

발간등록번호

11-1541000-001534-01



유류피해지역 갯벌어업 실태조사

2012. 9

최종보고서

유류피해지역 갯벌어업 실태조사

2012. 9



유류피해지역 갯벌어업 실태조사

2012. 9

연구기관

한국해양수산개발원

(주)연안관리기술연구소

(주)한국연안환경생태연구소



제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 「유류피해지역 갯벌어업 실태조사」의 최종보고서로 제출합니다.

2012년 9월

한국해양수산개발원 원장

김 학 소

총괄연구책임자 : 한국해양수산개발원 연구위원 류정곤

세부연구책임자 :

(주)연안관리기술연구소 교 수 류상옥

(주)한국연안환경생태연구소 교 수 홍재상

참 여 연 구 원 :

<한국해양수산개발원>

신영태, 정명생, 김대영, 이정삼, 박상우, 김봉태, 이현동,
이상건, 이승진

<연안관리기술연구소>

김윤설, 배공락, 오하늘, 박진홍, 장영훈, 김판주, 김덕일

<한국연안환경생태연구소>

유재원, 김창수, 김정수, 안동식, 박미라, 이현정, 정윤희,
김광훈, 정수영, 윤석민, 황재연, 최성용, 김민혁, 김수현,
손미정, 이찬수, 원선희, 조경자, 김완희, 강창근, 박현재,
곽정현

■ ■ ■ 목 차 ■ ■ ■

요 약	XXViii
-----	--------

제 1 편 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사	1
--------------------------	---

제1장 연구 개요	3
-----------	---

제1절 연구 배경 및 목적	5
1. 연구 배경	5
2. 연구 목적	5
제2절 연구 범위 및 추진체계	6
1. 연구 범위 및 구성	6
2. 연구 방법 및 추진체계	7

제2장 충청남도 갯벌어업 실태조사	9
--------------------	---

제1절 총괄	11
1. 충청남도 갯벌의 일반현황	11
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	17
3. 갯벌어장 생산실태 및 추이	18
4. 갯벌어장 어업의 이용실태 및 소득	23
제2절 태안군	26
1. 갯벌어업 일반현황	26
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	32
3. 갯벌어장 생산실태	35
제3절 보령시	41
1. 갯벌어업 일반현황	41
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	45
3. 갯벌어장 생산실태	48

제4절 서산시	51
1. 갯벌어업 일반현황	51
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	56
3. 갯벌어장 생산실태	57
제5절 서천군	60
1. 갯벌어업 일반현황	60
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	64
3. 갯벌어장 생산실태	65
제6절 홍성군	69
1. 갯벌어업 일반현황	69
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	73
3. 갯벌어장 생산실태	75
제7절 당진시	78
1. 갯벌어업 일반현황	78
2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이	82
3. 갯벌어장 생산실태	83
제3장 갯벌어장 이용·관리의 문제점 및 개선방안	87
제1절 갯벌어장 이용·관리의 문제점	89
1. 조사개요 및 갯벌어장 이용·관리 특징	89
2. 갯벌어장 이용관리 문제점	90
제2절 개선방안	98
1. 예방적 갯벌어장 관리체계의 도입	99
2. 객관적인 갯벌어장 이용실태 조사시스템의 구축	100
3. 갯벌어장의 생산력 향상 강구	101
4. 갯벌어장의 지도단속 강화	102
5. 갯벌 수산물 채취방법 도입 및 개선	104
6. 갯벌어장 신규인력 및 자본 진입 촉진	105
7. 갯벌어장 다각적인 소득화 노력 전개	107

제 2 편 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사 — 111

제1장 태안군 남면 갯벌	113
제1절 수리환경	115
1. 연구내용 및 방법	115
2. 연구결과	116
제2절 퇴적환경	123
1. 연구내용 및 방법	123
2. 연구결과	129
제3절 저질환경	144
1. 연구내용 및 방법	144
2. 연구결과	145
제4절 생물환경	154
1. 저서환경조사	154
2. 먹이환경 조사	160
3. 갯벌저서생물 조사	196
제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사	211
1. 조사내용	211
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사	212
3. 연도별 어업생산량 변동 조사	215
제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가	216
1. 퇴적물의 위해성 평가	216
2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가	221
제7절 유용생물 서식적지 조건 구명	227
1. 재료 및 방법	227
2. 결과 및 고찰	232
제8절 갯벌어장별 수용력 평가	238
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축	238
2. 어장별 환경수용력 평가	243

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안	245
1. 조사 방법	247
2. 조사 결과	266
제2장 태안군 고남면 갯벌	273
제1절 수리환경	275
1. 연구내용 및 방법	275
2. 연구결과	276
제2절 퇴적환경	282
1. 연구내용 및 방법	282
2. 연구결과	285
제3절 저질환경	298
1. 연구내용 및 방법	298
2. 연구결과	299
제4절 생물환경	307
1. 저서환경조사	307
2. 먹이환경 조사	314
3. 갯벌저서생물 조사	351
제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사	364
1. 조사내용	364
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사	365
3. 연도별 어업생산량 변동 조사	368
제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가	368
1. 갯벌 어장 퇴적물의 위해성 평가	368
2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가	373
제7절 유용생물 서식적지 조건 구명	379
1. 재료 및 방법	379
2. 결과 및 고찰	380

제8절 갯벌어장별 수용력 평가	381
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축	381
2. 어장별 환경수용력 평가	386
제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안	388
1. 조사 방법	389
2. 조사 결과	409
제3장 보령시 주교면 갯벌	417
제1절 수리환경	419
1. 연구내용 및 방법	419
2. 연구결과	420
제2절 퇴적환경	427
1. 연구내용 및 방법	427
2. 연구결과	430
제3절 저질환경	441
1. 연구내용 및 방법	441
2. 연구결과	441
제4절 생물환경	449
1. 저서환경조사	449
2. 먹이환경 조사	456
3. 갯벌저서생물 조사	489
제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사	501
1. 조사내용	501
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사	502
3. 연도별 어업생산량 변동 조사	504
제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가	505
1. 갯벌 어장 퇴적물의 위해성 평가	505
2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가	510

제7절 유용생물 서식적지 조건 구명	516
1. 재료 및 방법	516
2. 결과 및 고찰	516
제8절 갯벌어장별 수용력 평가	518
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축	518
2. 어장별 환경수용력 평가	523
제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안	525
1. 조사 방법	526
2. 조사 결과	545
제4장 갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적생산모델	555
제1절 주요 수산생물의 생태학적 특성치 조사	555
1. 서론	555
2. 재료 및 방법	555
3. 결과 및 토의	557
제2절 개체군 역학에 근거한 최적 생산모델 개발	559
1. 재료 및 방법	559
2. 결과 및 토의	560
제3절 주요 수산생물의 적정 어획량 산출	562
1. 재료 및 방법	562
2. 결과 및 토의	563
제 3 편 결론 및 정책건의	565
제1장 결론	567
제1절 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사	569
1. 조사결과	569
2. 문제점	575
제2절 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사	577
1. 연구개요	577

2. 갯벌어장 자연환경 조사	578
3. 갯벌어장 활용 극대화 방안	580
제2장 정책건의	583
제1절 갯벌어장 이용 및 관리	585
제2절 갯벌어장 자연환경 조사	586
제3절 갯벌어장 활용 극대화	587
참고문헌 및 부록	589

■■■ 표 목 차 ■■■

[표 2-1] 충청남도 갯벌 면적	11
[표 2-2] 충청남도 어업권(면허)의 품종별 현황(2011년말 기준)	13
[표 2-3] 충청남도 시군별 어업면허 현황(2011년말 기준)	14
[표 2-5] 충청남도 어업권(면허)의 소유자별 현황(2011년말 기준)	16
[표 2-6] 충청남도 갯벌어장 방류실적 총괄	17
[표 2-7] 충청남도 6개 시·군의 갯벌어장 환경개선사업 실적	18
[표 2-8] 우리나라 및 충청남도 어업생산 현황	19
[표 2-9] 충청남도 갯벌어업의 품종별 생산실적	20
[표 2-10] 충청남도 갯벌어업 생산실적 시군별 총괄	21
[표 2-11] 충청남도 갯벌어장 품종별 생산량 추이	22
[표 2-12] 충청남도 갯벌어장 품종별 생산금액 추이	22
[표 2-13] 충청남도 갯벌체험마을 현황	23
[표 2-14] 태안군 어업면허 현황	27
[표 2-15] 태안군 갯벌어업 현황	28
[표 2-16] 태안군 읍·면별 어촌계 현황	29
[표 2-17] 태안군 갯벌어업 면허건수 및 면적	31
[표 2-18] 태안군 어업권 이용·관리 주체	32
[표 2-19] 태안군 연도별 해면어업 종묘방류 실적	33
[표 2-20] 태안군 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적	33
[표 2-21] 태안군 종묘방류 해역(어촌계)	34
[표 2-22] 태안군 어장환경 개선사업 실적(2011년)	35
[표 2-23] 태안군 주요 품종별 생산소득 추이	41
[표 2-24] 보령시 어업면허 현황	42
[표 2-25] 보령시 갯벌어업 현황	42
[표 2-26] 보령시 읍·면별 어촌계 현황	43
[표 2-27] 보령시 갯벌어업 면허건수 및 면적	44
[표 2-28] 보령시 어업권 이용·관리 주체	45
[표 2-29] 보령시 연도별 종묘방류 실적	46
[표 2-30] 보령시 종묘방류 해역	46
[표 2-31] 보령시 갯벌어장 자원조성 실적	47
[표 2-32] 보령시 어장환경 개선사업 실적(2011년)	47
[표 2-33] 보령시 어촌계별 주요 생산실태	49
[표 2-34] 보령시 주요 어종별 생산소득 추이	51

[표 2-35] 서산시 어업면허 현황 52

[표 2-36] 서산시 갯벌어업 현황 52

[표 2-37] 서산시 읍·면별 어촌계 현황 53

[표 2-38] 서산시 갯벌어업 면허건수 및 면적 55

[표 2-39] 서산시 어업권 이용·관리 주체 55

[표 2-40] 서산시 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적 56

[표 2-41] 서산시 종묘방류 해역(어촌계) 56

[표 2-42] 서산시 어장환경 개선사업 실적(2011년) 57

[표 2-43] 서산시 품종별 생산소득 추이 60

[표 2-44] 서천군 어업면허 현황 60

[표 2-45] 서천군 갯벌어업 현황 61

[표 2-46] 서천군 읍·면별 어촌계 현황 61

[표 2-47] 서천군 갯벌어업 면허건수 및 면적 63

[표 2-48] 서천군 어업권 이용·관리 주체 63

[표 2-49] 서천군 연도별 종묘방류 실적 64

[표 2-50] 서천군 종묘방류 해역 64

[표 2-51] 서천군 어장환경 개선사업 실적(2011년) 65

[표 2-52] 서천군 어촌계별 주요 생산실태 67

[표 2-53] 서천군 주요 어종별 생산소득 추이 68

[표 2-54] 홍성군 어업면허 현황 69

[표 2-55] 홍성군 갯벌어업 현황 70

[표 2-56] 홍성군 갯벌어업 면허건수 및 면적 72

[표 2-57] 홍성군 어업권 이용·관리 주체 73

[표 2-58] 홍성군 연도별 해면어업 종묘방류 실적 73

[표 2-60] 홍성군 어장환경 개선사업 실적(2011년) 74

[표 2-61] 홍성군 주요 품종별 생산소득 추이 77

[표 2-62] 당진시 어업면허 현황 78

[표 2-63] 당진시 갯벌어업 현황 79

[표 2-64] 당진시 읍·면별 어촌계 현황 79

[표 2-65] 당진시 갯벌어업 면허건수 및 면적 81

[표 2-66] 당진시 어업권 이용·관리 주체 82

[표 2-67] 당진시 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적 83

[표 2-68] 당진시 종묘방류 해역(어촌계) 83

[표 2-69] 당진시 어장환경 개선사업 실적(2011년) 83

[표 2-70] 당진시 바지락 생산소득 추이 85

[표 3-1] 갯벌어장 이용·관리 문제점 및 개선방안 관련 조사내용 89

[표 3-2] 갯벌어장 이용·관리 기타 문제점 97

제2편 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사

[표 1-1] 남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과	122
[표 1-2] 남면 갯벌 표층퇴적물 채취 정점좌표	127
[표 1-3] 입자의 크기에 따른 입도등급	128
[표 1-4] 남면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수	136
[표 1-5] 퇴적물의 조직특성에 근거한 남면 갯벌 표층퇴적상 분류	137
[표 1-6] 남면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성	138
[표 1-7] 남면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수	140
[표 1-8] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)	142
[표 1-9] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과	153
[표 1-10] 관측에 사용된 CTD 제원	154
[표 1-11] 태안군 남면 갯벌의 수질 현황	156
[표 1-12] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)	157
[표 1-13] 태안군 남면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준	157
[표 1-14] 태안군 남면 갯벌의 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과	158
[표 1-15] 생태지수 공식	160
[표 1-16] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)	162
[표 1-17] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)	163
[표 1-18] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)	164
[표 1-19] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)	164
[표 1-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)	166
[표 1-21] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)	167
[표 1-22] 생태지수 공식	172
[표 1-23] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월)	173
[표 1-24] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월)	174
[표 1-25] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월)	175
[표 1-26] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월)	175
[표 1-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm ³)	177
[표 1-28] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/cm ³)	178
[표 1-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)	182
[표 1-30] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)	183
[표 1-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)	184
[표 1-32] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)	184
[표 1-33] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력	188
[표 1-34] 2012년 7월조사시 태안군 남면의 조간대의 일차생산력	189
[표 1-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 2월)	191

[표 1-36] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%)(2012년 7월) 191

[표 1-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 02월)(* : 1개체/m³미만) 196

[표 1-38] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/m³미만) 197

[표 1-39] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수 200

[표 1-40] 태안군 남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포 202

[표 1-41] 태안군 남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포 206

[표 1-42] 태안군 남면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/m²) 209

[표 1-43] 태안군 남면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²) 210

[표 1-44] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차) 213

[표 1-45] 태안군 남면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포 214

[표 1-46] 타 해역과의 비교 216

[표 1-47] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(남면) 219

[표 1-48] 유용패류 자원량(남면) 221

[표 1-49] 남면 인근 소재의 수협위판량(서산, 태안남면수협) 221

[표 1-50] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량 224

[표 1-51] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준 225

[표 1-52] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호 225

[표 1-53]본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교 225

[표 1-54] 유출유의 중금속 성분과의 비교 226

[표 1-55] 태안군 남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 분석 결과 227

[표 1-56] 조사시기에 따른 태안군 남면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g) 230

[표 1-57] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF) 231

[표 1-58] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과 233

[표 1-59] 이매패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과 234

[표 1-60] 신경망 모형 분석에 사용된 환경 변수의 변환 자료와 실제 자료 간 관계식 238

[표 1-61] 바지락(*R. philippinarum*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능 241

[표 1-62] 가무락(*C. sinensis*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능 241

[표 1-63] 동죽(*M. veneriformis*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능 242

[표 1-64] 태안군 남면 인근 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 $\delta^{13}C$ 과 $\delta^{15}N$ 값 249

[표 1-65] 태안군 남면지역에서 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 대한 기여율 251

[표 1-66] 태안군 남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정 252

[표 1-67] 태안군 남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정 254

[표 1-68] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자) 259

[표 1-69] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종) 260

[표 1-70] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종) 261

[표 1-71] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종) 262

[표 1-72] 생태학적 중요 종 목록 (희소종) 263

[표 1-73] 생태학적 중요 종 목록(Scarce species, 소수종)	265
[표 1-74] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준	255
[표 1-75] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준	256
[표 1-76] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준	257
[표 1-77] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준	257
[표 1-78] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준	258
[표 1-79] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES500.05값	262
[표 1-80] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준	263
[표 1-81] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치	264
[표 1-82] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)	270
[표 1-83] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략 및 세부 이행방안	272
[표 2-1] 고남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과	281
[표 2-2] 고남면 갯벌 표층퇴적물 채취 정점좌표	284
[표 2-3] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수	291
[표 2-4] 퇴적물의 조직특성에 근거한 고남면 갯벌 표층퇴적상 분류	292
[표 2-5] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성	293
[표 2-6] 고남면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수	296
[표 2-7] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)	297
[표 2-8] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과	306
[표 2-9] 관측에 사용된 CTD 제원	308
[표 2-10] 태안군 고남면 갯벌의 수질 현황	310
[표 2-11] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)	310
[표 2-12] 태안군 고남면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준	311
[표 2-13] 태안군 고남면 갯벌의 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과	312
[표 2-14] 생태지수 공식	315
[표 2-15] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)	316
[표 2-16] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)	317
[표 2-17] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)	318
[표 2-18] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)	319
[표 2-19] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)	320
[표 2-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)	321
[표 2-21] 생태지수 공식	326
[표 2-22] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월)	327
[표 2-23] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월)	328
[표 2-24] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월)	329
[표 2-25] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월)	330
[표 2-26] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm ³)	332

[표 2-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/cm³) 333

[표 2-28] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월) 338

[표 2-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월) 338

[표 2-30] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월) 339

[표 2-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월) 340

[표 2-32] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력
..... 342

[표 2-33] 2012년 7월조사시 태안군 고남면의 조간대의 일차생산력 343

[표 2-34] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 2월) 345

[표 2-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 7월) 345

[표 2-36] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 02월)(* : 1개체/m³미만) 346

[표 2-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/m³미만, + : 1% 미만)
..... 347

[표 2-38] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수 350

[표 2-39] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포 355

[표 2-40] 태안군 고남면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/m²) 358

[표 2-41] 태안군 고남면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²) 359

[표 2-42] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차) 361

[표 2-43] 태안군 고남면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포 362

[표 2-44] 타 해역과의 비교 364

[표 2-45] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(고남면) 366

[표 2-46] 유용패류 자원량(고남면) 367

[표 2-47] 고남면 인근 소재의 수협위판량(안면수협) 368

[표 2-48] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량 370

[표 2-49] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준 370

[표 2-50] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호 371

[표 2-51] 본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교 371

[표 2-52] 유출유의 중금속 성분과의 비교 372

[표 2-53] 태안군 고남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 분석 결과 373

[표 2-54] 조사시기에 따른 태안군 고남면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g) 376

[표 2-55] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF) 377

[표 2-56] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과 379

[표 2-57] 이매패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과 379

[표 2-58] 태안군 고남면 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 δ13C과 δ15N 값 385

[표 2-59] 태안군 고남면 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 대한 기여율
..... 386

[표 2-60] 태안군 고남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정 387

[표 2-61] 태안군 고남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정	387
[표 2-62] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자)	391
[표 2-63] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종)	392
[표 2-64] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종)	393
[표 2-65] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종)	394
[표 2-66] 생태학적 중요 종 목록 (희소종)	395
[표 2-67] 생태학적 중요 종 목록 (Scarce species, 소수종)	397
[표 2-68] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준	397
[표 2-69] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준	398
[표 2-70] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준	399
[표 2-71] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준	400
[표 2-72] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준	400
[표 2-73] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES500.05값	404
[표 2-74] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준	405
[표 2-75] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치	406
[표 2-76] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)	413
[표 2-77] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안	415
[표 3-1] 주교면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과	425
[표 3-2] 보령시 주교면 표층퇴적물 채취 정점좌표	429
[표 3-3] 주교면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수	436
[표 3-4] 퇴적물의 조직특성에 근거한 주교면 갯벌 표층퇴적상 분류	437
[표 3-5] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성	438
[표 3-6] 주교면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수	438
[표 3-7] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)	440
[표 3-8] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과	448
[표 3-9] 관측에 사용된 CTD 제원	450
[표 3-10] 보령시 주교면 갯벌의 수질 현황	452
[표 3-11] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)	452
[표 3-12] 보령시 주교면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준	453
[표 3-13] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과	454
[표 3-14] 생태지수 공식	456
[표 3-15] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)	457
[표 3-16] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)	458
[표 3-17] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)	459
[표 3-18] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)	460
[표 3-19] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)	462
[표 3-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)	463

[표 3-21] 생태지수 공식 467

[표 3-22] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월) 468

[표 3-23] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월) 469

[표 3-24] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월) 470

[표 3-25] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월) 471

[표 3-26] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm) 472

[표 3-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월) 473

[표 3-28] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월) 477

[표 3-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월) 477

[표 3-30] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월) 478

[표 3-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월) 478

[표 3-32] 2012년 2월조사시 보령시 주교면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력 ... 481

[표 3-33] 2012년 7월조사시 보령시 주교면의 조간대의 일차생산력 482

[표 3-34] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 2월) 483

[표 3-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 7월) 484

[표 3-36] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 02월)(* : 1개체/m³미만) 484

[표 3-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/m³미만) 485

[표 3-38] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수 488

[표 3-39] 보령시 주교리 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포 493

[표 3-40] 보령시 주교면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/m²) 495

[표 3-41] 보령시 주교면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²) 496

[표 3-42] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차) 498

[표 3-43] 보령시 주교면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포 499

[표 3-44] 타 해역과의 비교 501

[표 3-45] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(주교면) 503

[표 3-46] 유용패류 자원량(주교면) 504

[표 3-47] 주교어촌계 바지락 판매량 504

[표 3-48] 주교면 인근 소재의 수협위판량(보령수협) 505

[표 3-49] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량 507

[표 3-50] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준 507

[표 3-51] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호 508

[표 3-52] 본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교 508

[표 3-53] 유출유의 중금속 성분과의 비교 509

[표 3-54] 보령시 주교면 갯벌에 서식하는 생물체 중금속 분석 결과 510

[표 3-55] 조사시기에 따른 보령시 주교면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g) 513

[표 3-56] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF) 514

[표 3-57] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과 516

[표 3-58] 이대패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과	516
[표 3-59] 보령시 주교면 인근 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 $\delta^{13}C$ 과 $\delta^{15}N$ 값	522
[표 3-60] 보령시 주교면에서 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 대한 기여율	523
[표 3-61] 보령시 주교면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정	523
[표 3-62] 보령시 주교면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정	524
[표 3-63] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자)	528
[표 3-64] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종)	529
[표 3-65] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종)	530
[표 3-66] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종)	531
[표 3-67] 생태학적 중요 종 목록 (희소종)	532
[표 3-68] 생태학적 중요 종 목록 (Scarce species, 소수종)	534
[표 3-69] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준	534
[표 3-70] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준	535
[표 3-71] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준	536
[표 3-72] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준	536
[표 3-73] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준	537
[표 3-74] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES500.05값	541
[표 3-75] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준	542
[표 3-76] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치	543
[표 3-77] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)	549
[표 3-78] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안	551
[표 4-1] 바지락의 연령별 체장	557
[표 4-2] 바지락의 성장파라미터	558
[표 4-3] 바지락의 생산율 및 전사망계수	558
[표 4-4] 바지락의 순간자연사망계수 및 순간어획사망계수	558
[표 4-5] 어장별 바지락의 생물학적허용어획량	563

■■■ 그림목차 ■■■

제1편 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사

[그림 1-1] 연구 범위 및 구성	6
[그림 1-2] 연구의 추진체계	7
[그림 2-1] 충청남도 갯벌의 특징을 나타내는 권역 구분	12
[그림 2-2] 충청남도 시군별 면허건수 및 면적의 비중 비교	14
[그림 2-3] 충청남도 갯벌어업 생산실적 추이	21
[그림 2-4] 충청남도 갯벌체험마을 분포도	23
[그림 2-5] 충청남도 시군별 갯벌체험객 수	24
[그림 2-6] 충청남도 마을별 체험객수	25
[그림 2-7] 시군별 갯벌체험 직접소득	25
[그림 2-8] 마을별 갯벌체험 직접소득	26
[그림 2-9] 태안군 어촌계 분포도	29
[그림 2-10] 태안군 어촌계 연령분포	30
[그림 2-11] 태안군 어촌계 남녀 비율	30
[그림 2-12] 해역별 갯벌어업 생산 특성	35
[그림 2-13] 태안군 바지락 주요 생산해역	37
[그림 2-14] 태안군 해삼·전복 주요 생산해역	38
[그림 2-15] 태안군 굴 주요 생산해역	39
[그림 2-16] 태안군 갯벌어업 생산소득 추이	40
[그림 2-17] 보령시 어촌계 분포도	43
[그림 2-18] 보령시 어촌계 연령분포	44
[그림 2-19] 보령시 해역별 특성	48
[그림 2-20] 보령시 갯벌어업 어촌계 생산소득 추이	50
[그림 2-21] 서산시 어촌계 분포도	53
[그림 2-22] 서산시 어촌계 연령분포	54
[그림 2-23] 서산시 어촌계 남녀 비율	54
[그림 2-24] 해역별 갯벌어업 생산 특성	58
[그림 2-25] 서산시 갯벌어업 생산소득 추이	59
[그림 2-26] 서천군 어촌계 분포도	62
[그림 2-27] 서천군 어촌계 연령분포	62
[그림 2-28] 서천군 해역별 특성	66
[그림 2-29] 서천군 갯벌어업 어촌계 생산소득 추이	68
[그림 2-30] 홍성군 어촌계 분포도	71

[그림 2-31] 홍성군 어촌계 연령분포	71
[그림 2-32] 홍성군 어촌계 남녀 비율	72
[그림 2-33] 지역별 갯벌어업 생산 특성	75
[그림 2-34] 홍성군 바지락 등 주요 품종 생산해역	76
[그림 2-35] 홍성군 갯벌어업 평균 생산소득 추이	77
[그림 2-36] 당진시 어촌계 분포도	80
[그림 2-37] 당진시 어촌계 연령분포	80
[그림 2-38] 당진시 어촌계 남녀 비율	81
[그림 2-39] 해역별 갯벌어업 생산 특성	84
[그림 2-40] 당진시 갯벌어업 생산소득 추이	86
[그림 3-1] 갯벌어장 이용관리 문제점 우선순위	90
[그림 3-2] 갯벌어장 환경변화 문제점 우선순위	91
[그림 3-3] 갯벌어장 자원조성 문제점 우선순위	92
[그림 3-4] 갯벌어장 이용 문제점 우선순위	94
[그림 3-5] 갯벌어장 소득화 문제점 우선순위	95
[그림 3-6] 갯벌어장 제도적 문제점 우선순위	96
[그림 3-7] 갯벌어장 불법조업 대응체계	103
[그림 3-8] 일본의 바지락 채취기	104

제2편 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사

[그림 1-1] 현장에 설치된 종합수리관측기(TISDOS)의 모습	115
[그림 1-2] 남면 갯벌 수리관측 정점도	116
[그림 1-3] 남면 갯벌 겨울철 수리관측 자료	118
[그림 1-4] 남면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도	119
[그림 1-5] 남면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및 유향 변화	120
[그림 1-6] 남면 갯벌 여름철 수리관측 자료	120
[그림 1-7] 남면 갯벌 여름철 저층조류 산포도	121
[그림 1-8] 남면 갯벌 여름철 저층조류의 유속 및 유향 변화	121
[그림 1-9] 남면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량	123
[그림 1-10] 남면 갯벌 주변 고지도(1919년)	124
[그림 1-11] 남면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도	125
[그림 1-12] 수준측량 전경(A) 및 측량에 사용한 토탈스테이션	125
[그림 1-13] 남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 정점도	126
[그림 1-14] 퇴적율관(SRP) 설치 전경(A) 및 측정을 위한 모형(B)	129
[그림 1-15] 남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황	130
[그림 1-16] 갯벌의 일반적 분류	130

[그림 1-17] 남면 갯벌 지형단면 특성 131

[그림 1-18] 남면 갯벌 전경. A) 남면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 간조선 주변 김양식장, D) 간조선 주변 132

[그림 1-19] 남면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준 133

[그림 1-20] 남면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이아그램(Folk, 1968) 135

[그림 1-21] 남면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상 137

[그림 1-22] 남면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상 138

[그림 1-23] 남면 갯벌 모래퇴적물의 계절별 공간분포 139

[그림 1-24] 남면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화 143

[그림 1-25] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율 145

[그림 1-26] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율 145

[그림 1-27] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율 146

[그림 1-28] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율 146

[그림 1-29] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량 147

[그림 1-30] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량 147

[그림 1-31] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량 148

[그림 1-32] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량 148

[그림 1-33] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량 149

[그림 1-34] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량 149

[그림 1-35] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량 150

[그림 1-36] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량 150

[그림 1-37] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산취발성황화물 농도 151

[그림 1-38] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산취발성황화물 농도 151

[그림 1-39] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산취발성황화물 농도 152

[그림 1-40] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산취발성황화물 농도 152

[그림 1-41] 태안 연안 및 태안군 남면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급 158

[그림 1-42] 태안군 남면 갯벌 퇴적물의 입도특성 및 유기물 함량 159

[그림 1-43] 태안군 남면 갯벌의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계 159

[그림 1-44] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월) 163

[그림 1-45] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월) 163

[그림 1-46] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월) 1??

[그림 1-47] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월) 1??

[그림 1-48] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월) 168

[그림 1-49] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월) 168

[그림 1-50] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월) 169

[그림 1-51] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월) 170

[그림 1-52] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월) 171

[그림 1-53] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월)	174
[그림 1-54] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월)	174
[그림 1-55] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월)	176
[그림 1-56] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월)	176
[그림 1-57] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)	179
[그림 1-58] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)	179
[그림 1-59] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)	180
[그림 1-60] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)	181
[그림 1-61] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)	181
[그림 1-62] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)	183
[그림 1-63] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)	183
[그림 1-64] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)	184
[그림 1-65] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)	185
[그림 1-66] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 일차생산력의 연직분포	187
[그림 1-67] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차생 산력 분포	188
[그림 1-68] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP), 단위 엽 록소량에 대한 일차생산력(PB)과 일일일차생산력 분포	189
[그림 1-69] 동물플랑크톤 분류군수	193
[그림 1-70] 동물플랑크톤 출현 개체수(현존량)	193
[그림 1-71] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율	194
[그림 1-72] 최우점종 사진	194
[그림 1-73] 동물플랑크톤 집괴분석	195
[그림 1-74] 태안군 남면 조사정점 위치	196
[그림 1-75] 태안군 남면 동물군별 현존량	200
[그림 1-76] 태안군 남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포	202
[그림 1-77] 태안군 남면 대형저서생물 우점종	206
[그림 1-78] 태안군 남면 저서생물군집의 다변량 분석 결과	207
[그림 1-79] 태안군 남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포	209
[그림 1-80] 유용패류 조사 정점도(남면)	212
[그림 1-81] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(남면, inds./m ²)	214
[그림 1-82] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성	220
[그림 1-83] 태안군 남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균농도 및 그 기준치	220
[그림 1-84] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도	222
[그림 1-85] 신경망(Artificial neural network) 모형을 이용한 갯벌의 alpha diversity와 주요 생물의 적정 서식처 예측을 위한 연구에 포함된 146개 조사 정선 (▲)의 위치도	228
[그림 1-86] 단순한 구조의 신경망 모형 사례 (다층퍼셉트론)	231

[그림 1-87] 바지락(*R. philippinarum*)의 서식확률과 독립적으로 산출된 서식처 범주(A, B 그리고 C등급)별 현존량(ton/km²) 간 관계 235

[그림 1-88] 바지락(*R. philippinarum*)의 서식확률과 이 종의 현존량(ton/km²) 간 선형 관계 추정 결과 236

[그림 1-89] 태안군 남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*, 위), 가무락(*C. sinensis*, 가운데) 그리고 동죽(*M. veneriformis*, 아래)의 서식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과 237

[그림 1-90] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예 239

[그림 1-91] 남면 갯벌 및 기타 태안 조사정점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}C$ 과 $\delta^{15}N$ 값의 dual plot 242

[그림 1-92] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황 247

[그림 1-93] BQI에서 활용되는 각 종별 ES500.05의 추정 예시 259

[그림 1-94] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES500.05의 분포 260

[그림 1-95] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES500.05 분포 260

[그림 1-96] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 ES50 분포 261

[그림 1-97] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수 264

[그림 1-98] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도 265

[그림 1-99] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준 266

[그림 1-100] 남면 갯벌의 생태학적 중요종, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과 267

[그림 1-101] 남면 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포 268

[그림 1-102] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 정책적 판단 기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델 269

[그림 1-103] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성 269

[그림 1-104] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성 272

[그림 1-105] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략 272

[그림 2-1] 고남면 갯벌 수리관측 정점도 275

[그림 2-2] 고남면 갯벌 겨울철 수리관측 자료 277

[그림 2-3] 고남면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도 278

[그림 2-4] 고남면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및 유향 변화 278

[그림 2-5] 고남면 갯벌 여름철 수리관측 자료 279

[그림 2-6] 고남면 갯벌 여름철 저층조류 산포도 280

[그림 2-7] 고남면 갯벌 여름철 저층조류의 유속 및 유향 변화 280

[그림 2-8] 고남면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량 282

[그림 2-9] 고남면 갯벌 주변 고지도(1919년) 282

[그림 2-10] 고남면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도 283

[그림 2-11] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 정점도 284

[그림 2-12] 고남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황	285
[그림 2-13] 고남면 갯벌 지형단면 특성	286
[그림 2-14] 고남면 갯벌 전경. A) 고남면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 수풀, D) 간조선 주변	287
[그림 2-15] 고남면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준	288
[그림 2-16] 고남면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이어그램(Folk, 1968)	290
[그림 2-17] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상	292
[그림 2-18] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상	293
[그림 2-19] 고남면 갯벌 모래퇴적물의 계절별 공간분포	294
[그림 2-20] 고남면 갯벌 실트퇴적물의 계절별 공간분포	295
[그림 2-21] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화	298
[그림 2-22] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율	299
[그림 2-23] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율	299
[그림 2-24] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율	300
[그림 2-25] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율	300
[그림 2-26] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량	301
[그림 2-27] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량	301
[그림 2-28] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량	301
[그림 2-29] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량	302
[그림 2-30] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량	302
[그림 2-31] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량	303
[그림 2-32] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량	303
[그림 2-33] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량	304
[그림 2-34] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산취발성황화물 농도	304
[그림 2-35] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산취발성황화물 농도	305
[그림 2-36] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산취발성황화물 농도	305
[그림 2-37] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산취발성황화물 농도	306
[그림 2-38] 태안 연안 및 태안군 고남면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급	312
[그림 2-39] 태안군 고남면 갯벌의 퇴적물 입도특성 및 유기물 함량	313
[그림 2-40] 태안군 고남면 갯벌의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계	314
[그림 2-41] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월)	317
[그림 2-42] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월)	317
[그림 2-43] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월)	319
[그림 2-44] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월)	319
[그림 2-45] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)	322
[그림 2-46] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)	322
[그림 2-47] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)	323

[그림 2-48] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월) 324

[그림 2-49] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월) 325

[그림 2-50] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월) 329

[그림 2-51] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월) 329

[그림 2-52] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월) 331

[그림 2-53] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월) 331

[그림 2-54] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월) 334

[그림 2-55] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월) 334

[그림 2-56] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월) 335

[그림 2-57] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월) 336

[그림 2-58] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월) 336

[그림 2-59] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월) 338

[그림 2-60] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월) 338

[그림 2-61] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월) 339

[그림 2-62] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월) 340

[그림 2-63] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 일차생산력의 연직분포 341

[그림 2-64] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차
생산력 분포 342

[그림 2-65] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP),
단위 엽록소량에 대한 일차생산력(PB)과 일일일차생산력 분포 342

[그림 2-66] 동물플랑크톤 분류군수 348

[그림 2-67] 동물플랑크톤 출현 개체수 348

[그림 2-68] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율 349

[그림 2-69] 최우점종 사진 349

[그림 2-70] 동물플랑크톤 집괴분석 350

[그림 2-71] 태안군 고남면 조사정점 위치 351

[그림 2-72] 태안군 고남면 동물군별 현존량 354

[그림 2-73] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포 356

[그림 2-74] 태안군 고남면 대형저서생물 우점종 359

[그림 2-75] 저서생물군집의 다변량 분석 결과 360

[그림 2-76] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포 362

[그림 2-77] 유용패류 조사 정점도(고남면) 365

[그림 2-78] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(고남면, inds./m²) 367

[그림 2-79] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성 372

[그림 2-80] 태안군 고남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균농도 및 그 기준치 373

[그림 2-81] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도 375

[그림 2-82] 태안군 고남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(R.

philippinarum, 위), 가무락(<i>C. sinensis</i> , 가운데) 그리고 동죽(<i>M. veneriformis</i> , 아래)의 서식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과	400
[그림 2-83] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예	383
[그림 2-84] 고남면 갯벌 및 기타 태안 조사정점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}C$ 과 $\delta^{15}N$ 값의 dual plot	404
[그림 2-85] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황	389
[그림 2-86] BQI에서 활용되는 각 종별 ES500.05의 추정 예시	401
[그림 2-87] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES500.05의 분포	402
[그림 2-88] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES500.05 분포	402
[그림 2-89] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 ES50 분포	403
[그림 2-90] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수	407
[그림 2-91] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도	408
[그림 2-92] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준	408
[그림 2-93] 고남면 갯벌의 생태학적 중요종, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과	410
[그림 2-94] 고남면 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포	411
[그림 2-95] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 정책적 판단 기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델	412
[그림 2-96] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성	412
[그림 2-97] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성	414
[그림 2-98] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략	415
[그림 3-1] 주교면 갯벌 수리관측 정점도	419
[그림 3-2] 주교면 갯벌 겨울철 수리관측 자료	421
[그림 3-3] 주교면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도	422
[그림 3-4] 주교면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및	422
[그림 3-5] 주교면 갯벌 여름철 수리관측 자료	423
[그림 3-6] 주교면 갯벌 여름철 저층조류 산포도	424
[그림 3-7] 주교면 갯벌 여름철 저층조류의 유속 및 유향 변화	424
[그림 3-8] 주교면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량	426
[그림 3-9] 주교면 갯벌 주변 고지도(1919년)	427
[그림 3-10] 주교면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도	428
[그림 3-11] 주남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 정점도	429
[그림 3-12] 주교면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황	430
[그림 3-13] 주교면 갯벌 지형단면 특성	431
[그림 3-14] 주교면 갯벌 전경. A) 주교면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 사주, D) 간조선 주변	432
[그림 3-15] 주교면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준	433

[그림 3-16] 주교면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이아그램(Folk, 1968) 435

[그림 3-17] 주교면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상 437

[그림 3-18] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상 438

[그림 3-19] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화 441

[그림 3-20] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율 442

[그림 3-21] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율 442

[그림 3-22] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율 442

[그림 3-23] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율 443

[그림 3-24] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량 443

[그림 3-25] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량 444

[그림 3-26] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량 444

[그림 3-27] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량 444

[그림 3-28] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량 445

[그림 3-29] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량 445

[그림 3-30] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량 446

[그림 3-31] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량 446

[그림 3-32] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산취발성황화물 농도 447

[그림 3-33] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산취발성황화물 농도 447

[그림 3-34] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산취발성황화물 농도 447

[그림 3-35] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산취발성황화물 농도 448

[그림 3-36] 태안 연안 및 보령시 주교면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급 453

[그림 3-37] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물의 입도특성 및 유기물 함량 455

[그림 3-38] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계 455

[그림 3-39] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월) 459

[그림 3-40] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월) 459

[그림 3-41] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월) 461

[그림 3-42] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월) 461

[그림 3-43] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월) 464

[그림 3-44] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월) 464

[그림 3-45] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월) 465

[그림 3-46] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월) 466

[그림 3-47] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월) 466

[그림 3-48] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월) 469

[그림 3-49] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월) 470

[그림 3-50] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월) 471

[그림 3-51] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월) 471

[그림 3-52] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월) 473

[그림 3-53] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)	474
[그림 3-54] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)	474
[그림 3-55] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)	475
[그림 3-56] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)	475
[그림 3-57] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)	477
[그림 3-58] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)	477
[그림 3-59] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)	478
[그림 3-60] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)	479
[그림 3-61] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 일차생산력의 연직분포	480
[그림 3-62] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차 생산력 분포	480
[그림 3-63] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP), 단위 엽록소량에 대한 일차생산력(PB)과 일일일차생산력 분포	482
[그림 3-64] 동물플랑크톤 분류군수	486
[그림 3-65] 동물플랑크톤 출현 개체수	486
[그림 3-66] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율	487
[그림 3-67] 최우점종 사진	487
[그림 3-68] 동물플랑크톤 집괴분석	488
[그림 3-69] 보령시 주교리 조사정점 위치	489
[그림 3-70] 보령시 주교리 동물군별 현종량	491
[그림 3-71] 보령시 주교면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포	493
[그림 3-72] 보령시 주교면 대형저서생물 우점종	496
[그림 3-73] 저서생물군집의 다변량 분석 결과	497
[그림 3-74] 보령시 주교면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포	499
[그림 3-75] 유용패류 조사 정점도(주교면)	502
[그림 3-76] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(주교면, inds./m ²)	503
[그림 3-77] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성	509
[그림 3-78] 보령시 주교면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균농도 및 그 기준치	510
[그림 3-79] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도	512
[그림 3-80] 보령시 주교면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(<i>R. philippinarum</i> , 위), 가무락(<i>C. sinensis</i> , 가운데) 그리고 동죽(<i>M. veneriformis</i> , 아래)의 서 식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과	517
[그림 3-81] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예	520
[그림 3-82] 주교면 갯벌 및 기타 태안 조사정점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}C$ 과 $\delta^{15}N$ 값의 dual plot	522
[그림 3-83] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황	527
[그림 3-84] BQI에서 활용되는 각 종별 ES500.05의 추정 예시	538

[그림 3-85] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES500.05의 분포 539

[그림 3-86] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES500.05 분포 539

[그림 3-87] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 ES50 분포 540

[그림 3-88] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수 543

[그림 3-89] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도 544

[그림 3-90] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준 545

[그림 3-91] 주교리 갯벌의 생태학적 중요종, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과 546

[그림 3-92] 주교리 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포 547

[그림 3-93] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 548

[그림 3-94] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성 549

[그림 3-96] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/지구별 관리전략 551

[그림 4-1] 바지락의 상대 성장식 559

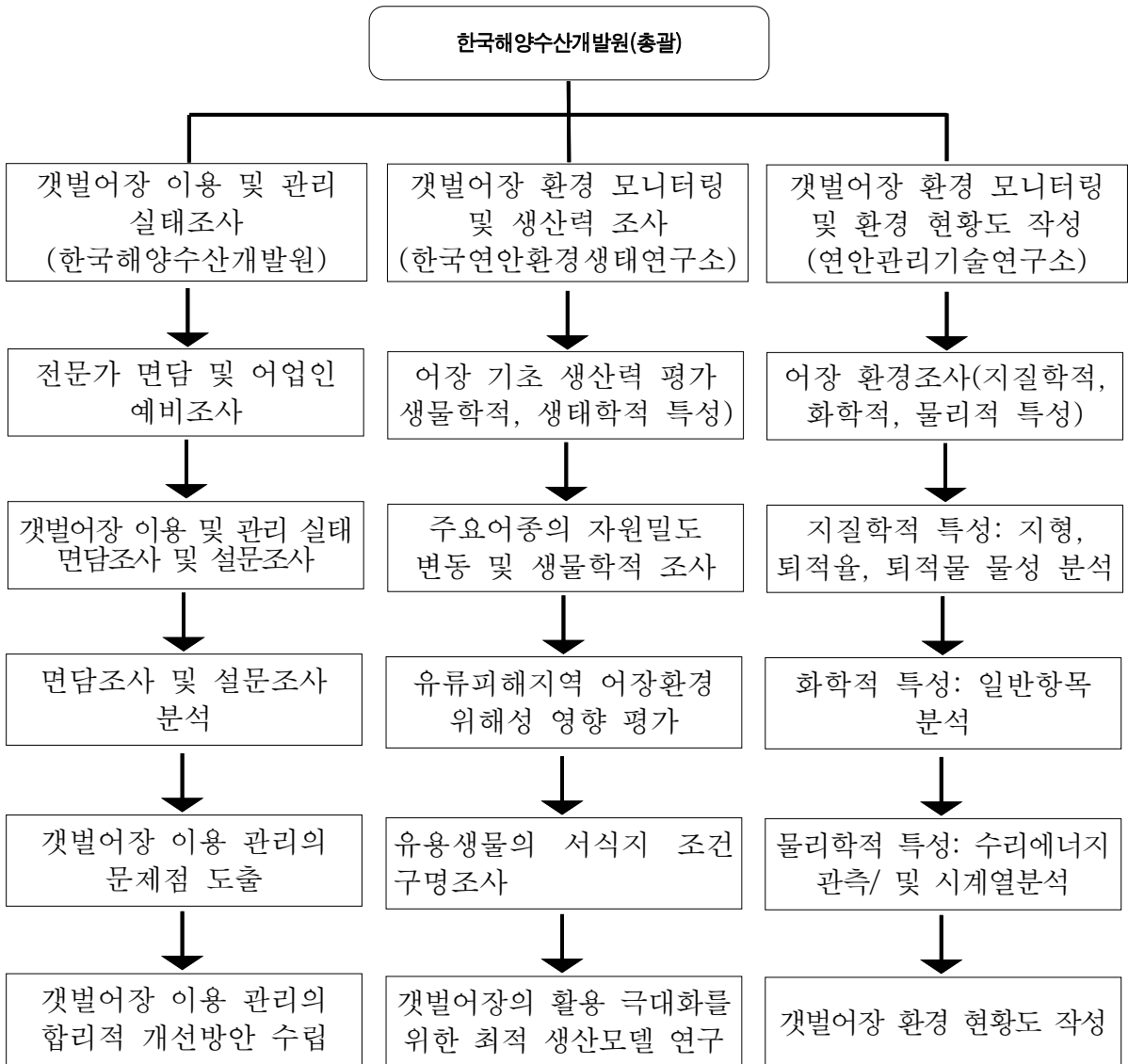
[그림 4-2] 순간어획사망계수(F)에 대한 어획개시연령(t_c)과 가입당생산량 (Y/R)과의 관계 561

[그림 4-3] 어획개시연령(t_c)에 대한 순간어획사망계수(F)와 가입당 생산량 (Y/R)과의 관계 561

요 약

제1편 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사

제1장 연구 개요



[그림 1-1] 연구의 추진체계

제2장 충청남도 갯벌어업 실태조사

제1절 총괄

1. 충청남도 갯벌의 일반현황

- 갯벌정보시스템(국토해양부)의 자료에 따르면 우리나라의 전체 갯벌면적은 2,489.4km²이며, 충남지역이 358.8km²로 전체 갯벌면적의 14.4%를 차지하고 있음
 - 태안군이 충남 전체 갯벌면적의 39.3%(138.4km²)로 가장 넓은 갯벌을 보유하고 있으며, 서천군 20.2%(71.3km²), 서산시 19.1%(67.3km²), 보령시 9.3%(32.8km²), 당진시 8.0%(28.1km²), 홍성군 4.1%(14.4%) 등의 순으로 집계됨
- 2011년말 기준으로 충청남도의 어업권(면허) 건수는 총 990건, 면허면적은 총 15,794ha임
 - 어업권 현황을 면적기준으로 살펴보면, 마을어업 면허가 전체의 28.7%로 가장 많으며, 패류 면허가 26.4%, 해조류 17.7% 등의 순임
 - 시군별 어업권 현황을 면적기준으로 집계해보면, 태안군이 총 5,822ha로 전체 면허면적의 36.9%를 차지하였으며, 서천군 28.7%, 보령시 17.2%, 서산시 9.5%, 당진시 4.7%, 홍성군 2.9%의 순으로 나타남
- 양식어업 면허의 소유자별 현황을 살펴보면, 한정면허를 제외한 총 871건 가운데 어촌계 소유 면허건수가 649건으로 전체 건수의 74.5%를 차지함
 - 그리고 수협면허가 23건으로 2.6%, 개인·협업면허가 150건으로 17.2%, 영어조합법인 면허가 49건으로 5.6%를 차지함. 한편, 면적기준으로는 어촌계가 68.9%, 수협 18.8%, 개인·협업 10.1%, 영어조합법인 2.1% 순으로 집계됨

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 충청남도 6개 시·군의 수산자원 방류실적을 집계한 결과, 2011년 기준으로 충남 전체 갯벌어장 자원 방류실적은 약 24억 원 규모임
 - 대부분 바지락 방류실적이며, 태안군과 보령시는 일부 해삼, 전복 방류실적도 있었음

- 충청남도 6개 시군의 갯벌어장 환경개선사업 실적을 집계한 결과, 2010년에는 약 88억 원이 투입되었으나 2011년에는 약 45억 원으로 거의 절반 가까이 사업금액이 줄어든 것으로 나타남
 - 반면 어장환경 개선면적은 2010년이 1,891ha에서 2011년은 1,972ha로 소폭 증가하였음
 - 어장환경개선 사업내용을 살펴보면, 주로 모래, 황토, 자갈 살포, 해상투석, 어장바닥 경운작업, 잡석 채집 및 이동 등인 것으로 조사됨

3. 갯벌어장 생산실태 및 추이

- 공식통계(어업생산통계)를 통해 갯벌어장의 생산실태를 집계한 결과, 2011년 기준으로 충남지역 전체 수산물 생산량 가운데 갯벌어업 생산량이 차지하는 비중은 26.7% 수준임
 - 갯벌어업 생산실태를 품종별로 살펴보면 김이 전체의 32.7%로 생산량이 가장 많고, 다음으로 바지락이 28.9%, 굴류 17.8%, 미역류 16.4% 등의 순으로 집계됨
 - 이외 해삼, 전복, 동족, 가무락, 맛, 조개류 등의 품종 생산량 비중은 매우 미미한 것으로 나타남
- 한편, 6개 시·군에 소재한 어촌계 실태조사를 통해 집계된 생산실적을 살펴보면, 2011년 총생산량은 14,403톤, 총생산금액은 약 445억 원 정도로 집계됨
 - 이는 유류 유출사고(2007년 12월)가 났던 해인 2007년 대비 생산량은 11.8%가 감소한 것이며, 총생산액은 19.3%가 늘어난 것임
 - 품종별(해조류 제외)로는 2011년 기준 바지락이 전체 생산량의 약 74%, 생산금액의 약 60%를 차지하였음
 - 바지락과 해삼은 2007년 대비 생산량 및 생산금액이 모두 늘었으나 나머지 품종은 대부분 생산량 및 생산금액 모두 감소한 것으로 나타남

4. 갯벌어장 어업외 이용실태 및 소득

- 충청남도 갯벌어업장의 어업외 이용은 대부분 갯벌체험마을을 운영하고 있으며, 총 10개

- 소 중 서천군 3개 마을(송석, 당정, 다시리) 취소로 현재 7개소가 운영 중에 있음
- 2011년 기준 갯벌체험객 수는 서천군 26,587명, 홍성군 8,887명, 태안군 6,255명 순으로 나타났으며, 이러한 결과는 홍성군, 태안군의 경우 2008년 이후 운영되는 지역이 많아 도시민에게 인지도가 낮은 반면 서천군은 맛조개 체험을 토대로 2004년 이후 지속적인 홍보가 이루어진 결과임
 - 갯벌체험 소득은 체험프로그램 이용료, 민박, 식사비, 특산물 판매 등 직접적인 체험소득을 기준으로 산정하였으며, 2011년 시군별 소득을 살펴보면, 서천군 329백만 원으로 가장 높았으며, 태안군 88백만 원, 홍성군 53백만 원 순으로 나타났음
 - 충남지역의 갯벌체험은 유희형 채취 프로그램에서 점차 지역의 문화를 포함시키거나 교육적인 프로그램의 개발로 전환해 나감으로써 보다 고부가가치의 소득과 고용창출을 할 필요가 있음

제2절 태안군

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 태안군 전체 어업면허 건수는 521건이며 면적은 5,822ha임
 - 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 434건, 4,955ha로 양식어업 면허가 308건, 3,057ha이며, 특히 패류 양식어업 면허가 274건, 2,406ha로 가장 많은 비중을 차지함
 - ※ 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업(해조류·패류·복합 양식어업, 마을어업)를 합한 것임
 - 한편 마을어업 면허는 104건, 1,744ha로 패류 양식어업 면허 다음으로 많은 비중을 차지함
- 태안군에는 8개 읍·면에 총 85개의 어촌계가 소재하고 있음
 - 이들 어촌계의 주 생산 품목으로는 바지락, 굴, 해삼, 전복, 동죽 등임
 - 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 전체 계원수의 약 65%를 차지해 고령화가 상당히 진행된 것으로 나타남

2. 개별어장 자원조성 실태 및 추이

- 태안군에서는 수산종묘 방류사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 개별어장의 자원 조성 및 관련 어장환경 개선을 도모하고 있음
 - 종묘방류사업은 해면어업 방류사업과 마을어장 및 양식어장을 중심으로 한 갯벌어장 방류사업으로 대별됨
 - 해면어업 종묘방류 대상품종은 주로 넙치, 대하, 조피볼락, 문치가자미이며, 갯벌어장 종묘방류 대상품종은 바지락, 해삼, 전복 등임
 - 갯벌어장 종묘방류 실적은 2007년에는 90백만 원이었으나 2010년에는 1,516백만 원으로 증가하였다가 2011년에는 625백만 원으로 감소하였음
 - 방류된 품종이 서식하기 좋은 어장환경을 만들기 위해서 태안군은 어장환경 개선사업을 실시하고 있는데, 여기에는 잡석 채집운반, 폐지주 제거, 어장폐기물 수거, 폐기물 운반, 해상 투석, 어장 평탄화, 모래살포, 경운 등이 포함됨

3. 갯벌어장 생산실태

- 태안군 갯벌어업 실태조사에 따르면 조사대상 어촌계의 갯벌어업 생산량이 2007년 유류 피해 직후인 2008년에 급감하였다가 점차 회복되어 2011년에는 2007년 이전의 생산량 수준을 상회한 것으로 나타났음
- 이것은 태안군 갯벌어장에서 생산량이 가장 많은 바지락의 생산량 변화에 기인하는데, 2007년 발생한 유류피해 직후 생산량이 감소하였다가 정부 및 지자체의 활발한 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 회복 또는 오히려 증가하였기 때문임
- 반면, 굴, 가무락, 동죽 등은 유류피해 이전의 생산량 수준을 하회하고 있는 것으로 조사되었음

제3절 보령시

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 보령시 전체 어업면허 건수는 158건이며 면적은 2,724ha임
 - 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 136건, 2,650ha로 마을어업 면허가 67건, 1,602ha로 대부분을 차지함
- 보령시에는 5개 읍·면에 총 20개의 어촌계가 소재하고 있음
 - 이들 어촌계의 주 생산 품목으로는 바지락, 해삼, 전복 등임
 - 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 전체 계원수의 약 55%를 차지해 고령화가 상당히 진행된 것으로 나타남

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 보령시에서는 수산종묘방류 사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 개별어장의 자원을 조성하고 있음
 - 수산종묘방류사업의 경우 어류 위주로 사업이 이루어져 개별에 서식하는 패류의 방류는 거의 이루어지지 않는 것으로 조사됨
 - 이에 보령시에서는 수산종묘방류사업 외 바지락 종패구입 지원, 소규모바다목장 사업 등을 통해 주요 개별 어종의 자원을 조성하고 있음
 - 또한 투석작업, 어장바닥경운, 쪽류 제거, 모래살포 등 어장환경 개선사업을 지속적으로 시행하고 있음

3. 갯벌어장 생산실태

- 2007년 이후 보령시 전체 어촌계의 갯벌어업 생산실태를 조사한 결과 생산액은 증가한 반면, 생산량은 소폭 감소한 것으로 나타남
 - 생산액의 경우 2007년 6,684백만 원에서 2011년 9,225백만 원으로 지속적인 증가세를

- 보이고 있는데 이는 수산물 가격 상승에 기인함
- 반면 생산량의 경우 쪽 등의 해적생물 발생으로 인해 2011년 1,575톤으로 2009년 대비 50% 이상 감소한 것으로 조사됨
- 품종별 생산 동향의 경우 대부분 품종의 생산이 감소하였으며 특히 바지락의 생산 감소가 큰 것으로 조사됨
- 바지락의 경우 2009년 생산량이 약 1,553톤에 달했으나 2010년 쪽이 발생하면서 생산량이 급감하여 2011년 생산량이 약 1,192톤으로 2009년 대비 50% 이상 감소함

제4절 서산시

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 서산시 전체 어업면허 건수는 131건이며 면적은 1,505ha임
- 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 118건, 1,349ha로 양식어업 면허가 102건, 1,092ha이며, 특히 패류 양식어업 면허가 96건, 954ha로 가장 많은 비중을 차지함
- 이밖에 마을어업 면허는 7건, 176ha, 한정어업은 9건, 81.5ha임
- 서산시에는 4개 읍·면에 총 16개의 어촌계가 소재하고 있음
- 이들 어촌계의 주 생산 품목은 바지락, 굴이고 가무락이 일부 있음
- 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 49%로 나타나 다른 지역에 비해서는 상대적으로 고령화 정도가 낮은 것으로 나타남

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 서산시에서는 수산종묘 방류사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 갯벌어장의 자원 조성 및 관련 어장환경 개선을 도모하고 있음
- 갯벌어장에는 바지락을 살포하는데 2007년에는 실적이 없다가 2008년부터 지속적으로 시행되고 있음

- 그리고 2010년에는 바지락 명품단지, 2011년에는 바지락 어장회복 사업이 시행되었음
- 2011년에는 가로림만의 7개소에 대해 고철, 폐합성수지 등의 폐기물을 수거하는 어장환경 개선사업이 시행되어 180톤을 수거하였음

3. 갯벌어장 생산실태

- 서산시 갯벌어업 실태조사에 따르면 조사대상 어촌계의 갯벌어업 생산량이 2007년 유류 피해 직후인 2008~2009년에 급감하였다가 2010~2011년에 2007년 수준으로 회복된 것으로 나타남
- 이는 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 개선되었기 때문으로 풀이됨
- 품종별로는 약간 차이가 있는데 굴이 2008년 생산량이 급감했다가 2009년 이후 서서히 회복되고 있는 반면 바지락의 경우는 2011년 생산 실적이 2007년 수준을 상회하여 완전한 회복세를 나타냄

제5절 서천군

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 서천군 전체 어업면허 건수는 108건이며 면적은 4,539ha임
 - 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 102건, 4,522ha로 건수로는 마을어업이 면적으로는 해조류 양식의 비중이 높음
- 서천군에는 4개 읍·면에 총 15개의 어촌계가 소재하고 있음
 - 이들 어촌계의 주 생산 품목으로는 바지락, 가무락, 동죽 등임
 - 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 전체 계원수의 약 50%를 차지해 고령화가 상당히 진행된 것으로 나타남

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 서천군에서는 수산종묘방류 사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 갯벌어장의 자원을 조성하고 있음
 - 수산종묘방류사업의 경우 어류 위주로 사업이 이루어져 갯벌에 서식하는 패류의 방류는 거의 이루어지지 않는 것으로 조사됨
 - 또한 독 썰기, 성토 고르기, 잡석채집 및 운반 등의 어장환경 개선사업을 지속적으로 시행하고 있음

3. 갯벌어장 생산실태

- 2007년 이후 서천군 전체 어촌계의 갯벌어업 생산실태를 조사한 결과 생산액, 생산량 모두 지속적 감소세를 보이고 있음
- 품종별 생산 동향의 경우 대부분 품종의 생산이 감소하였으며 특히 동죽의 생산 감소가 큰 것으로 조사됨
 - 동죽의 경우 2007년 생산량이 약 400톤에 달했으나 2011년에는 40톤으로 10배 이상 감소함
 - 이 외에도 바지락, 백합, 가무락 등의 생산 감소가 큰 것으로 조사됨

제6절 홍성군

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 홍성군 전체 어업면허 건수는 32건이며 면적은 455ha임
 - 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 24건, 426ha로 양식어업 면허가 12건, 212ha이며, 특히 패류 양식어업 면허가 17건, 291ha로 가장 많은 비중을 차지함
 - 한편 마을어업 면허는 6건, 125ha로 패류 양식어업 면허 다음으로 많은 비중을 차지함
- 홍성군에는 서부면에 총 6개의 어촌계가 소재하고 있음

- 이들 어촌계의 주 생산 품목으로는 바지락, 피조개, 새조개 등임
- 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 전체 계원수의 약 64.7%를 차지해 고령화가 상당히 진행된 것으로 나타남

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 홍성군에서는 수산종묘 방류사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 갯벌어장의 자원 조성 및 관련 어장환경 개선을 도모하고 있음
 - 종묘방류사업은 해면어업 방류사업과 마을어장 및 양식어장을 중심으로 한 갯벌어장 방류사업으로 대별됨
 - 해면어업 종묘방류 대상품종은 주로 대하, 넙치이며, 갯벌어장 종묘방류 대상품종은 바지락임
 - 갯벌어장 종묘방류 실적은 2007년에는 134백만 원이었으나 2011년에는 291백만 원으로 증가하였음
 - 방류된 품종이 서식하기 좋은 어장환경을 만들기 위해서 홍성군은 어장환경 개선사업을 실시하고 있는데, 여기에는 경운, 황포살포, 폐기물제거 등이 포함됨

3. 갯벌어장 생산실태

- 홍성군 갯벌어업 실태조사에 따르면 조사대상 어촌계의 갯벌어업 생산량이 2007년 유류 피해 직후인 2009년에 급감하였다가 점차 회복된 것으로 나타났음
- 이것은 홍성군 갯벌어장에서 생산량이 가장 많은 바지락의 생산량 변화에 기인하는데, 2007년 발생한 유류피해 직후 생산량이 감소하였다가 정부 및 지자체의 활발한 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 회복 또는 오히려 증가하였기 때문임

제7절 당진시

1. 갯벌어업 일반현황

- 2011년 말 당진시 전체 어업면허 건수는 40건이며 면적은 749ha임
 - 이 중에서 갯벌어업 면허는 총 34건, 729.5ha인데 양식어업 면허가 1건, 50ha이며, 나머지는 한정어업 면허임
 - 품종별로는 바지락이 21건, 637.5ha로 상당 부분을 차지하고 굴 7건, 28ha, 전복 7건, 24ha, 가리비 2건, 40ha임
 - 어촌계별로는 난지도어촌계가 15건, 167ha로 가장 규모가 크고 당진수협이 3건, 270ha를 보유하고 있으며, 당진수협 어장도 실질적으로는 인근 어촌계가 행사하는 형태임
- 당진시에는 4개 읍·면에 총 6개 어촌계가 소재하고 있음
 - 이들 어촌계의 주 생산 품목으로는 바지락, 굴 등임
 - 한편 어촌계의 연령분포를 조사한 결과 60대 이상이 50%를 상회하여 당진시 어촌계의 고령화가 상당히 진행되어 젊은 인력 확보가 심각한 문제로 나타남

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

- 당진시에서는 수산종묘 방류사업과 어장환경 개선사업 등을 통해 갯벌어장의 자원 조성 및 관련 어장환경 개선을 도모하고 있음
 - 갯벌어장 방류사업으로는 주로 바지락을 방류하고 있음
 - 방류된 품종이 서식하기 좋은 어장환경을 만들기 위해서 당진시는 2011년에는 약 2억 원의 예산을 투입하여 난지도어촌계가 있는 대난지도와 소난지도에서 잡석이동, 모래살포 등의 어장환경 개선사업을 실시하였음

3. 갯벌어장 생산실태

- 실태조사에 따르면 조사대상 어촌계의 갯벌어업 생산량이 2007년 유류피해 직후인 2008년과 2009년에 급감하였다가 점차 회복되어 2010년에는 2007년 이전의 생산량 수준을 상회한 것으로 나타남
- 이는 당진시 갯벌어장에서 생산량이 가장 많은 바지락의 생산량 변화에 기인하는데, 2007년 발생한 유류피해 직후 생산량이 감소하였다가 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 개선되었기 때문으로 풀이됨
 - 갯벌어업 관련 생산소득 추이 또한 대체로 생산량 변화 추이를 따르고 있음

제3장 갯벌어장 이용·관리의 문제점 및 개선방안

제1절 갯벌어장 이용·관리의 문제점

1. 갯벌어장 환경변화 문제

- 서산지구 방조제의 일시적 개방에 따른 천수만의 오염물질 유입, 허베이스피리트호 유류오염 사고의 잔존, 서천 김 양식장 염산 살포 등이 주된 오염 원인으로 꼽힘
- 해적생물의 발생은 공통적으로 쪽의 대량 발생으로 바지락 폐사 증가, 불가사리로 인한 전복 등 패류 생산량 감소를 들고 있음
- 어장 노후화는 갯벌어장의 과도이용과 썰의 퇴적 등으로 인한 생산력 감소, 서천 방조제 건설로 인한 해류 소통이 악화를 주요 원인으로 답함
- 해조류 양식 확대와 어항개발 등으로 인한 해조류 흐름 변화 등의 문제 제시됨

2. 갯벌어장 자원조성 문제

- 어촌계 대부분 재정이 어렵기 때문에 충분한 방류사업비 확보 불가능

- 종묘 폐사는 썩, 불가사리 등의 해적생물이 어린 종묘를 먹어치운 결과로 나타남
- 갯벌어장에 적합한 가무락, 백합 종패의 경우 충분한 종묘 구입이 힘든 실정임
- 방류품종에 적합한 인공어초 개발 미흡, 해적생물 증가로 인해 자원조성 효과의 반감, 다이버 등에 의한 방류품종의 무단채취에 따른 소득감소 등이 뒤따랐음

3. 갯벌어장 이용 문제

- 조사지역 어촌계에서 공통적으로 고령화 문제를 꼽았고, 외부 나잠업자들의 무분별한 채취 활동으로 인한 자원고갈 문제도 많음
- 채취수단 및 채취방법 등에 대한 제도적 검토가 필요함
- 갯벌어장의 관리, 감시 등에 대해 어업인들의 참여가 매우 약하다는 점을 어업인들이 인식하고 있음
- 갯벌어장의 품종 전환 문제는 이미 2012년 6월 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’을 개정하여 품종 전환이 가능케 되었으며, 이를 홍보·교육할 필요가 있음

4. 갯벌어장 소득화 문제

- 대부분의 어촌계에는 채취된 수산물을 분류, 저장하는 시설이나 판매장이 없어 유통상인들에게 의존함으로써 부가가치가 높은 가공품 개발에 한계
- 어업인들은 시장에 대한 정보가 없어 가격 결정권을 가지지 못함
- 어촌계에서 해녀 계원이 없는 경우 나잠업자에게 위탁 채취를 맡겨 수익금 배분 갈등이 많음
- 체험관광으로 바지락 채취 등의 프로그램을 가동하고 있으나, 프로그램 개발 한계에 대한 정책적 차원의 지원을 요구함

5. 갯벌어장 제도적 문제

- 해삼 및 전복 등의 채취에 대해서도 나잠뿐만 아니라 효율적인 스킨스쿠버의 허용을 원함

- 품종 전환에 대한 어려움은 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’이 개정됨에 따라 가능해짐
- 자본조달의 어려움을 제도적 측면에서 해결해 주길 바라고 있음
- 어촌계원 이외에 나잠업자 등에게 임대 또는 위탁을 합법화해 달라는 내용임
- 기타 생산량 및 면허지 등에 대한 관리 미흡, 허용된 품종 이외에 수산물을 양식하고 있다는 점 등

6. 기타 문제

- 면허어장 이외에 다수의 무면허 어장 존재, 갯벌어장 이용·관리 실태 관련 자료축적 미흡, 갯벌어장 임대에 따른 수산자원 악화 진행, 갯벌 수산물에 대한 불법조업 심각, 갯벌어업 규모화(외부위탁 생산)에 대해 대부분 반대 등

제2절 개선방안

1. 예방적 갯벌어장 관리체계의 도입

- 갯벌 수산자원 특성에 맞는 과학적 모니터링 추진
 - 과학적인 근거에 의한 관리체계가 미흡하므로, 과학적 조사 및 모니터링을 실시하여 생산력을 산정토록 함
- 갯벌어장별 품종별 맞춤형 관리시스템 도입
 - 갯벌어장 및 갯벌 수산물의 특성에 맞도록 이용형태의 유형화를 통해 지속 가능한 맞춤형 이용모델을 구축하여 최적 관리시스템의 개발·적용을 도입함

2. 객관적인 갯벌어장 이용실태 조사시스템의 구축

- 어장관리실태조사서의 신뢰성 향상
 - ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’의 제47조에는 어업권자는 매년 ‘어장관리실태조사서’를 작성하여 지자체에 제출하고, 지자체는 이를 기록·관리토록 되어있으나 제대로 이뤄지지 않고 있으므로 이러한 검증시스템을 강구하고 체계적 관리를 하도록 함

- 어촌계 결산보고서 제출 의무화
 - 갯벌어장의 결산보고서 제출을 의무화함으로써 객관적이고 신뢰성 높은 이용실태 및 정보를 파악가능 함

3. 갯벌어장의 생산력 향상 강구

- 종묘방류사업의 규모화 및 종묘 수급체계 안정화
 - 어업인 소득 향상에 직접 연계되기 위해서는 방류사업의 규모화가 필요함
 - 지역 실정에 맞는 품종을 대량 생산 가능한 시스템 마련이 필요함
 - 기존 갯벌 수산물 이외에 부가가치가 높은 품종에 대한 R&D 투자 강화가 요구됨
- 갯벌어장 옥토화 종합대책 수립 추진
 - 갯벌어장의 이용에서 당면한 문제인 종묘 대량 폐사의 증가, 갯벌어장의 생산성 하락 등에 대응하기 위해서는 ‘(가칭)갯벌어장 옥토화 종합대책’을 수립·추진해 나갈 필요가 있음
 - 종합대책에는 갯벌어장의 생산성을 유지·향상시키고 친환경 인프라를 구축하기 위한 R&D 투자를 확대하고, 갯벌어장의 환경개선·조성 등을 포함함

4. 갯벌어장의 지도단속 강화

- 갯벌어장 자율감시단 운영
 - 자율감시단의 조직·운영, 자율관리어업의 내실화 구축 등이 추진될 필요가 있음
- 갯벌어장 관리 관련 교육·홍보프로그램 개발 및 보급
 - 갯벌어장의 불법조업의 근절과 규제 준응을 위한 예방적 조치를 강구하는 것이 필요하므로, 관련된 교육·홍보프로그램을 개발·보급해 나갈

5. 갯벌 수산물 채취방법 도입 및 개선

- 바지락 등 패류 채취수단의 개발 및 보급
 - 갯벌어장의 채취수단을 인력 의존형에서 탈피, 기계화 도입에 대한 검토가 필요함
- 해삼 및 전복 등 채취방법 대체 방안 검토
 - 전복, 해삼 등의 채취는 대부분 외부업자에게 임대 또는 위탁하여 채취를 하고 있어, 수익금 배분을 둘러싼 갈등이 많으므로, 채취방법을 개선하기 위한 다양한 방안이 강구될 필요가 있음

6. 갯벌어장 신규인력 및 자본 진입 촉진

- 갯벌어장 이용 주체인 어촌계 진입장벽 완화
 - 갯벌어장 이용을 위한 어촌계원의 가입요건을 완화시키는 방향으로 유도 필요함
 - 최근 추진되고 있는 ‘고령어가 은퇴직불제’와 연계하는 것도 검토해 볼 수 있음
- 귀어어촌 프로그램 도입 실시
 - 어촌의 기능을 유지하기 위해 우수한 젊은 인력을 유치하는 방안 도입이 필요
 - 일부 지역에서 창업 및 주택자금을 지원하는 귀어어촌프로그램을 도입하고 있는데, 이에 따른 정부, 지자체, 지역대학과 연계한 지역 실정에 맞는 교육프로그램을 개발, 지원할 필요가 있음
- 어촌공동체가 주체가 된 자본 도입 유치
 - 갯벌어장의 규모화를 촉진하여 효율적인 이용·관리시스템이 정착하기 위해서는 어업권의 임대차를 활성화하여 어업권의 유동성을 확보하는 것을 검토해 볼 수 있음

7. 갯벌어장 다각적인 소득화 노력 전개

- 갯벌참굴 등 고소득 품종 전환 유도
 - 수출 잠재력이 크고 어업인 소득화에 기여할 수 있는 품종에 대해 중간종묘의 육성기술 및 대량 생산, 양식 매뉴얼 개발, 효율적 양식·가공기술 등의 개발·보급이 필요함

- 정부의 수출 양식단지 등 새로운 정책과 연계
 - 대규모 수출 양식단지를 조성함으로써 갯벌어장의 지속적인 소득원의 발굴을 통해 지역 어업인의 소득증대에 기여하도록 함
- 갯벌 수산물의 상품화 노력
 - 앞으로는 갯벌 수산물에 대한 품질관리 및 브랜드 개발 등을 통해 부가가치 향상을 기울일 필요가 있음
- 특색 있는 체험프로그램과 연계한 소득화 실현
 - 갯벌 또는 갯벌어장의 다원적인 역할을 새롭게 조명하여 이를 기반으로 한 교육·홍보 프로그램을 발굴하여 어촌지역의 새로운 소득원으로 활용이 가능하게 함
 - 다양한 계층에서 참여할 수 있도록 수요자의 눈높이에 맞는 맞춤형 프로그램 개발이 필요함
 - 전문가의 컨설팅을 통해 지역별로 특색 있는 맞춤형 프로그램으로 개발하도록 함

제2편 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사

제1장 태안군 남면 갯벌

제1절 수리환경

1. 겨울

- 2012년 2월 23일부터 25일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음
 - 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 5.5~6.0m(평균 5.8m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 60cm 미만을 보이며 변화하였음
 - 창조외의 평균저층유속은 15.5cm/s, 낙조외의 평균저층유속은 16.0cm/s로서 낙조류가 창조류에 비해 다소 강하였고, 조류의 방향은 창조류는 북향류, 낙조류는 남향류가 우세하였음
 - 유의파고는 7~41cm(평균 18cm) 범위를 보였음
 - 부유물의 농도는 창조외 평균 21.4mg/L, 낙조외 평균 21.6mg/L로 조외에 따라 뚜렷한 차이를 보이지 않았고, 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 11.0kg/m²로서 남서측(245°)을 향하였고, 창조외보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

2. 여름

- 2012년 7월 5일부터 7일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음
 - 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 5.0~6.2m(평균 5.6m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 120cm 미만을 보이며 변화하였음
 - 창조외의 평균저층유속은 13.7cm/s, 낙조외의 평균저층유속은 15.0cm/s로서 낙조류가 창조류에 비해 다소 강하였고, 조류의 방향은 창조류는 북서향류, 낙조류는 남동향류가

우세하였음

- 유의파고는 2~113cm(평균 42cm) 범위로 겨울보다 높았음
- 부유물의 농도는 창조시 평균 27.9mg/L, 낙조시 평균 35.4mg/L로 낙조시에 높았고, 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 12.6kg/m²로서 남측(178°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

[표 1-1] 남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
남 면	겨울	창조	4	4:30	15.5	20	21.4	51.3	8
		낙조	4	4:52	16.0	15	21.6	62.3	207
		1조석	4	9:22	15.8	17	21.5	11.0	245
	여름	창조	4	4:22	13.7	50	27.9	26.2	345
		낙조	4	4:37	15.0	40	35.4	38.9	170
		1조석	4	8:59	14.4	40	31.7	12.6	178

제2절 퇴적환경

1. 해안선 변형이력

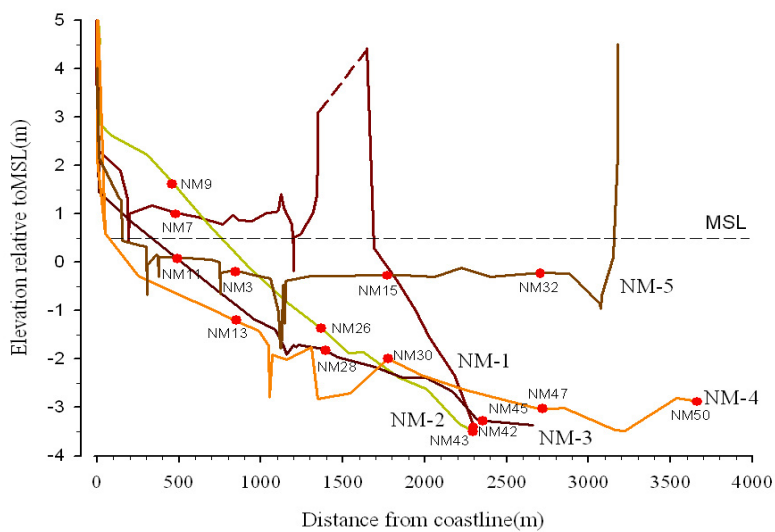
- 1919년 고지도와 1966년, 1991년 항공사진 분석을 통해 남면 갯벌 주변의 해안선 및 매립현황을 분석하였음
 - 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 18.7km² 이던 것이 1966년에는 5.6km²가 감소한 13.1km², 1991년에는 1.0km²가 더 감소한 12.1km²로 나타나 총 35.3%가 감소하였음
 - 해안선 길이는 1919년 17.1km이던 것이, 1966년에 매립이 이루어진 후에는 5.6km 감소하여 11.5km로 32.7%가 감소한 것으로 나타났고, 1991년에는 약 5.4%가 매립되었으나 해안선 길이는 11.5km로 변화되지 않았음



[그림 1-1] 남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

2. 갯벌 지형단면

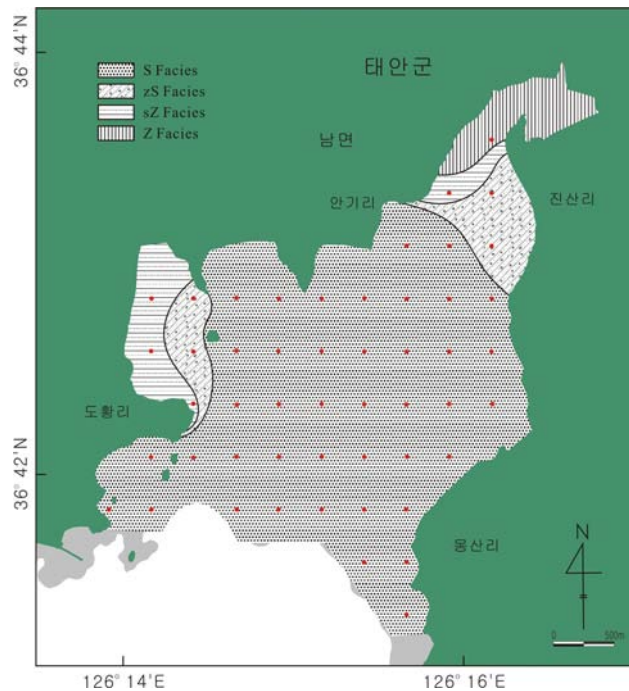
- 갯벌 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고, 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였음
 - 남면 갯벌은 약 2.3~3.7km 범위의 폭을 가짐
 - 고도가 가장 높은 측선은 가장 서쪽에 위치하는 측선 NM-1로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 동쪽에 위치하는 측선 NM-4로 남면 갯벌은 중앙에서 동쪽과 서쪽으로 가면서 고도가 높아지는 경향을 보임



[그림 1-2] 남면 갯벌 지형단면 특성

3. 표층퇴적상

- 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 50개 정점을 선정하여 표층 퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
- 남면 갯벌 표층퇴적물은 7개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 조직 특성에 따라 4개의 퇴적상(sedimentary facies)으로 조합하였음



[그림 1-3] 남면 갯벌 표층퇴적물의 표층퇴적상

4. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

- 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 4계절에 걸쳐 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
- 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 91.2%, 7.9%, 0.8%로 모래가 매우 우세한 분포를 보임
- 퇴적물의 평균입도는 계절에 무관하게 평균 2.9~3.0 ϕ 범위로 매우 균질하며, 분급 또한 계절에 무관하게 평균 0.5~0.6 ϕ 범위로 매우 균질함

5. 퇴적물의 계절적 변화

- 퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월 동안 퇴적물 측정장치(SRP)를 이용하여 퇴적물을 측정하였음
 - 약 8개월의 조사기간 동안 남면 갯벌에서 관측한 퇴적물은 9.0mm로 퇴적되는 경향을 보였음
 - 공간적으로는 도항리 등 서측 갯벌에서는 침식이 우세하였고, 중부를 포함한 동측 갯벌에서는 퇴적이 우세하였음
 - 계절적으로는 겨울에는 13.5mm, 봄에는 -9.4mm, 그리고 여름에는 4.9mm로 겨울과 여름에는 퇴적되고, 봄에는 침식되는 경향을 보였음

제3절 저질환경

1. 함수율

- 함수율(WC)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 함수율은 추계에 24.4~33.3%(평균 27.6±2.1%) 범위, 동계에 25.7~41.2%(평균 29.5±3.7%) 범위, 춘계에 25.6~30.1%(평균 26.9±1.2%) 범위, 하계에 17.8~28.1%(평균 24.6±2.6%) 범위로 동계에 높았음

2. 강열감량

- 강열감량(IL)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 강열감량은 추계에 0.9~2.2%(평균 1.3±0.3%) 범위, 동계에 0.9~3.0%(평균 1.4±0.5%) 범위, 춘계에 1.1~2.6%(평균 1.6±0.4%) 범위, 하계에 0.9~2.2%(평균 1.4±0.3%) 범위로 춘계에 높았음

3. 화학적산소요구량

- 화학적산소요구량(COD)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 추계에 1.6~7.2mgO₂/g-dry(평균 3.6±1.5mgO₂/g-dry) 범위, 동계에 1.4~7.1mgO₂/g-dry(평균 4.0±1.6mgO₂/g-dry) 범위, 춘계에 4.4~8.5mgO₂/g-dry(평균 6.5±1.0mgO₂/g-dry) 범위, 하계에 1.6~5.1mgO₂/g-dry(평균 3.2±0.9mgO₂/g-dry) 범위로 춘계에 높았음

4. 산취발성황화물

- 산취발성황화물(AVS)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 추계에 ND~0.279mgS/g-dry(평균 0.021± 0.071%) 범위, 동계에 ND~0.017mgS/g-dry(평균 0.002± 0.005%) 범위, 춘계에 ND~0.020mgS/g-dry(평균 0.002± 0.005%) 범위, 하계에 ND~0.001mgS/g-dry(평균 0.000± 0.000%) 범위로 추계에 높았음

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

- 해양환경기준 수질 환경 평균 II등급 (좋음)

생태기반 해수수질 기준			
어장 지역	정점	2월	7월
태안군 남면	St.1	II	II
	St.2	III	I

2. 먹이환경조사

가. 식물플랑크톤

- 2월 조사 결과
 - 총 22속 32종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현
 - 표층 평균 330 ± 44 cells/mL, 저층 평균 348 ± 56 cells/mL의 출현량을 보임
- 7월 조사 결과
 - 총 17속 24종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현
 - 표층 평균 677 ± 64 cells/mL, 저층 평균 655 ± 201 cells/mL의 출현량을 보임

나. 갯벌미세조류

- 2월 조사시 총 23속 31종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $208,020 \pm 45,176$ cells/mL 출현
- 7월 조사시 총 16속 19종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $85,663 \pm 8,115$ cells/mL 출현

다. 기초생산력(Chl-a)

- 조하대 조사 결과
 - 2월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $2.30 \pm 0.78 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $1.76 \pm 0.03 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임
 - 7월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $1.62 \pm 0.43 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $2.26 \pm 0.75 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임
- 조간대 조사 결과
 - 2월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $1.77 \pm 1.16 \text{mg/m}^2$ 의 농도를 보임
 - 7월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $2.89 \pm 2.73 \text{mg/m}^2$ 의 농도를 보임

라. 일차생산력

- 조하대에서의 단위 체적당 기초생산성
 - 2월 조사시 0.021(3.5% LPD) ~ 1.790(100% LPD)mgC m³ h⁻¹ 범위로 평균 1.024 mgC m³ h⁻¹를 나타냄
 - 7월 조사시 0.122(1% LPD) ~17.3061(100% LPD)mgC m³ h⁻¹ 범위로 평균 6.913 mgC m³ h⁻¹를 나타냄
- 조간대에서의 단위 체적당 기초생산성
 - 7월 조사시 932.75 ~ 2,249.57 mgC m⁻² hr⁻¹ 로 나타남

마. 동물플랑크톤

- 2월 조사시 정점별로 12~15 분류군의 동물플랑크톤이 평균 238±110 indiv./m³의 범위로 출현함
- 7월 조사시 정점별로 7~12 분류군의 동물플랑크톤이 평균 1,462±1,354 indiv./m³의 범위로 출현함

3. 갯벌저서생물 조사

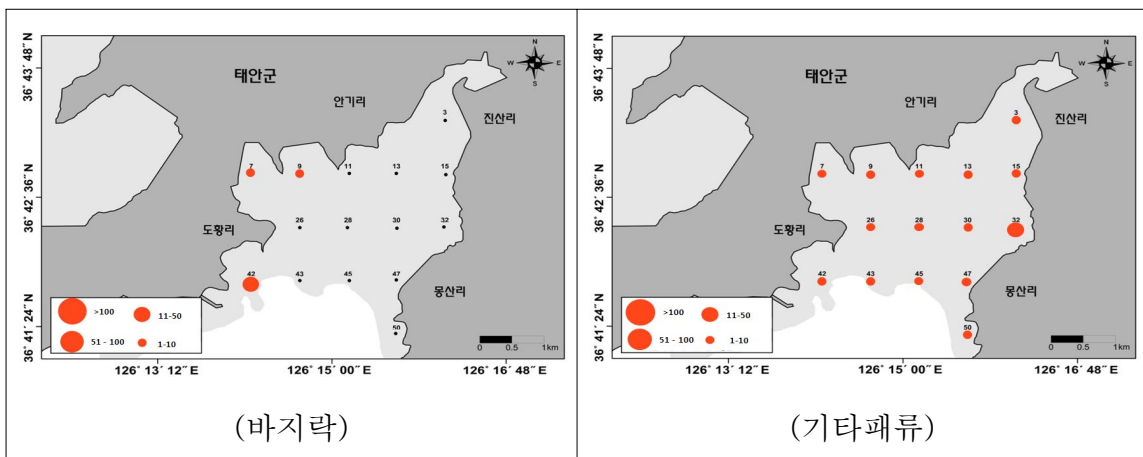
- 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 17±9 종/0.05m², 17±7 종/0.05m²로 비슷한 수준을 보였으며, 서식밀도 역시 2월과 7월이 각각 2,016±2,044 개체/m², 2,183±1,494 개체/m²로 비슷한 수준을 보였음
 - 생체량은 2월이 319±385.2 g/m²로 7월보다 높은 수준을 보임
- 우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 최고 우점종을 차지하였음
- 생물량 기준에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 동죽 (*Macrta veneriformis*)이 2월 7월 모두 최고 우점종을 차지함
- 저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 조간대 조위에 따라 구분됨

- 갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 4등급으로 “보통”의 건강상태로 평가됨
- 본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과, 대부분의 해역들보다 현종량과 다양도에서 상대적으로 높은 수준이 관찰됨

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 주요수산생물의 단위면적당 생산성 조사

- 전체 15개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 가무락조개(*Cyclina sinensis*), 동죽(*Macra veneriformis*), 살조개(*Protothaca jadoensis*), 굴(*Crassostrea gigas*), 떡조개(*Dosinorbis japonicus*), 말백합(*Meretrix petechialis*)의 총 7종이 출현하였고, 총 98개체의 출현개체수와 1,148g의 출현량을 나타내었음
- 바지락의 단위면적당(1m²) 생산량은 개체수 2.1개체와 출현량 14.3g으로 나타났음
- 기타패류의 단위면적당(1m²) 생산량은 개체수 4.4개체와 출현량 62.2g으로 나타났음
- 단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 남면의 유용패류 자원량은 바지락이 156(mt), 기타패류가 677(mt)으로 나타났음



[그림 1-4] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(남면, inds./m²)

[표 1-2] 유용패류 자원량(남면)

지역	갯벌면적(m ²)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)
남면	10,879,046	14	156	62	677

2. 연도별 어업생산량 변동조사

- 서산수협과 태안남부수협 모두 유류피해 발생해인 2007년 이후 특별한 감소 혹은 증가 양상은 보이지 않았음

[표 1-3] 남면 인근 소재의 수협위판량(서산, 태안남면수협)

년도	패류 위판량(서산수협, mt)	패류 위판량(태안남면수협, mt)
2007년	600,131	6,141
2008년	456,787	8,128
2009년	1,037,643	6,918
2010년	468,642	3,327
2011년	362,382	25,768

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 퇴적물의 위해성 평가

- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 국외 및 국내의 해저퇴적물 기준과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 기준치 이하의 농도로 조사됨
- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 주요 유류 내 중금속 성분과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 퇴적물 내 중금속은 국내 연안퇴적물의 농도에 속하며 유류의 영향에 따른 징후는 발견되지 않음

- 갯벌 퇴적물에 서식하는 생물체 내 중금속 농도 분석 결과, 2월과 7월 모두 모든 생물체에서 국내 기준에 따른 중금속 기준치 이하의 값을 보임

2. 어장 퇴적물 내 유류오염 지표 조사

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

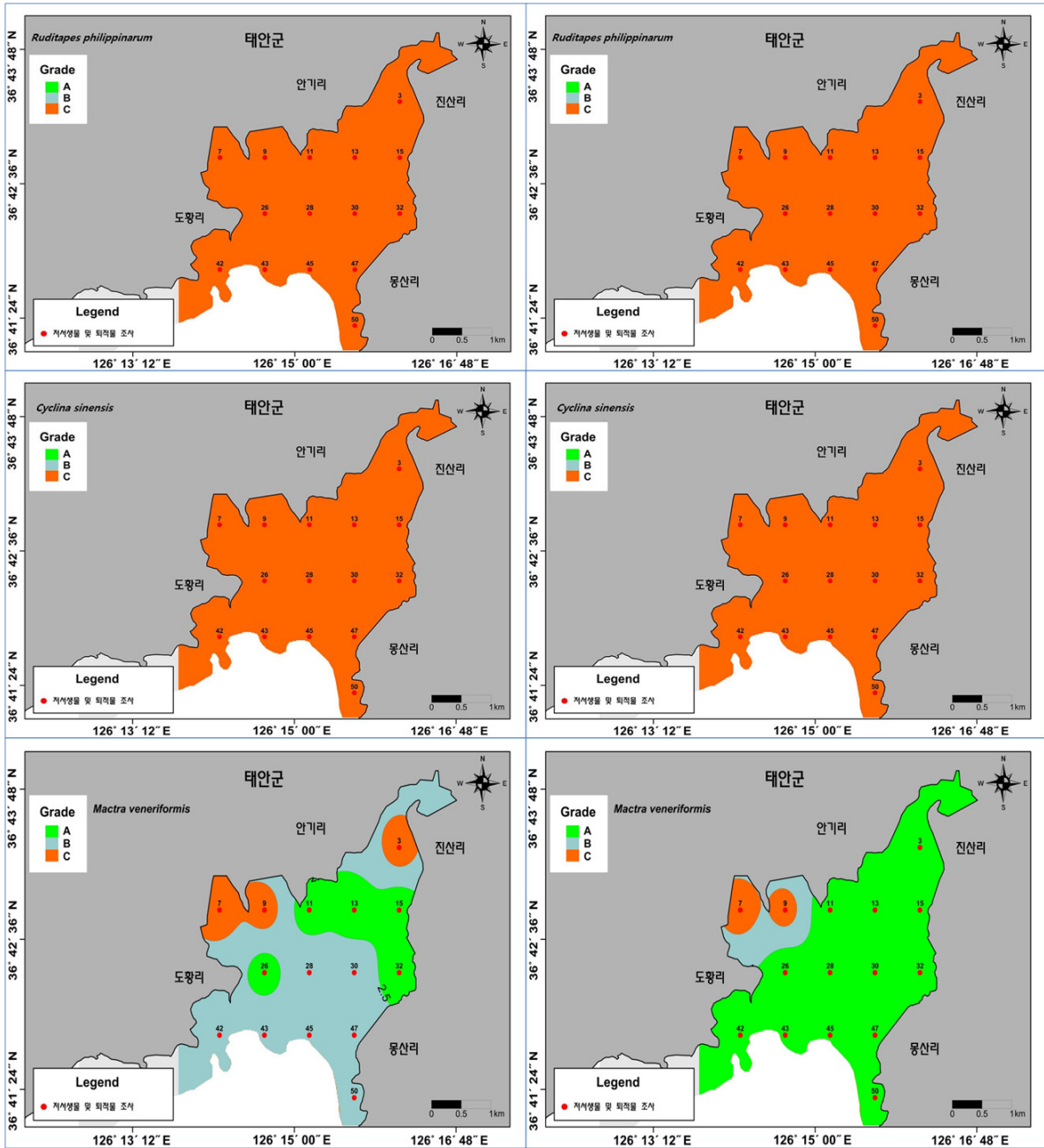
- 갯벌 퇴적물 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월 모두 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 갯벌 퇴적물 내 TPH 분석 결과 2월 조사시 불검출~16.5 mg/kg의 범위를 보였고, 7월 조사시에 19.9~26.0 mg/kg의 농도를 보임
- 주변해역 농도와 비교시 비슷한 수준으로 나타남

나. 어장 퇴적물 서식 어패류 내 유류오염지표 조사

- 갯벌 퇴적물 서식 이매패류 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월의 조사에서 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 농도가 극히 미미하여 섭취시 인체 위해도의 평가가 불가능 하였으며, 따라서 안전한 수준으로 판단됨

제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

- 신경망 모형을 활용하여 바지락, 가무락 그리고 동죽의 서식 확률을 예측하였음
- 분석결과, 최대 등급은 동죽에서 관찰된 A등급이었으며, 갯벌 어장 대부분의 면적이 이 종에게 적합한 서식처인 것으로 나타났음
- 바지락과 가무락의 서식 적정성 측면에서는 적합지 않은 것(C등급)으로 추정되었음



[그림 1-5] 신경망 모형을 활용한 서식지 조건구명 결과(남면)

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

○ 안정동위원소 분석

- 2월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-18.0\pm 0.9\%$ ~ $-16.6\pm 0.3\%$ 의 분포를 보였으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $8.0\pm 0.0\%$ ~ $10.5\pm 0.6\%$ 의 분포를 보임
- 7월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-18.0\pm 0.1\%$ ~ $-16.9\pm 0.1\%$ 의 분포를 보였으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $7.9\pm 0.1\%$ ~ $8.6\pm 0.1\%$ 의 분포를 보임

○ 잠재먹이원에 대한 POM 기여율

- 2월 조사 결과 평균 $55\pm 9\%$ 로 분포함
- 7월 조사 결과 평균 $70\pm 7\%$ 로 분포함

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

- Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량은 연간 생산량 137 ton이 추정되었음

[표 1-4] 태안군 남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (㎡)	평균 개체수 (Ind./㎡)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
남면	10,879,046	2	1374	137

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

- 본 연구에서는 수층과 갯벌의 기초생산 기여도와 갯벌의 미세조류 일차생산량을 바탕으로

바지락이 섭식할 수 있는 연간 섭식량을 산정하고 해당 서식처에서 바지락에 대해 실현된 생태지위(realized niche)가 전체 군집 생체량 내 바지락이 차지하는 비율과 비례할 것이라는 가정을 바탕으로 이를 위의 연간 섭식량에 적용, 대상 갯벌 어장에서의 환경 수용력과 일치하는 바지락 생산량을 추정하였음

- 분석을 통해 추정된 환경수용력 개념의 바지락 생산량은 783 ton/year 이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 72 ton임

[표 1-5] 태안군 남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정

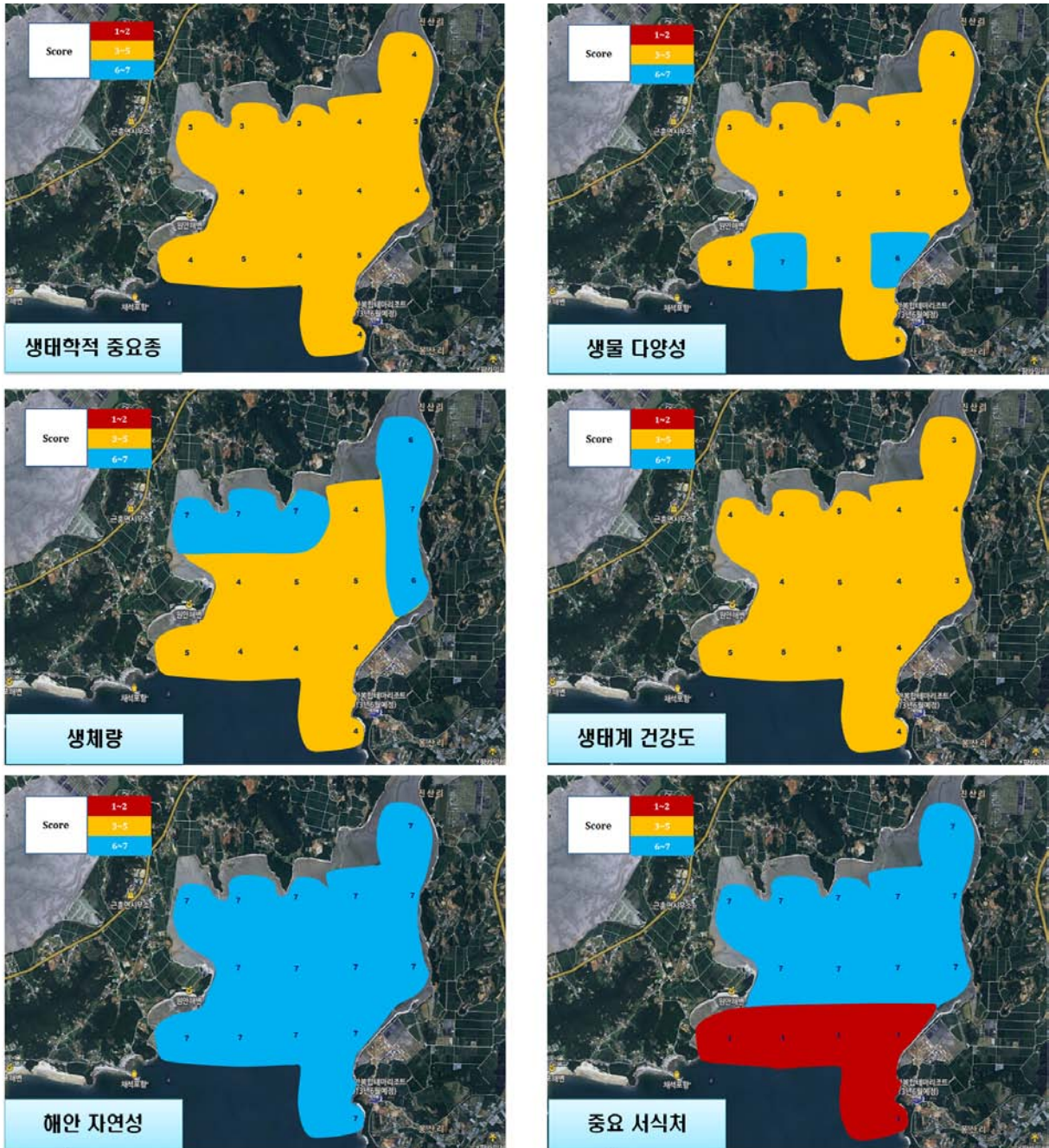
지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM/MPB	POM 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락가 능생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락생 산량 (ton/yr)	단위면적 당바지락 생산량 (ton/km ² /yr)
태안군 남면	29,318	1.50	43,977	73,294	7,329	248,468	0.3%	783	72

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

1. 평가 항목별 배점 결과

- RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 제시하였음[그림 1-6]
 - 생태학적 중요종 항목에서는 3~5점의 범위로 보통의 수준을 나타내었음
 - 생물 다양성은 3~7점으로 대체로 조간대 하부 지역에서 상대적으로 높은 결과 보임
 - 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목은 4~7점으로 우수한 수준이었으며, 특히 조간대 상부 지역에서 높은 결과 보임
 - 생태계 건강도 역시 일부 지역을 제외하면 보통 이상 (4~5점)의 양호한 수준임
 - 조사 지역들 가운데 유일하게 해안 자연성을 유지하고 있는 남면은 중요 서식처 항목

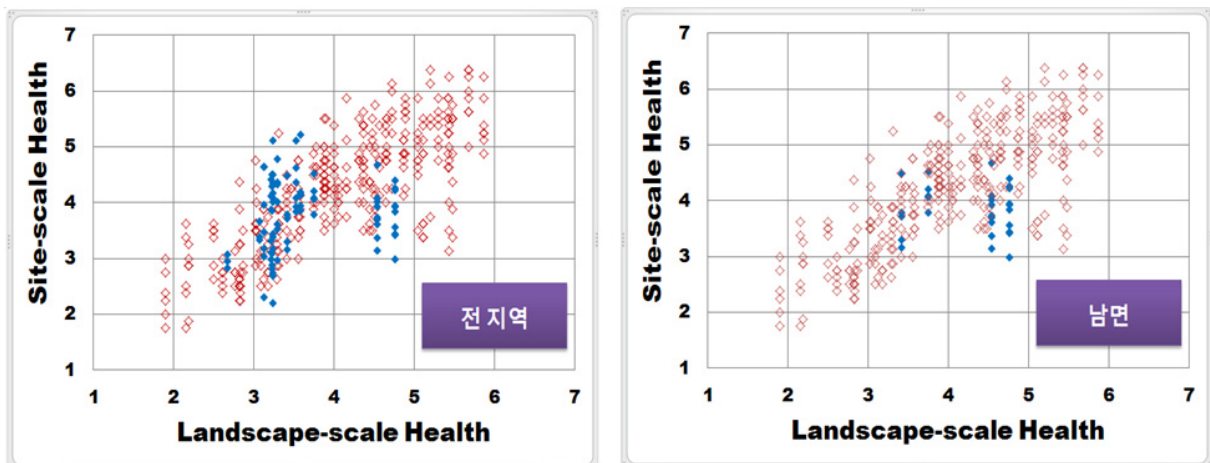
에 있어서도 조간대 상부에 분포하는 염생식물 군락의 존재로 인해 조간대 상부와 중부 지역에서 7점의 배점을 나타냄



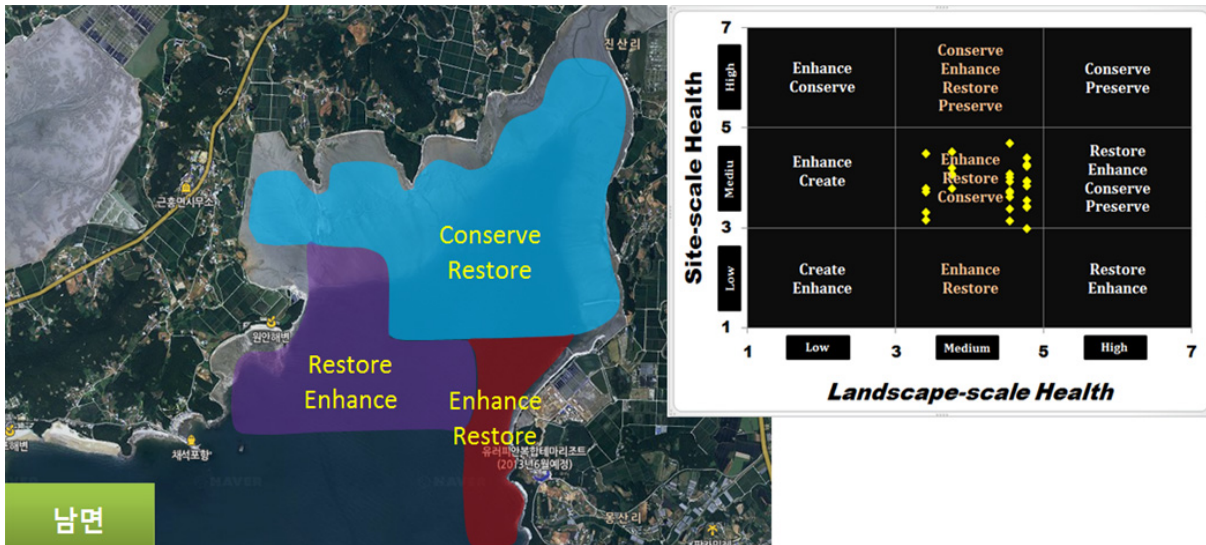
[그림 1-6] 남면 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과

2. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

- 남면은 landscape scale에서 타 지역들보다 우측에 위치하여 상대적으로 양호한 건강도를 나타내었고, 근소한 차이나 남면이 타 지역들에 비해 site-scale보다 landscape-scale에서 상대적으로 높은 건강성을 보인 것은 조사지역 주변에 자연 해안이 존속하여 자연성이 유지되고 있으며 중요한 서식처가 존재하기 때문임[그림 1-7]
- 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타남
- 염생식물 군락이 분포하고 있는 남면 갯벌의 북서쪽 구역과 자연 해안이 잘 보전된 북쪽, 북동쪽, 동쪽 구역 및 이들로부터 긍정적인 영향을 받을 수 있는 중심부의 구역은 상대적으로 복원의 성공률이 높고 노력량이 적게 드는 보전 (Conserve)과 복원 (Restore)이 적합한 관리전략으로 도출되었음



[그림 1-7] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성. 붉은색은 국내 갯벌의 현황(국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 남면 갯벌의 현황을 나타냄



[그림 1-8] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략

[표 1-6] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
남면	북서-북-북동, 동부, 중심부	보전 (Conserve) 복원 (Restore)	염생식물 군락 보전 해안 자연성 보전
	남서-남-남동부	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance)	소형만 서식처 복원 (해수 유입 재개) 저서동물 이차생산력 증대 (바지락 서식조건 개선)

제2장 태안군 고남면 갯벌

제1절 수리환경

1. 겨울

- 2012년 2월 20일부터 22일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음

- 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 4.4~5.1m(평균 4.8m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 66cm 미만을 보이며 변화하였음
- 창조역의 평균저층유속은 18.5cm/s, 낙조역의 평균저층유속은 20.8cm/s로서 낙조류가 창조류에 비해 다소 강하였고, 조류의 방향은 창조류는 북동향류, 낙조류는 남서향류가 우세하였음
- 유의파고는 1~7cm(평균 3cm) 범위를 보였음
- 부유물의 농도는 창조시 평균 48.0mg/L, 낙조시 평균 43.5mg/L로 창조시에 다소 높았고, 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 71.7kg/m²로서 북서측(269°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

2. 여름

- 2012년 7월 5일부터 7일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음
 - 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 4.6~5.7m(평균 5.2m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 110cm 미만을 보이며 변화하였음
 - 창조역의 평균저층유속은 18.0cm/s, 낙조역의 평균저층유속은 17.9cm/s로서 뚜렷한 차이를 보이지 않았고, 조류의 방향은 창조류는 북동향류, 낙조류는 남서향류가 우세하였음
 - 유의파고는 0~38cm(평균 13cm) 범위로 겨울보다 높았음
 - 부유물의 농도는 창조시 평균 41.7mg/L, 낙조시 평균 70.8mg/L로 낙조시에 높았고, 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 68.7kg/m²로서 남서측(223°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

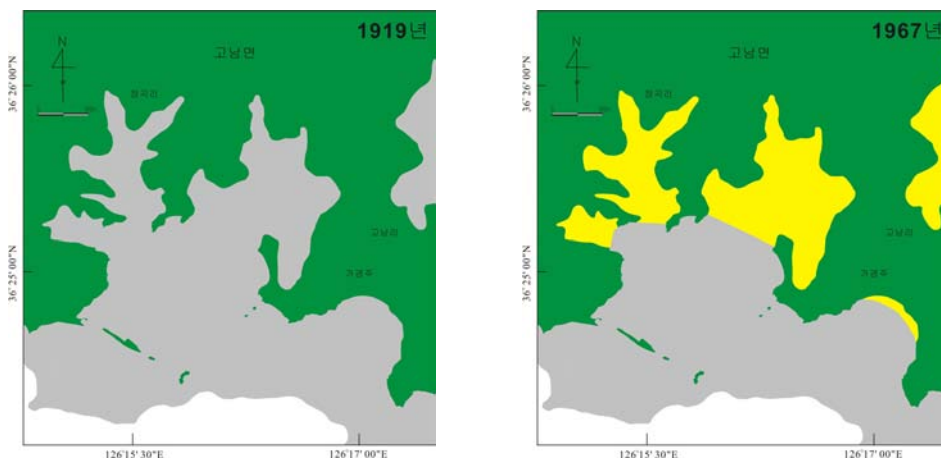
[표 2-1] 고남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
고남면	겨울	창조	4	4:00	18.5	3	48.0	43.5	38
		낙조	4	4:15	20.8	3	43.5	115.2	250
		1조석	4	8:15	19.7	3	45.7	71.7	269
	여름	창조	4	3:45	18.0	10	41.7	94.5	49
		낙조	4	4:15	17.9	10	70.8	163.2	226
		1조석	4	8:00	17.9	10	56.3	68.7	223

제2절 퇴적환경

1. 해안선 변형이력

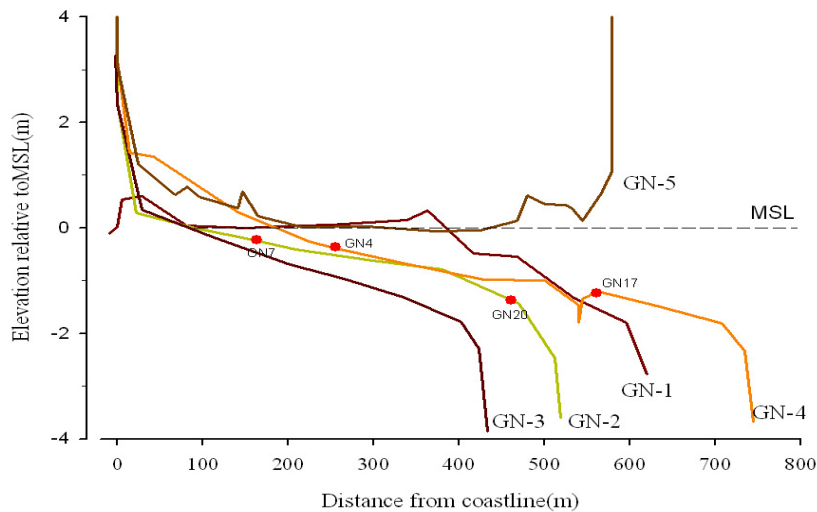
- 1919년 고지도와 1967년 항공사진 분석을 통해 고남면 갯벌 주변의 해안선 및 매립현황을 분석하였음
 - 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 8.5km² 이던 것이 1976년에는 2.3km²가 감소한 6.2km²로 나타나 27.1%가 감소하였음
 - 해안선 길이는 1919년 4.7km이던 것이, 1976년에 매립이 이루어진 후에는 1.9km 감소하여 2.8km로 40.4%가 감소한 것으로 나타났음



[그림 2-1] 고남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

2. 갯벌 지형단면

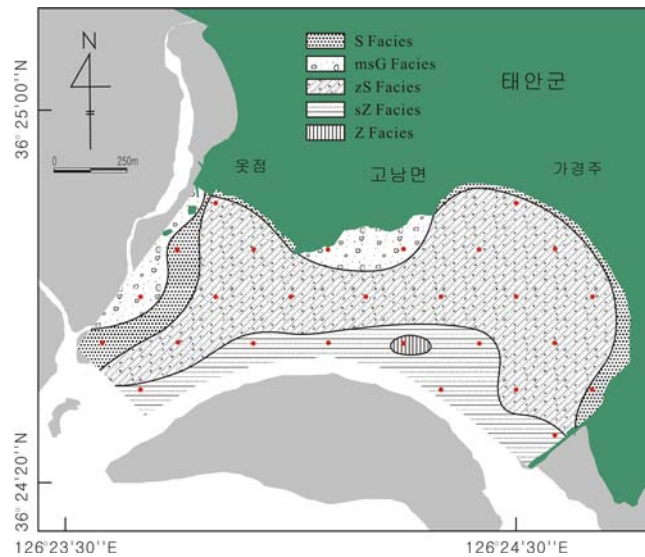
- 갯벌 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고, 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였음
 - 고남면 갯벌은 약 0.4~0.8km 범위의 폭을 가짐
 - 고도가 가장 높은 측선은 가장 동쪽에 위치하는 측선 GN-5로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 중앙에 위치하는 측선 GN-3으로 고남면 갯벌은 중앙에서 동쪽과 서쪽으로 가면서 고도가 높아지는 경향을 보임



[그림 2-2] 고남면 갯벌 지형단면 특성

3. 표층퇴적상

- 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 27개 정점을 선정하여 표층 퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 고남면 갯벌 표층퇴적물은 11개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 다양성이 매우 높게 나타났으며, 조직 특성에 따라 5개의 퇴적상(sedimentary facies)으로 조합하였음



[그림 2-3] 고남면 갯벌 표층퇴적상

4. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

- 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 4계절에 걸쳐 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 5.4%, 43.4%, 38.6%, 12.6%로 모래와 실트가 매우 우세한 분포를 보임
 - 퇴적물의 평균입도는 가을에서 겨울, 봄으로 갈수록 세립해지다가 여름에 다시 조립해지는 경향을 보임

5. 퇴적율의 계절적 변화

- 퇴적율의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월 동안 퇴적율 측정장치(SRP)를 이용하여 퇴적율을 측정하였음
 - 약 8개월의 조사기간 동안 남면 갯벌에서 관측한 퇴적율은 28.5mm로 퇴적되는 경향을 보였음
 - 공간적으로는 만조선 주변과 서측 조류로 주변 일부지역을 제외하고는 대부분의 지역에서 퇴적이 우세하였고, 옷점보다는 가경주 갯벌에서 높게 나타났음

- 계절적으로는 겨울에는 17.6mm, 봄에는 7.5mm, 그리고 여름에는 3.4mm로 계절에 무관하게 퇴적되는 경향을 보였음

제3절 저질환경

1. 함수율

- 함수율(WC)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 함수율은 추계에 16.6~50.4%(평균 31.5±10.4%) 범위, 동계에 20.1~56.5%(평균 39.9±10.1%) 범위, 춘계에 28.0~52.8%(평균 40.6±7.3%) 범위, 하계에 18.9~43.5%(평균 31.6±7.6%) 범위로 춘계에 높았음

2. 강열감량

- 강열감량(IL)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 강열감량은 추계에 0.8~6.4%(평균 3.1±1.4%) 범위, 동계에 1.6~6.2%(평균 3.6±1.4%) 범위, 춘계에 2.1~6.5%(평균 4.4±1.5%) 범위, 하계에 1.4~4.9%(평균 3.1±1.0%) 범위로 춘계에 높았음

3. 화학적산소요구량

- 화학적산소요구량(COD)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 추계에 3.4~11.5mgO₂/g-dry(평균 7.5±2.7mgO₂/g-dry) 범위, 동계에 1.3~12.8mgO₂/g-dry(평균 7.2±3.1mgO₂/g-dry) 범위, 춘계에 5.2~15.5mgO₂/g-dry(평균 9.7±3.7mgO₂/g-dry) 범위, 하계에 1.5~15.4mgO₂/g-dry(평균 7.0±4.4mgO₂/g-dry) 범위로 춘계에 높았음

4. 산취발성황화물

- 산취발성황화물(AVS)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 강열감량은 추계에 ND~0.037mgS/g-dry(평균 0.006± 0.011%) 범위, 동계에 0.001~0.209mgS/g-dry(평균 0.053± 0.069%) 범위, 춘계에 0.006~0.272mgS/g-dry(평균 0.117± 0.089%) 범위, 하계에 0.001~0.074mgS/g-dry(평균 0.028±0.030%) 범위로 춘계에 높았음

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

- 해양환경기준 수질 환경 평균 II등급 (좋음)

생태기반 해수수질 기준			
어장 지역	정점	2월	7월
태안군 고남면	St.1	II	I
	St.2	I	III

2. 먹이환경조사

가. 식물플랑크톤

- 2월 조사 결과
 - 총 16속 31종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현
 - 표층 평균 703±217 cells/mL, 저층 평균 518±142 cells/mL의 출현량을 보임
- 7월 조사 결과
 - 총 23속 35종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현

- 표층 평균 511 ± 89 cells/mL, 저층 평균 858 ± 251 cells/mL의 출현량을 보임

나. 갯벌미세조류

- 2월 조사시 총 23속 35종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $385,263 \pm 8,564$ cells/mL 출현
- 7월 조사시 총 20속 29종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $238,342 \pm 131,172$ cells/mL 출현

다. 기초생산력(Chl-a)

- 조하대 조사 결과
 - 2월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $2.30 \pm 0.78 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $1.76 \pm 0.03 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임
 - 7월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $1.62 \pm 0.43 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $2.26 \pm 0.75 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임
- 조간대 조사 결과
 - 2월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $2.35 \pm 0.57 \text{ mg/m}^2$ 의 농도를 보임
 - 7월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $2.00 \pm 1.27 \text{ mg/m}^2$ 의 농도를 보임

라. 일차생산력

- 조하대에서의 단위 체적당 기초생산성
 - 2월 조사시 $0.041(1\% \text{ LPD}) \sim 4.892(30\% \text{ LPD}) \text{ mgC m}^3 \text{ h}^{-1}$ 범위로 평균 $2.664 \text{ mgC m}^3 \text{ h}^{-1}$ 를 나타냄
 - 7월 조사시 $0.187(1\% \text{ LPD}) \sim 22.549(100\% \text{ LPD}) \text{ mgC m}^3 \text{ h}^{-1}$ 범위로 평균 $2.664 \text{ mgC m}^3 \text{ h}^{-1}$ 를 나타냄
- 조간대에서의 단위 체적당 기초생산성
 - 7월 조사시 $123.15 \sim 356.38 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ 로 나타남

마. 동물플랑크톤

- 2월 조사시 정점별로 15~16 분류군의 동물플랑크톤이 평균 $295 \pm 53 \text{ indiv./m}^3$ 의 범위로 출현함
- 7월 조사시 정점별로 11~16 분류군의 동물플랑크톤이 평균 $2,687 \pm 2,626 \text{ indiv./m}^3$ 의 범위로 출현함

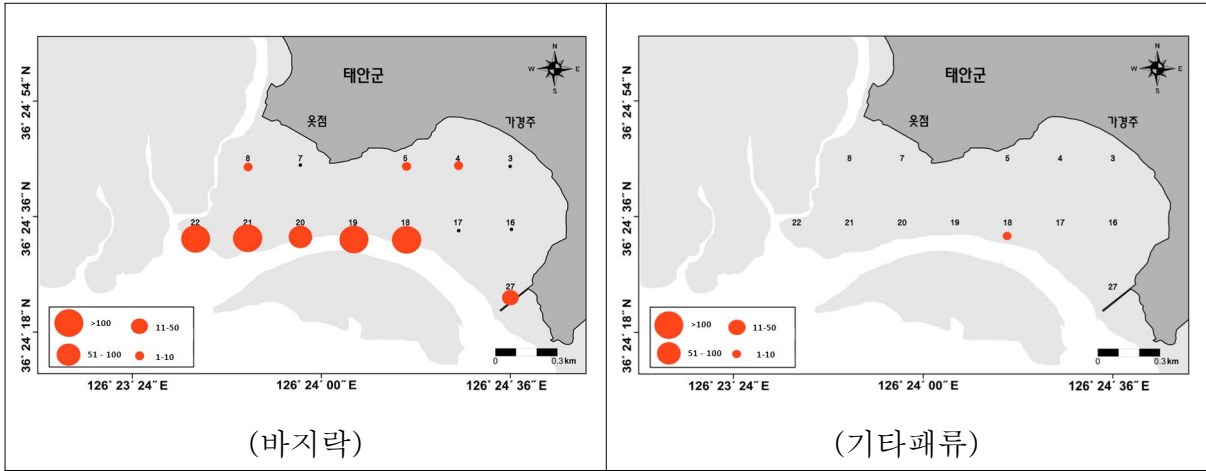
3. 갯벌저서생물 조사

- 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 18 ± 4 종/ 0.05m^2 , 16 ± 5 종/ 0.05m^2 로 비슷한 수준을 보였으며, 서식밀도는 2월이 $1,406 \pm 665$ 개체/ m^2 로 7월보다 다소 높은 개체수를 보였음
- 생체량은 7월이 $871.1 \pm 1,135.6$ g/ m^2 로 2월보다 높은 수준을 보이지만, 시기마다 큰 편차를 보임
- 우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*)가 최고 우점종을 차지하였다
- 생물량 기준에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 최고 우점종을 차지함
- 저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 조간대 조위에 따라 구분됨
- 갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 3등급으로 “좋음”의 건강상태로 평가됨
- 본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과, 대부분의 해역들보다 현종량과 다양도에서 상대적으로 높은 수준이 관찰됨

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 주요수산생물의 단위면적당 생산성 조사

- 전체 13개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락과 굴이 출현하여 총 2종이 출현하였고, 총 823개체의 출현개체수와 5,616g의 출현량을 나타내었음
- 바지락의 단위면적당(1m^2) 생산량은 개체수 63.1개체와 출현량 426.3g으로 나타났음
- 기타패류의 단위면적당(1m^2) 생산량은 개체수 0.2개체와 출현량 5.7g으로 나타났음
- 단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 남면의 유용패류 자원량은 바지락이 395(mt), 기타패류가 5(mt)으로 나타났음



[그림 2-4] 유유패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(고남면, inds./m²)

[표 2-2] 유유패류 자원량(고남면)

지역	갯벌면적(m ²)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)
고남면	925,898	426	395	6	5

2. 연도별 어업생산량 변동조사

- 안면수협 위판량 분석 결과, 유류피해 발생해인 2007년 이후 특별한 감소 혹은 증가 양상은 보이지 않음

[표 2-3] 고남면 인근 소재의 수협위판량(안면수협)

년도	패류 위판량(안면수협, mt)
2007년	620,018
2008년	714,415
2009년	468,326
2010년	1,036,645
2011년	582,375

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 퇴적물의 위해성 평가

- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 국외 및 국내의 해저퇴적물 기준과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 기준치 이하의 농도로 조사됨
- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 주요 유류 내 중금속 성분과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 퇴적물 내 중금속은 국내 연안퇴적물의 농도에 속하며 유류의 영향에 따른 징후는 발견되지 않음
- 갯벌 퇴적물에 서식하는 생물체 내 중금속 농도 분석 결과, 2월과 7월 모두 모든 생물체에서 국내 기준에 따른 중금속 기준치 이하의 값을 보임

2. 어장 퇴적물 내 유류오염 지표 조사

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

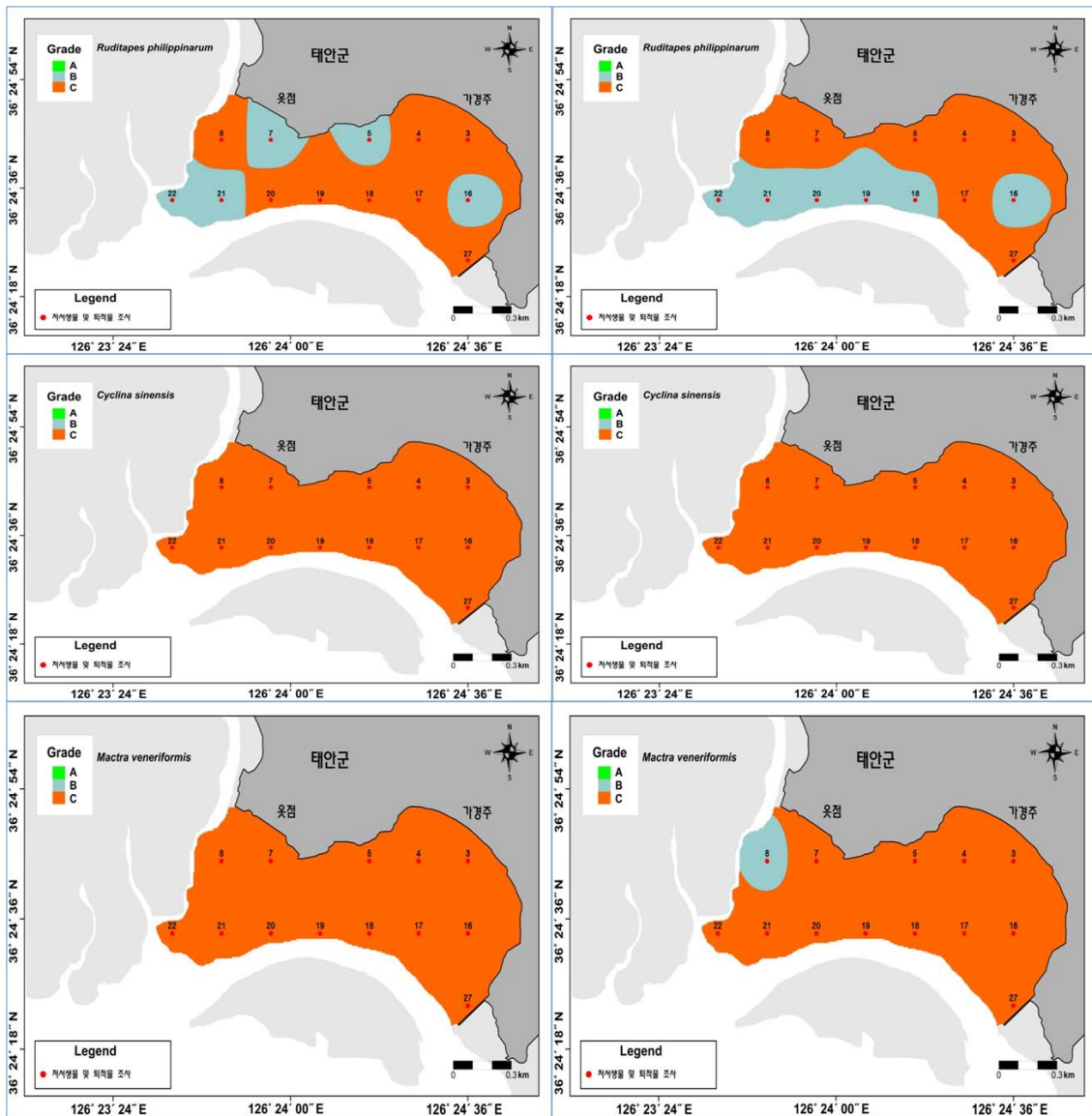
- 갯벌 퇴적물 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월 모두 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 갯벌 퇴적물 내 TPH 분석 결과 2월 조사시 12.9~30.5 mg/kg의 범위를 보였고, 7월 조사시에 22.6~25.4 mg/kg의 농도를 보임
 - 주변해역 농도와 비교시 비슷한 수준으로 나타남

나. 어장 퇴적물 서식 어패류 내 유류오염지표 조사

- 갯벌 퇴적물 서식 이매패류 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월의 조사에서 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 농도가 극히 미미하여 섭취시 인체 위해도의 평가가 불가능 하였으며, 따라서 안전한 수준으로 판단됨

제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

- 신경망 모형을 활용하여 바지락, 가무락 그리고 동죽의 서식 확률을 예측하였음
- 분석결과, 바지락과 동죽이 B등급을 나타내었으며, 해당 등급을 나타낸 갯벌 어장 면적은 바지락이 동죽의 것에 비해 보다 넓고, 두 종의 B등급이 추정된 갯벌 어장 내 위치는 상호 중복되지 않는 것으로 나타났음
- 고남면은 가무락에 있어서 적합한 서식처는 아닌 것으로 추정되었음



[그림 2-5] 신경망 모형을 활용한 서식지 조건구명 결과(고남면)

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

- 안정동위원소 분석
 - 2월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-16.6\pm 0.3\%$ ~ $-16.6\pm 0.3\%$ 의 분포를 보였으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $8.1\pm 0.7\%$ ~ $10.1\pm 0.6\%$ 의 분포를 보임
 - 7월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-18.0\pm 0.2\%$, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $7.8\pm 0.8\%$ 의 분포를 보임
- 잠재먹이원에 대한 POM 기여율
 - 2월 조사 결과 평균 $43\pm 3\%$ 로 분포함
 - 7월 조사 결과 평균 71% 로 분포함

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

- Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량은 연간 생산량 371 ton이 추정되었음

[표 2-4] 태안군 고남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (㎡)	평균 개체수 (Ind./㎡)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
고남면	925,898	63	3707	371

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

- 본 연구에서는 수층과 갯벌의 기초생산 기여도와 갯벌의 미세조류 일차생산량을 바탕으로

바지락이 섭식할 수 있는 연간 섭식량을 산정하고 해당 서식처에서 바지락에 대해 실현된 생태지위(realized niche)가 전체 군집 생체량 내 바지락이 차지하는 비율과 비례할 것이라는 가정을 바탕으로 이를 위의 연간 섭식량에 적용, 대상 갯벌 어장에서의 환경 수용력과 일치하는 바지락 생산량을 추정하였음

- 분석을 통해 추정된 환경수용력 개념의 바지락 생산량은 2,819 ton/year이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 3,045 ton임

[표 2-5] 태안군 고남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정

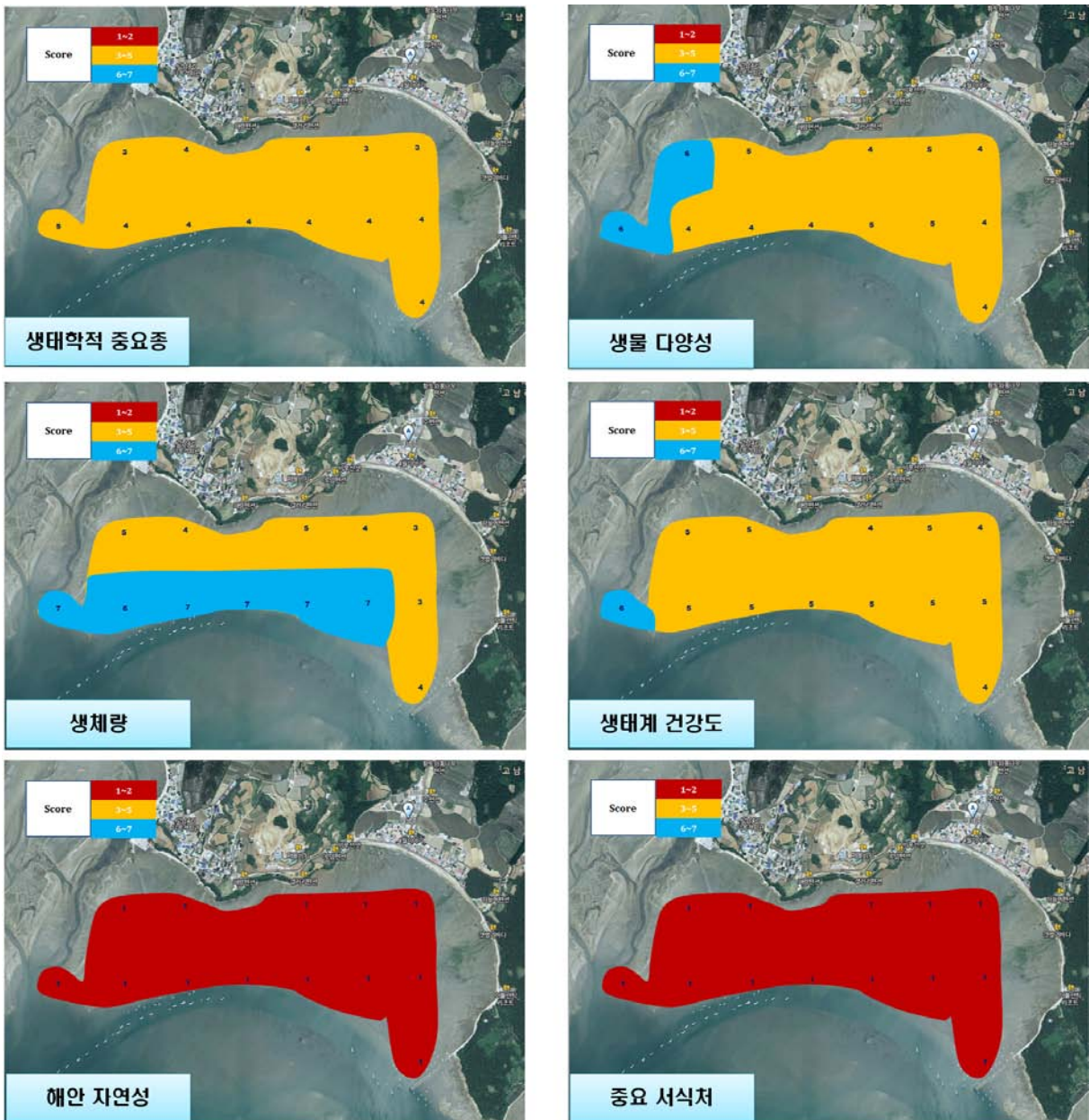
지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM/MP B	POM 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락 가능 생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락 생산량 (ton/yr)	단위 면적당 바지락 생산량 (ton/km ² /yr)
태안군 고남면	424	1.50	636	1,059	106	3,591	78.5%	2,819	3,045

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

1. 평가 항목별 배점 결과

- RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 제시하였음[그림 2-6]
 - 생태학적 중요종 항목에서는 3~4점의 범위로 보통의 수준을 나타내었음
 - 생물 다양성과 생태계 건강도는 모두 4~6점의 범위로 양호한 수준을 나타냈으며, 조사 지역의 서쪽 가장자리 인근의 지역에서 상대적으로 높은 배점을 받았음
 - 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목은 조사지역 동쪽의 일부 구역 (3점)을 제외하면 4~7점의 범위로 양호한 수준이었으며, 조간대 하부에서 대체로 높았음
 - 인공 호안이 조성되어 바다와 육지 간 소통이 제한된 고남면은 해안 자연성과 중요 서식처 항목에서 모두 1점의 배점을 받았음

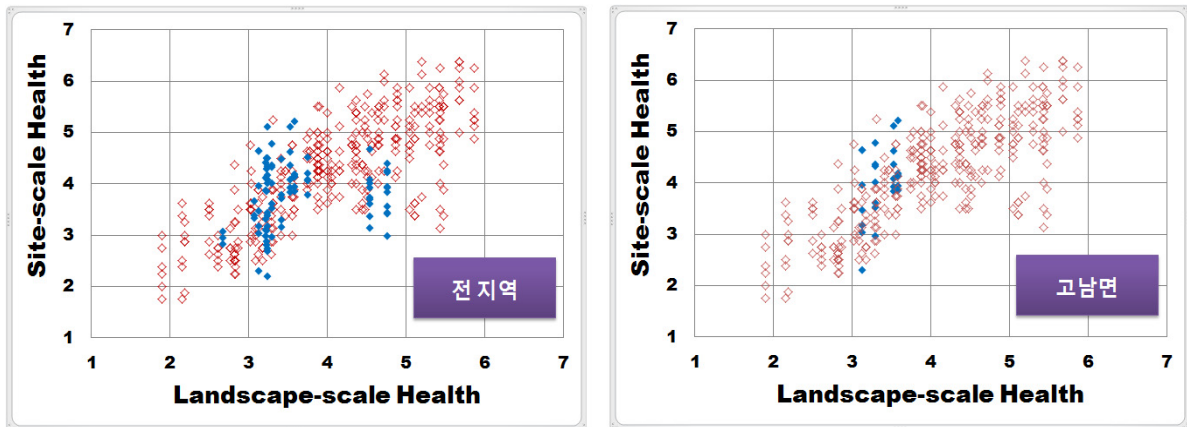
- 고남면에서는 크게 조간대 상부 (V등급)와 하부 (IV등급)로 등급이 구분되는 특징을 보였으며, 하부의 건강도가 상대적으로 양호하였음
- 본 지역은 현재 바지락 양식이 활발한 곳으로서 대체로 조간대 하부에서 바지락 생산량이 높은 지역임 (생체량 항목 배점, 6~7점)
- 따라서 고남면에서 관찰된 건강도의 분포 특성은 저서동물 이차생산력이 크게 영향을 미친 것으로 판단됨



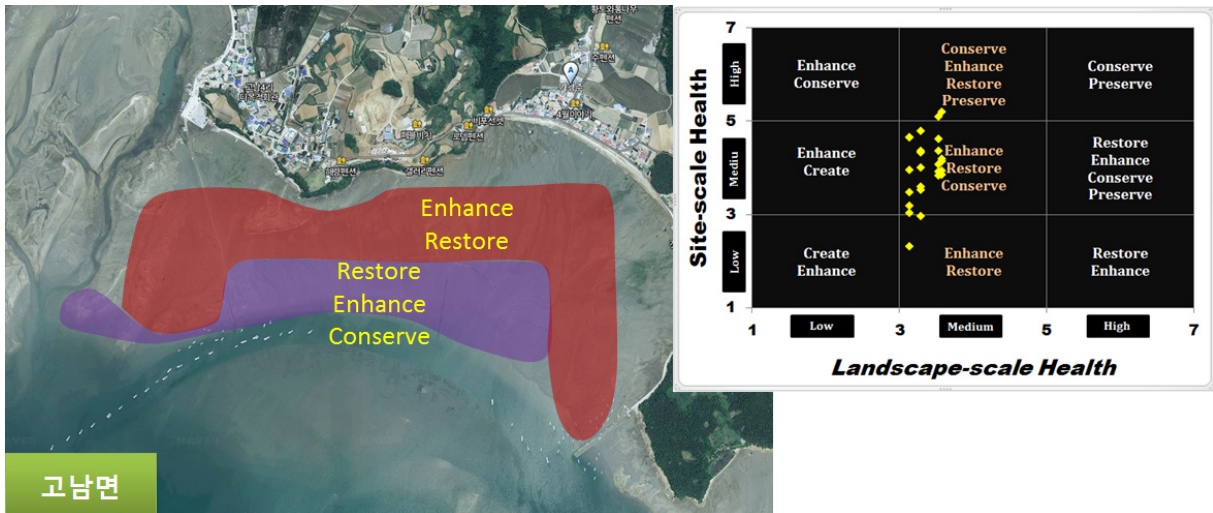
[그림 2-6] 고남면 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과

2. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

- 고남면은 남면보다 landscape scale에서는 다소 낮은 수준이었으나 site scale에서는 오히려 높은 배점을 받는 구역이 존재했으며, 정점 간에 다소 큰 차이를 보인 점이 특징임 [그림 2-7]
- 이는 저서동물의 생체량 분포가 구역 간에 차이를 보인 사실에 기인함
- 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타남
- 건강도가 상대적으로 낮았던 상부 조위의 구역에는 조사지역의 북서쪽을 중심으로 형성된 굴밭 (oyster bed) 서식처를 보다 넓은 규모로 확장시키거나 다른 구역으로 확대시키는 기능 강화 전략이 가장 현실적인 이행방안으로 판단되었음



[그림 2-7] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성. 붉은색은 국내 갯벌의 현황 (국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 고남면 갯벌의 현황을 나타냄



[그림 2-8] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략

[표 2-6] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
고남면	상부 조위	기능 강화 (Enhance) 복원 (Restore)	굴밭의 규모 확장 및 다른 지역으로 확대
	중/하부 조위	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance) 보전 (Conserve)	바지락 서식환경 개선 및 생산력 증대 바지락 개체군 존속을 위한 모래톱 지역의 환경 보전

제3장 보령시 주교면 갯벌

제1절 수리환경

1. 겨울

- 2011년 2월 23일부터 25일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음
- 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 5.8~6.4m(평균 6.2m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 28cm 미만을 보이며 변화하였음

- 창조의 평균저층유속은 8.6cm/s, 낙조의 평균저층유속은 4.8cm/s로서 창조류가 낙조류에 비해 2배 정도 더 강하였고, 조류의 방향은 창조류는 북향류, 낙조류는 남향류가 우세하였음
- 유의파고는 3~13cm(평균 7cm) 범위를 보였음
- 부유물의 농도는 창조시 평균 94.0mg/L, 낙조시 평균 76.5mg/L로 창조시에 높았고, 1조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 73.2kg/m²로서 북측(5°)을 향하였고, 낙조보다 창조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

2. 여름

- 2011년 6월 4일부터 6일까지 4 조석주기 동안 조석, 유속 및 유향, 파고, 부유물 농도 등에 대한 수리에너지를 관측하였음
 - 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 3.7~4.7m(평균 4.2m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 97cm 미만을 보이며 변화하였음
 - 창조의 평균저층유속은 3.2cm/s, 낙조의 평균저층유속은 2.0cm/s로서 창조류가 낙조류보다 강하였고, 조류의 방향은 창조류는 북서향류, 낙조류는 남동향류가 우세하였음
 - 유의파고는 0~38cm(평균 13cm) 범위로 겨울보다 높았음
 - 부유물의 농도는 창조시 평균 100.3mg/L, 낙조시 평균 53.9mg/L로 창조시에 높았고, 1조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 35.7kg/m²로서 북북동(50°)을 향하였고, 낙조보다 창조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났음

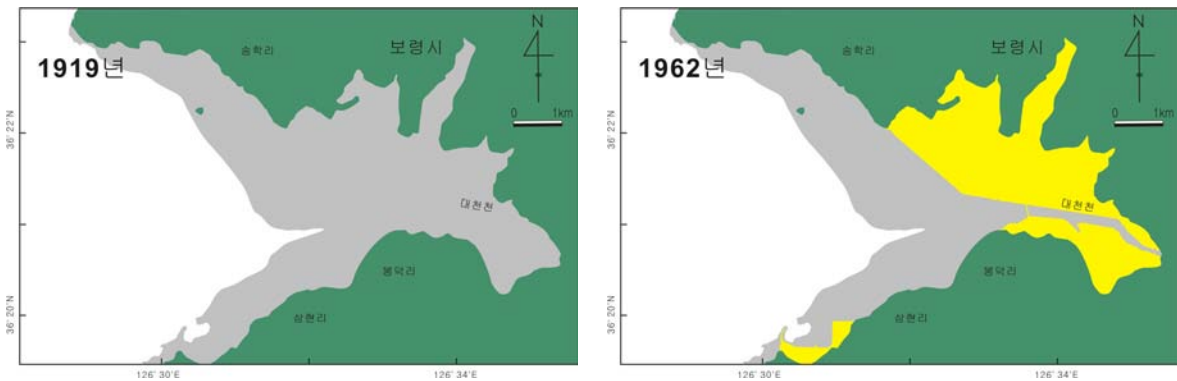
[표 3-1] 주교면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
주교면	겨울	창조	4	3:45	8.6	8	94.0	136.5	19
		낙조	4	4:22	4.8	6	76.5	63.3	221
		1조석	4	8:07	6.7	7	85.2	73.2	5
	여름	창조	4	3:45	3.2	15	100.3	62.2	60
		낙조	4	4:20	2.0	11	53.9	26.5	255
		1조석	4	8:05	2.6	13	77.2	35.7	50

제2절 퇴적환경

1. 해안선 변형이력

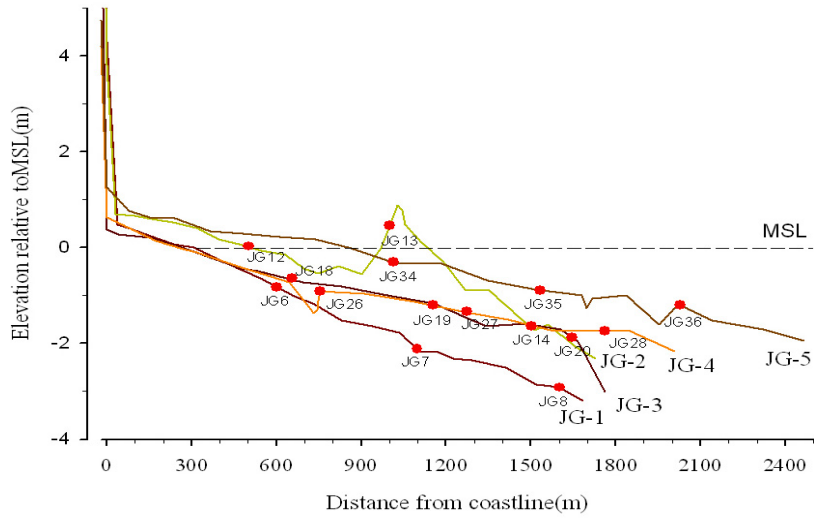
- 1919년 고지도와 1980년 연안해역기본도를 바탕으로 주교면 갯벌 주변의 해안선 및 매립 현황을 분석하였음
 - 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 54.5km²이던 것이 1962년에는 11.0km²가 감소한 43.5km²로 나타나 20.2%가 감소하였음
 - 해안선 길이는 1919년 35.3km이던 것이, 1962년에 매립이 이루어진 후에는 9.6km 감소하여 25.7km로 27.2%가 감소한 것으로 나타났음



[그림 3-1] 주교면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

2. 갯벌 지형단면

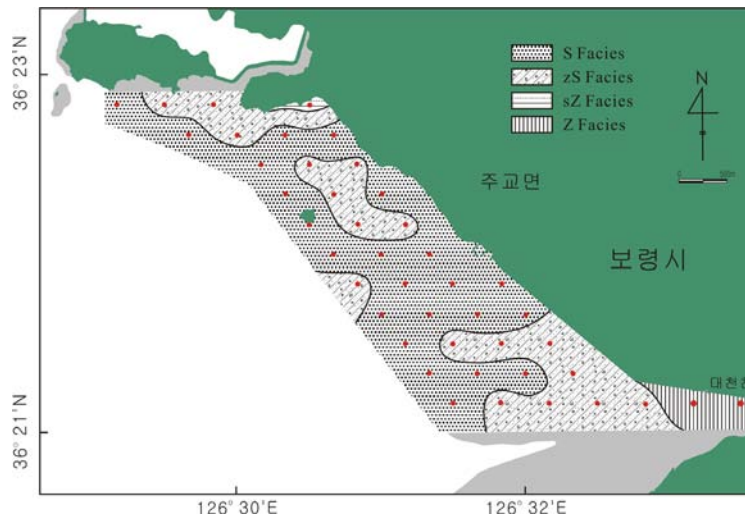
- 갯벌 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고, 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였음
 - 주교면 갯벌은 약 1.7~2.5km 범위의 폭을 가짐
 - 고도가 가장 높은 측선은 가장 남쪽에 위치하는 측선 JG-5로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 북쪽에 위치하는 측선 JG-1로 주교면 갯벌은 남쪽에서 북쪽으로 가면서 고도가 높아지는 경향을 보임



[그림 3-2] 주교면 갯벌 지형단면 특성

3. 표층퇴적상

- 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 43개 정점을 선정하여 표층 퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
- 주교면 갯벌 표층퇴적물은 6개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 조직 특성에 따라 4개의 퇴적상(sedimentary facies)으로 조합하였음



[그림 3-3] 주교면 갯벌 표층퇴적상

4. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

- 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 4계절에 걸쳐 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 93.0%, 5.3%, 1.6%로 모래가 매우 우세한 분포를 보임
 - 퇴적물의 평균입도는 가을과 겨울, 봄에 평균 2.3~2.4 ϕ 범위로 뚜렷한 변화를 보이지 않으나 여름에는 평균 3.0 ϕ 로 세립해지는 경향을 보임
 - 분급 또한 가을과 겨울, 봄에 평균 0.8 ϕ 범위로 변화를 보이지 않으나 여름에는 평균 1.2 ϕ 로 불량해지는 경향을 보임

5. 퇴적율의 계절적 변화

- 퇴적율의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월 동안 퇴적율 측정장치(SRP)를 이용하여 퇴적율을 측정하였음
 - 약 8개월의 조사기간 동안 주교면 갯벌에서 관측한 퇴적율은 25.3mm로 퇴적되는 경향을 보였음
 - 공간적으로는 대부분의 지역에서 퇴적이 우세하였으나 만조선 주변 일부지역과 대천천 하류의 간조선 주변 일부지역에서는 -30mm 이상으로 크게 침식되는 지역도 나타났음
 - 계절적으로는 겨울에는 7.4mm로 퇴적이, 봄에는 -6.5mm로 침식이, 그리고 여름에는 24.4mm로 퇴적되는 경향을 보였음

제3절 저질환경

1. 함수율

- 함수율(WC)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서

표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음

- 표층퇴적물 내 함수율은 추계에 18.2~31.9%(평균 24.6±3.6%) 범위, 동계에 22.5~32.1%(평균 27.6±2.8%) 범위, 춘계에 21.5~29.9%(평균 25.3±2.4%) 범위, 하계에 20.4~42.3%(평균 25.9±6.0%) 범위로 동계에 높았음

2. 강열감량

- 강열감량(IL)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 강열감량은 추계에 0.9~2.4%(평균 1.4±0.4%) 범위, 동계에 0.8~1.7%(평균 1.3±0.3%) 범위, 춘계에 1.0~3.1%(평균 1.7±0.5%) 범위, 하계에 1.8~5.7%(평균 2.6±1.1%) 범위로 춘계에 높았음

3. 화학적산소요구량

- 화학적산소요구량(COD)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 추계에 4.0~9.7mgO₂/g-dry(평균 6.3±2.1 mgO₂/g-dry) 범위, 동계에 1.3~5.9mgO₂/g-dry(평균 3.7±1.2 mgO₂/g-dry) 범위, 춘계에 2.3~7.7 mgO₂/g-dry(평균 4.1±1.7 mgO₂/g-dry) 범위, 하계에 0.4~9.6mgO₂/g-dry(평균 3.0±2.4 mgO₂/g-dry) 범위로 추계에 높았음

4. 산취발성황화물

- 산취발성황화물(AVS)을 조사하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하고 분석하였음
 - 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 추계에 ND~0.037mgS/g-dry(평균 0.004± 0.010%) 범위, 동계에 ND~0.004mgS/g-dry(평균 0.001± 0.001%) 범위, 춘계에 ND~0.101mgS/g-dry

(평균 $0.009 \pm 0.026\%$) 범위, 하계에 $ND \sim 0.115\text{mgS/g-dry}$ (평균 $0.012 \pm 0.032\%$) 범위로 하계에 높았음

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

- 해양환경기준 수질 환경 평균 II등급 (좋음)

생태기반 해수수질 기준			
어장 지역	정점	2월	7월
보령시 주교면	St.1	II	I
	St.2	II	II

2. 먹이환경조사

가. 식물플랑크톤

- 2월 조사 결과
 - 총 25속 40종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현
 - 표층 평균 718 ± 160 cells/mL, 저층 평균 679 ± 225 cells/mL의 출현량을 보임
- 7월 조사 결과
 - 총 17속 26종에 해당하는 식물플랑크톤이 출현
 - 표층 평균 738 ± 34 cells/mL, 저층 평균 845 ± 55 cells/mL의 출현량을 보임

나. 갯벌미세조류

- 2월 조사시 총 20속 34종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $324,380 \pm 35,666$ cells/mL 출현
- 7월 조사시 총 20속 26종에 해당하는 갯벌미세조류가 평균 $206,916 \pm 23,948$ cells/mL 출현

다. 기초생산력(Chl-a)

○ 조하대 조사 결과

- 2월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $5.89 \pm 0.60 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $7.40 \pm 1.02 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임
- 7월 조사시 조하대에서의 엽록소-a 농도는 표층에서 평균 $2.24 \pm 0.55 \mu\text{g/L}$, 저층에서 평균 $1.38 \pm 0.13 \mu\text{g/L}$ 의 농도를 보임

○ 조간대 조사 결과

- 2월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $2.45 \pm 0.28 \text{ mg/m}^3$ 의 농도를 보임
- 7월 조사시 조간대에서의 엽록소-a 농도는 평균 $1.36 \pm 0.05 \text{ mg/m}^3$ 의 농도를 보임

라. 일차생산력

○ 조하대에서의 단위 체적당 기초생산성

- 2월 조사시 $0.035(1\% \text{ LPD}) \sim 8.855(30\% \text{ LPD}) \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ 범위로 평균 $4.165 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ 를 나타냄
- 7월 조사시 $0.065(1\% \text{ LPD}) \sim 22.853(49.9\% \text{ LPD}) \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ 범위로 평균 $9.328 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ 를 나타냄

○ 조간대에서의 단위 체적당 기초생산성

- 7월 조사시 $102.94 \sim 226.68 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ 로 나타남

마. 동물플랑크톤

- 2월 조사시 정점별로 12~15 분류군의 동물플랑크톤이 평균 $767 \pm 130 \text{ indiv./m}^3$ 의 범위로 출현함
- 7월 조사시 정점별로 20~21 분류군의 동물플랑크톤이 평균 $856 \pm 340 \text{ indiv./m}^3$ 의 범위로 출현함

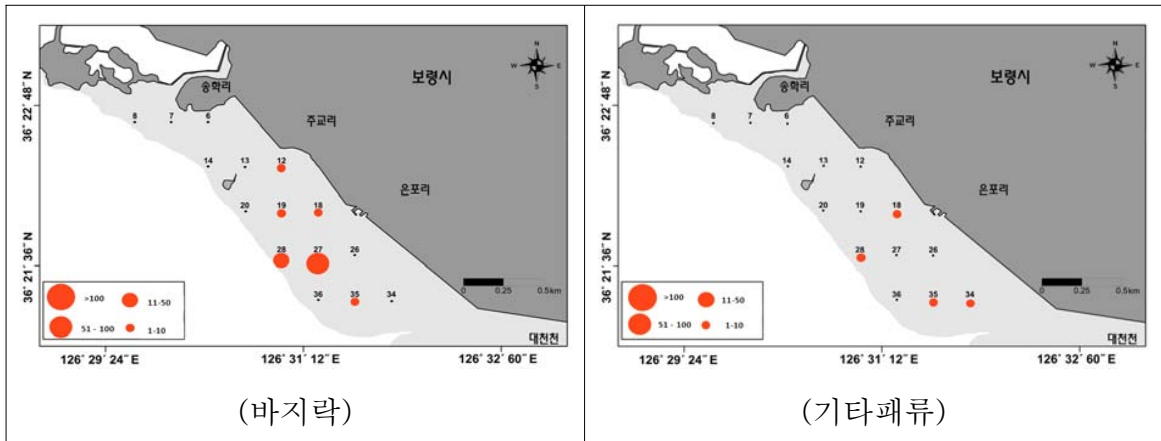
3. 갯벌저서생물 조사

- 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 15 ± 4 종/ 0.05m^2 , 17 ± 5 종/ 0.05m^2 로 비슷한 수준을 보였으며, 서식밀도 2월이 각각 $1,785 \pm 1,359$ 개체/ m^2 로 7월보다 다소 높은 수준을 보였다
- 생체량은 7월이 265.3 ± 469.4 g/ m^2 로 2월보다 높은 수준을 보였지만, 시기마다 큰 편차를 보임
- 우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 최고 우점종을 차지하였음
- 생물량 기준에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 2월, 연체동물 이매패류 (MBi)의 떡조개 (*Phacosoma japonicus*)가 차지함
- 저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 조사 시기와 조간대 조위에 따라 구분됨
- 갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 2월 4등급, 7월 1등급으로, “보통”~ “좋음”의 건강 상태로 평가됨
- 본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과, 대부분의 해역들보다 현종량과 다양도에서 상대적으로 높은 수준이 관찰됨

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 주요수산생물의 단위면적당 생산성 조사

- 전체 15개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락, 동죽, 개랑조개(*Mactra chinensis*), 새꼬막 (*Scapharca subcrenata*)의 총 4종이 출현하였고, 총 96개체의 출현개체수와 725g의 출현량을 나타내었음
- 바지락의 단위면적당(1m^2) 생산량은 개체수 5.4개체와 출현량 33.8g으로 나타났음
- 기타패류의 단위면적당(1m^2) 생산량은 개체수 0.9개체와 출현량 14.6g으로 나타났음
- 단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 남면의 유용패류 자원량은 바지락이 189(mt), 기타패류가 82(mt)으로 나타났음



[그림 3-4] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(주교면, inds./m²)

[표 3-2] 유용패류 자원량(주교면)

지역	갯벌면적(m ²)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)
주교면	5,597,163	34	189	15	82

2. 연도별 어업생산량 변동조사

- 주교어촌계의 바지락 판매실적은 유류피해가 발생한 2007년에 가장 낮은 판매량을 보였으며 이후 2009년까지 증가하는 양상을 보였음
- 2011년의 생산량이 크게 감소한 것은 쪽(*Upogebia major*)의 다량출현에 따른 것으로 유류피해의 결과로 보기는 어려움
- 유류피해 발생해인 2007년 이후 2008년까지 낮은 수준을 보이다 2009년 이후 생산량이 크게 증가한 결과를 보였는데 이러한 결과는 해당지역의 갯벌어장이 유류피해의 영향을 크게 받지 않았거나 영향으로부터 회복되고 있음을 보여줌

[표 3-3] 주교어촌계 바지락 판매량

년도	매출액(원)	판매량(kg)
2003년	3,898,855	3,153,582
2004년	3,331,807	2,347,184
2005년	2,389,589	1,890,903
2006년	1,930,466	1,421,599
2007년	1,123,546	702,811
2008년	2,110,137	156,139
2009년	2,618,096	1,734,395
2010년	2,153,184	934,163
2011년	270,542	88,863

[표 3-4] 주교면 인근 소재의 수협위판량(보령수협)

년도	패류 위판량 (보령수협, mt)
2007년	600,131
2008년	456,787
2009년	1,037,643
2010년	4,800,040
2011년	3,961,176

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 퇴적물의 위해성 평가

- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 국외 및 국내의 해저퇴적물 기준과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 기준치 이하의 농도로 조사됨
- 갯벌 퇴적물 내 중금속의 농도를 주요 유류 내 중금속 성분과 비교한 결과, 2월과 7월 모두 퇴적물 내 중금속은 국내 연안퇴적물의 농도에 속하며 유류의 영향에 따른 징후는 발견되지 않음

- 갯벌 퇴적물에 서식하는 생물체 내 중금속 농도 분석 결과, 2월과 7월 모두 모든 생물체에서 국내 기준에 따른 중금속 기준치 이하의 값을 보임

2. 어장 퇴적물 내 유류오염 지표 조사

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

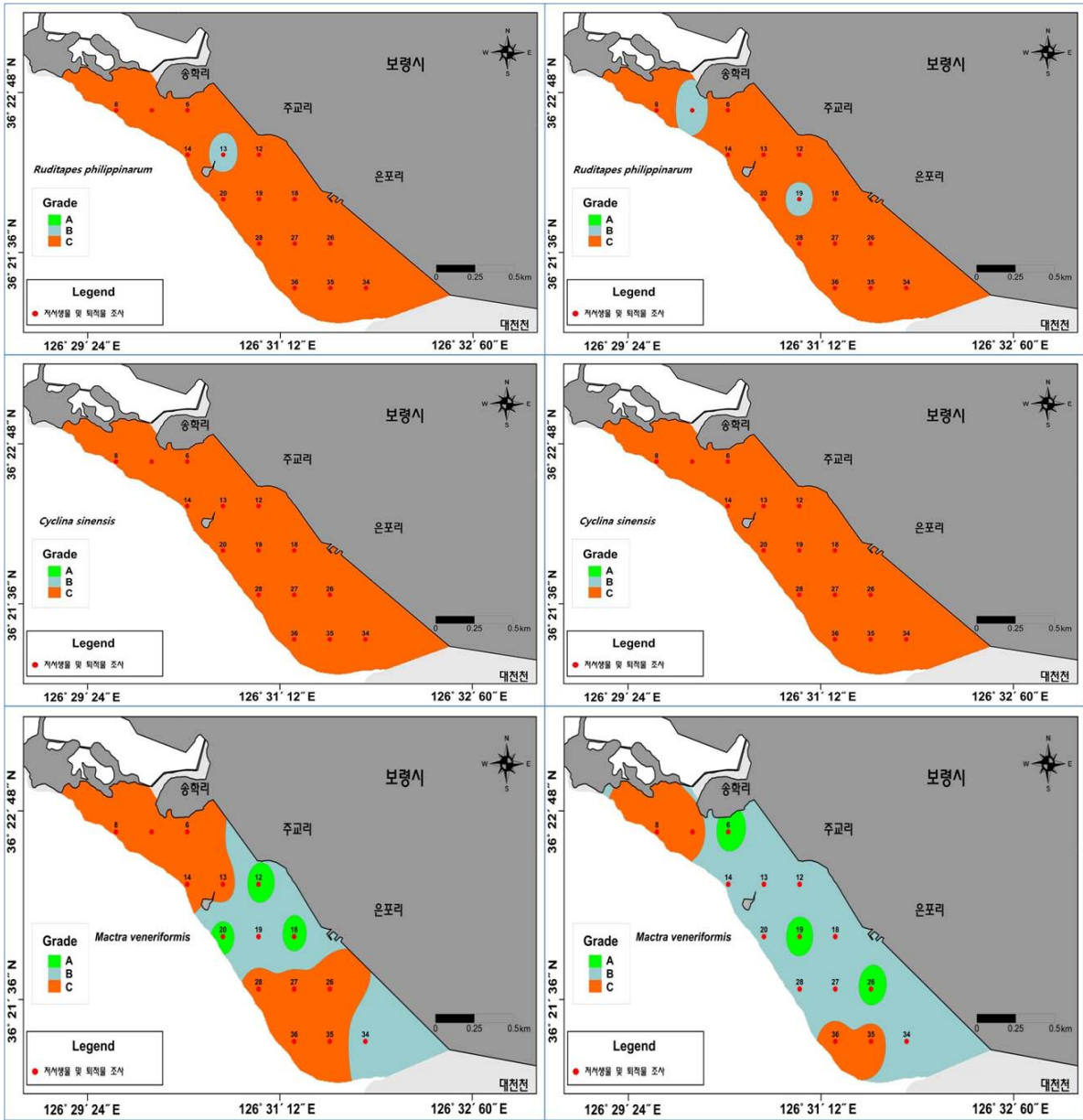
- 갯벌 퇴적물 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월 모두 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 갯벌 퇴적물 내 TPH 분석 결과 2월 조사시 불검출~12.2 mg/kg의 범위를 보였고, 7월 조사시에 25.5~40.1 mg/kg의 농도를 보임
 - 주변해역 농도와 비교시 비슷한 수준으로 나타남

나. 어장 퇴적물 서식 어패류 내 유류오염지표 조사

- 갯벌 퇴적물 서식 이매패류 내 PAHs 분석 결과 2월과 7월의 조사에서 검출한도 (0.60 ng/g) 이하의 농도로 나타남
- 농도가 극히 미미하여 섭취시 인체 위해도의 평가가 불가능 하였으며, 따라서 안전한 수준으로 판단됨

제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

- 신경망 모형을 활용하여 바지락, 가무락 그리고 동죽의 서식 확률을 예측하였음
- 분석결과, 바지락은 갯벌 어장 내 일부에서 B등급을 나타내었으며, 동죽은 대부분의 면적에서 B등급, 그리고 일부에서 A등급을 나타내었음
- 가무락에 있어서 보령시 주교면 갯벌 어장은 C등급인 것으로 나타났음



[그림 3-5] 신경망 모형을 활용한 서식지 조건구명 결과(주교면)

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

○ 안정동위원소 분석

- 2월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-17.4 \pm 0.7\text{‰}$ ~ $-17.1 \pm 0.2\text{‰}$ 의

- 분포를 보였으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $9.5\pm 0.5\%$ ~ $9.7\pm 0.2\%$ 의 분포를 보임
- 7월 조사 결과 어장에 서식하는 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 $-18.0\pm 0.3\%$ ~ $-17.5\pm 0.4\%$ 의 분포를 보였으며, $\delta^{15}\text{N}$ 값은 $7.7\pm 0.8\%$ ~ $8.1\pm 1.2\%$ 의 분포를 보임
- 잠재먹이원에 대한 POM 기여율
 - 2월 조사 결과 평균 $52\pm 4\%$ 로 분포함
 - 7월 조사 결과 평균 $65\pm 11\%$ 로 분포함

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

- Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량은 연간 생산량 164 ton이 추정되었음

[표 3-5] 보령시 주교면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (m ²)	평균 개체수 (Ind./m ²)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
주교면	5,597,163	5	1636	164

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

- 본 연구에서는 수층과 갯벌의 기초생산 기여도와 갯벌의 미세조류 일차생산량을 바탕으로 바지락이 섭식할 수 있는 연간 섭식량을 산정하고 해당 서식처에서 바지락에 대해 실현된 생태지위(realized niche)가 전체 군집 생체량 내 바지락이 차지하는 비율과 비례할 것이라는 가정을 바탕으로 이를 위의 연간 섭식량에 적용, 대상 갯벌 어장에서의 환경 수용력과 일치하는 바지락 생산량을 추정하였음
- 분석을 통해 추정된 환경수용력 개념의 바지락 생산량은 5,608 ton/year 이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 1,002 ton임

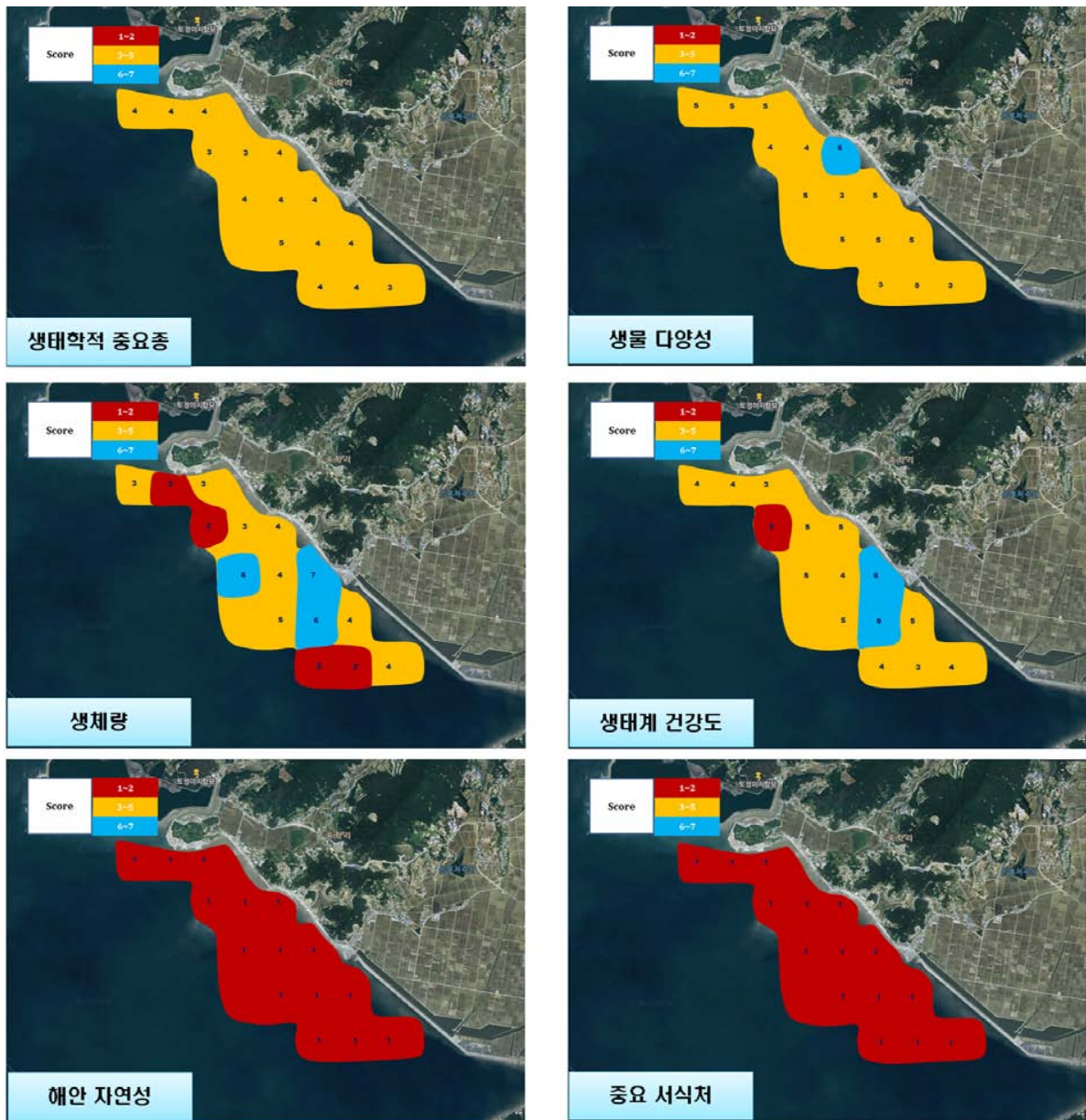
[표 3-6] 보령시 주교면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정.

지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM/MPB	POM 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락가능 생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락 생산량 (ton/yr)	단위면적당 바지락생산량 (ton/km ² /yr)
보령시 주교면	1,612	1.50	2,418	4,030	403	13,662	41.1%	5,608	1,002

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

1. 평가 항목별 배점 결과

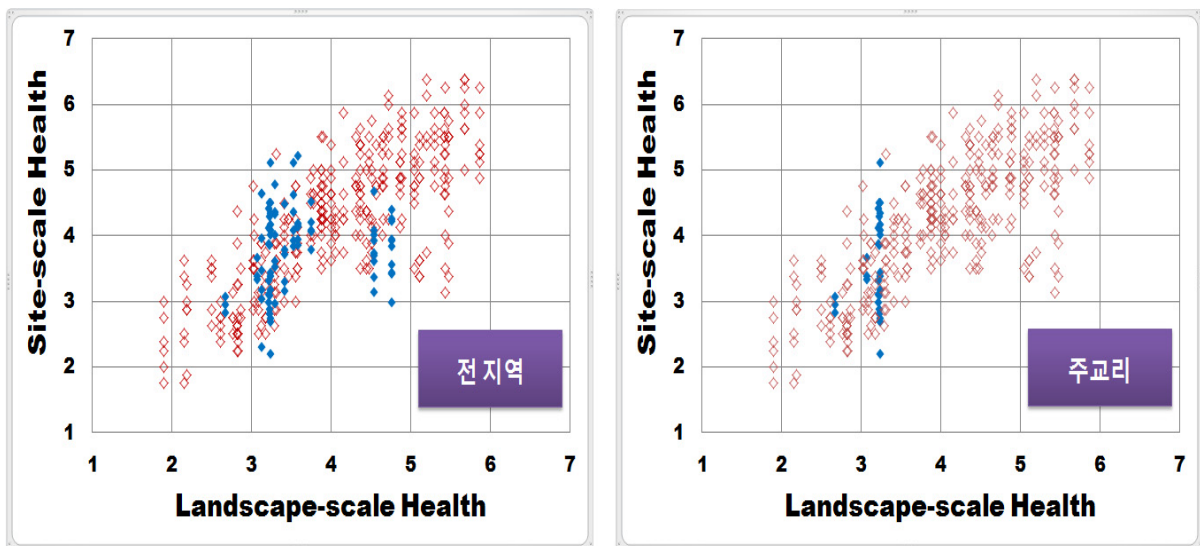
- RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 제시하였음[그림 3-6]
 - 주교리는 생태학적 중요종과 생물 다양성 항목에서 대체로 보통의 수준을 보였으며, 해안 자연성과 중요 서식처 항목에서는 각각 1점의 배점을 받음
 - 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목에서는 구역별로 다소 큰 차이를 보였는데, 조사지역의 북서쪽과 남동쪽 일부 구역에서 낮았고 (2점), 중심부에서 6~7점으로 높았음
 - 생태계 건강도 항목에서도 생체량 항목과 유사하여 조사지역의 중심부에서 높았고 (6점), 이를 제외한 지역들은 대체로 보통의 수준이었음(3~5점)
 - 주교리는 IV등급부터 VI등급 범위의 건강도를 보였으며 대체로 보통 이하인 V등급의 지역이 많았음
 - 상대적으로 양호한 특성을 보인 조사지역 중심부의 구역은 생체량과 생태계 건강도 항목에서 양호한 수준을 보였는데 (배점, 6~7점), 여기에 기여한 생물은 태안군 고남면과 마찬가지로 바지락이었음



[그림 3-6] 주교리 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과

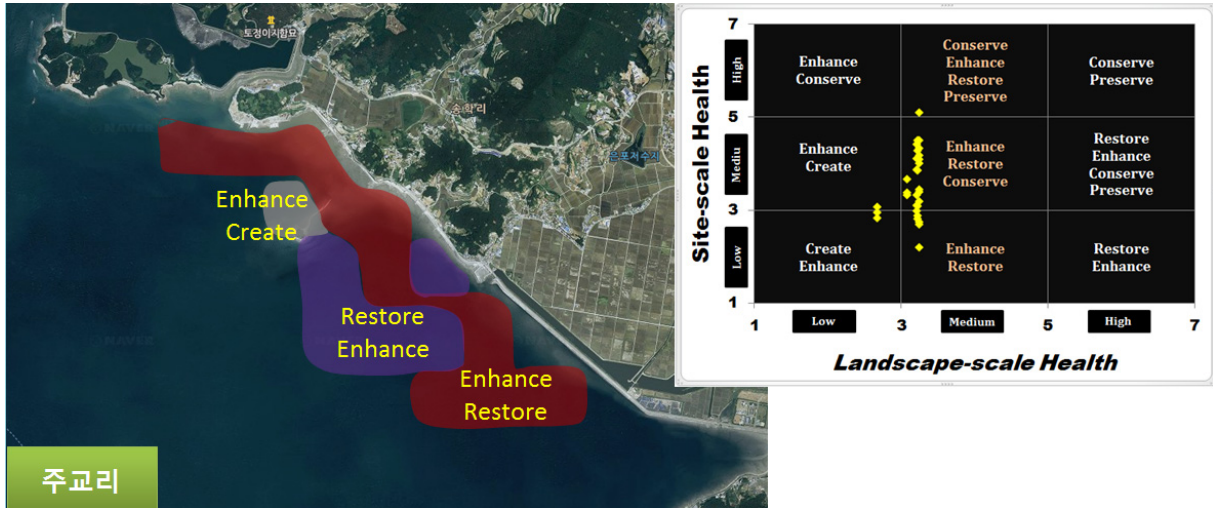
2. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

- 주교리는 상대적으로 가장 낮은 수준의 건강도를 보였음
- 태안군 남면에 비해 전반적으로 낮았고, 고남면과 유사한 수준이었으나 일부 정점들은 landscape- 과 site-scale에서 각각 3점 이하의 배점을 받았음
- 이러한 차이는 주교리에 자연 해안이 부재하고 중요한 서식처가 존재하지 않았을 뿐만 아니라 저서동물의 생체량 분포가 다른 지역들에 비해 대체로 낮았던 사실에 기인하고 있음[그림 3-7]
- 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타남
- 건강도가 상대적으로 낮았던 상부 조위의 구역에는 조사지역의 북서쪽을 중심으로 형성된 굴밭 (oyster bed) 서식처를 보다 넓은 규모로 확장시키거나 다른 구역으로 확대시키는 기능 강화 전략이 가장 현실적인 이행방안으로 판단되었음



[그림 3-7] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성

주 : 붉은색은 국내 갯벌의 현황 (국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 각 지역별 현황을 나타냄



[그림 3-8] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/지구별 관리전략

[표 3-7] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
주교리	중심부	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance)	바지락 치패 가입량 증대 및 서식환경 개선을 위한 입도조성 최적화
	상부 조위	기능 강화 (Enhance) 복원 (Restore)	굴발 조성
	무인도 인근	기능 강화 (Enhance) 창출 (Create)	염생식물/굴발 (상부 조위) 및 잘피군락 (하부 조위) 조성

제4장 갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적생산모델

제1절 수산생물의 생태학적 특성치 조사

- 성장식을 통하여 추정된 바지락의 연령별 체장은 [표 4-1]과 같으며, von Bertalanffy의 성장파라미터는 [표 4-2]와 같음
- 바지락의 생산율은 0.39였고, 전사망계수는 0.96으로 계산되었음
- 바지락의 순간자연사망계수는 0.27였고, 순간어획사망계수는 0.69로 계산되었음

[표 4-1] 바지락의 연령별 체장

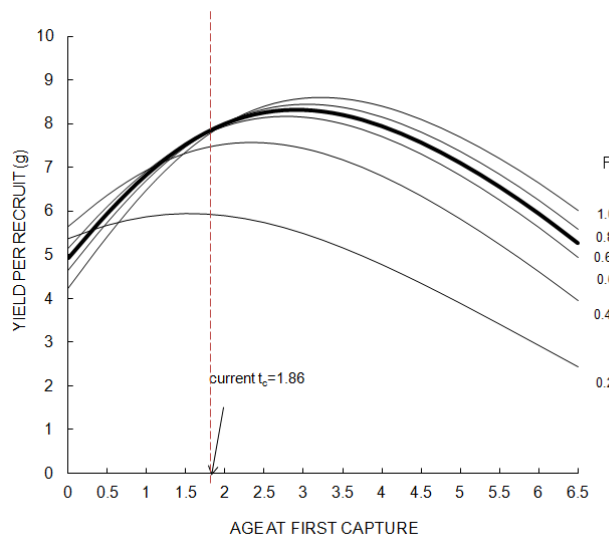
생물종	연령별 체중 (g)				조사개체수 (inds.)	최고연령 (yr)
	1	2	3	4		
바지락	21.42	27.03	31.49	35.06	162	4

[표 4-2] 바지락의 성장파라미터

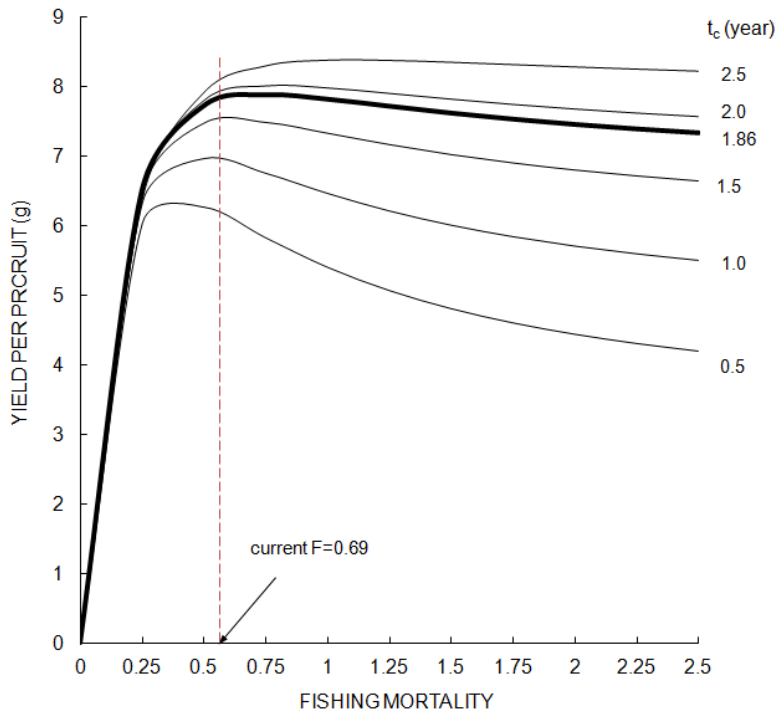
생물종	성장파라미터			비고
	성장계수 (K) (yr ⁻¹)	체장이 0일 때의 이론적인 연령 (t ₀) (yr)	이론적 최대체장 (L _∞)	
바지락	0.27	1.53	49.06	

제2절 개체군 역학에 근거한 최적 생산모델 개발

- 바지락의 최대 가입당 생산량을 산출하는 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령을 구하기 위해 Beverton and Holt (1957)의 가입당생산량 모델 사용
- 분석결과에 따르면 고남면의 갯벌 어장의 경우 현재수준의 어획개시연령과 적정어획개시연령인 3.0세일 때의 가입당생산량의 차이가 크지 않고 어획사망계수 역시 현재의 수준이 적절한 수준으로 판단되므로, 현재수준을 유지하되 보다 어획강도가 높아지지 않도록 관리되어야 함



[그림 4-1] 순간어획사망계수 (F)에 대한 어획개시연령 (t_c)과 가입당생산량 (Y/R)과의 관계



[그림 4-2] 어획개시연령 (t_c)에 대한 순간어획사망계수 (F)와 가입당 생산량 (Y/R)과의 관계

제3절 주요 수산생물의 적정 어획량 산출

- 어장별 바지락의 생물학적 허용어획량(ABC)은 남면 44ton, 고남면 111ton, 주교면 53ton으로 나타남

[표 4-3] 어장별 바지락의 생물학적허용어획량

지역	갯벌면적(m ²)	자원량(mt)	생물학적허용어획량(mt)
남면	10,879,046	156	44
고남면	925,898	395	111
주교면	5,597,163	189	53

제3편 결론 및 정책건의

제1장 결론

제1절 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사

1. 조사결과

- 본 연구는 최근 갯벌의 다양한 기능과 역할이 중요해지면서 갯벌어업의 체계적인 관리와 육성방안을 마련하기 위하여 수행됨
 - 2007년 허베이스피리트호 유류오염사고로 인하여 충남도를 비롯한 서해안 일대의 수산업에 많은 영향을 끼침에 따라 보다 과학적이고 종합적인 갯벌어업의 실태를 조사하여 향후 정책방향을 제시할 필요성 부각
- 갯벌어장의 이용 및 관리 실태는 정부 공식통계 및 지자체 행정통계 조사와 더불어 6개 시군의 어촌계를 대상으로 직접 면담 및 설문조사를 실시하여 현황을 파악함과 아울러 문제점을 도출함
 - 본 연구에서 갯벌어업은 정착성 수산동식물을 채포하는 마을어업, 갯벌 및 갯벌의 생태계를 이용하는 양식어업인 패류·해조류·복합양식어업과 한정어업으로 함
- 충남도는 갯벌면적의 약 41%를 갯벌어업으로 활용되고 있으며, 마을어업과 패류양식업만을 대상으로 한 갯벌어장 이용율은 약 22.8%임
 - 시군별로는 보령시가 65.9%, 홍성군 33.3%, 태안군 21%이고 나머지 지역은 14%대의 이용율을 보임
- 충남도 전체 어업생산에서 차지하는 갯벌어업의 생산량은 2011년 현재 약 26.7%를 점유
 - 충남도 갯벌어장에서 생산되는 품종은 바지락, 굴, 해삼이 가장 많고, 6개 시군 어촌계를 대상으로 한 마을어업 및 패류양식어업의 생산량은 2011년 현재 14,403톤이고 금액으로는 약 445억 원임
 - 허베이스피리트호 유류오염사고가 발생한 2007년과의 2011년의 생산량 및 생산금액을

비교분석한 결과 생산량은 약 11.8%가 감소한 반면 생산금액은 19.3%가 증가하였는데, 2008년 생산량 감소는 유류사고로 인해 채포를 안했기 때문임

- 갯벌어업 이외의 이용방법으로 태안군, 홍성군 및 서천군에 총 7개소의 체험마을을 지정하여 2011년 기준 체험객수는 12,447 명임
 - 2011년 갯벌체험 소득은 서천군은 329백만 원으로 가장 높았으며, 태안군 88백만 원, 홍성군 53백만 수준에 불과함
- 충청남도 갯벌어장을 어장 특성별로 분류해 보면 해역 및 어장의 이용 특성에 따라 가로림만(A), 근소만(B), 천수만(C), 주교(D), 장항(E) 등 5개의 권역으로 구분할 수 있음

2. 문제점

- 갯벌어장 환경변화 심각
 - 서산 AB지구 방조제의 일시적 개방에 따른 천수만의 오염물질 유입, 허베이스피리트호 유류오염 사고의 잔존, 서천 김 양식장 염산 살포 등
 - 갯벌어장의 생산성에 영향을 미치는 외부적 요인에 의한 환경변화 심화
- 갯벌어장 자원조성사업
 - 갯벌어장의 생산성을 높이고 소득을 증대시키기 위해 자원조성 필요
 - 어촌계 재정, 해적생물, 종패 공급, 서식처 확대 문제
- 갯벌어장 이용
 - 어촌계원의 노령화와 인력난, 갯벌어장의 관리 및 감시
- 갯벌어장 소득화 미흡
 - 갯벌수산물 가공 및 처리시설, 갯벌어장 체험관광상품화 미흡
- 갯벌어장 이용 제도
 - 채취수단 제한, 어장의 임대

제2절 유류피해지역 갯벌어장 환경모니터링 및 생산력 조사

1. 연구개요

- 본 연구는 2007년 허베이스피리트호 유류오염사고로 인하여 피해를 본 갯벌어장을 선정하여 어장환경을 조사하고 갯벌어장의 수용력을 평가하여 어장의 이용 및 관리방안을 도출하는 것을 목적으로 함
 - 조사대상 지역은 충남 태안군 남면, 고남면과 충남 보령시 주교면의 갯벌어장으로 함
- 주요 연구내용은 갯벌어장 자연환경 조사, 갯벌어장 수용력 평가 및 관리방안, 갯벌어장 활용 극대화 방안임
 - 어장환경조사에서는 수리환경조석, 유속, 유향, 파고, 부유물 농도, 퇴적환경(해안선 변형이력, 갯벌 지형단면, 표층퇴적상, 표층퇴적물 입도, 퇴적율), 저질환경(함수율, 강열감량, 화학적산소요구량, 산취발성황화물), 생물환경(저서환경, 동식물플랑크톤, 갯벌미세조류, 기초생산력, 일차생산력 등 먹이생물, 저서생물) 등을 조사함
 - 갯벌어장의 수용력 평가 및 관리방안은 수산생물 분포 단위면적당 생산성과 유용생물 서식지 조건 규명, 갯벌어장의 수용력 평가, 생태학적 건강성 평가, 관리방안 등임
 - 갯벌어장 활용극대화 방안은 최적생산모델을 개발하고 적정 어획량을 산출하여 활용방안을 제시하는 것

2. 갯벌어장 환경조사 결론

- 해안선 변형 이력
 - 태안군 남면 갯벌은 1966년과 1991년에 각각 매립이 이루어져 면적은 35.3%, 해안선의 길이는 32.7%가 감소하였음
 - 남면 갯벌은 1976년에 매립에 의해 면적은 27.1%, 해안선의 길이는 40.4%가 감소하였음
 - 주교면 갯벌은 1962년에 매립에 의해 면적은 20.2%, 해안선의 길이는 27.2%가 감소하였음
- 갯벌 지형 특성

- 태안군 남면 갯벌은 북측으로 만입된 만형 갯벌로 3km 내외의 폭을 가지며, 고도는 중앙에서 낮고 동측과 서측으로 가면서 높아지는 경향을 보임
- 고남면 갯벌은 초승달 모양의 수풀 후면에 발달한 갯벌로 600m 내외의 폭을 가지며, 고도는 중앙에서 낮고 동측과 서측으로 가면서 높아지는 경향을 보임
- 보령시 주교면 갯벌은 깔때기 모양의 하구형 갯벌로 2km 내외의 폭을 가지며 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 고도가 낮아지는 경향을 보임

○ 수리에너지 특성

- 태안군 남면 갯벌의 조류는 낙조우세로 창조시는 북 방향, 낙조시는 남 방향을 보임. 부유물의 순이동량은 창조보다는 낙조시, 겨울 보다는 여름에 다소 높게 나타났으며, 순이동 방향은 남 방향으로 나타남
- 고남면 갯벌의 조류는 낙조우세로 창조시는 북동 방향, 낙조시는 남서 방향을 보임
- 부유물의 순이동량은 창조보다는 낙조시, 여름 보다는 겨울에 높게 나타났으며, 순이동 방향은 남서 방향으로 나타남
- 보령시 주교면 갯벌의 조류는 창조우세로 창조시는 북동 방향, 낙조시는 남서 방향을 보임
- 부유물의 순이동량은 낙조보다는 창조시, 여름 보다는 겨울에 높게 나타났으며, 순이동 방향은 북동 방향으로 나타남

○ 표층퇴적상

- 표층퇴적상은 태안군 남면 갯벌에서 7개 유형, 고남면 갯벌에서 11개 유형, 보령시 주교면 갯벌에서 7 유형으로 고남면 갯벌에서 가장 다양한 퇴적상이 나타남
- 퇴적물의 유형은 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 실트질사 퇴적물 유형이 우세한 반면, 고남면 갯벌에서는 약역니질사 퇴적물 유형이 우세하였음

○ 표층퇴적물의 계절적 변화

- 태안군 남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 91.2%, 7.9%, 0.8%로 모래가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 계절에 무관하게 평균 2.9~3.00 범위로 매우 균질한 분포 특징을 보임
- 고남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 5.4%, 43.4%, 38.6%,

12.6%로 모래와 실트가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 가을에서 겨울, 봄으로 갈수록 세립해지다가 여름에 다시 조립해지는 경향을 보임

- 보령시 주교면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 93.0%, 5.3%, 1.6%로 모래가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 가을과 겨울, 봄에 평균 2.3~2.4 ϕ 범위로 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나 여름에는 평균 3.0 ϕ 로 세립해지는 경향을 보임

○ 퇴적율

- 퇴적율은 태안군 남면 갯벌에서 9.0mm, 고남면 갯벌에서 28.5mm, 보령시 주교면 갯벌에서 25.3mm로 3개 조사지역 모두 퇴적되는 경향을 보임
- 계절별로는 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 여름과 겨울에는 퇴적되고 봄에는 침식된 반면, 고남면 갯벌에서는 계절에 무관하게 퇴적되는 경향을 보임

○ 저질 특성

- 퇴적물의 함수율은 태안군 남면 갯벌에서 평균 27.2%, 고남면 갯벌에서 35.9%, 주교면 갯벌에서 25.9%로 고남면 갯벌에서 높게 나타남
- 계절별로는 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 겨울에 높게 나타난 반면, 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타남
- 강열감량은 남면 갯벌에서 평균 1.4%, 고남면 갯벌에서 3.6%, 주교면 갯벌에서 1.8%로 고남면 갯벌에서 높게 나타남
- 계절별로는 주교면 갯벌에서는 여름에 높게 나타난 반면, 남면 갯벌과 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타남
- 화학적산소요구량은 남면 갯벌에서 평균 4.3mgO₂/g-dry, 고남면 갯벌에서 7.9mgO₂/g-dry, 주교면 갯벌에서 4.3mgO₂/g-dry로 고남면 갯벌에서 높게 나타남
- 계절별로는 주교면 갯벌에서는 가을에 높게 나타난 반면, 남면 갯벌과 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타남
- 산취발성황화물은 남면 갯벌에서 평균 0.006mgS/g-dry, 고남면 갯벌에서 0.051mgS/g-dry, 주교면 갯벌에서 0.020mgS/g-dry로 고남면 갯벌에서 높게 나타남
- 계절별로는 주교면 갯벌에서는 겨울에, 남면 갯벌에서는 가을에, 그리고 고남면 갯벌에서는 봄에 각각 높게 나타남

- 유류피해지역 어장환경 위해성 평가
 - 갯벌퇴적물내 중금속 농도를 측정하였는데 세 지역 모두 기준치 이하로 나타났고, 갯벌 어장 퇴적물내 PAHs 도 모두 양호하였으며, 패류내 PAHs도 검출한도 이하의 농도로 나타남
- 유용패류 생산성
 - 남면은 현존 자원량 추정결과 바지락은 m² 2.1개체와 14.3g, 기타패류는 4.4개체와 62.2g 이고 추정 자원량은 바지락이 156톤, 기타패류는 677톤임
 - 고남면은 바지락이 m²당 63.1개체와 426.3g이고 기타패류는 0.2개체와 5.7g이고 자원량은 바지락이 395톤 기타패류가 5톤임
 - 주교면은 바지락이 m²당 5.4개체와 33.8g이었고 기타패류는 0.9개체와 14.6g이며, 자원량은 바지락이 189톤 기타패류가 82톤임

3. 갯벌어장 활용 극대화 방안

- 본 조사 대상인 3개 어장이 유용생물의 서식지로서 적합한지의 여부를 판단하기 위한 목적으로 서식처 조건에 따른 바지락(*Ruditapes philippinarum*)과 가무락(*Cyclina sinensis*) 그리고 동죽(*Mactra veneriformis*)의 서식 확률을 예측하였음
- 신경망 모형을 활용한 분석결과
 - 남면에서는 동죽이 적합하고 바지락과 가무락은 적합하지 않은 것으로 추정
 - 고남면에서는 바지락과 동죽이 적합하고 가무락은 적합하지 않은 것으로 추정
 - 주교면에서는 동죽은 대부분의 면적에서 적합하였고 바지락은 일부에서만 적합한 것으로 나타났으며, 가무락은 적합하지 않은 것으로 나타남
- 본 연구에서는 가입당생산량 모델을 통해 갯벌어장의 정적어획강도와 적정어획개시연령을 추정, 현재 갯벌어장의 상태를 점검하고 향후 관리기준을 마련하였고, 생물학적허용어획량(ABC)을 추정하여 남획으로부터 안전한 수준에서의 최대지속적생산량을 제시하였음
 - 가입당생산량 모델을 통한 분석결과, 고남면 갯벌어장은 남획이 우려되는 수준은 아니지만 더 이상 어획강도가 높아지지 않도록 관리되어야 한다는 것을 확인할 수 있었음
 - 추정된 각 어장의 생물학적허용어획량과 현재어장의 어획량 수준을 비교하였을 때,

2011년 주교면의 경우 바지락어획량이 생물학적허용어획량을 웃도는 것으로 확인되어 어획강도의 조절이 필요함을 알 수 있었음

- 생태적 우수성이 높은 갯벌을 보전하거나 혹은 생태환경이 열악한 갯벌을 복원하기 위해서는 우선 합당한 기준에 따라 각 단위갯벌의 생태적 가치를 평가한 후, 관리의 우선순위를 정하는 일련의 논리적 절차가 필요한데, 이를 위해 본 연구에서는 RPMS model을 활용하였음
- 생태학적 중요종, 생물 다양성 및 생태계 건강도 항목은 모든 조사 지역에서 구역별로 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 대체로 보통 이상으로(3~7점 범위) 양호한 수준을 나타내었음
 - 가장 다양한 분포를 보인 항목은 생체량으로 남면에서는 상부 조위에, 고남면에서는 하부 조위에서 대체로 높은 수준이었으며, 전반적으로 보통 이상의 수준을 보임
 - 주교면에서는 구역별로 다소 큰 차이를 보였으며, 일부 구역에서는 1~2점 범위로 매우 낮은 생체량 수준을 보였음
- 서식처의 생태학적 중요성과 상태 그리고 복원의 성공확률을 반영하는 RPMS model은 site scale과 landscape scale을 3등분하여 구분된 9개의 cells에 창출, 기능 강화, 복원, 보전, 보존 등의 관리전략을 할당하였고, 이와 같은 방식은 미국에서 활용되는 복원 지역 우선 순위화 기법과 동일함
 - 남면은 북서-북-북동, 동부 및 중심부는 보전방안이 필요하고 세부 이행방안으로는 염생식물 군락 보전이 필요하고, 남서-남-남동부 어장은 복원과 기능 강화가 필요한 어장으로 해수유입 재개 등 소형만 서식처 복원이라든지 저서동물 이차생산력 증대 즉 바지락 서식조건 개선 등이 필요함
 - 고남면은 상부 조위어장은 기능 강화가 요구되고 굴밭의 규모 확장이라든지 다른 지역으로 확대가 필요하며, 중/하부 조위어장은 기능 강화와 복원이 모두 요구되는 어장으로 바지락 서식환경 개선 및 생산력 증대라든지 바지락 개체군 존속을 위한 모래톱 지역의 환경 보전 등이 필요
 - 주교면은 중심부 어장은 복원과 기능강화가 요구되고 바지락 치패 가입량 증대 및 서식환경 개선을 위한 입도조성 최적화 사업이 필요하며, 상부 조위 어장은 굴밭 조성과 같은 기능강화가 요구되고, 무인도 인근어장은 염생식물/굴밭(상부 조위) 및 잘피군락(하부 조위) 조성과 같은 기능강화 전략이 필요

제2장 정책건의

제1절 갯벌어장 이용 및 관리

- 예방적 갯벌어장 관리체계 도입
 - 갯벌 수산자원의 특성에 맞는 과학적 모니터링, 갯벌어장별 품종별로 맞춤형 관리시스템 도입
- 갯벌어장 이용관리실태 조사시스템 구축
 - ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’의 제47조에 의한 ‘어업관리실태조사서’ 작성 제출 강화, 갯벌어업권자 갯벌어장의 이용 및 관리실태 기록·관리를 위한 프로그램 개발 및 보급, 갯벌어장 이용관리실태조사 전산화
- 갯벌어장의 생산력 향상을 위한 정부의 기본계획의 수립 및 집행
 - 갯벌어장 생산력 확보를 위한 서식처 복원 및 보전 계획, 해역별 자연산 모패 수집 및 관리와 인공종패 생산기술 개발, ‘(가칭)갯벌어장 옥토화 종합대책’ 및 갯벌어장 생산력 향상을 위한 R&D 투자계획
- 갯벌어장에 대한 지도단속 체제 강화
 - 자율관리어업과 연계한 갯벌어장 자율감시단 운영, 갯벌어장 관리 관련 교육·홍보프로그램 개발 및 보급 등
- 갯벌 수산물 채취방법에 대한 개선책 마련
 - 갯벌어장의 채취수단 기계화, 마을어장의 채취수단 확대
- 갯벌어업에 신규인력 및 자본 진입
 - 어촌계원 진입장벽 완화, ‘고령어가 은퇴직불제’와 연계한 젊은 인력 대체, 귀어촌 프로그램 도입, 어촌공동체 주관 회사법인 설립 유도
- 갯벌어장 소득증대화 전략
 - 고소득 품종으로 전환 유도, 수출 양식단지사업과의 연계, 갯벌 수산물의 브랜드화, 다양한 갯벌체험관광 사업화 등

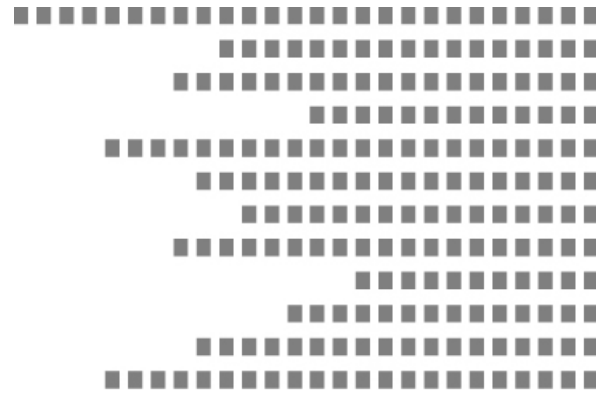
제2절 갯벌어장 자연환경 조사

- 태안군 남면과 고남면 갯벌, 보령시 주교면 갯벌에 대한 저질 특성을 조사한 결과, 남면과 주교면 갯벌은 퇴적물의 건강성이 매우 양호한 것으로 나타났으나, 고남면 갯벌은 산화발성황화물(AVS)의 농도가 계절에 따라 일부지역에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치 (0.2mgS/g-dry)를 초과하는 것으로 나타났음
- 이러한 산화발성황화물의 농도 증가는 주로 퇴적율이 높은 상부갯벌을 중심으로 나타나고 있는데, 바지락 등 패류의 건강성을 확보하기 위해서는 퇴적율 등에 대한 보다 명확한 원인 구명이 이루어져야 하며, 나아가 과퇴적 현상을 줄일 수 있는 어장관리방안 수립이 시급히 요구됨
- 고남면 갯벌은 2010년부터 모래살포를 실시한 곳으로 상부갯벌의 과퇴적 현상은 모래살포와 무관하지 않을 것으로 판단됨
 - 따라서 모래살포가 바지락 양식장의 환경개선에 가시적인 효과를 준다 할지라도 2차적인 환경문제를 유발한다면, 모래살포의 양, 주기, 방법 등에 대해 심도 있는 검토가 이루어져야 할 것으로 판단됨
- 고남면 갯벌 등 일부 바지락 어장은 갯벌의 대부분 지역이 면허어장으로 지정되어 있는 경우가 있음. 바지락은 퇴적물의 입도 등 기질의 특성에 영향을 받을 뿐 아니라 수온, 염분, 노출 및 침수시간 등 환경요인의 지배를 강하게 받음
 - 따라서 상부갯벌 등 바지락 서식환경이 부적합한 지역에 대해서는 면허어장을 해제하거나 재배치 할 필요
 - 이러한 면허어장의 해제와 재배치는 무분별한 면허 남발이나 남용을 줄일 수 있고, 향후 활용공간을 확보할 수 있음
- 남면의 진산리 갯벌은 주로 모래갯벌로 이루어져 있으면서도 실트, 점토 등의 세립질퇴적물의 유·출입이 활발하고 담수의 공급이 지속적으로 이루어지고 있는 갯벌임
 - 이러한 지역의 환경 특성은 자원생물의 다양성을 증대시킬 뿐 아니라 이 지역에서 시범양식 중인 개체굴의 양식 적지로 활용될 수 있을 것으로 판단됨

제3절 갯벌어장 활용 극대화 방안

- 본 연구를 통해 개발된 생태계 모형의 장점
 - 주요 우점 산업종의 측면에서 갯벌 어장의 서식처 등급을 정하여 갯벌 어장이 대상종에게 적합한 어장인지 또는 어떠한 종이 적합한 종인지에 대한 정보 제공
 - 예상되는 등급 및 확률로부터 제시되는 주요 산업종의 현존량 예측 결과와 현지 조사를 통해 추정된 현존량의 비교를 통해 대상어장의 생산성, 서식처의 중요성, 보존성 등을 판단할 수 있는 정보 제공
 - 대상어장의 환경 변화가 자원의 현존량 및 수용력에 어떠한 영향을 미치며 어떤 대응을 하여야 할 것인지를 제공
- 이와 같은 모형의 활용이 가능해지기 위해서는 다음과 같은 정책적 지원이 필요함
 - 모형이 예측하는 대상종과 적용 공간 범위를 점차 확대하며, 다양한 측면에서의 검증 결과를 제시하고 신뢰도를 입증하는 것이 이뤄져야 함. 즉, 모형의 개발-예측-검증-피드백 과정으로 이루어진 다년간의 연구 기간이 필요하며 이러한 과정을 거치면서 모형의 적용 경험과 지식의 축적을 도모하는 것이 필요
 - 잘 고안된 모형이 있다하더라도 이것을 운용하며 최적의 의사 결정을 내리기 위해서는 적절한 구성과 질적 수준이 담보된 인적 집단이 갖춰져야 함
 - 갯벌 어장 생산성을 회복 효과를 확인하기 위하여 최소 3년의 조사연구가 필요하고, 소규모 갯벌 어장 1곳부터 시작하여 성공 여부를 엄밀히 평가하여 중규모, 대규모로 확대가 요구됨
- 갯벌어장의 효과적인 관리를 위해서는 최적생산모델의 개발과 함께 어업의 형태, 어획시기, 어획량, 종묘방류현황, 자율관리 규약 및 지침 등과 같은 대상어장의 시스템에 대한 포괄적인 검토가 함께 필요함
 - 하지만 현재 우리나라 갯벌어장의 대부분이 이러한 정보의 필요성에 대한 인식이 부족하며 관리가 미흡한 실정임
- 생태계를 고려한 과학적인 자원관리모델의 개발과 더불어 사회 경제학적인 측면을 함께 고려한 총체적인 개념의 최적생산모델의 개발을 위해선 갯벌어장에 관한 다양한 정보의 축적과 관리가 반드시 필요함

- 현재 양호한 상태로 평가된 갯벌을 보전하여 유지시키고, 상대적으로 건강도가 낮은 갯벌은 복원 및 기능 강화 전략을 이행하여 생태계의 구조 변경과 이에 따른 생태계 기능 개선을 통해 어장의 건강성을 회복시키는 대책 필요
 - 대상 지역들에 대한 보다 상세한 정보(경관생태학적 현황, 스트레스 요인 파악, 주요 양식종, 서식 여건 등)를 수집하고 이를 종합적으로 분석하여 각 지역과 구역에 적합한 최적 관리 방안 모색
 - 어장의 제반 여건위에 생태계 건강성을 유지시켜 지속가능한 어업을 도모하기 위해서는 보다 세밀한 조사와 분석이 필요함



제 1 편

갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사

□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□

제 1 장

연구개요

제1장 연구 개요

제1절 연구 배경 및 목적

1. 연구 배경

최근 들어 우리나라 갯벌의 다양한 역할이 재인식됨에 따라 종합적 측면에서 갯벌 어업의 체계적인 관리와 육성 방안의 마련에 대한 필요성이 증대되고 있다. 이에 따라 정부에서는 갯벌어업을 수산부문의 신성장 동력사업으로 육성하기 위해 갯벌어장의 지속적 이용 및 관리 방향을 제시하고 갯벌어업 육성을 위한 실질적인 방안으로 갯벌어업 육성 정책 로드맵을 수립 중에 있다.

그러나 기존에는 갯벌어업 정의의 부재로 인해 갯벌어장 환경실태, 갯벌어업 생산 및 자원조성 실태, 이용 및 관리 상의 문제점 등 갯벌어업 실태에 대한 정확한 파악 및 자료 축적이 이루어지지 못하여 실태를 반영한 보다 효과적인 정책을 수립하는 데 많은 어려움을 초래하였다. 특히 유류유출 사고로 오염 또는 훼손된 갯벌을 수산업 신성장 동력으로 개발하기 위해서는 갯벌어장 환경실태, 갯벌어업 생산 및 이용·관리 실태에 대한 정확한 조사가 선행되어야 한다.

2. 연구 목적

본 연구는 유류피해지역을 중심으로 갯벌어장의 환경 모니터링 및 생산력 조사를 실시하여 갯벌어장의 활용 극대화를 위한 최적 생산모델을 수립하고, 아울러 갯벌어업 자원 조성 및 이용·관리 실태를 파악하여 갯벌어업의 이용·관리 상 문제점을 도출하고 이를 바탕으로 개선방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

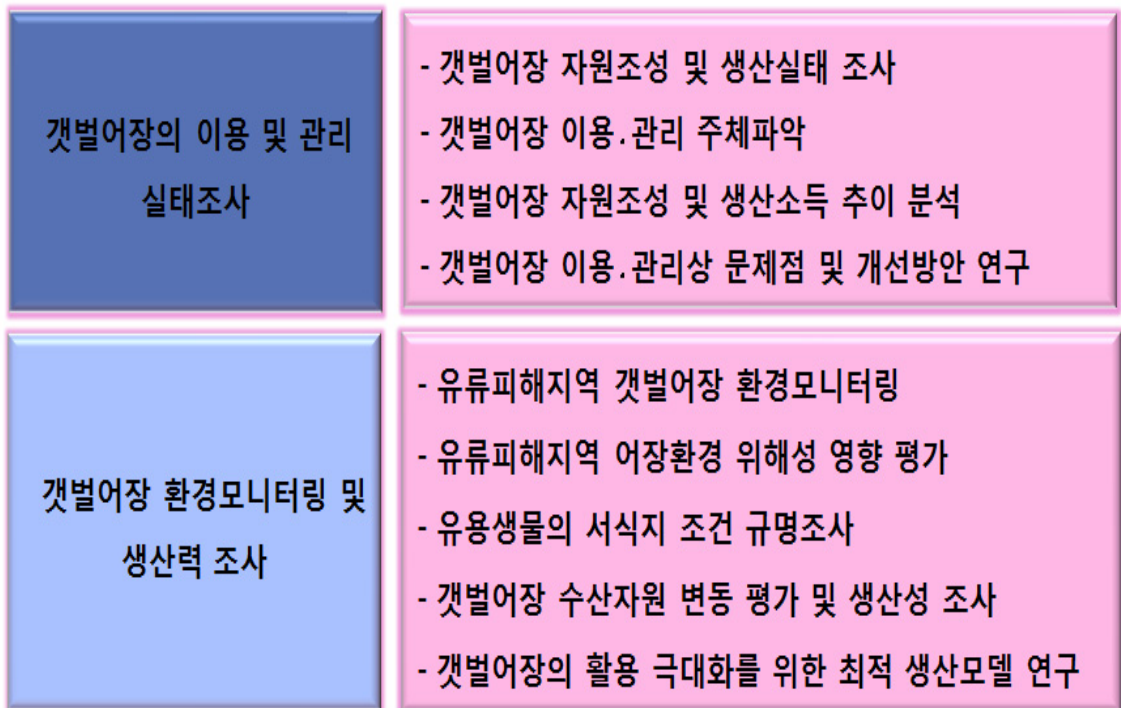
제2절 연구 범위 및 추진체계

1. 연구 범위 및 구성

본 연구는 모두 3편으로 구성되는데, 제1편은 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사, 제2편은 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사, 제3편은 결론 및 정책건의이다. 그리고 제1편은 제1장 연구개요, 제2장 충청남도 갯벌어업 실태조사, 제3장 갯벌어장 이용·관리의 문제점 및 개선방안으로 구성되어 있다. 제2편은 제1장 태안군 남면 갯벌, 제2장 태안군 고남면 갯벌, 제3장 보령시 주교면 갯벌, 제4장 갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적생산모델로 구성되어 있다. 제3편은 제1장 결론과 제2장 정책건의로 구성되어 있다.

한편 본 연구의 공간적 범위는 갯벌어장 이용·관리 실태조사는 충남 6개 시군(태안군, 서산시, 당진시, 홍성군, 보령시, 서천군)을 대상으로 한다. 그리고 자연과학 조사범위는 태안군의 남면, 고남면과 보령시의 주교면 갯벌을 대상으로 한다.

본 연구의 범위 및 구성은 다음과 같다.



[그림 1-1] 연구 범위 및 구성

2. 연구 방법 및 추진체계

본 연구의 방법 및 추진체계는 다음과 같다.



[그림 1-2] 연구의 추진체계

제 2 장

충청남도 갯벌어업
실태조사



제2장 충청남도 갯벌어업 실태조사

제1절 총괄

1. 충청남도 갯벌의 일반현황

가. 충청남도 갯벌의 일반현황

갯벌은 ‘밀물 시에는 바닷물에 의해 드러나지 않지만 썰물 시에는 육지로 드러나는 공간으로 모래와 빨로 이루어진 평평한 지형’으로 정의된다(고철환, 2001). 그리고 『습지보전법』에서는 통상 갯벌을 의미하는 ‘연안습지’를 만조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역’으로 정의하고 있다.

갯벌정보시스템(국토해양부)의 자료에 따르면 우리나라의 전체 갯벌면적은 2,489.4km²이다. 이중 전남지역의 갯벌 면적이 1,036.9km²로 전체의 41.7%를 차지하여 가장 넓은 갯벌을 보유하고 있다. 그리고 인천·경기지역이 872.7km²로 35.1%, 충남지역이 358.8km²로 14.4%, 전북지역이 117.7km²로 4.7%, 경남·제주지역이 103.3km²로 4.1%를 차지하고 있다.

[표 2-1] 충청남도 갯벌 면적

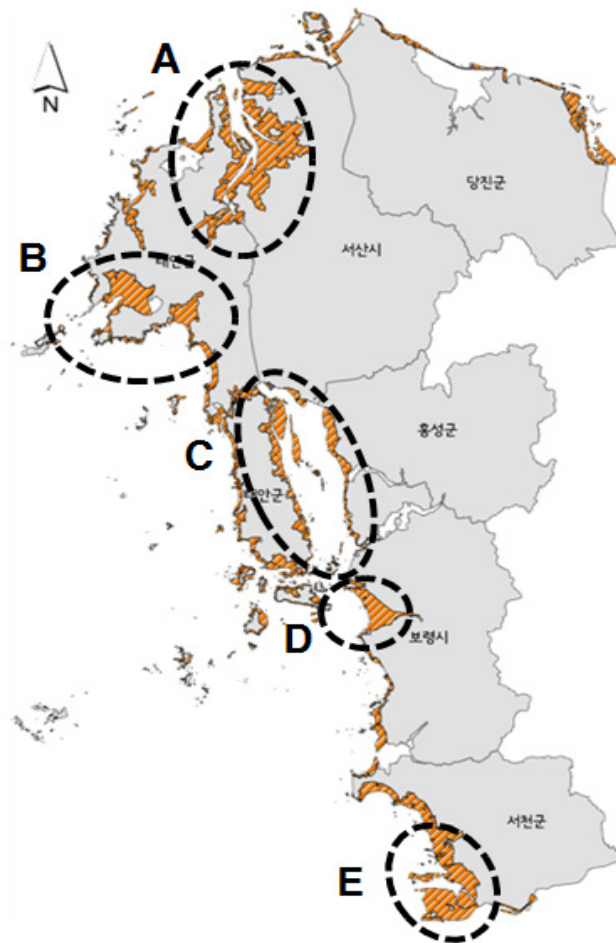
단위 : km², %

구분	면적	비중
합계	352.3	100.0
당진시	28.1	8.0
서산시	67.3	19.1
태안군	138.4	39.3
홍성군	14.4	4.1
보령시	32.8	9.3
서천군	71.3	20.2

주 : 아산시 6.5km² 제외
 자료 : 갯벌정보시스템(국토해양부)

이 가운데 충남지역 갯벌을 보다 세분화하여 살펴보면, 태안군이 충남 전체 갯벌면적의 39.3%(138.4km²)로 가장 넓은 갯벌을 보유하고 있다. 그리고 서천군 20.2%(71.3km²), 서산시 19.1%(67.3km²), 보령시 9.3%(32.8km²), 당진시 8.0%(28.1km²), 홍성군 4.1%(14.4%) 등으로 갯벌 면적이 넓은 것으로 나타났다.

충남지역 갯벌의 해역별 특징을 구분하여 살펴보면 다음과 같다. A권역은 가로림만 지역으로 조력발전소 건립을 두고 정부, 지자체, 어업인간 갈등이 크게 부각되고 있으며, 점차 어장개발에 한계를 보이고 있는 지역이다. B권역은 근소만 지역으로 국내 바지락, 해삼, 전복 생산이 활발히 이루어지고 있다. C권역은 천수만 지역으로 AB방조제 개방으로 인한 오염물 유입으로 어장생산성이 크게 악화되는 등 A권역과 마찬가지로 어장개발에 한계를 보이고 있는 지역이다. D권역은 주교지역으로 전국 최대의 바지락 생산지이나 최근 폭 발생으로 바지락 생산이 급감하고 있는 특징을 보이고 있다. E권역은 장항지역으로 2009년 한정면허에서 일반면허로 변경하여 어장개발이 가능한 지역이다.



[그림 2-1] 충청남도 갯벌의 특징을 나타내는 권역 구분

나. 충청남도 갯벌어업 일반현황

1) 충남 어업면허 현황

2011년말 기준으로 충청남도의 어업권(면허) 건수는 총 990건, 면허면적은 총 15,794ha로 집계되었다. 어업권 현황을 면적기준으로 살펴보면, 마을어업 면허가 전체 면적의 28.7%로 가장 많으며, 다음으로 패류 면허가 26.4%, 해조류 17.7% 등의 순으로 뒤를 이었다. 패류양식의 경우 바지락 면허가 2,313ha로 전체 면허면적의 14.6%를 차지하고 있으며, 굴이 5.6%로 뒤를 이었다. 특히 부가가치가 높은 생산품목으로 최근 주목을 받고 있는 해삼은 면허건수가 총 60건, 면허면적은 413ha(2.6%)이며, 전복은 면허건수가 86건, 면허면적은 325ha(2.1%)로 나타났다.

[표 2-2] 충청남도 어업권(면허)의 품종별 현황(2011년말 기준)

단위 : 건, ha, %

구분		건수	면적		
			비중	비중	
합계		990	100.0	15,794	100.0
해조류 양식	소계	40	4.0	2,800	17.7
	김	22	2.2	2,576	16.3
	미역	9	0.9	173	1.1
	다시마	8	0.8	46	0.3
	참모자반	1	0.1	5	0.0
패류 양식	소계	453	45.8	4,171	26.4
	굴	143	14.4	879	5.6
	피조개	7	0.7	108	0.7
	바지락	153	15.5	2,313	14.6
	고막	1	0.1	20	0.1
	가무락	40	4.0	317	2.0
	새고막	5	0.5	40	0.3
	백합	6	0.6	61	0.4
	홍합	3	0.3	18	0.1
	가리비	5	0.5	53	0.3
	전복	86	8.7	325	2.1
	동죽	3	0.3	28	0.2
	기타	1	0.1	10	0.1
어류 등 양식	소계	119	12.0	1,046	6.6
	어류	40	4.0	134	0.8
	새우	11	1.1	120	0.8
	해삼	60	6.1	413	2.6
	기타	8	0.8	379	2.4
복합양식		26	2.6	548	3.5
마을어업		226	22.8	4,529	28.7
정치망어업		7	0.7	61	0.4
한정어업		119	12.0	2,638	16.7

자료 : 충남도청, 수산과 내부자료.

한정어업 119건을 포함한 충청남도 시군별 어업권 현황을 살펴보면, 면허건수는 태안군이 전체 건수의 52.6%로 가장 많으며, 보령시 16.0%, 서산시 13.2%, 서천군 10.9%, 당진시 4.0%, 홍성군 3.2%로 나타났다. 면적기준으로는 태안군이 총 5,822ha로 전체 면허면적의 36.9%를 차지하였으며, 서천군 28.7%, 보령시 17.2%, 서산시 9.5%, 당진시 4.7%, 홍성군 2.9%의 순으로 나타났다. 한편, 아래의 표에서 어류양식어업과 정치망어업을 제외한 갯벌어업(해조류·패류·복합양식어업, 마을어업, 한정어업)을 집계해보면 총 면허건수는 864건, 면허면적은 14,686건이다.

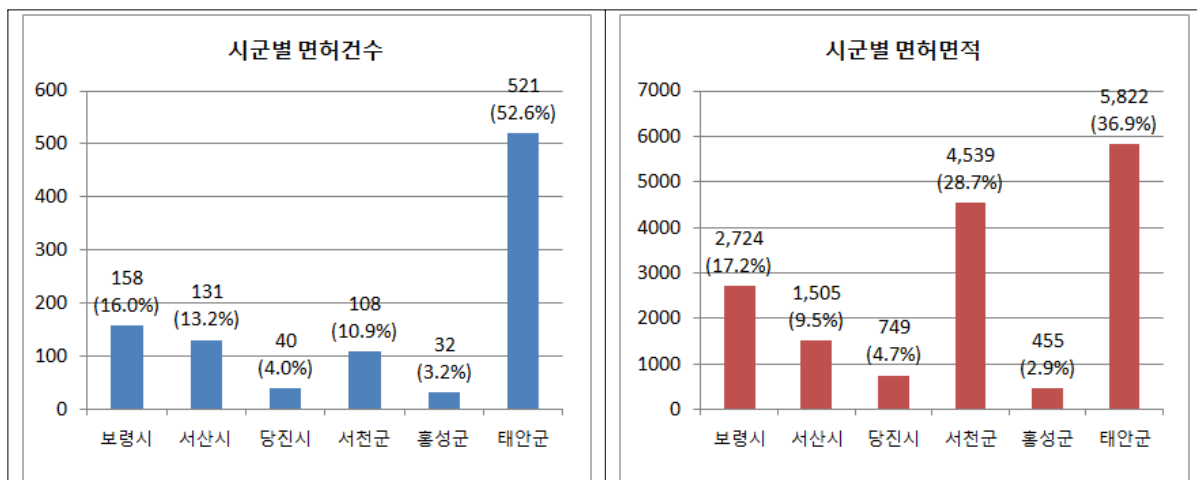
[표 2-3] 충청남도 시군별 어업면허 현황(2011년말 기준)

단위 : 건, ha

구분	합계		보령시		서산시		당진시		서천군		홍성군		태안군		
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	
합계	990	15,794	158	2,724	131	1,505	40	749	108	4,539	32	455	521	5,822	
양식어업	소계	638	8,566	63	740	114	1,242	3	52	43	2,331	26	330	389	3,871
	해조류	40	2,800	4	288	3	66	-	-	14	2,036	-	-	19	410
	패류	453	4,171	38	251	96	954	1	50	23	200	21	310	274	2,406
	어류	119	1,046	17	58	12	150	2	2	2	3	5	20	81	814
	복합	26	548	4	143	3	72	-	-	4	92	-	-	15	241
마을어업	226	4,529	67	1,602	7	176	-	-	42	882	6	125	104	1,744	
정치망어업	7	61	1	10	-	-	-	-	1	3	-	-	5	48	
한정어업	119	2,638	27	372	10	87	37	697	22	1,323	-	-	23	159	

주 : 상기 표에서 어류 양식어업과 정치망어업을 제외한 양식어업(해조류, 패류, 복합)과 마을어업, 한정어업의 합계가 충청남도 갯벌어업 면허현황임

자료 : 충남도청, 수산과 내부자료.



[그림 2-2] 충청남도 시군별 면허건수 및 면적의 비중 비교

충청남도 시군별로 패류양식 어업면허 현황을 살펴보면 태안군 패류양식 건수가 전남 전체의 60.5%, 면적은 57.7%를 차지하였다. 태안군 다음으로 서산시가 건수로는 21.2%, 면적으로는 22.9%를 차지하였다. 이 2개 시군 이외의 보령시, 서천군, 홍성군은 건수 및 면적이 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

[표 2-4] 충청남도 시군별 패류양식 품종별 어업면허 현황(2011년말 기준)

단위 : 건, ha, %

구분	합계		보령시		서산시		당진시		서천군		홍성군		태안군	
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적
합계	453 (100.0)	4,171 (100.0)	38 (8.4)	251 (6.0)	96 (21.2)	954 (22.9)	1 (0.2)	50 (1.2)	23 (5.1)	200 (4.8)	21 (4.6)	310 (7.4)	274 (60.5)	2,406 (57.7)
굴	143	879	1	5	50	289	0	0	4	25	7	83	81	477
피조개	7	108									1	10	6	98
바지락	153	2,313	5	71	34	603	1	50	8	74	12	212	93	1,303
고막	1	20											1	20
가무락	40	317	1	3	10	58			6	54			23	202
새고막	5	40	1	10					3	25	1	5		
백합	6	61							1	12			5	49
홍합	3	18	1	5	1	3							1	10
가리비	5	53	2	7									3	46
전복	86	325	27	150	1	1	0	0	0	0	0	0	58	174
동죽	3	28											3	28
기타	1	10							1	10				

자료 : 충남도청, 수산과 내부자료.

다. 충청남도 갯벌어업 이용·관리 주체

양식어업 면허의 실제 이용·관리주체를 파악하기 위해 면허 소유자별 현황을 집계하였다. 한정면허를 제외한 총 871건 가운데 어촌계 소유 면허건수가 649건으로 전체 건수의 74.5%를 차지하였다. 그리고 수협면허가 23건으로 2.6%, 개인·협업면허가 150건으로 17.2%, 영어조합법인 면허가 49건으로 5.6%를 차지하였다. 한편, 면적기준으로는 어촌계가 68.9%, 수협 18.8%, 개인·협업 10.1%, 영어조합법인 2.1% 순으로 집계되었다.

[표 2-5] 충청남도 어업권(면허)의 소유자별 현황(2011년말 기준)

단위: 건, ha, %

구분	합계		어촌계		수협		개인협업		영어조합	
	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적	건수	면적
합계 (비중)	871 (100.0)	13,157 (100.0)	649 (74.5)	9,071 (68.9)	23 (2.6)	2,480 (18.8)	150 (17.2)	1,326 (10.1)	49 (5.6)	280 (2.1)
해조류	45	2,850	33	690	8	2,114	3	36	1	10
김	26	2,612	14	452	8	2,114	3	36	1	10
미역	9	173	9	173						
다시마	9	60	9	60						
참모자반	1	5	1	5						
패류	474	4,670	336	3,804	5	14	94	647	39	205
굴	143	879	102	648	0	0	20	127	21	104
피조개	7	108	3	30			4	78		
바지락	170	2,718	144	2,487	1	6	19	177	6	48
고막	1	20	1	20						
가무락	40	317	30	269			7	29	3	19
새고막	5	40					5	40		
백합	6	61	1	10			5	51		
홍합	3	18					2	15	1	3
가리비	6	73	2	30			2	23	2	20
전복	87	342	48	226	4	8	29	97	6	11
동죽	4	44	4	44						
기타	2	50	1	40			1	10		
어류 등	119	1,047	57	346	2	6	51	630	9	65
어류	40	135	14	45	2	6	24	84	0	0
새우	11	120					11	120		
해삼	60	413	43	301			8	47	9	65
기타	8	379					8	379		
마을어업	226	4,529	221	4,206	5	323				
정치망어업	7	61	2	25	3	23	2	13		

자료 : 충남도청, 수산과 내부자료(한정면허 제외).

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

충청남도 6개 시·군으로부터 수산자원 방류실적 자료를 협조받아 갯벌어장 생산품 종 위주로 정리하였다. 집계결과, 2011년 기준으로 충남 전체 갯벌어장 자원 방류실적은 약 24억 원 규모였다. 시군별 방류실적을 살펴보면, 태안군이 6억 3천만 원, 보령시가 5억 2천만 원, 서산시 8억 7천만 원, 홍성군 2억 9천만 원, 당진시 7천만 원 수준이었다. 서천군은 어류 위주의 방류로 갯벌어장에서의 패류 방류실적이 최근 5년간 없는 것으로 조사되었다.

[표 2-6] 충청남도 갯벌어장 방류실적 총괄

단위: 백만 원

구분	방류 품종	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
태안군	바지락(어장회복 포함)	90	50	50	1,036	-
	해삼, 전복	-	-	-	480	625
	소계	90	50	50	1,516	625
보령시	바지락	-	127	80	50	141
	해삼	-	59	146	172	377
	전복	-	-	-	43	-
	소계	-	186	226	265	518
서산시	바지락(어장회복 포함)	-	55	40	123	866
서천군	패류 방류실적 없음	-	-	-	-	-
홍성군	바지락	134	184	215	200	291
당진시	바지락(명품단지 조성 포함)	-	50	-	70	70
	전복	-	50	-	-	-
	소계	-	100	-	70	70
금액 합계		224	575	531	2,174	2,370

자료 : 충청남도 6개 시·군 수산부서 내부자료 협조

나. 자원조성 관련 어장환경개선 실적

한국어촌어항협회의 자료를 토대로 충청남도 6개 시군의 갯벌어장 환경개선사업 실적을 집계한 결과, 2010년에는 약 88억 원이 투입되었으나 2011년에는 약 45억 원으로 거의 절반 가까이 사업금액이 줄어든 것으로 나타났다. 반면 어장환경 개선면적은 2010

년이 1,891ha에서 2011년은 1,972ha로 소폭 증가하였다.

어장환경개선 사업의 내용을 세부적으로 살펴보면, 주로 모래, 황토, 자갈 살포, 해상 투석, 어장바닥 경운작업, 잡석 채집 및 이동 등인 것으로 조사되었다.

[표 2-7] 충청남도 6개 시·군의 갯벌어장 환경개선사업 실적

구분		사업금액(천 원)	개선면적(ha)	세부 사업내용
태안군	2010년	5,803,191	1,277	잡석 채집 및 운반작업, 경운작업, 모래 살포 작업, 장비통행로 보강작업, 폐지주 제거작업, 수거폐기물 집하장 운반, 페로프 제거작업, 해상투석, 어장평탄작업 등
	2011년	2,599,614	1,001	
서산시	2010년	491,589	97.2	고철류 매각, 폐합성수지류 소각, 폐각 매립 등
	2011년	294,449	335	
보령시	2010년	1,541,330	349.0	해상투석 및 모래살포작업, 황토 살포, 자갈 살포, 어장바닥 경운, 갯가재 제거, 어장진입로 보강 등
	2011년	1,041,073	531.2	
서천군	2010년	995,624	168	어장바닥 경운 및 폐기물 수거, 모래 살포, 독 쌓기, 성토 고르기, 트랙터 작업, 잡석 채집 및 운반
	2011년	265,823	40	
당진시	2011년	214,797	30	잡석 이동, 모래 살포
홍성군	2011년	87,180	35	모래 살포
합계	2010년	8,831,734	1,891	-
	2011년	4,502,936	1,972	

자료: 한국어촌어항협회, 충남지역 어장환경개선실적 내부자료.

3. 갯벌어장 생산실태 및 추이

공식통계인 어업생산통계를 통해 갯벌어장의 생산실태 및 추이를 살펴보았다. 2011년 기준으로 우리나라의 수산물 생산량은 약 326만 톤이며, 이중 원양어업 생산량 약 51만 톤을 제외한 국내 생산량은 약 275만 톤이다. 충청남도의 2011년 수산물 생산량은 약 11만 8천 톤으로 국내 생산량의 4.3%를 차지하고 있다. 충청남도의 어업별 생산 비중을 보면 일반해면어업 생산이 69.6%, 천해양식어업이 27.1%, 내수면어업이 3.3%의 비중을 차지하고 있다.

갯벌어업 생산실태를 파악하기 위해 일반해면어업에서 마을어업, 그리고 천해양식어업에서 패류양식, 기타수산동물(해삼 포함) 양식, 해조류양식을 별도로 분리하고 이를 합계하여 갯벌어업 생산량으로 간주하였다. 집계결과, 2011년 기준으로 충남지역 전체 수산물 생산량 가운데 갯벌어업 생산량이 차지하는 비중은 26.7% 정도인 것으로 나타났다.

[표 2-8] 우리나라 및 충청남도 어업생산 현황

단위: 톤, %

구분		2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	증감률	
합계	계(A)	2,564,863	2,695,073	2,570,392	2,518,518	2,745,305	7.0	
	충남(B)	107,216	86,443	117,275	131,479	118,282	10.3	
	비중	4.2	3.2	4.6	5.2	4.3	-	
일반해면어업	계	1,152,299	1,284,890	1,226,966	1,132,536	1,235,489	7.2	
	충남	68,193	58,352	80,612	92,253	82,377	20.8	
	비중	5.9	4.5	6.6	8.1	6.7	-	
천해양식어업	계	1,385,804	1,381,003	1,313,355	1,355,000	1,477,546	6.6	
	충남	37,445	26,059	33,865	35,799	32,000	-14.5	
	비중	2.7	1.9	2.6	2.6	2.2	-	
내수면어업	계	26,760	29,180	30,071	30,982	32,270	20.6	
	충남	1,578	2,032	2,798	3,427	3,905	147.5	
	비중	5.9	7.0	9.3	11.1	12.1	-	
갯벌어업	마을어업	계	38,608	47,107	33,859	31,316	41,354	7.1
		충남	3,329	1,416	1,606	1,522	2,692	-19.1
	패류양식	계	478,646	343,704	326,544	355,699	389,159	-18.7
		충남	15,006	3,129	6,558	14,048	12,558	-16.3
	기타수산동물양식	계	15,221	15,345	16,743	14,788	20,795	36.6
		충남	-	-	-	-	90	-
	해조류양식	계	792,953	921,024	858,659	901,672	992,283	25.1
		충남	19,862	19,277	21,929	18,936	16,282	-18.0
	합계	계(C)	1,325,428	1,327,180	1,235,805	1,303,475	1,443,591	8.9
		비중(C/A)	51.7	49.2	48.1	51.8	52.6	-
		충남(D)	38,197	23,822	30,093	34,506	31,622	-17.2
		비중(D/B)	35.6	27.6	25.7	26.2	26.7	-

자료: 통계청, 어업생산동향조사, 각 년도.

갯벌어업 생산실태를 품종별로 살펴보면 다음과 같다. 2011년 기준으로 갯벌어업 생산량 가운데 마을어업의 생산량 비중이 8.5%, 양식어업 생산량 비중이 91.5%로 양식생산 비중이 절대적으로 많았다. 생산량이 가장 많은 갯벌어업 품종은 김으로 전체 갯벌어업 생산량의 32.7%를 차지하였다. 다음으로 바지락이 전체의 28.9%, 굴류 17.8%, 미역류 16.4% 등의 순으로 나타났다. 이외 해삼, 전복, 동죽, 가무락, 맛, 조개류 등의 품종 생산량 비중은 매우 미미한 것으로 나타났다.

[표 2-9] 충청남도 갯벌어업의 품종별 생산실적

단위: 톤

구분		2007	2008	2009	2010	2011	비중
마을어업	민꽃게	-	-	2	4	8	0.03
	굴류	1,175	92	235	78	349	1.10
	고동류	-	-	8	3	20	0.06
	전복류	-	-	-	-	12	0.04
	가무락	-	1	10	-	8	0.03
	동죽	118	-	-	-	-	-
	맛류	142	-	-	-	2	0.01
	바지락	1,431	1,323	1,348	1,430	1,878	5.94
	새조개	-	-	-	-	1	0.00
	피조개	-	-	-	4	-	-
	개조개	-	-	-	1	3	0.01
	기타패류	-	-	3	1	-	-
	낙지류	-	-	-	1	9	0.03
	해삼	462	-	-	-	376	1.19
	청각	1	-	-	-	-	-
소계	3,329	1,416	1,606	1,522	2,692	8.51	
양식어업	굴류	8,609	663	2,833	4,116	5,284	16.71
	전복류	4	-	26	10	6	0.02
	가무락	134	4	9	16	10	0.03
	동죽	3	4	-	-	-	-
	바지락	6,256	2,458	3,690	9,906	7,258	22.95
	해삼	-	-	-	-	90	0.28
	김류	18,984	16,937	18,210	14,848	10,334	32.68
	다시마류	-	-	1,578	981	758	2.40
	미역류	878	2,340	2,141	3,107	5,190	16.41
	소계	34,868	22,406	28,487	32,984	28,930	91.49
합계	38,197	23,822	30,093	34,506	31,622	100.00	

자료: 통계청, 어업생산동향조사, 각 년도.

한편, 충청남도 갯벌어장의 생산 및 이용관리 실태를 파악하기 위하여 6개 시·군에 소재한 어촌계를 방문하여 어촌계장 면담조사를 실시하였다. 조사는 마을어업과 패류 양식어업면허를 대상으로 하였으며, 어촌계 내부 결산자료와 어촌계장이 파악하고 있는 생산실적을 토대로 세부 실태를 파악하였다.

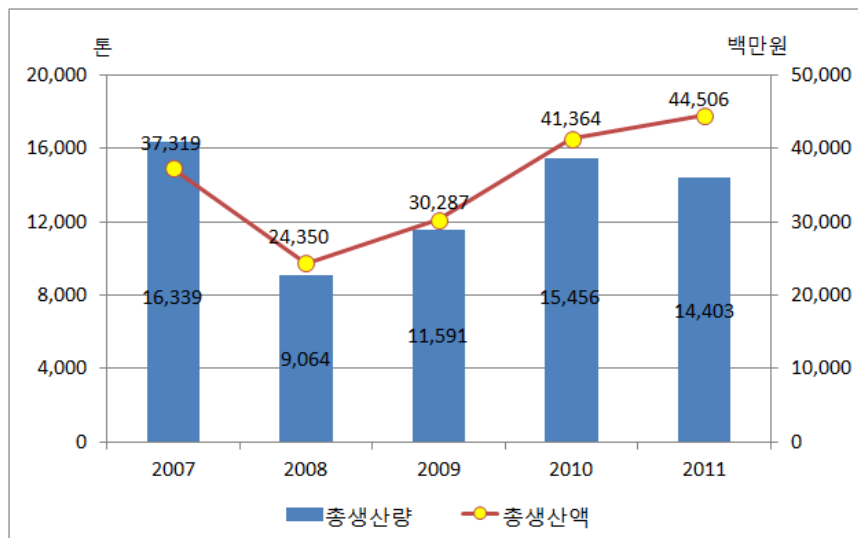
최종적으로 생산실적을 집계한 결과, 2011년 총생산량은 14,403톤, 총생산금액은 약 445억 원 정도로 집계되었다. 이는 유류 유출사고(2007년 12월)가 났던 해인 2007년 대비 생산량은 11.8%가 감소한 것이며, 총생산액은 19.3%가 늘어난 것이다.

[표 2-10] 충청남도 갯벌어업 생산실적 시군별 총괄

단위: 톤, 백만 원, %

구분		2007	2008	2009	2010	2011	비중	증감률
태안군	총생산량	6,177	3,688	4,759	5,854	6,314	43.8	2.2
	총생산액	17,404	11,421	13,891	17,180	20,053	45.1	15.2
보령시	총생산량	1,869	3,043	3,169	2,479	1,575	10.9	-15.7
	총생산액	6,686	8,273	9,101	9,524	9,225	20.7	38.0
서산시	총생산량	6,963	1,387	2,988	6,228	5,716	39.7	-17.9
	총생산액	9,927	2,388	4,978	11,059	11,054	24.8	11.4
서천군	총생산량	659	460	380	198	130	0.9	-80.2
	총생산액	1,768	1,188	1,444	882	643	1.4	-63.6
홍성군	총생산량	376	319	88	288	311	2.2	-17.3
	총생산액	1,002	756	422	1,867	2,552	5.7	154.6
당진시	총생산량	295	168	208	410	357	2.5	21.0
	총생산액	532	324	451	852	979	2.2	84.0
합계	총생산량	16,339	9,064	11,591	15,456	14,403	100.0	-11.8
	총생산액	37,319	24,350	30,287	41,364	44,506	100.0	19.3

자료 : 충청남도 6개 시·군 어촌계 실태조사 결과



[그림 2-3] 충청남도 갯벌어업 생산실적 추이

한편, 충남 갯벌어장의 생산실적을 품종별로 살펴보면 아래의 표와 같다. 품종별로 2011년 생산량 추이를 보면 전체 생산량의 약 74%를 차지하는 바지락이 2007년 대비 3.5% 증가하였으며, 해삼 생산량도 17.8%가 증가한 것으로 나타났다. 그러나 바지락과 해삼을 제외한 가리비, 가무락, 굴, 동죽, 백합, 새조개 등 대부분의 패류 품종에서 생산량이 감소한 것으로 나타났다.

[표 2-11] 충청남도 갯벌어장 품종별 생산량 추이

단위 : 톤, %

구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2011년 비중	증감률
가리비	3.3	1.5	5.0	0.0	2.2	0.0	-33.3
가무락	171.1	53.4	52.6	35.7	58.0	0.4	-66.1
개조개	0.0	0.0	6.7	22.3	14.5	0.1	-
굴	4,644.6	469.1	1,909.5	2,446.9	2,894.1	20.1	-37.7
동죽	616.9	369.8	308.6	228.6	195.8	1.4	-68.3
바지락	10,258.4	7,587.0	8,722.5	12,086.2	10,619.5	73.7	3.5
백합	120.0	84.0	84.0	72.0	48.8	0.3	-59.3
새조개	27.8	20.7	23.0	15.3	1.3	0.0	-95.3
전복	34.5	24.4	24.1	23.0	25.0	0.2	-27.7
해삼	461.9	454.4	455.3	525.6	543.9	3.8	17.8
합계	16,339	9,064	11,591	15,456	14,403	100.0	-11.8

자료 : 충청남도 6개 시·군 어촌계 실태조사 결과

품종별로 2011년 생산금액 추이를 보면 바지락이 전체 생산금액의 약 60%를 차지하는데 2007년 대비 40.4%가 증가하였으며, 17.7%의 비중을 차지하는 해삼도 2007년 대비 47.0%가 증가하였다. 바지락과 해삼을 제외한 대부분의 품종은 생산금액이 감소한 것으로 나타났다.

[표 2-12] 충청남도 갯벌어장 품종별 생산금액 추이

단위: 억 원, %

구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2011년 비중	증감률
가리비	16.0	9.0	23.0	0.0	11.0	0.0	-31.3
가무락	702.0	264.0	229.0	153.0	239.0	0.5	-66.0
개조개	0.0	0.0	27.0	136.0	81.0	0.2	-
굴	8,441.0	2,054.0	4,618.0	5,652.0	7,276.0	16.3	-13.8
동죽	838.0	469.0	685.0	447.0	422.0	0.9	-49.6
바지락	19,167.4	14,785.3	17,507.9	26,487.3	26,916.0	60.5	40.4
백합	840.0	605.0	630.0	554.0	386.0	0.9	-54.0
새조개	127.0	152.0	224.0	148.0	15.0	0.0	-88.2
전복	1,833.0	1,326.0	1,228.0	1,086.0	1,287.0	2.9	-29.8
해삼	5,355.0	4,686.0	5,115.0	6,701.0	7,873.0	17.7	47.0
합계	37,319	24,350	30,287	41,364	44,506	100.0	19.3

자료 : 충청남도 6개 시·군 어촌계 실태조사 결과

4. 갯벌어장 어업외 이용실태 및 소득

가. 충청남도 갯벌체험의 일반현황

충청남도 갯벌어장의 어업외 이용은 대부분 갯벌체험마을을 운영하는 것으로 조사되었다. 충청남도에는 총 10개소 갯벌체험마을이 지정되었으나 2010년 서천군 3개소 마을이 취소됨으로써 현재 7개소에서 운영 중에 있다.

[표 2-13] 충청남도 갯벌체험마을 현황

시군	마을명	마을위치	비고
태안군	만대마을	태안군 이원면 내리 384	농림수산식품부 지정('06년)
	대야도 마을	태안군 안면읍 종장리 1433	농림수산식품부 지정('07년)
	병술만 마을	태안군 안면읍 종장리 1655-2	농림수산식품부 지정('06년)
	영목마을	태안군 고남면 고남리 329	농림수산식품부 지정('06년)
	용신마을	태안군 근흥면 용신리 901	농림수산식품부 지정('09년)
홍성군	속동마을	홍성군 서부면 상황리 628-2	행정안전부 정보화마을
서천군	월하성 마을	서천군 서면 월호리	농림수산식품부 지정('04년)
	송석마을	서천군 마서면 송석리	갯벌체험마을 지정 취소('10년 8월)
	당정마을	서천군 중촌면 당정리	갯벌체험마을 지정 취소('10년 8월)
	다사리마을	서천군 서면 다사리	갯벌체험마을 지정 취소('10년 8월)

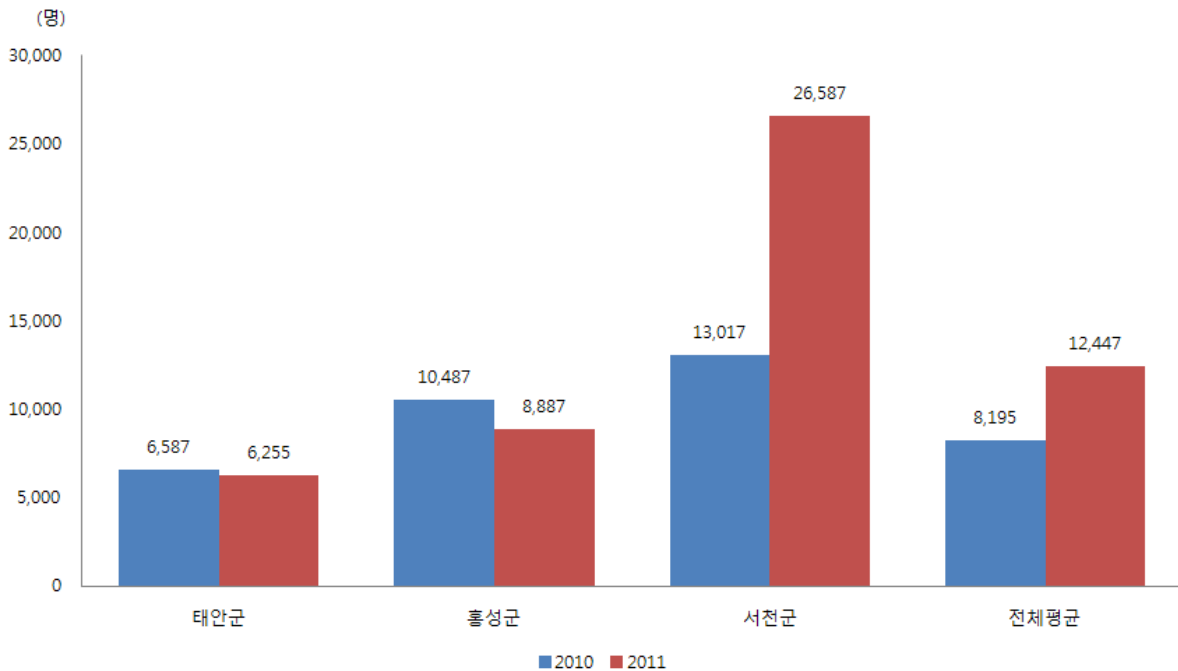


[그림 2-4] 충청남도 갯벌체험마을 분포도

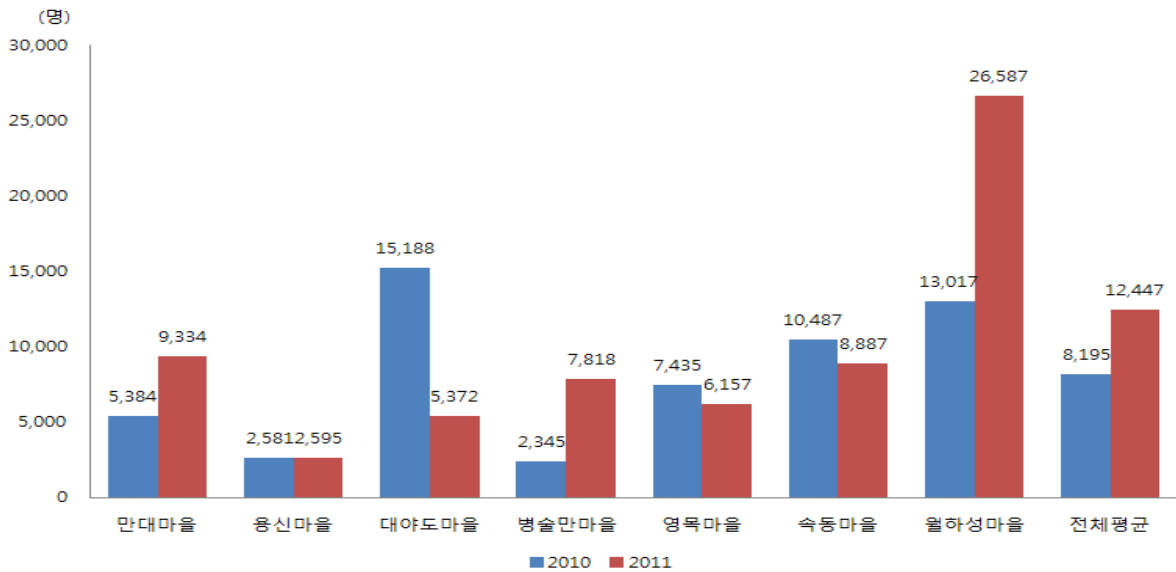
나. 충청남도 갯벌체험의 이용실태

충청남도 갯벌체험은 일정금액의 체험료를 받고 주로 바지락, 맛조개 등을 채취하는 체험프로그램 위주로 운영되고 있다. 이들 지역은 유희형 채취 프로그램에서 점차 지역의 문화를 포함시키거나 교육적인 프로그램의 개발로 전환해 나가고 있다. 특히, 서천군 월하성 체험마을의 경우 많은 체험객이 방문하여 자원고갈 및 어장훼손 등의 경험을 토대로 교육형 프로그램으로 전환을 적극적으로 모색하고 있다. 이는 갯벌을 이용한 채집이 자원고갈로 이어지며, 또한 재방문 시 체험만족도가 낮게 나타나는 양상을 보여주기 때문이다.

갯벌체험객 수는 7개소 운영 중인 마을 간 비교를 위해 2010년과 2011년 실적을 비교하였다. 충청남도의 전체 갯벌체험객 수는 2011년 기준 12,447 명 수준으로 나타났으며, 시군별로는 서천군 26,587 명, 홍성군 8,887명, 태안군 6,255 명으로 조사되었다. 서천군은 월하성에 체험객 수가 집중되는 양상을 보여주고 있는데 이는 맛조개 체험을 토대로 홍보가 잘 이루어졌기 때문이다. 반면, 태안군과 홍성군은 2008년 이후 운영되는 곳이 많아 도시민들에게 잘 알려지지 못한 상태이며, 유사한 바지락 채취 프로그램에 한정되어 있어 체험객수가 많지 않다.



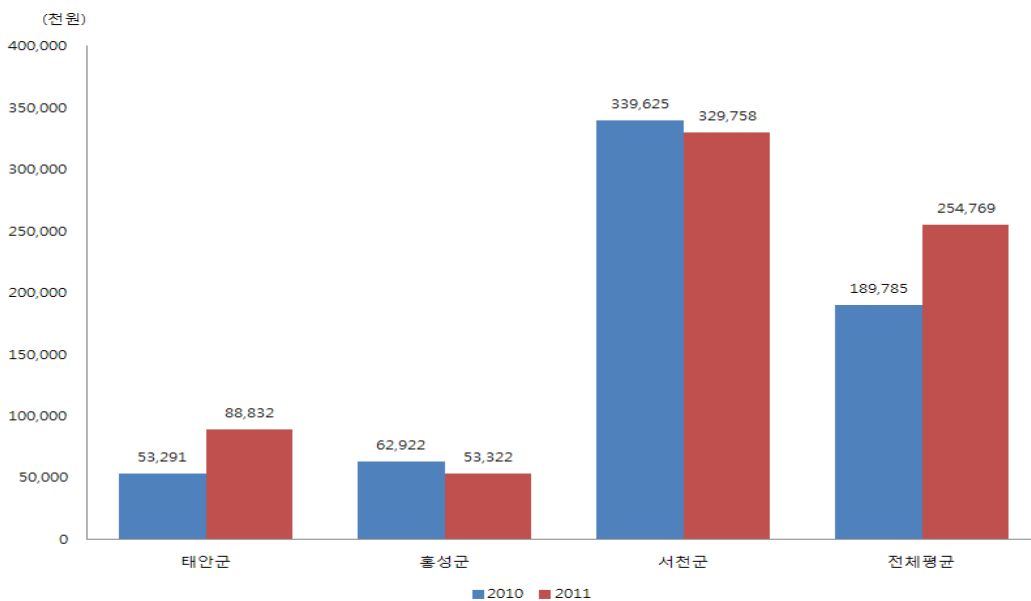
[그림 2-5] 충청남도 시군별 갯벌체험객 수



[그림 2-6] 충청남도 마을별 체험객수

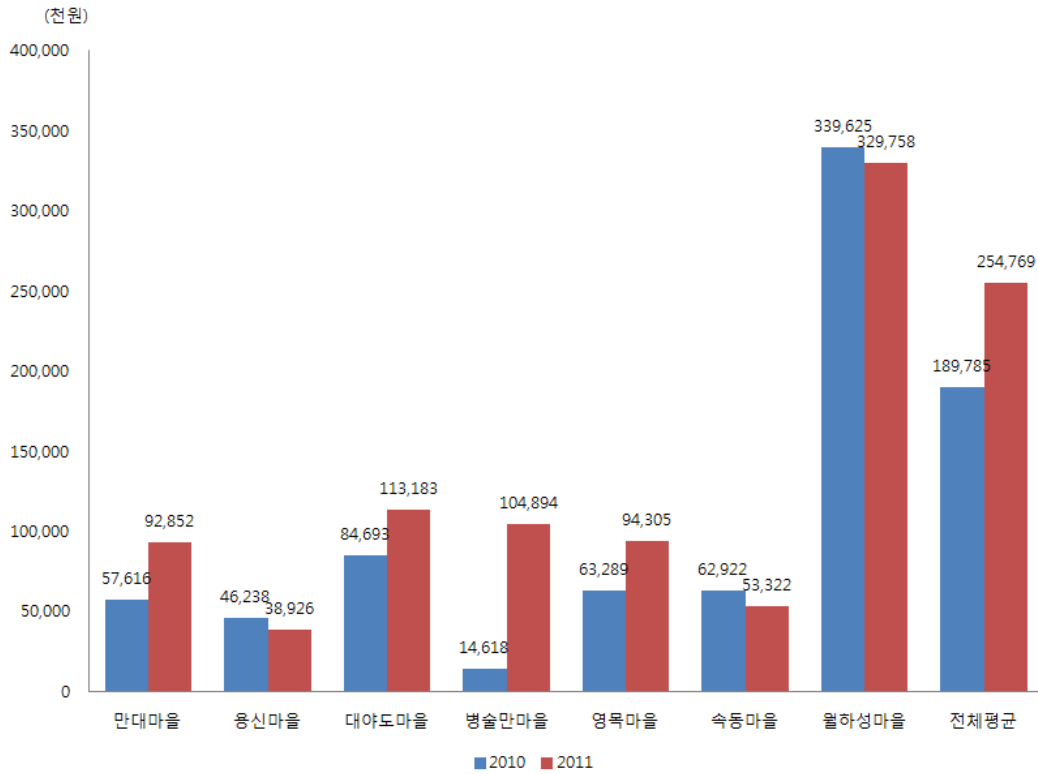
다. 충청남도 갯벌체험 소득

충청남도 갯벌체험 소득은 체험프로그램 이용료, 민박, 식사비, 특산물 판매 등을 집계한 직접적인 체험소득만을 산정하여 검토하였다. 시군별로 2011년 갯벌체험 소득을 살펴보면, 서천군은 329백만 원으로 가장 높았으며, 태안군 88백만 원, 홍성군 53백만 원 순으로 나타났다.



[그림 2-7] 시군별 갯벌체험 직접소득

이를 마을별로 살펴보면, 월하성마을이 329백만 원, 대야도마을 113백만 원, 병술만마을 104백만 원, 영목마을 94백만 원, 만대마을 92백만 원, 속동마을 53백만 원, 용신마을 38백만 원 순으로 나타났다.



[그림 2-8] 마을별 갯벌체험 직접소득

제2절 태안군

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

태안군 어업면허는 크게 양식어업, 마을어업, 정치망어업, 한정어업으로 구분된다. 2011년 말 태안군 전체 어업면허 건수는 521건이며 면적은 5,822ha이다. 면허건수와

면허면적 크기 면에서 태안군 면허어업을 보면 양식어업, 마을어업, 한정어업, 정치망어업 순으로 나타났다.

양식어업 면허건수는 389건이며 양식면적은 3,871ha이다. 태안군 양식어업은 해조류, 패류, 어류, 복합으로 구분되며 해조류 양식면허의 건수와 면적은 각각 19건, 410ha이다. 패류양식 면허건수와 면적은 각각 274건, 2,406ha이며, 어류양식 면허는 각각 81건, 814ha이고 복합양식은 각각 15건 241ha이다. 마을어업 면허건수와 면적은 각각 104건, 1,744ha이고 정치망어업은 각각 5건, 48ha로 나타났다. 한편 태안군의 한정어업은 총 23건, 159ha인데, 이중 양식어업이 10건, 46ha, 마을어업이 12건, 108ha, 정치망어업이 1건, 5ha이다.

[표 2-14] 태안군 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		521	5,822
양식어업	소계	389	3,871
	해조류	19	410
	패류	274	2,406
	어류	81	814
	복합	15	241
마을어업		104	1,744
정치망어업		5	48
한정어업		23	159

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

본 연구에서 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업으로 구분하였다. 따라서 태안군 갯벌어업 면허는 총 434건, 4,955ha로 나타났다. 마을어업을 제외한 패류 양식어업에 있어서 품종별 면허건수 및 면적을 보면 바지락이 93건 1,303ha로 태안군의 주력 품종인 것으로 나타났다. 그 외는 면허면적 측면에서 굴이 477ha이며 가무락이 202ha로 나타났다. 한정어업은 총 22건, 154ha인데, 이중 양식어업이 10건, 46ha, 마을어업이 12건, 108ha이다.

[표 2-15] 태안군 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계		건수	면적	
		434	4,955	
양식어업	소계		308	3,057
	해조류	소계	19	410
		김	5	288
		미역	5	71
		다시마	8	46
		참모자반	1	5
	패류	소계	274	2,406
		굴	81	477
		피조개	6	98
		바지락	93	1,303
		고막	1	20
		가무락	23	202
		백합	5	49
		홍합	1	10
		가리비	3	46
		전복	58	174
		동죽	3	28
		복합	소계	15
	김+바지락		2	55
	굴+바지락		6	103
	전복+미역		1	17
	김+동죽		1	16
	다시마+툫		1	14
툫+미역		4	36	
마을어업		104	1,744	
한정어업		22	154	

주1 : 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합) + 마을어업 + 한정어업

주2 : 여기서 한정어업은 전체 한정어업 중 양식어업(해조류, 패류, 복합)과 마을어업의 합계로 어류 등의 양식어업은 제외

자료 : 충남도청 내부자료

나. 갯벌어업 이용 · 관리 주체

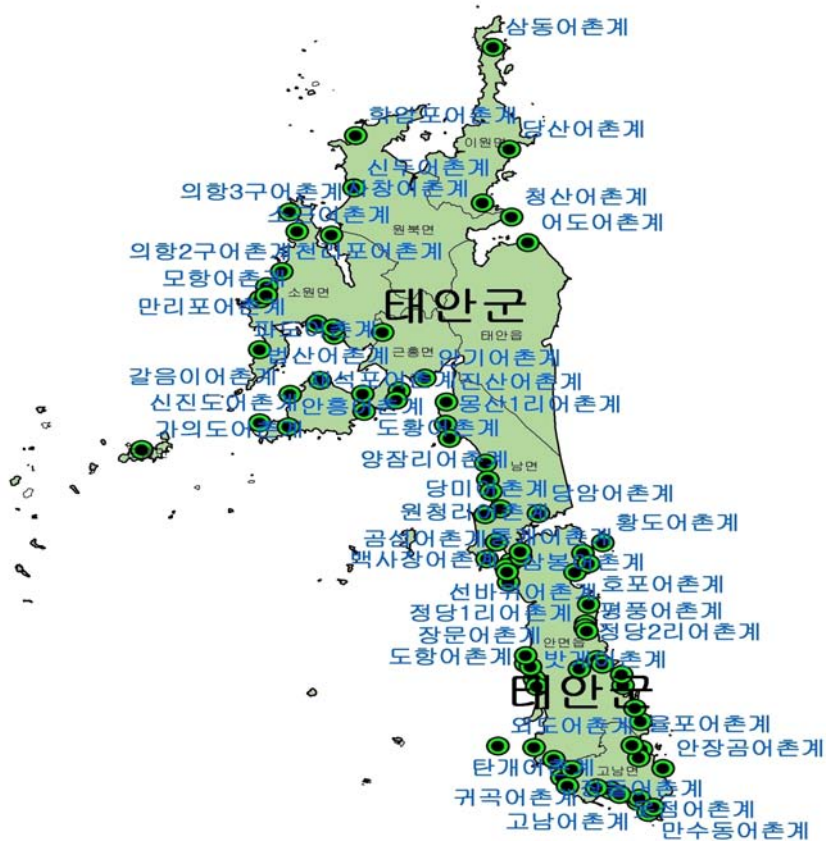
1) 어촌계 현황

태안군에는 8개 읍·면에 총 85개 어촌계가 소재하고 있다. 이들 어촌계를 면별로 살펴보면 태안읍에 1개, 안면읍 29개, 고남면 14개, 남면 11개, 근흥면 11개, 소원면 11개, 원북면 3개, 이원면에 5개 어촌계가 소재하고 있다. 따라서 어장 이용 · 관리의 주체가 되고 있는 어촌계 형성 규모에 따른 발전 가능성 측면에서 안면읍, 고남면, 남면, 소원면은 유리하지만 원북면, 이원면, 태안읍은 다소 불리한 상황이다.

[표 2-16] 태안군 읍·면별 어촌계 현황

읍·면	태안읍	안면읍	고남면	남면	근흥면	소원면	원북면	이원면
어촌계(개)	1	29	14	11	11	11	3	5

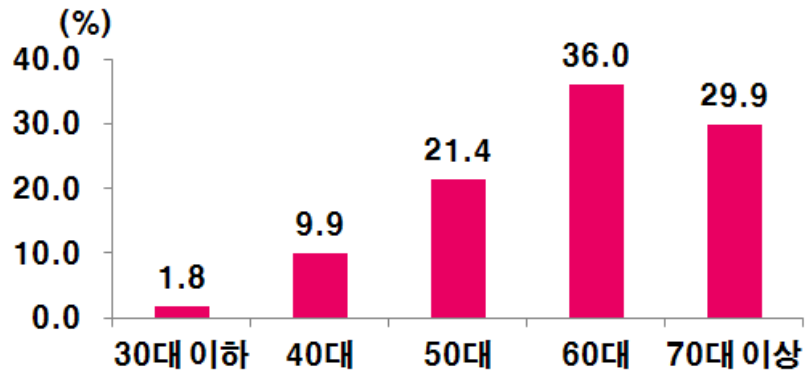
자료 : 태안군청 내부자료



[그림 2-9] 태안군 어촌계 분포도

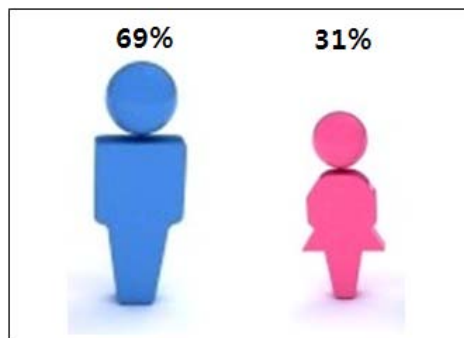
본 연구에서는 갯벌어업을 영위하고 있는 태안군 소재 어촌계를 대상으로 어촌계의 연령분포를 통해서 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위한 설문조사를 실시하였다.¹⁾ 설문결과에 따르면 60대 이상이 65%를 상회하여 태안군 어촌계의 고령화가 상당히 진행되어 젊은 인력 확보가 심각한 문제로 나타났다. 특히 신덕어촌계의 경우 70대 이상인 계원이 65%이며 60대 이상이 95%로 나타나, 고령화 문제가 갯벌어장 생산성 저하의 매우 중요한 요인으로 작용하는 것은 물론 향후 어업 존립 여부를 우려해야 할 실정에 놓여 있는 것으로 조사되었다.

1) 태안군 갯벌어업 실태조사는 태안군 소재 85개 어촌계 중에서 내부 사정 등에 따라 조사에 응하지 않는 어촌계를 제외한 73개 어촌계를 대상으로 실시되었음.



[그림 2-10] 태안군 어촌계 연령분포

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 69%, 여성 31%로 나타났다. 평균적으로는 남성 비율이 높지만 정산포 어촌계와 같은 일부 어촌계에서는 여성 비율이 높으며, 바지락 채취와 같은 갯벌어업 패류 생산에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 2-11] 태안군 어촌계 남녀 비율

2) 어업권 이용·관리 주체

마을어업과 패류양식어업을 중심으로 한 갯벌어장의 이용·관리 주체인 어촌계의 면허건수와 면적을 살펴보면 다음과 같다.

[표 2-17] 태안군 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)	어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)
가의도어촌계	마을어업	2	9.5	안기리어촌계	마을어업	2	12.5
	패류양식	3	15.4		패류양식	5	45
갈음이어촌계	패류양식	5	31	안장곰어촌계	마을어업	1	5
고장동어촌계	패류양식	1	5	안흥어촌계	마을어업	1	6
곰섬어촌계	마을어업	4	38	어도어촌계	마을어업	4	65.7
	패류양식	3	43		패류양식	5	30
구매어촌계	마을어업	1	4	영향어촌계	패류양식	2	17.7
그물목어촌계	마을어업	1	5	웃점어촌계	패류양식	1	30
	패류양식	2	10	외도어촌계	마을어업	2	32
누동1리어촌계	마을어업	2	16		패류양식	2	8
	패류양식	1	2	용신어촌계	마을어업	1	18
누동2.4리어촌계	마을어업	1	17		패류양식	5	83
당미어촌계	패류양식	2	24	원청리어촌계	마을어업	2	12
당산어촌계	마을어업	2	39.5		패류양식	3	32
	패류양식	2	3.5	울포어촌계	마을어업	1	15
당암어촌계	패류양식	1	3	의항2구어촌계	마을어업	4	133
대야도어촌계	마을어업	2	10		패류양식	6	35
	패류양식	1	10	의항3구어촌계	마을어업	1	10
도항어촌계	패류양식	1	4	장곡4리어촌계	패류양식	1	3
도항어촌계	마을어업	3	9	장돌어촌계	마을어업	1	10
	패류양식	4	19		패류양식	5	49
독개어촌계	패류양식	1	5	정당1리어촌계	마을어업	1	20
드르니어촌계	마을어업	1	10	정당2리어촌계	마을어업	2	10.5
	패류양식	2	7	정산포어촌계	패류양식	6	131
라향어촌계	마을어업	2	20	진산어촌계	마을어업	3	67
	패류양식	1	2		패류양식	2	10
마금어촌계	마을어업	1	180	창기1리어촌계	패류양식	1	2
	패류양식	1	11	창기2리어촌계	패류양식	1	20
만수동어촌계	패류양식	1	25	창기3리어촌계	마을어업	1	5
모항2리어촌계	패류양식	3	11	창기4리어촌계	패류양식	2	12
몽산1리어촌	마을어업	5	44.5	창기7리어촌계	패류양식	3	30
	패류양식	1	10	채석포어촌계	마을어업	2	19
몽산포어촌계	마을어업	1	31	천리포어촌계	마을어업	3	10.4168
	패류양식	3	30		패류양식	2	4.49
방포어촌계	마을어업	5	34	청산어촌계	마을어업	1	5
	패류양식	1	2		패류양식	5	55
백사장어촌계	패류양식	1	5	탄개어촌계	패류양식	2	15
법산어촌계	패류양식	5	195	통개어촌계	패류양식	1	3
병술만어촌계	패류양식	2	12	파도리어촌계	마을어업	2	18
사창어촌계	마을어업	5	39.8		패류양식	17	213.45
	패류양식	5	15	평풍어촌계	마을어업	1	15
삼동어촌계	마을어업	4	67	학암포어촌계	마을어업	2	6
	패류양식	18	105		패류양식	6	37.8

[표 2-17] 계속

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)	어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)
삼봉어촌계	패류양식	1	3	호포어촌계	마을어업	3	12.5
소근어촌계	패류양식	3	15	화성어촌계	마을어업	1	5
송현어촌계	패류양식	6	85		패류양식	1	5
신덕어촌계	패류양식	6	73.5	활곡어촌계	마을어업	2	29
신야1리어촌계	마을어업	2	29		패류양식	1	5.4
	패류양식	1	1	황도어촌계	마을어업	1	4
신야2리어촌계	마을어업	5	24.5		패류양식	3	21
	신온마검포어촌계	패류양식	1	10	기타	마을어업	15
마을어업		1	2	패류양식		115	746.94
신진도어촌계	패류양식	1	6				
	마을어업	2	22.8875				
	패류양식	2	7				

주 : 기타는 어촌계 공동관리, 영어조합법인 등임
 자료 : 태안군청 내부자료

한편 실태조사에 따른 갯벌어장에 대한 실제 이용·관리 주체를 직영과 기타로 구분하면 다음과 같다. 실태조사에서 응답된 어촌계 면허 244건 중 대부분은 마을어업과 패류양식에 있어서 어촌계가 직영하는 것으로 나타났다. 직영 방법은 어촌계 공동이용과 계원별 행사로 구분되고 있다. 기타는 어장 임대 등을 포함하는 것으로 추정된다. 실제로 어장 임대는 암암리에 이뤄지고 있기 때문에 조사결과보다 심각한 것으로 추정된다. 특히 해삼·전복의 경우 어촌계가 채취수단을 갖고 있지 못하기 때문에 관리 인력이 충분하지 못한 일부 어촌계에서는 어장을 임대하고 있는 것으로 추정된다.

[표 2-18] 태안군 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	244건(100%)	236건(96%)	9건(4%)
마을어업	92건	86건	6건
패류양식	152건	149건	3건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

태안군에서는 수산자원 조성의 중요성을 인식하여 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있다. 방류사업은 크게 해면어업 방류사업과 갯벌어장(마을어장+양식어장) 방류사업으

로 대별된다. 해면어업 종묘방류 대상품종은 주로 넙치, 대하, 조피볼락, 문치가자미 등으로 나타났다. 하지만 태안군에서는 해면어업 종묘방류에서도 2010년에 갯벌어업의 대상품종인 해삼과 전복을 일부 방류하였다.

[표 2-19] 태안군 연도별 해면어업 종묘방류 실적

단위 : 천 미, 백만 원

구 분	2007		2008		2009		2010		2011	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	32,053	1,661	4,682	2,382	34,964	2,008	27,341	2,213	32,292	1,557
대하	27,253	160			32,320	328	23,948	320	29,203	280
넙치	2,130	831	3,750	1,500	502	293	900	523	1,813	757
꽃게	2,026	301			1,243	328	783	320	804	181
조피볼락	644	369	932	882	831	962	535	400	332	166
문치가자미					68	97	10	100	140	173
말쥐치							312	100		
감성돔							369	150		
전복							172	150		
해삼							312	150		

자료 : 태안군청 내부자료

본 연구사업의 대상해역인 갯벌어장에서는 바지락, 해삼, 전복이 주요 방류어종으로 나타났다. 연도별 방류실적을 살펴보면, 2007년에는 90백만 원이었으나 2010년에는 1,516백만 원으로 증가하였다가 2011년에는 625백만 원으로 감소하였다.

[표 2-20] 태안군 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적

단위 : 천 미, 백만 원

구 분	2007		2008		2009		2010		2011	
	면적(ha)	금액	면적(ha)	금액	면적(ha)	금액	면적(ha)	금액	면적(ha)	금액
합계	29	90	20	50	20	50	472+1식	1,516	256	625
바지락	29	90	20	50	20	50	183	450	0	0
해삼·전복	0	0	0	0	0	0	289	480	256	625
바지락 어장회복	0	0	0	0	0	0	1식 (16개소)	586	0	0

주 : 바지락 어장회복은 종패살포, 패각수거, 모래살포 등임

자료 : 태안군청 내부자료

갯벌어장 방류실적을 해역별로 살펴보면, 2007년에는 고남면과 안면읍 3개 어촌계, 2008년에는 안면읍과 소원면 2개 어촌계, 2009년에는 근흥면과 소원면 2개 어촌계에서

2010년에는 대상해역이 크게 확대되어 이원면, 원북면, 소원면 등 46개 어촌계로 확대되었다. 2011년에는 종묘방류가 다시 축소되어 이원면, 원북면, 소원면 10개 어촌계에 실시되었다. 방류사업비 투자 분담은 주로 어촌계 자담이 20%이며 도비와 군비가 80%인 것으로 나타났다.

[표 2-21] 태안군 종묘방류 해역(어촌계)

단위 : 백만 원

연도	구분	금액	방류해역(어촌계 등)	사업비 분담
2007	바지락	90	고남면, 안면 3개 어촌계(장돌, 창기7리, 황도)	도비 30%, 군비 30%, 자담 40%
2008	바지락	50	안면읍, 소원면 2개 어촌계(대야도, 신덕)	도비 30%, 군비 30%, 자담 40%
2009	바지락	50	근흥면, 소원면 2개 어촌계(용신, 법산)	도비 40%, 군비 40%, 자담 20%
2010	소계	1,516	46개 어촌계	
	바지락	400	17개 어촌계(몽산포, 탄개, 장곡4리 가경주, 만수동, 마금, 창기7리, 황도, 장돌, 곰섬, 원청리, 신진도, 신야2리, 정당1리, 영향, 진산, 활곡)	군비 80%, 자담 20%
		50	3개 어촌계(정산포, 구매, 누동1리)	
	해삼·전복	480	이원면, 원북면, 소원면 10개소(파도, 천리포, 모항, 만리포, 의항2리, 모항2리, 학암포, 삼동 등)	도비 40%, 군비 40%, 자담 20%
바지락 어장회복	586	남면, 안면읍 16개 어촌계(황도, 당암리, 당미, 선바위, 창기2리, 창기3리, 창기 7리, 호포, 정당1리, 정당2리, 그물목, figkd, 평중, 화성, 울포, 대야도)	도비 24%, 군비 56%, 자담 20%	
2011	해삼·전복	625	이원면, 원북면, 소원면 10개소(삼동, 모항, 모항2리, 의항2리, 파도, 천리포 등)	군비 80%, 자담 20%

자료 : 태안군청 내부자료

나. 자원조성 관련 어장환경 개선사업 실적

갯벌어장 자원조성을 위해서 태안군에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2011년에는 약 26억 원의 예산을 투입하여 당암, 진산, 몽산포, 곰섬, 백사장, 삼봉, 창기1리, 창기7리, 통개, 황도, 방포어촌계 등 26개소에서 잡석 채집운반, 폐지주 제거, 어장폐기물 수거, 폐기물 운반, 해상 투석, 어장 평탄화, 모래살포, 경운 등의 어장환경 개선사업을 실시하였다.

[표 2-22] 태안군 어장환경 개선사업 실적(2011년)

예산액(천 원)	어촌계	공종	사업 실적	사업기간
2,599,614	26개소 : 당암, 진산, 몽산포, 곰섬, 백사장, 삼봉, 창기1리, 창기7리, 통개, 황도, 방포, 신야2리, 울포, 옷점, 장돌, 가경주, 고남, 상평, 삼동만대, 의항2구, 소근, 어도, 정산포, 용신, 법산, 파도	잡석채집운반	311m ³	2011.03.25 ~ 2012.02.29
		폐지주제거	7ha	
		어장폐기물수거	65ha	
		폐기물 운반	41.52톤	
		해상투석	7,150m ³	

[표 2-22] 계속

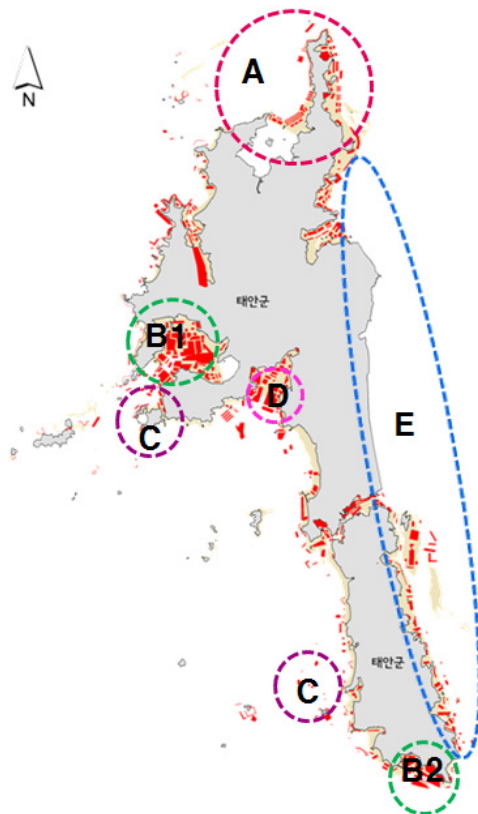
예산액(천 원)	어촌계	공종	사업 실적	사업기간
		어장평탄화	18.6ha	
		폐기물수거	11.13톤	
		어장진입로보강	4,778m ³	
		모래살포	23,441m ³	
		경운(선박)	71.2ha	
		경운(트랙터)	10ha	
		경운(인력)	36.7ha	
		굴종패채집이동	230m ³	
		어장진입로 폐기물 제거	2.77톤	

자료 : 한국어촌어항협회 내부자료

3. 갯벌어장 생산실태

가. 해역별 생산 특성

태안군의 갯벌어업 생산 실태를 살펴보면 해역별 생산 특성에 따라 크게 5개 해역으로 구분할 수 있다.



[그림 2-12] 해역별 갯벌어업 생산 특성

A 지역(원북면 일원)의 경우 삼동어촌계, 신두어촌계 등 굴 생산량이 많은 어촌계가 집중되어 있다. 동 지역은 유류피해 이전부터 굴이 대량으로 생산되는 지역으로서 삼동어촌계는 계속 굴 생산에 집중하고 있지만 신두어촌계의 경우 유류피해 이후 굴 생산이 중단되었다가 2012년부터 다시 굴을 출하할 예정이다. B 지역은 바지락 대량생산지역으로서 B1은 근소만의 바지락 대량생산지역이며 법산어촌계, 파도어촌계, 의항2구어촌계, 정산포어촌계, 마금어촌계 등 바지락 생산에 주력하는 어촌계가 집중되어 있다. B2 지역은 과거 바지락 생산이 많았던 지역이지만 유류피해와 썩 발생 등으로 여전히 바지락 생산량이 회복되지 않은 지역이다. C 지역은 태안군에서 해삼 생산량이 높은 지역으로서 신진도어촌계, 가의도어촌계, 외도어촌계 등이 분포되어 있다. D 지역은 바지락, 가무락, 백합 등 다양한 품종이 생산되지만 생산량은 중간 규모 정도인 지역이다. E 지역(천수만 일원)은 방조제 건설 이후 어장 생산성이 저하되어 갯벌어업 관련 생산이 타 지역에 비해 낮은 지역이다.

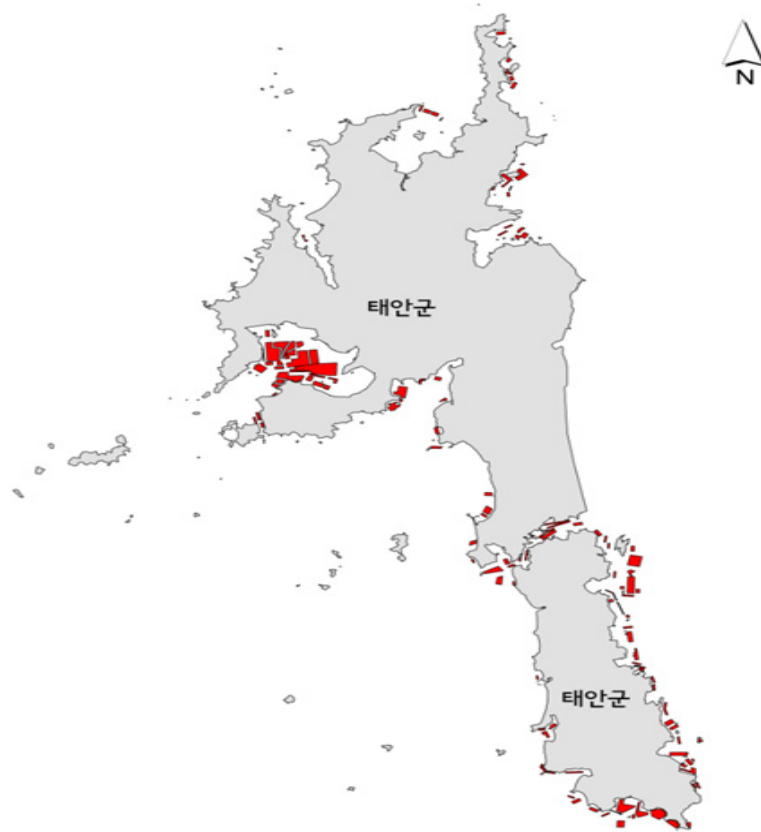
나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 갯벌어업 주요 어종별 생산 해역

태안군 갯벌어장에서 생산되는 주요 어종에는 바지락, 해삼, 전복, 굴, 동죽 등이 있다. 바지락 주요 생산해역은 소원면과 근흥면이 접한 근소만 해역으로서 법산어촌계, 파도어촌계, 정산포어촌계, 마금어촌계 등 바지락 생산에 주력하는 어촌계가 집중되어 있다.

이 중 법산어촌계는 2011년 약 1,571톤, 35.8억 원의 바지락을 생산하였다. 동 지역에서의 바지락 생산은 입찰을 통한 가격 결정, 상인 1일 수요에 맞춘 일별 생산의 형태를 띠고 있다. 파도어촌계는 2011년 1,200톤의 바지락을 생산하였으며 2010년에는 1,644톤을 생산하였다. 동 어촌계에서는 바지락 생산 효율성 증대를 위해서는 바지락 채취의 기계화가 필요하며 우리나라 갯벌에 맞는 채취 기계 개발 및 보급이 이뤄질 것을 희망하고 있다.

한편, 구매어촌계, 장곡어촌계 등이 속한 고남면 또한 과거부터 바지락 생산이 집중된 지역이다. 하지만 유류피해의 영향과 최근 썩의 발생 등으로 인해서 바지락 생산이 2007년에 비해 크게 감소되었다. 충청남도에서 썩 발생으로 인한 바지락 생산 감소 피해가 가장 많은 지역은 보령시인데, 태안군에서는 보령시와 인접한 고남면 지역에서 이러한 문제로 인해서 바지락 생산성이 저하되고 있다.



[그림 2-13] 태안군 바지락 주요 생산해역

그 밖에도 원북면 청산어촌계 등의 갯벌어장에서는 펄의 퇴적이 진행되어 바지락 생산성이 저하되고 있어서 모래살포 및 경운사업을 희망하고 있다. 그리고 천수만 지역은 AB방조제 개방으로 인한 영향으로 어장 생산성이 저하되고 있다고 어업인들은 판단하고 있다.

태안군에서 해삼·전복의 생산은 대부분의 마을어장에서 이뤄지고 있다. 특히 어업생산통계에 따르면 태안지역은 경남 통영에 이어서 전국 시·군에서 2번째로 해삼 생산량이 많은 지역이다. 통영 지역의 해삼 생산은 대부분 수협을 통한 계통판매 위주인 반면, 태안 지역은 사매매 위주이기 때문에 실제 해삼 생산량은 어업생산통계 상의 해삼 생산량 보다 많을 것으로 추정된다. 태안 지역에서의 해삼 채취는 해녀나 잠수기에 의해 이뤄지기 때문에 해삼 작업과 동시에 전복 채취가 이뤄지곤 한다.

태안지역에서 특히 해삼 생산량이 많은 지역은 신진도, 가의도, 외도 지역을 들 수 있다. 이 중 외도는 2011년의 경우 약 2억 원(11톤)을 생산하였고, 2012년 들어서는 약 4억 원(19톤)의 해삼을 생산하였다. 동 어촌계에서는 야간에 해삼 불법 채취하는 다이버의 근절이 시급하므로 이에 대한 대책을 요청하였다. 가의도의 경우 연간 해삼 20톤, 전복

5톤 가량이 생산되고 있다. 한편, 최근 들어 백화현상으로 인해서 전복 생산성이 저하되고 있다. 그리고 동 지역은 60대 이상인 계원이 94%로서 고령화가 심각하게 진행되고 있어서 향후 생산인력 수급에 차질이 예상된다. 태안지역에서 해삼 채취는 주로 해녀나 잠수기 업자를 통해 이루어지고 있다. 어촌계 생산량이 많거나 접근이 용이한 지역은 생산액을 이들과 6:4로 배분하고 있지만 소량생산 등으로 교섭력이 취약한 어촌계에서는 어촌계가 생산액의 50%만을 수취하고 있다.



[그림 2-14] 태안군 해삼·전복 주요 생산해역

굴의 주요 생산해역은 원북면 해역이다. 원북면은 2007년 유류피해 직전에 굴의 대량 생산이 이뤄졌지만 이후부터는 일부 어촌계에서 생산을 중단함으로써 현재까지 생산량이 회복되지 않고 있다. 원북면에서는 삼동어촌계의 생산량 회복이 빠른 편이며, 신두어촌계에서는 아직 생산량 회복이 제대로 이뤄지지 않고 있다. 천수만은 AB방조제 개방으로 굴의 생산성 또한 약화되고 있다. 삼동어촌계의 경우 굴은 수하식으로 생산되며 판매는 개인별 택배 위주로 진행되고 있다. 동 어촌계에서 굴 양식어장은 1인당 400평씩 계원 전원에게 행사되고 있으며 행사료는 무료이다.



[그림 2-15] 태안군 굴 주요 생산해역

그 밖에도 태안지역 갯벌어장에서는 동죽, 가무락, 백합 등이 생산되고 있다. 그러나 대부분의 어촌계에서는 바지락과 해삼·전복은 공동채취 및 공동판매하고 있어서 어촌계 결산을 거치기 때문에 생산 관련 자료를 보유하거나 생산량의 대략적인 파악이 이뤄지고 있다. 반면, 동죽, 가무락, 백합, 낙지 등은 어촌계원들이 개별적으로 생산하고 있어서 어촌계 단위로 생산량 및 금액을 파악하고 있지 않은 실정이다. 즉 어촌계 내에서도 해당 품종의 생산 여부는 알고 있지만 생산량과 생산금액은 제대로 파악하지 못하고 있는 실정이다.

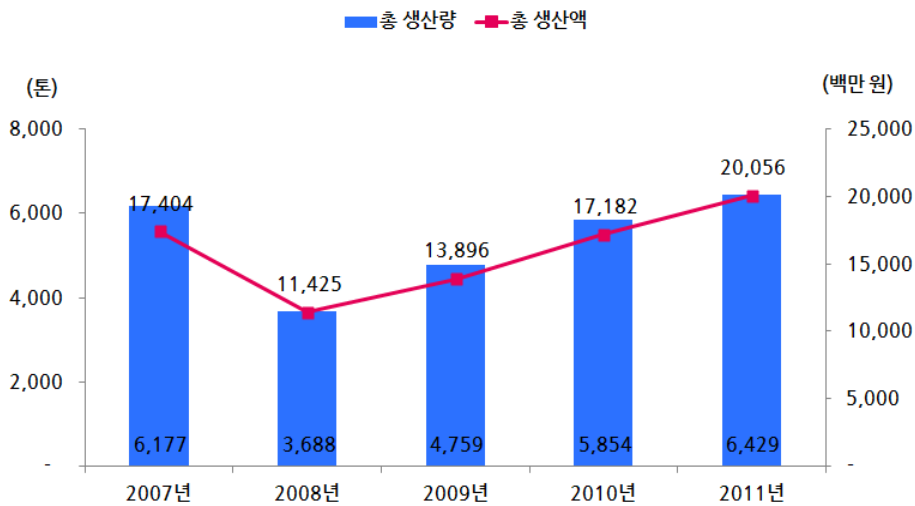
동죽, 가무락 등과 관련하여 안기리어촌계에서는 보유 면허와는 별도로 동죽, 가무락, 백합을 생산하고 있는데, 특히 동 해역은 동죽 자연발생지역에 해당한다. 고장동어촌계는 3년 전에 가무락을 생산한 후 현재는 크기가 작아 상품가치가 낮은 상황이다.

2) 갯벌어업 생산소득 추이

갯벌어업 실태조사에 따른 태안군 소재 어촌계의 갯벌어업 관련 생산동향을 살펴보면

다음과 같다. 동 생산동향은 태안군 소재 총 85개 어촌계 중 실태조사 거부, 생산현황 미 파악 및 자료 부실 어촌계를 제외한 64개 어촌계의 생산자료를 합산한 것이다.²⁾ 동 생산동향에 대한 조사는 생산량 및 금액 자체 보다는 연도별 변화 추이에 초점을 두고 있다.

조사 대상 어촌계의 생산량 변화 추이를 보면 2007년 6,177톤에서 2008년 3,688톤으로 감소한 이후 다시 증가하여 2011년에는 총 6,429톤으로 생산량이 증가하였다. 이것은 태안군 갯벌어장에서 생산량이 가장 많은 바지락의 생산량 변화에 기인하는데, 2007년 발생한 유류피해 직후 생산량이 감소하였다가 정부 및 지자체의 활발한 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 회복 또는 오히려 증가하였기 때문이다. 갯벌어업 관련 생산소득 추이 또한 생산량 변화 추이를 따르고 있는 것으로 나타났다.



[그림 2-16] 태안군 갯벌어업 생산소득 추이

3) 갯벌어업 주요 품종별 생산소득 추이

태안군 갯벌어업의 주요 품종별 생산 동향을 살펴보면 2007년 이전 대비 갯벌어장의 대표적 생산어종인 바지락과 해삼의 생산량은 증가하고 있지만 그 외 품종은 감소한 것으로 나타났다. 이 중 바지락은 2007년 이전에 약 5,318톤이 생산되었으나 2008년 생산량이 3,326톤으로 급감하였다. 이후 바지락 종묘방류, 어장환경 개선사업의 실시 등으로 점차 회복되어 2011년에는 5,669톤을 기록하였다. 해삼 생산량 변화 추이 또한 바지락 생산량 변화와 유사한 모습을 보였다.

반면 굴, 가무락, 동죽 등은 2007년 이전에 비해 생산량이 크게 감소한 것으로 나타났다.

2) 동 자료는 전반적인 생산량 및 생산소득 추이를 나타내는 데에 주안점을 두고 있으며, 어촌계 대표자와의 대면 청취조사 및 지자체 어장관리실태조사서 등을 종합하여 작성한 것임. 바지락 33개 어촌계, 해삼 14개 어촌계, 굴 21개 어촌계, 가무락 8개 어촌계, 동죽 2개 어촌계, 전복 14개 어촌계 생산량을 합산한 것임.

굴의 경우는 원복면 등 굴 대량생산 해역에서의 생산량 회복이 더디게 진행된 결과로 판단되며, 가무락과 동죽은 유류피해 이외에도 펄의 퇴적 및 다양한 해양환경 변화에 기인하는 것으로 어업인들은 판단하고 있다. 생산금액 측면에서는 2007년 이전과 비교하여 바지락 32%, 해삼 23%, 굴 2%로 증가한 반면, 가무락은 -76%, 동죽 -20%, 전복 -51%로 나타났다.

[표 2-23] 태안군 주요 품종별 생산소득 추이

단위 : kg, 백만 원

구분	어촌계수	구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	'07년 대비 증감율
바지락	33	물량	5,318,201	3,326,039	3,923,483	5,093,625	5,669,008	7%
		금액	9,513	7,285	7,599	10,474	12,543	32%
해삼	14	물량	187,644	111,545	161,634	194,588	191,906	2%
		금액	2,610	1,697	2,398	3,080	3,208	23%
굴	21	물량	314,948	130,214	484,786	382,894	248,366	-21%
		금액	3,151	1,585	2,771	2,567	3,228	2%
가무락	8	물량	117,867	20,160	28,693	21,871	37,278	-68%
		금액	449	101	115	85	109	-76%
동죽	2	물량	216,944	89,775	148,619	148,619	155,849	-28%
		금액	474	206	357	357	378	-20%
전복	14	물량	21,478	9,872	12,074	11,943	11,465	-47%
		금액	1,207	547	651	617	587	-51%

제3절 보령시

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

보령시 어업면허는 크게 마을어업, 패류양식어업, 복합어업 등으로 구분된다. 2011년 말 보령시 전체 어업면허 건수는 158건이며 면적은 2,724ha이다. 면허건수와 면허면적 크기 면에서 보령시 면허어업을 보면 마을어업, 해조류양식어업 등의 순으로 나타났다.

양식어업 전체 면허건수는 63건이며 양식면적은 740ha으로 해조류, 패류, 어류, 복합

으로 구분할 수 있다. 마을어업 면허건수와 면적은 각각 67건, 1,602ha이고 정치망어업은 1건에 10ha로 나타났다.

[표 2-24] 보령시 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		158	2,724
양식어업	소계	63	740
	해조류	4	288
	패류	38	251
	어류	17	58
	복합	4	143
마을어업		67	1,602
정치망어업		1	10
한정어업		27	372

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

본 연구에서 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업으로 구분하였다. 따라서 보령시 갯벌어업 면허는 총 136건, 2,650ha로 나타났다. 이 중에서 마을어업 면허가 67건 1,602ha로 대부분을 차지하고 있다.

[표 2-25] 보령시 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계			건수	면적
			136	2,650
양식어업	소계		46	682
	해조류	소계	4	288
		김	3	252
		미역	1	36
	패류	소계	38	251
		가리비	2	7
		새고막	1	10
		굴(바닥식)	1	5
		바지락	5	71
		전복	27	150
		소계	4	143
	복합	김+바지락	3	123
		바지락+굴	1	20
소계		4	143	
마을어업			67	1,602
한정어업			23	366

주1 : 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합) + 마을어업 + 한정어업

주2 : 여기서 한정어업은 전체 한정어업 중 양식어업(해조류, 패류, 복합)과 마을어업의 합계로 어류 등의 양식어업은 제외

자료 : 충남도청 내부자료

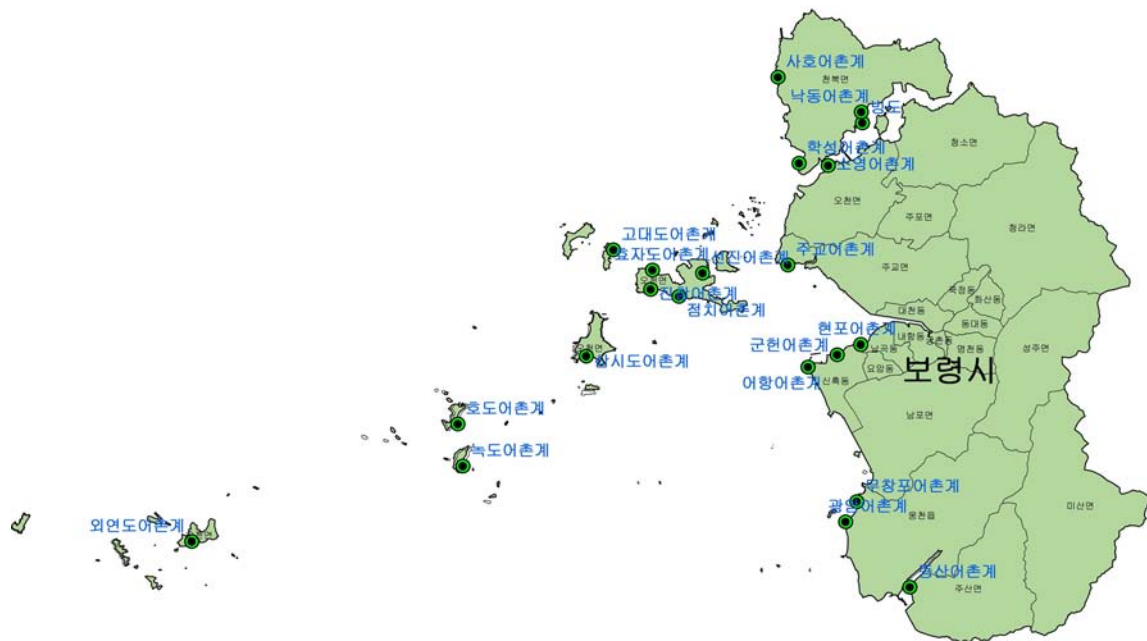
나. 갯벌어업 이용·관리 주체

1) 어촌계 현황

보령시에는 5개 읍·면에 총 20개 어촌계가 소재하고 있다. 이들 어촌계를 면별로 살펴보면 신희동에 3개, 오천면 12개, 웅천읍 1개, 주교면 1개, 천북면에 3개 어촌계가 소재하고 있다.

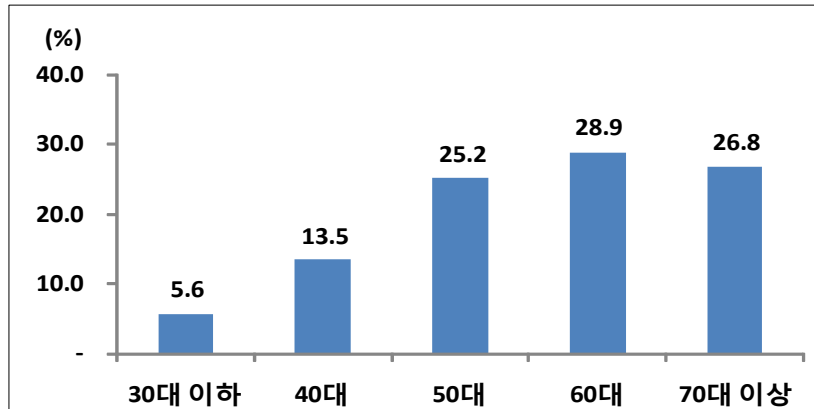
[표 2-26] 보령시 읍·면별 어촌계 현황

읍·면	신희동	오천면	웅천읍	주교면	천북면
어촌계(개)	3	12	1	1	3



[그림 2-17] 보령시 어촌계 분포도

보령시 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위해 설문조사를 실시한 결과에 60대 이상이 전체 계원수의 약 55%를 차지하는 것으로 나타났다. 반면 40대 이하의 젊은 인력은 20% 미만으로 보령시 어촌계도 다른 어촌계와 마찬가지로 고령화가 상당히 진행된 것으로 조사되었다.



[그림 2-18] 보령시 어촌계 연령분포

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 55%, 여성 45%로 비슷한 수준을 보이고 있다.

2) 어업권 이용·관리 주체

보령시의 20개 어촌계의 면허건수 및 면적을 살펴보면 보통 마을어업 중심으로 생산이 이루어지고 있으며, 주생산 품목으로는 바지락, 해삼, 전복으로 나타났다. 특히 녹도, 삼시도, 장고도, 점치, 주교, 진창 어촌계의 경우 마을면허 면적만 100ha가 넘는 것으로 조사되었다.

[표 2-27] 보령시 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)	대상품종
고대도어촌계	마을어업	3	73.5	바지락, 해삼, 전복
	패류양식	1	2.5	전복
군현어촌계	마을어업	2	50	가무락, 바지락
낙동어촌계	마을어업	1	3	바지락
녹도어촌계	마을어업	7	116	개조개, 해삼, 전복
	패류양식	2	21	전복
무창포어촌계	마을어업	7	116	개조개, 해삼, 전복
	패류양식	3	55	바지락
사호어촌계	마을어업	8	53	바지락
삼시도어촌계	마을어업	6	243	바지락, 해삼, 전복
	패류양식	3	12	바지락, 전복
선진어촌계	마을어업	4	37	가무락, 바지락, 해삼, 전복
소영어촌계	마을어업	2	2.6	바지락
어항어촌계	마을어업	1	3	바지락
외연도어촌계	마을어업	8	90.5	해삼, 전복
	패류양식	13	80.8	전복
육소어촌계	마을어업	3	21	바지락, 해삼, 전복
	패류양식	1	6	바지락

[표 2-27] 계속

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)	대상품종
장고도어촌계	마을어업	9	360	바지락, 해삼, 전복
	패류양식	3	7.5	가리비, 전복
점치어촌계	마을어업	8	289	가무락, 바지락, 새조개, 해삼, 전복
	패류양식	1	1	전복
주교어촌계	마을어업	1	138	바지락
진창어촌계	마을어업	6	239	가무락, 새조개, 해삼, 전복
	패류양식	2	7	굴, 전복
학성어촌계	마을어업	1	5	바지락
현포어촌계	마을어업	2	20	바지락
호도어촌계	마을어업	7	93	바지락, 해삼, 전복
효자도어촌계	마을어업	4	32	바지락, 해삼, 전복

갯벌어업 관련 어업권 이용·관리 주체는 다음과 같다. 대부분의 어촌계에서 마을어업과 패류양식에 있어서 어촌계가 직영하는 것으로 나타났다. 직영 방법은 어촌계 공동이용과 계원별 행사로 구분되고 있다. 기타는 어장 임대 등을 포함하는 것으로 추정된다. 실제로 어장 임대는 암암리에 이뤄지고 있기 때문에 조사결과보다 더 많은 것으로 추정된다. 특히 해삼·전복의 경우 어촌계가 채취수단을 갖고 있지 못하기 때문에 관리인력이 충분하지 못한 어촌계에서는 어장을 임대하고 있는 것으로 추정된다.

[표 2-28] 보령시 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	166건(100%)	163건(98%)	3건(2%)
마을어업	137건	134건	3건
패류양식	29건	29건	0건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

보령시는 수산자원 조성의 중요성을 인식 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 하지만 현재 방류되고 있는 어종을 살펴보면 대부분 어류 위주로 방류되고 있으며 갯벌에 서식하는 패류의 방류는 이루어지지 않고 있다. 한편 해삼의 경우 매년 방류실적이 확대되고 있는 실정으로 2011년 현재 약 567천 미가 방류된 것으로 조사되었다.

[표 2-29] 보령시 연도별 종묘방류 실적

단위 : 천 미, 천 원

구 분	'08		'09		'10		'11	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	3,697	1,176,704	1,811	572,000	14,885	871,432	11,667	704,706
넙치	1,172	401,764	253	100,000	489	197,632	542	155,200
조피볼락	790	328,880	247	100,000	389	135,700	266	93,000
해삼	196	58,500	294	100,000	322	172,300	567	285,498
꽃게	-	-	606	100,000	605	126,800	26	5,469
쥐치	-	-	141	72,000	200	98,000		
감성돔	624	175,500	270	100,000	-	-		
참게	204	25,160	-	-	75	18,000		
대하	-	-	-	-	11,555	105,000	10,000	88,000
참돔	711	186,900	-	-	-	-	266	77,539
다슬기	-	-	-	-	1,250	18,000		

자료 : 보령시청 내부자료

[표 2-30] 보령시 종묘방류 해역

단위 : 천 미, 천 원

구 분	'11		방류해역 (어촌계 등)
	물량	금액	
합계	11,667	704,706	
해삼	567	285,498	호도, 녹도, 외연도
넙치	542	155,200	무창포, 삼시도, 장고도
조피볼락	266	93,000	삼시도, 육소
대하	10,000	88,000	무창포, 천수만
참돔	266	77,539	대천해수욕장(다보도)
꽃게	26	5,469	원산도

자료 : 보령시청 내부자료

한편 수산종묘방류 사업 외 바지락 종패구입 지원, 소규모바다목장 사업 등을 통한 주요 갯벌 어종의 방류실적을 살펴보면 다음과 같다. 2008년에는 총 186백만 원 정도의 해삼, 바지락 종묘가 삼시도, 진창, 선진, 육소 5개 어촌계 살포되었다. 가장 최근인 2011년에는 총 518백만 원 정도의 해삼, 바지락 종묘가 장고도, 고대도, 효자도, 삼시도, 사호, 주교 6개 어촌계에 살포되었다.

[표 2-31] 보령시 갯벌어장 자원조성 실적

단위 : 백만 원

연도	품종	금액	방류해역	사업비 분담	비고(사업명)
2008년	소계	186	5개 어촌계		
	해삼	59		국비 70%, 도비 15%, 시비 15%	수산종묘매입방류
	바지락	50	삼시도	도비 30%, 시비 30%, 자담 40%	바지락 명품단지 조성
	바지락	30	진창	도비 50%, 시비 30%, 자담 20%	바지락종패구입
	바지락	47	효자도, 선진, 육소	시비 100%	발전소 주변지역 지원
2009년	소계	226	4개 어촌계		
	해삼	100		국비 70%, 도비 15%, 시비 15%	수산종묘매입방류
	해삼	46		국비 50%, 도비 15%, 시비 35%	소규모바다목장
	바지락	50	육소, 점치, 장고도	도비 40%, 시비 40%, 자담 20%	바지락종패구입
	바지락	30	삼시도	도비 30%, 시비 30%, 자담 40%	바지락 명품단지 조성
2010년	소계	265	3개 어촌계		
	해삼	172		국비 70%, 도비 15%, 시비 15%	수산종묘매입방류
	전복	43	외연도	국비 50%, 도비 15%, 시비 35%	소규모바다목장
	바지락	50	선진, 장고도	도비 40%, 시비 40%, 자담 20%	바지락종패구입
2011년	소계	518			
	해삼	286		국비 70%, 도비 15%, 시비 15%	패류 종패구입
	해삼	91	장고도	시비 100%	해삼양식단지 조성
	바지락	100	고대도, 효자도, 삼시도, 사호	도비 30%, 시비 50%, 자담 20%	바지락종패구입
	바지락	41	주교	도비 24%, 시비 56%, 자담 20%	바지락 어장 회복

자료 : 보령시청 내부자료

나. 자원조성 관련 어장환경 개선사업 실적

수산종묘 방류사업과 함께 보령시에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2011년에는 총 10억 원의 예산으로 효자도, 점치, 선진, 주교 등에 투석작업, 어장바닥경운, 쪽류 제거, 모래살포 등의 어장환경 개선 사업을 실시하였다. 특히 2010년 갑자기 발생한 폭우로 인해 피해가 극심한 주교 어촌계에 어장바닥 경운 및 쪽류 제거작업이 이루어졌다.

[표 2-32] 보령시 어장환경 개선사업 실적(2011년)

예산(천 원)	어촌계(어업면허)	공종	사업 실적	사업기간
1,041,473	효자도(보령마을 제73호)	투석작업	1,707.5m ³	2011.10.26 ~ 2012.02.16
	점치(보령마을 제44호)	투석작업	1,715.2m ³	
	선진(보령마을 제135호)	투석작업	1,882.1m ³	
	진창	투석작업	1,807.6m ³	
	주교(보령마을 제85호)	어장바닥경운	39.8ha	
		쪽류 제거	622.0kg	
		어장진입로 사리부설작업	437.0m ³	

[표 2-32] 계속

예산(천 원)	어촌계(어업면허)	공종	사업 실적	사업기간
	무창포(보령마을 제77호, 제171호)	사석 정리	2,973.9m ²	
	사호(보령마을 제127호)	모래살포	703.0m ²	
	현포(보령마을 제98호)	모래살포	814.4m ²	
	군현(보령마을 제104호)	자갈살포	878.4m ²	
	낙동(보령마을 제129호)	모래살포	445.5m ²	
	소영(보령마을 제107호)	모래살포	466.1m ²	

자료 : 한국어촌어항협회 내부자료

3. 갯벌어장 생산실태

가. 해역별 생산 특성

보령시의 해역별 생산현황을 살펴보면 크게 2가지의 특징을 보이고 있다. 먼저 아래 그림에서 보이는 A 지역의 경우 오천면 일대로 모두 12개의 어촌계가 집중되어 있다.



[그림 2-19] 보령시 해역별 특성

이들 12개 어촌계의 경우 육지가 아닌 섬에 위치해 있어 바지락과 같은 패류 보다는 해삼과 전복의 생산이 많이 이루어지는 것으로 조사되었다. B 지역의 경우 주교지역으로 우리나라 최대 바지락 생산지라고 할 수 있다. 그러나 2010년 갑자기 속이 발생하여 대량으로 폐사하여 극심한 피해를 입었다. 문제는 주교 지역이 우리나라 최대 바지락 종패 생산지로 속에 의한 피해가 발생함에 따라 바지락 종패 수급에 악영향을 주고 있다.

나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 어촌계별 주요 생산실태

보령시 어촌계 주요 생산실태를 살펴보면 바지락, 가무락 같은 어종의 경우 대부분 맨손으로 채취하고 있다. 반면 해삼, 전복 등 수심이 깊은 곳에 서식하는 품종의 경우 잠수기를 통해 채취하고 있는 것으로 조사되었다. 판매 방법의 경우 대부분 개인 상인이나, 인근 상회 등에 사매매를 통해 거래하고 있는 것으로 조사되었다.

[표 2-33] 보령시 어촌계별 주요 생산실태

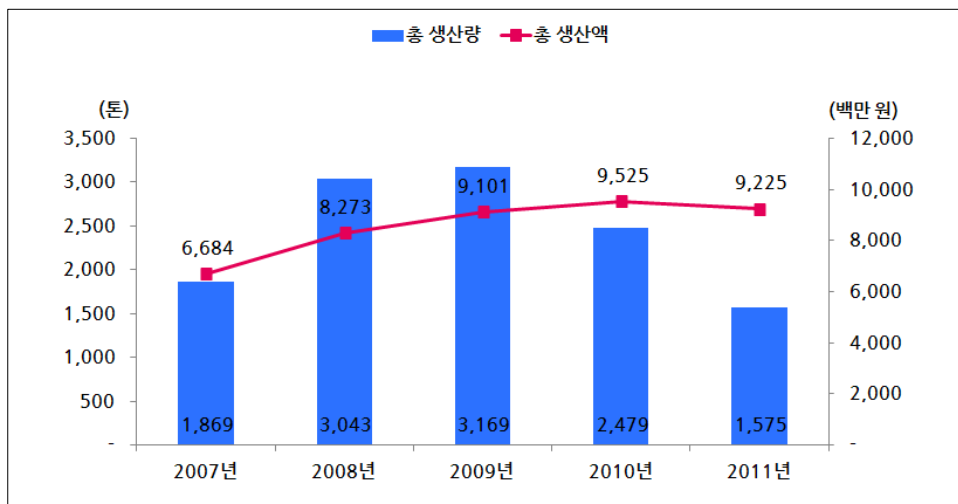
어촌계	어업종류	주요 품종	생산방법	채취방법	판매방법
고대도어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	전복	살포식	잠수기	사매매
군현어촌계	마을어업	가무락, 바지락	살포식	맨손	사매매
낙동어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
녹도어촌계	마을어업	개조개, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	전복	살포식	잠수기	사매매
무창포어촌계	마을어업	개조개, 해삼, 전복	살포식	잠수기	사매매
	패류양식	바지락	살포식	맨손	사매매
사호어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
삽시도어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	바지락, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
선진어촌계	마을어업	가무락, 바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
소영어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
어항어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
외연도어촌계	마을어업	해삼, 전복	살포식	잠수기	사매매
	패류양식	전복	살포식	잠수기	사매매
육소어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	바지락	살포식	맨손	사매매
장고도어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	가리비, 전복	살포식	잠수기	사매매

[표 2-33] 계속

어촌계	어업종류	주요 품종	생산방법	채취방법	판매방법
점치어촌계	마을어업	가무락, 바지락, 새조개, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	전복	살포식	잠수기	사매매
주교어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
진창어촌계	마을어업	가무락, 새조개, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
	패류양식	굴, 전복	살포식	잠수기	사매매
학성어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
현포어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
호도어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매
효자도어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손 및 잠수기	사매매

2) 갯벌어업 평균 생산소득 추이

보령시 전체 어촌계의 평균 생산 동향을 살펴보면 생산액은 지속적 증가세를 보이는 반면 생산량은 소폭 감소세를 보이고 있다. 생산액의 경우 2007년 6,684백만 원에서 2011년 9,225백만 원으로 지속적으로 증가하였는데 이는 최근 수산물 가격 상승에 기인한다 하겠다. 반면 생산량은 2009년을 기점으로 감소하고 있으며 특히 2011년의 경우 1,575톤으로 2009년 대비 50% 이상 감소한 것으로 조사되었다. 이는 바지락 생산 감소에 기인하는 것으로 특히 폭이 본격적으로 발생한 2010년 이후 크게 감소하였다.



[그림 2-20] 보령시 갯벌어업 어촌계 생산소득 추이

3) 갯벌어업 품종별 생산소득 추이

품종별 생산 동향을 살펴보면 대부분 품종의 생산량이 감소하고 있다.

[표 2-34] 보령시 주요 어종별 생산소득 추이

단위 : kg, 백만 원

품종별	어촌계수	구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	'07년 대비 증감율
가리비	2	물량	3,250	1,500	5,000	-	2,167	△33.3%
		금액	16	9	23	-	11	△33.3%
가무락	4	물량	-	-	-	4,200	7,000	-
		금액	-	-	-	22	56	-
개조개	1	물량	-	-	6,720	22,331	14,525	-
		금액	-	-	27	136	81	-
굴	2	물량	10,000	5,000	3,000	5,000	2,000	△80.0%
		금액	60	29	45	65	30	△50.0%
바지락	18	물량	1,553,293	2,662,362	2,842,538	2,102,609	1,191,865	△23.3%
		금액	3,234	4,355	5,653	5,197	3,760	16.3%
새조개	3	물량	27,825	20,700	22,950	15,300	1,317	△95.3%
		금액	127	152	224	148	15	△88.2%
전복	12	물량	13,018	14,387	11,950	11,021	13,508	3.8%
		금액	623	776	568	469	700	12.5%
해삼	12	물량	261,502	338,859	276,590	318,371	342,458	31.0%
		금액	2,626	2,952	2,561	3,487	4,572	74.1%

특히 바지락의 경우 2009년 생산량이 약 1,553톤에 달했으나 2010년 폭이 발생하기 시작함으로써 생산량이 감소하여 2011년 생산량이 약 1,192톤으로 2010년 대비 50% 이상 감소하였다. 이외에도 새조개와 굴 생산이 크게 감소한 것으로 조사되었다. 반면 해삼의 경우 2007년 이후 지속적으로 20만 톤 이상의 생산을 보이고 있다.

제4절 서산시

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

2011년 말 서산시 어업면허는 모두 131건이며 면적은 1,505ha이다. 상당 부분이 양식 어업으로 114건, 1,242ha이고, 마을어업 7건, 176ha와 한정어업 10건, 87ha가 있다. 양식 어업 중에서는 패류가 96건, 954ha로 80% 가까운 면적을 차지한다. 그리고 어류도 12건 149ha로 비교적 많은 편이다.

[표 2-35] 서산시 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		131	1,505
양식어업	소계	114	1,242
	해조류	3	66
	패류	96	954
	어류	12	150
	복합	3	72
마을어업		7	176
한정어업		10	87

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

갯벌어업은 양식어업 중 패류, 해조류, 복합과 마을어업, 한정어업 중 어류를 제외한 부분이 해당하는데 서산시에서는 118건, 1,349ha로 거의 대부분을 차지하고 있다. 서산시는 갯벌이 발달하여 갯벌을 이용한 어업이 많음을 알 수 있다. 패류 중 굴이 50건, 289ha이고 바지락이 34건, 603ha로 이들 두 품목이 서산시의 주력 품종이다. 굴은 투석식이 21건, 151ha이고 간이수하식이 29건, 138ha로 다른 지역에 비해 간이수하식 방법으로 많이 양식한다.

[표 2-36] 서산시 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계			건수	면적	
			118	1349.5	
양식어업	소계		102	1092	
	해조류	소계	3	66	
		미역	3	66	
	패류	소계	96	954	
		굴	50	289	
		바지락	34	603	
		가무락	10	58	
		홍합	1	3	
		전복	1	1	
		복합	3	72	
	복합	굴+바지락	3	72	
	마을어업			7	176
	한정어업			9	81.5

주1 : 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합) + 마을어업 + 한정어업

주2 : 여기서 한정어업은 전체 한정어업 중 양식어업(해조류, 패류, 복합)과 마을어업의 합계로 어류 등의 양식어업은 제외

자료 : 서산시청 내부자료

나. 갯벌어업 이용·관리 주체

1) 어촌계 현황

서산시에는 4개 읍·면에 총 16개 어촌계가 소재하고 있다. 이들 어촌계를 면별로 살펴보면 지곡면 6개, 대산읍 5개로 비중이 크고 팔봉면 3개, 부석면 2개가 있다. 지곡면, 대산읍, 팔봉면의 어촌계는 대부분 가로림만에 있는 어촌계이고, 부석면은 천수만에 있는 어촌계이다.

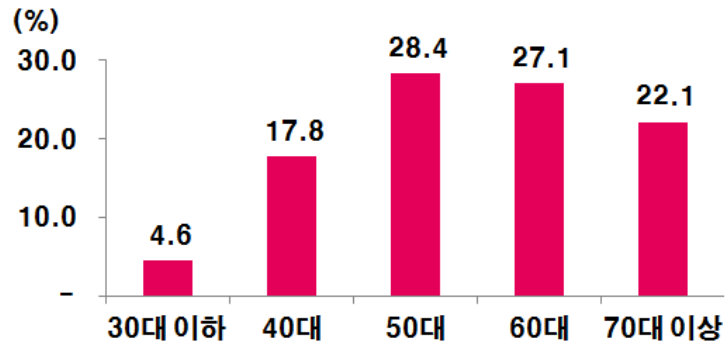
[표 2-37] 서산시 읍·면별 어촌계 현황

읍·면	대산읍	부석면	지곡면	팔봉면
어촌계(개)	5	2	6	3

자료 : 서산시청 내부자료



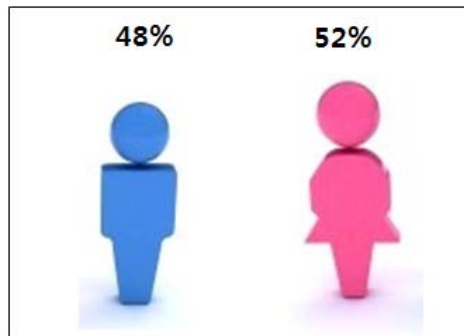
[그림 2-21] 서산시 어촌계 분포도



[그림 2-22] 서산시 어촌계 연령분포

본 연구에서는 갯벌어업을 영위하고 있는 어촌계를 대상으로 어촌계의 연령분포를 통해서 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위한 설문조사를 실시하였다. 설문결과에 따르면 60대 이상이 49%로 나타나 다른 지역에 비해서는 상대적으로 고령화 정도가 낮은 것으로 나타났다.

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 48%, 여성 52%로 나타나 여성이 약간 더 많다. 바지락 채취와 같은 갯벌어업 패류 생산에서는 여성이 더 많은 역할을 담당하고 있다.



[그림 2-23] 서산시 어촌계 남녀 비율

2) 어업권 이용·관리 주체

한정면허 여부를 불문하고 마을어업, 패류양식어업, 복합어업을 중심으로 한 갯벌어장의 이용·관리 주체인 어촌계의 면허건수와 면적을 살펴보면 다음과 같다.

[표 2-38] 서산시 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)
가느실어촌계	마을어업	1	8
	패류양식	2	33
가로림어촌계	마을어업	1	10
	패류양식	6	35
간월도어촌계	마을어업	1	120
	패류양식	5	170
고파도어촌계	패류양식	7	39
노룡어촌계	패류양식	2	7
대로어촌계	패류양식	2	24
대영어촌계	패류양식	1	5
대일어촌계	패류양식	1	5
도성어촌계	마을어업	1	11
	패류양식	6	68
오지어촌계	패류양식	15	119
왕산어촌계	패류양식	7	60
웅도어촌계	마을어업	1	12
	패류양식	11	76
	복합양식	2	30
중왕어촌계	패류양식	9	130
	복합양식	1	42
팔봉어촌계	마을어업	2	15
	패류양식	11	152
화곡어촌계	패류양식	1	1.5

자료 : 서산시청 내부자료

한편 실태조사에 따른 갯벌어장에 대한 실제 이용·관리 주체를 직영과 기타로 구분하면 다음과 같다. 대부분의 어촌계는 마을어업과 패류양식에 있어서 어촌계가 직영하는 것으로 나타났다. 직영 방법은 어촌계 공동이용과 계원별 행사로 구분되고 있다. 기타는 어장 임대 등을 포함하는 것으로 추정된다.

[표 2-39] 서산시 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	96건(100%)	95건(99%)	1건(1%)
마을어업	3건	3건	0건
패류양식	93건	92건	1건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

서산시에서는 수산자원 조성의 중요성을 인식하여 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 방류사업은 크게 해면어업 방류사업과 갯벌어장 방류사업으로 대별된다. 본 연구사업의 대상해역인 갯벌어장에서는 바지락이 방류어종으로 나타났다. 연도별 방류실적은 다음과 같다. 2007년에는 방류사업 실적이 없었다가 2008년 이후 지속적으로 수행되고 있으며 2010년에는 방류사업에 바지락 명품단지 사업이 추가되었고 2011년에는 바지락 어장회복 사업이 추가되었다.

[표 2-40] 서산시 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적

단위 : ha, 백만 원

구 분	2007		2008		2009		2010		2011	
	면적	금액	면적	금액	면적	금액	면적	금액	면적	금액
합계			111.5	55	126.5	40	189.5	123	434.5	866
바지락			111.5	55	126.5	40	161.5	24	21.5	80
바지락 명품단지							28	99	28	100
바지락 어장회복									385	686

주 : 바지락 어장회복은 종패살포, 패각수거, 모래살포 등임
 자료 : 서산시청 내부자료

[표 2-41] 서산시 종묘방류 해역(어촌계)

단위 : 백만 원

연도	구 분	금액	방류해역(어촌계 등)	사업비 부담
2007				
2008	바지락	55	가로림만, 천수만 (어촌계: 오지, 대로, 화곡, 가느실, 중왕, 노룡, 간월도)	도비 24% 시비 56% 자담 20%
2009	바지락	40	가로림만, 천수만 (어촌계: 화곡, 가느실, 도성, 노룡, 간월도)	도비 40% 시비 40% 자담 20%
2009	바지락	24	가로림만, 천수만 (어촌계: 화곡, 팔봉, 간월도)	도비 40% 시비 40% 자담 20%
	바지락 명품단지	99	가로림만(어촌계: 중왕)	도비 40% 시비 40% 자담 20%
2011	바지락	80	가로림만 (수산업경영인연합회, 어촌계: 화곡, 오지)	도비 30% 시비 50% 자담 20%
	바지락 명품단지	100	가로림만(어촌계: 중왕)	도비 30% 시비 50% 자담 20%
	바지락 어장회복	686	가로림만, 천수만 (어촌계: 간월도, 팔봉, 중왕, 도성, 왕산, 응도, 오지)	도비 24% 시비 56% 자담 20%

자료 : 서산시청 내부자료

방류해역은 해마다 조금씩 차이가 있으며 바지락 명품단지 사업은 가로림만의 중왕 어촌계를 대상으로 수행되었다. 그리고 바지락 어장회복 사업은 간월도, 팔봉, 중왕, 도성, 왕산, 응도, 오지의 7개 어촌계 어장에서 진행되었다.

나. 자원조성 관련 어장환경 개선사업 실적

갯벌어장 자원조성을 위해서 서산시에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2011년에는 약 3억 원의 예산을 투입하여 가로림만의 7개소에 대해 고철, 폐합성수지 등의 폐기물을 수거하는 어장환경 개선사업을 실시하였다.

[표 2-42] 서산시 어장환경 개선사업 실적(2011년)

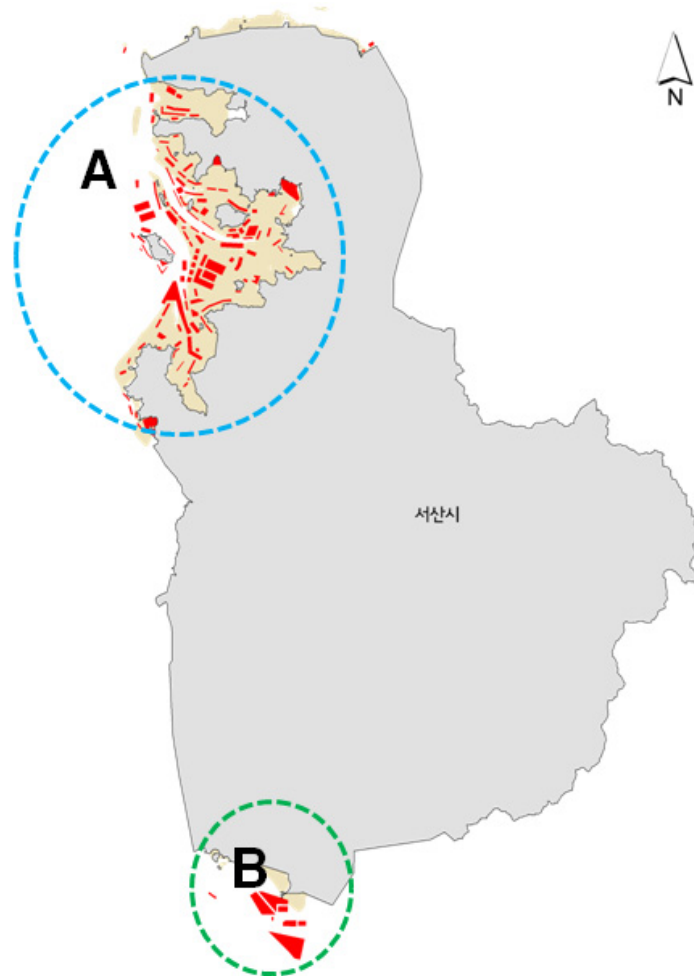
예산액(천 원)	어촌계	공종	사업 실적	사업기간
294,449	7개소 : 응도, 도성, 왕산, 중왕(222호), 중왕(223호), 팔봉, 오지 1,2	고철, 폐합성수지 등 폐기물 수거	335ha, 180.31톤 수거	2011.06.08 ~ 2011.11.30

3. 갯벌어장 생산실태

가. 해역별 생산 특성

서산시의 갯벌어업 생산 실태를 살펴보면 크게 특징별로 크게 2개 해역으로 구분할 수 있다.

A 지역(가로림만 일대)은 서산시의 갯벌어장이 집중되어 있으며 14개 어촌계가 분포한다. 여기는 생산성이 양호한 어장이 많고 굴과 바지락 생산량이 많다. B 지역(천수만 일대)은 간월도어촌계가 있는 곳으로 주로 바지락이 생산되고 있으나 AB 방조제 건설로 갯벌 생산성이 많이 저하되었다.



[그림 2-24] 해역별 갯벌어업 생산 특성

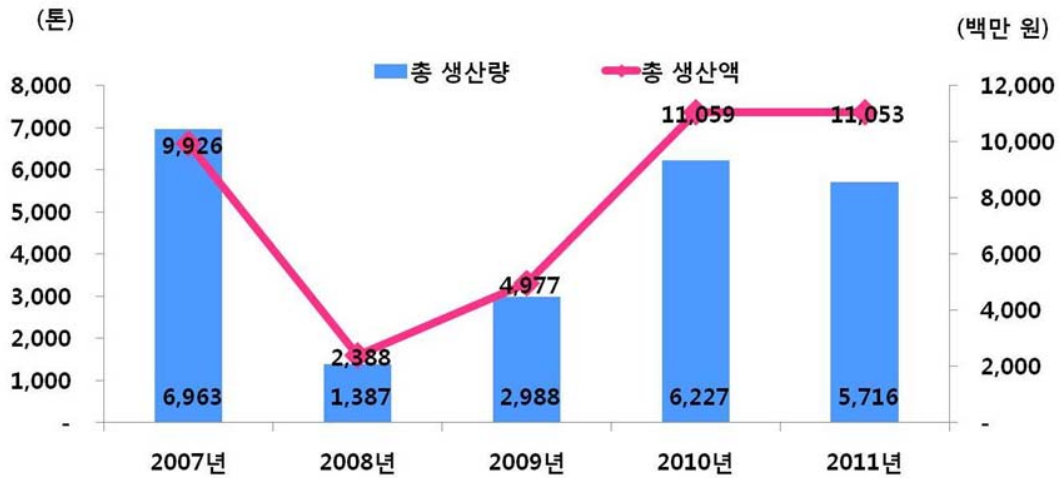
나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 갯벌어업 주요 어종별 생산 해역

서산시 갯벌어장에서 생산되는 주요 어종은 굴과 바지락이다. 가무락도 일부 있으나 최근에 개발된 어장이 있는 등 생산량은 많지 않다. 주요 생산해역은 굴과 바지락 어장이 많은 가로림만 일대이다. 굴은 웅도어촌계, 중왕어촌계, 팔봉어촌계 등이 생산량이 많다. 바지락은 오지어촌계, 팔봉어촌계와 천수만의 간월도어촌계가 많이 생산한다.

2) 갯벌어업 생산소득 추이

실태조사에 따른 서산시 소재 어촌계의 갯벌어업 관련 생산동향을 살펴보면 다음과 같다.



[그림 2-25] 서산시 갯벌어업 생산소득 추이

동 생산동향은 서산시 소재 13개 어촌계의 굴과 바지락 생산 자료에 기초한 것이다. 생산량의 경우 2007년 6,963톤에서 2008년 1,387톤으로 크게 감소한 이후 차츰 증가하여 2010년에는 6,227톤, 2011년에는 5,716톤을 생산하였다. 2007년 발생한 유류 피해 직후 생산량이 감소하였다가 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 개선되었기 때문에 풀이된다. 갯벌어업 관련 생산소득 추이 또한 생산량 변화 추이를 따르고 있는 것으로 나타났다.

3) 갯벌어업 주요 품종별 생산소득 추이

품종별로는 굴이 2008년 생산량이 급감했다가 2009년 이후 서서히 회복되고 있는 모습을 보이고 있다. 그러나 아직 2007년 생산 실적을 회복하지는 못한 것으로 나타나 어장 생산성이 저하된 것으로 판단된다. 바지락의 경우는 유사한 추이를 보이지만 2011년 생산 실적이 2007년 수준을 상회하여 완전한 회복세를 나타내었다.

[표 2-43] 서산시 품종별 생산소득 추이

단위 : 톤, 백만 원

구분	어촌 계수	구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	'07년 대비 증감율
굴	11	물량	4,318	333	1,418	2,055	2,643	-39%
		금액	5,226	438	1,795	3,012	4,017	-23%
바지락	12	물량	2,645	1,054	1,570	4,173	3,073	16%
		금액	4,701	1,950	3,183	8,047	7,037	50%

제5절 서천군

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

서천군 어업면허는 크게 마을어업, 패류양식어업, 복합어업 등으로 구분된다. 2011년 말 서천군 전체 어업면허 건수는 108건이며 면적은 4,539ha이다. 면허건수와 면허면적 크기 면에서 서천군 면허어업을 보면 한정면허, 해조류양식어업, 마을어업 등의 순으로 나타났다.

양식어업 면허건수는 43건이며 양식면적은 2,331ha로 이중에서 해조류 양식면적이 2,036ha로 전체 면적의 87%를 차지하고 있다. 마을어업 면허건수와 면적은 각각 42건, 882ha이고 정치망어업은 1건에 3ha로 나타났다.

[표 2-44] 서천군 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		108	4,539
양식어업	소계	43	2,331
	해조류	14	2,036
	패류	23	200
	어류	2	3
	복합	4	92
마을어업		42	882
정치망어업		1	3
한정어업		22	1,323

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

본 연구에서 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업으로 구분하였다. 따라서 서천군 갯벌어업 면허는 총 102건, 4,522ha로 나타났다.

[표 2-45] 서천군 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계		건수	면적	
		102	4,522	
양식어업	소계		41	2,328
	해조류	소계	14	2,036
		김	14	2,036
	패류	소계	23	200
		굴	4	25
		바지락	8	74
		가무락	5	54
		새고막	3	25
		백합	1	12
		기타	1	10
	복합	소계	4	92
		굴+바지락	2	32
		김+개량조개	1	40
		미역+가리비	1	20
	마을어업		42	882
한정어업		19	1,312	

주1 : 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합) + 마을어업 + 한정어업

주2 : 여기서 한정어업은 전체 한정어업 중 양식어업(해조류, 패류, 복합)과 마을어업의 합계로 어류 등의 양식어업은 제외

자료 : 충남도청 내부자료

나. 갯벌어업 이용·관리 주체

1) 어촌계 현황

서천군에는 4개 읍·면에 총 15개 어촌계가 소재하고 있다. 이들 어촌계를 면별로 살펴보면 마서면에 4개, 비인면 1개, 서면 9개, 장항읍 1개 어촌계가 소재하고 있다.

[표 2-46] 서천군 읍·면별 어촌계 현황

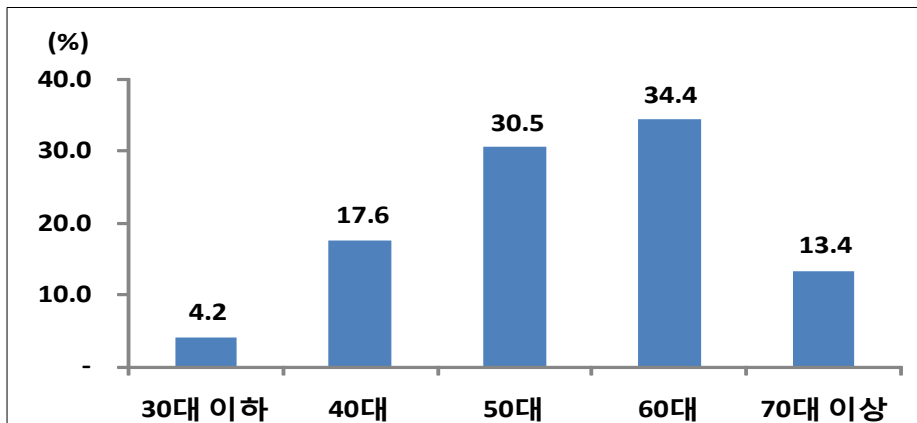
읍·면	마서면	비인면	서면	장항읍
어촌계(개)	4	1	9	1



[그림 2-26] 서천군 어촌계 분포도

서천군 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위해 설문조사를 실시한 결과에 60대 이상이 전체 계원수의 약 50%를 차지하는 것으로 나타났다. 반면 40대 이하의 젊은 인력은 22%에 그쳐 서천군 어촌계도 다른 어촌계와 마찬가지로 고령화가 상당히 진행된 것으로 조사되었다.

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 72%, 여성 28%로 나타났다.



[그림 2-27] 서천군 어촌계 연령분포

2) 어업권 이용·관리 주체

서천군의 15개 어촌계의 면허건수 및 면적을 살펴보면 보통 마을어업 중심으로 생산이 이루어지고 있으며 주로 바지락, 가무락, 동죽을 생산하고 있는 것으로 나타났다. 특히 서면에 위치한 남촌, 내도둔, 도둔리, 장벌, 요포공정 어촌계를 중심으로 바지락과 가무락을 생산하고 있다.

[표 2-47] 서천군 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)	대상품종
남촌어촌계	마을어업	1	8	바지락
	패류양식	1	10	바지락
내도둔어촌계	마을어업	1	5	가무락
	패류양식	1	4.5	바지락
도둔리어촌계	마을어업	1	7	해삼, 전복
띠섬목어촌계	마을어업	1	3	바지락
마량어촌계	마을어업	2	16.5	바지락, 해삼, 전복
백사어촌계	마을어업	2	60	가무락, 동죽,
	패류양식	3	50	가무락, 바지락
비인어촌계	마을어업	12	338	가무락, 동죽, 바지락, 해삼, 전복
송림어촌계	마을어업	6	170	가무락, 동죽, 백합
송석어촌계	마을어업	10	112	가무락, 동죽, 바지락, 해삼, 전복
	패류양식	2	13	가무락, 굴
요포공정어촌계	마을어업	3	24	가무락, 바지락, 해삼, 전복
월포어촌계	마을어업	2	60	가무락, 동죽
월하성어촌계	마을어업	5	93	바지락, 해삼, 전복
	패류양식	2	16	가무락
장벌어촌계	마을어업	1	12	바지락
죽산어촌계	마을어업	2	55	가무락, 동죽
흥원어촌계	마을어업	1	5	굴

서천군의 갯벌어업 관련 어업권 이용·관리 주체를 살펴보면 주로 바지락과 가무락을 생산하고 있어 어촌계가 100% 직영하는 것으로 나타났다.

[표 2-48] 서천군 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	43건(100%)	43건(100%)	0건(0%)
마을어업	34건	34건	0건
패류양식	9건	9건	0건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

서천군은 수산자원 조성의 중요성을 인식 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 하지만 현재 방류되고 있는 어종을 살펴보면 대부분 어류 위주로 방류되고 있으며 갯벌에 서식하는 패류의 방류는 이루어지지 않고 있다.

[표 2-49] 서천군 연도별 종묘방류 실적

단위 : 천 미, 천 원

구 분	'08		'08		'09		'10		'11	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	16,305	254,031	11,331	214,000	1,076	304,000	6,556	234,200	8,192	214,420
조피볼락	100	38,300	140	45,000	184	61,000	175	52,000	312	65,170
넙치	341	51,432	142	48,600	381	141,000	127	52,000	110	42,000
꽃게			215	50,000	353	72,000	311	52,000	250	54,250
동자게			44	10,000	158	30,000	123	20,000		
대하	8,402	49,018	10,790	60,400			5,720	58,200		
참게	65	50,000					100	무상	30	무상
대하	6,830	40,900							7,480	53,000
말쥐치									15	무상
황복									10	무상
붕어	567	24,381								

자료 : 서천군청 내부자료

[표 2-50] 서천군 종묘방류 해역

단위 : 천 미, 천 원

구 분	'11		방류해역 (어촌계 등)
	물량	금액	
합계	8,192	214,420	신성리 갈대밭
참게	30	무상	신성리 갈대밭
대하	1,000	무상	송석항
말쥐치	15	무상	서면마량리(인공어초수역)
대하	6,480	53,000	서천군연안
넙치	110	42,000	서면마량리(인공어초수역)
조피볼락	265	53,000	서면마량리(인공어초수역)
꽃게	250	54,250	송석항
황복	10	무상	마서 송석항
조피볼락	47	12,170	서면마량리(인공어초수역)

자료 : 서천군청 내부자료

나. 자원조성 관련 어장환경 개선 실적

수산종묘 방류사업과 함께 서천군에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2011년에는 총 5억 원을 예산을 투입하여 비인어촌계 등에 독 쌓기, 성토 고르기, 잡석채집 및 운반 등의 어장환경 개선 사업을 실시하였다.

[표 2-51] 서천군 어장환경 개선사업 실적(2011년)

예산(천 원)	어업면허	공종	사업 실적	사업기간
493,000	서천마을 제68호(30ha)	어장바닥경운 및 폐기물 수거	5.2톤	2011.08.02 ~ 2012.08.31
		모래살포(세사)	4,536m ³	
		어장바닥경운	22.68ha	
	비인어촌계(서천양식 제94호, 서천양식 제95호)	독 쌓기(성토)	9,360m ³	
		인력 흙 다지기	4,680m ³	
		성토 고르기	7,353m ³	
		트랙터 작업	34.8ha	
		잡석채집/운반	137m ³	

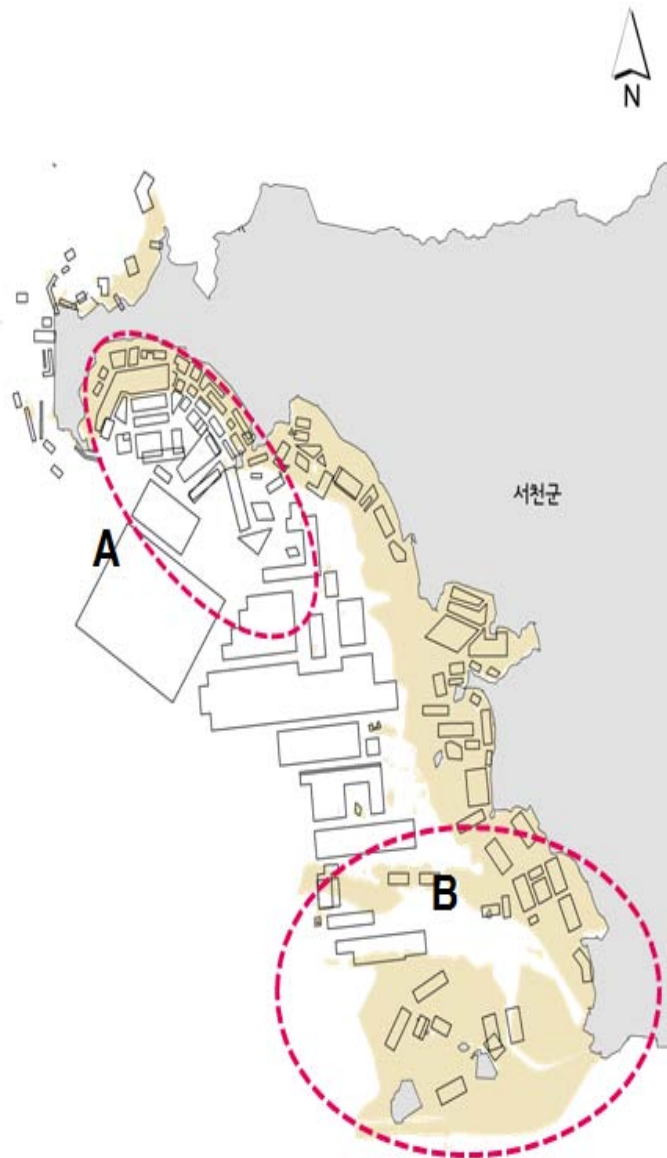
자료 : 한국어촌어항협회 내부자료

3. 갯벌어장 생산실태

가. 생산실태

1) 해역별 생산 특성

서천군의 해역별 생산현황을 살펴보면 크게 2가지의 특징을 보이고 있다. 먼저 아래 그림에서 보이는 A 지역의 경우 서면 일대로 모두 9개의 어촌계가 집중되어 있다. 이들 9개 어촌계의 경우 주로 바지락과 가무락을 생산하고 있는 것으로 조사되었다. 최근 이들 지역에서는 바지락 생산이 감소하고 있으며, 가무락의 경우도 현재로서는 생산이 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 조사되었다. B 지역은 장항선단 지역으로 최근 이 일대 면허가 한정면허에서 일반면허로 변경됨에 따라 어장개발이 가능한 상태이다.



[그림 2-28] 서천군 해역별 특성

나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 어촌계별 주요 생산실태

서천군 어촌계 주요 생산실태를 살펴보면 바지락, 가무락 같은 어종의 경우 대부분 맨손으로 채취하고 있다. 반면 해삼, 전복 등 수심이 깊은 곳에 서식하는 품종의 경우 잠수기를 통해 채취하고 있는 것으로 조사되었다. 판매 방법의 경우 대부분 개인 상인이나, 인근 상회 등에 사매매를 통해 거래하고 있는 것으로 조사되었다.

[표 2-52] 서천군 어촌계별 주요 생산실태

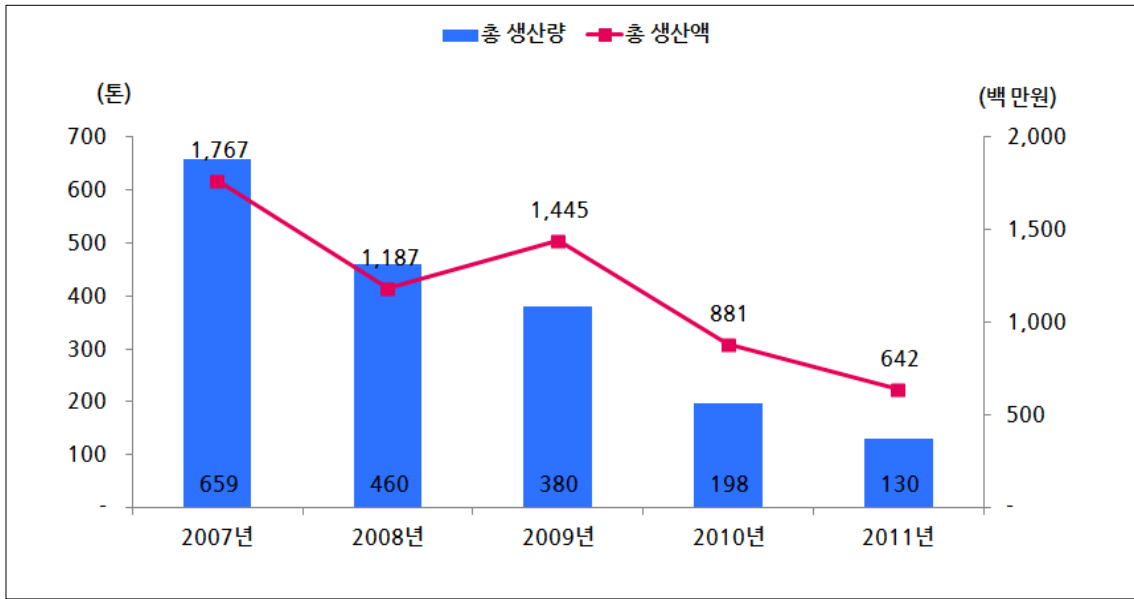
어촌계	어업종류	주요 품종	생산방법	채취방법	판매방법
남촌어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
	패류양식	바지락	살포식	맨손	사매매
내도둔어촌계	마을어업	가무락	살포식	맨손	사매매
	패류양식	바지락	살포식	맨손	사매매
도둔리어촌계	마을어업	해삼, 전복	살포식	잠수기	사매매
띠섬목어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
마량어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손, 잠수기	사매매
백사어촌계	마을어업	가무락, 동죽,	살포식	맨손	사매매
	패류양식	가무락, 바지락	살포식	맨손	사매매
비인어촌계	마을어업	가무락, 동죽, 바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손, 잠수기	사매매
송림어촌계	마을어업	가무락, 동죽, 백합	살포식	맨손	사매매
송석어촌계	마을어업	가무락, 동죽, 바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손, 잠수기	사매매
	패류양식	가무락, 굴	살포식	맨손	사매매
요포공정어촌계	마을어업	가무락, 바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손, 잠수기	사매매
월포어촌계	마을어업	가무락, 동죽	살포식	맨손	사매매
월하성어촌계	마을어업	바지락, 해삼, 전복	살포식	맨손, 잠수기	사매매
	패류양식	가무락	살포식	맨손	사매매
장벌어촌계	마을어업	바지락	살포식	맨손	사매매
죽산어촌계	마을어업	가무락, 동죽	살포식	맨손	사매매
흥원어촌계	마을어업	굴	살포식	맨손	사매매

2) 갯벌어업 평균 생산소득 추이

서천군 전체 어촌계의 생산 동향을 살펴보면 생산량과 생산액 모두 지속적인 감소세를 보이고 있다. 생산량의 경우 2007년 659톤에서 2011년 130톤으로 큰 폭으로 감소하였으며, 생산액도 2007년 1,767백만 원에서 2011년 642백만 원으로 감소하였다. 이는 동죽의 생산 감소에 기인하는 것으로 2007년 이후 동죽 생산이 큰 폭으로 감소하였으며 2011년에는 거의 생산되지 않은 것으로 조사되었다.

3) 갯벌어업 품종별 생산소득 추이

품종별 생산 동향을 살펴보면 대부분 품종의 생산량이 감소하고 있다. 특히 동죽의 경우 2007년 생산량이 약 400톤에 달했으나 2011년에는 40톤으로 10배 이상 감소한 것으로 나타났다. 이외에도 바지락, 백합, 가무락 등의 생산 감소가 큰 것으로 조사되었다.



[그림 2-29] 서천군 갯벌어업 어촌계 생산소득 추이

[표 2-53] 서천군 주요 어종별 생산소득 추이

단위 : kg, 백만 원

품종별	어촌계수	구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	'07년 대비 증감율
가무락	6	물량	53,200	33,200	23,900	9,600	13,730	△74.2%
		금액	253	163	114	46	74	△70.9%
굴	3	물량	1,700	870	3,700	4,000	700	△58.8%
		금액	4	2	7	8	1	△60.0%
동죽	3	물량	400,000	280,000	160,000	80,000	40,000	△90.0%
		금액	364	263	328	90	44	△88.1%
바지락	9	물량	70,884	58,000	90,844	19,280	17,580	△75.2%
		금액	185	115	200	50	45	△75.7%
백합	2	물량	120,000	84,000	84,000	72,000	48,800	△59.3%
		금액	840	605	630	554	386	△54.0%
전복	5	물량	50	100	123	-	-	△100.0%
		금액	3	3	9	-	-	△100.0%
해삼	6	물량	12,710	4,000	17,060	12,680	9,510	△25.2%
		금액	119	37	156	134	93	△22.0%

제6절 홍성군

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

홍성군 어업면허는 크게 양식어업, 마을어업, 정치망어업, 한정어업으로 구분된다. 2011년 말 홍성군 전체 어업면허 건수는 32건이며 면적은 455ha이다. 면허건수와 면허면적 크기 면에서 홍성군 면허어업을 보면 양식어업, 마을어업 순으로 나타났다.

양식어업 면허건수는 26건이며 양식면적은 3309ha이다. 홍성군 양식어업은 패류, 어류로 대별되는데, 패류양식 면허건수와 면적은 각각 21건, 310ha이며, 어류양식 면허는 각각 5건, 20ha이다. 마을어업 면허건수와 면적은 각각 6건, 125ha이고 한정어업은 없는 것으로 나타났다.

[표 2-54] 홍성군 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		32	455
양식어업	소계	26	330
	해조류	-	-
	패류	21	310
	어류	5	20
	복합	-	-
마을어업	소계	6	125
	패류	6	125
정치망어업		-	-
한정어업		-	-

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

본 연구에서 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업으로 구분하였다. 따라서 홍성군 갯벌어업 면허는 총 24건, 426ha로 나타났다. 마을어업을 제

외한 패류 양식어업에 있어서 품종별 면허건수 및 면적을 보면 바지락이 12건 212ha로 홍성군의 주력 품종인 것으로 나타났다. 그 외에는 굴이 3건, 64ha이며, 새조개와 피조개가 각각 1건으로 10ha, 5ha로 나타났다.

마을어업은 총 6건 125로 이중 새조개 3건 85ha, 바지락 2건 20ha, 피조개 1건 20ha 순으로 나타났다.

[표 2-55] 홍성군 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계			건수	면적
			24	426
양식어업	패류	소계	17	291
		굴	3	64
		피조개	1	10
		바지락	12	212
		새조개	-	-
		새고막	1	5
	어류	소계	1	10
		해삼	1	10
마을어업	패류	소계	6	125
		바지락	2	20
		새조개	3	85
		피조개	1	20
한정어업	-	-	-	

주 : 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합) + 마을어업 + 한정어업
 자료 : 충남도청 내부자료

나. 갯벌어업 이용 · 관리 주체

1) 어촌계 현황

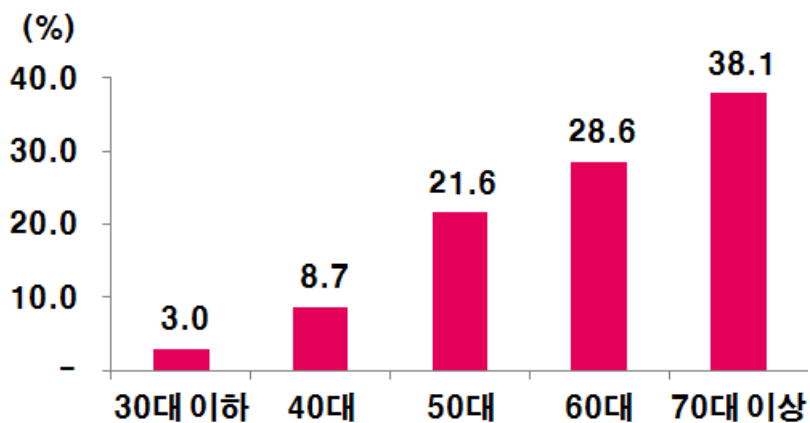
홍성군에는 서부면에 궁리, 상황, 어사, 신리, 남당, 죽도 등 총 6개 어촌계가 소재하고 있다. 이 중 바지락 생산을 주 업종으로 갯벌어업이 가장 발달한 어촌계는 어사어촌계이며, 남당어촌계는 새조개 축제 등 남당향을 중심으로 관광객들에게 수산물 시식, 판매가 활성화되어 있다.

한편 신리어촌계는 홍보지구 매립에 따라 어장이 소멸되어 현재 어업권은 상실된 상태이나 어촌계는 유지하고 있는 상태이다.



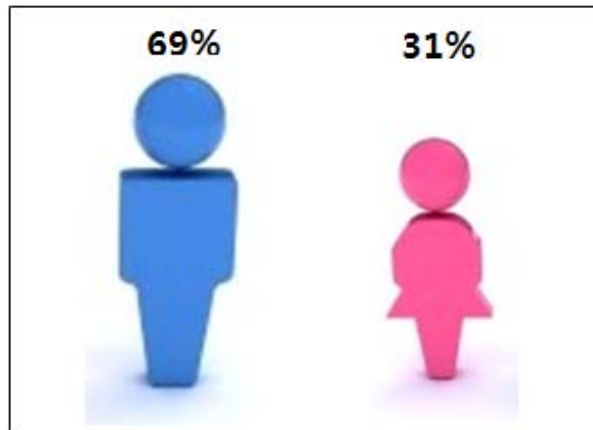
[그림 2-30] 홍성군 어촌계 분포도

본 실태조사는 어촌계를 대상으로 어촌계의 연령분포를 통해서 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위한 설문조사를 실시하였다. 설문결과에 따르면 60대 이상이 66.7%를 상회하고 30대 이하가 3.0%로 홍성군 어촌계의 고령화가 상당히 진행되어 젊은 인력 확보가 심각한 문제로 나타났다.



[그림 2-31] 홍성군 어촌계 연령분포

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 69%, 여성 31%로 나타났다.



[그림 2-32] 홍성군 어촌계 남녀 비율

2) 어업권 이용 · 관리 주체

마을어업과 패류양식어업을 중심으로 한 갯벌어장의 이용 · 관리 주체인 어촌계의 면허건수와 면적을 살펴보면 다음과 같다. 특히 신리어촌계의 경우 어업권이 소실되었지만 어촌계가 유지되고 있는 것으로 파악되었다.

[표 2-56] 홍성군 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)
궁리어촌계	패류양식	1	4
상황어촌계	패류양식	5	104
어사어촌계	패류양식	7	148
신리어촌계	마을어업	-	-
	패류양식	-	-
남당어촌계	마을어업	2	50
	패류양식	1	10
죽도어촌계	마을어업	4	75
	패류양식	3	25
	어류등양식	1	10

자료 : 홍성군청 내부자료

한편 실태조사에 따른 갯벌어장에 대한 실제 이용 · 관리 주체를 직영과 기타로 구분하면 다음과 같다.

[표 2-57] 홍성군 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	24건(100%)	24건(100%)	0건
마을어업	6건	6건	0건
패류양식	18건	18건	0건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

홍성군에서는 수산자원 조성의 중요성을 인식하여 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 방류사업은 크게 해면어업 방류사업과 갯벌어장(마을어장+양식어장) 방류사업으로 대별된다. 해면어업 종묘방류 대상품종은 주로 넙치, 대하, 조피볼락 등으로 나타났다.

[표 2-58] 홍성군 연도별 해면어업 종묘방류 실적

단위 : 천 미, 백만 원

구분	2007		2008		2009		2010		2011	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계	7,557	110	14,663	86.9	33,341	337	22,033	259	16,371	220
대하	7,500	50	14,563	86.9	33,182	189	22,000	198	16,293	156
넙치	57	60	100	0	-	-	-	-	-	-
꽃게	-	-	-	-	-	-	-	-	50	0
조피볼락	-	-	-	-	159	148	33	61	28	64
문치가자미	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
말쥐치	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
감성돔	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전복	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
해삼	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

자료 : 홍성군청 내부자료

홍성군 갯벌어장에서는 바지락만 살포하는 것으로 나타났다. 연도별 방류실적을 살펴보면, 2007년에는 134백만 원이었으나 2011년에는 291백만 원으로 증가하였다. 어촌계별로는 어사어촌계가 방류량과 금액도 다른 지역에 비해 높은 것으로 나타났다.

[표 2-59] 홍성군 연도별어촌계별 갯벌어업(바지락) 종묘방류 실적

단위 : kg, 백만 원

구 분	2007		2008		2009		2010		2011	
	살포량	금액	살포량	금액	살포량	금액	살포량	금액	살포량	금액
합계	89,560	134	81,513	184	127,420	215	109,000	200	117,010	291
궁리	19,500	27	4,150	5	18,430	31	-	-	-	-
상황	-	-	11,010	17	12,090	18	-	-	12,530	33
어사	14,500	20	48,320	120	71,920	125	72,010	140	74,340	192
남당	15,630	25	5,120	7	4,790	8	9,070	10	2,837	4
죽도	31,350	50	13,300	21	14,190	24	-	-	8,513	12
갯벌체험 협의회	8,580	12	12,900	14	6,000	9	27,920	50	18,790	50

자료 : 홍성군청 내부자료

나. 자원조성 관련 어장환경 개선사업 실적

갯벌어장 자원조성을 위해서 홍성군에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2007년부터 2011년까지 어사, 죽도, 남당, 상황어촌계에 100~200ha 규모로 매년 사업을 추진하고 있다. 사업내용은 경운, 황토살포, 폐기물 제거 등은 1억 내외의 예산이 집행되었다.

[표 2-60] 홍성군 어장환경 개선사업 실적(2011년)

단위 : ha, 백만 원

구 분	사업대상	사업량	사업내역	예산
2007년	어사어촌계 새조개 양식장(199ha) 노창섭 굴 수하식 양식장(6ha)	205ha	경운 205ha 황토살포 995m ² 폐기물 제거 10톤	165
2008년	죽도어촌계 새조개 양식장	100ha	경운 100ha 황토살포 450m ² 폐기물수거 2.89톤	88
2009년	남당어촌계 새조개 양식장	100ha	경운 100ha 황토살포 200m ² 폐기물제거 8.24톤	100
2010년	없음	-	-	-
2011년	상황어촌계 바지락 양식장	100ha	경운 100ha 모래살포 1,002m ² 조간대 폐기물 수거 60ha 폐기물 처리 4.94톤	94

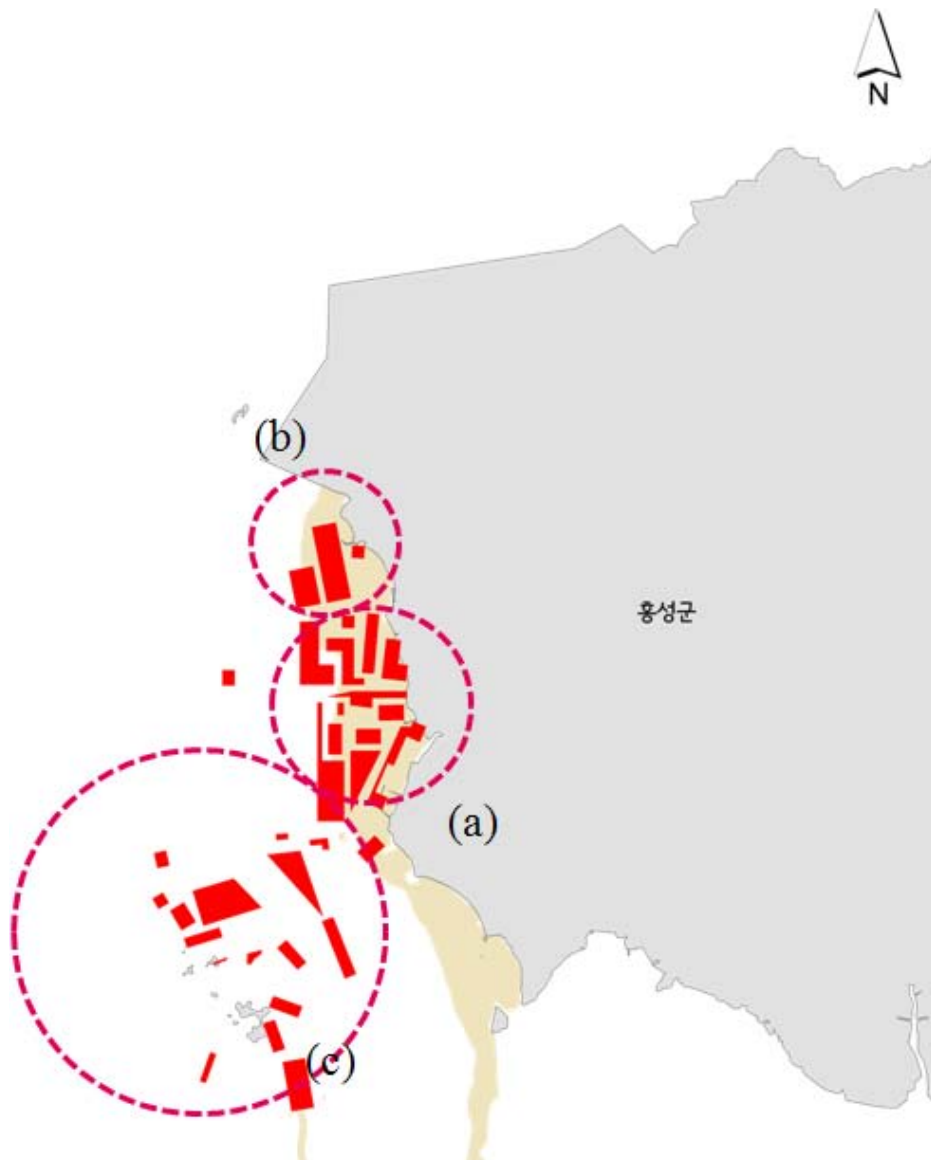
자료 : 한국어촌어항협회 내부자료

3. 갯벌어장 생산실태

가. 해역별 생산 특성

홍성군의 갯벌어업 생산 실태를 살펴보면 크게 특징별로 크게 3개 지역으로 구분할 수 있다.

(a)지역(어사리 일원)의 경우 홍성군 관내에서 바지락 굴 생산량이 많은 곳이지만 최근 바지락 양식어장 내에 축이 대량으로 발생하면서 바지락의 피해가 발생하고 있다. 또한 해당 어촌계에서는 어사리 일원 어항공사로 해수유통에 문제가 발생하고 있으며, 이로 인해 어장환경이 악화된다고 판단하고 있다.



[그림 2-33] 지역별 갯벌어업 생산 특성

(b)지역은 상황어촌계가 바지락 어장을 중심으로 갯벌체험마을을 운영하고 있으나 서해안 대부분의 체험마을에서 공통적으로 나타나듯이 잡는 유희형 체험으로 인해 충분한 어업외소득 창출이 이루어지지 못하고 있다.

(c)지역은 죽도어촌계 중심으로 새조개, 피조개 등이 생산되고 있으며, 이곳에서 생산되는 대부분의 물량은 남당항 새조개 축제 등에서 소비된다.

나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 갯벌어업 주요 품종별 생산 해역

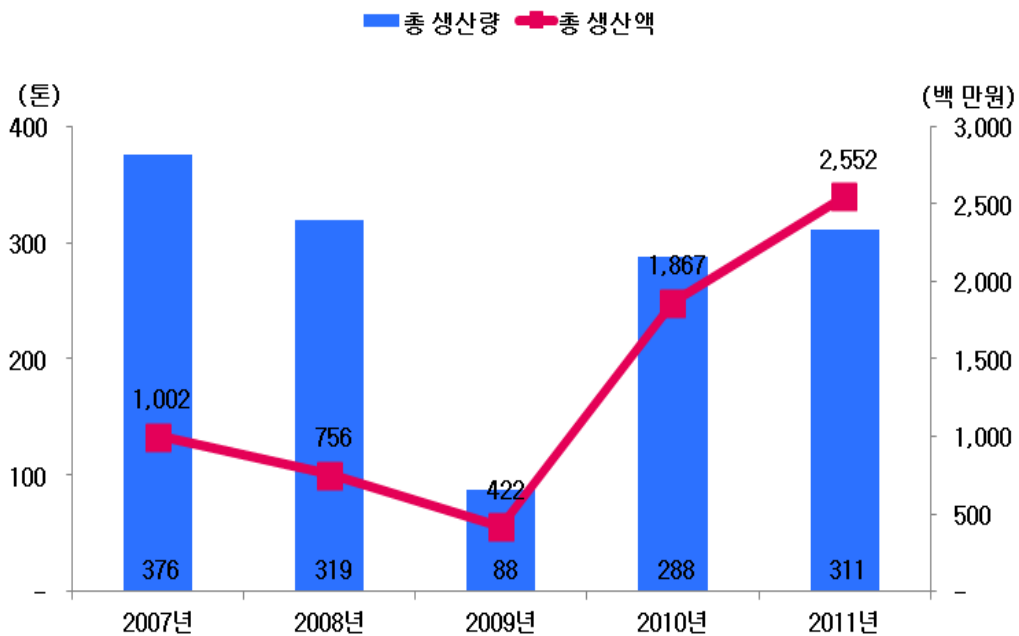
홍성군 갯벌어장에서 생산되는 주요 어종에는 바지락, 새조개, 피조개 등이 있다. 바지락 주요 생산해역은 궁리, 어사어촌계 해역에서 주로 생산되며, 새조개, 피조개 등은 죽도어촌계를 중심으로 생산되고 있다.



[그림 2-34] 홍성군 바지락 등 주요 품종 생산해역

2) 갯벌어업 생산소득 추이

갯벌어업의 생산소득 추이는 2007년 376톤을 정점으로 2009년 88톤까지 급감하였다가 2010년 이후 회복하여 2011년에는 311톤으로 나타났다. 생산금액도 생산량과 유사한 패턴을 보이나 생산금액은 2010년 이후 급증하여 2010년 18.7억, 2011년 25.5억으로 늘어났다. 이는 바지락, 새조개 등 가격상승과 아울러 수산물 축제 등에 기인한 것으로 추정된다.



[그림 2-35] 홍성군 갯벌어업 평균 생산소득 추이

3) 갯벌어업 주요 품종별 생산소득 추이

홍성군 갯벌어업의 주요 품종별 생산 동향을 살펴보면, 갯벌어장의 대표적 생산어종인 바지락은 2007년 364톤을 정점으로 2009년 유류피해가 발생한 시점에 83톤으로 급감하였다. 이후 226톤 정도로 다시 증가하는 것으로 조사되었다.

[표 2-61] 홍성군 주요 품종별 생산소득 추이

단위 : kg

구분	어촌계수	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
바지락	5	364,000	104,600	83,200	226,200	226,200

자료 : 홍성군청 내부자료

제7절 당진시

1. 갯벌어업 일반현황

가. 갯벌어업 일반현황

1) 어업면허 현황

당진시 어업면허는 다른 시·군에 비해 규모가 작고 대부분 한정면허이다. 이는 그동안 평택·당진항 개발, 산업단지 개발 등으로 어업권이 많이 소멸되었기 때문이다. 2011년 말 당진시 전체 어업면허 건수는 40건이며 면적은 749ha이다. 이 가운데 3건, 52ha를 제외하고는 모두 한정면허이다. 한정어업이 아닌 3건은 패류 1건, 50ha와 어류 2건, 2ha가 있다.

[표 2-62] 당진시 어업면허 현황

단위 : 건, ha

합계		건수	면적
		40	749
양식어업	소계	3	52
	해조류	0	0
	패류	1	50
	어류	2	2
	복합	0	0
마을어업		0	0
한정어업		37	697

자료 : 충남도청 내부자료

2) 갯벌어업 현황

본 연구에서 갯벌어업 면허는 양식어업(해조류, 패류, 복합), 마을어업, 한정어업으로 구분하였다. 당진시의 갯벌어업 면허는 총 34건, 729.5ha이다. 품종별로는 바지락이 21건, 637.5ha로 상당 부분을 차지하고 굴 7건, 28ha, 전복 7건, 24ha, 가리비 2건, 40ha이다. 어촌계별로는 난지도어촌계가 15건, 167ha로 가장 규모가 크다. 이밖에 당진수협이 3건, 270ha를 보유하고 있다. 당진수협 어장도 실질적으로는 인근 어촌계가 행사하는 형태이다.

[표 2-63] 당진시 갯벌어업 현황

단위 : 건, ha

갯벌어업 합계		건수	면적
		34	729.5
소계		34	729.5
패류	소계	34	729.5
	굴	7	28
	바지락	21	637.5
	전복	7	24
	가리비	2	40

주 : 바지락 1건, 50ha를 제외하면 모두 한정면허임
 자료 : 당진시청 내부자료

나. 갯벌어업 이용·관리 주체

1) 어촌계 현황

당진시에는 4개 읍·면에 총 6개 어촌계가 소재하고 있다. 이들 어촌계를 면별로 살펴 보면 석문면 3개, 송산면 1개, 송악읍 1개, 신평면 1개이다. 평택·당진항과 산업단지 개발의 영향이 적은 석문면이 어업 여건이 양호하나 다른 지역은 어업이 쇠퇴하고 있다.

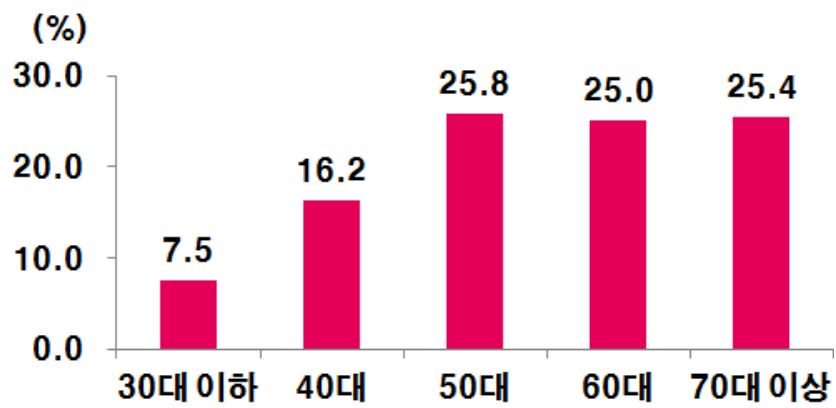
[표 2-64] 당진시 읍·면별 어촌계 현황

읍·면	석문면	송산면	송악읍	신평면
어촌계(개)	3	1	1	1

자료 : 당진시청 내부자료



[그림 2-36] 당진시 어촌계 분포도

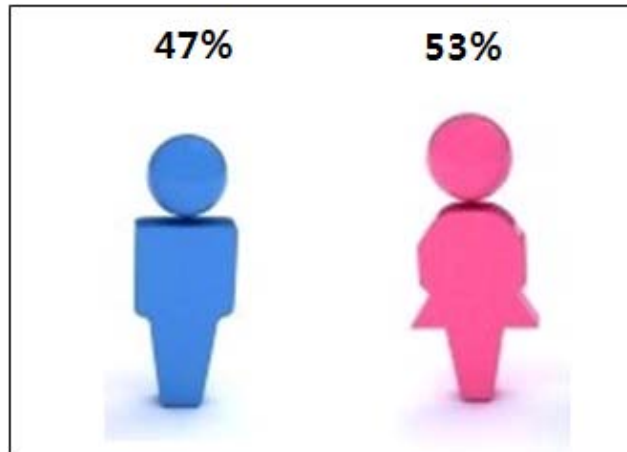


[그림 2-37] 당진시 어촌계 연령분포

본 연구에서는 갯벌어업을 영위하고 있는 어촌계를 대상으로 어촌계의 연령분포를 통해서 어업인구의 고령화 정도를 파악하기 위한 설문조사를 실시하였다. 설문결과에

따르면 60대 이상이 50%를 상회하여 당진시 어촌계의 고령화가 상당히 진행되어 젊은 인력 확보가 심각한 문제로 나타났다.

한편 어촌계 어업인력의 남녀비율을 조사한 결과 남성 47%, 여성 53%로 나타나 여성이 약간 더 많다. 바지락 채취와 같은 갯벌어업 패류 생산에서는 여성이 더 많은 역할을 담당하고 있다.



[그림 2-38] 당진시 어촌계 남녀 비율

2) 어업권 이용 · 관리 주체

한정면허 여부를 불문하고 마을어업과 패류양식어업을 중심으로 한 갯벌어장의 이용 · 관리 주체인 어촌계의 면허건수와 면적을 살펴보면 다음과 같다.

[표 2-65] 당진시 갯벌어업 면허건수 및 면적

어촌계	어업종류	면허건수(개)	면적(ha)
가곡어촌계	마을어업	2	11
교로어촌계	마을어업	4	65
난지도어촌계	마을어업	14	117
	패류양식	1	50
신평어촌계	마을어업	2	20
장고항어촌계	마을어업	3	62.5
한진어촌계	마을어업	2	90
당진수협	마을어업	3	270

자료 : 당진시청 내부자료

한편 실태조사에 따른 갯벌어장에 대한 실제 이용·관리 주체를 직영과 기타로 구분하면 다음과 같다. 대부분의 어촌계는 마을어업과 패류양식에 있어서 어촌계가 직영하는 것으로 나타났다. 직영 방법은 어촌계 공동이용과 계원별 행사로 구분되고 있다. 기타는 어장 임대 등을 포함하는 것으로 추정된다. 특히 전복의 경우 어촌계가 채취수단을 갖고 있지 못하기 때문에 관리인력이 충분하지 못한 일부 어촌계에서는 어장을 임대하고 있다.

[표 2-66] 당진시 어업권 이용·관리 주체

구분	합계	어촌계 직영	기타
합계	31건(100%)	25건(81%)	6건(19%)
마을어업	30건	24건	6건
패류양식	1건	1건	0건

2. 갯벌어장 자원조성 실태 및 추이

가. 갯벌어장 방류실적

당진시에서는 수산자원 조성의 중요성을 인식하여 매년 종묘방류 사업을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 방류사업은 크게 해면어업 방류사업과 갯벌어장 방류사업으로 대별되는데 당진시는 전자의 비중이 높아 주로 방류되는 품종은 넙치와 조피볼락이다. 갯벌어장에 대한 방류는 바지락, 전복이며 어류 방류사업에 비해 규모가 작다. 이는 당진시의 갯벌어업이 많지 않은 반면 낚시관광이 활발하기 때문으로 풀이된다. 갯벌어업의 종묘방류 실적은 다음과 같다.

[표 2-67] 당진시 연도별 갯벌어업 종묘방류 실적

단위 : 백만 원

구분	2007		2008		2009		2010		2011	
	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액	물량	금액
합계				100			45톤	70	34톤	70
바지락			44톤	50			17톤	30	24톤	50
전복			73천 미	50						
바지락 명품단지							28톤	40	10톤	20

자료 : 당진시청 내부자료

[표 2-68] 당진시 종묘방류 해역(어촌계)

단위 : 백만 원

연도	구분	금액	방류해역(어촌계 등)	사업비 분담
2007				
2008	바지락	50	석문면(난지도)	국비 50%, 도비 12%, 군비 28%, 자담 10%
	전복	50	석문면(난지도)	국비 50%, 도비 12%, 군비 28%, 자담 10%
2009				
2010	바지락	30	석문면(교로)	도비 40%, 군비 40%, 자담 20%
	바지락 명품단지	40	석문면(장고항)	
2011	바지락	50	석문면(난지도)	도비 30%, 군비 50%, 자담 20%
	바지락 명품단지	20	석문면(장고항)	

자료 : 당진시청 내부자료

나. 자원조성 관련 어장환경 개선사업 실적

갯벌어장 자원조성을 위해서 당진시에서는 어장환경 개선사업을 실시하고 있다. 2011년에는 약 2억 원의 예산을 투입하여 난지도어촌계가 있는 대난지도와 소난지도에서 잡석이동, 모래살포 등의 어장환경 개선사업을 실시하였다.

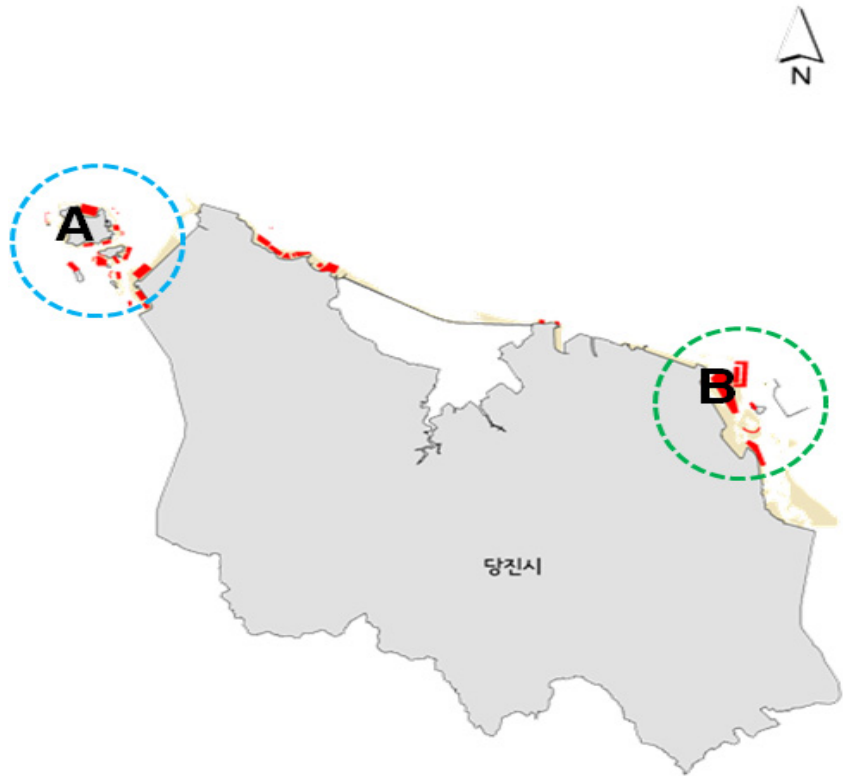
[표 2-69] 당진시 어장환경 개선사업 실적(2011년)

예산액(천 원)	어촌계	공종	사업 실적	사업기간
214,797	1개소 : 난지도어촌계	잡석이동	308.8㎡	2011.07.08 ~
		모래살포	2,005㎡	2011.12.31

3. 갯벌어장 생산실태

가. 해역별 생산 특성

당진시의 갯벌어업 생산 실태를 살펴보면 크게 특징별로 크게 2개 해역으로 구분할 수 있다.



[그림 2-39] 해역별 갯벌어업 생산 특성

A 지역(석문면 난지도리)은 난지도를 중심으로 생산성이 양호한 어장이 많이 분포하며 바지락 생산량이 많다. 일부 굴, 낙지 등도 채취한다. B 지역(석문면 송악읍)은 바지락 어장이 발달한 곳으로 자연적으로 종패가 생산되는 지역이다. 그러나 최근에는 인근 산업단지 개발 등으로 종패 발생이 감소하여 종패 살포를 고려하고 있다. 나머지 지역은 평택·당진항 개발, 산업단지 개발로 갯벌 생산성이 많이 저하되었다.

나. 갯벌어업 생산실태 및 추이

1) 갯벌어업 주요 어종별 생산 해역

당진시 갯벌어장에서 생산되는 주요 어종은 바지락이다. 굴도 일부 있기는 하지만 소량이고 바지락이 상당 부분을 차지한다.

주요 생산해역은 바지락 어장이 많은 난지도 일대와 송악읍 한진 포구 일대이다. 이중 난지도어촌계는 2011년 약 120톤, 3.2억 원의 바지락을 생산하였다. 한진 포구는 바지락 축제가 열리는 곳으로 2011년 약 180톤, 4.9억 원의 바지락을 생산하였다. 바지락

은 유류피해에 따른 조업 중단에 따라 2008~2009년에 생산이 감소했다가 2010년 이후 이전 생산 수준을 상회할 정도로 회복하였다.

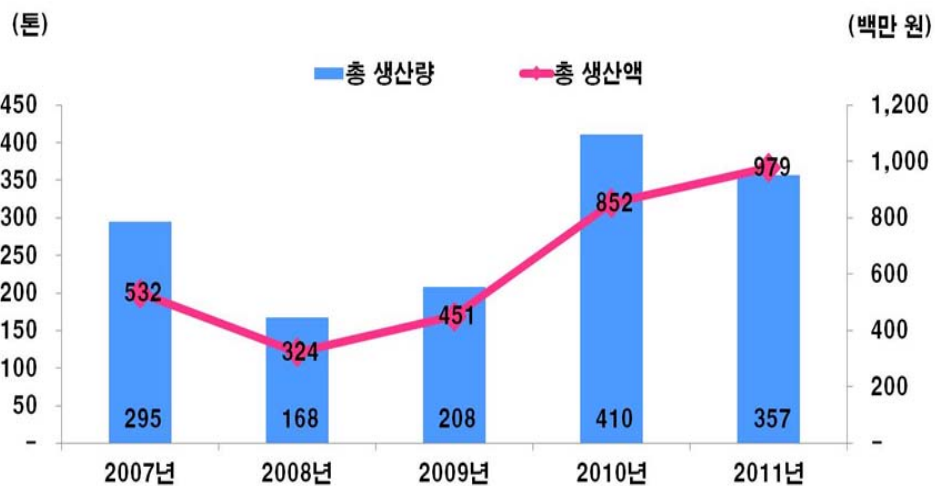
2) 갯벌어업 생산소득 추이

실태조사에 따른 당진시 소재 어촌계의 갯벌어업 관련 생산동향을 살펴보면 다음과 같다. 동 생산동향은 당진시 소재 6개 어촌계의 바지락 생산 자료에 기초한 것이다. 생산량의 경우 2007년 295톤에서 2008년 168톤으로 감소한 이후 차츰 증가하여 2010년에는 410톤, 2011년에는 357톤을 생산하였다. 2007년 발생한 유류 피해 직후 생산량이 감소하였다가 바지락 종패 살포 및 어장 개선사업 등을 통해서 생산력이 개선되었기 때문으로 풀이된다. 갯벌어업 관련 생산소득 추이 또한 생산량 변화 추이를 따르고 있는 것으로 나타났다.

[표 2-70] 당진시 바지락 생산소득 추이

단위 : 톤, 백만 원

구분	어촌계수	구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	'07년 대비 증감율
바지락	6	물량	295	168	208	410	357	84%
		금액	532	324	451	852	979	21%



[그림 2-40] 당진시 갯벌어업 생산소득 추이

제 3 장

갯벌어장 이용 · 관리의
문제점 및 개선방안

제3장 갯벌어장 이용·관리의 문제점 및 개선방안

제1절 갯벌어장 이용·관리의 문제점

1. 조사개요 및 갯벌어장 이용·관리 특징

갯벌어장 이용관리 문제점 도출을 위한 조사지역은 충남지역 갯벌어장이며 조사대상은 갯벌어장을 이용하고 있는 어촌계 면허인 양식업과 마을어업으로 하였다. 그리고 조사 방법은 각 지역별 어촌계에 대한 이용관리 실태조사 시 어촌계장 또는 간사를 대상으로 심층면담을 통해 실시하였다.

다음으로 조사내용은 [표 3-1]과 같이, 먼저 갯벌어장 이용관리 문제점에 대해 대항목별 우선순위를 파악한 다음 각 항목별 이용관리 문제점에 대한 우선순위와 세부내용을 조사하였다. 다음으로 갯벌어장 이용·관리 개선방안은 갯벌어장 환경개선, 자원조성, 효율적 이용, 어업소득 증대, 제도적 개선, 기타 사항에 대해 의견을 수렴하여 정리하였다.

[표 3-1] 갯벌어장 이용·관리 문제점 및 개선방안 관련 조사내용

	대분류	소분류
갯벌어장 이용·관리 문제점	갯벌어장 환경변화	① 갯벌어장 노후화, ② 환경오염, ③ 해적생물 발생, ④ 갯벌어장 면적 변화, ⑤ 기타
	갯벌어장 자원조성	① 종묘 구입 어려움, ② 종묘의 집단 폐사, ③ 종묘 이식 불허, ④ 방류사업비 확보 곤란, ⑤ 낮은 어장생산성, ⑥ 기타
	갯벌어장 이용촉진	① 고령화로 인한 인력부족, ② 어업인 참여 및 관리의식 부족, ③ 다른 품종으로 전환 어려움, ④ 정비 및 시설 부족, ⑤ 기타
	갯벌어장 소득화 문제	① 안정적 판매처 확보, ② 유통·가공시설 부족, ③ 생산비 상승, ④ 수출 어려움, ⑤ 기타
	갯벌어장 제도적 측면	① 신규인력 진입 및 퇴출, ② 면허관련, ③ 면허 임대 불가, ④ 자본조달 어려움, ⑤ 기타
갯벌어장 이용·관리 개선방안	갯벌어장 환경개선 의견	
	갯벌어장 자원조성 의견	
	갯벌어장 효율적 이용 의견	
	갯벌어장 어업소득 증대 의견	
	갯벌어장 제도적 개선 의견	
	기타 의견	

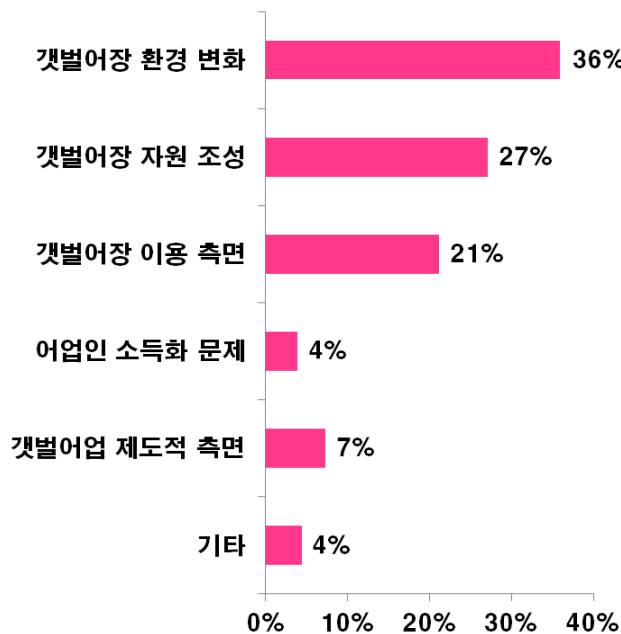
나. 충남지역 갯벌어장 이용·관리 특성

본 연구의 대상인 충남지역의 갯벌어장 이용·관리 특성을 정리하면 크게 여섯 가지로 나눌 수 있다. 먼저 갯벌어장의 이용률을 보면, 충남지역에는 갯벌이 발달하고 있으나 그 중에서 갯벌어장으로 개발·이용되는 비율은 생각보다 그리 높지 않다. 둘째, 갯벌어장의 주요 생산품종은 바지락, 굴, 해삼, 전복, 새조개, 동죽, 가무락, 낙지 등 다양하다는 점이다. 셋째, 갯벌어장의 이용형태는 바지락 등 패류의 경우 대부분 어촌계가 직영하고 있지만 해삼, 전복 등 바다 속에 서식하는 수산물은 나잠(해녀)업자들에게 채취를 임대하거나 위탁하는 경우가 많다. 넷째, 갯벌 수산물의 판매는 어촌계에서 직접 담당하지 않고 대부분 유통상인 또는 나잠업자에게 판매하는 경우가 많다. 마지막으로 갯벌어장의 생산추이는 일부 지역을 제외하고는 정체 내지 감소하고 있어 갯벌어장의 생산성이 떨어져 있는 상태이다.

2. 갯벌어장 이용관리 문제점

가. 갯벌어장 이용관리 문제점 우선순위

먼저 갯벌어장 이용관리 문제점을 크게 5가지 항목으로 나누어 가장 중요하게 생각하는 우선순위 2가지를 물어본 결과, [그림 3-1]과 같이 정리할 수 있다.



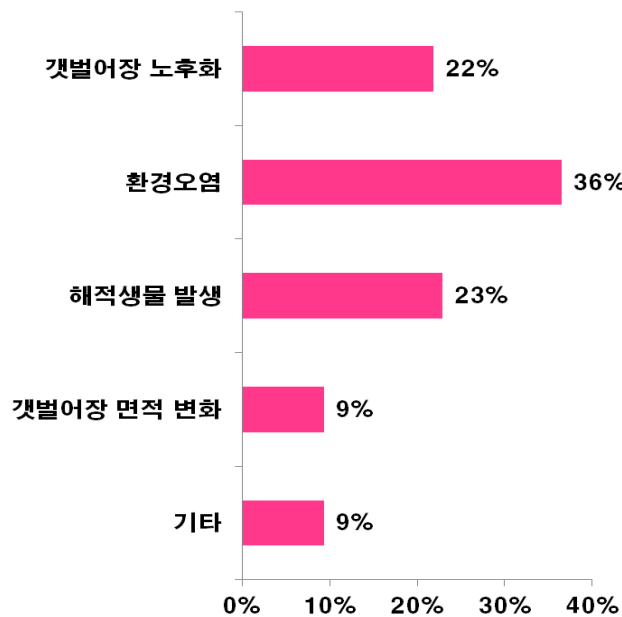
[그림 3-1] 갯벌어장 이용관리 문제점 우선순위

갯벌어장을 이용하고 있는 어업인들은 갯벌어장 이용관리 문제점으로 어장의 노후화 및 환경오염 등의 환경변화를 가장 크게 생각하고 있었으며, 이어서 바지락 등의 종묘 구입 어려움과 살포한 종묘의 폐사 등 자원조성의 문제를 꼽고 있다. 그 다음으로 고령화 및 참여 의식부족 등의 이용측면과 제도적 문제의 순이었다.

나. 갯벌어장 환경변화 문제

갯벌어장 환경변화 문제점에 대한 우선순위는 환경오염, 해적생물 발생, 갯벌어장 노후화, 갯벌어장 면적 변화 등의 순이다. 이들 문제점에 대한 세부적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

먼저, 환경오염의 경우, 서산지구 방조제의 일시적 개방에 따른 천수만의 오염물질 유입, 2007년 말 발생한 허베이스프리트호 유류오염 사고의 잔존, 서천의 김 양식장 염산 살포 등이 갯벌어장 환경훼손의 주된 원인으로 꼽히고 있다.

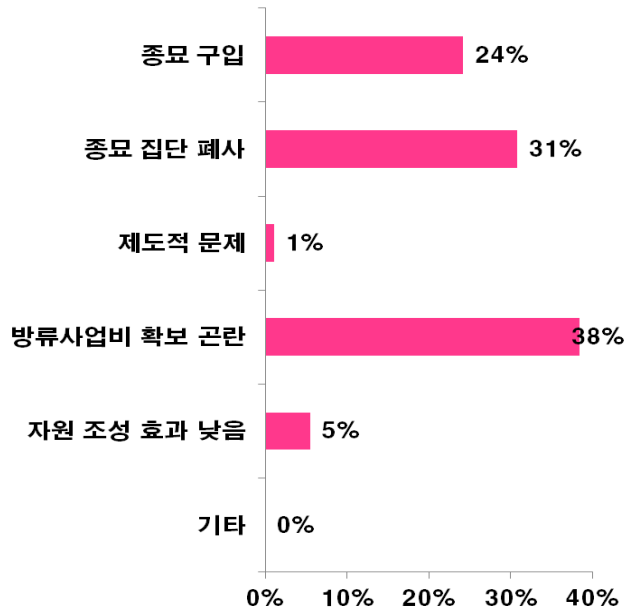


[그림 3-2] 갯벌어장 환경변화 문제점 우선순위

다음으로 해적생물의 발생은 공통적으로 쪽의 대량 발생으로 바지락 폐사 증가, 불가사리로 인한 전복 등 패류 생산량 감소를 들고 있다. 어장 노후화는 공통적으로 갯벌어장의 과도이용과 펄의 퇴적 등으로 인한 생산력 감소, 서천 방조제 건설로 인한 해류 소통이 악화를 주요 원인으로 답하였다. 그리고 해조류 양식 확대와 어항개발 등으로 인한 해조류 흐름 변화 등을 문제로 제시하기도 하였다.

다. 갯벌어장 자원조성 문제

갯벌어장 자원조성의 문제점에 대한 우선순위를 보면, 방류사업비 확보 곤란, 종묘 집단 폐사, 종묘구입, 기타의 순이다. 갯벌어장 자원조성 문제점들의 구체적인 내용을 정리하면 다음과 같다.



[그림 3-3] 갯벌어장 자원조성 문제점 우선순위

우선 방류사업비의 확보 곤란의 경우, 갯벌어장의 이용자인 어업인 대부분은 방류사업의 효과를 인식하고 있으며 지속적인 방류사업의 추진을 원하고 있다. 특히 해삼, 전복, 바지락 등의 정착성 품종은 방류효과가 가시적으로 나타나기 때문에 대규모 방류사업이 이루어진다면 어업인 소득의 향상이 가능할 것으로 기대하고 있다. 하지만 현재 방류사업은 어촌계별로 균등 배분되기 때문에 사업규모가 크지 않다. 그리고 어촌계에 따라 자체적으로 사업비를 확보할 수 있는 곳도 있지만 대부분 재정이 어렵기 때문에 방류사업비를 충분히 확보할 수 없는 상황이다.

다음으로 종묘의 집단폐사가 많이 일어나고 있다는 점이다. 종묘 폐사는 썩, 불가사리 등의 해적생물이 증가하여 이들이 어린 종묘를 먹어치운 결과 나타난다고 어업인은 답변하였다. 그 외에도 종묘를 방류하였지만 자연적으로 폐사하는 경우도 있는데 일부 어업인은 그 원인이 종묘 열성화에 따른 것으로 주장하고 있는데 종묘 폐사의 원인을 과학적으로 구명하는 것이 필요하다.³⁾

3) 어업인 면담에 따르면 바지락의 종패의 경우 약 50%의 폐사율을 보이는 곳도 있었다.

한편, 갯벌어장을 이용하는 어업인들은 마을어장과 양식장에 필요한 종묘를 구입하는데 있어서 충분한 양을 확보할 수 없다는 문제가 있다. 예를 들어, 갯벌어장에 적합한 품종인 가무락, 백합 종패의 경우 구입하기 힘든 실정이다.

그 외에 어업인들은 갯벌어장의 자원조성 문제점으로 방류품종에 적합한 인공초 개발 미흡, 썩과 불가사리 등의 해적생물 증가로 인해 자원조성 효과의 반감, 다이버 등에 의한 방류품종의 무단채취에 따른 어업소득의 감소 등이 있었다.

라. 갯벌어장 이용 문제

갯벌어장 이용 문제에는 고령화로 인한 인력 부족, 장비 및 시설의 부족, 어업인 참여 부족, 품종 전환, 기타의 순이었다. 이들 문제점에 대한 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 고령화로 인한 갯벌어장 채취인력의 부족은 조사지역의 어촌계에서 공통적으로 나타난 문제점이었고 또한 시급한 해결을 원하고 있는 사항이었다. 마을어장과 양식어장의 해삼, 전복 등은 특별한 기술을 가진 나잠(해녀)과 잠수부가 채취할 수 있는데 이들이 고령화가 심각하여 수심 깊은 곳에 있는 패류를 채취하지 못하거나 채취 수수료를 과다하게 부르는 경우가 많다.⁴⁾ 또한 어촌계 내에 나잠(해녀)이 없는 경우는 전문적인 나잠업자들에게 채취를 의뢰하고 있는데 외부 나잠업자들이 해당 어촌계의 마을어장과 양식어장에서 무분별한 채취활동으로 수산자원을 고갈시켜 갈등을 일으키는 경우도 많다. 그리고 바지락 등의 패류 채취도 어촌계원의 고령화로 인해 충분한 생산을 올릴 수 없는 어촌계도 존재하고 있다.⁵⁾

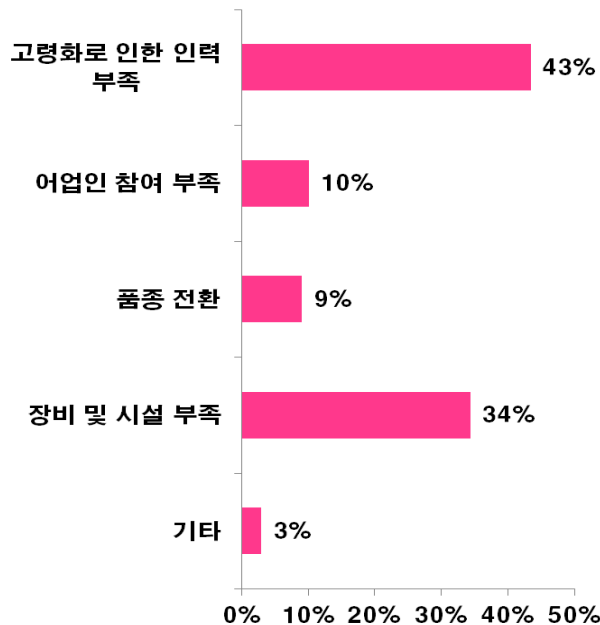
다음으로 장비 및 시설 부족의 경우, 우선 갯벌어장의 바지락 등의 패류를 채취하는 어업인의 심각한 노령화 문제에 대응하여 채취수단의 기계화를 대부분의 어업인들이 원하고 있었다. 고령화와 공동화가 진행되고 있는 어촌계의 현실을 감안한다면 채취수단의 기계화는 긍정적으로 검토되어야 할 것으로 보인다. 하지만 현행 제도적으로는 마을어장에서 바지락 등의 채취방법은 낚, 호미, 팽이, 갈퀴류 등으로만 가능하기 때문에 제도적인 검토가 따라야 할 것이다.⁶⁾ 그리고 채취수단의 기계화는 갯벌어장의 황폐화를 초래할 수 있으므로 갯벌 생태계의 보전이 전제된 측면에서 접근해야 할 것이다. 또한 현행 나잠(해녀)들이 고령화되어 있어 전복, 해삼 등을 효율적으로 채취하지 못하

4) 해삼과 전복 등은 어촌계와 나잠업자 간에 일정 비율로 나누고 있는데 어촌계 마다 차이가 있지만 판매금액에서 나잠업자가 60% 또는 50%를 가져간다.

5) 충남지역 어촌계의 경우 60대 이상의 어촌계원이 60~70%에 이르는 등 고령화가 심각한 상황이다.

6) 어업면허의 관리 등에 관한 규칙, 제11조.

고 있는 상황, 그리고 잠수기와 나잠업자들의 수익금 분배비율이 과도하게 높다고 인식하고 있어 어업인들은 어촌계에서 스킨스쿠버 장비나 잠수기를 소유할 수 있도록 요구하고 있다. 현행 제도에서 수심이 깊은 마을어장의 전복, 소라 등의 포획·채취방법은 잠수기어업과 나잠만 허용되고 있기 때문에 이 문제 역시 신중한 접근이 필요한 부분이라 사료된다. 그리고 갯벌어장의 생산성을 높이기 위해서는 경운, 객토 등이 이뤄져야 하는데 일반 트랙트의 경우 패류를 파손시키거나 갯벌에 빠지기 때문에 콤팩트 등의 장비를 구하는 것이 어렵다고 답변하였다.



[그림 3-4] 갯벌어장 이용 문제점 우선순위

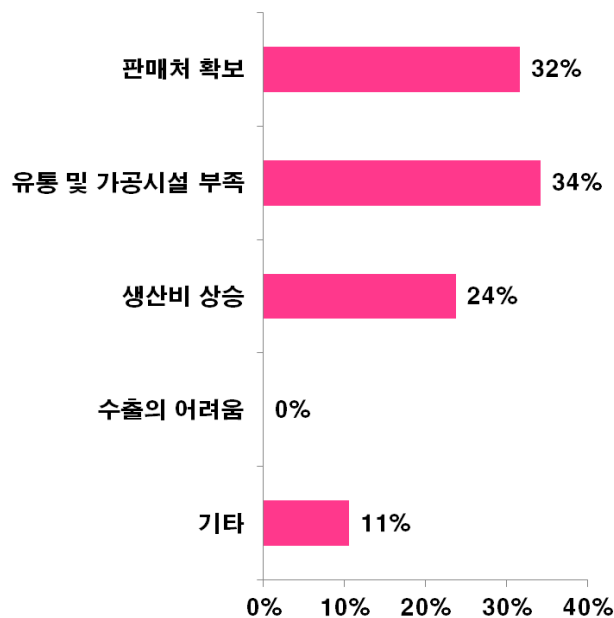
한편, 어업인의 참여 부족 문제는 어촌계의 갯벌어장을 나잠업자와 유통상인 등과 임대차 또는 위탁계약을 맺어 그 수익금으로 어촌계원 간에 배분하고 있기 때문에 갯벌어장의 관리, 감시 등에 대해 어업인들의 참여가 매우 약하다는 것이다. 이러한 갯벌어장의 이용의 문제점을 일부 어업인들이 인식하고 있는 점이 눈에 띈다.

마지막으로 갯벌어장의 품종 전환 문제는 양식면허에 양식품종이 정해져 있어 이를 변경하기 어렵다는 것이다. 예를 들어, 어업인들은 굴에서 바지락으로 가무락에서 바지락 또는 갯벌참굴 등으로 품종 전환이 가능하도록 원하고 있다. 하지만 이미 2012년 6월 정부에서는 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’을 개정하여 양식품종의 종류에 대한 제한을 삭제하였기 때문에 품종 전환이 가능하게 되었다. 따라서 이러한 제도 개정에 대해 어업인들에게 홍보와 교육을 실시할 필요가 있다.

마. 갯벌어장 소득화 문제

갯벌어장 소득화 문제에는 유통 및 가공시설 부족, 판매처 확보, 생산비 상승, 기타 등의 순으로 조사되었다. 이들에 대한 구체적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

우선, 유통 및 가공시설 부족의 경우, 대부분 어촌계에는 바지락 등의 채취된 수산물을 사이즈별로 분류, 저장하는 시설이나 판매장이 마련되어 있지 않다. 그 때문에 갯벌어장 수산물의 유통 및 판매는 유통상인들에게 의존할 수밖에 없는 원인이 되며 부가가치가 높은 가공품을 개발하는 데 한계가 있다.



[그림 3-5] 갯벌어장 소득화 문제점 우선순위

다음으로 갯벌 수산물의 판매 역시 유통상인들이 담당하고 있는데 어업인들은 시장 상황에 대한 정보를 가지고 있지 않으므로 갯벌 수산물에 대한 가격 결정권을 가지지 못하고 있다. 고가격으로 거래되고 있는 전복, 해삼의 경우도 나잠업자에게 판매를 의존하는 경우가 많은데 전술한 바와 같이 판매금액의 50% 이상을 나잠업자에게 지출하고 있다.

한편, 생산비 상승의 문제는 어촌계와 전복, 해삼의 채취를 담당하는 나잠업자 사이에서 일어나는 경우가 많다. 어촌계에서 해녀 계원이 없는 경우 대부분 나잠업자에서 위탁 채취를 맡기고 있는데 갯벌 수산물의 수익금 배분을 둘러싼 갈등이 많다. 나잠업자들은 지역적으로 조직을 만들어 지속적으로 수익금을 올리고 있으며 그 과정에서 수익

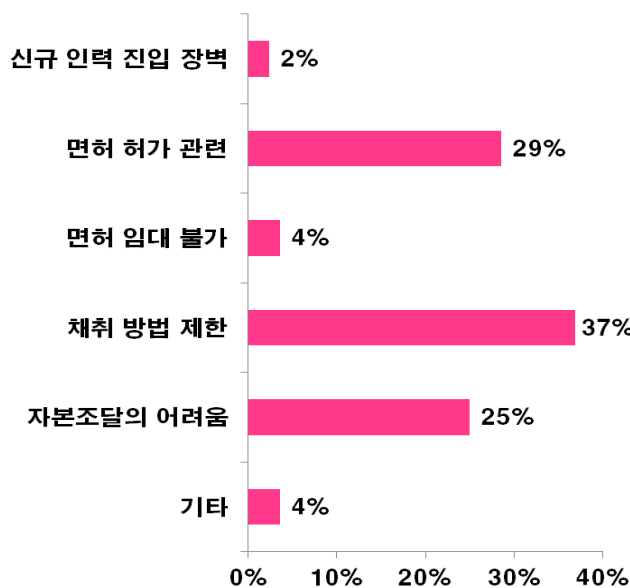
금 분배율을 일정하게 정하여 채취에 기피하는 경우도 있는 것으로 나타났다. 따라서 이들 문제에 대해 일부 어업인들은 기존 판매처(유통상인과 나잡업자 등)에 불만이 있지만 대안이 없어 소득화 문제에 문제가 없다고 응답한 것도 있었다.

마지막으로 기타 문제의 경우, 갯벌어장의 이용을 어업 이외에 체험 등으로 활용하는 것을 들 수 있다. 일부 어촌계에서 체험관광으로 바지락 채취 등의 프로그램을 가동하고 있지만 고소득화를 위해서는 단순한 체험 위주에서 생태교육 등과 연계된 프로그램으로 다양화 및 활성화를 원하고 있었다. 하지만 어촌계 단위에서 체험활동 프로그램을 개발하는 것은 한계가 있기 때문에 정책적 차원에서 지원을 요구하고 있다.

바. 갯벌어장 제도적 문제

갯벌어장 제도적 문제는 채취방법의 제한, 면허 관련, 자본조달의 어려움, 면허 임대 불가 및 인력진입 장벽, 기타의 순서였다. 이들 각 문제에 대한 내용을 정리하면 다음과 같다.

먼저 채취방법의 제한은 전술한 갯벌어장 이용 문제와 관련이 있다. 어업인들은 바지락 등 패류의 채취에 호미 등을 이용한 채취수단을 다양하게 확대해 줄 것을 요구하고 있고, 해삼 및 전복 등의 채취에 대해서도 나잡(해녀) 뿐만 아니라 효율적인 스킨스쿠버의 허용을 원하고 있다. 이들에 대해서는 갯벌 수산자원의 보호, 어업인 소득의 안정화 등에 대한 다각적 검토를 통해 합리적인 채취방법의 도입 또는 개선이 이뤄져야 할 것이다.



[그림 3-6] 갯벌어장 제도적 문제점 우선순위

다음으로 면허 관련 문제 역시 갯벌어장 이용에서의 품종 전환이 어렵다고 한 내용과 관련된 것이다. 전술한 바와 같이, 2012년 6월 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’이 개정되었기 때문에 갯벌어장의 품종 전환은 새롭게 면허를 받지 않고도 가능하게 되었다.

그리고 자본조달의 어려움은 갯벌어장의 생산성 향상을 위한 대규모 종묘방류, 경운·객토 등의 사업이 이뤄져야 하지만 어촌계의 재정 상 이를 충분히 수행하고 있지 못하기 때문에 어업인들은 제도적 측면에서 해결해 주길 바라고 있다.

한편, 면허 임대 불가와 인력진입 장벽의 문제는 비슷한 비율을 차지하였다. 면허 임대 불가는 특히 마을어장의 이용에 있어서 어촌계원 이외에 나잠업자 등에게 임대 또는 위탁이 제도적으로 금지되어 있는 것을 합법화해 달라는 내용이다. 마을어장은 어업인의 안정적 소득원을 확보해 주는 것으로서 면허 임대의 허용은 어촌계에게 이용뿐만 아니라 관리의 의무까지 부여한 것이기 때문에 신중한 판단과 접근이 필요하다. 또한 인력진입의 장벽은 갯벌어장 수산물이 대량으로 생산되는 고소득 어촌계일수록 어촌계원의 가입조건이 까다롭거나 상당한 돈을 가입비로 납부해야지만 어촌계원이 될 수 있는 등 파행적으로 운영되고 있는 실정이다.

마지막으로 기타 문제는 갯벌어장의 생산량 및 면허지 등에 대한 관리가 미흡하고, 면허어장에 허용된 품종 이외에 다양한 갯벌 수산물을 양식하고 있는 점 등이 있다.

사. 기타 문제

지금까지 검토한 문제점 이외에도 어업인들은 갯벌어장의 이용·관리와 관련한 기타 문제에 대해 답변하였는데 그 내용을 정리하면 다음 [표 3-2]와 같다.

첫째, 갯벌어장의 이용에 있어서 마을어업 또는 양식업의 면허어장 이외에 다수의 무면허어장이 존재하고 있다는 점이다. 예를 들어, 특정 어촌계 실태조사에서 면허대장(어업면허증)에 이외의 어장을 관행적으로 이용하고 있는 것을 파악하였다. 어촌계 결산보고서에는 면허어장의 생산금액이 약 2,500만 원에 불과하지만 무면허어장에서는 약 3억 원을 올리고 있었다. 이러한 무면허어장의 생산실적은 현실적으로 파악이 어려우며 파악된다고 하더라도 면허어장의 생산실적과 포함되어 보고되기 때문에 생산실적을 왜곡하는 중요한 요인으로 작용하게 된다.

[표 3-2] 갯벌어장 이용관리 기타 문제점

<ul style="list-style-type: none"> · 면허어장 이외에 다수의 무면허 어장 존재 · 갯벌어장 이용·관리 실태 관련 자료축적 미흡 · 갯벌어장 임대에 따른 수산자원 악화 진행 	<ul style="list-style-type: none"> · 갯벌 수산물에 대한 불법조업 심각 · 갯벌어업 규모화(외부위탁 생산)에 대해 대부분 반대
--	--

둘째, 갯벌어장 이용·관리 실태 관련 자료축적이 미흡하다는 점이다. 갯벌어장 수산물 대부분 비계통으로 판매되기 때문에 정부통계와 큰 차이를 보이고 있으며 이는 결국 효과적인 정책 추진에 걸림돌이 된다. 또한 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’ 제47조에는 갯벌어장의 어업권자는 매년 ‘어장관리실태조사서’를 작성하고 해당 지자체에서는 현지 확인 후에 이를 기록·관리하도록 되어 있다. 그러나 현장에서는 어장관리실태조사서가 제대로 검증되지 않고 작성되고 있으므로 정확한 갯벌어장 생산량 및 생산금액, 이용형태를 파악하기 어려운 상황이다.

셋째, 갯벌어장 임대에 따른 수산자원의 악화가 진행되고 있다. 전복 및 해삼 등 수심이 깊은 곳에 서식하는 수산물의 경우 일반 어업인이 채취하기 힘들다. 따라서 이들 수산물에 대해 해당 어촌계에 나잠이 없는 경우, 타 지역의 나잠업자와 잠수기업자에게 임대하거나 위탁생산을 맡기고 있다. 그런데 일부 임대 및 위탁생산을 하는 나잠업자와 잠수기업자는 단기간에 고수익을 올리기 위해 과도한 어획으로 수산자원을 고갈시키는 경우도 있다.

넷째, 갯벌 수산물에 대한 불법조업이 심각하다는 점이다. 갯벌어장의 채취권을 가지지 않은 дай버들이 야간이나 취약시간에 갯벌어장에 불법으로 들어와 전복, 해삼 등 고가의 수산물을 싹쓸이 조업 하는 경우가 많았다. 어촌계에서는 갯벌 수산물의 채취시기에 감시활동을 강화하고 있지만 인력 및 예산 등이 부족하여 이러한 불법조업에 대해 효과적으로 대응하고 있는 상황이 아니다.

다섯째, 갯벌어장의 이용에 있어서 대규모 자본에 의한 규모화 또는 외부위탁 생산하는 것에 대해서 어업인들은 반대하고 있다. 특히 갯벌어장의 생산성이 높은 어촌계는 새로운 자본의 참여에 대해 대부분 반대하고 있으며, 생산성이 낮은 어촌계 일부에서는 이를 찬성하고 있다. 갯벌어장의 대규모 자본의 신규 참여에 대해 어업인 소득감소를 우려하여 부정적 인식이 존재하고 있음을 알 수 있다.

제2절 개선방안

갯벌어장의 이용·관리와 관련한 어업인 면담조사를 통해 도출된 문제점을 개선함으로써 갯벌어장의 지속적 이용과 효율적인 관리를 위한 방안을 제시하면 다음과 같다. 이들 개선방안은 어업인들의 의견을 토대로 검토하였다. 첫째, 예방적 갯벌어장 관리체계의 도입, 둘째, 객관적인 갯벌어장 이용실태 조사시스템의 구축, 셋째, 갯벌어장의 생

산력 향상 강구, 넷째, 갯벌어장의 지도단속 강화, 다섯째, 갯벌 수산물의 채취방법 도입 및 개선, 여섯째, 갯벌어장 신규인력 및 자본진입의 촉진, 일곱째, 갯벌어장 다각적인 소득화 노력의 전개이다.

1. 예방적 갯벌어장 관리체계의 도입

가. 갯벌 수산자원 특성에 맞는 과학적 모니터링 추진

갯벌어장의 이용·관리 실태조사에서 파악된 문제로서 중요한 것이 갯벌어장에 대한 과학적인 근거에 의한 관리체계가 미흡한 점이다. 특히 갯벌어장의 적절한 이용과 효율적 관리를 위해서는 지역별 품종별 특성을 감안하여 갯벌어장의 생산성을 적절하게 유지하는 것이 필요하다. 이를 위해서 갯벌어장의 과학적 조사 및 모니터링을 실시하여 갯벌의 환경수용력을 감안하여 생산력을 산정하도록 해 나간다. 이 경우 갯벌에 서식하는 수산자원의 특성에 맞는 조사방법, 평가기준 등에 대한 매뉴얼 개발이 따라야 할 것이며, 이를 위해서는 갯벌어장의 수산물을 중심으로 품종별 특화된 조사를 위한 장비가 갖춰져야 할 것이다. 이상의 과정을 통해 갯벌어장의 과학적 조사를 정기적으로 실시한 결과는 갯벌어장의 면허처분, 생산량 상한 및 이용제한, 어장평가 등에 활용해 나간다.

이러한 갯벌어장에 대한 과학적 모니터링의 결과는 환경친화적 갯벌어장의 이용이 가능할 것이며, 아울러 갯벌과 관련된 다른 정부부처, 환경단체 등에서 우려하는 갯벌어장 황폐화를 불식시키는 근거자료로도 활용할 수 있을 것이다.

나. 갯벌어장별 품종별 맞춤형 관리시스템 도입

갯벌어장에 대한 과학적 조사와 모니터링의 결과가 축적되면 갯벌어장 및 갯벌 수산물의 특성에 맞도록 이용형태의 유형화를 통해 지속 가능한 맞춤형 이용모델을 구축해 나간다. 즉, 갯벌어장의 환경수용력과 이용실태에 근거하여 이용형태를 생산지구, 체험지구, 보전지구 등으로 유형화 하여 최적 관리시스템의 개발·적용을 도입한다.

여기서 생산지구는 생산성이 뛰어나거나 갯벌어업 생산에 이용할 수 있는 갯벌어장, 체험지구는 어장으로서의 가치가 낮지만 체험·관광 등으로 이용할 수 있는 갯벌어장, 보전지구는 수산자원보호구역, 습지보호지역 등에 포함되거나 갯벌의 보전가치가 높은 갯벌어장으로 구분한다. 특히 생산지구의 경우 바지락지구, 전복지구, 해삼지구 등과 같이 품종별로 세분화함으로써 품종별 맞춤형 관리시스템을 적용하는 것도 검토할 수 있다.

아울러 갯벌어장별 품종별로 관리기준 및 수단을 마련하는 것도 필요하다. 이에 근거하여 갯벌어장의 생산성 향상을 위한 해적생물 구제, 경운 및 객토 등의 어장환경 개선, 적극적인 종묘사업 및 어장조성 등의 실천적인 사업 추진이 가능할 것이다.

2. 객관적인 갯벌어장 이용실태 조사시스템의 구축

가. 어장관리실태조사서의 신뢰성 향상

갯벌어장 이용·관리의 문제점으로 대두된 것이 갯벌어장의 체계적 관리를 위한 객관적인 관련 자료의 축적이 전혀 이루어지지 않고 있다는 점이다. 전술한 바와 같이, ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’의 제47조에는 갯벌어장의 어업권자는 매년 ‘어장관리실태조사서’를 작성하여 지자체에게 제출하고, 지자체는 그 내용을 확인한 다음 이를 기록·관리하도록 되어 있다.

하지만 어업인 면담조사 결과, 현장에서는 ‘어장관리실태조사서’를 어촌계 임의대로 작성하는 경우가 많았고 지자체 역시 제대로 된 검증 없이 ‘어장관리실태조사서’를 관리하고 있어 갯벌어장의 이용·관리 실태에 대한 신뢰성에 의문이 있다. 따라서 ‘어장관리실태조사서’의 신뢰성을 높이는 것이 시급한 과제이다. 이를 위해 해당 시군구에서는 어촌계에서 제출한 ‘어장관리실태조사서’에 대한 검증시스템을 강구하고 수집된 자료는 전산화하여 체계적 관리를 하도록 한다.

나. 어촌계 결산보고서 제출 의무화

대부분 어촌계에서는 마을어장 또는 양식어장 등을 포함한 어촌계 사업에 대해 매년 결산보고서를 작성하여 어촌계 총회에서 계원들에게 보고하고 있다. 어촌계 결산보고서에는 어촌계가 소유하고 있는 갯벌어장의 면허어업(마을어업과 양식어업)에 대한 품종별 생산량과 생산금액, 지출항목 등이 자세히 작성되어 있기 때문에 비교적 신뢰성이 높은 자료라고 할 수 있다.

따라서 갯벌어장의 정확한 이용실태를 조사하는데 있어서 유용하게 활용할 수 있다. 즉 갯벌어장의 어촌계 결산보고서 제출을 의무화함으로써 어촌계에서 작성하는 어장관리실태조사서와 대조함으로써 객관적이고 신뢰성이 높은 갯벌어장의 이용실태 및 정보를 파악할 수 있다. 단, 어촌계 결산보고서는 어촌계 마다 양식이 다르기 때문에 통일된 양식을 마련하는 것이 필요하다. 그리고 어촌계 결산보고서는 시군구 또는 수산사무소

에서 전산화를 통해 자료를 축적해 나간다. 이들 자료는 지리정보시스템(GIS)과 연동시켜 갯벌어업정보망으로 구축하여 갯벌어장의 산업적 이용 및 합리적 관리를 위한 정책 자료로 활용할 수 있도록 한다.

3. 갯벌어장의 생산력 향상 강구

가. 종묘방류사업의 규모화 및 종묘 수급체계 안정화

갯벌어장의 이용·관리 문제점 중에서 자원조성과 관련된 내용으로서 어업인들은 종묘방류사업의 소규모와 종묘 수급의 불안정을 꼽고 있다. 현재 갯벌어장의 종묘방류에 대해 어업인은 가시적인 효과를 인식하고 있으며 소득 향상을 위해 전복, 해삼, 바지락 등의 정착성 품종을 활발히 방류하고 있다. 하지만 정부 보조로 추진되는 방류사업이 어촌계별로 균등 배분되어 시행되고 있으므로 사업의 규모가 작다. 또한 방류사업을 자체적으로 실시하고 있는 어촌계가 있지만 대부분은 정부(지자체)에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 종묘방류를 통해 갯벌어장의 생산력을 높여 어업인 소득 향상에 직접 연계되기 위해서는 방류사업의 규모화가 필요하다. 이러한 방류사업의 규모화는 사업비의 증액과 더불어 사업방식을 ‘균등’에서 ‘선택과 집중’으로 전환을 통해 달성할 수 있다. 즉 갯벌어장의 관리를 자율적으로 추진하고 있거나 어장환경 개선 등에 적극적으로 참여하고 있는 어촌계에게 인센티브의 형태로 제공할 수 있을 것이다.

한편, 갯벌 수산물 종묘의 수급 불안정은 어업인들이 선호하는 품종의 종묘를 필요한 시기에 충분히 공급받지 못하는데 원인이 있다. 그리고 방류 종묘의 성장이 더디거나 폐사율이 높은 것도 문제였다. 이를 위해서는 중앙정부와 지자체 간의 협력체계 구축을 통해 국·도립 연구기관별로 지역 실정에 맞는 품종을 대량으로 생산할 수 있는 시스템을 마련해 나간다. 그리고 주요 갯벌 수산물에 대한 육종개발도 실시하여 건강한 종묘를 생산할 수 있도록 한다. 또한 민간종묘업자로부터 갯벌 수산물 종묘를 구입·방류할 때는 종묘검사를 철저히 실시한다. 아울러 기존 갯벌 수산물 이외에도 부가가치가 높은 품종에 대한 종묘생산기술을 개발하는데 R&D 투자를 강화해 나갈 필요가 있다.

나. 갯벌어장 옥토화 종합대책 수립 추진

갯벌어장의 이용에서 당면한 문제인 종묘 대량 폐사의 증가, 갯벌어장의 생산성 하락 등에 대응하기 위해서 ‘(가칭)갯벌어장 옥토화 종합대책’을 수립·추진해 나갈 필요가

있다. 종합대책에는 갯벌어장의 생산성을 유지·향상시키고 친환경 인프라를 구축하기 위한 R&D 투자를 확대하고, 갯벌어장의 환경개선·조성 등을 포함한다.

갯벌어장 R&D 투자 확대의 내용에는 우선 갯벌어장에 대한 과학적인 조사체계의 확립과 객관적인 환경수용력 평가모델을 개발하고, 갯벌 수산물의 대량 폐사원인을 구명한다. 그리고 노동력 부족 및 고령화에 대응한 효율적인 채취수단의 개발·보급과 썩, 불가사리 등 해적생물을 효과적으로 구제할 수 있는 기술의 개발을 추진한다. 아울러 해삼 등 갯벌 수산물의 생육·성장에 효과적인 맞춤형 인공초의 개발·보급도 포함한다.

갯벌어장 환경개선은 장기간 활용되어 어장기능이 훼손되었거나 노후화된 갯벌어장에 대해 환경개선과 자원조성 등을 통해 어장 생산력을 회복시켜 어업인의 고소득원으로 활용시킬 수 있는 기반을 만드는 것이다. 예를 들어, 마을어장 및 양식어장에 대해 생물학적, 물리적(경운, 준설, 투석 등), 화학적 방법(저질 개선제 살포) 등을 통해 갯벌 수산물이 서식할 수 있는 최적의 서식 환경을 조성한다. 그리고 어장 폐기물 및 기자재(폐지주 등)의 제거, 어장 내 통행로 조성, 어장구획 표시 등을 해 나간다. 아울러 굴, 바지락, 가무락 등 종패 발생장에 대한 모래살포 등의 어장환경 개선과 우량 종묘의 이식, 인위적인 종패 발생장의 조성 등도 추진해 나간다.

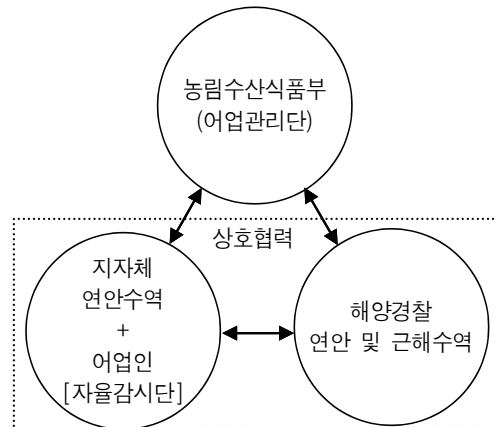
4. 갯벌어장의 지도단속 강화

가. 갯벌어장 자율감시단 운영

갯벌어장 이용·관리 조사에서 나타난 문제점으로 갯벌어장에 대한 불법조업이 심각하다는 점을 들 수 있다. 갯벌어장에 대해 채취권이 없는 스쿠버다이버 등이 조직적으로 갯벌어장에 무단 침입하여 고가의 갯벌 수산물을 싹쓸이 채취하거나, 갯벌어장에서 위탁 채취를 하는 나잡업자들이 어린 갯벌 수산물을 채취하는 경우가 많이 발생하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 갯벌어장에 대해 체계적이고 조직적인 불법조업 근절체제로 전환이 요구되는데 구체적으로는 자율감시단의 조직·운영, 자율관리어업의 내실화 구축 등이 추진될 필요가 있다.

갯벌어장 자율감시단의 조직·운영은 어촌계별로 갯벌어장을 감시·감독하는 어촌계원을 2인 1조로 구성하여 순번대로 갯벌어장에서 자율적인 감시활동을 전개하는 것이다. 또한 자율감시단의 구성은 어촌계의 노동력 부족과 고령화를 감안하여 지역의 공익요원 등을 활용할 수 있는 방안도 검토할 필요가 있다. 이러한 자율감시단이 효율적으로



[그림 3-7] 갯벌어장 불법조업 대응체계

운영되고 가시적인 성과를 이루기 위해서는 단속권을 가지고 있는 지자체 또는 해양경찰과 핫라인 설치 등 협조적인 관계를 구축하는 것도 필요하다. 이를 통해 정부와 해당 지자체에서도 갯벌어장에서의 불법조업에 대한 강력한 단속을 벌여 불법어업자에 의해 합법어업자가 피해를 보거나 선량한 합법적 어업자는 항상 손해라는 의식이 만연하도록 방지해서는 안 될 것이다.

한편, 우리나라는 수산자원의 고갈과 어업인 소득 감소에 대한 돌파구를 마련하기 위해 2001년부터 자율관리어업을 도입·운영하고 있다. 자율관리어업은 지속 가능한 어업생산 기반을 구축하고 지역별 어업별 분쟁 해소, 어업인들의 소득향상과 어촌사회 발전을 위하여 어장관리, 자원관리, 경영개선, 질서유지 등이 어업인들의 자율적인 참여 하에서 이루어지는 것이다. 현재 갯벌어장의 어촌계에서도 자율관리어업에 참여하고 있으므로 갯벌어장의 불법조업을 근절시키기 위해 어촌계 특성에 맞는 자율관리어업의 활동을 도출하여 이를 내실화 있게 추진할 필요가 있다.

나. 갯벌어장 관리 관련 교육·홍보프로그램 개발 및 보급

갯벌어장의 불법조업의 근절과 규제 순응을 위해 예방적 조치를 강구하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 갯벌어장 관리와 관련된 교육·홍보프로그램을 개발·보급해 나간다. 이를 통해서 어업인들에게 갯벌어장의 중요성을 교육하고 갯벌어장 이용에 따른 소득향상 효과 등을 홍보함으로써 어업인들이 자원관리와 지속적 이용에 대한 책임의식을 갖고 불법조업에 대한 강력한 의지를 가질 수 있도록 한다. 이러한 교육·홍보활동은 정기적인 어촌계별 사랑방 좌담회 또는 선진지 견학 등을 실시하여 어업인들의 의식이 근본적으로 변화하도록 유도한다.

아울러 갯벌어장의 불법조업을 하고 있는 스쿠버다이버, 나잠업자들에게 불법조업에 대한 근절의지와 불법조업 수산물의 유통금지 등에 대한 내용을 홍보전단과 현수막의 배포를 통해 인지시켜 나간다. 그리고 이들 불법조업자들로부터 불법조업과 규제 불순응에 대한 원인을 사전에 파악함으로써 선제적인 불법조업 근절대책을 마련할 필요가 있다.

5. 갯벌 수산물 채취방법 도입 및 개선

가. 바지락 등 패류 채취수단의 개발 및 보급

갯벌어장의 바지락, 굴, 가무락 등의 패류 채취는 인력에 의존하고 있으며 호미, 쟁이, 갈퀴류 등 생산성이 낮은 수단으로 채취활동이 이루어지고 있다. 현재 갯벌어장을 이용하는 어촌계 대부분은 인력의 감소와 고령화가 심각한 상황이다. 이에 따라 어업인들은 효율적인 채취수단의 마련을 요구하고 있다.

어촌계의 인력 부족과 고령화가 진행되고 있는 현실을 감안한다면 갯벌어장의 채취수단을 호미, 쟁이 등의 인력 의존형에서 탈피하여 기계화를 도입하는 것을 검토할 필요가 있다. 농업의 경우, 농촌 인력이 감소함에 따라 파종, 수확 등 농사일의 상당 부분을 다양한 기계로 대체하여 생산성 향상을 도모하고 있다.

따라서 갯벌어장의 채취수단 역시 자동수확기, 자동선별기 등을 개발하여 보급함으로써 노동력 감소에 대응할 필요가 있다. 일본에서는 바지락 채취기를 개발·보급하여 인력 고령화에 대응하고 있다. 단 갯벌어장 채취수단에 대해 제도적으로 엄격하게 제한하고 있으므로 채취수단의 기계화를 도입할 때 제도적인 보완이 따라야 할 것이다. 또한 채취수단의 기계화는 갯벌의 황폐화를 동반할 우려가 있기 때문에 갯벌어장의 생태계 보호와 생산력 유지라는 관점에서 개발하는 것이 필요하다. 아울러 갯벌어장의 채취수단 기계는 고가이며 일 년에 한두 번 사용하기 때문에 어촌계 개별적으로 보유하는 것보다 농업의 농기계 임대방식 등을 고려하여 지자체별(수협별)로 운영하는 것을 검토해 볼 필요가 있다.



[그림 3-8] 일본의 바지락 채취기

나. 해삼 및 전복 등 채취방법 대체 방안 검토

한편, 갯벌어장의 수심 깊은 곳에 서식하고 있는 전복, 해삼 등을 채취하는 노동력 역시 고령화가 진행되고 있다. 또한 어촌계에 나잠, 잠수기 등의 노동력이 없는 경우 대부분 외부업자에게 임대 또는 위탁하여 채취를 하고 있는데 이들과 수익금 배분을 둘러싼 갈등이 많다. 갯벌어장의 수산물을 임대 또는 위탁 채취를 하는 어촌계의 경우, 판매금액의 50~60%를 나잠 또는 잠수기업자에게 분배하고 있는데 어업인들은 이들 금액이 과중하며, 갯벌어장의 임대·위탁에 의한 채취는 수산자원의 고갈을 초래한다고 불만을 토로하고 있다.

따라서 나잠 또는 잠수에 의한 채취방법을 개선하기 위한 다양한 방안이 강구될 필요가 있다. 우선 현행 제도에서 허용하고 있는 채취방법인 나잠, 잠수기어업을 자자체에서 엄격히 관리하여 채취수단 또는 분배방식의 표준요율 등의 투명화를 검토해 나간다. 그리고 어업인들이 허용을 요구하고 있는 스킨스쿠버 등은 채취 노동력의 감소를 감안하여 전향적으로 검토할 필요가 있을 것이다. 단, 기존 나잠 및 잠수기와는 분쟁, 수산자원 감소 우려 등을 감안하여 스킨스쿠버를 시군구 또는 수협에 등록을 한 자로 제한하는 등의 엄격한 관리가 따라야 할 것이다. 또한 갯벌어장에서의 스킨스쿠버의 허용 문제는 다른 지역의 마을어장 등에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 제도적 정책적 관점에서 신중한 접근이 필요하다고 생각한다.

6. 갯벌어장 신규인력 및 자본 진입 촉진

가. 갯벌어장 이용 주체인 어촌계 진입장벽 완화

갯벌어장인 마을어업과 양식어업의 이용 주체는 어촌계(일부 수협)이다. 그런데 대부분 어촌계에서는 갯벌어장의 고령화 및 공동화라는 인력 문제에 공통적으로 당면해 있다. 반면에 도시의 복잡한 생활을 벗어나 어촌에 정착하려는 사람들도 나타나고 있다. 조사지역에서도 도시 생활을 정리하고 어촌에 정착한 사람들도 일부 존재하였다.

하지만 갯벌어장을 이용하기 위해서는 어촌계원의 가입이 필수이며 어촌계원 가입요건은 어촌계별로 다양하지만 대부분 새로운 노동력의 진입이 까다롭게 되어 있어 사실상 허용되어 있지 않은 상황이다. 특히 갯벌어장 수산물이 많이 생산되는 고소득을 누리는 어촌계일수록 가입조건이 매우 엄격하거나 상당한 가입비를 납부해야지만 어촌계원이 될 수 있다. 전술한 조사지역에 새롭게 정착한 사람들도 부모들이 어촌계원으로 가입되어 있어 이를 승계한 경우가 대부분이었다.

따라서 어촌계의 노동력 문제를 해결하고 갯벌어장의 이용자가 되는 젊은 사람들을 유치하기 위해서는 어촌계원의 가입 요건을 완화시키는 방향으로 유도할 필요가 있다. 즉 갯벌어장의 지속적인 생산을 유지하고 자원관리를 하기 위해 새로운 참여 인력에 대해서 어촌계 가입 문호를 대폭 열어둘 필요가 있다. 이러한 경우, 기존의 고령화 어촌계원들의 반발이 있을 수 있으므로 최근 추진되고 있는 ‘고령어가 은퇴직불제’와 연계하는 것을 검토해 볼 수 있다.

고령어가 은퇴직불제는 고령어가 은퇴를 희망할 경우, 정부에서 조성한 자금과 새롭게 참여하는 어업인의 어촌계 등록비 일부를 이용하여 은퇴 고령어에게 매월 일정 금액을 분할로 지급하는 방식이다. 이를 통해 어업에 종사하기 힘들지만 노후 대책이 없어 은퇴가 힘든 고령어의 퇴출을 용이하게 하여 신규 인력이 원활하게 유입될 수 있을 것이다. 또한 신규 인력이 유입되지 않을 경우, 고령어의 퇴출을 통해 잔존 어촌계원의 어장 규모화가 용이하게 이뤄질 수도 있다.

나. 귀어어촌 프로그램 도입 실시

갯벌어장을 이용하고 있는 어촌은 젊은 인력의 유출로 인해 생산기반이 약화되고 있다. 그 결과 어촌지역의 공동화와 약체화를 초래하고 있으며, 이에 따라 지역경제 거점, 주거 및 생산기반이란 어촌의 본래 기능이 갈수록 저하되고 있다. 따라서 어촌의 기능을 유지하기 위해서는 우수한 젊은 인력을 유치하는 방안을 도입할 필요가 있다.

한편, 갯벌어장 어촌에서도 귀어어촌에 대한 수요가 늘고 있으며 실제로 몇몇 지역에서는 어촌에 정착하고 있는 사례도 확인되었다. 농업의 경우, 지자체, 농업기술센터, 농협, 귀농운동본부 등에서 다양한 귀농프로그램을 실시하고 있으며, 이를 통해 영농기술의 습득뿐만 아니라, 농지 구매 및 임차, 농기계 구입 지원 등을 실시하여 젊은 사람의 귀농이 늘고 있다. 어업에서도 귀농프로그램을 벤치마킹하여 일부 지역에서 창업 및 주택자금을 지원하는 귀어어촌프로그램을 도입하고 있다. 하지만 어업은 어로기술이 복잡하고 기술 습득에 장기간이 소요되며, 어장 이용에 있어 폐쇄적인 성격을 가지고 있다.

따라서 맞춤형 귀어어촌 교육프로그램 개발할 필요가 있다. 즉 정부, 지자체(수산기술사무소), 지역대학과 연계한 지역 실정에 맞는 교육프로그램을 개발, 지원해 나간다. 그리고 귀어어촌 교육프로그램 수료자에 대해서 지역 어촌의 유능한 어업인과의 멘토링제를 도입하여 신규 인력이 어촌사회로의 동화를 촉진시키고 어업기술의 습득이 용이하게 유도해 나간다. 아울러 어촌계원의 진입 장벽과 어업면허 우선순위의 완화 등의 제도적 보완도 필요하다.

다. 어촌공동체가 주체가 된 자본 도입 유치

갯벌어장의 이용은 어촌공동체(어촌계)가 주체로 되어 있다. 어촌계에 따라서 자본이 축적되어 있고 소득원의 확보가 잘되는 곳도 있지만 대부분 어촌계는 규모가 작고 영세하거나 가공·판매 등의 소득화가 이뤄지지 않고 있다. 또한 갯벌어장의 생산성 향상을 위한 대규모 종묘방류, 경운·객토 등의 투자가 필요하지만 어촌계 재정 상 이를 원활하게 수행하고 있지 못한 상황이다.

따라서 갯벌어장의 규모화를 촉진하여 효율적인 이용·관리시스템이 정착하기 위해서는 어업권의 임대차를 활성화하여 어업권의 유동성을 확보하는 것을 검토해 볼 수 있다. 현재 어촌계, 지구별수협 등이 소유하고 있는 갯벌어장의 어업권에 대해서는 임대차를 기본적으로 금지하면서도 어촌계의 계원이나 지구별수협의 조합원으로 구성된 영어조합법인이 어장관리 규약에 따라 어업권 행사시 발생하는 실질적인 임대차 관계에 대해서는 이를 규제하지 아니하고 있다.⁷⁾ 이에 따라 갯벌어업의 상당수를 차지하는 마을어업의 경우 어촌계의 계원, 지구별수협의 조합원, 또는 이들로 구성된 영어조합법인에 한정하여 임대차가 가능하지만 기존 어업인 이외의 외부 진입자에 대해서는 실질적으로 개방되어 있지 않다. 갯벌어장의 임대차를 더욱 활성화하기 위해서는 실질적인 임대차의 허용 범위를 확대할 필요가 있는데, 예를 들어 현실성 있는 한 가지 방안은 영어조합법인보다 비어업인의 참여폭이 넓은 어업회사법인까지 허용 범위에 포함하는 것을 검토해 볼 수 있다. 이를 경우, 타인에 의한 어업권의 지배 금지 조항(제32조)과 충돌할 수 있으므로 이에 대한 규제 완화도 검토할 필요가 있다.

이러한 갯벌어장의 새로운 형태의 자본 도입은 기존의 갯벌어장 이용·관리체계에 영향을 미치지 않아야 한다. 예를 들어, 어촌공동체인 어촌계는 갯벌어장의 관리 및 생산을 전담하고 신규 자본의 경우 가공·유통·판매, 투자 등을 담당하는 역할 분담이 명확히 되어야만 어업인의 참여를 이끌어 낼 수 있을 것이다.

7. 갯벌어장 다각적인 소득화 노력 전개

가. 갯벌참굴 등 고소득 품종 전환 유도

현재 정부에서는 성장 잠재력이 큰 10대 전략품목을 집중 육성하여 수산물 수출 확대를 도모하는 정책을 추진하고 있다. 이 중에서 갯벌어업과 관련 된 품종은 갯벌참굴, 해

7) 「수산업법」 상 임대차 금지 규정(제33조) 참조.

삼 등이 있다.⁸⁾ 갯벌참굴은 일반 굴에 비해 몇 배 이상의 고소득 품종으로서 종묘생산 및 양식기술의 확보를 통해 현재 서해안에서 시범양식을 추진 중에 있다. 또한 해삼 역시 중화권의 소비 증가에 따른 수입이 확대되고 있는 추세로서 우리나라 전략 양식품종으로 대두되고 있으며, 현재 인공종묘생산 기술 확보와 고부가가치화를 위한 견해삼 가공기술 개발 등이 추진되고 있다.

이러한 갯벌참굴, 해삼 등은 기존의 갯벌 수산물보다 고수익을 창출할 수 있고, 실태조사에서도 어업인들이 이들 품종에 대해 품종 전환을 요구하였다. 따라서 수출 잠재력이 크고 어업인 소득화에 기여할 수 있는 이들 품종에 대해 중간종묘의 육성기술 및 대량생산, 양식 매뉴얼 개발, 효율적 양식·가공기술 등을 개발·보급하여 어업인 소득 향상에 기여할 수 있도록 할 필요가 있다.

한편 동일한 패류품종에서의 양식품종의 전환은 2012년 6월 제도의 개정으로 자유롭게 가능하게 되었다. 하지만 갯벌어장의 생산력 유지, 동일 품목의 과잉생산으로 인한 가격하락 등을 방지하기 위해 생산관측 등을 강화하고, 대규모 품목 전환에 따른 환경피해 등의 관리를 병행하는 것을 검토해 나간다.

나. 정부의 수출 양식단지 등 새로운 정책과 연계

정부에서는 기존의 양식의 한계인 내만 집중, 환경오염, 밀식 등을 극복하고 도서지역 및 갯벌어장에 양식단지화를 통해 규모화, 수출 산업화를 도모하기 위해 품종별 수출 양식단지를 적극적으로 추진하고 있다. 여기에 시범사업으로서 해삼과 전복 수출 양식단지조성이 포함되어 있다. 수출 양식단지는 새로운 양식적지를 발굴하여 종묘생산·양식·가공·수출을 수직 계열화함으로써 수산업의 신성장동력 발굴과 수출 효자품목으로 육성을 꾀하고 있다.

해삼의 경우, 서해안 갯벌어장에서 많이 생산되고 있고 양식적지가 많기 때문에 수출 양식단지의 성공 가능성이 높다고 사료된다. 예를 들어, 태안 남부와 보령을 잇는 지역은 해삼이 많이 서식하고 있고, 수심이 낮고 해저지형이 평탄하여 동 사업을 추진하기 최적으로 조건을 갖추고 있다고 판단된다. 따라서 수출 양식단지와 연계하여 서해안 ‘(가칭)해삼벨트사업’의 도입을 검토할 필요가 있다. 이와 같이 대규모 수출 양식단지를 조성함으로써 갯벌어장의 지속적인 소득원의 발굴을 통해 지역 어업인의 소득증대에 기여하도록 한다.

8) 갯벌참굴(100g)의 개당 가격은 5,000원, 최상급 견해삼의 1g 가격은 3,000원에 판매되고 있다.

다. 갯벌 수산물의 상품화 노력

지금까지 갯벌 수산물에 대해 효율적 생산만을 강조했지만, 채취 이후의 품질관리, 청정 갯벌 수산물 브랜드 개발 등의 상품화 제고를 위한 노력은 등한시 해 왔다. 이러한 것은 어업인들이 생산에만 전념하였고 유통·판매는 대부분 유통상인들이 담당했던 것과도 관련이 있다.

앞으로는 갯벌 수산물에 대한 품질관리 및 브랜드 개발 등을 통해 부가가치 향상을 기울일 필요가 있다. 국내 소비자는 수산물의 위생과 안전성을 중시하고 있으며, 청정한 갯벌 수산물의 이미지를 홍보, 마케팅 등에 활용한다면 안정적인 시장 확대가 가능할 것이다.

한편, 세계적으로 경제성장, 웰빙, 건강식품 등에 대한 인식의 확산으로 수산물 소비가 확대되고 있는 반면, 과잉어획노력으로 인한 수산자원의 감소 등으로 수산물 공급에 한계가 있는 등 피쉬플레이션이 심화되고 있다. 특히 중화권의 경우, 해삼, 전복 등 고가의 수산물 소비가 폭발적으로 증가하고 있다. 이에 대응하여 갯벌 수산물을 활용한 새로운 수출시장의 개척을 위한 노력과 전략을 발굴할 필요가 있다.

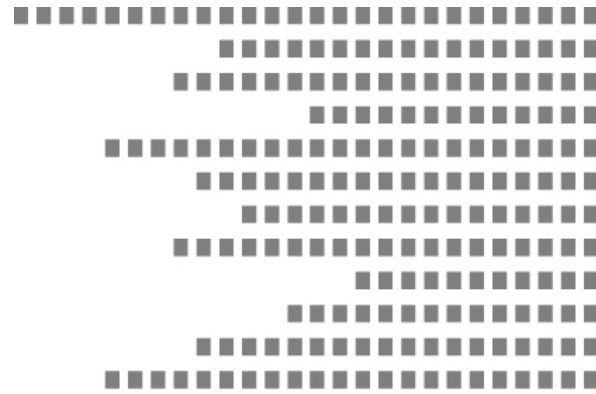
라. 특색 있는 체험프로그램과 연계한 소득화 실현

지금까지 갯벌어장의 체험은 유희형 채취활동에 집중되어 있어 지역별로 특색을 반영한 경우가 많지 않다. 그 때문에 서해안 갯벌어장 체험은 획일적이며 지속적인 관광어업으로 발전하는데 한계를 가지고 있다. 따라서 갯벌 또는 갯벌어장의 다원적인 역할을 새롭게 조명하여 이를 기반으로 한 교육·홍보프로그램을 발굴하여 어촌지역의 새로운 소득원으로 활용해 나갈 필요가 있다. 예를 들어, 갯벌어장의 특성에 맞는 ‘갯벌수산물 학습프로그램’과 같은 프로그램을 개발하여 우리가 항상 접해 왔던 갯벌어장에서 생산되는 수산물에 대해 교육적 메시지를 담을 수 있도록 해 나간다.

한편, 갯벌어장의 수산물을 활용하여 판매, 식당, 전시, 문화시설 등이 복합적으로 연계된 가칭 ‘갯벌어업 타운’을 조성하여 지역경제 활성화에 기여하는 것도 검토할 필요가 있다. 즉 새로운 성장동력원으로 육성·발굴하고자 하는 정부의 ‘신갯벌 정책’을 일반 국민들에게 효과적으로 홍보·전시하고, 복합산업화 모델지역에서 생산되는 갯벌 수산물을 직접 구매·시식할 수 있는 종합공간으로 조성하는 것이다. 또한 갯벌어장의 체험관광은 해당지역의 관광자원, 역사·문화자원, 자연자원 등과 연계하여 다양한 프로그램을 통해 갯벌어장과 연계하여 관광상품이 될 수 있도록 개발할 필요가 있다.

그리고 갯벌어장의 관광 및 홍보·교육프로그램은 다양한 계층에서 참여할 수 있도록 수요자의 눈높이에 맞는 맞춤형 프로그램 개발이 필요하다. 예를 들어 수산물의 미래 수요자인 초·중·고등학교 학생들을 대상으로 갯벌어장의 다원적 기능과 수산물의 중요성을 체계적으로 가르칠 수 있는 현장교육프로그램으로 개발하는 것도 검토할 필요가 있다.

이러한 갯벌어장의 체험관광, 홍보·교육프로그램은 전문가의 컨설팅을 통해 지역별로 특색 있는 맞춤형 프로그램으로 개발하도록 하여 지역경제 또는 어업인의 소득화에 기여할 수 있도록 해야 할 것이다.



제 2 편

유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사

□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

제 1 장

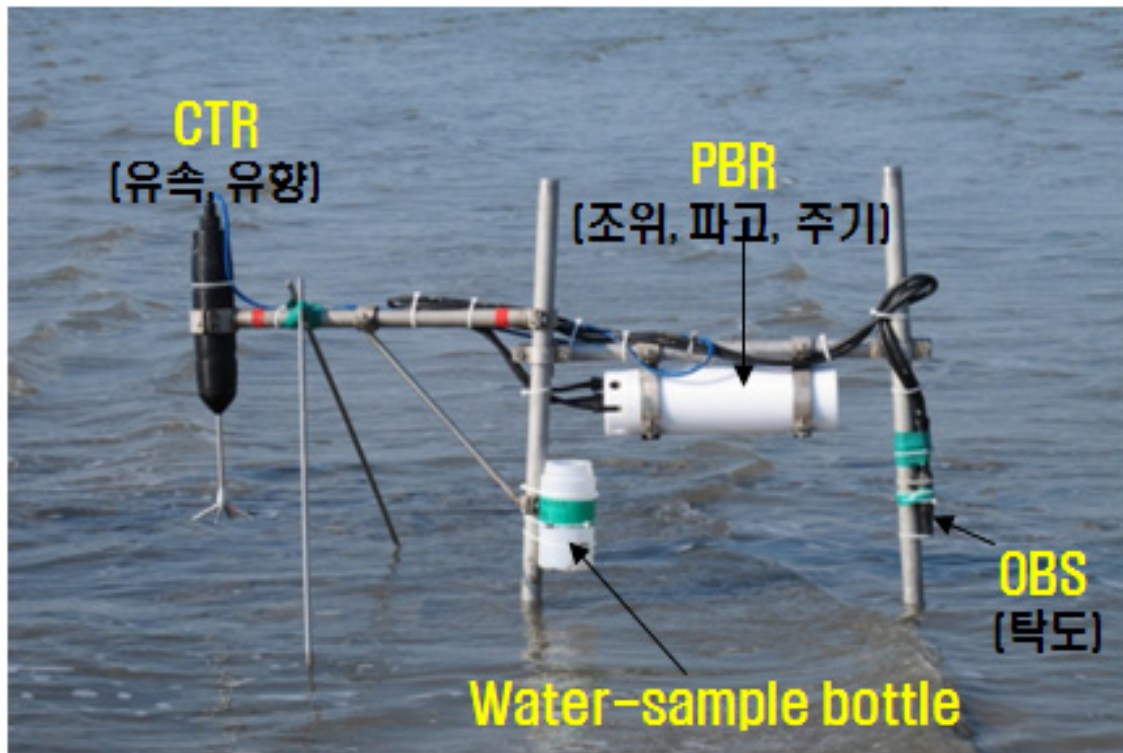
태안군 남면갯벌

제1장 태안군 남면 갯벌

제1절 수리환경

1. 연구내용 및 방법

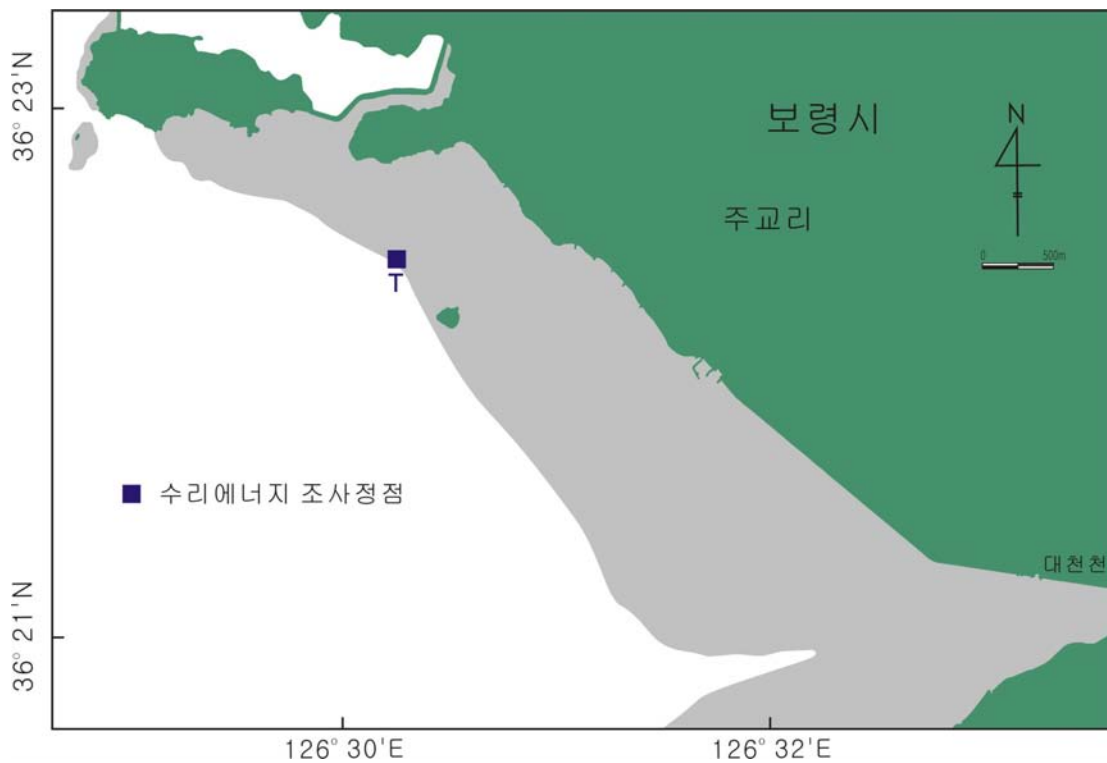
조사지역 갯벌의 수리에너지 특성은 종합관측시스템인 TISDOS (Tidal-Flat Sediment Dynamics Observation System)를 이용하여 관측하였다. TISDOS는 갯벌 또는 연안에서 퇴적물 이동을 간편하게 측정할 목적으로 한국해양연구원이 정부의 지원을 받아 개발한 장비로서 CTR(유속-탁도 기록장치)과 PBR(압력-수심 기록장치)로 구성된다([그림 1-1]). CTR에는 도플러유속센서(acoustic doppler current sensor)인 DCS3620 (Andera Instruments)과 OBS (Seapoint turbidity meter)가 장착되어 유속과 탁도의 5분 평균값을 기록한다. PBR에는 digiquartz pressure transducer와 50/200kHz dual-frequency altimeter가 장착되어 수심, 파고와 주기, 그리고 센서와 바닥 사이의 거리를 10분 간격으로 측정한다. TISDOS 측정시스템에 대한 자세한 사항은 과학기술부(2004)에 제시되어 있다.



[그림 1-1] 현장에 설치된 종합수리관측기(TISDOS)의 모습

본 연구는 겨울(2012년 2월)과 여름(2012년 7월)의 대조기에 남면 갯벌의 저조선 부근에 위치한 정점 T(36° 41' 46.6"N, 126° 15' 09.6"E)에 수리관측기를 각각 설치하여 수리에너지 특성을 조사하였다[그림 1-2]. 수리관측을 통해 획득된 자료는 조위, 유속과 유향, 파고와 주기, 부유물 농도, 해저면의 고도 등이다. 조위와 파고는 해저면 위 20~23cm 높이에 측정되었고, 유속, 부유물 농도, 해저면의 고도는 해저면 위 34~40cm 높이에 측정되었다. 측정된 자료는 엑셀 데이터로 변환하여 자료처리를 수행하였다. 그리고 부유물 농도는 실험실 실험을 통해 얻은 아래의 관계식을 이용하여 구하였다.

$$\text{OBS (g/L)} = 0.0003 \times \text{OBS volts} - 0.0051$$



[그림 1-2] 남면 갯벌 수리관측 정점도

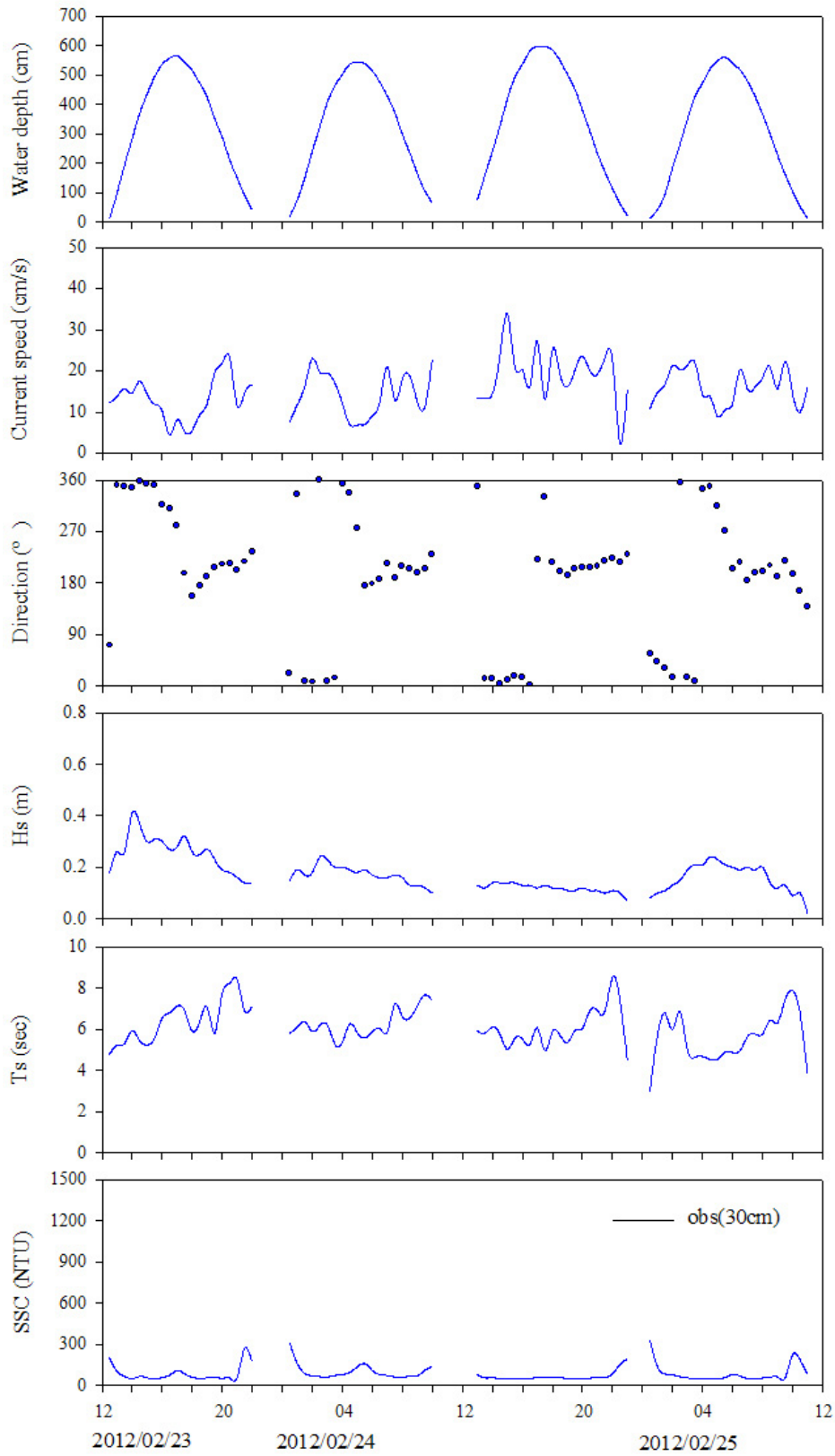
2. 연구결과

가. 조석 및 조류

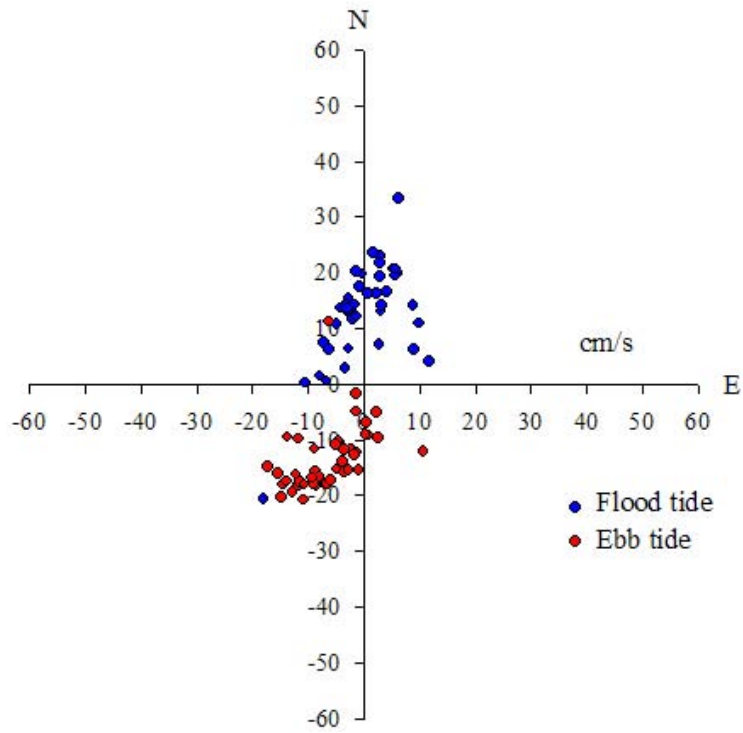
겨울: 2012년 2월 23일부터 25일까지 4 조석주기 동안 조위(water level)를 관측한 결

과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 5.5~6.0m (평균 5.8m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 60cm 미만을 보이며 변화하였다 [그림 1-3]. 관측지점에서 1 조석주기 동안 대기 중에 노출되는 시간은 약 1.5시간, 해수에 침수되는 시간은 약 10.5 시간 정도였고, 낙조시간이 창조시간보다 22분 정도 더 긴 특징을 보였다[그림 1-3]. 조류의 최저유속은 대체로 만조 직전과 직후에 나타났고, 최고 유속은 대체로 창조 중반에 나타났다[그림 1-3]. 창조의 평균저층유속은 15.5cm/s, 낙조의 평균저층유속은 16.0cm/s로서 낙조류가 창조류에 비해 다소 더 강하였고[표 1-1], 관측기간 동안의 최고유속은 33.9cm/s로서 창조 중반에 나타났다[그림 1-3]. 조류의 방향은 창조류는 북향류, 낙조류는 남향류가 우세하였으며[그림 1-4], 창조류는 반시계 방향 그리고 낙조류는 시계방향으로 회전하는 상반된 경향을 보였다[그림 1-5]. 조류의 세기는 대체로 창조보다는 낙조 때 다소 강한 특징을 보였다[그림 1-3].

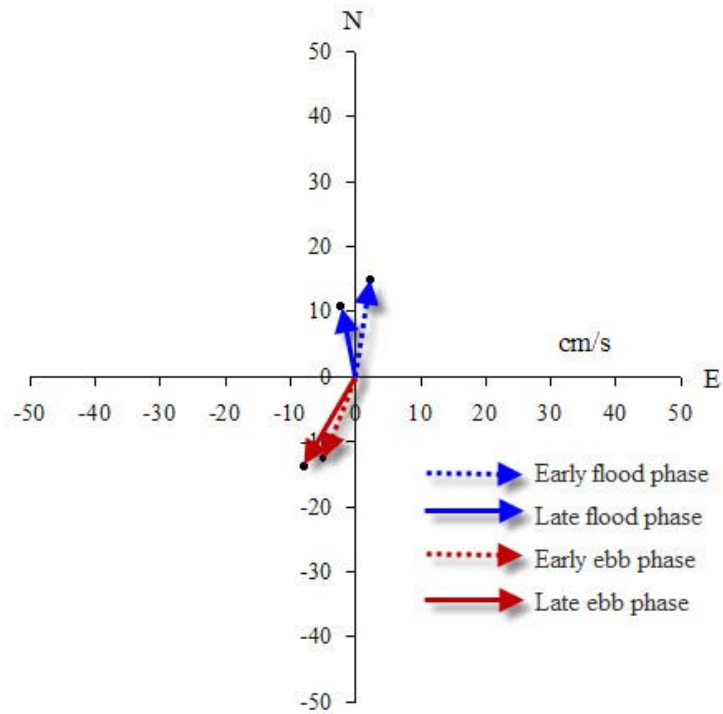
여름: 2012년 7월 5일부터 7일까지 4 조석주기 동안 조위를 관측한 결과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석으로서 만조수위는 5.0~6.2m(평균 5.6m) 범위에서 매일 120cm 미만의 차이를 보이며 변화하였다[그림 1-6]. 관측지점에서 한 조석주기 동안 대기에 노출되는 시간은 약 2시간, 해수에 침수되는 시간은 약 10시간 정도였고, 낙조 지속시간은 창조 지속시간에 비해 약 15분 정도 더 길었다[그림 1-6]. 조류의 유속은 대체로 만조와 간조 전후에 최저유속을 보였고, 낙조 후반에 최고유속을 보였다[그림 1-6]. 창조의 평균저층유속은 13.7cm/s, 낙조의 평균저층유속은 15.0cm/s로서 낙조류가 창조류 보다 더 강하였고, 관측기간의 최고유속은 55.8cm/s로서 겨울에 비해 아주 강한 편이었다[그림 1-6]. 조류의 방향은 창조류는 북서향류, 낙조류는 남동향류가 우세하였으며[그림 1-7], 창조류는 반시계 방향 그리고 낙조류는 시계방향으로 회전하는 상반된 경향을 보였다 [그림 1-8]. 조류의 세기는 대체로 창조보다는 낙조 때 다소 강한 특징을 보였다[그림 1-6].



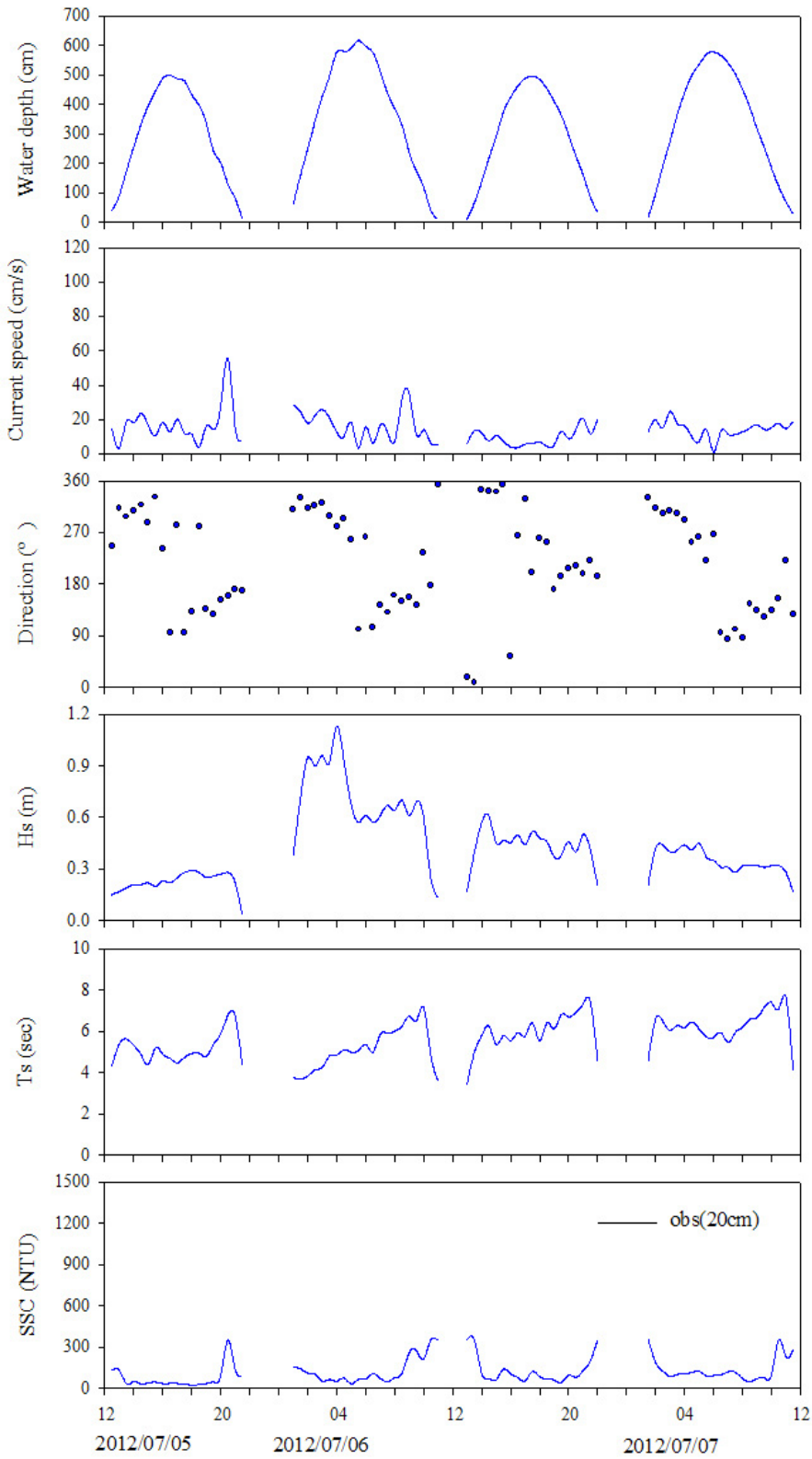
[그림 1-3] 남면 갯벌 겨울철 수리관측 자료



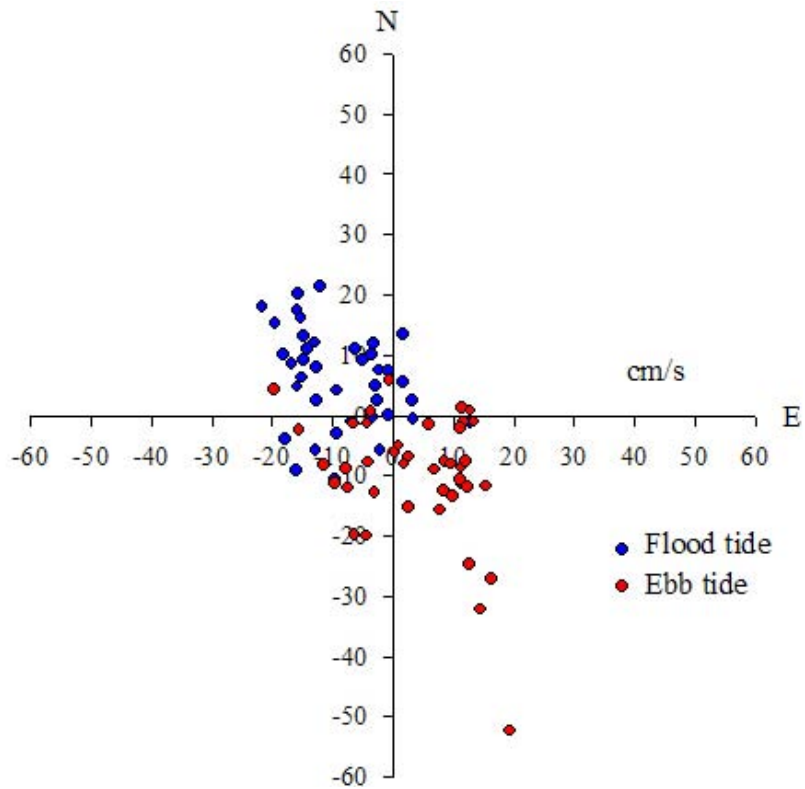
[그림 1-4] 남면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도



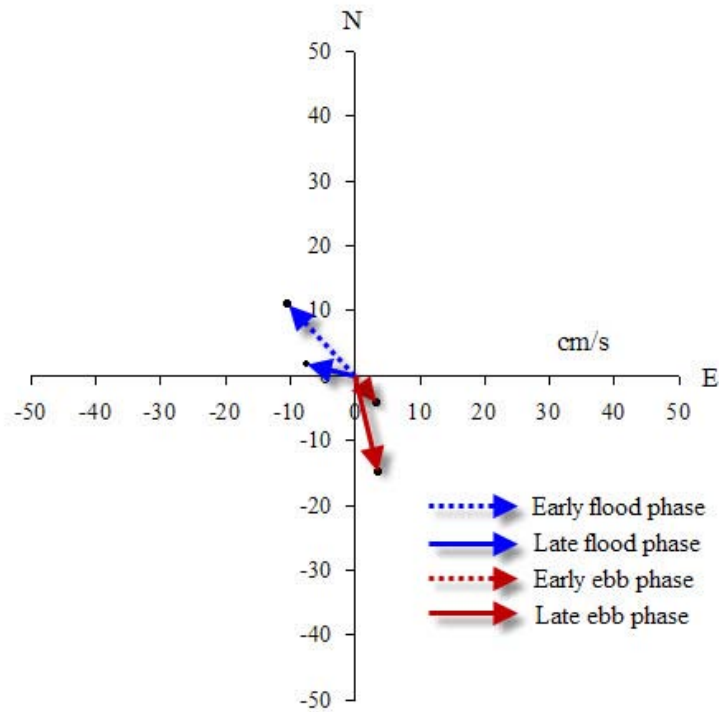
[그림 1-5] 남면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및 유향 변화



[그림 1-6] 남면 갯벌 여름철 수리관측 자료



[그림 1-7] 남면 갯벌 여름철 저층조류 산포도



[그림 1-8] 남면 갯벌 여름철 저층조류의
유속 및 유향 변화

[표 1-1] 남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
남면	겨울	창조	4	4:30	15.5	20	21.4	51.3	8
		낙조	4	4:52	16.0	15	21.6	62.3	207
		1조석	4	9:22	15.8	17	21.5	11.0	245
	여름	창조	4	4:22	13.7	50	27.9	26.2	345
		낙조	4	4:37	15.0	40	35.4	38.9	170
		1조석	4	8:59	14.4	40	31.7	12.6	178

나. 파랑

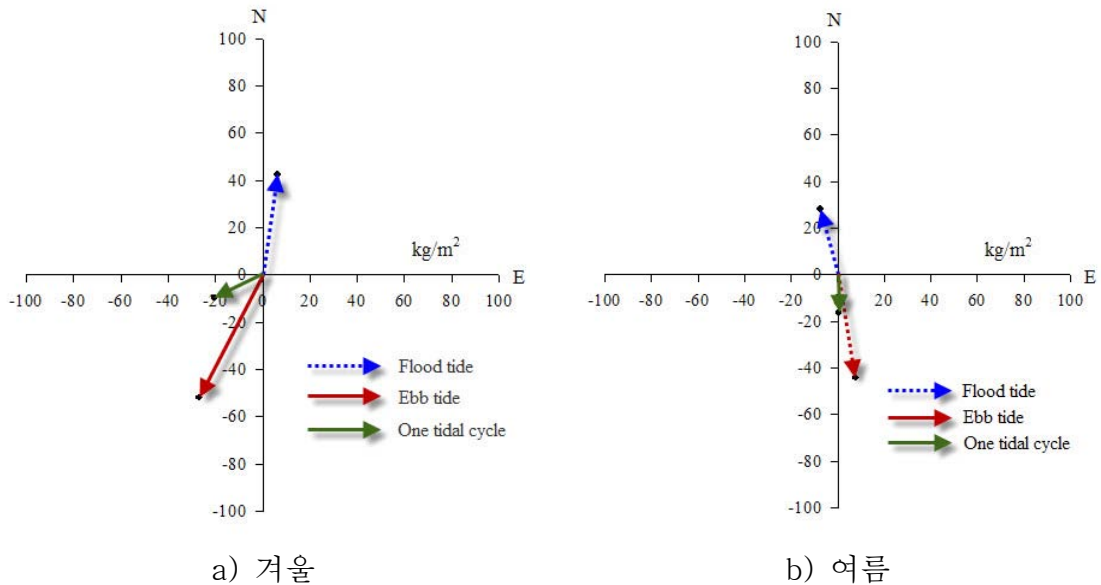
겨울: 관측지점의 유의파고는 7~41cm(평균 18cm) 범위를 보였다[그림 1-3]. 파랑의 주기는 3.0~8.6초(평균 6.1초) 범위로 낙조 후반에 긴 특징을 보였다[그림 1-3].

여름: 여름철 유의파고는 2~113cm(평균 42cm) 범위로 겨울보다 높았다. 이는 2012년 7월 6일에 비교적 높은 파도가 일었기 때문이다[그림 1-6]. 파랑의 주기는 3.5~7.7초(평균 5.6초)로 겨울보다 짧았고, 창조보다는 낙조 때 다소 길어지는 경향을 보였다[그림 1-6].

다. 부유물 농도

겨울: 겨울철 부유물의 농도는 창조시 평균 21.4mg/L, 낙조시 평균 21.6mg/L로 조위에 따라 뚜렷한 차이를 보이지 않았고[표 1-1], 창조시는 초기에 그리고 낙조시는 말기에 높은 경향을 보였다[그림 1-3]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 11.0kg/m²로서 남서측(245°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 1-9].

여름: 여름철 부유물의 농도는 창조시 평균 27.9mg/L, 낙조시 평균 35.4mg/L로 낙조시에 높았고[표 1-1], 창조시는 초기에 그리고 낙조시는 말기에 높은 경향을 보였다[그림 1-6]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 12.6kg/m²로서 남(178°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 1-9].



[그림 1-9] 남면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량

제2절 퇴적환경

1. 연구내용 및 방법

가. 해안선 변형이력 조사

남면 갯벌의 해안선 변형이력 조사는 1919년 고지도와 1966년, 1991년 항공사진을 바탕으로 분석하였다[그림 1-10].

나. 갯벌 지형단면 조사

수준측량(leveling)은 지구상에 있는 점들의 고저차를 관측하는 것으로 고저측량 또는 레벨측량이라고도 한다. 남면 갯벌의 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고[그림 1-11], 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였다[그림 1-12A]. 수준측량은 정밀한 토탈스테이션(Topcon GTS-225)을[그림 1-12B)] 사용하여 지형적 특징을 달리하는 지점의 고도를 측량하는 방법으로 이루어 졌으며, 측선의 출발 기준점 및 각 측점의 고도는 조위면(tidal level)에 근거하여 구하였다. 본 조사에 사용된 측량기기는 3 km의 수평거리에 $\pm 2\text{mm}$ 의 고도 오차를 가진다.



[그림 1-10] 남면 갯벌 주변 고지도(1919년)



[그림 1-11] 남면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도



[그림 1-12] 수준측량 전경(A) 및 측량에 사용한 토탈스테이션 (Topcon GTS-225) (B)

다. 표층퇴적물 분포 및 변화 조사

1) 시료채취

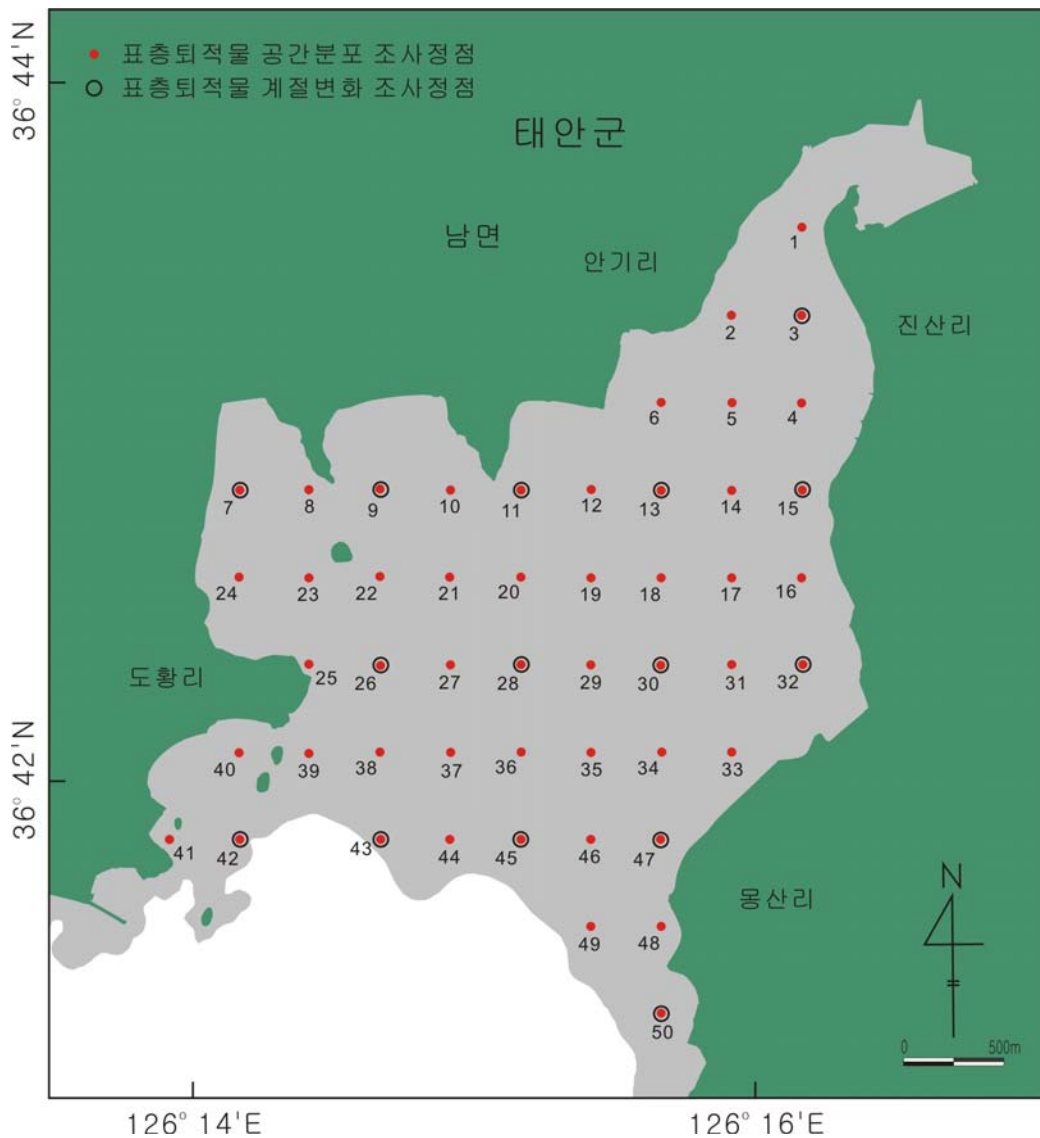
남면 갯벌의 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 50개 정점을 선정하여 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 1-13]. 또한 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 1-13]. 표층퇴적물 시료는 도보로 플라스틱 스푼을 사용하여 채취하였다. 시료채취 정점의 위치는 GPS(Garmin GPS V, USA)를 이용하여 측정하였으며, 각 정점의 위치는 [표 1-2]와 같다.

2) 입도분석

퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)의 표준입도분석 방법에 의거하였으며, 그 과정은 다음과 같다. 먼저 채취된 퇴적물 시료는 10%의 과산화수소수(H_2O_2)와 0.1 N의 염산(HCl)을 차례로 넣어 유기물과 탄산염을 완전히 제거하였다. 또한 퇴적물 내에 들어있는 용존염은 유기물과 탄산염을 제거하는 과정에서 잔류하는 과산화수소수와 염산을 제거하기 위해 증류수를 이용하여 따라붓기 과정을 각각 5회와 7회 이상 반복하는 과정에서 제거하였다. 전처리과정이 끝난 쇄설성 퇴적물은 4 ϕ (0.064mm) 체를 이용한 습식 체질(wet sieving)에 의해 조립질 시료와 세립질 시료로 분리하였다. 조립질 시료는 오븐에서 건조시킨 후 진탕기(ro-tap sieve shaker)를 이용하여 15분 동안 체질을 하여 입도별로 무게를 구하였고, 세립질 시료는 침전속도를 고려한 피펫방법에 의해 무게를 구하

여 조립질 시료 무게와 세립질 시료 무게를 합하여 각 구간에서의 무게 백분율을 구하였다. 이때 입자의 응집현상을 방지하기 위해 확산제로는 칼곤(calgon)을 사용하였다.

측정된 모든 자료는 그래픽방법에 의해 처리되었고, 평균입도, 분급, 왜도, 첨도 등의 통계적 입도상수는 Folk and Ward(1957)의 계산식에 의해 구하였다. 또한 10 ϕ 보다 세립한 입도의 질량은 외삽법에 의한 균등 분배방식을 이용하여 구분하였다. 본 보고서에서는 입도의 등급을 표시할 때, 등배수적(arithmetic) 척도보다는 대수적(logarithmic) 척도가 유용하기 때문에 ϕ 척도를 사용하였다. 현재 가장 널리 사용되는 이 척도는 Udden(1914)과 Wentworth(1922)의 척도를 대수적으로 나타내는 것으로서 이것은 입도의 여러 등급을



[그림 1-13] 남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 점점도

1mm를 기준으로 한 후 이를 이배수를 이용하여 나눈 것이고 이 척도는 Krumbein(1934)에 의해 다음과 같이 로그함수로 변환되었는데, 이를 ϕ 척도(ϕ scale)라고 한다[표 1-3].

$$\phi = -\log_2 d$$

여기서, d는 입자의 직경으로 단위는 mm이다.

[표 1-2] 남면 갯벌 표층퇴적물 채취 정점좌표

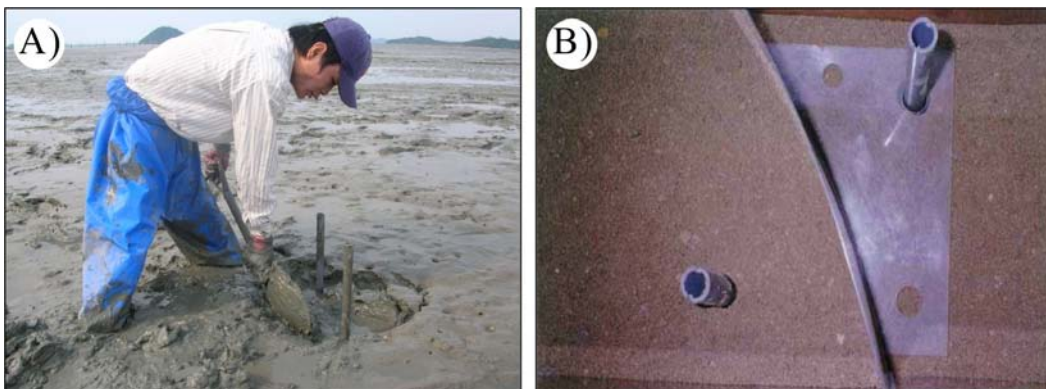
정점	위도	경도	정점	위도	경도
1	36° 43' 35"	126° 16' 10"	26	36° 42' 20"	126° 14' 40"
2	36° 43' 20"	126° 15' 55"	27	36° 42' 20"	126° 14' 55"
3	36° 43' 20"	126° 16' 10"	28	36° 42' 20"	126° 15' 10"
4	36° 43' 05"	126° 16' 10"	29	36° 42' 20"	126° 15' 25"
5	36° 43' 05"	126° 15' 55"	30	36° 42' 20"	126° 15' 40"
6	36° 43' 05"	126° 15' 40"	31	36° 42' 20"	126° 15' 55"
7	36° 42' 50"	126° 14' 10"	32	36° 42' 20"	126° 16' 10"
8	36° 42' 50"	126° 14' 25"	33	36° 42' 05"	126° 15' 55"
9	36° 42' 50"	126° 14' 40"	34	36° 42' 05"	126° 15' 40"
10	36° 42' 50"	126° 14' 55"	35	36° 42' 05"	126° 15' 25"
11	36° 42' 50"	126° 15' 10"	36	36° 42' 05"	126° 15' 10"
12	36° 42' 50"	126° 15' 25"	37	36° 42' 05"	126° 14' 55"
13	36° 42' 50"	126° 15' 40"	38	36° 42' 05"	126° 14' 40"
14	36° 42' 50"	126° 15' 55"	39	36° 42' 05"	126° 14' 25"
15	36° 42' 50"	126° 16' 10"	40	36° 42' 05"	126° 14' 10"
16	36° 42' 35"	126° 16' 10"	41	36° 41' 50"	126° 13' 55"
17	36° 42' 35"	126° 15' 55"	42	36° 41' 50"	126° 14' 10"
18	36° 42' 35"	126° 15' 40"	43	36° 41' 50"	126° 14' 40"
19	36° 42' 35"	126° 15' 25"	44	36° 41' 50"	126° 14' 55"
20	36° 42' 35"	126° 15' 10"	45	36° 41' 50"	126° 15' 10"
21	36° 42' 35"	126° 14' 55"	46	36° 41' 50"	126° 15' 25"
22	36° 42' 35"	126° 14' 40"	47	36° 41' 50"	126° 15' 40"
23	36° 42' 35"	126° 14' 25"	48	36° 41' 35"	126° 15' 40"
24	36° 42' 35"	126° 14' 10"	49	36° 41' 35"	126° 15' 25"
25	36° 42' 20"	126° 14' 25"	50	36° 41' 20"	126° 15' 40"

[표 1-3] 입자의 크기에 따른 입도등급

크 기			입도등급		
mm	µm	Ø			
2048		-11	거력(boulder)	매우 큰 거력	역(gravel)
				큰 거력	
1024		-10		중간 거력	
512		-9		작은 거력	
256		-8	왕자갈(cobble)	큰 왕자갈	
128		-7		작은 왕자갈	
64		-6			
32		-5	잔자갈(pebble)	매우 굵은 잔자갈	
16		-4		굵은 잔자갈	
8		-3		중간 잔자갈	
				작은 잔자갈	
4		-2	왕모래(granule)	매우 작은 잔자갈	
2	2000	-1			
			극조립사	매우 굵은 모래	
1	1000	0	조립사	굵은 모래	
0.5	500	1	중립사	중간모래	
0.25	250	2	세립사	가는 모래	
0.125	125	3	극세립사	매우 가는 모래	
0.063	63	4	실트	극조립 실트	
0.031	31	5		조립실트	
0.016	16	6		중립실트	
0.008	8	7		세립실트	
0.004	4	8		극세립 실트	
0.002	2	9		점토	점토
0.001	1	10			

라. 퇴적율 측정

퇴적율의 측정은 해저면 아래의 일정 깊이에 30×30cm의 아크릴판(SRP; Sedimentation Rate Plate)을 기준점으로 설치하고, 해저면에서 기준면까지의 깊이를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였다[그림 1-14A]. 이때 아크릴판이 물의 침투에 의해 상하로 이동하는 것을 방지하기 위하여 아크릴판 곳곳에 구멍을 뚫었으며, 좌우로 이동되는 것을 방지하기 위해서 판의 모서리 부분에 구멍을 뚫고 PVC파이프로 고정하였다[그림 1-14B].

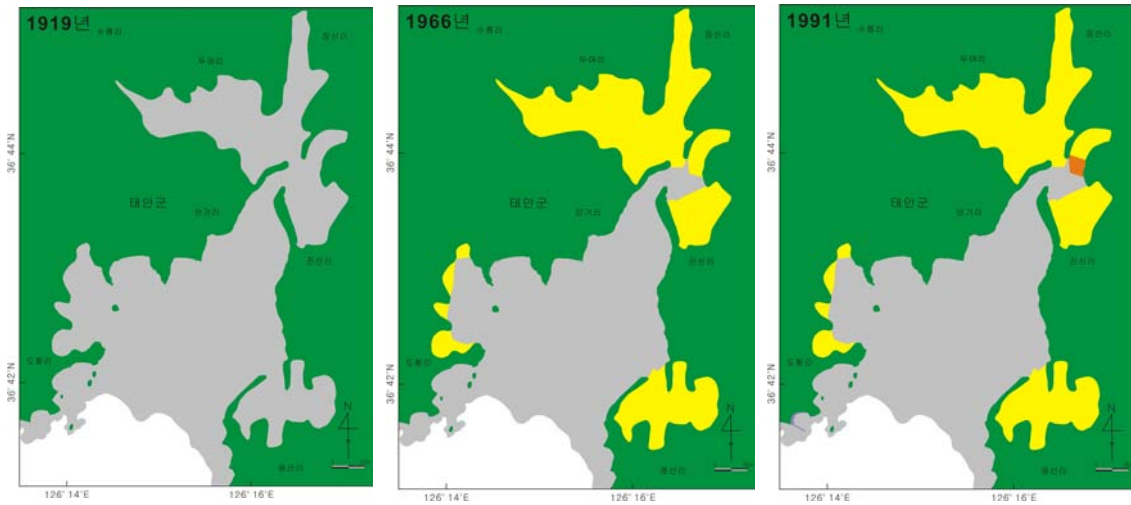


[그림 1-14] 퇴적율판(SRP) 설치 전경(A) 및 측정을 위한 모형(B)

2. 연구결과

가. 해안선 변형이력

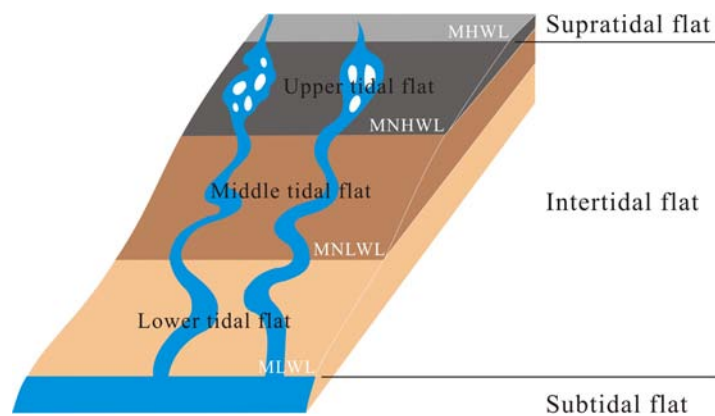
[그림 1-15]는 1919년 고지도와 1966년, 1991년 항공사진 분석을 통해 남면 갯벌 주변의 해안선 및 매립현황을 도시한 것이다. 조사지역의 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 18.7km² 이던 것이 1966년에는 5.6km²가 감소한 13.1km², 1991년에는 1.0km²가 더 감소한 12.1km²로 나타나 총 35.3%가 줄어든 것으로 나타났으며, 이 후에는 해안선 변형이 이루어지지 않았다[그림 1-15]. 또한 해안선 길이는 1919년 17.1km이던 것이, 1966년에 매립이 이루어진 후에는 5.6km 감소하여 11.5km로 32.7%가 감소한 것으로 나타났다. 1991년에는 약 5.4%가 매립되었으나 해안선 길이는 11.5km로 변화되지 않았다[그림 1-15].



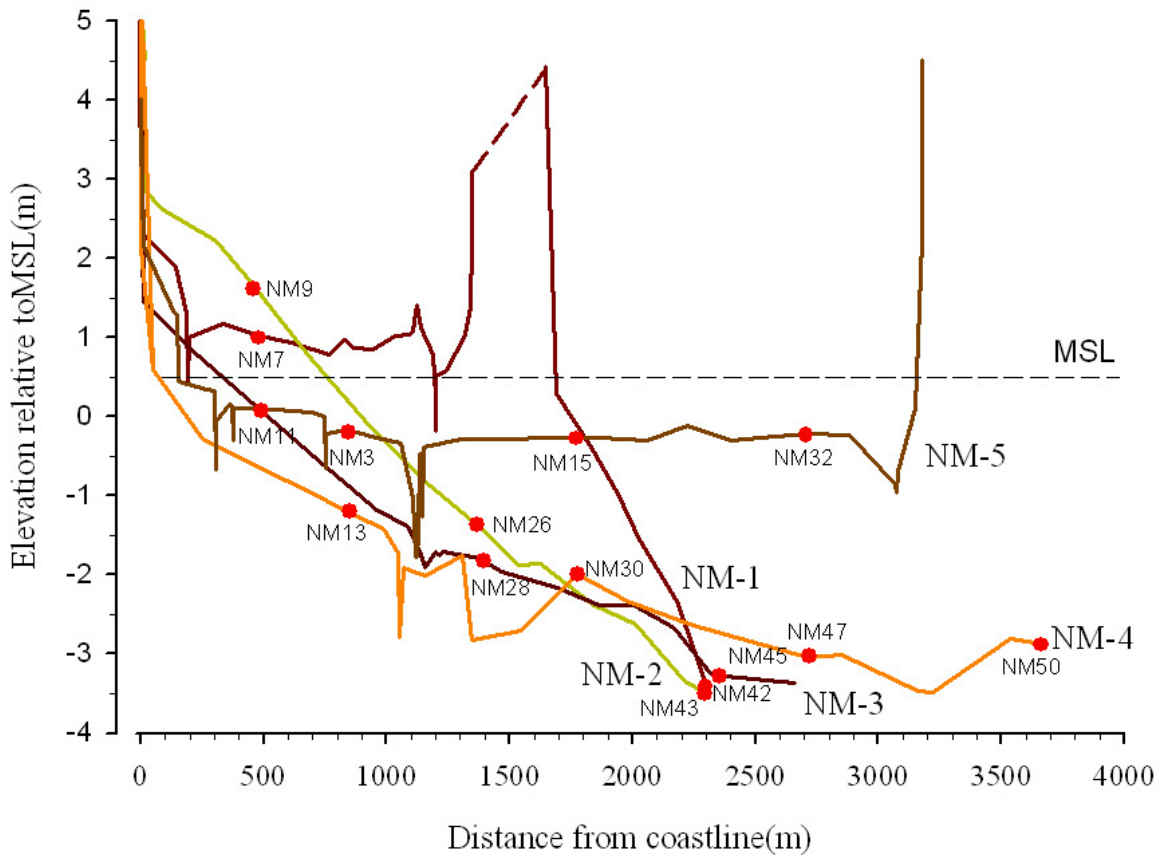
[그림 1-15] 남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

나. 갯벌 지형단면 특성

습지(marsh)를 포함하는 갯벌(tidal flat)은 일반적으로 해수면의 높이에 따라 평균만조선(MHWL: mean high water level) 상부 지역의 조상대(supratidal flat), 평균만조선과 평균간조선(MLWL: mean low water level) 사이 지역의 조간대(intertidal flat), 그리고 평균간조선 하부 지역의 조하대(subtidal flat)로 구분된다[그림 1-16]. 또한, 조간대는 소조평균만조선(MNHWL: mean neap high water level)과 소조평균간조선(MNLWL: mean neap low water level)을 기준으로 상부조간대(upper tidal flat), 중부조간대(middle tidal flat), 그리고 하부조간대(lower tidal flat)의 소환경(subenvironment)으로 분류할 수 있다(Klein, 1985; Wang and Eisma, 1988; Fray et al., 1989) [그림 1-16]. 상부조간대는 소조평균만조선 상부 지역, 중부조간대는 소조평균만조선과 소조평균간조선 사이 지역, 그리고 하부조간대는 소조평균간조선 하부 지역으로 분류된다.

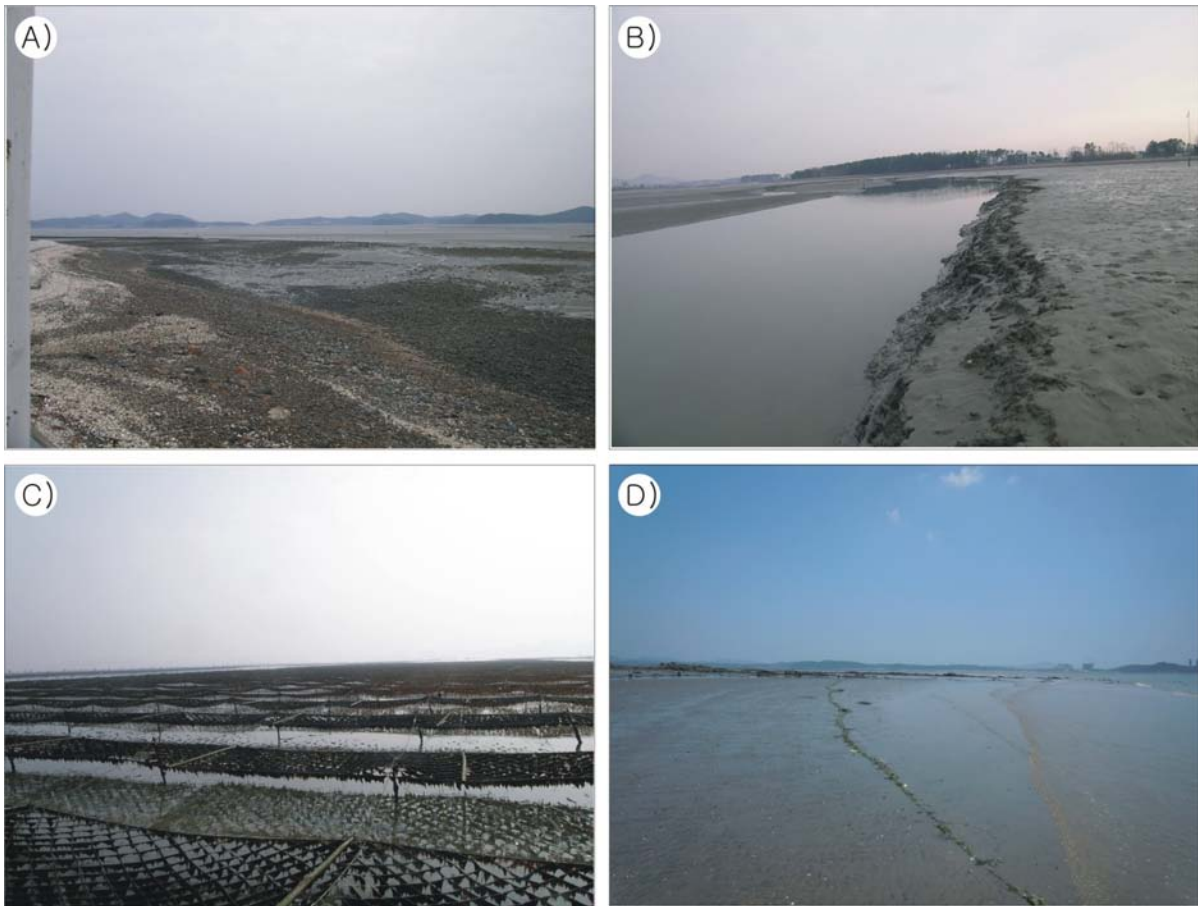


[그림 1-16] 갯벌의 일반적 분류

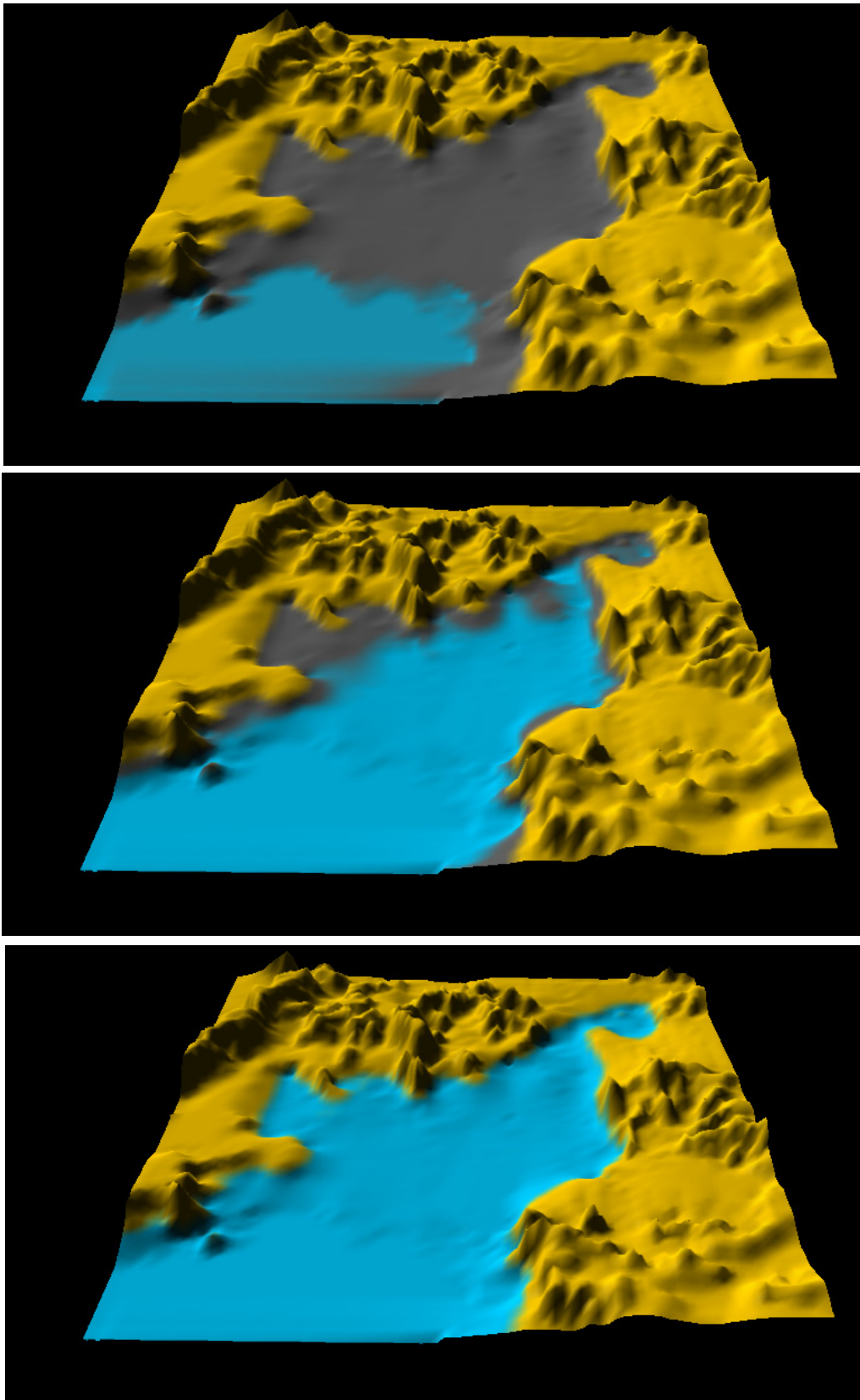


[그림 1-17] 남면 갯벌 지형단면 특성

[그림 1-17]은 남면 갯벌의 지형단면을 도시한 것이다. 측량된 남면 갯벌은 약 2.3~3.7km 범위의 길이를 보인다. 5개의 측선 중 고도가 가장 높은 측선은 가장 서쪽에 위치하는 측선 NM-1로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 동쪽에 위치하는 측선 NM-4로 남면 갯벌은 중앙에서 동쪽과 서쪽으로 고도가 높아지는 경향을 보였다[그림 1-17]. 갯벌 내에는 사주(sand bar)와 조류세곡(tidal creek)이 잘 발달되어 있고[그림 1-17], 조하대와는 비교적 완경사를 이루며 연결되어 있다. 사주는 다양한 규모로 발달되어 있으며, 조류세곡은 폭 100m 내외에 1.5m 내외의 깊이를 보인다[그림 1-17]. 바다와 육지가 만나는 해안선에는 대부분 호안(sea-wall)이 건설되어 있다[그림 1-18]. [그림 1-19]는 남면 갯벌의 조위도를 도시한 것이다.



[그림 1-18] 남면 갯벌 전경. A) 남면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 간조선 주변 김양식장, D) 간조선 주변



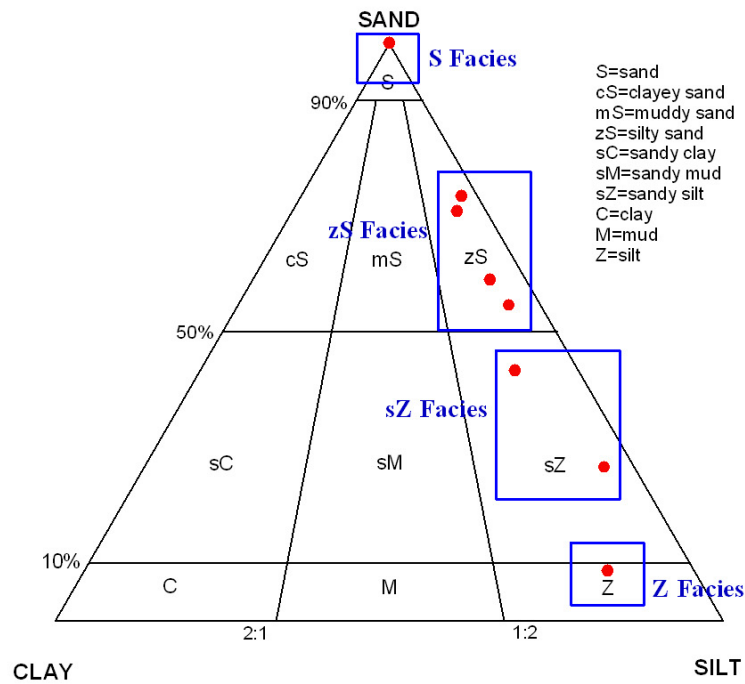
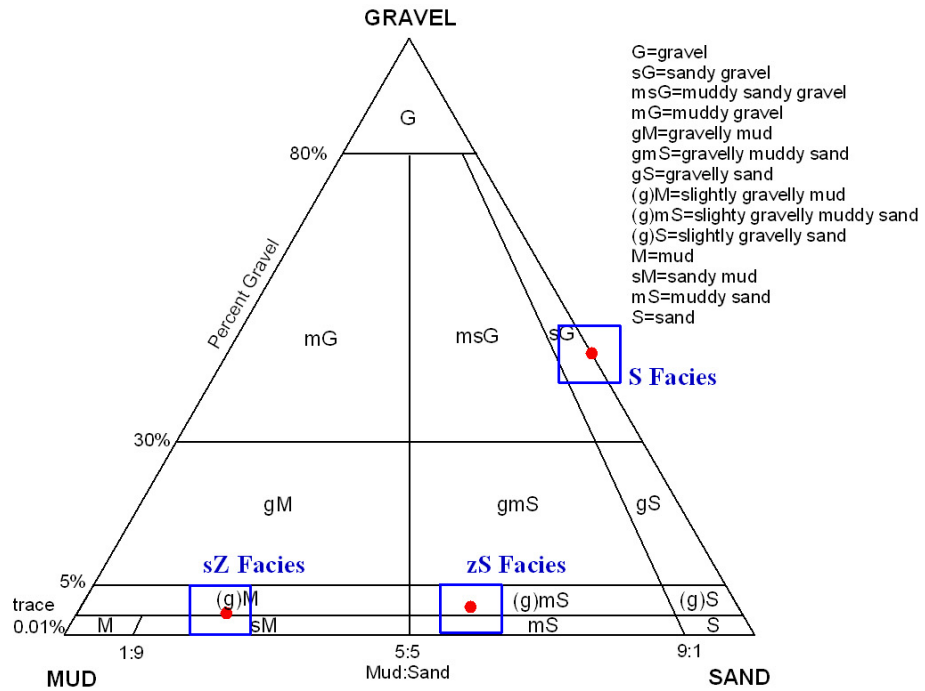
[그림 1-19] 남면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준

다. 표층퇴적상

2011년 11월에 채취한 남면 갯벌 표층퇴적물의 입도분석 결과를 Folk(1968)의 삼각좌표에 도시한 결과 사질역(sG, sandy gravel), 약역니질사((g)mS, slightly gravelly muddy sand), 약역질니((g)M, slightly gravelly mud), 사(S, sand), 실트질사(zS, silty sand), 사질실트(sZ, sandy silt), 실트(Z, silt)의 7개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 퇴적물의 조직 특성에 따라 사(S), 실트질사(zS), 사질실트(sZ), 실트(Z)의 4개 퇴적상(facies)으로 조합하였다[그림 1-20]. 퇴적물의 입도분석 결과는 [표 1-4]에 나타내었고, 각 정점별 표층퇴적물의 유형과 표층퇴적상의 공간분포는 [그림 1-21]에 도시하였다.

사(S) 퇴적상은 사와 사질역 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 1.1%, 98.9%, 0.0%, 0.0%로[표 1-5] 남면 갯벌의 대부분 지역에서 광범위한 분포를 보인다[그림 1-21]. 실트질사(zS) 퇴적상은 실트질사와 약역니질사 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 0.3%, 63.3%, 31.9%, 4.5%로[표 1-5] 남면 갯벌의 북동측과 서측 갯벌에서 제한된 분포를 보인다[그림 1-21]. 사질실트(sZ) 퇴적상은 사질실트와 약역질니 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 0.1%, 30.8%, 63.4%, 5.7%로[표 1-5] 남면 갯벌의 북동측과 서측 갯벌에서 제한된 분포를 보인다[그림 1-21]. 실트(Z) 퇴적상은 사와 실트, 점토의 함량이 각각 평균 8.7%, 78.3%, 13.0%로[표 1-5] 남면 갯벌의 북동측 갯벌에 제한된 분포를 보인다[그림 1-21].

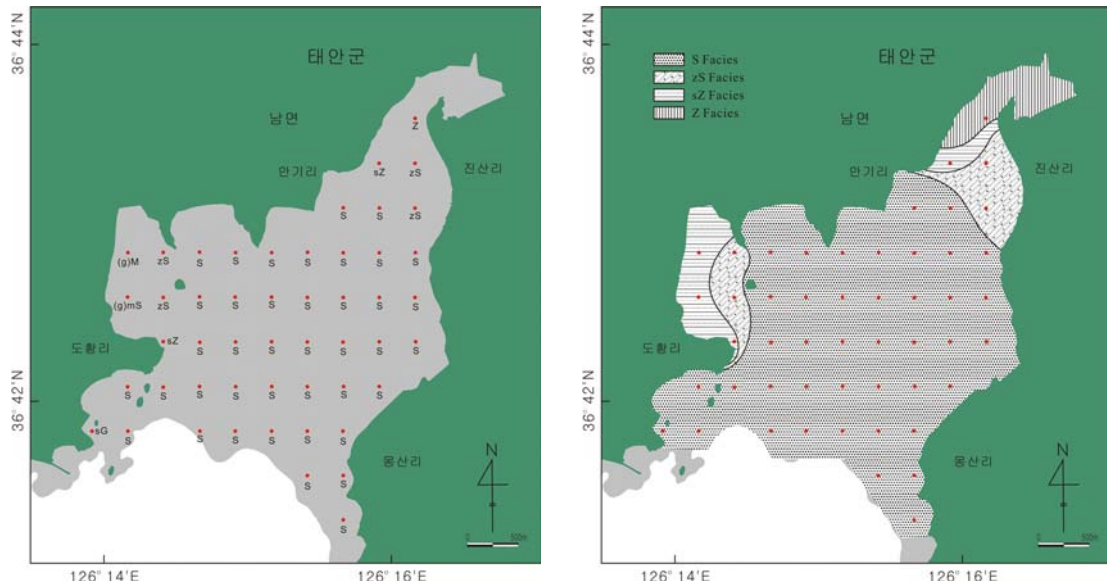
이러한 퇴적상의 분포는 퇴적물 내에 함유되어 있는 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량비에 의해 조절되며, 조사해역에 나타나는 각 성분들(composition)의 범위는 각각 0.0~45.3%(평균 0.9%), 8.7~100%(평균 89.4%), 0.0~78.3%(평균 8.6%), 0.0~13.0%(평균 1.1%)로 모래가 매우 우세한 분포를 보인다[그림 1-21], [표 1-4].



[그림 1-20] 남면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이아그램(Folk, 1968)

[표 1-4] 남면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수

정점	조직변수(%)				통계변수				퇴적물 유형 (Folk, 1968)
	자갈	모래	실트	점토	평균 (\bar{x})	분급 (σ)	왜도	첨도	
1	0.0	8.7	78.3	13.0	5.6	1.9	0.5	2.0	Z
2	0.0	26.6	68.8	4.5	4.7	1.3	-0.1	1.3	sZ
3	0.0	54.6	40.6	4.8	4.2	1.2	0.5	1.5	zS
4	0.0	59.0	35.6	5.3	4.0	1.5	0.4	1.5	zS
5	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.1	1.0	S
6	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.4	-0.3	1.0	S
7	0.4	22.4	74.1	3.1	4.6	1.1	0.0	1.4	(g)M
8	0.0	73.5	24.1	2.4	3.1	1.4	0.3	0.9	zS
9	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.5	-0.2	0.9	S
10	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.4	0.0	1.0	S
11	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.1	1.1	S
12	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.1	1.0	S
13	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
14	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	-0.1	0.9	S
15	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.0	S
16	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	0.9	S
17	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S
18	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	-0.1	1.0	S
19	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S
20	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
21	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.1	S
22	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.1	0.9	S
23	0.0	70.9	24.7	4.4	3.8	1.2	0.4	1.9	zS
24	1.5	58.4	34.3	5.9	3.7	2.1	0.2	1.1	(g)mS
25	0.0	43.3	47.2	9.5	4.5	2.2	0.3	1.3	sZ
26	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
27	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
28	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	0.9	S
29	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
30	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
31	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
32	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	0.9	S
33	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.4	-0.1	1.0	S
34	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	0.1	1.0	S
35	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.1	1.0	S
36	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.4	0.1	1.0	S
37	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.1	1.1	S
38	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
39	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	-0.2	1.0	S
40	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
41	45.3	54.7	0.0	0.0	0.7	2.6	-0.7	0.5	sG
42	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.2	1.0	S
43	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.1	1.0	S
44	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	1.0	S
45	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
46	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.1	1.0	S
47	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
48	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.1	1.2	S
49	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S
50	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.0	S



[그림 1-21] 남면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상

[표 1-5] 퇴적물의 조직특성에 근거한 남면 갯벌 표층퇴적상 분류

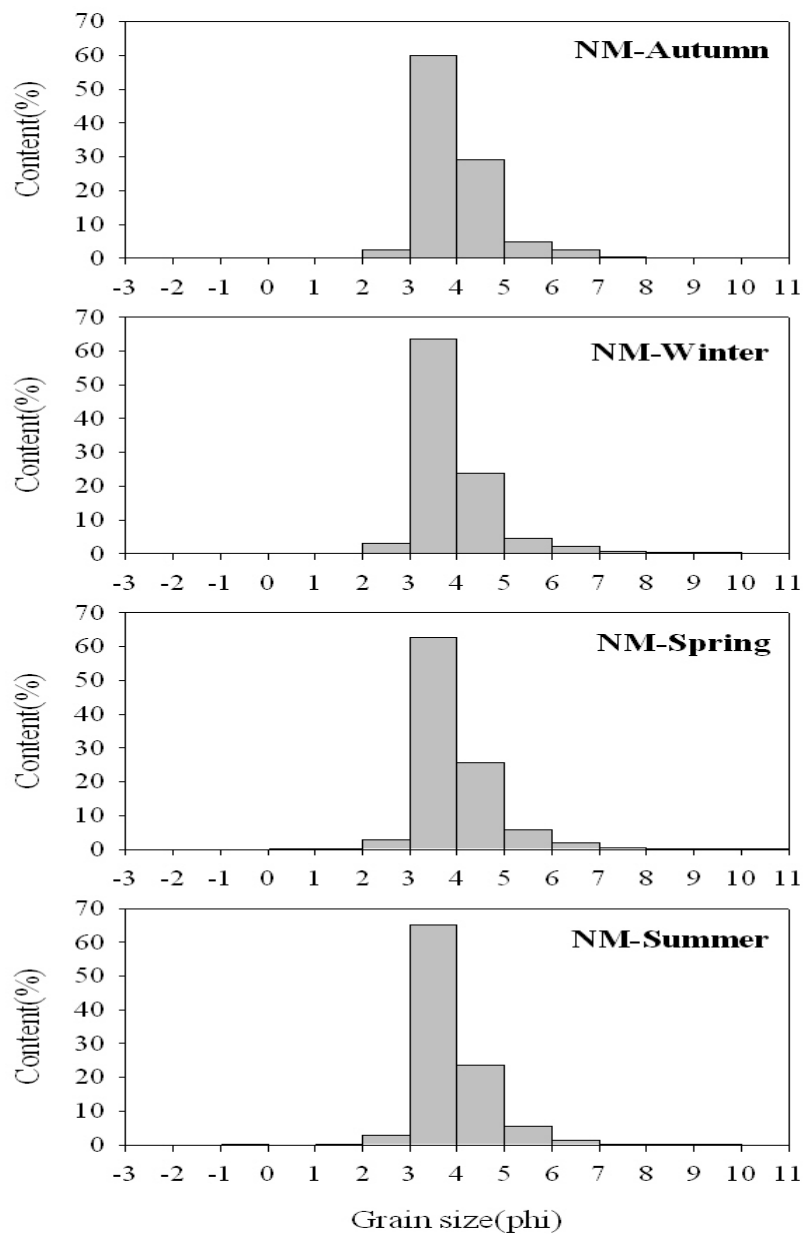
퇴적상	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	주요 퇴적물 유형 (Folk, 1968)
S	1.1	98.9	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	1.0	S, sG
zS	0.3	63.3	31.9	4.5	3.8	1.5	0.4	1.4	zS, (g)mS
sZ	0.1	30.8	63.4	5.7	4.6	1.5	0.1	1.3	sZ, (g)M
Z		8.7	78.3	13.0	5.6	1.9	0.5	2.0	Z

라. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

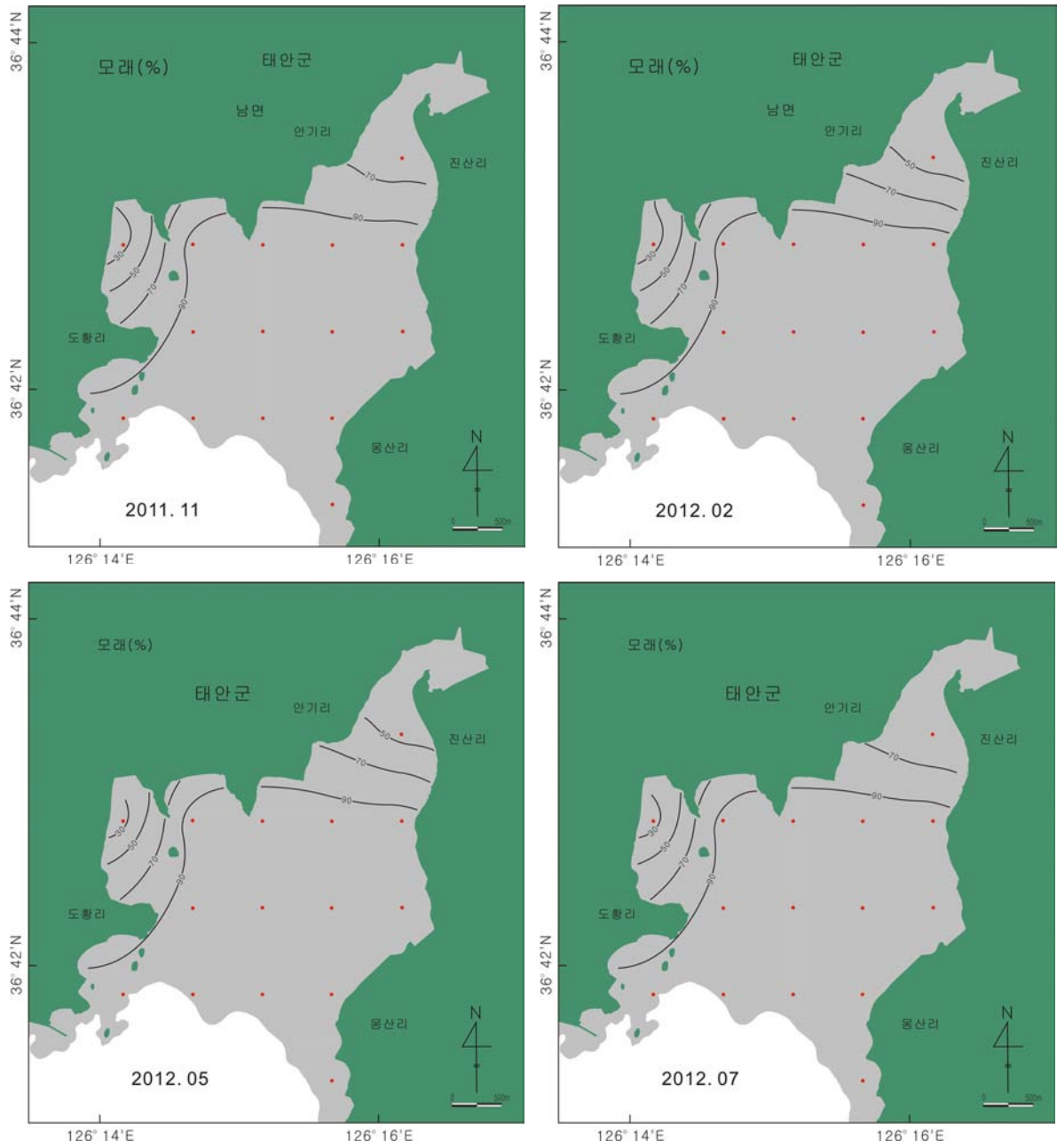
남면 갯벌에서 계절별로 조사된 표층퇴적물의 입도 특성은 [표 1-6]에 종합하여 정리되었으며, 계절별 기초자료는 [표 1-7]에 나타내었다. 남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 계절 평균 0.1%, 91.2%, 7.9%, 0.8%로 모래가 매우 우세한 분포를 보인다. 퇴적물의 평균입도는 계절에 무관하게 평균 2.9~3.0Ø 범위로 매우 균질한 분포 특징을 보인다[표 1-6]. 이러한 균질한 분포 특성은 [그림 1-22]의 계절에 따른 입도분포 특성에서도 잘 나타나고 있다. 지역적으로는 북서측 진산리 갯벌에서 겨울과 봄 동안 모래 퇴적물의 함량이 50% 미만으로 다소 감소하는 경향을 보인다[그림 1-23]. 퇴적물의 분급 또한 계절에 무관하게 평균 0.5~0.6Ø 범위로 매우 균질하며 양호한 특징을 보인다[표 1-6].

[표 1-6] 남면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성

계절	조사년월	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도
가을	2011. 11	0.1	91.8	7.6	0.5	3.0	0.5	0.0	1.1
겨울	2012. 02	0.1	90.4	8.3	1.2	3.0	0.6	0.0	1.1
봄	2012. 05	0.1	91.2	8.1	0.6	2.9	0.5	-0.4	1.1
여름	2012. 07	0.1	91.5	7.7	0.7	2.9	0.5	0.0	1.2



[그림 1-22] 남면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상



[그림 1-23] 남면 갯벌 모래퇴적물의 계절별 공간분포

[표 1-7] 남면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수

조사년월	정점	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	퇴적물 유형 (Folk,1968)
2011. 11	NM1-3	0.0	54.6	40.6	4.8	4.2	1.2	0.5	1.5	zS
	NM1-7	0.4	22.4	74.1	3.1	4.6	1.1	0.0	1.4	(g)M
	NM1-9	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.5	-0.2	0.9	S
	NM1-11	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.1	1.1	S
	NM1-13	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
	NM1-15	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.0	S
	NM1-26	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
	NM1-28	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	0.9	S
	NM1-30	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
	NM1-32	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	0.9	S
	NM1-42	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.2	1.0	S
	NM1-43	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.1	1.0	S
	NM1-45	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
	NM1-47	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
NM1-50	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.0	S	
2012. 02	NM2-3	0.0	36.7	55.7	7.6	4.6	1.5	0.4	1.8	sZ
	NM2-7	0.4	19.7	69.2	10.7	5.1	1.9	0.4	2.0	(g)M
	NM2-9	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.6	-0.2	0.8	S
	NM2-11	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
	NM2-13	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S
	NM2-15	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	-0.1	1.0	S
	NM2-26	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
	NM2-28	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.1	1.1	S
	NM2-30	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S
	NM2-32	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.4	-0.1	0.9	S
	NM2-42	0.9	99.1	0.0	0.0	2.6	0.5	-0.2	1.5	(g)S
	NM2-43	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.5	-0.1	1.1	S
	NM2-45	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.3	1.0	S
	NM2-47	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.3	0.0	1.0	S
NM2-50	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S	

[표 1-7] 계속

조사년월	정점	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (∅)	분급 (∅)	왜도	첨도	퇴적물 유형 (Folk, 1968)
2012. 05	NM3-3	0.0	44.2	51.0	4.8	4.3	1.2	0.4	1.7	sZ
	NM3-7	0.1	25.6	70.0	4.2	4.5	1.3	0.1	2.0	(g)M
	NM3-9	0.2	99.8	0.0	0.0	2.4	0.3	-6.9	0.9	(g)S
	NM3-11	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.3	0.0	1.1	S
	NM3-13	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
	NM3-15	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.0	S
	NM3-26	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.1	S
	NM3-28	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
	NM3-30	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	1.0	S
	NM3-32	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.5	-0.2	1.0	S
	NM3-42	0.7	99.3	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	0.9	(g)S
	NM3-43	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	0.0	1.0	S
	NM3-45	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
	NM3-47	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.0	1.0	S
NM3-50	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.3	0.0	1.0	S	
2012. 07	NM4-3	0.0	49.7	45.0	5.3	4.1	1.2	0.4	2.0	sZ
	NM4-7	0.2	24.3	70.4	5.2	4.5	1.3	0.2	2.5	(g)M
	NM4-9	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.6	-0.1	0.9	(g)S
	NM4-11	1.6	98.4	0.0	0.0	2.5	0.4	-0.1	1.2	(g)S
	NM4-13	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.3	-0.1	1.0	(g)S
	NM4-15	0.0	100	0.0	0.0	3.0	0.3	-0.2	1.1	S
	NM4-26	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.3	0.3	1.1	S
	NM4-28	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	S
	NM4-30	0.1	99.9	0.0	0.0	2.9	0.3	0.0	0.9	(g)S
	NM4-32	0.0	100	0.0	0.0	2.8	0.4	-0.2	1.0	S
	NM4-42	0.1	99.9	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.1	(g)S
	NM4-43	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.1	1.1	S
	NM4-45	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.1	1.1	S
	NM4-47	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.3	0.0	1.1	S
NM4-50	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S	

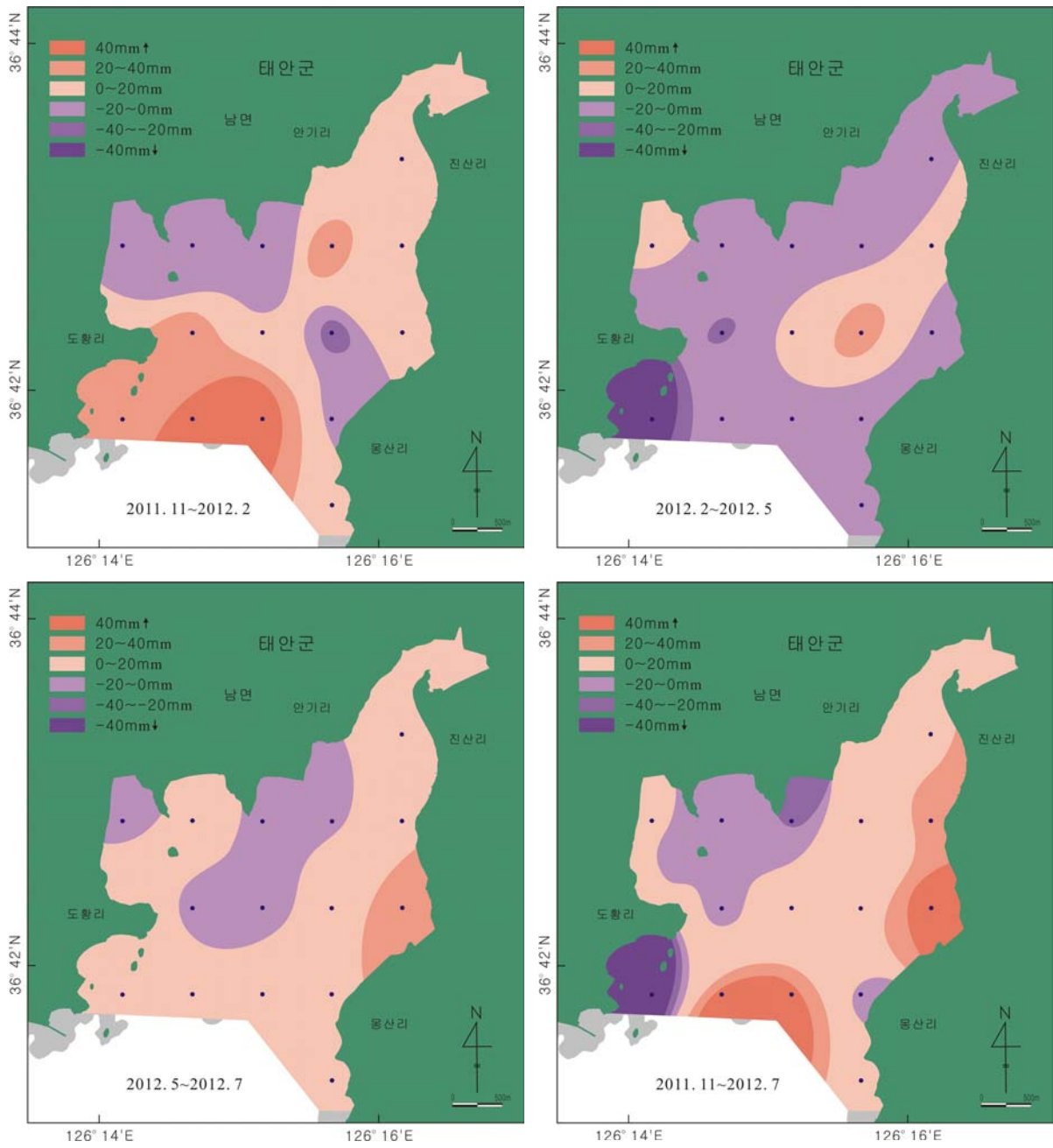
마. 퇴적물의 계절적 변화

2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월의 조사기간 동안 남면 갯벌에서 관측한 퇴적물은 9.0mm로 퇴적되는 경향을 보였다[표 1-8]. 공간적으로는 도황리 등 서측 갯벌에서는 침식이 우세하였고, 중부를 포함한 동측 갯벌에서는 퇴적이 우세하였다[그림 1-24]. 퇴적은 간조선 주변과 진상리 갯벌에서 두드러지게 나타났고, 침식은 도황리 갯벌에서 두드러지게 나타났다. 계절적으로는 겨울에는 13.5mm, 봄에는 -9.4mm, 그리고 여름에는 4.9mm로 겨울과 여름에는 퇴적되고, 봄에는 침식되는 경향을 보였다[표 1-8]. 겨울에는 서측 안기리 갯벌과 동측 몽산리 갯벌 등 일부지역에서는 침식이 우세하였으나 그 밖의 지역에서는 퇴적이 우세하였다. 퇴적물은 간조선 주변에서 높게 나타났고, 만조선 주변으로 갈수록 감소하는 경향을 보였다[그림 1-24]. 봄에는 진상리와 몽산리 갯벌 일부지역을 제외하고는 대부분 지역에서 침식되는 경향을 보였고, 특히 도황리 갯벌에서 침식율이 높게 나타났다[그림 1-24]. 여름에는 안기리 갯벌 등 일부지역을 제외하고, 대부분 갯벌에서 퇴적되는 경향을 보였다[그림 1-24].

[표 1-8] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)

조사지역	조사 정점	퇴적물 변화(mm)			ΔD* (mm)	기간 (day)
		2011. 11. 23- 2012. 2. 21	2012. 2. 22- 2012. 5. 9	2012. 5. 10- 2012. 7. 6		
남 면 갯 벌	NM3	15.3	-14.8	16.6	17.1	256
	NM7	-7.1	7.6	-0.4	0.1	
	NM9	-5.4	-10.5	9.3	-6.6	
	NM11	-8.5	-9.4	-3.0	-20.9	
	NM13	23.4	-1.0	-7.4	15.0	
	NM15	9.4	1.2	13.4	24.0	
	NM26	21.6	-20.7	-2.2	-1.3	
	NM28	1.7	9.8	-5.7	5.8	
	NM30	-21.4	20.5	6.2	5.3	
	NM32	16.5	-8.0	36.7	45.2	
	NM42	23.9	-69.3	3.8	-41.6	
	NM43	52.1	-10.8	0.9	42.2	
	NM45	70.4	-10.9	2.2	61.7	
	NM47	-2.6	-11.2	0.8	-13.0	
	NM50	13.6	-12.7	1.8	2.7	
	평균	13.5	-9.4	4.9	9.0	

*ΔD denotes depth change from datum(acrylic plate) to surface for each measurement period; positive value indicates accumulation and negative value erosion of sediments.



[그림 1-24] 남면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화

제3절 저질환경

1. 연구내용 및 방법

남면 갯벌의 저질 특성을 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였으며, 채취된 시료는 아래의 방법에 의거하여 각각 분석하였다.

가. 함수율(WC)

퇴적물 습시료 약 20g을 미리 무게를 측정한 비커에 담아 건조기에 넣고 110℃에서 24시간 동안 항량건조시킨 후 데시케이터 안에서 실온으로 식혀 비커의 무게를 측정하여 함수율을 구하였다.

나. 강열감량(IL)

건조된 시료를 곱게 분쇄하여 미리 무게를 측정한 도가니에 약 5g을 담아 전기로에 넣어 550℃에서 2시간 동안 가열한 후 데시케이터 안에서 실온으로 식혀 도가니의 무게를 측정하여 건조 및 회화 후 무게차이로 구하였다.

다. 화학적산소요구량(COD)

퇴적물 습시료 약 1~2g을 250mL 삼각플라스크에 넣은 후 0.1N 과망간산칼륨(KMnO₄) 100mL와 10% 수산화나트륨(NaOH) 5mL를 넣고 잘 흔든 다음, 시료와 시약이 담긴 삼각플라스크를 수욕조에 넣어 90~100℃에서 1시간 동안 중탕하였다. 그 후 실온으로 냉각시켜 10% 요오드화칼륨(KI) 10mL와 4% 아지드나트륨(NaN₃) 한 방울을 넣은 다음, 여기에 증류수를 가해 500mL로 만든 후 흔들어서 유리섬유여과지(GF/C)로 여과하였다. 여과한 용액 100mL를 취하여 30% 황산(H₂SO₄) 2mL를 넣고 잘 흔들어 이를 0.1N 티오황산나트륨(Na₂S₂O₃*5H₂O)용액으로 적정 분석하였고, 지시약으로는 1% 녹말용액을 사용하였다.

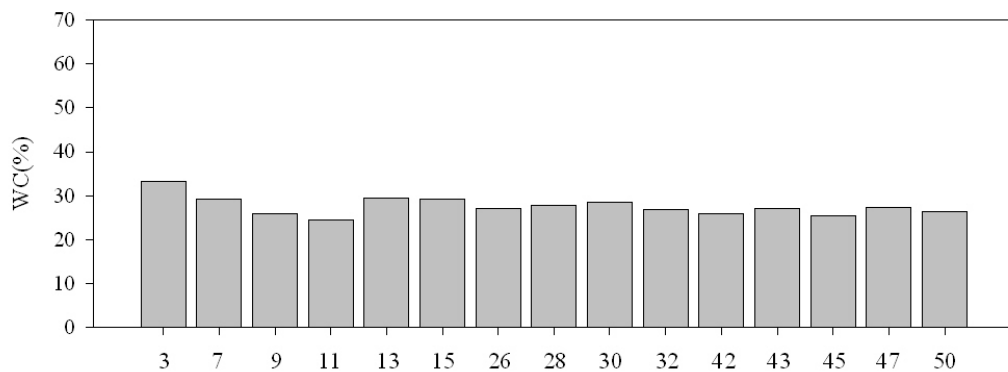
라. 산취발성황화물(AVS)

퇴적물 습시료 약 2~3g을 황화수소 발생관에 넣은 후 뚜껑을 닫은 다음 발생관에 황산 2mL를 넣고 이때 발생하는 황화수소를 검지관을 연결하여 핸드펌프로 당겨서 흡수 되도록 하여 측정하였다.

2. 연구결과

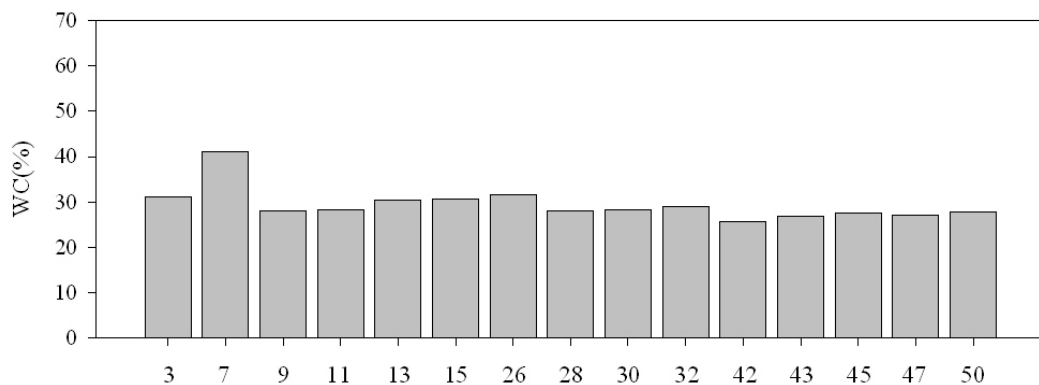
가. 함수율

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 함수율은 24.4~33.3%(평균 27.6±2.1%) 범위로[표 1-9], 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-25].



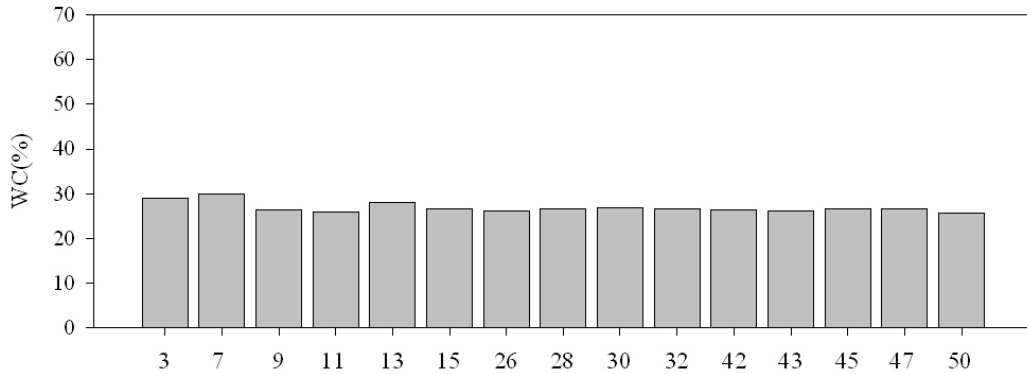
[그림 1-25] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 함수율은 25.7~41.2%(평균 29.5±3.7%) 범위로[표 1-9], 추계와 유사하게 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-26].



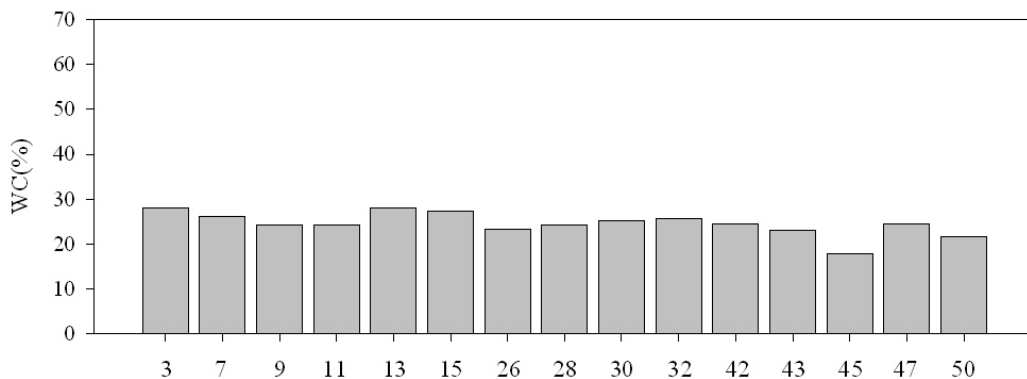
[그림 1-26] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 함수율은 25.6~30.1%(평균 26.9±1.2%) 범위로[표 1-9], 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-27].



[그림 1-27] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율

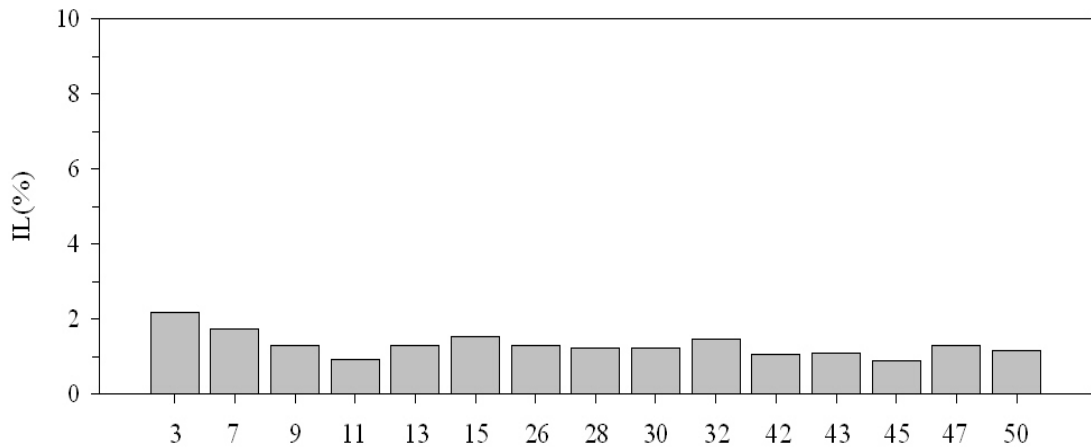
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 함수율은 17.8~28.1%(평균 24.6±2.6%) 범위로 [표 1-9], 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-28].



[그림 1-28] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율

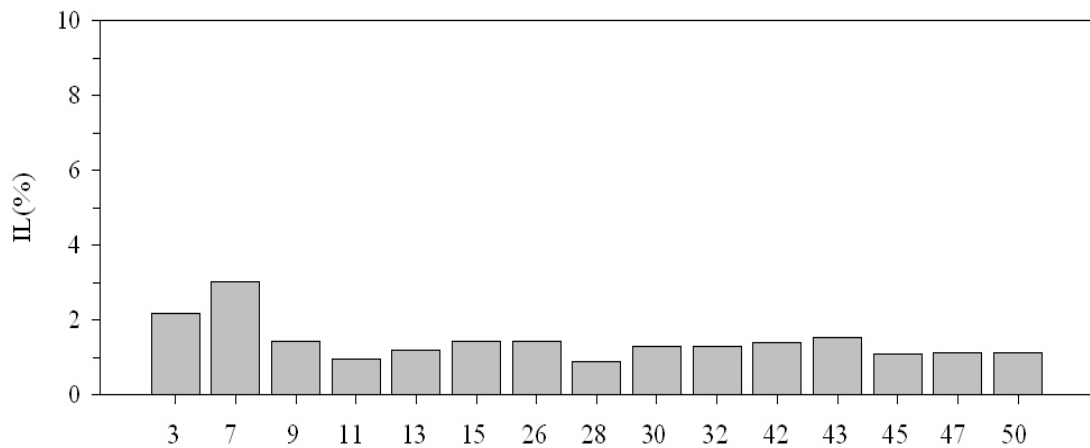
나. 강열감량

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.9~2.2%(평균 1.3±0.3%) 범위로[표 1-9], 낮은 함량비를 보이거나 함수율의 분포와 유사하게 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-29].



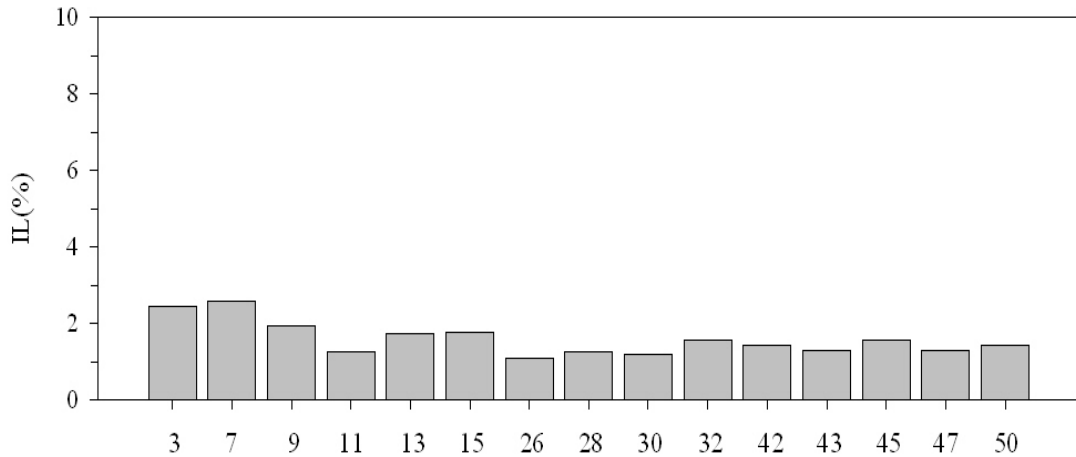
[그림 1-29] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.9~3.0%(평균 $1.4 \pm 0.5\%$) 범위로[표 1-9], 추계와 유사하게 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-30].



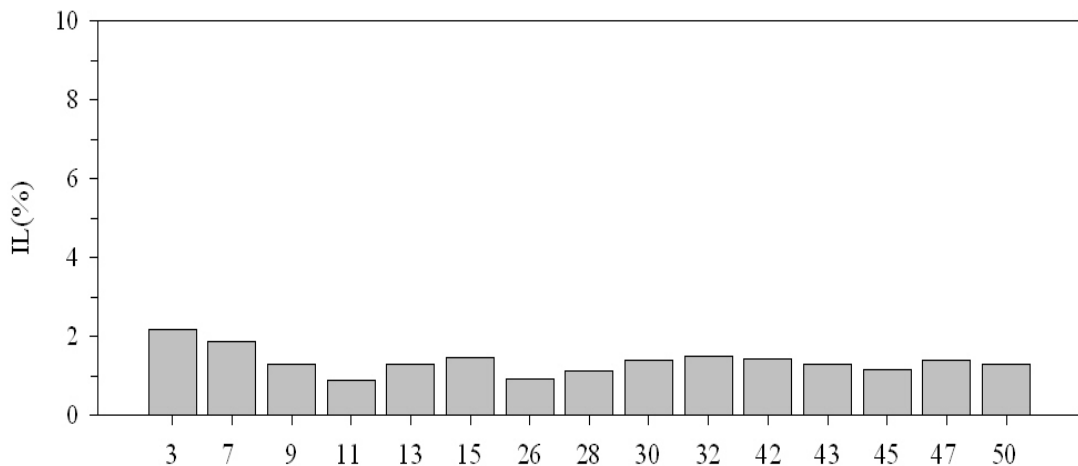
[그림 1-30] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 강열감량은 1.1~2.6%(평균 $1.6 \pm 0.4\%$) 범위로[표 1-9], 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-31].



[그림 1-31] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량

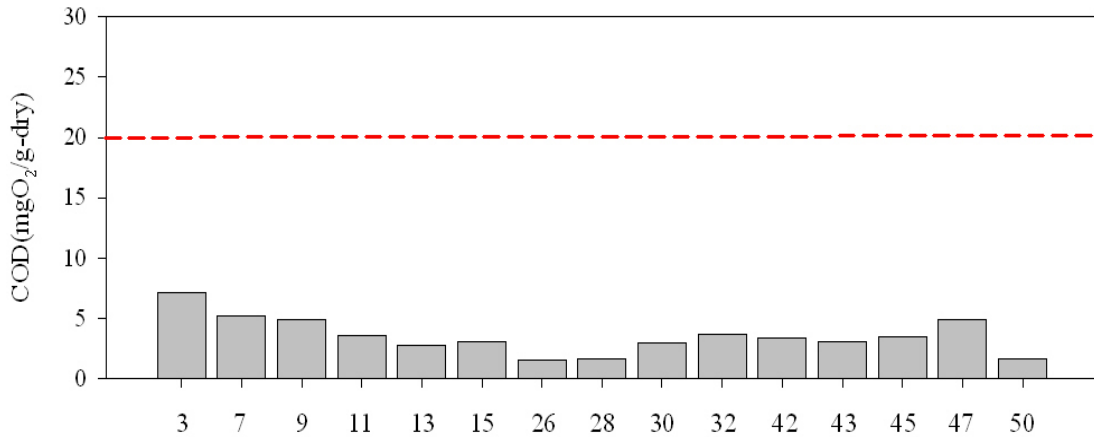
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.9~2.2%(평균 1.4±0.3%) 범위로[표 1-9], 정점 간 함량비는 큰 편차를 보이지 않는다[그림 1-32].



[그림 1-32] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량

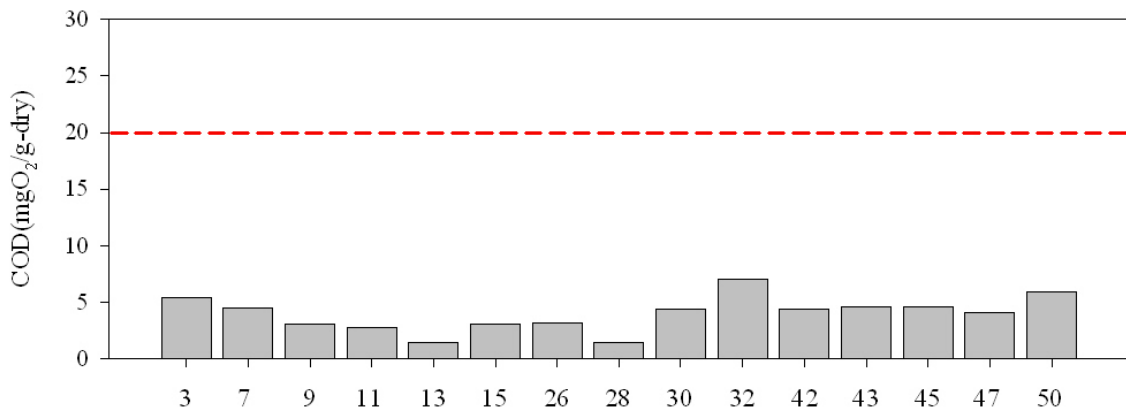
다. 화학적산소요구량

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 1.6~7.2mgO₂/g-dry(평균 3.6±1.5mgO₂/g-dry) 범위로[표 1-9], 정점 간 농도 차는 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-33].



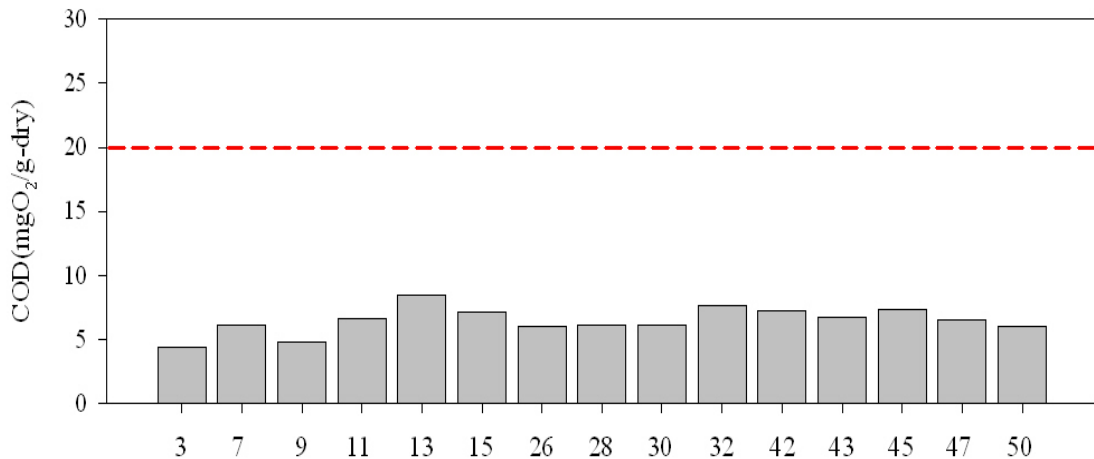
[그림 1-33] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 1.4~7.1mgO₂/g-dry(평균 4.0±1.6mgO₂/g-dry) 범위로[표 1-9], 정점 간 농도 차는 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-34].



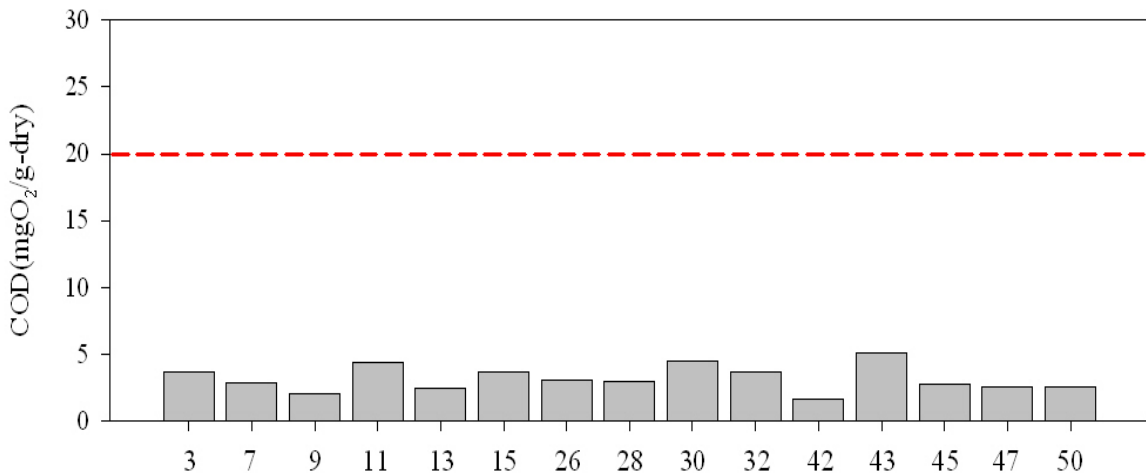
[그림 1-34] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 4.4~8.5mgO₂/g-dry(평균 6.5±1.0mgO₂/g-dry) 범위로[표 1-9], 정점 간 농도 차는 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-35].



[그림 1-35] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량

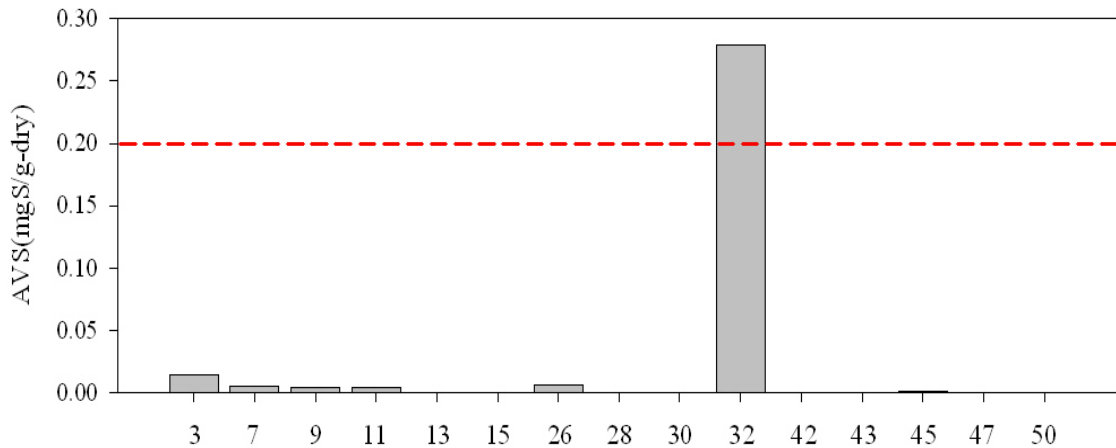
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 1.6~5.1mgO₂/g-dry(평균 3.2±0.9mgO₂/g-dry) 범위로[표 1-9], 정점 간 농도 차는 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-36].



[그림 1-36] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량

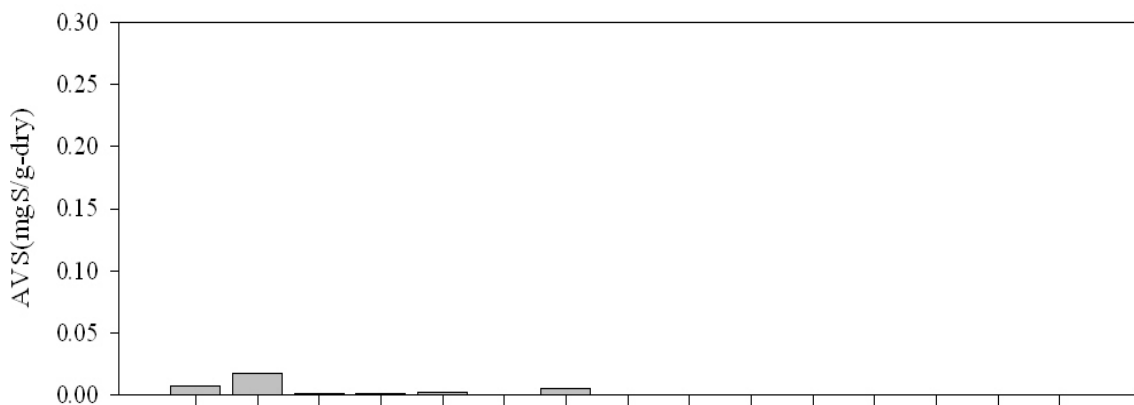
라. 산취발성황화물

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 ND~0.279mgS/g-dry(평균 0.021±0.071%) 범위로[표 1-9], 대부분의 정점에서 매우 낮은 농도 분포를 보였으나, 몽산리 갯벌 일부 정점(NM32)에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 높은 농도 분포를 보였다[그림 1-37].



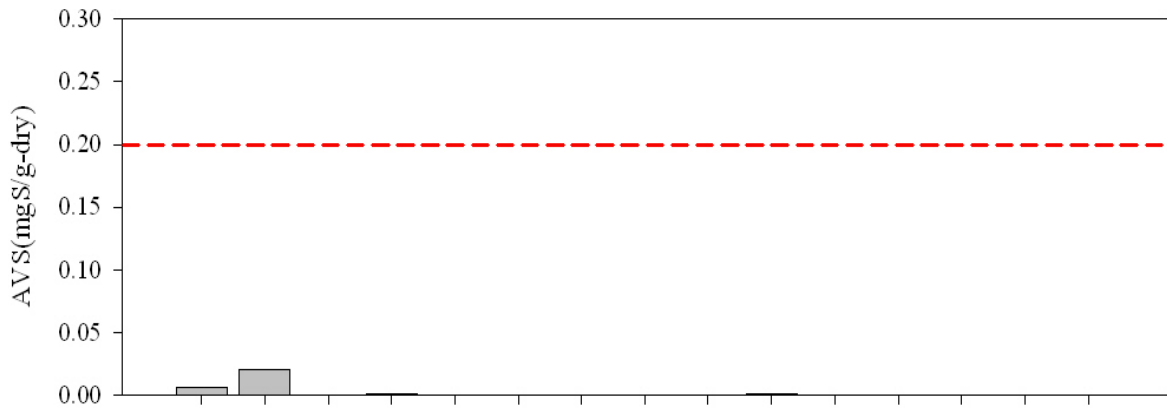
[그림 1-37] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 ND~0.017mgS/g-dry(평균 0.002±0.005%) 범위로[표 1-9], 대부분의 정점에서 매우 낮은 농도 분포를 보였으며 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 매우 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-38].



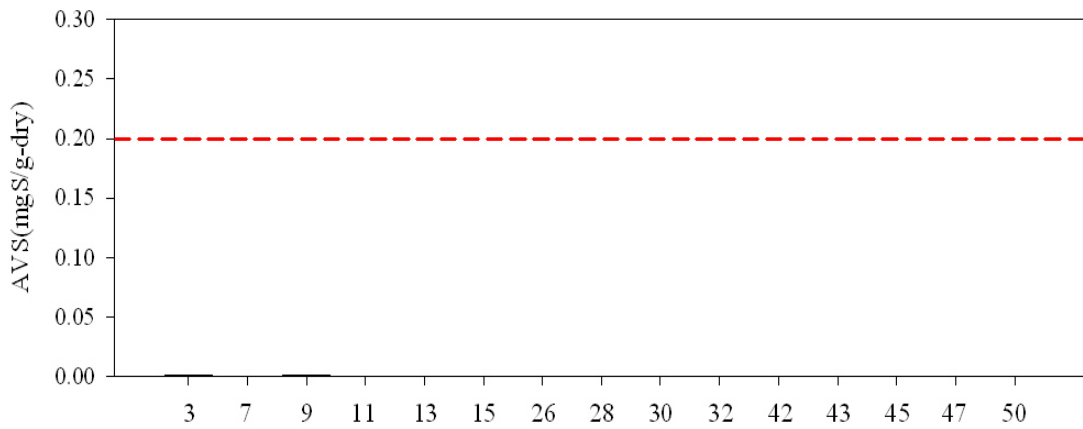
[그림 1-38] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 ND~0.020mgS/g-dry(평균 0.002±0.005%) 범위로[표 1-9], 대부분의 정점에서 매우 낮은 농도 분포를 보였으며 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 매우 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-39].



[그림 1-39] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 ND~0.001mgS/g-dry(평균 0.000±0.000%) 범위로[표 1-9], 대부분의 정점에서 검출되지 않았으며 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 매우 낮은 농도 분포를 보였다[그림 1-40].



[그림 1-40] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산취발성황화물 농도

[표 1-9] 남면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과

조사시기	정점	함수율 (%)	강열감량 (%)	화학적산소요구량 (mgO ₂ /g-dry)	산휘발성황화물 (mg ^S /g-dry)
2011년 11월	NM1-3	33.3	2.2	7.2	0.015
	NM1-7	29.2	1.7	5.2	0.006
	NM1-9	26.0	1.3	4.9	0.005
	NM1-11	24.4	0.9	3.5	0.005
	NM1-13	29.4	1.3	2.8	ND
	NM1-15	29.4	1.5	3.1	ND
	NM1-26	27.0	1.3	1.6	0.007
	NM1-28	27.8	1.2	1.7	0.001
	NM1-30	28.6	1.2	3.0	0.001
	NM1-32	26.9	1.5	3.7	0.279
	NM1-42	26.0	1.0	3.4	0.001
	NM1-43	27.1	1.1	3.1	0.001
	NM1-45	25.5	0.9	3.5	0.001
	NM1-47	27.4	1.3	4.9	0.001
NM1-50	26.4	1.2	1.7	0.001	
2012년 2월	NM2-3	31.2	2.2	5.4	0.008
	NM2-7	41.2	3.0	4.5	0.017
	NM2-9	28.0	1.4	3.1	0.001
	NM2-11	28.4	1.0	2.7	0.001
	NM2-13	30.5	1.2	1.4	0.003
	NM2-15	30.6	1.4	3.1	ND
	NM2-26	31.6	1.5	3.2	0.006
	NM2-28	28.2	0.9	1.4	ND
	NM2-30	28.3	1.3	4.4	ND
	NM2-32	28.9	1.3	7.1	ND
	NM2-42	25.7	1.4	4.4	ND
	NM2-43	27.0	1.5	4.6	ND
	NM2-45	27.6	1.1	4.6	ND
	NM2-47	27.1	1.1	4.1	ND
NM2-50	27.7	1.1	6.0	ND	
2012년 5월	NM3-3	29.0	2.5	4.4	0.006
	NM3-7	30.1	2.6	6.2	0.020
	NM3-9	26.4	1.9	4.8	0.001
	NM3-11	26.0	1.3	6.6	0.001
	NM3-13	27.9	1.7	8.5	ND
	NM3-15	26.7	1.8	7.1	ND
	NM3-26	26.1	1.1	6.0	ND
	NM3-28	26.7	1.3	6.1	ND
	NM3-30	26.8	1.2	6.2	ND
	NM3-32	26.8	1.6	7.6	0.001
	NM3-42	26.5	1.4	7.2	ND
	NM3-43	26.1	1.3	6.7	ND
	NM3-45	26.7	1.6	7.4	ND
	NM3-47	26.6	1.3	6.5	ND
NM3-50	25.6	1.4	6.1	ND	
2012년 7월	NM4-3	28.1	2.2	3.6	0.001
	NM4-7	26.2	1.9	2.9	0.001
	NM4-9	24.3	1.3	2.1	0.001
	NM4-11	24.2	0.9	4.4	0.001
	NM4-13	28.0	1.3	2.5	ND
	NM4-15	27.3	1.5	3.7	ND
	NM4-26	23.3	0.9	3.1	ND
	NM4-28	24.3	1.1	3.0	ND
	NM4-30	25.3	1.4	4.5	ND
	NM4-32	25.6	1.5	3.7	ND
	NM4-42	24.5	1.4	1.6	ND
	NM4-43	23.1	1.3	5.1	ND
	NM4-45	17.8	1.2	2.8	ND
	NM4-47	24.5	1.4	2.6	ND
NM4-50	21.8	1.3	2.6	ND	

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

가. 조사방법

1) 조사내용

유류피해가 발생한 태안해역 주변의 어업생산활동이 활발한 갯벌 어장 중 태안군 남면 일대를 선정하여 어장 내 먹이환경을 파악하기 위한 기초조사로써 주변 해수 수질 및 갯벌 어장 퇴적물의 기본적인 특성을 파악하였다. 조사항목은 다음과 같다.

- 수질 : 수온, 염분, 용존산소(Dissolved Oxygen, DO), 수소이온농도(pH), 투명도(Secchi Depth, S.D), 용존무기질소(Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN), 용존무기인(Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP), 부유물질(Suspended Particulate Matter, SPM), 엽록소-a (chlorophyll-a, chl. a) 분석을 분석하여 해역수질등급을 제시하고 어장 기초생산력 평가를 위한 기초자료로 활용하였다.
- 저질 : 입도특성 및 퇴적상, 유기물 함량 등 기본적인 퇴적물 환경요인을 측정하여 갯벌어장의 기본적인 저질환경자료를 생산하였다.

2) 분석방법

모든 분석항목은 해양환경관리법 제10조와 해양환경공정시험기준⁹⁾ 및 이에 준하여 실시하였고 자료의 신뢰성확보를 위해 표준물질을 분석하였다.

[표 1-10] 관측에 사용된 CTD 제원

기기명	제조사	센서	관측범위	정밀도	분해능
305 CTD	IDRONAUT (Italy)	전도도	0~64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm
		수온	- 3~50 ℃	± 0.003 ℃	± 0.0007 ℃
		압력	0~1000 dbar	0.05 %	0.0015 %
		DO	0~50 mg/L	0.1 mg/L	0.01 mg/L
		pH	0~14	0.01	0.001

※ 압력센서의 정밀도와 분해능은 해당 기기의 측정범위에 대한 상대비

9) 국토해양부, 2010, 해양환경공정시험기준.

- 수온, 염분, DO, pH : Oceanseven 305 CTD (IDRONAUT. Co.)를 이용하여 현장에서 측정하였다 [표 1-10].
- 영양염류(DIN, DIP) : 유리섬유여과지 (GF/F)로 여과한 해수시료를 분광광도계를 이용하여 분석하였다. 질산 질소 (NO_3^- -N)는 Cd-Cu 환원칼럼을 통과시킨 후 아질산 질소 (NO_2^- -N)와 동일하게 디아조화법으로 수행하였고, 암모니아 질소 (NH_4^+ -N)는 인도페놀청법, 인산 인 (HPO_4^{2-} -P)은 몰리브덴청법 중 아스코르빈산환원법을 이용하여 분석하여 각각 용존무기질소와 용존무기인을 계산하였다.
- 부유입자물질 (Suspended Particulate Matter) : 실험실에서 미리 무게를 측정한 유리섬유여과지 (GF/F)로 해수시료를 여과 후 103~105°C에서 항량으로 건조하여 여과 전 후의 무게차이로부터 계산하였고 여과 마지막 단계에서 초순수로 탈염하여 염분에 의한 무게오차를 방지하였다.
- 투명도(S.D) : 추가 달린 지름 30 cm의 흰색 원판(투명도판, secchi disk)을 수직으로 내려 보이지 않을 때까지 보낸 다음 천천히 끌어올려 보이기 시작한 수심을 0.1 m 단위로 측정하고 2회 반복하여 평균하였다.
- 클로로필 a (chl.a) : 해수 약 1 l를 Whatman GF/F를 이용하여 여과한 후 여과지를 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다. 분석 전 여과지에 90% 아세톤 10ml를 넣고 24 시간 동안 냉암소에서 추출 후, 분광광도계(Optizen 2120UV Plus)를 이용하여 측정하였으며, Parsons *et al.*(1984)의 계산식을 통하여 계산하였다.

나. 조사 결과

1) 수질 현황

태안군 남면 갯벌어장 주변 해수의 수온은 2월 조사시 표층에서 3.1~3.3°C, 저층에서 3.0~3.1°C로 조사되었고, 7월 조사시 표층에서 25.3~25.4°C, 저층에서 25.2~25.4°C로 정점과 수층에 따른 변화는 크지 않았고, 조사시기 즉, 계절변화만이 구별되었다. 또한, 갯벌어장 내 수심이 낮아 표층과 저층간의 뚜렷한 수온변화는 없었고, 하계조사시에도 수온약층은 형성되지 않아 수층간의 수온차이는 크지 않았다.

염분은 2월 조사시 표층과 저층 모든 정점에서 32.3psu를 보였고, 7월에도 표층과 저층에서 30.8psu로 정점과 수층사이의 염분 차이는 나타나지 않았다. 염분은 7월에 전반적으로 낮아지는 경향을 보여 서해연안에서 하계에 집중되는 담수유입에 의한 결과로 해석된다.

용존산소의 농도는 수온에 의해 크게 좌우되는데, 수온이 낮은 2월에는 과포화 또는

포화농도에 근접한 10.9~11.5 mg/L의 범위의 값을 보였고, 수온이 높은 7월에는 6.2~6.6 mg/L의 낮은 값을 보였다.

해수의 pH는 일반적으로 7.5~8.5가 일반적으로 담수유입, 유기물 분해, 식물플랑크톤의 광합성, 탄산염의 거동 등에 의해 좌우되는 것으로 알려져 있다. 조사해역의 pH는 2월 조사시 8.07~8.10, 7월에 8.26~8.31의 범위로 하계에 다소 높아지나 지역 및 수심에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

갯벌어장 인근해역의 해수 중 부유입자물질은 2월 조사시 35.1~60.0 mg/L의 범위를 보였고, 7월에는 13.8~17.0 mg/L로 동계에 전반적으로 높은 값을 보였는데, 이는 조사해역이 만 형태로 구성되어 강한 조류에 의해 저층에서 재부유된 입자 때문이라고 판단된다.

해수 영양염 중 용존무기질소는 2월 조사시 0.218~0.227 mg/L의 범위로 나타났고, 7월 조사시 0.055~0.090 mg/L의 범위를 보여 7월에 낮은 값을 보였다.

용존무기인은 2월 조사시 0.024~0.037 mg/L의 범위를 보였고, 7월에 0.006~0.009 mg/L의 범위로 용존무기질소와 마찬가지로 지역간의 차이는 크지 않았고 동계보다 하계에 낮게 나타났다.

[표 1-11] 태안군 남면 갯벌의 수질 현황

조사 시기	정점	수온 (°C)		염분 (psu)		DO (mg/L)		DO 포화도(%)		pH		Chl.a (ug/L)		SPM (mg/L)		S.D (m)	DIN (mg/L)		DIP (mg/L)		chl.a (mg/L)	
		표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저		표	저	표	저	표	저
2012년 2월	1	3.3	3.1	32.3	32.3	10.9	11.4	100	100	8.10	8.08	1.76	1.74	35.8	35.1	0.5	0.227	0.225	0.027	0.024	1.76	1.74
	2	3.1	3.0	32.3	32.3	11.1	11.5	100	100	8.07	8.05	2.85	1.78	55.7	60.0	0.5	0.218	0.221	0.037	0.031	2.85	1.78
2012년 7월	1	25.3	25.2	30.8	30.8	6.6	6.6	89	89	8.26	8.30	1.93	1.73	15.1	17.0	1.0	0.090	0.059	0.009	0.006	1.93	1.73
	2	25.4	25.4	30.8	30.8	6.4	6.2	91	91	8.31	8.31	1.32	2.79	13.8	16.7	1.0	0.055	0.055	0.006	0.006	1.32	2.79

2) 해역수질등급

해역수질등급이 해양환경관리법에 따른 국토해양부 고시 제2011-972호로 개정됨에 따라 새로 개정된 생태기반 해수수질 기준의 수질평가지수를 계산하여 등급을 나타냈다. 수질평가지수는 기준항목의 해역별 기준값을 적용하여 나타난 점수를 이용, 수질평가지수를 계산하여 등급화하였다 [표 1-12]. 태안군 남면 갯벌의 생태기반 해수수질기준을 살펴보면, 2월 조사에서 II~III의 범위로 나타났고, 7월에는 I~II등급으로 2월에 비해 다소 높은 등급을 보였다 [표 1-13].

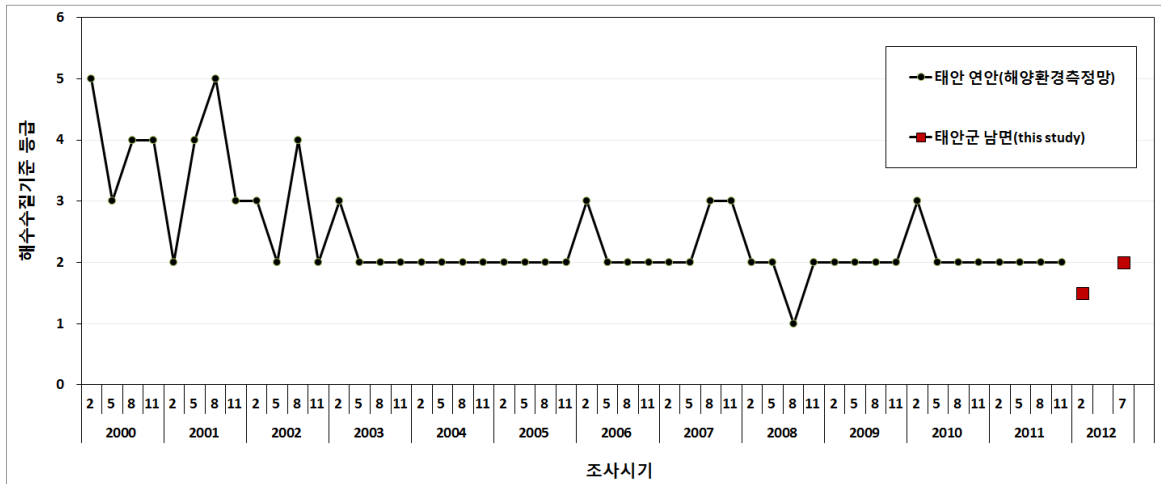
[표 1-12] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)

○ 수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)					
$= 10 \times [\text{저층산소포화도(DO)}] + 6 \times [(\text{식물플랑크톤농도(Chl-a)} + \text{투명도(SD)}) / 2] + 4 \times [(\text{용존무기질소농도(DIN)} + \text{용존무기인농도(DIP)}) / 2]$					
○ 수질평가지수 항목별 점수					
항목별 점수	대상항목				
	Chl-a($\mu\text{g/L}$), DIN(mg/L), DIP(mg/L)			DO(포화도, %), SD(m)	
1	기준값2) 이하			기준값 이상	
2	< 기준값 + 0.10×기준값			> 기준값 - 0.10×기준값	
3	< 기준값 + 0.25×기준값			> 기준값 - 0.25×기준값	
4	< 기준값 + 0.50×기준값			> 기준값 - 0.50×기준값	
5	> 기준값 + 0.50×기준값			< 기준값 - 0.50×기준값	
○ 생태기반 해수수질 기준					
등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)				
I(매우 좋음)	23 이하				
II(좋음)	24 - 33				
III(보통)	34 - 46				
IV(나쁨)	47 - 59				
V(아주 나쁨)	60 이상				
○ 수질평가지수 항목의 해역별 기준값					
대상항목 생태구역	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	저층 DO (포화도, %)	표층 DIN (mg/L)	표층 DIP (mg/L)	투명도 (m)
동해	2.1	90	0.140	0.020	8.5
대한해협	6.3	90	0.220	0.035	2.5
서남해역	3.7	90	0.230	0.025	0.5
서해중부	2.2	90	0.425	0.030	1.0
제주	1.6	90	0.165	0.015	8.0
항목별 점수	서해 중부 생태구역의 수질평가지수 항목 기준값				
1	2.20이하	90이상	0.425이하	0.030이하	1이상
2	<2.42	>81	<0.468	<0.033	>0.9
3	<2.75	>67.5	<0.531	<0.038	>0.75
4	<3.30	>45	<0.638	<0.045	>0.5
5	≥ 3.30	≤ 45	≥ 0.638	≥ 0.045	≤ 0.5

[표 1-13] 태안군 남면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준

조사시기	수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)	생태기반 해수수질기준
2012년 2월	29-42	II-III
2012년 7월	20-30	I-II

인근 해역과의 비교를 위해 2000년부터 2011년까지의 국가해양환경측정망의 태안연안 관측 자료를 동일한 방법으로 계산하여 수질기준을 제시하였다. 2000년부터 2002년까지 II~V등급까지 조사시기(계절)에 따른 변동이 크다가 2003년 이후부터 평균 II등급으로 점차 안정화 되는 경향이 나타나 이번 조사 결과와 크게 다르지 않았다 [그림 1-41].



[그림 1-41] 태안 연안 및 태안군 남면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급

3) 퇴적물 환경요인

(1) 퇴적물 평균입도 및 특성

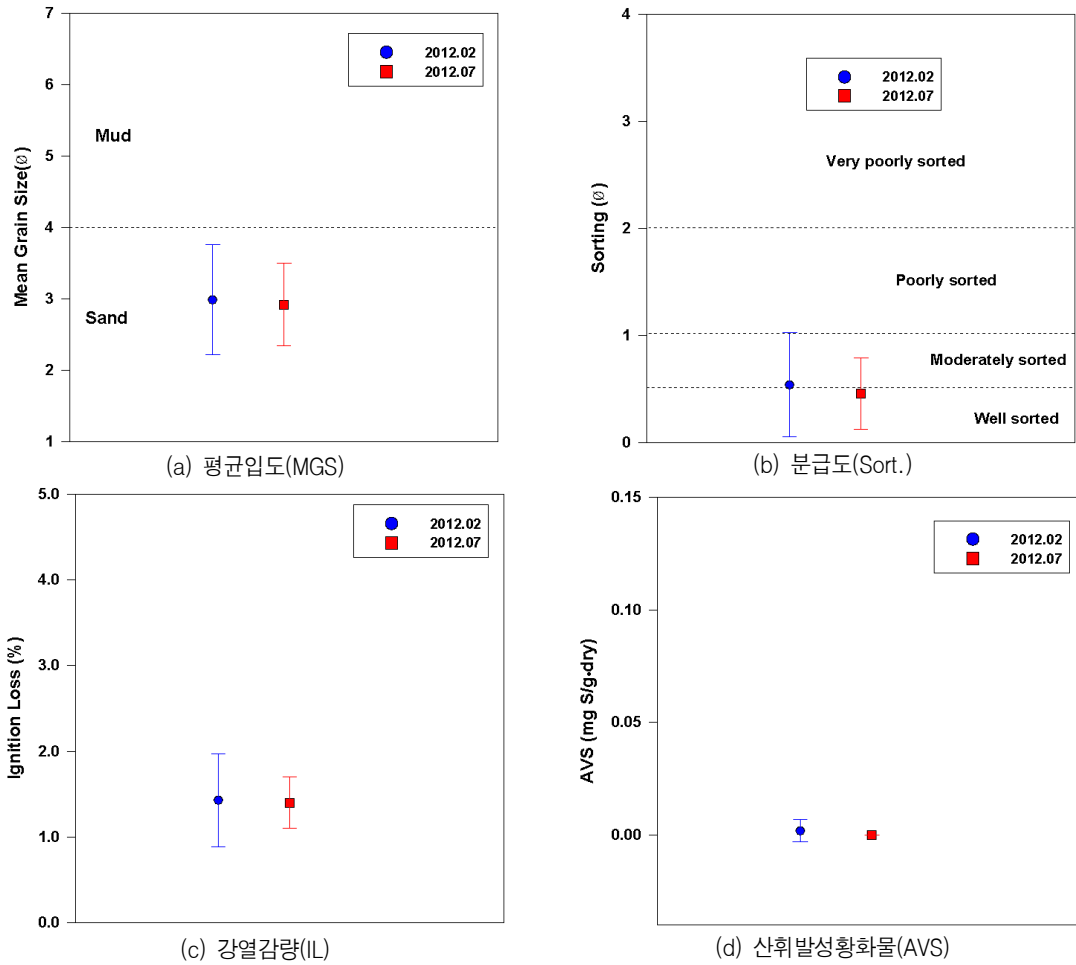
2월 조사시 태안군 남면 갯벌 어장 퇴적물은 자갈의 함량이 0.0~0.9%, 모래가 19.7~100.0%, 펄이 0.0~79.9%의 범위를 보여 정점에 따라 구성성분의 차이가 나타나는데, 만안쪽에는 펄 함량이 높고 만 중심이나 외부로 갈수록 모래가 높은 것으로 나타났다. 평균입도는 2.53~5.12Φ로 세립사에서부터 조립실트로의 크기로 구성되어 있고, 분급도는 0.28~1.94 Φ로 매우 양호에서부터 불량 범위로, 모래의 함량이 높은 만 외부에서 양호한 분급을 보였다. 7월 조사에서는 자갈 0.0~1.6%, 모래 24.3~100.0%, 펄 0.0~75.6%의 함량을 보여 2월 조사 결과와 큰 차이를 보이지 않았다 [표 1-14].

[표 1-14] 태안군 남면 갯벌의 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과

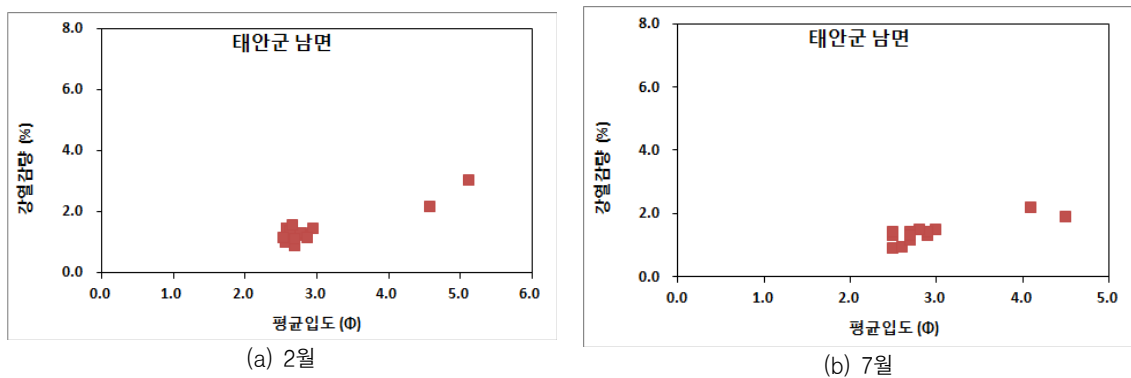
지역	조사 시기	퇴적물 구성성분 (%)			평균입도 (Φ)	분급도 (Φ)	퇴적상 (Folk, 1968)	강열감량 (%)	AVS mgS/gdry
		자갈	모래	펄					
태안군 남면	2월	0.0~0.9 (0.1±0.3)	19.7~100.0 (90.4±25.4)	0.0~79.9 (9.5±25.4)	2.53~5.12 (2.99±0.77)	0.28~1.94 (0.55±0.49)	S, (g)S sZ, (g)M	0.9~3.0 (1.4±0.5)	불검출~0.017 (0.002±0.005)
	7월	0.0~1.6 (0.1±0.4)	24.3~100.0 (91.5±22.6)	0.0~75.6 (8.4±22.7)	2.50~4.50 (2.92±0.58)	0.30~1.30 (0.46±0.33)	sZ, (g)M, (g)S, S	0.9~2.2 (1.4±0.3)	불검출~0.001 (0.000±0.000)

(2) 퇴적물 내 유기물 함량

2012년 2월 강열감량은 0.9~3.0%(평균 1.4±0.5%)로 나타났고, 7월에 0.9~2.2%(평균 1.4±0.3%)로 평균입도와 뚜렷한 양의 상관성을 보였다. 즉, 입자가 세립한 곳에 유기물의 함량도 높은 것으로 나타났다.



[그림 1-42] 태안군 남면 갯벌 퇴적물의 입도특성 및 유기물 함량



[그림 1-43] 태안군 남면 갯벌의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계

2. 먹이환경 조사

가. 식물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

식물플랑크톤은 태안군 남면의 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였다. 식물플랑크톤의 표본 채집과 검경 시료를 위해 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 채수하였다. 채수 후, 즉시 5% 중성 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

가) 식물플랑크톤의 동정 및 계수

운반된 시료는 24시간 동안 침전시킨 후 상등액을 siphon으로 버리고 150~200mL로 농축하여 사용하였다. 정량분석을 위하여 농축된 시료를 균일하게 섞은 후 1mL을 취하여 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 계수한 후, 단위 체적당 세포수를 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료 적당량을 slide glass 위에 놓고 400~1000 배율 하에서 검경 및 동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 심 등(1994), Cupp(1943), Round *et al.*(1990), Lee (1995), Hasle & Syvertsen (1996) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

식물플랑크톤군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다 [표1-15].

[표 1-15] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N} \right]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 태안군 남면 지역에서 식물플랑크톤의 총 출현종수는 22속 32종이며, 그 중 규조류가 18속 28종(87.50%), 와편모조류 2속 2종(6.25%), 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(3.13%, 3.13%) 출현하였다[표 1-16, 그림 1-44].

태안군 남면에서 표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 14종, 정점 2에서 16종이 출현하였고, 평균 15 ± 1 종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 15종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 15 ± 1 종이었다. 표층과 마찬가지로 전 정점에서 규조류가 가장 많은 출현종을 기록하였고, 정점 및 수층 간 차이는 미미하였다[표 1-17, 그림 1-45].

7월 조사에서 식물플랑크톤의 총 출현종수는 17속 24종이며, 그 중 규조류가 12속 14종(58.33%), 와편모조류 3속 7종(29.17%), 규질편모조류가 1속 2종(8.33%), 은편모조류가 1속 1종(4.17%) 출현하였다[표 1-18, 그림 1-46].

표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 16종, 정점 2에서 11종이 출현하였고, 평균 14 ± 4 종이었으며, 정점별 차이를 보였다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 15종, 정점 2에서 11종이 출현하였고, 평균 13 ± 3 종이었다. 표층에 비해 상대적으로 규조류의 출현이 낮았고, 수층 간 차이는 작았다[표 1-19, 그림 1-47].

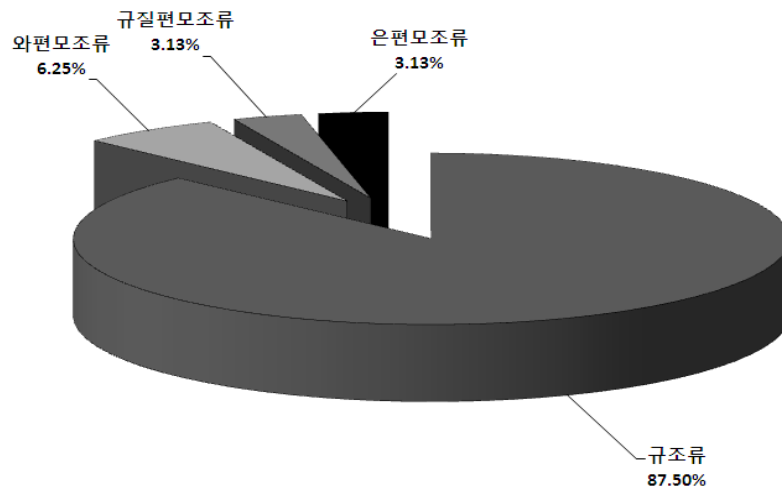
2012년 2월에 비해 2012년 7월의 식물플랑크톤의 총 출현종수는 다소 낮아졌으나, 공통적으로 규조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 또한 정점별 출현종수는 7월 조사에서만 차이를 보였으며, 수층 간 차이는 두 조사결과 모두 미미한 것으로 조사되었다.

[표 1-16] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)

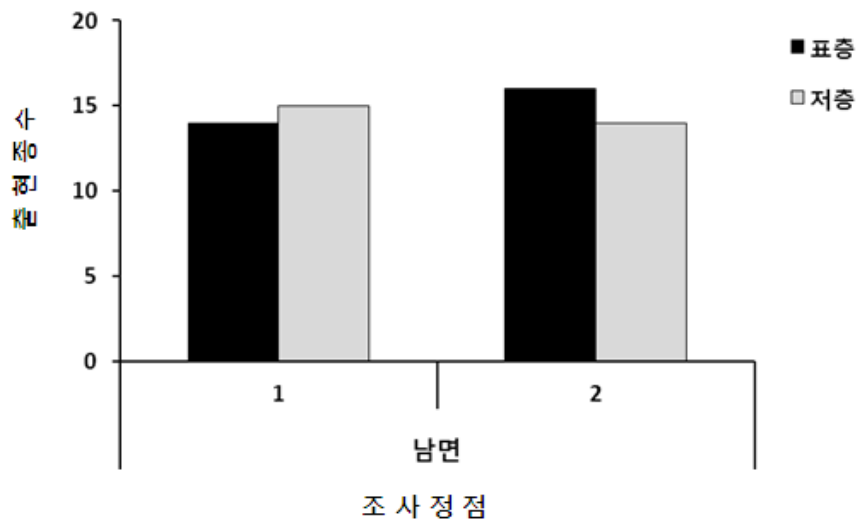
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	*	*
<i>Actinocyclus octonarius</i>		*
<i>Actinocyclus</i> sp.		*
<i>Actinoptychus senarius</i>	*	*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Ditylum brightwellii</i>	*	*
<i>Fragilaria</i> sp.	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*
<i>Odontella aurita</i>	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma</i> sp.	*	*
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	*	*
<i>Pseudonitzschia</i> sp.		*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Skeletonema marinoi</i>	*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	*	*
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>		*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	*	*
<i>Trachyneis aspera</i>	*	*
<i>Trachyneis</i> sp.		*
DINOPHYCEAE		
<i>Alexandrium</i> sp.	*	*
<i>Prorocentrum</i> sp.		*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	22	32

[표 1-17] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	11	14	12	13
와편모조류	1	1	1	1
규질편모조류	1	0	1	0
은편모조류	1	1	1	0
합계	14	16	15	14
평균	15±1		15±1	



[그림 1-44] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월)



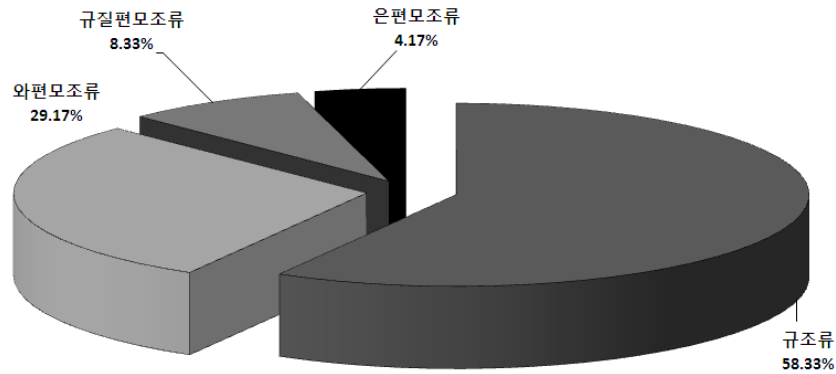
[그림 1-45] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 1-18] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)

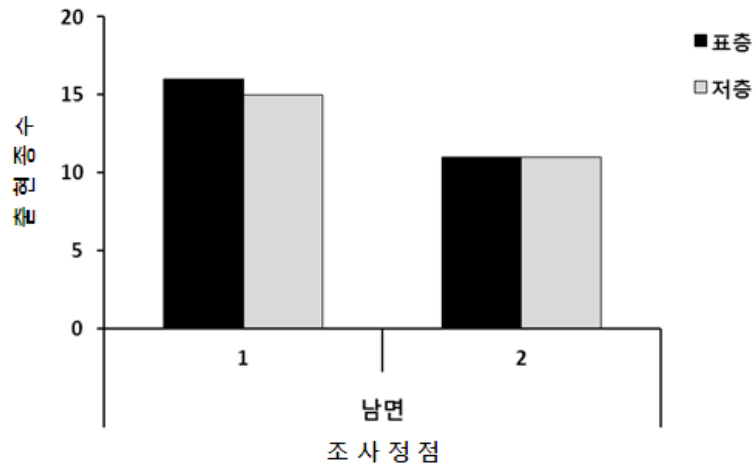
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Amphiprora</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Cyclotella striata</i>	*	*
<i>Cyclotella</i> sp.		*
<i>Eucampia zodiacus</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Plagiogramma vanheukki</i>	*	*
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.1	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
DINOPHYCEAE		
<i>Ceratium breve</i>	*	*
<i>Ceratium furca</i>		*
<i>Ceratium fusus</i>		*
<i>Dinophysis fortii</i>	*	*
<i>Dinophysis</i> sp.		*
<i>Prorocentrum micas</i>	*	*
<i>Prorocentrum</i> sp.		*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
<i>Dictyocha speculum</i>	*	*
총 합	17	24

[표 1-19] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	8	5	8	3
와편모조류	6	5	6	5
규질편모조류	1	1	1	2
은편모조류	1	0	0	1
합계	16	11	15	11
평균	14±4		13±3	



[그림 1-46] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 1-47] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

2012년 2월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 362cells/mL, 정점 2에서 299cells/mL, 평균 330±44cells/mL를 나타내었다. 저층에서는 정점 1에서 388cells/mL, 정점 2에서 309cells/mL, 평균 348±56cells/mL를 나타내었다[표 1-20, 그림 1-48].

7월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 723cells/mL, 정점 2에서 631cells/mL, 평균 677±65cells/mL를 나타내었다. 저층에서는 정점 1에서 513cells/mL, 정점 2에서 797cells/mL, 평균 655±201cells/mL를 나타내었다[표 1-21, 그림 1-49].

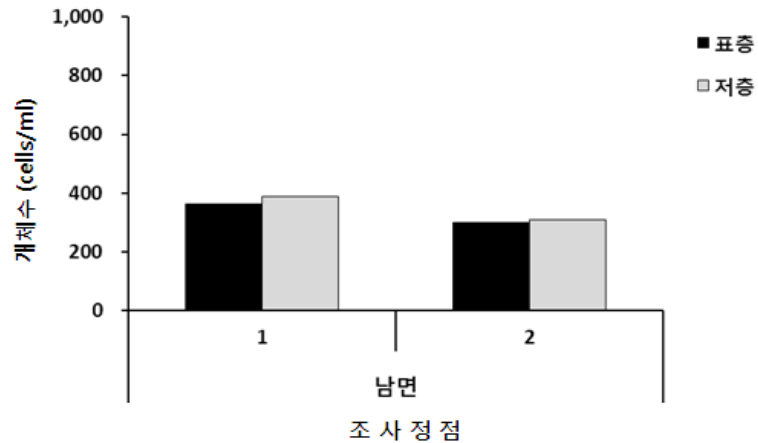
2012년 2월에 비해 7월의 식물플랑크톤의 개체수는 상대적으로 높아졌으며, 정점 및 수층간의 차이는 적었다.

[표 1-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)

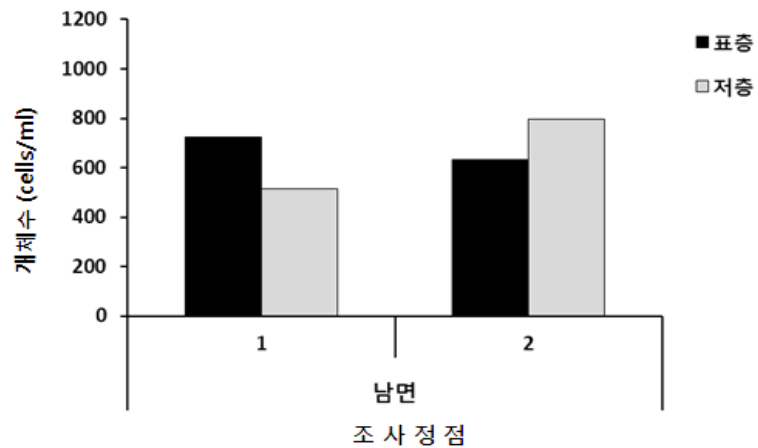
정 점	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	4	0	0	0
<i>Actinocyclus octonarius</i>	0	4	0	3
<i>Actinocyclus</i> sp.	19	15	5	9
<i>Actinoptychus senarius</i>	0	4	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	4	7	5	6
<i>Coscinodiscus</i> sp.	11	11	9	12
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	0	5	0
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	3
<i>Fragilaria</i> sp.	0	0	5	0
<i>Navicula</i> sp.1	8	4	5	3
<i>Navicula</i> sp.2	4	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	5	0
<i>Odontella aurita</i>	0	4	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	219	199	199	253
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	0	0	3
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0	4	0	0
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	8	0	0	0
<i>Rhaphoneis</i> sp.	0	0	5	0
<i>Skeletonema marinoi</i>	0	0	114	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	15	0	5	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0	4	0	0
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	45	22	0	0
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	0	0	0	3
<i>Thalassiosira</i> sp.1	8	7	5	3
<i>Thalassiosira</i> sp.2	0	4	0	3
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0	0	0	3
<i>Trachyneis aspera</i>	0	4	0	0
<i>Trachyneis</i> sp.	0	0	0	3
DINOPHYCEAE				
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	3
<i>Prorocentrum</i> sp.	4	4	9	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	11	4	9	0
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	4	0	5	0
종 수	14	16	15	14
합 계	362	299	388	309

[표 1-21] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)

정 점	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	5
<i>Actinocyclus</i> sp.	5	0	5	0
<i>Amphiprora</i> sp.	5	0	0	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	4	5	0
<i>Cyclotella striata</i>	0	0	5	0
<i>Cyclotella</i> sp.	0	9	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	28	0	35	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	5	0
<i>Nitzschia</i> sp.	5	0	5	0
<i>Paralia sulcata</i>	295	97	30	98
<i>Plagiogramma vanheukki</i>	0	13	0	0
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	9	35	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.1	9	0	10	5
<i>Thalassiosira</i> sp.2	5	0	0	0
DINOPHYCEAE				
<i>Ceratium breve</i>	14	9	10	5
<i>Ceratium furca</i>	83	128	70	218
<i>Ceratium fusus</i>	46	75	70	126
<i>Dinophysis fortii</i>	152	194	204	224
<i>Dinophysis</i> sp.	46	53	45	93
<i>Prorocentrum micas</i>	5	0	0	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	0	0	5	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	9	0	0	5
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	9	13	10	11
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0	0	5
총 수	16	11	15	11
합 계	723	631	513	797



[그림 1-48] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)



[그림 1-49] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

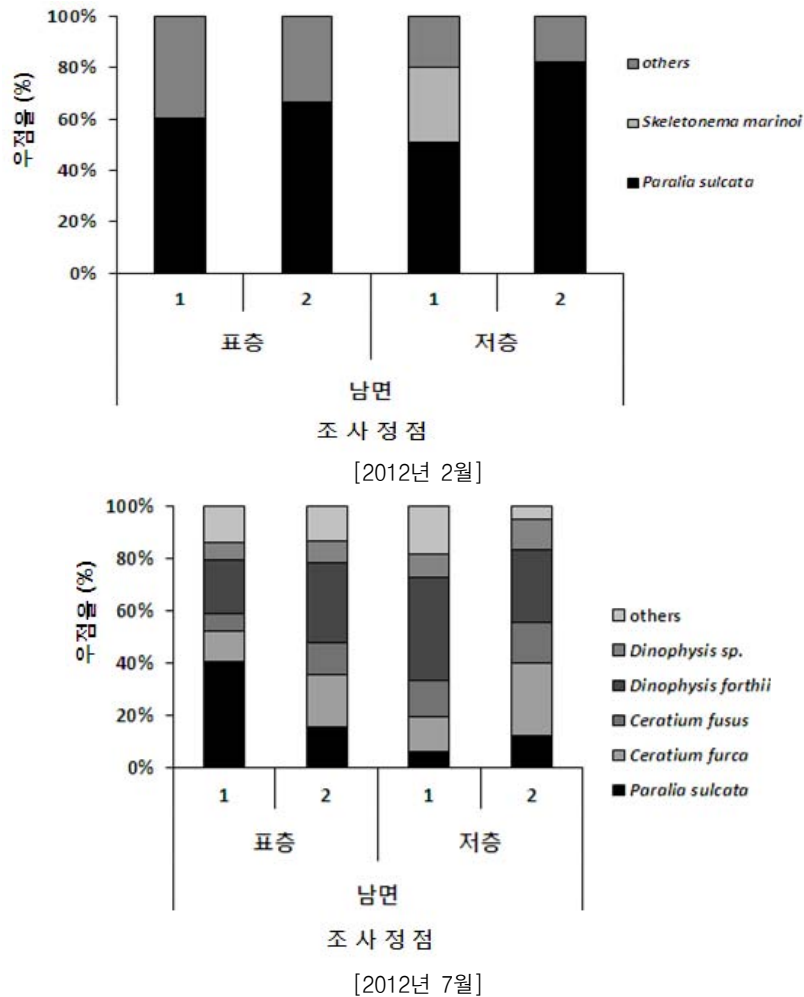
(3) 우점종

2012년 2월 조사 시, 조사해역에서 5% 이상의 우점을 차지한 식물플랑크톤 주요 우점종을 선별하였다. 태안군 남면의 표층에서는 *Paralia sulcata*가 63.54%로 제 1우점을 차지하였고, 저층도 마찬가지로 *Paralia sulcata*가 66.55%로 제 1우점을, *Skeletonema marinoi*이 14.63%로 제 2우점을 차지하였다[그림 1-50].

7월 조사에서 남면의 표층에서 *Paralia sulcata*가 28.07%로 제 1우점을, *Dinophysis fortii*가 25.89%로 제 2우점을 하였다. 그 외에 *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Dinophysis* sp.가 7% 이상을 차지하였다. 저층에서는 *Dinophysis fortii*가 33.94%의 우점율을 보여 제 1우점종으로 선정되었고, *Ceratium furca*와 *Ceratium fusus*가 각각 20.49%, 14.67%으로 조사되었다. 그 외에 *Paralia sulcata*와 *Dinophysis fortii*가 약 9% 이상의 우점율을 보였다[그림

1-50].

2012년 2월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었으나, 7월 조사에서는 와편모조류의 우점율이 증가한 것으로 조사되었다. 우점종으로 선정된 종들은 국내 연안에서 자주 출현하는 종으로서, 유류피해에 따른 영향보다는 계절적 차이가 더 큰 것으로 판단된다.



[그림 1-50] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

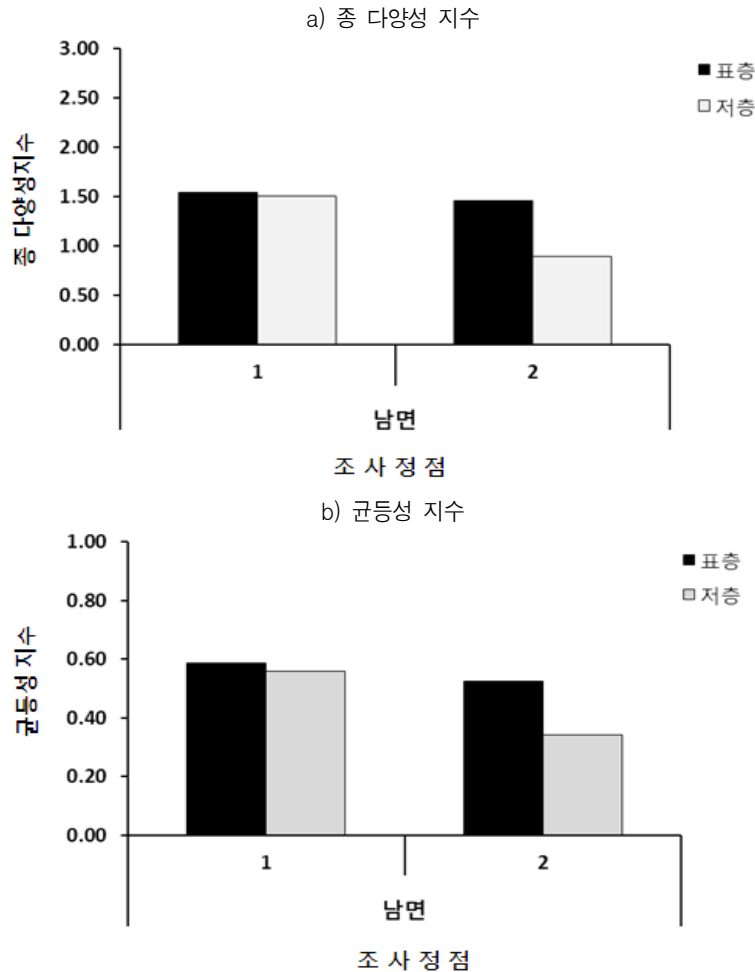
(4) 생태지수

2012년 2월 조사 시, 태안군 남면의 표층에서 식물플랑크톤 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.55, 정점 2에서 1.46으로 산출 되었고, 평균은 1.50 ± 0.06 이다. 저층에서는, 정점 1에서 1.51, 정점 2에서 0.90으로 산출 되었고, 평균 1.21 ± 0.43 으로 나타났다[그림 1-51]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.59, 정점 2에서 0.53으로 산출 되었고, 평균은

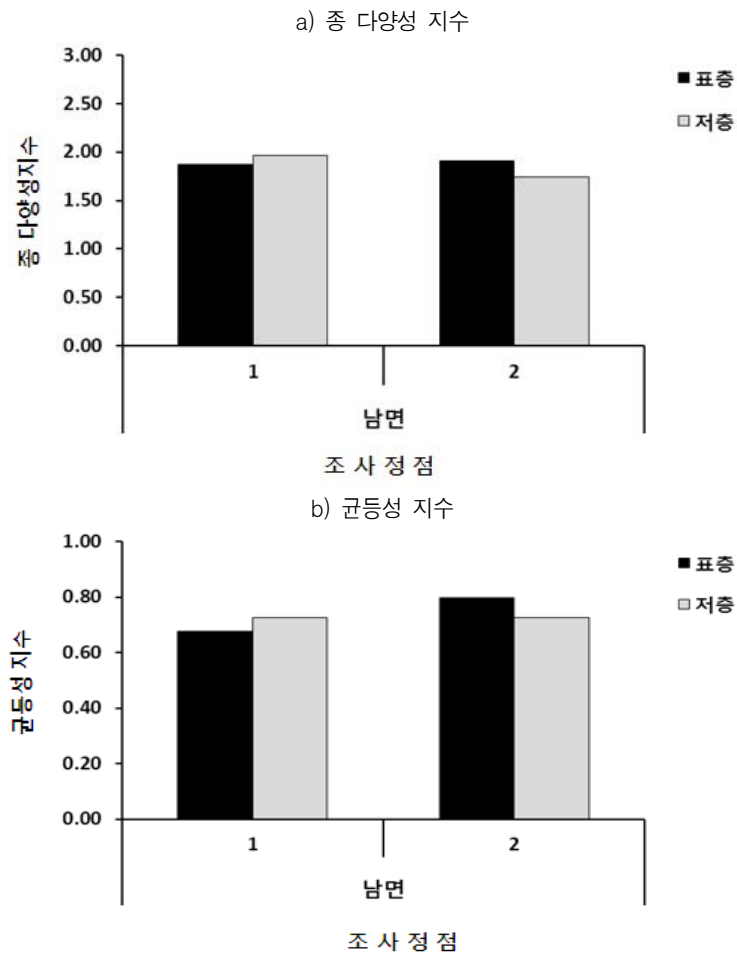
0.56±0.04이다. 저층에서는, 정점 1에서 0.56, 정점 2에서 0.34로 산출 되었고, 평균은 0.45±0.15이다[그림 1-51].

7월 조사 시, 표층의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.88, 정점 2에서 1.91로 산출 되었고, 평균은 1.89±0.03이다. 저층에서는, 정점 1에서 1.97, 정점 2에서 1.74로 산출 되었고, 평균 1.86±0.16으로 나타났다[그림 1-52]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.68, 정점 2에서 0.80로 산출 되었고, 평균 0.74±0.09로 조사 되었다. 저층에서는 정점 1에서 0.73, 정점 2에서 0.73로 산출 되었고, 평균 0.73±0.00로 조사되었다[그림 1-52].

2012년 2월과 7월에 산출된 종 다양성지수와 균등성지수는 7월에 다소 높게 조사 되었다. 이는 2월 조사에서 특정종의 높은 우점율에 기인한 결과로 판단된다. 또한 두 조사 모두 정점별, 수층별 비슷한 값을 보인 것으로 조사되었다.



[그림 1-51] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)



[그림 1-52] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

나. 갯벌미세조류

1) 조사방법

(1) 조사내용

갯벌미세조류는 조사 지역을 대표할 수 있는 정점들을 선정하여 현장조사를 실시하였다. 태안군 남면의 2개 정점에서 3회 반복 채집한 시료에 대해 분석이 이루어졌다.

(2) 분석방법

가) 갯벌미세조류의 동정 및 계수

각 조사정점에서 내경 1cm의 PE 원통을 이용하여 퇴적물의 표층 2cm를 3회 반복 채집하여 최종 농도 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 이 때 시료는 큰 입자성 물질을

제거하기 위해 100 μ m mesh size의 sieve를 사용하였다. 정량 분석을 위해서, 얻은 시료는 일정량을 취하여 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 세포수를 계수 및 동정하였다.

규조류의 정성분석을 위해서, 얻은 시료에서 포화 KMnO₄ 용액에 24시간 동안 담가 놓은 후, 동량의 HCl를 넣어 세포 내 유기물을 제거하였다. 이렇게 제거된 용액속의 입자들을 침전시킨 후 상등액을 버리고 증류수를 가하는 과정을 반복하여 중화 및 세척하였다 (Hasle and Fryxell, 1970). 또한 유기물이 제거된 상태에서 퇴적물속의 규조류를 분리 및 제거하기 위하여 휘저어 침전시킨 후 상등액을 따라 모으는 과정을 반복하여 실시하였다 (Lohman, 1972). 시료의 분류 및 동정을 위해 Hustedt (1985), Chihara and Murano (1996), Tomas (1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

갯벌미세조류군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다[표 1-22].

[표 1-22] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n [\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N}]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 태안군 남면 조사지역에서 갯벌미세조류의 총 출현종수는 23속 31종이며, 그 중 규조류가 21속 29종(91.30%), 와편모조류 1속 1종(4.35%), 규질편모조류의 출현은 없었고, 은편모조류가 1속 1종(4.35%) 출현하였다[표 1-23, 그림 1-53].

태안군 남면에서 정점별 출현종수는 정점 1에서 23종, 정점 2에서 22종이 출현하였고, 평균 23±1종이었으며, 정점별 차이는 거의 없었다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다[표 1-24, 그림 1-54].

2012년 7월 조사 시, 갯벌미세조류의 총 출현종수는 16속 19종이며, 그 중 규조류가 13속 16종(84.21%), 와편모조류 및 규질편모조류, 은편모조류가 각각 1속 1종(5.26%,

5.26%, 5.26%) 출현하였다[표 1-25, 그림 1-55].

정점별 출현종수는 정점 1에서 15종, 정점 2에서 13종이 출현하였고, 평균 14 ± 1 종이었다. 정점별 차이는 크지 않았고, 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사되었다[표 1-26, 그림 1-56].

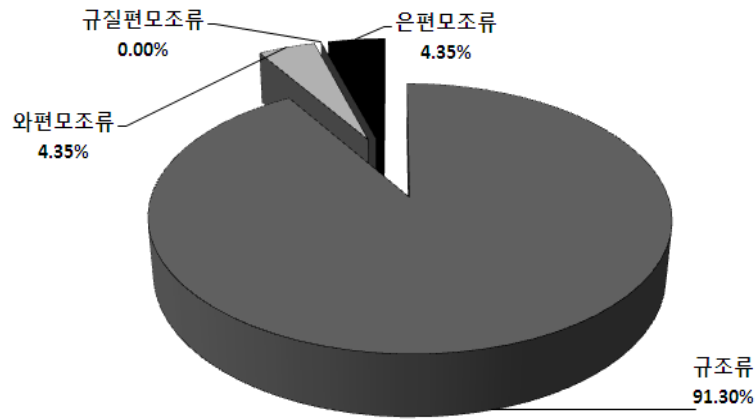
2012년 2월에 비해 2012년 7월의 갯벌미세조류의 총 출현종수는 다소 낮아졌으나, 공통적으로 규조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 또한 정점별 출현종수는 두 시기 모두 큰 차이를 보이지 않았는 것으로 조사되었다.

[표 1-23] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월)

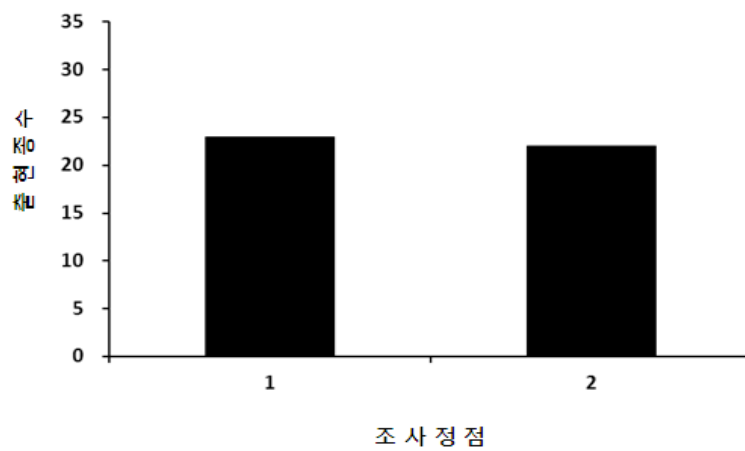
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Amphiprora</i> sp.	*	*
<i>Amphora</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.	*	*
<i>Cyclotella striata</i>	*	*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Diploneis</i> sp.	*	*
<i>Lyrella</i> sp.	*	*
<i>Melosira nummuloides</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Nitzschia longissima</i>	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.1		*
<i>Nitzschia</i> sp.2		*
<i>Nitzschia</i> sp.3		*
<i>Odontella aurita</i>	*	*
<i>Odontella aurita</i> var. <i>obtusa</i>		*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Petroneis</i> sp.	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Skeletonema dornii</i>	*	*
<i>Tabularia</i> sp.	*	*
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.		*
<i>Trachyneis aspera</i>	*	*
<i>Trachyneis</i> sp.		*
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
총 합	23	31

[표 1-24] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	태안군 남면	
	St. 1	St. 2
규조류	21	21
외편모조류	1	0
규질편모조류	0	0
은편모조류	1	1
합계	23	22
평균	23±1	



[그림 1-53] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월)



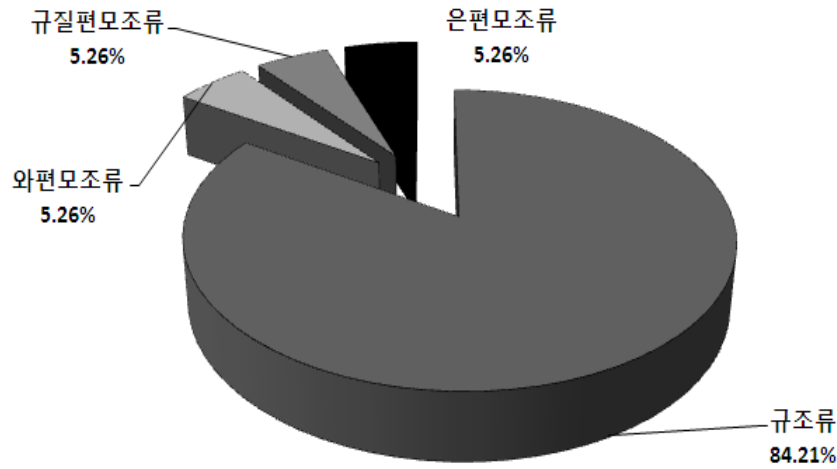
[그림 1-54] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 1-25] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월)

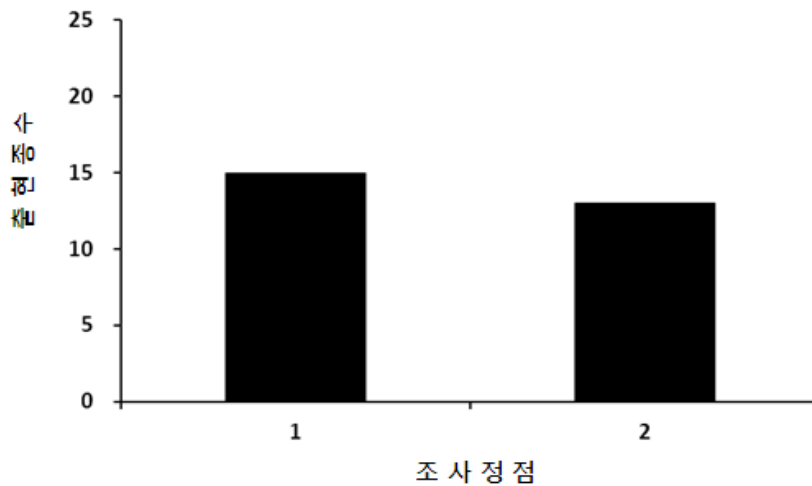
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.	*	*
<i>Cyclotella</i> sp.	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Nitzschia</i> sp.1	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.2		*
<i>Odontella aurita</i>	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Petroneis</i> sp.	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Tabularia</i> sp.	*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.		*
<i>Trachyneis</i> sp.	*	*
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	16	19

[표 1-26] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	태안군 남면	
	St. 1	St. 2
규조류	12	12
와편모조류	1	0
규질편모조류	1	0
은편모조류	1	1
합계	15	13
평균	14±1	



[그림 1-55] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 1-56] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

2012년 2월 조사결과, 조사지역에서 갯벌미세조류의 개체수는 정점 1에서 239,964cells/cm², 정점 2에서 176,075cells/cm², 평균 208,020±45,176cells/cm²를 나타내었다[표 1-27, 그림 1-57].

7월 조사결과, 조사지역에서 개체수는 정점 1에서 79,924cells/cm², 정점 2에서 91,401cells/cm², 평균 85,663±8,115cells/cm²를 나타내었다[표 1-28, 그림 1-58].

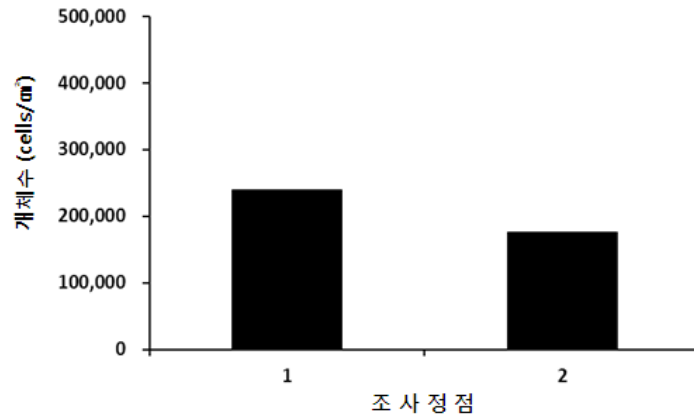
2012년 2월에 비해 2012년 7월의 갯벌미세조류의 개체수는 상대적으로 낮아졌으며, 정점간의 차이는 적은 것으로 조사되어, 시기에 따른 변화가 큰 지역으로 판단된다.

[표 1-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm²)

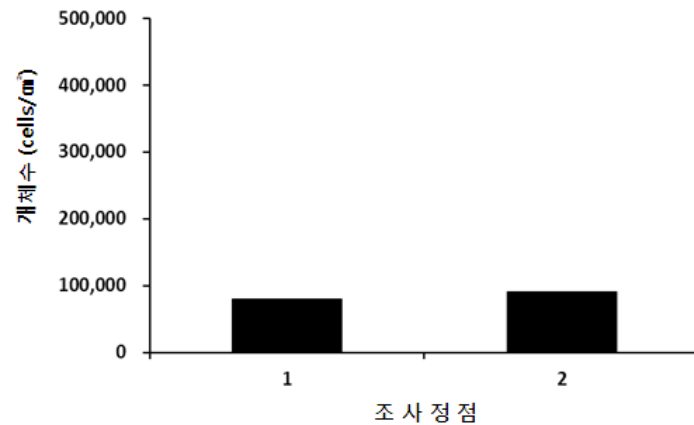
정 점	남면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	0	4,775
<i>Actinocyclus</i> sp.	9,269	2,606
<i>Amphiprora</i> sp.	2,402	0
<i>Amphora</i> sp.	2,402	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	2,402	5,212
<i>Cyclotella striata</i>	2,402	2,606
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	2,525
<i>Diploneis</i> sp.	2,402	0
<i>Lyrella</i> sp.	2,402	0
<i>Melosira nummuloides</i>	0	5,212
<i>Navicula</i> sp.1	57,673	37,428
<i>Navicula</i> sp.2	35,011	10,181
<i>Navicula</i> sp.3	2,402	2,525
<i>Nitzschia longissima</i>	20,939	4,913
<i>Nitzschia</i> sp.1	4,804	2,388
<i>Nitzschia</i> sp.2	2,063	0
<i>Nitzschia</i> sp.3	0	5,050
<i>Odontella aurita</i>	6,867	4,993
<i>Odontella aurita</i> var. <i>obtusa</i>	0	2,525
<i>Paralia sulcata</i>	35,037	18,241
<i>Petroneis</i> sp.	0	4,993
<i>Pleurosigma angulatum</i>	2,402	0
<i>Rhaphoneis</i> sp.	8,929	12,430
<i>Skeletonema dornii</i>	0	4,775
<i>Tabularia</i> sp.	0	2,606
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>	6,867	7,437
<i>Thalassiosira</i> sp.	2,063	0
<i>Trachyneis aspera</i>	7,206	12,868
<i>Trachyneis</i> sp.	7,206	0
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	2,402	0
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	14,412	19,786
종 수	23	22
합 계	239,964	176,075

[표 1-28] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/cm³)

정 점	남면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus</i> sp.	2,450	2,678
<i>Coscinodiscus</i> sp.	2,514	5,334
<i>Cyclotella</i> sp.	2,450	2,730
<i>Navicula</i> sp.1	0	10,846
<i>Navicula</i> sp.2	30,071	18,931
<i>Navicula</i> sp.3	0	2,656
<i>Nitzschia</i> sp.1	2,450	5,408
<i>Nitzschia</i> sp.2	2,508	0
<i>Odontella aurita</i>	0	5,312
<i>Paralia sulcata</i>	0	16,066
<i>Petronella</i> sp.	2,508	0
<i>Rhaphoneis</i> sp.	7,408	5,356
<i>Tabularia</i> sp.	2,508	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	7,541	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	2,508	2,730
<i>Trachyneis</i> sp.	4,964	10,698
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	2,514	0
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	5,016	2,656
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	2,514	0
종 수	15	13
합 계	79,924	91,401



[그림 1-57] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)



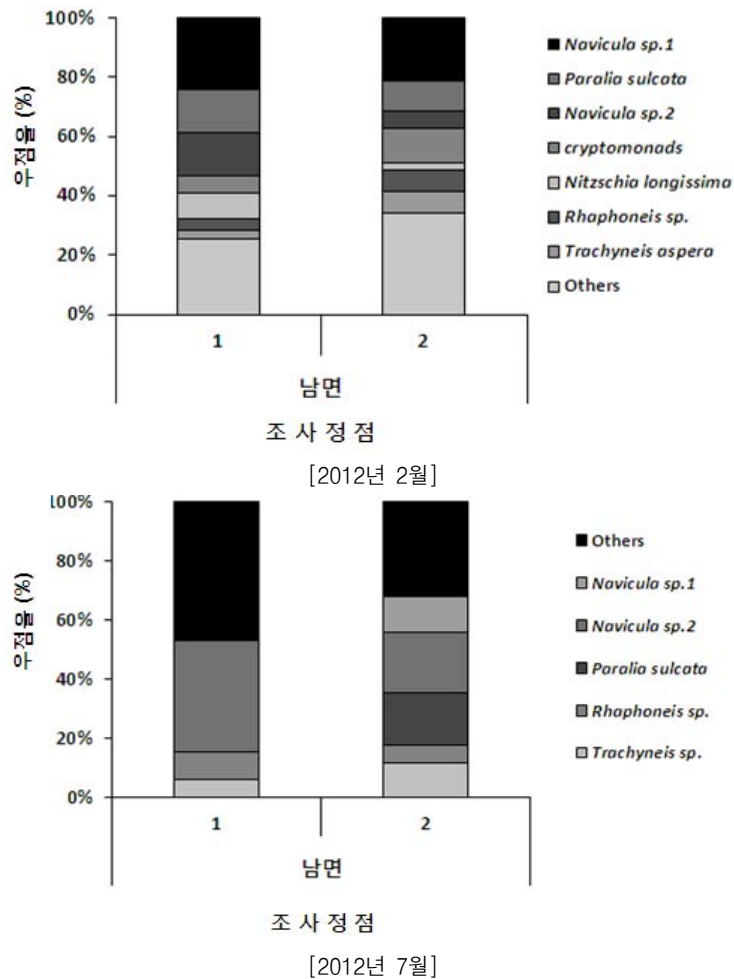
[그림 1-58] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

(3) 우점종

2012년 2월 조사 지역에서 5% 이상의 우점을 차지한 갯벌미세조류를 주요 우점종을 선별하였다. 태안군 남면에서는 규조류인 *Navicula* sp.1가 22.65%의 우점율을 보여 제 1 우점을, *Paralia sulcata*와 *Navicula* sp.2가 각각 12.48%, 10.19%으로 조사되었다. 그 외에 cryptomonads, *Nitzschia longissima*, *Rhaphoneis* sp., *Trachyneis aspera*가 5% 이상의 우점율을 보였다[그림 1-59].

7월 조사 시, 태안군 남면에서는 *Navicula* sp.2가 29.17%의 우점율을 보여 제 1 우점종으로 조사되었다. 그 외에 *Navicula* sp.1, *Paralia sulcata*, *Rhaphoneis* sp., *Trachyneis* sp.가 약 5% 이상의 우점율을 보였다[그림 1-59].

2012년 2월과 7월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었다. 우점종으로 선정된 종들은 지역별, 정점별 다소 우점율의 차이를 보였으나, 전반적으로 국내 연안에서 자주 출현하는 종들로서 갯벌미세조류의 군집변화는 적은 것으로 판단된다.



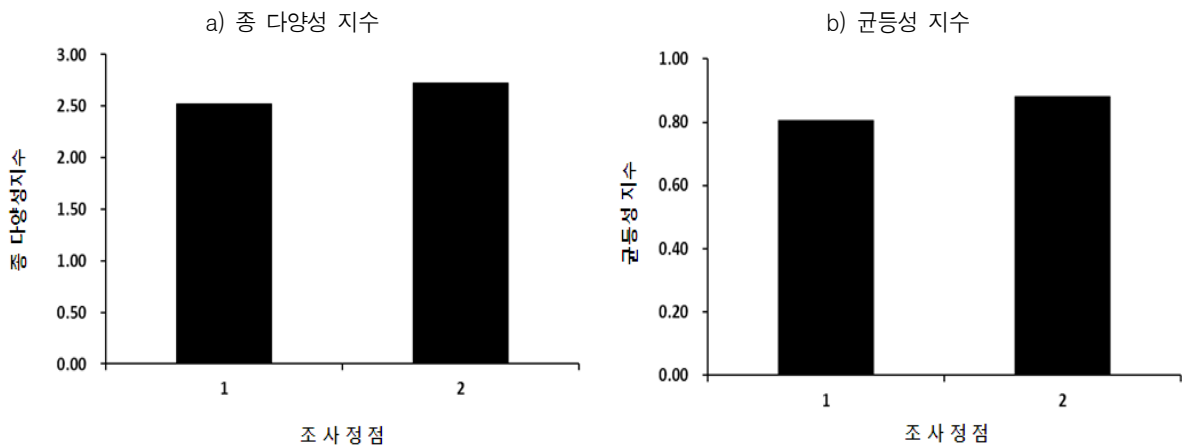
[그림 1-59] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

(4) 생태지수

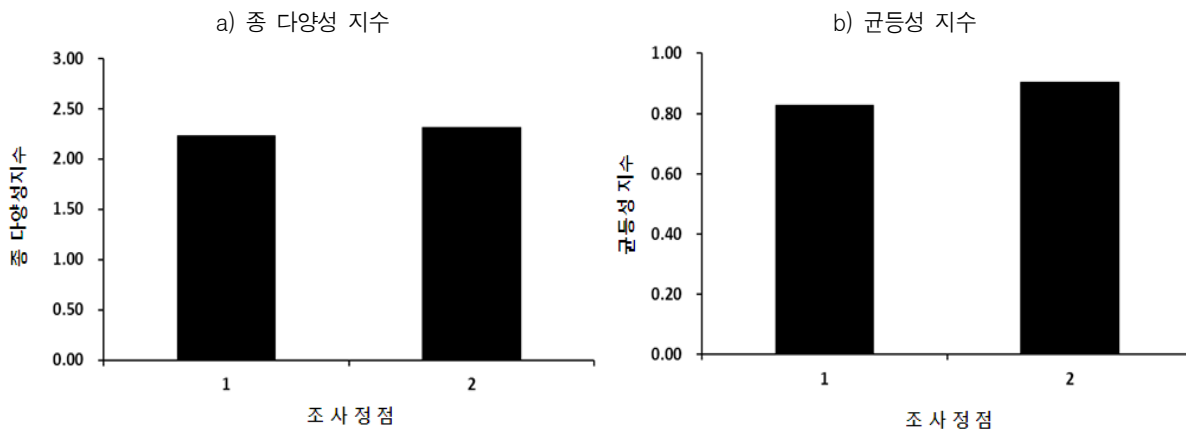
2012년 2월 조사 시, 태안군 남면에서 갯벌미세조류 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 2.52, 정점 2에서 2.72로 산출되었고, 평균은 2.62 ± 0.14 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.80, 정점 2에서 0.88로 산출되었고, 평균 0.84 ± 0.05 로 조사 되었다[그림 1-60].

7월 조사 시, 종 다양성 지수는 정점 1에서 2.24, 정점 2에서 2.32로 산출되었고, 평균은 2.28 ± 0.06 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.83, 정점 2에서 0.90로 산출되었고, 평균 0.87 ± 0.05 로 조사 되었다[그림 1-61]

2012년 2월과 7월에 산출된 종 다양성지수와 균등성 지수는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 두 시기 모두 정점별 비슷한 값을 보여, 갯벌미세조류의 군집에 큰 차이를 확인할 수 없었다.



[그림 1-60] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)



[그림 1-61] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

다. 기초생산력(Chl-a)

1) 조사방법

(1) 조사내용

조하대의 엽록소-a 농도는 태안군 남면에서 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였고, 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 1L의 해수를 채수하였다. 조간대의 엽록소-a 농도는 태안군 남면의 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 채집된 시료는 냉암소에 즉시 보관하여 실험실로 운반 후 분석하였다.

(2) 분석방법

가) 엽록소-a (조하대)

조하대에서 채집된 시료는 유리섬유여과지(GF/F)를 이용하여 여과하였다. 이때 여과 마지막 단계에서 1% 탄산마그네슘($MgCO_3$) 3~5방울을 첨가하여 엽록소-a의 산성화를 방지하였다. 이렇게 여과된 여과지는 원심분리관의 여과지에 90% 아세톤(CH_3COCH_3)을 10ml를 넣어 여과지를 분쇄한 다음 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취한 후 흡광도(750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 식물플랑크톤의 엽록소-a 농도를 계산하였다.

나) 엽록소-a (조간대)

조간대에서 채집된 시료는 정량적으로 깊이 1cm에 대한 무게를 측정하였다. 이렇게 정량화된 시료를 90% 아세톤 (CH_3COCH_3) 10ml를 넣어 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취하여 흡광도 (750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 엽록소-a를 계산하였다(Parsons *et al.*, 1984).

2) 조사결과

(1) 엽록소-a (조하대)

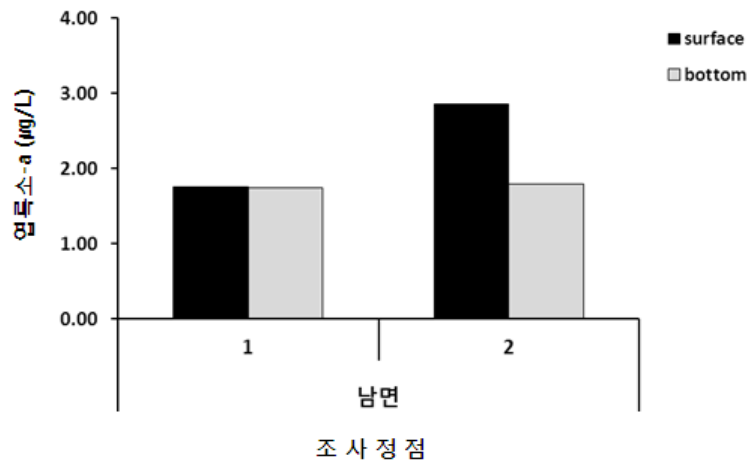
식물플랑크톤에 의한 기초생산을 간접적으로 지시하는 엽록소-a의 농도는 2012년 2월 조사결과, 표층의 정점 1에서 $1.76\mu g/L$, 정점 2에서 $2.85\mu g/L$ (평균 $2.30\pm 0.78\mu g/L$), 저층의 정점 1에서 $1.74\mu g/L$, 정점 2에서 $1.78\mu g/L$ (평균 $1.76\pm 0.03\mu g/L$)의 값을 보였다[표 1-29, 그림 1-62].

2012년 7월 조사 시, 표층에서 의 정점 1에서 $1.93\mu g/L$, 정점 2에서 $1.32\mu g/L$ (평균 $1.62\pm 0.43\mu g/L$), 저층에서 의 정점 1에서 $1.73\mu g/L$, 정점 2에서 $2.79\mu g/L$ (평균 $2.26\pm 0.75\mu g/L$)의 값을 보였다[표 1-30, 그림 1-63].

2012년 7월에 비해 2012년 2월 엽록소-a의 농도는 비슷한 것으로 산출 되었으며, 수층간 평균값의 차이도 크지 않은 것으로 조사되었다.

[표 1-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

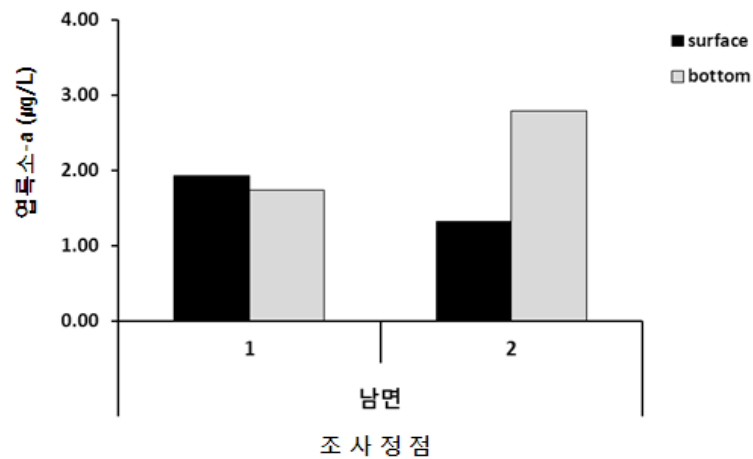
지역	정 점	수 층	chlorophyll-a ($\mu g/L$)
남면	1	S	1.76
		B	1.74
	2	S	2.85
		B	1.78



[그림 1-62] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 1-30] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정점	수층	chlorophyll-a (µg/L)
남면	1	S	1.93
		B	1.73
	2	S	1.32
		B	2.79



[그림 1-63] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

(2) 엽록소-a (조간대)

조간대의 엽록소-a 농도는 2012년 2월 조사에서 정점 1에서 2.59mg/m², 정점 2에서 0.95 mg/m² (평균 1.77±1.16mg/m²)의 범위로 정점별 차이가 큰 것으로 조사되었다[표 1-31,

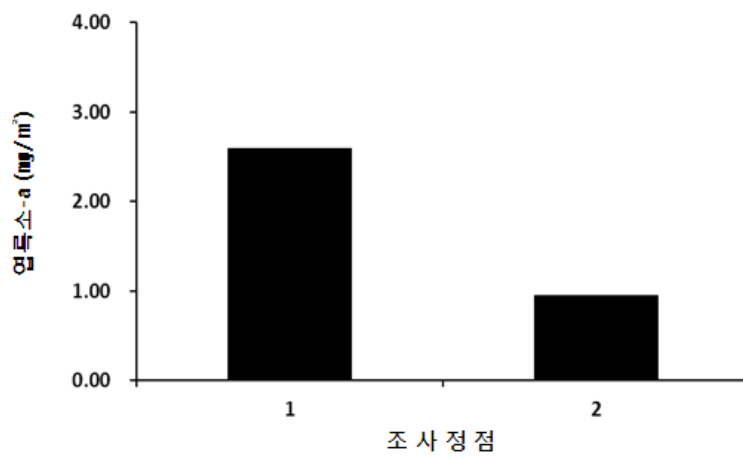
그림 1-64].

2012년 7월 조사에서 정점 1에서 4.82mg/m³, 정점 2에서 0.97mg/m³ (평균 2.89±2.73mg/m³)의 범위로 조사한 정점별 차이가 큰 것으로 조사되었다[표 1-32, 그림 1-65].

2012년 2월에 비해 2012년 7월 엽록소-a의 농도가 높게 산출되었다. 두 조사 모두 정점별 변동의 폭이 큰 것으로 조사되었다. 이러한 차이는 갯벌에서 엽록소-a의 함량은 수평적으로 크고 작은 덩어리를 가지며, 밀집된 분포를 보여 좁은 지역 내에서도 농도의 변화가 심하고, 계절적인 주기성이 일정하지 않은 것으로 보고되어 (Leach, 1970; Cadee and Hegeman, 1974), 갯벌 내의 조사에서 나타날 수 있는 결과로 판단된다.

[표 1-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

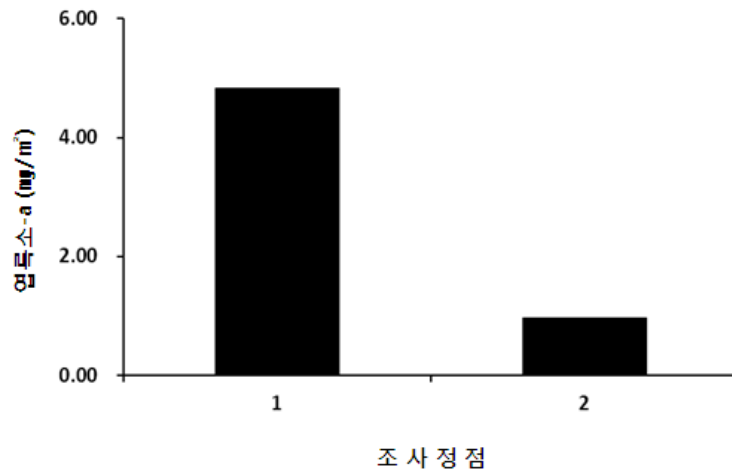
지역	정 점	엽록소-a(mg/m ³)
남면	st.1	2.59
	st.2	0.95



[그림 1-64] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 1-32] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정 점	엽록소-a(mg/m ³)
남면	st.1	4.82
	st.2	0.97



[그림 1-65] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

라. 일차생산력

1) 조사방법

갯벌어업 실태조사를 위해 어장환경의 일차생산력을 조간대와 조하대에서 측정하였다. 2012년 2월(동계)과 7월(하계) 조사를 시행하였으며 동계 조사시에는 조간대는 2정점, 조하대는 1정점에서 시행하였고, 7월 하계조사 때에는 조간대와 조하대 모두 2정점씩 조사하였다.

일차생산성(primary productivity) 측정을 위해 우선광량 및 유광층수심을 계산하였다. 광량은 하루의 광량(PAR)을 5분 단위로 측정하였다. 진광대란 표층광도의 1%에 해당되는 빛이 도달하는 깊이로서 보통, 폭넓은 의미에서 1차생산자에 의한 광합성 등 생물활동이 집중적으로 이루어지는 범위를 말하는데, Secchi disk를 이용하여 그 깊이를 추정할 수 있다. 보통, 깊이에 따른 빛의 감소는 지수적 감소를 보이는데, 그 식은 아래와 같다.

$$I_0 = I_z \times e^{-kz}$$

여기서 I_0 는 표층에서의 광도, I_z 는 깊이 z 에서의 광도, k 는 소광계수(extinction coefficient), z 는 깊이를 말한다. 여기서, 진광대의 깊이는 z 깊이에서의 광도가 표층광도의 1% 되는 깊이이므로 $I_z/I_0=0.01$ 이라 할 수 있다.

양변을 조작하면 다음과 같다.

$$\frac{I_z}{I_0} = 0.001 = e^{-kz}$$

따라서 깊이 z 는 양변에 대수조작을 하여 풀어 쓰면, 아래와 같다.

$$z = (\ln 0.01) \div k$$

k 는 소광계수이며 Poole and Atkins(1929)에 의해 제시된 $k \times D_s(\text{Secchi depth}) = 1.7$ 을 사용하였다.

조하대의 일차생산성(primary productivity)은 유광층내(표층광의 1%까지) 6개 수심에서 시료 250 ml를 취하여 $4\mu\text{Ci } ^{14}\text{C-NaHCO}_3$ 를 주입하여 3시간 동안 배양하였다. 배양을 위한 해수시료는 Niskin 채수병을 이용하여 100, 49, 30, 15, 3.5, 1% 광투과 수심(LPD: Light penetration depth)에서 채수하였다. 광도는 채수수심의 광도로 조절하기 위하여 250ml polycarbonate bottle을 천공된 nickel screen으로 포장하였다(Stork Veco, Bedford, MA, U.S.A.). 배양은 표층해수로 냉각한 on-deck incubator에서 행하였다. 배양 후 시료를 여과한 후 여과지를 산훈증 후 섬광계수기(scintillation counter)를 이용하여 dpm을 측정, Steeman-Nielsen(1952) 방법에 기초한 Parsons *et al.* (1984)에 따라 ^{14}C 의 흡수율을 구하였다.

조간대의 일차생산력을 측정하기 위해서 퇴적물 표층에서 직경 1.2mm의 주사기를 이용하여 3mm 깊이까지 시료를 10회 채집하여 멸균해수를 100ml넣고 10ml씩 천공된 nickel screen으로 광구배가 100, 49, 30, 15, 3.5, 1%로 하여 포장된 바이얼에 분배하여 넣은 후 $4\mu\text{Ci } ^{14}\text{C-NaHCO}_3$ 를 주입 후 자연광에서는 3시간, 인공광에서는 1시간 배양하였다. 인공광은 (OSRAM lam; 200W)을 사용하였다. 항온수조를 사용하여 배양 용기가 담겨진 상자 내의 온도를 현장의 수온에 맞춘 후 배양하였다. 배양실험을 거친 시료는 직경 25 mm GF/F 여과지로 걸러내고 조하대와 마찬가지로 실험하였다.

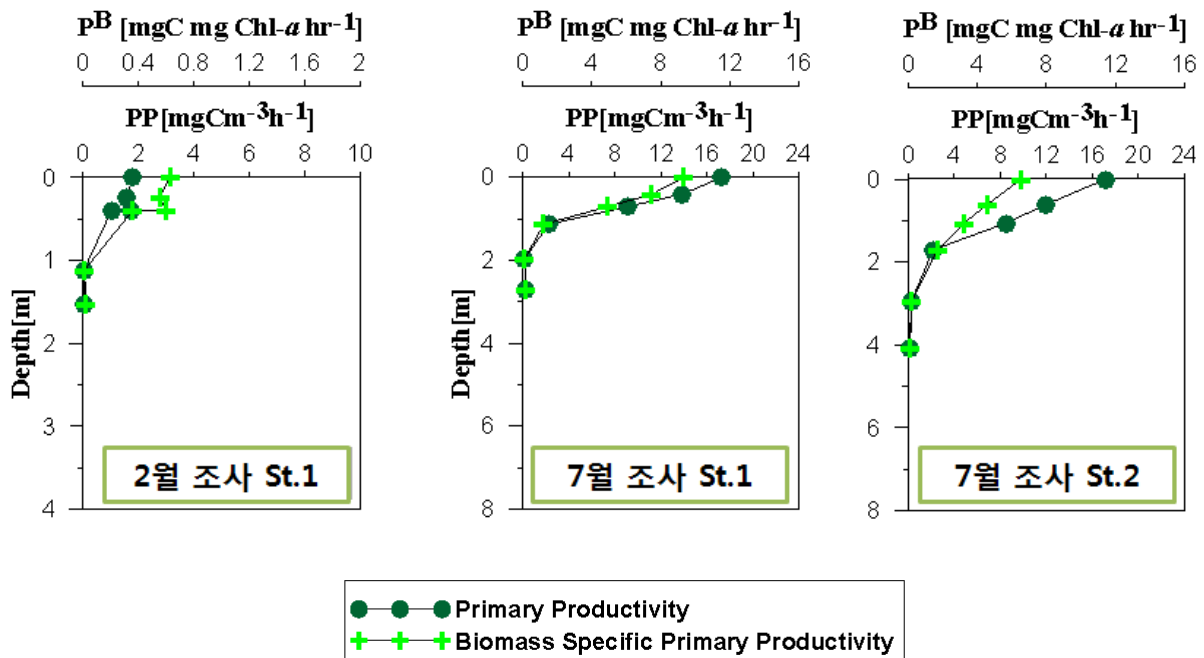
2) 조사결과

(1) 조하대

2012년 2월과 7월에 태안군 남면에서 기초생산조사를 실시한 결과 2월조사시 Secchi depth는 0.5m, 7월조사시에는 0.5~1.5m의 투과도를 나타내 유광층은 1~4m 내외로 나타났다[표 1-33]. 단위체적당 기초생산성(Primary Productivity; P.P.)은 2월조사시 0.021(3.5% LPD) ~ 1.790(100% LPD) $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ 범위로 평균 1.024 $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ 로 나타났고 7월조사시 0.122(St. 2, 1% LPD) ~ 17.3061(St. 1, 100% LPD) $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ 범위로 평균 6.913 $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ 로 7월조사시 생산력이 매우 높게 나타났다. 조사시기 모두 표층에서 가장 높은 생산력을 보였고 2월조사시에는 투과도가 30%인 수층에도 표층과 마찬가지로 높은 생

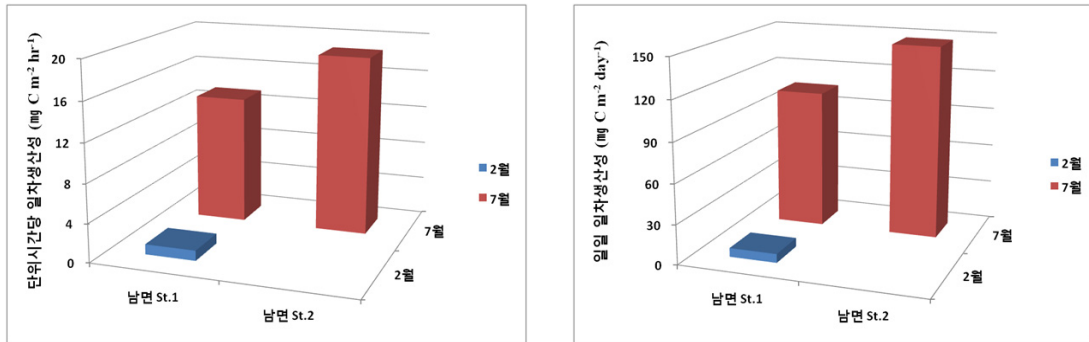
산력을 나타냈다. 7월조사시에는 투과량에 따른 생산력이 급격히 감소하는 것으로 나타났다[그림 1-66].

단위 엽록소량에 대한 최대 생산성(chlorophyll normalized productivity; P^B)은 2월조사시 0.007(3.5% LPD)~0.627(100% LPD) $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 범위를 보여 평균 0.360 $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 를 나타냈고 7월조사시에는 0.094(St. 1, 3.5% LPD)~9.340(St. 1, 100% LPD) $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 범위를 보여 평균 3.285 $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 를 나타냈다. 이는 단위체적당 기초생산성과 마찬가지로 결론을 나타냈다. 단 7월조사시 연안에서 떨어진 St. 2에서 엽록소 a 농도가 높게 나타나 엽록소량에 대한 최대생산성은 내륙에 가까운 St.1에서 높게 나타났다.



[그림 1-66] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 일차생산력의 연직분포

유광층(1% LPD까지)의 일차생산력을 수층적분한 단위시간당 생산성은 2월에는 1.051 $\text{mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$, 7월에는 St.1에서 13.361 $\text{mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$, St.2에서 18.619 $\text{mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ 로 나타나 7월조사시 높게 나타났으며 내륙에서 떨어진 해역에서 더 높은 생산력을 보였다[그림 1-67]. 일일일차생산성도 마찬가지로 2월조사시 6.684 $\text{mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, 7월조사시 St.1에서 105.618 $\text{mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, St.2에서 147.178 $\text{mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 로 나타나 겨울철보다 여름철에 생산력이 높게 나타났다.



[그림 1-67] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차생산력 분포

[표 1-33] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력

	Station	Light	Depth	P.P.	PB	Int P.P.	
		(%)	(m)	(mgC m ⁻³ h ⁻¹)	(mgC mgchl-a hr ⁻¹)	(mgC m ⁻² h ⁻¹)	(mgC m ⁻² day ⁻¹)
2012년 2월10일	남면	100	0	1.790	0.627	1.051	6.684
	St.1	49.9	0	1.579	0.553		
	Secchi	30	0	1.707	0.598		
	0.5	30	0	1.014	0.355		
	(11:00~ 14:00)	3.5	1	0.021	0.007		
		1	2	0.031	0.017		
2012년 7월23일	남면	100	0	17.306	9.340	13.361	105.618
	St.1	49.9	0	13.837	7.468		
	Secchi	30	1	9.094	4.908		
	0.5	30	1	2.237	1.208		
	(12:00~ 15:00)	3.5	2	0.139	0.094		
		1	3	0.256	0.174		
	남면	100	0	17.142	6.520	18.619	147.178
	St.2	49.9	1	11.960	4.549		
	Secchi	30	1	8.464	3.219		
	1.5	14.5	2	2.153	1.663		
	(12:00~ 15:00)	3.5	3	0.242	0.187		
		1	4	0.122	0.094		

(2) 조간대

2012년 7월조사시 단위시간 단위체적당 최대 생산성은 St. 30에서 2,249.57 mgC m⁻² hr⁻¹, St. 43에서 932.75 mgC m⁻² hr⁻¹ 로 나타났다[표 1-34]. 조하대와는 달리 조사위치가 조금 다르나 다소 연안에 인접한 St. 30에서 2배 이상의 높은 생산력을 나타냈다[그림 1-68].

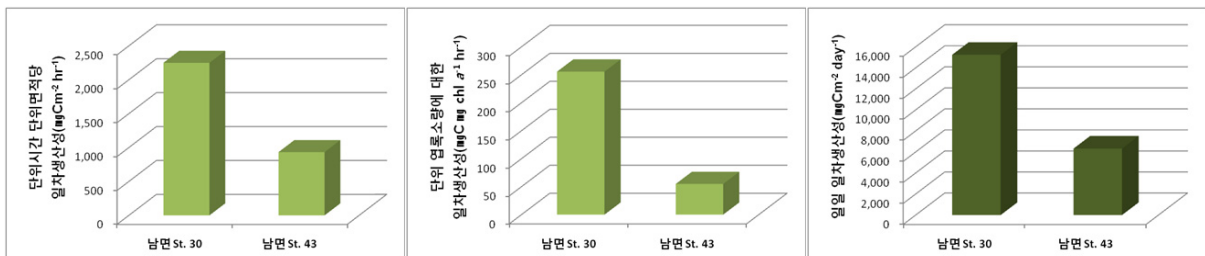
이는 강화도 장화리 펄갯벌에서 2003년 7월부터 4월까지의 저서성 미세조류의 일차생산력을 확인한 결과 2.98 ~ 113.01 mgC m⁻² hr⁻¹인 것과 비교할 때 본 연구결과가 매우 높은 값을 나타냈다(유만호, 2004).

퇴적물의 엽록소량에 대한 최대 생산성(chlorophyll normalized productivity)은 St. 30에서 255.66 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹, St. 43에서 54.80 mgC mg Chl a⁻¹ h⁻¹를 나타내 단위시간 단위체적당 생산성과 마찬가지로 St. 30에서 높게 나타냈으나 퇴적물의 엽록소 a 농도는 각각 8.80, 17.02 mgChl-a/m²로 오히려 St. 43에서 높게 나타나 엽록소량에 대한 최대생산성은 약 5배가량 St.30에서 더 높게 나타났다.

이는 강화도 장화리에서 0.52~3.61 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 일차생산력과 마찬가지로 매우 높은 값을 나타냈다.

일일 일차생산력은 단위시간당 일차생산력과 마찬가지로 St.30에서 15,238.50 mgC mg m⁻² day⁻¹, St.43에서 6,318.42 mgC mg m⁻² day⁻¹로 연안에 인접한 해역에서 높게 나타났으며 강화도 장화리에서는 20.88~678.06 mgC mg m⁻² day⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 매우 높게 나타났다.

동계조사시도 조건대 저서 일차생산력 조사를 시행하였으나 시료의 균질성을 확보하지 못하여 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 없어 본 보고서에서 제외하였다.



[그림 1-68] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 남면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP), 단위 엽록소량에 대한 일차생산력(P^B)과 일일일차생산력 분포

[표 1-34] 2012년 7월조사시 태안군 남면의 조건대의 일차생산력

Date	Station	PP (mg C m ⁻² h ⁻¹)	P ^B (mgC mg Chl-a hr ⁻¹)	PP-day (gC m ⁻² day ⁻¹)	Chl-a (mgChl-a m ⁻²)
2012.7.23.	남면 St. 30	2,249.57	255.66	15,238.50	8.80
	남면 St. 43	932.75	54.80	6,318.42	17.02

마. 동물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

본 연구를 위해 2012년 2월과 7월, 2회에 걸쳐 총 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 시료는 플랑크톤 네트(원추형, 망목크기 300 μ m, 네트 직경 0.6m)를 이용하여 정점에 따라 5분간 수평 예인하여 채집하였다. 예인 후 네트와 버킷을 세척하여 시료병으로 시료를 옮긴 후, 즉시 선상에서 중성 포름알데히드 수용액으로 최종 농도가 4~5%가 되도록 고정하여 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

Folsom 타입의 분할기구로 균등하게 분할한 시료 가운데 일정량(1/64~1/256)을 Bogorove chamber 형식의 계수판위에 넣은 다음 해부 현미경(Olympus SZX-12)으로 관찰하여 동정하고 개체수를 세었다. 요각류 등, 작은 갑각류의 정확한 동정을 위하여 해부할 필요가 있을 경우, 옴폭 패인 슬라이드에 lactic acid 또는 glycerin 등을 증류수, 또는 여과해수와 함께 떨어뜨린 후 동물플랑크톤 시료를 올려놓고 시료를 부드럽게 해서 텅스텐 침을 이용하였다.

각 동물플랑크톤의 출현량은 1m³의 해수에 분포하는 동물플랑크톤의 개체수로 나타냈고, 네트에 여과된 해수의 양은 네트 입구에 유량계를 설치하여 측정한 유량계의 회전수에 유량계의 진행거리로 환산하기 위한 계수를 곱하여 계산하였다.

조사 해역의 동물플랑크톤 군집 특성을 파악하기 위해 정점별로 Shannon and Weaver (1963)의 방법에 따라 종 다양성 지수 (species diversity index: H')를 산출하였다. 출현종과 개체수의 자료를 이용한 집괴 분석 (cluster analysis)에서는 정점간의 유사도를 파악하기 위하여 Bray-Curtis similarity를 이용하였다. 분석에 이용된 동물플랑크톤 자료는 극우점 종의 출현으로 인해 출현개체수 간 편차가 큰 경우 자료 편중에 따른 분석 상 오류를 피하기 위해 자연로그 $\log_e(a+1)$ 로 변환하여 분석에 이용하였으며, 결과를 수상도 (Dendrogram)로 나타냈다. 종 다양성 지수 산출과 집괴분석에는 다변량 통계 프로그램 Primer (version 5.2.2)를 사용하였다.

종의 동정에는 박 (1970), 김 (1987), 임 (1989), 유 (1995), Mori (1964), Yamaji (1984), Kim (1985), Soh and Suh (2000) 등을 참고하였으며, 전체적인 분류체계는 Bowman and Abele (1982)를 바탕으로 하였다.

2) 조사 결과

(1) 종조성

태안군 남면에 동물플랑크톤 종조성을 알아보면, 2012년 2월에는 총 3 개문, 9 분류군이 출현하였다. 절지동물 (Arthropoda)이 7분류군으로 가장 많았고, 그 밖에 원생동물 (Protozoa), 모악동물 (Chaetognaths)은 각각 1 분류군씩으로 구성되었다 [표 1-35, 37]. 2012년 7월에는 총 5 개문, 12 분류군이 출현하였다. 절지동물 (Arthropoda)이 7분류군으로 가장 많았고, 자포동물 (Cnidaria)이 2분류군, 그 밖에 원생동물 (Protozoa), 척삭동물 (Chordata), 극피동물(Echinodermata)은 각각 1분류군씩 출현하였다 [표 1-36, 38].

[표 1-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 2월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Protozoa	1	11.1
Arthropoda	7	77.8
Chaetognatha	1	11.1
Total	9	100.0

[표 1-36] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 7월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Cnidaria	2	16.7
Protozoa	1	8.3
Arthropoda	7	58.3
Chordata	1	8.3
Echinodermata	1	8.3
Total	12	100.0

[표 1-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/ m^3) 및 분류군수(2012년 02월)(* : 1개체/ m^3 미만)

동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	5	10	7±3	3.1
Arthropoda				
Copepoda				
<i>Acartia hongii</i>	117	247	182±92	76.4
Copepodite <i>Acartia</i>	12	25	19±9	7.8

[표 1-37] 계속

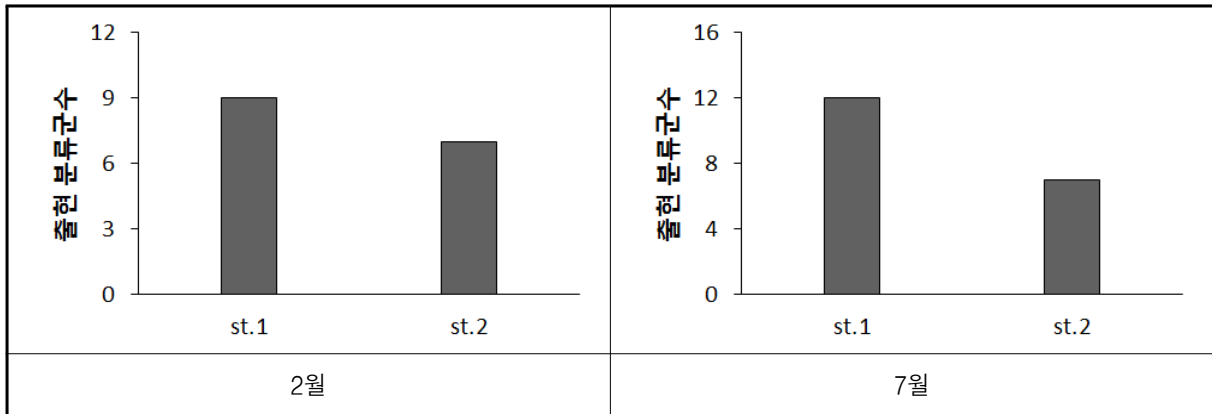
동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
<i>Calanus sinicus</i>	*	1	1±0	0.4
Copepodite <i>Calanus</i>	1		*±1	0.3
<i>Corycaeus affinis</i>	6	7	6±1	2.7
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	9	18	14±6	5.7
Unidentified harpacticoids	4		2±3	0.8
Chaetognatha				
<i>Sagitta crassa</i>	5	8	7±2	2.8
분류군수	9	7	8±1	
Total	160	316	238±110	100

[표 1-38] 동물플랑크톤 개체수(개체/㎥) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/㎥ 미만)

동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	64	7	35±40	2.4
Cnidaria				
Unidentified trachymedusae	4		2±3	0.1
Unidentified siphonophora	30	8	19±15	1.3
Arthropoda				
Cladocera				
<i>Evadne tergestina</i>	2,216	447	1,331±1,251	91.1
<i>Penilia avirostris</i>	25	27	26±1	1.8
Copepoda				
Copepodite <i>Calanus</i>	8		4±6	0.3
<i>Centropages tenuiremis</i>	4		2±3	0.1
Copepodite <i>Labidocera</i>	4		2±3	0.1
Cirripedia				
Cirriped larvae	13	1	7±8	0.5
Decapoda				
Decapod larvae	38	14	26±17	1.8
Chordata				
<i>Oikopleura dioica</i>	8	1	5±5	0.3
Echinodermata				
Ophiopluteus larvae	4		2±3	0.1
분류군수	12	7	10±4	
Total	2,419	505	1,462±1,354	100

(2) 출현 분류군수

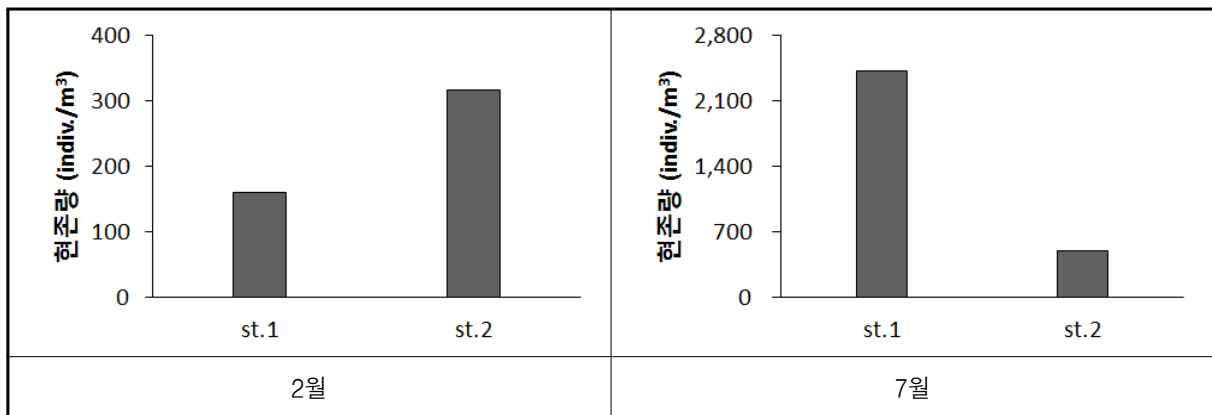
태안군 남면에 출현 분류군수는 2012년 2월에는 정점별로 7~9 분류군 (평균 8 ± 1 분류군)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 7~12 분류군 (평균 10 ± 4 분류군)의 범위로 나타났다 [표 1-37, 38; 그림 1-69].



[그림 1-69] 동물플랑크톤 분류군수

(3) 출현 개체수

태안군 남면에 출현 개체수로는, 2012년 2월에는 정점별로 160~316 indiv./m³ (평균 238 ± 110 indiv./m³)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 505~2,419 indiv./m³ (평균 $1,462 \pm 1,354$ indiv./m³)의 범위로 나타났다 [표 1-37, 38; 그림 1-70].

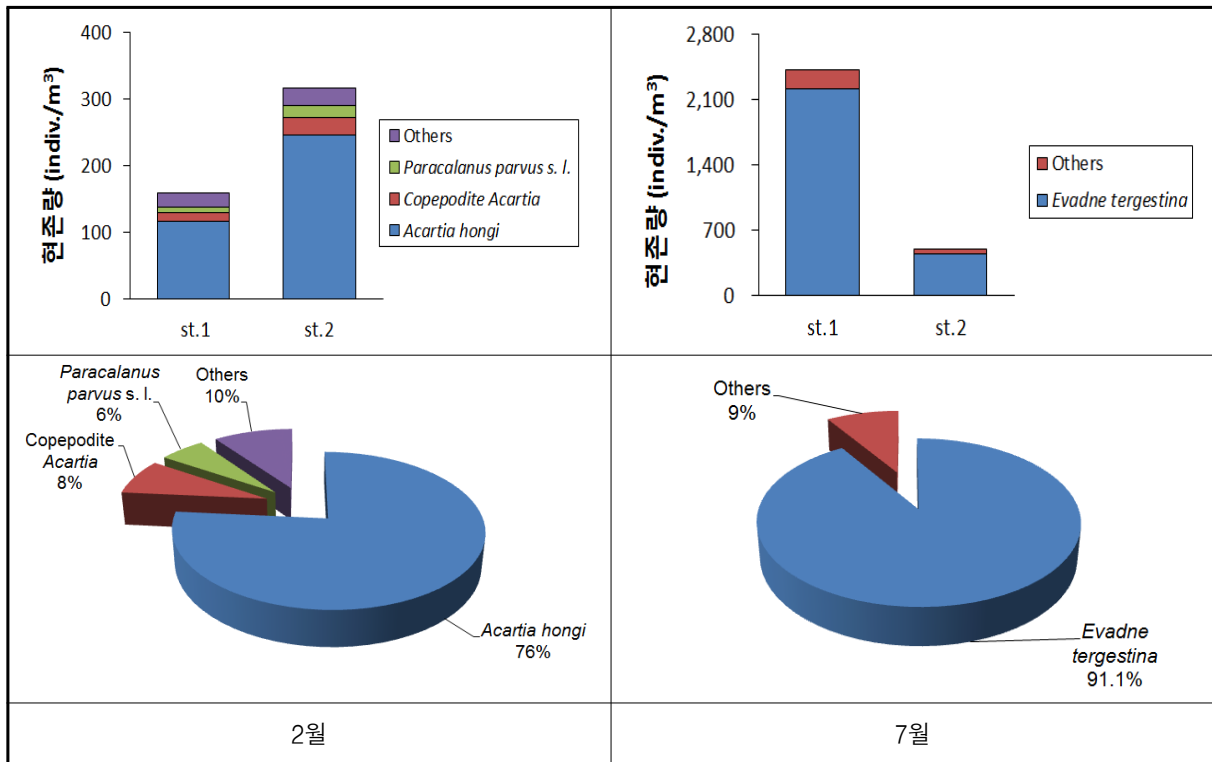


[그림 1-70] 동물플랑크톤 출현 개체수(현존량)

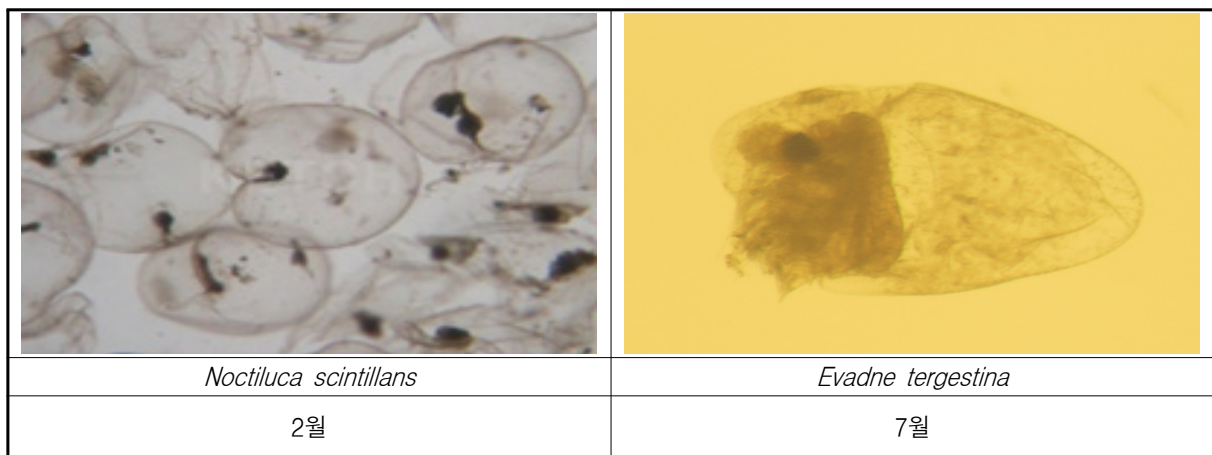
(4) 우점종

태안군 남면에 우점종을 살펴보면, 2012년 2월에는 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 3 분류군으로, 요각류 *Acartia hongii*(전체 조성율의 76.4%, 정점 평균 182 ± 92

indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 요각류 Copepodite *Acartia*(전체 조성율의 7.8%, 정점 평균 19±9 indiv./m³), 요각류 *Paracalanus parvus* s. l.(전체 조성율의 5.7%, 정점 평균 14±6 indiv./m³) 순으로 우점하였고, 나머지 분류군은 5% 미만으로 나타났다. 2012년 7월은 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 1 분류군으로, 지각류 *Evadne tergestina*(전체 조성율의 91.1%, 정점 평균 1,331±1,251 indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 나머지 분류군은 5% 미만인 값을 보였다 [표 1-37, 38; 그림 1-71, 72].



[그림 1-71] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율



[그림 1-72] 최우점종 사진

(5) 생태지수

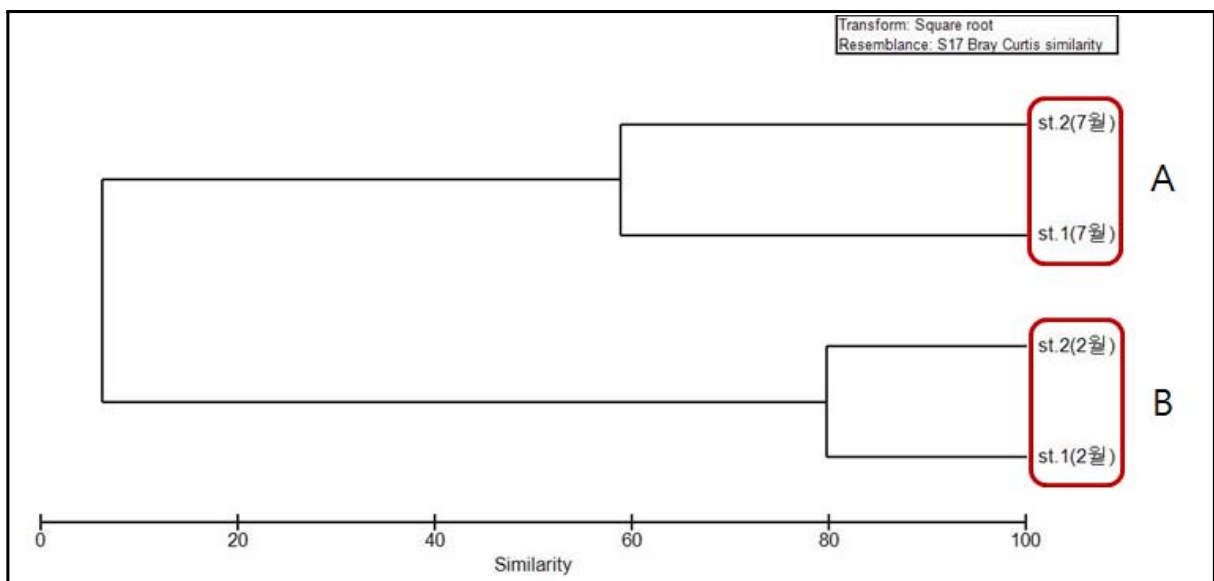
태안군 남면에 종 다양성 지수를 살펴보면, 2012년 2월에는 0.87~1.08 (평균 0.97 ± 0.15), 2012년 7월은 0.92~0.95 (평균 0.93 ± 0.02)로 나타났다 [표 1-39].

[표 1-39] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수

정점		종 다양성 지수	평균
2012년 2월	St. 1	1.08	0.97 ± 0.15
	St. 2	0.87	
2012년 7월	St. 1	0.92	0.93 ± 0.02
	St. 2	0.95	

(6) 군집분석

동물플랑크톤 자료에 근거하여 조사 정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위해 동물플랑크톤의 개체수를 자연 log 변환한 후, Bray-curtis similarity를 구하여 군집분석을 실시하였다. 태안군 남면에 유사도 지수가 약 6% 수준으로 2개의 정점군으로 나누어 졌다 [그림 1-73]. A 그룹은 2012년 7월 St.1, 2 그리고 B 그룹은 2012년 2월 St.1, 2로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때, 계절변화가 태안군 남면 연안해역에서의 동물플랑크톤 군집분포에 큰 영향을 준 것으로 판단된다.



[그림 1-73] 동물플랑크톤 집괴분석

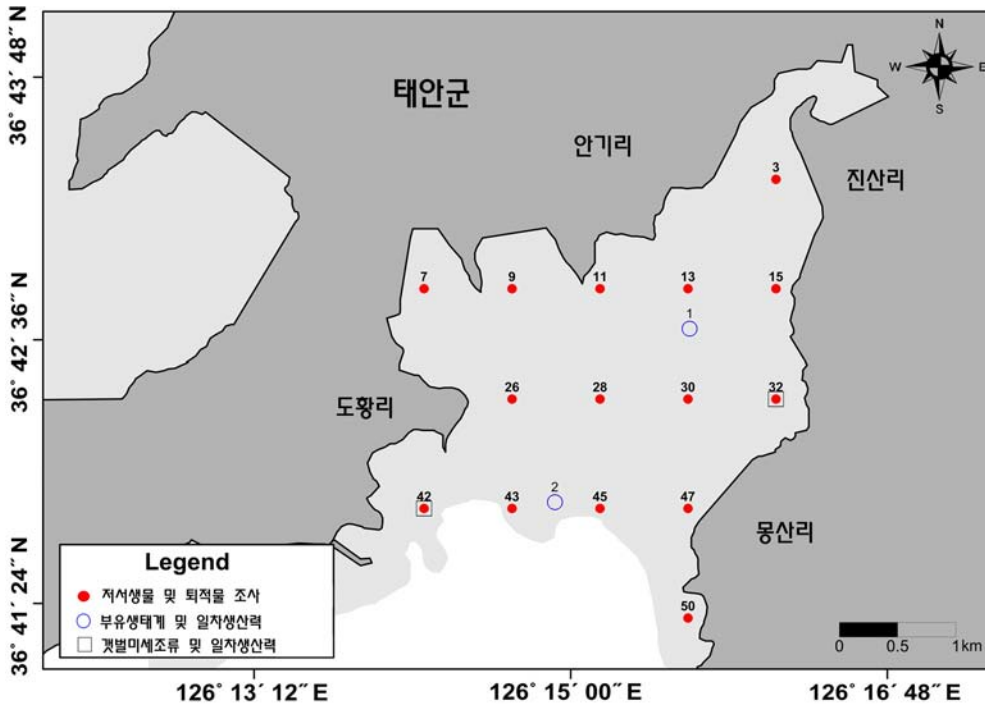
3. 갯벌저서생물 조사

가. 조사내용

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 태안군 남면에서 시료를 채집하였다. 각 조사정점의 위치는 [그림 1-74]와 같다.

저서생물의 채집을 위해 0.008 m³인 원통주상채니기를 사용하여 생물을 포함한 저질 퇴적물을 정점별로 6회씩 채집하였다. 선상으로 인양된 퇴적물은 망목 크기 1.0mm인 체와 해수를 사용하여 씻어내었고, 체에 걸린 잔존물은 10% 중성포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 생물을 골라내는 선별작업을 거친 후, 해부 현미경과 고배율 현미경을 이용하여 종 수준까지 동정하였다. 종 수준까지 동정이 어려운 경우에는 상위 단계인 속 (Genus) 또는 과 (Family) 수준까지 동정하였다. 선별된 저서생물은 생체량 (습중량 gWwt., 이후 g로 표기)을 측정하였다. 측정된 서식밀도 및 생체량은 단위면적 당 (m²)의 값으로 환산하여 분석에 이용하였다.

결과에서 제시된 동물군은 alphabetically abbreviated code로 표시하였으며, 각 code가 지시하는 동물군명은 [표 1-40]에 나타내었다.



[그림 1-74] 태안군 남면 조사정점 위치

[표 1-40] 태안군 남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

Code	Taxon		동물군 (문; 강; 목)	
	Phylum	Class; Order		
APol	Annelida	Polychaeta	환형동물 다모류	
AOLI		Oligochaeta	환형동물 빈모류	
MPo	Mollusca	Polyplacophora	연체동물 군부류	
MGs		Gastropoda	연체동물 복족류	
MSc		Scaphopoda	연체동물 굴족류	
MBi		Bivalvia	연체동물 이매패류	
MCE		Cephalopoda	연체동물 두족류	
Pyc		Pycnogonida	절지동물 바다거미류	
Chi	Arthropoda	Chilopoda	절지동물 순각류	
Ins		Insecta	절지동물 곤충류	
COs		Crustacea Ostracoda	절지동물 갑각류 패충류	
CCi		Crustacea Cirripedia	절지동물 갑각류 만각류	
CLe		Crustacea Leptostraca	절지동물 갑각류 박갑류	
CTa		Crustacea Tanaidacea	절지동물 갑각류 주걱벌레붙이류	
CCu		Crustacea Cumacea	절지동물 갑각류 쿠마류	
CMy		Crustacea Mysidacea	절지동물 갑각류 곤쟁이류	
ClS		Crustacea Isopoda	절지동물 갑각류 등각류	
CAM		Crustacea Amphipoda	절지동물 갑각류 단각류	
CDM		Crustacea Decapoda Macrura	절지동물 갑각류 새우류	
CDA		Crustacea Decapoda Anomura	절지동물 갑각류 집게류	
CDB		Crustacea Decapoda Brachyura	절지동물 갑각류 게류	
CSt		Crustacea Stomatopoda	절지동물 갑각류 구각류	
ECr		Echinodermata	Crinoidea	극피동물 갯고사리류
EAs			Asteroidea	극피동물 불가사리류
EOP			Ophiuroidea	극피동물 거미불가사리류
EEc			Echinoidea	극피동물 성게류
EHO	Holothuroidea		극피동물 해삼류	
Others	Others	Cnidaria, Anthozoa; Platyhelminthes; Nemertinea; Sipunculida; Echiurida; Brachiopoda; Protocordata, Ascidiacea; Pisces, etc.	자포동물, 산호충류; 편형동물; 유형동물; 성구동물; 의충동물; 완족동물; 원색동물, 피낭류; 어류 등등	

나. 분석방법

각 정점에서 출현한 종별 서식밀도를 바탕으로 Shannon and Weaver (1963)의 다양도 지수 (Diversity index, H')와 Pielou (1975)의 균등도 지수 (Evenness index, J)를 계산하였다.

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

S: 출현 종수

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

채집 노력량이 동일하지 않은 경우, 출현 종수 또는 생물 다양성의 수준을 비교하거나 평가하기 위하여 Whittaker (1975)에 의해서 제안된 지수를 사용하였다.

$$d = SR_s / \log A \text{ 또는 } SR_s / \log N$$

SR_s: 표본 내 총 종수

A: 채집 면적

N: 총 개체수

저서생물군집구조의 시·공간적 변화를 파악하고 군집을 구분하기 위하여, 관찰된 개체수 자료를 Fourth root로 변환하여, Bray-Curtis similarity (Bray and Curtis, 1957)를 계산하였다. 이를 기반으로 집괴분석 (Cluster analysis)과 다차원척도법 (non-metric multidimensional scaling: MDS)을 수행하였고 그 결과를 상호보완적으로 적용하였다 (PRIMER).

조사해역의 건강상태를 진단하기 위하여 ISEP (Inverse function of Shannon-Wiener evenness proportion) index를 계산하였다. 이는 McManus and Pauly (1990)가 개발한 SEP (생체량 기준의 균등도 또는 다양도지수를 밀도 기준의 균등도 또는 다양도 지수로 나누어 계산)를 수정한 것으로 식은 다음과 같다.

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

ISEP 등급은 1등급에서 7등급까지의 총 7등급으로 나뉘며, 1등급으로 갈수록 좋은 건강도를 나타낸다. 1등급은 “매우 좋음”, 2~3등급은 “좋음”, 4등급은 “보통”, 5~6등급은 “나쁨”, 7등급은 “매우 나쁨”이라고 말할 수 있다. ISEP 등급은 반복 시료가 있는 경우에 평균 등급을 추정하고 표준오차를 추정하여 68% 신뢰 구간의 등급을 병기하여 사용한다. 이 때, 평균의 등급을 중심으로 1등급을 초과하는 신뢰구간 등급이 제시되는 경우에는 해당 등급을 신뢰하기 어려운 것으로 보았다 (Yoo *et al.*, 2010).

다. 조사결과

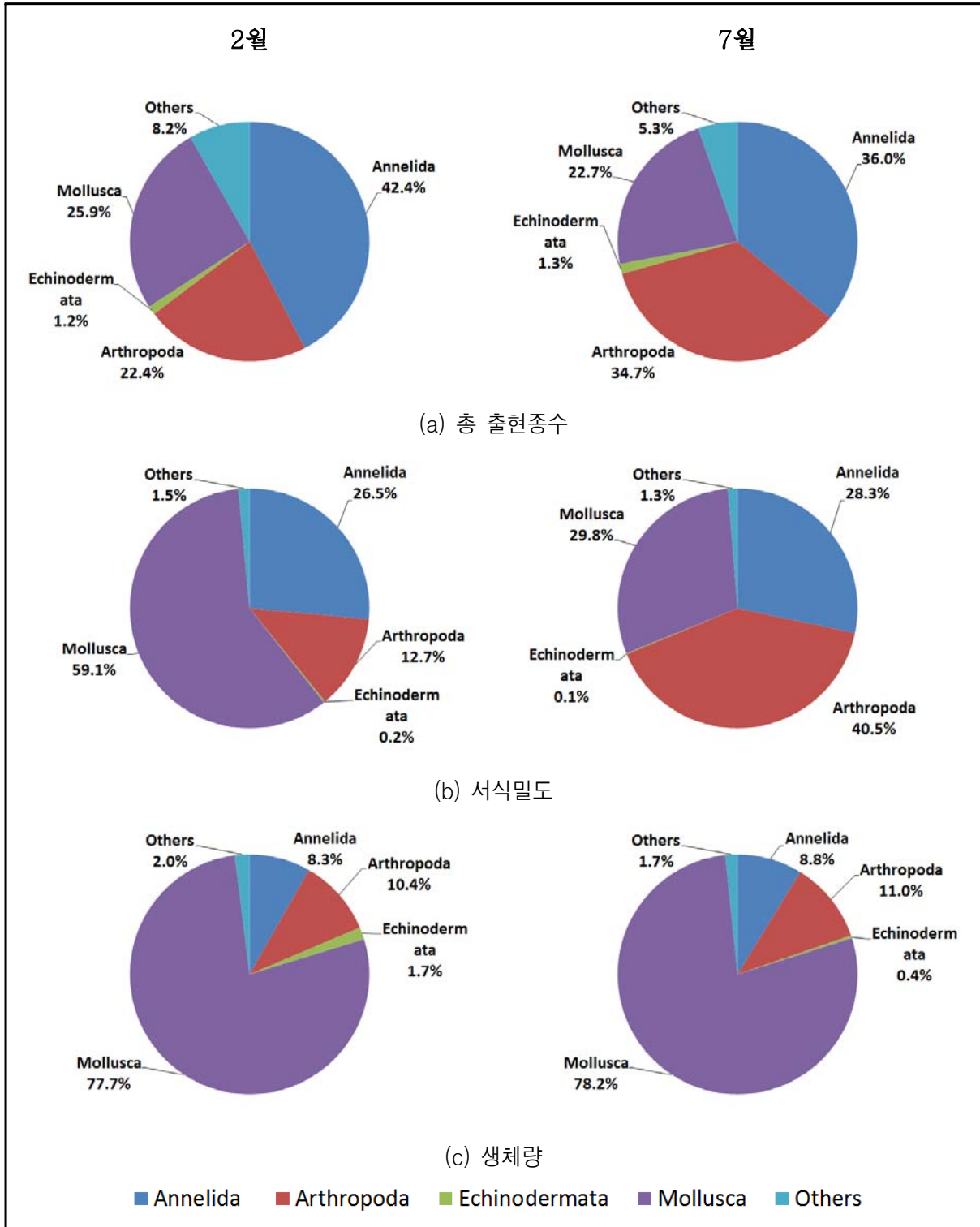
1) 동물군별 현존량

태안군 남면 조간대 대형저서생물의 동물군별 출현종수를 시기별로 살펴보면 [그림 1-2], 먼저 2012년 2월에 총 85 종/0.75m²이 출현하였다. 그 중 환형동물 (Annelida)이 총 36 종/0.75m²으로 42.4%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 연체동물 (Mollusca)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 22 종/0.75m² (25.9%), 19 종/0.75m² (22.4%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 8.2%, 1.2%를 점유하였다. 2012년 7월은 총 75 종/0.74m²이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은 환형동물 (Annelida)로 총 27 종/0.74m²으로 36.0%를 차지하였다. 그 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 연체동물 (Mollusca)이 각각 26 종/0.74m² (34.7%), 17 종/0.74m² (22.7%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 5.3%, 1.3%를 점유하였다.

동물군별 평균 서식밀도를 시기별로 살펴보면 [그림 1-75], 먼저 2012년 2월에 평균 2,016±2,044 개체/m²이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 1,192±1,793 개체/m²으로 59.1%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 환형동물 (Annelida)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 533±409 개체/m² (26.5%), 256±382 개체/m² (12.7%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 1.5%, 0.2%를 점유하였다. 2012년 7월은 평균 2,183±1,494 개체/m²이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은 절지동물 (Arthropoda)로 884±756 개체/m²으로 40.5%를 차지하였다. 그 다음으로 연체동물 (Mollusca)과 환형동물 (Annelida)이 각각 651±1,326 개체/m² (29.8%), 618±429 개체/m² (28.3%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 1.3%, 0.1%를 점유하였다.

동물군별 평균 생체량을 시기별로 살펴보면 [그림 1-75], 먼저 2012년 2월에 평균 319±385.2 g/m²이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 248±406 g/m²으로 77.7%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 환형동물 (Annelida)이 각각 33±54.4 g/m² (10.4%), 26.3±30.2 g/m²(8.3%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 2.0%, 1.7%를 점유하였다. 2012년 7월은 평균 251.3±220 g/m²이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 196.6±233.6 g/m²으로 78.2%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 환형동물 (Annelida)이 각각 27.6±34.7 g/m² (11%), 22.0±30.4 g/m² (8.8%)이

출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 1.7%, 0.4%를 점유하였다.



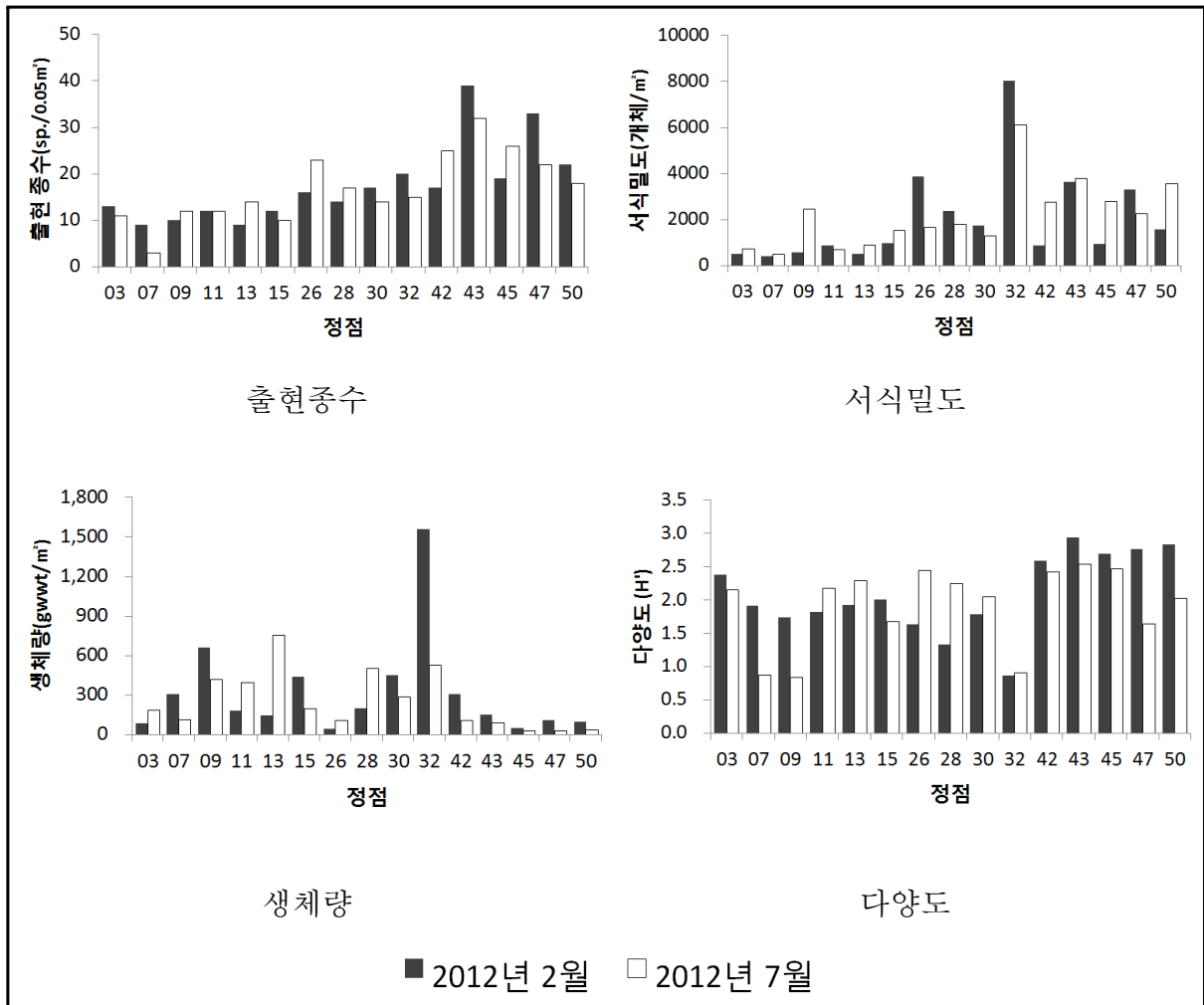
[그림 1-75] 태안군 남면 동물군별 현종량

2) 저서생물의 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

태안군 남면 조간대 저서생물의 현존량 및 다양도 지수를 계절별로 살펴보면 [표 1-41, 그림 1-76], 먼저 2012년 2월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수가 17 ± 9 종/ 0.05m^2 으로 조사되었으며, 정점 43에서 39 종/ 0.05m^2 으로 가장 높았고, 정점 7과 13에서 9 종/ 0.05m^2 으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 32에서 8,040 개체/ m^2 로 가장 높았던 반면 정점 7에서 420 개체/ m^2 로 가장 낮았다. 생체량은 정점 32에서 $1,560.4\text{ g}/\text{m}^2$ 으로 가장 높았으며, 정점 26에서는 $44.7\text{ g}/\text{m}^2$ 으로 최소값을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 50에서 2.83으로 가장 높은 값과 정점 32에서 0.86으로 가장 낮은 값의 범위를 보이며, 평균 2.08 ± 0.60 에 수준이 관찰되었다. 2012년 7월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 17 ± 7 종/ 0.05m^2 으로 조사되었으며, 정점 43에서 32 종/ 0.05m^2 으로 가장 높았고, 정점 7에서 3 종/ 0.05m^2 으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 32에서 6,120 개체/ m^2 로 가장 높았던 반면 정점 7에서 500 개체/ m^2 로 가장 낮았다. 생체량은 정점 13에서 $751.8\text{ g}/\text{m}^2$ 으로 가장 높았으며, 정점 45에서는 $28.6\text{ g}/\text{m}^2$ 으로 최소값을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 43에서 2.54로 가장 높은 값과 정점 9에서 0.84로 가장 낮은 값을 보이며, 평균 1.92 ± 0.60 의 수준이 관찰되었다.

[표 1-41] 태안군 남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

정점	2012년 2월				2012년 7월			
	종수 (종/ 0.05m^2)	서식밀도 (개체/ m^2)	생체량 (g/m^2)	다양도 (H')	종수 (종/ 0.05m^2)	서식밀도 (개체/ m^2)	생체량 (g/m^2)	다양도 (H')
St.03	13	520	83.9	2.38	11	720	183.6	2.15
St.07	9	420	309.3	1.91	3	500	110.8	0.87
St.09	10	580	659.1	1.74	12	2,440	419.0	0.84
St.11	12	880	181.9	1.82	12	700	392.6	2.18
St.13	9	520	145.0	1.93	14	890	751.8	2.29
St.15	12	960	438.1	2.01	10	1,520	198.4	1.67
St.26	16	3,880	44.7	1.63	23	1,660	108.4	2.44
St.28	14	2,380	197.3	1.33	17	1,780	500.5	2.25
St.30	17	1,740	450.3	1.78	14	1,280	285.6	2.05
St.32	20	8,040	1,560.4	0.86	15	6,120	527.4	0.90
St.42	17	860	308.5	2.59	25	2,760	108.2	2.42
St.43	39	3,640	153.3	2.94	32	3,780	90.4	2.54
St.45	19	940	50.4	2.70	26	2,780	28.6	2.47
St.47	33	3,320	108.3	2.76	22	2,260	30.9	1.64
St.50	22	1,560	94.6	2.83	18	3,560	33.6	2.02
평균	17 ± 9	$2,016 \pm 2,044$	319 ± 385.2	2.08 ± 0.60	17 ± 7	$2,183 \pm 1,494$	251.3 ± 220	1.92 ± 0.60



[그림 1-76] 태안군 남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

3) 우점종

태안군 남면 출현 대형저서생물의 밀도 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 1-42]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 평균 853±1713 개체/m²가 출현하여 전체의 42.3%를 차지하였다 [그림 1-77]. 본 종은 정점 32에서 월등히 높은 서식밀도를 보였으면 다수 정점에서 출현하였다. 다음으로 우점하는 종은 평균 149±349 개체/m² (7.4%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 정점 26번에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)는 평균 75±147 개체/m² (3.7%)로 정점 43에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~17위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 7종과 절지동물 단각류 (CAm) 4종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 3종이 포함되어

있으며, 모두 3.7% 미만의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 가장 우점했던 종은 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 평균 515 ± 1281 개체/ m^2 가 출현하여 전체의 23.6%를 차지하였다. 본 종은 정점 32에서 월등히 높은 서식밀도를 보였다. 다음으로 우점하는 종은 평균 460 ± 433 개체/ m^2 (21.1%)로 절지동물 단각류 (CAm)의 뽕족뽕붙은눈옆새우 (*Monoculodes koreanus*)가 정점 47에서 가장 높은 서식밀도를 보이며, 대부분의 정점에서 출현하였다. 3위인 절지동물 단각류 (CAm)의 멜리타옆새우류 (*Melita piloropropoda*)는 평균 257 ± 443 개체/ m^2 (11.8%)로 정점 43에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~17위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 9종과 절지동물 단각류 (CAm) 2종, 계류 (CDB) 1종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 2종이 포함되어 있으며, 모두 5% 미만의 우점율을 보였다.

출현 대형저서생물의 생체량 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 1-43]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 동죽 (*Macrta veneriformis*)이 평균 131.6 ± 246.4 g/ m^2 가 출현하여 전체의 41.2%를 차지하였다 [그림 1-77]. 본 종은 정점 32에서 월등히 높은 서식밀도를 보였다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 78.6 ± 179.3 g/ m^2 (24.7%)로 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 정점 32에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 이매패류 (MBi)의 빛조개 (*Nuttallia japonica*)는 평균 13.6 ± 35.4 g/ m^2 (4.3%)으로 정점 30에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~14위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 2종과 절지동물 집계류 (CDA) 1종, 계류 (CDB) 3종, 극피동물 해삼류 (EHo) 1종, 연체동물 이매패류 (MBi) 2종, 복족류 (MGs) 1종, 그리고 기타동물 (Others) 1종이 포함되어있으며, 모두 4.3% 미만의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 동죽 (*Macrta veneriformis*)이 평균 84.6 ± 152.3 g/ m^2 가 출현하여 전체의 33.7%를 차지하였다. 정점 13에서 가장 높은 서식밀도가 관찰되었다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 31 ± 90.2 g/ m^2 (12.3%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 떡조개 (*Phacosoma japonicus*)가 정점 28에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 평균 29.1 ± 64.7 g/ m^2 (11.6%)으로 정점 32에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~14위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 3종과 절지동물 계류 (CDB) 3종, 연체동물 이매패류 (MBi) 3종, 복족류 (MGs) 2종, 그리고 기타동물 (Others) 1종이 포함되어있으며, 모두 7% 미만의 우점율을 보였다.

[표 1-42] 태안군 남면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/m²)

(a) 2월

순위	분류군	종명	3	7	9	11	13	15	26	28	30	32	42	43	45	47	50	평균	비중 (%)	
1	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>			280	420	120	380	1,680	1,640	980	6,700	40		100	460		853±1713	42.3	
2	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>							1,240			20		160	20	680	120	149±349	7.4	
3	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>							140	40		20	20	540	60	40	260	75±147	3.7	
4	MBi	<i>Mactra chinensis</i>				60	140	20	240	80	80	20	120	80	100	60	80	72±64	3.6	
5	APol	<i>Spio martinensis</i>							160	80	140	80	20		40	460	80	71±120	3.5	
6	APol	<i>Aedicira pacifica</i>							20	180	100	280			40	340	40	67±111	3.3	
7	APol	<i>Nephtys californiensis</i>	100	80	80	40	80	100	80	40	40	80	100	60	20	40	40	65±27	3.2	
8	CAM	<i>Eohaustorius setulosus</i>									40		120	440		120	60	52±116	2.6	
9	APol	<i>Magelona sp.1</i>							40	100	60		60	60	160	120	140	49±57	2.4	
10	CAM	<i>Monocorophium spp.</i>					20		60					520	20	60	20	47±133	2.3	
11	CAM	<i>Monoculodes koreanus</i>				20	20	20	20	20	100	220					60	32±59	1.6	
12	APol	<i>Lumbrineris nipponica</i>	20											60	180	20	20	160	31±59	1.5
13	APol	<i>Diopatra sugokai</i>				20							20	20	120	80	160	28±51	1.4	
14	CAM	<i>Melita piloropoda</i>												400				27±103	1.3	
14	APol	<i>Scolelepis (S.) kudenovi</i>	20			20	40	80	20	80	20	100					20	27±34	1.3	
16	MBi	<i>Musculista senhousia</i>												220		60	60	23±58	1.1	
17	MBi	<i>Mactra veneriformis</i>			60			40		20	20	160						20±43	1.0	

(b) 7월

순위	분류군	종명	3	7	9	11	13	15	26	28	30	32	42	43	45	47	50	평균	비중 (%)
1	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>	40		2,020	40	120	620			100	4,740		20	20			515±1281	23.6
2	CAM	<i>Monoculodes koreanus</i>	40			160	25	420	660	540	80	820	940	740	280	1,460	740	460±433	21.1
3	CAM	<i>Melita piloropoda</i>							80	180			320	1,160	1,040		1,080	257±443	11.8
4	APol	<i>Aedicira pacifica</i>			20	140	75		60	300	520		40				160	88±147	4.0
5	APol	<i>Anaitides koreana</i>							20	20		20	180	100	60	20	740	77±190	3.5
6	APol	<i>Nephtys californiensis</i>	100		100	40	150	140	40	160	140	100	40	20	40	40	20	75±54	3.5
7	APol	<i>Lumbrineris nipponica</i>							20	40		20	280	240	100	60	180	63±95	2.9
8	APol	<i>Aricidea sp.</i>					25	20	100				200	140	160	40	200	59±78	2.7
9	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>			20	80	75		40	80	40		40	180	140	60	20	52±53	2.4
10	APol	<i>Magelona sp.1</i>							100	60			20	80	140	160	20	39±56	1.8
11	APol	<i>Spio martinensis</i>							60		140	20	40	100	80	80	20	36±45	1.6
12	APol	<i>Diopatra sugokai</i>							60				100	60	120	20	80	29±43	1.3
12	CAM	<i>Eohaustorius setulosus</i>								20	60			160	80		120	29±52	1.3
12	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	20	300	40			80										29±78	1.3
12	MBi	<i>Mactra chinensis</i>				20	40			140	40	120	40	40				29±45	1.3
12	MBi	<i>Moerella jedoensis</i>	80		80			80				80		60	60			29±38	1.3
17	CAM	<i>Mandibulophoxus mai</i>				100							20		120	20	40	23±38	1.0
17	APol	<i>Notomastus latericeus</i>							120				60	140		20		23±47	1.0

[표 1-43] 태안군 남면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²)

(a) 2월

순위	분류군	종명	3	7	9	11	13	15	26	28	30	32	42	43	45	47	50	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Mactra veneriformis</i>			535.3			260.8	148.9	194.7	833.7							131.6±246.4	41.2
2	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>			96.4	109.8	43.6	119.7	5.6	43.0	51.7	707.8	0.3		0.2	1.7		78.6±179.3	24.7
3	MBi	<i>Nuttallia japonica</i>					95.5				105.9	1.2				1.1		13.6±35.4	4.3
4	CDB	<i>Portunus trituberculatus</i>											203.2					13.5±52.5	4.2
5	MBi	<i>Cyclina sinensis</i>		193.4														12.9±49.9	4.0
6	APol	<i>Diopatra sugokai</i>				36.0						1.9	23.2	50.0	35.0	23.2		11.3±17.3	3.5
7	CDB	<i>Philyra pisum</i>	29.3								91.3					10.7		8.8±24.1	2.7
8	Others	<i>Lingula unguis</i>	35.9	47.2												0.1		5.5±14.8	1.7
9	EHo	<i>Protankyra bidentata</i>							18.5					37.8		22.9		5.3±11.6	1.7
10	APol	<i>Travisia japonica</i>											68.3					4.6±17.6	1.4
11	MBi	<i>Moerella jodoensis</i>	6.4	<0.1	19.6			33.0					0.7					4±9.5	1.2
12	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>	0.4		1.3	30.3		14.9									11.8	3.9±8.7	1.2
13	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	6.0	45.9	0.2	1.0										0.8		3.6±11.8	1.1
14	CDA	<i>Pagurus minutus</i>												17.9			32.2	3.3±9.2	1.0

(b) 7월

순위	분류군	종명	3	7	9	11	13	15	26	28	30	32	42	43	45	47	50	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Mactra veneriformis</i>			176.5	384.6	432.4	19.6			256.5							84.6±152.3	33.7
2	MBi	<i>Phacosoma japonicus</i>					130.0			334.0			0.3	0.4	0.3			31±90.2	12.3
3	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>	0.3		89.1	2.2	34.5	69.7			0.5	239.5		0.0	0.2			29.1±64.7	11.6
4	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	38.4	107.5	30.4			60.2										15.8±31.4	6.3
5	MBi	<i>Meretrix petechialis</i>										212.5						14.2±54.9	5.6
6	MBi	<i>Cyclina sinensis</i>	46.8							139.8								12.4±37.2	5.0
7	MBi	<i>Moerella jodoensis</i>	4.6		67.3			44.0				47.5		0.1	0.2			10.9±22.3	4.3
8	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>					96.0					21.5						7.8±25	3.1
9	APol	<i>Diopatra sugokai</i>							10.9				48.3	19.7	14.2	3.0	15.1	7.4±13.2	2.9
10	CDB	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>							71.3	17.2								5.9±18.6	2.3
11	APol	<i>Notomastus latericeus</i>							13.4				21.4	43.9		2.7		5.4±12.3	2.2
12	MGs	<i>Bullacta exarata</i>	60.6															4±15.7	1.6
13	APol	<i>Lumbrineris nipponica</i>							0.6	0.5		2.8	18.3	14.8	4.8	5.5	11.5	3.9±6.1	1.6
14	Others	<i>Lingula unguis</i>	3.9		52.9			0.3										3.8±13.6	1.5
15	CDB	<i>Philyra pisum</i>					51.1											3.4±13.2	1.4



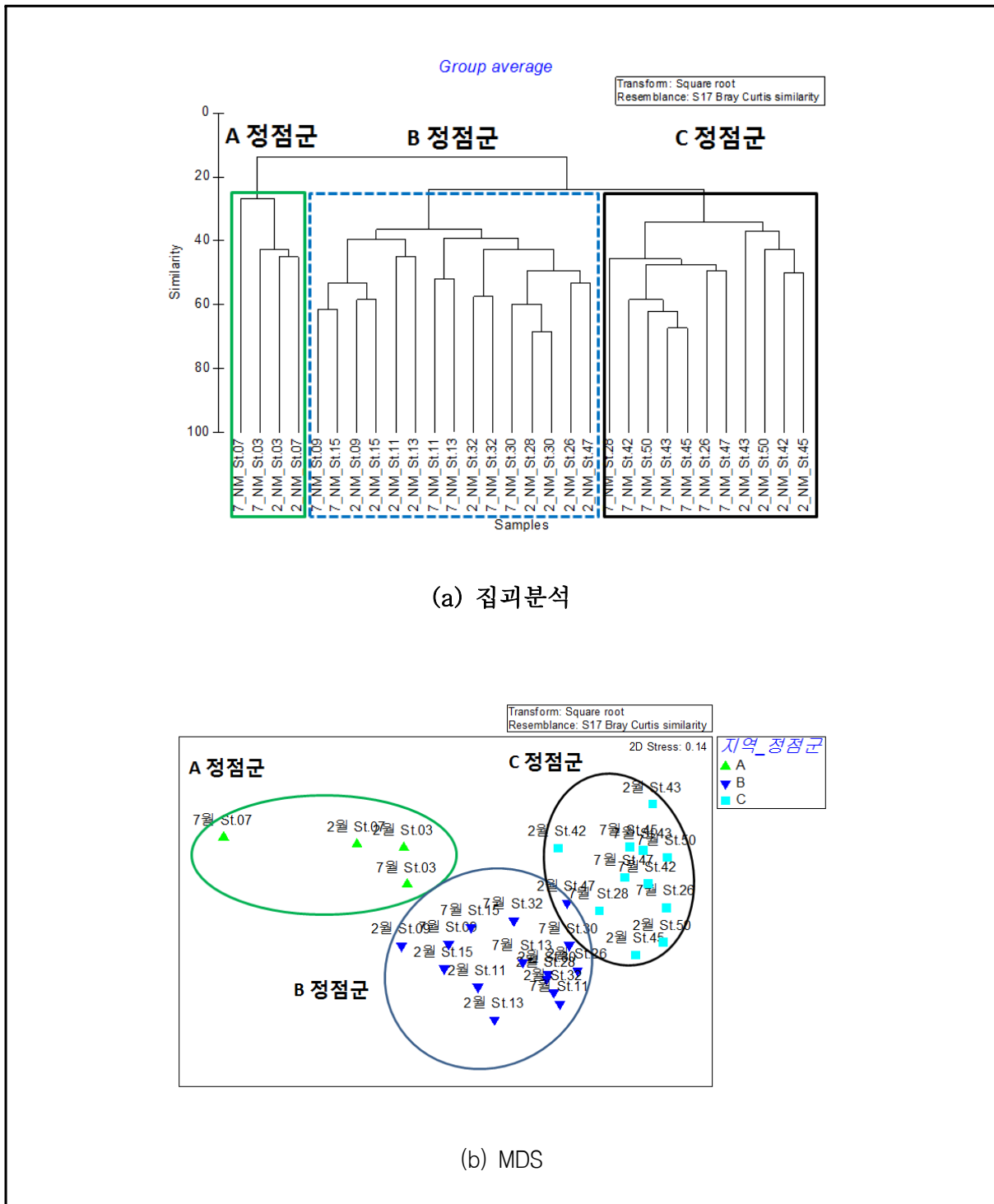
[그림 1-77] 태안군 남면 대형저서생물 우점종

4) 다변량 분석

2012년 2월과 7월에 채집된 대형저서생물의 종별 서식밀도 자료를 바탕으로 다변량 분석을 실시한 결과, 크게 세개의 정점군으로 구분되어졌다 [그림 1-78]. 조간대 상부에 위치해 있는 A 정점군과 조간대 중부에 위치해 있는 B 정점군, 그리고 조간대 하부에 위치해 있는 C 정점군으로 조사시기보다는 조간대 위치에 따라 정점군을 이루었다.

각 정점군들의 군집 특성을 살펴보면 [표 1-44], 평균 출현종수와 다양도에서는 C 정점군에서 각각 24 ± 7 종/ 0.05 m^2 , 2.44 ± 0.37 로 가장 높은 수준이 관찰되었다. 서식밀도와 생체량은 B 정점군에서 각각 $2,350 \pm 2,196$ 개체/ m^2 , 424 ± 374.9 g/ m^2 로 가장 높은 값을 보였다.

각 정점군별 서식밀도 기준 특징종을 살펴보면, A 정점군은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*, *Heteromastus filiformis*)와 남방백금갯지렁이 (*Nephtys polybranchia*)가 출현하였다. B 정점군은 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)과 환형동물 다모류 (APol) 남방백금갯지렁이 (*Nephtys polybranchia*), 그리고 절지동물 단각류 (CAm)의 뽕족뽕붙은눈옆새우 (*Monoculodes koreanus*)가 특징종으로 선정되었다. C 정점군은 절지동물 단각류 (CAm)의 뽕족뽕붙은눈옆새우 (*Monoculodes koreanus*)와 환형동물 다모류 (APol) 짧은다리송곳갯지렁이 (*Lumbrineris nipponica*), 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 출현하였다.



[그림 1-78] 태안군 남면 저서생물군집의 다변량 분석 결과

[표 1-44] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차)

	A 정점군	B 정점군	C 정점군
평균종수 (종/0.05m ²)	9±4	15±6	24±7
서식밀도 (개체/m ²)	540±128	2,350±2,196	2,325±1,056
생체량 (g/m ²)	171.9±100.8	424±374.9	137±144.4
다양도 (H')	1.83±0.66	1.72±0.55	2.44±0.37
특징종 (서식밀도 기준; 기여도)	<i>Macrophthalmus japonicus</i> (30.85%)	<i>Umbonium thomasi</i> (33.81%)	<i>Monoculodes koreanus</i> (11.01%)
	<i>Heteromastus filiformis</i> (27.43%)	<i>Nephtys californiensis</i> (15.85%)	<i>Lumbrineris nipponica</i> (9.54%)
	<i>Nephtys californiensis</i> (18.16%)	<i>Monoculodes koreanus</i> (8.58%)	<i>Mediomastus californiensis</i> (8.77%)

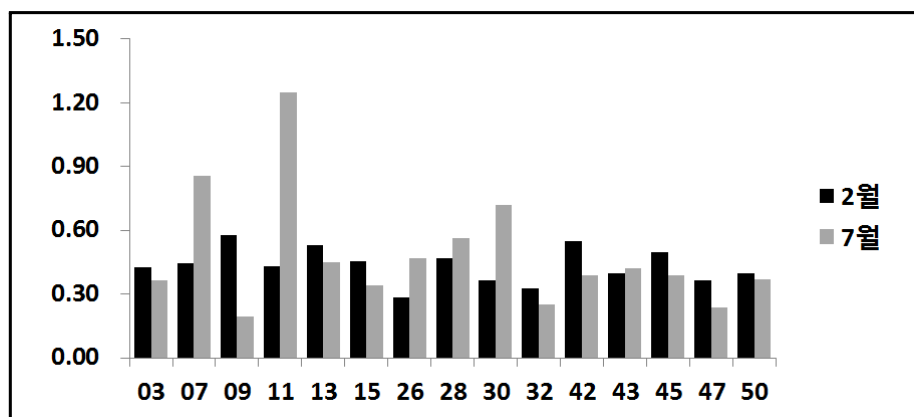
5) 생태계 건강도 (ISEP 지수)

유 등 (2010)이 제안한 ISEP 지수를 통해 본 해역의 건강도를 평가한 결과를 등급화하였다. ISEP 지수는 단기 혹은 장기간의 환경 변화 및 오염의 구배를 잘 반영하는 저서생물 군집의 r-전략자/K-전략자 특성에 기반을 두고 환경의 질을 평가하는 지수의 일종으로 다양한 조사에 적용되어져 왔다. 일반적인 환경 하에서는 개체 당 생체량이 크고 수명이 긴 생물 (K-전략자)들의 비중이 높으나, 환경적인 교란 혹은 오염이 발생하면 수명과 세대 간의 차가 짧으며 크기가 작은 일부 기회종 (r-전략자)들에 의해 서식처가 독점되는 경향성이 있다. 따라서 다양한 생물상과 안정된 군집은 ISEP 값이 높은 반면, 빈약한 생물상 또는 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집은 ISEP 값이 낮게 나타난다. 따라서 이러한 저서생물군집의 군집 특성에 기초한 ISEP 지수는 출현종의 밀도만을 고려하는 기존의 다양도 지수에 비하여 해역의 환경에 대한 보다 정확한 정보를 제공할 것으로 기대할 수 있다.

태안군 남면 조간대 해역에서 추정된 ISEP 등급은 계절별로 살펴보면 [표 1-45, 그림 1-79], 먼저 2월에는 평균 0.433±0.083으로 건강도 4등급 (“보통”)에 해당되었다. 정점 26에서 0.282 (7등급)로 가장 낮은 건강도를 보인 반면, 정점 9에서 0.579 (2등급)로 가장 높은 건강성을 보였다. 7월에는 평균 0.484±0.275로 건강도 4등급 (“보통”)에 해당되었다. 정점 9에서 0.195 (7등급)으로 가장 낮은 건강도로 평가되었으며, 정점 1.250 (1등급)으로 가장 좋은 건강성을 보였다.

[표 1-45] 태안군 남면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포

정점	3	7	9	11	13	15	26	28	30	32	42	43	45	47	50	평균 ±표준편차
2월 (등급)	0.427 (4)	0.443 (4)	0.579 (2)	0.429 (4)	0.528 (3)	0.455 (3)	0.282 (7)	0.467 (4)	0.363 (5)	0.327 (6)	0.548 (3)	0.395 (5)	0.498 (3)	0.363 (5)	0.396 (5)	0.433 ±0.083 (4±1)
7월 (등급)	0.364 (5)	0.857 (1)	0.195 (7)	1.250 (1)	0.449 (4)	0.339 (5)	0.468 (4)	0.562 (3)	0.717 (2)	0.251 (7)	0.390 (5)	0.422 (4)	0.387 (5)	0.235 (7)	0.369 (5)	0.484 ±0.275 (4±2)



[그림 1-79] 태안군 남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

라. 고찰

태안군 남면 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 17 ± 9 종/ 0.05 m^2 , 17 ± 7 종/ 0.05 m^2 로 비슷한 수준을 보였으며, 조간대 하부에 위치한 정점들이 상부와 중부 정점들보다 상대적으로 높은 수준이 관찰되었다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 환형동물이 가장 높은 우점율을 차지하였다. 서식밀도 역시 2월과 7월이 각각 $2,016 \pm 2,044$ 개체/ m^2 , $2,183 \pm 1,494$ 개체/ m^2 로 비슷한 수준을 보였지만, 조간대 중부 정점들에서 가장 높은 수준이 관찰되었다. 우점군은 7월을 기준으로 절지동물이 2월보다 증가한 반면, 연체동물은 감소하였다. 이는 연체동물 이매패류 (MBi)인 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)의 개체수 감소와 절지동물 단각류 (CAm)의 뽕족뽕붙은눈옆새우 (*Monoculodes koreanus*)와 멜리타옆새우류 (*Melita piloropropoda*) 개체수 증가로 비롯된 결과이다. 생체량은 2월이 $319 \pm 385.2 \text{ g/m}^2$ 로 7월보다 높은 수준을 보이지만, 시기마다 큰 편차를 보이고 있다. 조사 정점들 중 조간대 중부에서 가장 높은 생체량이 관찰됐다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 연체동물이 가장 높은 우점율을 차지하였다. 다양도는 2월과 7월이

각각 2.08 ± 0.60 , 1.92 ± 0.60 로 비슷한 수준을 보였으며, 조간대 하부에 위치한 정점들이 상부와 중부 정점들보다 상대적으로 높은 수준이 관찰되었다.

우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 최고 우점종을 차지하였으며, 특히 정점 32에서만 4,000 개체/ m^2 가 넘는 수준을 보였다. 일반적으로 모래 조간대에 우점하는 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)은 해안선에 일정한 거리를 두며, 물리적인 요인과 생물학적 상호 작용을 받으며 서식한다고 알려져 있어 (Tamaki and Kikuchi, 1983), 정점 32의 환경적 특성이 다른 정점에 비해 독특한 서식환경을 지닌 곳이라 판단된다. 더불어 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)은 같이 서식하는 다른 저서동물과 음의 상관관계 (Park *et al.*, 1998)로, 정점 32의 다양도 지수 역시 다른 정점들에 비해 현저히 낮은 수준을 보이는 특징을 보였다. 생물량 기준 측면에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 동죽 (*Mactra veneriformis*)이 2월 7월 모두 최고 우점종을 차지하였다. 동죽 (*Mactra veneriformis*)은 서해 갯벌조간대의 대표적 유용 생물로, 사니질 혹은 니사질 퇴적물에 서식한다. 따라서 동죽 (*Mactra veneriformis*)의 출현은 태안군 남면의 조간대 환경 특성을 잘 반영하고 있다.

저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 군집이 조간대 조위에 따라 구분되어 졌다. 각 정점군별 저서생물의 현존량을 비교하면, 조간대 상부에 위치한 A정점군에서 낮은 수준을 보인 반면, 조간대 중·하부에 위치한 B정점군과 C정점군에서 상대적으로 높은 수준이 관찰되었다. 이는 저서생물이 서식함에 있어, 대기의 노출 정도와 인근 조하대로부터의 먹이원의 유입 등과 같은 조건이 조간대 상부보다는 중·하부가 더 좋기 때문이라 판단된다. 각 정점군별 특징종은 A정점군에서 환형동물, B정점군과 C정점군에서 각각 연체동물, 절지동물이 가장 높은 기여도를 보였다.

갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 7월이 2월보다 다소 높은 ISEP 값을 보였지만, 두 조사 시기 모두 4등급에 해당되었다. 4등급은 “보통”의 건강상태를 보여줌에 따라, 환경적인 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집보다는 상대적으로 안정된 생물군집을 지닌 지역이라 판단된다.

본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과이다 (국토해양부, 2009) [표 1-46]. 출현종 지수와 서식밀도, 다양도 지수 측면에서는 본 해역과 같은 지형을 지닌 무안 갯벌 보다 낮은 수준을 보였지만, 다른 지형을 지닌 암태도와 도초도, 그리고 영광 갯벌 보다 상대적으로 높은 수준을 보였다. 생체량에서는 본 해역이 타 해역들보다 높았다. 본 해역 건강도 지수 (ISEP)는 대부분의 타 해역들보다 1등급이 높아 상대적으로 양호한 생태계 건강도를 보였다. 밀도기준 상위 5위 우점종에서는 대부분 해역에서 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류인 *Heteromastus filiformis*와 *Mediomastus californiensis*,

연체동물 이매패류 (MBi)의 종및 (*Musculista senhousia*)과 같은 기회종들이 출현하였지만, 본 해역에서는 출현하지 않았다.

[표 1-46] 타 해역과의 비교

지역	무안 (서해/전남)	암태도 (서해/전남)	도초도 (서해/전남)	영광 (서해/전남)	태안군 남면 (서해/충남)
만 형태	폐쇄형 내만	개방형 내만	개방해역		폐쇄형 내만 (본 조사)
조사시기	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2012년 7월
출현종 지수 (d)	23.5	10.1	14.4	11.6	19
서식밀도 (개체/m ²)	3,786±5,541	832±427	951±393	982±643	2,183±1,494
생체량 (g/m ²)	183.40±261.48	81.87±139.04	62.44±70.73	98.90±154.81	251.3±220
다양도 지수 (H)	2.13±0.76	1.69±0.42	1.75±0.45	1.53±0.51	1.92±0.60
ISEP 등급	5±1	5±1	5±1	4±1	4±2
밀도 우점종 (%)	<i>Musculista senhousia</i> (58.4)	<i>Heteromastus filiformis</i> (45.9)	<i>Heteromastus filiformis</i> (51.3)	<i>Laternula marilina</i> (31.6)	<i>Umbonium thomasi</i> (23.6)
	<i>Exosphaeroma ovata</i> (7.9)	<i>Mediomastus californiensis</i> (19.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (12.5)	<i>Cycladicama cumingii</i> (14.1)	<i>Monoculodes koreanus</i> (22.1)
	<i>Ampithoe valida</i> (4.2)	<i>Perinereis aibuhitensis</i> (9.6)	<i>Eteone longa</i> (3.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (10.5)	<i>Melita piloropropoda</i> (11.8)
	<i>Aricidea assimilis</i> (2.6)	<i>Assimineea</i> sp. (3.4)	<i>Laternula marilina</i> (2.8)	<i>Armandia lanceolata</i> (7.1)	<i>Aedicira pacifica</i> (4.0)
	<i>Grandidierella japonica</i> (2.5)	<i>Paraonis gracilis</i> (3.0)	<i>Assimineea</i> sp. (2.8)	<i>Mandibulophoxus mai</i> (6.5)	<i>Anaitides koreana</i> (3.5)

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 조사내용

본 보고서에 포함되어 있는 남면, 고남면, 주교면 갯벌어장의 공통적인 주산업종은 바지락이며 그 외 기타 패류 등은 부수종으로 관리되고 있었다. 본 조사에서는 서식생물

의 분포와 밀도조사에서는 모든 유용패류를 대상으로 조사를 실시하였고, 어업생산성 조사에서는 효과적인 분석과 파악을 위해 바지락과 기타패류를 구분하여 어장의 생산성을 살펴보았다.

남면의 경우 현재 어업생산활동은 없는 실정이며 갯벌체험어장을 운영중이다. 어업실적은 전무한 상황이므로, 단위면적당 생산성 조사와 더불어 간접조사로 인근 소재의 수협위판량 자료를 분석하였다.

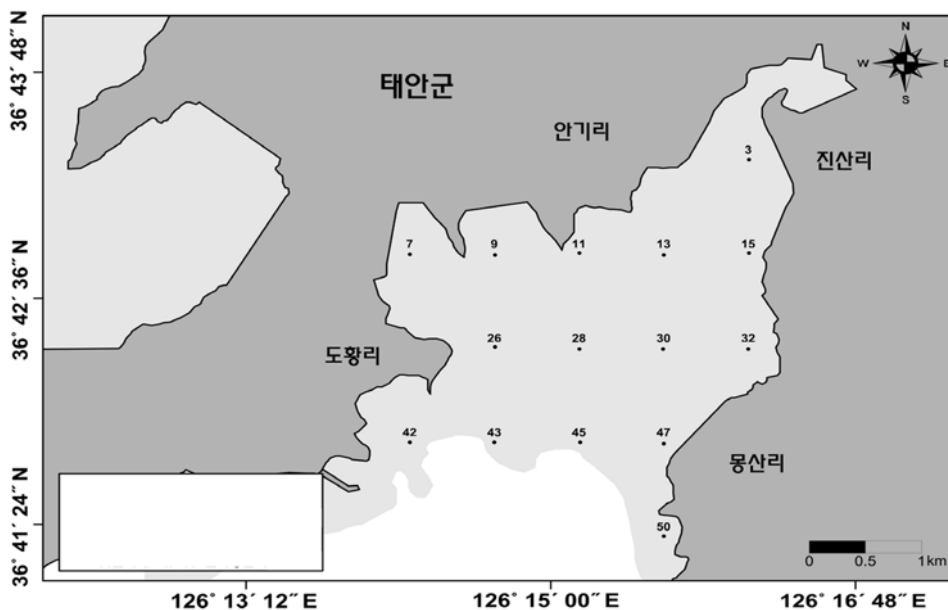
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사

가. 조사방법

남면 갯벌어장 유용패류의 분포와 생산성을 조사하기 위하여 2012년 2월과 7월 총 2회에 걸쳐 1m×1m의 방영구를 사용하여 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 조사하였다. 각 조사정점의 위치는 [그림 1-80]과 같다.

단위면적당 생산성 조사와 더불어 갯벌어장의 자원량 (B)을 추정하기 위하여 방영구 조사로 도출된 평균밀도 (\bar{D}) 및 평균중량 (\bar{W})과 전체서식면적 (A)을 이용하여 식(1-1)으로 추정하였다.

$$B = \bar{D} \cdot \bar{W} \cdot A \quad \text{식 (1-1)}$$



[그림 1-80] 유용패류 조사 정점도(남면)

나. 조사결과

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 남면에서 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 [표 1-47]와 [그림 1-81]에 나타내었다.

전체 15개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 가무락조개(*Cyclina sinensis*), 동죽(*Macra veneriformis*), 살조개(*Protothaca jedoensis*), 굴(*Crassostrea gigas*), 떡조개(*Dosinorbis japonicus*), 말백합(*Meretrix petechialis*)의 총 7종이 출현하였고, 총 98개체의 출현개체수와 1,148g의 출현량을 나타내었다.

바지락의 경우 정점 7, 9, 42의 3개의 정점에서 출현하였으며 갯벌어장 남서쪽에 해당하는 42번 정점에서 비교적 높은 출현량을 나타내었다. 갯벌어장 전체에서 총 32개체의 출현개체수와 215g의 출현량을 보였고 단위면적당(1m²) 생산량은 2.1개체와 14.3g으로 나타났다.

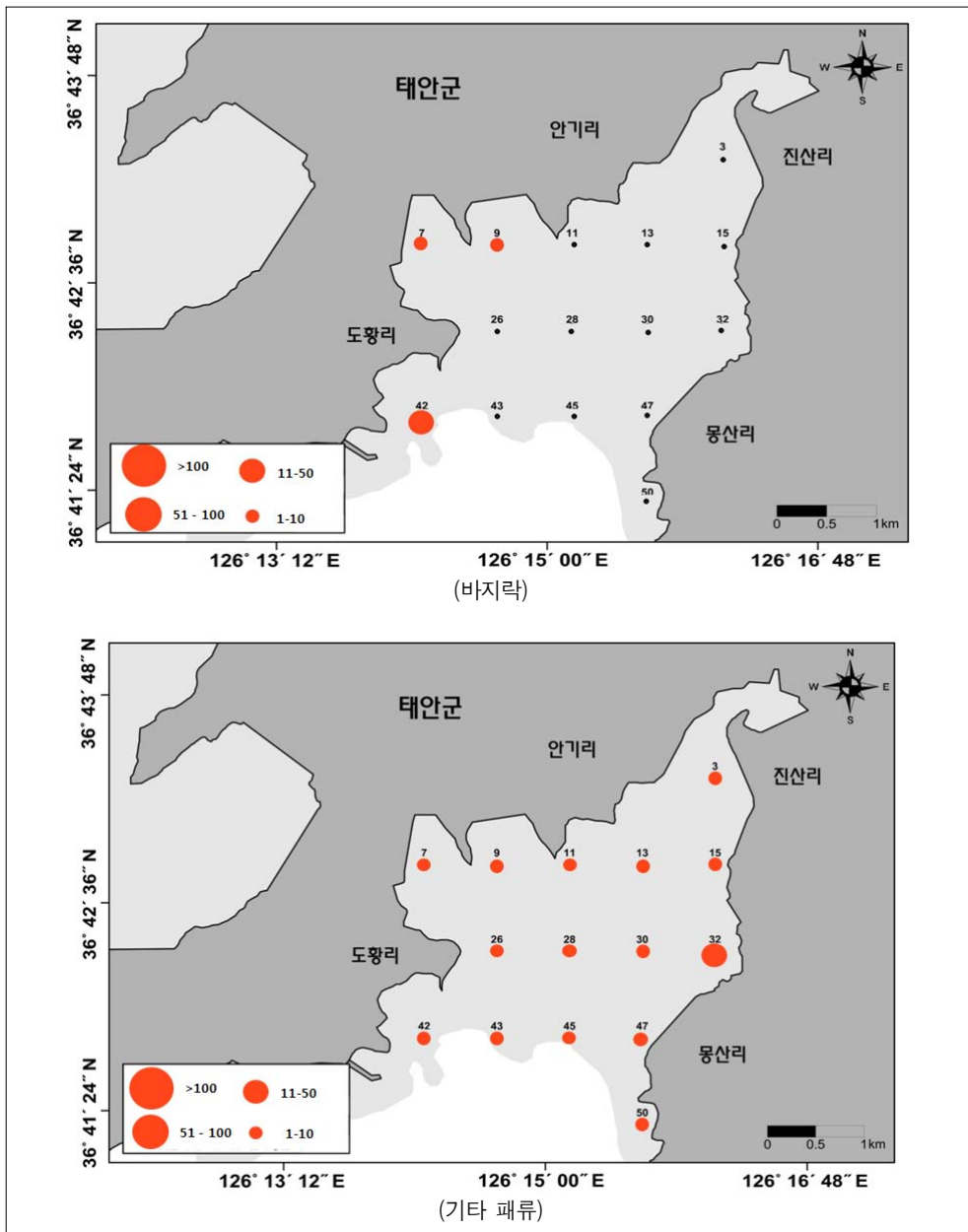
기타패류의 경우 가무락조개가 정점 3, 7, 9의 3개 정점에서 출현하였고, 동죽이 정점 9, 11, 13, 15, 28, 30, 32, 45, 47의 9개 정점에서 출현하였다. 그리고 떡조개는 정점 26, 28, 30, 50의 4개 정점에서 출현하였고, 말백합은 정점 9, 13, 43의 3개의 정점에서 출현하였다. 살조개와 굴은 각각 정점 42와 정점 43 한 정점에만 출현하였다. 갯벌어장 전체에서 총 66개체의 출현개체수와 933g의 출현량을 보였고 단위면적당(1m²) 생산량은 4.4개체와 62.2g으로 나타났다.

[표 1-47] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(남면)

정점	바지락		가무락조개		동죽		살조개		굴		떡조개		말백합	
	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식 밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)
St.3	0	0	5	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
St.7	10	50	7	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
St.9	1	7	1	14	6	58	0	0	0	0	0	0	1	29
St.11	0	0	0	0	4	65	0	0	0	0	0	0	0	0
St.13	0	0	0	0	4	59	0	0	0	0	0	0	1	29
St.15	0	0	0	0	3	30	0	0	0	0	0	0	0	0
St.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17	0	0
St.28	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	1	18	0	0
St.30	0	0	0	0	9	113	0	0	0	0	1	8	0	0
St.32	0	0	0	0	17	143	0	0	0	0	0	0	0	0
St.42	22	158	0	0	0	0	3	61	0	0	0	0	0	0
St.43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	0	0	1	52

[표 1-47] 계속

정점	바지락		가무락조개		동죽		살조개		굴		떡조개		말백합	
	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식 밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)
St.45	0	0	0	0	3	26	0	0	0	0	0	0	0	0
St.47	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0
St.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	16	0	0
평균	2.1	14.3	0.8	11.9	3.0	33.7	0.2	4.1	0.0	1.2	0.1	3.9	0.2	7.4
합계	32	215	13	178	45	505	3	61	1	18	2	59	3	110



[그림 1-81] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(남면, inds./㎡)

[표 1-48] 유용패류 자원량(남면)

지역	갯벌면적(㎡)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/㎡)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/㎡)	자원량(mt)
남면	10,879,046	14	156	62	677

단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 남면의 유용패류 자원량은 [표 1-48]와 같다.

3. 연도별 어업생산량 변동 조사

가. 조사방법

남면에서 생산되는 패류는 현재 전량 비계통판매 되고 있어, 정확한 어장의 생산량 변동 파악은 어려운 실정이다. 간접적인 생산량 파악을 위해 인근에 위치한 서산수협과 태안남면수협의 패류위판량을 분석하여 해당지역의 어업생산량을 살펴보았다.

나. 조사결과

서산, 태안남면수협의 패류 위판실적은 [표 1-49]과 같다.

[표 1-49] 남면 인근 소재의 수협위판량(서산, 태안남면수협)

년도	패류 위판량 (서산수협, mt)	패류 위판량 (태안남면수협, mt)
2007년	600,131	6,141
2008년	456,787	8,128
2009년	1,037,643	6,918
2010년	468,642	3,327
2011년	362,382	25,768

조사지역 패류의 수협위판량 변동을 살펴보면, 서산수협에서는 2009년 가장 높은 위판량을 보였고, 2011년에 가장 낮은 수준을 나타내었다. 가장 높은 2009년을 제외하고는 2007년부터 2011년까지 큰 차이는 보이지 않았다.

태안남부수협에서는 2011년에 가장 높은 위판량을 보였고, 2010년에 가장 낮은 수준을 나타내었다. 2011년을 제외하고는 2007년부터 2010년까지 위판량에 큰 차이는 없었다.

서산수협과 태안남부수협 모두 유류피해 발생해인 2007년 이후 특별한 감소 혹은 증가 양상은 보이지 않았다.

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 퇴적물의 위해성 평가

가. 조사방법

표층 퇴적물 내 중금속 측정을 위해 채취된 시료를 동결건조한 후 분말화 한 후 적당량을 Teflon비커에 취하고 정제된 질산과 불소산 및 과염소산을 일정비율로 넣고 마이크로파시료 용해장치에 넣고 잔사가 남지 않을 때까지 분해하였다. 분해된 시료를 1N 질산용액으로 재용해 한 다음 적당한 배율로 희석하여 Al과 Fe을 제외한 원소는 유도결합플라즈마 질량분석기 (ICP-MS; Perkin Elmer, ELAN 6000)로 측정하고, Al과 Fe은 유도결합플라즈마 방출분광기 (ICP-AES; Perkin Elmer, OPTIMA 7300DV)로 측정하였고 분석자료의 정확도를 검증하기 위하여 NRCC (National Research Council of Canada)의 퇴적물 표준물질인 MESS-3를 함께 분석하였다. 수은은 분말화 한 시료 적당량을 수은분석기(Direct Mercury ASnalyzer; Milestone사, DMA-80)로 정량하였다.

나. 조사 결과

1) 퇴적물 내 중금속 함량

2월 조사시 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 Al은 3.36~6.22% (평균 $4.17 \pm 1.23\%$), Fe은 0.99~1.42% (평균 $1.26 \pm 0.19\%$), Cd은 대부분의 정점에서 불검출, Cr은 18.44~26.15 mg/kg (평균 22.51 ± 3.38 mg/kg), Cu는 1.06~2.25 mg/kg (평균 1.61 ± 0.52 mg/kg), Li은 11.61~24.75 mg/kg (평균 16.52 ± 5.39 mg/kg), Pb은 18.67~23.01 mg/kg (평균 20.22 ± 1.69 mg/kg), Zn은 9.91~18.55 mg/kg (평균 13.21 ± 3.26 mg/kg), V은 39.23~55.92 mg/kg (평균 47.12 ± 6.53 mg/kg), Ni은 10.15~13.62 mg/kg (평균 11.51 ± 1.48 mg/kg), S은 300~487 mg/kg (평균 424 ± 72 mg/kg), Hg은 0.006~0.019 mg/kg (평균 0.010 ± 0.004 mg/kg)의 범위를 보였다 [표 1-50].

7월 조사 시 퇴적물 내 Al은 5.09~7.44% (평균 6.00±0.97%), Fe은 1.45~1.80% (평균 1.57±0.13%), Cd은 대부분의 정점에서 불검출, Cr은 19.45~31.00 mg/kg (평균 23.48±4.57 mg/kg), Cu는 2.21~4.03 mg/kg (평균 3.15±0.67 mg/kg), Li은 22.19~32.00 mg/kg (평균 25.75±4.04 mg/kg), Pb은 14.28~16.76 mg/kg (평균 15.73±1.06 mg/kg), Zn은 15.41~25.79 mg/kg (평균 19.30±4.27 mg/kg), V은 20.14~30.74 mg/kg (평균 23.62±4.64 mg/kg), Ni은 6.38~10.11 mg/kg (평균 7.83±1.41 mg/kg), S은 275~566 mg/kg (평균 476±117 mg/kg), Hg은 0.005~0.007 mg/kg (평균 0.006±0.001 mg/kg)의 범위를 보였다 [표 1-50].

분석의 신뢰성을 확보하기 위해 각 시기별로 NRC 표준물질 MESS-3을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 회수율을 산정하였다. 회수율은 2월 분석 시 70.5%(S)~103.7(Li), 7월 분석 시에 78.9%(Zn)~132.4(Li)을 보였다.

[표 1-50] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량

조사 지역	정점	Al (%)		Fe (%)		Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Li (mg/kg)	
		2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
태안군 남면	11	6.22	5.40	0.99	1.45	< 0.01	< 0.01	18.44	23.6	1.46	3.5	11.75	24.4
	15	3.36	5.53	1.32	1.80	< 0.01	< 0.01	26.15	31.0	2.25	4.0	24.75	32.0
	32	4.40	5.09	1.42	1.55	< 0.01	< 0.01	25.68	23.1	2.04	3.1	11.61	27.4
	42	3.47	6.53	1.42	1.55	< 0.01	< 0.01	22.19	20.2	1.06	3.0	16.77	22.7
	45	3.38	7.44	1.17	1.52	< 0.01	< 0.01	20.10	19.4	1.22	2.2	17.72	22.2
조사 지역	정점	Pb (mg/kg)		Zn (mg/kg)		Ni (mg/kg)		V (mg/kg)		S (mg/kg)		Hg 6(mg/kg)	
		2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
태안군 남면	11	20.21	14.3	9.91	20.8	10.15	7.8	42.49	25.9	457	514	0.008	0.006
	15	23.01	16.8	18.55	25.8	13.62	10.1	50.11	30.7	487	566	0.008	0.007
	32	20.09	16.4	13.53	18.9	12.36	7.8	55.92	20.1	428	544	0.007	0.006
	42	19.12	14.9	12.30	15.4	11.23	7.0	47.85	21.1	446	275	0.007	0.005
	45	18.67	16.2	11.76	15.6	10.22	6.4	39.23	20.2	300	483	0.006	0.005

2) 퇴적물 기준치 및 타 해역과의 비교 (미국 해양대기국 퇴적물 기준 및 국내 해저퇴적물기준, 국내 타 지역)

태안군 갯벌 퇴적물 내 중금속을 미국 해양대기국(NOAA)의 ERL (Effects Range-Low) 과 국내의 해양환경관리법에 따른 해저퇴적물 기준(국토해양부 고시 제2011-972호)과 비교해 본 결과, 각각의 중금속은 모두 기준치 이하의 농도로 조사되었다 [표 1-51, 52]. 이는 해당지역의 중금속 함량이 양호한 수준으로 해당 중금속에 의한 부정적인 생물영향이 발생할 가능성이 매우 낮다는 것을 시사한다. 또한, 본 조사지역의 두 시기 (2012년 2월, 7월 조사) 동안의 각 지역 평균 농도를 타 해역 및 우리나라 전국 연안의 평균 농도

와 비교했을 때, 유사하거나 다소 낮은 값의 범위를 보였다. 특히, 2007년 조사해역 인근에서 실시된 해양 생태계 기본조사(2007)와 유사한 값의 범위를 보였다[표 1-53].

[표 1-51] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준

항목	ERL	ERM	NOAA, Long <i>et al.</i> (1995)
	(mg/kg-dry, ppm)		
Cr	81	370	미국의 해양대기국 (NOAA)에서는 여러 오염물질과 생물들을 대상으로 수행된 350여 편의 연구결과를 바탕으로 퇴적물환경에서 화학물질이 생태계에 미치는 영향에 관한 데이터베이스 (BEDS, Biological Effects Database for Sediments)를 구축하여, 이러한 데이터베이스로부터 연구결과와 종합적인 해석을 통하여 퇴적물에 존재하는 오염물질이 생태계에 미치는 가이드라인을 설정. * ERL : Effects Range-Low 생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 10%의 농도 * ERM : Effects Range-Median 생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 50%의 농도
Ni	20.9	51.6	
Cu	34	270	
Zn	150	410	
Pb	46.7	218.0	
Cd	1.2	9.6	
Co	-	-	
As	8.2	70.0	
Hg	0.15	0.71	

[표 1-52] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호

해양환경기준	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
주의기준	14.5	0.75	50.5	0.11	44.0	179
관리기준	75.5	2.72	126	0.62	119	421

- (1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL) 이하 : 부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위
- (2) 주의기준과 관리기준 사이 : 부정적인 생태영향이 발현될 가능성이 있는 범위
- (3) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL) 이상 : 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 범위

[표 1-53]본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교

지역/항목	평균입도 (Ø)	총유기탄소 (%)	Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	자료수
			%							
금강하구 ¹⁾	5.4	0.7	7.7	2.9	-	67	23	-	79	12
영산강하구 ²⁾	9.1	1.1	8.3	4.1	-	77	-	28	96	39
경기만 남부 ³⁾	-	0.4	8.8	3.5	-	-	33	31	-	7
경기만 ⁴⁾	-	-	6.3	2.5	-	66.5	8.3	-	69.5	6
진해만 (1983) ⁵⁾	-	-	-	3.6	-	59	30	37	128	23
진해만 가덕수도 ⁶⁾	-	-	8.68	-	-	-	27.3	34.4	140	16
광양만 ⁷⁾	7.9	1.2	8.2	3.8	-	67	19	35	95	91
남해 ⁸⁾	5.2	0.6	5.1	2.5	-	53	11	27	62	89
시화호 ⁹⁾	-	-	7.48	3.35	0.42	81.3	89.6	51.3	266	15
태안 ¹⁰⁾	-	-	5.1	-	0.10	32	6.0	21.0	31	22
전국연안 ¹¹⁾	-	-	6.5	-	-	53.4	21.9	26.5	76.3	698~911
본조사 태안군 남면	2.7	-	5.1	1.4	<0.01	23.0	2.4	18.0	16.3	10

1) 조 등 (1993); 2) 조와 박 (1998); 3) Lee *et al.* (1985); 4) 이 등 (1998); 5) Lee and Lee (1983); 6) 김 등 (2008); 7) 조 등 (2000); 8) 조 등 (1994); 9) 김 등 (2005); 10) 국토해양부(2007), 11) 임 등 (2007)

3) 유출유류성분과 퇴적물 내 중금속과의 비교

2008년 허베이스피리트호 유류유출에 의한 퇴적물 내 잔존 중금속의 영향을 살펴보기 위해 갯벌어장 내 퇴적물 중금속과 유출유 내 중금속 농도 및 풍화된 유류, 상부지각의 평균농도 등과 비교하였다. 유출된 유류는 아랍 에미레이트(UAE), 쿠웨이트(KUW) 및 이란(IRN) 산으로 유기탄소의 함량은 각각 86.1%, 84.7%, 85%로 이고 황은 각각 2.05%, 2.70%, 1.95%로 보고되었다 [표 1-54]. 탄소와 황은 원유의 주성분으로 평균지각에 비해 높기 때문에 유류 유출에 대한 영향을 파악하는 지시자가 될 수 있으나 해양 퇴적물내의 유기물 함량과 황산염 환원과 같은 초기속성작용에 의해 변화가 크기 때문에 적용에 주의가 필요하다. 또한, 유류중 높은 농도를 보이는 V, Ni를 이용하여 유류 영향을 평가하는 시도가 사고초기 퇴적물 중금속 농도 조사에서 실시되기도 하였다.

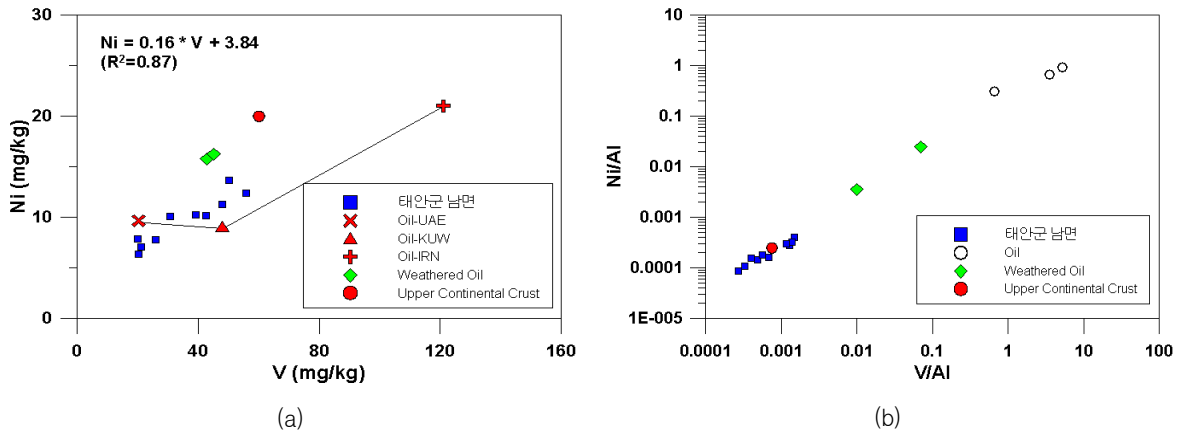
퇴적물에서 V과 Ni은 서로 정비례하는 관계로 $Ni=0.16V+3.84$ ($r^2=0.87$) 과 같은 회귀식을 얻을 수 있다. 이를 V/Ni 비율로 나타내면 3.66이고, 원유에서는 UAE가 2.08인 반면에 KUW 및 IRN은 각각 5.27, 5.76으로 퇴적물과 매우 다른 비율을 보인다. 이와 같은 관계가 [그림 1-82 (a)]에 잘 나타나는데 퇴적물과 원유 사이에 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 V/Al이 퇴적물에서는 6.8×10^{-4} 이고 Ni/Al 비율이 2.1×10^{-4} 의 값을 갖는 반면에 원유에서는 각각 0.65(UAE), 3.53(KUW), 5.26(IRN)으로 매우 달라 퇴적물과 원유를 뚜렷이 구분할 수 있다. 그리고 풍화된 원유를 같은 그림에 도시하면 퇴적물과 원유 사이의 중간에 놓이게 되어 풍화된 원유 중의 중금속은 부유성 및 저층 퇴적물의 일부가 혼합된 결과로 해석할 수 있다 [그림 1-82 (b)]. 현지 퇴적물 조사 결과, 조사 갯벌어장 내 퇴적물의 중금속은 국내 연안 퇴적물의 농도의 범위에 속하며 국내외 기준치를 벗어나지 못한 것으로 나타났고, 유류의 영향의 징후 역시 발견되지 않았다.

[표 1-54] 유출유의 중금속 성분과의 비교

Element	Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	V	Ni	S	Hg
Oil-UAE ¹⁾	0.003	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	20.2	9.7	2.05	1.63
Oil-KUW ¹⁾	0.001	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	0.12	48	9.1	2.70	0.12
Oil-IRN ¹⁾	0.002	<0.0001	<0.01	0.4	0.4	0.29	0.23	121	21	1.95	<0.01
WT (coast) ¹⁾	0.433	0.243	<0.01	4.3	2.7	3.4	10.3	42.9	15.8	2.4	8.4
WT(sea) ¹⁾	0.065	0.0354	<0.01	1.3	3.4	1.19	4.2	45	16.3	1.6	5.06
상부지각 ²⁾	8.040	3.5	0.098	35	25	20	71	60	20	0.1	-
태안군 남면	5.08	1.42	0.01	23.00	2.38	17.97	16.25	35.37	9.67	0.450	0.006

※WT: weathered Oil

1) 국토해양부, 2008. 2) Taylor and McLennen, 1995



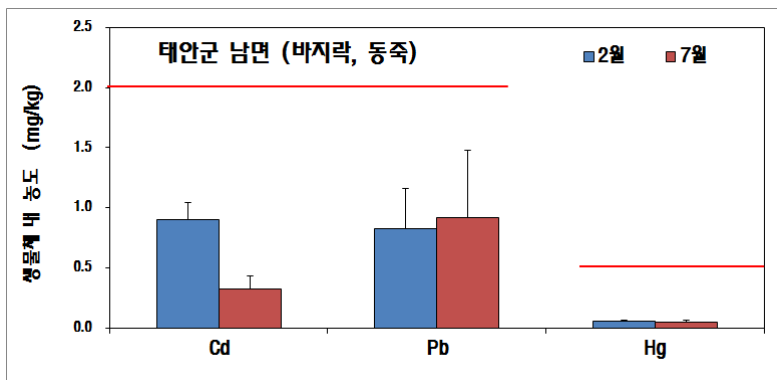
[그림 1-82] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성

4) 생물체 내 중금속

태안군 남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 농도를 살펴보기 위해 태안군 남면에 주로 서식하는 바지락과 동죽을 채취하여 분석하였다. 분석의 신뢰성을 확보하기 위해 ERM-CE278(Mussel tissue) 표준물질을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 94.3%(Cd) ~124.1(Cr)의 회수율을 보였다. 분석결과, 모든 생물체(바지락, 동죽)에서 식품의약품안전청 식품의 기준 및 규격 고시 제2012-100호(2012.9.5.)에 따른 중금속기준치(Cd, Pb, Hg) 이하의 값을 보였다 [표 1-55, 그림 1-83].

[표 1-55] 태안군 남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 분석 결과

지역	생물체	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)
태안군 남면	동죽	0.13~1.15	0.35~6.84	6.16~12.30	0.28~1.77	43.52~110.11	0.027~0.070
	바지락	(0.61±0.33)	(1.96±2.01)	(7.89±1.80)	(0.87±0.44)	(61.68±21.26)	(0.054±0.013)
유해물질 기준 (연체류 및 패류)		2.0	-	-	2.0	-	0.5



[그림 1-83] 태안군 남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균농도 및 그 기준치

2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

1) 조사 방법

(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어 시료가 분말형태가 되게 만든 후, Aceton : n-hexane (1:1) 을 100mL 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 2회 반복 실시하여 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbovap cell 에 모은 후, Turbovap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Sillicagel column 을 이용하여 정제하였다.

정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리하였으며, 분리된 시료를 질량분석기 (Mass Spectrometer)를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어 시료가 분말형태가 되게 만든 후, 초음파추출기를 통해 총석유탄화수소류(TPH)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 반복하여 최종적으로 1mL의 농축시료를 확보한 후, Sillicagel 0.3 g을 넣고 5분간 진탕정지하여 상등액을 취하였다. 정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리·분석하였다.

2) 분석 결과

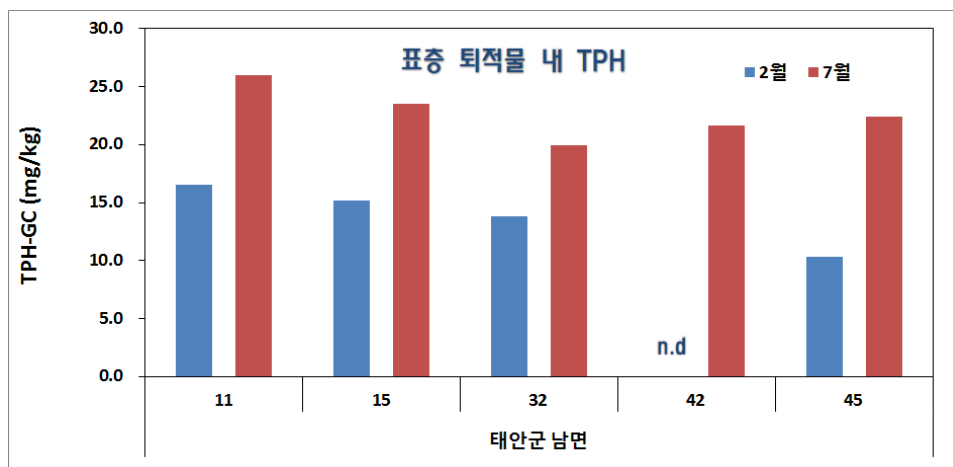
(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 태안군 남면 갯벌에서 채취된 모든 퇴적물 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

시료 중 제트유, 등유, 경유, 병커C유, 윤활유, 원유 등을 초음파 추출장치를 이용하여

디클로로메탄으로 추출하여 정제 및 농축한 후, 기체크로마토그래피에 따라 짝수의 노말알칸 표준물질의 총면적과 시료 피크의 총면적을 비교하여 석유계총탄화수소를 정량하였다. 갯벌어장별 TPH의 농도는 2월 조사시 불검출~16.5 mg/kg의 범위를 보였고, 7월 조사시에 19.9~26.0 mg/kg의 범위를 보여 7월에 다소 높은 농도를 보였다 [그림 1-84]. 유류유출 사고 당시부터 조사된 주변해역의 시기별 농도와 비교해 보면, 뚜렷한 유류피해의 징후를 보이지 않고 비슷한 수준의 농도분포를 보이고 있어 유류유출의 직접적인 피해 및 잔존 영향은 없어 보인다.



[그림 1-84] 태안군 남면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도

나. 어장 서식 어패류 내 유류오염지표 조사

1) 조사 방법

시료의 가식부를 취하여 동결건조 한 후, n-hexane 50mL를 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbopap cell 에 모은 후, Turbopap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Silicagel column 을 이용하여 정제하였다.

속실렛 추출기를 이용하여 시료중의 PAHs를 추출한 후, 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)에서 분리되어 나오는 다환방향족탄화수소를 질량분석기 (Mass Spectrometer)를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

2) 조사 결과

조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 태안군 남면 갯벌에서 채취된 모든 이매패류 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다 [표 1-56].

[표 1-56] 조사시기에 따른 태안군 남면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g)

조사시기	2012년 2월					2012년 7월				
	조사정점	11	15	32	42	45	11	15	32	42
분석대상생물	동죽					바지락				
검출농도	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

※ N.D : Not Detected; 측정기기가 검출할 수 있는 최소한의 농도인 0.60 ng/g 이하임을 의미

다. PAHs 오염어패류 섭취시 인체 위해성 평가

1) 조사 방법

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

PAHs는 개별 PAH들이 함께 섞여 있는 복합체로 구성되어 있으며, 각각의 PAH들이 인체의 건강성에 미치는 영향의 정도는 무독성(nontoxic)에서 매우 높은 독성(extremely toxic)에 이르기까지 서로 상이하게 다르다. 주요 PAH중 독성이 밝혀진 화합물은 약 50여개 종에 이르며, 이들 중 benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, chrysene 등은 유전 독성 및 발암성을 가지는 주요 독성 PAH로 알려져 있다 (IARC, 1983; ATSDR, 1995).

이중 benzo[a]pyrene은 대표적인 PAH 화합물으로써 독성에 관한 연구가 다수 진행되어 왔으며, mouse, rat, hamster, rabbit, guinea pig, duck, dog, monkey 등의 다수의 동물실험에서 태아독성, 최기형성, 돌연변이원성 등의 영향이 나타난 바 있다 (Culp et al., 1998; Neal and Rigdon, 1996; Rigdon and Neal, 1969a, Rigdon and Neal, 1969b). 따라서 PAHs의 복합 독성을 평가하기 위한 독성등가계수(Toxic Equivalency Factor; TEF)로써 Benzo[a]pyrene의 발암력이 주로 이용되며, USEPA (US Environmental Protection Agency)에서는 다음과 같이 Benzo[a]pyrene에 대한 16개 주요 PAH 화합물의 독성등가계수를 제안하고 있다 [표 1-57].

이를 이용하여, Benzo[a]pyrene의 발암능력을 기준으로 16개 주요 PAH에 대한 발암력의 상대적 비를 구한 후 합산하여 16PAHs의 독성 등가 농도를 구하였다.

[표 1-57] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF)

PAH 화합물	TEF	PAHs	TEF
Naphthalene	0.001	Benzo[a]anthracene	0.1
Acenaphthylene	0.001	Chrysene	0.01
Acenaphthene	0.001	Benzo[b]fluoranthene	0.1
Fluorene	0.001	Benzo[k]fluoranthene	0.1
Phenanthrene	0.001	Benzo[a]pyrene	1
Anthracene	0.01	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.1
Fluoranthene	0.001	Dibenz[a,h]anthracene	1
Pyrene	0.001	Benzo[ghi]perylene	0.01

$$TEQ(ng - TEQ/g) = \sum [C_i] \times TEF_i$$

TEQ : 독성등가농도 (Toxic Equivalency concentration)

C_i : 개별 PAH의 농도

TEF_i : 독성등가계수 (Toxic Equivalency Factor)

이렇게 획득한 독성등가농도를 기준으로 조사지역에 서식하는 패류를 섭취할 경우에 나타나는 인체 노출량을 다음의 수식을 통해 산정하였다.

$$\text{노출량}(ng/kg/day) = \frac{CF \times IR \times ED}{BW \times AT}$$

CF : 패류 내 PAHs의 평균농도 (ng/g)

IR : 패류 섭취율 (g/day)

ED : 노출기간 (year)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균 수명기간 (year)

패류의 섭취량은 농림수산식품부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계 자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다. 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였다.

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

1989년 3월에 발생한 Exxon Valdez의 유류 유출 사고 이후, 미국식품의약품안전청 (USFDA)는 BaPE(Benzo[a]pyrene equivalents) 접근법에 의한 Action level을 통해 수산물의 관리 기준을 마련하고 있다. Action level은 수산물을 관리하기 위한 정책적 판단 근거로 활용 가능하며, 미국의 경우 유류사고 발생시사고지역 어장을 관리하기 위한 수단으로 이용되고 있다 (Yender, 2002).

Action level은 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 경우, 다른 인자들이 보수적으로 평가된다는 조건 하에 action level 이하 농도의 체내 잔류 농도를 가진 수산물이 안전할 수 있음을 의미한다. 본 연구에서는 앞서의 인체 노출량 산정 항목과 마찬가지로, benzo[a]pyrene의 독성 등가농도를 활용하여 조사지역 패류의 안전성 평가를 수행하였다.

$$Actionlevel(ng-TEQ/kg) = \frac{RL \times BW \times AT}{CSF \times ED \times CR} \times CF$$

RL : 위해수준 또는 허용발암위해도 (unitless)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균수명 (year)

CSF : 발암잠재력 (ug/kg-day)⁻¹

ED : 노출기간 (year)

CR : 수산물섭취량 (g/day)

CF : 단위환산인자 (10⁶ ng/mg)

위해수준(허용발암위해도)는 최대 허용 발암확률을 의미하며 본 연구에서는 기 조사된 한국해양연구원 (2011)의 연구사례 및 Exxon Valdez, North Cape, Kure 등 대표적인 유류유출 사고의 사례를 참고하여 10⁻⁶, 즉 인구 백만명당 1명이 암에 걸릴 확률을 적용하였다. 또한 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였고, 평균수명은 70년을 사용하였다. 따라서 action level을 통한 위해도 평가는 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 시 70년 이내에 암이 발생할 확률을 의미한다. 발암잠재력은 미국환경보호청에서 운영하는 IRIS (Intergrated Risk Informateion System)에 제시된 Benzo[a]pyrene의 섭취 발암잠재력인 7.3 per (mg/kg)/day를 적용하였다.

노출기간은 유류사고의 특성에 따라 달라지며, 유류사고로부터 유출된 PAHs가 자연 풍화를 통해 감소하여 최종적으로는 자연적 농도 수준으로 떨어짐을 고려할 때, 일반적으로 위해성 평가에 적용되는 70년은 무리가 있다. 본 연구에서는 인근 태안지역을 대

상으로 기 보고된 한국해양연구원(2011)의 사례를 참고하여 2년, 10년, 30년을 각각 적용하였다. 마지막으로 패류의 섭취량은 농림수산물부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다.

2) 조사 결과

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

생물시료 내에서 PAHs가 검출되지 않은 관계로 인체 노출량의 측정은 불가능하였다 [표 1-58].

[표 1-58] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과

조사 시기	이매패류 PAHs 농도 (ng-TEQ/g)	이매패류 섭취량 (g/day)	체중 (Kg)	노출량 (ng-TEQ/kg-day)
2012년 2월	N.D	112.9	60.5	-
2012년 7월	N.D	112.9	60.5	-

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

action level은 노출기간 (2, 10, 30년)에 따라 각각 2.6, 0.5, 0.2 ng-TEQ/g으로 평가되었다. 따라서 해당 해역에서 생산되는 이매패류의 체내 존재하는 PAHs의 독성 등가 농도가 action-level 이하의 수준을 보인다면 해당 이매패류는 안전한 것으로 판단할 수 있다.

본 연구에서는 2012년 2월과 7월의 2차례 조사에서 채집된 모든 이매패류에서 PAHs가 검출한도 이하로 나타났으며, 따라서 이는 안전한 수준이라 할 수 있다 [표 1-59].

[표 1-59] 이매패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과

체중 (Kg)	발암잠재력 (mg/kg-day) ⁻¹	이매패류 섭취량 (g/day)	노출기간 (years)	평균수명 (years)	BaPE 기준 action level (ng-TEQ/g)
60.5	7.3	112.9	2	70	2.6
			10		1.2
			30		0.4

제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

1. 재료 및 방법

가. 자료에 대한 설명

본 조사 대상인 3개 어장이 유용생물의 서식지로서 적합한지의 여부를 판단하기 위한 목적으로 서식처 조건에 따른 바지락(*Ruditapes philippinarum*)과 가무락(*Cyclina sinensis*) 그리고 동죽(*Macra veneriformis*)의 서식 확률을 예측하였다. 이를 위해 사용된 방법은 나 항에 기술하였다.

먼저, 본 조사진은 우리나라 갯벌에서 측정된 위 3종 수산생물의 presence-absence를 나타내는 정점별 binary data(1/0)와 환경요인 등의 정보가 담긴, 총 31,334개 레코드로 구성된 데이터베이스를 구축하였다. 이를 위해 전국 연안의 갯벌 대형저서동물 군집자료(인하대학교, 1990-2003; 한국연안환경생태연구소, 2000-2003)가 활용되었다 [그림 1-85]. 연구에 포함된 갯벌 자료는 우리나라 서해안과 남해안에 분포하는 다양한 유형의 갯벌에서 다양한 시기에 정선(line transect, 정선 개수는 총 146개) 채집 디자인을 통해 획득된 것이다.

초기 1,220개의 정점 자료로 이루어진 데이터베이스로부터 이상치 등의 여부를 검토한 끝에 38개의 관찰치를 제외하였다. 최종적으로 모형에 포함된 정점의 개수는 1,182개였다. 환경 요인으로는 local scale factors와 extensive scale factors로 구분하였고, 전자의 경우에는 표본이 채집된 곳의 조위, 퇴적물의 평균 입도, 분급도(inclusive graphic standard deviation), 유기물 함량(강열감량), 식생 존재 여부(binary data; 식생이 없는 경우, 상부 조간대 식생 그리고 하부 조간대 식생 등을 구분) 등이 포함되었고 후자의 경우에는 갯벌의 외형적 모습과 관련된 갯벌의 너비(정선의 길이), 갯벌 내 퇴적물의 평균 입도의 평균치와 표준 편차, 갯벌 주변 표층 해수의 연평균 수온과 염분도, COD(chemical oxygen demand) 그리고 계절적인 요인을 감안하여 봄, 여름, 가을 그리고 겨울을 binary data로 코드화한 계절 변수 등이 포함되었다. 해수온과 염분도 그리고 COD는 대부분 한국해양자료센터(Korea Oceanographic Data Center)의 자료를 활용하였다. 일부 기수지역의 경우에는 환경부의 데이터베이스를 이용하였으며, 자료의 이용이 불가능한 경우에는 조사 보고서의 graph나 인접한 지역의 조사 자료로부터의 추정치를 사용하였다.



[그림 1-85] 신경망 (Artificial neural network) 모델을 이용한 갯벌의 alpha diversity와 주요 생물의 적정 서식처 예측을 위한 연구에 포함된 146개 조사 정선 (▲)의 위치도

조사 표본의 조위를 추정하는 데에는 현장에서의 측정된 조위 자료와 추정치를 사용하였다. 현장에서의 조위 측정을 위하여 측량계나 해상도 1m의 고도계를 사용하였다. 일부 해역에서는 현장에서의 저조위와 조위 예측치를 비교하여 추정하기도 하였다. 인천의 주문도와 볼음도에서 이러한 방법을 사용하였다.

측량계를 사용하여 일부 갯벌에서 수직 profile을 측정된 결과, 대체로 일정한 기울기를 가지며 완만하게 감소한 것으로 나타났다(인천 송도, 용유도 덕교와 을왕 갯벌 등). 해상도가 1m인 고도계를 사용한 경우에는 깊이가 얇고 폭이 좁은 channel이 나타나면 채집 정점의 위치를 변경하였다. 갯벌을 가로지르는 커다란 tidal channel이나 갯벌 하부에서 급격한 경사면이 나타난 경우에는 해상도 1m의 고도계를 이용하여 수차례 반복 측정하며 현장에서 해당 조사 정점의 조위를 추정하였다.

갯벌의 profile과 이로부터 조사 정점의 조위를 추정하여 관찰한 결과, 저서동물이 존재하는 갯벌 상부의 정점은 드물게 MHHW (mean higher high water) 또는 그 이상 (염습지

식생이 존재하는 곳)에서 조사되었으며, 대부분은 MLHW (mean lower high water)나 MSL (mean sea level) 주변에서 조사된 것으로 나타났다. MSL을 최상부로 간주하여 조사가 된 곳은 (1) 상부에 방파제 또는 천연 암반 기질이 존재하여 부착 생물은 채집되었으나 갯벌을 대상으로 하는 본 연구에서만 해당 표본이 제외된 곳이거나 (2) 모래 해변에서 퇴적물이 지나치게 건조하여 달랑게 (*Ocypode stimpsoni*) 외엔 거의 생물이 서식하지 않을 것으로 예상되어 채집이 전혀 이루어지지 않은 곳이었다. 일부 조사 정선에서는 MHHW 이상에서도 채집이 이루어졌으며, 이러한 경우에는 주로 염습지 식생이 발달한 곳이거나 자연해안이 잘 보존된 곳이었다. 하부 조위의 경우에는 대부분 MLLW (mean lower low water)까지 조사되었다. 이상의 관찰 결과를 바탕으로 표본이 조사된 정점의 조위를 추정하였고, 이를 0~1의 범위를 갖는 연속형 변수로 나타내었다. 대체로 MHHW 주변은 0.8, MSL 주변은 0.4 그리고 MLLW 주변 또는 그 이하의 조위는 0으로 나타내었다. MHHW와 MLLW의 계산은 아래와 같은 식을 이용하였다.

$$MLLW = A0 - (Hm + (H' + Ho)\cos 45^\circ)$$

$$MHHW = A0 + (Hm + (H' + Ho)\cos 45^\circ)$$

이때 Hm 은 M2분조, Hs 는 S2, H' 은 K1 그리고 Ho 는 O1 분조의 반조차(cm)이며,

$$A0 = Hm + Hs + H' + Ho$$

로서 평균해면과 같다. 각 분조의 반조차는 국립해양조사원이 제공하는 인접한 곳의 기본수준점성과표를 활용하였고, 이를 본 조사 3지역에서 실측한 조고와 비교하여 위에 언급한 변수로 변환하였다.

신경망에 사용된 환경 자료는 0-1 범위로 normalization(자료 변환 과정은 아래에 기술)을 행하였다. 신경망 모형의 내부 구조와 환경 요인의 영향력을 파악하기 위하여 sensitivity analysis를 수행하였으며, 입력치의 범위를 표준 편차의 3배수 (대략 자료 변동 범위의 99%)로 하여 서식 확률의 변화 패턴을 살펴 보았다.

신경망 모형 분석에 적합한 형태로 자료를 변환시키기 위하여 실측값에 밑을 10으로 하는 logarithm을 취한 뒤 이 값을 0-1 범위로 표준화하였다. 결과 및 고찰에 제시된 결과물에는 실제값이 아닌 변환값을 이용하여 환경 요인과 모형 출력치 간 관계를 나타내었다.

변환값을 사용하여 결과를 나타낸 이유는 모형의 추정에 사용된 값을 이용한 관찰이 출력치의 패턴이나 모형의 내부 성질의 이해에 보다 도움이 될 것으로 판단되었기 때문이다. 아래의 [표 1-60]에 신경망 모형 추정에 이용된 변환값과 실제값 간의 관계식을 나타내었으며, 관계식을 이용하여 실제값 스케일로의 변환이 가능하다.

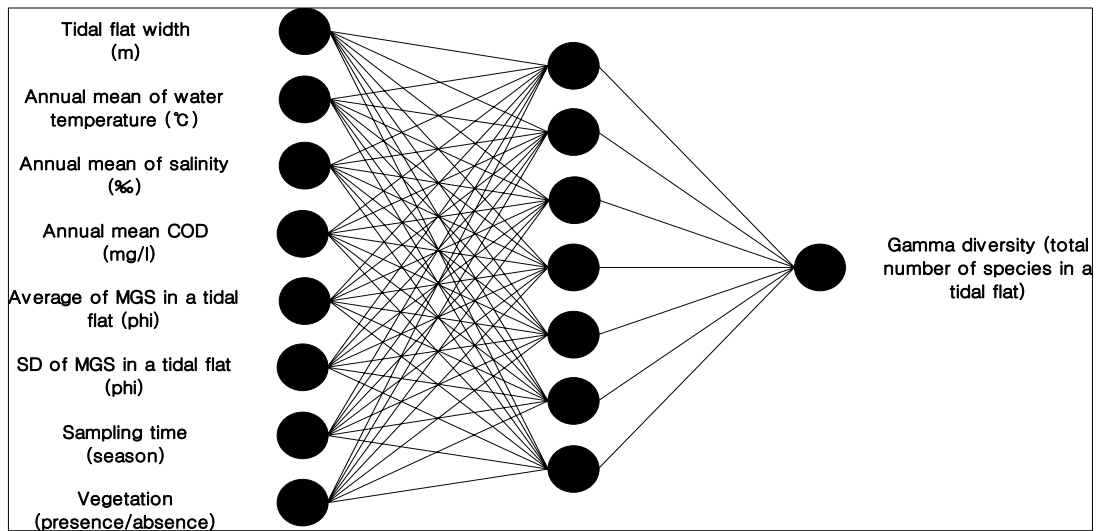
[표 1-60] 신경망 모형 분석에 사용된 환경 변수의 변환 자료와 실제 자료 간 관계식

CODE	Environmental variables	Relationship
Width	Tidal flat width (m)	Score_Width = 0.5 * log (Width) - 0.8495
StWt	Annual mean of water temperature (°C)	Score_Temperature = 5.1417* log (Temperature) - 5.2718
Salinity	Annual mean of salinity (%)	Score_Salinity = 2.7599 * log (Salinity) - 3.1717
COD	Annual mean of COD (mg/l)	Score_COD = 1.1866 * log (COD) + 0.1215
Avg. MGS	Average of mean grain size of sediment across tidal flat (φ)	Score_Avg. MGS = 1.0166 * log (Avg. MGS) + 0.0204
SD MGS	Standard deviation of mean grain size of sediment across tidal flat (φ)	Score_SD MGS = 0.5574 * log (SD MGS) + 0.808
MGS	Mean grain size of sediment at sampling station (φ)	Score_MGS = 0.5999 * log (MGS) + 0.4871
Sorting	Sorting of sediment at sampling station	Score_Sorting = 0.9488 * log (Sorting) + 0.4763

나. 신경망 모형의 소개 및 방법

본 연구에서 활용된 신경망 모형은 새삼 강조할 필요가 없는, 장점이 많은 통계분석 방법이다. 이 방법은 생태학적 모형에서 자주 경험하는 비선형성이나 변수의 속성, 변수 간 관계 등과 관련된 수많은 parametric assumption에도 유연성이 뛰어나며, 이외에도 사회과학을 포함하는 다방면의 연구 분야에서 강력한 모델 기술로써 활용되고 있다. 신경망 모형 기법은 크게 구조의 유형에 따라 구분될 수 있다. 아래의 그림[그림 1-86]은 가장 단순한 형태의 구조를 갖는 다층퍼셉트론(multilayer perceptron) 구조를 사례로 나타낸 것이다. 해당 신경망 모형은 입력층에 8개의 뉴런(PEs, processing elements)을 가지며, 은닉층의 각 뉴런은 8개의 입력치를 갖는다. 각 뉴런에서는 8개의 입력치(xi)가 각각에 대응되는 가중치 wi와 곱해지고, 또 다른 입력치 1이 하나의 임계값 b와 곱해져서 더해진다. 이렇게 더해진 출력 net을 네트입력이라 할 때, net는 전달함수 f를 통과하는 방식으로 출력치인 y를 생성하며 식으로 표현하면 다음과 같다(문과 이, 2003).

$$y = f(net), \quad net = \sum_{k=1}^n x_k w_k + b$$



[그림 1-86] 단순한 구조의 신경망 모형 사례 (다층퍼셉트론)

가중치(그림에서 뉴런 간 연결된 시냅스에 적재)와 임계값은 수정이 가능하며, 뉴런 입출력 관계가 특정 목표에 도달될 수 있도록 해주는 학습 규칙에 의해 조정된다. 전달 함수는 선형 또는 비선형 함수 등이 있으며, 로지스틱 함수, 쌍곡선 탄젠트 함수 등이 후자에 속한다.

[그림 1-86]의 신경망 모형은 입력층(환경요인 입력)과 출력층(생물다양성 출력) 사이에 하나의 은닉층을 두었는데, 하나 이상의 은닉층을 갖는 신경망을 다층 신경망 또는 다층 퍼셉트론(multilayer perceptron)이라 한다. 신경망은 forward pass(입력층부터 말단까지 자료와 변환값을 전향적으로 전달하는 과정)를 통해 입력값(환경요인)을 전달하고, 출력값(생물 다양성)과 오차를 계산한다. Backward pass(오차를 후향적으로 전달하는 과정)는 출력 뉴런에서 계산된 오차를 바탕으로 출력 뉴런에 연결된 시냅스의 가중치를 조절하고, 다시 출력층의 오차가 시냅스를 통해 역전파된 것을 바탕으로 은닉층 뉴런의 오차를 계산하여 이것에 연결된 시냅스의 가중치를 조절하는 것이다. 이를 역전파 학습(BP, backpropagation)이라 하며, 신경망은 이와 같이 환경 요인이 여러 차례 입력될 때마나 해를 반복적으로 구하는 학습 알고리즘의 훈련을 통해 점진적으로 오차를 줄여나가며 최종적으로 최소 오차를 갖는 생물 다양성을 출력할 수 있게 되는 것이다.

본 연구에서는 trial-and-error 방식의 모형 진단과정을 통해 위 3개 중별로 각기 다른 architecture의 모형을 추정하였다. 자세한 신경망 모형 진단 방법 및 옵션(구조 및 학습 방법의 선택, 뉴런 및 은닉층 개수 선정, 성과 기준 등)에 대한 설명은 Goethals et al. (2007)에 제시되어 있다.

바지락(*R. philippinarum*)의 경우 은닉층의 전달함수로 가우스 함수를 사용하는 radial

basis function network(은닉층 1개, online learning³⁾, momentum 방식⁴⁾, 가무락(*C. sinensis*)과 동죽(*M. veneriformis*)은 online과 momentum 방식으로 학습된 다층퍼셉트론 모형이 서식처 확률의 예측에 적합한 것으로 추정되었다. 각 종별 신경망의 출력층에는 전달함수로 softmax 또는 sigmoid function을 할당하여 출력뉴런이 확률값을 출력하도록 하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 모형의 탐색 및 진단

본 연구에서는 위에 언급된 종을 대상으로 서식확률을 예측하는 신경망 모형을 추정하였으며 [표 1-61과 1-62]에 모형의 성능을 나타내는 performance metrics를 나타내었다. 신경망의 목적이 regression이 아니라 classification인 경우에는 백분율로 표현된, 해당 종의 서식유무 분류의 정확도(표의 percent correct)가 유용한 지표가 될 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이 [표 1-61]은 바지락(*R. philippinarum*) 신경망 모형의 정확도를 모형의 예측치/관찰치 (Output/Desired)의 비교를 통해 산출한 오분류율(%)을 나타낸 것이다. 이 종은 훈련과정에서 90%의 정확도를 나타내었으며, 교차타당성 검토와 검증 과정에서도 90%의 정확도를 나타내었다. 독립적인 자료에 대한 적용에서도 모형의 예측 성능은 차이가 없는 것으로 나타나 본 연구에서 바지락(*R. philippinarum*)의 서식처 관리에 활용될 수 있는 신경망 모형의 학습 결과는 적절하며, 높은 generalizability를 갖는 것으로 추정할 수 있었다.

[표 1-62]는 가무락(*C. sinensis*) 신경망 모형의 정확도를 오분류율(%)에 근거하여 나타낸 것이다. 이 종은 훈련과정에서 84%의 정확도를 나타내었으며, 교차타당성 검토와 검증 과정에서도 86-88%의 정확도를 나타내었다. 학습 결과보다 독립적인 교차타당성 검토와 검증 자료에서 높은 정확도를 나타낸 것으로 보아 이 모형의 성능 역시 적절한 학습 결과를 나타내며 예측 결과는 높은 generalizability를 갖는 것으로 추정할 수 있었다.

3) 신경망의 학습 모드에서 online learning은 1개의 레코드 또는 exemplar가 processing될 때마다 가중치를 업데이트하며, batch learning은 모든 레코드가 processing(epoch)되고 나서야 가중치를 업데이트함.

4) 신경망의 오차와 가중치로 구성된 성능표면(performance surface)에서 이를 최소화하는 구배의 방향을 찾는 algorithm. Momentum은 성능표면에서 관성적(오차 감소 구배의 평균에 의존)으로 오차가 감소하는 방향을 탐색하며, 이외에도 성능표면이 평면이 아닌, 휘어져 있는 곡면상태인 경우에도 활용될 수 있는Levenberg-Marquardt algorithm이 있음.

[표 1-61] 바지락(*R. philippinarum*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능

Performance Metrics									
Model Name	Training			Cross Validation			Testing		
	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct
MLP-1-O-M (Multilayer Perceptron)	0.061037	0.69491	93.37%	0.078186	0.642221	89.83%	0.10102	0.50503	89.19%
LR-0-B-M (Linear Regression)	0.094357	0.440596	90.41%	0.097615	0.517976	89.27%	0.10032	0.438562	89.19%
PNN-0-N-N (Probabilistic Neural Network)	0.035698	0.836884	95.20%	0.074748	0.654663	90.96%	0.08695	0.569717	88.85%
SVM-0-N-N (Classification SVM)	0.027077	0.900542	97.60%	0.083788	0.601292	89.83%	0.095236	0.530727	89.19%
MLP-1-B-M (Multilayer Perceptron)	0.084989	0.523644	90.41%	0.088164	0.588807	89.27%	0.094183	0.492552	89.19%
MLP-2-O-M (Multilayer Perceptron)	0.066463	0.660813	91.54%	0.085127	0.589378	89.27%	0.100441	0.493997	87.84%
MLP-2-B-M (Multilayer Perceptron)	0.087623	0.503238	90.41%	0.093359	0.554065	89.27%	0.093693	0.496366	89.19%
GFF-1-O-M (Generalized Feedforward)	0.090274	0.499594	90.27%	0.094997	0.553173	89.83%	0.095462	0.504469	89.53%
GFF-1-B-M (Generalized Feedforward)	0.08911	0.489861	90.27%	0.087631	0.60312	89.27%	0.094414	0.491205	89.53%
RBF-1-O-M (Radial Basis Function)	0.092484	0.470132	89.99%	0.089289	0.580412	89.83%	0.090955	0.531801	89.86%
RBF-1-B-M (Radial Basis Function)	0.113467	0.311629	86.46%	0.123395	0.479345	84.75%	0.119916	0.336231	85.47%

Summary of Best-Performing Networks

Model Name:

RBF-1-O-M (Radial Basis Function)

Breadboard Location:

C:\Users\Jaewon\Documents\NeuroDimension\NeuroSolutions\Rudphi05-RBF-1-O-M (Radial Basis Function).nsb

Performance Metrics			
	Training	Cross Val.	Testing
# of Rows	709	177	296
MSE	0.092484	0.089289	0.090955
Correlation (r)	0.470132	0.580412	0.531801
# Correct	638	159	266
# Incorrect	71	18	30
% Correct	89.99%	89.83%	89.86%

[표 1-62] 가무락(*C. sinensis*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능

Performance Metrics									
Model Name	Training			Cross Validation			Testing		
	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct	MSE	r	Correct
MLP-1-O-M (Multilayer Perceptron)	0.112018	0.493593	83.92%	0.103182	0.44891	85.88%	0.095908	0.429021	87.50%
MLP-1-B-M (Multilayer Perceptron)	0.079405	0.672345	87.59%	0.097879	0.503459	85.88%	0.084902	0.527131	83.45%
MLP-2-O-M (Multilayer Perceptron)	0.088144	0.621898	86.32%	0.099731	0.478158	85.88%	0.085548	0.511345	83.78%
MLP-2-B-M (Multilayer Perceptron)	0.102794	0.565507	83.36%	0.10698	0.41393	83.05%	0.090654	0.48535	85.81%
GFF-1-O-M (Generalized Feedforward)	0.100125	0.550422	85.61%	0.106067	0.419036	85.31%	0.092116	0.454292	86.15%
GFF-1-B-M (Generalized Feedforward)	0.09546	0.578274	84.91%	0.105709	0.433345	83.05%	0.087818	0.490221	84.80%
RBF-1-O-M (Radial Basis Function)	0.118347	0.427925	82.65%	0.115436	0.293253	85.31%	0.099982	0.360961	86.82%
RBF-1-B-M (Radial Basis Function)	0.140839	0.206025	82.65%	0.124327	0.162602	85.31%	0.114155	0.203551	86.82%

Summary of Best-Performing Networks

Model Name:

MLP-1-O-M (Multilayer Perceptron)

Breadboard Location:

C:\Users\Jaewon\Documents\NeuroDimension\NeuroSolutions\WAN-OptHab-Cycsin-04-MLP-1-O-M (Multilayer Perceptron).nsb

Performance Metrics			
	Training	Cross Val.	Testing
# of Rows	709	177	296
MSE	0.112018	0.103182	0.095908
Correlation (r)	0.493593	0.44891	0.429021
# Correct	595	152	259
# Incorrect	114	25	37
% Correct	83.92%	85.88%	87.50%

[표 1-63]은 동죽(*M. veneriformis*) 신경망 모형의 정확도를 오분류율(%)에 근거하여 나타낸 것이다. 이 종은 훈련과정에서 89%(서식, 92%; 부재, 86%)의 정확도를 나타내었으며, 교차타당성 검토에서 88%(서식, 96%; 부재, 84%) 그리고 검증 과정에서도 84%(서식, 91%; 부재, 79%)의 비교적 높은 정확도를 나타내었다. 정확도의 차이가 자료 간 큰

차이를 나타내지 않는 것으로 보아 이 모형의 성능 역시 적절한 학습 결과를 나타내며 예측 결과는 높은 generalizability를 갖는 것으로 추정할 수 있었다.

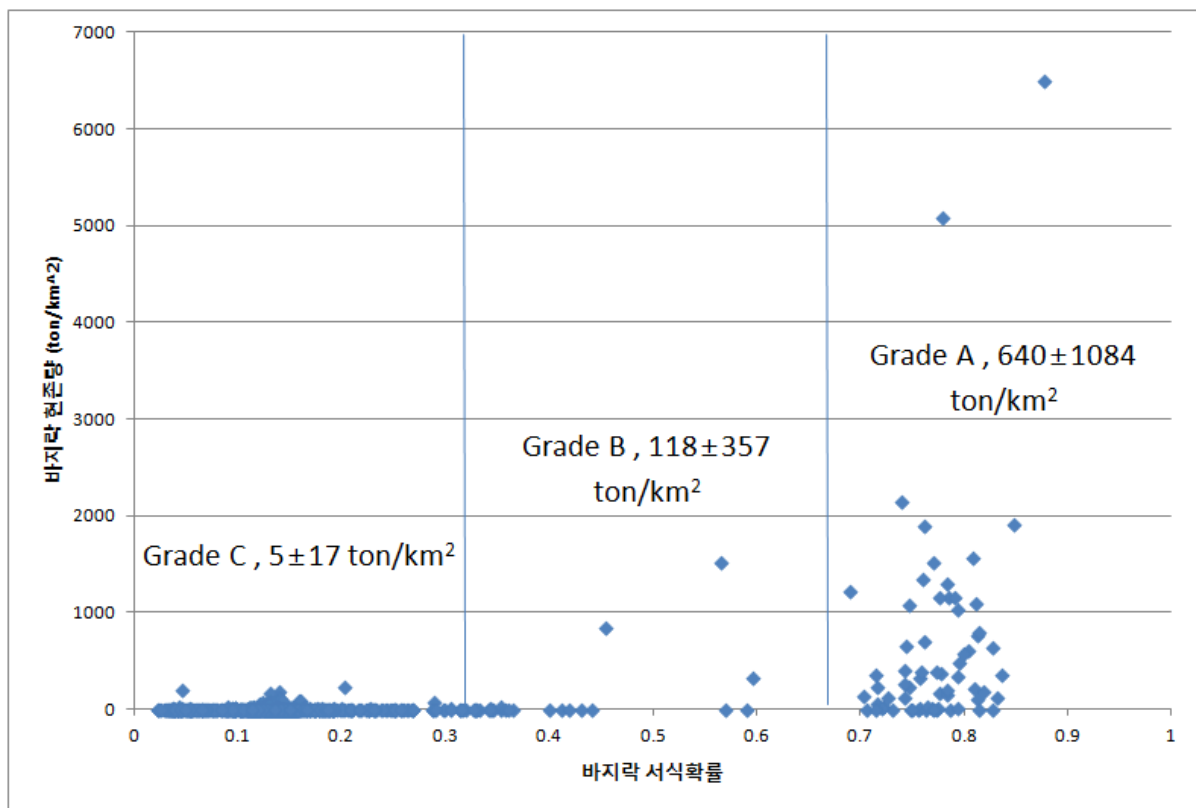
[표 1-63] 동족(*M. veneriformis*) 서식확률 예측 신경망 모형의 성능

Training data		
Output / Desired	<i>M. veneriformis</i> (1)	<i>M. veneriformis</i> (0)
<i>M. veneriformis</i> (1)	272	57
<i>M. veneriformis</i> (0)	23	358
Performance	M, <i>veneriformis</i> (1)	M, <i>veneriformis</i> (0)
MSE	0,093058165	0,093824974
NMSE	0,383178452	0,386335882
MAE	0,199246593	0,198336955
Min Abs Error	0,000172485	0,009934902
Max Abs Error	0,993971698	0,982168674
Percent Correct	92,20339203	86,26506042
Cross-validation data		
Output / Desired	<i>M. veneriformis</i> (1)	<i>M. veneriformis</i> (0)
<i>M. veneriformis</i> (1)	64	18
<i>M. veneriformis</i> (0)	3	92
Performance	M, <i>veneriformis</i> (1)	M, <i>veneriformis</i> (0)
MSE	0,109412483	0,108645545
NMSE	0,465099547	0,461839384
MAE	0,211840665	0,210288618
Min Abs Error	0,000546732	0,00994873
Max Abs Error	0,945324898	0,942348007
Percent Correct	95,52238464	83,63636017
Testing data		
Output / Desired	<i>M. veneriformis</i> (1)	<i>M. veneriformis</i> (0)
<i>M. veneriformis</i> (1)	118	34
<i>M. veneriformis</i> (0)	12	131
Performance	M, <i>veneriformis</i> (1)	M, <i>veneriformis</i> (0)
MSE	0,116774455	0,116632716
NMSE	0,473766757	0,473191707
MAE	0,228739117	0,226885862
Min Abs Error	0,000353824	0,010000825
Max Abs Error	0,961581897	0,95323658
Percent Correct	90,7692337	79,39393616

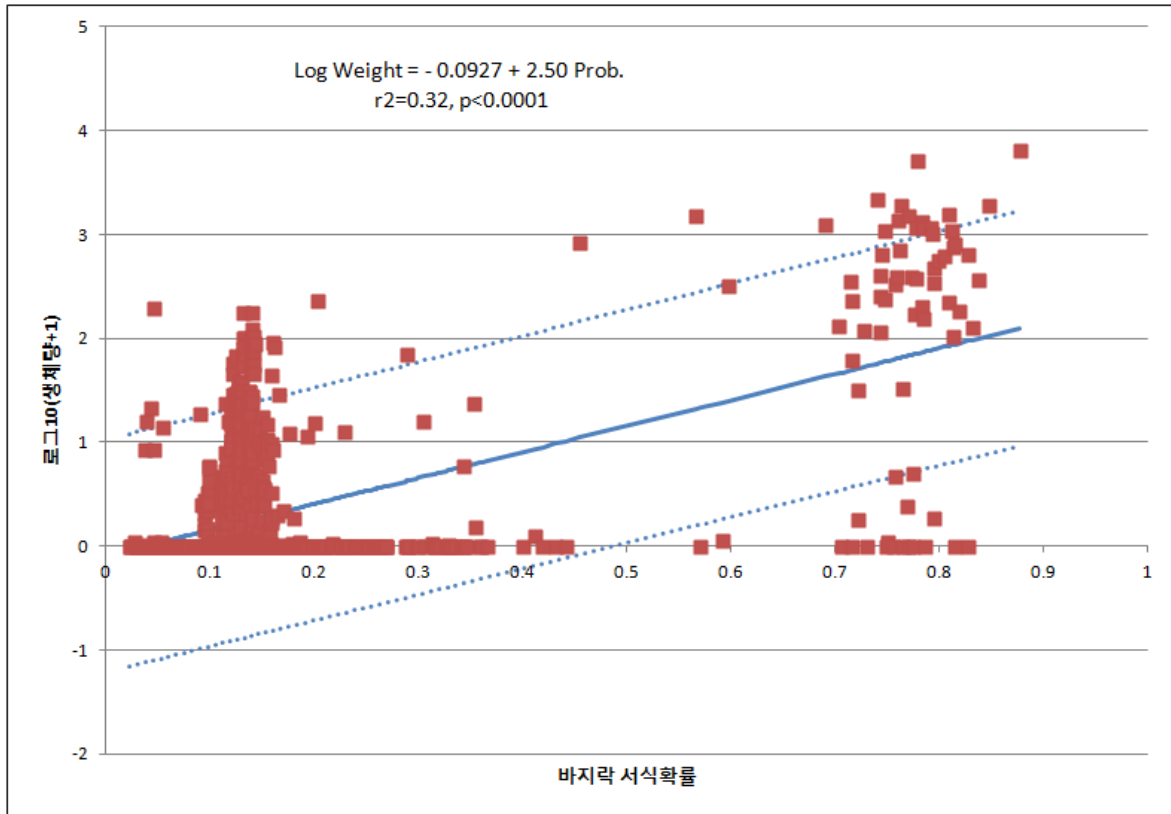
나. 적정 서식처 확률과 생산량

[그림 1-87]은 바지락(*R. philippinarum*) 적정 서식처의 확률 예측결과가 독립적으로 산출된 서식처 현존량과 어떠한 상관관계를 갖고 있는지를 나타낸 것이다. 본 조사에서는 출현 확률에 따른 서식처를 3단계로 등급화하였으며, A등급 서식처는 67% 이상, B등급은 33% 이상, 67% 미만 그리고 C등급은 33% 미만의 확률을 나타내는 곳으로 규정하였다. 3개 범주별 현존량은 등급에 따라 차이를 나타내었으며, C등급 서식처의 경우 평균 $5 \pm 17 \text{ ton/km}^2$, B등급 서식처의 경우 $118 \pm 357 \text{ ton/km}^2$ 그리고 A등급 서식처의 경우 $640 \pm 1084 \text{ ton/km}^2$ 의 현존량을 예측할 수 있었다. 이와 같은 관계는 개체군의 존재 확률로 서식처를 분류하고 관리하는 접근이 매우 높은 타당성을 지니고 있음을 보여주는 결과로 볼 수 있다.

[그림 1-88]은 바지락(*R. philippinarum*) 서식처 등급을 바탕으로 현존량을 예측할 수 있도록 선형모형을 추정한 결과이며, 제시된 함수식($r^2=0.32$, $p<0.0001$)을 바탕으로 각 서식처의 예상되는 생산량을 제시할 수 있다.



[그림 1-87] 바지락(*R. philippinarum*)의 서식확률과 독립적으로 산출된 서식처 범주 (A, B 그리고 C등급)별 현존량(ton/km²) 간 관계



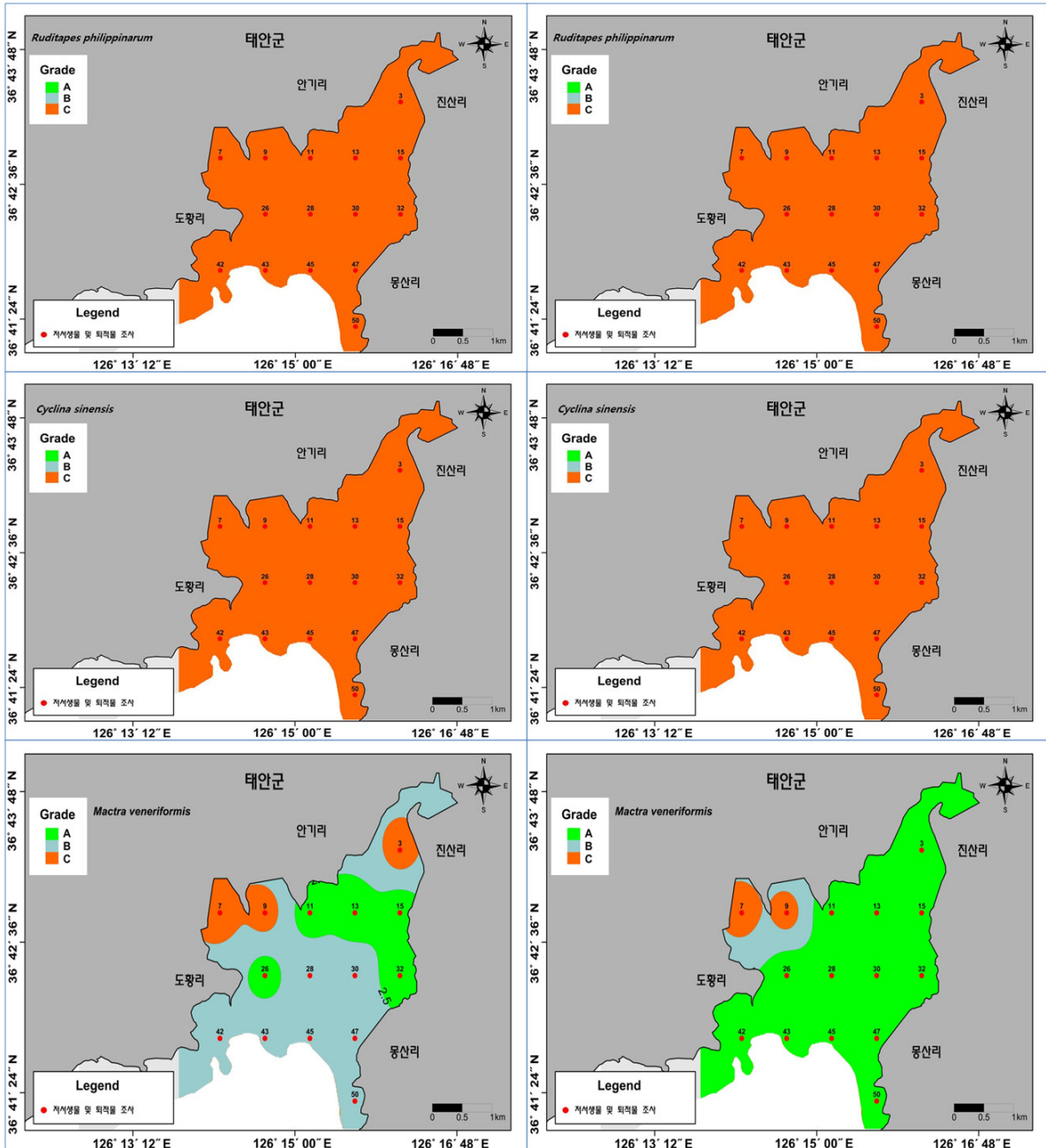
[그림 1-88] 바지락(*R. philippinarum*)의 서식확률과 이 종의 현존량(ton/km^2) 간 선형 관계 추정 결과

다. 확률에 기초한 주요 어종별 서식처 등급

[그림 1-89]는 본 조사의 대상지역인 태안군 남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*), 가무락(*C. sinensis*) 그리고 동족(*M. veneriformis*)의 서식 확률을 예측하고, 이를 앞서 언급한 등급(A등급 서식처는 67% 이상, B등급은 33% 이상, 67% 미만 그리고 C등급은 33% 미만의 확률)으로 전환하여 나타낸 결과이다. 그 결과, 최대 등급은 동족(*M. veneriformis*)에서 관찰된 A등급이었으며, 갯벌 어장 대부분의 면적이 이 종에게 적합한 서식처인 것으로 나타났다. 태안군 남면 갯벌 어장은 바지락(*R. philippinarum*)과 가무락(*C. sinensis*)의 서식 적정성 측면에서는 적합하지 않은 것(C등급)으로 추정되었다. 이와 같은 서식처 등급의 예측 결과는 태안군 남면의 갯벌 어장에 서식하는 종별 분포 양상과 정성적으로 일치하는 것으로 판단할 수 있었다.

앞서 설명한 바 있는 바지락(*R. philippinarum*)의 서식처 등급과 현존량 간 관계에서 C등급 갯벌 어장의 평균 바지락(*R. philippinarum*) 현존량과 68% 신뢰 구간은 $5 \pm 17 \text{ ton}/\text{km}^2$

였다. 태안군 남면에서 관찰된 단위면적당 현존량은 14 ton/km²였으며, 이는 C등급 바지락(*R. philippinarum*) 현존량의 68% 신뢰 구간에 포함되는 수치이다. 따라서 본 연구에서 사용한 모형은 타당한 예측 결과를 제시한 것으로 볼 수 있었다.



주 : 좌측이 2012년 2월 그리고 우측이 같은해 7월의 예측 결과임

[그림 1-89] 태안군 남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락 (*R. philippinarum*, 위), 가무락(*C. sinensis*, 가운데) 그리고 동족(*M. veneriformis*, 아래)의 서식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

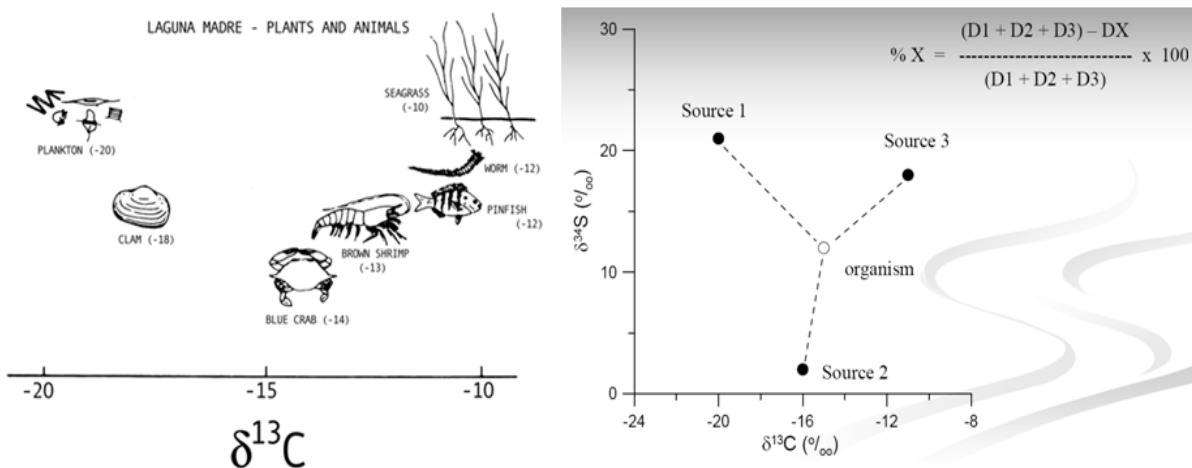
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

가. 서론

연안역은 인접한 해양과 육상으로부터 외래기원유기물(allochthonous source)을 공급받을 뿐만 아니라 연안역 자체에서 저서미세조류, 해조류, 해초류 및 염습식물과 같은 다양한 기초생산자(local sources)들의 존재로 생물 생산력이 가장 높은 지역이다. 특히, 조간대 갯벌 생태계는 연안 생태계의 물질순환에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며 다양한 영양공급원의 존재에 기인하여 복잡한 먹이망(food web)을 형성하고 있다. 전통적으로 연안역은 다량의 영양염류 공급으로 인해 수주(water column)내 높은 기초생산력을 바탕으로 식물플랑크톤 기원의 유기물이 소비자 동물의 영양기저로서 작동한다는 benthic-pelagic coupling이 나타나는 것으로 보고되어왔으나 최근의 연구들에서는 해역의 환경 특성에 따라 그 중요성은 다르게 나타나고 있다(Hobson *et al.*, 1995). 한반도 연안 조간대 생태계의 대형저서동물(macrobenthos) 생산의 영양기저(trophic base)로서 이러한 자생기원유기물(autochthonous organic matter)의 중요성은 안정동위원소 분석을 통하여 증명되어 왔으나(Kang *et al.*, 2003), 표영생산자와 저서생산자의 고차생물생산에 대한 상대적 중요성은 해역의 물리화학적, 생물학적 특성에 따라 큰 변동을 보이는 것으로 나타났다(Kang *et al.*, 2007). 따라서 환경 특성의 차이에 따른 영양기저로서의 역할(각각의 중요성) 및 먹이망을 통한 탄소(에너지) 흐름 경로(benthic/pelagic pathway)의 상대적인 중요성의 변화를 정확히 평가하여 조간대 생태계의 기능적인 면에 대한 체계적인 연구가 요망된다.

먹이망 구조를 연구하는 전통적인 방법은 소비자의 위 내용물을 분석하는 것이었다. 그러나 이러한 방법은 많은 시료들을 분석해야 하고 많은 시간과 노력이 요구될 뿐만 아니라 먹이생물로서의 다양한 생물종을 대상으로 연구를 수행해야 하며, 소화가 진행된 먹이, 먹이생물의 크기가 작은 경우나 형태적인 특징이 잘 나타나지 않는 생물의 경우 동정이 어렵고, 이미 소화되고 난 후의 파편이나 일부만 섭취된 생물들을 대상으로 할 수도 있다는 연구방법상의 단점을 가지고 있다. 또한 소화관 내용물 분석 방법으로 고차소비자로 갈수록 소비자가 이용하는 유기물의 기원을 추적하기는 어렵다. 이와 같은 단점들을 보완하고 소비자가 이용하는 유기물 기원을 추적하기 위해 탄소와 질소 안정동위원소 비값($\delta^{13}\text{C}$ 와 $\delta^{15}\text{N}$)을 이용하는 방법이 효과적으로 이용될 수 있다. 이 방법은

소비자가 먹이를 섭취하게 되면 대사과정을 거치면서 기원물질이 가지는 원래의 특성은 사라지는 반면 생산자의 탄소와 질소의 안정동위원소 조성이 소비자의 안정동위원소 조성에 반영된다는 특성에 근거하여 그 동물이 실제로 이용하는 먹이의 기여도를 평가할 수 있다. 또한 체성분 중 안정동위원소 조성은 상당 기간 동안 그들의 섭식활동을 반영한 결과이기 때문에 이들이 서식하고 있는 먹이환경을 해석할 수도 있다. 또한 안정동위원소 비 값을 분석할 경우 먹이와 소비자(prey-predator) 사이에 각 영양 단계를 따라 탄소는 1‰ 이내, 질소는 3 ~ 4‰ 정도가 높아지는 동위원소 분별효과(fractionation effect)가 나타난다. 따라서 안정동위원소 조성 분석을 통하여 소비자가 이용하는 유기물 기원의 추적이 가능하며 소비자의 영양단계를 연구하는데 있어 유용하게 이용될 수 있다 [그림 1-90].



[그림 1-90] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예

조간대 갯벌 생태계에서 해조류나 잘피장에서 잘피엽체 및 갯벌표면의 부착저서미세조류의 높은 생산과 이들의 파편(detritus)은 특히, 식물플랑크톤의 생산력이나 생물량이 낮은 해역의 연안 생태계 먹이망에서 중요한 영양기저로서 작용하고 있다는 것이 안정동위원소 연구를 통하여 밝혀졌다(Kang *et al.*, 2003). 이것은 잘피, 대형해조류 그리고 저서미세조류들의 안정동위원소 비값이 식물플랑크톤이나 다른 식물군에 비하여 현저히 높고, 여기에 서식하는 동물들의 생체 내 안정동위원소 비값 역시 다른 생태계에 비하여 현저히 높다는 점으로부터 잘피, 대형해조류, 그리고 저서미세조류에 기원을 둔 탄소의 높은 가용성과 동물의 높은 이용의 결과에 의한다는 결론을 얻을 수 있었다. 이와 같은 평가를 갯벌생태계의 주요 상업종인 굴과 바지락 등을 대상으로 미세조류 기원 유기물과 표영생태계 내의 식물플랑크톤에 기원을 둔 유기물의 기여도를 동위원소 혼합

모델(isotope-mixing model)을 이용하여 분석 할 수 있을 것이다. 결국, 조간대 갯벌생태계의 주요 기초생산자와 동물의 탄소 및 질소안정동위원소 분석을 통해 갯벌 어장의 먹이 관계를 일반화하여 제시할 수 있는 정보를 제공하게 될 것으로 판단된다.

나. 조사 방법

1) 안정동위원소 분석 준비

채집된 모든 시료들은 현장에서 아이스박스에 얼음과 함께 채워 실험실로 운반하였다. 실험실에서 먼저 입자물질 및 플랑크톤 등의 시료는 원심분리를 하여 포집하였고, 생물시료는 가능하면 종 단위까지 생물을 분류한 후 동정하고 잘 세척하여 해조류의 잎은 절단하고 동물체는 조심스럽게 근육부위를 절개 혹은 절단하여 동결건조를 하였으며, 건조된 시료는 잘 갈아서 미세한 분말로 만들어 분석 때까지 데시케이터에 보관한 후 이 분말들을 약 1~2 mg 분취하여 분석에 이용하였다.

2) 안정동위원소 분석

안정동위원소조성은 CNS 원소분석기와 연결된 Micromass사의 IsoPrime급 안정동위원소 질량분석기(IRMS, Isotope Ratio-Mass Spectrometer)를 이용하여 분석하였다. 먼저 분석 전에 모든 시료는 동결건조하여 고운 분말을 만들어 준비하였다. 이렇게 준비한 분말시료의 적당량을 주석(Tin) capsule에 평량하여 CNS 원소분석기의 autosampler에 순서대로 주입하였다. 원소분석기에서는 1030℃에서 모든 유기물을 연소시켜 무기 가스 상태화하는데 여기서 발생한 CO₂와 N₂ 개스는 질량분석기와 연결된 interface를 통하여 동위원소질량분석기로 주입되게 되어 C와 N 안정동위원소 조성을 분석하였다. 안정동위원소 비값은 다음의 식과 같이 표준물질에 대한 시료의 그 비값 변위를 천분율(‰)로 나타내어 δ 기호로 표현하게 된다 : $\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{sample}}/({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{standard}} - 1] * 1000$; $\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{sample}}/({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{standard}} - 1] * 1000$. 여기서 사용한 표준물질은 탄소의 경우는 PDB(Pee Dee Belmnite)와 질소의 경우 air N₂ 등 국제표준 기준을 사용하였다. 여기서 분석오차는 $\delta^{13}\text{C} \pm 0.1\text{‰}$ 그리고 $\delta^{15}\text{N} \pm 0.2\text{‰}$ 정도였다.

다. 결과 및 토의

2012년 2월과 2012년 7월 태안군 남면 갯벌에서 채집된 저서동물의 탄소 및 질소안정

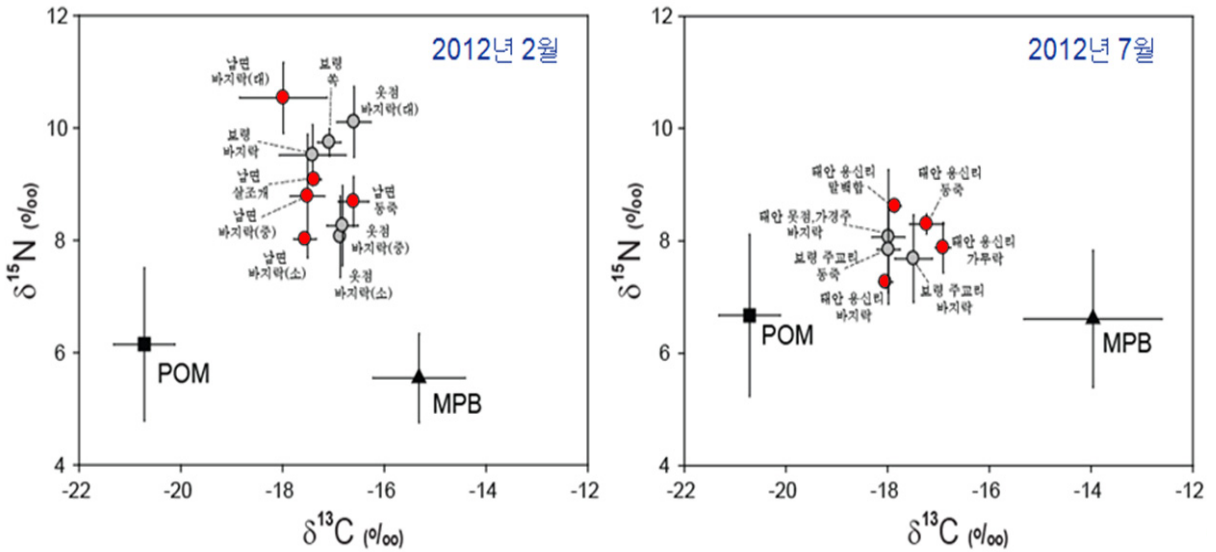
동위원소 비 값($\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$)의 계절 변동을 측정했다 [표 1-64]. 선행조사를 통하여 태안 해역의 주요 잠재먹이원인 POM (particulate organic matter)와 MPB(microphytobenthos)의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 유의한 차이를 보였다(student t-test, $p<0.05$). POM의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -20.7% 과 -20.6% 그리고 6.1% 과 6.7% 로 거의 차이가 없었다. MPB의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -15.3% 과 -14.0% 그리고 5.5% 과 6.6% 을 보였다. 2012년 2월과 2012년 7월 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 dual plot으로 나타냈다[그림 1-91]. 2012년 2월에 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 남면 바지락(대) $-18.0\pm 0.9\%$ 에서 남면 동죽 $-16.6\pm 0.3\%$ 까지 분포하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 남면 바지락(소) $8.0\pm 0.0\%$ 에서 남면 바지락(대) $10.5\pm 0.6\%$ 까지 분포하였다. 2012년 7월에 동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 태안 용신리 바지락 $-18.0\pm 0.1\%$ 에서 태안 용신리 가무락 $-16.9\pm 0.1\%$ 까지 분포하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 태안 용신리 바지락 $7.3\pm 0.1\%$ 에서 태안 용신리 말백합 $8.6\pm 0.1\%$ 까지 분포하였다.

[표 1-64] 태안군 남면 인근 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값

날짜	정점	국명	학명	$\delta^{13}\text{C}(\pm\text{SD})$		$\delta^{15}\text{N}(\pm\text{SD})$	
2월	남면	살조개	<i>Protothaca jedoensis</i>	-17.4	0.1	9.1	0.0
	남면	바지락 대	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-18.0	0.9	10.5	0.6
	남면	바지락 중	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-17.5	0.3	8.8	1.1
	남면	바지락 소	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-17.6	0.2	8.0	0.0
	남면	동죽	<i>Macra veneriformis</i>	-16.6	0.3	8.7	0.4
7월	태안용신리	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-18.0	0.1	7.3	0.1
	태안용신리	동죽	<i>Macra veneriformis</i>	-17.2	0.3	8.3	0.2
	태안용신리	말백합	<i>Meretrix petechialis</i>	-17.9	0.1	8.6	0.1
	태안용신리	가무락	<i>Cyclina sinensis</i>	-16.9	0.1	7.9	0.4

POM과 MPB를 end-member로 설정하고 two source mixing model을 수행한 결과를 [표 1-65]에 나타냈다. 2012년 2월에 태안군 남면 갯벌에서 POM의 기여율은 동죽 40%에서 바지락(대) 66%까지 분포하였고, 2012년 7월에 POM의 기여율은 바지락 62%에서 말백합 74%까지 분포하였다. 2012년 2월과 7월에 저서동물들에 대한 POM 기여율의 평균은 각각 $55\pm 9\%$ 와 $70\pm 7\%$ 의 범위로 분포하였다.

태안과 보령에서 2월과 7월에 채집한 저서무척추동물과 잠재먹이원의 탄소 및 질소 안정동위원소 분석 결과, 잠재기원유기물의 경우 계절에 따라 저서미세조류의 $\delta^{13}\text{C}$ 값에서 유의한 차이가 나타났으나 POM은 계절 변동을 보이지 않았다. 채집된 동물들의 안정동위원소 비값으로 dual plot을 살펴보면, 2월에 남면 바지락의 경우 크기에 따라 $\delta^{15}\text{N}$ 값에서 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p<0.05$). 지역간에는 2월에 남면과



[그림 1-91] 남면 갯벌 및 기타 태안 조사점점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값의 dual plot

웃점 그리고 7월에 태안 용신리와 보령 주교리 바지락 간에 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 종간에는 2월 남면 바지락, 살조개와 남면 동죽 간 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 결과적으로 태안과 보령 해역의 주요 부유물 섭식자들의 먹이원 선택에 있어 해역, 종, 그리고 종의 크기에 따른 변동이 나타났으며 앞으로의 연구는 이들이 선택적으로 특정 크기의 미세조류를 섭식하는지 또는 선택적으로 섭식을 하지 못하는지에 대한 섭식양식에 대한 세밀한 조사가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

[표 1-65] 태안군 남면지역에서 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 대한 기여율

날짜	정점	국명	학명	POM 기여율	MPB 기여율
2월	남면	살조개	<i>Protothaca jedoensis</i>	55	45
	남면	바지락 대	<i>Ruditapes philippinarum</i>	66	34
	남면	바지락 중	<i>Ruditapes philippinarum</i>	57	43
	남면	바지락 소	<i>Ruditapes philippinarum</i>	58	42
	남면	동죽	<i>Macra veneriformis</i>	40	60
7월	태안 용신리	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	66	34
	태안 용신리	동죽	<i>Macra veneriformis</i>	73	27
	태안 용신리	말백합	<i>Meretrix petechialis</i>	74	26
	태안 용신리	가무락	<i>Cyclina sinensis</i>	62	38

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

앞서 실험에서 사용된 바지락의 건중량은 0.45g이었으며, 이를 어획량과 동일한 단위의 습중량으로 환산하면 5.2g (건중량/습중량 비⁵⁾=0.087 적용)에 해당한다. 일일 섭식량은 1.2g/day인 것으로 측정되었으며, 이를 1년 단위로 환산하면 438g/year과 같다.

일반적으로 연간 소비량과 생체량의 비율은 Q/B ratio는 10-20 사이인 것으로 알려져 있으나 실험으로부터 측정된 비율은 84였다. 남아프리카의 Kromme estuary의 생태계 에너지 유전 모형 연구(Heymans and Baird, 1995)에서 활용된, 바지락과 같은 현탁물 식자 6종의 평균 Q/B ratio는 9.73으로 추정되었으며, 독일 와덴해 갯벌의 우점 현탁물 식자인 새조개류, *Cerastoderma edule*의 Q/B ratio는 9.1인 것으로 보고되었다(Baird et al., 2004). 이에 비하면, 실험으로부터 추정된 Q/B ratio는 매우 높은 수준이며, 이는 18℃에서 측정되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 연간 섭식량을 추정하는 데에 사용하기 위한 수치로는 과대 추정된 것으로 볼 수 있었으며, 본 연구에서는 이 종의 Q/B ratio를 위의 알려진 값의 평균에 해당하는 9.4로 가정하였다.

[표 1-66]은 태안군 남면의 바지락 개체당 평균 개체수와 습중량(개체당 평균=6.72g), 어장 면적, 앞서 설명한 Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량 추정 결과를 나타낸 것이다. 조사 대상 지역 가운데 어장 면적이 가장 넓음에도 불구하고 가장 낮은 연간 생산량, 137 ton이 추정되었다.

[표 1-66]의 생산량을 생태학적 생산량으로 표현한 것은 어획량 또는 어촌계 생산량과 다름을 나타내기 위한 것이며, 생태학적 생산량은 단위 면적당 유기물의 생성 속도를 나타내는 것이라 할 수 있다. 달리 표현하면, 바지락이 주로 기초생산이나 이로부터 기원한 유기물을 먹이로 섭취하여 일 년 동안 시스템 내에서 유기물을 생산하는 양이라 할 수 있다. 국내 갯벌에 서식하는 바지락의 생산량/현존량 비율 1.33(Koh, 2001)을 기준하면 바지락의 현존량이 1000 ton/km²일 경우 연간 1330 ton/km²이 생산된다는 의미로 이해할 수 있다.

[표 1-66] 태안군 남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (m ²)	평균 개체수 (Ind./m ²)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
남면	10,879,046	2	1374	137

5) 출처, 독일 Alfred Wegener Institute의 Dr. Thomas Brey의 Population dynamics in benthic invertebrates-a virtual handbook.

본 조사로부터 추정된 생산량은 인간뿐만 아니라 물새, 저어류, 갑각류 등에 이용되는데, 인천광역시(2004)에 따르면, 인천 연안 178km²에서 생산되는 유기물은 맨손 어업에 의해 연간 2000톤, 조류, 저어류, 갑각류가 2300~4600톤 등으로 나뉘어 이용되는 것으로 추정되어 1:1 또는 1:3의 비율로 갯벌 유기물 생산량을 활용하는 것으로 추정되었다.

본 조사에서 추정된 태안군 남면의 자원량(=현존량)은 156 ton였다. 여기에 앞서 언급한 바 있는 Koh(2001)의 생산량/현존량 비율(1.33)을 활용하면, 연간 생산량은 207 ton이다. 이는 Q/B ratio 및 생태학적 효율을 고려한 수치(137 ton)와 비슷한 수준이라 할 수 있으며, 따라서 타당한 추정이라 할 수 있다. 두 추정치의 차이를 감안하여 태안군 남면의 바지락 생산량을 약 170 ton으로 간주한다면, 물새 및 저어류, 갑각류에게 이용될 수 있는 양을 114 ton(평균 1:2 비율 적용)⁶⁾으로 볼 수 있고, 인간에게 활용 가능한 양은 나머지인 56 ton이라 할 수 있다. 이는 본 보고서의 최적생산모델 추정 분야에서 계산된 태안군 남면의 생물학적 허용어획량 44 ton과 비슷한 수준의 값이며 이 값은 인간에게 활용 가능한 바지락 생산량에 근접한 값이라 할 수 있다.

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

환경 수용력은 다양한 요인에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어, 오염된 해역의 저서동물 군집 서식밀도를 대상으로 한다면 저층에 공급되는 먹이원의 풍부함보다 용존 산소 농도에 따라 군집밀도 수준이 결정될 수도 있는 것이다. 본 연구에서는 (1) 앞서의 안정동위원소를 활용하여 측정된 수층과 갯벌의 기초생산 기여도와 갯벌의 미세조류 일차생산량을 바탕으로 바지락이 섭식할 수 있는 연간 섭식량을 산정하고 (2) 해당 서식처에서 바지락에 대해 실현된 생태지위(realized niche)가 전체 군집 생체량 내 바지락이 차지하는 비율과 비례할 것이라는 가정을 바탕으로 이를 위의 연간 섭식량에 적용, 대상 갯벌 어장에서의 환경 수용력과 일치하는 바지락 생산량을 추정하였다[표 1-67].

먼저 태안군 남면의 갯벌 기초 생산은 2,694.88 gC/m²/year의 범위인 것으로 추정되었다. 남면의 기초 생산은 고남면, 주교면의 것에 비해 약 6~9배 정도 높은 수준인 것으로 측정되었다. 단위면적당 기초생산량에 남면 어장면적(10,879,046 m²)을 고려한 것이 표 2의 갯벌 미세조류 일차생산량(29,317 ton C/year)이다. 이 값에 태안군 남면 갯벌 바지락 체내 안정동위원소에 대한 two-source mixing model의 적용을 통해 추정된 갯벌 기초생산량:수층 기초생산량 기여도 약 4:6을 고려하면, 수층의 기초생산 기원 POM 섭식량(43,977 ton C/year) 그리고 바지락이 군집 생산량의 100%를 차지할 경우에 해당하는 연

6) 이는 생물 생산의 자연사망 비율에 따라 달라질 수 있는 수치임.

간 탄소 섭취량이 추정(73,294 ton C/year)될 수 있다[표 1-67].

이 값에 생태학적 효율, 0.1을 적용하면 바지락의 탄소 생산량(7,329 ton C/year)이며, 바지락의 탄소량을 습중량으로 전환하는 값으로, 앞서 Dr. Thomas Brey가 제안한 이때 패류 습중량-회분제거건중량(ash-free dry weight) 비율인 0.057과 회분제거건중량-유기탄소 비율인 0.518을 활용하면 남면의 습중량(패각의 무게가 포함된 중량) 생산량을 추정(248,468 ton/year)할 수 있다. 이는 갯벌 어장에 바지락만이 서식하거나 적합한 서식처에서 경쟁적으로 우월하게 먹이를 이용할 경우의 수치라 할 수 있으며, 서식처 특성에 따른 현실적인 생태지위가 반영된 먹이의 이용 가능량과는 거리가 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 본 연구에서는 이와 같은 먹이이용 가능량, Q/B ratio가 일정한 범위 내에 속하여 이를 상수로 가정할 수 있다면 섭취량(Q)은 생체량(B, 현존량)에 비례하는 것이므로, 남면 갯벌의 2차 생산자인 저서동물의 현존량에서 바지락이 차지하는 비율(0.3%)과 유사할 것으로 가정하였다[표 1-67].

이 비율을 적용한 환경 수용력 개념의 바지락 생산량은 783 ton/year이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 72 ton으로 계산되었다. 이와 같은 방식으로 계산된 생산량, 즉 기초 생산과 서식처 특성이 고려된 환경 수용력은 태안군 남면 갯벌 어장의 2차 생산력 총합과 이를 바탕으로 계산된 먹이양에 바지락이 차지하는 생체량의 비율을 적용하여 추정한 바지락 생산력과 크게 다르지 않을 것이다. 태안군 남면의 환경 수용력, 783 ton/year는 생산량/현존량 비율을 적용한 연간 생산량, 207 ton의 4배에 해당하는 수치이며, 이 수준까지 생산이 가능한 것으로 이해할 수 있겠다.

[표 1-67] 태안군 남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정

지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM/M PB	POM 섭취량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭취량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락가능 생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락 생산량 (ton/yr)	단위면적당 바지락 생산량 (ton/km ² /yr)
태안군 남면	29,318	1.50	43,977	73,294	7,329	248,468	0.3%	783	72

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

경제 개발, 위험 경감, 심미적 가치 증진, 그리고 환경 보호를 목적으로 연안을 효율적으로 관리하기 위한 움직임이 전 세계적으로 진행되고 있다 (Diefenderfer et al., 2009). 특히, 급속도로 연안의 서식처와 생태계 기능이 손실됨에 따라 그 대응으로 서식처 복

원의 규모가 점차 확대되고 있는 상황이며 (NRC, 2003), 이에 따라 생태학적인 이론에 근거하고 연안의 상태에 대한 진단을 기반으로 한 정책결정 도구가 필요하게 되었다 (Bulleri, 2006; Thom, 2000).

Evans et al. (2006)은 연안 서식처의 관리전략을 창출 (creation), 기능 강화 (enhancement), 복원 (restoration), 보전 (conservation), 그리고 보존 (preservation)으로 구분하였는데, 정책결정 도구는 서식처의 여건에 따라 이들 관리전략을 적절히 구분하는 기능을 갖추어야 한다. 정책결정 도구가 이러한 기능을 갖추기 위해서는 서식처의 자생력에 대한 평가가 가능해야 하며, 경관생태학적인 접근이 필요하다. 즉, 지역적인 규모의 서식처가 유지되기 위해서는 그 서식처의 주변이나 외부에 훼손되지 않은 온전한 서식처가 존재해야 하며 그로부터 지속적인 지원이 있어야 한다. 따라서 특정 서식처의 생태계 구조나 기능을 성공적으로 회복·유지시키기 위해서는 그 서식처 내부의 상황(site-scale)뿐만 아니라 그 서식처에 영향을 줄 수 있는 주변 지역 (landscape-scale)의 특성이 함께 고려되어야 한다 (NRC, 1992).

훼손된 연안 서식처의 건강성과 기능을 회복시키기 위한 사업은 목표설정, 계획수립, 이행, 모니터링, 수행실적 평가, 순응적 관리 (adaptive management), 그리고 성과 전파 등의 순차적인 과정을 포함하고 있다. 그러나 생태학적 자료에 대한 평가와 서식처 관리의 우선순위를 정하지 않고서는 적절한 관리가 이루어지기 어렵다 (Diefenderfer et al., 2009). 본 연구에 도입된 RPMS 모델 (Restoration Prioritization and Management Strategy model)은 서식처의 현황에 대해 생물과 환경, 정점 (local)과 경관 (landscape) 등 다양한 측면을 종합적으로 고려하기 때문에 현재의 상황에 대한 정밀한 진단뿐만 아니라 향후의 관리전략을 수립하는데 용이하다. 또한 국내 갯벌의 약 30% 면적에 해당하는 자료를 바탕으로 구축되었기 때문에 다양한 서식처에 적용하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

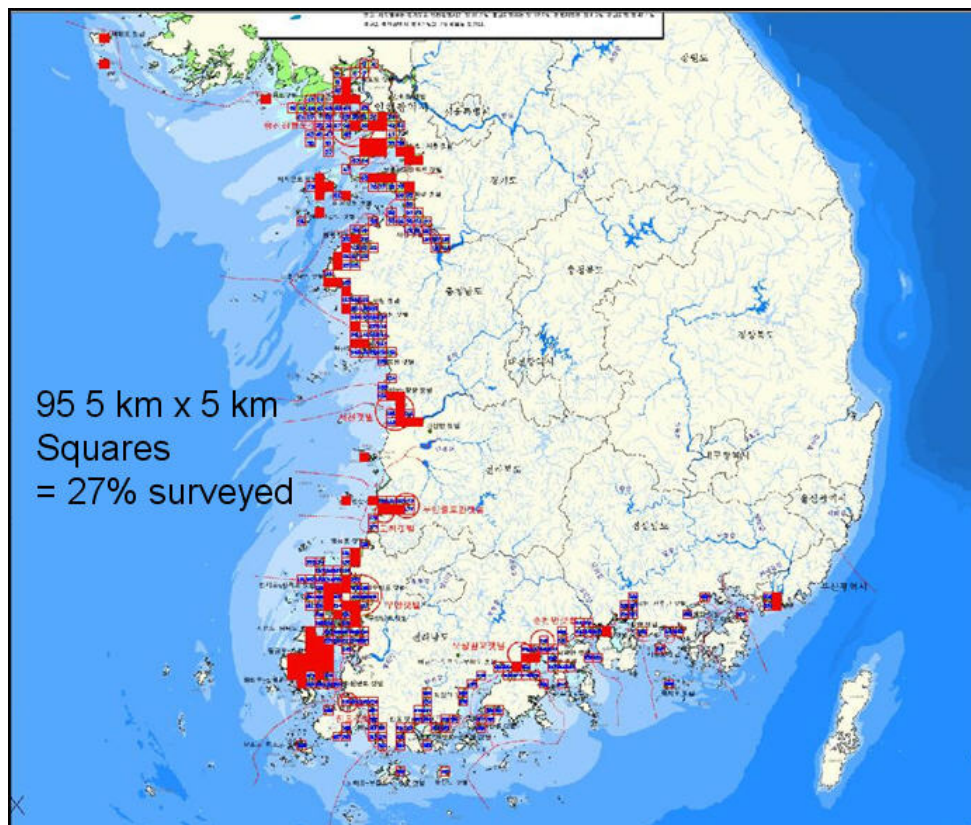
본 연구에서 RPMS 모델을 활용한 주된 목적은 ISEP 인덱스와 같이 단일 혹은 소수의 항목으로 조사지역의 건강도를 평가하는 것 외에 서식처의 상태를 보다 다양한 관점에서 종합적으로 진단하기 위함이다. 이와 더불어 경관생태학적 관점에서 각 서식처의 자생력을 평가함으로써 향후 조사지역을 효율적으로 관리할 수 있는 관리전략을 도출하고자 하였다. 따라서 위의 모델을 통하여 도출된 관리방안은 단기적이며 국부적이기 보다는 장기적이며 넓은 규모의 범위를 반영할 수 있을 것이다. 향후 각 관리전략에 따라 특정 지역 혹은 구역에 적합한 세부전술에 대한 보완이 필요할 것으로 판단되나, 위의 과정을 통해 각 조사지역에 대한 평가와 이를 바탕으로 관리방안이 수립되면 이를 이행함으로써 건강한 생태적 환경의 기반위에 지속가능한 어업생산의 도모가 가능할 것으로 기대된다.

1. 조사 방법

가. 갯벌 자생력/복원우선순위/복원전략 판단모형 (RPMS: Restoration Prioritization and Management Strategy model)

생태적 우수성이 높은 갯벌을 보전하거나 반대로 생태환경이 열악한 갯벌을 복원하기 위해서는 우선 합당한 기준에 따라 각 단위갯벌의 생태적 가치를 평가한 후, 관리의 우선순위를 정하는 일련의 논리적 절차가 필요하다. 따라서 일차적으로 갯벌의 생태 등급을 평가하기 위해 5개의 생물학적 요인 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도 - ISEP지수, KBQI지수)과 4개의 경관생태학적 요인 (해안 자연성, 중요 서식처, 베타 다양도, 감마 다양도)을 선정하여 제시하였다.

각 평가 항목은 국내 갯벌의 약 30%에 해당하는 서·남해안 지역에서 관찰된 값의 분포에 근거하여 7단계로 배점기준을 제시하였다 [그림 1-92] [표 1-68~74]. 예를 들어 생태학적 중요종이 많고, 생물다양성과 ISEP값이 높은 곳일수록 높은 점수 (7점 만점)를 부여하였다.



[그림 1-92] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황

1) 생태학적 중요 종 (EIS, Ecologically Important Species)

생태계 내에서 시스템 전체 또는 종간의 상호작용과 생태계 서비스에 큰 영향을 미치는 종으로서 다음 6개 항목으로 구분하였다.

(1) 대형 포식자 (predator)

포식을 통해 갯벌의 군집구조를 크게 변화시키기 때문에 중요한 종으로 (Paine, 1966; Hixon, 1982; Reise, 1985; Brown and Heske, 1990; Khanina, 1998), 생태계 내외적으로 에너지 흐름에 영향을 미치며 갯벌의 생산을 외부로 전달하는 벡터로서의 역할을 통해 넓은 공간에 파급 효과(far-reaching effect)를 갖는 생물이다[표 1-68].

(2) 생태계 공학종 (ecosystem engineer)

서식지의 물리적 상태를 변형시키거나 유지보수, 또는 생성함으로써 다른 생물의 자원 가용성을 직접 또는 간접적으로 조절하는 생물로서 (Johns et al., 1994; 1997), 생물 다양성을 증진시키고 (Reise, 1985), 생태계 서비스에 기여하는 생물 (Lohrer et al. 2004)로 알려져 있다. 본 연구에서는 관서 다모류 또는 관서 단각류와 같이 갯벌에 서관을 만들어 서식처를 형성하는 종 (habitat forming species)과 썩, 칠게, 개불 등과 같이 굴이나 갯도를 만들어 서식처를 변형시키는 종 (habitat modification species), 모래무치염통성 계와 같이 퇴적물 교란을 통해 영양염 재생산 (nutrient regeneration)에 기여하는 종들을 포함시켰다[표 1-69].

(3) 생물 정화종 (bioremediation)

환경오염 저감작용을 수행하는 생물을 의미한다 (Gifford et al., 2006). 본 연구에서는 저층과 수층의 상호작용 (benthic-pelagic coupling)을 통해 수층의 유기물이나 미생물 등을 제거하여 퇴적물 영역으로 끌어들이는 현탁물 식자 (filter feeder)인 연체동물 이매패류 위주로 선정하였다[표 1-70].

(4) 수산업종 (fisheries)

인간 경제에 중요한 생물군으로서 개체군 크기가 수산업에 의해 인위적으로 크게 영향을 받으며, 궁극적으로 이들과 먹이망으로 상호 연결된 상하위 계층의 군집구조에 영

향을 미치는 생물이다[표 1-71].

(5) 국가적 희소종 (Nationally rare species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰되는 빈도가 0.5% 이하인 종들로서 기준 빈도의 설정은 Sanderson (1996)을 참고하였으며, 비록 갯벌에서 관찰되지만 분포의 중심이 조하대에 속하는 종들은 제외하였다[표 1-72].

(6) 국가적 소수종 (Nationally scarce species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰된 빈도가 0.5% 초과 3.5% 이하인 종들로서 역시 조하대에 분포하는 종들은 제외하였고, 기준 빈도는 Sanderson (1996)을 참고하였다[표 1-73].

[표 1-68] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자)

Predator	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Glycera</i> spp.	참미갑갯지렁이류
		<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
	Crustacea	<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우
		<i>Matuta lunaris</i>	금게
		<i>Matuta planipes</i>	그물무늬금게
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
		<i>Orithyia sinica</i>	범게
		<i>Ovalipes punctatus</i>	깨다시꽃게
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게
	Mollusca	<i>Glossaulax didyma</i>	큰구슬우렁이
		<i>Lunatia fortunei</i>	갯우렁이
		<i>Rapana venosa</i>	피뿔고둥

[표 1-69] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종)

Engineer	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Amphictene japonica</i>	긴빛갯지렁이
		<i>Arenicola brasiliensis</i>	작은검은갯지렁이
		<i>Cistenides okudai</i>	곤봉빛갯지렁이
		<i>Diopatra sugokai</i>	털보집갯지렁이
		<i>Galathowenia oculata</i>	싸리버섯갯지렁이류
		<i>Hediste japonica</i>	참갯지렁이
		<i>Lagis bocki</i>	앞빛갯지렁이
		<i>Loimia medusa</i>	괴물유령갯지렁이
		<i>Lygdamis giardi</i>	흙울타리갯지렁이
		<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
		<i>Mesochaetopterus japonicus</i>	밀짚날개갯지렁이
		<i>Nectoneanthes oxypoda</i>	넓적발참갯지렁이
		<i>Onuphis eremita</i>	수염갯지렁이류
		<i>Owenia fusiformis</i>	싸리버섯갯지렁이
		<i>Owenia gomsoni</i>	싸리버섯갯지렁이류
		<i>Paraleonnates ushcakovi</i>	흰이빨참갯지렁이
		<i>Perinereis aibuhitensis</i>	두토막눈썹참갯지렁이
		<i>Pista cristata</i>	총채유령갯지렁이
		<i>Praxillella affinis</i>	꼬리대나무갯지렁이
	<i>Spiochaetopterus koreana</i>	한국날개갯지렁이	
	Crustacea	<i>Alpheus bisincisus</i>	흙발딱총새우
		<i>Alpheus brevicristatus</i>	딱총새우
		<i>Alpheus digitalis</i>	큰딱총새우
		<i>Alpheus japonicus</i>	긴발딱총새우
		<i>Aoroides columbiae</i>	북태평양육질꼬리옆새우
		<i>Apocorophium acutum</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Callinassa japonica</i>	쏙불이
		<i>Cleistostoma dilatatum</i>	세스랑게
		<i>Corophiid amphipods</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Eocorophium kitamori</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Grandidierella japonica</i>	발성육질꼬리옆새우
		<i>Helice tridens tridens</i>	방게
		<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	길게
		<i>Macrophthalmus japonicus</i>	칠게
		<i>Monocorophium acherusicum</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Ocyopode stimpsoni</i>	달랑게
		<i>Photis longicaudata</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Scopimera globosa</i>	엽낭게
		<i>Sinocorophium sinensis</i>	육질꼬리옆새우류
		<i>Uca arcuata</i>	농게
<i>Uca lactea</i>	흰발농게		
<i>Upogebia major</i>	쓱		
	Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i>	참굴
		<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	진주담치
	Echinodermata	<i>Echinocardium cordatum</i>	모래무치염통성게
		<i>Protankyra bidentata</i>	가시땃해삼
	Othrs	<i>Urechis unicinctus</i>	개불

[표 1-70] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종)

Bioremediation	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Chone teres</i>	빛꽃갯지렁이
		<i>Galathowenia oculata</i>	싸리버섯갯지렁이류
		<i>Hydroides elegans</i>	우산석회관갯지렁이류
		<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이
		<i>Lygdamis giardi</i>	흙올타리갯지렁이
		<i>Mesochaetopterus japonicus</i>	밀짚날개갯지렁이
		<i>Owenia fusiformis</i>	싸리버섯갯지렁이
		<i>Owenia gomsoni</i>	곰소싸리버섯갯지렁이
		<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	사천왕갯지렁이
		<i>Pseudopotamilla ocellata</i>	안점꽃갯지렁이
		<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉둥근올타리갯지렁이
		<i>Spiochaetopterus koreana</i>	한국날개갯지렁이
	Crustacea	<i>Corophiid amphipods</i>	육질꼬리옆새우류
	Mollusca	<i>Barnea dilatata</i>	우줄기
		<i>Corbicula leana</i>	참재첩
		<i>Corbicula papyracea</i>	얇은재첩
		<i>Crassostrea gigas</i>	참굴
		<i>Cultrensis attenuatus</i>	비단가리맛
		<i>Cyclina sinensis</i>	가무락
		<i>Dosinorbis japonica</i>	떡조개
		<i>Gomphina veneriformis</i>	대복
		<i>Mactra chinensis</i>	개량조개
		<i>Mactra veneriformis</i>	동죽
		<i>Meretrix petechialis</i>	말백합
		<i>Mya arenaria oonogai</i>	우럭
		<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	진주담치
		<i>Nuttallia japonica</i>	빛조개
		<i>Nuttallia olivacea</i>	두툼빛조개
		<i>Ruditapes philippinarum</i>	바지락
		<i>Scapharca broughtonii</i>	피조개
		<i>Scapharca subcrenata</i>	새꼬막
		<i>Sinonovacula constricta</i>	가리맛조개
	<i>Solen strictus</i>	맛조개	
<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막		
Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불	

[표 1-71] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종)

Fisheries	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
		<i>Onuphis eremita</i>	수염갯지렁이류
	Crustacea	<i>Paraleonnates ushcakovi</i>	흰이빨참갯지렁이
		<i>Perinereis aibuhitensis</i>	두토막눈썹참갯지렁이
		<i>Acetes chinensis</i>	중국젓새우
		<i>Acetes japonicus</i>	젓새우
		<i>Athanas japonicus</i>	꼬마딱총새우
		<i>Athanas marshallensis</i>	새우류
		<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우
		<i>Macrophthalmus japonicus</i>	칠게
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게
		Mollusca	<i>Corbicula leana</i>
	<i>Corbicula papyracea</i>		얇은재첩
	<i>Crassostrea gigas</i>		참굴
	<i>Cultrensis attenuatus</i>		비단가리맛
	<i>Cyclina sinensis</i>		가무락
	<i>Dosinorbis japonica</i>		떡조개
	<i>Glossaulax didyma</i>		큰구슬우렁이
	<i>Gomphina veneriformis</i>		대복
	<i>Loligo beka</i>		참오징어
	<i>Mactra chinensis</i>		개량조개
	<i>Mactra veneriformis</i>		동죽
	<i>Meretrix petechialis</i>		말백합
	<i>Mya arenaria oonogai</i>		우럭
	<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>		진주담치
	<i>Nuttallia japonica</i>		빛조개
	<i>Nuttallia olivacea</i>		두툼빛조개
	<i>Rapana venosa</i>		피뿔고둥
	<i>Ruditapes philippinarum</i>		바지락
	<i>Scapharca broughtonii</i>		피조개
<i>Scapharca subcrenata</i>	새꼬막		
<i>Sinonovacula constricta</i>	가리맛조개		
<i>Solen strictus</i>	맛조개		
<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막		
Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불	
	<i>Upogebia major</i>	쓱	

[표 1-72] 생태학적 중요 종 목록 (희소종)

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Annelida	<i>Lycastopsis augeneri</i>	0.30%
		<i>Perinereis camiguinoides</i>	0.36%
		<i>Scolelepis (P.) geniculata</i>	0.12%
		<i>Terebellides punctata</i>	0.06%
		<i>Travisia japonica</i>	0.30%
	Crustacea	<i>Allorchestes angusta</i>	0.06%
		<i>Eochelidium lenorostralum</i>	0.12%
		<i>Eogammarus sinensis</i>	0.06%
		<i>Grandifoxus malipoensis</i>	0.06%
		<i>Haustorioides gurjanovae</i>	0.12%
		<i>Melita koreana</i>	0.06%
		<i>Parapleustes derzhavini</i>	0.06%
		<i>Podocerus tuberculatus</i>	0.06%
		<i>Sinocorophium japonicum</i>	0.42%
		<i>Talorchestia sinensis</i>	0.12%
		<i>Trinorchestia longiramus</i>	0.24%
		<i>Hemileucon hinumensis</i>	0.36%
		<i>Chelomalpheus koreanus</i>	0.06%
		<i>Cyclograpsus intermedius</i>	0.06%
		<i>Helice tridens latimera</i>	0.42%
		<i>Helice tridens tientsinensis</i>	0.12%
		<i>Hemigrapsus sinensis</i>	0.48%
		<i>Ilyoplax pusilla</i>	0.42%
		<i>Ilyoplax tansuiensis</i>	0.06%
		<i>Laomedea astacina</i>	0.06%
		<i>Neodorripe japonica</i>	0.12%
		<i>Ocypode stimpsoni</i>	0.42%
<i>Pinnixa penultipedalis</i>	0.12%		
<i>Pinnotheres pholadis</i>	0.36%		
<i>Pinnotheres sinensis</i>	0.24%		
<i>Scopimera longidactyla</i>	0.12%		
<i>Uca lactea</i>	0.12%		

[표 1-72] 계속

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Mollusca	<i>Arcopagia diaphana</i>	0.36%
		<i>Coecella chinensis</i>	0.06%
		<i>Latemula boschasina</i>	0.24%
		<i>Macoma contabulata</i>	0.30%
		<i>Peregrinamor ohshimai</i>	0.06%
		<i>Pillucina pisidium</i>	0.24%
		<i>Pitar sulfureum</i>	0.36%
		<i>Potamocorbula ustulata ustulata</i>	0.06%
		<i>Protothaca (N.) jedoensis</i>	0.30%
		<i>Semelangulus tokubei</i>	0.12%
		<i>Semele cardiformis</i>	0.06%
		<i>Tugonia huanghaiensis</i>	0.42%
		<i>Venatomya truncata</i>	0.06%
		<i>Acteocina exilis</i>	0.12%
		<i>Alexania inazawai</i>	0.06%
		<i>Assiminea estuarina</i>	0.06%
		<i>Bacteridium vittatum</i>	0.06%
		<i>Camitia rotellina</i>	0.06%
		<i>Cerithidea largillierti</i>	0.06%
		<i>Cerithideopsilla cingulata</i>	0.42%
		<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>	0.36%
		<i>Dunkeria shigeyasui</i>	0.12%
		<i>Elachisina ziczac</i>	0.24%
		<i>Epheria decorata</i>	0.24%
		<i>Megastomia clara</i>	0.06%
		<i>Nassarius reeveanus</i>	0.12%
		<i>Okenia hiroi</i>	0.06%
		<i>Papyriscala yokoyamai</i>	0.36%
		<i>Pseudoliotia micans</i>	0.36%
		<i>Pseudoringicula sinensis</i>	0.06%
		<i>Stenothyra glabar</i>	0.18%

[표 1-73] 생태학적 중요 종 목록 (Scarce species, 소수종)

Scarce species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(0.5% < RF < 3.5%)	Annelida	<i>Arenicola brasiliensis</i>	0.65%
		<i>Amphictene japonica</i>	0.83%
		<i>Leonnates nipponicus</i>	0.77%
		<i>Platynereis bicanaliculata</i>	1.19%
	Crustacea	<i>Eohaustorius spinigerus</i>	2.79%
		<i>Haustorioides latipalpus</i>	0.65%
		<i>Paraphoxus oculatus</i>	2.50%
		<i>Platorchestia crassicornis</i>	0.89%
		<i>Nippoleucon hinumensis</i>	1.31%
		<i>Cleistostoma dilatatum</i>	2.67%
		<i>Helice tridens sheni</i>	1.31%
		<i>Helice tridens tridens</i>	0.77%
		<i>Helice tridens wuana</i>	0.71%
		<i>Ilyoplax dentimerosa</i>	2.97%
		<i>Ilyoplax deschampsi</i>	2.67%
		<i>Sesarma plicatum</i>	1.31%
		<i>Uca arcuata</i>	1.19%
	<i>Excirolana japonica</i>	1.25%	
	Mollusca	<i>Glaucanome chinensis</i>	2.61%
		<i>Nuttallia olivacea</i>	2.38%
<i>Tugonia sinensis</i>		1.25%	
<i>Chemnitzia acosmia</i>		0.83%	

[표 1-74] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	EIS (Ecologically Important Species) score
1	0	0
2	10	1
3	20	2
4	40	6
5	60	11
6	80	17
7	90	23

2) 생체량 (biomass)

생태계 내에서 생물의 현존량 (standing crop)은 곧 그 시스템이 보유하고 있는 에너지의 양을 의미하며, 간단히 생물의 무게 즉, 생체량으로 표현된다. 갯벌은 육상에서 공급된 유기물을 에너지원으로 삼아 생물을 생산하고, 생산된 갯벌생물은 상위 포식자에게 이용되거나 어획을 통해 시스템 밖으로 제거됨으로서 자연 정화기능을 수행하고 있다. 따라서 단위면적 당 생물량이 큰 갯벌일수록 생태계 서비스도 크다 할 수 있으므로 생체량을 중요한 생태학적 지표 가운데 하나로 선정하였다. 각 정점별 생체량(wet weight, gWWt/m²) 분포에 기초한 배점 기준은 [표 1-75]과 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 1-75] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Biomass(Log ₁₀ (1+gWWt/m ²))			
		Level 1		Level 1.5~3	
		MGS≤3.10	3.10<MGS	MGS≤3.10	3.10<MGS
1	0	0	0	0	0
2	10	0.24	0.53	0.83	1.00
3	20	0.70	0.95	1.20	1.34
4	40	1.32	1.39	1.69	1.77
5	60	1.78	1.70	2.20	2.12
6	80	2.21	2.01	2.80	2.51
7	90	2.50	2.26	3.08	2.78

3) 생물다양성 (biodiversity)

생물다양성이란 유전자로부터 생태계에 이르는 모든 단계의 생물학적 다양성을 포함하는 개념이나, 대체로 개체 수준에서 생물 종의 숫자로 표현하였다 (New, 1995). 생물다양성이 높은 곳은 그 다양성을 부양하기에 적합한 생태적 기능을 가질 것으로 여겨지므로 보전가치가 높게 평가된다. 따라서 본 연구에서는 갯벌의 정점별 단위면적 당 출현종수를 생물다양성 지표로 삼았으며, 채집면적이 출현종수에 미치는 영향을 상쇄시키기 위해 앞서 제시한 바 있는 Whittaker (1975) 방식으로 알파 다양성 (Alpha diversity)를 구하였다.

각 정점이 모여 정선을 이루면 이때 단위갯벌에 대한 landscape scale 측면에서의 생물다양성 개념이 필요하며, 이러한 지역 규모의 다양성을 감마 다양성 (gamma diversity)라고 하였다. 산출방법은 각 정선에서 출현한 총 종수를 로그 변환 한 채집면적 (cm²)으로

나누어 계산하였다.

베타 다양성 (beta diversity)은 일종의 서식지 다양성으로서 감마 다양도를 알파다양도로 나누어 계산하였다. 각 정점별 알파, 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준은 [표 1-76~77]과 같으며, 각 정점의 조위 (tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 1-76] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/ $\log_{10}(\text{sample area}(\text{cm}^2))$)							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS ≤ 3.10	3.10<, ≤ 3.92	3.92<, ≤ 4.74	4.74<	MGS ≤ 3.10	3.10<, ≤ 3.92	3.92<, ≤ 4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.67	2.29	2.25	0.60	1.72	3.70	2.93	2.62
3	20	1.50	2.56	3.34	1.20	2.74	4.60	3.00	3.34
4	40	2.38	4.80	4.80	2.02	4.36	5.40	4.42	4.52
5	60	4.12	5.74	6.18	3.66	5.83	5.80	5.55	5.04
6	80	6.36	7.00	7.30	5.50	7.02	8.20	6.88	5.78
7	90	8.20	7.33	7.90	7.30	8.50	10.20	7.81	6.28

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/ $\log_{10}(\text{sample area}(\text{cm}^2))$)							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS ≤ 3.10	3.10<, ≤ 3.92	3.92<, ≤ 4.74	4.74<	MGS ≤ 3.10	3.10<, ≤ 3.92	3.92<, ≤ 4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	2.10	2.97	3.30	1.99	2.00	4.59	3.66	3.00
3	20	2.73	4.16	4.42	2.84	2.61	5.86	4.09	3.70
4	40	4.10	5.72	7.00	3.40	4.30	7.62	5.86	6.00
5	60	6.10	7.00	8.50	5.46	6.67	9.29	8.38	8.33
6	80	9.10	9.30	11.47	7.90	9.64	12.74	11.14	12.00
7	90	10.90	12.91	12.29	8.86	13.32	13.85	13.00	16.00

[표 1-77] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Macrofaunal diversity in landscape scale	
		Gamma (Total no. of species/ \log_{10} (no. of samples*sample area(cm^2)))	Beta (Gamma/Avg. no. of species/ \log_{10} (sample area(cm^2)))
1	0	0	0
2	10	5.82	1.77
3	20	7.01	1.88
4	40	10.50	2.12
5	60	13.50	2.31
6	80	17.75	2.61
7	90	19.98	2.92

4) ISEP 지수

생태계는 발달과정에서 초기의 성장단계를 거쳐 안정된 상태로 들어갈수록 생물종이 다양해져 군집구조가 복잡해지고, 각 개체의 크기가 커지며, 총 생물량이 증가하는 경향이 있다. 또한 환경오염 또는 교란의 정도가 심해짐에 따라 점차 크기가 작고 생활사가 짧은 고밀도의 기회종들로 대체되는 현상을 보인다. 이러한 생태적 현상을 하나의 수치로 표현하기 위해 국내 갯벌 생태계에 적용할 수 있는 ISEP 지수를 선택하여 갯벌의 건강성을 평가하였다. 각 정점별 ISEP지수 분포에 기초한 배점 기준은 [표 1-78]와 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 1-78] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Community Health Index	
		ISEP index	
		Tidal Level 1	Tidal Level 1.5~3
1	0	0	0
2	10	0.21	0.28
3	20	0.30	0.33
4	40	0.37	0.40
5	60	0.45	0.49
6	80	0.56	0.65
7	90	0.68	0.87

5) KBQI 지수

최근 들어, 저서생물 군집에 기반한 인덱스의 활용에서 보다 신중하고 정확한 판단을 위해 2개 이상의 지시자를 활용하는 추세이다. 본 연구 역시 갯벌 생태계 건강성 진단의 중요성을 감안하여, ISEP와 병행되어 사용할 수 있는 Rosenberg et al. (2004)의 BQI 도입하였다.

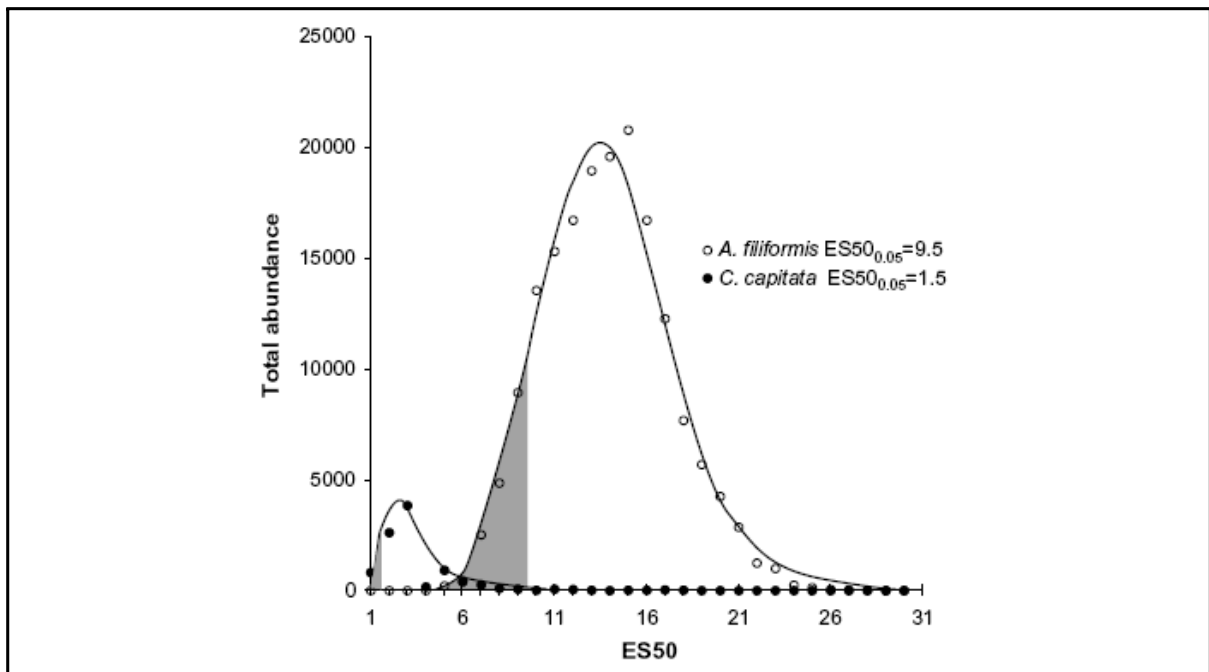
기존의 인덱스 (예를 들어, AMBI나 BPI 등)들이 대형저서동물 분류군을 오염구배 또는 식성별 그룹별로 분류할 때 객관적인 자료에 근거하지 않은 데에 반해 BQI (Benthic Quality Index)는 현장의 관측 결과를 바탕으로 경험적인 접근을 통해 종을 분류하고 있다. BQI는 각 종별 민감도와 교란에 대한 내성을 반영하는 $ES_{50,0.05}^7$ 를 추정하여 종별

7) ES_{50} 는 출현 개체수가 50일 경우에 예상되는 출현 종수를 추정한 것으로 저서동물 표본 간 채집 노력량의 차이와 상관없이 생물 다양성 비교를 가능케 해주는 장점이 있음. $ES_{50,0.05}$ 는 해당 개체군이 출현한 표본들의 ES_{50} 분포에서 하위 5%에 해당하는 값으로 교란에 대한 내성을 표현하는 것으로 간주하였음.

기준값으로 활용하고 있으며, 이 값은 오염 지시종의 경우에 낮고 건강한 서식처에서 출현하는 종들의 경우에 높게 관찰된다 [그림 1-93].

$$ES50 = \sum_{i=1}^s \frac{(N - N_i)!(N - 50)!}{(N - N_i - 50)!N!}$$

이때, N은 표본 내 총 출현 개체수, i는 i번째 종의 번호.

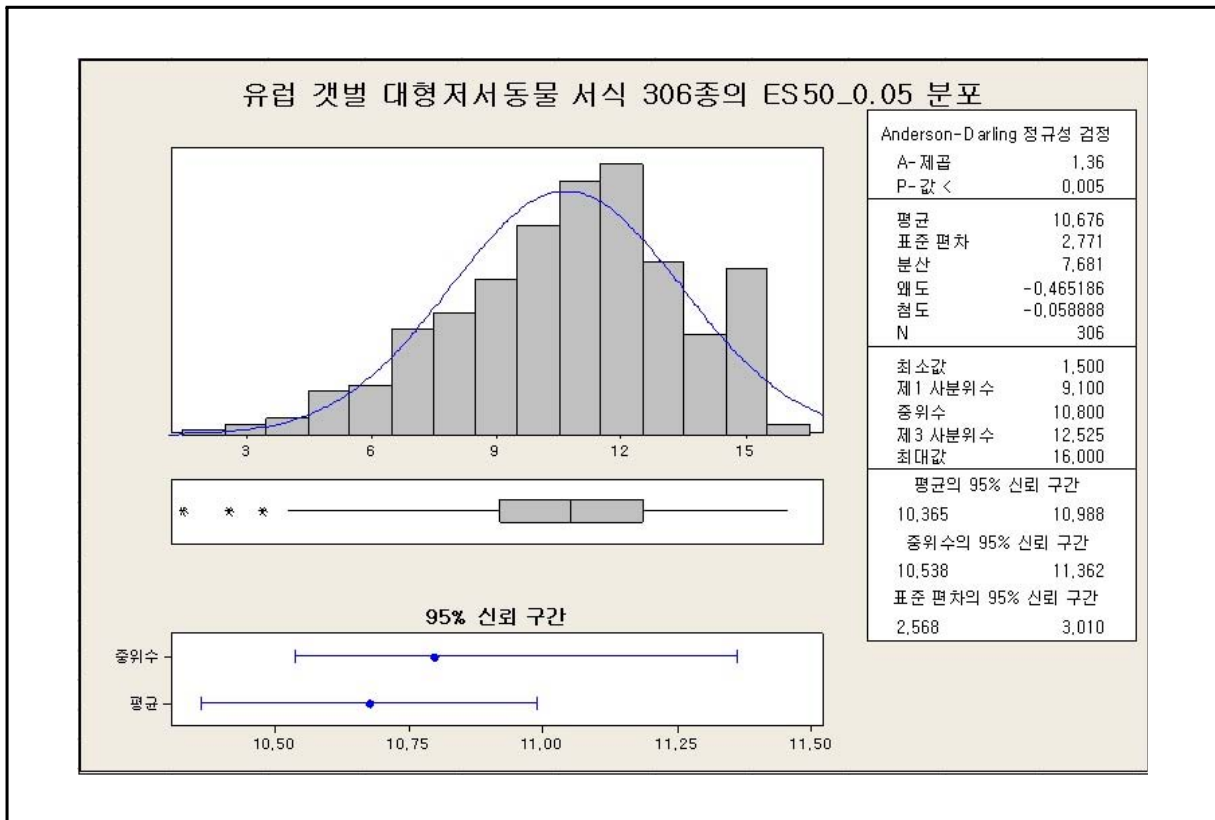


주 : 회색부분이 거미불가사리류 (*A. filiformis*)와 등가시버들갯지렁이 (*C. capitata*) 개체군이 출현한 표본들의 ES50 분포의 하위 5% 범위를 나타내며, 그 경계에 해당하는 5% 값이 $ES50_{0.05}$ 값이다

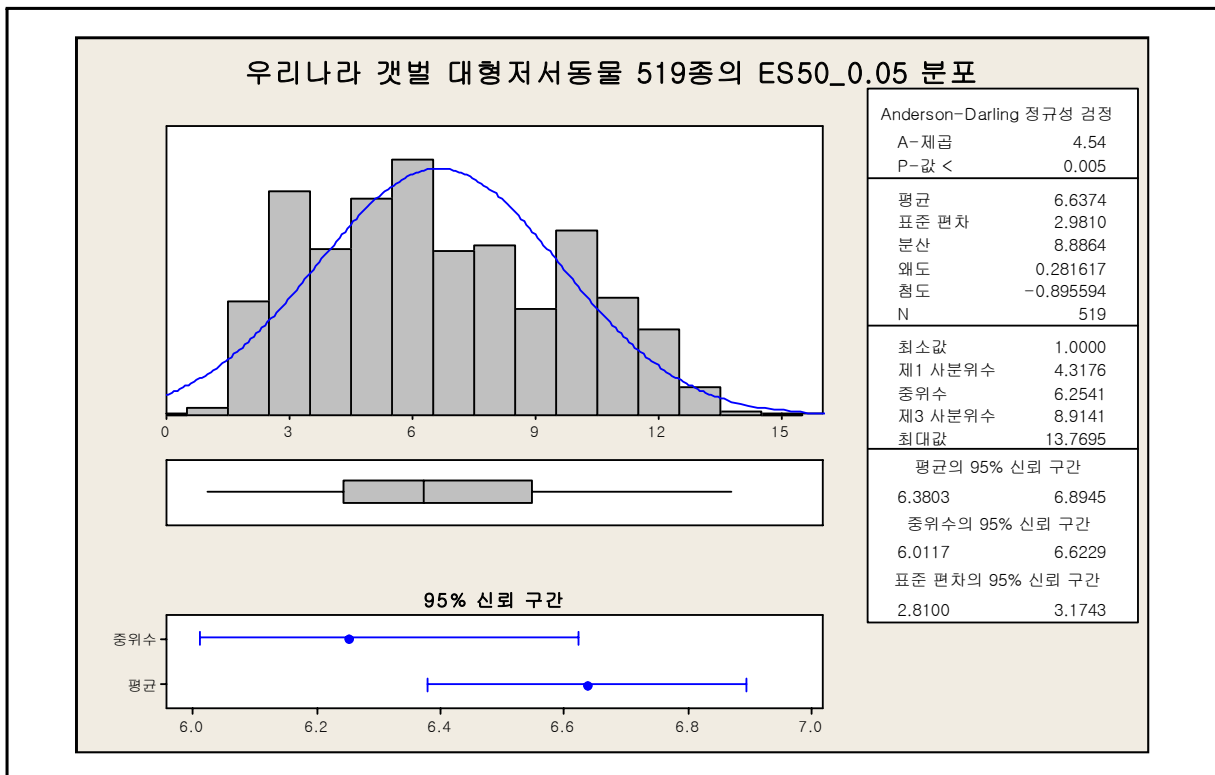
[그림 1-93] BQI에서 활용되는 각 종별 $ES50_{0.05}$ 의 추정 예시 (Rosenberg et al., 2004)

Rosenberg et al. (2004)은 스웨덴 연안 257개 정점에서 채집된 약 4700개의 표본을 바탕으로 종별 $ES50_{0.05}$ 값을 추정하였으며, 20회 미만의 빈도를 갖는 종들은 제외하였다. 2004년에 공개된 스웨덴 연안 서식 306종의 $ES50_{0.05}$ 의 빈도 분포는 [그림 1-94]과 같다.

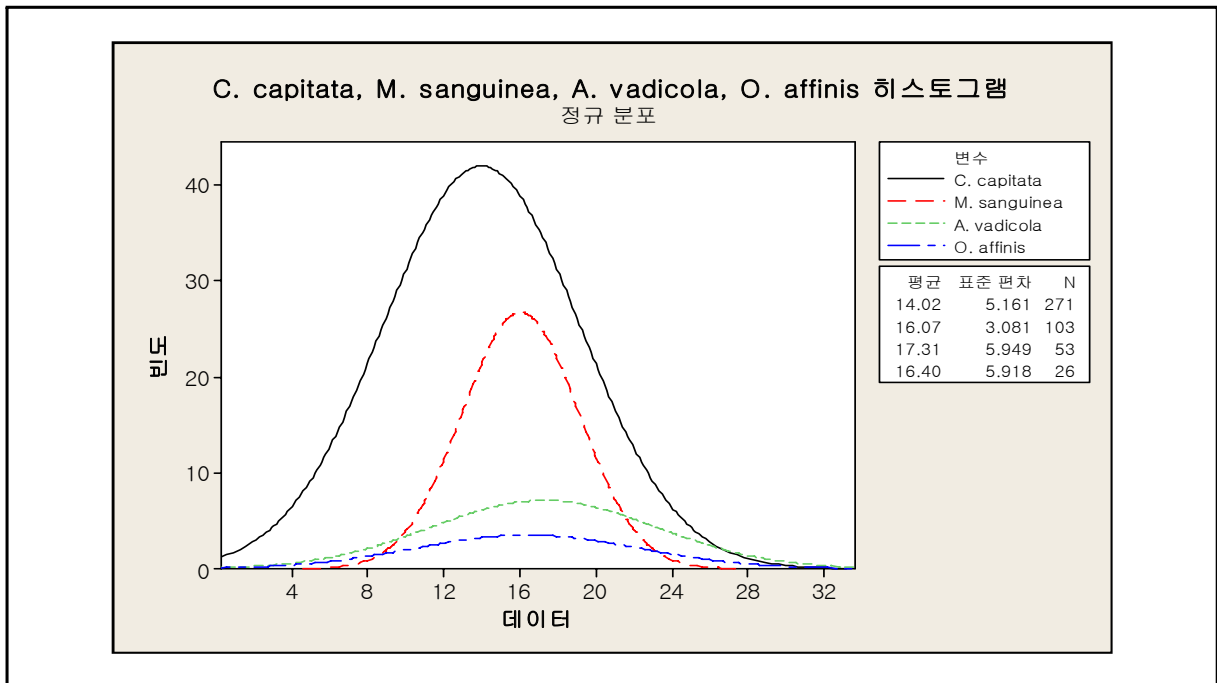
본 연구에서는 현재 883종의 $ES50_{0.05}$ 값 추정을 완료하였으며, Rosenberg et al. (2004)의 것과 동일한 기준 (관찰빈도, 20 이상)을 적용하여 총 519종의 $ES50_{0.05}$ 값을 추정하였다. [그림 1-95]는 국내 갯벌 서식 대형저서동물의 $ES50_{0.05}$ 값 빈도 분포를 나타낸 것으로, 값의 범위는 스웨덴의 것과 유사하나 국내 갯벌 최빈수의 분포가 상대적으로 낮은 값의 범위에 치우친 것으로 나타났다.



[그림 1-94] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES50_{0.05}의 분포



[그림 1-95] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES50_{0.05} 분포



[그림 1-96] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 ES50 분포

[그림 1-96]는 국내 갯벌 서식하는 종들의 $ES50_{0.05}$ 의 추정을 예시하기 위해 나타낸 것으로, 각 개체군 별 생물 다양성 ($ES50$)의 분포에서 서식 범위의 하한을 지시하는 5 분위값이 종마다 차이가 있음을 보여주고 있다.

[표 1-79]는 국내 갯벌에서 관찰되는 일부 종들의 $ES50_{0.05}$ 추정 결과를 나타낸 것이다. 각 동물군별 (회색은 다모류, 노란색은 단각류)로 다양도가 낮은 환경에 서식하는 특성을 잘 반영하고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 다모류, *H. japonica*와 단각류, *Orchestia platensis*의 $ES50_{0.05}$ 가 지시하는 바와 같이, 극단적으로 낮은 다양도의 서식처가 갯벌에서는 교란된 환경과 동일한 것으로 볼 수 없는 관계로 서식처의 유형에 따라 별도의 기준을 적용해야할 필요성이 높은 것으로 나타났다. 아래의 연안생태계 관리전략 모형 연구에서 활용된, 각 종별 $ES50_{0.05}$ 값을 바탕으로 추정한 KBQI (Korean Benthic Quality Index)의 등급은 조위와 입도의 효과를 감안하여 마련된 16개 서식처 유형별 기준을 근거로 하였다.

$$KBQI = \left(\sum_{i=1}^n (A_i / \text{tot } A \times ES50_{0.05i}) \right) \times d$$

이때, A는 개체수, tot A는 표본 내 총 개체수이며, d는 Whittaker's d(출현종수/ \log_{10} (채집면적))임.

KBQI (Korean Benthic Quality Index)는 European Union Water Framework Directive에 따

라 개발된 새로운 방식의 해양 저서생태계 건강도 지수인 BQI를 우리나라 갯벌 생태계 평가에 적용 가능하도록 적합 시킨 평가지수이다. KBQI는 우리나라 갯벌에서 출현하는 저서동물의 종별 내성 (tolerance value)과 출현밀도와 다양도의 조합으로 새롭게 계산되었으며, 각 정점에서의 환경에 대한 질을 평가하는데 사용되었다. 각 정점별 KBQI 지수 분포에 기초한 배점 기준은 [표 1-80]과 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 1-79] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES50_{0.05}값

Taxa	Scientific name	ES50_0.05
Holothuroidea	<i>Thyone</i> sp.	13.8
Pennatulacea	<i>Cavernularia obesa</i>	13.3
Polychaeta	<i>Nereis multignatha</i>	12.1
Amphipoda	<i>Aoroides columbiae</i>	11.5
Polychaeta	<i>Marphysa sanguinea</i>	10.5
Tanaidacea	Apseudidae sp.	9.8
Bivalvia	<i>Moerella jedoensis</i>	9.6
Polychaeta	<i>Cirrophorus armatus</i>	9.5
Bivalvia	<i>Raetellops pulchella</i>	9.3
Polychaeta	<i>Sternaspis scutata</i>	8.7
Amphipoda	<i>Guernea magnaphilostoma</i>	8.1
Brachyura	<i>Camptandrium sexdentatum</i>	7.9
Bivalvia	<i>Moerella iridescens</i>	7.3
Polychaeta	<i>Goniada japonica</i>	7.2
Amphipoda	<i>Melita longidactyla</i>	7.0
Polychaeta	<i>Glycinde gurjanovae</i>	6.9
Bivalvia	<i>Macoma incongrua</i>	6.9
Polychaeta	<i>Aonides oxycephala</i>	6.6
Gastropoda	<i>Bullacta exarata</i>	6.6
Polychaeta	<i>Prionospio (M.) multibranchiata</i>	6.4
Amphipoda	<i>Grandifoxus bangpoensis</i>	6.4
Polychaeta	<i>Aedicira</i> spp.	6.1
Polychaeta	<i>Aricidea</i> spp.	6.1
Holothuroidea	<i>Protankyra bidentata</i>	6.1
Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>	6.0
Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>	5.9
Amphipoda	<i>Grandidierella japonica</i>	5.3
Polychaeta	<i>Dipolydora</i> spp.	5.2
Amphipoda	<i>Jassa falcata</i>	5.2
Bivalvia	<i>Sinonovacula constricta</i>	4.9
Bivalvia	<i>Laternula marilina</i>	4.5
Amphipoda	<i>Sinocorophium sinense</i>	4.0
Insecta	Chironomidae spp.	2.5
Gastropoda	<i>Assimineia japonica</i>	2.2
Polychaeta	<i>Hediste japonica</i>	2.0
Amphipoda	<i>Orchestia platensis</i>	1.7

[표 1-80] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS <=3.10	3.10<, <=3.92	3.92<, <=4.74	4.74<	MGS <=3.10	3.10<, <=3.92	3.92<, <=4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.88	7.73	5.13	1.85	4.52	15.05	8.73	13.42
3	20	2.56	9.41	16.06	3.26	9.24	20.30	16.11	17.38
4	40	7.62	27.15	24.00	8.76	17.38	25.34	19.83	25.52
5	60	16.42	32.16	34.85	22.04	23.04	34.75	27.66	29.48
6	80	30.32	38.25	43.14	30.84	41.32	44.19	40.10	34.96
7	90	39.76	45.15	46.86	42.38	52.52	51.49	44.13	36.83

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS <=3.10	3.10<, <=3.92	3.92<, <=4.74	4.74<	MGS <=3.10	3.10<, <=3.92	3.92<, <=4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	5.96	12.23	13.50	6.60	6.08	23.23	15.02	16.39
3	20	8.74	22.01	23.43	12.90	8.72	29.08	22.60	20.68
4	40	17.04	30.80	38.68	20.20	17.50	44.43	31.12	35.60
5	60	26.34	39.12	46.49	30.80	31.52	59.68	49.59	53.36
6	80	52.58	55.53	68.88	49.30	59.70	80.46	66.19	91.48
7	90	64.48	73.35	75.61	57.30	83.90	88.55	84.28	124.52

위에 제시되지 않은 일부 경관생태학적 요인들의 배점 방식은 다음과 같다. 해안 자연성 항목은 갯벌 주변 해안선에 대한 자연성 또는 인위성 (제방, 해안도로 등)을 평가하였으며, 자연성을 유지한 곳에는 7점, 인위적 요소가 있는 곳은 1점을 부여하였다. 또한 중요한 서식처 항목은 연안개발에 따라 급격히 사라지고 있는 중요 서식지 (염생식물 군락, 잘피밭, 굴밭, 담치밭 등)의 가치를 평가 기준에 포함시키기 위하여 서식지가 존재하는 곳은 7점, 그렇지 않은 곳은 1점을 부여하였다.

앞서 제시한 배점 기준에 따라 각 개별 항목을 대상으로 일차적인 평가를 시행한 후 이를 바탕으로 종합적인 평가를 실시하였는데, 이 과정에서 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따라 가중치를 적용하여 종합 점수를 산출하였다. 각 항목별 가중치는 아래의 [표 1-81]에 제시하였으며, 해안 자연성은 부영양화와 중금속 항목 가중치의 평균 (9)을 적용하였다.

$$Station\ score = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \times w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

이때, v_i 는 각 항목의 배점, w_i 는 각 항목의 가중치임.

[표 1-81] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치

평가 항목	생태계 구조 및 기능						생태계 기능 가중치
	생태계 구조와 안정성	생물다양성 유지와 서식처 기능	에너지 저장 및 조절 (수질 정화)	해산 어류 및 야생동물 부양 (먹이사슬 지원 등)	탄소 제거 (탄소 매장)	심미 및 휴양 기능 (탐조활동, 낚시 등)	합계
부영양화	2.8	2.8	1	1		1	8.6
중금속	4.6	2.8	1	1			9.4
생태학적 중요종	4	10	10	10		10	44.0
생체량/생산력	4	1	10	10	10		35.0
다양도	10	10	1	10			31.0
생태계 건강도	10	10	10	10		10	50.0
염생식물 군락	5.5	10	10		10	10	45.5

지역	정선	정점	Biotic factor (5)					Abiotic factor (3)			Landscape (4)				Site Avg.	Landscape Avg.
			EIS	Div (d)	Biomass	ISEP	KBQI	AVS	TOC	Metal	해안 자연성	중요서식처	Beta div.	Gamma div.		
거제도	L1	St.1	4	4	7	7	5	2	1	2	1	7	3	5	4.0	4.1
		St.2	5	5	6	3	5	3	1	2	1	7	3	5	3.8	
		St.3	5	5	6	4	5	4	1	2	1	7	3	5	4.0	
		St.4	7	6	6	4	6	3	1	2	1	7	3	5	4.4	
		St.5	3	6	7	5	6	3	1	3	1	7	3	5	4.3	
		St.6	6	6	5	3	6	3	1	3	1	7	3	5	4.1	
	L2	St.1	6	7	7	4	7	3	1	2	1	7	1	4	4.6	4.0
		St.2	6	6	7	4	7	3	1	3	1	7	1	4	4.6	
		St.3	6	4	6	3	5	3	1	3	1	7	1	4	3.9	
		St.4	7	5	7	4	5	3	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.5	7	6	7	5	6	3	1	4	1	7	1	4	4.9	
		St.6	6	4	7	5	5	4	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.7	6	5	7	5	5	2	1	2	1	7	1	4	4.1	

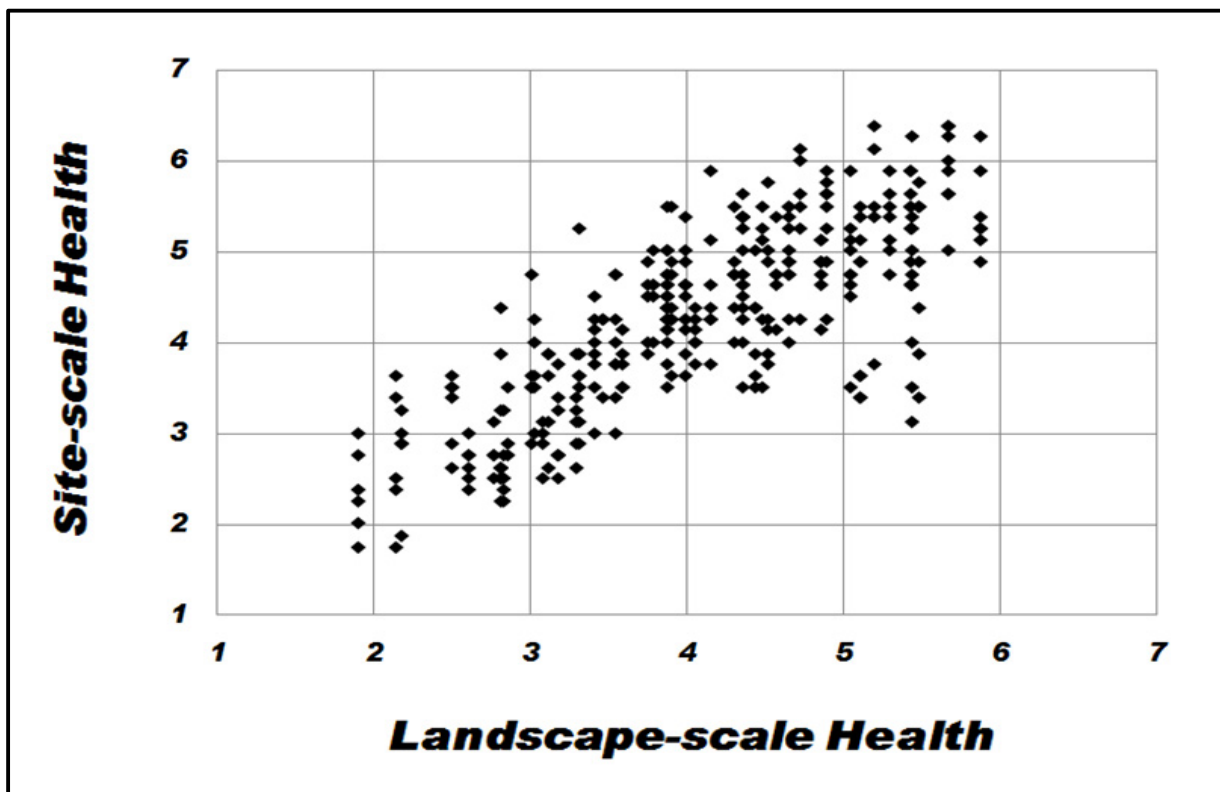
[그림 1-97] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수

[그림 1-97]은 위에 기술한 각 평가항목에 따라 각 지역갯벌을 정점 단위로 생태적 가치를 종합 평가한 결과이다.

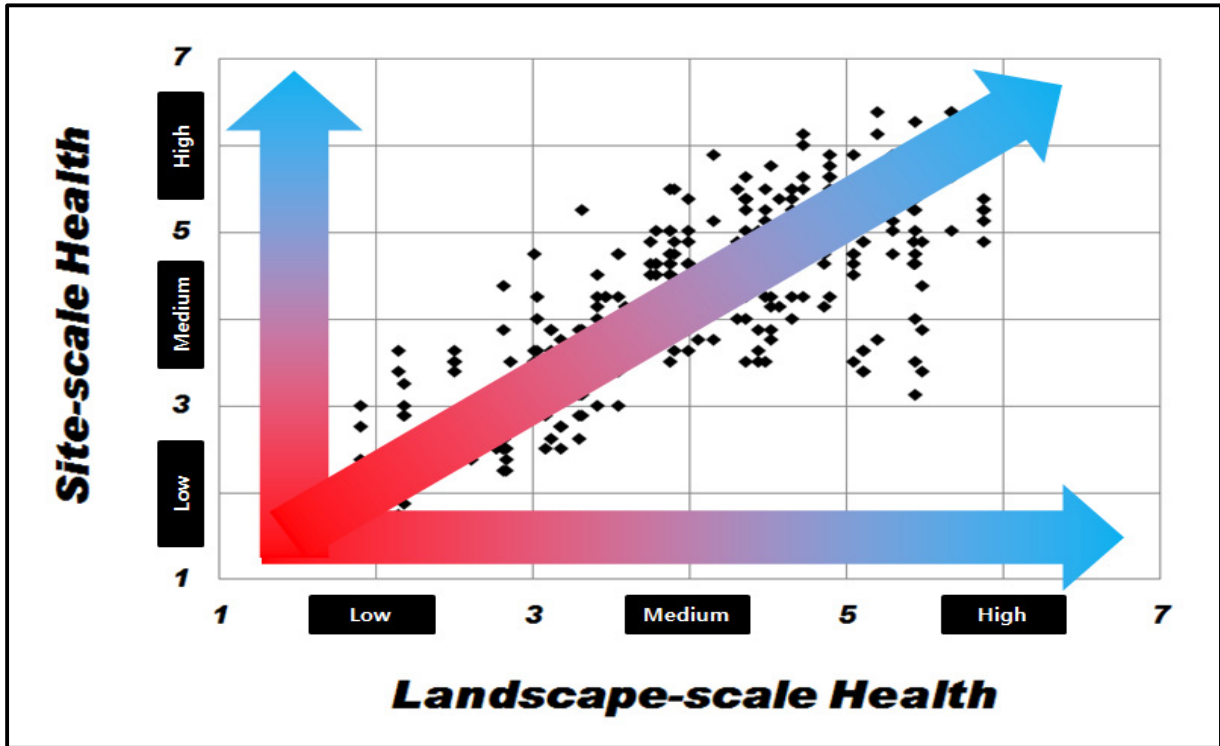
각 갯벌에 대한 생태적 가치평가 점수를 site scale (8개 측정항목의 정점별 평균값)과

landscape scale (수 백m~수 km 길이의 갯벌 조사 정선별 평균 값)의 2개 축 위에 도시함으로써 RPMS 모델에 활용하였다 [그림 1-98]. RPMS 모델은 갯벌 복원의 성공 확률이 갯벌의 자생력 (self-sustainability)에 종속적임을 가정한 것으로, 동일한 조건을 가진 site scale의 자생력은 landscape scale에서 건강하고 양호한 상태일수록 높아진다는 것을 의미한다. 다시 말해 주변의 갯벌이 건강한 해역일수록 낮은 환경 스트레스와 활발한 재점유를 기대할 수 있으며, 결국 좋은 조건의 해역에서 행해지는 복원 사업일수록 자생력이 높고 그 성공확률 역시 높다는 것을 말한다. [그림 1-98]은 2009~2010 기간의 갯벌 조사 자료를 바탕으로 작성한 갯벌 건강성 산포도이다.

[그림 1-98]과 같은 산포도는 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 [그림 1-99]에 있어 매우 중요하며, 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리 전략을 수립하는 등 정책적 판단기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델의 중요한 바탕이 된다.



[그림 1-98] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도



[그림 1-99] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준

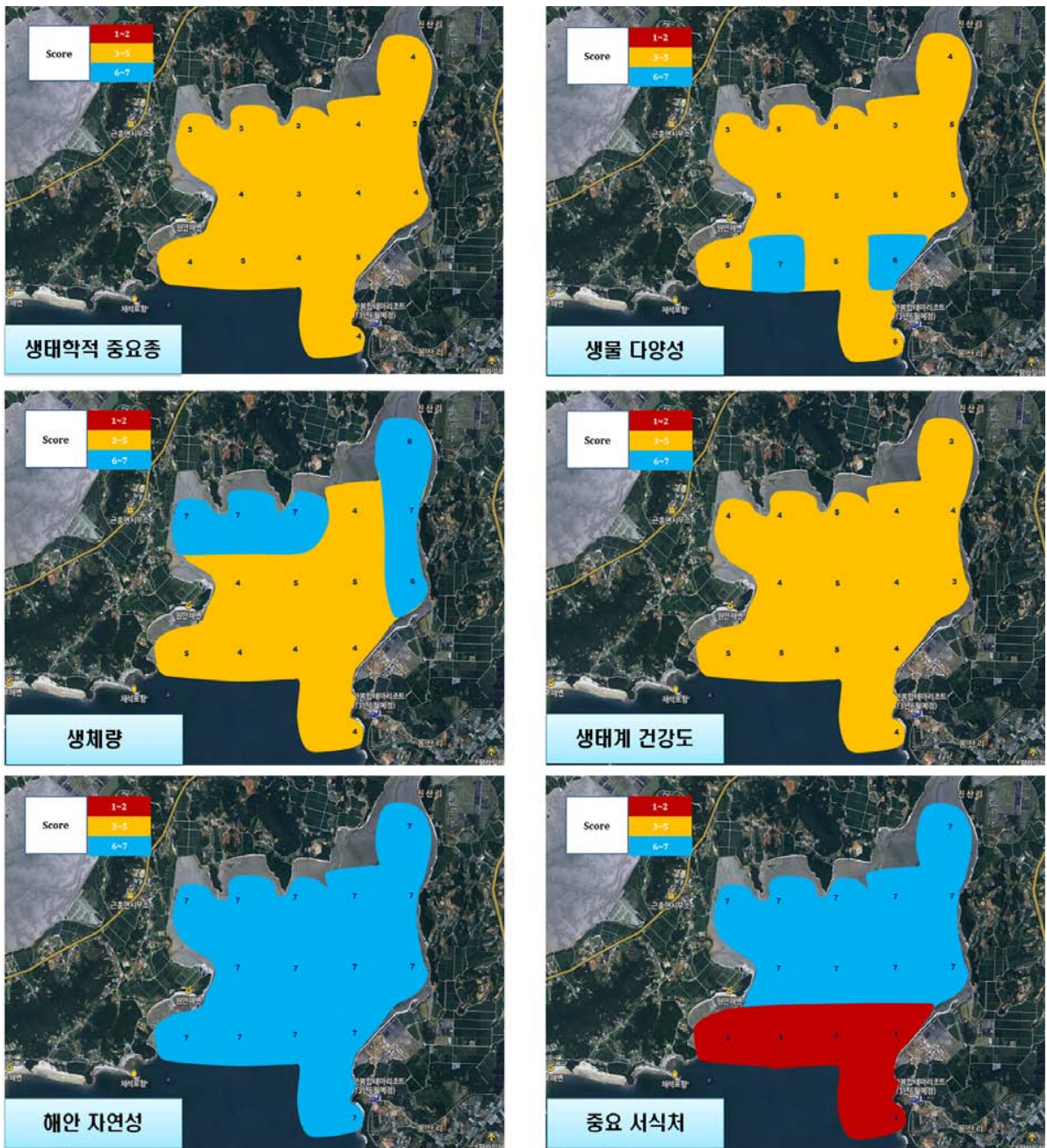
2. 조사 결과

가. 평가 항목별 배점 결과

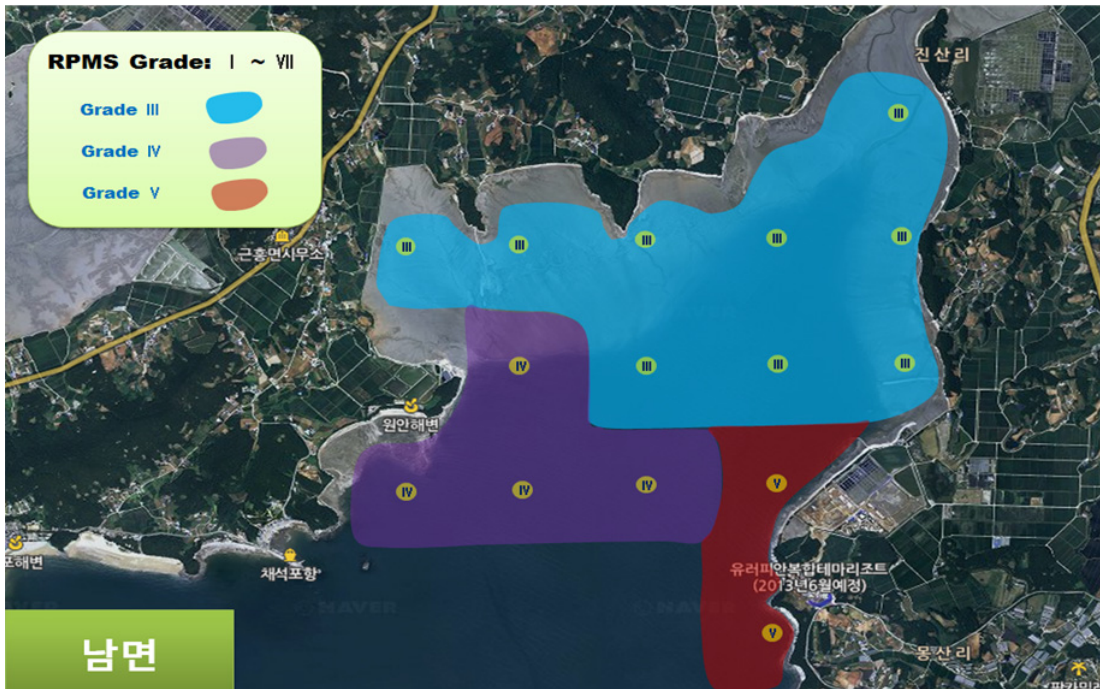
RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 [그림 1-100]에 제시하였다. 생태학적 중요종 항목에서는 3~5점의 범위로 보통의 수준을 나타냈으며, 생물 다양성은 3~7점으로 대체로 조간대 하부 지역에서 상대적으로 높았다. 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목은 4~7점으로 우수한 수준이었으며, 특히 조간대 상부 지역에서 높았다. 생태계 건강도 역시 일부 지역을 제외하면 보통 이상 (4~5점)의 양호한 수준이었다. 조사 지역들 가운데 유일하게 해안 자연성을 유지하고 있는 남면은 중요 서식처 항목에 있어서도 조간대 상부에 분포하는 염생식물 군락의 존재로 인해 조간대 상부와 중부 지역에서 7점의 배점을 받았다 [그림 1-100].

각 항목별 배점 결과에 위의 재료 및 방법 부분의 [표 1-81]에 제시한 가중치를 적용하여 산출된 남면 갯벌의 건강도 등급을 [그림 1-101]에 제시하였다. 조사지역의 조간대

상부와 중부에 위치한 대부분의 지역들은 Ⅲ등급 이상으로 양호한 수준을 나타낸 반면 조간대 하부의 지역들은 보통 (Ⅳ등급) 혹은 보통 이하 (Ⅴ등급)의 수준을 보였다. 조간대 상부 및 중부에서 건강도가 양호했던 것은 이들 구역이 해안 자연성을 유지하고 있을 뿐 아니라 염생식물 군락과 같은 중요 서식처가 존재했고 또한, 생체량에 있어서도 높은 수준을 유지하였기 때문이다.



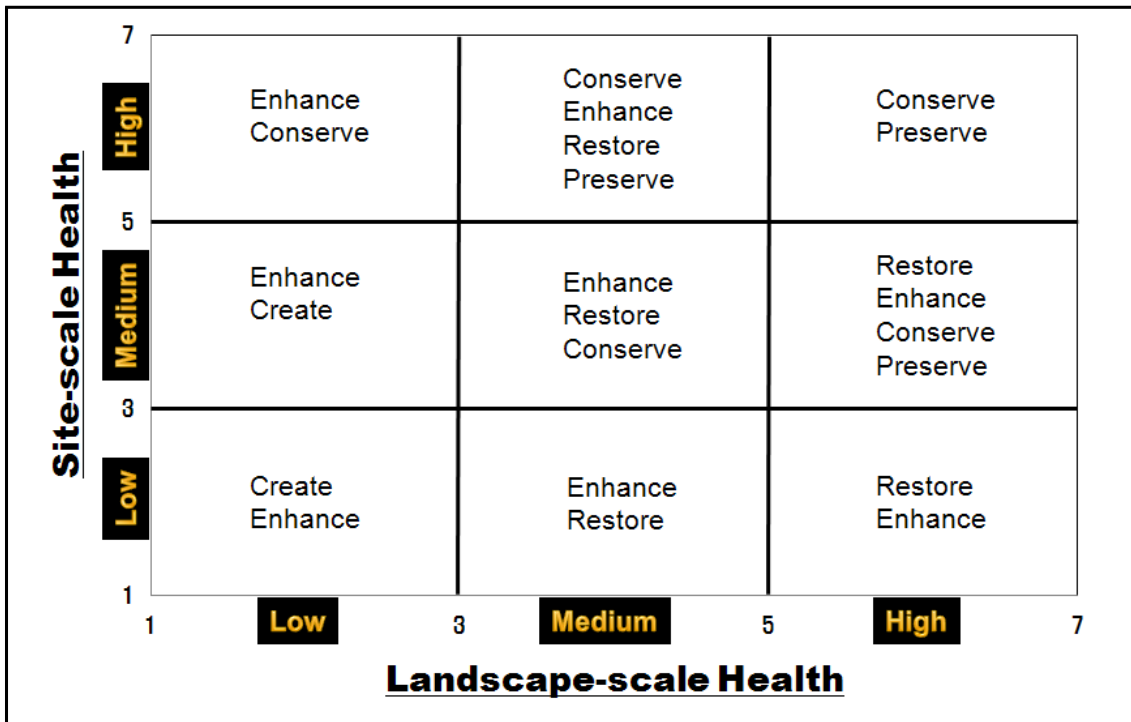
[그림 1-100] 남면 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과



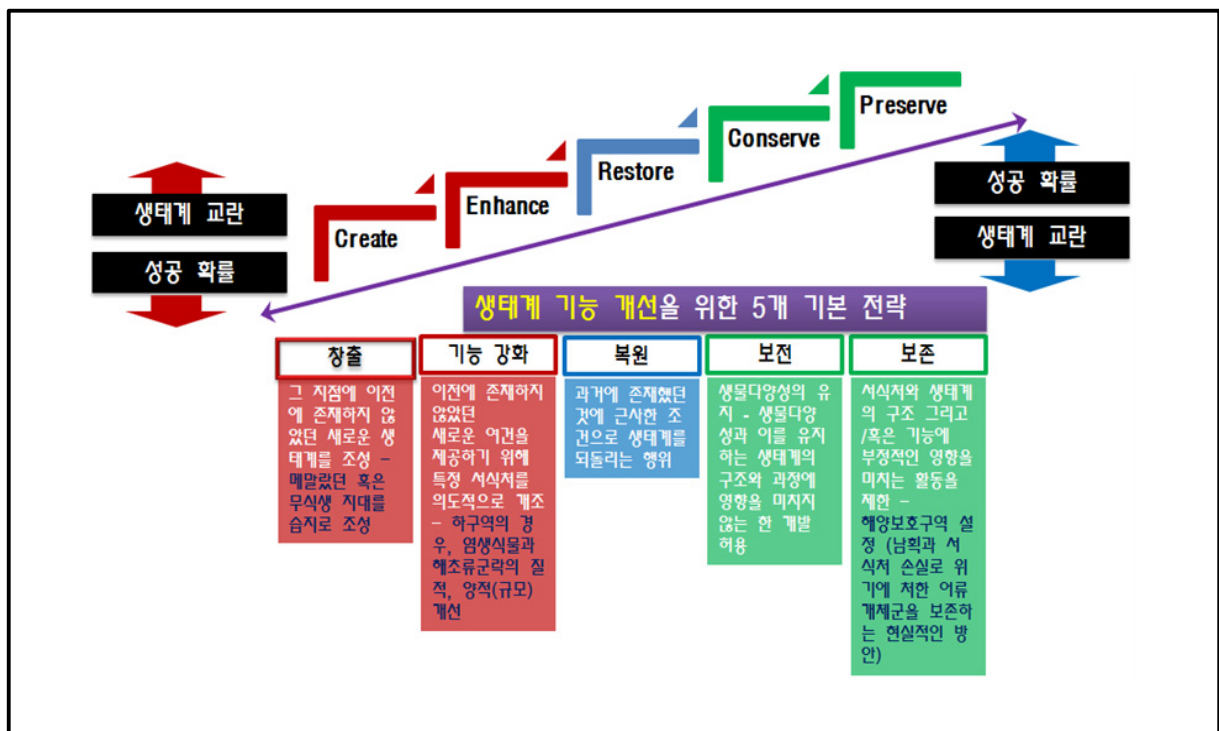
[그림 1-101] 남면 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포

나. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

RPMS 모델에 적용된 각 평가항목은 국내의 다양한 갯벌에서 관측된 값들의 분포에 근거하여 분위수에 따라 7단계 (10, 20, 40, 60, 80, 90분위수 기준)로 배점 기준을 제시하였으며, 제시된 생태학적 가치평가 점수에 각 항목이 지닌 생태계 기능상의 중요성을 반영하여 (가중치 곱함) site scale과 landscape scale (정선 단위; 다수의 정점들이 배치된 정선의 평균값 활용)의 2개 축 위에 도시함으로서 건강성 진단과 관리전략 수립에 활용하였다. 앞서 언급한, 생태학적 주요종의 서식 여부와 건강성 지수, 생물 다양성 그리고 기능을 반영하는 군집 생체량 등은 RPMS 모델로 하여금 갯벌의 생태학적 중요성과 건강성 상태의 평가 그리고 복원과 같은 조치의 시급성에 대한 판단을 가능하도록 해주는 것이라 할 수 있다. 또한, 이 모델은 복원의 성공 확률을 상대적으로 평가하는 데에도 활용이 가능하다. 이는 기본적으로 site scale에서도 열악한 환경이며, landscape scale에서도 열악한 환경일수록 복원의 성공 확률이 낮으며, site scale에서 열악한 환경이나 landscape scale에서 비교적 건강한 환경인 갯벌에서 복원의 성공 확률이 더 높고, 두 스케일에서 모두 건강하다면 어떠한 조치가 취해지더라도 성공 확률이 높을 수 있다는 생태학적 상식에 기반을 둔 것이다 [그림 1-102~103].



[그림 1-102] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 정책적 판단 기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델



[그림 1-103] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성

서식처의 생태학적 중요성과 상태 그리고 복원의 성공 확률을 반영하는 RPMS 모델은, 자연스럽게 서식처의 관리 전략 방안의 마련과 연결될 수 있다. 모델에서는 site scale과 landscape scale을 3등분하여 구분된 9개의 cells에 갯벌 창출, 강화, 복원, 보존 등의 관리 전략을 할당하였고, 이와 같은 방식은 미국에서 활용되는 복원 지역 우선 순위화 기법 (Evans et al., 2006; Diefenderfer et al., 2009)과 동일한 것이다 [그림 1-102][표 1-82].

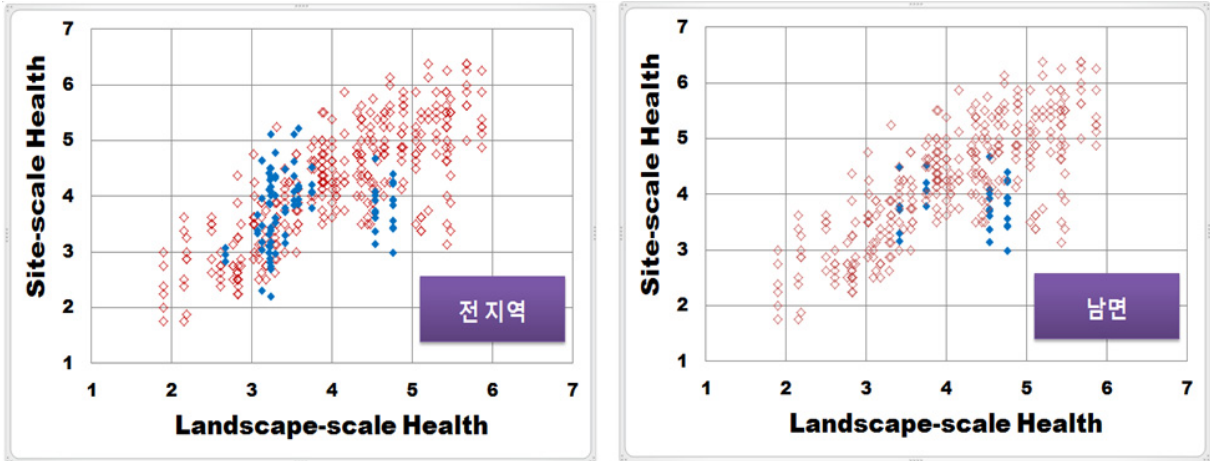
[표 1-82] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)

조치방안	정의
창출 (Creation)	그 지역에 과거에 존재하지 않았던 새로운 생태계를 만들어내는 것을 포함하며, 복원과 대조적으로 creation은 한 서식처 유형이나 생태계를 다른 것으로 개조/전환하는 것을 포함한다.
기능 강화 (Enhancement)	서식처의 구조적인 혹은 기능적인 속성을 개선하는 임의의 행위를 의미하는 것으로서, 관련 기관들의 합의를 통하여 하나 이상의 속성을 늘리고 이전에는 존재하지 않았던 조건을 제공함으로써 기존의 서식처를 의도적으로 개조하는 것을 의미한다. 하구역 생태계에 있어 Enhancement는 종종 생태계의 선택된 속성을 강화하는 것을 의미하며, 조간대 염습지 혹은 잘피밭 등의 질 개선 혹은 규모 확대 등의 구체적인 행위가 이에 포함된다.
복원 (Restoration)	이전에 존재하던 상황과 근사한 조건으로 생태계를 되돌리는 것이나 Evans et al., (2006)은 기존에 존재하는 생태계 혹은 서식처의 상황을 개선할 의도로 행하는 인간의 간섭 행위로 정의하였다. 또한 인간의 간섭이 없는 조건보다 생태계의 회복 속도를 증가시킬 수 있는 임의의 행위를 포함하는 것으로 보았다.
보전 (Conservation)	생물다양성의 유지/보존을 의미한다. 보존 생물학은 생태학, 생물지리학, 개체군 유전학, 경제학, 사회학, 인류학, 철학과 생물 다양성의 유지를 위한 다른 이론적인 학문분야들의 원리를 적용한 종합적인 분야이다. Conservation은 생물다양성과 이를 유지하는 구조와 과정에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 개발을 허용한다.
보존 (Preservation)	Preservation은 서식처 혹은 생태계의 구조 와/혹은 기능에 부정적인 영향을 줄 수 있는 활동들을 공식적으로 배제하는 것을 이른다. 또한 Preservation은 특정 종에게 직접 혹은 이들의 서식처를 훼손함으로써 간접적으로 피해를 줄 수 있는 위해를 제거하는 것과 같이 관리 행위(활동)를 통하여 특정 종 혹은 종 집단의 preservation과 같이 활용될 수도 있다. 이 전략은 해양보호구역 (Marine protected areas, MPAs)에 적합하다. 해양보호구역은 남획과 서식처 손실에 의해 위기에 처한 어류 개체군을 보존을 가능하게 할 수 있는 수단으로 점차 주목을 받고 있다. 해양보호구역은 특정 종의 생식 혹은 보육과 같이 기능적인 측면에서 중요하다고 알려진 서식처에 일반적으로 설정된다.

앞서 논의한 바와 같이 생물학적 요인, 그리고 경관생태학적 요인들을 대상으로 각 항목이 지닌 생태계 구조와 기능상의 중요성에 대한 가중치를 적용하여 산출된 종합평가 결과를 [그림 1-104]에 제시하였다. 결과에 의하면 조사지역 전체 (태안군 남면, 고남면, 보령시 주교리)의 건강도는 국내 갯벌의 현황을 기준으로 했을 때, 보통의 수준이었다. 즉, 대부분의 지역이 landscape- 과 site-scale의 중간 범위인 3~5점에 해당하였다. 한

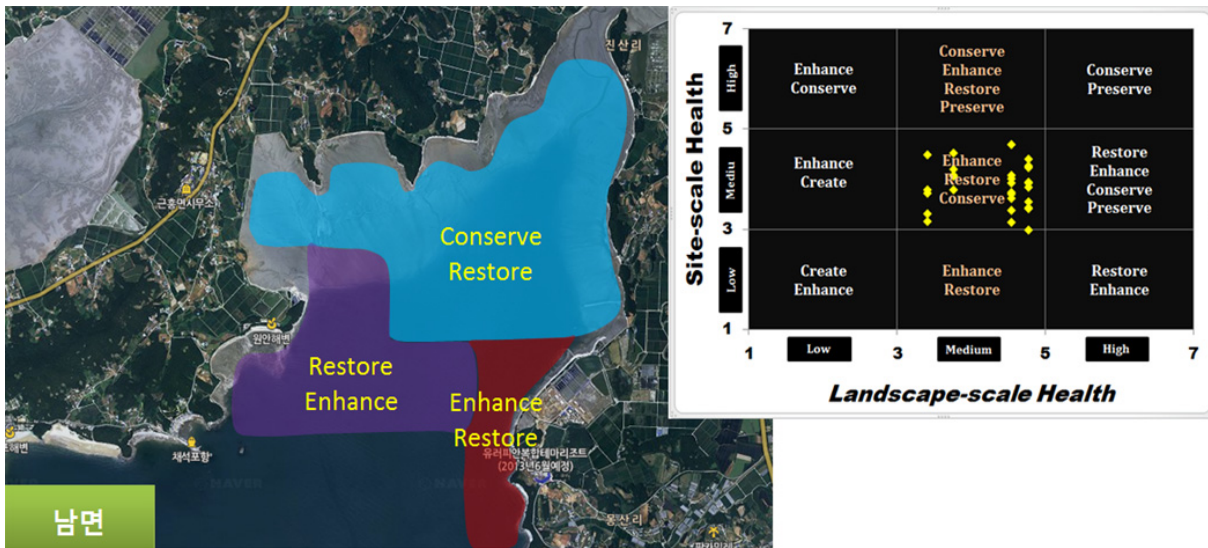
편 지역에 따라 구분했을 때, 남면은 landscape scale에서 타 지역들보다 우측에 위치하여 상대적으로 양호한 건강도를 나타냈다. 근소한 차이나 남면이 타 지역들에 비해 site-scale보다 landscape-scale에서 상대적으로 높은 건강성을 보인 것은 앞서 항목별 배점 결과에서 언급한 바 있듯이 조사지역 주변에 자연 해안이 존속하여 자연성이 유지되고 있으며 중요한 서식처가 존재하기 때문이다 [그림 1-104].

이와 같은 조사결과를 토대로 도출된 남면 갯벌의 구역별 관리전략은 [그림 1-105] [표 1-83]과 같다. 앞서 살펴보았듯이 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타났다. 그러나 어장을 효율적으로 관리하기 위해서는 지역 내에서도 구역별로 세분화된 관리계획이 요구되므로 건강도에 근거하여 구역별 관리전략을 제시하였다. 염생식물 군락이 분포하고 있는 남면 갯벌의 북서쪽 구역과 자연 해안이 잘 보전된 북쪽, 북동쪽, 동쪽 구역 및 이들로부터 긍정적인 영향을 받을 수 있는 중심부의 구역은 상대적으로 복원의 성공률이 높고 노력량이 적게 드는 보전 (Conserve)과 복원 (Restore)이 적합한 관리전략으로 도출되었다. 이에 따른 구체적인 이행방안 역시 기존의 염생식물 군락을 잘 유지하고 보전할 수 있도록 육지부에서의 불필요한 공사의 이행을 제한하고 현재의 해안 자연성을 유지하는 것이 가장 바람직할 것으로 판단되었다. 이외의 지역들은 복원 (Restore)과 더불어 기능 강화 (Enhance) 전략이 요구되었는데, 생태계의 기능적인 측면을 강화시키기 위한 조치, 예를 들어 상부 조위 구역에서 염생식물 군락 복원이나 하부 조위 구역에서 저서동물의 이차생산력을 증대시킬 수 있는 기능 강화 노력이 필요할 것으로 판단되었다. 저서동물 이차생산력 증대에 있어 가장 이상적인 대상 생물은 바지락이다. 이는 생태계의 기능 강화와 더불어 어민의 소득 증대에 기여할 수 있기 때문이다. 그러나 현실적인 측면 즉, 환경특성 (빠른 유속, 퇴적물 불안정성, 사질 우세 퇴적물 특성 등)을 고려하면 남면 갯벌은 바지락의 적정서식처와는 다소 거리가 있다. 따라서 바지락의 생산력을 증대시키기 위해서는 바지락 치패의 가입 증대와 서식환경을 개선할 수 있도록 유속을 감소시키거나 혹은 퇴적물 입도조성을 인위적으로 개변하는 등의 방안을 고려해볼 수 있겠다. 한편 남면 몽산리의 일부 지역들 (소형만)은 과거에 갯벌이었으나 현재 해수의 유입이 제한되어 제 기능을 다하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 비록 작은 면적이나 복원 (Restore)의 일환으로 이들 지역에 해수 유입을 재개시키면 저서생물뿐만 아니라 소형어류의 서식공간이 확대되어 보다 다양한 서식처가 조성될 것으로 기대된다[그림 1-105] [표 1-83].



주 : 붉은색은 국내 갯벌의 현황 (국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 남면 갯벌의 현황을 나타냄

[그림 1-104] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성



[그림 1-105] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략

[표 1-83] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
남면	북서-북-북동, 동부, 중심부	보전 (Conserve) 복원 (Restore)	염생식물 군락 보전 해안 자연성 보전
	남서-남-남동부	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance)	소형만 서식처 복원 (해수 유입 재개) 저서동물 이차생산력 증대 (바지락 서식조건 개선)

※ [그림 1-105] 참조

□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

제 2 장

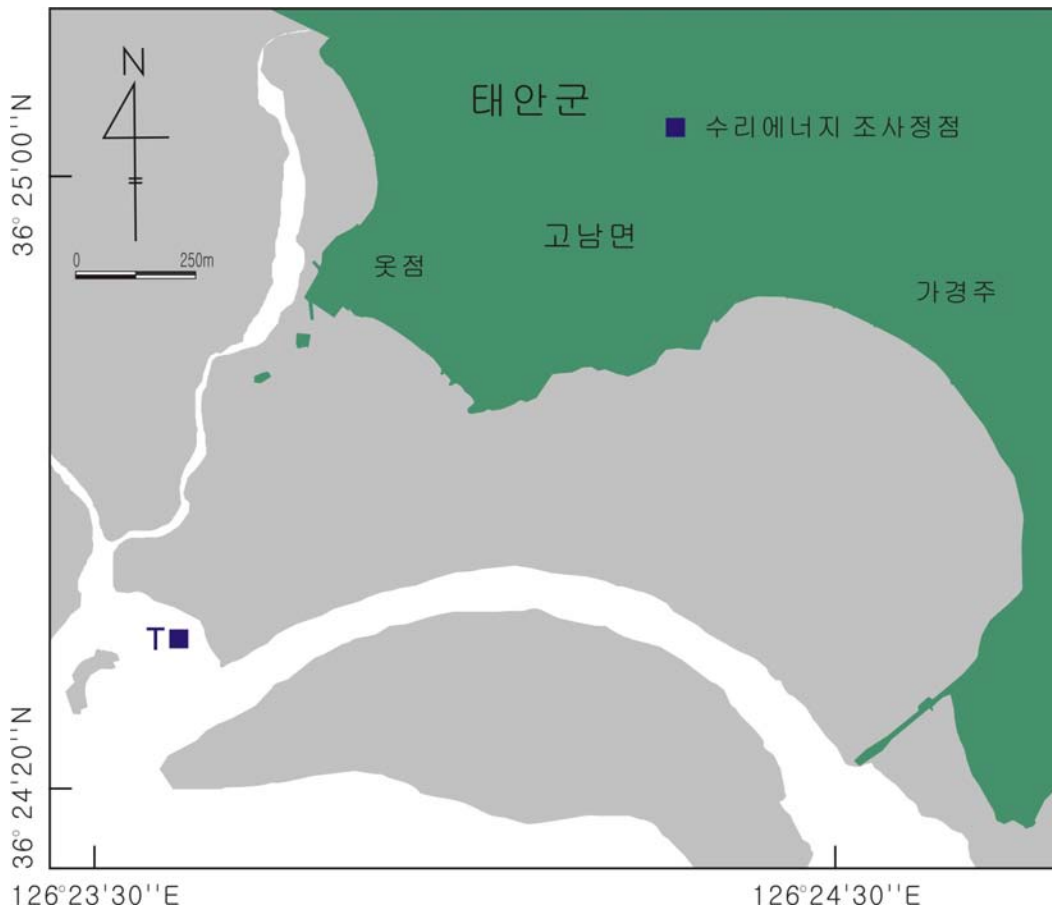
태안군 고남면 갯벌

제2장 태안군 고남면 갯벌

제1절 수리환경

1. 연구내용 및 방법

고남면 갯벌의 수리에너지 특성은 겨울(2012년 2월)과 여름(2012년 7월)의 대조기에 저조선 부근에 위치한 정점 T($36^{\circ} 24' 26.1'' N$, $126^{\circ} 23' 38.4'' E$)에 수리관측기를 설치하여 조사하였다[그림 2-1]. 수리관측기 설치 및 자료처리 과정은 제1장 태안군 남면 갯벌의 수리환경 연구내용 및 방법과 동일하다.



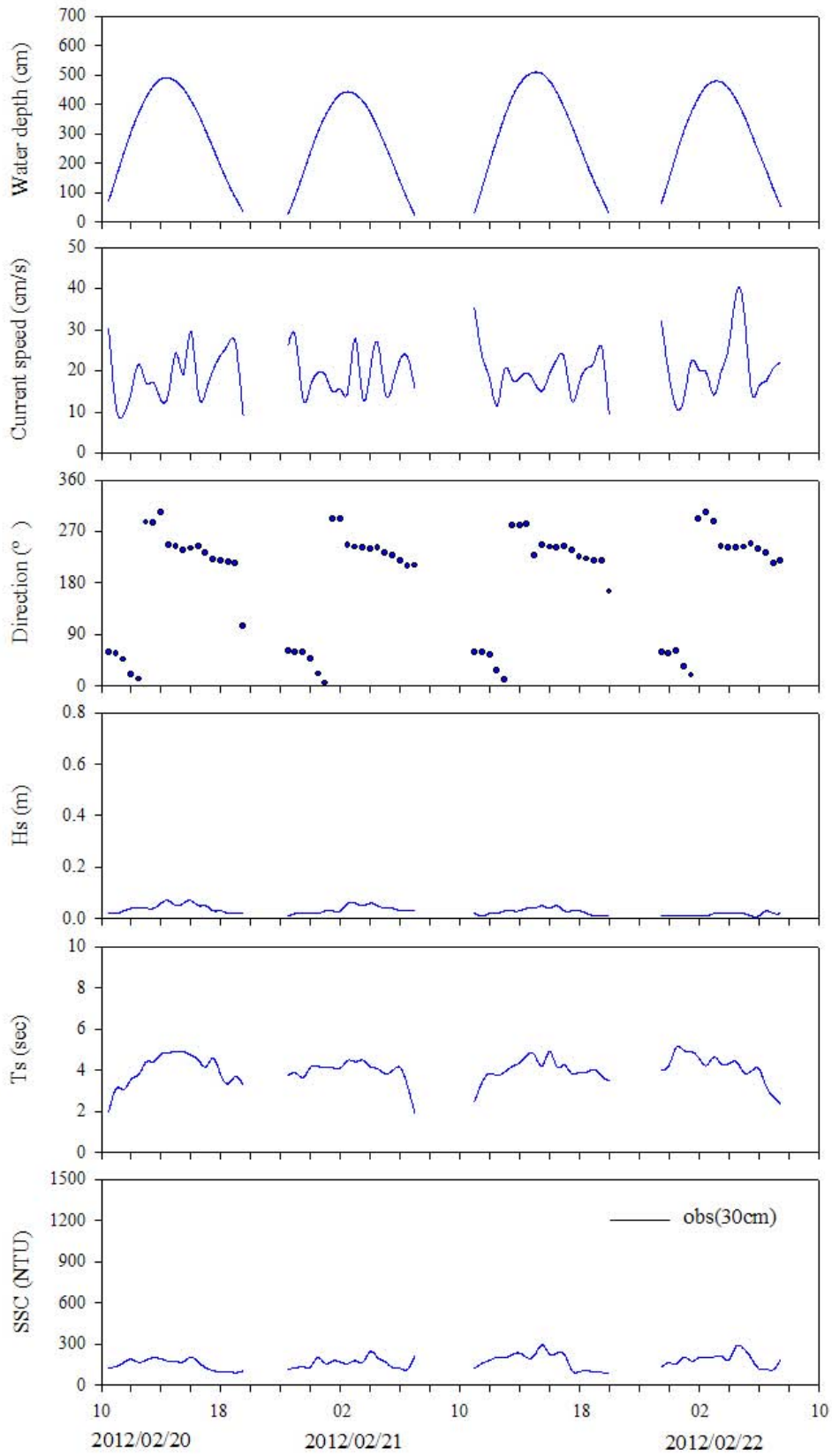
[그림 2-1] 고남면 갯벌 수리관측 정점도

2. 연구결과

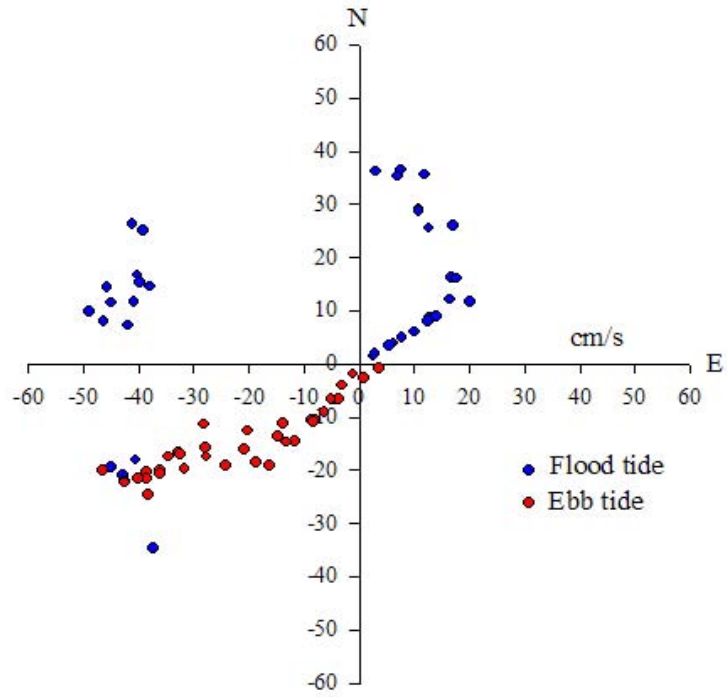
가. 조석 및 조류

겨울: 2012년 2월 20일부터 22일까지 4 조석주기 동안 조위(water level)를 관측한 결과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 4.4~5.1m (평균 4.8m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 매일 66cm 미만을 보이며 변화하였다 [그림 2-2]. 관측지점에서 1 조석주기 동안 대기 중에 노출되는 시간은 약 2시간, 해수에 침수되는 시간은 약 10 시간 정도였고, 낙조시간이 창조시간보다 약 15분 정도 더 긴 특징을 보였다[그림 2-2]. 조류의 최저유속은 대체로 창조 초기에 나타났고, 최고유속은 낙조 중반에 나타났다[그림 2-2]. 창조와 낙조의 평균저층유속은 18.5cm/s, 낙조의 평균저층유속은 20.8cm/s로서 낙조류가 창조류에 비해 다소 강하였고[표 2-1], 관측기간 동안의 최고유속도 38.7cm/s로서 낙조 초기에 나타났다[그림 2-2]. 조류의 방향은 창조류는 북동향류, 낙조류는 남서향류가 우세한 편이었고, 특히 창조류는 조석 시간에 따라 북동-북서 방향으로 크게 변화하는 반면, 낙조류는 남서방향에서 뚜렷한 방향 변화를 보이지 않는다[그림 2-3],[그림 2-4].

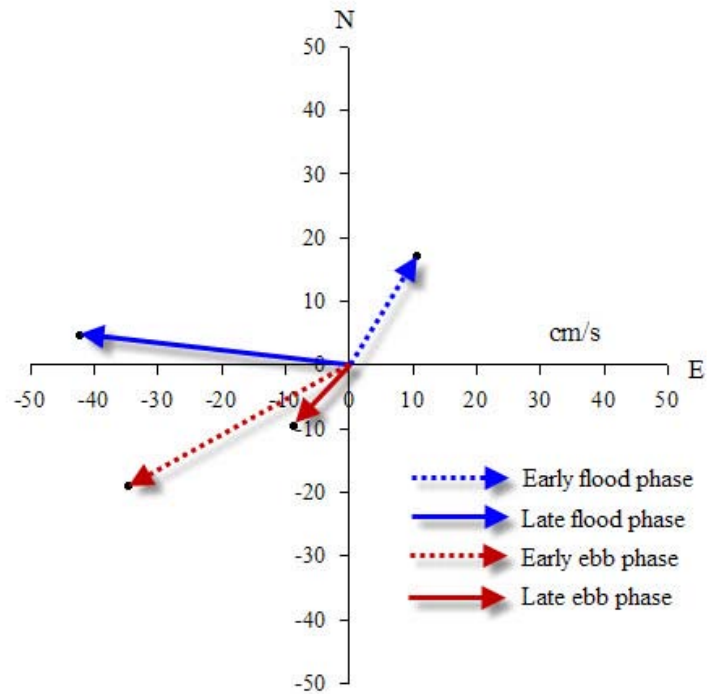
여름: 2011년 7월 5일부터 7일까지 4 조석주기 동안 조위를 관측한 결과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석으로서 만조수위는 4.6~5.7m(평균 5.2m) 범위에서 매일 110cm 미만의 차이를 보이며 변화하였다[그림 2-5]. 관측지점에서 한 조석주기 동안 대기에 노출되는 시간은 약 3시간, 해수에 침수되는 시간은 약 9시간 정도였고, 낙조 지속시간은 창조 지속시간에 비해 30분 정도 더 길었다[그림 2-5]. 조류의 유속은 대체로 간조 직전에 최저유속을 보였고, 낙조 후반에 최고유속을 보였다[그림 2-5]. 창조와 낙조의 평균저층유속은 18.0cm/s, 낙조의 평균저층유속은 17.9cm/s로서 뚜렷한 차이를 보이지 않았고[표 2-1], 관측기간의 최고유속은 27.6cm/s로서 겨울에 비해 약한 편이었다[그림 2-5]. 조류의 방향은 겨울과 큰 차이를 보이지 않았다[그림 2-6], [그림 2-7].



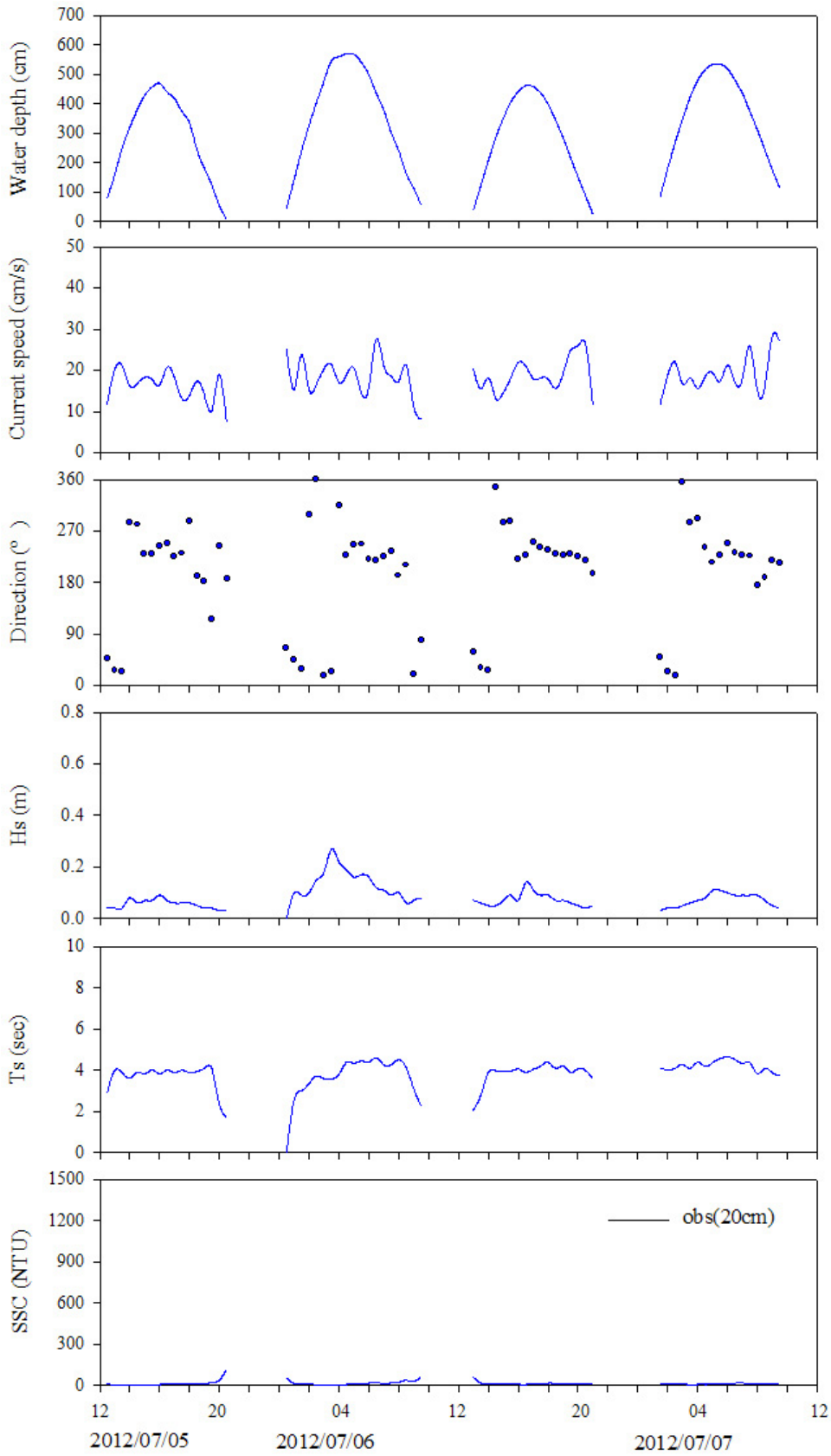
[그림 2-2] 고남면 갯벌 겨울철 수리관측 자료



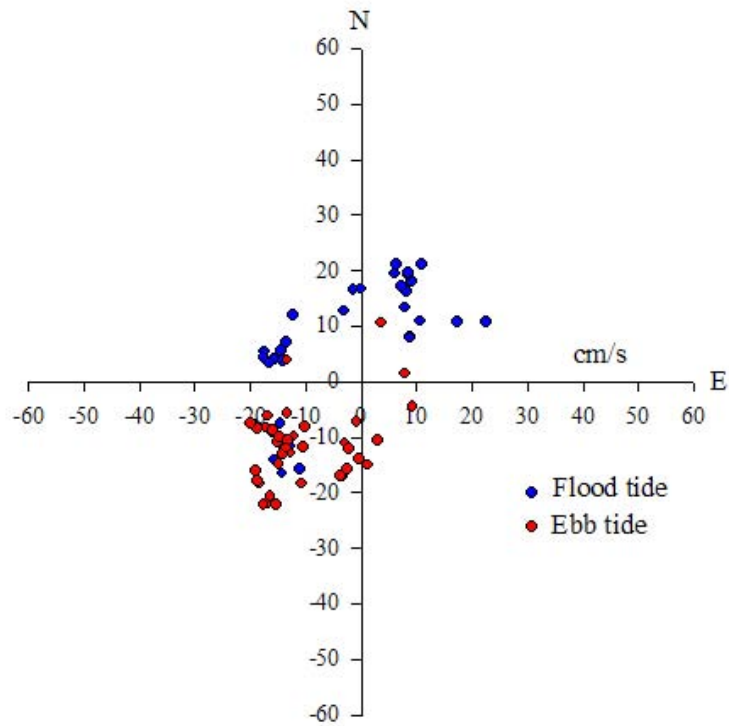
[그림 2-3] 고남면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도



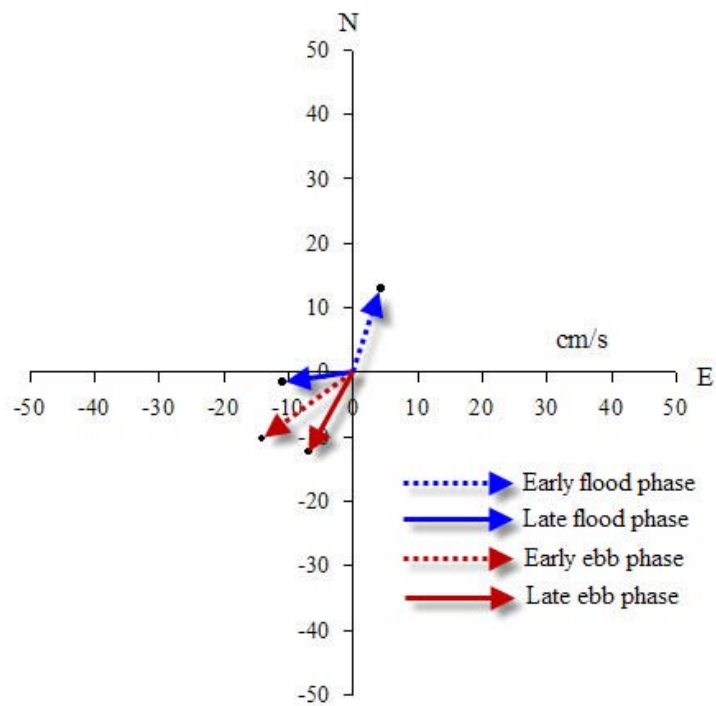
[그림 2-4] 고남면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및 유향 변화



[그림 2-5] 고남면 갯벌 여름철 수리관측 자료



[그림 2-6] 고남면 갯벌 여름철 저층조류 산포도



[그림 2-7] 고남면 갯벌 여름철 저층조류의 유속 및 유향 변화

[표 2-1] 고남면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
고 남 면	겨울	창조	4	4:00	18.5	3	48.0	43.5	38
		낙조	4	4:15	20.8	3	43.5	115.2	250
		1조석	4	8:15	19.7	3	45.7	71.7	269
	여름	창조	4	3:45	18.0	10	41.7	94.5	49
		낙조	4	4:15	17.9	10	70.8	163.2	226
		1조석	4	8:00	17.9	10	56.3	68.7	223

나. 파랑

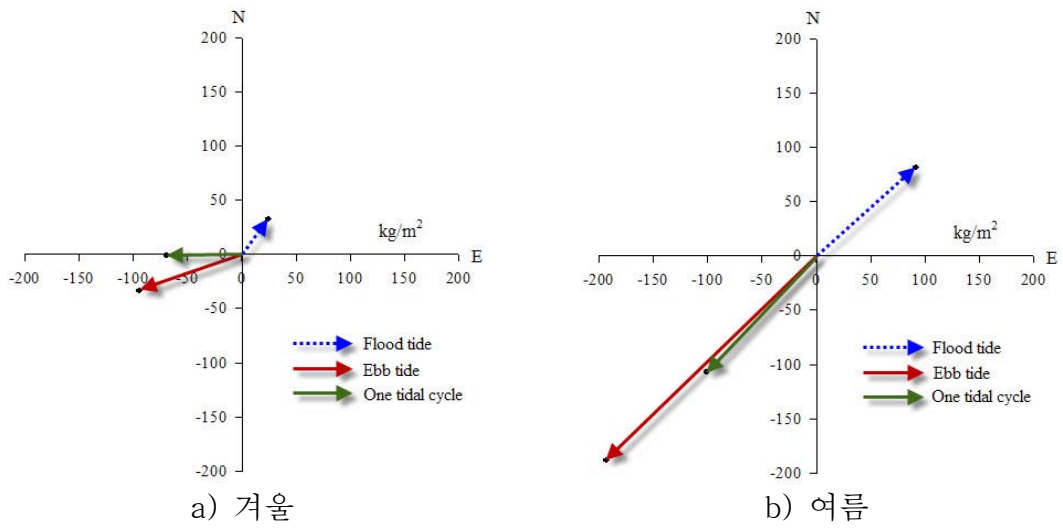
겨울: 관측지점의 유의파고는 1~7cm(평균 3cm) 범위를 보였다[그림 2-2]. 파랑의 주기는 3.7~6.6초(평균 4.8초) 범위로 낙조 중반에 긴 특징을 보였다[그림 2-2].

여름: 여름철 유의파고는 0~38cm(평균 13cm) 범위로 겨울보다 높았다. 이는 2011년 6월 4일에 비교적 높은 파도가 일었기 때문이다[그림 2-5]. 파랑의 주기는 1.8~5.1초(평균 4.0초)로 겨울보다 짧았다[그림 2-5].

다. 부유물 농도

겨울: 겨울철 부유물의 농도는 창조시 평균 48.0mg/L, 낙조시 평균 43.5mg/L로 창조시에 다소 높았고[표 2-1], 창조시는 말기에 그리고 낙조시는 초기에 높은 경향을 보였다[그림 2-2]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 71.7kg/m²로서 북서측(269°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 2-8].

여름: 여름철 부유물의 농도는 창조시 평균 41.7mg/L, 낙조시 평균 70.8mg/L로[표 2-1], 낙조시 높은 농도를 보였다[그림 2-5]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 68.7kg/m²로서 남서측(223°)을 향하였고, 창조보다 낙조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 2-8].



[그림 2-8] 고남면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량

제2절 퇴적환경

1. 연구내용 및 방법

가. 해안선 변형이력 조사

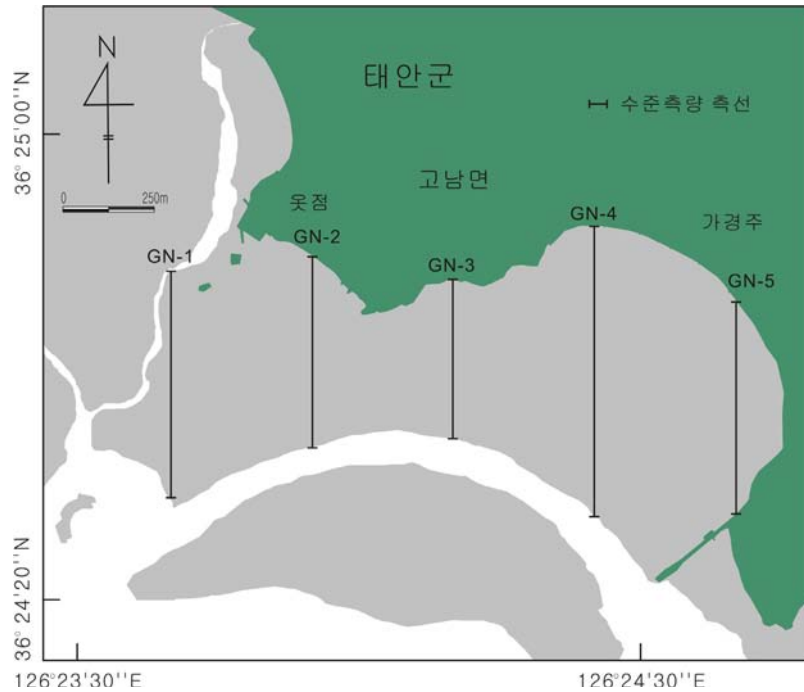
고남면 갯벌의 해안선 변형이력 조사는 1919년 고지도와 1967년 항공사진을 바탕으로 분석하였다[그림 2-9].



[그림 2-9] 고남면 갯벌 주변 고지도(1919년)

나. 갯벌 지형단면 조사

고남면 갯벌의 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고[그림 2-10], 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였다. 수준측량 방법은 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.



[그림 2-10] 고남면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도

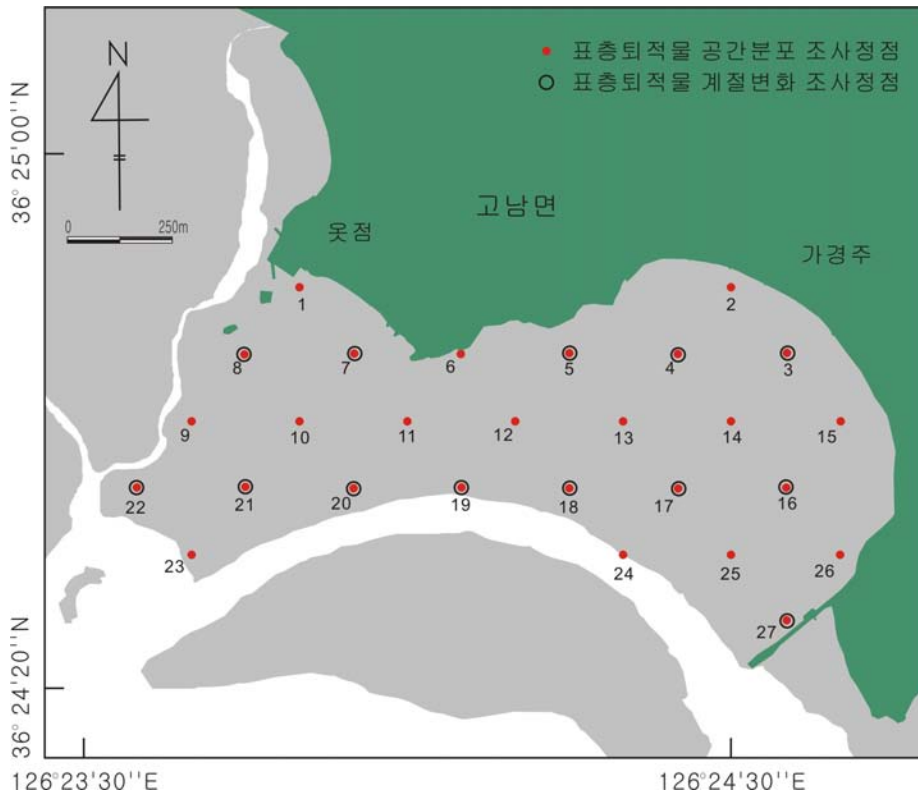
다. 표층퇴적물 분포 및 변화 조사

1) 시료채취

고남면 갯벌의 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 27개 정점을 선정하여 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 2-11]. 또한 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 2-11]. 표층퇴적물 시료는 도бором 플라스틱 스푼을 사용하여 채취하였다. 시료채취 정점의 위치는 GPS(Garmin GPS V, USA)를 이용하여 측정하였으며, 각 정점의 위치는 [표 2-2]와 같다.

2) 입도분석

퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)의 표준입도분석 방법에 의거하였으며, 그 과정 및 절차는 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.



[그림 2-11] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 정점도

[표 2-2] 고남면 갯벌 표층퇴적물 채취 정점좌표

정점	위도	경도	정점	위도	경도
1	36° 24' 49"	126° 23' 51"	15	36° 24' 39"	126° 24' 41"
2	36° 24' 49"	126° 24' 31"	16	36° 24' 34"	126° 24' 36"
3	36° 24' 44"	126° 24' 36"	17	36° 24' 34"	126° 24' 26"
4	36° 24' 44"	126° 24' 26"	18	36° 24' 34"	126° 24' 16"
5	36° 24' 44"	126° 24' 16"	19	36° 24' 34"	126° 24' 06"
6	36° 24' 44"	126° 24' 06"	20	36° 24' 34"	126° 23' 56"
7	36° 24' 44"	126° 23' 56"	21	36° 24' 34"	126° 23' 46"
8	36° 24' 44"	126° 23' 46"	22	36° 24' 34"	126° 23' 36"
9	36° 24' 39"	126° 23' 41"	23	36° 24' 29"	126° 23' 41"
10	36° 24' 39"	126° 23' 51"	24	36° 24' 29"	126° 24' 21"
11	36° 24' 39"	126° 24' 01"	25	36° 24' 29"	126° 24' 31"
12	36° 24' 39"	126° 24' 11"	26	36° 24' 29"	126° 24' 41"
13	36° 24' 39"	126° 24' 21"	27	36° 24' 24"	126° 24' 36"
14	36° 24' 39"	126° 24' 31"			

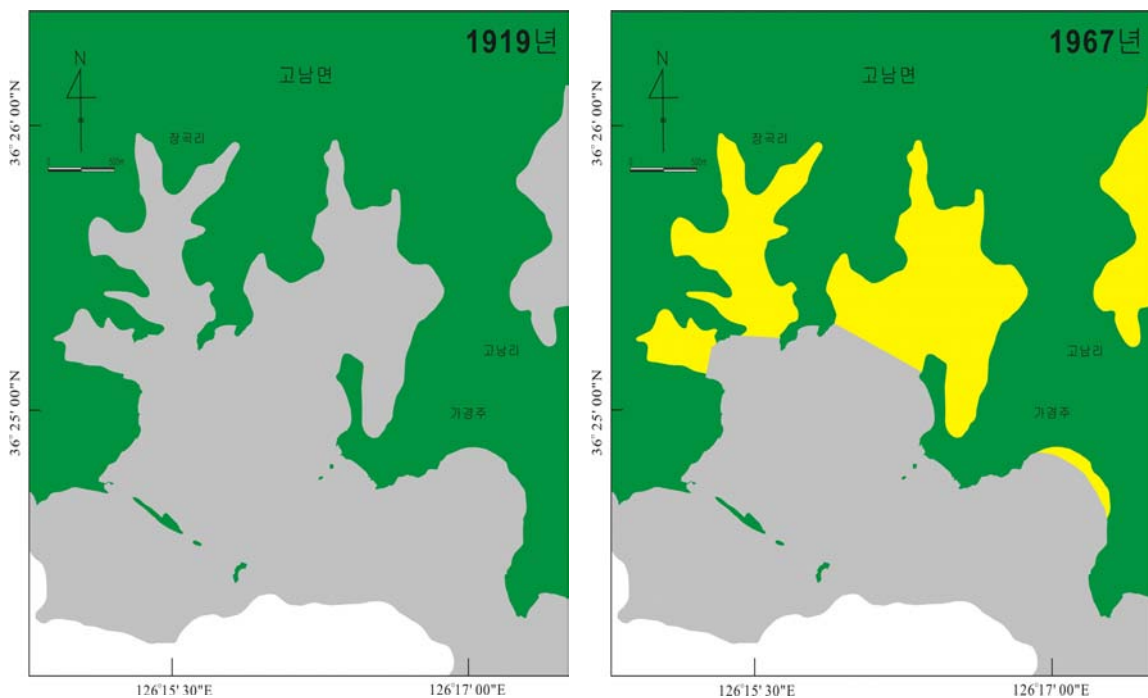
라. 퇴적율 측정

퇴적율의 측정은 아크릴판(SRP; Sedimentation Rate Plate)을 이용한 퇴적율 측정장치를 이용하여 측정하였으며, 그 과정 및 절차는 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.

2. 연구결과

가. 해안선 변형이력

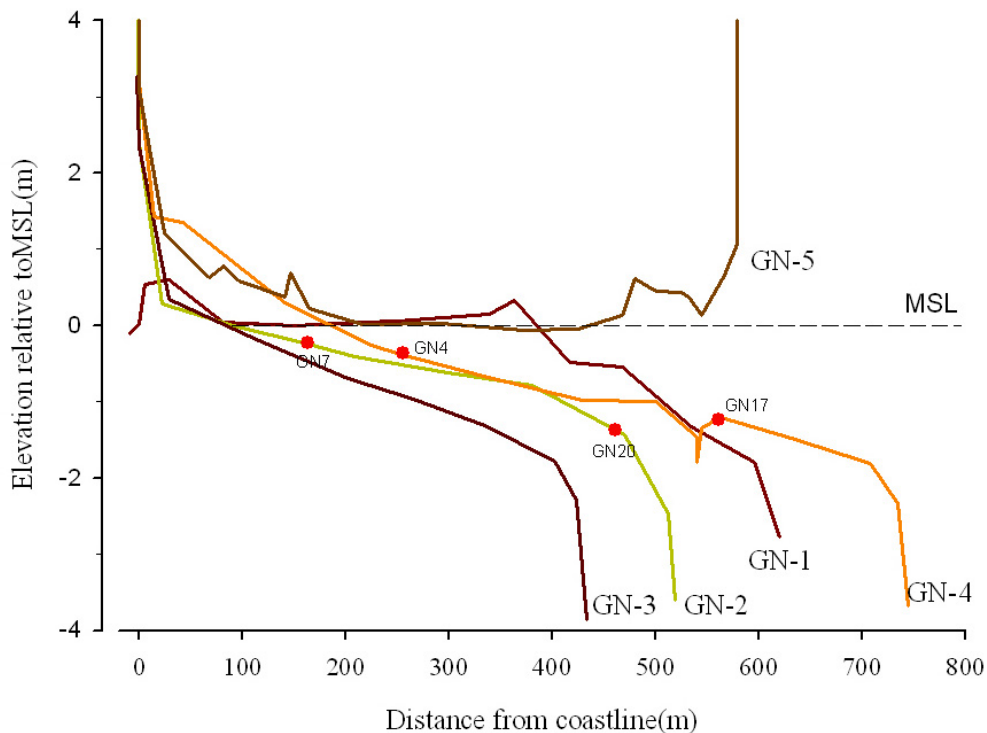
[그림 2-12]는 1919년 고지도와 1967년 항공사진 분석을 통해 고남면 갯벌 주변의 해안선 및 매립현황을 도시한 것이다. 조사지역의 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 8.5km² 이던 것이 1976년에는 2.3km²가 감소한 6.2km²로 나타나 27.1%가 줄어든 것으로 나타났으며, 이 후에는 해안선 변형이 이루어지지 않았다. 또한 해안선 길이는 1919년 4.7km²이던 것이, 1976년에 매립이 이루어진 후에는 1.9km 감소하여 2.8km로 40.4%가 감소한 것으로 나타났다.



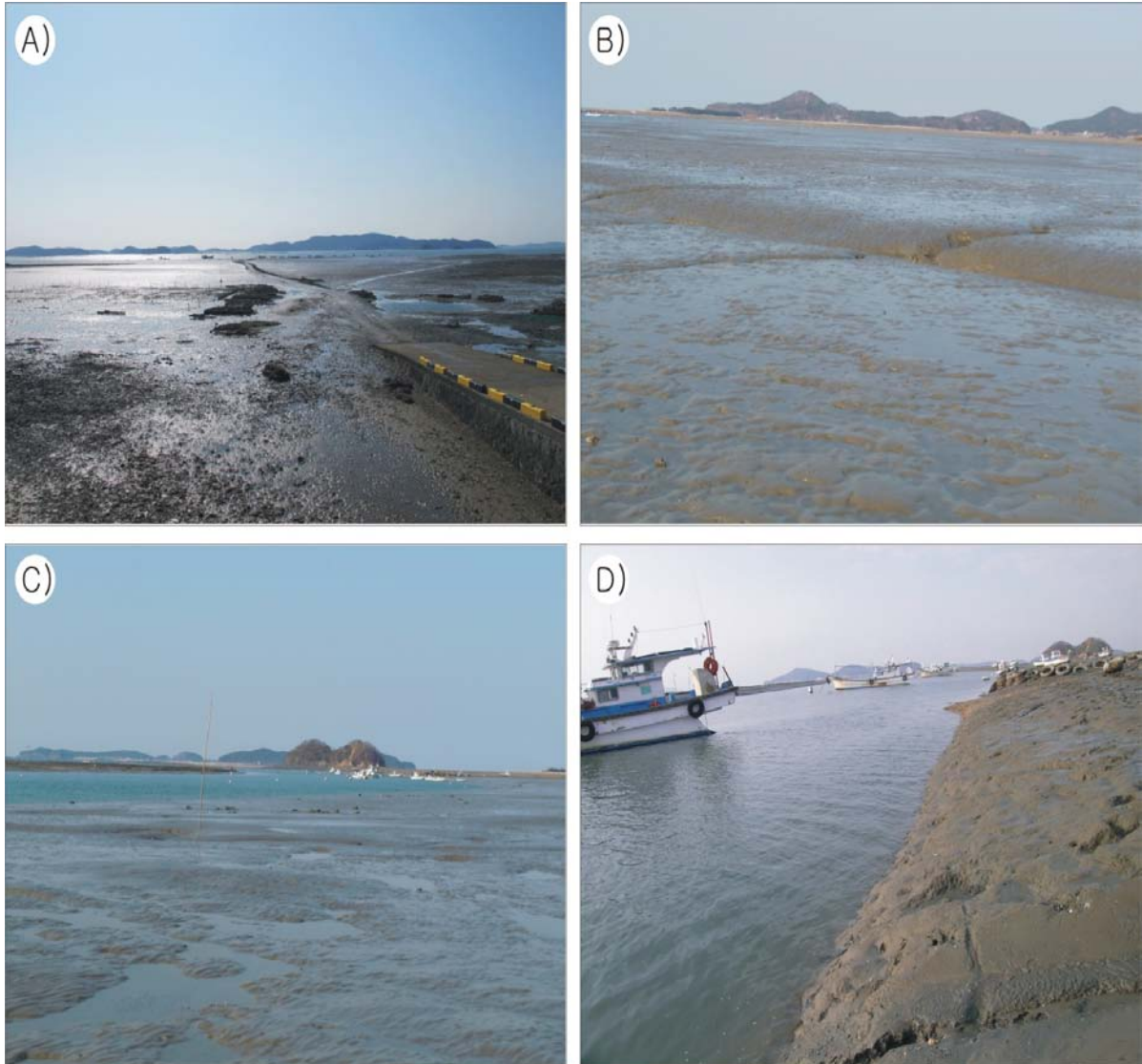
[그림 2-12] 고남면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

나. 갯벌 지형단면 특성

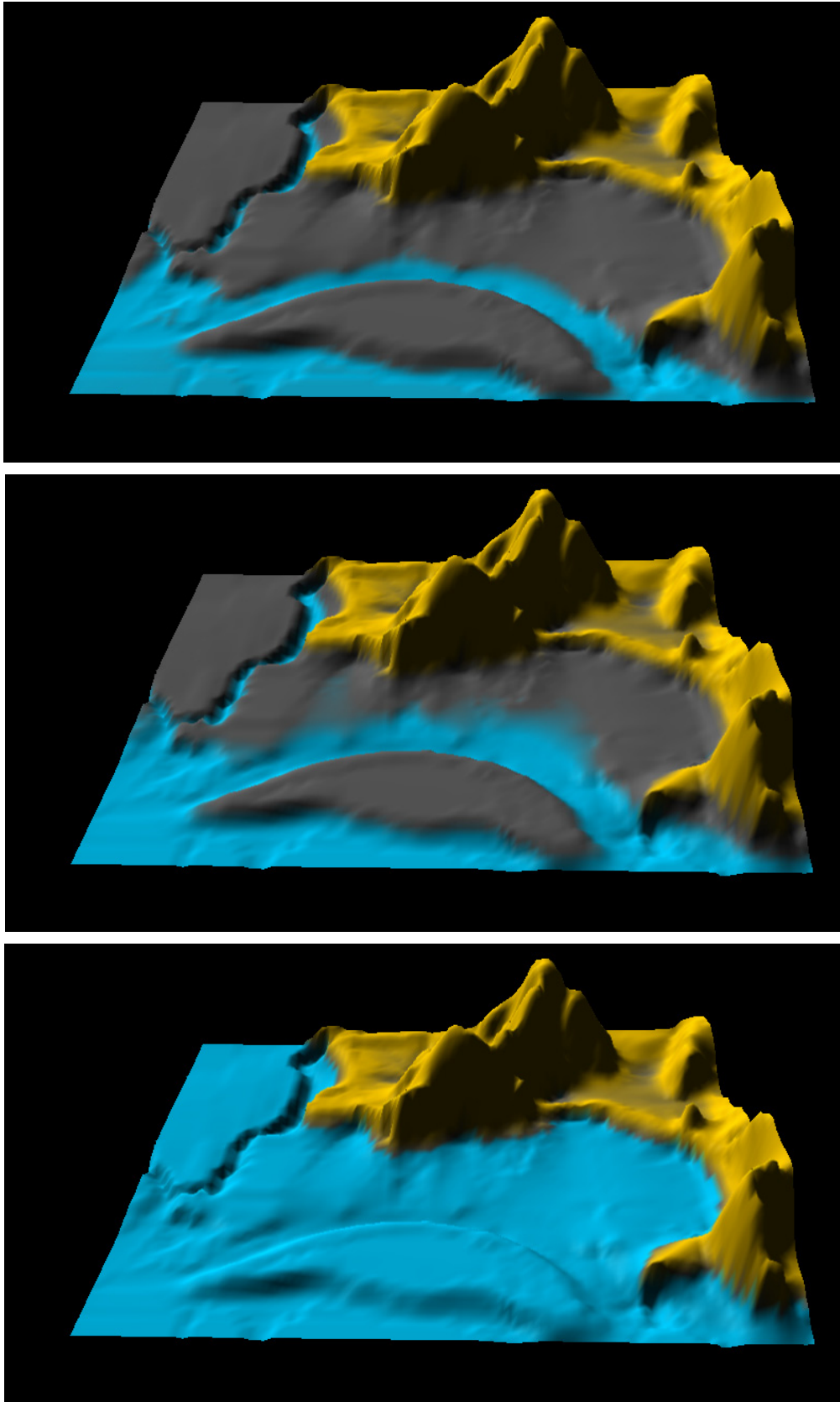
[그림 2-13]은 고남면 갯벌의 지형단면을 도시한 것이다. 측량된 고남면 갯벌은 약 0.4~0.8km 범위의 길이를 보인다. 5개의 측선 중 고도가 가장 높은 측선은 가장 동쪽에 위치하는 측선 GN-5로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 중앙에 위치하는 측선 GN-3으로 중앙에서 동쪽과 서쪽으로 고도가 높아지는 경향을 보였다[그림 2-13]. 갯벌 내에는 사주(sand bar)와 조류세곡(tidal creek)이 발달되어 있고[그림 2-13], 조하대와는 비교적 급경사를 이루며 연결되어 있다. 사주는 폭 약 20m 내외에 약 0.5m 내외의 고도를 보이고, 조류세곡은 폭 10m 내외에 약 0.5m 이내의 깊이를 보인다[그림 2-13]. 바다와 육지가 만나는 해안선에는 대부분 호안(sea-wall)이 건설되어 있고, 간조선과 연결되는 주조류로(main tidal channel) 건너편에는 수풀이 발달되어 있다[그림 2-14]. [그림 2-15]는 고남면 갯벌의 조위도를 도시한 것이다.



[그림 2-13] 고남면 갯벌 지형단면 특성



[그림 2-14] 고남면 갯벌 전경. A) 고남면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 수풀, D) 간조선 주변



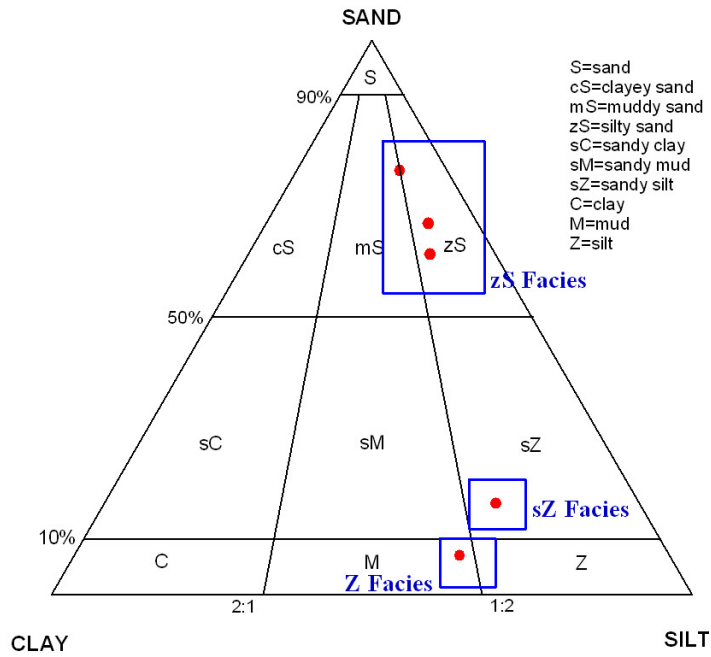
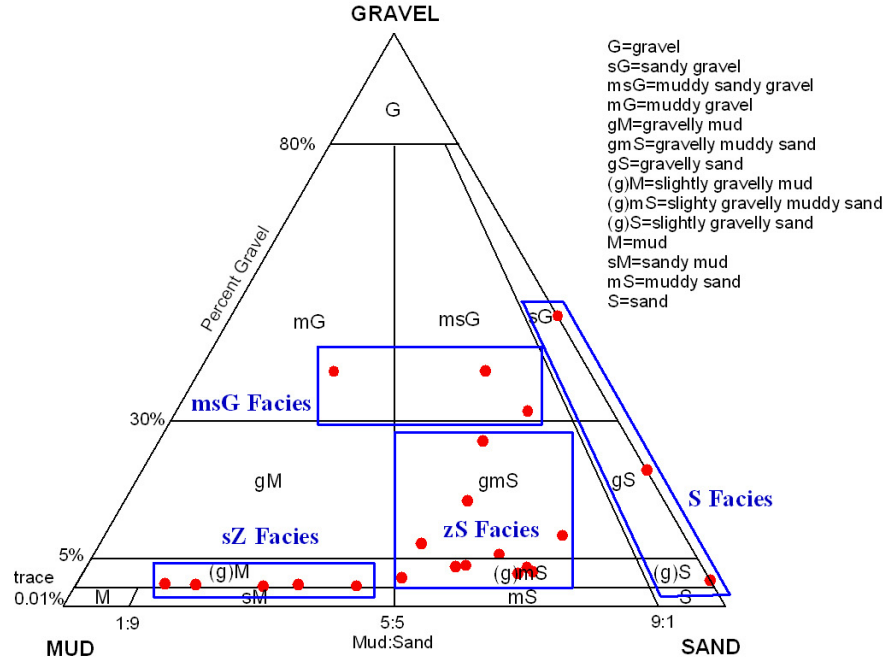
[그림 2-15] 고남면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준

다. 표층퇴적상

2011년 11월에 채취한 고남면 갯벌 표층퇴적물의 입도분석 결과를 Folk(1968)의 삼각좌표에 도시한 결과 사질역(sG, sandy gravel), 니사질역(msG, muddy sandy gravel), 니질역(mG, muddy gravel), 역질사(gS, gravelly sand), 역니질사(gravelly muddy sand), 약역질사((g)S, slightly gravelly sand), 약역니질사((g)mS, slightly gravelly muddy sand), 약역질니((g)M, slightly gravelly mud), 실트질사(zS, silty sand), 사질실트(sZ, sandy silt), 니(M, mud)의 11개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 퇴적물의 조직 특성에 따라 니사질역(msG), 사(S), 실트질사(zS), 사질실트(sZ), 실트(Z)의 5개 퇴적상(facies)으로 조합하였다[그림 2-16]. 퇴적물의 입도분석 결과는 [표 2-3]에 나타내었고, 각 정점별 표층퇴적물의 유형과 표층퇴적상의 공간분포는 [그림 2-17]에 도시하였다.

니사질역(msG) 퇴적상은 니사질역과 니질역 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 36.6%, 40.3%, 17.3%, 5.8%로[표 2-4] 고남면 갯벌의 서측 조류로와 북측 돌출부 주변에 제한된 분포를 보인다[그림 2-17]. 사(S) 퇴적상은 사질역과 역질사, 약역질사 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 35.1%, 64.9%, 0.0%, 0.0%로[표 2-4] 고남면 갯벌의 서측 조류로와 동측 해안선 주변에 제한된 분포를 보인다[그림 2-17]. 실트질사(zS) 퇴적상은 역니질사, 약역니질사, 실트질사 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 5.7%, 64.5%, 23.3%, 6.5%로[표 2-4] 고남면 갯벌의 대부분 지역에서 광범위한 분포를 보인다[그림 2-17]. 사질실트(sZ) 퇴적상은 약역질니, 사질실트 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 0.3%, 26.2%, 53.9%, 19.6%로[표 2-4] 고남면 갯벌의 간조선 주변에서 비교적 넓은 분포를 보인다[그림 2-17]. 실트(Z) 퇴적상은 니 퇴적물로 사와 실트, 점토의 함량이 각각 평균 7.1%, 60.2%, 32.7%로[표 2-4] 고남면 갯벌의 남측 간조선 주변 일부지역에 매우 제한된 분포를 보인다[그림 2-17].

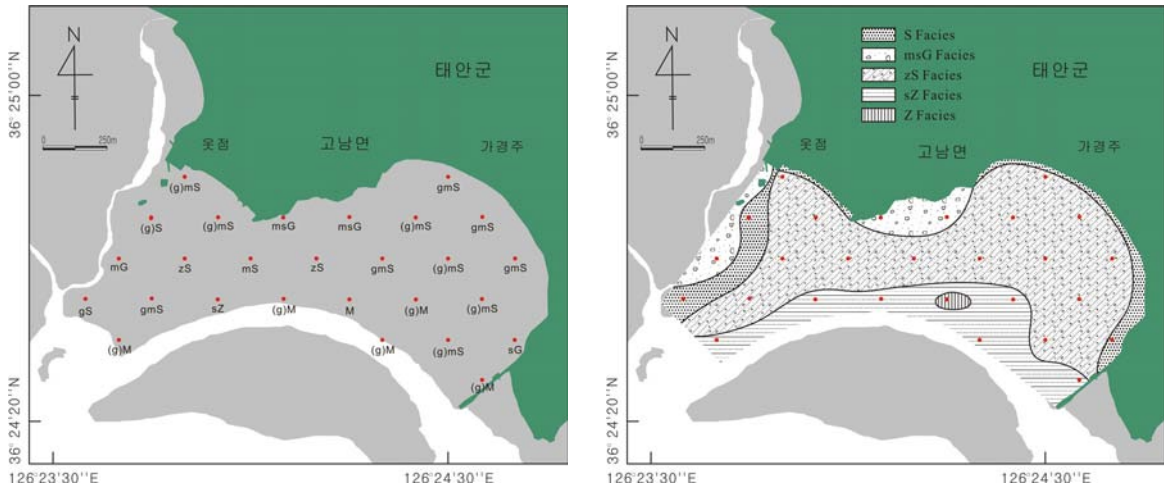
이러한 퇴적상의 분포는 퇴적물 내에 함유되어 있는 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량비에 의해 조절되며, 조사해역에 나타나는 각 성분들(composition)의 범위는 각각 0.0~49.0%(평균 9.9%), 7.1~98.7%(평균 51.2%), 0.0~63.8%(평균 29.1%), 0.0~32.8%(평균 9.8%)로 모래가 매우 우세한 분포를 보인다[그림 2-17], [표 2-3].



[그림 2-16] 고남면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이하그램(Folk, 1968)

[표 2-3] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수

정점	조직변수(%)				통계변수				퇴적물 유형 (Folk, 1968)
	자갈	모래	실트	점토	평균 (\bar{x})	분급 (σ)	왜도	첨도	
1	3.6	68.9	22.2	5.3	3.3	2.0	0.3	1.8	(g)mS
2	26.4	50.7	17.9	5.0	1.4	3.2	0.4	0.9	gmS
3	15.5	53.7	25.9	4.9	2.4	3.0	-0.2	1.8	gmS
4	2.4	68.1	26.0	3.5	3.0	1.8	0.1	1.2	(g)mS
5	39.0	44.8	12.6	3.6	0.8	3.4	-0.1	0.7	msG
6	31.8	55.0	9.6	3.6	0.5	3.0	0.2	1.0	msG
7	2.8	70.3	20.8	6.1	3.4	2.1	0.2	2.1	(g)mS
8	1.3	98.7	0.0	0.0	2.5	1.0	-0.5	1.5	(g)S
9	38.9	21.1	29.8	10.1	2.0	4.5	0.0	0.6	mG
10	0.0	66.9	25.4	7.7	4.1	1.6	0.5	2.1	zS
11	0.0	61.3	28.4	10.2	4.3	2.0	0.6	2.0	mS
12	0.0	76.5	16.1	7.4	3.7	1.6	0.6	2.6	zS
13	6.0	63.4	23.8	6.7	2.5	3.0	0.0	1.2	gmS
14	1.7	50.3	41.8	6.1	4.1	1.9	0.2	1.9	(g)mS
15	9.4	71.5	15.9	3.2	3.1	2.0	0.1	2.7	gmS
16	4.0	59.2	29.3	7.6	3.7	2.4	0.3	1.8	(g)mS
17	0.5	18.8	63.8	17.0	5.7	2.4	0.5	-0.8	(g)M
18	0.0	7.1	60.2	32.8	7.3	2.9	0.4	1.0	M
19	0.1	29.5	49.3	21.1	5.6	3.5	0.2	1.3	(g)M
20	0.0	16.4	61.2	22.4	6.3	2.8	0.5	1.2	sZ
21	7.9	50.3	27.6	14.2	3.6	3.9	0.1	1.0	gmS
22	21.1	78.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.1	1.0	gS
23	0.5	34.8	42.5	22.2	5.7	3.7	0.3	1.3	(g)M
24	0.6	14.0	60.3	25.2	6.6	2.9	0.5	1.1	(g)M
25	3.8	57.7	28.2	10.3	3.2	3.4	0.0	1.1	(g)mS
26	49.0	51.0	0.0	0.0	-0.3	2.4	0.1	0.5	sG
27	0.3	44.0	46.1	9.7	4.7	1.9	0.6	1.8	(g)M



[그림 2-17] 고남면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상

[표 2-4] 퇴적물의 조직특성에 근거한 고남면 갯벌 표층퇴적상 분류

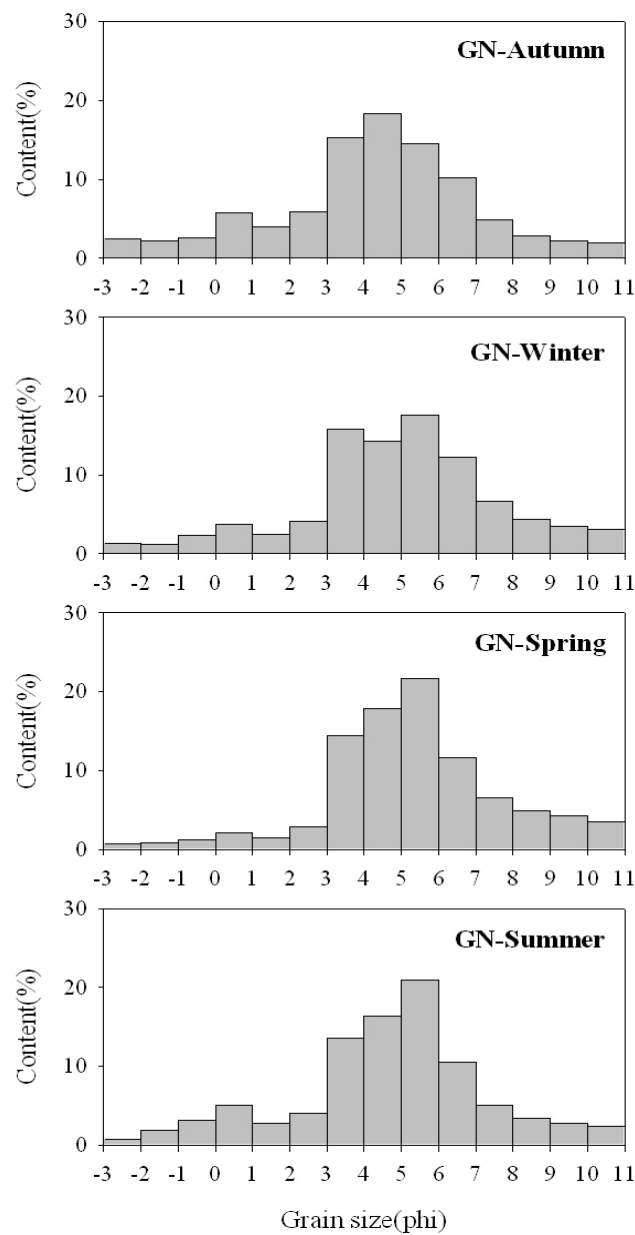
퇴적상	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	주요 퇴적물 유형 (Folk, 1968)
msG	36.6	40.3	17.3	5.8	1.1	3.6	0.0	0.8	msG, mG
S	35.1	64.9	0.0	0.0	-0.2	1.9	0.1	0.7	sG, gS, (g)S
zS	5.7	64.5	23.3	6.5	3.2	2.3	0.2	1.7	(g)M, zS
sZ	0.3	26.2	53.9	19.6	5.7	2.8	0.4	1.0	sZ
Z		7.1	60.2	32.7	7.3	2.9	0.4	1.0	M

라. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

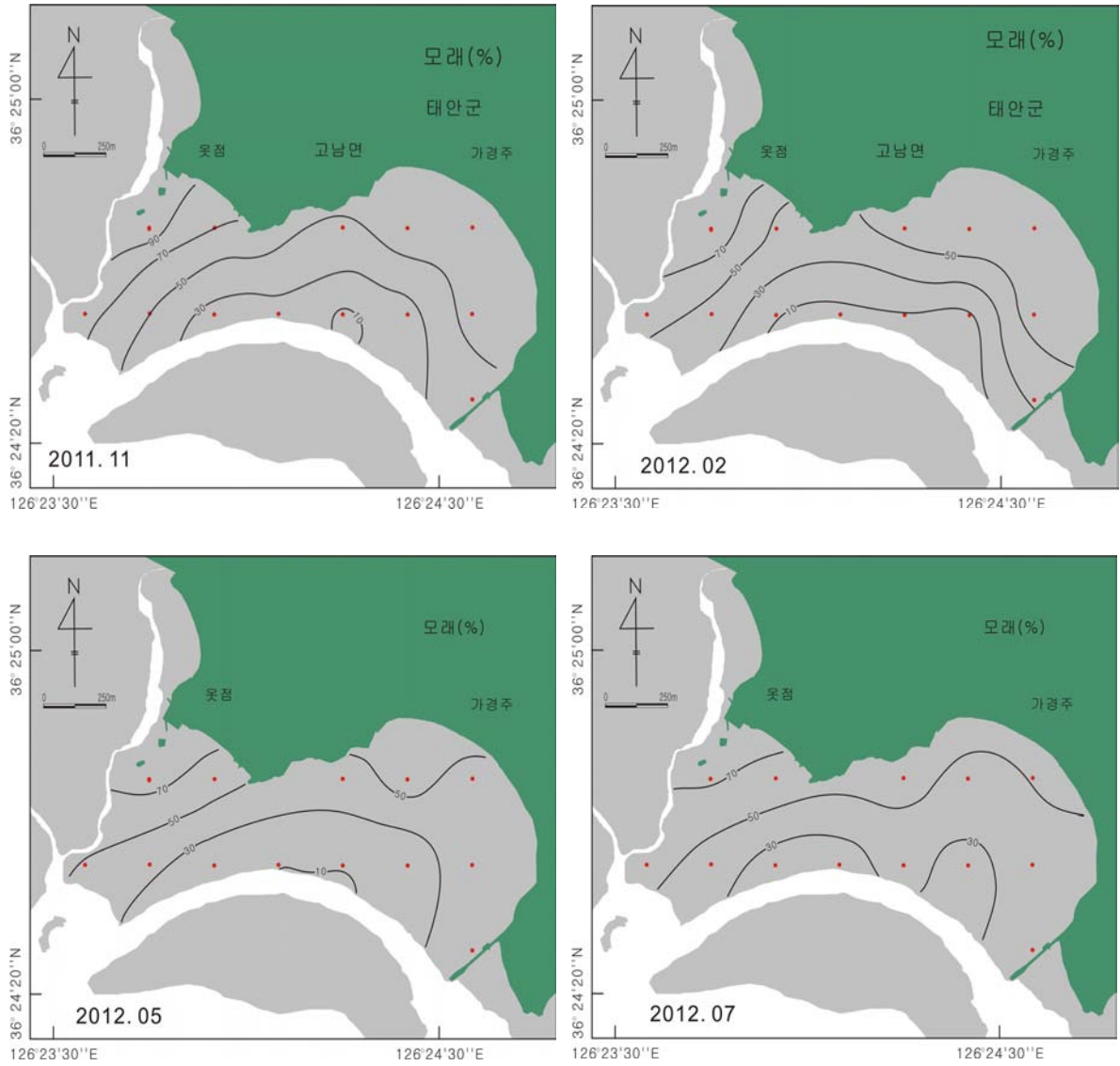
고남면 갯벌에서 계절별로 조사된 표층퇴적물의 입도 특성은 [표 2-5]에 종합하여 정리되었으며, 계절별 기초자료는 [표 2-6]에 나타내었다. 고남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 계절 평균 5.4%, 43.4%, 38.6%, 12.6%로 모래와 실트가 우세한 분포를 보인다. 퇴적물의 평균입도는 가을에서 겨울, 봄으로 갈수록 세립해지다가 여름에 다시 조립해지는 경향을 보였다[표 2-5]. 이러한 계절적 변화는 모래와 실트 퇴적물의 상대적인 함량 변화에 기인한다[그림 2-18]. 모래퇴적물의 경우, 옷점 상부갯벌과 간조선 주변에서 함량변화가 두드러지게 나타나는데, 간조선 주변은 겨울에 모래의 함량이 가장 증가하고 옷점 상부갯벌은 가을에 모래의 함량이 증가한다[그림 2-19]. 한편 실트퇴적물은 옷점과 가경주의 상부갯벌에서 함량변화가 두드러지게 나타나는데, 특히 봄에 함량 증가가 두드러지게 나타난다[그림 2-20]. 퇴적물의 분급은 2.4~2.7Ø 범위로 뚜렷한 변화를 보이지 않고 전체적으로 불량한 경향을 보였다[표 2-5].

[표 2-5] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성

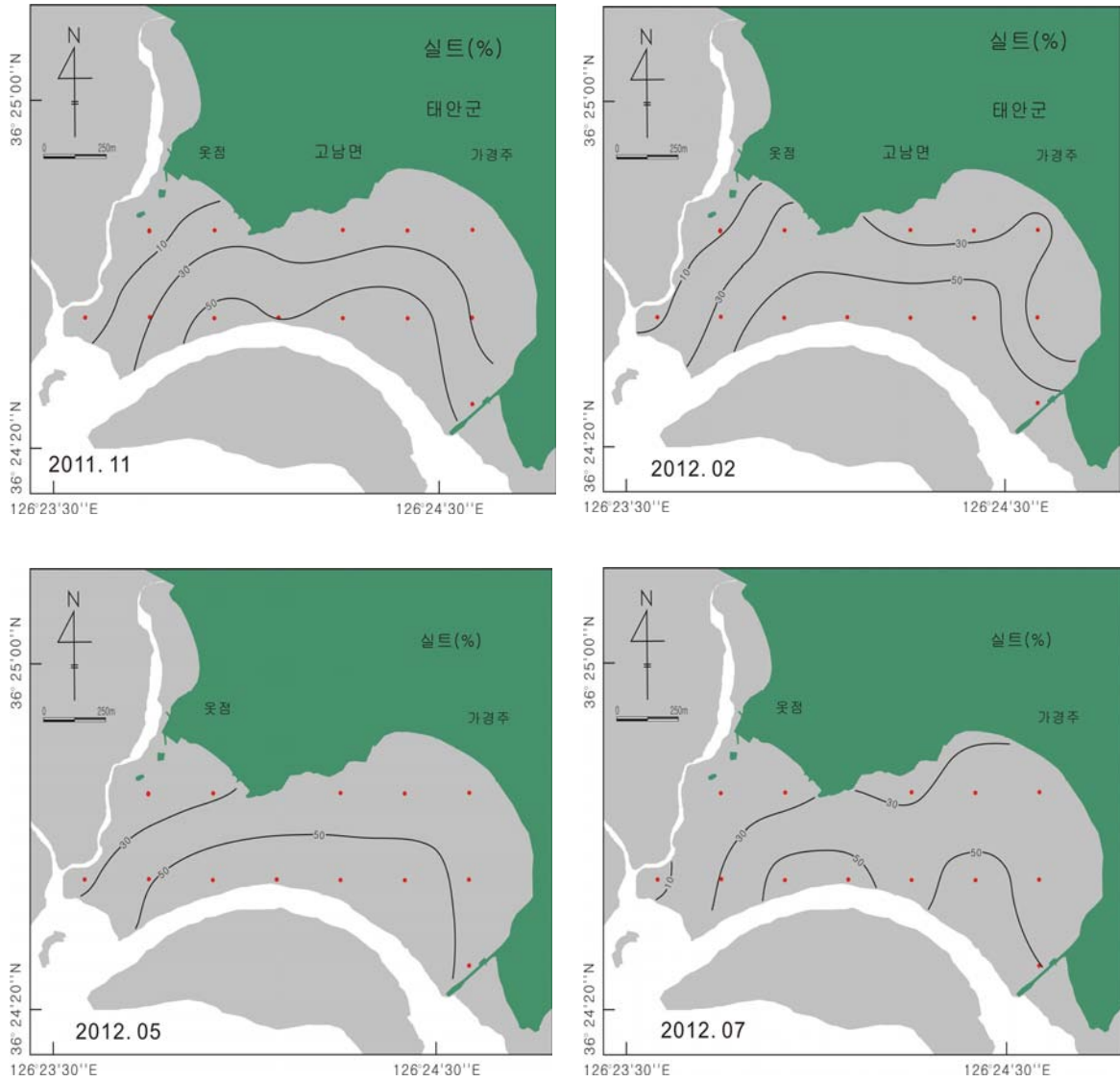
계절	조사년월	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도
가을	2011. 11	7.3	49.2	32.5	11.0	3.8	2.5	0.2	1.2
겨울	2012. 02	5.3	41.8	39.0	13.9	4.3	2.6	0.3	1.5
봄	2012. 05	2.7	38.7	44.7	13.9	4.7	2.4	0.4	1.4
여름	2012. 07	6.2	44.0	38.2	11.6	4.0	2.7	0.3	1.5



[그림 2-18] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상



[그림 2-19] 고남면 갯벌 모래퇴적물의 계절별 공간분포



[그림 2-20] 고남면 갯벌 실트퇴적물의 계절별 공간분포

[표 2-6] 고남면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수

조사년월	정점	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	퇴적물 유형 (Folk,1968)
2011. 11	GN1-3	15.5	53.7	25.9	4.9	2.4	3.0	-0.2	1.8	gmS
	GN1-4	2.4	68.1	26.0	3.5	3.0	1.8	0.1	1.2	(g)mS
	GN1-5	39.0	44.8	12.6	3.6	0.8	3.4	-0.1	0.7	msG
	GN1-7	2.8	70.3	20.8	6.1	3.4	2.1	0.2	2.1	(g)mS
	GN1-8	1.3	98.7	0.0	0.0	2.5	1.0	-0.5	1.5	(g)S
	GN1-16	4.0	59.2	29.3	7.6	3.7	2.4	0.3	1.8	(g)mS
	GN1-17	0.5	18.8	63.8	17.0	5.7	2.4	0.5	-0.8	(g)M
	GN1-18	0.0	7.1	60.2	32.8	7.3	2.9	0.4	1.0	M
	GN1-19	0.1	29.5	49.3	21.1	5.6	3.5	0.2	1.3	(g)M
	GN1-20	0.0	16.4	61.2	22.4	6.3	2.8	0.5	1.2	sZ
	GN1-21	7.9	50.3	27.6	14.2	3.6	3.9	0.1	1.0	gmS
	GN1-22	21.1	78.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.1	1.0	gS
	GN1-27	0.3	44.0	46.1	9.7	4.7	1.9	0.6	1.8	(g)M
2012. 02	GN2-3	4.6	50.9	33.7	10.8	4.1	2.6	0.4	1.4	(g)mS
	GN2-4	0.6	65.1	26.1	8.1	3.4	2.2	0.4	1.6	(g)mS
	GN2-5	14.7	58.7	19.6	7.0	2.5	3.3	-0.1	1.8	gmS
	GN2-7	0.7	48.1	35.3	15.9	4.8	3.0	0.4	1.2	(g)M
	GN2-8	0.3	87.8	7.9	4.0	2.9	1.1	0.5	2.4	(g)mS
	GN2-16	8.5	63.4	20.6	7.5	3.0	2.8	0.1	2.1	gmS
	GN2-17	0.0	8.0	68.4	23.6	6.5	2.5	0.4	1.2	Z
	GN2-18	0.7	9.2	68.3	21.8	6.3	2.5	0.4	1.3	(g)M
	GN2-19	0.0	5.4	67.0	27.6	6.8	2.5	0.4	1.0	Z
	GN2-20	0.0	10.6	66.7	22.6	6.4	2.6	0.5	1.2	sZ
	GN2-21	9.6	43.5	34.0	13.0	3.5	3.8	0.0	1.3	gM
	GN2-22	28.6	61.7	6.3	3.4	0.2	2.3	0.3	1.5	gmS
	GN2-27	0.3	31.8	53.2	14.8	5.3	2.3	0.6	1.8	(g)M
2012. 05	GN3-3	0.6	39.1	48.7	11.5	4.6	2.3	0.3	1.2	(g)M
	GN3-4	0.5	59.1	30.3	10.1	4.1	2.4	0.4	1.2	(g)mS
	GN3-5	11.5	42.0	34.9	11.6	4.0	3.3	0.0	1.6	gM
	GN3-7	3.8	62.0	26.4	7.7	3.7	2.4	0.3	1.7	(g)mS
	GN3-8	0.3	77.9	17.1	4.6	3.3	1.4	0.6	1.9	(g)mS
	GN3-16	2.3	44.1	43.2	10.4	4.5	2.3	0.3	1.4	(g)M
	GN3-17	0.0	13.2	65.5	21.2	6.1	2.4	0.5	1.1	sZ
	GN3-18	0.0	10.8	65.0	24.3	6.4	2.5	0.5	1.1	sZ
	GN3-19	0.0	10.6	64.2	25.1	6.5	2.6	0.5	1.0	sZ
	GN3-20	0.0	14.5	65.1	20.4	6.1	2.4	0.5	1.1	sZ
	GN3-21	0.0	34.6	49.1	16.3	5.4	2.5	0.5	1.3	sZ
	GN3-22	16.1	48.5	25.3	10.1	2.6	3.6	0.2	0.9	gmS
	GN3-27	0.0	46.5	46.6	6.9	4.4	1.4	0.5	2.0	sZ
2012. 07	GN4-3	3.9	50.9	37.2	8.0	3.9	2.6	0.2	1.8	(g)mS
	GN4-4	1.7	41.2	45.4	11.7	4.4	2.7	0.1	1.4	(g)M
	GN4-5	2.8	61.2	27.0	9.0	3.6	2.6	0.3	1.6	(g)mS
	GN4-7	2.4	66.2	22.9	8.6	3.6	2.4	0.4	1.9	(g)mS
	GN4-8	0.4	73.0	19.8	6.7	3.4	1.7	0.6	2.0	(g)mS
	GN4-16	5.6	49.4	35.5	9.5	4.0	2.8	0.2	1.9	gmS
	GN4-17	0.2	14.7	67.3	17.8	5.8	2.4	0.6	1.5	(g)M
	GN4-18	11.0	42.2	36.6	10.3	3.1	3.6	-0.1	1.0	gM
	GN4-19	1.7	14.5	60.0	23.7	6.3	3.3	0.3	1.5	(g)M
	GN4-20	0.0	19.8	58.9	21.3	6.1	2.8	0.5	1.2	sZ
	GN4-21	17.3	40.2	30.4	12.2	3.0	4.1	-0.1	1.1	gM
	GN4-22	33.6	58.4	5.0	3.0	0.0	2.2	0.4	1.3	msG
	GN4-27	0.0	40.9	50.2	8.9	4.6	1.6	0.5	2.0	sZ

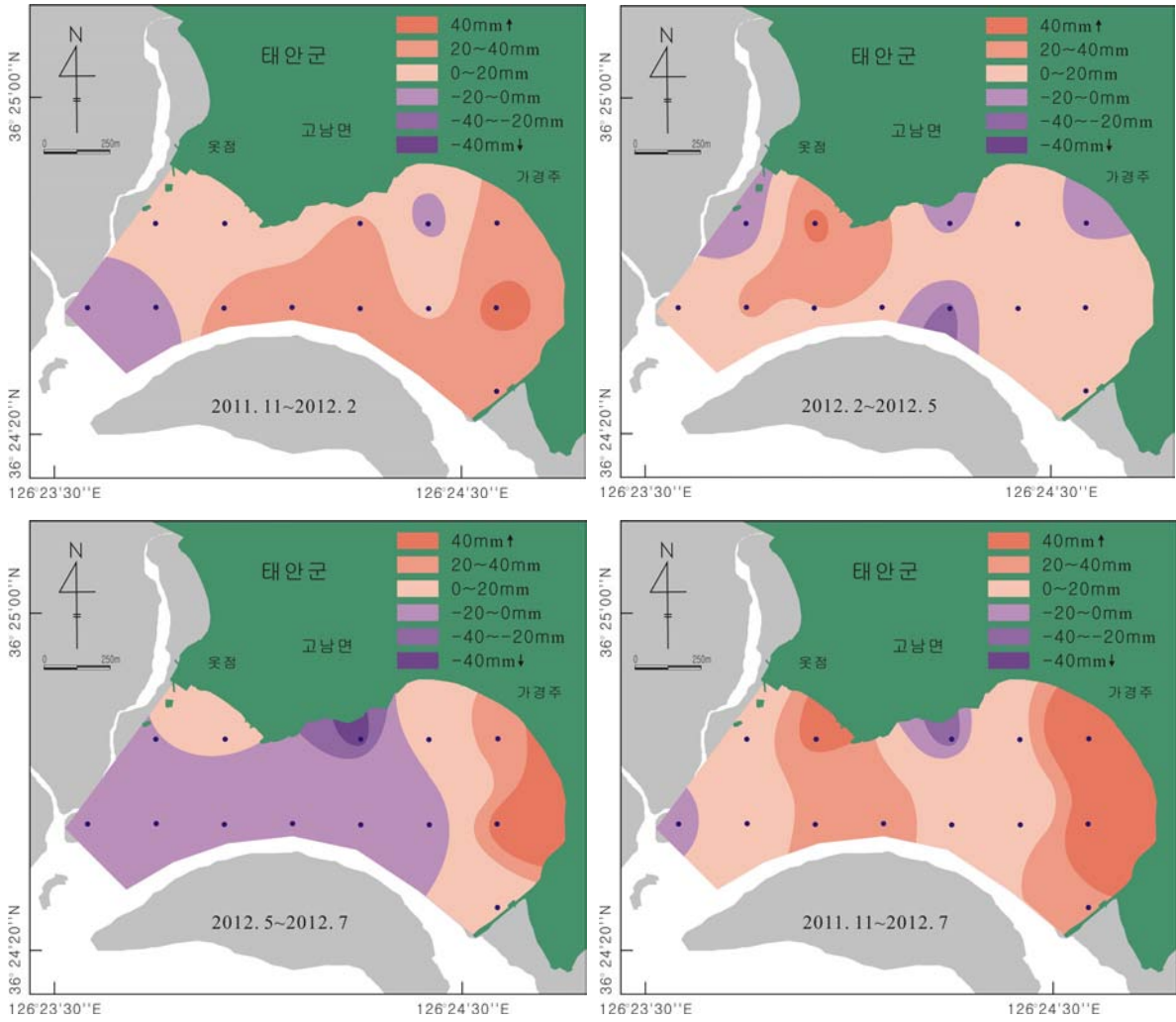
마. 퇴적물의 계절적 변화

2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월의 조사기간 동안 고남면 갯벌에서 관측한 퇴적물은 28.5mm로 퇴적되는 경향을 보였다[표 2-7]. 공간적으로는 만조선 주변과 서측 조류로 주변 일부지역을 제외하고는 대부분의 지역에서 퇴적이 우세하였고, 퇴적물은 옷점보다는 가경주 갯벌에서 높게 나타났다[그림 2-21]. 계절적으로는 겨울에는 17.6mm, 봄에는 7.5mm, 그리고 여름에는 3.4mm로 계절에 무관하게 퇴적되는 경향을 보였고, 특히 겨울에 높은 퇴적율을 보였다[표 2-7]. 겨울에는 간조선 주변 일부지역을 제외하고는 대부분 지역에서 퇴적되는 경향을 보였다. 특히 겨울의 퇴적현상은 옷점보다는 가경주 갯벌에서 높게 나타났다[그림 2-21]. 봄에는 일부지역에서 균반형태로 침식되는 지역도 나타났으나 대부분 지역에서는 퇴적되는 경향을 보였고, 옷점 갯벌에서 다소 높은 퇴적율을 보였다. 여름에는 겨울, 봄 동안과는 달리 중부를 포함한 옷점 갯벌에서는 광역적으로 침식되는 경향을 보였고, 가경주 갯벌에서는 퇴적되는 경향을 보였다. 특히 가경주 갯벌의 동측 만입된 지역에서는 높은 퇴적율을 보였다[그림 2-21].

[표 2-7] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)

조사지역	조사정점	퇴적물 변화(mm)			ΔD* (mm)	기간 (day)
		2011. 11. 23 -2012. 2. 21	2012. 2. 22 -2012. 5. 9	2012. 5. 10 -2012. 7. 6		
고남면 갯벌	GN3	28.2	-7.2	20.9	41.9	256
	GN4	-3.5	5.4	3.7	5.6	
	GN5	23.2	-3.5	-54.1	-34.4	
	GN7	3.8	44.7	4.5	53.0	
	GN8	19.9	-4.9	-0.2	14.8	
	GN16	49.9	14.1	103.1	167.1	
	GN17	13.9	8.9	-5.8	17.0	
	GN18	30.1	-21.5	-7.6	1.0	
	GN19	24.6	14.1	-4.6	34.1	
	GN20	25.4	19.9	-14.6	30.7	
	GN21	-2.4	20.2	-6.7	11.1	
	GN22	-7.0	3.6	-1.5	-4.9	
	GN27	23.1	3.5	7.1	33.7	
	평균	17.6	7.5	3.4	28.5	

*ΔD denotes depth change from datum(acrylic plate) to surface for each measurement period; positive value indicates accumulation and negative value erosion of sediments.



[그림 2-21] 고남면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화

제3절 저질환경

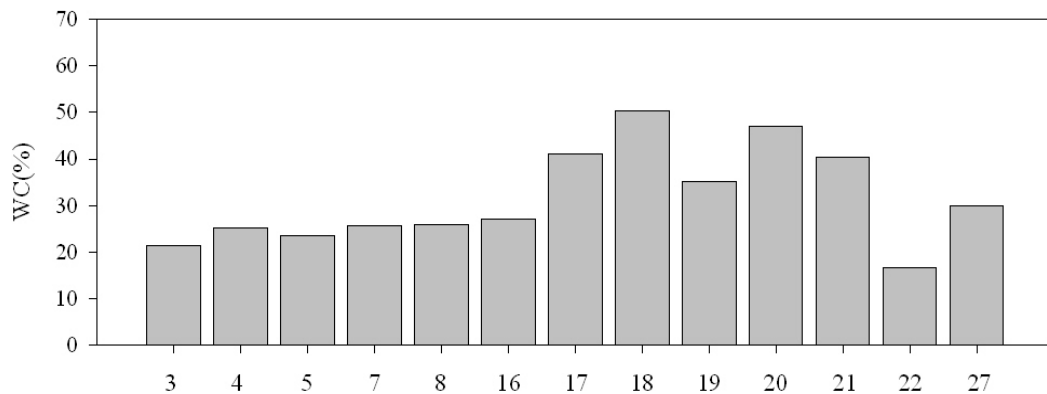
1. 연구내용 및 방법

고남면 갯벌의 저질 특성을 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 13개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다. 채취된 시료의 분석방법은 제1장 태안군 남면 갯벌의 저질환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.

2. 연구결과

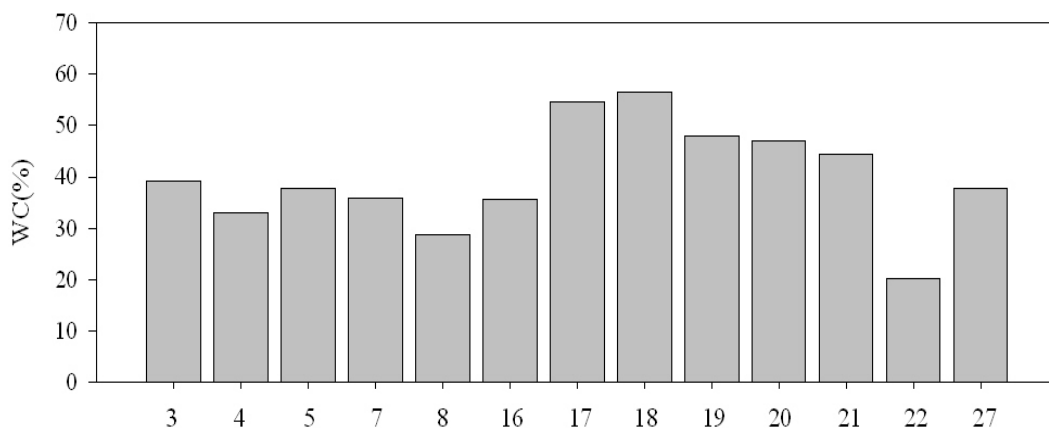
가. 함수율

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 함수율은 16.6~50.4%(평균 $31.5 \pm 10.4\%$) 범위로[표 2-8], 간조선 주변 갯벌(GN17~GN21)에서 상대적으로 높은 값을 보였다[그림 2-22].



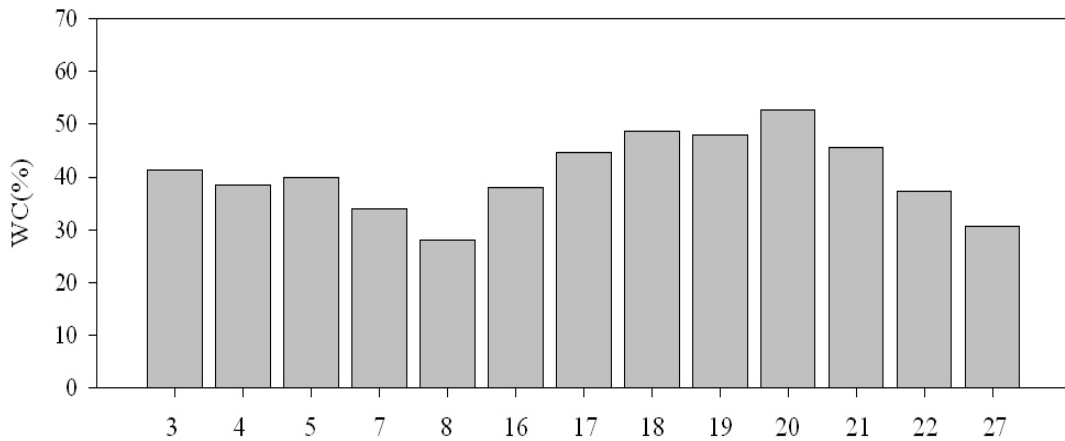
[그림 2-22] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 함수율은 20.1~56.5%(평균 $39.9 \pm 10.1\%$) 범위로[표 2-8], 추계에 비해 높은 함량 분포를 보이거나 정점별 농도 차는 추계와 유사하다[그림 2-23].



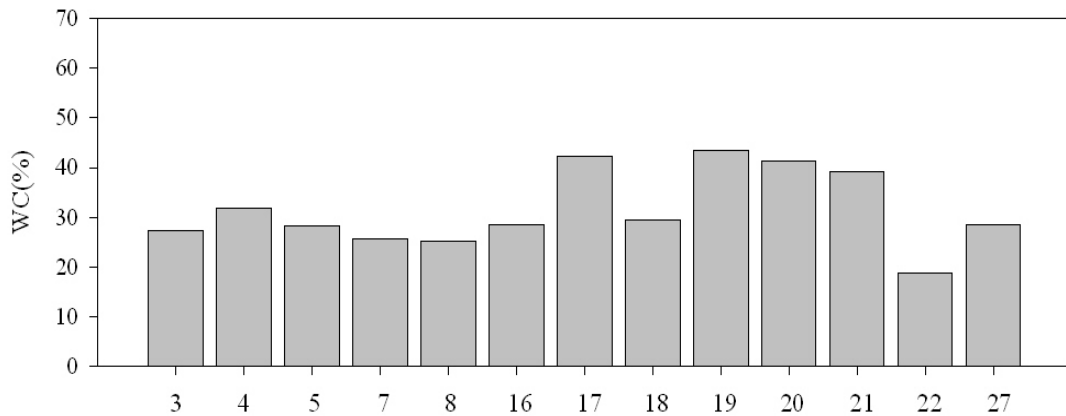
[그림 2-23] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 함수율은 28.0~52.8%(평균 $40.6 \pm 7.3\%$) 범위로[표 2-8], 동계와 유사한 분포 양상을 보인다[그림 2-24].



[그림 2-24] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율

2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 함수율은 18.9~43.5%(평균 31.6±7.6%) 범위로[표 2-8], 추계와 유사한 분포 양상을 보인다[그림 2-25].

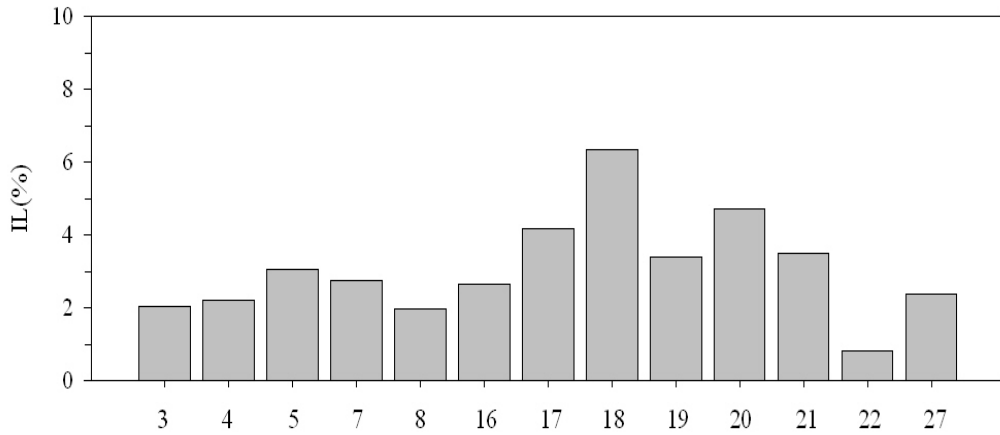


[그림 2-25] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율

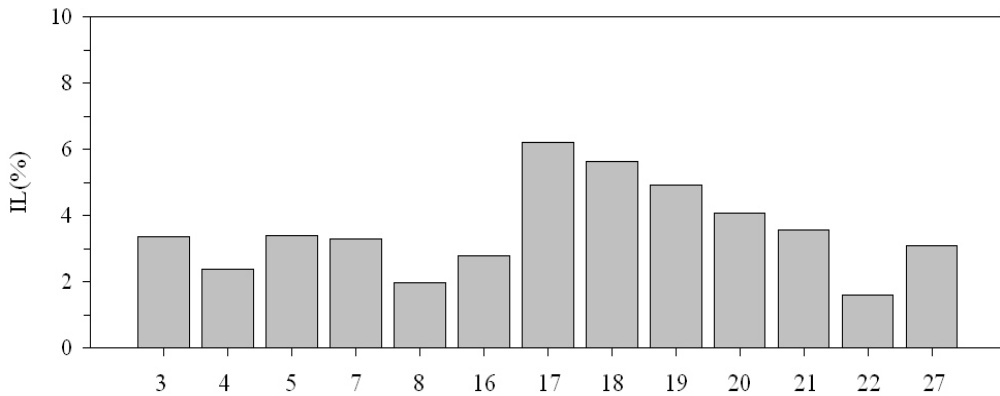
나. 강열감량

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.8~6.4%(평균 3.1±1.4%) 범위로[표 2-8], 함수율의 분포와 유사하게 간조선 주변 갯벌(GN17~GN21)에서 상대적으로 높게 나타났다[그림 2-26].

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 강열감량은 1.6~6.2%(평균 3.6±1.4%) 범위로[표 2-8], 추계와 유사하게 간조선 주변에서 상대적으로 높게 나타났다[그림 2-27].

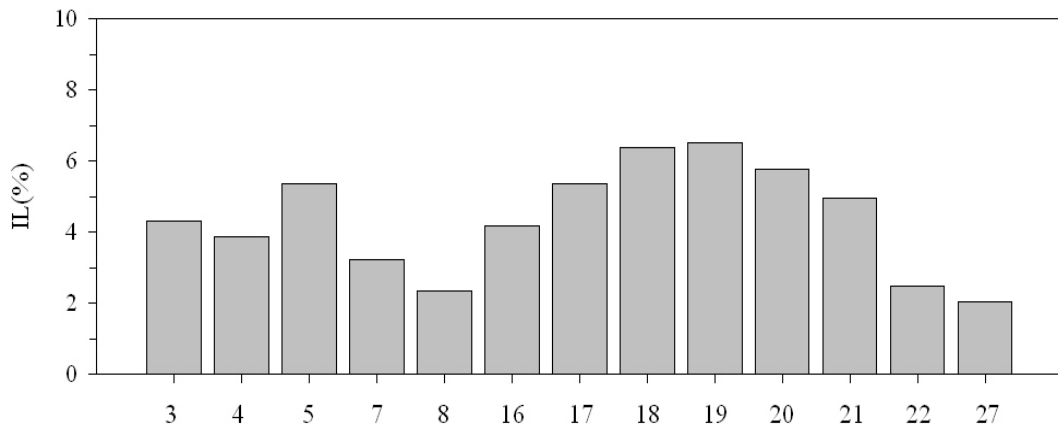


[그림 2-26] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량



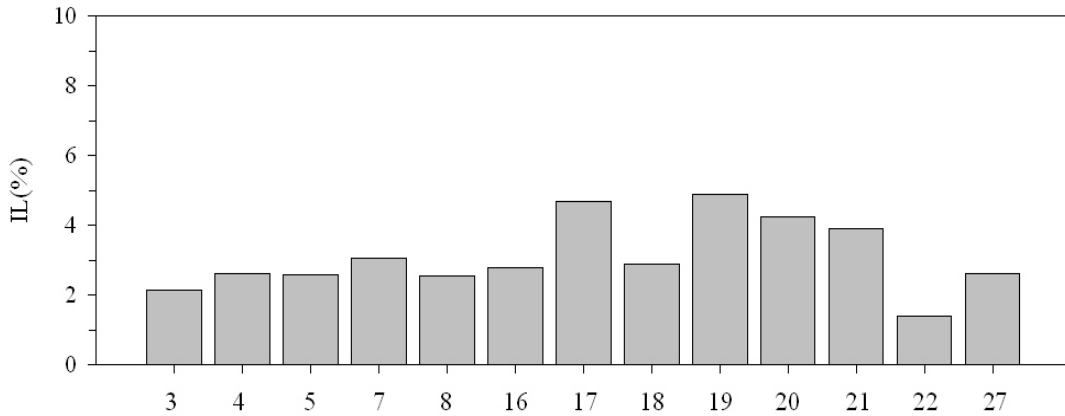
[그림 2-27] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 강열감량은 2.1~6.5%(평균 $4.4 \pm 1.5\%$) 범위로[표 2-8], 추계 및 동계와 유사하게 간조선 주변에서 상대적으로 높게 나타났다[그림 2-28].



[그림 2-28] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량

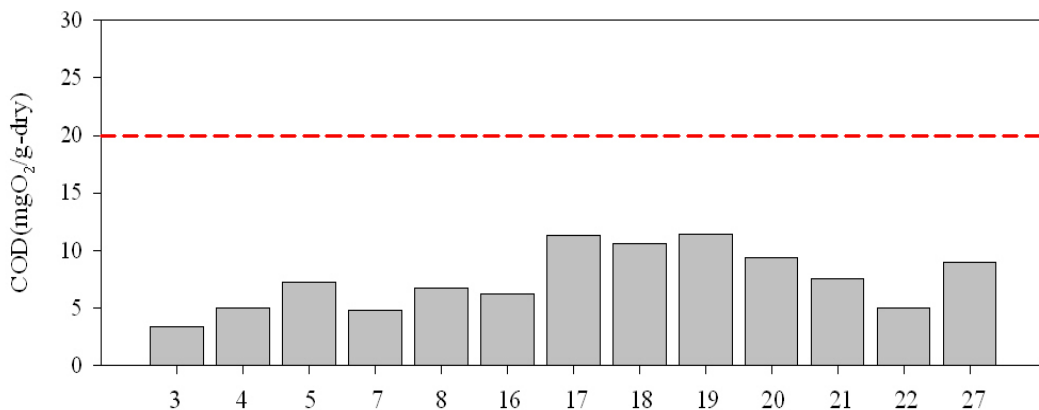
2012년 7월: 표층퇴적물 내 강열감량은 1.4~4.9%(평균 3.1±1.0%) 범위로[표 2-8], 추계와 유사한 분포 양상을 보인다[그림 2-29].



[그림 2-29] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량

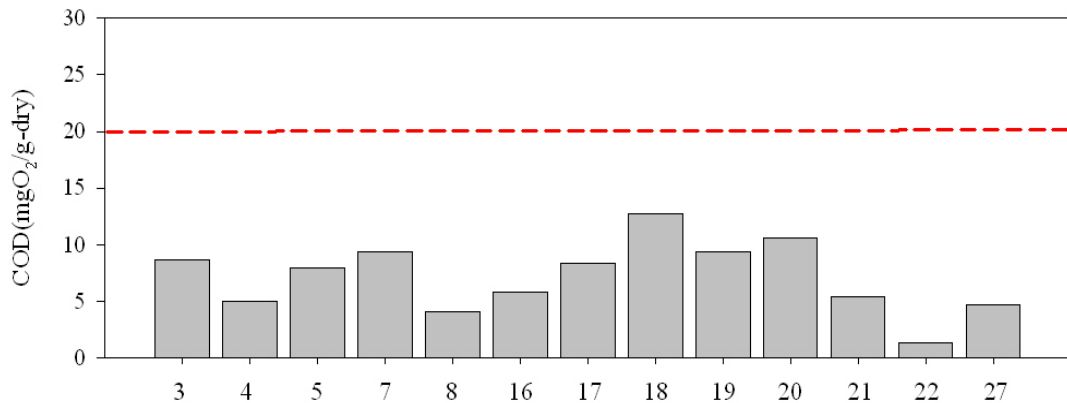
다. 화학적산소요구량

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 3.4~11.5mgO₂/g-dry(평균 7.5±2.7mgO₂/g-dry) 범위로[표 2-8], 간조선 주변에서 다소 높은 함량 분포를 보이거나 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-30].



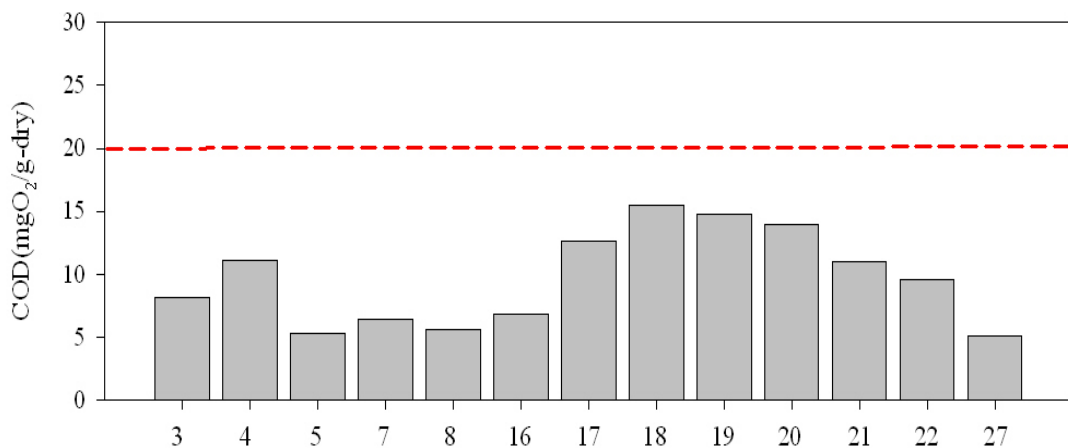
[그림 2-30] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 1.3~12.8mgO₂/g-dry(평균 7.2±3.1mgO₂/g-dry) 범위로[표 2-8], 추계와 유사한 분포 양상을 보였으며, 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-31].



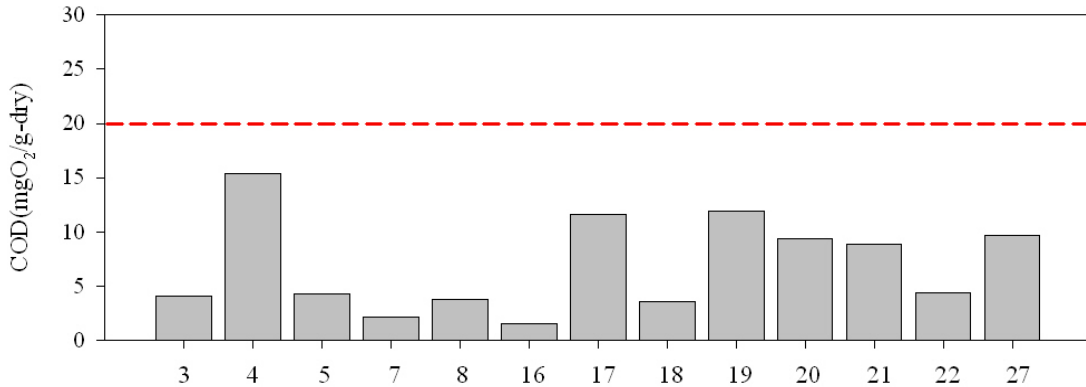
[그림 2-31] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 5.2~15.5mgO₂/g-dry(평균 9.7±3.7mgO₂/g-dry) 범위로[표 2-8], 전체적인 농도는 추계 및 동계에 비해 증가하나 분포 양상은 유사하며, 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-32].



[그림 2-32] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량

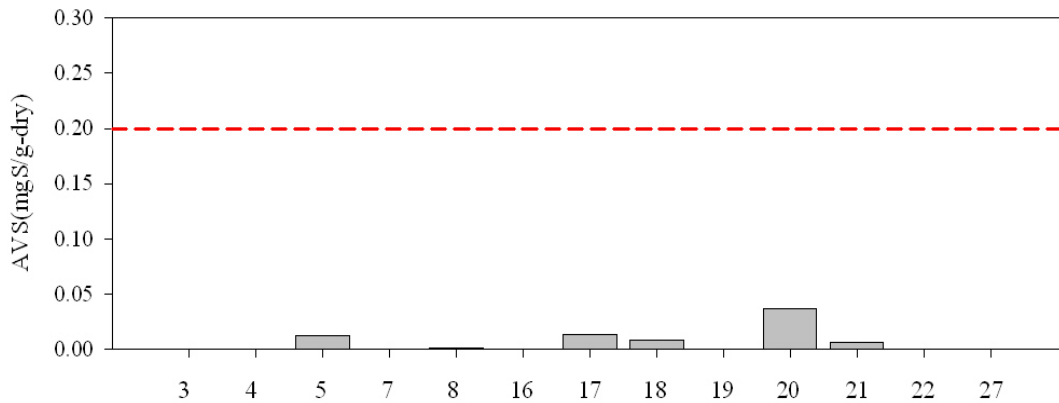
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 1.5~15.4mgO₂/g-dry(평균 7.0±4.4mgO₂/g-dry) 범위로[표 2-8], 다른 계절과는 달리 가경주 갯벌(GN4, GN17, GN19)에서 상대적으로 높은 함량 분포를 보이거나 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-33].



[그림 2-33] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량

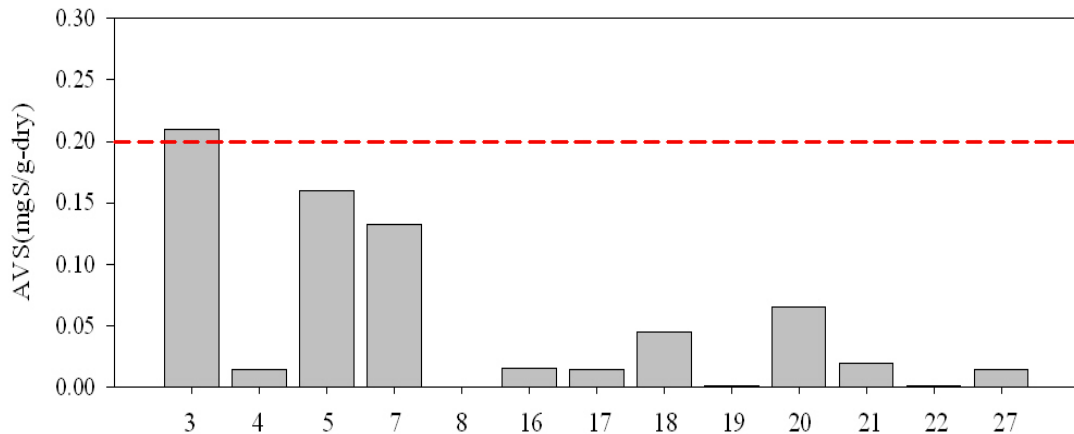
라. 산취발성황화물

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 ND~0.037mgS/g-dry(평균 0.006±0.011%) 범위로[표 2-8], 전반적으로 낮은 농도 분포를 보였으며, 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-34].



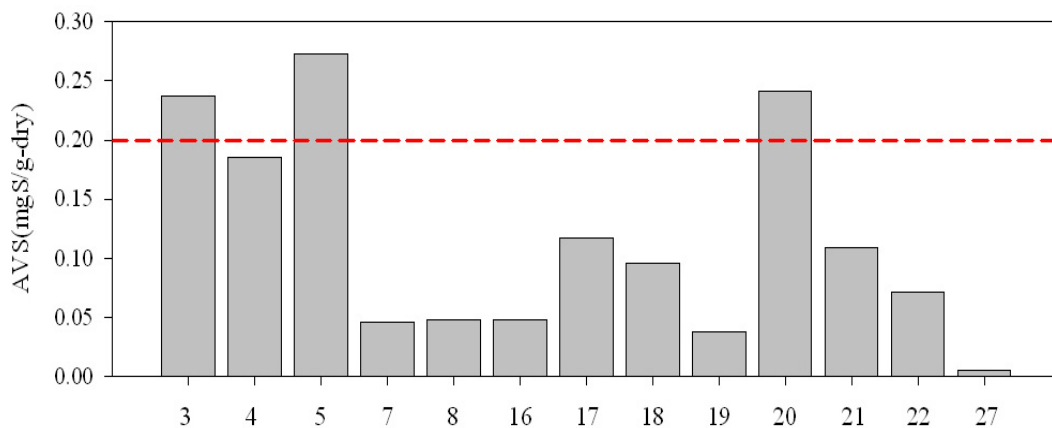
[그림 2-34] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 0.001~0.209mgS/g-dry(평균 0.053±0.069%) 범위로[표 2-8], 전반적으로 낮은 농도 분포를 보였으나, 일부 만조선 주변 정점(GN3, GN5, GN7)에서는 높은 농도 분포를 보였고, 특히 가경주 갯벌 만조선 주변(GN3)에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 높은 농도 분포를 보였다[그림 2-35].



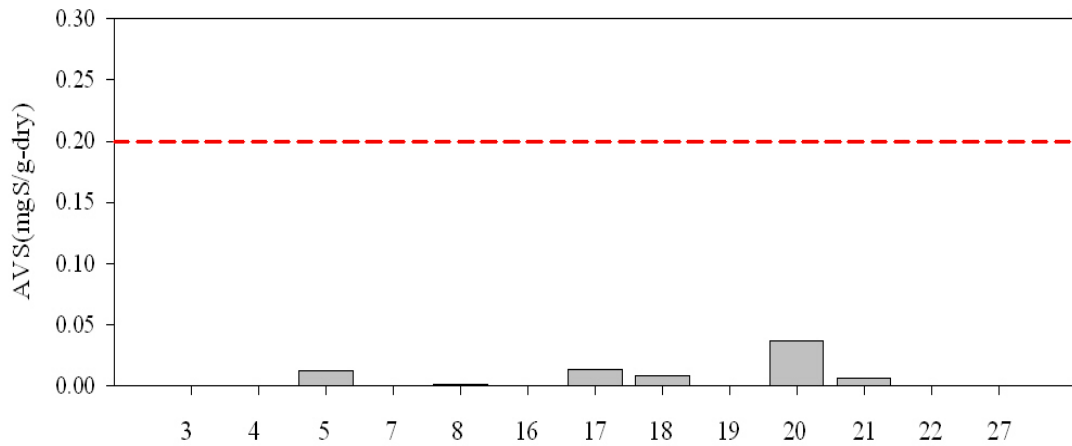
[그림 2-35] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 0.006~0.272mgS/g-dry(평균 0.117±0.089%) 범위로[표 2-8], 다른 계절에 비해 다소 높은 농도 분포를 보였으며, 특히 만조선과 간조선 주변 일부 정점(GN3, GN5, GN20)에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 높은 농도 분포를 보였다[그림 2-36].



[그림 2-36] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산취발성황화물 농도

2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 산취발성황화물은 0.001~0.074mgS/g-dry(평균 0.028±0.030%) 범위로[표 2-8], 춘계와 유사하게 대부분의 지역에서 낮은 농도 분포를 보였으며, 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 2-36].



[그림 2-37] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산취발성황화물 농도

[표 2-8] 고남면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과

조사시기	정점	함수율 (%)	강열감량 (%)	화학적산소요구량 (mgO ₂ /g-dry)	산취발성황화물 (mgS/g-dry)
2011년 11월	GN1-3	21.5	2.0	3.4	ND
	GN1-4	25.1	2.2	5.0	ND
	GN1-5	23.6	3.1	7.3	0.013
	GN1-7	25.7	2.7	4.8	ND
	GN1-8	25.8	2.0	6.7	0.001
	GN1-16	27.1	2.7	6.2	ND
	GN1-17	41.1	4.2	11.3	0.014
	GN1-18	50.4	6.4	10.6	0.008
	GN1-19	35.3	3.4	11.5	0.001
	GN1-20	47.1	4.7	9.4	0.037
	GN1-21	40.4	3.5	7.6	0.007
	GN1-22	16.6	0.8	5.0	ND
	GN1-27	30.1	2.4	9.0	0.001
2012년 2월	GN2-3	39.2	3.4	8.7	0.209
	GN2-4	33.0	2.4	5.0	0.015
	GN2-5	37.7	3.4	8.0	0.160
	GN2-7	35.9	3.3	9.4	0.132
	GN2-8	28.7	2.0	4.1	0.001
	GN2-16	35.6	2.8	5.8	0.015
	GN2-17	54.5	6.2	8.4	0.015
	GN2-18	56.5	5.7	12.8	0.045
	GN2-19	48.0	4.9	9.4	0.001
	GN2-20	47.1	4.1	10.6	0.066
	GN2-21	44.4	3.6	5.4	0.020
	GN2-22	20.1	1.6	1.3	0.001
	GN2-27	37.8	3.1	4.7	0.014

[표 2-8] 계속

조사시기	정점	함수율 (%)	강열감량 (%)	화학적산소요구량 (mgO ₂ /g-dry)	산취발성황화물 (mgS/g-dry)
2012년 5월	GN3-3	41.3	4.3	8.1	0.237
	GN3-4	38.6	3.9	11.1	0.185
	GN3-5	40.0	5.4	5.4	0.272
	GN3-7	33.9	3.2	6.5	0.046
	GN3-8	28.0	2.3	5.7	0.048
	GN3-16	38.1	4.2	6.8	0.048
	GN3-17	44.7	5.4	12.6	0.118
	GN3-18	48.6	6.4	15.5	0.096
	GN3-19	48.0	6.5	14.7	0.038
	GN3-20	52.8	5.8	14.0	0.241
	GN3-21	45.6	5.0	11.0	0.109
	GN3-22	37.2	2.5	9.6	0.071
	GN3-27	30.8	2.1	5.2	0.006
2012년 7월	GN4-3	27.4	2.1	4.1	0.001
	GN4-4	31.8	2.6	15.4	0.022
	GN4-5	28.2	2.6	4.2	0.007
	GN4-7	25.6	3.1	2.1	0.003
	GN4-8	25.3	2.5	3.7	0.010
	GN4-16	28.6	2.8	1.5	0.003
	GN4-17	42.4	4.7	11.6	0.027
	GN4-18	29.6	2.9	3.6	0.014
	GN4-19	43.5	4.9	11.9	0.070
	GN4-20	41.3	4.2	9.3	0.068
	GN4-21	39.1	3.9	8.9	0.065
	GN4-22	18.9	1.4	4.5	0.074
	GN4-27	28.6	2.6	9.7	0.001

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

가. 조사방법

1) 조사내용

유류피해가 발생한 태안해역 주변의 어업생산활동이 활발한 갯벌 어장 중 태안군 고남면 일대를 선정하여 어장 내 먹이환경을 파악하기 위한 기초조사로써 주변 해수 수질 및 갯벌 어장 퇴적물의 기본적인 특성을 파악하였다. 조사항목은 다음과 같다.

- 수질 : 수온, 염분, 용존산소 (Dissolved Oxygen, DO), 수소이온농도 (pH), 투명도 (Secchi Depth, S.D), 용존무기질소 (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN), 용존무기인 (Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP), 부유물질 (Suspended Particulate Matter, SPM), 엽록소-a (chlorophyll-a, chl. a) 분석을 분석하여 해역수질등급을 제시하고 어장 기초생산력 평가를 위한 기초자료로 활용하였다.
- 저질 : 입도특성 및 퇴적상, 유기물 함량 등 기본적인 퇴적물 환경요인을 측정하여 갯벌어장의 기본적인 저질환경자료를 생산하였다.

2) 분석방법

모든 분석항목은 해양환경관리법 제10조와 해양환경공정시험기준⁸⁾ 및 이에 준하여 실시하였고 자료의 신뢰성확보를 위해 표준물질을 분석하였다.

- 수온, 염분, DO, pH :Oceanseven 305 CTD (IDRONAUT. Co.)를 이용하여 현장에서 측정하였다 [표 2-9].

[표 2-9] 관측에 사용된 CTD 제원

기기명	제조사	센서	관측범위	정밀도	분해능
304CTD	IDRONAUT (Italy)	전도도	0~64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm
		수온	- 3~50 ℃	± 0.003 ℃	± 0.0007 ℃
		압력	0~1000 dbar	0.05 %	0.0015 %
		DO	0~50 mg/L	0.1 mg/L	0.01 mg/L
		pH	0~14	0.01	0.001

※ 압력센서의 정밀도와 분해능은 해당 기기의 측정범위에 대한 상대비

- 영양염류(DIN, DIP) : 유리섬유여과지 (GF/F)로 여과한 해수시료를 분광광도계를 이용하여 분석하였다. 질산 질소 (NO₃⁻-N)는 Cd-Cu 환원칼럼을 통과시킨 후 아질산 질소 (NO₂⁻-N)와 동일하게 디아조화법으로 수행하였고, 암모니아 질소(NH₄⁺-N)는 인도 페놀청법, 인산 인 (HPO₄²⁻-P)은 몰리브덴청법 중 아스코르빈산환원법을 이용하여 분석하여 각각 용존무기질소와 용존무기인을 계산하였다.
- 부유입자물질(Suspended Particulate Matter) : 실험실에서 미리 무게를 측정된 유리섬유여과지 (GF/F)로 해수시료를 여과 후 103~105℃에서 항량으로 건조하여 여과 전 후의 무게차이로부터 계산하였고 여과 마지막 단계에서 초순수로 탈염하여 염분에 의한 무게오차를 방지하였다.

8) 국토해양부, 2010, 해양환경공정시험기준.

- 투명도(S.D) : 추가 달린 지름 30 cm의 흰색 원판(투명도판, secchi disk)을 수직으로 내려 보이지 않을 때까지 보낸 다음 천천히 끌어올려 보이기 시작한 수심을 0.1 m 단위로 측정하고 2회 반복하여 평균하였다.
- 클로로필 a (chl.a) : 해수 약 1 l를 Whatman GF/F를 이용하여 여과한 후 여과지를 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다. 분석 전 여과지에 90% 아세톤 10ml를 넣고 24 시간 동안 냉암소에서 추출 후, 분광광도계 (Optizen 2120UV Plus)를 이용하여 측정하였으며, Parsons *et al.*(1984)의 계산식을 통하여 계산하였다.

나. 조사 결과

1) 수질 현황

태안군 고남면 어장갯벌 주변해역 해수의 수온은 2월 조사시 표층에서 3.1~3.2°C, 저층에서 2.8~3.0°C로 조사되었고, 7월 조사시 표층에서 23.3~23.4°C, 저층에서 23.3°C로 정점에 따른 변화는 크지 않았고 조사시기 즉, 계절변화만이 구별되었다. 또한, 갯벌 어장 내 수심이 낮아 표층과 저층간의 뚜렷한 수온변화는 없었고, 하계조사시에도 수온약층은 형성되지 않았다.

염분은 2월 조사시 표층과 저층 모든 정점에서 32.3psu를 보였고, 7월에도 31.3psu로 표·저층간의 염분 차이는 거의 나타나지 않았다.

용존산소의 농도는 2월 조사시 10.8~11.3 mg/L의 범위로 포화 또는 과포화된 농도분포를 보였고, 수온이 높았던 7월 조사에서는 6.2~7.0 mg/L의 2월조사에 비해 낮은 범위의 값을 보였다.

해수의 pH는 2월 조사시 8.03~8.09. 7월에 8.23~8.25의 범위로 하계에 다소 높아지거나 지역 및 수심에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

해수중 부유입자물질은 2월 조사시 12.3~26.5 mg/L의 범위를 보였고, 7월에는 9.7~10.9 mg/L로 동계에 전반적으로 높은 값을 보였다.

해수중 영양염 중 용존무기질소는 2월 조사시 0.204~0.234 mg/L의 범위로 나타났고, 7월 조사시에는 0.051~0.118 mg/L의 범위를 보여 7월에 낮은 값을 보였다.

용존무기인은 2월 조사시 0.013~0.030 mg/L이고, 7월에 0.003~0.004 mg/L의 범위로 용존무기질소와 마찬가지로 정점간의 차이는 크지 않으나 하계에 전 조사해역에서 낮게 나타났다.

[표 2-10] 태안군 고남면 갯벌의 수질 현황

조사 시기	정점	수온 (°C)		염분 (psu)		DO (mg/L)		DO 포화도(%)		pH		Chl.a (ug/L)		SPM (mg/L)		S.D (m)	DIN (mg/L)		DIP (mg/L)		chl.a (mg/L)	
		표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표
2012년 2월	1	3.2	3.0	32.3	32.3	10.9	11.3	100	100	8.07	8.09	2.75	3.64	26.5	16.9	1.0	0.230	0.234	0.019	0.016	2.75	3.64
	2	3.1	2.8	32.3	32.3	10.8	11.3	100	100	8.03	8.04	1.94	2.63	12.7	12.3	1.0	0.204	0.220	0.013	0.030	1.94	2.63
2012년 7월	1	23.3	23.3	31.3	31.3	7.0	6.4	90	90	8.23	8.23	1.81	2.89	9.8	10.0	1.0	0.074	0.118	0.003	0.003	1.81	2.89
	2	23.4	23.3	31.3	31.3	6.9	6.2	87	87	8.25	8.24	2.79	1.10	9.7	10.9	1.0	0.051	0.054	0.003	0.004	2.79	1.10

2) 해역수질등급

해역수질등급이 해양환경관리법에 따른 국토해양부 고시 제2011-972호로 개정됨에 따라 새로 개정된 생태기반 해수수질 기준의 수질평가지수를 계산하여 등급을 나타냈다. 수질평가지수는 기준항목의 해역별 기준값을 적용하여 나타난 점수를 이용, 수질평가지수를 계산하여 등급화하였다 [표 2-11]. 조사 갯벌어장 주변의 생태기반 해수수질기준은 2월 조사에서 I~II등급으로 조사되었다. 7월에는 I~III 등급의 범위를 보여 정점간의 차이가 나타났다 [표 2-12]. 인근 해역과의 비교를 위해 2000년부터 2011년까지의 국가해양환경측정망의 태안연안 관측 자료를 동일한 방법으로 계산하여 수질기준을 제시하였다. 2000년부터 2002년까지 II~V등급까지 조사시기(계절)에 따른 변동이 크다가 2003년 이후부터 평균 II등급으로 점차 안정화 되는 경향이 나타나 이번 조사 결과와 크게 다르지 않았다 [그림 2-38].

[표 2-11] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)

○ 수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)

$$= 10 \times [저층산소포화도(DO)] + 6 \times [(식물플랑크톤농도(Chl-a) + 투명도(SD)) / 2] + 4 \times [(용존무기질소농도(DIN) + 용존무기인농도(DIP)) / 2]$$

○ 수질평가지수 항목별 점수

항목별 점수	대상항목	
	Chl-a(μg/L), DIN(mg/L), DIP(mg/L)	DO(포화도,%), SD(m)
1	기준값2) 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	> 기준값 + 0.50×기준값	< 기준값 - 0.50×기준값

[표 2-11] 계속

○ 생태기반 해수수질 기준

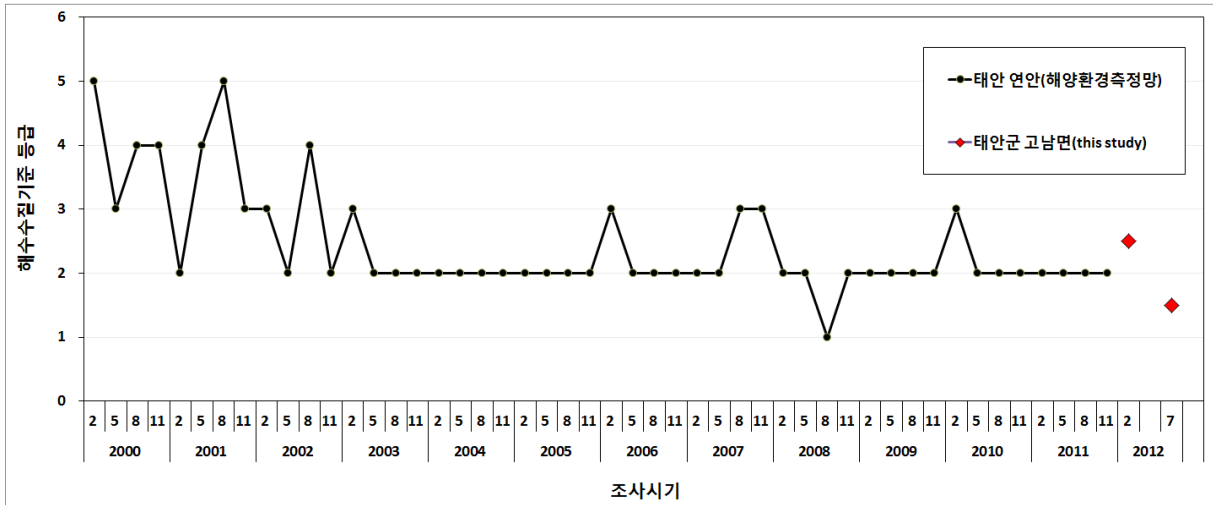
등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I(매우 좋음)	23 이하
II(좋음)	24 - 33
III(보통)	34 - 46
IV(나쁨)	47 - 59
V(아주 나쁨)	60 이상

○ 수질평가지수 항목의 해역별 기준값

대상항목 생태구역	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	저층 DO (포화도, %)	표층 DIN (mg/L)	표층 DIP (mg/L)	투명도 (m)
동해	2.1	90	0.140	0.020	8.5
대한해협	6.3	90	0.220	0.035	2.5
서남해역	3.7	90	0.230	0.025	0.5
서해중부	2.2	90	0.425	0.030	1.0
제주	1.6	90	0.165	0.015	8.0
항목별 점수	서해 중부 생태구역의 수질평가지수 항목 기준값				
1	2.20이하	90이상	0.425이하	0.030이하	1이상
2	<2.42	>81	<0.468	<0.033	>0.9
3	<2.75	>67.5	<0.531	<0.038	>0.75
4	<3.30	>45	<0.638	<0.045	>0.5
5	≥ 3.30	≤ 45	≥ 0.638	≥ 0.045	≤ 0.5

[표 2-12] 태안군 고남면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준

조사시기	수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)	생태기반 해수수질기준
2012년 2월	20-26	I-II
2012년 7월	20-39	I-III



[그림 2-38] 태안 연안 및 태안군 고남면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급

3) 퇴적물 환경요인

(1) 퇴적물 평균입도 및 특성

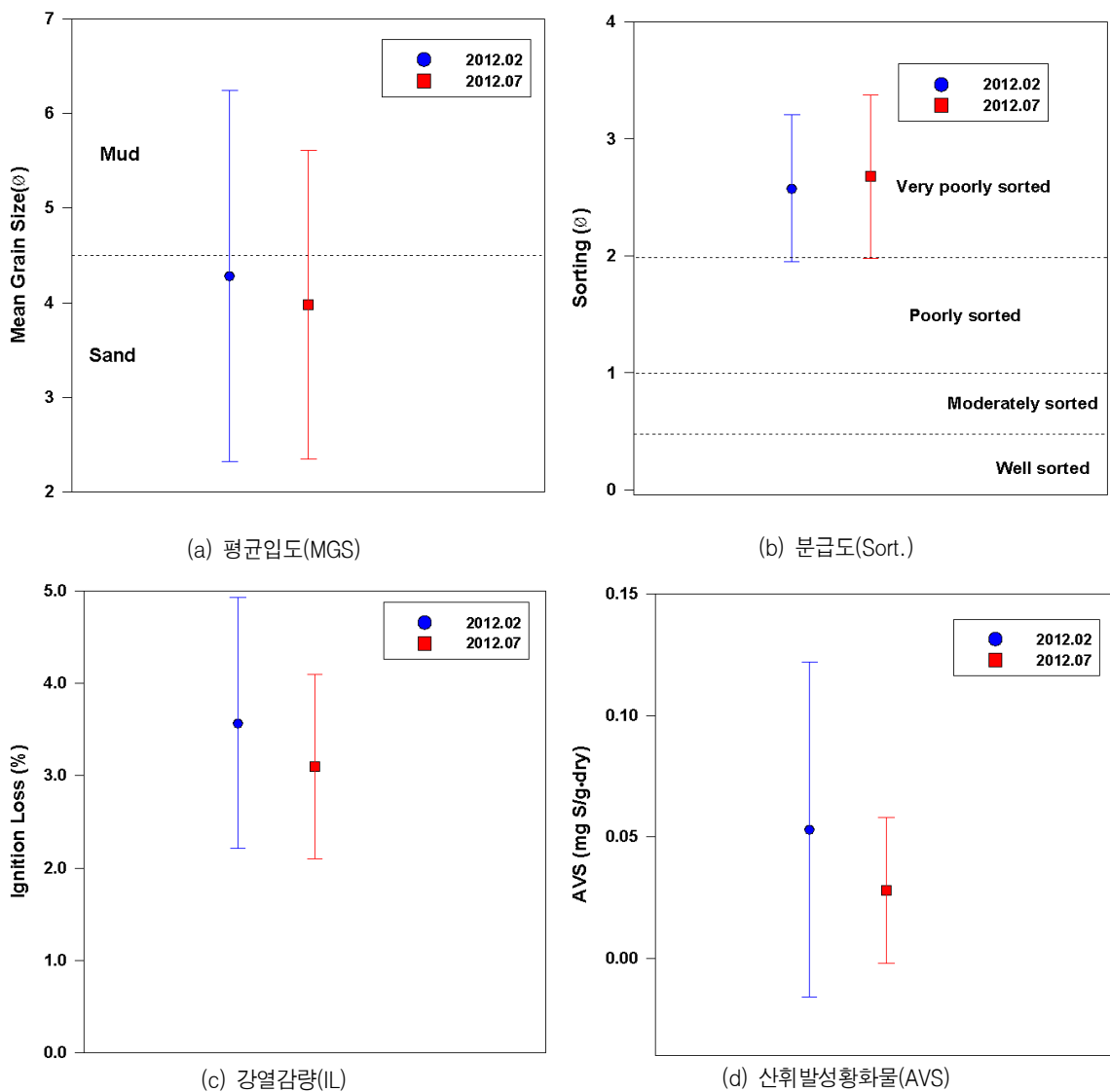
태안군 고남면 일대의 갯벌 어장 퇴적물은 자갈의 함량이 0.0~28.6%, 모래가 5.4~87.8%, 펄이 9.8~94.6%의 범위를 보여 다른 두 어장에 비해 다양한 크기의 입자로 구성되어 있는데, 주로 조간대 상부에는 펄의 함량이 높고 하부로 갈수록 모래의 함량이 높아져 사질입자로 구성되어 있다. 평균입도는 0.15~6.78Φ로 조립사에서부터 중립실트의 크기로 정점간 변화가 크고, 분급도는 1.06~3.81 Φ로 불량에서부터 매우 불량(very poorly sorted)으로 다양한 크기의 퇴적입자가 분포되어 있는 경향을 잘 나타내고 있다. 7월 조사에서 자갈 0.0~33.6%, 모래 14.5~73.0%, 펄 8.0~85.1%의 함량을 보여 2월 조사 결과와 큰 차이를 보이지 않았다 [표 2-13].

[표 2-13] 태안군 고남면 갯벌의 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과

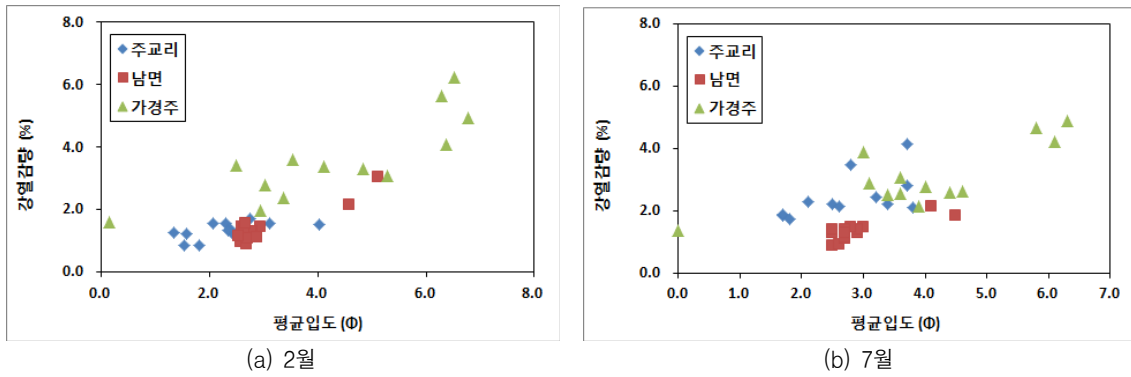
지역	조사 시기	퇴적물 구성성분 (%)			평균입도 (Φ)	분급도 (Φ)	퇴적상 (Folk, 1968)	강열감량 (%)	AVS mgS/g·dry
		자갈	모래	펄					
태안군 고남면	2월	0.0~28.6 (5.3±8.4)	5.4~87.8 (41.8±26.7)	9.8~94.6 (52.9±31.0)	0.15~6.78 (4.28±1.96)	1.06~3.81 (2.57±0.63)	Z, (g)M, sZ gM, (g)mS	1.6~6.2 (3.6±1.4)	0.001~0.209 (0.053±0.069)
	7월	0.0~33.6 (6.2±9.6)	14.5~73.0 (44.0±18.8)	8.0~85.1 (49.8±23.1)	0.00~6.30 (3.98±1.63)	1.60~4.10 (2.68±0.70)	(g)mS, (g)M, sZ, gM, msG	1.4~4.9 (3.1±1.0)	0.001~0.074 (0.028±0.030)

(2) 퇴적물 내 유기물 함량

2012년 2월 강열감량은 1.6~6.2%(평균 3.6±1.4%)로 나타났고, 7월에 1.4~4.9%(평균 3.1±1.0%)로 평균입도와 뚜렷한 양의 상관성을 보였다. 즉, 입자가 세립한 곳에 유기물의 함량도 높은 것으로 나타났다. 산화발성황화물(AVS)은 두 조사시기동안 각각 0.001~0.209 mgS/gdry(평균 0.053±0.069 mgS/g · dry), 0.001~0.074 mgS/gdry(평균 0.028±0.030 mgS/g · dry)의 범위를 보여 정점간 값의 차이가 크게 나타났으며, 유기물과 펼함량과 양호한 상관성을 보였다 [그림 2-39, 40].



[그림 2-39] 태안군 고남면 갯벌의 퇴적물 입도특성 및 유기물 함량



[그림 2-40] 태안군 고남면 갯벌의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계

2. 먹이환경 조사

가. 식물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

식물플랑크톤은 태안군 고남면의 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였다. 식물플랑크톤의 표본 채집과 검경 시료를 위해 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 채수하였다. 채수 후, 즉시 5% 중성 포르말린으로 고정된 후 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

가) 식물플랑크톤의 동정 및 계수

운반된 시료는 24시간 동안 침전시킨 후 상등액을 siphon으로 버리고 150~200mL로 농축하여 사용하였다. 정량분석을 위하여 농축된 시료를 균일하게 섞은 후 1mL을 취하여 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 계수한 후, 단위 체적당 세포수를 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료 적당량을 slide glass 위에 놓고 400~1000 배율 하에서 검경 및 동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 심 등(1994), Cupp(1943), Round *et al.*(1990), Lee (1995), Hasle & Syvertsen (1996) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

식물플랑크톤군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다 [표 2-14].

[표 2-14] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N} \right]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 태안군 고남면 지역에서 식물플랑크톤의 총 출현종수는 16속 31종이며, 그 중 규조류가 11속 25종(80.65%), 와편모조류 3속 4종(12.90%), 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(3.23%, 3.23%) 출현하였다[표 2-15, 그림 2-41].

태안군 고남면에서 표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 14종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 14±0종으로 조사되었다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 15종, 정점 2에서 17종이 출현하였고, 평균 16±1종이었다. 표층과 마찬가지로 전 정점에서 규조류가 가장 많은 출현종을 기록하였고, 정점 및 수층 간 차이는 미미하였다[표 2-16, 그림 2-42].

7월 조사에서 식물플랑크톤의 총 출현종수는 23속 35종이며, 그 중 규조류가 17속 27종(77.14%), 와편모조류 4속 6종(17.14%), 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(2.86%, 2.86%) 출현하였다[표 2-17, 그림 2-43].

표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 15종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 15±1종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 17종, 정점 2에서 16종이 출현하였고, 평균 17±1종이었다. 표층과 마찬가지로 전 정점에서 규조류가 가장 많은 출현종을 기록하였고, 정점 및 수층 간 차이는 작았다[표 2-18, 그림 2-44].

2012년 2월에 비해 2012년 7월의 식물플랑크톤의 총 출현종수는 높아졌으나, 공통적

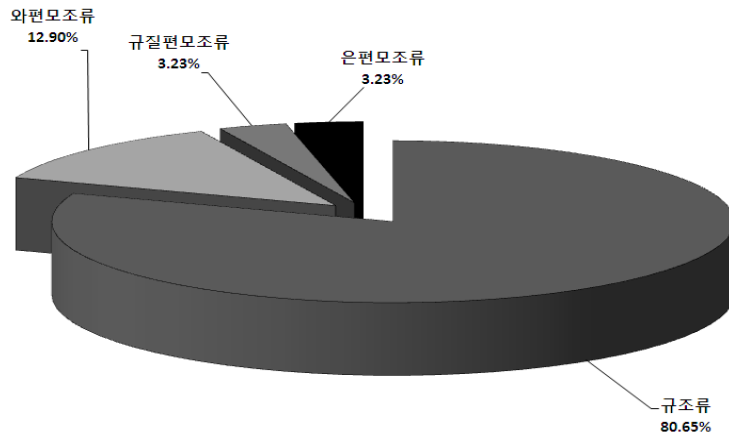
으로 구조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 또한 정점별 출현종수는 두 조사에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 수층 간 차이도 미미한 것으로 조사되었다.

[표 2-15] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)

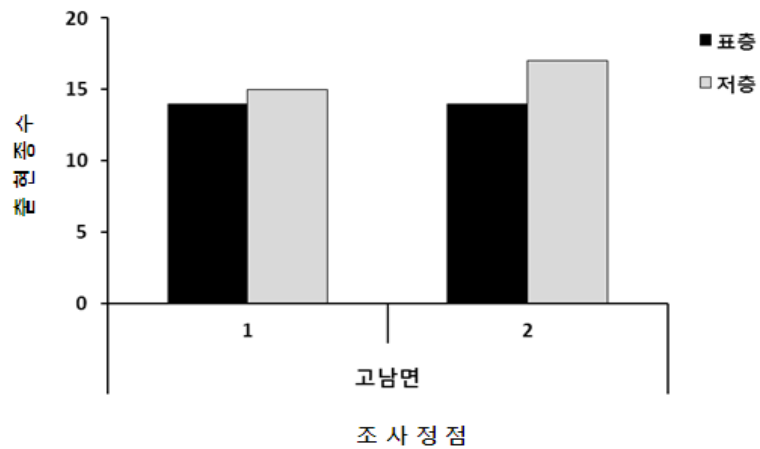
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus octonarius</i>	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.		*
<i>Asterionellopsis kariana</i>	*	*
<i>Chaetoceros affinis</i>	*	*
<i>Chaetoceros densus</i>		*
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		*
<i>Chaetoceros</i> sp.		*
<i>Coscinodiscus</i> sp.	*	*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Ditylum brightwellii</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Rhizosolenia setigera</i>	*	*
<i>Skeletonema dornhii</i>	*	*
<i>Skeletonema marinoi</i>		*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	*	*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	*	*
<i>Trachyneis aspera</i>	*	*
DINOPHYCEAE		
<i>Alexandrium</i> sp.	*	*
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*
<i>Prorocentrum minimum</i>	*	*
<i>Prorocentrum</i> sp.		*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	16	31

[표 2-16] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	11	13	12	13
와편모조류	1	0	0	3
규질편모조류	1	1	1	0
은편모조류	1	0	1	1
합계	14	14	15	17
평균	14±0		16±1	



[그림 2-41] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월)



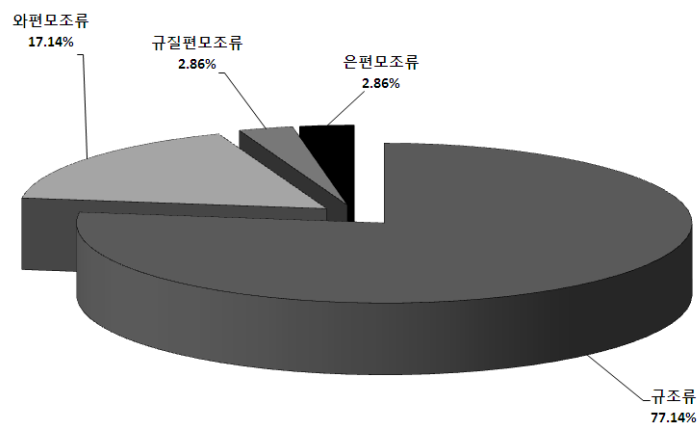
[그림 2-42] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 2-17] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)

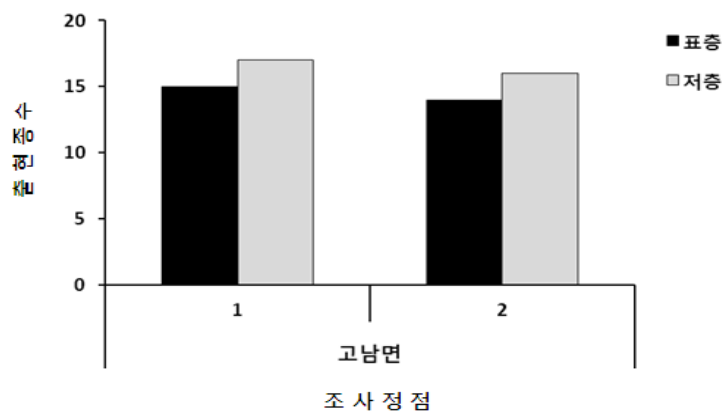
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Chaetoceros affinis</i>	*	*
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		*
<i>Chaetoceros debilis</i>		*
<i>Chaetoceros densus</i>		*
<i>Chaetoceros lorengianus</i>		*
<i>Chaetoceros</i> sp.		*
<i>Coscinodiscus</i> sp.	*	*
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	*	*
<i>Detonula pumila</i>	*	*
<i>Diploneis</i> sp.	*	*
<i>Eucampia zodiacus</i>	*	*
<i>Guinardia flaccida</i>	*	*
<i>Leptocylindrus danicus</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.	*	*
<i>Navicula</i> sp.		*
<i>Navicula</i> sp.		*
<i>Nitzschia sigma</i>	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.		*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Pleurosigma</i> sp.		*
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	*	*
<i>Skeletonema</i> sp.	*	*
<i>Stephanophyxis turris</i>	*	*
<i>Thalassiosira rotula</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.		*
DINOPHYCEAE		
<i>Ceratium furca</i>	*	*
<i>Ceratium fusus</i>		*
<i>Dinophysis fortii</i>	*	*
<i>Dinophysis</i> sp.		*
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*
<i>Procentrum gracile</i>	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	23	35

[표 2-18] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	9	9	12	10
와편모조류	4	3	3	5
규질편모조류	1	1	1	1
은편모조류	1	1	1	0
합계	15	14	17	16
평균	15±1		17±1	



[그림 2-43] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 2-44] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

2012년 2월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 550cells/mL, 정점 2에서 856cells/mL, 평균 703±217cells/mL를 나타내었다. 저층에서는, 정점 1에서 619cells/mL, 정점 2에서 418cells/mL, 평균 518±142cells/mL를 나타내었다[표

2-19, 그림 2-45].

7월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 448cells/mL, 정점 2에서 574cells/mL, 평균 511±89cells/mL를 나타내었다. 저층에서는 정점 1에서 1,035 cells/mL, 정점 2에서 680cells/mL, 평균 858±251cells/mL를 나타내었다[표 2-20, 그림 2-46].

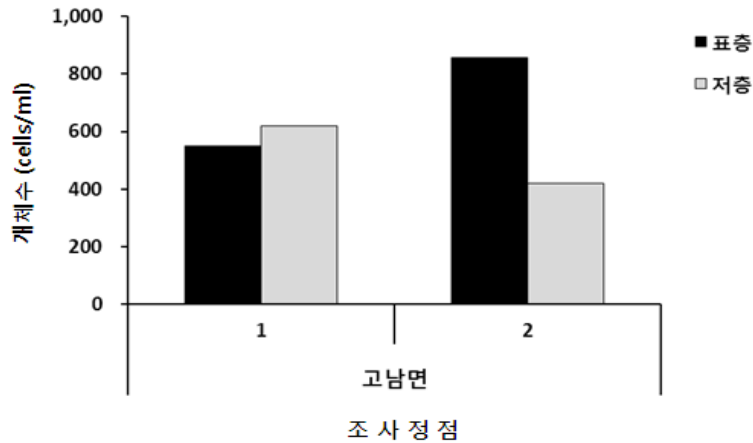
2012년 2월에 비해 2012년 7월의 식물플랑크톤의 개체수는 상대적으로 높아졌으며, 정점별, 수층 간 차이는 미미했다.

[표 2-19] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)

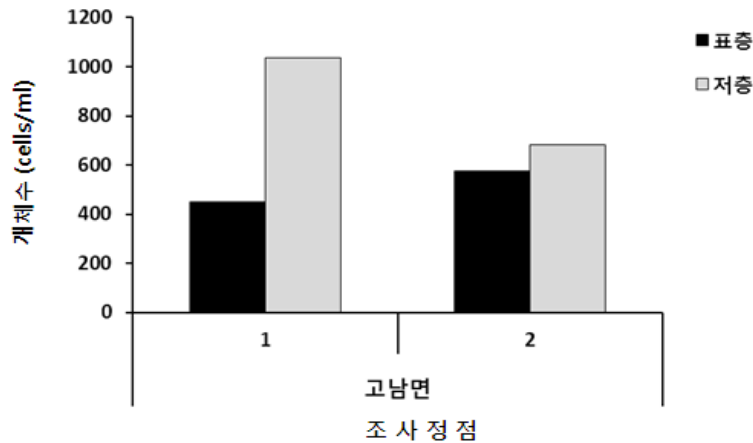
정 점	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Actinocyclus octonarius</i>	4	0	0	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	22	8	13	0
<i>Asterionellopsis kariana</i>	45	50	153	0
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	0	24
<i>Chaetoceros densus</i>	0	33	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0	25	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	54	0	0	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	4	0	4	12
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	4	4	8
<i>Ditylum brightwellii</i>	0	0	0	8
<i>Navicula</i> sp.1	4	4	4	0
<i>Navicula</i> sp.2	0	0	0	8
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	0	4
<i>Paralia sulcata</i>	161	17	51	44
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0	4	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	9	12	8	0
<i>Skeletonema dornnii</i>	0	124	38	44
<i>Skeletonema marinoi</i>	71	294	195	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0	0	0	60
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	134	269	119	163
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	0	0	4	0
<i>Thalassiosira</i> sp.1	0	0	4	4
<i>Thalassiosira</i> sp.2	0	8	0	8
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	4	0	0	4
<i>Trachyneis aspera</i>	0	4	0	0
DINOPHYCEAE				
<i>Alexandrium</i> sp.	0	0	0	12
<i>Heterocapsa</i> sp.	0	0	0	4
<i>Prorocentrum minimum</i>	0	0	0	4
<i>Prorocentrum</i> sp.	18	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	13	0	13	8
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	4	4	4	0
종 수	14	14	15	17
합 계	550	856	619	418

[표 2-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)

정 점	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Achnanthes</i> sp.	0	0	0	8
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	17	0	15
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	0	60	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0	0	368	162
<i>Chaetoceros debilis</i>	0	34	119	0
<i>Chaetoceros densus</i>	0	0	20	0
<i>Chaetoceros lorengianus</i>	0	0	90	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	51	34	0	15
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0	0	0	8
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	0	9	0	0
<i>Detonula pumila</i>	0	0	0	31
<i>Diploneis</i> sp.	10	0	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	71	137	209	240
<i>Guinardia flaccida</i>	0	0	50	8
<i>Leptocylindrus danicus</i>	20	0	0	23
<i>Navicula</i> sp.1	0	0	20	0
<i>Navicula</i> sp.2	0	0	10	0
<i>Navicula</i> sp.3	31	0	0	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	10	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	10	0
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0	0	8
<i>Pleurosigma</i> sp.	10	0	0	0
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	92	69	0	0
<i>Skeletonema</i> sp.	41	0	0	0
<i>Stephanophyxis turris</i>	0	17	0	0
<i>Thalassiosira rotula</i>	20	9	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	17	10	0
DINOPHYCEAE				
<i>Ceratium furca</i>	20	69	0	39
<i>Ceratium fusus</i>	20	111	20	70
<i>Dinophysis fortii</i>	20	26	10	23
<i>Dinophysis</i> sp.	0	0	0	8
<i>Heterocapsa</i> sp.	0	0	0	15
<i>Prorocentrum gracile</i>	10	0	10	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	10	17	10	0
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	20	9	10	8
총 수	15	14	17	16
합 계	448	574	1035	680



[그림 2-45] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)



[그림 2-46] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

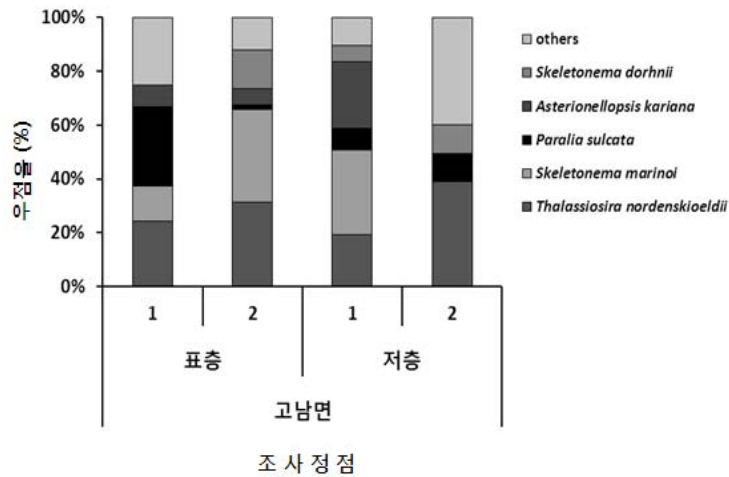
(3) 우점종

2012년 2월 조사 시, 조사해역에서 5% 이상의 우점을 차지한 식물플랑크톤 주요 우점종을 선별하였다. 태안군 고남면의 표층에서는 *Thalassiosira nordenskioldii*가 27.90%로 제 1우점을, *Skeletonema marinoi*이 23.65%로 제 2우점을 차지하였고, *Paralia sulcata*가 15.60%를 차지하였다. 그 외에 *Asterionellopsis kariana*, *Skeletonema dorhnii*가 7.0% 이상을 차지하는 주요 우점종으로 조사 되었다. 저층에서는 *Thalassiosira nordenskioldii*가 29.11%로 제 1우점을, *Skeletonema marinoi*이 15.75%로 제 2우점을 차지하였고, *Asterionellopsis kariana*가 12.33%를 차지하였다. 그 외에 *Paralia sulcata*, *Skeletonema dorhnii*가 8% 이상을 차지하였다[그림 2-47].

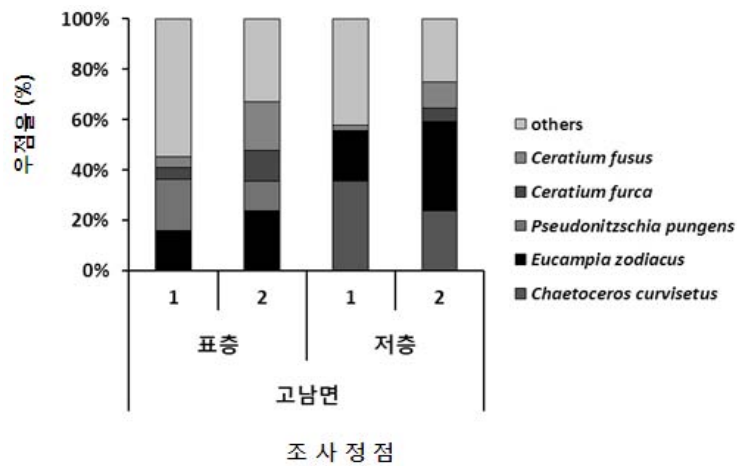
7월 조사에서 고남면의 표층에서는 *Eucampia zodiacus*가 19.89%로 제 1우점을,

*Pseudonitzschia pungens*가 16.20%로 제 2우점을 차지하였고, 와편모조류인 *Ceratium fusus*가 11.97%를 차지하였다. 저층에서는 *Chaetoceros curvisetus*가 29.72%로 제 1우점을, *Eucampia zodiacus*이 27.71%로 제 2우점을 하였고, *Ceratium fusus*가 6% 이상을 차지하였다[그림 2-47].

2012년 2월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었으나, 7월 조사에서는 와편모조류의 우점율이 상대적으로 증가하였다. 우점종으로 선정된 종들은 국내 연안에서 자주 출현하는 종으로서, 유류피해에 따른 영향보다는 계절적 차이가 더 큰 것으로 사료된다.



[2012년 2월]

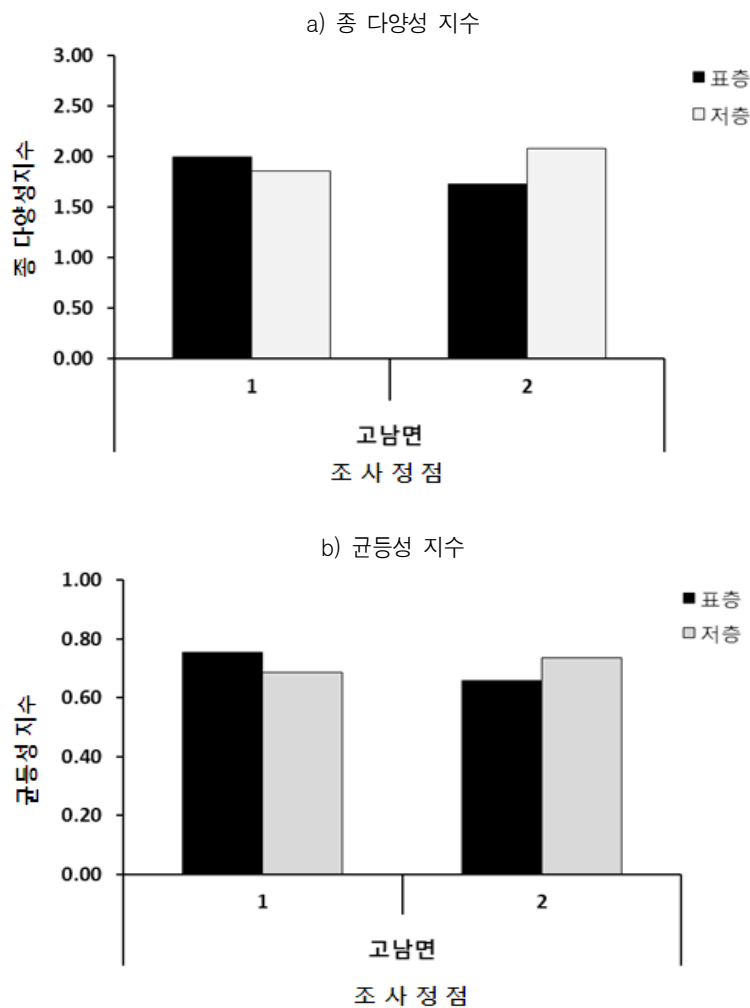


[2012년 7월]

[그림 2-47] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

(4) 생태지수

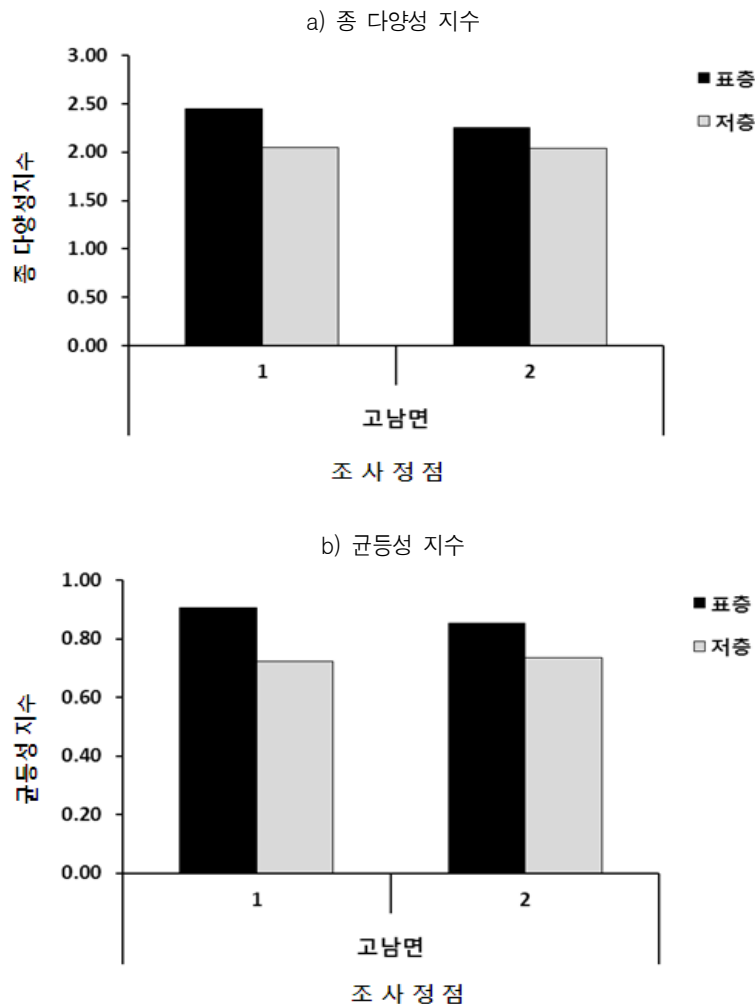
2012년 2월 조사 시, 태안군 고남면의 표층에서 식물플랑크톤 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.99, 정점 2에서 1.73으로 산출 되었고, 평균은 1.86 ± 0.18 이다. 저층에서는 정점 1에서 1.86, 정점 2에서 2.08으로 산출 되었고, 평균 1.97 ± 0.16 으로 나타났다[그림 2-48]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.76, 정점 2에서 0.66으로 산출 되었고, 평균 0.71 ± 0.07 으로 조사 되었다. 저층에서는 정점 1에서 0.69, 정점 2에서 0.74으로 산출 되었고, 평균 0.71 ± 0.03 으로 조사되었다[그림 2-48].



[그림 2-48] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)

7월 조사 시, 표층의 종 다양성 지수는 정점 1에서 2.45, 정점 2에서 2.25으로 산출되었고, 평균은 2.35 ± 0.14 이다. 저층에서는 정점 1에서 2.05, 정점 2에서 2.04으로 산출되었고, 평균 2.04 ± 0.01 으로 나타났다[그림 2-49]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.91, 정점 2에서 0.85으로 산출되었고, 평균 0.88 ± 0.04 로 조사되었다. 저층에서는 정점 1에서 0.72, 정점 2에서 0.74으로 산출되었고, 평균 0.73 ± 0.01 로 조사되었다[그림 2-49].

2012년 2월과 7월에 산출된 종 다양성지수는 7월에 다소 높게 조사되었다. 그러나 균등성 지수는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 두 시기 모두 정점별, 수층별 비슷한 값을 보인 것으로 조사되었다.



[그림 2-49] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

나. 갯벌미세조류

1) 조사방법

(1) 조사내용

갯벌미세조류는 조사 지역을 대표할 수 있는 정점들을 선정하여 현장조사를 실시하였다. 태안군 고남면의 2개 정점에서 3회 반복 채집한 시료에 대해 분석이 이루어졌다.

(2) 분석방법

가) 갯벌미세조류의 동정 및 계수

각 조사정점에서 내경 1cm의 PE 원통을 이용하여 퇴적물의 표층 2cm를 3회 반복 채집하여 최종 농도 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 이 때 시료는 큰 입자성 물질을 제거하기 위해 100 μ m mesh size의 sieve를 사용하였다. 정량 분석을 위해서, 얻은 시료는 일정량을 취하여 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 세포수를 계수 및 동정하였다.

구조류의 정성분석을 위해서, 얻은 시료에서 포화 KMnO₄ 용액에 24시간 동안 담가 놓은 후, 동량의 HCl를 넣어 세포 내 유기물을 제거하였다. 이렇게 제거된 용액속의 입자들을 침전시킨 후 상등액을 버리고 증류수를 가하는 과정을 반복하여 중화 및 세척하였다 (Hasle and Fryxell, 1970). 또한 유기물이 제거된 상태에서 퇴적물속의 구조류를 분리 및 제거하기 위하여 휘저어 침전시킨 후 상등액을 따라 모으는 과정을 반복하여 실시하였다 (Lohman, 1972). 시료의 분류 및 동정을 위해 Hustedt (1985), Chihara and Murano (1996), Tomas (1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

갯벌미세조류군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다[표 2-21].

[표 2-21] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N} \right]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 태안군 고남면에서 갯벌미세조류의 총 출현종수는 22속 35종이며, 그 중 규조류가 18속 31종(88.57%), 와편모조류 2속 2종(5.71%), 규질편모조와 은편모조류가 각각 1속 1종(2.86%, 2.86%) 출현하였다[표 2-22, 그림 2-50].

3개 지역에서 정점별 출현종수는 정점 1에서 29종, 정점 2에서 26종이 출현하였고, 평균 28 ± 2 종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다[표 2-23, 그림 2-51].

2012년 7월 조사 시, 갯벌미세조류의 총 출현종수는 20속 29종이며, 그 중 규조류가 19속 28종(96.55%), 규질편모조류가 1속 1종(3.45%)이 출현하였다. 와편모조류와 은편모조류는 관찰되지 않았다[표 2-24, 그림 2-52].

정점별 출현종수는 정점 1에서 19종, 정점 2에서 22종이 출현하였고, 평균 21 ± 2 종이었다. 정점별 차이는 크지 않았고, 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다[표 2-25, 그림 2-53].

2012년 2월에 비해 7월의 갯벌미세조류의 총 출현종수는 다소 낮아졌으나, 공통적으로 규조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 또한 정점별 출현종수는 두 시기 모두 큰 차이를 보이지 않는 것으로 조사되었다.

[표 2-22] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월)

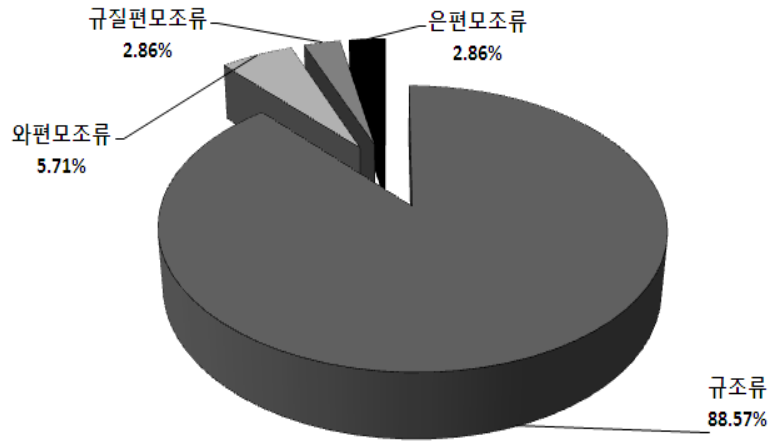
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	*	*
<i>Actinocyclus octonarius</i>		*
<i>Actinocyclus</i> sp.		*
<i>Actinoptychus senarius</i>	*	*
<i>Actinoptychus splendens</i>		*
<i>Amphora</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus wailesii</i>		*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Donkinia</i> sp.	*	*
<i>Diploneis bombus</i>	*	*
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*

[표 2-22] 계속

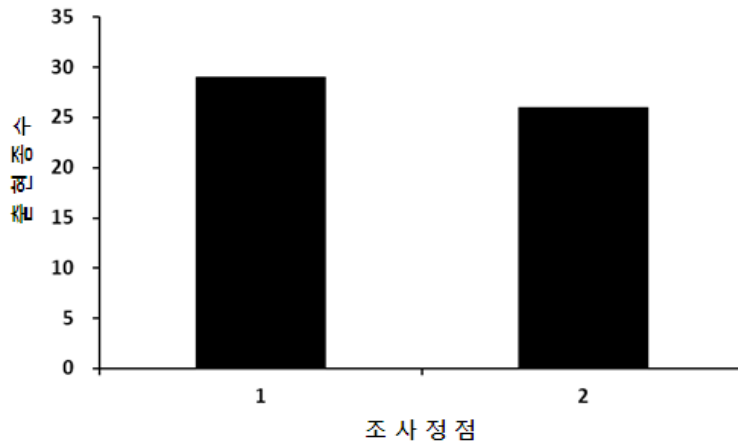
구 분	속(Genus)	종(species)
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Nitzschia sigma</i>	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.		*
<i>Odontella aurita</i> var. <i>obtusa</i>	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Pleurosigma</i> sp.		*
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Rhizosolenia setigera</i>	*	*
<i>Surillera armonica</i>	*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	*	*
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>		*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
DINOPHYCEAE		
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*
<i>Prorocentrum</i> sp.	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	22	35

[표 2-23] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	태안군 고남면	
	St. 1	St. 2
규조류	26	23
와편모조류	1	1
규질편모조류	1	1
은편모조류	1	1
합계	29	26
평균	28±2	



[그림 2-50] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월)



[그림 2-51] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 2-24] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월)

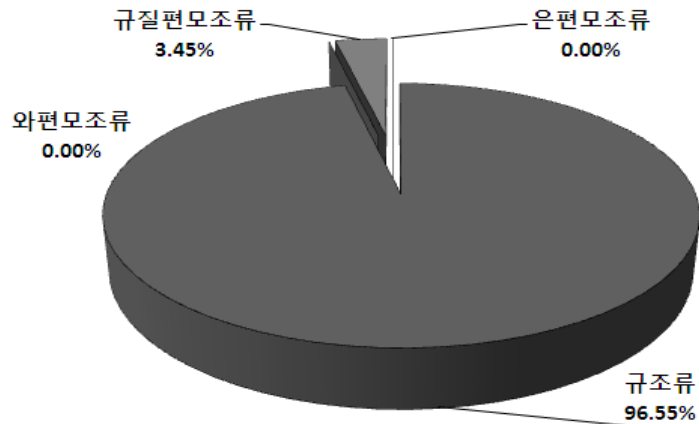
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Actinoptychus senarius</i>	*	*
<i>Amphiprora</i> sp.	*	*
<i>Amphora</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscuscentralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Cymbella</i> sp.	*	*
<i>Eucampia zodiacus</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*

[표 2-24] 계속

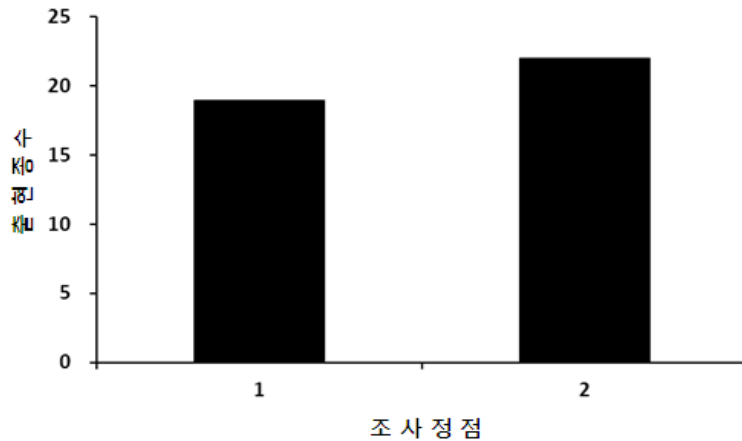
구 분	속(Genus)	종(species)
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Neidium</i> sp.	*	*
<i>Nitzschia sigma</i>	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Pleurosigma elongatum</i>		*
<i>Pleurosigma</i> sp.		*
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Rhizosolenia pungens</i>	*	*
<i>Rhizosolenia setigera</i>		*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassionema</i> sp.		*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
<i>Trachyneis</i> sp.	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	20	29

[표 2-25] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	태안군 고남면	
	St. 1	St. 2
규조류	18	21
와편모조류	0	0
규질편모조류	1	1
은편모조류	0	0
합계	19	22
평균	21±2	



[그림 2-52] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 2-53] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

2012년 2월 조사결과, 조사지역에서 갯벌미세조류의 개체수는 정점 1에서 391,319 cells/cm², 정점 2에서 379,207cells/cm², 평균 385,263±8,564cells/cm²를 나타내었다[표 2-26, 그림 2-54].

7월 조사결과, 조사지역에서 갯벌미세조류의 개체수는 정점 1에서 145,589cells/cm², 정점 2에서 331,094cells/cm², 평균 238,342±131,172cells/cm²를 나타내었다[표 2-27, 그림 2-55].

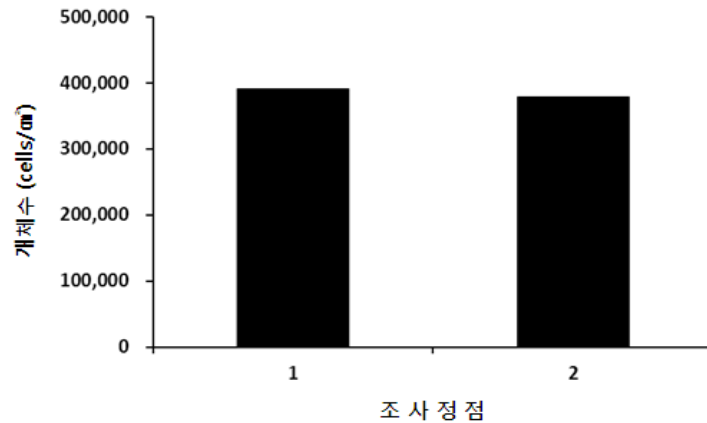
2012년 2월에 비해 7월의 갯벌미세조류의 개체수는 상대적으로 낮아졌다. 정점 간 차이는 2월에 비해 7월에 큰 것으로 조사되었다.

[표 2-26] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm³)

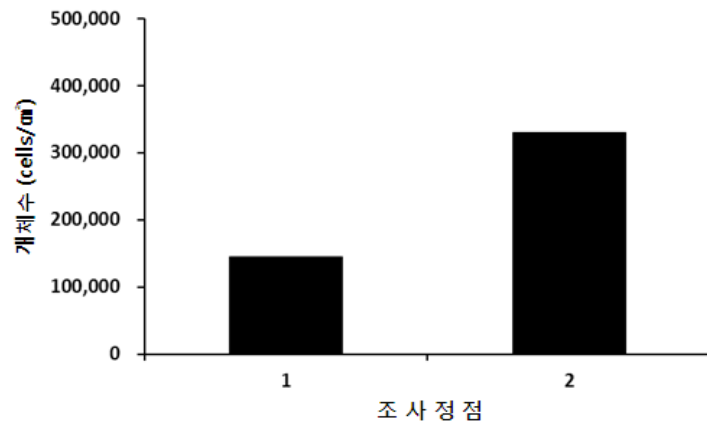
정 점	고남면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	0	2,121
<i>Actinocyclus octonarius</i>	6,361	2,217
<i>Actinocyclus</i> sp.	26,820	22,216
<i>Actinoptychus senarius</i>	13,068	4,337
<i>Actinoptychus splendens</i>	2,358	0
<i>Amphora</i> sp.	0	4,337
<i>Coscinodiscus centralis</i>	10,823	4,555
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	2,105	4,242
<i>Coscinodiscus</i> sp.	11,170	15,880
<i>Donkinia</i> sp.	2,358	0
<i>Diploneis bombus</i>	2,105	0
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	2,152	2,121
<i>Navicula</i> sp.1	11,329	8,892
<i>Navicula</i> sp.2	9,178	4,433
<i>Navicula</i> sp.3	2,152	0
<i>Nitzschia sigma</i>	2,105	2,434
<i>Nitzschia</i> sp.	0	2,217
<i>Odontella aurita</i> var. <i>obtusa</i>	2,358	0
<i>Paralia sulcata</i>	236,377	237,515
<i>Pleurosigma angulatum</i>	2,358	4,555
<i>Pleurosigma</i> sp.	2,152	0
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	2,358	0
<i>Rhaphoneis</i> sp.	2,358	2,217
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4,303	2,217
<i>Surillera armonica</i>	2,105	4,433
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	2,152	4,868
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0	4,555
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	0	9,518
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	2,152	0
<i>Thalassiosira</i> sp.1	4,210	8,796
<i>Thalassiosira</i> sp.2	10,917	7,084
DINOPHYCEAE		
<i>Heterocapsa</i> sp.	0	2,434
<i>Prorocentrum</i> sp.	2,105	0
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	7,073	6,676
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	4,257	4,337
종 수	29	26
합 계	391,319	379,207

[표 2-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/cm²)

정 점	고남면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus</i> sp.	4,850	20,330
<i>Actinoptychus senarius</i>	0	2,560
<i>Amphiprora</i> sp.	0	2,629
<i>Amphora</i> sp.	4,870	0
<i>Coscinodiscus centralis</i>	2,415	2,629
<i>Coscinodiscus</i> sp.	7,263	17,982
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0	2,629
<i>Cymbella</i> sp.	2,435	2,560
<i>Eucampia zodiacus</i>	9,698	0
<i>Navicula</i> sp.1	9,720	7,746
<i>Navicula</i> sp.2	24,222	4,977
<i>Navicula</i> sp.3	4,869	0
<i>Neidium</i> sp.	2,415	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	5,258
<i>Paralia sulcata</i>	19,471	208,054
<i>Pleurosigma angulatum</i>	2,435	2,489
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	5,188
<i>Pleurosigma</i> sp.	7,283	2,629
<i>Pseudonitzschia pungens</i>	0	7,678
<i>Rhaphoneis</i> sp.	0	2,489
<i>Rhizosolenia pungens</i>	2,434	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0	2,560
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	29,076	0
<i>Thalassionema</i> sp.	0	5,258
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	0	2,560
<i>Thalassiosira</i> sp.1	4,869	15,282
<i>Thalassiosira</i> sp.2	2,415	5,118
<i>Trachyneis</i> sp.	2,434	0
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	2,415	2,489
종 수	19	22
합 계	145,589	331,094



[그림 2-54] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)



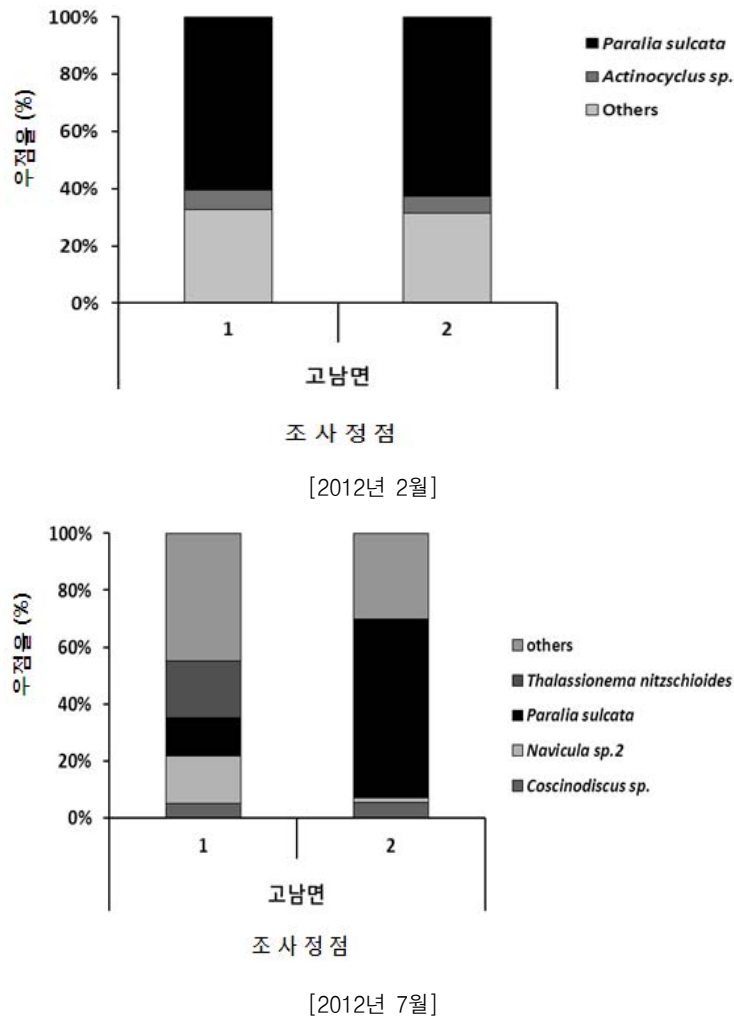
[그림 2-55] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

(3) 우점종

2012년 2월 조사 지역에서 5% 이상의 우점을 차지한 갯벌미세조류를 주요 우점종을 선별하였다. 태안군 고남면에서는 *Paralia sulcata*가 61.52%를 차지하여 제1 우점을 하였고, *Actinocyclus* sp.가 6.36%으로 조사되어 제 2우점종으로 조사 되었다[그림 2-56].

7월 조사 시, 고남면에서 *Paralia sulcata*가 38.11%를 차지하여 제1 우점을 하였고, *Thalassionema nitzschioides*가 9.99%의 우점율을 보여 제 2 우점종으로 선정되었다. 그 외에 *Coscinodiscus* sp.와 *Navicula* sp.2가 약 5.0% 이상을 차지하였다[그림 2-56].

2012년 2월과 7월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었다. 우점종으로 선정된 종들은 정점별 다소 우점율의 차이를 보였고 시기별 차이도 관찰되었다. 그러나, 전반적으로 국내 연안에서 자주 출현하는 종들로서 갯벌미세조류의 군집변화는 적은 것으로 판단된다.



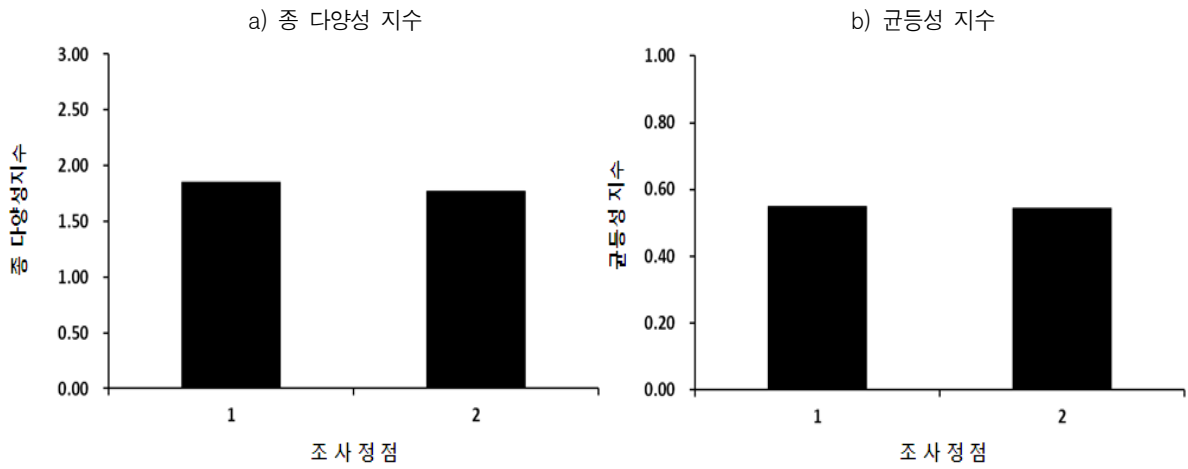
[그림 2-56] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

(4) 생태지수

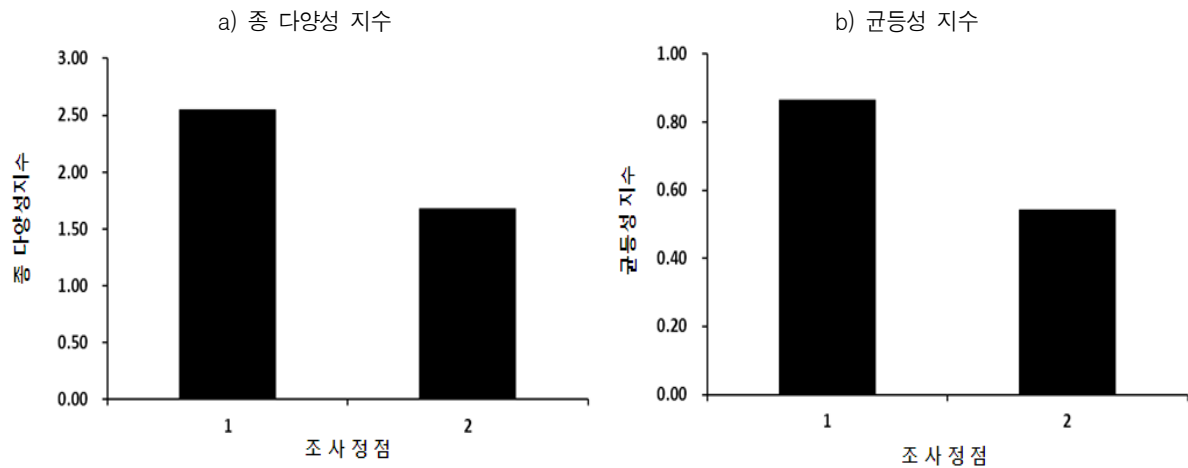
2012년 2월 조사 시, 태안군 고남면에서 갯벌미세조류 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.85, 정점 2에서 1.77로 산출되었고, 평균은 1.81 ± 0.05 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.55, 정점 2에서 0.54로 산출되었고, 평균 0.55 ± 0.01 로 조사 되었다[그림 2-57].

7월 조사 시, 종 다양성 지수는 정점 1에서 2.55, 정점 2에서 1.68로 산출되었고, 평균은 2.11 ± 0.62 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.87, 정점 2에서 0.54로 산출되었고, 평균 0.70 ± 0.23 으로 조사 되었다[그림 2-58].

2012년 2월에 비해 7월에 산출된 종 다양성지수와 균등성 지수가 다소 높은 것으로 조사되었다. 이는 2월에 비해 7월에 다양한 종들이 상대적으로 높은 우점율을 보였기 때문에 나타난 결과로 판단된다.



[그림 2-57] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)



[그림 2-58] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

다. 기초생산력(Chl-a)

1) 조사방법

(1) 조사내용

조하대의 엽록소-a 농도는 태안군 고남면에서 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였고, 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 1L의 해수를 채수하였다. 조간대의 엽록소-a 농도는 태안군 고남면의 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 채집된 시료는 냉암소에 즉시 보관하여 실험실로 운반 후 분석하였다.

(2) 분석방법

가) 엽록소-a (조하대)

조하대에서 채집된 시료는 유리섬유여과지(GF/F)를 이용하여 여과하였다. 이때 여과 마지막 단계에서 1% 탄산마그네슘($MgCO_3$) 3~5방울을 첨가하여 엽록소-a의 산성화를 방지하였다. 이렇게 여과된 여과지는 원심분리관의 여과지에 90% 아세톤(CH_3COCH_3)을 10ml를 넣어 여과지를 분쇄한 다음 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취한 후 흡광도(750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 식물플랑크톤의 엽록소-a 농도를 계산하였다.

나) 엽록소-a (조간대)

조간대에서 채집된 시료는 정량적으로 깊이 1cm에 대한 무게를 측정하였다. 이렇게 정량화된 시료를 90% 아세톤 (CH_3COCH_3) 10ml를 넣어 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취하여 흡광도 (750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 엽록소-a를 계산하였다(Parsons *et al.*, 1984).

2) 조사결과

(1) 엽록소-a (조하대)

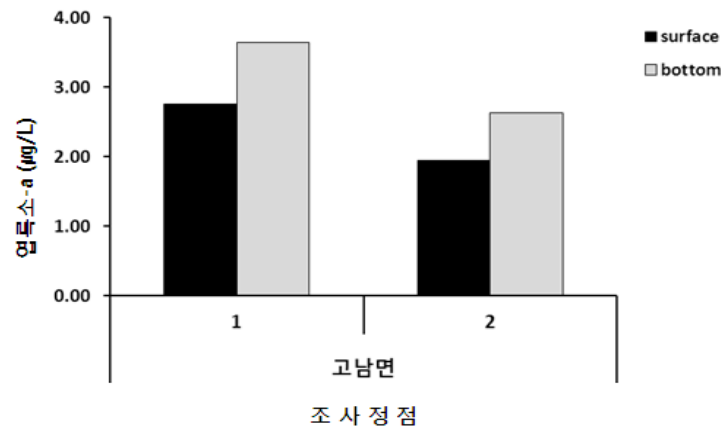
식물플랑크톤에 의한 기초생산을 간접적으로 지시하는 엽록소-a의 농도는 2012년 2월 조사결과, 표층의 정점 1에서 $2.75\mu g/L$, 정점 2에서 $1.94\mu g/L$ (평균 $2.35\pm 0.57\mu g/L$)로 조사되었고, 저층의 정점 1에서 $3.64\mu g/L$, 정점 2에서 $2.63\mu g/L$ (평균 $3.13\pm 0.71\mu g/L$)의 값을 보였다[표 2-28, 그림 2-59].

2012년 7월 조사 시, 표층에서 의 정점 1에서 $1.81\mu g/L$, 정점 2에서 $2.79\mu g/L$ (평균 $2.30\pm 0.69\mu g/L$), 저층에서 의 정점 1에서 $2.89\mu g/L$, 정점 2에서 $1.10\mu g/L$ (평균 $2.00\pm 1.27\mu g/L$)의 값을 보였다[표 2-29, 그림 2-60].

2012년 7월에 비해 2012년 2월 엽록소-a의 농도가 높은 것으로 산출 되었으며, 정점별, 수층별 비슷한 평균값을 보인 것으로 조사되었다.

[표 2-28] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

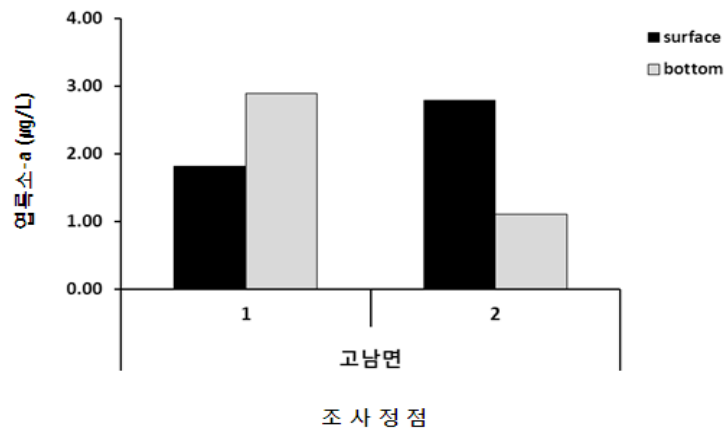
지역	수층	정점	chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)
고남면	1	S	2.75
		B	3.64
	2	S	1.94
		B	2.63



[그림 2-59] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 2-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정점	수층	chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)
고남면	1	S	1.81
		B	2.89
	2	S	2.79
		B	1.10



[그림 2-60] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

(2) 엽록소-a (조간대)

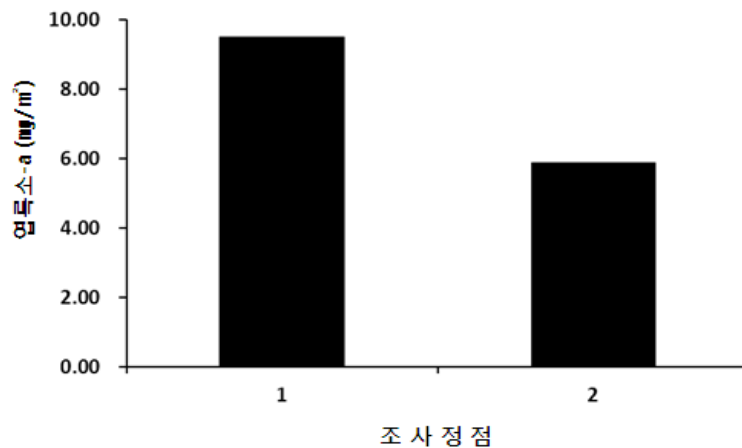
조간대의 엽록소-a 농도는 2012년 2월 조사에서 의 정점 1에서 $9.51\text{mg}/\text{m}^2$, 정점 2에서 $5.88\text{mg}/\text{m}^2$ (평균 $7.69\pm 2.56\text{mg}/\text{m}^2$)으로 정점 간 차이가 큰 것으로 조사 되었다[표 2-30, 그림 2-61].

2012년 7월 조사에서 정점 1에서 $6.48\text{mg}/\text{m}^2$, 정점 2에서 $6.15\text{mg}/\text{m}^2$ (평균 $6.31\pm 0.24\text{mg}/\text{m}^2$)으로 조사한 정점 간 차이는 미미한 것으로 조사되었다[표 2-31, 그림 2-62].

2012년 7월에 비해 2012년 2월 엽록소-a의 농도가 높게 산출되었다. 2월 조사에서는 정점별 변동의 폭이 큰 것으로 조사되었으나, 7월 조사에서는 비슷한 수준으로 조사되었다. 이러한 차이는 갯벌에서 엽록소-a의 함량은 수평적으로 크고 작은 덩어리를 가지며, 밀집된 분포를 보여 좁은 지역 내에서도 농도의 변화가 심하고, 계절적인 주기성이 일정하지 않은 것으로 보고되어 (Leach, 1970; Cadeé and Hegeman, 1974), 갯벌 조사에서 나타날 수 있는 결과로 판단된다.

[표 2-30] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

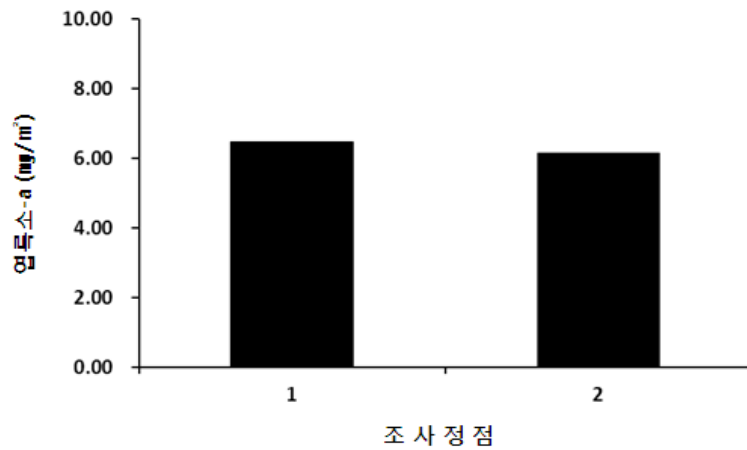
지역	정점	엽록소-a(mg/m^2)
고남면	st.1	9.51
	st.2	5.88



[그림 2-61] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 2-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정 점	엽록소-a(mg/m ³)
고남면	st.1	6.48
	st.2	6.15



[그림 2-62] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

라. 일차생산력

1) 조사방법

위 1장 태안군 남면 갯벌의 일차생산력의 조사방법과 동일하다.

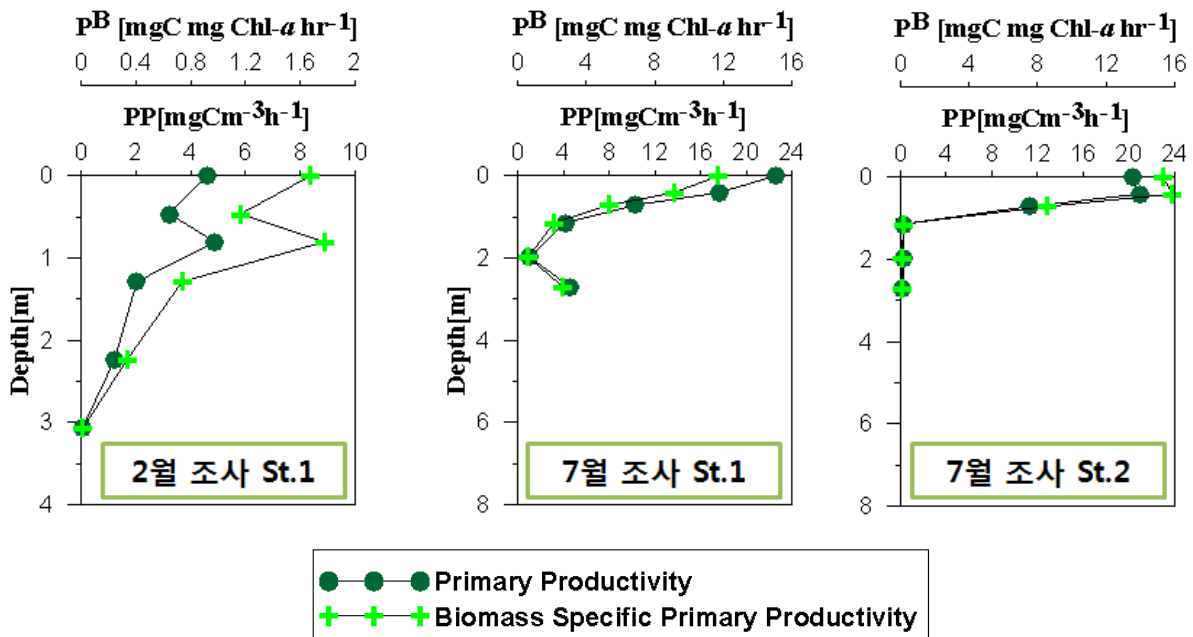
2) 조사결과

(1) 조하대

2012년 2월과 7월에 태안군 고남면에서 기초생산조사를 실시한 결과 Secchi depth는 조사기간동안 1m의 투과도를 나타내 유광층은 1~3m 내외로 나타났다[표 2-32]. 단위체 적당 기초생산성(Primary Productivity; P.P.)은 2월조사시 0.041(1% LPD) ~ 4.892(30% LPD)mgC m⁻³ h⁻¹ 범위로 평균 2.664 mgC m⁻³ h⁻¹로 나타났고 7월조사시 0.187(St. 2, 1% LPD) ~22.549(St. 1, 100% LPD)mgC m⁻³ h⁻¹ 범위로 평균 9.456 mgC m⁻³ h⁻¹로 7월조사시 약 3배가량의 높은 생산력을 나타냈다. 전반적으로 표층에서 높은 생산력을 보였으나 2월조사시 투과도가 30%인 수층에서 최대값을 보였고 7월조사시 St.2에서도 표층보다

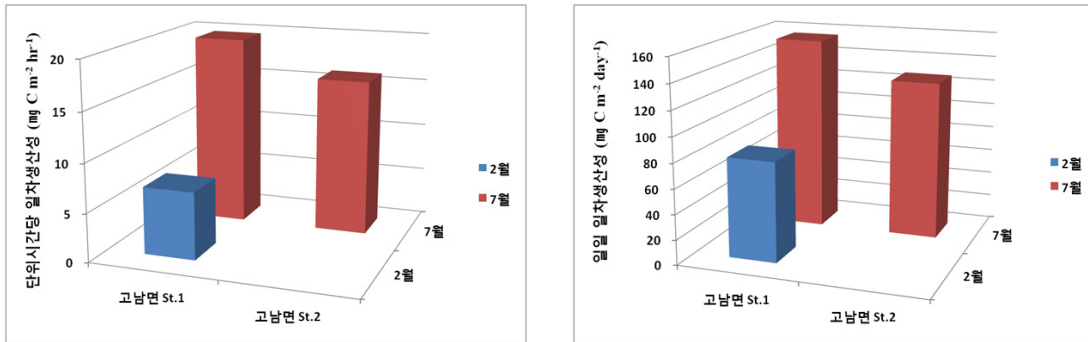
투과도가 49.9%인 수심에서 생산력이 높게 나타나 생물량에 의한 차이도 있지만 표층에서의 광저해현상도 나타난 것으로 보인다[그림 2-63]. 7월조사시 두 정점 중 다소 외해와 인접한 St. 1에서 높은 생산력을 나타냈다.

단위 엽록소량에 대한 최대 생산성(chlorophyll normalized productivity; P^B)은 2월조사시 0.011(1% LPD)~ 1.779(30% LPD) $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 범위를 보여 평균 0.950 $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 를 나타냈고 7월조사시에는 0.067(St. 2, 1% LPD)~ 15.879(St. 2, 49.9% LPD) $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 범위를 보여 평균 5.973 $\text{mgC mg Chl } a^{-1} \text{ hr}^{-1}$ 를 나타냈다. 이는 단위체적당 기초생산성과 마찬가지로 표층과 투과도가 30%해역에서 높은 생산력을 보였다. 단, 7월조사시 전반적으로 기초생산성이 높게 나타난 해역에서 엽록소 a 농도도 높게 나타나 엽록소량에 대한 최대생산성은 내륙에 가까운 St.1에서 높게 나타났다.



[그림 2-63] 2012년 2월과 7월 조사시 태안군 고남면의 일차생산력의 연직분포

유광층의 일차생산력을 수층적분한 단위시간당 생산성은 2월에는 $6.919 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$, 7월에는 St.1에서 $19.700 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$, St.2에서 $16.106 \text{ mgC m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ 로 나타나 7월조사시 약 3배가량 높게 나타났으며 내륙에서 떨어진 해역에서 더 높은 생산력을 보였다[그림 2-64]. 일일일차생산성도 마찬가지로 2월조사시 $79.838 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, 7월조사시 St.1에서 $155.726 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, St.2에서 $127.318 \text{ mgC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 로 나타나 겨울철보다 여름철에 생산력이 높게 나타났다.



[그림 2-64] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차생산력 분포

[표 2-32] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력

	Station	Light	Depth	P.P.	p ^B	Int P.P.			
		(%)	(m)	(mgC m ⁻³ h ⁻¹)	(mgC mgchl-a hr ⁻¹)	(mgC m ⁻² h ⁻¹)	(mgC m ⁻² day ⁻¹)		
2012년 2월5일	고남면	100	0	4.606	1.675	6.919	79.838		
		49.9	0	3.204	1.165				
	Secchi	30	1	4.892	1.779				
	1	14.5	1	2.026	0.737				
	(14:50~ 17:50)	3.5	2	1.215	0.334				
		1	3	0.041	0.011				
2012년 7월23일	고남면	100	0	22.549	11.698	19.700	155.726		
	St. 1	49.9	0	17.595	9.128				
	Secchi	30	1	10.315	5.351				
	1	14.5	1	4.138	2.147				
	(12:00~ 15:00)	3.5	2	1.022	0.589				
		1	3	4.591	2.647				
	고남면	100	0	20.270	15.335			16.106	127.318
	St. 2	49.9	0	20.989	15.879				
	Secchi	30	1	11.337	8.577				
	1	30	1	0.214	0.162				
(12:00~ 13:00)	3.5	2	0.260	0.093					
		1	3	0.187	0.067				

(2) 조건대

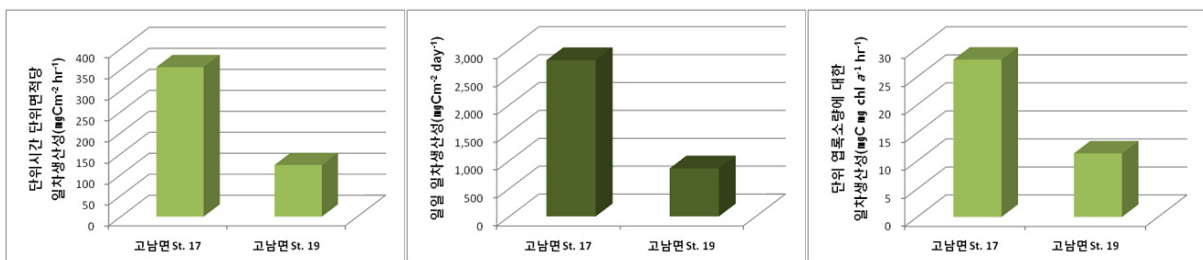
2012년 7월조사시 단위시간 단위체적당 최대 생산성은 St. 17에서 356.38 mgC m⁻² hr⁻¹, St. 19에서 123.15 mgC m⁻² hr⁻¹ 로 나타났다[표 2-33]. 조하대와는 달리 조사위치가

조금 다르나 다소 연안에 인접한 St. 17에서 2배 이상의 높은 생산력을 나타냈다[그림 2-65]. 이는 강화도 장화리 펄갯벌에서 2003년 7월부터 4월까지의 저서성 미세조류의 일차생산력을 확인한 결과 2.98 ~ 113.01 mgC m⁻² hr⁻¹인 것과 비교할 때 본 연구결과가 높은 값을 나타냈다.

퇴적물의 엽록소량에 대한 최대 생산성(chlorophyll normalized productivity)은 St. 17에서 28.05 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹, St. 19에서 11.33 mgC mg Chl a⁻¹ h⁻¹를 나타내 단위시간 단위체적당 생산성과 마찬가지로 St. 17에서 높게 나타났다. 이는 강화도 장화리에서 0.52~3.61 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 일차생산력과 마찬가지로 매우 높은 값을 나타냈다.

일일 일차생산력은 단위시간당 일차생산력과 마찬가지로 St. 17에서 2,800.36 mgC mg m⁻² day⁻¹, St. 19에서 860.72 mgC mg m⁻² day⁻¹로 연안에 인접한 해역에서 높게 나타났으며 강화도 장화리에서는 20.88~678.06 mgC mg m⁻² day⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 매우 높게 나타났다.

동계조사시도 조간대 저서 일차생산력 조사를 시행하였으나 시료의 균질성을 확보하지 못하여 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 없어 본 보고서에서 제외하였다.



[그림 2-65] 2012년 2월과 7월조사시 태안군 고남면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP), 단위 엽록소량에 대한 일차생산력(P^B)과 일일일차생산력 분포

[표 2-33] 2012년 7월조사시 태안군 고남면의 조간대의 일차생산력

Date	Station	PP (mg C m ⁻² h ⁻¹)	p ^B (mgC mg Chl-a hr ⁻¹)	PP-day (gC m ⁻² day ⁻¹)	Chl-a (mgChl-a m ⁻²)
2012.7.22.	고남면 St. 17	356.38	28.05	2,800.36	12.71
	고남면 St. 19	123.15	11.33	860.72	10.87

마. 동물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

본 연구를 위해 2012년 2월과 7월, 2회에 걸쳐 총 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 시료는 플랑크톤 네트(원추형, 망목크기 300 μ m, 네트 직경 0.6m)를 이용하여 정점에 따라 5분간 수평 예인하여 채집하였다. 예인 후 네트와 버킷을 세척하여 시료병으로 시료를 옮긴 후, 즉시 선상에서 중성 포름알데히드 수용액으로 최종 농도가 4~5%가 되도록 고정하여 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

Folsom 타입의 분할기구로 균등하게 분할한 시료 가운데 일정량(1/32~1/512)을 Bogorove chamber 형식의 계수판위에 넣은 다음 해부 현미경(Olympus SZX-12)으로 관찰하여 동정하고 개체수를 세었다. 요각류 등, 작은 갑각류의 정확한 동정을 위하여 해부할 필요가 있을 경우, 움푹 패인 슬라이드에 lactic acid 또는 glycerin 등을 증류수, 또는 여과해수와 함께 떨어뜨린 후 동물플랑크톤 시료를 올려놓고 시료를 부드럽게 해서 텅스텐 침을 이용하였다.

각 동물플랑크톤의 출현량은 1m³의 해수에 분포하는 동물플랑크톤의 개체수로 나타냈고, 네트에 여과된 해수의 양은 네트 입구에 유량계를 설치하여 측정한 유량계의 회전수에 유량계의 진행거리로 환산하기 위한 계수를 곱하여 계산하였다.

조사 해역의 동물플랑크톤 군집 특성을 파악하기 위해 정점별로 Shannon and Weaver (1963)의 방법에 따라 종 다양성 지수 (species diversity index: H')를 산출하였다. 출현종과 개체수의 자료를 이용한 집괴 분석 (cluster analysis)에서는 정점간의 유사도를 파악하기 위하여 Bray-Curtis similarity를 이용하였다. 분석에 이용된 동물플랑크톤 자료는 극우점종의 출현으로 인해 출현개체수 간 편차가 큰 경우 자료 편중에 따른 분석 상 오류를 피하기 위해 자연로그 $\log_e(a+1)$ 로 변환하여 분석에 이용하였으며, 결과를 수상도 (Dendrogram)로 나타냈다. 종 다양성 지수 산출과 집괴분석에는 다변량 통계 프로그램 Primer (version 5.2.2)를 사용하였다.

종의 동정에는 박 (1970), 김 (1987), 임 (1989), 유 (1995), Mori (1964), Yamaji (1984), Kim (1985), Soh and Suh (2000) 등을 참고하였으며, 전체적인 분류체계는 Bowman and Abele (1982)를 바탕으로 하였다.

2) 조사 결과

(1) 종조성

태안군 고남면은 2012년 2월에는 총 7개문, 20 분류군이 출현하였다. 절지동물 (Arthropoda)이 14분류군으로 가장 많았고, 그 밖에 자포동물 (Cnidaria), 원생동물 (Protozoa), 모약동물 (Chaetognaths), 환형동물 (Annelida), 극피동물 (Echinodermata), 연체동물 (Mollusca)은 각각 1 분류군씩으로 구성되었다. 2012년 7월에는 총 7 개문, 17 분류군이 출현하였다 [표 2-6,8]. 절지동물 (Arthropoda)이 10분류군으로 가장 많았고, 자포동물 (Cnidaria)이 2분류군, 그 밖에 원생동물 (Protozoa), 모약동물 (Chatognaths), 척삭동물 (Chordata), 극피동물 (Echinodermata), 연체동물 (Mollusca) 은 각각 1 분류군씩으로 구성되었다 [표 2-34, 35].

[표 2-34] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율%(2012년 2월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Cnidaria	1	5.0
Protozoa	1	5.0
Arthropoda	14	70.0
Chaetognatha	1	5.0
Mollusca	1	5.0
Echinodermata	1	5.0
Annelida	1	5.0
Total	20	100.0

[표 2-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율%(2012년 7월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Cnidaria	2	11.8
Protozoa	1	5.9
Arthropoda	10	58.8
Chaetognatha	1	5.9
Mollusca	1	5.9
Chordata	1	5.9
Echinodermata	1	5.9
Total	17	100.0

[표 2-36] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 02월)(* : 1개체/m³미만)

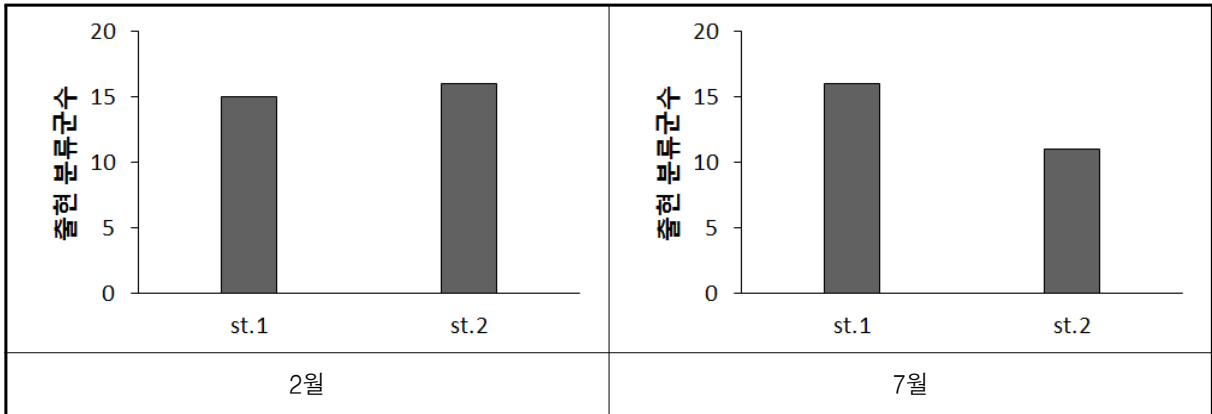
동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	187	162	175	18
Cnidaria				
Unidentified tranchymedusae		*	*±1	0.1
Arthropoda				
Copepoda				
<i>Acartia hongii</i>	22	100	61±55	20.7
Copepodite <i>Acartia</i>	11	25	18±10	6.2
<i>Calanus sinicus</i>	3	2	3±10	1.0
Copepodite <i>Calanus</i>		2	*±1	0.3
<i>Centropages abdominalis</i>	3	2	3±0	0.9
Copepodite <i>Centropages</i>	1	2	2±1	0.7
<i>Labidocera euchaeta</i>		*	*±1	0.1
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	20	20	20±0	6.8
<i>Pavocalanus crassirostris</i>	1	5	3±3	1.0
<i>Corycaeus affinis</i>	3	*	2±2	0.6
<i>Oithona</i> sp.	1		*±1	0.2
Amphipoda				
Unidentified amphipods		*	*±1	0.1
Cirripedia				
Cirriped larvae	*	2	1±1	0.4
Decapoda				
Decapod larvae	*	2	1±1	0.4
Chaetognatha				
<i>Saggita crassa</i>		6	3±4	0.9
Mollusca				
Gastropod larvae	*		*±0	0.1
Echinodermata				
Ophiopluteus larvae	1		*±1	0.2
Annelida				
Polychaeta larvae	*		*±0	0.1
분류군수	15	16	16±1	
Total	257	333	295±53	100

[표 2-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/m³ 미만, + : 1% 미만)

동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	392	4,146	2,269±2,654	84.4
Cnidaria				
Unidentified trachymedusae	2	23	13±15	0.5
Unidentified siphonophora	19	105	62±61	2.3
Arthropoda				
Cladocera				
<i>Evadne tergestina</i>	382		191±270	7.1
<i>Penilia avirostris</i>	9	23	16±10	0.6
Copepoda				
<i>Centropages tenuiremis</i>	2		*±1	+
Copepodite <i>Centropages</i>	2		*±1	+
Copepodite <i>Labidocera</i>	2		*±1	+
<i>Labidocera rotunda</i>	2	47	24±32	0.9
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.		35	18±25	0.7
<i>Corycaeus affinis</i>	5	23	14±13	0.5
Cirripedia				
Cirriped larvae	3	23	13±14	0.5
Decapoda				
Decapod larvae	3	70	37±47	1.4
Chaetognatha				
<i>Saggita crassa</i>	2		*±1	+
Chordata				
<i>salpa</i> sp.	2		*±1	+
Mollusca				
Gastropod larvae	2	12	7±7	0.3
Echinodermata				
Ophiopluteus larvae	3	35	19±22	0.7
분류군수	16	11	14±4	
Total	831	4,544	2,687±2,626	100

(2) 출현 분류군수

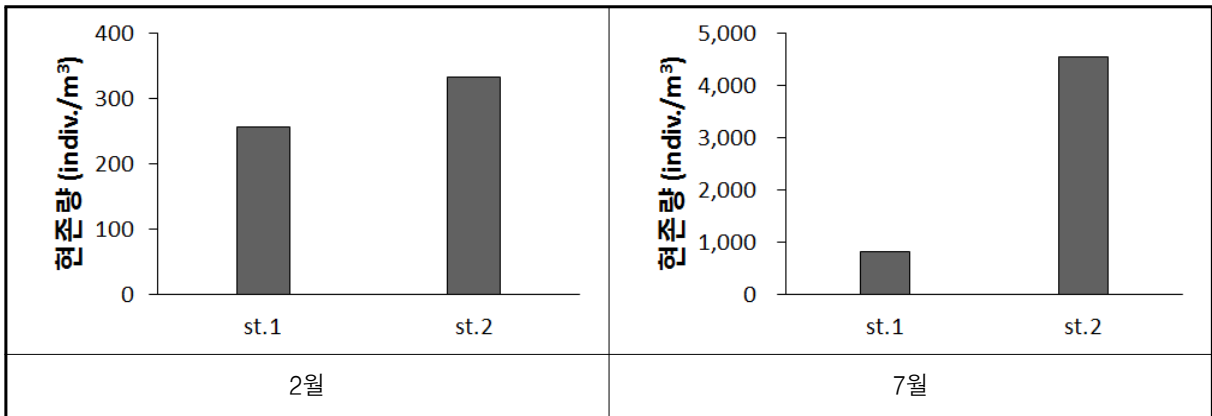
태안군 고남면은 2012년 2월에는 정점별로 15~16 분류군 (평균 16±1 분류군)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 11~16 분류군 (평균 14±4 분류군)의 범위로 나타났다 [표 2-36, 37; 그림 2-66].



[그림 2-66] 동물플랑크톤 분류군수

(3) 출현 개체수(현존량)

태안군 고남면은 2012년 2월에는 정점별로 257~333 indiv./m³ (평균 295±53 indiv./m³)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 831~4,544 indiv./m³ (평균 2,687±2,626 indiv./m³)의 범위로 나타났다 [표 2-36, 37; 그림 2-67].

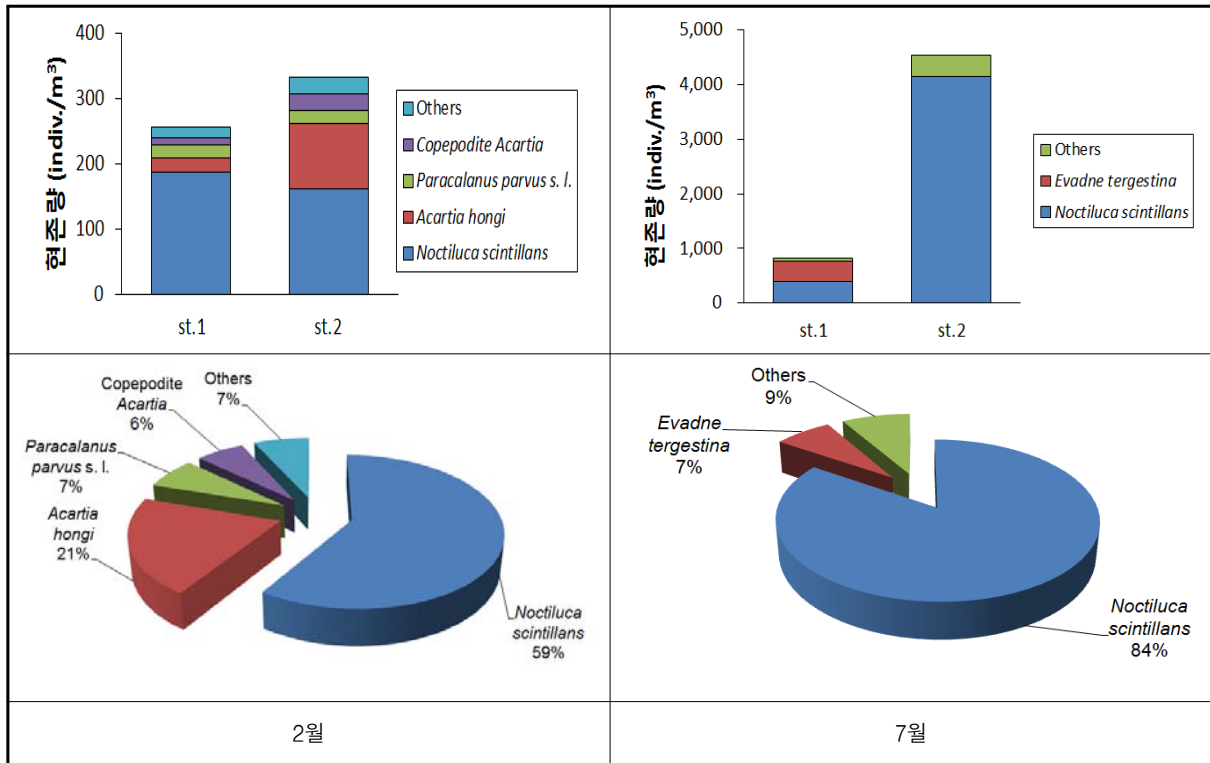


[그림 2-67] 동물플랑크톤 출현 개체수

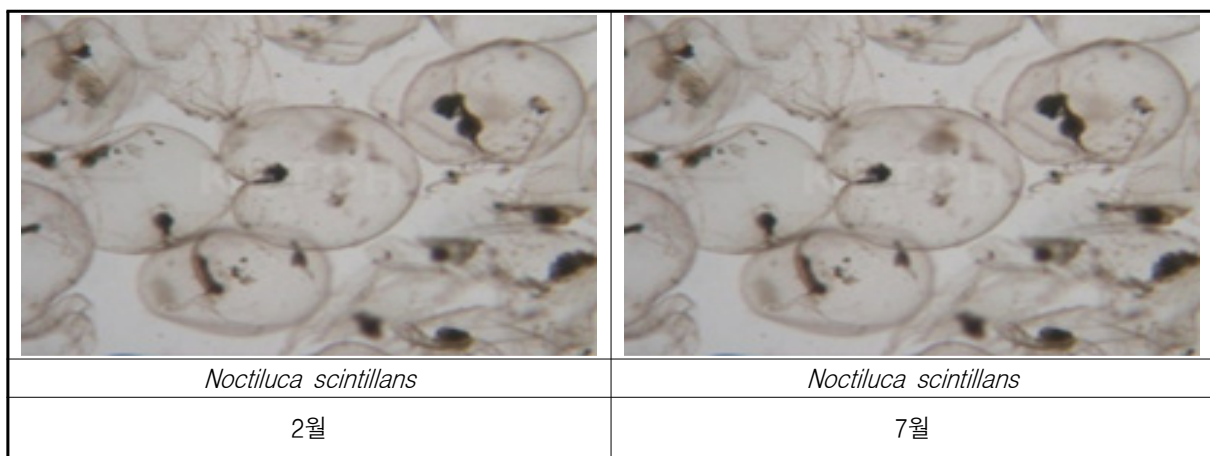
(4) 우점종

태안군 고남면에 우점종을 살펴보면, 2012년 2월에는 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 4 분류군으로, 원생동물 *Noctiluca scintillans*(전체 조성율의 59.3%, 정점 평균 175±18 indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 요각류 *Acartia hongii*(전체 조성율의 20.7%, 정점 평균 61±55 indiv./m³), 요각류 *Paracalanus parvus* s. l.(전체 조성율의 6.8%, 정점 평균 20±0 indiv./m³), 요각류 Copepodite *Acartia*(전체 조성율의 6.2%, 정점 평균 18±10

indiv./m³) 순으로 우점하였고, 나머지 분류군은 5% 미만으로 나타났다. 2012년 7월은 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 2 분류군으로, 원생동물 *Noctiluca scintillans*(전체 조성율의 88.4%, 정점 평균 2,269±2,654 indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 지각류 *Evadne tergestina*(전체 조성율의 7.1%, 정점 평균 191±270 indiv./m³) 순으로 우점하였고, 나머지 분류군은 5% 미만인 값을 보였다 [표 2-36, 37; 그림 2-68, 69].



[그림 2-68] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율



[그림 2-69] 최우점종 사진

(5) 생태지수

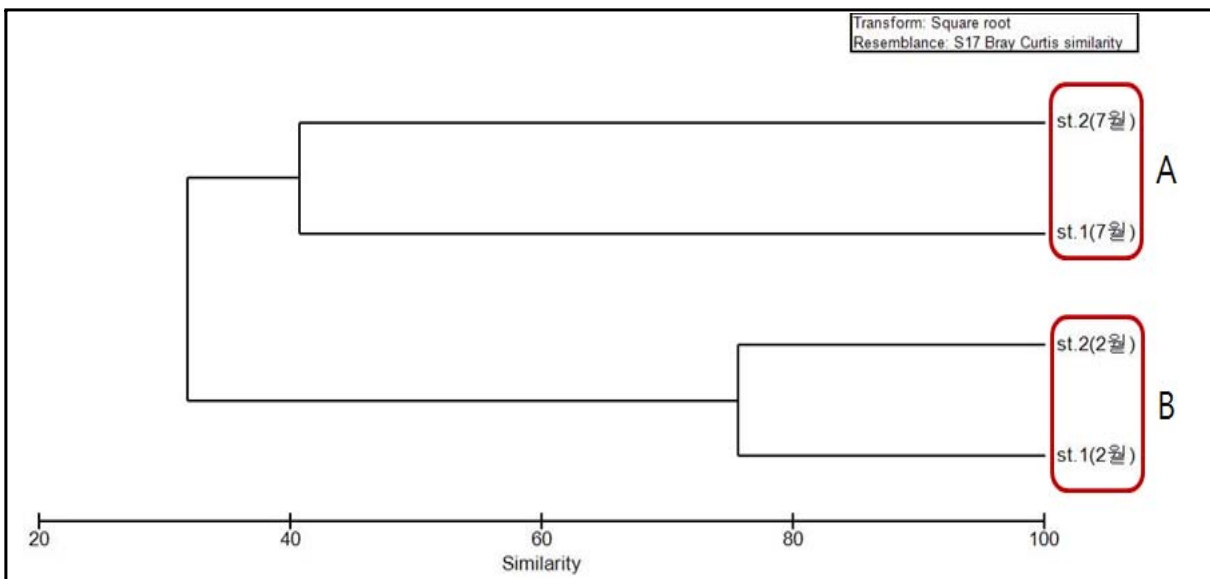
태안군 고남면은 2012년 2월에는 1.09~1.45 (평균 1.27±0.25), 2012년 7월은 0.93~1.22 (평균 1.08±0.20)로 나타났다 [표 2-38].

[표 2-38] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수

정점	종 다양성 지수	평균
2012년 2월	St. 1	1.09
	St. 2	1.45
2012년 7월	St. 1	1.22
	St. 2	0.93
		1.08±0.20

(6) 군집분석

동물플랑크톤 자료에 근거하여 조사 정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위해 동물플랑크톤의 개체수를 자연 log 변환한 후, Bray-curtis similarity를 구하여 군집분석을 실시하였다. 태안군 남면에 유사도 지수가 약 31% 수준으로 2개의 정점군으로 나누어 졌다. A 그룹은 2012년 7월 St.1, 2 그리고 B 그룹은 2012년 2월 St.1, 2로 나타났다 [그림 2-70]. 이러한 결과를 볼 때, 계절변화가 태안군 고남면 연안해역에서의 동물플랑크톤 군집분포에 큰 영향을 준 것으로 판단된다.



[그림 2-70] 동물플랑크톤 집괴분석

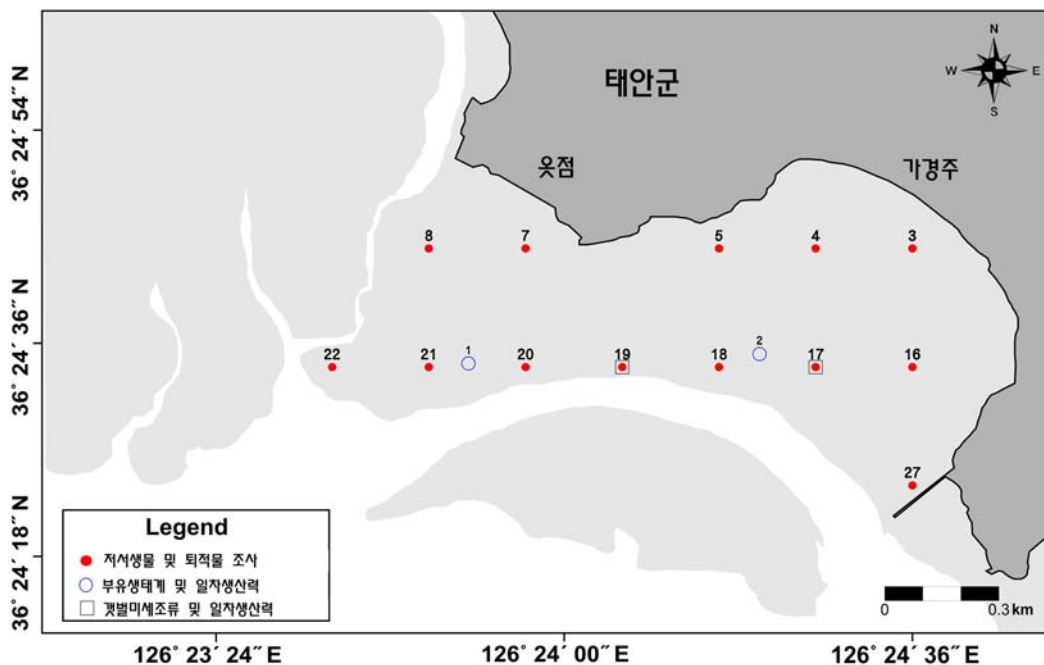
3. 갯벌저서생물 조사

가. 조사내용

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 태안군 고남면에서 시료를 채집하였다. 각 조사정점의 위치는 [그림 2-71]와 같다.

저서생물의 채집을 위해 0.008 m²인 원통주상채니기를 사용하여 생물을 포함한 저질 퇴적물을 정점별로 6회씩 채집하였다. 선상으로 인양된 퇴적물은 망목 크기 1.0mm인 체와 해수를 사용하여 씻어내었고, 체에 걸린 잔존물은 10% 중성포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 생물을 골라내는 선별작업을 거친 후, 해부 현미경과 고배율 현미경을 이용하여 종 수준까지 동정하였다. 종 수준까지 동정이 어려운 경우에는 상위 단계인 속 (Genus) 또는 과 (Family) 수준까지 동정하였다. 선별된 저서생물은 생체량 (습중량 gWwt., 이후 g로 표기)을 측정하였다. 측정된 서식밀도 및 생체량은 단위면적 당 (m²)의 값으로 환산하여 분석에 이용하였다.

결과에서 제시된 동물군은 alphabetically abbreviated code로 표시하였으며, 각 code가 지시하는 동물군명은 [표 1-40]에 나타내었다.



[그림 2-71] 태안군 고남면 조사정점 위치

나. 분석방법

각 정점에서 출현한 종별 서식밀도를 바탕으로 Shannon and Weaver (1963)의 다양도 지수 (Diversity index, H')와 Pielou (1975)의 균등도 지수 (Evenness index, J)를 계산하였다.

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

S: 출현 종수

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

채집 노력량이 동일하지 않은 경우, 출현 종수 또는 생물 다양성의 수준을 비교하거나 평가하기 위하여 Whittaker (1975)에 의해서 제안된 지수를 사용하였다.

$$d = SR_s / \log A \text{ 또는 } SR_s / \log N$$

SR_s: 표본 내 총 종수

A: 채집 면적

N: 총 개체수

저서생물군집구조의 시·공간적 변화를 파악하고 군집을 구분하기 위하여, 관찰된 개체 수 자료를 Fourth root로 변환하여, Bray-Curtis similarity (Bray and Curtis, 1957)를 계산하였다. 이를 기반으로 집괴분석(Cluster analysis)과 다차원척도법(non-metric multidimensional scaling: MDS)을 수행하였고 그 결과를 상호보완적으로 적용하였다 (PRIMER).

조사해역의 건강상태를 진단하기 위하여 ISEP (Inverse function of Shannon-Wiener evenness proportion) index를 계산하였다. 이는 McManus and Pauly (1990)가 개발한 SEP (생체량 기준의 균등도 또는 다양도지수를 밀도 기준의 균등도 또는 다양도 지수로 나누어 계산)를 수정한 것으로 식은 다음과 같다.

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

ISEP 등급은 1등급에서 7등급까지의 총 7등급으로 나뉘며, 1등급으로 갈수록 좋은 건강도를 나타낸다. 1등급은 “매우 좋음”, 2~3등급은 “좋음”, 4등급은 “보통”, 5~6등급은 “나쁨”, 7등급은 “매우 나쁨”이라고 말할 수 있다. ISEP 등급은 반복 시료가 있는 경우에 평균 등급을 추정하고 표준오차를 추정하여 68% 신뢰 구간의 등급을 병기하여 사용한다. 이 때, 평균의 등급을 중심으로 1등급을 초과하는 신뢰구간 등급이 제시되는 경우에는 해당 등급을 신뢰하기 어려운 것으로 보았다 (Yoo *et al.*, 2010).

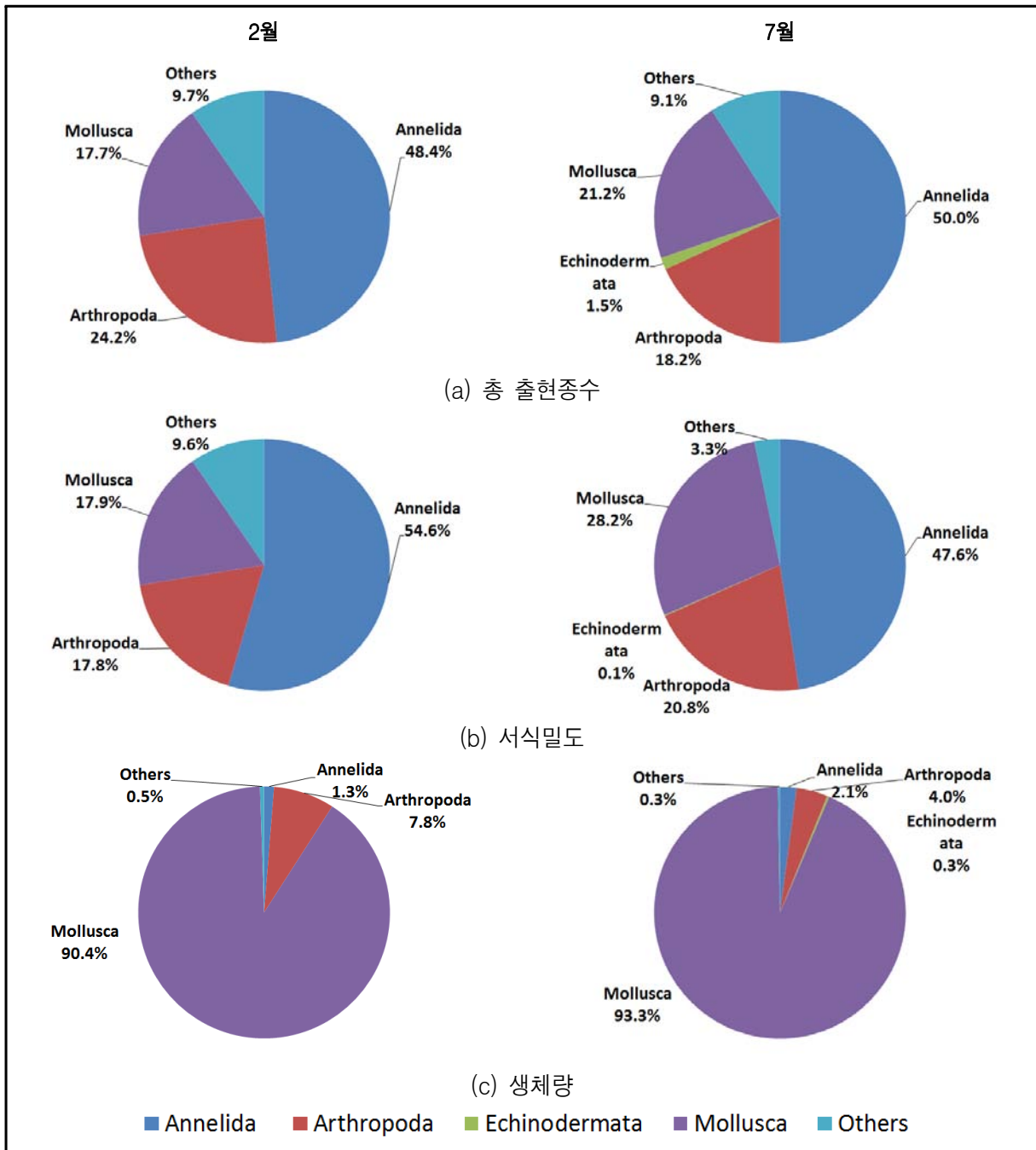
다. 조사결과

1) 동물군별 현존량

태안군 고남면 조간대 대형저서생물의 동물군별 출현종수를 시기별로 살펴보면 [그림 2-72], 먼저 2012년 2월에 총 62 종/0.65m²이 출현하였다. 그 중 환형동물 (Annelida)이 총 30 종/0.65m²으로 48.4%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 연체동물 (Mollusca)이 각각 15 종/0.65m² (24.2%), 11 종/0.65m² (17.7%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)이 9.7%를 점유하였다. 2012년 7월은 총 77 종/0.65m²이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은 환형동물 (Annelida)로 총 33 종/0.65m²으로 50.0%를 차지하였다. 그 다음으로 연체동물 (Mollusca)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 14 종/0.65m² (21.2%), 12 종/0.65m² (18.2%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물군 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 9.1%, 1.5%를 점유하였다.

동물군별 평균 서식밀도를 시기별로 살펴보면 [그림 2-72], 먼저 2012년 2월에 평균 1,406±665 개체/m²이 출현하였다. 그 중 환형동물 (Annelida)이 768±247 개체/m²으로 54.6%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 연체동물 (Mollusca)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 252±311 개체/m² (17.9%), 251±272 개체/m² (17.8%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)이 9.6%를 점유하였다. 2012년 7월은 평균 1,177±720 개체/m²이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은 환형동물 (Annelida)이 560±222 개체/m²으로 47.6%를 차지하였다. 그 다음으로 연체동물 (Mollusca)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 332±430 개체/m² (28.2%), 245±245 개체/m² (20.8%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 3.3%, 0.1%를 점유하였다.

동물군별 평균 생체량을 시기별로 살펴보면 [그림 2-72], 먼저 2012년 2월에 평균 646.5±847.1 g/m²이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 584.2±823.7 g/m²으로 90.4%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 환형동물 (Annelida)이 각각 50.6±114.6 g/m² (7.8%), 8.2±5.1 개체/m² (1.3%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)이 0.5%를 점유하였다. 2012년 7월은 평균 871.1±1,135.6 g/m²이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 813.1±1,129.3 g/m²으로 93.3%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 환형동물 (Annelida)이 각각 34.9±46.0 g/m² (4%), 18.6±15.3 g/m² (2.1%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 0.3%, 0.3%를 점유하였다.



[그림 2-72] 태안군 고남면 동물군별 현종량

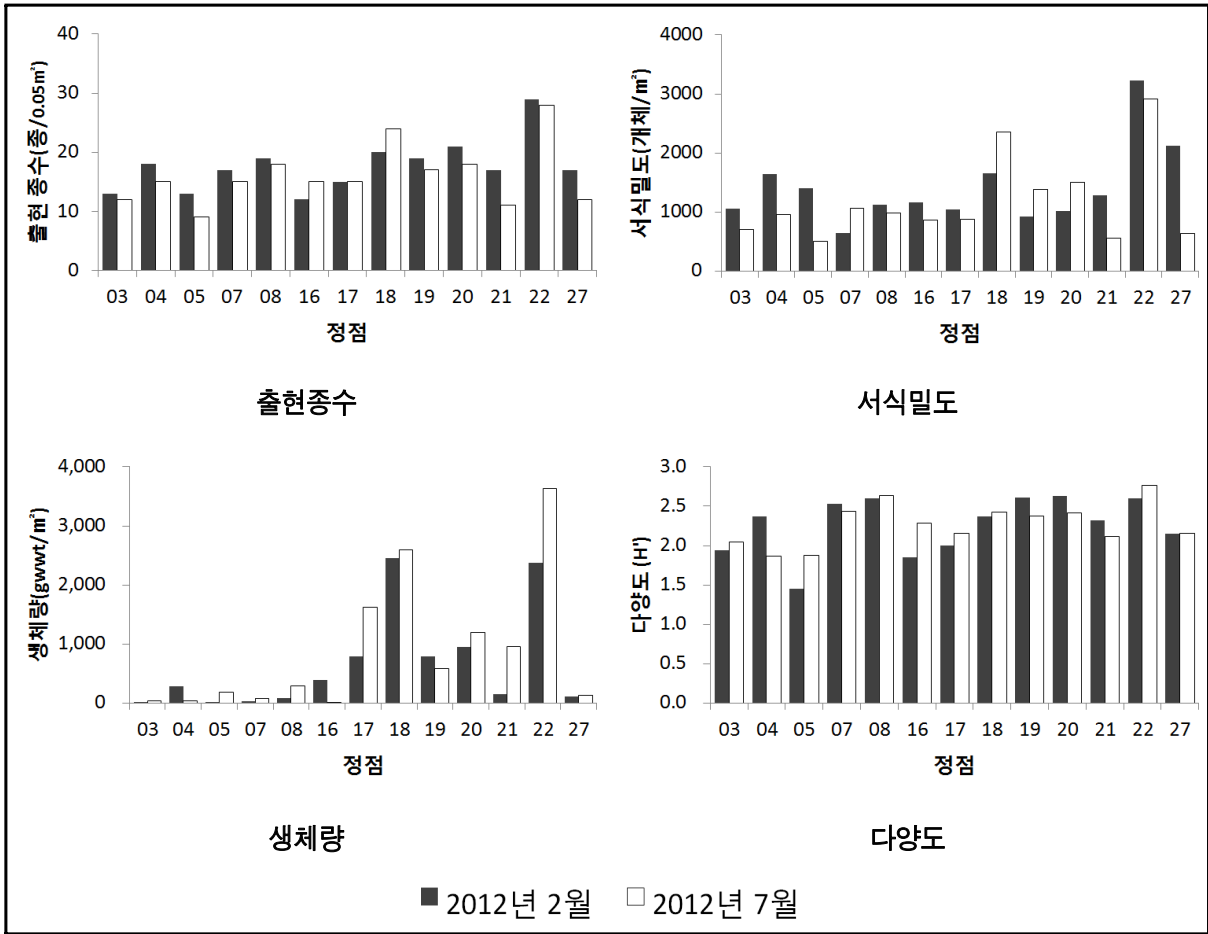
2) 저서생물의 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

태안군 고남면 조간대 저서생물의 현존량 및 다양도 지수를 시기별로 살펴보면 [표 2-39, 그림 2-73], 먼저 2012년 2월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 18 ± 4 종/0.05m²으로 조사되었으며, 정점 22에서 29 종/0.05m²으로 가장 높았고, 정점 16에서 12 종/0.05m²으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 22에서 3,220 개

체/m²로 가장 높았던 반면 정점 7에서 640 개체/m²로 가장 낮았다. 생체량은 정점 18에서 2,451.7 g/m²으로 가장 높았으며, 정점 3에서는 4.4 g/m²으로 최소값을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 20에서 2.63으로 가장 높은 값과 정점 5에서 1.45로 가장 낮은 값의 범위를 보이며, 평균 2.26±0.36에 수준이 관찰되었다. 2012년 7월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 16±5 종/0.05m²으로 조사되었으며, 정점 22에서 28 종/0.05m²으로 가장 높았고, 정점 5에서 9 종/0.05m²으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 22에서 2,920 개체/m²로 가장 높았던 반면 정점 5에서 500 개체/m²로 가장 낮았다. 생체량은 정점 22에서 3,627.7 g/m²으로 가장 높았으며, 정점 16에서는 6.6 g/m²으로 최소값을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 22에서 2.76으로 가장 높은 값과 정점 4에서 1.87로 가장 낮은 값을 보이며, 평균 2.27±0.27의 수준이 관찰되었다.

[표 2-39] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

정점	2012년 2월				2012년 7월			
	종수 (종/0.05m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	생체량 (g/m ²)	다양도 (H')	종수 (종/0.05m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	생체량 (g/m ²)	다양도 (H')
St.03	13	1,060	4.4	1.94	12	700	31.6	2.05
St.04	18	1,640	288.5	2.37	15	960	36.8	1.87
St.05	13	1,400	21.1	1.45	9	500	181.5	1.88
St.07	17	640	23.3	2.53	15	1,060	72.2	2.43
St.08	19	1,120	76.6	2.60	18	980	289.9	2.63
St.16	12	1,160	382.7	1.85	15	860	6.6	2.29
St.17	15	1,040	786.5	2.00	15	880	1,620.2	2.16
St.18	20	1,660	2,451.7	2.37	24	2,360	2,592.0	2.42
St.19	19	920	786.7	2.61	17	1,380	582.3	2.37
St.20	21	1,020	948.1	2.63	18	1,500	1,196.5	2.41
St.21	17	1,280	154.7	2.32	11	560	961.5	2.12
St.22	29	3,220	2,371.6	2.60	28	2,920	3,627.7	2.76
St.27	17	2,120	107.9	2.15	12	640	126.1	2.16
평균	18±4	1,406±665	646.5±847.1	2.26±0.36	16±5	1,177±720	871.1±1,135.6	2.27±0.27



[그림 2-73] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

3) 우점종

태안군 고남면 출현 대형저서생물의 밀도 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 2-40]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*)가 평균 283±218 개체/m²로 출현하여 전체의 20.1%를 차지하였다 [그림 2-74]. 본 종은 정점 4에서 가장 높은 서식밀도로 출현하였으며, 모든 정점에서 출현하였다. 다음으로 우점하는 종은 평균 163±245 개체/m² (11.6%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 정점 22번에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)는 평균 135±87 개체/m² (9.6%)로 정점 16과 27에서 가장 높은 서식밀도를 보였으며, 모든 정점에 출현하였다. 상위 4~20위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 7종과 절지동물 단각류 (CAm) 2종, 만각류 (CCi) 1종, 게류 (CDB) 2종, 등각류 (CIs) 1종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 1종, 복족류 (MGs)

2종, 기타동물 (Others) 1종이 포함되어 있으며, 모두 9% 미만의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 최고 우점종은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*)가 평균 180 ± 122 개체/ m^2 로 출현하여 전체의 15.3%를 차지하였다. 정점 4에서 가장 높은 서식밀도를 보이며, 모든 정점에서 출현하였다. 그 다음으로 우점하는 종은 평균 162 ± 232 개체/ m^2 (13.7%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 정점 22번에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 이매패류 (MBi)의 띠조개 (*Laternula marilina*)로 평균 78 ± 167 개체/ m^2 가 출현하여 전체의 6.7%를 차지하였다. 상위 4~20위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 9종과 절지동물 단각류 (CAm) 2종, 계류 (CDB) 2종, 등각류 (CIs) 1종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 1종, 복족류 (MGs), 기타동물 (Others) 1종이 포함되어 있으며, 모두 9% 미만의 우점율을 보였다. 모두 6.5% 미만의 우점율을 보였다.

출현 대형저서생물의 생체량 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 2-41]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 평균 530.1 ± 792.4 g/ m^2 가 출현하여 전체의 82%를 차지하였다 [그림 2-74]. 본 종은 정점 22에서 월등히 높은 서식밀도를 보였다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 28.3 ± 102 g/ m^2 (4.4%)로 절지동물 집게류 (CDA)의 솥 (*Upogebia major*)이 정점 16에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 이매패류 (MBi)의 굴 (*Crassostrea gigas*)은 평균 18.4 ± 62 g/ m^2 (2.8%)으로 정점 4에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~7위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 절지동물 만각류 (CCi) 1종, 연체동물 이매패류 (MBi) 1종, 복족류 (MGs) 2종이 포함되어있으며, 모두 2.8% 이하의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 평균 614.4 ± 925.8 g/ m^2 가 출현하여 전체의 70.5%를 차지하였다. 정점 18에서 가장 높은 서식밀도가 관찰되었다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 127.7 ± 263.3 g/ m^2 (14.7%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 띠조개 (*Laternula marilina*)가 정점 18에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 이매패류 (MBi)의 굴 (*Crassostrea gigas*)이 평균 27.4 ± 98.7 g/ m^2 (3.1%)으로 정점 22에서만 서식밀도를 보였다. 상위 4~6위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 절지동물 계류 (CDB) 2종과 연체동물 이매패류 (MBi) 1종이 포함되어있으며, 모두 3% 미만의 우점율을 보였다.

[표 2-40] 태안군 고남면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/m²)

(a) 2월

순위	분류군	종명	3	4	5	7	8	16	17	18	19	20	21	22	27	평균	비중 (%)
1	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	280	480	800	100	80	460	320	100	180	200	200	20	460	283±218	20.1
2	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>			20	40	20		320	540	120	200	60	780	20	163±245	11.6
3	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	20	140	40	140	100	280	20	180	140	60	180	180	280	135±87	9.6
4	APol	<i>Nephtys polybranchia</i>	20	60		40	140	60		100	40	60	360	320	160	105±115	7.4
5	Others	<i>Phoronis australis</i>	320	200	40	20		100			20				640	103±188	7.3
6	Cls	<i>Cyathura higoensis</i>	100	200	320	20	240									68±112	4.8
7	CAM	<i>Melita shimizui</i>					100							680	20	62±188	4.4
8	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	20	20		20	20		100	80	60	80	120	20	20	43±40	3.1
9	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>				80			20	40	40	20	20	120	100	34±41	2.4
10	APol	<i>Scoloplos armiger</i>	20	60	20	20	20		20	40	20	40	60	40		28±19	2.0
11	APol	<i>Capitella capitata</i>		20		20	20	60		40	20			80	60	25±27	1.8
11	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>		20			60		20	20	20	60		80	40	25±27	1.8
13	APol	<i>Lumbrineris nipponica</i>	20	100	40	20	20	60			20			20		23±29	1.6
14	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>								20				120	120	20±45	1.4
15	CCi	<i>Balanus reticulatus</i>								240						18±67	1.3
16	APol	<i>Glycera chirori</i>			20				60		20	60			60	17±26	1.2
17	CDB	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>		40			40					20		100		15±30	1.1
17	MBi	<i>Musculista senhousia</i>								40	40		40	60	20	15±22	1.1
17	APol	<i>Polydora spp.</i>	160		20				20							15±44	1.1
20	MGs	<i>Batillaria cumingi</i>		80		20	20							60		14±26	1.0

(b) 7월

순위	분류군	종명	3	4	5	7	8	16	17	18	19	20	21	22	27	평균	비중 (%)
1	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>	220	500	160	140	140	200	100	80	360	120	140	100	80	180±122	15.3
2	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>			20		40		320	540	120	200	120	720	20	162±232	13.7
3	MBi	<i>Laternula marilina</i>							20	560	260	180				78±167	6.7
4	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>			20	160	40	60	100	80	40	240		220		74±84	6.3
5	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	40	20	20			220		380		20	80	80	40	69±111	5.9
6	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	20		20	120		60	100	80	60	160	40		140	62±55	5.2
7	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	40	20			20	20			100	60	40	60	160	40±47	3.4
8	CAM	<i>Melita shimizui</i>				20	20	20		20				380		35±104	3.0
9	APol	<i>Pseudopolydora kempfi</i>	80			80	140	20		40	40	20		20		34±43	2.9
10	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>							20	20		280		100	20	34±79	2.9
11	APol	<i>Leonnates persica</i>	160	40	120	60		40								32±53	2.7
12	APol	<i>Nephtys polybranchia</i>	20	20	40	40	40	60		40			20	120		31±33	2.6
13	CDB	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>			60	40	60							220		29±62	2.5
14	APol	<i>Capitella capitata</i>				180	40		20	40				80		28±52	2.4
15	Others	<i>Phoronis australis</i>		40		40	40	40			120					22±35	1.8
16	Cls	<i>Cyathura higoensis</i>		20	40		140							20		17±39	1.4
17	APol	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>					40							160		15±45	1.3
17	APol	<i>Lumbrineris nipponica</i>	40	100				40						20		15±30	1.3
19	MBi	<i>Moerella jedoensis</i>					20		20	60		40		40		14±21	1.2
20	APol	<i>Sigambra tentaculata</i>	20	20		20		20		40	20			20		12±13	1.0

[표 2-41] 태안군 고남면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²)

(a) 2월

순위	분류군	종명	3	4	5	7	8	16	17	18	19	20	21	22	27	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>			3.8	14.1	0.0		737.4	1985.5	773.2	879.3	134.1	2304.1	59.8	530.1±792.4	82.0
2	CDA	<i>Upogebia major</i>						367.8								28.3±102	4.4
3	MBi	<i>Crassostrea gigas</i>		224.4								14.1				18.4±62	2.8
4	MBi	<i>Macoma tokyoensis</i>							7.0	217.0			11.9			18.2±59.9	2.8
5	CCi	<i>Balanus reticulatus</i>								229.9						17.7±63.8	2.7
6	MGs	<i>Batillaria cumingi</i>		53.2		4.3	20.8							40.3		9.1±17.9	1.4
7	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>		0.8			26.1		10.6	11.6	6.4	41.6		3.7	0.5	7.8±12.7	1.2

(b) 7월

순위	분류군	종명	3	4	5	7	8	16	17	18	19	20	21	22	27	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>			0.1		240.8		1408.6	1474.3	39.7	747.8	877.9	3104.2	94.0	614.4±925.8	70.5
2	MBi	<i>Laternula marilina</i>							24.8	848.9	475.0	312.1				127.7±263.3	14.7
3	MBi	<i>Crassostrea gigas</i>											356.0			27.4±98.7	3.1
4	MBi	<i>Macoma tokyoensis</i>							111.4	154.1			68.0			25.7±51.8	2.9
5	CDB	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>			139.0	52.5	24.9							28.5		18.8±39.7	2.2
6	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	12.4		36.7	10.8		0.8	2.0	24.7	40.3	27.5	0.6		24.3	13.8±15	1.6

버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*)바지락 (*Ruditapes philippinarum*)

[그림 2-74] 태안군 고남면 대형저서생물 우점종

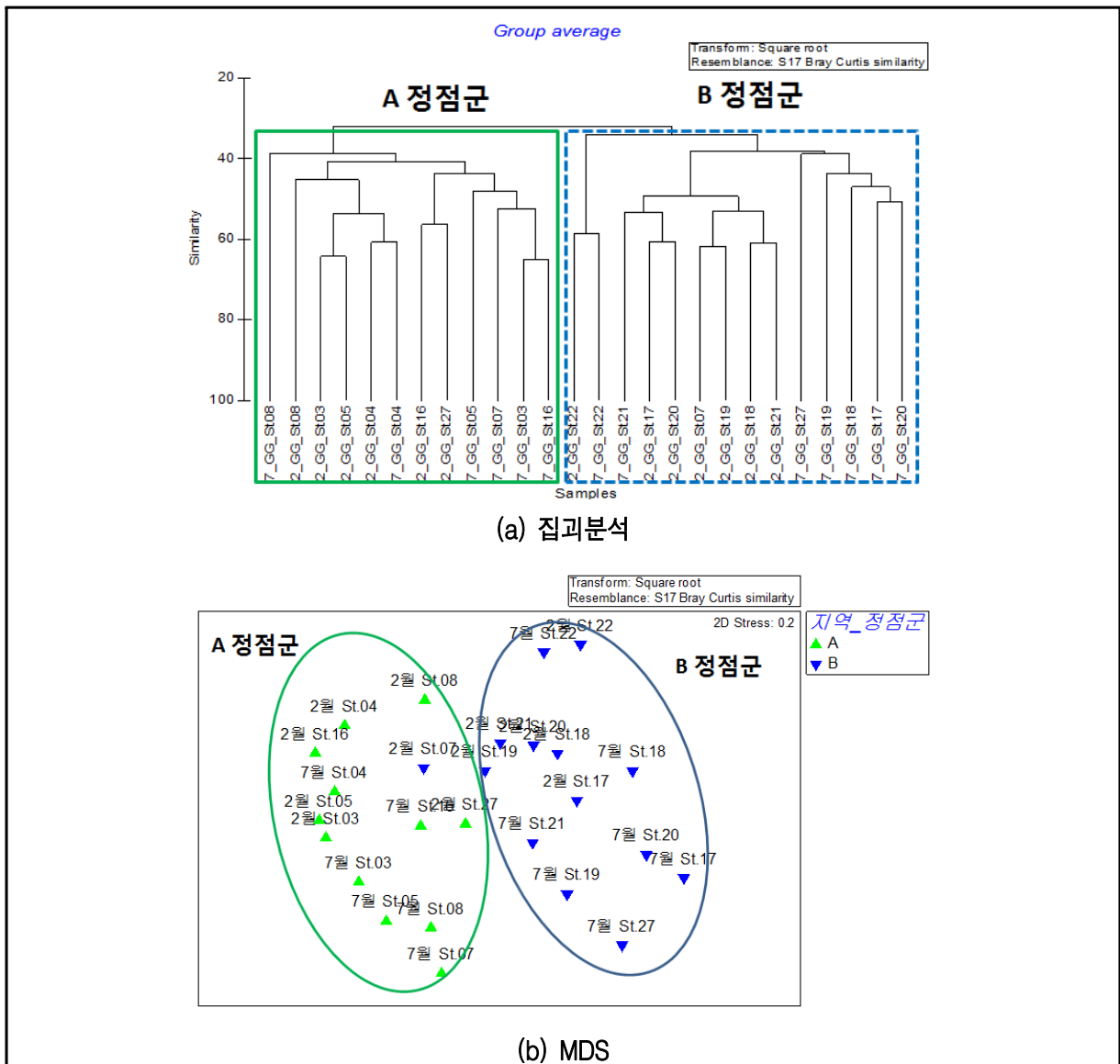
4) 다변량 분석

2012년 2월과 7월에 채집된 대형저서생물의 종별 서식밀도 자료를 바탕으로 다변량 분석을 실시한 결과, 크게 두개의 정점군으로 구분되어졌다 [그림 2-75]. 조간대 상부에 위치해 있는 A 정점군과 조간대 하부에 위치해 있는 B 정점군으로 시기적 차이보다는

조건대 위치에 따라 구분되어졌다.

각 정점군들의 군집 특성을 살펴보면 [표 2-42], 평균 출현종수와 서식밀도, 생체량, 그리고 다양도에서 B정점군이 각각 19 ± 5 종/ 0.05 m^2 , $1,430 \pm 844$ 개체/ m^2 , $1,302.1 \pm 1,084 \text{ g/m}^2$, 2.39 ± 0.22 로 A정점군보다 상대적으로 높은 값이 관찰되었다.

각 정점군별 서식밀도 기준 특징종을 살펴보면, A 정점군은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)와 남방백금갯지렁이 (*Nephtys polybranchia*)가 출현하였다. B 정점군은 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)과 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)이 특징종으로 출현하였다.



[그림 2-75] 저서생물군집의 다변량 분석 결과

[표 2-42] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차)

	A 정점군	B 정점군
평균종수 (종/0.05m ²)	15±3	19±5
서식밀도 (개체/m ²)	1,130±430	1,430±844
생체량 (g/m ²)	125±129.6	1,302.1±1,084
다양도 (H')	2.12±0.35	2.39±0.22
특징종 (서식밀도 기준; 기여도)	<i>Heteromastus filiformis</i> (29.18%)	<i>Ruditapes philippinarum</i> (19.02%)
	<i>Nephtys polybranchia</i> (9.88%)	<i>Heteromastus filiformis</i> (18.21%)
	<i>Mediomastus californiensis</i> (9.38%)	<i>Mediomastus californiensis</i> (9.93%)

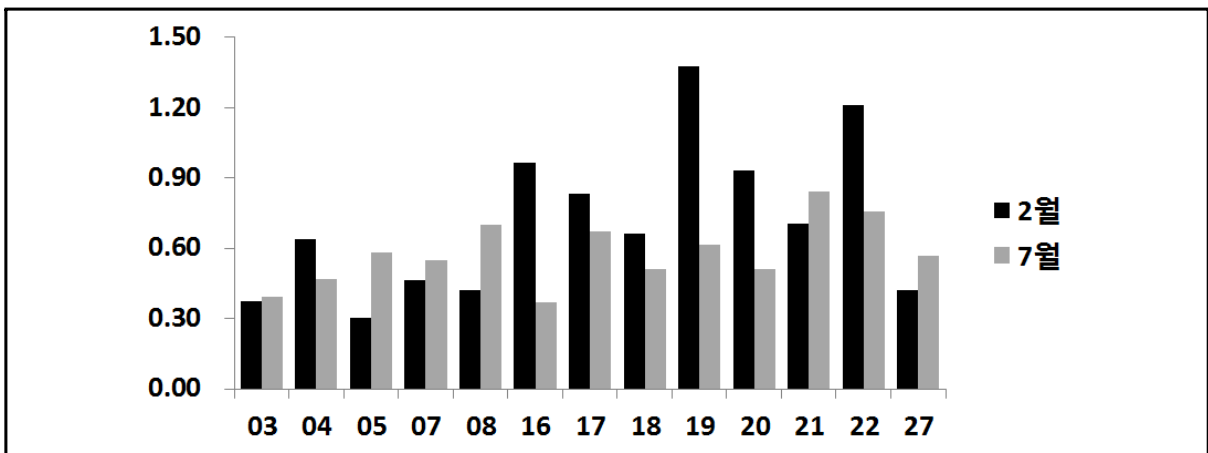
5) 생태계 건강도 (ISEP 지수)

유 등(2010)이 제안한 ISEP 지수를 통해 본 해역의 건강도를 평가한 결과를 등급화하였다. ISEP 지수는 단기 혹은 장기간의 환경 변화 및 오염의 구배를 잘 반영하는 저서생물 군집의 r-전략자/K-전략자 특성에 기반을 두고 환경의 질을 평가하는 지수의 일종으로 다양한 조사에 적용되어져 왔다. 일반적인 환경 하에서는 개체 당 생체량이 크고 수명이 긴 생물 (K-전략자)들의 비중이 높으나, 환경적인 교란 혹은 오염이 발생하면 수명과 세대 간의 차가 짧으며 크기가 작은 일부 기회종 (r-전략자)들에 의해 서식처가 독점되는 경향성이 있다. 따라서 다양한 생물상과 안정된 군집은 ISEP 값이 높은 반면, 빈약한 생물상 또는 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집은 ISEP 값이 낮게 나타난다. 따라서 이러한 저서생물군집의 군집 특성에 기초한 ISEP 지수는 출현종의 밀도만을 고려하는 기존의 다양도 지수에 비하여 해역의 환경에 대한 보다 정확한 정보를 제공할 것으로 기대할 수 있다.

태안군 고남면 조간대 해역에서 추정된 ISEP 등급은 계절별로 살펴보면 [표 2-43, 그림 2-76], 먼저 2월에는 평균 0.716±0.334으로 건강도 3등급 (“좋음”)에 해당되었다. 정점 5에서 0.303 (5등급)로 가장 낮은 건강도를 보인 반면, 정점 19에서 1.378 (1등급)로 가장 높은 건강성을 보였다. 7월에는 평균 0.580±0.137로 건강도 3등급 (“좋음”)에 해당되었다. 정점 16에서 0.369 (5등급)으로 가장 낮은 건강도로 평가되었으며, 정점 21에서 0.840 (2등급)으로 가장 좋은 건강성을 보였다.

[표 2-43] 태안군 고남면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포

정점	3	4	5	7	8	16	17	18	19	20	21	22	27	평균 ±표준편차
2월 (등급)	0.373 (4)	0.639 (3)	0.303 (5)	0.463 (3)	0.422 (4)	0.963 (1)	0.833 (2)	0.663 (2)	1.378 (1)	0.932 (1)	0.703 (2)	1.210 (1)	0.423 (4)	0.716 ±0.334 (3±1)
7월 (등급)	0.395 (4)	0.468 (4)	0.582 (2)	0.551 (3)	0.699 (2)	0.369 (5)	0.670 (2)	0.513 (3)	0.613 (3)	0.510 (3)	0.840 (2)	0.757 (2)	0.567 (3)	0.580 ±0.137 (3±1)



[그림 2-76] 태안군 고남면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

라. 고찰

태안군 고남면 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 18 ± 4 종 / 0.05 m^2 , 16 ± 5 종 / 0.05 m^2 로 비슷한 수준을 보였으며, 조사 정점들 중 조간대 하부에서 가장 높은 개체수가 관찰되었다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 환형동물이 가장 높은 우점율을 차지하였다. 서식밀도는 2월이 $1,406 \pm 665$ 개체 / m^2 로 7월보다 다소 높은 개체수를 보였다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 환형동물이 가장 높은 우점율을 보였다. 생체량은 7월이 $871.1 \pm 1,135.6 \text{ g} / \text{m}^2$ 로 2월보다 높은 수준을 보이지만, 시기마다 큰 편차를 보이고 있다. 조사 정점들 중 조간대 하부에서 가장 높은 생체량을 보여줬다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 연체동물이 가장 높은 우점율을 차지하였다. 다양도는 2월과 7월이 각각 2.26 ± 0.36 , 2.27 ± 0.27 로 비슷한 수준을 보였으며, 조사 정점들 중 조간대 하부에서 가장 높은 다양도 수준이 관찰되었다.

우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 환형동물 다모류 (APol)의 버

들갯지렁이류 (*Heteromastus filiformis*)가 모든 정점에 출현하며 최고 우점종을 차지하였다. 본 종이 속한 버들갯지렁이과 (Capitellidae)는 전형적으로 짧은 수명과 소형의 크기를 지닌 기회종적인 특징을 지녔다 (Pearson and Rosenberg 1978). 또 기질이 실트와 점토 함량의 비율과 양의 상관관계를 지니고 있어 (이 등., 2004), 갯벌을 포함한 연안역과 내만에서 우점종으로 출현하고 있다 (정 1997; 서 2003). 생물량 기준 측면에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 최고 우점종을 차지하였으며, 조간대 하부정점에서 높은 생체량을 보였다. 특히 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)은 본 해역에서 어장을 형성하여 유용생물로 이용되고 있다.

저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 군집 조성은 계절보다는 조간대 조위에 따라 구분되어 졌다. 각 정점군 저서생물의 현존량은 조간대 상부에 위치한 A정점군에서 낮은 수준을 보였으며, 조간대 하부에 위치한 B정점군이 상대적으로 높은 수준을 관찰되었다. 이는 저서생물이 서식함에 있어, 대기의 노출 정도와 인근 조하대로 부터의 먹이원의 유입 등과 같은 조건이 조간대 상부보다는 중·하부가 더 좋기 때문이라 판단된다. 각 정점군 특징종은 A정점군에서 환형동물, B정점군은 이매패류가 가장 높은 기여도를 보였다.

갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 2월이 7월보다 높은 ISEP 값을 보였지만, 두 조사 시기 모두 3등급에 해당되었다. 3등급은 “좋음”의 건강상태를 보여줌에 따라, 환경적인 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집보다는 상대적으로 안정되며 다양한 생물 군집을 지닌 지역이라 판단된다.

본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과이다 (국토해양부, 2009) [표 2-44]. 출현종 지수와 서식밀도 측면에서는 본 해역과 같은 지형을 지닌 무안 갯벌 보다 낮은 수준을 보였지만, 다른 지형을 지닌 압태도와 도초도, 그리고 영광 갯벌 보다 상대적으로 높은 수준을 보였다. 생체량과 다양도에서는 본 해역이 타 해역들보다 높았다. 본 해역 건강도 지수 (ISEP)는 대부분의 타 해역들보다 1등급 이상이 높아 상대적으로 건강한 생태계로 평가되었다. 밀도기준 상위 5위 우점종에서는 대부분 해역에서 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류인 *Heteromastus filiformis*와 *Mediomastus californiensis*, 연체동물 이매패류 (MBi)의 종뱀 (*Musculista senhousia*)과 같은 기회종들이 본해역에서도 출현하였지만, 이러한 종들의 우점율에서는 타 해역들 비해 상대적으로 낮은 수준을 보였다.

[표 2-44] 타 해역과의 비교

지역	무안 (서해/전남)	임태도 (서해/전남)	도초도 (서해/전남)	영광 (서해/전남)	태안군 고남면 (서해/충남)
만 형태	폐쇄형 내만	개방형 내만	개방해역		폐쇄형 내만 (본 조사)
조사시기	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2012년 7월
출현종 지수 (d)	23.5	10.1	14.4	11.6	17
서식밀도 (개체/m ²)	3,786±5,541	832±427	951±393	982±643	1,177±720
생체량 (g/m ²)	183.40±261.48	81.87±139.04	62.44±70.73	98.90±154.81	871.1±1,135.6
다양도 지수 (H)	2.13±0.76	1.69±0.42	1.75±0.45	1.53±0.51	2.27±0.27
ISEP 등급	5±1	5±1	5±1	4±1	3±1
밀도 우점종 (%)	<i>Musculista senhousia</i> (58.4)	<i>Heteromastus filiformis</i> (45.9)	<i>Heteromastus filiformis</i> (51.3)	<i>Laternula marilina</i> (31.6)	<i>Heteromastus filiformis</i> (15.3)
	<i>Exosphaeroma ovata</i> (7.9)	<i>Mediomastus californiensis</i> (19.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (12.5)	<i>Cycladicama cumingii</i> (14.1)	<i>Ruditapes philippinarum</i> (13.7)
	<i>Ampithoe valida</i> (4.2)	<i>Perinereis aibuhitensis</i> (9.6)	<i>Eteone longa</i> (3.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (10.5)	<i>Laternula marilina</i> (6.7)
	<i>Aricidea assimilis</i> (2.6)	<i>Assiminea</i> sp. (3.4)	<i>Laternula marilina</i> (2.8)	<i>Armandia lanceolata</i> (7.1)	<i>Grandidierella japonica</i> (6.3)
	<i>Grandidierella japonica</i> (2.5)	<i>Paraonis gracilis</i> (3.0)	<i>Assiminea</i> sp. (2.8)	<i>Mandibulophoxus mai</i> (6.5)	<i>Mediomastus californiensis</i> (5.9)

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 조사내용

본 보고서에 포함되어 있는 남면, 고남면, 주교면 갯벌어장의 공통적인 주산업종은 바지락이며 그 외 기타 패류 등은 부수종으로 관리되고 있었다. 본 조사에서는 서식생물의 분포와 밀도조사에서는 모든 유용패류를 대상으로 조사를 실시하였고, 어업생산성 조사에서는 효과적인 분석과 파악을 위해 바지락과 기타패류를 구분하여 어장의 생산성을 살펴보았다.

고남면의 경우 현재 갯벌어장에서 생산되는 수산생물의 대부분이 사매매로 거래되고 있는 실정이다. 정확한 어업실적 정보를 얻기에는 한계가 있으므로, 단위면적당 생산성 조사와 더불어 간접조사로 인근 소재의 수협위판량 자료를 분석하였다.

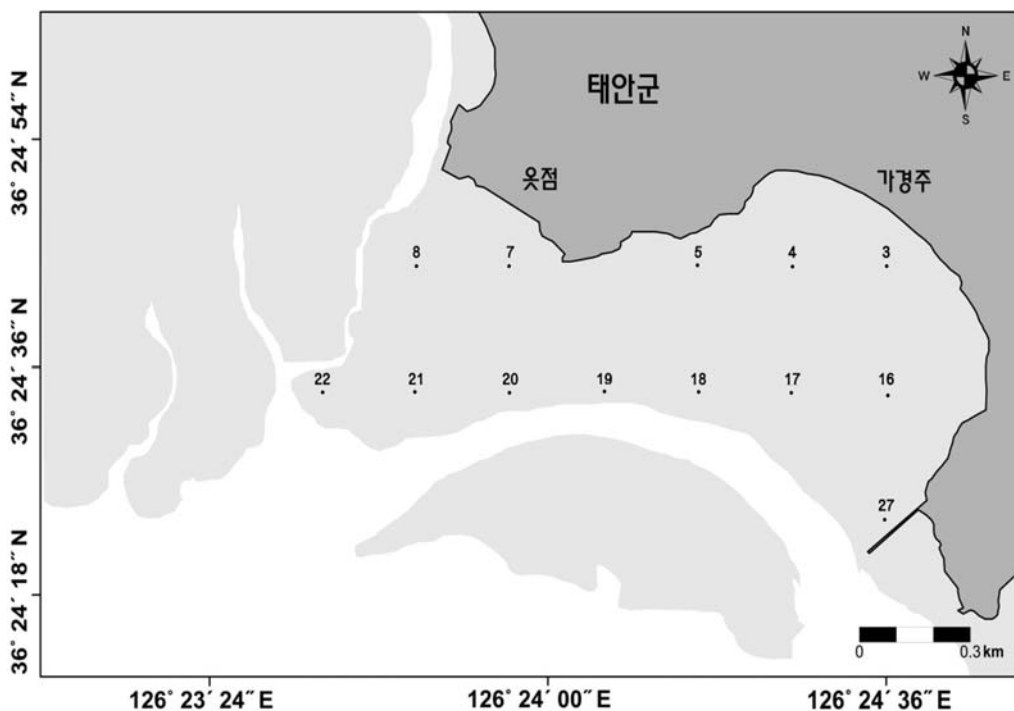
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사

가. 조사방법

고남면 갯벌어장 유용패류의 분포와 생산성을 조사하기 위하여 2012년 2월과 7월 총 2회에 걸쳐 1m×1m의 방영구를 사용하여 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 조사하였다. 각 조사점점의 위치는 [그림 2-77]과 같다.

단위면적당 생산성 조사와 더불어 갯벌어장의 자원량 (B)을 추정하기 위하여 방영구 조사로 도출된 평균밀도 (\bar{D}) 및 평균중량 (\bar{W})과 전체서식면적 (A)을 이용하여 식(4-7)으로 추정하였다.

$$B = \bar{D} \cdot \bar{W} \cdot A \quad \text{식 (4-7)}$$



[그림 2-77] 유용패류 조사 정점도(고남면)

나. 조사결과

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 고남면에서 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 [표 2-45]와 [그림 2-78]에 나타내었다.

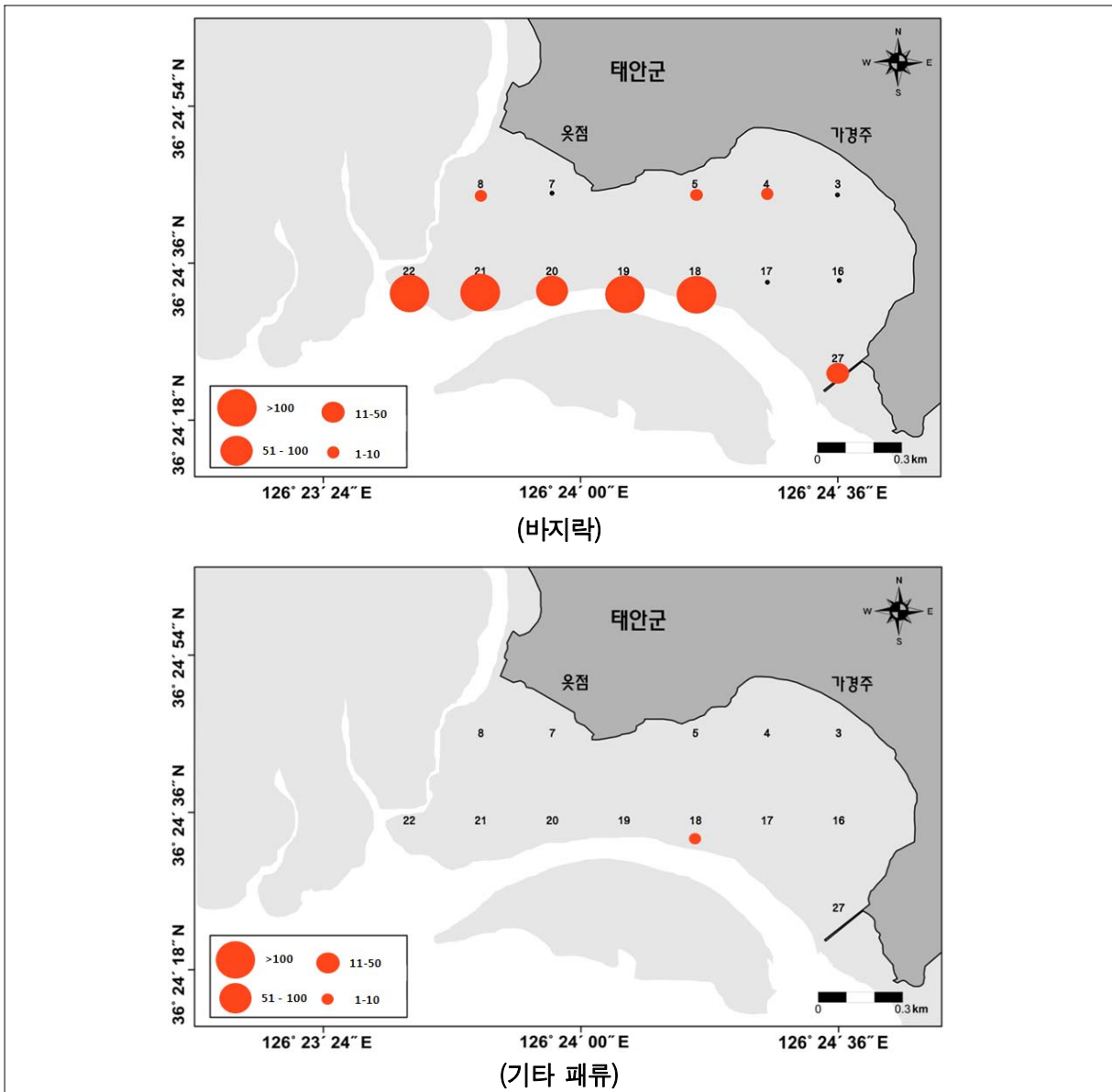
[표 2-45] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(고남면)

정점	바지락		굴	
	서식밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)	서식밀도 (개체/㎡)	출현량 (gwwt/㎡)
St.3	0	0	0	0
St.4	2	13	0	0
St.5	1	8	0	0
St.7	0	0	0	0
St.8	7	61	0	0
St.16	0	0	0	0
St.17	72	731	0	0
St.18	135	896	2	11
St.19	112	790	0	0
St.20	86	768	0	0
St.21	103	774	0	0
St.22	283	1,259	0	0
St.27	22	243	1	63
평균	63.1	426.3	0.2	5.7
합계	820	5542	3	74

전체 13개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락과 굴이 출현하여 총 2종이 출현하였고, 총 823개체의 출현개체수와 5,616g의 출현량을 나타내었다.

바지락의 경우 정점 3, 7, 16의 3개의 정점을 제외한 전정점에서 출현하였으며 갯벌어장 하부에 해당하는 정점들에서 높은 밀도를 나타내었고 상부에는 출현하지 않거나 출현량이 미미하였다. 갯벌어장 전체에서 총 820개체의 출현개체수와 5,542g의 출현량을 보였고 단위면적당(1㎡) 생산량은 63.1개체와 426.3g으로 나타났다.

기타패류의 경우 굴 한 종만이 정점 18번에서 2개체가 출현하였으며, 단위면적당(1㎡) 생산량은 0.2개체와 5.7g으로 나타났다.



[그림 2-78] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(고남면, inds./m²)

단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 고남면의 유용패류 자원량은 [표 2-46]와 같다.

[표 2-46] 유용패류 자원량(고남면)

지역	갯벌면적(m ²)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/m ²)	자원량(mt)
고남면	925,898	426	395	6	5

3. 연도별 어업생산량 변동 조사

가. 조사방법

고남면에서 생산되는 패류는 현재 전량 비계통판매 되고 있어, 정확한 어장의 생산량 변동 파악은 어려운 실정이다. 간접적인 생산량 파악을 위해 인근에 위치한 안면수협이 패류위판량을 분석하여 해당지역의 어업생산량을 살펴보았다.

나. 조사결과

안면수협의 패류 위판실적은 [표 2-47]과 같다.

안면수협에서는 2010년 가장 높은 위판량을 보였고, 2009년에 가장 낮은 수준을 나타내었다. 가장 높은 2010년을 제외하고는 2007년부터 2011년까지 큰 차이는 보이지 않았다.

안면수협의 위판량 분석 결과, 유류피해 발생해인 2007년 이후 특별한 감소 혹은 증가 양상은 보이지 않았다.

[표 2-47] 고남면 인근 소재의 수협위판량(안면수협)

연도	패류 위판량 (안면수협, mt)
2007년	620,018
2008년	714,415
2009년	468,326
2010년	1,036,645
2011년	582,375

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 갯벌 어장 퇴적물의 위해성 평가

가. 조사방법

1) 재료 및 방법

표층 퇴적물 내 중금속 측정을 위해 채취된 시료를 동결건조한 후 분말화 한 후 적당

량을 Teflon비커에 취하고 정제된 질산과 불소산 및 과염소산을 일정비율로 넣고 마이크로파시료 용해장치에 넣고 잔사가 남지 않을 때까지 분해하였다. 분해된 시료를 1N 질산용액으로 재용해 한 다음 적당한 배율로 희석하여 Al과 Fe을 제외한 원소는 유도결합플라즈마 질량분석기 (ICP-MS; Perkin Elmer, ELAN 6000)로 측정하고, Al과 Fe은 유도결합플라즈마 방출분광기 (ICP-AES; Perkin Elmer, OPTIMA 7300DV)로 측정하였고 분석자료의 정확도를 검증하기 위하여 NRCC (National Research Council of Canada)의 퇴적물 표준물질인 MESS-3를 함께 분석하였다. 수은은 분말화 한 시료 적당량을 수은분석기(Direct Mercury ASnalyzer; Milestone사, DMA-80)로 정량하였다.

나. 조사 결과

1) 퇴적물 내 중금속 함량

2월 조사 시 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 Al은 4.79~8.30% (평균 $6.23 \pm 1.84\%$), Fe은 2.02~2.85% (평균 $2.44 \pm 0.42\%$), Cd은 불검출~0.05 mg/kg으로 대부분 정점에서 불검출로 나타났고, Cr은 36.85~51.07 mg/kg (평균 42.00 ± 7.88 mg/kg), Cu는 5.56~8.19 mg/kg (평균 7.15 ± 1.40 mg/kg), Li은 12.03~24.32 mg/kg (평균 19.10 ± 6.35 mg/kg), Pb은 18.80~21.36 mg/kg (평균 20.19 ± 1.29 mg/kg), Zn은 32.18~40.86 mg/kg (평균 36.68 ± 4.35 mg/kg), V은 59.83~65.97 mg/kg (평균 62.92 ± 3.07 mg/kg), Ni은 17.26~20.99 mg/kg (평균 19.68 ± 2.10 mg/kg), S은 630~1133 mg/kg (평균 930 ± 265 mg/kg), Hg은 0.010~0.019 mg/kg (평균 0.015 ± 0.004 mg/kg)의 범위를 보였다 [표 2-48].

7월 조사 시 퇴적물 내 Al은 4.78~7.23% (평균 $6.21 \pm 1.27\%$), Fe은 2.66~2.97% (평균 $2.81 \pm 0.15\%$), Cd은 모든 정점에서 불검출, Cr은 42.22~52.46 mg/kg (평균 47.61 ± 4.31 mg/kg), Cu는 9.52~12.05 mg/kg (평균 10.66 ± 1.28 mg/kg), Li은 33.28~63.21 mg/kg (평균 47.92 ± 14.98 mg/kg), Pb은 23.05~25.78 mg/kg (평균 24.55 ± 1.39 mg/kg), Zn은 42.80~51.02 mg/kg (평균 45.95 ± 4.43 mg/kg), V은 44.45~53.61 mg/kg (평균 48.22 ± 4.79 mg/kg), Ni은 16.35~20.34 mg/kg (평균 18.08 ± 2.05 mg/kg), S은 1344~1840 mg/kg (평균 1638 ± 260 mg/kg), Hg은 0.005~0.026 mg/kg (평균 0.017 ± 0.010 mg/kg)의 범위를 보였다 [표 2-48].

분석의 신뢰성을 확보하기 위해 각 시기별로 NRC 표준물질 MESS-3을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 회수율을 산정하였다. 회수율은 2월 분석 시 70.5%(S)~103.7(Li), 7월 분석 시에 78.9%(Zn)~132.4(Li)을 보였다.

[표 2-48] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량

조사 지역	정점	Al (%)		Fe (%)		Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Li (mg/kg)	
		2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
태안군 고남면	17	4.79	4.78	2.02	2.97	0.05	< 0.01	36.85	52.5	5.56	12.1	24.32	63.2
	20	8.30	7.23	2.44	2.66	< 0.01	< 0.01	38.08	46.2	7.70	9.5	20.95	33.3
	27	5.60	6.61	2.85	2.79	< 0.01	< 0.01	51.07	44.2	8.19	10.4	12.03	47.3

조사 지역	정점	Pb (mg/kg)		Zn (mg/kg)		Ni (mg/kg)		V (mg/kg)		S (mg/kg)		Hg (mg/kg)	
		2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
태안군 고남면	17	20.41	25.8	32.18	51.0	17.26	20.3	59.83	53.6	1133	1840	0.015	0.026
	20	18.80	23.1	37.00	42.8	20.80	17.5	62.95	44.4	1028	1729	0.019	0.019
	27	21.36	24.8	40.86	44.0	20.99	16.4	65.97	46.6	630	1344	0.015	0.005

2) 퇴적물 기준치 및 타 해역과의 비교 (미국 해양대기국 퇴적물 기준 및 국내 해저퇴적물기준, 국내 타 지역)

조사 갯벌어장 퇴적물 내 중금속을 미국 해양대기국(NOAA)의 ERL (Effects Range-Low)과 국내의 해양환경관리법에 따른 해저퇴적물 기준(국토해양부 고시 제2011-972호)과 비교해 본 결과, 각각의 중금속은 모두 기준치 이하의 농도로 조사되었다 [표 2-18, 19]. 이는 해당지역의 중금속 함량이 양호한 수준으로 해당 중금속에 의한 부정적인 생물영향이 발생할 가능성이 매우 낮다는 것을 시사한다. 또한, 본 조사지역의 두 시기(2012년 2월, 7월 조사) 동안의 각 지역 평균 농도를 타 해역 및 우리나라 전국 연안의 평균 농도와 비교했을 때, 유사하거나 다소 낮은 값의 범위를 보였다. 특히, 2007년 조사 해역 인근에서 실시된 해양 생태계 기본조사(2007)와 유사한 값의 범위를 보였다 [표 2-51].

[표 2-49] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준

항목	ERL	ERM	NOAA, Long <i>et al.</i> (1995)
	(mg/kg-dry, ppm)		
Cr	81	370	미국의 해양대기국 (NOAA)에서는 여러 오염물질과 생물들을 대상으로 수행된 350여 편의 연구결과를 바탕으로 퇴적물환경에서 화학물질이 생태계에 미치는 영향에 관한 데이터베이스 (BEDS, Biological Effects Database for Sediments)를 구축하여, 이러한 데이터베이스로부터 연구결과의 종합적인 해석을 통하여 퇴적물에 존재하는 오염물질이 생태계에 미치는 가이드라인을 설정. * ERL : Effects Range-Low 생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 10%의 농도 * ERM : Effects Range-Median 생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 50%의 농도
Ni	20.9	51.6	
Cu	34	270	
Zn	150	410	
Pb	46.7	218.0	
Cd	1.2	9.6	
Co	-	-	
As	8.2	70.0	
Hg	0.15	0.71	

[표 2-50] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호

해양환경기준	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
주의기준	14.5	0.75	50.5	0.11	44.0	179
관리기준	75.5	2.72	126	0.62	119	421

- (1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL) 이하 : 부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위
 (2) 주의기준과 관리기준 사이 : 부정적인 생태영향이 발현될 가능성이 있는 범위
 (3) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL) 이상 : 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 범위

[표 2-51] 본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교

지역/항목	평균 입도 (ϕ)	총유기 탄소 (%)	Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	자료수
			%		(mg/kg)					
금강하구 ¹⁾	5.4	0.7	7.7	2.9	-	67	23	-	79	12
영산강하구 ²⁾	9.1	1.1	8.3	4.1	-	77	-	28	96	39
경기만 남부 ³⁾	-	0.4	8.8	3.5	-	-	33	31	-	7
경기만 ⁴⁾	-	-	6.3	2.5	-	66.5	8.3	-	69.5	6
진해만 (1983) ⁵⁾	-	-	-	3.6	-	59	30	37	128	23
진해만 가덕수도 ⁶⁾	-	-	8.68	-	-	-	27.3	34.4	140	16
광양만 ⁷⁾	7.9	1.2	8.2	3.8	-	67	19	35	95	91
남해 ⁸⁾	5.2	0.6	5.1	2.5	-	53	11	27	62	89
시화호 ⁹⁾	-	-	7.48	3.35	0.42	81.3	89.6	51.3	266	15
태안 ¹⁰⁾	-	-	5.1	-	0.10	32	6.0	21.0	31	22
전국연안 ¹¹⁾	-	-	6.5	-	-	53.4	21.9	26.5	76.3	698~911
본조사 태안군 고남면	5.8	-	6.2	2.6	<0.01	44.8	8.9	22.4	41.3	6

3) 유출유류성분과 퇴적물 내 중금속과의 비교

2008년 허베이스피리트호 유류유출에 의한 퇴적물 내 잔존 중금속의 영향을 살펴보기 위해 갯벌어장 내 퇴적물 중금속과 유출유 내 중금속 농도 및 풍화된 유류, 상부지각의 평균농도 등과 비교하였다. 유출된 유류는 아랍 에미레이트(UAE), 쿠웨이트(KUW) 및 이란(IRN) 산으로 유기탄소의 함량은 각각 86.1%, 84.7%, 85%로 이고 황은 각각 2.05%, 2.70%, 1.95%로 보고되었다 [표 2-52]. 탄소와 황은 원유의 주성분으로 평균지각에 비해 높기 때문에 유류 유출에 대한 영향을 파악하는 지시자가 될 수 있으나 해양 퇴적물내의 유기물 함량과 황산염 환원과 같은 초기속성작용에 의해 변화가 크기 때문에 적용에 주의가 필요하다. 또한, 유류중 높은 농도를 보이는 V, Ni를 이용하여 유류 영향을 평가하는 시도가 사고초기 퇴적물 중금속 농도 조사에서 실시되기도 하였다.

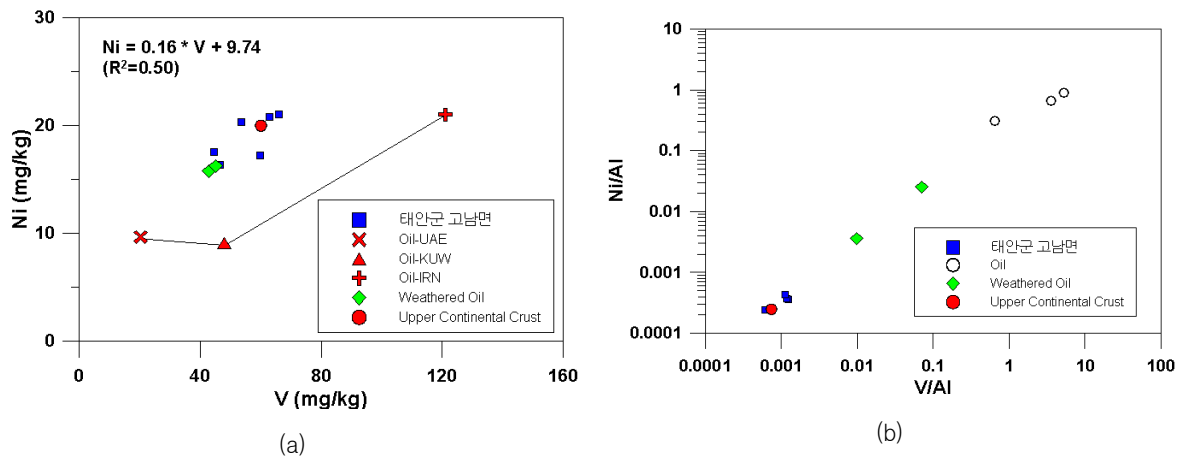
1) 조 등 (1993); 2) 조와 박 (1998); 3) Lee *et al.* (1985); 4) 이 등 (1998); 5) Lee and Lee (1983); 6) 김 등 (2008); 7) 조 등 (2000); 8) 조 등 (1994); 9) 김 등 (2005); 10) 국토해양부(2007), 11) 임 등 (2007)

퇴적물에서 V과 Ni은 서로 정비례하는 관계로 $Ni=0.16V+9.74$ ($r^2=0.50$) 과 같은 회귀식을 얻을 수 있다. 이를 V/Ni 비율로 나타내면 2.94이고, 원유에서는 UAE가 2.08인 반면에 KUV 및 IRN은 각각 5.27, 5.76으로 퇴적물과 매우 다른 비율을 보인다. 이와 같은 관계가 [그림 2-79 (a)]에 잘 나타나는데 퇴적물과 원유 사이에 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 V/Al이 퇴적물에서는 6.8×10^{-4} 이고 Ni/Al 비율이 2.1×10^{-4} 의 값을 갖는 반면에 원유에서는 각각 0.65(UAE), 3.53(KUV), 5.26(IRN)으로 매우 달라 퇴적물과 원유를 뚜렷이 구분할 수 있다. 그리고 풍화된 원유를 같은 그림에 도시하면 퇴적물과 원유 사이의 중간에 놓이게 되어 풍화된 원유 중의 중금속은 부유성 및 저층 퇴적물의 일부가 혼합된 결과로 해석할 수 있다 [그림 2-79 (b)]. 현지 퇴적물 조사 결과, 조사 갯벌어장 내 퇴적물의 중금속은 국내 연안 퇴적물의 농도의 범위에 속하며 국내외 기준치를 벗어나지 못한 것으로 나타났고, 유류의 영향의 징후 역시 발견되지 않았다.

[표 2-52] 유출유의 중금속 성분과의 비교

Element	Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	V	Ni	S	Hg
Oil-UAE ¹⁾	0.003	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	20.2	9.7	2.05	1.63
Oil-KUV ¹⁾	0.001	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	0.12	48	9.1	2.70	0.12
Oil-IRN ¹⁾	0.002	<0.0001	<0.01	0.4	0.4	0.29	0.23	121	21	1.95	<0.01
WT (coast) ¹⁾	0.433	0.243	<0.01	4.3	2.7	3.4	10.3	42.9	15.8	2.4	8.4
WT(sea) ¹⁾	0.065	0.0354	<0.01	1.3	3.4	1.19	4.2	45	16.3	1.6	5.06
상부지각 ²⁾	8.040	3.5	0.098	35	25	20	71	60	20	0.1	-
태안군 고남면	6.22	2.62	0.02	44.81	8.90	22.37	41.32	55.57	18.88	1.284	0.016

※ WT: weathered Oil



[그림 2-79] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성

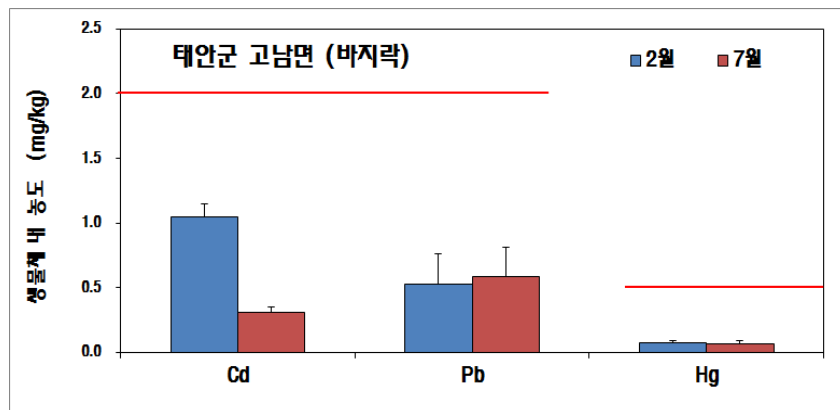
1) 국토해양부, 2008. 2) Taylor and McLennen, 1995

4) 생물체 내 중금속

생물체 내 중금속 농도를 살펴보기 위해 고남면 갯벌에 주로 서식하는 바지락을 채취하여 분석하였다. 분석의 신뢰성을 확보하기 위해 ERM-CE278(Mussel tissue) 표준물질을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 94.3%(Cd)~124.1(Cr)의 회수율을 보였다. 각 갯벌 어장의 모든 바지락에서 식품의약품안전청 식품의 기준 및 규격 고시 제2012-100호(2012.9.5.)에 따른 중금속기준치(Cd, Pb, Hg) 이하의 값을 보였다 [표 2-53, 그림 2-80].

[표 2-53] 태안군 고남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 분석 결과

지역	생물	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)
태안군 고남면	바지락	0.28~1.11 (0.68±0.41)	0.37~3.13 (1.37±1.14)	6.63~8.24 (7.25±0.55)	0.37~0.82 (0.56±0.21)	63.57~82.06 (72.90±7.53)	0.045~0.095 (0.069±0.021)
유해물질 기준 (연체류 및 패류)		2.0	-	-	2.0	-	0.5



[그림 2-80] 태안군 고남면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균 농도 및 그 기준치

2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

1) 조사 방법

(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어

시료가 분말형태가 되게 만든 후, Aceton : n-hexane (1:1) 을 100mL 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 2회 반복 실시하여 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbovap cell 에 모은 후, Turbovap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Sillicagel column 을 이용하여 정제하였다.

정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리하였으며, 분리된 시료를 질량분석기 (Mass Spectrometer)를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어 시료가 분말형태가 되게 만든 후, 초음파추출기를 통해 총석유탄화수소류(TPH)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 반복하여 최종적으로 1mL의 농축시료를 확보한 후, Sillicagel 0.3 g을 넣고 5분간 진탕정지하여 상등액을 취하였다. 정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리·분석하였다.

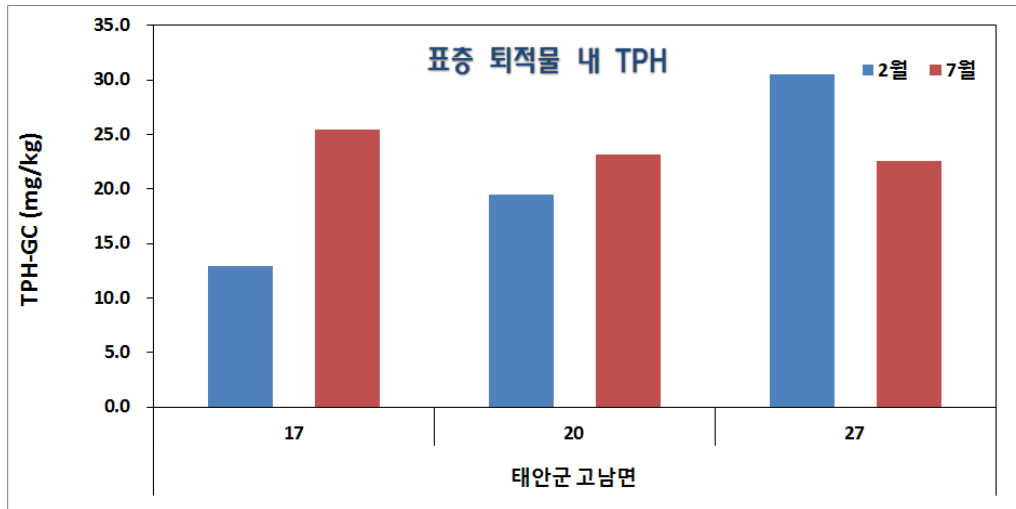
2) 분석 결과

(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 채취된 고남면 갯벌 퇴적물 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 TPH의 농도는 2월 조사시 12.9~30.5 mg/kg, 7월 조사시에는 22.6~25.4 mg/kg의 범위를 보여 7월에 다소 높은 농도를 보였다. 유류유출 사고 당시부터 조사된 주변해역의 시기별 농도와 비교해 보면, 뚜렷한 유류피해의 징후를 보이지 않고 비슷한 수준의 농도분포를 보이고 있어 유류유출의 직접적인 피해 및 잔존 영향은 없어 보인다.



[그림 2-81] 태안군 고남면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도

나. 어장 서식 어패류 내 유류오염 지표 조사

1) 조사 방법

시료의 가식부를 취하여 동결건조 한 후, n-hexane 50mL를 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbovap cell 에 모은 후, Turbovap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Silicagel column 을 이용하여 정제하였다.

속실텐 추출기를 이용하여 시료중의 PAHs를 추출한 후, 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)에서 분리되어 나오는 다환방향족탄화수소를 질량분석기 (Mass Spectrometer)를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

2) 조사 결과

조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 태안군 고남면 갯벌에서 채취된 모든 이매패류 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다 [표 2-54].

[표 2-54] 조사시기에 따른 태안군 고남면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g)

조사시기	2012년 2월			2012년 7월		
	조사정점	17	20	27	17	20
분석대상생물	바지락			바지락		
검출농도	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

※ N.D : Not Detected; 측정기기가 검출할 수 있는 최소한의 농도인 0.60 ng/g 이하임을 의미

다. PAHs 오염어패류 섭취시 인체 위해성 평가

1) 조사 방법

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

PAHs는 개별 PAH들이 함께 섞여 있는 복합체로 구성되어 있으며, 각각의 PAH들이 인체의 건강성에 미치는 영향의 정도는 무독성(nontoxic)에서 매우 높은 독성(extremely toxic)에 이르기까지 서로 상이하게 다르다. 주요 PAH중 독성이 밝혀진 화합물은 약 50여개 종에 이르며, 이들 중 benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, chrysene 등은 유전 독성 및 발암성을 가지는 주요 독성 PAH로 알려져 있다 (IARC, 1983; ATSDR, 1995).

이중 benzo[a]pyrene은 대표적인 PAH 화합물로서 독성에 관한 연구가 다수 진행되어 왔으며, mouse, rat, hamster, rabbit, guinea pig, duck, dog, monkey 등의 다수의 동물실험에서 태아독성, 최기형성, 돌연변이원성 등의 영향이 나타난 바 있다 (Culp *et al.*, 1998; Neal and Rigdon, 1996; Rigdon and Neal, 1969a, Rigdon and Neal, 1969b). 따라서 PAHs의 복합독성을 평가하기 위한 독성등가계수(Toxic Equivalency Factor; TEF)로써 Benzo[a]pyrene의 발암력이 주로 이용되며, USEPA (US Environmental Protection Agency)에서는 다음과 같이 Benzo[a]pyrene에 대한 16개 주요 PAH 화합물의 독성등가계수를 제안하고 있다 [표 2-55].

이를 이용하여, Benzo[a]pyrene의 발암능력을 기준으로 16개 주요 PAH에 대한 발암력의 상대적 비를 구한 후 합산하여 16PAHs의 독성 등가 농도를 구하였다.

[표 2-55] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF)

PAH 화합물	TEF	PAHs	TEF
Naphthalene	0.001	Benzo[a]anthracene	0.1
Acenaphthylene	0.001	Chrysene	0.01
Acenaphthene	0.001	Benzo[b]fluoranthene	0.1
Fluorene	0.001	Benzo[k]fluoranthene	0.1
Phenanthrene	0.001	Benzo[a]pyrene	1
Anthracene	0.01	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.1
Fluoranthene	0.001	Dibenz[a,h]anthracene	1
Pyrene	0.001	Benzo[ghi]perylene	0.01

$$TEQ(ng - TEQ/g) = \sum [C_i] \times TEQ_i$$

TEQ : 독성등가농도 (Toxic Equivalency concentration)

C_i : 개별 PAH의 농도

TEF_i : 독성등가계수 (Toxic Equivalency Factor)

이렇게 획득한 독성등가농도를 기준으로 조사지역에 서식하는 패류를 섭취할 경우에 나타나는 인체 노출량을 다음의 수식을 통해 산정하였다.

$$\text{노출량}(ng/kg/day) = \frac{CF \times IR \times ED}{BW \times AT}$$

CF : 패류 내 PAHs의 평균농도 (ng/g)

IR : 패류 섭취율 (g/day)

ED : 노출기간 (year)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균 수명기간 (year)

패류의 섭취량은 농림수산식품부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계 자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다. 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였다.

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

1989년 3월에 발생한 Exxon Valdez의 유류 유출 사고 이후, 미국식품의약품안전청 (USFDA)는 BaPE(Benzo[a]pyrene equivalents) 접근법에 의한 Action level을 통해 수산물

의 관리 기준을 마련하고 있다. Action level은 수산물을 관리하기 위한 정책적 판단 근거로 활용 가능하며, 미국의 경우 유류사고 발생시사고지역 어장을 관리하기 위한 수단으로 이용되고 있다 (Yender, 2002).

Action level은 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 경우, 다른 인자들이 보수적으로 평가된다는 조건 하에 action level 이하 농도의 체내 잔류 농도를 가진 수산물이 안전할 수 있음을 의미한다. 본 연구에서는 앞서의 인체 노출량 산정 항목과 마찬가지로, benzo[a]pylene 의 독성 등가농도를 활용하여 조사지역 패류의 안전성 평가를 수행하였다.

$$Actionlevel(ng-TEQ/kg) = \frac{RL \times BW \times AT}{CSF \times ED \times CR} \times CF$$

RL : 위해수준 또는 허용발암위해도 (unitless)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균수명 (year)

CSF : 발암잠재력 (ug/kg-day)⁻¹

ED : 노출기간 (year)

CR : 수산물섭취량 (g/day)

CF : 단위환산인자 (10⁶ ng/mg)

위해수준(허용발암위해도)는 최대 허용 발암확률을 의미하며 본 연구에서는 기 조사된 한국해양연구원 (2011)의 연구사례 및 Exxon Valdez, North Cape, Kure 등 대표적인 유류유출 사고의 사례를 참고하여 10⁻⁶, 즉 인구 백만명당 1명이 암에 걸릴 확률을 적용하였다. 또한 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였고, 평균수명은 70년을 사용하였다. 따라서 action level을 통한 위해도 평가는 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 시 70년 이내에 암이 발생할 확률을 의미한다. 발암잠재력은 미국환경보호청에서 운영하는 IRIS (Intergrated Risk Informateion System)에 제시된 Benzo[a]pyrene의 섭취 발암잠재력인 7.3 per (mg/kg)/day를 적용하였다.

노출기간은 유류사고의 특성에 따라 달라지며, 유류사고로부터 유출된 PAHs가 자연 풍화를 통해 감소하여 최종적으로는 자연적 농도 수준으로 떨어짐을 고려할 때, 일반적으로 위해성 평가에 적용되는 70년은 무리가 있다. 본 연구에서는 인근 태안지역을 대상으로 기 보고된 한국해양연구원(2011)의 사례를 참고하여 2년, 10년, 30년을 각각 적용하였다. 마지막으로 패류의 섭취량은 농림수산물식품부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다.

2) 조사 결과

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

생물시료 내에서 PAHs가 검출되지 않은 관계로 인체 노출량의 측정은 불가능하였다 [표 2-56].

[표 2-56] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과

조사 시기	이매패류 PAHs 농도 (ng-TEQ/g)	이매패류 섭취량 (g/day)	체중 (Kg)	노출량 (ng-TEQ/kg-day)
2012년 2월	N.D	112.9	60.5	-
2012년 7월	N.D	112.9	60.5	-

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

action level은 노출기간 (2, 10, 30년)에 따라 각각 2.6, 0.5, 0.2 ng-TEQ/g으로 평가되었다. 따라서 해당 해역에서 생산되는 이매패류의 체내 존재하는 PAHs의 독성 등가 농도가 action-level 이하의 수준을 보인다면 해당 이매패류는 안전한 것으로 판단할 수 있다.

본 연구에서는 2012년 2월과 7월의 2차례 조사에서 채집된 모든 이매패류에서 PAHs가 검출한도 이하로 나타났으며, 따라서 이는 안전한 수준이라 할 수 있다 [표 2-57].

[표 2-57] 이매패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과

체중 (Kg)	발암잠재력 (mg/kg-day) ⁻¹	이매패류 섭취량 (g/day)	노출기간 (years)	평균수명 (years)	BaPE 기준 action level (ng-TEQ/g)
60.5	7.3	112.9	2	70	2.6
			10		1.2
			30		0.4

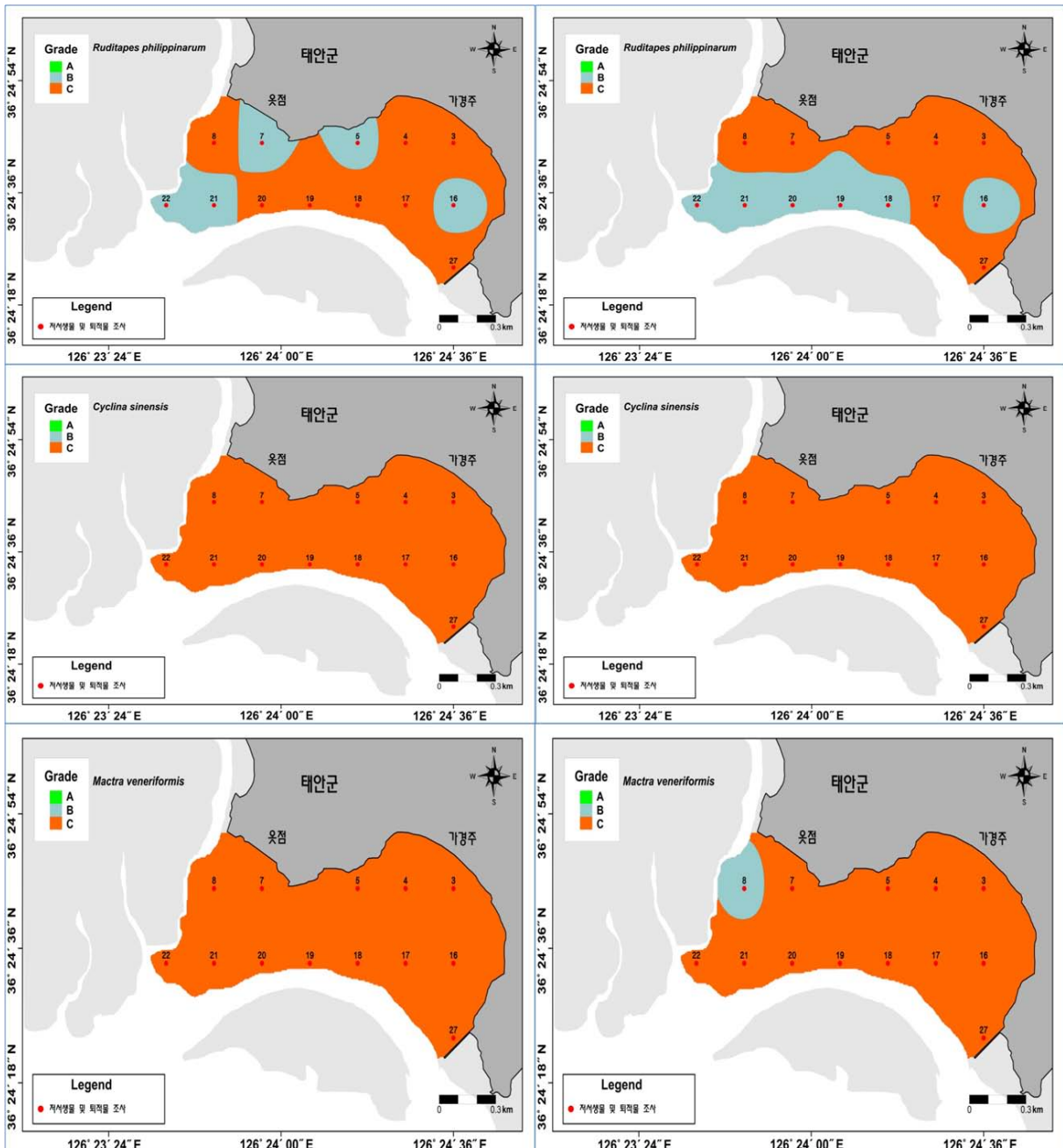
제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

1. 재료 및 방법

자료에 대한 설명과 신경망 모형의 소개 및 방법은 남면 갯벌과 동일한 내용으로 생략한다.

2. 결과 및 고찰

모형의 탐색 및 진단 결과와 적정 서식처 확률 및 생산량 결과는 남면 갯벌과 동일한 내용으로 생략한다.



주 : 좌측이 2012년 2월 그리고 우측이 같은해 7월의 예측 결과임

[그림 2-82] 태안군 고남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*, 위), 가문락(*C. sinensis*, 가운데) 그리고 동족(*M. veneriformis*, 아래)의 서식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과

[그림 2-82]는 본 조사의 대상지역인 태안군 고남면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*), 가무락(*C. sinensis*) 그리고 동죽(*M. veneriformis*)의 서식확률을 예측하고, 이를 앞서 언급한 등급(A등급 서식처는 67% 이상, B등급은 33% 이상, 67% 미만 그리고 C등급은 33% 미만의 확률)으로 전환하여 나타낸 결과이다.

그 결과, 바지락(*R. philippinarum*)과 동죽(*M. veneriformis*)이 B등급을 나타내었으며, 해당 등급을 나타낸 갯벌 어장 면적은 바지락(*R. philippinarum*)이 동죽(*M. veneriformis*)의 것에 비해 보다 넓고, 두 종의 B등급이 추정된 갯벌 어장 내 위치는 상호 중복되지 않는 것으로 나타났다. 태안군 고남면은 가무락(*C. sinensis*)에 있어서 적합한 서식처는 아닌 것으로 추정되었다. 신경망 모형으로부터 출력된 서식처 등급의 예측 결과는 태안군 고남면의 종별 서식 양상과 대체로 일치하는 것으로 판단할 수 있었다.

앞서 에서 보인 바와 같이 B등급 갯벌 어장의 바지락(*R. philippinarum*) 현존량은 평균 118 ± 357 ton/km²였다. B등급이 상대적으로 넓은 면적에서 관찰된 태안군 고남면의 단위 면적당 현존량은 428 ton/km²였으며, 이는 B등급 바지락(*R. philippinarum*) 현존량의 68% 신뢰 구간에 포함되는 수치이다. 따라서 본 연구에서 사용한 모형은 타당한 예측 결과를 제시한 것으로 볼 수 있었다.

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

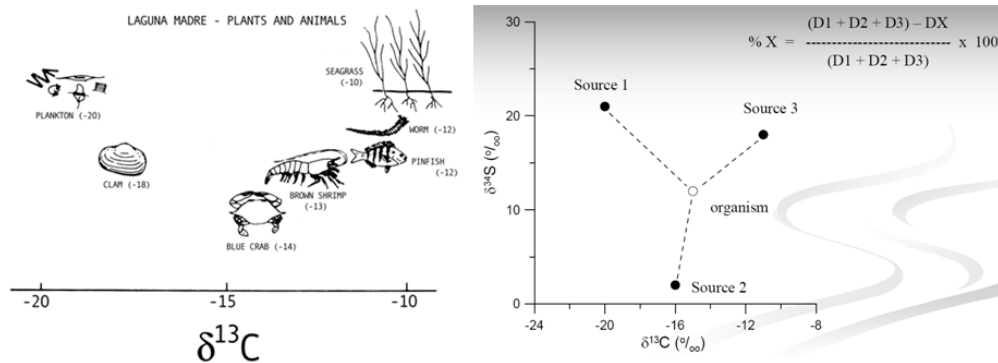
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

가. 서론

연안역은 인접한 해양과 육상으로부터 외래기원유기물(allochthonous source)을 공급받을 뿐만 아니라 연안역 자체에서 저서미세조류, 해조류, 해초류 및 염습식물과 같은 다양한 기초생산자(local sources)들의 존재로 생물 생산력이 가장 높은 지역이다. 특히, 조간대 갯벌 생태계는 연안 생태계의 물질순환에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며 다양한 영양공급원의 존재에 기인하여 복잡한 먹이망(food web)을 형성하고 있다. 전통적으로 연안역은 다량의 영양염류 공급으로 인해 수주(water column)내 높은 기초생산력을 바탕으로 식물플랑크톤 기원의 유기물이 소비자 동물의 영양기저로서 작동한다는

benthic-pelagic coupling이 나타나는 것으로 보고되어왔으나 최근의 연구들에서는 해역의 환경 특성에 따라 그 중요성은 다르게 나타나고 있다(Hobson *et al.*, 1995). 한반도 연안 조간대 생태계의 대형저서동물(macrobenthos) 생산의 영양기저(trophic base)로서 이러한 자생기원유기물(autochthonous organic matter)의 중요성은 안정동위원소 분석을 통하여 증명되어 왔으나(Kang *et al.*, 2003), 표영생산자와 저서생산자의 고차생물생산에 대한 상대적 중요성은 해역의 물리화학적, 생물학적 특성에 따라 큰 변동을 보이는 것으로 나타났다(Kang *et al.*, 2007). 따라서 환경 특성의 차이에 따른 영양기저로서의 역할(각각의 중요성) 및 먹이망을 통한 탄소(에너지) 흐름 경로(benthic/pelagic pathway)의 상대적인 중요성의 변화를 정확히 평가하여 조간대 생태계의 기능적인 면에 대한 체계적인 연구가 요망된다.

먹이망 구조를 연구하는 전통적인 방법은 소비자의 위 내용물을 분석하는 것이었다. 그러나 이러한 방법은 많은 시료들을 분석해야 하고 많은 시간과 노력이 요구될 뿐만 아니라 먹이생물로서의 다양한 생물종을 대상으로 연구를 수행해야 하며, 소화가 진행된 먹이, 먹이생물의 크기가 작은 경우나 형태적인 특징이 잘 나타나지 않는 생물의 경우 동정이 어렵고, 이미 소화되고 난 후의 파편이나 일부만 섭취된 생물들을 대상으로 할 수도 있다는 연구방법상의 단점을 가지고 있다. 또한 소화관 내용물 분석 방법으로 고차소비자로 갈수록 소비자가 이용하는 유기물의 기원을 추적하기는 어렵다. 이와 같은 단점들을 보완하고 소비자가 이용하는 유기물 기원을 추적하기 위해 탄소와 질소 안정동위원소 비값($\delta^{13}\text{C}$ 와 $\delta^{15}\text{N}$)을 이용하는 방법이 효과적으로 이용될 수 있다. 이 방법은 소비자가 먹이를 섭취하게 되면 대사과정을 거치면서 기원물질이 가지는 원래의 특성은 사라지는 반면 생산자의 탄소와 질소의 안정동위원소 조성이 소비자의 안정동위원소 조성에 반영된다는 특성에 근거하여 그 동물이 실제로 이용하는 먹이의 기여도를 평가할 수 있다. 또한 체성분 중 안정동위원소 조성은 상당 기간 동안 그들의 섭식활동을 반영한 결과이기 때문에 이들이 서식하고 있는 먹이환경을 해석할 수도 있다. 또한 안정동위원소 비 값을 분석할 경우 먹이와 소비자(prey-predator) 사이에 각 영양 단계를 따라 탄소는 1‰ 이내, 질소는 3 ~ 4‰ 정도가 높아지는 동위원소 분별효과(fractionation effect)가 나타난다. 따라서 안정동위원소 조성 분석을 통하여 소비자가 이용하는 유기물 기원의 추적이 가능하며 소비자의 영양단계를 연구하는데 있어 유용하게 이용될 수 있다 [그림 2-83].



[그림 2-83] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예

조간대 갯벌 생태계에서 해조류나 잘피장에서 잘피엽체 및 갯벌표면의 부착저서미세조류의 높은 생산과 이들의 파편(detritus)은 특히, 식물플랑크톤의 생산력이나 생물량이 낮은 해역의 연안 생태계 먹이망에서 중요한 영양기저로서 작용하고 있다는 것이 안정동위원소 연구를 통하여 밝혀졌다(Kang *et al.*, 2003). 이것은 잘피, 대형해조류 그리고 저서미세조류들의 안정동위원소 비값이 식물플랑크톤이나 다른 식물군에 비하여 현저히 높고, 여기에 서식하는 동물들의 생체 내 안정동위원소 비값 역시 다른 생태계에 비하여 현저히 높다는 점으로부터 잘피, 대형해조류, 그리고 저서미세조류에 기원을 둔 탄소의 높은 가용성과 동물의 높은 이용의 결과에 의한다는 결론을 얻을 수 있었다. 이와 같은 평가를 갯벌생태계의 주요 상업종인 굴과 바지락 등을 대상으로 미세조류 기원 유기물과 표영생태계 내의 식물플랑크톤에 기원을 둔 유기물의 기여도를 동위원소 혼합모델(isotope-mixing model)을 이용하여 분석할 수 있을 것이다. 결국, 조간대 갯벌생태계의 주요 기초생산자와 동물의 탄소 및 질소안정동위원소 분석을 통해 갯벌 어장의 먹이 관계를 일반화하여 제시할 수 있는 정보를 제공하게 될 것으로 판단된다.

나. 조사 방법

1) 안정동위원소 분석 준비

채집된 모든 시료들은 현장에서 아이스박스에 얼음과 함께 채워 실험실로 운반하였다. 실험실에서 먼저 입자물질 및 플랑크톤 등의 시료는 원심분리를 하여 포집하였고, 생물시료는 가능하면 종 단위까지 생물을 분류한 후 동정하고 잘 세척하여 해조류의 잎은 절단하고 동물체는 조심스럽게 근육부위를 절개 혹은 절단하여 동결건조를 하였으며, 건조된 시료는 잘 갈아서 미세한 분말로 만들어 분석 때까지 데시케이터에 보관한

후 이 분말들을 약 1~2 mg 분취하여 분석에 이용하였다.

2) 안정동위원소 분석

안정동위원소조성은 CNS 원소분석기와 연결된 Micromass사의 IsoPrime급 안정동위원소 질량분석기(IRMS, Isotope Ratio-Mass Spectrometer)를 이용하여 분석하였다. 먼저 분석 전에 모든 시료는 동결건조하여 고운 분말을 만들어 준비하였다. 이렇게 준비한 분말시료의 적당량을 주석(Tin) capsule에 평량하여 CNS 원소분석기의 autosampler에 순서대로 주입하였다. 원소분석기에서는 1030°C에서 모든 유기물을 연소시켜 무기 가스 상태화하는데 여기서 발생한 CO₂와 N₂ 개스는 질량분석기와 연결된 interface를 통하여 동위원소질량분석기로 주입되게 되어 C와 N 안정동위원소 조성을 분석하였다. 안정동위원소 비값은 다음의 식과 같이 표준물질에 대한 시료의 그 비값 변위를 천분율(‰)로 나타내어 δ 기호로 표현하게 된다 : $\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{sample}}/({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{standard}} - 1] * 1000$; $\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{sample}}/({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{standard}} - 1] * 1000$. 여기서 사용한 표준물질은 탄소의 경우는 PDB(Pee Dee Belmnite)와 질소의 경우 air N₂ 등 국제표준 기준을 사용하였다. 여기서 분석오차는 $\delta^{13}\text{C} \pm 0.1\text{‰}$ 그리고 $\delta^{15}\text{N} \pm 0.2\text{‰}$ 정도였다.

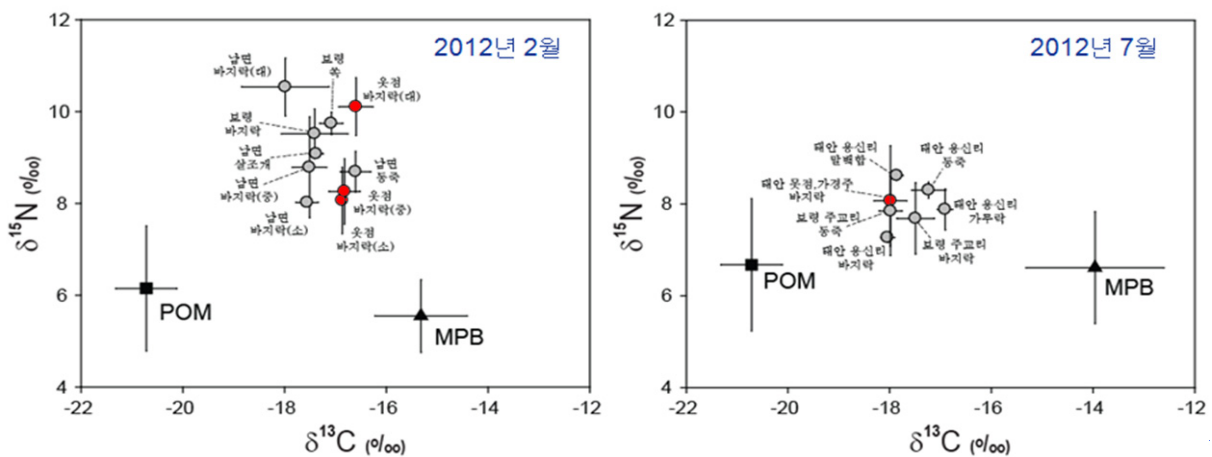
다. 결과 및 토의

2012년 2월과 2012년 7월 태안군 고남면 갯벌에서 채집된 저서동물의 탄소 및 질소안정동위원소 비 값($\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$)의 계절 변동을 측정했다 [표 2-58]. 선행조사를 통하여 태안 해역의 주요 잠재먹이원인 POM (particulate organic matter)와 MPB(microphytobenthos)의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 유의한 차이를 보였다(student t-test, $p < 0.05$). POM의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -20.7‰ 과 -20.6‰ 그리고 6.1‰ 과 6.7‰ 로 거의 차이가 없었다. MPB의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -15.3‰ 과 -14.0‰ 그리고 5.5‰ 과 6.6‰ 을 보였다. 2012년 2월과 2012년 7월 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 dual plot으로 나타냈다 [그림 2-84]. 2012년 2월에 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 옷점 바지락(대) $-16.6 \pm 0.3\text{‰}$ 에서 옷점 바지락(대) $-16.6 \pm 0.3\text{‰}$ 까지 분포하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 옷점 바지락(중) $8.1 \pm 0.7\text{‰}$ 에서 옷점 바지락(대) $10.1 \pm 0.6\text{‰}$ 까지 분포하였다. 2012년 7월에 동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 옷점·가경주 바지락 $-18.0 \pm 0.2\text{‰}$ 를 기록하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 옷점·가경주 바지락 $7.8 \pm 0.8\text{‰}$ 을 기록하였다.

[표 2-58] 태안군 고남면 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값

날짜	정점	국명	학명	$\delta^{13}\text{C}(\pm\text{SD})$		$\delta^{15}\text{N}(\pm\text{SD})$	
2월	웃점	바지락 대	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-16.6	0.3	10.1	0.6
	웃점	바지락 중	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-16.9	0.0	8.1	0.7
	웃점	바지락 소	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-16.8	0.3	8.3	0.7
7월	웃점·가경주	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-18.0	0.2	7.8	0.8

POM과 MPB를 end-member로 설정하고 two source mixing model을 수행한 결과를 [표 2-59]에 나타냈다. 2012년 2월에 태안군 고남면 갯벌에서 POM의 기여율은 동죽 40%에서 바지락(중) 45%까지 분포하였고, 2012년 7월에 POM의 기여율은 바지락 71%로 나타났다. 2012년 2월과 7월에 저서동물들에 대한 POM 기여율의 평균은 각각 $43\pm 3\%$ 와 71%의 범위로 분포하였다.

[그림 2-84] 고남면 갯벌 및 기타 태안 조사정점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값의 dual plot

태안과 보령에서 2월과 7월에 채집한 저서무척추동물과 잠재먹이원의 탄소 및 질소 안정동위원소 분석 결과, 잠재기원유기물의 경우 계절에 따라 저서미세조류의 $\delta^{13}\text{C}$ 값에서 유의한 차이가 나타났으나 POM은 계절 변동을 보이지 않았다. 채집된 동물들의 안정동위원소 비값으로 dual plot을 살펴보면, 2월에 남면 바지락의 경우 크기에 따라 $\delta^{15}\text{N}$ 값에서 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 지역간에는 2월에 남면과 웃점 그리고 7월에 태안 용신리와 보령 주교리 바지락 간에 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 종간에는 2월 남면 바지락, 살조개와 남면 동죽 간 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 결과적으로 태안과 보령 해

역의 주요 부유물 섭식자들의 먹이원 선택에 있어 해역, 종, 그리고 종의 크기에 따른 변동이 나타났으며 앞으로의 연구는 이들이 선택적으로 특정 크기의 미세조류를 섭식하는지 또는 선택적으로 섭식을 하지 못하는지에 대한 섭식양식에 대한 세밀한 조사가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

[표 2-59] 태안군 고남면 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 기여율

날짜	정점	국명	학명	POM 기여율	MPB 기여율
2월	웃점	바지락 대	<i>Ruditapes philippinarum</i>	40	60
	웃점	바지락 중	<i>Ruditapes philippinarum</i>	45	55
	웃점	바지락 소	<i>Ruditapes philippinarum</i>	44	56
7월	못점·가경주	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	71	29

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

태안군 고남면 바지락의 생태학적 생산량 추정에 사용된 Q/B ratio는 앞서 태안군 남면의 생산량 추정에 사용된 값과 동일하다(태안군 남면, 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정 참조). [표 2-60]은 태안군 고남면의 바지락 개체당 평균 개체수와 습중량(개체당 평균=6.76g), 어장 면적, 앞서 설명한 Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량 추정 결과를 나타낸 것이다. 조사 대상 지역 가운데 어장 면적이 가장 좁음에도 불구하고 가장 높은 연간 생산량인 371 ton이 추정되었다.

본 조사에서 추정된 태안군 고남면의 자원량(=현존량)은 398 ton였다. 여기에 앞서 언급한 바 있는 Koh(2001)의 생산량/현존량 비율(1.33)을 활용하면, 연간 생산량은 530 ton이다. 이는 Q/B ratio 및 생태학적 효율을 고려한 수치(371 ton)와 비슷한 수준이라 할 수 있으며, 따라서 타당한 추정이라 할 수 있다. 두 추정치의 차이를 감안하여 태안군 고남면의 생산량을 450 ton으로 간주한다면, 물새 및 저어류, 갑각류에게 이용될 수 있는 양을 300 ton(평균 1:2 비율 적용)으로 볼 수 있고, 인간에게 활용 가능한 양은 150 ton이라 할 수 있다. 이는 본 보고서의 최적생산모델 추정 분야에서 계산된 생물학적 허용어획량 111 ton과 비슷한 수준의 값이다.

[표 2-60] 태안군 고남면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (㎡)	평균 개체수 (Ind./㎡)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
고남면	925,898	63	3707	371

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

태안군 고남면의 갯벌 기초생산은 457.68 gC/m²/year의 범위인 것으로 추정되었다. 이는 남면 갯벌 기초생산의 17% 수준이었다. 단위면적당 기초생산량에 고남면 어장면적(925,898 m²)을 고려한 것이 표 4의 갯벌 미세조류 일차생산량(424 ton C/year)이다. 이 값에 태안군 고남면 갯벌에서 측정된 바지락 체내 안정동위원소와 이것에 적용한 two-source mixing model로부터 추정된 갯벌 기초생산량:수층 기초생산량 기여도 약 4:6을 고려하면, 수층의 기초생산 기원 POM 섭식량(636 ton C/year) 그리고 바지락이 군집 생산량의 100%를 차지할 경우에 해당하는 연간 탄소 섭식량이 추정(1,059 ton C/year)될 수 있다[표 2-61].

이 값에 생태학적 효율, 0.1을 적용하면 바지락의 탄소 생산량(106 ton C/year)이며, 바지락의 탄소량을 습중량으로 전환하는 값으로, 앞서 Dr. Thomas Brey가 제안한 이매패류 습중량-회분제거건중량(ash-free dry weight) 비율인 0.057과 회분제거건중량-유기탄소 비율인 0.518을 활용하면 남면의 습중량(패각의 무게가 포함된 중량) 생산량을 추정(3,591 ton/year)할 수 있다. 서식처 특성에 따른 현실적인 생태지위가 반영된 먹이의 이용 가능량을 추정하기 위해, 앞서 언급한 바와 같이, 고남면 갯벌의 2차 생산자인 저서동물의 현존량에서 바지락이 차지하는 비율(78.5%)을 적용한 값은 2,819 ton/year이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 3,045 ton으로 계산되었다. 이는 세 군데 갯벌 어장 가운데 가장 높은 값에 해당하였다. 태안군 고남면 바지락의 환경 수용력, 2,819 ton/year는 생산량/현존량 비율을 적용한 연간 생산량, 530 ton의 5배에 해당하는 수치이며, 이 수준까지 생산이 가능한 것으로 이해할 수 있겠다[표 2-61].

[표 2-61] 태안군 고남면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정

지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM /MPB	POM 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭식량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락가능 생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락 생산량 (ton/yr)	단위면적당 바지락생산량 (ton/km ² /yr)
태안군 고남면	424	1.50	636	1,059	106	3,591	78.5%	2,819	3,045

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

경제 개발, 위험 경감, 심미적 가치 증진, 그리고 환경 보호를 목적으로 연안을 효율적으로 관리하기 위한 움직임이 전 세계적으로 진행되고 있다 (Diefenderfer et al., 2009). 특히, 급속도로 연안의 서식처와 생태계 기능이 손실됨에 따라 그 대응으로 서식처 복원의 규모가 점차 확대되고 있는 상황이며 (NRC, 2003), 이에 따라 생태학적인 이론에 근거하고 연안의 상태에 대한 진단을 기반으로 한 정책결정 도구가 필요하게 되었다 (Bulleri, 2006; Thom, 2000).

Evans et al. (2006)은 연안 서식처의 관리전략을 창출 (creation), 기능 강화 (enhancement), 복원 (restoration), 보전 (conservation), 그리고 보존 (preservation)으로 구분하였는데, 정책결정 도구는 서식처의 여건에 따라 이들 관리전략을 적절히 구분하는 기능을 갖추어야 한다. 정책결정 도구가 이러한 기능을 갖추기 위해서는 서식처의 자생력에 대한 평가가 가능해야 하며, 경관생태학적인 접근이 필요하다. 즉, 지역적인 규모의 서식처가 유지되기 위해서는 그 서식처의 주변이나 외부에 훼손되지 않은 온전한 서식처가 존재해야 하며 그로부터 지속적인 지원이 있어야 한다. 따라서 특정 서식처의 생태계 구조나 기능을 성공적으로 회복·유지시키기 위해서는 그 서식처 내부의 상황(site-scale)뿐만 아니라 그 서식처에 영향을 줄 수 있는 주변 지역 (landscape-scale)의 특성이 함께 고려되어야 한다 (NRC, 1992).

훼손된 연안 서식처의 건강성과 기능을 회복시키기 위한 사업은 목표설정, 계획수립, 이행, 모니터링, 수행실적 평가, 순응적 관리 (adaptive management), 그리고 성과 전파 등의 순차적인 과정을 포함하고 있다. 그러나 생태학적 자료에 대한 평가와 서식처 관리의 우선순위를 정하지 않고서는 적절한 관리가 이루어지기 어렵다 (Diefenderfer et al., 2009). 본 연구에 도입된 RPMS 모델 (Restoration Prioritization and Management Strategy model)은 서식처의 현황에 대해 생물과 환경, 정점 (local)과 경관 (landscape) 등 다양한 측면을 종합적으로 고려하기 때문에 현재의 상황에 대한 정밀한 진단뿐만 아니라 향후의 관리전략을 수립하는데 용이하다. 또한 국내 갯벌의 약 30% 면적에 해당하는 자료를 바탕으로 구축되었기 때문에 다양한 서식처에 적용하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

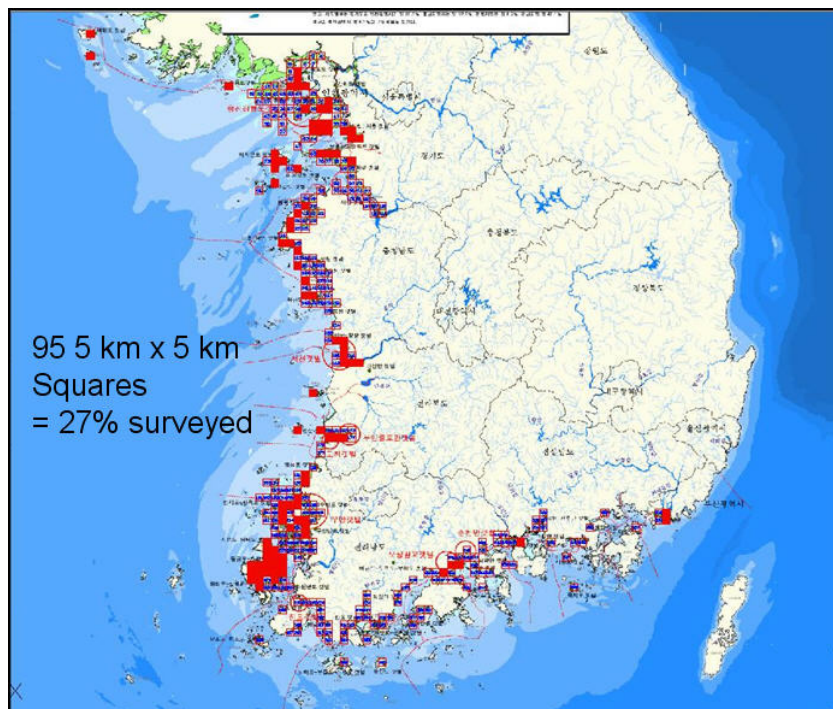
본 연구에서 RPMS 모델을 활용한 주된 목적은 ISEP 인덱스와 같이 단일 혹은 소수의 항목으로 조사지역의 건강도를 평가하는 것 외에 서식처의 상태를 보다 다양한 관점에서 종합적으로 진단하기 위함이다. 이와 더불어 경관생태학적 관점에서 각 서식처의 자생력을 평가함으로써 향후 조사지역을 효율적으로 관리할 수 있는 관리전략을 도출하고자 하였다. 따라서 위의 모델을 통하여 도출된 관리방안은 단기적이며 국부적이기 보

다는 장기적이며 넓은 규모의 범위를 반영할 수 있을 것이다. 향후 각 관리전략에 따라 특정 지역 혹은 구역에 적합한 세부전술에 대한 보완이 필요할 것으로 판단되나, 위의 과정을 통해 각 조사지역에 대한 평가와 이를 바탕으로 관리방안이 수립되면 이를 이행함으로써 건강한 생태적 환경의 기반위에 지속가능한 어업생산의 도모가 가능할 것으로 기대된다.

1. 조사 방법

가. 갯벌 자생력/복원우선순위/복원전략 판단모형 (RPMS: Restoration Prioritization and Management Strategy model)

생태적 우수성이 높은 갯벌을 보전하거나 반대로 생태환경이 열악한 갯벌을 복원하기 위해서는 우선 합당한 기준에 따라 각 단위갯벌의 생태적 가치를 평가한 후, 관리의 우선순위를 정하는 일련의 논리적 절차가 필요하다. 따라서 일차적으로 갯벌의 생태 등급을 평가하기 위해 5개의 생물학적 요인 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도 - ISEP지수, KBQI지수)과 4개의 경관생태학적 요인 (해안 자연성, 중요 서식처, 베타 다양도, 감마 다양도)을 선정하여 제시하였다.



[그림 2-85] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황

각 평가 항목은 국내 갯벌의 약 30%에 해당하는 서·남해안 지역에서 관찰된 값의 분포에 근거하여 7단계로 배점기준을 제시하였다 [그림 2-85] [표 2-62~68]. 예를 들어 생태학적 중요종이 많고, 생물다양성과 ISEP값이 높은 곳일수록 높은 점수 (7점 만점)를 부여하였다.

1) 생태학적 중요 종 (EIS, Ecologically Important Species)

생태계 내에서 시스템 전체 또는 종간의 상호작용과 생태계 서비스에 큰 영향을 미치는 종으로서 다음 6개 항목으로 구분하였다.

(1) 대형 포식자 (predator)

포식을 통해 갯벌의 군집구조를 크게 변화시키기 때문에 중요한 종으로 (Paine, 1966; Hixon, 1982; Reise, 1985; Brown and Heske, 1990; Khanina, 1998), 생태계 내외적으로 에너지 흐름에 영향을 미치며 갯벌의 생산을 외부로 전달하는 벡터로서의 역할을 통해 넓은 공간에 파급 효과(far-reaching effect)를 갖는 생물이다 [표 2-62].

(2) 생태계 공학종 (ecosystem engineer)

서식지의 물리적 상태를 변형시키거나 유지보수, 또는 생성함으로써 다른 생물의 자원 가용성을 직접 또는 간접적으로 조절하는 생물로서 (Johns et al., 1994; 1997), 생물 다양성을 증진시키고 (Reise, 1985), 생태계 서비스에 기여하는 생물 (Lohrer et al. 2004)로 알려져 있다. 본 연구에서는 관서 다모류 또는 관서 단각류와 같이 갯벌에 서관을 만들어 서식처를 형성하는 종 (habitat forming species)과 썩, 칠게, 개불 등과 같이 굴이나 갯도를 만들어 서식처를 변형시키는 종 (habitat modification species), 모래무치염통성계와 같이 퇴적물 교란을 통해 영양염 재생산 (nutrient regeneration)에 기여하는 종들을 포함시켰다 [표 2-63].

(3) 생물 정화종 (bioremediation)

환경오염 저감작용을 수행하는 생물을 의미한다 (Gifford et al., 2006). 본 연구에서는 저층과 수층의 상호작용 (benthic-pelagic coupling)을 통해 수층의 유기물이나 미생물 등을 제거하여 퇴적물 영역으로 끌어들이는 현탁물 식자 (filter feeder)인 연체동물 이매패류 위주로 선정하였다 [표 2-64].

(4) 수산업종 (fisheries)

인간 경제에 중요한 생물군으로서 개체군 크기가 수산업에 의해 인위적으로 크게 영향을 받으며, 궁극적으로 이들과 먹이망으로 상호 연결된 상하위 계층의 군집구조에 영향을 미치는 생물이다 [표 2-65].

(5) 국가적 희소종 (Nationally rare species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰되는 빈도가 0.5% 이하인 종들로서 기준 빈도의 설정은 Sanderson (1996)을 참고하였으며, 비록 갯벌에서 관찰되지만 분포의 중심이 조하대에 속하는 종들은 제외하였다 [표 2-66].

(6) 국가적 소수종 (Nationally scarce species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰된 빈도가 0.5% 초과 3.5% 이하인 종들로서 역시 조하대에 분포하는 종들은 제외하였고, 기준 빈도는 Sanderson (1996)을 참고하였다 [표 2-67].

[표 2-62] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자)

Predator	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	Glycera spp.	참미갑갯지렁이류
		<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
	Crustacea	<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우
		<i>Matuta lunaris</i>	금게
		<i>Matuta planipes</i>	그물무늬금게
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
		<i>Orithya sinica</i>	범게
		<i>Ovalipes punctatus</i>	깨다시꽃게
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게
	Mollusca	<i>Glossaulax didyma</i>	큰구슬우렁이
		<i>Lunatia fortunei</i>	갯우렁이
<i>Rapana venosa</i>		피뿔고둥	

[표 2-63] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종)

Engineer	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Amphictene japonica</i> <i>Arenicola brasiliensis</i> <i>Cistenides okudai</i> <i>Diopatra sugokai</i> <i>Galathowenia oculata</i> <i>Hediste japonica</i> <i>Lagis bocki</i> <i>Loimia medusa</i> <i>Lygdamis giardi</i> <i>Marphysa sanguinea</i> <i>Mesochaetopterus japonicus</i> <i>Nectoneanthes oxypoda</i> <i>Onuphis eremita</i> <i>Owenia fusiformis</i> <i>Owenia gomsoni</i> <i>Paraleonnates ushcakovi</i> <i>Perinereis aibuhitensis</i> <i>Pista cristata</i> <i>Praxillella affinis</i> <i>Spiochaetopterus koreana</i>	긴빛갯지렁이 작은검은갯지렁이 곤봉빛갯지렁이 털보집갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 참갯지렁이 앞빛갯지렁이 괴물유령갯지렁이 흙올타리갯지렁이 바위털갯지렁이 밀짚날개갯지렁이 넓적발참갯지렁이 수염갯지렁이류 싸리버섯갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 흰이빨참갯지렁이 두토막눈썹참갯지렁이 총채유령갯지렁이 꼬리대나무갯지렁이 한국날개갯지렁이
	Crustacea	<i>Alpheus bisinensis</i> <i>Alpheus brevicristatus</i> <i>Alpheus digitalis</i> <i>Alpheus japonicus</i> <i>Aoroides columbiae</i> <i>Apocorophium acutum</i> <i>Callianassa japonica</i> <i>Cleistostoma dilatatum</i> <i>Corophiid amphipods</i> <i>Eocorophium kitamori</i> <i>Grandidierella japonica</i> <i>Helice tridens tridens</i> <i>Macrophthalmus dilatatus</i> <i>Macrophthalmus japonicus</i> <i>Monocorophium acherusicum</i> <i>Ocypode stimpsoni</i> <i>Photis longicaudata</i> <i>Scopimera globosa</i> <i>Sinocorophium sinensis</i> <i>Uca arcuata</i> <i>Uca lactea</i> <i>Upogebia major</i>	흙발딱총새우 딱총새우 큰딱총새우 긴발딱총새우 북태평양육질꼬리옆새우 육질꼬리옆새우류 쏙붙이 세스랑게 육질꼬리옆새우류 육질꼬리옆새우류 발성육질꼬리옆새우 방게 길게 칠게 육질꼬리옆새우류 달랑게 육질꼬리옆새우류 엽낭게 육질꼬리옆새우류 농게 흰발농게 쏙
	Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i> <i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	참굴 진주담치
	Echinodermata	<i>Echinocardium cordatum</i> <i>Protankyra bidentata</i>	모래무치염통성게 가시닷해삼
	Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불

[표 2-64] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종)

Bioremediation	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Chone teres</i> <i>Galathowenia oculata</i> <i>Hydroides elegans</i> <i>Hydroides ezoensis</i> <i>Lygdamis giardi</i> <i>Mesochaetopterus japonicus</i> <i>Owenia fusiformis</i> <i>Owenia gomsoni</i> <i>Poecilochaetus johnsoni</i> <i>Pseudopotamilla ocellata</i> <i>Sabellaria ishikawai</i> <i>Spiochaetopterus koreana</i>	빛꽃갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 우산석회관갯지렁이류 우산석회관갯지렁이 흙올타리갯지렁이 밀짚날개갯지렁이 싸리버섯갯지렁이 곰소싸리버섯갯지렁이 사천왕갯지렁이 안점꽃갯지렁이 길쭉둥근올타리갯지렁이 한국날개갯지렁이
	Crustacea	<i>Corophiid amphipods</i>	육질꼬리옆새우류
	Mollusca	<i>Barnea dilatata</i> <i>Corbicula leana</i> <i>Corbicula papyracea</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Cultrensis attenuatus</i> <i>Cyclina sinensis</i> <i>Dosinorbis japonica</i> <i>Gomphina veneriformis</i> <i>Mactra chinensis</i> <i>Mactra veneriformis</i> <i>Meretrix petechialis</i> <i>Mya arenaria oonogai</i> <i>Mytilus edulis galloprovincialis</i> <i>Nuttallia japonica</i> <i>Nuttallia olivacea</i> <i>Ruditapes philippinarum</i> <i>Scapharca broughtonii</i> <i>Scapharca subcrenata</i> <i>Sinonovacula constricta</i> <i>Solen strictus</i> <i>Tegillarca granosa</i>	우줄기 참재첩 얇은재첩 참굴 비단가리맛 가무락 떡조개 대복 개량조개 동죽 말백합 우럭 진주담치 빛조개 두툼빛조개 바지락 피조개 새꼬막 가리맛조개 맛조개 꼬막
	Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불

[표 2-65] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종)

Fisheries	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
		<i>Onuphis eremita</i>	수염갯지렁이류
	Crustacea	<i>Paraleonnates ushcakovi</i>	흰이빨참갯지렁이
		<i>Perinereis aibuhitensis</i>	두토막눈썹참갯지렁이
		<i>Acetes chinensis</i>	중국젓새우
		<i>Acetes japonicus</i>	젓새우
		<i>Athanas japonicus</i>	꼬마딱총새우
		<i>Athanas marshallensis</i>	새우류
		<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우
		<i>Macrophthalmus japonicus</i>	칠게
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게
		Mollusca	<i>Corbicula leana</i>
	<i>Corbicula papyracea</i>		얇은재첩
	<i>Crassostrea gigas</i>		참굴
	<i>Cultrensis attenuatus</i>		비단가리맛
	<i>Cyclina sinensis</i>		가무락
	<i>Dosinorbis japonica</i>		떡조개
	<i>Glossaulax didyma</i>		큰구슬우렁이
	<i>Gomphina veneriformis</i>		대복
	<i>Loligo beka</i>		참오징어
	<i>Mactra chinensis</i>		개랑조개
	<i>Mactra veneriformis</i>		동죽
	<i>Meretrix petechialis</i>		말백합
	<i>Mya arenaria oonogai</i>		우럭
	<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>		진주담치
	<i>Nuttallia japonica</i>		빛조개
	<i>Nuttallia olivacea</i>		두툼빛조개
	<i>Rapana venosa</i>		피빨고둥
	<i>Ruditapes philippinarum</i>		바지락
	<i>Scapharca broughtonii</i>		피조개
<i>Scapharca subcrenata</i>	새꼬막		
<i>Sinonovacula constricta</i>	가리맛조개		
<i>Solen strictus</i>	맛조개		
<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막		
Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불	
	<i>Upogebia major</i>	쓱	

[표 2-66] 생태학적 중요 종 목록 (희소종)

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Annelida	<i>Lycastopsis augeneri</i>	0.30%
		<i>Perinereis camiguinoides</i>	0.36%
		<i>Scolelepis (P.) geniculata</i>	0.12%
		<i>Terebellides punctata</i>	0.06%
		<i>Travisia japonica</i>	0.30%
	Crustacea	<i>Allorchestes angusta</i>	0.06%
		<i>Eochelidium lenorostralum</i>	0.12%
		<i>Eogammarus sinensis</i>	0.06%
		<i>Grandifoxus malipoensis</i>	0.06%
		<i>Haustorioides gurjanovae</i>	0.12%
		<i>Melita koreana</i>	0.06%
		<i>Parapleustes derzhavini</i>	0.06%
		<i>Podocerus tuberculosus</i>	0.06%
		<i>Sinocorophium japonicum</i>	0.42%
		<i>Talorchestia sinensis</i>	0.12%
		<i>Trinorchestia longiramus</i>	0.24%
		<i>Hemileucon hinumensis</i>	0.36%
		<i>Chelomalpheus koreanus</i>	0.06%
		<i>Cyclograpsus intermedius</i>	0.06%
		<i>Helice tridens latimera</i>	0.42%
		<i>Helice tridens tientsinensis</i>	0.12%
		<i>Hemigrapsus sinensis</i>	0.48%
		<i>Ilyoplax pusilla</i>	0.42%
		<i>Ilyoplax tansuiensis</i>	0.06%
		<i>Laomedea astacina</i>	0.06%
		<i>Neodorripe japonica</i>	0.12%
		<i>Ocypode stimpsoni</i>	0.42%
<i>Pinnixa penultipedalis</i>	0.12%		
<i>Pinnotheres pholadis</i>	0.36%		
<i>Pinnotheres sinensis</i>	0.24%		
<i>Scopimera longidactyla</i>	0.12%		
<i>Uca lactea</i>	0.12%		

[표 2-66] 계속

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Mollusca	<i>Arcopagia diaphana</i>	0.36%
		<i>Coecella chinensis</i>	0.06%
		<i>Latemula boschasina</i>	0.24%
		<i>Macoma contabulata</i>	0.30%
		<i>Peregrinamor ohshimai</i>	0.06%
		<i>Pillucina pisidium</i>	0.24%
		<i>Pitar sulfureum</i>	0.36%
		<i>Potamocorbula ustulata ustulata</i>	0.06%
		<i>Protothaca (N.) jedoensis</i>	0.30%
		<i>Semelangulus tokubei</i>	0.12%
		<i>Semele cardiformis</i>	0.06%
		<i>Tugonia huanghaiensis</i>	0.42%
		<i>Venatomya truncata</i>	0.06%
		<i>Acteocina exilis</i>	0.12%
		<i>Alexania inazawai</i>	0.06%
		<i>Assiminea estuarina</i>	0.06%
		<i>Bacteridium vittatum</i>	0.06%
		<i>Camitia rotellina</i>	0.06%
		<i>Cerithidea largillierti</i>	0.06%
		<i>Cerithideopsilla cingulata</i>	0.42%
		<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>	0.36%
		<i>Dunkeria shigeyasui</i>	0.12%
		<i>Elachisina ziczac</i>	0.24%
		<i>Epheria decorata</i>	0.24%
		<i>Megastomia clara</i>	0.06%
		<i>Nassarius reeveanus</i>	0.12%
		<i>Okenia hiroi</i>	0.06%
		<i>Papyriscala yokoyamai</i>	0.36%
		<i>Pseudoliotia micans</i>	0.36%
		<i>Pseudoringicula sinensis</i>	0.06%
		<i>Stenothyra glabar</i>	0.18%

[표 2-67] 생태학적 중요 종 목록 (Scarce species, 소수종)

Scarce species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(0.5% < RF < 3.5%)	Annelida	<i>Arenicola brasiliensis</i>	0.65%
		<i>Amphictene japonica</i>	0.83%
		<i>Leonnates nipponicus</i>	0.77%
		<i>Platynereis bicanaliculata</i>	1.19%
	Crustacea	<i>Eohaustorius spinigerus</i>	2.79%
		<i>Haustorioides latipalpus</i>	0.65%
		<i>Paraphoxus oculatus</i>	2.50%
		<i>Platorchestia crassicornis</i>	0.89%
		<i>Nippoleucon hinumensis</i>	1.31%
		<i>Cleistostoma dilatatum</i>	2.67%
		<i>Helice tridens sheni</i>	1.31%
		<i>Helice tridens tridens</i>	0.77%
		<i>Helice tridens wuana</i>	0.71%
		<i>Ilyoplax dentimerosa</i>	2.97%
		<i>Ilyoplax deschampsii</i>	2.67%
		<i>Sesarma plicatum</i>	1.31%
		<i>Uca arcuata</i>	1.19%
		<i>Excirrolana japonica</i>	1.25%
	Mollusca	<i>Glaucanome chinensis</i>	2.61%
		<i>Nuttallia olivacea</i>	2.38%
<i>Tugonia sinensis</i>		1.25%	
<i>Chemnitzia acosmia</i>		0.83%	

[표 2-68] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	EIS (Ecologically Important Species) score
1	0	0
2	10	1
3	20	2
4	40	6
5	60	11
6	80	17
7	90	23

2) 생체량 (biomass)

생태계 내에서 생물의 현존량 (standing crop)은 곧 그 시스템이 보유하고 있는 에너지의 양을 의미하며, 간단히 생물의 무게 즉, 생체량으로 표현된다. 갯벌은 육상에서 공급된 유기물을 에너지원으로 삼아 생물을 생산하고, 생산된 갯벌생물은 상위 포식자에게 이용되거나 어획을 통해 시스템 밖으로 제거됨으로서 자연 정화기능을 수행하고 있다. 따라서 단위면적 당 생물량이 큰 갯벌일수록 생태계 서비스도 크다 할 수 있으므로 생체량을 중요한 생태학적 지표 가운데 하나로 선정하였다. 각 정점별 생체량(wet weight, gWWt/m²) 분포에 기초한 배점 기준은 [표 2-69]과 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 2-69] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Biomass(Log10(1+gWWt/m ²))			
		Level 1		Level 1.5~3	
		MGS≤3.10	3.10<MGS	MGS≤3.10	3.10<MGS
1	0	0	0	0	0
2	10	0.24	0.53	0.83	1.00
3	20	0.70	0.95	1.20	1.34
4	40	1.32	1.39	1.69	1.77
5	60	1.78	1.70	2.20	2.12
6	80	2.21	2.01	2.80	2.51
7	90	2.50	2.26	3.08	2.78

3) 생물다양성 (biodiversity)

생물다양성이란 유전자로부터 생태계에 이르는 모든 단계의 생물학적 다양성을 포함하는 개념이나, 대체로 개체 수준에서 생물 종의 숫자로 표현하였다 (New, 1995). 생물 다양성이 높은 곳은 그 다양성을 부양하기에 적합한 생태적 기능을 가질 것으로 여겨지므로 보전가치가 높게 평가된다. 따라서 본 연구에서는 갯벌의 정점별 단위면적 당 출현종수를 생물다양성 지표로 삼았으며, 채집면적이 출현종수에 미치는 영향을 상쇄시키기 위해 앞서 제시한 바 있는 Whittaker (1975) 방식으로 알파 다양성 (Alpha diversity)를 구하였다.

각 정점이 모여 정선을 이루면 이때 단위갯벌에 대한 landscape scale 측면에서의 생물 다양성 개념이 필요하며, 이러한 지역 규모의 다양성을 감마 다양성 (gamma diversity)라

고 하였다. 산출방법은 각 정선에서 출현한 총 종수를 로그 변환 한 채집면적 (cm²)으로 나누어 계산하였다.

베타 다양성 (beta diversity)은 일종의 서식지 다양성으로서 감마 다양도를 알파다양도로 나누어 계산하였다. 각 정점별 알파, 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준은 [표 2-70~71]과 같으며, 각 정점의 조위 (tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 2-70] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/log10(sample area(cm ²)))							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.67	2.29	2.25	0.60	1.72	3.70	2.93	2.62
3	20	1.50	2.56	3.34	1.20	2.74	4.60	3.00	3.34
4	40	2.38	4.80	4.80	2.02	4.36	5.40	4.42	4.52
5	60	4.12	5.74	6.18	3.66	5.83	5.80	5.55	5.04
6	80	6.36	7.00	7.30	5.50	7.02	8.20	6.88	5.78
7	90	8.20	7.33	7.90	7.30	8.50	10.20	7.81	6.28

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/log10(sample area(cm ²)))							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	2.10	2.97	3.30	1.99	2.00	4.59	3.66	3.00
3	20	2.73	4.16	4.42	2.84	2.61	5.86	4.09	3.70
4	40	4.10	5.72	7.00	3.40	4.30	7.62	5.86	6.00
5	60	6.10	7.00	8.50	5.46	6.67	9.29	8.38	8.33
6	80	9.10	9.30	11.47	7.90	9.64	12.74	11.14	12.00
7	90	10.90	12.91	12.29	8.86	13.32	13.85	13.00	16.00

[표 2-71] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Macrofaunal diversity in landscape scale	
		Gamma (Total no. of species/ log10(no. of samples*sample area(cm ²)))	Beta(Gamma/Avg. no. of species/ log10(sample area(cm ²)))
1	0	0	0
2	10	5.82	1.77
3	20	7.01	1.88
4	40	10.50	2.12
5	60	13.50	2.31
6	80	17.75	2.61
7	90	19.98	2.92

4) ISEP 지수

생태계는 발달과정에서 초기의 성장단계를 거쳐 안정된 상태로 들어갈수록 생물종이 다양해져 군집구조가 복잡해지고, 각 개체의 크기가 커지며, 총 생물량이 증가하는 경향이 있다. 또한 환경오염 또는 교란의 정도가 심해짐에 따라 점차 크기가 작고 생활사가 짧은 고밀도의 기회종들로 대체되는 현상을 보인다. 이러한 생태적 현상을 하나의 수치로 표현하기 위해 국내 갯벌 생태계에 적용할 수 있는 ISEP 지수를 선택하여 갯벌의 건강성을 평가하였다. 각 정점별 ISEP지수 분포에 기초한 배점 기준은 [표 2-72]와 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 2-72] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Community Health Index	
		ISEP index	
		Tidal Level 1	Tidal Level 1.5~3
1	0	0	0
2	10	0.21	0.28
3	20	0.30	0.33
4	40	0.37	0.40
5	60	0.45	0.49
6	80	0.56	0.65
7	90	0.68	0.87

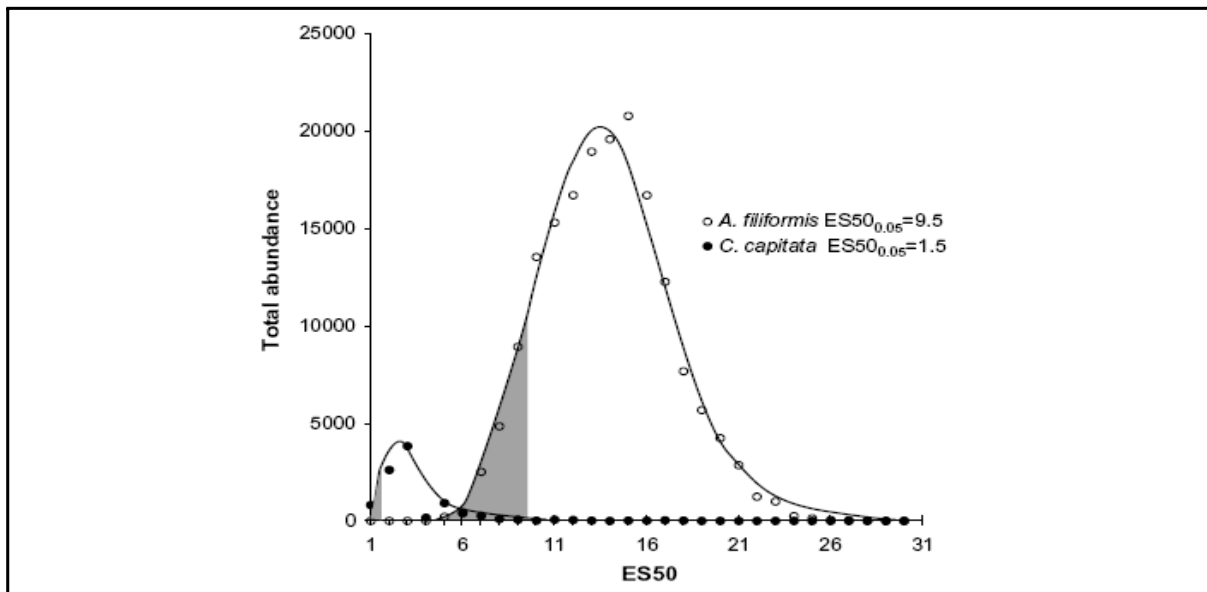
5) KBQI 지수

최근 들어, 저서생물 군집에 기반한 인덱스의 활용에서 보다 신중하고 정확한 판단을 위해 2개 이상의 지시자를 활용하는 추세이다. 본 연구 역시 갯벌 생태계 건강성 진단의 중요성을 감안하여, ISEP와 병행되어 사용할 수 있는 Rosenberg et al. (2004)의 BQI 도입하였다.

기존의 인덱스 (예를 들어, AMBI나 BPI 등)들이 대형저서동물 분류군을 오염구배 또는 식성별 그룹별로 분류할 때 객관적인 자료에 근거하지 않은 데에 반해 BQI (Benthic Quality Index)는 현장의 관측 결과를 바탕으로 경험적인 접근을 통해 종을 분류하고 있다. BQI는 각 종별 민감도와 교란에 대한 내성을 반영하는 $ES50_{0.05}$ ³⁾를 추정하여 종별 기준값으로 활용하고 있으며, 이 값은 오염 지시종의 경우에 낮고 건강한 서식처에서 출현하는 종들의 경우에 높게 관찰 된다 [그림 2-86].

$$ES50 = \sum_{i=1}^s \frac{(N - N_i)!(N - 50)!}{(N - N_i - 50)!N!}$$

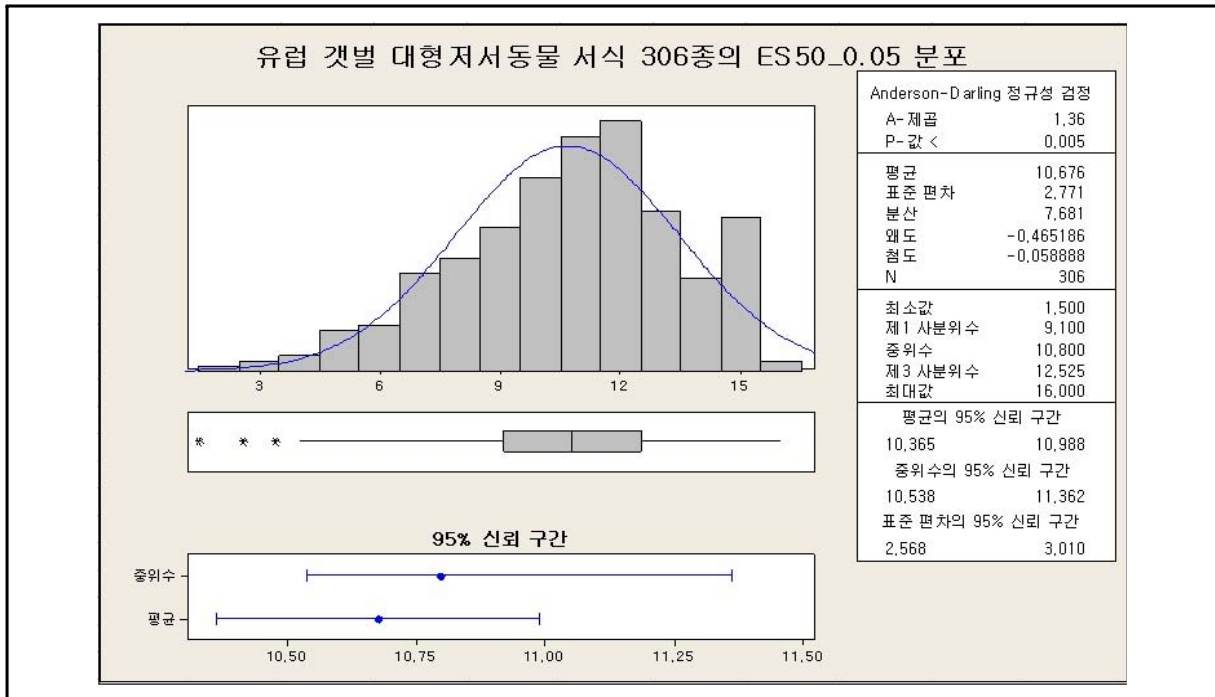
이때, N은 표본 내 총 출현 개체수, i는 i번째 종의 번호.



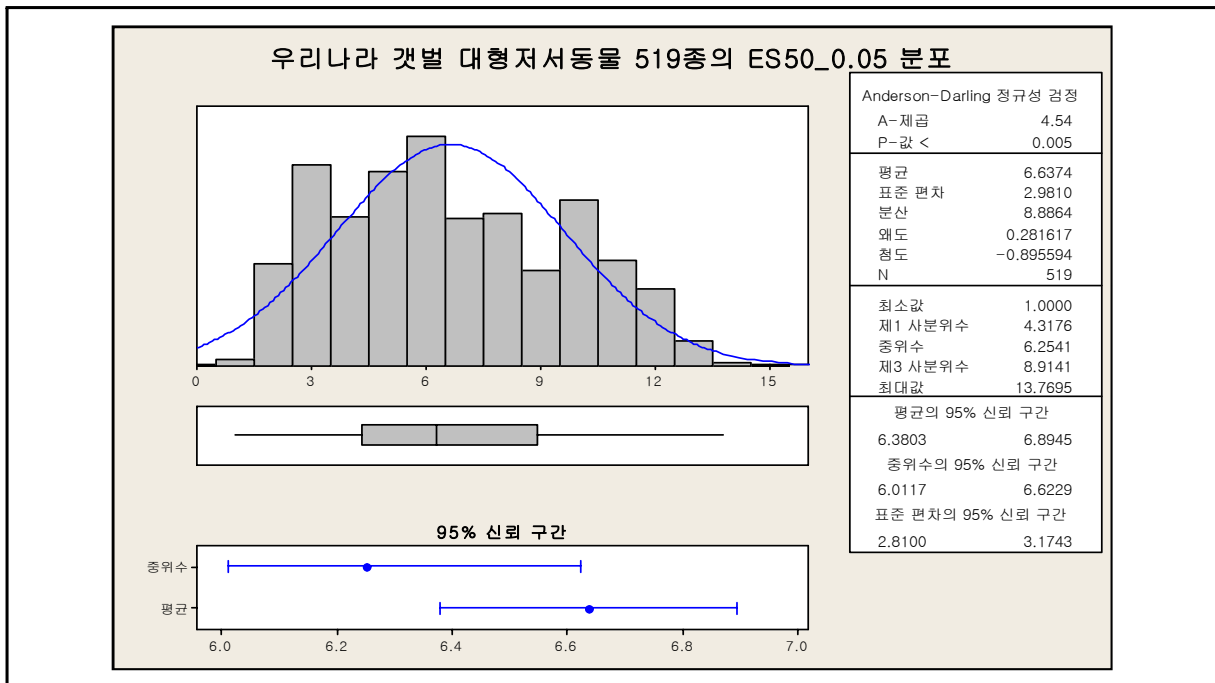
주 : 회색부분이 거미불가사리류 (*A. filiformis*)와 등가시버들갯지렁이 (*C. capitata*) 개체군이 출현한 표본들의 ES50 분포의 하위 5% 범위를 나타내며, 그 경계에 해당하는 5% 값이 $ES50_{0.05}$ 값이다

[그림 2-86] BQI에서 활용되는 각 종별 $ES50_{0.05}$ 의 추정 예시 (Rosenberg et al., 2004)

3) $ES50$ 는 출현 개체수가 50일 경우에 예상되는 출현 종수를 추정한 것으로 저서동물 표본 간 채집 노력량의 차이와 상관없이 생물 다양성 비교를 가능케 해주는 장점이 있음. $ES50_{0.05}$ 는 해당 개체군이 출현한 표본들의 ES50 분포에서 하위 5%에 해당하는 값으로 교란에 대한 내성을 표현하는 것으로 간주하였음.



[그림 2-87] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES50_{0.05}의 분포



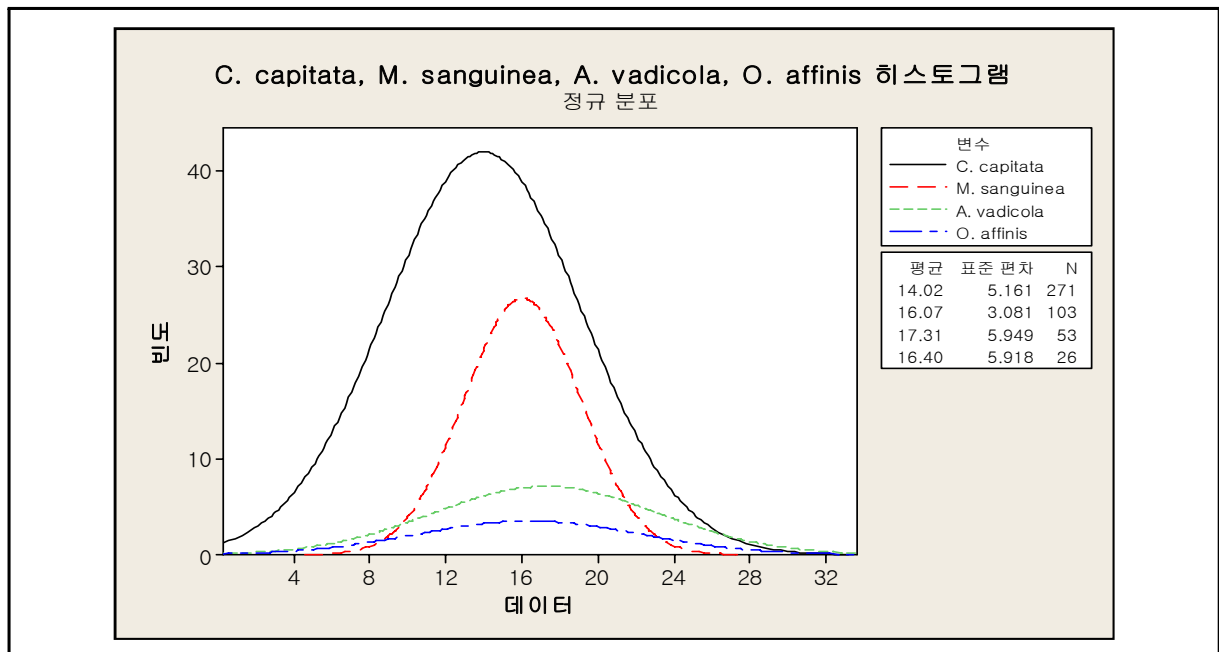
[그림 2-88] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES50_{0.05} 분포

Rosenberg et al. (2004)은 스웨덴 연안 257개 정점에서 채집된 약 4700개의 표본을 바탕으로 종별 ES50_{0.05}값을 추정하였으며, 20회 미만의 빈도를 갖는 종들은 제외하였다.

2004년에 공개된 스웨덴 연안 서식 306종의 $ES50_{0.05}$ 의 빈도 분포는 [그림 2-87]과 같다.

본 연구에서는 현재 883종의 $ES50_{0.05}$ 값 추정을 완료하였으며, Rosenberg et al. (2004)의 것과 동일한 기준 (관찰빈도, 20 이상)을 적용하여 총 519종의 $ES50_{0.05}$ 값을 추정하였다. [그림 2-88]는 국내 갯벌 서식 대형저서동물의 $ES50_{0.05}$ 값 빈도 분포를 나타낸 것으로, 값의 범위는 스웨덴의 것과 유사하나 국내 갯벌 최빈수의 분포가 상대적으로 낮은 값의 범위에 치우친 것으로 나타났다.

[그림 2-89]는 국내 갯벌 서식하는 종들의 $ES50_{0.05}$ 의 추정을 예시하기 위해 나타낸 것으로, 각 개체군 별 생물 다양성 ($ES50$)의 분포에서 서식 범위의 하한을 지시하는 5 분위값이 종마다 차이가 있음을 보여주고 있다.



[그림 2-89] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 $ES50$ 분포

[표 2-73]는 국내 갯벌에서 관찰되는 일부 종들의 $ES50_{0.05}$ 추정 결과를 나타낸 것이다. 각 동물군별 (회색은 다모류, 노란색은 단각류)로 다양도가 낮은 환경에 서식하는 특성을 잘 반영하고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 다모류, *H. japonica*와 단각류, *Orchestia platensis*의 $ES50_{0.05}$ 가 지시하는 바와 같이, 극단적으로 낮은 다양도의 서식처가 갯벌에서는 교란된 환경과 동일한 것으로 볼 수 없는 관계로 서식처의 유형에 따라 별도의 기준을 적용해야할 필요성이 높은 것으로 나타났다. 아래의 연안생태계 관리전략 모형 연구에서 활용된, 각 종별 $ES50_{0.05}$ 값을 바탕으로 추정한 KBQI (Korean Benthic Quality

Index)의 등급은 조위와 입도의 효과를 감안하여 마련된 16개 서식처 유형별 기준을 근거로 하였다.

$$KBQI = \left(\sum_{i=1}^n (A_i / \text{tot } A \times ES50_{0.05i}) \right) \times d$$

이때, A는 개체수, tot A는 표본 내 총 개체수이며, d는 Whittaker's d(출현종수/log₁₀(채집면적))임.

[표 2-73] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES50_{0.05}값

Taxa	Scientific name	ES50_0.05
Holothuroidea	<i>Thyone</i> sp.	13.8
Pennatulacea	<i>Cavernularia obesa</i>	13.3
Polychaeta	<i>Nereis multignatha</i>	12.1
Amphipoda	<i>Aoroides columbiae</i>	11.5
Polychaeta	<i>Marphysa sanguinea</i>	10.5
Tanaidacea	Apeudidae sp.	9.8
Bivalvia	<i>Moerella jodoensis</i>	9.6
Polychaeta	<i>Cirrophorus armatus</i>	9.5
Bivalvia	<i>Raetellops pulchella</i>	9.3
Polychaeta	<i>Sternaspis scutata</i>	8.7
Amphipoda	<i>Guernea magnaphilostoma</i>	8.1
Brachyura	<i>Camptandrium sexdentatum</i>	7.9
Bivalvia	<i>Moerella iridescens</i>	7.3
Polychaeta	<i>Goniada japonica</i>	7.2
Amphipoda	<i>Melita longidactyla</i>	7.0
Polychaeta	<i>Glycinde gurjanovae</i>	6.9
Bivalvia	<i>Macoma incongrua</i>	6.9
Polychaeta	<i>Aonides oxycephala</i>	6.6
Gastropoda	<i>Bullacta exarata</i>	6.6
Polychaeta	<i>Prionospio (M.) multibranchiata</i>	6.4
Amphipoda	<i>Grandifoxus bangpoensis</i>	6.4
Polychaeta	<i>Aedicira</i> spp.	6.1
Polychaeta	<i>Aricidea</i> spp.	6.1
Holothuroidea	<i>Protankyra bidentata</i>	6.1
Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>	6.0
Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>	5.9
Amphipoda	<i>Grandidierella japonica</i>	5.3
Polychaeta	<i>Dipolydora</i> spp.	5.2
Amphipoda	<i>Jassa falcata</i>	5.2
Bivalvia	<i>Sinonovacula constricta</i>	4.9
Bivalvia	<i>Laternula marilina</i>	4.5
Amphipoda	<i>Sinocorophium sinense</i>	4.0
Insecta	Chironomidae spp.	2.5
Gastropoda	<i>Assimineia japonica</i>	2.2
Polychaeta	<i>Hediste japonica</i>	2.0
Amphipoda	<i>Orchestia platensis</i>	1.7

KBQI (Korean Benthic Quality Index)는 European Union Water Framework Directive에 따라 개발된 새로운 방식의 해양 저서생태계 건강도 지수인 BQI를 우리나라 갯벌 생태계 평가에 적용 가능하도록 적합 시킨 평가지수이다. KBQI는 우리나라 갯벌에서 출현하는 저서동물의 종별 내성 (tolerance value)과 출현밀도와 다양도의 조합으로 새롭게 계산되었으며, 각 정점에서의 환경에 대한 질을 평가하는데 사용되었다. 각 정점별 KBQI 지수 분포에 기초한 배점 기준은 [표 2-74]과 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 2-74] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.88	7.73	5.13	1.85	4.52	15.05	8.73	13.42
3	20	2.56	9.41	16.06	3.26	9.24	20.30	16.11	17.38
4	40	7.62	27.15	24.00	8.76	17.38	25.34	19.83	25.52
5	60	16.42	32.16	34.85	22.04	23.04	34.75	27.66	29.48
6	80	30.32	38.25	43.14	30.84	41.32	44.19	40.10	34.96
7	90	39.76	45.15	46.86	42.38	52.52	51.49	44.13	36.83

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	5.96	12.23	13.50	6.60	6.08	23.23	15.02	16.39
3	20	8.74	22.01	23.43	12.90	8.72	29.08	22.60	20.68
4	40	17.04	30.80	38.68	20.20	17.50	44.43	31.12	35.60
5	60	26.34	39.12	46.49	30.80	31.52	59.68	49.59	53.36
6	80	52.58	55.53	68.88	49.30	59.70	80.46	66.19	91.48
7	90	64.48	73.35	75.61	57.30	83.90	88.55	84.28	124.52

위에 제시되지 않은 일부 경관생태학적 요인들의 배점 방식은 다음과 같다. 해안 자연성 항목은 갯벌 주변 해안선에 대한 자연성 또는 인위성 (제방, 해안도로 등)을 평가하였으며, 자연성을 유지한 곳에는 7점, 인위적 요소가 있는 곳은 1점을 부여하였다. 또한

중요한 서식처 항목은 연안개발에 따라 급격히 사라지고 있는 중요 서식지 (염생식물 군락, 잘피밭, 굴밭, 담치밭 등)의 가치를 평가 기준에 포함시키기 위하여 서식지가 존재하는 곳은 7점, 그렇지 않은 곳은 1점을 부여하였다.

앞서 제시한 배점 기준에 따라 각 개별 항목을 대상으로 일차적인 평가를 시행한 후 이를 바탕으로 종합적인 평가를 실시하였는데, 이 과정에서 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따라 가중치를 적용하여 종합 점수를 산출하였다. 각 항목별 가중치는 아래의 [표 2-75]에 제시하였으며, 해안 자연성은 부영양화와 중금속 항목 가중치의 평균 (9)을 적용하였다.

$$Station\ score = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \times w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

이때, v_i 는 각 항목의 배점, w_i 는 각 항목의 가중치임.

[표 2-75] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치

평가 항목	생태계 구조 및 기능						생태계 기능 가중치
	생태계 구조와 안정성	생물다양성 유지와 서식처 기능	에너지 저장 및 조절 (수질 정화)	해산 어류 및 야생동물 부양 (먹이사슬 지원 등)	탄소 제거 (탄소 매장)	심미 및 휴양 기능 (탐조활동, 낚시 등)	합계
부영양화	2.8	2.8	1	1		1	8.6
중금속	4.6	2.8	1	1			9.4
생태학적 중요종	4	10	10	10		10	44.0
생체량/생산력	4	1	10	10	10		35.0
다양도	10	10	1	10			31.0
생태계 건강도	10	10	10	10		10	50.0
염생식물 군락	5.5	10	10		10	10	45.5

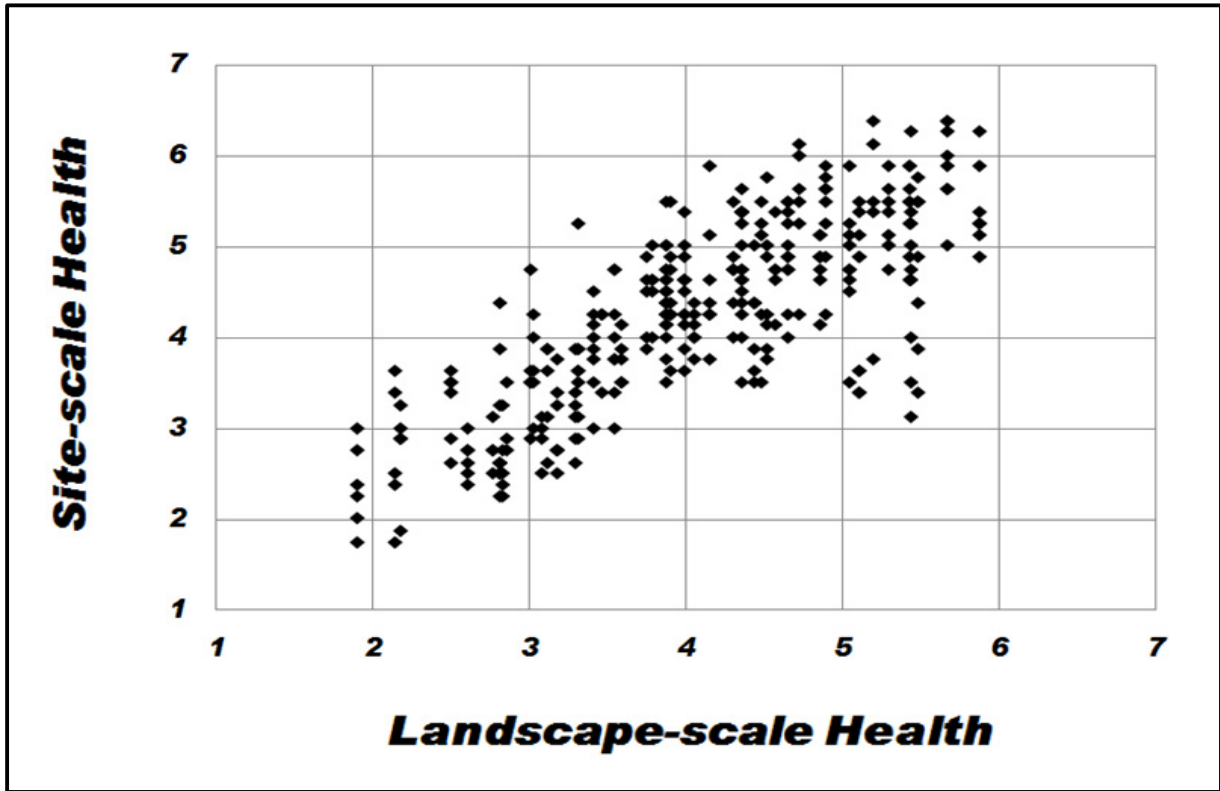
[그림 2-90]은 위에 기술한 각 평가항목에 따라 각 지역갯벌을 정점 단위로 생태적 가치를 종합 평가한 결과이다.

지역	정선	정점	Biotic factor (5)					Abiotic factor (3)			Landscape (4)				Site Avg.	Landscape Avg.
			EIS	Div (d)	Biomass	ISEP	KBQI	AVS	TOC	Metal	해안 자연성	중요서식처	Beta div.	Gamma div.		
거제도	L1	St.1	4	4	7	7	5	2	1	2	1	7	3	5	4.0	4.1
		St.2	5	5	6	3	5	3	1	2	1	7	3	5	3.8	
		St.3	5	5	6	4	5	4	1	2	1	7	3	5	4.0	
		St.4	7	6	6	4	6	3	1	2	1	7	3	5	4.4	
		St.5	3	6	7	5	6	3	1	3	1	7	3	5	4.3	
		St.6	6	6	5	3	6	3	1	3	1	7	3	5	4.1	
	L2	St.1	6	7	7	4	7	3	1	2	1	7	1	4	4.6	4.0
		St.2	6	6	7	4	7	3	1	3	1	7	1	4	4.6	
		St.3	6	4	6	3	5	3	1	3	1	7	1	4	3.9	
		St.4	7	5	7	4	5	3	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.5	7	6	7	5	6	3	1	4	1	7	1	4	4.9	
		St.6	6	4	7	5	5	4	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.7	6	5	7	5	5	2	1	2	1	7	1	4	4.1	

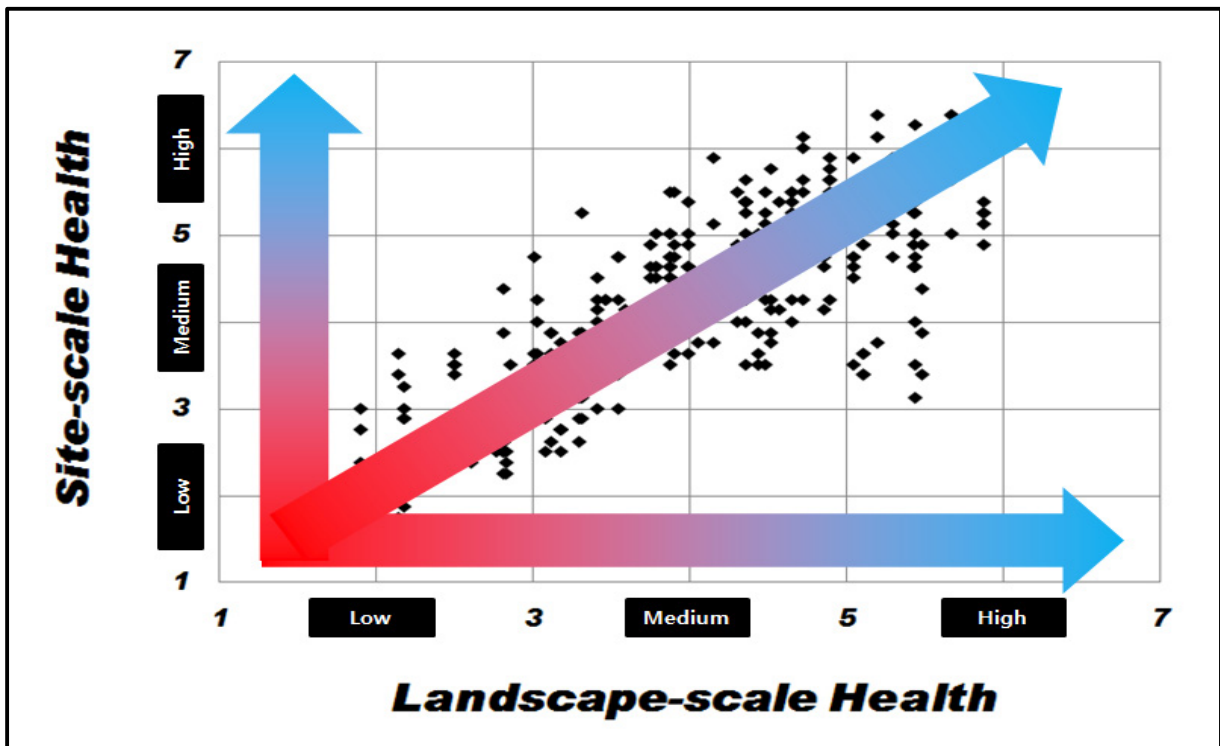
[그림 2-90] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수

각 갯벌에 대한 생태적 가치평가 점수를 site scale (8개 측정항목의 정점별 평균값)과 landscape scale (수 백m~수 km 길이의 갯벌 조사 정선별 평균 값)의 2개 축 위에 도시함으로써 RPMS 모델에 활용하였다 [그림 2-91]. RPMS 모델은 갯벌 복원의 성공 확률이 갯벌의 자생력 (self-sustainability)에 종속적임을 가정한 것으로, 동일한 조건을 가진 site scale의 자생력은 landscape scale에서 건강하고 양호한 상태일수록 높아진다는 것을 의미한다. 다시 말해 주변의 갯벌이 건강한 해역일수록 낮은 환경 스트레스와 활발한 재점유를 기대할 수 있으며, 결국 좋은 조건의 해역에서 행해지는 복원 사업일수록 자생력이 높고 그 성공확률 역시 높다는 것을 말한다. [그림 2-91]은 2009~2010 기간의 갯벌 조사 자료를 바탕으로 작성한 갯벌 건강성 산포도이다.

[그림 2-91]과 같은 산포도는 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 [그림 2-92]에 있어 매우 중요하며, 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리 전략을 수립하는 등 정책적 판단기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델의 중요한 바탕이 된다.



[그림 2-91] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도



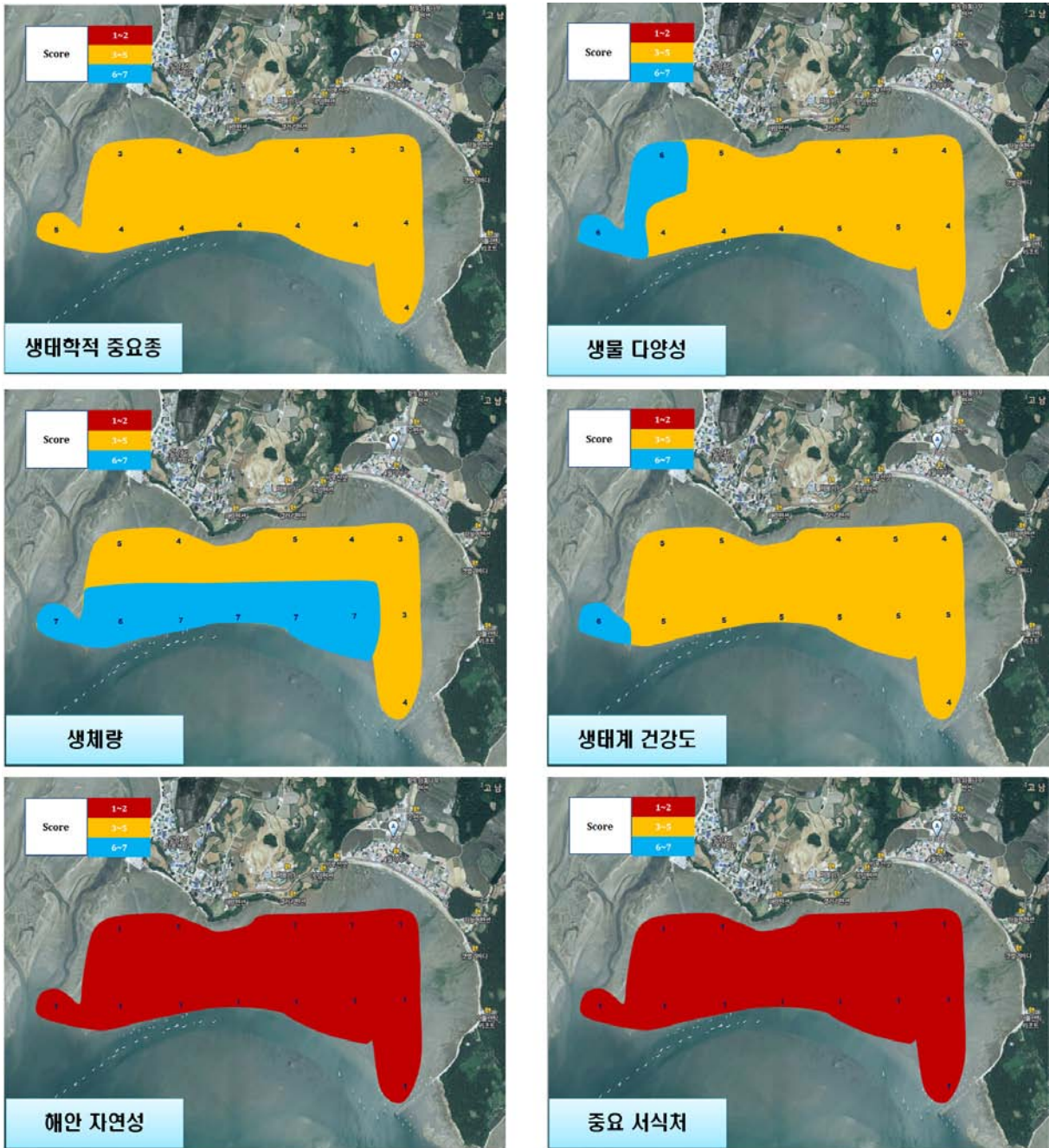
[그림 2-92] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준

2. 조사 결과

가. 평가 항목별 배점 결과

RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 [그림 2-93]에 제시하였다. 고남면의 생태학적 중요종 항목은 3~4점의 범위로 보통의 수준이었다. 생물 다양성과 생태계 건강도는 모두 4~6점의 범위로 양호한 수준을 나타냈으며, 조사지역의 서쪽 가장자리 인근의 지역에서 상대적으로 높은 배점을 받았다. 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목은 조사지역 동쪽의 일부 구역 (3점)을 제외하면 4~7점의 범위로 양호한 수준이었으며, 조간대 하부에서 대체로 높았다. 인공 호안이 조성되어 바다와 육지 간 소통이 제한된 고남면은 해안 자연성과 중요 서식처 항목에서 모두 1점의 배점을 받았다 [그림 2-93].

각 항목별 배점 결과에 위의 재료 및 방법 부분의 [표 2-75]에 제시한 가중치를 적용하여 산출된 고남면 갯벌의 건강도 등급을 [그림 2-94]에 제시하였다. 고남면에서는 크게 조간대 상부 (V등급)와 하부 (IV등급)로 등급이 구분되는 특징을 보였으며, 하부의 건강도가 상대적으로 양호했다. 본 지역은 현재 바지락 양식이 활발한 곳으로서 대체로 조간대 하부에서 바지락 생산량이 높은 지역이다 (생체량 항목 배점, 6~7점). 따라서 고남면에서 관찰된 건강도의 분포 특성은 저서동물 이차생산력이 크게 영향을 미친 것으로 판단된다.



[그림 2-93] 고남면 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과

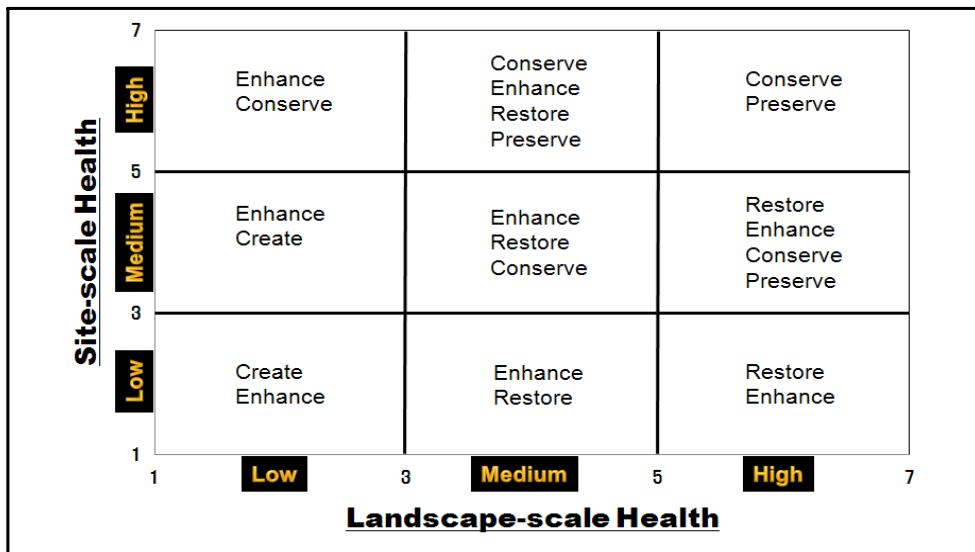


[그림 2-94] 고남면 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포

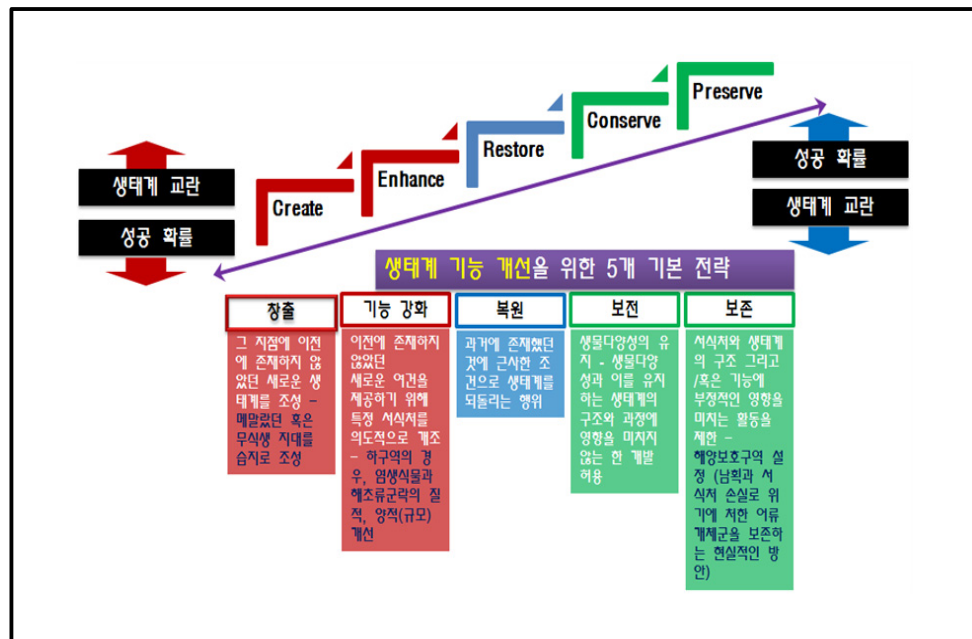
나. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

RPMS 모델에 적용된 각 평가항목은 국내의 다양한 갯벌에서 관측된 값들의 분포에 근거하여 분위수에 따라 7단계 (10, 20, 40, 60, 80, 90분위수 기준)로 배점 기준을 제시하였으며, 제시된 생태학적 가치평가 점수에 각 항목이 지닌 생태계 기능상의 중요성을 반영하여 (가중치 곱함) site scale과 landscape scale (정선 단위; 다수의 정점들이 배치된 정선의 평균값 활용)의 2개 축 위에 도시함으로서 건강성 진단과 관리전략 수립에 활용하였다. 앞서 언급한, 생태학적 주요종의 서식 여부와 건강성 지수, 생물 다양성 그리고 기능을 반영하는 군집 생체량 등은 RPMS 모델로 하여금 갯벌의 생태학적 중요성과 건강성 상태의 평가 그리고 복원과 같은 조치의 시급성에 대한 판단을 가능하도록 해주는 것이라 할 수 있다. 또한, 이 모델은 복원의 성공 확률을 상대적으로 평가하는 데에도 활용이 가능하다. 이는 기본적으로 site scale에서도 열악한 환경이며, landscape scale에서도 열악한 환경일수록 복원의 성공 확률이 낮으며, site scale에서 열악한 환경이나 landscape scale에서 비교적 건강한 환경인 갯벌에서 복원의 성공 확률이 더 높고, 두 스케일에서 모두 건강하다면 어떠한 조치가 취해지더라도 성공 확률이 높을 수 있다는 생

태학적 상식에 기반을 둔 것이다 [그림 2-95~96]. 서식처의 생태학적 중요성과 상태 그리고 복원의 성공 확률을 반영하는 RPMS 모델은, 자연스럽게 서식처의 관리 전략 방안의 마련과 연결될 수 있다. 모델에서는 site scale과 landscape scale을 3등분하여 구분된 9개의 cells에 갯벌 창출, 강화, 복원, 보존 등의 관리 전략을 할당하였고, 이와 같은 방식은 미국에서 활용되는 복원 지역 우선 순위화 기법 (Evans et al., 2006; Diefenderfer et al., 2009)과 동일한 것이다 [그림 2-95] [표 2-76].



[그림 2-95] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 정책적 판단 기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델



[그림 2-96] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성

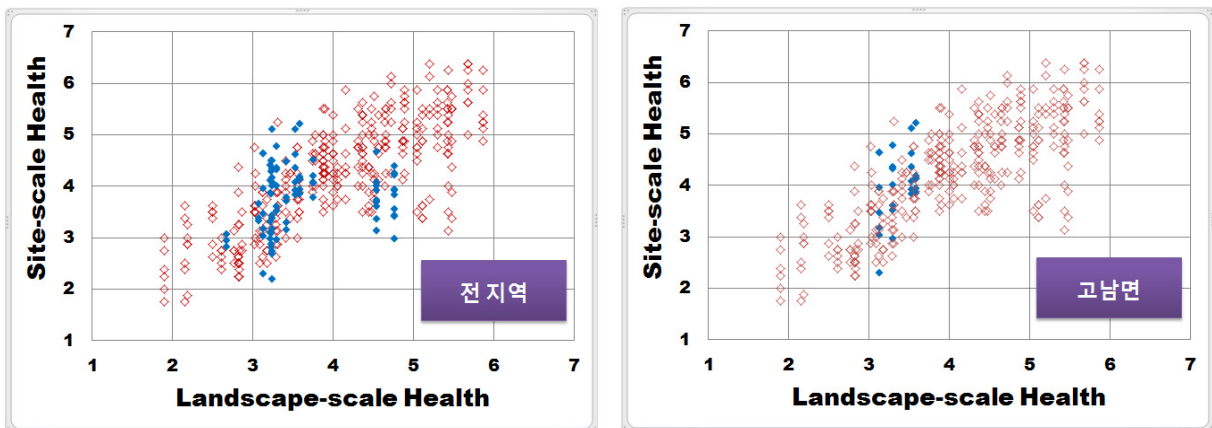
[표 2-76] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)

조치방안	정 의
창출 (Creation)	그 지역에 과거에 존재하지 않았던 새로운 생태계를 만들어내는 것을 포함하며, 복원과 대조적으로 creation은 한 서식처 유형이나 생태계를 다른 것으로 개조/전환하는 것을 포함한다.
기능 강화 (Enhancement)	서식처의 구조적인 혹은 기능적인 속성을 개선하는 임의의 행위를 의미하는 것으로서, 관련 기관들의 합의를 통하여 하나 이상의 속성을 늘리고 이전에는 존재하지 않았던 조건을 제공함으로써 기존의 서식처를 의도적으로 개조하는 것을 의미한다. 하구역 생태계에 있어 Enhancement는 종종 생태계의 선택된 속성을 강화하는 것을 의미하며, 조간대 염습지 혹은 잘피밭 등의 질 개선 혹은 규모 확대 등의 구체적인 행위가 이에 포함된다.
복원 (Restoration)	이전에 존재하던 상황과 근사한 조건으로 생태계를 되돌리는 것이나 Evans et al., (2006)은 기존에 존재하는 생태계 혹은 서식처의 상황을 개선할 의도로 행하는 인간의 간섭 행위로 정의하였다. 또한 인간의 간섭이 없는 조건보다 생태계의 회복 속도를 증가시킬 수 있는 임의의 행위를 포함하는 것으로 보았다.
보존 (Conservation)	생물다양성의 유지/보존을 의미한다. 보존 생물학은 생태학, 생물지리학, 개체군 유전학, 경제학, 사회학, 인류학, 철학과 생물 다양성의 유지를 위한 다른 이론적인 학문분야들의 원리를 적용한 종합적인 분야이다. Conservation은 생물다양성과 이를 유지하는 구조와 과정에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 개발을 허용한다.
보존 (Preservation)	Preservation은 서식처 혹은 생태계의 구조 와/혹은 기능에 부정적인 영향을 줄 수 있는 활동들을 공식적으로 배제하는 것을 이른다. 또한 Preservation은 특정 종에게 직접 혹은 이들의 서식처를 훼손함으로써 간접적으로 피해를 줄 수 있는 위해를 제거하는 것과 같이 관리 행위(활동)를 통하여 특정 종 혹은 종 집단의 preservation과 같이 활용될 수도 있다. 이 전략은 해양보호구역 (Marine protected areas, MPAs)에 적합하다. 해양보호구역은 남획과 서식처 손실에 의해 위기에 처한 어류 개체군을 보존을 가능하게 할 수 있는 수단으로 점차 주목을 받고 있다. 해양보호구역은 특정 종의 생식 혹은 보육과 같이 기능적인 측면에서 중요하다고 알려진 서식처에 일반적으로 설정된다.

앞서 논의한 바와 같이 생물학적 요인, 그리고 경관생태학적 요인들을 대상으로 각 항목이 지닌 생태계 구조와 기능상의 중요성에 대한 가중치를 적용하여 산출된 종합평가 결과를 [그림 2-97]에 제시하였다. 결과에 의하면 조사지역 전체 (태안군 남면, 고남면, 보령시 주교리)의 건강도는 국내 갯벌의 현황을 기준으로 했을 때, 보통의 수준이었다. 즉, 대부분의 지역이 landscape- 과 site-scale의 중간 범위인 3~5점에 해당하였다. 한편 지역에 따라 구분했을 때, 고남면은 남면보다 landscape scale에서는 다소 낮은 수준이었으나 site scale에서는 오히려 높은 배점을 받는 구역이 존재했으며, 정점 간에 다소 큰 차이를 보인 점이 특징이다 [그림 2-97]. 이는 저서동물의 생체량 분포가 구역 간에 차이를 보인 사실에 기인하고 있다.

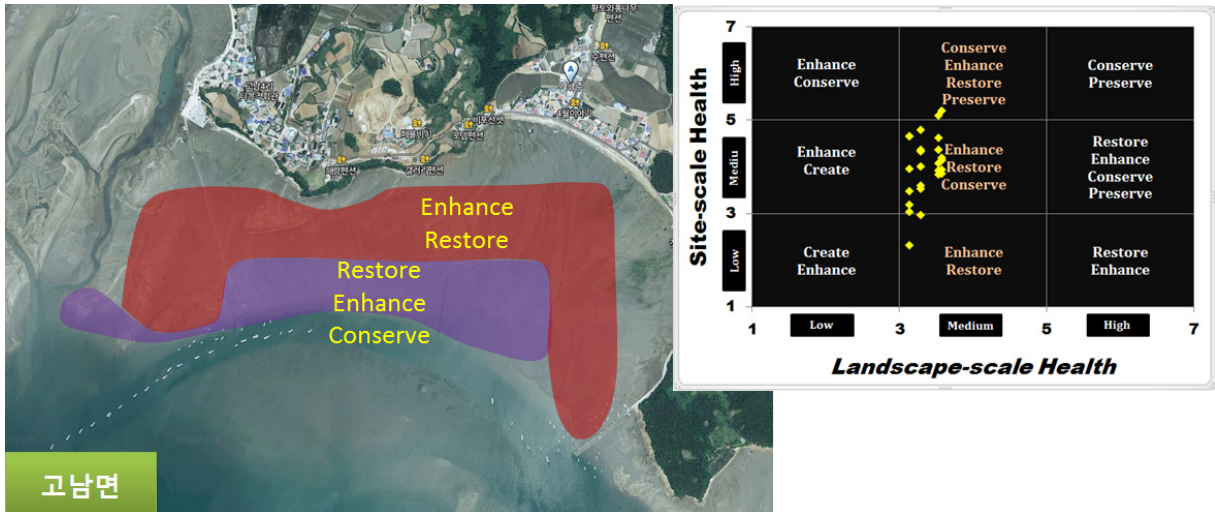
이와 같은 조사결과를 토대로 도출된 고남면 갯벌의 구역별 관리전략은 [그림 2-98]

[표 2-77]과 같다. 앞서 살펴보았듯이 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타났다. 그러나 어장을 효율적으로 관리하기 위해서는 지역 내에서도 구역별로 세분화된 관리계획이 요구되므로 건강도에 근거하여 구역별 관리전략을 제시하였다. 건강도가 상대적으로 낮았던 상부 조위의 구역에는 조사지역의 북서쪽을 중심으로 형성된 굴밭 (oyster bed) 서식처를 보다 넓은 규모로 확장시키거나 다른 구역으로 확대시키는 기능 강화 전략이 가장 현실적인 이행방안으로 판단되었다. 이와 더불어 교란요인이 존재하지 않았던 과거의 환경에 근사한 조건으로 생태계를 되돌리는 개념의 복원 (Restore) 역시 필요한 관리전략으로 도출되었지만 인공 호안의 존재로 인해 실질적인 이행은 어려울 것으로 여겨진다. 이와 달리 상대적으로 양호한 건강도를 보인 중부 및 하부 조위의 구역에는 이매패류, 특히 바지락의 서식환경을 개선할 수 있는 기능 강화 (Enhance) 전략의 이행이 적절할 것으로 판단되었다. 또한 조사지역 조간대 하부의 수로 너머에 존재하는 모래톱 지역은 치패 가입지로서 바지락 개체군의 유지 및 존속에 매우 중요한 서식처로 판단된다. 따라서 중부 및 하부 조위를 대상으로 기능 강화 (Enhance)를 위한 조치가 이행되더라도 이들 모래톱의 환경에 영향을 초래하지 않는 범위에서 진행될 수 있도록 보전 (Conserve) 전략의 수립이 필요하다 [그림 2-98] [표 2-77].



주 : 붉은색은 국내 갯벌의 현황 (국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 고남면 갯벌의 현황을 나타냄

[그림 2-97] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성



[그림 2-98] RPMS 모델 결과에 근거한 구역별 관리전략

[표 2-77] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
고남면	상부 조위	기능 강화 (Enhance) 복원 (Restore)	굴밭의 규모 확장 및 다른 지역으로 확대
	중/하부 조위	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance) 보전 (Conserve)	바지락 서식환경 개선 및 생산력 증대 바지락 개체군 존속을 위한 모래톱 지역의 환경 보전

※ [그림 2-98] 참조

□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□

제 3 장

보령시 주교면 갯벌

제3장 보령시 주교면 갯벌

제1절 수리환경

1. 연구내용 및 방법

주교면 갯벌의 수리에너지 특성은 겨울(2011년 2월)과 여름(2011년 6월)의 대조기에 저조선 부근에 위치한 정점 T(36° 22' 07.2" N, 126° 30' 12.4" E)에 수리관측기를 설치하여 조사하였다[그림 3-1]. 수리관측기 설치 및 자료처리 과정은 제1장 태안군 남면 갯벌의 수리환경 연구내용 및 방법과 동일하다.



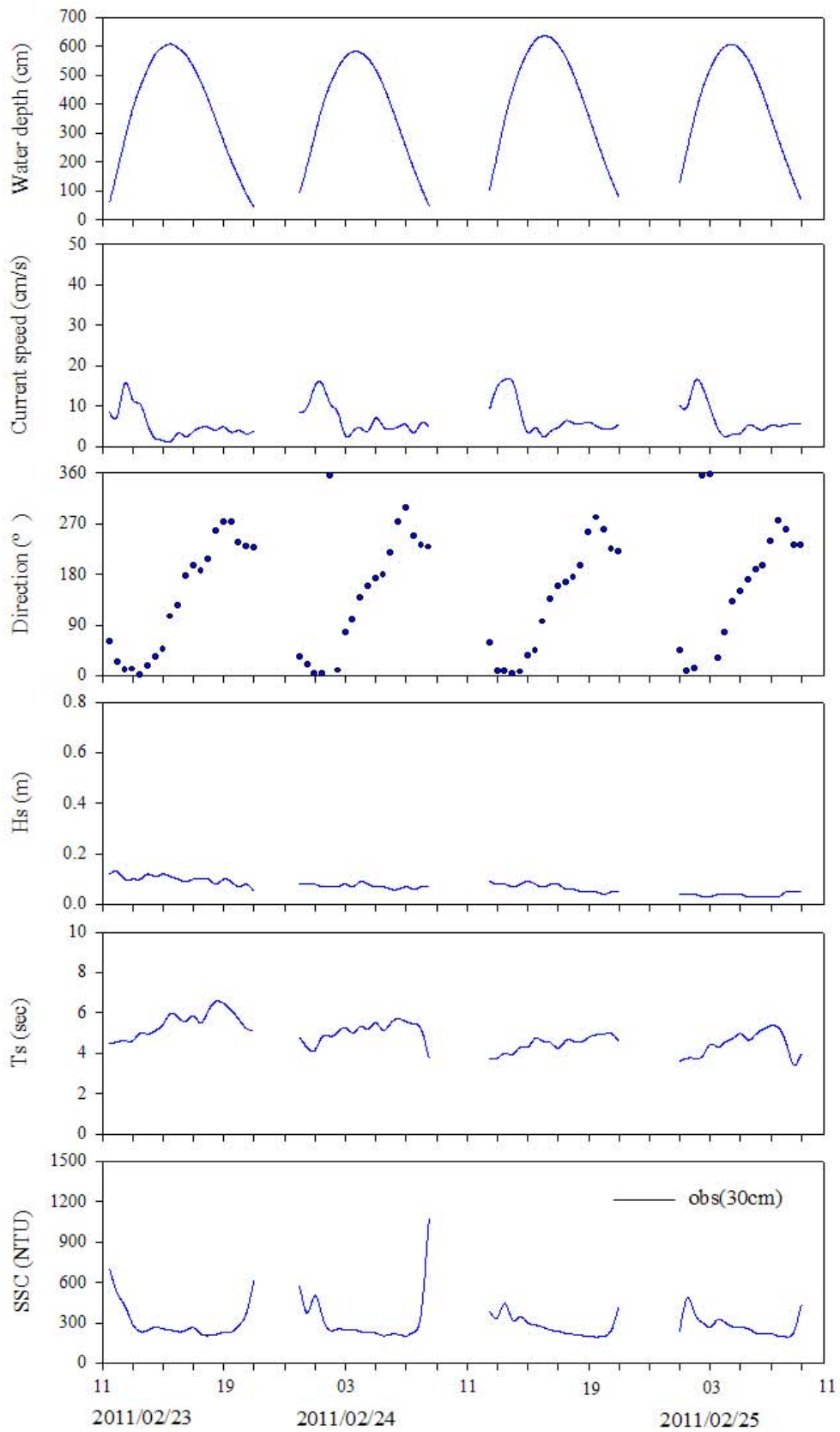
[그림 3-1] 주교면 갯벌 수리관측 정점도

2. 연구결과

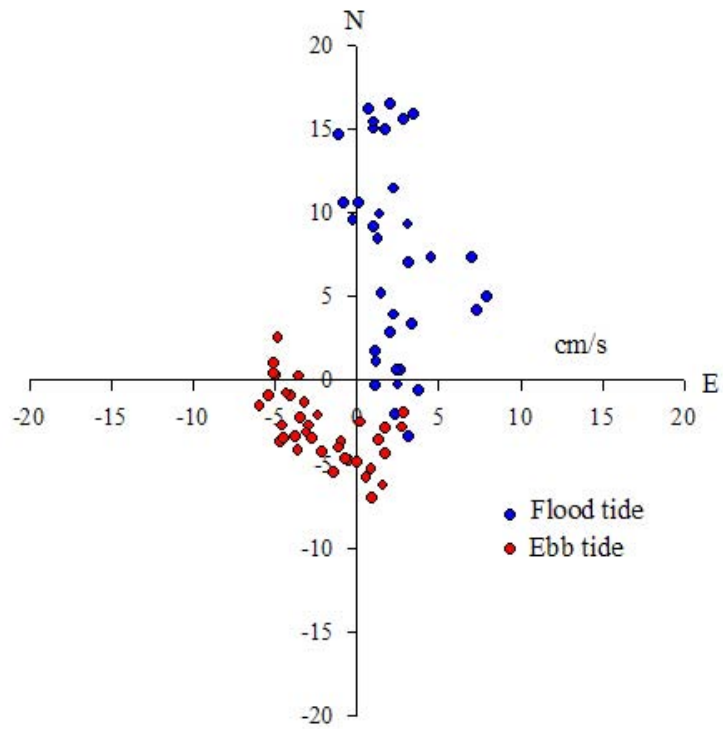
가. 조석 및 조류

겨울: 2011년 2월 23일부터 25일까지 4 조석주기 동안 조위(water level)를 관측한 결과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석(semidiurnal tide)으로서 만조수위는 5.8~6.4m(평균 6.2m) 범위, 일조부등(diurnal inequality)은 약 28cm를 보이며 변화하였다[그림 3-2]. 관측지점에서 1 조석주기 동안 대기 중에 노출되는 시간은 약 2시간, 해수에 침수되는 시간은 약 10 시간 정도였고, 낙조시간이 창조시간보다 37분 정도 더 긴 특징을 보였다[그림 3-2]. 조류의 최저유속은 대체로 만조 직전에 나타났고, 최고유속은 창조 초에 나타났다[그림 3-2]. 창조와 낙조의 평균저층유속은 8.6cm/s, 낙조의 평균저층유속은 4.8cm/s로서 창조류가 낙조류에 비해 약 2배 정도 더 강하였고[표 3-1], 관측기간 동안의 최고유속도 16.6cm/s로서 창조 초에 나타났다[그림 3-2]. 조류의 방향은 창조류는 북향류, 낙조류는 남향류가 우세한 편이었고, 특히 창조류는 방향 변화가 없는 반면, 낙조류는 조석 시간에 따라 방향이 크게 변하는 특징을 보였다[그림 3-3], [그림 3-4]. 조류의 세기는 대체로 낙조보다 창조 때 더 강하였고, 특히 창조 초반에 가장 강한 특징을 보였다[그림 3-4].

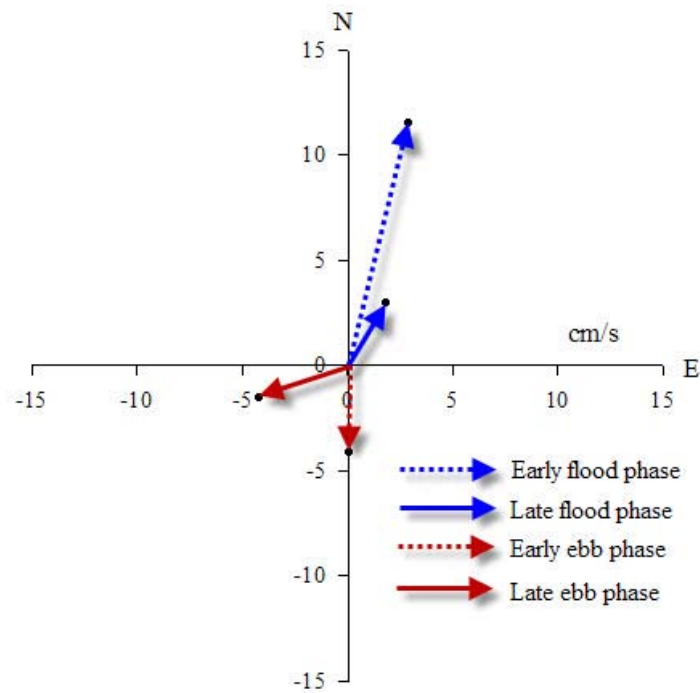
여름: 2011년 6월 4일부터 6일까지 4 조석주기 동안 조위를 관측한 결과, 관측지점의 조석은 반일주기의 조석으로서 만조수위는 3.7~4.7m(평균 4.2m) 범위에서 매일 97cm 미만의 차이를 보이며 변화하였다[그림 3-5]. 관측지점에서 한 조석주기 동안 대기에 노출되는 시간은 약 3시간, 해수에 침수되는 시간은 약 9시간 정도였고, 낙조 지속시간은 창조 지속시간에 비해 35분 정도 더 길었다[그림 3-5]. 조류의 유속은 대체로 만조 때 최저유속을 보였고, 창조 초에 최고유속을 보였다[그림 3-5]. 창조와 낙조의 평균저층유속은 3.2cm/s, 낙조의 평균저층유속은 2.0cm/s로서 창조류가 낙조류보다 강하였고, 관측기간의 최고유속은 7.5cm/s로서 겨울에 비해 아주 약한 편이었다[그림 3-6]. 조류의 방향은 겨울에 비해 창조류의 경우 동쪽으로, 낙조류의 경우 서쪽으로 편향되는 경향을 보였고[그림 3-6], 겨울에 비해 낙조류의 방향변화가 더 큰 것으로 나타났다[그림 3-7].



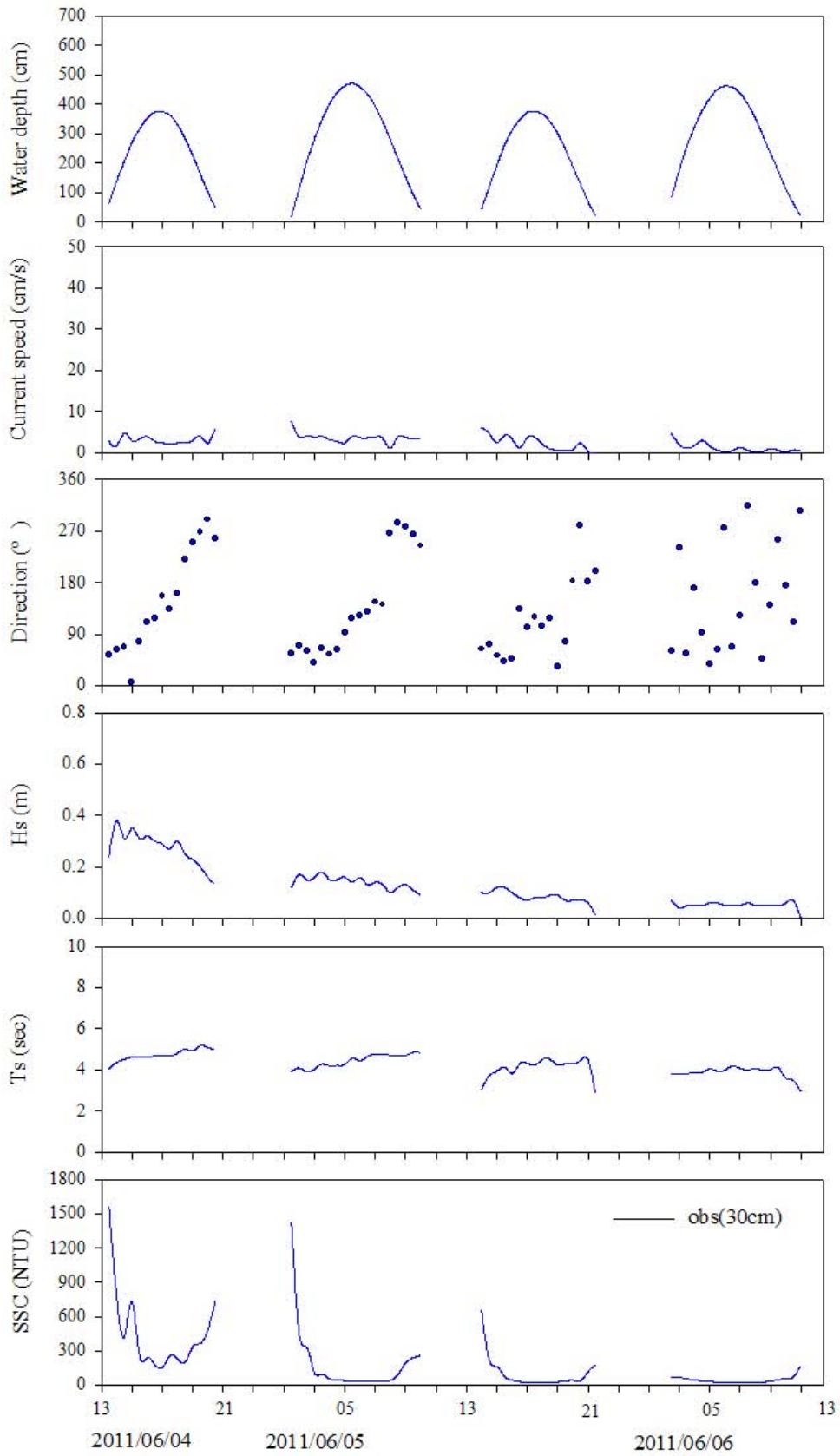
[그림 3-2] 주교면 갯벌 겨울철 수리관측 자료



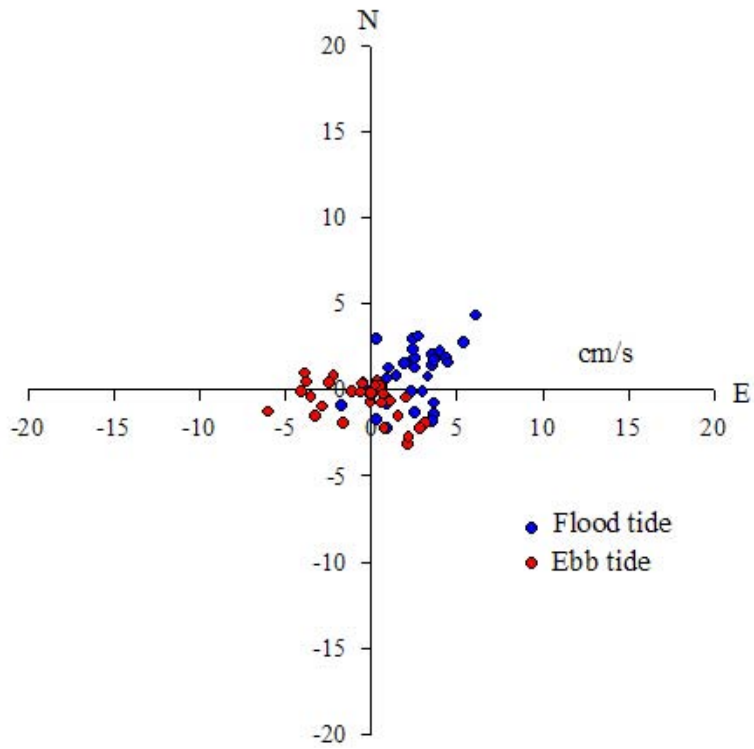
[그림 3-3] 주교면 갯벌 겨울철 저층조류 산포도



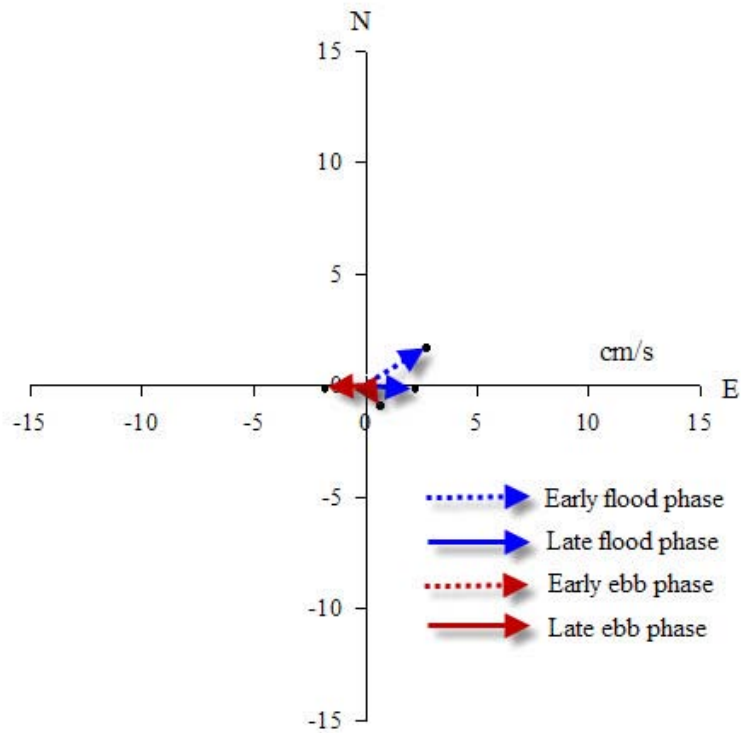
[그림 3-4] 주교면 갯벌 겨울철 저층조류의 유속 및 유향 변화



[그림 3-5] 주교면 갯벌 여름철 수리관측 자료



[그림 3-6] 주교면 갯벌 여름철 저층조류 산포도



[그림 3-7] 주교면 갯벌 여름철 저층조류의 유속 및 유향 변화

[표 3-1] 주교면 갯벌에서 종합수리관측기(TISDOS)에 의한 관측 결과

조사 지역	조사 시기	조석 상태	조사 횟수	평균 지속시간 (시간:분)	평균 유속 (cm/s)	평균 유의파고 (cm)	평균 부유물농도 (mg/L)	부유물 순이동량	
								크기 (kg/m ²)	방향 (°)
주교면	겨울	창조	4	3:45	8.6	8	94.0	136.5	19
		낙조	4	4:22	4.8	6	76.5	63.3	221
		1조석	4	8:07	6.7	7	85.2	73.2	5
	여름	창조	4	3:45	3.2	15	100.3	62.2	60
		낙조	4	4:20	2.0	11	53.9	26.5	255
		1조석	4	8:05	2.6	13	77.2	35.7	50

나. 파랑

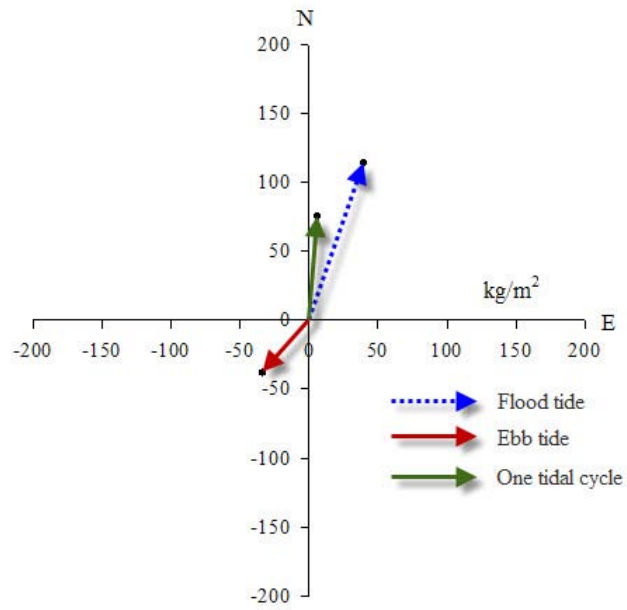
겨울: 관측지점의 유의파고는 3~13cm(평균 7cm) 범위를 보였다[그림 3-2]. 파랑의 주기는 3.7~6.6초(평균 4.8초) 범위로 낙조 중반에 긴 특징을 보였다[그림 3-2].

여름: 여름철 유의파고는 0~38cm(평균 13cm) 범위로 겨울보다 높았다. 이는 2011년 6월 4일에 비교적 높은 파도가 일었기 때문이다[그림 3-5]. 파랑의 주기는 2.8~5.2초(평균 4.3초)로 겨울보다 짧았고, 창조보다는 낙조 때 다소 길어지는 경향을 보였다[그림 3-5].

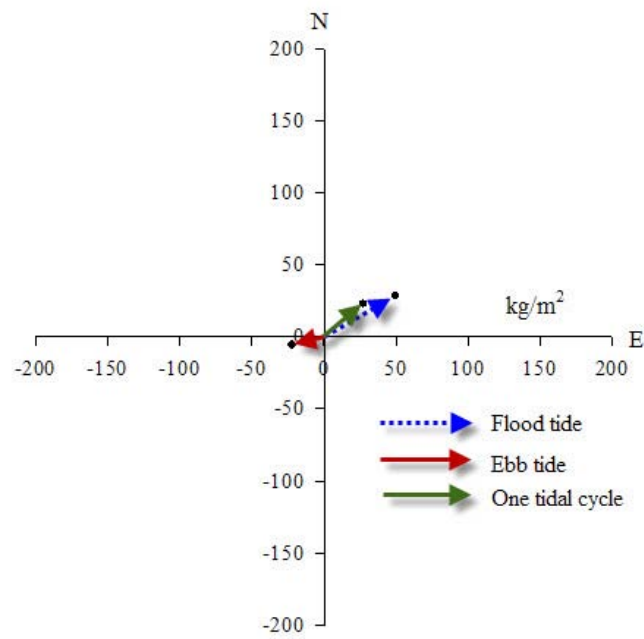
다. 부유물 농도

겨울: 겨울철 부유물의 농도는 창조시 평균 94.0mg/L, 낙조시 평균 76.5mg/L로 창조시에 높았고[표 3-1], 창조시는 초기에 그리고 낙조시는 말기에 높은 경향을 보였다[그림 3-2]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 73.2kg/m²로서 북측(5°)을 향하였고, 낙조보다 창조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 3-8].

여름: 여름철 부유물의 농도는 창조시 평균 100.3mg/L, 낙조시 평균 53.9mg/L로 창조시에 높았고[표 3-1], 창조시는 초기에 그리고 낙조시는 말기에 높은 경향을 보였다[그림 3-5]. 1 조석주기 동안 이동하는 부유물의 평균 순이동량은 35.7kg/m²로서 북북동(50°)을 향하였고, 낙조보다 창조 때 더 많은 양의 부유물이 이동하는 것으로 나타났다[그림 3-8].



a) 겨울



b) 여름

[그림 3-8] 주교면 갯벌에서 1 조석주기 동안 부유물의 평균 순이동량

제2절 퇴적환경

1. 연구내용 및 방법

가. 해안선 변형이력 조사

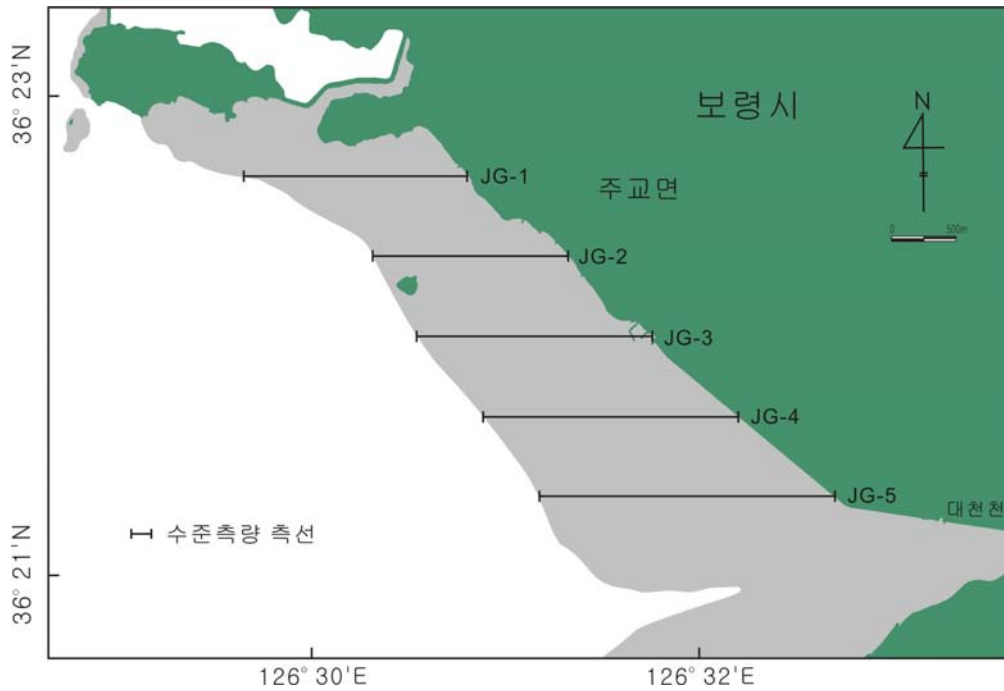
주교면 갯벌의 해안선 변형이력 조사는 1919년 고지도와 1980년 연안해역기본도를 바탕으로 분석하였다[그림 3-9].



[그림 3-9] 주교면 갯벌 주변 고지도(1919년)

나. 갯벌 지형단면 조사

주교면 갯벌의 지형단면 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 5개의 측선을 설정하고[그림 3-10], 그 측선을 따라 수준측량을 실시하였다. 수준측량 방법은 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.



[그림 3-10] 주교면 갯벌 지형단면 조사를 위한 정점도

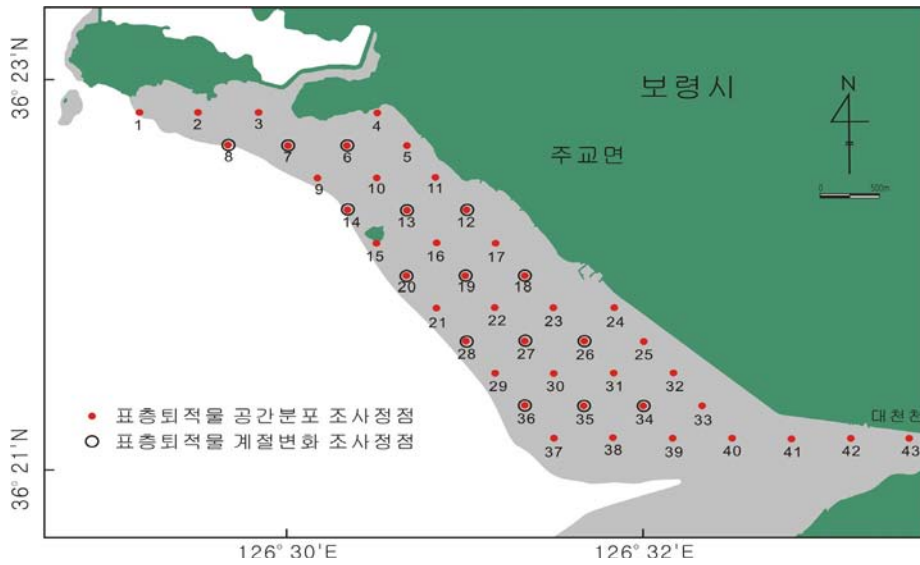
다. 표층퇴적물 분포 및 변화 조사

1) 시료채취

주교면 갯벌의 표층퇴적물 공간분포 특성을 조사하기 위하여 2011년 11월에 43개 정점을 선정하여 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 3-11]. 또한 표층퇴적물의 계절적 변화를 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다[그림 3-11]. 표층퇴적물 시료는 도бором 플라스틱 스폰을 사용하여 채취하였다. 시료채취 정점의 위치는 GPS(Garmin GPS V, USA)를 이용하여 측정하였으며, 각 정점의 위치는 [표 3-2]와 같다.

2) 입도분석

퇴적물의 입도분석은 Ingram(1971)의 표준입도분석 방법에 의거하였으며, 그 과정 및 절차는 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.



[그림 3-11] 주남면 갯벌 표층퇴적물의 공간분포 및 계절변화 조사 정점도

[표 3-2] 보령시 주교면 표층퇴적물 채취 정점좌표

정점	위도	경도	정점	위도	경도
1	36° 22' 50"	126° 29' 10"	23	36° 21' 50"	126° 31' 30"
2	36° 22' 50"	126° 29' 30"	24	36° 21' 50"	126° 31' 50"
3	36° 22' 50"	126° 29' 50"	25	36° 21' 40"	126° 32' 00"
4	36° 22' 50"	126° 30' 30"	26	36° 21' 40"	126° 31' 40"
5	36° 22' 40"	126° 30' 40"	27	36° 21' 40"	126° 31' 20"
6	36° 22' 40"	126° 30' 20"	28	36° 21' 40"	126° 31' 00"
7	36° 22' 40"	126° 30' 00"	29	36° 21' 30"	126° 31' 10"
8	36° 22' 40"	126° 29' 40"	30	36° 21' 30"	126° 31' 30"
9	36° 22' 30"	126° 30' 10"	31	36° 21' 30"	126° 31' 50"
10	36° 22' 30"	126° 30' 30"	32	36° 21' 30"	126° 32' 10"
11	36° 22' 30"	126° 30' 50"	33	36° 21' 20"	126° 32' 20"
12	36° 22' 20"	126° 31' 00"	34	36° 21' 20"	126° 32' 00"
13	36° 22' 20"	126° 30' 40"	35	36° 21' 20"	126° 31' 40"
14	36° 22' 20"	126° 30' 20"	36	36° 21' 20"	126° 31' 20"
15	36° 22' 10"	126° 30' 30"	37	36° 21' 10"	126° 31' 30"
16	36° 22' 10"	126° 30' 50"	38	36° 21' 10"	126° 31' 50"
17	36° 22' 10"	126° 31' 10"	39	36° 21' 10"	126° 32' 10"
18	36° 22' 00"	126° 31' 20"	40	36° 21' 10"	126° 32' 30"
19	36° 22' 00"	126° 31' 00"	41	36° 21' 10"	126° 32' 50"
20	36° 22' 00"	126° 30' 40"	42	36° 21' 10"	126° 33' 10"
21	36° 21' 50"	126° 30' 50"	43	36° 21' 10"	126° 33' 30"
22	36° 21' 50"	126° 31' 10"			

라. 퇴적율 측정

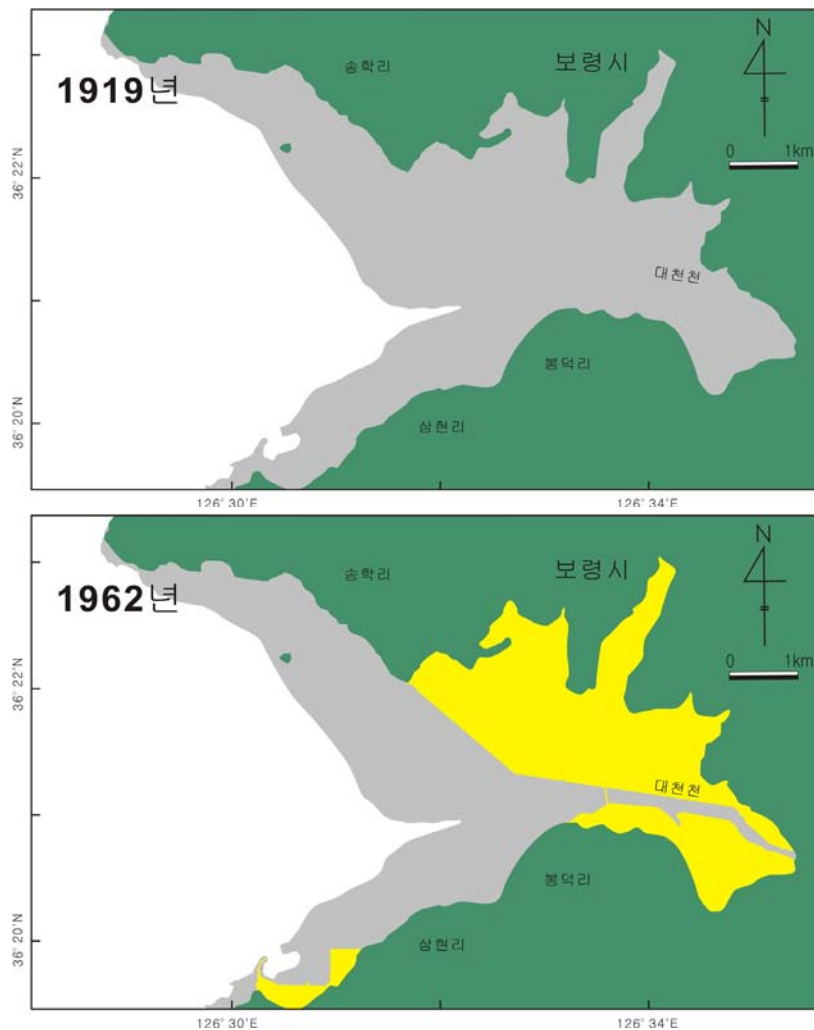
퇴적율의 측정은 아크릴판(SRP; Sedimentation Rate Plate)을 이용한 퇴적율 측정장치를 이용하여 측정하였으며, 그 과정 및 절차는 제1장 태안군 남면 갯벌의 퇴적환경 분야에

서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.

2. 연구결과

가. 해안선 변형이력

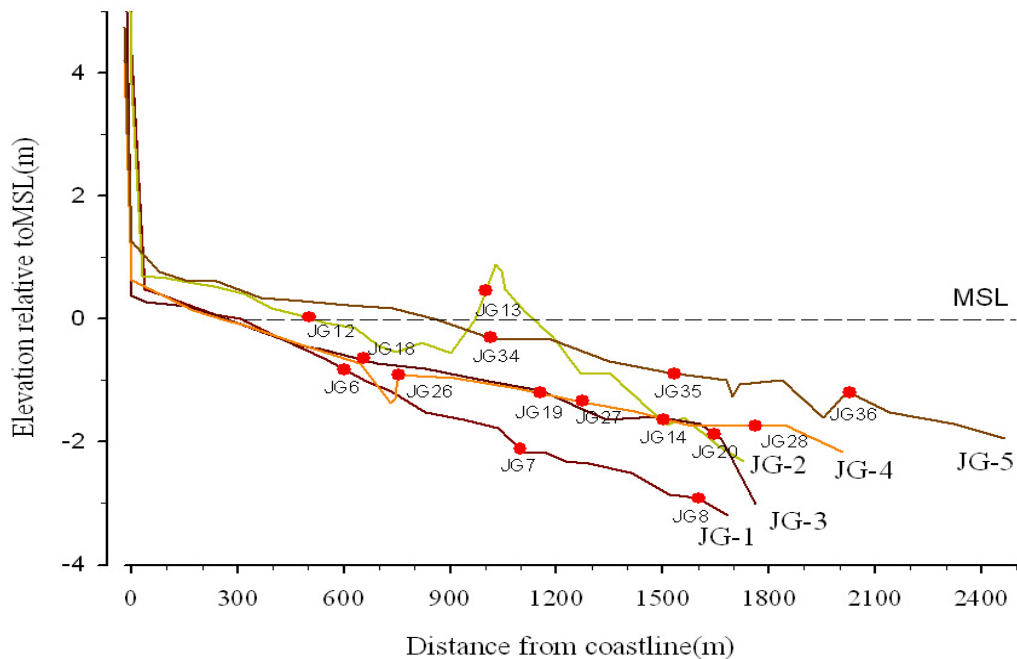
[그림 3-12]는 1919년 고지도와 1980년 연안해역기본도를 통해 고남면 갯벌 주변의 해안선 및 매립현황을 도시한 것이다. 조사지역의 갯벌 면적은 인위적인 지형 변화가 이루어지지 않은 1919년 이전에는 54.5km^2 이던 것이 1962년에는 11.0km^2 가 감소한 43.5km^2 로 나타나 20.2%가 줄어든 것으로 나타났으며, 이 후에는 해안선 변형이 이루어지지 않았다. 또한 해안선 길이는 1919년 35.3km이던 것이, 1962년에 매립이 이루어진 후에는 9.6km 감소하여 25.7km로 27.2%가 감소한 것으로 나타났다.



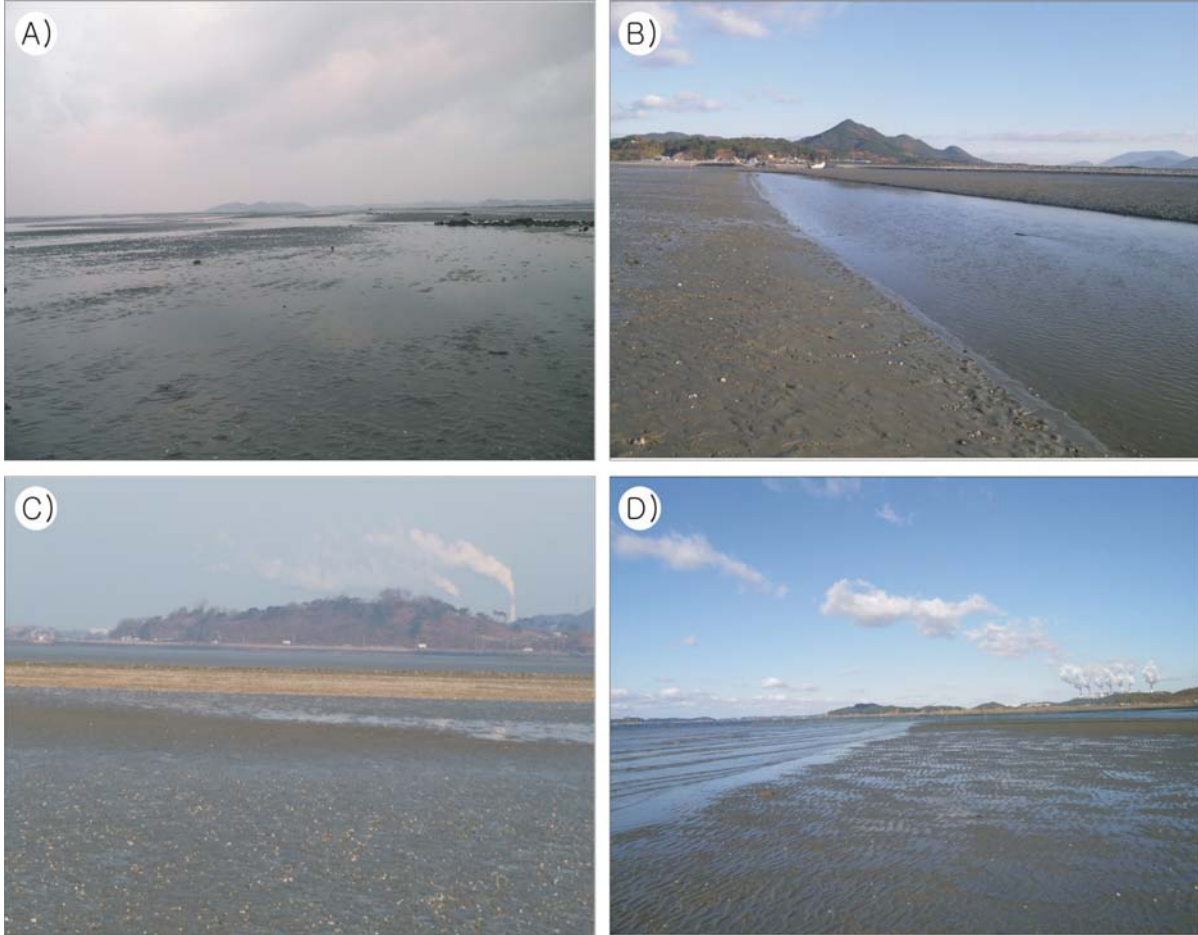
[그림 3-12] 주교면 갯벌 주변 해안선 및 매립현황

나. 갯벌 지형단면 특성

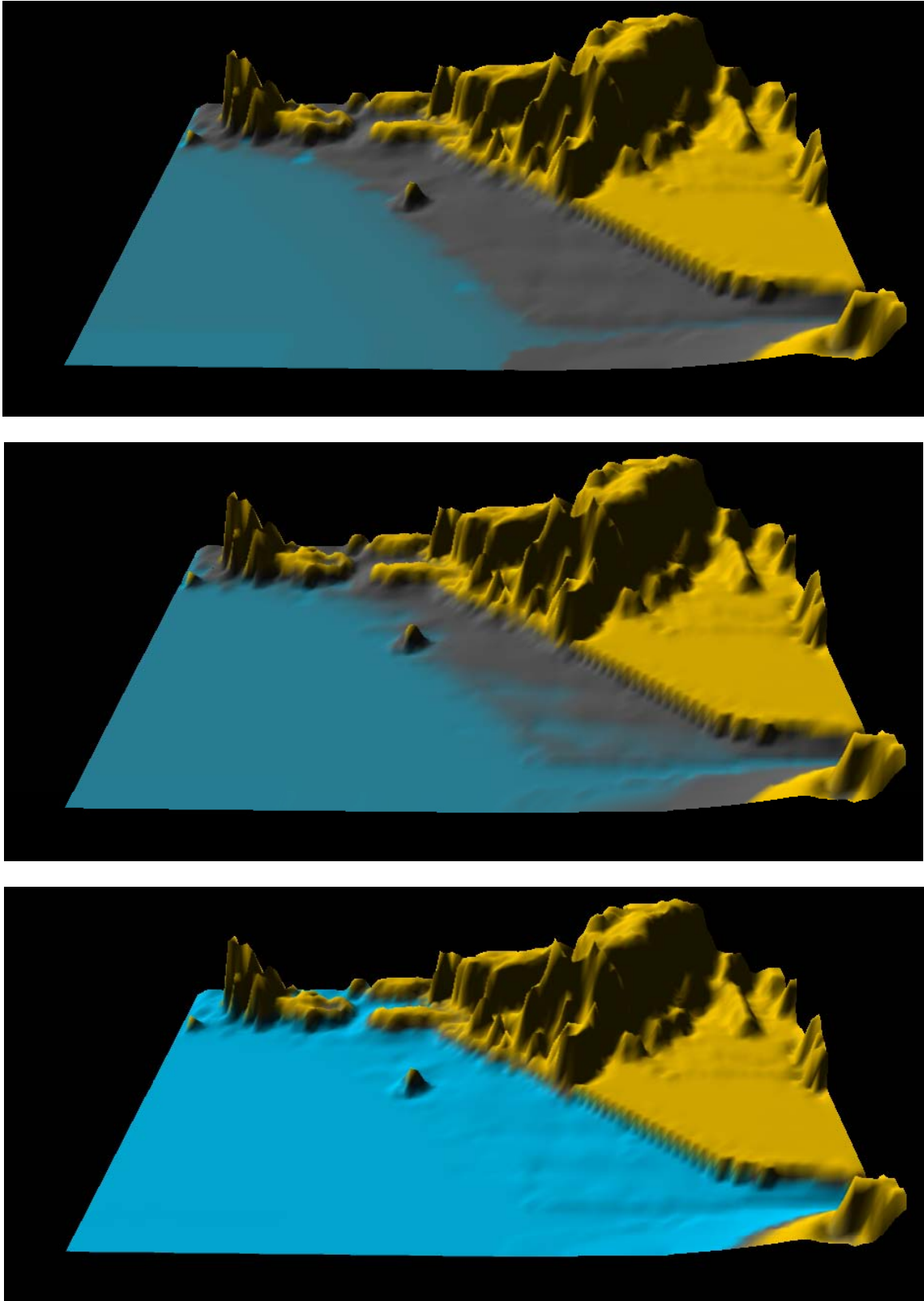
[그림 3-13]은 주교면 갯벌의 지형단면을 도시한 것이다. 측량된 주교면 갯벌은 약 1.7~2.5km 범위의 길이를 보인다. 5개의 측선 중 고도가 가장 높은 측선은 가장 남쪽에 위치하는 측선 JG-5로 나타났으며, 가장 낮은 측선은 가장 북쪽에 위치하는 측선 JG-1로 나타나 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 고도가 높아지는 경향을 보였다[그림 3-13]. 갯벌 내에는 사주(sand bar)와 조류세곡(tidal creek)이 발달되어 있고[그림 3-13], 조하대와는 비교적 급경사를 이루며 연결되어 있다. 사주는 폭 약 300m 내외에 약 2m 내외의 고도를 보이고, 조류세곡은 폭 100m 내외에 약 1m 이내의 깊이를 보인다[그림 3-13]. 바다와 육지가 만나는 해안선에는 대부분 호안(sea-wall)이 건설되어 있다[그림 3-14]. [그림 3-15]는 주교면 갯벌의 조위도를 도시한 것이다.



[그림 3-13] 주교면 갯벌 지형단면 특성



[그림 3-14] 주교면 갯벌 전경. A) 주교면 갯벌 광역전경, B) 조류세곡, C) 사주, D) 간조선 주변



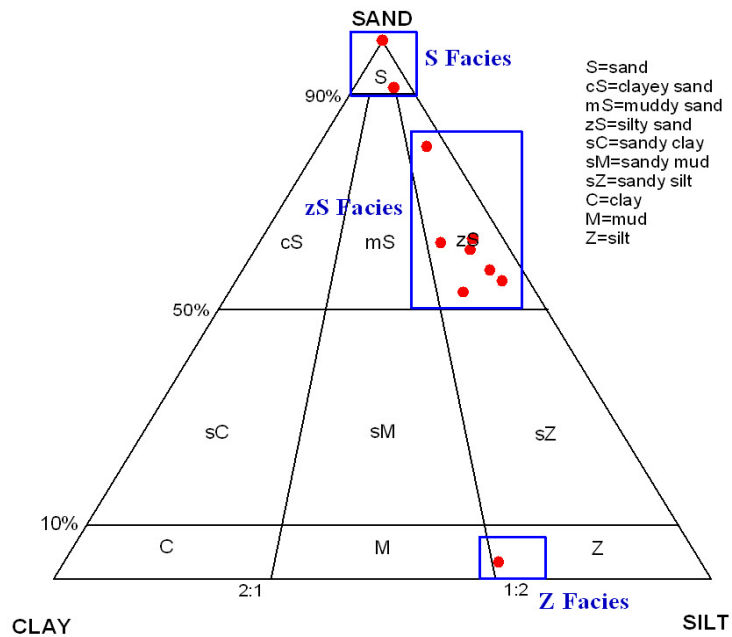
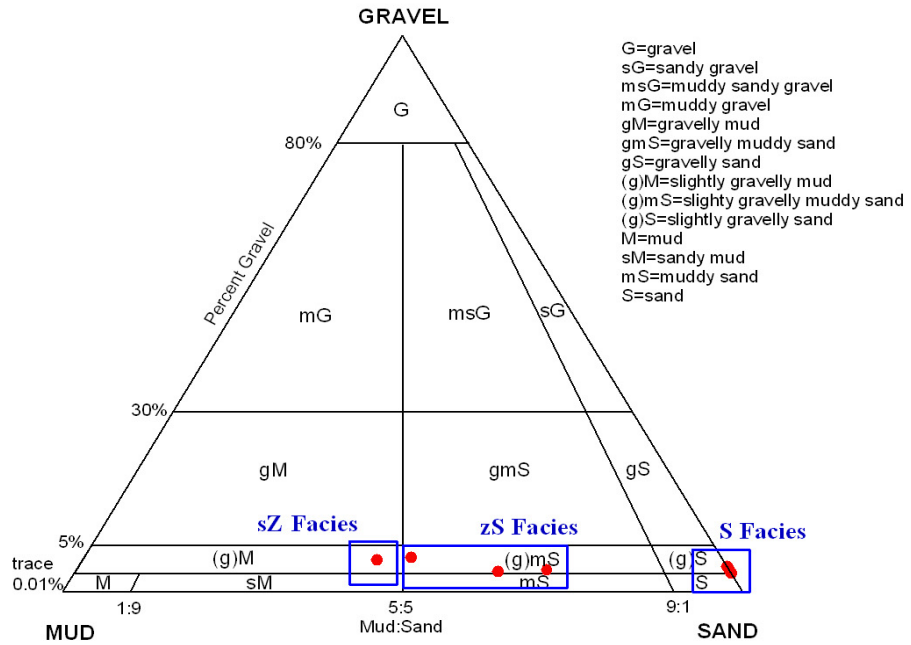
[그림 3-15] 주요면 갯벌 조위도(상: -3m, 중: 0m, 하: -3m). 수심은 평균해수면 기준

다. 표층퇴적상

2011년 11월에 채취한 주교면 갯벌 표층퇴적물의 입도분석 결과를 Folk(1968)의 삼각 좌표에 도시한 결과 약역질사((g)S, slightly gravelly sand), 약역니질사((g)mS, slightly gravelly muddy sand), 약역질니((g)M, slightly gravelly mud), 사(S, sand), 실트질사(zS, silty sand), 실트(Z, silt)의 6개 퇴적물 유형(sedimentary type)으로 구분되어 퇴적물의 조직 특성에 따라 사(S), 실트질사(zS), 사질실트(sZ), 실트(Z)의 4개 퇴적상(facies)으로 조합하였다[그림 3-16]. 퇴적물의 입도분석 결과는 [표 3-3]에 나타내었고, 각 정점별 표층퇴적물의 유형과 표층퇴적상의 공간분포는 [그림 3-17]에 도시하였다.

사(S) 퇴적상은 사와 약역질사 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 5.5%, 93.7%, 0.6%, 0.2%로[표 3-4] 주교면 갯벌에서 가장 광범위한 분포를 보인다[그림 3-17]. 실트질사(zS) 퇴적상은 실트질사와 약역니질사 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 0.6%, 73.3%, 21.4%, 4.7%로[표 3-4] 주교면 갯벌의 북측과 남측, 중앙에서 비교적 광범위한 분포를 보인다[그림 3-17]. 사질실트(sZ) 퇴적상은 사질실트와 약역질니 퇴적물의 조합으로 역과 사, 실트, 점토의 함량이 각각 평균 2.5%, 44.8%, 45.0%, 7.7%로[표 3-4] 주교면 갯벌 북측 일부 해안선 주변에 매우 제한된 분포를 보인다[그림 3-17]. 실트(Z) 퇴적상은 사와 실트, 점토의 함량이 각각 평균 4.8%, 68.2%, 27.0%로[표 3-4] 주교면 갯벌 남측 대천천하구 주변에 제한된 분포를 보인다[그림 3-17].

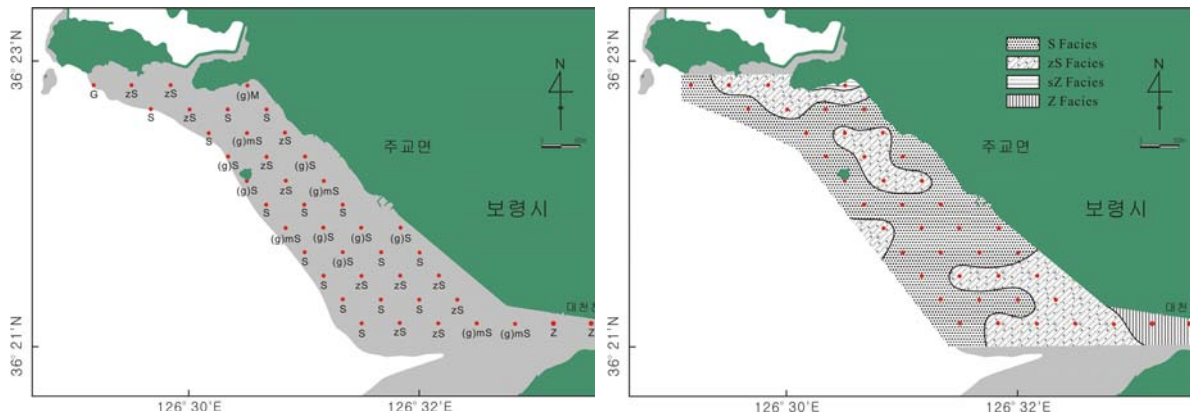
이러한 퇴적상의 분포는 퇴적물 내에 함유되어 있는 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량비에 의해 조절되며, 조사해역에 나타나는 각 성분들(composition)의 범위는 각각 0.0~86.9%(평균 2.4%), 3.2~100%(평균 77.0%), 0.0~70.3%(평균 16.4%), 0.0~30.7%(평균 4.2%)로 모래가 매우 우세한 분포를 보인다[그림 3-17], [표 3-3].



[그림 3-16] 주교면 갯벌 표층퇴적상을 보여주는 삼각다이어그램(Folk, 1968)

[표 3-3] 주교면 갯벌 표층퇴적물의 조직 및 통계변수

정점	조직변수(%)				통계변수				퇴적물 유형 (Folk, 1968)
	자갈	모래	실트	점토	평균 (\bar{x})	분급 (σ)	왜도	첨도	
1	86.9	8.5	3.3	1.4	-2.6	1.4	0.8	2.4	G
2	0.0	62.5	27.6	9.9	4.0	2.1	0.7	1.4	zS
3	0.0	55.4	40.6	4.1	3.9	1.3	0.2	1.0	zS
4	2.5	44.8	45.0	7.7	3.9	2.3	0.1	1.2	(g)M
5	0.0	100	0.0	0.0	2.4	0.7	0.1	0.6	S
6	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.6	-0.2	0.9	S
7	0.0	81.3	13.7	5.0	3.3	1.6	0.3	1.9	zS
8	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
9	0.0	91.2	6.2	2.6	2.6	0.7	0.4	3.0	S
10	0.3	64.4	27.3	8.0	3.8	2.2	0.3	1.9	(g)mS
11	0.0	50.1	41.6	8.3	3.8	2.3	0.1	1.1	zS
12	0.4	99.6	0.0	0.0	2.2	0.9	-0.1	1.1	(g)S
13	0.0	78.7	16.0	5.3	3.0	1.8	0.6	1.6	zS
14	0.2	99.8	0.0	0.0	2.8	0.7	-0.7	1.0	(g)S
15	0.0	100	0.0	0.0	1.7	0.5	0.2	1.4	(g)S
16	0.0	74.3	20.1	5.6	3.1	2.0	0.3	1.4	zS
17	0.7	71.6	21.8	5.9	3.1	2.1	0.2	1.4	(g)mS
18	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.9	-0.6	1.1	S
19	0.0	100	0.0	0.0	1.6	1.0	0.0	1.1	S
20	0.0	100	0.0	0.0	1.6	0.4	0.0	1.2	S
21	3.3	57.1	31.2	8.4	3.7	2.5	0.2	1.8	(g)mS
22	1.3	98.7	0.0	0.0	1.3	0.9	-0.1	1.0	(g)S
23	1.3	98.7	0.0	0.0	1.5	0.9	-0.3	0.9	(g)S
24	0.5	99.5	0.0	0.0	1.4	1.1	0.2	1.0	(g)S
25	0.0	100	0.0	0.0	2.3	0.7	0.0	0.7	S
26	0.0	100	0.0	0.0	1.8	1.1	0.1	0.6	S
27	1.1	98.9	0.0	0.0	1.8	1.1	-0.5	1.1	(g)S
28	0.0	100	0.0	0.0	1.8	0.6	-0.2	1.0	S
29	0.0	100	0.0	0.0	1.7	0.7	-0.1	1.2	S
30	0.0	80.3	16.6	3.1	3.6	0.8	0.2	1.9	zS
31	0.0	53.1	43.2	3.7	4.0	0.9	0.3	1.5	zS
32	0.0	63.2	32.2	4.6	4.0	1.3	0.4	2.0	zS
33	0.0	61.1	32.8	6.1	4.2	1.3	0.6	2.1	zS
34	0.0	100	0.0	0.0	3.1	0.3	-0.4	1.6	S
35	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.4	-0.2	0.9	S
36	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.5	-0.2	1.0	S
37	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.6	-0.3	1.0	S
38	0.0	53.2	35.7	11.1	4.6	2.2	0.6	1.8	zS
39	0.0	57.4	37.7	4.9	3.9	1.6	0.4	1.1	zS
40	2.2	50.0	37.1	10.7	4.1	2.8	0.2	1.4	(g)mS
41	3.0	49.8	37.5	9.7	4.1	2.7	0.1	1.3	(g)mS
42	0.0	6.4	70.3	23.4	6.8	2.5	0.4	1.4	Z
43	0.0	3.2	66.1	30.7	7.5	2.6	0.5	1.1	Z



[그림 3-17] 주교면 갯벌 표층퇴적물의 유형 및 표층퇴적상

[표 3-4] 퇴적물의 조직특성에 근거한 주교면 갯벌 표층퇴적상 분류

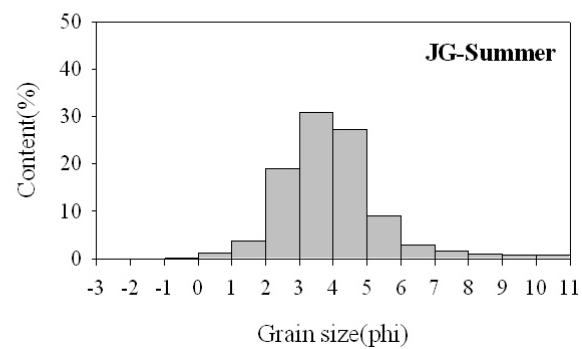
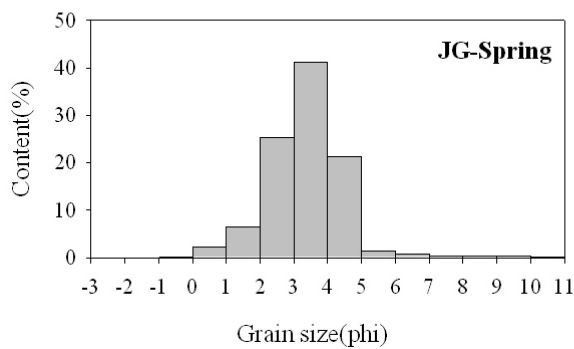
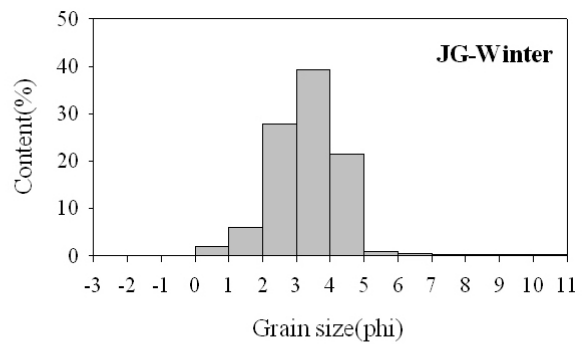
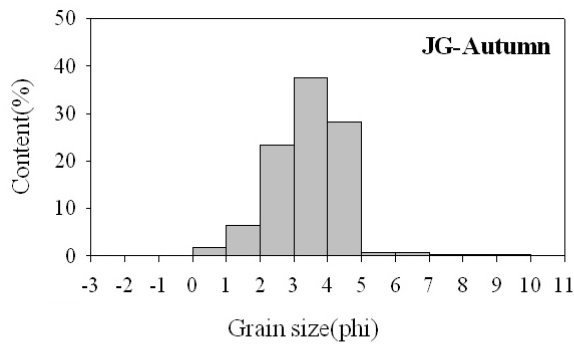
퇴적상	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	주요 퇴적물 유형 (Folk, 1968)
S	5.5	93.7	0.6	0.2	2.0	0.7	-0.1	1.2	S, (g)S
zS	0.6	73.3	21.4	4.7	3.2	1.6	0.2	1.4	zS, (g)mS
sZ	2.5	44.8	45.0	7.7	3.9	2.3	0.1	1.2	(g)M
Z		4.8	68.2	27.0	7.1	2.5	0.4	1.3	Z

라. 표층퇴적물 입도의 계절적 변화

주교면 갯벌에서 계절별로 조사된 표층퇴적물의 입도 특성은 [표 3-5]에 종합하여 정리되었으며, 계절별 기초자료는 [표 3-6]에 나타내었다. 주교면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 계절 평균 0.1%, 93.0%, 5.3%, 1.6%로 모래가 매우 우세한 분포를 보인다. 퇴적물의 평균입도는 가을과 겨울, 봄에 평균 2.3~2.4Ø 범위로 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나 여름에는 평균 3.0Ø로 세립해지는 경향을 보였다. 이러한 세립화는 펄 퇴적물의 함량 증가에 기인한 것으로, 특히 실트 퇴적물의 함량 증가가 두드러졌다 [표 3-5], [그림 3-18]. 실트퇴적물의 경우, 가을과 겨울, 봄에는 일부지역에서 10% 이상의 함량 분포를 보이는데 반해, 여름에는 북부와 중부에서 최대 30% 이상으로 뚜렷하게 증가하는 경향을 보인다[그림 3-18]. 퇴적물의 분급은 가을과 겨울, 봄에는 0.8Ø로 변화를 보이지 않았으나 여름에는 1.2Ø로 상대적으로 불량해지는 경향을 보였다[표 3-5].

[표 3-5] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절별 입도 특성

계절	조사년월	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도
가을	2011. 11	0.1	97.2	2.0	0.7	2.4	0.8	-0.1	1.1
겨울	2012. 02	0.2	96.6	2.2	1.1	2.4	0.8	0.0	1.2
봄	2012. 05	0.2	96.4	2.7	0.7	2.3	0.8	0.0	1.2
여름	2012. 07	0.1	81.8	14.3	3.8	3.0	1.2	0.1	1.4



[그림 3-18] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절에 따른 입도의 점이현상

[표 3-6] 주교면 갯벌 퇴적물의 조직 및 통계변수

조사년월	정점	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	퇴적물 유형 (Folk, 1968]
2011. 11	JG1-6	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.6	-0.2	0.9	S
	JG1-7	0.0	81.3	13.7	5.0	3.3	1.6	0.3	1.9	zS
	JG1-8	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	1.0	S
	JG1-12	0.4	99.6	0.0	0.0	2.2	0.9	-0.1	1.1	(g)S
	JG1-13	0.0	78.7	16.0	5.3	3.0	1.8	0.6	1.6	zS
	JG1-14	0.2	99.8	0.0	0.0	2.8	0.7	-0.7	1.0	(g)S
	JG1-18	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.9	-0.6	1.1	S
	JG1-19	0.0	100	0.0	0.0	1.6	1.0	0.0	1.1	S
	JG1-20	0.0	100	0.0	0.0	1.6	0.4	0.0	1.2	S
	JG1-26	0.0	100	0.0	0.0	1.8	1.1	0.1	0.6	S
	JG1-27	1.1	98.9	0.0	0.0	1.8	1.1	-0.5	1.1	(g)S
	JG1-28	0.0	100	0.0	0.0	1.8	0.6	-0.2	1.0	S
	JG1-34	0.0	100	0.0	0.0	3.1	0.3	-0.4	1.6	S
	JG1-35	0.0	100	0.0	0.0	2.9	0.4	-0.2	0.9	S
	JG1-36	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.5	-0.2	1.0	S

[표 3-6] 계속

조사년월	정점	자갈 (%)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	평균 (Ø)	분급 (Ø)	왜도	첨도	퇴적물 유형 (Folk, 1968)
2012. 02	JG2-6	0.1	91.3	6.0	2.6	2.7	1.0	0.1	1.0	(g)S
	JG2-7	0.0	93.3	4.4	2.3	2.8	0.9	0.1	1.1	mS
	JG2-8	0.0	100	0.0	0.0	2.3	0.5	0.0	1.0	(g)mS
	JG2-12	0.1	99.9	0.0	0.0	2.4	0.7	-0.1	0.9	S
	JG2-13	0.0	83.0	11.5	5.6	2.7	1.7	0.6	2.6	(g)S
	JG2-14	0.6	82.5	11.2	5.7	4.0	1.5	0.2	1.7	S
	JG2-18	0.0	100	0.0	0.0	2.4	0.9	-0.4	0.9	(g)S
	JG2-19	0.4	99.6	0.0	0.0	1.6	0.9	0.0	1.0	(g)S
	JG2-20	0.0	100	0.0	0.0	1.5	0.3	0.1	1.1	(g)S
	JG2-26	0.2	99.8	0.0	0.0	2.3	0.8	-0.4	1.1	S
	JG2-27	0.7	99.3	0.0	0.0	1.3	1.1	-0.1	0.8	S
	JG2-28	0.2	99.8	0.0	0.0	1.8	0.6	-0.3	1.0	S
	JG2-34	0.0	100	0.0	0.0	3.1	0.3	-0.3	1.5	(g)S
	JG2-35	0.0	100	0.0	0.0	2.7	0.4	-0.1	1.0	S
JG2-36	0.0	100	0.0	0.0	2.1	0.7	-0.2	1.2	S	
2012. 05	JG3-6	0.1	99.9	0.0	0.0	2.5	0.7	-0.3	0.7	(g)S
	JG3-7	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.6	-0.1	0.7	S
	JG3-8	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.4	0.0	1.0	S
	JG3-12	0.1	99.9	0.0	0.0	2.4	0.7	-0.1	0.9	(g)S
	JG3-13	0.6	80.5	14.7	4.2	2.8	1.6	0.5	1.7	(g)mS
	JG3-14	0.9	89.1	8.0	2.0	2.9	1.2	-0.1	1.3	(g)mS
	JG3-18	0.0	100	0.0	0.0	2.4	0.9	-0.3	0.9	S
	JG3-19	0.2	99.8	0.0	0.0	1.4	0.8	0.1	0.9	(g)S
	JG3-20	0.0	100	0.0	0.0	1.5	0.3	0.1	1.1	S
	JG3-26	0.2	99.8	0.0	0.0	2.2	1.0	-0.4	0.9	(g)S
	JG3-27	1.5	98.5	0.0	0.0	1.2	1.1	-0.2	0.8	(g)S
	JG3-28	0.0	100	0.0	0.0	1.8	0.7	-0.4	1.0	(g)S
	JG3-34	0.0	100	0.0	0.0	3.1	0.4	-0.1	1.9	S
	JG3-35	0.0	86.7	11.2	2.1	3.1	0.9	0.5	1.7	zS
JG3-36	0.0	92.0	6.5	1.5	2.7	0.7	0.3	2.1	S	
2012. 07	JG4-6	0.0	74.3	23.3	2.4	3.5	1.1	0.1	1.4	zS
	JG4-7	0.0	27.0	47.7	25.3	6.2	3.0	0.3	1.0	sM
	JG4-8	0.0	88.8	7.7	3.6	2.9	0.9	0.5	2.4	mS
	JG4-12	0.0	100	0.0	0.0	2.5	0.6	-0.1	0.8	S
	JG4-13	0.8	99.2	0.0	0.0	2.1	0.6	-0.1	1.0	(g)S
	JG4-14	0.2	83.4	14.8	1.6	3.2	1.0	-0.2	1.3	(g)mS
	JG4-18	0.0	100	0.0	0.0	2.6	0.7	-0.5	1.1	S
	JG4-19	0.3	52.4	40.0	7.3	3.7	2.3	0.1	1.5	(g)mS
	JG4-20	0.0	100	0.0	0.0	1.7	0.4	0.1	1.2	S
	JG4-26	0.0	92.1	6.6	1.3	2.8	1.0	0.0	1.4	S
	JG4-27	0.5	99.5	0.0	0.0	1.8	1.0	-0.3	0.8	(g)S
	JG4-28	0.1	99.9	0.0	0.0	1.7	0.7	-0.2	1.2	(g)S
	JG4-34	0.0	70.4	24.5	5.2	3.7	1.5	0.3	2.2	zS
	JG4-35	0.0	73.2	22.6	4.2	3.4	1.3	0.2	1.5	zS
JG4-36	0.0	66.7	27.8	5.5	3.8	1.3	0.4	2.3	zS	

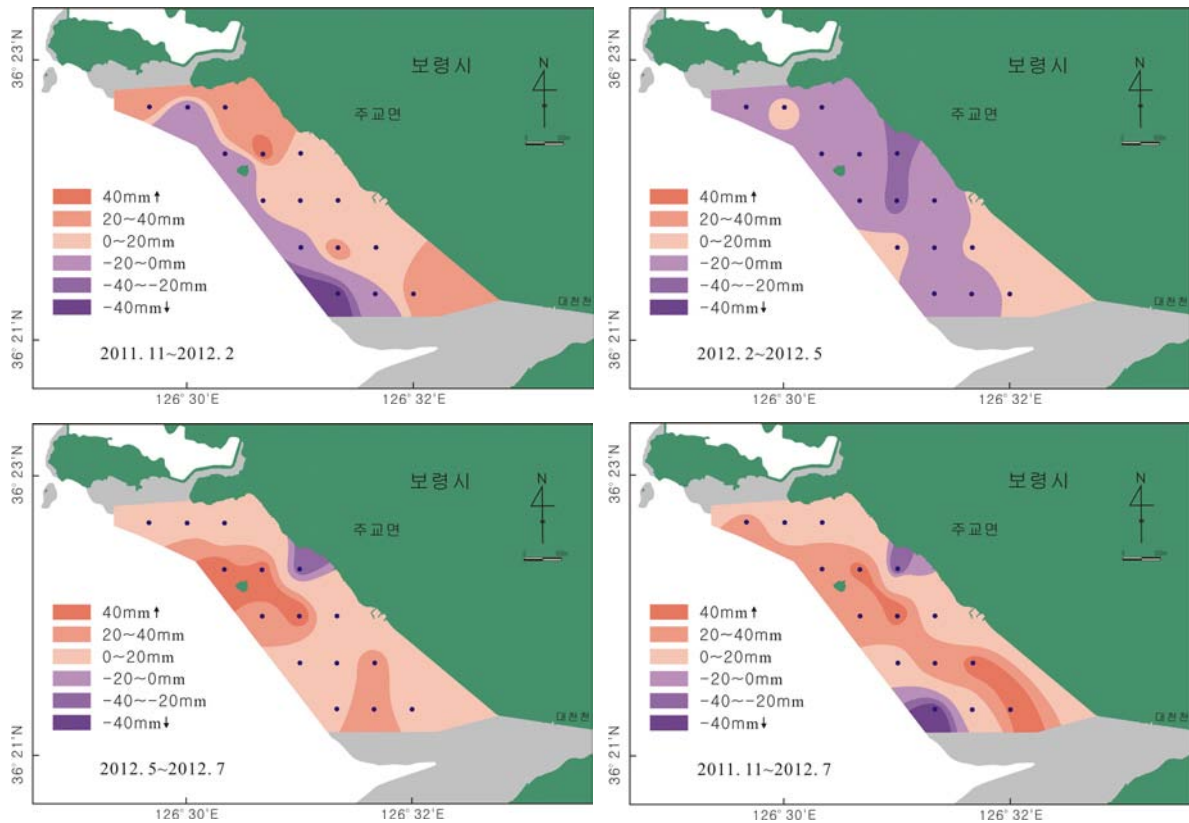
마. 퇴적물의 계절적 변화

2011년 11월부터 2012년 7월까지 약 8개월의 조사기간 동안 주교면 갯벌에서 관측한 퇴적물은 25.3mm로 퇴적되는 경향을 보였다[표 3-7]. 공간적으로는 대부분의 지역에서 퇴적이 우세하였으나 만조선 주변 일부지역과 대천천 하류의 간조선 주변 일부지역에서는 -30mm 이상으로 크게 침식되는 지역도 나타났다[그림 3-19]. 계절적으로는 겨울에는 7.4mm로 퇴적이, 봄에는 -6.5mm로 침식이, 그리고 여름에는 24.4mm로 퇴적되는 경향을 보였다[표 3-7]. 겨울에는 간조선 주변에서는 침식이 우세하였고, 그 밖의 지역에서는 퇴적이 우세하였다. 특히 겨울의 퇴적현상은 북측 갯벌과 남측 만조선 주변 갯벌에서 두드러지게 나타났다[그림 3-19]. 봄에는 대부분 지역에서 침식이 우세하였으나 남측 만조선 주변 갯벌 등 일부지역에서 제한적으로 퇴적되는 양상을 보이기도 하였다[그림 3-19]. 여름에는 봄 동안과는 달리 만조선 주변 일부지역을 제외하고는 대부분 지역에서 퇴적되는 경향을 보였다[그림 3-19].

[표 3-7] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 및 계절적 변화(2011. 11~2012. 7)

조사 지역	조사 정점	퇴적물 변화(mm)			ΔD* (mm)	기간 (day)
		2011. 11. 23- 2012. 2. 21	2012. 2. 22- 2012. 5. 9	2012. 5. 10- 2012. 7. 6		
주교면 갯벌	JG6	27.3	-18.9	4.8	13.2	256
	JG7	-20.0	11.9	17.4	9.3	
	JG8	23.1	-2.9	17.1	37.2	
	JG12	9.6	-20.1	-21.4	-31.9	
	JG13	49.8	-1.4	79.0	127.4	
	JG14	-3.3	-7.9	44.9	33.7	
	JG18	5.1	-13.0	10.3	2.4	
	JG19	14.2	-20.4	52.4	46.2	
	JG20	4.4	-7.7	32.7	29.4	
	JG26	12.2	5.9	29.4	47.5	
	JG27	22.2	-8.0	11.0	25.2	
	JG28	-2.5	4.9	1.5	3.9	
	JG34	38.6	2.3	5.8	46.7	
	JG35	-10.4	-10.4	35.4	14.6	
	JG36	-58.9	-12.3	18.9	-52.3	
	평균	7.4	-6.5	24.4	25.3	

* ΔD denotes depth change from datum(acrylic plate) to surface for each measurement period; positive value indicates accumulation and negative value erosion of sediments.



[그림 3-19] 주교면 갯벌 퇴적물의 계절적 변화

제3절 저질환경

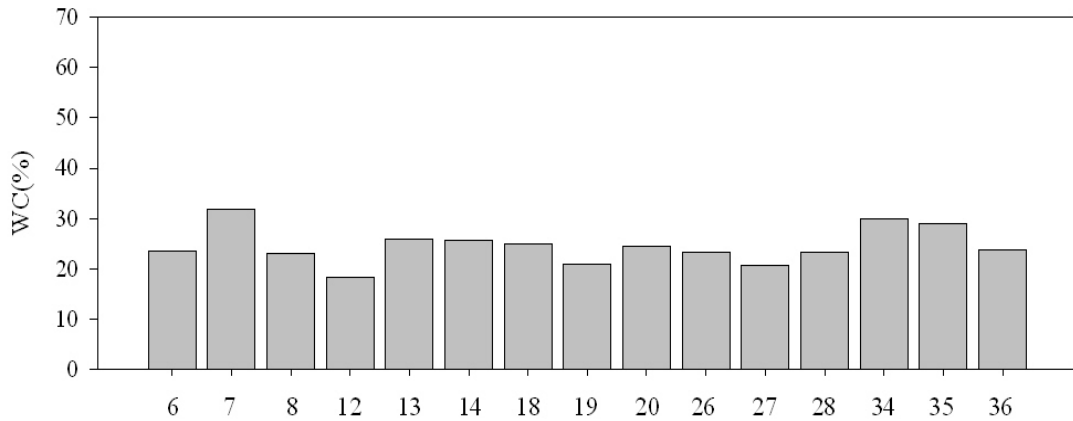
1. 연구내용 및 방법

주교면 갯벌의 저질 특성을 파악하기 위하여 2011년 11월과 2012년 2월, 5월, 7월에 15개 정점에서 표층퇴적물 시료를 채취하였다. 채취된 시료의 분석방법은 제1장 태안군 남면 갯벌의 저질환경 분야에 서술된 연구내용 및 방법과 동일하다.

2. 연구결과

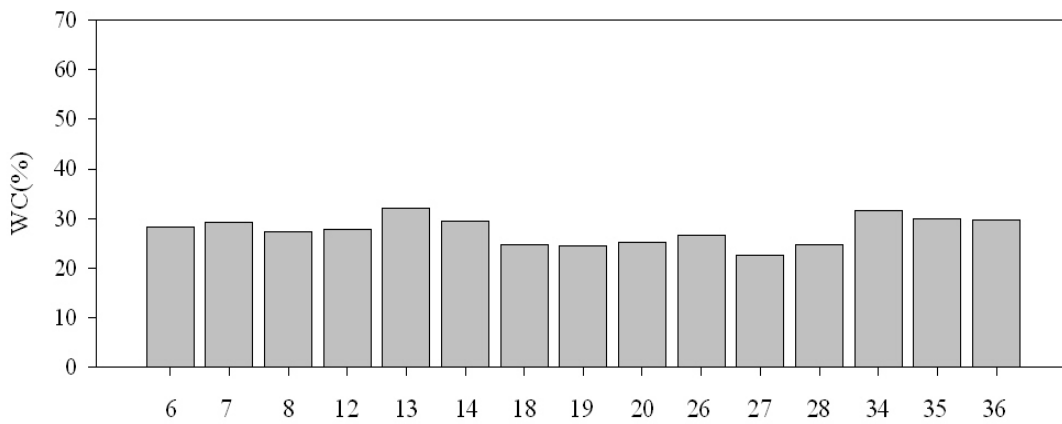
가. 함수율

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 함수율은 18.2~31.9%(평균 24.6±3.6%) 범위로[표 3-8], 북측 갯벌 일부지역(JG7)과 남측 대천천 하류 갯벌(JG34, JG35)에서 다소 높은 값을 보였다[그림 3-20].



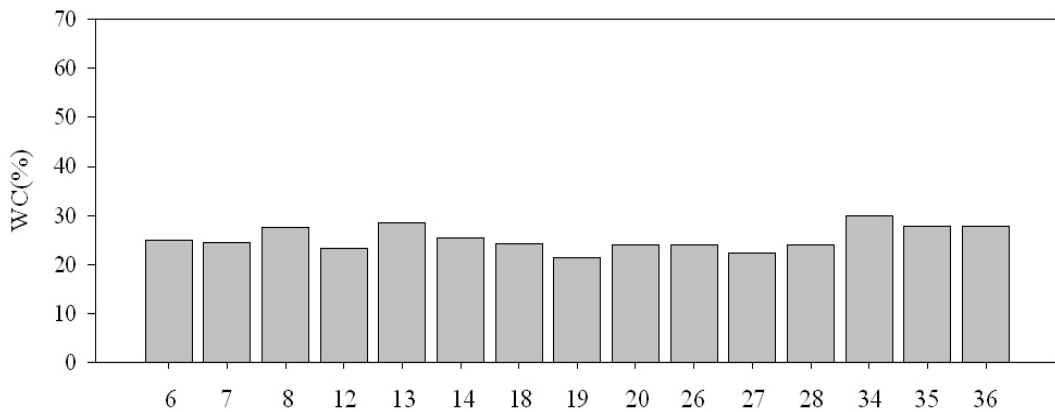
[그림 3-20] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 함수율

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 함수율은 22.5~32.1%(평균 27.6±2.8%) 범위로[표 3-8], 지역에 따른 뚜렷한 편차를 보이지 않았다[그림 3-21].



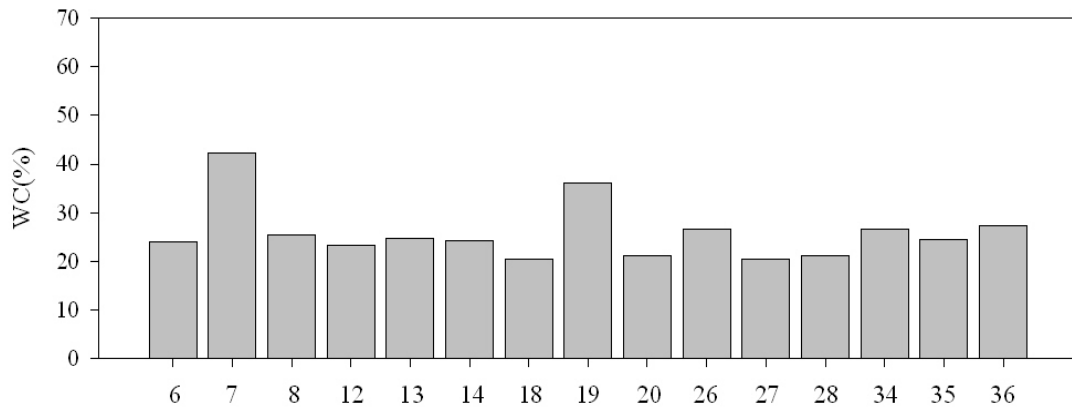
[그림 3-21] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 함수율

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 함수율은 21.5~29.9%(평균 25.3±2.4%) 범위로[표 3-8], 지역에 따른 뚜렷한 편차를 보이지 않았다[그림 3-22].



[그림 3-22] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 함수율

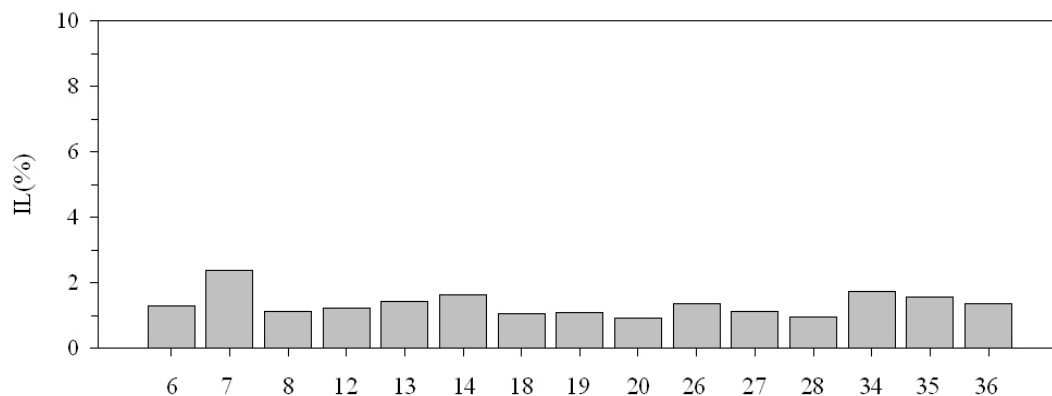
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 함수율은 20.4~42.3%(평균 25.9±6.0%) 범위로[표 3-8], 정점 간 편차는 크지 않으나 중부 갯벌 일부지역(JG7, JG19)에서 다소 높은 값을 보였다[그림 3-23].



[그림 3-23] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 함수율

나. 강열감량

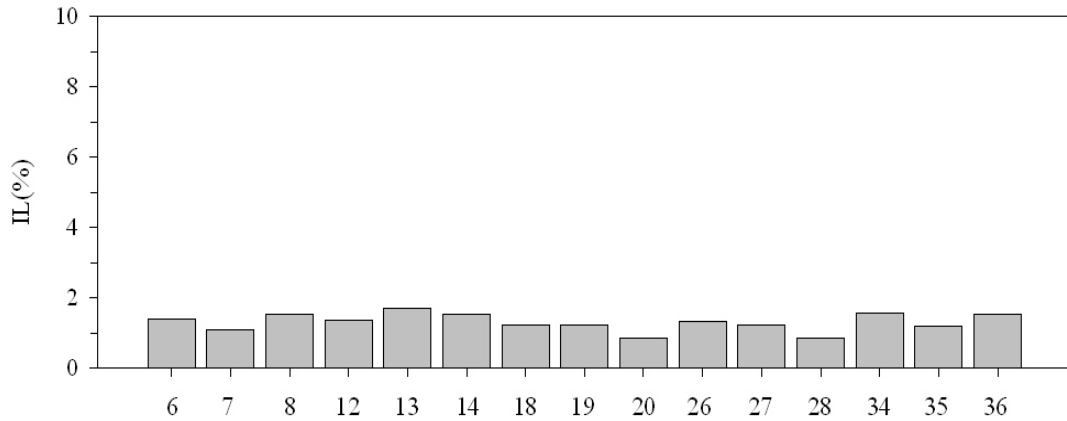
2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.9~2.4%(평균 1.4±0.4%) 범위로[표 3-8], 정점 간 편차는 크지 않으나 북측 갯벌 일부지역(JG7)과 남측 대천천 하류 갯벌(JG34, JG35)에서 다소 높은 값을 보였다[그림 3-24].



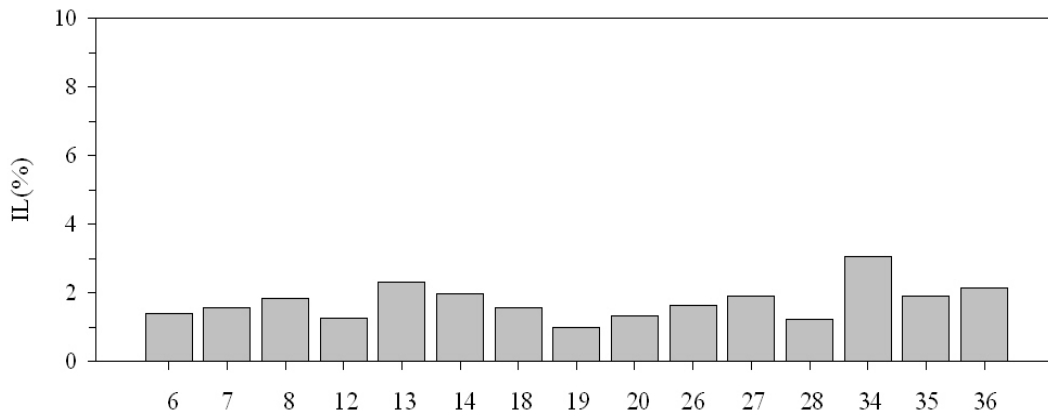
[그림 3-24] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 강열감량

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 강열감량은 0.8~1.7%(평균 1.3±0.3%) 범위로[표 3-8], 정점 간 편차는 크게 나타나지 않았다[그림 3-25].

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 강열감량은 1.0~3.1%(평균 1.7±0.5%) 범위로[표 3-8], 정점 간 편차는 크지 않으나 남측 대천천 하류 갯벌 일부지역(JG34)에서는 다소 높은 값을 보였다[그림 3-26].

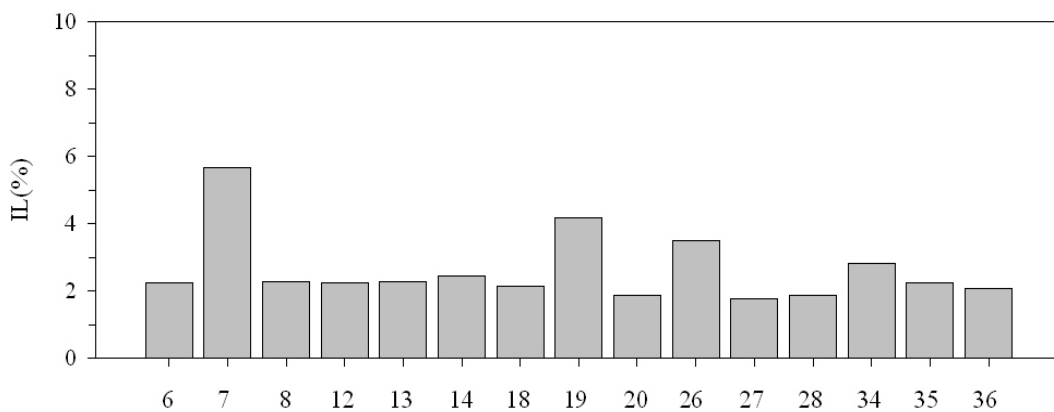


[그림 3-25] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 강열감량



[그림 3-26] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 강열감량

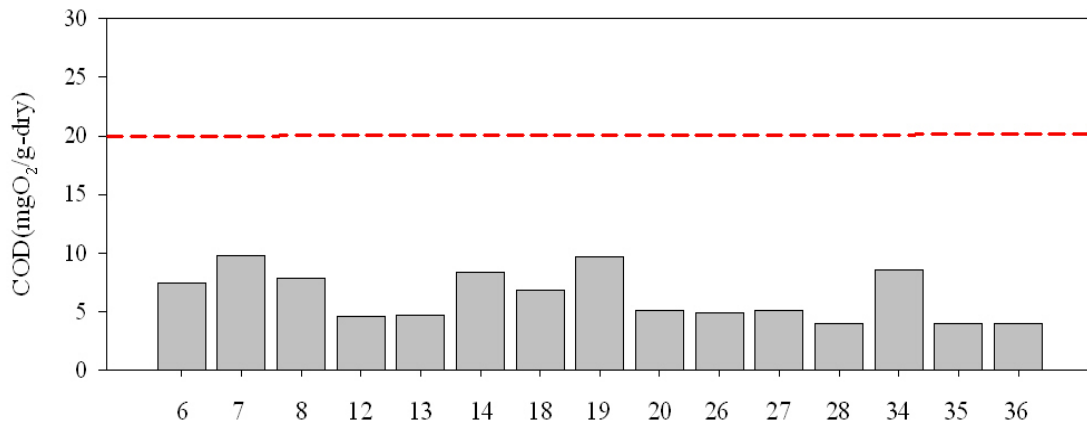
2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 강열감량은 1.8~5.7%(평균 2.6±1.1%) 범위로[표 3-8], 북측 갯벌 일부지역(JG7)과 중부갯벌 일부지역(JG19, JG26)에서는 다소 높은 값을 보였다[그림 3-27].



[그림 3-27] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 강열감량

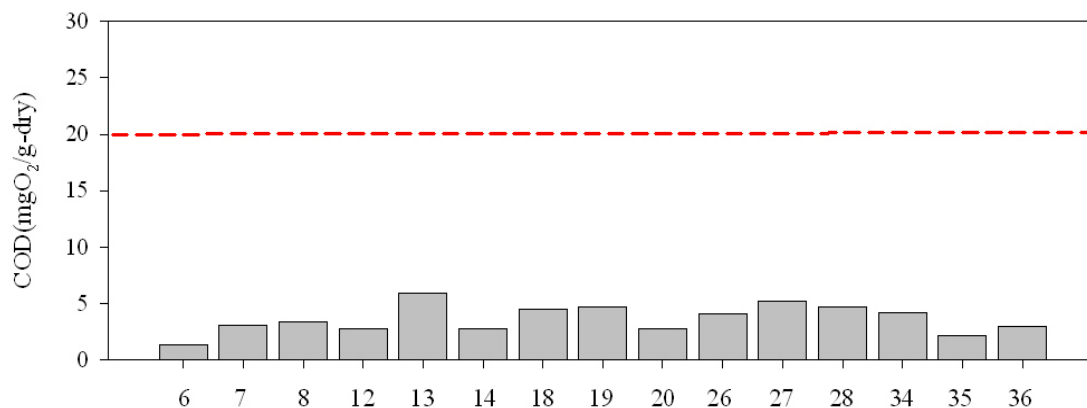
다. 화학적산소요구량

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 $4.0\sim 9.7\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ (평균 $6.3\pm 2.1\text{mgO}_2/\text{g-dry}$) 범위로[표 3-8], 지역에 따라 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 $20\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ 보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-28].



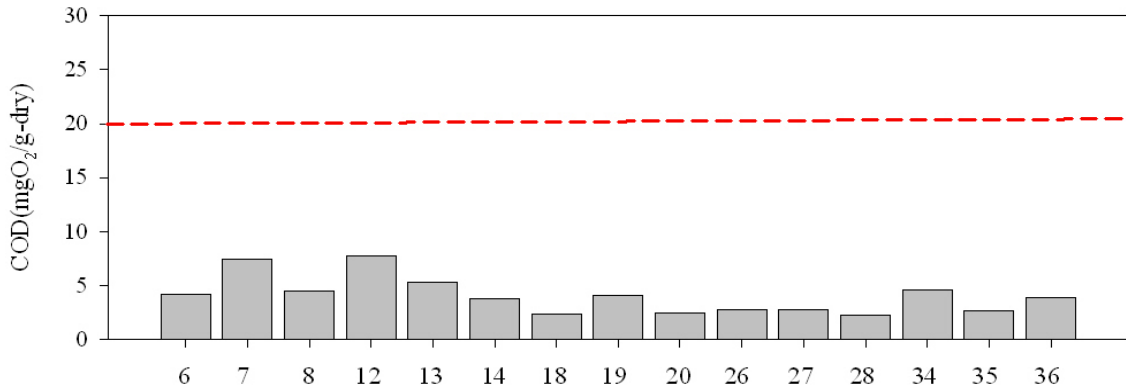
[그림 3-28] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 화학적산소요구량

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 $1.3\sim 5.9\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ (평균 $3.7\pm 1.2\text{mgO}_2/\text{g-dry}$) 범위로[표 3-8], 지역에 따라 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 $20\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ 보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-29].



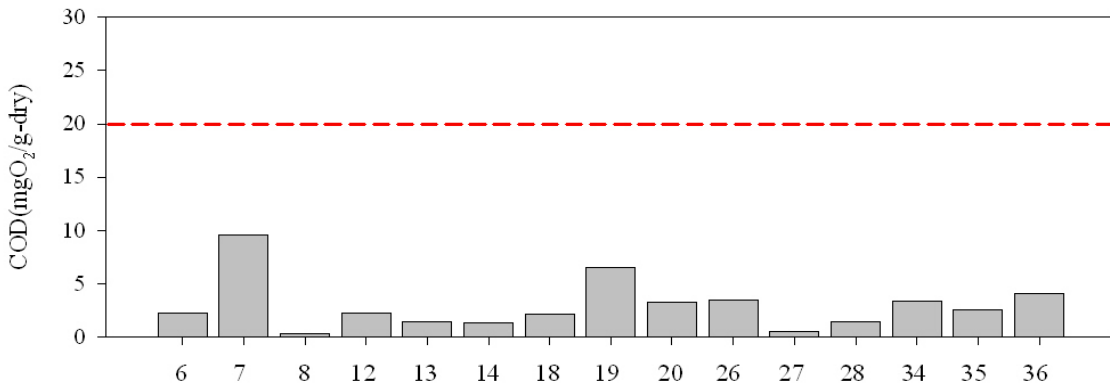
[그림 3-29] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 화학적산소요구량

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 $2.3\sim 7.7\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ (평균 $4.1\pm 1.7\text{mgO}_2/\text{g-dry}$) 범위로[표 3-8], 지역에 따라 큰 편차를 보이지 않고 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 $20\text{mgO}_2/\text{g-dry}$ 보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-30].



[그림 3-30] 주요면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 화학적산소요구량

2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 화학적산소요구량은 0.4~9.6mgO₂/g-dry(평균 3.0±2.4 mgO₂/g-dry) 범위로[표 3-8], 일부 정점(JG7, JG19)에서는 다소 큰 편차를 보이거나 모든 정점에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 20mgO₂/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다 [그림 3-31].

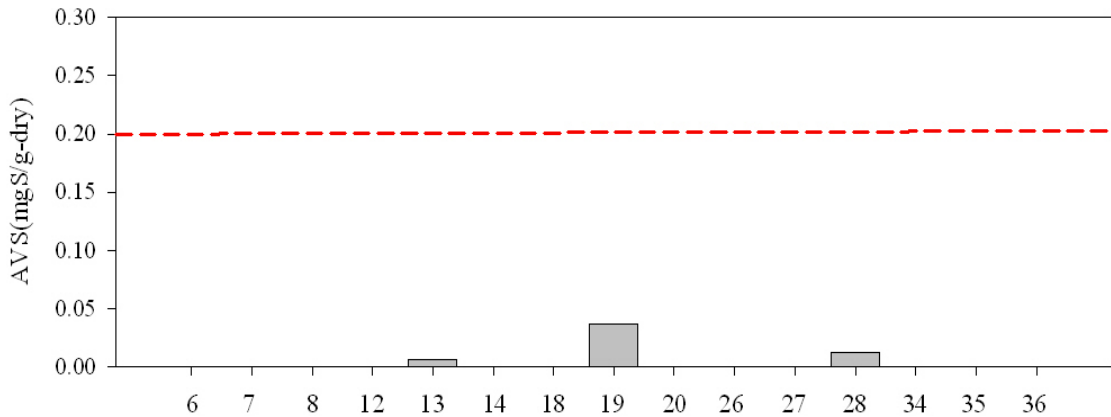


[그림 3-31] 주요면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 화학적산소요구량

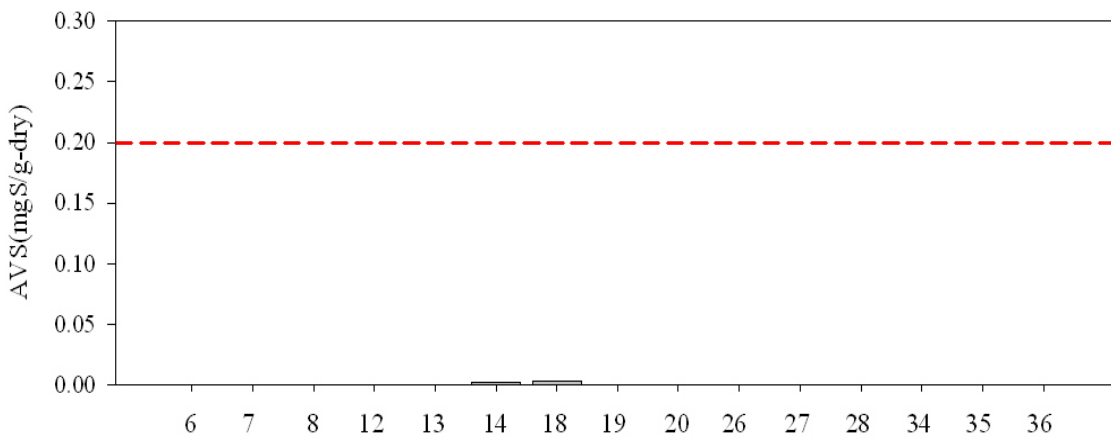
라. 산휘발성황화물

2011년 11월: 추계 표층퇴적물 내 산휘발성황화물은 ND~0.037mgS/g-dry(평균 0.004±0.010%) 범위로[표 3-8], 대부분의 지역에서는 검출되지 않았으나 일부 정점에서는 0.05mgS/g-dry보다 낮은 농도를 보였다[그림 3-32]. 한편 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 1/5 이하의 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-32].

2012년 2월: 동계 표층퇴적물 내 산휘발성황화물은 ND~0.004mgS/g-dry(평균 0.001±0.001%) 범위로[표 3-8], 대부분의 지역에서는 검출되지 않았으나 일부 정점에서는 아주 낮은 농도를 보였다[그림 3-33]. 한편 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 매우 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-33].

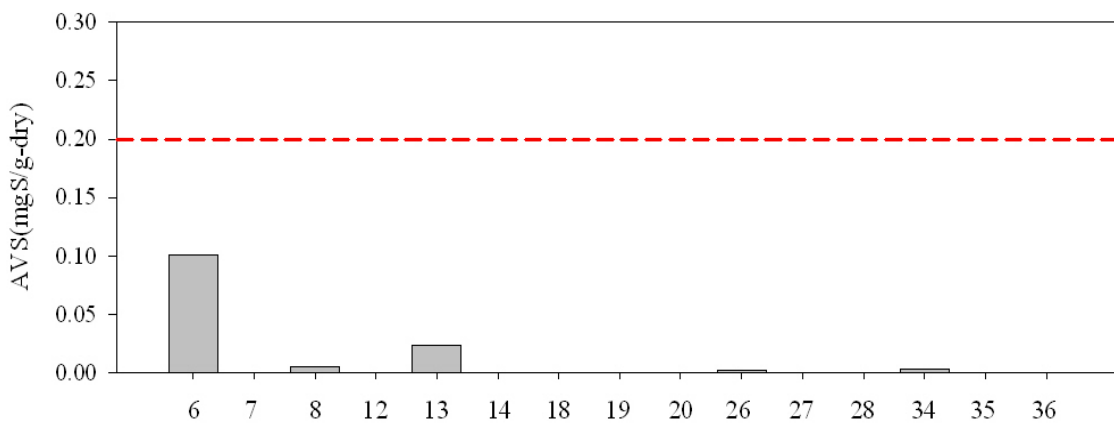


[그림 3-32] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2011년 11월 정점별 산화발성황화물 농도



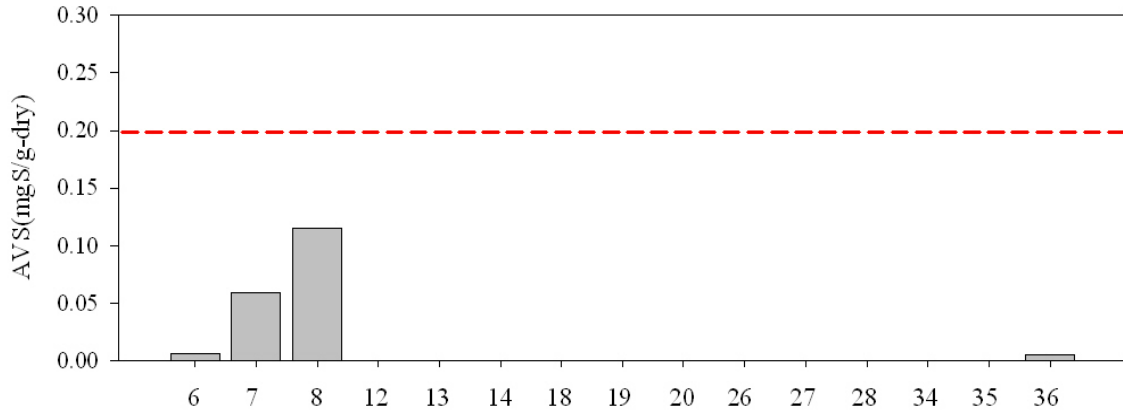
[그림 3-33] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 2월 정점별 산화발성황화물 농도

2012년 5월: 춘계 표층퇴적물 내 산화발성황화물은 ND~0.101mgS/g-dry(평균 0.009±0.026%) 범위로[표 3-8], 대부분의 지역에서는 검출되지 않았으나 일부 정점(JG6)에서는 0.10mgS/g-dry보다 높은 농도를 보였다[그림 3-34]. 한편 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-34].



[그림 3-34] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 5월 정점별 산화발성황화물 농도

2012년 7월: 하계 표층퇴적물 내 산휘발성황화물은 ND~0.115mgS/g-dry(평균 0.012±0.032%) 범위로[표 3-8], 대부분의 지역에서는 검출되지 않았으나 일부 정점(JG7, JG8)에서는 0.10mgS/g-dry 내외로 다소 높은 농도를 보였다[그림 3-35]. 한편 모든 정점에서는 일본의 수산환경 퇴적물 기준치인 0.20mgS/g-dry보다 낮은 농도 분포를 보였다[그림 3-35].



[그림 3-35] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 2012년 7월 정점별 산휘발성황화물 농도

[표 3-8] 주교면 갯벌 표층퇴적물 내 일반항목 분석 결과

조사시기	정점	함수율 (%)	강열감량 (%)	화학적산소요구량 (mgO ₂ /g-dry)	산휘발성황화물 (mgS/g-dry)
2011년 11월	JG1-6	23.7	1.3	7.4	ND
	JG1-7	31.9	2.4	9.7	ND
	JG1-8	23.1	1.1	7.9	ND
	JG1-12	18.2	1.2	4.6	ND
	JG1-13	26.0	1.5	4.7	0.007
	JG1-14	25.8	1.6	8.4	ND
	JG1-18	25.0	1.1	6.9	ND
	JG1-19	21.1	1.1	9.7	0.037
	JG1-20	24.4	0.9	5.1	ND
	JG1-26	23.3	1.4	4.9	ND
	JG1-27	20.6	1.1	5.1	ND
	JG1-28	23.3	1.0	4.0	0.013
	JG1-34	30.1	1.7	8.5	0.001
	JG1-35	28.9	1.6	4.0	0.001
JG1-36	23.9	1.4	4.0	ND	
2012년 2월	JG2-6	28.3	1.4	1.3	ND
	JG2-7	29.2	1.1	3.1	ND
	JG2-8	27.4	1.5	3.4	ND
	JG2-12	27.9	1.4	2.8	0.001
	JG2-13	32.1	1.7	5.9	ND
	JG2-14	29.5	1.5	2.8	0.002
	JG2-18	24.8	1.2	4.6	0.004
	JG2-19	24.5	1.2	4.7	ND
	JG2-20	25.3	0.8	2.8	ND
	JG2-26	26.7	1.3	4.1	0.001
	JG2-27	22.5	1.2	5.2	ND
	JG2-28	24.8	0.9	4.7	ND
	JG2-34	31.7	1.6	4.2	0.001
	JG2-35	30.0	1.2	2.2	ND
JG2-36	29.7	1.5	3.0	ND	

[표 3-8] 계속

조사시기	정점	함수율 (%)	강열감량 (%)	화학적산소요구량 (mgO ₂ /g-dry)	산취발성황화물 (mgS/g-dry)
2012년 5월	JG3-6	25.0	1.4	4.2	0.101
	JG3-7	24.4	1.6	7.5	0.001
	JG3-8	27.6	1.8	4.5	0.006
	JG3-12	23.4	1.2	7.7	ND
	JG3-13	28.6	2.3	5.3	0.024
	JG3-14	25.5	2.0	3.8	0.001
	JG3-18	24.2	1.5	2.4	ND
	JG3-19	21.5	1.0	4.1	ND
	JG3-20	24.1	1.3	2.5	ND
	JG3-26	24.0	1.6	2.7	0.002
	JG3-27	22.4	1.9	2.8	ND
	JG3-28	24.1	1.2	2.3	ND
	JG3-34	29.9	3.1	4.6	0.004
	JG3-35	27.7	1.9	2.6	ND
JG3-36	27.7	2.1	3.9	ND	
2012년 7월	JG4-6	24.1	2.3	2.2	0.006
	JG4-7	42.3	5.7	9.6	0.059
	JG4-8	25.5	2.3	0.4	0.115
	JG4-12	23.4	2.2	2.2	0.001
	JG4-13	24.7	2.3	1.5	ND
	JG4-14	24.2	2.5	1.3	ND
	JG4-18	20.5	2.1	2.2	ND
	JG4-19	36.2	4.2	6.6	ND
	JG4-20	21.2	1.9	3.2	ND
	JG4-26	26.6	3.5	3.5	ND
	JG4-27	20.4	1.8	0.6	ND
	JG4-28	21.2	1.9	1.4	ND
	JG4-34	26.6	2.8	3.4	ND
	JG4-35	24.6	2.2	2.6	ND
JG4-36	27.3	2.1	4.1	0.006	

제4절 생물환경

1. 저서환경조사

가. 조사방법

1) 조사내용

유류피해가 발생한 태안해역 주변의 어업생산활동이 활발한 갯벌 어장 중 보령시 주교면 일대를 선정하여 어장 내 먹이환경을 파악하기 위한 기초조사로써 주변 해수 수질 및 갯벌 어장 퇴적물의 기본적인 특성을 파악하였다. 조사항목은 다음과 같다.

- 수질 : 수온, 염분, 용존산소 (Dissolved Oxygen, DO), 수소이온농도 (pH), 투명도 (Secchi

Depth, S.D), 용존무기질소 (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN), 용존무기인 (Dissolved Inorganic Phosphorus, DIP), 부유물질 (Suspended Particulate Matter, SPM), 엽록소-a (chlorophyll-a, chl. a) 분석을 분석하여 해역수질등급을 제시하고 어장 기초생산력 평가를 위한 기초자료로 활용하였다.

- 저질 : 입도특성 및 퇴적상, 유기물 함량 등 기본적인 퇴적물 환경요인을 측정하여 갯벌어장의 기본적인 저질환경자료를 생산하였다.

2) 분석방법

모든 분석항목은 해양환경관리법 제10조와 해양환경공정시험기준⁴⁾ 및 이에 준하여 실시하였고 자료의 신뢰성확보를 위해 표준물질을 분석하였다.

- 수온, 염분, DO, pH :Oceanseven 305 CTD (IDRONAUT. Co.)를 이용하여 현장에서 측정하였다 [표 3-9].

[표 3-9] 관측에 사용된 CTD 제원

기기명	제조사	센서	관측범위	정밀도	분해능
304CTD	IDRONAUT (Italy)	전도도	0~64 mS/cm	0.003 mS/cm	0.001 mS/cm
		수온	- 3~50 ℃	± 0.003 ℃	± 0.0007 ℃
		압력	0~1000 dbar	0.05 %	0.0015 %
		DO	0~50 mg/L	0.1 mg/L	0.01 mg/L
		pH	0~14	0.01	0.001

※ 압력센서의 정밀도와 분해능은 해당 기기의 측정범위에 대한 상대비

- 영양염류(DIN, DIP) : 유리섬유여과지 (GF/F)로 여과한 해수시료를 분광광도계를 이용하여 분석하였다. 질산 질소 (NO_3^- -N)는 Cd-Cu 환원칼럼을 통과시킨 후 아질산 질소 (NO_2^- -N)와 동일하게 디아조화법으로 수행하였고, 암모니아 질소 (NH_4^+ -N)는 인도페놀청법, 인산 인 (HPO_4^{2-} -P)은 몰리브덴청법 중 아스코르빈산환원법을 이용하여 분석하여 각각 용존무기질소와 용존무기인을 계산하였다.
- 부유입자물질 (Suspended Particulate Matter) : 실험실에서 미리 무게를 측정한 유리섬유여과지 (GF/F)로 해수시료를 여과 후 103~105℃에서 항량으로 건조하여 여과 전후의 무게차이로부터 계산하였고 여과 마지막 단계에서 초순수로 탈염하여 염분에 의한 무게오차를 방지하였다.
- 투명도(S.D) : 추가 달린 지름 30 cm의 흰색 원판(투명도판, secchi disk)을 수직으로

4) 국토해양부, 2010, 해양환경공정시험기준.

내려 보이지 않을 때까지 보낸 다음 천천히 끌어올려 보이기 시작한 수심을 0.1 m 단위로 측정하고 2회 반복하여 평균하였다.

- 클로로필 a (chl.a) : 해수 약 1ℓ를 Whatman GF/F를 이용하여 여과한 후 여과지를 냉동 보관하여 실험실로 운반하였다. 분석 전 여과지에 90% 아세톤 10 ml를 넣고 24시간 동안 냉암소에서 추출 후, 분광광도계 (Optizen 2120UV Plus)를 이용하여 측정하였으며, Parsons *et al.*(1984)의 계산식을 통하여 계산하였다.

나. 조사 결과

1) 수질 현황

보령시 주교면 갯벌 인근 해역 해수의 수온은 2월 조사시 표층에서 3.3~3.4℃, 저층에서 3.1~3.2℃로 조사되었고, 7월 조사시 표층에서 24.1~24.5℃, 저층에서 23.8~24.3℃로 정점에 따른 변화는 크지 않았고 계절에 따른 변화를 잘 반영하였다. 또한, 갯벌 어장 내 수심이 낮아 두시기 모두 표·저층간의 뚜렷한 수온변화는 없었고, 하계조사시에도 수온약층은 형성되지 않았다.

염분은 2월 조사시 표층과 저층 모든 정점에서 32.3psu를 보였고, 7월에도 30.7~30.8psu로 표·저층간의 염분 차이는 거의 나타나지 않았다.

용존산소의 농도는 2월 조사시에는 과포화 또는 포화농도에 근접한 10.9~11.2 mg/L의 범위를 보였고, 7월 조사에서는 높은 수온으로 인해 6.5~6.9 mg/L 범위의 낮은 값을 보였으나 두시기 모두 정점 및 수층에 따른 변화는 크지 않았다.

해수의 pH는 2월 조사시 8.03~8.05 7월에 8.16~8.20의 범위로 하계에 다소 높아지거나 지역 및 수심에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

갯벌어장 주변의 부유입자물질은 2월 조사시 부유입자물질 농도는 20.3~36.4 mg/L의 범위를 보였고, 7월에는 4.5~14.3 mg/L 동계에 전반적으로 높은 값을 보였다.

갯벌어장의 주변 해수의 영양염 중 용존무기질소는 2월 조사시 0.242~0.249 mg/L의 범위로 나타났고, 7월 조사시 0.204~0.243 mg/L의 범위를 보여 각 조사해역에 따른 농도 변화는 크지 않고 조사시기에 따라 다소 변하여 7월에 낮은 값을 보였다.

용존무기인은 2월 조사시 보령시 주교면이 0.019~0.028 mg/L의 범위를 보였고, 7월에 0.003~0.018 mg/L의 범위로 용존무기질소와 마찬가지로 정점간의 차이는 크지 않으나 동계보다 하계에 전 조사해역에서 낮게 나타났다.

[표 3-10] 보령시 주교면 갯벌의 수질 현황

조사 시기	정점	수온 (°C)		염분 (psu)		DO (mg/L)		DO 포화도(%)		pH		Chl.a (ug/L)		SPM (mg/L)		S.D (m)	DIN (mg/L)		DIP (mg/L)		chl.a (mg/L)	
		표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	표	저	
2012년 2월	1	3.3	3.1	32.3	32.3	10.9	11.1	100	100	8.05	8.03	5.46	6.68	20.3	24.9	1.0	0.249	0.245	0.019	0.024	5.46	6.68
	2	3.4	3.2	32.3	32.3	10.9	11.2	100	100	8.04	8.03	6.32	8.12	20.8	36.4	1.0	0.242	0.245	0.028	0.021	6.32	8.12
2012년 7월	1	24.5	24.3	30.7	30.7	6.5	6.9	98	98	8.20	8.20	1.85	1.47	4.5	14.3	1.0	0.204	0.231	0.004	0.010	1.85	1.47
	2	24.1	23.8	30.8	30.8	6.6	6.9	98	98	8.18	8.16	2.63	1.29	10.5	6.7	1.0	0.223	0.243	0.018	0.016	2.63	1.29

2) 해역수질등급

해역수질등급이 해양환경관리법에 따른 국토해양부 고시 제2011-972호로 개정됨에 따라 새로 개정된 생태기반 해수수질 기준의 수질평가지수를 계산하여 등급을 나타냈다. 수질평가지수는 기준항목의 해역별 기준값을 적용하여 나타난 점수를 이용, 수질평가지수를 계산하여 등급화하였다 [표 3-11]. 보령시 주교면 갯벌은의 생태기반 해수수질 기준은 2월 조사에서 II등급으로 조사되었고, 7월에는 I~II등급으로 2월에 비해 다소 높은 수질평가지수와 등급을 보였다 [표 3-12]. 인근 해역과의 비교를 위해 2000년부터 2011년까지의 국가해양환경측정망의 태안연안 관측 자료를 동일한 방법으로 계산하여 수질기준을 제시하였다. 2000년부터 2002년까지 II~V등급까지 조사시기(계절)에 따른 변동이 크다가 2003년 이후부터 평균 II등급으로 점차 안정화 되는 경향이 나타나 이번 조사 결과와 크게 다르지 않은 것으로 나타났다 [그림 3-36].

[표 3-11] 수질평가지수 산정 (WQI, Water Quality Index)

○ 수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)

$$= 10 \times [저층산소포화도(DO)] + 6 \times [(식물플랑크톤농도(Chl-a) + 투명도(SD)) / 2] + 4 \times [(용존무기질소농도(DIN) + 용존무기인농도(DIP)) / 2]$$

○ 수질평가지수 항목별 점수

항목별 점수	대상항목	
	Chl-a(μg/L), DIN(mg/L), DIP(mg/L)	DO(포화도,%), SD(m)
1	기준값2) 이하	기준값 이상
2	< 기준값 + 0.10×기준값	> 기준값 - 0.10×기준값
3	< 기준값 + 0.25×기준값	> 기준값 - 0.25×기준값
4	< 기준값 + 0.50×기준값	> 기준값 - 0.50×기준값
5	> 기준값 + 0.50×기준값	< 기준값 - 0.50×기준값

[표 3-11] 계속

○ 생태기반 해수수질 기준

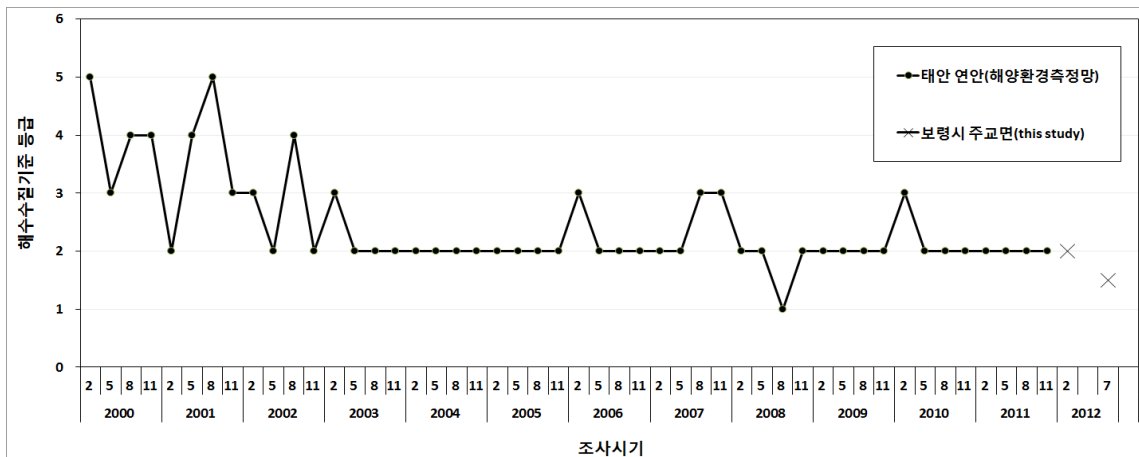
등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I(매우 좋음)	23 이하
II(좋음)	24 - 33
III(보통)	34 - 46
IV(나쁨)	47 - 59
V(아주 나쁨)	60 이상

○ 수질평가지수 항목의 해역별 기준값

대상항목 생태구역	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	저층 DO (포화도, %)	표층 DIN (mg/L)	표층 DIP (mg/L)	투명도 (m)
동해	2.1	90	0.140	0.020	8.5
대한해협	6.3	90	0.220	0.035	2.5
서남해역	3.7	90	0.230	0.025	0.5
서해중부	2.2	90	0.425	0.030	1.0
제주	1.6	90	0.165	0.015	8.0
항목별 점수	서해 중부 생태구역의 수질평가지수 항목 기준값				
1	2.20이하	90이상	0.425이하	0.030이하	1이상
2	<2.42	>81	<0.468	<0.033	>0.9
3	<2.75	>67.5	<0.531	<0.038	>0.75
4	<3.30	>45	<0.638	<0.045	>0.5
5	≥ 3.30	≤ 45	≥ 0.638	≥ 0.045	≤ 0.5

[표 3-12] 보령시 주교면 갯벌의 수질평가지수(WQI, Water Quality Index) 및 해수수질기준

조사시기	수질평가지수 (WQI, Water Quality Index)	생태기반 해수수질기준
2012년 2월	32	II
2012년 7월	20-26	I-II



[그림 3-36] 태안 연안 및 보령시 주교면 갯벌의 생태기반 해수수질기준 등급

3) 갯벌 어장 퇴적물 환경요인

(1) 퇴적물 평균입도 및 특성

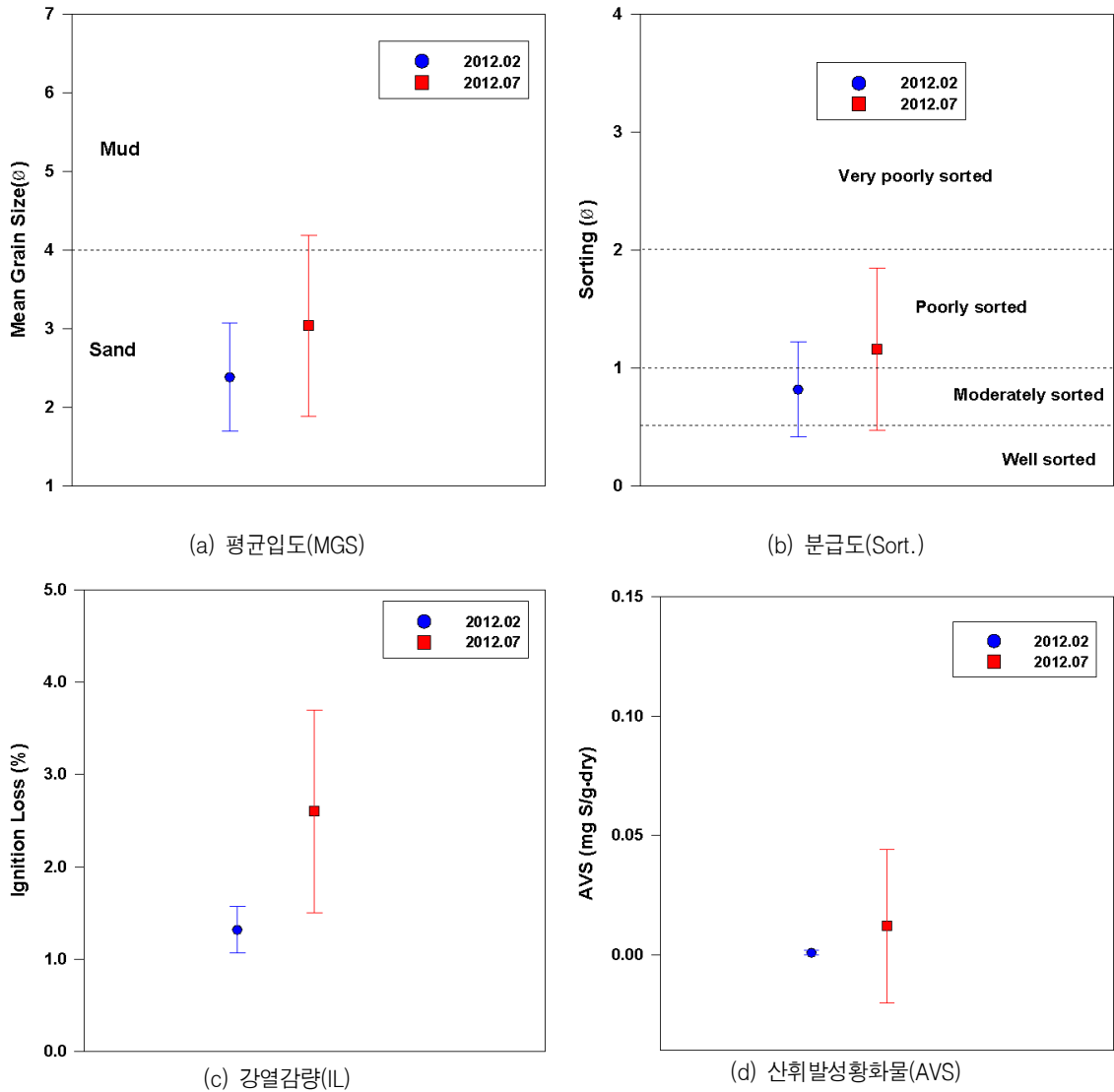
2012년 2월 보령시 주교면 갯벌의 표층 퇴적물은 자갈의 함량이 0.0~0.7%, 모래가 82.5~100.0%, 펄이 0.0~17.0%의 범위로 함유되어 대부분 갯벌에서 모래가 우세한 (역) 사질 지역으로 평균입도는 1.34~4.03 Φ 로 중립사에서부터 극조립실트로 크기로 구성되어 있다. 퇴적물을 구성하는 입자 크기의 분산정도를 나타내는 분급도는 0.31~1.74 Φ 로 매우 양호(very well sorted)에서부터 불량(poorly sorted)의 범위로 나타났고, 모래의 함량이 높은 정점에서 대체적으로 양호한 분급을 보였다. 7월 조사에서 자갈이 0.0~0.8%, 모래가 27.0~100.0%, 펄이 0.0~73.0%의 함량을 보여 2월 조사 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

[표 3-13] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 입도 특성 및 유기물 분석 결과

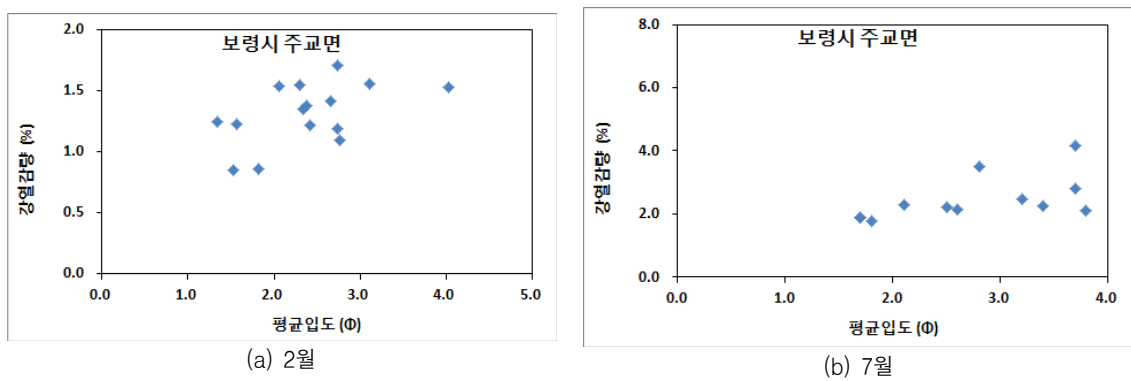
지역	조사 시기	퇴적물 구성성분 (%)			평균입도 (Φ)	분급도 (Φ)	퇴적상 (Folk,1968)	강열감량 (%)	AVS mgS/gdry
		자갈	모래	펄					
보령시 주교면	2월	0.0~0.7 (0.2 \pm 0.2)	82.5~100.0 (96.6 \pm 6.2)	0.0~17.0 (3.3 \pm 6.2)	1.34~4.03 (2.39 \pm 0.69)	0.31~1.74 (0.83 \pm 0.41)	Z, (g)M, sZ gM, gmS	0.9~1.7 (1.3 \pm 0.3)	불검출~0.004 (0.001 \pm 0.001)
	7월	0.0~0.8 (0.1 \pm 0.2)	27.0~100.0 (81.8 \pm 21.5)	0.0~73.0 (18.1 \pm 21.5)	1.70~6.20 (3.04 \pm 1.15)	0.40~3.00 (1.16 \pm 0.69)	S, (g)mS, zS, (g)S, sZ, sM	1.8~5.7 (2.6 \pm 1.1)	불검출~0.115 (0.012 \pm 0.032)

(2) 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 유기물 함량

2012년 2월 보령시 주교면에서 강열감량은 0.9~1.7%(평균 1.3 \pm 0.3%)로 나타났고, 7월에 1.8~5.7% (평균 2.6 \pm 1.1%),로 평균입도와 뚜렷한 양의 상관성을 보였다. 즉, 입자가 세립한 곳에 유기물의 함량도 높은 것으로 나타났다. 산취발성황화물(AVS)은 두 조사 시기동안 불검출~0.004 mgS/g · dry(평균 0.001 \pm 0.001 mgS/g · dry), 불검출~0.115 mgS/g · dry(평균 0.012 \pm 0.032 mgS/g · dry)의 범위를 보여 2월에는 정점간의 차이가 나타나지 않았으나 7월에는 크게 나타났다 [그림 3-37, 38].



[그림 3-37] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물의 입도특성 및 유기물 함량



[그림 3-38] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물의 평균입도와 유기물(강열감량)과의 관계

2. 먹이환경 조사

가. 식물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

식물플랑크톤은 보령시 주교면의 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였다. 식물플랑크톤의 표본 채집과 검경 시료를 위해 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 채수하였다. 채수 후, 즉시 5% 중성 포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

가) 식물플랑크톤의 동정 및 계수

운반된 시료는 24시간 동안 침전시킨 후 상등액을 siphon으로 버리고 150~200mL로 농축하여 사용하였다. 정량분석을 위하여 농축된 시료를 균일하게 섞은 후 1mL을 취하여 Sedgwick-Rafter counting chamber에 넣고 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 계수한 후, 단위 체적당 세포수를 환산하였다. 정성분석을 위하여 농축된 시료 적당량을 slide glass 위에 놓고 400~1000 배율 하에서 검경 및 동정하였다. 시료의 분류 및 동정은 심 등(1994), Cupp(1943), Round *et al.*(1990), Lee (1995), Hasle & Syvertsen (1996) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

식물플랑크톤군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다[표 3-14].

[표 3-14] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N} \right]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 보령시 주교면 지역에서 식물플랑크톤의 총 출현종수는 25속

40종이며, 그 중 규조류가 21속 35종(87.50%), 와편모조류 2속 3종(7.50%), 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(2.50%, 2.50%) 출현하였다[표 3-15, 그림 3-39].

보령시 주교면에서 표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 18종, 정점 2에서 20종이 출현하였고, 평균 19 ± 1 종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 17종, 정점 2에서 15종이 출현하였고, 평균 16 ± 1 종이었다. 표층과 마찬가지로 전 정점에서 규조류가 가장 많은 출현종을 기록하였고, 정점 및 수층 간 차이는 미미하였다[표 3-16, 그림 3-40].

2012년 7월 조사 시, 식물플랑크톤의 총 출현종수는 17속 26종이며, 그 중 규조류가 11속 18종(69.23%), 와편모조류 4속 6종(23.08%), 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(3.85%, 3.85%) 출현하였다[표 3-17, 그림 3-41].

표층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 14종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 14 ± 0 종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다. 저층의 정점별 출현종수는 정점 1에서 16종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 15 ± 1 종이었다. 표층과 마찬가지로 전 정점에서 규조류가 가장 많은 출현종을 기록하였고, 정점 및 수층 간 차이는 작았다[표 3-18, 그림 3-42].

2012년 2월에 비해 2012년 7월의 식물플랑크톤의 총 출현종수는 낮아졌으며, 공통적으로 규조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 정점별 출현종수는 두 조사결과에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 수층 별 차이 역시 미미한 것으로 조사되었다.

[표 3-15] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 2월)

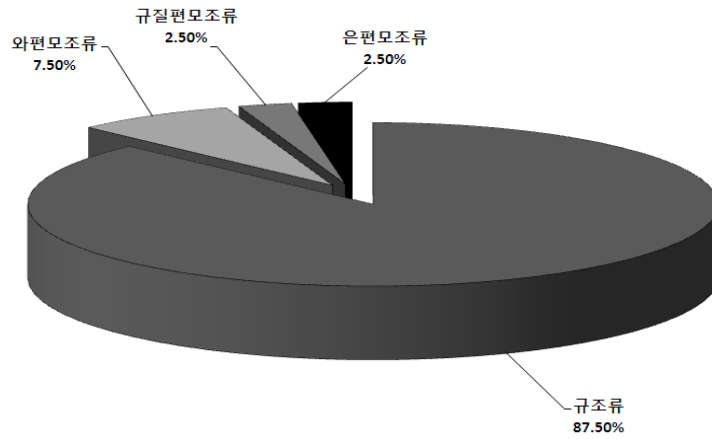
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus octonarius</i>	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.		*
<i>Actinoptychus senarius</i>	*	*
<i>Asterionellopsis kariana</i>	*	*
<i>Asterionellopsis glacialis</i>		*
<i>Chaetoceros debilis</i>	*	*
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		*
<i>Chaetoceros</i> sp.		*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Diploneis bombus</i>	*	*

[표 3-15] 계속

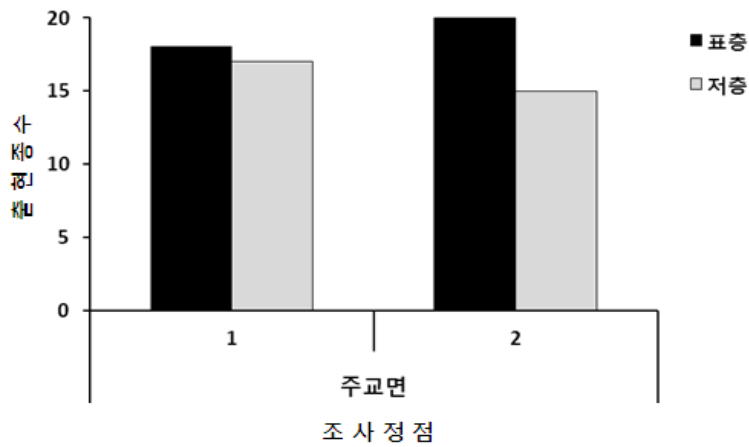
구 분	속(Genus)	종(species)
<i>Diploneis</i> sp.		*
<i>Eucampia zodiacus</i> f. <i>cylindrocornis</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Nitzschia sigma</i>	*	*
<i>Odontella aurita</i>	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	*	*
<i>Rhaphoneis surillera</i>	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.		*
<i>Rhizosolenia pungens</i>	*	*
<i>Rhizosolenia setigera</i>		*
<i>Skeletonema marinoi</i>	*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	*	*
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>		*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	*	*
<i>Trachyneis aspera</i>	*	*
<i>Trachyneis</i> sp.		*
DINOPHYCEAE		
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*
<i>Prorocentrum gracile</i>	*	*
<i>Prorocentrum</i> sp.		*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	25	40

[표 3-16] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	16	19	14	13
와편모조류	1	0	2	0
규질편모조류	1	1	1	1
은편모조류	0	0	0	1
합계	18	20	17	15
평균	19±1		16±1	



[그림 3-39] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 2월)



[그림 3-40] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 3-17] 식물플랑크톤 총 출현종 목록(2012년 7월)

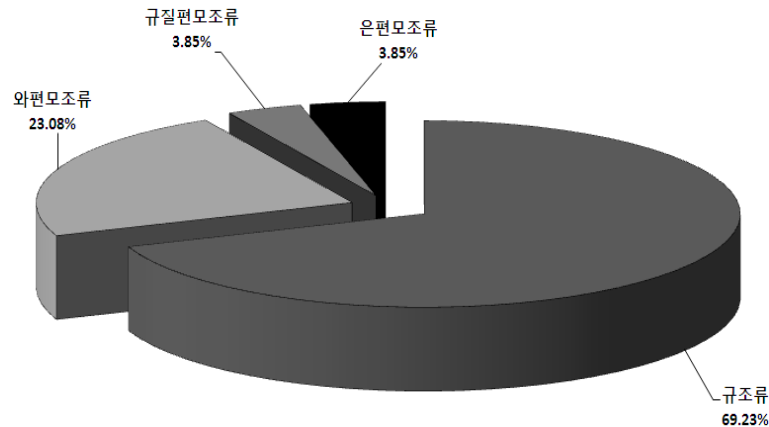
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Chaetoceros affinis</i>	*	*
<i>Chaetoceros costatus</i>		*
<i>Chaetoceros curvisetus</i>		*
<i>Chaetoceros debilis</i>		*
<i>Chaetoceros densus</i>		*
<i>Chaetoceros lorengianus</i>		*
<i>Chaetoceros</i> sp.		*
<i>Cyclotella</i> sp.	*	*
<i>Diploneis bombus</i>	*	*

[표 3-17] 계속

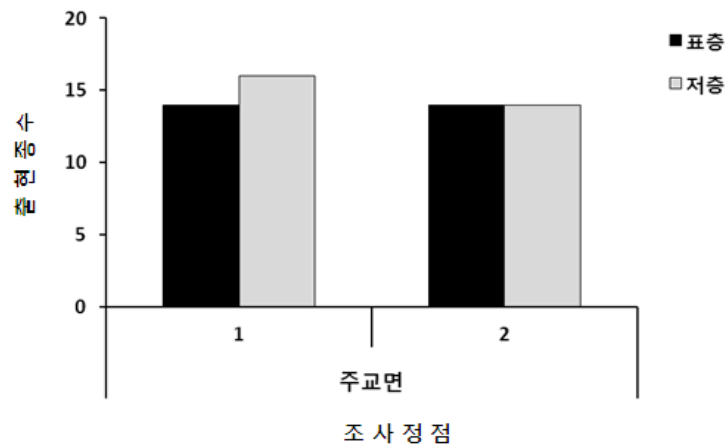
구 분	속(Genus)	종(species)
<i>Eucampia zodiacus</i>	*	*
<i>Leptocylindrus danicus</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Skeletonema</i> sp.	*	*
<i>Stephanophyxis turris</i>	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.	*	*
DINOPHYCEAE		
<i>Ceratium furca</i>	*	*
<i>Ceratium fusus</i>		*
<i>Dinophysis fortii</i>	*	*
<i>Dinophysis</i> sp.		*
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*
<i>Prorocentrum gracile</i>	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	17	26

[표 3-18] 식물플랑크톤 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
규조류	9	7	11	7
와편모조류	4	5	4	5
규질편모조류	0	1	1	1
은편모조류	1	1	0	1
합계	14	14	16	14
평균	19±1		16±1	



[그림 3-41] 식물플랑크톤 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 3-42] 정점별 식물플랑크톤 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

2012년 2월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 605cells/mL, 정점 2에서 831cells/mL, 평균 718±160cells/mL를 나타내었다. 저층에서는 정점 1에서 838cells/mL, 정점 2에서 520cells/mL, 평균 679±225cells/mL를 나타내었다[표 3-19, 그림 3-43].

7월 조사결과, 조사해역의 표층에서 식물플랑크톤 개체수는 정점 1에서 762cells/mL, 정점 2에서 714cells/mL, 평균 738±34cells/mL를 나타내었다. 저층에서는 정점 1에서 806cells/mL, 정점 2에서 884cells/mL, 평균 845±55cells/mL를 나타내었다[표 3-20, 그림 3-44].

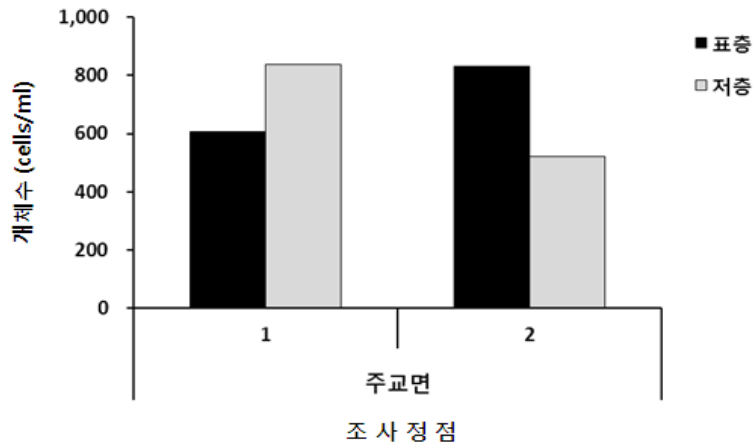
2012년 2월에 비해 2012년 7월의 식물플랑크톤의 개체수는 상대적으로 높아졌으나, 그 차이는 미미한 수준이었다. 정점별 및 수층별의 차이 역시 적은 것으로 조사되었다.

[표 3-19] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/mL)

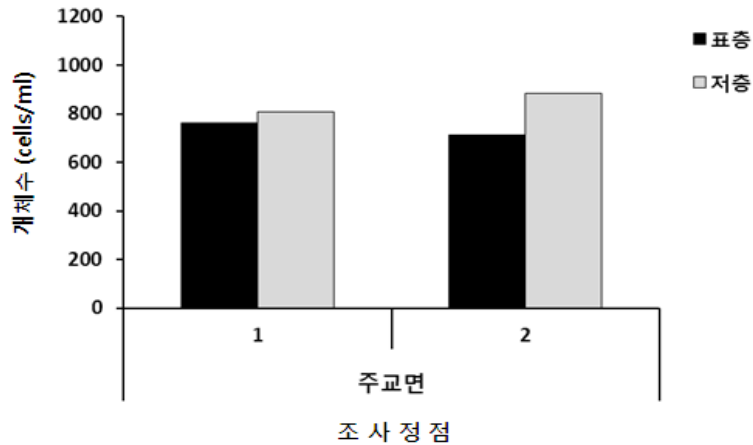
정 점	표층		저층	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Actinocyclus octonarius</i>	0	0	0	4
<i>Actinocyclus</i> sp.	13	9	22	4
<i>Actinoptychus senarius</i>	0	4	0	4
<i>Asterionellopsis kariana</i>	0	0	258	0
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	0	13	0	0
<i>Chaetoceros debilis</i>	26	0	31	48
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	68	34	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	24
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	0	4	0
<i>Coscinodiscus</i> sp.	4	9	9	12
<i>Cylindrotheca closterium</i>	4	0	0	0
<i>Diploneis bombus</i>	0	4	4	0
<i>Diploneis</i> sp.	4	0	0	0
<i>Eucampia zodiacus</i> f. <i>cylindrocornis</i>	0	21	0	0
<i>Navicula</i> sp.1	4	4	0	0
<i>Navicula</i> sp.2	0	4	0	0
<i>Nitzschia sigma</i>	4	4	0	0
<i>Odontella aurita</i>	17	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	175	98	79	44
<i>Pleurosigma angulatum</i>	0	0	0	4
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	9	0	0
<i>Rhaphoneis surillera</i>	4	0	0	0
<i>Rhaphoneis</i> sp.	0	4	0	0
<i>Rhizosolenia pungens</i>	0	0	9	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	4	21	9	0
<i>Skeletonema marinoi</i>	0	56	0	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	17	0	0	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	0	0	4	0
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	234	518	371	328
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	0	4	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.1	0	4	9	8
<i>Thalassiosira</i> sp.2	9	4	9	4
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	0	0	0	12
<i>Trachyneis aspera</i>	4	0	0	4
<i>Trachyneis</i> sp.	0	0	4	0
DINOPHYCEAE				
<i>Heterocapsa</i> sp.	0	0	4	0
<i>Prorocentrum gracile</i>	0	0	4	0
<i>Prorocentrum</i> sp.	4	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	0	0	0	12
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	9	4	9	8
종 수	18	20	17	15
합 계	605	831	838	520

[표 3-20] 식물플랑크톤 출현종 및 개체수(2012년 7월)(개체수: cells/mL)

정 점	가경주		남면	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Actinocyclus</i> sp.	0	9	5	11
<i>Chaetoceros affinis</i>	0	19	0	23
<i>Chaetoceros costatus</i>	40	37	18	46
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	40	172	122	212
<i>Chaetoceros debilis</i>	0	0	54	0
<i>Chaetoceros densus</i>	0	0	14	0
<i>Chaetoceros lorengianus</i>	25	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	20	0	18	0
<i>Cyclotella</i> sp.	5	0	0	0
<i>Diploneis bombus</i>	0	5	0	6
<i>Eucampia zodiacus</i>	396	297	249	368
<i>Leptocylindrus danicus</i>	0	0	18	0
<i>Navicula</i> sp.1	10	0	0	0
<i>Navicula</i> sp.2	5	0	0	0
<i>Paralia sulcata</i>	0	0	45	0
<i>Skeletonema</i> sp.	15	0	0	0
<i>Stephanophyxis turris</i>	0	0	14	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	0	5	5	6
DINOPHYCEAE				
<i>Ceratium furca</i>	120	79	122	98
<i>Ceratium fusus</i>	25	46	77	57
<i>Dinophysis forthii</i>	50	19	32	23
<i>Dinophysis</i> sp.	0	9	9	11
<i>Heterocapsa</i> sp.	0	5	0	6
<i>Prorocentrum gracile</i>	5	0	0	0
CRYPTOPHYCEAE				
cryptomonads	5	9	0	11
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dictyocha fibula</i>	0	5	5	6
종 수	14	14	16	14
합 계	762	714	806	884



[그림 3-43] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)

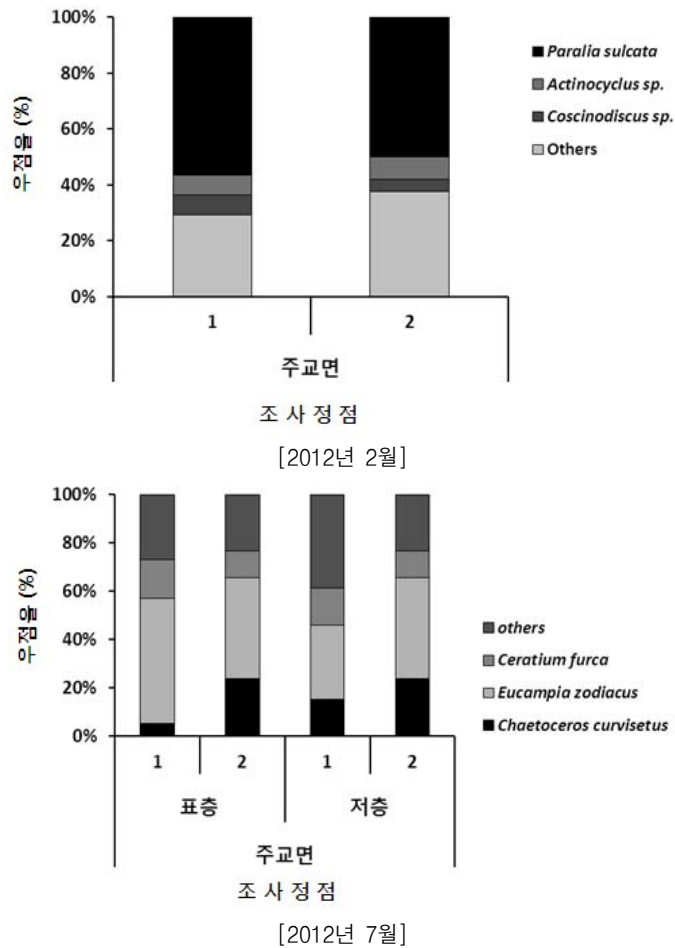


[그림 3-44] 식물플랑크톤 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

(3) 우점종

2012년 2월 조사 시, 조사해역에서 5% 이상의 우점을 차지한 식물플랑크톤 주요 우점종을 선별하였다. 보령시 주교면의 표층에서는 *Thalassiosira nordenskioldii*가 50.55%의 우점율을 보여, 제 1우점종으로 조사되었고, *Paralia sulcata*가 20.36% 으로 제 2우점종을 하였다. 저층에서는 *Thalassiosira nordenskioldii*가 53.67%으로 우점하여, 제 1우점종으로 조사되었다. 그 외에 *Paralia sulcata*가 표층과 저층에서 약 8% 이상을 차지하였다[그림 3-45].

7월 조사에서 주교면의 표층과 저층에서는 *Eucampia zodiacus*가 약 35% 이상의 우점하여 제 1우점종으로 조사되었고, 그 외에 *Chaetoceros curvisetus*와 *Ceratium furca*가 약 13.0% 이상을 차지하였다[그림 3-45].



[그림 3-45] 수층 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

2012년 2월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었으나, 7월 조사에서는 와편모조류의 우점율이 증가한 것으로 조사되었다. 우점종으로 관찰된 종들은 국내 연안에서 빈번하게 출현하는 종으로 보고되어 있어, 유류피해에 따른 영향보다는 계절적 차이가 더 큰 것으로 판단된다.

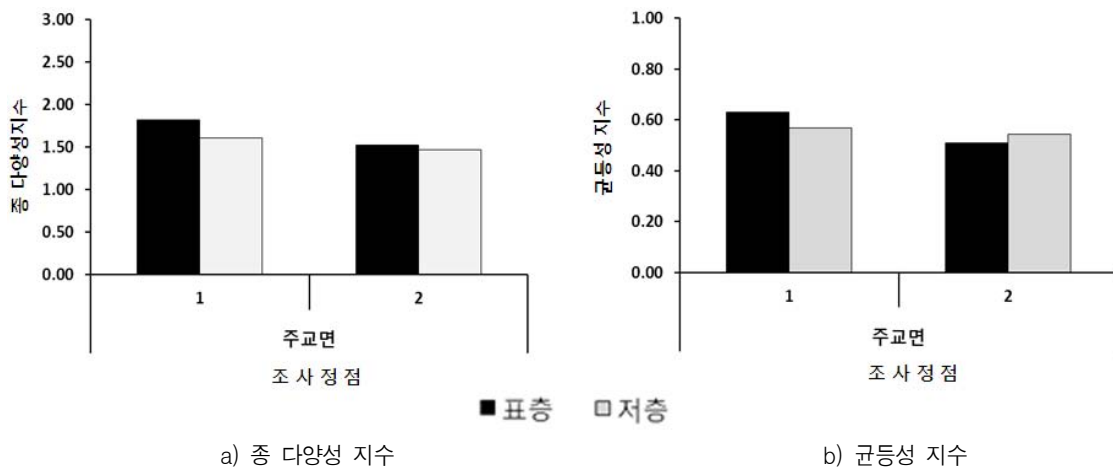
(4) 생태지수

2012년 2월 조사 시, 보령시 주교면의 표층에서 식물플랑크톤 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.82, 정점 2에서 1.53으로 산출 되었고, 평균은 1.67 ± 0.21 이다. 저층에서는 정점 1에서 1.61, 정점 2에서 1.48으로 산출 되었고, 평균 1.54 ± 0.10 로 나타났다[그림 3-46]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.63, 정점 2에서 0.51으로 산출 되었고, 평균 0.57 ± 0.09 로 조사 되었다. 저층에서는 정점 1에서 0.57, 정점 2에서 0.54으로 산출 되었고, 평균 0.56 ± 0.02 로 조사되었다[그림 3-46].

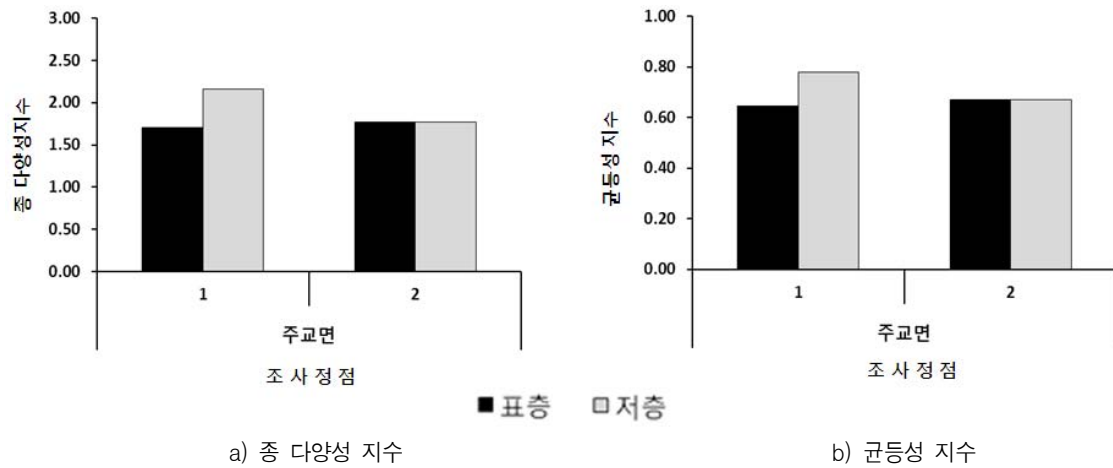
7월 조사 시, 표층의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.71, 정점 2에서 1.77으로 산출 되

었고, 평균은 1.74 ± 0.05 이다. 저층에서는 정점 1에서 2.16, 정점 2에서 1.77으로 산출되었고, 평균 1.97 ± 0.28 으로 나타났다[그림 10]. 균등성 지수는 표층에서 정점 1에서 0.65, 정점 2에서 0.67으로 산출되었고, 평균 0.66 ± 0.02 로 조사되었다. 저층에서는 정점 1에서 0.78, 정점 2에서 0.67으로 산출되었고, 평균 0.73 ± 0.08 로 조사되었다[그림 3-47].

2012년 2월과 7월에 산출된 종 다양성지수와 균등성지수는 7월에 다소 높게 조사되었다. 또한 두 조사결과에서 정점별, 수층별 비슷한 수준을 보인 것으로 조사되었다.



[그림 3-46] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)



[그림 3-47] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

나. 갯벌미세조류

1) 조사방법

(1) 조사내용

갯벌미세조류는 조사 지역을 대표할 수 있는 정점들을 선정하여 현장조사를 실시하

였다. 보령시 주교면의 2개 정점에서 3회 반복 채집한 시료에 대해 분석이 이루어졌다.

(2) 분석방법

가) 갯벌미세조류의 동정 및 계수

각 조사정점에서 내경 1cm의 PE 원통을 이용하여 퇴적물의 표층 2cm를 3회 반복 채집하여 최종 농도 5% 중성 포르말린으로 고정하였다. 이 때 시료는 큰 입자성 물질을 제거하기 위해 100 μ m mesh size의 sieve를 사용하였다. 정량 분석을 위해서, 얻은 시료는 일정량을 취하여 광학현미경(BH-2, Olympus) 200~400 배율에서 세포수를 계수 및 동정하였다.

규조류의 정성분석을 위해서, 얻은 시료에서 포화 KMnO_4 용액에 24시간 동안 담가 놓은 후, 동량의 HCl를 넣어 세포 내 유기물을 제거하였다. 이렇게 제거된 용액속의 입자들을 침전시킨 후 상등액을 버리고 증류수를 가하는 과정을 반복하여 중화 및 세척하였다 (Hasle and Fryxell, 1970). 또한 유기물이 제거된 상태에서 퇴적물속의 규조류를 분리 및 제거하기 위하여 휘저어 침전시킨 후 상등액을 따라 모으는 과정을 반복하여 실시하였다 (Lohman, 1972). 시료의 분류 및 동정을 위해 Hustedt (1985), Chihara and Murano (1996), Tomas (1997) 등의 참고문헌을 이용하였다.

나) 생태지수

갯벌미세조류군집의 생태학적 제지수 산출을 위해 종 다양성 지수(species diversity index), 균등성 지수(evenness index)를 각각 구하였다[표 3-21].

[표 3-21] 생태지수 공식

Index	Formulae	Reference
Diversity(H')	$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \cdot \ell_n \frac{n_i}{N} \right]$	Shannon and Weaver(1949), Margalef(1958)
Evenness(e)	$e = \frac{H'}{\ell_n S}$	Pielou(1966), Lloyd and Ghelard(1964)

※ N: standing crops; S: number of species; ni: cell number of a species

2) 조사결과

(1) 출현종수

2012년 2월 조사 시, 보령시 주교면 조사지역에서 갯벌미세조류의 총 출현종수는 20속 34종이며, 그 중 규조류가 17속 31종(91.18%), 와편모조류 1속 1종(2.94%), 규질편모

조와 은편모조류가 각각 1속 1종(2.94%, 2.94%) 출현하였다[표 3-22, 그림 3-48].

보령시 주교면에서 정점별 출현종수는 정점 1에서 25종, 정점 2에서 23종이 출현하였고, 평균 24±1종이었으며, 정점별 차이는 크지 않았다. 전 정점에서 가장 많은 출현을 한 분류군은 규조류로 조사 되었다[표 3-23, 그림 3-49].

2012년 7월 조사 시, 3개 조사지역에서 갯벌미세조류의 총 출현종수는 20속 26종이며, 그 중 규조류가 18속 24종(92.31%), 와편모조류는 관찰되지 않았고, 규질편모조류와 은편모조류가 각각 1속 1종(3.85%, 3.85%) 출현하였다[표 3-24, 그림 3-50].

정점별 출현종수는 정점 1에서 21종, 정점 2에서 14종이 출현하였고, 평균 18±5종이었다. 정점별 차이가 다른 조사지역에 비해 큰 것으로 나타났다[표 3-25, 그림 3-51].

2012년 2월에 비해 2012년 7월의 갯벌미세조류의 총 출현종수는 다소 낮아졌으나, 공통적으로 규조류가 다수 출현하는 양상을 보였다. 또한 정점별 출현종수는 7월 조사에서 차이를 보였으나, 이는 갯벌미세조류의 분포가 일정하지 않기 때문에 비슷한 지역 내에서도 조사된 결과 값의 차이를 보인 것으로 판단된다.

[표 3-22] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 2월)

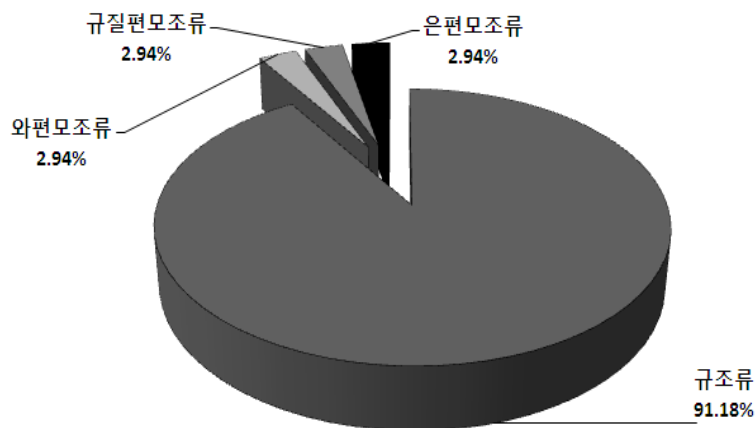
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus curvatulus</i>	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.		*
<i>Actinoptychus senarius</i>	*	*
<i>Amphora</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Diploneis</i> sp.	*	*
<i>Gyrosigma recta</i>	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Navicula</i> sp.4		*
<i>Nitzschia sigma</i>	*	*
<i>Nitzschia</i> sp.1		*
<i>Nitzschia</i> sp.2		*
<i>Nitzschia</i> sp.3		*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Petronis</i> sp.	*	*
<i>Pleurosigma</i> sp.	*	*
<i>Rhaphoneis</i> sp.	*	*
<i>Rhizosolenia pungens</i>	*	*
<i>Rhizosolenia setigera</i>		*

[표 3-22] 계속

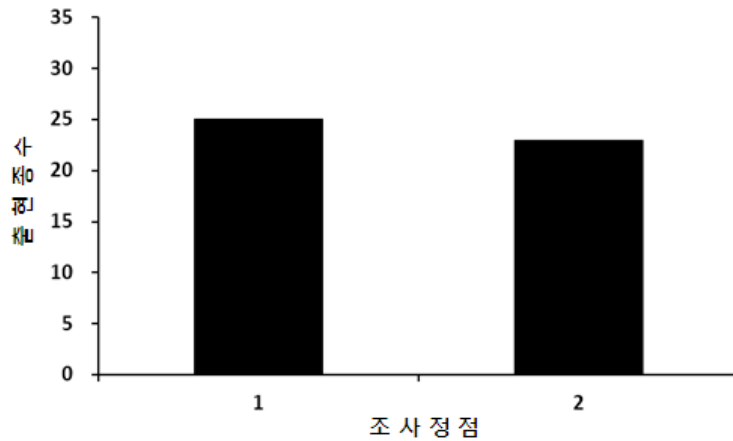
구 분	속(Genus)	종(species)
<i>Surillera armonica</i>	*	*
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	*	*
<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>		*
<i>Thalassiosira simonsenii</i>		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1		*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	*	*
<i>Trachyneis aspera</i>	*	*
<i>Trachyneis</i> sp.		*
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	*	*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	20	34

[표 3-23] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 2월)

분류군	보령시 주교면	
	St. 1	St. 2
규조류	22	21
외편모조류	1	1
규질편모조류	1	0
은편모조류	1	1
합계	25	23
평균	24±1	



[그림 3-48] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 2월)



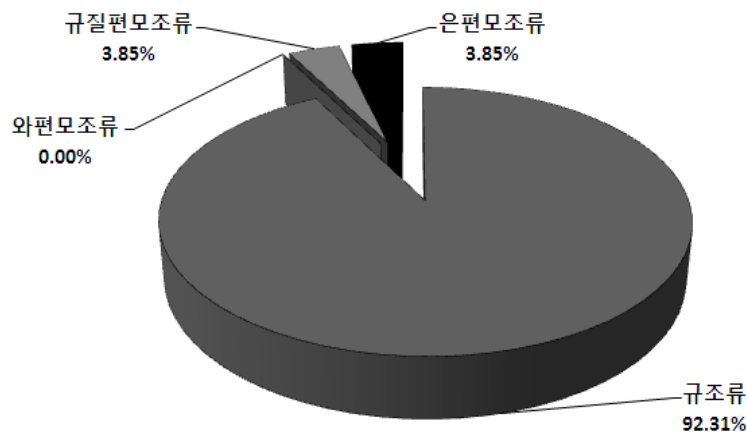
[그림 3-49] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 2월)

[표 3-24] 갯벌미세조류 총 출현종 목록(2012년 7월)

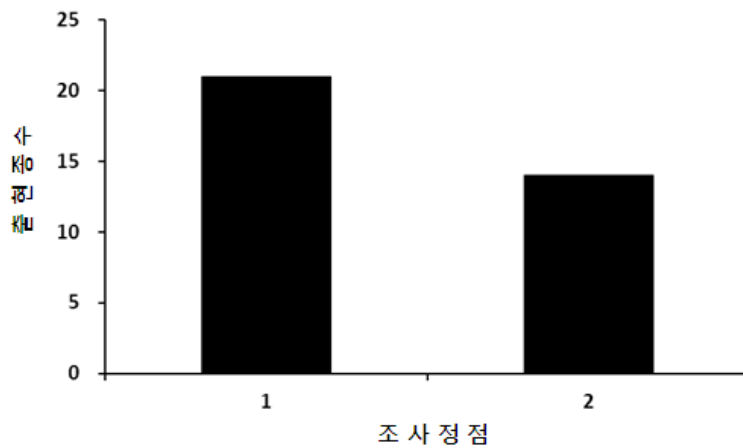
구 분	속(Genus)	종(species)
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	*	*
<i>Actinocyclus</i> sp.	*	*
<i>Actinoptychus splendens</i>	*	*
<i>Amphiprora</i> sp.	*	*
<i>Amphora</i> sp.	*	*
<i>Chaetoceros</i> sp.	*	*
<i>Coscinodiscus centralis</i>	*	*
<i>Coscinodiscus</i> sp.		*
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*
<i>Diploneis</i> sp.	*	*
<i>Eucampia zodiacus</i>	*	*
<i>Hyalodiscus</i> sp.	*	*
<i>Navicula</i> sp.1	*	*
<i>Navicula</i> sp.2		*
<i>Navicula</i> sp.3		*
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*
<i>Paralia sulcata</i>	*	*
<i>Pleurosigma angulatum</i>	*	*
<i>Pleurosigma</i> sp.		*
<i>Tabularia</i> sp.	*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*
<i>Thalassionema</i> sp.		*
<i>Thalassiosira</i> sp.1	*	*
<i>Thalassiosira</i> sp.2		*
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	*	*
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*
총 합	20	26

[표 3-25] 갯벌미세조류 분류군별 출현종수(2012년 7월)

분류군	보령시 주교면	
	St. 1	St. 2
규조류	19	13
와편모조류	0	0
규질편모조류	1	0
은편모조류	1	1
합계	21	14
평균	18±5	



[그림 3-50] 갯벌미세조류 종조성 비율(2012년 7월)



[그림 3-51] 정점별 갯벌미세조류 출현종수의 변화(2012년 7월)

(2) 개체수(현존량)

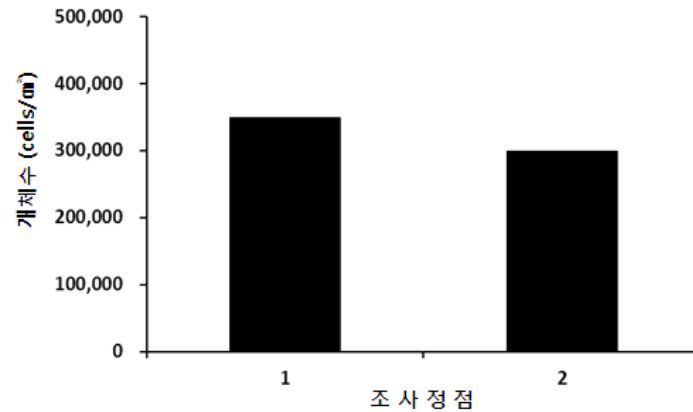
2012년 2월 조사결과, 조사지역에서 갯벌미세조류의 개체수는 정점 1에서 349,599 cells/cm², 정점 2에서 299,160cells/cm², 평균 324,380±35,666cells/cm²를 나타내었다[표 3-26, 그림 3-52].

7월 조사결과, 조사지역에서 갯벌미세조류의 개체수는 정점 1에서 189,982cells/cm², 정점 2에서 223,849cells/cm², 평균 206,916±23,948cells/cm²를 나타내었다[표 3-27, 그림 3-53].

2012년 2월에 비해 2012년 7월의 갯벌미세조류의 개체수는 상대적으로 낮아졌으며, 정점간의 차이는 다소 작은 것으로 조사되었다.

[표 3-26] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 2월)(개체수: cells/cm²)

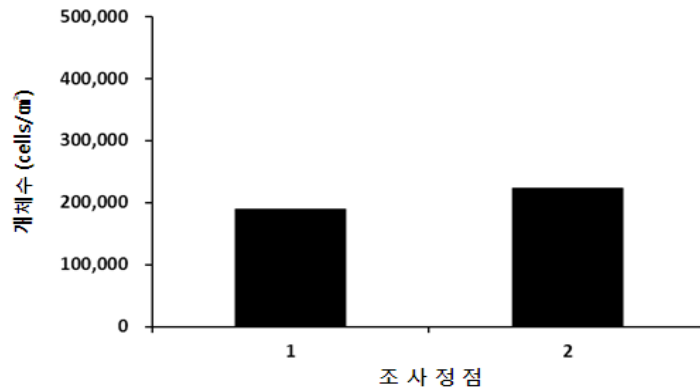
정 점	주교면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Actinocyclus curvatus</i>	2,440	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	25,190	23,842
<i>Actinoptychus senarius</i>	2,374	2,702
<i>Amphora</i> sp.	0	2,814
<i>Coscinodiscus centralis</i>	4,747	8,440
<i>Coscinodiscus</i> sp.	25,256	13,462
<i>Diploneis</i> sp.	0	2,702
<i>Gyrosigma recta</i>	2,374	0
<i>Navicula</i> sp.1	5,166	0
<i>Navicula</i> sp.2	2,440	12,433
<i>Navicula</i> sp.3	0	2,814
<i>Navicula</i> sp.4	2,793	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	2,433
<i>Nitzschia</i> sp.1	0	5,403
<i>Nitzschia</i> sp.2	2,793	0
<i>Nitzschia</i> sp.3	0	8,059
<i>Paralia sulcata</i>	197,192	149,489
<i>Petronis</i> sp.	0	2,433
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	2,702
<i>Rhaphoneis</i> sp.	5,166	11,141
<i>Rhizosolenia pungens</i>	7,672	0
<i>Rhizosolenia setigera</i>	2,374	0
<i>Surillera armonica</i>	2,793	0
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	2,440	2,433
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	0	11,253
<i>Thalassiosira simonsenii</i>	2,440	2,433
<i>Thalassiosira</i> sp.1	7,606	13,462
<i>Thalassiosira</i> sp.2	10,399	5,135
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	2,374	0
<i>Trachyneis aspera</i>	2,374	2,702
<i>Trachyneis</i> sp.	2,374	0
DINOPHYCEAE		
<i>Prorocentrum</i> sp.	5,233	5,246
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	13,257	5,627
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	10,332	0
종 수	25	23
합 계	349,599	299,160



[그림 3-52] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 2월)

[표 3-27] 갯벌미세조류 출현종 및 개체수(2012년 7월)

정 점	주교면	
	St. 1	St. 2
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Achnanthes</i> sp.	2,677	0
<i>Actinocyclus</i> sp.	5,353	10,704
<i>Actinoptychus splendens</i>	2,578	0
<i>Amphiprora</i> sp.	5,178	2,492
<i>Amphora</i> sp.	2,601	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	5,048
<i>Coscinodiscus centralis</i>	0	7,876
<i>Coscinodiscus</i> sp.	5,277	18,243
<i>Cylindrotheca closterium</i>	5,178	0
<i>Diploneis</i> sp.	2,677	0
<i>Eucampia zodiacus</i>	5,201	0
<i>Hyalodiscus</i> sp.	2,578	0
<i>Navicula</i> sp.1	7,877	7,812
<i>Navicula</i> sp.2	21,038	0
<i>Navicula</i> sp.3	2,677	2,492
<i>Nitzschia</i> sp.	0	2,492
<i>Paralia sulcata</i>	74,345	148,206
<i>Pleurosigma angulatum</i>	2,677	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0	2,492
<i>Tabularia</i> sp.	2,677	0
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	15,708	2,828
<i>Thalassionema</i> sp.	2,677	0
<i>Thalassiosira</i> sp.1	0	5,016
<i>Thalassiosira</i> sp.2	10,553	5,656
CRYPTOPHYCEAE		
cryptomonads	2,601	2,492
CHRYSOPHYCEAE		
<i>Dictyocha fibula</i>	7,854	0
종 수	21	14
합 계	189,982	223,849



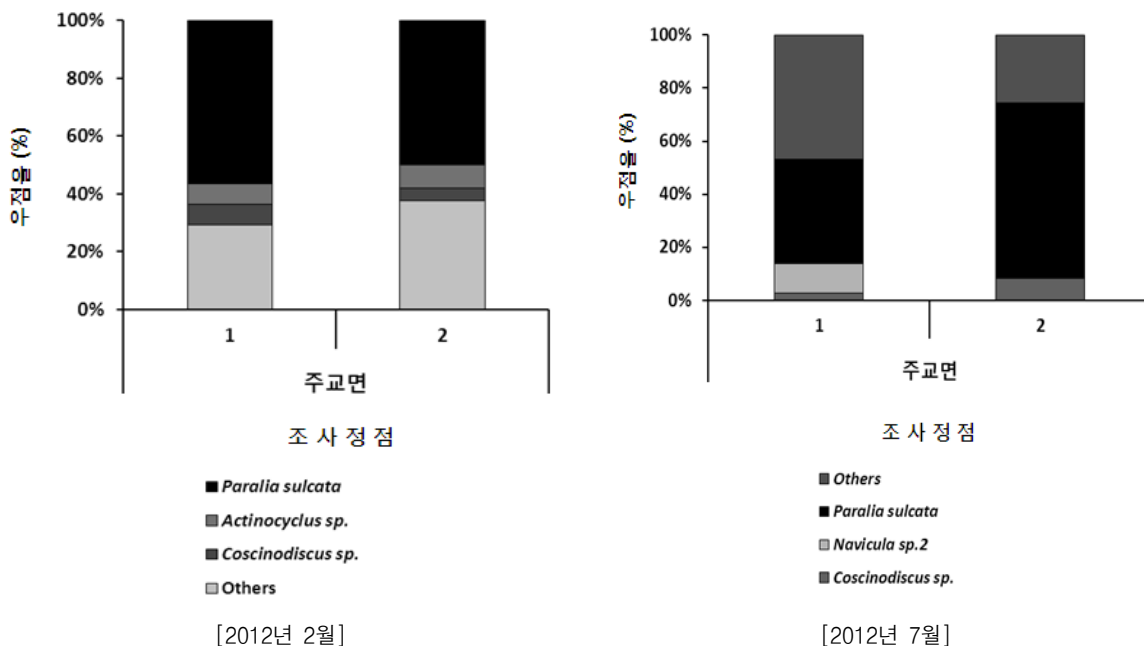
[그림 3-53] 갯벌미세조류 개체수(현존량)의 변화(2012년 7월)

(3) 우점종

2012년 2월 조사 지역에서 5% 이상의 우점을 차지한 갯벌미세조류를 주요 우점종을 선별하였다. 보령시 주교면에서는 *Paralia sulcata*가 53.19%의 우점하여 제 1우점종으로 조사되었고, 그 외에 *Actinocyclus* sp.와 *Coscinodiscus* sp.가 약 5.0% 이상을 차지하였다[그림 3-54].

7월 조사 시, 보령시 주교면에서는 *Paralia sulcata*가 52.67%의 우점하여 제 1우점종으로 조사되었고, *Coscinodiscus* sp.와 *Navicula* sp.2가 약 5.0% 이상을 차지하였다[그림 3-54].

2012년 2월과 7월 조사에서는 대부분 규조류가 주요 우점종으로 조사되었다. 우점종으로 선정된 종들은 정점별 다소 우점율의 차이를 보였으나, 전반적으로 국내 연안에서 자주 출현하는 종들로서 갯벌미세조류의 군집변화는 적은 것으로 판단된다.



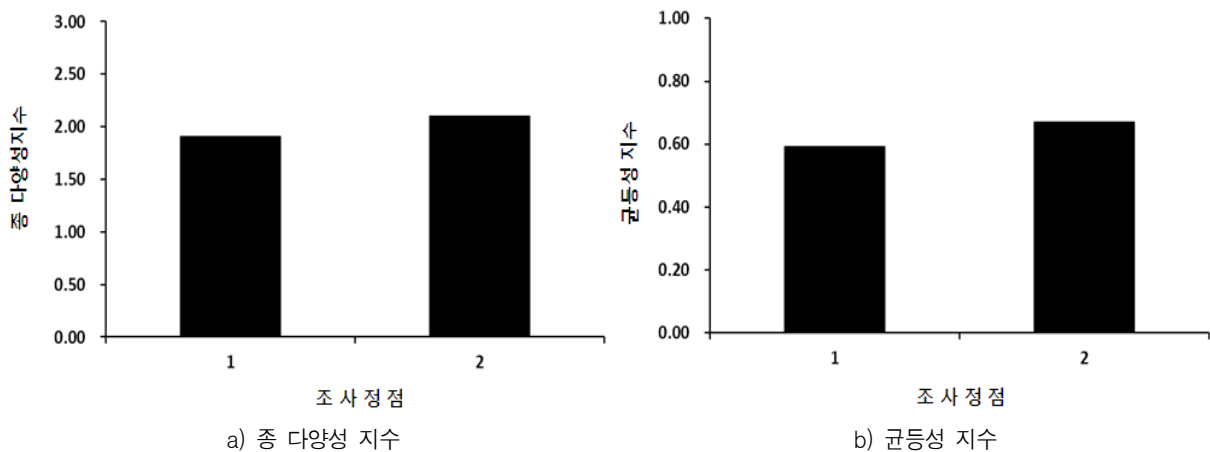
[그림 3-54] 지역 및 정점별 주요 우점종의 변화(2012년 2월, 7월)

(4) 생태지수

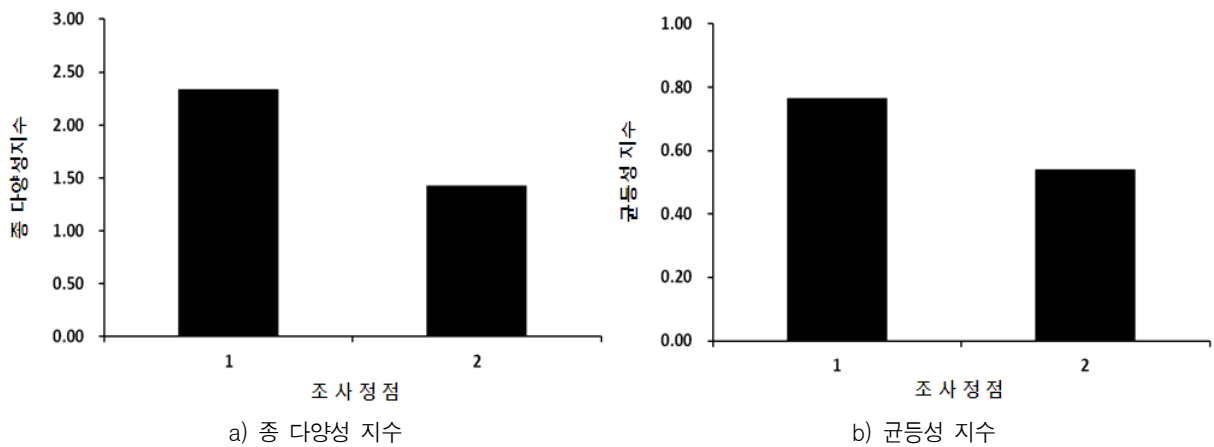
2012년 2월 조사 시, 보령시 주교면에서 갯벌미세조류 군집의 종 다양성 지수는 정점 1에서 1.91, 정점 2에서 2.11으로 산출되었고, 평균은 2.01 ± 0.14 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.59, 정점 2에서 0.67으로 산출되었고, 평균 0.63 ± 0.06 으로 조사 되었다 [그림 3-55].

7월 조사 시, 종 다양성 지수는 정점 1에서 2.33, 정점 2에서 1.43으로 산출되었고, 평균은 1.88 ± 0.64 이었다. 균등성 지수는 정점 1에서 0.79, 정점 2에서 0.54로 산출되었고, 평균 0.65 ± 0.16 로 조사 되었다[그림 3-56].

2012년 2월과 7월에 산출된 종 다양성지수와 균등성 지수는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 두 시기 모두 정점별 비슷한 값을 보여, 갯벌미세조류의 군집에 큰 차이를 확인할 수 없었다.



[그림 3-55] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 2월)



[그림 3-56] 정점별 식물플랑크톤 군집의 생태지수 변화(2012년 7월)

다. 기초생산력(Chl-a)

1) 조사방법

(1) 조사내용

조하대의 엽록소-a 농도는 보령시 주교면에서 2개 정점, 2개 층에서 시료를 채수하였고, 각 정점에서 Niskin 채수기를 이용하여 1L의 해수를 채수하였다. 조간대의 엽록소-a 농도는 보령시 주교면의 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 채집된 시료는 냉암소에 즉시 보관하여 실험실로 운반 후 분석하였다.

(2) 분석방법

가) 엽록소-a (조하대)

조하대에서 채집된 시료는 유리섬유여과지(GF/F)를 이용하여 여과하였다. 이때 여과 마지막 단계에서 1% 탄산마그네슘($MgCO_3$) 3~5방울을 첨가하여 엽록소-a의 산성화를 방지하였다. 이렇게 여과된 여과지는 원심분리관의 여과지에 90% 아세톤(CH_3COCH_3)을 10mℓ를 넣어 여과지를 분쇄한 다음 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취한 후 흡광도(750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 식물플랑크톤의 엽록소-a 농도를 계산하였다.

나) 엽록소-a (조간대)

조간대에서 채집된 시료는 정량적으로 깊이 1cm에 대한 무게를 측정하였다. 이렇게 정량화된 시료를 90% 아세톤 (CH_3COCH_3) 10mℓ를 넣어 24시간 동안 냉암소에 보관하면서 엽록소-a를 추출하였다. 원심분리 후 상등액을 취하여 흡광도 (750nm, 664nm, 647nm, 630nm)를 측정하여 엽록소-a를 계산하였다(Parsons *et al.*, 1984).

2) 조사결과

(1) 엽록소-a (조하대)

식물플랑크톤에 의한 기초생산을 간접적으로 지시하는 엽록소-a의 농도는 2012년 2월 조사결과, 표층의 정점 1에서 $5.46\mu g/L$, 정점 2에서 $6.32\mu g/L$ (평균 $5.89\pm 0.60\mu g/L$), 저층의 정점 1에서 $6.68\mu g/L$, 정점 2에서 $8.12\mu g/L$ (평균 $7.40\pm 1.02\mu g/L$)의 값을 보였다[표 3-28, 그림 3-57].

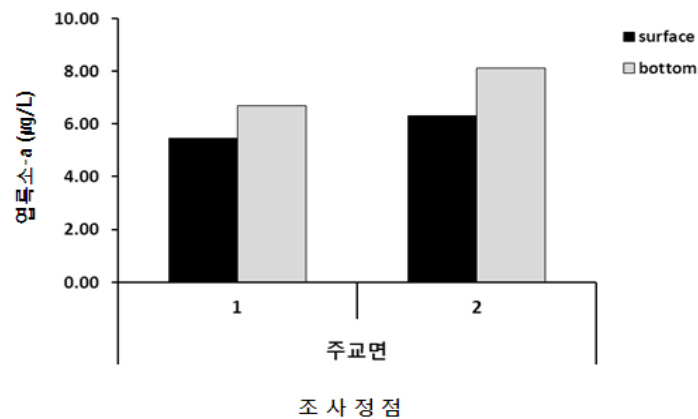
2012년 7월 조사 시, 표층의 정점 1에서 $1.85\mu g/L$, 정점 2에서 $2.63\mu g/L$ (평균 $2.24\pm 0.55\mu g/L$), 저층의 정점 1에서 $1.47\mu g/L$, 정점 2에서 $1.29\mu g/L$ (평균 $1.38\pm 0.13\mu g/L$)의 값을

보였다[표 3-29, 그림 3-58].

2012년 7월에 비해 2012년 2월 엽록소-a의 농도가 높은 것으로 산출 되었으며, 2월 조사에서 수층 간 차이가 큰 나타났다. 그러나 7월 조사에서는 수층 간 비슷한 평균값을 보인 것으로 조사되어, 차이를 보였다.

[표 3-28] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

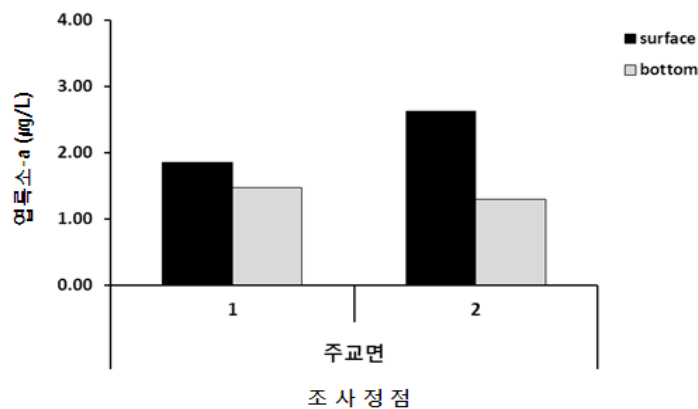
지역	수층	정점	chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)
주교면	1	S	5.46
		B	6.68
	2	S	6.32
		B	8.12



[그림 3-57] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 3-29] 조사(조하대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정점	수층	chlorophyll-a ($\mu\text{g/L}$)
주교면	1	S	1.85
		B	1.47
	2	S	2.63
		B	1.29



[그림 3-58] 수층(조하대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

(2) 엽록소-a (조간대)

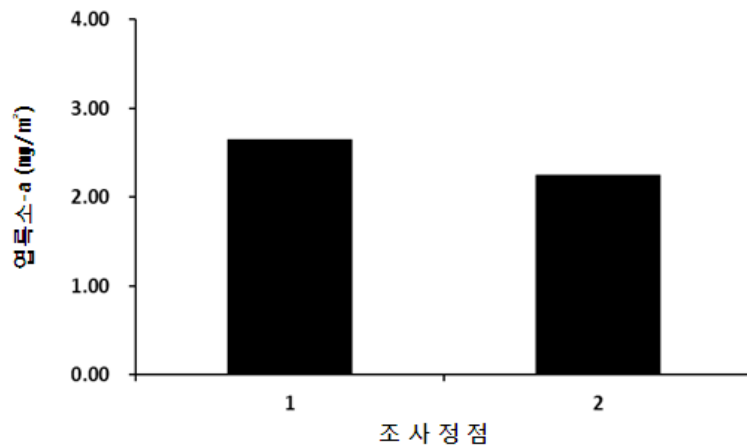
조간대의 엽록소-a 농도는 2012년 2월 조사의 정점 1에서 2.65mg/m², 정점 2에서 2.25mg/m² (평균 2.45±0.28mg/m²)의 값을 보였다[표 3-30, 그림 3-59].

2012년 7월 조사에서 정점 1에서 1.40mg/m², 정점 2에서 1.33mg/m² (평균 1.36±0.05mg/m²)의 값을 보였다[표 3-31, 그림 3-60].

2012년 7월에 비해 2012년 2월 엽록소-a의 농도가 높게 측정되었다. 두 조사 모두 지역별, 정점별 변동의 폭이 큰 것으로 조사되었다. 이러한 차이는 갯벌에서 엽록소-a농도는 밀집된 분포를 보여, 좁은 지역 내에서도 농도의 변화가 심하고, 계절적인 주기성이 일정하지 않은 것으로 보고되어 (Leach, 1970; Cadeé and Hegeman, 1974), 갯벌 조사에서 나타날 수 있는 결과로 사료된다.

[표 3-30] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 2월)

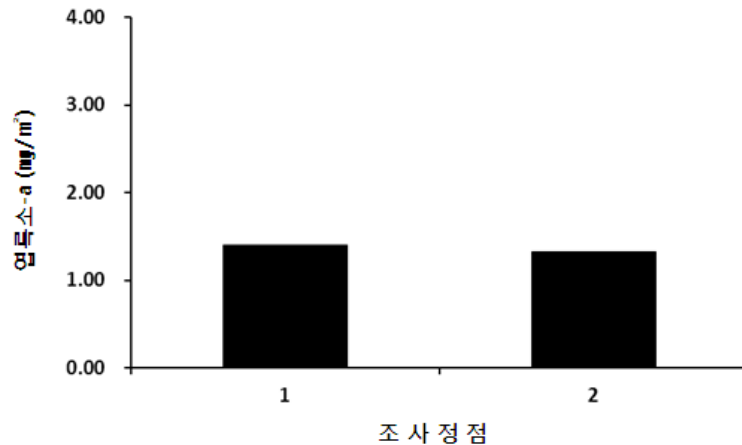
지역	정 점	엽록소-a(mg/m ²)
주교면	st.1	2.65
	st.2	2.25



[그림 3-59] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 2월)

[표 3-31] 조사(조간대) 해역의 엽록소-a 농도(2012년 7월)

지역	정 점	엽록소-a(mg/m ²)
주교면	st.1	1.40
	st.2	1.33



[그림 3-60] 수층(조간대) 및 정점별 엽록소-a 변화(2012년 7월)

라. 일차생산력

1) 조사방법

위 1장 태안군 남면 갯벌의 일차생산력의 조사방법과 동일하다.

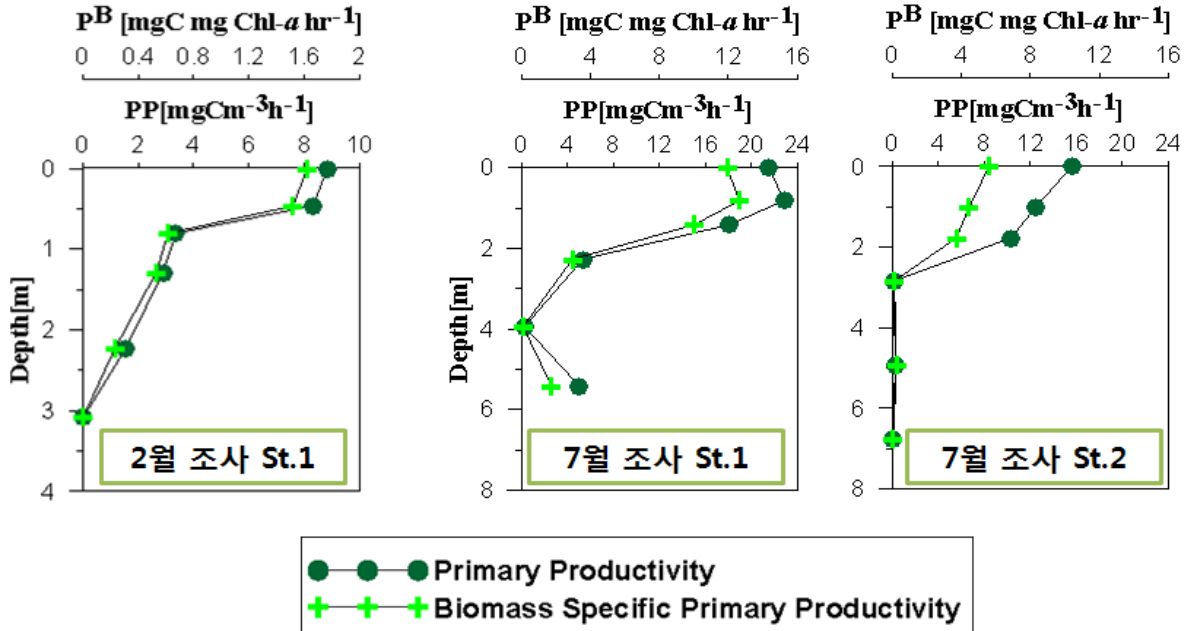
2) 조사결과

(1) 조하대

2012년 2월과 7월에 보령시 주교면에서 기초생산조사를 실시한 결과 2월조사시 Secchi depth는 1m, 7월조사시에는 2~2.5m의 투과도를 나타내 유광층은 1~7m 내외로 나타났다[표 3-32]. 단위체적당 기초생산성(Primary Productivity; P.P.)은 2월조사시 0.035(1% LPD) ~ 8.855(100% LPD)mgC m⁻³ h⁻¹ 범위로 평균 4.165 mgC m⁻³ h⁻¹로 나타났고 7월조사시 0.065(St. 2, 1% LPD) ~22.853(St. 1, 49.9% LPD)mgC m⁻³ h⁻¹ 범위로 평균 9.328 mgC m⁻³ h⁻¹로 7월조사시 생산력이 2배 이상 높게 나타났다. 여름철 조사시 St. 1에서 투과도가 49.9%에서 최대값을 보인 것을 제외하면 전반적으로 표층에서 가장 높은 생산력을 보였다[그림 3-61]. 다소 천수만의 남부에 위치한 St. 1에서 유광층이 좀더 깊게 나타난 St. 2보다 생산력이 높게 나타났다.

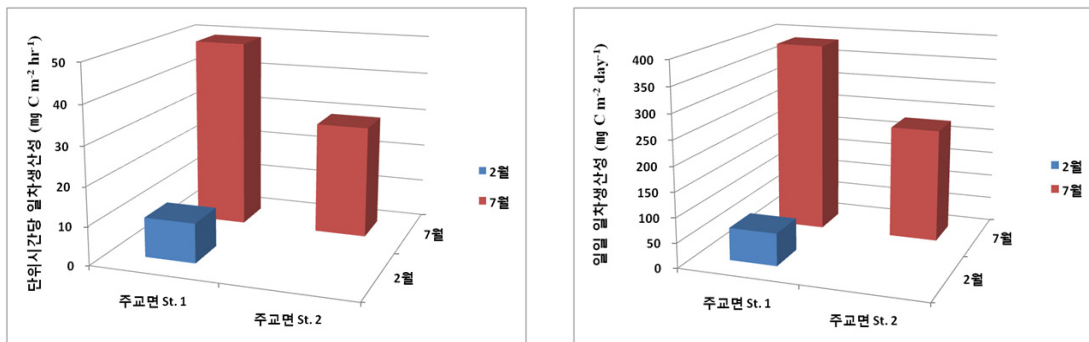
단위 엽록소량에 대한 최대 생산성(P^B)은 2월조사시 0.005(1% LPD)~ 1.621(100% LPD) mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹ 범위를 보여 평균 0.754 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹를 나타냈고 7월조사시에는 0.059(St. 2, 1% LPD)~ 12.644(St. 1, 49.9% LPD) mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹ 범위를 보여 평균 4.460 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹를 나타냈다. 이는 단위체적당 기초생산성과 마찬가지로

지로 표층에서 높은 생산력을 보였고 St. 1에서 엽록소량에 대한 최대생산성도 높게 나타났다. 단, 엽록소 a농도는 St. 1보다 St. 2에서 높은 농도를 나타냈다.



[그림 3-61] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 일차생산력의 연직분포

유광층의 일차생산력을 수층적분한 단위시간당 생산성은 2월에는 10.231 mgC m⁻² hr⁻¹, 7월에는 St.1에서 49.039 mgC m⁻² hr⁻¹, St.2에서 29.128 mgC m⁻² hr⁻¹로 나타나 7월조사시 높게 나타났으며 천수만의 남부에 위치한 St. 1에서 높게 나타났다[그림 3-62]. 일일일차생산성도 마찬가지로 2월조사시 65.364 mgC m⁻² day⁻¹, 7월조사시 St.1에서 385.332 mgC m⁻² day⁻¹, St.2에서 228.882 mgC m⁻² day⁻¹로 나타나 겨울철보다 여름철에 생산력이 높게 나타났으며 St. 1에서 생산력이 높았다.



[그림 3-62] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 수직적분한 시간당 일차생산력과 일일일차생산력 분포

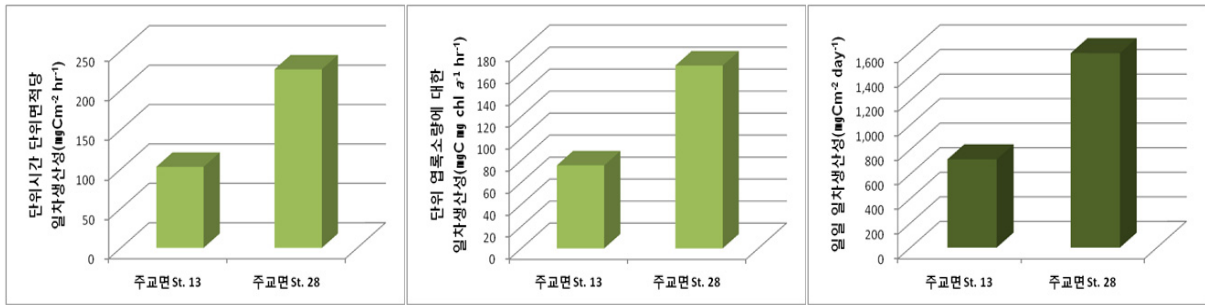
[표 3-32] 2012년 2월조사시 보령시 주교면의 수층별 일차생산량과 수직적분한 일차생산력

	Station	Light	Depth	P.P.	P ^B	Int P.P.	
		(%)	(m)	(mgC m ⁻³ h ⁻¹)	(mgC mgchl-a hr ⁻¹)	(mgC m ⁻² h ⁻¹)	(mgC m ⁻² day ⁻¹)
2012년 2월12일	주교면	100	0	8.855	1.621	10.231	65.364
		49.9	0	8.302	1.520		
	Secchi	30	1	3.362	0.616		
	1	14.5	1	2.901	0.531		
	(12:20~	3.5	2	1.536	0.230		
	15:20)	1	3	0.035	0.005		
2012년 7월22일	주교면	100	0	21.557	11.927	49.039	385.332
	St. 1	49.9	1	22.853	12.644		
	Secchi	30	1	18.060	9.993		
	2	14.5	2	5.354	2.962		
	(13:00~	3.5	4	0.273	0.094		
	16:00)	1	5	5.042	1.743		
	주교면	100	0	15.602	5.595	29.128	228.882
	St. 2	49.9	1	12.410	4.450		
	Secchi	30	2	10.343	3.709		
	2.5	14.5	3	0.122	0.111		
	(13:00~	3.5	5	0.262	0.238		
	16:00)	1	7	0.065	0.059		

(2) 조간대

2012년 7월조사시 단위시간 단위체적당 최대 생산성은 St. 13에서 102.94 mgC m⁻² hr⁻¹, St. 28에서 226.68 mgC m⁻² hr⁻¹ 로 나타났다[표 3-33]. 조하대와 마찬가지로 천수만의 조금더 남부해역에 위치한 St. 28에서 2배 이상의 높은 생산력을 나타냈다[그림 3-63]. 이는 강화도 장화리 펄갯벌에서 2003년 7월부터 4월까지의 저서성 미세조류의 일차생산력을 확인한 결과 2.98 ~ 113.01 mgC m⁻² hr⁻¹인 것과 비교할 때 본 연구결과가 매우 높은 값을 나타냈다.

퇴적물의 엽록소량에 대한 최대 생산성은 St. 13에서 75.48 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹, St. 28에서 166.21 mgC mg Chl a⁻¹ h⁻¹를 나타내 단위시간 단위체적당 생산성과 마찬가지로 St. 28에서 높게 나타났으나 퇴적물의 엽록소 a농도는 1.36 mgChl-a/m²으로 유사하게 나타났다. 강화도 장화리에서 0.52~3.61 mgC mg Chl a⁻¹ hr⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 일차생산력과 마찬가지로 매우 높은 값을 나타냈다. 일일 일차생산력은 단위시간당 일차생산력과 마찬가지로 St.13에서 719.49 mgC mg m⁻² day⁻¹, St.28에서 1,584.33 mgC mg m⁻² day⁻¹로 St. 13에서 높게 나타났으며 강화도 장화리에서는 20.88~678.06 mgC mg m⁻² day⁻¹로 나타나 본 조사해역에서 매우 높게 나타났다.



[그림 3-63] 2012년 2월과 7월조사시 보령시 주교면의 단위시간단위면적당 일차생산성(PP), 단위 엽록소량에 대한 일차생산력(P^B)과 일일일차생산력 분포

[표 3-33] 2012년 7월조사시 보령시 주교면의 조간대의 일차생산력

Date	Station	PP (mg C m ⁻² h ⁻¹)	P ^B (mgC mg Chl-a hr ⁻¹)	PP-day (gC m ⁻² day ⁻¹)	Chl-a (mgChl-a m ⁻²)
2012.7.21.	보령 주교면 St. 13	102.94	75.48	719.49	1.36
	보령 주교면 St. 28	226.68	166.21	1,584.33	1.36

동계조사시도 조간대 저서 일차생산력 조사를 시행하였으나 시료의 균질성을 확보하지 못하여 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 없어 본 보고서에서 제외하였다.

마. 동물플랑크톤

1) 조사방법

(1) 조사내용

본 연구를 위해 2012년 2월과 7월, 2회에 걸쳐 총 2개 정점에서 시료를 채집하였다. 시료는 플랑크톤 네트(원추형, 망목크기 300 μ m, 네트 직경 0.6m)를 이용하여 정점에 따라 5분간 수평 예인하여 채집하였다. 예인 후 네트와 버킷을 세척하여 시료병으로 시료를 옮긴 후, 즉시 선상에서 중성 포름알데히드 수용액으로 최종 농도가 4~5%가 되도록 고정하여 실험실로 운반하였다.

(2) 분석방법

Folsom 타입의 분할기구로 균등하게 분할한 시료 가운데 일정량(1/32~1/128)을 Bogorove chamber 형식의 계수판위에 넣은 다음 해부 현미경(Olympus SZX-12)으로 관찰하여 동정하고 개체수를 세었다. 요각류 등, 작은 갑각류의 정확한 동정을 위하여 해부할 필요가 있을 경우, 움푹 패인 슬라이드에 lactic acid 또는 glycerin 등을 증류수, 또는 여과해수와 함께 떨어뜨린 후 동물플랑크톤 시료를 올려놓고 시료를 부드럽게 해서

팅스텐 침을 이용하였다.

각 동물플랑크톤의 출현량은 1m³의 해수에 분포하는 동물플랑크톤의 개체수로 나타냈고, 네트에 여과된 해수의 양은 네트 입구에 유량계를 설치하여 측정한 유량계의 회전수에 유량계의 진행거리로 환산하기 위한 계수를 곱하여 계산하였다.

조사 해역의 동물플랑크톤 군집 특성을 파악하기 위해 정점별로 Shannon and Weaver (1963)의 방법에 따라 종 다양성 지수 (species diversity index: H')를 산출하였다. 출현종과 개체수의 자료를 이용한 집괴 분석 (cluster analysis)에서는 정점간의 유사도를 파악하기 위하여 Bray-Curtis similarity를 이용하였다. 분석에 이용된 동물플랑크톤 자료는 극우점종의 출현으로 인해 출현개체수 간 편차가 큰 경우 자료 편중에 따른 분석 상 오류를 피하기 위해 자연로그 $\log_e(a+1)$ 로 변환하여 분석에 이용하였으며, 결과를 수상도 (Dendrogram)로 나타냈다. 종 다양성 지수 산출과 집괴분석에는 다변량 통계 프로그램 Primer (version 5.2.2)를 사용하였다.

종의 동정에는 박 (1970), 김 (1987), 임 (1989), 유 (1995), Mori (1964), Yamaji (1984), Kim (1985), Soh and Suh (2000) 등을 참고하였으며, 전체적인 분류체계는 Bowman and Abele (1982)를 바탕으로 하였다.

2) 조사 결과

(1) 종조성

보령시 주교면은 2012년 2월에는 총 5 개문, 16 분류군이 출현하였다. 절지동물 (Arthropoda)이 12분류군으로 가장 많았고, 그 밖에 원생동물 (Protozoa), 모약동물 (Chaetognaths), 연체동물 (Mollusca), 극피동물 (Echinodermata)은 각각 1 분류군씩으로 구성되었다 [표 3-34, 36]. 2012년 7월에는 총 7 개문, 24 분류군이 출현하였다. 절지동물 (Arthropoda)이 16분류군으로 가장 많았고, 자포동물 (Cnidaria), 연체동물 (Mollusca) 각각

[표 3-34] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 2월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Protozoa	1	6.3
Arthropoda	12	75.0
Chaetognatha	1	6.3
Mollusca	1	6.3
Echinodermata	1	6.3
Total	16	100.0

2분류군, 그 밖에 원생동물 (Protozoa), 척삭동물 (Chordata), 극피동물 (Echinodermata), 모약동물 (Chaetognaths)은 각각 1분류군씩 출현하였다 [표 3-35, 37].

[표 3-35] 동물플랑크톤 분류군수와 점유율(%) (2012년 7월)

동물문	분류군수	점유율(%)
Cnidaria	2	8.3
Protozoa	1	4.2
Arthropoda	16	66.7
Chaetognatha	1	4.2
Mollusca	2	8.3
Chordata	1	4.2
Echinodermata	1	4.2
Total	24	100.0

[표 3-36] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 02월)(*: 1개체/m³ 미만)

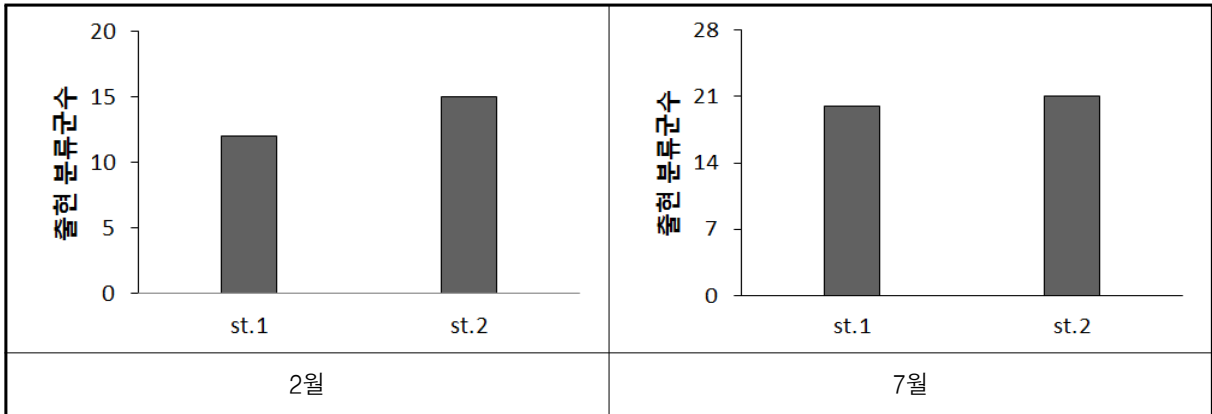
동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	690	319	504±262	262
Arthropoda				
Copepoda				
<i>Acartia hudsonica</i>		*	*±1	0.1
<i>Acartia hongii</i>	69	213	141±102	18.3
Copepodite <i>Acartia</i>	31	57	44±18	5.7
<i>Calanus sinicus</i>	*	13	7±9	0.9
Copepodite <i>Calanus</i>	2	7	4±4	0.5
<i>Centropages abdominalis</i>		*	*±1	0.1
Copepodite <i>Centropages</i>	10	6	8±3	1.0
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	36	37	37±1	4.8
<i>Pavocalanus crassirostris</i>	11	*	6±7	0.8
<i>Corycaeus affinis</i>	2	3	3±1	0.4
<i>Oithona</i> sp.	5	*	3±3	0.4
Unidentified harpacticoids	2	2	2±1	0.3
Chaetognatha				
<i>Sagitta crassa</i>		15	7±11	1.0
Mollusca				
Gastropod larvae	*		*±1	0.1
Echinodermata				
Ophiopluteus larvae		*	*±1	0.1
분류군수	12	15	14±2	
Total	859	676	767±130	100

[표 3-37] 동물플랑크톤 개체수(개체/m³) 및 분류군수(2012년 07월)(* : 1개체/m³미만)

동물문과 분류군	St. 1	St. 2	평균	점유률(%)
Protozoa				
<i>Noctiluca scintillans</i>	141	99	120±30	14.0
Cnidaria				
Unidentified tranchymedusae		1	*±1	0.1
Unidentified siphonophora	12	7	9±4	1.1
Arthropoda				
Cladocera				
<i>Evadne tergestina</i>	446	163	305±200	35.6
<i>Penilia avirostris</i>		3	2±2	0.2
Copepoda				
<i>Acartia hongii</i>		2	1±2	0.1
<i>Acartia ohtsukai</i>	5	3	4±2	0.5
<i>Calanus sinicus</i>	1		*±1	0.1
Copepodite <i>Calanus</i>	4		2±3	0.2
<i>Centropages tenuiremis</i>	41	46	43±4	5.0
Copepodite <i>Centropages</i>	3	2	2±0	0.3
Copepodite <i>Labidocera</i>	19	14	17±3	1.9
<i>Labidocera rotunda</i>	152	75	113±54	13.2
<i>Paracalanus parvus</i> s. l.	131	46	89±61	10.3
<i>Tortanus forcipatus</i>	1	1	1±0	0.1
<i>Corycaeus affinis</i>	19	7	13±9	1.5
Cirripedia				
Cirriped larvae	22	33	27±8	3.2
Decapoda				
Crap larvae	1	11	6±7	0.7
Decapod larvae	42	38	40±3	4.7
Chaetognatha				
<i>Saggita crassa</i>	31	26	29±4	3.3
Chordata				
<i>Oikopleura dioica</i>	9	3	6±4	0.7
Mollusca				
Bivalve larvae		1	*±1	0.1
Gastropod larvae	3		1±2	0.2
Echinodermata				
Ophiopluteus larvae	12	35	24±16	2.7
분류군수	20	21	21±1	
Total	1,096	616	856±340	100

(2) 출현 분류군수

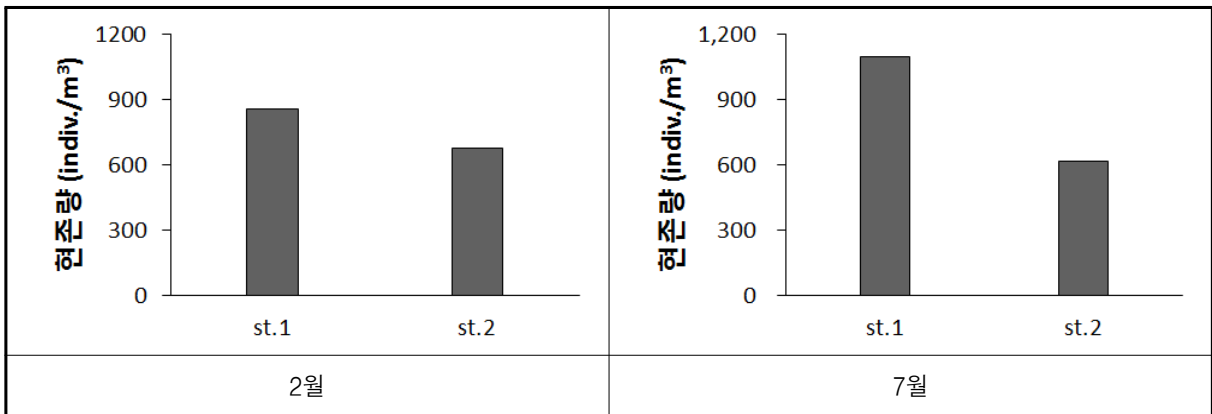
보령시 주교면은 2012년 2월에는 정점별로 12~15 분류군 (평균 14±2 분류군)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 20~21 분류군 (평균 21±1 분류군)의 범위로 나타났다 [표 3-34, 35; 그림 3-64].



[그림 3-64] 동물플랑크톤 분류군수

(3) 출현 개체수(현존량)

보령시 주교면은 2012년 2월에는 정점별로 859~676 indiv./m³ (평균 767±130 indiv./m³)의 범위로 나타났고, 2012년 7월은 정점별로 616~1,096 indiv./m³ (평균 856±340 indiv./m³)의 범위로 나타났다 [표 3-36, 37; 그림 3-65].

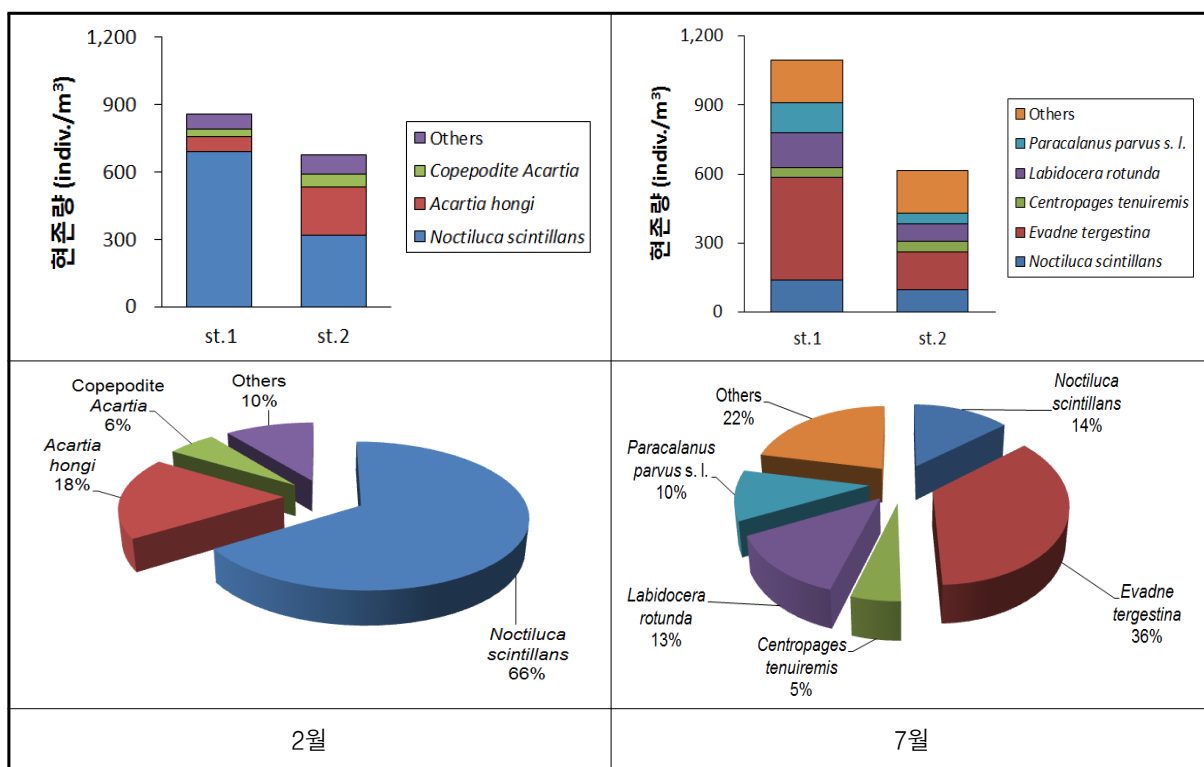


[그림 3-65] 동물플랑크톤 출현 개체수

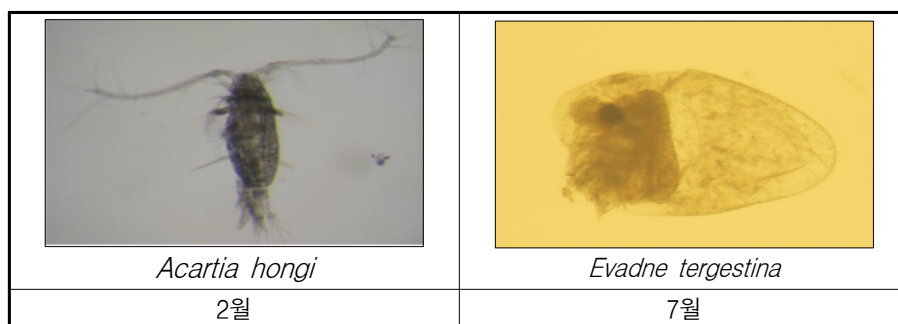
(4) 우점종

보령시 주교면에 우점종을 살펴보면, 2012년 2월에는 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 3 분류군으로, 원생동물 *Noctiluca scintillans*(전체 조성율의 65.7%, 정점 평

균 504±262 indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 요각류 *Acartia hongii*(전체 조성율의 18.3%, 정점 평균 141±102 indiv./m³), 요각류 Copepodite *Acartia*(전체 조성율의 5.7%, 정점 평균 44±18 indiv./m³) 순으로 우점하였고, 나머지 분류군은 5% 미만으로 나타났다. 2012년 7월은 전체 조성율의 5% 이상을 점유한 분류군은 5 분류군으로, 지각류 *Evadne tergestina*(전체 조성율의 35.6%, 정점 평균 305±200 indiv./m³)이 가장 우점하였으며, 원생동물 *Noctiluca scintillans*(전체 조성율의 14.0%, 정점 평균 120±30 indiv./m³), 요각류 *Labidocera rotunda*(전체 조성율의 13.2%, 정점 평균 113±54 indiv./m³), 요각류 *Paracalanus parvus s. l.*(전체 조성율의 10.3%, 정점 평균 89±61 indiv./m³), 요각류 *Centropages tenuiremis*(전체 조성율의 5.0%, 정점 평균 43±4 indiv./m³) 순으로 우점하였고, 나머지 분류군은 5% 미만인 값을 보였다 [표 3-36, 37; 그림 3-66, 67].



[그림 3-66] 우점종에 대한 출현 개체수 및 비율



[그림 3-67] 최우점종 사진

(5) 우점종

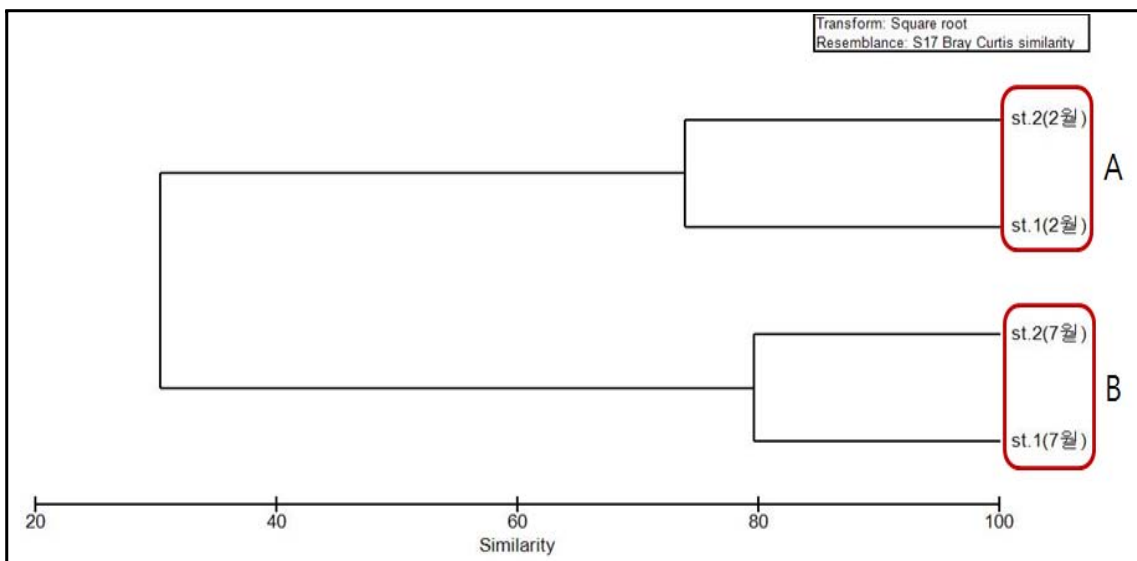
보령시 주교면에 종 다양성 지수를 살펴보면, 2012년 2월에는 0.83~1.42 (평균 1.12±0.42), 2012년 7월은 1.68~1.86 (평균 1.77±0.13)로 나타났다 [표 3-38].

[표 3-38] 동물플랑크톤 군집의 시기별 종 다양성 지수

정점		종 다양성 지수	평균
2012년 2월	St. 1	0.83	1.12±0.42
	St. 2	1.42	
2012년 7월	St. 1	1.68	1.77±0.13
	St. 2	1.86	

(6) 군집분석

동물플랑크톤 자료에 근거하여 조사 정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위해 동물플랑크톤의 개체수를 자연 log 변환한 후, Bray-curtis similarity를 구하여 군집분석을 실시하였다. 태안군 남면에 유사도 지수가 약 30% 수준으로 2개의 정점군으로 나누어 졌다. A 그룹은 2012년 2월 St.1, 2 그리고 B 그룹은 2012년 7월 St.1, 2로 나타났다 [그림 3-68]. 이러한 결과를 볼 때, 계절변화가 보령시 주교면 연안해역에서의 동물플랑크톤 군집분포에 큰 영향을 준 것으로 판단된다.



[그림 3-68] 동물플랑크톤 집괴분석

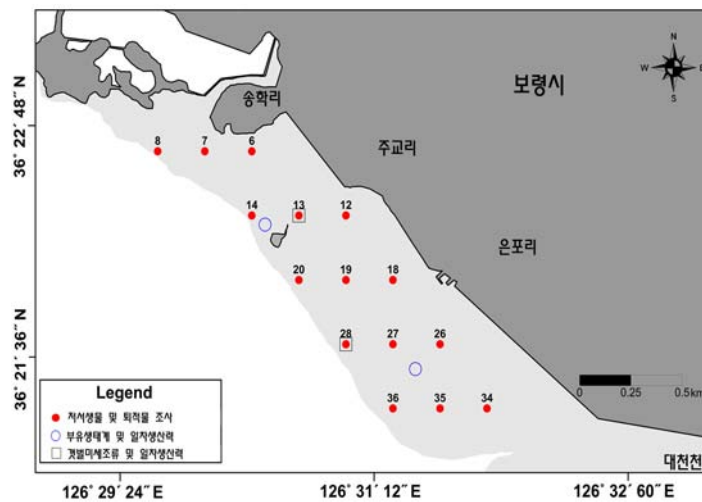
3. 갯벌저서생물 조사

가. 조사내용

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 보령시 주교면에서 시료를 채집하였다. 각 조사정점의 위치는 [그림 3-69]와 같다.

저서생물의 채집을 위해 0.008 m²인 원통주상채니기를 사용하여 생물을 포함한 저질 퇴적물을 정점별로 6회씩 채집하였다. 선상으로 인양된 퇴적물은 망목 크기 1.0mm인 체와 해수를 사용하여 씻어내었고, 체에 걸린 잔존물은 10% 중성포르말린으로 고정한 후 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 생물을 골라내는 선별작업을 거친 후, 해부 현미경과 고배율 현미경을 이용하여 종 수준까지 동정하였다. 종 수준까지 동정이 어려운 경우에는 상위 단계인 속 (Genus) 또는 과 (Family) 수준까지 동정하였다. 선별된 저서생물은 생체량 (습중량 gWwt., 이후 g로 표기)을 측정하였다. 측정된 서식밀도 및 생체량은 단위면적 당 (m²)의 값으로 환산하여 분석에 이용하였다.

결과에서 제시된 동물군은 alphabetically abbreviated code로 표시하였으며, 각 code가 지시하는 동물군명은 [표 1-40]에 나타내었다.



[그림 3-69] 보령시 주교리 조사정점 위치

나. 분석방법

각 정점에서 출현한 종별 서식밀도를 바탕으로 Shannon and Weaver (1963)의 다양도 지수 (Diversity index, H')와 Pielou (1975)의 균등도 지수 (Evenness index, J)를 계산하였다.

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

S: 출현 종수

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

채집 노력량이 동일하지 않은 경우, 출현 종수 또는 생물 다양성의 수준을 비교하거나 평가하기 위하여 Whittaker (1975)에 의해서 제안된 지수를 사용하였다.

$$d = SR_s / \log A \text{ 또는 } SR_s / \log N$$

SR_s: 표본 내 총 종수, A: 채집 면적, N: 총 개체수

저서생물군집구조의 시·공간적 변화를 파악하고 군집을 구분하기 위하여, 관찰된 개체 수 자료를 Fourth root로 변환하여, Bray-Curtis similarity (Bray and Curtis, 1957)를 계산하였다. 이를 기반으로 집괴분석 (Cluster analysis)과 다차원척도법 (non-metric multidimensional scaling: MDS)을 수행하였고 그 결과를 상호보완적으로 적용하였다 (PRIMER).

조사해역의 건강상태를 진단하기 위하여 ISEP (Inverse function of Shannon-Wiener evenness proportion) index를 계산하였다. 이는 McManus and Pauly (1990)가 개발한 SEP (생체량 기준의 균등도 또는 다양도지수를 밀도 기준의 균등도 또는 다양도 지수로 나누어 계산)를 수정한 것으로 식은 다음과 같다.

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

ISEP 등급은 1등급에서 7등급까지의 총 7등급으로 나뉘며, 1등급으로 갈수록 좋은 건강도를 나타낸다. 1등급은 “매우 좋음”, 2~3등급은 “좋음”, 4등급은 “보통”, 5~6등급은 “나쁨”, 7등급은 “매우 나쁨”이라고 말할 수 있다. ISEP 등급은 반복 시료가 있는 경우에 평균 등급을 추정하고 표준오차를 추정하여 68% 신뢰 구간의 등급을 병기하여 사용한다. 이 때, 평균의 등급을 중심으로 1등급을 초과하는 신뢰구간 등급이 제시되는 경우에는 해당 등급을 신뢰하기 어려운 것으로 보았다 (Yoo *et al.*, 2010).

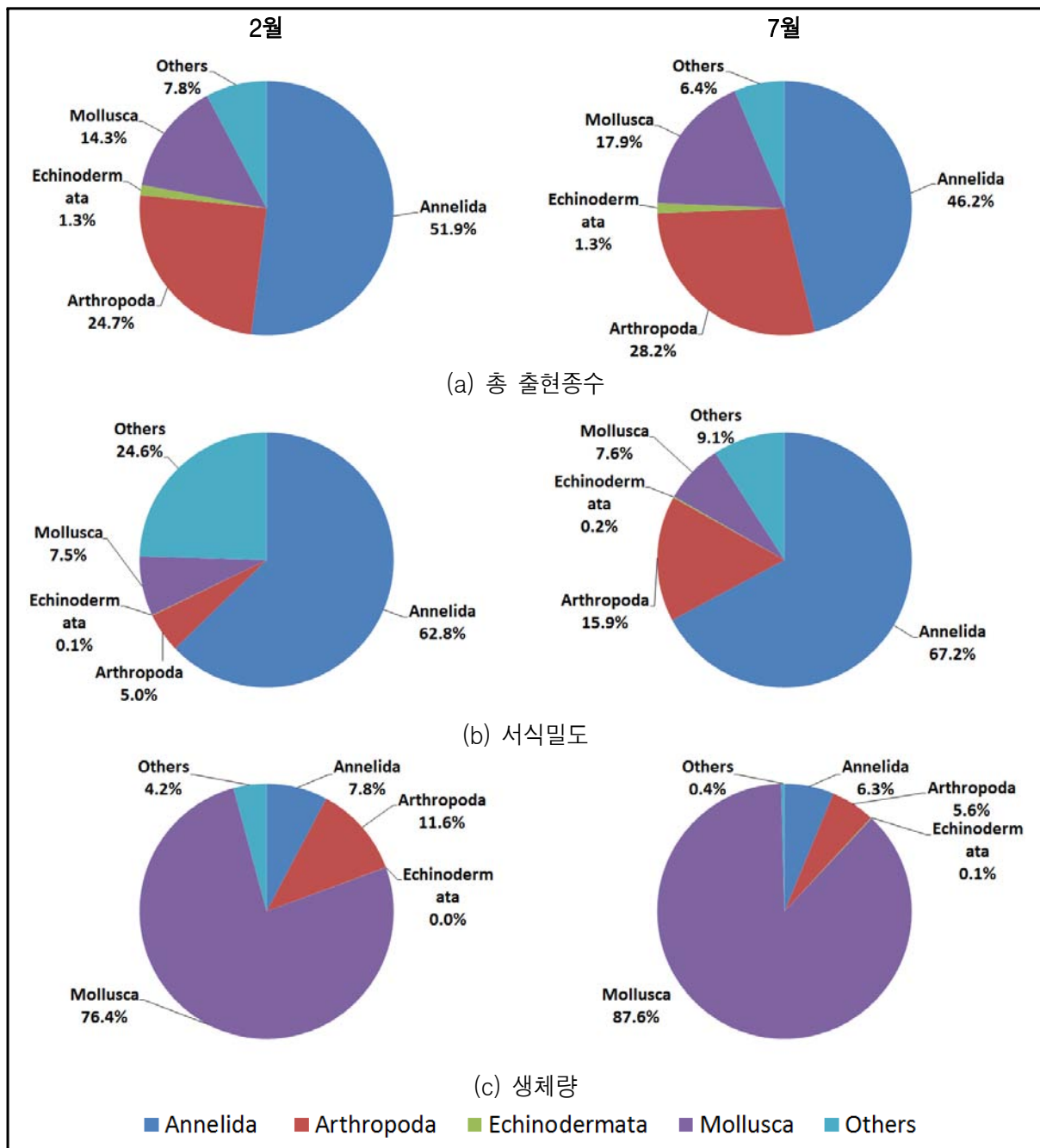
다. 조사결과

1) 동물군별 현존량

보령시 주교면 조간대 대형저서생물의 동물군별 출현종수를 시기별로 살펴보면 [그림 3-70], 먼저 2012년 2월에 총 77 종/0.75m²이 출현하였다. 그 중 환형동물 (Annelida)이 총 40 종/0.75m²으로 51.9%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 연체동물 (Mollusca)이 각각 19 종/0.75m² (24.5%), 11 종/0.75m² (14.3%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 7.8%, 1.3%를 점유하였다. 2012년 7월은 총 78 종/0.75m²이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은

환형동물 (Annelida)로 총 36 종/0.75m²으로 46.20%을 차지하였다. 그 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 연체동물 (Mollusca)이 각각 22 종/0.75m² (28.2%), 14 종/0.75m² (17.9%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 6.4%, 1.3%를 점유하였다.

동물군별 평균 서식밀도를 시기별로 살펴보면 [그림 3-70], 먼저 2012년 2월에 평균 1,785±1,359 개체/m²이 출현하였다. 그 중 환형동물 (Annelida)이 1,121±856 개체/m²으로



[그림 3-70] 보령시 주교리 동물군별 현종량

62.8%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 기타동물 (Others)과 연체동물 (Mollusca)이 각각 439 ± 764 개체/ m^2 (24.6%), 135 ± 105 개체/ m^2 (7.5%)이 출현하였으며, 그 외 절지동물 (Arthropoda)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 5.0%, 0.1%를 점유하였다. 2012년 7월은 평균 $1,532 \pm 1,817$ 개체/ m^2 이 출현하였다. 가장 우점한 동물군은 환형동물 (Annelida)이 $1,029 \pm 1,865$ 개체/ m^2 으로 67.2%를 차지하였다. 그 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 기타동물 (Others)이 각각 244 ± 221 개체/ m^2 (15.9%), 140 ± 226 개체/ m^2 (9.1%)이 출현하였으며, 그 외 연체동물 (Mollusca)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 7.6%, 0.2%를 점유하였다.

동물군별 평균 생체량을 시기별로 살펴보면 [그림 3-70], 먼저 2012년 2월에 평균 128.2 ± 182.1 g/ m^2 이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 97.9 ± 170.3 g/ m^2 으로 76.4%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 절지동물 (Arthropoda)과 환형동물 (Annelida)이 각각 14.9 ± 30.5 g/ m^2 (11.6%), 10 ± 17.9 g/ m^2 (7.8%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 5.4%, 0.1%미만을 점유하였다. 2012년 7월은 평균 265.3 ± 469.4 g/ m^2 이 출현하였다. 그 중 연체동물 (Mollusca)이 232.4 ± 472.5 g/ m^2 으로 87.6%를 차지하여 가장 우점한 동물군으로 나타났다. 다음으로 환형동물 (Annelida)과 절지동물 (Arthropoda)이 각각 16.7 ± 15.9 g/ m^2 (6.3%), 14.9 ± 22.4 g/ m^2 (5.6%)이 출현하였으며, 그 외 기타동물 (Others)과 극피동물 (Echinodermata)이 각각 1.1%, 0.3%를 점유하였다.

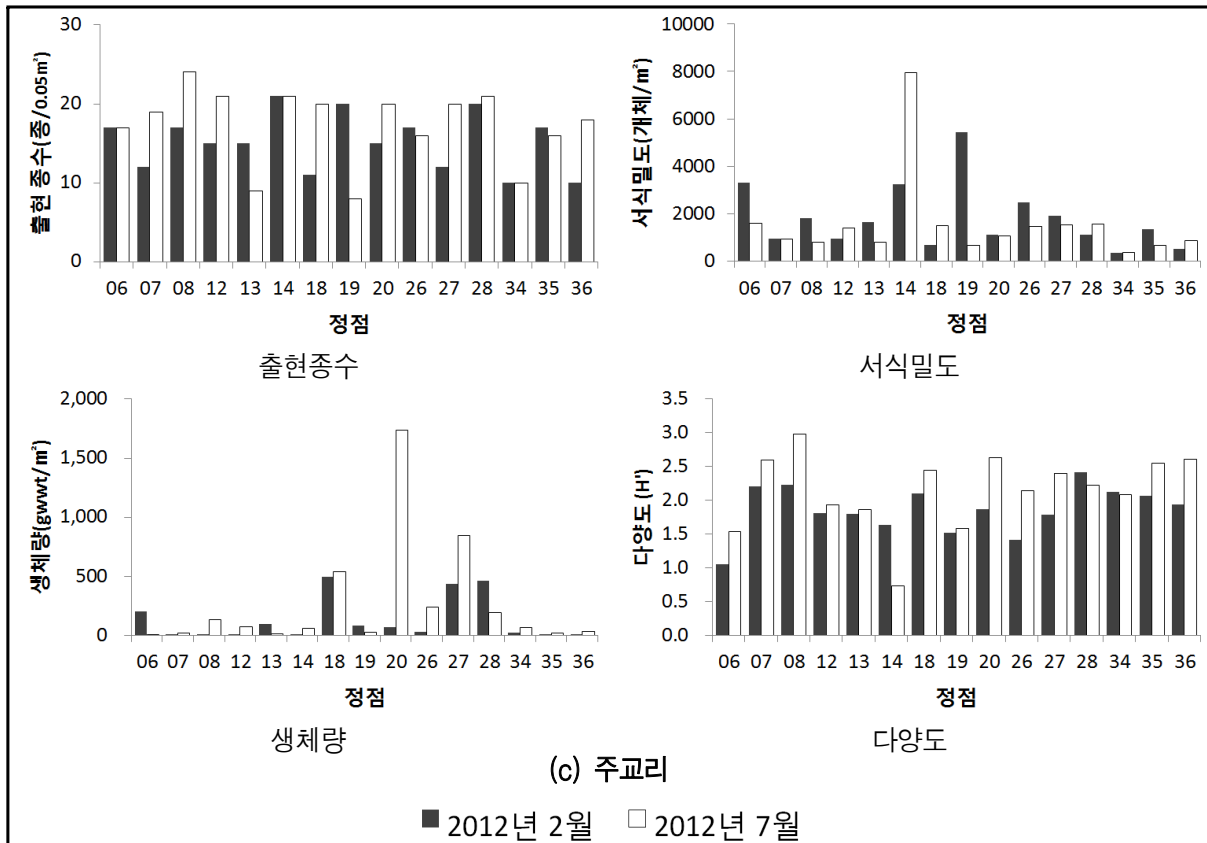
2) 저서생물의 현존량 및 생태학적 제지수의 공간적 분포

보령시 주교면 조간대 저서생물의 현존량 및 다양도 지수를 시기별로 살펴보면 [표 3-38, 그림 3-71], 먼저 2012년 2월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 15 ± 4 종/ $0.05 m^2$ 으로 조사되었으며, 정점 14에서 21 종/ $0.05 m^2$ 으로 가장 높았고, 정점 18에서 11 종/ $0.05 m^2$ 으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 19에서 5,440 개체/ m^2 로 가장 높았던 반면 정점 34에서 340 개체/ m^2 로 가장 낮았다. 생체량은 정점 18에서 496.5 g/ m^2 으로 가장 높았으며, 정점 36에서는 3.7 g/ m^2 으로 최소값을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 28에서 2.42로 가장 높은 값과 정점 6에서 1.05로 가장 낮은 값의 범위를 보이며, 평균 1.86 ± 0.36 에 수준이 관찰되었다. 2012년 7월에 채집된 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 17 ± 5 종/ $0.05 m^2$ 으로 조사되었으며, 정점 8에서 24 종/ $0.05 m^2$ 으로 가장 높았고, 정점 19에서 8 종/ $0.05 m^2$ 으로 가장 낮은 종수를 기록하였다. 서식밀도는 정점 14에서 7,940 개체/ m^2 로 가장 높았던 반면 정점 34에서 360 개체/ m^2 로 가장 낮았다. 생체량은 정점 20에서 $1,735$ g/ m^2 으로 가장 높았으며, 정점 6에서는 7.3 g/ m^2 으로 최소값

을 기록하였다. 다양도 지수는 정점 8에서 2.98로 가장 높은 값과 정점 14에서 0.73으로 가장 낮은 값을 보이며, 평균 2.15 ± 0.57 의 수준이 관찰되었다.

[표 3-39] 보령시 주교리 대형저서생물 현존량 및 생태학적 지지수의 공간적 분포

정점	2012년 2월				2012년 7월			
	종수 (종/0.05m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	생체량 (g/m ²)	다양도 (H')	종수 (종/0.05m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	생체량 (g/m ²)	다양도 (H')
St.06	17	3,320	198.8	1.05	17	1,580	7.3	1.53
St.07	12	940	4.8	2.20	19	920	20.9	2.60
St.08	17	1,820	11.3	2.23	24	780	129.0	2.98
St.12	15	940	10.7	1.81	21	1,400	70.7	1.93
St.13	15	1,640	93.8	1.80	9	780	9.3	1.86
St.14	21	3,240	7.8	1.63	21	7,940	57.0	0.73
St.18	11	660	496.5	2.10	20	1,480	538.0	2.44
St.19	20	5,440	82.2	1.52	8	640	25.3	1.58
St.20	15	1,120	66.5	1.87	20	1,060	1,735.0	2.63
St.26	17	2,460	25.9	1.41	16	1,460	235.4	2.14
St.27	12	1,920	437.0	1.78	20	1,520	846.2	2.40
St.28	20	1,100	460.9	2.42	21	1,540	194.4	2.22
St.34	10	340	18.0	2.12	10	360	62.3	2.08
St.35	17	1,340	5.8	2.06	16	660	19.0	2.55
St.36	10	500	3.7	1.94	18	860	30.3	2.61
평균	15±4	1,785±1,359	128.2±182.1	1.86±0.36	17±5	1,532±1,817	265.3±469.4	2.15±0.57



[그림 3-71] 보령시 주교면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

3) 우점종

보령시 주교면 출현 대형저서생물의 밀도 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 3-39]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 평균 664±670 개체/m²로 출현하여 전체의 37.2%를 차지하였다 [그림 3-72]. 본 종은 정점 6에서 가장 높은 서식밀도로 출현하였으며, 모든 정점에서 출현하였다. 다음으로 우점하는 종은 평균 383±777 개체/m² (21.4%)로 기타동물 (Others)의 비벌레 (*Phoronis australis*)가 정점 19번에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 환형동물 다모류 (APol)의 양손갯지렁이류 (*Magelona* sp.1)는 평균 105±359개체/m² (5.9%)가 출현하였으며, 정점 14에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~13위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 6종과 절지동물 단각류 (CAm) 1종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 2종, 복족류 (MGs) 1종, 기타동물 (Others) 1종이 포함되어 있으며, 모두 4% 미만의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 최고 우점종은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 평균 673±1753 개체/m²로 출현하여 전체의 44.0%를 차지하였다. 정점 14에서 가장 높은 서식밀도를 보이며, 모든 정점에서 출현하였다. 그 다음으로 우점하는 종은 평균 123±223 개체/m² (8.0%)로 기타동물 (Others)의 비벌레 (*Phoronis australis*)가 정점 26번에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 절지동물 단각류 (CAm)의 멜리타옆새우류 (*Melita piloropropoda*)로 평균 53±174 개체/m²가 출현하여 전체의 3.5%를 차지하였다. 상위 4~18위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 9종과 절지동물 단각류 (CAm) 2종, 게류 (CDB) 2종, 그리고 연체동물 이매패류 (MBi) 2종이 포함되어 있으며, 모두 3.5% 미만의 우점율을 보였다.

출현 대형저서생물의 생체량 기준 1.0% 이상을 점유하는 종들을 시기별로 살펴보면 다음과 같다 [표 3-41]. 먼저 2012년 2월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 평균 60.7±149 g/m²가 출현하여 전체의 47.3%를 차지하였다 [그림 3-72]. 본 종은 정점 18에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 17.1±66.4 g/m² (13.4%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 떡조개 (*Phacosoma japonicus*)가 정점 28에서만 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 복족류 (MGs)의 황해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이 평균 16.2±43.8 g/m² (12.6%)으로 정점 6에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 상위 4~12위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 4종과 절지동물 만각류 (CCi) 1종, 집게류 (CDA) 1종, 게류 (CDB) 1종, 연체동물 이매패류 (MBi) 1종, 그리고 기타동물 (Others) 1종이 포함되어있으며, 모두 5% 이하의 우점율을 보였다. 2012년 7월에 가장 우점했던 종은 연체동물 이매패류 (MBi)의 떡조개

(*Phacosoma japonicus*)가 평균 $114.1 \pm 441.9 \text{ g/m}^2$ 로 출현하여 전체의 43%를 차지하였다 [그림 3-72]. 정점 20에서 만 서식밀도가 관찰되었다. 그 다음으로 우점한 종은 평균 $92.2 \pm 214.8 \text{ g/m}^2$ (34.8%)로 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 정점 27에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 3위인 연체동물 이매패류 (MBi)의 동죽 (*Mactra veneriformis*)이 평균 $14.4 \pm 55.7 \text{ g/m}^2$ (5.4%)으로 정점 18에서만 서식밀도를 보였다. 상위 4~8위까지 우점한 분류군을 살펴보면, 환형동물 다모류 (APol) 2종과 절지동물 계류 (CDB) 1종과 연체동물 복족류 (MGs) 3종이 포함되어있으며, 모두 5% 미만의 우점율을 보였다.

[표 3-40] 보령시 주교면 갯벌 대형저서생물의 밀도기준 우점종 (개체/ m^2)

(a) 2월

순위	분류군	종명	6	7	8	12	13	14	18	19	20	26	27	28	34	35	36	평균	비중 (%)
1	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	2560	160	600	20	760	1160	60	1520	580	620	720	380	80	540	200	664±670	37.2
2	Others	<i>Phoronis australis</i>	60			520	360		40	2820		1420	520					383±777	21.4
3	APol	<i>Magelona</i> sp.1		60	100			1400							20			105±359	5.9
4	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	40	140	180		60		40		40	60	20	60	200	20		57±65	3.2
5	APol	<i>Nephtys polybranchia</i>		100	80		60	100	20	160	40	20	40	80		20	40	51±46	2.8
6	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>		20					80	20		20	260	40			180	41±77	2.3
7	Others	<i>Micrura</i> sp.1			220	40	20	80			20		100	40			40	40±59	2.2
8	MBi	<i>Mactra chinensis</i>		200	160			100			20	20					20	37±64	2.1
9	APol	<i>Nephtys californiensis</i>	40	20	20	40			160			60		40	60			29±43	1.6
10	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>				20	20			280			40				40	27±72	1.5
11	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>	300						80	20								27±78	1.5
12	APol	<i>Scoloplos armiger</i>			180	20											100	20±51	1.1
13	APol	<i>Eteone longa</i>	60				20	20		120			20				20	17±33	1.0
13	APol	<i>Notomastus latericeus</i>			20			20			20			140			20	17±36	1.0

(b) 7월

순위	분류군	종명	6	7	8	12	13	14	18	19	20	26	27	28	34	35	36	평균	비중 (%)	
1	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	1040	220	100	20	220	6940	300	300	120	280	440	20	20	60	20	673±1753	44.0	
2	Others	<i>Phoronis australis</i>	60			780	60	20	360			380	180					123±223	8.0	
3	CAM	<i>Melita piloropoda</i>		60	20			40						680				53±174	3.5	
4	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>	20	20					20		220	20	280	80			80	40	52±85	3.4
5	CAM	<i>Grandidierella japonica</i>	60	60			40	20	20	60	140	20		140			80	120	51±50	3.3
6	APol	<i>Heteromastus filiformis</i>			20	40	240	80		20		20	60						32±63	2.1
7	APol	<i>Leonnates persica</i>	20			40			180			220	20						32±70	2.1
8	CDB	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>							20			220	20	60			60	80	31±59	2.0
9	APol	<i>Nephtys californiensis</i>	20	40		80	20		60			80		20	60	80			31±33	2.0
10	APol	<i>Scoloplos armiger</i>		20	80	40		100	20						60	100	40		31±38	2.0
11	APol	<i>Eteone longa</i>						100	60	120		20	80						25±42	1.7
12	APol	<i>Glycinde gurjanovae</i>	20		20			60		20			40		20		180		24±47	1.6
13	APol	<i>Capitella capitata</i>	40				60	140	40				40						21±39	1.4
13	CDB	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	20			100			100	80	20								21±38	1.4
15	APol	<i>Diopatra sugokai</i>	20									80	20	100			60		19±33	1.2
16	CAM	<i>Monoculodes koreanus</i>	100	40	20	20								60			20		17±29	1.1
16	APol	<i>Nephtys polybranchia</i>			20	20	60	20		20	60		20		20	20			17±20	1.1
18	MBi	<i>Mactra chinensis</i>		80	40	20								20	20	20	40		16±23	1.0

[표 3-41] 보령시 주교면 갯벌 대형저서생물의 생체량기준 우점종 (g/m²)

(a) 2월

순위	분류군	종명	6	7	8	12	13	14	18	19	20	26	27	28	34	35	36	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>		<0.1					442.9	4.9		15.6	410.2	36.3		0.8		60.7±149	47.3
2	MBi	<i>Phacosoma japonicus</i>												257.2				17.1±66.4	13.4
3	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>	166.2						50.6	25.7								16.2±43.8	12.6
4	CCi	<i>Balanus reticulatus</i>												89.5				6±23.1	4.7
5	CDA	<i>Upogebia major</i>					86.7											5.8±22.4	4.5
6	Others	<i>Anthopleura</i> spp.									51.7							3.4±13.3	2.7
7	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>	9.8							13.6		0.4	22.2					3.1±6.7	2.4
8	APol	<i>Cirriformia tentaculata</i>												34.8				2.3±9	1.8
9	APol	<i>Lumbrineris heteropoda</i>												21.0				1.4±5.4	1.1
9	APol	<i>Notomastus latericeus</i>			0.8			0.4			0.5			15.4		1.0	2.5	1.4±3.9	1.1
11	CDB	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>				3.1				15.5				0.3	0.6			1.3±4	1.0
12	APol	<i>Mediomastus californiensis</i>	8.4	0.1	0.3	0.2	1.9	1.3	0.1	2.9	0.8	1.1	0.8	0.3	0.1	0.4	0.1	1.2±2.1	1.0

(b) 7월

순위	분류군	종명	6	7	8	12	13	14	18	19	20	26	27	28	34	35	36	평균	비중 (%)
1	MBi	<i>Phacosoma japonicus</i>									1711.4							114.1±441.9	43.0
2	MBi	<i>Ruditapes philippinarum</i>	0.2	0.1					234.6		1.0	184.9	813.9	148.5		0.6	0.0	92.2±214.8	34.8
3	MBi	<i>Mactra veneriformis</i>							215.6									14.4±55.7	5.4
4	CDB	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>			74.4	9.1				18.4				3.1	55.3	7.0		11.2±22.7	4.2
5	APol	<i>Diopatra sugokai</i>	2.4									29.2	7.0	19.5			20.7	5.3±9.6	2.0
6	APol	<i>Cirriformia tentaculata</i>			34.4			0.3						13.1				3.2±9.3	1.2
6	MGs	<i>Reticunassa festiva</i>		11.1		7.2			11.4			2.5	15.0					3.2±5.3	1.2
8	MGs	<i>Umbonium thomasi</i>							42.0									2.8±10.9	1.1
8	MGs	<i>Bullacta exarata</i>				41.9												2.8±10.8	1.1

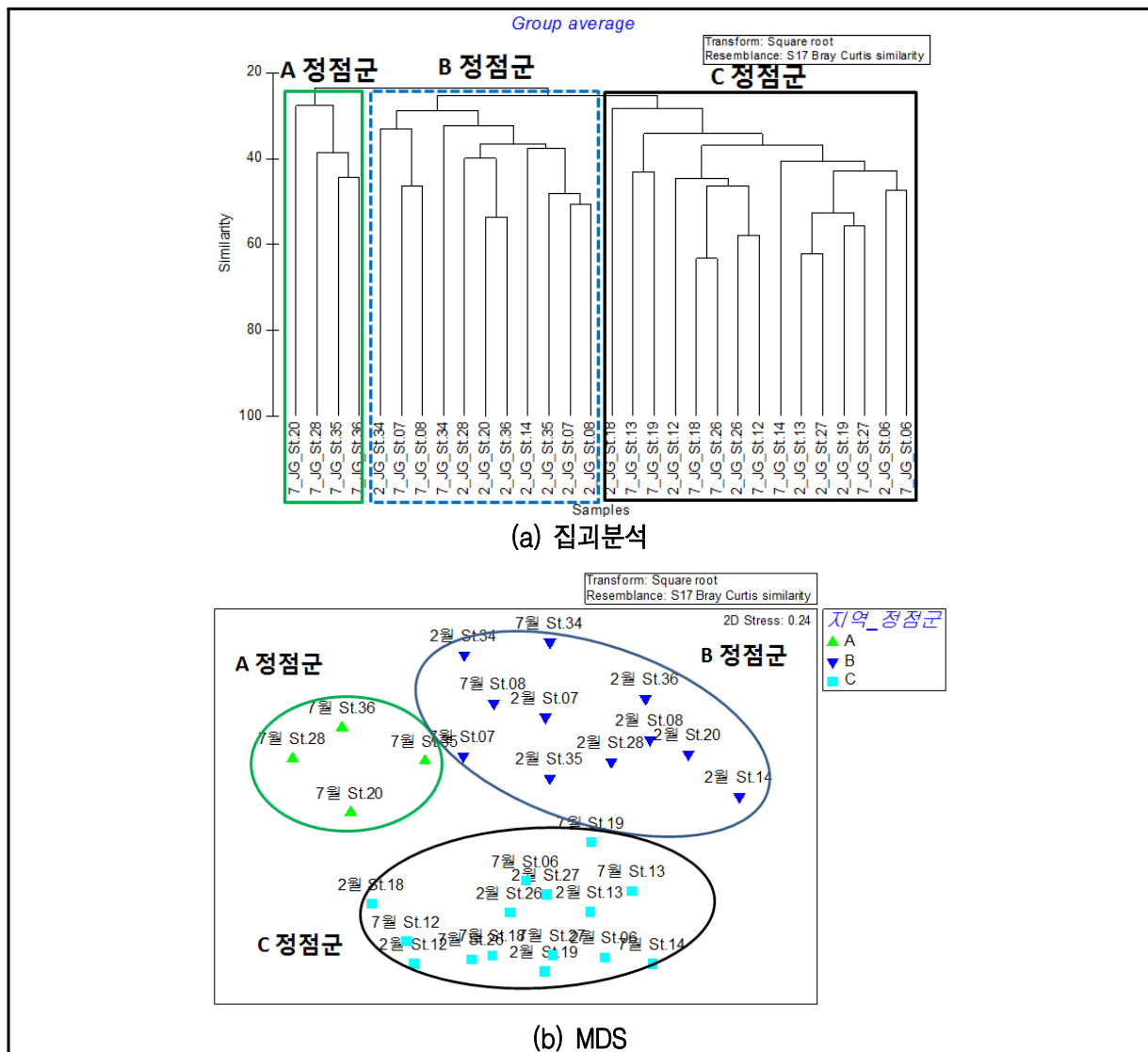


[그림 3-72] 보령시 주교면 대형저서생물 우점종

4) 다변량 분석

2012년 2월과 7월에 채집된 대형저서생물의 종별 서식밀도 자료를 바탕으로 다변량 분석을 실시한 결과, 크게 세개의 정점군으로 구분되어졌다 [그림 3-73]. 조간대 하부에 위치해 있는 7월 정점들이 군집된 A 정점군과 조간대 하부에 위치해 있는 B 정점군, 그리고 조간대 상부와 중부에 위치해 있는 C 정점군으로 조사시기와 조간대 위치에 따라 군집을 달리하였다.

각 정점군들의 군집 특성을 살펴보면, 평균 출현종수와 다양도는 A 정점군이 각각 19 ± 2 종/ 0.05m^2 , 2.5 ± 0.19 로 다른 정점군에 비해 상대적으로 다소 높은 수준을 보였다. 서식밀도 측면에서는 C 정점군이 $2,212 \pm 2,002$ 개체/ m^2 로 가장 높은 값을 보였으며, 생체량은 A 정점군이 494.7 ± 830.8 g/ m^2 로 가장 높게 출현하였다.



[그림 3-73] 저서생물군집의 다변량 분석 결과

각 정점군별 서식밀도 기준 특징종을 살펴보면 [표 3-42], A 정점군은 절지동물 단각류 (CAm)의 발성육질꼬리옆새우 (*Grandidierella japonica*)와 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*), 그리고 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)이 출현하였다. B 정점군은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)와 남방백금갯지렁이 (*Nephtys polybranchia*), 그리고 연체동물 이매패류 (MBi)의 개량조개 (*Mactra chinensis*)가 출하였다. C 정점군은 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)와 남방백금갯지렁이 (*Nephtys polybranchia*), 그리고 기타동물 (Others)의 비벌레 (*Phoronis australis*)가 출현하였다.

[표 3-42] 다변량 분석에 의해 구분된 저서생물군집의 정점군별 특성 (평균±표준편차)

	A 정점군	B 정점군	C 정점군
평균종수 (종/0.05m ²)	19±2	16±5	16±4
서식밀도 (개체/m ²)	1,030±377	1,133±824	2,212±2,002
생체량 (g/m ²)	494.7±830.8	71.9±134.7	208.9±254.7
다양도 (H')	2.5±0.19	2.19±0.37	1.74±0.46
특징종 (서식밀도 기준; 기여도)	<i>Grandidierella japonica</i> (23.92%)	<i>Mediomastus californiensis</i> (32.02%)	<i>Mediomastus californiensis</i> (30.03%)
	<i>Ruditapes philippinarum</i> (18.19%)	<i>Mactra chinensis</i> (10.00%)	<i>Phoronis australis</i> (20.02%)
	<i>Mediomastus californiensis</i> (12.09%)	<i>Nephtys polybranchia</i> (9.77%)	<i>Nephtys californiensis</i> (4.60%)

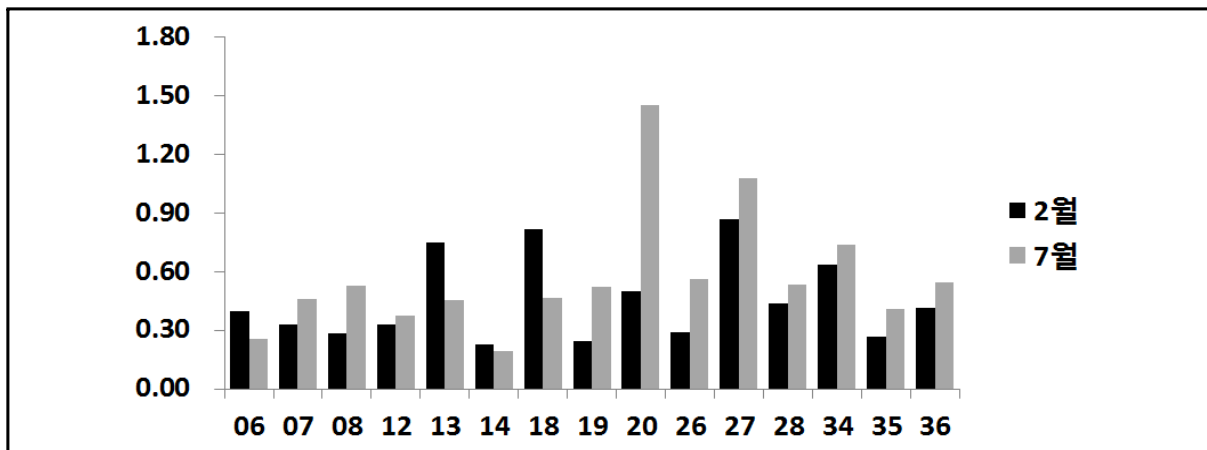
5) 생태계 건강도 (ISEP 지수)

유 등 (2010)이 제안한 ISEP 지수를 통해 본 해역의 건강도를 평가한 결과를 등급화하였다. ISEP 지수는 단기 혹은 장기간의 환경 변화 및 오염의 구배를 잘 반영하는 저서생물 군집의 r-전략자/K-전략자 특성에 기반을 두고 환경의 질을 평가하는 지수의 일종으로 다양한 조사에 적용되어져 왔다. 일반적인 환경 하에서는 개체 당 생체량이 크고 수명이 긴 생물 (K-전략자)들의 비중이 높으나, 환경적인 교란 혹은 오염이 발생하면 수명과 세대 간의 차가 짧으며 크기가 작은 일부 기회종 (r-전략자)들에 의해 서식처가 독점되는 경향성이 있다. 따라서 다양한 생물상과 안정된 군집은 ISEP 값이 높은 반면, 빈약한 생물상 또는 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집은 ISEP 값이 낮게 나타난다. 따라서 이러한 저서생물군집의 군집 특성에 기초한 ISEP 지수는 출현종의 밀도만을 고려하는 기존의 다양도 지수에 비하여 해역의 환경에 대한 보다 정확한 정보를 제공할 것으로 기대할 수 있다.

보령시 주교면 조간대 해역에서 추정된 ISEP 등급은 계절별로 살펴보면 [표 3-43, 그림 3-74], 먼저 2월에는 평균 0.454 ± 0.215 으로 건강도 4등급 (“보통”)에 해당되었다. 정점 35에서 0.269 (7등급)로 가장 낮은 건강도를 보인 반면, 정점 18에서 0.820 (1등급)로 가장 높은 건강성을 보였다. 7월에는 평균 0.572 ± 0.317 로 건강도 3등급 (“좋음”)에 해당되었다. 정점 14에서 0.191 (7등급)으로 가장 낮은 건강도로 평가되었으며, 정점 20에서 1.451 (1등급)으로 가장 좋은 건강성을 보였다.

[표 3-43] 보령시 주교면 정점별 ISEP 값 및 등급 분포

정점	6	7	8	12	13	14	18	19	20	26	27	28	34	35	36	평균 ±표준편차
2월 (등급)	0.398 (4)	0.332 (5)	0.285 (7)	0.331 (5)	0.750 (2)	0.229 (7)	0.820 (1)	0.246 (7)	0.498 (3)	0.291 (6)	0.870 (2)	0.440 (4)	0.638 (2)	0.269 (7)	0.415 (4)	0.454 ±0.215 (4±2)
7월 (등급)	0.255 (6)	0.461 (4)	0.530 (3)	0.374 (4)	0.456 (4)	0.191 (7)	0.465 (3)	0.523 (3)	1.451 (1)	0.562 (2)	1.077 (1)	0.531 (3)	0.740 (1)	0.411 (4)	0.547 (3)	0.572 ±0.317 (3±2)



[그림 3-74] 보령시 주교면 대형저서생물 현존량의 공간적 분포

라. 고찰

보령시 주교면 조간대 대형저서생물의 평균 출현종수는 2월과 7월이 각각 15 ± 4 종/ 0.05 m^2 , 17 ± 5 종/ 0.05 m^2 로 비슷한 수준을 보였으며, 조간대 중·하부에 위치한 정점들이 상부 정점들보다 상대적으로 높은 수준이 관찰되었다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 환형동물이 가장 높은 우점율을 보였다. 서식밀도 2월이 각각 $1,785 \pm 1,359$ 개체/ m^2 로 7월보다 다소 높은 수준을 보였다. 조간대 중·하부에 위치한 정점들에서 가장 높은 서식 밀도가 관찰되었다. 우점군은 모든 시기에 환형동물이 가장 높은 우점율을 보였다. 생체량은 7월이 $265.3 \pm 469.4 \text{ g/m}^2$ 로 2월보다 높은 수준을 보였지만, 시기마다 큰 편차를

보이고 있다. 우점군은 조사 시기에 상관없이 연체동물이 가장 높은 우점율을 차지하였다. 다양도는 7월이 2.15 ± 0.57 로 2월보다 높은 수준을 보였으며, 조간대 중부와 하부에 위치한 정점들이 상부보다 높은 수준이 관찰되었다.

우점종을 살펴보면, 서식밀도 기준에서 2월과 7월 모두 환형동물 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류 (*Mediomastus californiensis*)가 모든 정점에서 출현하며 최고 우점종을 차지하였다. 본 종이 속한 버들갯지렁이과(Capitellidae)는 전형적으로 짧은 수명과 소형의 크기를 지닌 기회종적인 특징을 보이며 (Pearson and Rosenberg 1978), 갯벌을 포함한 연안역과 내만에서 우점종으로 출현하고 있다 (정 1997; 서 2003). 생물량 기준 측면에서는 연체동물 이매패류 (MBi)의 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)이 2월, 연체동물 이매패류 (MBi)의 떡조개 (*Phacosoma japonicus*)가 차지하였다. 이 두 종은 그 지역에서 유용생물로 이용되고 있다.

저서생물 군집의 다변량 분석 결과, 군집 조성은 조사 시기와 조간대 조위에 따라 구분되어 졌다. 각 정점군 저서생물의 현종량을 비교해보면, 출현종수와 생체량, 다양도 측면에서는 A 정점군이 다른 정점군에 비해 상대적으로 높은 수준을 보였다. 서식밀도 측면에서는 C 정점군이 가장 높은 값을 보였다. 각 정점군 특징종을 살펴보면, A 정점군은 절지동물, B 정점군과 C 정점군에서는 환형동물이 가장 높은 기여도를 보였다.

갯벌 생태계의 건강도 지수 (ISEP)는 7월이 2월보다 높은 ISEP 값을 보이며, 4등급으로 평가된 2월보다 1등급 높은 3등급으로 평가되었다. 본 해역은 “보통”~“좋음”의 건강 상태를 보여줌에 따라, 환경적인 소수의 생물이 극우점하는 등 불안정한 군집보다는 상대적으로 안정되며 다양한 생물 군집을 지닌 지역이라 판단된다.

본 조사해역을 다양한 형태를 지닌 타 해역과 비교한 결과이다 (국토해양부, 2009) [표 3-44]. 출현종 지수와 서식밀도 측면에서는 본 해역과 같은 지형을 지닌 무안 갯벌 보다 낮은 수준을 보였지만, 다른 지형을 지닌 압태도와 도초도, 그리고 영광 갯벌 보다 상대적으로 높은 수준을 보였다. 생체량은 본 해역이 타 해역들보다 높았으며, 다양도는 무안 갯벌을 제외한 타 해역들보다 높은 수준을 보였다. 본 해역 건강도 지수 (ISEP)는 대부분의 타 해역들보다 1등급 이상이 높아 상대적으로 건강한 생태계로 평가되었다. 밀도기준 상위 5위 우점종에서는 대부분 해역에서 다모류 (APol)의 버들갯지렁이류인 *Heteromastus filiformis*와 *Mediomastus californiensis*, 연체동물 이매패류 (MBi)의 종 및 (*Musculista senhousia*)과 같은 기회종들이 본해역에서도 출현하였지만, 이러한 종들의 우점율에서는 타 해역들 비해 상대적으로 낮은 수준을 보였다.

[표 3-44] 타 해역과의 비교

지역	무안 (서해/전남)	암태도 (서해/전남)	도초도 (서해/전남)	영광 (서해/전남)	보령시 주교면 (서해/충남)
만 형태	폐쇄형 내만	개방형 내만	개방해역		폐쇄형 내만 (본 조사)
조사시기	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2008년 7월	2012년 7월
종다양성지수 (d)	23.5	10.1	14.4	11.6	20
서식밀도 (개체/m ²)	3,786±5,541	832±427	951±393	982±643	1,532±1,817
생체량 (g/m ²)	183.40±261.48	81.87±139.04	62.44±70.73	98.90±154.81	265.3±469.4
다양도 지수 (H)	2.13±0.76	1.69±0.42	1.75±0.45	1.53±0.51	2.15±0.57
ISEP 등급	5±1	5±1	5±1	4±1	3±2
밀도 우점종 (%)	<i>Musculista senhousia</i> (58.4)	<i>Heteromastus filiformis</i> (45.9)	<i>Heteromastus filiformis</i> (51.3)	<i>Laternula marilina</i> (31.6)	<i>Mediomastus californiensis</i> (44.0)
	<i>Exosphaeroma ovata</i> (7.9)	<i>Mediomastus californiensis</i> (19.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (12.5)	<i>Cycladicama cumingii</i> (14.1)	<i>Phoronis australis</i> (8.0)
	<i>Ampithoe valida</i> (4.2)	<i>Perinereis aibuhitensis</i> (9.6)	<i>Eteone longa</i> (3.0)	<i>Mediomastus californiensis</i> (10.5)	<i>Melita piloropropoda</i> (3.5)
	<i>Aricidea assimilis</i> (2.6)	<i>Assiminea</i> sp. (3.4)	<i>Laternula marilina</i> (2.8)	<i>Armandia lanceolata</i> (7.1)	<i>Ruditapes philippinarum</i> (3.4)
	<i>Grandidierella japonica</i> (2.5)	<i>Paraonis gracilis</i> (3.0)	<i>Assiminea</i> sp. (2.8)	<i>Mandibulophoxus mai</i> (6.5)	<i>Grandidierella japonica</i> (3.3)

제5절 주요 수산생물의 분포 및 생산성 조사

1. 조사내용

본 보고서에 포함되어 있는 남면, 고남면, 주교면 갯벌어장의 공통적인 주산업종은 바지락이며 그 외 기타 패류 등은 부수종으로 관리되고 있었다. 본 조사에서는 서식생물의 분포와 밀도조사에서는 모든 유용패류를 대상으로 조사를 실시하였고, 어업생산성 조사에서는 효과적인 분석과 파악을 위해 바지락과 기타패류를 구분하여 어장의 생산성을 살펴보았다.

주교면의 경우 현재 마을어업의 형태로 바지락에 한하여 2003년부터 어촌계에서 바지락의 생산실적을 관리하고 있다. 따라서 본 조사에서는 단위면적당 생산성 조사와 더불어 주교어촌계의 생산실적 자료와 간접조사로 인근 소재의 수협위판량 자료를 분석하였다.

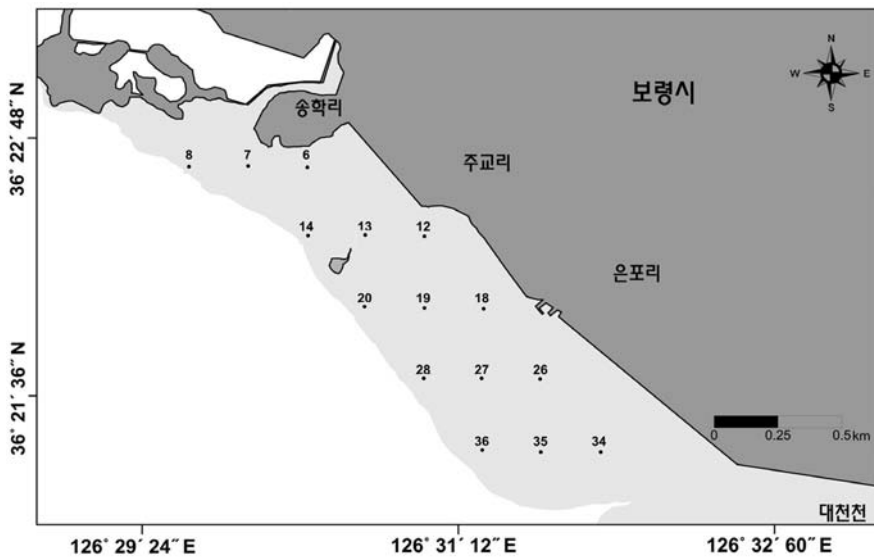
2. 주요 수산생물의 단위면적당 생산성 조사

가. 조사방법

주교면 갯벌어장 유용패류의 분포와 생산성을 조사하기 위하여 2012년 2월과 7월 총 2회에 걸쳐 1m×1m의 방영구를 사용하여 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 조사하였다. 각 조사점점의 위치는 [그림 3-75]과 같다.

단위면적당 생산성 조사와 더불어 갯벌어장의 자원량 (B)을 추정하기 위하여 방영구 조사로 도출된 평균밀도 (\bar{D}) 및 평균중량 (\bar{W})과 전체서식면적 (A)을 이용하여 식(4-7)으로 추정하였다.

$$B = \bar{D} \cdot \bar{W} \cdot A \quad \text{식 (4-7)}$$



[그림 3-75] 유용패류 조사 정점도(주교면)

나. 조사결과

2012년 2월과 7월, 총 2회에 걸쳐 주교면에서 출현하는 모든 유용패류의 분포 범위와 단위면적당 생산성을 [표 3-45]와 [그림 3-76]에 나타내었다.

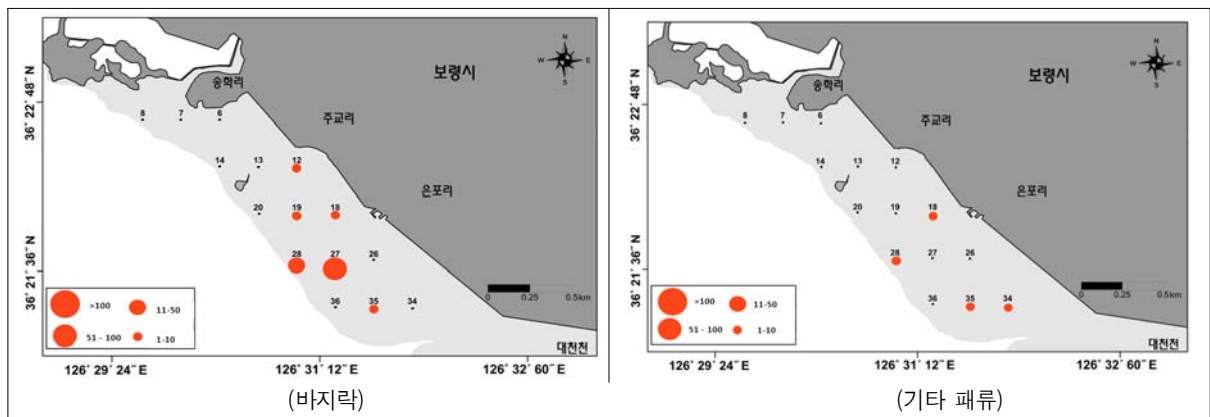
전체 15개 정점에서 출현한 유용패류는 바지락, 동죽, 개량조개(*Mactra chinensis*), 새꼬막(*Scapharca subcrenata*)의 총 4종이 출현하였고, 총 96개체의 출현개체수와 725g의 출현량을 나타내었다.

바지락의 경우 정점 12, 18, 19, 27, 28, 35의 총 6개의 정점에서 출현하였으며 전체 갯벌어장 북쪽 보다는 남쪽에 해당하는 정점들에서 비교적 높은 출현량을 나타내었다.

갯벌어장 전체에서 총 82개체의 출현개체수와 507g의 출현량을 보였고 단위면적당(1m²) 생산량은 5.4개체와 33.8g으로 나타났다.

[표 3-45] 유용패류의 서식밀도 및 출현량(주교면)

정점	바지락		동족		개량조개		새꼬막	
	서식밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)	서식밀도 (개체/m ²)	출현량 (gwwt/m ²)
St.6	0	0	0	0	0	0	0	0
St.7	0	0	0	0	0	0	0	0
St.8	0	0	0	0	0	0	0	0
St.12	1	6	0	0	0	0	0	0
St.13	0	0	0	0	0	0	0	0
St.14	0	0	0	0	0	0	0	0
St.18	9	65	4	45	1	2	0	0
St.19	8	73	0	0	0	0	0	0
St.20	0	0	0	0	0	0	0	0
St.26	0	0	0	0	0	0	0	0
St.27	48	235	0	0	0	0	0	0
St.28	16	122	0	0	4	26	0	0
St.34	0	0	1	4	0	0	0	0
St.35	1	6	5	84	0	0	1	58
St.36	0	0	0	0	0	0	0	0
평균	5.4	33.8	0.6	8.9	0.3	1.8	0.1	3.9
합계	82	507	9	133	4	28	1	58



[그림 3-76] 유용패류의 분포범위와 단위면적당 생산성(주교면, inds./m²)

기타패류의 경우 동족이 정점 18, 34, 35의 3개 정점에서 출현하였고, 개량조개가 정점 18과 정점 28의 2개 정점에서 출현하였다. 그리고 새꼬막은 정점 35의 한 정점에서만 출현하였다. 갯벌어장 전체에서 총 14개체의 출현개체수와 219g의 출현량을 보였고 단위면적당(1m²) 생산량은 0.9개체와 14.6g으로 나타났다.

단위면적당 생산성 조사를 바탕으로 추정된 주교면의 유용패류 자원량은 [표 3-46]와 같다.

[표 3-46] 유용패류 자원량(주교면)

지역	갯벌면적(㎡)	바지락		기타패류	
		평균출현량(gwwt/㎡)	자원량(mt)	평균출현량(gwwt/㎡)	자원량(mt)
주교면	5,597,163	34	189	15	82

3. 연도별 어업생산량 변동 조사

가. 조사방법

주교면에서 생산되는 패류는 계통판매와 함께 비계통판매가 같이 이루어지고 있어, 정확한 어장의 생산량변동 파악은 어려운 실정이다. 주교면은 바지락의 경우 2003년부터 2011년까지 마을어업 바지락 판매실적 기록이 있으므로 주교어촌계의 바지락 판매 실적과 함께 해당지역에 해당하는 보령수협 패류위판량을 분석하여 간접적인 어업생산량 변동을 살펴보았다.

나. 조사결과

주교어촌계의 2003년부터 2011년의 바지락 판매량은 [표 3-47]과 같다.

[표 3-47] 주교어촌계 바지락 판매량

년도	매출액(원)	판매량(kg)
2003	3,898,855	3,153,582
2004	3,331,807	2,347,184
2005	2,389,589	1,890,903
2006	1,930,466	1,421,599
2007	1,123,546	702,811
2008	2,110,137	156,139
2009	2,618,096	1,734,395
2010	2,153,184	934,163
2011	270,542	88,863

주교어촌계의 바지락 판매실적을 살펴보면, 2003년 이후 감소추세를 보이다 유류피해가 발생한 2007년에 가장 낮은 판매량을 보였으며 이후 2009년까지 증가하는 양상을 보였다. 현장조사와 현지탐문조사 결과에 따르면, 2011년의 생산량이 크게 감소한 것은 쪽(*Upogebia major*)의 다량출현에 따른 것으로 유류피해의 결과로 보기는 어렵다.

보령수협이 패류 위판실적은 [표 3-48]과 같다.

[표 3-48] 주교면 인근 소재의 수협위판량(보령수협)

년도	패류 위판량 (보령수협, mt)
2007년	600,131
2008년	456,787
2009년	1,037,643
2010년	4,800,040
2011년	3,961,176

주교면수협에서는 2010년 가장 높은 위판량을 보였고, 2008년에 가장 낮은 수준을 나타내었다. 가장 높은 2007년과 2008년에 비교적 낮은 수준을 보이다 2009년 이후 크게 증가한 경향을 보였다.

주교면수협의 위판량 분석 결과, 유류피해 발생해인 2007년 이후 2008년까지 낮은 수준을 보이다 2009년 이후 생산량이 크게 증가한 결과를 보였는데 이러한 결과는 해당지역의 갯벌어장이 유류피해의 영향을 크게 받지 않았거나 영향으로부터 회복되고 있음을 보여준다.

제6절 유류피해지역 어장환경 위해성 평가

1. 갯벌 어장 퇴적물의 위해성 평가

가. 조사방법

1) 재료 및 방법

표층 퇴적물 내 중금속 측정을 위해 채취된 시료를 동결건조한 후 분말화 한 후 적당량을 Teflon비커에 취하고 정제된 질산과 불소산 및 과염소산을 일정비율로 넣고 마이

크로파시료 용해장치에 넣고 잔사가 남지 않을 때까지 분해하였다. 분해된 시료를 1N 질산용액으로 재용해 한 다음 적당한 배율로 희석하여 Al과 Fe을 제외한 원소는 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS; Perkin Elmer, ELAN 6000)로 측정하고, Al과 Fe은 유도결합플라즈마 방출분광기(ICP-AES; Perkin Elmer, OPTIMA 7300DV)로 측정하였고 분석자료의 정확도를 검증하기 위하여 NRCC(National Research Council of Canada)의 퇴적물 표준물질인 MESS-3를 함께 분석하였다. 수은은 분말화 한 시료 적당량을 수은분석기(Direct Mercury Analyzer; Milestone사, DMA-80)로 정량하였다.

나. 조사 결과

1) 퇴적물 내 중금속 함량

2월 조사 시 퇴적물 내 Al은 6.94~8.02% (평균 $7.45 \pm 0.54\%$), Fe은 0.98~1.49% (평균 $1.16 \pm 0.28\%$), Cd은 대부분의 정점에서 불검출~0.04 mg/kg로 매우 낮은 값을 보였고, Cr은 20.71~26.75 mg/kg (평균 23.04 ± 3.25 mg/kg), Cu는 1.59~3.41 mg/kg (평균 2.42 ± 0.92 mg/kg), Li은 16.46~22.84 mg/kg (평균 18.60 ± 3.68 mg/kg), Pb은 16.00~20.58 mg/kg (평균 18.61 ± 2.36 mg/kg), Zn은 7.80~19.93 mg/kg (평균 13.06 ± 6.23 mg/kg), V은 44.66~62.93 mg/kg (평균 51.49 ± 9.97 mg/kg), Ni은 13.60~19.77 mg/kg (평균 15.75 ± 3.49 mg/kg), S은 678~863 mg/kg (평균 786 ± 96 mg/kg), Hg은 0.008~0.010 mg/kg (평균 0.009 ± 0.001 mg/kg)의 범위를 보였다.

7월 조사 시 퇴적물 내 Al은 7.04~8.21% (평균 $7.71 \pm 0.61\%$), Fe은 1.36~1.86% (평균 $1.55 \pm 0.27\%$), Cd은 모든 정점에서 0.01 mg/kg이하로 불검출, Cr은 28.28~29.89 mg/kg (평균 29.28 ± 0.88 mg/kg), Cu는 3.25~4.67 mg/kg (평균 3.88 ± 0.72 mg/kg), Li은 24.66~31.63 mg/kg (평균 27.90 ± 3.51 mg/kg), Pb은 17.73~20.30 mg/kg (평균 19.01 ± 1.28 mg/kg), Zn은 21.04~23.28 mg/kg (평균 21.94 ± 1.18 mg/kg), V은 21.04~22.07 mg/kg (평균 21.48 ± 0.53 mg/kg), Ni은 9.04~10.40 mg/kg (평균 9.65 ± 0.69 mg/kg), S은 350~982 mg/kg (평균 692 ± 320 mg/kg), Hg은 0.007~0.019 mg/kg (평균 0.013 ± 0.006 mg/kg)의 범위를 보였다.

분석의 신뢰성을 확보하기 위해 각 시기별로 NRC 표준물질 MESS-3을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 회수율을 산정하였다. 회수율은 2월 분석 시 70.5%(S)~103.7(Li), 7월 분석 시에 78.9%(Zn)~132.4(Li)을 보였다.

[표 3-49] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 금속 함량

정점	Al (%)		Fe (%)		Cd (mg/kg)		Cr (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Li (mg/kg)	
	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
19	6.94	7.88	0.98	1.43	0.04	< 0.01	20.71	29.9	1.59	4.7	16.46	27.41
27	8.02	7.04	1.01	1.36	< 0.01	< 0.01	21.66	29.7	2.27	3.7	16.49	31.63
35	7.39	8.21	1.49	1.86	< 0.01	< 0.01	26.75	28.3	3.41	3.3	22.84	24.66

정점	Pb (mg/kg)		Zn (mg/kg)		Ni (mg/kg)		V (mg/kg)		S (mg/kg)		Hg (mg/kg)	
	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월	2월	7월
19	16.00	19.0	7.80	23.3	13.87	10.4	46.87	21.3	816	982	0.008	0.011
27	19.26	17.7	11.43	21.0	13.60	9.5	44.66	21.0	678	755	0.008	0.019
35	20.58	20.3	19.93	21.5	19.77	9.0	62.93	22.1	863	350	0.010	0.007

2) 퇴적물 기준치 및 타 해역과의 비교 (미국 해양대기국 퇴적물 기준 및 국내 해저퇴적물기준, 국내 타 지역)

조사 갯벌어장 퇴적물 내 중금속을 미국 해양대기국(NOAA)의 ERL (Effects Range-Low)과 국내의 해양환경관리법에 따른 해저퇴적물 기준(국토해양부 고시 제2011-972호)과 비교해 본 결과, 각각의 중금속은 모두 기준치 이하의 농도로 조사되었다 [표 3-50, 51]. 이는 해당지역의 중금속 함량이 양호한 수준으로 해당 중금속에 의한 부정적인 생물영향이 발생할 가능성이 매우 낮다는 것을 시사한다. 또한, 본 조사지역의 두 시기(2012년 2월, 7월 조사) 동안의 각 지역 평균 농도를 타 해역 및 우리나라 전국 연안의 평균 농도와 비교했을 때, 유사하거나 다소 낮은 값의 범위를 보였다. 특히, 2007년 조사 해역 인근에서 실시된 해양 생태계 기본조사(2007)와 유사한 값의 범위를 보였다 [표 3-52].

[표 3-50] 미국 해양대기국 (NOAA)의 퇴적물 중금속원소 권고기준

항목	ERL	ERM	NOAA, Long et al. (1995)
	(mg/kg-dry, ppm)		
Cr	81	370	미국의 해양대기국 (NOAA)에서는 여러 오염물질과 생물들을 대상으로 수행된 350여 편의 연구결과를 바탕으로 퇴적물환경에서 화학물질이 생태계에 미치는 영향에 관한 데이터베이스 (BEDS, Biological Effects Database for Sediments)를 구축하여, 이러한 데이터베이스로부터 연구결과와 종합적인 해석을 통하여 퇴적물에 존재하는 오염물질이 생태계에 미치는 가이드라인을 설정.
Ni	20.9	51.6	
Cu	34	270	
Zn	150	410	
Pb	46.7	218.0	
Cd	1.2	9.6	
Co	-	-	
As	8.2	70.0	
Hg	0.15	0.71	

* ERL : Effects Range-Low
생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 10%의 농도

* ERM : Effects Range-Median
생물영향이 발생한 연구결과 중 하위 50%의 농도

[표 3-51] 해양환경기준 중 해저퇴적물기준 (단위 : ppm), 국토해양부고시 제2011-972호

해양환경기준	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
주의기준	14.5	0.75	50.5	0.11	44.0	179
관리기준	75.5	2.72	126	0.62	119	421

- (1) 주의기준 (Threshold Effects Level, TEL) 이하 : 부정적인 영향이 거의 없을 것으로 예측되는 범위
 (2) 주의기준과 관리기준 사이 : 부정적인 생태영향이 발현될 가능성이 있는 범위
 (3) 관리기준 (Probable Effects Level, PEL) 이상 : 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 범위

[표 3-52] 본 조사 해역과 타 해역의 표층퇴적물 중금속 함량 비교

지역/항목	평균입도 (Ø)	총유기탄소 (%)	%		(mg/kg)					자료수
			Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
금강하구 ¹⁾	5.4	0.7	7.7	2.9	-	67	23	-	79	12
영산강하구 ²⁾	9.1	1.1	8.3	4.1	-	77	-	28	96	39
경기만 남부 ³⁾	-	0.4	8.8	3.5	-	-	33	31	-	7
경기만 ⁴⁾	-	-	6.3	2.5	-	66.5	8.3	-	69.5	6
진해만 (1983) ⁵⁾	-	-	-	3.6	-	59	30	37	128	23
진해만 가덕수도 ⁶⁾	-	-	8.68	-	-	-	27.3	34.4	140	16
광양만 ⁷⁾	7.9	1.2	8.2	3.8	-	67	19	35	95	91
남해 ⁸⁾	5.2	0.6	5.1	2.5	-	53	11	27	62	89
시화호 ⁹⁾	-	-	7.48	3.35	0.42	81.3	89.6	51.3	266	15
태안 ¹⁰⁾	-	-	5.1	-	0.10	32	6.0	21.0	31	22
전국연안 ¹¹⁾	-	-	6.5	-	-	53.4	21.9	26.5	76.3	698~911
본조사 보령시 주교면	2.4	-	7.6	1.4	<0.01	26.2	3.2	18.8	17.5	6

3) 유출유류성분과 퇴적물 내 중금속과의 비교

2008년 허베이스피리트호 유류유출에 의한 퇴적물 내 잔존 중금속의 영향을 살펴보기 위해 갯벌어장 내 퇴적물 중금속과 유출유 내 중금속 농도 및 풍화된 유류, 상부지각의 평균농도 등과 비교하였다. 유출된 유류는 아랍 에미레이트(UAE), 쿠웨이트 (KUW) 및 이란 (IRN) 산으로 유기탄소의 함량은 각각 86.1%, 84.7%, 85%로 이고 황은 각각 2.05%, 2.70%, 1.95%로 보고되었다 [표 3-53]. 탄소와 황은 원유의 주성분으로 평균지각에 비해 높기 때문에 유류 유출에 대한 영향을 파악하는 지시자가 될 수 있으나 해양 퇴적물내의 유기물 함량과 황산염 환원과 같은 초기속성작용에 의해 변화가 크기 때문에 적용에 주의가 필요하다. 또한, 유류중 높은 농도를 보이는 V, Ni를 이용하여 유류 영향을 평가하는 시도가 사고초기 퇴적물 중금속 농도 조사에서 실시되기도 하였다.

퇴적물에서 V과 Ni은 서로 정비례하는 관계로 $Ni=0.22V+4.61(r^2=0.94)$ 과 같은 회귀식

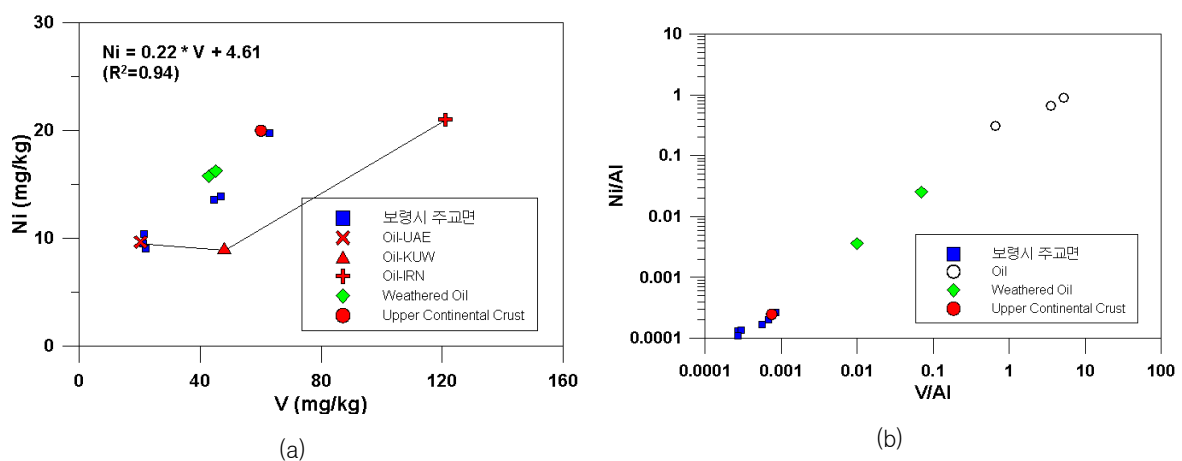
1) 조 등 (1993); 2) 조와 박 (1998); 3) Lee et al. (1985); 4) 이 등 (1998); 5) Lee and Lee (1983); 6) 김 등 (2008); 7) 조 등 (2000); 8) 조 등 (1994); 9) 김 등 (2005); 10) 국토해양부(2007), 11) 임 등 (2007)

을 얻을 수 있다. 이를 V/Ni 비율로 나타내면 2.87이고, 원유에서는 UAE가 2.08인 반면에 K UW 및 IRN은 각각 5.27, 5.76으로 퇴적물과 매우 다른 비율을 보인다. 이와 같은 관계가 [그림 3-77(a)]에 잘 나타나는데 퇴적물과 원유 사이에 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 V/Al이 퇴적물에서는 6.8×10^{-4} 이고 Ni/Al 비율이 2.1×10^{-4} 의 값을 갖는 반면에 원유에서는 각각 0.65(UAE), 3.53(KUW), 5.26(IRN)으로 매우 달라 퇴적물과 원유를 뚜렷이 구분할 수 있다. 그리고 풍화된 원유를 같은 그림에 도시하면 퇴적물과 원유 사이의 중간에 놓이게 되어 풍화된 원유 중의 중금속은 부유성 및 저층 퇴적물의 일부가 혼합된 결과로 해석할 수 있다 [그림 3-77(b)]. 현지 퇴적물 조사 결과, 조사 갯벌어장 내 퇴적물의 중금속은 국내 연안 퇴적물의 농도의 범위에 속하며 국내외 기준치를 벗어 나지 못한 것으로 나타났고, 유류의 영향의 징후 역시 발견되지 않았다.

[표 3-53] 유출유의 중금속 성분과의 비교

Element	Al	Fe	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	V	Ni	S	Hg
Oil-UAE ¹⁾	0.003	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	20.2	9.7	2.05	1.63
Oil-KUW ¹⁾	0.001	<0.0001	<0.01	<0.1	0.2	<0.1	0.12	48	9.1	2.70	0.12
Oil-IRN ¹⁾	0.002	<0.0001	<0.01	0.4	0.4	0.29	0.23	121	21	1.95	<0.01
WT (coast) ¹⁾	0.433	0.243	<0.01	4.3	2.7	3.4	10.3	42.9	15.8	2.4	8.4
WT(sea) ¹⁾	0.065	0.0354	<0.01	1.3	3.4	1.19	4.2	45	16.3	1.6	5.06
상부지각 ²⁾	8.040	3.5	0.098	35	25	20	71	60	20	0.1	-
보령시 주교면	7.58	1.35	0.02	26.16	3.15	18.81	17.50	36.48	12.70	0.741	0.011

※ WT: weathered Oil



[그림 3-77] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 V, Ni 농도 및 Ni/Al, V/Al의 관계성

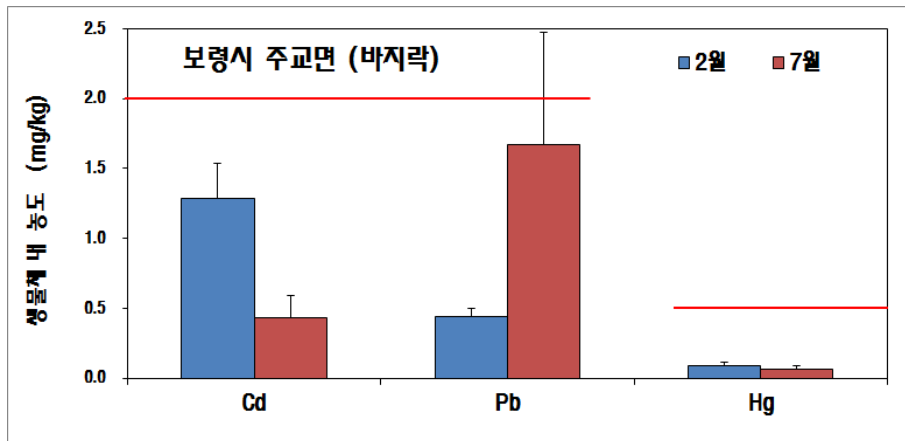
1) 국토해양부, 2008. 2) Taylor and McLennen, 1995

4) 생물체 내 중금속

생물체 내 중금속 농도를 살펴보기 위해 보령시 주교면에 주로 서식하는 바지락을 채취하여 분석하였다. 분석의 신뢰성을 확보하기 위해 ERM-CE278(Mussel tissue) 표준물질을 시료와 동일한 방법으로 분석하여 94.3%(Cd)~124.1(Cr)의 회수율을 보였다. 각 갯벌어장의 바지락에서 식품의약품안전청 식품의 기준 및 규격 고시 제2012-100호(2012.9.5.)에 따른 중금속기준치(Cd, Pb, Hg) 이하의 값을 보였다 [표 3-54, 그림 3-78].

[표 3-54] 보령시 주교면 갯벌에 서식하는 생물체 중금속 분석 결과

지역	생물	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Hg (mg/kg)
보령시 주교면	바지락	0.34~1.57 (0.86±0.50)	0.59~6.50 (2.44±2.59)	6.34~9.02 (7.46±0.99)	0.38~2.27 (1.06±0.88)	56.12~80.79 (69.58±9.88)	0.046~0.114 (0.079±0.022)
유해물질 기준 (연체류 및 패류)		2.0	-	-	2.0	-	0.5



[그림 3-78] 보령시 주교면 갯벌에 서식하는 생물체 내 중금속 평균농도 및 그 기준치

2. 어장 서식 어패류의 인체 위해성 정밀 평가

가. 어장 퇴적물 내 유류오염지표 조사

1) 조사 방법

(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어

시료가 분말형태가 되게 만든 후, Aceton : n-hexane (1:1) 을 100mL 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 2회 반복 실시하여 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbovap cell 에 모은 후, Turbovap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Sillicagel column을 이용하여 정제하였다.

정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리하였으며, 분리된 시료를 질량분석기 (Mass Spectrometer)를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

250mL 비커에 퇴적물 시료 15~20g을 취하고 무수황산나트륨을 적당량 넣어 잘 섞어 시료가 분말형태가 되게 만든 후, 초음파추출기를 통해 총석유탄화수소류(TPH)가 포함된 용액을 추출하였다. 이를 반복하여 최종적으로 1mL의 농축시료를 확보한 후, Sillicagel 0.3 g을 넣고 5분간 진탕정지하여 상등액을 취하였다. 정제된 시료는 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)를 통하여 분리·분석하였다.

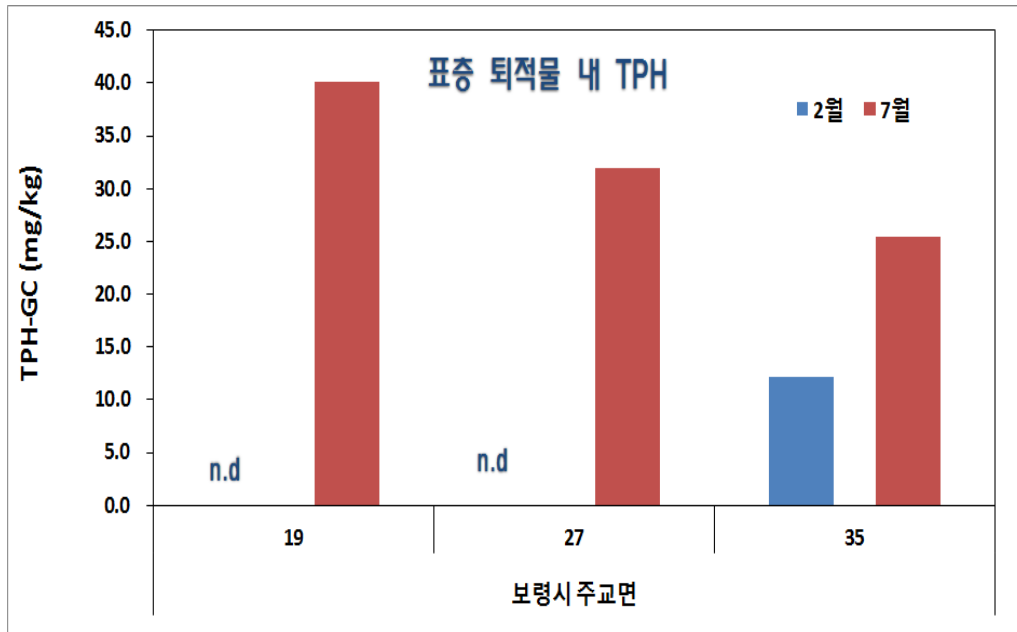
2) 분석 결과

(1) 퇴적물 내 다환방향족탄화수소(PAHs)

보령시 주교면 갯벌 조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 채취된 모든 퇴적물 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다.

(2) 퇴적물 내 총석유탄화수소류(TPH)

보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 TPH의 농도는 2월 조사시 불검출(n.d.)~12.2 mg/kg의 범위를 보였고, 7월 조사시에는 25.5~40.1 mg/kg의 범위를 보여 7월에 다소 높은 농도를 보였다 [그림 3-79]. 유류유출 사고 당시부터 조사된 주변해역의 시기별 농도와 비교해 보면, 뚜렷한 유류피해의 징후를 보이지 않고 비슷한 수준의 농도분포를 보이고 있어 유류유출의 직접적인 피해 및 잔존 영향은 없어 보인다.



[그림 3-79] 보령시 주교면 갯벌 퇴적물 내 TPH 농도

나. 어장 서식 어패류 내 유류오염 지표 조사

1) 조사 방법

시료의 가식부를 취하여 동결건조 한 후, n-hexane 50mL를 첨가하여 초음파추출기를 통해 다환방향족탄화수소 (PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)가 포함된 용액을 추출하였다. 추출된 용액을 paper filter로 깔때기에 걸러 Turbovap cell 에 모은 후, Turbovap 을 이용하여 1mL 로 농축하였다. 농축된 시료에 방해 물질 혹은 오염이 존재할 시에는 Silicagel column 을 이용하여 정제하였다.

속실렛 추출기를 이용하여 시료중의 PAHs를 추출한 후, 기체크로마토그래프 (Gas Chromatograph)에서 분리되어 나오는 다환방향족탄화수소를 질량분석기 (Mass Spectrometer) 를 사용하여 선택적이온모니터링 (SIM, Selected Ion Monitoring)으로 분석하였다.

2) 조사 결과

조사 결과, 2012년 2월과 7월의 총 2회에 걸쳐 보령시 주교면 갯벌에서 채취된 모든 이때패류 시료에서 PAHs는 검출되지 않았다. 이는 곧 기기의 검출한도인 0.60 ng/g 이하의 농도로 존재함을 의미한다 [표 3-55].

[표 3-55] 조사시기에 따른 보령시 주교면 이매패류 시료 내 PAHs 농도 검출 결과 (ng/g)

조사시기	2012년 2월			2012년 7월		
	조사정점	19	27	35	19	27
분석대상생물	바지락			바지락		
검출농도	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

※ N.D : Not Detected; 측정기기가 검출할 수 있는 최소한의 농도인 0.60 ng/g 이하임을 의미

다. PAHs 오염어패류 섭취시 인체 위해성 평가

1) 조사 방법

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

PAHs는 개별 PAH들이 함께 섞여 있는 복합체로 구성되어 있으며, 각각의 PAH들이 인체의 건강성에 미치는 영향의 정도는 무독성(nontoxic)에서 매우 높은 독성(extremely toxic)에 이르기까지 서로 상이하게 다르다. 주요 PAH중 독성이 밝혀진 화합물은 약 50여개 중에 이르며, 이들 중 benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, chrysene 등은 유전 독성 및 발암성을 가지는 주요 독성 PAH로 알려져 있다 (IARC, 1983; ATSDR, 1995).

이중 benzo[a]pyrene은 대표적인 PAH 화합물으로써 독성에 관한 연구가 다수 진행되어 왔으며, mouse, rat, hamster, rabbit, guinea pig, duck, dog, monkey 등의 다수의 동물실험에서 태아독성, 최기형성, 돌연변이원성 등의 영향이 나타난 바 있다 (Culp *et al.*, 1998; Neal and Rigdon, 1996; Rigdon and Neal, 1969a, Rigdon and Neal, 1969b). 따라서 PAHs의 복합독성을 평가하기 위한 독성등가계수(Toxic Equivalency Factor; TEF)으로써 Benzo[a]pyrene의 발암력이 주로 이용되며, USEPA (US Environmental Protection Agency)에서는 다음과 같이 Benzo[a]pyrene에 대한 16개 주요 PAH 화합물의 독성등가계수를 제안하고 있다 [표 3-56].

이를 이용하여, Benzo[a]pyrene의 발암능력을 기준으로 16개 주요 PAH에 대한 발암력의 상대적 비를 구한 후 합산하여 16PAHs의 독성 등가 농도를 구하였다.

$$TEQ(ng-TEQ/g) = \sum [C_i] \times TEQ_i$$

TEQ : 독성등가농도 (Toxic Equivalency concentration)

C_i : 개별 PAH의 농도

TEF_i : 독성등가계수 (Toxic Equivalency Factor)

[표 3-56] Benzo[a]pyrene의 16PAHs에 대한 독성등가계수(TEF)

PAH 화합물	TEF	PAHs	TEF
Naphthalene	0.001	Benzo[a]anthracene	0.1
Acenaphthylene	0.001	Chrysene	0.01
Acenaphthene	0.001	Benzo[b]fluoranthene	0.1
Fluorene	0.001	Benzo[k]fluoranthene	0.1
Phenanthrene	0.001	Benzo[a]pyrene	1
Anthracene	0.01	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.1
Fluoranthene	0.001	Dibenz[a,h]anthracene	1
Pyrene	0.001	Benzo[ghi]perylene	0.01

이렇게 획득한 독성등가농도를 기준으로 조사지역에 서식하는 패류를 섭취할 경우에 나타나는 인체 노출량을 다음의 수식을 통해 산정하였다.

$$\text{노출량}(ng/kg/day) = \frac{CF \times IR \times ED}{BW \times AT}$$

CF : 패류 내 PAHs의 평균농도 (ng/g)

IR : 패류 섭취율 (g/day)

ED : 노출기간 (year)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균 수명기간 (year)

패류의 섭취량은 농림수산물부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계 자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다. 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였다.

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

1989년 3월에 발생한 Exxon Valdez의 유류 유출 사고 이후, 미국식품의약품안전청 (USFDA)는 BaPE(Benzo[a]pyrene equivalents) 접근법에 의한 Action level을 통해 수산물의 관리 기준을 마련하고 있다. Action level은 수산물을 관리하기 위한 정책적 판단 근거로 활용 가능하며, 미국의 경우 유류사고 발생시사고지역 어장을 관리하기 위한 수단으로 이용되고 있다 (Yender, 2002).

Action level은 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 경우, 다른 인자들이 보수적으로 평가된다는 조건 하에 action level 이하 농도의 체내 잔류 농도를 가진 수산물이 안전할 수 있

음을 의미한다. 본 연구에서는 앞서의 인체 노출량 산정 항목과 마찬가지로, benzo[a]pylene의 독성 등가농도를 활용하여 조사지역 패류의 안전성 평가를 수행하였다.

$$Actionlevel(ng-TEQ/kg) = \frac{RL \times BW \times AT}{CSF \times ED \times CR} \times CF$$

RL : 위해수준 또는 허용발암위해도 (unitless)

BW : 체중 (kg)

AT : 평균수명 (year)

CSF : 발암잠재력 (ug/kg-day)⁻¹

ED : 노출기간 (year)

CR : 수산물섭취량 (g/day)

CF : 단위환산인자 (10⁶ ng/mg)

위해수준(허용발암위해도)는 최대 허용 발암확률을 의미하며 본 연구에서는 기 조사된 한국해양연구원 (2011)의 연구사례 및 Exxon Valdez, North Cape, Kure 등 대표적인 유류유출 사고의 사례를 참고하여 10⁻⁶, 즉 인구 백만명당 1명이 암에 걸릴 확률을 적용하였다. 또한 체중은 2009년 태안 건강검진을 통해 측정된 태안지역주민 19세 이상 성인 (n=5,208명)의 평균 체중인 60.5 kg을 적용하였고, 평균수명은 70년을 사용하였다. 따라서 action level을 통한 위해도 평가는 해당 수산물을 지속적으로 섭취할 시 70년 이내에 암이 발생할 확률을 의미한다. 발암잠재력은 미국환경보호청에서 운영하는 IRIS (Intergrated Risk Informateion System)에 제시된 Benzo[a]apyrene의 섭취 발암잠재력인 7.3 per (mg/kg)/day를 적용하였다.

노출기간은 유류사고의 특성에 따라 달라지며, 유류사고로부터 유출된 PAHs가 자연 풍화를 통해 감소하여 최종적으로는 자연적 농도 수준으로 떨어짐을 고려할 때, 일반적으로 위해성 평가에 적용되는 70년은 무리가 있다. 본 연구에서는 인근 태안지역을 대상으로 기 보고된 한국해양연구원(2011)의 사례를 참고하여 2년, 10년, 30년을 각각 적용하였다. 마지막으로 패류의 섭취량은 농림수산식품부(2008)에서 작성된 ‘수산물 수급 및 가격편람’의 통계자료를 인용하였으며, 기름유출사고가 발생하기 전인 2006년의 통계값인 41.2kg/yr을 적용하였다.

2) 조사 결과

(1) 개별 PAH 방법을 통한 인체 노출량 산정

생물시료 내에서 PAHs가 검출되지 않은 관계로 인체 노출량의 측정은 불가능하였다 [표 3-57].

[표 3-57] 개별 PAHs 방법을 이용한 인체 노출량 평가 결과

조사 시기	이매패류 PAHs 농도 (ng-TEQ/g)	이매패류 섭취량 (g/day)	체중 (Kg)	노출량 (ng-TEQ/kg-day)
2012년 2월	N.D	112.9	60.5	-
2012년 7월	N.D	112.9	60.5	-

(2) PAHs 오염 어패류 섭취관련 인체 위해성 평가

action level은 노출기간 (2, 10, 30년)에 따라 각각 2.6, 0.5, 0.2 ng-TEQ/g으로 평가되었다. 따라서 해당 해역에서 생산되는 이매패류의 체내 존재하는 PAHs의 독성 등가 농도가 action-level 이하의 수준을 보인다면 해당 이매패류는 안전한 것으로 판단할 수 있다.

본 연구에서는 2012년 2월과 7월의 2차례 조사에서 채집된 모든 이매패류에서 PAHs가 검출한도 이하로 나타났으며, 따라서 이는 안전한 수준이라 할 수 있다 [표 3-58].

[표 3-58] 이매패류 내 PAHs에 대한 action level 평가 결과

체중 (Kg)	발암잠재력 (mg/kg-day) ⁻¹	이매패류 섭취량 (g/day)	노출기간 (years)	평균수명 (years)	BaPE 기준 action level (ng-TEQ/g)
60.5	7.3	112.9	2	70	2.6
			10		1.2
			30		0.4

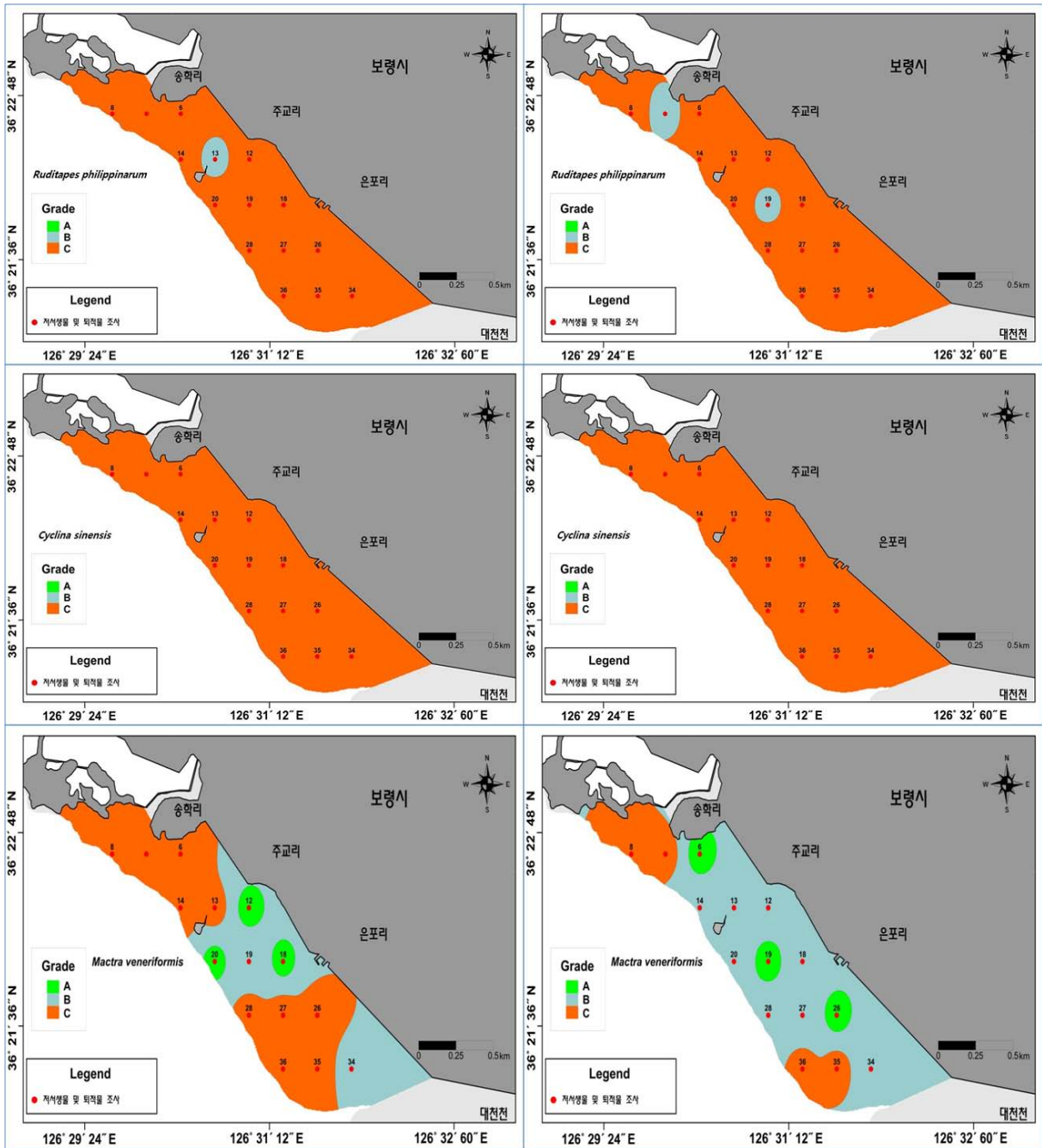
제7절 유용생물 서식적지 조건 구명

1. 재료 및 방법

자료에 대한 설명과 신경망 모형의 소개 및 방법은 남면 갯벌과 동일한 내용으로 생략한다.

2. 결과 및 고찰

모형의 탐색 및 진단 결과와 적정 서식처 확률 및 생산량 결과는 남면 갯벌과 동일한 내용으로 생략한다.



주 : 좌측이 2012년 2월 그리고 우측이 같은해 7월의 예측 결과임

[그림 3-80] 보령시 주교면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*, 위), 가무락(*C. sinensis*, 가운데) 그리고 동죽(*M. veneriformis*, 아래)의 서식 확률을 예측하고 이에 기초하여 서식처 등급을 분류한 결과

[그림 3-80]은 본 조사의 대상지역인 보령시 주교면에서 측정된 환경 요인을 바탕으로 신경망 모형을 활용하여 바지락(*R. philippinarum*), 가무락(*C. sinensis*) 그리고 동죽(*M.*

veneriformis)의 서식확률을 예측하고, 이를 앞서 언급한 등급(A등급 서식처는 67% 이상, B등급은 33% 이상, 67% 미만 그리고 C등급은 33% 미만의 확률)으로 전환하여 나타낸 결과이다.

그 결과, 바지락(*R. philippinarum*)은 갯벌 어장 내 일부에서 B등급을 나타내었으며, 동족(*M. veneriformis*)은 대부분의 면적에서 B등급, 그리고 일부에서 A등급을 나타내었다. 반면 가무락(*C. sinensis*)에 있어서 보령시 주교면 갯벌 어장은 C등급인 것으로 나타났다. 이와 같은 서식처 등급의 예측 결과는 보령시 주교면의 종별 서식 양상과 정성적으로 일치하는 것으로 판단할 수 있었다.

앞서 에서 보인 바와 같이 B등급 갯벌 어장의 바지락(*R. philippinarum*) 현존량은 평균 $118 \pm 357 \text{ ton/km}^2$ 이며, C등급 갯벌 어장의 바지락(*R. philippinarum*) 현존량은 $5 \pm 17 \text{ ton/km}^2$ 였다. 대부분의 면적에서 C등급이 제시되고 일부에서 B등급이 제시된 보령시 주교면의 단위면적당 현존량은 34 ton/km^2 였다. 이 수치는 C등급의 바지락(*R. philippinarum*) 현존량 평균의 68% 신뢰구간인 22 ton/km^2 를 초과한 것이나, 이는 일부 B등급에 해당하는 서식처의 존재에 기인하는 것으로 볼 수 있었다. 신경망 모형의 바지락(*R. philippinarum*) 서식처 등급 대비 현존량 평균 예측치와 보령시 주교면의 바지락(*R. philippinarum*) 현존량 관찰치는 모형의 예측 결과가 매우 높은 타당성을 갖췄음을 나타내는 것으로 볼 수 있었다.

제8절 갯벌어장별 수용력 평가

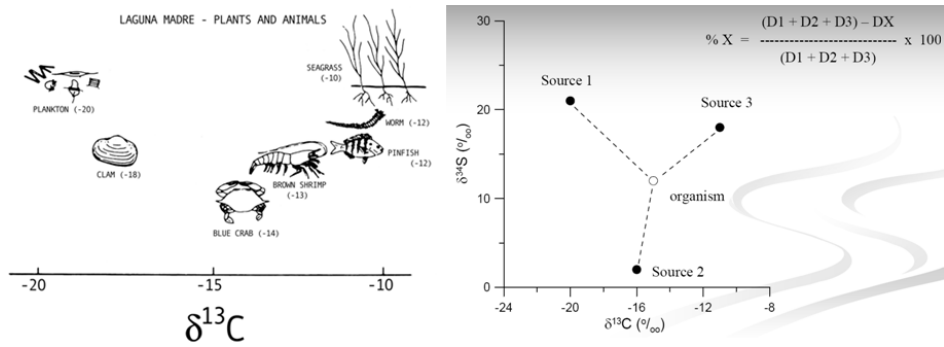
1. 갯벌 어장의 먹이관계 구축

가. 서론

연안역은 인접한 해양과 육상으로부터 외래기원유기물(allochthonous source)을 공급받을 뿐만 아니라 연안역 자체에서 저서미세조류, 해조류, 해초류 및 염습식물과 같은 다양한 기초생산자(local sources)들의 존재로 생물 생산력이 가장 높은 지역이다. 특히, 조간대 갯벌 생태계는 연안 생태계의 물질순환에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며 다양한 영양공급원의 존재에 기인하여 복잡한 먹이망(food web)을 형성하고 있다. 전통적으로 연안역은 다량의 영양염류 공급으로 인해 수주(water column)내 높은 기초생산력을 바탕으로 식물플랑크톤 기원의 유기물이 소비자 동물의 영양기저로서 작동한다는

benthic-pelagic coupling이 나타나는 것으로 보고되어왔으나 최근의 연구들에서는 해역의 환경 특성에 따라 그 중요성은 다르게 나타나고 있다(Hobson *et al.*, 1995). 한반도 연안 조간대 생태계의 대형저서동물(macrobenthos) 생산의 영양기저(trophic base)로서 이러한 자생기원유기물(autochthonous organic matter)의 중요성은 안정동위원소 분석을 통하여 증명되어 왔으나(Kang *et al.*, 2003), 표영생산자와 저서생산자의 고차생물생산에 대한 상대적 중요성은 해역의 물리화학적, 생물학적 특성에 따라 큰 변동을 보이는 것으로 나타났다(Kang *et al.*, 2007). 따라서 환경 특성의 차이에 따른 영양기저로서의 역할(각각의 중요성) 및 먹이망을 통한 탄소(에너지) 흐름 경로(benthic/pelagic pathway)의 상대적인 중요성의 변화를 정확히 평가하여 조간대 생태계의 기능적인 면에 대한 체계적인 연구가 요망된다.

먹이망 구조를 연구하는 전통적인 방법은 소비자의 위 내용물을 분석하는 것이었다. 그러나 이러한 방법은 많은 시료들을 분석해야 하고 많은 시간과 노력이 요구될 뿐만 아니라 먹이생물로서의 다양한 생물종을 대상으로 연구를 수행해야 하며, 소화가 진행된 먹이, 먹이생물의 크기가 작은 경우나 형태적인 특징이 잘 나타나지 않는 생물의 경우 동정이 어렵고, 이미 소화되고 난 후의 파편이나 일부만 섭취된 생물들을 대상으로 할 수도 있다는 연구방법상의 단점을 가지고 있다. 또한 소화관 내용물 분석 방법으로 고차소비자로 갈수록 소비자가 이용하는 유기물의 기원을 추적하기는 어렵다. 이와 같은 단점들을 보완하고 소비자가 이용하는 유기물 기원을 추적하기 위해 탄소와 질소 안정동위원소 비값($\delta^{13}\text{C}$ 와 $\delta^{15}\text{N}$)을 이용하는 방법이 효과적으로 이용될 수 있다. 이 방법은 소비자가 먹이를 섭취하게 되면 대사과정을 거치면서 기원물질이 가지는 원래의 특성은 사라지는 반면 생산자의 탄소와 질소의 안정동위원소 조성이 소비자의 안정동위원소 조성에 반영된다는 특성에 근거하여 그 동물이 실제로 이용하는 먹이의 기여도를 평가할 수 있다. 또한 체성분 중 안정동위원소 조성은 상당 기간 동안 그들의 섭식활동을 반영한 결과이기 때문에 이들이 서식하고 있는 먹이환경을 해석할 수도 있다. 또한 안정동위원소 비 값을 분석할 경우 먹이와 소비자(prey-predator) 사이에 각 영양 단계를 따라 탄소는 1‰ 이내, 질소는 3 ~ 4‰ 정도가 높아지는 동위원소 분별효과(fractionation effect)가 나타난다. 따라서 안정동위원소 조성 분석을 통하여 소비자가 이용하는 유기물 기원의 추적이 가능하며 소비자의 영양단계를 연구하는데 있어 유용하게 이용될 수 있다 [그림 3-81].



[그림 3-81] 안정동위원소를 이용한 먹이망 연구의 예

조간대 갯벌 생태계에서 해조류나 잘피장에서 잘피엽체 및 갯벌표면의 부착저서미세조류의 높은 생산과 이들의 파편(detritus)은 특히, 식물플랑크톤의 생산력이나 생물량이 낮은 해역의 연안 생태계 먹이망에서 중요한 영양기저로서 작용하고 있다는 것이 안정동위원소 연구를 통하여 밝혀졌다(Kang *et al.*, 2003). 이것은 잘피, 대형해조류 그리고 저서미세조류들의 안정동위원소 비값이 식물플랑크톤이나 다른 식물군에 비하여 현저히 높고, 여기에 서식하는 동물들의 생체 내 안정동위원소 비값 역시 다른 생태계에 비하여 현저히 높다는 점으로부터 잘피, 대형해조류, 그리고 저서미세조류에 기원을 둔 탄소의 높은 가용성과 동물의 높은 이용의 결과에 의한다는 결론을 얻을 수 있었다. 이와 같은 평가를 갯벌생태계의 주요 상업종인 굴과 바지락 등을 대상으로 미세조류 기원 유기물과 표영생태계 내의 식물플랑크톤에 기원을 둔 유기물의 기여도를 동위원소 혼합모델(isotope-mixing model)을 이용하여 분석할 수 있을 것이다. 결국, 조간대 갯벌생태계의 주요 기초생산자와 동물의 탄소 및 질소안정동위원소 분석을 통해 갯벌 어장의 먹이 관계를 일반화하여 제시할 수 있는 정보를 제공하게 될 것으로 판단된다.

나. 조사 방법

1) 안정동위원소 분석 준비

채집된 모든 시료들은 현장에서 아이스박스에 얼음과 함께 채워 실험실로 운반하였다. 실험실에서 먼저 입자물질 및 플랑크톤 등의 시료는 원심분리를 하여 포집하였고, 생물시료는 가능하면 종 단위까지 생물을 분류한 후 동정하고 잘 세척하여 해조류의 잎은 절단하고 동물체는 조심스럽게 근육부위를 절개 혹은 절단하여 동결건조를 하였으며, 건조된 시료는 잘 갈아서 미세한 분말로 만들어 분석 때까지 데시케이터에 보관한 후 이 분말들을 약 1~2 mg 분취하여 분석에 이용하였다.

2) 안정동위원소 분석

안정동위원소조성은 CNS 원소분석기와 연결된 Micromass사의 IsoPrime급 안정동위원소 질량분석기(IRMS, Isotope Ratio-Mass Spectrometer)를 이용하여 분석하였다. 먼저 분석 전에 모든 시료는 동결건조하여 고운 분말을 만들어 준비하였다. 이렇게 준비한 분말시료의 적당량을 주석(Tin) capsule에 평량하여 CNS 원소분석기의 autosampler에 순서대로 주입하였다. 원소분석기에서는 1030°C에서 모든 유기물을 연소시켜 무기 가스 상태화하는데 여기서 발생한 CO₂와 N₂ 개스는 질량분석기와 연결된 interface를 통하여 동위원소질량분석기로 주입되게 되어 C와 N 안정동위원소 조성을 분석하였다. 안정동위원소 비값은 다음의 식과 같이 표준물질에 대한 시료의 그 비값 변위를 천분율(‰)로 나타내어 δ 기호로 표현하게 된다 : $\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = [({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{sample}}/({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{standard}} - 1] * 1000$; $\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = [({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{sample}}/({}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N})_{\text{standard}} - 1] * 1000$. 여기서 사용한 표준물질은 탄소의 경우는 PDB(Pee Dee Belmnite)와 질소의 경우 air N₂ 등 국제표준 기준을 사용하였다. 여기서 분석오차는 $\delta^{13}\text{C} \pm 0.1\text{‰}$ 그리고 $\delta^{15}\text{N} \pm 0.2\text{‰}$ 정도였다.

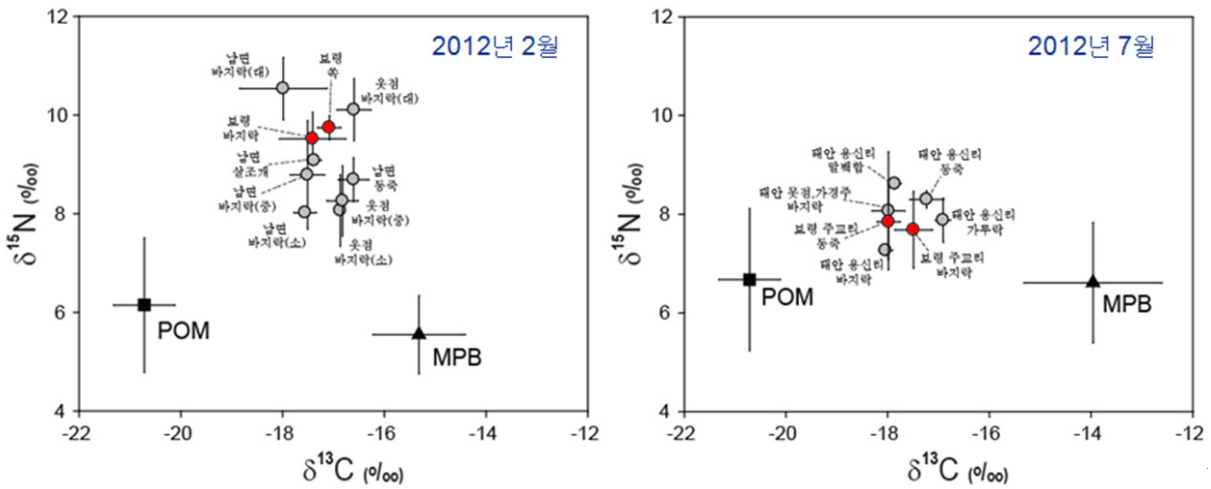
다. 결과 및 토의

2012년 2월과 2012년 7월 보령시 주교면 갯벌에서 채집된 저서동물의 탄소 및 질소안정동위원소 비 값($\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$)의 계절 변동을 측정했다 [표 3-59]. 선행조사를 통하여 태안 해역의 주요 잠재먹이원인 POM (particulate organic matter)와 MPB(microphytobenthos)의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 유의한 차이를 보였다(student t-test, p[0.05]. POM의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -20.7‰ 과 -20.6‰ 그리고 6.1‰ 과 6.7‰ 로 거의 차이가 없었다. MPB의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 2월과 7월에 각각 -15.3‰ 과 -14.0‰ 그리고 5.5‰ 과 6.6‰ 을 보였다. 2012년 2월과 2012년 7월 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 dual plot으로 나타냈다 [그림 3-82]. 2012년 2월에 저서동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 바지락 $-17.4 \pm 0.7\text{‰}$ 에서 쪽 $-17.1 \pm 0.2\text{‰}$ 까지 분포하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 바지락 $9.5 \pm 0.5\text{‰}$ 에서 쪽 $9.7 \pm 0.2\text{‰}$ 까지 분포하였다. 2012년 7월에 동물의 $\delta^{13}\text{C}$ 값은 바지락 $-18.0 \pm 0.3\text{‰}$ 에서 동죽 $-17.5 \pm 0.4\text{‰}$ 까지 분포하였고 $\delta^{15}\text{N}$ 값은 동죽 $7.7 \pm 0.8\text{‰}$ 에서 바지락 $8.1 \pm 1.2\text{‰}$ 까지 분포하였다[표 3-59].

POM과 MPB를 end-member로 설정하고 two source mixing model을 수행한 결과를 [표 3-60]에 나타냈다. 2012년 2월에 태안군 남면 갯벌에서 POM의 기여율은 쪽 49%에서 바지락 55%까지 분포하였고, 2012년 7월에 POM의 기여율은 동죽 57%에서 바지락 73%까지 분포하였다. 2012년 2월과 7월에 저서동물들에 대한 POM 기여율의 평균은 각각 $52 \pm 4\%$ 와 $65 \pm 11\%$ 의 범위로 분포하였다.

[표 3-59] 보령시 주교면 인근 갯벌에서 2월과 7월에 채집된 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값

날짜	정점	국명	학명	$\delta^{13}\text{C}(\pm\text{SD})$		$\delta^{15}\text{N}(\pm\text{SD})$	
2월	보령	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-17.4	0.7	9.5	0.5
	보령	쏙	<i>Upogebia major</i>	-17.1	0.2	9.7	0.2
7월	보령주교리	동죽	<i>Mactra veneriformis</i>	-17.5	0.4	7.7	0.8
	보령주교리	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	-18.0	0.3	8.1	1.2



[그림 3-82] 주교면 갯벌 및 기타 태안 조사정점의 잠재먹이원과 동물들의 $\delta^{13}\text{C}$ 과 $\delta^{15}\text{N}$ 값의 dual plot

태안과 보령에서 2월과 7월에 채집한 저서무척추동물과 잠재먹이원의 탄소 및 질소 안정동위원소 분석 결과, 잠재기원유기물의 경우 계절에 따라 저서미세조류의 $\delta^{13}\text{C}$ 값에서 유의한 차이가 나타났으나 POM은 계절 변동을 보이지 않았다. 채집된 동물들의 안정동위원소 비값으로 dual plot을 살펴보면, 2월에 남면 바지락의 경우 크기에 따라 $\delta^{15}\text{N}$ 값에서 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 지역간에는 2월에 남면과 웃점 그리고 7월에 태안 용신리와 보령 주교리 바지락 간에 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 종간에는 2월 남면 바지락, 살조개와 남면 동죽 간 $\delta^{13}\text{C}$ 값에 유의한 차이를 보였다(One-way ANOVA, $p < 0.05$). 결과적으로 태안과 보령 해역의 주요 부유물 섭식자들의 먹이원 선택에 있어 해역, 종, 그리고 종의 크기에 따른 변동이 나타났으며 앞으로의 연구는 이들이 선택적으로 특정 크기의 미세조류를 섭식하는지 또는 선택적으로 섭식을 하지 못하는지에 대한 섭식양식에 대한 세밀한 조사가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

[표 3-60] 보령시 주교면에서 채집된 동물들에 대한 잠재먹이원의 대한 기여율

날짜	정점	국명	학명	POM 기여율	MPB 기여율
2월	보령	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	55	45
	보령	쏙	<i>Upogebia major</i>	49	51
7월	보령 주교리	동죽	<i>Macra veneriformis</i>	57	43
	보령 주교리	바지락	<i>Ruditapes philippinarum</i>	73	27

2. 어장별 환경수용력 평가

가. 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정

보령시 주교면 바지락의 생태학적 생산량 추정에 사용된 Q/B ratio는 앞서 태안군 남면의 생산량 추정에 사용된 값과 동일하다(태안군 남면, 섭식량에 기초한 바지락 생산량 추정 참조). [표 3-61]은 보령시 주교면의 바지락 개체당 평균 개체수와 습중량(개체당 평균=6.22g), 어장 면적, 앞서 설명한 Q/B ratio 그리고 생태학적 효율(ecological efficiency, 0.1)을 고려한 생산량 추정 결과를 나타낸 것이다. 주교면의 어장 면적은 앞서의 태안군 고남면에 비해 6배 이상 넓음에도 불구하고 바지락의 연간 생산량은 40% 수준인 164 ton이 추정되었다.

본 조사에서 추정된 보령시 주교면의 자원량(=현존량)은 189 ton였다. 여기에 앞서 언급한 바 있는 Koh(2001)의 생산량/현존량 비율(1.33)을 활용하면, 연간 생산량은 약 250 ton이다. 이는 Q/B ratio 및 생태학적 효율을 고려한 수치(164 ton)와 비슷한 수준이라 할 수 있으며, 따라서 타당한 추정이라 할 수 있다. 두 추정치의 차이를 감안하여 태안군 고남면의 생산량을 약 210 ton으로 간주한다면, 물새 및 저어류, 갑각류에게 이용될 수 있는 양을 140 ton(평균 1:2 비율 적용)으로 볼 수 있고, 인간에게 활용 가능한 양은 70 ton이라 할 수 있다. 이는 본 보고서의 최적생산모델 추정 분야에서 계산된 생물학적 허용어획량 53 ton과 비슷한 수준의 값이다.

[표 3-61] 보령시 주교면 갯벌 바지락 현존량의 추정과 생태학적 생산량의 추정

지역	면적 (㎡)	평균 개체수 (Ind./㎡)	연간 섭식량 (ton)	연간 추정 생산량 (ton)
주교면	5,597,163	5	1636	164

나. 기초생산에 근거한 바지락의 환경수용력

보령시 주교면의 갯벌 기초생산은 288.01 gC/m²/year의 범위인 것으로 추정되었다. 이는 본 조사의 대상인 세 군데 갯벌 어장 가운데에서 가장 낮은 수준이었다. 단위면적당 기초생산량에 주교면 어장면적(5,597,163 m²)을 고려한 것이 표 4의 갯벌 미세조류 일차생산량(1,612 ton C/year)이다. 이 값에 보령시 주교면 갯벌에서 측정된 바지락 체내 안정동위원소와 이것에 적용한 two-source mixing model로부터 추정된 갯벌 기초생산량:수층 기초생산량 기여도 약 4:6을 고려하면, 수층의 기초생산 기원 POM 섭취량(2,418 ton C/year) 그리고 바지락이 군집 생산량의 100%를 차지할 경우에 해당하는 연간 탄소 섭취량이 추정(4,030 ton C/year)될 수 있다[표 3-62].

이 값에 생태학적 효율 0.1을 적용하면 바지락의 탄소 생산량(403 ton C/year)이며, 바지락의 탄소량을 습중량으로 전환하는 값으로, 앞서 Dr. Thomas Brey가 제안한 이매패류 습중량-회분제거건중량(ash-free dry weight) 비율인 0.057과 회분제거건중량-유기탄소 비율인 0.518을 활용하면 주교면의 습중량(패각의 무게가 포함된 중량) 생산량을 추정(13,662 ton/year)할 수 있다. 서식처 특성에 따른 현실적인 생태지위가 반영된 먹이의 이용 가능량을 추정하기 위해, 앞서 언급한 바와 같이, 주교면 갯벌의 2차 생산자인 저서동물의 현존량에서 바지락이 차지하는 비율(41.1%)을 적용한 값은 5,608 ton/year이며, 연간 단위 면적(km²)당 생산량은 1,002 ton으로 계산되었다. 전자는 태안군 고남면의 2배에 해당하였으나, 후자는 고남면의 단위 면적당 생산량의 1/3수준이었다. 태안군 남면 바지락의 환경 수용력, 5,608ton/year는 생산량/현존량 비율을 적용한 연간 생산량, 250 ton의 22배에 해당하는 수치이며, 이 수준까지 생산이 가능한 것으로 이해할 수 있겠다

[표 3-62] 보령시 주교면 갯벌 기초생산량에 근거한 바지락의 환경수용력 추정

지역	갯벌 미세조류 일차생산량 (ton C/yr)	POM/MPB	POM 섭취량 (ton C/yr)	바지락 가능 섭취량 (ton C/yr)	바지락 가능 탄소 생산량 (ton C/yr)	바지락가능 생산량 (ton/yr)	바지락 군집 내 비율 (%)	바지락 생산량 (ton/yr)	단위면적당 바지락 생산량 (ton/km ² /yr)
보령시 주교면	1,612	1.50	2,418	4,030	403	13,662	41.1%	5,608	1,002

제9절 어장의 생태학적 건강성 평가 및 관리방안

경제 개발, 위험 경감, 심미적 가치 증진, 그리고 환경 보호를 목적으로 연안을 효율적으로 관리하기 위한 움직임이 전 세계적으로 진행되고 있다 (Diefenderfer et al., 2009). 특히, 급속도로 연안의 서식처와 생태계 기능이 손실됨에 따라 그 대응으로 서식처 복원의 규모가 점차 확대되고 있는 상황이며 (NRC, 2003), 이에 따라 생태학적인 이론에 근거하고 연안의 상태에 대한 진단을 기반으로 한 정책결정 도구가 필요하게 되었다 (Bulleri, 2006; Thom, 2000).

Evans et al. (2006)은 연안 서식처의 관리전략을 창출 (creation), 기능 강화 (enhancement), 복원 (restoration), 보전 (conservation), 그리고 보존 (preservation)으로 구분하였는데, 정책결정 도구는 서식처의 여건에 따라 이들 관리전략을 적절히 구분하는 기능을 갖추어야 한다. 정책결정 도구가 이러한 기능을 갖추기 위해서는 서식처의 자생력에 대한 평가가 가능해야 하며, 경관생태학적인 접근이 필요하다. 즉, 지역적인 규모의 서식처가 유지되기 위해서는 그 서식처의 주변이나 외부에 훼손되지 않은 온전한 서식처가 존재해야 하며 그로부터 지속적인 지원이 있어야 한다. 따라서 특정 서식처의 생태계 구조나 기능을 성공적으로 회복·유지시키기 위해서는 그 서식처 내부의 상황(site-scale)뿐만 아니라 그 서식처에 영향을 줄 수 있는 주변 지역 (landscape-scale)의 특성이 함께 고려되어야 한다 (NRC, 1992).

훼손된 연안 서식처의 건강성과 기능을 회복시키기 위한 사업은 목표설정, 계획수립, 이행, 모니터링, 수행실적 평가, 순응적 관리 (adaptive management), 그리고 성과 전파 등의 순차적인 과정을 포함하고 있다. 그러나 생태학적 자료에 대한 평가와 서식처 관리의 우선순위를 정하지 않고서는 적절한 관리가 이루어지기 어렵다 (Diefenderfer et al., 2009). 본 연구에 도입된 RPMS 모델 (Restoration Prioritization and Management Strategy model)은 서식처의 현황에 대해 생물과 환경, 정점 (local)과 경관 (landscape) 등 다양한 측면을 종합적으로 고려하기 때문에 현재의 상황에 대한 정밀한 진단뿐만 아니라 향후의 관리전략을 수립하는데 용이하다. 또한 국내 갯벌의 약 30% 면적에 해당하는 자료를 바탕으로 구축되었기 때문에 다양한 서식처에 적용하는데 무리가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 RPMS 모델을 활용한 주된 목적은 ISEP 인덱스와 같이 단일 혹은 소수의 항목으로 조사지역의 건강도를 평가하는 것 외에 서식처의 상태를 보다 다양한 관점에서 종합적으로 진단하기 위함이다. 이와 더불어 경관생태학적 관점에서 각 서식처의 자생력을 평가함으로써 향후 조사지역을 효율적으로 관리할 수 있는 관리전략을 도출하고자 하였다. 따라서 위의 모델을 통하여 도출된 관리방안은 단기적이며 국부적이기 보

다는 장기적이며 넓은 규모의 범위를 반영할 수 있을 것이다. 향후 각 관리전략에 따라 특정 지역 혹은 구역에 적합한 세부전술에 대한 보완이 필요할 것으로 판단되나, 위의 과정을 통해 각 조사지역에 대한 평가와 이를 바탕으로 관리방안이 수립되면 이를 이행함으로써 건강한 생태적 환경의 기반위에 지속가능한 어업생산의 도모가 가능할 것으로 기대된다.

1. 조사 방법

가. 갯벌 자생력/복원우선순위/복원전략 판단모형 (RPMS: Restoration Prioritization and Management Strategy model)

생태적 우수성이 높은 갯벌을 보전하거나 반대로 생태환경이 열악한 갯벌을 복원하기 위해서는 우선 합당한 기준에 따라 각 단위갯벌의 생태적 가치를 평가한 후, 관리의 우선순위를 정하는 일련의 논리적 절차가 필요하다. 따라서 일차적으로 갯벌의 생태 등급을 평가하기 위해 5개의 생물학적 요인 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도 - ISEP지수, KBQI지수)과 4개의 경관생태학적 요인 (해안 자연성, 중요 서식처, 베타 다양도, 감마 다양도)을 선정하여 제시하였다.

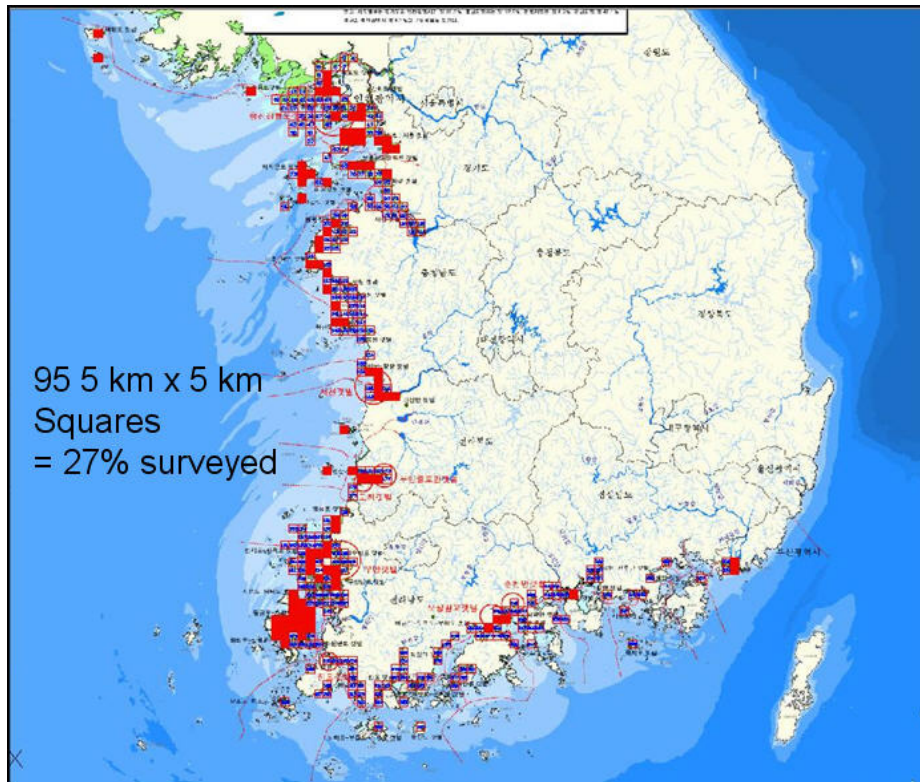
각 평가 항목은 국내 갯벌의 약 30%에 해당하는 서·남해안 지역에서 관찰된 값의 분포에 근거하여 7단계로 배점기준을 제시하였다 [그림 3-83], [표 3-63~69]. 예를 들어 생태학적 중요종이 많고, 생물다양성과 ISEP값이 높은 곳일수록 높은 점수 (7점 만점)를 부여하였다.

1) 생태학적 중요 종 (EIS, Ecologically Important Species)

생태계 내에서 시스템 전체 또는 종간의 상호작용과 생태계 서비스에 큰 영향을 미치는 종으로서 다음 6개 항목으로 구분하였다.

(1) 대형 포식자 (predator)

포식을 통해 갯벌의 군집구조를 크게 변화시키기 때문에 중요한 종으로 (Paine, 1966; Hixon, 1982; Reise, 1985; Brown and Heske, 1990; Khanina, 1998), 생태계 내외적으로 에너지 흐름에 영향을 미치며 갯벌의 생산을 외부로 전달하는 벡터로서의 역할을 통해 넓은 공간에 파급 효과(far-reaching effect)를 갖는 생물이다 [표 3-63].



[그림 3-83] 국내 갯벌 구역도 및 자료 database 현황

(2) 생태계 공학종 (ecosystem engineer)

서식지의 물리적 상태를 변형시키거나 유지보수, 또는 생성함으로써 다른 생물의 자원 가용성을 직접 또는 간접적으로 조절하는 생물로서 (Johns et al., 1994; 1997), 생물 다양성을 증진시키고 (Reise, 1985), 생태계 서비스에 기여하는 생물 (Lohrer et al. 2004)로 알려져 있다. 본 연구에서는 관서 다모류 또는 관서 단각류와 같이 갯벌에 서관을 만들어 서식처를 형성하는 종 (habitat forming species)과 썩, 칠게, 개불 등과 같이 굴이나 갯도를 만들어 서식처를 변형시키는 종 (habitat modification species), 모래무치염통성계와 같이 퇴적물 교란을 통해 영양염 재생산 (nutrient regeneration)에 기여하는 종들을 포함시켰다 [표 3-64].

(3) 생물 정화종 (bioremediation)

환경오염 저감작용을 수행하는 생물을 의미한다 (Gifford et al., 2006). 본 연구에서는 저층과 수층의 상호작용 (benthic-pelagic coupling)을 통해 수층의 유기물이나 미생물 등을 제거하여 퇴적물 영역으로 끌어들이는 현탁물 식자 (filter feeder)인 연체동물 이매패류 위주로 선정하였다 [표 3-65].

(4) 수산업종 (fisheries)

인간 경제에 중요한 생물군으로서 개체군 크기가 수산업에 의해 인위적으로 크게 영향을 받으며, 궁극적으로 이들과 먹이망으로 상호 연결된 상하위 계층의 군집구조에 영향을 미치는 생물이다 [표 3-66].

(5) 국가적 희소종 (Nationally rare species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰되는 빈도가 0.5% 이하인 종들로서 기준 빈도의 설정은 Sanderson (1996)을 참고하였으며, 비록 갯벌에서 관찰되지만 분포의 중심이 조하대에 속하는 종들은 제외하였다 [표 3-67].

(6) 국가적 소수종 (Nationally scarce species)

현재까지 국내 갯벌에서 관찰된 빈도가 0.5% 초과 3.5% 이하인 종들로서 역시 조하대에 분포하는 종들은 제외하였고, 기준 빈도는 Sanderson (1996)을 참고하였다 [표 3-68].

[표 3-63] 생태학적 중요 종 목록 (대형포식자)

Predator	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	Glycera spp.	참미갑갯지렁이류
		<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이
	Crustacea	<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우
		<i>Matuta lunaris</i>	금게
		<i>Matuta planipes</i>	그물무늬금게
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재
		<i>Orithyia sinica</i>	범게
		<i>Ovalipes punctatus</i>	깨다시꽃게
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게
	Mollusca	<i>Glossaulax didyma</i>	큰구슬우렁이
		<i>Lunatia fortunei</i>	갯우렁이
<i>Rapana venosa</i>		피뿔고둥	

[표 3-64] 생태학적 중요 종 목록 (생태계 공학종)

Engineer	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Amphictene japonica</i> <i>Arenicola brasiliensis</i> <i>Cistenides okudai</i> <i>Diopatra sugokai</i> <i>Galathowenia oculata</i> <i>Hediste japonica</i> <i>Lagis bocki</i> <i>Loimia medusa</i> <i>Lygdamis giardi</i> <i>Marphysa sanguinea</i> <i>Mesochaetopterus japonicus</i> <i>Nectoneanthes oxypoda</i> <i>Onuphis eremita</i> <i>Owenia fusiformis</i> <i>Owenia gomsoni</i> <i>Paraleonnates ushcakovi</i> <i>Perinereis aibuhitensis</i> <i>Pista cristata</i> <i>Praxillella affinis</i> <i>Spiochaetopterus koreana</i>	긴빛갯지렁이 작은검은갯지렁이 곤봉빛갯지렁이 털보집갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 참갯지렁이 앞빛갯지렁이 괴물유령갯지렁이 흙울타리갯지렁이 바위털갯지렁이 밀짚날개갯지렁이 넓적발참갯지렁이 수염갯지렁이류 싸리버섯갯지렁이 싸리버섯갯지렁이류 흰이빨참갯지렁이 두토막눈썹참갯지렁이 총채유령갯지렁이 꼬리대나무갯지렁이 한국날개갯지렁이
	Crustacea	<i>Alpheus bisincisus</i> <i>Alpheus brevicristatus</i> <i>Alpheus digitalis</i> <i>Alpheus japonicus</i> <i>Aoroides columbiae</i> <i>Apocorophium acutum</i> <i>Callianassa japonica</i> <i>Cleistostoma dilatatum</i> <i>Corophiid amphipods</i> <i>Eocorophium kitamori</i> <i>Grandidierella japonica</i> <i>Helice tridens tridens</i> <i>Macrophthalmus dilatatus</i> <i>Macrophthalmus japonicus</i> <i>Monocorophium acherusicum</i> <i>Ocypode stimpsoni</i> <i>Photis longicaudata</i> <i>Scopimera globosa</i> <i>Sinocorophium sinensis</i> <i>Uca arcuata</i> <i>Uca lactea</i> <i>Upogebia major</i>	흙발딱총새우 딱총새우 큰딱총새우 긴발딱총새우 북태평양육질꼬리옆새우 육질꼬리옆새우류 쏙붙이 세스랑게 육질꼬리옆새우류 육질꼬리옆새우류 발성육질꼬리옆새우 방게 길게 칠게 육질꼬리옆새우류 달랑게 육질꼬리옆새우류 엽낭게 육질꼬리옆새우류 농게 흰발농게 쓱
	Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i> <i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	참굴 진주담치
	Echinodermata	<i>Echinocardium cordatum</i> <i>Protankyra bidentata</i>	모래무치염통성게 가시땃해삼
	Othrs	<i>Urechis unicinctus</i>	개불

[표 3-65] 생태학적 중요 종 목록 (생물 정화종)

Bioremediation	Fauna	Scientific name	Korean name
	Annelida	<i>Chone teres</i>	빛꽃갯지렁이
		<i>Galathowenia oculata</i>	싸리버섯갯지렁이류
		<i>Hydroides elegans</i>	우산석회관갯지렁이류
		<i>Hydroides ezoensis</i>	우산석회관갯지렁이
		<i>Lygdamis giardi</i>	흙올타리갯지렁이
		<i>Mesochaetopterus japonicus</i>	밀짚날개갯지렁이
		<i>Owenia fusiformis</i>	싸리버섯갯지렁이
		<i>Owenia gomsoni</i>	곰소싸리버섯갯지렁이
		<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	사천왕갯지렁이
		<i>Pseudopotamilla ocellata</i>	안점꽃갯지렁이
		<i>Sabellaria ishikawai</i>	길쭉둥근올타리갯지렁이
		<i>Spiochaetopterus koreana</i>	한국날개갯지렁이
	Crustacea	<i>Corophiid amphipods</i>	육질꼬리옆새우류
	Mollusca	<i>Barnea dilatata</i>	우줄기
		<i>Corbicula leana</i>	참재첩
		<i>Corbicula papyracea</i>	얇은재첩
		<i>Crassostrea gigas</i>	참굴
		<i>Cultrensis attenuatus</i>	비단가리맛
		<i>Cyclina sinensis</i>	가무락
		<i>Dosinorbis japonica</i>	떡조개
		<i>Gomphina veneriformis</i>	대복
		<i>Mactra chinensis</i>	개량조개
		<i>Mactra veneriformis</i>	동죽
		<i>Meretrix petechialis</i>	말백합
		<i>Mya arenaria oonogai</i>	우럭
		<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>	진주담치
		<i>Nuttallia japonica</i>	빛조개
		<i>Nuttallia olivacea</i>	두툼빛조개
		<i>Ruditapes philippinarum</i>	바지락
		<i>Scapharca broughtonii</i>	피조개
		<i>Scapharca subcrenata</i>	새꼬막
		<i>Sinonovacula constricta</i>	가리맛조개
	<i>Solen strictus</i>	맛조개	
<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막		
Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불	

[표 3-66] 생태학적 중요 종 목록 (수산업종)

Fisheries	Fauna	Scientific name	Korean name	
	Annelida	<i>Marphysa sanguinea</i>	바위털갯지렁이	
		<i>Onuphis eremita</i>	수염갯지렁이류	
	Crustacea	<i>Paraleonnates ushcakovi</i>	흰이빨참갯지렁이	
		<i>Perinereis aibuhitensis</i>	두토막눈썹참갯지렁이	
		<i>Acetes chinensis</i>	중국젓새우	
		<i>Acetes japonicus</i>	젓새우	
		<i>Athanas japonicus</i>	꼬마딱총새우	
		<i>Athanas marshallensis</i>	새우류	
		<i>Charybdis bimaculata</i>	두점박이민꽃게	
		<i>Charybdis japonica</i>	민꽃게	
		<i>Crangon affinis</i>	자주새우	
		<i>Macrophthalmus japonicus</i>	칠게	
		<i>Oratosquilla oratoria</i>	갯가재	
		<i>Portunus trituberculatus</i>	꽃게	
		Mollusca	<i>Corbicula leana</i>	참재첩
			<i>Corbicula papyracea</i>	얇은재첩
	<i>Crassostrea gigas</i>		참굴	
	<i>Cultrensis attenuatus</i>		비단가리맛	
	<i>Cyclina sinensis</i>		가무락	
	<i>Dosinorbis japonica</i>		떡조개	
	<i>Glossaulax didyma</i>		큰구슬우렁이	
	<i>Gomphina veneriformis</i>		대복	
	<i>Loligo beka</i>		참오징어	
	<i>Mactra chinensis</i>		개랑조개	
	<i>Mactra veneriformis</i>		동죽	
	<i>Meretrix petechialis</i>		말백합	
	<i>Mya arenaria oonogai</i>		우럭	
	<i>Mytilus edulis galloprovincialis</i>		진주담치	
	<i>Nuttallia japonica</i>		빛조개	
	<i>Nuttallia olivacea</i>		두툼빛조개	
	<i>Rapana venosa</i>		피빨고둥	
	<i>Ruditapes philippinarum</i>		바지락	
	<i>Scapharca broughtonii</i>		피조개	
<i>Scapharca subcrenata</i>	새꼬막			
<i>Sinonovacula constricta</i>	가리맛조개			
<i>Solen strictus</i>	맛조개			
<i>Tegillarca granosa</i>	꼬막			
Others	<i>Urechis unicinctus</i>	개불		
	<i>Upogebia major</i>	쓱		

[표 3-67] 생태학적 중요 종 목록 (희소종)

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Annelida	<i>Lycastopsis augeneri</i>	0.30%
		<i>Perinereis camiguinoides</i>	0.36%
		<i>Scolelepis (P.) geniculata</i>	0.12%
		<i>Terebellides punctata</i>	0.06%
		<i>Travisia japonica</i>	0.30%
	Crustacea	<i>Allorchestes angusta</i>	0.06%
		<i>Eochelidium lenorostralum</i>	0.12%
		<i>Eogammarus sinensis</i>	0.06%
		<i>Grandifoxus malipoensis</i>	0.06%
		<i>Haustorioides gurjanovae</i>	0.12%
		<i>Melita koreana</i>	0.06%
		<i>Parapleustes derzhavini</i>	0.06%
		<i>Podocerus tuberculosus</i>	0.06%
		<i>Sinocorophium japonicum</i>	0.42%
		<i>Talorchestia sinensis</i>	0.12%
		<i>Trinorchestia longiramus</i>	0.24%
		<i>Hemileucon hinumensis</i>	0.36%
		<i>Chelomalpheus koreanus</i>	0.06%
		<i>Cyclograpsus intermedius</i>	0.06%
		<i>Helice tridens latimera</i>	0.42%
		<i>Helice tridens tientsinensis</i>	0.12%
		<i>Hemigrapsus sinensis</i>	0.48%
		<i>Ilyoplax pusilla</i>	0.42%
		<i>Ilyoplax tansuiensis</i>	0.06%
		<i>Laomedia astacina</i>	0.06%
		<i>Neodorripe japonica</i>	0.12%
		<i>Ocypode stimpsoni</i>	0.42%
<i>Pinnixa penultipedalis</i>	0.12%		
<i>Pinnotheres pholadis</i>	0.36%		
<i>Pinnotheres sinensis</i>	0.24%		
<i>Scopimera longidactyla</i>	0.12%		
<i>Uca lactea</i>	0.12%		

[표 3-67] 계속

Rare species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(RF<0.5%)	Mollusca	<i>Arcopagia diaphana</i>	0.36%
		<i>Coecella chinensis</i>	0.06%
		<i>Latemula boschasina</i>	0.24%
		<i>Macoma contabulata</i>	0.30%
		<i>Peregrinamor ohshimai</i>	0.06%
		<i>Pillucina pisidium</i>	0.24%
		<i>Pitar sulfureum</i>	0.36%
		<i>Potamocorbula ustulata ustulata</i>	0.06%
		<i>Protothaca (N.) jedoensis</i>	0.30%
		<i>Semelangulus tokubei</i>	0.12%
		<i>Semele cardiformis</i>	0.06%
		<i>Tugonia huanghaiensis</i>	0.42%
		<i>Venatomya truncata</i>	0.06%
		<i>Acteocina exilis</i>	0.12%
		<i>Alexania inazawai</i>	0.06%
		<i>Assiminea estuarina</i>	0.06%
		<i>Bacteridium vittatum</i>	0.06%
		<i>Camitia rotellina</i>	0.06%
		<i>Cerithidea largillierti</i>	0.06%
		<i>Cerithideopsilla cingulata</i>	0.42%
		<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>	0.36%
		<i>Dunkeria shigeyasui</i>	0.12%
		<i>Elachisina ziczac</i>	0.24%
		<i>Epheria decorata</i>	0.24%
		<i>Megastomia clara</i>	0.06%
		<i>Nassarius reeveanus</i>	0.12%
		<i>Okenia hiroi</i>	0.06%
		<i>Papyriscala yokoyamai</i>	0.36%
		<i>Pseudoliotia micans</i>	0.36%
		<i>Pseudoringicula sinensis</i>	0.06%
		<i>Stenothyra glabar</i>	0.18%

[표 3-68] 생태학적 중요 종 목록 (Scarce species, 소수종)

Scarce species	Fauna	Scientific name	Relative Frequency
(0.5% < RF < 3.5%)	Annelida	<i>Arenicola brasiliensis</i>	0.65%
		<i>Amphictene japonica</i>	0.83%
		<i>Leonnates nipponicus</i>	0.77%
		<i>Platynereis bicanaliculata</i>	1.19%
	Crustacea	<i>Eohaustorius spinigerus</i>	2.79%
		<i>Haustorioides latipalpus</i>	0.65%
		<i>Paraphoxus oculatus</i>	2.50%
		<i>Platorchestia crassicornis</i>	0.89%
		<i>Nippoleucon hinumensis</i>	1.31%
		<i>Cleistostoma dilatatum</i>	2.67%
		<i>Helice tridens sheni</i>	1.31%
		<i>Helice tridens tridens</i>	0.77%
		<i>Helice tridens wuana</i>	0.71%
		<i>Ilyoplax dentimerosa</i>	2.97%
		<i>Ilyoplax deschampsi</i>	2.67%
		<i>Sesarma plicatum</i>	1.31%
		<i>Uca arcuata</i>	1.19%
		<i>Excirolana japonica</i>	1.25%
	Mollusca	<i>Glaucanome chinensis</i>	2.61%
		<i>Nuttallia olivacea</i>	2.38%
<i>Tugonia sinensis</i>		1.25%	
<i>Chemnitzia acosmia</i>		0.83%	

[표 3-69] 생태학적 중요 종 (EIS) 점수 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	EIS (Ecologically Important Species) score
1	0	0
2	10	1
3	20	2
4	40	6
5	60	11
6	80	17
7	90	23

2) 생체량 (biomass)

생태계 내에서 생물의 현존량 (standing crop)은 곧 그 시스템이 보유하고 있는 에너지의 양을 의미하며, 간단히 생물의 무게 즉, 생체량으로 표현된다. 갯벌은 육상에서 공급된 유기물을 에너지원으로 삼아 생물을 생산하고, 생산된 갯벌생물은 상위 포식자에게 이용되거나 어획을 통해 시스템 밖으로 제거됨으로서 자연 정화기능을 수행하고 있다. 따라서 단위면적 당 생물량이 큰 갯벌일수록 생태계 서비스도 크다 할 수 있으므로 생체량을 중요한 생태학적 지표 가운데 하나로 선정하였다. 각 정점별 생체량 (wet weight, gWWt/m²) 분포에 기초한 배점 기준은 [표 3-70]과 같으며, 각 정점의 조위 (tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 3-70] 정점별 생체량 (biomass) 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Biomass(Log10(1+gWWt/m ²))			
		Level 1		Level 1.5~3	
		MGS≤3.10	3.10<MGS	MGS≤3.10	3.10<MGS
1	0	0	0	0	0
2	10	0.24	0.53	0.83	1.00
3	20	0.70	0.95	1.20	1.34
4	40	1.32	1.39	1.69	1.77
5	60	1.78	1.70	2.20	2.12
6	80	2.21	2.01	2.80	2.51
7	90	2.50	2.26	3.08	2.78

3) 생물다양성 (biodiversity)

생물다양성이란 유전자로부터 생태계에 이르는 모든 단계의 생물학적 다양성을 포함하는 개념이나, 대체로 개체 수준에서 생물 종의 숫자로 표현하였다 (New, 1995). 생물다양성이 높은 곳은 그 다양성을 부양하기에 적합한 생태적 기능을 가질 것으로 여겨지므로 보전가치가 높게 평가된다. 따라서 본 연구에서는 갯벌의 정점별 단위면적 당 출현종수를 생물다양성 지표로 삼았으며, 채집면적이 출현종수에 미치는 영향을 상쇄시키기 위해 앞서 제시한 바 있는 Whittaker (1975) 방식으로 알파 다양성 (Alpha diversity)를 구하였다.

각 정점이 모여 정선을 이루면 이때 단위갯벌에 대한 landscape scale 측면에서의 생물다양성 개념이 필요하며, 이러한 지역 규모의 다양성을 감마 다양성 (gamma diversity)라고 하였다. 산출방법은 각 정선에서 출현한 총 종수를 로그 변환 한 채집면적 (cm²)으로

나누어 계산하였다.

베타 다양성 (beta diversity)은 일종의 서식지 다양성으로서 감마 다양도를 알파다양도로 나누어 계산하였다. 각 정점별 알파, 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준은 [표 3-71~72]과 같으며, 각 정점의 조위 (tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 3-71] Whittaker 방식의 알파 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/log ₁₀ (sample area(cm ²)))							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.67	2.29	2.25	0.60	1.72	3.70	2.93	2.62
3	20	1.50	2.56	3.34	1.20	2.74	4.60	3.00	3.34
4	40	2.38	4.80	4.80	2.02	4.36	5.40	4.42	4.52
5	60	4.12	5.74	6.18	3.66	5.83	5.80	5.55	5.04
6	80	6.36	7.00	7.30	5.50	7.02	8.20	6.88	5.78
7	90	8.20	7.33	7.90	7.30	8.50	10.20	7.81	6.28

Score	Percentile (%)	Alpha diversity (No. of species/log ₁₀ (sample area(cm ²)))							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10<, ≤3.92	3.92<, ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	2.10	2.97	3.30	1.99	2.00	4.59	3.66	3.00
3	20	2.73	4.16	4.42	2.84	2.61	5.86	4.09	3.70
4	40	4.10	5.72	7.00	3.40	4.30	7.62	5.86	6.00
5	60	6.10	7.00	8.50	5.46	6.67	9.29	8.38	8.33
6	80	9.10	9.30	11.47	7.90	9.64	12.74	11.14	12.00
7	90	10.90	12.91	12.29	8.86	13.32	13.85	13.00	16.00

[표 3-72] Whittaker 방식의 베타, 감마 다양도 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Macrofaunal diversity in landscape scale	
		Gamma(Total no. of species/log ₁₀ (no. of samples*sample area(cm ²)))	Beta(Gamma/Avg. no. of species/log ₁₀ (sample area(cm ²)))
1	0	0	0
2	10	5.82	1.77
3	20	7.01	1.88
4	40	10.50	2.12
5	60	13.50	2.31
6	80	17.75	2.61
7	90	19.98	2.92

4) ISEP 지수

생태계는 발달과정에서 초기의 성장단계를 거쳐 안정된 상태로 들어갈수록 생물종이 다양해져 군집구조가 복잡해지고, 각 개체의 크기가 커지며, 총 생물량이 증가하는 경향이 있다. 또한 환경오염 또는 교란의 정도가 심해짐에 따라 점차 크기가 작고 생활사가 짧은 고밀도의 기회종들로 대체되는 현상을 보인다. 이러한 생태적 현상을 하나의 수치로 표현하기 위해 국내 갯벌 생태계에 적용할 수 있는 ISEP 지수를 선택하여 갯벌의 건강성을 평가하였다. 각 정점별 ISEP지수 분포에 기초한 배점 기준은 [표 3-73]와 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 3-73] 정점별 ISEP 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	Community Health Index	
		ISEP index	
		Tidal Level 1	Tidal Level 1.5~3
1	0	0	0
2	10	0.21	0.28
3	20	0.30	0.33
4	40	0.37	0.40
5	60	0.45	0.49
6	80	0.56	0.65
7	90	0.68	0.87

5) KBQI 지수

최근 들어, 저서생물 군집에 기반한 인덱스의 활용에서 보다 신중하고 정확한 판단을 위해 2개 이상의 지시자를 활용하는 추세이다. 본 연구 역시 갯벌 생태계 건강성 진단의 중요성을 감안하여, ISEP와 병행되어 사용할 수 있는 Rosenberg et al. (2004)의 BQI 도입하였다.

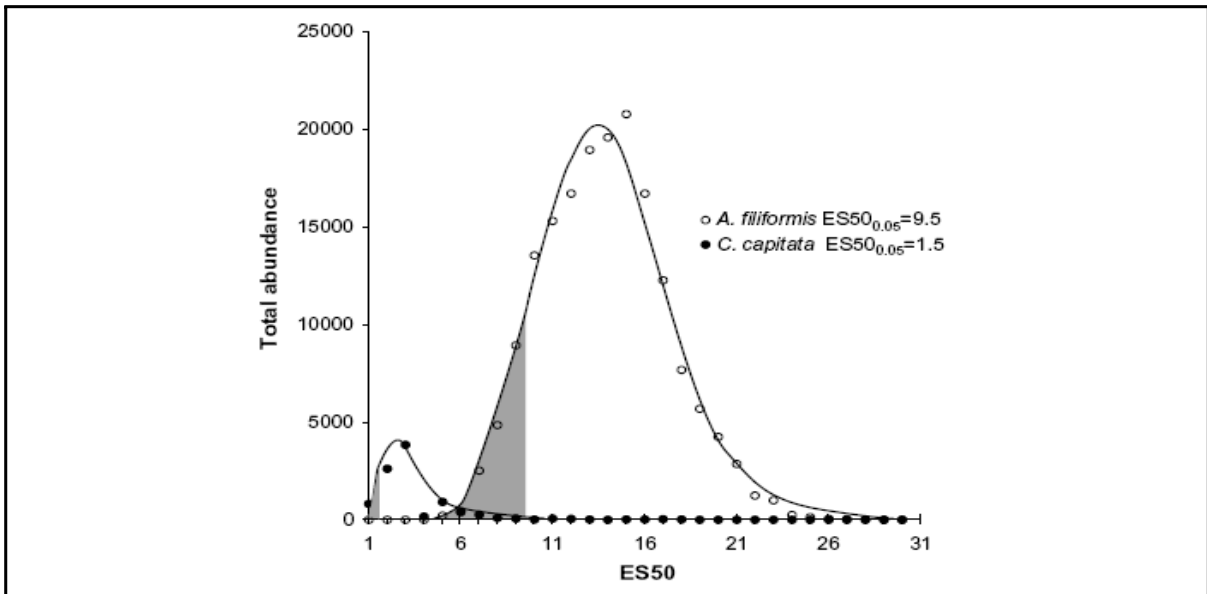
기존의 인덱스 (예를 들어, AMBI나 BPI 등)들이 대형저서동물 분류군을 오염구배 또는 식성별 그룹별로 분류할 때 객관적인 자료에 근거하지 않은 데에 반해 BQI (Benthic Quality Index)는 현장의 관측 결과를 바탕으로 경험적인 접근을 통해 종을 분류하고 있다. BQI는 각 종별 민감도와 교란에 대한 내성을 반영하는 $ES_{50,0.05}^3$)를 추정하여 종별

3) ES_{50} 는 출현 개체수가 50일 경우에 예상되는 출현 종수를 추정한 것으로 저서동물 표본 간 채집 노력량의 차이와 상관없이 생물 다양성 비교를 가능케 해주는 장점이 있음. $ES_{50,0.05}$ 는 해당 개체군이 출현한 표본들의 ES_{50} 분포에서 하위 5%에 해당하는 값으로 교란에 대한 내성을 표현하는 것으로 간주하였음.

기준값으로 활용하고 있으며, 이 값은 오염 지시종의 경우에 낮고 건강한 서식처에서 출현하는 종들의 경우에 높게 관찰 된다 [그림 3-84].

$$ES50 = \sum_{i=1}^s \frac{(N - N_i)!(N - 50)!}{(N - N_i - 50)!N!}$$

이때, N은 표본 내 총 출현 개체수, i는 i번째 종의 번호.

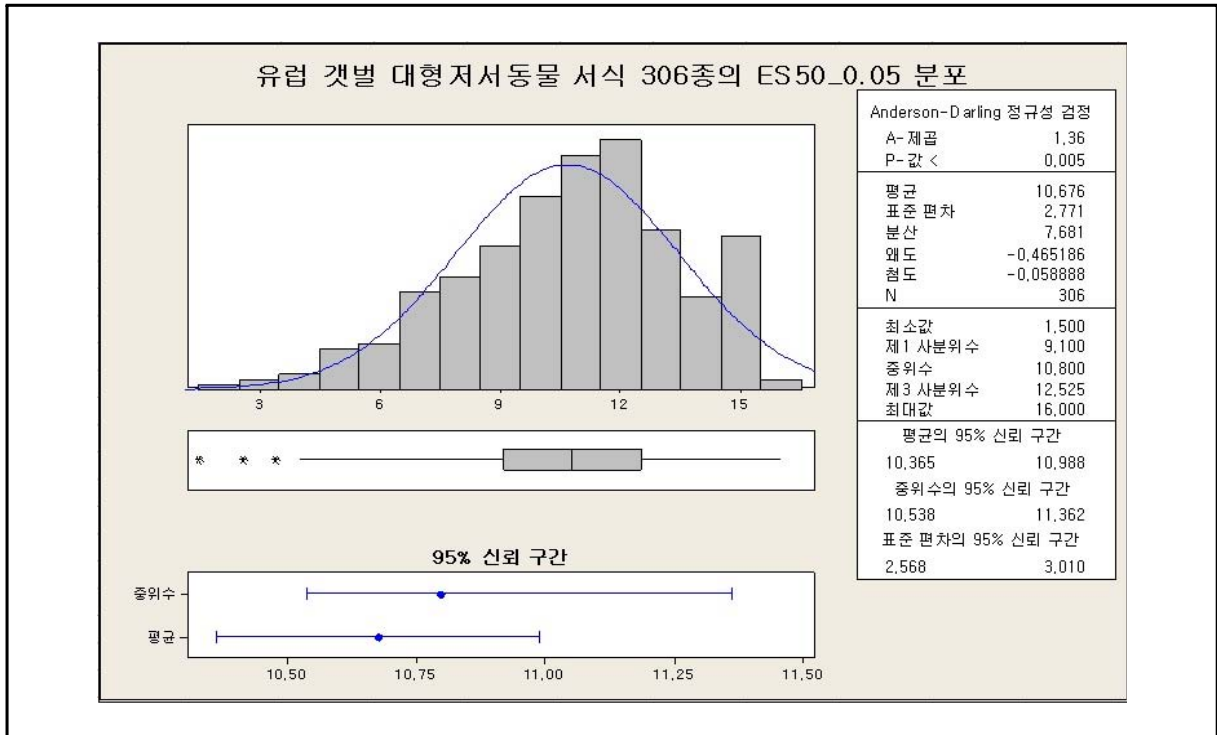


주 : 회색부분이 거미불가사리류 (*A. filiformis*)와 등가시버들갯지렁이 (*C. capitata*) 개체군이 출현한 표본들의 ES50 분포의 하위 5% 범위를 나타내며, 그 경계에 해당하는 5% 값이 ES50_{0.05}값이다

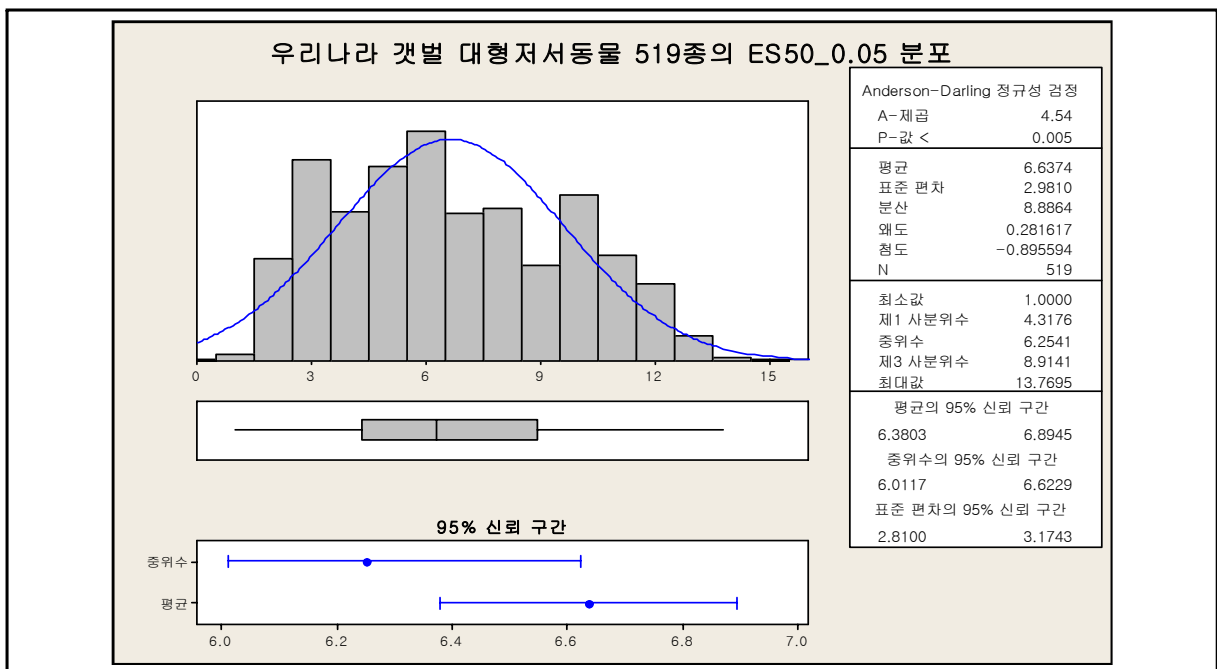
[그림 3-84] BQI에서 활용되는 각 종별 ES50_{0.05}의 추정 예시 (Rosenberg et al., 2004)

Rosenberg et al. (2004)은 스웨덴 연안 257개 정점에서 채집된 약 4700개의 표본을 바탕으로 종별 ES50_{0.05}값을 추정하였으며, 20회 미만의 빈도를 갖는 종들은 제외하였다. 2004년에 공개된 스웨덴 연안 서식 306종의 ES50_{0.05}의 빈도 분포는 [그림 3-85]과 같다.

본 연구에서는 현재 883종의 ES50_{0.05}값 추정을 완료하였으며, Rosenberg et al. (2004)의 것과 동일한 기준 (관찰빈도, 20 이상)을 적용하여 총 519종의 ES50_{0.05}값을 추정하였다. [그림 3-86]은 국내 갯벌 서식 대형저서동물의 ES50_{0.05}값 빈도 분포를 나타낸 것으로, 값의 범위는 스웨덴의 것과 유사하나 국내 갯벌 최빈수의 분포가 상대적으로 낮은 값의 범위에 치우친 것으로 나타났다.

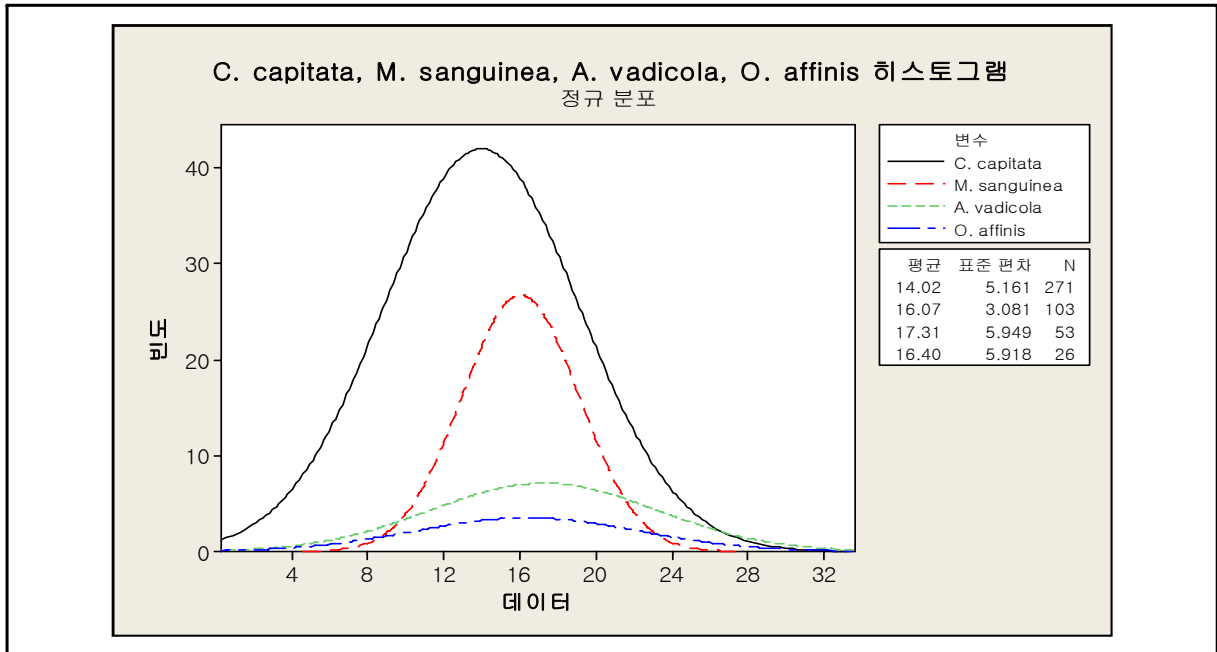


[그림 3-85] 스웨덴 연안에 서식하는 저서동물 종별 ES50_{0.05}의 분포



[그림 3-86] 국내 갯벌에 서식하는 저서동물 519종의 종별 ES50_{0.05} 분포

[그림 3-87]는 국내 갯벌 서식하는 종들의 ES50_{0.05}의 추정을 예시하기 위해 나타낸 것으로, 각 개체군 별 생물 다양성 (ES50)의 분포에서 서식 범위의 하한을 지시하는 5분위값이 종마다 차이가 있음을 보여주고 있다.



[그림 3-87] 국내 갯벌에 서식하는 일부종의 각 개체군 별 ES50 분포

[표 3-74]는 국내 갯벌에서 관찰되는 일부 종들의 ES50_{0.05} 추정 결과를 나타낸 것이다. 각 동물군별 (회색은 다모류, 노란색은 단각류)로 다양도가 낮은 환경에 서식하는 특성을 잘 반영하고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 다모류, *H. japonica*와 단각류, *Orchestia platensis*의 ES50_{0.05}가 지시하는 바와 같이, 극단적으로 낮은 다양도의 서식처가 갯벌에서는 교란된 환경과 동일한 것으로 볼 수 없는 관계로 서식처의 유형에 따라 별도의 기준을 적용해야할 필요성이 높은 것으로 나타났다. 아래의 연안생태계 관리전략 모형 연구에서 활용된, 각 종별 ES50_{0.05}값을 바탕으로 추정된 KBQI (Korean Benthic Quality Index)의 등급은 조위와 입도의 효과를 감안하여 마련된 16개 서식처 유형별 기준을 근거로 하였다.

$$KBQI = \left(\sum_{i=1}^n (A_i / \text{tot } A \times ES50_{0.05i}) \right) \times d$$

이때, A는 개체수, tot A는 표본 내 총 개체수이며, d는 Whittaker's d(출현종수/log₁₀(채집면적))임.

KBQI (Korean Benthic Quality Index)는 European Union Water Framework Directive에 따라 개발된 새로운 방식의 해양 저서생태계 건강도 지수인 BQI를 우리나라 갯벌 생태계 평가에 적용 가능하도록 적합 시킨 평가지수이다. KBQI는 우리나라 갯벌에서 출현하는 저서동물의 종별 내성 (tolerance value)과 출현밀도와 다양도의 조합으로 새롭게 계산되었으며, 각 정점에서의 환경에 대한 질을 평가하는데 사용되었다. 각 정점별 KBQI 지수

분포에 기초한 배점 기준은 [표 3-75]과 같으며, 각 정점의 조위(tidal level)와 퇴적물의 평균 입자크기 (MGS, Mean Grain Size)에 따라 적용기준을 달리 하였다.

[표 3-74] 갯벌 서식 대형저서동물 일부 종의 ES50_{0.05}값

Taxa	Scientific name	ES50_0.05
Holothuroidea	<i>Thyone</i> sp.	13.8
Pennatulacea	<i>Cavernularia obesa</i>	13.3
Polychaeta	<i>Nereis multignatha</i>	12.1
Amphipoda	<i>Aoroides columbiae</i>	11.5
Polychaeta	<i>Marphysa sanguinea</i>	10.5
Tanaidacea	Apseudidae sp.	9.8
Bivalvia	<i>Moerella jedoensis</i>	9.6
Polychaeta	<i>Cirrophorus armatus</i>	9.5
Bivalvia	<i>Raetellops pulchella</i>	9.3
Polychaeta	<i>Sternaspis scutata</i>	8.7
Amphipoda	<i>Guernea magnaphilostoma</i>	8.1
Brachyura	<i>Camptandrium sexdentatum</i>	7.9
Bivalvia	<i>Moerella iridescens</i>	7.3
Polychaeta	<i>Goniada japonica</i>	7.2
Amphipoda	<i>Melita longidactyla</i>	7.0
Polychaeta	<i>Glycinde gurjanovae</i>	6.9
Bivalvia	<i>Macoma incongrua</i>	6.9
Polychaeta	<i>Aonides oxycephala</i>	6.6
Gastropoda	<i>Bullacta exarata</i>	6.6
Polychaeta	<i>Prionospio (M.) multibranchiata</i>	6.4
Amphipoda	<i>Grandifoxus bangpoensis</i>	6.4
Polychaeta	<i>Aedicira</i> spp.	6.1
Polychaeta	<i>Aricidea</i> spp.	6.1
Holothuroidea	<i>Protankyra bidentata</i>	6.1
Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>	6.0
Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>	5.9
Amphipoda	<i>Grandidierella japonica</i>	5.3
Polychaeta	<i>Dipolydora</i> spp.	5.2
Amphipoda	<i>Jassa falcata</i>	5.2
Bivalvia	<i>Sinonovacula constricta</i>	4.9
Bivalvia	<i>Laternula marilina</i>	4.5
Amphipoda	<i>Sinocorophium sinense</i>	4.0
Insecta	Chironomidae spp.	2.5
Gastropoda	<i>Assiminea japonica</i>	2.2
Polychaeta	<i>Hediste japonica</i>	2.0
Amphipoda	<i>Orchestia platensis</i>	1.7

[표 3-75] 정점별 KBQI 분포에 기초한 배점 기준

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 1				Tidal level 1.5			
		MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0.88	7.73	5.13	1.85	4.52	15.05	8.73	13.42
3	20	2.56	9.41	16.06	3.26	9.24	20.30	16.11	17.38
4	40	7.62	27.15	24.00	8.76	17.38	25.34	19.83	25.52
5	60	16.42	32.16	34.85	22.04	23.04	34.75	27.66	29.48
6	80	30.32	38.25	43.14	30.84	41.32	44.19	40.10	34.96
7	90	39.76	45.15	46.86	42.38	52.52	51.49	44.13	36.83

Score	Percentile (%)	KBQI (Korean Benthic Quality Index)							
		Tidal level 2~2.5				Tidal level 3			
		MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<	MGS ≤3.10	3.10< ≤3.92	3.92< ≤4.74	4.74<
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	5.96	12.23	13.50	6.60	6.08	23.23	15.02	16.39
3	20	8.74	22.01	23.43	12.90	8.72	29.08	22.60	20.68
4	40	17.04	30.80	38.68	20.20	17.50	44.43	31.12	35.60
5	60	26.34	39.12	46.49	30.80	31.52	59.68	49.59	53.36
6	80	52.58	55.53	68.88	49.30	59.70	80.46	66.19	91.48
7	90	64.48	73.35	75.61	57.30	83.90	88.55	84.28	124.52

위에 제시되지 않은 일부 경관생태학적 요인들의 배점 방식은 다음과 같다. 해안 자연성 항목은 갯벌 주변 해안선에 대한 자연성 또는 인위성 (제방, 해안도로 등)을 평가하였으며, 자연성을 유지한 곳에는 7점, 인위적 요소가 있는 곳은 1점을 부여하였다. 또한 중요한 서식처 항목은 연안개발에 따라 급격히 사라지고 있는 중요 서식지 (염생식물 군락, 잘피밭, 굴밭, 담치밭 등)의 가치를 평가 기준에 포함시키기 위하여 서식지가 존재하는 곳은 7점, 그렇지 않은 곳은 1점을 부여하였다.

앞서 제시한 배점 기준에 따라 각 개별 항목을 대상으로 일차적인 평가를 시행한 후 이를 바탕으로 종합적인 평가를 실시하였는데, 이 과정에서 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따라 가중치를 적용하여 종합 점수를 산출하였다. 각 항목별 가중치는 아래의 [표 3-76]에 제시하였으며, 해안 자연성은 부영양화와 중금속 항목 가중치의 평균 (9)을 적용하였다.

$$Station\ score = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \times w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

이때, v_i 는 각 항목의 배점, w_i 는 각 항목의 가중치임.

[표 3-76] 각 항목별 생태계의 구조와 기능상의 중요성에 따른 가중치

평가 항목	생태계 구조 및 기능						생태계 기능 가중치
	생태계 구조와 안정성	생물다양성 유지와 서식처 기능	에너지 저장 및 조절 (수질 정확)	해산 어류 및 야생동물 부양 (먹이사슬 지원 등)	탄소 제거 (탄소 매장)	심미 및 휴양 기능 (탐조활동, 낚시 등)	합계
부영양화	2.8	2.8	1	1		1	8.6
중금속	4.6	2.8	1	1			9.4
생태학적 중요종	4	10	10	10		10	44.0
생체량/생산력	4	1	10	10	10		35.0
다양도	10	10	1	10			31.0
생태계 건강도	10	10	10	10		10	50.0
염생식물 군락	5.5	10	10		10	10	45.5

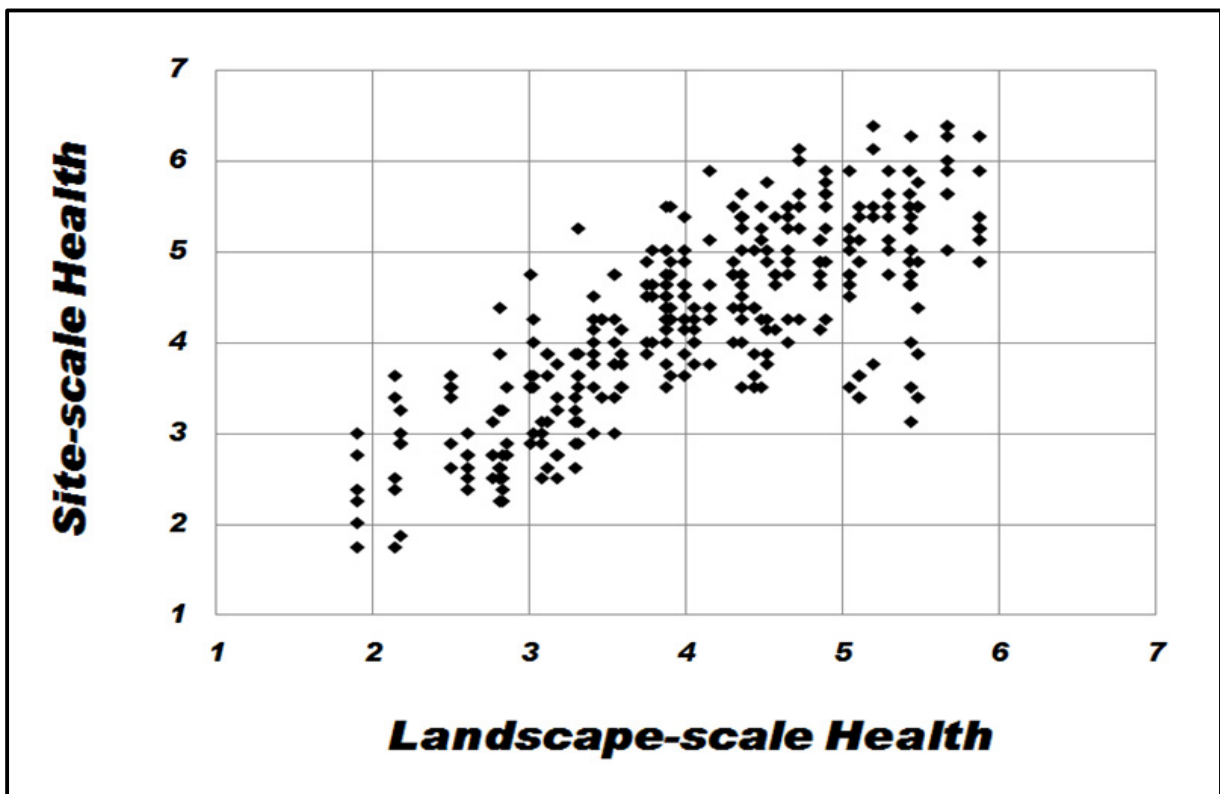
[그림 3-88]은 위에 기술한 각 평가항목에 따라 각 지역갯벌을 정점 단위로 생태적 가치를 종합 평가한 결과이다.

지역	정선	정점	Biotic factor (5)					Abiotic factor (3)			Landscape (4)				Site Avg.	Landscape Avg.
			EIS	Div (d)	Biomass	ISEP	KBQI	AVS	TOC	Metal	해안 자연성	중요서식처	Beta div.	Gamma div.		
거제도	L1	St.1	4	4	7	7	5	2	1	2	1	7	3	5	4.0	4.1
		St.2	5	5	6	3	5	3	1	2	1	7	3	5	3.8	
		St.3	5	5	6	4	5	4	1	2	1	7	3	5	4.0	
		St.4	7	6	6	4	6	3	1	2	1	7	3	5	4.4	
		St.5	3	6	7	5	6	3	1	3	1	7	3	5	4.3	
		St.6	6	6	5	3	6	3	1	3	1	7	3	5	4.1	
	L2	St.1	6	7	7	4	7	3	1	2	1	7	1	4	4.6	4.0
		St.2	6	6	7	4	7	3	1	3	1	7	1	4	4.6	
		St.3	6	4	6	3	5	3	1	3	1	7	1	4	3.9	
		St.4	7	5	7	4	5	3	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.5	7	6	7	5	6	3	1	4	1	7	1	4	4.9	
		St.6	6	4	7	5	5	4	1	2	1	7	1	4	4.3	
		St.7	6	5	7	5	5	2	1	2	1	7	1	4	4.1	

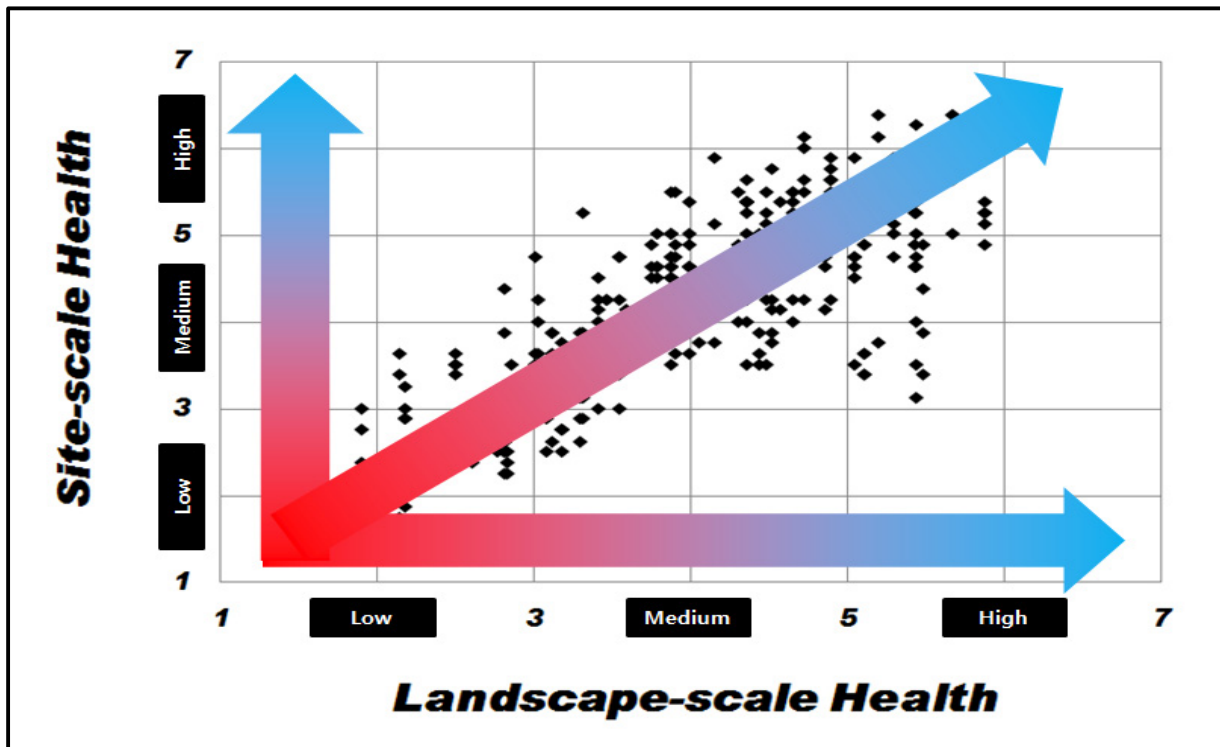
[그림 3-88] 갯벌의 생태적 가치평가 종합점수

각 갯벌에 대한 생태적 가치평가 점수를 site scale (8개 측정항목의 정점별 평균값)과 landscape scale (수 백m~수 km 길이의 갯벌 조사 정선별 평균 값)의 2개 축 위에 도시함으로써 RPMS 모델에 활용하였다 [그림 3-89]. RPMS 모델은 갯벌 복원의 성공 확률이 갯벌의 자생력 (self-sustainability)에 종속적임을 가정한 것으로, 동일한 조건을 가진 site scale의 자생력은 landscape scale에서 건강하고 양호한 상태일수록 높아진다는 것을 의미한다. 다시 말해 주변의 갯벌이 건강한 해역일수록 낮은 환경 스트레스와 활발한 재점유를 기대할 수 있으며, 결국 좋은 조건의 해역에서 행해지는 복원 사업일수록 자생력이 높고 그 성공확률 역시 높다는 것을 말한다. [그림 3-89]은 2009~2010 기간의 갯벌 조사 자료를 바탕으로 작성한 갯벌 건강성 산포도이다.

[그림 3-89]과 같은 산포도는 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 [그림 3-90]에 있어 매우 중요하며, 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리 전략을 수립하는 등 정책적 판단기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델의 중요한 바탕이 된다.



[그림 3-89] Landscape-scale과 site-scale에서 본 국내 갯벌의 건강성 산포도



[그림 3-90] 갯벌 복원의 상대적 성공 확률 추정과 복원 우선순위의 결정 기준

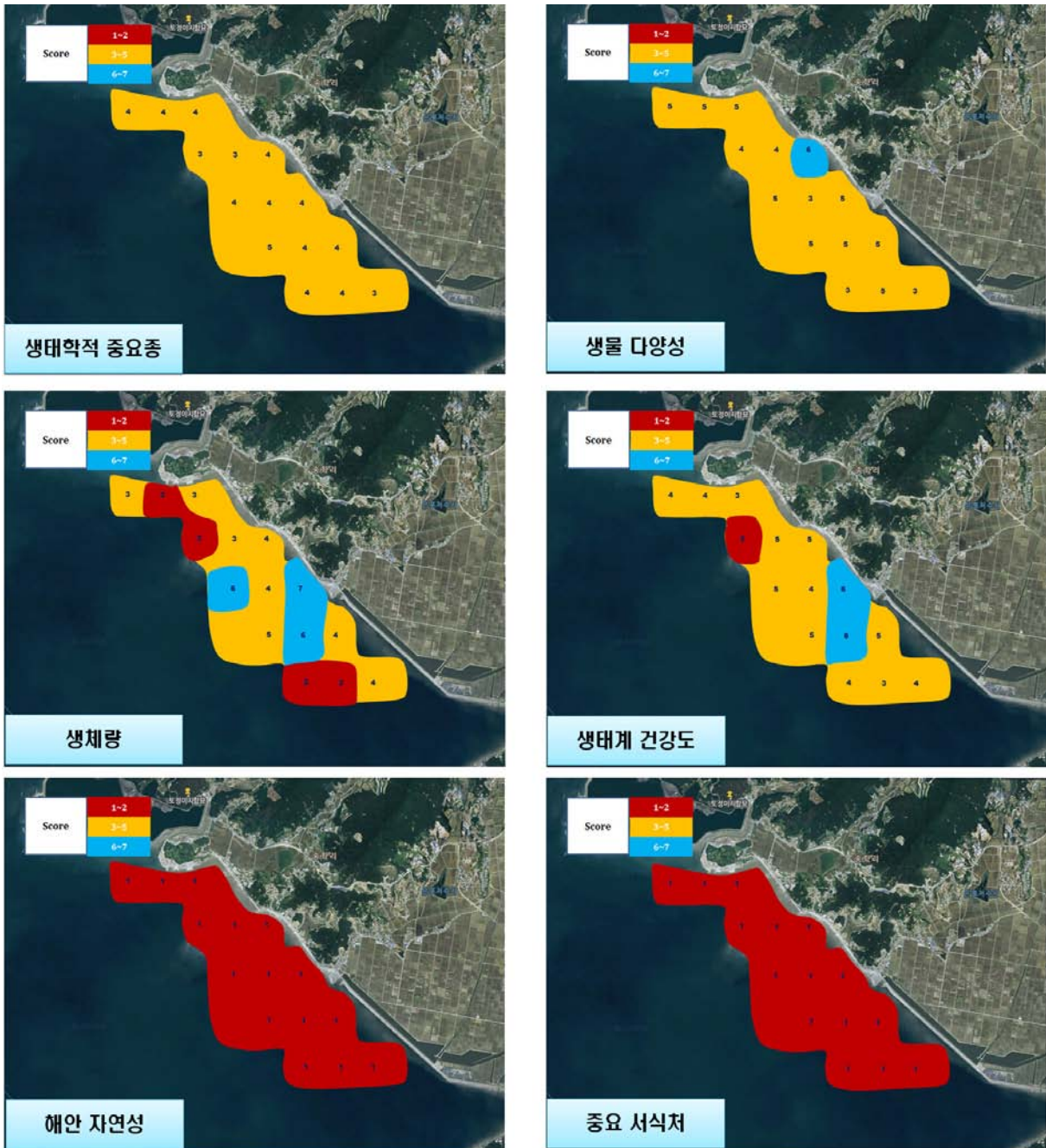
2. 조사 결과

가. 평가 항목별 배점 결과

RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석에 활용된 6개 평가항목 (생태학적 중요종, 생물다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처)의 구역별 배점 결과를 [그림 3-91]에 제시하였다. 주교리는 생태학적 중요종과 생물다양성 항목에서 대체로 보통의 수준을 보였으며, 해안 자연성과 중요 서식처 항목에서는 각각 1점의 배점을 받았다. 저서동물에 의한 이차생산력의 수준을 가늠할 수 있는 생체량 항목에서는 구역별로 다소 큰 차이를 보였는데, 조사지역의 북서쪽과 남동쪽 일부 구역에서 낮았고 (2점), 중심부에서 6~7점으로 높았다. 이들 일부 지역을 제외한 대부분의 지역들은 3~5점으로 보통의 수준을 나타냈다. 생태계 건강도 항목에서도 생체량 항목과 유사하여 조사지역의 중심부에서 높았고 (6점), 이를 제외한 지역들은 대체로 보통의 수준이었다 (3~5점) [그림 3-91].

각 항목별 배점 결과에 위의 재료 및 방법 부분의 [표 3-76]에 제시한 가중치를 적용하여 산출된 지역별 서식처의 건강도 등급을 [그림 3-92]에 제시하였다. 주교리는 IV등급

부터 VI등급 범위의 건강도를 보였으며 대체로 보통 이하인 V등급의 지역이 많았다. 상대적으로 양호한 특성을 보인 조사지역 중심부의 구역은 생체량과 생태계 건강도 항목에서 양호한 수준을 보였는데 (배점, 6~7점), 여기에 기여한 생물은 태안군 고남면과 마찬가지로 바지락이었다.



[그림 3-91] 주교리 갯벌의 생태학적 중요성, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도, 해안 자연성, 중요 서식처 항목의 구역별 배점 결과



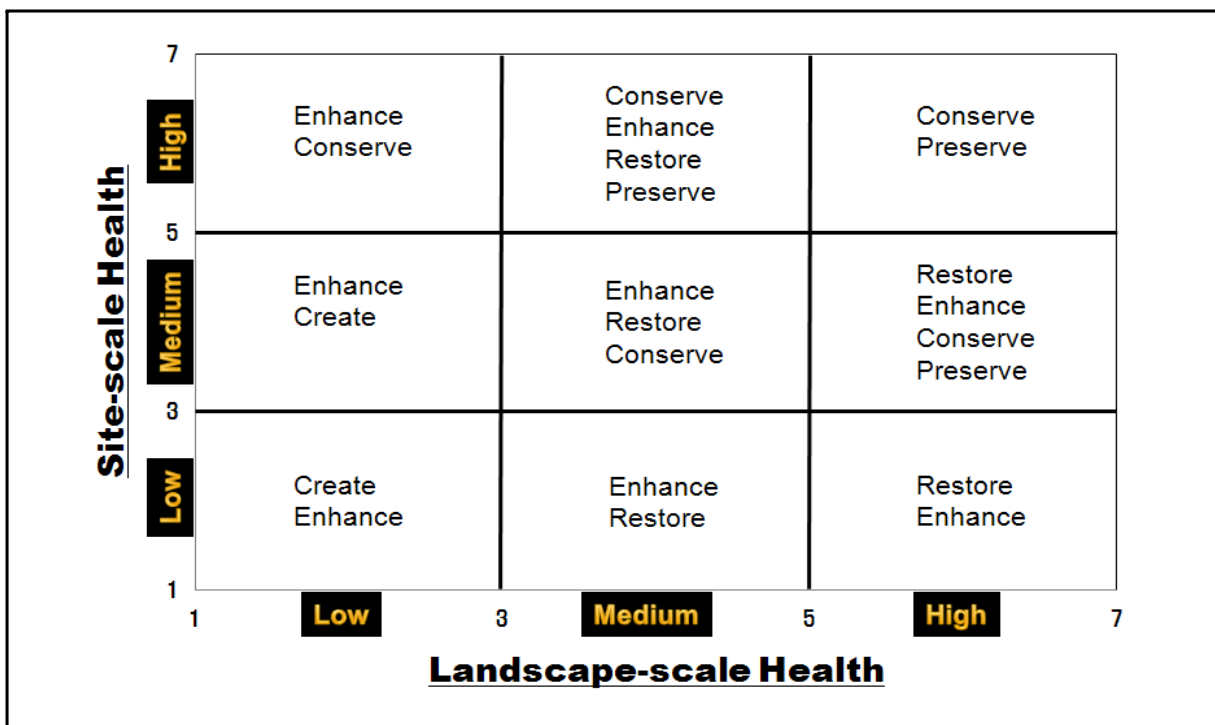
[그림 3-92] 주교리 갯벌 어장의 생태학적 건강도 분포

앞서 기술한 각 지역의 평가 항목 및 건강도 분석 결과를 종합하면 조사지역들 가운데 남면의 서식처 건강도가 고남면과 주교리에 비해 상대적으로 높았다. 이는 자연적인 해안이 존속하고 있을 뿐 아니라 염생식물 군락이 존재함으로써 해안 자연성과 중요 서식처의 항목에서 높은 배점을 받았기 때문이다. 이를 제외하면 나머지 생태학적 중요종, 생물 다양성, 생체량, 생태계 건강도 항목에서는 지역 간에 현저한 차이를 보이지 않았다. 한편, 동일 지역 내 구역별 건강도의 차이는 생체량 항목의 배점에 크게 영향을 받은 것으로 나타났으며, 바지락과 동죽 및 황해비단고둥과 같은 연체동물의 기여가 컸다.

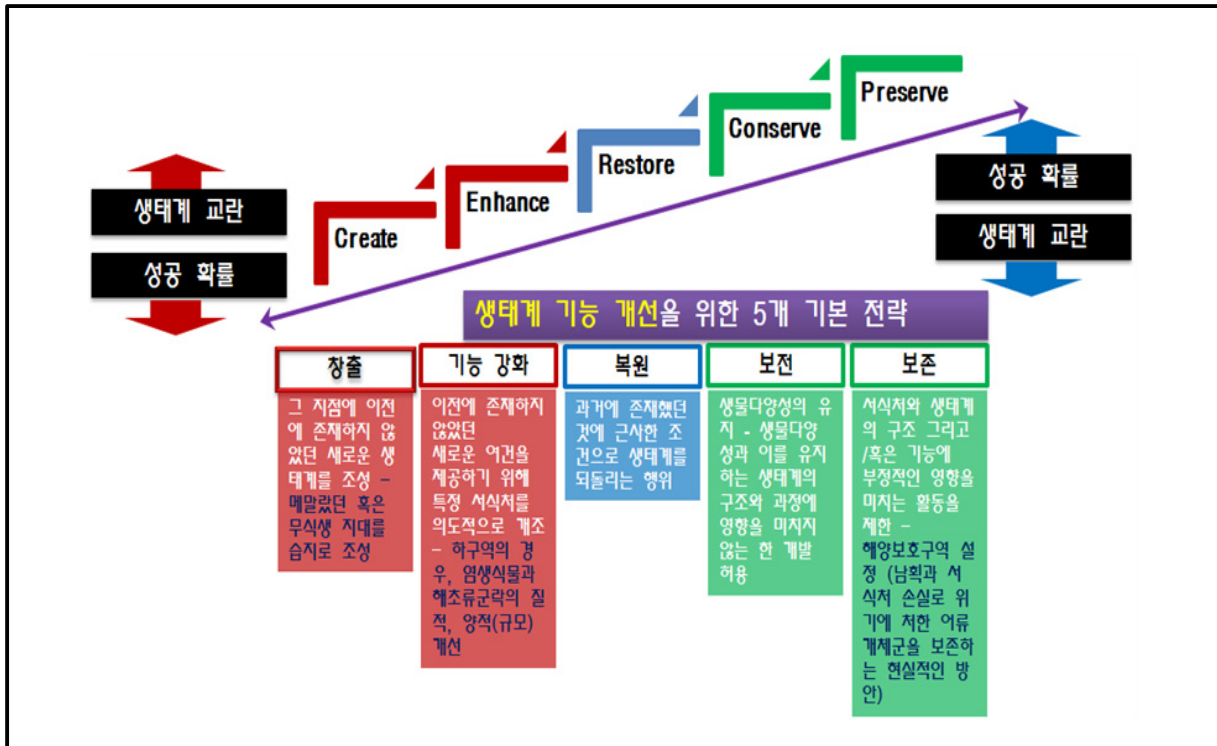
나. RPMS (Restoration Prioritization and Management Strategy) 모델 분석 결과

RPMS 모델에 적용된 각 평가항목은 국내의 다양한 갯벌에서 관측된 값들의 분포에 근거하여 분위수에 따라 7단계 (10, 20, 40, 60, 80, 90분위수 기준)로 배점 기준을 제시하였으며, 제시된 생태학적 가치평가 점수에 각 항목이 지닌 생태계 기능상의 중요성을 반영하여 (가중치 곱함) site scale과 landscape scale (정선 단위; 다수의 정점들이 배치된 정선의 평균값 활용)의 2개 축 위에 도시함으로써 건강성 진단과 관리전략 수립에 활용

하였다. 앞서 언급한, 생태학적 주요종의 서식 여부와 건강성 지수, 생물 다양성 그리고 기능을 반영하는 군집 생체량 등은 RPMS 모델로 하여금 갯벌의 생태학적 중요성과 건강성 상태의 평가 그리고 복원과 같은 조치의 시급성에 대한 판단을 가능하도록 해주는 것이라 할 수 있다. 또한, 이 모델은 복원의 성공 확률을 상대적으로 평가하는 데에도 활용이 가능하다. 이는 기본적으로 site scale에서도 열악한 환경이며, landscape scale에서도 열악한 환경일수록 복원의 성공 확률이 낮으며, site scale에서 열악한 환경이나 landscape scale에서 비교적 건강한 환경인 갯벌에서 복원의 성공 확률이 더 높고, 두 스케일에서 모두 건강하다면 어떠한 조치가 취해지더라도 성공 확률이 높을 수 있다는 생태학적 상식에 기반을 둔 것이다 [그림 3-93~94]. 서식처의 생태학적 중요성과 상태 그리고 복원의 성공 확률을 반영하는 RPMS 모델은, 자연스럽게 서식처의 관리 전략 방안의 마련과 연결될 수 있다. 모델에서는 site scale과 landscape scale을 3등분하여 구분된 9개의 cells에 갯벌 창출, 강화, 복원, 보존 등의 관리 전략을 할당하였고, 이와 같은 방식은 미국에서 활용되는 복원 지역 우선 순위화 기법 (Evans et al., 2006; Diefenderfer et al., 2009)과 동일한 것이다 [그림 3-93] [표 3-77].



[그림 3-93] 일반/복원 대상 갯벌의 환경상태에 기초하여 관리전략을 수립하는 등 정책적 판단 기준으로 활용될 수 있는 RPMS 모델



[그림 3-94] RPMS 모델에 따른 관리전략과 특성

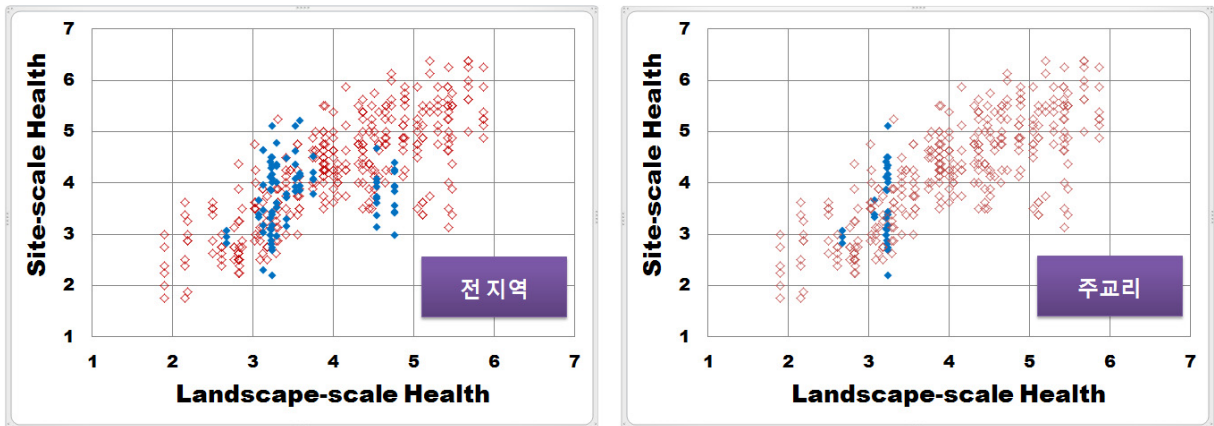
[표 3-77] RPMS 모델에 따른 조치방안과 정의 (Evans et al., 2006)

조치방안	정의
창출 (Creation)	그 지역에 과거에 존재하지 않았던 새로운 생태계를 만들어내는 것을 포함하며, 복원과 대조적으로 creation은 한 서식처 유형이나 생태계를 다른 것으로 개조/전환하는 것을 포함한다.
기능 강화 (Enhancement)	서식처의 구조적인 혹은 기능적인 속성을 개선하는 임의의 행위를 의미하는 것으로서, 관련 기관들의 협의를 통하여 하나 이상의 속성을 늘리고 이전에는 존재하지 않았던 조건을 제공함으로써 기존의 서식처를 의도적으로 개조하는 것을 의미한다. 하구역 생태계에 있어 Enhancement는 종종 생태계의 선택된 속성을 강화하는 것을 의미하며, 조간대 염습지 혹은 잘피밭 등의 질 개선 혹은 규모 확대 등의 구체적인 행위가 이에 포함된다.
복원 (Restoration)	이전에 존재하던 상황과 근사한 조건으로 생태계를 되돌리는 것이나 Evans et al., (2006)은 기존에 존재하는 생태계 혹은 서식처의 상황을 개선할 의도로 행하는 인간의 간섭 행위로 정의하였다. 또한 인간의 간섭이 없는 조건보다 생태계의 회복 속도를 증가시킬 수 있는 임의의 행위를 포함하는 것으로 보았다.
보전 (Conservation)	생물다양성의 유지/보존을 의미한다. 보존 생물학은 생태학, 생물지리학, 개체군 유전학, 경제학, 사회학, 인류학, 철학과 생물 다양성의 유지를 위한 다른 이론적인 학문분야들의 원리를 적용한 종합적인 분야이다. Conservation은 생물다양성과 이를 유지하는 구조와 과정에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 개발을 허용한다.
보존 (Preservation)	Preservation은 서식처 혹은 생태계의 구조 와/혹은 기능에 부정적인 영향을 줄 수 있는 활동들을 공식적으로 배제하는 것을 이른다. 또한 Preservation은 특정 종에게 직접 혹은 이들의 서식처를 훼손함으로써 간접적으로 피해를 줄 수 있는 위해를 제거하는 것과 같이 관리 행위(활동)를 통하여 특정 종 혹은 종 집단의 preservation과 같이 활용될 수도 있다. 이 전략은 해양보호구역 (Marine protected areas, MPAs)에 적합하다. 해양보호구역은 남획과 서식처 손실에 의해 위기에 처한 어류 개체군을 보존을 가능하게 할 수 있는 수단으로 점차 주목을 받고 있다. 해양보호구역은 특정 종의 생식 혹은 보육과 같이 기능적인 측면에서 중요하다고 알려진 서식처에 일반적으로 설정된다.

앞서 논의한 바와 같이 생물학적 요인, 그리고 경관생태학적 요인들을 대상으로 각 항목이 지닌 생태계 구조와 기능상의 중요성에 대한 가중치를 적용하여 산출된 종합평가 결과를 [그림 3-95]에 제시하였다. 결과에 의하면 조사지역 전체 (태안군 남면, 고남면, 보령시 주교리)의 건강도는 국내 갯벌의 현황을 기준으로 했을 때, 보통의 수준이었다. 즉, 대부분의 지역이 landscape- 과 site-scale의 중간 범위인 3~5점에 해당하였다. 한편 지역에 따른 비교에서 주교리는 상대적으로 가장 낮은 수준의 건강도를 보였다. 즉, 태안군 남면에 비해 전반적으로 낮았고, 고남면과 유사한 수준이었으나 일부 정점들은 landscape- 과 site-scale에서 각각 3점 이하의 배점을 받았다. 이러한 차이는 주교리에 자연 해안이 부재하고 중요한 서식처가 존재하지 않았을 뿐만 아니라 저서동물의 생체량 분포가 다른 지역들에 비해 대체로 낮았던 사실에 기인하고 있다 [그림 3-91].

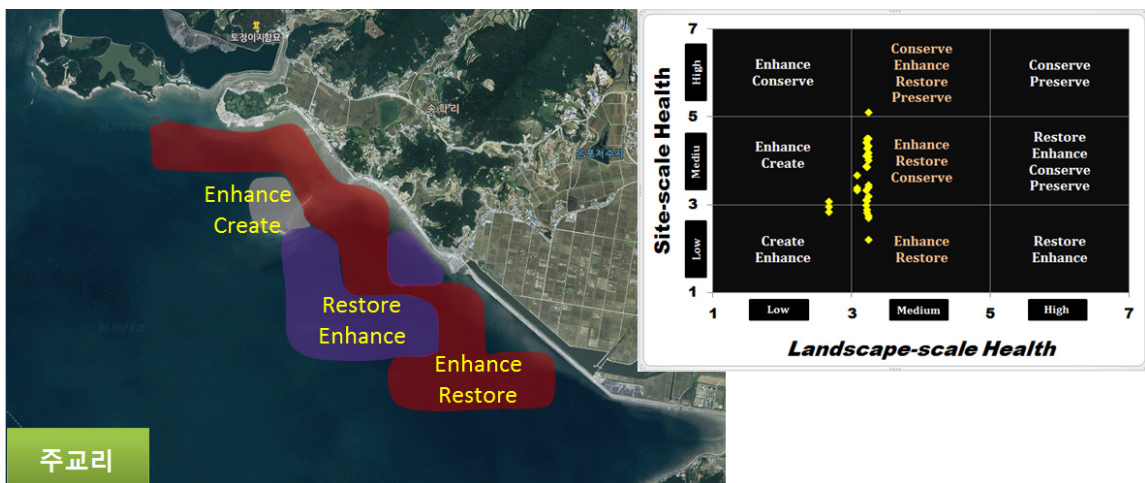
이와 같은 조사결과를 토대로 도출된 주교리 갯벌의 구역별 관리전략은 [그림 3-96] [표 3-78]과 같다. 앞서 살펴보았듯이 조사지역의 전반적인 건강도가 landscape scale과 site scale을 기준으로 보통의 수준을 나타내고 있기 때문에 기능 강화 (Enhance), 복원 (Restore), 보전 (Conserve)의 관리전략이 적합한 것으로 나타났다. 그러나 어장을 효율적으로 관리하기 위해서는 지역 내에서도 구역별로 세분화된 관리계획이 요구되므로 건강도에 근거하여 구역별 관리전략을 제시하였다. 조사지역들 가운데 상대적으로 낮은 건강도 (IV~VI등급)를 보인 주교리는 복원 (Restore), 기능 강화 (Enhance)와 더불어 복원의 성공률이 낮고 많은 노력이 요구되는 창출 (Create)이 적합한 관리전략으로 도출되었다 [그림 3-96]. 구역별로는 양호한 건강도 (IV등급)를 보인 주교리의 중심부는 복원 (Restore) 혹은 기능 강화 (Enhance)가 요구되었다. 그러나 해안도로와 육지부에 자리 잡고 있는 주거, 농업, 기타용도의 시설물들의 존재로 인해 복원 (Restore)의 이행은 쉽지 않을 것으로 판단되며, 따라서 서식환경을 개선하여 생태계의 기능을 강화할 수 있는 기능 강화 (Enhance) 전략이 현실적인 대안으로 판단되었다. 현재 본 구역은 주교리에서 바지락 생체량이 가장 높은 곳으로서 서식조건이 상대적으로 양호한 것으로 판단되므로 현재의 바지락 개체군을 유지 혹은 증대시킬 수 있는 조치, 예를 들어 가입량을 증대시키고 서식환경을 개선하기 위해 입도조성 등을 최적화할 필요성이 있다. 대체로 V등급의 건강도를 보인 상부 조위의 구역에서도 기능 강화 (Enhance) 전략의 이행이 적절할 것으로 판단되며, 굴밭 (oyster bed) 조성과 같이 수질정화를 통하여 주교리 갯벌 생태계 전반의 환경개선에 기여할 수 있는 조치가 필요할 것으로 판단된다. 가장 낮은 건강도를 보인 무인도 인근 구역 (그림 3-96, 회색으로 표시된 구역)은 주변의 유사한 서식처에 비해 수심이 얇고 사질이 우세한 지역으로서 바지락의 생산력이 낮은 지역이다. 본 구역은 추후 정밀조사를 통하여 환경특성을 파악하고 이를 고려하여 적합한 서식처를 조성하는

기능 강화 (Enhance) 전략의 수립이 바람직해 보이거나 잠정적으로 상부 조위에 염생식물 군락 혹은 굴밭 (oyster bed)을, 하부 조위에 잘피군락을 조성하여 주교리의 전반적인 생태계 기능을 강화하는 조치가 필요한 것으로 판단된다 [그림 3-96] [표 3-78].



주 : 붉은색은 국내 갯벌의 현황(국내 서·남해안 갯벌의 자료 분포)을 나타내고, 파란색은 전 조사지역 및 각 지역별 현황을 나타냄

[그림 3-95] Landscape-scale과 site-scale에서 본 조사지역 갯벌의 건강성



[그림 3-96] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/지구별 관리전략

[표 3-78] RPMS 모델 결과에 근거한 지역/구역별 관리전략 및 세부 이행방안

지역	구역	관리전략	세부 이행방안
주교리	중심부	복원 (Restore) 기능 강화 (Enhance)	바지락 치패 가입량 증대 및 서식환경 개선을 위한 입도조성 최적화
	상부 조위	기능 강화 (Enhance) 복원 (Restore)	굴밭 조성
	무인도 인근	기능 강화 (Enhance) 창출 (Create)	염생식물/굴밭 (상부 조위) 및 잘피군락 (하부 조위) 조성

※ [그림 3-96] 참조

제 4 장

갯벌어장 활용 극대화를
위한 최적생산모델

제4장 갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적생산모델

제1절 주요 수산생물의 생태학적 특성치 조사

1. 서론

갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적생산모델을 구축하기 위해선 해당 수산생물의 가입체수 (R), 어구가입연령 (t_c), 순간자연사망계수 (M), 순간어획사망계수 (F), 최고연령 (t_L), von Bertalanffy의 성장파라미터 (K, SH_∞, t_0) 등의 조사가 필요하다.

최적생산모델 구축과 생태학적 특성치 조사를 수행함에 있어 해당 수산생물 적정 샘플 수의 확보는 필수적이며, 기타 어업과 관련된 자료들의 수집도 필요하다. 본 연구에 포함되어 있는 3개의 지역(남면, 고남면, 주교면)을 검토한 결과 고남면의 바지락만이 최적생산모델에 개발하는데 필요한 샘플수와 정보수준을 갖추고 있었다. 따라서 바지락의 생태학적 특성치를 추정하고 모델을 구축하는데 있어, 고남면의 결과를 남면과 주교리에 적용기로 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 성장파라미터

고남면 갯벌어장에서 채집된 바지락 688개체에 대하여 각장, 각고, 전중을 측정하였으며, 이 중에서 sub-sample된 162개체를 사용하여 연령을 사정하였다. 본 조사에서는 바지락의 패각을 연령형질로 사용하였다.

성장식의 추정은 관독된 연령과 연령별 각고자료를 사용하여 어류 및 패류의 성장을 나타내는데 일반적으로 가장 널리 사용되는 von Bertalanffy (1938) 성장식의 매개변수를 추정하였다.

본 조사에서 사용된 von Bertalanffy 성장식은 식(4-1)과 같다.

$$SH_t = SH_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad \text{식 (4-1)}$$

여기서, t 는 연령, SH_t 는 연령 t 시의 각고, SH_∞ 는 이론적 최대각고, K 는 성장계수, 그리고 t_0 는 각고가 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

성장모델의 매개변수 추정방법으로 Walford 정차도법에 의한 추정치를 구한 후 이 추정치를 초기값으로 하여 컴퓨터 패키지인 EXCEL의 solver를 이용한 비선형회귀분석 방법으로 추정하였다. 이 방법을 택한 이유는 회귀에 의한 오차의 크기를 나타내는 편방편차합 (SSQ)이 가장 작기 때문이다.

바지락의 각고 (SH)와 각장 (SL)의 관계는 직선회귀를 사용하여 $SL = a + bSH$ 의 식으로 구하였고, 전중 (TW)의 상대성장식은 $TW = aSH^b$ 의 지수식을 EXCEL solver를 사용하여 비선형 회귀분석방법으로 구하였다. 그리고 이론적 최대 전중 (W_∞)는 각고와 전중의 상대성장식에 이론적 최대 각고 (L_∞)를 대입하여 추정하였다.

나. 생산율 및 순간전사망계수의 추정

어획된 샘플의 체장을 연령-체장 상관표 (age-length key)를 통하여 연령으로 환산하여 연령조성을 구한 후, 연령조성 자료를 사용하여 생산율 (S)을 추정하였다. 생산율의 추정방법으로는 분산값을 추정할 수 있는 Chapman and Robson (1960)방법을 사용하였다.

$$\hat{S} = \frac{T}{\sum N_i + T - 1} \quad \text{식 (4-2)}$$

여기서, $T = \sum i \cdot N_i$ 이다.

순간전사망계수 (Z)는 생산율 (S) 추정치를 사용하여, 다음과 같이 계산하였다.

$$Z = -\ln(S) \quad \text{식 (4-3)}$$

다. 순간자연사망계수와 순간어획사망계수의 추정

순간자연사망계수는 식 (4-4)과 같이 Zhang and Megrey (2006) 방법을 사용하였다.

$$M = \frac{\beta K}{e^{K(t_{mb} - t_0)} - 1} \quad \text{식 (4-4)}$$

여기서, $t_{mb} = C_i \times t_{\max}$ 이고 C_i 는 계수로서, 저서어류는 0.440, 부어류는 0.302이며,

t_{\max} 는 관측되어진 최대연령, K 는 von Bertalanffy 성장계수, β 는 체장-체중관계식의 계수이다.

순간어획사망계수는 $F = Z - M$ 의 식을 사용하여 구하였다.

라. 어구가입연령

일반적으로 어류 자원의 어획개시연령은 망목 시험을 통하여 추정하는 방법이 가장 효율적이다 (Zhang, 1991). 그러나 패류는 어류와 달리 이 방법의 적용이 불가능하므로, 본 조사에서는 채취한 표본의 연령조성에서 우점연령군의 연령과 조성비를 각각 t_b 와 P_b , 가장 어린 연령군의 연령과 조성비를 각각 t_a 와 P_a 라 하여 어구가입연령 (t_c)을 식 (4-5)에 의하여 추정하였다.

$$t_c = \frac{t_a \times P_a + t_b \times P_b}{P_a + P_b} \quad \text{식 (4-5)}$$

마. 체장-체중 관계식

체장-체중 관계식은 각 개체에 대한 체장과 체중을 측정하여 식 (4-6)과 같이 비선형 회귀분석을 사용하여 a, b 값을 추정하였다.

$$W = aL^b \quad \text{식 (4-6)}$$

3. 결과 및 토의

가. 성장파라미터

성장식을 통하여 추정된 바지락의 연령별 체장은 [표 4-1]과 같으며, von Bertalanffy의 성장파라미터는 [표 4-2]와 같다.

[표 4-1] 바지락의 연령별 체장

생물종	연령별 체중 (g)				조사개체수 (inds.)	최고연령 (yr)
	1	2	3	4		
바지락	21.42	27.03	31.49	35.06	162	4

[표 4-2] 바지락의 성장파라미터

생물종	성장파라미터			비고
	성장계수 (K) (yr^{-1})	체장이 0일 때의 이론적인 연령 (t_0) (yr)	이론적 최대체장 (L_{∞})	
바지락	0.27	1.53	49.06	

나. 생산율 및 순간전사망계수의 추정

Chapman and Robson 방법에 의해 추정된 바지락의 생산율은 0.39 로 계산되었다.

[표 4-3] 바지락의 생산율 및 전사망계수

생물종	생산율	전사망계수	비고
바지락	0.39	0.96	

다. 순간자연사망계수와 순간어획사망계수의 추정

순간자연사망계수는 Zhang and Megrey 방법 (2006)을 사용하였다. 여기서 von Bertalanffy 성장계수 K 는 0.227/yr이며, 최대연령은 9세로 간주하였다.

Zhang and Megrey 모델에서 사용된 β 값은 각고 (SH)와 전중 (TW)의 상대성장식 에서 추정된 2.915이며, C_i 값은 0.440이다. 순간자연사망계수는 $F = Z - M$ 식에 의해 추정되었으며, [표 4-4]와 같다.

[표 4-4] 바지락의 순간자연사망계수 및 순간어획사망계수

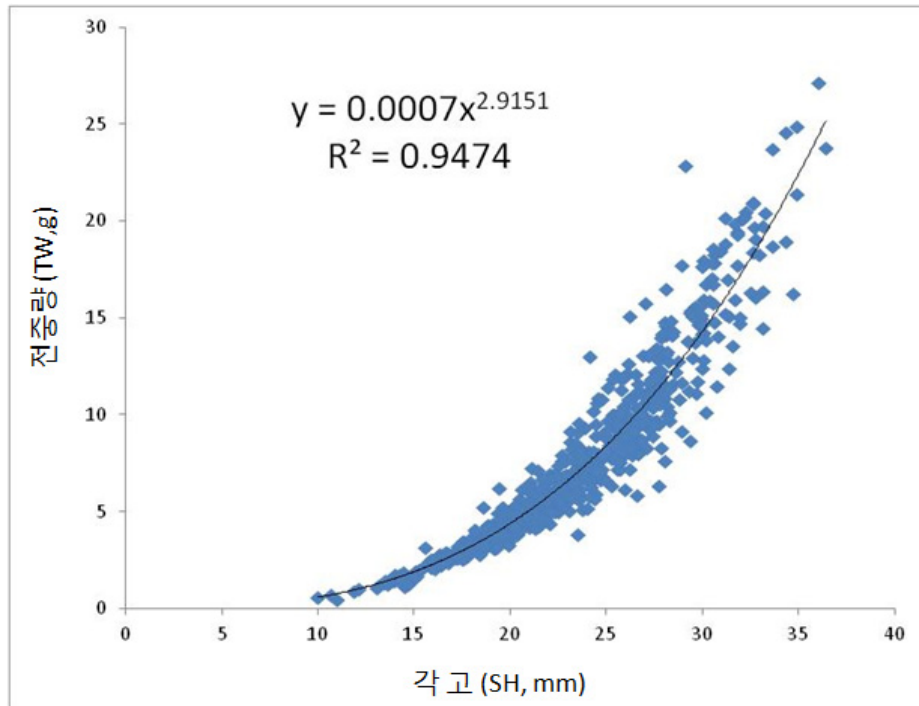
생물종	사망계수		비고
	순간자연사망계수	순간어획사망계수	
바지락	0.27	0.69	

라. 어구가입연령

바지락의 어구가입연령을 계산하여 추정한 어획개시연령은 1.86세였다.

마. 체장-체중 관계식

바지락의 각고 (SH)와 전중량 (TW)의 상대성장을 조사하기 위하여 총 688개체의 바지락을 분석한 결과 각고와 전중량의 상대성장식은 [그림 4-1]과 같이 $TW = 0.0007SH^{2.9151}$ 이었다.



[그림 4-1] 바지락의 상대 성장식

제2절 개체군 역학에 근거한 최적 생산모델 개발

1. 재료 및 방법

바지락의 최대 가입당 생산량을 산출하는 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령을 구하기 위해 Beverton and Holt (1957)의 가입당생산량 모델인 식(4-7)을 사용하였다.

$$\frac{Y}{R} = F \exp[-M(t_c - t_r)] W_\infty \sum_{n=0}^3 \frac{U_n \exp[-nK(t_c - t_0)]}{F + M + nK} \cdot (1 - \exp[-(F + M + nK)(t_L - t_c)]) \quad \text{식 (4-7)}$$

여기서, $\frac{Y}{R}$ 은 가입당생산량, W_∞, K, t_c 는 von Bertalanffy 성장식의 성장매개변수들이고, M 은 순간자연사망계수, t_r 은 어장가입연령, t_c 는 50% 어구가입연령 혹은 어획개시연령, t_L 은 최고연령이며, 그리고 $U_0 = 1, U_1 = -3, U_2 = 3, U_3 = -1$ 이다.

2. 결과 및 토의

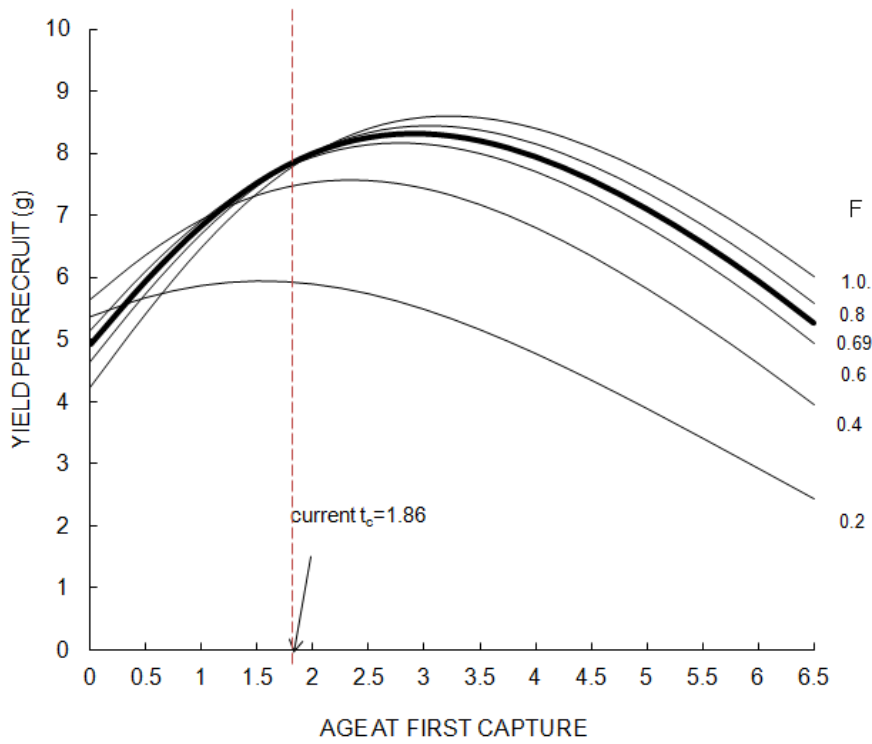
고남면 갯벌어장 바지락의 적정어획강도와 적정어획개시연령을 추정하기 위해 사용된 Beverton and Holt (1957) 모델에서 사용된 특성치는 이론적인 최대체중 (W_∞)은 59.38 g, 성장계수 (K)는 0.23/yr, 각고가 0일 때의 이론적 연령 (t_0)은 -1.53세, 순간자연사망계수 (M)는 0.27/yr, 어획개시연령 (t_c)은 1.87세이었다.

그리고 어장가입연령 (t_r)은 von Bertalanffy 성장식을 연령에 대해 변환한 식에 어획물의 최소각고를 대입하여 최고 각고시 연령을 추정하였고, 이때 어장가입연령 (t_r)은 1.04세로 추정되었다.

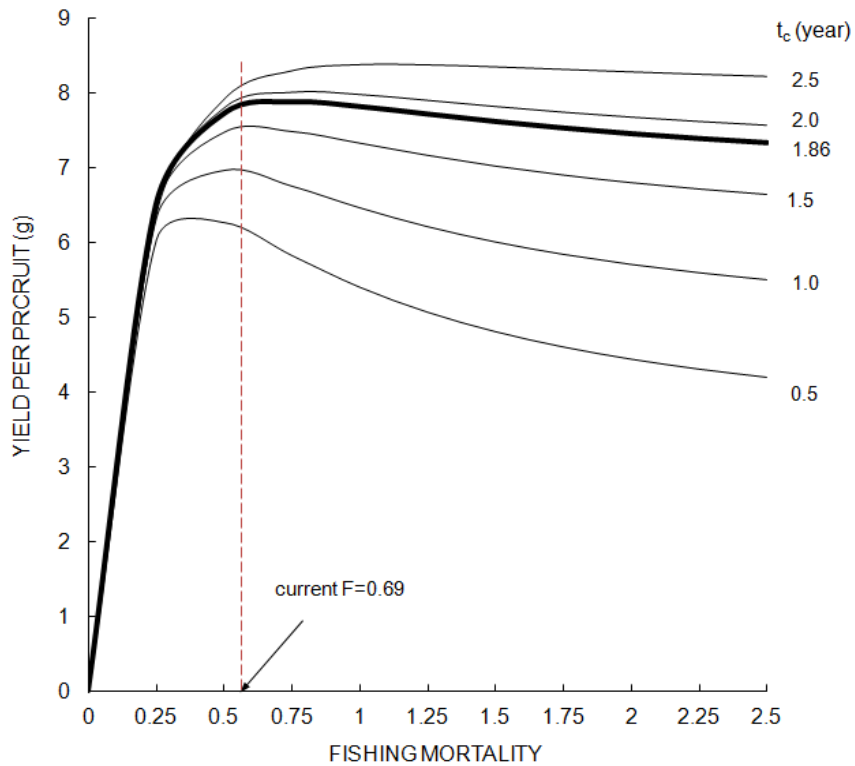
순간어획사망계수 (F)에 대한 어획개시연령 (t_c)과 가입당생산량 (Y/R)과의 관계는 [그림 4-2]와 같으며 여기서, 점선으로 표시된 종선은 현재의 어획개시연령 (t_c)인 1.86세, $F = 0.69/\text{yr}$ 에서의 가입당 생산량이 7.89 g임을 나타내고 있다. 현재의 어획개시연령 (t_c) 1.86세에서 어획개시 연령을 3.0세로 높여 주었을 때 가입당 생산량이 증가함을 보이고 있다.

어획개시연령 (t_c)에 대한 순간어획사망계수 (F)와 가입당 생산량 (Y/R)과의 관계는 [그림 4-3]과 같으며, 여기서 현재 어획수준인 F 값인 0.69에서 가입당생산량이 가장 높은 수준임을 보여주고 있으며, 어획수준을 높였을 때 가입당 생산량이 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있다.

분석결과에 따르면 현재수준의 어획개시연령과 적정어획개시연령인 3.0세일 때의 가입당생산량의 차이가 크지 않고 어획사망계수 역시 현재의 수준이 적정한 수준으로 판단되므로, 현재수준을 유지하되 보다 어획강도가 높아지지 않도록 관리되어야 한다고 판단된다.



[그림 4-2] 순간어획사망계수 (F)에 대한 어획개시연령 (t_c)과 가입당생산량 (Y/R)과의 관계



[그림 4-3] 어획개시연령 (t_c)에 대한 순간어획사망계수 (F)와 가입당 생산량 (Y/R)과의 관계

제3절 주요 수산생물의 적정 어획량 산출

1. 재료 및 방법

가. 생물학적 기준점 추정

본 연구에서는 $F_{0.1}$ 을 생물학적 기준점으로 사용하였다. $F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선의 기울기의 10%가 되는 기울기에 해당하는 어획사망계수를 의미하는데, $F_{0.1}$ 값의 추정은 식(4-7)을 순간어획사망계수에 대해 미분하고, 어획이 없을 때 ($F=0$)의 생산량 곡선의 기울기를 구하여 다음의 식(4-8)에서 구하였다.

$$\begin{aligned} \frac{d(Y/R)}{dF} = & \exp[-M(t_c - t_r)] W_\infty \sum_{n=0}^3 \left\{ \frac{U_n (M+nK) \exp[-nK(t_c - t_0)]}{(F+M+nK)^2} \right. \\ & + \frac{U_n (M+nK) \exp[-nK(t_L - t_c)]}{(F+M+nK)^2} \cdot [(t_L - t_c)F^2 + (M+nK) \\ & \left. (t_L - t_c)F - (M+nK)] \right\} \end{aligned} \quad \text{식 (4-8)}$$

여기서, 식(4-2)의 계수는 식(4-1)의 계수와 같다. 식(4-8)를 사용하여 계산한 기울기의 10%에 해당하는 F값을 찾기 위하여 F값들을 반복 대입하여 $F_{0.1}$ 값을 추정하였다.

나. 생물학적허용어획량

생물학적허용어획량 (ABC)은 Zhang and Lee (2001)가 제시한 이용 가능한 정보의 질적 수준에 따라 5단계의 방법으로 추정이 가능하다. 본 논문에서는 Zhang and Lee (2001)가 제시한 5단계 방법 중 2단계와 3단계 방법으로 ABC를 추정하였다.

따라서 바지락의 생물학적허용어획량은 식(4-3)를 사용하여 추정하였다.

$$ABC = F_{target} \frac{B}{(M + F_{target})} (1 - e^{-(M + F_{target})}) \quad \text{식 (4-3)}$$

여기서, B 는 식(1-1)에 의해 추정된 자원량, M 은 순간자연사망계수, 그리고 F_{target} 은 본 연구에 사용된 생물학적 기준점에 해당하는 순간어획사망계수이다.

2. 결과 및 토의

가. 생물학적 기준점 추정

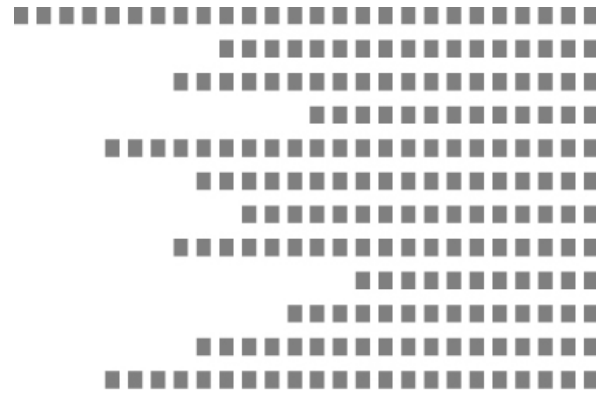
Beverton and Holt (1957) 모델을 어획사망계수에 대해 미분하여 추정된 현재 어획개시 연령 (t_c)에 대한 $F_{0.1}$ 값은 0.38이었다.

나. 생물학적허용어획량

바지락의 생물학적허용어획량 (ABC)은 앞의 식(4-7)에 의해 추정된 자원량과 본 연구에서 구해진 $F_{0.1}$ 의 목표기준점을 식(4-3)에 적용하여 추정하였다. 여기서 사용된 목표기준점은 현재 어획개시연령에서의 값을 사용하였으며 추정된 ABC는 [표 4-5]와 같다.

[표 4-5] 어장별 바지락의 생물학적허용어획량

지역	갯벌면적(㎡)	자원량 (mt)	생물학적허용어획량(mt)
고남면	925,898	395	111
주교면	5,597,163	189	53
남면	10,879,046	156	44



제 3 편

결론 및 정책건의

□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

제 1 장

결 론

제1장 결론

제1절 갯벌어장의 이용 및 관리 실태조사

1. 조사결과

본 연구는 최근 갯벌의 다양한 기능과 역할이 중요해지면서 갯벌어업의 체계적인 관리와 육성방안을 마련하기 위하여 수행되었다. 특히 2007년 허베이스피리트호 유류오염사고로 인하여 충남도를 비롯한 서해안 일대의 수산업에 많은 영향을 끼침에 따라 보다 과학적이고 종합적인 갯벌어업의 실태를 조사하여 향후 정책방향을 제시할 필요성이 부각되었다.

본 연구는 크게 두 개의 영역으로 이루어졌는데, 첫째는 충남도 연안 6개 시군(당진시, 서산시, 보령시, 태안군, 서천군, 홍성군)의 갯벌어장의 이용 및 관리실태를 조사하여 문제점을 파악하고 개선방향을 찾고자 하는 것이다. 둘째는 충남 태안군 고남면과 남면 그리고 충남 보령시 주교면 등 유류피해지역의 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력을 조사하여 향후 이들 갯벌어장의 활용방안을 제시하는 것이다. 후자는 제2절에서 정리한다.

갯벌어장의 이용 및 관리 실태는 정부 공식통계 및 지자체 행정통계 조사와 더불어 6개 시군의 어촌계를 대상으로 직접 면담 및 설문조사를 실시하여 현황을 파악함과 아울러 문제점을 도출하였다. 주요 조사대상 어업은 면허어업 중 갯벌에서 이루어지는 어업을 대상으로 하였다. 즉 정착성 수산동식물을 채포하는 마을어업, 갯벌 및 갯벌의 생태계를 이용하는 양식어업인 패류·해조류·복합양식어업과 한정어업을 대상으로 하였다.

갯벌의 정의는 ‘밀물 시에는 바닷물에 의해 드러나지 않지만 썰물 시에는 육지로 드러나는 공간으로 모래와 펄로 이루어진 평평한 지형’으로 되어 있지만, 본 연구에서는 그 범위를 보다 확장하여 썰물 때 드러나지는 않지만 실제 갯벌의 생태를 활용하는 양식이나 마을어업까지를 포함한 것이다.

우리나라 갯벌면적은 2,489.4km²이고 이중 충남도는 14.4%인 358.8km²로서 전남과 인천·경기에 이어 세 번째로 많은 면적을 보유하고 있다. 충남도 시군별로 보면 태안군이 39.3%(138.4km²)로 가장 넓은 갯벌을 보유하고 있고, 서천군 20.2%(71.3km²), 서산시 19.1%(67.3km²), 보령시 9.3%(32.8km²), 당진시 8.0%(28.1km²), 홍성군 4.1%(14.4%) 등이다.

2001년 충남도 어업면허는 한정어업을 포함하여 총 990건에 15,794ha로서 약 158km²이고, 이중 마을어업, 양식어업(패류·해조류·복합) 및 한정어업 등 갯벌어업은 864건

에 14,686ha(약 147km²)로 건수면에서는 87% 면적으로는 93%이다. 따라서 충남도 갯벌면적의 약 41%가 갯벌어업으로 활용되고 있다고 할 수 있다. 하지만 본 연구에서 갯벌어업의 범위를 일반적인 갯벌의 정의보다 넓게 설정하였기 때문에 실제 갯벌어업으로 이용되는 면적은 41%보다 훨씬 적을 것이다.

한편 6개 시군의 마을어업 및 패류양식어업권을 보유한 어촌계를 대상으로 조사한 결과를 보면, 총 갯벌어업 면적은 8,020ha로 이용율을 약 22.8%에 해당한다. 시군별로는 보령시가 2,160ha로 65.9%의 이용율을 보이고, 그 다음으로는 홍성군이 479ha로 33.3%. 태안군은 2,902ha로 21%이고 나머지 지역은 14%대의 이용율을 보였다.

충남도 전체 어업생산에서 차지하는 갯벌어업의 생산량을 보면 2011년 현재 충남도 전체 어업생산량은 118,282톤이고 이중 갯벌어업 생산량은 31,622톤으로 약 26.7%를 점유하고 있다. 원양어업 생산량을 제외한 전국의 2011년 어업생산량 2,745,305톤중 갯벌어업으로 분류한 어업생산량은 1,443,591톤으로 52.6%이다. 전국과 비교해 볼 때 충남도의 갯벌어업 생산 비중은 전국보다 낮은 것으로 나타났다. 하지만 남해안이나 동해안의 패류 및 해조류 양식 및 마을어업의 경우는 갯벌이 아닌 수역에서 이루어지는 경우가 많아 이를 제외하면 전국의 갯벌어업 생산량 비중은 52.6%보다 훨씬 낮을 것이다.

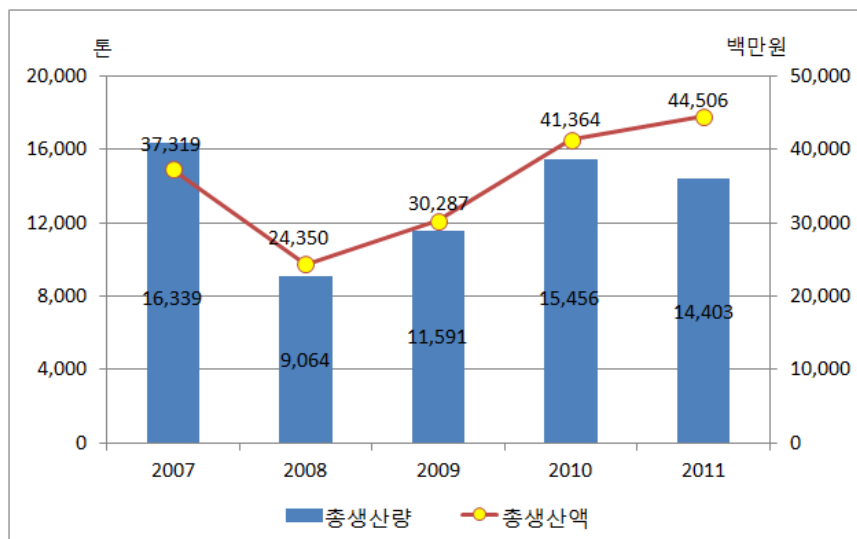
갯벌어장에서 생산되는 품종은 국민들의 선호도가 높은 패류가 대부분으로 그 중요성을 간과할 없는 품종들이다. 충남도의 경우 마을어업에서 생산되는 주요 품종을 보면 바지락, 굴, 해삼으로 이 세 품종의 생산량은 2,603톤으로 마을어업 생산량 2,692톤의 약 97%를 점유하고 있다. 양식업의 경우도 패류는 바지락과 굴이 9,950톤으로 양식업 생산량 28,930톤의 34%를 점유하고 나머지는 김과 미역이 약 절반을 차지하고 있다.

물론 이상의 바지락, 굴, 해삼 이외에도 고동, 전복, 가무락, 동죽, 맛, 새조개, 피조개, 개조개, 낙지 등이 생산되기는 하나 그 수량은 미미한 실정이다. 이는 곧 갯벌의 이용이 특정 품종에 한정되어 있다는 것으로 갯벌의 다양성을 고려한 이용과 개발이 요구된다 하겠다.

한편 6개 시군의 어촌계를 대상으로 면담 및 설문조사를 실시하여 마을어업 및 패류양식어업의 생산량을 파악한 결과 2011년 생산량은 14,403톤이고 금액으로는 약 445억원으로 집계되었다. 충남도 갯벌어업 생산량 31,622톤과 많은 차이가 있는데 이는 해조류양식 생산량 16,282톤을 포함하지 않았고, 개인양식어업 생산량이 포함되지 않았기 때문으로 여겨진다. 즉 충남도 패류양식장 전체 4,670ha중 개인·협업 및 영어조합법인이 보유하고 있는 약 18%인 패류양식업 면허면적 852ha에서 생산되는 수량이 있기 때문이다.

따라서 본 조사에서 어촌계를 대상으로 파악한 충남도 갯벌어업 생산량은 공식통계와 거의 유사하다고 할 수 있다. 하지만 조사과정에서 어촌계마다 생산량 자료의 보유 형태가 모두 다르고 자료를 모두 보유하고 있지 않아서 보다 정확한 실태를 파악하는데는 한계가 있었다는 것을 밝혀두고자 한다. 따라서 향후 갯벌어업 육성을 위한 정책을 수립하고 집행하기 위해서는 갯벌을 이용하고 있는 주체들의 생산 자료를 보다 정확하게 보고하도록 하여야 할 것으로 보인다.

한편 허베이스피리트호 유류오염사고가 발생한 2007년과의 2011년의 생산량 및 생산금액을 비교분석한 결과 생산량은 약 11.8%가 감소한 반면 생산금액은 19.3%가 증가한 것으로 나타났다. 즉 아래 그림에서 보는 바와 같이 2007년 16,339톤이던 생산량은 2008년에 9,064톤으로 급감하였고, 이후 점차 증가하였지만 2007년 수준에는 미치지 못하였다. 2008년의 경우는 유류오염사고로 인하여 동 해역에서 수산물 채포를 중단하였기 때문에 생산량이 급감한 것으로 파악되었다.



품종별로 보면, 전체 생산량의 약 74%를 차지하는 바지락은 2007년 대비 3.5% 해삼은 17.8%가 증가하였으나, 기타 가리비, 가무락, 굴, 동죽, 백합, 새조개 등 대부분의 패류는 생산량이 감소한 것으로 나타났다. 생산금액으로 볼 때 바지락은 약 60%를 차지하는데 2007년 대비 40.4%가 증가하였으며, 17.7%의 비중을 차지하는 해삼도 2007년 대비 47.0%가 증가하였다. 바지락과 해삼을 제외한 대부분의 품종은 생산량과 마찬가지로 금액이 감소한 것으로 나타났다.

갯벌어업 이외의 이용방법으로 갯벌체험마을을 지정하여 체험객이 활용하도록 하고

있는데, 태안군, 홍성군 및 서천군에 총 7개소가 지정되어 있다. 갯벌체험객 수는 2011년 기준 12,447 명이고, 시군별로는 서천군 26,587 명, 홍성군 8,887명, 태안군 6,255 명이다. 서천군은 월하성에 체험객 수가 집중되고 있는데 이는 맛조개 체험을 토대로 홍보가 잘 이루어졌기 때문이며, 다른 지역은 홍보가 잘 안되어 있고 바지락 채취 프로그램에 한정되어 있어 체험객수가 많지 않다.

갯벌체험 소득은 체험프로그램 이용료, 민박, 식사비, 특산물 판매 등을 집계한 직접적인 체험소득만을 소득으로 산정하였는데, 2011년 갯벌체험 소득은 서천군은 329백만원으로 가장 높았으며, 태안군 88백만 원, 홍성군 53백만 수준에 불과하다.

한편 충청남도 갯벌어장을 어장 특성별로 분류해 보면 해역 및 어장의 이용 특성에 따라 가로림만(A), 근소만(B), 천수만(C), 주교(D), 장항(E) 등 5개의 권역으로 구분할 수 있었다.



가로림만은 조력발전 건설계획에 따라 어업인과의 갈등이 심화되고 있고, 갯벌어장개발에 한계가 있는 권역이다.

근소만은 바지락, 해삼, 전복 등 갯벌에서 서식하는 수산생물이 다양하게 서식하고 어장생산성도 높아 향후 철저한 계획에 따른 이용 및 관리를 한다면 지속가능한 생산과 소득증대를 기대할 수 있는 권역이다.

천수만은 방조제 개방으로 인하여 갯벌어장 생산성이 악화되고 있는 권역으로 어장개발에 한계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 이 권역은 이용보다는 갯벌어장을 복원하는데 중점을 두고 관리하여야 할 것으로 판단된다.

주요권역은 우리나라 최대 바지락 생산지이다. 종패 발생은 물론 바지락 생산도 많은 권역이다. 하지만 최근 썩 발생으로 인하여 바지락 생산이 급감하고 있어 썩 방제가 무엇보다도 우선되어야 할 권역이다. 아울러 바지락 산란지로서의 기능을 유지하기 위한 어장관리 및 주변의 인위적 구조물의 변경 등 대책이 요구된다.

장항은 2009년 장항공단 지정 해제에 따른 한정면허가 풀리고 일반면허로 전환되면서 어장개발의 가능성이 커진 권역이다.

각 시군별 갯벌어장 이용실태를 주요 품종, 갯벌이용율, 어촌계원 연령분포, 어업권 이용관리 주체, 갯벌어장 이용 특성, 생산현황 등으로 나누어 조사분석하였다.

먼저 당진군은 총 갯벌 2,810ha중 415.5ha가 갯벌어업으로 이용되어 약 14.8%의 이용율을 보이고 주요 생상품종은 바지락이다. 조사대상 어촌계는 6개로 어촌계원의 연령은 50대 이상이 약 80%이고 60대 이상 50%, 70대 이상 25%로 노령화되어 있었다. 어촌계 보유 어업권은 총 31건(마을어업 30건, 패류양식 1건)으로 어촌계 직영 비율은 81%이고 나머지 19%는 직영이 아닌 다른 방법으로 이용되고 있었다. 갯벌어장의 석문면 난지도리와 송악읍 한진리 두 지역이 주요 어장인데, 난지도리는 바지락 생산지역으로 비교적 어장 생산성이 양호하였다. 하지만 한진리 어장은 바지락 종패 발생지이지만 최근 인근의 항만개발로 인하여 종패 발생율이 저하되고 있는 실정이다. 이 지역의 갯벌어업 생산량은 바지락이 대부분으로 2007년 295톤에서 2008년에는 168톤으로 급감하였다가 2011년에는 357톤으로 회복되어 2007년 대비 21%가 증가하였고, 생산액은 2011년 현재 약 979백만 원이다.

서산시는 총 갯벌 6,730ha를 보유하고 있고 이중 14.9%인 1,001ha가 갯벌어장으로 이용되고 있다. 이 지역의 주된 품종은 굴과 바지락으로서 가로림만 권역과 천수만 권역이 주된 갯벌어장이다. 가로림만은 굴 생산이 활발한 지역이나 최근 조력발전계획으로 인하여 어장개발에 한계가 있는 권역이다. 한편 천수만은 방조제 개방으로 인하여 생산성이 저하되고 있다. 조사대상 어촌계는 16개 이고 어촌계원들의 연령은 50대 이상이 약 78%

이고 50대 28%, 60대 27%, 70대 이상 22%로 역시 이 지역도 노령화가 심화되고 있다. 어촌계 보유 어업권은 총 96건인데 마을어업이 3건, 패류양식어업권이 93건이다. 이중 어촌계 직영이 95건으로 직영비율이 매우 높았다. 굴과 바지락의 생산량을 보면 2007년 6,963톤에서 2008년 1,387톤, 2009년 2,988톤으로 급감하였다가 2010년부터 회복추세에 있다. 품종별로는 굴은 2007년에 비하여 2011년 현재 약 39%가 감소한 반면 바지락은 동 기간에 16.2%가 증가하였다. 생산액으로 보면 생산량 변동추세와 같이 변동하였고, 2011년 현재 11,053백만 원이다.

태안군은 충남도에서 가장 많은 갯벌을 보유한 지역으로 총 13,840ha이고 이중 21%인 2,905ha가 갯벌어장으로 이용되고 있다. 태안군 조사대상 어촌계는 총 85개이고 어촌계원의 연령분포는 50대 87%이고 60대가 36% 70대 이상이 약 30%로 고령화되어 가고 있다. 어촌계 보유 어업권은 총 244건중 마을어업이 92건 패류양식이 152건으로 많은 편이고 어촌계 직영이 96%이다. 태안군의 갯벌어장은 굴 생산지역인 원북면 일원, 바지락 생산지역인 근소만과 고남면 일대, 해산 생산지역인 신진도, 가의도와 바지락, 가무락, 백합 및 해삼 등 다양한 어종이 생산되는 남면 지역 그리고 천수만으로 구분할 수 있다. 이번 연구에서 고남면과 남면은 환경 모니터링 및 생산력 조사 대상지역이다. 태안군은 유류오염 사고 이후 자원조성 및 어장 환경개선을 위한 사업을 집중적으로 실시한 지역이다. 바지락, 해삼, 전복 등 종묘방류를 위하여 2007년부터 2011년까지 약 2,331백만 원을 투자하였고, 2010년부터 2011년까지 모래살포, 어장폐기물 처리 등 어장환경 개선사업에 약 8,403백만 원을 투자하였다. 생산성을 보면 2007년 총 6,177톤을 생산하다 2008년에는 약 절반수준이 3,688톤으로 급감하였고 이후 회복되어 2011년 현재는 6,425톤을 생산하고 있다. 생산액은 2007년 17,404백만에서 2011년 현재는 20,056백만 원으로 증가하였다. 품종별로는 바지락이 동 기간에 7% 그리고 해삼이 2% 증가한 반면 굴(-21%), 가무락(-68%), 동죽(-28%) 및 전복(-47%) 등은 모두 생산량이 감소하였다.

홍성군은 갯벌면적이 1,440ha이고 이중 33.3%인 479ha가 갯벌어장으로 이용되고 있다. 주요 생산품종은 바지락, 굴 및 새조개이고, 어장은 홍성군 북부해역과 중부 및 천수만으로 구분된다. 어장별 특성을 보면 북부해역은 어항공사로 인하여 해수유통에 문제가 발생하여 어장환경이 악화되고 있었고, 중부지역은 바지락 어장 밀집지역이나 최근 썩 발생으로 피해가 많이 발생하고 있어 구제가 필요한 권역이다. 천수만 권역은 새조개와 피조개가 생산되고 있고 관광객을 대상으로 소득을 올리고 있는 지역이다. 홍성군의 조사대상 어촌계는 6개이고 어촌계원 연령분포를 보면 50대 21.6%, 50대 28.6%, 70대 이상 38.1%로 점차 고령화가 심화되고 있음을 알 수 있다. 어촌계 보유 어업권은 24건으로 마을어업인 6건, 패류양식이 18건으로 모두 어촌계가 직영하고 있었다. 자원조성을 위하여

2007년부터 바지락 종패를 살포하였고, 2011년에는 어장환경 개선을 위하여 95백만월 투자하여 경운 및 모래살포를 실시한 바 있다. 이 지역의 생산성은 다른 지역과는 달리 2007년 376톤, 2008년 313톤이었으나 2009년에 88톤으로 급감하고 2011년 현재는 311톤으로 회복추세이다. 2009년의 생산량 급감은 바지락 생산이 2007년 364톤에서 2009년에는 83톤으로 감소한 것이 주요 원인이다. 생산액은 2007년 1,002백만 원에서 2009년에 422백만 원으로 감소하였다가 2011년에는 2,552백만 원으로 증가하였다.

보령시는 총 3,280ha의 갯벌을 보유하고 있고 이중 77%인 2,530ha가 갯벌어장으로 이용되고 있다. 주요 생산품종은 바지락, 해삼 및 전복이며 조사대상 어촌계는 20개이다. 어촌계원의 연령분포는 50대 25.2%, 60대 28.9% 그리고 70대 이상이 26.8%로 50대 이상이 약 81%이다. 어촌계 보유 어업권은 166건이고 마을어업이 137건, 패류양식이 29건이며 98%를 어촌계가 직영하고 있다. 보령시 갯벌어장은 크게 오천명 일대와 주교면으로 구분할 수 있는데, 전자는 해삼과 전복이 주 생산지이고, 후자는 우리나라 최대 바지락 생산지이 특성을 가지고 있다, 그러나 최근 폭 발생으로 인하여 바지락 생산량이 2009년 1,734톤에서 2011년에는 89톤으로 급감하는 현상을 보이고 있다. 이 지역도 유류오염 사고 이후 2008년부터 바지락, 해삼, 전복 종묘를 방류하여 자원조성을 실시하는 한편 2010년부터는 모래살포, 경운 투석 및 썩제거와 같은 어장환경 개선사업을 실시중이다. 생산량 추세를 보면 다른 지역과는 달리 2007년부터 2009년까지 생산량이 증가하다가 2010년부터 감소하고 있는데, 이는 전술한 바와 같이 바지락 생산이 감소가 주요 원인으로 지적되고 있다.

서천군은 갯벌을 7,130ha 보유하고 있고, 이중 48%인 3,458ha가 갯벌어장으로 이용되고 있다. 주요 생산품종은 바지락, 가무락 및 동죽이며 조사 대상 어촌계는 15개이고, 어촌계원 연령분포는 50대 이상이 77%이고 70대 이상이 13%로 비교적 타른 지역에 비하여 노령화가 덜 된 지역이다. 어업권은 마을어업 34건, 패류양식 9건이고 모두 어촌계가 직영하고 있었다. 어장은 서면일대와 장항일대로 구분되는데 서면은 바지락 및 가무락이 주로 서식하는 지역이고, 장항일대는 한정어업이 일반면허로 변경되면서 어장개발이 이뤄지고 있는 지역이다. 그러나 서천군의 생산추세는 2007년 659톤에서 계속 감소하여 2011년 현재는 130톤에 불과하다.

2. 문제점

이상의 조사와 어촌계장 및 간사와의 심층면접을 통하여 충남지역의 갯벌어장 이용

및 관리에 관한 문제점을 도출하였다

첫째는 갯벌어장 환경변화가 심각하다는 것이다. 서산 AB지구 방조제의 일시적 개방에 따른 천수만의 오염물질 유입, 허베이스피리트호 유류오염 사고의 잔존, 서천 김양식장 염산 살포 등 갯벌어장의 생산성에 영향을 미치는 외부적 요인이 발생하고 있다는 것이다. 또한 썩과 같이 갯벌생물의 서식에 부적합한 해적생물이 대량 발생하여 생산성을 떨어뜨린다는 것이다. 즉 썩 발생으로 인한 바지락 폐사 증가, 불가사리로 인한 전복 등 패류 생산량 감소가 대표적인 사례이다. 또한 갯벌어장 환경변화에 영향을 주는 기타 요인으로는 갯벌어장의 과도한 이용에 따른 어장 노후화, 갯벌 퇴적물의 변화로 인한 감소, 서천 방조제 건설, 해조류 양식 확대와 어항개발 등으로 인한 해류소통 문제 등이 지적되었다.

두 번째는 갯벌어장 자원조성사업의 문제점이다. 갯벌어장의 생산성을 높이고 소득을 증대시키기 위해서는 자원조성이 필요하다는 것이 공통적인 의견이었다. 하지만 대부분의 어촌계 재정이 어렵기 때문에 충분한 방류사업비를 확보가 가장 큰 문제점으로 지적되었다. 또한 종묘를 방류한다 하더라도 썩, 불가사리 등의 해적생물이 종묘를 포식하여 자원조성 효과를 감소시키기 때문에 해적구제와 더불어 방류사업을 실시하여야 한다는 것이다. 어린 한편으로는 사업비가 확보된다 하더라도 갯벌어장에 적합한 가무락, 백합 등의 종패 공급이 충분치 않다는 문제점도 지적되었다. 인공종묘 생산이라든지 종묘서식지 복원 등을 통한 공급 증대가 필요하다 하겠다. 마지막으로 방류품종에 적합한 인공초 개발 미흡, 다이버 등에 의한 방류품종의 무단채취에 따른 소득감소 등 방류효과 증대를 위한 대책들도 필요한 것으로 나타났다.

셋째는 갯벌어장 이용상의 문제점이다. 본 조사지역 어촌계 모두 50대 이상의 연령층이 80%대에 이를 정도로 노령화되어 있어서 어장을 이용할 인력난이 큰 문제점으로 지적되었다. 따라서 채취수단 및 채취방법 등에 대한 제도적 개선이 필요하다는 의견이 절대다수이었다. 내부적인 문제점으로는 갯벌어장의 관리, 감시 등에 대해 어업인들의 참여가 매우 약하다고 어업인들이 인식하고 있었다.

네 번째는 갯벌어장 소득화에 관한 문제이다. 현재 조사대상 대부분의 어촌계에서는 채취한 수산물을 분류·저장하는 시설이나 판매장이 없어서 유통상인들에게 바로 넘기는 식의 판매형태를 취하고 있었다. 따라서 보다 부가가치가 높은 상품화가 이뤄지지 못하고 소득 또한 증대시킬 수 없다는 문제점이 지적되었다. 특히 어촌계에 해녀 계원이 없는 경우 나잠업자에게 위탁 채취를 맡겨 수익금 배분하는 경우 어촌계와 나잠업자간에 갈등이 노출되는 등 문제가 있다. 갯벌어장을 체험관광상품화하는 경우가 일부 있으나 바지락 등 특정 품목의 채취체험에 한정되는 등 프로그램과 상품화가 미약하여 소

특사업화가 잘 이뤄지지 않고 있었다.

다섯째로는 갯벌어장 이용에 관한 제도적 문제다. 해삼 및 전복 등의 채취에 대해서도 나잡 뿐만 아니라 효율적인 스킨스쿠버의 채취도 가능하도록 허용해달라는 요구가 많았고, 자본조달의 어려움을 제도적 측면에서 해결해 주길 바라고 있었다. 한편 어촌계원 이외에 나잡업자 등에게 임대 또는 위탁을 합법화 요구도 있었다.

마지막으로 합법적으로 면허를 받은 어장 이외에 다수의 무면허 어장이 존재하였고, 갯벌어장 이용 및 관리에 관한 자료가 잘 구비되어 있지 않았다는 것이 문제점으로 지적되었다. 또한 본 조사에 대한 응답겨로가를 보면 어촌계 보유 어업권의 이용형태가 어촌계 직영비율이 높은 것으로 나타났으나 이를 확인할 방법은 없었다. 현실적으로 다수의 어촌계에서 갯벌어장을 비계원에게 임대하여 수산자원을 악화시키는 것으로 추정되고 있어 불법임대에 대한 대책이 필요하다 하겠다.

제2절 유류피해지역 갯벌어장 환경 모니터링 및 생산력 조사

1. 연구개요

본 연구는 2007년 허베이스피리트호 유류오염사고로 인하여 피해를 본 갯벌어장을 선정하여 어장환경을 조사하고 갯벌어장의 수용력을 평가하여 어장의 이용 및 관리방안을 도출하는 것을 목적으로 수행되었다.

조사대상 지역은 충남 태안군 남면, 고남면과 충남 보령시 주교면의 갯벌어장을 대상으로 하였다.

주요 연구내용은 갯벌어장 자연환경 조사, 갯벌어장 수용력 평가 및 관리방안 그리고 갯벌어장 활용 극대화를 위한 최적 생산모델을 개발하고 이를 일부 품종에 적용하여 적정 어획량을 산출하는 것이다.

어장환경조사에서는 수리환경조석, 유속, 유향, 파고, 부유물 농도), 퇴적환경(해안선 변형이력, 갯벌 지형단면, 표층퇴적상, 표층퇴적물 입도, 퇴적율), 저질환경(함수율, 강열감량, 화학적산소요구량, 산취발성황화물), 생물환경(저서환경, 동식물플랑크톤, 갯벌미세조류, 기초생산력, 일차생산력 등 먹이생물, 저서생물) 등을 조사하였다.

또한 갯벌어장의 수용력을 평가하고 관리방안을 수립하기 위하여 수산생물 분포 단위면적당 생산성과 유용생물 서식지 조건을 규명하였고, 이러한 자료를 기초로 갯벌어

장의 수용력과 생태학적 건강성을 평가하고 관리방안을 제시하였다. 특히 유류오염사고로 인한 어장환경위해성을 보기 위하여 퇴적물 위해성과 어장의 퇴적물 및 서식 패류에 유류오염이 있는지를 조사하였다.

마지막으로 갯벌어장 활용극대화를 위한 최적생산모델을 개발하고 적정 어획량을 산출하여 활용방안을 제시하였다.

2. 갯벌어장 자연환경 조사

갯벌은 우리나라에서는 흔한 환경이지만 세계적 관점에서 보면 전 세계 해안의 2.5%에서만 나타나는 매우 희귀한 환경이다. 특히 우리나라의 갯벌은 신생대 후4기(Late Quaternary)에 진행된 해수면 상승에 의해 리아스식 해안이 침수되면서 발달한 것으로 지형적 특성에 따라 지역적 다양성이 매우 크다. 보령시 및 태안군 갯벌은 유조선 허베이 이스피리트호의 좌초에 의한 유류피해의 영향을 직접 받은 지역이지만 수산자원학적 가치가 뛰어날 뿐 아니라 과학적, 경제적 가치 또한 높은 것으로 평가되고 있다.

태안군 남면 갯벌은 1966년과 1991년에 각각 매립이 이루어져 면적은 35.3%, 해안선의 길이는 32.7%가 감소하였으며, 고남면 갯벌은 1976년에 매립에 의해 면적은 27.1%, 해안선의 길이는 40.4%가 감소하였다. 또한 주교면 갯벌은 1962년에 매립에 의해 면적은 20.2%, 해안선의 길이는 27.2%가 감소하였다.

태안군 남면 갯벌은 북측으로 만입된 만형 갯벌로 3km 내외의 폭을 가지며, 고도는 중앙에서 낮고 동측과 서측으로 가면서 높아지는 경향을 보인다. 고남면 갯벌은 초승달 모양의 수풀 후면에 발달한 갯벌로 600m 내외의 폭을 가지며, 고도는 중앙에서 낮고 동측과 서측으로 가면서 높아지는 경향을 보인다. 보령시 주교면 갯벌은 깔때기 모양의 하구형 갯벌로 2km 내외의 폭을 가지며 남쪽에서 북쪽으로 갈수록 고도가 낮아지는 경향을 보인다.

태안군 남면 갯벌의 조류는 낙조우세로 창조시는 북 방향, 낙조시는 남 방향을 보인다. 부유물의 순이동량은 창조보다는 낙조시, 겨울 보다는 여름에 다소 높게 나타났으며, 순이동 방향은 남 방향으로 나타났다.

고남면 갯벌의 조류는 낙조우세로 창조시는 북동 방향, 낙조시는 남서 방향을 보인다. 부유물의 순이동량은 창조보다는 낙조시, 여름 보다는 겨울에 높게 나타났으며, 순이동 방향은 남서 방향으로 나타났다.

보령시 주교면 갯벌의 조류는 창조우세로 창조시는 북동 방향, 낙조시는 남서 방향을

보인다. 부유물의 순이동량은 낙조보다는 창조시, 여름 보다는 겨울에 높게 나타났으며, 순이동 방향은 북동 방향으로 나타났다.

표층퇴적상은 태안군 남면 갯벌에서 7개 유형, 고남면 갯벌에서 11개 유형, 보령시 주교면 갯벌에서 7 유형으로 고남면 갯벌에서 가장 다양한 퇴적상을 보였다. 퇴적물의 유형은 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 실트질사 퇴적물 유형이 우세한 반면, 고남면 갯벌에서는 약역니질사 퇴적물 유형이 우세하였다.

태안군 남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 91.2%, 7.9%, 0.8%로 모래가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 계절에 무관하게 평균 2.9~3.0 ϕ 범위로 매우 균질한 분포 특징을 보였다. 고남면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 5.4%, 43.4%, 38.6%, 12.6%로 모래와 실트가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 가을에서 겨울, 봄으로 갈수록 세립해지다가 여름에 다시 조립해지는 경향을 보였다. 보령시 주교면 갯벌 퇴적물은 자갈과 모래, 실트, 점토의 함량이 평균 0.1%, 93.0%, 5.3%, 1.6%로 모래가 우세한 분포를 보였고, 평균입도는 가을과 겨울, 봄에 평균 2.3~2.4 ϕ 범위로 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나 여름에는 평균 3.0 ϕ 로 세립해지는 경향을 보였다.

퇴적율은 태안군 남면 갯벌에서 9.0mm, 고남면 갯벌에서 28.5mm, 보령시 주교면 갯벌에서 25.3mm로 3개 조사지역 모두 퇴적되는 경향을 보였다. 계절별로는 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 여름과 겨울에는 퇴적되고 봄에는 침식된 반면, 고남면 갯벌에서는 계절에 무관하게 퇴적되는 경향을 보였다.

퇴적물의 함수율은 태안군 남면 갯벌에서 평균 27.2%, 고남면 갯벌에서 35.9%, 주교면 갯벌에서 25.9%로 고남면 갯벌에서 높게 나타났다. 계절별로는 남면 갯벌과 주교면 갯벌에서는 겨울에 높게 나타난 반면, 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타났다.

강열감량은 남면 갯벌에서 평균 1.4%, 고남면 갯벌에서 3.6%, 주교면 갯벌에서 1.8%로 고남면 갯벌에서 높게 나타났다. 계절별로는 주교면 갯벌에서는 여름에 높게 나타난 반면, 남면 갯벌과 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타났다.

화학적산소요구량은 남면 갯벌에서 평균 4.3mgO₂/g-dry, 고남면 갯벌에서 7.9mgO₂/g-dry, 주교면 갯벌에서 4.3mgO₂/g-dry로 고남면 갯벌에서 높게 나타났다. 계절별로는 주교면 갯벌에서는 가을에 높게 나타난 반면, 남면 갯벌과 고남면 갯벌에서는 봄에 높게 나타났다.

산취발성황화물은 남면 갯벌에서 평균 0.006mgS/g-dry, 고남면 갯벌에서 0.051mgS/g-dry, 주교면 갯벌에서 0.020mgS/g-dry로 고남면 갯벌에서 높게 나타났다. 계절별로는 주교면 갯벌에서는 겨울에, 남면 갯벌에서는 가을에, 그리고 고남면 갯벌에서는 봄에 각각 높게 나타났다.

해양환경기준(국토부 고시 제2011-972호)에 의거하여 수질평가지수(투명도, Chl, a, DIN, DIP, DO%)를 평가한 결과 3개 조사 지역 모두 II, III등급으로 보통 이상의 상태를 보이고 있었다. 식물플랑크톤은 3개 지역 모두 국내 타 지역과 비교시 비슷한 수준으로 조사되었고, 갯벌미세조류 또한 국내 다른 지역과 유사하였다. 동물성플랑크톤은 세 지역 종다양성 지수도 보통 수준 이상으로 양호한 편이었다.

유류피해지역 어장환경 위해성 평가는 갯벌퇴적물내 중금속 농도를 측정하였는데 세 지역 모두 기준치 이하로 나타났고, 갯벌어장 퇴적물내 PAHs 도 모두 양호하였으며, 패류내 PAHs도 검출한도 이하의 농도로 나타났다.

m²당 유용패류 생산량은 남면의 경우 바지락이 2.1개체와 14.3g, 기타패류는 4.4개체와 62.2g으로 추정 자원량은 바지락이 156톤, 기타패류는 677톤으로 추정되었다. 그러나 바지락 생태학적 생산량은 약 137톤, 기초생산량에 근거한 환경수용력은 783톤으로 추정되었다.

고남면 경우는 바지락은 m²당 63.1개체와 426.3g이고 기타패류는 0.2개체와 5.7g으로 바지락이 절대다수를 점하고 있었고, 자원량은 바지락이 395톤 기타패류가 5톤으로 추정되었다. 생태학적 바지락 생산량은 371톤, 기초생산량에 근거한 환경수용력은 2,819톤으로 추정되었다.

주교면의 경우는 바지락은 m²당 5.4개체와 33.8g이었고 기타패류는 0.9개체와 14.6g으로, 자원량은 바지락이 189톤 기타패류가 82톤으로 추정되었다. 생태학적 바지락 생산량은 164톤, 기초생산량에 근거한 환경수용력은 5,608톤으로 추정되었다.

이상과 같이 3지역 모두 현존 자원량은 많지 않으나 기초생산량에 근거한 환경수용력은 매우 높게 나타나고 있어, 이를 어떻게 관리하고 활용하느냐에 따라 실제 생산량은 많아질 수도 있음을 알 수 있다.

3. 갯벌어장 활용 극대화 방안

본 조사 대상인 3개 어장이 유용생물의 서식지로서 적합한지의 여부를 판단하기 위한 목적으로 서식처 조건에 따른 바지락(*Ruditapes philippinarum*)과 가무락(*Cyclina sinensis*) 그리고 동죽(*Macra veneriformis*)의 서식 확률을 예측하였다.

신경망 모형을 활용한 분석결과 남면에서는 동죽이 적합하고 바지락과 가무락은 적합하지 않은 것으로 추정되었으며, 고남면에서는 바지락과 동죽이 적합하고 가무락은

적합하지 않은 것으로 나타났다. 주교면의 경우 동족은 대부분의 면적에서 적합하였고 바지락은 일부에서만 적합한 것으로 나타났으며, 주교면 역시 가무락은 적합하지 않은 것으로 나타났다.

한편 3개 어장에 대한 건강성을 평가하기 위하여 생태학적 중요종, 생물 다양성 및 생태계 건강도를 평가한 결과 모든 조사 지역에서 구역별로 뚜렷한 차이를 보이지는 않았으며, 대체로 보통 이상으로 3~7점 범위로 수준이었다.

가장 다양한 분포를 보인 항목은 생체량으로 볼 때 남면에서는 상부 조위에, 고남면에서는 하부 조위에서 대체로 높은 수준이었으며, 전반적으로 보통 이상의 수준을 보였다. 이와 달리 주교면에서는 구역별로 다소 큰 차이를 보였으며, 일부 구역에서는 1~2점 범위로 매우 낮은 생체량 수준을 보였다.

해안 자연성과 중요 서식처 항목은 자연 해안이 존속되고 상부 조위에 염생식물 군락이 분포하고 있는 남면에서 높은 배점을 받은 반면 전 해안이 인공 호안으로 변형되고 염생식물 군락과 같은 중요 서식처가 없는 고남면과 주교면이 낮은 배점을 받았다.

모든 항목들을 종합적으로 평가한 어장의 건강도는 남면이 III~V등급으로 상대적으로 양호하였으며, 해안 자연성과 중요 서식처 항목, 즉 경관생태학적 특성이 높은 기여를 한 것으로 분석되었다. 고남면의 건강도는 IV~V등급, 주교면은 IV~VI등급의 범위를 보였다.

동일 지역 내 구역별 건강도는 생체량 항목의 배점에 크게 영향을 끼쳤으며 바지락, 동족 및 황해비단고둥과 같은 연체동물의 기여도가 높았다.

본 연구에서는 가입당생산량 모델을 통해 갯벌어장의 정적어획강도와 적정어획개시 연령을 추정, 현재 갯벌어장의 상태를 점검하고 향후 관리기준을 마련하였다. 또한 생물학적허용어획량(ABC)을 추정하여 남획으로부터 안전한 수준에서의 최대지속적생산량을 제시하였다.

가입당생산량 모델을 통한 분석결과, 고남면 갯벌어장은 남획이 우려되는 수준은 아니지만 더 이상 어획강도가 높아지지 않도록 관리되어야 한다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 추정된 각 어장의 생물학적허용어획량과 현재어장의 어획량 수준을 비교하였을 때, 2011년 주교면의 경우 바지락어획량이 생물학적허용어획량을 웃도는 것으로 확인되어 어획강도의 조절이 필요함을 알 수 있었다.

각 항목별로 생태적 가치를 평가한 결과, 생태학적 중요종, 생물 다양성 및 생태계 건강도 항목은 모든 조사 지역에서 구역별로 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 대체로 보통 이상(3~7점 범위)으로 양호한 수준을 나타내었다. 각 지역의 구역별로 가장 다양한

분포를 보인 항목은 생체량으로 남면에서는 상부 조위에, 고남면에서는 하부 조위에서 대체로 높은 수준이었으며, 전반적으로 보통 이상의 수준을 보였다. 이와 달리 주교리에서는 구역별로 다소 큰 차이를 보였으며, 일부 구역에서는 1~2점 범위로 매우 낮은 생체량 수준을 보였다.

각 항목의 평가점수를 종합하여 갯벌 어장의 생태학적 중요성과 상태 그리고 복원의 성공확률을 반영하는 RPMS 모델(갯벌 자생력/복원우선순위/복원전략 판단모형)을 산출하여 각 어장별 관리방안을 도출하였다.

남면의 경우는 북서-북-북동, 동부 및 중심부는 보전방안이 필요하고 세부 이행방안으로는 염생식물 군락 보전이 필요한 것으로 분석되었다. 남서-남-남동부 어장은 복원과 기능 강화가 필요한 어장으로 해수유입 재개 등 소형만 서식처 복원이라든지 저서동물 이차생산력 증대 즉 바지락 서식조건 개선 등이 필요한 것으로 판단된다.

고남면의 경우는 상부 조위어장은 기능 강화가 요구되는데, 굴밭의 규모 확장이라든지 다른 지역으로 확대가 필요하며, 중/하부 조위어장은 기능 강화와 복원이 모두 요구되는 어장이다. 세부이행방안으로는 바지락 서식환경 개선 및 생산력 증대라든지 바지락 개체군 존속을 위한 모래톱 지역의 환경 보전 등이 필요하다.

주교면의 경우는 중심부 어장은 복원과 기능강화가 필요하며 세부이행방안은 바지락 치패 가입량 증대 및 서식환경 개선을 위한 입도조성 최적화 사업이 필요하다. 상부 조위 어장은 굴밭 조성과 같은 기능강화가 필요하고, 무인도 인근어장은 염생식물/굴밭(상부 조위) 및 잘피군락(하부 조위) 조성 과 같은 기능강화 전략이 필요할 것이다.

□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□
□□□□□□□□□□□□□□□□□□

제 2 장

정책건의의

제2장 정책건의

제1절 갯벌어장 이용 및 관리

갯벌어장의 이용관리 실태조사 결과 도출된 문제점을 중심으로 개선방안을 마련하고 이를 정책건의안으로 제안하고자 한다.

첫째는 예방적 갯벌어장 관리체계를 도입하는 것이다. 현재 우리나라의 갯벌어장에 대한 관리실태를 보면 과학적인 조사와 모니터링이 이루어지지 않고 있다는 문제점이 가장 크다 하겠다. 따라서 갯벌 수산자원의 특성에 맞는 과학적 모니터링을 상시적으로 실시함과 아울러 갯벌어장별 품종별로 맞춤형 관리시스템을 마련하여야 할 것이다.

둘째는 갯벌어장 이용관리실태 조사시스템을 구축하는 것이다. 현재 ‘어업면허의 관리 등에 관한 규칙’의 제47조에 의하여 어업권자는 매년 ‘어업관리실태조사서’를 작성하여 지자체에 제출하고, 지자체는 이를 기록·관리토록 되어있으나 이를 시행하는 어업권자 및 지자체가 많지 않다. 더욱이 어업권자가 제출한 자료를 검증하는 경우는 거의 존재하지 않고 있다. 따라서 동 규정의 시행을 강화하는 한편, 어촌계 등 갯벌어업권을 보유하고 있는 어업권자가 갯벌어장의 이용 및 관리실태를 기록하고 관리할 수 있는 프로그램을 정부가 개발하여 보급할 필요가 있다. 또한 정부는 갯벌어장 이용관리실태조사 전산화를 실시하여 정부 뿐만 아니라 어업권자들도 정보를 용이하게 이용할 수 있도록 하여야 할 것이다. 마지막으로 자료의 신뢰성 확보와 실태조사의 실효성을 확보하기 위하여 정부와 지자체는 주기적으로 표본조사를 실시하여 실태를 점검하여야 할 필요가 있다.

셋째는 갯벌어장의 생산력 향상을 위한 정부의 기본계획의 수립 및 집행이 있어야 한다. 동 계획에는 갯벌어장 생산력 확보를 위한 서식처 복원 및 보전 계획, 해역별 자연산 모패 수집 및 관리와 인공종패 생산기술 개발, ‘(가칭)갯벌어장 옥토화 종합대책’ 및 갯벌어장 생산력 향상을 위한 R&D 투자계획 등을 담아야 할 것이다. 특히 갯벌어장 옥토화 종합대책에는 갯벌어장의 생산성을 유지·향상시키고 친환경 인프라를 구축하기 위한 R&D개발 뿐만 아니라 갯벌어장의 환경개선·조성 대책 등을 포함하여야 할 것이다.

넷째는 갯벌어장에 대한 지도단속 체계를 강화하는 것이다. 이를 위한 방안으로는 자율관리어업과 연계한 갯벌어장 자율감시단 운영, 갯벌어장 관리 관련 교육·홍보프로그램

램 개발 및 보급 등이 있을 수 있다.

다섯째는 갯벌 수산물 채취방법에 대한 개선책 마련을 제언하고자 한다. 이미 본 연구에서 본 바와 같이 충남도내 6개 시군의 모든 어촌계원의 연령은 이미 노령화를 넘어 고령화로 접어들고 있다. 기존의 채취수단 및 방법으로는 어장을 잘 관리하여 생산력이 높아진다 하더라도 이용을 못하여 소득으로 연계되지 못하는 사태가 발생할 수도 있을 것이다. 따라서 갯벌어장의 채취수단을 인력 의존형에서 탈피하여 기계화할 수 있도록 정책적으로 채취수단을 개발하여야 할 것이다. 또한 마을어장의 채취수단 중 금지되어 있는 잠수기 등은 채취수단을 허용하는 제도적 개선도 함께 강구되어야 한다.

여섯째는 갯벌어업에 신규인력 및 자본이 용이하게 진입할 수 있도록 하여야 할 것이다. 이를 위한 대책으로는 우선 갯벌어장 이용 주체인 어촌계 진입장벽을 완화하여야 할 것이다. 즉 수협법의 어촌계 정관(예)를 개정하여 계원 가입조건을 완화하도록 하여야 할 것이다. 또한 ‘고령어가 은퇴직불제’와 연계하여 어촌계원중 고령자에게 직불금을 지불하여 일선에서 은퇴하도록 하고 젊은 인력으로 대체하는 것이다. 이 외에 귀어촌 프로그램 도입과 어촌공동체가 주체가 된 회사를 설립하여 외부자본을 유치할 수 있도록 하는 방안 등이 필요하다.

일곱 번째는 갯벌어장 소득증대화를 위한 전략으로서 고소득 품종으로 전환 유도, 수출 양식단지사업과의 연계, 갯벌 수산물의 브랜드화, 다양한 갯벌체험관광 사업화 등을 추진하여야 할 것이다. 특히 이와 같은 소득증대화 사업은 현재의 우리 어업인들만의 노력으로는 어렵기 때문에 갯벌어장 소득증대화를 위한 전문 컨설팅 제도를 도입하는 것도 적극 검토할 필요가 있다.

제2절 갯벌어장 자연환경 조사

태안군 남면과 고남면 갯벌, 보령시 주교면 갯벌에 대한 저질 특성을 조사한 결과, 남면과 주교면 갯벌은 퇴적물의 건강성이 매우 양호한 것으로 나타났으나, 고남면 갯벌은 산화발성황화물(AVS)의 농도가 계절에 따라 일부지역에서 일본의 수산환경 퇴적물 기준치(0.2mgS/g-dry)를 초과하는 것으로 나타났다. 이러한 산화발성황화물의 농도 증가는 주로 퇴적율이 높은 상부갯벌을 중심으로 나타나고 있다.

따라서 바지락 등 패류의 건강성을 확보하기 위해서는 퇴적물 등에 대한 보다 명확한 원인 규명이 이루어져야 하며, 나아가 과퇴적 현상을 줄일 수 있는 어장관리방안 수립이 시급히 요구된다.

고남면 갯벌은 2010년부터 모래살포를 실시한 곳으로 상부갯벌의 과퇴적 현상은 모래살포와 무관하지 않을 것으로 판단된다. 따라서 모래살포가 바지락 양식장의 환경개선에 가시적인 효과를 준다 할지라도 2차적인 환경문제를 유발한다면, 모래살포의 양, 주기, 방법 등에 대해 심도있는 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

고남면 갯벌 등 일부 바지락 어장은 갯벌의 대부분 지역이 어업권어장으로 지정되어 있는 경우가 있다. 바지락은 퇴적물의 입도 등 기질의 특성에 영향을 받을 뿐 아니라 수온, 염분, 노출 및 침수시간 등 환경요인의 지배를 강하게 받는다.

따라서 상부갯벌 등 바지락 서식환경이 부적합한 지역에 대해서는 어업권어장을 해제하거나 재배치 할 필요성이 있다. 이러한 면허어장의 해제와 재배치는 무분별한 면허남발이나 남용을 줄일 수 있고 향후 활용공간을 확보할 수는 이점이 있다.

남면의 진산리 갯벌은 주로 모래갯벌로 이루어져 있으면서도 실트, 점토 등의 세립질 퇴적물의 유·출입이 활발하고 담수의 공급이 지속적으로 이루어지고 있는 갯벌이다. 이러한 지역의 환경 특성은 자원생물의 다양성을 증대시킬 뿐 아니라 이 지역에서 시범 양식 중인 개체굴의 양식 적지로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

제3절 갯벌어장 활용 극대화

본 연구를 통해 개발된 생태계 모형은 첫째, 주요 우점 산업종의 측면에서 갯벌 어장의 서식처 등급을 출력하여 조사된 갯벌 어장이 관심 대상종에게 적합한 어장인지 또는 어떠한 종이 적합한 종인지에 대한 정보를 제공해주는 역할을 하고 있다.

둘째는 예상되는 등급 및 확률로부터 제시되는 주요 산업종의 현존량 예측 결과와 현지 조사를 통해 추정된 현존량의 비교를 통해 대상어장의 생산성, 서식처의 중요성, 보존성 등을 판단할 수 있는 정보를 제공한다. 또한 대상어장의 환경 변화가 자원의 현존량 및 수용력에 어떠한 영향을 미치며 어떤 대응을 하여야 할 것인지를 나타내는 역할을 한다. 그러나 이와 같은 모형이 활용되기 위해서는 다음과 같은 정책적 지원이 필요하다.

첫째, 모형이 예측하는 대상종과 적용 공간 범위를 점차 확대하며, 다양한 측면에서의 검증 결과를 제시하고 신뢰도를 입증하는 것이 이뤄져야 한다. 즉, 모형의 개발-예측-검증-피드백 과정으로 이루어진 다년간의 연구 기간이 필요하며 이러한 과정을 거치면서 모형의 적용 경험과 지식의 축적을 도모하는 것이 가능해질 것이다.

둘째, 잘 고안된 모형이 있다하더라도 이것을 운용하며 최적의 의사 결정을 내리기

위해서는 적절한 구성과 질적 수준이 담보된 인적 집단이 갖춰져야 한다. 모형의 적절한 활용을 위해서는 다수의 과학자-행정 주체-어민들로 구성된 위원회가 결성되어야 하며, 이들 간의 활발한 의사소통을 통해 모형의 예측 결과에 대한 신중한 판단을 내리고, 서식처를 최적의 상태로 복원하거나 관리할 수 있는 조치를 마련하도록 해야 한다.

셋째는 갯벌 어장 생산성을 회복하기 위한 과학적 결과의 활용(예를 들어, 적정 어획량 산정 결과)과 어장의 발전을 위한 조치의 마련 외에도 이것의 효과를 확인하는 것은 매우 중요하며, 이를 위해서 갯벌 어장에 대해 전문가가 집중할 수 있는 시간을 최소 3년으로 설정해야 한다. 최대한의 집중과 갯벌 어장 관리에 대한 자신감의 확보를 위해서는 반드시 소규모 갯벌 어장 1곳부터 시작하여 성공 여부를 엄밀히 평가하며, 성공적 사례의 전파를 통해 중규모, 대규모로 옮겨가는 방식의 프레임을 마련하고 실행해야 할 것이다.

갯벌어장의 효과적인 관리를 위해서는 최적생산모텔의 개발과 함께 어업의 형태, 어획시기, 어획량, 종묘방류현황, 자율관리 규약 및 지침 등과 같은 대상어장의 시스템에 대한 포괄적인 검토가 함께 필요하다. 하지만 현재 우리나라 갯벌어장의 대부분이 이러한 정보의 필요성에 대한 인식이 부족하며 관리가 미흡한 실정이다.

생태계를 고려한 과학적인 자원관리모텔의 개발과 더불어 사회 경제학적인 측면을 함께 고려한 총체적인 개념의 최적생산모텔의 개발을 위해선 갯벌어장에 관한 다양한 정보의 축적과 관리가 반드시 필요하다.

조사 지역의 건강도는 국내 갯벌 현황을 기준으로 대체로 평균의 수준인 것으로 평가되었으나 일부 구역들은 평균에 미달하였다. 따라서 앞으로의 과제는 현재 양호한 상태로 평가된 갯벌을 보전하여 유지시키고, 상대적으로 건강도가 낮은 갯벌은 복원 및 기능 강화 전략을 이행하여 생태계의 구조 변경과 이에 따른 생태계 기능 개선을 통해 어장의 건강성을 회복시키는 일이라 할 수 있다.

이를 위해서는 대상 지역들에 대한 보다 상세한 정보(경관생태학적 현황, 스트레스 요인 파악, 주요 양식종, 서식 여건 등)를 수집하고 이를 종합적으로 분석하여 각 지역과 구역에 적합한 최적 관리 방안을 찾는 것이 필요하다.

이와 관련하여 추가적으로 검토되어야 할 내용은 대상 지역들이 모두 어장으로 활용되고 있어서 인위적인 영향이 지속될 뿐 아니라 특정 양식종을 집중적으로 육성하기 때문에 생태계 구조가 취약해질 수 있다는 점이다.

따라서 이러한 어장의 제반 여건위에 생태계 건강성을 유지시켜 지속가능한 어업을 도모하기 위해서는 보다 세밀한 조사와 분석이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

〈국내문헌〉

- 국립수산과학원, 2001. 한국새우류도감, 한글그래픽스, 부산, 188pp.
- 국립지리정보원, 1980. 연안해역기본도(1:25,000): NJ 52-13-17-3 대천.
- 국립지리정보원, 1980. 연안해역기본도(1:25,000): NJ 52-13-08-2 근흥.
- 국토해양부 허베이 scat 보고서
- 국토해양부, 2009. 연안습지 기초조사-기본조사. 380pp.
- 국토해양부고시 제2010-914호(2010.12.8.) 해양환경공정시험기준
- 국토해양부고시 제2011-972호(2011.12.30.) 해양환경관리법에 따른 해양환경기준
- 권오길, 민덕기, 이종락, 이준상, 제종길, 최병래, 2001. 신원색한국패류도감. 민패류박물관 (발행), 도서출판 한글, 부산, 332pp.
- 김대영, 2011. 내수면어업 수산거버넌스 모범사례, 한국 수산거버넌스 국제워크숍 자료집.
- 김경태, 김은수, 조성록, 강성현, 김종근, 박준건, 2008. 진해만의 가덕수도 표층수와 표층 퇴적물 중의 중금속 분포. 해양환경안전학회지, 14: 95-103.
- 김경태, 김은수, 조성록, 정경호, 박준건. 2005. 시화호 환경중의 중금속 분포 특성과 오염. 한국해양환경공학회지, 8: 148-157.
- 김원록, 1987. 한국산 모악류의 분류학적 연구. 한양대학교 석사학위논문, 55 pp.
- 문경일, 이현엽, 2003. MATLAB을 이용한 지능정보 시스템. 아진, pp. 612.
- 박홍식, 최성순, 2001. 한국해양생물사진도감. 풍등출판사, 서울, 287pp.
- 식품의약품안전청, 2012. 식품의 기준 및 규격에 관한 고시 제2012-100호(2012.9.5.)
- 심재형, 1994. 한국동식물도감 제 34권 해양식물플랑크톤편. 문교부. 487pp.
- 유광일, 1995. 한국 동식물도감 제 35권 동물편 (해양동물플랑크톤). 국정교과서 주식회사, 교육부. 415 pp.
- 유만호. 2004. 강화도 장화리 펄 갯벌에서 저서미세조류의 계절적 분포 및 일차생산력, 인하대학교 대학원.
- 이종현, 이정석, 김범수, 이창복, 고철환. 1998. 경기만 퇴적물의 중금속 분포 특성. J. Oceanol. Soc. Korea, 3: 103-111.
- 인천광역시, 2004. 영종, 영흥도 갯벌 습지보호지역 지정을 위한 타당성 조사 및 기본계획. 인천광역시, 280pp.

- 임동일, 최진용, 정희수, 최현우, 김영옥, 2007. 한국 연안 퇴적물 내 중금속 원소의 자연적 배경농도 연구. *Ocean and Polar Research*, 29: 379-389.
- 임동현, 1989. 한국 근해에 있어 Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida)과의 분류적 기재와 지리 분포. 한양대학교 석사논문. 112 pp.
- 정명생 외, 2011. 갯벌어업 육성을 위한 연구개발, 농림수산식품부
- 조영길, 박경양, 1998. 영산강 하구 표층 퇴적물의 중금속 함량 및 분포. *한국환경과학회지*, 7: 549-557.
- 조영길, 이창복, 고철환, 2000. 광양만 표층퇴적물의 중금속 함량 및 분포. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 5: 131-140.
- 조영길, 이창복, 최만식, 1994. 남해 대륙붕 표층퇴적물 중 중금속 원소의 분포 특성. *한국해양학회지*, 29:338-356.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집(곤충제외). 한국동물분류학회 편, 489pp.
- 한국수산회 · 한국해양수산개발원, 2003. 자율관리어업의 성공적 정착을 위한 연구
- 한국해양연구원, 2011. 유류오염 환경영향평가 및 환경복원연구.
- 홍성운, 2006. 한국해양무척추동물도감. 아카데미서적. pp.150-245.
- Lee, C.B., Y.A. Park and C.H.Koh, 1985. Sedimentology and geochemical properties of intertidal surface sediments of the southern Kyeonggi Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 20: 20-29.
- Lee, J. H. 1995. Additional check-list of marine planktonic algae in the coastal waters of Korea. I. Bacillariophyceae. *J. Nat.l Sci. Sangmyung Women's Univ.* 2:71-198.
- Lee, S.H. and K.W. Lee, 1983. Heavy metals in sediments from Jinhae Bay, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 18: 49-54.
- 국립지리정보원, 「연안해역기본도(1:25,000): NJ 52-13-17-3 대천」, 1980.
- 국립지리정보원, 「연안해역기본도(1:25,000): NJ 52-13-08-2 근흥」, 1980.
- 기상청, 「기상연보」, 1991-2010.

〈국외문헌〉

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 1995, Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs). Atlanta, GA: U.S. Department of health and human services, public health services.

- Bowman, T.E. and L.G. Abele, 1982. Classification of the Recent Crustacea. In: L.G..
- Bray, J.R., Curtis, J.T.(1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Cadeé C.G., and J. Hegeman, 1977. Distribution of primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, 8: 260-291.
- Chihara, M and M. Murano, 1996. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokai University Press, pp. 31-483.
- Culp, S.J., Gaylor, D.W., Sheldon, W.G., Goldstein, L., Beland, F.A., 1998. A comparison of the tumors induced by coal tar and benzo(a)pyrene in a 2-year. *Bioassay carcinogenesis*, 19, 117-124.
- Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of north America. University of California press, Berkeley, 237pp.
- Hasle, G. R. and E. E. Syvertsen, 1996. Marine diatoms. In Tomas, C. R. (Ed.) *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academic Press, San Diego, CA, pp. 5-385.
- Hasle, G.R. and G.A. Fryxell, 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light microscopy. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 89: 469-474.
- Hustedt, F., 1985. *The pennate diatoms*. Koeltz Scientific Books, Koeingstein, Germany, pp. 918.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1983. *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans Vol.32, polynuclear aromatic compounds, Part I*.
- Kim, D. Y., 1985. Taxonomical study in calanoid copepod(Crustacea: Copepoda) in Korean waters. Ph. D. Thesis. Hanyang. Univ., 187pp.
- Leach, J.H., 1970. Epibenthic algal production in an intertidal mudflat. *Limnol. Oceanogr.*, 15: 514-521.
- Lloyd, M. and R.J. Ghelard, 1964. A table for calculating the equitability component of species diversity. *J. Anim. Ecol.*, 33: 421-425.

- Lohman, K.E., 1972. A procedure for the microscopical study of diatomaceous sediments. *Nova Hedwigia Beih.* 39: 267-283.
- Long, E.R., and D. D. MacDonal. 1998. Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human and Ecological Risk Assessment*, 4: 1019-1039.
- Margalef, R., 1958. *Perspectives in ecology theory*. Chicago, University of Chicago Press. 112pp.
- Mori, T., 1964. Pelagic copepoda from the neighboring waters of Japan. The Soyo Company Inc., Japan. 150pp.
- Neal, J., Rigdon, R.H., 1996. Gastric tumors in mice fed benzo(a)pyrene : a quantitative study. *Texas reports on biology and medicine*, 25, 553-557.
- NOAA. 1991. The potential for biological effects of sediment sorbed contaminants tested in the national status and trends program. NOAA Technical Memorandum., NOSOMA 52.
- Parsons T. R., Maika Y. and Lalli C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods of seawater analysis. Pergamon Press, Oxford.
- Parsons, T.R., Y. Maita and G.M. Lalli., 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. 173pp.
- Parsons, T.R., Y. Maita, and C.M. Lalli. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press. 173.
- Pearson TH and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16:229-311.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.
- Poole, H.H and W.R.G. Atkins. 1929. Photoelectric measurement of submarine illumination through the year. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 16, 297-324
- Rigdon, R.H., Neal, J., 1969. Gastric carcinomas and pulmonary adenomas in mice fed benzo(a)pyrene. *Texas reports on biology and medicine*, 24, 195-207.

- Rigdon, R.H., Neal, J., 1969. Relationship of leukemia to lung and stomach tumors in mice fed benzo(a)pyrene. *Proceeding on the society for experimental biology and medicine*, 25, 422-431.
- Round, F. E., Crawford, R. & Mann, D. G. 1990. *The Diatoms. Morphology and Biology of the Genera*. Cambridge University Press, London. 747 pp.
- Shannon, C.E. and W. Wiener, 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 pp.
- Shannon, E.C. and W. Weaver, 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. pp. 117.
- Shannon, E.C. and W. Weaver, 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. pp. 117.
- Soh, H.Y. and H.I. Suh, 2000. A new species of *Acartia* (Copepoda, Calanoida) from the Yellow Sea. *J. Plankton Res.*, 22: 321-337.
- Steemann-Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (C¹⁴) for measuring organic production in the sea. *J. Cons. Perma. Int. Explor. Mer.* 18: 117~140.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews in Geophysics* 33: 241-265.
- Tomas, C.R., 1997. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, pp. 858.
- Warwick, R.M. and R. Price. 1975. Macrofauna production in an estuarine mud-flat. *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.* 55: 1-18.
- Whittaker, R.H., 1975. *Communities and ecosystems*, 2nd edition. Macmillan, New York, 385pp.
- Yamaji, I., 1984. *Illustrations of the marine plankton of Japan*. Hoikusha Publ., 45:160-188.
- Yender, R.J., Michel, C., Lord, 2002. *Managing seafood safety after an Oil spill*. Seattle: Hazardous materials response division. Office of response and restoration, NOAA, 77pp.
- Yoo, J.W., Y.W. Lee, J.L. Ruesink, C.G. Lee, C.S. Kim, M.R. Park, K.T. Yoon, I.S.

- Hwang, J.H. Maeng, R. Rosenberg and J.S. Hong, 2010. Environmental quality of Korean coasts as determined by modified Shannon-Wiener evenness proportion. *Environ. Monit. Assess.*, 170: 141-157.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills's, Austin, 170p.
- Folk, R.L., and Ward, W.C., 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- Frey, R.W., Howard, J.D., Han, S.D. and Park, B.K., 1989. Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon. Korea. *Jour. Sed. Petrol.*, 59: 28-44.
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis. In Carver, R.E. (ed.), *Procedures in sedimentary petrology*, Wiley-Inter Science, New York, 49-67.
- Klein, G. deV., 1985. Intertidal flats and intertidal sand bodies. In: Davis R.A. (Ed.), *Coastal sedimentary environments*. 2nd Ed., New York, Springer-Verlag, 187-224p.
- Krumbein, W.C., 1934. Size frequency distributions of sediments. *Jour. Sed. Petrol.*, 4: 65-67.
- Udden, J.A., 1914. Mechanical composition of some clastic sediments. *Publs. of the Augustana Library*, No.1, USA.
- Wang, B.C. and Eisma, D., 1988. Mudflat depositional along the Wenzhou coastal plain in southern Zhejiang, China. In: deBoer, P.L., van Gelder, A., and Nio, S.D. (Eds.), *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. Amsterdam, Boston Reidel Publ. Co., 223-263p.
- Wentworth, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, 30: 377-392.

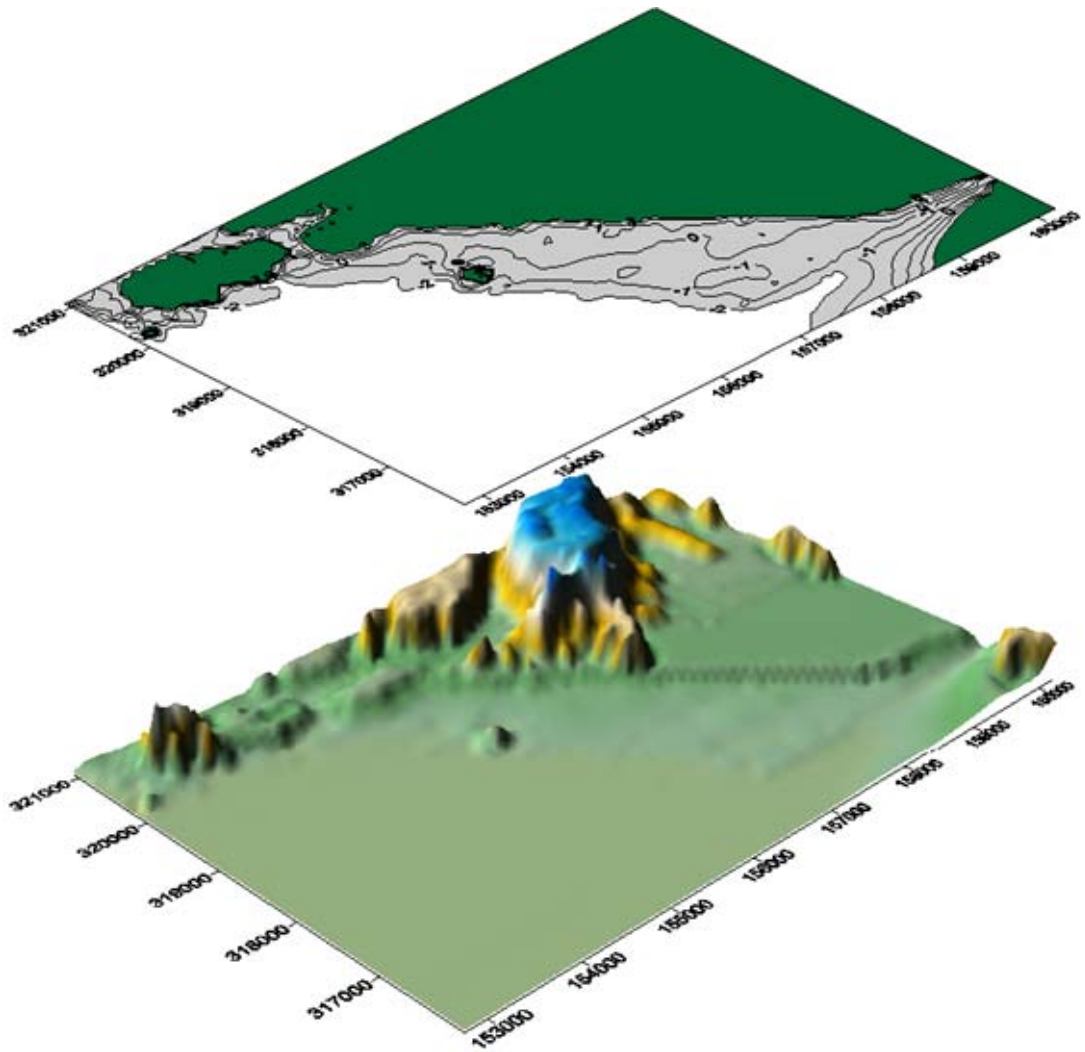
〈홈페이지 등〉

국립수산과학원(www.nfrdi.re.kr)

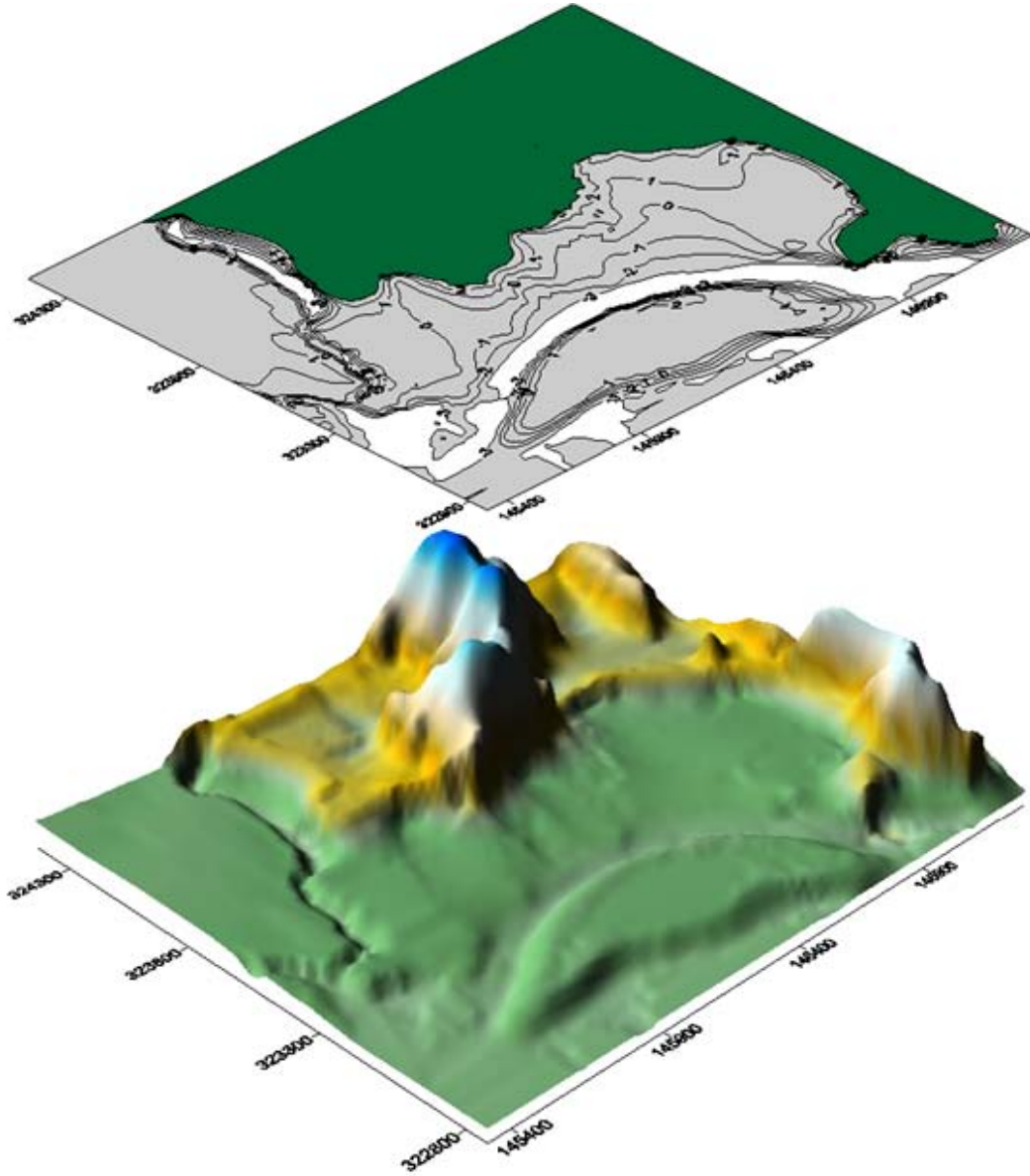
농림수산식품부 수산자원포털(www.fips.go.kr/)

부 록

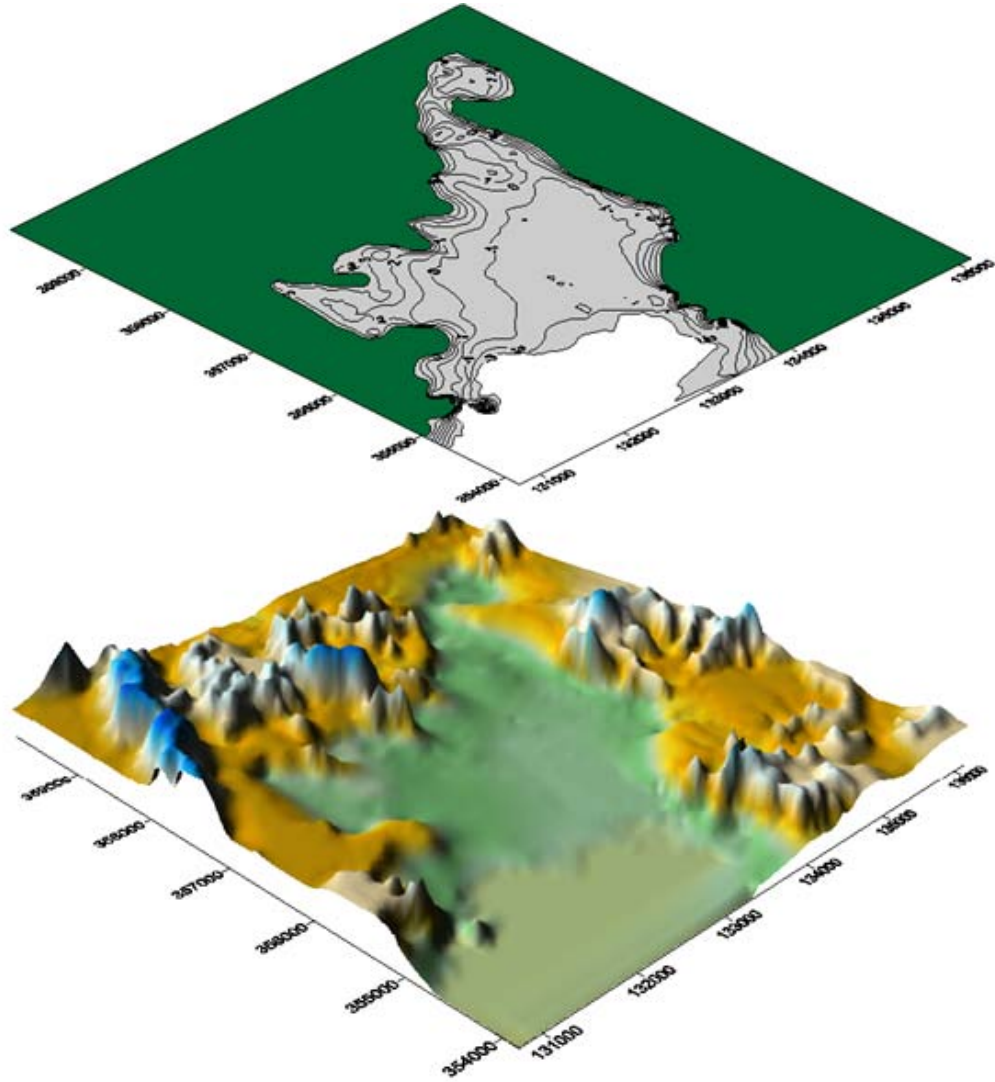
부록 1. 보령시 주교면 갯벌 2차원 및 3차원 지형도



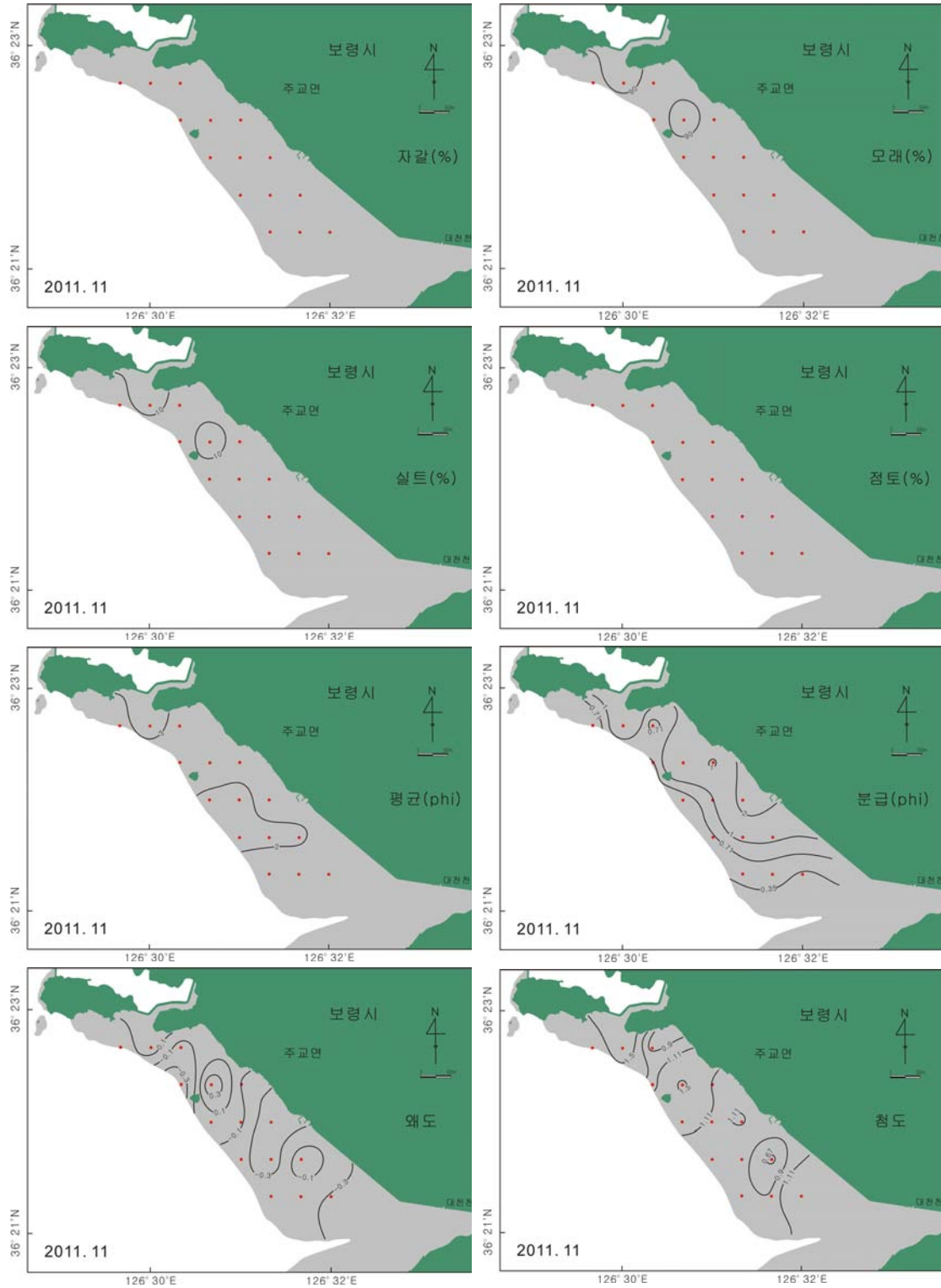
부록 2. 태안군 고남면 갯벌 2차원 및 3차원 지형도



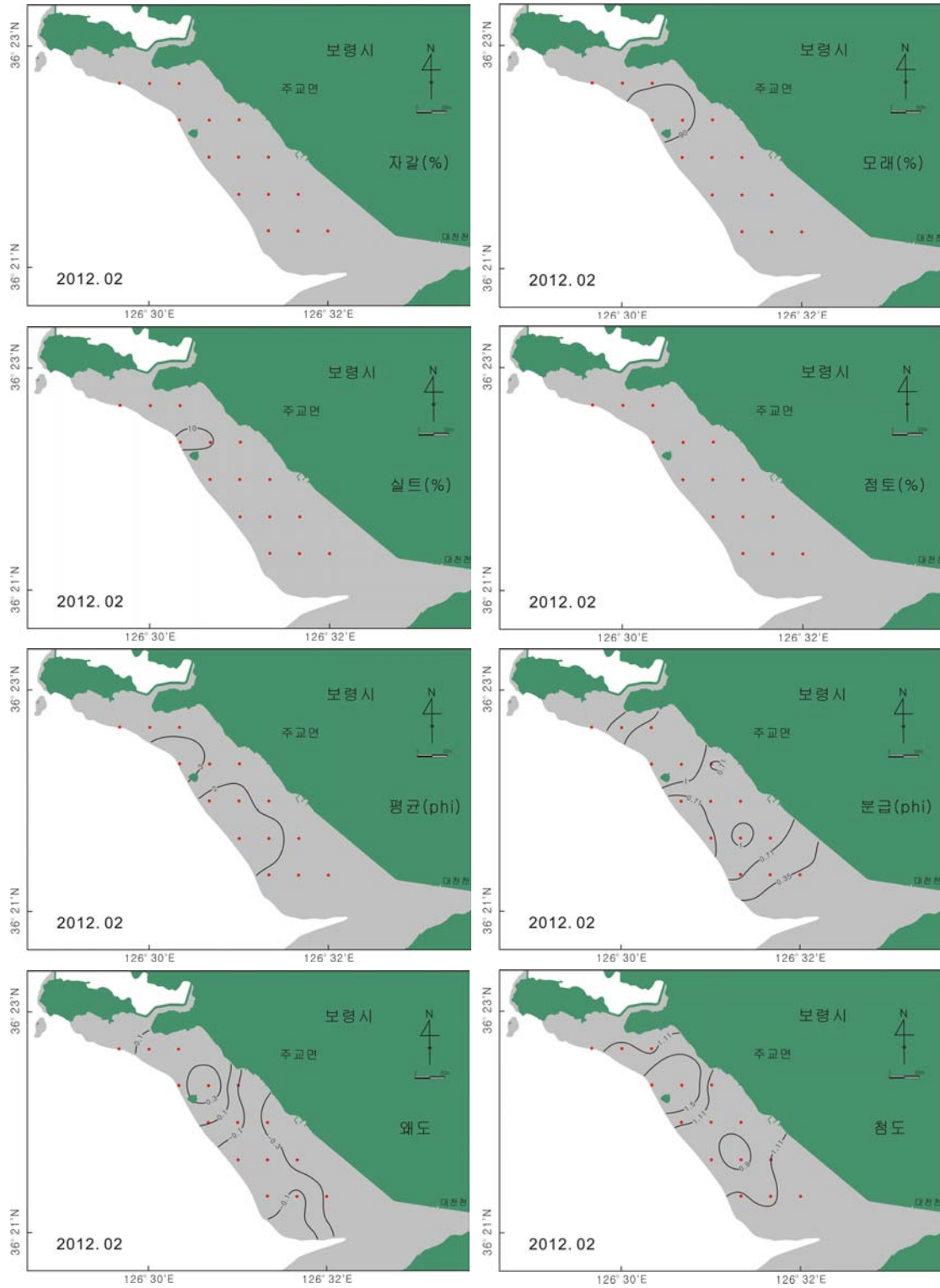
부록 3. 태안군 남면 갯벌 2차원 및 3차원 지형도



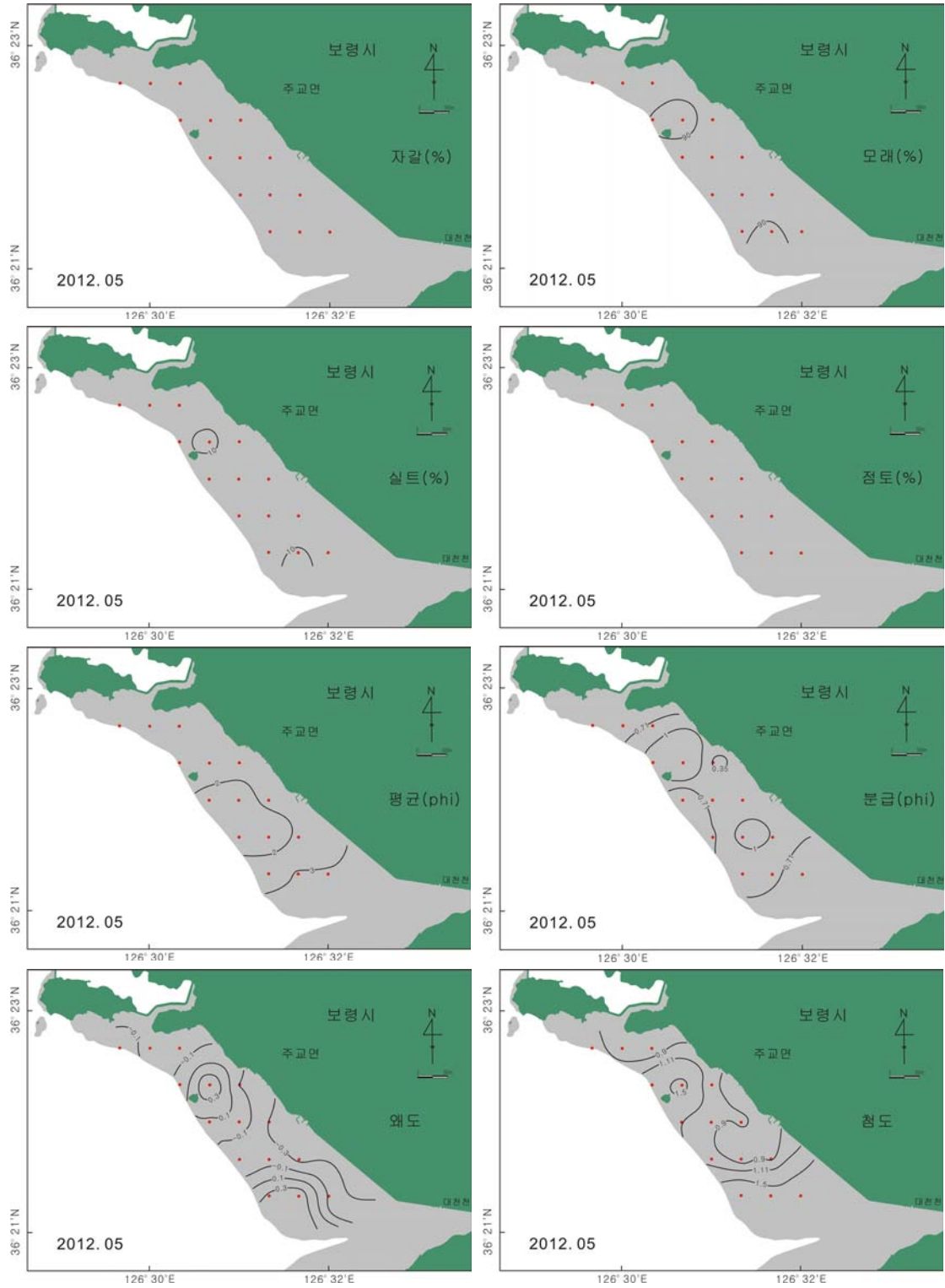
부록 4. 보령시 주교면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 물성 분포도



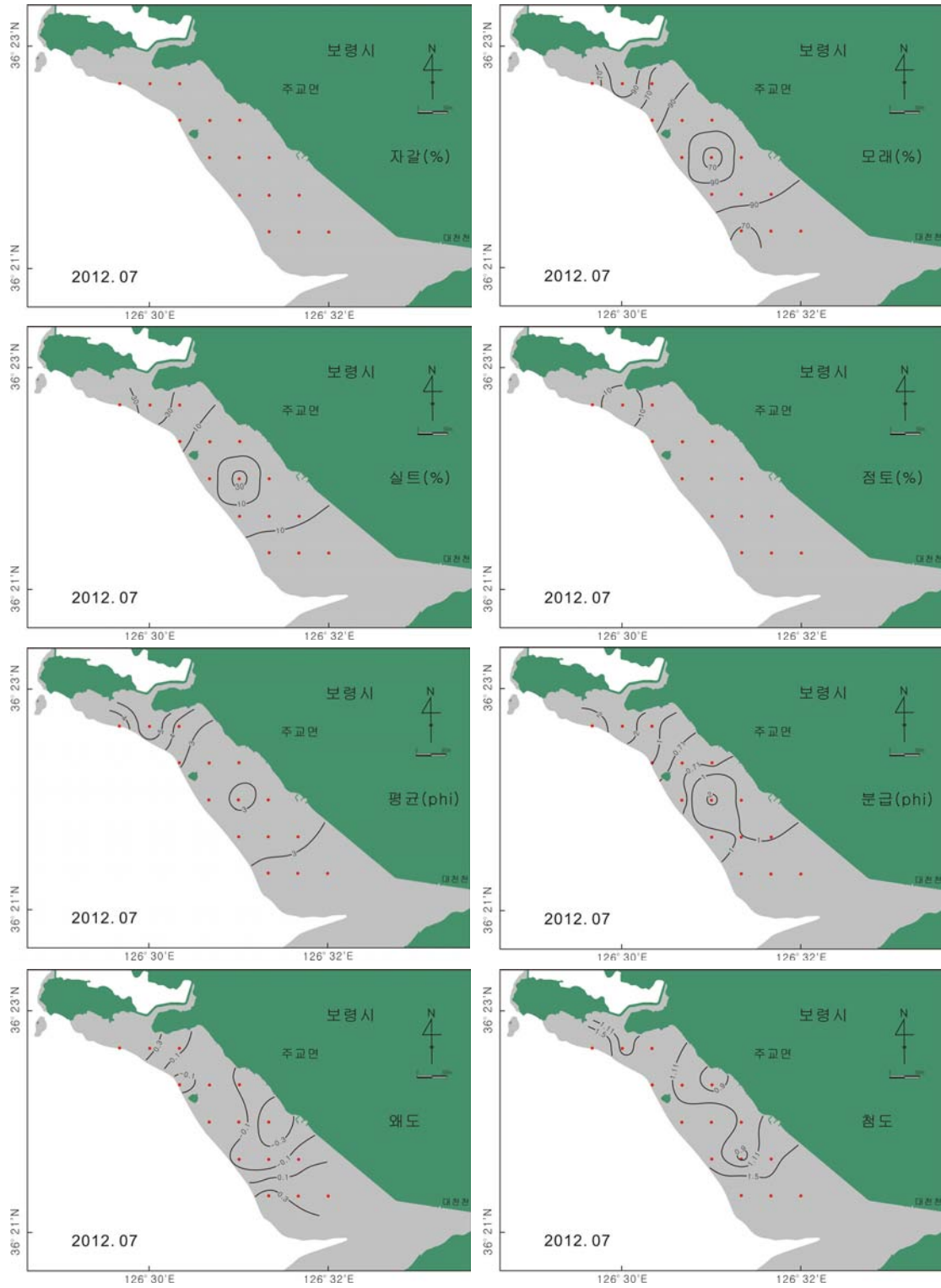
부록 5. 보령시 주교면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 물성 분포도



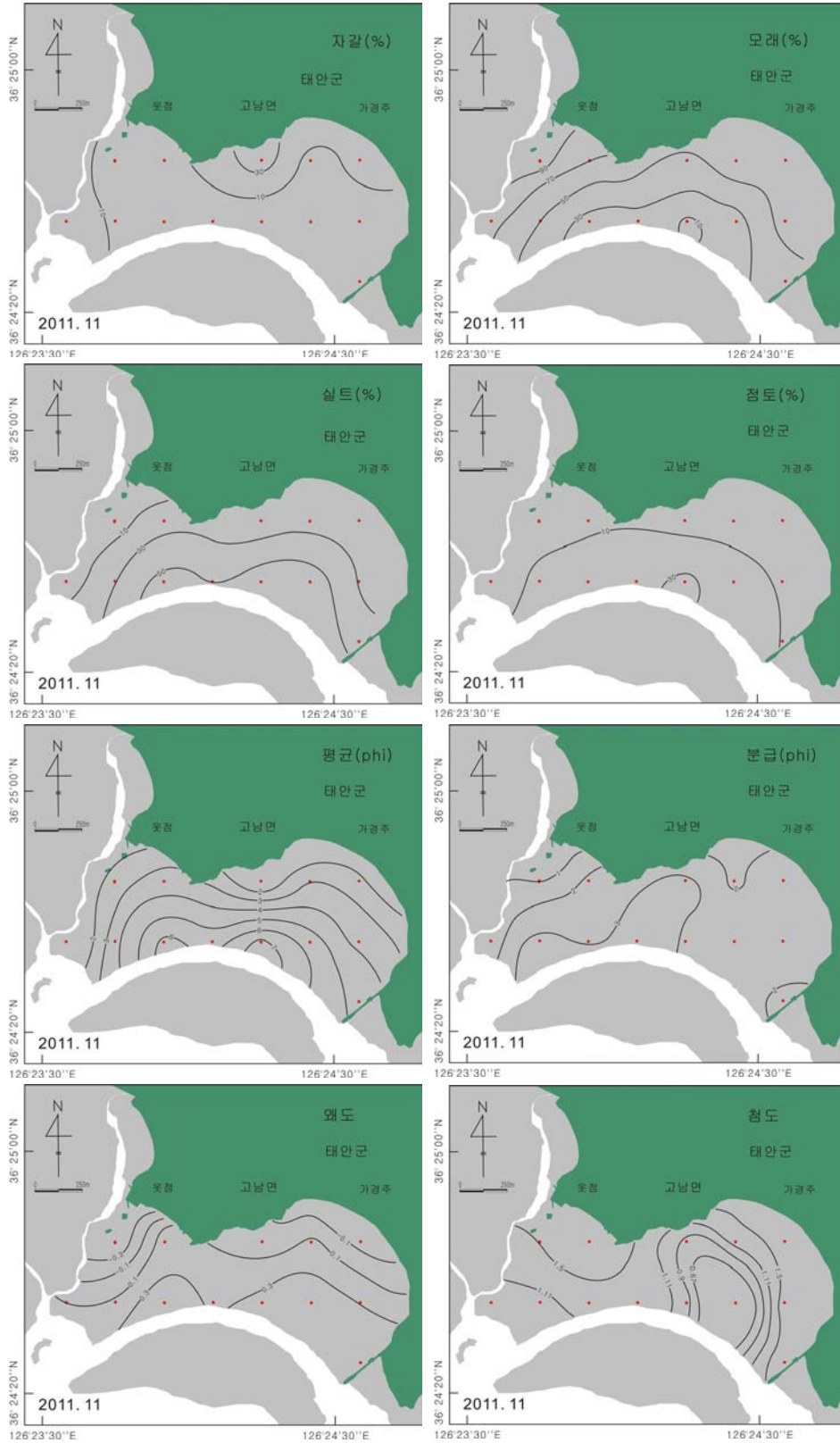
부록 6. 보령시 주교면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 물성 분포도



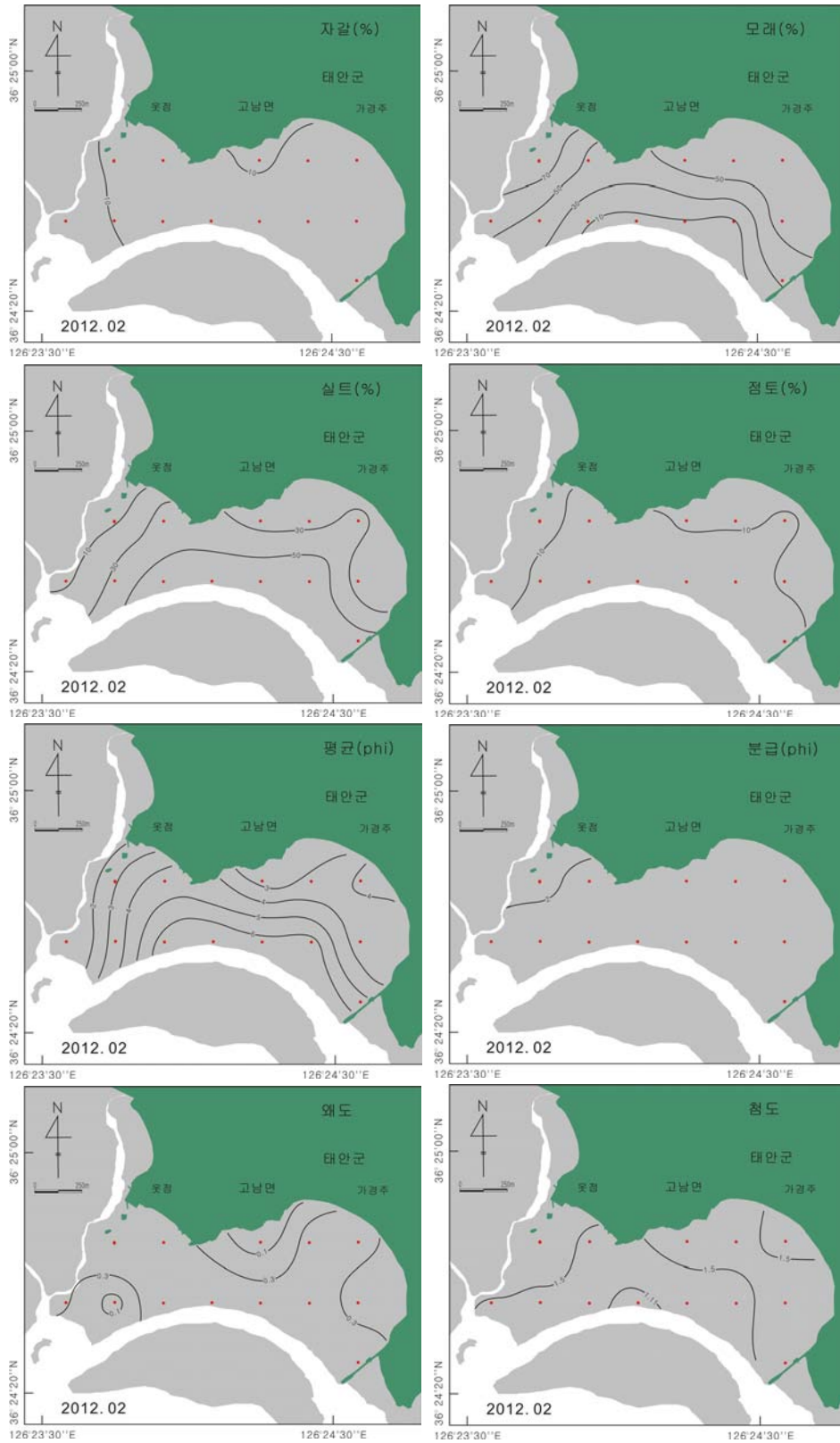
부록 7. 보령시 주교면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 물성 분포도



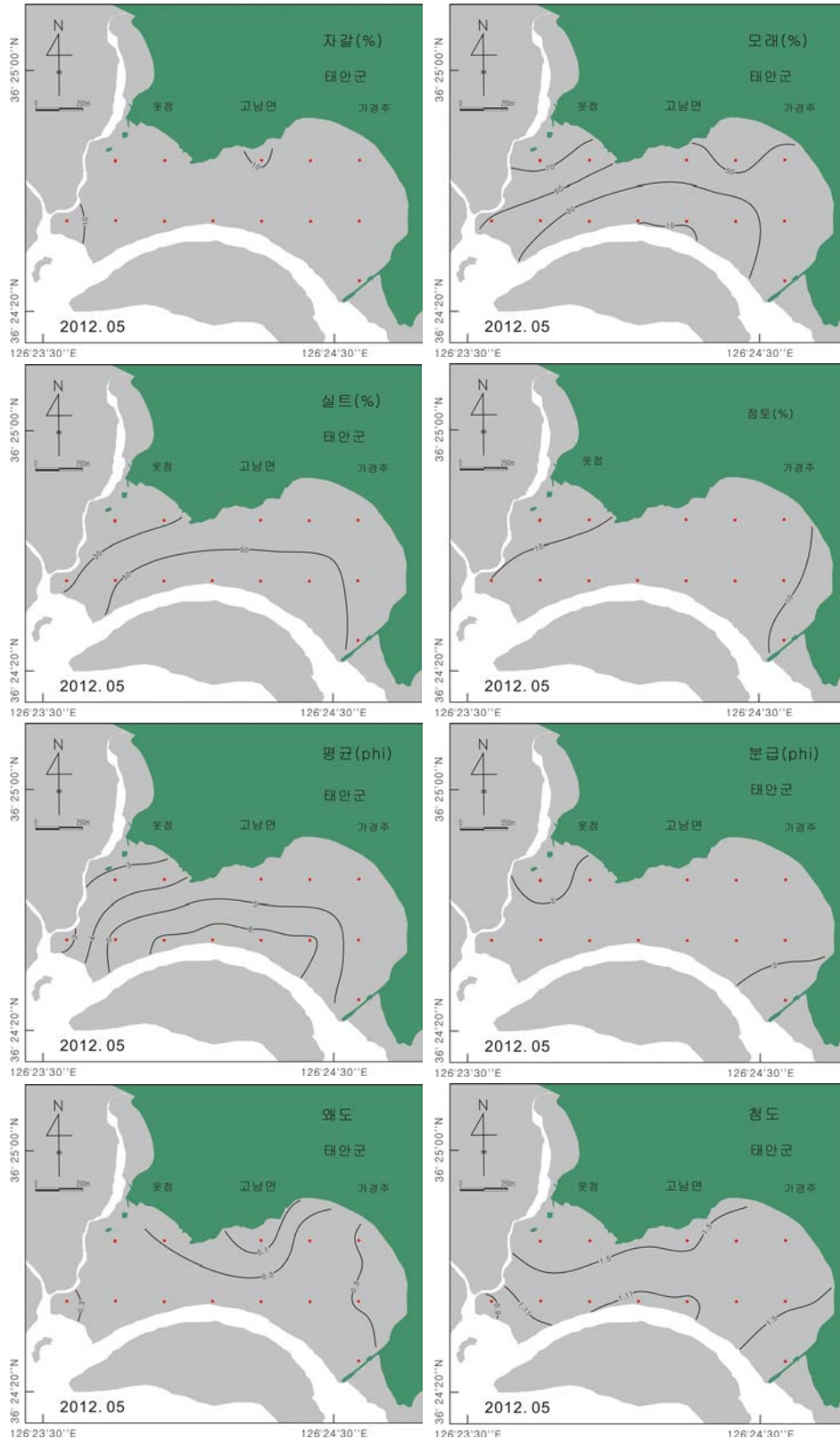
부록 8. 태안군 고남면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 물성 분포도



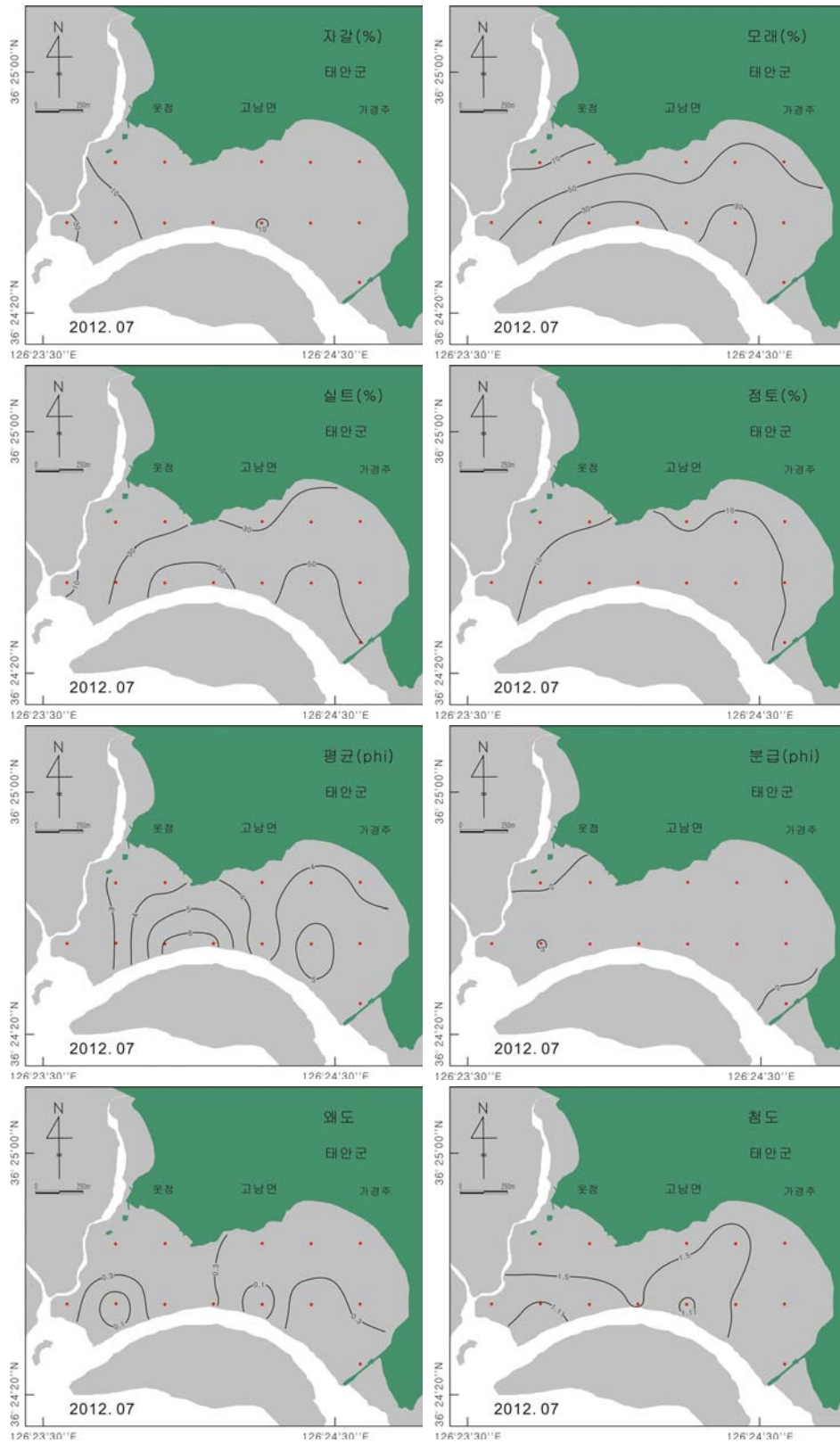
부록 9. 태안군 고남면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 물성 분포도



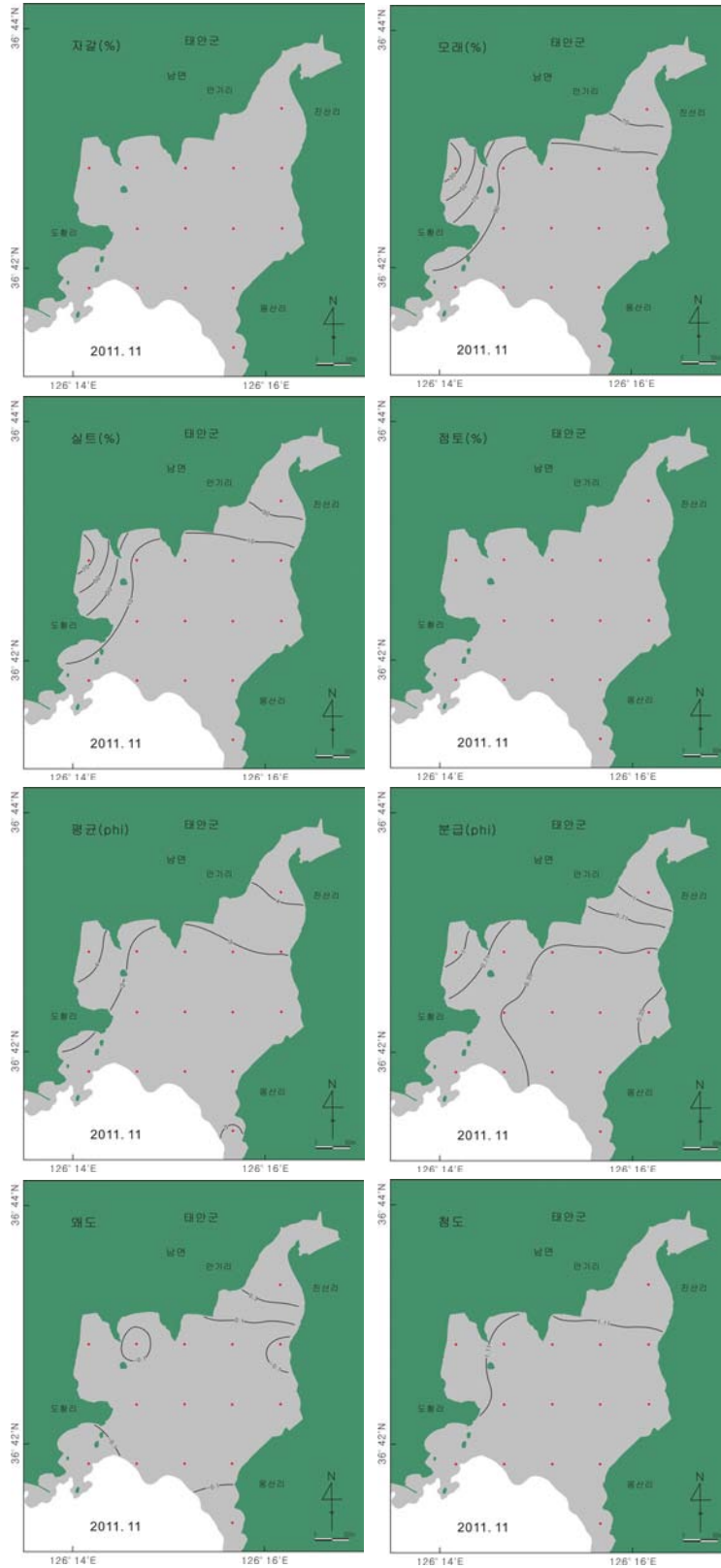
부록 10. 태안군 고남면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 물성 분포도



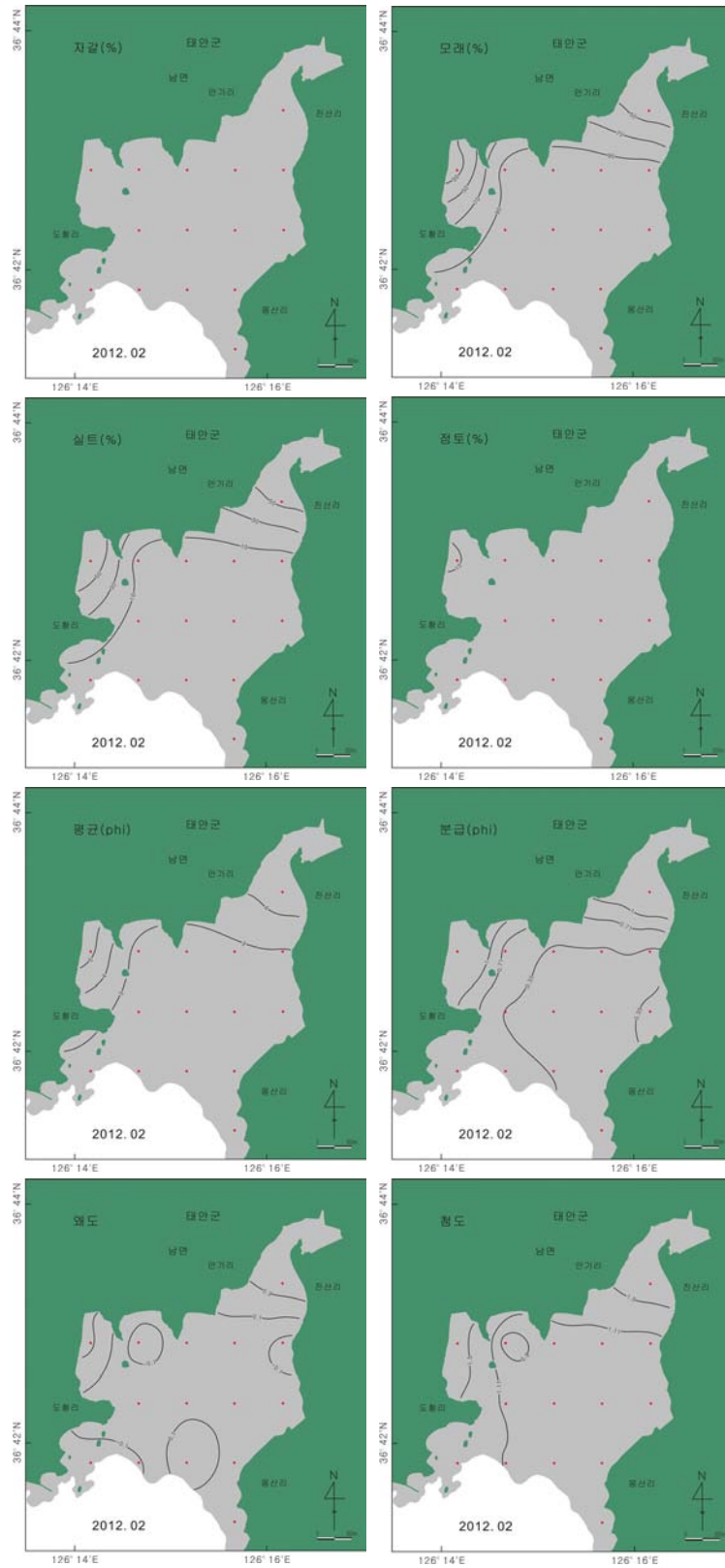
부록 11. 태안군 고남면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 물성 분포도



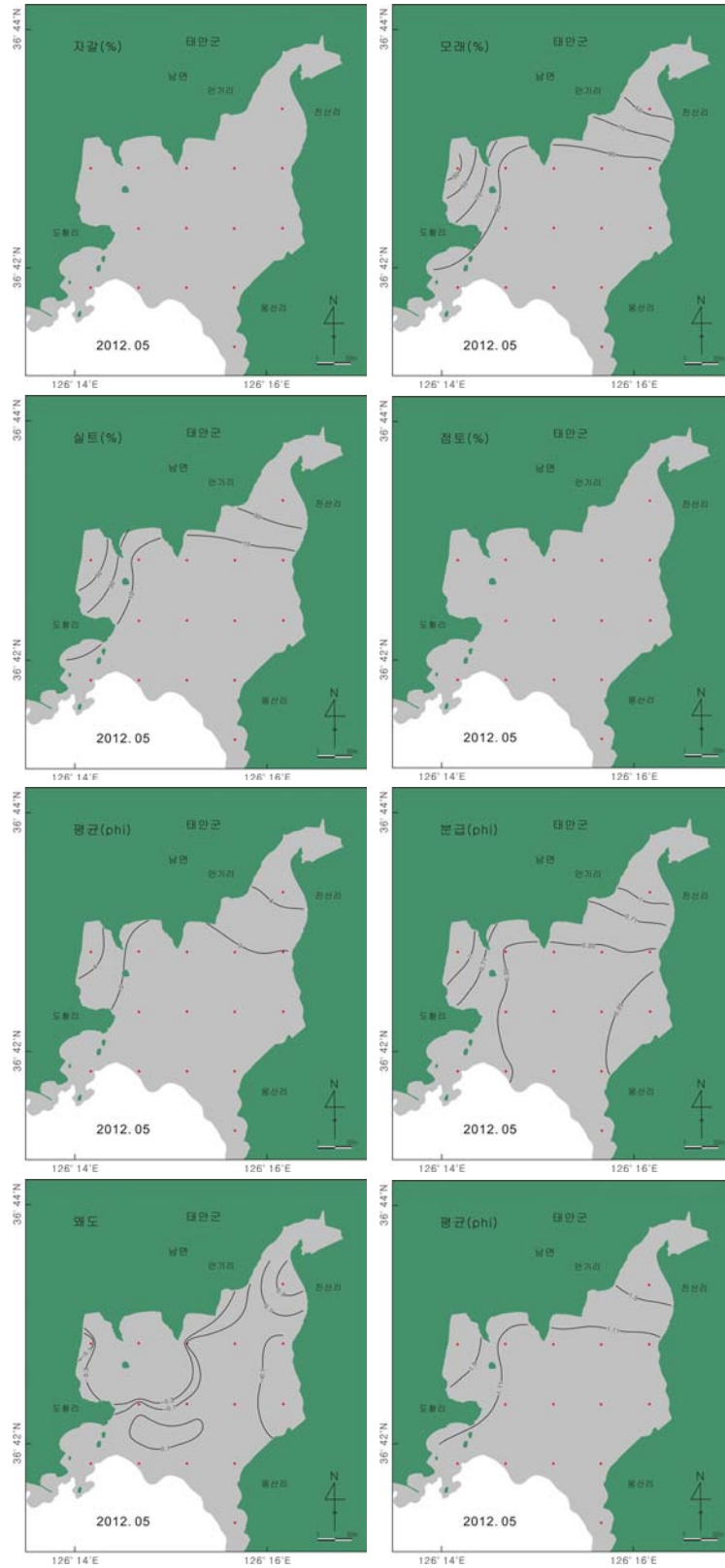
부록 12. 태안군 남면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 물성 분포도



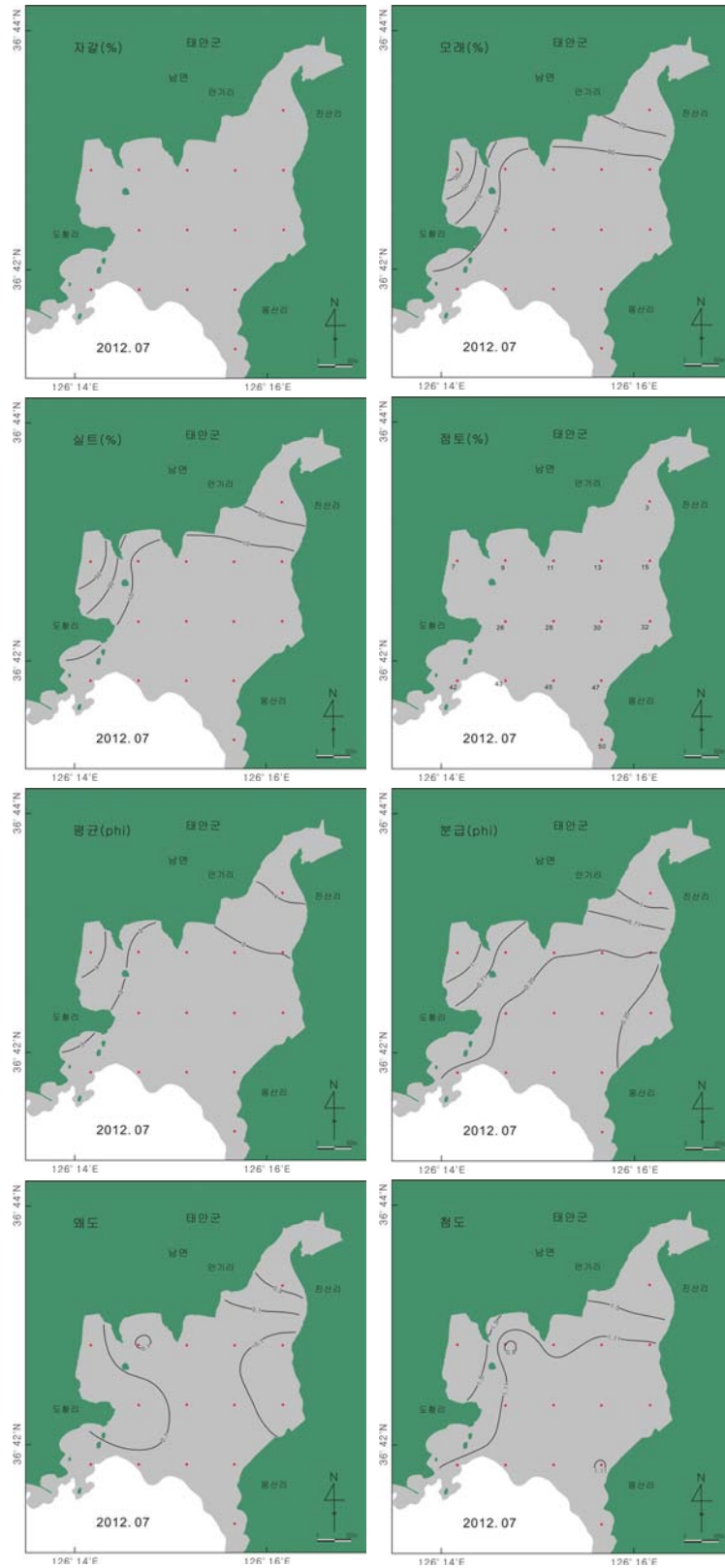
부록 13. 태안군 남면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 물성 분포도



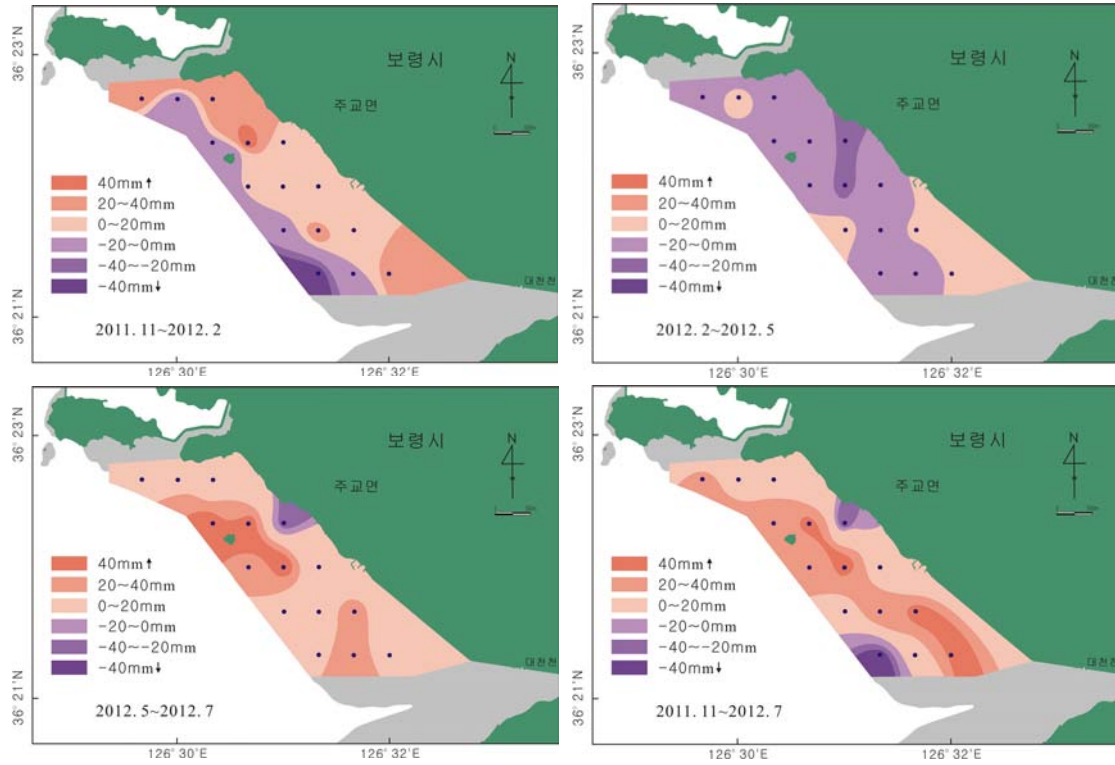
부록 14. 태안군 남면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 물성 분포도



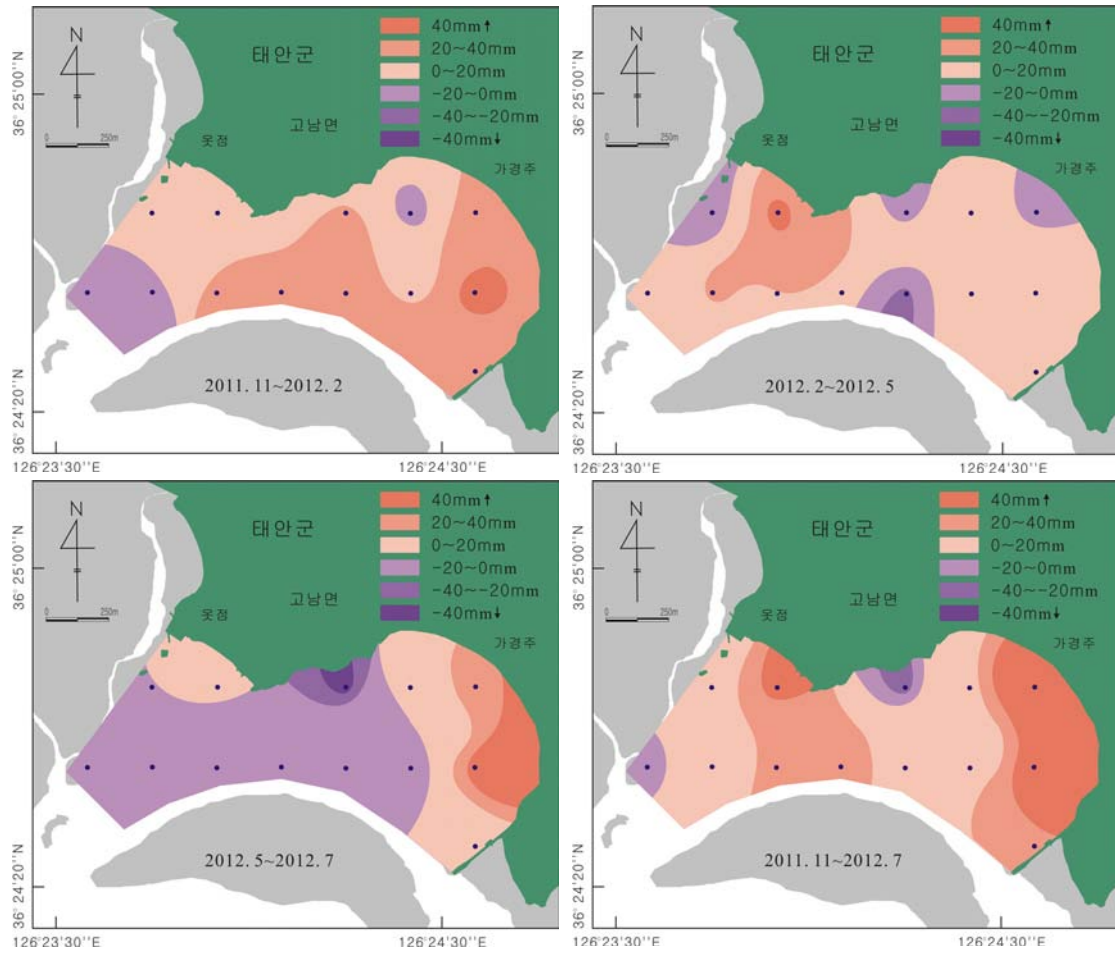
부록 15. 태안군 남면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 물성 분포도



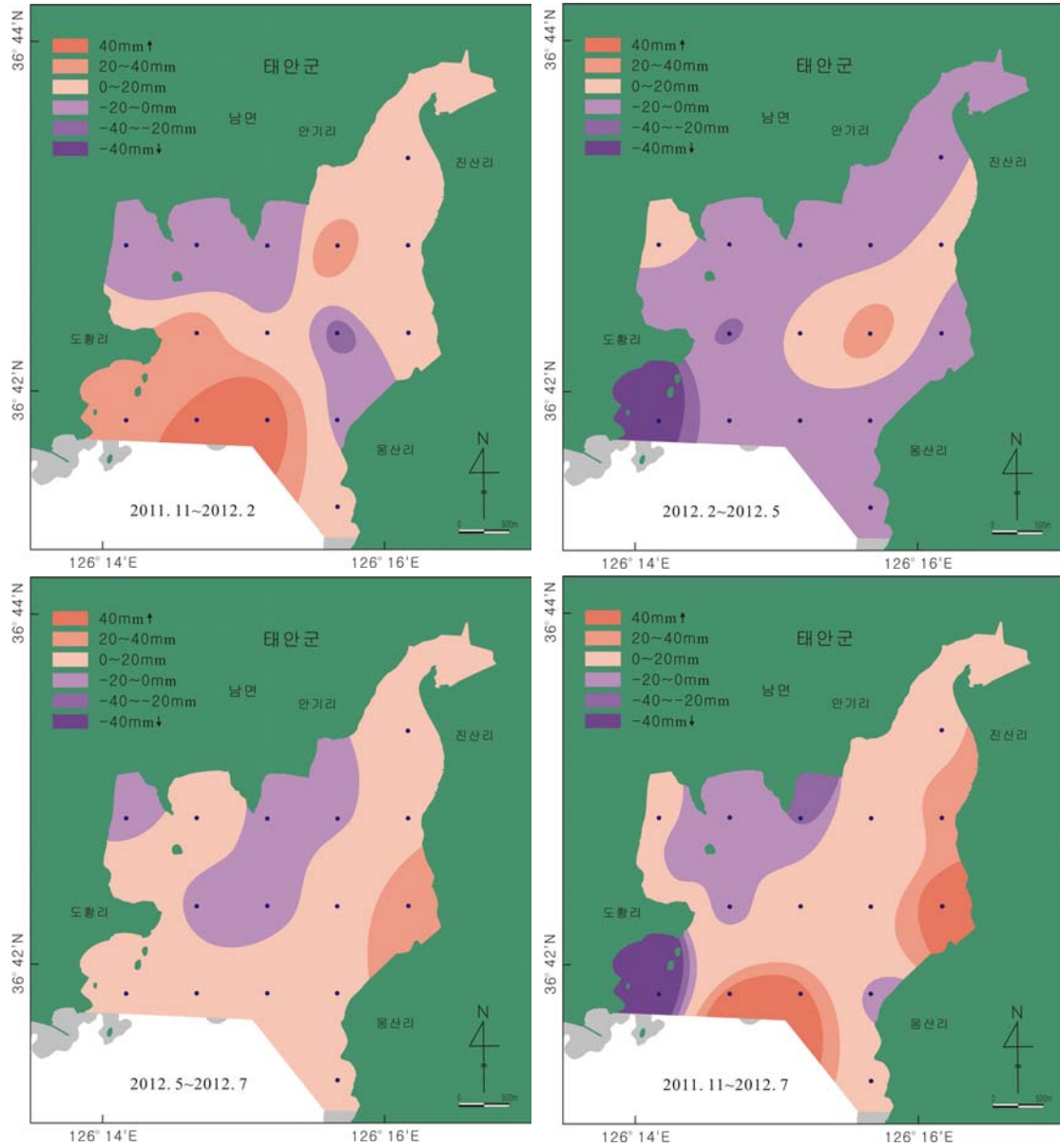
부록 16. 보령시 주교면 갯벌 2011-2012년 침식/퇴적 현황도



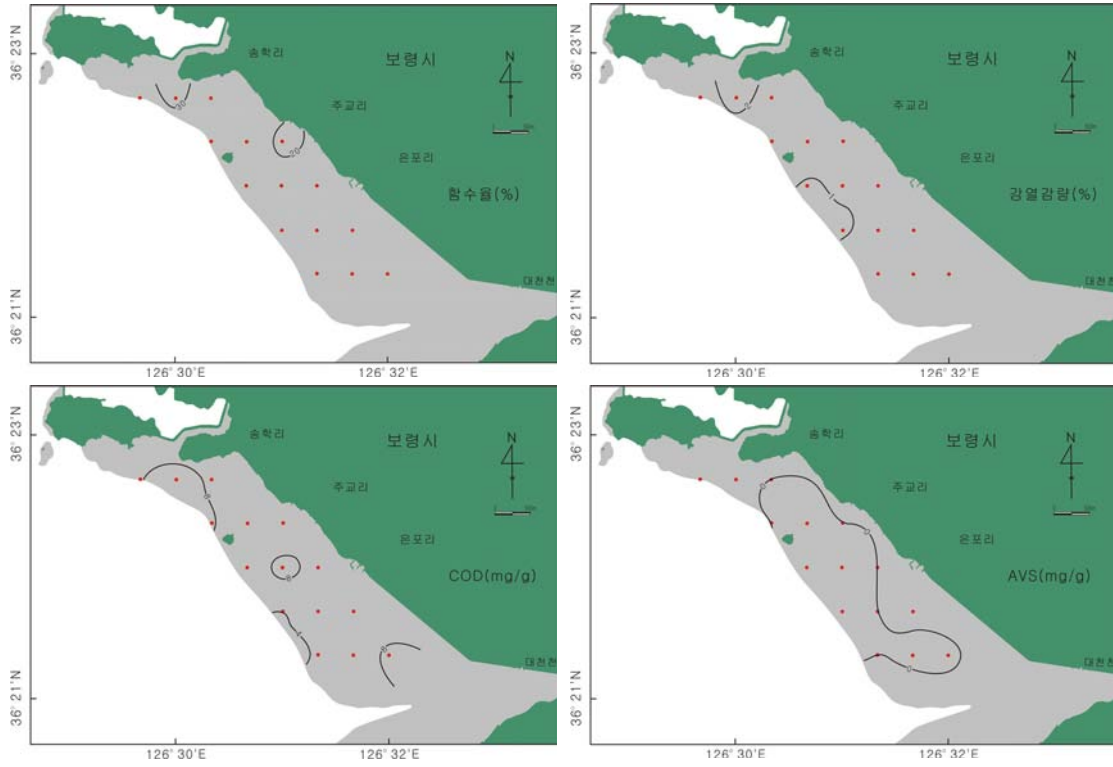
부록 17. 태안군 고남면 갯벌 2011-2012년 침식/퇴적 현황도



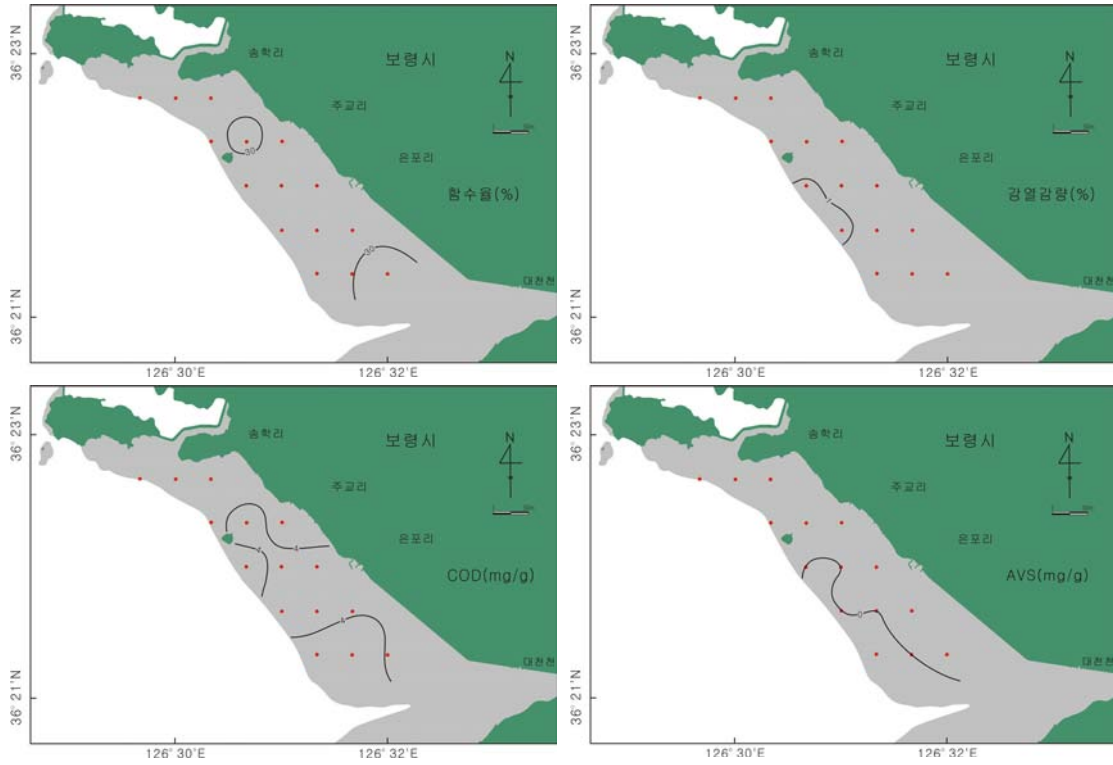
부록 18. 태안군 남면 갯벌 2011-2012년 침식/퇴적 현황도



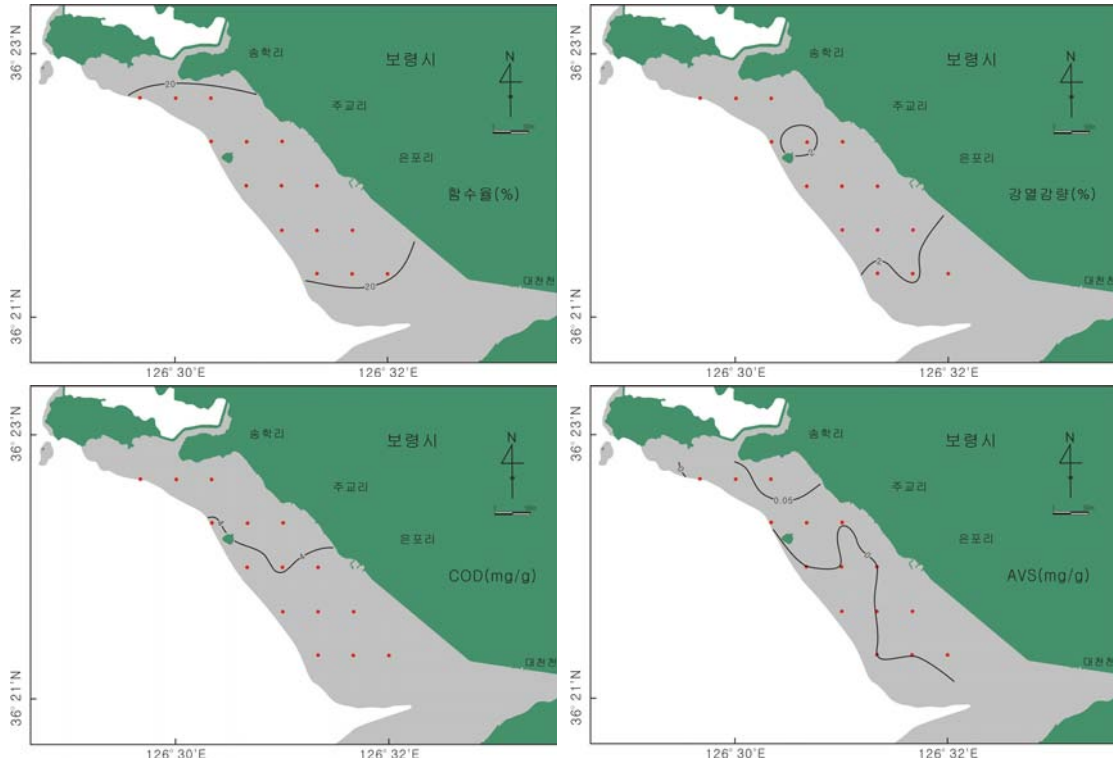
부록 19. 보령시 주교면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 오염 현황도



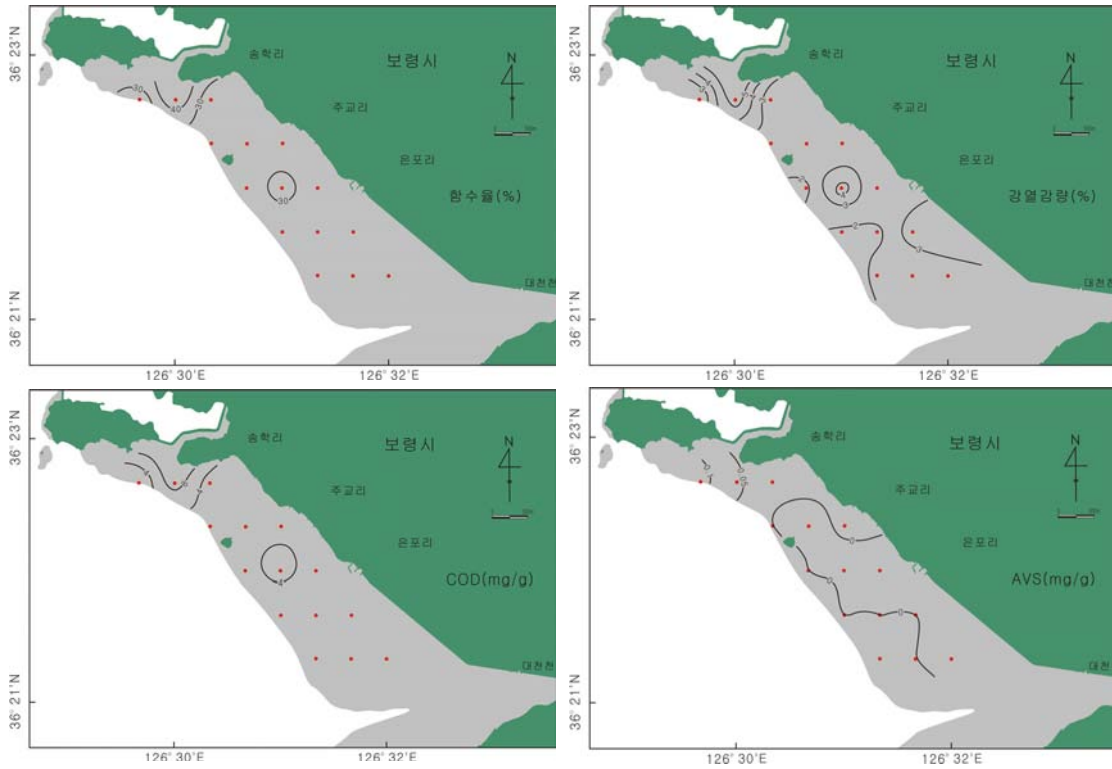
부록 20. 보령시 주교면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 오염 현황도



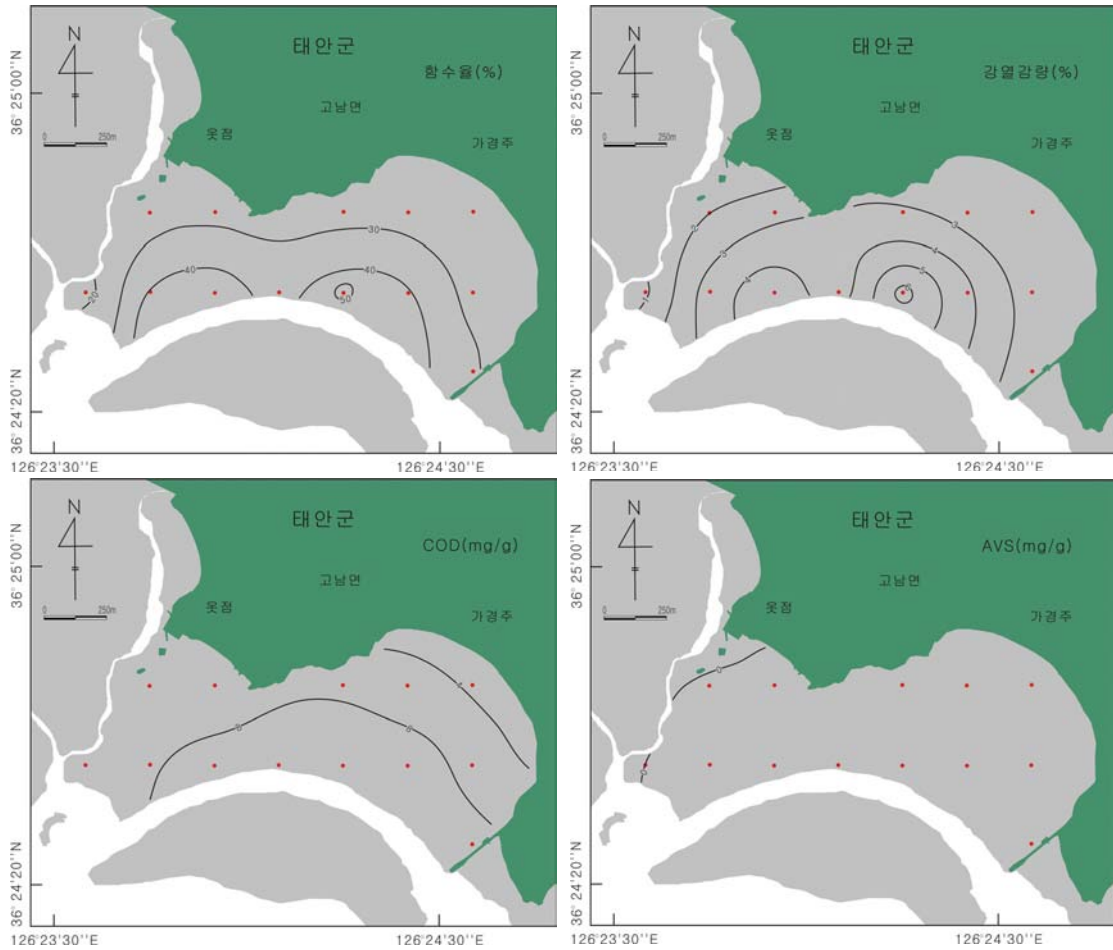
부록 21. 보령시 주교면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 오염 현황도



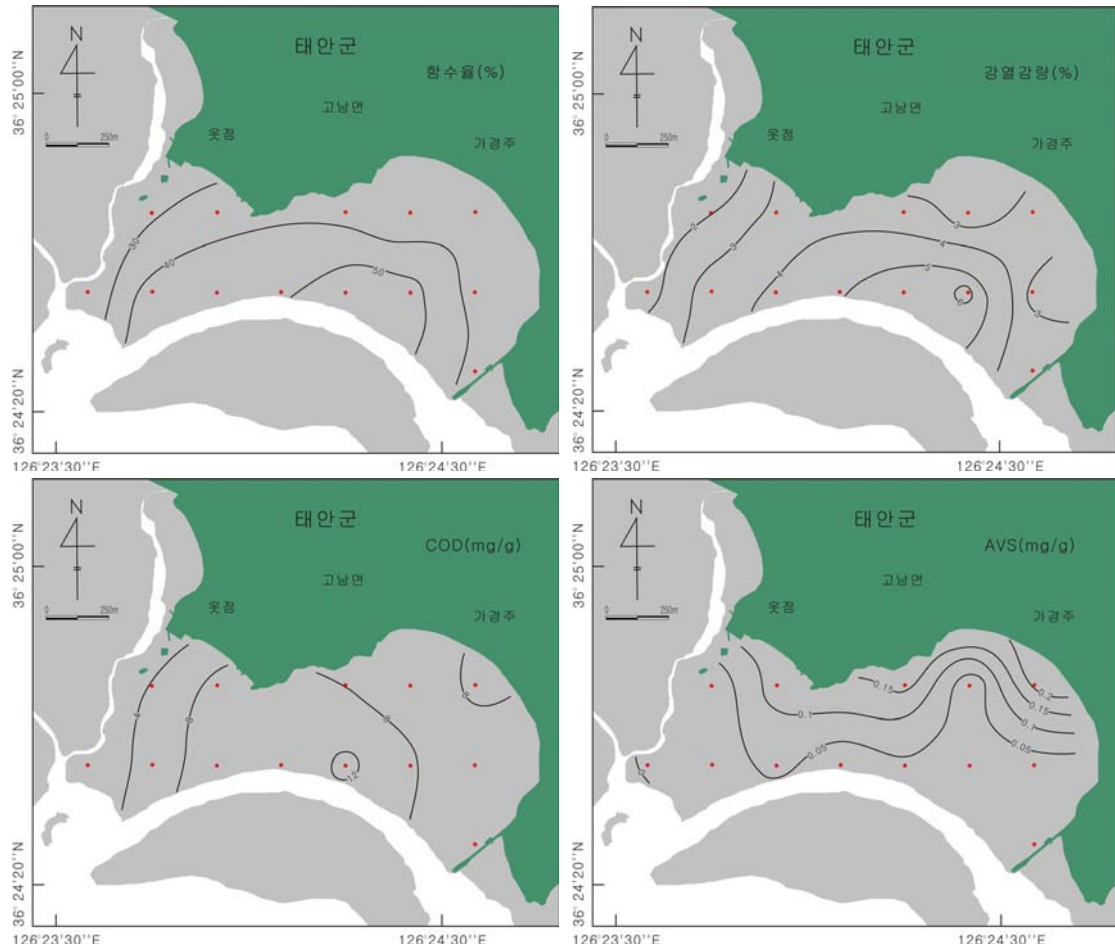
부록 22. 보령시 주교면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 오염 현황도



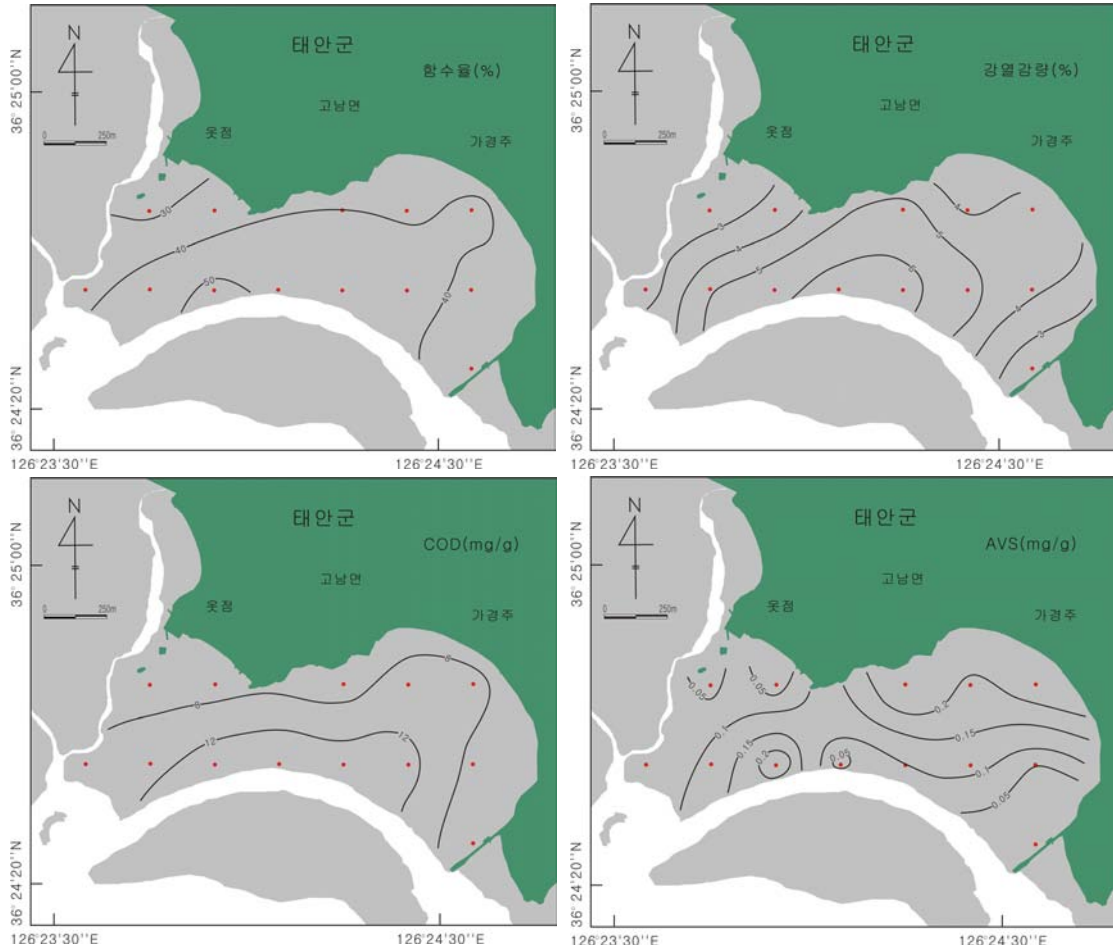
부록 23. 태안군 고남면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 오염 현황도



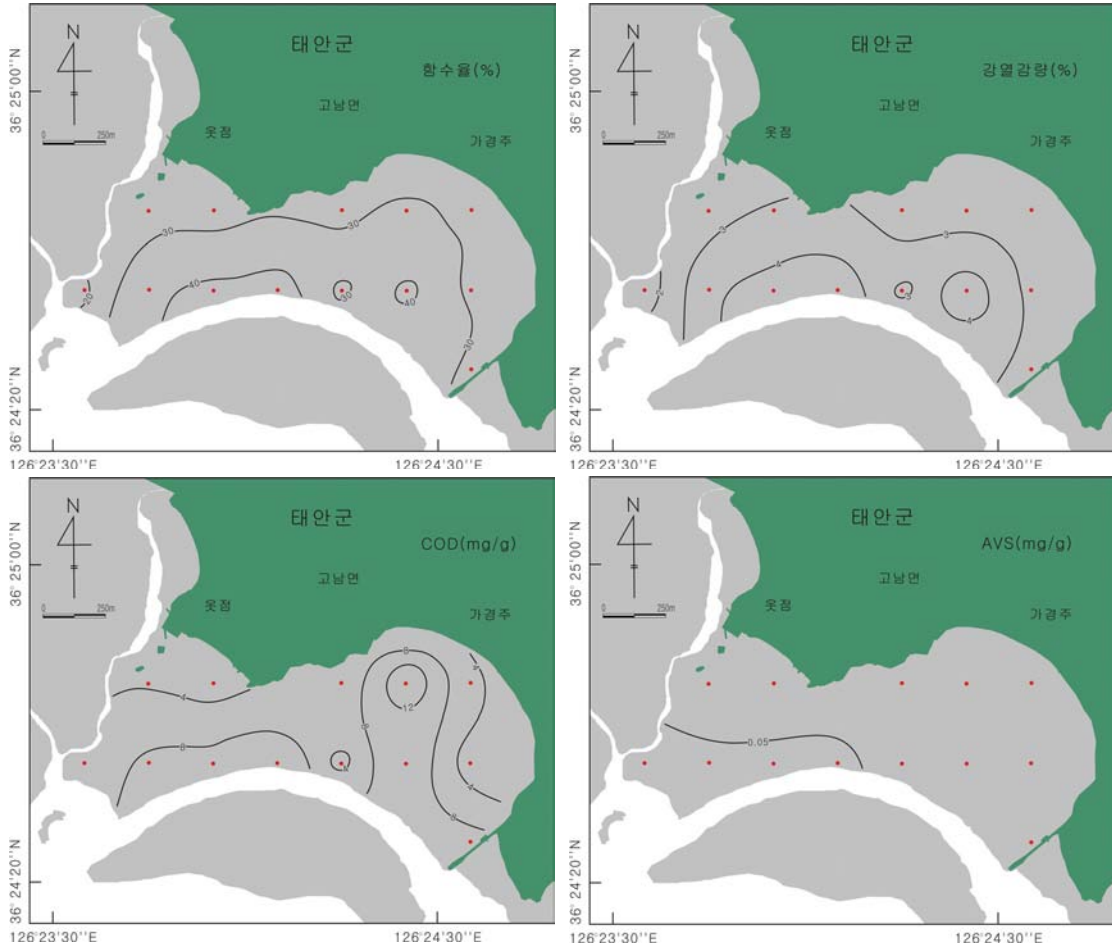
부록 24. 태안군 고남면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 오염 현황도



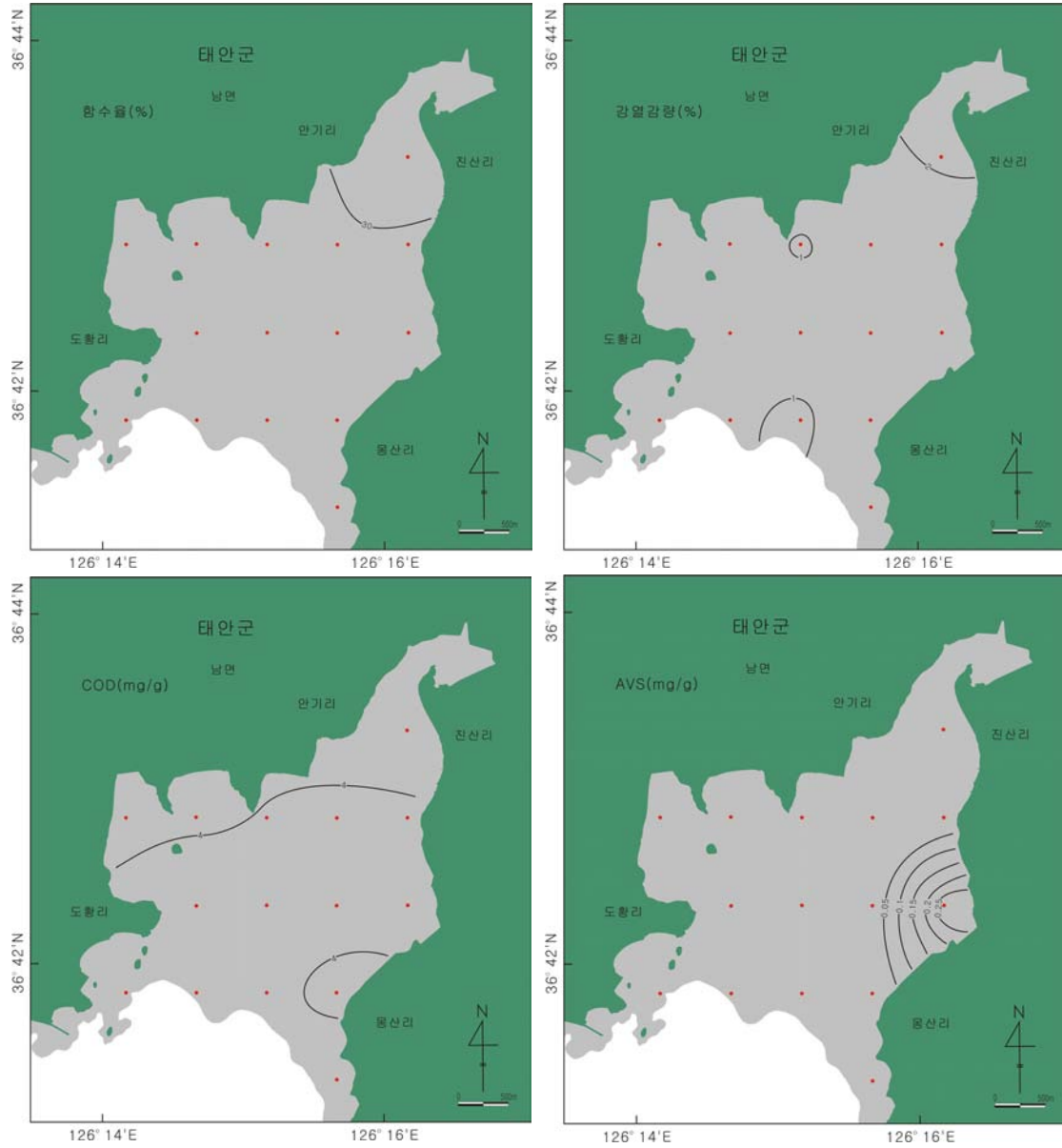
부록 25. 태안군 고남면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 오염 현황도



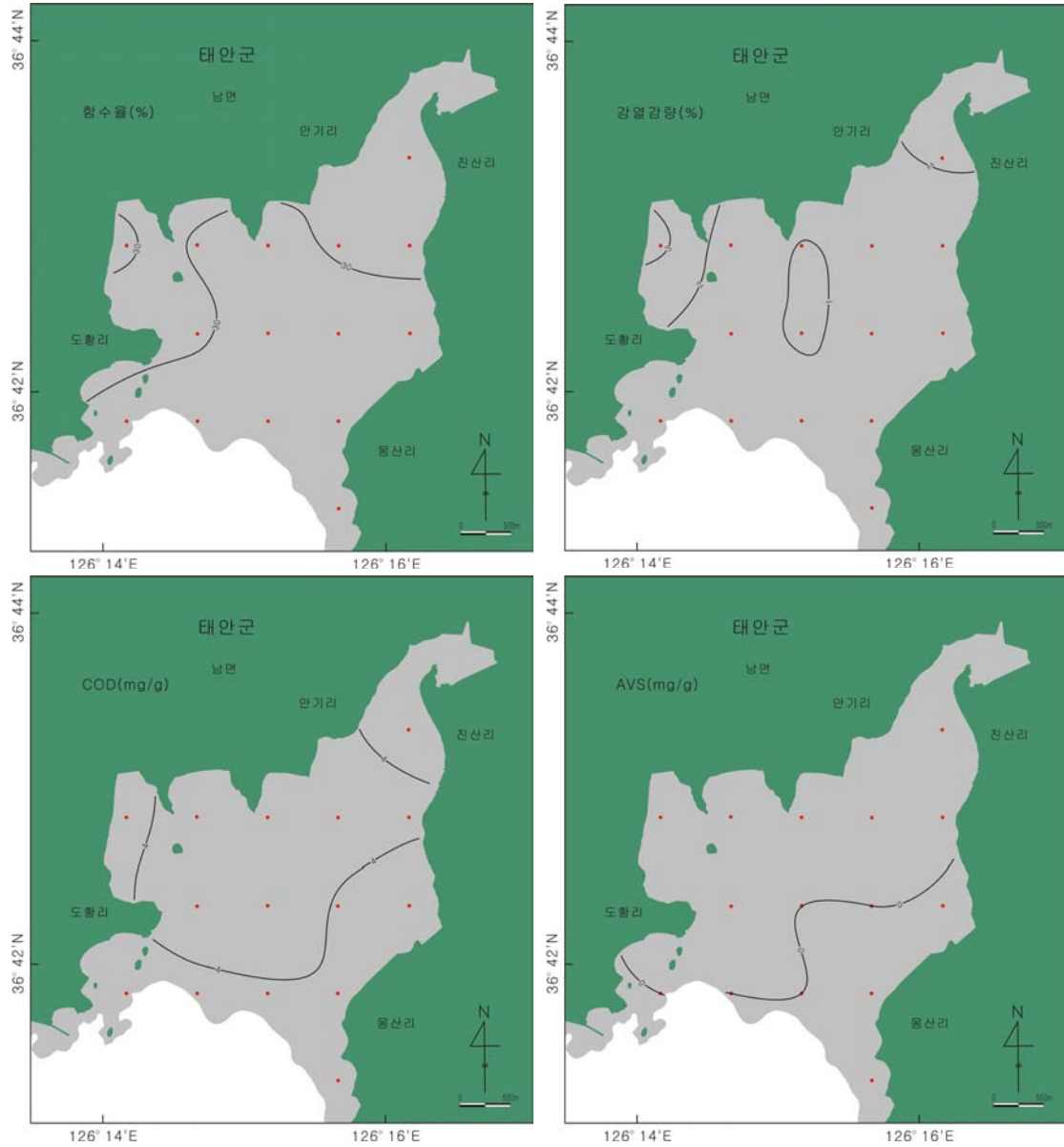
부록 26. 태안군 고남면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 오염 현황도



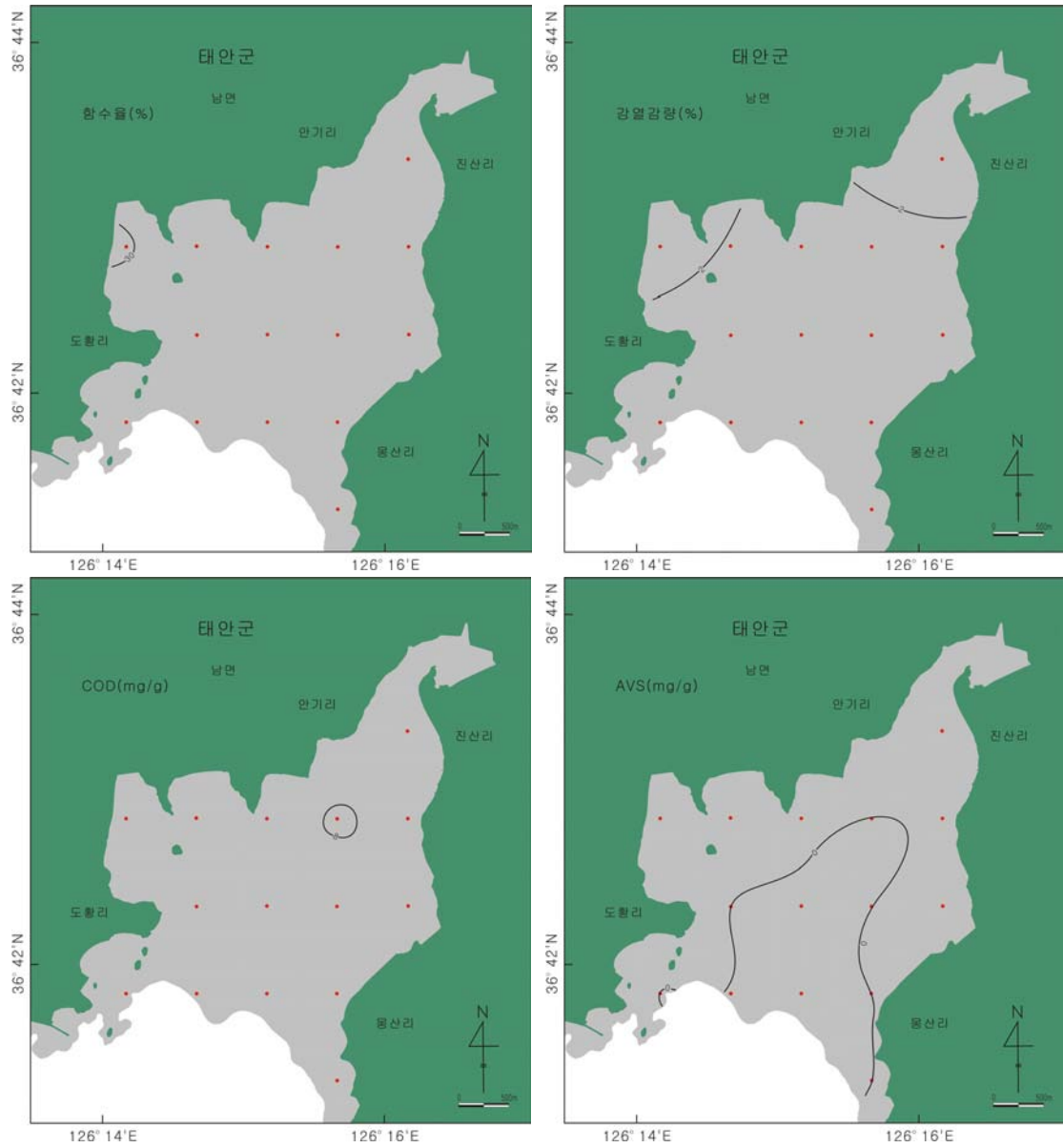
부록 27. 태안군 남면 갯벌 2011년 11월 표층퇴적물 오염 현황도



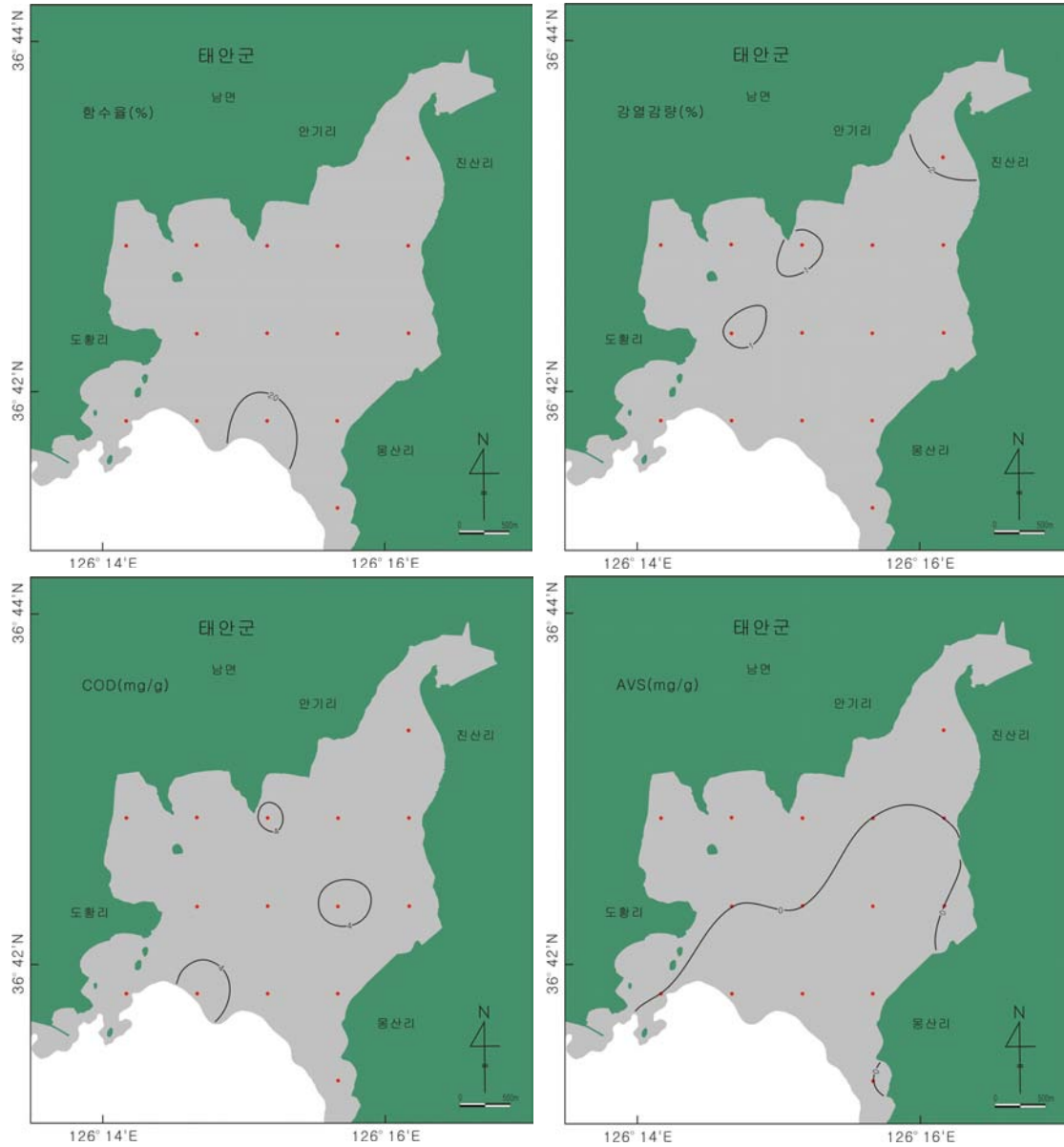
부록 28. 태안군 남면 갯벌 2012년 2월 표층퇴적물 오염 현황도



부록 29. 태안군 남면 갯벌 2012년 5월 표층퇴적물 오염 현황도



부록 30. 태안군 남면 갯벌 2012년 7월 표층퇴적물 오염 현황도





농림수산식품부

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries

