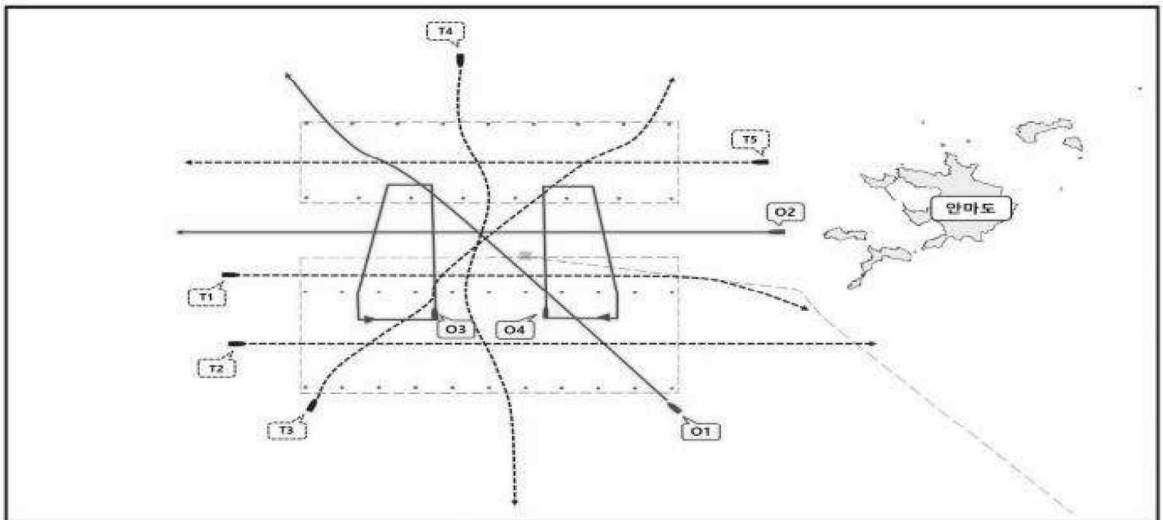
□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen1. 단지 내 통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
□ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°) □ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) □ 파랑 ⟶ 2.0m, NW	□ T1 (100톤급 어선) ⟶ 단지 서측에서 출발, 진입▶ 해상변전소를 좌현에 두고 항행▶ 단지 진출 □ T2 (50톤급 어선) ⟶ 단지 서측 출발, 진입▶ 세번째 및 네번째 행의 발전기 사이로 항행▶ 단지 진출 □ T3 (20톤급 어선) ⟶ 단지 남서측에서 출발, 진입▶ D1, D2 발전기 간 통과▶ C4, C5 발전기 간 통과 ▶ B5, B6 발전기 간 통과▶ A8, A9 발전기 간 통과 후 단지 진출 □ T4 (40톤급 어선) ⟶ 단지 북측에서 출발, 진입▶ A4, A5 발전기 간 통과▶ B4, B5 발전기 간 통과▶ C5, C6 발전기 간 통과▶ D6, D7 발전기 간 통과 후 단지 진출 □ T5 (50톤급 어선) ⟶ 단지 동측에서 출발, 진입▶ 첫 번째 및 두번째 행의 발전기 사이로 항행▶ 단지 진출

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 60 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 표준조선법



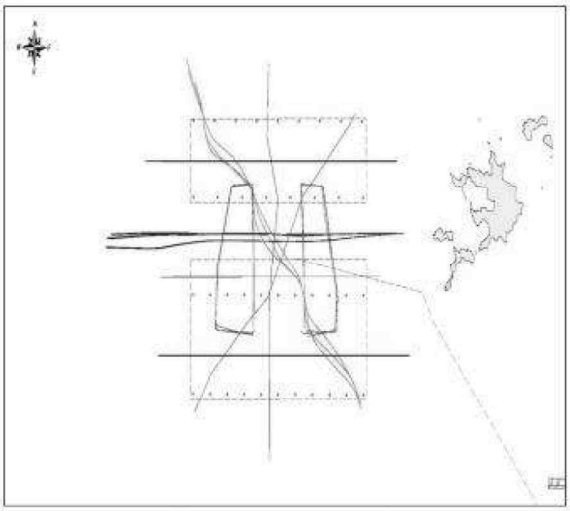
단지 내 통항 표준 조선법(Scen1.)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 61 - 해상교통안전진단사업단

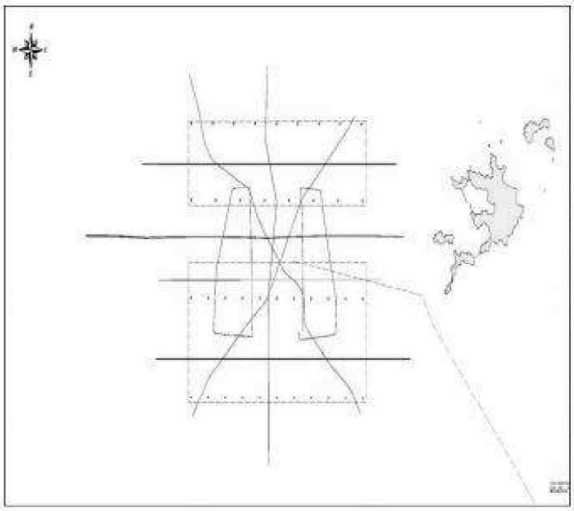
<표 3.5 - 34> 해상교통안전진단 - (32)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 내 통항 시뮬레이션 항적도(Scen1.)



주간 통항 중첩 항적도



시계제한 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 62 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen2. & 3. 단지 외곽 통항 시뮬레이션)

환경 조건

□ 바람
- ⟶ 14m/s, NW(315°)(예부선 항행 시)
- ⟶ 21m/s, NW(315°)(화물선 항행 시)

□ 조류
- ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°)

□ 파랑
- ⟶ 2.0m, NW(예부선 항행 시)
- ⟶ 5.0m, NW(화물선 항행 시)

시나리오 설정

□ O1 (예부선/5천 DWT급 일반화물선)
- ⟶ 재원서수도▶ 북진하여 O2와 교행▶ 단지 통과 후 상왕등도 방향으로 항행

□ O2 (5천 DWT급 일반화물선)
- ⟶ 상왕등도▶ 남진하여 O1과 교행▶ 단지 통과 후 재원서수도 방향으로 항행

□ O3 (1.2만 TEU급 컨테이너선)
- ⟶ 북매물수도▶ 북동진하며 항행▶ 단지 통과 후 옹도수도 방향으로 항행

□ O4 (30만 DWT급 VLCC)
- ⟶ 북매물수도▶ 북동진하며 항행▶ 단지 통과 후 옹도수도 방향으로 항행

□ O5 (20만 DWT급 VLOC)
- ⟶ 옹도수도▶ 남서진하며 항행▶ 단지 통과 후 북매물수도 방향으로 항행

□ O6 (27만 CBM급 LNG/C)
- ⟶ 옹도수도▶ 남서진하며 항행▶ 단지 통과 후 북매물수도 방향으로 항행

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 63 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 35> 해상교통안전진단 - (33)

1. 통항 안정성 평가

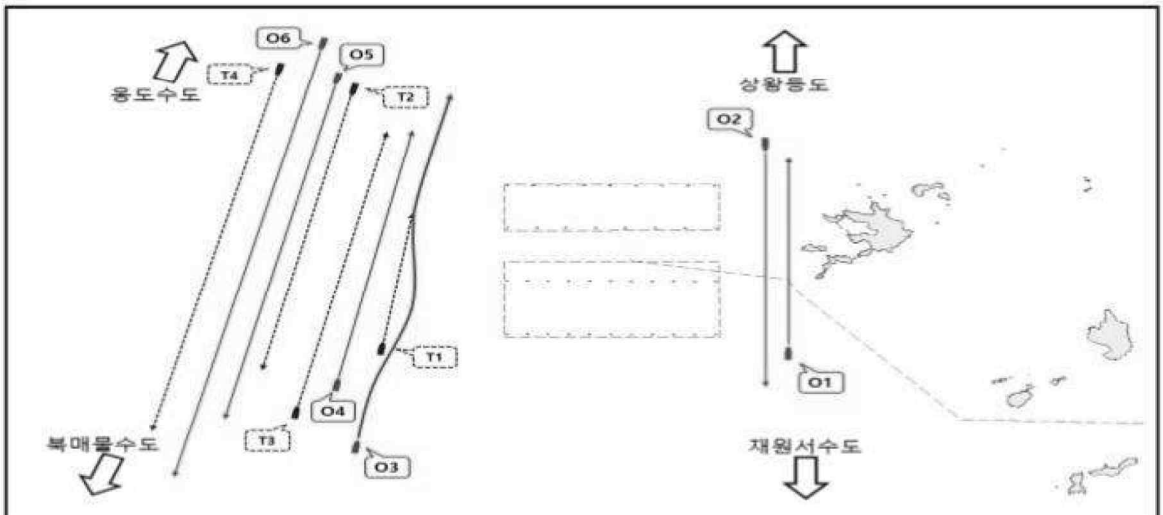
□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen2. & 3. 단지 외곽 통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
□ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°)(예부선 항행 시) ⟶ 21m/s, NW(315°)(화물선 항행 시) □ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) □ 파랑 ⟶ 2.0m, NW(예부선 항행 시) ⟶ 5.0m, NW(화물선 항행 시)	□ T1 (예부선/3천 DWT급 일반화물선) ⟶ 북매물수도▶ 북동진하며 항행▶ 단지 통과 후 옹도수도 방향으로 항행 □ T2 (7만 GT급 자동차운반선) ⟶ 옹도수도▶ 남서진하며 항행▶ 단지 통과 후 북매물수도 방향으로 항행 □ T3 (5천 DWT급 위험화물운반선) ⟶ 북매물수도▶ 북동진하며 항행▶ 단지 통과 후 옹도수도 방향으로 항행 □ T4 (2만 DWT급 일반화물선) ⟶ 옹도수도▶ 남서진하며 항행▶ 단지 통과 후 북매물수도 방향으로 항행

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 64 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 표준조선법



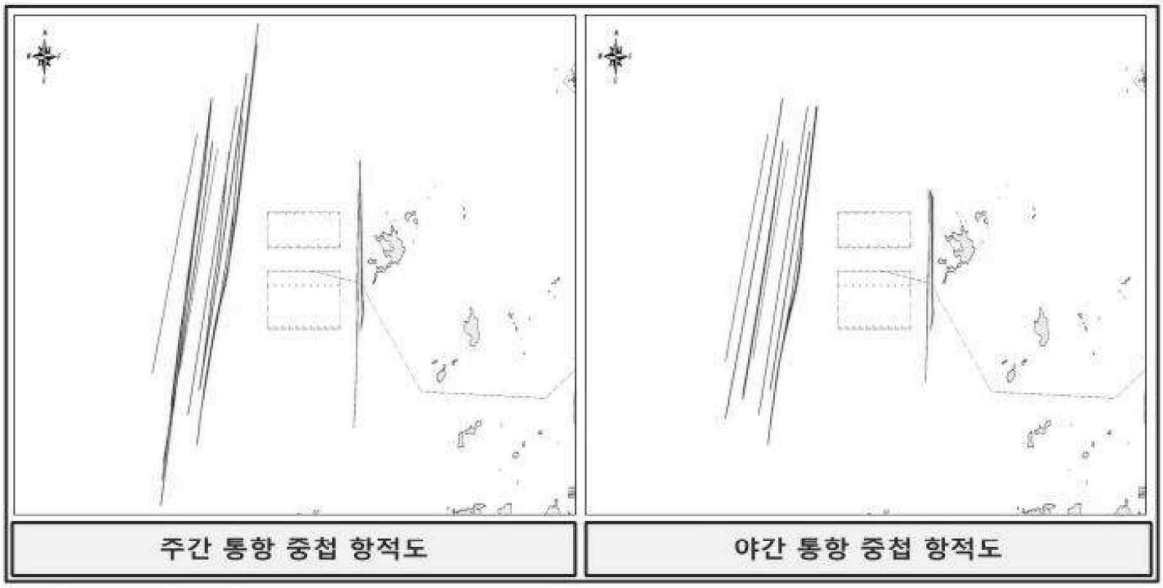
단지 외곽 통항 표준 조선법(Scen2. & 3.)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 65 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 36> 해상교통안전진단 - (34)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(14m/s / 2.0m)(Scen2.)

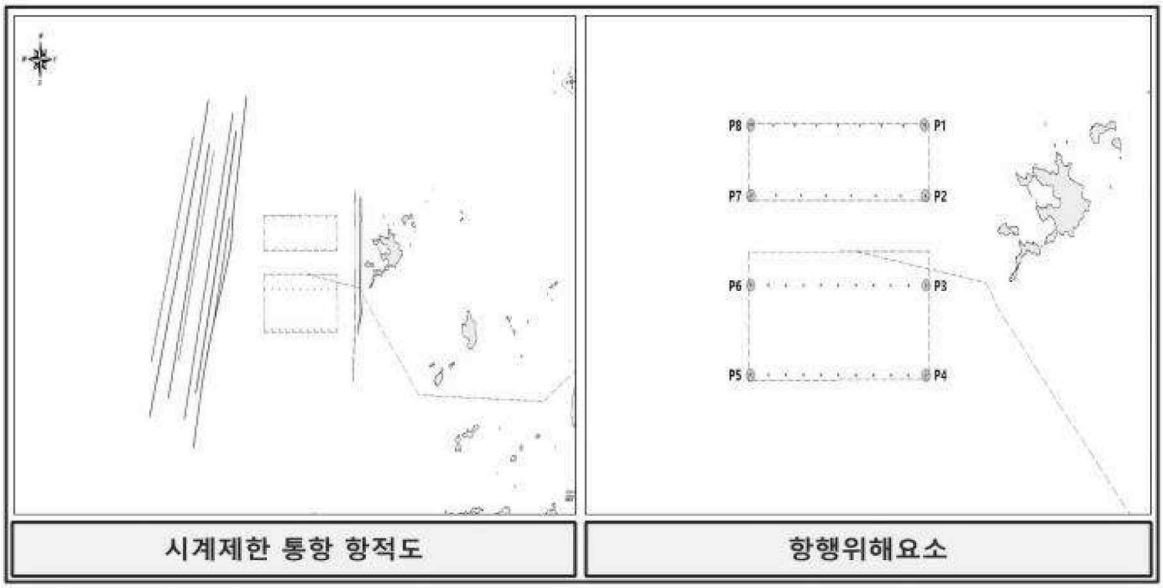


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 66 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(14m/s / 2.0m)(Scen2.)



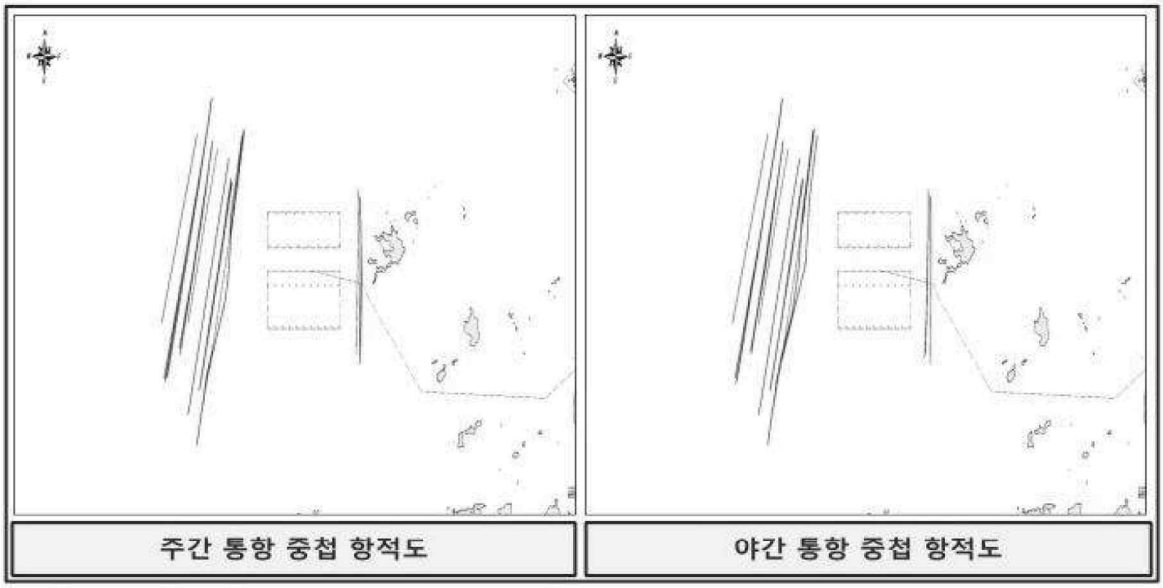
시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 67 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 37> 해상교통안전진단 - (35)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(21m/s / 5.0m)(Scen3.)

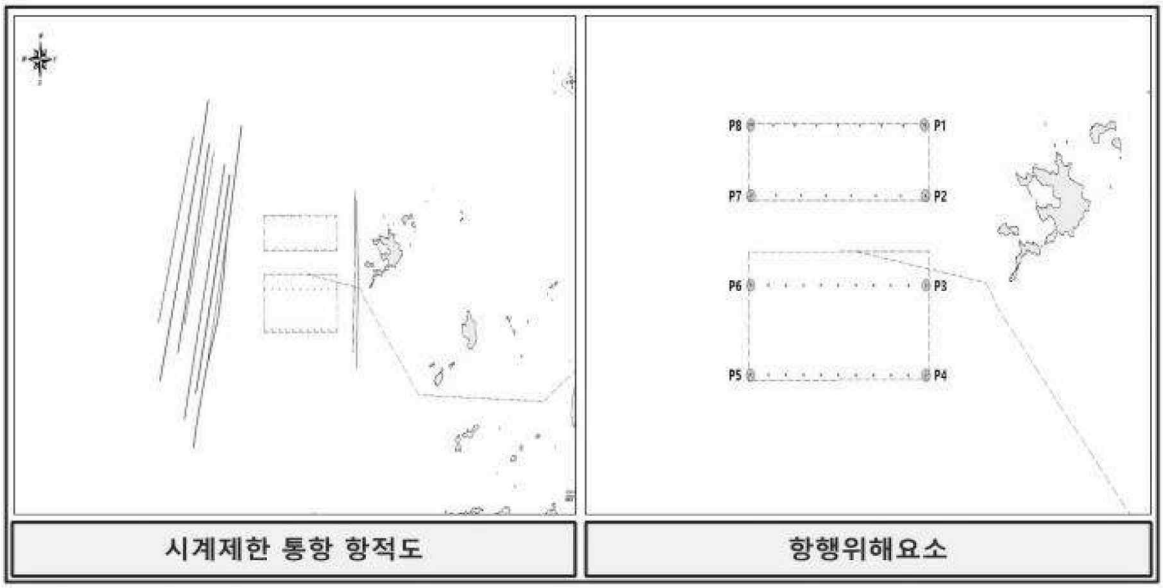


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 68 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(21m/s / 5.0m)(Scen3.)



시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 69 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 38> 해상교통안전진단 - (36)

1. 통항 안정성 평가

☐ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen4. 공사 중(안마도~대각이도)(북측)통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
☐ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°) ☐ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) ☐ 파랑 ⟶ 2.0m, NW	☐ O1 (예부선) ⟶ 재원서수도▶ 공사 선박 인근에서 O2 선박과 교행▶ 위도 방향으로 항행 ☐ O2 (예부선) ⟶ 위도▶ 공사 선박 인근에서 O1 선박과 교행▶ 재원서수도 방향으로 항행

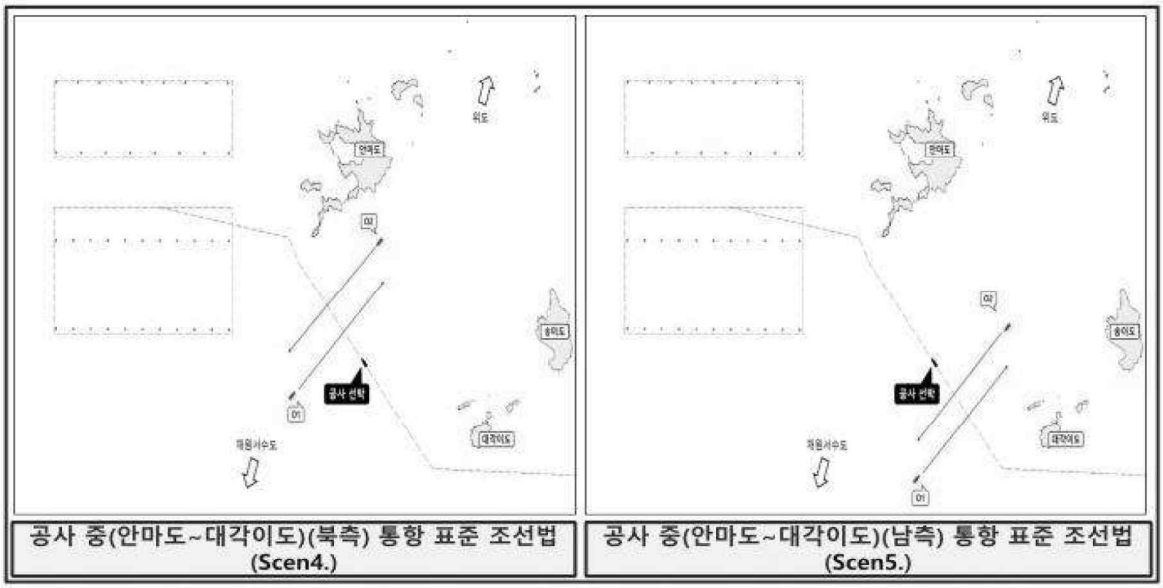
☐ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen5. 공사 중(안마도~대각이도)(남측)통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
☐ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°) ☐ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) ☐ 파랑 ⟶ 2.0m, NW	☐ O1 (예부선) ⟶ 재원서수도▶ 공사 선박 인근에서 O2 선박과 교행▶ 위도 방향으로 항행 ☐ O2 (예부선) ⟶ 위도▶ 공사 선박 인근에서 O1 선박과 교행▶ 재원서수도 방향으로 항행

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 70 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

☐ 표준조선법



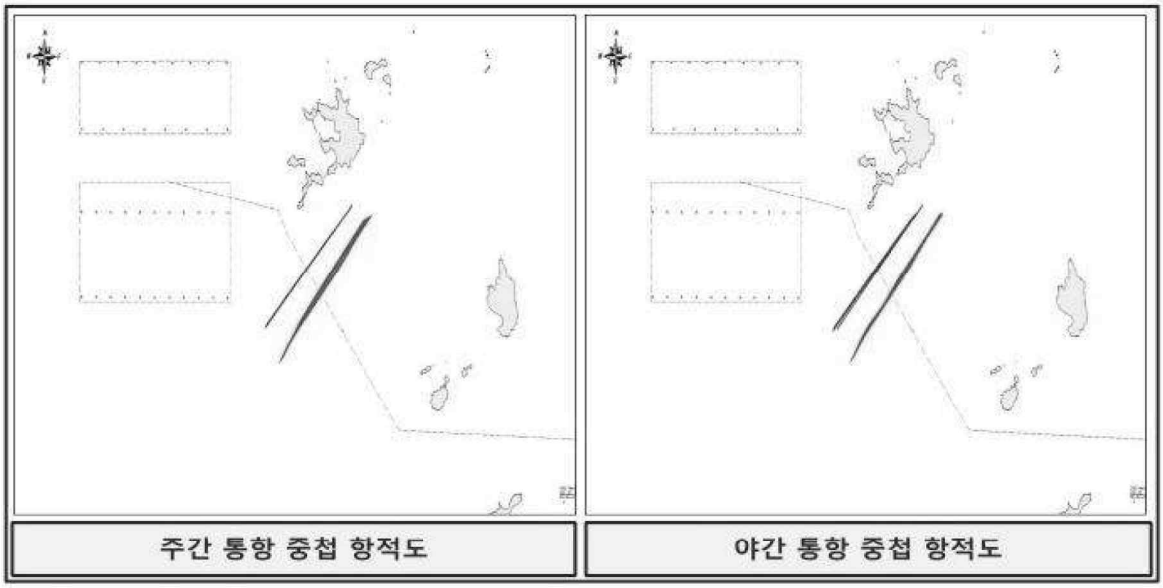
공사 중(안마도~대각이도)(북측) 통항 표준 조선법 (Scen4.)	공사 중(안마도~대각이도)(남측) 통항 표준 조선법 (Scen5.)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 71 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 39> 해상교통안전진단 - (37)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~대각이도)(북측)(Scen4.)

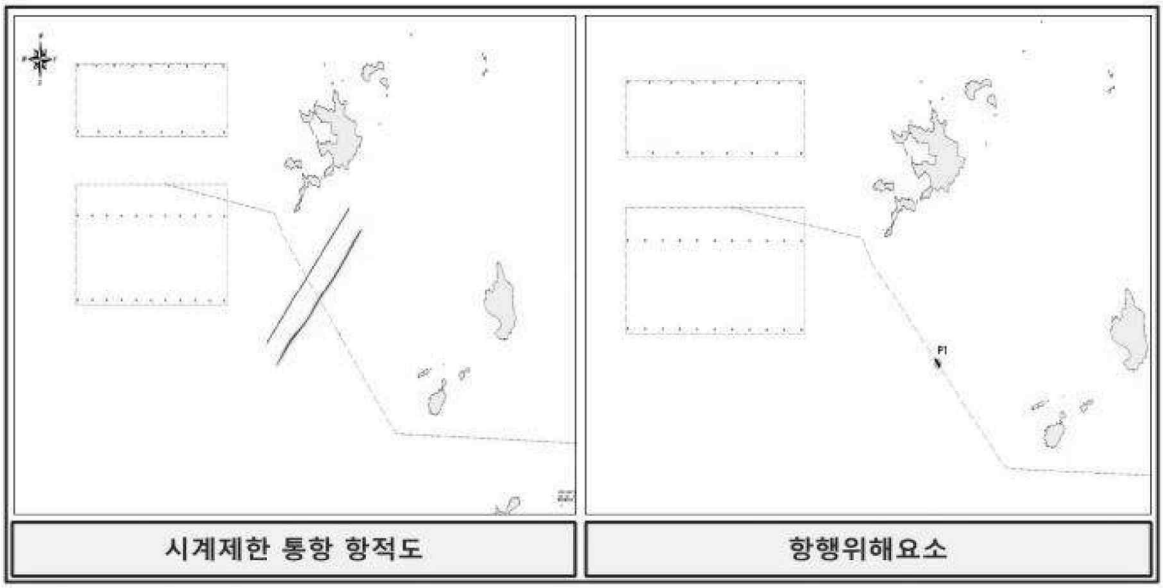


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 72 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~대각이도)(북측)(Scen4.)



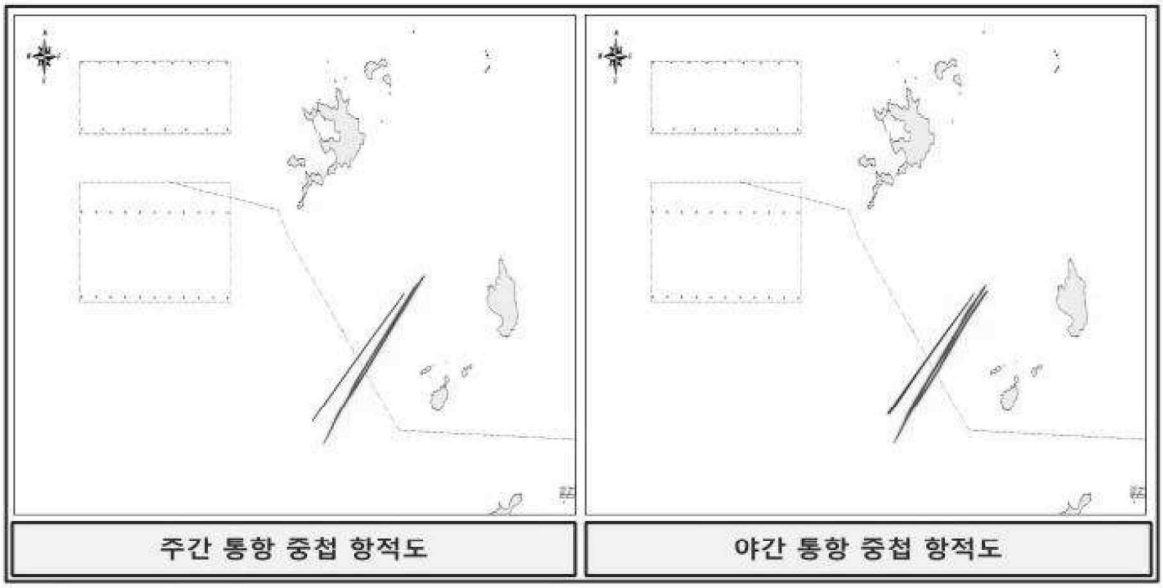
시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 73 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 40> 해상교통안전진단 - (38)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~대각이도)(남측)(Scen5.)

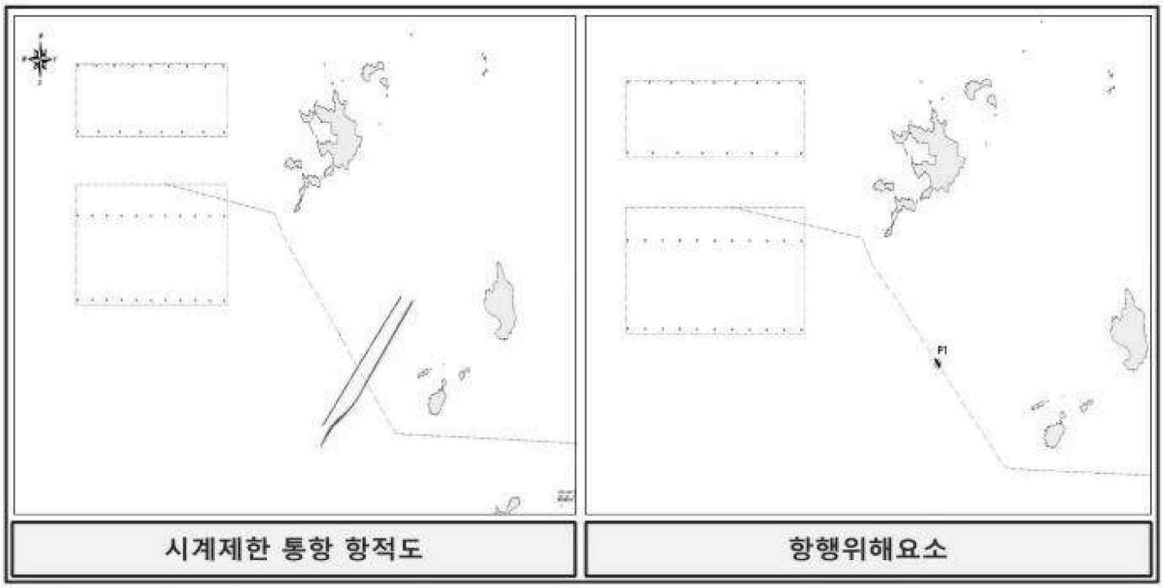


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 74 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~대각이도)(남측)(Scen5.)



시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 75 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 41> 해상교통안전진단 - (39)

1. 통항 안정성 평가

□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen6. 공사 중(안마도~단지)(서측)통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
□ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°) □ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) □ 파랑 ⟶ 2.0m, NW	□ O1 (예부선) ⟶ 재원서수도▶ 공사 선박 인근에서 O2 선박과 교행▶ 상왕등도 방향으로 항행 □ O2 (5천 DWT급 일반화물선) ⟶ 상왕등도▶ 공사 선박 인근에서 O1 선박과 교행▶ 재원서수도 방향으로 항행

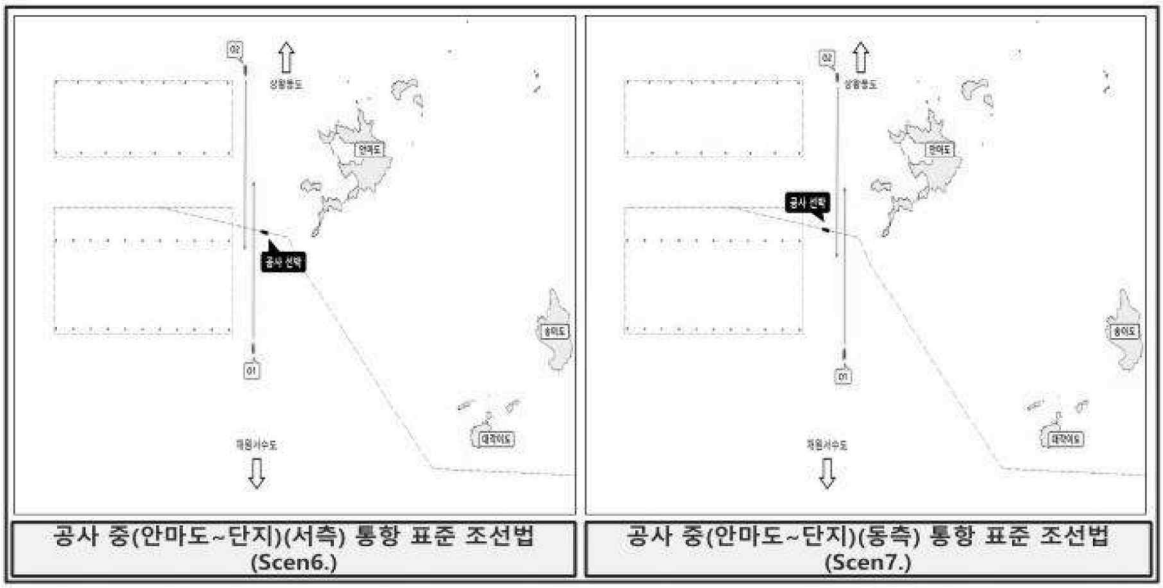
□ 선박조종시뮬레이션 수행 조건(Scen7. 공사 중(안마도~단지)(동측)통항 시뮬레이션)

환경 조건	시나리오 설정
□ 바람 ⟶ 14m/s, NW(315°) □ 조류 ⟶ 최강창조류(4.4kn, 036°) □ 파랑 ⟶ 2.0m, NW	□ O1 (예부선) ⟶ 재원서수도▶ 공사 선박 인근에서 O2 선박과 교행▶ 상왕등도 방향으로 항행 □ O2 (5천 DWT급 일반화물선) ⟶ 상왕등도▶ 공사 선박 인근에서 O1 선박과 교행▶ 재원서수도 방향으로 항행

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 76 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 표준조선법



공사 중(안마도~단지)(서측) 통항 표준 조선법 (Scen6.)

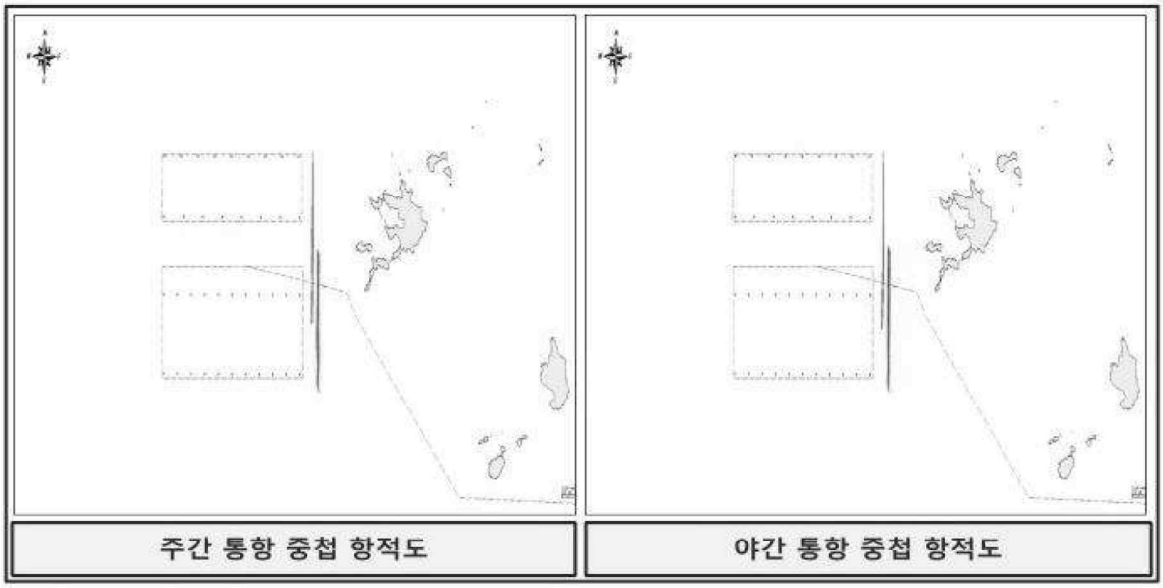
공사 중(안마도~단지)(동측) 통항 표준 조선법 (Scen7.)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 77 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 42> 해상교통안전진단 - (40)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~단지)(서측)(Scen.6)

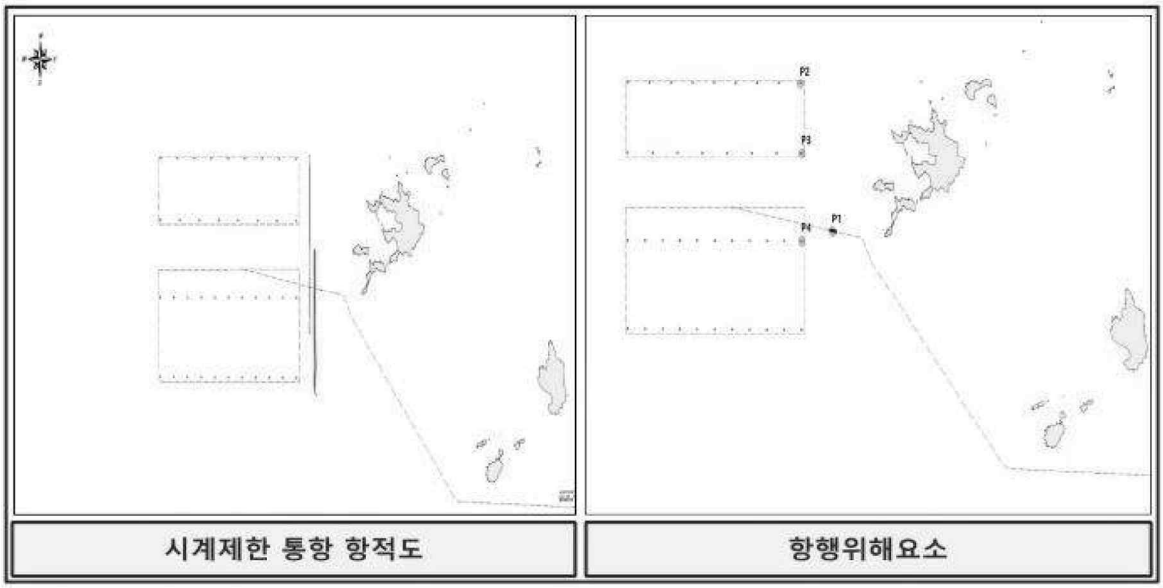


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 78 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~단지)(서측)(Scen.6)



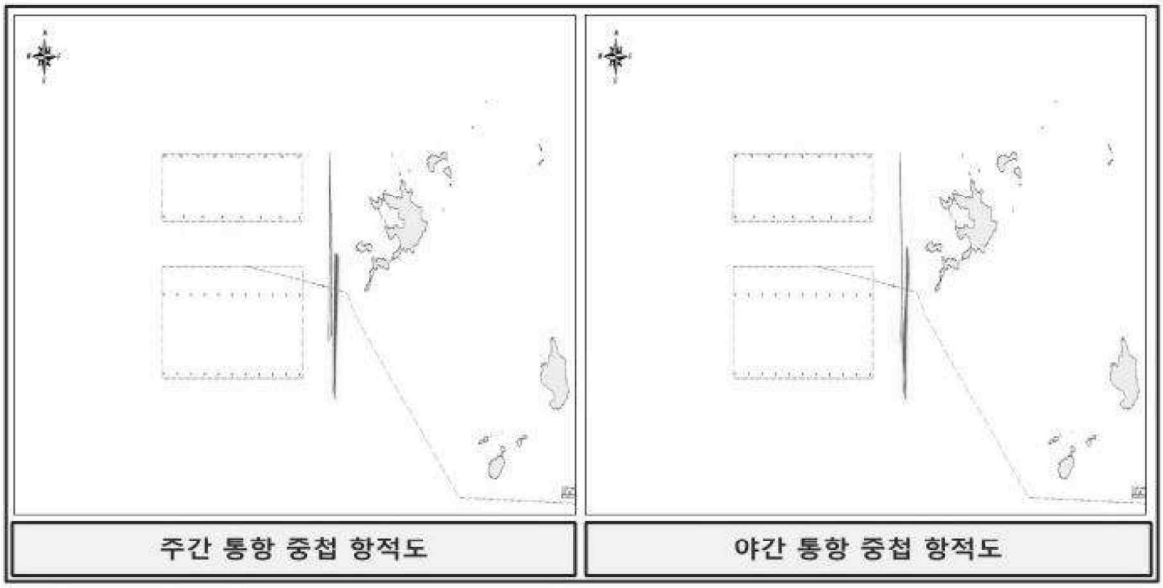
시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 79 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 43> 해상교통안전진단 - (41)

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~단지)(동측)(Scen.7)

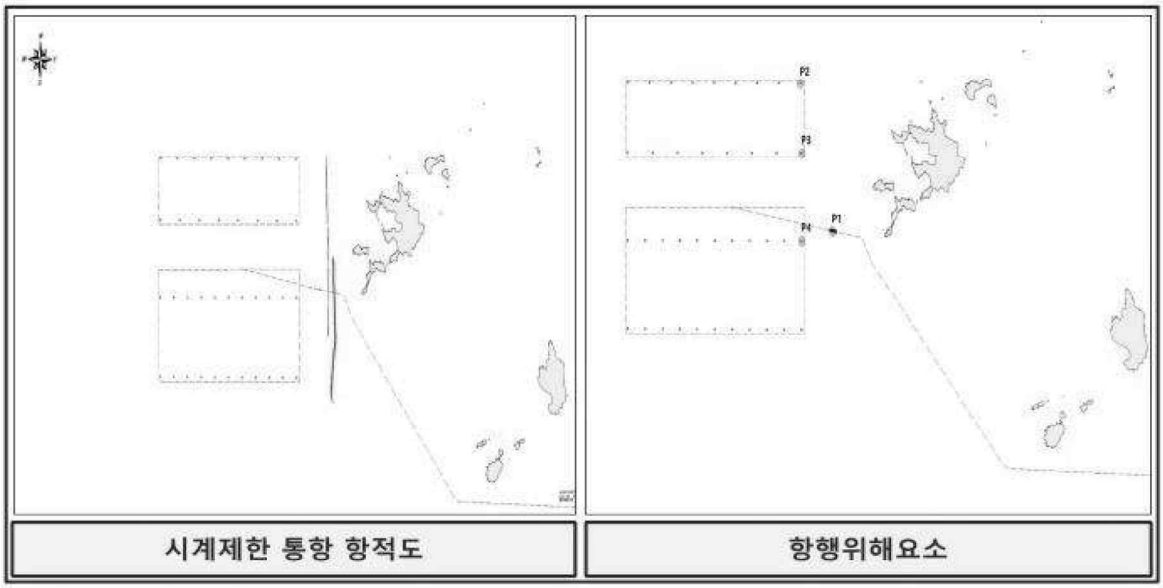


주간 통항 중첩 항적도 | 야간 통항 중첩 항적도

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 80 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

□ 단지 외곽 통항 시뮬레이션 항적도(안마도~단지)(동측)(Scen.7)



시계제한 통항 항적도 | 항행위해요소

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 81 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 44> 해상교통안전진단 - (42)

1. 통항 안정성 평가

시뮬레이션 평가 결과(Scen1. 단지 내 통항 & Scen2. 단지 외곽통항(예부선, 14m/s & 2.0m))

구 분	통항 선박	조타기/엔진 사용량 평균	여유 제어량		위험기준점과의 이격거리 평균[m]		항로이탈 (충돌) 확률	선박운항자 주관적 평가	통항 안전성
Scen1	O1	3.38%/ 35.51%	96.09% 이상	주간	-	-	-	0.5	확보
	O2	3.82%/ 13.69%	95.13% 이상	주간	-	-	-	0.8	확보
	O3	20.96%/26.68%	87.68% 이상	주간	-	-	-	0.5	확보
	O4	37.50%/32.32%	81.18% 이상	주간	-	-	-	0.5	확보
Scen2	O1	18.69%/ 9.98%	82.25% 이상	주간	O2	461.7	9.86×10^{-5}	0.3	확보
				야간	O2	464.7	1.82×10^{-68}	0.0	확보
	O2	2.99%/ 24.83%	96.76% 이상	주간	P1	2,580.7	0	0.3	확보
					P2	2,637.3	8.18×10^{-85}		
					P3	2,698.7	1.89×10^{-171}		
					P4	2,735.0	0		
				야간	P1	2,532.0	0	0.0	확보
					P2	2,640.0	0		
					P3	2,743.7	0		
					P4	2,706.0	0		
	O3	4.38%/ 29.67%	96.24% 이상	주간	P5	6,819.7	0	0.5	확보
					P6	5,686.3	0		
					P7	4,940.7	0		
					P8	4,429.3	6.51×10^{-68}		
				야간	P5	6,729.7	0	0.0	확보
					P6	5,610.3	0		
					P7	5,055.0	0		
					P8	4,661.0	0		

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 82 - 해상교통안전진단사업단

1. 통항 안정성 평가

시뮬레이션 평가 결과(Scen3. 단지 외곽통항(화물선, 21m/s & 5.0m))

구분	통항선박	조타기/엔진 사용량 평균	여유 제어량		위험기준점과의 이격거리 평균[m]		항로이탈 (충돌) 확률	선박운항자 주관적 평가	통항 안전성
Scen3	O1	4.24%/ 24.14%	98.59% 이상	주간	O2	458.3	1.89×10^{-6}	0.0	확보
				야간	O2	460.7	9.70×10^{-24}	-0.7	확보
	O2	6.35%/ 25.60%	92.71% 이상	주간	P1	2,500.3	0	0.0	확보
					P2	2,600.7	0		
					P3	2,715.7	0		
					P4	2,735.0	0		
				야간	P1	2,381.0	0	-0.8	확보
					P2	2,528.3	0		
					P3	2,653.0	0		
					P4	2,698.7	0		
	O3	9.85%/ 19.40%	93.58% 이상	주간	P5	6,415.3	0	0.0	확보
					P6	5,634.7	0		
					P7	5,236.3	0		
					P8	4,772.3	1.49×10^{-225}		
				야간	P5	6,359.3	0	-0.5	확보
					P6	5,433.3	7.22×10^{-31}		
					P7	4,977.7	1.81×10^{-22}		
					P8	4,581.7	1.10×10^{-30}		

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 83 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 45> 해상교통안전진단 - (43)

1. 통항 안정성 평가

□ 시뮬레이션 평가 결과(Scen4. 공사 중 통항(안마도~대각이도(북측)) & Scen5. 공사 중 통항(안마도~대각이도(남측))

구 분	통항선박	조타기/엔진 사용량 평균	여유 제어량	위험기준점과의 이격거리 평균[m]			항로이탈 (충돌) 확률	선박운항자 주관적 평가	통항 안전성
Scen4	O1	64.34%/ 5.33%	66.13% 이상	주간	P1	2,091.3	2.40×10^{-130}	0.0	확보
				야간	P1	2,016.0	0	-0.7	확보
	O2	11.79%/ 19.51%	86.23% 이상	주간	O1	1,243.3	7.99×10^{-38}	0.8	확보
				야간	O1	1,318.7	3.81×10^{-34}	-0.2	확보
Scen5	O1	54.29%/ 6.69%	66.92% 이상	주간	O2	646.3	1.49×10^{-17}	0.0	확보
				야간	O2	611.3	2.88×10^{-10}	-0.5	확보
	O2	11.67%/ 18.26%	86.31% 이상	주간	P1	1,402.7	0	-0.2	확보
				야간	P1	1,420.0	0	-1.0	확보

1. 통항 안정성 평가

□ 시뮬레이션 평가 결과(Scen6. 공사 중 통항(안마도~단지(서측)) & Scen7. 공사 중 통항(안마도~단지(동측))

구 분	통항선박	조타기/엔진 사용량 평균	여유 제어량	위험기준점과의 이격거리 평균[m]			항로이탈 (충돌) 확률	선박운항자 주관적 평가	통항 안전성
Scen6	O1	18.05%/ 12.33%	84.70% 이상	주간	P1	330.3	0	-0.5	확보
					O2	355.3	3.12×10^{-9}		
				야간	P1	316.0	7.05×10^{-18}	-0.8	확보
					O2	361.3	3.81×10^{-45}		
	O2	3.13%/ 23.59%	96.50% 이상	주간	P2	971.3	0	-0.3	확보
					P3	970.7	0		
					P4	943.0	0		
				야간	P2	972.0	0	-1.5	확보
					P3	988.0	0		
					P4	948.0	2.02×10^{-204}		
Scen7	O1	21.43%/ 11.66%	80.04% 이상	주간	O2	317.3	1.66×10^{-15}	-0.2	확보
				야간	O2	289.7	3.56×10^{-159}	-0.8	확보
	O2	3.04%/ 24.36%	96.85% 이상	주간	P1	504.0	1.36×10^{-7}	-0.7	확보
				야간	P1	574.7	0	-1.5	확보

<표 3.5 - 46> 해상교통안전진단 - (44)

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

□ 평가방법 ▶환경스트레스 모델(Environmental Stress Model; ES Model)

▶ 자연 조건, 지형 조건, 시설 조건, 교통 조건 등 조선자를 둘러싸고 있는 주변 조건이 조선자의 행동을 제약하는 경우, 조선자에게 가해지는 부하의 크기를 행동 제약에 동반한 조선 곤란감에 기초하여 정량화한 평가 모델

▶ 즉, 주어진 조건 하에서 조선자에게 가해지는 부하의 크기를 환경스트레스치로 정의

ES_L치

조선 환경 스트레스치(ES_L치): 부하가 조선 환경에 기인할 때의 스트레스치

+

ES_S치

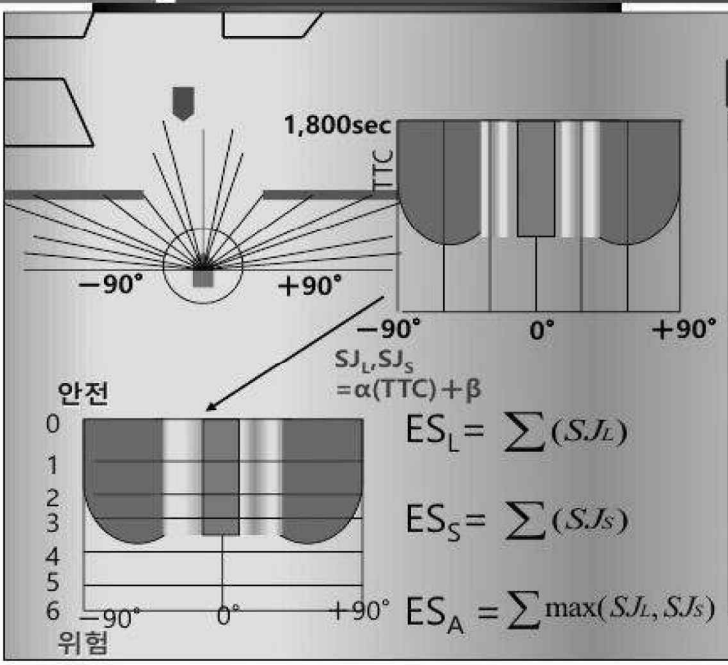
교통 환경 스트레스치(ES_S치): 부하가 교통 환경에 기인할 때의 스트레스치

ES_A치

종합 환경 스트레스치(ES_A치) : ES_L값과 ES_S값을 종합한 부하의 크기

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 86 - 해상교통안전진단사업단

2. 해상교통류시뮬레이션 평가



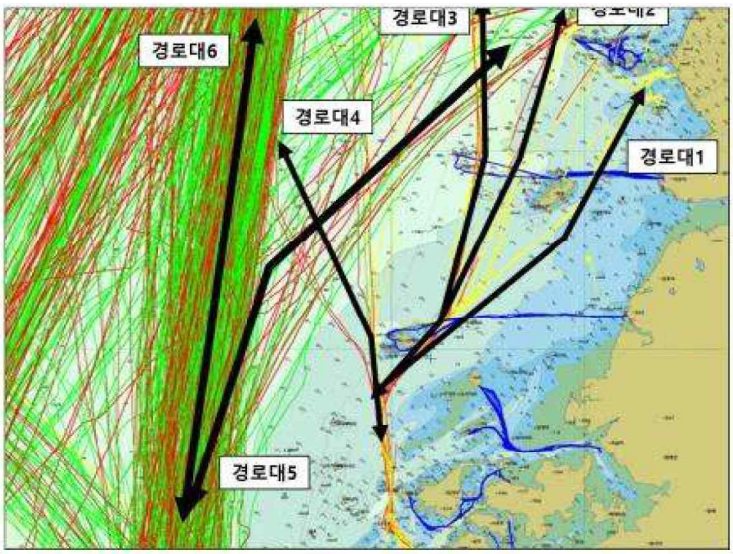
허용기준과의 대응 관계

SJ값	내 용	ES값	구분	허용기준
0	매우안전	0	NEGLIGIBLE	
1	제법안전			
2	조금안전			
3	어느쪽도 아니다	500	MARGINAL	
4	조금위험	750	CRITICAL	
5	제법위험	900		
6	매우위험	1,000	CATASTROPHIC	

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 87 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 47> 해상교통안전진단 - (45)

2. 해상교통류시뮬레이션 평가



안마도 해상풍력단지 주변 해역의 통항경로대

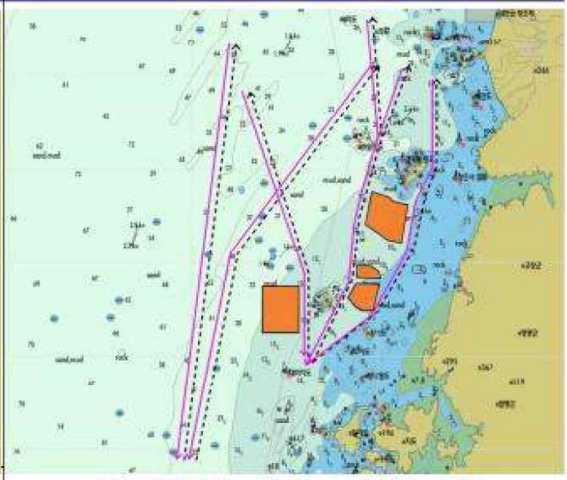
통항 경로대	선형 구분	평균 길이 (m)	평균 속력 (Kts)	선형구성 비율(%)
1	-	-	10.0	100.0%
2	-	-	10.0	100.0%
3	-	-	10.0	100.0%
4	-	-	10.0	100.0%
5	-	-	10.0	100.0%
6	-	-	10.0	100.0%

통항로의 선형 구성, 길이 및 속력

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 88 - 해상교통안전진단사업단

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

□ 평가 시나리오

시나리오 1	시나리오 2
	
해상풍력단지 건설 전 주변해역 통항	해상풍력단지 건설 후 주변해역 통항

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 89 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 48> 해상교통안전진단 - (46)

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

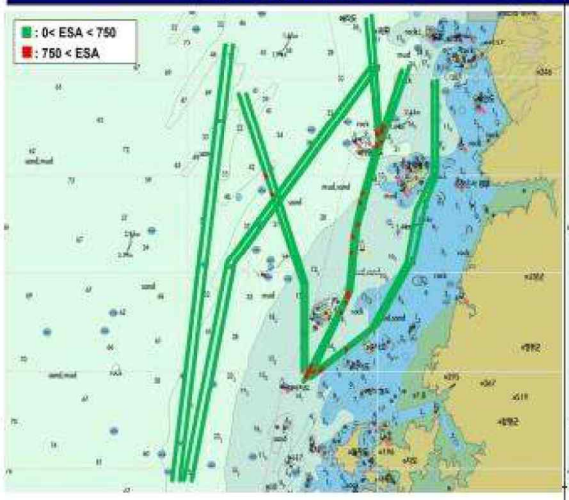
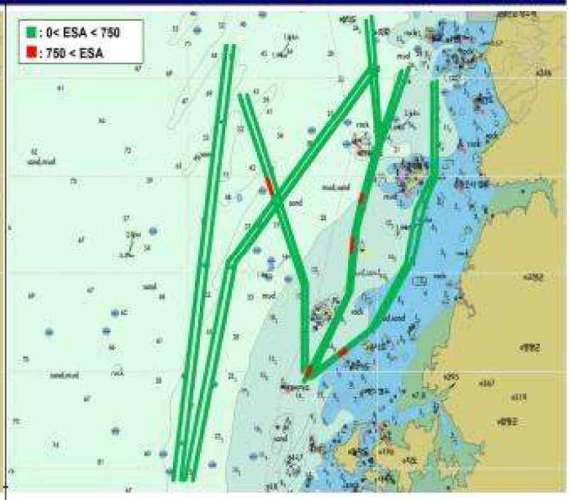
평가 시나리오

시나리오			시뮬레이션 시간	통항척수
1	1	건설 전	28,800초 (8시간)	시간당 1척
	2			시간당 2척
	3			시간당 3척
2	1	건설 후	28,800초 (8시간)	시간당 1척
	2			시간당 2척
	3			시간당 3척

해상풍력단지 주변 해역 평가 시나리오 세부사항(시간 및 통항척수 등)

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

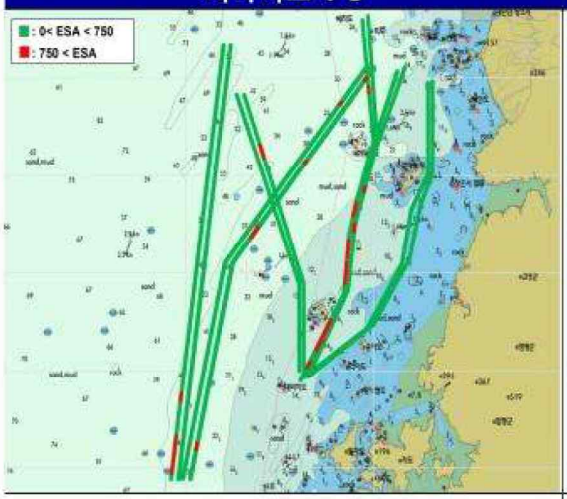
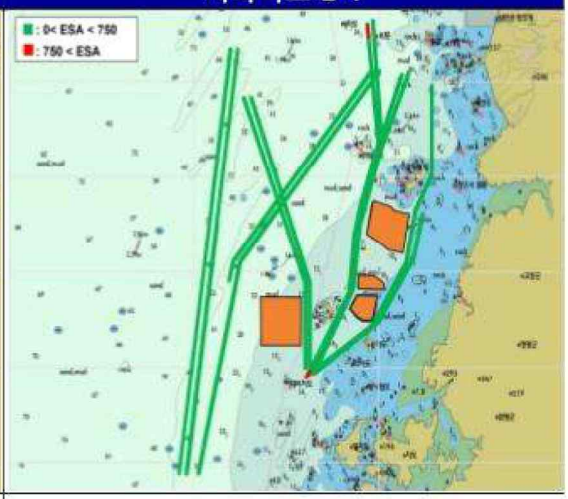
평가 결과

시나리오 1-1	시나리오 1-2
	
해상풍력단지 건설 전 시뮬레이션 수행 결과	해상풍력단지 건설 전 시뮬레이션 수행 결과

<표 3.5 - 49> 해상교통안전진단 - (47)

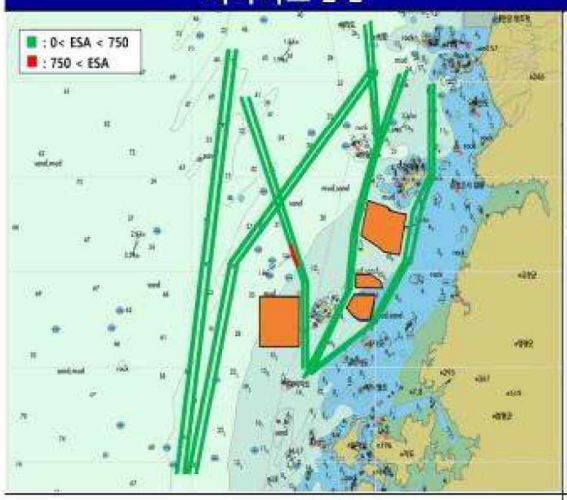
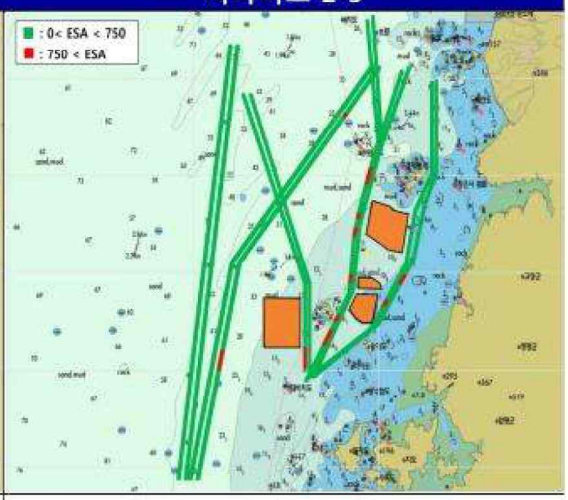
2. 해상교통류시뮬레이션 평가

평가 결과

시나리오 1-3	시나리오 2-1
	
해상풍력단지 건설 전 시뮬레이션 수행 결과	해상풍력단지 건설 후 시뮬레이션 수행 결과

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

평가 결과

시나리오 2-2	시나리오 2-3
	
해상풍력단지 건설 후 시뮬레이션 수행 결과	해상풍력단지 건설 후 시뮬레이션 수행 결과

<표 3.5 - 50> 해상교통안전진단 - (48)

2. 해상교통류시뮬레이션 평가

□ 평가 결과

시나리오		환경스트레스 위험 도출 빈도 (750/총 항적 수)	증감여부
1	1	0.16%	-
	2	0.50%	0.3%
	3	0.91%	0.4%
2	1	0.29%	-
	2	0.79%	0.5%
	3	1.66%	0.9%

➡ 풍력단지 건설 전/후 종합환경 스트레스치가 750이상(운항자가 허용하기 힘든 범위 값)은 선박 운항자가 허용할 수 있는 범위의 부하로 조선 부담감이 낮게 나타나고 있는 것으로 분석됨.

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 94 - 해상교통안전진단사업단

4. 풍력단지 통합운영기준 및 안전대책

<표 3.5 - 51> 해상교통안전진단 - (49)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

- 100톤 이상의 어선 ▶ 근해이상의 원양어업 종사(해상교통조사)
- 항만 및 어항설계기준에 의거, 50GT급 선박의 마스트 높이▶ 7~8m
  50~500GT급 선박의 마스트 높이 ▶ 7~18m,
  100톤 미만의 어선은 풍력터빈 수직 높이에 관계없이 안전 통항
- 단, 어민 및 사업자 의견 반영 ▶ 30GT급 어선으로 제한할 것임.

구 분	총톤수	길이	Air Draught	통항 속도
통항 조건 어선	30톤 미만	24m 미만	27.9m 미만	8kts 이하

풍력단지 내 통항할 수 있는 어선의 조건

구 분	파 고	시 정	야간 통항
기상 및 해상조건	2.0m 이하	1,000m 이상	야간 통항 금지

풍력단지 내 통항할 수 있는 기상 및 해상조건

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 96 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

- 단지 내 연안어업의 어구구조 및 어법에 따른 위험성을 평가
- 단지에 매설되는 케이블의 손상 방지를 위해 닻의 사용금지 및 크기 제한 여부를 검토
  매설 이 후 침식 등의 작요응로 해저면에 노출될 수 있는 케이블의 보호
  ▶ 단지 내에서 허용 가능한 어법 ▶ 10kg 이내의 닻을 사용

허용가능 여부	어법
허용 가능 (단, 닻 크기 10kg 이내)	멸치챗배, 외줄낚시, 대낚시, 바닥주낙, 끌낚시, 오징어 채낚기, 문어단지, 쭈꾸미소호, 연안 통발류, 유자망, 뜬주낙
허용 불가능	주목망류, 낭장망류, 고정자망, 건착망류, 형망류, 빔트롤, 쌍끌이 기선저인망, 오터 트롤, 외끌이 기선저인망, 안강망류, 기선권현망

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 97 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 52> 해상교통안전진단 - (50)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 안마도 해상풍력단지 어선 입역허가 기준(안)

기 준	어선 입역허가 기준
통 항	1. 해상풍력단지 내에서 통항하고자 하는 자는 사업자로부터 사전에 진입허가를 득하여야 한다. 2. 총톤수 30톤 이하, 길이 24미터를 초과하지 않는 어선을 제외한 모든 선박은 풍력단지 내에서의 통항을 금지한다. 3. 해상풍력단지 내에서는 투묘를 금지한다. 4. 해상풍력단지 내에서 통항하는 어선은 해상풍력단지 사업자(이하 "사업자"라 한다)가 제시한 Safety Zone을 준수해야 하며, 사업자가 운영하는 해상풍력단지 감시센터의 통제를 따라야 한다.

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 98 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 안마도 해상풍력단지 어선 입역허가 기준(안)

기 준	어선 입역허가 기준
어로 작업	1. 해상풍력단지 내에서 어로 작업을 하고자 하는 자는 사업자로부터 사전에 어로작업 허가를 득하여야 한다. 2. 해상풍력단지 내에서 어로작업이 허용된 어선은 다음 규정을 따라야 한다. - 사업자가 허용한 규모 이상의 닻의 투묘를 금지한다. - Safety Zone을 유지해야 한다. - 해상풍력발전단지에 입역하기 위해서는 관제구역 보고지점에서 해상풍력단지 감시센터에 연락해야 한다. - 해상풍력단지에서 작업하고 있는 동안 해상풍력단지 감시센터의 VHF 채널을 청취해야 한다. - AIS가 장착된 선박은 항상 전원이 켜져 있어야 한다. - V-PASS가 장착된 선박은 항상 전원이 켜져 있어야 한다. - 어구는 눈에 잘 띄거나 Buoy등에 마킹을 하여 표시하여야 한다.
비 고	Safety Zone은 해상풍력발전단지의 설비 점검/수리 위해 기존 구역보다 확대하여 적용할 수 있다.

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 99 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 53> 해상교통안전진단 - (51)

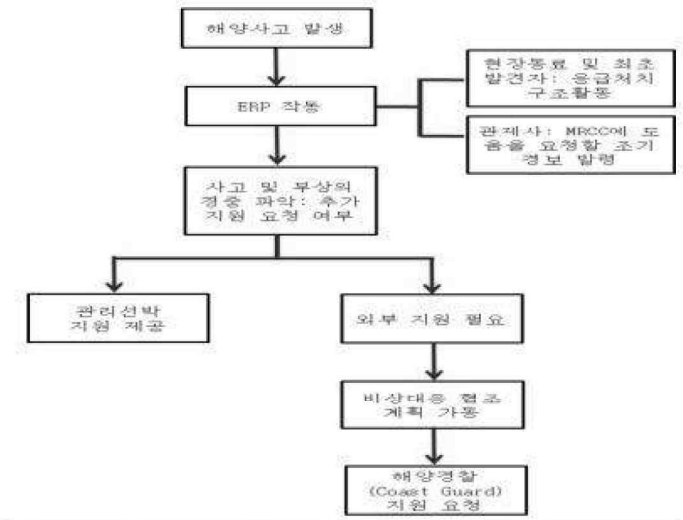
1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 안마도 해상풍력단지 어선의 통항 및 어로작업의 허용기준

구 분	허용 기준	비 고
어선의 통항	1) 최대 통항 속도 : 8 knot 이하 2) 기상상태 : 파고 2.0m 이하, 시정 1,000m 이상 3) 야간 통항 금지	-
어선의 어로작업	1) 위험도 평가에 따른 위험도 0~6 범위 및 허용심도(0.5m)에 따른 닻의 무게 10kg 미만	멸치챗배, 외줄낚시, 대낚시, 바닥주낙, 끌낚시, 오징어채낚기, 문어단지, 쭈꾸미소호, 연안통발류, 유자망, 뜬주낙

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 안마도 해상풍력단지 비상대응 체계



Em'cy Response Plan Flow Chart

<표 3.5 - 54> 해상교통안전진단 - (52)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

☐ 안마도 해상풍력단지 비상상황에 대한 안전규정 및 조치사항

구분	안전규정 및 조치사항
화재	- 화재 발생 시 최초 발견자는 즉시 단지를 관리하는 감시요원에게 알려야 한다. - 감시요원이 이를 발견하였을 경우, 즉시 해양경찰에 즉시 신고하여야 한다. - 풍력발전기 내부에 부상자가 있을 경우 추가로 응급 서비스를 함께 요청하여야 한다.
폭발	- 발전기 내에서 허가되지 않은 나화작업을 금지한다. - 발전기 내 폭발이 발생한 경우 최초발견자는 즉시 감시요원에게 이를 알리며, 감시요원은 해양경찰에게 즉시 신고하여야 한다. - 풍력발전기 내부에 부상자가 있을 경우, 추가로 응급 서비스를 함께 요청하여야 한다.
익수자 발생	- 단지 내에서 작업하는 종사자는 주기적으로 감시요원에게 이상 유무를 보고하여야 한다. - 익수자가 발생하였을 경우 최초발견자는 감시요원에게 신속히 보고하며, 감시요원은 해양경찰에 즉시 연락하여 알려야 한다. - 발견자는 익수자 인근 수역에서 가능하다면 Safety Net 혹은 구명부 환 등을 이용하여 구조활동을 하여야 한다.

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

☐ 안마도 해상풍력단지 비상상황에 대한 안전규정 및 조치사항

구분	안전규정 및 조치사항
선박 간 충돌	- 풍력단지를 감시하는 감시요원은 단지 내에서 통항하는 어선을 상시 감시하여야 한다. - 충돌사고가 발생 시 최초 발견자는 즉시 단지를 감시하는 감시요원에게 알려야하며, 감시요원은 해양경찰에 즉시 신고하여야 한다.
선박 및 터빈 충돌	- 통항하는 어선과 풍력발전기와의 충돌 피해를 최소화하여야 한다.
케이블 손상	- 닻의 심도에 따른 허용어구(닻)의 크기 및 무게를 준수하여야 한다. - 해저케이블이 손상되어 이를 인지하였을 경우, 단지 감시요원은 즉시 사업자에게 알리고 필요한 조치를 받아야 한다.
해양오염	- 단지 내에서 통항을 목적으로 이용하는 이용자는 해양환경오염에 각별히 유의하여 항행하여야 한다. - 해양오염사고가 발생하였을 시, 최초발견자는 감시요원에게 알려야 하며, 감시요원은 해양경찰에 즉시 신고하여야 한다.

<표 3.5 - 55> 해상교통안전진단 - (53)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

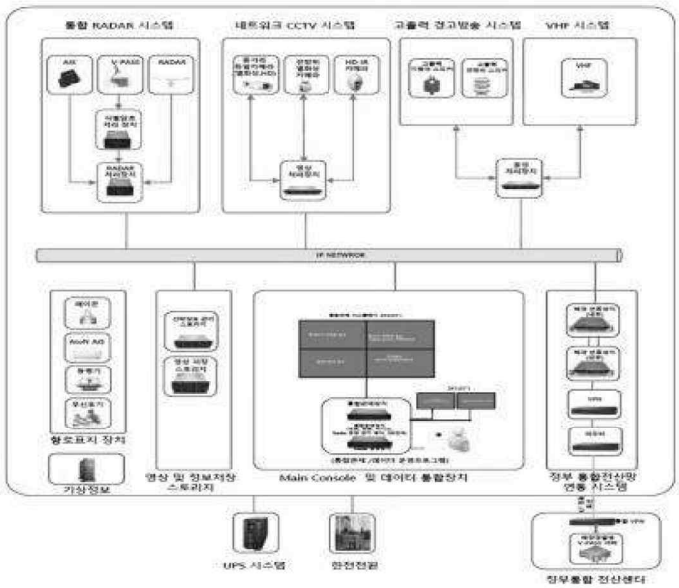
□ 해상교통감시장비

번호	해상교통감시장비
1	Main Console과 데이터 통합 장치
2	통합 RADAR 시스템(AIS, V-PASS)
3	e-Nav. 시스템(망 연계장치, e-Nav. 데이터 연동장치, VPN, 라우터, 방화벽, e-Nav. 데이터 연동 S/W, 선박모니터링 S/W 및 양방향 연계 S/W 기능개선)
4	네트워크 CCTV 시스템
5	고출력 경고방송 시스템
6	VHF 시스템(교신, 경고, 자동안내)
7	항로표지시스템, 기상정보
8	무정전 전원장치(UPS)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 104 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 해상교통감시시설 내 장비



목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 105 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 56> 해상교통안전진단 - (54)

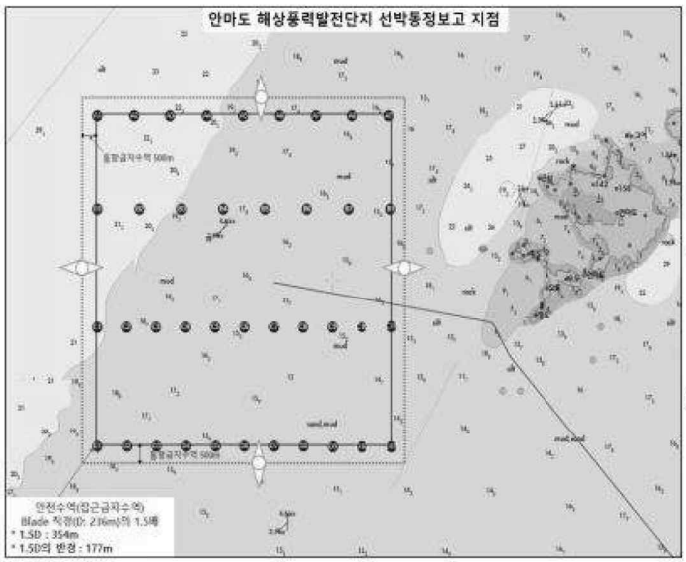
1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

타 풍력단지 감시센터 내 모니터링 상황

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 106 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 감시구역 및 통항금지구역 설정



□ 풍력단지 입역 어선
▶ 최외곽에 설치된 풍력발전기로부터 설정되는 통항금지수역 500m 끝단에서 감시센터로 보고 후 입역허가를 받아야 함

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 107 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 57> 해상교통안전진단 - (55)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

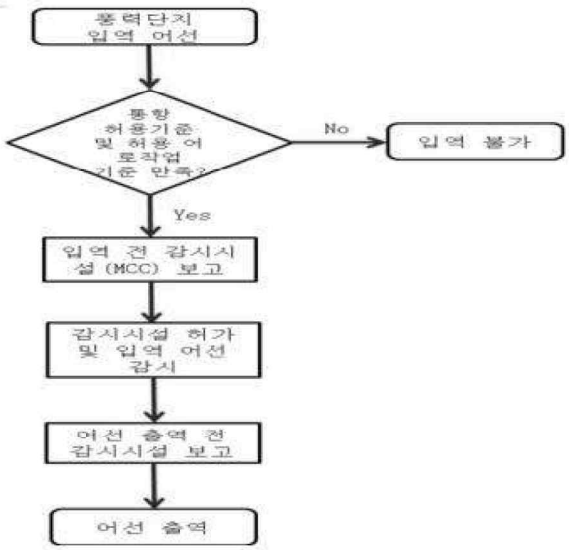
□ 통신 업무

보고 시점	보고 종류	보고 내용	대상 선박
풍력단지 500m선을 순차적으로 연결한 선 안의 해면으로 다음의 각 지점 및 풍력단지 내 수역 중 통항 보고 지점 · 북측 500m 한계선 · 동측 500m 한계선 · 남측 500m 한계선 · 서측 500m 한계선	입역보고	· 선명, 호출부호 · 승선인원 · 예정 어로작업 · 기타 항행안전에 필요한 사항	풍력단지 통항 및 어로작업 허용기준에 따라 감시센터로부터 허가받은 어선으로 다음 각 호의 설비를 구축한 어선 · 선위 탐지가 가능한 위치 발신 장치를 탑재한 어선 또는 레이더 시스템을 통하여 탐지 가능한 어선 · 육상국 및 선박국과의 통신 설비를 탑재한 어선
	출역보고	· 선명, 호출부호	
	특별보고	· 사고 및 기타 부가 통신	

안마도 해상풍력단지 해상교통감시 통신업무 종류

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 풍력단지 내 어선 입출역 절차



안마도 해상풍력단지 어선의 입출역 절차 흐름도

<표 3.5 - 58> 해상교통안전진단 - (56)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

☐ 근무형태 및 방식

☐ 해상 파고 2.0m, 시정 1,000m 이상, 야간

☐ 감시요원의 수 및 교육 관련

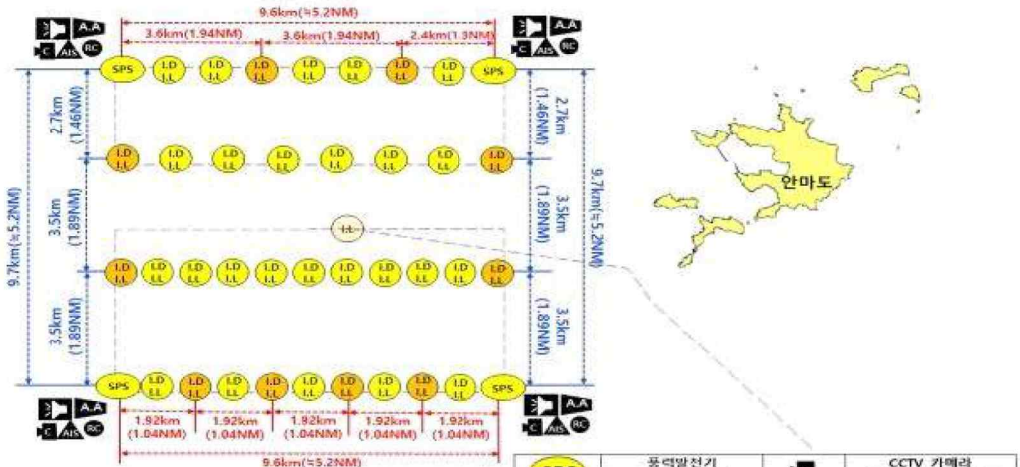
☐ 5급 항해사 이상 1명(총 약 5명)
☐ 단, 풍어기 등 필요 시 인원 보강 및 야간 근무 운영

☐ 통항 감시요원 양성 교육

☐ 근무인원은 한국해양수산연수원(해상교통관리자 교육 기초과정)과 장비제작사(MAKER) 사용교육 필히 이수

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 110 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안



목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 111 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 59> 해상교통안전진단 - (57)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 관리선박 투입

관리선박 형상 예시

□ 관리선박의 역할 및 임무

- 대상해역에 상주, 인근 통항 선박 및 어선의 안전항로 확보 및 접근 선박의 안전 유도
- 해상교통감시센터, 해양경찰서, 해양수산청 등과 상시 연락망을 구축
- 경고 및 안내방송 위한 Radar, VHF, 기적 및 발광신호 설치 및 필요 시 사용
- 운항정보를 관계기관과 공유, 재난 및 안전관리기본법을 철저히 준수

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 112 - 해상교통안전진단사업단

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

□ 방충재 설치(예시)

자켓 기초	석션 기초	해상변전소 기초

서남해 해상풍력 실증단지 방충재 설치 상태(국내)

자켓 기초	석션 기초	해상변전소 기초

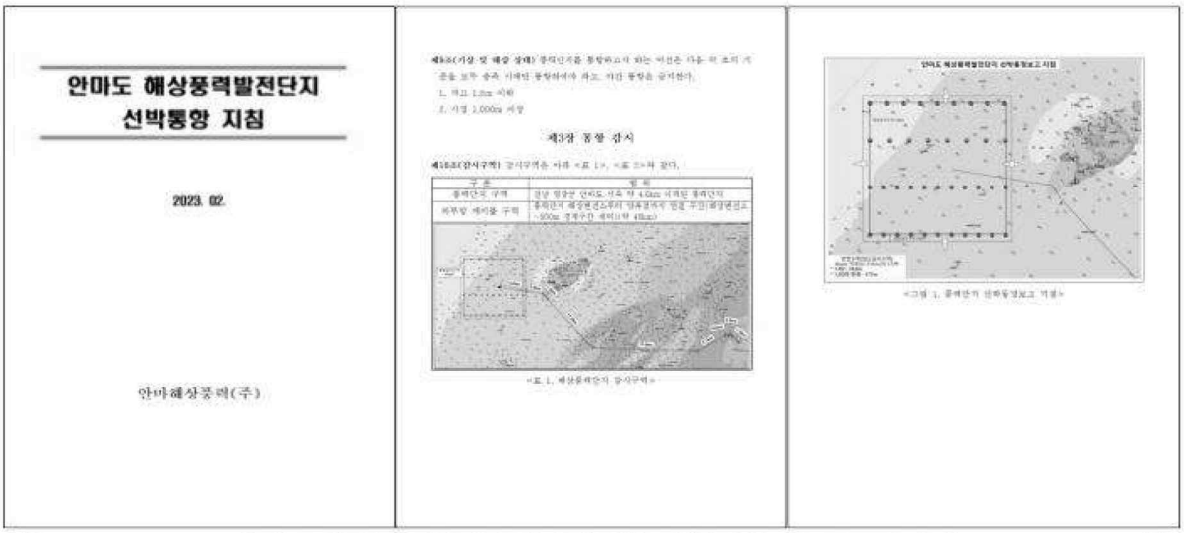
Horn sea One 해상풍력발전기 방충재 설치 상태(해외)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 113 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 60> 해상교통안전진단 - (58)

1. 해상풍력단지 통합 운영기준 및 감시방안

☐ 선박 통항 안전규정 매뉴얼 수립

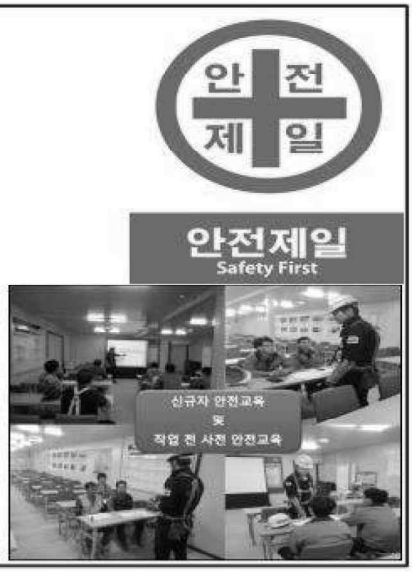


안마도 해상풍력발전단지 선박통항 지침 매뉴얼 주요 페이지

2. 공사 중 안전대책

☐ 공사 중 안전대책 수립

- **공사 중 해상장비 사용 시 안전대책**
  - 크레인 장비사용에 대한 대책
  - 해상구조물(상,하부) 설치작업 대책
- **해상작업 계획 수립**
  - 해상공사 중지 판단 기준
  - 해상공사 작업 계획(주간, 일일, 기타)
- **공사 홍보물 제작, 배포 및 알림**
  - 공사 알림(홍보물 제작 및 배포 등)
  - 관련 해도에 공사구역 표시 및 항행통보 공포, 공사 후 위치 기입
- **해상공사 중 안전관리 방침 및 안전교육 계획 수립**
  - 안전수칙 및 점검(일일, 주간, 월간 및 특별) 강화
  - 주기적/상시적인 안전교육(신규, 정기, 특별) 시행
- **기상악화 시 안전대책 수립**
  - 기상 변화에 따른 대책
  - 해상작업 대피 기준 및 피항지 지정 등



<표 3.5 - 61> 해상교통안전진단 - (59)

2. 공사 중 안전대책

□ 공사 중 안전대책 수립

- **경계선(안내선) 배치**
  - 작업선박의 안전한 운항환경 확보
  - 작업선박에 접근하는 통항 선박의 안전 유도
- **해상공사 작업선박의 등화 및 형상물 표시**
- **공사용 등부표 및 오탁방지막 설치**
  - 작업선/기타선박의 해상안전 사고 예방
  - 오탁방지막과 그 부속물 보호
  - 공사지역 표시
- **해양오염 확산 및 피해 방지 대책**
  - 방제자재 및 약제 비치
  - 해양오염 방제 체계 구축

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 116 - 해상교통안전진단사업단

2. 공사 중 안전대책

□ 공사용 등부표 설치

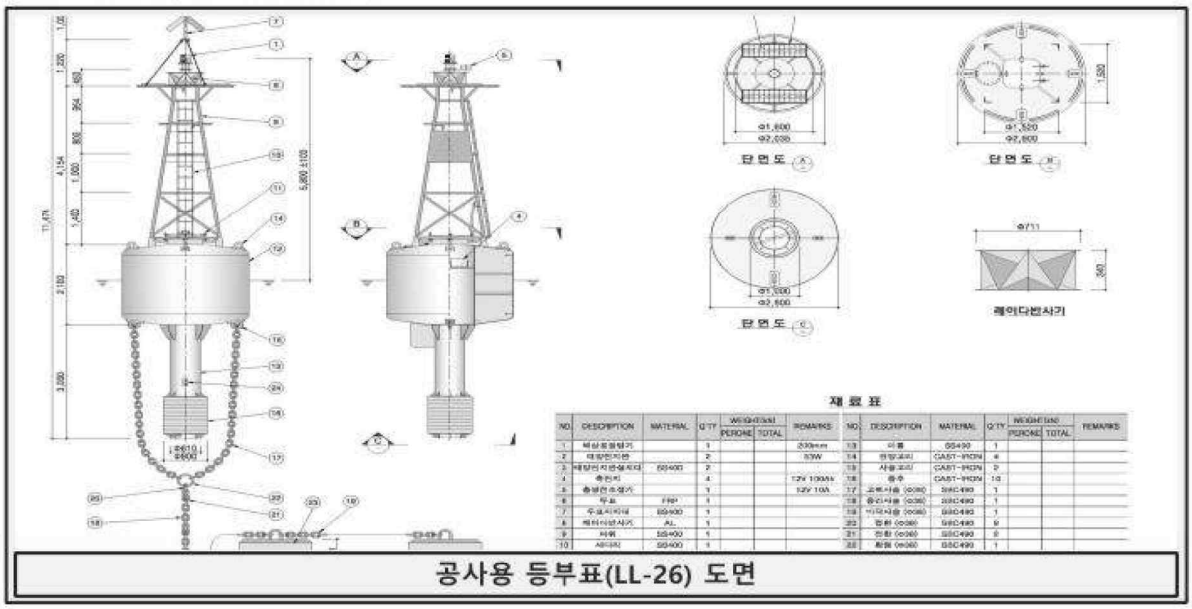
구 분	LL-26(M)	LL-26	LL-28
형 상			
조류속	3knot이하	5knot 이하	7knot 이하
수 심	10~30m	10~30m	10~40m
흘수심	4.13m	4.33m	4.33m
선 정		◎	
선정사유	• 과업해역의 수심(DL(-)1.77~26.95m) 및 조류속(3.8knot≒1.96m/s) 등 해상조건을 고려하여 선정		

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 117 - 해상교통안전진단사업단

<표 3.5 - 62> 해상교통안전진단 - (60)

2. 공사 중 안전대책

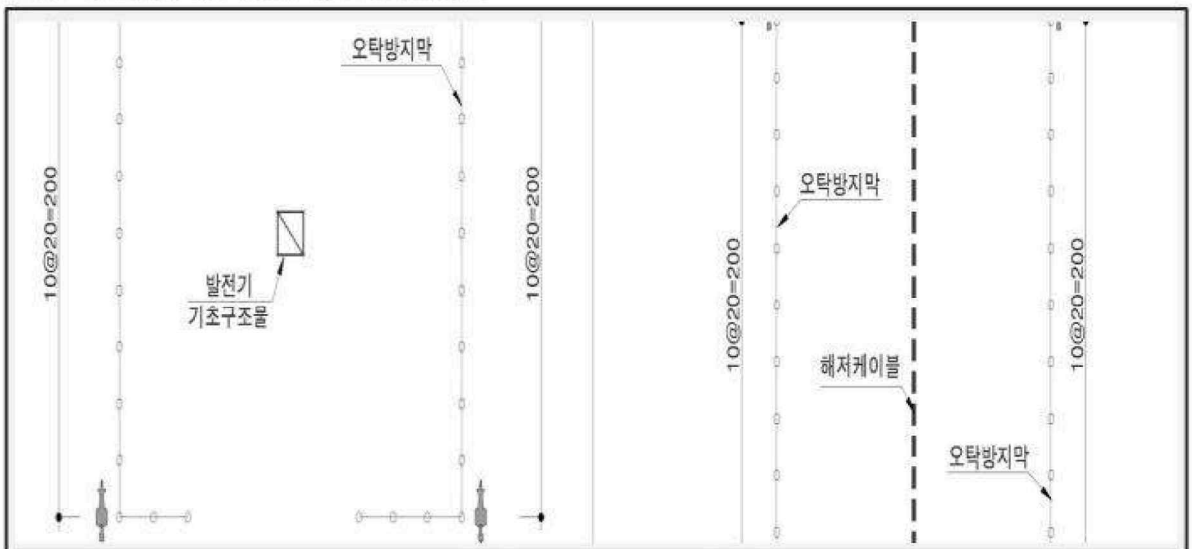
□ 공사용 등부표 도면



공사용 등부표(LL-26) 도면

2. 공사 중 안전대책

□ 공사용 등부표 설치 계획도

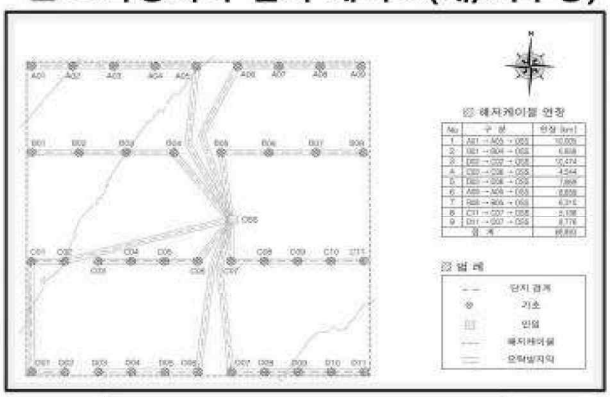


공사용 등부표 설치 계획도

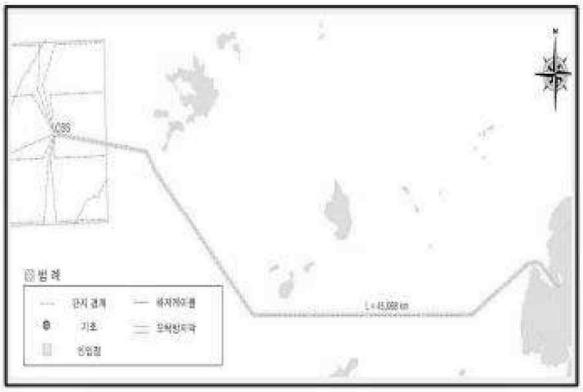
<표 3.5 - 63> 해상교통안전진단 - (61)

2. 공사 중 안전대책

□ 오탁방지막 설치 계획도(내/외부망)



오탁방지막 설치계획(내부망)



오탁방지막 설치계획(외부망)

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 120 - 해상교통안전진단사업단

2. 공사 중 안전대책

□ 공사 일정

ANMADO Project Provisional Schedule (14MW_39 Units)

			2023												2024												2025												2026											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Main Milestone																																																	
ITEM	Activity																																																	
Pin-pile	E	Detail design													실시설계																																				
	P	Fabrication																									제작																								
		Shipment																																					현장출하												
	C	Installation																																					설치												
Jacket	E	Detail design													Detail design																																				
	P	Fabrication																									제작																								
		Shipment																																					현장출하												
	C	Installation																																					설치												
WTG	E	Detail design													Detail design																																				
	P	Fabrication																									제작																								
		Shipment																																					Pre-assembly & 현장출하												
	C	Installation																																					설치												

목포해양대학교 MOKPO NATIONAL MARITIME UNIVERSITY - 121 - 해상교통안전진단사업단

페이지 빈칸

3.6 사후환경영향조사 계획

○ 해상풍력 단지 및 주변 해역(대조구 포함)의 수심을 관측하여(사업 전·중·후) 침퇴적변화를 지속적으로 모니터링 할 수 있도록 계획을 수립하여야 함.
○ 지형변화(침식・퇴적, 세굴 정도)를 정량적으로 평가하기 위해 사후환경영향조사 시 멀티빔 음향측심기 또는 프로파일링 소나 등의 활용방안을 검토・제시하여야 함.
○ 해양물리, 해양수질, 해양저질, 해양동・식물상에 대한 사후환경영향조사는 분기별로 수행하여 사업 전・중・후의 환경적 영향을 파악할 수 있도록 계획을 수립하여야 함.
○ 해양성 조류에 있어서 풍력발전단지를 장애물로 인식해 회피하게 될 수 있으나 그에 따른 어족자원 부양 효과로 인한 유인 가능성도 상존하므로 운영 시 조류모니터링 강화방안을 마련하여야 함 - 자연생태환경(동・식물상)에 대한 영향을 고려하여 조류 등 생태환경에 대한 모니터링 계획을 인근 해상풍력발전단지와 연계하여 수립하는 방안 등을 검토・제시

○ 사후환경영향조사는 본 사업으로 인하여 유발될 수 있는 자연생태환경, 대기환경, 수환경, 토지환경 및 생활환경 등에 미치는 영향을 지속적으로 분석·관리하고 환경변화에 대한 적절한 대책을 수립·실시함으로써 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위함임.

○ 따라서, 공사시 및 운영시 환경변화에 대한 환경영향평가와 예측결과를 비교·분석하여 예측치 못한 악영향이 발생할 경우 환경영향에 대한 신속한 대책을 강구하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 “환경 모니터링” 측면에서의 사후환경영향조사계획을 수립하였음.

가. 실시주체

○ 사후관리의 주체는 안마해상풍력(주)이며, 환경영향평가서에 제시된 저감시설에 대한 설치관리 및 이행여부를 관리·감독할 계획임.

나. 조사기간

○ 본 사업의 사후환경영향조사 기간은 「환경영향평가법」 시행규칙〔별표1〕 ‘사후환경영향조사의 대상사업 및 기간(제19조제1항 관련)’에 따라, 사업착공 시부터 사업준공 5년까지로 계획함.

다. 조사내용

(1) 조사항목

○ 조사항목은 “환경영향평가서등 작성 등에 관한 규정(환경부고시 제2021-300호)” 〔별표9〕를 준용하여 공사시 및 운영시 환경에 미치는 주요항목을 대상으로, 육상 동·식물상, 해양 동·식물상, 해양수질 및 퇴적물, 해양물리, 토양, 지형·지질, 친환경적 자원순환, 소음·진동 등을 사후환경영향조사 항목으로 설정하였음.

(2) 조사지역

○ 본 사업시행시 영향이 예상되는 지역으로, 환경현황조사 지역과 예측·분석 및 저감방안 수립지역을 검토하여 직접영향권역, 간접영향권역, 대조구 등이 포함되도록 설정하였음.

라. 조사주기, 조사시점

○ 조사시점은 공사 착수시점부터 조사를 실시하며, 조사주기는 분기 1회 또는 반기 1회 등 현지조사토록 계획함.

마. 조사지점 및 방법

○ 조사지점은 영향예측시 설정한 지점과 주요 배출원으로 인한 환경영향을 적절히 파악할 수 있는 지점으로 선정하였으며, 조사방법은 환경영향평가시 사용되었던 방법 및 공정시험기준을 준용하여 시료의 채취 및 분석을 실시토록 하였으며, 각 항목별 세부내용은 다음과 같음.

바. 사후환경영향조사결과 통보서 제출

○ 사후환경영향조사결과 통보서는 「환경영향평가법」에 의거 승인기관장 및 협의기관장에게 연 1회 제출할 계획임.

<표 9.2 - 1> 항목별 사후환경영향조사계획-(1)

구분	조사항목	조사지점	조사주기
육상 동·식물상	□ 공사시 -육상 식물상 ▪ 식물상, 식생현황 ▪ 생태계교란식물 분포현황 (추가 유입 여부)	□ 공사시 -육상 식물상 : 육상부 송전선로 및 개폐소	□ 공사시 -년 2회(춘계, 추계)
	-육상 동물상 : 포유류, 양서·파충류, 육상곤충류 -육수 동물상 : 어류, 저서성 대형무척추동물 ▪ 분류군의 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부	-육상 동물상(포유류, 양서·파충류, 육상곤충류) -육수 동물상 : 육상부 송전선로 및 개폐소	-년 2회(춘계, 추계)
	-조류 ▪ 분류군의 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부	-조류(육상부 송전선로 및 개폐소) ▪ St.4-육상부 송전선로 및 개폐소 -조류(해상부 3개 권역) ▪ St.1-안마도 및 해상풍력 발전단지 주변지역 ▪ St.2～3-해저송전케이블 매설지 주변지역	-년 4회 (춘계, 하계, 추계, 동계)
	-저감대책 및 적정운영 여부 ▪ 귀화식물 및 생태계교란식물에 대한 관리방안 여부 ▪ 비산먼지 발생 최소화 여부 ▪ 토사유출 저감계획 준수 여부 ▪ 특정야생생물(법정보호종) 교육 등 시행여부	-사업지구 및 주변지역	-년 2회(춘계, 추계)

<표 9.2 - 2> 항목별 사후환경영향조사계획-(2)

구분	조사항목	조사지점	조사주기
육상 동·식물상	□ 운영시 -조류 ▪ 서식환경 변화에 따른 분포현황 ▪ 법정보호종 서식·출현 및 변화 여부 ▪ 풍력발전단지 및 주변지역 조류 이동방향 조사 (주변 개발사업 누적) ▪ 풍력발전기 조류충돌 조사 ▪ 조류 풍력발전단지 이용현황(휴식, 취식, 피난 등) 조사 ▪ 조류충돌 저감방안 운영실태 조사	□ 운영시 -조류 : 해상부 5개 권역 ▪ St.1-안마도 및 해상풍력 발전단지 주변지역 ▪ St.2～3-해저송전케이블 매설지 주변지역 ▪ St.7-안마도 일대 ▪ St.8-송이도 일대 ▪ St.9-칠산도 일대	□ 운영시 -년 4회 (춘계, 하계, 추계, 동계)
해양 동·식물상 해양 포유류	□ 공사시 및 운영시 -동·식물플랑크톤 -어란 및 자치어 -해산어류 -조하대 저서동물 -조간대 저서동물 (해조류 포함) -잠수조사	□ 공사시 및 운영시 -해양생태계(조하대) : 15지점 -경성조간대 : 7지점 -연성조간대 : 3지점(상. 중, 하) -해산어류 : 7지점 -잠수조사 : 2지점 -해양포유류 : 사업지구 및 주변지역	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회
대기질	□ 공사시 -PM-10, PM-2.5, NO_2 -유지목표 농도 -저감시설 이행여부	□ 공사시 -1지점(현황조사 A-9) -민원발생 시 추가	□ 공사시 -분기 1회

<표 9.2 - 3> 항목별 사후환경영향조사계획-(3)

구분	조사항목	조사지점	조사주기
온실가스	□ 공사시 -공사장비 투입계획 및 효율적인 장비투입 점검 -작업장비 공회전 여부	□ 공사시 - 사업지구	□ 공사시 -반기 1회
수질	□ 공사시 및 운영시 -pH, COD, BOD, SS, DO, 대장균군수, TOC, T-P (8항목)	□ 공사시 -2지점(현황조사 W-4, 5) □ 운영시 -1지점(현황조사 W-4)	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회
	-가배수로, 침사지, 오탁방지막	-저감방안 설치지점	
해양 수질 및 퇴적물	□ 공사시 및 운영시 -수온, 염분, pH, DO, 투명도, 저층 포화도, 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 (28개 항목)	□ 공사시 및 운영시 -해양수질 : 15지점(표·저층)	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회
	-입도, 함수율, 강열감량, AVS, COD, TOC, As, Cd, Pb, Zn, Cu, CN, Hg, Cr, NI, PCBs, PAHs, Li(18개 항목)	-해양퇴적물 : 15지점	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회
	- SS	-매설지점 : 2지점 -대조구 : 반경50m 1지점, 반경100m 1지점	□ 공사시 -매월 1회
해양물리	□ 공사시 및 운영시 -조석, 파랑, 연속조류, 연속부유사 -수심측량(해저지형 모니터링)	□ 공사시 및 운영시 -조석 : T-1(1개정점) -파랑 : W-1(1개정점) -연속조류 및 연속부유사 : PC, CS-1, 5(2개정점)	□ 공사시 -반기 1회 □ 운영시 -연 1회
토양	□ 공사시 -Cd, Cu, As, Pb, 6가크롬, Zn, Ni, F, 유기인화합물, PCB, CN, 페놀, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, TPH, TCE, PCE, 벤조(a)피렌	□ 공사시 -토양오염도 조사 ▪ 폐유보관소	□ 공사시 -분기 1회

<표 9.2 - 4> 항목별 사후환경영향조사계획-(4)

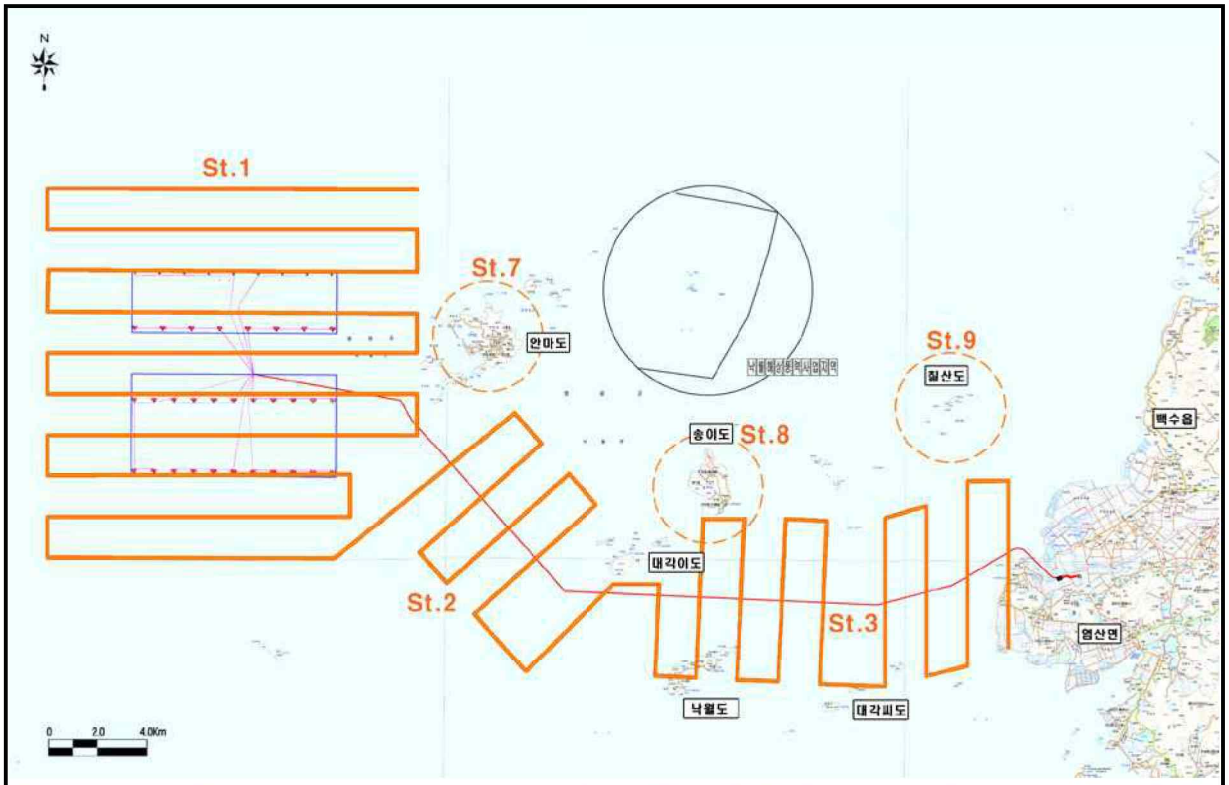
구분	조사항목	조사지점	조사주기
지형·지질	□공사시 -보존가치가 있는 지형·지질 유산 존재여부 및 조치사항 -사업지구 및 주변지형 추가 훼손여부 및 복구여부 -발생토량 적정 처리여부 -사면처리대책 적정 시행여부	□ 공사시 -사업지구	□ 공사시 -분기 1회
친환경적 지원순환	□ 공사시 -폐기물 관련 인·허가 사항 여부 -작업인부에 의한 생활폐기물 및 분뇨의 적정처리 여부 -건설장비로부터 배출되는 폐유의 적정처리 -폐기물관리대장 비치 및 기록여부 □ 운영시 -풍력발전기 폐오일 처리 적정처리 여부	□ 공사시 -폐기물 발생 및 보관지역 □ 운영시 -사업지구	□ 공사시 -분기 1회 □ 운영시 -반기 1회
소음·진동	□ 공사시 -주야간 소음·진동 -수중소음 □ 운영시 -수중소음	□ 공사시 -1지점(현황조사 NV-8) -AP-10(항타지점으로부터 이격거리별 조사) □ 운영시 -AP-10(항타지점으로부터 이격거리별 조사)	□ 공사시 -분기 1회 -분기 1회(항타시) □ 운영시 -반기 1회

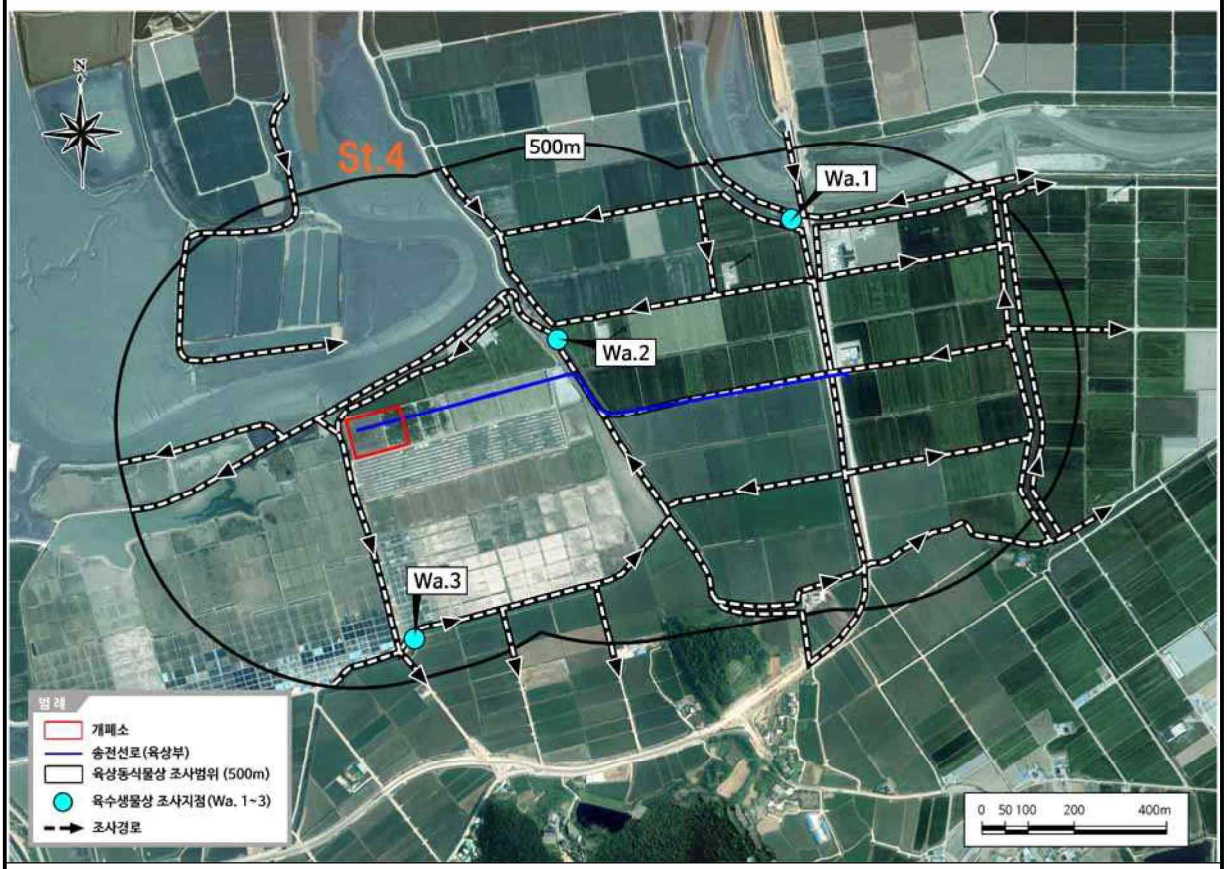
<표 9.2 - 5> 사후환경영향조사 지점(공사시, 운영시)

구 분		측정지점	측정위치	비 고
육상동·식물상		1	육상부 송전선로 및 개폐소	현지 및 문헌조사
육상동물상 (조류)		St.1	안마도 및 해상풍력발전단지 주변지역	목시관측 및 문헌조사
		St.2	해저송전케이블 매설지 주변지역	
		St.3	해저송전케이블 매설지 주변지역	
		St.4	육상 송전선로 및 개폐소	
		St.7	안마도 일대	
		St.8	송이도 일대	
		St.9	칠산도 일대	
대기질(공사시)		A-9	전남 영광군 염산면 송암리 313-6	현황조사지점
수질	공사시	W-4	전남 영광군 염산면 송암리 313-9 (개폐소부지 인근)	개폐소 위치 변경으로 조사위치 변경
		W-5	전남 영광군 염산면 송안리 286-40 (송전선로 통과지)	현황조사지점
	운영시	W-4	전남 영광군 염산면 송암리 313-9 (개폐소부지 인근)	개폐소 위치 변경으로 조사위치 변경
주간소음(공사시)		NV - 8	전남 영광군 염산면 송암리 313-6	현황조사지점
수중소음		-	35° 19.77′N 125° 52.89′E	해상풍력발전단지 주변해역
해양물리		T, W-1	35° 20′ 59.8″N 125° 54′ 23.9″E	조석, 파랑
		PC, CS-1	35°20′ 59.8″N 125°54′ 23.9″E	연속조류, 연속부유사
		PC, CS-5	35° 20′ 22.3″N 125° 57′ 56.8″E	
		-	해상풍력 단지 및 송전선로구간	수심측량(음향측심기)
해양포유류		해상풍력발전단지 주변해역		목시관측 및 문헌조사

<표 9.2 - 6> 사후환경영향조사 지점(공사시, 운영시)

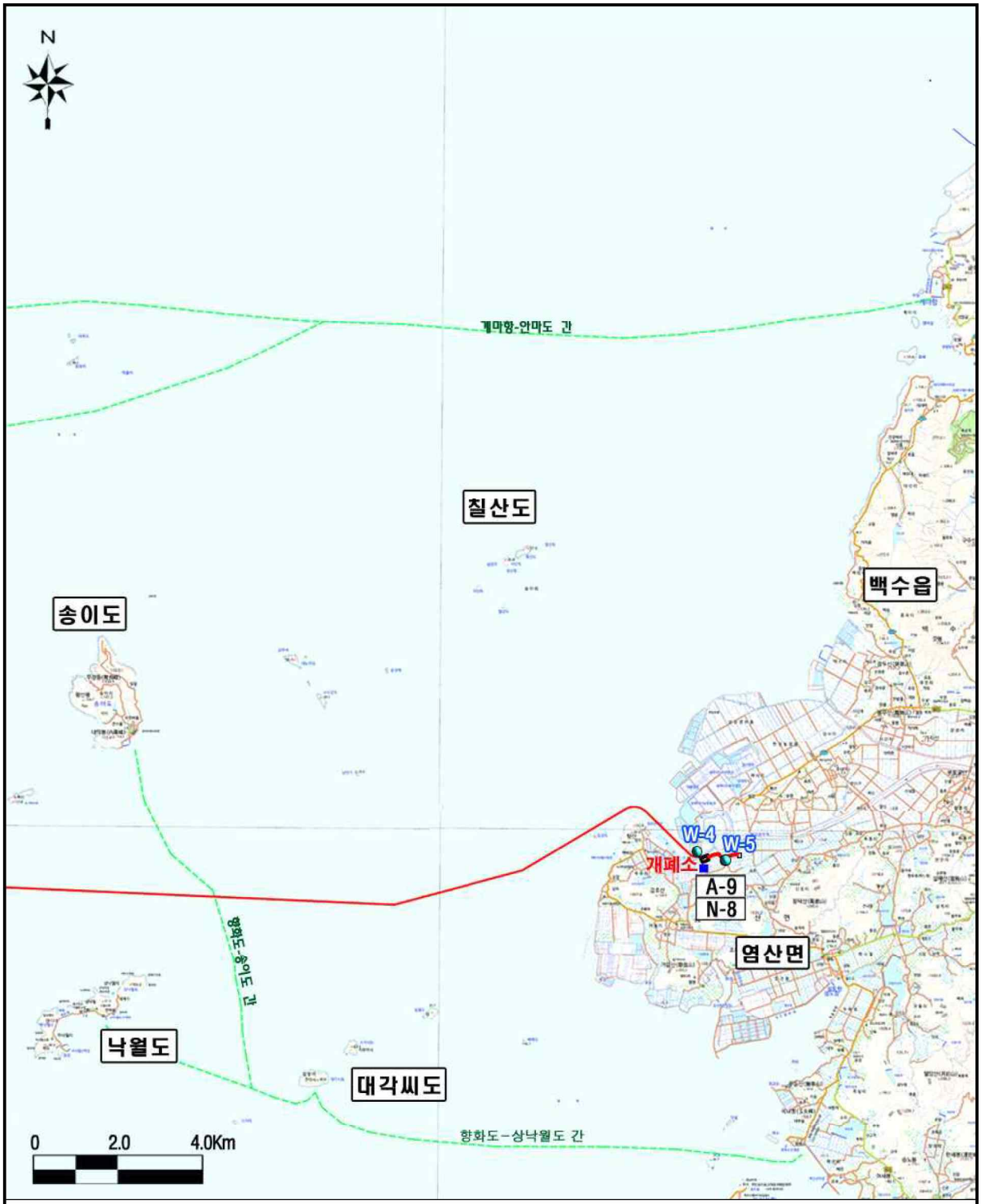
구 분	조사지점	좌 표		비고
		위 도(N)	경 도(E)	
해양수질 해양퇴적물 식물플랑크톤 동물플랑크톤 어란 및 자치어 조하대 저서동물	ST-01	35° 27′ 27.50″	125° 54′ 23.50″	
	ST-02-1	35° 24′ 13.70″	125° 54′ 23.50″	정점이동
	ST-03	35° 21′ 00.00″	125° 50′ 26.30″	
	ST-04	35° 21′ 00.00″	125° 54′ 23.50″	
	ST-05	35° 21′ 00.00″	125° 58′ 21.05″	
	ST-06	35° 17′ 46.50″	125° 54′ 23.50″	
	ST-08	35° 14′ 32.60″	125° 54′ 23.50″	
	ST-10-1	35° 11′ 18.70″	125° 54′ 23.50″	정점이동
	ST-13	35° 21′ 00.00″	125° 43′ 11.26″	
	ST-16	35° 19′ 08.20″	125° 52′ 23.19″	
	ST-18	35° 14′ 00.23″	126° 04′ 45.92″	
	ST-19	35° 19′ 08.20″	125° 56′ 33.62″	
	ST-20	35° 13′ 42.86″	126° 12′ 14.02″	
	ST-24	35° 18′ 27.86″	126° 01′ 10.01″	
	ST-26	35° 17′ 10.48″	126° 16′ 36.47″	
조간대 저서생물 (T:경성조간대,해조류, S:연성조간대)	T-1	35° 19′ 57.11″	126° 00′ 54.53″	
	T-2	35° 21′ 8.75″	126° 00′ 22.97″	
	T-3(S-3)	35° 14′ 20.56″	126° 18′ 12.53″	
	T-4(S-4)	35° 14′ 59.09″	126° 18′ 28.31″	
	T-5(S-5)	35° 13′ 26.56″	126° 17′ 50.46″	
	T-7	35° 14′ 49.34″	126° 06′ 02.85″	
	T-8	35° 21′ 09.47″	126° 00′ 06.54″	
해산어류	F-1	35° 21′ 00.00″	125° 54′ 23.50″	
	F-2	35° 16′ 55.01″	126° 01′ 10.01″	정점이동
	F-3	35° 24′ 13.70″	125° 54′ 23.50″	
	F-4	35° 21′ 00.00″	125° 50′ 26.30″	
	F-5	35° 21′ 00.00″	125° 58′ 21.05″	
	F-6	35° 17′ 46.50″	125° 54′ 23.50″	
잠수조사	횡도	35° 20′ 07.50″	125° 59′ 17.04″	
	목섬	35° 19′ 09.36″	125° 59′ 40.68″	





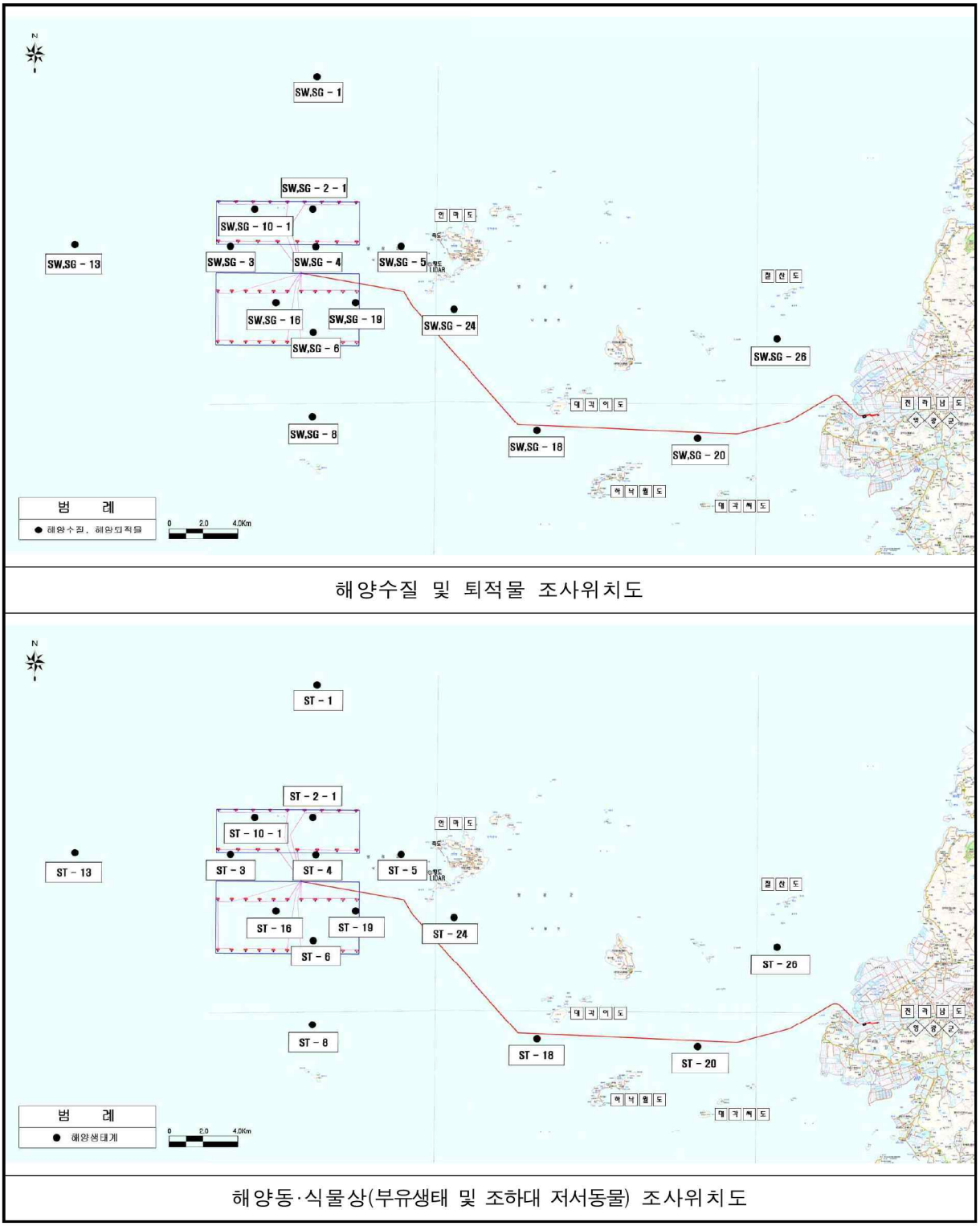
육상동·식물상 및 조류 조사위치도

<그림 9.2 - 1> 사후환경영향조사 위치도-(1)

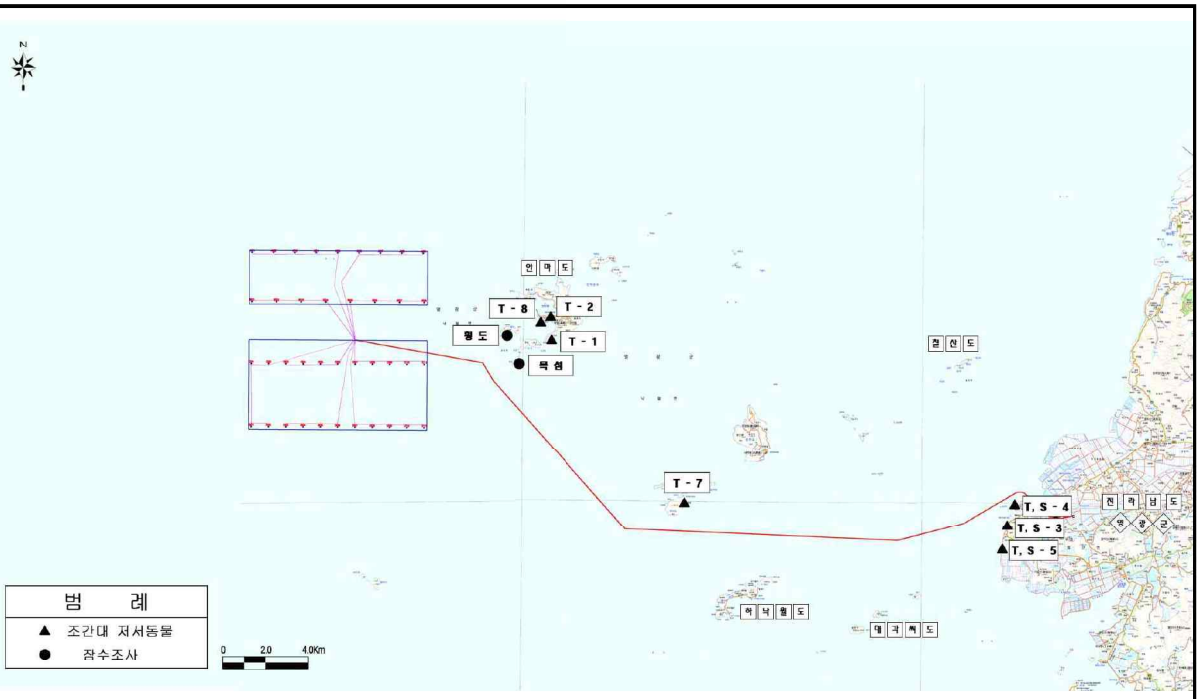


환경질(대기, 수질, 주간소음) 조사위치도

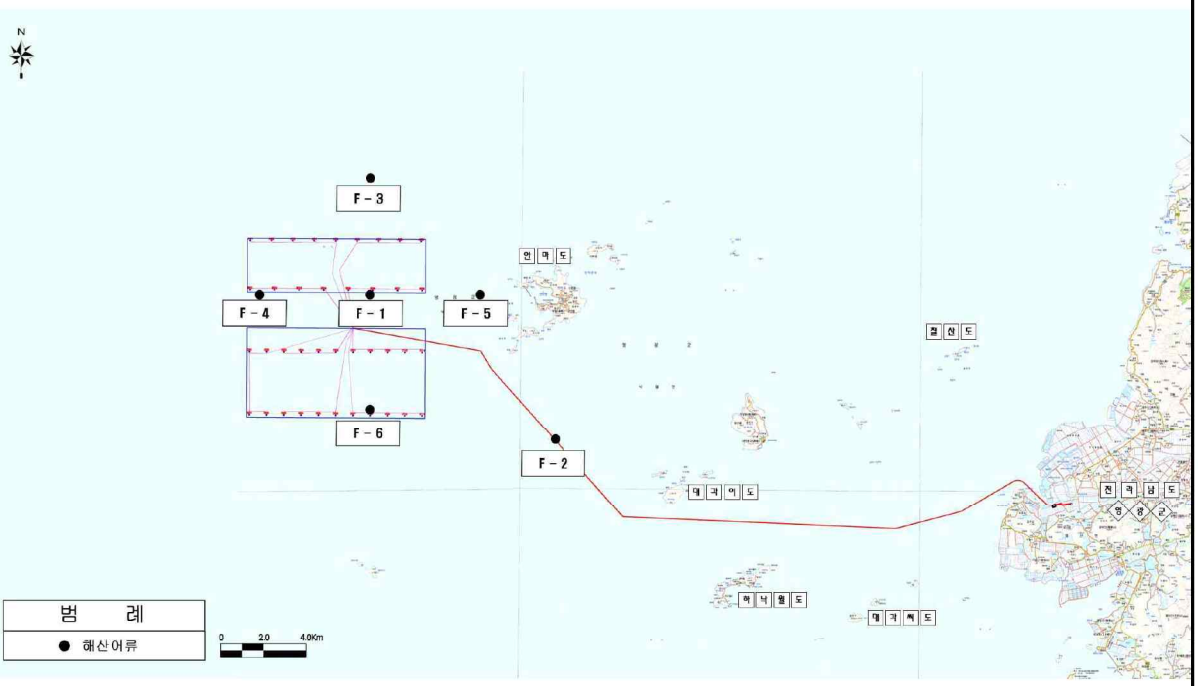
<그림 9.2 - 2> 사후환경영향조사 위치도-(2)



<그림 9.2 - 3> 사후환경영향조사 위치도-(3)

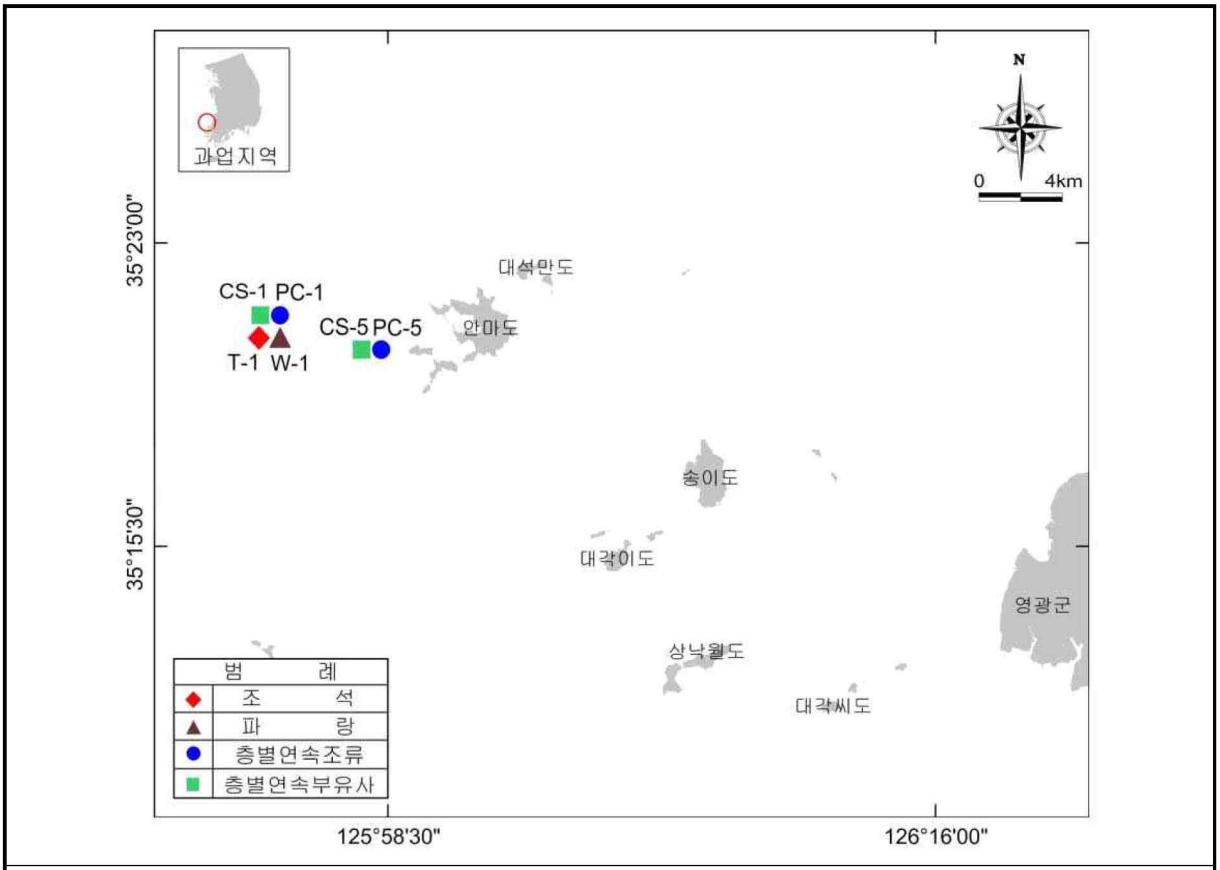


해양동·식물상(조간대 저서동물 및 잠수조사) 조사위치도

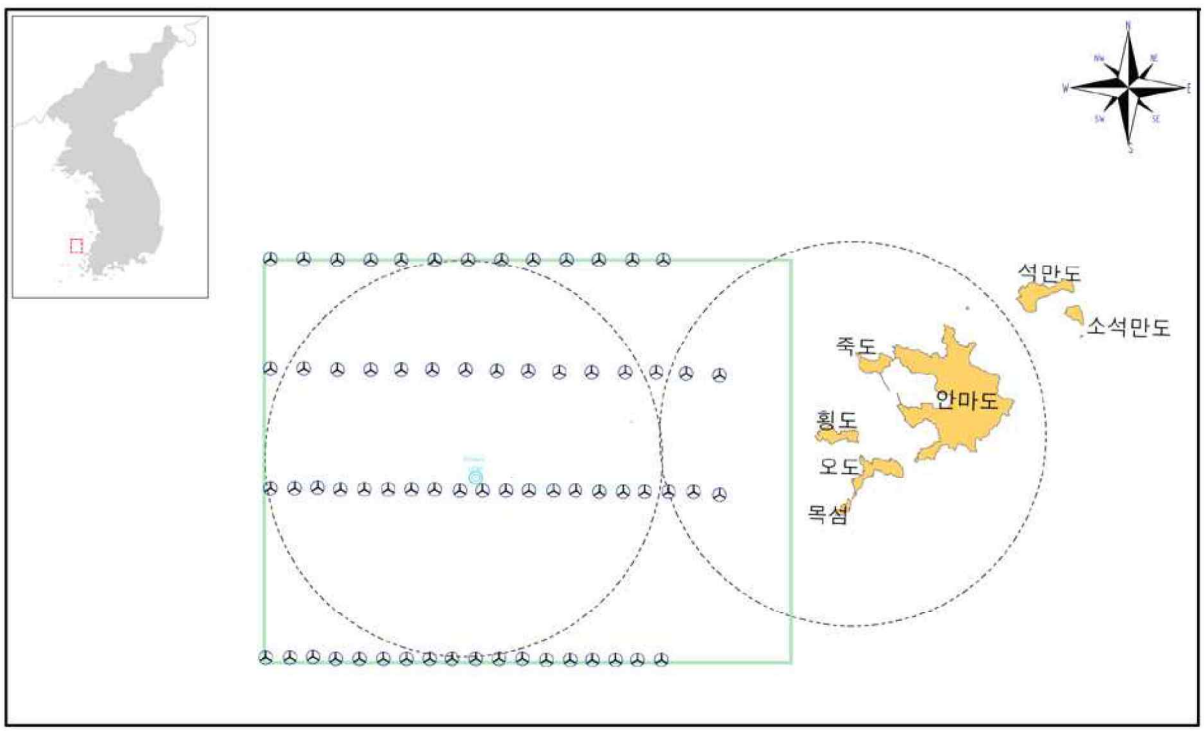


해양동·식물상(해산어류) 조사위치도

<그림 9.2 - 4> 사후환경영향조사 위치도-(4)

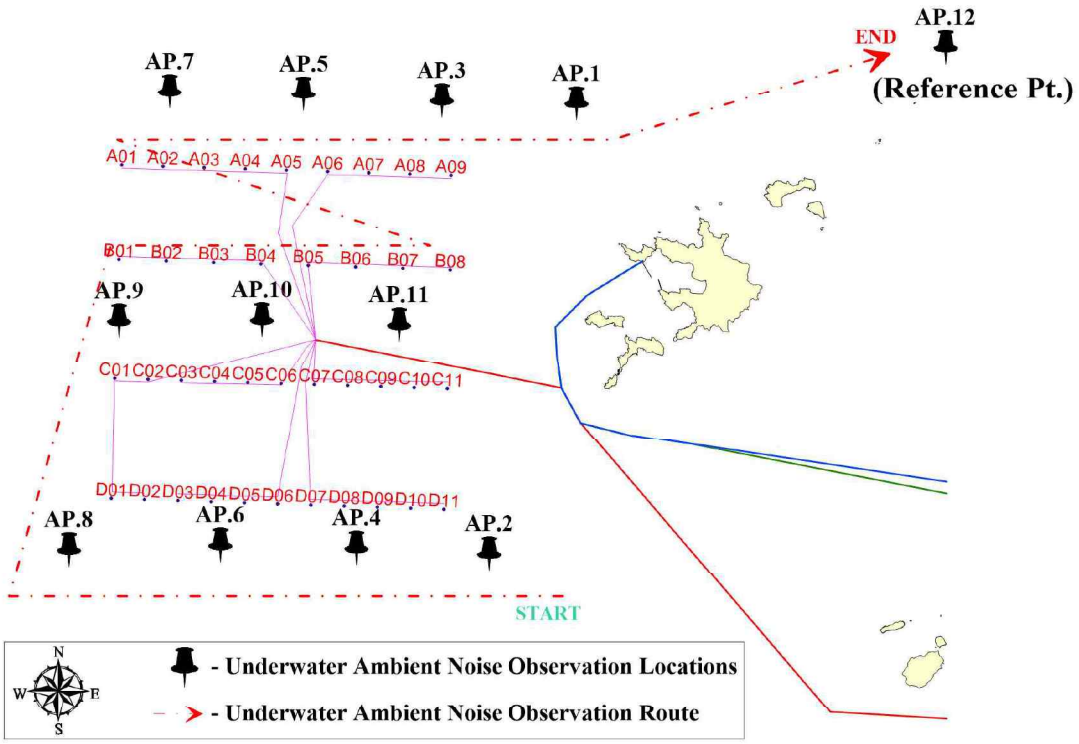


해양물리 조사위치도



해양포유류 조사위치도

<그림 9.2 - 5> 사후환경영향조사 위치도-(5)



수중소음 조사위치도

<그림 9.2 - 6> 사후환경영향조사 위치도-(6)

3.7 기타 오류 사항 수정 등

○ 항공기-조류충돌 평가방법을 이용하여 해상풍력발전과의 충돌 위험성을 평가(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)하고 있어 이에 대한 수정 필요 - 제시한 평가방법(8.1.1-215~8.1.1-218쪽)은 비행하는 항공기와 조류의 충돌로 인한 항공기 피해(훼손 등)의 심각성을 고려한 위험성 평가로 고정된 풍력발전기와의 충돌을 예측하는 방법으로는 적정성이 결여됨. - 특히 제시된 충돌심각성 평가결과(8.1.1-218쪽)는 발전기에 대한 훼손의 심각을 제시한 것으로 조류에 대한 영향을 최소화하기 위한 평가의 목적에 부합하지 못함.
○ 8.1.3-12쪽 : “고래류는 전 세계적으로 90여종이며, 우리나라 연안에서 주로 출현하는 고래류는 밍크고래, 향고래, 범고래, 흑범고래, 큰머리돌고래, 큰돌고래, 남방큰돌고래, 낫돌고래, 참돌고래, 까치돌고래, 상괭이 등이 있음”으로 수정 필요 - 해산어류와 고래류 등을 포함하여 해양생물의 학명과 국명은 국가해양수산생물종 목록집에 따라 표기
○ 사업으로 인해 안마도 관광과 연계하여 새로운 관광명소로 활용할 수 있는 긍정석인 영향 예상(8.5.3-50)으로 언급하고 있으나, 그 적절성・객관성에 대해 검토 제시

가. 항공기 조류충돌

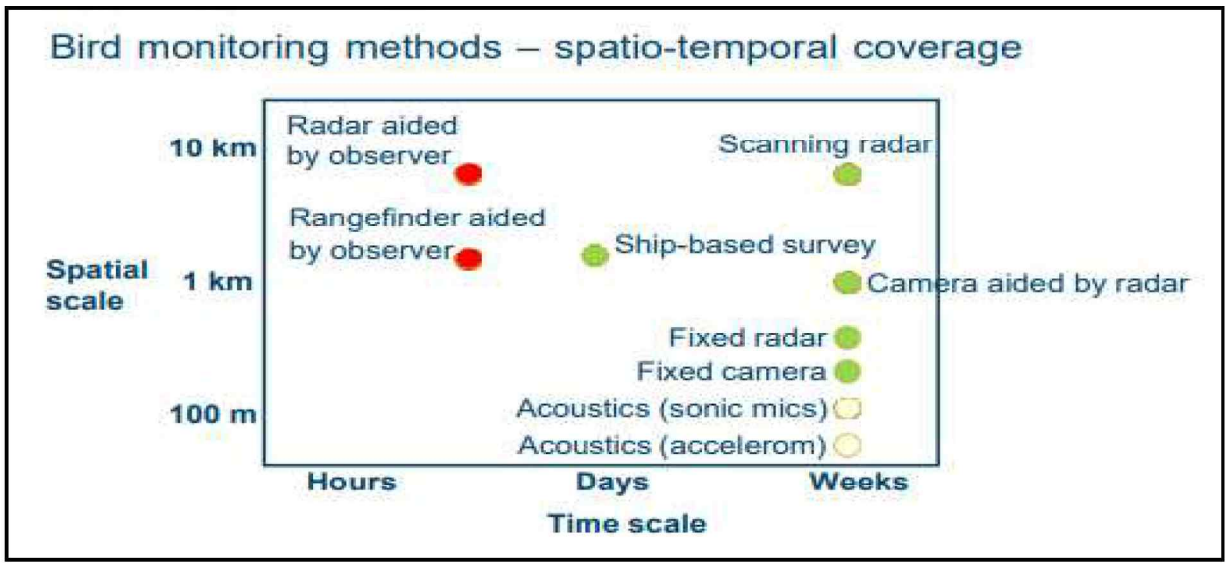
○ 기존 조류 충돌에 대한 의견으로 항공기 조류충돌 평가를 제시하였으나 유동성이 있는 항공기와 맞지 않는 방법으로 판단되어 조류충돌 저감방안을 제시하였음.

(1) MUSE시스템의 구성

○ 상기 시스템 적용시 조류 모니터링 및 조류 대응시설을 통해 안마해상풍력에서 여러 요구되는 규정의 준수가 가능할 것이라도 예상됨. MUSE 시스템은 해상풍력발전단지와 통합된 시스템으로서 관리 및 조류의 이동을 탐지하는 레이더,이동하는 물체를 촬영하는 7개의 원거리카메라로 구성되며 MUSE 시스템은 AI를 활용하여 대상지역을 이동하는 조류의 자동감지 및 기록, 원격제어, 그리고 발전시스템과의 전체적인 통합이 가능하며, 모니터링 후 권장시스템을 사용할 경우 안마해상풍력단지에서 보건, 안전 및 환경 관련 리스크 해결이 가능할 것으로 기대할 수 있음.

○ 이러한 이유로 MUSE 시스템은 다중 센서 시스템을 활용하여 규정 준수하는 모니터링 접근 방식을 확보할 계획임. 또한 여러 요구 사항을 준수하기 위해 주변 터빈들 주위의 Macro, Meso 및 Micro 스케일에서 새를 모니터링하고, 전체 풍력 발전 단지에서 종 수준에서 충돌 위험을 평가하고 완화할 수 있는 시스템을 제공할 계획임. MUSE 시스템은 해상 조건, 자동 탐지 및 기록, 원격 제어 및 발전 단지

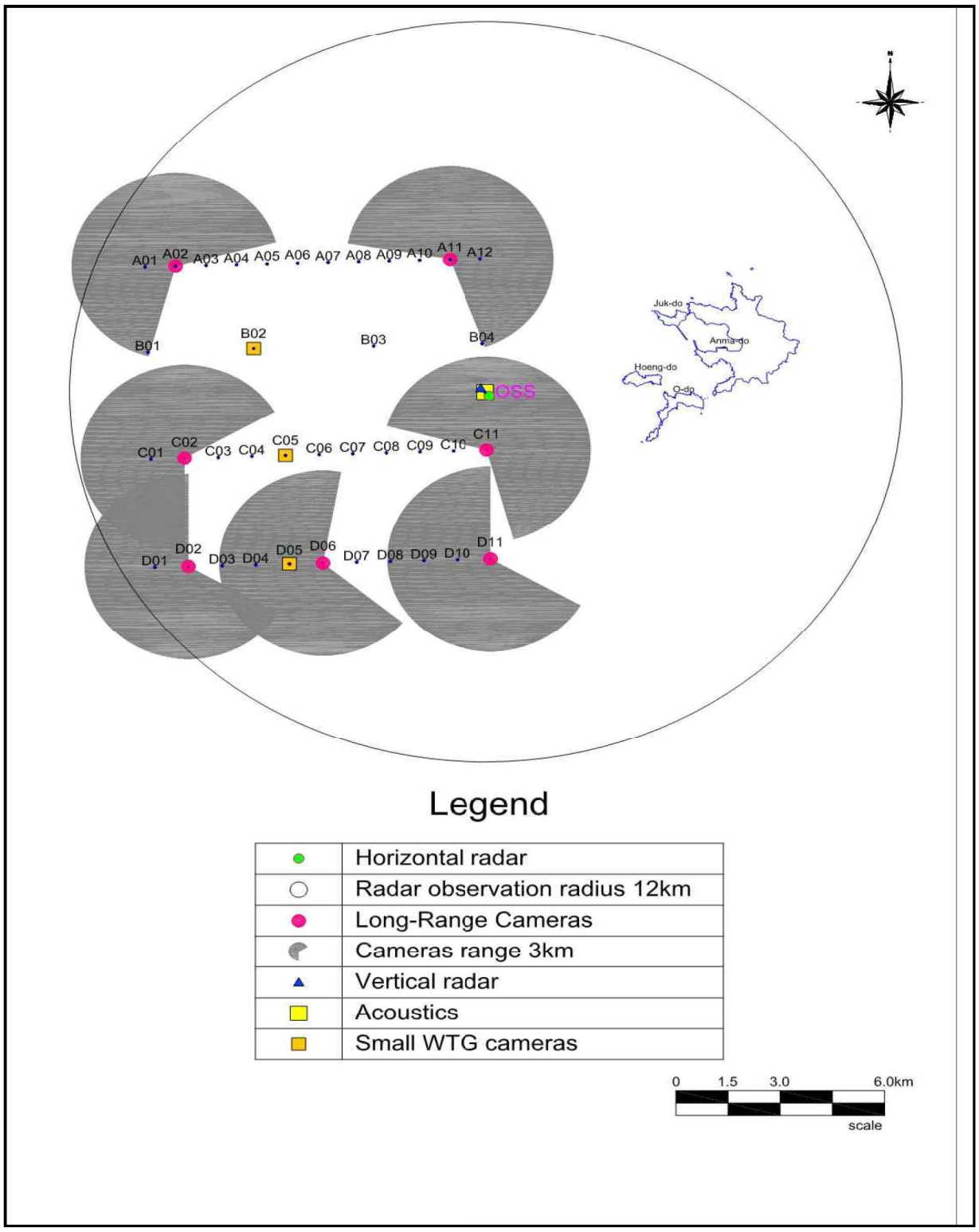
시스템과의 완전한 통합이 가능하도록 설계됨. 안마 해상 풍력 발전 단지에 계획된 MUSE 시스템은 OSS 플랫폼의 통신 탑에 설치된 Scanter-5000 고성능 수평 레이더, 이와 연결된 일곱 개의 장거리 주간PTZ 카메라 및 고정 카메라와 연결된 방지 시스템으로 구성됨. 필요에 따라OSS에 수직 레이더와 음향 데이터 수집 센서를 설치할 수 있으며, 낮은 조도의 카메라 설치 및 운용도 가능함.



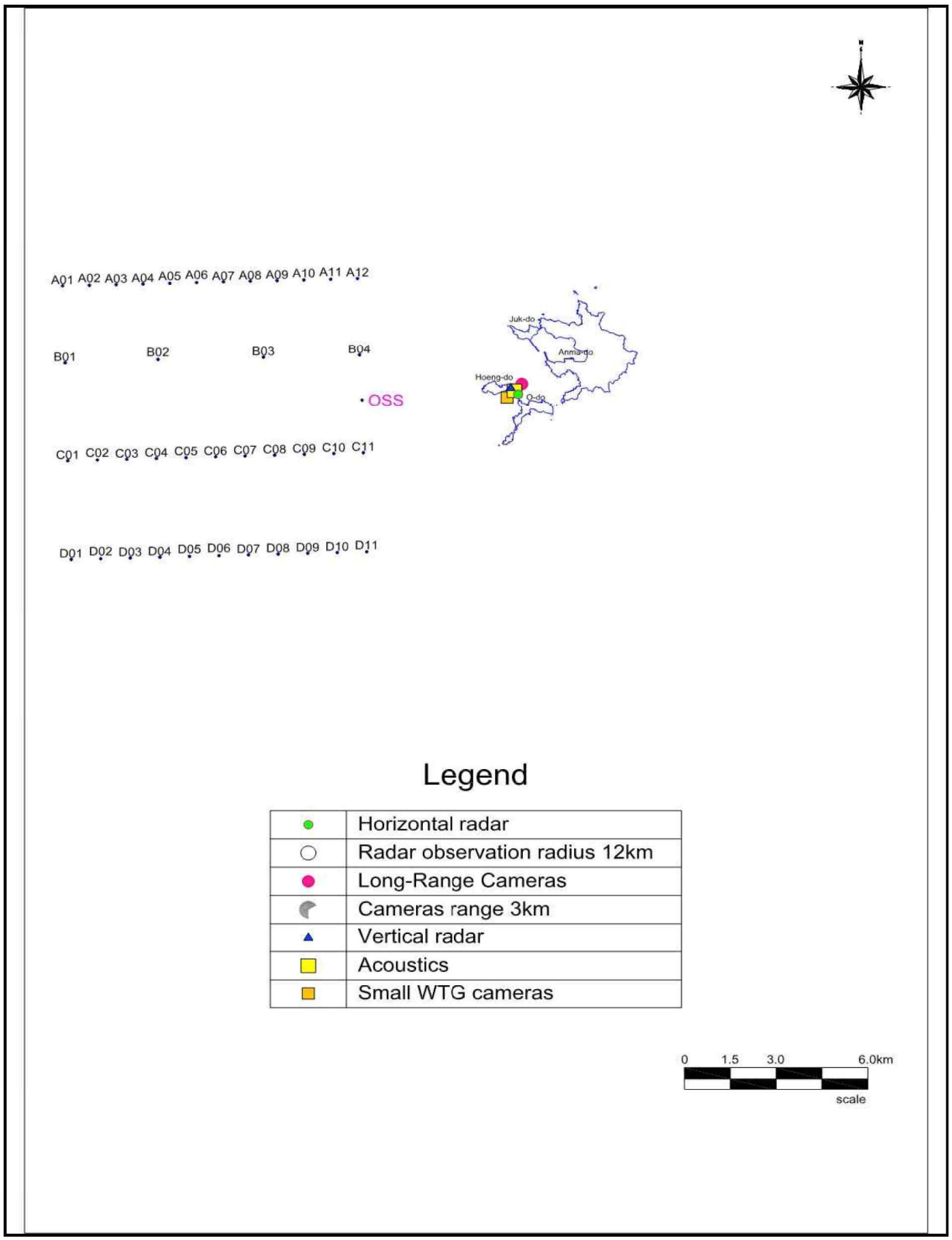
○ 상기 그림은 조류 탐지 센서의 최신 기술 개요 및 센서의 품질과 공간-시간적 범위를 보여주며, 이를 통해 레이더와 장거리 카메라의 조합은 해상풍력 발전단지에 있어서 매우 효과적임을 알 수 있음.

○ 안마해상풍력에서는 MUSE 시스템을 활용하여 조류 모니터링 및 충돌 방지를 수행할 예정임. MUSE 시스템은 해상 환경에 적합한 다중 센서 솔루션으로, 매크로부터 마이크로까지 다양한 스케일에서 새를 감지하고 충돌 위험을 평가하며, 해상 조건에 특화된 설계와 자동화 기능을 제공함.

○ 또한, 해상풍력 장비와 조류의 충돌을 방지하는 Deterrence 장비로 UV Light, Acoustic 등이 석설하게 설치될경우, 안마 해상풍력단시 인근을 시나는 철새들의 크기와 종류를 고려하여 Deterrence 장비 주간 운영이 가능할 것으로 예상되고 이 장비들의 효과적인 계획 수립·배치·운용을 위해서는 해당지역을 통과하는 조류에 대해서 MUSE를 이용하여 충분한 기간의 사전 모니터링이 필요함.



<그림 3.7 - 1> 안마 해상 풍력 조류 대응 시설 장비 배치도



<그림 3.7 - 2> 안마 해상 풍력 모니터링 장비 배치도

(2) Components of MUSE system

○ 안마해상풍력을 위한 장비 구성은 다음과 같음.

센서	설치위치 및 수량	기능	참고사항
2-D TERMA SCANTER-5000 radar for MUSE	OSS에 설치	레이더가 커버할 수 있는 범위 내에서 실시간 조류 비행 궤적을 제공하여 카메라와의 삼각 측량을 통해 3D 비행 궤적을 제공 가능	조류 감시 레이더. 송수신기와 RCU는 마이크로 셸터 또는 내부에 설치해야 합니다
Long-range daylight pan-tilt camera (DATCON Sensor A1000 for MUSE)	7대의 카메라로 각 WTG에 설치	강력한 줌 기능을 갖춘 7개의 장거리 주간용 카메라를 통해 최소 3km 거리에서 목표 조류 종에 대한 추적 데이터를 얻을 수 있습니다. 이 카메라는 머신러닝 종 인식 소프트웨어를 사용하여 추적 정보를 제공	상황에 따라 추가 카메라 설치 가능
Acoustic deterrent system	추후 모니터링 결과에 따른 설치 계획 수립		필요에 따라 소형 카메라와 결합하여 WTG 에 설치
(선택사항) Fixedverticalradar FAR-2880/BB for MUSE	OSS 에 설치	풍력 발전 단지에서 날아다니는 조류의 유속과 비행 높이, 조류의 크기 등급등을 제공	조류 모니터링 데이터
(선택사항) Fixedsmalllow-lightcamerawithIR-illuminatorfor MUSE AXIS Q1798-LE camera AXIS T90D40 IR illuminator for MUSE	모니터링 결과에 따라 필요에 따라 안마해상풍력 발전단지 내부의 WTG 에 설치	WTG TP의 펜스에 고정되어 로터 쪽으로 향하는 소형 카메라는 로터 스윕 구역을 가로지르는 새를 감지하고 비디오로 녹화합니다. 사후 처리를 통해 대량 이동 이벤트 중 종 식별 및 로터 블레이드와 조류의 충돌 감지가 가능	열화상 및 야간 투시 카메라
(선택사항) WildlifeAcousticsSM4(acousticsensor)	OSS 에 설치	이동하는 새들의 울음소리 음향 녹음	Sonic microphone

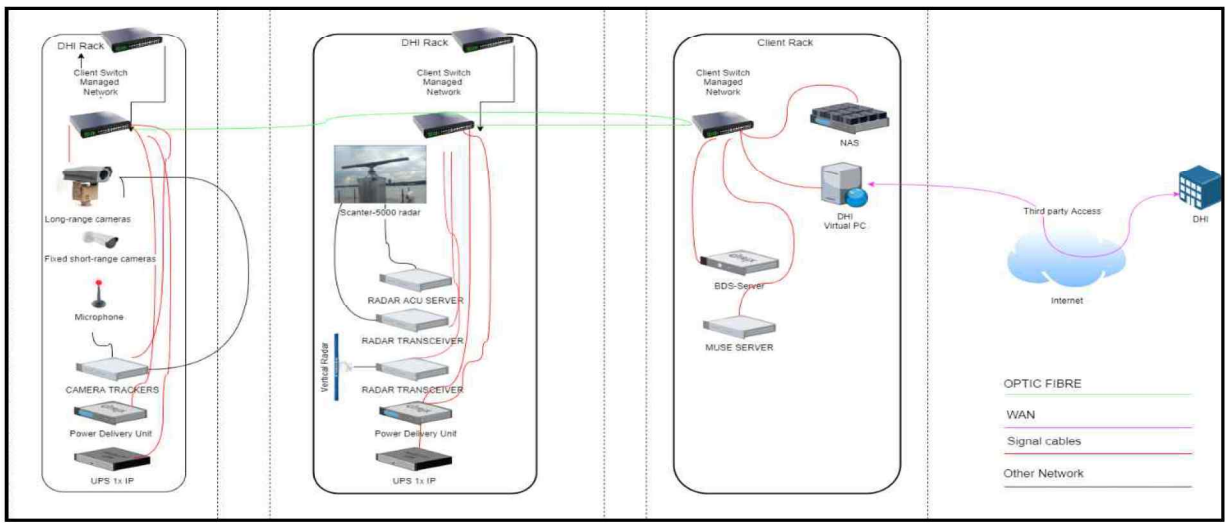
○ 레이더는 조류의 이동을 모니터링하기 위해 필수적인 기술로, 넓은 지역을 커버하며 이주 강도와 비행 경로에 대한 데이터를 제공함. 날씨의 영향을 적게 받는 상기 레이더는 해양 환경에서의 레이더 추적을위해 가장 높은 신호 대 비율을 제공함. 디지털 카메라는 해상 풍력 발전소에서의 새 후속 구축 모니터링에 점점 더 많이 사용되고 있음.

○ MUSE는 레이더 외에도 장거리 카메라를 사용하여 조류의 종을 식별함. 안마해상풍력에 적용될 MUSE 시스템은 MUSE 다중 센서 시스템과 통합되어 효과적으로 사

용됨. 음향, UV 등을 활용한 시스템은 MUSE를 통해 해상풍력 단지로 이동하는 조류를 실시간으로 감지하고 충돌 위험 지역에서 경고 및 조류에게 불쾌한 소리를 내어 충돌을 완화함.

(3) Software Architecture

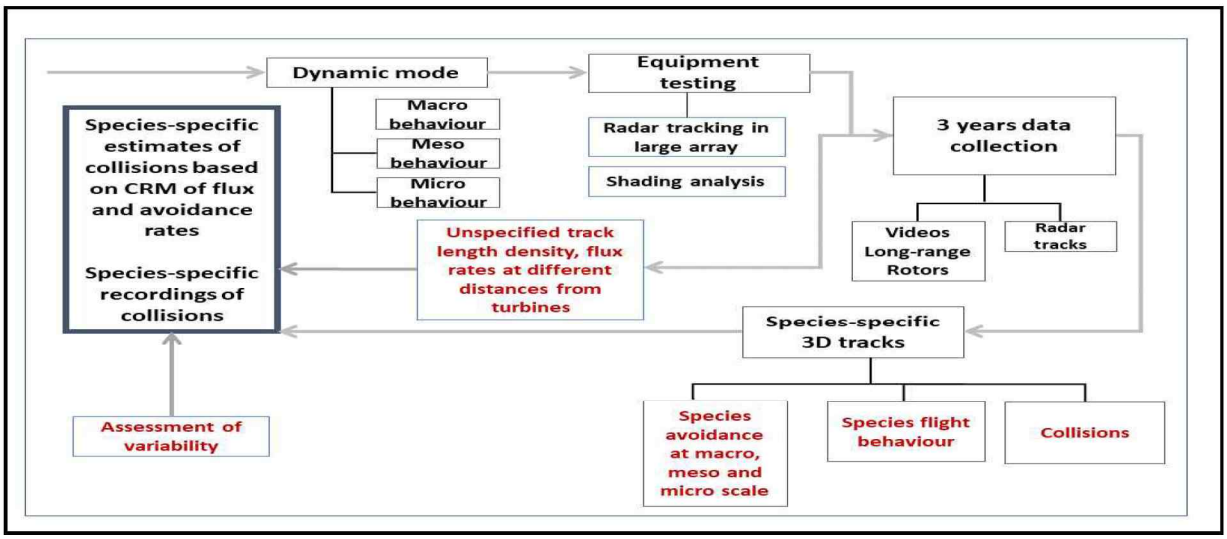
○ 안마해상풍력단지에 적용을 계획하는 MUSE시스템은 레이더와 카메라에 대한 실시간 액세스 및 모든 센서의 기록데이터에 대한 통계를 제공하는 내부 인터페이스를 제공함. ㈜오셔닉은 사업주와 함께 장비의 최종위치 및 케이블 경로를 결정하고 센서 및 IT 인프라설치 요구사항을 확인할 것임. 풍력발전소에서의 MUSE IT 인프라 예시는 아래의 표에 제시되어 있으며 IT 네트워크 장비의 설치 위치는 조류 모니터링 측정 캠페인 1년 후에 결정될 계획임.



<그림 3.7 - 3> MUSE 시스템 및 Software architecture 구성의 예시

○ MUSE시스템은 조류의 접근을 탐지하는 레이더와 조류의 종류를 인식하는 인공지능(AI) 기술을 결합하여 조류와 WTG의 충돌위험을 조기에 인지하고 해당정보를 안마해상풍력에 제공함. 이런 기능을 위해서 MUSE시스템은 WTG의 조류충돌 방지장비와 연결되어 있으며, 필요시 장비운용을 통해 별도의 추가 설치없이 궁극적인 대응이 가능함. MUSE시스템은 조류 종류를 식별하기 위한 인공지능에 대한 자료구성 및 사전 교육이 필요하며, 이를 위한 사전모니터링시스템 및 인프라 구성계획 이후에 설치됨. 아래의 그림은 MUSE시스템에서 사용되는 분석 프레임워크에 대한 개요의 예시를 보여주며, 이 프레임워크는 MUSE소프트웨어를 기반으로 안마해상풍력단지에서 비행하는 조류의 행동을 설명하기 위해 다양한 분석프로세스를

자동화하는 스크립트를 포함하고 있음. 이 분석프레임워크를 통해 DHI는 규제 및 관련부서와 논의를 위한 타당한 자료를 제공할 수 있음.



<그림 3.7 - 4> 분석 프레임 워크의 예시

(4) Baseline Monitoring

○ 안마해상풍력에서의 효과적인 조류 대응, 계획 수립, 배치·운용을 위해서는 해당 지역을 통과하는 조류에 대하여MUSE 를 이용한 충분한 기간의 사전 모니터링이 필요할 것으로 판단되며, 육상 모니터링 단계에서는 안마 해상풍력이 계획한 횡도에Scannter-5000 레이더, Datcon-1000 PTZ 장거리 카메라 등을 설치하여 안마 해상풍력단지 인근 서식 조류, 이동 철새, 법정 보호종 등 종별 추적데이터를 일정기간 수집함으로써 해상풍력단지의 연속성 있는 운영과 해당지역 서식 및 이동 조류의 예상 경로를 식별할 수 있을 것으로 예상됨. 또한, 이 모니터링 단계를 거침으로서 AI 시스템의 종 인식 모델을 영상 데이터로 보완하고AI 모델의 한국 토종 조류 인식 기능도 강화할 계획이며, 육상 모니터링에 대한 활동은 다음과 같음.

- 전체 시스템 통합 및 조류 데이터 수집 검증
- 시스템 운영 및 데이터 이용 가능성 검증
- 로컬 및 이동성 조류 종에 대한 Scanter-5000 레이더의 추적 성능 검증
- 야간에 지나는 작은 조류의 유동을 측정하기 위한 수직 레이더 사용 검증
- 로컬 및 이동성 조류 종에 대한 Datcon-1000 PTZ 카메라의 추적 성능과 비디오 품질 검증
- 야간에 비행하는 소형 조류에 대한 음향 데이터 수집 및 검증

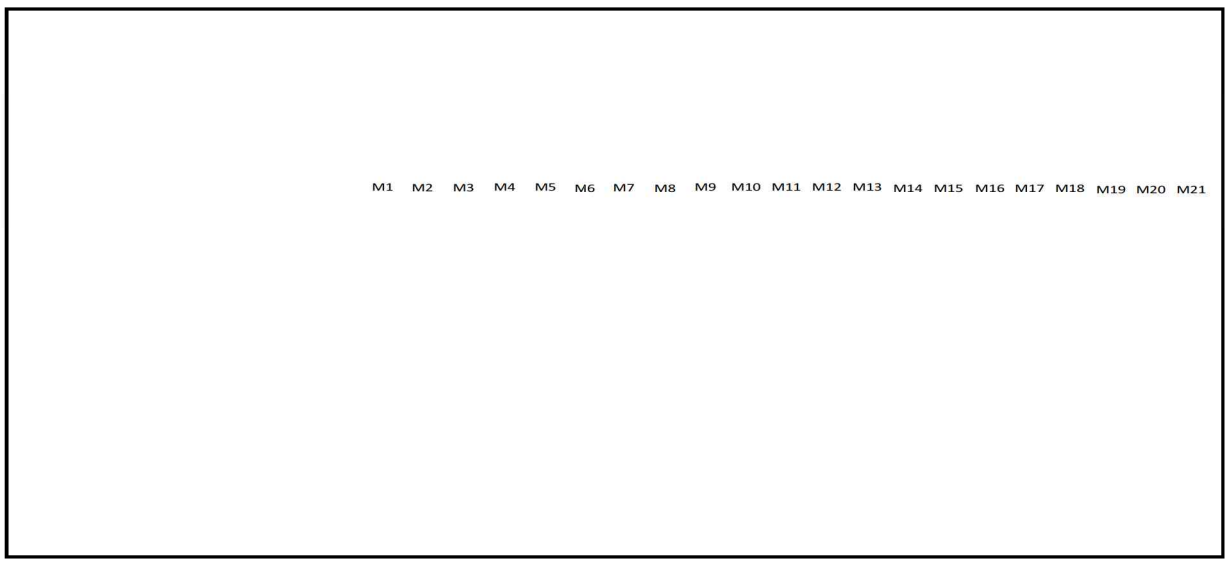
- 목표 대상 지역에서 수집한 비디오 데이터를 사용하여 AI 기반 종 인식 모델을 보강하여 한국 서식 조류 종을 인식하는 능력을 강화 및 검증

<그림 3.7 - 5> 모니터링 설치 위치도(안)

(5) Installation

○ 안마 해상풍력 발전단지에서의 안정적인 모니터링 및 조류 충돌 장비 설치를 위한 개략적인 단계 및 일정은 아래의 도표와 같으며, 안마해상풍력 단지 인근 섬인 횡도에 조류 모니터링을 위한 레이더, 카메라, 음향장치가 장착된 트레일러 등 MUSE 시스템을 설치하여 인근 서식 조류, 이동 철새, 법정 보호종 에 대해 1년간 조류의 이동방향, 행동패턴, 종 식별등을 분석하여 해상풍력단지의 연속성 있는 운

영과 해당지역 최적의 설계 및 설치 방안을 도출할 계획임. 또한 이 모니터링 단계를 거침으로서 AI 시스템의 종 인식 모델을 영상 데이터로 보완하고 AI 모델의 한국 토종 조류 인식 기능도 강화할 계획임. MUSE 시스템은 장비 수급 등을 감안할 때 약12 개월의 Lead time이 예상되며, 대상 지역에 실제 설치 전 레이더 조정 및 소프트웨어 통합 연결 등의FAT 작업이 필요함. 해상풍력단지 설치는 SCANTER-5202 레이더, 장거리 카메라7 대 와 필요시 음향 센서, 소형 WTG 카메라가 추가로 설치될 수 있음.

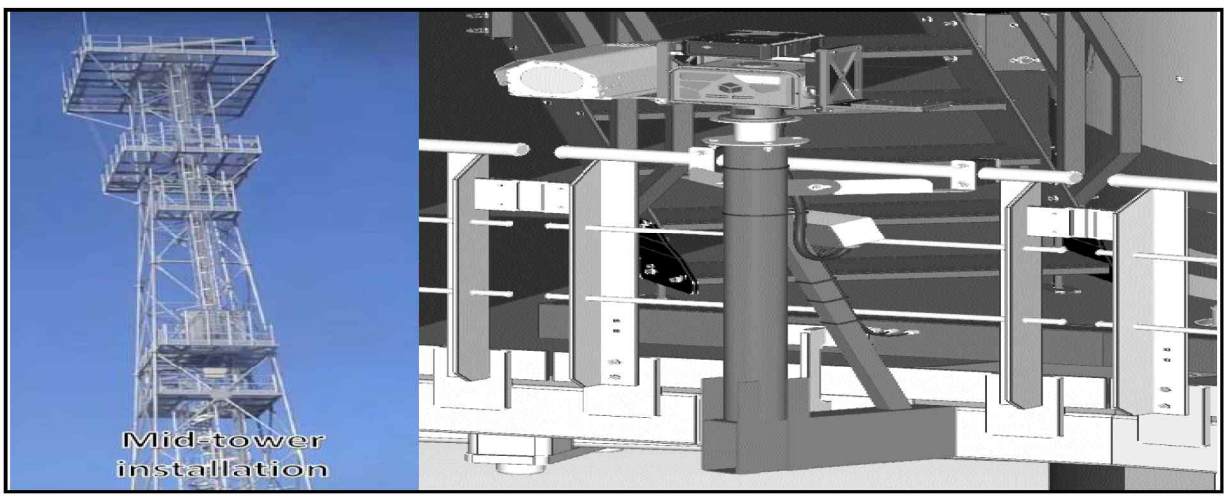


<그림 3.7 - 6> 예정공정표

○ 모니터링을 위한 횡도의 설치는 MUSE 의 트레일러 기반 솔루션을 기반으로 계획하고 있으며, 레이더, 카메라, 음향 및 MUSE 보조 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하는 것으로 계획하고 있음. 트레일러 또는 컨테이너는 컴퓨터 랙, IT, 에어컨, 기상 관측소, 히터 및 사무 공간 등을 수용할 수 있는 컨트롤 룸이 완비된 상태로 제공될 것이며, 트레일러/컨테이너 내부에서 날아다니는 새를 관측할 수 있도록 할 것임. 레이더 안테나와 카메라는 트레일러/컨테이너 상단에 설치될 것임.

<그림 3.7 - 7> 설치장비 예시도

○ 안마해상풍력단지에 제안된 조류 모니터링 시스템인 MUSE는 고성능 SCANTER-5202 레이더와 7개의 장거리 주광 카메라로 구성되어 있음. 7대의 카메라는 모두 AI 기반 비디오 추적기를 사용하여 수직 레이더, 음향 센서 및 소형 WTG 카메라도 시스템에 포함되어 있음. 모든 MUSE 처리 장치는 온도 센서 및 환기 시설 등이 통합된 캐비닛에 설치됨. 7개의 장거리 카메라와 추적기는 어레이 주변에 위치한 7개의 서로 다른 터빈에 설치될 것이고 모니터링 결과에 따라 선택적 할 수 있는 3개의 WTG 카메라 시스템은 다른 3개의 WTG에 설치될 것임. 레이더와 음향 센서는 변전소에 설치될 것임. MUSE 랙은 변전소 및 터빈 타워 내부에 설치됨.



<그림 3.7 - 8> 카메라 및 레이더 설치 예시

나. 해양생물

○ 고래류는 전 세계적으로 90여종이며, 우리나라 연안에서 주로 출현하는 고래류는 밍크고래, 향고래, 범고래, 흑범고래, 큰머리돌고래, 큰돌고래, 남방큰돌고래, 낫돌고래, 참돌고래, 까치돌고래, 상괭이 등이 있음"으로 수정함.

- 해산어류와 고래류 등을 포함하여 해양생물의 학명과 국명은 국가해양수산생물종 목록집에 따라 표기하였음.

다. 경관

○ 최초 계획된 해상풍력 발전사업에 계획된 변전소는 안마도(죽도)에 모니터링 하우스와 같이 계획을 하여 안마도와 연계하는 관광명소를 계획하여 추진할 예정이었으나, 최종 계획에서 변전소를 해상으로 계획하여 안마도에 연계하지 않는 계획을 수립하여 안마도와 연계된 관광명소를 계획하지 않는 것으로 수립됨.

○ 안마 해상풍력 발전단지는 주변 해역으로 이동하는 여객선 등을 고려하여 야간경관을 계획하려 하였으나, 중국과의 경계 및 국방시설과의 협의로 인해 어려움이 있어 추후 계획을 추진하겠음.

페이지 빈칸

제 4 장 부록

4.1 조류 조사(보완)

4.2 소음·진동 DATA

4.1 조류 조사(보완)

가. 자연생태조사업 등록현황

업체명	대표자	등록번호 및 등록사항	관할기관	연락처 전화번호
(주)미강이엔씨	정철운	제서-2-012호	한강유역환경청	031-386-9732

나. 참여자 명단

구분	성 명	직책 및 소속	자격 및 면허	비고
총괄	정철운	책임연구원	이학박사 자연생태복원기사 생물분류기사(동물,식물)	-
육상동물상 (조류)	김성철	선임연구원	이학석사 생물분류기사(동물)	-
	김도관	전문연구원	공학사 자연생태복원기사	-
	강준석	전문연구원	생물분류기사(동물)	-

■ 환경영향평가법 시행규칙[별지 제11호서식] <개정 2014.12.2.>

Page : 1/4

출력일시 : 2022-12-7 10:22

제(2)종 환경영향평가업 등록증

등록번호 제서-2-012 호 발급번호 : 20221207038189BJNK

기관(업체)명칭	(주)미강이엔씨	등록상태	영업
대표자 성명	정철운		
주사무소 소재지	(14057) 경기도 안양시 동안구 시민대로 361 1동 201호(관양동, 에이스평촌타워)		
주사무소 전화번호	031- 386-9732		
평가담당부서 소재지	(14057) 경기도 안양시 동안구 시민대로 361 , 1동 201호(관양동, 에이스평촌타워)		
평가담당부서 전화번호	031- 386-9732 (FAX) 031- 386-9736		
실험실 소재지	경기도 안양시 동안구 시민대로 361 , 1동 201호(관양동, 에이스평촌타워)		
실험실 전화번호	031 - 386 - 9732		
기 타	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.

2013년 05월 24일

(사)환 경 영 향 평 가 협 회 장

다. 출현종 목록

<표 4.1 - 1> 해상부 조류서식현황 및 군집분석표<권역별-종합>

학 명 (Scientific Name)	국 명	현지조사								생활형	비고
		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	종합	
Order Gaviformes	아비목										
Family gaviidae	아비과										
GaviapacificaLawrence	회색머리아비							○		●	Wv	
Order Podicipediformes	논병아리목										
Family podicipedidae	논병아리과										
Tachybaptusruficollis(Reichenow)	논병아리					○	○	○	5	●	Wv	
Order Procellariiforms	슴새목										
Family Procellariidae	슴새과										
Calonectrisleucomelas(Temminck)	슴새	○	○		○					●	Sv	
Order Pelecaniformes	사다새목										
Family Phalaorocoracidae	가마우지과										
Phalacrocoraxcapillatus(Temminck)	가마우지	○	○		○	○	○	○	81	●	Res	
PhalacrocoraxcarboLinnaeus	민물가마우지							○	12	●	Res	
Order Ciconiformes	황새목										
Family Ardeidae	백로과										
Ardeaalbaalba	대백로						○	○	27	●	Wv	
Ardeaalbamodesta(Gray)	중대백로	○	○	○	○	○	○		79	●	Sv	
ArdeacinereaClark	왜가리	○	○	○	○	○	○	○	80	●	Sv	
Bubulcusibis(Boddaert)	황로	○	○	○					2	●	Sv	
Butoridesstriata(Shrenck)	검은댕기해오라기	○								●	Sv	
Egrettaeulophotes(Swinhoe)	노랑부리백로	○	○	○	○					●	Sv	천,멸I
Egrettagarzetta(Linnaeus)	쇠백로	○	○	○	○	○	○			●	Sv	
Egrettaintermedia(Linnaeus)	중백로	○	○	○		○				●	Sv	
Family Threskiornithidae	저어새과										
PlatalealeucorodiaLinnaeus	노랑부리저어새						○	○		●	Wv	천,멸II
PlataleaminorTemmincketSchlegel	저어새	○	○	○	○	○	○		44	●	Sv	천,멸I
Order Anseriformes	기러기목										
Family Anatidae	오리과										
Aixgalericulata(Linnaeus)	원앙				○	○				●	Res	천
AnasacutaLinnaeus	고방오리							○		●	Wv	
AnasclypeataLinnaeus	넓적부리							○		●	Wv	
AnascreccacreccaLinnaeus	쇠오리					○	○	○		●	Wv	
AnasfalcataGeorgi	청머리오리					○	○	○		●	Wv	
AnasplatyrhynchosLinnaeus	청둥오리				○	○	○	○	99	●	Wv	
AnaspoecilorhynchaSwinhoe	흰뺨검둥오리	○	○		○	○	○	○	53	●	Res	
AnasquerquedulaLinnaeus	발구지		○							●	Wv	
AnasstreperaLinnaeus	알락오리					○		○	12	●	Wv	
Anserfabalisserrirostris(Latham)	큰기러기				○	○				●	Wv	멸II
Aythyaferina(Linnaeus)	흰죽지				○	○		○		●	Wv	
Aythyafuligula(Linnaeus)	댕기흰죽지				○	○				●	Wv	
MergusmerganserLinnaeus	비오리						○	○		●	Wv	
Tadornatadorna	혹부리오리							○		●	Wv	
Family Hydrobatidae	바다제비과										
Oceanodromamonorhis(Swinhoe)	바다제비	○								●	Sv	
Order Falconiformes	매목										
Family Accipitridae	수리과										
Accipiternisus(Tickell)	새매					○	○			●	Res	천,멸II

학 명 (Scientific Name)	국 명	현지조사									생활형	비고
		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	종합		
Accipitersoloensis(Horsfield)	붉은배새매	○								●	Sv	천,멸II
Buteobuteo(Temminck&Schlegel)	말똥가리				○	○	○	○		●	Wv	
Pandionhaliaetus(Linnaeus)	물수리				○		○			●	Pm	멸II
Family Falconidae	매과											
FalcoamurensisLinnaeus	비둘기조롱이					○				●	Pm	
FalcoperegrinusGmelin	매	○	○	○	○	○	○			●	Res	천,멸I
FalcosubbuteoLinnaeus	새호리기	○					○			●	Sv	멸II
FalcotinnunculusHorsfield	황조롱이	○	○	○	○	○	○	○		●	Res	천
Order Galliformes	닭목											
Family Phasianidae	꿩과											
PhasianuscolchicusButurlin	꿩	○	○	○	○	○	○	○	8	●	Res	
Order Gruiformes	두루미목											
Family Rallidae	뜸부기과											
FulicaatraLinnaeus	물닭						○	○		●	Wv	
Order Charadriiformes	도요목											
Family Haematopodidae	검은머리물떼새과											
HaematopusostralegusSwinhoe	검은머리물떼새	○		○				○	7	●	Res	천,멸II
Family Recurbirostridae	장다리물떼새과											
Himantopushimantopus(Linnaeus)	장다리물떼새		○						2	●	Sv	
Family Charadriidae	물떼새과											
CharadriusalexandrinusLinnaeus	흰물떼새	○		○	○	○	○			●	Res	
CharadriusmongolusPortenko	왕눈물떼새		○	○	○	○				●	Pm	
Charadrius dubius	꼬마물떼새								5	●	Sv	
Pluvialissquatarola(Linnaeus)	개꿩	○	○	○	○	○				●	Pm	
Family Scolopacidae	도요과											
ActitishypoleucosLinnaeus	깝작도요	○	○	○	○					●	Pm	
Arenariainterpres(Linnaeus)	꼬까도요				○		○			●	Pm	
Calidrisalba(Pallas)	세가락도요		○	○			○			●	Pm	
Calidrisalpina(Viellot)	민물도요		○	○	○	○	○			●	Wv	
Calidriscanutus(Mathews)	붉은가슴도요		○	○						●	Pm	
Calidrisruficollis(Pallas)	좀도요		○	○	○	○	○			●	Pm	
Calidristenuirostris(Horsfield)	붉은어깨도요		○	○	○	○				●	Pm	멸II
Calidris acuminata	메추라기도요								11	●	Pm	
Gallinagogallinago(Linnaeus)	꺅도요			○						●	Pm	
Heteroscelusbrevipes(Bieillot)	노랑발도요	○	○							●	Pm	
LimicolafalcinellusDresser	송곳부리도요			○	○					●	Pm	
LimosalapponicaNaumann	큰뒷부리도요	○		○	○	○				●	Pm	
LimosalimosaGould	흑꼬리도요			○	○		○			●	Pm	
NumeniusarquataBrehm	마도요	○	○	○	○	○	○	○		●	Wv	
Numeniusmadagascariensis(Linnaeus)	알락꼬리마도요		○		○	○				●	Pm	멸II
Numeniusphaeopus(Scopoli)	중부리도요	○	○	○	○	○			2	●	Pm	
Tringaerythropus(Pallas)	학도요	○	○	○			○			●	Pm	
Tringanebularia(Gunnerus)	청다리도요	○	○	○	○	○	○		8	●	Pm	
TringaochropusLinnaeus	삑삑도요		○	○	○			○		●	Wv	
Tringastagnatilis(Bechstein)	쇠청다리도요			○		○				●	Pm	
Tringatotanus(Oberholser)	붉은발도요	○	○	○						●	Pm	
Xenuscinereus(Guldenstadt)	뒷부리도요	○	○	○	○	○				●	Pm	
Family Laridae	갈매기과											
LarusargentatusvegaePlamen	재갈매기	○	○	○	○	○	○	○	123	●	Wv	
Laruscachinnansmongolicus	한국재갈매기					○	○	○		●	Wv	

학 명 (Scientific Name)	국 명	현지조사									생활형	비고
		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	종합		
LaruscrassirostrisVieillot	괭이갈매기	○	○	○	○	○	○	○	1385	●	Res	
Larushcuglini	줄무늬노랑발갈매기				○	○	○	○	35	●	Wv	
Larussaundersi(Swinhoe)	검은머리갈매기		○							●	Wv	멸II
LarusschistisagusStejneger	큰재갈매기						○			●	Wv	
Family Alcidae	바다오리과											
Synthliboramphusantiquus(Gmelin)	바다쇠오리						○			●	Res	
Order Columbiformes	비둘기목											
Family Columbidae	비둘기과											
Streptopeliaorientalis(Layham)	멧비둘기	○	○	○	○	○	○	○	332	●	Res	
Order Cuculiformes	두견이목											
Family Cuculidae	두견이과											
CuculuscanorusHeine	뻐꾸기	○	○							●	Sv	
Order Strigiformes	올빼미목											
Family Strigidae	올빼미과											
BubobuboRreichenow	수리부엉이				○					●	Res	천,멸II
Order Coraciiformes	파랑새목											
Family coraciidae	파랑새과											
EurystomusorientalisSharpe	파랑새	○								●	Sv	
Family Alcedinidae	물총새과											
AlcedoatthisGmelin	물총새	○	○	○					2	●	Sv	
Order Piciformes	딱다구리목											
Family Picidae	딱다구리과											
Dendrocoposkizuki(Taka-Tsukasa)	쇠딱다구리	○	○	○	○	○	○			●	Res	
Dendrocoposmajor(Kuroda)	오색딱다구리	○	○	○	○	○	○	○		●	Res	
Picuscanus(Clark)	청딱다구리	○	○	○	○					●	Res	
Order Passeriformes	참새목											
Family Campephagidae	할미새사촌과											
Pericrocotusdivaricatus(Raffles)	할미새사촌						○			●	Pm	
Family Laniidae	때까치과											
LaniusbucephalusTemminck&Schlegel	때까치	○	○	○	○	○	○	○	3	●	Res	
LaniuscristatuslucionensisLinnaeus	노랑때까치		○							●	Sv	
LaniustigrinusDrapiez	칡때까치	○	○							●	Pm	
Family Oriolidae	꾀꼬리과											
OrioluschinensisSharpe	꾀꼬리	○								●	Sv	
Family corvidae	까마귀과											
Corvus corone	까마귀					○	○		29	●	Res	
CorvusfrugilegusGould	떼까마귀					○	○	○		●	Wv	
CorvusmacrorhynchosButurlim	큰부리까마귀	○	○	○	○		○		13	●	Res	
CyanopicacyanusYamashina	물까치	○	○	○	○	○	○	○	7	●	Res	
GarrulusglandariusEversman	어치	○	○		○		○			●	Res	
PicapicaGould	까치	○	○	○	○	○	○	○	187	●	Res	
Family Paridae	박새과											

학 명 (Scientific Name)	국 명	현지조사									생활형	비고
		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	종합		
Parusater(Buturlin)	진박새							○	3	●	Res	
ParusmajorTemminck&Schlegel	박새	○	○	○	○	○	○	○	76	●	Rcs	
Paruspalustris(Bianchi)	쇠박새				○	○	○	○	6	●	Res	
ParusvariusTemminck&Schlegel	곤줄박이	○	○	○	○	○	○	○	3	●	Res	
Parusvenustulus	노랑배진박새				○	○				●	Vag	
Family Hirundinidae	제비과											
HirundorusticagutturalisScopoli	제비	○	○	○	○				35	●	Sv	
Family Aegithalidae	오목눈이과											
Aegithaloscaudatusmagnus(Clark)	오목눈이	○	○	○	○	○	○	○	8	●	Res	
Family Cisticolidae	개개비사촌과											
Cisticolajuncidis(Temminck&Schlegel)	개개비사촌	○	○							●	Sv	
Family Pycnonotidae	직박구리과											
MicroscelisamaurotisStejneger	직박구리	○	○	○	○	○	○	○	143	●	Res	
Pycnonotussinensis	검은이마직박구리	○	○	○	○	○	○	○		●	Vag	
Family Sylviidae	휘파람새과											
Cettiadiphonecantans	섬휘파람새	○	○	○	○	○	○		15	●	Res	
AcrocephalusbistrigicepsSwinhoe	쇠개개비		○							●	Pm	
Acrocephalusorientalis(Temminck&Schlegel)	개개비		○	○						●	Sv	
Phylloscopusborealisxanthodryas	솔새			○						●	Pm	
Phylloscopusfuscatus	솔새사촌			○	○					●	Pm	
Phylloscopusinornatus(Blyth)	노랑눈썹솔새		○	○		○				●	Pm	
Family Timaliidae	붉은머리오목눈이과											
Paradoxorniswebbianus(Campbell)	붉은머리오목눈이	○	○	○	○	○	○	○	168	●	Res	
Family Zosteropidae	동박새과											
ZosteropsjaponicusTemminck&Schlege	동박새	○	○	○	○	○	○		2	●	Res	
Family Sturnidae	찌르레기과											
SturnuscineraceusTemminck	찌르레기	○		○		○	○		32	●	Sv	
Family Turdidae	지빠귀과											
TurduseunomusTemminck	개똥지빠귀			○				○	15	●	Wv	
TurdusnaumanniTemminck	노랑지빠귀			○						●	Wv	
TurduspallidusGmelin	흰배지빠귀	○	○	○	○	○	○	○	5	●	Sv	
ZootheraaureaHolandre	호랑지빠귀	○	○							●	Sv	
Family Muscicapidae	딱새과											
Monticolasolitariusphilippensis(Muller)	바다직박구리	○	○	○	○	○	○	○	6	●	Res	
MuscicapadauuricaRaffles	쇠솔딱새		○							●	Pm	
Muscicapagriseisticta(Swinhoe)	제비딱새		○							●	Pm	
Phoenicurusauroreus(Pallas)	딱새	○	○	○	○	○	○	○	29	●	Res	
Saxicolatorquatus(Parrot)	검은딱새		○	○	○	○	○		15	●	Pm	
Family Passeridae	참새과											
PassermontanusDomaniewski	참새	○	○	○	○	○	○	○	262	●	Res	
Family Motacllidae	할미새과											

학 명 (Scientific Name)	국 명	현지조사									생활형	비고
		1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	종합		
AnthushodgsoniRichmond	힝둥새				○	○	○		57	●	Pm	
AnthusrubescensTemminck&Schlegel	밭종다리				○					●	Wv	
Anthus richardi	큰밭종다리								5	●		
MotacillaalbaleucopsisGould	알락할미새	○	○	○	○	○		○	5	●	Sv	
Motacillacinerea(Brehm)	노랑할미새	○	○	○	○				2	●	Sv	
MotacillalugensGloger	백할미새				○	○	○	○		●	Wv	
Family Fringillidae	되새과											
Carduelissinica(Hartert)	방울새	○		○	○	○	○	○	73	●	Res	
Carduelisspinus(Linnaeus)	검은머리방울새					○	○	○	62	●	Wv	
EophonamigratoriaHartert	밀화부리		○	○					32	●	Sv	
FringillamontifringillaLinnaeus	되새					○	○		32	●	Wv	
LoxiacurvirostraRidgway	솔잣새						○			●	Wv	
Family Emberizidae	멧새과											
EmberizachrysophrysPallas	노랑눈썹멧새				○	○			29	●	Pm	
EmberizacioidesMoore	멧새	○	○		○	○	○	○		●	Res	
EmberizaelegansTemminck	노랑턱멧새	○	○	○	○	○	○	○		●	Res	
EmberizapusillaPallas	쇠붉은뺨멧새				○	○			45	●	Pm	
EmberizarusticalatifasciaPortenko	쑥새										Wv	
EmberizarutilaPallas	꼬까참새					○				●	Pm	
EmberizaspodocephalaTemminck	촉새			○	○	○	○		47	●	Pm	
출현종수		66	74	70	76	75	70	54	56	141		

주) 1. Res : 텃새, Wv : 겨울철새, Sv : 여름철새, PM : 나그네새, Vag : 길잃은새
2. 천 : 천연기념물, 멸 Ⅰ · Ⅱ : 멸종위기 야생생물 Ⅰ · Ⅱ급

라. 현지조사표

육상부 3차 (23.02월)

포유류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경현 조사		
조사일시	2023 년 2 월 27,28 일 월,화 요일 (시간) 15 시 30 분~18 시 30 분(총)		
조사번호	총 ____지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성)	조사자 :	김 도 린 (서명) 김 성 철
조사위치	(주소 또는 GPS) 3지점 인데		

No.	종명	흔적구분	특징
1	고 양 이	V	
2	고 라 니	D.F	
3	삵	D	
4	수 달	D.F	
5	멧 돼 지	D.F	
6	개	V	야생화
7	너 구 리	D	
8	두 더 지	T(터널)	
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

삵 배설물 3지점: N35°14'56.13" E126°21'59.84" N35°14'29.18" E126°19'32.22"
삵 배설물 3지점: N35°14'55.61" E126°20'35.42" N35°15'19.32" E126°22'57.18"

특이사항: 수달 흔적: 배설물 3지점: N35°15'14.12", E126°19'52.04"
N35°15'16.91", E126°20'17.60"

주) (흔적구분) F: 족흔, D: 배설물, V: 직접 관찰, N: 둥지, T: 터널, E: 기타

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

육상부 3차 (23.02월)

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 불합천 조사
조사일시	2023년 2 월 27/28 일 월/화 요일 (시간) 16 시 00/39 분~18/12 시 30/00 분(총)
조사번호	총 ____지점 중 ____번째 지점 (특수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 길 도 안 김 세 천 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) 조사지역 일대

No.	종명	개체수		종명	개체수	
1	흰뺨검둥오리	卌 卌 卌 卌 |	21	딱새	||||	4
2	청둥오리	卌 卌 卌 ||	17	말똥가리	卌 |	6
3	쇠오리	卌 |||	8	새매*	|	1
4	호방오리	卌 卌 |||	13	백백도요	|||	3
5	흑부리오리	卌 卌 卌 |	16	길	||	2
6	큰기러기*	卌 卌 卌 卌 |||	23	오색딱다구리	|	1
7	쇠기러기	卌 卌 卌 卌 卌 +25	50	청딱다구리	|	1
8	직박구리	卌 卌 卌 卌 |	21	붉은머리오목눈이	卌 卌 +75	85
9	바다직박구리	|||	3	큰부리까마귀	卌 卌 |	11
10	알락할미새	||	2	까치	卌 卌 卌 ||||	19
11	개똥지빠귀	卌 卌 ||||	14	어치	|||	3
12	괴가리	卌 ||||	9	때까치	卌	5
13	쇠백로	|	1	밋비둘기	卌 卌 卌 卌 +10	30
14	대백로	卌 卌 卌	15	민물가마우리	卌 卌 |||	13
15	노랑부리저어새*	|||	3	논병아리	|||	3
16	재갈매기	卌 卌 卌 卌 +20	40	찌르레기	卌 卌 卌 ||	17
17	괭이갈매기	卌 卌 卌 +15	30	방울새	卌 ||	7
18	참새	卌 卌 卌 卌 +60	80	박새	卌 ||||	9
19	멧새	||	2	쇠박새	卌 卌 |||	13
20	노랑턱멧새	卌 卌 ||	12			

특이사항: 큰기러기 출현좌표 : N35°15'11.82" E126°21'16.60"
노랑부리저어새 출현좌표 : N35°14'33.39", E126°19'34.40"
새매 출현좌표 : N35°15'4.90", E126°20'34.67"

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 17일 월 요일 (시간) 11시 45분~ 2시 30분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 길 도관
조사위치	(주소 또는 GPS) St.1

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	괭이갈매기	43		
2	황로	1		
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상 풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	20 년 월 일 요일 (시간) 시 분~ 시 분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 길 도관
조사위치	(주소 또는 GPS) St.2

No.	종명	개체수	종명	개체수
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 17일 월요일 (시간) 7시 55분~ 9시 25분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 강준석
조사위치	(주소 또는 GPS) St.3

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	괭이갈매기	34		
2	까마귀	2		
3	바다직박구리	4		
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 19일 수 요일 (시간) 10시 5분~ 12시00분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 강준석 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) St.4

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	곤줄박이	3	노랑턱멧새	21
2	왜가리	17	대백로	5
3	중대백로	13	까마귀	5
4	청다리도요	8	쥐동새	13
5	멧비둘기	32	재갈매기	34
6	까치	24	찌르레기	6
7	참새	65	물까치	7
8	붉은머리오목눈이	43		
9	까마귀	9		
10	괭이갈매기	78		
11	쥐	2		
12	청둥오리	8		
13	딱새	4		
14	진박새	3		
15	쇠박새	6		
16	박새	12		
17	오목눈이	8		
18	직박구리	14		
19	방울새	11		
20	검은머리 방울새	9		

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 19일 수요일 (시간) 12시00분~16시20분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 강준석 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) St. 5

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	참새	68	민물가마우지	12
2	줄무늬노랑발갈매기	12	대백로	13
3	중부리도요	2	청동오리	45
4	저어새	42	흰뺨검둥오리	53
5	메추라기도요	11	알락오리	12
6	꼬마물떼새	5	제갈매기	89
7	까마귀	13	물총새	2
8	검은머리물떼새	3	방울새	13
9	박새	15	검은머리방울새	9
10	괭이갈매기	653	알락할미새	2
11	까치	76	직박구리	55
12	멧비둘기	146	찌르레기	8
13	왜가리	42	장다리물떼새	2
14	중대백로	47		
15	큰부리까마귀	13		
16	붉은머리오목눈이	83		
17	딱새	9		
18	개동지빠귀	7		
19	제비	12		
20	가마우지	35		

특이사항: 저어새 N(35° 14′ 54.34″) E(126° 19′ 35.23″)
N(35° 15′ 07.70″) E(126° 19′ 30.44″)
검은머리물떼새 N(35° 15′ 33.47″) E(126° 19′ 26.93″

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 17일 화요일 (시간) 10시00분~16시00분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 강준석 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) St. 6

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	검은머리물떼새	4	힝둥새	12
2	괭이갈매기	486	쇠붉은뺨멧새	13
3	꿩	2	찌르레기	9
4	저어새	2	직박구리	35
5	줄무늬노랑발갈매기	23	논병아리	5
6	중대백로	16	때까치	3
7	청동오리	46		
8	까치	65		
9	멧비둘기	154		
10	참새	72		
11	붉은머리오목눈이	42		
12	딱새	5		
13	제비	15		
14	알락할미새	3		
15	왜가리	21		
16	대백로	9		
17	가마우지	28		
18	방울새	24		
19	검은머리방울새	21		
20	박새	21		

특이사항: 저어새 N(35° 11′ 37.14″) E(126° 20′ 15.41″)
검은머리물떼새 N(35° 11′ 28.58″) E(126° 20′ 16.35″)

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 17일 화요일 (시간) 11시45분~3시00분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 김도관 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) St. 7

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	괭이갈매기	48		
2	바다직박구리	2		
3	쇠붉은뺨멧새	14		
4	제비	8		
5	중대백로	3		
6	촉새	13		
7	힝둥새	11		
8	노랑할미새	2		
9	참새	25		
10	밀화부리	8		
11	방울새	12		
12	까치	11		
13	황조	1		
14	섬휘파람새	7		
15	직박구리	24		
16	박새	16		
17	가마우지	13		
18	흰배지빠귀	2		
19				
20				

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

조 류

계획/사업 명칭	안마도 해상풍력 환경영향평가 광역조류집중조사
조사일시	2023년 4월 17일 월요일 (시간) 9시25분~15시20분(총)
조사번호	총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 강준석 (서명)
조사위치	(주소 또는 GPS) St. 8

No.	종명	개체수	종명	개체수
1	개동지빠귀	8	검은딱새	15
2	검은머리방울새	23	박새	12
3	괭이갈매기	43	흰배지빠귀	3
4	까마귀	5		
5	까치	11		
6	노랑턱멧새	8		
7	동박새	2		
8	되새	32		
9	딱새	11		
10	밀화부리	24		
11	방울새	13		
12	촉새	34		
13	쇠붉은뺨멧새	18		
14	찌르레기	9		
15	참새	32		
16	큰밭종다리	5		
17	힝둥새	21		
18	섬휘파람새	8		
19	꿩	4		
20	직박구리	15		

특이사항:

※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)	
조 류 계획/사업 명칭: 안마도 해상풍력 환경영향 평가 광역조류집중조사 조사일시: 20 년 월 일 요일 (시간) 시 분~ 시 분(총) 조사번호: 총 ___지점 중 ___번째 지점 (복수 이상의 구분시 작성) 조사자 : 김 도 관 (서명) 조사위치: (주소 또는 GPS) st.9 No. / 종명 / 개체수 / 종명 / 개체수 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 특이사항: ※현지조사표 작성은 현장에서 작성완료를 원칙으로 하며, 필요시 특이사항에 명기한다.	- 공 란 -

마. 출장 증빙자료

육상부 3차 : 23.02

하이패스는
빠르고 편리합니다
영수증
경기동서순환도로 남비봉팔탄영업소
TEL : 070-8031-3776

2023년02월28일 16시37분
입구영업소 : 영광
1종 13,200원 (카드)
KEC 12,400원 (카드)
공급가액 : 13,127원 부가세 : 73원
BC카드
0130-02**-****-3711
H071-7101-05575

하이패스는
빠르고 편리합니다
영수증
한국도로공사 영광영업소
TEL : 061-882-2629
사업자번호 : 129-82-00103

2023년02월27일 15시20분
입구영업소 : 군포
1종 13,200원 (카드)
KEC 13,200원 (카드)
공급가액 : 13,200원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3711
H095-9501-01132

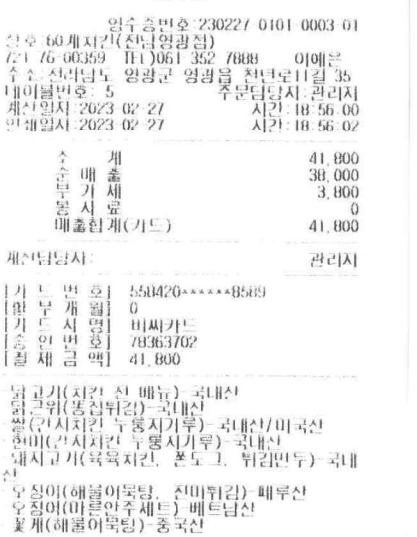
* 우리카드 승인 *
TID: 10889536-0275 [외원용]
[BCMASTER] 알부: [일시불]
5584-20**-****-8589
거래일시 23/02/27 18:49:29

금 액	72,728원
부 가 세	7,272원
합 계	80,000원

승인번호 78274058[EC]
매입사명 [001 BCESC] 비씨카드
가맹점번호 773765058
사업자번호 410-26-76804
홍은실(0613519777) 아이리스
전남 영광군 영광읍 신하리 828-9

서명

알 림 전자서명전표임
VANKEY:005804067/693790
HZ212969-0275-ZS57 [0013]



영수증

영수증번호:230227-0101-0003-01
상호:60계치킨(전남영광점)
721-76-00359 TEL)061-352-7888 이예은
주소:전라남도 영광군 영광읍 천년로11길 35
테이블번호: 5 주문담당자:관리자
계산일자:2023-02-27 시간:18:56:00
인쇄일자:2023-02-27 시간:18:56:02

소 계	41,800
순 매 출	38,000
부 가 세	3,800
봉 사 료	0
매출합계(카드)	41,800

계산담당자: 관리자

[카 드 번 호] 558420******8589
[할 부 개 월] 0
[카 드 사 명] 비씨카드
[승 인 번 호] 78363702
[결 제 금 액] 41,800

-닭고기(치킨 전 메뉴)-국내산
-닭근위(똥집튀김)-국내산
-쌀(간지치킨 누룽지가루)-국내산/미국산
-현미(간지치킨 누룽지가루)-국내산
-돼지고기(육육치킨, 폰도그, 튀김만두)-국내산
-오징어(해물어묵탕, 진미튀김)-페루산
-오징어(마른안주세트)-베트남산
-꽃게(해물어묵탕)-중국산

(주)미강이엔씨

육상부 3차 : 23.02

☆☆☆ 판매 영수증 ☆☆☆

부안(상)휴게소(대표:김진경)
사업자번호:772-85-01722 (TEL:0637767002
전라북도 부안군 주산면 서해안고속도로 10
매장그룹:식당가(무인)
거래일자:2023/02/28 13:17:21
거래번호:0009-00000108

상품명	단가	수량	금액
코바코모듬돈가스	13,000	1	13,000
돼지고기김치찌개(8500)	8,500	1	8,500

총금액 :	21,500	현금 :	0
할인액 :	0	카드 :	21,500
받을돈 :	0	기타 :	0

총구매액	면세금액	과세금액	부가세
21,500	0	19,545	1,955

(*) 표시상품은 면세상품입니다!!!

감사합니다.

****
* 카드 매출 전표 (고객용) *
****
가맹점번호:728240123
카드번호:558420**********
유효기간:**/** 할부:00개월
승인일자:230228 승인번호:74009047
매입사:비씨카드 EDC(우리신용)
거래금액:21,500원

충남 서산시 해미면 서해안고속도로 241
사업자번호: 316-85-01920
대 표 이 사 : 김 민 정
대 표 전 화 : 041-688-8814~5
(주)태경비케이 서산(하)휴게소

즐거운 여행이 되시길 바랍니다.

[등 록] 2023-02-27 12:55 POS 번호: 8804

상품코드	단 가	수량	금 액
001 어리굴젓수육정식(직영)			
*2000001004383	12,000	1	12,000
002 추억의도시락 라면정식			
*0400000380550	9,000	1	9,000

부가세 과세 물품가액	19,091
상품가격에 이미 포함된 부가세(	1,909)
합 계	21,000

상품코드 앞 * 표시가 되어 있는 품목은
부가세 과세 품목으로, 상품가격은 이미
부가세가 포함되어 있습니다.

001 비씨
회 원 번 호 : 558420**********
카 드 매 출 : 21,000
거 래 구 분 : 일시불
가 맹 점 번 호 : 748811463
승 인 번 호 : FDK 73548904

받은금액 21,000

002개 거래NO:0103 캐셔:C08804 K8804

번호 : 200

20230227880401030002 1000

(주)미강이엔씨

육상부 3차 : 23.02

CU Again

******* 최근영수증발행인쇄 *******
CU 영광백수점
사업자등록번호:7883001090
전라남도 영광군 백수읍 백수로1071
번지
김영민 TEL:

점부 빙침으로 교환/환불 시 영수증
지참하셔야 합니다.(결제카드 지참)
30일 내 구매 점포 방문
*식품선도유지상품 및 일부품목제외

40511 2023-02-27(월) POS-01

백다방황금라떼450	1	2,600
OKF)요구르트스파클링	1	2,000
총 구 매 액	2	4,600
과세물품가액		4,182
부 가 세		418
*결 제 금 액		4,600
신 용 카 드		4,600

********* 신 용 카 드 *********
카드번호: 5584-2040-****-858*
카드회사: 001 우리비씨카드
할부개월: 00 승인번호: 37066414
결제금액: 4,600

*표시 상품은 부가세 면세 품목 임.
객층:00 담당:김*태 NO:8273 15:41

92023022740511018273

CU Again

******* 최근영수증발행인쇄 *******
CU 영광백수점
사업자등록번호:7883001090
전라남도 영광군 백수읍 백수로1071
번지
김영민 TEL:

점부 빙침으로 교환/환불 시 영수증
지참하셔야 합니다.(결제카드 지참)
30일 내 구매 점포 방문
*식품선도유지상품 및 일부품목제외

40511 2023-02-28(화) POS-01

트윅스쿠키4바	1	2,000
크리스타일블랙대형3P	1	3,500
총 구 매 액	2	5,500
과세물품가액		5,000
부 가 세		500
*결 제 금 액		5,500
신 용 카 드		5,500

********* 신 용 카 드 *********
카드번호: 5584-2040-****-858*
카드회사: 001 우리비씨카드
할부개월: 00 승인번호: 43571112
결제금액: 5,500

*표시 상품은 부가세 면세 품목 임.
객층:00 담당:김*태 NO:0813 12:17

92023022840511010813

MINI STOP

서울특별시 중구 청계천로 100
시그니처타워 4층
고객콜센터 Tel.1577-9621
www.ministop.co.kr

미니스톱 영광사랑점
전라남도 영광군 영광읍
신남로162
670-01-00048 김수현
TEL:061-351-8400

2023년02월28일(화) 07:18 P:0001

티오피스윙아메리카노	1개	2,400
썬키스트허니유자280ml	1개	1,900
킨더초콜릿	1개	1,700
합계수량/금액	3개	6,000
과세매출		5,454
부가세		546
합 계		6,000
받 은 돈		6,000

[결제정보]
카 드 6,000

카드사명	비 씨
카드번호	55842040****858*
거래내용	구매
거래금액	6,000
승인번호	70534233[K]
할부개월	일시불

※결제 취소시 영수증을 꼭 지참
하시기 바랍니다.
거래번호:0968 20 1000:1111

0001202302280968

*******영수증재발행*******

(주)미강이엔씨

육상부 3차 : 23.02

서산(목포)주유소
충남 서산시 해미면 서해안고속도로 241
316-85-01901
김민정
041-688-8817

신용카드 영수증

발행일시 : 2023-02-27 13:29:24
상 품 명 : 경유(16)
단 가 : 1,599
수 량 : 43.777
공 급 가 : 63,636
부 가 세 : 6,364
합 계 : 70,000

[신용카드승인]
카드번호 : 5584-20**-****-8589
승인번호 : 74052924
할부개월 : 일시불
승인금액 : 70,000
승인일각 : 23-02-27 13:27:40
매 입 사 : 비씨(EDC)
카 드 명 : 우리카드
가맹번호 : 748811538
일련번호 : 022701893645

카드사 자동이체 전표 반드시 매입사로 제출요망
[출력일시] 2023-02-27 13:29:24

충남 서산시 해미면 서해안고속도로 241
사업자번호: 316-85-01920
대 표 이 사 : 김 민 정
대 표 전 화 : 041-688-8814~5
(주)태정비케이 서산(하)휴게소

즐거운 여행이 되시길 바랍니다.

[등 록] 2023-02-27 13:16 POS 번호: 0047

상 품 코 드	단 가	수량	금 액
001 에이원)양반 배수정과			
*8801047291251	1,900	1	1,900
002 에이원)양반 배수정과			
*8801047291251	1,900	1	1,900
003 롯데)롤음번쩍껍			
*8801062606528	6,000	1	6,000

부가세 과세 물품가액 8,909
상품가격에 이미 포함된 부가세(891)
합 계 9,800

상품코드 앞 * 표시가 되어 있는 품목은 부가세 과세 품목으로, 상품가격은 이미 부가세가 포함되어 있습니다.

001 비씨
회 원 번 호 : 558420**********
카 드 매 출 : **9,800**
거 래 구 분 : 일시불
가 맹 점 번 호 : 748811463
승 인 번 호 : FDK 73896729

받을금액 9,800

003개 거래NO:0302 캐셔:900011 수습사원

20230227004703020000980O

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

한국도로공사 청계영업소
TEL : 031-327-2139
사업자번호 : 129-82-00103

2023년04월20일 15시00분
1종 400원 (카드)
KEC 400원 (카드)
공급가액 : 400원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3711
H692-9202-11324

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

한국도로공사 서울영업소
TEL : 031-327-2124
사업자번호 : 129-82-00103

2023년04월20일 14시51분
입구영업소 : 풍세상2
1종 4,200원 (카드)
KEC 4,000원 (카드)
CNE 200원 (카드)
공급가액 : 4,182원 부가세 : 18원
BC카드
0130-02**-****-3711
H091-9102-05768

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

천안논산고속도로 풍세상영업소
TEL : 041-850-6768
사업자번호 : 312-81-27463

2023년04월20일 13시52분
입구영업소 : 남논산상
1종 4,700원 (카드)
KEC 0원 (카드)
CNE 4,700원 (카드)
공급가액 : 4,273원 부가세 : 427원
BC카드
0130-02**-****-3711
H074-7402-03966

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

천안논산고속도로 남논산상영업소
TEL : 041-850-6870
사업자번호 : 312-81-27463

2023년04월20일 12시39분
입구영업소 : 정읍
1종 4,000원 (카드)
KEC 4,000원 (카드)
CNE 0원 (카드)
공급가액 : 4,000원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3711
H173-7302-00775

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

한국도로공사 선운산영업소
TEL : 063-712-2502
사업자번호 : 129-82-00103

2023년04월19일 17시12분
입구영업소 : 영광
1종 2,100원 (카드)
KEC 2,100원 (카드)
공급가액 : 2,100원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3711
H092-9201-01579

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

한국도로공사 영광영업소
TEL : 061-882-2629
사업자번호 : 129-82-00103

2023년04월16일 23시01분
입구영업소 : 청요서
1종 13,000원 (카드)
KEC 12,400원 (카드)
공급가액 : 12,945원 부가세 : 55원
BC카드
0130-02**-****-3711
H095-9501-02074

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

경기동서순환도로 청요서영업소
TEL :

2023년04월16일 20시13분
입구영업소 : 봉담
1종 1,200원 (카드)
SOP 400원 (카드)
공급가액 : 1,091원 부가세 : 109원
BC카드
0130-02**-****-3711
H172-7202-05238

하이패스는
빠르고 편리합니다

영수증

경기남부도로 의왕영업소
TEL : 031) 458-3091
사업자번호 : 211-88-16677

2023년04월16일 19시55분
1종 900원 (카드)
UGE 900원 (카드)
공급가액 : 818원 부가세 : 82원
BC카드
0130-02**-****-3711
H351-5102-10386

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

승선권No : 230417-9223-10269

일반대인(일반발매)
성 명 : 유영석
성 별 : 남
생년월일 : 931112
전화번호 : 7478****
운항관리비포함

자동차 정보
승선권No : 230417-9223-10267

신 청 인 : 김도관
차량번호 : 190허3002
연 락 처 : 6254****
차량종류 : 소나타
차량중량 : 1,500 kg
선 임 : 30,000 원
출력시간:2023-04-17 09:59:08

*** 카드매출전표 ***

카드 종류 : 신용(우리카드)
카드 번호 : 558420**********
거래 일시 : 2023-04-17 09:59
승인 번호 : 57341477
할부 기간 : 일시불

공급 가액 :	51,473원
부 가 세 :	2,727원
금 액 :	54,200원

가 맹 점 : 한국해운조합
사업자번호 : 107-82-04813
문의 사항 : 02)6096-2266

230417-9223-10266외 3장(총 4 장)

출력시간:2023-04-17 09:59:08

*** 승선권 ***

섬사랑16호
계마 - 안마도
(주)해광운수
선사연락처 : 061)283-9915
사업자번호 : 409-81-33537

일련번호 : 55218 ~ 55221
승선권No : 230417-9223-10266
~ 230417-9223-10269
승선일시 : 2023-04-17 09:30
좌석등급 : 등급없음
표 종 류 :
일반대인(일반발매) 2 매
일반대인(무임(편승)) 1 매
차량(일반) 1 매
매 표 수 : 4 매
결제금액 : 54,200 원 (카드)

승선권No : 230417-9223-10266

일반대인(무임(편승))
성 명 : 김도관
성 별 : 남
생년월일 : 950824
전화번호 : 6254****
운항관리비포함

승선권No : 230417-9223-10268

일반대인(일반발매)
성 명 : 안장원
성 별 : 남
생년월일 : 951001
전화번호 : 7478****
운항관리비포함

*** 승선권 ***

섬사랑16호
안마도 - 계마
(주)해광운수
선사연락처 : 061)283-9915
사업자번호 : 409-81-33537

일련번호 : 55320 ~ 55323
승선권No : 230419-9223-10306
~ 230419-9223-10309
승선일시 : 2023-04-19 14:00
좌석등급 : 등급없음
표 종 류 :
일반대인(일반발매) 2 매
일반대인(무임(편승)) 1 매
차량(일반) 1 매
매 표 수 : 4 매
결제금액 : 54,200 원 (카드)

승선권No : 230419-9223-10306

일반대인(무임(편승))
성 명 : 김도관
성 별 : 남
생년월일 : 950824
전화번호 : 6254****
운항관리비포함

승선권No : 230419-9223-10308

일반대인(일반발매)
성 명 : 유영석
성 별 : 남
생년월일 : 931112
전화번호 : 4784****
운항관리비포함

승선권No : 230419-9223-10309

일반대인(일반발매)
성 명 : 안장원
성 별 : 남
생년월일 : 951001
전화번호 : 4784****
운항관리비포함

자동차 정보
승선권No : 230419-9223-10307

신 청 인 : 김도관
차량번호 : 190허3002
연 락 처 : 6254****
차량종류 : 소나타
차량중량 : 1,500 kg
선 임 : 30,000 원
출력시간:2023-04-19 14:20:24

*** 카드매출전표 ***

카드 종류 : 신용(우리카드)
카드 번호 : 558420**********
거래 일시 : 2023-04-19 14:20
승인 번호 : 37167983
할부 기간 : 일시불

공급 가액 :	51,473원
부 가 세 :	2,727원
금 액 :	54,200원

가 맹 점 : 한국해운조합
사업자번호 : 107-82-04813
문의 사항 : 02)6096-2266

230419-9223-10306외 3장(총 4장)

출력시간:2023-04-19 14:20:24

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

매출전표(신용)

사업자:126-81-05325 전화:041-856-8741
상 호:이인(상)주유소
대 표:박종화
주 소:충남 공주시 이인면 논산천안고속도로 32-1
인 쇄:2023-04-20 13:14:50

상품명	단가	수량	금액
주유기: #22 경유			
: #1004	1,489	33.58	50,000

공급가 (부가세) : 45,455 (4,545)

합계금액 : 50,000

우리카드

신용승인[고객용]

카드번호 : 558420******8662
가맹점NO : 732030710
승 인NO : 72933991
승인일시 : 230420131349
매입사 : 비씨카드(우리카드)
할부개월 : 일시불
일련번호 : 0010193730
승인금액 : 50,000원

거래번호 : 1324

Hyundai Oilbank

#7 A2343-1753-2415-D9456P
씨제이대한통운(주)행담도하행주유소
110-81-05034 강신호,민영학 041-357-8141 2599
충청남도 당진시 신평면 서해안고속도로 275

[IC신용구매]
카드 종류 : 우리카드
가맹 번호 : 716681990
카드 번호 : 5584-20**-****-8662 (일시불) **/**
거래 일시 : 23/04/16 20:52:10

공급 기액 : 63,637원
부 가 세 : 6,363원
합 계 : 70,000원

단가:1696.00원 수량:41.274L 경유

승인 번호 : 7737 8525
전표 번호 : A-0000 [IC]
매 입 사 : 비씨카드사
알 림 : 전자전표

[회원용]

230416205210503407

설 취 선

상호: 우정정회
사업자번호: 774 [illegible]
수소: 전남 영광군 [illegible]
우리신용 매출표
CATID: 5331098001
5584 20** **** 8662
거래일시: 23/04/18 18:55:42
승인번호: 76462399
가맹점번호: 729231077 [illegible]
매입사명: 비씨카드 EDC 할부: [일시불]
거래금액: 272,728 원
부 가 세: 27,272 원
총 합 계: 300,000 원
(DSC전표/창구매입불가) 전자서명전표
TC010
고유번호: 1855-4218-0023
서명(SIGNATURE)(가맹점용/카드 사용)

* 우리카드 승인 *

TID:21023105-4834 [회원용]
[BCMASTER] 할부: [일시불]
5584-20**-****-8662
거래일시 23/04/16 23:14:15

금 액 227,273원
부 가 세 22,727원
합 계 250,000원

승인번호 77899302 [EC]
매입사명 [001-BCESC] 비씨카드
가맹점번호 743503080
사업자번호 410-13-89463
김대인(0613515300) 팔레스모텔
전남 영광군 영광읍 신하리 831-9

서명

알 림 전자서명전표임
VANKEY:0106019836559247
HZ204382-4834-ZS56 [0010]

상호: 엘리제궁모텔 대표자: 문성미
사업자번호: 1732801242 TEL: 063-531-5946
주소: 전북 정읍시 중앙로 196 엘리제궁모텔
우리신용 매출표 IC신용승인
CATID: 1369098001 일련번호: 0785
5584-20**-****-8662
거래일시: 23/04/19 18:38:08
승인번호: 76663779
가맹점번호: 724543855 K5KNAH/I/LAN
매입사명: 비씨카드 EDC 할부: [일시불]
거래 금액 181,819원
부 가 세 18,181원
총 합 계 200,000원
DESC전표/창구매입불가
고유번호: 1838-0822-7830

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1～9)

CAFFÉ PASCUCCI

주문(대기)번호 - ,

행담도휴게소 파스쿠찌
4498601254 Tel:01020613648 박종수
충남 당진시 선평면 서해안고속도로 275

[점상] 2023-04-16 20:40:06 POS:01(002010)

제품명 (할인내역)	수량	금액 (할인금액)
001 벤티아이스아메리카	3	16,500
002 헤이즐넛시럽추가	1	500
003 벤티아이스카페라떼	1	6,000
004 P(L)바닐라 라떼 더	1	6,300

과세금액 26,636
부 가 세 2,664

총매출액 29,300
합계금액 29,300
받은금액 29,300

■ 신용카드
[카드사명] 우리비씨카드[일시불]
[카드/승인번호] 558420** 77298460
[결제금액] 29,300

올바른 정보를 제공하고 증명하는
과정은 파스쿠찌의 몫입니다.
당신의 사업 파트너, 파스쿠찌
창업 문의: 02.2276.6581
운영 시간: 평일 10시~18시

7447804444864565959535

ANGELINUS

엔제리너스 이인휴게소점
126-81-05325 KR산업(박종화)
충남 공주시 이인면 이인리 4
전화 041-856-8351

[판 매]
거래일:2023/04/20(목) 13:05:48 POS:01
판매담당:9014/최선희 0086

제 품 명	단가	수량	금 액
(너)아메IS	4,500	2	9,000
(너)마끼IS	5,900	1	5,900
복숭아티R	5,000	1	5,000
(너)라떼IS	5,000	1	5,000

총 합 계	24,900	할 인	0
과세금액	22,637	부가세액	2,263
청 구 액	24,900	받 은 돈	24,900

우리카드 5584**********KIS/D
결제금액: 24,900 승인번호:72809681
할부개월: 00 가맹점번호:732015444

2170623042001008 68

BC카드사신용매출전표 (IC 신용)

플라트(주)_금성주유소 536-86-02097
경기 안양시 동안구 시민대로 325
이성우

거래 일시 : 23/04/20 15:17:13
카드 번호 : 5584-20**-****-8662
승인 번호 : 74483808 / 일시불
단말 번호 : 5406044012-3795
카드 종류 : 우리카드/IC신용승인
매 입 처 : EDC 창구매입불가

부가세물품가액 : 6,364 원
부 가 가 치 세 : 636 원
합 계 금 액 : 7,000 원

** 세차결제 1.4L 5000원

에너지플러스앱다운받고★최대15%할인★
받는카드를만나보세요!자세한내용은
네이버에[에너지플러스앱]을검색하세요!

고객용 (주)스마트로

매출전표 (고객용)

우리카드
거래일시 신용IC승인
카드번호 23-04-20 11:43:19
유효기간(년/월):**/** 5584-20**-****-8662(C)
가맹점번호 일시불
승인번호 735728992
매입사:비씨(무서명거래) 71302472

판매금액 45,455원
부가가치세 4,545원
봉사료 0원
합 계 50,000원

가맹점명 양자강
사업자번호 4040123518
대표자명:박정순 TEL:063 5334870
주소:전북 정읍시 우암로 57 (수성동, 양

CATID:13413625/RA37 전표No:2304414665
0000000800 B6D26F45C3701FF0
감사합니다

0001

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

재미있는 일상 플랫폼 GS25

GS25영광법성포점 0613563636
안수길 6412000244
전남 영광군 법성면 [illegible]
번지 1층
2023/04/17 안수길 [illegible]

*정부방침에 의해 비닐봉투는
반드시 영수증을 지참하셔야 하며,
카드 결제는 30일(00원/건당)이내
카드외 영수증 지참 시 가능합니다.

포장봉투	2	200
얼큰너구리5입	1	5,500
농심)신라면5입	1	5,000
옥수수수염차L	3	7,200
맑은샘물500ML	4	2,800
농)백산수500ML	2	1,900
솔티드마시멜로	1	1,800
풀)돈까스덮밥	1	1,700
풀)전주비빔1인	1	1,500
삼각)참치마요1	1	1,000
가나마일드1200	1	1,200
초코롤케익	1	2,000
엣다리오징어	1	2,100
외우보노컵500	1	500
쥬시후레쉬1200	2	2,400
옥수수수염지1	1	증정품
농)백산수500ML	1	증정품
합계수량/금액	25	36,800

과세 매출	33,271
부가세	3,329
합 계	36,800
신 용 카 드	36,800

신용카드 지불 (고객용)
카드번호 5584 20** **** 8862
사용금액 36,800원
할 부 0 (매입사: 비씨카드)
승인번호 56602074
23/04/17 07:51:40 **

일상 생활의 중심
Lifestyle Platform GS25

절 취 선

상호: [illegible] 대표자: 정OO
사업자번호: 124 [illegible] TEL: 061-[illegible]
수신: 전남 영광군 [illegible] // 우림정보
우리신용 매출 H TEL 2571
CATID: 53810980001 일련번호: 0026
5584 20** **** 8862
거래일시: 23/04/17 17:41:54
승인번호: 75467963
가맹점번호: 2743[illegible] 대표자명: 이OO
매입사명: 비씨카드 EDC 일부 [일시불]
거래금액: 27,273 원
부 가 세: 2,727 원
총 합 계: 30,000 원
(OOS전자서명결과) 전자서명거래
TC010
거래번호: 1741 5418 0629
감사합니다

7-ELEVEN
(주)고객이 세븐 www.7-eleven.co.kr

세븐일레븐 영광가마미점#56390
(000--)
김동주 4103166407
전라남도 영광군 홍농읍 가마미로 337
[판 매] 2023-04-19 (수) 16:02:12

상 품 명	수량	금 액
PB)주문하신카페라떼300ml		-833
8801155740917	1	1,667
PB)주문하신초코라떼300ml		-833
8801155741006	1	1,667
PB)주문하신카라멜마끼아		-834
8801155740993	1	1,666
칠성)밀키스제로250ml		
8801056233204	1	1,500
롯데)미니땅콩샌드65g		
8809019593976	1	1,500
1리)NE배햄치즈마요네즈삼		
8809827501026	1	1,200
삼립)로켓단초코롤85g		
8801068402285	1	1,500
삼립)피아리의핫소스만90g		
8801068402254	1	1,500
과세물품가액		11,091
부 가 세		1,109
할 인		-2,500
합계		₩12,200

*** 신용승인정보[고객용] ***
우리신용[비씨카드 EDC] 12,200
55842040
승인번호 74488998 일시불

P:02-07 CNT:0008 REG:김동주

세븐일레븐 고객센터 1577-0711
※세븐일레븐 홈페이지/APP에 다양한 행사를 확인하세요.
※교환/환불은 영수증 및 결제카드를 지참하시어 30일 이내 구매점포 방문
※신도유시필요상품 및 시즌·기획상품 등 일부품목 제외

[illegible] 대표자: 김OO
[illegible] TEL: [illegible]
수신: [illegible] // 우림정보
우리신용 매출 H TEL 2571
CATID: 53810980001 일련번호: 0025
5584 20** **** 8862
거래일시: 23/04/18 12:45:32
승인번호: 71677875
가맹점번호: 2743[illegible] 대표자명: 이OO
매입사명: 비씨카드 EDC 일부 [일시불]
거래금액: 27,273 원
부 가 세: 2,727 원
총 합 계: 30,000 원
(OOS전자서명결과) 전자서명거래
TC010
거래번호: 1245 3[illegible] 1095
감사합니다

절 취 선

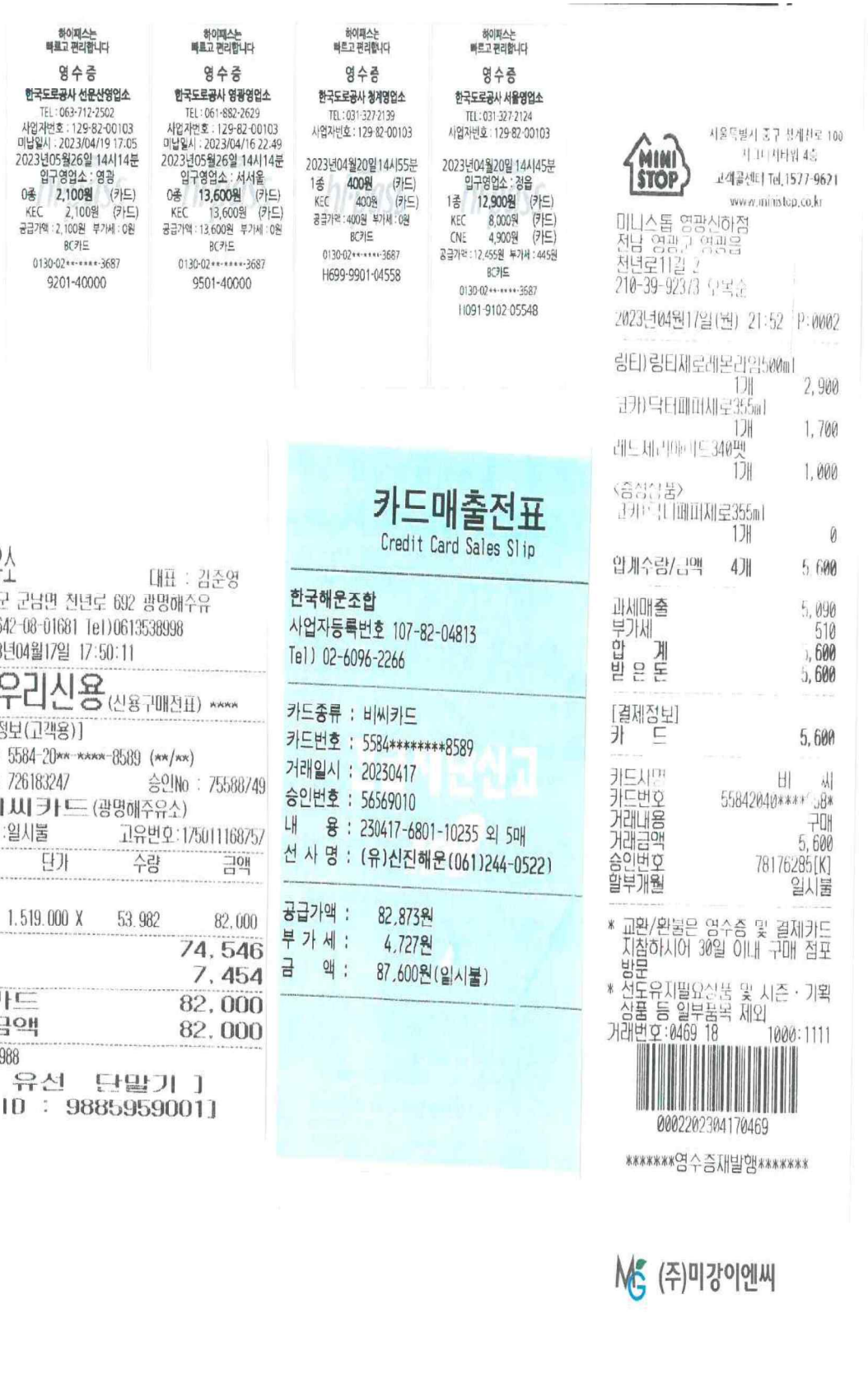
상호: [illegible] 대표자: 김OO
사업자번호: 124 [illegible] TEL: [illegible]
수신: 전남 영광군 [illegible] // 우림정보
우리신용 매출 H TEL 2571
CATID: 53810980001 일련번호: 0027
5584 20** **** 8862
거래일시: 23/04/18 18:59:51
승인번호: 76438370
가맹점번호: 2743[illegible] 대표자명: 이OO
매입사명: 비씨카드 EDC 일부 [일시불]
거래금액: 13,637 원
부 가 세: 1,363 원
총 합 계: 15,000 원
(OOS전자서명결과) 전자서명거래
TC010
거래번호: 1863 5116 1074
감사합니다

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1～9)

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)



하이패스는 빠르고 편리합니다
영수증
한국도로공사 선운산영업소
TEL : 063-712-2502
사업자번호 : 129-82-00103
미납일시 : 2023/04/19 17:05
2023년05월26일 14시14분
입구영업소 : 영광
0종 2,100원 (카드)
KEC 2,100원 (카드)
공급가액 : 2,100원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3687
9201-40000

하이패스는 빠르고 편리합니다
영수증
한국도로공사 영광영업소
TEL : 061-882-2629
사업자번호 : 129-82-00103
미납일시 : 2023/04/16 22:49
2023년05월26일 14시14분
입구영업소 : 서서울
0종 13,600원 (카드)
KEC 13,600원 (카드)
공급가액 : 13,600원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3687
9501-40000

하이패스는 빠르고 편리합니다
영수증
한국도로공사 청계영업소
TEL : 031-327-2139
사업자번호 : 129-82-00103
2023년04월20일 14시55분
1종 400원 (카드)
KEC 400원 (카드)
공급가액 : 400원 부가세 : 0원
BC카드
0130-02**-****-3687
H699-9901-04558

하이패스는 빠르고 편리합니다
영수증
한국도로공사 서울영업소
TEL : 031-327-2124
사업자번호 : 129-82-00103
2023년04월20일 14시45분
입구영업소 : 정읍
1종 12,900원 (카드)
KEC 8,000원 (카드)
CNE 4,900원 (카드)
공급가액 : 12,455원 부가세 : 445원
BC카드
0130-02**-****-3687
H091-9102-05548

MINI STOP
서울특별시 중구 청계천로 100
지그마치타워 4층
고객콜센터 Tel.1577-9621
www.ministop.co.kr
미니스톱 영광신하점
전남 영광군 영광읍
천년로11길 2
210-39-92373 오복순
2023년04월17일(월) 21:52 P:0002

링티)링티제로레몬라임500ml 1개 2,900
코카)닥터페퍼제로355ml 1개 1,700
레드제로에이드340펫 1개 1,000
<증정상품>
코카)닥터페퍼제로355ml 1개 0
합계수량/금액 4개 5,600

과세매출 5,090
부가세 510
합 계 5,600
받 은 돈 5,600

[결제정보]
카 드 5,600

카드사명 비 씨
카드번호 55842040****58*
거래내용 구매
거래금액 5,600
승인번호 78176285[K]
할부개월 일시불

* 교환/환불은 영수증 및 결제카드 지참하시어 30일 이내 구매 점포 방문
* 선도유지필요상품 및 시즌·기획 상품 등 일부품목 제외
거래번호:0469 18 1000:1111
0002202304170469
*******영수증재발행*******

광명해주유소
대표 : 김준영
전남 영광군 군남면 천년로 692 광명해주유
사업자NO:642-08-01681 Tel)0613538998
[승인]2023년04월17일 17:50:11
**** 우리신용(신용구매전표) ****
[신용승인정보(고객용)]
카드번호 : 5584-20**-****-8589 (**/**)
가맹점No : 726183247 승인No : 75588749
매입사:비씨카드(광명해주유소)
일시[할부]:일시불 고유번호:175011168757

상품명	단가	수량	금액
경유			
2	1,519.000 X	53.982	82,000

과세금액 74,546
부가세액 7,454
신용카드 82,000
합계금액 82,000
거래번호:2988
[유선 단말기]
[TID : 9885959001]

카드매출전표
Credit Card Sales Slip
한국해운조합
사업자등록번호 107-82-04813
Tel) 02-6096-2266

카드종류 : 비씨카드
카드번호 : 5584********8589
거래일시 : 20230417
승인번호 : 56569010
내 용 : 230417-6801-10235 외 5매
선 사 명 : (유)신진해운(061)244-0522)

공급가액 : 82,873원
부 가 세 : 4,727원
금 액 : 87,600원(일시불)

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

IC신용승인 (고객용)

스카이모터스 김의연
557-10-01144 031)-
경기 안양시 동안구 벌말로 90 (관양동).

거래 일시:2023/04/20 16:05:53
우리카드 할부:일시불
카드 번호:558420******8589
가맹점번호: 713770266
단말 번호: 2233052001
일련 번호: 9301
매 입 처: BC카드사 전자서명거래
승인 번호: 75081179
고유 번호: 0502-0414-1577

부가세과세물품가액:	49,091
부 가 가 치 세:	4,909
합 계	54,000

CU Again

******* 최근영수증발행인쇄 *******
CU 영광염산점
사업자등록번호:4212400595
전라남도 영광군 염산면 향화로707 (봉남리)
박철민 TEL:0613513390

정부 방침으로 교환/환불 시 영수증 지참하셔야 합니다.(결제카드 지참)
30일 내 구매 점포 방문
*식품선도유지상품 및 일부품목제외

31640 2023 04-18(화) POS 02

파워에이드제로P600	2	4,400
파워에이드제로P600	1	증정
빽다방황금라떼450	1	2,600
오곡누룽지P500ml	1	증정
웅진)옥수수수염차500	1	1,800
빅김얼음230g	2	1,800
GET아이스아메리카XL	2	2,200
총 구 매 액	10	12,800
과세물품가액		11,637
부 가 세		1,163
*결 제 금 액		12,800
신 용 카 드		12,800

********* 신 용 카 드 *********
카드번호: 5584-2040 **** 858*
카드회사: 001 우리비씨카드
할부개월: 00 승인번호: 66071852
결제금액: 12,800

*표시 상품은 부가세 면세 품목 임.
객층:00 담당:박*민 NO:4467 09:52
92023041831640024467

MINI STOP
서울특별시 중구 청계천로 100
시그니처타워 4층
고객콜센터 Tel.1577-9621
www.ministop.co.kr

미니스톱 영광신하점
전남 영광군 영광읍
천년로11길 2
210-39-92373 오복순

2023년04월17일(월) 07:09 P:0002

블랙보리520펫 @1,800	2개	3,600
트윅스	1개	1,500
칸타타콘트라베이스500펫 @2,700	2개	5,400
마운틴블라스트600	1개	2,200
<증정상품> 블랙보리520펫	1개	0
칸타타콘트라베이스500펫	1개	0
합계수량/금액	8개	12,700
과세매출		11,546
부가세		1,154
합 계		12,700
받 은 돈		12,700
[결제정보] 카 드		12,700
카드사명		비 씨
카드번호		55842040****858*
거래내용		구매
거래금액		12,700
승인번호		78253122[K]
할부개월		일시불

* 교환/환불은 영수증 및 결제카드 지참하시어 30일 이내 구매 점포 방문
* 선도유지필요상품 및 시즌·기획 상품 등 일부품목 제외
거래번호:0237 18 1000:1111
0002202304170237
*******영수증재발행*******

MINI STOP
서울특별시 중구 청계천로 100
시그니처타워 4층
고객콜센터 Tel.1577-9621
www.ministop.co.kr

미니스톱 영광신하점
전남 영광군 영광읍
천년로11길 2
210-39-92373 오복순

2023년04월18일(화) 17:34 P:0002

오뚜기)스파게티큰컵	1개	1,700
오뚜기)치즈볶이큰컵	1개	1,700
숯불동다리	1개	4,500
<증정상품> 오뚜기)라면볶이큰컵	1개	0
합계수량/금액	4개	7,900
과세매출		7,181
부가세		719
합 계		7,900
받 은 돈		7,900
[결제정보] 카 드		7,900
카드사명		비 씨
카드번호		55842040****858*
거래내용		구매
거래금액		7,900
승인번호		75306674[K]
할부개월		일시불

* 교환/환불은 영수증 및 결제카드 지참하시어 30일 이내 구매 점포 방문
* 선도유지필요상품 및 시즌·기획 상품 등 일부품목 제외
거래번호:0665 18 1000:1111
0002202304180665
*******영수증재발행*******

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

[주문(대기)번호]

210

영광[illegible] 불점
[illegible]-00788 TEL:061-351-1118 강동희
[illegible] 영[illegible] 영광읍 신남로 180 ,106호

2023-04-19 [illegible]:38(수) POS:02 BILL:XXXXXX

[illegible]	수량	할인	금액
[illegible]아리카노			
3,000	2	0	6,000
[illegible]			
3,800	1	0	3,800

부가세 과세 물품가액:	8,910
부 가 세:	890
합 계:	9,800
받을금액:	9,800
받을금액:	9,800

결제 [illegible] 내역
[illegible]: 9,800

[illegible] 매출전표 [고 객 용]
[illegible] 568420******8589
[금액] 9,800 원(일시불) [부가세]890 원
[illegible] EOC 매출표

230419FSY00035002000007

카드결제승인

2023-04-18 12:55:19

[NADO]
564-19-01373 TEL:010-8632-8689 김디나
전라남도 영광군 염산면 천년로 4-1 1층

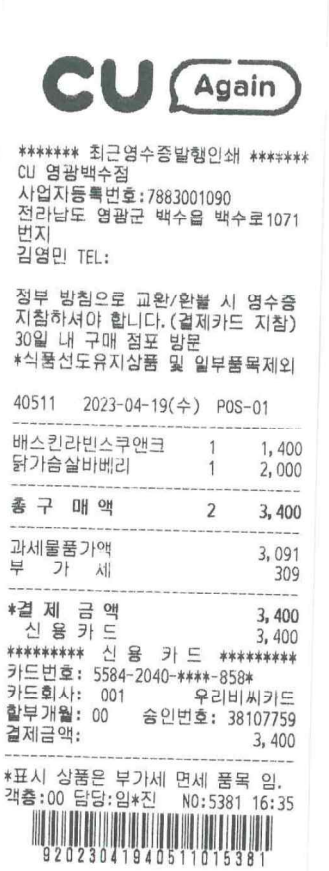
상품명	단가	수량	금액
ice 아메리카노	2,500	2	5,000
사이즈업	500	2	1,000

[결제 내역]

공급가액	5,454원
부가세	546원
결제금액	6,000원

[승인 정보]

승인일시	2023-04-18 12:55:19
할부	일시불
카드번호	5584-20**-****-****
가맹점번호	726897259
승인번호	71838635
매입사명	비씨카드
카드종류	우리카드



CU Again

******* 최근영수증발행인쇄 *******
CU 영광백수점
사업자등록번호:7883001090
전라남도 영광군 백수읍 백수로1071 번지
김영민 TEL:

정부 방침으로 교환/환불 시 영수증 지참하셔야 합니다.(결제카드 지참)
30일 내 구매 점포 방문
*식품선도유지상품 및 일부품목제외

40511 2023-04-19(수) POS-01

배스킨라빈스쿠앤크	1	1,400
닭가슴살바베리	1	2,000
총 구 매 액	2	3,400

과세물품가액	3,091
부 가 세	309
*결 제 금 액	3,400
신 용 카 드	3,400

********* 신 용 카 드 *********
카드번호: 5584-2040-****-858*
카드회사: 001 우리비씨카드
할부개월: 00 승인번호: 38107759
결제금액: 3,400

*표시 상품은 부가세 면세 품목 임.
객층:00 담당:임*진 NO:5381 16:35

92023041940511015381

EasyCheck KICC 가맹점명, 가맹점수소가 실제와 다른 경우 신고반대 (포상금 10만원 지급) 이신금융협회 : 02 2011 0777

그리스모텔 / 박진석
693-31-00752 / TID: 6778494 / Tel: 061-351-1010
전남 영광군 영광읍 전년로12길 9그리스

[신용구매]
우리카드 가맹No:721813448 (일시불)
5584-2040-****-858* / 2023/04/18 17:23:33

거래 금액:	90,910원
부 가 세:	9,090원
합 계:	100,000원

승인 번호: 7517 0669
[회원용]

* 우리카드 승인 *
TID:21023105-4839 [회원용]
[BCMASTER] 할부 [일시불]
5584-20**-****-8589
거래일시 23/04/17 18:07:24

금 액	90,910원
부 가 세	9,090원
합 계	100,000원

승인번호 7584/195[EC]
매입사명 [001-BCESC] 비씨카드
가맹점번호 743503080
사업자번호 410-13-89463
김대인(0613515300) 팔레스모텔
전남 영광군 영광읍 신하리 831-9

서명

알 림 전자서명전표임
VANKEY:010/041652446153
HZ204382-4839-ZS56 [0005]

(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

☆이인휴게소(서울방향)☆

☆☆☆ 판매 영수증 ☆☆☆

이인(상)휴게소(대표:박종화)
사업자번호:126-81-05325 (TEL:041-856-8351
충남 공주시 이인면 논산 32이인(상)휴게소
매장그룹:편 ,점
거래일자:2023/04/20 13:06:02
거래번호:0001-00117781

상품명	단가	수량	금액
롯제)졸음번쩍껌[6000/껌]	6,000	1	6,000

총금액 :	6,000	현금 :	0
할인액 :	0	카드 :	6,000
받을돈 :	0	기다 :	0

총구매액	면세금액	과세금액	부가세
6,000	0	5,455	545

(*) 표시상품은 면세상품입니다!!!

감사합니다.

****
* 카드 매출 전표 (고객용) *
****
가맹점번호:732015444
카드번호:558420**********
유효기간:**/** 할부:00개월
승인일자:20230420 승인번호:72821499
매입사:비씨카드(우리카드)
거래금액:6,000원

KCP
NHN한국사이버결제(주)
가맹점명, 가맹점 주소가 실제와 다를 경우 신고안내 (포상금 10만원 지급)
- 매출전표 사본을 첨부하여 우편접수
- 자세한 안내 : www.crefia.or.kr / 02-2011-0777

IC신용승인 0520

TID: 1003657873 전표NO:230418839161
2023/04/18 12:52:43 우리카드 비씨
558420******858* 전자서명전표 일시불

금 액 18,182원
세 금 1,818원
합 계 20,000원

승인번호: 71800271 I

가맹점명 : 서정식당
서영순 가맹점No: 794220993
전화번호: 061-352-9009 305-40-77604
전라남도 영광군 염산면 천년로 8-1

* 감사합니다 * (고객용)

[영 수 증]

사 업 장 : 알파
사 업 자 : 410-06-27926
주 소 : 전남 영광군 영광읍
대 표 : 이정신
대표전화 : 061-351-6079
주문번호 : 230417678001720061 POS : 01

1.우의 타엔티/개 17,000 2 34,000

현 금	0	과 세	30,909
카 드	34,000	세 액	3,091
기 타	0	비과세	0
		합 계	34,000

[신용카드(승인)전표]
가맹/단말기NO : 726401117 / 2317997
카 드 사 : 비씨카드사
카 드 명 : 우리카드
승 인 일 시 : 2023-04-17 19:30:47
카 드 번 호 : 55842040****858*
승 인 번 호 : 77007400 할부개월 : 00
승인금액 : 34,000

<회원용>

2023-04-17 19:30:42 CASHIER : 미네뜨 (알파

지류 및 필기류,화방용품 반품 불가
교환 및 반품은(3일이내) 영수증 필히 지참
*완구*레고 악세사리 반품불가

230417678001720061

[IC카드승인]
상호:명륜진사갈비 전남 영광점
대표자:전은선 전표번호755-0100
사업자번호:[illegible] 50-00608 단말기ID:104647-1994
전남 영광군 영광읍 천년로 1506 1층

카드번호: 5584-20**-****-8589
할부:일시불 자동이체전표
가맹점번호: 722234298
거래일자: 23/04/17 19:24:59

거래금액: 37,091원
세금: 3,709원
총금액 40,800원

승인번호 76951140(IC)
매입사:비씨카드 발급사:우리카드
서명(SIGNATURE)

(카드사용)
(주)미강이엔씨

해상부 권역별 조류 8차(St. 1~9)

우리은행 이체확인증

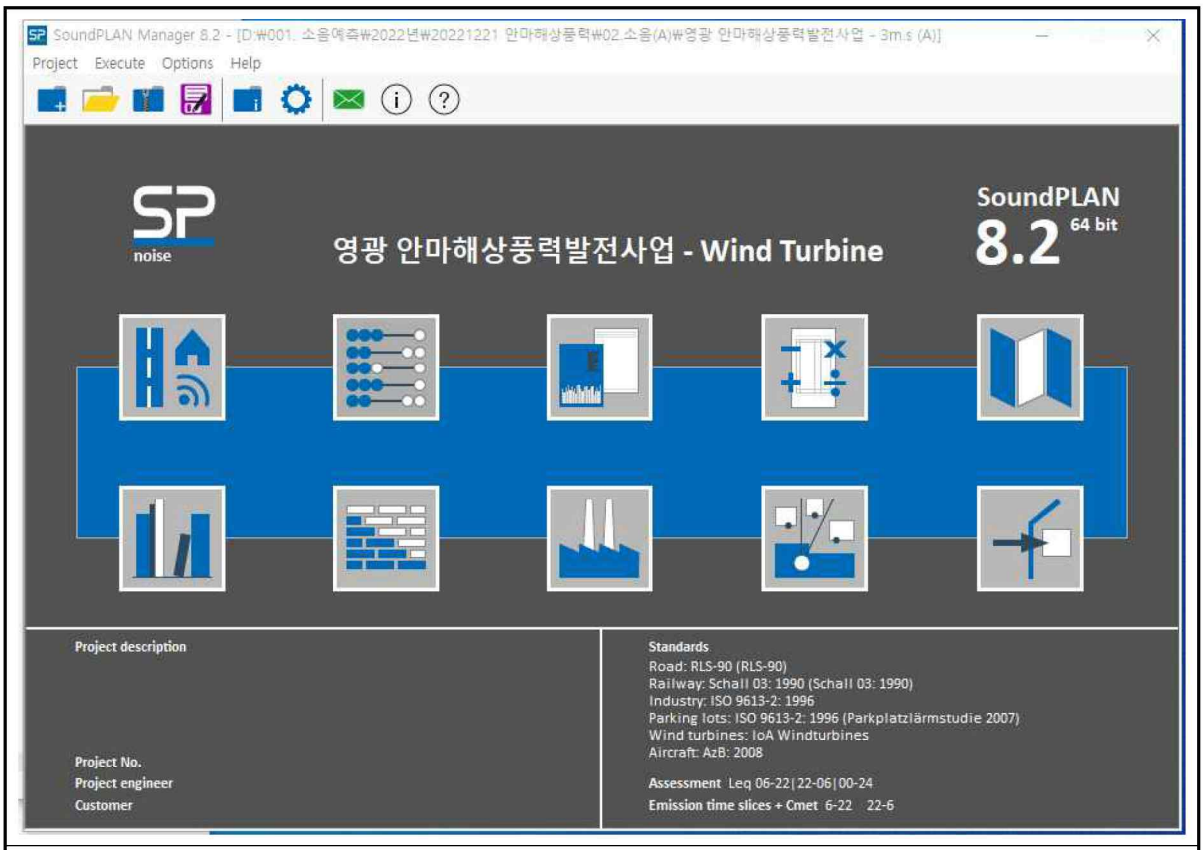
조회기준일시: 2023.05.19 14:47:24

이체일시	2023.04.28 09:00:16
이체금액	**1,934,000원(금 1백9십3만4천원)** 수수료 0원
이체결과	정상
전문타행번호	020I980051109
출금계좌번호/예금주	우리은행 1005-703-536957 / (주) 미강이엔씨
입금계좌/예금주	농협 64304652015793 / 이종필
받는분통장표시	(주) 미강이엔씨
보내는분통장표시	이종필

※ 아래 마크는 2차원바코드로 프로그램(PC) 및 우리WON기업(APP)에서 증명서 발급내용의 일치여부를 확인할 수 있습니다.

4.2 소음·진동 DATA

(1) 풍력발전단지



SoundPlan Standards

○ 14M, 1/3 octave spectrum (dB(Z))

풍속	14M, 1/3 octave spectrum - 1

04 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	153.75	152.48	146.29	140.66	135.51	131.14	127.53	124.53	122.20	120.91
dB(A)	103.22	89.10	89.60	90.20	90.80	91.70	92.90	94.30	96.00	98.40

05 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	154.54	153.28	147.09	141.36	136.31	131.94	128.23	125.13	122.90	121.51
dB(A)	103.90	89.90	90.40	90.90	91.60	92.50	93.60	94.90	96.70	99.00

06 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	155.32	154.08	147.79	142.16	137.01	132.64	128.93	125.83	123.60	122.11
dB(A)	104.57	90.70	91.10	91.70	92.30	93.20	94.30	95.60	97.40	99.60

07 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	156.04	154.78	148.59	142.86	137.81	133.34	129.63	126.53	124.20	122.81
dB(A)	105.27	91.40	91.90	92.40	93.10	93.90	95.00	96.30	98.00	100.30

08 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	154.84	153.58	147.39	141.66	136.51	132.14	128.43	125.33	123.00	121.51
dB(A)	104.03	90.20	90.70	91.20	91.80	92.70	93.80	95.10	96.80	99.00

09 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	157.74	156.48	150.29	144.56	139.41	134.94	131.23	128.13	125.70	124.11
dB(A)	106.77	93.10	93.60	94.10	94.70	95.50	96.60	97.90	99.50	101.60

풍속	14M, 1/3 octave spectrum - 2

10 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	160.14	158.88	152.69	146.96	141.81	137.34	133.53	130.43	128.00	126.41
dB(A)	109.10	95.50	96.00	96.50	97.10	97.90	98.90	100.20	101.80	103.90

11 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	160.71	159.48	153.19	147.46	142.31	137.84	134.03	130.83	128.40	126.81
dB(A)	109.54	96.10	96.50	97.00	97.60	98.40	99.40	100.60	102.20	104.30

12 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	160.01	158.78	152.49	146.76	141.61	137.04	133.33	130.03	127.60	125.91
dB(A)	108.74	95.40	95.80	96.30	96.90	97.60	98.70	99.80	101.40	103.40

13 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	160.21	158.98	152.69	146.96	141.81	137.24	133.53	130.23	127.80	126.11
dB(A)	108.94	95.60	96.00	96.50	97.10	97.80	98.90	100.00	101.60	103.60

14 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	160.51	159.28	152.99	147.16	142.01	137.54	133.73	130.53	128.00	126.31
dB(A)	109.17	95.90	96.30	96.70	97.30	98.10	99.10	100.30	101.80	103.80

15 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	162.21	160.98	154.69	148.96	143.81	139.24	135.43	132.13	129.60	127.91
dB(A)	110.82	97.60	98.00	98.50	99.10	99.80	100.80	101.90	103.40	105.40

풍속	14M, 1/3 octave spectrum - 3

16 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	163.01	161.78	155.49	149.66	144.51	139.94	136.13	132.83	130.30	128.51
dB(A)	111.51	98.40	98.80	99.20	99.80	100.50	101.50	102.60	104.10	106.00

17 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	163.80	162.58	156.29	150.46	145.31	140.74	136.83	133.53	131.00	129.11
dB(A)	112.21	99.20	99.60	100.00	100.60	101.30	102.20	103.30	104.80	106.60

18 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	164.58	163.38	156.99	151.26	146.01	141.44	137.53	134.23	131.60	129.81
dB(A)	112.90	100.00	100.30	100.80	101.30	102.00	102.90	104.00	105.40	107.30

19 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	165.30	164.08	157.79	151.96	146.81	142.14	138.33	134.93	132.30	130.41
dB(A)	113.60	100.70	101.10	101.50	102.10	102.70	103.70	104.70	106.10	107.90

20 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/3 Octave spectrum | 12.5Hz - 80Hz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	12.5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz
dB	166.10	164.88	158.59	152.76	147.51	142.94	139.03	135.63	133.00	131.01
dB(A)	114.30	101.50	101.90	102.30	102.80	103.50	104.40	105.40	106.80	108.50

○ 14M, 1/3 octave band Result Tables (dB(Z))

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 82.2 dB(_) Night 82.2 dB(_)									
Day	80.94	74.73	69.05	63.8	59.4	55.6	52.4	51.3	49.5
Receiver 2. 후포리 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 80.9 dB(_) Night 80.9 dB(_)									
Day	79.51	73.40	67.72	62.5	58.0	54.2	50.9	49.6	48.2
Receiver 3. 안마도선착장 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 80.2 dB(_) Night 80.2 dB(_)									
Day	78.95	72.73	67.04	61.8	57.3	53.5	50.2	47.4	45.4
Receiver 4. 안마길 96 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 80.8 dB(_) Night 80.8 dB(_)									
Day	79.59	73.37	67.66	62.4	57.9	54.1	52.0	49.9	48.1

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

SoundPLAN 8.2

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 83.0 dB(_) Night 83.0 dB(_)									
Day	81.74	75.53	69.75	64.6	60.2	56.3	53.0	52.0	50.1
Receiver 2. 후포리 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 81.7 dB(_) Night 81.7 dB(_)									
Day	80.41	74.20	68.42	63.3	58.8	54.9	51.5	50.3	48.8
Receiver 3. 안마도선착장 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 81.0 dB(_) Night 81.0 dB(_)									
Day	79.75	73.53	67.74	62.6	58.1	54.2	50.8	48.1	46.0
Receiver 4. 안마길 96 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 81.6 dB(_) Night 81.6 dB(_)									
Day	80.39	74.17	68.38	63.2	58.7	54.8	52.6	50.6	48.7

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables - 1, 2

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 83.8 dB(_) Night 83.8 dB(_)									
Day	82.54	76.23	70.55	65.3	60.9	57.0	53.7	52.7	50.7
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 82.4 dB(_) Night 82.4 dB(_)									
Day	81.21	74.90	69.22	64.0	59.5	55.6	52.2	51.0	49.4
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 81.8 dB(_) Night 81.8 dB(_)									
Day	80.55	74.23	68.54	63.3	58.8	54.9	51.5	48.8	46.6
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 82.4 dB(_) Night 82.4 dB(_)									
Day	81.19	74.87	69.18	63.9	59.4	55.5	53.3	51.3	49.3

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 84.5 dB(_) Night 84.5 dB(_)									
Day	83.24	77.03	71.25	66.1	61.6	57.7	54.4	53.3	51.4
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 83.2 dB(_) Night 83.2 dB(_)									
Day	81.91	75.70	69.92	64.8	60.2	56.3	52.9	51.6	50.1
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 82.5 dB(_) Night 82.5 dB(_)									
Day	81.25	75.03	69.24	64.1	59.5	55.6	52.2	49.4	47.3
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 83.1 dB(_) Night 83.1 dB(_)									
Day	81.89	75.67	69.88	64.7	60.1	56.2	54.0	51.9	50.0

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables- 3, 4

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.2 dB(_) Night 86.2 dB(_)									
Day	84.92	78.70	72.91	67.7	63.2	59.3	55.8	54.0	51.8
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 85.3 dB(_) Night 85.3 dB(_)									
Day	84.04	77.82	72.02	66.8	62.3	58.3	54.8	52.7	50.6
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 84.6 dB(_) Night 84.6 dB(_)									
Day	83.39	77.17	71.36	66.1	61.6	57.6	54.1	51.2	48.8
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 85.9 dB(_) Night 85.9 dB(_)									
Day	84.65	78.42	72.61	67.4	62.8	58.8	55.9	53.3	52.3
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.2 dB(_) Night 86.2 dB(_)									
Day	84.92	78.70	72.91	67.7	63.2	59.3	55.8	54.0	51.8

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.2 dB(_) Night 86.2 dB(_)									
Day	84.94	78.73	72.95	67.7	63.2	59.3	56.0	54.8	52.7
Night	84.94	78.73	72.95	67.7	63.2	59.3	56.0	54.8	52.7
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 84.9 dB(_) Night 84.9 dB(_)									
Day	83.61	77.40	71.62	66.4	61.8	57.9	54.5	53.1	51.4
Night	83.61	77.40	71.62	66.4	61.8	57.9	54.5	53.1	51.4
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 84.2 dB(_) Night 84.2 dB(_)									
Day	82.95	76.73	70.94	65.7	61.1	57.2	53.8	50.9	48.6
Night	82.95	76.73	70.94	65.7	61.1	57.2	53.8	50.9	48.6
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 84.8 dB(_) Night 84.8 dB(_)									
Day	83.59	77.37	71.58	66.3	61.7	57.8	55.6	53.4	51.3
Night	83.59	77.37	71.58	66.3	61.7	57.8	55.6	53.4	51.3
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.2 dB(_) Night 86.2 dB(_)									
Day	84.94	78.73	72.95	67.7	63.2	59.3	56.0	54.8	52.7
Night	84.94	78.73	72.95	67.7	63.2	59.3	56.0	54.8	52.7

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1
SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables- 5, 6

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.6 dB(_) Night 88.6 dB(_)									
Day	87.34	81.13	75.35	70.1	65.6	61.6	58.3	57.1	55.0
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.3 dB(_) Night 87.3 dB(_)									
Day	86.01	79.80	74.02	68.8	64.2	60.2	56.8	55.4	53.7
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.6 dB(_) Night 86.6 dB(_)									
Day	85.35	79.13	73.34	68.1	63.5	59.5	56.1	53.2	50.9
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.2 dB(_) Night 87.2 dB(_)									
Day	85.99	79.77	73.98	68.7	64.1	60.1	57.9	55.7	53.6
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.6 dB(_) Night 88.6 dB(_)									
Day	87.34	81.13	75.35	70.1	65.6	61.6	58.3	57.1	55.0

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.2 dB(_) Night 89.2 dB(_)									
Day	87.94	81.63	75.85	70.6	66.1	62.1	58.7	57.5	55.4
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.8 dB(_) Night 87.8 dB(_)									
Day	86.61	80.30	74.52	69.3	64.7	60.7	57.2	55.8	54.1
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.2 dB(_) Night 87.2 dB(_)									
Day	85.95	79.63	73.84	68.6	64.0	60.0	56.5	53.6	51.3
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.8 dB(_) Night 87.8 dB(_)									
Day	86.59	80.27	74.48	69.2	64.6	60.6	58.3	56.1	54.0
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.2 dB(_) Night 89.2 dB(_)									
Day	87.94	81.63	75.85	70.6	66.1	62.1	58.7	57.5	55.4

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables- 7, 8

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.5 dB(_) Night 88.5 dB(_)									
Day	87.24	80.93	75.15	69.9	65.3	61.4	57.9	56.7	54.5
Receiver 2. 후도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.1 dB(_) Night 87.1 dB(_)									
Day	85.91	79.60	73.82	68.6	63.9	60.0	56.4	55.0	53.2
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.5 dB(_) Night 86.5 dB(_)									
Day	85.25	78.93	73.14	67.9	63.2	59.3	55.7	52.8	50.4
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.1 dB(_) Night 87.1 dB(_)									
Day	85.89	79.57	73.78	68.5	63.8	59.9	57.5	55.3	53.1
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.5 dB(_) Night 88.5 dB(_)									
Day	87.24	80.93	75.15	69.9	65.3	61.4	57.9	56.7	54.5

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.7 dB(_) Night 88.7 dB(_)									
Day	87.44	81.13	75.35	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7
Night	87.44	81.13	75.35	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7
Receiver 2. 후도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.3 dB(_) Night 87.3 dB(_)									
Day	86.11	79.80	74.02	68.8	64.1	60.2	56.6	55.2	53.4
Night	86.11	79.80	74.02	68.8	64.1	60.2	56.6	55.2	53.4
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 86.7 dB(_) Night 86.7 dB(_)									
Day	85.45	79.13	73.34	68.1	63.4	59.5	55.9	53.0	50.6
Night	85.45	79.13	73.34	68.1	63.4	59.5	55.9	53.0	50.6
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.3 dB(_) Night 87.3 dB(_)									
Night	86.09	79.77	73.98	68.7	64.0	60.1	57.7	55.5	53.3
Day	86.09	79.77	73.98	68.7	64.0	60.1	57.7	55.5	53.3
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.7 dB(_) Night 88.7 dB(_)									
Day	87.44	81.13	75.35	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7
Night	87.44	81.13	75.35	70.1	65.5	61.6	58.1	56.9	54.7

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables- 9, 10

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.0 dB(_) Night 89.0 dB(_)									
Day	87.74	81.43	75.55	70.3	65.8	61.8	58.4	57.1	54.9
Night	87.74	81.43	75.55	70.3	65.8	61.8	58.4	57.1	54.9
Receiver 2. 죽도리 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.6 dB(_) Night 87.6 dB(_)									
Day	86.41	80.10	74.22	69.0	64.4	60.4	56.9	55.4	53.6
Night	86.41	80.10	74.22	69.0	64.4	60.4	56.9	55.4	53.6
Receiver 3. 안마도선착장 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.0 dB(_) Night 87.0 dB(_)									
Day	85.75	79.43	73.54	68.3	63.7	59.7	56.2	53.2	50.8
Night	85.75	79.43	73.54	68.3	63.7	59.7	56.2	53.2	50.8
Receiver 4. 안마길 98 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 87.6 dB(_) Night 87.6 dB(_)									
Day	86.39	80.07	74.18	68.9	64.3	60.3	58.0	55.7	53.5
Night	86.39	80.07	74.18	68.9	64.3	60.3	58.0	55.7	53.5
Receiver 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.0 dB(_) Night 89.0 dB(_)									
Day	87.74	81.43	75.55	70.3	65.8	61.8	58.4	57.1	54.9
Night	87.74	81.43	75.55	70.3	65.8	61.8	58.4	57.1	54.9

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.7 dB(_) Night 90.7 dB(_)									
Day	89.44	83.13	77.35	72.1	67.5	63.5	60.0	58.7	56.5
Receiver 2. 죽도리 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.3 dB(_) Night 89.3 dB(_)									
Day	88.11	81.80	76.02	70.8	66.1	62.1	58.5	57.0	55.2
Receiver 3. 안마도선착장 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 88.7 dB(_) Night 88.7 dB(_)									
Day	87.45	81.13	75.34	70.1	65.4	61.4	57.8	54.8	52.4
Receiver 4. 안마길 98 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.3 dB(_) Night 89.3 dB(_)									
Day	88.09	81.77	75.98	70.7	66.0	62.0	59.6	57.3	55.1
Receiver 낙월면 오도길4 FIF 1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.7 dB(_) Night 90.7 dB(_)									
Day	89.44	83.13	77.35	72.1	67.5	63.5	60.0	58.7	56.5

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables- 11, 12

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.5 dB(_) Night 91.5 dB(_)									
Day	90.24	83.93	78.05	72.8	68.2	64.2	60.7	59.4	57.1
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.1 dB(_) Night 90.1 dB(_)									
Day	88.91	82.60	76.72	71.5	66.8	62.8	59.2	57.7	55.8
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 89.5 dB(_) Night 89.5 dB(_)									
Day	88.25	81.93	76.04	70.8	66.1	62.1	58.5	55.5	53.0
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.1 dB(_) Night 90.1 dB(_)									
Day	88.89	82.57	76.68	71.4	66.7	62.7	60.3	58.0	55.7
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.5 dB(_) Night 91.5 dB(_)									
Day	90.24	83.93	78.05	72.8	68.2	64.2	60.7	59.4	57.1

영광 안마해상풍력발전사업 7
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 92.3 dB(_) Night 92.3 dB(_)									
Day	91.04	84.73	78.85	73.6	69.0	64.9	61.4	60.1	57.7
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.9 dB(_) Night 90.9 dB(_)									
Day	89.71	83.40	77.52	72.3	67.6	63.5	59.9	58.4	56.4
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.3 dB(_) Night 90.3 dB(_)									
Day	89.05	82.73	76.84	71.6	66.9	62.8	59.2	58.2	53.6
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 90.9 dB(_) Night 90.9 dB(_)									
Day	89.69	83.37	77.48	72.2	67.5	63.4	61.0	58.7	56.3
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 92.3 dB(_) Night 92.3 dB(_)									
Day	91.04	84.73	78.85	73.6	69.0	64.9	61.4	60.1	57.7

14M, 1/3 octave band Result Tables - 13, 14

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 93.0 dB(_) Night 93.0 dB(_)									
Day	91.84	85.43	79.65	74.3	69.7	65.6	62.1	60.7	58.4
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.7 dB(_) Night 91.7 dB(_)									
Day	90.51	84.10	78.32	73.0	68.3	64.2	60.6	59.0	57.1
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.0 dB(_) Night 91.0 dB(_)									
Day	89.85	83.43	77.64	72.3	67.6	63.5	59.9	56.8	54.3
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.7 dB(_) Night 91.7 dB(_)									
Day	90.49	84.07	78.28	72.9	68.2	64.1	61.7	59.3	57.0
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 93.0 dB(_) Night 93.0 dB(_)									
Day	91.84	85.43	79.65	74.3	69.7	65.6	62.1	60.7	58.4

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 93.8 dB(_) Night 93.8 dB(_)									
Day	92.54	86.23	80.35	75.1	70.4	66.4	62.8	61.4	59.0
Receiver 2. 죽도리 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 92.4 dB(_) Night 92.4 dB(_)									
Day	91.21	84.90	79.02	73.8	69.0	65.0	61.3	59.7	57.7
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 91.8 dB(_) Night 91.8 dB(_)									
Day	90.55	84.23	78.34	73.1	68.3	64.3	60.6	57.5	54.9
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 92.4 dB(_) Night 92.4 dB(_)									
Day	91.19	84.87	78.98	73.7	68.9	64.9	62.4	60.0	57.6
Receiver 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) LrN,lim dB(_) Day 93.0 dB(_) Night 93.0 dB(_)									
Day	92.54	86.23	80.35	75.1	70.4	66.4	62.8	61.4	59.0

14M, 1/3 octave band Result Tables - 15, 16

영광 안마해상풍력발전사업
Assessed receiver spectra in dB(Z) - 풍력발전기 수직분석

7

Time slice	12.5Hz dB	16Hz dB	20Hz dB	25Hz dB	31.5Hz dB	40Hz dB	50Hz dB	63Hz dB	80Hz dB
Receiver 1. 낙월면 오도길4 FIF1 LrD,lim dB(_) Lr 94.6 dB(_)									
Lr	93.34	87.03	81.15	75.8	71.2	67.1	63.5	62.1	59.6
Receiver 2. 육도리 FIF1 LrD,lim dB(_) Lr 93.2 dB(_)									
Lr	92.01	85.70	79.82	74.5	69.8	65.7	62.0	60.4	58.3
Receiver 3. 안마도선착장 FIF1 LrD,lim dB(_) Lr 92.6 dB(_)									
Lr	91.35	85.03	79.14	73.8	69.1	65.0	61.3	58.2	55.5
Receiver 4. 안마길 96 FIF1 LrD,lim dB(_) Lr 93.2 dB(_)									
Lr	91.99	85.67	79.78	74.4	69.7	65.6	63.1	60.7	58.2

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/3 octave band Result Tables - 17, 18

○ 14M, 1/1 octave spectrum 소음(dB(A))

풍속	14M, 1/1 octave spectrum - 1

04 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	146.46	146.29	131.14	122.20	120.60	118.23	113.43	113.40	106.30	103.03	89.51
dB(A)	117.25	89.60	91.70	96.00	104.50	109.60	110.20	113.40	107.50	104.00	88.40

05 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	156.10	155.99	139.54	128.00	121.20	118.53	113.83	113.60	107.60	103.53	89.61
dB(A)	117.87	99.30	100.10	101.80	105.10	109.90	110.60	113.60	108.80	104.50	88.50

06 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	147.96	147.79	132.64	123.60	121.70	118.83	114.13	113.80	108.90	104.03	89.81
dB(A)	118.11	91.10	93.20	97.40	105.60	110.20	110.90	113.80	110.10	105.00	88.70

07 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	148.75	148.59	133.34	124.20	122.20	119.13	114.53	114.00	110.20	104.53	89.91
dB(A)	118.60	91.90	93.90	98.00	106.10	110.50	111.30	114.00	111.40	105.50	88.80

08 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	147.55	147.39	132.14	123.00	121.00	117.73	113.03	112.40	109.40	103.23	87.81
dB(A)	117.25	90.70	92.70	96.80	104.90	109.10	109.80	112.40	110.60	104.20	86.70

09 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	150.45	150.29	134.94	125.70	123.40	119.93	115.33	114.50	112.90	105.63	90.21
dB(A)	119.78	93.60	95.50	99.50	107.30	111.30	112.10	114.50	114.10	106.60	89.10

풍속	14M, 1/1 octave spectrum - 1

10 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	152.85	152.69	137.34	128.00	125.60	121.83	117.33	116.20	116.00	107.63	92.11
dB(A)	122.03	96.00	97.90	101.80	109.50	113.20	114.10	116.20	117.20	108.60	91.00

11 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	153.34	153.19	137.84	128.40	125.80	121.83	117.33	116.30	115.90	107.73	92.41
dB(A)	122.05	96.50	98.40	102.20	109.70	113.20	114.10	116.30	117.10	108.70	91.30

12 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	152.64	152.49	137.04	127.60	124.90	120.53	116.23	115.00	117.70	107.23	90.61
dB(A)	122.08	95.80	97.60	101.40	108.80	111.90	113.00	115.00	118.90	108.20	89.50

13 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	152.84	152.69	137.24	127.80	125.10	120.63	116.23	114.70	117.70	107.13	90.01
dB(A)	122.04	96.00	97.80	101.60	109.00	112.00	113.00	114.70	118.90	108.10	88.90

14 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	153.14	152.99	137.54	128.00	125.20	120.73	116.13	114.60	117.70	107.03	89.61
dB(A)	122.02	96.30	98.10	101.80	109.10	112.10	112.90	114.60	118.90	108.00	88.50

15 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	154.84	154.69	139.24	129.60	126.60	121.73	117.33	115.60	120.50	108.53	90.91
dB(A)	124.05	98.00	99.80	103.40	110.50	113.10	114.10	115.60	121.70	109.50	89.80

풍속	14M, 1/1 octave spectrum - 1

16 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	155.64	155.49	139.94	130.30	127.20	122.13	117.73	115.90	121.80	109.03	91.01
dB(A)	125.00	98.80	100.50	104.10	111.10	113.50	114.50	115.90	123.00	110.00	89.90

17 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	156.43	156.29	140.74	131.00	127.70	122.43	118.13	116.10	123.10	109.53	91.11
dB(A)	125.98	99.60	101.30	104.80	111.60	113.80	114.90	116.10	124.30	110.50	90.00

18 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	157.13	156.99	141.44	131.60	128.30	122.73	118.43	116.30	124.40	110.03	91.31
dB(A)	126.99	100.30	102.00	105.40	112.20	114.10	115.20	116.30	125.60	111.00	90.20

19 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	157.93	157.79	142.14	132.30	128.80	123.03	118.83	116.50	125.70	110.53	91.41
dB(A)	128.05	101.10	102.70	106.10	112.70	114.40	115.60	116.50	126.90	111.50	90.30

20 m/s

General | Values | Groups | Characteristics | OLE1 | OLE2

1/1 Octave spectrum | 16Hz - 8kHz | dB(A) / Lw/unit

Table entry | Height above terrain [m] | Standard deviation [dB] | Color

	Sum	16Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
dB	158.73	158.59	142.94	133.00	129.30	123.43	119.13	116.70	127.00	111.03	91.51
dB(A)	129.15	101.90	103.50	106.80	113.20	114.80	115.90	116.70	128.20	112.00	90.40

○ 14M, 1/1 octave band Result Tables (dB(A))

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Sigma(Day) dB	Night dB(A)	
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				30.4	0.0	30.4	
2. 죽도리15	RS	F 1				28.1	0.0	28.1	
3. 안마길8	RS	F 1				24.9	0.0	24.9	
4. 안마길96	RS	F 1				27.1	0.0	27.1	

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/1 octave band Result Tables - 1

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				30.9	0.0	30.9	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				28.7	0.0	28.7	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				26.0	0.0	26.0	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				27.7	0.0	27.7	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				31.5	0.0	31.5	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				29.3	0.0	29.3	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				26.2	0.0	26.2	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				28.3	0.0	28.3	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				32.0	0.0	32.0	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				29.8	0.0	29.8	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				26.8	0.0	26.8	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				28.9	0.0	28.9	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				30.7	0.0	30.7	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				28.5	0.0	28.5	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				25.6	0.0	25.6	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				27.7	0.0	27.7	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				33.2	0.0	33.2	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				31.1	0.0	31.1	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				28.2	0.0	28.2	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				30.3	0.0	30.3	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.4	0.0	35.4	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				33.3	0.0	33.3	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				30.5	0.0	30.5	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				32.6	0.0	32.6	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.7	0.0	35.7	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				33.6	0.0	33.6	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				30.9	0.0	30.9	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				32.9	0.0	32.9	0.0

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/1 octave band Result Tables - 8

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				34.8	0.0	34.8	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				32.7	0.0	32.7	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				30.1	0.0	30.1	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				32.1	0.0	32.1	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	FI	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.0	0.0	35.0	0.0
2. 죽도리 15	RS	F 1				32.9	0.0	32.9	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				30.3	0.0	30.3	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				32.3	0.0	32.3	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				35.1	0.0	35.1	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				33.1	0.0	33.1	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				30.5	0.0	30.5	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				32.5	0.0	32.5	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Sigma(Day) dB	Night dB(A)
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				36.6	0.0	36.6
2. 죽도리15	RS	F 1				34.6	0.0	34.6
3. 안마길8	RS	F 1				32.1	0.0	32.1
4. 안마길96	RS	F 1				34.0	0.0	34.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				37.2	0.0	37.2	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				35.3	0.0	35.3	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				32.8	0.0	32.8	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				34.7	0.0	34.7	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				37.8	0.0	37.8	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				35.9	0.0	35.9	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				33.4	0.0	33.4	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				35.4	0.0	35.4	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				38.4	0.0	38.4	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				36.5	0.0	36.5	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				34.1	0.0	34.1	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				36.0	0.0	36.0	0.0

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

SoundPLAN 8.2

14M, 1/1 octave band Result Tables - 15

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	igma(Day dB	Night dB(A)	gma(Nigh dB
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1				39.0	0.0	39.0	0.0
2. 죽도리15	RS	F 1				37.1	0.0	37.1	0.0
3. 안마길8	RS	F 1				34.8	0.0	34.8	0.0
4. 안마길96	RS	F 1				36.7	0.0	36.7	0.0

영광 안마해상풍력발전사업 2
Assessed receiver levels

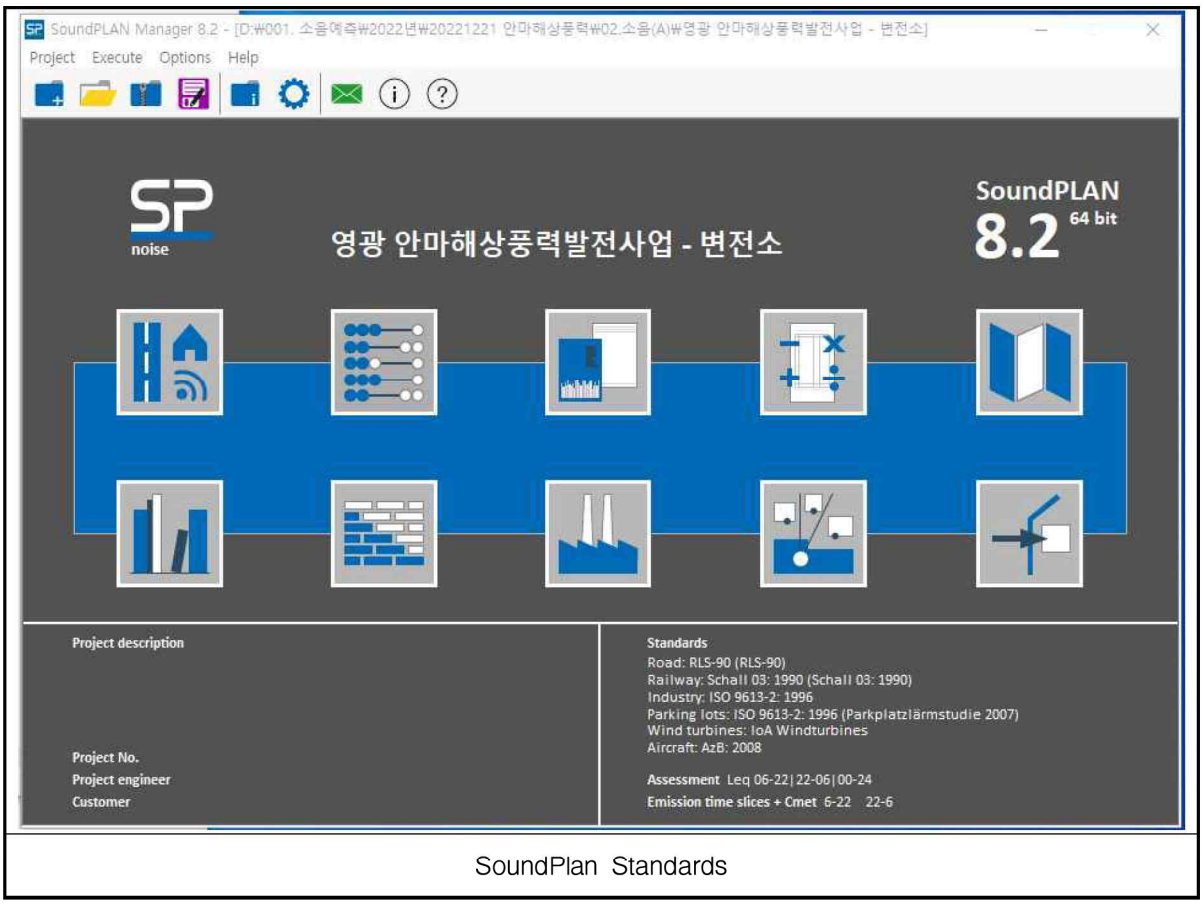
Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	Lr dB(A)	Sigma(Lr) dB	Lr,diff dB	
1. 낙월면 오도길4	RS	F 1			39.6	0.0		
2 죽도리15	RS	F 1			37.8	0.0		
3. 안마길8	RS	F 1			35.5	0.0		
4. 안마길96	RS	F 1			37.4	0.0		

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

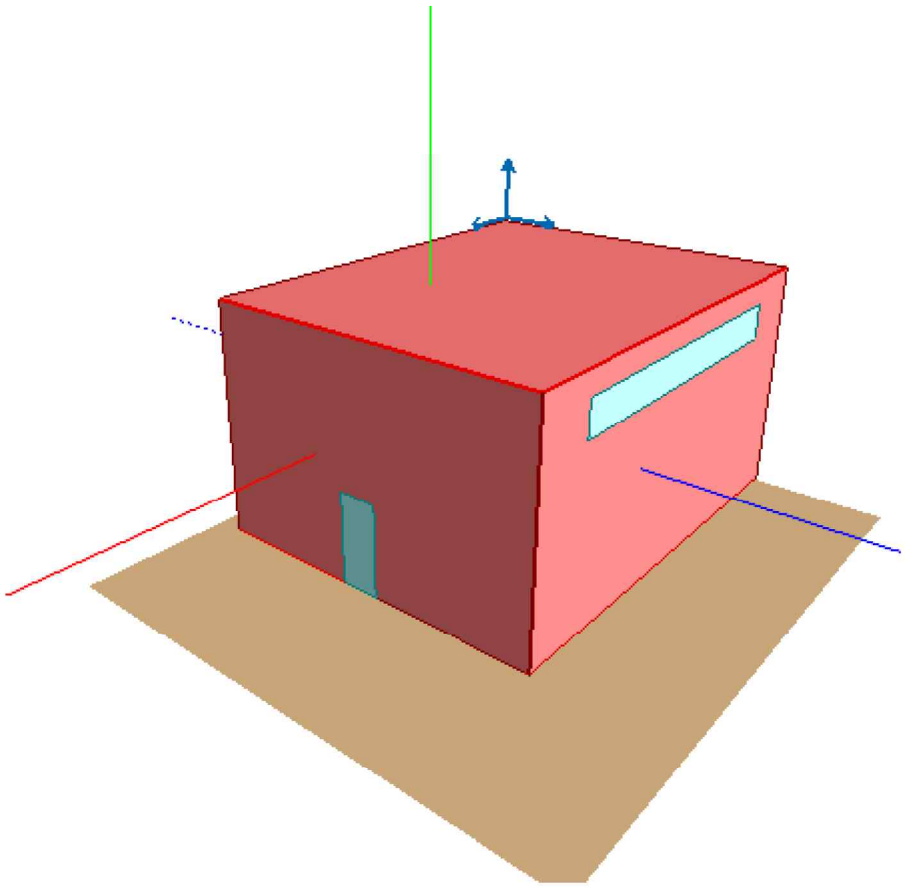
SoundPLAN 8.2

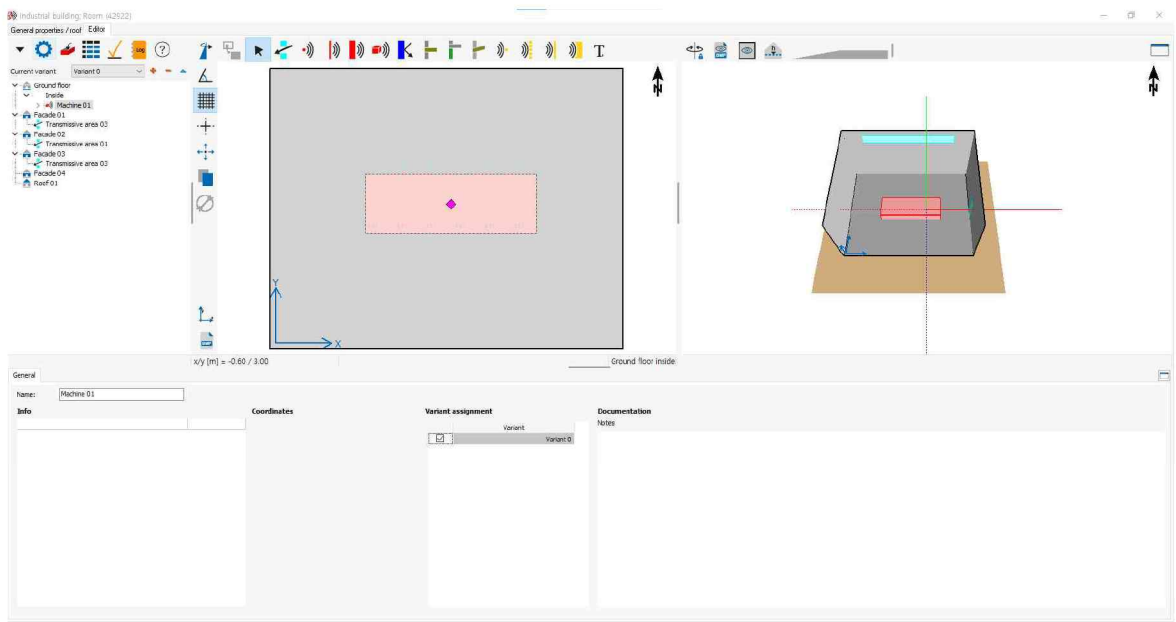
14M, 1/1 octave band Result Tables - 17

(2) 옥내형 변전소

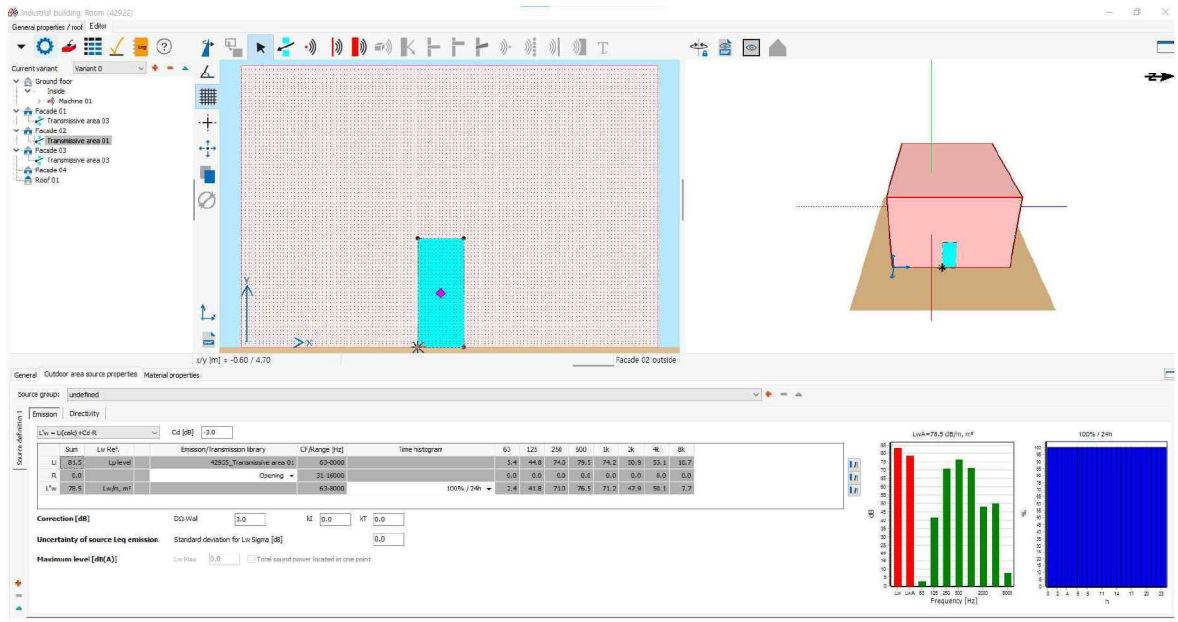


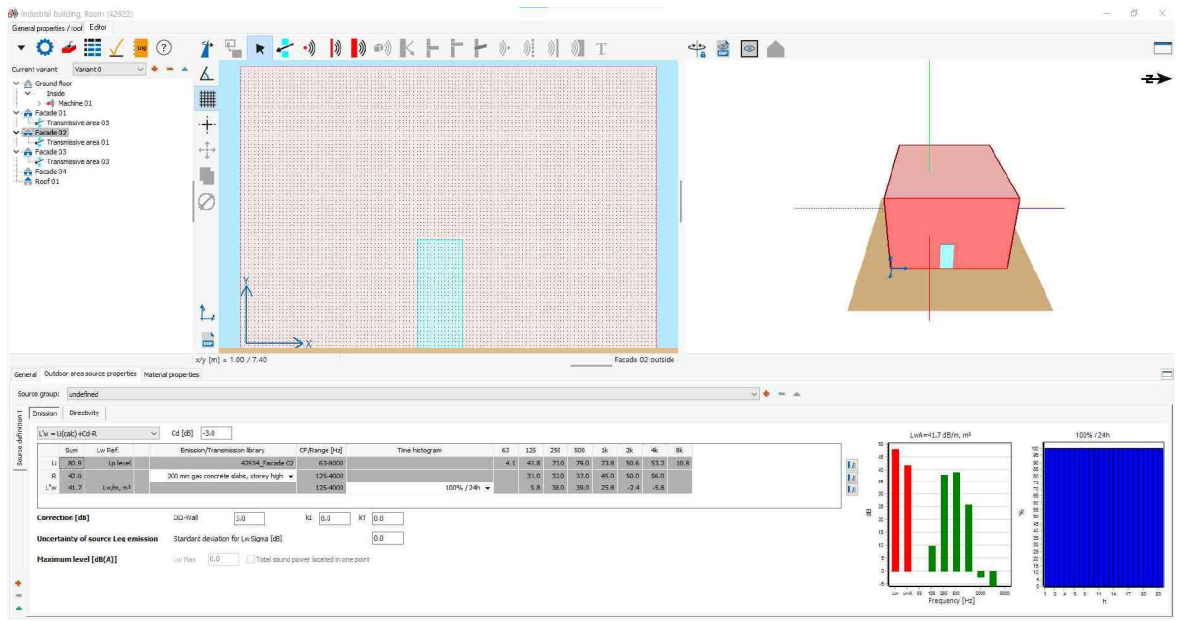
SoundPlan Standards





옥내형 변전소





옥내형 변전소

영광 안마해상풍력발전사업 2

Assessed receiver levels

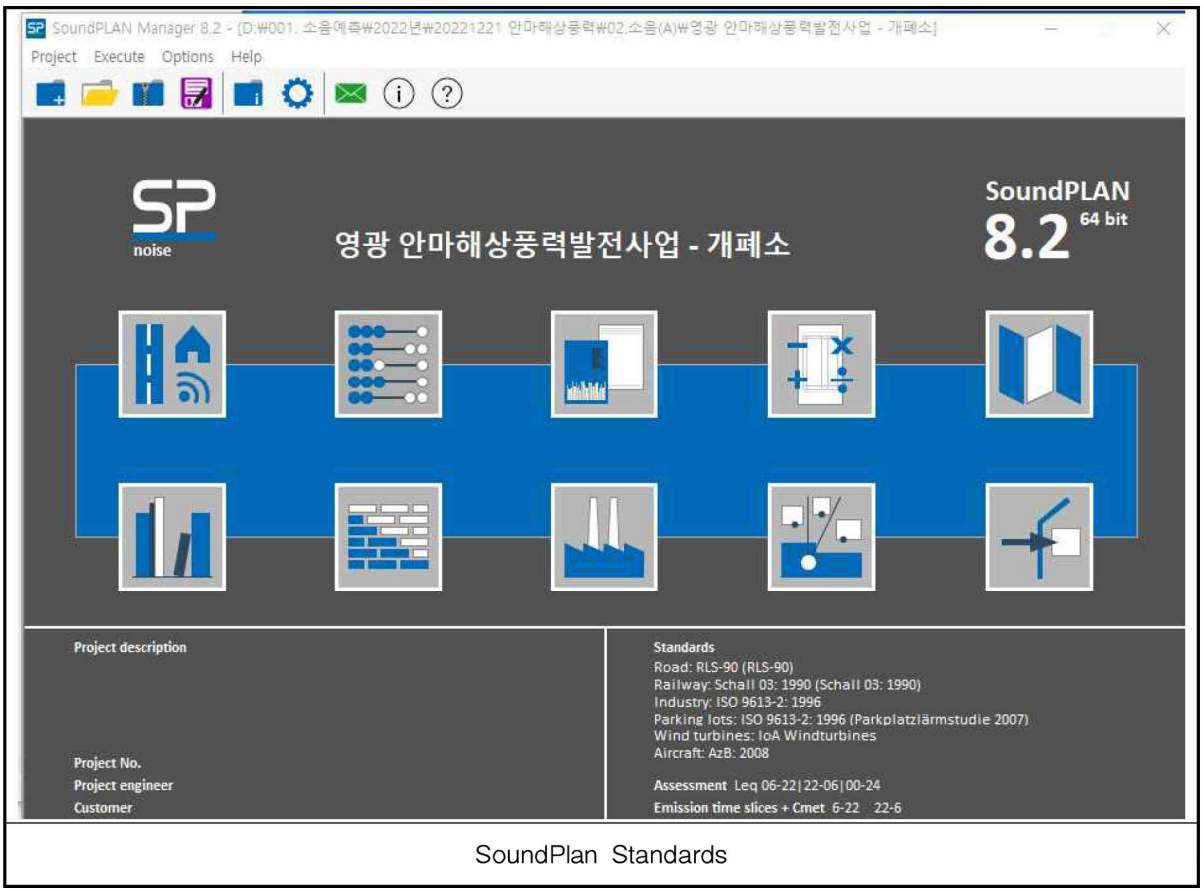
Receiver	Usage	Fl	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
50m	RS	F 1				48.8	48.8		
100m	RS	F 1				43.7	43.7		
200m	RS	F 1				38.1	38.1		
300m	RS	F 1				32.1	32.1		
300m	RS	F 1				34.7	34.7		
500m	RS	F 1				30.0	30.0		
600m	RS	F 1				28.3	28.3		
700m	RS	F 1				26.8	26.8		
800m	RS	F 1				25.4	25.4		
낙월면 오도길4	RS	F 1				-11.7	-11.7		

DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA 1

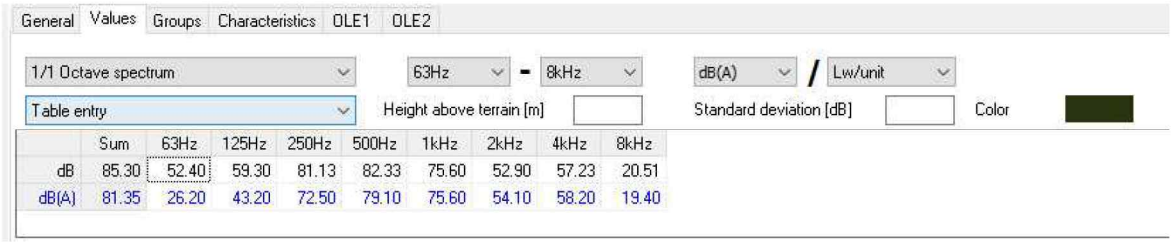
SoundPLAN 8.2

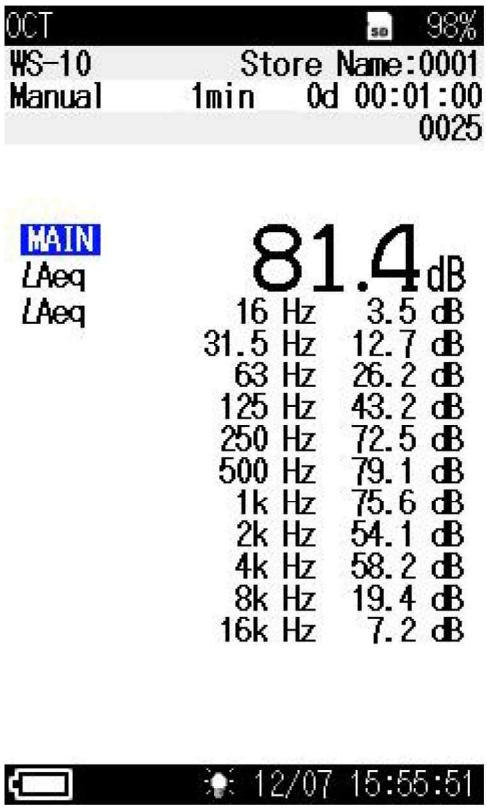
옥내형 변전소 이격거리별 소음도(dB(A))

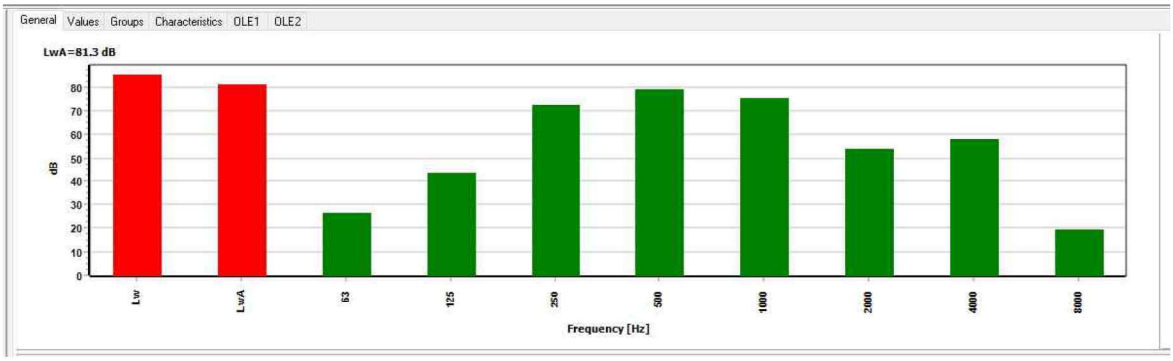
(3) 개 폐 소



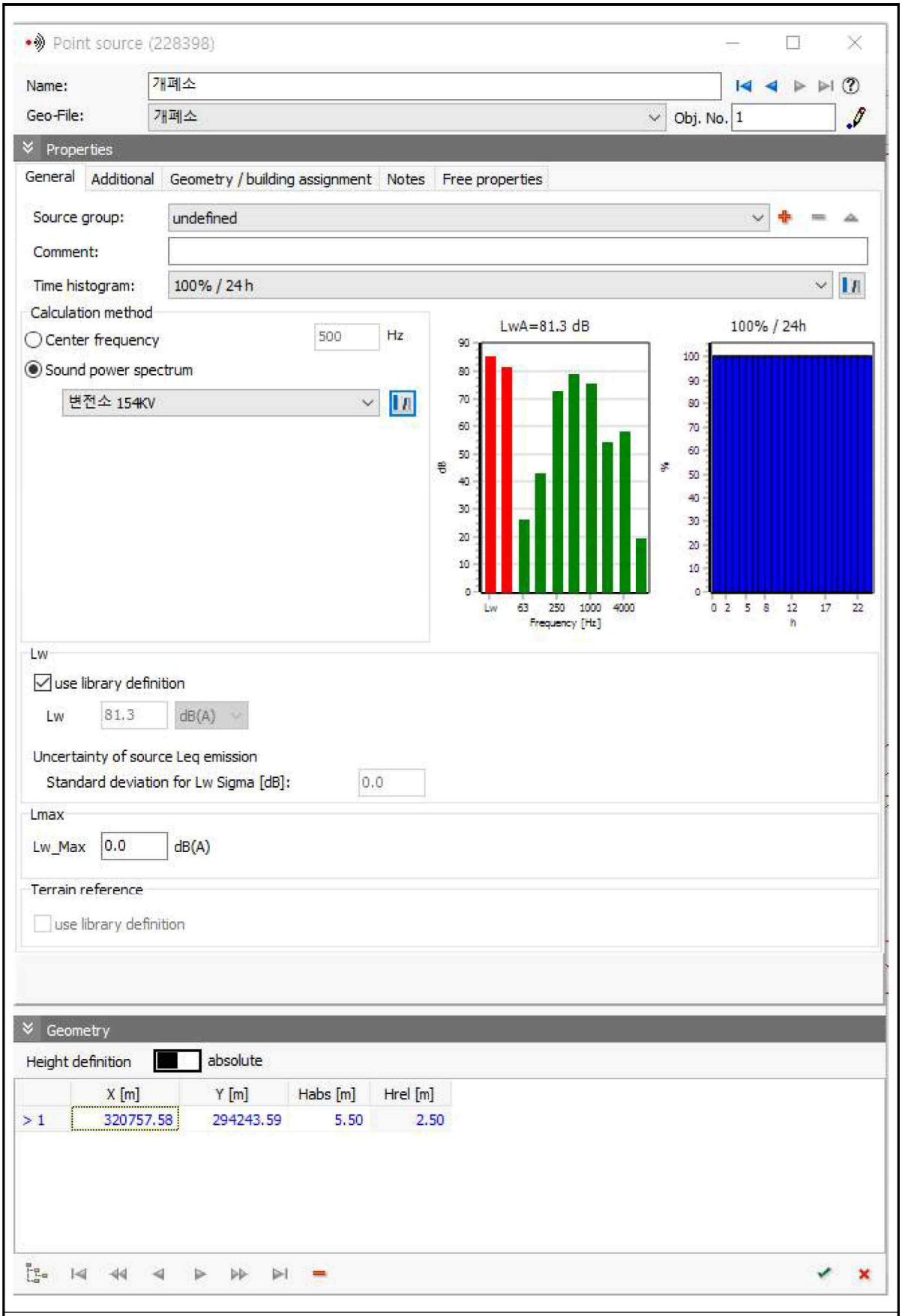
SoundPlan Standards







개폐소 data 입력 값 및 실측값


Point source (228398)
Name:
개폐소
Geo-File:
개폐소
Obj. No.
1
Properties
General
Additional
Geometry / building assignment
Notes
Free properties
Source group:
undefined
Comment:
Time histogram:
100% / 24 h
Calculation method
Center frequency
500
Hz
Sound power spectrum
변전소 154KV
LwA=81.3 dB
100% / 24h
dB
%
Lw
63
250
1000
4000
Frequency [Hz]
h
Lw
use library definition
Lw
81.3
dB(A)
Uncertainty of source Leq emission
Standard deviation for Lw Sigma [dB]:
0.0
Lmax
Lw_Max
0.0
dB(A)
Terrain reference
use library definition
Geometry
Height definition
absolute
X [m]
Y [m]
Habs [m]
Hrel [m]
> 1
320757.58
294243.59
5.50
2.50

개폐소

영광 안마해상풍력발전사업 – 개폐소 **2**

Assessed receiver levels

Receiver	Usage	FI	Dir	LrD,lim dB(A)	LrN,lim dB(A)	Day dB(A)	Night dB(A)	Day,diff dB	Night,diff dB
독립가옥 -1	RS	F 1				17.5	17.5		
독립가옥 -2	RS	F 1				15.9	15.9		
사무실(염심풍력발전)	RS	F 1				12.5	12.5		
새우양식장	RS	F 1				21.6	21.6		
축사(우사)-1	RS	F 1				8.3	8.3		
축사(우사)-2	RS	F 1				8.0	8.0		

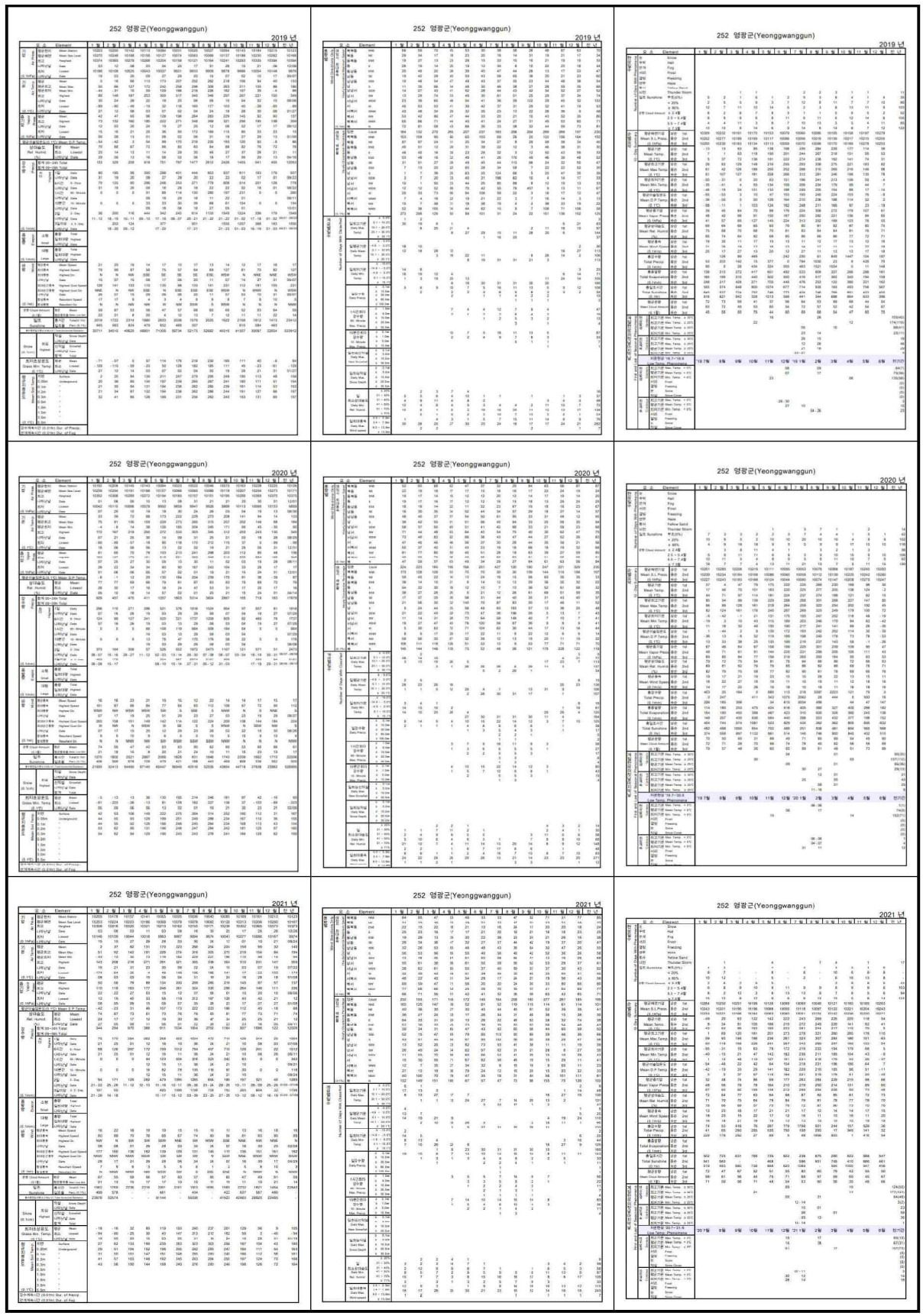
DongKang Univeristy 50, Dongmun-daero, Buk-gu, Gwangju 61200 KOREA

1

SoundPLAN 8.2

개폐소 예측지점별 소음도(dB(A))

(4) 기상자료


252 영광군(Yeonggwanggun)
2019 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2019 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2019 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2020 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2020 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2020 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2021 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2021 년
252 영광군(Yeonggwanggun)
2021 년

페이지 빈칸