

2018. 9. 5

**고파도 갯벌생태계 복원
기본계획 수립 용역
- 최종보고서 -**



해뜨는 서산
SUN RISING SEOSAN

제 출 문

서산시장 귀하

본 보고서를 『고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역』에 대한 최종성과
품으로 제출합니다.

2018년 09월

충 남 연 구 원

총괄연구책임자 : 윤 종 주

참 여 연 구 원 : 이 상 신

신 우 석

윤 영 관

임 지 윤

위탁연구기관(시료분석분야)

: (주)지오시스템리서치

(주)이앤씨기술

목 차

1. 과업의 개요	3
1) 과업배경 및 필요성	3
2) 과업의 목적	5
3) 과업의 범위	5
4) 과업의 세부내용	10
2. 고파도 갯벌복원사업 요약	15
1) 사업목표	15
2) 시행근거	15
3) 사업 위치 및 면적	15
4) 사업 기간	16
5) 사업량	16
6) 기대 효과	17
7) 사업추진 기본계획	18
3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석	31
1) 일반 현황	31
2) 자연 현황	32
3) 인문 현황	35
4) 사회 현황	52
5) 훼손 원인	57
6) 국내 갯벌복원 사업 추진 사례	63
7) 관계 법령 검토	68
4. 갯벌생태복원 대상지 기초조사	79
1) 고파도 수치표고자료 및 지형단면 분석	79
2) 고파도 주변 해역 수리환경	94

5. 고파도 내외측 수질 및 퇴적물 조사	99
1) 조사 개요	99
2) 조사 방법	100
3) 조사 결과	101
6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사	119
1) 서론	119
2) 조사 방법	120
3) 조사 결과	124
4) 종합 결론	142
5) 참고 자료 [저서 출현종 목록, 갯벌생태조사 사진]	144
7. 수치모형 실험 및 기본구상	153
1) 해수유동 실험	153
2) 퇴적물이동 실험	185
8. 갯벌생태복원 목표	195
1) 비전 및 목표	195
2) 접근전략	196
9. 갯벌생태복원 기본계획	201
1) 부지매입 계획	203
2) 공간별 계획	205
10. 투자계획 및 재원확보 방안	217
1) 단계별 사업계획	217
2) 부문별 사업 추진 계획	218
3) 연차별 사업 추진 계획	221
4) 재원확보방안	229

11. 갯벌생태복원 사업의 기대 효과	233
1) 경제적 파급효과	233
2) 생태적 가치 증진 효과	234
3) 사회문화 및 정책적 파급효과	235
12. 사회적 · 경제적 편익(타당성) 분석	239
1) 사업의 필요성 및 시급성	239
2) 국가계획 및 경제·사회정책과의 부합성	239
3) 주민의 숙원도 및 수혜도	240
4) 사업의 파급효과	240
5) 경제적 수익성 및 타당성	242
6) 편익 추정 방법론	249
7) 고파도 갯벌복원 사업의 편익 산정	255
8) 경제성 분석 세부 내용	259
13. 갯벌생태계 모니터링 실시 계획	265
1) 모니터링 기본 방향	265
2) 단계별 모니터링 방안	267
3) 지형변화	268
4) 퇴적환경	269
5) 저서생물	270
6) 식물상(염생식물)	271
7) 물새(조류)	272
14. 복원지역 운영관리 및 유지관리 방안	275
1) 개요	275
2) 기본방향	275
3) 관리계획	276
4) 이해관계자 협의체 구성	276
참고문헌	281

표 목 차

[표 2-1] 단계별 추진전략	20
[표 2-2] 연차별 사업투자계획	22
[표 2-3] 세부사업 추진계획	23
[표 2-4] 경제적 편익추정 결과	24
[표 3-1] 서산시 기상통계	34
[표 3-2] 서산시(고파도) 연도별 인구 변화	35
[표 3-3] 서산시(팔봉면) 토지이용현황	36
[표 3-4] 고파도 갯벌복원사업 대상지 토지면적 및 매입비용(안)	39
[표 3-5] 고파도 갯벌대상지 공시지가 변동현황	49
[표 3-6] 순천만 갯벌대상지 개별공시지가 변동현황	50
[표 3-7] 순천만 갯벌복원 대상지 토지매입 비용 산출내용	50
[표 3-8] 갯벌복원지역 염전 실거래가 현황	51
[표 3-9] 고파도 주변 어업권·어업허가 현황	52
[표 3-10] 가로림만 주변 어촌계 현황	54
[표 3-11] 가로림만 주변 어가인구	55
[표 3-12] 가로림만 권역 어항 현황	55
[표 3-13] 서산시 관광자원	56
[표 3-14] 갯벌복원사업 진행현황(2010-2016)	64
[표 3-15] 갯벌 생태계 복원 중기 추진계획(2018) 사업 대상지	67
[표 3-16] 환경영향평가법 법규 및 관련 검토사항	69
[표 3-17] 해양환경관리법의 해역이용협의 관련 검토사항	71
[표 3-18] 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률에 대한 검토사항	73
[표 3-19] 자연재해대책법에 대한 검토사항	74
[표 4-1] 고파도 조화상수 및 비조화상수	95
[표 4-2] 고파도 해역의 재귀년도 별 폭풍해일고 (cm)	96
[표 5-1] 고파도 수질 및 퇴적물 정점 위치	99
[표 5-2] 해양환경 조사 개요	100
[표 5-3] 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호	108
[표 5-4] 수질평가지수(WQI) 및 등급(2018년 7월)	109
[표 6-1] 고파도 갯벌 저서동물의 조사 위치	121
[표 6-2] ISEP 분포에 기초한 조간대 배점 기준	123
[표 6-3] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 출현종수 비율	124
[표 6-4] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 출현종수 비율	125
[표 6-5] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 서식밀도 비율	126
[표 6-6] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 서식밀도 비율	127
[표 6-7] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생체량 비율	128

[표 6-8] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생체량 비율	129
[표 6-9] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 우점종(개체/m ²)	130
[표 6-10] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 우점종(개체/m ²)	131
[표 6-11] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 우점종(g/m ²)	132
[표 6-12] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 우점종(g/m ²)	133
[표 6-13] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생태지수	135
[표 6-14] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생태지수	136
[표 6-15] 2018년 고파도 저서동물의 정점군별 군집 기여중(서식밀도 기준)	137
[표 6-16] 2018년 고파도 저서동물의 정점군별 군집 기여중(생체량 기준)	138
[표 6-17] 2018년 고파도 저서동물의 해역별 유사성 분석	139
[표 6-18] 2018년 5월 고파도 저서동물과 환경요인과의 상관관계	140
[표 6-19] 2018년 5월 고파도 저서동물의 ISEP 등급	141
[표 7-1] 해수유동 실험 개요	154
[표 7-2] 조석 관측 개요	161
[표 7-3] 조류 관측 개요	162
[표 7-4] 퇴적물이동 실험 개요	185
[표 7-5] 퇴적물 이동 실험 입력조건	188
[표 9-1] 고파도 갯벌생태복원 기본계획(안) 종합	201
[표 9-2] 해수유입구 1, 2번 대상부지 제방 구조 변경안 검토	209
[표 9-3] 해수유입구 3번 대상부지 제방 구조 변경안 검토	212
[표 10-1] 부문별 사업투자계획	220
[표 10-2] 연차별 사업투자계획	221
[표 10-3] 1차년도 주요 사업 내용	222
[표 10-4] 2차년도 주요 사업 내용	223
[표 10-5] 3차년도 주요 사업 내용	224
[표 10-6] 4차년도 주요 사업 내용	225
[표 10-7] 5차년도 주요 사업 내용	226
[표 10-8] 갯벌생태계 복원사업 개요	229
[표 10-9] 해양보호구역 관리사업 개요	229
[표 12-1] 지역경제 파급효과 분석결과	241
[표 12-2] 갯벌의 경제적 가치의 종류	243
[표 12-3] 국내 갯벌의 기능별 가치 분석 사례 종합화(2013년 12월 불변가격 기준)	244
[표 12-4] 가로림만에 대한 WTP 추정결과	246
[표 12-5] 가로림만의 전국적 환경가치	247
[표 12-6] 갯벌생태관광의 각 속성별 지불의사액 분석결과	248
[표 12-7] 점추정치 편익이전의 적용 절차	254
[표 12-8] 함수 편익이전(BT)의 적용 절차	255
[표 12-9] 고파도 갯벌생태복원사업의 비용 및 편익	256
[표 12-10] 고파도 갯벌의 레크리에이션 편익	257
[표 12-11] 고파도 갯벌의 레크리에이션 편익	258

[표 12-12] 고파도 복원 갯벌의 연간 사회적 편익	258
[표 12-13] 고파도 갯벌의 사회적 편익 총가치	259
[표 12-14] 비용-편익 흐름표(단위: 백만원)	261
[표 13-1] 갯벌생태계 모니터링 항목 및 방법(갯벌생태계 복원사업지침 제13조 관련)	266
[표 13-2] 폐염전 지형변화 모니터링 방안	268
[표 13-3] 폐염전 퇴적환경 모니터링 방안	269
[표 13-4] 폐염전 저서생물 모니터링 방안	270
[표 13-5] 폐염전 식물상 모니터링 방안	271
[표 13-6] 폐염전 물새(조류) 모니터링 방안	272

그림 목 차

[그림 1-3] 갯벌복원 사업추진 절차(해양수산부 훈령 제357호 제12조 관련)	4
[그림 1-4] 단계적 사업추진방안	5
[그림 1-5] 갯벌복원 사업시행구역 범위 설정	6
[그림 1-6] 갯벌복원 사업영향구역 범위 설정	7
[그림 1-7] 갯벌복원 사업관리구역 범위 설정	8
[그림 1-8] 고파도 갯벌복원 사업 위치도	9
[그림 2-1] 고파도 지리적 위치 및 복원 대상지 전경	16
[그림 2-2] 고파도 갯벌생태복원 대상구역 기본계획(안)	18
[그림 2-3] 고파도 갯벌생태복원 단계별 구상	19
[그림 2-4] 단계적 사업추진 방안	20
[그림 2-5] 목표 및 추진전략	21
[그림 2-6] 갯벌생태복원사업의 기대 효과	24
[그림 3-1] 고파도 일반현황도	32
[그림 3-2] 고파도 지형 현황	33
[그림 3-3] 고파도 간척지 이용 역사	33
[그림 3-4] 고파도 토지이용 현황(토지피복도)	36
[그림 3-5] 고파도 갯벌복원사업 매입 대상 부지(지번 포함)	40
[그림 3-6] 순천만 장산지구 갯벌복원 대상지 및 공시지가(2016년 기준)	50
[그림 3-7] 고파도 인근 양식어장 위치도	53
[그림 3-8] 고파도 갯벌생태복원 대상지 이용현황	57
[그림 3-9] 과거 고파도 전경(항공사진, 1967년도)	58
[그림 3-10] 현재 고파도 전경(항공사진, 2016년도)	58
[그림 3-11] 고파도 폐염전(폐양어장)	60
[그림 3-12] 고파도 폐염전(폐양어장) 및 유수지	60
[그림 3-13] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 유수지 전경	60
[그림 3-14] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 남측 제방 외측 전경(차도교 예정지)	61
[그림 3-15] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 남측 제방 내·외측 수문 및 해수유입구	61
[그림 3-16] 고파도 해수욕장 전경	61
[그림 3-17] 고파도 폐염전(폐양어장) 북측 제방 외측 전경(수문 및 갯골)	62
[그림 3-18] 고파도 폐염전(폐양어장) 북측 제방 내측 수로(해수소통로) 전경	62
[그림 3-19] 고파도 폐염전(폐양어장) 내 방치 폐기물(폐어구)	62
[그림 3-20] 전국 갯벌복원 추진 대상지역(2010~2016)	63
[그림 3-21] 갯벌복원 사업추진 절차(해수부 훈령 제357호 12조 관련)	65
[그림 3-22] 갯벌생태계 복원사업 중기 추진계획(2018) 추진 전략	66
[그림 3-23] 소규모 환경영향평가 절차	70
[그림 3-24] 해역이용협의 수행 절차	72

[그림 3-25] 공유수면 점사용 인허가 절차	73
[그림 3-26] 사전재해영향성검토의 행정절차	75
[그림 4-1] 만조시 고파도 전경 - 고파도의 만조선 근방 해안에는 폭이 좁은 해빈이 형성되어 있음	80
[그림 4-2] 고파도 북쪽에 발달하고 있는 사주 퇴적체 전경 - 사주 퇴적체는 다양한 형태의 사구로 피복되어 있음	80
[그림 4-3] 고파도 북쪽 해안 양빈작업 현장	81
[그림 4-4] 고파도내 폐염전 내측 전경. 장어, 해삼 등 양식을 위한 다수의 통발이 방치되어 있으며, 무산소환경의 특징인 흑색 퇴적물이 분포	81
[그림 4-5] 고파도 폐염전 내 유수지 전경. 조사 시기/강우 유무/수문개폐 여부 등에 따라 저수유량의 변화가 있음	82
[그림 4-6] 창조시 고파도 수문(매립관거)를 통해 유수지 내측으로 해수가 일부 유입되고 있음	82
[그림 4-7] 고파도 서측 조간대 하부에 발달하고 있는 사행성 조수로, 외측제방에 사태(slump)등으로 인한 현저한 침식지형 발달함	83
[그림 4-8] Phantom 4Pro 기체, 조종기 및 배터리	85
[그림 4-9] 무인항공기 운용 및 항공 사진 촬영	85
[그림 4-10] 항공 사진촬영 위치 및 비행 경로	86
[그림 4-11] 이미지 위치 보정 및 Point cloud 생성 결과	86
[그림 4-12] 고파도 정사영상. 고파도내 4개의 폐염전이 조성되어 있음	88
[그림 4-13] 고파도 수치표고모델	88
[그림 4-14] 고파도 정사영상 및 등고선 (20센티미터 간격)	89
[그림 4-15] 고파도 수치표고모델 및 등고선 (20센티미터 간격)	89
[그림 4-16] 고파도 정사영상 및 정밀지형단면 축선	91
[그림 4-17] 고파도 수치표고모델 및 정밀지형단면 축선	91
[그림 4-18] 정밀지형단면 축선 분포	92
[그림 4-19] 50년 빈도 발생 가능 폭풍해일고(cm)	96
[그림 5-1] 고파도 수질 및 퇴적물 조사 정점도	99
[그림 5-2] 고파도 내외측 수질 SPM 및 Chl-a 농도 분포 특성	102
[그림 5-3] 고파도 내외측 수질 COD 및 TOC 농도 분포 특성	103
[그림 5-4] 고파도 내외측 수질 용존 무기질소 농도 분포 특성	104
[그림 5-5] 고파도 내외측 수질 PO4-P 및 SiO2-Si 농도 분포 특성	105
[그림 5-6] 고파도 내외측 수질 TN 및 TP 농도 분포 특성	106
[그림 5-7] 고파도 내외측 수질 미량금속 농도 분포 특성	107
[그림 5-8] 고파도 외측 수질평가지수(WQI) 분포 특성	109
[그림 5-9] 고파도 내외측 퇴적물 입도 및 함수량 분포 특성	110
[그림 5-10] 고파도 내외측 퇴적물 유기물 분포 특성	111
[그림 5-11] 고파도 내외측 퇴적물 내 영양염류 분포 특성	111
[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성	112
[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성(계속)	113
[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성(계속)	114
[그림 5-15] 고파도 내외측 퇴적물 입도에 대한 유기물 및 중금속과의 상관성	115

[그림 5-16] 입도, 중금속 항목의 상관성 및 퇴적물 환경 기준과 비교	116
[그림 6-1] 고파도 갯벌 저서동물의 조사 정점도	120
[그림 6-2] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 출현종수	124
[그림 6-3] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 출현종수	125
[그림 6-4] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 서식밀도	126
[그림 6-5] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 서식밀도	127
[그림 6-6] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 생체량 비율 및 정점별 생체량	128
[그림 6-7] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 생체량 비율 및 정점별 생체량	129
[그림 6-8] 2018년 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 주요 우점종	131
[그림 6-9] 2018년 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 주요 우점종	133
[그림 6-10] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 정점별 생태지수 비교	135
[그림 6-11] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 정점별 생태지수 비교	136
[그림 6-12] 다변량 분석을 통한 2018년 고파도 저서동물군집 분포(서식밀도 기준)	137
[그림 6-13] 다변량 분석을 통한 2018년 고파도 저서동물군집 분포(생체량 기준)	138
[그림 6-14] 2018년 고파도 저서동물군집의 시·공간적 분포	143
[그림 7-1] Flow Chart	155
[그림 7-2] 해수유동 모델의 계산격자망도	159
[그림 7-3] 해수유동 모델의 수심도	160
[그림 7-4] 검증시 이용된 관측점 위치도	162
[그림 7-5] T1(고파도)	163
[그림 7-6] PC-1	163
[그림 7-7] 고조위 분포도(광역)	165
[그림 7-8] 저조위 분포도(광역)	166
[그림 7-9] 고조위 및 저조위 분포도(CASE0, 확대)	167
[그림 7-10] 고조위 및 저조위 분포도(CASE1, 확대)	168
[그림 7-11] 고조위 및 저조위 분포도(CASE2, 확대)	169
[그림 7-12] 고조위 및 저조위 분포도(CASE3, 확대)	170
[그림 7-13] 최강 창조류 벡터도(광역)	171
[그림 7-14] 최강 낙조류 벡터도(광역)	172
[그림 7-15] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE0, 확대)	173
[그림 7-16] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE1, 확대)	174
[그림 7-17] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE2, 확대)	175
[그림 7-18] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE3, 확대)	176
[그림 7-19] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE0, 확대)	177
[그림 7-20] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE1, 확대)	178
[그림 7-21] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE2, 확대)	179
[그림 7-22] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE3, 확대)	180
[그림 7-23] 최강 유속분포도(CASE0, 확대)	181
[그림 7-24] 최강 유속분포도(CASE1, 확대)	181
[그림 7-25] 최강 유속분포도(CASE2, 확대)	182

[그림 7-26] 최강 유속분포도(CASE3, 확대)	182
[그림 7-27] 해수유입시간(CASE0, 확대)	183
[그림 7-28] 해수유입시간(CASE1, 확대)	183
[그림 7-29] 해수유입시간(CASE2, 확대)	184
[그림 7-30] 해수유입시간(CASE3, 확대)	184
[그림 7-31] 연간 침·퇴적 변화(CASE0)	190
[그림 7-32] 연간 침·퇴적 변화(CASE1)	190
[그림 7-33] 연간 침·퇴적 변화(CASE2)	191
[그림 7-34] 연간 침·퇴적 변화(CASE3)	191
[그림 8-1] 고파도 갯벌생태복원의 기본 목표	195
[그림 8-2] 고파도 갯벌생태복원의 기본 접근 방향	196
[그림 8-3] 고파도 갯벌생태복원의 접근 전략	197
[그림 9-1] 목표 및 추진전략	202
[그림 9-2] 고파도 갯벌생태복원 기본계획(안)	203
[그림 9-3] 사업대상부지 지목별 구성 비율	204
[그림 9-4] 갯벌복원 대상지 내 공간 계획 안 (제방철거 후 부지 정비)	206
[그림 9-5] 갯벌 지형복원 계획	207
[그림 9-6] 갯벌복원 대상지 내 방치 폐기물 처리 계획	208
[그림 9-7] 해수유입구 1, 2번 대상부지 현재 사용 현황	209
[그림 9-8] 고파도 내 주요 도로 현황 및 차도교 도입 구간	211
[그림 9-9] 해수유입구 3번 대상부지 현재 사용 현황	211
[그림 9-10] 염생식물 군락지 조성 계획	213
[그림 9-11] 사구식생 복원 및 사구환경 개선 계획	214
[그림 10-1] 고파도 갯벌생태복원 사업의 단계적 사업추진방안	217
[그림 10-2] 단계별 구분에 따른 갯벌복원 추진 계획	218
[그림 11-1] 갯벌생태복원사업의 기대 효과	233
[그림 11-2] 갯벌복원에 따른 경제적 가치	233
[그림 11-3] 갯벌복원에 따른 생태적 가치 증진 효과	234
[그림 11-4] 갯벌복원 사업 완료 후의 기대효과	236
[그림 12-1] 갯벌의 경제적 가치가 발생하는 과정	242
[그림 12-2] 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 과정	246
[그림 12-3] 컨조인트 분석법의 적용절차	250
[그림 12-4] NOAA 패널의 지침	252
[그림 12-5] 편익 이전 기법의 구분	253
[그림 13-1] 모니터링 방향	266
[그림 13-2] 단계별 모니터링 방안	267
[그림 14-1] 순응적 관리체계 구성	276
[그림 14-2] 이해관계자 협의체 구성 방안	277

제1장

과업의 개요

1. 과업배경 및 필요성
2. 과업의 목적
3. 과업의 범위
4. 과업의 세부내용

1. 과업의 개요

1) 과업배경 및 필요성

(1) 해양수산부 갯벌복원 종합계획에 따른 갯벌 복원 추진

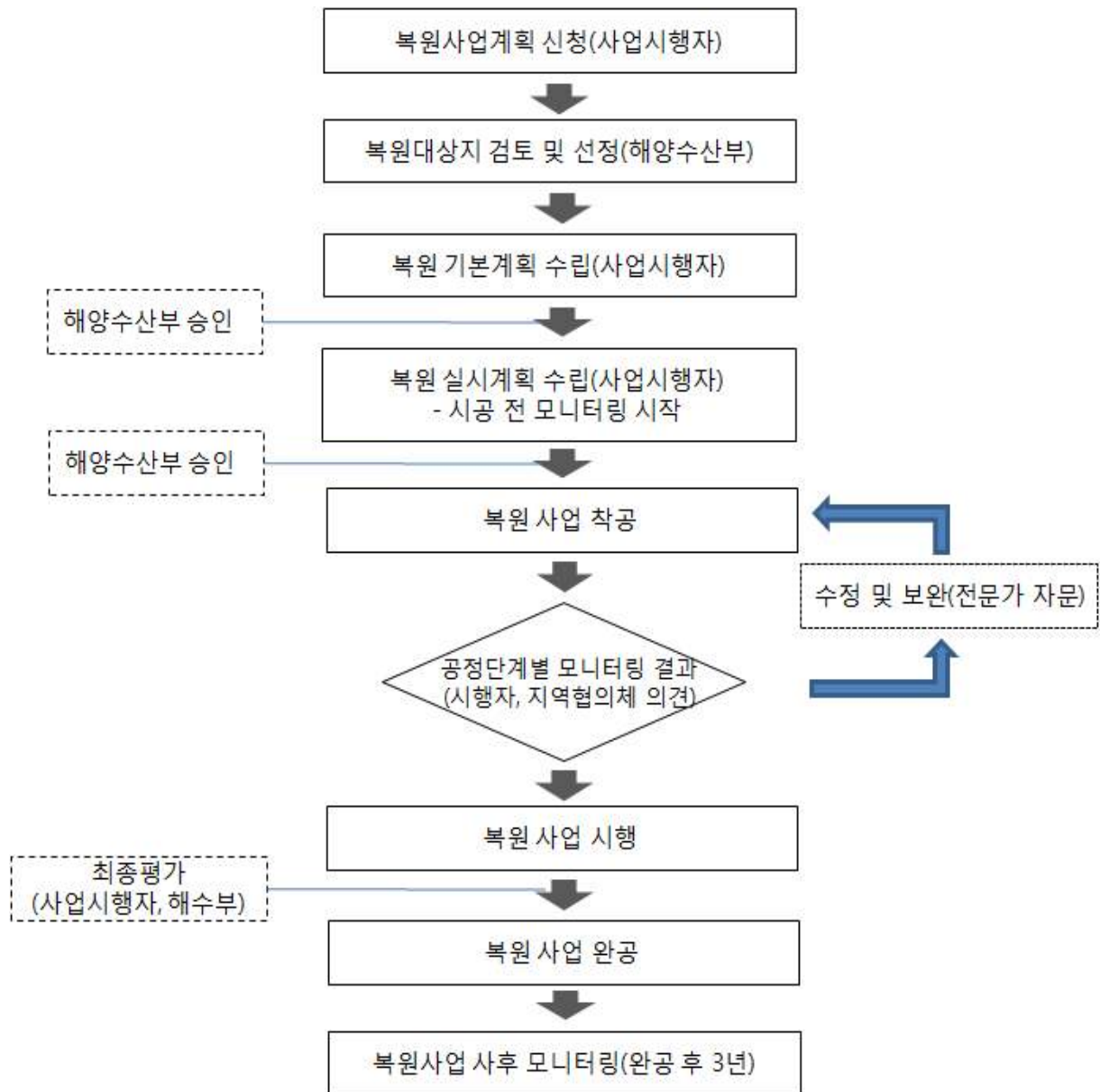
- 해양수산부 갯벌복원을 통한 자원화 종합계획 수립(2015.8)
 - 해양수산부는 2015년 ‘갯벌복원을 통한 자원화 종합계획’을 발표하고 갯벌복원 확대, 생태관광 활성화, 친환경 갯벌어업 육성 등을 통한 갯벌의 미래자원화를 정책을 추진 중
 - 계획 수립에 따라 갯벌생태계 복원사업 지침(‘16.12)을 마련하고, 갯벌생태계 복원사업의 체계적 시행을 위한 세부사항 및 수행 절차를 마련하였음
- 해양수산부 갯벌생태계 복원사업 중기 추진계획 수립(2018.7)
 - 해양수산부는 ‘갯벌생태계 복원사업 중기 추진계획(19~23)을 수립하고, 갯벌의 가치를 되살리기 위한 복원사업 대상지 확대, 사업관리체계 강화, 복원지역 인센티브 확대 등의 시행방안을 마련하였음
 - 향후 5년간 총 23개소를 대상으로 갯벌 복원 사업을 추진하며, 이 중 ‘23년까지 14개소의 복원사업을 완료하여 3km²의 갯벌 면적을 복원하고, 3km에 이르는 갯벌 물길을 회복시킨다는 계획을 세움

(2) 서산 고파도 갯벌생태계복원 기본계획 수립 배경

- 고파도는 천혜의 청정 해양환경을 보전하고 있는 충청남도 가로림만 내(서산시 팔봉면 고파도리)에 위치하고 있음
- 그러나 고파도 내 폐 양식장 및 유수지가 수십년 동안 방치되면서 미관상 저해요소 뿐 아니라 해충발생이 우려되는 등 주변지역에 오염원으로 작용하여 갯벌생태계 복원을 통한 당해 부지의 건강성 회복이 시급함
- 해양수산부 갯벌생태계 복원사업 추진에 따른 사업대상지 지정에 따라, 갯벌 생태복원 사업 추진을 통해 갯벌자원의 복원·보전과 함께 사구자원 보전, 염생식물 식재 등을 통한 건강성 및 생산성이 높은 갯벌로 복원을 추진
- 갯벌복원사업 추진에 따른 주변해역 어족자원 및 생태관광 수요 증진 등 지역경제 활성화에 기여할 것으로 기대

(3) 체계적인 갯벌복원 사업 시행을 위한 기본계획 수립

- 갯벌생태계 복원지침(해양수산부 훈령 제357호)에 따라 갯벌복원 계획의 수립을 위한 기본계획의 수립을 규정
 - 법적근거 : 갯벌생태계 복원사업지침(해양수산부 훈령 제357호 제9조 기본계획의 수립, 제10조 기본계획의 승인)



[그림 1-3] 갯벌복원 사업추진 절차(해양수산부 훈령 제357호 제12조 관련)

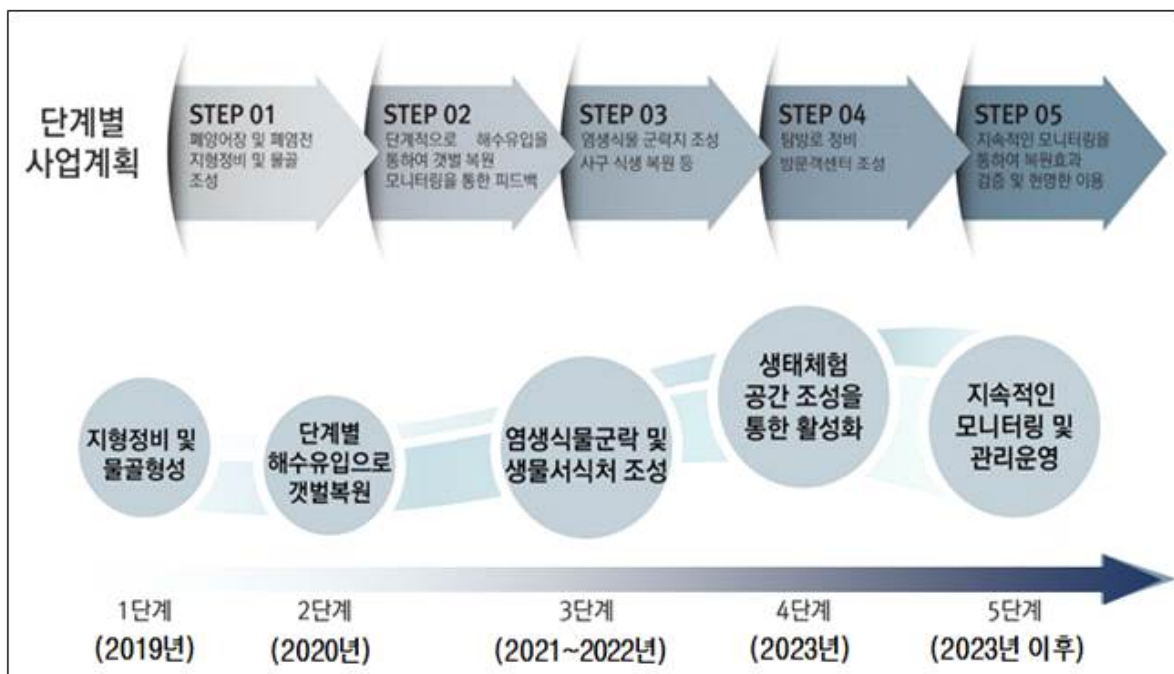
2) 과업의 목적

- 고파도 폐염전 갯벌생태복원 사업 추진을 위하여 고파도 내 폐염전 부지 및 고파도 일대의 전반적인 해양환경특성 및 사회적 여건을 검토하고, 갯벌복원을 위한 부지의 공간계획 및 사업규모 등에 대한 기본계획을 수립하는데 목적이 있음
- 갯벌 생태복원사업 추진을 통해 갯벌자원의 복원과 함께 사구자원 보전, 염생식물 식재 등을 통해 고파도 생태계 건강성을 증진시키고 및 생산성이 높은 갯벌로 복원을 추진함

3) 과업의 범위

(1) 시간적 범위

- 본 사업의 시간적 범위는 토지매입 등 사업추진을 위한 행정절차가 시작되는 2018년부터 2022년까지 5년 동안 추진되며, 사업완료 이 후 고파도 갯벌생태계 복원사업의 안정화 단계까지 3년간의 사후 모니터링이 2025년까지 시행되어야 함
 - 사업시행(예산집행) : 2018년~2022년(5년)
 - 사후 모니터링 : 2023년~2025년(3년)



[그림 1-4] 단계적 사업추진방안

(2) 공간적 범위

- 서산시 팔봉면 고파도 일원
- 해양수산부 ‘갯벌생태계 복원사업 지침’에 따라 갯벌복원을 직접적으로 시행하는 사업 시행구역, 갯벌환경에 영향을 미치는 사업영향구역, 해역의 전반적인 관리가 필요한 사업관리구역으로 구분함

■ 사업시행구역

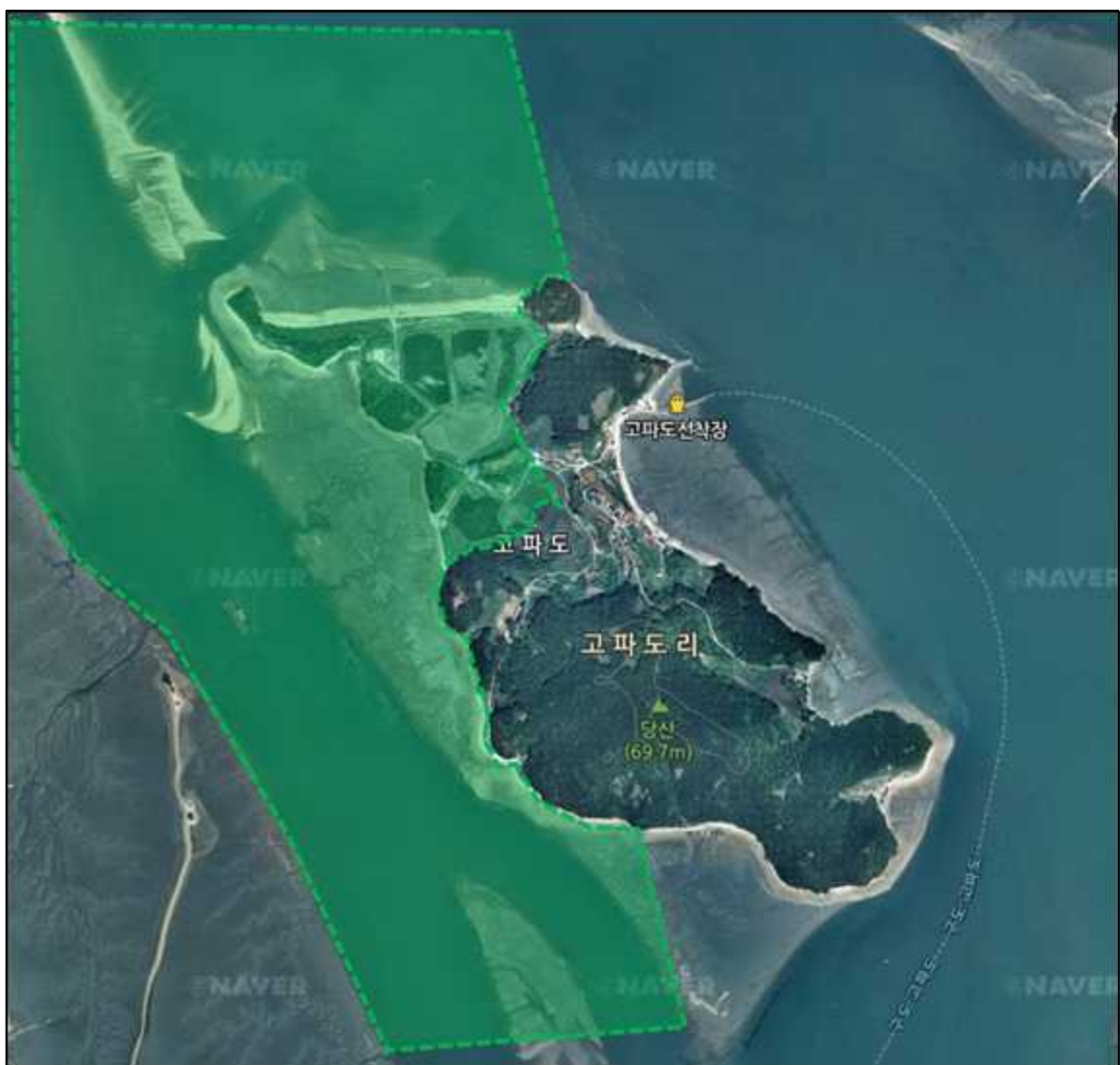
- 사업시행구역은 갯벌복원을 위한 생태적, 공학적 방안이 직접 시행되는 공간으로서, 과거 폐염전이나 폐양어장으로 사용되었으나 복원 후 갯벌의 생태적 가치가 높을 것으로 예상되는 현재 지적공부상 토지로 등록된 염전, 유지 등의 지목 대지를 말함
- 고파도 폐염전 갯벌복원사업의 사업시행구역은 1960년대에 염전(북측 간척지), 남측 간척지 일부는 농경지로 활용하였으며, 2000년대에는 폐양어장으로 일부 사용하다 현재는 미이용 방치되어 있음
- 사업시행구역 부지(총 93,551㎡, 28,300평)의 지목은 염전(44,658㎡, 47.8%), 유지(33,686㎡, 36.0%), 구거(7,229㎡, 7.7%), 임야(4,686㎡, 5.0%), 잡종지(1,587㎡, 1.7%), 제방(1,309㎡, 1.4%), 도로(350㎡, 0.05%) 순으로 나타남



[그림 1-5] 갯벌복원 사업시행구역 범위 설정

■ 사업영향구역

- 사업영향구역은 갯벌복원사업 시행으로 인하여 사업시행구역 주변 환경에 영향을 미칠 가능성이 있는 구역으로 정의됨
- 고파도 갯벌생태복원사업의 사업영향구역은 가로림만 내의 고파도 서측갯벌 및 해역을 중심으로 나타날 것으로 예상되며, 고조시에 해수가 폐염전 내측으로 유입됨에 따른 순차적인 지형복원이 진행됨에 따라 외측해역에 미치는 영향은 제한적일 것으로 보임
- 사업시행구역 주변의 육지부에는 사회적·경제적 영향범위에 있는 고파도 어촌계의 74 가구가 포함되어 있음



[그림 1-6] 갯벌복원 사업영향구역 범위 설정

■ 사업관리구역

- 사업관리구역은 갯벌복원사업 시행과 연계하여 생태관광 등 가로림만 내 지역특화 발전사업을 시행할 수 있는 구역을 나타냄
- 고파도가 위치한 가로림만 내 사업관리구역은 해양보호구역으로 지정되어 있으며, 가로림만 국가해양정원 등의 사업타당성 용역이 추진되고 있음
- 갯벌 복원이 진행되는 북측 폐염전 부지와 북측에 위치한 고파도 해수욕장을 연계한 생태관광지가 조성될 경우, 천혜의 가로림만 청정 해역의 해수욕장과 갯벌복원에 따른 생태교육장이 어우러져 그 파급효과가 배가될 것으로 기대됨
- 가로림만의 중심부에 위치한 고파도와 응도를 중심으로 가로림만 생태관광이 활성화될 것으로 기대되며, 이에 따른 서산·태안 지역의 경제 활성화에 장기적인 기여가 가능함



[그림 1-7] 갯벌복원 사업관리구역 범위 설정

위 치 도



[그림 1-8] 고파도 갯벌복원 사업 위치도

(3) 내용적 범위

- 갯벌 생태계 복원사업 기본구상
- 자연 생태 및 사회 경제 현황 조사
- 갯벌 생태계 복원사업 추진 로드맵
- 갯벌 생태계 복원사업 기본계획 수립
- 갯벌 생태계 복원 편익 분석

4) 과업의 세부내용

(1) 갯벌 생태계 복원사업 기본구상

- 갯벌 생태계 복원사업 목표 정립
 - 자연 생태적, 사회경제적 관점의 목표 설정
- 갯벌 생태계 복원사업 대상지역 범위 설정
 - 갯벌 생태계 복원사업 사업시행구역, 사업 영향구역, 사업 관리구역 범위 설정
 - 1/500이상 1/50,000이하 지형도면(해도포함)을 사용하여 표시

(2) 자연 생태 및 사회 경제 현황 조사

- 갯벌 생태복원 대상지역 일대의 생태계 훼손 원인 및 상태조사
 - 저서생태계 조사
 - 폐염전 내외 5개 정점에서 저서생태계 조사 2회 수행
 - 대형저서동물의 종조성, 서식밀도, 생체량, 우점종, 생태지수, 군집 등을 분석
 - 수질 및 퇴적물 조사
 - 폐염전 내외 5개 정점에서 수질·퇴적물 조사 2회 수행
 - 수질 분석항목: 수온, 염분, pH, DO, 투명도, SPM, COD, TOC, Chl-a, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, SiO₂-Si, TN, TP, Cr⁶⁺, Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Hg
 - 퇴적물 분석항목: 입도, 유기탄소, COD, 산화발성황화물, 함수율, 강열감량, Cr, Cd, Cu, Zn, Ni, Li, As, Hg, Al, Fe
 - 수심 및 지형측량
 - 25m 간격으로 고파도 폐염전 서측 해역과 폐염전의 수심 및 지형측량(제방고 및 해안선 측량 포함)
- 갯벌 생태계 복원사업 대상지역의 사회경제 현황 조사
 - 사업 주변지역의 이용현황 및 인구, 산업, 경제현황 등
 - 갯벌과 그 주변지역의 인허가 및 면허 처분 현황
 - 사업지 및 인접 토지 소유현황 및 법정계획 현황 등

- 사업 대상지 토지 및 재산권 보상방안 제시
- 갯벌 복원사업 관련 법률 등

(3) 갯벌 생태계 복원사업 추진 로드맵

- 갯벌 생태계 복원사업 연도별, 단계별 사업 추진 방안 제시
 - 계획수립, 투자계획, 재원확보 방안, 생태계 모니터링, 사후 유지관리 등
- 생태계 모니터링 방안
 - 갯벌 생태 복원공사 시행 전·중·후 생태계 모니터링 방안 제시
 - 조사항목, 조사방법, 조사주기, 유지·관리 방안 등
- 사후유지관리 방안
 - 갯벌 생태복원사업 효과를 극대화 할 수 있는 방안제시
 - 갯벌복원 사업 목표 달성을 위한 유지·보수 방안 제시

(4) 갯벌 생태계 복원사업 기본계획

- 최적 해수유통방안 수립
 - 순환 가능성 평가
 - 해수면 변동특성과 지형특성을 분석하여 해수유통시 폐염전 전체의 해수순환 가능성 평가
 - 수문 운용, 제방일부를 절개한 자유소통 등 복수의 해수유통 방안을 수립하고 각 방안별 장단점 제시
 - 해저질 복원 가능성 평가
 - 해수유통 방안별 개략적인 연간 퇴적율을 산정하고 해저질 복원 가능성 평가
- 기반시설계획
 - 갯벌 생태계 복원사업에 도입되는 해수 유통시설 도입과 지속적인 유지 관리방안 제시
 - 해수유통 방안별 공법(안) 선정
- 소요 사업비 산정

- 갯벌 생태계 복원 사업에 대한 구체적인 소요비용 산정 및 연차별 투자계획 수립
- 해수유통 방안별 공사비 산정

(5) 갯벌 생태계 복원 편익 분석

- 갯벌 생태계 복원에 따른 생태적, 사회적, 경제적 편익 분석
 - 생태계 건강성 회복·증진을 통한 유·무형 편익 창출요소 제시
 - 갯벌 생태계 복원사업을 통해 발생할 수 있는 생태계 서비스의 정량적·정성적 목록 작성
- 갯벌 생태계 복원사업 파급효과 분석
 - 경제적 파급효과 분석
 - 자연 생태적 파급효과 분석
- 갯벌 생태계 복원사업에 대한 비용편익분석

제2장

고파도 갯벌복원사업 요약

1. 사업목표
2. 시행근거
3. 사업 위치 및 면적
4. 사업 기간
5. 사업량
6. 기대 효과
7. 사업추진 기본계획

2. 고파도 갯벌복원사업 요약

1) 사업목표

- 고파도 폐염전 생태복원을 통한 갯벌 해양생태계를 복원 및 갯벌생태 관광자원 조성

2) 시행근거

- 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률
 - 해양수산발전기본법
 - 자연환경보전법
 - 습지보전법
 - 생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률
 - 야생동물 보호 및 관리에 관한 법률
- 직접적인 갯벌복원 관련 법제도는 마련되어 있지 않으나, 기존 습지보전법 및 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 등의 연계를 통한 종합적인 접근 필요

3) 사업 위치 및 면적

- 본 사업의 대상지인 고파도는 충청남도 서산시 팔봉면에 속해있으며, 지리적 위치는 가로림만 내에 위치하고 있음
- 충청남도 서산시 고파도의 복원대상지의 지목은 염전과 유지이며, 과거 염전에서 양어장으로 사용되었다가 현재는 방치되어 있음
- 고파도의 면적은 약 1.23km²이며, 전체면적의 절반정도가 임야로 구성되어 있음
- 사업대상지역은 약 93,551m²(약 28,300평)로 전체 고파도 면적의 약 7.6% 정도임



[그림 2-1] 고파도 지리적 위치 및 복원 대상지 전경

4) 사업 기간

- 고파도 폐염전 생태복원사업의 최종목표년도는 2022년으로 설정하여 사업계획을 추진 하도록 하며, 2018년(1차년도)부터 추진하게 됨
- 사업계획은 고파도 폐염전 지역 전체 차원에서 장기적이고 통합적인 관리의 관점에서 단계적 사업추진 체계를 수립하도록 하며 향후 이용환경의 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 수립함

5) 사업량

- 갯벌복원 및 염생식물 군락조성 1식
- 사구식생 복원 및 사구환경 개선
- 토지매입 등 1식
- 제방보강 1식
- 해수순환 가능교량 1기 및 해수유통구(박스형 암거) 2기 설치

■ 총사업비 : 4,590백만원

(단위 : 백만원)

구 분	계	2018	2019	2020	2021	2022
계	4,590	1,250	1,664.5	367	1,080.5	228
국 비	3,213	875	1,165	257	756	160
시 도 비	689	188	250	55	162	34
시군구비	689	188	250	55	162	34
지 방 채	—	—	—	—	—	—
민간자본	—	—	—	—	—	—
기 타	—	—	—	—	—	—

- 국비 : 3,213백만원
- 시·도비 : 689백만원
- 시·군·구비 : 689백만원
- 민간자본 : 해당없음
- 기타 : 해당없음

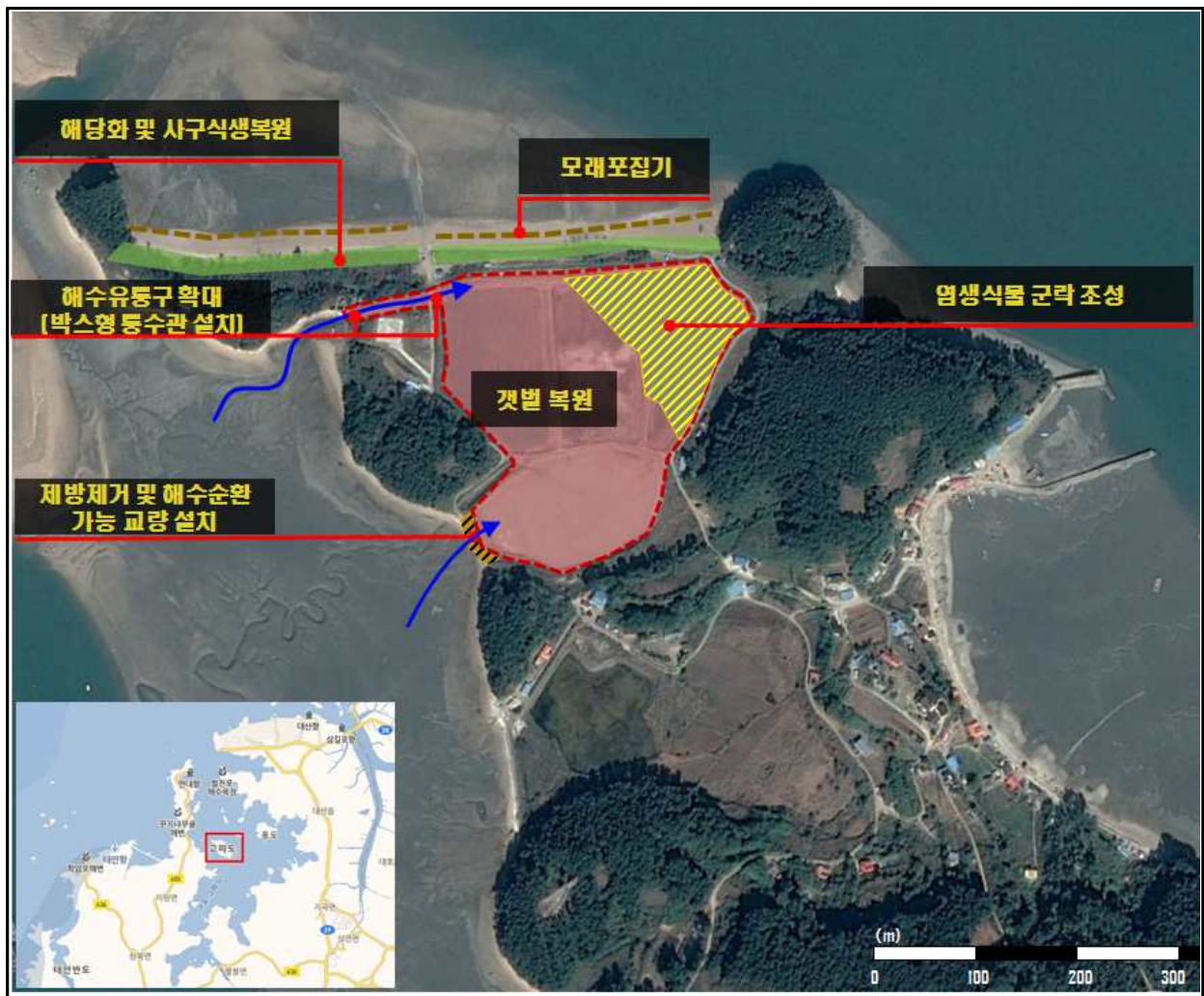
6) 기대 효과

- 갯벌생태복원에 따른 해양생태계 서비스 가치 증대
- 해양생태복원에 따른 해양생태관광자원 개발
- 해양생태복원에 따른 환경, 해양 등 연구대상지 표본화
- 해양관광자원 조성에 따른 지역경제 활성화(소득 창출효과)

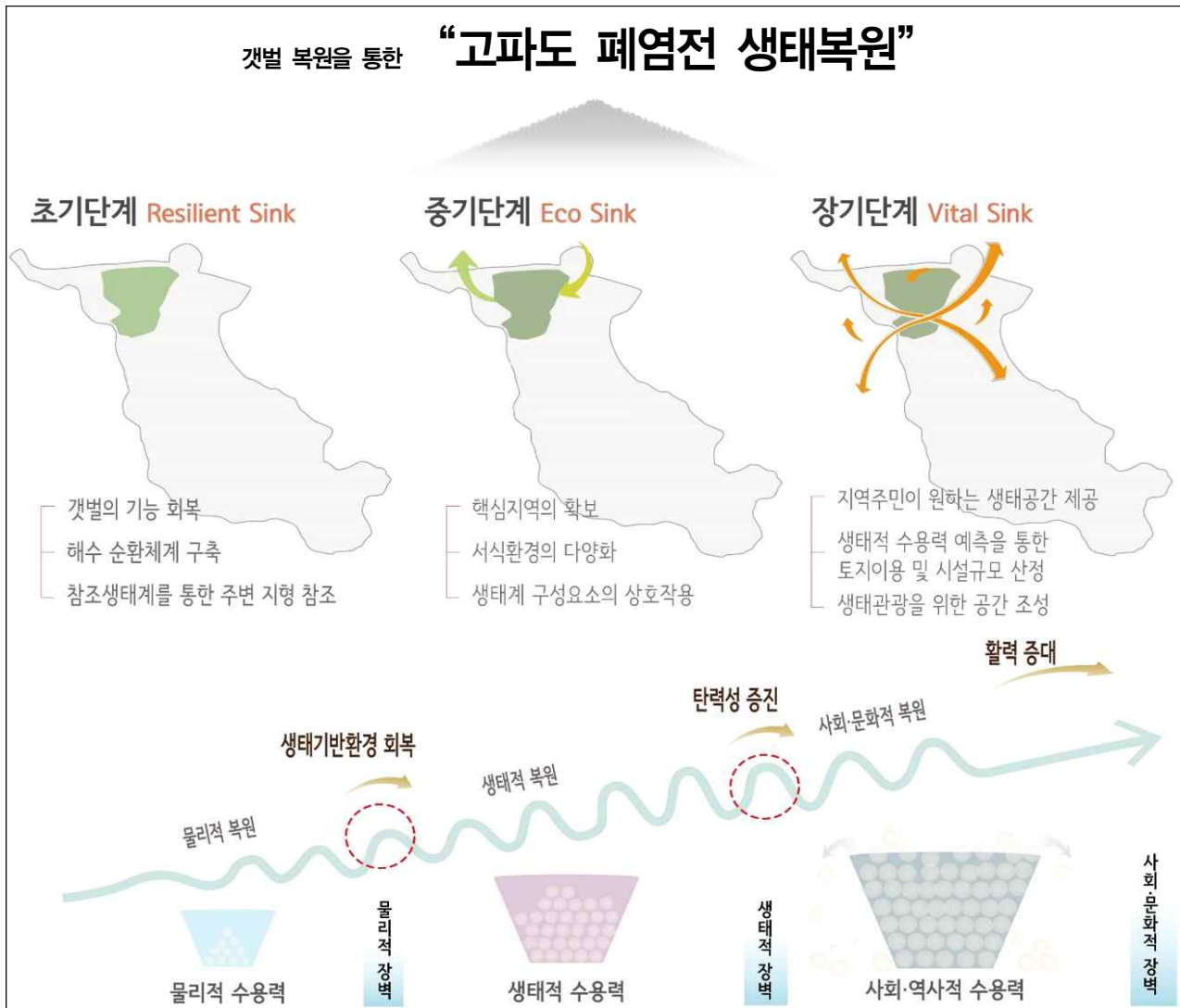
7) 사업추진 기본계획

(1) 사업계획 기본방향

- 고파도 폐염전 생태복원사업의 최종목표년도는 2022년으로 설정하여 사업계획을 추진
- 생태복원사업을 수행하는데 있어 생태적·환경적·경제적 우선순위를 고려하여 지구별, 단계별 사업계획을 수립
- 사업계획은 고파도 폐염전 지역의 전체차원에서 장기적이고 통합적인 관리의 관점에서 단계적 사업추진 체계를 수립하도록 하며 향후 이용환경의 변화에 융통적으로 대처할 수 있도록 수립
- 고파도 지역의 발전을 위하여 지역주민의 능동적 참여확대를 고려할 수 있는 추진전략의 수립이 필요



[그림 2-2] 고파도 갯벌생태복원 대상구역 기본계획(안)



[그림 2-3] 고파도 갯벌생태복원 단계별 구상

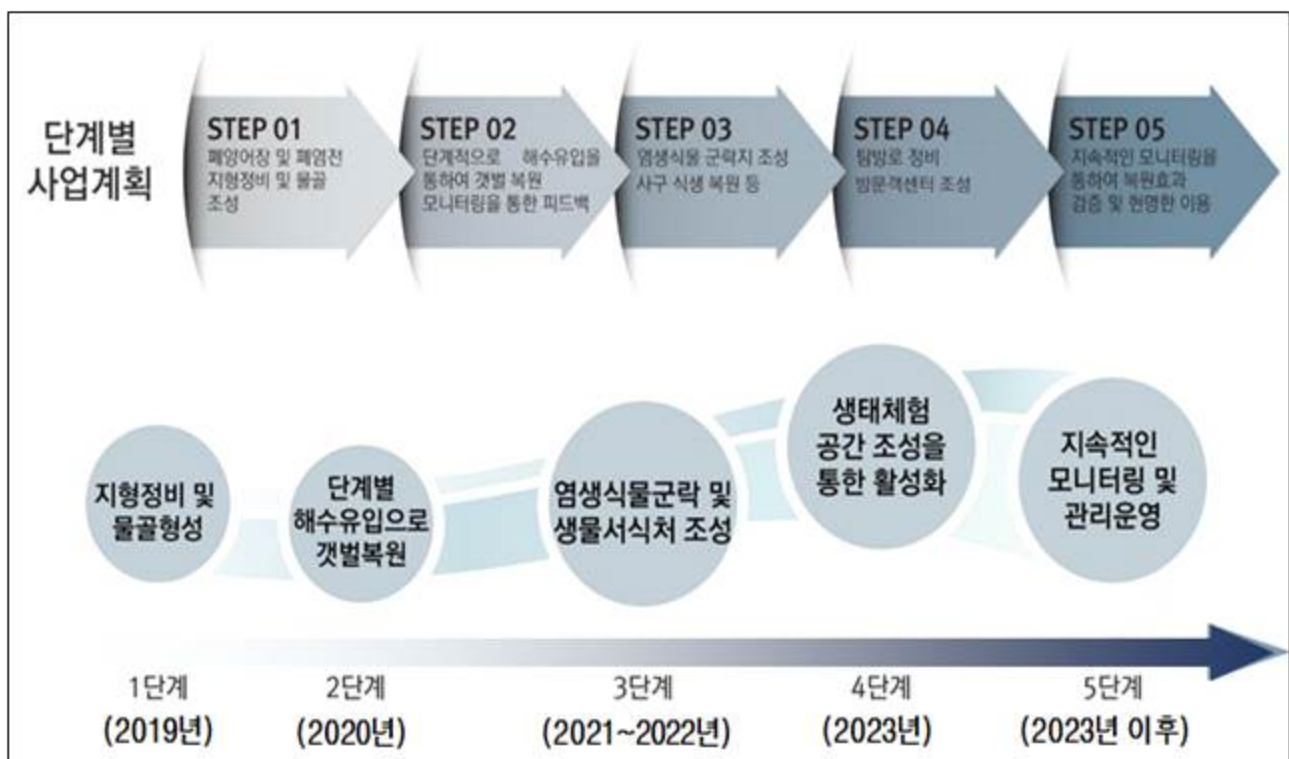
(2) 단계별 추진 전략

- 고파도 폐염전의 성공적인 생태복원을 통하여 단계별 접근을 통한 전략을 수립
- 폐양어장 및 폐염전 지역 해수유통에 따른 지형복원을 통하여 갯벌의 기능을 회복할 수 있는 기반환경을 조성하도록 함
- 갯벌복원이 안정화단계에 이루어진 후 다양한 생물 서식환경을 조성해 줌으로써 복원 대상지역의 생물다양성을 확보하도록 함
- 복원대상지역의 생태계 건강성이 회복된 후, 기반시설의 정비 및 생태관광프로그램을 마련하여 생태관광 활성화를 도모하고자 함(갯벌복원 후 연계사업은 지자체 예산으로 추진)
- 사업계획의 일정 수준 이상의 완성도 및 사업의 효율성 등을 고려하여 고파도 생태복원 사업은 5단계에 걸쳐서 추진하도록 함(그림 2-4)

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

[표 2-1] 단계별 추진전략

복원 전략		내용	도입시설
전략1	갯벌복원	<ul style="list-style-type: none"> 폐양어장 및 폐염전 지역 해수 순환을 통한 갯벌복원 해수순환으로 인한 피해를 고려하여 내부 제방 정리 및 보강 	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌 복원 ⇒ 해수순환을 단계적으로 실시 ⇒ 내부 제방 정리 및 성토를 통한 갯벌구배 정비 제방 제거 후 해수유통가능 교량(차도교) 설치 ⇒ 대상지 남측 해수유통구 제방 제거 수문 제거 및 통수 단면적 확대 ⇒ 대상지 북측 해수유통구 확대(암거식 유통구 설치)
전략2	염생식물 군락조성	<ul style="list-style-type: none"> 폐양어장 상부지역에 염생식물 군락 조성 갯벌복원 대상지 경계지역에 자연적인 생태천이 유도 	<ul style="list-style-type: none"> 염생식물 군락지 조성 (인근 지역 참조생태계 반영)
전략3	사구식생 복원 및 사구환경 보전	<ul style="list-style-type: none"> 고파도해수욕장에 모래포집기 설치를 통한 모래 유실 방지 해당화군락 등 사구식생 복원을 통한 사구환경 개선 	<ul style="list-style-type: none"> 모래포집기 설치 사구식생 복원



[그림 2-4] 단계적 사업추진 방안

(3) 부문별, 연차별 사업비 투자 계획

- 목표 및 세부 추진 과제 -

비 전	고파도 폐염전 갯벌생태복원을 통한 생태기반환경 회복 및 생태공간 활용가치 증진
목 표	<ul style="list-style-type: none"> ▫ [갯벌복원] 폐염전 갯벌생태복원을 통한 갯벌 면적 확대 (93,000m²) ▫ [환경개선] 생태환경 개선을 통한 생태기반환경 회복 및 다양성 증진 ▫ [공간활성화] 생태공간 활력 유입을 통한 생태관광 활성화
고파도 갯벌생태복원사업 세부 추진과제 (총예산: 4,590백만원)	
2018년 (1차년도)	(내용) 갯벌복원 기본계획 및 실시계획 수립, 토지매입 (투입) 1차년도 예산: 1,250백만원
2019년 (2차년도)	(내용) 토지매입, 갯벌복원 공사, 생태계 모니터링 (투입) 2차년도 예산: 1,665백만원
2020년 (3차년도)	(내용) 갯벌복원 공사, 사구환경 개선사업, 생태계 모니터링 (투입) 3차년도 예산: 367백만원
2021년 (4차년도)	(내용) 해수유통구조물 및 해수유통 가능교량 설치, 사구 식생 복원사업, 생태계 모니터링 (투입) 4차년도 예산: 1,080백만원
2022년 (5차년도)	(내용) 염생식물 군락지 조성, 생태계 모니터링 (투입) 4차년도 예산: 228백만원

[그림 2-5] 목표 및 추진전략

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

- 고파도 폐염전 갯벌생태 복원사업의 투자계획은 추진되는 시설의 개략적인 대지면적과 조성단가를 바탕으로 산출하였음
- 생태복원사업을 수행하는데 있어 생태적·환경적·경제적 우선순위를 고려하여 지구별, 단계별 사업계획을 수립하도록 함
- 사업계획은 고파도 폐염전지역의 전체 차원에서 장기적이고 통합적인 관리의 관점에서 단계적 사업추진 체계를 수립하도록 하며 향후 이용환경의 변화에 융통적으로 대처할 수 있도록 수립함

[표 2-2] 연차별 사업투자계획

구분	도입요소	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	총금액 (백만원)
갯벌복원 및 염생식물 군락 조성	갯벌 복원(지형 복원)		250	155			405
	방치폐기물(잔존 어구) 처리		50				50
	제방 제거		93.5	30			123.5
	해수유통구조물 설치				180		180
	해수유통 가능 교량(차도교)				707.5		707.5
	제방 보강			40	35		75
	염생식물 군락지 조성					150	150
	소 계	0	393.5	225	922.5	150	1,691
사구식생 복원 및 사구환경 개선	모래포집기			64			64
	사구식생 복원				80		80
	소 계	0	0	64	80	0	144
기타	토지매입	600	1,231				1,831
	기본설계	150					150
	실시설계	500					500
	모니터링(4년)		40	78	78	78	274
	사후 모니터링(3년) * 준공 후 별도 지자체 예산 활용	1단계 사업 종료 후 3년간 실시(23년 이후, 150백만원/년)					(450)
	소 계	1,250	1,271	78	78	78	2,755
	합계	1,250	1,664.5	367	1,080.5	228	4,590

○ 부문별 사업비

- 고평도 폐염전 생태복원 사업비는 총 45.9억원으로, 이 중 갯벌복원 및 염생식물 군락 조성비용 등에 16.9억원, 사구식생 복원 및 사구환경 개선비용 1.4억원, 토지매입 비용 18.3억원, 기본 및 실시설계 용역비용 6.5억원, 기타 환경모니터링 비용이 2.7억원 정도로 산출됨

○ 연차별 사업비

- 고평도 폐염전 생태복원사업의 최종 목표년도는 2022년으로 설정하여 사업계획을 추진하도록 함
- 고평도 폐염전 생태복원 목표기간은 5년으로 하여 사업투자계획을 수립하였으며, 2차년도에는 토지매입비용이 많은 부분을 차지하였음
- 사업 초기 토지매입 및 지형 정비를 위한 토목공사 비용이 타년도에 비해 높음
- 갯벌생태복원 사업 완료 후, 갯벌생태관광 활성화 프로그램, 체험공간 조성, 사후 모니터링 등 연계사업은 지자체 예산으로 추진이 가능

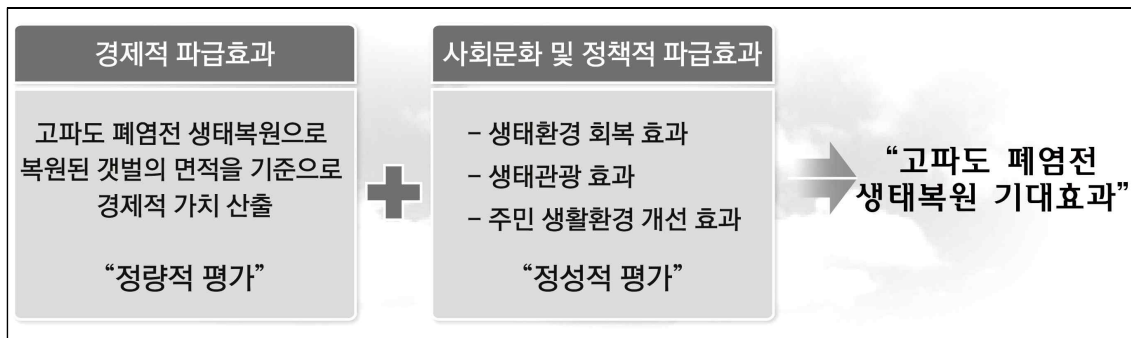
(4) 세부사업 추진계획 및 일정

[표 2-3] 세부사업 추진계획

구분	사업내용	법적근거	추진기간	세부추진내용
기본계획, 실시설계 용역 등	기본계획, 실시설계 용역 등	지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 등	2018. ~ 2019.	기본계획, 실시설계 등
토지보상 등	토지매입 및 보상, 생태 모니터링 등	해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 등	2018. ~ 2019.	토지매입 및 보상, (생태)모니터링 등
갯벌복원 및 염생식물 군락조성	갯벌 복원, 제방 및 수문보강, 염생식물 군락지 조성 등	해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 등	2020 ~ 2022.	갯벌 복원, 제방 및 수문보강, 염생식물 군락지 조성 등
사구식생 복원 및 사구환경 개선	모래포집기, 사구식생 복원	해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률 등	2020. ~ 2022.	모래포집기, 사구식생 복원

(5) 갯벌생태복원 사업의 기대효과

- 고파도 갯벌생태복원사업을 통한 파급효과는 크게 갯벌복원을 통한 경제적 가치 증대 효과와 어업기반시설 및 소득증대시설 조성으로 인한 사회문화 및 정책적 파급효과로 구분할 수 있음



[그림 2-6] 갯벌생태복원사업의 기대 효과

(6) 경제적 편익(타당성) 분석

- 본 기본계획에서는 조건부 가치측정법을 활용하여 가로림 갯벌 보전의 경제적 가치를 산정한 이주석·유승훈(2009)의 연구방법을 준용하여 고파도 갯벌의 경제적 가치 산정을 위한 편익이전에 활용하였음
- 고파도 갯벌의 편익은 크게 사용가치와 비사용가치로 구분될 수 있으며, 이는 다시 각각 사적 편익과 사회적 편익으로 해석 할 수 있음
- 사적 편익은 고파도 갯벌에서 발생하는 수산물 판매액과 방문객의 지출액으로 산정이 가능하며, 사회적 편익은 조건부 가치측정법을 활용하여 산정할 수 있음
- 비용편익분석 추정 결과
 - 생태 및 환경의 개선은 비시장 재화이므로 비시장 가치 평가방법인 조건부 가치 측정법(CVM)을 통하여 편익을 추정하고, 이를 편익수혜 대상에 대해 확장하였음
 - 본 타당성 분석 결과 비용대비 편익 비율이 1.21로서 경제적 타당성을 확보함(연간 방문객 4만명 수준일 경우)

[표 2-4] 경제적 편익추정 결과

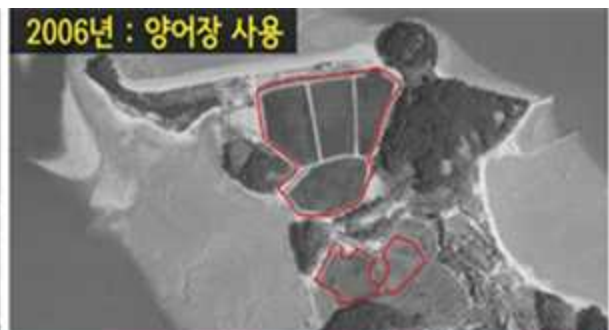
편익의 현재가치	비용의 현재가치	비용편익비(B/C)	순현재가치(NPV)
6,088 백만원	5,042 백만원	1.21	1,046 백만원

현 장 사 진

< 고파도 폐염전 현황사진 >



< 고파도 폐염전 현장사진 >



< 고파도 항공사진 >



제3장

복원대상지 이용현황 및 여건분석

1. 일반 현황
2. 자연 현황
3. 인문 현황
4. 사회 현황
5. 훼손 원인
6. 국내 갯벌복원 사업 추진 사례
7. 관계 법령 검토

3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

1) 일반 현황

- 서산시 팔봉면 고파도리 위치한 폐염전의 지목은 염이며, 과거 염전에서 양어장으로 사용되다가 현재는 방치되어 있음
- 폐염전이 위치한 서산시 팔봉면 고파도리는 도서 지역으로 가로림만 내에 위치하며, 팔봉면에서 서쪽으로 약 3km 떨어져 있고 구도항에서 여객선을 이용하여 접근이 가능함
- 고파도 남측지역은 당산을 중심으로 산림이 발달하여 있으며, 고파도 선착장 주변 지역으로 소규모 취락지역이 형성되어 있음
- 고파도 면적은 약 1.23km²로 2017년 기준으로 74세대 124명(1세대 당 1.68명)이 거주하고 있으며, 대부분 65세 이상으로 어업활동을 주 소득원으로 하고 있음
- 북측 폐염전 입구부의 유수지로는 해수가 유출입이 반복되고 있어, 갯벌지형으로의 천이가 진행 중에 있으며, 남측 폐염전 지역은 유수지를 제외하고는 갈대군락이 우점함
- 고파도 주변지역에서 꼬마물떼새, 왜가리, 중대백로 등의 조류 서식이 확인됨
- 고파도 주변으로는 바지락, 굴, 미역 양식장이 분포하며, 고파도 해수욕장 주변으로 사구식생이 소규모 분포함. 주변 산림지역은 대부분 곰솔군락이 분포함

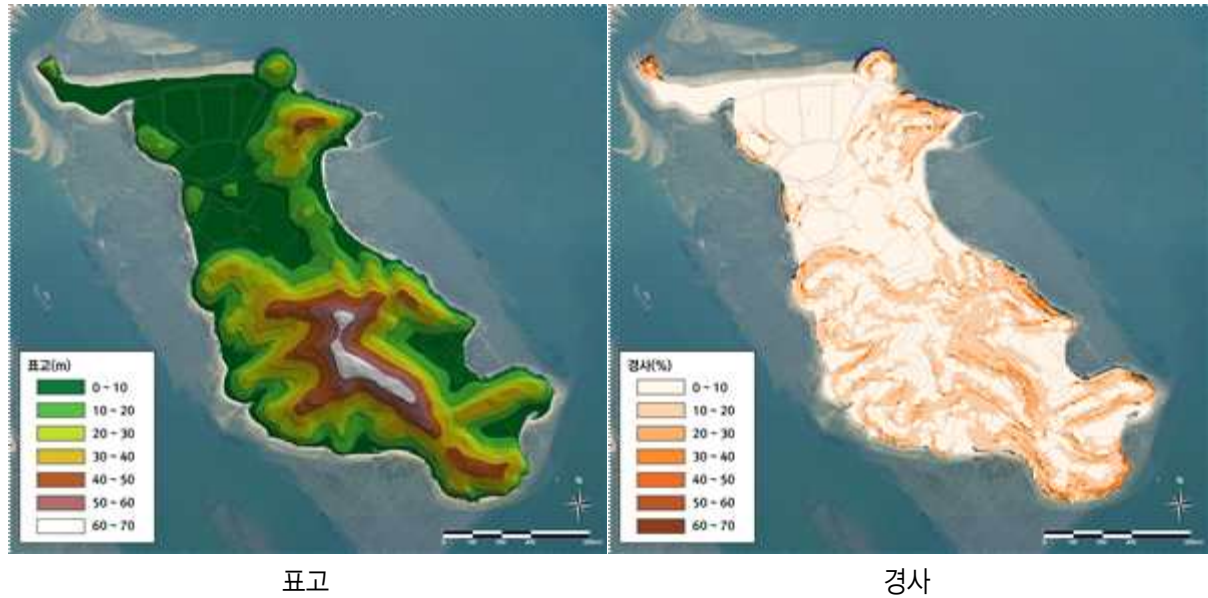


[그림 3-1] 고파도 일반현황도

2) 자연 현황

(1) 지형

- 서산시는 전체적으로 해발고도 100~300m 내외의 저산성 산지들이 곳곳에 분포되어 있고, 비교적 큰 하천과 충적평야 발달은 미약함
- 서산시 주변으로는 가야산, 팔봉산, 도비산 등 낮은 구릉성 산지가 남북으로 배열되어 예산, 홍성과 경계를 이루고 있어 반도는 거의 내륙부와 차단되어 있음
- 대상지가 위치한 팔봉면 고파도리의 남측은 낮은 구릉성 산지가 발달하여 있으며, 북측으로는 농경지와 마을이 발달하여 있음



[그림 3-2] 고파도 지형 현황

- 1940년대에 고파도 내 방조제를 건설하여 해수유입을 차단하고 간척지를 개발함
- 1960년대에 북측 간척지는 염전, 남측 간척지 일부는 농경지로 활용하였음
- 2000년대는 해당 지역을 양어장으로 활용하였음
- 현재 당해 부지는 더 이상 활용되지 않은 채, 폐양어장 및 폐염전으로 방치되어 있음



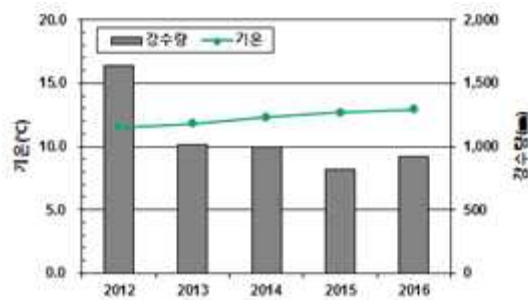
[그림 3-3] 고파도 간척지 이용 역사

(2) 기상·기후

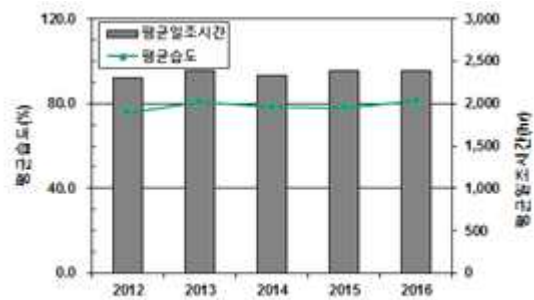
- 서산시의 평균기온은 2012년 이후 지속적으로 높아지고 있는데 2016년에는 12.9℃의 평균기온을 나타내었으며 최고기온은 34.6℃, 최저기온은 -12.7℃임
- 강수량은 2012년 이후 점차 감소하는 추세를 보이며 2016년 922.1mm를 기록함

[표 3-1] 서산시 기상통계

구분	기온(℃)					평균습도 (%)	강수량 (mm)	평균일조 시간(hr)
	평균	평균최고	최고극값	평균최저	최저극값			
2012년	11.5	16.6	36.0	6.9	-15.1	75.7	1,642.6	2,299.2
2013년	11.8	16.9	33.4	7.0	-16.6	80.8	1,018.7	2,382.7
2014년	12.3	17.8	33.7	7.5	-11.1	78.2	1,000.1	2,334.0
2015년	12.7	18.1	33.7	7.9	-10.5	78.0	815.9	2,384.4
2016년	12.9	18.2	34.6	8.2	-12.7	81.3	922.1	2,382.9
1월	-1.6	2.3	10.7	-5.8	-12.7	79.0	21.9	155.4
2월	0.6	5.5	18.0	-4.7	-11.5	75.0	61.7	189.3
3월	5.9	12.0	22.8	0.1	-9.7	73.0	24.3	247.8
4월	12.5	19.6	27.8	6.7	0.4	76.0	87.0	210.8
5월	17.9	24.3	30.9	12.0	6.8	76.0	153.7	277.8
6월	21.9	27.0	30.4	17.9	15.0	85.0	36.8	219.3
7월	25.2	29.3	32.4	22.0	17.4	91.0	295.6	177.6
8월	26.4	31.8	34.6	22.1	17.0	86.0	34.0	240.1
9월	21.7	26.8	30.4	17.5	12.9	88.0	53.1	169.9
10월	15.3	20.4	28.2	10.6	-0.5	85.0	73.8	161.5
11월	7.2	12.2	19.9	2.3	-4.5	80.0	17.5	172.5
12월	2.2	7.2	16.1	-2.9	-9.3	82.0	62.7	160.9



서산시 연도별 기온 및 강수량



서산시 연도별 습도 및 일조시간

3) 인문 현황

(1) 인구 현황

- 2017년 고파도에는 총 74세대가 거주중이며, 총 인구는 124(남:60, 여:64)명으로 세대당 인구는 1.68명, 인구밀도는 124를 나타내고 있음

[표 3-2] 서산시(고파도) 연도별 인구 변화

연별	세대	인구			인구밀도	세대당 인구
		계	남	여		
2013년	66,956	168,951	86,553	82,398	224	2.52
2014년	68,248	170,920	87,598	83,322	226	2.54
2015년	69,993	173,715	89,235	84,480	230	2.52
2016년	70,991	174,762	89,919	84,843	230	2.50
2017년	72,469	175,769	90,558	85,211	237	2.43
대 산 읍	6,725	15,226	8,327	6,899	144	2.26
인 지 면	3,299	7,864	3,979	3,885	222	2.38
부 석 면	2,729	5,741	2,908	2,833	46	2.10
팔 봉 면	1,723	3,575	1,814	1,761	70	2.07
고파도리	74	124	60	64	124	1.68
지 곡 면	3,927	9,258	5,008	4,250	160	2.36
성 연 면	2,694	6,959	3,664	3,295	158	2.58
음 암 면	4,448	10,759	5,616	5,143	245	2.42
운 산 면	2,725	5,628	2,840	2,788	68	2.07
해 미 면	4,034	8,871	4,538	4,333	130	2.20
고 북 면	3,056	7,303	3,802	3,501	102	2.39
부 춘 동	7,905	19,268	9,817	9,451	2,043	2.44
동문 1,2동	11,057	27,887	14,333	13,554	3,180	3,180
수 석 동	6,415	15,516	7,830	7,686	1,765	2.42
석 남 동	11,732	31,914	16,082	15,832	1,086	2.72

출처 : 서산시, 『2017년 통계연보(외국인 포함)』

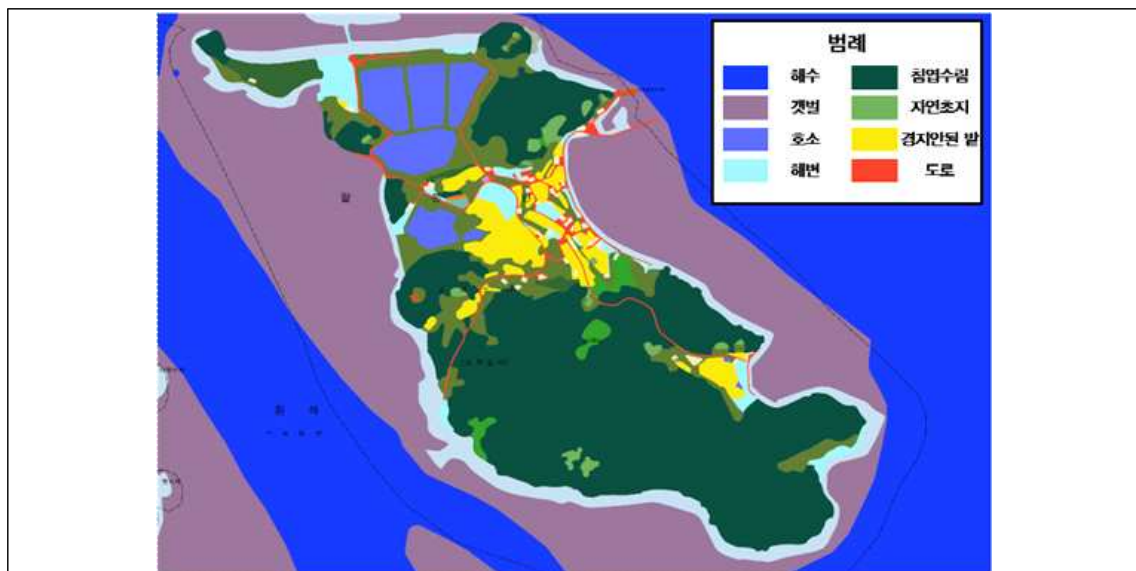
(2) 토지이용 현황

- 서산시의 토지의 40%는 임야이며, 답(26.1%), 전(10.5%) 3가지 지목이 76.4%를 차지하고 있음
- 고파도가 포함되어 있는 팔봉면은 답(43.4%), 임야(22.1%), 전(9.1%)로 구성되어 있으며, 고파도 복원대상지의 주요 지목은 염전과 유지임

[표 3-3] 서산시(팔봉면) 토지이용현황

구분	계(km ²)	전	답	임야	염전	양어장	기타
2016년	1,453.05	152.82	378.82	578.08	7.10	1.23	335.00
대 산 읍	741.21	78.57	195.36	291.18	4.30	0.62	171.19
인 지 면	105.67	7.01	19.66	43.96	1.92	0.57	32.56
부 석 면	35.47	5.94	10.28	13.46	0.00	0.00	5.79
팔 봉 면	123.94	11.31	53.80	27.40	0.11	0.01	31.31
지 곡 면	51.34	7.63	7.19	30.63	0.05	0.00	5.84
성 연 면	57.90	6.13	12.28	26.58	0.26	0.01	12.65
음 압 면	43.93	4.23	6.22	24.53	0.00	0.01	8.94
운 산 면	43.94	9.09	9.94	16.14	0.00	0.00	8.76
해 미 면	82.65	6.83	12.48	51.71	0.00	0.00	11.63
고 북 면	68.25	4.36	16.28	28.11	0.00	0.00	19.49
부 춘 동	71.75	7.23	30.00	15.39	0.45	0.01	18.68
동문 1,2동	9.43	0.83	0.81	5.52	0.00	0.00	2.28
수 석 동	8.77	1.67	2.00	2.05	0.00	0.00	3.04
석 남 동	8.79	1.98	2.54	1.42	0.00	0.01	2.84

출처 : 서산시, 통계연보, 2017



[그림 3-4] 고파도 토지이용 현황(토지피복도)

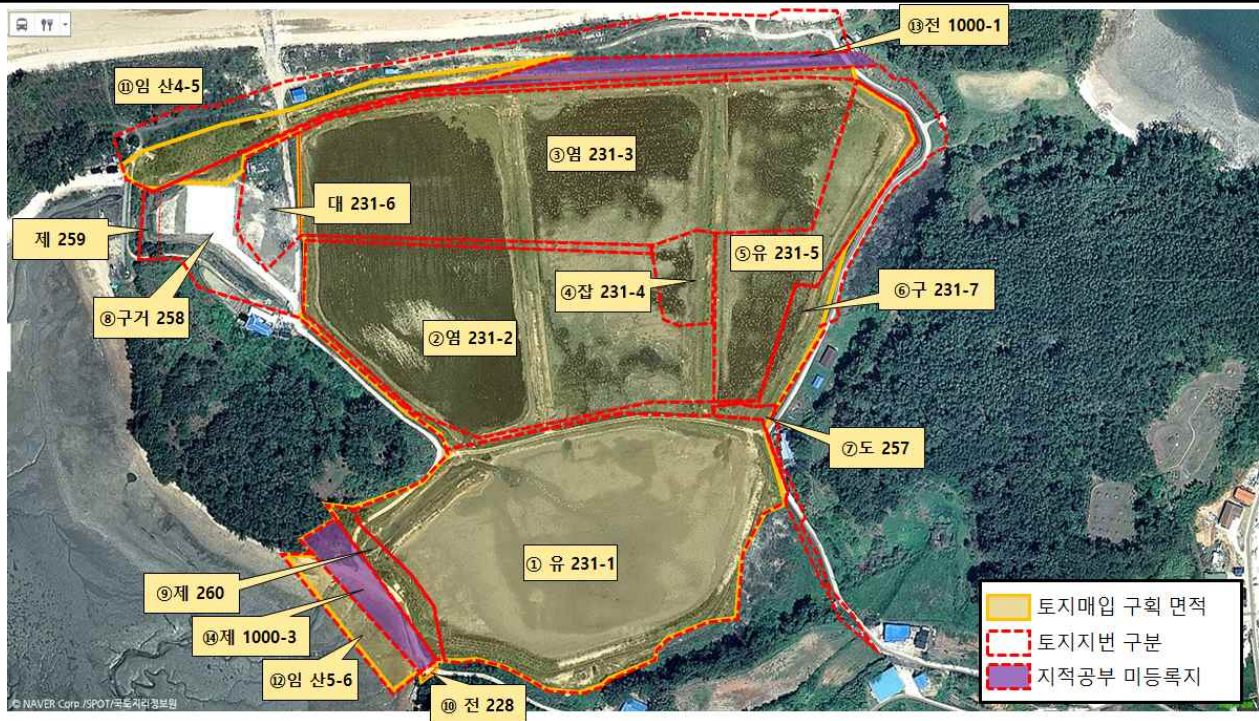
(3) 대상부지 토지소유 현황

- 고파도 폐염전 복원 대상 부지를 모두 포함하는 지번의 총면적(총 114,679㎡, 약 34,750평)을 분석한 결과, 대부분이 사유지(89.3%, 102,358㎡)이며, 해당 폐염전 복원 부지 토지소유주는 총 4명으로 충남 서산시, 서울 서초구 등지에 주소지를 두고 있음
- 국유지는 약 7.1%(8,175㎡) 정도로 분포하며, 배수로 부지로 활용되고 있는 구거 지목(6,516㎡), 제방 지목(총 1,309㎡)이 농림축산식품부 소유의 토지로 확인되며, 기타 도로 지목(350㎡)이 국토교통부 소유로 사업시행구역에 속해 있음(표 3-4)
- 기타 지적공부상에 등록되어 있지 않은 지적미등록 토지가 일부(4,146㎡) 분포함
- 매입대상부지의 선정에는 갯벌복원사업 대상지를 포함하지 않는 지번(231-6, 259)과 지적공부상 등록되어 있지 않은 지번(1000-1, 1000-3)을 제외하였고, 일부면적만 사업대상구역에 포함되는 지번(산4-5, 231-7, 257, 258)의 경우는 필요면적만큼만 분할하여 제시함
- 사업시행구역을 포함하는 매입 필요 대상 부지(총 93,551㎡, 28,349평)의 지목은 염전(44,658㎡, 47.8%), 유지(33,686㎡, 36.0%), 구거(7,229㎡, 7.7%), 임야(4,686㎡, 5.0%), 제방(1,309㎡, 1.4%), 잡종지(1,587㎡, 1.7%), 도로(350㎡, 0.4%), 전(46㎡, 0.05%) 순으로 나타남(그림 3-5)
- 토지매입 비용 추정에는 사유지의 경우 협의매수를 감안하여 공시지가 기준 최대 3배, 국유지의 경우 공시지가 기준을 적용하여 산정하면, 약 18.31억원 정도로 산출됨(2018.1 기준 공시지가 적용)
- 1000-1, 1000-3번 지번의 경우, 지번은 지정되어 있으나 지적공부 상 소유자가 지정되지 않은 토지로 나타났는데, 갯벌복원사업 완료 후 공유수면에 편입되면 지적이 말소될 것으로 예상됨
- 특히 산4-5, 231-7, 228번지의 지번 대상지는 사유지로서 갯벌복원사업 대상지 경계 지역에 일부 부지가 접해 있어, 정확한 경계복원 및 토지분할 측량을 통한 매입 대상 부지 경계를 명확히 구분할 필요가 있음
- 또한 사유지인 산5-6 지번의 경우, 대상부지가 포락화 진행중인 상태이나 갯벌복원사업 추진에 따라 내외측 토지경사(구배)를 맞추기 위한 일부구간의 부지정리가 필요할 수 있으며, 공사에 따른 환경피해 민원제기 가능성이 있어 가능한 매입을 추진할 것을 제안함

- 국유지(농림축산식품부)인 258번지의 경우도 헬기장 부지를 제외한 폐염전 내측의 일부 대상지를 매입할 필요가 있어 정확한 경계복원 및 토지분할 측량을 통한 매입대상 부지 획정이 필요함

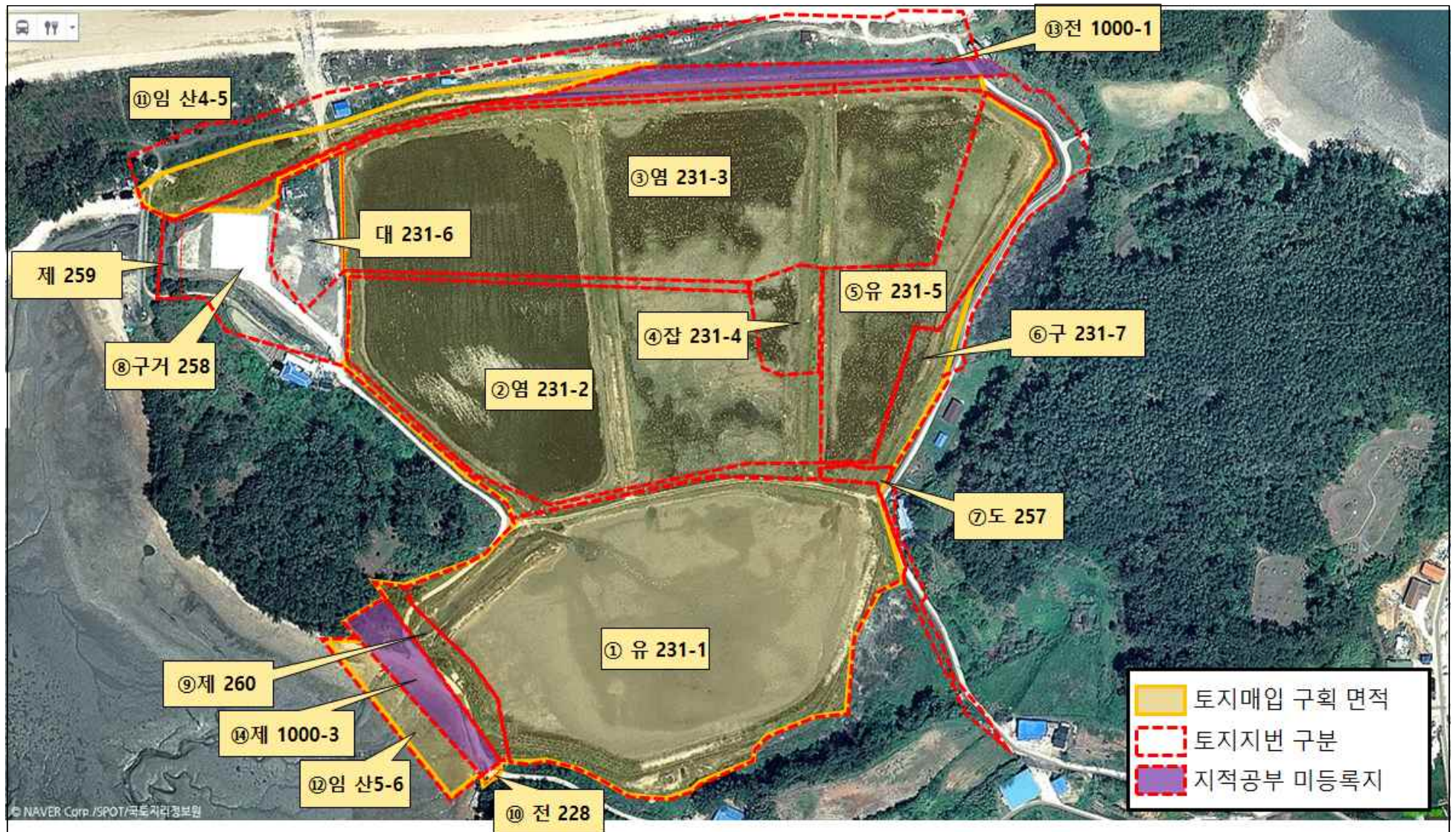
3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

[표 3-4] 고평도 갯벌복원사업 대상지 토지면적 및 매입비용(안)



번호	지목	지번	소유주	현거주지	공시지가 ('18, 원/㎡)	총면적 (㎡)	매입면적 (㎡)	면적비율 (%)	토지매입 비용 (공시지가 3배, 백만원)
①	유지	231-1	백0기	충남 서산시	4,620	26,400	26,400	28.2	366
②	염전	231-2	국0락	충남 서산시	8,500	19,339	19,339	20.7	493
③	염전	231-3	국0락	충남 서산시	8,500	25,319	25,319	27.1	646
④	잡종지	231-4	백0기	충남 서산시	8,500	1,587	1,587	1.7	40
⑤	유지	231-5	백0기	충남 서산시	4,620	7,286	7,286	7.8	101
⑥	구거	231-7	백0기	충남 서산시	4,620	10,579	3,565	3.8	49
⑦	도로	257		국토교통부	5,700	350 (일부구간)	350	0.4	6
⑧	구거	258		농림축산식품부	4,950	6,516	3,664	3.9	54
⑨	제방	260		농림축산식품부	4,950	1,309	1,309	1.4	19
⑩	전	228	전0성	미상	15,500	46	46	0.05	2
⑪	임야	산4-5	백0성 외 2	서울 서초구	3,930	10,116	3,000	3.2	35
⑫	임야	산5-6	백0기	충남 서산시	4,010	1,686	1,686	1.8	20
⑬	전	1000-1		지적 미등록지	-	2,410	매입불요	0.0	0
⑭	제방	1000-3		지적 미등록지	-	1,736	매입불요	0.0	0
사업 대상지 총 합계						114,679	93,551	100	1,831

- 토지매입 비용 산출 시, 국유지는 공시지가 기준, 사유지는 공시지가 3배 금액을 최대 추정가로 산정함



[그림 3-5] 고파도 갯벌복원사업 매입 대상 부지(지번 포함)

<전체 토지 매입 대상 지번>

입력해주세요

※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다

팔봉면고파도리



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-1	유지	26,400㎡	4,620원/㎡	개인
※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(유수지)				

어서 입력해주세요

※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다

팔봉면고파도리



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-2	염전	19,339㎡	8,500원/㎡	개인
※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지)				

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

건물명을 찍어서 입력해주세요

※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다

서산시

팔봉면

고파도리



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-3	염전	25,319m ²	8,500원/m ²	개인
※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지)				

건물명을 찍어서 입력해주세요

※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다

서산시

팔봉면

고파도리



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-4	잡종지	1,587m ²	8,500원/m ²	개인
※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지)				

3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

<div> <div>건물명을 띄어서 입력해주세요</div> <div> <div>Q</div> <div>※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다</div> </div> <div> <div>서산시</div> <div>팔봉면</div> <div>고파도리</div> </div> </div> 				
주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-5	유지	7,286㎡	4,620원/㎡	개인
※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지)				

<div> <div>건물명을 띄어서 입력해주세요</div> <div> <div>Q</div> <div>※ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다</div> </div> <div> <div>서산시</div> <div>팔봉면</div> <div>고파도리</div> </div> </div> 				
주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 산5-6	임야	1,686㎡	4,010원/㎡	개인
※ 매입 사유 : 일부구간의 성토(구배정리) 필요하며, 갯벌복원 사업진행에 따른 환경영향 지역임				

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

경정구역 건물영역을 클릭하여 입력해주세요

☞ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다.

충남 > 서산시 > 팔봉면 > 고파도리 > >



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 260	제방	1,309㎡	4,950원/㎡	국유지

※ 매입사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(유수지 부지) 포함

경을 클릭하여 입력해주세요

☞ 지도를 마우스 더블클릭시 부동산 정보가 조회됩니다.

서산시 > 팔봉면 > 고파도리 > >



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 228	전	46㎡	15,500원/㎡	개인

※ 매입사유 : 갯벌복원사업 대상지 내 제방철거에 따른 교량 설치 부지 끝단에 위치

<부분(분할) 매입 대상 지번>



주소	지목	총면적	분할매입 면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-7	구거	10,579m ²	3,565m ²	4,620원/m ²	개인
※ 분할매입 사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지) 토지 일부 포함					



주소	지목	총면적	분할매입 면적	공시지가	소유구분
고파도리 257	도로	10,592m ²	350m ²	5,700원/m ²	국유지
※ 분할매입 사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지) 일부 포함(도로 중 일부 매입 필요)					



주소	지목	총면적	분할매입 면적	공시지가	소유구분
고파도리 258	구거	6,516㎡	3,664㎡	4,950원/㎡	국유지
※ 분할매입 사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지(폐염전 부지) 토지 일부 포함					



주소	지목	총면적	분할매입 면적	공시지가	소유구분
고파도리 산4-5	임야	10,116㎡	3,000㎡	3,930원/㎡	개인
※ 분할매입 사유 : 갯벌복원사업 주요 대상지 중 구거(해수유입로), 북측 제방 경계 일부 포함					

<매입 불필요 대상 지번>



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 231-6	대	2,036㎡	8,160원/㎡	개인
※ 매입 불필요 사유 : 갯벌복원 대상지에 해당 없음				



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 259	제방	321㎡	4,950원/㎡	국유지
※ 매입 불필요 사유 : 갯벌복원 대상지에 직접적인 영향 없음				

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 1000-1	전	2,410㎡	미상	미상
※ 매입 불필요사유 : 지적공부상 미등록 부지임, 갯벌복원사업 완료 후 공유수면화 예정				



주소	지목	면적	공시지가	소유구분
고파도리 1000-3	제방	1,736㎡	미상	미상
※ 매입 불필요사유 : 지적공부상 미등록 부지임, 갯벌복원사업 완료 후 공유수면화 예정				

(4) 대상부지 토지매입비 산출 근거

- 고파도 지역의 공시지가 변동은 2015년부터 2018년까지 살펴보면 2015년과 2016년도 사이에는 변동이 크게 없으며, 2016년에서 2017년 사이에 단위미터(m^2)당 염전과 잡종지는 1,000원이 증가하였으며, 구거와 유지는 약 600원이 상승하였음(표 3-5)
- 2017년과 2018년 사이에도 염전과 잡종지는 단위미터(m^2)당 300원, 구거·유지·제방·전·임야 등에서 단위미터(m^2)당 약 330~1100원이 추가 상승하였음
- 이는 폐염전 매입을 통한 갯벌생태복원 사업 진행이 주민들 사이에서 토지 개별공시지가 상향조정 민원 요인으로 작용하고 있는 것으로 보임
- 이러한 현상은 현재 갯벌복원사업이 진행되고 있는 전라남도 순천만(별량면 장산지구 폐염전 복원, 2016~2018년)의 경우에도 비슷하게 나타남(순천시, 2016)
- 순천만 복원대상지의 경우, 2008년~2014년까지의 공시지가 변동폭이 크지 않았으나, 2015년과 2016년 사이에 $1m^2$ 당 약 1,200원, 2016년과 2017년 사이에 약 400원이 상승하였음(표 3-6, 그림 3-7)

[표 3-5] 고파도 갯벌대상지 공시지가 변동현황

번호	지목	지번	소유주	현거주지	개별공시지가(원/ m^2)			
					2015.01.01.	2016.01.01.	2017.01.01	2018.01.01
①	유지	231-1	백정기	충남 서산시	3,630	3,630	4,290	4,620
②	염전	231-2	국중락	충남 서산시	7,200	7,200	8,200	8,500
③	염전	231-3	국중락	충남 서산시	7,200	7,200	8,200	8,500
④	잡종지	231-4	백정기	충남 서산시	7,200	7,200	8,200	8,500
⑤	유지	231-5	백정기	충남 서산시	3,630	3,630	4,290	4,620
⑥	구거	231-7	백정기	충남 서산시	-	-	4,290	4,620
⑦	도로	257	국토교통부	-	3,960	4,190	4,910	5,700
⑧	구거	258	농림축산식품부	-	3,460	3,630	4,290	4,950
⑨	제방	260	농림축산식품부	-	3,460	3,630	4,290	4,950
⑩	전	228	전철성	미상	12,200	12,200	14,400	15,500
⑪	임야	산4-5	백혜성 외 2	서울 서초구	3,420	3,420	3,590	3,930
⑫	임야	산5-6	백정기	충남 서산시	3,490	3,490	3,670	4,010

[표 3-6] 순천만 갯벌대상지 개별공시지가 변동현황

구역	지번	개별공시지가(각 년도 1월 1일 기준, 원/㎡)									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
A	514-20	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
A	514-98	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
B	514-9	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
B	514-77	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
B	514-121	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
C	514-2	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
C	514-33	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150
C	514-39	4,100	4,000	4,100	4,200	4,500	4,700	5,300	5,500	6,750	7,150

[표 3-7] 순천만 갯벌복원 대상지 토지매입 비용 산출내용

구분		산출 사업비 (백만원)	면적 (㎡)	단위면적 당 비용(원/㎡)	공시지가 (원/㎡)	공시지가 비율 대비
부지매입	1차년도 (2016)	1,542	121,604㎡	12,681	6,750	1.9배
	2차년도 (2017)	3,364	245,659㎡	13,694	6,750	2.0배



[그림 3-6] 순천만 장산지구 갯벌복원 대상지 및 공시지가(2016년 기준)

- 순천만 갯벌복원 기본계획(2016) 수립 당시, 부지매입비 산출내역을 보면 1차년도 총 121,604㎡ 면적에 총 사업비 1,542백만원(12,680원/㎡)을 책정하였으며, 당시 개별 공시지가 6,750원/㎡(2016년) 기준의 약 2배 정도로 책정함(표 3-7)

- 습지보전법 제20조2에 지정된 바를 준용하면, 습지복원을 위한 사유지 매입시 매수 가격은 ‘공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률(토지보상법)’의 규정에 의거하여 산정함
 - 이 경우 토지보상은 감정평가 결과 산출된 보상가액에 의거 보상금을 지급함
 - 보상절차 : 보상계획열람공고→보상계획열람(2주)→보상액산정(2개 감정사의 평가결과 평균가)→청약 및 협의→계약체결 및 보상금 지급
- 본 과업에서는 고파도 폐염전 부지 토지매입비용을 사업시행 1년 전(2018년) 기준의 공시지가를 반영하되, 지가 상승을 감안하여 기존 사례(순천만 사례, 부지매입단가 공시지가 약 2배)보다 높은 토지매입금액을 제시함(개별공시지가의 3배)
 - 고파도 폐염전 부지 매입을 위한 감정평가결과는 이 수준을 넘지 않을 것으로 예상됨
- 고파도 갯벌복원대상지 주변의 염전 지목의 토지 실거래가격을 살펴보면, 가로림만 주변(태안군 내리, 당산리, 중왕리, 서산시 고파도리) 지역에서는 2015년 중왕리 전을 제외하고는 대부분 공시시가에 비슷한 수준의 지가로 거래되고 있음(표 3-8)
- 순천만 갯벌복원 대상지 주변의 경우는 갯벌복원 진행되기 바로 전인 2014년 이후부터 공시시가에 비해 비교적 높은 가격에 거래가 된 것으로 나타났음(공시지가의 약 1.5배 수준)
- 따라서 고파도 폐염전 부지 매입을 위한 비용은 공시지가의 최대 약 2~2.5배 수준에서 보상협의를 진행 가능할 것으로 보임

[표 3-8] 갯벌복원지역 염전 실거래가 현황

	년도	법정동	거래면적 (㎡)	거래금액 (만원)	단위면적 당 비용(㎡/원)	공시지가 (㎡/원)	공시지가 비율 대비
충청남 도	2017	태안군 내리	1,580	2,528	16,000	18,000	0.89 배
	2017	태안군 내리	1,580	2,528	16,000	18,000	0.89 배
	2016	태안군 당산리	1,186	1,975	16,653	14,400	1.16 배
	2016	태안군 당산리	1,254	2,088	16,651	14,400	1.16 배
	2016	태안군 당산리	1,323	2,203	16,652	14,400	1.16 배
	2015	태안군 당산리	1,345	2,237	16,632	13,900	1.20 배
	2015	태안군 중왕리	3,078	10,000	32,489	18,500	1.76 배
	2009	서산시 고파도리	19,399	10,826	5,581	5,500	1.01 배
	2009	서산시 고파도리	25,319	14,174	5,598	5,500	1.02 배
전라남 도	2015	순천시 학산리	717	600	8,368	5,500	1.52 배
	2014	순천시 학산리	5,005	4,100	8,192	5,300	1.55 배
	2012	순천시 학산리	1,652	750	4,540	4,500	1.01 배
	2012	순천시 학산리	1,653	720	4,356	4,500	0.97 배

4) 사회 현황

(1) 어업권 현황

- 고파도인근의 어업면허 현황은 총 19건으로 패류양식이 10건으로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 어류·복합·마을어업 순으로 구성되어 있음
- 양식으로 생산되는 수산물은 굴, 미역, 바지락, 전복 등이며, 고파도 주변 양식장 총 면적은 164ha(1,640,000m²)임
- 육상 어업허가의 경우, 고파도 내 남측 폐염전 전방 유수지에 현재 1건(육상해수양식)이 설정되어 있는데 허가면적은 1.6ha(16,153m²), 수면적은 1.4ha(13,596m²)이며, 신고한 어업의 명칭 및 종류는 육상축제식 해수양식/갑각류(새우류)임

[표 3-9] 고파도 주변 어업권·어업허가 현황

구분	어업권자	면적 (ha)	어업 종류	어업 명칭	생산 종류
어업권 (양식어업권)	가로림어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	고파도어촌계	3	패류양식	간이식	굴
	개인운영	1	어류등 양식	가두리식	어류 등
	중앙어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	중앙어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	고파도어촌계	10	패류양식	살포식	바지락
	개인운영	3	복합양식	가두식, 살포식	전복,해삼
	가로림어촌계	30	해조류양식	수하(연승)식	미역
	고파도어촌계	30	해조류양식	수하(연승)식	미역
	고파도어촌계	6	패류양식	살포식	바지락
	왕산어촌계	6	어류등양식	가두리식	어류
	중앙어촌계	10	어류등양식	가두리식	어류
	고파도어촌계	5	패류양식	투석식	굴
	고파도어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	고파도어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	고파도어촌계	5	패류양식	간이식	굴
	가로림어촌계	20	복합양식	살포식, 투석식	바지락, 굴
	가로림어촌계	5	마을어업	맨손	해삼
	중앙어촌계	5	어류등양식	바닥식	해삼
구분	허가번호	허가면적 (m ²)	수면적 (m ²)	어업명칭	생산 종류
어업허가 (육상해수양식)	2014-4호	16,153	13,596	육상축제식 해수양식	갑각류

출처 : 서산시, 해양수산과 내부자료

3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

- 육상 어업권 허가기간은 2014년 4월부터 2019년 4월까지로 되어있으나 어업권설정 이후 실제 시설설치나 양식생산 실적은 전혀 없는 상태이므로, 고파도 갯벌생태계 복원 사업의 추진에 미치는 영향은 전혀 없는 것으로 나타남
- 다만 향후 갯벌복원사업 추진 시, 제방철거 및 폐염전 부지 구획정리 등 공사 시 발생 가능한 오탁수에 의한 복원대상부지 전면 양식장에 대한 영향을 최소화 할 수 있도록 대책 마련이 필요할 것으로 보임



[그림 3-7] 고파도 인근 양식어장 위치도

(2) 어촌계 현황

- 고파도가 위치한 가로림만 인근의 어촌계는 총 25개로 계원은 총 1,791명이며, 주요 생산품은 굴, 바지락, 낙지임
- 고파도 어촌계원은 총 37명으로 대부분 고파도 해역에 어업면허를 소지하고 있으며, 굴과 바지락을 주로 양식함

[표 3-10] 가로림만 주변 어촌계 현황

구분	어촌계명	계원수(명)	주요 생산품
합 계	25개 어촌계	1,791	
대산읍 (5개) (406명)	오 지 어촌계	153	굴, 낙지, 바지락, 우럭
	대 로 어촌계	76	낙지, 바지락
	화 곡 어촌계	64	꽃게, 놀래미, 우럭
	대 영 어촌계	58	굴, 낙지, 맛
	웅 도 어촌계	55	굴, 낙지, 바지락
팔봉면 (3개) (195명)	팔 봉 어촌계	85	감태, 굴, 낙지, 바지락
	가느실 어촌계	73	굴, 갯지렁이, 바지락
	고파도 어촌계	37	굴, 바지락
지곡면 (7개) (393명)	도 성 어촌계	96	굴, 낙지, 바지락
	중 왕 어촌계	83	굴, 낙지, 바지락
	노 룡 어촌계	52	가무락, 바지락
	대 일 어촌계	50	굴, 낙지, 바지락
	왕 산 어촌계	41	굴, 낙지, 바지락, 우럭
	진 골 어촌계	36	가무락, 바지락
	가로림 어촌계	35	굴, 낙지, 바지락, 미역
태안읍 (1개) (69명)	어도 어촌계	69	감태, 굴, 낙지, 바지락
원북면 (3개) (277명)	신두 어촌계	145	굴, 낙지, 바지락
	학암포 어촌계	96	꽃게, 우럭, 전복, 해삼
	청산 어촌계	36	감태, 굴, 바지락
이원면 (6개) (451명)	꾸지포 어촌계	156	굴, 꽃게, 놀래미, 우럭
	만대 어촌계	67	굴, 꽃게, 바지락
	삼동 어촌계	64	굴, 꽃게, 놀래미, 우럭
	당산 어촌계	60	굴, 낙지, 바지락
	사창 어촌계	53	감태, 굴, 바지락
	활곡 어촌계	51	굴, 바지락, 우럭

출처 : 서산수협 내부자료(2017)

(3) 어가인구

- 가로림만 주변의 어가는 총 1,190개호이며 전업으로 하는 가구는 161호로 대부분이 다른 직업과 병행하여 어업행위를 하는 중임
- 어가인구는 총 2,701명으로 성별은 여자가 1,446명으로 남자에 비해 많은 비율을 차지하고 있음

[표 3-11] 가로림만 주변 어가인구

구분	어가(호)			어가인구(명)		
	계	전업	겸업	계	남	여
합계	1,190	161	1,029	2,701	1,255	1,446
대산읍	221	49	172	526	247	279
팔봉면	136	25	111	272	118	154
지곡면	231	36	195	482	223	259
태안읍	122	32	90	314	149	165
원북면	190	7	183	433	200	233
이원면	290	12	278	674	318	356

출처 : 2015 농림어업총조사

(4) 어항

- 가로림만 권역에의 어항은 지방어항 2개소, 어촌정주어항 6개소가 분포해 있으며, 복원사업대상지인 고파도에는 고파도항이 존재하고 인근에 우도항과 웅도항이 존재함
- 고파도항의 면적은 총 34천㎡이며, 44대의 어선을 보유하고 있음

[표 3-12] 가로림만 권역 어항 현황

구분	항명	위치	어가세력			지정일	면적 (천㎡)
			어가수	어선수	총 톤수		
국가어항	-	-	-	-	-	-	-
지방어항	구도항	팔봉호	54	49	96	10.12.10	128
	만대항	이원면 내리	119	55	308	10.12.10	162
어촌정주어항	고파도항	팔봉면 고파도리	53	44	64	12.04.02	34
	우도항	지곡면 도성리	53	27	63	12.04.02	10
	웅도항	대산면 웅도리	110	39	35	12.04.02	25
	호리항	팔봉호	84	48	44	12.04.02	25
	도성항	지곡면 도성리	145	26	45	12.04.02	63
	청산항	원북면 청산리	35	77	135	04.04.28	25

출처 : 충청남도, 수산과 내부자료

(5) 관광자원

- 서산시는 148.99km의 해안선을 보유하고 있으며, 27개의 유·무인도서를 보유하고 있으며, 해양생물보호구역으로 지정된 가로림만과, 철새도래지인 천수만, 서산9경, 팔봉산 등이 유명함
- 자연관광자원에는 서산 9경과 해수욕장 2개소, 산·계곡(7개소), 저수지 4개소가 있으며, 문화관광자원은 국보(1개호), 9개의 축제와 다양한 체험농원·마을이 분포함
- 또한 서산 아라메길은 5구간 총 107.5km 여행코스로서 서산을 찾는 관광객들에게 사랑받는 관광콘텐츠임

[표 3-13] 서산시 관광자원

구분		관 광 자 원
자연관광 자원	서산9경	해미읍성, 마애여래삼존상, 간월암, 개심사, 팔봉산, 가야산, 황금산, 서산한우목장, 삼길포항
	산·계곡	황금산, 팔봉산, 도비산, 가야산, 용현계곡, 산수리계곡, 황락계곡
	저수지	고북신송지, 지곡저수지, 인지모월지, 대산운산1지
	해수욕장	벌천포해수욕장, 고파도해수욕장
문화관광 자원	역사문화	국보(1개호), 보물(12개호), 사적(3개호), 유형문화재(11개호), 무형문화재(2개호), 문화재자료(18개호) 등
	축제	전통문화공연(해미읍성), 별 축제(류방택), 감자축제(팔봉산), 우럭독살축제(삼길포), 뽕낙지먹물축제, 해미읍성축제, 국화축제, 어리굴젓 축제, 서산갯마을축제(지곡왕산포)
	체험	체험농원(26개소), 체험마을(12개소)
	공원	소공원(10개소), 도시자연공원(10개소), 근린공원(19개소), 어린이공원(85개소), 체육공원(1개소)
산업관광 자원	산업시설	자동차 관련(현대파워텍(주), 현대모비스(주)), 석유정제관련(현대오일뱅크(주) 등)
	시장	대산종합시장, 동부시장, 해미시장, 해미종합시장
위락관광자원		골프장(1개소), 낚시터(바다낚시 60개소, 민물낚시 4개소), 청소년수련시설(4개소)
기타관광자원		서산류방택천문기상과학관, 서산버드랜드, 천수만철새도래지, 간월도, 서산 아라메길

출처 : 서산시(<http://www.seosan.go.kr/tour/index.do>)

5) 훼손 원인

- 고파도 폐양어장 및 폐염전 지역은 과거 1940년대 방조제가 건설되어 염전으로 사용되다가 양어장 및 농경지로 사용되었으며, 현재는 폐양어장과 폐염전으로 방치되어 있음



[그림 3-8] 고파도 갯벌생태복원 대상지 이용현황

- 북측 폐양어장은 폐양식 시설이 그대로 방치되어 있어 경관상 저해요인으로 작용하고 있으며, 해충 발생 유발 등으로 인한 지역주민의 피해가 있음
- 외측 해역으로부터의 범람피해를 방지하고 강우에 따른 내측 유수지 및 배수로의 담수 방출 기능을 담당하는 수문의 조작이 관리되지 않고 있음
- 이에 따라 유수지 및 폐염전 내부는 담수와 해수가 섞인 채로 장기간 방치되고 있으며, 흐름이 차단된 상태에서의 수질은 자연생태계 복원에 악영향을 미치고 있음
- 가로림만에 위치한 고파도는 도서지역으로 천혜의 자연환경을 보유하고 있으며, 고파도 해수욕장 등의 관광자원이 있어 한적한 휴식을 즐기는 관광객의 방문이 주를 이루고 있음
- 하지만, 현재 방문객이 이용할 수 있는 기반시설이 부족하며, 여객선이 하루 3편 왕복 운항하고 있으나 관광객의 방문이 늘어나지는 않고 있음
- 2018년 3월 29일 이후로 카페리(차도선 팔봉산호)가 출항을 시작하였으나, 고파도 내 차도교 접안시설이 확충되지 않아 외부로부터의 차량 진입은 불가한 상태임(2018년 말 경 접안시설 공사 예정)



[그림 3-9] 과거 고파도 전경(항공사진, 1967년도)



[그림 3-10] 현재 고파도 전경(항공사진, 2016년도)

- 그림 3-9과 3-10에는 국토지리정보원에서 제공되는 고파도 인근에서의 항공사진을 과거와 현재로 50년간의 변화를 비교하여 제시하였음
- 1967년도 사진에서는 고파도 내측의 염전 이용현황이 뚜렷하게 나타나고 있음
- 2016년도 사진에는 폐염전으로 방치된 사업 대상부지가 명확히 나타나고 있음
- 그림 3-11에서 붉은색 원으로 강조하여 나타낸 지역이 해역, 즉 갯벌측에서의 변화가 뚜렷한 지역임
- 특히 염전 부지로 해수를 공급하는 역할을 하는 유수지 제방 외측으로 갯골 형상이 과거에 비해 많이 뚜렷하게 발달한 것을 확인할 수 있음
- 과거 1960년대에 염전 이용 시기에는 갯골의 형상이 뚜렷하지 않으나, 2000년대 이후에는 염전으로 사용하지 않음에 따라 원형관거 형태의 수문 개방으로 유수지 내측으로의 해수유통이 반복되면서 갯골을 통한 퇴적물 세굴이 증가하고 있는 것으로 나타남
- 이외에 고파도 북측의 고파도 해수욕장 중앙 지역에는 바지락 양식을 위한 어장진입로가 개축되어 어장진입로 주변 지역으로 소규모 침식이 나타나고 있음



[그림 3-11] 고파도 폐염전(폐양어장)



[그림 3-12] 고파도 폐염전(폐양어장) 및 유수지



[그림 3-13] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 유수지 전경



[그림 3-14] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 남측 제방 외측 전경(차도교 예정지)



[그림 3-15] 고파도 북측 폐염전(폐양어장) 남측 제방 내·외측 수문 및 해수유입구



[그림 3-16] 고파도 해수욕장 전경



[그림 3-17] 고파도 폐염전(폐양어장) 북측 제방 외측 전경(수문 및 갯골)



[그림 3-18] 고파도 폐염전(폐양어장) 북측 제방 내측 수로(해수소통로) 전경



[그림 3-19] 고파도 폐염전(폐양어장) 내 방치 폐기물(폐어구)

6) 국내 갯벌복원 사업 추진 사례

(1) 국내 갯벌복원사업 추진현황 및 복원 방법

- 해양수산부는 2008년 갯벌복원 중장기 계획 연구를 통하여 81개소의 갯벌복원 대상지를 선정하고, 그 중 17개 우선복원대상지를 선정하였음
- 이 중에서 2012년 3개소(순천시, 사천군, 고창군)에 대한 시범사업을 시작으로 현재까지 총 15개소(9개소 완료 및 6개소 진행중)에 대한 갯벌복원사업을 진행 중에 있음



[그림 3-20] 전국 갯벌복원 추진 대상지역(2010~2016)

- 폐염전 및 폐양식장 등을 대상으로 한 훼손갯벌 복원사업은 순천, 고흥군을 대상으로 실시되었으며, 원상태의 연안습지로의 환원이 복원의 목표로 추진되었음

- 사천시, 신안군(노두길), 강화군을 대상으로는 해수유통을 원활하게 하여 갯벌의 기능을 개선하고 자정능력 회복을 목표로 추진되었음
- 무안군과 고창군의 경우는 갯벌의 건강성 회복을 통한 가치증대, 생태관광자원 활용 등을 목적으로 폐말목 및 폐그물, 퇴적된 해양쓰레기 수거 등 생태계 기능개선을 위한 복합형 갯벌복원으로 추진되었음

[표 3-14] 갯벌복원사업 진행현황(2010-2016)

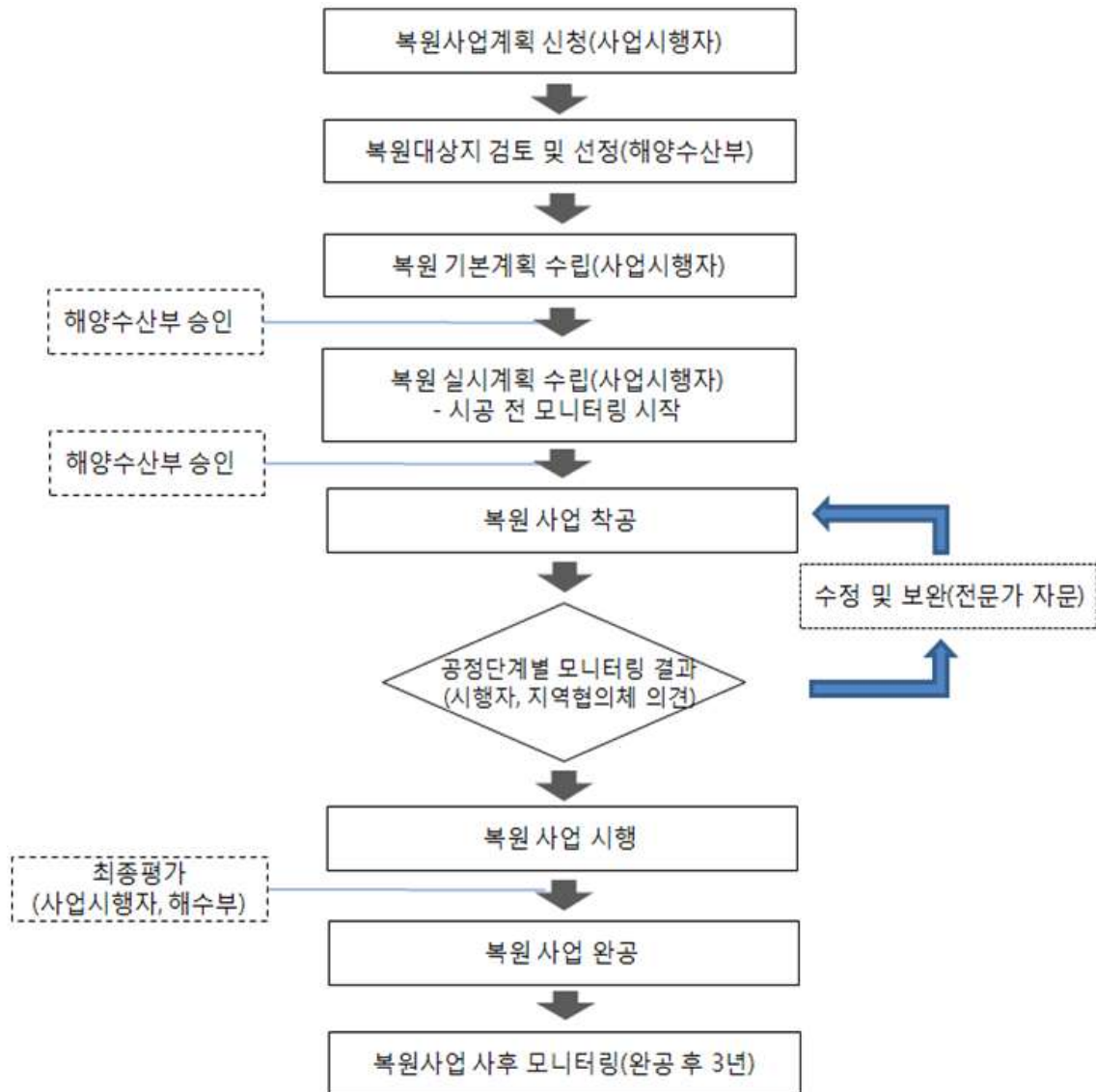
	지역	복원년도	복원유형	갯벌복원사업 내용
1	경남 사천 비토섬 갯벌	'10~ '12 년	물길소통 (교량화)	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 120m • 제방도로에 해수유통로 설치 및 일부구간 교량화
2	전남 순천만 갯벌	'10~ '12 년	폐염전 복원	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 0.12km² • 폐염전을 원래 연안습지로 복원하여 습지보전 및 생태관광지 활용
3	전북 고창 갯벌	'10~ '13 년	폐양식장 복원	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 0.96km² • 폐축제식 양식장을 생태공원으로 조성하여 갯벌가치 증대 및 생태관광자원화
4	전남 신안 증도-화도 갯벌	'12~ '14 년	물길소통	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 3.22km - 증도-화도: 1.2km×3.5m - 소기정도-소약도: 0.97km×4m - 평풍도-소기정도: 1.05km× 3.5m • 노두길 해수유통로 추가설치 및 시설개선 • 갯벌복원시스템 구축, 노두길 안정성 유지, 탐방객 유치 기반 조성
5	전남 신안 소기정도-소약도 갯벌	'12~ '14 년	물길소통	
6	전남 신안 병풍도-대기점 도-소기정도 갯벌	'12~ '14 년	물길소통	
7	전남 무안 현경면 해운리 갯벌	'13~ '14 년	갯벌환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 0.5km×50m • 폐축제식 양식장을 생태공원으로 조성하여 갯벌가치증대 및 생태관광자원화
8	전남 고흥 갯벌 (풍양면 매곡지선)	'14~ '15 년	갯벌환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 0.2km² • 굴종묘, 폐말목 및 오염원 제거를 통해 생태기능 개선 및 갯벌자정능력 회복
9	강화군 동검도 연륙교 갯벌	'14~ '16 년	물길소통	<ul style="list-style-type: none"> • 사업규모: 130m • 해수유통형 교량 설치를통해 갯벌기능개선 및 자정능력 회복

(2) 해양수산부 갯벌활성화 정책에 따른 갯벌복원 사업 추진

- 2015년 8월 해양수산부는 ‘갯벌복원을 통한 자원화 종합계획’을 발표하고, 갯벌복원을 통한 갯벌 생태계 건강성 회복, 갯벌어업 활성화 및 갯벌생태체험 관광 등과 연계한 복합형 갯벌 복원 정책을 추진하고 있음

3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

- 2016년 해양수산부는 ‘갯벌복원을 통한 자원화 종합계획’ 후속조치로 ‘갯벌자원 활성화 방안연구’를 수행하여 기존 갯벌복원사업의 현황과 문제점을 정리하고, 갯벌복원사업의 우선추진 대상지를 선정평가하였음
- 이와 함께 ‘갯벌생태계 복원사업지침(해양수산부 훈령 제357호)’을 제정함



[그림 3-21] 갯벌복원 사업추진 절차(해수부 훈령 제357호 12조 관련)

- 2018년 7월 해양수산부는 ‘갯벌생태계 복원사업 중기 추진계획(19~23)’을 발표하였는데, 본 계획에는 갯벌의 가치를 되살리기 위한 복원사업 대상지 확대, 사업관리체계 강화, 복원지역 인센티브 확대 등의 시행방안이 포함됨

비전

갯벌가치 살리고 ↗, 지역경제 살리고 ↗

목표

1. 갯벌면적 3km² 재생

☞ 갯벌 보전정책 확대('08) 이후 상실된 갯벌면적(10.8km²)대비 30% 재생

2. 갯벌 물길소통 3km 확대

3. 복원지역 소득증진 인센티브 확대

추진전략

추진과제

1

갯벌생태계
복원사업
관리체계 강화

1-1. 갯벌복원사업 사업시행 표준화

1-1-1. 갯벌복원사업 후보지 발굴·선정 체계화 **계속**

1-1-2. 갯벌복원사업 기술지침 마련·보급 **단기**

1-2. 갯벌복원사업 사후관리 강화

1-2-1. 사후 모니터링 체계 강화 및 평가지표 개발 **단기**

1-2-2. 복원 성과 홍보 다각화 **중기**

2

갯벌생태계
복원사업
활성화

2-1. 버려진 갯벌 재생사업 추진

2-1-1. 폐염전·폐양식장 등 자연갯벌화 **계속**

2-1-2. 생산성 저하 갯벌 기능 개선 **계속**

2-2. 갯벌 옛물길 회복사업 추진

2-2-1. 연륙교 등으로 단절된 갯벌 해수소통로 확대 **계속**

2-2-2. 물길소통 저해 폐방조제 및 폐말뚝 제거 **계속**

2-3. 갯벌복원 지역주민 혜택 강화

2-3-1. 복원지 갯벌어업 증진 기반 조성 **중기**

2-3-2. 환경보전 인센티브 등 지역소득 증진 기반 제공 **중기**

[그림 3-22] 갯벌생태계 복원사업 중기 추진계획(2018) 추진 전략

3. 복원대상지 이용현황 및 여건분석

[표 3-15] 갯벌 생태계 복원 중기 추진계획(2018) 사업 대상지

번호	광역시	기초	지역명	유형	사업시작 년도(예상)
1	인천 (3)	옹진군	북도면 시도-모도	해수소통형A	계속('17~)
2		강화군 (2)	길상면 선두리	해수소통형B	'20년
3			길상면 초지리(황산도)	갯벌재생형	'22년
4	경기 (1)	화성시	서신면 백미리	해수소통형B	'21년
5	충남 (6)	서산시 (2)	팔봉면 고파도	갯벌재생형	계속('17~)
6			대산읍 웅도리	해수소통형A	'21년
7		서천군	장항읍 유부도	갯벌재생형	계속('17~)
8		태안군 (2)	이원면 당산4리	갯벌재생형	'20년
9			이원면 내리(사목)	갯벌재생형	'22년
10		보령시	웅천읍 독산리(무창포 닭벼슬)	해수소통형A	'19년
11	전북 (2)	고창군 (2)	심원면 고전리	갯벌재생형	계속('17~)
12			상하면 자룡리	해수소통형B	'23년
13	전남 (11)	신안군 (4)	비금면 수치리(수치도-상수치도)	해수소통형A	'23년
14			안좌면 존포리	해수소통형A	'23년
15			압해읍 매화리(황마도-매화도)	해수소통형A	'21년
16			압해읍 고이리(고이도)	해수소통형B	'20년
17		무안군 (2)	해제면 유월리	해수소통형B+갯벌재생형	'19년
18			운남면 성내리	해수소통형B	'23년
19		완도군	소안면 비자리(소안도)	갯벌재생형	'20년
20		강진군	신전면 벌정리	해수소통형B	'22년
21		보성군	회천면 전일리	해수소통형B	'22년
22		순천시 (2)	별량면 구룡리(용두지역)	갯벌재생형	'20년
23			별량면 마산리(거차지구)	갯벌재생형	'22년

【복원유형】

- 갯벌재생형 : 제방 등으로 자연 갯벌과 단절되어 방치된 폐염전 또는 폐양식장 등 복원
- 해수소통형(A) : 노둑길 또는 연륙교로 단일 갯벌이 단절되어 있는 지역 복원
- 해수소통형(B) : 폐방조제 등 구조물에 의해 갯벌 내 해수소통이 저해되는 지역 복원

7) 관계 법령 검토

(1) 개요

- 본 절에서는 갯벌복원사업과 관련된 인·허가 사항과 행정절차를 사전에 점검하여 서산시에서 행정적으로 조치해야 할 사항을 제시함
- 고파도 폐염전 갯벌복원사업은 지적공부상의 토지를 공유수면으로 다시 되돌리는 일련의 행위인데, 이를 위하여는 다음의 행정절차를 검토하여야 함
- 소규모 환경영향평가
 - 갯벌복원사업의 사업계획을 수립 시, 그 사업 시행으로 인하여 환경에 미치는 영향을 조사, 예측, 평가하여 좋지 못한 영향을 피하거나 줄일 수 있는 방안을 강구하는 것으로 사업착수 전 승인기관의 장에게 제출하여 승인을 득하거나 협의를 하여야 함
- 해역이용협의
 - 갯벌복원을 위한 공유수면의 점용·사용허가 및 공유수면의 매립면허와 관련하여 사전에 해양수산부장관과 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 해역이용협의를 필요할 것으로 판단될 때에는 해역이용협의서를 작성, 제출이 필요함
- 공유수면 점사용허가
 - 1) 공유수면은 사권(私權)의 대상이 되지 못하며 그 점용, 사용 등(준설 및 굴착 작업)은 관리청의 허가를 받아야 하며, 점용허가권자는 공유수면 점용허가를 하기 전 미리승인기관으로부터 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 협의가 이루어져야 함
- 자연재해영향성 검토협의
 - 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책을 강구함
- 이를 검토하여 사업시행 과정의 인·허가, 영향평가 등 행정조치를 선제적으로 검토하여 본 사업을 원활히 추진할 필요가 있음

1) 바다, 하천, 호수, 늪 등 기타 공공용으로 사용되는 국유의 수류 또는 수면과 빈지를 의미하며, 하천법의 적용을 받지 않는 것을 말하며, 빈지란 만조수위선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 사이를 말함

(2) 소규모 환경영향평가

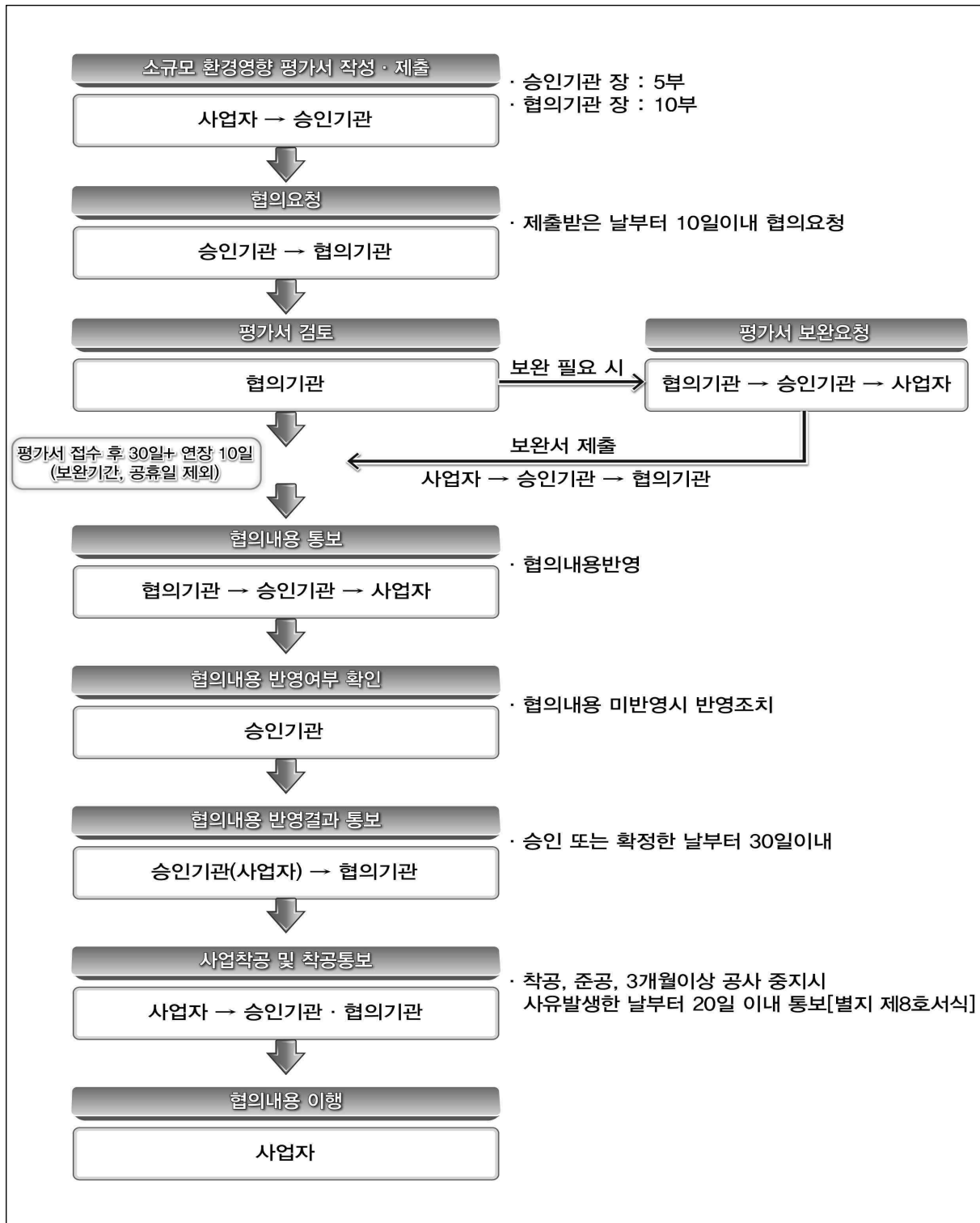
- 고파도 갯벌복원사업은 환경영향평가법 제43조 제1호에 따라 소규모 환경영향평가가 이루어져야 함

[표 3-16] 환경영향평가법 법규 및 관련 검토사항

구 분	법 규 내 용	관련내용
환경영향 평가법	<p>〈제1장 2조(정의) 3항〉 “소규모 환경영향 평가”란 환경보전이 필요한 지역이나 난개발이 우려되어 계획적 개발이 필요한 지역에서 개발사업을 시행할 때에 입지의 타당성과 환경에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 환경보전방안을 마련하는 것으로 말한다.</p>	소규모 환경영향 평가
	<p>〈제3장 37조(사업 착공 등의 통보)〉 · 사업자는 사업을 착공 또는 준공하거나 3개월 이상 공사를 중지하려는 경우에는 환경부령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 자에게 그 내용을 통보하여야 한다. 1. 환경부장관 2. 승인기관의 장(승인등을 받아야 하는 환경영향평가 대상사업만 해당한다)</p>	환경부장관 에게 사업 착공 통보
	<p>〈제4장 48조(사업 착공 등의 통보)〉 · 소규모 환경영향평가 대상사업에 대한 사업 착공 등의 통보에 관하여는 제 37조를 준용한다.</p>	
	<p>〈제4장 43조(소규모 환경영향평가의 대상)〉 · 다음 각 호 모두에 해당하는 개발사업을 하려는 자는 소규모 환경영향평가를 실시하여야 한다. 1. 보전이 필요한 지역과 난개발이 우려되어 환경보전을 고려한 계획적 개발이 필요한 지역으로서 대통령령으로 정하는 지역에서 시행되는 개발사업 2. 환경영향평가 대상사업의 종류 및 범위에 해당하지 아니하는 개발사업으로서 대통령령으로 정하는 개발사업</p>	소규모 환경영향 평가대상
	<p>〈제4장 44조(소규모 환경영향평가서의 작성 및 협조 요청 등)〉 ① 승인등을 받아야 하는 사업자는 소규모 환경영향평가 대상사업에 대한 승인등을 받기 전에 소규모 환경영향평가서를 작성하여 승인기관의 장에게 제출하여야 한다. ② 승인기관장등은 소규모 환경영향평가 대상사업에 대한 승인등을 하거나 대상사업을 확정하기 전에 환경부장관에게 소규모 환경영향평가서를 제출하고 소규모 환경영향평가에 대한 협의를 요청하여야 한다.</p>	환경부와 착공 전 사전 협의
	<p>〈제4장 47조(사전공사의 금지 등)〉 ① 사업자는 제44조 및 제45조에 따른 협의 절차가 끝나기 전에 소규모 환경영향평가 대상사업에 관한 공사를 착공하여서는 아니 된다.</p>	
	<p>〈제3장 36조(사후환경영향조사)〉 ① 사업자는 해당 사업을 착공한 후에 그 사업이 주변 환경에 미치는 영향을 조사하고, 그 결과를 다음 각 호의 자에게 통보하여야 한다. 1. 환경부장관 2. 승인기관의 장(승인등을 받아야 하는 환경영향평가 대상사업만 해당한다)</p>	사후환경 영향조사

자료 : 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr>)

- 소규모 환경영향평가 수행 시 그 절차는 다음과 같음



[그림 3-23] 소규모 환경영향평가 절차

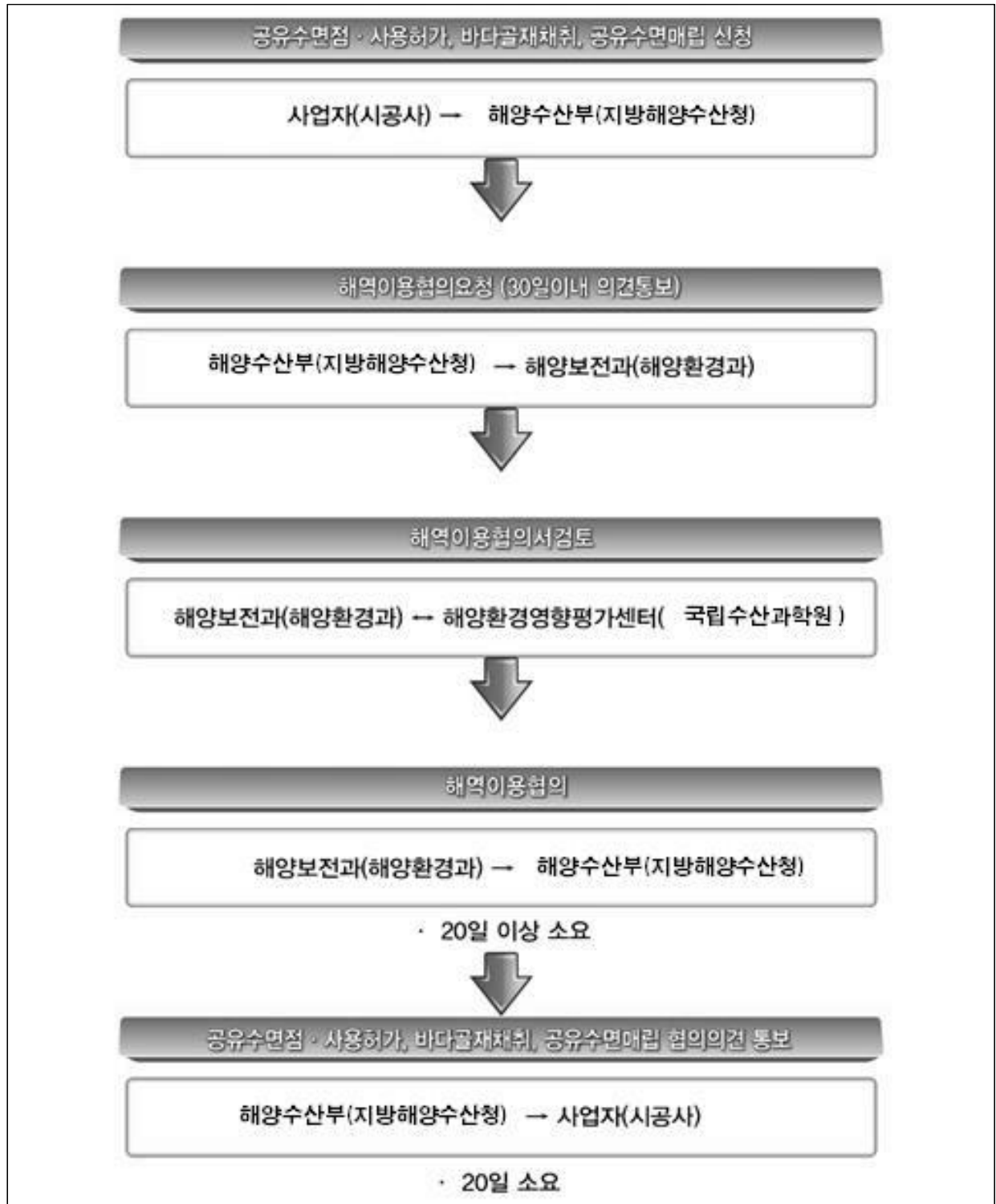
(3) 해역이용협의(해역이용 영향평가 및 해역이용 영향조사)

- 고파도 갯벌복원사업은 폐염전부지(토지)를 공유수면으로 되돌리는 과정으로 해수유통을 위한 수문 등 시설과 토목공사가 따르기 때문에 해역이용협의 절차를 이행하는 것이 필요함

[표 3-17] 해양환경 관리법의 해역이용협의 관련 검토사항

구 분	법 규 내 용	관련내용
	<p>〈제9장 84조(해역이용협의)〉</p> <p>① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 면허·허가 또는 지정 등을 하고자 하는 행정기관의 장은 면허 등을 하기 전에 대통령령이 정하는 바에 따라 미리 해양수산부장관과 해역이용의 적정성 및 해양환경에 미치는 영향에 관하여 협의를 하여야 한다. 이 경우 제85조 제1항의 규정에 따른 해역이용 영향평가대상사업은 해역이용협의를 행한 것으로 본다.</p> <p>1. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제 8조에 따른 공유수면 점용·사용허가(제5호 및 제6호에 따른 바다골재채취의 허가 및 바다골재채취단지의 지정에 따른 공유수면의 점용·사용허가는 제외한다.) 및 같은 법 제 28조에 따른 공유수면의 매립면허</p> <p>③ 처분기관은 제1항의 규정에 따라 해양수산부장관과 해역이용협의를 하려는 때에는 해양수산부령이 정하는 해역이용협의서를 제출하여야 한다.</p>	해역이용 협의
해양환경 관리법	<p>〈제9장 85조(해역이용영향평가)〉</p> <p>① 처분기관은 제 84조에 따라 해양수산부장관과 해역이용협의를 함에 있어서 해당 면허대상사업 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위가 대통령령으로 정하는 규모 이상에 해당하는 때에는 그 행위로 인하여 해양환경에 미치는 영향에 대한 평가를 해양수산부장관에게 요청하여야 한다. 다만, 「환경영향평가법」 제 22조에 따른 환경영향평가 대상사업 중 대통령령으로 정하는 사업을 제외한다.</p> <p>1. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조1항제3호에 따른 공유수면의 바닥을 준설하거나 굴착하는 행위</p> <p>3. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조1항제8호에 따른 흙돌을 공유수면에 버리는 등 공유수면의 수심에 영향을 미치는 행위</p>	해역이용 영향평가
	<p>〈제9장 95조(해양환경영향조사 등)〉</p> <p>① 해역이용사업자들은 면허등을 받은 후 행하는 사업으로 인하여 발생될 수 있는 해양환경에 대한 영향의 조사를 실시하고 그 결과를 처분기관 및 해양수산부 장관에게 통보하여야 한다. 이 경우 해역이용사업자들은 평가대행자에게 해양환경영향조사의 업무를 대행하게 할 수 있다.</p>	해양환경 영향조사

자료 : 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr>)



[그림 3-24] 해역이용협의 수행 절차

(4) 공유수면 점사용

- 공유수면 점사용과 관련하여 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률에 대한 사항은 다음과 같음

[표 3-18] 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률에 대한 검토사항

구 분	법 규 내 용	관련내용
	<p>〈제2장 8조(공유수면의 점용·사용허가)〉</p> <p>① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 공유수면관리청으로부터 공유수면의 점용 또는 사용의 허가를 받아야 한다. 다만, 제28조에 따라 매립면허를 받은 자가 매립면허를 받은 목적의 범위에서 해당 공유수면을 점용·사용하려는 경우에는 그러하지 아니하다.</p> <p>1. 공유수면에 부두, 방파제, 교량, 수문, 건축물(「건축법」 제2조제1항 제2호에 따른 건축물로서 공유수면에 토지를 조성하지 아니하고 설치한 건축물을 말한다.), 그 밖의 인공구조물을 신축·개축·증축 또는 변경하거나 제거하는 행위</p> <p>2. 공유수면에 접한 토지를 공유수면 이하로 굴착(掘鑿)하는 행위</p> <p>3. 공유수면의 바닥을 준설하거나 굴착하는 행위</p>	공유수면 점사용 허가
공유수면 관리 및 매립에 관한 법률	<p>〈제2장 10조(공유수면의 점용·사용 협의 또는 승인)〉</p> <p>① 제8조에도 불구하고 국가나 지방자치단체는 공유수면을 공용·공공용 또는 비영리사업의 목적으로 직접 점용·사용하려는 경우에는 공유수면관리청과 협의하거나 공유수면 관리청의 승인을 받아야 한다.</p>	공유수면 점사용 협의 또는 승인
	<p>〈제2장 11조(점용·사용허가의 기간 등)〉</p> <p>① 공유수면관리청은 다음 각 호의 구분에 따른 기간 이내로 대통령령으로 정하는 바에 따라 점용·사용허가를 하여야 한다.</p> <p>1. 부두, 방파제, 교량, 수문, 건축물 또는 이와 유사한 견고한 인공구조물 : 30년</p>	점사용 허가 기간
	<p>〈제2장 17조(점용·사용 실시계획의 승인 등)〉</p> <p>① 제8조1항제1호부터 제4호까지의 행위로서 인공구조물의 규모 및 총 공사비 등 대통령령으로 정하는 요건에 해당하는 행위를 하기 위하여 점용·사용허가를 받은 자는 관련 공사에 착수하기 전에 미리 공유수면관리청으로부터 공유수면 점용·사용 실시계획의 승인을 받아야 한다. 승인받은 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경하려는 경우에는 또한 같다.</p>	점사용 실시계획

자료 : 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr>)



[그림 3-25] 공유수면 점사용 인허가 절차

(5) 사전재해영향성 검토

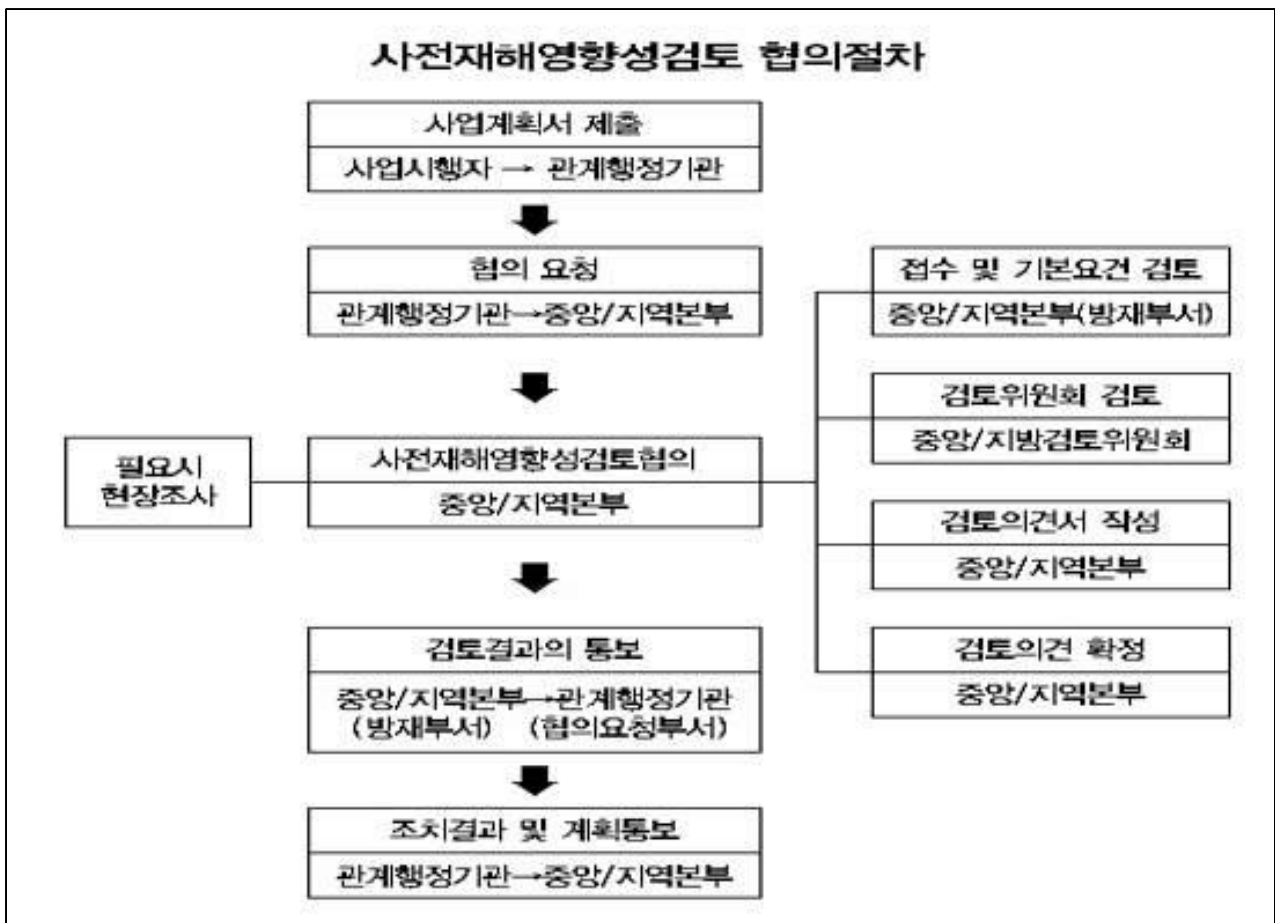
- 사전재해영향성 검토협의를 관련하여 자연재해대책에 관한 법률 검토사항은 다음과 같음

[표 3-19] 자연재해대책법에 대한 검토사항

구 분	법 규 내 용	관련내용
	제4조(사전재해영향성 검토협의) ① 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사, 시장·군수·구청장 및 특별지방행정기관의 장(이하 "관계행정기관의 장"이라 한다)은 자연재해에 영향을 미치는 행정계획을 수립·확정(지역·지구·단지 등의 지정을 포함한다. 이하 같다)하거나 개발사업의 허가·인가·승인·면허·결정·지정 등(이하 "허가등"이라 한다)을 하려는 경우에는 그 개발계획등의 확정·허가등을 하기 전에 국민안전처장관과 재해 영향의 검토에 관한 사전협의(이하 "사전재해영향성 검토협의"라 한다)를 하여야 한다.	검토협의
자연 재해 대책법	제5조(사전재해영향성 검토협의 대상) ① 제4조에 따라 사전재해영향성 검토협의를 하여야 하는 개발계획 등은 다음 각 호와 같다. 1. 국토·지역 계획 및 도시의 개발 2. 산업 및 유통 단지 조성 3. 에너지 개발 4. 교통시설의 건설 5. 하천의 이용 및 개발 6. 수자원 및 해양 개발 7. 산지 개발 및 골재 채취 8. 관광단지 개발 및 체육시설 조성 9. 그 밖에 자연재해에 영향을 미치는 계획 및 사업으로서 대통령령으로 정하는 계획 및 사업	검토대상
	제6조(사전재해영향성 검토협의 내용의 이행) ① 제4조제4항에 따라 국민안전처 장관으로부터 사전재해영향성 검토협의(제5조의2에 따른 사전재해영향성 재검토협의를 포함한다. 이하 같다) 결과를 통보받은 관계행정기관의 장은 특별한 사유가 없으면 이를 해당 개발계획등에 반영하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하며, 조치한 결과 또는 향후 조치계획을 국민안전처장관에게 통보하여야 한다. ② 제1항에 따라 사전재해영향성 검토협의 결과가 해당 개발계획등에 반영된 경우 관계행정기관의 장과 개발사업의 허가등을 받은 자(이하 "사업시행자"라 한다)는 이를 성실히 이행하여야 한다. ③ 사업시행자는 개발사업에 대한 사전재해영향성 검토협의 내용의 이행을 관리하기 위하여 사전재해영향성 검토협의 내용 관리책임자(이하 "관리책임자"라 한다)를 지정하여 국민안전처장관 및 관계행정기관의 장에게 통보하여야 한다. ④ 사업시행자는 개발사업에 대한 사전재해영향성 검토협의 내용을 성실히 이행하기 위하여 관리대장에 사전재해영향성 검토협의 내용의 이행 상황 등을 기록하고, 관리대장을 공사 현장에 갖추어 두어야 한다. ⑤ 제3항에 따른 관리책임자의 지정·통보 및 제4항에 따른 이행 상황 등의 기록에 필요한 사항은 총리령으로 정한다.	검토내용 이행

자료 : 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr>)

- 고파도 갯벌복원사업 사업시행구역은 폐염전 부지로의 해수침입을 방조제가 막아주는 자연재해 방재 역할을 해오고 있었기 때문에 해수유통을 통한 복원이후 여건변화에 따른 자연재해발생 영향성을 검토할 필요가 있음
- 자연재해영향성 검토협의를 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발 사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책을 강구하는 것으로 본 사업과도 관련성이 있음
- 사전재해영향성 검토협의를 갯벌복원 사업추진으로 인하여 발생할 수 있는 재해를 예방하는 것으로 「자연재해대책법」 제 4 조, 제5조, 제6조, 「자연재해대책법시행령」 제3조, 제5조, 제6조, 제7조 등의 법률을 근거로 함
- 고파도 갯벌복원사업은 「자연재해대책법」 제5조 제1항 및 제6호에 따른 수자원 및 해양개발로 사전재해영향성검토 협의대상으로 보아야 함



[그림 3-26] 사전재해영향성검토의 행정절차

제4장

갯벌생태복원 대상지 기초조사

1. 고평도 수치표고자료 및 지형단면 분석
2. 고평도 주변 해역 수리환경

4. 갯벌생태복원 대상지 기초조사

1) 고파도 수치표고자료 및 지형단면 분석¹⁾

(1) 조사 지역 특징

- 고파도는 가로림만내 위치하고 있는 섬으로 남북방향으로 신장되어 있는 지형적 특성을 가짐(그림 4-1)
- 고파도의 해안은 암반, 갯벌, 해빈으로 구성되어 있으며, 특히 해빈은 섬의 북쪽과 서쪽에 발달하고 있으며, 북쪽 해안에서 폭 30미터 내외로 가장 넓은 폭으로 발달하고 있음(그림 4-1, 4-2)
- 고파도 북쪽의 해안은 약 630미터 연장의 직선형태 해빈이 만조선 근방에 발달하고 있음(그림 4-1)
- 고파도 북쪽에는 간조시에 드러나는 사주퇴적체가 발달하고 있으며, 다양한 형태와 방향성을 가지는 사구로 피복되어 있음(그림 4-2)
- 고파도 북쪽 해안의 갯벌에는 수익성 패류 양식을 위한 대규모 양빈이 일부 진행중임(그림 4-3)
- 고파도 북쪽 해안의 배후에는 4개의 폐염전이 분포하고 있음(그림 4-4~6)
- 고파도 주변에는 간조시 노출되는 갯벌이 발달하고 있음
- 고파도 갯벌은 수로의 발달이 미약한 편이며, 가장 현저한 수로는 고파도의 서쪽 갯벌에 위치하고 있음 (그림 4-7)

1) 고파도 지형 수치표고자료 조사 및 지형단면 분석 자료는 서울대학교 최경식 교수의 연구자문을 받아 작성된 것임



[그림 4-1] 만조시 고파도 전경 - 고파도의 만조선 근방 해안에는 폭이 좁은 해빈이 형성되어 있음



[그림 4-2] 고파도 북쪽에 발달하고 있는 사주 퇴적체 전경 - 사주 퇴적체는 다양한 형태의 사구로 피복되어 있음



[그림 4-3] 고파도 북쪽 해안 양빈작업 현장



[그림 4-4] 고파도내 폐염전 내측 전경. 장어, 해삼 등 양식을 위한 다수의 통발이 방치되어 있으며, 무산소환경의 특징인 흑색 퇴적물이 분포



[그림 4-5] 고파도 폐염전 내 유수지 전경. 조사 시기/강우 유무/수문개폐 여부 등에 따라 저수유량의 변화가 있음



[그림 4-6] 창조시 고파도 수문(매립관거)를 통해 유수지 내측으로 해수가 일부 유입되고 있음



[그림 4-7] 고파도 서측 조간대 하부에 발달하고 있는 사행성 조수로, 외측제방에 사태(slump)등으로 인한 현저한 침식지형 발달함

(2) 조사방법 및 재료

■ 무인항공기

- 본 조사에서는 DJI Phantom 4Pro를 사용하여 항공사진을 획득하였음(그림 4-8~9)
- 1730장의 고해상 이미지가 촬영되었으며, 이 가운데 1500장의 이미지가 정사영상 및 수치표고모델 제작에 사용되었음
- 사용된 무인항공기에 장착된 카메라의 해상도는 2천만 화소급이며, 조리개 노출은 2.8로 고정되어 있고, 사용된 ISO감도는 100임
- 촬영된 이미지의 크기는 4000픽셀 × 3000픽셀임

■ RTK GPS

- 지상기준점과 참조점은 RTK (realtime kinematic) GPS를 이용하여 정확한 위도, 경도 및 고도값을 측정하였음
- 장비는 South사의 모델을 이용하였으며, 측정오차는 수평 10mm, 수직 20 mm임

■ 지상기준점 (ground control point: GCP)

- 이미지 보정을 위해 지름 15 cm 크기의 주황색 원형 플라스틱판을 지상기준점으로 사용함
- 정확도 분석을 위해 가로 40 cm, 세로 60 cm 크기의 직사각형 플라스틱판을 참조점으로 사용하였으며, 내부는 흑백의 격자로 구분되어 있음
- 총 26개의 지상기준점 및 참조점 성과를 올림

■ Pix4D software

- 무인항공기로 촬영된 이미지의 정사영상 및 수치표고모델 생성을 위해 Pix4D Mapper software를 사용하였음(그림 4-10~11)
- ArcGIS (version 11)를 사용하여, 분석된 자료를 시각화하였음
- 수치표고값의 기본수준면은 평균해수면(MSL)로 통일함
- 5개의 측선에 대한 지형단면자료를 추출하여 분석하였음



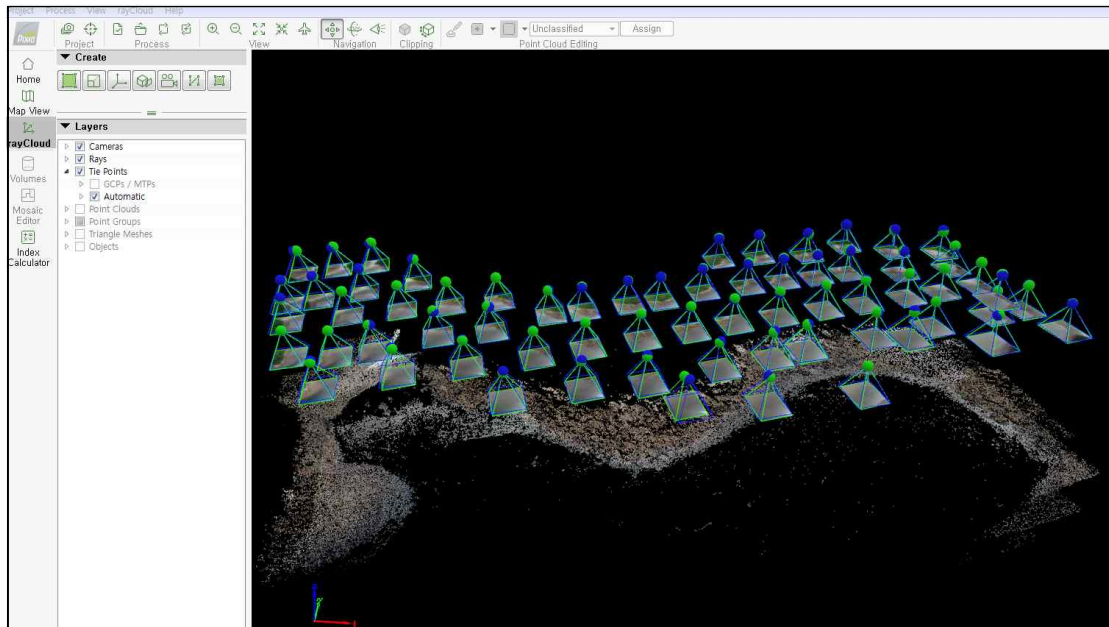
[그림 4-8] Phantom 4Pro 기체, 조종기 및 배터리



[그림 4-9] 무인항공기 운용 및 항공 사진 촬영



[그림 4-10] 항공 사진촬영 위치 및 비행 경로



[그림 4-11] 이미지 위치 보정 및 Point cloud 생성 결과

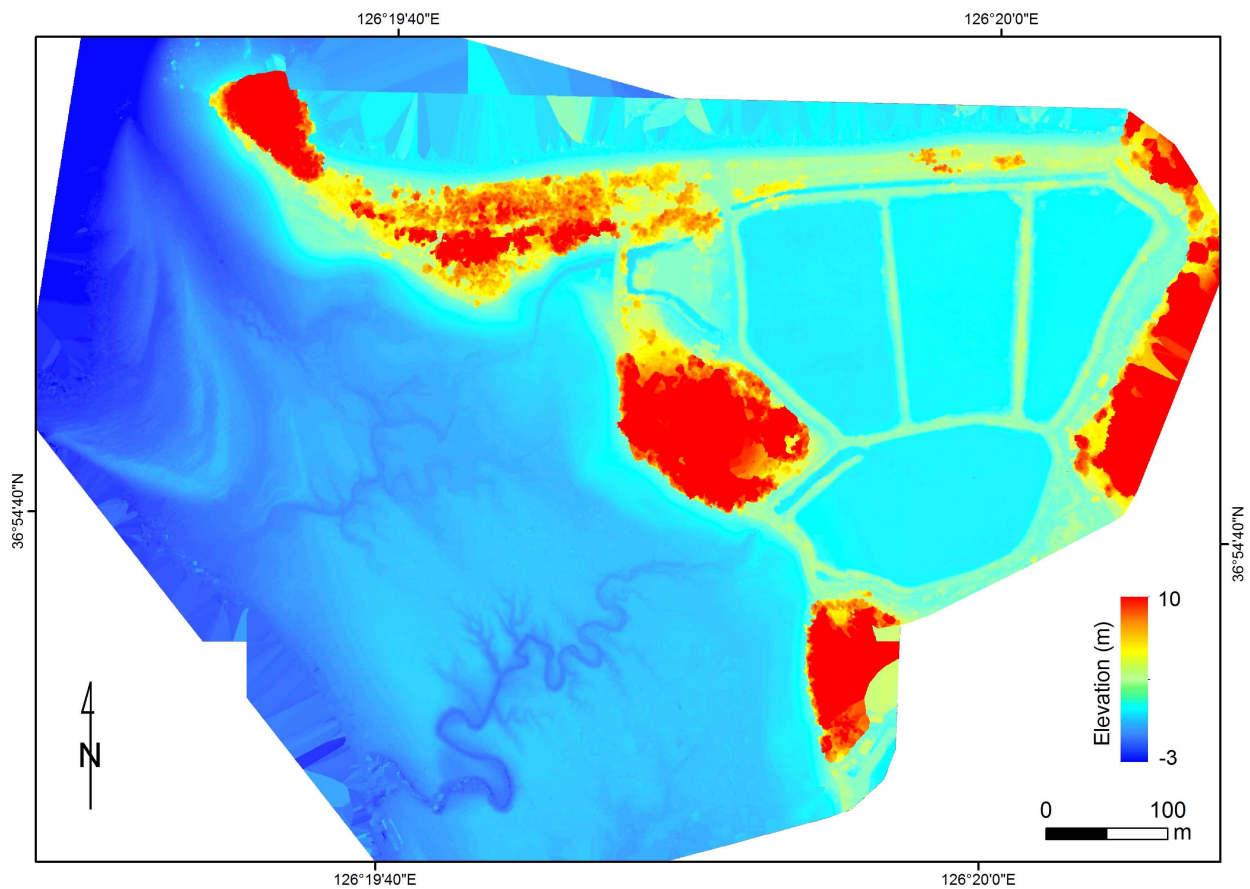
(3) 측량 결과 - 수치표고모델 분석

- 수치표고모델 좌표의 RMS error는 0.034 m 정도임
- 정사영상의 픽셀사이즈(GSD: ground sampling density)는 3.4 cm 임
- 고파도 폐염전은 4지역으로 구분되어 있음(SP1, SP2, SP3, SP4, 그림 4-12)
- 폐염전의 면적은 SP1이 18,381.6 m², SP2가 15,777.8 m², SP3이 11,085.7 m², SP4는 20,072.5 m²(그림 4-12~13)

- 폐염전 SP1, SP2, SP3는 기저면의 고도가 2.4-3미터 사이에 분포하며, SP1의 고도가 가장 낮고 동쪽에 위치하는 SP3의 고도가 가장 높음(그림 4-14~15)
- 폐염전 SP4는 남서쪽 고도가 2.6미터로 가장 높고 남동쪽과 북쪽으로 갈수록 고도가 2.4미터로 감소함(그림 4-14~15)
- 폐염전 SP4는 항공촬영시 해수의 유입이 시작되어, 폐염전내 특히 중앙부와 동쪽은 물이 존재하는 관계로 관측된 고도값이 상대적으로 정확하지 않음
- 폐염전 SP1, SP2, SP3는 배수구 발달이 미미해서 외부 해수유통이 원활하지 않음
- 폐염전 SP4는 반면에 배수구가 잘 발달하고 있어서, 창조시에 외부로부터 해수가 원활하게 유입됨(그림 4-6)
- 폐염전 SP4와 연결된 배수구의 바다쪽 갯벌에는 사행도가 매우 큰 조수로가 발달함(그림 4-7)
- 폐염전 사이 사이의 제방의 고도는 5-6미터 내외임(그림 4-14~15)
- 만조선 근방의 해빈의 고도는 3미터 내외임(그림 4-14~15)
- 고파도 서쪽 갯벌의 조간대는 -1미터에서 +2.2 미터 내외에 분포하고 있음(그림 4-14~15)



[그림 4-12] 고파도 정사영상. 고파도내 4개의 폐염전이 조성되어 있음

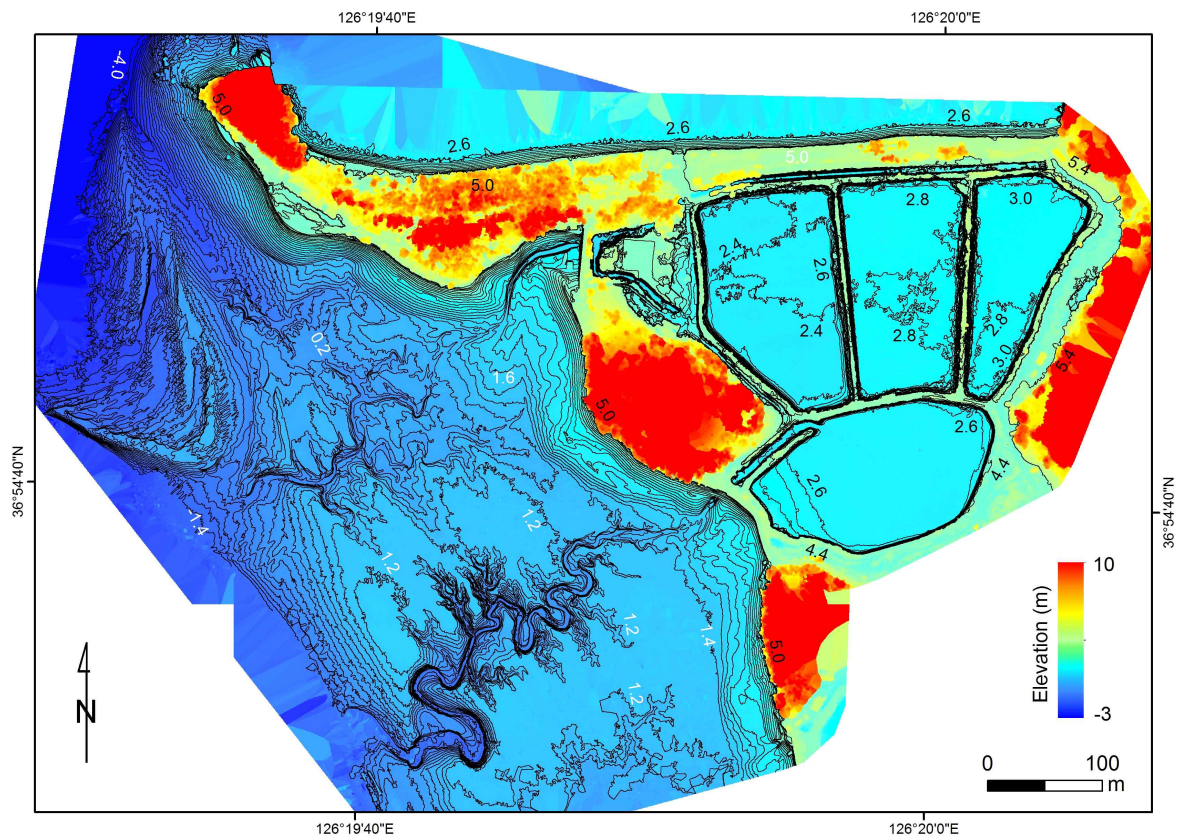


[그림 4-13] 고파도 수치표고모델

4. 갯벌생태복원 대상지 기초 조사



[그림 4-14] 고파도 정사영상 및 등고선 (20센티미터 간격)

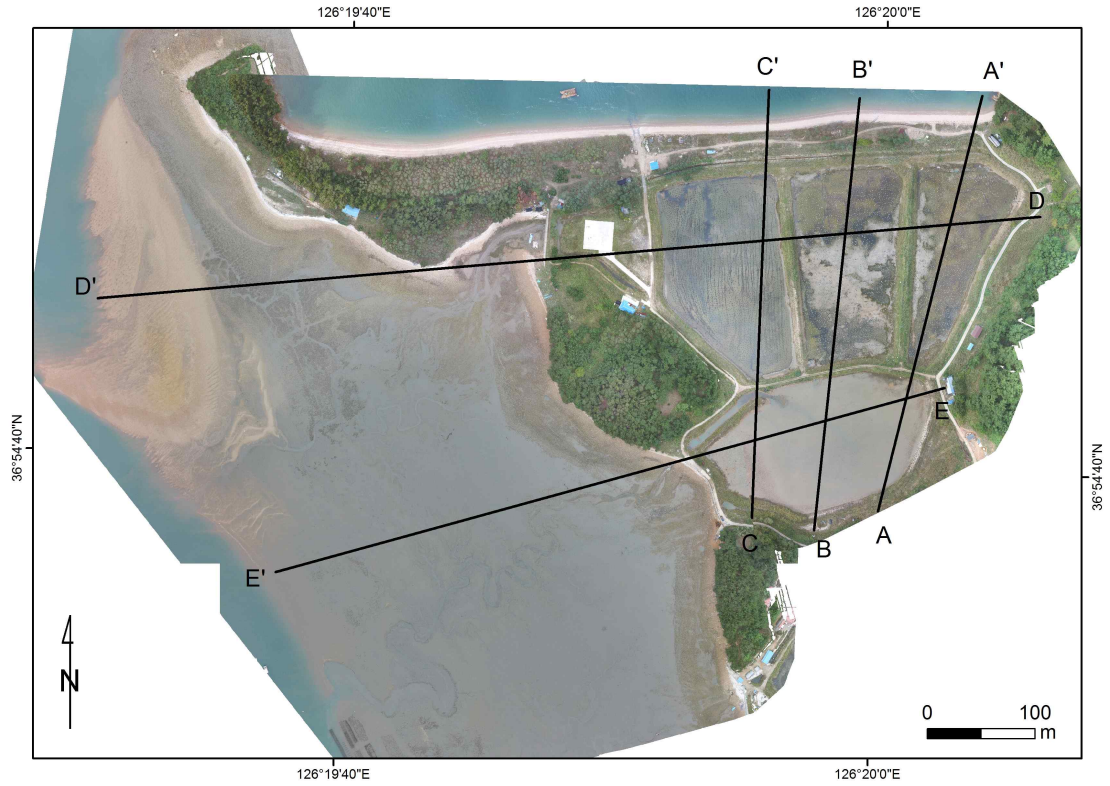


[그림 4-15] 고파도 수치표고모델 및 등고선 (20센티미터 간격)

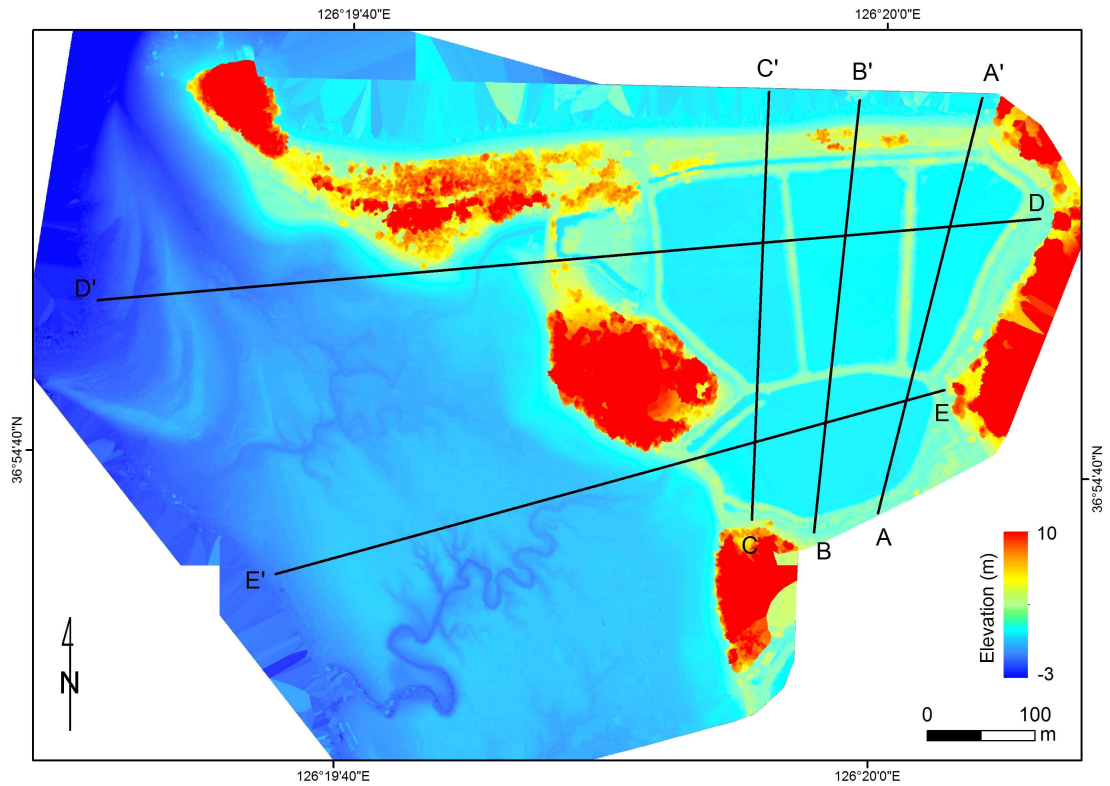
(4) 갯벌복원 대상지 내외측 지형단면 분석

- 폐염전과 해빈, 갯벌을 가로지르는 5개의 측선에 대한 지형단면 특성 제시(그림 4-16~17)
- 폐염전 기저부의 고도는 2.4에서 3미터 사이로, 해빈의 평균고도인 3미터 보다는 낮고, 갯벌의 평균보다는 40-60센티미터가 높음(그림 4-18~22)
- 전술한 바와 같이 폐염전의 평균고도는 SP3이 가장 높고, SP1과 SP4가 가장 낮음
- SP1, SP3는 폐염전내 기저부의 고도분포가 뚜렷하지 않는 반면 SP3는 가운데 부분의 고도가 가장 높은 특성을 보임(그림 4-19)
- SP4의 기저부의 평균고도는 물이 차있는 관계로 정확하게 추정하기 어려우나, 2.4-2.6미터 내외인 것으로 추정됨
- 폐염전 SP4로 유입되는 배수로의 기저면 고도는 2.2-2.4미터임(그림 4-20~21)
- 고파도 서측 갯벌의 대부분은 고도가 1.0-1.4미터로 매우 평탄한 지형적 특성을 가짐(그림 4-22)
- 서측 갯벌의 지형은 고도 1.0미터에서 수로로 갈수록 급격한 경사를 보임(그림 4-21, ~22)
- 고파도의 만조선 근방 해안선은 폭이 좁은 소규모 해빈이 형성되어 있고, 경사가 가파른 특징을 가짐
- 고파도 북측의 갯벌은 고수위의 촬영조건으로 인해 해빈만 관찰되었으나, 현지 답사시 촬영된 이미지를 고려할 때 서쪽 갯벌과 유사한 지형적 특성을 가지는 것으로 추정됨
- 고파도 북측의 갯벌에는 배수구가 존재하지 않아 서측 갯벌에서 관찰되는 현저한 조수로 지형이 발달하지 않음
- 고파도 서측의 하부조간대 및 조하대 지역에는 사구가 현저하게 발달하고 있음(그림 4-21)

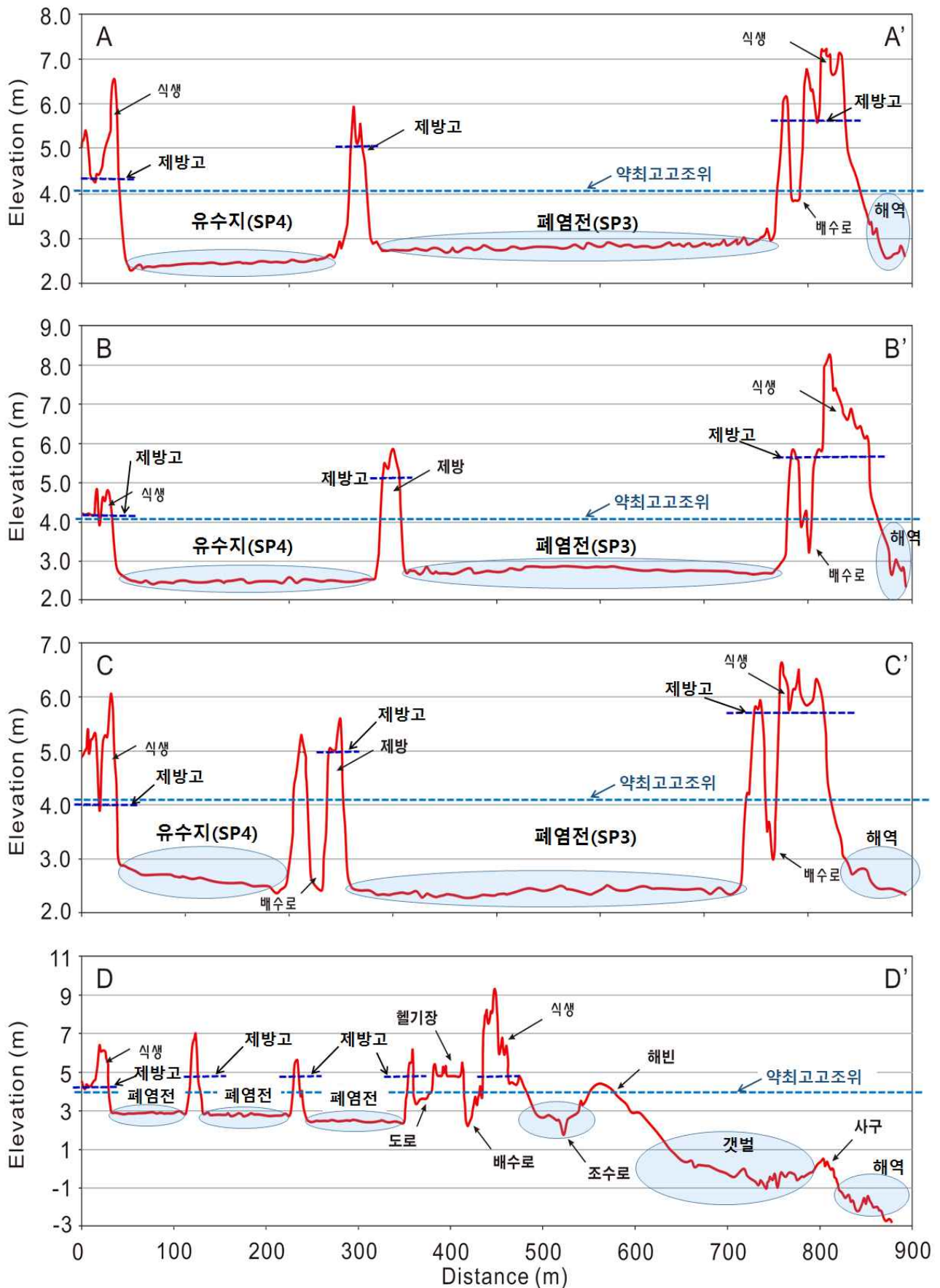
4. 갯벌생태복원 대상지 기초 조사



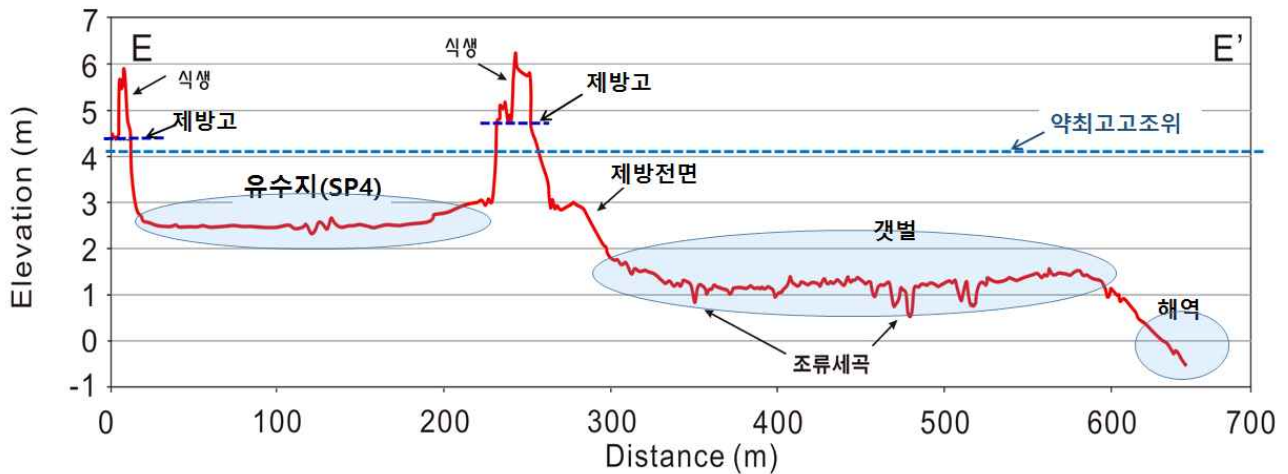
[그림 4-16] 고파도 정사영상 및 정밀지형단면 축선



[그림 4-17] 고파도 수치표고모델 및 정밀지형단면 축선



[그림 4-18] 정밀지형단면 축선 분포



[그림 4-18] 정밀지형단면 측선 분포(계속)

(5) 종합분석

- 고파도 주변 갯벌과 폐염전에 대한 정밀 측량결과를 제시함
- 고파도 폐염전은 해변보다는 고도가 낮고 갯벌보다는 고도가 높음
- 폐염전 기저부의 고도는 위치별로 차이를 보이고 있으며, 서측 갯벌과 인접한 폐염전(SP1)과 유수지(SP4)가 가장 낮은 고도를 보이고 있음
- 유수지(SP4)는 배수구를 통해 창조시 해수가 원활하게 유입되고 있는 반면 나머지 폐염전들은 상대적으로 단절되어 있어, 현장 방문시 무산소환경이 형성되어 있음
- 고파도 북측과 서측의 갯벌에는 상대적으로 폭이 좁고 가파른 경사의 해변과 상대적으로 완만한 경사의 갯벌이 형성되어 있음
- 서측 갯벌에는 폐염전의 배수구가 위치하고 있고, 배수구의 바다쪽으로 사행도가 매우 큰 조수로가 발달하고 있음
- 북측 고파도 해수욕장 해변에는 배수구가 존재하지 않아, 수로의 발달이 미약함
- 북측 고파도 해수욕장 해변에는 강한 조류에 의한 퇴적물이동을 지시하는 사구가 발달하고 있으며, 양빈작업 및 접안시설 공사로 인한 퇴적환경 교란이 진행 중임

2) 고파도 주변 해역 수리환경

(1) 조위

- 고파도의 조위 관측 자료는 사업지역과 인접한 고파도항 부근의 기본수준점 성과표를 기준으로 제시함
- 2013년 9~10월에 조사된 조위 관측자료 분석 결과를 살펴보면, 평균고조위는 670.63cm, 대조차는 703.4cm, 평균조차는 502.6cm 로 나타나며, 평균해수면은 419.3cm로 나타났음
- 조화상수 분석결과 조석형태수 $[(K1+O1)/(M2+S2)]$ 가 0.19로 나타나 서해안의 반일주조 우세 경향을 뚜렷하게 보여주고 있음

4. 갯벌생태복원 대상지 기초 조사

[표 4-1] 고파도 조화상수 및 비조화상수

관측지점		고파도 기본수준점		조위면도
관측기간		2013.09.05 ~2013.10.11		
관측위치 (WGS-84)		36° 54' 40.5" 126° 20' 28.4"		

항 목 / 분 조	진폭(cm)	지각(K)(°)
M2 주태음반일주조	251.3	110.7
S2 주태양반일주조	100.4	158.0
K1 일월합성일주조	38.5	287.6
O1 주태음일주조	29.1	259.9

조 화 상 수	평균고조간격(M.H.W.I)	3시간 49분
	평균저조간격(M.L.W.I)	10시간 01분
	약최고고조위 (Approx.H.H.W.)	838.6cm
	대조평균고조위 (H.W.O.S.T.)	771.0cm
	평균고조위(H.W.O.M.T.)	670.6cm
	소조평균고조위 (H.W.O.N.T.)	570.2cm
비 조 화 상 수	평균해수면(M.S.L.)	419.3cm
	소조평균저조위 (L.W.O.N.T.)	268.4cm
	평균저조위(L.W.O.M.T.)	168.0cm
	대조평균저조위 (L.W.O.S.T.)	67.6cm
	대조차(Spring Range)	703.4cm
	소조차(Neap Range)	301.8cm
	평균조차(Mean Range)	502.6cm
	형태수(Tide Factor)	0.19

900cm	838.6cm 약최고고조위
800cm	771cm 대조평균고조위
700cm	670.6cm 평균고조위
600cm	570.2cm 소조평균고조위
500cm	419.3cm 평균해면
400cm	268.4cm 소조평균저조위
300cm	168cm 평균저조위
200cm	67.6cm 대조평균저조위
100cm	0cm 약최저저조위
0cm	

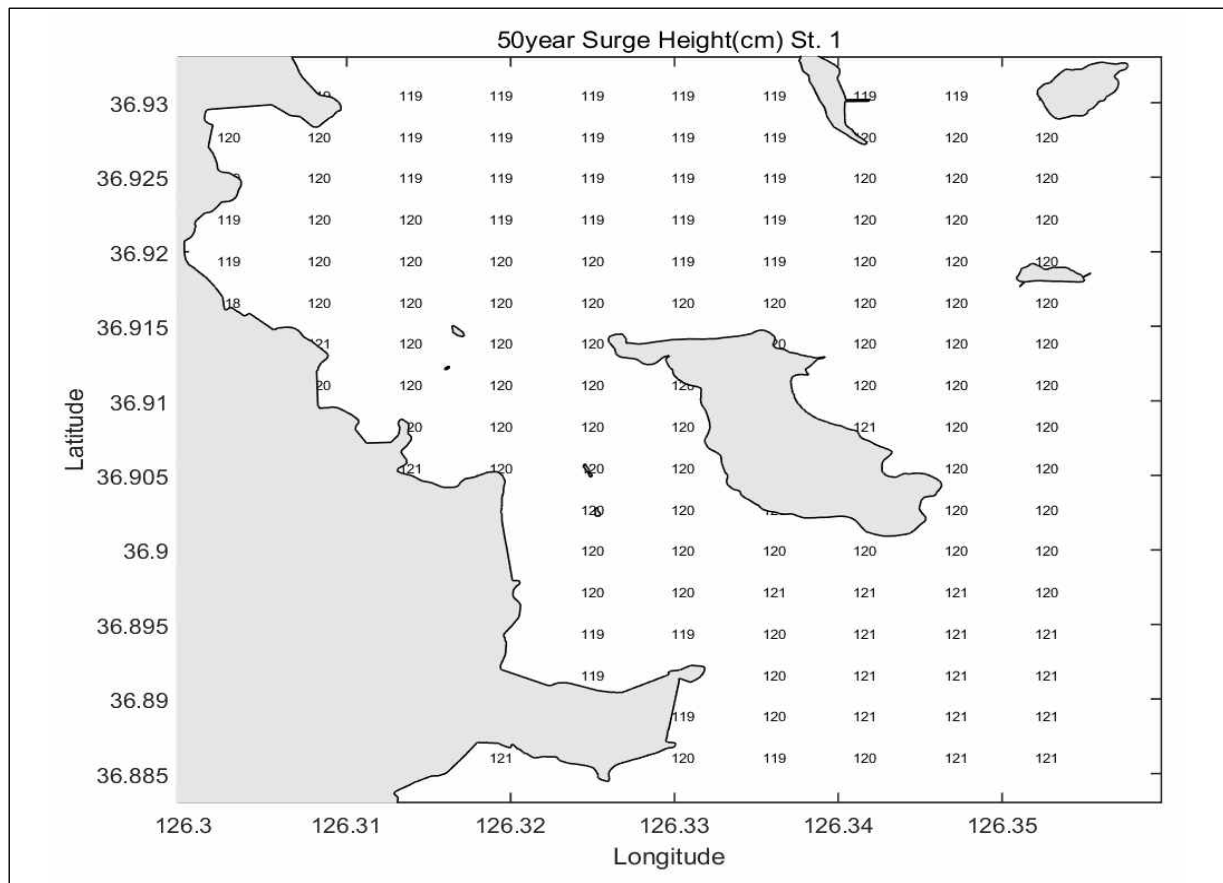
대조차(703.4cm)

평균조차(502.6cm)

소조차(301.8cm)

(2) 폭풍해일고

- 고파도는 가로림만 내측에 위치해있고 사면이 갯벌로 둘러싸여 있어 해일과 파랑에 상대적으로 영향을 적게 받는 지리적 잇점이 있음
- 그러나 태풍의 내습은 매년 반복되고 있어 태풍시 발생 가능한 폭풍해일고에 대한 검토는 사업 대상부지의 제방고 및 호안고 등의 구조물을 설계하는데 중요한 요소임
- 본 절에서는 과업 대상해역에서의 재현기간 별 폭풍해일고 값을 제시하여 해안방재에 대한 설계에 활용되도록 함
- 제시된 값은 한국해양과학기술원(2010)에서 수행한 ‘해일피해예측 정밀격자 수치모델 구축 및 설계해면 추산 연구보고서’의 성과임



[그림 4-19] 50년 빈도 발생 가능 폭풍해일고(cm)

[표 4-2] 고파도 해역의 재귀년도 별 폭풍해일고 (cm)

지점	설계빈도(년) 별 폭풍해일고(cm)					
	10	30	50	100	150	200
고파도 복원대상지	90.8	110.9	119.9	131.8	138.6	143.4
고파도항	91.2	111.5	120.6	132.6	139.4	144.2

제5장

고파도 내외측 수질 및 퇴적물 조사

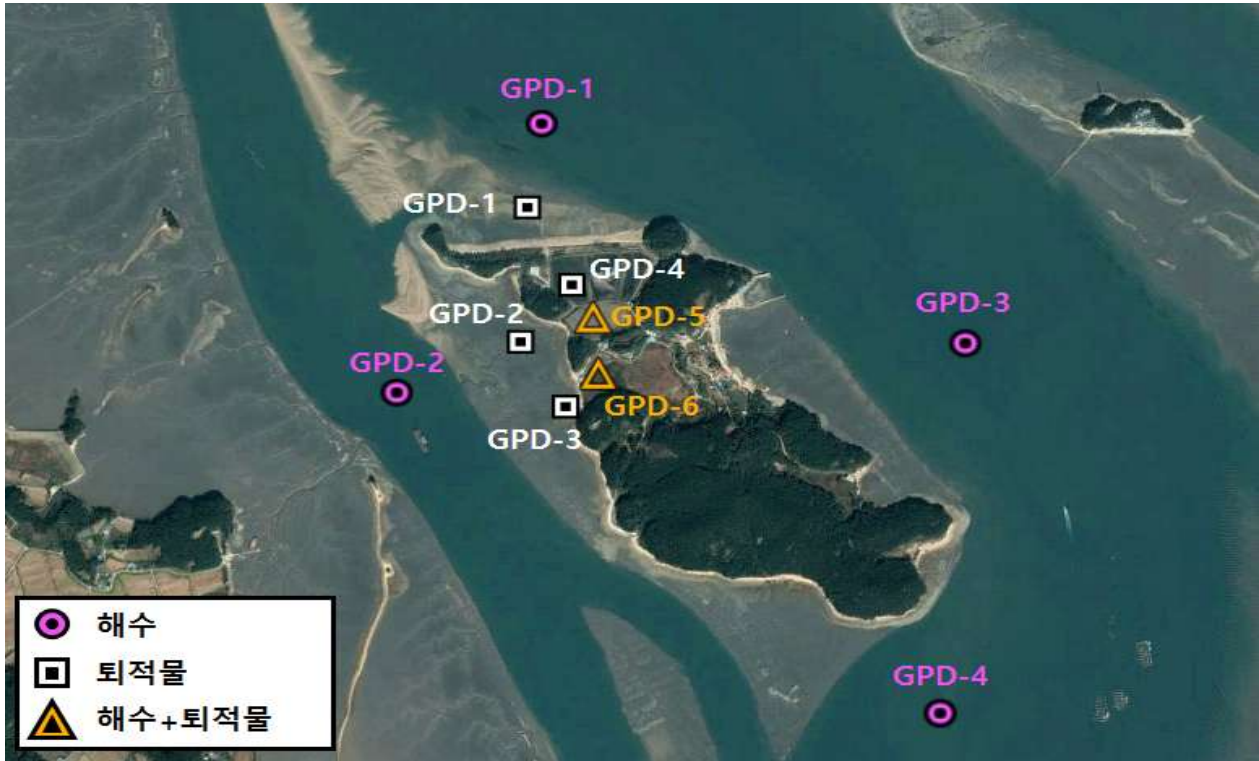
1. 조사 개요
2. 조사 방법
3. 조사 결과

5. 고파도 내외측 수질 및 퇴적물 조사

1) 조사 개요

(1) 공간적 범위

- 충청남도 서산시 팔봉면 고파도 일대



[그림 5-1] 고파도 수질 및 퇴적물 조사 정점도

[표 5-1] 고파도 수질 및 퇴적물 정점 위치

구분	지점	북위	동경	비고
수질	GPD-1	36° 55.0928'	126° 19.8383'	
	GPD-2	36° 54.5195'	126° 19.5293'	
	GPD-3	36° 54.6307'	126° 20.8022'	
	GPD-4	36° 53.3333'	126° 21.1167'	
	GPD-5*	36° 54.6773'	126° 19.9618'	북측폐염전
	GPD-6*	36° 54.5587'	126° 19.9762'	남측폐염전
퇴적물	GPD-1	36° 54.9132'	126° 19.8102'	
	GPD-2	36° 54.6282'	126° 19.8028'	
	GPD-3	36° 54.4927'	126° 19.9075'	
	GPD-4	36° 54.7490'	126° 19.9148'	북측폐염전
	GPD-5*	36° 54.6773'	126° 19.9618'	북측폐염전
	GPD-6*	36° 54.5587'	126° 19.9762'	남측폐염전

* GPD-5, 6번 정점은 수질과 퇴적물을 동시에 채취하는 정점임

(2) 시간적 범위

- 조사기간: 2018년 5월, 7월

(3) 내용적 범위

- 고파도리 내외측 수질 및 퇴적물 조사
 - 수질: 6개 정점, 퇴적물: 6개 정점

[표 5-2] 해양환경 조사 개요

구분	조사항목		정점수
수질	일반항목	수온, 염분, 투명도, pH, DO, COD, TOC, TN, DIN(NO ₂ -N, NH ₄ -N, NO ₃ -N), TP, DIP(PO ₄ -P), SiO ₂ -Si, SPM, Chlorophyll-a	6개
	미량금속	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr6+, Hg, As, Ni	6개
퇴적물	일반항목	입도, 강열감량, 황화물, COD, 원소분석(TOC, TN)	6개
	미량금속	Cu, Pb, Zn, Cd, Cr6+, Hg, As, Ni	6개

2) 조사 방법

(1) 시료 채취 방법 및 분석

- 시료의 전처리 및 분석 방법은 해양환경공정시험기준(해양수산부, 2013)에 따라 수행하였음

(2) 수질

■ 일반 항목

- 고파도 내측 폐염전 수질 조사는 도보를 이용해 조사 지점으로 이동 후 플라스틱 용기로 표층을 채수하였음
- 고파도 외측 해양수질 시료는 선박을 이용해 조사 지점으로 이동 후 니스킨 채수기(Niskin-x sampler)를 이용하여 채수하였음. 또한, 채수기는 현장 해수로 3회 이상 세척한 다음 사용하였음. 표층과 저층 2개 층에서 시료를 각각 채취하였으며 표층은 수면하 0.5m, 저층은 바닥으로부터 1m 상부 수층에서 채수하였음

■ 미량금속 항목

- 수질 내 미량금속 분석을 위한 시료는 선박의 영향을 최소화하기 위해 채취시 2 knot 의 속도로 진행하는 선박의 선수에서 바람이 불어오는 방향 및 해류가 흘러오는 방향에서 채수하였음
- 채수는 PVC 장대 혹은 카본 재질의 폴 샘플러를 이용하였고, 미리 염산으로 세척된 채수병에 담아 냉장보관 후 실험실로 운반하였음

(3) 퇴적물

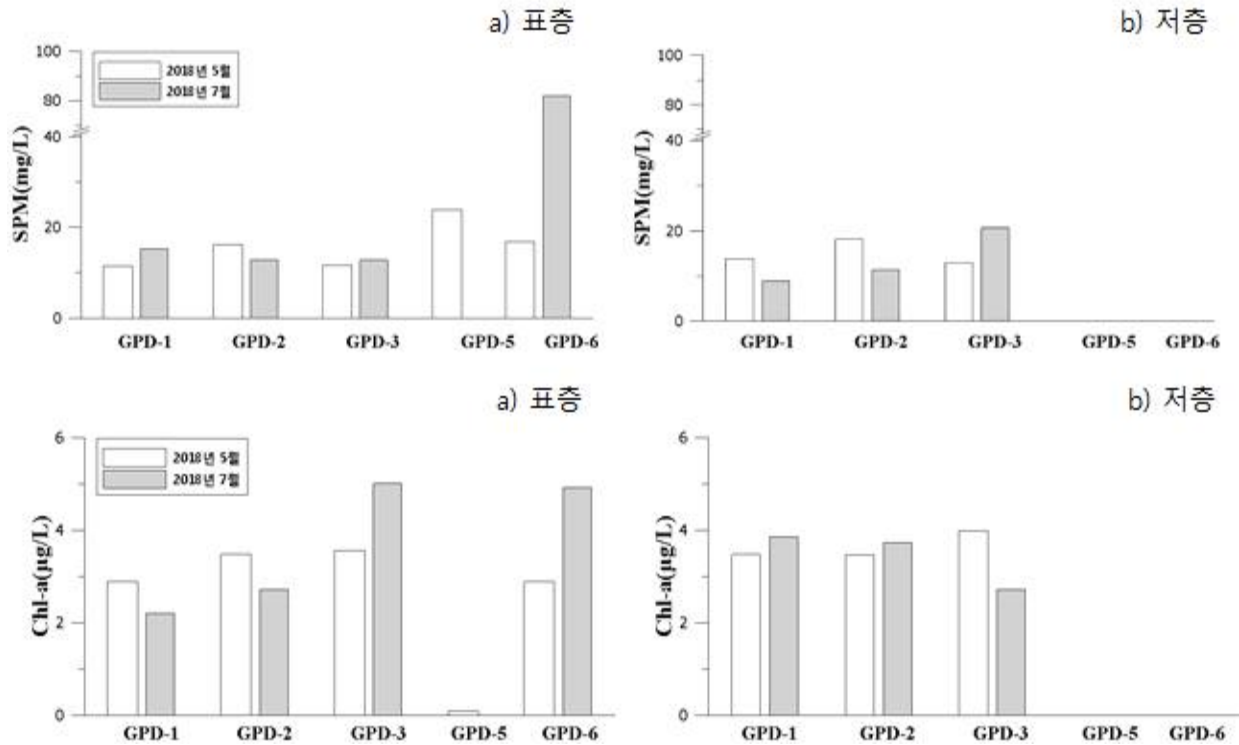
- 고파도 내측 퇴적물 조사는 도보로 조사지점까지 이동해 2cm 내의 표층 퇴적물을 플라스틱 주걱으로 채취하였음
- 선상 퇴적물 시료채취는 0.1m² 크기의 van Veen 채니기를 사용하여 채취하였다. 채니기 덮개와 접촉하지 않은 퇴적물의 상층 부분(표층 2cm)을 플라스틱 주걱으로 취하여 시료봉투에 담고 드라이아이스로 냉동 보관하여 실험실로 이동하였음
- 건조 시료가 필요한 항목은 분석 전 동결건조법으로 건조하였음

3) 조사 결과

(1) 수질

■ 부유입자물질(SPM)과 클로로필-a(Chl-a)

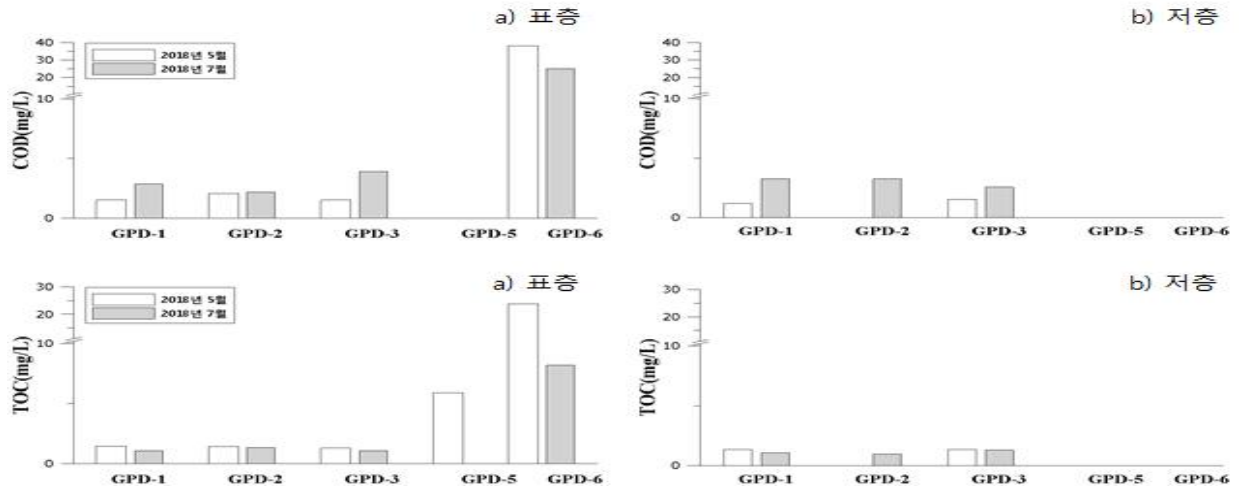
- 5월과 7월 고파도 외측 부유입자물질 농도(GDP-1, 2, 3)는 약 10~25mg/L의 농도를 나타내고 있으며 표층보다 저층에서 다소 높게 나타났음
- 춘계(5월)과 하계(7월)의 부유입자물질 농도는 지역에 따라 증감의 차이를 보임
- 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6) 수질에서 부유입자물질이 고파도 주변 해수 표층 및 저층 내 부유입자물질 농도보다 다소 높게 나타났음
- 고파도 외측 해수(GDP-1, 2, 3) 내 표층 및 저층의 Chl-a 농도는 약 3.0~5.0 μ g/L의 농도를 나타내고 있는 반면 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6) 농도는 0.1~5.0 μ g/L의 범위를 보였음
- 본 조사에서 뚜렷한 계절적 차이는 조사되지 않았고 단지 조사 정점간 차이를 보였음



[그림 5-2] 고파도 내외측 수질 SPM 및 Chl-a 농도 분포 특성

■ 화학적산소요구량(COD)과 총유기탄소(TOC)

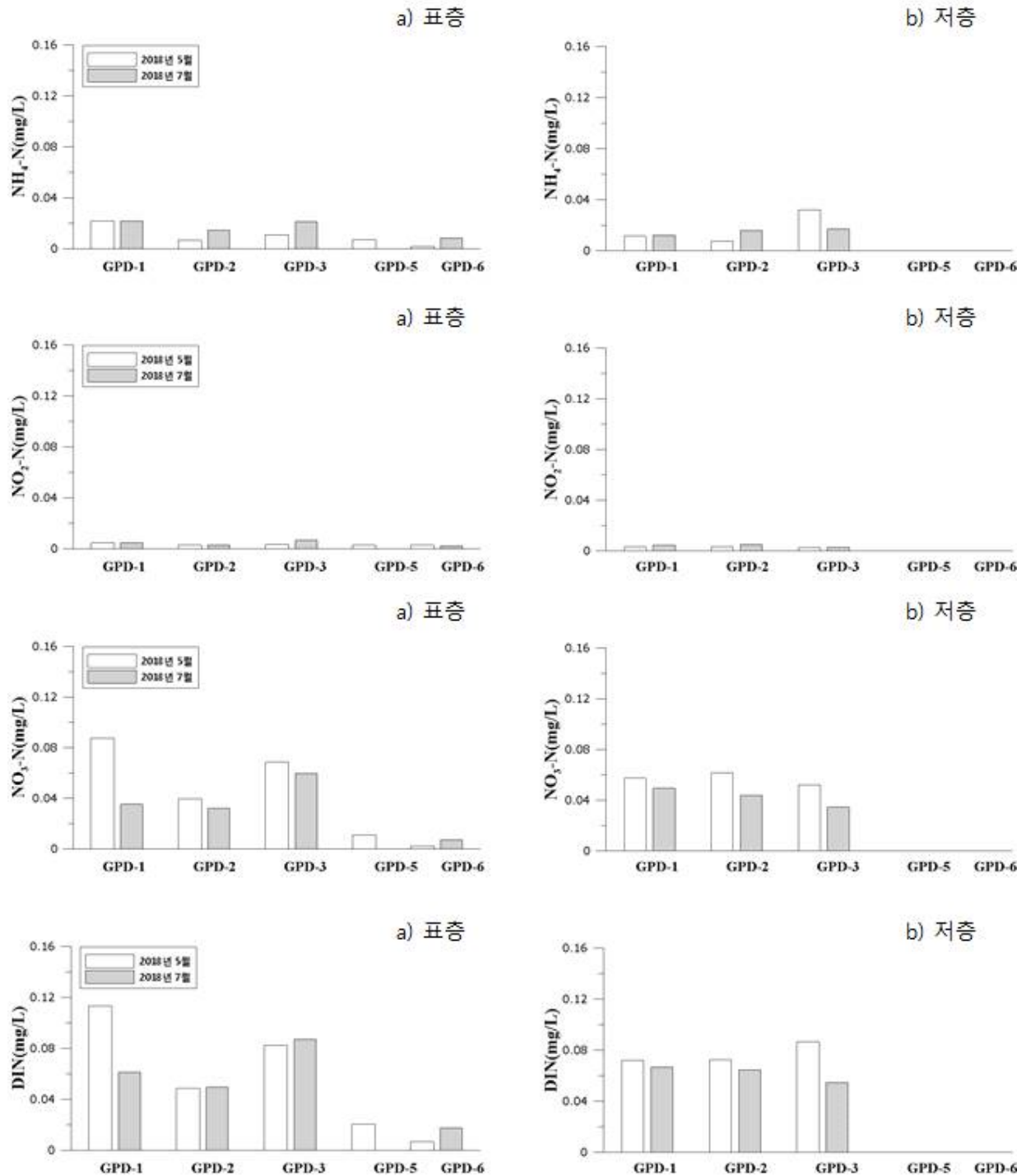
- 5월과 7월의 고파도 외측 해수(GDP-1, 2, 3) 내 표층 및 저층의 COD 농도는 약 1~3mg/L의 농도를 나타내고 있는 반면 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6) COD 농도는 10~40mg/L의 범위를 보였음. 대부분 정점에서 5월보다 7월에 높은 농도를 보임.
- 5월과 7월의 고파도 외측 해수(GDP-1, 2, 3) 내 표층 및 저층의 TOC 농도는 약 1~3mg/L의 농도를 나타내고 있는 반면 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6) COD 농도는 5~25 mg/L의 범위를 보였음. 내측 지점을 제외한 외측 대부분 정점에서 5월과 7월에 비슷한 농도를 보임.
- 고파도 내측 폐염전에서 COD와 TOC가 높게 나타나고 있는 이유로는 폐염전 외부와 차단된 물리적 환경에 의해 내부에서 오염도가 지속적으로 증가하고 있는 것으로 판단됨



[그림 5-3] 고파도 내외측 수질 COD 및 TOC 농도 분포 특성

■ 용존무기질소(DIN, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)

- 계절적, 공간적으로 고파도 외측 해수(GDP-1, 2, 3) 내 표층 및 저층의 용존무기질소 농도가 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6) 농도보다 높게 나타나고 있음
- 용존무기질소 농도 중 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)이 가장 높은 비율을 보여주고 있음
- 춘계(5월)과 하계(7월)에서 각 정점에서 농도는 비슷한 경향을 보여주고 있음



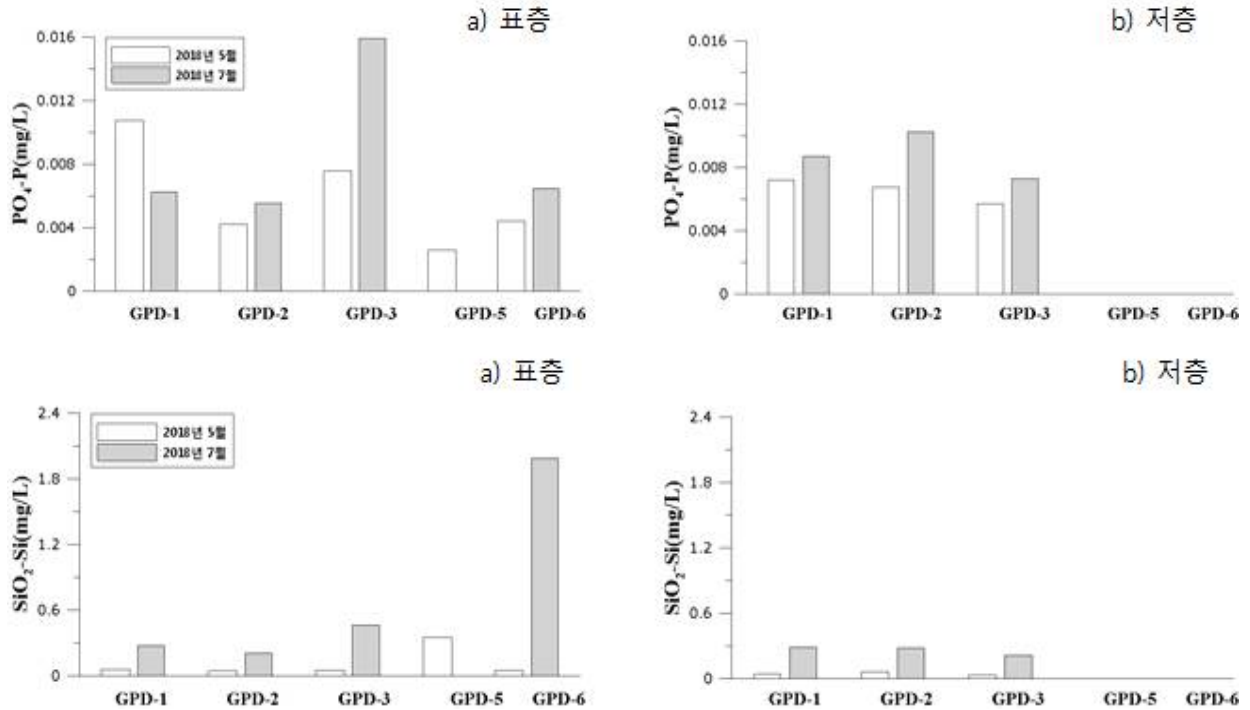
[그림 5-4] 고파도 내외측 수질 용존 무기질소 농도 분포 특성

■ 인산염 인(PO₄-P)과 SiO₂-Si

- 5월과 7월의 고파도 외측 인산염 인(PO₄-P) 농도(GPD-1, 2, 3)는 약 0.004~0.016mg/L의 농도를 나타내고 있으며 고파도 내측 폐염전 표층(GPD-5, 6: 0.002~0.004mg/L) 수질 농도보다 높게 나타났음
- 고파도 외측 SiO₂-Si 농도(GPD-1, 2, 3)는 약 0.03~0.05mg/L의 농도를 나타내고

있으며 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 0.05~2.00mg/L 농도로 고파도 외측 해수 내 SiO₂-Si보다 높게 나타났음

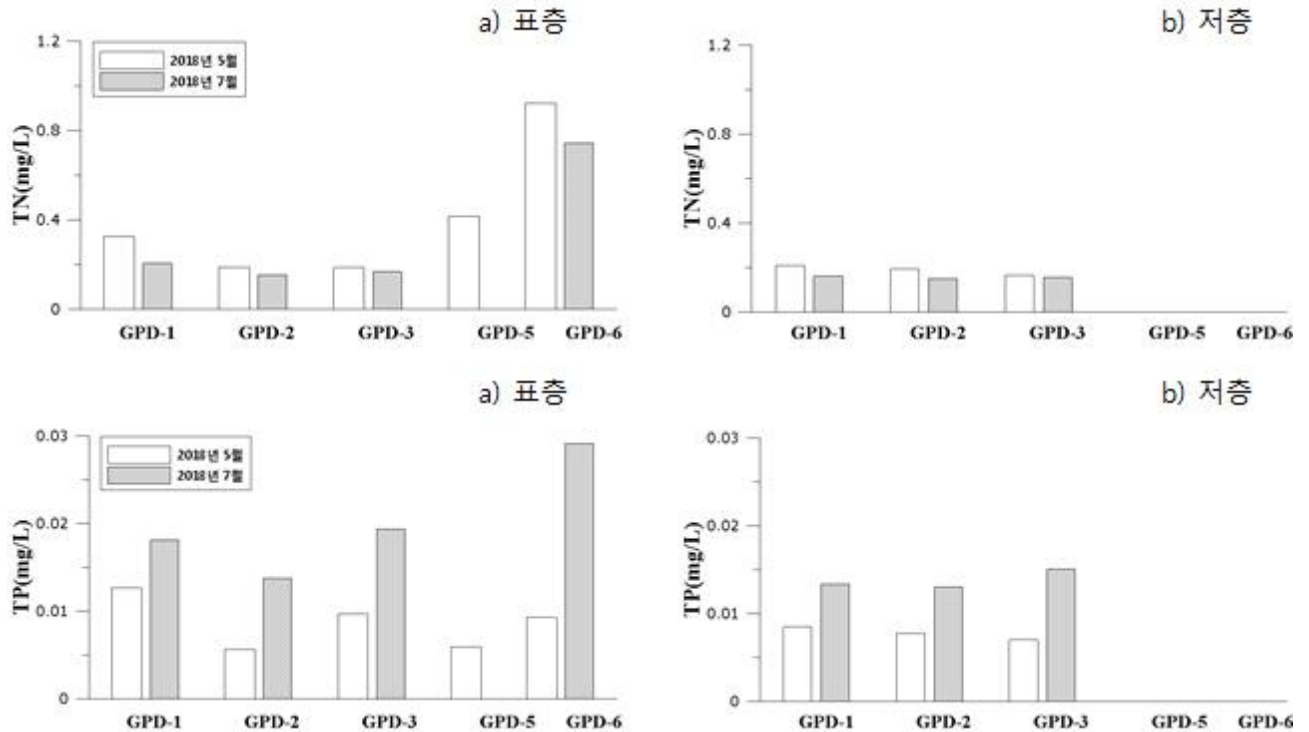
- PO₄-P와 SiO₂-Si는 춘계(5월)보다 하계(7월)에 더 높은 농도를 나타내고 있음



[그림 5-5] 고파도 내외측 수질 PO₄-P 및 SiO₂-Si 농도 분포 특성

■ 총질소(TN)와 총인(TP)

- 고파도 외측 해수 중 표층 및 저층 내 TN 농도(GDP-1, 2, 3)는 약 0.20~0.35mg/L의 농도를 보였으며 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 0.40~0.95mg/L의 농도를 보였음
- TN인 경우 하계(7월)보다 춘계(5월)의 농도가 더 높게 나타나고 있음
- 고파도 외측 해수 중 표층 및 저층 내 TP 농도(GDP-1, 2, 3)는 약 0.006~0.02mg/L의 농도를 나타내고 있으며 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 0.006~0.03mg/L의 농도를 보였음
- TN 농도는 고파도 내측 폐염전 표층에서 높게 나타났지만 TP는 고파도 내외측에서 비슷한 농도를 나타냈음
- TP인 경우 춘계(5월)보다 하계(7월)의 농도가 더 높게 나타나고 있음



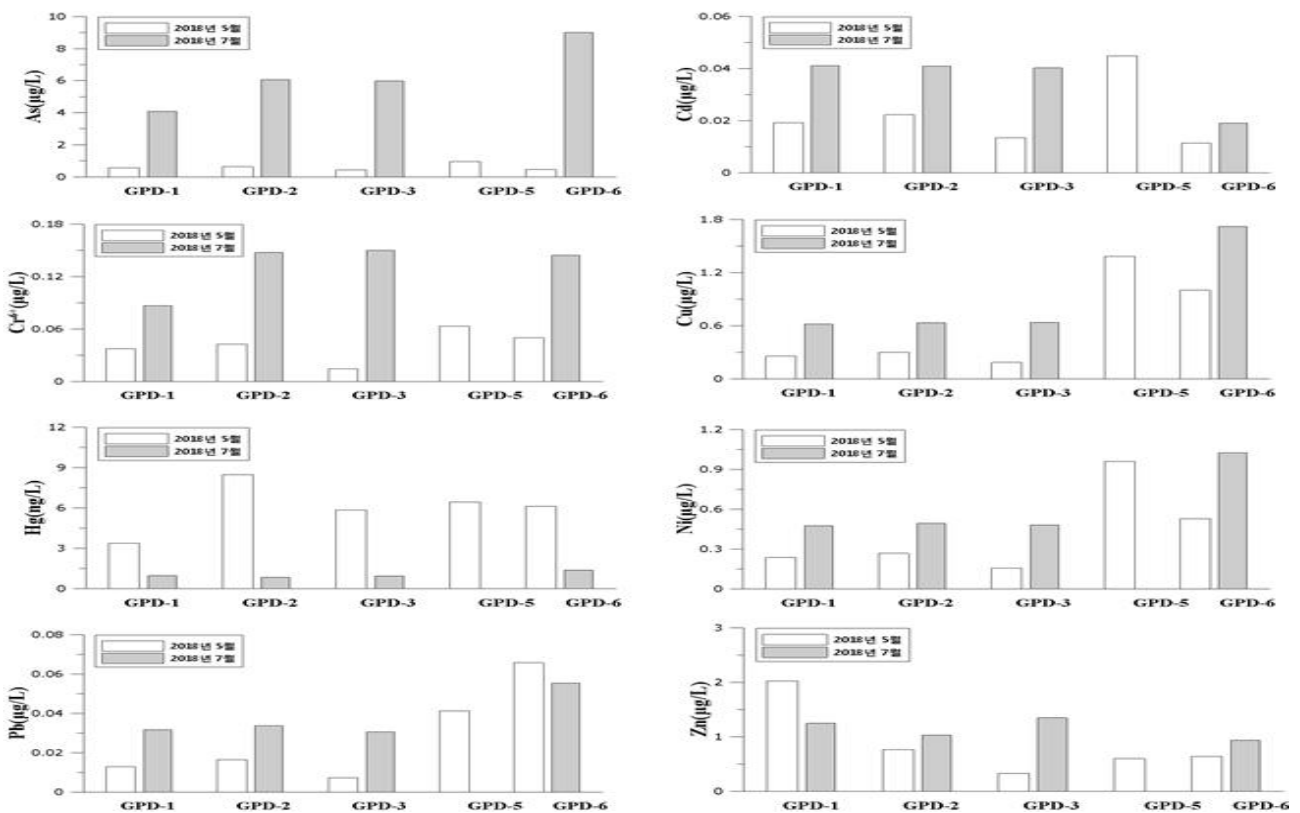
[그림 5-6] 고파도 내외측 수질 TN 및 TP 농도 분포 특성

■ 미량금속(As, Cd, Cr⁶⁺, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

- 비소(As)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.4~0.6 μ g/L의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 0.4~1.0 μ g/L의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타났음
- 카드뮴(Cd)은 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.017~0.021 μ g/L의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 0.015~0.045 μ g/L의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타났음
- 6가 크롬(Cr⁶⁺)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.015~0.040 μ g/L의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 0.050~0.065 μ g/L의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타남
- 구리(Cu)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.2~0.3 μ g/L의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 1.0~1.3 μ g/L의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타났음
- 수은(Hg)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 3.5~8.5ng/L의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 6.0~7.0ng/L의 농도를 보여

고파도 내외측 표층에서 비슷한 농도를 보였음

- 니켈(Ni)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 $0.15 \sim 0.25 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 $0.45 \sim 0.95 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타났음
- 납(Pb)은 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 $0.01 \sim 0.02 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 $0.04 \sim 0.07 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 표층에서 다소 높게 나타났음
- 아연(Zn)는 고파도 외측 해수 표층(GDP-1, 2, 3)에서 약 $0.3 \sim 2.0 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 표층(GDP-5, 6)에서는 약 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보였음
- 중금속 항목 중 수은(Hg)을 제외한 나머지 중금속 항목에서 대체로 춘계(5월)보다 하계(7월)에 농도가 높은 것으로 사료된다.



[그림 5-7] 고파도 내외측 수질 미량금속 농도 분포 특성

[표 5-3] 해양환경기준-해양수산부고시 제 2013-186호

(생활기준)

항목	수소이온농도 (pH)	총대장균군 (총대장균군수/100mL)	용매추출유분 (mg/L)
기준	6.5-8.5	1,000 이하	0.01 이하

(사람의 건강보호 기준)

등 급	항 목		기준 (μg/L)
전 수 역	6가크롬 (Cr ⁶⁺)		50
	비소 (As)		50
	카드뮴 (Cd)		10
	납 (Pb)		50
	아연 (Zn)		100
	구리 (Cu)		20
	시안 (CN)		10
	수은 (Hg)		0.5
	폴리염화비페닐 (PCB)		0.5
	유기인계 농약	다이아지논	20
		파라티온	60
		말라티온	250
	휘발성 저급 염소화 탄화수소류	1.1.1-트리클로로에탄	100
		테트라클로로에틸렌	10
		트리클로로에틸렌	30
		디클로로메탄	20
	벤젠		10
	페놀		5
	음이온계면활성제 (ABS)		500

(해양생태계 보호 기준)

(단위 : μg/L)

중금속류	구리	납	아연	비소	카드뮴	크롬(6가)	수은	니켈
단기기준*	3.0	7.6	34	9.4	19	200	1.8	11
장기기준**	1.2	1.6	11	3.4	2.2	2.8	1.0	1.8

* : 단기기준 : 1회성 관측값과 비교 적용

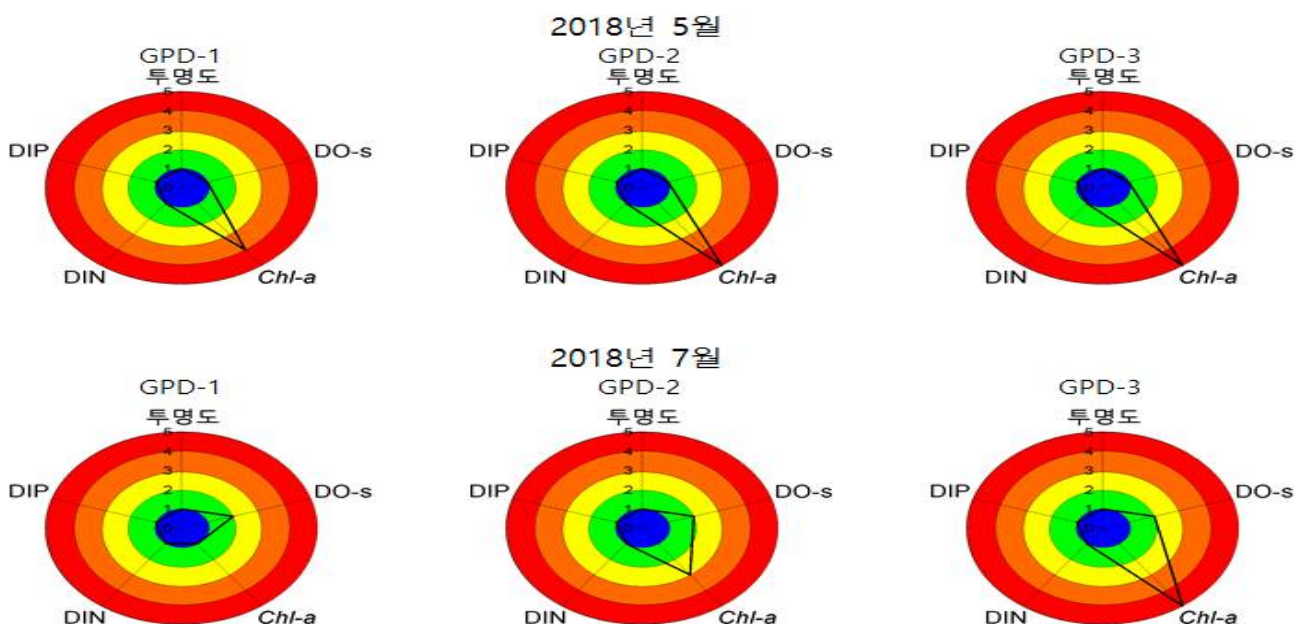
** : 연간평균값 (최소 사계절 조사 자료)과 비교 적용

■ 해수 수질평가지수(WQI)

- 5월 고파도 외측 해수의 수질평가지수(WQI)를 보면 GDP-1, 2, 3에서 모두 II등급(좋음)을 보여, 깨끗한 수준의 해수수질을 보이고 있음
- 5월 수질평가지수(WQI)에 영향을 미친 요인으로는 Chl-a로 조사지점 GDP-1, 2, 3에서 상대적으로 높은 농도를 보였음
- 7월 고파도 외측 해수의 수질평가지수(WQI)를 보면 GDP-1에서 II등급(좋음), GDP-2, 3에서 III등급(보통)을 보였음
- 7월 수질평가지수(WQI)에 영향을 미친 요인으로는 5월과 같이 Chl-a가 가장 큰 영향을 미쳤고, 또한 7월에는 5월과 달리 저층 DO 포화도도 수질 악화에 영향을 준 것으로 판단됨

[표 5-4] 수질평가지수(WQI) 및 등급(2018년 7월)

정점		항목별 점수					수질평가지수(WQI)	등급
		투명도	저층 DO 포화도	표층 Chl-a	표층 DIN	표층 DIP		
5월	GDP-1	1	1	4	1	1	29	II(좋음)
	GDP-2	1	1	5	1	1	32	II(좋음)
	GDP-3	1	1	5	1	1	32	II(좋음)
7월	GDP-1	1	2	1	1	1	39	II(좋음)
	GDP-2	1	2	3	1	1	42	III(보통)
	GDP-3	1	2	5	1	1	42	III(보통)

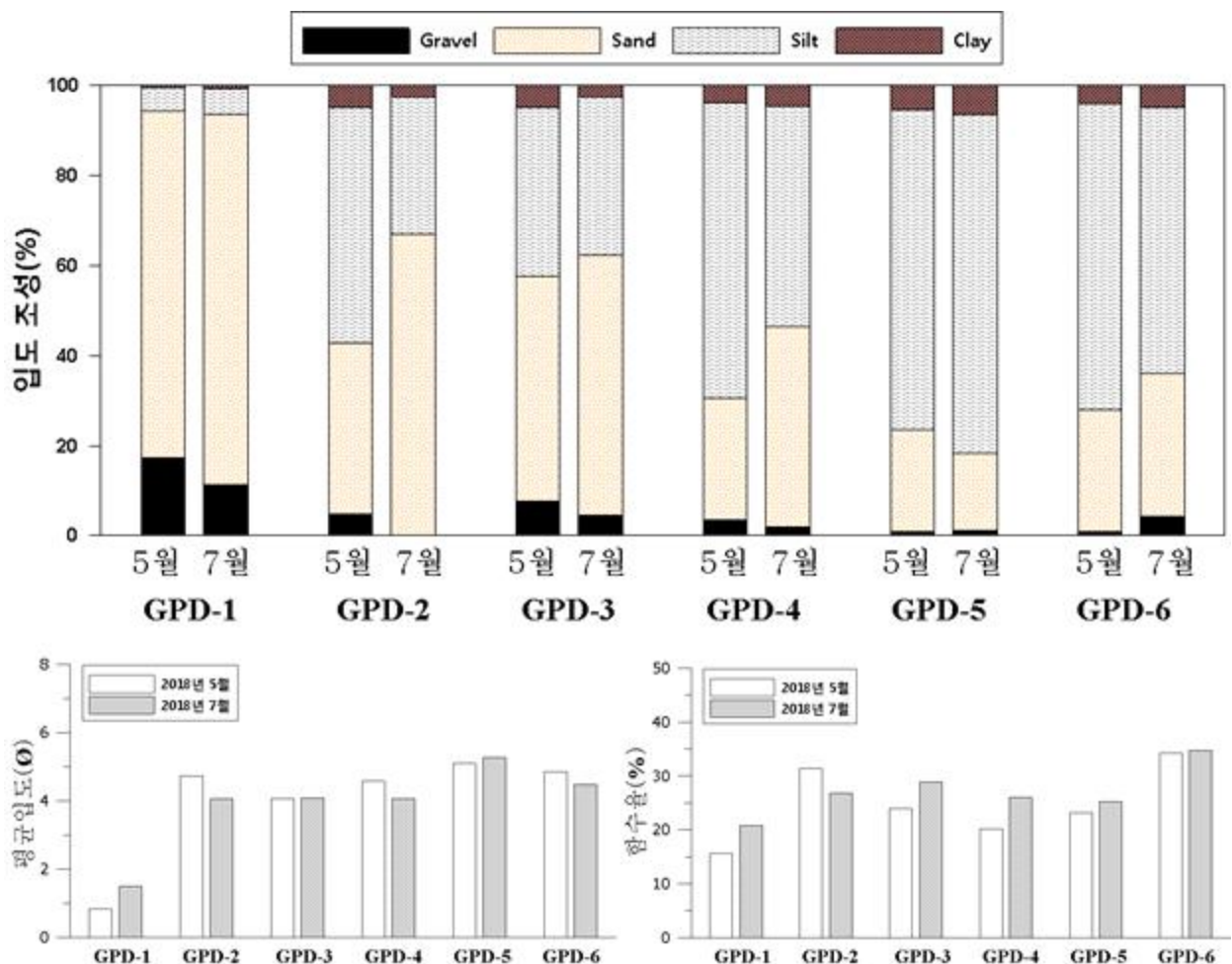


[그림 5-8] 고파도 외측 수질평가지수(WQI) 분포 특성

(2) 퇴적물

■ 입도 및 함수량

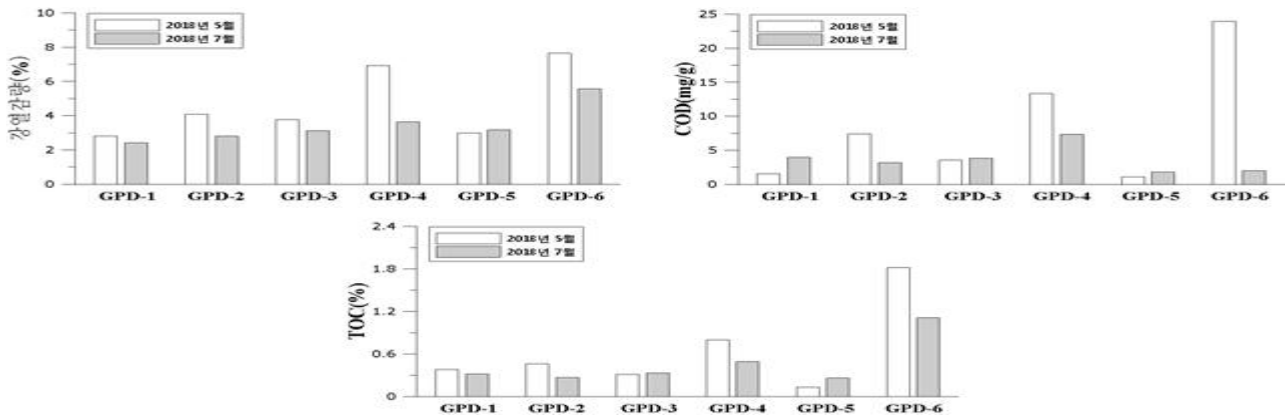
- 고파도 외측 해양퇴적물(GPD-1, 2, 3)의 입도 특성을 보면 역질사(gS)에서 약역니질사(gmS)의 특징을 보였으며, 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GPD-4, 5, 6)의 입도는 사질니(sM) 특성을 보였다. 또한 평균 입도는 고파도 외측 GDP-1(약 0.8Φ)을 제외하고 그 외 고파도 내외측 지역에서는 4.0~5.0Φ 값을 보였음
- 퇴적물 함수율(%)은 전 조사 지점에서 15~35%의 함수율을 보였음
- 고파도 외측 해양퇴적물의 계절적 입도 변화를 보면 춘계(5월)에서 하계(7월)로 계절변화시 모래(sand)성분이 증가하는 것을 알 수 있었음
- 하지만 고파도 내측 해양퇴적물의 계절적 입도 변화는 정점에 따라 모래(sand)와 실트(silt)의 증감 차이를 보였음



[그림 5-9] 고파도 내외측 퇴적물 입도 및 함수량 분포 특성

■ 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC)

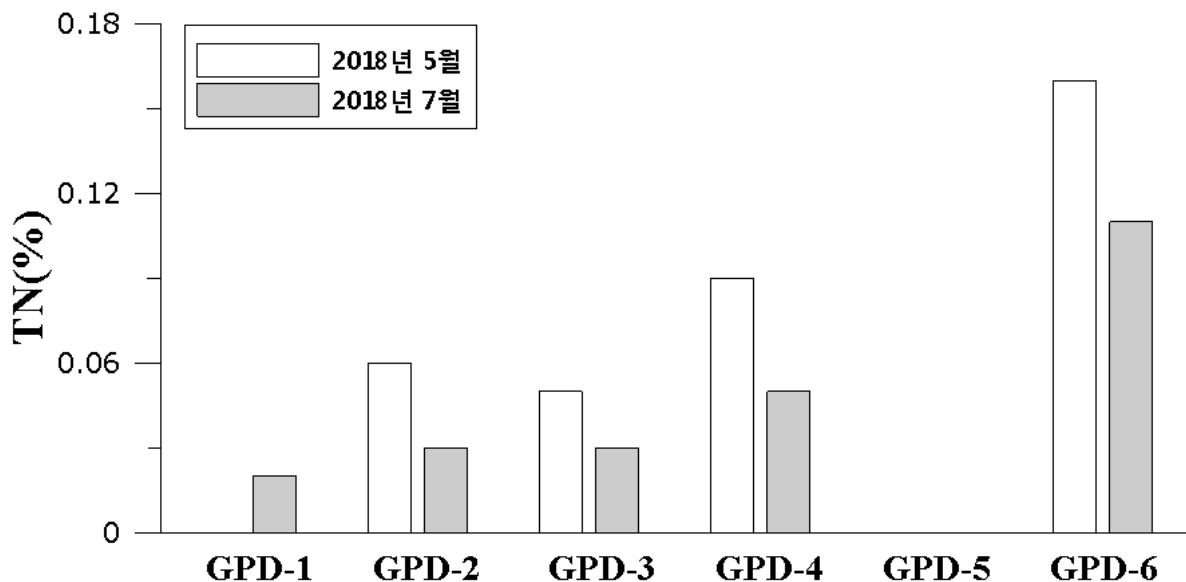
- IL, COD, TOC 농도는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)보다 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 6)에서 다소 높게 나타났음
- 또한 계절적으로는 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 상대적으로 높은 농도를 보였음



[그림 5-10] 고파도 내외측 퇴적물 유기물 분포 특성

■ 총질소(TN)

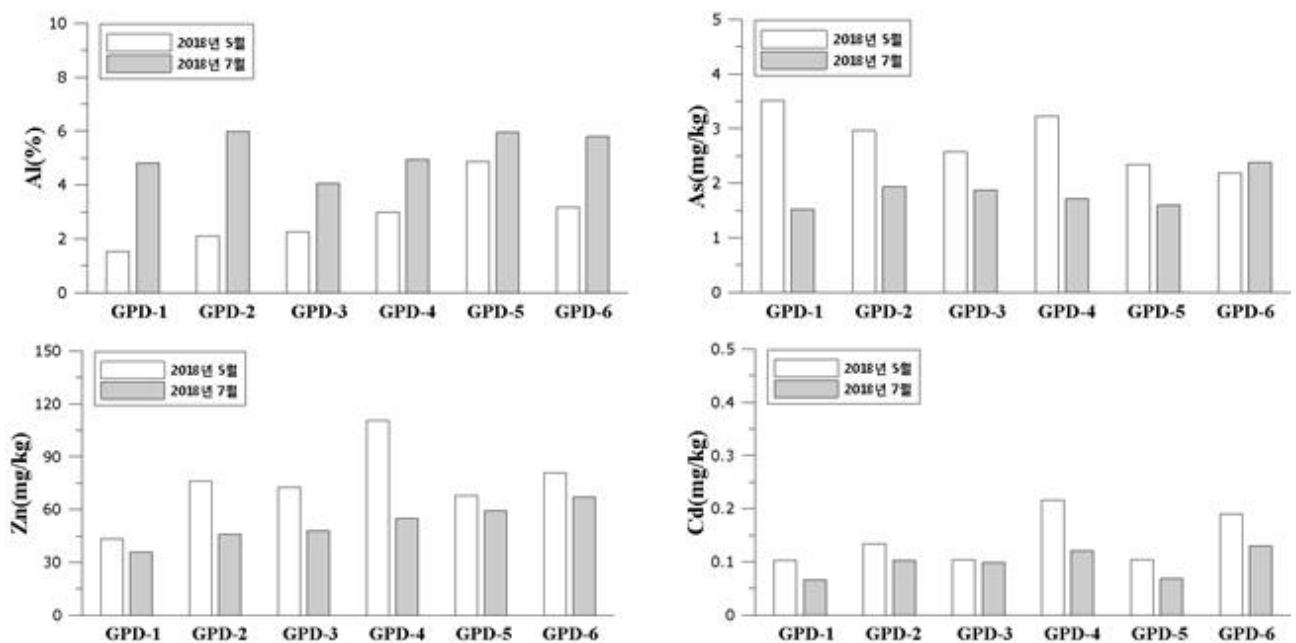
- TN 농도는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.04~0.05%의 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 0.16%의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 퇴적물에서 다소 높게 나타났음
- 고파도 외측 퇴적물 중 GDP-1을 제외하면 모든 조사정점에서 하계(7월)보다 춘계(5월)가 높은 농도를 보여주고 있음



[그림 5-11] 고파도 내외측 퇴적물 내 영양염류 분포 특성

■ 미량금속(Al, As, Cd, Cr⁶⁺, Cu, Fe, Hg, Ni, Li, Pb, Zn)

- 알루미늄(Al)은 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 1.5~2.3% 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 3.0~4.8%의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 퇴적물에서 다소 높게 나타났음
- 비소(As)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 2.6~3.5mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 3.0~4.7mg/kg의 농도를 보여 고파도 내외측 퇴적물에서 비슷한 농도를 보였음
- 아연(Zn)은 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 41~78mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 70~110mg/kg의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 퇴적물에서 다소 높게 나타났음
- 카드뮴(Cd)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 0.10~0.14mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 0.10~0.23mg/kg의 농도를 보여 고파도 내측 폐염전 퇴적물에서 다소 높게 나타났음
- 알루미늄(Al)을 제외한 비소(As), 아연(Zn), Cd(카드뮴)에서는 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 높은 농도를 보였음

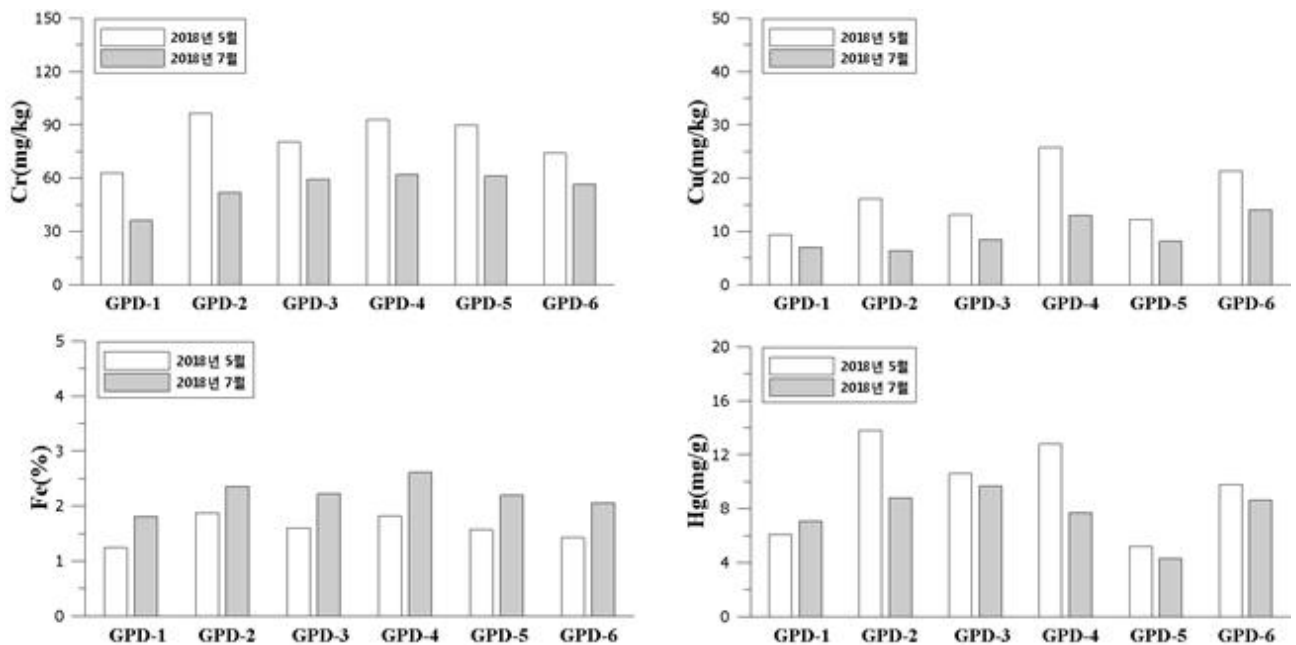


[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성

- 크롬(Cr)은 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 65~95mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 75~90mg/kg의 농도를 보여 고

파도 내외측 퇴적물에서 비슷한 농도를 보였음

- 구리(Cu)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 9~16mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 13~26mg/kg의 농도를 보여 고파도 내측 퇴적물에서 다소 높은 농도를 보였음
- 철(Fe)은 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 1.2~1.8% 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 1.4~1.7mg/kg의 농도를 보여 고파도 내외측 퇴적물에서 비슷한 농도를 보였음
- 수은(Hg)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 6~14μg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 5~13μg/kg의 농도를 보여 고파도 내외측 퇴적물에서 비슷한 농도를 보였음
- 철(Fe)을 제외한 크롬(Cr), 구리(Cu), Hg(수은)에서는 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 높은 농도를 보였음

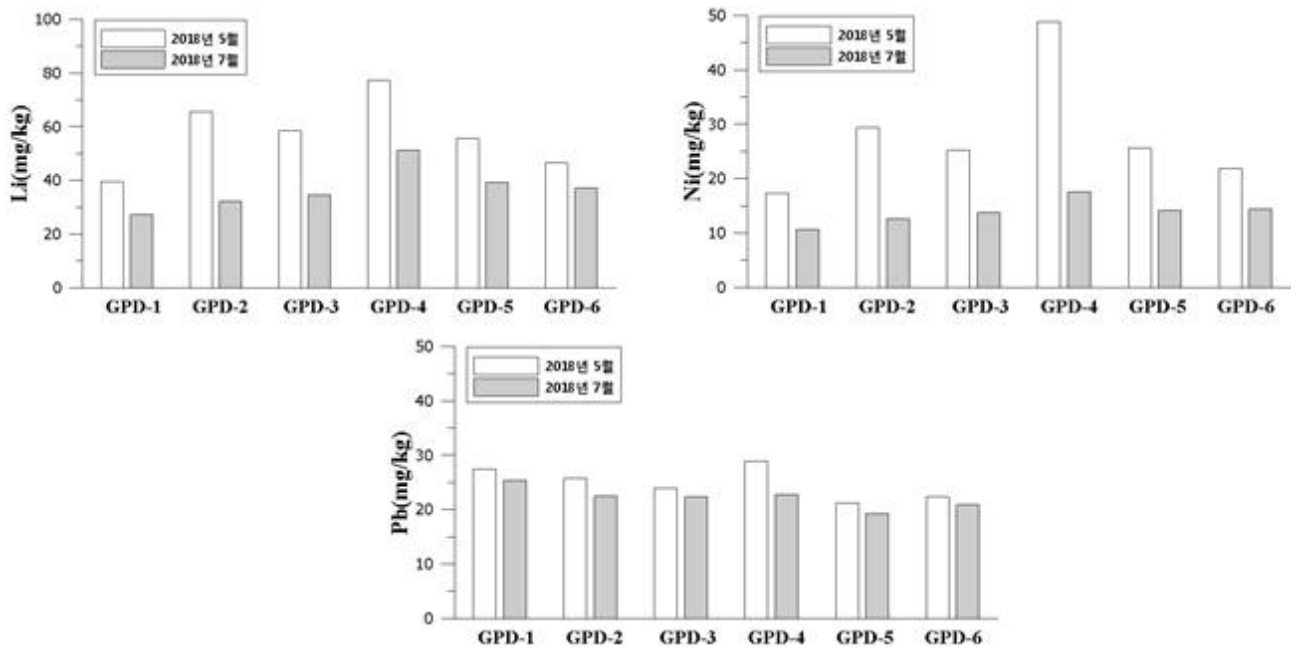


[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성(계속)

- 리튬(Li)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 40~68mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 48~78mg/kg의 농도를 보여 고파도 내외측 퇴적물에서 서로 비슷한 농도를 보였음
- 니켈(Ni)는 고파도 외측 퇴적물(GDP-1, 2, 3)에서 약 17~25mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GDP-4, 5, 6)에서는 약 23~50mg/kg의 농도를 보여 고파도

파도 내측 퇴적물에서 높은 농도를 보였음

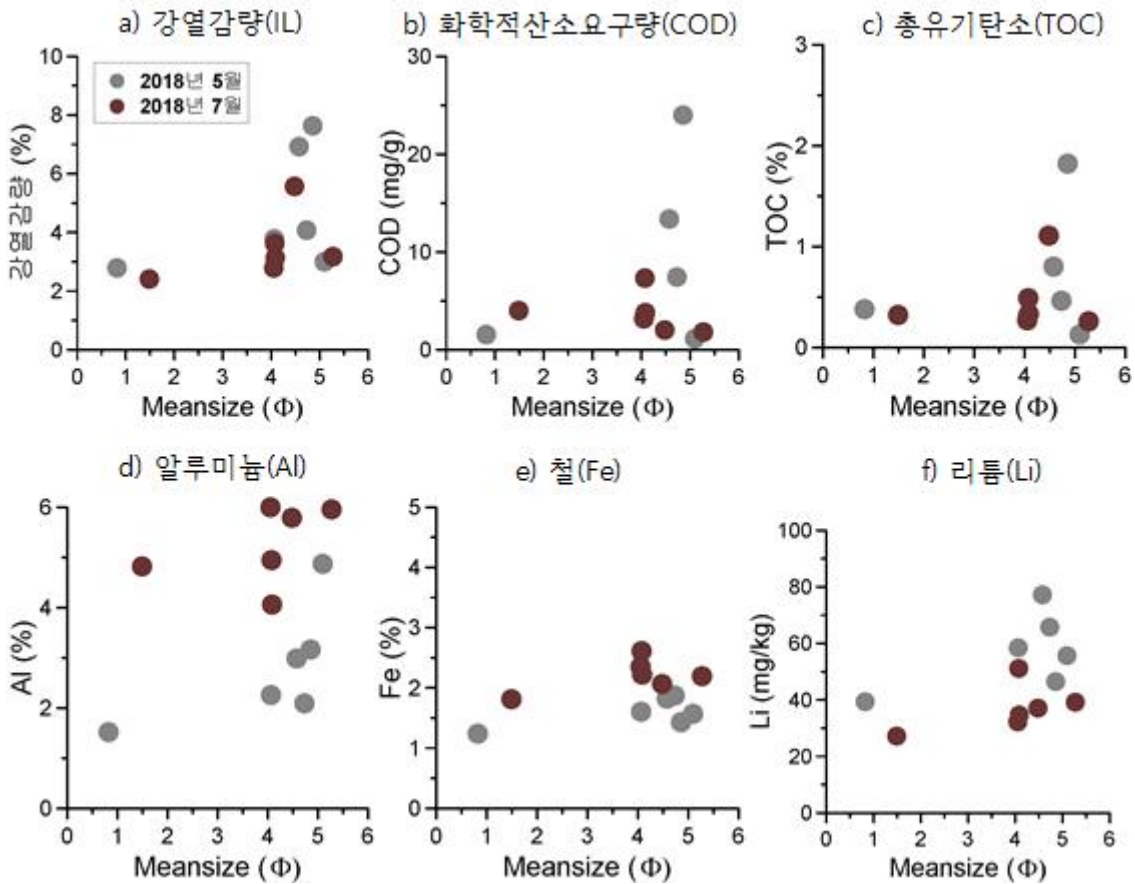
- 납(Pb)는 고파도 외측 퇴적물(GPD-1, 2, 3)에서 약 24~27mg/kg 농도를 나타냈고 고파도 내측 폐염전 퇴적물(GPD-4, 5, 6)에서는 약 22~28mg/kg의 농도를 보여 고파도 내외측 퇴적물에서 서로 비슷한 농도를 보였음
- 리튬(Li), 니켈(Ni), 납(Pb)에서 모두 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 높은 농도를 보였음



[그림 5-12] 고파도 내외측 퇴적물 내 미량금속 분포 특성(계속)

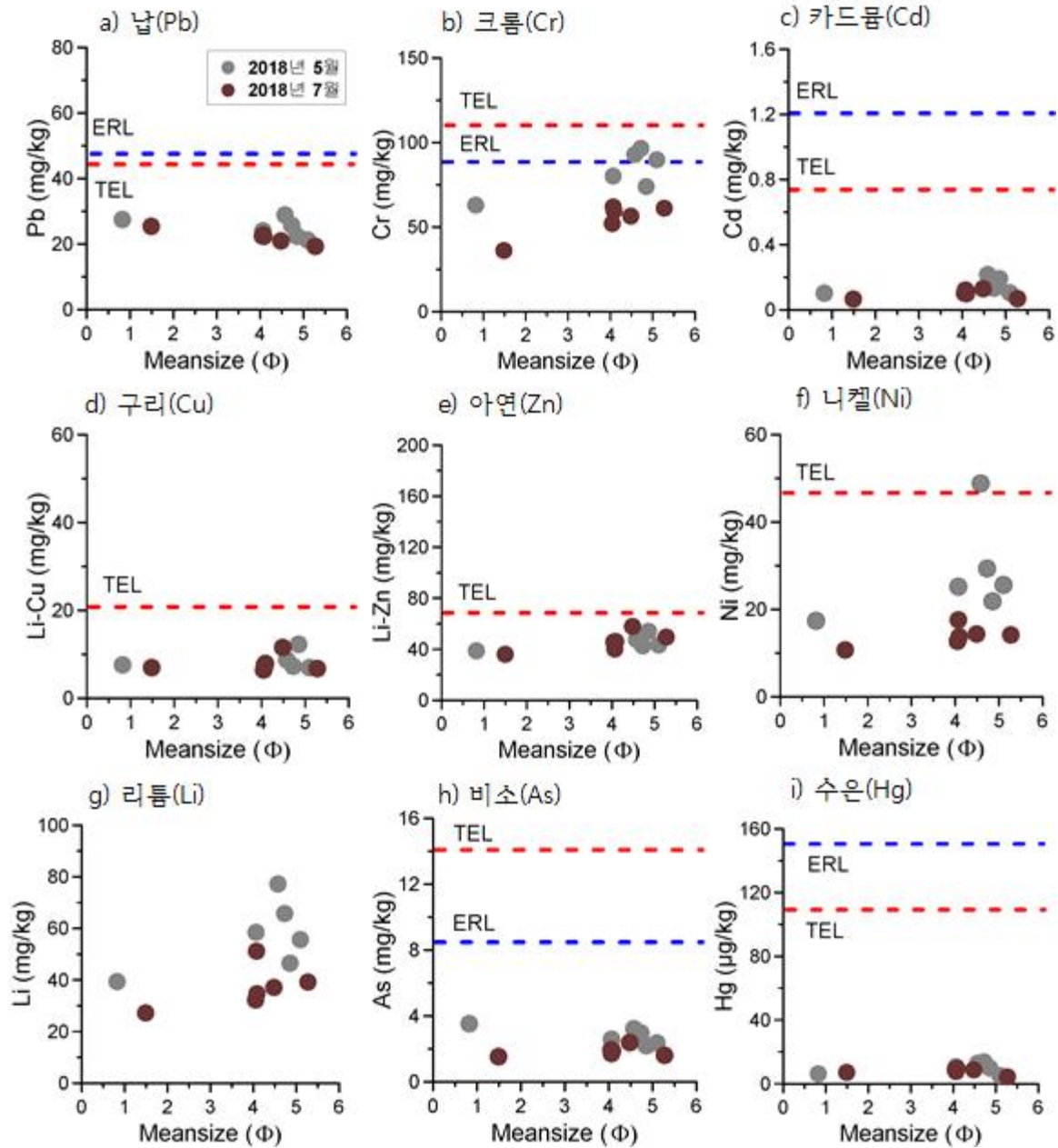
■ 입도와 유기물 및 중금속의 상관성

- 본 조사에서 평균 입도와 중금속 항목과의 일부 상관성을 보이고 있지만 유기물과의 상관성은 낮은 것으로 나타났음
- 본 조사에서 대부분의 중금속 항목이 미국해양대기청(NOAA)의 ERL(저서생물에 독성을 보이는 초기 10% 농도) 기준 및 국내 해양환경기준의 주의기준(부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위) 이하로 조사되었음
- 알루미늄(Al)을 제외한 COD, TOC, Fe, Li에서 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 높은 농도를 보였음



[그림 5-15] 고파도 내외측 퇴적물 입도에 대한 유기물 및 중금속과의 상관성

- 일부 조사 정점에서 중금속 항목(Cr)에서 ERL 기준을 초과하는 농도를 보였음
- 모든 항목에서 하계(7월)보다 춘계(5월)에서 비슷하거나 높은 농도를 보였음



[그림 5-16] 입도, 중금속 항목의 상관성 및 퇴적물 환경 기준과 비교

제6장

고파도 갯벌 저서생태계 조사

1. 서론
2. 조사 방법
3. 조사 결과
4. 종합 결론
5. 참고 자료

6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

1) 서론

(1) 연구 개요

- 저서동물은 해양생태계 내에서 다양한 기능을 수행하고 있는 것으로 알려져 있으며, 그 기능에 있어, 저질 환경 개선 및 다른 생물들에게 서식처를 제공하는 등 다양한 생태학적 기능을 수행함
- 이와 더불어 어류나 조류 및 포유류 등 상위 포식자에게 중요 먹이 공급원으로 이용되며(Mann 1976), 생물학적 및 수산학적 가치가 높은 다수의 종들이 존재함에 따라 그 중요성은 매우 크다고 할 수 있음
- 갯벌에서 서식하는 대형생물들 중 대형저서동물은 운동성이 미약하고, 생활사가 비교적 길기 때문에 대형저서동물의 생물다양성, 단위량지수(출현조수, 서식밀도 및 생체량)와 군집구조를 통해 해역 생태계의 구조적 안정성과 건강도 평가에 있어 중요한 요소로 이용되고 있음(Pearson and Rosenberg, 1978; Rosenberg and Nilson, 2005; Wildsmith et al., 2009)
- 또한 서식처의 교란에 대해 반응하는 능력이나 속도가 종에 따라 다양하기 때문에 개체군을 대상으로 시·공간적 모니터링도 수행되어 왔으며(Poggiale and Dauvin, 2001; Giangrande et al., 2005), 더 나아가 저서동물 자료를 바탕으로 생태계 건강성을 평가할 수 있는 다양한 생물평가지수들이 개발되고 있음(Weisberg et al., 1997; Borja et al., 2000; Llanso et al., 2003; Yoo et al., 2010)

(2) 연구 목적

- 본 연구는 고파도 폐염전 및 주변 갯벌의 저서생태계 현황 조사를 통해, 서산시 팔봉면 고파도 내 폐양식장 및 유수지를 대상으로 수행 될 갯벌 생태복원사업을 위한 기초 자료를 제공하고자 함

2) 조사 방법

(1) 대형저서동물 현장 채집

- 고파도 갯벌 저서동물을 대상으로 총 6개의 정점을 선정하여 2018년 5월, 7월에 현장 조사를 수행하였으며, 각 정점은 도보로 접근하여 표면적 0.1 m^2 이 되도록 상자형 코아 채취기(Box corer)를 이용하여 정점별로 반복 채집하였음(그림 6-1, 표 6-1)
- 채집된 저질퇴적물은 현장에서 1mm 망목의 체로 걸러내어 대형저서동물을 분리한 후, 10 % 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였음
- 실험실에서는 생물을 골라내는 선별작업을 거친 후, 해부 현미경과 고배율 현미경을 이용하여 종 수준까지 동정하였음
- 동정된 각각의 종들에 대하여 개체수를 계수하고 생체량(습중량 gWWt., 이후 g로 표기)을 측정하였으며, 이 값들을 1 m^2 단위 면적당 값으로 환산하여 저서동물군집의 생태학적 분석에 이용하였음



[그림 6-1] 고파도 갯벌 저서동물의 조사 정점도

[표 6-1] 고파도 갯벌 저서동물의 조사 위치

구분	조사지점	조사좌표		비고
		위도	경도	
저서동물	T-1	36° 54.9132'	126° 19.8102'	폐염전 외측 갯벌
	T-2	36° 54.6282'	126° 19.8028'	
	T-3	36° 54.4927'	126° 19.9075'	
	T-4	36° 54.7490'	126° 19.9148'	폐염전 내측 갯벌
	T-5	36° 54.6773'	126° 19.9618'	
	T-6	36° 54.5587'	126° 19.9762'	

(2) 대형저서동물 분석

■ 군집생태지수

- 종다양도 지수(Shannon and Wiener, 1963)

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \ln P_i$$

S : 출현종수

Pi : 총 출현 개체수(N)에 대한 i번째 종의 개체수(ni)의 비율(ni/N)

- 종균등도 지수(Pielou, 1969)

$$J = H' / H'_{\max} = H' / \ln S$$

S : 출현종수

H' : 다양도 지수

- 종 풍부도 지수(Margalef, 1958)

$$D = (S - 1) / \ln N$$

S : 출현종수

■ 다변량 분석

- 저서동물 군집의 시·공간적인 분포 특성을 요약하기 위해 다변량 분석 기법인 집괴분석(Cluster analysis)과 다차원척도법(non-metric multi-dimensional scaling)을 실시하였으며, 종별 서식밀도와 생체량 자료를 각각 변환하여 이를 바탕으로 정점 간 유

사도의 측정(Bray-Curtis similarity) 후, 유사도 지수 행렬로부터 각 그룹을 연결(group average method)하였음

- 구분되어진 정점군의 특징종(기여종)을 파악내기 위해서 SIMPER(similarity percentage) 분석을 실시하였음(Clarke, 1993)
- 구분된 각 군집의 유의성 검증은 one-way ANOSIM (Analysis of similarities) 분석을 이용하였음. 분석 결과 중 R 값(R statistic)은 $-1 \sim 1$ 의 범위를 가지며, 양수는 군집 내 유사성이 군집 간 유사성보다 크다는 것을 의미하며, 음수는 군집 내 보다 군집 간 유사성이 높음(생태적으로 발생할 가능성이 적음)을 의미함. 또한 R 값이 1에 가까워질수록 군집 간 유사성 차이가 커지며, 반면 0에 가까울수록 군집 내와 군집 간 유사성 차이가 없음을 뜻함

■ BIO-ENV

- 저서동물 군집의 분포에 영향을 미칠 수 있는 잠재적인 환경요인을 파악하기 위해 BIO-ENV 분석을 실시하였음(Primer 6). 저서동물의 종별 서식밀도 자료에 대한 Bray-Curtis similarity 행렬과 개별 혹은 조합된 ($k=1, \dots, n$) 환경변수에 대한 normalised Euclidean distance 행렬 간의 harmonic rank correlation (ρ_w)을 반복적으로 계산하였으며, 이로부터 최적의 변수 조합이 도출되었음
- BIO-ENV 분석에 이용된 환경요인은 퇴적 및 수질환경 자료를 사용하였으며, 이들 가운데 상호 상관성이 높은 (Spearman's $\rho > 0.95$) 요인들은 하나의 변수로 대체하여 차원 (dimension)의 과잉으로 인한 영향을 감소시켰음

■ 건강도 지수(ISEP)

- ISEP(Inverse function of Shannon-Wiener evenness proportion) 지수는 대형 저서동물군집에 반영된 스트레스의 정도를 나타내는 지수이며(Yoo et al., 2010), 대형 저서동물을 대상으로 생체량 기준의 균등도($J'(\text{biomass})$) 또는 다양도 지수($H'(\text{biomass})$)와 서식밀도 기준의 균등도($J'(\text{abundance})$) 또는 다양도 지수($H'(\text{abundance})$)를 이용하여 계산하였음

$$ISEP = \log_{10}(1/SEP + 1)$$

$$SEP = E(\text{Biomass})/E(\text{abundance}) = H'(\text{biomass})/H'(\text{abundance})$$

- 각 정점별 ISEP 지수 분포에 기초한 배점 기준은 채집방법(원통주상채니기)과 정점별 조위에 따른 기준을 적용하였으며, 지수 결과값에 따라 ISEP등급으로 구분하였음(표 6-2)
- ISEP 등급은 1등급에서 7등급까지의 총 7등급으로 나뉘며, 1등급으로 갈수록 저서생태계의 건강도가 양호함을 의미함. 한편 수치화된 등급을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 1등급은 “매우 좋음”, 2~3등급은 “좋음”, 4등급은 “보통”, 5~6등급은 “나쁨”, 7등급은 “매우 나쁨”으로 표현하였음.

[표 6-2] ISEP 분포에 기초한 조간대 배점 기준

Grade		Percentile (%)	Community Health Index			
			ISEP index (조간대)			
			Tidal level 1		Tidal level 1.5-3	
			MGS $\leq 2,660$ or $> 3,632$	$> 2,660 \sim \leq 3,632$	MGS $\leq 2,660$ or $> 3,632$	$> 2,660 \sim \leq 3,632$
1	매우 좋음	> 90	> 0.75	> 0.91	> 1.02	> 0.98
2	좋음	$> 80 \sim \leq 90$	$> 0.59 \sim \leq 0.75$	$> 0.64 \sim \leq 0.91$	$> 0.72 \sim \leq 1.02$	$> 0.70 \sim \leq 0.98$
3		$> 60 \sim \leq 80$	$> 0.48 \sim \leq 0.59$	$> 0.46 \sim \leq 0.64$	$> 0.52 \sim \leq 0.72$	$> 0.56 \sim \leq 0.70$
4	보통	$> 40 \sim \leq 60$	$> 0.39 \sim \leq 0.48$	$> 0.44 \sim \leq 0.46$	$> 0.42 \sim \leq 0.52$	$> 0.48 \sim \leq 0.56$
5	나쁨	$> 20 \sim \leq 40$	$> 0.32 \sim \leq 0.39$	$> 0.35 \sim \leq 0.44$	$> 0.34 \sim \leq 0.42$	$> 0.39 \sim \leq 0.48$
6		$> 10 \sim \leq 20$	$> 0.26 \sim \leq 0.32$	$> 0.23 \sim \leq 0.35$	$> 0.29 \sim \leq 0.34$	$> 0.33 \sim \leq 0.39$
7	매우 나쁨	≤ 10	≤ 0.26	≤ 0.23	≤ 0.29	≤ 0.33

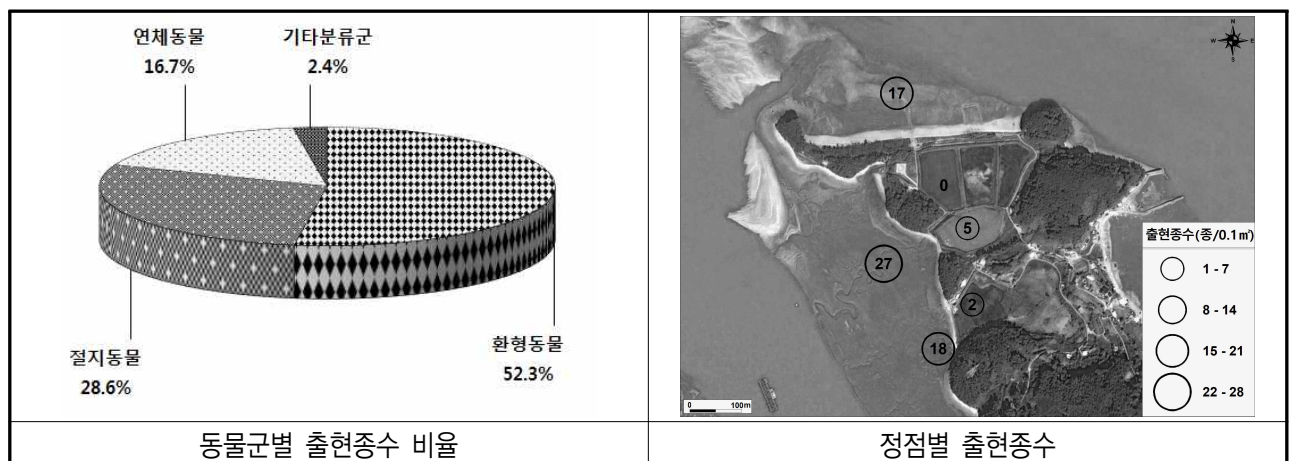
3) 조사 결과

(1) 종조성

- 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물은 총 42 종/0.6 m²이었음. 이 중 환형동물이 총 22 종/0.6 m²으로 전체 출현종수의 52.3%를 차지하였으며, 다음으로 절지동물이 총 12 종/0.6 m²(28.6%), 연체동물이 총 7 종/0.6 m²(16.7%), 기타동물군은 총 1 종/0.6 m²(2.4%) 출현하였음(표 6-3; 그림 6-2)
- 폐염전 외측 갯벌 출현종수는 총 41 종/0.3 m², 17~27 종/0.1 m²의 범위를 보였으며, 내측 갯벌 출현종수는 총 6 종/0.3 m², 0~5 종/0.1 m²의 범위로 관찰되었음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 출현종수와 다양한 동물군이 관찰되었으며, 폐염전 내·외측 갯벌 모두 환형동물이 동물군중 가장 높은 비율을 차지하였음

[표 6-3] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 출현종수 비율

동물군		폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			전체	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Annelida	환형동물	8	13	13		3	2	22	52.3
Arthropoda	절지동물	7	7	1		2		12	28.6
Mollusca	연체동물	2	6	3				7	16.7
Others	기타동물군		1	1				1	2.4
정점별 출현종수(종/0.1 m ²)		17	27	18	0	5	2	42	100.0
출현종수(종/0.3 m ²)		41			6				

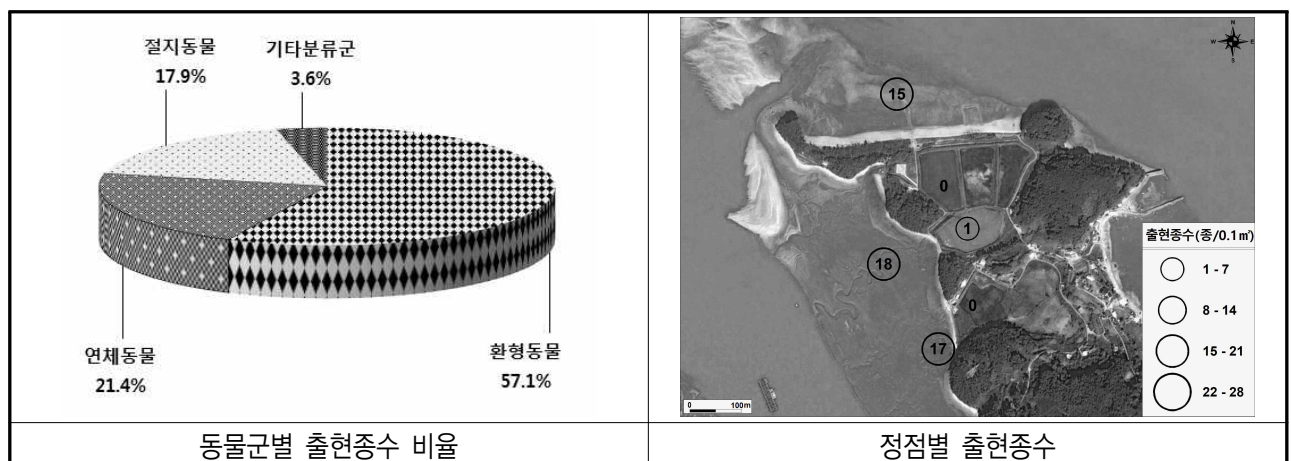


[그림 6-2] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 출현종수

- 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물은 총 28 종/0.6 m²이었음. 이 중 환형동물이 총 16 종/0.6 m²으로 전체 출현종수의 57.1%를 차지하였으며, 다음으로 연체동물이 총 6 종/0.6 m²(21.4%), 절지동물이 총 5 종/0.6 m²(17.9%), 기타동물군은 총 1 종/0.6 m²(3.6%) 출현하였음(표 6-4, 그림 6-3)
- 폐염전 외측 갯벌 출현종수는 총 28 종/0.3 m², 15~18 종/0.1 m²의 범위를 보였으며, 내측 갯벌 출현종수는 총 1 종/0.3 m², 0~1 종/0.1 m²의 범위로 정점 5에서만 출현하였음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 출현종수와 다양한 동물군이 관찰되었으며, 폐염전 외측 갯벌에서는 환형동물이 동물군 중 가장 높은 비율을 차지하였고 내측 갯벌에서는 절지동물 1종(칠게(*Macrophthalmus japonicus*))만이 출현하였음

[표 6-4] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 출현종수 비율

동물군		폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			전체	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Annelida	환형동물	8	10	9				16	57.1
Mollusca	연체동물	2	5	4				6	21.4
Arthropoda	절지동물	4	2	3		1		5	17.9
Others	기타동물군	1	1	1				1	3.6
정점별 출현종수(종/0.1 m²)		15	18	17	0	1	0	28	100.0
출현종수(종/0.3 m²)		28			1				



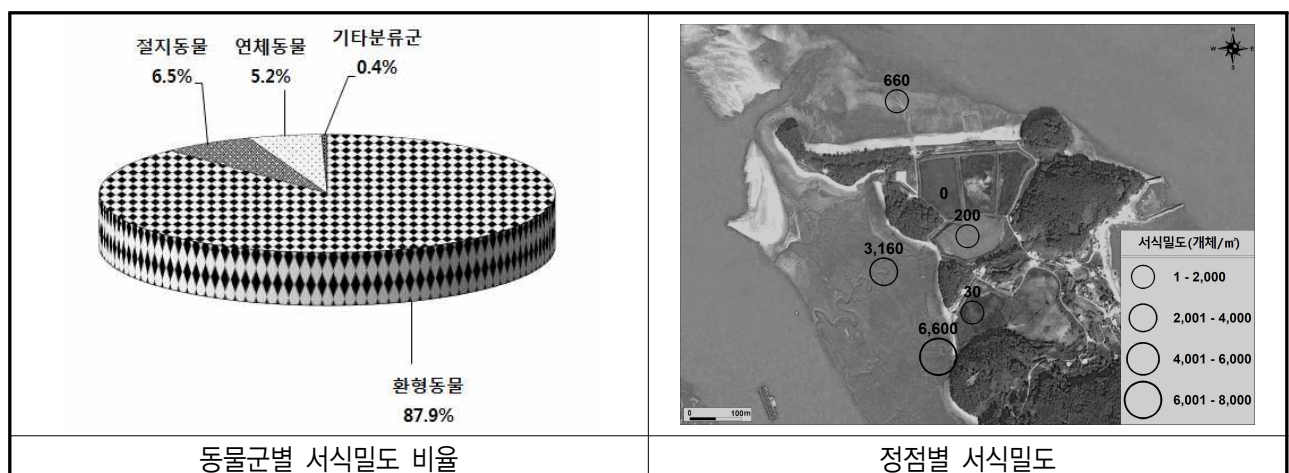
[그림 6-3] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 출현종수

(2) 서식밀도

- 2018년 5월 고파도 갯벌에 출현한 저서동물의 서식밀도는 평균 1,775 개체/m²이었음. 이 중 환형동물이 평균 1,560 개체/m²으로 전체 서식밀도의 87.9%를 차지하였으며, 다음으로 절지동물이 평균 115 개체/m²(6.5%), 연체동물이 평균 93 개체/m²(5.2%), 기타동물군은 평균 7 개체/m²(0.4%)의 서식밀도를 나타내었음(표 6-5, 그림 6-4)
- 폐염전 외측 갯벌 서식밀도는 평균 3,473 개체/m², 600~6,600 개체/m²의 범위를 보였으며, 내측 갯벌 출현종수는 평균 77 개체/m², 0~200 개체/m²의 범위로 관찰되었음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 서식밀도와 다양한 동물군이 관찰되었으며, 폐염전 내측은 환형동물이 외측 갯벌은 절지동물이 동물군중 가장 높은 비율을 차지하였음

[표 6-5] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 서식밀도 비율

동물군		폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Annelida	환형동물	250	2,620	6,370		90	30	1,560	87.9
Arthropoda	절지동물	160	260	160		110		115	6.5
Mollusca	연체동물	250	260	50				93	5.2
Others	기타동물군		20	20				7	0.4
정점별 서식밀도(개체/㎡)		660	3,160	6,600	0	200	30	1,775	100.0
평균 서식밀도(개체/㎡)		3,473			77				

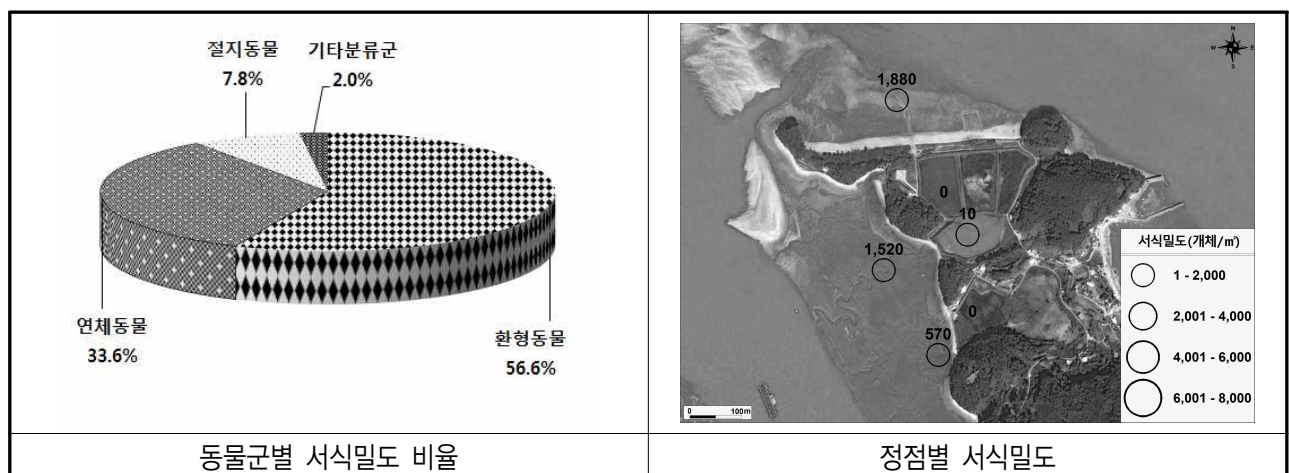


[그림 6-4] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 서식밀도

- 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도는 평균 663 개체/m²이었음. 이 중 환형동물이 평균 375 개체/m²으로 전체 서식밀도의 56.6%를 차지하였으며, 다음으로 연체동물이 평균 223 개체/m²(33.6%), 절지동물이 평균 52 개체/m²(7.8%), 기타동물군은 평균 13 개체/m²(2.0%)의 서식밀도를 나타내었음(표 6-6, 그림 6-5)
- 폐염전 외측 갯벌 서식밀도는 평균 1,323 개체/m², 570~1,880 개체/m²의 범위를 보였으며, 내측 갯벌 서식밀도는 평균 3 개체/m², 0~10 개체/m²의 범위로 정점 5에서만 출현하였음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 서식밀도와 다양한 동물군이 관찰되었으며, 폐염전 외측 갯벌에서는 환형동물이 동물군 중 가장 높은 비율을 차지하였고 내측 갯벌에서는 절지동물 1종(칠게(*M. japonicus*))만이 출현하였음

[표 6-6] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 서식밀도 비율

동물군		폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Annelida	환형동물	820	1,080	350				375	56,6
Mollusca	연체동물	1,000	290	50				223	33,6
Arthropoda	절지동물	50	130	120		10		52	7,8
Others	기타동물군	10	20	50				13	2,0
정점별 서식밀도(개체/㎡)		1,880	1,520	570	0	10	0	663	100.0
평균 서식밀도(개체/㎡)		1,323			3				



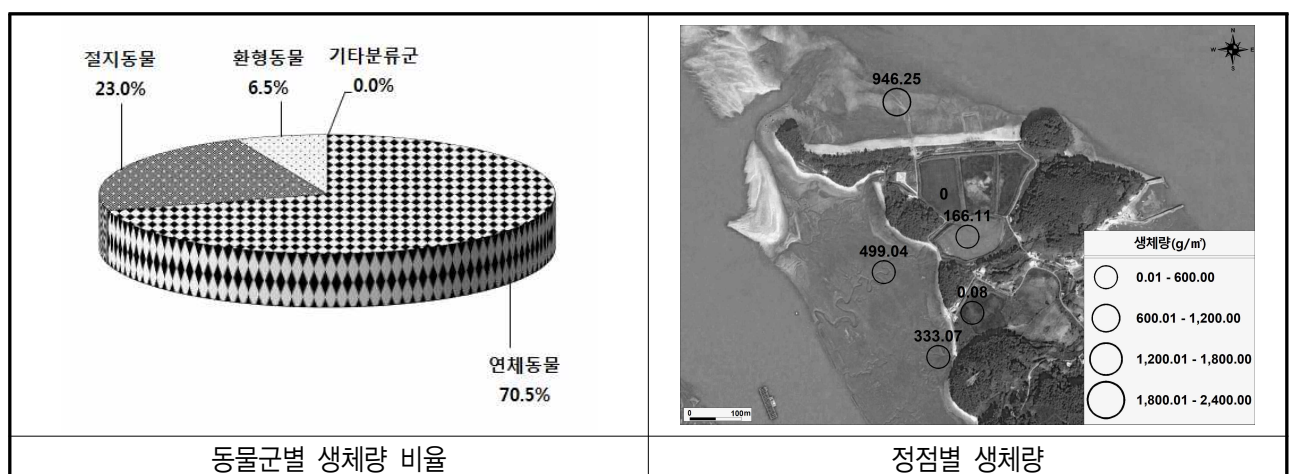
[그림 6-5] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 출현종수 비율 및 정점별 서식밀도

(3) 생체량

- 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량은 평균 324.09 g/m^2 이었음
중 연체동물이 평균 228.66 g/m^2 으로 전체 생체량의 70.5 %를 차지하였으며, 다음으로
절지동물이 평균 74.40 g/m^2 (23.0 %), 환형동물이 평균 20.94 g/m^2 (6.5 %), 기타동물
군은 평균 0.09 g/m^2 로 0.1 %미만의 생체량을 나타내었음(표 6-7, 그림 6-6)
- 폐염전 외측 갯벌 생체량은 평균 592.79 g/m^2 , $333.07 \sim 946.25 \text{ g/m}^2$ 의 범위를 보였으
며, 내측 갯벌 생체량은 평균 55.40 g/m^2 , $0.00 \sim 166.11 \text{ g/m}^2$ 의 범위로 관찰되었음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 생체량과 다양한 동물군이 관찰되
었으며, 폐염전 외측은 연체동물이 내측 갯벌은 절지동물이 동물군중 가장 높은 비율
을 차지하였음

[표 6-7] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생체량 비율

동물군		폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Mollusca	연체동물	834.68	319.24	218.06				228.66	70.5
Arthropoda	절지동물	90.86	156.26	38.01		161.29		74.40	23.0
Annelida	환형동물	20.71	23.48	76.54		4.82	0.08	20.94	6.5
Others	기타동물군		0.06	0.46				0.09	0.0
정점별 생체량(g/m ²)		946.25	499.04	333.07	0.00	166.11	0.08	324.09	100.0
평균 생체량(g/m ²)		592.79			55.40				

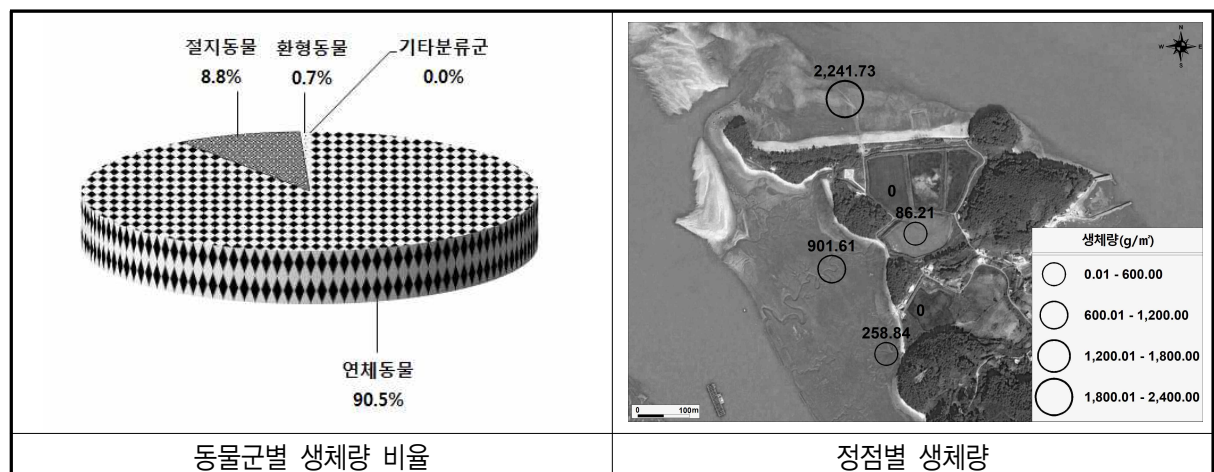


[그림 6-6] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 생체량 비율 및 정점별 생체량

- 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량은 평균 581.40 g/m²이었음. 이 중 연체동물이 평균 526.30 g/m²으로 전체 생체량의 90.5 %를 차지하였으며, 다음으로 절지동물이 평균 51.03 g/m² (8.8 %), 환형동물이 평균 4.02 g/m² (0.7 %), 기타동물군은 평균 0.05 g/m²로 0.1 %미만의 생체량을 나타내었음(표 6-8, 그림 6-7)
- 폐염전 외측 갯벌 생체량은 평균 1,134.06 g/m², 258.84~2,241.73 g/m²의 범위를 보였으며, 내측 갯벌 생체량은 평균 28.74 g/m², 0.00~86.21 g/m²의 범위로 정점 5에서만 출현하였음
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌보다 상대적으로 높은 생체량과 다양한 동물군이 관찰되었으며, 폐염전 외측 갯벌에서는 연체동물이 동물군 중 가장 높은 비율을 차지하였고 내측 갯벌에서는 절지동물 1종(칠게(*Macrophthalmus japonicus*))만이 출현하였음

[표 6-8] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생체량 비율

동물군		폐염전 외측			폐염전 내측			평균	비율
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
Mollusca	연체동물	2,220.5 ₉	828.12	109.08				526.30	90.5
Arthropoda	절지동물	13.02	61.9	145.06		86.21		51.03	8.8
Annelida	환형동물	8.11	11.52	4.5				4.02	0.7
Others	기타동물군	0.01	0.07	0.2				0.05	0.0
정점별 생체량(g/m ²)		2,241.7 ₃	901.61	258.84	0.00	86.21	0.00	581.40	100.0
평균 생체량(g/m ²)		1,134.06			28.74				



[그림 6-7] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 동물군별 생체량 비율 및 정점별 생체량

(4) 우점종

■ 서식밀도 기준 우점종

- 조사지역에서 출현한 저서동물의 서식밀도를 기준으로 상위 5 위까지의 우점종을 선정하였음.
- 2018년 5월 조사결과, 동물군에 있어서는 환형동물이 3 종으로 가장 많았으며, 절지동물과 연체동물은 각각 1 종이 주요 우점종으로 상위에 위치함(표 6-9, 그림 6-8). 이들 상위 5 위 우점종들이 나타내는 서식밀도는 평균 1,531 개체/m²로 전체 서식밀도의 86.1%를 차지하였음. 우선 순위별로 살펴보면, 환형동물에 속하는 버들갯지렁이류(Heteromastus filiformis)가 평균 1,085 개체/m²로 전체 서식밀도의 61.0%를 차지하였으며, 다음으로 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia)가 평균 198 개체/m²(11.1%), 버들갯지렁이류(Mediomastus californiensis)가 평균 118 개체/m²(6.6%), 절지동물에 속하는 칠게(Macrophthalmus japonicus)가 평균 77 개체/m²(4.3%), 연체동물에 속하는 바지락(Ruditapes philippinarum)이 평균 53 개체/m²(3.0%)의 서식밀도를 나타내었음
- 폐염전 외측 갯벌의 경우 버들갯지렁이류(H. filiformis)와 남방백금갯지렁이(Nephtys polybranchia)가 상위우점종으로 출현하였으며, 내측 갯벌은 버들갯지렁이류(H. filiformis)와 칠게(M. japonicus)가 상위우점종을 차지하였음. 두 지역 모두 펄기질이 우세한 곳에서 출현하는 버들갯지렁이류(H. filiformis)와 칠게(M. japonicus)가 우점하였지만, 바지락(R. philippinarum)과 버들갯지렁이류(M. californiensis)의 경우, 외측 갯벌에서만 관찰됨

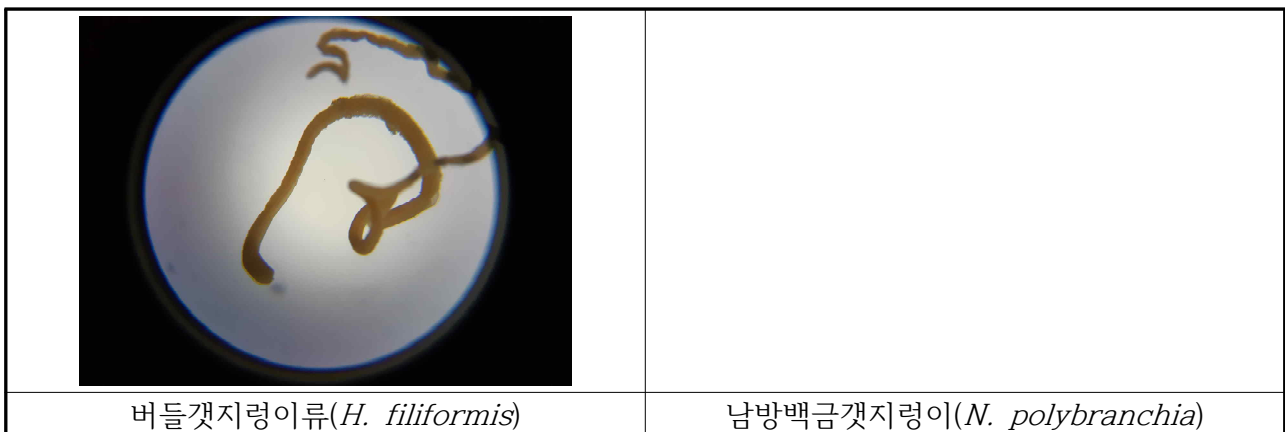
[표 6-9] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 우점종(개체/m²)

순위	동물군	국명(학명)	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
			T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
1	Annelida	버들갯지렁이류 (Heteromastus filiformis)	130	1,560	4,730		70	20	1,085	61.0
2	Annelida	남방백금갯지렁이 (Nephtys polybranchia)	20	430	730			10	198	11.1
3	Annelida	버들갯지렁이류 (Mediomastus californiensis)	10	240	460				118	6.6
4	Arthropoda	칠게 (Macrophthalmus japonicus)	40	170	160		90		77	4.3
5	Mollusca	바지락 (Ruditapes philippinarum)	210	80	30				53	3.0

- 2018년 7월 조사결과, 동물군에 있어서는 환형동물이 4 종으로 가장 많았으며, 연체동물이 1 종이 주요 우점종으로 상위에 위치하였다(표 6-10, 그림 6-8). 이들 상위 5 위 우점종들이 나타내는 서식밀도는 평균 522 개체/m²로 전체 서식밀도의 78.6 %를 차지하였다. 우선 순위별로 살펴보면, 연체동물에 속하는 바지락(*R. philippinarum*)이 평균 202 개체/m²로 전체 서식밀도의 30.4 %를 차지하였으며, 다음으로 환형동물에 속하는 버들갯지렁이류(*H. filiformis*)가 평균 157 개체/m²(23.6 %), 남방백금갯지렁이(*N. polybranchia*)가 평균 63 개체/m²(9.5 %), 버들갯지렁이류(*M. californiensis*)가 평균 58 개체/m²(8.7 %), 얼굴갯지렁이류(*Pseudopholydora kemp*)가 평균 42 개체/m²(6.3 %)의 서식밀도를 나타냄
- 폐염전 외측 갯벌은 바지락(*R. philippinarum*)과 버들갯지렁이류(*H. filiformis*)가 상위우점종으로 출현하였지만, 폐염전 내측 갯벌의 경우 전체 상위 우점종 5종 모두 출현하지 않음

[표 6-10] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 우점종(개체/m²)

순위	동물군	국명(학명)	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
			T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
1	Mollusca	바지락 (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	990	210	10				202	30.4
2	Annelida	버들갯지렁이류 (<i>Heteromastus filiformis</i>)	200	590	150				157	23.6
3	Annelida	남방백금갯지렁이 (<i>Nephtys polybranchia</i>)	80	220	80				63	9.5
4	Annelida	버들갯지렁이류 (<i>Mediomastus californiensis</i>)	180	130	40				58	8.7
5	Annelida	얼굴갯지렁이류 (<i>Pseudopholydora kemp</i>)	240	10					42	6.3



[그림 6-8] 2018년 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 서식밀도 기준 주요 우점종

■ 생체량 기준 우점종

- 조사지역에서 출현한 저서동물의 생체량을 기준으로 상위 5 위까지의 우점종을 선정하였음
- 2018년 5월 조사결과, 동물군별로 연체동물이 3 종으로 가장 많았으며, 환형동물과 절지동물은 각각 1 종이 주요 우점종으로 상위에 위치하였음(표 6-11, 그림 6-9). 이들 상위 5 위 우점종들이 나타내는 생체량은 평균 306.91 g/m²로 전체 생체량의 94.7 %를 차지하였다. 우선 순위별로 살펴보면, 연체동물에 속하는 바지락(*R. philippinarum*)이 평균 207.59 g/m²로 전체 생체량의 64.1 %를 차지하였으며, 다음으로 절지동물에 속하는 칠게(*M. japonicus*)가 평균 70.12 g/m² (21.6 %), 연체동물에 속하는 애기대양조개(*Macoma incongrua*)가 13.04 g/m² (4.0 %), 환형동물에 속하는 버들갯지렁이류(*H. filiformis*)가 평균 11.45 g/m² (3.5 %), 연체동물에 속하는 민디접시조개(*Moerella rutila*)가 평균 4.71 g/m² (1.5 %)의 생체량을 나타내었음
- 폐염전 내측 갯벌은 칠게(*M. japonicus*)가 가장 높은 생체량을 보였으며, 외측 갯벌의 경우 바지락(*R. philippinarum*)과 칠게(*M. japonicus*)가 상위우점종으로 출현하였음. 서식밀도 기준 우점종과 동일하게 두 지역 모두 펄기질이 우세한 곳에서 출현하는 버들갯지렁이류(*H. filiformis*, *M. californiensis*)와 칠게(*M. japonicus*)가 우점하였지만, 연체동물 모두(바지락(*R. philippinarum*), 애기대양조개(*M. incongrua*), 민디접시조개(*M. rutila*)) 외측 갯벌에서만 관찰됨

[표 6-11] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 우점종(g/m²)

순위	동물군	국명(학명)	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
			T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
1	Mollusca	바지락 (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	834.00	201.39	210.15				207.59	64.1
2	Arthropoda	칠게 (<i>Macrophthalmus japonicus</i>)	89.59	131.83	38.01		161.28		70.12	21.6
3	Mollusca	애기대양조개 (<i>Macoma incongrua</i>)		78.26					13.04	4.0
4	Annelida	버들갯지렁이류 (<i>Heteromastus filiformis</i>)	0.69	13.28	54.43		0.24	0.06	11.45	3.5
5	Mollusca	민디접시조개 (<i>Moerella rutila</i>)		22.45	5.81				4.71	1.5

- 2018년 7월 조사결과, 동물군에 있어서는 연체동물이 3 종으로 가장 많았으며, 절지동

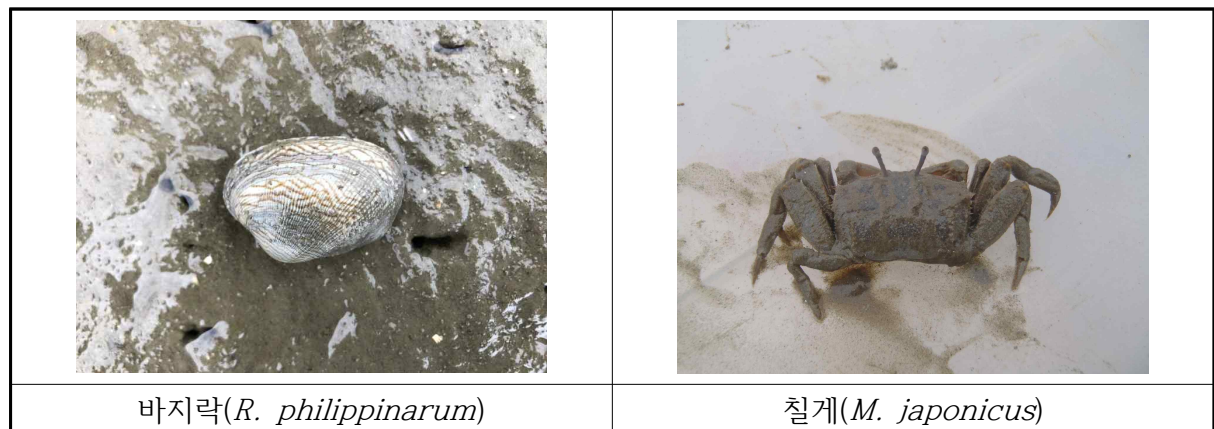
6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

물이 2 종이 주요 우점종으로 상위에 위치함(표 6-12, 그림 6-9). 이들 상위 5 위 우점종들이 나타내는 생체량은 평균 568.34 g/m²로 전체 생체량의 97.8 %를 차지하였음
우선 순위별로 살펴보면, 연체동물에 속하는 바지락(*R. philippinarum*)이 평균 503.28 g/m²로 전체 생체량의 86.6 %를 차지하였으며, 다음으로 절지동물에 속하는 칠게(*M. japonicus*)가 평균 41.71 g/m² (7.2 %), 연체동물에 속하는 애기대양조개(*M. incongrua*)가 13.24 g/m² (2.3 %), 절지동물에 속하는 밤게(*Philyra pisum*)가 평균 7.28 g/m² (1.3 %), 연체동물에 속하는 민챙이(*Bullacta exarata*)가 평균 2.83 g/m² (0.5 %)의 생체량을 나타내었음

- 폐염전 외측 갯벌의 경우 바지락(*R. philippinarum*)이 가장 높은 생체량을 보였으며, 내측 갯벌은 칠게(*M. japonicus*) 1종만 출현하였음. 두 지역 모두 칠게(*M. japonicus*)가 분포하였지만, 상위 우점종인 바지락(*R. philippinarum*), 애기대양조개(*M. incongrua*), 밤게(*P. pisum*)와 민챙이(*B. exarata*)의 경우, 외측 갯벌에서만 관찰됨

[표 6-12] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 우점종(g/m²)

순위	동물군	국명(학명)	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균	비율
			T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6		
1	Mollusca	바지락 (<i>Ruditapes philippinarum</i>)	2,217.36	724.85	77.47				503.28	86.6
2	Arthropoda	칠게 (<i>Macrophthalmus japonicus</i>)	0.78	51.31	111.94		86.21		41.71	7.2
3	Mollusca	애기대양조개 (<i>Macoma incongrua</i>)		79.44					13.24	2.3
4	Arthropoda	밤게 (<i>Philyra pisum</i>)		10.59	33.11				7.28	1.3
5	Mollusca	민챙이 (<i>Bullacta exarata</i>)		5.76	11.20				2.83	0.5



[그림 6-9] 2018년 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 생체량 기준 주요 우점종

(5) 생태학적 제지수

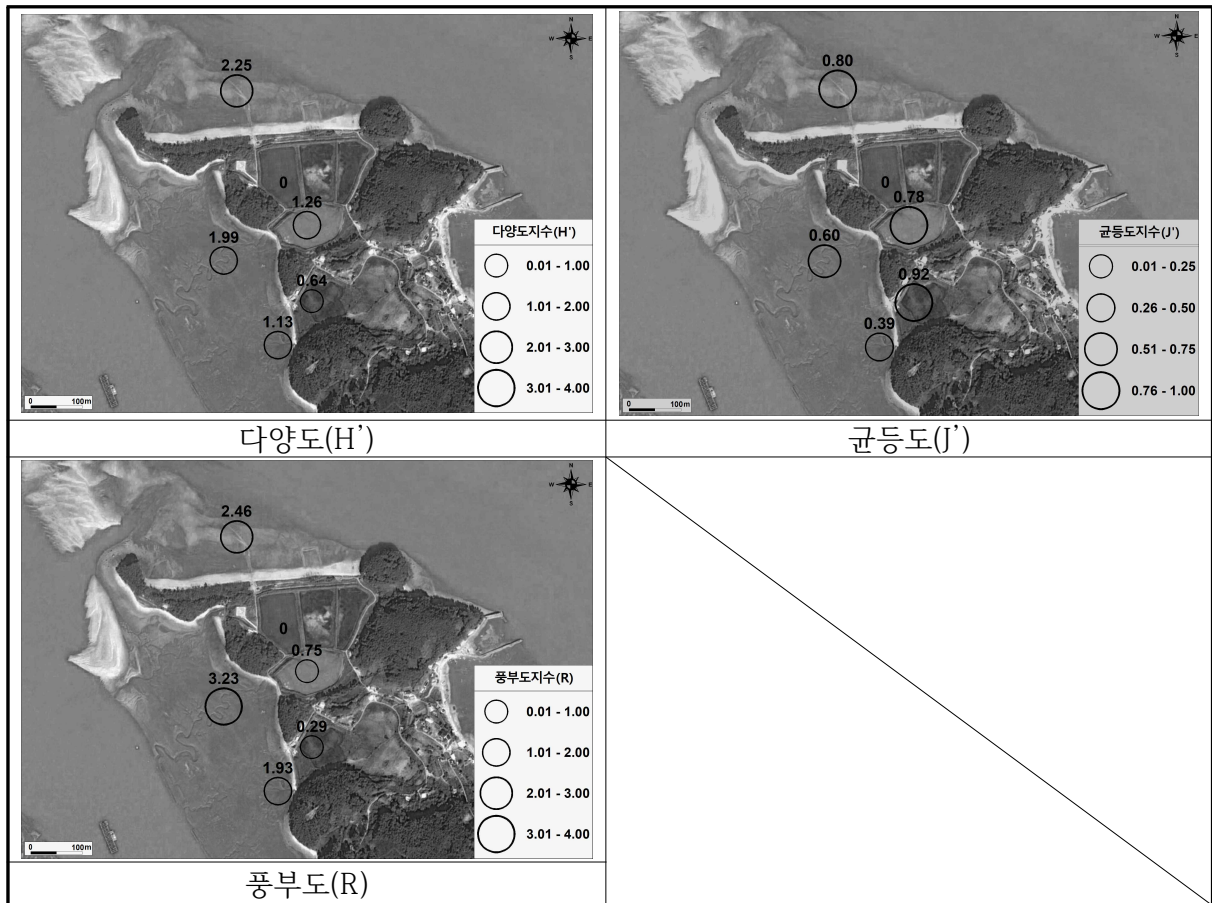
- 조사해역에서 출현한 저서동물의 서식밀도를 기초로 생태지수를 구하였으며, 다만 정점 내에서 출현종이 없을 경우 생태지수 산출이 불가능하여, 분석 자료에서 제외하였음(ND : 자료 없음)
- 2018년 5월 저서동물의 생태학적 제지수는 한중도 출현하지 않은 정점 4를 제외 한 후 분석한 결과, 먼저 다양도지수의 경우, 평균 1.45로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 1.79, 1.13~2.25의 범위로, 내측의 평균 0.95, 0.64~1.26로 외측이 내측보다 높은 수준을 나타냄(표 6-13, 그림 6-10)
- 균등도지수는 평균 0.70로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 0.60, 0.39~0.80의 범위로, 내측의 평균 0.85, 0.78~0.92로 외측이 내측보다 낮은 수준을 나타냄(표 13; 그림 10).
- 풍부도지수는 평균 1.73으로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 2.54, 1.93~3.23의 범위로, 내측의 평균 0.52, 0.29~0.75의 범위로 외측이 내측보다 높은 수준을 나타냄(표 6-13, 그림 6-10)
- 2018년 7월 저서동물의 생태학적 제지수는 한 중도 출현하지 않은 정점 4와 6을 제외 한 후 분석한 결과, 다양도지수는 평균 1.51로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 2.01, 1.64~2.38의 범위로, 내측은 정점 5에서만 한종만 출현하여 0을 기록하여, 외측이 내측보다 높은 수준을 보임(표 6-14, 그림 6-11)
- 균등도지수는 평균 0.72로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 0.72, 0.61~0.84의 범위로, 내측은 정점 5에서만 한 종만 출현하여 값이 산출되지 못하였으며, 외측이 내측보다 높은 수준을 보임(표 14; 그림 11).
- 풍부도지수는 평균 1.67로 지역별로 살펴보면, 폐염전 외측에서 평균 2.23, 1.86~2.52의 범위로, 내측은 정점 5에서 한 종만 출현하여 0을 기록하여, 외측이 내측보다 높은 수준을 보임(표 6-14, 그림 6-11)

6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

[표 6-13] 2018년 5월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생태지수

생태지수	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	
다양도(H')	2.25	1.99	1.13	ND	1.26	0.64	1.45
	1.79			0.95			
균등도(J')	0.80	0.60	0.39	ND	0.78	0.92	0.70
	0.60			0.85			
풍부도(R)	2.46	3.23	1.93	ND	0.75	0.29	1.73
	2.54			0.52			

*ND, 자료 없음(분석 제외)

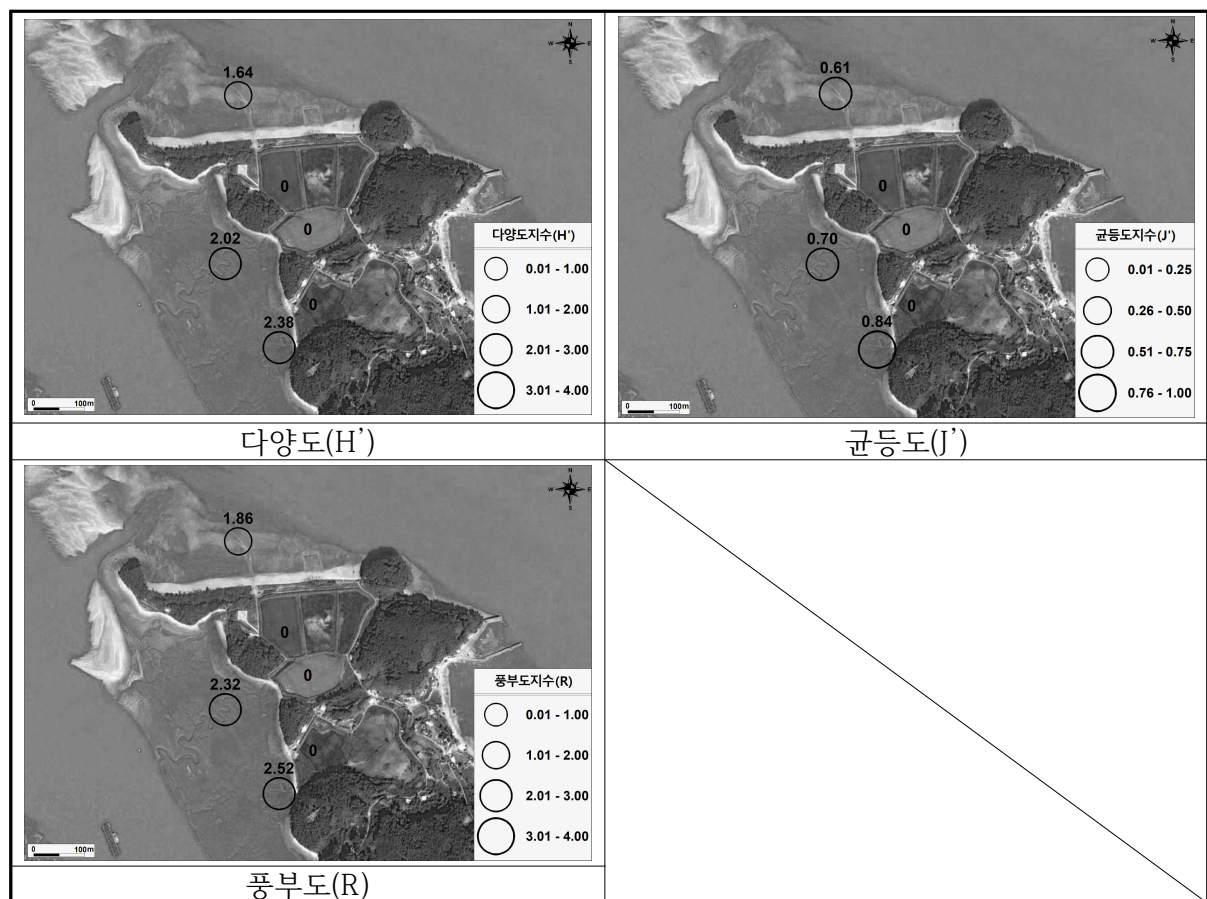


[그림 6-10] 2018년 5월 고파도 갯벌 저서동물의 정점별 생태지수 비교

[표 6-14] 2018년 7월 고파도 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 생태지수

생태지수	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	
다양도(H')	1.64	2.03	2.38	ND	0.00	ND	1.51
	2.01			0.00			
균등도(J')	0.61	0.70	0.84	ND	ND	ND	0.72
	0.72			ND			
풍부도(R)	1.86	2.32	2.52	ND	0.00	ND	1.67
	2.23			0.00			

*ND, 자료 없음(분석 제외)



[그림 6-11] 2018년 7월 고파도 갯벌 저서동물의 정점별 생태지수 비교

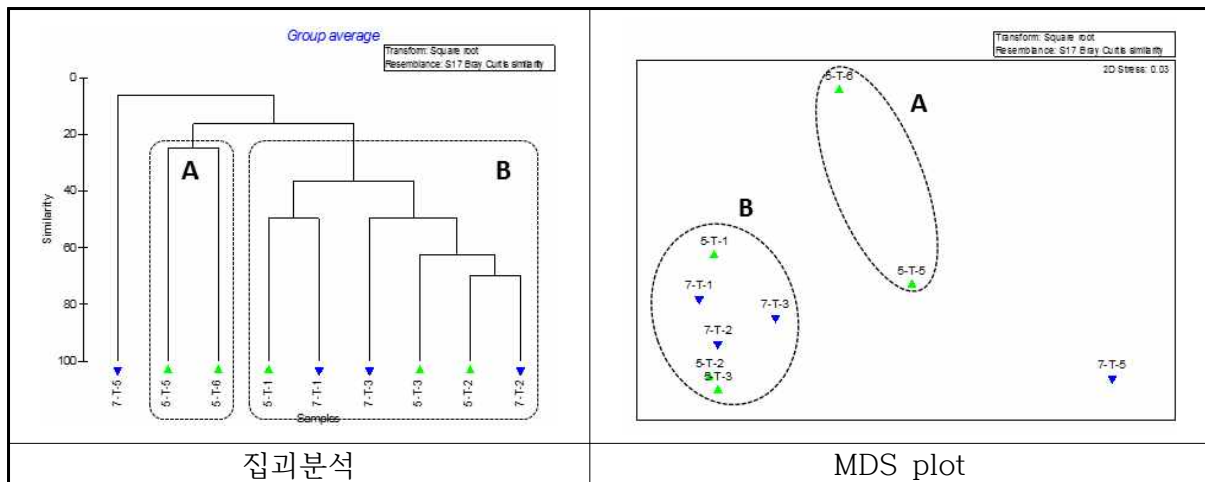
(6) 군집 및 MDS 분석

- 2018년 고파도 갯벌 저서동물군집의 시·공간적인 분포 특성을 파악하기 위해서 2018년 5월과 7월에 조사된 출현종별 서식밀도 및 생체량 자료를 바탕으로 다변량 집괴분석(cluster analysis)과 MDS(Multi-dimensional scaling)를 각각 실시하였음. 구분된 군집의 기여종(특징종)을 알기위해 SIMPER(similarity percentage) 분석하였으며, 더

불어 각 해역간(폐염전 내측 vs 외측) 군집의 유의성 검증은 one-way ANOSIM (Analysis of similarities) 분석을 이용하였음

■ 서식밀도 기준 분석

- 서식밀도 기준 고파도 갯벌의 저서동물 군집은 정점군 2개(A와 B)로 구분되었음(그림 6-12, 표 6-15). 정점군별 군집 특성을 살펴보면, 먼저 정점군 A의 경우, 폐염전 내측 갯벌에 위치한 정점 5와 6으로 이루어졌으며, 기여종(학명, 기여율)은 환형동물의 버들갯지렁이류(*H. filiformis*, 100.0%)로 1종만 선정되었음. 정점군 B는 폐염전 외측 갯벌에 위치한 정점 1, 2와 3으로 구성되었으며, 기여종(학명, 기여율)은 환형동물의 버들갯지렁이류(*H. filiformis*, 23.9%)와 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*, 13.6%), 연체동물의 바지락(*R. philippinarum*, 11.8%) 등이 선정되었음



[그림 6-12] 다변량 분석을 통한 2018년 고파도 저서동물군집 분포(서식밀도 기준)

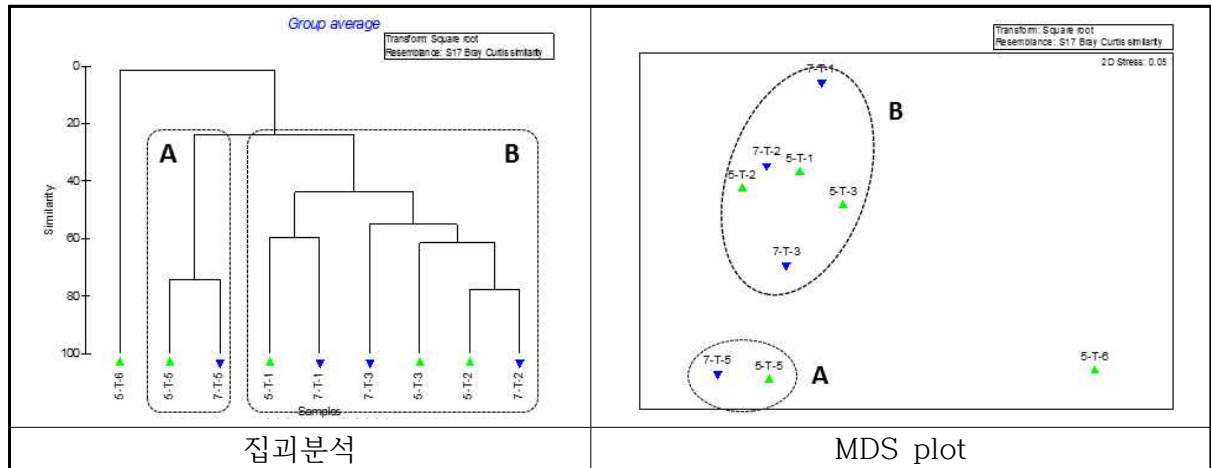
[표 6-15] 2018년 고파도 저서동물의 정점군별 군집 기여종(서식밀도 기준)

정점군	A	B
자료유형	서식밀도	
정점	정점 5, 6 : 5월	정점 1, 2, 3 : 5월, 7월
기여종 (기여율)	<i>Heteromastus filiformis</i> (100.0%)	<i>Heteromastus filiformis</i> (23.9%)
	—	<i>Nephtys polybranchia</i> (13.6%)
	—	<i>Ruditapes philippinarum</i> (11.8%)

■ 생체량 기준 분석

- 생체량 기준 고파도 갯벌의 저서동물 군집은 정점군 2개(A와 B)로 구분됨(그림 6-13, 표 6-16). 정점군별 군집 특성을 살펴보면, 먼저 정점군 A의 경우, 폐염전 내측 갯벌

에 위치한 정점 5로 이루어졌으며, 기여종(학명, 기여율)은 절지동물의 칠게(*M. japonicus* 100.0%)로 1종만 선정되었음. 정점군 B는 폐염전 외측 갯벌에 위치한 정점 1, 2와 3으로 구성되었으며, 기여종(학명, 기여율)은 연체동물의 바지락(*R. philippinarum*, 53.6%), 절지동물의 칠게(*M. japonicus*, 19.8%)와 환형동물의 버들갯지렁이류(*H. filiformis*, 4.9%)로 선정되었음



[그림 6-13] 다변량 분석을 통한 2018년 고파도 저서동물군집 분포(생체량 기준)

정점군	A	B
자료유형	생체량	
정점	정점 5 : 5월, 7월	정점 1, 2, 3 : 5월, 7월
기여종 (기여율)	<i>Macrophthalmus japonicus</i> (100.0%)	<i>Ruditapes philippinarum</i> (53.6%)
	—	<i>Macrophthalmus japonicus</i> (19.8%)
	—	<i>Heteromastus filiformis</i> (4.9%)

[표 6-16] 2018년 고파도 저서동물의 정점군별 군집 기여종(생체량 기준)

■ 저서동물군집의 분포 특성

- 집괴분석 결과를 종합해 보면, 저서동물 군집은 서식밀도와 생체량 기준 모두 시기적(계절) 차이보다는 지리적 차이(폐염전 내측 갯벌 vs 외측 갯벌)로 인하여 군집 분포를 달리하였음. 이러한 군집의 차이는 ANOSIM test 결과에서도 유의한 것으로 나타남($p < 0.05$)(표 6-17)
- 폐염전 내측 갯벌에 속하는 정점군(A)은 폐염전 외측 갯벌 정점군(B)들 보다 빈약한 생물상을 보였으며, 기여종에 있어, 폐염전 내측 갯벌 정점군에서는 출현 종들이 적어 단일종에 의해서 군집 분포가 결정(기여율)되는 단순한 생태계 구조를 지닌 것으로 판단됨. 반면, 폐염전 외측 갯벌 정점군은 내측 갯벌보다 풍부한 생물상을 보이고, 특징 종에 있어 버들갯지렁이류(*H. filiformis*)와 바지락(*R. philippinarum*) 등 여러종들이

선정됨에 따라 복잡한 생태계 구조를 지닌 것으로 사료됨

- 이러한 군집 구조의 차이는 지역적 특성에 기인한 것으로 판단된다. 폐염전 내측 갯벌의 경우, 해수의 유통이 원활하지 못한 폐쇄적인 지형 구조로 육상기원의 담수 및 유기물 유입에 그대로 노출되어 있어, 저서동물이 생육하기에 어려운 환경조건을 반영한 결과임
- 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌과 달리, 개방적인 지형 구조로 외해와 원활한 해수유통으로 저서동물의 생존 및 생육을 저해하는 환경적 스트레스 정도가 낮아, 안정적인 서식환경을 기반으로, 내측 보다 높은 현존량과 다양한 생물상이 출현한 것으로 판단됨

[표 6-17] 2018년 고파도 저서동물의 해역별 유사성 분석

ANOSIM	항 목	R statistic	Significance(p)
폐염전 외측 갯벌(정점 1,2,3) vs 폐염전 내측 갯벌(정점 4,5,6)	서식밀도	0.852	p<0.05
	생체량	0.765	

(7) BIO-ENV

- 2018년 5월 고파도 갯벌의 저서동물과 환경과의 상관관계를 분석하기 위하여 BIO-ENV를 수행하였으며, 7월의 경우 퇴적 및 수질환경 분석자료가 없어 제외하였음
- 저서동물 군집의 구조와 분포를 잘 설명하는 단일변수로는 강열감량이 상관계수 0.503를 나타내어 가장 큰 영향력을 보였으며, 조합변수는 분급도와 강열감량의 조합이 상관계수 0.697을 보여 가장 높은 상관성을 기록하였음(표 6-18)
- 강열감량과 COD는 유기물질의 오염정도를 알 수 있는 평가 항목으로써, 유기물의 부하량이 강해지면 환경 변화에 민감한 종의 서식밀도 및 종수가 감소하고 그 대신 기회종이 새롭게 대량 유입되는 군집구조의 변화가 일어나는 것으로 알려져 있음(Seo et al., 2013). 따라서 폐염전의 내측과 외측은 지역적인 해수유통 정도에 따라 유기물 함량이 결정되며, 저서동물 군집 역시 분포를 달리하는 것으로 판단됨
- 또한 퇴적 환경은 저서동물 군집의 구조를 결정짓는 중요한 인자로(Levinton, 1995), 퇴적물의 이질성을 나타내는 분급도의 경우 그 정도에 따라 생물다양성 또는 서식밀도가 영향을 받는 것으로 알려져 있어(Seo, 2003), 본 저서동물 군집 역시 퇴적물의 입자의 균일 정도에 따라서 군집 분포에 영향을 받는 것으로 확인되었음

- 결과적으로 고파도 갯벌에서는 지역 특성에 따른 환경의 차이(유기물 함량, 퇴적상 등)로 인하여 빈약한(내측 갯벌) 또는 풍부한 생물상(외측 갯벌)이 출현하는 상반된 결과가 나올 수 있다는 것을 의미함

[표 6-18] 2018년 5월 고파도 저서동물과 환경요인과의 상관관계

순위	단일변수	상관계수	조합변수	상관계수
1	강열감량	0.503	분급도, 강열감량	0.697
2	COD	0.479	모래함량, 분급도, 강열감량	0.685
3	클로로필-a	0.370	모래함량, 분급도, 강열감량, COD	0.661

(8) 갯벌 생태계 건강도 지수

- 2018년 5월 고파도 갯벌에서 관찰된 저서동물의 건강도(ISEP)를 살펴보았으며, 7월의 경우 퇴적환경 분석 자료가 없어 제외하였음
- 5월의 갯벌 건강도 등급은 평균 4등급으로 “보통”에 해당되며, 정점별 1등급~7등급의 변동 범위를 보였으며, 정점 1과 5에서 최고등급(1등급; 매우 좋음)을, 정점 4에서 최저등급(7등급; 아주 나쁨)을 기록하였음(표 6-19)
- 폐염전 내·외측 갯벌을 살펴보면 내측과 외측 모두 평균 4등급으로 동일한 등급으로 평가되었지만, 내측의 경우 “매우 나쁨”에 해당되는 7등급(정점 4)까지 관찰되었음
- 폐염전 내측 갯벌에 위치한 정점 5의 경우, 출현종수가 폐염전 외측 보다 현저히 낮은 5종을 기록하였지만, 건강도는 “매우 좋음” 해당되는 1등급으로 평가 되었다. 이러한 이유는 ISEP 지수 산출 방법에서 찾을 수 있음. ISEP 지수의 계산 특성상 서식밀도와 생체량간 다양도(또는 균등도)에 대한 상대적인 비율로 지수 값이 결정됨에 따라, 정점에 있어 낮은 출현종수와 서식밀도임에도 불구하고 그보다 높은 생체량을 기록한다면, 높은 건강 등급으로 과대 평가받을 가능성이 있음
- 따라서 향후 보다 정확한 건강성을 판단을 위해서는 전문가 의견을 바탕으로 저서동물 건강도 지표를 2개 이상 병용하여 진단하는 등 표본에 대한 신중하고 세심한 관찰이 필요함(Dauvin, 2007)

6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

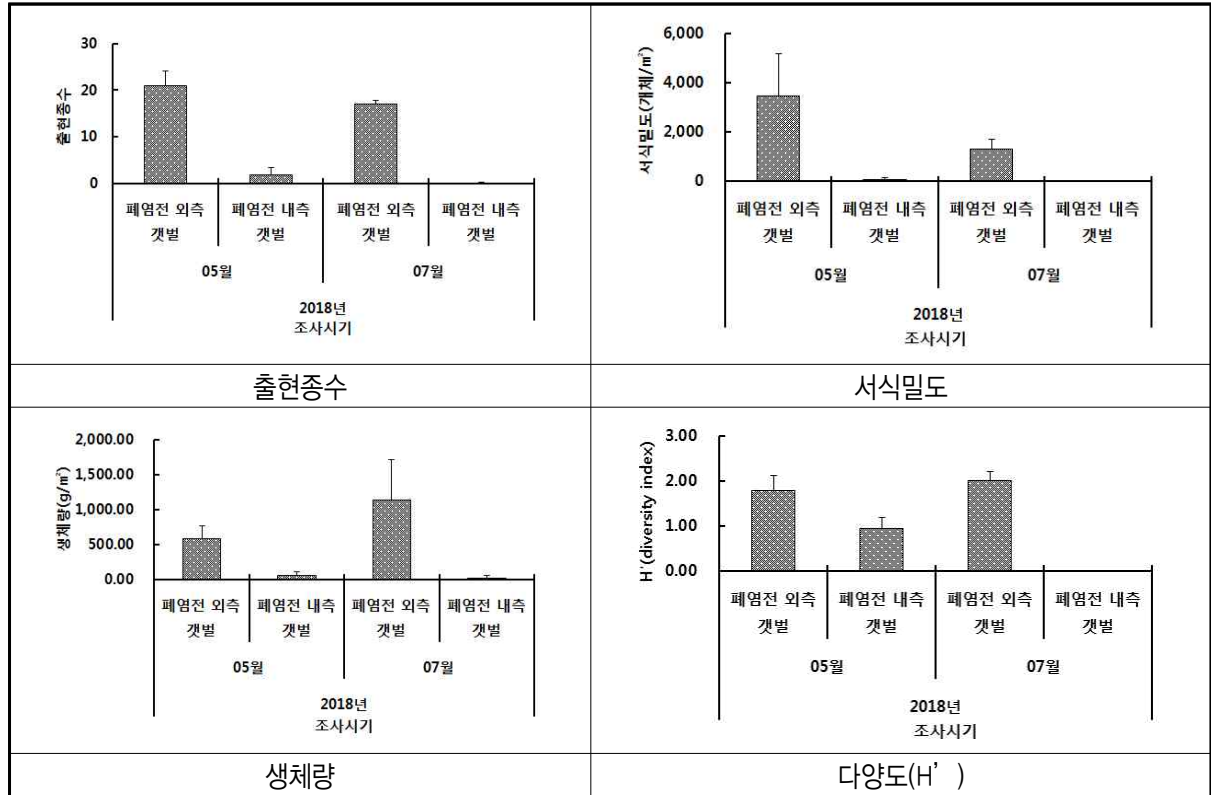
[표 6-19] 2018년 5월 고파도 저서동물의 ISEP 등급

구분	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌			평균
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	
등급	1	5	6	7	1	5	4
평균	4			4			

4) 종합 결론

- 고파도 갯벌에서 수행된 2018년 5월(춘계)과 7월(하계)의 조사결과를 바탕으로 저서동물군집의 시·공간적인 변동 특성을 살펴보았음
- 출현종수의 경우, 폐염전 외측 갯벌의 전체 평균은 19 종/0.1 m²이며, 춘계(21 종/0.1 m²)와 하계(17 종/0.1 m²)간 유사한 종수를 기록하였음. 내측 갯벌의 전체 평균은 1 종/0.1 m²이며 외측과 동일하게 계절간(춘계: 2 종/0.1 m², 하계: 0 종/0.1 m²)차이를 보이지 않았다. 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌에 비해 월등히 높은 종수가 조사시기동안 꾸준히 관찰되었음(그림 6-14)
- 서식밀도의 경우, 폐염전 외측 갯벌의 전체 평균은 평균 2,398 개체/m²으로 춘계(3,473 개체/m²)가 하계(1,323 개체/m²)보다 상대적으로 높은 밀도를 보였으며, 이는 버들갯지렁이류(*H. filiformis*)가 춘계에 다량으로 출현하였기 때문임. 내측 갯벌의 전체 평균은 40 개체/m²이며 외측과 마찬가지로 춘계(77 개체/m²)가 하계(3 개체/m²)보다 다소 높은 밀도를 보임. 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌에 비해 월등히 높은 서식밀도를 조사시기동안 꾸준히 유지하였음(그림 6-14)
- 생체량의 경우, 폐염전 외측 갯벌의 전체 평균은 863.42 g/m²이며 하계(1,134.06 g/m²)가 춘계(592.79 g/m²)보다 상대적으로 높은 생체량을 보였으며, 이는 바지락(*R. philippinarum*)의 생체량이 춘계보다 하계에 높았기 때문임. 내측 갯벌의 전체 평균은 42.07 g/m²이며 춘계(55.40 g/m²)가 하계(28.74 g/m²)보다 다소 높은 값을 보임(그림 6-14)
- 다양도 지수의 경우, 폐염전 외측 갯벌의 전체 평균은 1.90 이며 하계(2.01)가 춘계(1.79)보다 상대적으로 다양한 생물상을 보였으며, 내측 갯벌의 전체 평균은 0.32 이며 춘계(0.95)가 하계(0.00)보다 높은 수준을 보임. 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌에 비해 높은 생물다양성을 보임(그림 6-14)
- 이를 종합한 결과, 저서동물의 현존량 측면에서 폐염전 외측 갯벌은 내측 갯벌에 비해 상대적으로 풍부한 생물상을 지녔으며, 갯벌의 생산력(생체량) 역시 월등히 높은 것으로 평가됨. 이러한 결과는 외해에 접해 있는 개방형 특성으로 판단됨
- 폐염전 내측 갯벌의 경우, 무생물(저서동물) 지역(정점)이 빈번히 출현하였으며, 소수 종(버들갯지렁이류(*H. filiformis*), 칠게(*M. japonicus*) 등)의 출현만으로도 군집의 특성이 결정되었음. 내측 갯벌은 1940년대 매립되어 염전으로 활용되었으며, 2000년대 이후에는 양어장으로 사용하다 현재 방치되어있어, 인근지역의 오염원으로 전락되었

음. 이에 따른 폐염전 내 유기물 축적 및 인근 육상으로부터의 오염물질 또는 담수 유입 등이 저서동물에게 환경적 스트레스로 작용될 가능성이 매우 높으며, 이러한 결과로 빈약한 생물상을 보인 것으로 판단됨



[그림 6-14] 2018년 고파도 저서동물군집의 시·공간적 분포

5) 참고 자료 (저서 출현종 목록, 갯벌생태조사 사진)

(1) 저서동물 출현종 목록

■ 2018년 5월 서식밀도

동물군	종명	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌		
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Annelida	<i>Aonides oxycephala</i>	10					
	<i>Aricidea assimilis</i>		90	60			
	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	20					
	<i>Cirrophorus furcatus</i>		10				
	<i>Eteone longa</i>			20		10	
	<i>Glycera chirori</i>	40		10			
	<i>Glycera dentribranchia</i>	10					
	<i>Glycera subaenea</i>		20				
	<i>Glycinde gurjanovae</i>		40				
	<i>Goniada japonica</i>		20	20			
	<i>Heteromastus filiformis</i>	130	1,560	4,730		70	20
	<i>Lagis bocki</i>			10			
	<i>Lumbrineris nipponica</i>		30	150			
	<i>Mediomastus californiensis</i>	10	240	460			
	<i>Nephtys polybranchia</i>	20	430	730			10
	<i>Paraonis gracilis</i>		30				
	<i>Perinereis aibuhitensis</i>					10	
	<i>Polydora</i> sp.		10				
	<i>Pseudopolydora kemp</i>	10		10			
	<i>Scolecopsis kudenovi</i>		120	80			
Arthropoda	<i>Scoloplos armiger</i>			20			
	<i>Sigambra tentaculata</i>		20	70			
	Ampithoidae spp.	40	10				
	Caprellidae sp.		10				
	Corophiidae sp.	10					
	<i>Diastylis</i> sp.	40					
	Gammaridea spp.		10			20	
	<i>Ilyoplax pingi</i>		10				
	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	10					
	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	40	170	160		90	
	Melitidae sp.		40				
	<i>Palaemon</i> sp.	10					
Mollusca	<i>Philyra pisum</i>		10				
	Sphaeromatidae sp.	10					
	<i>Bullacta exarata</i>		20	10			
	<i>Hima festiva</i>		30				
	<i>Laternula</i> sp.	40					
	<i>Macoma incongrua</i>		30				
	<i>Moerella rutila</i>		90	10			
Nemertea	<i>Nitidotellina minuta</i>		10				
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	210	80	30			
	Nemertinea sp.		20	20			
	합계 (개체/m ²)	660	3,160	6,600	0	200	30
	출현종수 (종/0.1m ²)	17	27	18	0	5	2

6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

■ 2018년 5월 생체량

동물군	종명	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌		
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Annelida	<i>Aonides oxycephala</i>	0.16					
	<i>Aricidea assimilis</i>		0.7	0.26			
	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	0.04					
	<i>Cirrophorus furcatus</i>		0.05				
	<i>Eteone longa</i>			0.24		0.11	
	<i>Glycera chirori</i>	13.13		0.04			
	<i>Glycera dentribranchia</i>	6.49					
	<i>Glycera subaenea</i>		0.04				
	<i>Glycinde gurjanovae</i>		0.46				
	<i>Goniada japonica</i>		1.41	0.59			
	<i>Heteromastus filiformis</i>	0.69	13.28	54.43		0.24	0.06
	<i>Lagis bocki</i>			1.6			
	<i>Lumbrineris nipponica</i>		1.61	8.19			
	<i>Mediomastus californiensis</i>	0.01	0.83	1.73			
	<i>Nephtys polybranchia</i>	0.18	3.46	7.09			0.02
	<i>Paraonis gracilis</i>		0.05				
	<i>Perinereis aibuhitensis</i>					4.47	
	<i>Polydora</i> sp.		0.02				
	<i>Pseudopolydora kemp</i>	0.01		0.04			
	<i>Scolecopsis kudenovi</i>		1.52	1.92			
	<i>Scoloplos armiger</i>			0.23			
	<i>Sigambra tentaculata</i>		0.05	0.18			
Arthropoda	Ampithoidae spp.	0.08	0.01				
	Caprellidae sp.		0.01				
	Corophiidae sp.	0.01					
	Diastylis sp.	0.01					
	Gammaridea spp.		0.01			0.01	
	<i>Ilyoplax pingi</i>		0.01				
	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	0.23					
	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	89.59	131.83	38.01		161.28	
	Melitidae sp.		0.11				
	<i>Palaemon</i> sp.	0.93					
	<i>Philyra pisum</i>		24.28				
	Sphaeromatidae sp.	0.01					
Mollusca	<i>Bullacta exarata</i>		5.99	2.1			
	<i>Hima festiva</i>		10.62				
	<i>Laternula</i> sp.	0.68					
	<i>Macoma incongrua</i>		78.26				
	<i>Moerella rutila</i>		22.45	5.81			
	<i>Nitidotellina minuta</i>		0.53				
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	834	201.39	210.15			
Nemertea	Nemertinea sp.		0.06	0.46			
합계 (g/m ²)		946.25	499.04	333.07	0	166.11	0.08
출현종수 (종/0.1m ²)		17	27	18	0	5	2

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

■ 2018년 7월 서식밀도

동물군	종명	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌		
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Annelida	<i>Aricidea assimilis</i>		20	10			
	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	50					
	<i>Cirrophorus armatus</i>	10					
	<i>Glycera chirori</i>	40	10				
	<i>Glycera subaenea</i>		10				
	<i>Glycinde gurjanovae</i>		10				
	<i>Heteromastus filiformis</i>	200	590	150			
	<i>Lumbrineris nipponica</i>		30	20			
	<i>Mediomastus californiensis</i>	180	130	40			
	<i>Minuspio japonica</i>			10			
	<i>Nephtys polybranchia</i>	80	220	80			
	<i>Paraleonnates uschakovi</i>			10			
	<i>Pseudopolydora kempi</i>	240	10				
	<i>Scolelepis kudenovi</i>		50	20			
	<i>Scolelepis</i> sp.			10			
	<i>Sigambra tentaculata</i>	20					
Arthropoda	Ampithoidae spp.	10					
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	10					
	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	10	120	80		10	
	Melitidae sp.	20		30			
	<i>Philyra pisum</i>		10	10			
Mollusca	<i>Batillaria cumingii</i>			20			
	<i>Bullacta exarata</i>		10	10			
	<i>Hima festiva</i>	10	20	10			
	<i>Macoma incongrua</i>		20				
	<i>Moerella rutila</i>		30				
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	990	210	10			
Nemertea	Nemertinea sp.	10	20	50			
합계 (개체/㎡)		1,880	1,520	570	0	10	0
출현종수 (종/0.1㎡)		15	18	17	0	1	0

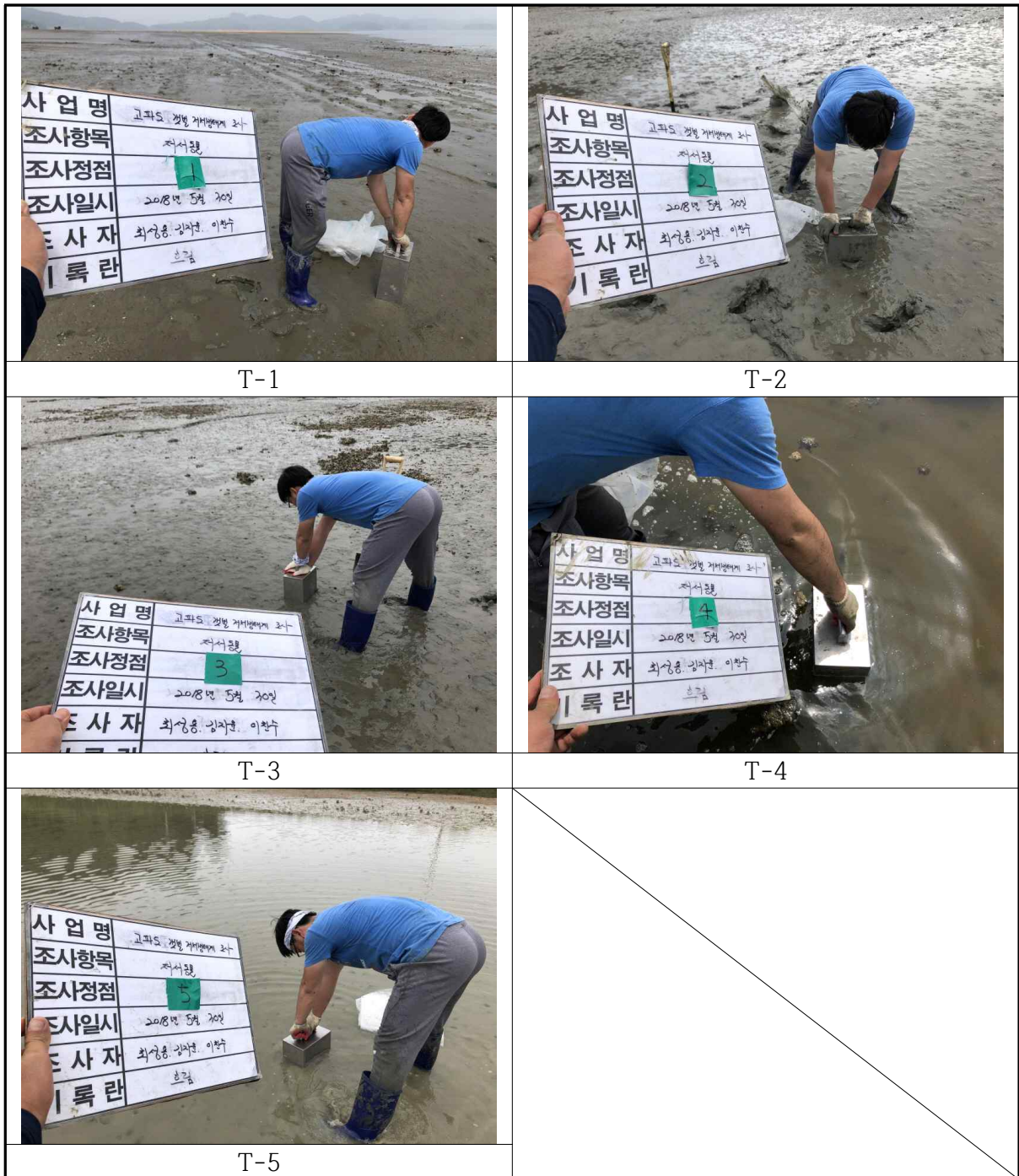
6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

■ 2018년 7월 생체량

동물군	종명	폐염전 외측 갯벌			폐염전 내측 갯벌		
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
Annelida	<i>Aricidea assimilis</i>		0.22	0.01			
	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	1.53					
	<i>Cirrophorus armatus</i>	0.01					
	<i>Glycera chirori</i>	1.6	0.32				
	<i>Glycera subaenea</i>		0.01				
	<i>Glycinde gurjanovae</i>		0.17				
	<i>Heteromastus filiformis</i>	3.2	6.6	0.51			
	<i>Lumbrineris nipponica</i>		1.03	1.3			
	<i>Mediomastus californiensis</i>	0.64	0.7	0.01			
	<i>Minuspio japonica</i>			0.02			
	<i>Nephtys polybranchia</i>	0.84	2.1	1.1			
	<i>Paraleonnates uschakovi</i>			0.65			
	<i>Pseudopolydora kemp</i>	0.27	0.01				
	<i>Scolecopsis kudenovi</i>		0.36	0.84			
	<i>Scolecopsis</i> sp.			0.06			
	<i>Sigambra tentaculata</i>	0.02					
Arthropoda	Ampithoidae spp.	0.01					
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	12.22					
	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	0.78	51.31	111.94		86.21	
	Melitidae sp.	0.01		0.01			
	<i>Philyra pisum</i>		10.59	33.11			
Mollusca	<i>Batillaria cumingii</i>			16.48			
	<i>Bullacta exarata</i>		5.76	11.2			
	<i>Hima festiva</i>	3.23	7.41	3.93			
	<i>Macoma incongrua</i>		79.44				
	<i>Moerella rutila</i>		10.66				
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	2,217.36	724.85	77.47			
Nemertea	Nemertinea sp.	0.01	0.07	0.2			
합계 (g/m ²)		2,241.73	901.61	258.84	0	86.21	0
출현종수 (종/0.1m ²)		15	18	17	0	1	0

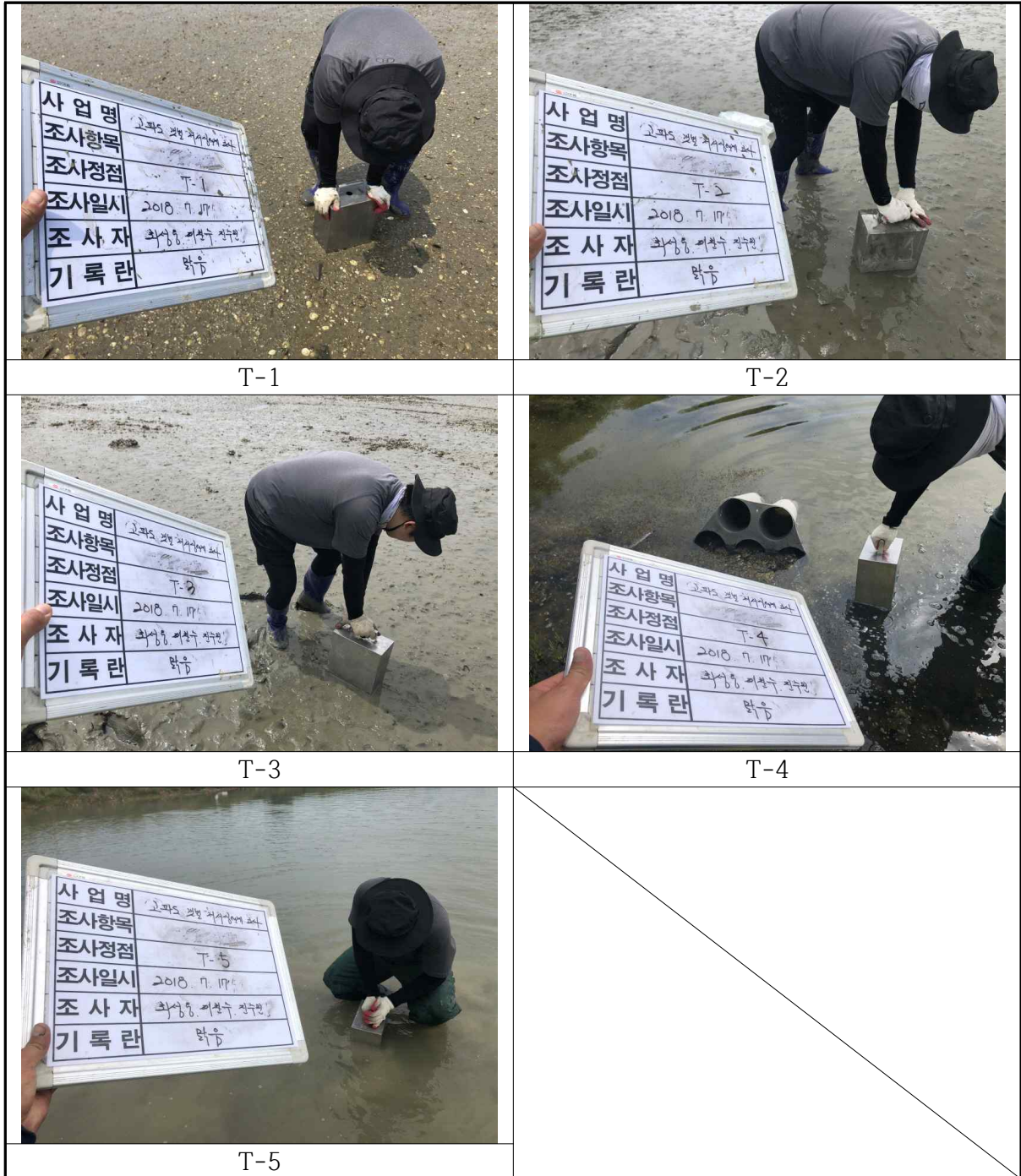
(2) 갯벌생태조사 사진

■ 2018년 5월



6. 고파도 갯벌 저서생태계 조사

■ 2018년 7월



제7장

수치모형 실험 및 기본구상

1. 해수유동 실험

2. 퇴적물이동 실험



7. 수치모형 실험 및 기본구상

1) 해수유동 실험

(1) 실험개요

가. 실험 목적

- 해수유동 실험은 사업지구 인근의 해수유동 현황을 재현하고, 염전 갑문 확장에 따른 유동변화를 고려하여 염전 내부의 조위변화를 파악함

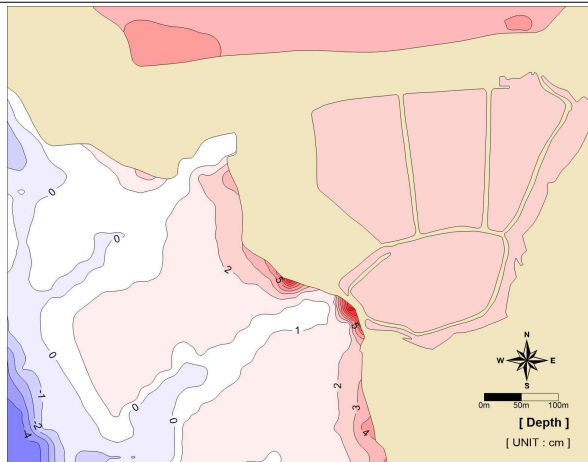
나. 실험 개요

- 해수유동 수치모형실험은 모형의 수립, 검증 및 예측 실험의 과정으로 수행됨
- 모형의 수립은 대상해역을 적절한 격자망으로 분할한 후 최신의 지형자료를 이용하여 해안선, 수심 및 경계조건을 모형 내에 적용하는 단계이고, 다음 과정인 모형 검증에서는 수립된 모형을 운용하여 현재 상태에 대한 모형 결과가 현장 관측치와 잘 일치할 때까지 개방경계조건 및 각종 계수조건을 적절히 조정하는 과정임
- 해수유동 실험은 대상영역 해수유동 현황을 재현하기 위하여 미 EPA에서 공인된 EFDC(Environmetal Fluid Dynamics Code) 모델을 사용하였음
- 실험시 입력조석은 M_2 , S_2 , K_1 , O_1 의 주요 4개분조를 외해 경계조건으로 설정하여 실험을 실시하였으며, 해수유동 실험의 개요는 [표 7-1]에 제시된 바와 같음
- 실험은 고파도 염전의 배수갑문 조건별(갑문1기 개방, 갑문2기 개방)로 실험을 수행하였음

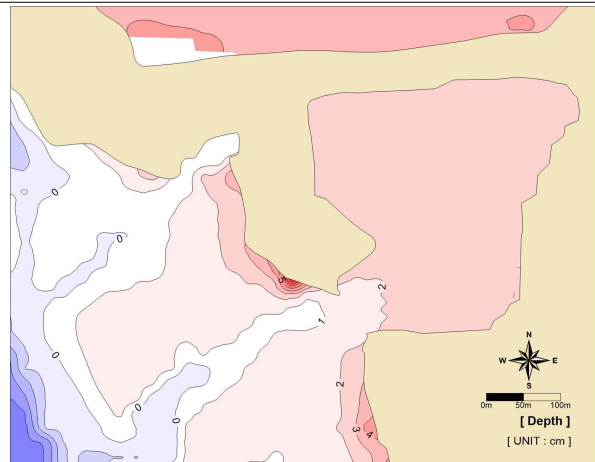
[표 7-1] 해수유동 실험 개요

구 분		내 용
실험목적		• 고파도 염전 내·외측해역 유동장 재현
사용모형		• EFDC 모형
수심자료		• 국립해양조사원 발행해도와 수심측량자료
격자체계	격자간격	• 20 ~ 200m(직교곡선격자)
	격자수	• 27,927개
	수직층	• 수심평균
실험조건		<ul style="list-style-type: none"> • 개방 경계에서 수위변화 입력 • 갑문운영 조건 입력
실험안		<ul style="list-style-type: none"> • CASE0 : 현상태 조건 • CASE1 : 내측 제방제거, 부지정리 • CASE2 : 내측 제방제거, 부지정리, 암거설치 • CASE3 : 내측 제방제거, 표고 정리, 암거설치

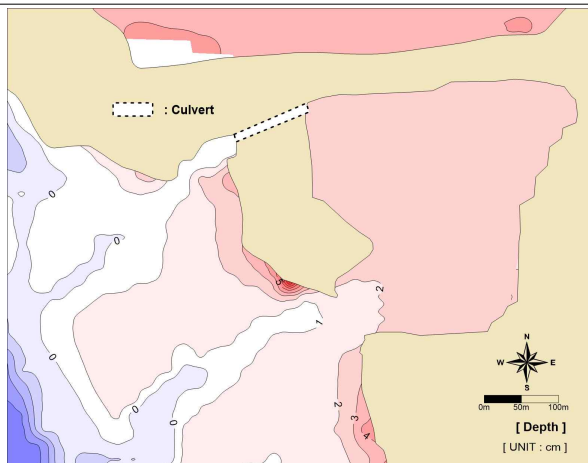
초기수심 조건(CASE 0)



초기수심 조건(CASE 1)



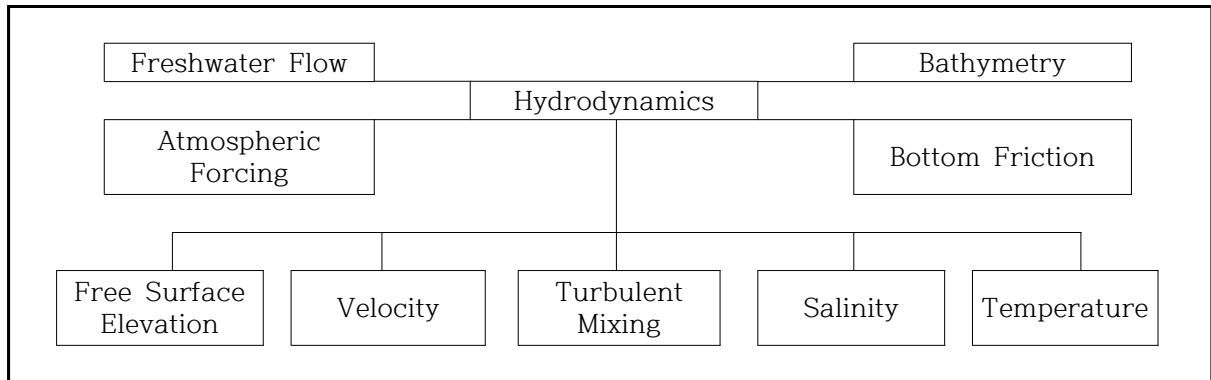
초기수심 조건(CASE 2)



(2) 사용 모델

가. 모델 개요

- EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 3차원 모델은 VIMS(Virginia Institute of Marine Science, Hamrick, 1992)에서 개발된 모델로 3차원 해수유동과 물질이동을 재현하는 다변수 유한차분 모델이며, 다음과 같이 기본 흐름도를 제시하였음



[그림 7-1] Flow Chart

- EFDC 모델은 수직적으로 3차원적인 계산이 용이하며, 수질 모델과 퇴적물 이동 모델과 접합이 용이한 장점을 가지고 있음(Sission et al., 1997)
- EFDC 모델은 물리·수치 해석적으로 Blumberg and Mellor(1987)의 모델과 많은 공통점을 가지고 있으며, 해수와 담수체계에 모두 적용할 수 있도록 다양한 밀도장에서의 3차원 수직 정역학, 자유표면, 와동 점성 및 경압과 순압 방정식의 해를 구함
- 연직방향에서의 와동 점성과 확산은 Mellor and Yamada(1982)의 level 2½ turbulent closure scheme을 변형한 Galperin's et al.(1988)의 방법에 기초함
- 마찰에 대한 저층응력은 퇴적층과 수층간의 경계층에서의 운동량 상실로 묘사되고, 바닥부근 속도에 대한 2차 함수를 이용한 와류 경계층 방정식을 사용하여 표현됨
- EFDC 모델은 mass-conserving scheme을 이용하여 천해역에서 3차원의 조간대 처리가 가능하도록 설계되어 있으므로 조간대가 넓게 분포된 우리나라 연안에 적용이 용이한 장점을 가지고 있음

나. 지배 방정식

- 3차원 EFDC 모델의 지배방정식은 다음과 같음
 - 연속방정식

$$\partial_t(m_x m_y \zeta) + \partial_x(m_y H u) + \partial_y(m_x H v) + \partial_z(m_x m_y w) = 0$$

- 운동방정식

$$\begin{aligned}
 & \partial_t(m_x m_y H u) + \partial_x(m_y H u u) + \partial_y(m_x H v u) + \partial_z(m_x m_y w u) \\
 & - (m_x m_y f + v \partial_x m_y - u \partial_y m_x) H v \\
 = & -m_y H \partial_x(g \zeta + p) - m_y (\partial_x h - z \partial_x H) \partial_z p + \partial_z(m_x m_y H^{-1} A_v \partial_z u) + Q_u \\
 & \partial_t(m_x m_y H v) + \partial_x(m_y H u v) + \partial_y(m_x H v v) + \partial_z(m_x m_y w v) \\
 & - (m_x m_y f + v \partial_x m_y - u \partial_y m_x) H u \\
 = & -m_x H \partial_y(g \zeta + p) - m_x (\partial_y h - z \partial_y H) \partial_z p + \partial_z(m_x m_y H^{-1} A_v \partial_z v) + Q_v
 \end{aligned}$$

- 수심적분 연속방정식(수직경계조건에 사용)

$$\partial_t(m \zeta) + \partial_x(m_y H \int_0^1 u dz) + \partial_y(m_x H \int_0^1 v dz) = 0$$

- 정역학방정식

$$\partial_z p = -g H (\rho - \rho_0) \rho_0^{-1} = -g H b$$

- 여기서,

- u, v : x, y 방향에서 수평속도성분
 h, ζ : 수심, 수위
 H : 전체 수심($= h + \zeta$)
 m_x, m_y : 곡선좌표계 임의거리 $ds^2 = m_x^2 dx^2 + m_y^2 dy^2$ 을 만족시키는 metric tensor의 대각성분의 제곱근
 w : 변환된 무차원 연직좌표계 z 에서의 수직유속성분
 실제좌표의 수직유속 w^* 와는 다음과 같은 관계를 가짐

$$\begin{aligned}
 w = w^* - z & (\partial_t \zeta + u m_x^{-1} \partial_x \zeta + v m_y^{-1} \partial_y \zeta) \\
 + (1 - z) & (u m_x^{-1} \partial_x h + v m_y^{-1} \partial_y h)
 \end{aligned}$$

- 여기서,

- p : 압력, 수심 z 에서 평균수압($\rho_o g H(1 - z)$)으로부터의 변위를 ρ_o 로 나눈 값
 f : Coriolis parameter
 ρ : 밀도 ρ_o : 기준밀도
 g : 중력가속도 b : 부력
 A_v : 수직 난류점성 계수
 Q_u, Q_v : momentum source-sink term

- 수직난류 점성 및 확산계수는 second moment turbulence closure model(Mellor and Yamada, 1982; Galperin et al., 1988)을 사용하여 계산되며, turbulence intensity(q), turbulence length scale(l), Richardson number(R_q)와 다음과 같은 관계를 나타냄

$$A_v = \phi_v q l = 0.4(1 + 36R_q)^{-1} (1 + 6R_q)^{-1} (1 + 8R_q) q l$$

$$A_b = \phi_b q l = 0.5(1 + 36R_q)^{-1} q l$$

$$R_q = \frac{gH \partial_z b}{q^2} \frac{I^2}{H^2}$$

- 여기서, ϕ_v , ϕ_b 는 stability function임
- 또한, Turbulence intensity와 turbulence length scale은 수송방정식으로부터 다음과 같이 정의됨

$$\begin{aligned} & \partial_t(m_x m_y H q^2) + \partial_x(m_y H u q^2) + \partial_y(m_x H v q^2) + \partial_z(m_x m_y w q^2) \\ & = \partial_z(m_x m_y H^{-1} A_q \partial_z q^2) + Q_q + 2m_x m_y H^{-1} A_v ((\partial_z u)^2 + (\partial_z v)^2) \\ & + 2m_x m_y g A_b \partial_z b - 2m_x m_y H (B_1 l)^{-1} q^2 \\ & \partial_t(m_x m_y H q^2 l) + \partial_x(m_y H u q^2 l) + \partial_y(m_x H v q^2 l) + \partial_z(m_x m_y w q^2 l) \\ & = \partial_z(m_x m_y H^{-1} A_q \partial_z q^2 l) + Q_1 + m_x m_y H^{-1} E_1 l A_v ((\partial_z u)^2 + (\partial_z v)^2) \\ & + m_x m_y g E_1 E_3 l A_b \partial_z b - m_x m_y H B_1^{-1} q^3 (1 + E_2 (\kappa L)^{-2} l^2) \\ & L^{-1} = H^{-1} (z^{-1} + (1 - z)^{-1}) \end{aligned}$$

- 여기서,

$$\begin{aligned} B_1, E_1, E_2, E_3 & : \text{경험 상수} \\ Q_q, Q_1 & : \text{additional source-sink term} \\ A_q & : \text{수직확산계수} \\ A_v & : \text{수직난류점성계수} \end{aligned}$$

- 저면 마찰은 kinematic shear stress에 따라 다음의 식으로 결정됨

$$\begin{aligned} A_v H^{-1} \partial_z (u, v)_{z=0} & = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = c_b \sqrt{u_1^2 + v_1^2} (u_1, v_1) \\ c_b & = (\kappa^{-1} \ln(\Delta_1 / 2z_0))^{-2} \end{aligned}$$

- 여기서,

$$\begin{aligned} c_b & : \text{Drag Coefficient} \\ \kappa & : \text{von Karman 상수}(0.4) \\ \Delta_1 & : \text{무차원 저층 두께} \\ z_0 & : = z_0^* / H, \text{ 무차원 roughness height} \end{aligned}$$

- 이 모델은 staggered grid에 속하는 Arakawa C grid를 사용하며, 동쪽으로 갈수록 x가, 북쪽으로 갈수록 y가, 수직 위쪽으로 갈수록 z가 증가하는 좌표계를 사용함
- 기본방정식의 수치해법은 유한차분법 (finite difference method)과 질량 및 부피 보존을 위한 유한체적법 (finite volume method)을 사용함

- 수심, 잉여압력, 해저면 경사의 차분화시 2차 정확도를 갖는 중앙차분법(centered differencing)을 사용함
- 운동방정식에서 coriolis force항과 curvature항은 2차 정확도를 갖는 에너지 보존 기법(Arakawa and Lamb, 1977)을 사용함
- 빠르게 전파되는 외부 중력파를 모의하는 외부 모드(external mode) 계산시 수평 방향으로, 수직적 구조를 모의하는 내부 모드(internal mode) 계산시 수직 방향으로 음해법을 적용하므로 계산 효율이 높음
- 시간 미분항 역시 2차 정확도를 갖는 three-time-level, leap-frog 기법과 반 음해법을 적용하였으며, three-time-level 기법의 사용시 발생하는 time step splitting을 억제하기 위하여 two-time-level의 trapezoidal step을 첨가하는 trapezoidal leap-frog 기법을 사용함
- 질량 보존방정식의 이류항을 전방차분법(upwind differencing)으로 해석하면 안정적인 결과를 주고 음의 농도를 발생시키지 않는 장점이 있으나, 수치적 확산이 과다하게 발생하며 공간적으로 1차의 낮은 정확도를 갖는 단점이 있음
- 중앙차분법(centered differencing)으로 해석하는 경우에는 2차의 정확도를 가지지만, 농도 경사가 큰 해역에서 불안정한 결과를 나타내어 음의 농도가 발생할 수 있다는 단점이 있음
- 따라서, 이 모델에서는 해의 정확도를 높이고 음의 농도가 발생하지 않는 Multydimentional Positive Define Advection Transport Algorithm(MPDATA, Smolarkiewicz and Clark, 1986)를 사용함
- MPDATA 기법은 1차의 정확도를 갖는 전방차분법을 사용하는 첫 번째 step과 수치적 확산을 줄이기 위한 두 번째 step으로 구성되어 있으므로, 시-공간에 대해서는 적어도 2차의 정확도를 가지며, 시간에 대하여 최대 3차, 공간에 대해서는 최대 5차의 정확도까지 가질 수 있음

(3) 모델 수립

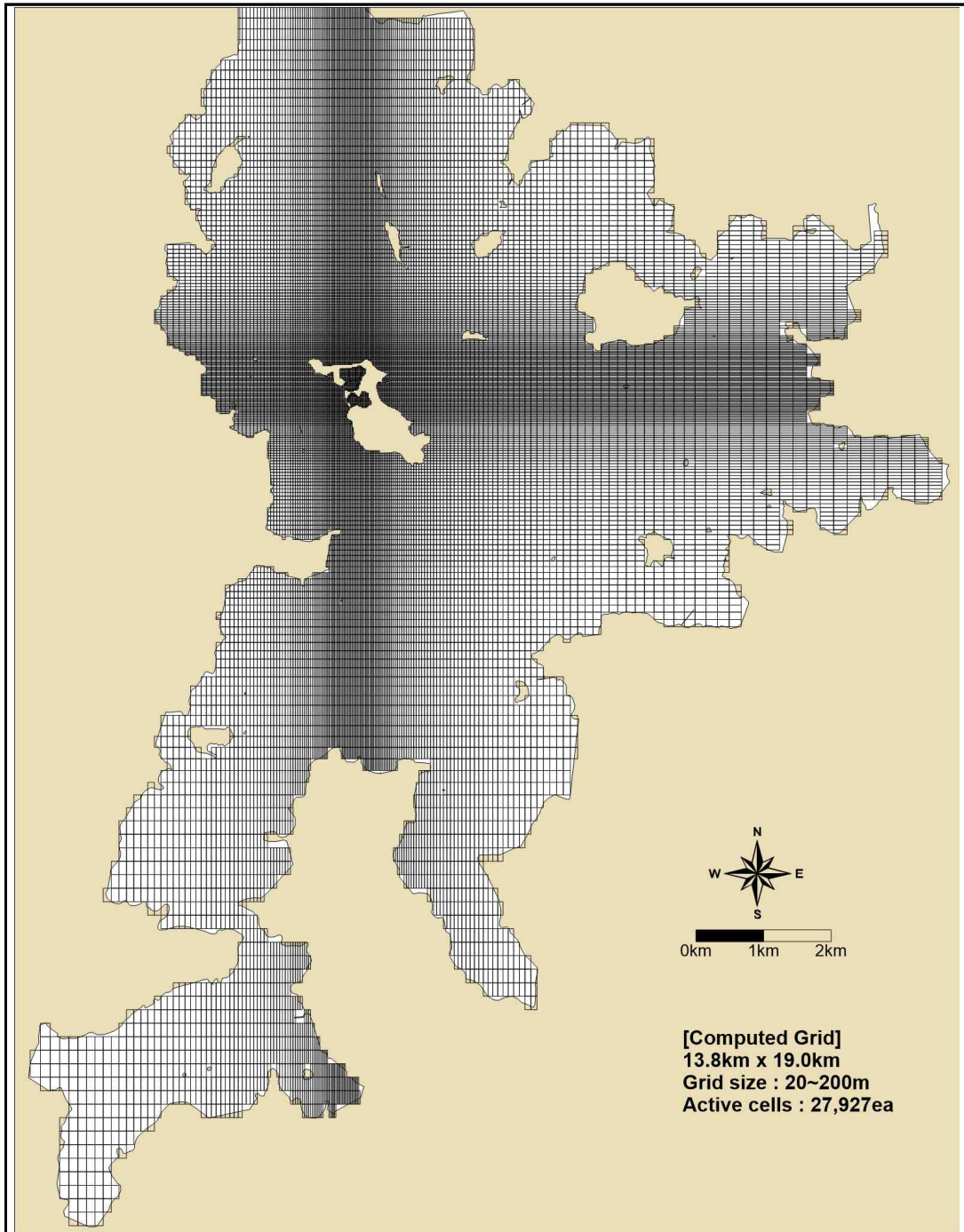
가. 모델 영역

- 해수유동 모델의 계산영역은 천수만 전체를 포함하여 동서방향으로 13.8km, 남북방향으로 19.0km의 해역에 대하여 설정하였음
- 격자구성은 x, y 직교 가변 격자 상에서 x(동서)방향으로 191개, y(남북)방향으로는 230개로 구분하여 총 27,927개의 유효 격자점으로 구성하였음

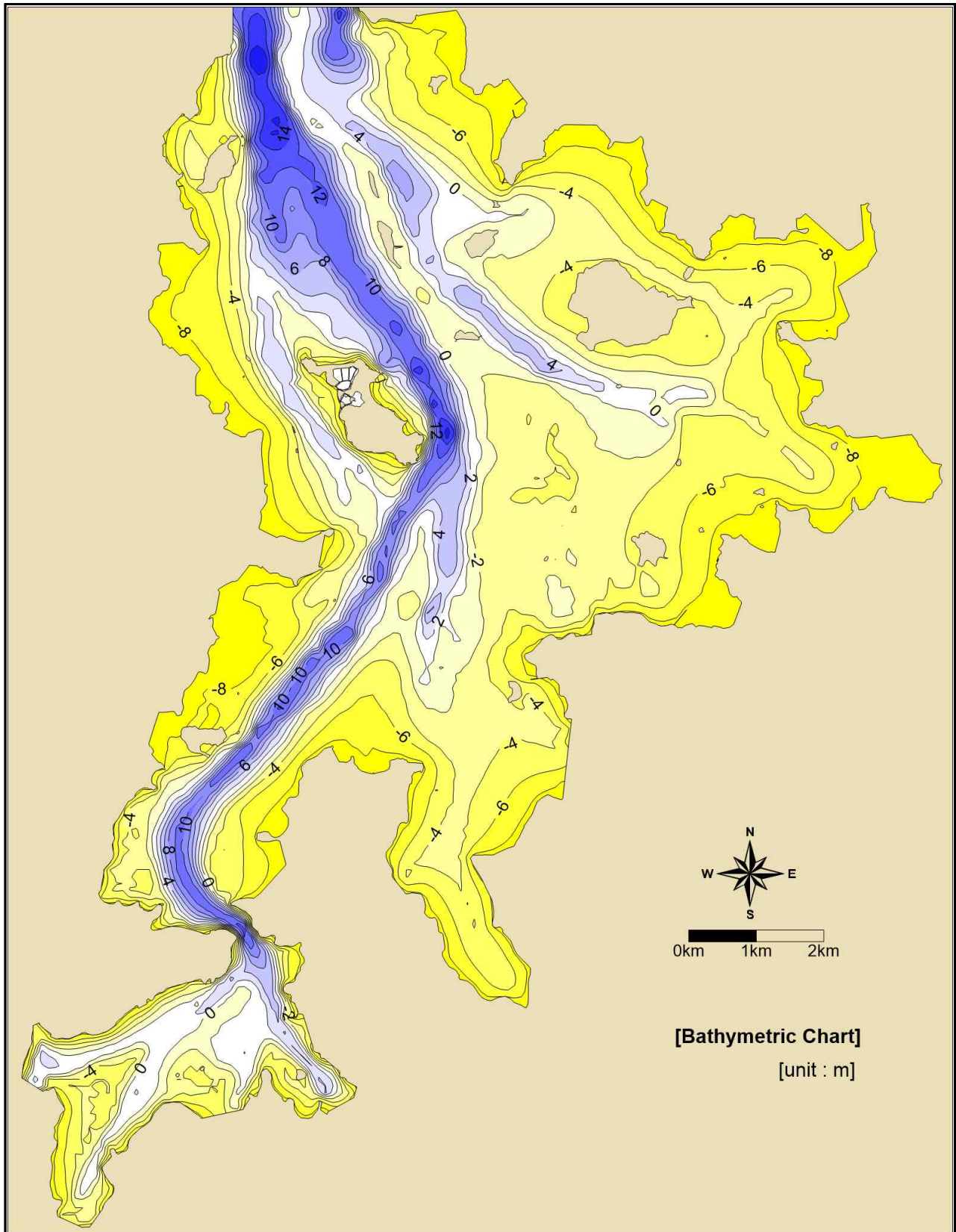
- [그림 7-2]는 해수유동 모델의 격자망을 나타낸 것임

나. 수심 입력

- 해안선의 위치와 격자점의 수심은 기본적으로 국립해양조사원에서 간행된 가로림만일대의 수치해도와 이용 가능한 최신 수심 측량자료를 이용하여 입력하였음
- [그림 7-3]은 해수유동 모델에 입력된 해저 지형도를 나타낸 것임



[그림 7-2] 해수유동 모델의 계산격자망도



[그림 7-3] 해수유동 모델의 수심도

다. 조석조건

- 모델의 계산을 위한 조석조건은 주요 분조 중에서 M2, S2, K1, O1의 4개 분조를 적용하였다. 외해 개방경계에서 입력되는 조위는 국립해양조사원에서 제공하는 기본수준점 성과 자료로부터 유도하였음

라. 초기조건 및 경계조건

- 해수유동 현황을 재현하기 위한 초기조건은 유속과 해수면의 차이가 없는 상황(cold start)으로 설정하였으며, 해수유동의 폐경계 조건(closed boundary condition)으로 육지 경계면을 가로지르는 유량은 없는 것으로 처리하였음

마. 계산시간 간격 및 계산시간

- 모델의 계산시간 간격(computation time step)은 CFL(Courant - Friedrichs - Lewy)의 안정조건에 의거하고 수치해의 안정성을 확보할 수 있도록 0.5초를 사용하였다. 모델의 검증을 위한 계산기간은 16일로 하였음

(4) 모델 검증

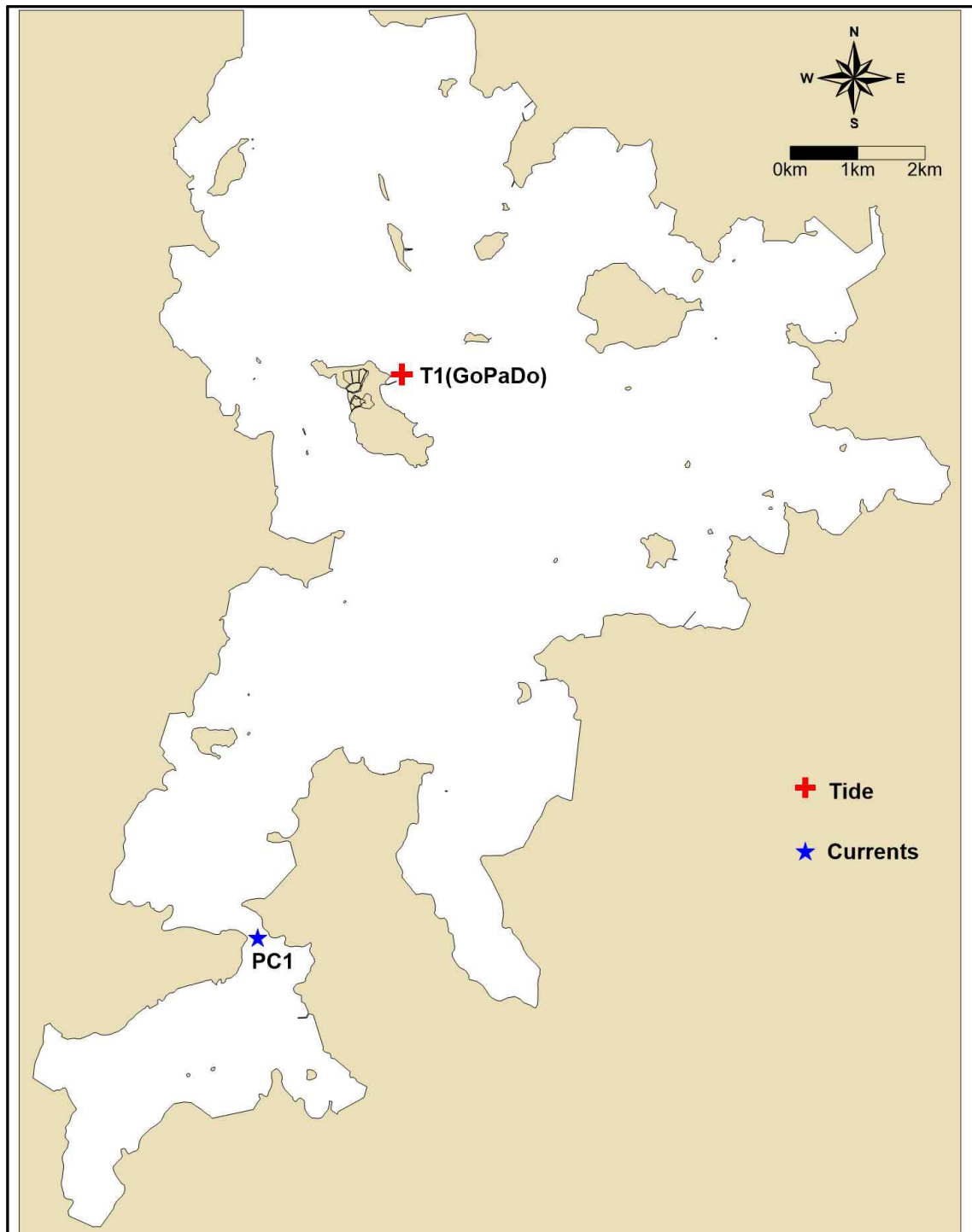
- 모델에 의해 계산된 결과의 신뢰성을 검토하기 위해 사업지구 인근에서 관측된 자료를 이용하여 조위와 유속에 대한 검증을 실시하였음
- 관측개요 및 관측 위치도는 [표 7-2~3]와 [그림 7-4]에 각각 제시하였음
- 조위검증은 국립해양조사원의 기본수준점 성과표 (고파도)의 자료를 이용하였으며, 조류검증은 청산항 어항시설 건설사업의 조류관측 결과(PC-1)를 사용하였음
- 조위의 경우 [그림 7-5]에 제시한 바와 같이, 모형 계산치는 진폭과 위상 모두 관측치와 거의 일치하고 있음
- 조류의 경우 [그림 7-6]에 제시된 조류시계열을 비교해보면 대체적으로 위상과 유속을 잘 재현한 것으로 판단됨

[표 7-2] 조석 관측 개요

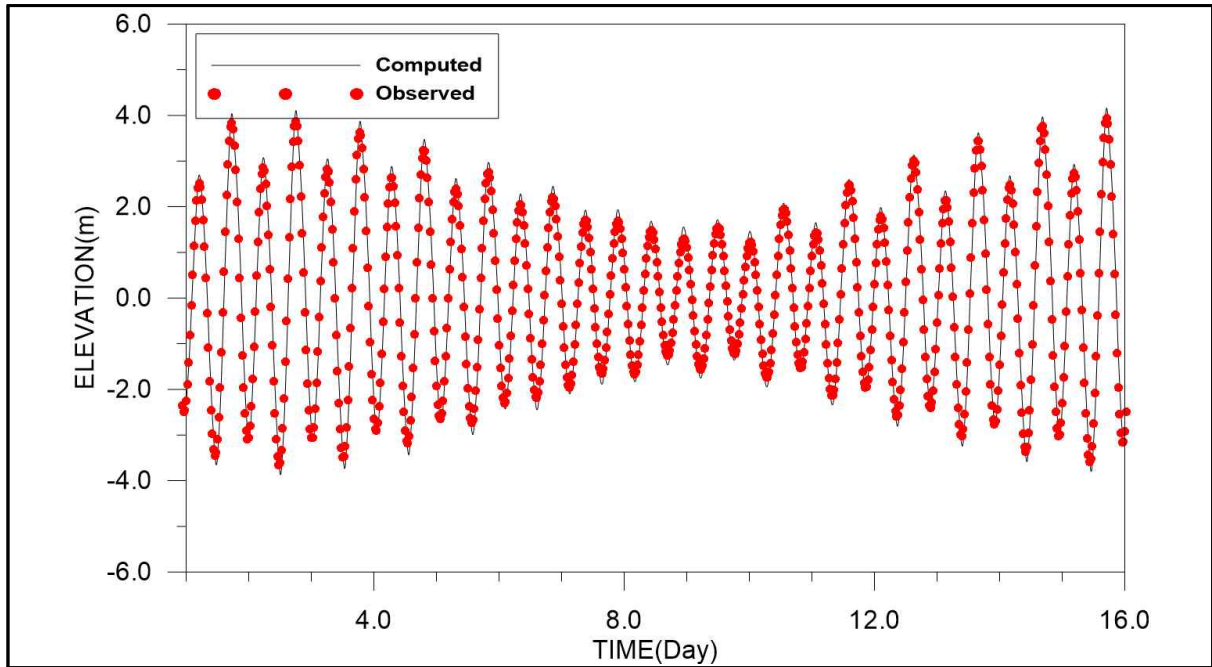
위치	경위도	관측기간	비고
T-1 (고파도)	36° 54' 42.6" 126° 20' 14.2"	2013.09.05. ~2003.10.11.	국립해양조사원

[표 7-3] 조류 관측 개요

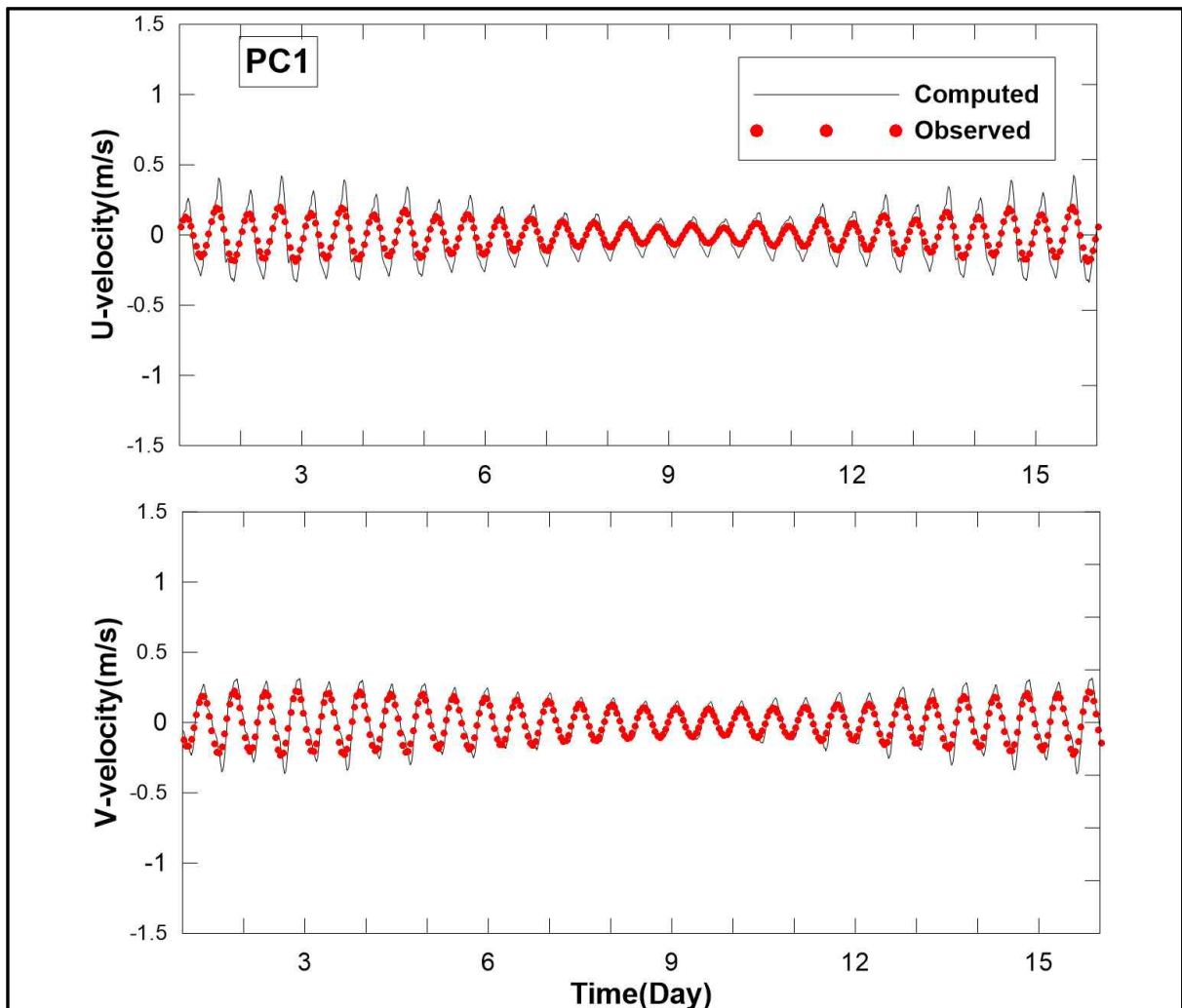
위치	경위도	관측기간	관측기기	관측수심	비고
PC1	36° 50' 22.8 " 126° 19' 06.6 "	2008.03.20. ~2008.04.08.	A.D.C.P (WHS 600kHz)	수면하 8m~14m	청산항 어항시설 건설사업



[그림 7-4] 검증시 이용된 관측점 위치도



[그림 7-5] T1(고파도)



[그림 7-6] PC-1

(5) 실험 결과

가. 현재상태(CASE0)

- 폐염전 전면의 고조위는 777cm 이고, 사업지구 전면에 저조위는 조간대로 이루어져 있음
- 창조시 사업지구 인근 수로로 유입되어 북서에서 남동쪽으로 흐르며, 낙조시는 반대의 흐름을
- 폐염전 입구의 최강유속은 약 2~15cm/s의 분포를 보이며, 격자별 해수 유입시간은 15일중 0일 임

나. 1안(CASE1)

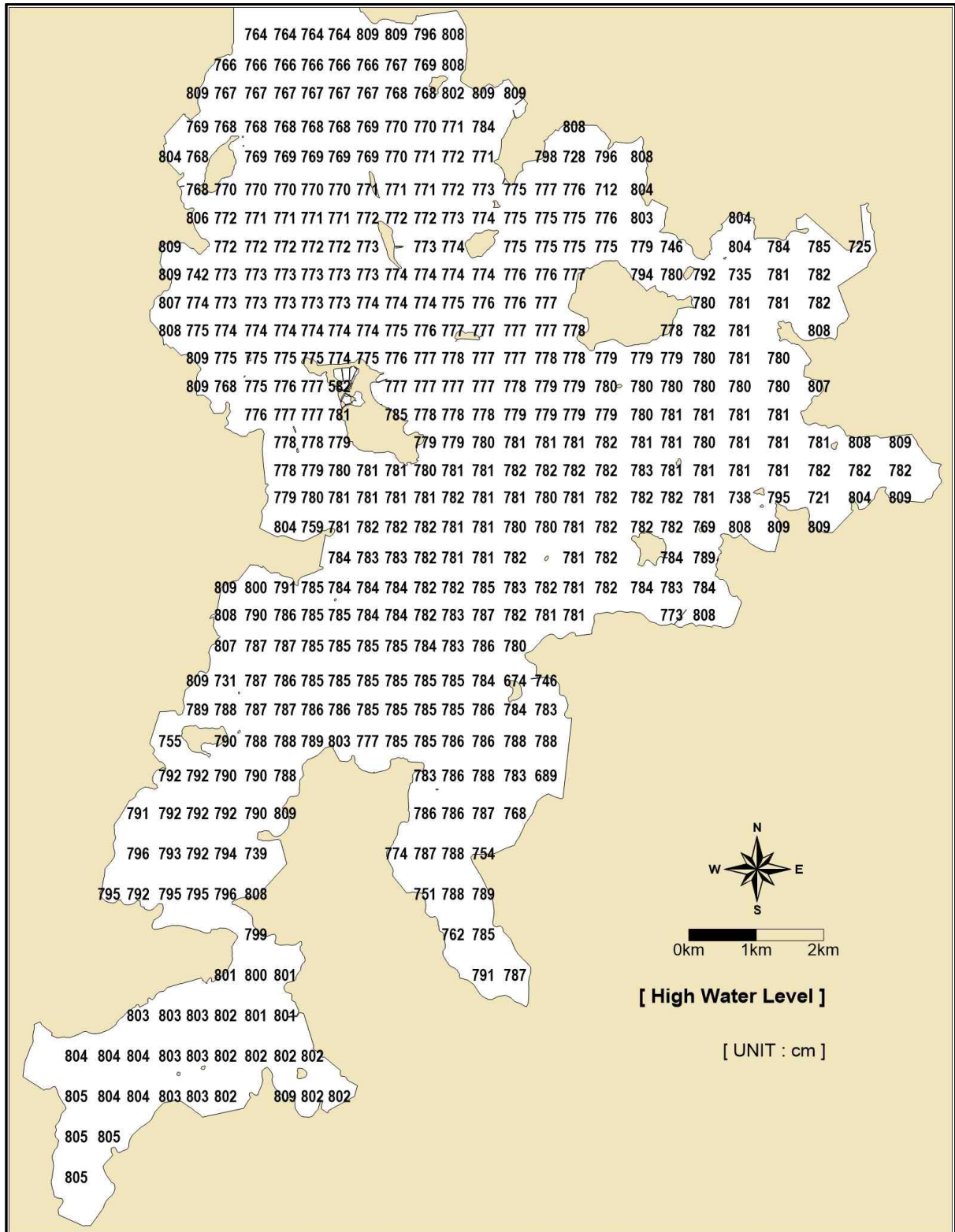
- 폐염전 전면 및 염전 내측의 고조위는 777~778cm 이고, 사업지구 전면에 저조위는 조간대로 이루어져 있음
- 창조시 사업지구 인근 수로로 유입되어 북서에서 남동쪽으로 흐르며, 해수유입 경로를 통해 염전으로 유입되고, 낙조시는 반대의 흐름을 보임
- 폐염전 입구의 최강유속은 최대 약 69cm/s의 분포를 보이며, 격자별 해수 유입시간은 15일중 2.7~3.1일 임

다. 2안(CASE2)

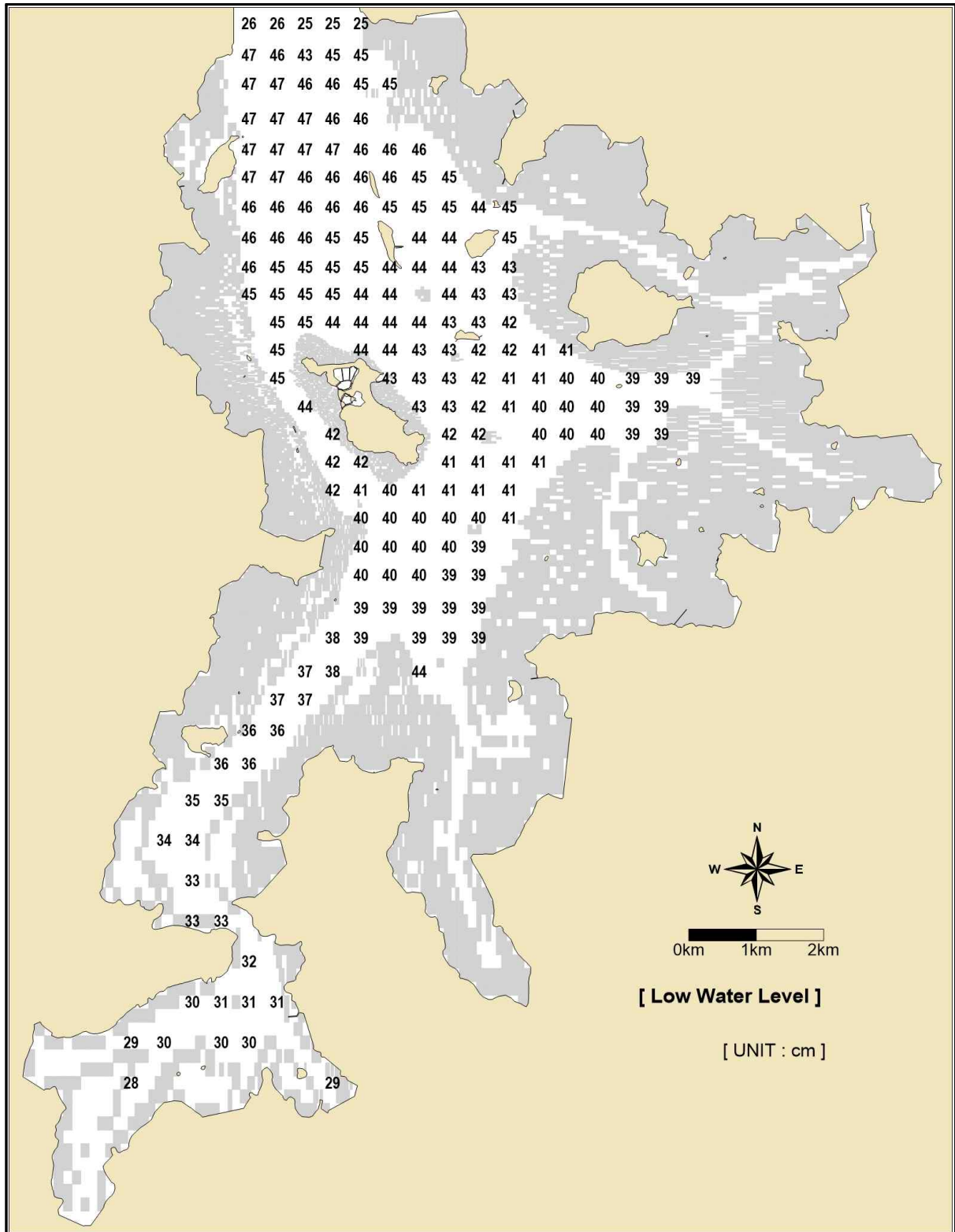
- 폐염전 전면의 고조위는 776~777cm 이고, 사업지구 전면에 저조위는 조간대로 이루어져 있음
- 창조시 사업지구 인근 수로로 유입되어 북서에서 남동쪽으로 흐르며, 해수유입 경로 및 암거를 통해 염전으로 유입되고, 낙조시는 반대의 흐름을 보임

라. 3안(CASE3)

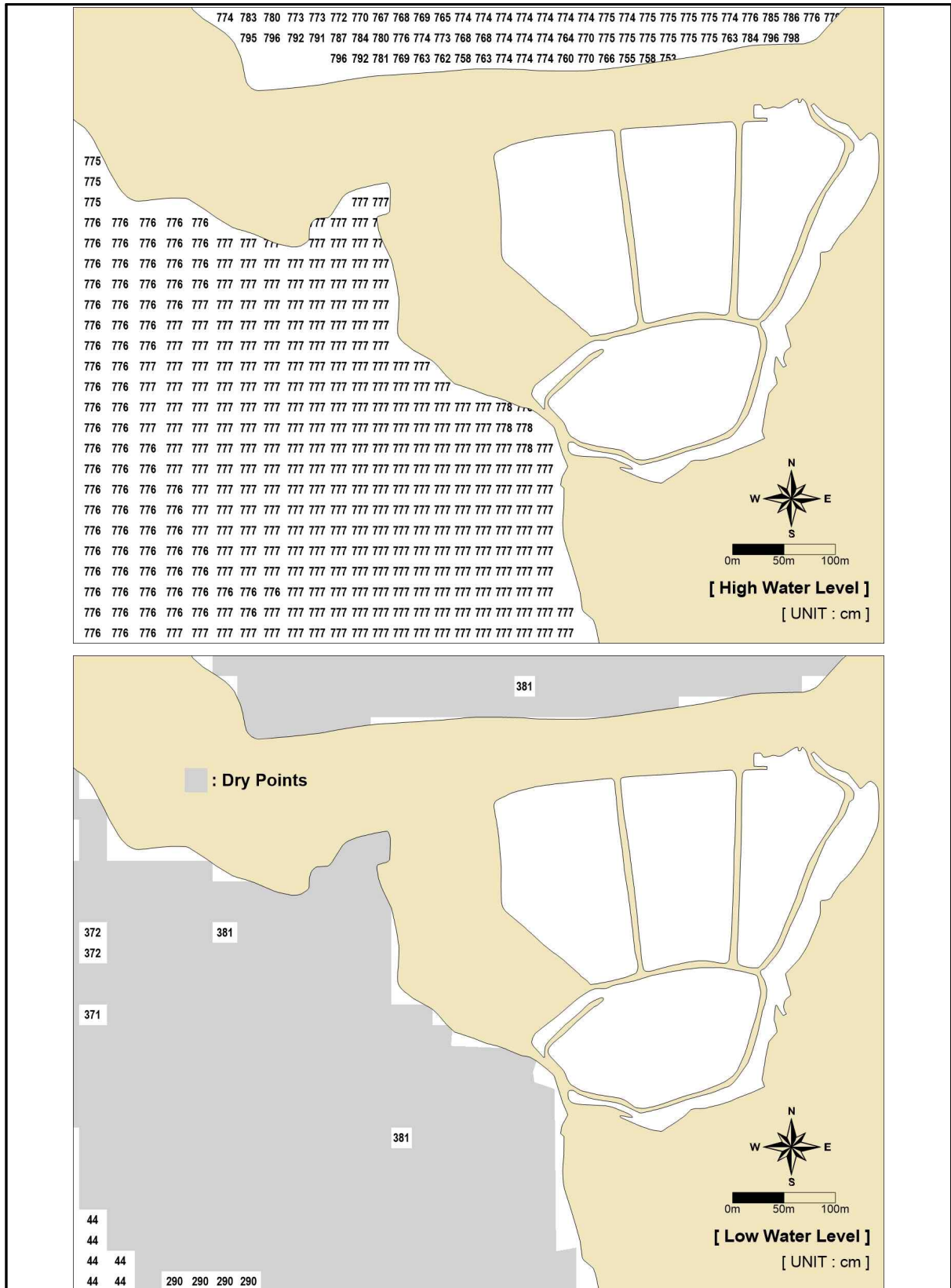
- 폐염전 전면의 고조위는 776~778cm 이고, 사업지구 전면에 저조위는 조간대로 이루어져 있음
- 창조시 사업지구 인근 수로로 유입되어 북서에서 남동쪽으로 흐르며, 해수유입 경로 및 암거를 통해 염전으로 유입되고, 낙조시는 반대의 흐름을 보임
- 해수 유통을 2군데를 통하여 실시하는 안이 복원대상지 내의 해수순환이 원활히 나타나며, Case3이 Case2에 비해 갯벌구배를 잘 반영하여 가장 적합한 안으로 판단됨



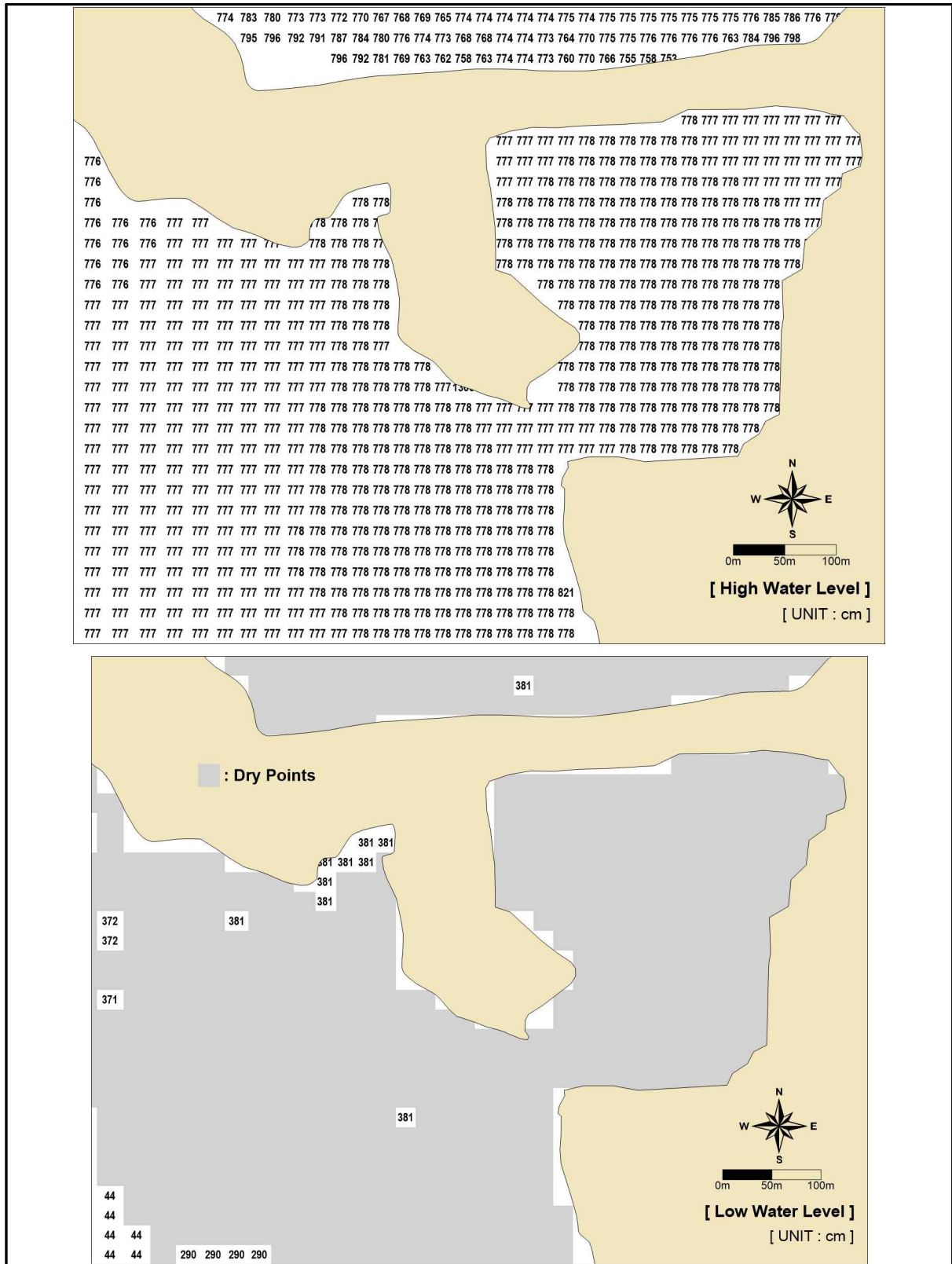
[그림 7-7] 고조위 분포도(광역)



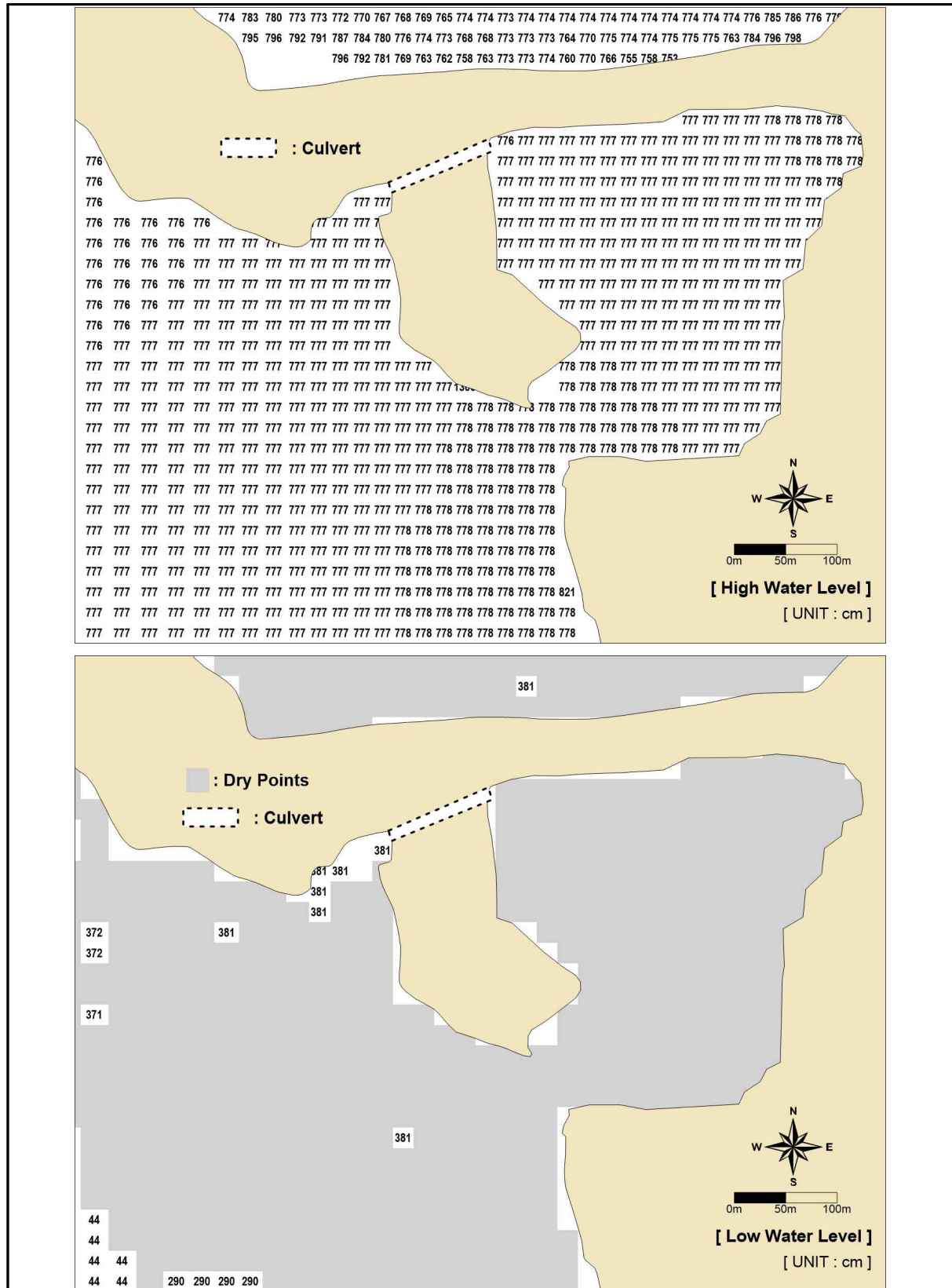
[그림 7-8] 저조위 분포도(광역)



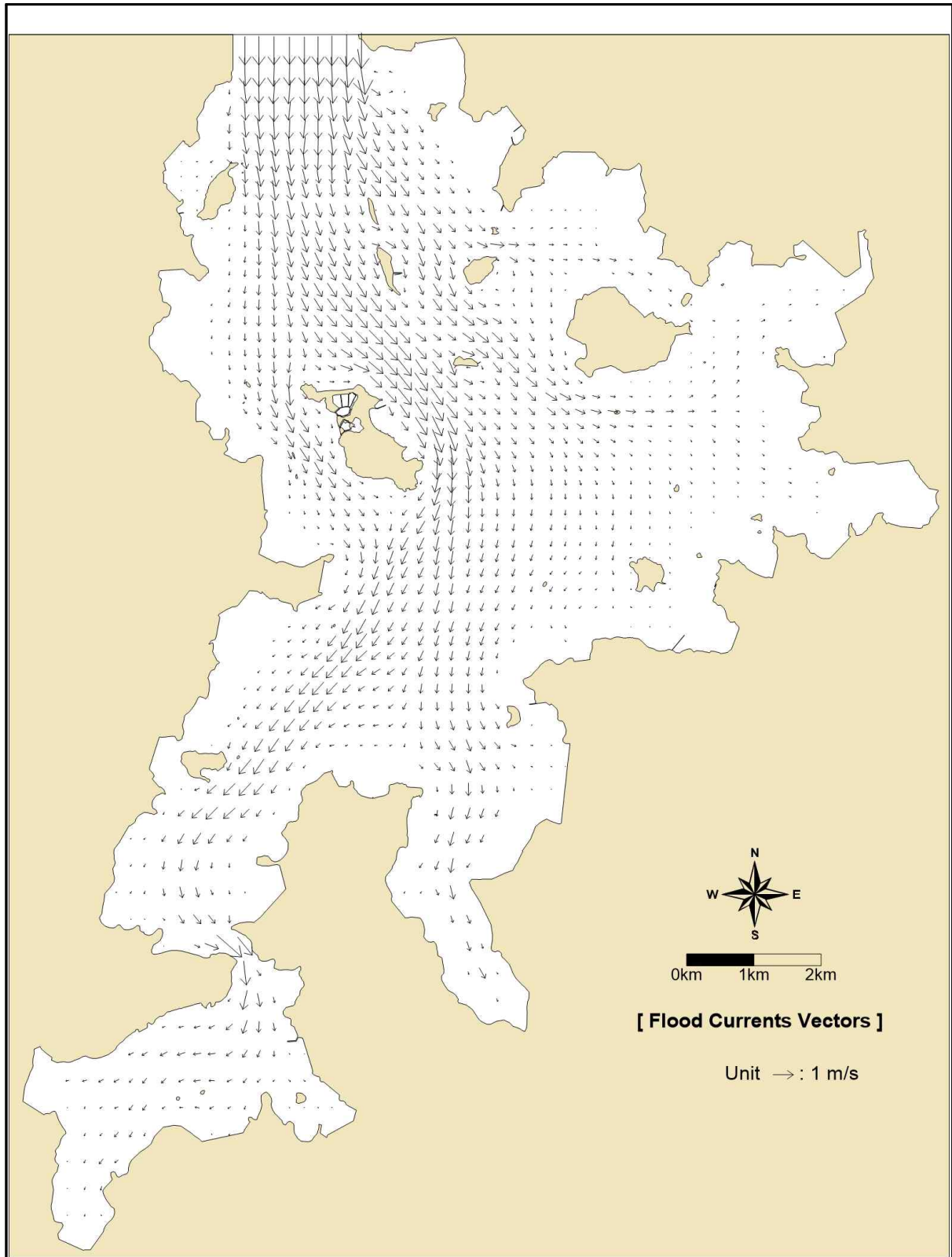
[그림 7-9] 고조위 및 저조위 분포도(CASE0, 확대)



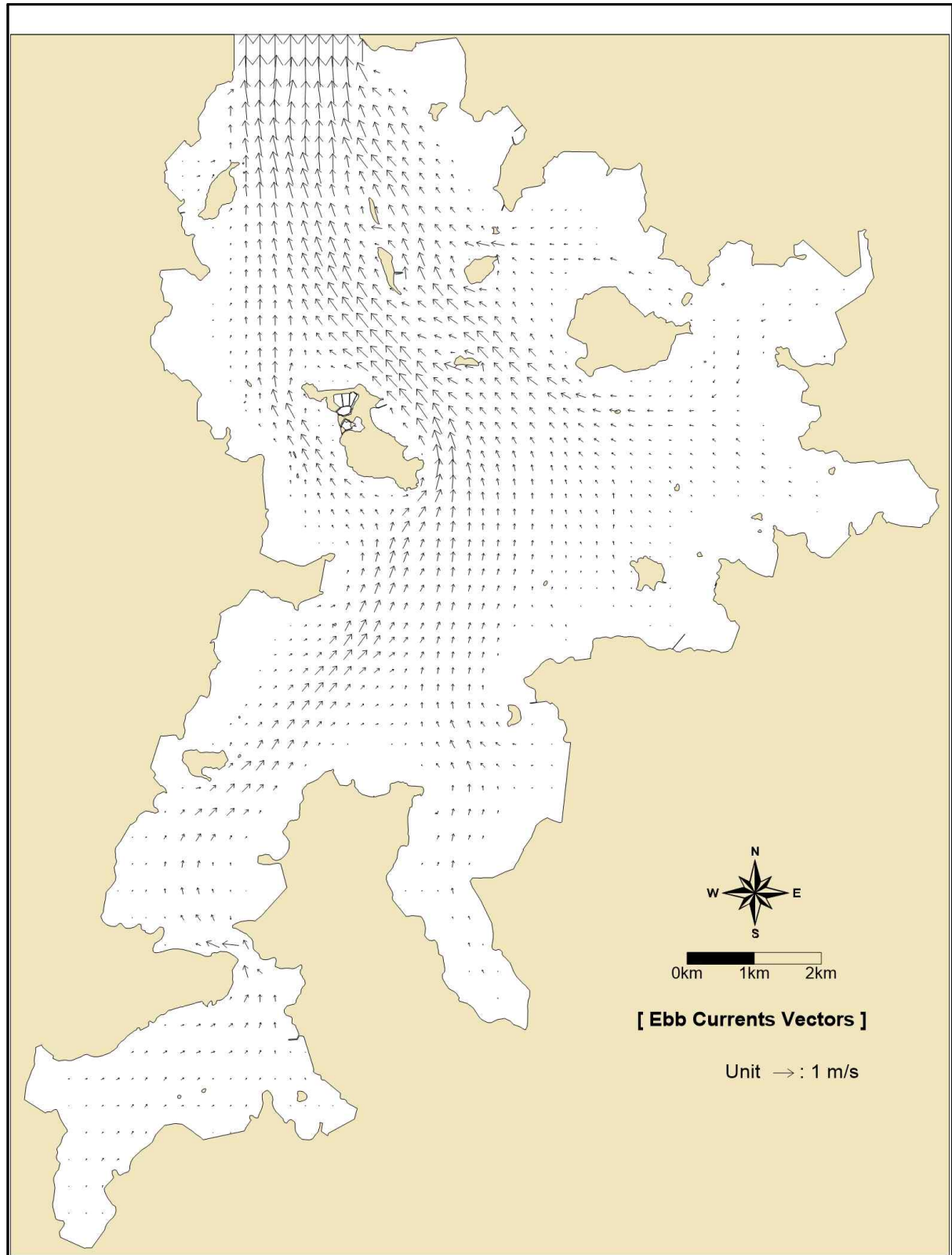
[그림 7-10] 고조위 및 저조위 분포도(CASE1, 확대)



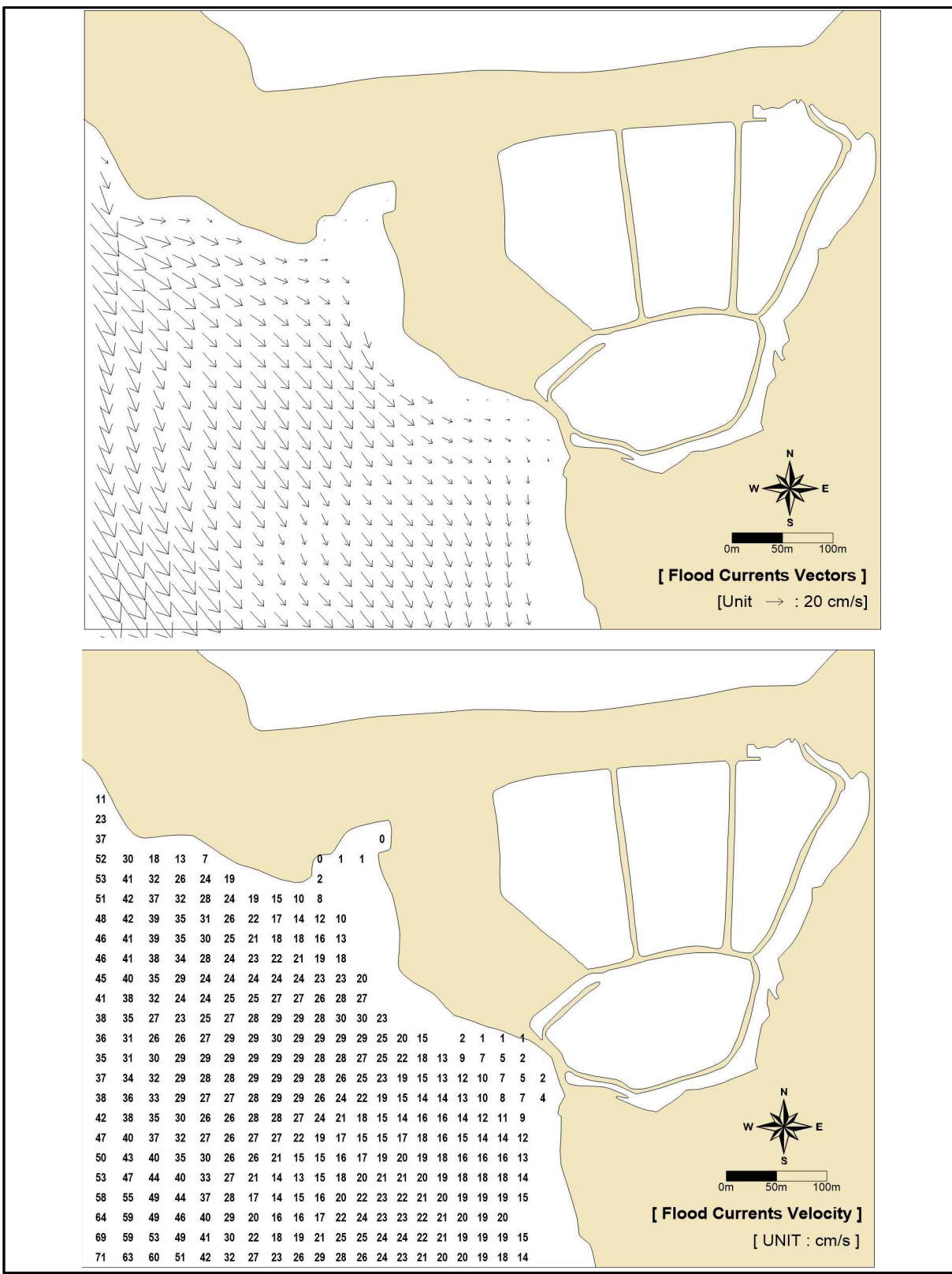
[그림 7-12] 고조위 및 저조위 분포도(CASE3, 확대)



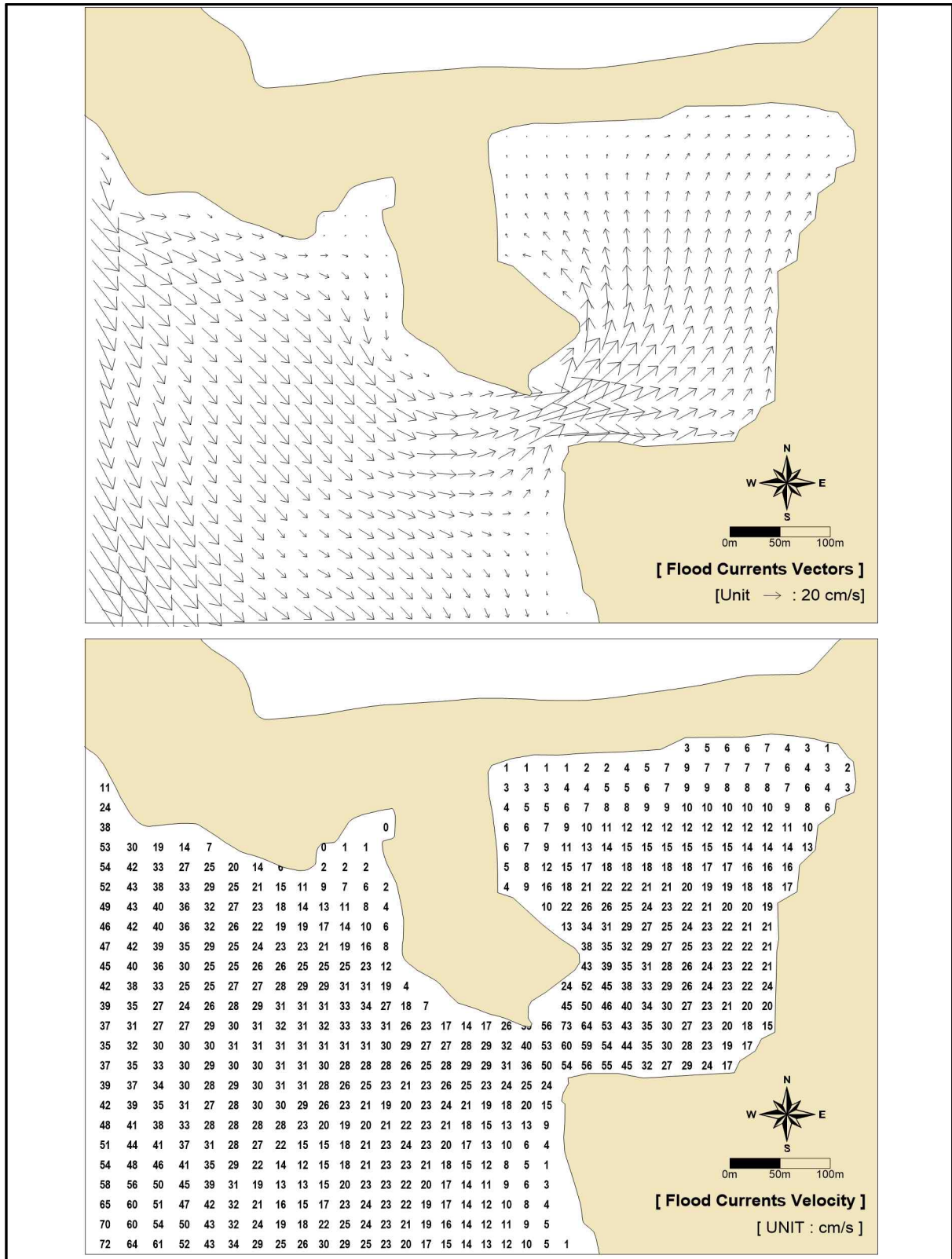
[그림 7-13] 최강 창조류 벡터도(광역)



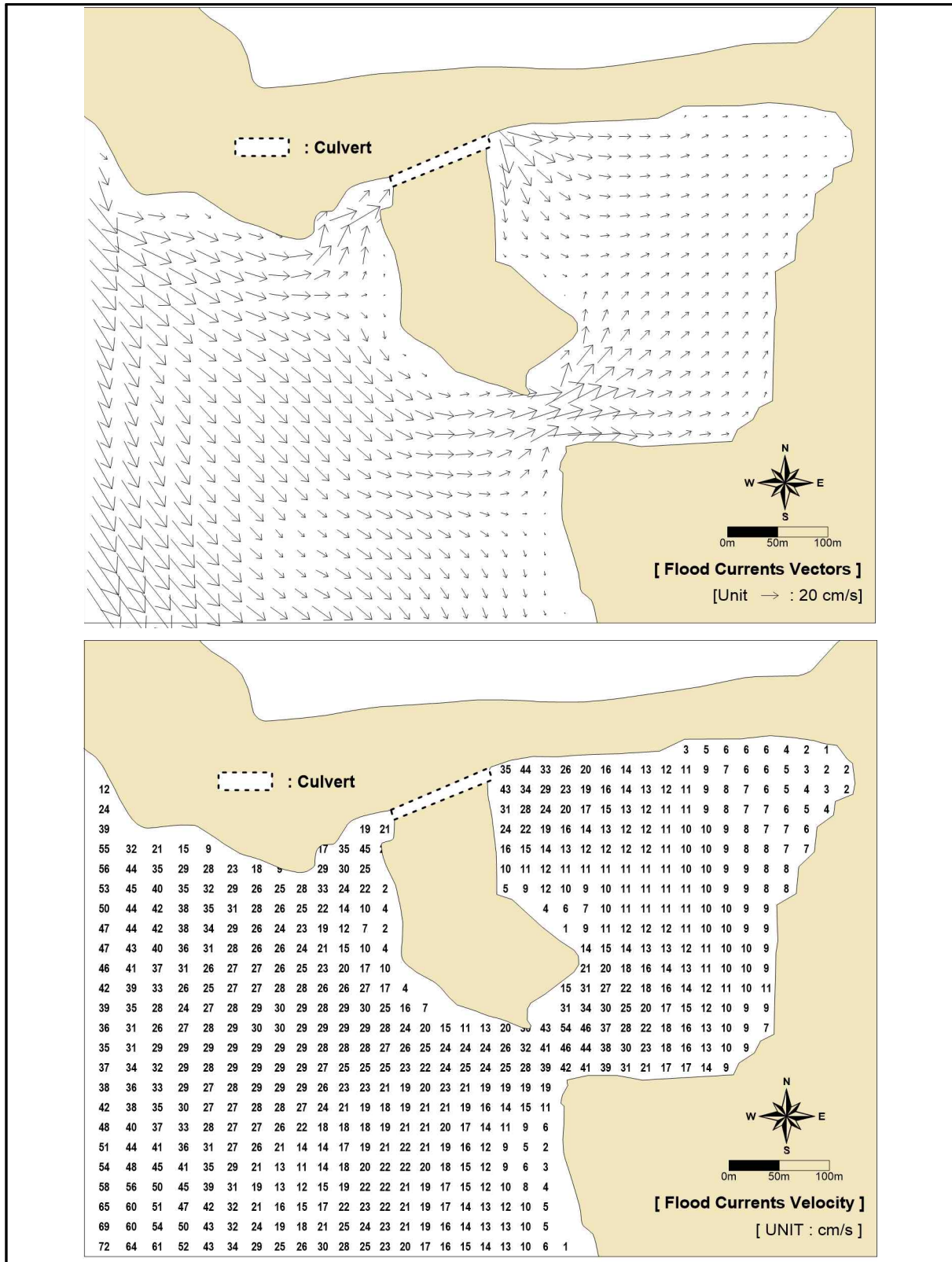
[그림 7-14] 최강 낙조류 벡터도(광역)



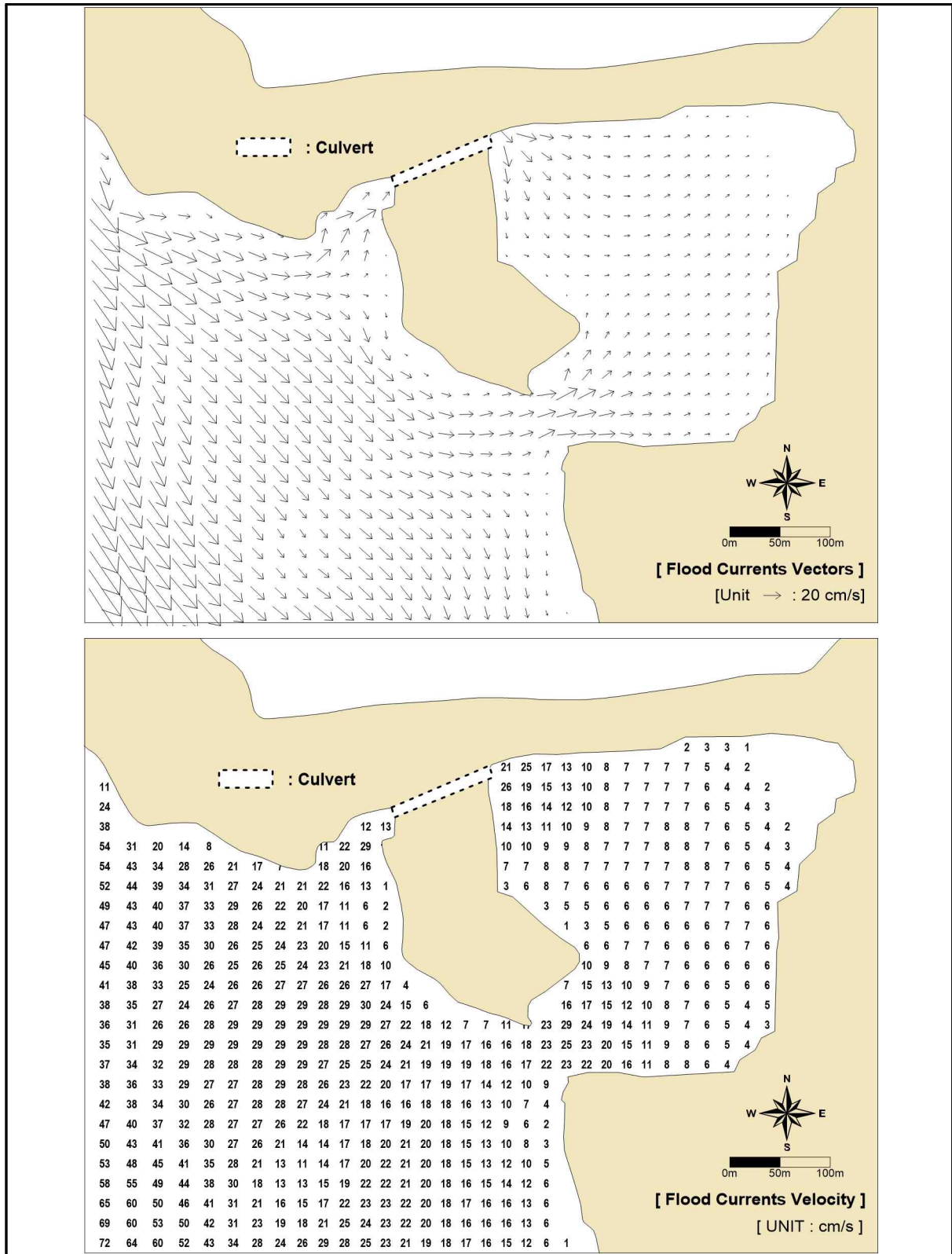
[그림 7-15] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE0, 확대)



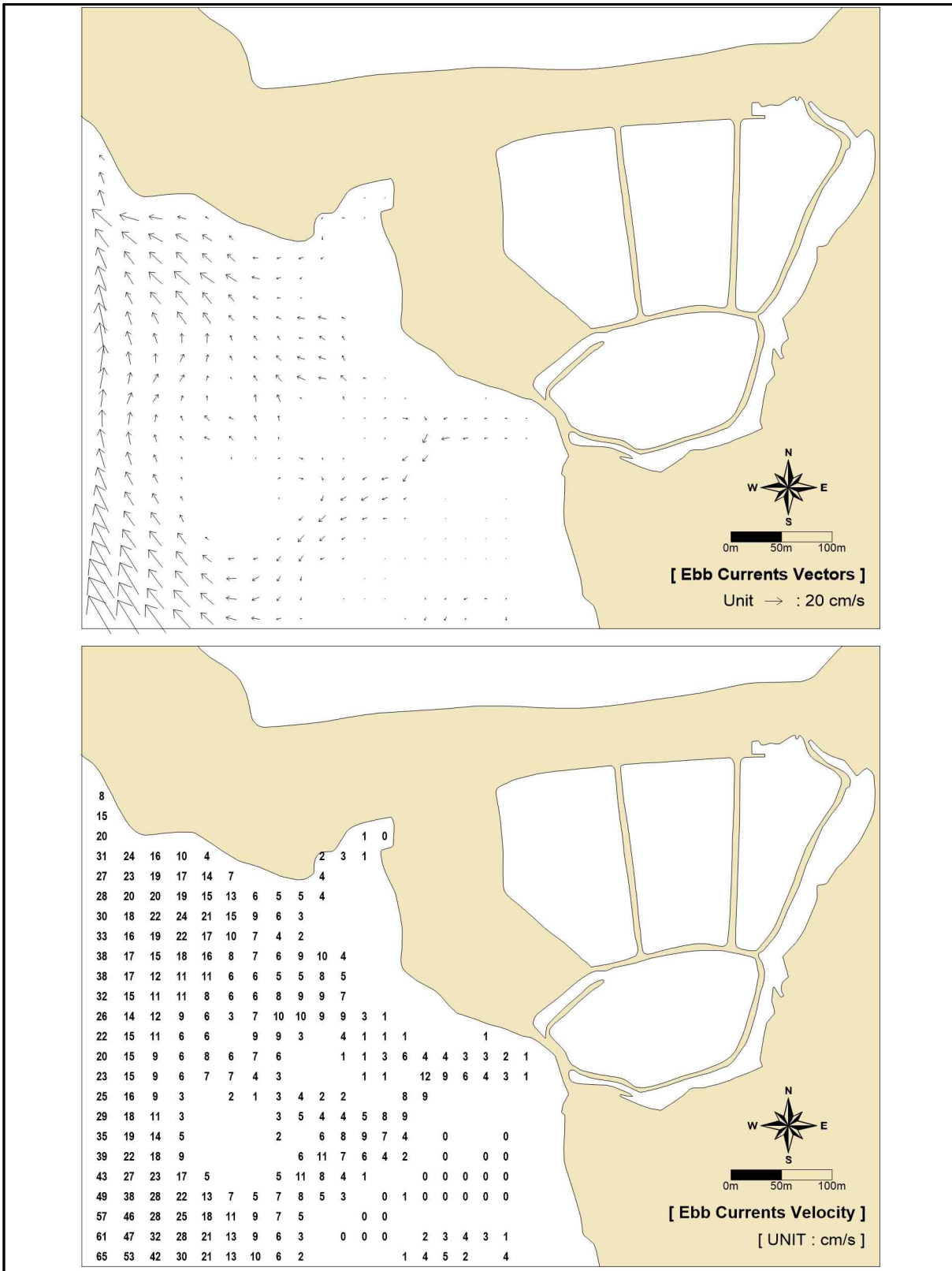
[그림 7-16] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE1, 확대)



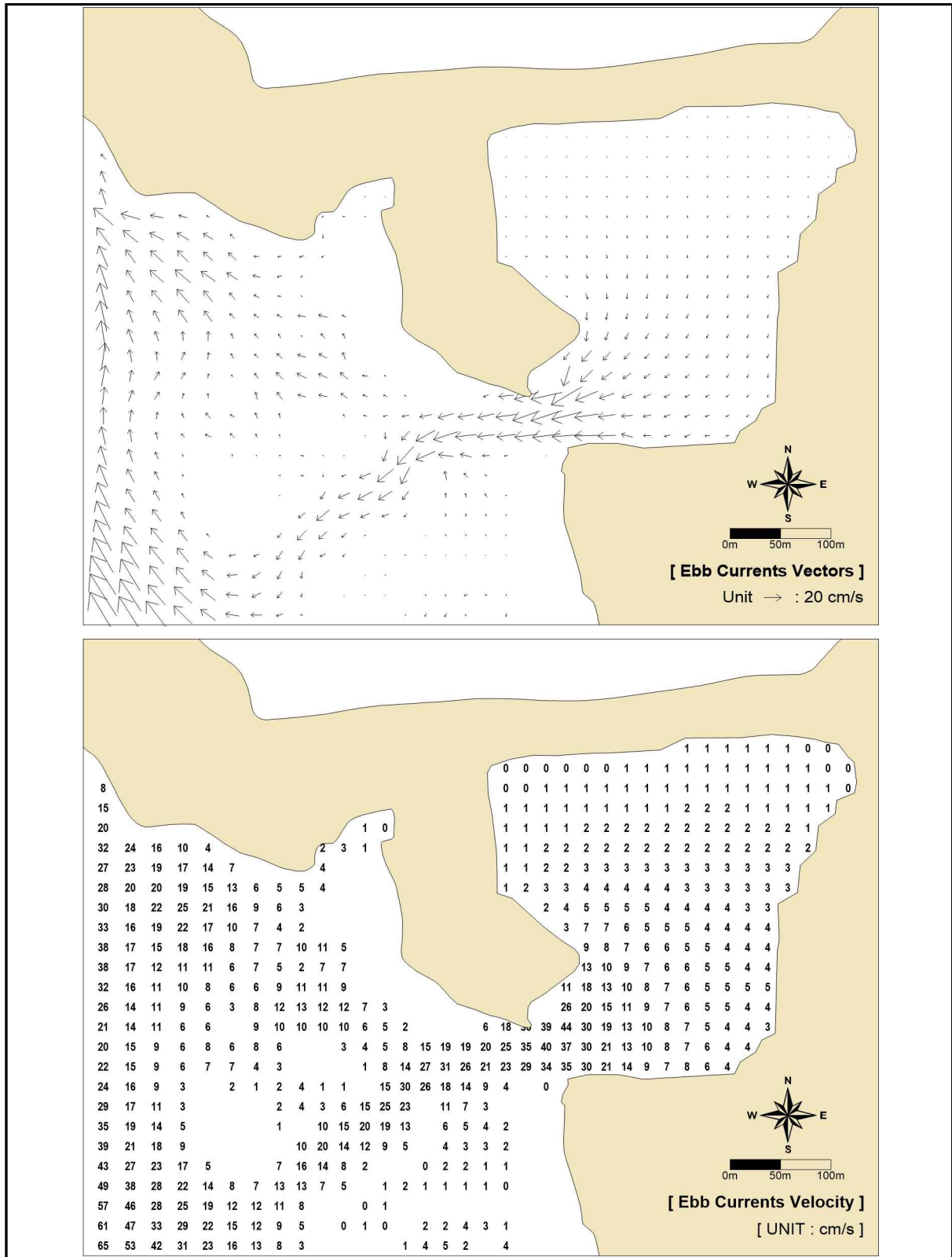
[그림 7-17] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE2, 확대)



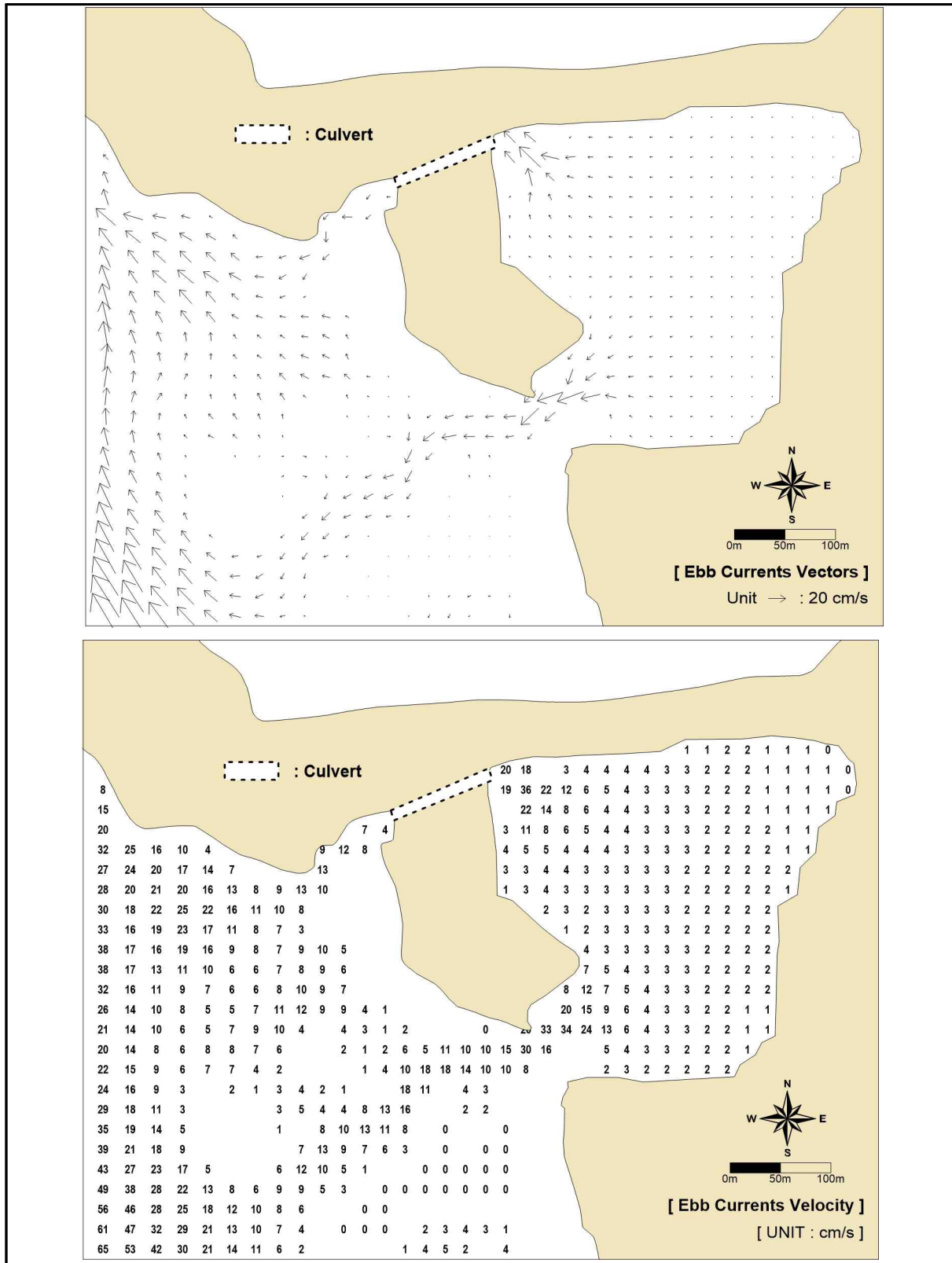
[그림 7-18] 최강 창조류 벡터도 및 유속분포도(CASE3, 확대)



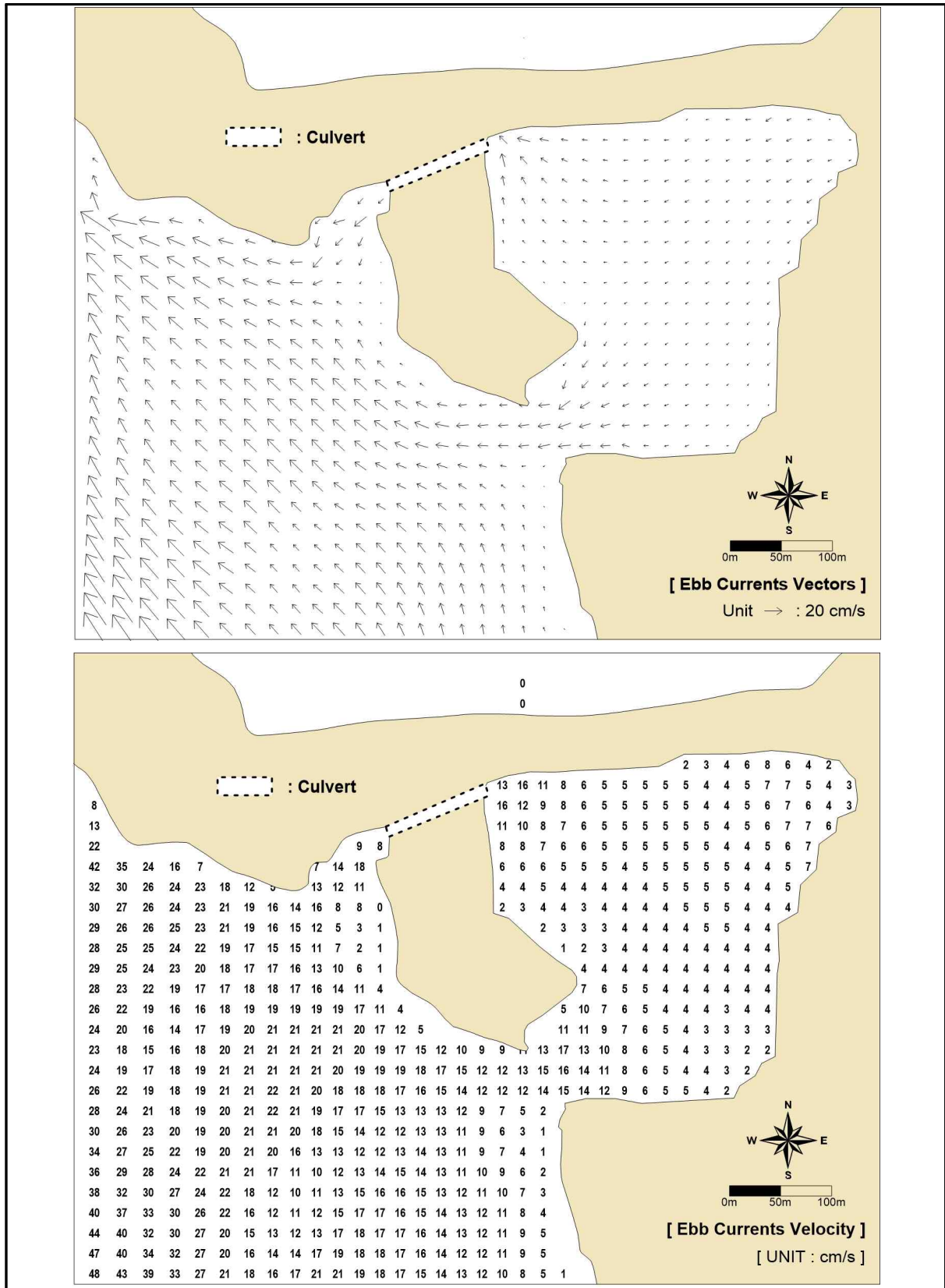
[그림 7-19] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE0, 확대)



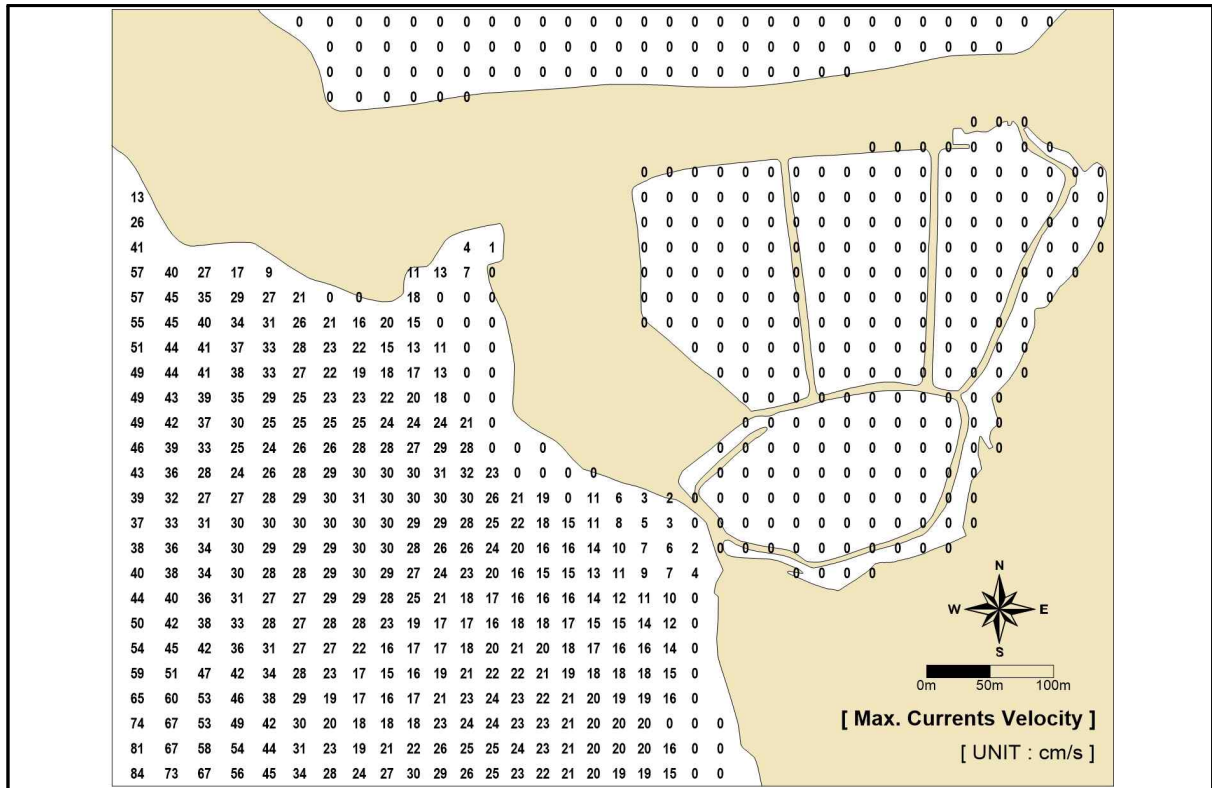
[그림 7-20] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE1, 확대)



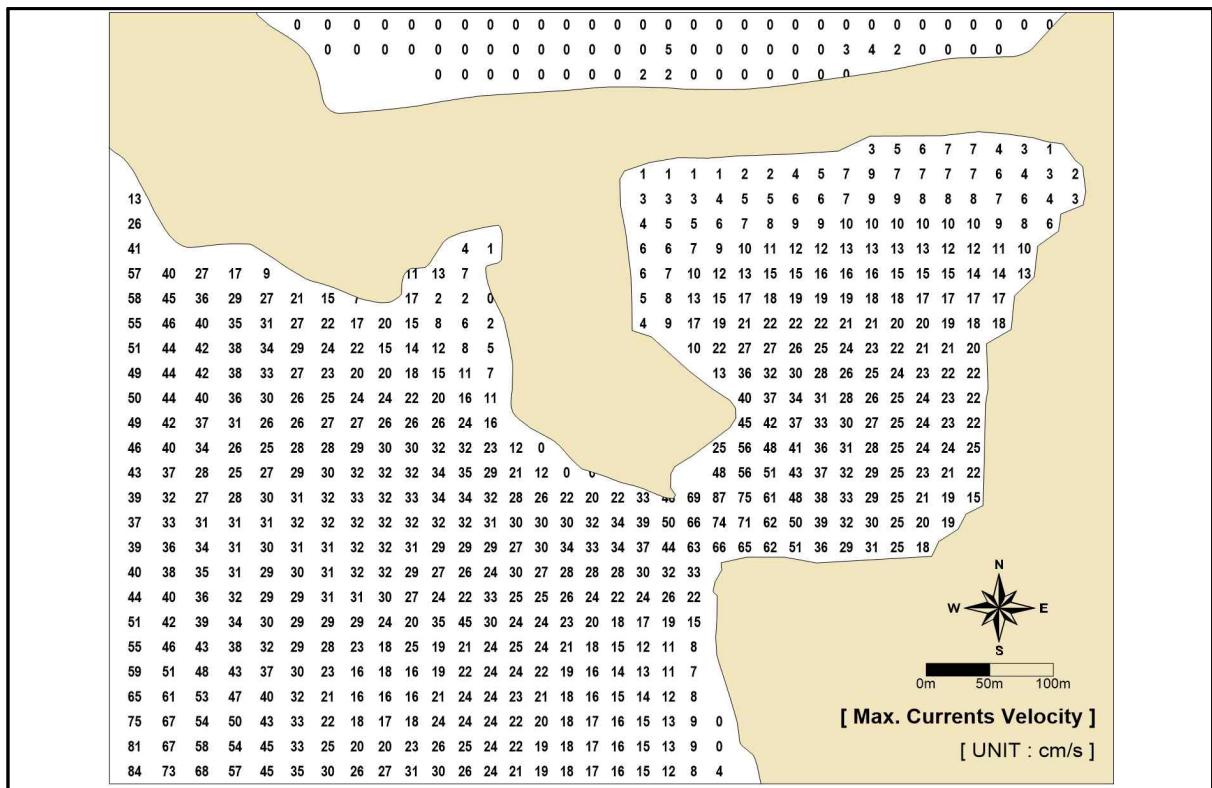
[그림 7-21] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE2, 확대)



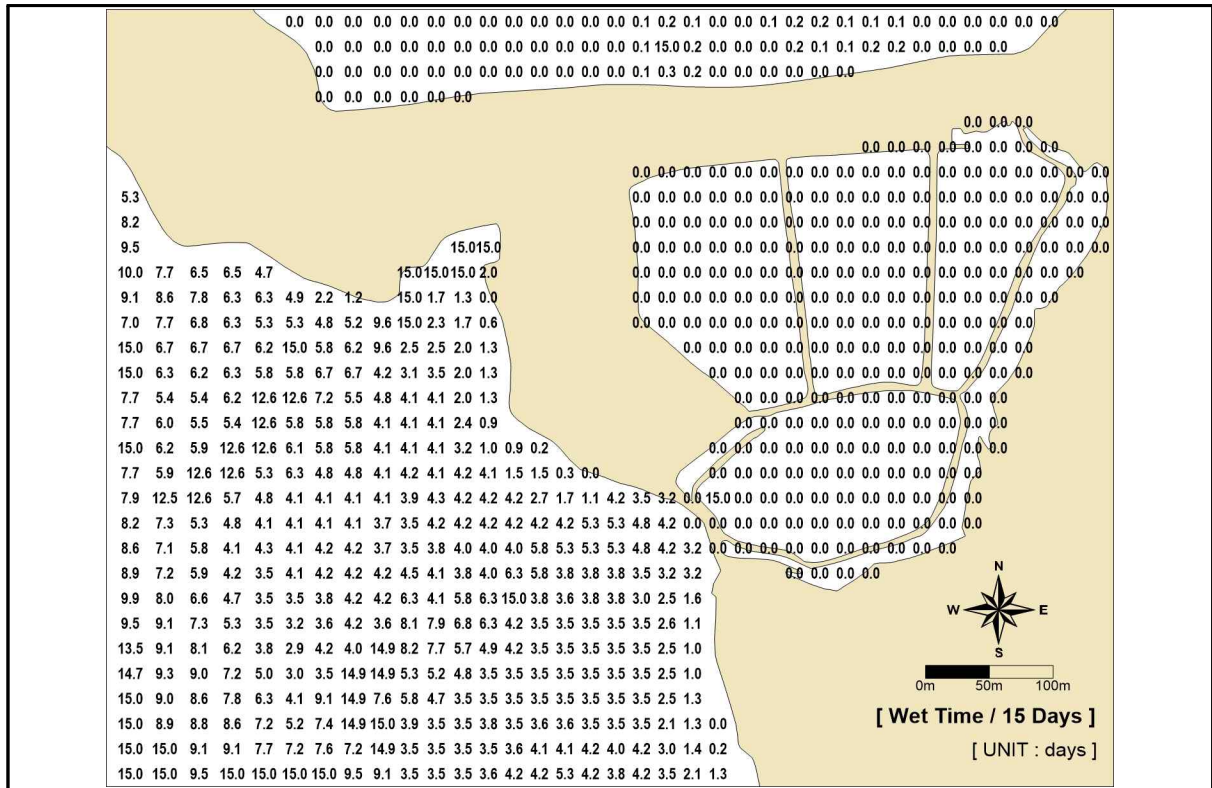
[그림 7-22] 최강 낙조류 벡터도 및 유속분포도(CASE3, 확대)



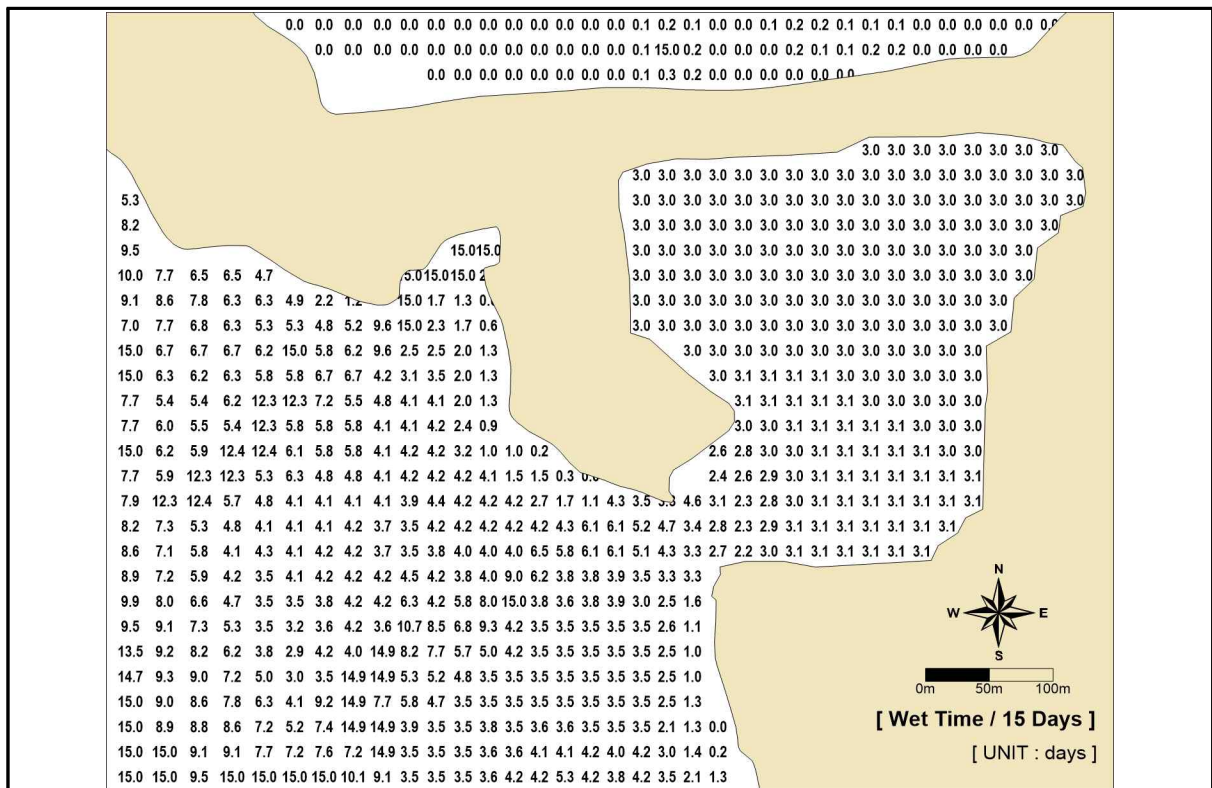
[그림 7-23] 최강 유속분포도(CASE0, 확대)



[그림 7-24] 최강 유속분포도(CASE1, 확대)



[그림 7-27] 해수유입시간(CASE0, 확대)



[그림 7-28] 해수유입시간(CASE1, 확대)

2) 퇴적물이동 실험

(1) 실험개요

가. 실험 목적

- 퇴적물이동 실험은 대상 사업에 따른 해저면 변화를 예측하기 위해 수행하였음

나. 개요

- 퇴적물이동 실험은 사업으로 인한 해저면 변화 현황을 재현하고 계획에 따른 해저면 변화 양상을 예측하기 위하여 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델의 퇴적물이동 모듈을 사용하였으며, 실험안은 기 제시된 해수유동 실험안과 동일하게 실시하였다. 퇴적물이동 실험의 개요는 아래 표에 제시된 바와 같음

[표 7-4] 퇴적물이동 실험 개요

구 분		내 용
실험목적		• 실험안에 따른 고파도 염전 내 · 외측해역의 해저면 변화
사용모형		• EFDC 모형
수심자료		• 해수유동 실험과 동일
격자체계	격자간격	
	격자수	
	수직층	
실험조건		
실험안		

(2) 사용모델

가. 모델 개요

- EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델의 퇴적물이동은 점성퇴적물과 비점성퇴적물의 이동과정을 내포하고 있으며, 해저에서는 퇴적물의 침강과 재부유 과정, 부유물질 및 부유퇴적물 농도가 퇴적물의 침강속도에 미치는 영향을 고려했고, 수평적으로는 시간변화에 따른 물질의 유입과 유출과정을 고려하였음

나. 지배방정식

- EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델의 퇴적물이동 방정식은 이류항의 해를 구하는데 고차의 차분식을 사용하였다. 비록 이류치의 손실에 대하여 전문적인 고려가 있지만 차분에 따른 손실은 여전히 존재하므로 퇴적물의 이동방정식에서는 수평

확산을 무시할 수 있다(Tetra Tech, 1999). 퇴적물 이동방정식은 다음과 같이 표현됨

$$\frac{\partial m_x m_y h C}{\partial t} + \frac{\partial m_y h u C}{\partial x} + \frac{\partial m_x h v C}{\partial y} + \frac{\partial m_x m_y w C}{\partial z} - \frac{\partial m_x m_y w_s C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K_y}{h} \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q^E + Q^I$$

○ 여기서,

t	: 시간
x, y, z	: 수평 및 수직방향의 좌표축
m _x , m _y	: Δx, Δy
u, v, w	: 직교하는 곡선좌표계 x, y, Z에서의 수평유속
w _s	: 퇴적물의 침강 속도
C	: 퇴적물의 농도
K _y	: 수직난류확산계수
K _H	: 수평난류확산계수
Q ^E	: 퇴적물의 외부 생성/소멸 항
Q ^I	: 퇴적물의 내부 생성/소멸 항

다. 퇴적 및 침식

○ 수직경계조건에서 퇴적물의 재부유와 퇴적은 다음과 같이 나타낼 수 있음

$$S_c = S_D + S_E$$

○ 여기서,

S _c	: 부유 퇴적물량
S _D	: 단위시간, 단위면적당 저면으로의 퇴적량
S _E	: 단위시간, 단위면적당 저면으로부터의 재부유량(침식량)

○ 부유퇴적물의 침강은 매우 복잡한 과정이다. 하구지역에서 해수와 담수의 혼합으로 인한 응집작용은 퇴적물 입자들을 뭉치게 하며 또한 부유체를 형성함. 이러한 부유체들의 중력침강은 단일 퇴적물 입자의 침강 과정과 다름. 부유체의 형성은 부유물질의 유형, 농도, 주위 환경의 염분, 온도, 전단응력과 난류강도에 관계됨. 현재의 연구에 의하면 부유체의 침강속도는 퇴적물 입자의 직경, 농도 및 해역의 유체역학 환경 및 저면의 난류강도와 관계됨

○ 해수로부터 저면으로 점성 부유 퇴적물의 플럭스는 다음과 같음

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

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

○ 여기서,

τ_b : 해저면에 가해지는 전단응력(N/m²)

τ_d : 퇴적한계 전단응력(N/m²)

- EFDC 모델에서는 점착성 퇴적물의 침강속도에 관하여 Ariathurai and Krone(1976), Hwang and Metha(1989), Ziegler and Nisbet(1994, 1995), Shrestha and Orlob(1996)의 경험식을 제공하고 있음
- 본 과업에서 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(mg/l)

C_0 : 부유 퇴적물의 기준 농도 (mg/l)

α : 침강계수

- 점착성 퇴적물의 저면으로부터 해수로의 퇴적물 플럭스는 다음과 같이 나타냄

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

- 여기서,

τ_{ce} : 침식한계 전단응력(N/m²)

$\frac{dm_e}{dt}$: 기준침식율(g/s.m²)

α : 실험상수

- EFDC 모델은 비점착성 퇴적물은 소류사(bed load)와 부유사(suspended load) 형태로 이동함. 두 가지 모두 저면 전단응력이 임계 전단 응력을 초과할 때 침식과 재부유가 일어남. 저면 전단유속이 임계 전단 유속을 초과하더라도 침강속도보다 작으면 바닥에서 재부유된 퇴적물은 소류사(bed load)의 형태로 이동되며 저면 전단유속이 침강속도보다 빠르면 퇴적물은 부유사(suspended load) 형태로 이동함
- 비점착성 퇴적물의 해수-저면 퇴적물 플럭스는 다음과 같이 나타낼 수 있으며 EFDC에서 평형농도는 상수, Garcia and Parker(1991), Smith and McLean(1977), Van Rijn(1984)의 식을 적용할 수 있음

$$S_E = W_s (S_{eq} - S_{ne})$$

- 여기서,

S_{ne} : 기준 평형 높이에서의 농도

S_{eq} : 평형 농도

W_s : 침강 속도

(3) 모델수립

가. 모델 구성

- 해수유동 모델과 동일한 모델영역과 격자체계를 사용하였음

나. 초기 조건 및 경계 조건

- 본 실험에 사용된 실험조건 및 퇴적물이동실험 입력자료를 아래 표에 제시하였음
- 연간 퇴적량의 산정은 부유사 퇴적이 정상상태(steady-state)가 되는 조석까지 계산하여 마지막 조석으로 연간 퇴적량을 산술 계산하였음

[표 7-5] 퇴적물 이동 실험 입력조건

입력 계 수	입력 치		비 고
부 유 사 농 도	초기농도	16.5 mg/L	부유사 관측자료 활용 (해양환경측정망 2012~2017 평균)
	외해경계	16.5 mg/L	
전 단 응 력	해저면 조도	0.02m	Soulsby(1983)의 연구결과 및 검증 실험을 통해 결정
퇴 적 작 용	퇴적임계	0.1N/m	Mehta(1986) 실험값 및 검증 실험을 통해 결정
침 식 작 용	침강속도	0.0001m/s	Hwang and Mehta(1989)의 실험식 및 해저질 관측자료 활용
	침식임계	0.60N/m ²	

(4) 실험결과

- 실험결과는 15일간 부유사에 의한 침·퇴적 결과를 연간으로 환산하여 도시하였음

가. 현재상태(CASE0)

- 퇴적물이동 실험결과 폐염전 전변의 조간대의 침퇴적변화가 보이지 않고, 수로에서 약 20 ~ 20 cm/yr 의 변화를 보임

나. 1안(CASE1)

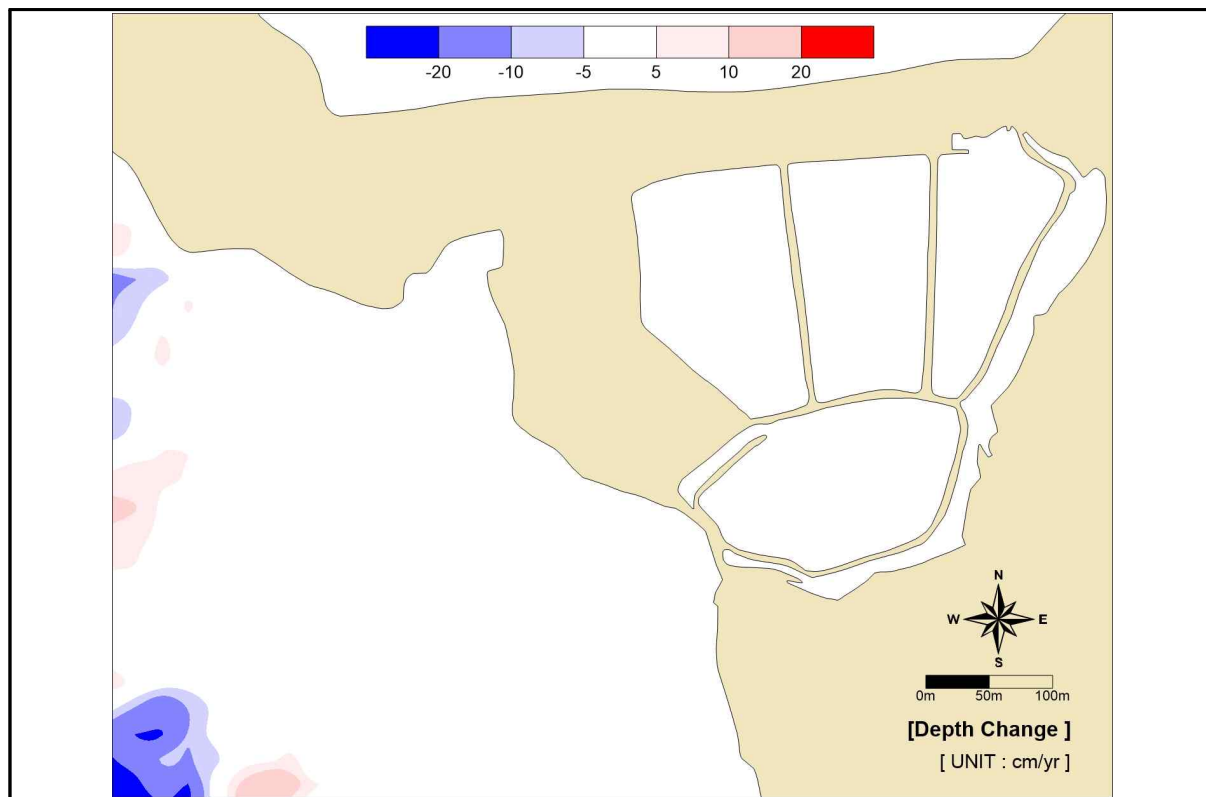
- 퇴적물이동 실험결과 폐염전 유입통로에서 빠른 유속으로 침식현상이 나타나고 내측에서 5~10cm/yr 퇴적 변화를 보임

다. 2안(CASE2)

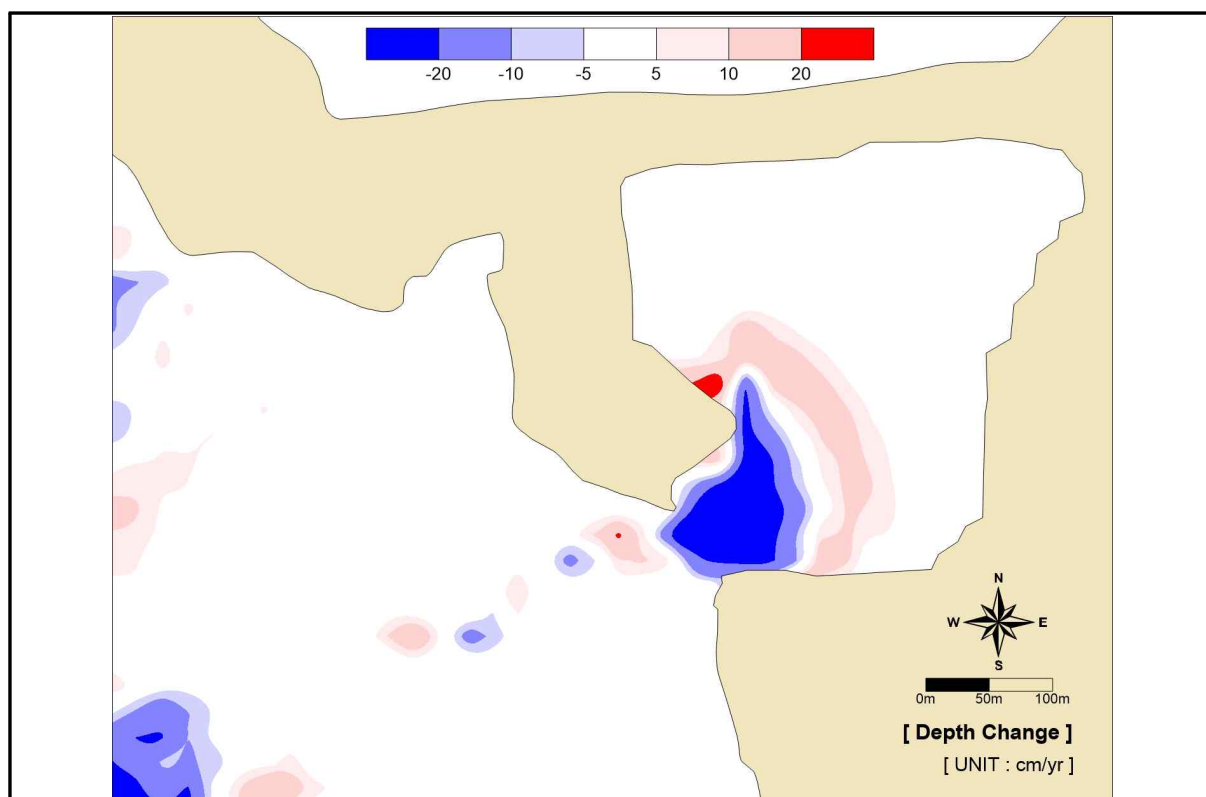
- 퇴적물이동 실험결과 폐염전 유입통로에서 빠른 유속으로 침식현상이 나타나고 내측에서 5~10cm/yr 퇴적 변화를 보임

라. 3안(CASE3)

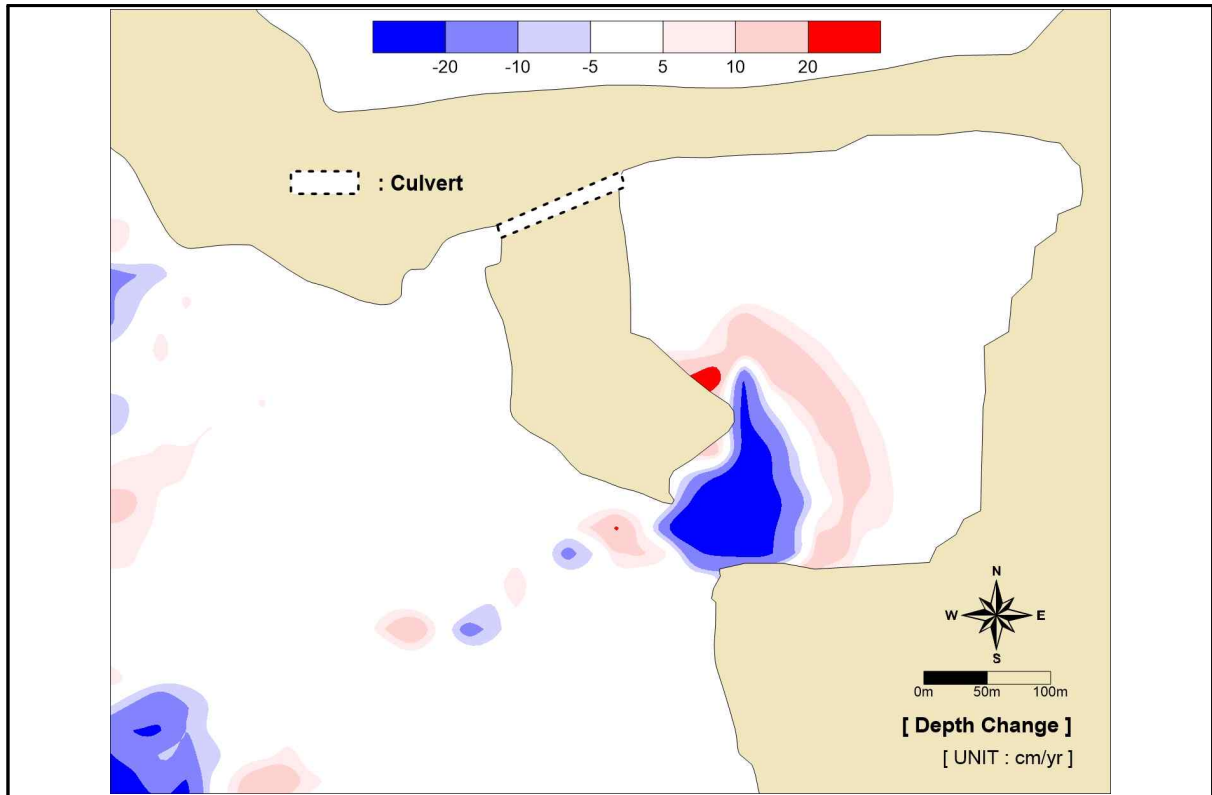
- 퇴적물이동 실험결과 폐염전 유입통로에서 빠른 유속으로 침식현상이 나타나고 내측에서 5~10cm/yr 퇴적 변화를 보임
- Case3 안이 가장 원활한 해수유통 결과를 보여주고 있으며, 침퇴적 모의에서도 복원 대상지 내외부 간의 급격한 변화양상 없이 안정적인 복원 형태를 나타내는 것으로 모의됨



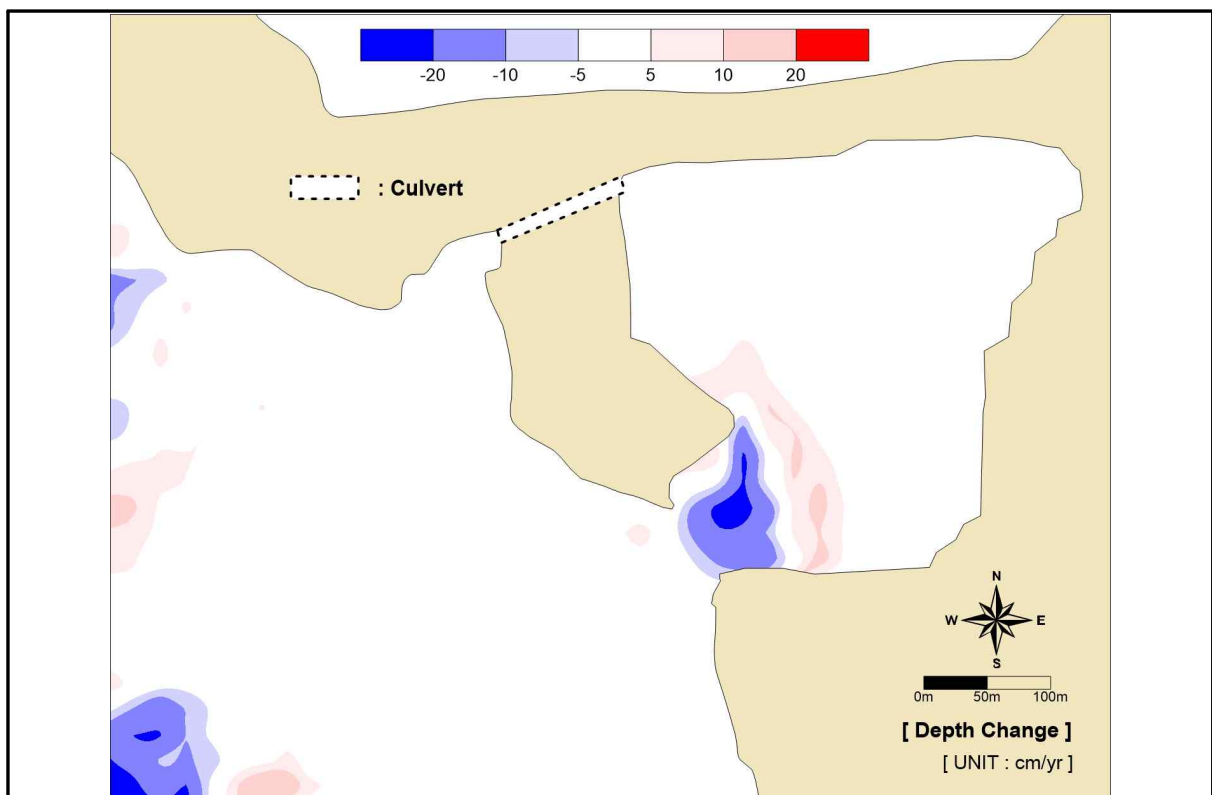
[그림 7-31] 연간 침·퇴적 변화(CASE0)



[그림 7-32] 연간 침·퇴적 변화(CASE1)



[그림 7-33] 연간 침·퇴적 변화(CASE2)



[그림 7-34] 연간 침·퇴적 변화(CASE3)

제8장

갯벌생태복원 목표

1. 비전 및 목표

2. 접근전략



8. 갯벌생태복원 목표

1) 비전 및 목표

- 고파도 폐염전(폐양어장) 지역은 현재 이용되지 않고 방치되어 경관상 저해요인으로 작용하고 있으며, 해충 발생의 원인지역으로 나타나 지역주민에게 피해요소로 작용중임
- 본 과업에서는 고파도 폐염전 갯벌생태복원을 통한 갯벌 복원, 생태환경개선, 어족자원 증대, 생태관광 활성화 등의 목표를 설정하였음
- 복원을 위한 최우선 목표로 폐염전 및 폐양어장 지역의 갯벌 생태복원으로 설정하였으며, 인위적인 복원이 아닌 자연 스스로의 복원을 위해 단계적 접근하도록 함
- 고파도의 자연환경에 대한 고려와 함께 주변 갯벌 지역을 참조생태계로 하여 주변 환경에 영향을 최소화하면서 복원이 이루어 질 수 있도록 함
- 고파도 폐염전 갯벌복원을 위한 중점사항으로는 해수 유입방안 마련, 갯골 복원, 복원지 생태환경의 개선, 생물서식공간 확보 등을 설정하며, 연계되는 부가 효과로는 생태관광 활성화를 통한 지역 소득 증대로 설정하였음

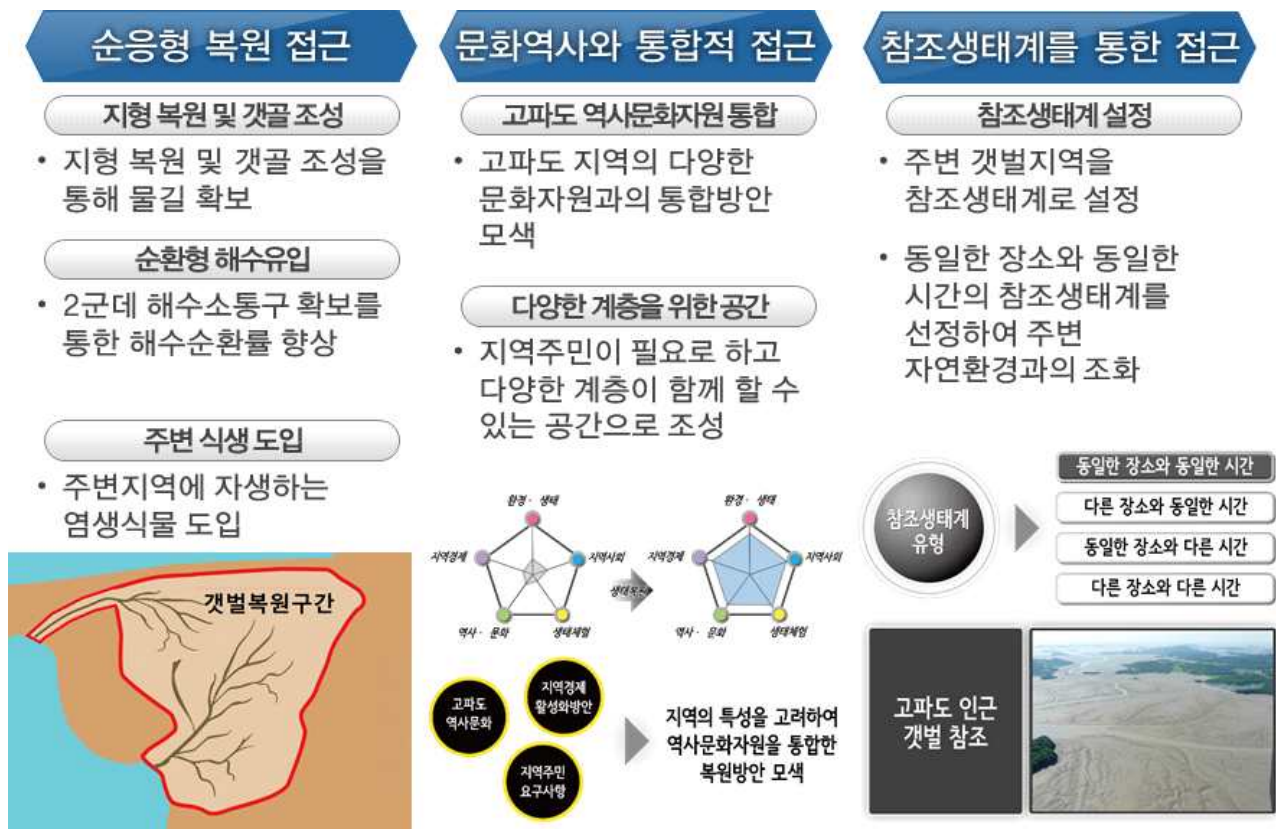
“고파도 갯벌 생태복원”



[그림 8-1] 고파도 갯벌생태복원의 기본 목표

2) 접근전략

- 고파도 폐염전의 성공적인 생태복원을 통하여 단계별 접근을 통한 전략을 수립함
- 폐양어장 및 폐염전 지역의 해수순환을 위한 지형복원을 통하여 갯벌의 기능을 회복할 수 있는 기반환경을 조성하도록 함
- 갯벌복원이 안정화단계에 이루어진 후 다양한 생물 서식환경을 조성해 줌으로써 복원 대상지역의 생물다양성을 확보하도록 함(인근 지역 갯벌 참조생태계를 통한 접근 방식 채택)
- 복원대상지역의 생태계 건강성이 회복된 이 후, 기반시설의 정비 및 생태관광프로그램 등 체험공간을 마련하여 생태관광 활성화를 도모하고자 함
- 지역 활성화 프로그램의 도입에는 역사적 관점을 고려하여 고파도의 역사성을 이어가며, 지역주민과 함께 만들어가는 생태공간을 기본으로 함



[그림 8-2] 고파도 갯벌생태복원의 기본 접근 방향

전략 1 생태기반환경의 회복(Recovering Green Infrastructure)



해수의 흐름이 원활한 **해수순환체계 구축** +
폐염전 지역의 원활한 해수유입을 통한 **갯벌기능 회복** +
참조생태계를 고려한 **지형 복원**

갯벌 복원을 통한 생태기반환경 회복

전략 2 생태환경의 다양성 확보(Establishing Ecological Diversity)



서식처 조성을 통한 **서식환경의 다양화** +
대상지에 지속적으로 서식 가능한 **생물서식처 조성**

생태계 구성요소의 상호작용 유도

전략 3 공간의 활력 유입(Bursting with Vitality)



지역주민과 함께 만들어 가는 **생태공간 구상** +
공간 및 생태계 변화를 고려한 **공간 구상** +
수산자원 회복, 일자리 창출을 통한 지역주민 **소득 증대**

생태관광 활성화 및 지속가능한 공간 조성

[그림 8-3] 고평도 갯벌생태복원의 접근 전략

제9장

갯벌생태복원 기본계획

1. 부지매입 계획

2. 공간별 계획



9. 갯벌생태복원 기본계획

- 사업 대상부지는 과거 염전 및 양어장으로 조성하여 사용되다가 현재는 폐양어장과 폐염전으로 방치되어 경관을 저해할 뿐만 아니라 지속적인 육역화 및 생태 훼손이 진행 중임
- 따라서, 갯벌 생태복원을 통하여 생태계의 안정 도모와 함께 생물서식공간에 대한 인간의 간섭을 최소화하기 위한 복원 방안을 구상하여, 자연과 사람간의 공존을 위한 고파도 폐염전 생태복원을 계획하도록 함
- 이와 함께 가로림만의 우수한 환경과 연계하여 다양한 생물서식공간으로 활용될 수 있는 지속적인 관리계획 수립 및 체계적인 실행력 담보를 계획에 담고 있음

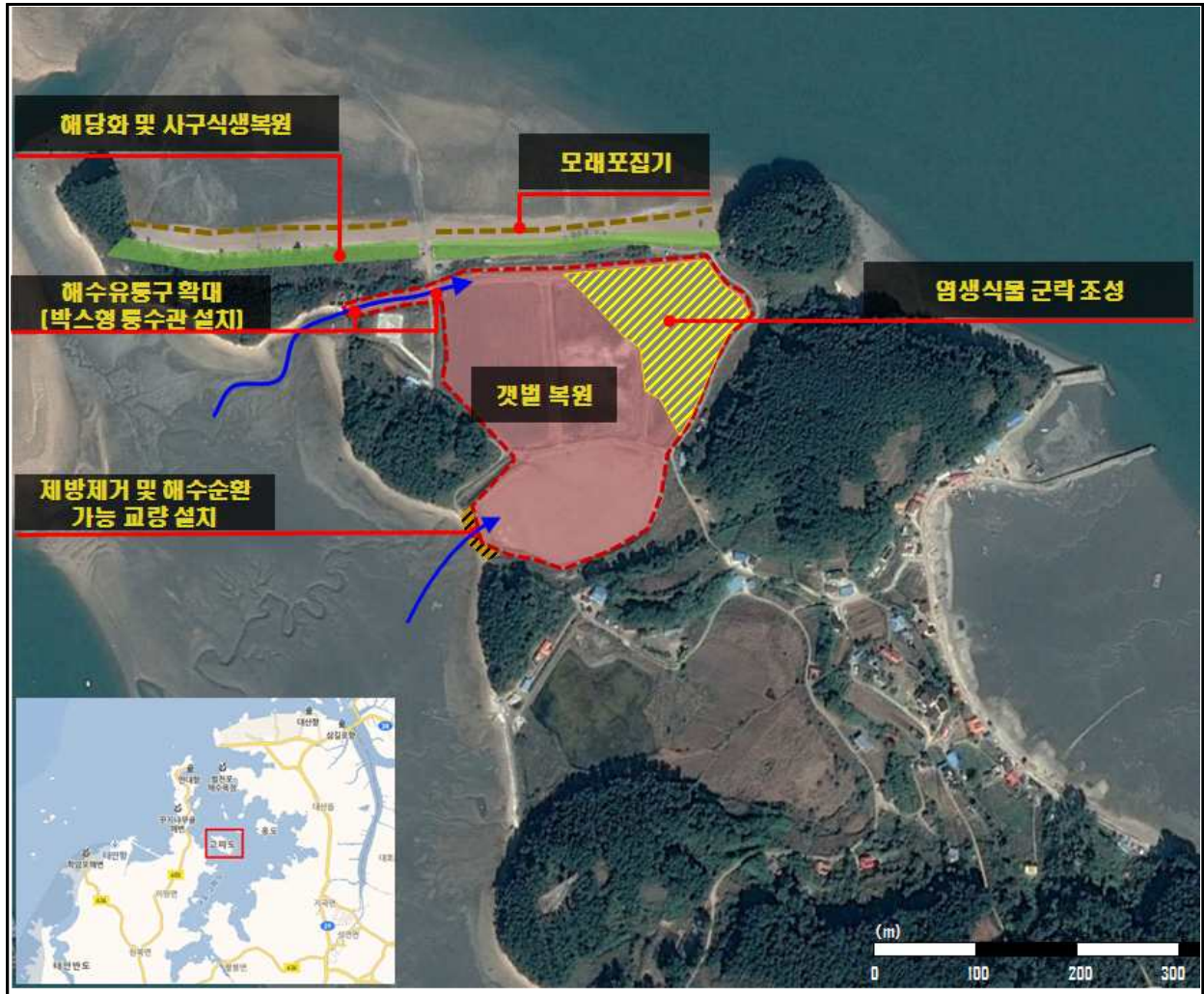
[표 9-1] 고파도 갯벌생태복원 기본계획(안) 종합

복원 전략		내용	도입시설
전략1	갯벌복원	<ul style="list-style-type: none"> • 폐양어장 및 폐염전 지역 해수 순환을 통한 갯벌복원 • 해수순환으로 인한 피해를 고려하여 내부 제방 정리 및 보강 	<ul style="list-style-type: none"> • 갯벌 복원 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 해수순환을 단계적으로 실시 ⇒ 내부 제방 정리 및 성토를 통한 갯벌구배 정비 • 제방 제거 후 해수유통가능 교량(차도교) 설치 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 대상지 남측 해수유통구 제방 제거 • 수문 제거 및 통수 단면적 확대 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 대상지 북측 해수유통구 확대(암거식 유통구 설치)
전략2	염생식물 군락조성	<ul style="list-style-type: none"> • 폐양어장 상부지역에 염생식물 군락 조성 • 갯벌복원 대상지 경계지역에 자연적인 생태천이 유도 	<ul style="list-style-type: none"> • 염생식물 군락지 조성 (인근 지역 참조생태계 반영)
전략3	사구식생 복원 및 사구환경 보전	<ul style="list-style-type: none"> • 고파도해수욕장에 모래포집기 설치를 통한 모래 유실 방지 • 해당화군락 등 사구식생 복원을 통한 사구환경 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 모래포집기 설치 • 사구식생 복원

- 목표 및 세부 추진 과제 -

비 전	고파도 폐염전 갯벌생태복원을 통한 생태기반환경 회복 및 생태공간 활용가치 증진
목 표	<ul style="list-style-type: none"> ▫ [갯벌복원] 폐염전 갯벌생태복원을 통한 갯벌 면적 확대 (93,000m²) ▫ [환경개선] 생태환경 개선을 통한 생태기반환경 회복 및 다양성 증진 ▫ [공간활성화] 생태공간 활력 유입을 통한 생태관광 활성화
고파도 갯벌생태복원사업 세부 추진과제 (총예산: 4,590백만원)	
2018년 (1차년도)	(내용) 갯벌복원 기본계획 및 실시계획 수립, 토지매입 (투입) 1차년도 예산: 1,250백만원
2019년 (2차년도)	(내용) 토지매입, 갯벌복원 공사, 생태계 모니터링 (투입) 2차년도 예산: 1,665백만원
2020년 (3차년도)	(내용) 갯벌복원 공사, 사구환경 개선사업, 생태계 모니터링 (투입) 3차년도 예산: 367백만원
2021년 (4차년도)	(내용) 해수유통구조물 및 해수유통 가능교량 설치, 사구 식생 복원사업, 생태계 모니터링 (투입) 4차년도 예산: 1,080백만원
2022년 (5차년도)	(내용) 염생식물 군락지 조성, 생태계 모니터링 (투입) 4차년도 예산: 228백만원

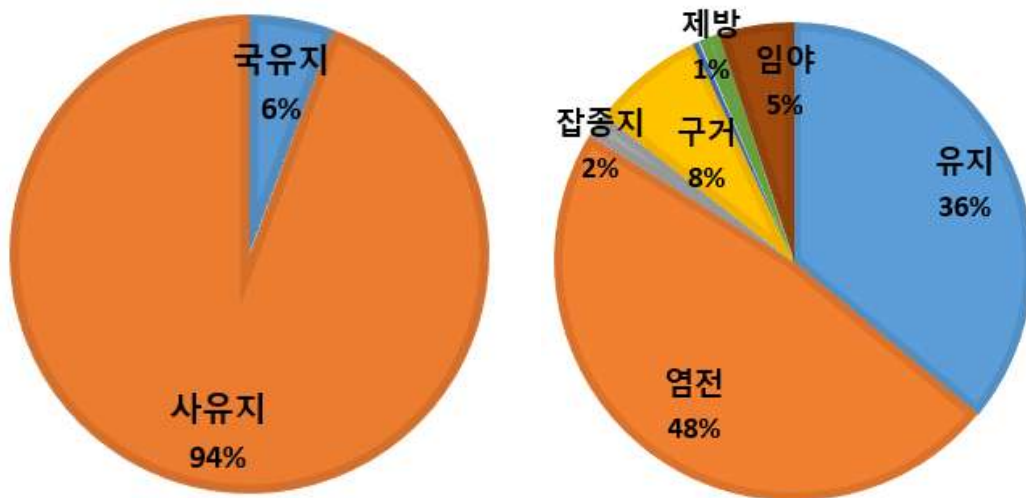
[그림 9-1] 목표 및 추진전략



[그림 9-2] 고파도 갯벌생태복원 기본계획(안)

1) 부지매입 계획

- 사업대상지를 모두 포함하는 지번의 총면적은 114,679㎡(약 34,750평)이며, 이 중에서 부지매입이 필요한 면적은 약 93,551㎡(약 28,350평)으로 북측 폐염전 부지 및 유수지에 대한 토지 매입이 주 추진 대상임
- 고파도 갯벌생태복원 매입대상 부지 대부분은 사유지(총 88,228㎡, 약 26,736평, 94.3%)이며, 국유지(5,323㎡, 5.7%)는 농림축산식품부 소유지(구거 지목 3,664㎡, 제방 지목 총 1,309㎡)와 기타 도로 지목(350㎡)이 국토교통부 소유로 일부 있음. 사업 시행구역의 지목은 염전(44,658㎡, 47.8%), 유지(33,686㎡, 36.0%), 구거(7,229㎡, 7.7%), 임야(4,686㎡, 5.0%), 제방(1,309㎡, 1.4%), 전(46㎡, 0.05%), 잡종지(1,587㎡, 1.7%), 도로(350㎡, 0.4%) 순으로 나타남



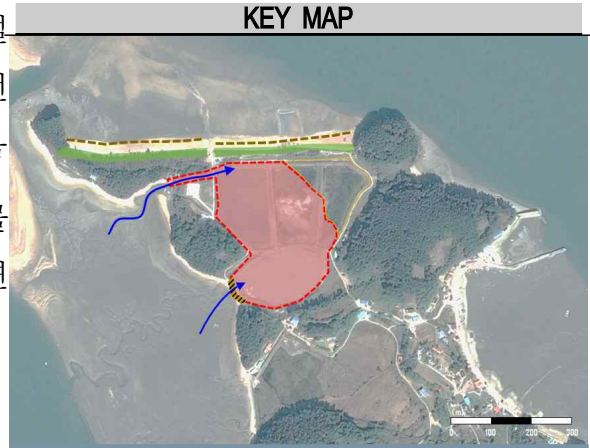
[그림 9-3] 사업대상부지 지목별 구성 비율

- 협상에 의한 부지매입을 우선 시도하며, 협상이 어려울 경우에는 토지수용 절차의 진행을 위한 ‘공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률(토지보상법)’에 따라 사업 시행 필요 토지를 매입하게 되는데, 사업시행자의 보상계획공고 후 감정평가를 통해 산정된 금액을 기준으로 부지매입이 진행됨
- 부지매입에 따른 감정가액은 공시지가와 토지소유자의 지가상승 기대감 등이 반영되어 토지소유자 등 관계인과의 마찰이 우려되므로, 부지매입은 단기간에 추진되어야 함
- 감정평가가 이루어지지 않은 단계이므로, 개략적인 감정평가액의 산정을 위하여 사유지는 공시지가의 최대 3배, 국유지는 공시지가 기준으로 토지매입 비용을 산정하면, 최대 약 18.31억 원 정도의 토지매입 비용이 산출됨
- 세부내용은 3장의 인문현황 토지매입비용 세부 산출 내용 참조

2) 공간별 계획

(1) 갯벌복원

- 현재 폐염전 지역은 1940년대 방조제가 건설되어 염전으로 사용 후 양어장으로 활용되던 지역으로 현재는 폐양어장으로 방치되어 있음
- 갯벌복원을 위하여 부지정비를 실시한 후 물골을 조성하고 해수유통구를 개방하여 자연 스스로 적응하며 복원이 이루어지도록 함



■ 부지 정비 계획

- 해수유통은 두 군데를 통해 실시되도록 하는데, 북측 유통구는 박스형 통수관을 제방 및 중간도로측에 설치하여 해수유통량을 확대하도록 함
- 남측 유통구가 주 해수순환 소통구 역할을 하게 되는데, 제방을 철거하여 해수유통구를 확보하게 되며 해수유통이 가능한 교량(차도교)을 설치하여 주민불편을 최소화 함
- 갯벌복원 대상지로 해수를 유입시키는 방안에는 기존의 수문을 활용하는 소극적 방안이 있으나, 해수유통량이 작은 경우 해수 교환율(순환율)에서 불리하여 갯벌복원의 효과가 작게 나타나므로 제방 철거를 통한 적극적인 해수유통을 시도하도록 함
- 해수 유통에 대한 세부 방안은 다양한 전문가의 의견을 종합적으로 검토하여 신중하게 결정할 필요가 있음
- 갯벌 복원에 있어 갯골의 형태 및 지형 등은 주변의 가로림만 갯벌을 참조생태계로 설정하여 대상지에 적용하도록 함
- 폐염전(폐양어장) 대상지 일부지역으로 염생식물군락지를 조성하여 자연적인 갯벌생태 천이구역 및 경관자원으로 활용하도록 함
- 지형구배를 조절하여 해수가 일정기간 이상 머물 수 있도록 조성하며, 염생식물은 현재 대상지에서 서식하고 있는 통통마디, 해홍나물 등을 도입하는 것이 바람직함
- 갯벌 지형 복원 과정에서 다양한 형태의 물길이 형성될 것으로 보이며, 단계적 해수유통을 통한 물골형성 및 생태환경 변화의 지속적으론 모니터링을 통하여 자연스러운 갯벌지형으로의 천이를 유도함

갯벌복원 대상지 내 공간 계획 안 (제방철거 후 부지 정비)

내측
부지
정비
1안

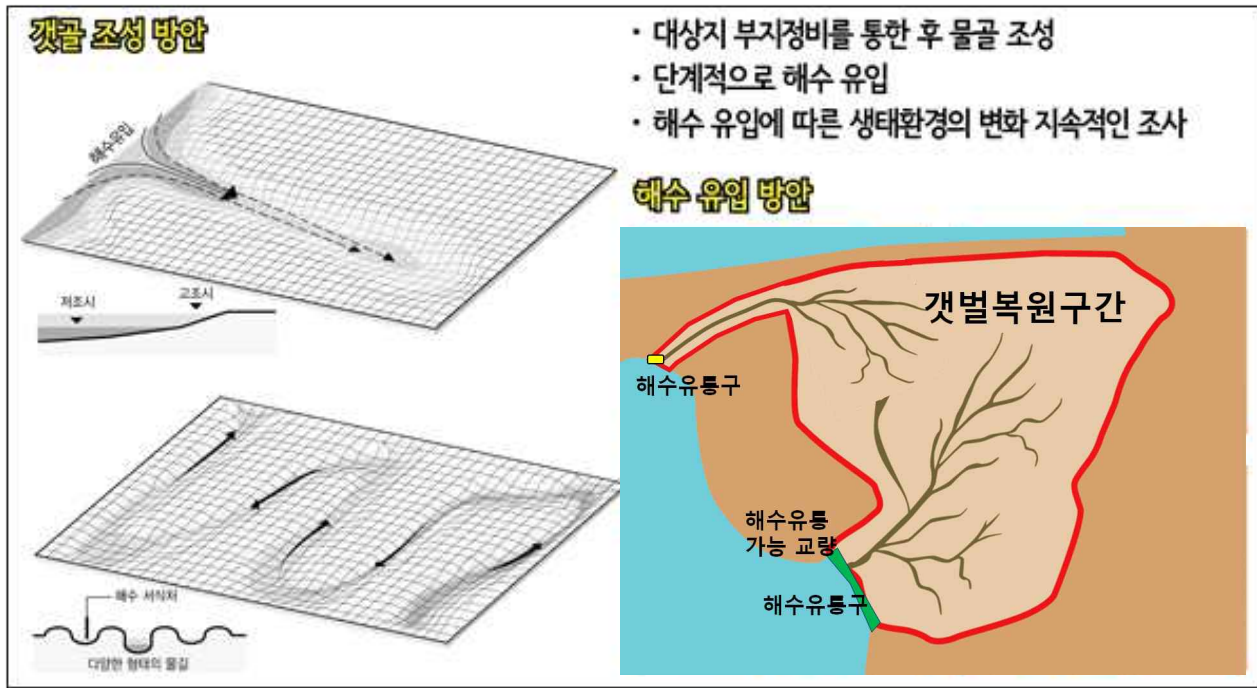


내측
부지
정비
2안



- | | |
|------|---|
| 특징 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 갯벌복원 대상지 내측 제방(구거 부지 포함) 일괄 제거 ▪ 갯벌복원지 및 해수유입구 내외측의 표고 구배를 맞추기 위한 최적 성토 계획 수립 필요 ▪ 내측 표고를 균일하게 적용하는 1안과, 부지 경사를 인위적으로 조성하는 2안을 제시 |
| 검토결과 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 자연스러운 갯벌구배 정비를 위한 2안을 제안 ▪ 복원가능성, 갯벌 저질 특성 등을 종합 고려하여 부지 구배 조정이 필요 |

[그림 9-4] 갯벌복원 대상지 내 공간 계획 안 (제방철거 후 부지 정비)



[그림 9-5] 갯벌 지형복원 계획

■ 방치 폐기물(폐양어장 잔존물) 제거 계획

- 갯벌복원 대상지내 유수지를 제외한 폐염전(폐양어장) 부지에는 과거 폐양어장 시설 잔존물이 그대로 방치되어 있어 폐기물 처리 계획의 수립이 필요함
- 폐염전 바닥공사는 되어 있지 않았으며, 폐염전 사용당시의 잔존시설물은 없는 것으로 조사됨
- 폐양어장 잔존물은 플라스틱 양식어구(장어, 해삼 양식에 사용) 폐기물로서 폐양어장 총 50,000m² 면적에 고루 잔재하고 있음
- 폐어구 잔재물의 규모는 2~3m² 당 1개 정도로 분포하는 것으로 조사되어 개수로는 최대 약 20,000개 가량이 될 것으로 보이며, 무게로는 총 약 100톤(개당 4~6kg) 정도로 추정됨(모래 등이 일부 섞일 경우는 무게가 증가할 수 있음)
- 폐어구 잔재물의 개당 부피는 약 가로 50cm × 세로 40cm × 깊이 45cm 정도로 나타남
- 플라스틱 재질로 된 방치 폐기물의 재활용 처분 가능성을 검토 후, 육상으로 운반하여 처리가 우선시 됨
- 오염도가 심해 재활용 불가 판정시에는 특수 폐기물 처리기관에 위탁하여 소각처리가 필요하며, [그림 9-6]와 같이 폐기물처리비와 육상운반비를 동시에 고려하여야 함

복원대상지 내 방치 폐기물 처리 계획



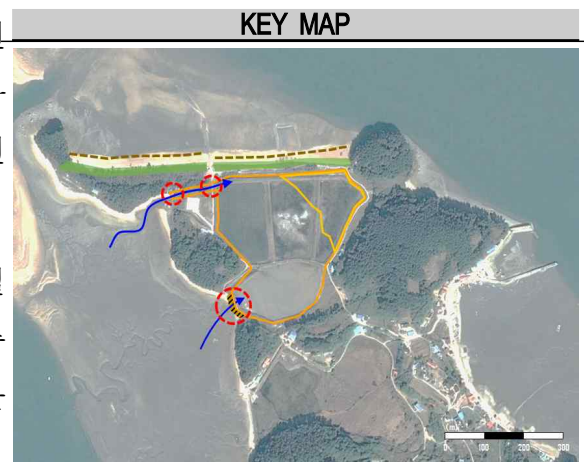
공종	단위	수량	처리단가(톤당)	금액
폐기물 처리비	톤	100	300천원	30,000천원
육상운반비	톤	100	200천원	20,000천원
계				50,000천원

* 비고 : 플라스틱 부자재에 대한 폐기물 재활용처리 가능성 검토 후 처리비용 재산정 가능

[그림 9-6] 갯벌복원 대상지 내 방치 폐기물 처리 계획

(2) 해수유통구 확보(수문확대, 제방 제거 및 해수유통 가능 교량 조성)

- 폐양어장 및 폐염전의 수문은 과거 폐염전 활용 당시, 만조시 해수가 들어오면 차단하여 해수를 가두는 용도로 활용하였으나 현재는 그 기능을 하지 않고 있음
- 폐염전 갯벌 복원을 위한 해수의 유입이 필요하므로 해수유통구의 확보를 위해 북측 유통구 수문은 확장하고, 남측 유통구(북불큰방조제)의 제방은 제거





해수유입구 1번(제방) 전경

해수유입구 2번(원형암거) 전경

[그림 9-7] 해수유입구 1, 2번 대상부지 현재 사용 현황

[표 9-2] 해수유입구 1, 2번 대상부지 제방 구조 변경안 검토

	제1안(교량설치)	제2안(BOX형 통수관)
모식도		
특징	<ul style="list-style-type: none">최대 해수소통 단면적 확보기존 제방 완전철거 필요공사비용 과다(경제성 불리)	<ul style="list-style-type: none">일부구간에 박스형 암거 통수관 설치해수소통 최소 필요 단면 확보 가능시공성 및 경제성 유리
검토결과	<ul style="list-style-type: none">해수유통량 확보를 위한 최적 통수단면 계획상 제2안(박스형 통수관) 설치를 제안갯벌복원 1단계 사업 완료 후, 사업 효과를 증진시키기 위한 해수유통 교량 설치 필요성 검토 가능	

- 폐염전 내로의 해수유입을 위한 북측 유통구 측의 현재 수문은 제거하고, 암거식 박스형 통수관을 폭 5m 규모로 설치하여 내측으로의 해수유입을 확대하도록 유도함(표 9-2, 그림 9-8)
- 즉 기존의 수문을 암거시설물로 대체하는 공법을 도입하며, 제방 상부로의 차량 및 사람의 이동은 기존 시설물과 동일한 기능을 가지도록 설계함
- 암거식 박스형 통수관은 제방에 1개소 외에 해수유입구 상의 도로 구간에 1개소를 동일한 규모로 추가 설치하도록 하며, 해수가 폐염전 부지 내로 유입되는 통로인 해수유입구 1번과 해수유입구 2번 사이의 부지는 폭 5m를 확보할 수 있도록 정비함(현 구거지목 부지)
- 폐염전 내측 부지의 제방철거 및 갯벌구배를 위한 성토작업이 완료되면, 남측 해수유통구의 해수유통을 위하여 해수유입구 3번(복불큰방조제) 제방을 제거하도록 함
- 복불큰방조제 제방의 제거와 함께 이곳에 해수유통이 가능한 소규모 교량(차도교)을 설치하여 해수가 복원대상지 내부로 자유롭게 순환됨과 동시에 주민의 교통이동 상의 불편함을 해소할 수 있도록 함
- 약 70m에 달하는 복불큰방조제(남측유통구) 제방 철거시에는 오타수가 인근 양식시설에 미치는 영향을 최소화하도록 시공하도록 함
- 고파도 주민들은 나이가 높은 관계로 섬 내 이동은 주로 차량이나 ATV를 활용하고 있어, 주민들 사이에서 갯벌 복원사업 추진으로 인한 기존 이동 도로의 단절에 대한 우려가 높으므로 차도교의 설치가 반드시 필요함
- 갯벌복원 사업으로 인하여 사라지는 도로는 두 구간인데, 이 중에서 해수유통을 위해 제방을 철거하는 구역에는 차량편도 이동이 가능한 소규모 해수유통 가능 교량을 설치하여 주민의 이동편의에 불편함을 최소화 할 수 있도록 추진함(그림 9-8)



[그림 9-8] 고파도 내 주요 도로 현황 및 차도교 도입 구간



[그림 9-9] 해수유입구 3번 대상부지 현재 사용 현황

[표 9-3] 해수유입구 3번 대상부지 제방 구조 변경안 검토

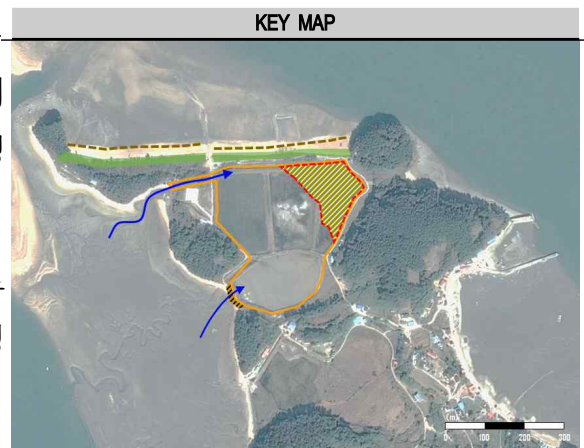
해수유입구 3번 대상부지 제방 구조 변경안 (제방철거 후 교량 설치)	
<p>교량 조성 계획</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌의 자연경관을 해치지 않는 간결한 교량 디자인 생태계 영향 최소화 및 안정성 확보 <p>교량 조성 예시</p> 

〈검토결과〉

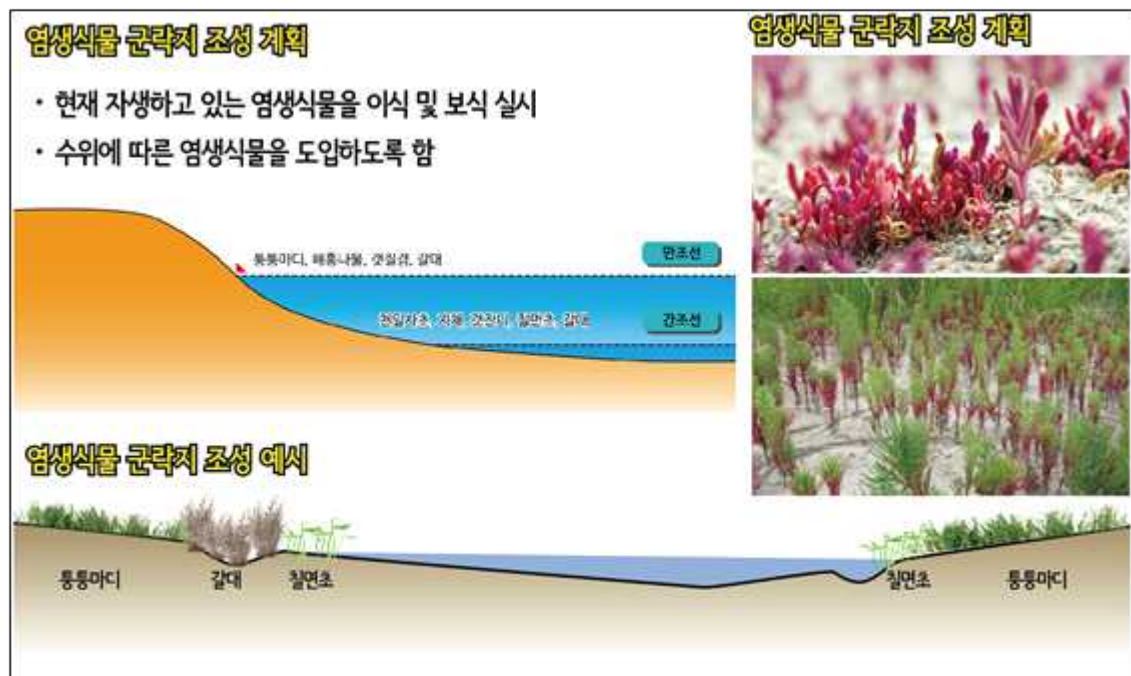
- 해수유통량 확보를 위한 최적 통수단면 계획상 제방의 전면철거를 통한 해수유통이 반드시 필요
- 다만 주민들의 차도로로 이용되던 주요 이동 경로였음을 감안하여, 교량(차도교)을 설치하여 주민 불편을 최소화 하도록 하며, 갯벌 복원의 상징적인 구조물이 되도록 운영할 필요가 있음
- 제방철거 부지 내 전신주 3기가 설치되어 있으므로, 이에 대한 이설 계획이 수립되어야 함

(3) 염생식물 군락지 조성

- 폐양어장지역은 현재 해수가 간헐적으로 유입되어 유수지부분은 일부 갯벌화가 진행되고 있으며, 통통마디, 해홍나물 등의 염생식물이 분포하고 있음
- 현재 폐양어장의 지형은 평탄한 지형으로 해수유입으로 염생식물 재배지를 조성할 경우 일부 지형조작이 필요할 것으로 판단됨



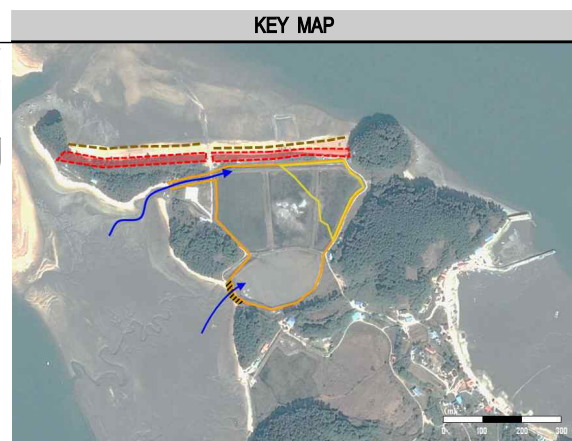
- 염생식물지의 적절한 수위조절을 위하여 지형을 조절하도록 하며, 적절한 수위확보를 위한 계획을 마련하도록 함
- 염생식물은 주변에 자생하고 있는 식물을 중심으로 본 대상지에 도입하도록 하며, 이식 및 보식을 통한 조성을 원칙으로 함
- 염생식물이 갯벌지역으로 확산되는 것을 방지하고 주변지역에서 우수 등의 담수가 유입될 수 있도록 조성하도록 함
- 염색식물은 경관 향상에 도움이 되며, 지역주민의 소득원으로 활용될 수 있어 주민 스스로 관리하도록 동기부여가 가능함



[그림 9-10] 염생식물 군락지 조성 계획

(4) 사구식생 복원 및 사구환경 개선

- 고파도해수욕장 사구지역은 과거 해당화군락이 분포하였으나 현재는 일부 구간에서 해당화, 순비기나무, 갯완두, 갯그렁, 갯메꽃 등의 사구식생이 분포하고 있음



- 갯벌복원 대상지와 북측에 바로 인접해 있는 고파도 해변은 전형적인 사구지형으로서 비사가 오랜 기간 쌓여 자연스럽게 해변이 형성되었으며, 외해로부터의 모래 유입이 지속적으로 이루어지고 있음
- 이러한 사구환경은 갯벌생태복원지역과 표사계가 연결되어 있음을 나타내며, 복원대상 갯벌로의 비사의 유입은 중요한 갯벌 퇴적물 구성요소로 작용하게 됨
- 따라서 사구식생 복원 및 사구환경 보전을 위한 친환경 모래유실 방지책은 갯벌복원 대상지에 있어 상호 긍정 요소로 작용함

- 대상지 북측 사구는 해변의 인공 제방 조성 및 조류의 변화 등으로 인하여 모래 유실이 발생하고 있으며, 이를 방지하기 위한 모래 포집기 시설을 설치하여 모래의 퇴적을 촉진하도록 함
- 모래포집시설은 바람에 의한 모래이동을 고려하여 대나무나 그물 등을 이용하여 모래를 집적하도록 함
- 해안사구 식생은 현재 자생하고 있는 해당화, 갯메꽃, 갯그렁 등을 중심으로 보식하여 조성하도록 하며, 고파도해수욕장의 이용구간 및 식생보전구간을 분리하여 인간의 간섭을 최소화 하도록 함



[그림 9-11] 사구식생 복원 및 사구환경 개선 계획

제10장

투자계획 및 자원확보 방안

1. 단계별 사업계획
2. 부문별 사업 추진 계획
3. 연차별 사업 추진 계획
4. 자원확보방안

10. 투자계획 및 재원확보 방안

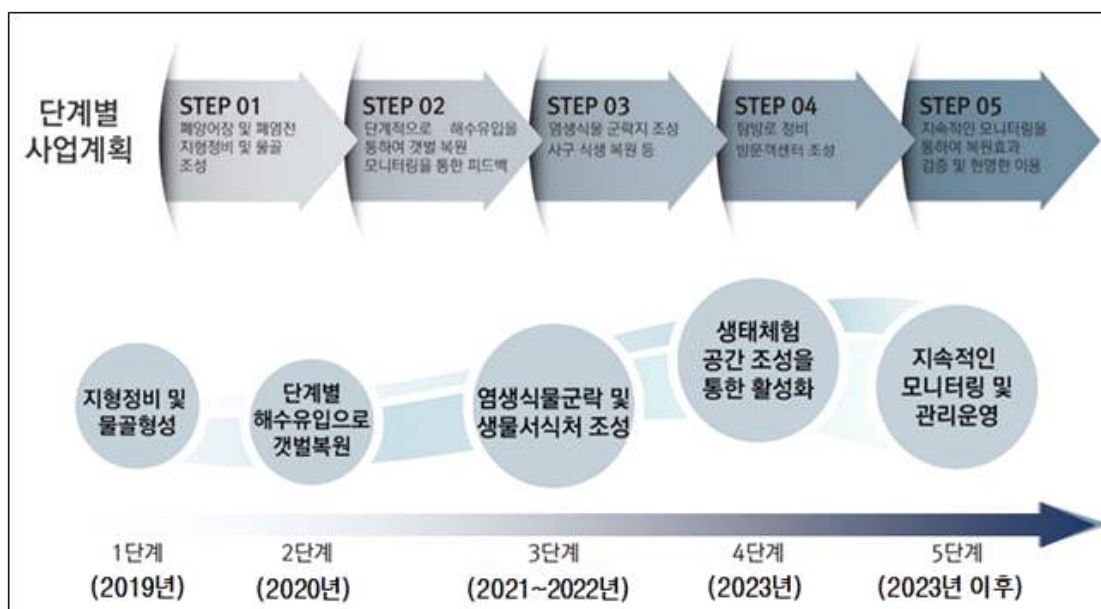
1) 단계별 사업계획

(1) 기본방향

- 고파도 폐염전 생태복원사업 최종목표년도는 2022년으로 설정하여 사업계획을 추진함
- 생태복원사업을 수행하는데 있어 생태적·환경적·경제적 우선순위를 고려하여 지구별, 단계별 사업계획을 수립하도록 함
- 사업계획은 고파도 폐염전 지역에 대한 장기적이고 통합적인 관리의 관점에서 단계적 사업추진 체계를 수립하도록 하며, 향후 이용환경의 변화에 융통적으로 대처할 수 있도록 수립함
- 고파도 지역의 발전을 위하여 지역주민의 능동적 참여확대를 고려할 수 있는 추진 전략의 수립이 필요함

(2) 단계별 사업계획 수립

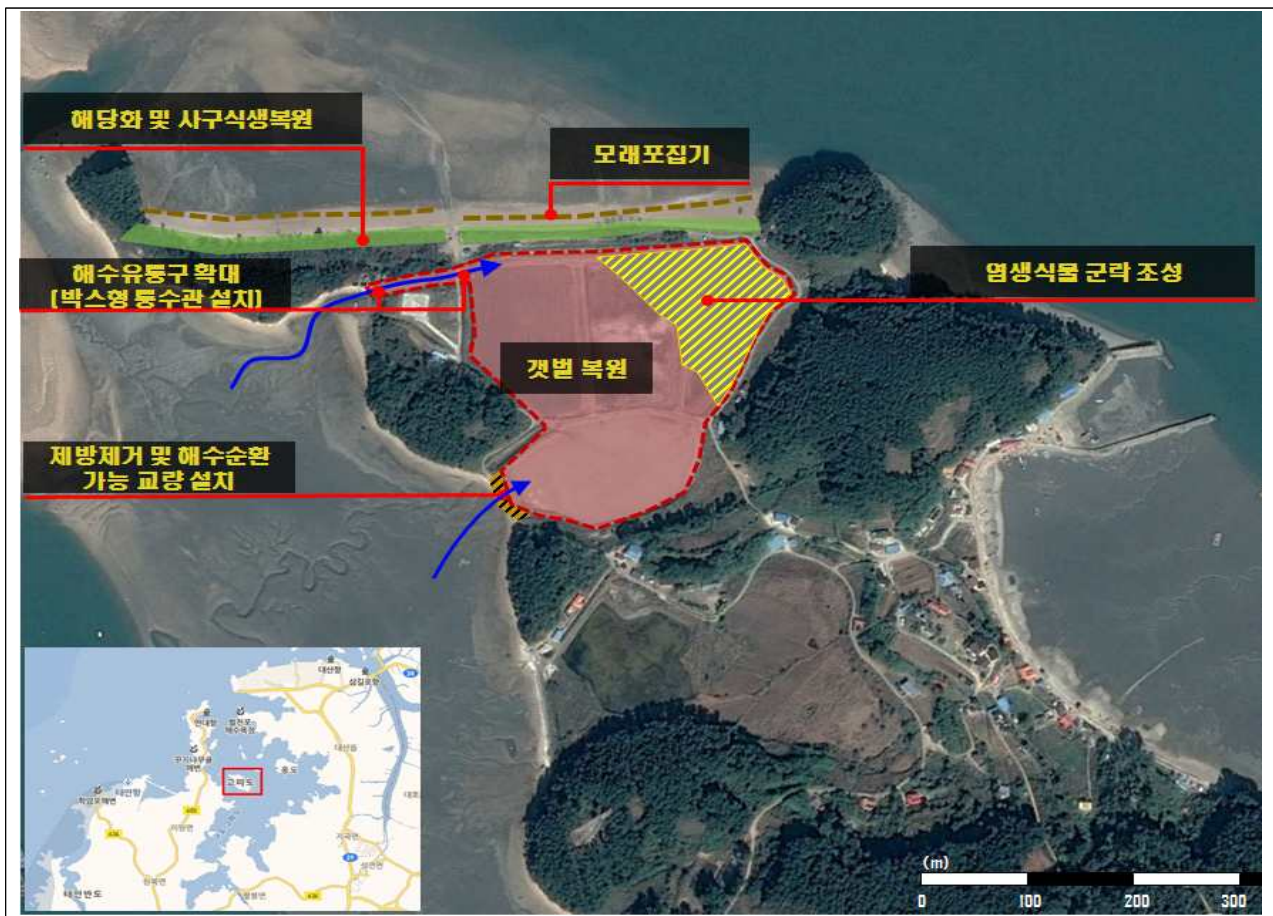
- 사업계획의 일정 수준 이상의 완성도 및 사업의 효율성 등을 고려하여 고파도 생태복원 사업은 총 5단계에 걸쳐서 추진하도록 하며, 갯벌복원 주요 사업은 사업시행년도인 18~22년까지 1~3단계, 나머지 4~5단계는 사업시행완료 후 생태관광 연계 사업 및 모니터링 등 유지보수로 구분될 수 있음



[그림 10-1] 고파도 갯벌생태복원 사업의 단계적 사업추진방안

2) 부문별 사업 추진 계획

- 사업시행구역 내의 갯벌복원사업은 해양수산부의 갯벌복원사업지침에 준하여 1단계(2018~2022) 5년에 걸쳐 총 45.9억원(국비 70%, 지방비 30%)을 투입하여 진행함
- 1단계 사업완료 후, 2단계(2023년 이후)에서는 사업 성과를 기반으로 갯벌생태관광 및 6차산업화 활성화 등을 통한 활용사업을 추진하되, 서산시가 주도로 예산과 사업계획을 추진하여 갯벌복원사업의 시너지 효과를 창출하도록 함
- 고파도 폐염전 생태복원사업의 투자계획은 추진되는 시설의 개략적인 대지면적과 조성 단가를 바탕으로 산출하였음
- 고파도 폐염전 생태복원 사업비는 총 45.9억원으로, 이 중 갯벌복원 및 염생식물 군락 조성비용 16.9억원, 사구식생 복원 및 사구환경 개선비용 1.4억원, 토지매입 비용 18.3억원, 기본 및 실시설계 용역비용 6.5억원, 기타 환경모니터링 비용이 2.7억원 정도로 산출됨. 이외에 사후모니터링 비용으로 4.5억(준공 후 지자체 자체예산 편성)을 책정함



[그림 10-2] 단계별 구분에 따른 갯벌복원 추진 계획

- 사업비 투자 계획은 대상부지 전체 폐염전 공간을 하나의 사업대상지로 설정하여 추진하며, 총 45.9억원의 예산으로 진행하도록 함(그림 10-2).
- 갯벌 지형복원을 주 사업으로 추진하도록 하며, 이를 위한 제방제거, 폐염전(폐양어장) 부지 정리, 방치폐기물 처리, 지반 성토 등을 우선 진행함
- 이 후 자연갯벌 천이에 따른 갯벌 경계지역에 염생식물 군락을 조성하고, 갯벌복원지와 연결된 사구 식생 및 사구 환경 복원을 동시에 추진하여 생태적 복원 가치를 극대화시킴
- 본 기본계획에서는 고파도 폐염전 복원 사업 목표대상에 대한 부문별, 공간별 사업투자계획을 표 10-1과 같이 제시함

고파도 갯벌생태계 복원 기본계획 수립 용역

[표 10-1] 부문별 사업투자계획

구분	도입요소	규모	단가(천원)	금액(백만원)
갯벌복원 및 염생식물 군락 조성	갯벌 복원(지형 복원)	90,000m ²	450	405.0
	방치폐기물(잔존 어구) 처리	100ton	500	50
	제방 제거	1,030m	120	123.5
	해수유통구조물 설치	2식	-	180
	해수유통 가능 교량(차도교)	1식	-	707.5
	제방 보강	600m	125	75
	염생식물 군락지 조성	15,000m ²	10	150
	소 계			1,691
사구식생 복원 및 사구환경 개선	모래포집기	640m	100	64
	사구식생 복원	8,000m ²	10	80
	소 계			144
기타	토지매입	93,551m ²	공시지가 최대 3배	1,831
	기본설계	1식		150
	실시설계	1식	-	500
	사업 시행 중 모니터링(4년)	1식	-	274
	사후 모니터링(3년) * 준공 후 별도 지자체 예산 활용	1식	-	(450)
	소 계			2,755
합계				4,590

3) 연차별 사업 추진 계획

(1) 연차별 사업비 총괄

- 연차별 사업비 구상에는 해당부지 일괄 복원 추진을 가정하여 수립하였음(표 10-2)
- 고파도 폐염전 생태복원 목표기간은 5년으로 하여 사업투자계획을 수립하였으며, 2차년도에는 토지매입비용이 많은 부분을 차지하였음
- 사업 초기 토지매입 및 지형 정비를 위한 토목공사 비용이 타년도에 비해 높게 나타남
- 갯벌생태복원 사업 완료 후, 갯벌생태관광 활성화 프로그램, 체험공간 조성, 사후 모니터링(준공 후 3년간 실시) 등 연계사업은 지자체 예산으로 추진이 가능함

[표 10-2] 연차별 사업투자계획

구분	도입요소	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	총금액 (백만원)
갯벌복원 및 염생식물 군락 조성	갯벌 복원(지형 복원)		250	155			405
	방치폐기물(잔존 어구) 처리		50				50
	제방 제거		93.5	30			123.5
	해수유통구조물 설치				180		180
	해수유통 가능 교량(차도교)				707.5		707.5
	제방 보강			40	35		75
	염생식물 군락지 조성					150	150
	소 계	0	393.5	225	922.5	150	1,691
사구식생 복원 및 사구환경 개선	모래포집기			64			64
	사구식생 복원				80		80
	소 계	0	0	64	80	0	144
기타	토지매입	600	1,231				1,831
	기본설계	150					150
	실시설계	500					500
	모니터링(4년)		40	78	78	78	274
	사후 모니터링(3년) * 준공 후 별도 지자체 예산 활용	1단계 사업 종료 후 3년간 실시(23년 이후, 150백만원/년)					(450)
	소 계	1,250	1,271	78	78	78	2,755
합계	1,250	1,664.5	367	1,080.5	228	4,590	

(2) 1차년도 사업 내용

○ 주요 사업 내용

- 갯벌복원 기본계획 및 실시계획 수립, 토지매입

[표 10-3] 1차년도 주요 사업 내용

구분	주요 내용	예산안 (백만원)	비고
갯벌복원 기본계획	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌생태계 복원사업 지침 제9조(기본계획의 수립)에 근거 갯벌복원 목표, 범위, 훼손원인, 복원에 따른 편익, 공간별·연차별 사업계획 등 도출 갯벌복원 대상지역의 생태·사회·경제적 상황 종합 검토를 통한 사업대상지 최적 복원 수행 방안 검토 	150	토지 경계측량 및 분할측량 실시
갯벌복원 실시계획	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌복원 기본계획 수립에 따른 사업 투입 공사규모, 배치, 형태, 공사방법 등을 종합적으로 고려한 세부 추진계획 설계 실시설계에 필요한 자료 수집 및 정비, 설계지침 작성, 도면 및 계산서 작성, 시방서 및 예정 공정표 작성, 공사수량 및 공사비 산출 복원사업 시행 전 생태계 모니터링 수행 (기초조사 및 사전 모니터링) 소규모전략환경영향평가, 사전재해영향평가, 해역이용협의 등사업 인허가 관련 사항 추진 	500	<ul style="list-style-type: none"> 총사업비의 11% 각종 인허가 관련 사항 추진 포함
토지매입 (1년차)	<ul style="list-style-type: none"> 갯벌복원을 기존 폐염전 및 유지 부지 매입(사유지 및 국유지) 사업대상지의 사유지에 대한 토지수용 절차를 고려하여 보상 추진(감정평가비용 포함) 협약에 의한 매수를 우선 추진하며, 2년차까지 구분하여 진행 	600	염전(231-2, 231-3), 유지(231-1, 231-5), 구거(231-7), 잡종지(231-4), 구거(258, 국유지) 등
합계		1,250	

- 기본계획 및 실시설계는 「엔지니어링사업대가의 기준(산업통상자원부고시 제2017-67호)」에 따라 ‘실비정액가산방식’을 준용함
- 토지매입 비용은 토지매입보상금과 토지감정수수료 등으로 구성되며, 토지매입 예상금액은 공시지가의 최대 3배 수준으로 산출(세부내용 3장 참고)
- 사업시행구역인 북측 폐염전 부지 중 매입대상 부지(총 93,551㎡, 28,300평)에 대한 토지매입 비용은 보상배율 적용법에 따라 주변 실거래가 및 보상 선례를 참조하여 산출함

- 고파도 폐염전 복원 대상 부지(총 93,551m², 28,300평)는 사유지 94.3%, 국유지 5.7%로 구성되어 있음
- 토지매입은 2년에 걸쳐 진행함('18년도에 6.0억원, '19년에 12.3억원 예산)

(3) 2차년도 사업 내용

- 주요 사업 내용
 - 토지매입, 갯벌복원 공사, 생태계 모니터링

[표 10-4] 2차년도 주요 사업 내용

구분	주요 내용	예산안 (백만원)	비고
갯벌복원 공사 (1년차)	• 갯벌 지형 복원(단계별 물골 조성)	250	
	• 방치폐기물(잔존 어구) 처리	50	
	• 기존 폐염전 구획 제방 제거	93.5	
생태계 모니터링 (1년차)	• 수질환경, 토양 및 퇴적환경, 염생식물, 저서생물 등 생태계 모니터링 1년차 실시	40	
	• 퇴적환경 및 갯벌 건강성을 중점적으로 모니터링 실시		
	• 사업시행구역을 대상으로 년 1회 실시		
토지매입 (2년차)	• 갯벌복원을 기존 폐염전 및 유지 부지 매입(사유지 및 국유지)	1,231	염전(231-2, 231-3), 유지(231-1, 231-5), 구거(231-7), 잡종지(231-4), 구거(258, 국유지) 등
	• 사업대상지의 사유지에 대한 토지수용 절차를 고려하여 보상 추진(감정평가비용 포함)		
	• 협의에 의한 매수를 우선 추진하며, 1년차에 이어 2차년도까지 진행		
합계		1,664.5	

- 정부가 발주한 유사 공사 실적공사비 검토를 통하여 공종별 단가를 추출 적용하였으며, 토목공사 부문별 예비타당성 지침 및 단가자료를 활용하여 개략공사비를 산출함
- 세부 공사 계획은 실시설계 용역을 통하여 수립 예정임
- 토지매입은 1차년도에 이어 2차년도에도 진행예정('18년도에 6.0억원, '19년에 12.3억원 투입예정)이며, 토지매입비용에서 남는 비용은 교량공사 등 타 복원공사에 활용될 수 있음
- 생태계 모니터링은 실시계획 수립 중에 수행된 기본 및 정밀모니터링 성과와 연계하여 추진하며, '19년도에는 1년차 모니터링으로서 사업시행구역 주변 정밀조사 및 생태계 현황과악을 위주로 실시

(4) 3차년도 사업 내용

○ 주요 사업 내용

- 갯벌복원 공사, 염생식물 군락지 조성, 사구환경 개선사업, 생태계 모니터링

[표 10-5] 3차년도 주요 사업 내용

구분	주요 내용	예산안 (백만원)	비고
갯벌복원 공사 및 염생식물 군락 조성 (2년차)	• 갯벌 지형 복원(단계별 물골 조성)	155	
	• 기존 폐염전 구획 제방 제거	30	
	• 경계지역 제방 보강	40	
사구식생 복원 및 사구환경 개선 (1년차)	• 모래포집기 설치를 통한 사구 환경 개선(모래유 실 방지)	64	
생태계 모니터링 (2년차)	• 수질환경, 토양 및 퇴적환경, 염생식물, 저서생 물 등 생태계 모니터링 2년차 실시	78	
	• 퇴적환경 및 갯벌 건강성을 중점적으로 모니터 링 실시		
	• 사업시행구역을 대상으로 년 2회 실시		
합계		367	

- 정부가 발주한 유사 공사 실적공사비 검토를 통하여 공종별 단가를 추출 적용하였으며, 토목공사 부문별 예비타당성 지침 및 단가자료를 활용하여 개략공사비를 산출함
- 복원 대상지의 원활한 해수유통 및 해수 유출입량 조정을 위해 지반고와 외측 갯벌의 경사 구배를 맞추기 위한 지형복원 공사를 시행함
- 고파도 해수욕장의 사구환경 보호 및 개선을 위한 모래포집기를 해변 전면에 조성(모래유실 방지)
- 생태계 모니터링은 '19년도에 이어 2년차 모니터링을 실시하며 사업시행구역 주변 정밀 퇴적상 변화 조사 및 생태계 현황파악을 위주로 실시

(5) 4차년도 사업 내용

○ 주요 사업 내용

- 갯벌복원 공사, 해수유통구조물 설치, 해수유통 가능교량 설치, 사구식생 복원사업, 생태계 모니터링

[표 10-6] 4차년도 주요 사업 내용

구분	주요 내용	예산안 (백만원)	비고
갯벌복원 공사 및 염생식물 군락 조성 (3년차)	• 해수유통구조물 설치(박스형 암거 통수관)	180	해수유통구 1, 2번
	• 해수유통 가능 교량(차도교) 설치	707.5	
	• 경계지역 제방 보강	35	
사구식생 복원 및 사구환경 개선 (2년차)	• 사구식생 복원사업(해당화 군락지 조성)	80	
생태계 모니터링 (3년차)	• 수질환경, 토양 및 퇴적환경, 염생식물, 저서생물 등 생태계 모니터링 3년차 실시	78	
	• 퇴적환경 및 갯벌 건강성을 중점적으로 모니터링 실시		
	• 사업시행구역을 대상으로 년 2회 실시		
합계		1,080.5	

- 해수유통구 1번 지점(북측 해수유통구)에는 기존 제방의 구조를 일부 변경하여 박스형 암거 통수관을 폭 5m 규모로 설치하도록 함
- 해수유통구 2번 지점(북측 해수유통구)에는 기존 원형 암거 구조물을 철거하고 박스형 암거 통수관을 폭 5m 규모로 설치하여 해수유통량을 확보하도록 함
- 해수유통구 1번과 2번 지점 사이의 하도 구간은 지형 정비를 통하여 폭 5m의 해수유통로가 확보되도록 함
- 해수유통구 3번 지점(남측 해수유통구)인 북불큰방조제의 제방을 제거한 후에 해수유통 가능 차도교를 설치함
- 해수유통 가능 교량(차도교) 공사의 경우 m^2 당 단가를 추출하였으며, 제방을 전면 제거한 이 후에 폭 3m, 길이 약 70m 규모로 설치함
- 고파도 해수욕장 배후 사구의 환경 보호 및 식생 복원을 위한 해당화 군락지를 조성하여 사구 생태환경 개선
- 생태계 모니터링은 '19~'20년도에 이어 3년차 모니터링을 실시하며 사업시행구역 주변 정밀조사 및 생태계 현황파악을 위주로 실시

(6) 5차년도 사업 내용

- 주요 사업 내용 : 염생식물 군락지 조성, 생태계 모니터링

[표 10-7] 5차년도 주요 사업 내용

구분	주요 내용	예산안 (백만원)	비고
갯벌복원 공사 및 염생식물 군락 조성 (4년차)	<ul style="list-style-type: none"> • 염생식물 군락 조성 	150	
생태계 모니터링 (4년차)	<ul style="list-style-type: none"> • 수질환경, 토양 및 퇴적환경, 염생식물, 저서생물 등 생태계 모니터링 4년차 실시 • 퇴적환경 및 갯벌 건강성을 중점적으로 모니터링 실시 • 사업시행구역을 대상으로 년 2회 실시 	78	
합계		228	

- 갯벌복원 대상지의 육역측 경계부에 염생식물 군락지를 조성(염생식물 이식 및 보식)하여 자연적인 조간대 상부지역의 생태 천이를 유도함
- 생태계 모니터링은 '19~'20년도에 이어 4년차 모니터링을 실시하며 사업시행구역 주변 정밀조사 및 생태계 현황파악을 위주로 실시

(7) 예산 산출 근거

■ 토지매입 등

- 토지매입 비용은 토지매입보상금과 토지감정수수료 등으로 구성
- 사업대상지 내의 국유지(6,516m²)는 개별공시지가를 적용하여 산정
 - * 총사업비관리지침 제2조에 따라 국·공유지의 토지매입은 개별공시지가를 적용하여 산정(기획재정부 2017.11)
- 사업대상지 내의 사유지(104,394m²)에 대한 비용은 보상배율 적용방법에 따라 주변 실거래가 및 선례를 통한 보상배율 산출
 - * 고파도 갯벌복원대상지 주변의 염전 지목의 토지 실거래가격을 살펴보면, 가로림만 주변(태안군 내리, 당산리, 중왕리, 서산시 고파도리) 지역에서는 2015년 중왕리 건을 제외하고는 대부분 공시지가에 비슷한 수준의 지가로 거래되고 있음
 - * 순천만 갯벌복원 대상지 주변의 경우는 갯벌복원 진행되기 바로 전인 2014년 이후부터 공시지가에 비해 비교적 높은 가격에 거래가 된 것으로 나타났음(공시지가의 약 1.5배 수준)

- * 따라서 고파도 폐염전 부지 매입을 위한 비용은 고파도의 사회경제적인 특성을 반영하여 공시지가의 최대 약 2-2.5배 수준에서 보상협약이 진행 가능할 것으로 보이나, 보수적으로 매입비용을 책정하여 공시지가의 최대 3배로 산정함
- 감정평가수수료는 감정평가업자의 보수에 관한 기준(국토교통부 공고 제2016-1220호) 제3조(감정평가수수료)에 따라 산정
- 토지매입은 2년 동안 수행('18년: 600백만원, '19년: 1,231백만원)

■ 갯벌복원 공사

- 정부가 발주한 유사 공사 실적공사비를 검토하여 공종별 단가를 추출하여 적용하거나 토목공사 부문별 예비타당성 지침 및 단가자료를 활용하여 개략공사비를 산출
 - 교량공사의 경우 m^2 당 단가를 추출하여 개략 공사비를 산정
 - 제방공사는 석축을 이용한 찰쌓기 공법에 해당하는 유사 공사 사례를 검토하여 m^2 당 단가를 추출하여 제방 설치 계획으로 개략 공사비를 산출
 - 해수의 흐름을 유도하기 위한 갯골 준설 공사비는 대천방조제 제2호 배수갑문 갯골 준설공사 실적공사비('16 ~ '17)를 활용하여 m^3 당 단가를 추출하여 적용하였으며, 예상 준설 구역 범위를 산정하여 수량을 곱하여 산출
- * 복원 대상지가 지반고가 높은 상부 조간대에 위치하고 있으므로 원활한 해수유통 및 해수 유출입량을 조정하기 위해 필요시 준설공사 시행

■ 부대비용

- 건설공사 관리를 위한 비용으로 기획재정부의 2018년도 「예산안 편성 및 기금운용계획안 작성 세부지침」에 의거하여 건설부문의 공사감리 요율을 적용하여 산정

■ 인허가 추진사항

- 환경영향평가법(제43조) 및 환경영향평가법 시행령(제59조)에 따라 사업대상지는 소규모환경영향평가 대상임
- * 습지보전법 제8조 제1항에 따른 습지보호지역의 경우 사업계획면적이 $5,000 m^2$ 이상일 경우 소규모환경영향평가 대상사업으로 분류

■ 생태계모니터링

- 「갯벌 생태자원 활성화 방안 연구용역(해양수산부, 2016)」의 유형별 복원 기본사업비 기준에 따라 사업시행구역과 사업영향구역으로 구분하여 실시설계 연계를 위한 정밀조사와 생태계 현황 파악을 위한 기본조사를 실시

4) 재원확보방안

- 고파도 폐염전 생태복원사업의 효과는 서산시 고파도 주민에 대한 서비스 제공과 함께 생태적 가치 증가에 따른 국내외 관광객에 대한 서비스 제공에도 그 영향을 미치게 되므로, 이에 관련한 포괄적 기회 비용을 모두 고려하는 방안을 제시함
- 이를 위하여 해양수산부에서 진행하고 있는 국고보조사업 중 갯벌생태계 복원사업을 통하여 고파도 폐염전 복원사업의 재원을 확보하도록 함

[표 10-8] 갯벌생태계 복원사업 개요

보조사업명	갯벌생태계 복원 사업
목적	<ul style="list-style-type: none"> 폐염전·폐양식장 등 경제적 가치 상실로 훼손방차오염되어 있는 과거 갯벌지역을 건강한 갯벌로 복원함으로써 해양생태계의 기능회복 및 지역경제 활성화에 기여
지원방식	<ul style="list-style-type: none"> 자치단체 보조(자본)
매칭비율	<ul style="list-style-type: none"> 국고 70%, 지방비 30%(도비 15%, 시비 15%)

- 특히 가로림만 지역은 신규 해양보호구역으로 지정되어 이에 대한 지원사업의 일환으로 본 과업의 재원을 지원받을 수 있는 방안이 모색될 수 있음

[표 10-9] 해양보호구역 관리사업 개요

보조사업명	해양보호구역 관리사업
목적	<ul style="list-style-type: none"> 해양보호구역의 통합관리 및 인식증진 사업을 통하여 해양보호구역 보전·관리 및 지속가능한 이용체계 구축 해양보호구역에 보전·이용시설 설치, 위해시설 제거 등의 관리사업 수행
지원방식	<ul style="list-style-type: none"> 자치단체 보조(경상, 자본) 민간 보조(경상)
매칭비율	<ul style="list-style-type: none"> 자치단체 보조: 국비 70%, 지방비 30% 민간 보조: 국비 100%

- 폐염전 생태복원사업의 재원은 해양수산부 등의 중앙정부 국고지원을 통한 재원과 충청남도 및 각 지자체 자체 재원으로 구분할 수 있음
- 국고보조사업시 국비지원 비율 및 금액에 따라서 사업의 규모는 변경될 수 있으며, 재원분담은 추후 지속적으로 국고보조사업 등에 대한 지속적 모니터링을 수행하여 다양한 측면에서 재원확보가 가능하도록 추진해야 함

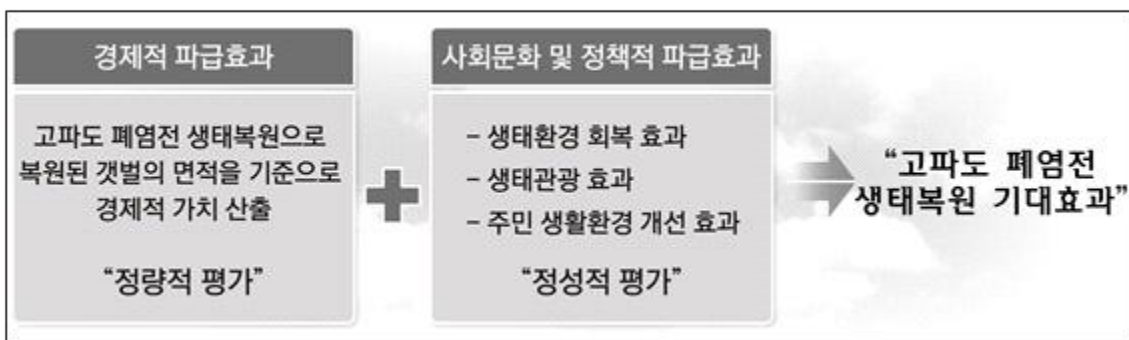
제11장

갯벌생태복원 사업의 기대 효과

1. 경제적 파급효과
2. 생태적 가치 증진 효과
3. 사회문화 및 정책적 파급효과

11. 갯벌생태복원 사업의 기대 효과

- 고파도 갯벌생태복원사업을 통한 파급효과는 크게 갯벌복원을 통한 경제적 가치 증대 효과와 어업기반시설 및 소득증대시설 조성으로 인한 사회문화 및 정책적 파급효과로 구분할 수 있음
- 경제적 파급효과는 갯벌로 복원 면적을 경제적 가치로 환산하여 그 파급효과를 정량적으로 분석함
- 사회문화 및 정책적 파급효과는 고파도 폐염전 생태복원사업 활성화를 통하여 발생할 수 있는 다양한 사회문화적 파급효과를 정성적으로 분석함



[그림 11-1] 갯벌생태복원사업의 기대 효과

1) 경제적 파급효과

- 2013년 연안습지 기초조사(해양수산부, 2014)을 살펴보면 갯벌 가치를 수산물 생산가치, 수질정화가치, 여가가치(심미적), 서식지 제공기능, 재해방지기능, 보전가치 등으로 구분하여 그 가치를 추정하였음

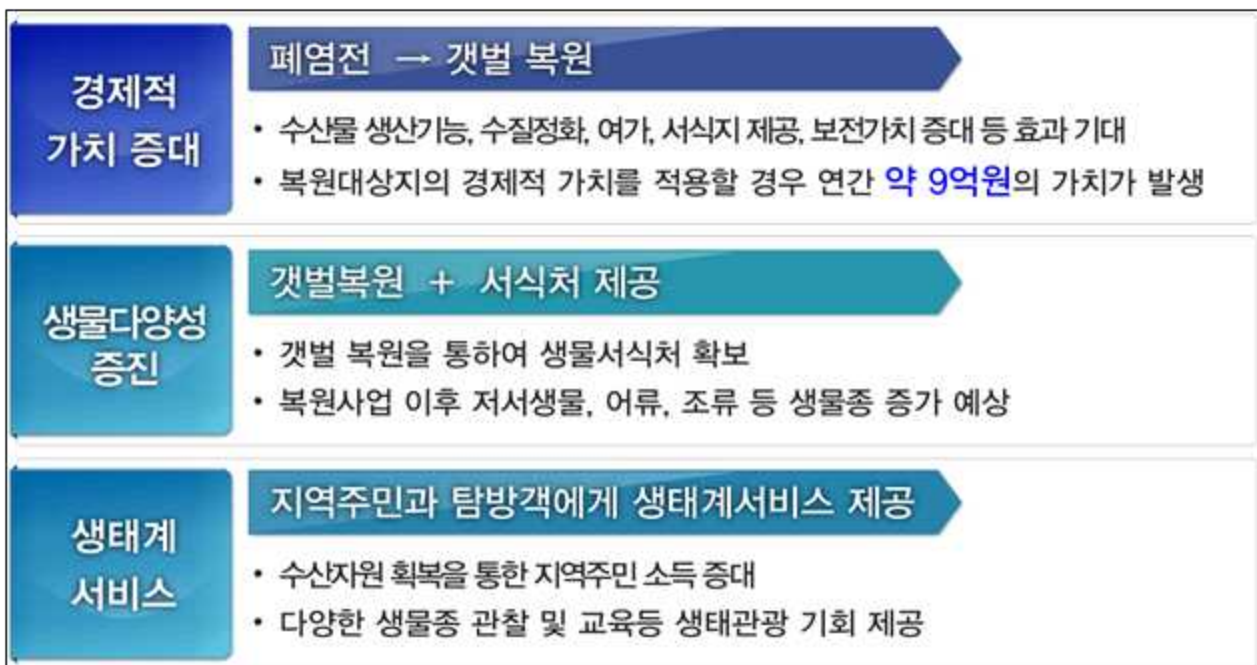


[그림 11-2] 갯벌복원에 따른 경제적 가치

- 과거문헌의 경제적 가치를 물가상승률을 고려하여 2013년 12월 기준으로 환산하여 복원 대상지에 적용함
- 고파도 폐염전지역 중 갯벌로 복원되는 면적은 약 9.2ha로 파악되었으며, 연간 경제적 가치를 환산할 경우 약 8.5억원이 연간 발생하는 것으로 분석됨

2) 생태적 가치 증진 효과

- 갯벌 복원을 통한 경제적 가치뿐만 아니라 생태환경 개선으로 인하여 생물다양성의 증대 및 기후변화 저감 효과가 기대됨
- 현재 폐양어장과 폐염전은 방치되어 있어 경관상의 문제가 있을 뿐만 아니라 생태환경이 과거에 비해 점차 단순화되고 있음
- 갯벌 복원을 통하여 저서생물이 증대되고 이로 인해 부가적으로 어류 및 조류의 증가 등 생물다양성 증가될 것으로 기대됨
- 가로림만은 다양한 철새가 도래하고 있으며, 가로리만 중심부에 위치한 고파도 지역은 철새들의 휴식처로서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨



[그림 11-3] 갯벌복원에 따른 생태적 가치 증진 효과

3) 사회문화 및 정책적 파급효과

(1) 관광업

- 현재 고파도 지역은 도서지역의 특성으로 인해 접근성이 떨어지고 기반시설이 정비되어 있지 않아 관광객의 방문이 많지 않은 실정임
- 하지만 인간의 간섭이 적어 자연환경을 그대로 보전하고 있으며, 폐염전 복원을 통하여 생태관광이 활성화될 수 있을 것으로 기대됨
- 연안해운통계연보(2015)를 살펴보면 고파도 수송인원 중 주민을 제외한 인원은 4,896명으로 조사되었음
- 현재 여객선의 증편계획이 있으며, 폐염전 복원 등으로 인해 연간 방문객이 8,000명 수준으로 증가할 수 있을 것으로 예상되며, 이로 인한 관광소득(1인당 1일 기준 관광소비금액 14.9만원 적용)은 연간 약 12억원이 예상됨

(2) 생활환경

- 고파도에 거주하고 있는 주민들은 대부분 어업에 종사하고 있고 생활여건에 보통정도의 만족도를 가지고 생활하고 있으며, 정주의지가 높은 것으로 조사되었지만 점차 어획량이 줄어들고 있어 소득에 대한 걱정이 증가하고 있음
- 고파도 지역의 생활환경을 개선하기 위해서는 과거 소득의 대부분이 어업활동에 치중된 개발에서 벗어나 관광산업과 같은 새로운 소득자원을 발굴하여 어민의 소득창출을 도모해야 함
- 본 대상지와 같은 어촌에서는 인구 규모에 맞게 별도의 생활환경개선사업, 소득창출사업 등을 발굴하여 이를 통해 지역 생활환경 개발 패러다임에 맞는 환경 계획의 수립이 요망됨
- 고파도 폐염전 생태복원을 통하여 다각적인 관광환경을 지속적으로 구축해 나간다면 주변 지역의 생활환경은 크게 개선될 것으로 판단됨

첫째. 생태계서비스를 극대화한 6차 산업 활성화

공급서비스 (생산물)	조절서비스 (조절기능 편익)	문화서비스 (비물질적 편익)	지지서비스 (생산을 위한 기반)
----------------	--------------------	--------------------	----------------------

둘째. 이용객의 생활활력소 제공 및 지역 생태소득 창출

셋째. 참여적 인식증진 활동으로 갯벌자원 보전에 대한 국민적 공감대 확산



[그림 11-4] 갯벌복원 사업 완료 후의 기대효과

제12장

사회적 · 경제적 편익(타당성) 분석

1. 사업의 필요성 및 시급성
2. 국가계획 및 경제·사회정책과의 부합성
3. 주민의 숙원도 및 수혜도
4. 사업의 파급효과
5. 경제적 수익성 및 타당성
6. 편익 추정 방법론
7. 고파도 갯벌복원 사업의 편익 산정
8. 경제성 분석 세부 내용

12. 사회적·경제적 편익(타당성) 분석

1) 사업의 필요성 및 시급성

- 사업대상지는 가로림만 해양보호구역의 가운데 위치한 도서갯벌로서 보호대상 해양생물인 점박이 물범이 주변에 서식하며, 해변의 경관이 우수한 지역임
- 과거 염전 및 양식장으로 조성하여 사용하다 현재 폐양식장과 폐염전으로 방치되어 경관을 저해하고, 육역화가 진행됨에 따라 갯벌 생태계가 훼손되어 있음(수질악화 및 해충 발생)
- 가로림만의 해양환경과 연계하여 훼손되어 있는 해양생태계를 복원하여 지역의 해양자원 자산으로 관리할 필요성이 큼
- 갯벌생태계의 생물다양성 확보와 함께 고파도의 폐염전과 관련된 역사와 문화를 복원하여 그 가치를 새롭게 평가받는 국가선도사업으로 추진 필요
- 가로림만 해양보호구역 지정('16년)과 함께 지자체 및 지역주민의 갯벌복원 의지가 강함

2) 국가계획 및 경제·사회정책과의 부합성

- 가로림만 해역 해양보호구역 지정(2016. 7. 28.) 및 가로림만 해역 해양보호구역 관리 기본계획(해양수산부)과 연계하여 동 사업(충청남도)추진
- 해양생태계 복원 등 해양환경개선에 있어 기초자치단체, 광역자치단체, 중앙정부의 유기적인 협력체계 구축을 통하여 국가적인 해양생태계 서비스 자원으로의 가치를 극대화할 수 있음
- 고파도 폐염전 복원 사업은 2016년 해양수산부 연구과제 ‘갯벌 생태자원 활성화 방안 연구용역’ 상의 우선복원 대상지 20개소에 선정되어 사업 추진의 필요성이 지속적으로 제기되고 있음
- 문재인 정부 국정운영 5개년 계획 상의 100대 과제 중 해양공간 통합관리 상의 갯벌 복원 20개소 진행 사업과 연계 추진 필요

3) 주민의 숙원도 및 수혜도

- (수혜도) 전체 주민의 44 %(직접적 수혜), 기타 56%(간접적 수혜)
- 충남 서산시 팔봉면 고파도리는 도서지역으로 74세대, 124명의 소규모 마을을 형성하고 있으며, 대부분 수산업에 종사함
- 도서지역의 특성으로 인해 육지와와의 접근성이 떨어지고, 정주시설이 제대로 정비되어 있지 않아 지역민의 삶의 질이 많이 떨어짐
- 동 사업 추진 시 관광수입증대 및 지역경제 활성화로 삶의 질 향상에 기여할 것으로 판단됨
- 고파도 거주중인 74세대 124명 중, 갯벌생태복원으로 인한 직간접적 취업유발효과는 60.93명으로 예상되며, 수혜도는 49.1%(60.93명/124명)에 이름
- 대부분 65세 이상으로 어업활동을 주 소득원으로 하고 있는 고파도 주민은 정주여건 개선, 수산물 생산소득 증대, 생태관광 활성화 등의 복원효과로 인하여 대부분 주민이 수혜를 입을 것으로 보여 지역경제에 도움이 될 것으로 기대
- ※ 수혜도 = 혜택 주민수 / 전체 주민수 * 100%로 계량

4) 사업의 파급효과

- 본 사업으로 인해 지역(서산시)내 생산유발효과는 2,978 백만원, 부가가치유발효과는 1,071백만원, 고용유발효과는 32명인 것으로 분석
- 본 사업으로 인해 발생하는 전국적 생산유발효과는 7,339 백만원, 부가가치유발효과는 2,569백만원, 고용유발효과는 46명
- 이 사업의 경제파급효과는 주로 갯벌복원과 관련된 지역 내 건설부문 수요변화 22.3억원(보상비 및 모니터링 비용 23.6억원 제외) 수요변화로 인한 지역경제 파급효과임
- 여기서는 충남연구원(2013)에서 간접추계방법을 통해 작성한 『시군단위 다지역투입산출(MRIO)표』를 이용하여 지역경제 내 수요변화(25.7억원)에 따른 지역경제 파급효과를 분석·제시함
- 경제파급효과 분석결과는 생산과 부가가치, 그리고 고용 등의 측면으로 구분 제시됨
- 지역경제 파급효과 이외의 사회적 파급효과는 생태환경의 회복, 관광업, 생활환경 측면에서 정성적인 가치의 증가가 발생함

12. 사회적·경제적 편익(타당성) 분석

[표 12-1] 지역경제 파급효과 분석결과

구분		생산유발효과		부가가치유발효과		고용유발효과	
		(백만원)	(비율)	(백만원)	(비율)	(단위:명)	(비율)
충청남도	천안시	104	1.4%	32	1.3%	0	0.5%
	공주시	17	0.2%	7	0.3%	0	0.1%
	보령시	35	0.5%	13	0.5%	0	0.2%
	아산시	179	2.4%	58	2.2%	0	0.5%
	서산시	2,978	40.6%	1,071	41.7%	32	69.0%
	논산시	14	0.2%	5	0.2%	0	0.1%
	계룡시	2	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	금산군	6	0.1%	2	0.1%	0	0.0%
	부여군	13	0.2%	4	0.2%	0	0.1%
	서천군	16	0.2%	6	0.2%	0	0.1%
	청양군	10	0.1%	3	0.1%	0	0.1%
	홍성군	48	0.7%	14	0.6%	0	0.5%
	예산군	46	0.6%	14	0.6%	0	0.4%
	태안군	39	0.5%	14	0.6%	0	0.8%
	당진시	134	1.8%	29	1.1%	0	0.3%
	(소계)	3,640	49.6%	1,274	49.6%	34	72.7%
	세종시	22	0.3%	7	0.3%	0	0.1%
	대전시	96	1.3%	39	1.5%	0	1.0%
	충청북도	154	2.1%	45	1.8%	0	0.8%
	수도권	2,530	34.5%	955	37.2%	10	20.5%
	강원도	61	0.8%	25	1.0%	0	0.8%
	호남권	332	4.5%	87	3.4%	1	1.6%
	대경권	195	2.7%	50	1.9%	0	1.0%
	동남권	308	4.2%	87	3.4%	1	1.4%
	(전국합계)	7,339	100.0%	2,569	100.0%	46	100.0%

※충청남도 내 15개 시군 지역불균형 개선효과: 0.00105%*

* 부가가치 기준

5) 경제적 수익성 및 타당성¹⁾

(1) 갯벌의 경제적 가치

- 경제성 분석을 위한 갯벌의 가치는 경제적 의미의 가치를 의미하는데 이는 소비자의 관점에서 효용(utility) 즉, 주관적 만족도의 증대나 생산자의 관점에서 새로운 부가 가치의 창출을 의미함
- 갯벌의 경제적 가치가 발생하는 과정은 크게 3단계로 구성되는데 1단계는 주로 자연과학의 영역에 해당되는 것으로, 갯벌의 보존 및 관리로 인해 발생하는 갯벌의 다양한 기능이며, 2단계에서 이러한 갯벌의 기능이 인간에 미치는 영향과 관련된 부분임
- 3단계에서는 갯벌의 다양한 기능이 인간에 미치는 영향을 경제학적으로 평가하는 것임
- 3단계는 소비자의 관점과 생산자의 관점에서 갯벌이 미치는 영향을 정량화 하게 됨



[그림 12-1] 갯벌의 경제적 가치가 발생하는 과정

(2) 사용가치와 비사용가치

- 갯벌과 같은 환경재화의 가치는 크게 사용가치(use value)와 비사용가치(non-use value)로 구분할 수 있음
- 사용가치는 생산 및 소비 행위에 환경을 직접 연관시킴으로써 발생하는 가치를 의미하며, 비사용가치는 직접적인 이해관계와 무관하게 환경 그 자체가 가지고 있는 가치를

1) 고파도 갯벌복원사업의 경제적 수익성 및 타당성 분석 자료는 한국해양대학교 이주석 교수의 연구자문을 받아 작성된 것임

의미하며 크게 선택가치(option value), 존재가치(existence value), 유산가치(bequest value)로 세분할 수 있음

- 선택가치는 현재 직접적으로 이용되지 않고 있어서 사용가치는 없지만 미래에 이용 가능성이 있는 경우 그 환경이 갖고 있는 가치를 의미함. 즉, 현재는 사용하지 않는 어떤 환경재가 미래에 사용될 가능성이 있다고 판단되는 경우에 그 환경을 지금 훼손하게 되면 미래의 선택 폭이 감소하게 되고 따라서 그 만큼의 비용이 미래에 발생할 수 있다는 의미임
- 존재가치란 사람들이 비록 희귀종, 유일한 자연자원 등을 직접 사용하는 것에 대해 혹은 이로부터 직접적인 편익을 얻는 것에 대해 생각해 본 적이 없다 하더라도, 단지 그 것들이 존재한다는 것을 알고 있음으로써 발생하는 가치를 의미함
- 유산가치란 미래세대를 위하여 환경을 보존하는 것 자체가 가치를 갖는다는 것을 의미함
- 갯벌의 경제적 가치는 다음과 같이 사용가치와 비사용가치로 식별될 수 있음

[표 12-2] 갯벌의 경제적 가치의 종류

가치의 종류		항 목
사용가치		어민이나 해안거주민들의 생계활동(어업 등) 또는 레크리에이션 활동(해수욕, 낚시, 철새구경, 산책 등) 또는 오염정화 기능과 홍수조절 기능을 위해서
비사용 가치	선택가치	비록 현재 당장은 갯벌을 이용할 계획이 없어도 앞으로 이용할 가능성이 있으므로 일종의 보험금 또는 예약금을 내기 위해 (기회가 되면 가보기 위하여)
	존재가치	비록 내가 앞으로 갯벌을 이용할 가능성이 없어도 단지 갯벌이 잘 보존되어 갯벌의 동물, 식물, 어류 등이 보호되는 것이 좋아서
	유산가치	우리의 후손들에게 우리가 갯벌로부터 누리는 혜택을 똑같이 받게 하기 위해서

자료: 표희동·유승훈·곽승준(2001).

(3) 국내의 연구사례와 편익 종합화의 한계

- 우리나라의 갯벌 가치추정은 강화도 갯벌과 시화호 갯벌, 새만금 갯벌, 영산강 갯벌에 대한 가치평가가 주로 수행되었음
- 특히 새만금 갯벌과 영산강 갯벌의 경우 농지 개발과 현상 보존을 둘러싼 이해단체의

첨예한 대립으로 많은 연구가 이루어졌음

- 기존의 갯벌 가치추정연구들은 대부분 조건부 가치측정법이나 컨조인트 분석법을 활용하였으며, 경우에 따라서는 대체비용접근법 등을 적용한 사례가 있음

[표 12-3] 국내 갯벌의 기능별 가치 분석 사례 종합화(2013년 12월 불변가격 기준)

(단위 : 천원/ha/년)

출처	발표 년도	수산물 생산 기능	수질 정화 기능	여가 기능	서식지 제공 기능	재해 방지 기능	보전 가치	합계	구분
신호중 외	2000				26,917		21,335	48,252	새만금 갯벌
공동조사단	2000	9,304	3,860	1,734	8,760	3,258	14,767	41,682	
농어촌연구원	1999	5,404	871	2,949	7,532	3,331		20,086	
전철현 외	2002						13,212	13,212	
최재선	1999	5,576	6,222	629		1,173		13,600	
표희동 외	2001	78,696	14,481				11,500	104,677	영산강 하구 갯벌
산업경제연	1998	7,777	5,829	609				14,214	
최미희	2000	10,893	15,146					26,039	
강대석 외	2003	9,230	480					9,710	
유병국	1998			2,823				2,823	강화도남단 갯벌
해양수산부	2013						5,797	5,797	
해양연구원	1996	15,436	6,553	675	11,961			34,625	전국 갯벌
이동근 외	1997	17,132	6,829	2,379			14,964	41,303	강화 갯벌
해양수산부	2001			8,814				8,814	안면도 갯벌
국토해양부	2011						26,777	26,777	보성군 갯벌
국토해양부	2012						53,585	53,585	고창군 갯벌 (충청남도 조사결과 포함)
해양수산부	2014						28,287	28,287	강진만 갯벌
해양수산부	2014						304,785	304,785	종달리 갯벌
2013년 12월 기준 산술 평균		17,716	6,697	2,577	13,793	2,587	49,501	92,870	

자료 : 2013 연안습지 기초조사, KOEM, 2014

- 『2013년 연안습지 기초조사』 (KOEM, 2014)에서는 기존의 연구결과들의 분석결과를 산술평균하여 ha당 갯벌의 경제적 가치를 9,563백만원/km²/년(2017년 기준으로 물가보정)으로 제시하였음
- 그러나 이러한 편익이전 분석결과는 다음과 같은 문제점을 가지고 있음
- 첫째, 갯벌은 지역과 위치, 생태환경 등에 따라 그 가치가 다른데 갯벌의 면적만 고려하여 편익을 중합화하였음
- 갯벌의 질적인 편차가 고려되지 않았고 상대적으로 중요도가 높은 지역 위주의 연구결과를 중합화하였기 때문에 편익이전시 과대 산정의 우려가 있음
- 둘째, 동일한 조건부 가치측정법을 활용하였다고 하더라도 설문방법, 분석방식에 따라 분석결과에 상당한 편차가 존재하기 때문에 이에 대한 고려가 필수적임
- 특히 조건부 가치측정법의 설문조사는 연간 지불의사를 묻는 방식이지만 지불기간이 5년 또는 10년 등으로 특정되어 있기 때문에 연간 지불의사액이 동일하더라도 설문지에 제시된 지불기간이 다르면 동일한 지불의사액이 아님
- 예를 들어, KDI의 조건부 가치측정법 적용 가이드라인에서는 통상 지불기간을 5년간으로 제시하고 있는데 이러할 경우 연간 지불의사액이 1,000원이라면 실제 응답자가 부여하는 총가치는 5년간의 합인 5,000원이 되며, 만약 지불기간이 10년이라면 응답자가 부여하는 총가치는 10년간의 합인 10,000원이 됨
- 따라서 이러한 지불기간의 고려 없이 연간 지불의사액만 활용하여 갯벌의 가치를 구하면 왜곡된 결과를 얻을 수 밖에 없음

(4) 가로림만의 경제적 가치²⁾

- 이주석·유승훈(2009)은 가로림만에 추진되던 조력발전소의 건설로 인한 소모적인 논쟁을 막기 위해 조건부 가치측정법을 활용하여 가로림 갯벌 보전의 경제적 가치를 산정함
- 동 연구는 고파도 갯벌이 위치한 가로림만 갯벌의 경제적 가치를 포괄적으로 산정하였기 때문에 고파도 갯벌의 경제적 가치 산정을 위한 편익이전에 활용될 수 있음
- 동 연구는 가로림만이 위치한 서산 및 태안 지역(on-site)과 아울러 가로림만에서 떨어진 지역(off-site)에서 가로림만의 보존 및 관리에 부여하는 가치를 파악하기 위해 7대 대도시에서도 설문을 시행함

2) Lee, J. S. and Yoo, S. H. (2009) Measuring the environmental costs of tidal power plant construction: A choice experiment study, Energy Policy, 37, 5069-5074

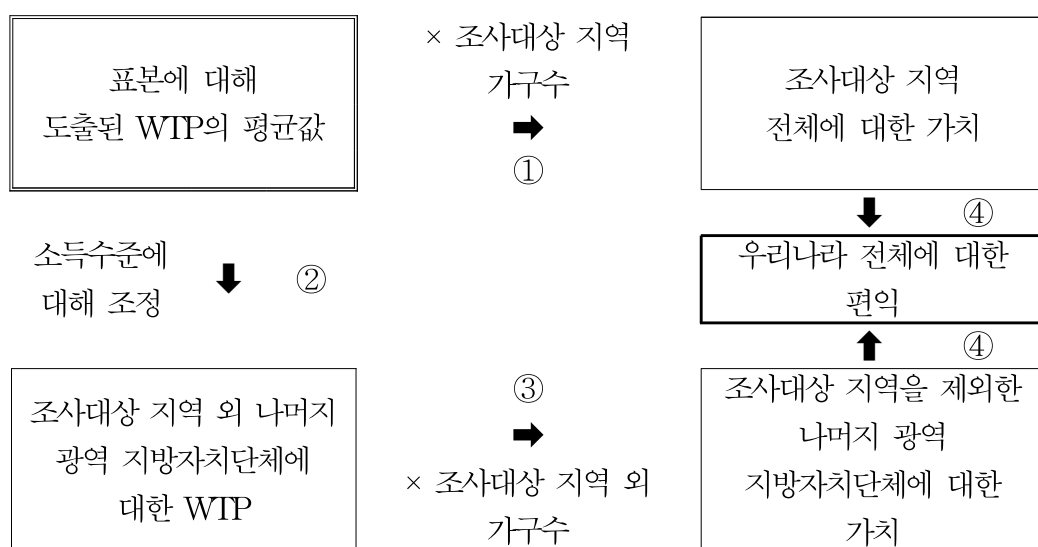
- 가로림만의 환경가치 평가를 위한 조사는 이들 지역에 대해 2007년 11월 중순부터 12월 초까지 가로림만의 위치한 서산 및 태안 지역은 400가구를 대상으로 조사하였으며, 가로림만과 다소 떨어진 전국 7대 대도시(서울, 부산, 인천, 대구, 대전, 광주, 울산)는 500 가구를 대상으로도 조사하였음
- WTP 추정결과, 서산 및 태안 지역에서의 평균값 WTP는 가구당 연간 4,531원으로 나타났으며 7대 대도시의 경우 가구당 연간 6,850원으로 가로림만이 인접한 서산 및 태안 지역 응답자들의 값보다 더 큰 것으로 나타났음
- 표본의 대표성이 확보되고 무응답의 문제가 없다면, 표본의 대표가구에 대해 추정된 WTP에다 모집단의 가구수를 곱해주면 표본의 정보를 모집단으로 확장할 수 있음

[표 12-4] 가로림만에 대한 WTP 추정결과

구 분	추정결과	
	서산 및 태안 지역	7대 대도시
평균 WTP(원/가구/년)	4,531	6,850

주) 평균 WTP의 표준오차는 델타법(delta method)를 이용하여 계산되었다. 평균 WTP의 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)에 제시된 몬테칼로 모의실험 기법을 이용하여 계산하되 재표본추출의 횟수는 5,000회로 하였다. #는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 나타낸다.

- 한편 동 연구에서는 지역별 최종소비지출을 기준으로 소득을 보정하여 편익이전을 하는 방식으로 조사대상 지역을 제외한 나머지 지역에서의 가로림만에 대한 환경가치를 산정함



[그림 12-2] 표본의 정보를 모집단으로 확장하는 과정

- 최종적으로 가로림만 갯벌의 경제적 가치는 2007년 기준 연간 약 1,007.2억원이 발생 되는 것으로 보았으며, 설문조사에서 지불기간을 10년으로 가정하였기 때문에 할인율을 고려하지 않은 총가치는 약 1조 72억원에 달하는 것으로 분석됨

[표 12-5] 가로림만의 전국적 환경가치

대상지역	가구당 WTP (원/년)	가구수	연간 경제적 환경가치 (백만원)
서산시, 태안군	4,531	72,320	327.7
7대 대도시	6,850	7,459,596	51,098.2
나머지 지역	5,829	8,456,358	49,292.4
전국 합계	-	15,988,274	100,718.3

(5) 갯벌생태관광의 가치³⁾

- 장정인·이주석·신철오(2011)은 컨조인트 분석법을 적용하여 갯벌생태관광 시 고려되는 주요 속성들(여행기간, 참가인원, 여행안내자, 활동유형)에 대한 소비자 선호를 조사하고 이에 기반으로 각 속성들의 수준변화에 따른 소비자들의 지불의사액을 분석함으로써 갯벌생태관광의 각 속성별 잠재가격을 도출하고자 하였음
- 동 연구는 고파도 갯벌의 사용가치 즉, 레크리에이션 등의 가치 산정을 위한 편익 이전의 원단위로 활용될 수 있음
- 갯벌생태관광의 가치를 평가하기 위한 조사는 2011년 수도권 400가구를 대상으로 조사하였으며, 높은 설문비용이 소요된다는 단점에도 불구하고 응답자에게 충분한 정보를 제공하면서 설문에서의 응답률을 높이기 위해 일대일 개인면접방식을 채택하였음
- 분석결과에 따르면 여행기간을 하루 더 늘리기 위한 1인당 지불의사액은 3,848원, 인솔자가 있을 경우의 지불의사액은 3,585원이며 전문강사가 있을 경우의 지불의사액은 4,589원으로 계산되었음
- 한편 생태학습만 할 경우의 지불의사액은 1,115원에 불과하였지만, 갯벌 체험을 할 경우의 지불의사액은 6,115원으로 나타났음

3) 장정인·이주석·신철오 (2011) 갯벌생태관광에 대한 소비자의 잠재가치 측정에 관한 연구, Ocean and Polar Research, 33(2), 149-157

[표 12-6] 갯벌생태관광의 각 속성별 지불의사액 분석결과

속성	지불의사액
체류기간 1일	3,848원/명
가이드 동행	3,585원/명
전문강사 동행	8,172원/명
생태학습	1,115원/명
갯벌체험	6,115원/명

(6) 고파도 갯벌의 가치 평가

- 고파도 갯벌의 복원을 통해서 기대될 수 있는 경제적 가치는 갯벌 보전 자체의 가치 즉, 비사용가치와 갯벌을 이용함으로써 얻게 되는 사용가치로 구분됨
- 전체 면적 68.2km²에 달하는 가로림만에서 고파도 갯벌의 비중은 0.13%에 불과하여 갯벌로서 고파도 갯벌이 갖는 존재가치나 유산가치와 같은 비사용가치의 비중은 상대적으로 낮고 사용가치의 비중이 높을 것으로 판단됨
- 따라서 고파도 갯벌의 가치는 갯벌 체험활동 등 레크리에이션 편익과 갯벌 어업을 통한 수산물 생산 수입 등 사용가치의 산정에 초점을 맞추어야 함⁴⁾

4) 엄밀한 의미에서 갯벌의 보전가치와 사용가치는 일부 중복이 될 수 있으나 중복된 부분의 명확한 식별이 어려워 두 가치가 별개로 구분된다고 가정함

6) 편익 추정 방법론

- 갯벌은 수산물 생산수입을 제외하면 경제학적으로 그 서비스의 편익(또는 가치)를 시장에서 관찰할 수 없기 때문에 이용객이나 지역주민 등에게 직접적으로 지불의사액(WTP, willingness to pay)를 묻는 컨조인트 분석법(Conjoint Analysis Method, CAM), 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM) 등을 통해 측정이 가능함
- 두 방법론은 대상재화나 서비스의 거래가 시장에서 이루어진다고 가정하여 그 재화의 가치를 사람들에게 직접 물어보거나 다양한 대안을 제시하여 사람들이 여러 대안들 중 하나를 선택하거나 순위를 매김으로써 간접적으로 대상재화에 대한 가치를 유추하는 방식을 취함

(1) 컨조인트 분석법

■ 컨조인트 분석법의 특징

- 컨조인트 분석법은 지불의사 유도방법에 따라 조건부 선택법(contingent choice method), 조건부 순위결정법(contingent ranking method), 조건부 등급결정법(contingent rating method) 등 크게 3가지로 구분될 수 있음
- 조건부 선택법은 응답자에게 다양한 속성들과 WTP로 구성된 2개 이상의 가상적 대안들을 제시하고, 자신의 예산제약 하에서 가장 좋아하는 대안을 선택하게 함으로써 서로 상충관계에 놓여있는 속성의 수준변화에 대한 화폐가치를 측정하는 방법임
- 조건부 순위결정법은 응답자들에게 제시된 가격을 포함한 다양한 속성들로 구성된 2개 이상의 가상적 상황들에 대해서 가장 좋아하는 것(most-preferred)부터 가장 싫어하는 것(least-preferred)까지의 순위를 결정하도록 묻는다. 이 방법은 순위를 매겨야 할 대안의 크기가 커질수록 순위선정의 오류로 인해 응답자의 부담이 커진다는 한계가 있음
- 조건부 등급결정법은 좀 더 엄밀하고 정확한 정보를 얻기 위하여 조건부 순위결정법에서 결정된 각 순위의 대안들에 대하여 그 중요도에 따라 최소 1점부터 최대 10점까지 점수를 부여하도록 하는 방법임
- 컨조인트 분석법은 응답자들이 제시된 가상 상황들에 대해 그들이 만족하는 선택 또는 서열(등급)을 표현하기 때문에 비시장재의 가치에 대한 WTP를 직접 화폐가치로 표현

할 필요가 없음

- 또한 컨조인트 분석법은 응답자들에게 다양한 선택대안(choice option)들을 제시함으로써 그 분석결과에 따라 실행 가능한 개선 대안을 구별해내고 최소비용으로 실행될 수 있는 대안을 선택할 수 있다는 장점이 있음

■ 컨조인트 분석법 적용절차

- 컨조인트 분석법 적용절차는 다음과 같이 가치평가의 대상을 선정하고 속성과 속성수준의 수 및 수준(level)을 결정하여 실험계획법을 통해 선택대안집합을 도출하는 과정을 거친 후 설문조사를 수행하고 실증분석을 하는 단계를 거치게 됨



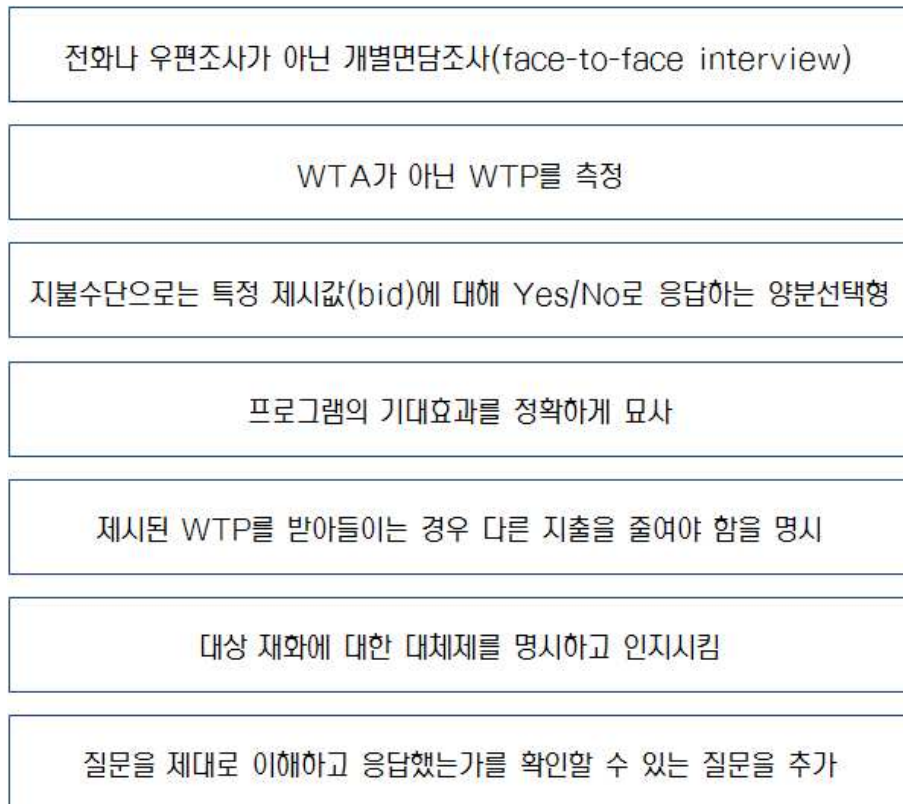
[그림 12-3] 컨조인트 분석법의 적용절차

(2) 조건부 가치 측정법

■ 조건부 가치측정법의 특징

- 조건부 가치측정법은 면접조사를 통하여 사람들이 비시장재에 부여하고 있는 가치를 직접적으로 이끌어내는 방법이기 때문에 설문조사 당시 주어진 가치측정 대상의 조건이 변경될 경우 그 적용이 쉽지 않음

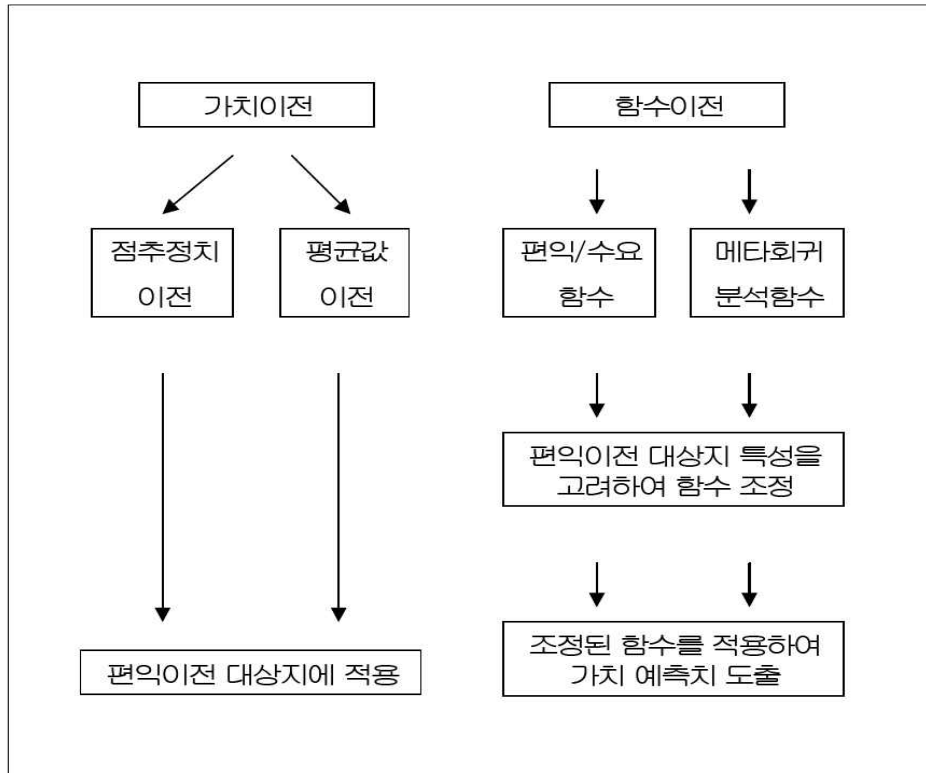
- 또한 선호를 나타내려는 응답자의 의사와 능력에 크게 의존하기 때문에 조건부 가치측정법이 성공적으로 편익추정에 사용되려면 설문지 작성, 설문과정 등 적용과정에서 조건부 가치측정법의 배경상 논쟁이 되었던 전략적 행위, 가상성, 의향과 행동의 상관관계 등을 충분히 살펴보아야 함
- 또한 설문방식을 편익측정의 수단으로 사용하기에 지불의사 유도방법이나 설문방법 등도 조건부 가치측정법에서는 중요한 부분이 됨
- 원칙적으로 WTP의 도출은 양분선택형 질문(dichotomous choice question) 방식을 활용하게 됨
- 양분선택형 질문법은 응답자에게 연구대상 재화에 대해 특정 금액에서의 지불의사 여부를 “예/아니오”로 물음으로써 실제 시장의 상황을 모방함의 측면에서 상당히 유인일치적(incentive-compatible)임
- Kenneth Arrow, Robert Solow 등 노벨경제학상을 수상한 경제학자들로 구성된 미국의 해양대기국 NOAA패널은 1993년 1월 11일 보고서를 제출하여, “조건부 가치측정법이 비사용가치를 포함하여 피해를 법적으로 평가하는 출발점이 되기에 충분히 믿을만한 추정치를 제공할 수 있다”는 결론을 내렸다. NOAA 패널 보고서에 제시된 지침들 중 중요한 몇 가지만 요약하면 다음과 같음



[그림 12-4] NOAA 패널의 지침

(3) 편익이전법

- 조건부 가치측정법이나 컨조인트 분석법은 설문조사를 통해 지불의사액을 도출하는 방식이기 때문에 시간과 예산 상 제약이 있을 경우 그 적용이 어려움
- 이러한 경우 유사한 연구결과가 있으면 차선택으로 기존 연구로부터 편익을 이전하여 사용하는 편익이전(benefit transfer)을 활용할 수 있음
- 편익이전 기법은 크게 가치 추정치 이전(value transfer)과 편익함수 이전(function transfer) 두 가지로 대별될 수 있음
- 우선 가치 추정치 이전은 가치를 추정하고자 하는 대상지와 유사한 대상지에 대해 수행된 기존 연구결과로부터 하나의 점 추정치를 이전하는 ‘점 추정치 이전’과 유사한 다수의 대상지에 대해 수행되었던 연구결과들로부터 하나 이상의 추정치를 추출, 이들의 대표값을 이전하는 ‘평균값 이전’으로 구분됨
- 편익함수 이전은 하나의 대상지에서 추정된 수요(또는 편익)함수를 이전하는 ‘수요(편익)함수 이전’과 하나 이상의 서로 다른 대상지를 대상으로 수행된 연구결과들을 모두 모아서 메타회귀분석 후 그 결과를 활용하여 이전하는 ‘메타회귀분석 함수이전 (meta-regression function transfer)’으로 다시 구분됨



[그림 12-5] 편익 이전 기법의 구분

■ 가치 추정치 이전

- 점 추정치 이전은 원 연구의 요약 통계량(즉, 단위 지불의사금액, 탄력성, 한계효과 등)을 정책 지역에 적용하는 방법으로 점 추정치 이전에서 특정 연구의 점 추정치를 이전하는 방법은 정책 지역과 가장 유사하다고 볼 수 있는 연구 지역의 자료를 적용하는 것임
- 점 추정치 이전에서 중요한 결정은 과연 정책 지역과 유사한 연구 지역의 연구가 존재하는지를 판단하는 일인데 수집된 여러 가지 유사한 연구로부터 가장 유사성이 높은 연구를 선정할 수 있는 기준이 필요함
- 가장 유사성이 높은 연구를 선정과 더불어 기존 연구의 질도 중요하게 고려하여야 할 요소인데 유사성은 높지만 연구의 질이 신뢰할 만하지 않은 경우에는 편익이전의 결과가 만족스럽지 못할 가능성이 큼

[표 12-7] 점 추정치 편익이전의 적용 절차

- 1단계: 정책 상황 정의
 - 2단계: 기존 연구의 결과 수집 및 정리
 - 3단계: 기존 연구의 관련성 검토
 - 4단계: 점 추정치 또는 점 추정치의 범위 선택
 - 5단계: 점 추정치 또는 점 추정치의 범위 이전
-

- 한편 점추정치 이전에서 단일 연구로부터 점 추정치를 이전하는 것보다 다수의 연구로부터 중심 성향 측정치(즉, 평균값, 중간값 등)를 이전하는 것이 바람직한데 다수의 연구로부터 중심 성향 측정치를 이전하는 경우는 단일 연구의 오류에서 발생하는 편의를 회피할 수 있기 때문임
- 그러나 이 경우에도 다수의 연구에 있는 점추정치들의 유사성과 연구의 질은 동시에 중요하게 고려하여야 하는 요소들임

■ 수요/편익 함수 이전

- 수요 함수 또는 편익 함수 이전은 연구 지역의 추정치가 연구 지역의 특성들(예를 들면, 지위치, 물리적 특징, 기후 등)과 다른 설명 변수들(예를 들면 사회인구학 변수, 태도, 시기 등)의 함수라는 전제에 기초하고 있음
- 이 경우는 연구 지역과 정책 지역의 유사성이 다소 차이가 있다 하더라도, 수요 함수 또는 지불의사함수에 포함된 독립변수들의 정책 지역에서의 값을 알 수 있다면 편익을 구하는 것이 가능함
- 예를 들어 연어 산란장을 만들기 위해 강의 수질을 회복시키는 정책에 대한 경상북도 연구에서 지불의사금액이 소득에 영향을 받은 함수인 경우를 생각해 보자. 이 경우 강원도로 편익을 이전하면서 강원도 지역의 소득 수준을 이 함수에 넣어 계산한다면, 보다 현실적인 강원도 지역에서 연어 산란장을 회복하기 위한 강의 수질 개선 정책에 대한 편익을 계산할 수 있음

[표 12-8] 함수 편익이전(BT)의 적용 절차

-
- 1단계: 정책 상황 정의
 - 2단계: 기존 연구의 결과 수집 및 정리
 - 3단계: 기존 연구의 관련성 검토
 - 4단계: 새로운 정책 지역(policy site)에 대한 요약 자료 수집
 - 5단계: 이전 함수에 새로운 정책 지역의 특성 반영하여 정책 지역의 편익 추정치를 추정
 - 6단계: 계산된 추정치의 합산
-

7) 고파도 갯벌복원 사업의 편익 산정

- 갯벌은 수산물 생산수입을 제외하면 경제학적으로 그 서비스의 편익(또는 가치)를 시장에서 관찰할 수 없기 때문에 이용객이나 지역주민 등에게 직접적으로 지불의사액(WTP, willingness to pay)를 묻는 컨조인트 분석법(Conjoint Analysis Method, CAM), 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM) 등을 통해 측정이 가능함
- 우리나라의 갯벌 가치추정은 강화도 갯벌과 시화호 갯벌, 새만금 갯벌, 영산강 갯벌에 대한 가치평가가 주로 수행되었음
- 특히 새만금 갯벌과 영산강 갯벌의 경우 농지 개발과 현상 보존을 둘러싼 이해단체의 첨예한 대립으로 많은 연구가 이루어졌음
- 기존의 갯벌 가치추정연구들은 대부분 조건부 가치측정법이나 컨조인트 분석법을 활용하였으며, 경우에 따라서는 대체비용접근법 등을 적용한 사례가 있음
- 본 기본계획에서는 조건부 가치측정법을 활용하여 가로림 갯벌 보전의 경제적 가치를 산정한 이주석·유승훈(2009)의 연구방법을 준용하여 고파도 갯벌의 경제적 가치 산정을 위한 편익이전에 활용하였음
- 고파도 갯벌의 편익은 크게 사용가치와 비사용가치로 구분될 수 있으며, 이는 다시 각각 사적 편익과 사회적 편익으로 해석 할 수 있음
- 즉, 고파도 갯벌을 복원함으로써 얻게 되는 수산물 생산과 방문객의 레크리에이션 편익이 사용가치 또는 사적 편익이 되며, 갯벌의 복원으로 인한 자연 생태계의 회복과

이로 인한 서식지 제공편익, 수질정화편익, 심미적 편익 등은 갯벌의 존재가치와 유산 가치 등 비사용가치 또는 사회적 편익이 됨

- 사적 편익은 고파도 갯벌에서 발생하는 수산물 판매액과 방문객의 지출액으로 산정이 가능하며, 사회적 편익은 조건부 가치측정법을 활용하여 산정할 수 있음
- 그러나 사적 편익의 경우 수산물 판매액과 방문객 지출액의 경우 사전적으로 어획량이나 방문객의 수요를 예측하기 어렵고, 방문객 이용료 등의 경우 가격책정의 근거가 불명확하다는 한계가 있음
- 본 조사에서는 수산물 판매액은 사전 예측이 어려우므로 제외하고 방문객 수입과 사회적 편익을 편익이전의 방법을 활용하여 산정함

[표 12-9] 고파도 갯벌생태복원사업의 비용 및 편익

구분		연안 복원사업
비용	사적 비용	• 건설비용, 유지·운영비용, 보상비, 예비비, 공사중 혼잡비용
	사회적 비용	• 생태관광시설의 수용능력 초과이용으로 인한 환경 비용
편익	사적 편익	• 갯벌 복원으로 인한 수산물 생산 편익 • 생태관광 프로그램 이용료 및 입장료 수입
	사회적 편익	• 갯벌복원으로 인한 서식지 제공 편익 • 갯벌의 자정적 수질 정화 편익 • 지역의 고유한 역사문화 자원 회복을 통한 심미적·교육적 편익 • 정주여건 개선 효과
간접 효과		• 고용증대효과 • 지역경제 활성화 효과(건설, 운영) • 주변 관광자원과의 연계 파급 효과

(1) 사적 편익(레크리에이션편익)

- 고파도 갯벌이 복원되게 되면 갯벌체험 등 다양한 여가활동을 경험할 수 있기 때문에 이로 인한 편익을 산정할 수 있음
- 일반적으로 레크리에이션편익은 향후 방문객 수요에 방문객 1인당 여가활동을 위한 지출 또는 지불의사액을 곱하여 산정하게 됨
- 방문객 1인당 여가활동을 위한 지불의사액은 장정인·이주석·신철오(2011)의 분석결과에 제시된 1인당 생태학습을 위한 지불의사액 1,115원/명(2011년 기준), 갯벌체험을 위한

지불의사액 6,115원(2011년 기준)의 합 7,230원/명(2011년 기준)을 2017년말로 물가 보정하여 적용함

- 본 조사는 향후 방문객 수요에 대한 근거자료가 없기 때문에 인근 지역의 유사 관광지 자료를 활용하였음
- 한국문화관광원의 관광지식정보시스템에서 제공되는 주요 관광지 중 고파도 인근 지역 즉, 서산시와 태안군에 위치한 해안지역 관광지의 연간 방문객 수는 다음과 같음
- 서산시의 경우 간월도, 삼길포 등에 대규모 유원지가 구성되어 있어 연간 방문객이 100만명을 상회하고 있으나 통계가 파악되는 고파도와 같은 갯벌 관광지역은 없음
- 태안군의 경우 고파도와 인접한 꾸지나무골 해수욕장의 방문객이 연간 4만명 수준이며, 갯벌은 아니지만 해변이나 해안가가 주요 관광자원이 신두리 해안사구나 안흥 유람선의 경우 방문객이 각각 연간 20만명, 10만명 수준임

[표 12-10] 고파도 갯벌의 레크리에이션 편익

지역	태안군 신두리 해안사구	태안군 안흥유람선	태안군 꾸지나무골 해수욕장	서산시 간월도 관광지
연간 방문객 (2017년 기준)	199,398명	106,697명	41,316명	1,080,326명

- 인근 관광지의 방문객 현황과 관광지의 특성 등을 살펴볼 때 향후 고파도 갯벌의 방문객이 고파도 인근 꾸지나무골 해수욕장의 연간 방문객수와 유사한 수준인 연간 약 4만명 내외 수준은 가능할 것으로 판단됨
- 이는 해수욕장은 하절기에 방문객이 집중되는 반면 갯벌체험은 동절기를 제외하면 언제든지 가능하다는 점과 향후 가로림만 인근의 관광자원 개발로 유입 관광객 수가 증가될 수 있는 반면, 고파도는 섬이기 때문에 교통수단의 한계가 있을 것으로 판단되기 때문임
- 향후 고파도 갯벌의 방문객이 연간 4만명 수준일 것으로 가정하면 고파도 갯벌의 레크리에이션 편익은 연간 약 3.6억 원 수준이 됨

[표 12-11] 고파도 갯벌의 레크리에이션 편익

갯벌 체험활동을 위한 지불의사액 (원/명)		연간 고파도 갯벌의 방문객수	고파도 갯벌의 레크리에이션 편익 (백만원/연간)
2011년 기준	2017년 기준		
7,230	9,051.5	40,000명/년 (110명/일)	362.1

(2) 갯벌 복원의 사회적 편익

- 고파도 갯벌 복원의 사회적 편익은 이주석·유승훈(2009)의 가로림만 갯벌 보전의 경제적 가치를 편익 이전하여 산정할 수 있음
- 다만 전체 면적 68.2km²에 달하는 가로림만에서 고파도 갯벌의 비중은 0.13%인 9.2ha에 불과하기 때문에 가로림만 갯벌 보전의 경제적 가치에서 해당 비중을 곱하여 산정하게 됨
- 분석결과에 따르면 2017년 기준 가로림만 갯벌의 보전가치는 연간 약 1,261억원에 달하므로, 고파도 갯벌의 보전가치는 연간 1.64억원에 달하는 것으로 나타남

[표 12-12] 고파도 복원 갯벌의 연간 사회적 편익

가로림만 갯벌의 보전가치 (백만원/연간)		전체 가로림만 갯벌 중 고파도 복원 갯벌의 비중	고파도 복원 갯벌의 사회적 편익 (백만원/연간)
2007년 기준	2017년 기준		
100,718.3	126,093.21	0.13% (=0.092km ² /68.2km ²)	163.9

- 한편 본 조사에서는 분석시점은 2017년 말, 지불기간은 10년으로, 할인율은 4.5%를 가정하였기 때문에 지불의사가 발생하는 시점 즉, 2018년부터 편익이 발생한다고 가정할 경우 고파도 갯벌 보전의 총가치는 약 13억 원으로 산출되었음⁵⁾

5) 조건부 가치추정법을 활용한 편익산정은 지불의사액을 기반으로 산정되기 때문에 편익의 발생시점은 지불시점 및 지불기간과 동일하게 발생하는 것으로 가정함. 따라서 조건부 가치추정법을 활용할 경우 편익발생시점 및 발생기간은 서비스의 제공시점 및 기간과 상관이 없음

[표 12-13] 고평도 갯벌의 사회적 편익 총가치

연도	연도별 편익 (백만원)
1차년도	156.9
2차년도	150.1
3차년도	143.6
4차년도	137.5
5차년도	131.5
6차년도	125.9
7차년도	120.5
8차년도	115.3
9차년도	110.3
10차년도	105.6
계	1,297.1

8) 경제성 분석 세부 내용

■ 비용편익분석

- 사업비
 - 총사업비 4,590 백만원, 복원 후 모니터링 사업 등의 추후 보수 및 운영비(총 30년) 매년 100 백만원 소요 가정
- 분석 시점 : 비용편익분석 시점 직전연도인 2017년 말 기준
- 분석기간 : 한국지방행정연구원의 지방재정사업 타당성조사 지침 및 사례에 근거하여, 편익발생 시점(사업완료 후)부터 30년 동안 편익 기간 발생
- 편익항목
 - 갯벌복원에 따른 생태계서비스 증진 효과 반영
- 비용

구 분		비용(백만원)	비 고
전체	총 계	7,590	사업 이후 비용 발생기간 총 30년
사업비	총 계	4,590	
운영관리비	총 계	3,000	연간 100백만원 × 30년

- 할인율 : 4.5%

■ 경제성 분석결과

○ 비용편익분석 추정 결과

- 생태 및 환경의 개선은 비시장재화이므로 비시장가치 평가방법인 조건부 가치측정법(CVM)을 통하여 편익을 추정하고, 이를 편익수혜 대상에 대해 확장하였음
- 본 타당성 분석 결과 비용대비 편익 비율이 1.21로서 경제적 타당성을 확보함(연간 방문객 최소로 가정하여 4만명 수준일 경우)

편익의 현재가치	비용의 현재가치	비용편익비(B/C)	순현재가치(NPV)
6,088 백만원	5,042 백만원	1.21	1,046 백만원

■ 관광객 변화에 따른 민감도

- 고파도 갯벌의 사적 편익(레크리에이션 편익)은 연간 방문객의 변화에 따라 결정되는데 만약 연간 방문객이 태안군 안흥유람선의 연간 이용객인 10만명 수준이면 B/C는 2.59 정도이며, 태안군 꾸지나무골 해수욕장의 연간 이용객의 80% 수준(3.3만명)이면 B/C는 1.04 정도 임

연간 방문객 시나리오	편익의 현재가치	비용의 현재가치	B/C 비율	순현재가치 (NPV)
연간 10만명 수준	13,187 백만원	5,038 백만원	2.62	8,145 백만원
연간 3.3만명 수준	5,264 백만원	5,038 백만원	1.04	226 백만원

12. 사회적·경제적 편익(타당성) 분석

[표 12-14] 비용-편익 흐름표

(단위: 백만원)

	비용				편익				순현재가치
	사업비	운영비	계	현재가치	사회적 편익	사적 편익	계	현재가치	
2018	1250		1,250	1,196					-1,196
2019	1,664.5		1,664.5	1,524					-1,524
2020	367		367	322					-322
2021	1080.5		1,080.5	906					-906
2022	228		228	183					-183
2023		100	100	77	104	362	466	358	281
2024		100	100	73	104	362	466	342	269
2025		100	100	70	104	362	466	328	258
2026		100	100	67	104	362	466	313	246
2027		100	100	64	104	362	466	300	236
2028		100	100	62	104	362	466	287	225
2029		100	100	59	104	362	466	275	216
2030		100	100	56	104	362	466	263	207
2031		100	100	54	104	362	466	251	197
2032		100	100	52	104	362	466	241	189
2033		100	100	49	104	362	466	230	181
2034		100	100	47	104	362	466	220	173
2035		100	100	45	104	362	466	211	166
2036		100	100	43	104	362	466	202	159
2037		100	100	41	104	362	466	193	152
2038		100	100	40	104	362	466	185	145
2039		100	100	38	104	362	466	177	139
2040		100	100	36	104	362	466	169	133
2041		100	100	35	104	362	466	162	127
2042		100	100	33	104	362	466	155	122
2043		100	100	32	104	362	466	148	116
2044		100	100	30	104	362	466	142	112
2045		100	100	29	104	362	466	136	107
2046		100	100	28	104	362	466	130	102
2047		100	100	27	104	362	466	124	97
2048		100	100	26	104	362	466	119	93
2049		100	100	24	104	362	466	114	90
2050		100	100	23	104	362	466	109	86
2051		100	100	22	104	362	466	104	82
2052	-1,831	100	-1,731	-371	104	362	466	100	471
계	2,759	3,000	5,759	5,042	3,120	10,860	13,980	6,088	1,046

주: 1. 경제성 분석시 용지비는 마지막 해에 잔존가치 반영

2. 사회적 편익의 연도별 흐름은 편익이 사업 완공 후 30년간 발생된다고 가정할 경우 앞서 산정한 사회적 편익의 총가치 1,297.1백만원을 역산하여 연도별로 배분한 것임

제13장

갯벌생태계 모니터링 실시 계획

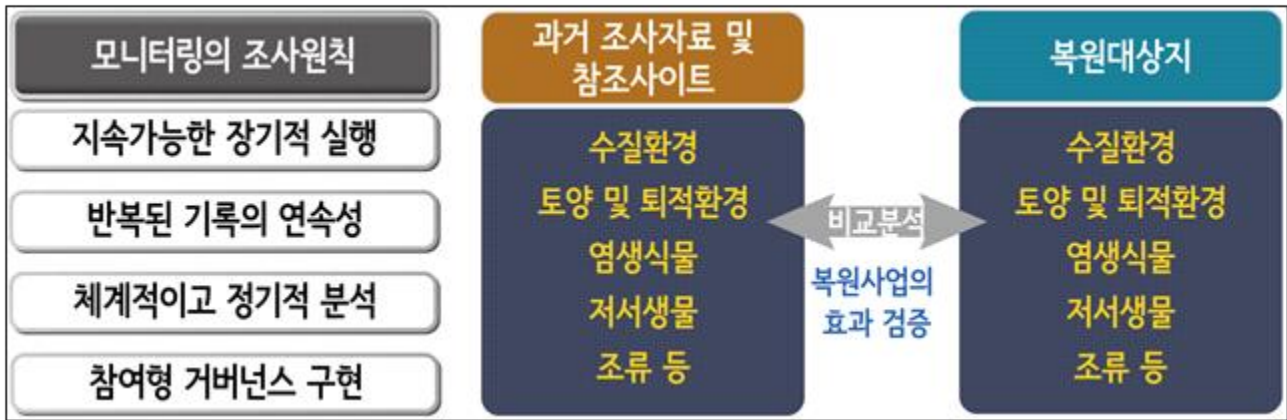
1. 모니터링 기본 방향
2. 단계별 모니터링 방안
3. 지형변화
4. 퇴적환경
5. 저서생물
6. 식물상(염생식물)
7. 물새(조류)

13. 갯벌생태계 모니터링 실시 계획

- 현재 시범사업대상지의 복원방안은 해수순환을 통한 생태계 개선을 목표로 하고 있으며, 갯벌의 복원이 이루어짐과 동시에 어족자원의 회복을 기대하고 있음
- 생태복원 대상지의 모니터링은 기본적으로 복원 사업 이전, 중간 그리고 복원 사업 이후로 구분하여 조사하도록 함. 특히, 생태복원 이후의 모니터링은 복원 후 지속적으로 수행하여, 복원 사업에 따른 생태환경 개선 효과를 검토해야 함
- 생태복원 대상지의 모니터링은 전체적인 모니터링 방법을 설정한 이후 생태기반환경, 생태환경 등에 대한 모니터링을 수행하고 그 결과를 종합하여 지속가능하고 순응적인 유지·관리 방안을 도출하는 체계로 진행해야 함

1) 모니터링 기본 방향

- 생태복원 대상지에서의 모니터링은 생태학적 모니터링을 기본으로 하며 복원된 생태계의 상황을 파악하기 위한 수단으로 생태기반환경과 생물상 조사가 가장 일반적인 방식임
- 모니터링은 대상지가 지니고 있는 생태계의 구조와 기능적 특성을 조사·분석하기 위하여 서식하고 있는 생물상을 채집하고 분류하여 분석하는 과정을 포함하도록 함
- 모니터링은 가급적 동일한 대상지들로부터 자료를 수집하여야 하며, 이러한 이유에서 고정조사구 또는 조사지점을 명확히 설정하여야 함
- 복원지역에 인접한 지역의 우수한 생태계 지역을 참조생태계로 선정한 후 동일한 항목 조사를 통하여 복원대상지의 복원 효과성을 검증하도록 하도록 함
- 조사지점은 사업 전후의 데이터를 비교 분석하기 위하여 현재 지점은 동일하게 유지하면서 추가적으로 필요한 정점을 추가하여 조사를 실시하도록 함
- 또한, 복원사업 전, 중, 후 모니터링을 통하여 대상지역의 관리계획을 수립하도록 하며, 결과에 대한 고찰을 통하여 조성 및 관리계획을 수정 및 보완하도록 함



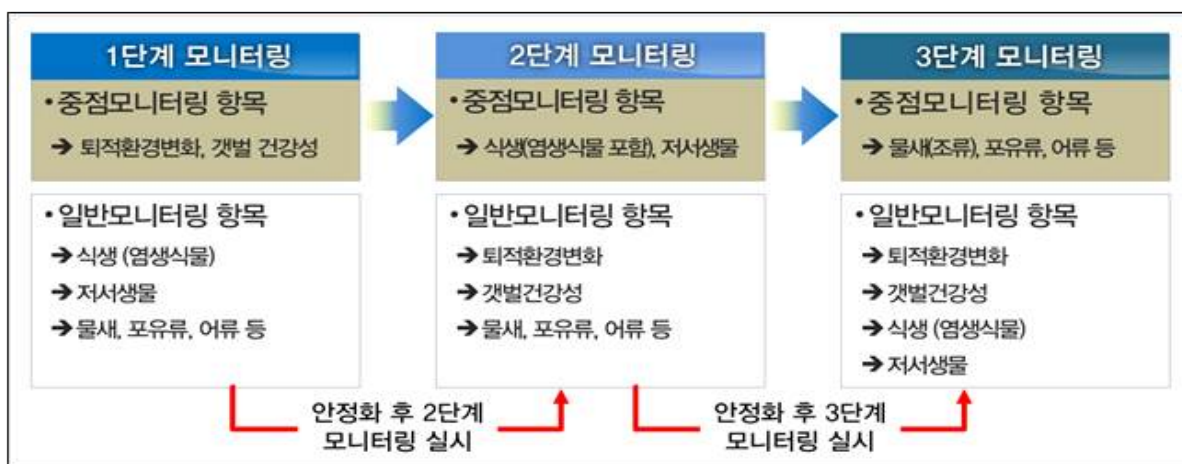
[그림 13-1] 모니터링 방향

[표 13-1] 갯벌생태계 모니터링 항목 및 방법(갯벌생태계 복원사업지침 제13조 관련)

대상지역	복원공사 시행전		복원공사 시행중		복원공사 시행후	
	생태	환경	생태	환경	생태	환경
사업시행구간	기본조사	○ 생태계구조 (대형저서동물, 서미생물, 염생식물) ○ 퇴적물 일반항목			○ 생태계구조 (대형저서동물, 서미생물, 염생식물) ○ 수질 일반항목 ○ 퇴적물 일반항목	
	정밀조사	○ 생태계기능 (일차생산, 유기물, 먹이망 구조) ○ 갯벌지형측량 (갯골 분석, 예측) ○ 퇴적상 (침 퇴적) ○ 퇴적물 오염도	○ 생태계기능 (일차생산)	○ 퇴적상 (침 퇴적) ○ 퇴적물 오염도	○ 생태계기능 (일차생산, 유기물, 먹이망 구조) ○ 갯벌지형측량 (갯골 분석, 예측) ○ 퇴적상 (침 퇴적) ○ 퇴적물 오염도	
	조사주기	○ 4회/년	○ 4회/년	○ 2회/년	○ 2회/년	○ 4회/년
사업종료구간	기본조사	○ 생태계구조 (대형저서동물, 서미생물, 플랑크톤, 물, 식물, 새) ○ 수질 일반항목 ○ 퇴적물 일반항목	○ 생태계구조 (대형저서동물, 서미생물, 염생식물, 새)	○ 수질 일반항목 ○ 퇴적물 일반항목	○ 생태계구조 (대형저서동물, 서미생물, 플랑크톤, 물, 식물, 새) ○ 수질 일반항목 ○ 퇴적물 일반항목	
	정밀조사	○ 생태계기능 (일차생산, 먹이망 구조) ○ 갯벌지형측량 (갯골 분석, 예측) ○ 퇴적상 (침 퇴적)	○ 생태계기능 (일차생산)	○ 갯벌지형측량 (갯골 분석, 예측) ○ 퇴적상 (침 퇴적)	○ 생태계기능 (일차생산, 먹이망 구조) ○ 갯벌지형측량 (갯골 분석, 예측) ○ 퇴적상 (침 퇴적)	
	조사주기	○ 4회/년	○ 4회/년	○ 4회/년	○ 4회/년	○ 4회/년

2) 단계별 모니터링 방안

- 갯벌생태계 복원사업 시행과 관련한 모니터링은 사업의 시행전, 시행중, 시행후 모니터링으로 구분하여 실시하도록 함
- 복원사업 시행 전 모니터링의 경우, 기본계획 및 실시설계 수립 단계에서 기본모니터링, 정밀 모니터링을 실시함
- 복원사업 시행 중 모니터링은 사업시행구역을 중심으로 모니터링을 진행하되, 공사 시행 상황과 연계하여 지형 정비 공사 시행 이후에 퇴적상 변화, 갯벌생태계 변화 등에 대한 정밀 조사를 년 2회에 걸쳐 4년간(19~22년) 실시함
- 복원사업 완료 후의 사후 모니터링은 기본 3년을 계획하여 시행하도록 하며, 수질·퇴적물 일반항목 및 오염도 조사, 생태계 구조·기능 변화에 대한 정밀조사가 필요함
- 이와 함께 사업 영향구역에 대한 조사도 함께 진행되어야 하며, 갯골 형성 여부, 갯벌 지형변화, 퇴적상 변화 등에 대한 정밀 조사가 시행되어야 함
- 복원대상지의 해수순환이 이루어질 경우 점진적인 변화가 있을 것으로 예상되며, 제방 제거 및 수문개방에 따른 염분의 유입 및 수질의 변화 등이 예상됨
- 특히 복원 초기(1단계)에는 해수의 순환에 따라 퇴적환경 및 수환경의 변화가 급진적으로 나타날 것으로 예상되어 지속적인 수질조사 및 퇴적환경에 대한 모니터링이 필요할 것으로 판단됨
- 수질과 퇴적환경이 안정화된 후(2단계) 저서생물 및 갯벌생태계가 안정화된 이후 다양한 동식물의 유입이 발생할 것(3단계 이후)이므로 점진적인 변화를 고려하여 단계적인 모니터링 방안이 필요함



[그림 13-2] 단계별 모니터링 방안

3) 지형변화

- 고파도 폐염전 지역은 과거 염전 및 양어장으로 사용된 상태로 갑작스런 해수순환과 지형변화가 이루어질 경우 생태계의 변화가 클 것으로 판단되어짐
- 사업시행초기 복원대상지 갯골 기초 조성 등 부지 정비 후, 해수의 유입과 유출의 반복에 따른 지형변화 모니터링을 실시하는 것이 바람직함
- 복원 이후 생태복원 대상지의 수리·수문 및 퇴적상 변화에 따른 갯골 및 표고 등의 지형변화가 예상되며 이러한 기반환경의 변화는 생물의 서식과 이용 패턴에도 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용함
- 이를 관측하기 위해 생태복원 대상지에 무인항공기 또는 지상 라이다장비를 이용하여 정밀고도를 측정하고 DEM 자료를 구축하여 변화양상을 파악하고, 이러한 사후 모니터링 결과를 후속사업에 반영하는 것이 바람직함
- 지형의 측정은 퇴적물 분포 특성 모니터링과 동일한 시기에 하계의 장마 전후로 연 2회 수행하며 퇴적물의 안정화 단계에 진입하면 연 1회 조사하도록 함. 조사의 종료는 사후모니터링 3년차 수행을 통한 퇴적물의 안정화를 평가완료한 이후, 추가 2년까지 수행하는 것이 바람직함

[표 13-2] 폐염전 지형변화 모니터링 방안

구분	내용	
조사시기	복원사업 시행 전중후	복원사업 시행 후 안정화단계
	본 과업 완료 후~복원사업 시행 후 1년차	최소 2년간 수행 (사후 모니터링은 최소 3년간 실시)
조사항목	지형 표고, 물질의 변화 양상	
조사주기	2회/연(장마 전후)	4회/연(계절별)
조사방법	폐염전 지역의 정확한 현황을 파악하기 위한 지상라이더 측량 실시 접근이 어려운 지역에 대해서는 무인항공기를 이용한 지형 측량 실시 물질의 생성 후 변화 양상을 파악을 통하여 향후 물질 추가 조성시 반영하도록 함	

4) 퇴적환경

- 폐염전 지역은 갯벌 복원을 목표로 하고 있어 갯벌건강성을 파악하기 위하여 퇴적 환경에 대한 지속적인 모니터링이 필요함
- 본 조사에서 폐염전 지역의 퇴적물 오염도가 비교적 양호한 형태를 띠고 있는 것으로 파악되었으나, 해수의 순환이 이루어질 경우 변화가 예측됨
- 방조제가 건설된 지 오랜 기간이 흘러 과거의 데이터가 전무한 사항으로 주변 갯벌지역의 퇴적환경을 참조생태계로 하여 복원대상지의 복원효과를 검증하도록 함
- 퇴적물의 건강성을 확인하기 위하여 강열감량(IL)과 총유기탄소(TOC)를 분석항목으로 선정하였으며, 화학적산소요구량(COD), 총인, 총질소와 중금속 등 저서생태계 및 수생태계에 악영향을 주는 환경인자 분석 항목으로 도출함

[표 13-3] 폐염전 퇴적환경 모니터링 방안

구분	내용	
조사시기	복원사업 시행 전중후	복원사업 시행 후 안정화단계
	본 과업 완료 후~복원사업 시행 후 1년차	최소 2년간 수행 (사후 모니터링은 최소 3년간 실시)
조사항목	강열감량, 총유기탄소(TOC), 화학적산소요구량(COD), 총인, 총질소, 중금속 등	
조사주기	4회/연(계절별)	2회/연(장마전후)
조사방법	수질 및 퇴적물 시료를 채취하여 분석하도록 함 조사결과의 연속성을 유지하기 위하여 동일한 지점에서 지속적인 분석으로 퇴적물 변화를 분석하도록 함	

조사지점(안)



5) 저서생물

- 본 조사 결과 폐염전 내측 지역의 저서생물은 칠게, 갯지렁이 등의 종 위주로 관찰되어 생태지수의 파악의 어려움이 있었음
- 폐양어장으로 사용되다가 해수가 차단된 상태로 방치된 기간이 길어 저서생물이 많이 관찰되지 않은 것으로 판단됨
- 해수순환이 이루어질 경우 저서생태계의 건강성은 주변 갯벌 지역과 비슷한 수준으로 지점에서 지속적으로 조사가 이루어져야 함
- 과거데이터가 부족한 상황이므로 주변 갯벌의 조사결과와 비교하여 복원의 효용성을 판단하도록 하며, 저서생물에 대해서 계절별 조사를 원칙으로 하고 복원시행 후 안정화 단계에 도달하게 되면 장마전후로 2회 조사를 실시하도록 함

[표 13-4] 폐염전 저서생물 모니터링 방안

구분	내용
조사시기	복원사업 시행 전중후
	복원사업 시행 후 안정화단계
조사항목	본 과업 완료 후~복원사업 시행 후 1년차
	최소 2년간 수행 (사후 모니터링은 최소 3년간 실시)
조사항목	출현종수, 밀도, 생체량, 주요 우점종 분포 특성, 생태지수(풍부도, 균등도, 다양도, 우점도), 생태건강성 지수 분석(ISEP) 등
조사주기	4회/연(계절별)
	2회/연(장마전후)
조사방법	퇴적물 조사 실시한 지점과 동일하게 조사하는 것을 원칙으로 하도록 하며, 복원이 이루어진 후에는 현재 갈대군락지를 중심으로 저서생물의 변화를 분석하도록 함

조사지점(안)



6) 식물상(염생식물)

- 염생식물 식물상과 식생을 조사하며 식물상 조사를 통해 표징종, 수반종, 출현종을 확인하고 염생식물 군락의 분포를 조사하여 현존식생도를 작성하도록 함
- 복원 초기 1년 차에는 식생의 안정이 불안정함으로 하계의 장마 전후 연 2회 조사를 실시하도록 하며, 복원 대상지의 초기 안정화 이후 대상지 내부에 염생식물 군락이 생성되기 시작하면 계절별 연 4회 조사를 실시하여 염생식물 식물상 및 식생을 조사하여 분포양상을 확인하도록 함
- 조사는 복원 대상지와 인근 지역의 식생에 대한 조사도 지속적으로 하며, 추후 복원 대상지의 식생이 안정화된 것으로 판단되면 핵심구역의 모니터링은 연 2회로 조사 강도를 낮추고 최소 2년간 추가 모니터링을 수행하도록 함
- 또한 고파도해수욕장 사구지역의 해당화 군락지 및 사구식생 복원지역은 사업시행 후 조사를 통하여 식생이 잘 활착되는지에 대한 검토가 필요함

[표 13-5] 폐염전 식물상 모니터링 방안

구분		내용		
조사시기 (복원 후)		일반모니터링	집중모니터링	안정화
		1년차	최소 복원 1년차 이후	최소 2년간 수행 (사후 모니터링은 최소 3년간 실시)
염생식물	조사항목	염생식물 식물상(출현종, 표징종, 수반종), 식생 및 현존식생도		
	조사주기	2회/연(장마 전후)	4회/연(계절별)	2회/연(장마 전후)
사구식생	조사항목	사구식생의 활착 여부		
	조사주기	4회/연(계절별)		

조사지역



7) 물새(조류)

- 폐염전지역의 해수 순환으로 인한 단계적 복원이 이루어진다면 복원대상지는 현재보다 다양한 해양 저서생물이 유입되므로 일부 오리류, 백로류 등의 먹이 공급지로 이용될 것으로 예측됨
- 생태복원 후 2년차까지는 퇴적 및 수리·수문의 변화와 염생식물 및 저서생물의 정착이 진행되는 기간으로 물새의 이용에 다양한 교란 요인으로 작용하여 물새의 이용패턴이 안정화되기 어려운 시기임
- 생태복원 후 3년차부터 대상지는 일부 기반환경이 안정화될 것으로 예상되며 물새류의 집중적인 조사를 통해 이들의 이용패턴을 확인함. 도요·물떼새류는 4월 초~6월 초, 9월말~10월 말 기간에 도래하여 가로림만을 이용하며 이 시기에 격주 조사를 수행하도록 함
- 물새의 이용패턴이 안정화된 것으로 판단이 되면 집중조사에서 일반조사로 변경하며 집중조사에서 이용패턴이 안정화된 물새류의 도래시기에 맞추어 월별조사를 수행하고 최소 2년간 모니터링을 실시하도록 함
- 생태복원 대상지 내 물새의 이용패턴을 지속적으로 모니터링하기 위해 대상지 외측에 무인카메라를 설치하여 모니터링하도록 함
- 무인카메라를 이용한 조사는 조사강도 및 조사비용을 저감할 수 있으며 대상지를 이용하는 물새들에게 미칠 수 있는 교란 및 위협 요인을 저감할 수 있음
- 또한 지역주민을 활용하여 지속적인 모니터링 및 생태교육을 실시하여 주민들의 참여를 유도하도록 함

[표 13-6] 폐염전 물새(조류) 모니터링 방안

구분	내용	
조사시기	일반모니터링	중점모니터링
	복원사업 시행전~복원 시행후 2년	최소 복원 2년차 이후
조사항목	조류 서식 현황	
조사주기	2회/연	철새 도래 시기
조사방법	일반모니터링의 경우 5월에 1회, 10월 중순~말중 1회 실시 도요·물떼새 등 철새가 도래하는 시기에 맞춰 수시로 조사를 실시하는 것이 바람직함	

제14장

복원지역 운영관리 및 유지관리 방안

1. 개요
2. 기본방향
3. 관리계획
4. 이해관계자 협의체 구성

14. 복원지역 운영관리 및 유지관리 방안

1) 개요

- 복원대상지역의 지속적인 운영관리 및 유지를 위해서는 전문 연구기관 및 지역협의체로 구성된 전담기관의 위탁관리가 이루어져야 하며, 충청남도과 서산시 주도하에 이러한 정책이 지속 추진되어야 함
- 유지관리의 기본방향은 복원대상지역별 현황에 맞게 관리 수준 및 관리방법을 정하고, 구조물 도입 공사 후 년차별 현장조사 및 여건변화 상황에 맞도록 체계적으로 대처할 수 있도록 해야함

2) 기본방향

(1) 지형복원 및 갯골조성

- 지형복원 및 갯골 조성을 통한 물길확보가 주목적이므로 제방을 제거하게 되는 해수유통구 1, 2번 주변지역의 지형구배를 완만하게 정비하여 갯벌퇴적물의 내부로의 원활한 이동 및 갯골의 형성에 중점을 두고 관리함
- 정점별 모니터링, 배수로 관리 및 기타 시설관리에 유념하도록 함

(2) 제방제거 및 해수유통구 확대설치를 통한 해수유입

- 제방철거 및 해수유통구 확대설치(암거형 유입구)를 통하여 해수가 원활히 내부로 유입되도록 하여 해수 유입량을 확대하고, 갯벌의 확대를 유도함
- 정점별 모니터링을 지속 수행하며, 수심관리 및 염생식물의 관리를 동시에 추진하여 갯벌생태계를 복원하도록 함

(3) 주변 식생 도입

- 주변지역에 자생하는 염생식물을 확장 이식하여 갯벌복원지역과 원지형 사이의 완충 공간을 관리
- 완충 차폐식재의 생육상태를 관리하도록 함

3) 관리계획

- 도입된 시설물의 종류와 재료를 분석하고, 시설물별 관리주기, 관리중점 항목, 시설물의 개소와 수량, 정상가동 유무, 치수 등을 파악하여 관리대장을 작성하여 관리
- 연차별 모니터링 결과를 분석하여 기 정해진 년별 관리목표에 대한 점검을 실시하고, 관리목표에 미흡하거나 변경이 필요한 경우에 이를 반영한 관리목표 변경계획을 수립
- 관리목표의 수정이나 변경 시에는 복원대상지의 지역별 특성(지형, 지질, 식생, 관리시설 등)을 면밀히 분석하여 관리의 우선순위를 선정
- 시설물의 관리 계획(하자 등)을 중심으로 단기 계획을 구성하고 식생 및 지형 복원·생태복원 등을 중심으로 장기계획을 구성하며, 연간 관리계획을 점검함



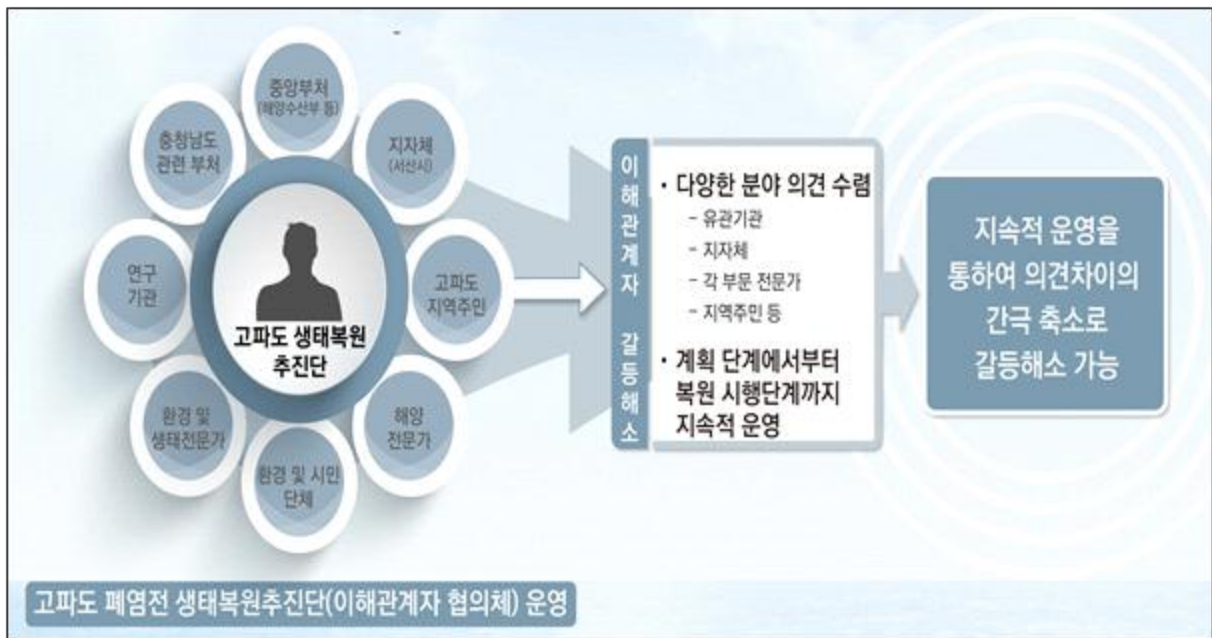
[그림 14-1] 순응적 관리체계 구성

4) 이해관계자 협의체 구성

- 본 과업을 추진하는데 있어 이해관계자의 갈등을 해소하기 위한 주민참여 거버넌스 협의체를 구성하여 다양한 의견의 청취가 중요함. 기존에 실시된 공청회 회의에서는 참여한 대부분의 주민이 복원을 추진하는데 찬성하는 입장이었지만, 복원의 방안에 대해서는 일부 의견의 차이가 있었음
- 고파도 폐염전 생태복원을 추진하는데 있어서는 주민참여 거버넌스를 주축으로 하여 지속적인 논의를 실시하도록 하며, 더 많은 지역주민이 복원계획을 수립하는데 참여하

는 것이 바람직함

- 주민참여의 주요 기능은 이해관계자 간의 갈등의 원인을 구체적으로 파악하는 것임. 그리고 이에 대한 해결책을 모색하는 과정에서는 이해관계자의 참여와 함께 객관적인 입장을 지닌 전문가의 참여가 반드시 필요함
- 또한 대상지역의 특성상 대부분의 주민이 고령의 노인이 많으며, 실질적인 관리인원을 투입하는데 어려움이 있어 거버넌스를 통하여 주민들의 교육을 실시하고 주민들이 직접 복원대상지의 관리운영하는 방안을 모색할 수 있음
- 이해관계 주체에 따라 대상지를 바라보는 입장과 이해가 다르기 때문에 계획구상 초기 단계부터 문제인식을 함께 공유하고 참여적인 의사결정이 이루어져 지속가능한 발전의 협력적 거버넌스가 구축되어야 함
- 이러한 거버넌스를 통해 지역주민의 대상지에 대한 주인의식을 가지고 적극적인 참여를 유도할 수 있을 뿐만 아니라 사업이 본격적으로 시행되는데 어려움 없이 수월하게 진행될 수 있을 것으로 기대됨



[그림 14-2] 이해관계자 협의체 구성 방안

참고문헌



참 고 문 헌

- 국가법령정보센터, 2016. 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률, 농어촌정비법, 방조제관리법, 습지보전법, 연안관리법, 자연재해대책법, 해양환경관리법, 환경영향평가법, 환경정책기본법
- 국토지리정보원, 국토정보플랫폼, <http://map.ngii.go.kr/mn/mainPage.do>
- 국토해양부, 2007. 가로림만의 환경가치평가 연구
- 국토해양부, 2008. 갯벌복원을 위한 현황조사 및 중장기 계획
- 국토해양부, 2009. 갯벌복원 추진계획
- 국토해양부 · 한국해양수산기술진흥원, 2010. 갯벌복원을 위한 기술지침 및 계획 수립
- 국토해양부, 2010. 해일피해 예측 정밀격자 수치모델 구축 및 설계해면 추산 연구보고서
- 국토해양부, 2011. 해역이용협의 및 평가제도 해설
- 서산시, 2017. 2017년 통계연보
- 서산시 홈페이지, <http://www.seosan.go.kr/tour/index.do>
- 순천시, 2016. 순천만 갯벌복원사업 기본계획 연구
- 충청남도, 2016. 충남 연안 및 하구 생태복원방안 연구용역
- 통계청, 2015. 2015 농림어업총조사
- 해양수산부, 2013. 해양생태복원기술개발 기획연구 최종보고서
- 해양수산부, 2013. 해양환경공정시험기준
- 해양수산부, 2016. 갯벌 생태자원 활성화 방안 연구용역