NDSL
National Digital Science Library

대체습지조성 중장기 계획 수립용역(I)

Establishment of Long-term Plan for Creation of Substitutive Wetlands(I)

주관연구기관	한국해양연구원
연구책임자	이광수
발행년월	2003-07
주관부처	해양수산부
사업관리기관	한국해양수산기술진흥원
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200400000265
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 15:16:05

저작권 안내

① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.

② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.

③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.

④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

KiSTi
www.kisti.re.kr

대체습지조성
중장기 계획 수립용역(Ⅰ)

Establishment of Long-term Plan for Creation of Substitutive Wetlands (Ⅰ)

2003. 7

주관연구기관 / 한국해양연구원
협동연구기관 / 인하대학교

해양수산부
MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 "대체습지조성 중장기계획수립용역"의 제1차년도 연구보고서로 제출합니다.

2003년 7월

주관연구기관명 : 한국해양연구원
주관연구책임자 : 이 광수

공학기술 연구분야
분야책임자 : 이 광수
참여연구원 : 염 기대, 박 우선, 소 재귀, 진 재율, 박 진순, 김 성은, 손 민석
연구조원 : 김 용권, 송 한준, 백 원대, 김 윤칠, 김 미경, 나 두성, 김 지희

생태계기능 연구분야
분야책임자 : 김 동성
참여연구원 : 이 재학, 제 종길, 최 진우, 박 자양, 배 성환, 이 형곤, 구 본주, 장 태호, 신 상호, 민 원기, 정 수정, 오 제혁
연구조원 : 문 혜경, 장 지희, 박 영의, 조 명희

법제도 및 경제성 연구분야
분야책임자 : 권 문상
참여연구원 : 이 용희, 오 위영, 박 성욱, 남 광현, 이 미진, 이 문숙
연구조원 : 남 경애

협동연구기관명 : 인하대학교
협동연구책임자 : 홍 재상
연구조원 : 윤 상필, 조 성국, 정 회인, 신 재철, 김 효진

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

최종(단계)보고서 초록

<table>
<tr><td>과제관리번호</td><td></td><td>해당단계
연구기간</td><td>5년</td><td>단계 구분</td><td>없음</td></tr>
<tr><td>연구사업명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>연구과제명</td><td colspan="5">대체습지조성 중장기계획수립 용역</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>이광수</td><td>해당단계
참여연구원수</td><td>총 : 46명
내부 : 28명
외부 : 18명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부: 297,000천원
기업: 천원
계: 297,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속부서명</td><td colspan="2"></td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>협 동 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 : 홍 재상</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)</td><td>보고서면수</td><td>531</td></tr>
<tr><td colspan="6">- 생태계 기능 분야, 공학기술분야, 법제도 분야, 그리고 복원생물 및 이식기술분야 등 4개 분야로 나누어 수행. 각 분야별 연구결과를 요약하면 다음과 같음
- 생태계 기능 분야
· 습지 식생 유형별 생태계 조사 및 기본 환경 파악 : 식생의 중심이 되는 습지생태계를 크게 해안의 갈대 우점 습지생태계, 내만의 거머리말 습지 생태계, 사구생태계로 구분하여 식생 유형별 습지생태계의 환경 및 생태계 조사 실시
· 국내외 습지 현황 및 대체습지 사례조사 : 전국의 대표적인 해안습지 6곳을 기존연구자료를 통해 현황 분석 및 분류를 실시하였으며, 국내외의 대체습지의 사례 조사 실시
- 공학기술 분야
· 습지·해안습지·대체습지에 대해 새로운 정의
· 인공습지조성사례 조사 분석 : 미국, 일본 그리고 우리나라에 조성된 대체습지의 전형적인 조성사례를 각 국가별 2경우에 대해 조사 분석. 미국의 mitigation 개념, 일본의 시공기법을 차용하며 시행은 우리나라의 실정에 맞는 정책을 도출
· 대체습지 조성공법 조사 분석 : 대체습지 조성단계를 3단계로 구분을 제안. 단계별 요소기술, 고려사항을 정리 분석. 다양한 공법을 정리, 분류, 비교
· 실해역 실험적지 선정을 위한 현장조사 및 수치실험 : 기존 환경 및 식생조사를 통해 선정된 17개 후보지에 대해 지형, 수리환경 및 사회적 환경을 조사 분석하여 적지 선정. 실해역 실험적지로 선정된 가로림만 오지리에 대해 현장조사(조석, 파랑, 저질) 실시 및 수치모형(조석, 파랑) 수립
- 법제도 및 경제성 분야
· 공유수면 매립현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측
· 대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책 현황 분석
- 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야
· 잘피류 분포 생태 관련 문헌 조사
· 애기잘피와 잘피의 분포 파악
· 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">습지, 대체습지, 영향완화조치, 잘피, 복원</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">wetland, substitutive wetland, mitigation, zostera, restoration</td></tr>
</table>

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

요 약 문

Ⅰ. 제 목

대체습지조성 중장계획수립용역

Ⅱ. 연구개발의 필요성 및 목적

우리나라 연안습지의 대부분을 차지하는 갯벌은 지형이 평탄하고 광활하여 매립 및 연안개발의 적지로 인식되어 간척·매립으로 훼손되고 소실되었으나, 공유수면 매립법의 강화와 습지보전법의 발효로 습지의 개발이 일시적으로는 중지되고 있다. 그러나 개발을 추진하고자 하는 개인 또는 정부 부서에서는 새로운 명분과 이론을 축적하고 있으므로 해안습지의 보전과 관리를 위한 기술과 기준을 시급히 마련할 필요가 있으며, 습지의 훼손 등에 따라 해안생태계의 기능을 복원하지 않을 경우 머지않은 장래에 생물과 공간으로 대표되는 해양자원의 지속 가능한 이용이 불가능하게 될 것으로 예측된다. 따라서 연안습지의 광범위한 가치에 대한 이해제고와 국제적 습지보전 추세 및 협력에 부응하여 갯벌 등 습지보전을 위하여 정책대안의 마련이 필요하다. 즉, 갯벌을 매립할 경우 매립사업자로 하여금 대체습지 조성을 의무화하기 위하여, 관련 기술개발 및 실해역실험 등을 통해 대체습지조성 방안을 강구하고, 이를 제도화하기 위한 연구개발의 시급한 필요성이 제기되었다.

한편, 국내에서도 관련 기초연구와 병행하여, 단순한 보존차원을 넘어 환경 친화적 연안환경을 창출하고 어민소득을 증대시킬 수 있는 생산성 높은 습지 조성기법 개발을 위한 구체적이고도 심도 있는 연구·개발사업을 본격적으로 수행할 사회적 여건이 충분히 성숙되어졌다. 생태적 공학적 대체습지 조성기술 확보에 따른 그 효용 가치는 매우 클 것이며, 연안개발사업이 불가피한 경우, 훼손된 습지와 상응하는 습지를 조성하여 이해당사자들과 이해상충을 최소화 할 수 있다. 또한, 대체습지 조성이 필요할 경우 외국의 기술이 도입되어야 하나 인공적 습지 조성 기술을 확보하면 이에 따른 기술료 지급 또는 시공에 따른 외화 유출을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

해안에 대체습지를 조성할 경우 해안지형의 유지를 목적으로 한 방안 및 해안생태계의 조성을 위한 생물의 서식기반과 서식조건을 만족시키기 위한 방안, 즉 생물의 유입 및 정착을 촉진하고 유지시키는 방안을 함께 고려하여야 하는 것은 매우 중요하다. 따라서 우리나라 특유의 자연환경에 적합한 생태적 공학적 대체습지 조성기술의 확보는 오랜 시간과 지속적인 투자 속에서만 가능하기에 국가 주도형 사업으로 수행되는 것이 바람직하다 할 것이다.

이상과 같은 배경과 필요성 하에 실시된 이 연구사업은 공유수면 매립 등에 따른 습지의 훼손 또는 상실을 대체하기 위하여 대체습지를 해안지역에 조성할 경우 그에 필요한 생태적 공학적 설계, 시공 및 유지관리 관련 기반기술 확보 및 축적, 그리고 이에 수반되는 대체습지 조성 의무에 관한 법적 근거 및 세부 지침 마련에 그 목적을 두고 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

제1차년도 각 분야별 연구내용을 요약 정리하면 다음과 같다.

가. 생태계 기능 분야

- 습지 식생 유형별 생태계 조사 및 기본 환경 파악 : 식생의 중심이 되는 습지생태계를 크게 해안의 갈대 우점 습지생태계 (강화도 여차리, 시흥 갯벌, 호곡리 갯벌, 순천만 갯벌), 내만의 거머리말 습지 생태계 (가로림만), 사구생태계 (신두리 사구)로 구분하여 식생 유형별 습지생태계의 환경 및 생태계 조사 실시
- 실해역실험 적지 선정 조사 : 대체습지조성에 대한 실해역실험을 위한 실험적지 선정을 위하여 서해안 가로림만 부근의 11정점과 남해안 진도 1정점, 남해도 2정점, 고성 1정점, 거제도 2 정점을 선정하여 기본적인 주변 환경조사와 식생조사 실시
- 국내외 습지 현황 및 대체습지 사례조사 : 전국의 해안습지의 대표적인 지역 6곳을 기존의 연구 자료를 통해 현황 분석 및 분류를 실시하였으며, 국내외의 대체습지의 사례 조사 실시

나. 공학기술 분야

- 대체습지 조성사례 조사 분석 : 미국, 일본 그리고 우리나라에 조성된 대체습지의 전형적인 조성사례를 각 국가별 2경우에 대해 조사 분석

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 대체습지 조성공법 조사 분석 : 대체습지 설계 및 조성을 위한 단계별 기술적 요소를 도출하고, 이들 각각에 대해 다양한 공법을 정리, 분류, 비교
- 실해역실험 적지 선정을 위한 현장조사 및 수치실험 : 기존 환경 및 식생조사를 통해 선정된 17개 후보지에 대해 지형, 수리환경 및 사회적 환경을 조사 분석하여 적지 선정. 실해역실험 적지로 선정된 가로림만 오지리에 대해 현장조사(조석, 파랑, 저질) 실시 및 수치모형(해수유동, 파랑) 수립

다. 법제도 및 경제성 분야

- 공유수면 매립현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측
- 대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책 현황 분석

라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야

- 잘피류 분포 생태 관련 문헌 조사
- 애기잘피와 잘피의 분포 파악
- 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경 파악

Ⅳ. 연구개발결과

제1차년도 각 분야별 연구개발결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

가. 생태계 기능 분야

- 실해역실험 적지 선정 조사 : 가로림만 부근의 11정점과 남해안 진도 1정점, 남해도 2정점, 고성 1정점, 거제도 2 정점을 선정하여 기본적인 주변 환경조사와 식생조사를 실시하였다. 실험습지로 가장 적합하다고 판단되어진 가로림만 입구 벌말에 위치한 작은 내만의 조간대 중하부에 거머리말 군락이 패치를 이루고 있으며, 조간대 상부에 소형 염생식물 군락이 있고, 암반지형에 부착생물이 서식하고 있다.
- 거머리말 습지현황 및 특성 연구 : 해초(seagrass)는 해수에서 수중생활을 하는 해양현화식물이며, 해초의 분류체계는 단자엽 식물강(Monocotyledoneae)의 Naiadales(*Helobiae*)목에 5과 12속 58종으로 분류된다. 제주도를 포함한 한반도 전 해역의 거머리말속의 생물지리학적 분포를 조사한 결과 동해연안의 14개 정점, 9개 정점과 남해안 26개 정점에서 거머리말속의 해초가 자생하는 것으로 조사되었다. 한반도에 자생하는 거머리말속 생육지의 저질의 특

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

성은 해역과 종에 따라 크게 구분되었다. 동해연안 퇴적물의 유형은 출현종에 관계없이 사질 특성을 나타내었다. 남해연안 퇴적물의 특성은 다양하게 출현하는 종에 비해 퇴적물의 유형은 사질과 니사질로 구분되어 나타났다.

- 국내연안습지에 서식하는 중형저서동물 군집 특성 : 전체 조사 지역에서 나타난 분류군 수는 총 20개 분류군이고, 정점별 작게는 5개의 분류군에서 많게는 12개의 분류군을 나타냈다. 가장 높은 분류군수를 나타낸 정점은 제주 오조의 거머리말 군락지의 12개와 삽시도의 거머리말 군락지로 같은 분류군 수인 12개 나타냈다. 가장 적은 분류군 수를 보인 정점은 강화도의 염생식물이 서식하고 있지 않은 인근 두 정점에서였다. 가장 높은 서식밀도를 보인 정점은 동대만의 거머리말 서식지였다(4,425 개체/10㎠).
- 국내 해안습지 분류 및 식생유형별 생태계 조사 : 해안습지 분류에 대표적인 사례, USFWS의 국가습지목록과 습지협약의 분류체계를 참고하여 우리나라 해양환경과 식생대를 고려하는 해안습지 분류체계를 제안하였다. 갈대우점 염습지에 비해 거미리말 군락과 해안사구에서 대형저서동물의 밀도가 상대적으로 높게 나타났다. 독곶리의 거머리말 지역은 조사지역 가운데 가장 높은 평균서식밀도 분포를 보였다. 유사한 노출시간을 가진 지역간의 비교로부터 식생의 유무보다는 노출시간과 관련된 요인이 생물상의 정도를 결정하는데 보다 중요한 요인인 것으로 판단되었다.
- 국내외 습지 현황 및 대체습지 사례조사 : 전국의 해안습지의 대표적인 지역 6곳을 기존의 연구 자료를 통해 현황 분석 및 분류를 실시하였으며, 국내외의 대체습지 조성사례를 조사하여 세부적인 연구 사례 및 현장에서의 적용 등에 대하여 분석하였다.

나. 공학기술 분야

- 습지·해안습지·대체습지의 정의 : 람사협약, 미국의 사례, 우리나라의 법제 등을 분석하여 문제점을 분석하고 연안습지를 정의함에 있어 일정 수심까지 확장하고, 연안습지보다는 해안습지의 용어를 사용할 것을 제안하였다. 대체습지를 미국의 mitigation의 개념을 차용하여 습지의 보전·복원·개선·조성을 포함하는 광의의 개념으로 정의할 것을 제안하였다.
- 대체습지 조성 공학기술 : 대체습지 조성 공학기술을 정의하고, 조성형태를 조사하였으며, 조성단계를 계획·설계단계, 시공단계, 유지관리단계 등 3단계로 구분하는 것을 제안하였다. 조성단계별 고려사항을 검토하고 이로부터 조성단계별 요소기술을 도출하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 해안습지 조성기법 : 설계·시공시에 핵심적인 조성공법, 즉 생태기반조성기법, 식재기법, 습지 수질개선기법, 습지지반조성기법, 그리고 수리·퇴적환경제어구조물 기법에 대하여 각각의 특성, 고려사항, 적용시 주의사항 등에 대해 조사 분석하고 정리하였다.

- 대체습지 조성사례 조사 분석 : 미국, 일본, 우리나라의 대표적인 해안습지 조성사례 6개소에 대하여, 미국과 일본은 국외현장조사를 통해, 자료를 수집하고 비교 분석하였다. 미국으로부터는 mitigation 개념을 차용하고, 조성기법은 우리나라와 실정이 유사한 일본의 인공습지를 벤치마킹하며, 시행은 우리나라에 알맞은 정책을 도출하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

- 실해역실험습지 적지 선정 및 현장조사 : 문헌 및 자료조사를 통해 17개소를 선정하고, 생태조사를 통해 3개소를 후보지로 선정한 후, 공학적 환경 및 사회적 환경 검토를 거쳐 최종적으로 가로림만 오지리를 제1후보지로 선정하였다. 선정된 후보지에 대해 파랑·조석, 조류, 저질 현장조사를 실시하고 자료를 분석하였다.

다. 법제도 및 경제성 분야

- 공유수면 매립현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측 : 우리나라의 습지현황, 간척 및 매립현황, 외국의 대체습지 조성현황을 분석하였고, 매립수요 및 대체습지 수요를 예측하였다. 공유수면 매립시 대체습지조성을 의무화할 경우 약 3조 7000억원이 소요되어 새로운 해양산업 창출효과와 함께 환경보전 및 복원효과를 동시에 달성할 수 있을 것이다.

- 대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책 현황 분석 : 관련법인 습지보전법, 연안관리법, 자연환경보전법, 공유수면매립법, 농지법 등을 조사 분석하였다. 습지보전법은 갯벌을 포함한 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 국가의 습지관련 기본계획에 포함하도록 법률에서 명시했다는 점에서 의미가 있다. 연안관리법에는 연안통합관리계획과 연안정비계획을 통해 대체습지를 조성할 수 있는 길을 열어 놓고 있다. 자연환경보전법에는 생태계보전협력금의 부과에 있어서 공유수면관리법 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위해서만 사용하도록 제한하고 있는바, 동 협력금으로 조성된 기금을 해양환경보전사업에 사용할 수 있어 향후 대체습지조성 사업에 긍정적인 영향이 있을 것으로 기대된다. 공유수면매립법에는 대체습지 조성과 관련된 직접적인 규정은 없으나 공유수면 매립이 대체습지 조성수요

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

의 하나이기 때문에 공유수면매립법과 연계하여 대체습지 조성을 의무화하는 방안을 모색하여야 한다. 농지법에도 대체습지 조성과 관련된 직접적인 규정은 없으나, 농지전용에 따른 농지조성비의 부과 규정을 대체습지를 조성하게 하거나 대체습지를 조성할 비용을 부담하게 하는 근거규정으로 활용할 수 있을 것이다. 해양개발기본계획, 연안통합관리계획, 연안정비계획, 중장기 항만기술발전 기본계획, 공유수면매립기본계획, 그리고 습지보호지역 보전계획을 검토하였다. 이러한 국내법과 국내정책을 토대로 대체습지조성을 의무화하도록 하는 것이며, 현행 습지보전법상의 권장규정을 의무화하는 규정으로 개정하는 방안과 공유수면매립법상에 공유수면매립자로 하여금 매립면적에 상응하는 대체습지를 조성하도록 의무화하는 규정을 신설하는 방안이 있다. 그리고 대체습지조성 의무화 방향으로는 습지훼손자로 하여금 훼손되는 습지에 상응하는 새로운 습지를 조성하도록 할 것인가 아니면 훼손 부담금을 내게 할 것인가 하는 방안이 있다. 습지보전법상 습지의 개념을 조하대 일정 수심까지를 습지로 간주하여 이를 연안습지의 한계로 설정하는 방향으로 습지보전법을 개정할 필요가 있다. 또한 대체습지 조성을 의무화할 때 법제도의 정비 및 행정적 절차에 못지않게 중요한 것이 대체습지를 조성할 수 있는 기술이 우선 확보되어야 할 것이다.

라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야

- 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경 파악 : 서해안 갯벌에 서식하는 잘피류(*Zostera*)의 분포와 생육환경 규명을 위하여 애기잘피(*Zostera japonica*)와 잘피(*Zostera marina*)의 형태적인 특징 및 서식 밀도와 생물량을 파악하였다. 서해 중부 연안의 승봉도 갯벌에 서식하는 잘피류를 대상으로 2002년 12월부터 2003년 4월까지 월별로 현장조사를 실시하였다. 현장조사는 조위에 따라 3개의 정점을 선정하였고, 잘피류의 형태적 변수 (전체길이, 잎 길이, 엽초의 길이, 잎의 폭, 엽초의 폭, 지하경의 폭)와 서식밀도, 생물량을 조사하였다. 조사 결과, 숭봉도 갯벌에 서식하는 애기잘피와 잘피의 형태적 변수는 조사기간 중 2월에 최소값을 보였고, 이후 시간의 경과에 따라 증가하여 4월에 최대 값을 나타냈다. 이러한 형태적 변수의 월별 변화양상은 물리적인 환경요인과 관련이 있는 것으로 생각된다. 한편, 독립지에 서식하는 잘피류는 혼서지역의 잘피류보다 상대적으로 길었고, 이것은 잘피류가 선호하는 조위와 생물간의 경쟁적인 측면에서 고려해 볼 수 있었다. 잘피류의 서식밀도와 생물량을 보면, 서식밀도는 일부 시기를(애기잘피-독립지, 2월, 혼합지, 4월; 잘피-혼합지, 1월) 제외하면 전반적으로 변화가 없었

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

으며, 생물량은 독립지와 혼합지에서 겨울철인 12월부터 2월에 낮았고, 수온이 상승하는 4월에 높았다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

이 연구사업은 총 5년간 수행하는 것으로 계획되어 있으며, 현재 제1차년도 연구가 실시되었다. 제1차년도 연구는 주로 자료 및 문헌 조사와 현장조사를 중심으로 실시되었으며, 당초 목표한 연차별 연구목표를 충분히 달성한 것으로 판단된다. 제1차년도 연구를 통해 얻어진 자료 및 결과는 제2차년도 연구는 물론 이 연구의 종료시점까지 기초 자료로 직접 유용하게 활용될 예정이다. 특히, 실해역실험을 위한 실험습지 입지 선정은 이 연구사업 전반에 영향을 미칠 정도로 중요한 사항이 될 것이다. 이 연구사업의 종료되는 시점에서의 두드러진 연구 성과는 대체습지 조성 관련 생태적 공학적 지침서와 조성된 대체습지의 성공 여부 평가 지침서로 나타날 것이다. 이 지침서는 정부의 관리자, 산업계의 관련 기술자, 관련 분야의 연구자 등에게 대체습지는 물론 해안습지의 보존, 복원, 조성에 관련된 guideline을 제공해 줄 것이다. 이러한 지침서는 해안습지에 관련된 모든 사람과 산업에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

목 차

요 약 문 ····· iii

목 차 ····· x

그림목차 ····· xvii

표 목 차 ····· xxv

제1장 서 론 ····· 1

제1절 습지, 해안습지 및 대체습지의 정의 ····· 3

1. 습지의 정의 ····· 3

2. 해안습지의 정의와 분류 ····· 6

가. 해안습지의 정의 ····· 6

나. 해안습지의 분류 ····· 8

3. 대체습지의 정의 ····· 12

제2절 연구의 배경 및 필요성 ····· 14

1. 연구의 배경 ····· 14

2. 연구의 필요성 ····· 16

제3절 연구개발의 목표 ····· 18

제4절 연구수행 내용 및 방법 ····· 20

1. 연구수행내용 ····· 20

가. 생태계 기능 분야 ····· 20

나. 공학기술 분야 ····· 21

다. 법제도 및 경제성 분야 ····· 21

라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야 ····· 21

2. 연구수행방법 ····· 22

가. 생태계 기능 분야 ····· 22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나. 공학기술 분야 ····· 22
다. 법제도 및 경제성 분야 ····· 23
라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야 ····· 23

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 25
제1절 생태계 기능 분야 ····· 28
1. 조간대 생태계 구성원 중요성 및 특성 ····· 28
2. 소규모 생태계(Microcosm) 실험 연구 ····· 29
3. 중규모 생태계(Mesocosm) 실험 연구 ····· 32
4. 대체습지 생태계 조성 모의실험 계획 ····· 33
가. 대상생물 혹은 생물군집 선정 ····· 35
나. 대상생물의 생리 생태적 특성 연구 ····· 36
다. 대상생물의 습지 서식 환경 조건 연구 ····· 36
라. 대상지역의 서식환경조건 형성 연구 ····· 37
마. 서식생물 이식 및 가입 실험 ····· 37
바. 실해역 대체습지 조성 실험 ····· 38
5. 대체습지 Microcosm / Mesocosm 실험 설비 ····· 38
제2절 공학기술 분야 ····· 39
1. 국외 기술 동향 ····· 40
가. 미국 ····· 40
나. 일본 ····· 46
다. 유럽연합 ····· 50
2. 국내 기술 동향 ····· 53
제3절 법제도 및 경제성 분야 ····· 58
제4절 복원생물 및 이식기술 분야 ····· 60
1. 국내 기술개발 현황 ····· 60
2. 국외 기술개발 현황 ····· 61

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 I : 생태계 기능 분야 ····· 63
제1절 서론 ····· 65
제2절 거머리말 습지 현황 및 특성 연구 ····· 67

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

1. Seagrass의 정의 및 개요 ····· 67
2. 생물지리학적 분포 ····· 69
3. 생육지의 특성 ····· 71
가. 동해연안 거머리말속 생육환경의 특성 ····· 81
나. 서해연안 거머리말속 생육환경의 특성 ····· 83
다. 남해연안 거머리말속 생육환경의 특성 ····· 85
라. 거머리말속 생육지 퇴적환경의 특성 ····· 87
마. 거머리말속의 정량적인 외부형질의 특성 ····· 90
제3절 국내해안습지에 서식하는 중형저서동물 군집 특성 ····· 96
1. 서론 ····· 96
2. 조사방법 ····· 98
3. 정점별 출현분류군 및 군집구조 특성 ····· 100
가. 제주도 오조리 거머리말 습지 ····· 100
나. 거제도 다대리 애기거머리말 습지 ····· 106
다. 동대만 당항리 거머리말 습지 ····· 113
라. 삽시도 연안 거머리말 습지 ····· 121
마. 가로림만 벌말리 거머리말 습지 ····· 128
바. 승봉도의 거머리말 습지 ····· 129
사. 강화도 여차리 염생식물 습지 ····· 141
아. 전 지역, 전 정점에서의 중형저서동물 비교 ····· 142
제4절 국내 해안습지의 분류 및 식생 유형별 생태계 조사 ····· 156
1. 해안습지의 유형별 분류 ····· 156
가. 해안습지의 현황 ····· 156
나. 해안습지의 분류 ····· 156
다. 해안습지의 복원 ····· 166
2. 해안습지의 유형별 환경 및 생태계 조사 ····· 171
가. 연구 조사지 선정 ····· 171
나. 연구방법 ····· 171
다. 연구결과 ····· 175
라. 습지 유형별 대형저서동물 비교 ····· 217

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제5절 국내외 대체습지 복원 사례 ····· 220
1. 국내의 경우 ····· 220
2. 외국의 경우 ····· 222
가. 미국 ····· 222
나. 일본 ····· 223
다. 유럽 ····· 224
라. 기타 ····· 225
3. 해안습지와 사구의 복원 사례 ····· 227
가. 해안습지의 복원 ····· 227
나. 해안사구의 복원 ····· 242

제4장 연구개발수행 내용 및 결과 II : 공학기술 분야 ····· 247
제1절 서 론 ····· 249
제2절 대체습지의 조성 공학기술 ····· 250
1. 대체습지 조성 공학기술의 정의 ····· 250
2. 대체습지의 조성형태 ····· 251
3. 해안습지의 조성단계 ····· 254
4. 조성단계별 고려사항 ····· 257
5. 조성단계별 요소기술 ····· 259
제3절 해안습지 조성기법 ····· 262
1. 생태기반 조성기법 ····· 262
가. 수환경 조성기법 ····· 263
나. 토양환경 조성기법 ····· 269
다. 친환경적 호안 조성기법 ····· 270
라. 소규모 지형의 조성기법 ····· 271
2. 식재기법 ····· 275
3. 습지 수질개선 공법 ····· 278
4. 지반 조성공법 ····· 283
5. 수리·퇴적환경 제어 구조물 공법 ····· 287
제4절 대체습지 조성사례 조사 분석 ····· 289
1. 국외사례 ····· 289

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 국내사례 ····· 310
가. 시화호 갈대습지 공원 ····· 310
나. 대호환경농업 시범사업 ····· 314
제5절 실해역 실험습지 적지 선정 및 현장조사 ····· 317
1. 적지선정시 고려사항 ····· 317
2. 현장조사 ····· 318
가. 가로림만 지역(11개소) ····· 319
나. 진도 금갑 ····· 326
다 남해 동대만 ····· 326
라. 남해 앵강만 ····· 327
마. 고성 신월 ····· 328
바. 거제 가배 ····· 329
사. 거제 다대 ····· 329
3. 실해역 실험습지 적지 선정 ····· 330
4. 실험습지 후보지 현장관측 ····· 331

제5장 연구개발수행 내용 및 결과 III : 법제도 및 경제성 분야 ····· 347
제1절 대체습지 조성을 위한 현황 분석 ····· 349
1. 습지현황 ····· 349
2. 간척 및 매립 현황 ····· 350
3. 외국의 대체습지 조성 현황 ····· 357
4. 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측 ····· 360
제2절 대체습지 조성을 위한 법제도 및 정책 ····· 361
1. 대체습지의 개념 ····· 361
2. 관련 법제도 현황 ····· 364
가. 습지보전법 ····· 364
나. 연안관리법 ····· 376
다. 자연환경보전법 ····· 383
라. 공유수면매립법 ····· 396
마. 농지법 ····· 399
3. 관련 계획 ····· 404

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

가. 해양개발기본계획 ····· 404
나. 연안통합관리계획 ····· 405
다. 연안정비계획 ····· 407
라. 중장기 항만기술발전 기본계획 ····· 409
마. 공유수면매립 기본 계획 ····· 410
바. 습지보호지역 보전계획 ····· 411
제3절 대체습지 조성을 위한 법제도 및 정책 방향 ····· 414
1. 대체습지 조성을 위한 의무화 규정 ····· 414
2. 대체습지조성 의무화 방향 ····· 416
3. 대체습지조성 실용화기술 확보 ····· 417
4. 대체습지조성을 위한 정책방향 제시 ····· 418
제4절 결론 ····· 419

제6장 연구개발수행 내용 및 결과 IV : 복원생물 및 이식기술 분야 ····· 423
제1절 서론 ····· 425
1. 연구의 필요성 및 목적 ····· 425
2. 해산 현화식물의 분류 및 분포 ····· 427
가. 잘피과(Family Zosteraceae) 식물의 분류 ····· 429
나. 국내 분포 ····· 429
다. 국외 분포 ····· 430
2. 잘피류의 형태적인 특징 변수 ····· 431
제2절 재료 및 방법 ····· 432
1. 연구지역 ····· 433
2. 대상생물 선정 및 현장조사 ····· 433
가. 대상생물의 선정 ····· 433
나. 현장조사 ····· 434
3. 분석방법 ····· 434
가. 외부 형태학적 형질의 분석 ····· 434
나. 서식밀도 및 생물량 분석 ····· 436
제3절 결과 ····· 437
1. 생육지 특징 ····· 437

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 형태학적 특징 ····· 437
가. 전체길이 ····· 437
나. 잎 ····· 440
다. 지하경의 폭 ····· 443
라. 서식밀도 ····· 444
마. 생물량 ····· 445

제7장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 449
제1절 연구개발목표 달성도 ····· 451
제2절 관련분야에의 기여도 ····· 453

제8장 연구개발결과의 활용계획 ····· 457

제9장 참고문헌 ····· 461

부록 ····· 479

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

그 림 목 차

<그림 1.1.1> 전형적인 해안습지 지형과 이와 관련된 기준 용어 (위는 모래갯벌 지형이며, 아래는 펄갯벌 지형임) ····· 7

<그림 1.1.2> 해안습지와 연안습지의 비교 개념도 ····· 9

<그림 2.1.1> 연안 생태계 먹이망 관계 ····· 29

<그림 2.1.2> Microcosm system의 예 ····· 30

<그림 2.1.3> 해파리 및 난바다곤쟁이의 행동양식 실험을 위한 microcosm 설계도 ····· 30

<그림 2.1.4> 일본의 해양생물연구소의 발전소 온배수에 의한 생태계 변화를 보기위한 microcosm ····· 31

<그림 2.1.5> 어류의 행동반응을 보기위한 microcosm ····· 31

<그림 2.1.6> 일본 Abiko 중앙전력연구소의 대형연안모형설비 ····· 33

<그림 2.1.7> 일본 항만연구소의 전경과 인공 갯벌 실험 설비 설명도 ····· 34

<그림 2.2.1> Geotextile tube의 단면개념도 ····· 45

<그림 2.2.2> 이츠가이치 인공갯벌 공사 전(좌)과 공사 후(우) ····· 48

<그림 2.2.3> 이츠가이치 인공갯벌의 전경(위)와 단면도(아래) ····· 48

<그림 2.2.4> 오사카 난코 야생조류원의 위치도(좌상), 안내도(우상) 및 전망대에서 바라본 전경(아래) ····· 49

<그림 2.2.5> 동경 카사이 해빈공원의 전경 ····· 49

<그림 2.2.6> 나무말뚝 소파 잠제(brushwood groin)의 시공 장면(좌)과 이와 같은 방법으로 조성된 연안습지 ····· 52

<그림 2.2.7> 벨기에 Zeebrugge에 준설모래로 양빈하여 조성한 인공해빈 ····· 52

<그림 2.2.8> 인공습지 조성방법 ; 자유수면시스템(좌), 습지여과시스템(우) ··· 56

<그림 2.2.9> 시화호에 조성된 인공갈대습지 ····· 56

<그림 3.2.1> 국내에 생육하는 거머리말의 분포 ····· 77

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 3.2.2> 남해안의 거머리말 초지 전경 ····· 78

<그림 3.2.3> 거머리말 초지의 수중 촬영 모습 ····· 78

<그림 3.2.4> 서해안 승봉도에 위치한 애기거머리말 초지 ····· 79

<그림 3.2.5> 애기거머리말 초지의 생물상 ····· 79

<그림 3.2.6> 남해안의 대규모 수거머리말 초지 ····· 80

<그림 3.2.7> 포기거머리말의 수중 촬영 모습 ····· 80

<그림 3.2.8> 거머리말속 식물체의 종에 따른 영양지의 석엽표본 ····· 90

<그림 3.3.1> 중형저서생물 군집 조사 정점도 ····· 99

<그림 3.3.2> 제주도 오조리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 104

<그림 3.3.3> 제주도 오조리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 104

<그림 3.3.4> 제주 오조리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 105

<그림 3.3.5> 제주 오조리의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 105

<그림 3.3.6> 거제도 다대리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 111

<그림 3.3.7> 거제도 다대리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 111

<그림 3.3.8> 거제도 다대리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 112

<그림 3.3.9> 거제도 다대리의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 112

<그림 3.3.10> 동대만 당항리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 119

<그림 3.3.11> 동대만 당항리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 119

<그림 3.3.12> 동대만 당항리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 120

<그림 3.3.13> 동대만 당항리의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 120

<그림 3.3.14> 삽시도 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 126

<그림 3.3.15> 삽시도 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 126

<그림 3.3.16> 삽시도의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 127

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 3.3.17> 삽시도의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 127

<그림 3.3.18> 가로림만 벌말리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 133

<그림 3.3.19> 가로림만 벌말리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 133

<그림 3.3.20> 가로림만 벌말리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 134

<그림 3.3.21> 가로림만 벌말리의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 134

<그림 3.3.22> 승봉도 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 139

<그림 3.3.23> 승봉도 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 139

<그림 3.3.24> 승봉도의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포 ····· 140

<그림 3.3.25> 승봉도의 NB 정점에서의 크기별 분포 ····· 140

<그림 3.3.26> 강화도 여차리 정점 1에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 148

<그림 3.3.27> 강화도 여차리 정점 2에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 148

<그림 3.3.28> 강화도 여차리 정점 3에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 149

<그림 3.3.29> 강화도 여차리 정점 4에서의 중형저서생물의 수직분포 ····· 149

<그림 3.3.30> 강화도 여차리 정점 1에서의 중형저서생물의 크기별 분포 ····· 150

<그림 3.3.31> 강화도 여차리 정점 2에서의 중형저서생물의 크기별 분포 ····· 150

<그림 3.3.32> 강화도 여차리 정점 3에서의 중형저서생물의 크기별 분포 ····· 151

<그림 3.3.33> 강화도 여차리 정점 4애서의 중형저서생물의 크기별 분포 ····· 151

<그림 3.3.34> 전 지역, 전 정점에서의 중형저서생물 분포 비교 ····· 155

<그림 3.4.1> 해안습지 식물의 먹이망에서의 이동 과정 ····· 167

<그림 3.4.2> 해안식생을 가진 주요 연안습지의 위치도 ····· 170

<그림 3.4.3> 해안습지 유형별 생태계 조사지역 ····· 172

<그림 3.4.4> 우리나라 해안습지의 전형적인 식생대 ····· 173

<그림 3.4.5> 강화도 여차리의 갈대 우점 염습지의 전경 ····· 177

<그림 3.4.6> 강화도 여차리 갈대 염습지의 대형저서동물과 표층퇴적물 조사 정점도 ····· 177

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 3.4.7> 여차리 갈대 염습지에서 출현한 저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포 ····· 179

<그림 3.4.8> 여차리 갈대 염습지에서 출현한 저서동물의 정점별 출현 종수 및 개체수 분포 ····· 180

<그림 3.4.9> 여차리 염습지의 정점별 종다양도지수와 균등도지수의 분포 ··· 180

<그림 3.4.10> 여차리 염습지에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram) ····· 182

<그림 3.4.11> 시흥갯벌의 대형저서동물과 표층퇴적물 채집 정점도 ····· 183

<그림 3.4.12> 시흥갯벌의 식생 분포도 ····· 184

<그림 3.4.13> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포 ····· 187

<그림 3.4.14> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 정점별 출현종수 및 개체수 분포 ····· 188

<그림 3.4.15> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 정점별 종다양도지수 (H′) 및 균등도지수 (J)의 분포 ····· 188

<그림 3.4.16> 시흥갯벌에서 출현한 저서동물의 생태학적 특징 및 우점종 분포 양상 ····· 189

<그림 3.4.17> 시흥갯벌에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram) ····· 190

<그림 3.4.18> 화옹방조제 내에 위치한 호곡리 갯벌 상부의 염습지 전경 ····· 192

<그림 3.4.19> 시흥갯벌의 대형저서동물과 표층퇴적물 채집 정점도 ····· 193

<그림 3.4.20> 호곡리 염습지의 식생 분포도 ····· 194

<그림 3.4.21> 가로림만에 위치한 독곶리 거머리말 식생대의 대형저서동물과 표층퇴적물 조사 정점도 ····· 198

<그림 3.4.22> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포 ····· 200

<그림 3.4.23> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 정점별 출현종수 및 개체수 분포 ····· 201

<그림 3.4.24> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 종다양도지수 및 균등도지수의 정점별 분포 ····· 201

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 3.4.25> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 저서동물의 생태학적 특징 및 우점종 분포 양상 ····· 203

<그림 3.4.26> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram) ····· 204

<그림 3.4.27> 순천만 갈대 우점 염습지의 대형저서동물 채집 정점도 ····· 206

<그림 3.4.28> 순천만 갈대 염습지에서 출현한 대형저서동물의 종수 및 개체수 분포 ····· 207

<그림 3.4.29> 순천만 갈대 염습지의 종다양도지수 및 균등도지수의 정점별 분포 ····· 208

<그림 3.4.30> 순천만 갈대 염습지에서 출현한 대형저서동물 우점종의 분포도 ····· 208

<그림 3.4.31> 순천만 갈대 우점 습지에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료에 의한 MDS ordinaton ····· 209

<그림 3.4.32> 신두리 해안의 대형저서동물 채집 정점도 ····· 211

<그림 3.4.33> 신두리 해안사구의 식생 분포도 ····· 212

<그림 3.4.34> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수 분포 ····· 214

<그림 3.4.35> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물 개체수 자료에 의한 집괴분석 결과 도출된 정점별 수지도 ····· 215

<그림 3.4.36> 신두리 해안에서 출현한 저서동물 우점종의 정점별 분포도 ····· 218

<그림 3.5.1> 덴마크의 SØnderjylland county의 연안에 분포하는 습지 ····· 230

<그림 3.5.2> 독일의 Toenning시 인근에 위치한 Eidersperrwerk 현장 ····· 231

<그림 3.5.3> 독일 북부의 NSG Holnis - Flensburger 습지 지역 ····· 233

<그림 3.5.4> 독일의 Geltinger birk(Staatliches Umweltamt Scheleswig) 지역 ····· 235

<그림 3.5.5> 덴마크의 Ribe Vadehavscentret 해양관 및 그 주변 습지 해역인 Mando island ····· 237

<그림 3.5.6> 미국 캘리포니아 Muzzi 습지의 서식지 복원 현장 ····· 240

<그림 3.5.7> Foredune restoration removing an exotic plants, Fort Ord, USA ····· 244

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 3.5.8> Boardwalk and seed nursery at Asilomor State Beach, USA ····· 245

<그림 4.2.1> 일본 동경가사이 임해공원 평면도(위)와 전경(아래) ····· 251

<그림 4.2.2> 인공습지 조성 흐름도(염 등, 2001) ····· 252

<그림 4.2.3> 인공습지 조성을 위한 설계 단계시의 고려사항 ····· 256

<그림 4.3.1> 석호형 습지에 해수유입을 위한 기법. (좌상)도수관, (우상) 도수로, (좌하)도류제, (좌하) 수문 ····· 266

<그림 4.3.2> 해안 갯벌지형의 모식도 ····· 270

<그림 4.3.3> 말뚝 배치 사례 ····· 272

<그림 4.3.4> 습지의 육지 쪽 경계 부근에 조성한 자갈 평지 ····· 272

<그림 4.3.5> Geotextile에 의한 sliding과 압밀침하 대책 예 ····· 285

<그림 4.3.6> 인공습지의 침식방지를 위해 조성한 제방의 예 ····· 286

<그림 4.4.1> 미국 샌디에고 Sweetwater Marsh National Widlife Refuge 전경 ····· 292

<그림 4.4.2> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성된 습지 ··· 292

<그림 4.4.3> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성공사 현장 293

<그림 4.4.4> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 입구 ··· 293

<그림 4.4.5> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 모형습지와 Goat 협곡 개선사업 현황도 ····· 294

<그림 4.4.6> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 Oneonta 연결수로 건설 전(위)과 건설 후(아래)의 변화된 모습 ····· 295

<그림 4.4.7> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex에 설치된 수질개선을 위한 하수처리지 ····· 296

<그림 4.4.8> Batiquitos Lagoon의 인공식재된 모습 ····· 296

<그림 4.4.9> 일본 동경가사이 임해공원의 안내도 ····· 299

<그림 4.4.10> 일본 동경가사이 임해공원 내 조성된 계곡형습지의 건설초기와 10년후의 변화된 모습 ····· 299

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 4.4.11> 일본 동경가사이 임해공원 내 조성된 담수지(위)와 기수지(아래) ····· 300

<그림 4.4.12> 일본 동경가사이 임해공원 바다 쪽으로 조성된 서둔치(위)와 동둔치(아래) ····· 301

<그림 4.4.13> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 전경 ····· 302

<그림 4.4.14> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 안내도 ····· 302

<그림 4.4.15> 오사카 남항 야생조류원에 조성된 해수지(위)와 기수지(아래) · 303

<그림 4.4.16> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈 ····· 304

<그림 4.4.17> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈의 현재 모습 ····· 304

<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성에 중국에서 수입한 모래를 사용했다 ····· 305

<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성 전의 호안 일부 ····· 305

<그림 4.4.19> 시화호 인공습지 조성도 ····· 311

<그림 4.4.20> 시화호 인공습지의 시설 ····· 312

<그림 4.4.21> 대호생태공원 조성 계획도 ····· 314

<그림 4.5.1> 실험적지 선정 조사 정점도 ····· 316

<그림 4.5.2> 가로림만에서의 실험적지 선정 조사 정점도 ····· 317

<그림 4.5.3> 현장관측 위치도 ····· 330

<그림 4.5.4> 관측된 해수위, 유의파고 및 최대파고의 변화 ····· 332

<그림 4.5.5> 정점 C1에서 관측된 조류의 시계열 자료 ····· 333

<그림 4.5.6> 정점 C1에서 관측된 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도 ····· 334

<그림 4.5.7> 정점 C2에서 관측된 조류의 시계열 자료 ····· 335

<그림 4.5.8> 정점 C2에서 관측된 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도 ····· 336

<그림 4.5.9> 가로림만에서 채취된 저질의 입도누적곡선 ····· 339

<그림 5.1.1> 제1차 · 제2차 공유수면매립 기본계획의 용도별 비교 ····· 356

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<그림 5.1.2> 공유수면 매립(시공면적) 추이 ····· 356
<그림 5.1.3> 시화호 인공습지 전경 ····· 360
<그림 5.2.1> 진해시 경화동 인공갯벌 조성 대상지역 ····· 377
<그림 5.2.2> 생태계보전협력금 산정 흐름도(개정전) ····· 392
<그림 5.2.3> 생태계보전협력금 산정 흐름도(개정후) ····· 393
<그림 6.1.1> 잘피류의 국내 분포(이, 2001) ····· 430
<그림 6.1.2> 잘피류의 국외 분포(Short *et al.*, 1999) ····· 431
<그림 6.2.1> 연구 지역의 잘피류 분포 ····· 435
<그림 6.2.2> 잘피류의 형태적 특징 ····· 436
<그림 6.3.1> 승봉도 갯벌의 물리적인 환경 요인 ····· 438
<그림 6.3.2> 잘피류 전체길이의 시·공간적인 변화 ····· 439
<그림 6.3.3> 잘피류의 엽초(좌)와 잎(우)의 시·공간적인 변화 ····· 441
<그림 6.3.4> 잘피류의 잎폭의 시·공간적인 변화 ····· 442
<그림 6.3.5> 잘피류 지하경폭의 시·공간적인 변화 ····· 443
<그림 6.3.6> 잘피류의 서식밀도 ····· 445
<그림 6.3.7> 잘피류의 지상부 생물량 ····· 447
<그림 6.3.8> 잘피류의 지하부 생물량 ····· 448

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

표 목 차

<표 1.1.1> 람사협약에서의 습지 분류(Matthews, 1993) ····· 10

<표 2.2.1> 일본에 조성된 인공습지(WAVE, 1998) ····· 47

<표 2.2.2> 유럽연합의 해양과학기술진흥 프로그램 제3단계 사업 MAST III에서 연안퇴적물이동과 관련된 연구과제 ····· 51

<표 3.2.1> 거머리말의 출현지역과 생육지 특성 ····· 73

<표 3.2.2> 왕거머리말의 출현지역과 생육지 특성 ····· 75

<표 3.2.3> 포기거머리말의 출현지역과 생육지 특성 ····· 75

<표 3.2.4> 수거머리말의 출현지역과 생육지 특성 ····· 76

<표 3.2.5> 애기거머리말의 출현지역과 생육지 특성 ····· 76

<표 3.2.6> 동해연안 거머리말속의 생육환경 ····· 82

<표 3.2.7> 서해연안 거머리말속의 생육환경 ····· 84

<표 3.2.8> 남해연안 거머리말속의 생육환경 ····· 86

<표 3.2.9> 한반도에 생육하는 거머리말 생육지 퇴적환경 특성 ····· 88

<표 3.2.10> 한반도 연안에 자생하는 거머리말의 형태학적 특징 ····· 91

<표 3.2.11> 한반도연안에 자생하는 포기거머리말의 형태학적 특징 비교 ····· 92

<표 3.2.12> 한반도에 자생하는 애기거머리말의 형태학적 특징 비교 ····· 93

<표 3.2.13> 한반도와 일본에서 생육하는 왕거머리말의 형태학적 특징 비교 ··· 94

<표 3.2.14> 한반도와 일본에서 자생하는 수거머리말의 형태학적 특징 비교 ··· 95

<표 3.3.1> 제주도 오조리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 101

<표 3.3.2> 제주도 오조리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 102

<표 3.3.3> 제주도 오조리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 103

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.4> 거제도 다대리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 108

<표 3.3.5> 거제도 다대리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 109

<표 3.3.6> 거제도 다대리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 110

<표 3.3.7> 남해 동대만 당항리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 116

<표 3.3.8> 동대만 당항리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 117

<표 3.3.9> 동대만 당항리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 118

<표 3.3.10> 삼시도 연안의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 123

<표 3.3.11> 삼시도의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 124

<표 3.3.12> 삼시도 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 125

<표 3.3.13> 가로림만 벌말리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 130

<표 3.3.14> 가로림만 벌말리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 131

<표 3.3.15> 가로림만 벌말리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 132

<표 3.3.16> 승봉도 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 136

<표 3.3.17> 승봉도의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 137

<표 3.3.18> 승봉도 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 138

<표 3.3.19> 강화도 여차리 염생식물 습지 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 143

<표 3.3.20> 강화도 여차리 정점 1의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 144

<표 3.3.21> 강화도 여차리 정점 2의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 145

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.22> 강화도 여차리 정점 3의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 146

<표 3.3.23> 강화도 여차리 정점 4의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물 ····· 147

<표 3.3.24> 전 지역, 전 정점에서의 중형저서생물 군집 ····· 153

<표 3.4.1> 우리나라 해안선 길이와 가정된 해안습지 면적의 해안별 비교 (제, 1999에서 인용) ····· 157

<표 3.4.2> U.S. FWS의 국가습지목록에서의 습지분류 체계 (Mitsh and Gosselink, 2000) ····· 160

<표 3.4.3> 람사협약에서 정의한 바다와 해안의 습지 ····· 162

<표 3.4.4> 우리나라 해안습지의 분류 체계 (안) ····· 164

<표 3.4.5> 강화도 여차리의 표층퇴적물 특성 ····· 178

<표 3.4.6> 여차리 염습지에서 출현한 저서동물 우점종 현황 ····· 181

<표 3.4.7> 시흥갯벌의 표층 퇴적물 특성 ····· 185

<표 3.4.8> 호곡리 갯벌과 염습지의 표층 퇴적물 특성 ····· 195

<표 3.4.9> 호곡리 염습지에서 출현한 표서성 저서동물의 밀도 분포 ····· 196

<표 3.4.10> 가로림만 거머리말 식생대의 표층 퇴적물 특성 ····· 199

<표 3.4.11> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물 분류군별 출현 종수 및 개체수 분포 ····· 213

<표 3.4.12> 신두리 해안의 조사 정점별 평균해수면으로부터의 높이 자료 ····· 216

<표 3.4.13> 해안습지 유형별 대형저서동물 평균서식밀도 비교 ····· 219

<표 3.4.14> 조사지역 네 곳의 서식지 식생대 존재 유무에 따른 평균 출현 종수 및 평균 개체수 비교 ····· 219

<표 4.3.1> 해안습지의 생물서식 요구조건 예 ····· 265

<표 4.3.2> 식생방법 및 식생형태 ····· 275

<표 4.3.3> 갈대류의 식재기법 ····· 277

<표 4.4.1> 유입하천별 습지 규모 ····· 310

<표 4.4.2> 시화호 인공습지내 주요 시설물 및 제원 ····· 311

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 4.5.1> 실해역실험습지 적지 선정을 위한 17개 조사정점에 대한 비교 분석 ····· 330

<표 4.5.2> 현장관측 정점 경위도 ····· 333

<표 4.5.3> 가로림 솜섬 인근의 저질시료 채취정점 경위도 ····· 339

<표 4.5.4> 가로림 솜섬에서 채취된 저질의 시료 분석 자료 ····· 340

<표 5.1.1> 내륙습지의 면적 현황 ····· 349

<표 5.1.2> 행정구역별 갯벌면적 ····· 351

<표 5.1.3> 연도별 간척사업 추진실적 ····· 352

<표5.1.4> 1970년대 이후 간척지 개요 ····· 352

<표5.1.5> 간척사업의 규모 ····· 354

<표. 5.1.6> 국가 및 지자체의 지역별 간척실적 ····· 355

<표 5.1.7> 제1차·제2차 공유수면매립 기본계획의 용도별 비교 ····· 355

<표 5.1.8> 일본의 인공갯벌(WAVE, 1998) ····· 358

<표 5.1.9> 제2차 공유수면매립 기본계획 반영내역 ····· 359

<표 5.1.10> 인공갯벌·습지 조성비용 ····· 360

<표 5.1.11> 우리나라의 염전 현황 ····· 362

<표 5.2.1> 람사협약의 습지분류체계 ····· 366

<표 5.2.2> 람사협약의 습지분류체계 ····· 367

<표 5.2.3> 생태계보전협력금제도의 주요 개선내용 ····· 389

<표 5.2.4> 생태계보전지역 지정현황 ····· 394

<표 5.2.5> 농지조성비 농지별 단위당 금액(2001.12.29) ····· 403

<표 5.2.6> 해역개선사업 ····· 408

<표 5.2.7> 습지보호지역 지정현황 ····· 413

<표 6.1.1> 잘피와 애기잘피의 형태적 특징 ····· 428

<부록 4.1> 파랑관측 결과 ····· 481

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 6.1> 승봉도 갯벌의 물리학적 환경요인 ····· 508

<부록 6.2> 잘피류의 형태적인 측정값 ····· 509

<부록 6.3> 잘피류(*Zostera*)의 서식밀도(shoot density/㎡) ····· 510

<부록 6.4> 잘피류(*Zostera*)의 지상부 생물량(g DW/㎡) ····· 510*

<부록 6.5> 잘피류(*Zostera*)의 지하부 생물량(g DW/㎡) ····· 510

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제1장

서 론

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제1장 서 론

제1절 습지, 해안습지 및 대체습지의 정의

1. 습지의 정의

대체습지 조성기술을 수립하기 위한 연구의 연구내용과 범위를 설정하기 위해서는 대체습지에 대해 명확히 정의할 필요가 있으며, 대체습지를 특수한 의미를 갖는 습지의 하나로 생각하면 우선 습지의 개념을 명확히 할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 다루고자하는 대체습지 조성기술이 갯벌을 포함하는 해안습지를 주 대상으로 하고 있으므로 해안습지에 대해서도 그 개념을 정립할 필요가 있다. 이러한 필요성에 따라 본 보고서에서는 우선 습지와 해안습지의 개념에 대해 살펴본다.

'습지'라는 낱말을 국어사전에서 찾아보면 '습기가 많은 축축한 땅'으로 정의되어 있고(민중서림, 1999), 두산세계대백과사전(www.encyber.com)에는 '하천·연못·늪으로 둘러싸인 습한 땅으로 항상 물을 빼지 않으면 안 되는 땅'으로 정의되어 있으며, 영어로는 marshy land 또는 wetlands로 표기하고 있다. 사전적 의미의 습지는 '습한 땅'을 의미함을 알 수 있으며, 지구의 표면을 육지와 바다로 구분지울 때의 육지와 땅이 같은 개념이라 하면, 바다의 일부로 취급되는 갯벌은 습지가 아니다. 이는 사회 통념상 그리고 법률상 갯벌을 습지로 취급하는 개념과는 모순이 된다. 이러한 모순은 일반적으로 습지는 육지 내에 있는 지대가 낮고 습한 지형을 우선 고려하기 때문인 것으로 판단되며, 따라서 연안습지 또는 해안습지를 포함하는 습지에 대한 명확한 정의가 필요하게 된다. 전문적 용어로서는 '수생식물이 자라는 난투수성 토양에서 물로 포화되어 있는 지역'으로 정의된다.

해안의 갯벌을 포함하는 습지(濕地, wetlands)의 일반적인 의미와 전문용어로서의 정의는 크게 다르지는 않으나, 그 정의는 매우 다양하다. 나라에 따라 차이가 있으며, 학자와 정책결정자, 또는 관리자가 서로 다른 정의를 사용하는 경우도 많다(Mitsh and Gosselink, 2000). 그러나 많은 정의들도 기본적으로 다음과 같은 기본

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

적인 사항이 충족되어야 습지라 할 수 있다. 즉,

① 습지에는 물이 있어야 하므로 물이 퇴적물 (또는 토양)을 덮고 있거나 퇴적물 속, 식물의 뿌리가 있는 곳에 침투해 있어야 하며,
② 습지는 육상과는 다른 독특한 퇴적물 특성을 가지고 있어야 하고,
③ 습지는 습한 조건에 적응한 식생을 지지하므로 침수에 견디지 못하는 식물이 존재하는 경우 습지가 아니라고 할 수 있다.

얕은 물이나 물이 포화한 환경, 습윤 퇴적물, 습한 환경에 적응한 식생[1]의 존재만으로 습지를 구분하고 분류해 내기가 어렵다. 시기에 따라 건조와 침수 환경이 반복되기도 하고 서로 두 환경에 적응하는 식물들이 있는가 하면 습지가 전이대에 존재는 관계로 습지와 수중환경이 연속되기 때문에 적절하게 구분하기 어렵고 인위적 영향으로 변형된 경우도 많기 때문이다. 그러나 적어도 수생식물이 서식할 만큼 수분이 공급이 되어야 하고, 퇴적물이 물로 덮이거나, 물이 퇴적물에 침투하여 적어도 습윤환경이 절대 우세하게 유지되어야 함을 근거로 하고 있음을 알 수 있다.

즉, 습한 환경이 지속적으로 유지되는 곳을 습지라고 할 수 있으나, 깊은 곳을 습지라 지칭하는 것은 문제가 있다. 그러므로 수심을 지정하여 정의한 경우도 있는데 그 대표적인 것이 다음과 같은 람사협약[2]의 정의이다.

> '濕地란, 沼澤地, 土炭地를 비롯하여 자연 혹은 인공적으로 淡水, 汽水 혹은 鹽水가 영구적 혹은 일시적으로 정체하거나 흐르는 지역으로서, 干潮時 수심 6m 이하의 海水域도 포함한다.'

이 정의에서는 반드시 식생이 존재하지 않아도 습지가 될 수 있음을 알 수 있고, 산호초나 암반지역[3]의 해조류 군락[4]도 습지로 정의될 수 있는 포괄적 개념이며, 경제개발협력기구(OECD)도 이 개념을 준용하고 있다. 이 개념은 이 협약이 처음 조인될 때인 1971년 당시에 채택이 되었으며, 그 당시 습지가 이동성 물새의 서식

---

1) 지표를 덮고 있는 식물적 생물공동체의 전체

2) 1971년 12월 이란의 람사에서 열린 국제회의 때 채택된 습지에 관한 협약으로 「자연자원의 보전과 현명한 이용」에 관해 맺어진 최초의 정부간 협약이다. 이 협약은 세계적으로 중요한 습지의 파괴를 억제하고 물새가 서식하는 습지대를 국제적으로 보호하기 위해 채택되었으며 1997년에 가입한 우리나라 등 134개국이 회원국이다. 람사협약이 정의하는 습지는 자연적 또는 인공적, 영구적 또는 일시적, 물이 정체하거나 흐르고 있거나 혹은 담수이거나 기수이거나에 관계없이 소택지, 늪지대, 이탄지역 또는 수역을 말하고 이에는 간조시에 수심의 6미터를 넘지 않는 해역을 포함한다.

3) 땅속에 있는 큰 암석층(岩石層). 또는, 암석으로 이루어진 지반 지대

4) 생육 조건(生育條件)이 같은 식물이 어떤 지역에 떼 지어 나 있는 것.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

지로 중요하게 인식되던 시기이기 때문에 이러한 개념이 채용되었으며(Scott and Jones, 1995), 현재는 보다 광의로 적용하고 있다.

미국의 육군공병단과 환경보호청은 습지의 경계를 보다 명확하게 설정하기 위하여 생태환경을 3개 그룹, 즉 'wetlands', 'deepwater aquatic habitats' 및 'non-wetlands'로 구분하여 습지를 다음과 같이 정의하고,

> '수분이 포화된 토양조건에서 서식하는 식물이 생장할 수 있도록 지표수 혹은 지하수가 항상 혹은 주기적으로 수몰되거나(inundated) 포화되는(saturated) 지역으로서, 일반적으로 소택지, 늪지 및 유사지역을 포함한다.'

습지의 수위범위를 6.6ft(2m) 이하로 설정하였다 (Environmental Laboratory, 1987).

우리나라의 경우, 습지 또는 연안습지의 정의에 있어서 법에 정한 바는 매우 명확하다. 이는 습지의 관리나 법의 집행에서 습지의 경계가 명확해야 하기 때문이다. 습지보전법[1] 제2조에서 다음과 같이 정의·구분한다.

- 습　　지 : 담수[2] (淡水, freshwater), 기수[3] (汽水, brackish water) 또는 염수[4] (鹽水, salt water)가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지를 말한다.
- 내륙습지 : 육지 또는 섬 안에 있는 호(湖), 소(沼)와 하구(河口, estuary) 등의 지역을 말한다.
- 연안습지 : 만조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역을 말한다.

그러나 조하대 한계수심을 설정하지 않음으로써 정의상 수심이 낮은 천해지역을 습지에 포함하고 있지 않으며, '연안습지'를 조간대(tidal flat), 즉 해수가 일시적으로

---

1) 습지를 효율적으로 보전·관리하기 위하여 제정된 법률(1999. 2. 8, 법률 5866). 생물다양성의 보고인 동시에 오염물질 정화기능을 가진 습지를 효율적으로 보전·관리함으로써 국토의 효율적 이용을 도모하면서 동시에, 물새 서식처로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약 (람사 협약)의 취지를 살려 국제협력을 증진하기 위하여 제정된 법률이다

2) 담수는 염분의 함유량이 매우 적은 물로서 염수에 대응되며, 자연계에 존재하는 물중에서 바닷물이나 함수호의 물은 염수이고, 보통의 육수는 담수이다. 육수는 순수한 H_2O가 아니고 반드시 약간의 염분을 함유하고 있어 순수(純水)와 구별된다.

3) 해수와 담수가 혼합되어 있는 곳의 염분이 적은 물. 해수 1kg당 염소의 g수(‰)를 염분농도라 하는데, 원양의 바닷물의 염분량은 보통 17~19‰이다. 이에 비해 근해나 염분의 농도가 낮은 하구 일대를 기수역이라 한다. 기수역은 큰 강의 하구에서는 수백km의 먼 바다까지 이르지만, 보통은 2~3km이다.

4) 자연계에 존재하는 물중에 염분이 있는 바닷물이나 함수호의 물을 말한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

덮고 있는 지역으로 국한함으로써 '연안'이라는 용어의 일반적인 의미와도 부합하지 않는다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점으로 인해 국내 학자들은 대체로 습지의 정의나 습지협약의 정의에서 Mitsh and Gosselink(2000)이 기술한 기본 조건을 차용하고 있으며(제, 1999 ; 이, 1999 ; 해양수산부, 1999-2003 ; 이, 2000 ; 구와 김, 2001 ; 한국해양연구원, 2001 ; 김, 2003), 법에서 명시한 경계와 실제로 학자들이 연구하는 습지의 범위에는 차이가 나타나게 된다. 따라서 이러한 정의에 관한 특별한 논리가 확보되지 않는다면 국제적인 추세에 맞추어 조하대 일정 수심까지를 습지로 간주하고 이를 연안습지의 한계로 설정하는 방향으로 관계법을 개정하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

2. 해안습지의 정의와 분류

가. 해안습지의 정의

해안이라는 용어는 바다 가장자리에 있는 지역을 일컫는 일반적인 용어이므로 해안습지(coastal wetland)는 바다 가장자리에 있는 습지를 일컫는 용어라 정의할 수 있다. 습지의 정의에 있어서 람사협약에서는 수심 6m까지를 말하며 산호초와 일부 천해[1]대를 포함시키기도 한다. 그러므로 조간대만을 언급하지 않는다는 것을 알 수 있다. 그러나 습지보전법에서 말하는 연안습지는 조간대만을 대상으로 하므로 영어로 번역할 때 coastal wetland 보다는 tidal wetland가 더 가깝다고 할 수 있다. 한편 갯벌은 "조수간만의 차이에 의해 주기적으로 드러나는 모래 또는 점토질의 해안의 평평한 퇴적지형"으로 정의하는 것(제 등, 2002)이 보통이기 때문에 갯벌은 연안습지 개념에 속하는 것이 확실하다.

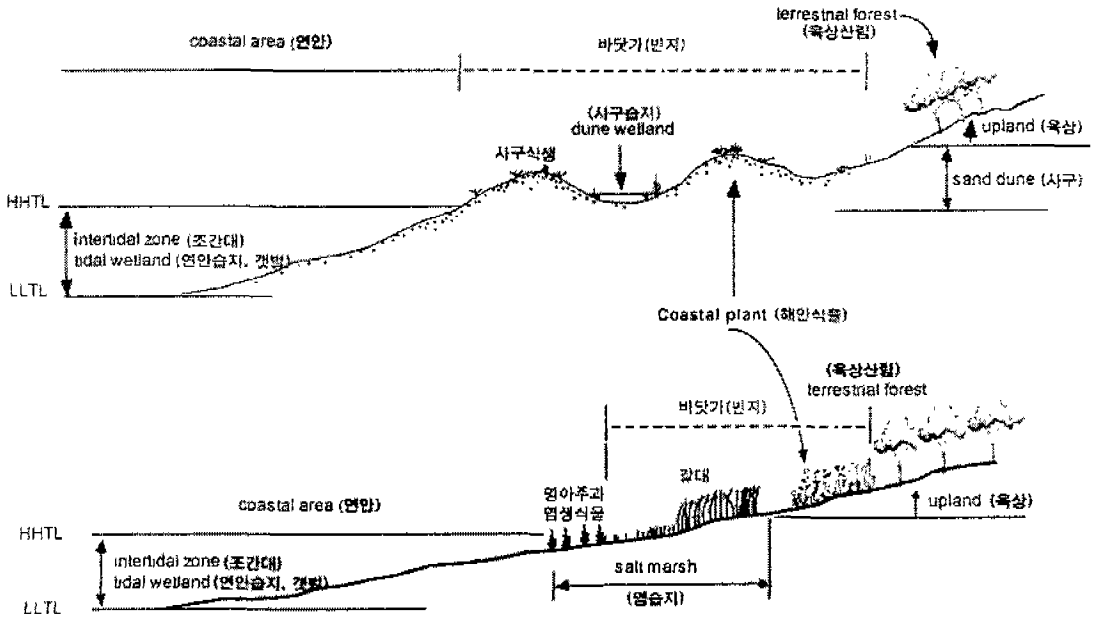
그러나 갯벌이 의미하는 "해안의 퇴적물 지형 또는 벌판" 단독으로 생태적 기능을 다하는 것이 아니고, 갯벌 가장자리에는 식생대 그리고 육상 생태계가 존재하는데, 이들을 함께 작용하여야 갯벌의 기능을 다할 수 있다. 특히 식생대는 갯벌과 연이어 있는데 국내에서는 염습지(salt marshes, 갯벌의 상부 가장자리에 위치함)와 거머리말 군락(seagrass bed 또는 eelgrass bed, 갯벌의 하부 가장자리에 위치함: 일명 잘피밭)로 대표된다. 그래서 제 등(2002)은 이 식생대를 포함한 갯벌을 갯벌생태계로 구분하여 정의하였다. 물리적인 조위를 기준으로 하여 엄밀히 따지면 염습지나 거머리말은 반드시 조간대에만 위치하는 것이 아니기 때문에 그 일부는 연안

1) 조간대를 포함하여, 수심 200m 이상의 심해저를 제외한 해양지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

습지(tidal wetland)는 아닌 셈이 된다. 따라서 갯벌과 그 상부 또는 하부에 위치하는 식생대를 함께 지칭하는 적절한 표현 방식이 필요하다.

염습지의 식생대는 최고조위보다 더 육지 쪽으로 진출하는데 (<그림 1.1.1> 참조), 염습지에 사는 식물들은 어느 정도 염분에도 견딜 수 있으며 이것이 다른 육상식물과 염습지내 장소 경쟁에서 비교 우위를 점할 수 있는 부분이다. 조간대 상부 밖이라도 토양을 통해서 염분이 스며들 수 있기 때문에 염생식물의 우점 서식이 가능하다. 마찬가지로 조간대 하부에서 최저조위보다 아래쪽까지 거머리말이 서식한다.



<그림 1.1.1> 전형적인 해안습지 지형과 이와 관련된 기준 용어(위는 모래 갯벌 지형이며, 아래는 펄갯벌 지형임)

따라서 본 연구에서는 조간대(갯벌) 내에서 서식을 시작하여 그 밖으로 분포를 넓힌 생물분포대까지를 광의의 개념에서 조간대로 인식하고 이 곳에 있는 모든 습지를 해안습지에 포함시킬 것을 제안한다. 즉 법률적인 용어로 쓰이는 연안습지는 그 범위가 명확하게 한정되어 있으므로 해안습지와는 구분하여 사용하는 것이 용어

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

의 쓰임에 혼란을 방지할 수 있다(제 등, 2002). 용어 "조간대"의 경우도 바위해안에서도 물리적인 조간대 범위를 진조간대(eulittoral zone)라고 하고, 조간대 생물이 사는 공간까지를 실제적인 조간대로 보고 있다. 바로 생물의 서식공간까지 바닷물 즉 바다의 영향을 받는 지역으로 보기 때문이다(한국해양연구소, 1998a). 이러한 개념이 현장조사나 연구에서 반드시 필요하다. 현장에서 매번 조간대의 기점을 정확하게 판단하기는 매우 어렵다.

한편 해안과 관련된 법률적인 용어로 "바닷가"가 있는데 바닷가는 만조시 최고조선에서부터 지적공부 (등기부와 토지대장, 지적도 등)에 토지로 등록되어 있는 곳까지를 말한다. 해안에서 조석이 우세한 환경에서는 염습지가 있는 곳 그리고 바람과 파도가 우세한 환경에서는 사구[1]가 있는 곳, 그리고 바위해안의 조상대[2] 일부가 해당될 수 있다. 따라서 바로 이 바닷가와 광의의 조간대에 있는 습지를 모두 해안습지로 정의할 필요가 있다. 그렇게 되면 사구지역에서 전사구와 이차사구 사이에 있는 사구습지도 해안습지로 분류할 수 있다. 해안사구는 람사협약에서는 해안습지로 분류된다.

우리나라 연안관리법에서 연안은 통상적으로는 바닷가와 바다(영해)를 일컫지만, 구체적으로는 "바닷가와 만조수위선으로부터 영해의 외측 한계까지의 바다"를 연안해역으로, 무인도서와 해안선에서 육지 쪽으로 500m~1,000m까지를 연안육역으로 간주하였다(전, 2002). 따라서 이 연안의 범위는 해안습지나 연안습지의 범위와는 무관한 셈이 된다. 이상의 여러 가지 정의를 종합하면 <그림 1.1.2>.와 같이 표현할 수 있다.

나. 해안습지의 분류

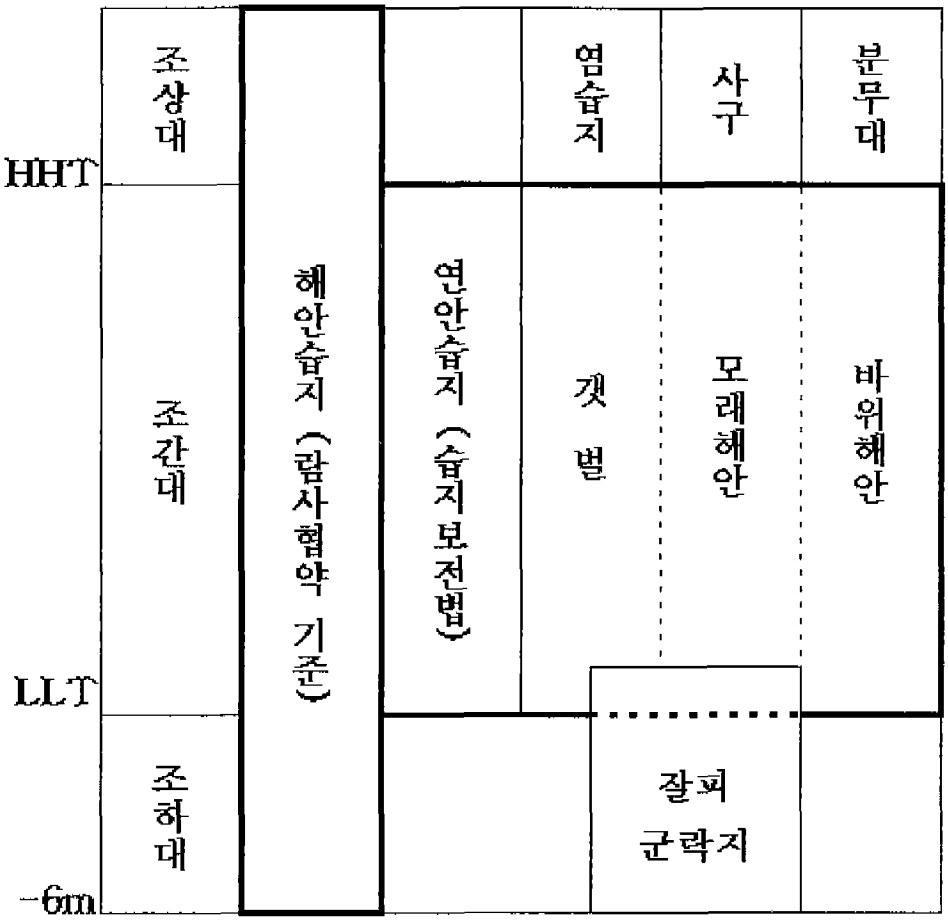
습지(또는 서식지)의 분류는 많은 학자들과 기관에 의해서 행해졌지만, 대표적인 분류체계로는 람사협약에서의 분류체계와 미국 수렵관리청(U.S. Fish and Wildlife Service ; USFWS)의 분류체계를 들 수 있다.

---

1) 해류·하안류에 의하여 운반된 모래가 파랑으로 밀려 올려지고, 그 곳에서 해풍의 작용을 받아, 모래가 낮은 구릉 모양으로 쌓여서 형성되는 지형을 말한다. 해안사구의 상당수는 해안선에 평행하거나 다소 비스듬하게 좁고 길게 뻗어 있으며 이따금 표면에 물결 모양의 무늬가 생긴다.

2) 조간대는 상부와 하부 또는 상·중·하부로 나뉘는데 조간대 상부의 육상부분 중에서 원칙적으로 직접 해수에 의해 잠기는 경우는 없고, 다만 파도만 강할 때에 물보라만을 덮어쓰는 범위 까지를 조상대라 한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 1.1.2> 해안습지와 연안습지의 비교 개념도

람사협약에서는 습지의 서식환경(habitat type)에 따라 크게 ① 육상담수습지(inland wetlands), ② 연안/해양습지(coastal/marine wetlands) 및 ③ 인공습지(human-made wetlands)의 세 개의 범주로 분류하였으며, 이들 각각을 습지의 형태(wetland type)에 따라 다시 <표 1.1.1>과 같이 분류하였다.

미국의 습지분류체계는 1979년 USFWS(U.S. Fish and Wildlife Service)에서 작성한 국가습지목록(National Wetlands Inventory)을 기본으로 하고 있다(Misth and Gosselink, 2000). 여기에서는 습지를 식물 (수생식물[1]: hydrophytes)과 토양 (습지

1) 식물체의 대부분이 물 속에 있는 침수식물, 잎이나 식물체의 대부분이 수면에 떠 있는 부수식물, 식물체의 상부가 대기 중에 나와 있는 정수식물(挺水植物)로 구분된다. 물이라는 단일 환경 속에서 생육하므로, 뿌리 · 줄기 ·

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

토양: hydric soils), 그리고 홍수범람 빈도를 이용하여 정의하였다. 전통적으로 습지에 포함되지 않았던 '생태적으로 연관된 깊은 수심지역(ecologically related areas of deep water)'도 '심수(深水) 서식처(deepwater habitats)'로 새롭게 분류에 포함되었다.

<표 1.1.1> 람사협약에서의 습지 분류(Matthews, 1993)

Habitat Type	Wetland Type
Marine and Coastal Wetlands	1) Shallow marine waters 2) Marine beds 3) Coral reefs 4) Rocky shores 5) Sand/shingle shores (including dune systems) 6) Estuarine waters 7) Salt marshes 8) Mangroves/tidal forest 9) Coastal brackish/saline lagoons 10) Coastal brackish lagoons 11) Delta
Inland Wetlands	12) River/streams/creeks: permanent 13) River/streams/creeks: seasonal/intermittent 14) Freshwater lakes: permanent 15) Freshwater lakes: seasonal/intermittent 16) Saline/brackish lakes/marshes: permanent 17) Saline/brackish lakes: seasonal/intermittent 18) Freshwater marshes/pools: permanent 19) Freshwater marshes/pools: seasonal/intermittent 20) Peatlands (including bogs/swamps/fens) 21) Tundra/alpine wetlands 22) Shrub-dominated wetlands 23) Tree-dominated wetlands (including swamp forest) 24) Freshwater springs (including oases) 25) Geothermal wetlands
Man-made Wetlands	26) Fish/shrimp ponds 27) Farm ponds/small tanks 28) Irrigated land (including rice fields) 29) Seasonally flooded agricultural land 30) Salt pans/salines 31) Reservoirs/barrages/dams 32) Gravel/brick/clay pits 33) Sewage farms 34) Canals

잎·꽃·눈 등의 형태가 수중생활에 적응하여 뚜렷히 변형되어 있다. 뿌리 및 줄기는 갈대·연꽃·줄과 같은 정수식물에서는 땅속 줄기가 뚜렷히 발달되어 있고, 땅속을 가로로 뻗어 식물체를 고정시키는 구실을 한다. 연꽃은 특히 기도(氣道)가 발달되어 있다. 침수식물이나 부수식물에서는 식물체의 표면에서 직접 수분이나 양분을 흡수하므로 뿌리의 발달이 나쁘다. 통발·벌레먹이말 등은 뿌리가 없다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이 분류법의 특징은 동물과 식물을 동정할 때 이용되는 명명법 분류체계와 유사하다는 것이다. 분류계층은 시스템(system)과 하위시스템(subsystem), 그리고 계급(class)의 세 가지 준위로 구분되었다. 최상위 단계를 '시스템(system)'이라고 불리며, 수문학적, 지형학적, 화학적 또는 생물학적 요인들의 영향을 유사하게 보유하는 단위이다. 이들은 다음의 다섯 개 단위 시스템으로 표현되었다.

① 바다(marine)
② 하구역(estruarine)
③ 하천역(riverine)
④ 호수역(lacustrine)
⑤ 늪지(palustrine)

'하위 시스템(subsystem)'은 침수정도, 수위, 수위의 구배, 유속, 구성물질의 유형, 또는 범람원 발달 범위 등을 이용하여 시스템을 보다 상세히 설명하기 위한 하위 범주이며, 다음과 같이 분류하고 있다.

① 조하대(subtidal)
② 조간대(intertidal)
③ 조석(tidal)
④ 완경사 영구하천(lower perennial)
⑤ 급경사 영구하천(upper perennial)
⑥ 간헐적 하천(Intermittent)
⑦ 육수성 호수(limnetic)
⑧ 연안성 호수(littoral)

세 번째 계층인 '계급(class)'은 우점하고 있는 식생이나 기질의 유형에 의해 각 생태계의 일반적인 특성을 설명한다. 식생에 의해 표면부가 30% 이상 피복되어 있는 경우에는 식생계급(vegetation class)이 사용되고, 30% 미만일 때는 기질의 계급(substrate class)이 사용된다.

한편, 미육군공병단은 水理地形學的(hydrogeomorphic) 특성에 따라 습지를 다음의 7개 그룹으로 구분하고,

① 感潮濕地 (tidal fringe wetlands)
② 陷沒濕地 (depressional wetlands)
③ 傾斜濕地 (slope wetlands)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

④ 鑛物土濕地 (mineral soil flats)

⑤ 有機土濕地 (organic soil flats)

⑥ 河川濕地 (riverine wetlands)

⑦ 湖沼濕地 (lacustrine fringe wetlands)

각 습지의 기능평가를 위한 국가지침서(National Guidebook)를 1995년부터 수립하고 있다(Shafer and Yozzo, 1998).

이상 대표적인 해안습지의 분류 체계에 대해 살펴보았으나, 자세한 사항은 제3장에서 다루고 있다. 또한 제3장에서는 우리나라 해양환경과 식생대를 고려하여 우리나라에 적합한 해안습지 분류체계를 제안하였다.

3. 대체습지의 정의

대체습지에 대한 명확한 개념은 현재까지 정의되어 있지 않다. 이와 유사한 개념을 살펴보면, 자연환경보전법에서는 대체자연에 대한 개념을 "대체자연이란 기존의 생태계와 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위하여 조성하는 것"(자연환경보전법 제2조 11호)으로 정의하고 있으며, 농지법에서는 흔히 대체농지조성비로 일컬어지는 농지조성비를 "농작물의 경작 또는 다년성식물의 재배 등 농업생산 또는 농지개량 외의 목적으로 사용하는 농지를 전용하고자 하는 자는 그 농지에 상당하는 농지의 조성에 소요되는 비용(농지조성비)을 농지관리기금을 운용·관리하는 자에게 납부하여야 한다."로 설명하고 있다. 이를 살펴보면 자연환경보전법의 경우, 기능에 중점을 두고 유사한 기능과 함께 보완적 기능까지 대체자연의 개념에 포함하고 있다. 반면, 농지법에서는 면적의 개념을 사용하고 있음을 알 수 있으며, 새로운 농지를 조성하는데 많은 비용이 소요되면 농지조성비 또한 올라가야 한다는 것을 알 수 있다.

환경의 복원에 대한 개념 중 하나인 영향완화조치(mitigation)에 대해 생각해보면, 영향완화조치는 미국에서 약 10여 년 전부터 사용하기 시작한 개념으로서 개발에 따르는 자연생태계의 파괴를 최소화하며, 훼손 또는 손실된 자연생태계를 복원하며, 필요할 경우 그 장소 또는 다른 장소에 창출하는 것을 의미한다. 즉, 개발 행위에 대해 환경에 미치는 영향을 최소화하는 한편 자연생태환경을 적극적으로 창조한다는 개념이다. 즉, 영향완화조치에는 복원(restoration), 창출(creation), 회복(rehabilitation), 개선(enhancement), 대체(replacement, substitution 또는 exchange), 그리

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

고 보전(pre- servation) 등의 모든 개념을 포괄하는 것으로 생각할 수 있다.

한편, 대체에 대한 개념을 좀더 분석해 보면 대체(代替)란 다른 것으로 바꾼다는 뜻을 가지고 있으며, 대체에너지의 예에서 보는 바와 같이 대체(substitution)는 원생태계가 가지고 있는 기능의 일부만을 강조하여 생태계를 조성하는 경우를 말한다. 대체(replacement)는 한 두 기능만을 강조하여 다른 형태의 생태계를 만드는데 반하여 영향완화조치(mitigation)는 개발이나 훼손된 생태계를 보상하는 차원에서 기능과 외형(규모)이 같은 생태계를 다른 장소에 조성하는 것이라 할 수 있다.

Streever(1999)는 습지의 복원(restoration)을 훼손 이전 단계로 되돌리는 것으로, 창출(creation)은 과거에 습지가 없었던 장소에 습지를 조성하는 것으로 정의하고, 이 두 경우를 다 포함하는 개념으로 회복(rehabilitation)이라는 용어를 사용하기도 하였다. 인위적으로 습지가 없는 육지나 수중을 습지로 바꾸는 것을 창출습지(created wetland)로, 존재하는 습지에 하나 또는 그 이상의 가치를 증대시키는 것을 개선습지(enhanced wetland)로, 그리고 훼손된 상태에 있던 습지를 훼손되기 이전의 습지로 되돌린 것을 복원습지(restored wetland)라 정의한 바 있다.

대체습지 조성사업의 목적을 감안한다면 훼손된 생태계를 보상하는 차원에서 당해 습지의 기능과 규모를 다른 지역에 조성하는 것으로 보는 것이 타당할 것이다. 여기서의 훼손된 생태계란 습지보전법에서 정의하고 있는 습지훼손의 개념으로 유추할 수 있다. 습지훼손이란 "배수·매립 또는 준설 등의 방법으로 습지 원래의 형질을 변경하거나 습지에 시설 또는 구조물을 설치하는 등의 방법으로 습지를 보전 외의 목적으로 사용하는 것"으로 정의(습지보전법 제2조 4호)하고 있다. 이러한 습지훼손의 개념으로부터 훼손된 생태계는 "인위적 원인에 의하여 생태계 원래의 상태가 변경된 것"으로 정의할 수 있을 것이다. 따라서 습지훼손이 발생하기 전의 상태로 되돌리는 것이 대체습지를 조성하여야 하는 이유 중의 하나라고 할 수 있다.

이러한 점에서 본다면 대체습지의 개념은 미국의 mitigation 개념과 유사하다고 할 수 있다. 결론적으로, 대체습지는 "건전하고 지속가능한 연안해양환경 유지를 위해 습지개발예정지역 인근 또는 다른 지역에 당해 개발습지의 크기 또는 기능에 상응하는 습지를 확보하는 것"으로 정의할 수 있으며, 습지의 확보는 훼손된 습지의 복원, 회복, 개선뿐만 아니라 새로운 습지의 창출도 포함하는 것이 타당하다 할 수 있을 것이다. 다만, 현재 미국에서 시행하고 있는 영향완화정책을 우리나라에 그대로

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

적용할 수 있는가 하는 것은 별개의 문제일 것이다. 즉, 미국의 mitigation 정책은 현재 bank를 조성하여 환경보전의 실효성을 높이고 있으나 협소한 국토를 가진 우리나라와 일본의 경우 이러한 bank를 조성할만한 지역이 있는가 하는 것이 대체습지조성에 인식을 달리하는 사람들의 주요 의문사항이 되고 있다. 따라서 영향완화조치(mitigation)의 개념은 차용하되, 우리의 실정에 맞는 정책방안을 도출하여 지속적으로 시행하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

제2절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

연안지역은 육상과 해양의 접이지대[1]로서 생산력이 높고, 인간의 활동이 가장 활발히 이루어지는 곳이다. 또한 지구상의 다른 생물들의 서식공간보다 개발압력이 월등히 높아 각종 구조물과, 간척과 매립, 각종 오염물질의 유입 등이 빈번한 곳이다. 해안의 서식지는 해안개발에 따라 빠르게 변형되어 차츰 자연서식지가 가졌던 고유 기능이 소실되었고, 생물다양성[2] 감소 등 자원의 고갈이라는 결과를 낳았다. 결국 해안 자연생태계의 훼손은 삶의 질의 저하를 유발하였으며, 또한 대체습지의 필요성을 제기하였다.

해안습지는 어류생산 및 서식지 기능, 오염정화 기능, 심미적 기능 및 자연재해 조절기능 등을 갖고 있으며, Nature에 게재된 Costanza et al. (1997)에 따르면 습지(갯벌)의 생태적 가치는 1ha 당 US$ 9,990 로 농경지의 US$ 92 보다 100배 이상의 가치를 가진 것으로 평가되어진다. 따라서 해안습지(coastal wetland)는 해양생태계 기초생산력에 있어서 지구상에서 가장 중요한 곳이며, 해양의 자연 정화조 역할을 담당하고 있고 해양자원생물의 가입처이다.

---

1) 어떤 지역에서 다른 지역으로 옮겨갈 경우의 경계대. 그 접촉부에서는 옮기는 지역의 성격이 짙감하고 옮겨간 지역의 성격이 점증하는 것이 보통이다.

2) 유전자 생물 종 생태계라는 세 가지 단계의 다양성을 종합한 개념. 유전자 생물 종 생태계의 다양성을 종합한 개념이다. 생명의 궁극적인 원천이며 인간과 생태계 등 경제개발에 필요 불가결한 생명부양시스템을 유지하는 필수적인 자원이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

최근 선진국의 수많은 연구 결과들에 의하면, 연안해역에서의 수산자원의 서식처가 해양오염과 연안 개발 그리고 기타 인간 활동으로 파괴되고 손실되고 있으며, 이는 미래 수산업의 생존에 가장 큰 장기적 위험 요소라고 밝히고 있다. 사실 이러한 서식처의 손실과 파괴가 그밖에 해양자원의 남획과 기후 변화의 문제와 함께 해양수산자원의 감소의 가장 큰 원인 중의 하나임이 잘 알려지게 되면서 서식처의 복원과 영향 완화(mitigation), 그리고 조성의 문제가 주요한 문제로 떠오르고 있다. 미국의 경우 NOAA[1]가 습지(wetlands)를 포함하여 연안자원과 그 서식처의 보호 및 연구에 대한 연방정부 차원의 수탁자 임무를 떠맡고 있다. 우리가 잘 알고 있듯이 서식처로서의 습지는 생명체의 부양 기능은 물론 수질 및 저질 정화를 포함하는 수리적 기능을 수행한다. 이제 우리도 이미 매립과 간척이 이루어진 곳에서뿐만 아니라 파괴되고 있는 곳에 대해서도 이러한 모든 습지의 기능적 가치를 복원하기 위하여 노력해야만 하는 시점에 봉착해 있다. 만일 우리 바다에서 이러한 기능적 가치들이 적당한 시기에 회복되지 못한다면 더 이상 바다에서 얻어왔던 해양 수산자원의 생산성을 증대시키려고 하는 우리의 노력은 실패로 끝나게 될 것은 자명하다. 따라서 연안 서식처의 복원과 영향 완화, 그리고 그 기능을 증대시키기 위한 과정들(enhancement processes)이 정부 차원에서 수행되어져야 한다.

이에 따라 해양수산부는 1999년 8월 전문 개정된 공유수면매립법과 2000년 8월 수립·고시된 연안통합관리계획에서 환경친화적인 매립정책 방향을 제시하였으며, 제2차 공유수면 매립기본계획 수립을 위한 연구용역 결과(해양수산부, 2001b), 매립으로 인하여 상실되는 갯벌 생태계를 대체할 수 있는 습지 조성방안에 대하여 정책건의하였다. 즉, 일정규모 이상의 갯벌 매립시 대체습지 조성을 의무화하고, 대체습지 조성비는 매립지 소유권 취득 기준이 되는 매립사업비에 포함시키는 방안이 검토되었다. 이에 따라 제2차 공유수면 매립기본계획(2001. 7. 6 수립·고시)에서 갯벌을 매립하는 사업자로 하여금 대체(인공)습지 조성을 의무화 하는 제도 도입을 향후 추진과제로 채택하였다.

이 연구사업은 이러한 추진배경 하에 선진 외국의 연구결과와 국내 기존의 관련 기초연구 성과를 활용하여 우리나라 해역 실정에 맞는 대체습지 조성 방안 수립을 위하여 추진되었다.

1) 미국 상무부의 해양대기국(National Oceanic and Atmospheric Administration)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 연구의 필요성

그동안 우리나라의 해안습지는 간척·매립을 위시한 무분별한 선점식 개발로 인해 그 규모가 격감하였으며 기능에도 문제점이 나타났다. 해양수산부(1998a)에 의하면 1998년 현재 습지보전법의 정의에 따라 국내의 연안습지의 면적을 추정하면, 약 3,073㎢로 국토면적의 약 3%에 해당되며, 그 중 연안습지의 대부분을 차지하는 갯벌은 약 2,393㎢로 서·남해안에 주로 분포되어 있으며, 이는 국토면적의 2.4%에 해당된다. 그 중 서해안 지역에 전체 갯벌면적의 약 83%인 1,980㎢가 분포되어 있으며 나머지는 남해안에 산재되어 형성되고 있다. 지역별로 보면 경기도 (인천포함) 35%, 충남 13%, 전북 5%, 전남 44%, 경남 (부산포함) 3%로서 경기지역 및 전남지역에 우리나라 갯벌의 대부분인 80% 정도 분포하고 있다. 최근 홍(1998)은 1998년 당시의 우리나라 갯벌 면적이 1987년에 비해 약 30 ~ 40 %가 줄어든 것으로 추정하였으며, 이와 같은 속도로 매립이 진행된다면 2006년경에는 1960년도 갯벌의 절반에 가까운 2,000 km^2 정도만이 남게 되고, 2020년경에는 1,500 km^2 이하로 줄어들게 될 것이라고 예측하였다.

또한 국내 해안선의 약 14%인 1,600km가 방파제, 호안, 석축, 방조제 등 인공구조물이 설치된 인공해안이다. 모래해안의 주변부에 발달한 사구와 염습지는 상대적으로 퇴적물이 갯벌에 비해 견고하고 육상에 인접하여 개발의 주 대상이 되어왔으며, 그 결과 군사지역을 제외한 대부분의 사구와 염습지가 훼손된 상태이다. 갯벌생태계는 넓은 의미에서 자연적인 퇴적물 벌판과 염습지가 함께 있어야 생태적 기능을 원활하게 발휘할 수 있으나, 해양생물의 산란장 역할을 하는 서·남해안의 내만 천해대와 잘피밭이 간척·매립과 오염물질 유입으로 급속도로 훼손되고 있음 또한 주지의 사실이다.

간척·매립은 해양환경 및 생태계의 파괴를 수반하여, 1차적으로는 수산업에 악영향을 미치며 해당지역 경관손상 및 해양물리환경 변화에 따른 인근 해안지형 변화를 야기한다. 또한, 주민 생활여건 변화에 따른 문화적 충격, 육상시설에 의한 해양수질 오염 등을 유발한다. 최근 환경보전에 관한 국민의식이 높아짐에 따라 시화호, 새만금 등 대규모 간척으로 인한 수질오염 및 갯벌 훼손이 심각한 환경문제로 대두되고 있으며, 1997년 3월 101번째로 습지협약 (일명 람사협약)에 가입한 이후 습지보존 노력이 전 사회적으로 확산되고 있는 추세이다. 식량자급률과 산업인프라가 부족한 우리나라의 경우 환경보전을 위해 개발을 무조건 봉쇄할 수 없는 것

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

또한 우리의 현실이기도 하다.

선진 외국에서의 연안습지에 대한 정책 변화는 일방적인 개발에서 보전과 친환경적 이용 쪽으로 변하고 있으며, 이미 훼손된 습지는 복원을 시도하고 있는 추세이다. 또한 훼손된 습지 복원과 새로운 대체습지 조성을 위한 연구를 20년 전부터 수행하여 왔고, 다양한 공법을 이용하여 습지를 복원·창출하고 있다. 람사협약 가입 123개국 가운데 75개국 이상이 현재 습지복원이나 복구사업을 시행하고 있으며, 훼손된 생태계를 자연에 가까운 생태계로 복원하면서, 기능을 회복시키는 노력이 진행중이다.

미국은 습지의 순손실 방지(no net loss)를 목적으로 습지훼손에 대한 보상조치(mitigation compensation)가 습지관련법에 의해 법제화되었으며, 미육군공병단과 환경청은 1990년 체결한 합의각서에 따라 습지훼손의 가능성이 있는 개발사업이 신청되면 '회피(avoidance)', '최소화(minimization)', '완화(mitigation)'의 3단계 검토 절차를 거쳐 습지의 순손실(no net loss)을 방지하고 있다. 이러한 순손실 방지 정책에 따라 습지의 보전, 개선, 복원 및 창출을 위한 보상조치로서 mitigation banking system이 활성화되어 있다. 유럽의 경우, 1994년 유럽의회에서 작성된 '습지의 현명한 이용과 보전'에서 추가적인 습지의 손실 및 훼손 방지, 습지의 개선·복원, 그리고 습지의 현명한 이용과 보전을 위한 국제협력 및 활동을 유럽연합이 추구하여야 할 습지정책으로 제시하였으며, 이 정책에서는 기존의 습지를 손상시키지 말아야 하며, 손상이 불가피한 경우에는 이전에 습지였던 지역을 복원하거나 새로운 습지를 조성하는 조치를 권장하고 있다.

일본은 항만개발 및 연안산업기지 확보차원에서 많은 연안습지가 훼손됨에 따라 훼손된 환경을 복원하거나 환경에 미치는 악영향을 완화시키기 위한 대체 환경조성과 같은 적극적인 습지정책을 시행하고 있으며, 자연과 인간의 공생이라는 개념 하에 완화(mitigation) 정책을 수용하고 있다. 연안환경의 적극적인 복원·창출을 위한 관련기술은 1970년대 초반부터 개발되어 현재 상당히 높은 수준이며, 1973년부터 1998년까지 약 900ha의 인공습지가 조성된 바 있다.

우리나라 연안습지의 대부분을 차지하는 갯벌은 지형이 평탄하고 광활하여 매립 및 연안개발의 적지로 인식되어 간척·매립으로 훼손되고 소실되었으나, 공유수면매립법의 강화와 습지보전법의 발효로 습지의 개발이 일시적으로는 중지되고 있다. 그

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

러나 개발을 추진하고자 하는 개인 또는 정부 부서에서는 새로운 명분과 이론을 축적하고 있으므로 해안습지의 보전과 관리를 위한 기술과 기준을 시급히 마련할 필요가 있으며, 습지의 훼손 등에 따라 해안생태계의 기능을 복원하지 않을 경우 멀지 않은 장래에 생물과 공간으로 대표되는 해양자원의 지속 가능한 이용이 불가능하게 될 것으로 예측된다. 따라서 연안습지의 광범위한 가치에 대한 이해제고와 국제적 습지보전 추세 및 협력에 부응하여 갯벌 등 습지보전을 위하여 기술개발과 함께 정책대안의 마련이 필요하다. 즉, 갯벌을 매립할 경우 매립사업자로 하여금 대체습지 조성을 의무화하기 위하여, 관련 기술개발과 실해역 실험 등을 통해 대체습지조성 방안을 강구하고, 이를 제도화하기 위한 연구의 시급한 필요성이 제기되었다.

한편, 국내에서도 관련 기초연구와 병행하여, 단순한 보존차원을 넘어 환경 친화적 연안환경을 창출하고 어민소득을 증대시킬 수 있는 생산성 높은 습지 조성기법 개발을 위한 구체적이고도 심도 있는 연구·개발사업을 본격적으로 수행할 사회적 여건이 충분히 성숙되어졌다. 생태적 공학적 대체습지 조성기술 확보에 따른 그 효용 가치는 매우 클 것이며, 연안개발사업이 불가피한 경우, 훼손된 습지와 상응하는 습지를 조성하여 이해당사자들과 이해상충을 최소화 할 수 있다. 또한, 대체습지 조성이 필요할 경우 외국의 기술이 도입되어야 하나 인공적 습지 조성기술을 확보하면 이에 따른 기술료 지급 또는 시공에 따른 외화 유출을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

해안에 대체습지를 조성할 경우 해안 지형의 유지를 목적으로 한 방안 및 해안생태계의 조성을 위한 생물의 서식기반과 서식조건을 만족시키기 위한 방안, 즉 생물의 유입 및 정착을 촉진하고 유지시키는 방안을 함께 고려하여야 하는 것은 매우 중요하다. 따라서 우리나라 특유의 자연환경에 적합한 생태적 공학적 대체습지 조성기술의 확보는 오랜 시간과 지속적인 투자 속에서만 가능하기에 국가 주도형 사업으로 수행되는 것이 바람직하다 할 것이다.

제3절 연구개발의 목표

이상과 같은 배경과 필요성 하에 실시된 이 연구사업은 공유수면 매립 등에 따른 습지의 훼손 또는 상실을 대체하기 위하여 대체습지를 해안지역에 조성할 경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

우 그에 필요한 생태적 공학적 설계, 시공 및 유지관리 관련 기반기술 확보 및 축적, 그리고 이에 수반되는 대체습지 조성 의무에 관한 법적 근거 및 세부 지침 마련에 그 목적을 두고 있다.

공유수면 매립시 대체습지 조성 부담을 통해 갯벌 매립을 제한하고 사실상의 매립 억제를 유도하며, 불가피한 매립의 경우에도 대체습지 조성으로 연안습지의 상실 방지를 통해 연안의 지속가능한 이용·개발·보전의 조화에 정책적 목표를 두고 있는 이 연구사업의 목적을 달성하기 위하여, 총 65억원의 연구비를 투입하여 5년 동안 실시하기로 계획되었다. 연구사업분야는 크게 대체습지의 생태계 기능 연구의 생물분야, 대체습지 조성의 공학기술 연구의 공학분야, 그리고 대체습지 조성의 법제도 및 경제성 분야 등 3개 분야로 나누어져 있으며, 생태계 기능 연구 분야는 다시 연안습지 생태계 기능 연구와 복원생물 및 이식기술 연구 분야로 나누어 추진되었다.

또한 연구목적 달성을 위해 다음과 같은 연구추진방향이 설정되었다. 첫째, 선진외국의 연구결과와 국내 기존의 관련 기초연구 성과를 활용하여 우리나라 해역 실정에 맞는 대체습지 조성기술을 확보하며, 이를 토대로 해역별 경제성 및 기능성 측면에서 대체습지 조성이 가능한지의 여부를 검토한다. 둘째, 매립시 상실되는 연안습지와 대체 조성되는 습지와의 관계설정을 검토한다. 즉, 동일 수준의 가치 또는 면적 대체(배상)하는 방안, 인근 장소 또는 다른 장소에 대체하는 방안, 그리고 일부 또는 전체를 대체하는 방안 등에 대해 검토한다. 셋째, 대체습지 조성이 곤란할 경우 부담금을 부과하는 방안을 검토하며, 부담금을 부과하는 경우 자연환경보전법에 의거 부과하는 생태계보전협력금 또는 새로운 부담금 설치 제한 등과 관계를 검토한다. 마지막으로 넷째, 생물·공학 등 학계·연구계의 다양한 전문가가 참여하고 실해역 실험 결과를 토대로 대체습지 조성 실용화 기술의 확보를 추진한다.

이상과 같은 연구사업계획과 추진방향에 따라 본 연구사업의 최종목표는 다음과 같이 설정되었다.

- 대체습지의 실해역 실험을 통한 생태적·공학적 설계·조성·유지관리 및 평가를 위한 기반기술의 확보 및 실용화(지침서 작성)
- 대체습지 조성 의무에 관한 법적·제도적 근거 및 세부지침 마련과 경제적 타당성 제시

위에서 기술한 바와 같이 이 연구는 총 5년간의 사업으로 계획 진행 중이며, 금번

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제1차년도 연구의 분야별 목표는 다음과 같다.

- 공학기술 분야
  - 대체습지 조성공법 및 사례 조사 분석
  - 실해역 실험 적지 선정
- 생태계기능 분야
  - 실해역 실험 적지 선정
  - 해안습지 현황 분석
  - 대체습지 복원 사례 분석
- 법제도 및 경제성 분야
  - 대체습지조성에 관한 국내 현황 및 법제도 연구
- 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야
  - 애기잘피의 분포 및 서식환경 규명

제4절 연구수행 내용 및 방법

본장 제1절에서 포괄적으로 정의한 대체습지의 개념 즉, "대체습지는 건전하고 지속가능한 연안 해양환경 유지를 위해 습지개발예정지역 인근 또는 다른 지역에 개발되는 습지의 크기 또는 기능에 상응하는 습지를 확보하는 것을 말한다. 습지의 확보는 훼손된 습지의 복원, 회복, 개선뿐만 아니라 새로운 습지의 창출을 포함한다."에 따라 전절에서 언급한 연구목적을 달성하기 위하여 수행된 연구내용과 연구수행방법은 다음과 같다.

1. 연구수행내용

이상과 같은 대체습지의 포괄적 개념 하에 수행된 제1차년도 각 분야별 연구내용을 요약 정리하면 다음과 같다.

가. 생태계 기능 분야

- 습지 식생 유형별 생태계 조사 및 기본 환경 파악

  식생의 중심이 되는 습지생태계를 크게 해안의 갈대 우점 습지생태계 (강화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

도 여차리, 시흥 갯벌, 호곡리 갯벌, 순천만 갯벌), 내만의 거머리말 습지 생태계 (가로림만), 사구생태계 (신두리 사구)로 구분하여 식생 유형별 습지생태계의 환경 및 생태계 조사 실시

- 실해역 실험 적지 선정 조사

  대체습지조성과 실해역 실험을 위한 실험 적지 선정을 위하여 서해안 가로림만 부근의 11정점과 남해안 진도 1정점, 남해도 2정점, 고성 1정점, 거제도 2 정점을 선정하여 기본적인 주변 환경조사와 식생조사 실시

- 국내외 습지 현황 및 대체습지 사례조사

  전국의 해안습지의 대표적인 지역 6곳을 기존의 연구자료를 통해 현황 분석 및 분류를 실시하였으며, 국내외의 대체습지의 사례 조사 실시

나. 공학기술 분야

- 대체습지 조성사례 조사 분석

  미국, 일본 그리고 우리나라에 조성된 대체습지의 전형적인 조성사례를 각 국가별 2경우에 대해 조사 분석

- 대체습지 조성공법 조사 분석

  대체습지 설계 및 조성을 위한 단계별 기술적 요소를 도출하고, 이들 각각에 대해 다양한 공법을 정리, 분류, 비교

- 실해역 실험적지 선정을 위한 현장조사 및 수치실험

  - 기존 환경 및 식생조사를 통해 선정된 17개 후보지에 대해 지형, 수리환경 및 사회적 환경을 조사 분석하여 적지 선정
  - 실해역 실험적지로 선정된 가로림만 오지리에 대해 현장조사(조석, 파랑) 실시 및 수치모형(조석, 파랑) 수립

다. 법제도 및 경제성 분야

- 공유수면 매립현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측
- 대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책 현황 분석

라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야

- 잘피류 분포 생태 관련 문헌 조사

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 애기잘피와 잘피의 분포 파악
- 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경 파악

2. 연구수행방법

이의 각 분야별 연구내용을 수행하기 위하여 사용한 방법을 간략히 기술하면 다음과 같다.

가. 생태계 기능 분야

- 자연습지 생태 현황과 대체습지 실험 적지 조사
  현재 국내의 자연습지 연구 자료 조사 및 대표 습지 현장 조사
- 해안습지의 기본 환경 조사
  국내 연안에 발달한 습지를 유형별로 나누어서, 염생식물이 우점한 지역과 거머리말 군락이 우점하는 지역으로 구분하여 습지 식생의 기본 서식환경 및 서식 특성 조사
- 해안습지내 식생대 생태계 조사
  연안 습지 지역 중 대표적인 몇 지역을 선정하여, 습지 식생 유형별로 습지 내의 저서생태계를 대형저서동물과 중형저서동물로 나누어 현장 조사 및 군집 특성 분석
- 생태계 기능분야 대체습지 복원사례 분석
  현재 국내외의 대체습지 복원사례를 조사하여 현황 및 핵심기술 분석

나. 공학기술 분야

- 대체습지 조성사례 조사 분석
  국외 출장 등 현지를 직접 방문하여 실태를 파악하고 문헌조사를 통해 자료를 수집 분석
- 대체습지 조성공법 조사 분석
  광범위한 기존 문헌 및 자료조사를 통해 대체습지 설계 및 조성을 위한 단계별 기술적 요소를 도출하고, 이들 각각에 대해 다양한 공법을 정리, 분류, 비교
- 실해역실험 적지 선정을 위한 현장조사 및 수치실험

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 기존 자료 및 현장조사를 통해 환경 및 식생 자료를 수집 분석하고, 일차적으로 선정된 17개 후보지에 대해 지형, 수리환경 및 사회적 환경을 조사 분석
- 실해역 실험적지로 선정된 가로림만 오지리에 대해 현장조사(조석, 파랑) 실시 및 수치모형(조석, 파랑) 수립

다. 법제도 및 경제성 분야

- 공유수면 매립현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측
  - 연도별 간척사업 추진 실적을 분석함과 동시에 향후 매립 수요 분석
  - 제2차 공유수면 매립기본계획상의 매립반영 가능지구를 도출하여 향후 대체습지 조성의무화시 대체습지 수요를 예측함.

  대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책 현황 분석
  - 대체습지조성과 관련되는 법제도로 습지보전법, 연안관리법, 자연환경보전법, 공유수면매립법, 농지법을 검토
  - 대체습지조성과 관련되는 정책으로 해양개발기본계획, 연안통합관리계획, 연안정비계획, 중장기 항만기술발전 기본계획, 공유수면매립기본계획, 습지보호지역 보전계획을 검토

라. 복원생물 생태연구 및 이식기술 분야

- 문헌조사를 통해 잘피류 분포 생태 관련 자료 수집 및 분석
- 문헌조사와 현장조사를 통해 애기잘피와 잘피의 분포 파악
- 문헌조사와 현장조사를 통해 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경 파악

본 보고서는 총연구기간이 5년으로 계획된 이 연구사업의 제1차년도 연구를 수행한 결과를 수록한 연구보고서로, 각 분야별로 전절에서 언급한 연구수행내용에 따라 기술되었다. 제2장에서는 대체습지 조성 또는 복원과 관련된 국내외 기술 현황을 분석하였으며, 제3장에서는 대체습지 생태계기능 연구 분야의 연구결과가 수록되었다. 대체습지 조성 공학기술 연구 분야는 제4장에서 다루었으며, 대체습지 조성에 관련된 국내의 법제도 및 정책 관련 분석 결과는 제5장에 기술하였다. 마지막으로

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

인하대학교에서 협동연구로 실시한 복원생물 및 이식기술 연구 분야의 연구결과는 제6장에 수록되었다. 그리고 제7장, 제8장, 그리고 제9장에는 연구개발목표의 달성도 및 관련분야에의 기여도, 연구개발결과의 활용계획, 그리고 참고문헌이 각각 수록되었다. 마지막으로 현장관측 및 분석결과 중 일부를 부록에 수록하여 추후의 연구에 활용할 수 있도록 하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제2장

국내외 기술개발 현황

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제2장 국내외 기술개발 현황

미국, 일본 및 유럽 등 선진 외국에서는 연안습지의 보전·복원·창출을 위한 다양한 법규와 정책을 수립하고, 이를 근거로 관련 기술을 연구 개발 보유하고 있으며, 이러한 기술을 이용하여 다양한 형태의 습지 또는 염습지를 인공적으로 성공리에 조성한 바 있다. 미국은 CWPPRA[1] 사업을 통하여 1990년~1997년의 8년 동안 인공습지의 조성 및 복원에 약 2억5천만 달러를 투자하였으며, 네덜란드는 바덴해에서 나무말뚝공법에 의한 인공염습지 유지관리에 연간 12억원을 투자하고 있다. 한편 일본의 대표적인 대체습지 조성사례는 히로시마(廣島)縣에 조성된 이츠카이치(五日市) 인공습지를 들 수 있다. 히로시마(廣島)縣은 이츠카이치(五日市) 연안에 매립으로 손실된 갯벌에 대한 代償措置로서 3년 6개월(1987. 7~1990. 12) 동안 총 42억엔을 투자하여 매립호안 전면에 24ha의 습지를 인공적으로 조성한 바 있다.

연안에 인공적으로 습지를 조성하는 경우, 일반적인 매립 등의 건설사업과 유사한 단계를 거치게 된다. 즉, ① 계획 및 설계, ② 시공, 그리고 ③ 운영·유지관리 및 모니터링의 3단계로 나눌 수 있다. 비록 인공습지가 타 건설사업과 같은 단계를 거쳐 조성되지만 각 단계별 세부구성요소는 일반 토목공사와는 다른 점이 많다. 즉, 인공습지를 조성하기 위해서는 계획단계에서 토목공학, 연안수리학, 해양지질·해양생물·해양화학 등 다양한 분야에 관한 현장조사를 실시하고, 이를 근거로 연안습지의 다양한 기능 중 조성하고자 하는 인공습지가 목표로 하는 主機能을 설정하여야 하며, 이 目標機能 실현을 위한 최적의 조성방법을 시공에 앞서 수립하고, 이에 따라 설계하여야 한다. 또한 주로 육상에서 시공되는 일반적인 매립 등의 토목공사와는 달리 조간대 또는 천해역에서의 해상공사가 포함되므로 이에 따른 공법 및 장비도 신중하게 선정되어야 한다. 시공 단계에서도 조석, 파랑, 또는 바람의 영향으로 공사시간에 많은 제약이 따르므로 이에 대해서도 충분히 고려하여야 한다. 조성된 후에는 목표기능의 실현 상황 점검을 위하여 관련 인자를 주기적으로 모니터링하여야 하며, 이에 대한 보완대책이 필요할 경우 기초 자료로 이용한다.

---

1) 미국 연안습지 계획·보호·복원법 (Coastal Wetlands Planning, Protection and Restoration Act)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

연안습지를 조성하기 위해서는 설계 및 시공 상의 여러 가지 제약조건으로 인해 일반적인 육상토목공사에 비해 많은 사업비가 소요된다. 따라서 충분한 사전타당성 조사를 바탕으로 한 성공가능성 확보 없이 인공습지를 조성하여 실패할 경우, 예산 낭비는 물론 연안환경의 대규모 훼손을 초래할 수 있다.

본 장에서는 향후 국내 연안습지 조성사업이 활성화될 경우를 대비하여 시행착오를 최소화하고, 지역적 특성에 따른 적정 조성방법의 도출을 위하여 국내외 관련 기술개발 현황에 대하여 살펴본다. 우선, 생태계 기능 분야에서는 이 연구사업의 핵심내용으로 계획되어 있는 소규모 생태계(microcosm) 및 중규모 생태계(mesocosm) 실험 연구의 국내외 연구동향과 기술개발 현황을 살펴보고, 향후 이 연구사업에서 수행하게 될 소규모 생태계 및 중규모 생태계 실험연구의 계획에 대하여 제1절에 기술하였다. 제2절에서는 공학기술 분야의 인공습지 조성 및 복원에 관련된 국내외 연구동향과 기술개발 현황에 대하여 살펴보았으며, 제3절에서는 선진 외국의 법제도적 변화과정을 중심으로 기술하였다. 마지막으로 복원생물 및 이식기술 분야의 연구동향과 기술개발 현황은 제4절에서 다루었다.

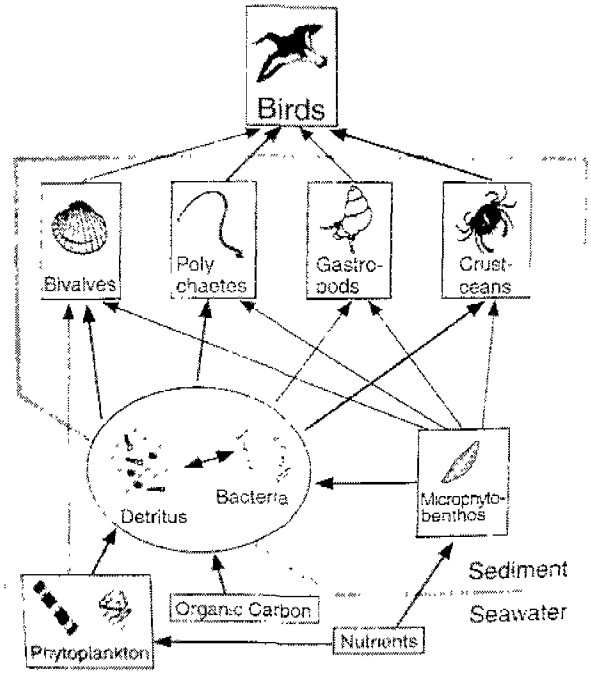
제1절 생태계 기능 분야

1. 조간대 생태계 구성원의 중요성 및 특징

육지와 바다의 경계에 있는 조간대는 박테리아, 규조류, 유기성 쇄설물 등을 기점으로, 패류, 다모류, 갑각류 그리고 조류 등의 먹이망이 형성되어 있다 (<그림 2.1.1>). 이들 저서생물 그룹은 파랑이나 수질, 저질 등의 물리화학적 요인과 상호작용을 하면서 조간대 생태계를 형성하고 있다. 이 중에 중요한 요인이 이러한 조간대의 기능인데, 그 기능은 조간대에 서식하는 여러 종류의 생물에 의해 유지되고 있다. 이러한 기능의 본질은 생물의 서식기능이라 할 수 있다.

해안습지의 생물서식기능의 구체적인 평가 항목을 몇 가지 서술하면, 1) 특정 혹은 임의의 생물이 다수 서식, 2) 다양한 저서생물이 서식, 그리고 3) 잃어버린 조간대와 같은 종의 생물이 같은 양으로 서식 등이다. 이러한 복잡하고 기능적인 생태계 구성원에 대한 연구를 하기 위해서는 여러 가지 자연적인 환경 요소들을 재현한 현장 및 실험실 내에서 실험이 반드시 필요하다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.1.1> 연안 생태계 먹이망 관계

2. 소규모 생태계(Microcosm) 실험 연구

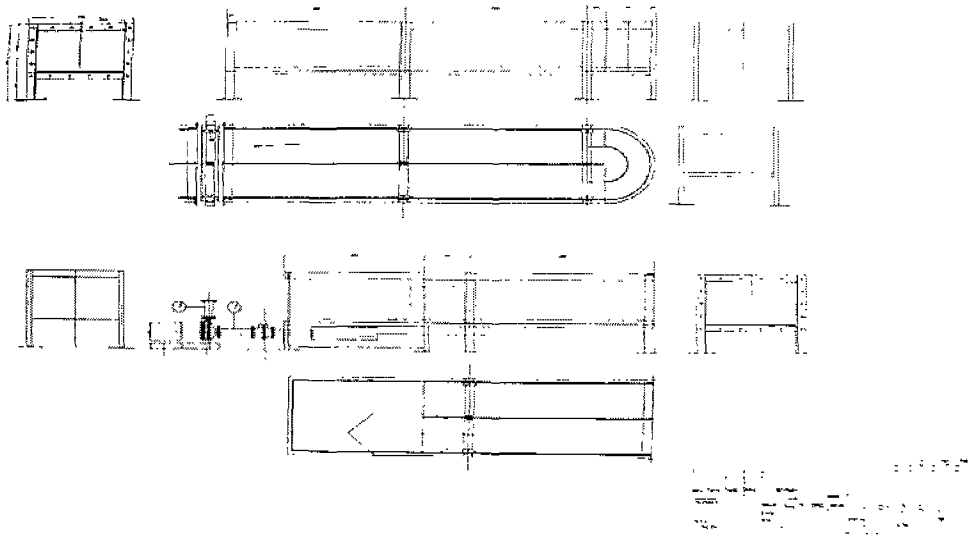
소규모 생태계(Microcosm) 실험 연구는 수조(aquarium)로부터 시작하여 소형생태계를 인공 조절된 환경에서 유지시켜 사육생물의 행동과 생태분석을 시도하는 구조이다 (<그림 2.1.2> 참조). 이러한 구조는 연구목적으로부터 상업용으로 발전하여 최근에는 대규모 수조를 디자인하는 것으로 발전하였다. 특히 Smithsonian Institution의 Dr. W. Adey는 호주 Townsville의 50만 갤런(gallon)의 물이 소요되는 Great Barrier Reef Aquarium을 디자인하여 이 분야에서 선구적인 역할을 담당하고 있다 .

또한 한국해양연구원이 수행하고 있는 '원자력 발전소 취수구 막힘 현상'의 문제해결을 위한 연구과제에서, 막힘 현상을 일으키는 주된 대상동물인 해파리나 난바다곤쟁이의 주어진 인공적 요인에 대한 행동변화를 살펴보기 위하여 제작하려고 하는 원형 소형 수조 역시 microcosm이다 (<그림 2.1.3>, <그림 2.1.4> 및 <그림 2.1.5> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

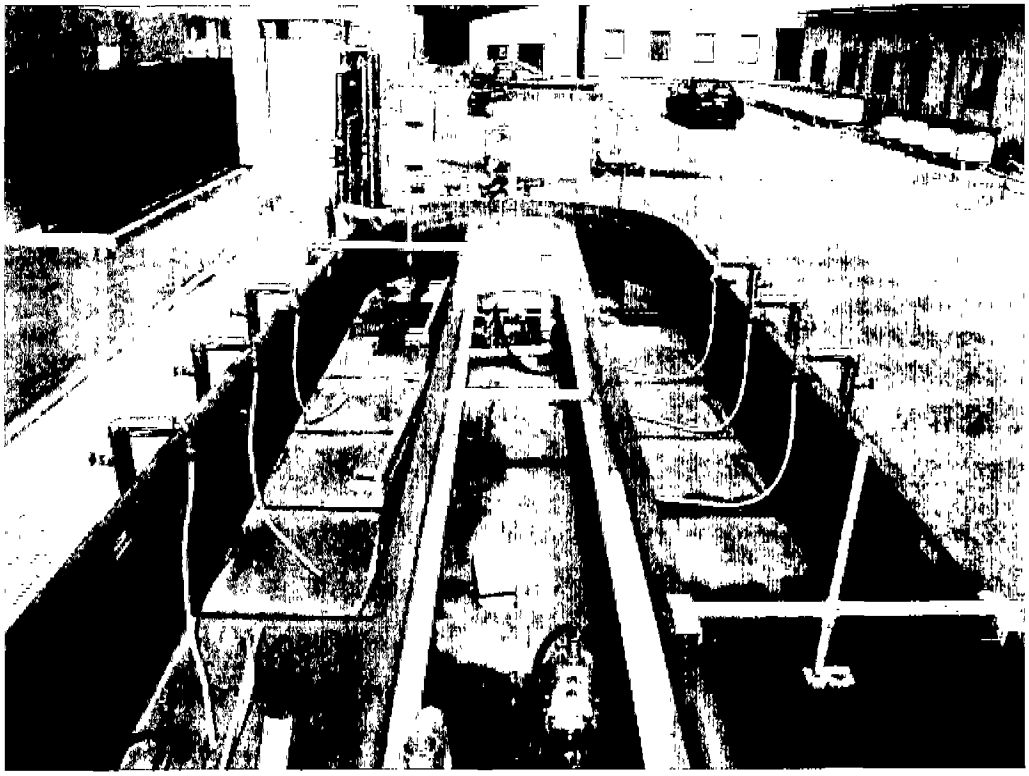


<그림 2.1.2> Microcosm system의 예

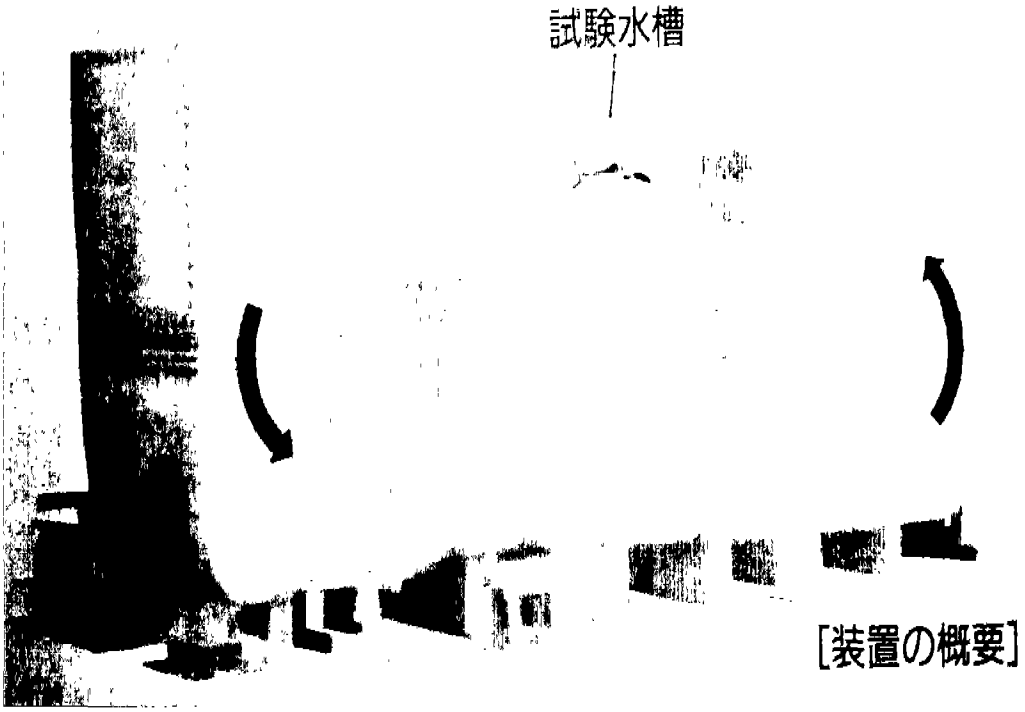


<그림 2.1.3> 해파리 및 난바다곤쟁이의 행동양식 실험을 위한 microcosm 설계도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.1.4> 일본의 해양생물연구소의 발전소 온배수에 의한 생태계 변화를 보기위한 microcosm



<그림 2.1.5> 어류의 행동반응을 보기위한 microcosm

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이와 같이 연구 목적에 따라 해양의 서식환경 요인들, 예를 들면 조위의 변화, 조류 세기의 변화, 온도의 변화, 먹이의 조절, 서식 퇴적물의 퇴적물 입도나 퇴적물 깊이의 변화, 생태계 구성 요인들 간의 상호관계 등등의 요소들을 변화시키면서 대상 생물의 적응, 변화, 성장, 생성, 소멸 등의 생태적 관계를 찾아가기 위한 실험이 가능하도록 인공적으로 생태계를 구성하고, 이러한 환경 요인들의 변화가 가능한 기계적 설비를 갖추는 것이 microcosm 및 mesocosm이다.

3. 중규모 생태계(Mesocosm) 실험 연구

중규모 생태계(Mesocosm) 실험 연구는 기본적으로 인공적인 생태계를 조성하여 여러 목적의 실험을 한다는 면에서는 microcosm과 같다. 그러나 mesocosm은 실험실이 아닌 현장에 설비를 설치하는 경우가 많고, 규모나 실험의 내용에서 microcosm에 비해 대규모의 설비를 말한다. 또한 mesocosm은 필요한 장비 및 기계적 장치가 훨씬 방대하며, 다목적의 실험을 동시에 실시할 수도 있으며, 중복 실험이 가능하다.

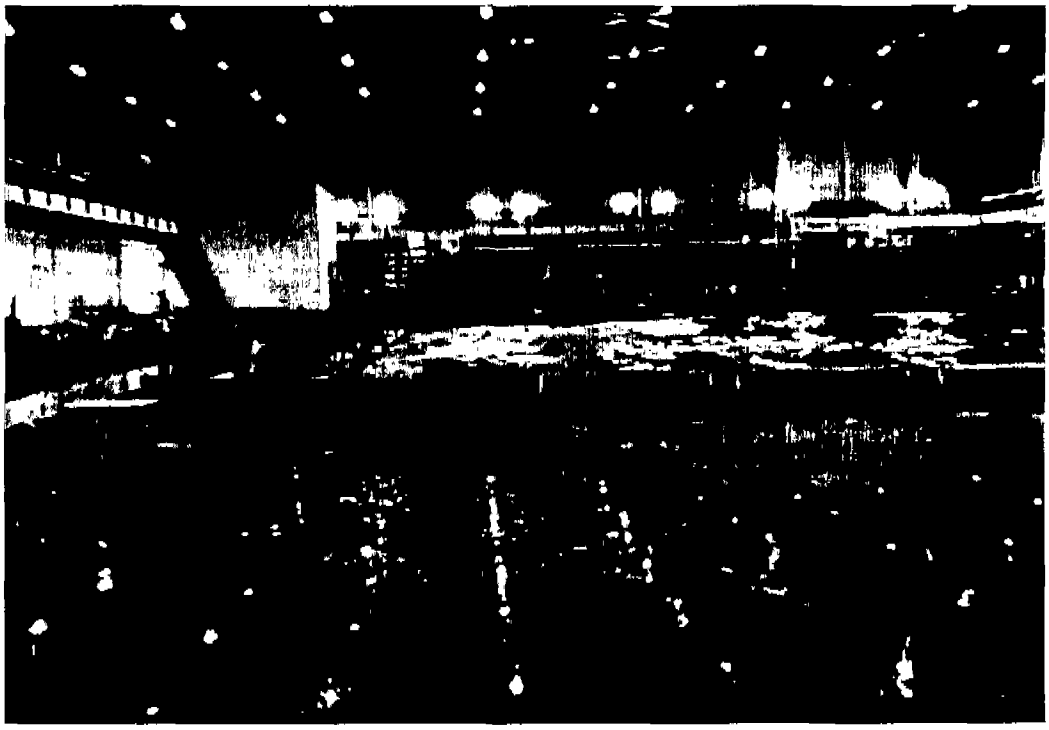
소규모 생태계가 아닌 대규모 생태계로 microcosm에 비해 훨씬 자연과 유사한 많은 요소를 갖춘 생태계를 형성할 수 있으며, 복수의 설비로 인하여 실험에서 나타날 수 있는 오차의 범위를 축소시킬 수 있는 동시 실험이 가능하고, 또 하나의 목적 하에 몇 개의 요인만을 각각 바꾸어가며 실험을 할 수도 있고, 다목적으로 동시에 실험을 할 수도 있는 대규모의 인공실험 설비이다. 현장에 연구 결과를 실제적으로 적용하기전의 최종단계로 볼 수 있으며, 이 연구에서 계획하고 있는 실해역 현장실험이 mesocosm의 하나라 할 수 있다.

연구조건과 목적에 따라 규모와 실험 설비의 항목을 조절할 수 있으며, 규모가 방대하기 때문에 실험의 기본 조건이 되는 해수가 다량으로 필요하여, 해수 공급이 기본적인 조건이 된다. 연구 목적에 따라 대상 생물의 먹이가 되는 생물들을 배양하는 실험설비와 연구실, 서식 퇴적물의 조건을 변화시키기 위하여 퇴적물을 일시적으로 자연 상태로 유지시킬 수 있는 설비, 또는 대상 생물들을 일시, 또는 장기적으로 사육하고 배양할 수 있는 설비 등이 필요하다.

이러한 설비와 유사한 예를 들면, 농어촌진흥공사에서 만든 새만금 축소모형 실험

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

설비, 일본 전력중앙연구소의 조류실험 설비(<그림 2.1.6>) 또는, 일본 항만연구소의 인공갯벌 실험 설비(<그림 2.1.7>) 등을 들 수 있다.



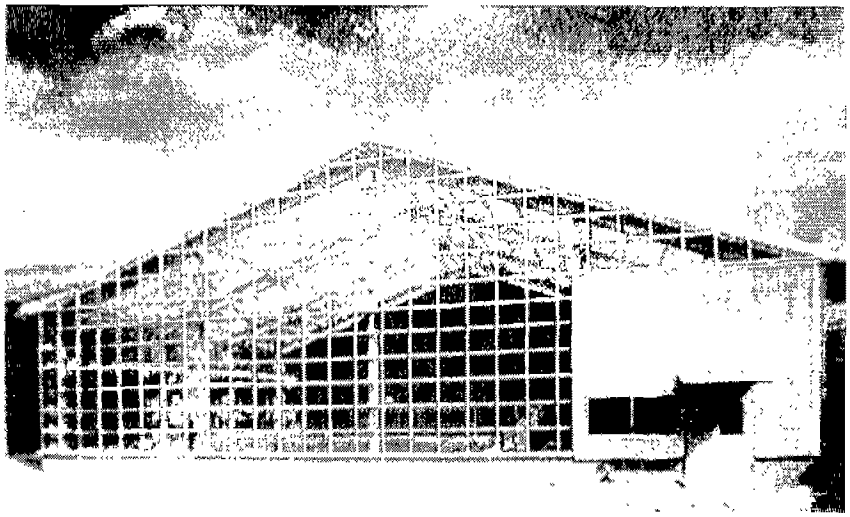
<그림 2.1.6> 일본 Abiko 중앙전력연구소의 대형 연안모형실험설비

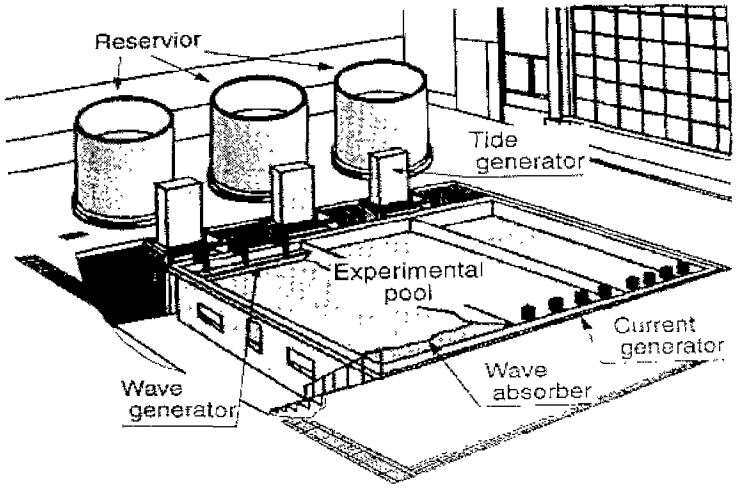
4. 대체습지 생태계 조성 모의실험 계획

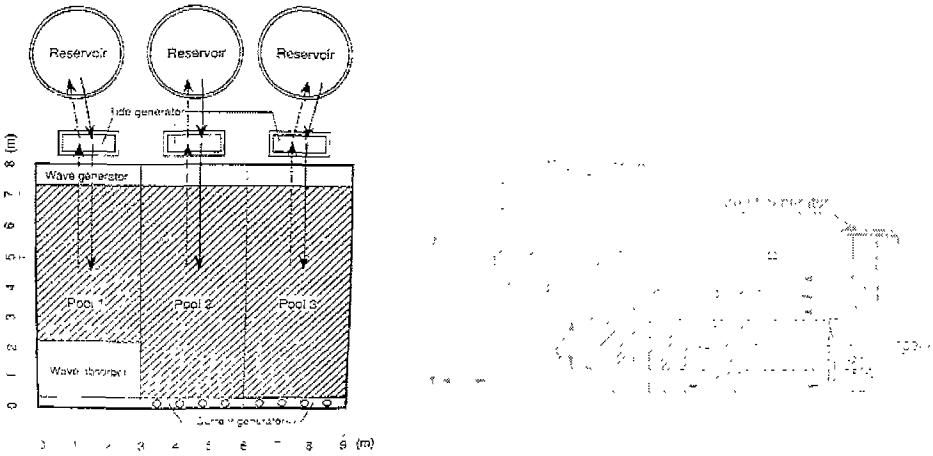
대체습지 조성을 위하여, 목적으로 하는 대체습지를 구성하는 생물을 대상으로 그 생물의 서식 환경 요인들을 여러 변수를 두어가며 적합한 환경요인들을 찾아가는 실험이다.

인위적인 생태계를 형성하면 기본적으로는 처음에 박테리아나 저서미세조류라고 하는 아주 작은 크기의 생물이 많아지고, 이보다 큰 중형이나 대형의 저서생물은 적을 가능성이 높다. 이것은 일반적으로 "젊은 생태계"라고 불리는데, 이러한 이유는 미생물은 짧은 시간에 증식 가능하지만, 이보다 커다란 생물은 생활사가 길기 때문에 증가하는데 시간이 필요하기 때문이다. 이처럼 작은 생물부터 시작하여 큰 생물로 생태계 구성 생물의 천이가 일어난다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04







<그림 2.1.7> 일본 항만연구소의 전경과 인공 갯벌 실험 설비 설명도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이러한 과정과 내용은 대상 지역이 어떠한 환경요소를 갖느냐에 따라 많은 차이를 보이는데, 이러한 생태계의 부분 부분의 현상과 역할, 기능 등을 밝혀내어, 그러한 모든 부분들을 최종적으로 하나의 생태계로 묶어 목적으로 하는 건강한 생태계를 만들어내고자 하는 과정에서 필요한 것이 microcosm과 mesocosm이다.

즉, 인위적으로 어떠한 환경을 자연에 설계, 설치하기 위해서는 이러한 기능을 알아보아야 한다. 그러기 위해서는 자연과 유사한 환경이 자유롭게 컨트롤되는 인공적인 생태계를 만들어야 하는데, microcosm이나 mesocosm이 이에 해당된다. 이 인공적인 생태계에서의 연구 결과를 자연 상태의 생태계와 상호 비교, 평가하여 향후 목적으로 하는 환경(예를 들면 대체습지)을 가능한 한 자연에 가깝게 그리고 건강하게, 또한 일시적이 아닌 장기적으로 지속 가능한 생태계를 만드는 데 이용할 수 있다.

가. 대상생물 혹은 생물군집 선정

(1) 습지 유형별 원생태계 생물 군집 조사

대체습지 조성을 위해서는 습지를 구성하는 식생이 중요한 요인이 될 것이고, 그 중 거머리말이나 애기거머리말과 같은 해초류 (seagrass)는 가장 필요 연구 대상 생물이며, 이와 더불어 미역, 김, 다시마, 파래와 같은 해조류(sea weed), 조간대 상부 대체습지 형성에 중요한 요인으로 작용할 갈대 등의 염생식물도 연구 대상 식물이다. 대체습지에서는 대상 식물들이 지역적으로 서로 다른 서식환경에서 서식하고 있는 생태적 특징을 일차적으로 살펴본 결과에 따라 microcosm을 설계, 제작하여 가장 중요한 환경 요인들을 습지를 구성하는 주요 식생종에게 만들어 주어 목적에 따라 여러 변수를 주어가며 실험하게 된다. 가장 우선하는 실험종은 넷 종의 잘피가 될 것이며, 잘피 종의 생태적 특징에 따라 실험을 계획하고 설계한다. 이와 같은 실험은 점차적으로 조간대 하부의 주목적 대상인 잘피류 이외에 전반적인 대체습지 조성과 관련하여, 상부의 주요 대상 식물인 염생식물 및 갈대류, 중부의 주요대상 식물인 해조류 및 잘피류에 있어서도 동일한 목적의 실험이 실시된다. 또한, 이렇게 습지를 구성하고 있는 식물 이외에도 이러한 식생을 기반으로 살아가는 많은 종류의 생물들을 동시에 연구하여, 습지 생태계의 구성 생물들의 특성을 습지 유형별로 파악하고 이를 지속적으로 모니터링해야 한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 생물군집의 생태계 역할 및 기능 연구

습지 생태계를 구성하는 주요 생물군집에 관하여 생태계에서의 위치와 기능에 대한 연구가 선행되어야 한다. 생태계 구성 생물의 역할 및 기능에 대한 이해는 대체습지의 여러 가지 유형의 가치에 대한 비교의 척도를 세우는데 반드시 필요한 요소이기 때문이다.

나. 대상생물의 생리 생태적 특징 연구

(1) Microcosm 실험을 통한 대상 생물종의 배양

선정된 생물종들에 대한 실험실에서의 여러 가지 특성 연구를 위해서는 먼저 microcosm을 이용한 생물종들의 배양기술의 축적이 필요하다.

(2) 각 생물의 생리 생태적 특성 파악 연구

Microcosm 실험을 통해 대상생물의 환경에 대한 생리적, 생태적 특징에 관한 연구를 수행해야 하며, 이러한 기술을 바탕으로 실해역에 조성될 대체습지의 생태계 조성기술을 위한 기본 생태적 자료를 축적하게 된다.

다. 대상생물의 습지 서식 환경 조건 연구

대상 생물의 생리 · 생태적 특성을 파악한 후에는 환경에 대한 반응의 연구가 필요하다.

(1) 조위에 따른 생존 및 성장 실험

조간대 생물이 서식하는데 중요한 물리적 제한요인인 조위에 따른 대상생물의 생존 및 성장실험을 통해 대체습지 유형별 대상 생물의 실해역 이식 및 가입에 따른 환경조건을 연구한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 서식지 퇴적물의 특성에 따른 생존 및 성장 실험

내생성 혹은 표서성 조간대 생물이 서식하는 기반이 되는 데 중요한 제한요인인 퇴적상에 따른 대상생물의 생존 및 성장실험을 통해 대체습지 유형별 대상생물의 실해역 이식 및 가입에 따른 환경조건을 연구한다.

(3) 먹이망 연구를 통한 서식 생물 군집간 관계 연구

습지 생태계를 구성하는 생물 군집들 간의 생물학적 제한요인인 포식과 피식에 대한 먹이망 내에서의 관계 연구는 대상생물의 가입 및 성장을 결정하는 중요한 생물학적 요인으로, microcosm 실험을 통해 대체습지 유형별 대상 생물의 실해역 이식 및 가입에 따른 생물학적 환경조건을 연구한다.

라. 대상지역의 서식 환경 조건 형성 연구

(1) 서식환경 범위 결과에 따른 친생물적 환경조건형성 구조물 및 공학적 연구

Microcosm 실험을 통해 나타난 대상 생물종의 서식환경 범위 결과를 이용하여 대체습지 조성기술에 응용하는 단계로서, 공학적인 환경조건 형성 구조물이나 공학적 조성기술에 생태적인 요인을 포함시켜 공동으로 연구를 수행해야 한다.

(2) 원생태계를 축소한 mesocosm 실험을 통한 서식환경 조건 연구

Microcosm 실험을 통해 나타난 대상 생물종의 서식환경 범위 결과를 이용하여 복합적인 실제 습지 생태계와 같은 환경을 구현한 mesocosm 실험을 통해 대체습지 조성기술에 핵심적인 생물서식환경에 대한 대규모의 연구를 실시한다.

마. 서식생물 이식 및 가입 실험

(1) Mesocosm 조성을 통한 대상생물의 이식 및 가입 생장 실험

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

실해역에 대체습지를 조성하기 위하여 지금까지의 연구결과를 바탕으로, 큰 규모의 mesocosm 실험을 실시하여, 이식, 가입, 생장에 대한 최종적인 지침을 작성하기 위한 실험이다.

(2) Mesocosm 실험을 통해 종간 관계, 생산량 측정 및 원생태계와 비교

모의실험을 통해 나타난 대상 생물종의 이식과 성장에 대한 결과를 원생태계의 지속적 모니터링 결과와 비교하여 대체습지 조성의 효율성을 연구한다.

바. 실해역 대체습지 조성 실험

(1) 모든 항목에 대한 실해역 적용 실험 (대체습지 대표 유형별)

Microcosm / Mesocosm 실험을 통해 얻어진 연구결과들을 바탕으로 실해역에 조성된 대체습지 구성 생물들에 대한 항목별 모니터링을 지속적으로 실시하여 대체습지의 실제 조성기술의 교정과 구성된 습지의 생산성 및 기능에 대한 효율성을 제고한다.

(2) 연구내용을 바탕으로 최종 지침서 작성

실해역 실험 결과를 토대로 계획된 대체습지의 실제 적용을 위한 지침서를 작성한다.

5. 대체습지 Microcosm / Mesocosm 실험 설비

앞에서 microcosm / mesocosm의 국내외 현황과 이를 연구하기 위해서는 어떠한 과정과 어디에 중점을 두고 연구를 진행하여야 하는가에 대하여 개략적으로 서술하였다. 향후 이 과제의 목적 달성을 위한 연구 설비에 대한 기본적인 사항은 다음과 같다.

Microcosm의 적합한 설치 장소로는 ① 한국해양연구원 남해연구소의 대형실험장, ② 한국해양연구원 본원의 야외 실험동의 일정 공간, ③ 한국해양연구원의 컨테이너 실험실, 또는 ④ 연구비 확보에 따라 소규모의 독자적인 시설의 설비 등을 염

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

두에 두고 있다. Microcosm의 설계 및 제작에 있어서, microcosm수조에 어떠한 기계적 장치, 장비를 부착 및 설치할 것인가, 설치장소는 어디로 할 것인가 등에 대해서는, 연구 진행의 크기와 참여연구원의 설정, 연구 가능 범위 등과 관련되어 있는, 향후 확보되는 연구비에 따라 다소 변화가 있을 것으로 본다. 국내 수조 실험은 현재까지 주로 관상용 목적으로 소형수조를 설치하고 있으며 단편적인 사육경험에 의존하여, 제한된 대상 생물만을 사육하여 단기간 생리실험에 임하고 있는 실정이다. 본 연구에서 계획하고 있는 microcosm이나 mesocosm은 그와 같은 실험에서 벗어나, 자연 상태의 생태계를 반영할 수 있는 실험목적과 생물의 종류에 따라 소형폐쇄생태계를 설계하는 것이며, 더욱 나아가서는 자연환경에서 얻지 못하는 생물정보를 습득할 수 있는 핵심기술로서, 이를 개발하고 발전시키는데 본 연구사업이 크게 이바지할 것으로 기대된다.

제2절 공학기술 분야

인공습지의 조성에는 연안물리학, 연안공학, 퇴적학[1] 및 퇴적역학, 지화학, 저서생물학[2], 그리고 조경학[3] 등 많은 분야가 연관되어 있다. 조성된 인공갯벌이 생물학적 생산성 등 다양한 측면의 가치를 지니기 위해서는 적절한 입경의 퇴적물 및 유기물의 공급이 필수적이며, 퇴적물 이동의 제어는 수리환경조건의 제어를 전제로 하므로 인공갯벌 조성을 위해서는 일차적으로 대상지 주변 해역에 대한 정량적인 연안물리학 및 연안퇴적학적 정보가 필요하다.

우리나라가 인공습지 조성에 관련된 공학기술개발 연구가 시작단계에 머무르고 반면, 구미 해양선진국에서는 약 20년 전부터 인공습지 조성 등, 연안수리 및 퇴적역학 측면에서의 효율적인 연안역 관리에 필요한 순수과학적 및 공학적 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

---

1) 퇴적학은 퇴적물이 생성, 운반, 퇴적되어 퇴적암으로 변화하는 전 과정을 연구하는 분야로서, 퇴적물과 퇴적층에 관한 자료를 야외에서 수집, 기술하고, 이들을 정성적, 정량적으로 분석하여 퇴적작용 및 그와 연관된 모든 지구과학적 사실을 규명하는 연구를 수행한다

2) 저서생물학은 해양환경중의 하나인 저서환경 (암반, 모래, 뻘)에서 생물-환경 간의 상호작용에 관한 자연적인 규칙성을 밝히고자 하는 분야이다.

3) 환경 경관을 대상으로 하여 그 곳에서 일어나는 변화 ·이용 ·경험 등의 현상을 다루는 분야의 학문이자, 그러한 대상과 현상의 조작(계획 ·설계 ·시공 ·관리)을 연구하는 전문학.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

인공습지는 일반적인 건설사업과 같은 단계를 거쳐 조성된다. 즉, ① 계획 및 설계, ② 시공, 그리고 ③ 운영·유지관리 및 모니터링의 3단계로 나눌 수 있다. 이러한 일련의 인공습지 조성과정의 기술적 측면으로는 ① 관련 인자에 대한 신뢰성 있는 현황파악 및 사후 모니터링을 위한 관측기술, ② 선정된 조성목표기능 실현에 요구되는 수리에너지·해저퇴적물 조건을 만족시키기 위한 설계와 시공에 관련된 수리·퇴적환경 제어기술, 그리고 ③ 인공습지 조성의 경제성과 조성된 인공습지의 지속성 안정성 제고에 필요한 시공기술을 들 수 있다. 이상의 기술 가운데 '수리·퇴적환경 제어기술'은 목표생물 서식에 적합한 인공습지 조성을 위해 특별히 강조되어야 할 기술로서 WAVE(1998)는 인공습지 조성을 '연안퇴적물의 성질, 파랑 및 海·潮流 특성에 경험이 풍부한 전문가가 담당하여야 할 새로운 임무'로 설정하였다.

본 절에서는 국내 대체습지 조성사업에 대비하여 국외의 관련 기술개발연구동향 및 기술개발 현황과 인공습지 조성사례를 수집·분석하고, 아울러 방조제 축조에 따른 퇴적환경변화, 인공습지 조성, 그리고 수리·퇴적환경 관측 및 제어기술에 관한 국내 현황을 살펴본다.

1. 국외 기술동향

가. 미국

(1) 연구동향

미국의 경우 연안에 접한 각 지방정부가 다양한 지원사업을 통하여 연안습지 복원 및 창출을 지원하고 있으며, 연방정부 차원의 지속적인 기초연구와 조성 관련 기술개발연구는 주로 '육군공병단 수로실험국(WES ; U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station)'에서 수행하고 있고, 습지의 복원, 창출, 계획, 그리고 운영·관리에 관한 기술을 자문, 제공하고 있다. 수로실험국 환경실(Environmental Laboratory) 내에 설치된 '습지연구·기술센터(WRTC : Wetlands Research and Technology Center)'는 연방 차원에서의 습지관련 과학기술사업, 부처간 협조체제 및 습지관련 민원해결 등 습지와 관련된 대부분의 업무를 담당하며, 공병단에 위임된 습지자원의 포괄적이고 학제적인 관리를 지원한다. WRTC는 연구프로그램 WTP(Wetlands Research Program)을 다음의 4개 분야로 나누어 1994년까지 수행한 바 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

① Critical Processes :

습지에 영향을 주는 수리학[1] (hydraulics), 수문학[2] (hydrology), 퇴적·침식, 수질, 토질역학[3]에 관한 연구

② Delineation and Evaluation of Wetlands :

토양특성, 수리학 및 식생의 특성에 따라 습지의 경계를 결정하는 방법과 습지의 생태학적 가치를 평가하는 방법에 관한 연구

③ Restoration and Establishment of Wetlands :

훼손된 습지의 성공적인 복원기법과 새로운 습지의 창출공법에 관한 연구

④ Stewardship and Management of Wetlands :

발견되지 않은 습지 파악, 공병단 소유습지의 관리 방법, 습지의 변화와 그 영향에 관한 연구

WRTC는 WES가 20년 이상 관련 연구를 수행하여 많은 결과를 얻었지만 아직도 그 답을 알 수 없는 새로운 문제가 끊임없이 제기되고 있다는 점을 인식하고, 1999년부터 WRP를 보다 효과적으로 특성화하기 위한 연구프로그램, CRWRP (Characterization and Restoration of Wetlands Research Program)를 시작하였다.

CRWRP의 첫 번째 사업은 향후 습지의 복원과 창출에 관련된 미육군공병단의 업무추진방침 설정에 관한 연구 과제를 도출하는 것으로서(Streever, 1999), 공병단 사업과 관리의무에 가장 도움이 되는 연구 과제를 우선적으로 분류·선정하고, 선정된 과제의 수행방법과 사업화 추진 방향을 설정하였다.

---

1) 물에 관한 역학 중에서 주로 토목공학에 관한 분야. 물의 정지(靜止)·운동의 기초이론 외에 댐의 수압, 하천의 홍수, 하상(河床)의 세굴(洗掘), 배수관의 유량, 우물의 양수량, 하수의 침전오수의 처리, 항만의 해일, 해안의 표사(漂砂), 수압관의 수격압(水擊壓) 등 넓은 응용범위를 포함한다. 따라서 하천·위생·해안·수력공학에서 각종 구조물의 설계기준으로 사용된다.

2) 육수(陸水)의 기원 ·분포 ·순환 ·특성 등을 연구대상으로 하는 학문. 육수란 하천 ·호소(湖沼) ·지하수 ·빙설(氷雪) 등의 형태로 육지 안에 존재하는 물을 말한다. 이것을 연구 대상으로 하는 학문으로는 하천학 ·호소학 ·지하수학 ·빙설학 등이 있으며, 이것을 총괄하는 학문은 육수학(陸水學)으로, 자연지리학의 한 분야에 속한다.

3) 흙이나 지반에 관한 공학적 문제에 대하여 주로 역학과 수리학(水理學)의 여러 원리를 응용하는 학문. 건설공사에 있어 흙이나 지반에 관련된 부분의 설계 ·시공을 목적으로 한 토질공학의 기초 이론에 해당한다. 농업 방면의 토양학이나 지층을 대상으로 한 지질학과는 그 성격을 달리한다. 토질역학 중의 주요 항목은 흙을 다지는 이론, 지하수 및 모세관수(毛細管水)의 유동이론(流動理論), 흙의 압축과 압밀(壓密)의 이론, 흙 속의 응력전파와 변형의 문제, 흙의 강도이론, 토압이론(土壓理論), 지지력이론, 사면안정에 관한 이론, 흙의 동적 성질에 관한 이론, 지반개량과 토질안정에 관한 기초이론 등이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

연구과제는 공병단 본부와 지구사령부의 전문가로 구성되는 CRWRP Ficld Review Group과 약 500명의 전문가로 구성되는 전자우편 토론그룹인 RESTORE의 평가와 문헌조사를 통해 선정되었으며, 일단 필요성이 인정되어 선정된 과제는 과제성격에 따라 여러 가지 형태로 수행되며, 그 수행방법은 다음과 같다:

① 대학 등에서의 학문적인 연구가 필요한 과제
② 공병단에서 수행중인 과제의 범위를 확대함으로써 목표달성이 가능한 과제
③ 관련 부처간 협조만으로 목표달성이 가능한 과제
④ 기존자료 재구성만으로 목표달성이 가능한 과제

이상과 같이 선정된 과제는 복원·창출된 습지에서의 식물 다양성에 관한 연구, 습지의 복원·창출에 필요한 구조물 개발, 습지사업에 지역 이해집단을 효율적으로 포함할 수 있는 방안 도출, 준설토를 이용한 인공습지에 다양한 서식지를 조성할 수 있는 방법 개발, 그리고 습지의 배수경사 조성방법 개발 등 매우 다양하지만, 수행필요성은 크게 다음 세 가지로 구분할 수 있다.

① '청정수질법(CWA : Clean Water Act) 제404조의 허가조건으로 포함될 수 있는 代償措置(compensatory mitigation)의 타당하고 효율적인 성공기준(performance standards 혹은 success criteria) 도출에 필요한 과제'에 중점을 두었다. 즉, 성공기준이 적절히 설정되어야만 '대상조치사업이 그 기준에 부합하는 지, 만일 부합한다면 성공기준 이상의 기능을 갖는 지의 여부를 알 수 있다.
② 일부 습지관리·계획·운영 관계자는 '소요예산과 기간을 최소화하면서 습지를 복원·창출할 수 있는 기술 개발과 지침서 수립'의 필요성을 강조하였다.
③ 습지의 보전·복원·창출에 관한 문헌조사에 따라, 복원·창출된 습지의 장기적인 변화에 관한 연구, 보다 효과적인 습지복원·창출기법 개발, 그리고 습지조성의 성공 여부를 보다 효율적으로 판단할 수 있는 방법의 필요성이 제기되었다.

상기 필요성에 따라 선정되고 사업화 추진이 결정된 대표적인 과제는 다음과 같다.

① 성공기준 개선 : 습지의 복원·창출의 성공 여부를 판단할 수 있는 기준을 개선하기 위하여 CWA 404조 허가조건과 각 지방의 성공기준을 재검토한다. 이를 위해 각 지방정부의 관련 허가조건과 지침서를 검토하고, workshop 등을 통하여 지역의 특성 및 습지형태에 따른 개선된 성공기준 수립방법에 관한 기술보고서를 마련한다. 작성된 기술보고서에 따라 성공기준에 부합하는

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

현장에서의 자료 수집을 통하여 기존 및 새롭게 제시된 성공기준의 타당성 여부를 검토한다.

② 복원·창출된 습지의 수리·지형학적 평가 : 수리·지형학적(HGM: Hydrogeo-morphic) 접근방법에 따라 기능과 변수를 설정하여, 이를 대체습지(compensatory wetlands)로서의 성공여부 평가기준으로 이용할 수 있다.

③ Headcutting : 수로의 수심과 폭이 급격히 증가하면(이를 headcutting이라 한다), 이에 의해 많은 강의 수위가 하강한다. 수위가 하강하면 주변 습지의 배수가 촉진되어 결국에는 습지가 상실된다. 현재 이러한 headcutting에 의해 상실된 습지를 수리학적 방법으로 복원하려는 계획은 있으나 headcutting에 의한 영향에 관한 정량적 자료가 없기 때문에 이에 관한 연구를 수행할 예정이다.

④ 자연습지와 준설토를 이용한 인공습지의 차이 : 미국은 지난 30년 동안 가장 일반적인 인공습지 조성방법으로서 준설토를 이용하였다. 준설토를 이용한 인공습지와 자연습지의 대표적인 차이는 서식하는 鳥類와 魚類 및 無脊椎動物의 차이이며, 이러한 생물학적 차이는 지형, 표고 및 潮汐池(tidal pond)와 潮流細谷(tidal creek)의 차이에 기인한다. 자연습지와 인공습지의 차이를 보다 명확하게 이해하기 위하여 습지기능을 반영하는 자료를 동일한 관측방법을 사용하여 수집하여 중요한 변수에 관한 자연·인공습지 간의 광범위한 비교연구를 실시한다. 이러한 비교연구와 함께 준설토를 이용한 습지조성 성공여부에 관한 문헌조사를 병행하여 연구자별로 정의한 인공습지 성공기준의 차이를 정리하고, 인공습지와 자연습지의 생물학적 및 지형학적 차이를 구분한다. 궁극적으로는 이와 같은 자료수집과 문헌조사를 통하여 인공습지 설계 및 시공방법의 개선안을 제시할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 단계로서 위와 같은 방법으로 제시될 개선안을 현장 시험할 예정이다.

⑤ 복원·창출된 습지의 장기지속성 : 그 동안 복원·창출된 인공습지의 장기지속성(long-term sustainability)에 관한 논의가 자주 있었으며, 장기적인 안정성 여부는 성공기준 판단에 매우 중요한 요소이나 많은 소요경비로 인하여 원활한 장기모니터링이 수행되지 못하였다. 인공습지는 10~20년 혹은 그 이상에 걸친 장기적 변화를 겪는다. 조성 후 10~21년 경과한 인공습지의 식생과 무척추동물의 서식에 관한 광범위한 조사가 1994년에 North Carolina에서 수행된 바 있으므로, 인공습지의 장기적 거동을 대한 이해증진을 위하여 1994년과 같은 방법을 사용하여 North Carolina 인공습지를 조사할 예정이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

⑥ 지방별 고유 식물종 보전 : 복원 생태학자들에 따르면 인공습지의 植栽는 지방에 따라 고유종을 보전하는 방향으로 실시하여야 하며, 몇몇 공병단 지구의 습지복원·창출 지침에 그 내용을 반영되어 있으나 지역 固有種에 대한 정보가 없는 지역은 다른 지역의 습지식물을 이식하고 있다. 현재 WES 핵산연구실(Nucleic Acid Research Laboratory)에서 Alabama 자연습지의 풀과 다른 지역으로부터 이식한 Alabama 인공습지의 풀의 유전자 차이를 연구하고 있다. 이 연구와 함께 유사한 연구결과를 종합하면 식물을 이식했을 때의 영향과, 궁극적으로 식물이식에 따른 생태학적 차이를 규명할 수 있을 것으로 기대된다.

⑦ 標準示方書 작성 : 과거의 경험과 현재의 자료를 이용하여 각 지구공병단의 습지복원·창출 업무의 효율화를 도모할 수 있는 방법 중의 하나가 실제 사업 수행시에 이용할 수 있는 표준시방서(sample contract specification)를 작성하는 것이다. 또한 기존 정보를 관계자들이 이해하기 쉽게 요약하는 것도 필요하다.

이상의 연구사업은 지역적으로는 미국 전역에 걸쳐 수행되며, 관련된 습지형태도 다양하다. 또한 각 연구는 학제적으로 진행되며, 따라서 향후 습지관련 연구 및 정책을 성공적으로 수행하기 위해서는 3C, 즉, '*communication*', 'cooperation', 그리고 'collaboration'의 중요성이 지적되었다.

(2) 인공습지 조성기법

미국의 연안습지 복원 및 창출과 관련하여 주목하여야 할 프로그램은 상원의원 John Breaux에 의해 시작된 Louisiana 연안의 대규모 습지 복원·창출 프로그램인 Coastal Wetlands Planning, Protection and Restoration Act (CWPPRA)이며, 이를 통해 약 2억5천만 달러가 투입되었다. CWPPRA 프로그램에서는 다음의 4가지 기법을 사용하여 습지를 인공적으로 복원 또는 조성하였다.

① 植栽技法 (Vegetative Techniques) : 인위적 또는 자연적 요인에 의해 훼손된 습지에 식물을 식재하여 파랑 에너지를 감소시키거나 퇴적물 입자간 결합성을 높여 침식을 방지하거나 저변을 안정시키는 방법이다.

② 構造物技法 (Structural Techniques) : 습지를 파랑의 영향으로부터 보호하거나 침식을 방지하기 위해 구조물을 설치하는 것으로서 쇄석방파제나 관목 등으로 만든 소파제를 들 수 있다. 또한 퇴적촉진을 위해 sediment trap을 병행

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

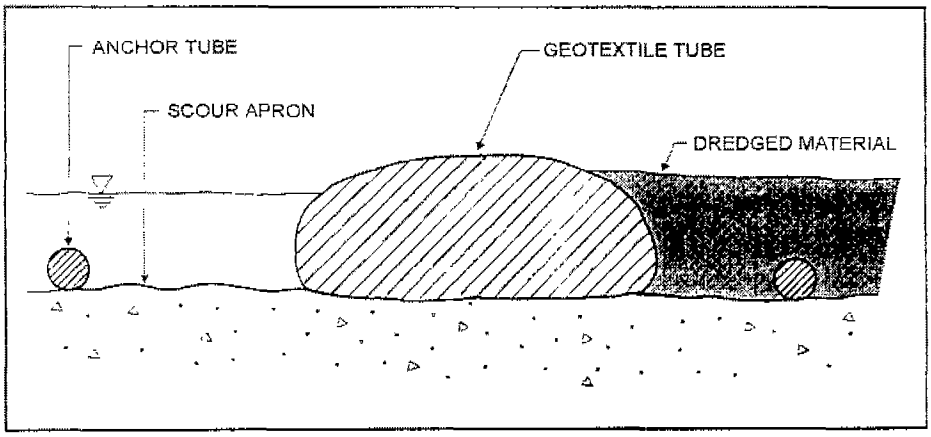
하여 사용하기도 한다.

③ 堆積技法 (Sedimentary Techniques) : 준설토를 이용하는 기법을 말하며, 미국에서 인공습지 조성에 가장 많이 시용하는 방법이다.

④ 水理技法 (Hydrologic Techniques) : 하천 혹은 운하 등지에서 많이 사용하며, 導流提 등을 설치하여 흐름 및 수위를 적절히 조절하는 방법이다.

그러나 대규모 인공습지 조성을 위해서는 퇴적기법, 식재기법, 및 구조물기법을 함께 이용하는 것이 일반적이다.

인공습지 조성방법 중 가장 일반적인 방법은 준설토를 이용하는 것이다. 그러나 준설토를 이용한 인공습지 조성시 대개는 침식방지를 위한 구조물 설치가 필요하며, 이의 설치에는 많은 예산이 소요된다. 가장 일반적인 침식방지 구조물은 방파제로서, 일반적으로 사석 등을 이용하여 축조하나, 최근에는 보다 환경친화적인 geotextile tube(<그림 2.2.1>)를 이용하기도 한다. Geotextile tube의 전형적인 예는 우리나라에서도 홍수시 긴급복구 등을 위해 많이 사용되는 모래주머니이며, 채움재로 주로 모래를 사용하는 이유는 모래는 다루기 쉽고 주머니 내에서 더 이상의 압밀이 진행되지 않으며, 세립퇴적물보다 밀도가 높아 무겁게 할 수 있기 때문이다. Geotextile tube는 재질이 특수하고 규모가 큰 모래주머니로 간주할 수 있다.



<그림 2.2.1> Geotextile tube의 단면개념도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

육군공병단은 1990년대 초부터 polypropylene이나 polyester 재질이며, 인장강도가 70,000~175,000 N/m인 geotextile tube를 습지의 침식방지 구조물로 이용하였다. 일반적으로 원주가 25~45 ft (8~14 m)이고 길이가 200~2,000 ft (61~610 m) 정도인 튜브에 준설토를 채워 천해역이나 조간대에서 높이가 낮은 방파제 등으로 이용한다. 긴 호안이나 방파제가 필요한 경우에는 60 m 이하의 짧은 튜브를 연속적으로 설치한다. Geotextile tube는 Texas의 Galveston Bay(Knutson *et al.*, 1990)와 Chesapeake Bay(Blama *et al.*, 1995) 등에서의 습지복원사업에 성공적으로 사용된 바 있다(Landin, 1998).

인공습지 조성을 위하여 개발된 것은 아니나 파랑 등의 수리에너지를 제어하며, 원활한 해수유동이 가능하다는 점에서 잠제와 부소파제는 가장 매력적인 기존 습지의 보호 및 인공갯벌의 조성에 응용 가능한 대안이 될 수 있다. 최근 미육군연구개발센터(U.S. Army Research and Development Center) 연안수리연구소(Coastal and Hydraulics Laboratory, CHL)에서는 빠른 설치 및 이동이 가능한 부소파제 RIB (Rapidly Installed Breakwater System)을 개발 중에 있으며, 곧 실용화될 것으로 기대하고 있다.

나. 일본

일본은 갯벌의 면적이 51,000ha에 불과함에도 그 중요성을 인식하여 지속적인 연구와 조성사업을 수행하고 있으며(예; 이정규, 1998), 항만기술연구소는 실내 조간대를 설치하여 물리적 교란과 해수교환에 따른 저서생물 군집 변화 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 또한 일본은 해안침식 방지를 위한 인공수초 응용연구를 수행한 바 있다. 또한 최근 각 정부부처에서 미국과 마찬가지로 Mitigation Policy에 입각하여 연안습지 보존과 복원을 위한 정책을 채택하고 있다.

일본에 습지가 인공적으로 조성된 것은 1973년 이후이며, 현재까지 약 900ha가 조성되었으나(<표 2.2.1>), 관련 연구가 본격적으로 수행된 시기는 1994년 운수성이 '환경과 공생하는 항만(Ecoport)' 건설을 지향하는 '항만환경정책'을 수립하고 운수성 내의 항만기술자들로 'Ecoport Working Group (EWG)'을 결성한 이후라 할 수 있다. EWG는 갯벌의 주요 기능을 일목요연하게 정리하고 자국의 조성사례와 함께 인공갯벌 조성의 전과정에서 고려하여야 할 사항을 상술한 '항만과 갯벌의 공생 지침서'를 작성하였으며, 이를 운수성 외곽지원단체인 (재)항만공간고도화센터에서

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

발간하였다.

<표 2.2.1> 일본에 조성된 인공습지(WAVE, 1998)

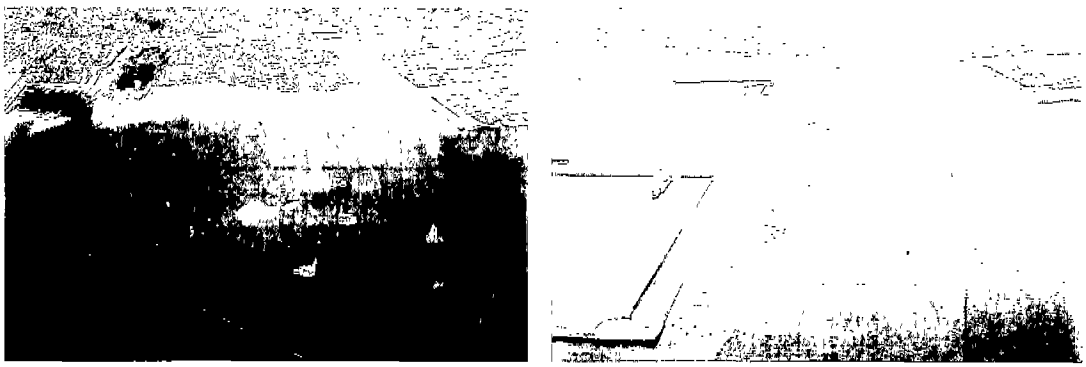
Prefecture	Area (ha)	Number of Sites
Aichi	183.69	4
Yamaguchi	162.00	4
Kumamoto	157.00	3
Hiroshima	124.48	11
Tokyo	124.38	7
Kanagawa	46.00	1
Fukuoka	44.46	3
Chiba	24.00	1
Osaka	12.80	1
Miyagi	5.00	1
Okinawa	2.10	1
Total	885.91	37

한편 운수성 산하 항만공항기술연구소(PARI: Port and Airport Research Institute)는 인공갯벌 관련 기초연구와 현장실증실험을 지속적으로 수행하고 있으며, 갯벌의 실내실험을 위하여 8m×9m×1.5m 규모의 mesocosm을 설치하였으며, Kuwae *et al.*(1997)은 흐름 및 파랑조건에 따른 전단응력과 엽록소, 용존산소 및 저서생물 변화 양상 및 퇴적물의 수질정화 능력 등을 연구하였다.

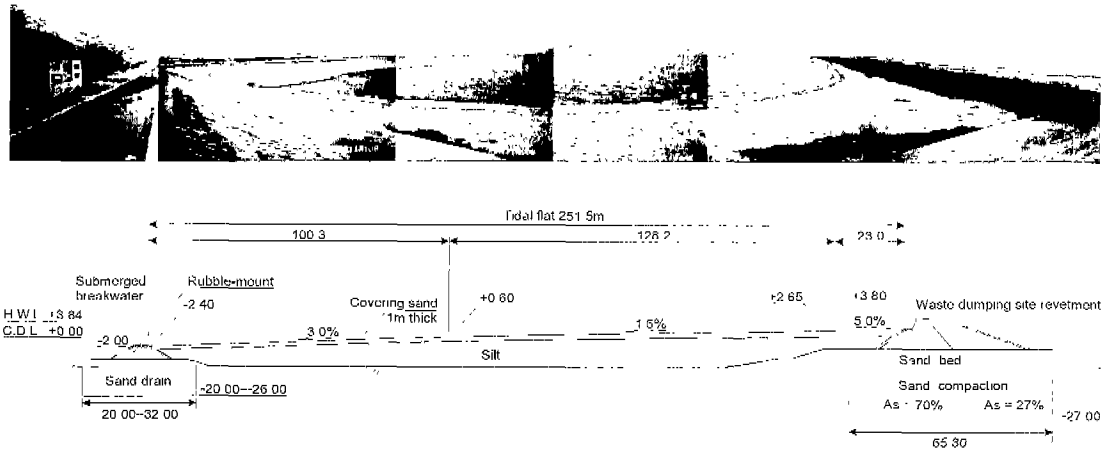
일본의 인공습지는 모두 갯벌의 특정 기능을 목표기능으로 설정하여 조성되었으며, 대표적인 조성사례를 살펴보면 다음과 같다.

① 히로시마(廣島) 이츠가이치(五日市) 인공갯벌 : 히로시마縣 야하타川(八番川) 하구의 연안매립에 따라 소멸된 갯벌의 대체습지로 조성하였으며 철새 보호가 조성목적이었으며, 면적은 약 24 ha, 폭이 약 250 m이며, 3년 6개월(1987. 7~1990. 12)에 걸쳐 조성되었으며. 총공사비는 약 42억엔이었다(<그림 2.2.2>, <그림 2.2.3>).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



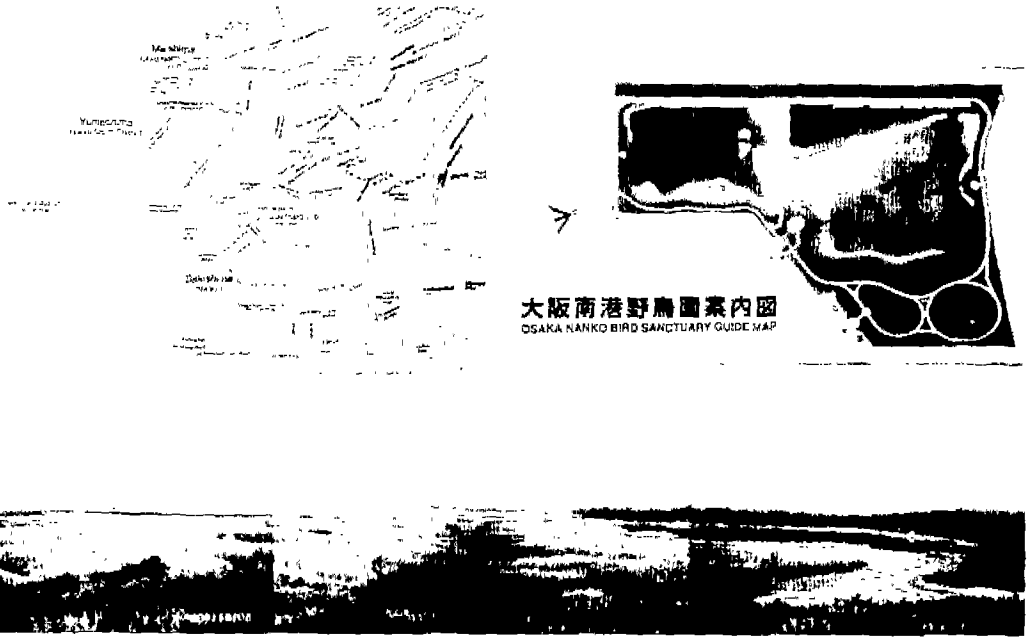
<그림 2.2.2> 이츠가이치 인공갯벌의 공사 전(좌)과 공사 후(우)



<그림 2.2.3> 이츠가이치 인공갯벌의 전경(위) 및 단면도(아래)

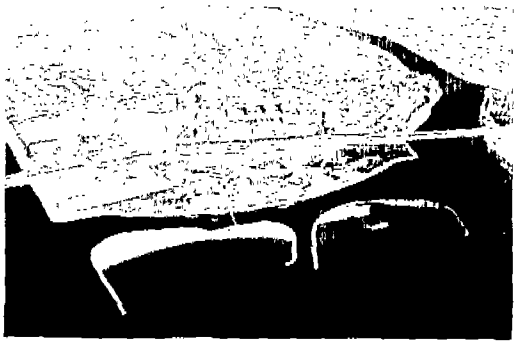
② 오사카 난코(大阪南港) 야생조류원 : 인공섬 사키시마(Sakishima) 조성으로 파괴된 야생조류 서식지 복원을 위해 1983년에 조성한 야생조류원 (natural bird sanctuary)으로서, 특징은 방조제에 설치된 파이프를 통해 해수가 유입되도록 하였으며, 습지가 12.8 ha, 녹지가 6.5 ha로 조성되었다. 공사중 지반침하가 일어나 플라스틱 재질의 매트리스를 사용하여 지반침하 문제를 해결하였다(<그림 2.2.4>).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.2.4> 오사카 난코 야생조류원의 위치도(좌상), 안내도(우상) 및 전망대에서 바라본 전경(아래)

③ 토오쿄오(東京) 카사이(葛西) 海浜公園 : 생물서식기능과 친수기능 확보를 목적으로 1989년 조성하였으며, 東둔치는 생물보호를 위해 일반인의 출입을 금하고, 교량을 설치한 西둔치는 임해공원으로 활용하고 있다. 준설토와 산사로 갯벌을 조성하였으며, 퇴적물 유출방지를 위해 외해쪽에 잠제형 離岸提를 설치하였다(<그림 2.2.5>).



<그림 2.2.5> 동경 카사이 해빈공원의 전경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 유럽연합

유럽연합은 해양과학기술진흥을 위해 1989년부터 MAST(Marine Science and Technology) 프로그램을 지원하고 있으며, 약 2억4천만 유로가 투입되어 1994년 시작하여 2000년에 종료된 MAST III는 4개 분과, 즉 Marine Science(A분과), Strategic Marine Research(B분과), Marine Technology(C분과), 그리고 Supporting Initiatives(D분과)로 나뉘어 수행되었으며, 연안수리·퇴적역학 및 연안공학이 속해 있는 Strategic Marine Research 분과(B분과)의 예산은 약 5천만 유로였다. 연안역의 수리학 및 퇴적역학에 관한 심도 있는 연구와 그 지식을 바탕으로 퇴적물의 거동과 연안구조물의 영향을 신뢰성 있게 예측하는 것이 연안습지의 효율적 관리 및 인공습지 조성에 필수적이다.

유럽연합이 MAST 프로그램을 통하여 인공갯벌 조성을 위한 기초연구를 지원하고 있는 한편, 네덜란드, 독일 및 덴마크 3국은 북해 연안 Wadden Sea의 광활한 조간대 관리를 위해 1978년에 협의체를 발족하였으며, Stade에서 개최된 1997년 8차 회의에서 채택된 공동선언문의 목표에는 염습지와 조간대의 면적의 인위적 확장이 포함되어 있다. 또한 이들 3개국은 공동목표 추구와 병행하여 자국의 필요에 따라 연안 인공 염습지 조성을 활발하게 추진하고 있다.

연안수리학과 퇴적역학을 포함한 연안공학이 속한 B분과 과제 중에서 본 사업과 가장 가까운 퇴적물이동과 관련된 11개 과제를 소개하면 아래의 <표 2.2.2>와 같다. 이 표에서 보는 바와 같이 대부분의 과제가 구체적으로 세분화되었으며, 이와 같이 연안역 수리·퇴적물 이동의 거동 파악 및 예측에 관한 심도 있는 연구가 선행되어야 퇴적물이동을 효율적으로 제어할 수 있으며, 궁극적으로 인공습지 등 연안역 관리사업의 성공적 수행을 기대할 수 있다.

유럽 특유의 자연환경에 적응하여 전통적인 방법에 따라 환경친화적으로 조성된 인공습지의 대표적인 사례로는 <그림 2.2.6>에서 보는 바와 같이 네덜란드, 독일 등지에서 사용하고 있는 나무말뚝과 잡목을 사용하는 방법을 들 수 있다.

네덜란드 북부지방에서는 나무말뚝과 잡목을 이용한 퇴적촉진으로 지반고를 높인 후 방목지와 농지로 이용하는 해안간척사업이 수세기 전부터 지역주민에 의해 실시되었으며, 1930년대 초부터는 정부가 주도하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 2.2.2> 유럽연합의 해양과학기술진흥 프로그램 제3단계 사업 MAST III에서 연안퇴적물이동과 관련된 연구과제

Project Acronym	Project Title
COAST-3D	Coastal Study of Three-Dimensional Sand Transport Processes and Morphodynamics
SEDMOC	Sediment Transport Modelling in Marine Coastal Environment
INDIA	Inlet Dynamics Initiative: Algrave
SASME	Surf and Swash Zone Mechanics
COSINUS*	Prediction of Cohesive Sediment Transport and Bed Dynamics in Estuaries and Coastal Zones with Integrated Numerical Simulation Models
OPCOM	Operational Modelling for Coastal Zone Management
PACE	Prediction of Aggregated-Scale Coastal Evolution
INTRMUD*	The Morphological Development of Intertidal Mudflat
C-STAR	Coastal Sediment Transport Assessment using Synthetic Aperture Radar
SCARCOST	Scour Around Coastal Structures
SAFE	Performance of Soft Beach Systems and Nourishment Measures for European Coasts

1960년부터는 이러한 간척이 보다 대규모로 수행되어 1960~1968년 동안에 염습지가 크게 확장되었으나, 이 시기 이후 염습지가 더 이상 확장되지 않고 침식되는 경우가 발생하였다. 그 원인 중의 하나가 해수면 상승인 것으로 밝혀졌으며, 이러한 고조위 상승의 75%는 風速增加가 그 원인인 것으로 나타났다 (Houwing *et al.*, 1995). 이에 네덜란드 정부는 과거에 조성되어 다양한 생물서식환경을 제공하고 높은 생산성을 가지며 아울러 배후지역의 보호 역할을 하는 조간대와 염습지를 해수면 상승에 의한 침식으로부터 보호하기로 하고, 현재는 더 이상의 확장 대신 침식방지를 위한 유지·관리에 주력하고 있다.

Brushwood groin은 200m×400m~400m×400m 구역 경계에 약 2m의 나무말뚝을 2열로 박아 그 사이를 나무가지로 채우는 것이며, 말뚝은 약 3년마다 새로 박는다.

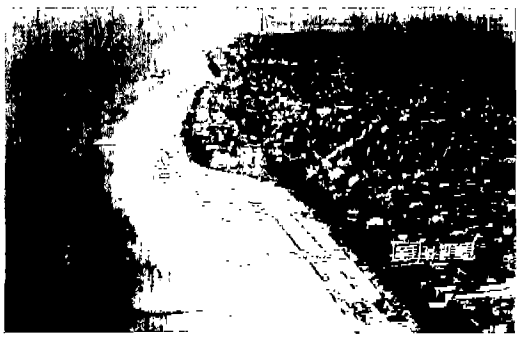
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.2.6> 나무말뚝 소파 잠제(brushwood groin)의 시공 장면(좌)과 이와 같은 방법으로 조성된 연안습지

<그림 2.2.6>에서 보는 바와 같이 퇴적지역 내에는 크고 작은 배수로를 인위적으로 조성하였으며, 이는 해수를 보다 빨리 배수하기 위함이다. 즉 조간대가 해수와 접하는 시간을 줄임으로써 파랑과 조류에 의해 교란·부유되는 퇴적물 양을 최소화한다. 한편, 이와 같이 조성된 염습지 내의 정점에서 퇴적율을 주기적으로 모니터링하고 있다.

네덜란드는 1990년까지 매년 20~30 ha의 해안이 침식으로 인해 유실되었으며, 이와 같은 해안침식을 보상하기 위하여 1990년 이후 해안에서 수 km 떨어진 곳의 해사를 이용하여 양빈을 실시하고 있다. 매년 약 6백만 m^3의 해사를 채취하여 양빈하여 1990년 이후 250 ha의 새로운 해안을 조성하였다. 벨기에도 준설모래를 이용한 해안확장 및 친수공간 확보가 활발하며, Zeebrugge 해안의 경우 준설모래를 이용하여 12 km의 휴양해빈을 조성하였다(<그림 2.2.7>).



<그림 2.2.7> 벨기에 Zeebrugge에 준설모래로 양빈하여 조성한 인공해빈

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 국내 기술동향

우리나라의 경우 지금까지 갯벌과 관련된 연구를 산발적으로 수행하였으며, 현재 진행 중인 사업도 있으나(과학기술처, 1989-1991 ; 한국해양연구소, 1997-1999, 1999c ; 해양수산부, 1998b, 1999-2003 ; 환경부, 1996, 1998, 1998-2001a,b), 대부분 실태조사를 통한 생태학적 개념 모델 구축 수준이나 갯벌의 자정능력 평가에 그치고 있으며, 인공갯벌 조성기술 연구와는 거리가 있었다. 현재 한국해양연구원에서 수행 중인 '황해 연안역의 해양환경 복원을 위한 연구 : 인공갯벌'이 인공갯벌 조성기술에 대한 본격적 연구의 시초라 할 수 있으나, 이 연구는 수리환경변화 및 퇴적물이동에 대한 관측, 분석, 예측 및 제어에 중점을 둔 기반기술 연구에 중점을 두고 있으며, 설계 및 시공기술 연구는 상대적으로 미약한 실정이다. 또한 훼손된 갯벌의 복원 및 기존 갯벌 보호에 초점을 맞추고 있다.

인공습지 조성 연구에 필수적인 퇴적학 등 관련분야 연구 또한 지금까지는 여러 가지 제약조건으로 인해 주로 정성적 연구에 치중한 것이 사실이며, 특히 인간생활에 밀접한 영향을 미치는 수심 20-30m까지의 천해역에 관한 지속적인 정량적 연구는 상대적으로 부족하였다. 이에 따라 다양한 연안개발이 갯벌에 미치는 악영향을 과학적으로 대처할 수 없었다. 예를 들어 영종도 주변의 광활한 사니질 갯벌은 인천신공항 건설을 위한 호안공사에 조류가 빨라져 표층의 니질층이 크게 침식되어 갯벌의 가치가 현저히 저하되었다(한국수자원공사, 1997a).

현재 선진국은 자국의 연안환경에 적합한 인공습지 조성기술을 개발 확보하고 있으나 특정한 기술이 항상 최선은 아니며, 이는 해당 지역의 수리·퇴적현상에 관한 충분한 사전지식이 필요하기 때문이다. 또한 퇴적물의 입도[1]구성비에 따라 파랑 및 해·조류 등의 외력조건에 대한 거동도 판이하며, 퇴적층의 압밀[2]과 유동화, 난류, 미세 부유퇴적물의 응집[3]과 해리[4] 등 퇴적물과 유체의 상호작용을 고려한 유체와

1) 퇴적물 입자들의 크기로서, 암석기원퇴적물(lithogenous sediment)을 분류하기 위해 사용된다. 입자 지름의 범위가 넓기 때문에 동일 간격으로 분류되는 방안은 실용적이지 못하므로 대수척도가 실용적인 분류 방안이다.Wentworth(1922)는 현재까지 표준입도의 분류척도로 사용되고 있는 분류방안을 고안해 냈다. 그 척도는 mm 단위로 되어 있다. 그 후, 세립인 퇴적물 크기를 10진법에 따른 값으로 계산할 때 불편하기 때문에 Krumbein(1934)은 ϕ척도라고 부르는 다음과 같은 수학적 변형식을 공식화하였다

2) 부분 또는 완전히 포화된 흙에 하중이 작용하는 것을 말한다. 압밀 진행 중에는 서서히 투수성에 따라 압밀 되면서 과잉 간극수압이 감소되며 시간에 따른 과잉 간극 수압의 변화를 등시곡선(isochrone)이라 하고, 압밀 완료시:과잉 간극 수압이 전부 소산되고 원래의 지하수에 의한 정수압 상태로 된다.

3) 콜로이드모양으로 분산한 미립자가 콜로이드상태가 파괴될 정도의 크기로 집합되는 것.

4) 1개의 분자가 그 성분의 원자 ·원자단(原子團), 또는 보다 작은 분자 등으로 분해하고, 또 그 분해가 가역적(可

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

퇴적물의 거동도 지역적 특성에 크게 좌우되기 때문이다.

해양선진국은 경제적인 연구지원 이전에 제도적 환경이 잘 갖추어져 있다. 현재 환경보전의 중요성에 관한 인식 정도와 습지의 다양한 가치를 고려할 때, 앞으로도 인공습지 창출을 위한 연구개발을 지속적으로 수행할 것으로 예상된다. 우리나라의 경우 기존 습지의 보존이 우선되어야 하나, 인공습지 조성에 관한 인식이 크게 부족하고, 현재까지 상실된 갯벌 면적, 우리나라의 입지적 조건 등을 고려할 때 비록 늦은 감은 있으나 제도적 개선과 아울러 우리나라 환경에 적합한 인공갯벌 조성 기술 확보를 위한 연구를 서둘러야 할 것이다.

또한 지역에 따라 생물상이 다르고 쉽게 구할 수 있는 건설재료가 다르므로 인공습지는 규격에 맞추어 조성할 수는 없으며, 또한 조성된 습지가 목표로 한 기능, 조성방침 및 의도한 생태계와는 전혀 달라질 수 있으므로 지역적 특성에 알맞은 공법, 신소재 등의 연구 개발이 포함되어야 할 것이다.

우리나라에는 인공갯벌 시공사례는 없다. 그러나 인공습지는 연안매립공사와 유사한 공법을 사용하고, 연안매립에 따른 수리환경변화는 퇴적환경변화를 유발한다. 따라서 방조제 완공 후의 수리·퇴적환경변화를 신뢰성 있게 예측하여 설계에 반영하면 자연적인 대체갯벌 조성을 기대할 수 있다. 이러한 예측이 인공습지 조성에도 필수적이므로 방조제 축조에 따른 퇴적환경변화 중심으로 우리나라의 인공습지 관련 기술을 살펴본다.

만약 논(畓)을 인공습지로 간주한다면 간척을 통한 인공습지 조성역사는 매우 오래되었다. 농어촌연구원(1999a)은 강화도 및 주변 섬들에서의 방조제 축조 관련기록을 심도 있게 조사하였다. 강화도 관련 자료에서 주목할 두 가지 사항은 방조제 축조방법과 방조제 축조에 따른 침식과 새로운 갯벌의 형성이다.

먼저, 17세기 간척기술에 대한 다음과 같은 조사결과에 따르면, 우리나라에서도 이미 오래 전부터 네덜란드에서와 같이 brushwood groin을 방조제의 지주로 사용했음을 알 수 있다.

> '주민들이 우선 5尺 정도의 말뚝을 5-6尺 간격으로 갯벌에 박고 이들 말뚝에 의지하여 싸리나무, 솔가지, 칡, 갈대 등으로 엮은 垣墻을 친 후 전후에 개흙을 쌓아 둑을 만들었다 (홍재현, 1992).'

逆的)으로 일어나는 현상.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2000년 8월에 해양수산부가 수립한 '연안통합관리계획'에 따르면 강화도 남부 갯벌은 현재 진행 중인 기초조사를 토대로 향후 '습지보호지역'으로 지정할 예정이다. 이러한 갯벌이 '강화도 남부 갯벌이 가능언과 선두언 축조 이후에 형성되었으며, 19세기 후반까지도 넓은 갯벌이 형성되지 않았을 가능성이 크다'는 농어촌연구원의 연구결과와 같이 방조제 축조에 의해 형성된 것이 사실이라면 '환경친화적 개발 가능성'이 입증되는 것이지만 이를 근거로 충분한 사전조사가 선행되지 않은 난개발이 가속화될 우려도 배제할 수 없다. 비록 강화도 남부 갯벌의 형성 시기는 불확실하지만 방조제 설계시 퇴적환경변화를 신뢰성 있게 예측하여 반영한다면 자연적인 대체갯벌 형성을 유도할 수 있음을 알 수 있으며, 이러한 예측기술이 인공습지 조성에도 필수적이다.

대호방조제는 식량증산을 위한 농경지 확장, 관개용수 확보를 목적으로 1981~1985 사이에 조성되었으며, 방조제 총 연장은 약 7,800 m이다. 방조제 축조에 의해 조성되는 개발면적은 총 7,648 ha이며, 이 가운데 담수호 면적이 2,215 ha이다. 상실된 갯벌 면적에 대한 정확한 자료는 없으나 총 개발면적과 담수호 면적으로 미루어 약 5,000 ha의 갯벌이 상실된 것으로 추측할 수 있다.

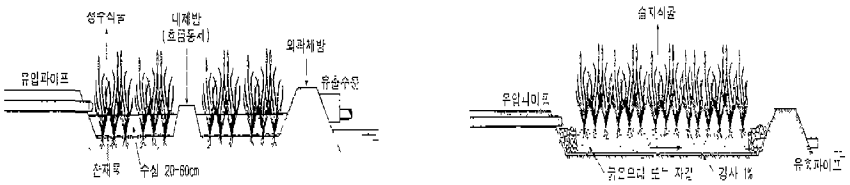
한국해양연구소(1993, 1994)는 대호방조제 건설에 따른 퇴적환경변화 파악을 위하여 방조제 건설 전·후에 대한 해수유동 수치실험과 2호 방조제 전면에서의 해양지질조사를 수행한 바 있다. 이 연구결과 향후 서산 쪽의 대호 1호 방조제 전면 일부를 제외하면 대호방조제 인근의 대부분의 갯벌은 소멸될 것으로 예상된다.

'새만금종합개발사업(Saemankeum Tideland Reclamation Project)'는 방조제 연장이 33km, 개발면적이 40,100ha에 달하는 대단위 간척사업이다(사업기간: 1991~2011). 농어촌연구원(1999a)은 과거자료 수집과 현장관측 및 수치모형실험을 통하여 사업지역 주변의 퇴적환경변화를 파악·예측하였다. 현장관측 자료에서 주목할 사항은 거전리 전년 갯벌의 퇴적작용과 어은리 수산방조제 전면의 침식작용이다. 거전리의 경우, 1995년 4월부터 1998년 12월까지 15일 혹은 1개월 간격으로 측정한 결과에 따르면 상부 갯벌에서는 최대 약 30~40 cm의 퇴적, 중부 갯벌의 수로는 최대 140 cm의 퇴적이 발생하였다. 반면, 어은 및 수산방조제 전년에서 1996년 10월부터 실시한 3단계 조사에 따르면 갯벌이 침식에 의해 연간 40~50 m 후퇴하였다. 그러나 위성영상 자료에 의하면 어은방조제 전면은 시공 중인 1호 방조제 인접 지역을 제외하면 새만금 사업에 따른 영향이 거의 없었던 1992년에 이미 상당 부분 침식되었

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

음을 알 수 있으며, 이는 이 지역의 침식과 퇴적은 새만금 방조제 시공과는 무관하며 오히려 潮水路의 蛇行進化過程에서 발생한 것임을 시사한다.

인공습지는 크게 두 가지 목적, 즉 수질정화와 습지생태계 복원·창출을 위해 조성된다. 우리나라의 경우, 대부분의 인공습지는 생활하수 정화를 위해 내륙에 소규모로 조성되었다. 수질정화 인공습지는 수문학적 특성에 따라 자유수면시스템(free water surface system)과 습지여과시스템(subsurface flow system)으로 나뉜다(<그림 2.2.8>). 국내의 경우, 군부대 오수처리용과 하천수질개선용(양홍모, 2000) 등 내륙에서의 다수의 조성사례가 있다.



<그림 2.2.8> 인공습지 조성방법 ; 자유수면시스템(좌), 습지여과시스템(우)

한국수자원공사는 <그림 2.2.9>에 제시한 바와 같이 축산폐수 및 생활하수를 정화하여 시화호로 유입시키기 위하여 시화호로 유입되는 3개 하천이 모이는 합류부 약 247천평의 갯벌에 갈대 등의 수생식물을 식재하는 인공습지를 조성하였다(사업기간: 1997. 9~2001. 8, 사업비: 270억원).



<그림 2.2.9> 시화호에 조성된 인공갈대습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

우리나라에서 간척지의 환경친화적 개발모델로 삼을 수 있는 것이 '대호환경농업 시범사업'이다. 농업기반공사와 유엔개발계획(UNDP)의 기술협력으로 추진되고 있는 이 사업은 대호지구 가운데 당진군 석문면 일대의 약 800 ha에서 환경농업실천, 간척지의 환경친화적 이용, 농업교육훈련센터 건립, 부대시설, 21세기 농어촌 주택단지 조성, 농어민 교육·복지센터 등 6개 핵심사업으로 추진되고 있다 (사업기간: 1994~2002, 사업비: 4백93억원).

인공갯벌 조성의 성공여부는 궁극적으로 퇴적물이동 제어기술에 좌우된다. 퇴적물이동을 효율적으로 제어하기 위해서는 첫째, 적절한 관측 장비를 이용한 현장관측을 통하여 대상해역에서의 퇴적물이동 현황을 파악하고, 이의 재현을 통하여 관련 수치모형을 검증하여야 하며, 둘째, 검증을 통해 적용신뢰성을 확보한 수치모형을 이용하여 다양한 구조물 배치안에 대한 퇴적환경변화를 예측한 후, 마지막으로 예측결과 분석을 통해 최적안을 도출하는 것이다. 이와 같은 일련의 과정을 관련 연안공사 수행 전에 거치지 않으면 수리·퇴적환경의 예상치 못한 변화로 말미암아 심각한 환경악영향을 초래할 수 있다.

퇴적물이동 제어의 제1단계는 대상해역에서의 수리·퇴적현상을 신뢰성 있게 파악하는 것이다. 수리·퇴적현상의 신뢰성 있는 파악을 위해서는 특별히 다음 세 가지 조건을 만족하여야 한다:

① 퇴적물이동이 활발한 악기상시 모니터링
② CBS 층 이하 해저경계층 부근에서의 퇴적물이동량 모니터링
③ 관련센서의 신뢰성 있는 검보정

이상의 세 가지 조건 외에 해저 및 부유퇴적물 입도분포의 공간적, 潮時別 혹은 계절별 변화를 무시할 수 없을 경우에는 이를 관측 조사하여야 한다. 특히 인공습지 조성시에는 해저퇴적물 입도분포에 따라 서식생물종이 변하므로 퇴적환경변화 예측시 퇴적상변화를 고려하여야 한다.

한국해양연구소(1997a)는 위의 조건을 만족하는 관측을 위해 혼합장비시스템 SeTMonS (Sediment Transport Monitoring System)을 구축하였다. SeTMonS는 2차원 유속·유향을 측정하는 4개의 전자기 유속계(EMCM), 3개의 광후산란 탁도계(OBS), CTD, 그리고 음향고도계(acoustic altimeter)로 구성되며, 유속·유향과 탁도를 4Hz로 관측한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

OBS 검보정의 근본적인 문제를 해결하기 위하여 한국해양연구소(1997b)는 Niskin 채수기를 응용한 자동채수기, AUTTLE을 개발하였으며, Jin *et al.*, (1999)은 그 효용성을 현장관측을 통해 입증하였다.

수리·퇴적현상 관측시 OBS 검보정과 함께 중요한 사항은 유속계의 검보정과 유속과 농도의 난류적 거동특성 파악이다. 한국해양연구소(1997b, 1998b, 1999b)는 4개축을 따른 초음파 진행속도차를 이용하여 3차원 유속을 12.5Hz로 측정할 수 있는 미국 Nobska 사의 유속계 MAVS 3개와 도플러 음향효과를 이용하여 3차원 유속을 25Hz로 측정할 수 있는 미국 Sontek 사의 유속계 ADV로 구성되는 해저경계층 수리·퇴적현상 모니터링 시스템, Benthic SPHINX (Sedimentary Processes and Hydrodynamic INformation Xeroxing system)을 구축하였다. 초음파 유속계는 이론적으로 영점보정을 할 필요가 없다. 이러한 유속계와 아울러 SPHINX에는 3개의 탁도계와 노르웨이 Aanderaa 사의 파고/조위계 WTR9, 그리고 OBS 현장검보정을 위한 다수의 AUTTLE이 장착되며, AUTTLE에 의한 난류발생이 유속계에 미치는 영향을 배제하기 위하여 AUTTLE은 항상 유속계 하류측에 놓이도록 설계하였다.

앞에서 살펴본 준설토를 이용한 대규모 인공습지 조성시의 침식방지 호안을 비롯하여 인공습지 조성에는 그 규모에 적합한 퇴적물이동 제어시설이 필요하다. 제어시설로는 퇴적물이동을 직접적으로 차단하기 위한 突堤, 수리에너지를 감소시킴으로써 퇴적물이동을 둔화시키는 잠제, 부소파제, 인공수초 등이 있으나, 우리나라의 경우, 침식방지를 위한 호안과 突堤를 제외한 다른 퇴적물 제어시설을 시공한 예가 없다. 한편, 농어촌연구원(1999c)는 방조제 배수문 양편에서의 퇴적을 억제하기 위하여 흐름이 배수문 전 구간에 걸쳐 고르게 유입되도록 하는 V자형 토사제거암거(V-type drainage culvert)를 개발하여 발명특허를 출원한 바 있다.

제3절 법제도 및 경제성 분야

습지는 육상생태계와 수상생태계와 만나는 전이지대로서, 습지의 지속적인 변화로 인하여 그 정의는 매우 다양하고, 지역의 특성 및 분류 목적에 따라 달라질 수 있다. 이러한 특성에 따라 습지의 정의 중 국제적으로 가장 광범위하게 통용되는 정의는 람사협약에서 제시한 것으로서 '습지'란 沼澤地, 土炭地를 비롯하여 자연

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

혹은 인공적으로 담수, 기수 혹은 염수가 영구적 혹은 일시적으로 정체하거나 흐르는 지역으로서, 간조시 수심 6m 이하의 海水域도 포함한다. 습지 옆에 위치한 강기슭과 해안지역, 습지내에 위치하고 있는 섬 및 간조시 수심이 6m 이상인 해수역도 습지에 포함될 수 있다.

우리나라의 습지보전법에서의 습지의 개념은 람사협약에서 보는 바와 같이 습지의 조하대 한계수심을 설정하지 않음으로써 외해를 습지로 포함하고 있으며, '연안습지'를 조간대(tidal flat), 즉 해수가 일시적으로 덮고 있는 지역인 갯벌에 한정함으로써 조간대 밖의 생물분포대를 제외하고 있다.

따라서 습지의 통일되고 공정하며 정확한 평가를 위해서는 습지와 관련된 생태학, 지리학, 지형학, 해양학, 수문학 및 토양학, 식물학, 경관학 등의 여러 학문분야에서 공감할 수 있는 정의 및 개념 도출이 필요하다.

선진국은 환경을 보호하기 위해서 또는 훼손된 환경을 복원하기 위해 대체습지를 조성하도록 하고 있다. 특히 대체습지의 조성과 관련된 선진국의 법제도 및 정책현황으로서 미국은 청정수질법과 연안습지계획·보호·복원법 등 21개 법제를 가지고 있으며, 이외에도 각 주별로 관련법을 습지보호에 적용하고 있다. 미국은 1988년부터 습지 손실을 막기 위해 no net loss(습지 순손실 방지) 정책을 시행하고 있으며, 습지를 매립할 때에는 의무적으로 대체습지를 조성하도록 하고 있다.

독일은 연방자연보전법에 따라 국립공원 관리청 및 관리사무소가 갯벌을 관리한다. 동 법 제8조에서는 Mitigation을 수용하고 있는 바, 자연 및 경관자원의 훼손이 불가피할 경우에는 자연 및 경과자원의 대상조치를 통하여 보상되어야 한다고 규정하고 있다.

네덜란드는 바덴해의 보전, 관리 및 이용에 관한 종합적인 국가계획인 바덴해각서(Wadden Sea Memorandum)에 따라 1980년부터 바덴해를 보호하고 있다. 동법은 자연보호지역을 3개 특별보호구역으로 구분하고 있는 바, 허가 없이 자연보호지역의 생물상이나 경관을 파괴하거나 악영향을 미치는 활동을 금지하고, 연중 또는 연중 일부기간 동안 폐쇄되어 주민 접근을 방지하고 있으며, 특히 물개나 조류 산란지가 이에 적용된다.

덴마크는 1982년 법령에 따라 바덴해를 자연야생생물보호지로 설정하였다. 이 지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

내에서는 환경을 훼손하거나 지속적으로 변화시키는 활동이 금지된다. 특히 물개와 조류를 포획할 수 없고, 레크리에이션 선박운용 등의 행위도 엄격하게 규제를 받으며, 홍합과 새조개의 채취도 대부분의 갯벌에서 금지되고 있다.

일본은 습지보존·복원만을 위한 단일의 법령이나 정책은 없으며, 다양한 관련법과 정책을 연계하여 연안환경을 관리하고 있다. 일본은 연안재해에 대비하기 위해 다양한 해안보전사업을 오랜 동안 추진해 온 결과 환경친화적 연안공간 활용기술은 상당한 수준으로 개발되어 있으며, 어장 및 패류 양식장, 야생조류원, 해수풀장, 공원 조성과 자연보호 및 대체갯벌 조성 등을 목적으로 1973-1998년 동안 37곳에 약 900ha의 인공갯벌을 조성하였다.

이와 같이 대체갯벌의 조성을 위해서는 단일의 법령이나 정책에 의한 경우도 있고 관련법과 정책을 연계하여 조성하게 하는 경우도 있다. 따라서 우리나라의 법체계의 경우 단일의 법령이나 정책에 의한 경우가 많기 때문에 대체습지조성을 위해서는 관련 법률의 정비가 필요하다.

제4절 복원생물 및 이식기술 분야

1. 국내 기술개발 현황

무분별한 해양개발에 따른 해양 생물의 서식처 파괴와 무계획한 생물자원에 대한 남획은 무한히 계속될 것만 같았던 해양생물자원의 양을 급속히 감소시켜왔으며 현재에 이르러 해양생물자원의 회복과 지속 가능한 관리 및 이용 방안의 문제는 전 세계적으로 풀어야할 과제가 되었다.

현재 세계 각국에서는 해양생물자원의 회복을 위해 해양생물의 서식처의 보존과 유지뿐만 아니라 더 나아가 손상된 서식처의 복원을 위해 많은 노력을 기울였다. 특히, 미국이나 이웃 일본에서는 서식처 연구계획 (Habitat Research Plan)을 범국가적으로 수립하여 (1)주요 서식처별 생태계의 구조와 기능 연구, (2)이러한 서식처들의 파괴가 서식처 및 해양생물 자원에 미치는 영향 연구 및 서식처 회복의 지시자 발굴, (3)서식처 복원기술 개발 등에 대한 연구를 수행 중에 있으며 마지막으로 이와 같은 연구를 통해 (4)연안 생물/수산자원 관리를 위한 정책 자료의 도출 등의 일

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

련의 중장기 연구계획을 설정하여 수행하고 있다.

반면 우리나라에서는 이제 막 잘피류의 분류학적 연구와 이를 서식처로 이용하는 어류 군집에 대한 일부 연구만이 재검토되어 있을 뿐, 아직까지 본격적으로 해양저서생물군집을 중심으로 하는 연안생태계 차원의 논문은 전무한 실정이며 따라서 해저초원생태계의 기능에 대한 연구는 물론이고 기초적인 해저초원 생태계를 구성하는 생물종들의 분류 및 분포, 현존량 등에 대한 조사조차도 미흡한 현실이다. 우리나라에서는 이제 막 잘피류의 분류학적 연구만이 재검토되어 현재 5종의 *Zostera*와 두 종의 *Phyllospadix*가 보고되어져 있을 뿐 (Miki, 1933; Shin et al., 1993; Shin & Choi, 1998), 아직까지 서식처로서의 본격적 해양생태계 연구와 관련한 논문은 전무한 실정이며 따라서 해저초원생태계의 구조에 대한 연구는 물론이고 기초적인 해저초원 생태계를 구성하는 생물종들의 분류 및 분포, 현존량 등에 대한 조사조차도 미흡한 현실이다. 현재까지 연구되어진 해저초원의 분포 현황은 일부 학자들(허, 1986)에 의해 국지적으로 수행되었을 뿐이며 해저초원생태계에 서식하는 생물들에 대한 연구 역시, 주로 트롤에 의한 일부 어류나 대형저서동물들을 대상으로 그들의 개체군 위주의 연구가 진행되고 있을 뿐이어서 국내 해저초원생태계의 구체적인 구조와 기능에 대해서는 거의 알려진 바가 없는 실정이다.

따라서 해양생태계 중에서도 가장 생물다양성이 높고, 또 다양한 해양생물 및 수산자원을 지탱하고 유지시켜주는 생태계인 해저초원생태계가 더 이상 사라지기 전에 그 가치를 재인식하고 감소 일로에 있는 해양생물자원의 회복을 위한 해저초원생태계의 복원을 꾀하기 위해서는 국내 해저초원생태계에 대한 총체적인 연구를 더 이상 미루지 말아야 할 것이다.

2. 국외 기술개발 현황

여러 종류의 서식처 중에서도 서식처 연구계획에서 중점을 두고 있는 대표적인 서식처는 해저초원생태계(seagrass beds)이다. 해저 초원생태계가 이처럼 주목을 받는 것은 지속적인 연구 결과 밝혀진 다음과 같은 해저초원생태계만의 독특한 특성과 역할 때문인데, (1) 빠른 성장률에 따른 높은 1차 생산력(McRoy, 1970), (2) 기질 외에도 뿌리, 줄기, 잎 등의 다양한 서식처 제공 (Kikuchi & Peres, 1977; McRoy & Helfferich, 1980), (3) 먹이 제공, (4) 수많은 해양생물들의 은신처, 보육장, 산란장으로서의 역할(Orth, 1977), 그리고 (5) 해저퇴적환경의 안정화 및 해안

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

침식 방지(Orth, 1977) 등 해저초원생태계가 기초생산자로서의 역할 외에도 복합적이고도 광범위한 역할과 기능을 수행하고 있음이 밝혀져 왔다. 이처럼 다양한 해저초원생태계의 역할과 기능에 입각하여 미국의 해양수산서비스국 (National Marine Fisheries Service)을 위시한 선진국의 관련 기관에서는 범국가적으로 이 해저초원생태계에 대한 서식처 연구 계획에 가장 많은 인력과 예산을 투입하고 있는 상황이다.

국외에서는 일찍이 해저초원생태계의 구조 및 기능에 대한 장기적인 연구를 통해 위와 같은 해저초원생태계의 연안생태계 내에서의 중요성을 인식하고 있었으며 현재에 이르러서는 감소일로에 있는 해양생물자원의 회복과 연안환경의 보전 및 회복을 위한 해저초원의 복원 기술개발에 관한 연구까지도 진행하고 있는 상황이라는 점을 고려한다면, 국내에서의 이 분야에 대한 연구는 더 이상 갯벌은 물론 조하대의 해저초원이 사라지기 전에 수행해야 하는 절박한 시점에 와있다고 할 수 있다.

더욱이 해양생물 및 수산물의 생산적 측면에서 높은 생산력을 유지하고 있는 서해안의 갯벌에 이 잘피류의 초원 생태계가 잘 발달되어 있었으나, 이들이 이러한 수산물 생산력의 지탱에 기본 바탕을 이루고 있음에도 불구하고 현지 어민들은 물론 학자들까지도 관심을 두지 않고 있는 사이에 해양오염이나 매립과 간척 등의 연안개발, 무분별 어로활동, 항로준설 등으로 거의 사라져가고 있는 것이 작금의 현실이다. 따라서 현시점에서 갯벌생태계의 복원이나 인공갯벌의 조성에 대한 관심과 연구는 필수적이라 생각되며 훼손된 갯벌생태계가 자생력에 의해 회복되기를 기대하기보다는 충분한 연구를 통한 적극적인 개입이 고려되어야할 때라고 판단된다.

본 연구는 파괴되어가고 있는 우리나라 갯벌생태계의 1차 생산자로서 중요하다고 판단되는 애기잘피(*Zostera japonica*)의 분포 현황, 군집의 구조와 기능, 생물다양성 등의 연구를 바탕으로 잘피의 서식환경조건에 대한 명확한 결과가 밝혀지면 대체습지 조성은 물론 훼손된 갯벌초원생태계를 다시 복원하고 지속적으로 보전할 수 있는 길을 모색할 수 있으리라 생각된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제3장

연구개발수행 내용 및 결과 Ⅰ :
생태계 기능 분야

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 I : 생태계 기능 분야

제1절 서론

해안습지는 육지와 바다가 만나는 곳에 위치한다. 육지의 그 어떤 서식지보다 오래되었으며 생물다양성[1]이 매우 높은 곳이다. 일반적으로 해안습지는 다른 습지와 마찬가지로 인류에게 생존에 필요한 식량, 연료, 약품 그리고 휴식할 공간과 일할 장소를 제공했을 뿐만 아니라 멸종했을지도 모를 수많은 야생동물을 부양해 왔으며, 해일이나 태풍과 같은 자연재앙으로부터 사람들을 보호해왔다. 또한 습지는 지구상에서 가장 아름다운 곳이며, 수 세대에 걸쳐 예술가, 여행가, 시인 그리고 사진작가들에게 깊은 영감을 심어주었다. 그러므로 지구상에 존재하는 어떤 공간보다 인류와 다른 생물들의 생존에 필요한 곳이다(김 등, 1999).

그럼에도 불구하고 해안습지를 비롯한 습지는 전 세계적으로 광범위하게 파괴되고 있으며, 습지가 사라져 그동안 제공되었던 혜택이 심각하게 감소하게 되자 습지의 중요성이 부각되었다. 그래서 1971년에 습지협약(일명 람사협약, 이하 람사협약)이 조인되었고, 1975년에 7개 회원국으로 발효가 되었다. 2002년 현재 134개국이 회원 당사국으로 가입하였고, 전 세계에 1,230개소 105.9백만 ha의 람사보호지역(Ramsar Site)이 있다. 협약 당사국 중 절반 이상이 잃었던 습지를 복원하려는 노력을 경주하고 있으며 2003년 ~ 2005년 이행 목표로서 최소 100개국 이상 국가에서 복원사업을 진행하거나 완료하도록 권장하고 있다(환경부, 2003).

내륙에 있는 습지 못지않게 해안에서도 습지는 급속도로 사라지고 있다. 동아시아

1) 유진자, 생물종, 생태계라는 세 가지 단계의 다양성을 종합한 개념. 생명의 궁극적인 원천이며 인간과 생태계 등 경제개발에 필요 불가결한 생명부양시스템을 유지하는 필수적인 자원으로 인식된다. 지구상의 야생동물은 1천 3백만~1천 4백만 종으로 추정되나 인간에게 알려진 것은 약 13%에 불과하다. 이러한 다양성은 개발 및 오염에 의해 매년 2만 5천 ~5만 종이 사라져가고 있다. 생물의 다양성 보전을 위한 협약으로 생물다양성보존협약(1992), 조약으로 람사조약, 세계유산조약, 워싱턴조약, 본조약 등이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

를 예로 들면 해안에 약 9억 명이 거주하고 있으며, 이는 전 인구의 50%에 해당 된다(Chua and Yu, 1998). 세계적으로도 인구가 해안에 집중되면서 적극적으로 습지를 개발하게 되자 지역이나 전지구적 차원에 관리하지 않으면 안 될 정도로 심각한 상황에 이르렀다. 우리나라인 경우도 경기도와 충청남도의 해안에서 자연해안은 전체 해안의 42%에 불과하다(환경부, 2001). 갯벌이 남아있는 해안에도 그 가장자리에 식생대가 사라진 경우가 대부분이고, 일부 암반이 있는 해안 주변과 일부 내만을 제외하고는 자연 식생대를 찾아보기 어렵다. 그리고 하구에 넓게 존재하였던 갈대가 우점하는 군락도 하구가 차단되고 개발되면서 그 면적이 현저하게 줄고 있다.

습지의 높은 생산력과 생물다양성에도 불구하고 이에 걸맞은 자연자산의 체계적인 보전과 관리가 부족했고, 시대적인 상황 때문에 지난 30년 동안 엄청난 개발 사업이 해안에서 진행되었다. 실제로 지난 20여 년 사이에 해안의 갯벌과 그 주변 습지의 25% 가량이 사라졌고(해양수산부, 1998a), 자연해안이 인공해안으로 변하였으며 해안선 길이가 크게 단축될 수밖에 없었다. 특히 1990년대에 완공 또는 공사 중인 간척사업은 대형이면서 하구나 만의 입구를 통째로 막아버리는 방식으로 간척사업을 추진하였다. 1990년대에 완공된 간척사업지의 면적은 약 300㎢이고 (해양수산부, 2000), 현재 진행 중인 새만금 간척사업인 경우에만 간척되는 갯벌의 면적은 208㎢에 달한다. 그러므로 이러한 사업이 모두 완료될 경우 더 많은 해안습지들이 사라질 것으로 보인다. 이 시기에 동해안 석호[1] (기수호)와 사구도 크게 훼손되었다 (이 등, 2001 ; 환경부, 2001).

이에 우리나라의 자연환경 정책은 보호지역 지정을 통한 현지 내 보전과 복원으로 옮겨가고 있다. 해안습지의 경우에도 크게 다르지 않으나 복원의 개념뿐만 아니라 습지의 분류와 법적 용어와 과학 및 일반 용어와의 혼선이 있어 정책 마련이나 복원의 실행에도 큰 어려움을 겪고 있다. 대체습지의 조성도 광의로 보면 복원의 일부이지만 용어 자체가 가지고 있는 의미처럼 습지의 기능이나 구조 중 어느 하나에 중점을 대체하는 것이지만 최근에 기능을 중시하는 경향이 있다. 미국의 No Net Loss 정책도 같은 양의 습지를 확보하는 것이라기보다는 적어도 동일한 기능의 습지를 유지하려는 정책이라고 할 수 있으며, 이를 지원하기 위한 뱅킹(banking) 제도도 가지고 있다.

1) 바다와는 사주로 격리된 해안 가까이 있는 호소(湖沼). 해류·조류·하천 등의 작용으로 운반된 토사가 바다의 일부를 폐색함으로써 바다에서 호소가 떨어져 나오거나, 해안 가까이에서 바람이 모래를 운반하여 호소와 바다를 분리한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이 연구에서 해안습지의 분류체계를 제 등(2002)이 제안된 내용을 일부 수정하여 제시하고 이에 따른 해안습지의 고유 식생대 복원의 중요성을 나타내었다. 전형적인 식생대에서 지표와 모니터링으로 활용이 가능한 저서동물 군집을 조사하여 비교하는 것이 이 연구의 목표이다.

본 생태계 기능 분야를 수행함에 있어서 생태계 연구 분야의 각 절에 있어서의 연구 필요성 및 각 절 간의 연관성, 그리고 전체적인 연구 흐름을 살펴보면, 제2절에서는 국내 해안 습지에 있어서 생태적으로 생산자에 해당하고, 가장 널리 분포하고 있으며 대체습지 형성에 있어서 가장 중요한 대상 생물이라 할 수 있는 거머리말의 현황 및 여러 특성을 조사하였다. 국내 해안 습지의 주요 식생을 이루는 거머리말 군집은 부착생물들에게 착생기반을 제공하고, 어류의 산란과 유어 (幼漁)의 보육, 생육장소 및 피난처를 형성하고, 연안역의 기초 생산력을 증대시켜, 연안 어업과 양식에 중요한 역할을 한다. 또한 거머리말의 잎은 부유현탁물질의 확산 방지, 식물체 부착을 통하여 수질환경 개선의 역할, 뿌리는 저질의 안정과 퇴적물의 축적 장소를 제공하는 등의 기능과 역할이 있다. 제3절에서는 이러한 생태환경에서 생태계 형성 과정에 동물로써 일차적 반응을 보이는 1mm 이하의 작은 저서생물인 중형저서동물의 군집특성을 살펴봄으로써 이러한 잘피 군락지의 저서 퇴적물에서의 생태계를 파악하였다. 그와 더불어 제4절에서는 이러한 생물들의 포식자가 되기도 하는 한 단계 상위 그룹인 대형저서동물을 습지 유형별로 비교함으로써 전체 생물 간의 일차적 상호관계 및 특성을 파악하였다. 이러한 시도는 향 후 대체습지 조성에 있어서 생태계 내의 식물과 여러 단계의 동물들 간의 연관성을 파악하여, 목적에 따른 생태계 조성, 즉 대체습지 조성을 함에 있어 먹이사슬 및 생태계 건강성 여부 등을 파악하는데 활용이 되어질 것으로 본다.

제2절 거머리말 습지 현황 및 특성 연구구성

1. seagrass의 정의 및 개요

해초 (seagrass)는 해수에서 수중 생활을 하면서 성장하여, 꽃이 피고 수정이 일어나는 해양현화식물이다. 해초의 분류체계는 단자엽식물[1]강(Monocotyledoneae)

1) 쌍떡잎식물이라고도 하나 쌍떡잎식물에 비해서 떡잎의 수 외에 꽃부분이 3의 수로 되는 것이 많으며, 관다발이 산재(散在)하고 형성층이 없다. 따라서 진정한 뜻의 2차생장을 하지 않는다. 잎은 어긋나고 가늘고 길며 가장자리에는 톱니가 없고 잎맥

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

의 Naiadales(*Helobiae*) 목에 5과 12속 58종으로 분류된다. 해초는 대부분 서식처에 따라 열대와 온대 지역 종으로 구분되며 온대 지역에는 *Althenia. Phyllospadix, Posidonia, Zostera* 속(屬)이 분포하며, 특히 *Zostera* 속이 세계적으로 가장 널리 분포한다.

이 식물들은 형태학적으로 잎, 줄기, 뿌리의 구분이 뚜렷하고, 관다발[1] 조직이 발달해 있으며, 지하경과 뿌리로서 바닥에 고착하여 초지 (beds)를 형성하여 연안 수괴[2]나 하구역[3]에 서식한다. 이 식물체들의 생태학적인 특성으로는 해수유동을 제어하고 그늘이 있는 작은 공간을 형성하여, 부착생물들에게 착생기반을 제공하며, 어류의 산란과 유어 (幼漁)의 보육, 생육장소 및 피난처를 형성한다. 또한 연안역의 기초 생산력을 증대시키며, 질소와 인 등의 영양염류를 흡수하고, 고사한 식물로부터 유기쇄설입자[4] (detritus)를 공급하여, 생물 생산 및 초식동물 (herbivore)과

은 나란히맥[平行脈]인 것이 대부분이다. 뿌리는 수염뿌리를 갖고 있다. 그러나 이 중 어느 특징을 취해도 절대적인 구별이 되는 것이 없는데, 실제로 이 2군(群)의 중간에 있음으로 해서 구별하기에 곤란한 식물은 존재하지 않는다. 따라서 이러한 것을 자연적인 구별이라 한다.

1) 유관속(維管束)·관속(管束)이라고도 한다. 여러 종류의 조직이 조합된 복합조직으로 보통 섬유조직 등의 기계조직을 함께 가지며 식물체 지지의 역할도 한다. 잎몸 속의 관다발은 잎맥이라 하고, 줄기에서 갈라져서 잎이나 가지로 들어간다. 관다발은 종자식물과 양치식물에 있으며, 이들 2군을 합쳐서 관다발식물이라고 부른다. 선태식물이하의 식물은 관다발이 없으므로 비관다발식물 또는 무관다발식물이라고 총칭한다. J.작스는 고등식물의 조직을 체계지어 표피계(表皮系)·기본조직계·관다발계의 조직계로 나누었다

2) 온도·염분의 분포구조·투명도·플랑크톤의 분포 등이 균일한 해수의 덩어리. 수괴를 결정할 때 가장 많이 쓰이는 것은 T·S 다이어그램이다. 온도 T를 세로축, 염분 S를 가로축으로 한 도표 생각할 때, 어느 한 관측점에서 채취한 해수의 T와 S의 관측값은 도표상의 한 점으로 표현된다. 이처럼 T-S 다이어그램상의 한 점으로 대표되는 해수를 수계(水系:water type)라고 한다. 또 T와 S의 값을 몇 가지 심도(深度)로 구하고, T-S 다이어그램상의 각 점을 연결한 곡선을 T S 곡선이라고 한다 대양의 T·S 곡선을 비교하여 보면, 상당히 넓은 구역에 걸쳐서 비슷하다. 그리하여 거의 같은 T-S 곡선으로 표현되는 해수의 덩어리에 대하여 수괴라는 개념을 부여하는데, 대서양 ·남북태평양 ·인도양의 주요 수괴를 각각 T-S 다이어그램상에 나타낸다. 수온과 염분은 수괴를 규정하는 가장 기본적인 물리량이며, 그 밖에 용존산소량 수색(水色) ·투명도 ·해수 속의 플랑크톤분포 등의 특성도 고려하여, 전체 수괴의 형성을 연구한다.

3) 강물이 바다로 들어가 담수와 해수의 혼합작용이 일어나는 곳. 하구역(河口域:estuary)이라고도 한다. 담수의 양은 집수역의 강수량에 따라 불규칙하게 변하고 바닷물은 조수의 간만으로 규칙적인 상하운동을 한다. 그러므로 염분농도는 0.5~30%로 매우 광범위하며 계절이나 강수량 등에 따라 변화가 심하다(보통 염도 0.5% 이하의 물은 담수, 30% 이상은 해수라고 한다) 따라서 기수역에는 이러한 광범위한 염분농도에 적응할 수 있는 생물들이 분포한다. 생물의 종류는 순수 해양생물이나 담수생물군에 비해 수가 적으나 해양생물에 속하는 종류가 대부분이며 담수생물은 극히 일부분에 지나지 않는다. 하구(河口) 이외의 해안지대 호수나 늪지대에 바닷물이 주기적으로 들어와 기수생태계를 형성하기도 한다.

4) 갯벌의 먹이 연쇄에서 가장 중요한 역할을 담당하는 것은 데트리터스(detritus)라는 입상(粒狀)의 유기 쇄설물이다. 데트리터스란 미생물이 분해하는 도중에 있는 생물체 파편의 모든 형태를 말하며 이들은 소비자의 에너지원으로 매우 중요한 역할을 한다. 보통 생물체의 파편이나 배설물 등 분해 산물 일반을 가리킨다.데트리터스는 수중이나 퇴적물의 표면에 널리 존재하며 박테리아 등 미생물의 활발한 장소가 되기 때문에 갯벌 생태계나 하구역 생태계에서 매우 중요한 위치를 차지한다. 엄격하게 말하여 입자 상태의 유기 쇄설물 위에 착생하면서 그것을 분해하는 박테리아나 미생물은 1차영양 단계인 식물체에 의존하므로 2차 영양 단계에 속하는 소비자라고 할수 있다. 그러나 1차 소비자 동물들의 먹이인 식물 플랑크톤이나 저서성 미소

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

부식섭식동물 (detritivore)의 먹이연쇄 (food chain), 생리활성 물질의 공급원이 된다. 식물체들의 초지는 부유현탁물질[1]의 확산을 방지하고, 식물체 부착을 통하여 수질환경 개선의 역할을 담당하고, 퇴적물의 지하경과 뿌리는 사니[2]의 이동을 방지하고 저질의 안정과 퇴적물의 축적 장소를 제공하는 등 연안 생태계의 중요한 기능과 역할을 담당하고 있다.

해초류 중 거머리말과 (Zosteraceae)는 전 세계에 3속 18종 이상이 서식하며, 거머리말속 (*Zostera*)의 11종은 북미 대륙의 동서 연안, 유럽 대륙의 대서양 연안, 동아시아, 오스트레일리아 및 남아프리카 연안 등 매우 광범위한 지역에 분포하고 있다. 특히, 거머리말 (*Z. marina* L.)은 다양한 지역에 널리 분포하고 있어 생물계절학, 형태 및 분류, 생활사, 생산성과 수산 어종과의 상호작용 및 서식처의 활용뿐만 아니라 훼손되어 가는 연안 지역에서 생태계 복원 식물로 이용되기도 한다.

2. 생물지리학적 분포

제주도를 포함한 한반도 전 해역의 거머리말속의 생물지리학적 분포를 조사한 결과 동해연안의 14개 정점, 9개 정점과 남해안 26개 정점에서 거머리말속의 해초가 자생하는 것으로 조사되었다. 한반도에 자생하는 거머리말속의 군집들은 대부분 단일종으로 초지(beds) 또는 패치(patchy)를 형성하였으나, 생육지에 따라서는 2종 또는 3종까지 함께 출현하기도 하였다. 같은 생육지에서 2종이 출현하는 경우 동해연안에서는 거머리말과 포기거머리말, 거머리말과 수거머리말이 혼재하지 않고 수심에 따른 대상분포[3] (zonation)를 나타내었다. 서해안의 경우 거머리말과 애기거머리말, 거머리말과 포기거머리말이 조간대에 혼재하거나 수심에 따른 대상분포

조류, 입자상 유기 쇄설물은 서로 뒤엉켜 있기 때문에 각각의 정확한 기원을 고려하지 않고 그냥 '입상 유기물(particulate organicmatter, POM)' 이라 부른다.

1) 입자 지름이 2mm 이하로 물에 용해되지 않는 물질을 말하며, 오염된 물의 수질을 표시하는 지표로서, 현탁고형물(懸濁固形物)이라고도 한다. 도시 폐수 ·공장 폐수 중에는 유기질 및 무기질의 고형물이 현탁상태로 포함되어 있다. 하천 ·호소 ·해역 등 자연수역에 방류되면 물의 탁도를 높이고 외관을 더럽히며, 그 중 생물분해 가능한 유기물질이 용존산소(溶存酸素)를 감소시키는 등 자연수질을 오염시킨다. 측정법은 그것을 포함한 시료를 여과시켜서 고형물을 포집하고 건조시킨 후, 그 전후의 무게차에 의해서 고형물의 농도를 구하고 mg/ℓ 또는 ppm으로 나타낸다.

2) 모래가 섞인 진흙

3) 생물상이나 생물군집이 수평적(위도적 ·경도적) 또는 수직적(고도적)으로 단계적인 변화를 하여 나타내는 대상분포역(帶狀分布域). 생물분포대라고도 한다. 생활대의 수평적 ·수직적 교대는 온도나 수분 등 환경조건의 변화에 대응하고 있다. 기온조건에 대응하여 수평적으로는 열대 ·아열대 ·난대 ·온대 ·아한대 ·한대 등 각 생활대가 되고, 수직적으로는 저지대 ·산지대 ·아고산대 ·고산대의 각 생활대가 된다. 또, 수분조건에 대응하여 열대를 예로 들면, 강우림대 ·우녹림대(雨綠林帶) ·사바나대 ·스텝대 ·사막대 등이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

가 명확히 구분되어 출현하였다. 남해안에서 2종이 출현한 지역은 거머리말과 포기거머리말, 거머리말과 애기거머리말, 거머리말과 수거머리말이 수심에 따른 명확한 대상분포를 나타내었으나, 3종의 경우 거머리말, 포기거머리말과 수거머리말이 수심에 따른 명확한 구분 없이 혼재하여 나타나기도 하였다.

거머리말속의 출현분포는 수거머리말의 경우 진도 죽림과 거제 가배의 2개 생육지와 경북 감포에서만 출현하였으며, 왕거머리말은 동해안 4개 생육지에서만 출현하여 극히 제한적인 분포를 나타내었다. 포기거머리말은 한반도 전 해역에서 고르게 분포하였으나 식물체가 자생하는 생육지가 극히 제한되어 나타났다. 애기거머리말은 남해와 서해연안의 조간대 지역에 극히 제한되어 분포하였다.

한반도 거머리말의 출현 양상을 살펴보면 거머리말은 동해안 화진포호의 석호(lagoon)에서부터 제주도와 백령도 연안까지 한반도 전 해역47개 정점에서 고르게 분포하였다. 왕거머리말 생육지의 분포는 Miki (1933)에 의하면 동해안 중부와 북부해역에 분포하는 것으로 보고되었으나, 본 연구 결과 동해안 남부지역까지 확장되어 출현하는 것으로 조사되었다. Shin and Choi (1998)의 보고에 의하면 남해안 지역에서도 출현하는 것으로 보고 되었으나, 거머리말의 다양한 형태 변이를 잘못 동정 한 가능성이 높은 것으로 나타났다. 왕거머리말의 한반도의 분포지역은 이 (1999)에서 보고된 바와 같이 생육환경을 고려할 때 동해 연안역에 한정되어 출현하는 것으로 판단되었다. 포기거머리말의 생육지 분포는 동해 2개 정점, 남해 3개 정점, 서해 2개 정점으로 각 해역에서 한정된 지역에서만 출현하였다. Miki (1932)의 보고 이후 한반도의 포기거머리말은 처음으로 그 분포와 생육환경을 파악하였으며, 생육분포 지역도 동해안 중부와 남부, 서해안 중부와 남부 지역으로 확장되어 출현하였다. 수거머리말 생육지의 분포는 Miki (1932)에 의하면 남해와 동해 남부 지역으로 제한되어 출현하며, 출현빈도가 극히 제한된 것으로 보고 되었으나, 지금까지 보고된 자료에 의하면 서해 중부의 섬 지역 (Cho and Boo, 1998)과 남해안과 동해 중부 연안에서 출현하는 것으로 보고 되었다 (Shin and Choi, 1998). 그러나 본 연구결과에서는 위 연구자들에 의해 보고된 지역에서 생육확인을 시도하였으나, 거머리말의 출현만 확인하였으며, 수거머리말의 출현지역은 남해안의 3개 생육지와 동해 남부 연안의 1개 생육지에서만 확인되었다. 애기거머리말 생육지의 분포는 남해 연안 3개와 서해안 4개 생육지에서만 출현하였다. Miki (1932)의 보고에 의하면 동해안 북부지역에서 출현하는 것으로 보고 되어 한반도 전 해역에서 출현할 가능성이 높을 것으로 추정되었다. 그러나 본 연구결과 애기거머리말의 생육지는 서해

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

안과 남해안에서는 섬의 내만 (inner bay)의 조간대 지역에서만 출현하여 조간대가 발달되지 않은 동해안에서의 출현 가능성은 낮은 것으로 나타났다. 특히, 남해연안에서 보고 된 지역 중 충무 한실포 지역의 생육지 (공, 1981)는 조간대 매립으로 애기거머리말 초지가 소멸된 것이 확인되었다.

본 연구 결과 한반도에 자생하는 거머리말속의 생육지의 분포는 Miki (1932)의 보고 이후 종의 출현도와 풍부성이 높게 나타났고, 분포지역도 확장되어 나타났으나, 일부지역에서는 보고된 분포지역에서 수거머리말과 애기거머리말이 출현하지 않아 분포지역의 소멸 가능성이 높은 것으로 나타났다.

해역에 따른 종의 분포는 동해연안에서 거머리말, 왕거머리말, 수거머리말과 포기거머리말 4종이, 서해 연안에서 거머리말, 포기거머리말과 애기거머리말 3종이 그리고 남해연안에서 거머리말, 포기거머리말, 수거머리말과 애기거머리말 4종이 출현하였다. 거머리말과 포기거머리말은 한반도 전 해역에서 고른 분포를 나타내었으며, 애기거머리말은 남해와 황해의 조간대 지역에 출현하였다. 그러나 왕거머리말은 동해안의 깊은 수심에 생육하기 때문에 분포의 범위가 제한되었고 특히, 수거머리말의 생육지는 남해와 동해 남부 연안에서만 출현하여 종 보호와 종 다양성 보전에 대해 각별한 주의가 필요한 것으로 조사되었다.

한반도에 분포하는 거머리말속 중 수거머리말, 포기거머리말, 왕거머리말의 분포는 한반도와 일본 연안에 제한되어 분포하며, 포기거머리말의 분포는 Miki (1932)의 보고 이후 한반도에서 그 실체가 처음으로 보고 되었다. 애기거머리말의 경우 인간의 활동에 의한 영향을 직접 받는 조간대 지역으로서, 일부 보고된 지역은 매립에 의해 소멸된 것으로 나타났다. 이와 같은 사실에서 본 연구 결과는 한반도에 자생하는 거머리말속의 식물체의 자생지 분포를 확인하였으며, 각 해역에 따른 종의 구성과 분포 양상을 파악하였다.

3. 생육지의 특성

한반도에 자생하는 거머리말속의 생육 장소는 크게 조하대[1] (subtidal zone)와 조간대 (intertidal zone)지역으로 구분되어 나타났다. 조하대에 생육하는 거머리말

1) 저조선(low water line)으로부터 수심 약 200m까지의 대륙붕 지역을 말하며, 상부는 유광층(euphotic zone)에 속한다. 이곳은 광조건이 좋고 영양염류가 풍부하기 때문에, 식물플랑크톤이나 해조류에 의한 일차생산력이 매우 높다. 그 결과 많은 저서동물들이 살고 있다. 조하대라고도 한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

속의 종들은 수거머리말, 왕거머리말과 포기거머리말로서 조석 차에 따라서도 대기에 식물체의 노출이 야기되지 않았다. 동해 연안과 제주도에 생육하는 거머리말의 경우 조하대에 생육하였으며, 남해연안은 생육지와 조석 차의 정도에 따라 다양하게 나타났다. 서해연안의 경우 큰 조석차에 의해 대부분 조간대와 조하대의 경계지역에서 생육지가 발달되었으나 일부 생육지의 경우 조하대에서도 넓은 초지를 형성하였다.

한반도에 자생하는 거머리말속의 생육지의 유형은 출현 종과 해역에 따라 다양하게 나타났다. 동해안의 경우 거머리말은 석호[1] (lagoon), 만[2] (bay), 항구 (port), 보초[3] (barrier reef) 등 물리적으로 파랑의 영향이 적은 해역의 조하대 지역에서 출현하였으며, 포기거머리말은 만과 항구 지역에서 거머리말 생육지보다 깊은 수심에서 출현하였다.

왕거머리말의 경우 넓은 만 (broad bay)과 개방연안 (open sea)에서 출현하였다. 남해안의 경우 거머리말은 만, 항구, 하구[4] (estuary)와 보초지역의 조간대 하부와 조하대 지역에서 출현하였으며, 포기거머리말과 수거머리말은 만 지역의 조하대에서 출현하였다. 애기거머리말은 섬의 만 지역의 조간대 상부와 중부지역에서 출현하였다. 서해안의 경우 거머리말속의 생육지는 연안지역에서는 출현하지 않았으며, 대부분 섬 지역에서 출현한 것이 특징이다. 거머리말과 포기거머리말은 만과 항구에서 출현하였으며, 포기거머리말은 조하대 지역에서만 출현한 반면에 거머리말은 조간대의 중부와 하부 지역과 조하대 지역에서 출현하였다. 애기거머리말은 만 지역의 조간대 상부와 중부지역에 넓게 분포하여 출현하였다.

---

1) 모양에 있어서 하구와 유사하나 담수의 유입이 없으며, 외해와의 해류순환이 평행사도(barrier island)에 의해서 제한된 곳을 초호라 한다. 석호라고도 한다.

2) 바다가 육지 안에 들어 있으며 외해로 열려 있는 해면. 만에는 멕시코만이나 벵골만 ·허드슨만 등과 같이 아주 광대한 것으로부터 원산만 ·진해만 ·아산만처럼 소규모의 것까지 있다. 일반적으로 외양으로부터 육지 안으로 들어와 있으므로, 소규모인 것은 물결이 잔잔하여 풍랑 대피항이나 항만이 발달되어 있는 곳이 많다. 만은 그 성인(成因)에 따라 함몰만 ·재단만 · 빔람만으로 나뉜다. 벵골만 ·아덴만은 함몰만이고, 알래스카만 등은 계단만, 황해는 범람만이다.

3) 섬 또는 대륙의 해안으로부터 떨어져서 이들과 평행하게 발달한 산호초(coral reef)를 보초라 한다. 보초와 해안과의 사이에는 폭이 넓고 그다지 깊지 않는 수로(waterway)가 있으며, 해안은 초를 횡단하는 많은 수로에 의해 해양과 연결되어 있다.

4) 외해와 연결되어 해류의 순환이 있으면서, 하천의 담수가 유입되는 곳을 하구라고 한다. 조류가 큰 영향을 미치는 하구는 사층리 구조를 가진다. 하구에는 육성기원, 생물기원, 자생적 광물의 침전 등에 의한 퇴적물이 혼재되어 있다. 모래, 실트, 점토 등 육성퇴적물(terrigenous sediment)에는 굴초, 개형류, 반담수성 유공충 및 연체동물의 유해, 식물 파편의 유기쇄편이 있고, 화학적 퇴적물에는 점토 광물이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.1> 거머리말의 출현지역과 생육지 특성

해역	출현지역	생육지 유형	면적 m×m	출현형태	수심 (cm)	퇴적환경
남해	경남 거제시 남부면 다대리 다대	inner bay	40×50	patchy	120	sand
남해	경남 거제시 남부면 저구리 저구	bay	10×80	beds	300	sand
남해	경남 거제시 동부면 가배리 쪽박금	bay	150×300	beds	330	sand
남해	경남 고성군 고성읍 신월리 신부	inner bay	2200×1250	beds	250	sand
남해	경남 고성군 고성읍 월평리 곡룡	bay	100×200	beds	340	muddy sand
남해	경남 남해군 고현면 차면리 골안(목섬)	bay	100×300	beds	450	sand
남해	경남 남해군 차면리 바깥난초섬(광양만)	bay & Island barrier	300×400	beds	380	sand
남해	경남 남해군 창선면 수산리 신촌 (동대만)	inner bay	1440×250	beds	200	muddy sand
남해	경남 남해군 이동면 화계리(앵강만)	inner bay	120×150	beds	50	sand
남해	경남 마산시 구산면 내포리 욱곡	bay	60×20	patchy	120	sand
남해	경남 마산시 구산면 다구리 다구	bay & Island barrier	40×120	beds	280	muddy sand
남해	경남 마산시 구산면 석곡리 명주	bay	60×50	beds	150	sand
남해	경남 진해시 성내동 와성(와성만)	bay	150×100	beds	150	sand
남해	경남 진해시 안골동 안골포	bay	80×100	beds & patchy	150	muddy sand
남해	경남 진해시 죽곡동 명동초교	bay & Island barrier	300×50	beds	220	muddy sand
남해	경남 통영시 도산면 오륜리 상양지 (수월)	bay	200×100	beds	440	sand
남해	전남 고흥군 과역면 백일리 내벽	bay	100×150	beds	320	sand
남해	전남 고흥군 봉래면 신금리 외라노도	bay	80×100	beds	400	muddy sand
남해	전남 여천군 돌산읍 금봉리 항데도	Island barrier	80×100	patchy	160	muddy sand
남해	전남 여천군 돌산읍 율림리	bay	200×100	beds	150	sand
남해	전남 여천군 화양면 안포리 원포	inner bay	60×100	patchy	120	sand
남해	전남 여천군 화양면 장수리 세포	bay	40×120	beds	300	muddy sand
남해	전남 완도군 장좌리 청해진	inner bay	600×400	beds	240	sanddy mud
남해	전남 장흥군 회진면 신상리 (득량만)	bay	80×100	beds	120	sanddy mud
남해	전남 진도군 임회면 죽림리	inner bay	100×350	beds	520	muddy sand
남해	전남 진도군 임회면 죽림리 헌복동	bay	200×200	beds	350	muddy sand
남해	제주도 남제주군 성산읍 성산리	Island bay	200×100	beds	780	sand
남해	제주시 조천읍 함덕리	Island barrier	200×100	beds	560	sand
남해	경남 거제시 장목면 장목리 장목만	bay	80×30	patchy	140	sand

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.1> 계속

해역	출현지역	생육지 유형	면적 (m×m)	출현형태	수심 (cm)	퇴적환경
동해	강원도 고성군 현내면 초도리 화진포	lagoon	40×80	beds	120	sand
동해	강원도 삼척시 근덕면 덕산리 덕산항	port	95×60	beds & patchy	350	sand
동해	강원도 삼척시 근덕면 장호리 장호항	port	120×140	beds	700	sand
동해	강원도 양양군 남애리 남애항	port	40×50	beds	150	sand
동해	경북 경주시 감포읍 전동리	port	100×80	beds	400	sand
동해	경북 영덕군 영해읍 대진리 대진항	port	60×40	patchy	370	sand
동해	경북 울진군 죽변면 죽변리 죽변	bay	80×140	beds	300	sand
동해	경북 울진군 후포면 후포리 후포	bay	140×60	patchy	430	sand
동해	경북 포항시 장기면 모포리 모포항	port	120×100	beds	300	sand
동해	부산시 기장군 기장읍 대변리 죽도	bay & Island barrier	50×80	beds	120	sand
동해	울산시 동구 일산동 일산해수욕장	bay	60×80	patchy	600	sand
서해	인천광역시 옹진군 백령면 가을리 두무진	port	60×70	beds	340	sand
서해	인천광역시 옹진군 이작리 소이작도	bay	200×250	patchy	intertidal (150)	sand
서해	인천광역시 옹진군 자월면 숭봉도	bay	150×180	patchy	intertidal (160)	sand
서해	인천광역시 옹진군 자월면 자월도	bay	300×100	patchy	intertidal (160)	sand
서해	전남 신안군 팔금면 반월도	Island bay	80×100	beds	120	mud
서해	전북 군산시 옥도면 선유도리 선유도	bay	100×250	beds	220	sandy mud
서해	전북 군산시 옥도면 어청도리 어청	port	60×50	beds	340	
서해	전북 군산시 옥도면 장자도리 장자도	bay & port	40×60	patchy	180	
서해	전북 부안군 위도면 진리 벌금	bay	50×150	beds	400	muddy sand

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.2> 왕거머리말의 출현지역과 생육지 특성

해역	출연지역	생육지 유형	면적 (m×m)	출현형태	수심 (m)	퇴적환경
동해	강원도 고성군 죽왕면 공현진리	open	20×20	patchy	14	sand
동해	강원도 양양군 동호리 동호해수욕장	open	20×20	patchy	15	sand
동해	경북 울진군 죽변면 죽변리 봉평해수욕장	open	40×20	patchy	9	sand
동해	경북 포항시 흥해읍 칠포리 칠포	open	40×40	patchy	11	sand

<표 3.2.3> 포기거머리말의 출현지역과 생육지 특성

해역	출연지역	생육지 유형	면적 (m×m)	출현형태	수심 (cm)	퇴적환경
남해	경남 거제시 장목면 장목리 장목만	bay	60×80	patchy	350	sand
남해	경남 거제시 동부면 가배리	bay	150×300	beds	330	sand
동해	강원도 삼척시 근덕면 덕산리 덕산항	port	20×30	patchy	520	sand
동해	부산시 기장군 기장읍 대변리 죽도	bay	10×10	patchy	300	sand
서해	인천광역시 옹진군 백령면 가을리 두무진	port	30×40	patchy	450	muddy sand
서해	충남 보령시 오천면 삽시도리 삽시도	bay	150×80	patchy	700	sand

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

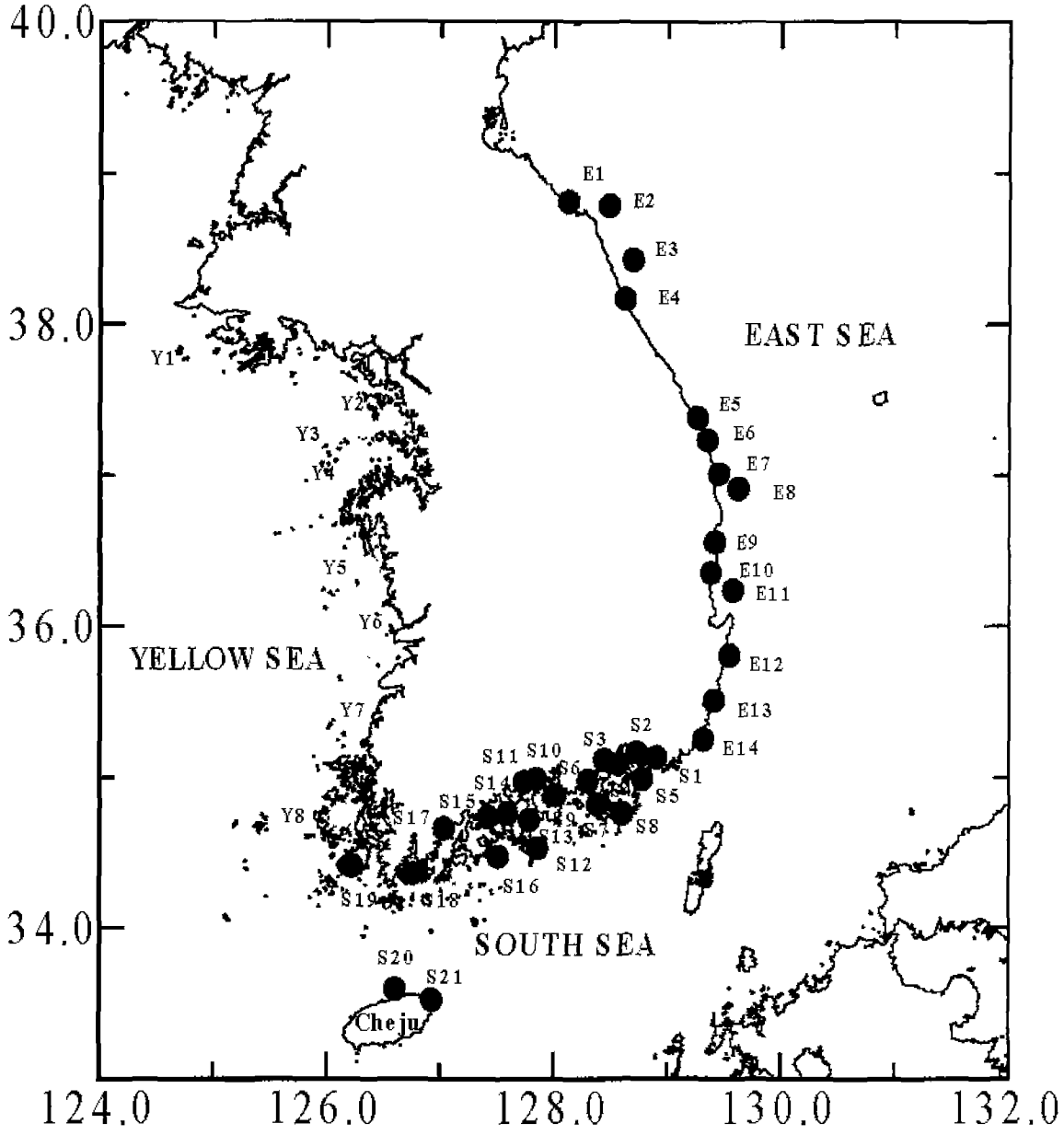
<표 3.2.4> 수거머리말의 출현지역과 생육지 특성

해역	출 현 지 역	생육지 유형	면적 (m×m)	출현형태	수심 (cm)	퇴적환경
남해	경남 거제시 동부면 가배리 쪽박금	bay	300×400	beds	540	muddy sand
남해	전남 진도군 임회면 죽림리	inner bay	800×300	beds	500	muddy sand
동해	경북 경주시 감포읍 전동리	port	50×20	patchy	400	sand

<표 3.2.5> 애기거머리말의 출현지역과 생육지 특성

해역	출 현 지 역	생육지 유형	면적 (m×m)	출현형태	수심 (cm)	퇴적환경
남해	경남 거제시 남부면 다대리 다대	bay	100×150	beds	intertidal	sand
남해	경남 남해군 이동면 화계리(앵강만)	inner bay	120×50	patchy	intertidal	sand
서해	인천광역시 옹진군 자월면 승봉도	bay	250×150	beds	intertidal	sand
서해	인천광역시 옹진군 이작리 소이작도	bay	200×80	beds	intertidal	sand
서해	인천광역시 옹진군 자월면 자월도	inner bay	100×50	beds	intertidal	sand
서해	전북 군산시 옥도면 선유도리 선유도	bay	300×80	patchy	intertidal	muddy sand

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

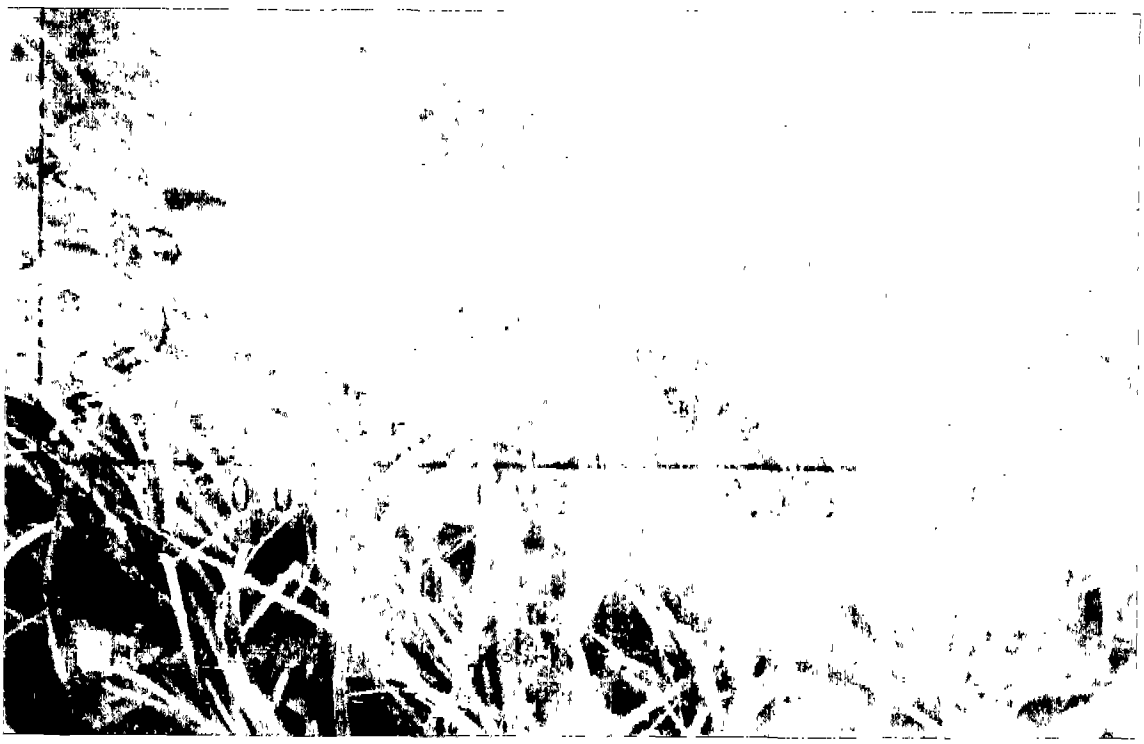


<그림 3.2.1> 국내에 생육하는 거머리말의 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

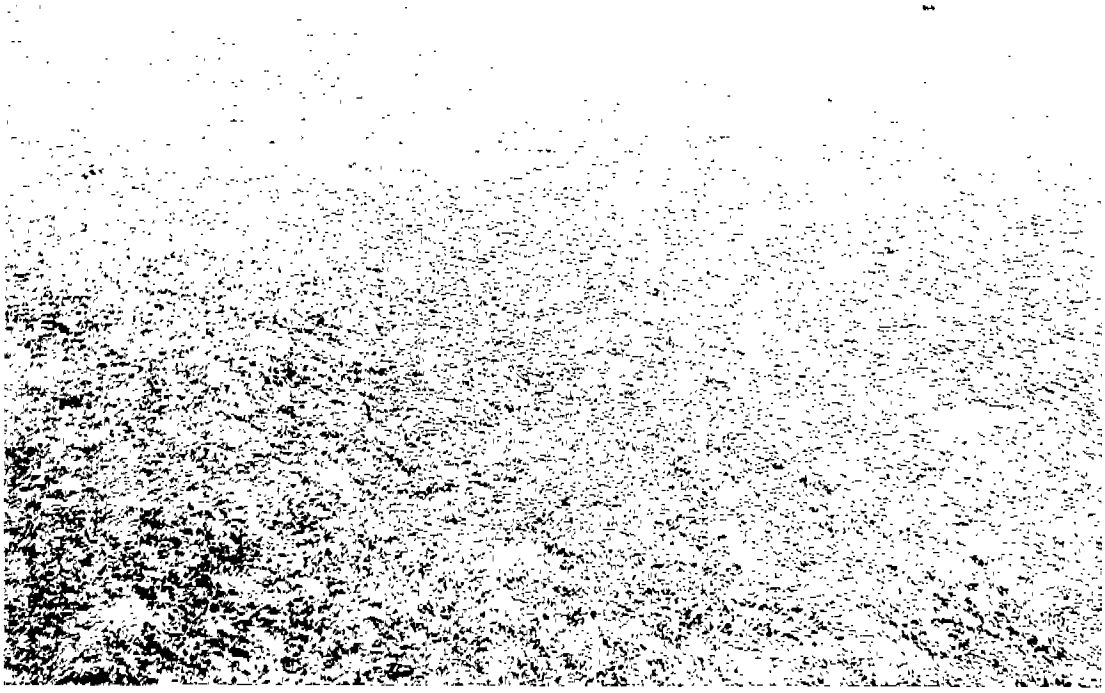


<그림 3.2.2> 남해안의 거머리말 초지 전경

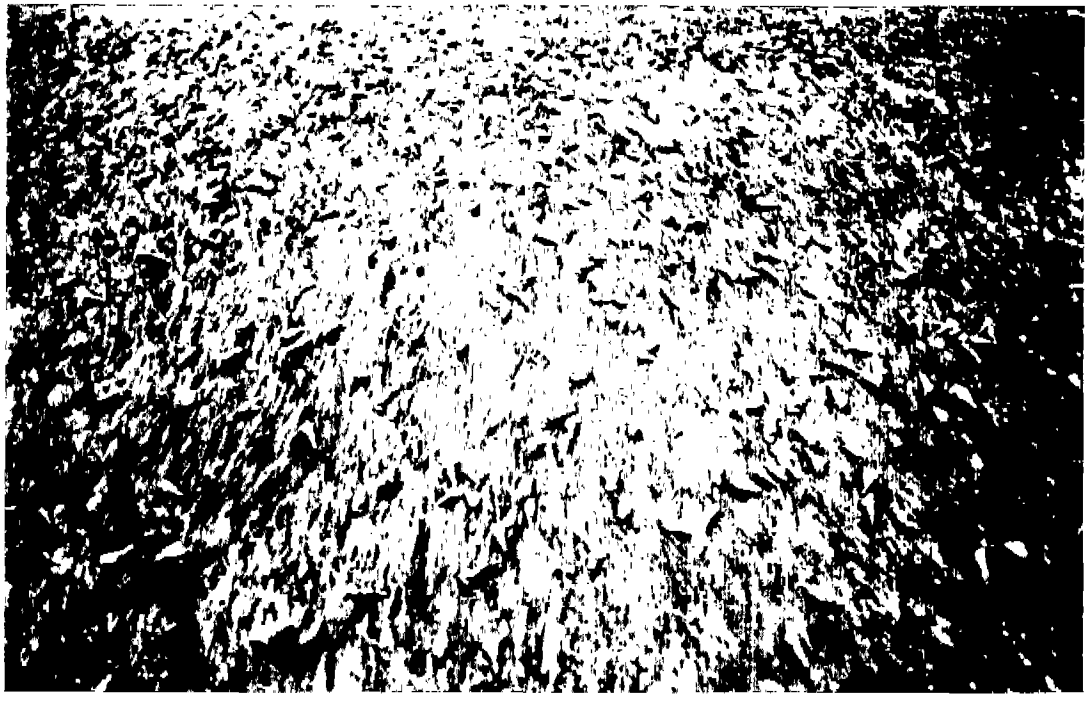


<그림 3.2.3> 거머리말 초지의 수중 촬영 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

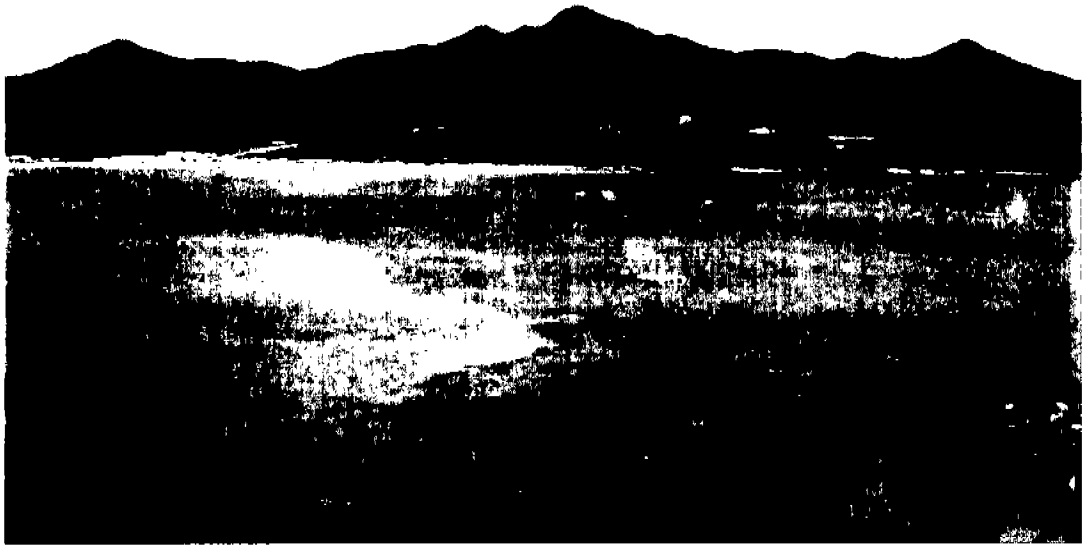


<그림 3.2.4> 서해안 승봉도에 위치한 애기거머리말 초지

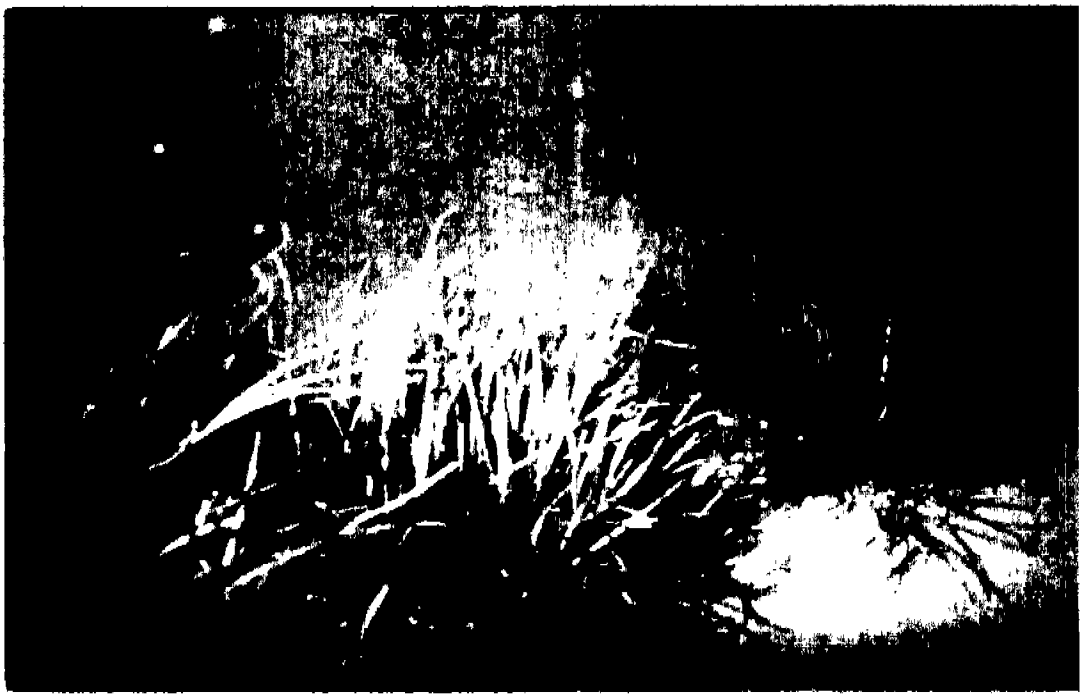


<그림 3.2.5> 애기거머리말 초지의 생물상

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.2.6> 남해안의 대규모 수거머리말 초지



<그림 3.2.7> 포기거머리말의 수중 촬영 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

가. 동해연안 거머리말속 생육환경의 특성

동해연안에 자생하는 거머리말속의 생육지의 특성은 출현 종에 따라 다양하게 나타났다(<표 3.2.6> 참조). 거머리말 생육지의 염분 변화는 담수의 유입에 영향을 받는 석호인 화진포호(8.0~24.5‰)의 경우 염분의 변화가 크게 나타나지만 다른 생육지는 동해안 연안 해수의 일반적인 특성을 나타내었다.

생육지역은 조하대 지역으로서 수심 0.8~6.0m의 사질(sand)의 퇴적환경을 나타내었다. 동해의 조석현상은 극히 미약하여(20~60㎝) 거머리말 생육지에 영향을 주지 못하지만 파랑의 영향에 대해서는 거머리말의 생육지 유형이 석호, 만, 항구와 보초로서 지형적으로 보호 (very sheltered)되거나 다소 영향(sheltered)받지만, 일부 지역에서는 노출(open) 되기도 한다.

거머리말의 출현빈도는 다른 종에 비해 흔하게 출현(common)하며, 생육면적은 넓으나, 생육밀도는 빈약(sparse) 혹은 다소 밀집(moderately dense)되어 있다. 왕거머리말의 생육지는 조하대의 하부 지역에 수심 7.5~15.0m의 사질의 퇴적환경에 출현하였다. 수심이 깊어 담수의 영향을 적게 받고, 파랑에 대한 노출도 지극히 보호(extremely sheltered)되어 있다. 생육지의 출현빈도는 드물고(uncommon) 생육면적도 넓지 않으며, 생육 밀도도 빈약(sparse)하다.

포기거머리말 생육지는 혼재하는 거머리말 생육지보다 깊은 수심(3.0~5.2 m)의 조하대 하부에서 출현하였다. 염분의 변화는 적고, 파랑의 노출로부터 보호되어 있으며, 사질과 사니질(mudy sand)의 퇴적환경에서 생육하였다. 생육지의 출현빈도는 희귀 (scarce)하였고 면적은 좁고 생육밀도는 매우 높게 (highly dense) 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.6> 동해연안 거머리말속의 생육환경

특 성	거머리말 (Z. mzrina)	왕거머리말 (Z. asiatica)	포기거머리말 (Z. caespitosa)	수거머리말 (Z. caulescens)
염분변화 (salinity)	해수~ 기수 (full - variable)	해수 (full)	해수 (full)	해수 (full)
파랑 노출 (wave expose)	노출, 영향, 보호 (open, sheltered, very sheltered)	지극히 보호 (extremely sheltered)	보호 (very sheltered)	보호 (very sheltered)
저질 (substratum)	사질 (sand)	사질 (sand)	사질, 사니질 (sand, muddy sand)	사질, 사니질 (sand, muddy sand)
조석 영향 (tidal stress)	매우 약함 (very weak)	매우 약함 (very weak)	매우 약함 (very weak)	매우 약함 (very weak
생육지역 (zone)	조하대 (subtidal)	조하대 (subtidal)	조하대 (subtidal)	조하대 (subtidal)
생육위치 (height band)	중부, 하부 (mid & lower shore)	하부 (lower shore)	하부 (lower shore)	하부 (lower shore)
생육수심(m) (depth band)	0.8~6.0	7.5~15.0	3.0~5.2	4.0~5.0
출현빈도 (frequency occurrence)	흔함 (common)	희귀 (scarce)	드문 (uncommon)	희귀 (scarce)
생육유형 (Habitat type)	석호, 만, 항구, 보초 (lagoon, bay, port, barrier reef)	넓은 만, 개방연안 (broad bay, open sea)	만, 항구 (bay, port)	만 (bay)
군집구조 (community description)	빈약, 다소 밀집 (sparse to moderately dense)	빈약함 (sparse)	빈약함 (sparse)	빈약함 (sparse)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나. 서해연안 거머리말속 생육환경의 특성

서해연안에 자생하는 거머리말속의 생육지의 특성은 동해와 남해와는 다르게 연안 지역보다는 섬 지역에서 출현하는 것이 명확히 구분된다(<표 3.2.7> 참조).

거머리말 생육지는 조간대와 조하대 지역으로 구분되며 조간대 지역의 경우 염분 변화는 강우나 담수의 유입에 영향을 받아 변화가 심하게 야기되지만, 조하대 지역의 생육 수심은 최고 4.0m로 서해안 연안 해수의 특성을 나타내었다. 서해안의 조석간만 차는 동해연안과 달리 매우 크며, 최대조차가 인천의 경우 9.7m로 조석간만 차에 의해 격심한 조류 (유속 5~6 노트)가 발생한다.

서해안 거머리말 생육지는 사질, 니질, 사니질과 니사질의 퇴적환경으로서 파랑의 영향보다는 조석의 영향을 강하게 받으며 큰 조석간만 차에 의해 형성된 조류 (tidal current)에 영향을 받거나 노출되어 출현한다. 거머리말 생육지의 출현빈도는 흔하고, 면적도 다소 넓으며, 생육밀도는 다소 밀집 (moderately dense)해 있다.

서해안의 포기거머리말의 생육지는 조하대 수심 4.7~7.0m의 사질의 퇴적환경으로서 파랑의 영향에 보호받고 조석의 영향을 약하게 받는 연안 해수의 특성을 나타내는 곳에 생육한다. 생육지의 출현빈도는 희귀하고 면적 범위도 좁으나 생육밀도는 밀집해 있다.

서해안의 애기거머리말 생육지는 조간대 지역 상부와 중부 지역에 위치하며, 파랑의 영향을 적게 받으나, 조석의 영향을 강하게 받는다. 애기거머리말은 조간대 지역에서만 생육하기 때문에 강수나 담수영향을 받아 염분의 변화가 다양하며, 사질과 사니질의 퇴적환경에서 출현하였다. 생육지의 출현빈도는 흔히 발견되며, 넓은 지역에 분포하였으며, 생육밀도는 매우 높게 (dense) 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.7> 서해연안 거머리말속의 생육환경

특 성	거머리말 (Z. marina)	포기거머리말 (Z. caespitosa)	애기거머리말 (Z. japonica)
염분변화 (salinity)	해수- 담수 영향 (full - variable)	해수 (full)	해수- 담수 영향 (full - variable)
파랑 노출 (wave expose)	영향, 보호 (sheltered, very sheltered)	보호 (very sheltered)	영향 (sheltered)
저질 (substratum)	사질, 사니질 (sand, muddy sand)	사질 (sand)	사질, 사니질 (sand, muddy sand)
조석 영향 (tidal stress)	약하거나 강함 (weak to strong)	약함 (weak)	매우 강함 (very strong)
생육지역 (zone)	조간대, 조하대 (intertidal, subtidal)	조하대 (subtidal)	조간대 (intertidal)
생육위치 (height band)	상부, 중부, 하부 (upper, mid-lower shore)	하부 (lower shore)	상부 (upper shore)
생육수심(m) (depth band)	intertidal~4.0	4.5~7.0	intertidal zone (0.3~0.6)
출현빈도 (frequency occurrence)	흔함 (common)	희귀 (scarce)	흔함 (common)
생육유형 (Habitat type)	섬의 만, 항구 (island bay, port)	섬의 만, 항구 (island bay, port)	섬의 만 (island bay)
군집구조 (community description)	다소 밀집 (moderately dense)	빈약함 (sparse)	밀집 (dense)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 남해연안 거머리말속 생육환경의 특성

남해연안에 자생하는 거머리말속의 생육지의 특성은 출현 종 간의 구분이 명확하지 않았다(<표 3.2.8> 참조).

거머리말 생육지는 조간대와 조하대 지역으로 구분되며 조간대 지역의 경우 염분 변화는 강우나 담수의 유입에 영향을 받아 변화가 심하게 야기되지만, 조하대 지역의 생육 수심은 0.6~7.0m로 남해안 연안 해수의 특성을 나타내었다. 남해안의 조석간만 차는 남해 동부에서 서부로 갈수록 커지며, 최대조차의 범위는 1.4~3.9m의 범위로 조석간만 차에 의해 형성된 조류(유속 1~1.5 노트)가 형성된다.

남해안 거머리말 생육지는 사질 또는 사니질의 퇴적환경으로서 파랑에 노출되거나 다소 영향을 받으며, 조석의 영향을 생육지에 따라 약하거나 강하게 받는다. 거머리말 생육지의 출현빈도는 흔하고, 면적은 생육지에 따라 좁거나 아주 넓으며, 생육밀도는 빈약하거나 밀집한 다양한 특성을 나타내었다.

포기거머리말의 생육지는 조하대 수심 2.5~3.0m의 사니질의 퇴적환경에서 거머리말 초지보다 깊은 수심에서 파랑에 보호받고 조석의 영향을 약하게 받으며 생육하였다. 생육지의 출현빈도는 희귀하고 면적 범위도 좁으나 생육밀도는 식물체의 특성상 밀집해 있다.

애기거머리말 생육지는 조간대 지역 상부지역에 위치하며, 파랑의 영향을 적게 받으나, 조석의 영향을 강하게 받고 강수나 담수영향을 받아 염분의 변화가 다양하다. 사질과 사니질의 퇴적환경에서 출현하며, 생육지의 출현빈도는 희귀하지만 생육지의 면적은 넓게 분포하고 생육밀도는 매우 높게 나타났다.

수거머리말의 생육지는 조하대 하부 수심 4.5~5.0m의 사니질의 퇴적환경에 파랑의 영향을 받으나, 조석의 영향이 적고 염분의 변화가 적은 만에서 출현하였다. 생육지의 출현빈도는 희귀하지만, 생육 면적은 넓고 생육밀도도 다소 밀집(moderately dense)하게 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.8> 남해연안 거머리말속의 생육환경

특 성	거머리말	포기거머리말	애기거머리말	수거머리말
염분변화 (salinity)	해수- 담수 영향 (full - variable)	해수 (full)	해수-담수 영향 (full - variable)	해수 (full)
파랑 노출 (wave expose)	영향, 다소 노출 (sheltered, moderately open)	보호 (very sheltered)	영향 (sheltered)	영향 (sheltered)
저질 (substratum)	사질, 사니질 (sand, muddy sand)	사니질 (muddy sand)	사질 (sand)	사니질 (muddy sand)
조석 영향 (tidal stress)	약하거나 강함 (weak to strong)	약함 (weak)	강함 (strong)	약함 (weak)
생육지역 (zone)	조간대, 조하대 (intertidal, subtidal)	조하대 (subtidal)	조간대 (intertidal)	조하대 (subtidal)
생육위치 (height band)	중부, 하부 (mid and lower shore)	하부 (lower shore)	상부 (upper shore)	하부 (lower shore)
생육수심(m) (depth band)	0.6~5.0	2.5~3.0	intertidal zone (0.3~0.5)	4.5~5.0
출현빈도 (frequency occurrence)	흔함 (common)	희귀 (scarce)	흔함 (common)	희귀 (scarce)
생육유형 (Habitat type)	만, 항구, 보초 (bay, port, barrier reef)	만 (bay)	섬의 만 (island bay)	만 (bay)
군집구조 (community description)	빈약, 밀집 (sparse to dense)	빈약함 (sparse)	밀집 (dense)	다소 밀집 (moderatcly dense)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

라. 거머리말속 생육지 퇴적환경의 특성

한반도에 자생하는 거머리말속 생육지의 저질의 특성은 해역과 종에 따라 크게 구분되었다 (<표 3.2.9> 참조).

동해연안 퇴적물의 유형은 출현 종에 관계없이 사질(sand)의 특성을 나타내었다. 그러나 각 종에 따른 표층 퇴적물의 입도(grain size) 분포는 출현종과 생육환경에 따라 명확히 구분되었다. 거머리말의 입도는 2.0~3.8Φ의 분포로 다양하게 나타났다. 포기거머리말의 입도는 2.2Φ, 왕거머리말의 입도는 3.1~3.5Φ로 한정된 분포 범위를 나타내었다.

서해 연안 퇴적물의 특성은 종에 따라 다양하게 나타났다. 거머리말 생육지의 퇴적물 유형은 사질(sand), 니질(mud), 사니질(muddy sand)과 니사질(sandy mud)의 다양한 특성을 나타내었으며, 입도는 2.5~4.1Φ로 다양한 퇴적 분포를 나타내었다. 포기거머리말 생육지의 표층 퇴적물의 유형은 사질로서 입도의 분포는 2.5~3.5Φ의 범위로 나타났다. 애기거머리말의 퇴적물 유형은 사질과 니사질로서 입도의 분포는 2.5~4.0Φ으로 생육지에 따라 다양하였다.

남해연안 퇴적물의 특성은 다양하게 출현하는 종에 비해 퇴적물의 유형은 사질과 니사질로 구분되어 나타났다. 포기거머리말과 애기거머리말의 퇴적물 유형은 사질이었고, 수거머리말은 니사질이었으며, 입도는 각각 3.2Φ, 2.4Φ와 4.4Φ로 나타났다. 반면에 거머리말 생육지의 표층 퇴적물의 유형은 사질과 니사질로서 입도 분포는 1.5~4.3 Φ의 범위로 출현 생육지에 따라 다양하게 출현하였다.

한반도 해역에 출현하는 거머리말속의 종에 따른 표층퇴적물의 유형과 입도 조성의 특성은 거머리말이 가장 다양하게 나타났으며, 왕거머리말, 포기거머리말, 수거머리말과 애기거머리말의 생육지는 제한 범위 내에서 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.9> 한반도에 생육하는 거머리말 생육지 퇴적환경 특성. S; sand(사질), M; mud(니질), mS; muddy sand(사니질), sM; sandy mud(사니질), Mz(Φ); 평균 입도, O.C; 유기물 양, W.C; 함수율, IT; intertidal, ST; subtidal, Z. m; 거머리말, Z. a; 왕거머리말, Z. cae; 포기거머리말, Z. cau; 수거머리말, Z. j; 애기거머리말.

Coast	Site	Composition(%)		Type	Mz(Φ)	O.C (%)	W.c (%)	Sort Phi(Φ)	Occurrence species
		Sand	Mud						
동 해	화진포	95.1	4.9	S	3.1	2.1	26.2	0.7	*Z.m*
	공현진	98.5	1.5	S	3.4	2.6	25.6	0.7	*Z.a*
	동호리	95.4	4.6	S	3.4	1.6	22.9	0.8	*Z.a*
	남해	99.0	1.0	S	2.9	3.7	34.0	0.8	*Z.m*
	덕산	97.4	2.6	S	2.2	1.7	22.5	0.9	*Z.m. Z.cae*
	장호	99.2	0.8	S	2.1	2.7	23.5	0.9	*Z.m*
	영동	98.0	2.0	S	3.0	4.5	32.2	0.8	*Z.m*
	죽변	97.7	2.3	S	3.1	2.5	25.5	0.6	*Z.a*
	후포	99.5	0.5	S	2.0	1.6	20.5	0.8	*Z.m*
	영덕	99.5	0.5	S	2.5	2.4	24.2	0.8	*Z.m*
	칠포	98.7	1.3	S	3.5	1.9	22.5	0.7	*Z.a*
	감포	96.5	3.5	S	3.5	3.6	28.4	0.8	*Z.m*
	일산	90.2	9.8	S	3.8	2.8	27.9	0.8	*Z.m*
	대변	96.8	3.2	S	2.2	5.7	30.4	1.5	*Z.m, Z.cae*
서해	백령도	91.5	8.5	S	3.5	3.0	30.4	0.8	*Z.m, Z.cae*
	소이작도	95.2	4.8	S	2.5	2.4	-	1.0	*Z.m, Z.j*
	승봉도(IT)	94.3	5.7	S	2.7	1.0	15.5	0.6	*Z.m, Z.j*
	승봉도(ST)	91.6	8.4	S	2.9	0.9	13.6	0.7	*Z.m*
	삽시도	95.2	4.8	S	2.5	1.4	15.7	1.0	*Z.cae*
	선유도	42.3	57.7	sM	4.0	1.5	15.3	0.6	*Z.m*
	우이도	57.7	42.1	mS	3.5	1.1	17.1	1.0	*Z.m*
	안좌도	10.5	89.5	M	4.1	6.5	35.0	2.0	*Z.m*

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

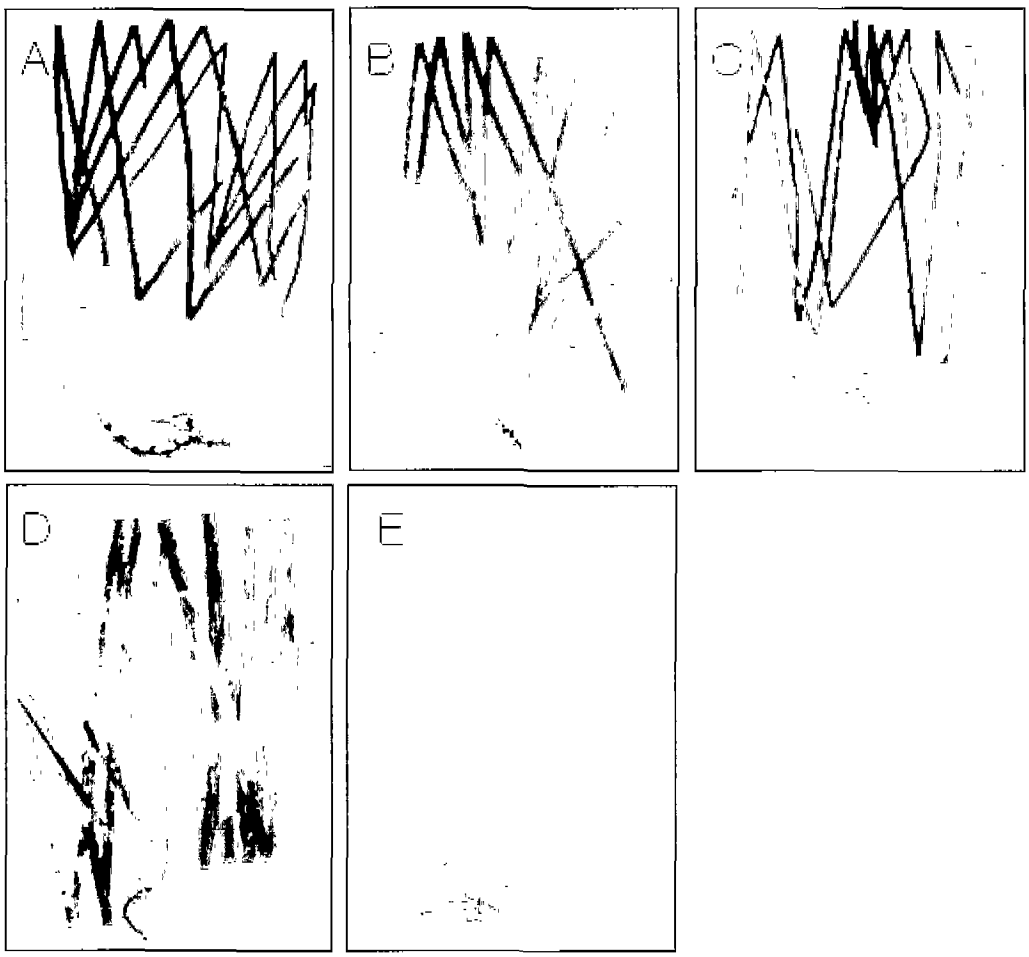
<표 3.2.9> 계속

Coast	Site	Composition(%)		Type	Mz(Φ)	O.C. (%)	W.C. (%)	Sort Phi(Φ)	Occurrence species
		Sand	Mud						
남 해	신명	85.9	14.1	mS	3.2	4.0	19.2	1.0	*Z.m, Z.cae*
	안골포	77.1	22.9	mS	3.1	6.9	31.7	1.2	*Z.m*
	다구	94.9	5.1	S	2.9	1.7	19.5	0.7	*Z.m*
	명주	95.2	4.8	S	2.5	2.8	17.4	1.0	*Z.m*
	욱곡	88.2	11.8	mS	2.2	5.2	17.3	1.7	*Z.m*
	곡령	83.4	16.6	mS	2.8	6.0	25.1	1.3	*Z.m*
	신월	91.2	8.8	S	2.2	4.6	27.5	1.4	*Z.m*
	다대(IT)	95.1	4.9	S	2.1	3.2	11.7	1.4	*Z.m, Z.j*
	다대(ST)	96.0	4.0	S	2.4	3.6	8.9	0.7	*Z.m*
	서산	86.5	13.5	mS	1.5	8.4	30.4	1.1	*Z.m*
	광영	97.0	3.0	S	2.1	1.7	20.6	0.8	*Z.m*
	율림	90.9	9.1	S	3.3	5.1	18.4	0.5	*Z.m*
	항대	75.4	24.6	mS	2.7	7.7	28.9	1.5	*Z.m*
	세포 (deep)	78.9	21.1	mS	3.0	2.3	16.8	1.1	*Z.m*
	세포 (swallow)	92.7	7.3	S	3.5	0.9	16.2	0.4	*Z.m*
	나로도	86.7	13.3	mS	3.1	4.6	19.8	0.8	*Z.m*
	관산	26.7	73.3	sM	4.0	2.6	17.0	0.9	*Z.m*
	청해진	49.7	50.3	sM	4.3	7.1	49.0	–	*Z.m*
	죽림	78.1	21.9	mS	4.4	4.7	29.5	1.6	*Z.m, Z.cau*
	성산	99.1	0.9	S	2.1	3.5	22.6	0.7	*Z.m*
	함덕	98.3	1.7	S	1.6	4.3	23.5	1.0	*Z.m*

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

마. 거머리말속의 정량적인 외부형질의 특징

거머리말속의 정량적인 외부 형태적인 특징은 식물체의 길이(shoot height)를 영양지와 생식지로 구분하여 측정하였으며, 잎 너비, 엽맥(vein) 수, 지하경(rhizome)의 마디간 길이, 지하경 너비, 열매(fruits)의 길이와 너비, 육수화시(spadix)내 열매의 수, 화서의 길이, 불염포(spath) 길이 등을 측정하였다(<그림 3.2.8> 참조). 거머리말, 포기거머리말과 애기거머리말은 각각 <표 3.2.10>, <표 3.2.11> 및 <표 3.2.12>에서 보는 바와 같이 한반도 해역에 자생하는 해역을 대상으로 비교하였으며, 왕거머리말과 수거머리말은 일본 해역에서 조사된 자료와 비교하여 나타내었다(<표 3.2.13>, <표 3.2.14> 참조).



<그림 3.2.8> 거머리말속 식물체의 종에 따른 영양지의 석엽표본. A; 거머리말, B; 왕거머리말, C; 포기거머리말, D; 수거머리말, E; 애기거머리말

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.10> 한반도 연안에 자생하는 거머리말의 형태학적 특징

Characters \ Sites		동 해	황 해	남 해
전체길이(cm)	영양지 조간대		24.0~51.2	
	영양지 조하대	39.0~195.0	47.8~144.0	33.8~207.8
	생식지	45.4~320.0	-	65.9~247.9
잎	너비(mm)	3.0~14.0	2.0~10.0	5.0~15.0
	옆맥수	5~7	5~9	7~11
지하경	마디간 길이 (mm)	7.7~25.0	7~31	6~32
	너비 (mm)	3.0~10.0	3.0~9.0	4.0~10.0
과실	길이 (mm)	4.0~4.6	-	4.0~4.8
	너비 (mm)	2.1~2.4	-	2.2~2.6

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.11> 한반도연안에 자생하는 포기거머리말의 형태학적 특징 비교

Characters \ Sites		동 해	황 해	남 해
전체 길이(cm)	영양지	53.5~76.6	79.0~166.0	86.7~118.0
	생식지	67.5~70.0	82~105	87.0~127.5
생식지의 가지수		3~6	3~5	3
잎	길이(cm)	44.5~60.9	66.5~141.0	66.2~93.0
	너비(mm)	5.0~8.0	6.5~7.5	6.0~7.2
	개수	4~6	3~6	4~7
	엽맥수	5	5	5~7
Rhizome	마디간 길이(mm)	3~14	1~4	1~3
	너비(mm)	4~7	5.5~6.5	4~5
불엽포의 개수		7~9	5~6	4~9
과실 개수		8~10	12~14	7~13
불엽포의 길이(cm)		4.4~5.5	4.0~8.0	3.4~5.5

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.12> 한반도에 자생하는 애기거머리말의 형태학적 특징 비교

Characters \ Sites		황 해	남 해
전체 길이 (cm)	영양지	15.3~35.9	26.0~27.5
	생식지	-	13.5~17.5
생식지의 가지 수		-	3~5
잎	길이(cm)	14.0~24.2	26.0~27.0
	너비(mm)	1.0~2.0	1.0~2.0
	개수	3~4	3~4
	엽맥수	3	3
지하경	마디간 길이(mm)	7~45.0	51.0~26.0
	너비(mm)	1.0~2.0	1.0~2.0
불엽포의 개수		-	2~8
불엽포의 길이(cm)		-	1.0~2.4

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.13> 한반도와 일본에서 생육하는 왕거머리말의 형태학적 특징 비교

Characters \ Sites		동 해	태평양 연안 (아케시 만, 일본)
전체 길이(cm)	영양지	47.0~90.0	~175.0
	생식지	58.0~74.0	
잎	길이(cm)	41.7~51.5	~146.6
	너비(mm)	11~15	~18.4
	끝 모양	E형, T형	E형
	엽맥 수	9~11	11
지하경	마디간 길이(mm)	6.0~32.0	16.0~32.0
	너비(mm)	4.0~7.0	6.0~11.0
과실	길이(mm)	4.6~4.9	-
	너비(mm)	2.2~2.7	-
	개수	8~12	12~17
불엽포	길이(cm)	2.7~6.6	4.7~9.8

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.2.14> 한반도와 일본에서 자생하는 수거머리말의 형태학적 특징 비교

Characters \ Sites		남 해	태평양 연안 (일본)
전체 길이(cm)	영양지	89.0~188.0	100.0~150.0
	생식지	155.0~401.0	190~680
잎	길이(cm)	51.0~136.2	-
	너비(mm)	9.5~15	14~16
	엽맥수	9~11	9~11
지하경	마디간 길이(mm)	7.0~35.2	20.0~25.0
	너비(mm)	4.0~10.0	4.0~5.0
과실	길이(mm)	4.0~5.2	5.0
	너비(mm)	2.2~2.5	3.0
불염포	길이(cm)	6.5~11.4	10.7~13.1
	개수	5.0~17.0	-

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제3절 국내 해안 습지에 서식하는 중형저서동물 군집 특성

1. 서론

중형저서생물(meiobenthos)은 그 크기가 대단히 작음에도 불구하고 다양성이 풍부한 그룹으로 1평방미터 당 10만 개체 이상의 개체수 밀도를 보이며 서식밀도는 주로 유기물의 양, 저질 간극 공간량 및 간극수 중의 산소량에 의존한다. 적절한 양의 식물이 공급되어, 산화적 조건이 갖추어지고 또한 입도가 거칠어 간격공간이 많은 퇴적물에는 1 평방미터 당 1억 개체에 달하는 아주 높은 밀도를 나타낸다. 중형저서생물의 수직적, 평면적인 분포를 규정하는 주된 요인도 먹이와 퇴적물 입도이다. 그 외에도 표층에서의 생물에 의한 해수의 미묘한 흐름변화에 따라 중형저서생물의 미세 분포가 변화한다는 것도 보고 되어져 있다.

중형저서생물 중 빈 산소인성이 뛰어난 그룹이 몇 개 알려져 있다. 빈모류[1] (Oligochaetes), 악구류(Gnathostomulids), 와충류[2] (Turbellarians), 선충류[3] (Nematodes) 등의 일부이지만, 선택 실험을 하면 빈 산소에서 유화수소가 풍부한 듯한 환경을 좋아한다. 이러한 동물을 Thiobios라고 부르지만, 그 독이한 생활이나 유화수소가 풍부한 환경이 조류의 광합성에 의해 대기가 산소를 풍부히 포함시키기 이전의 환경과 비슷하다는 것 등으로부터 많은 연구자의 흥미를 불러일으켰다. 이러한 동물이 서식하는 환경은 환원적 환경과 산화적 환경과의 경계 영역이다. 어떠한 것은 단순히 환원적 환경에 대한 인성이 높을 뿐이지만 그 중에는 환원적 환경에서만 증식 가능한 유황산화세균을 체표 혹은 체내에 공생시키고 있는 것도 있다. 대형의 생물에서는 산화환경과 환원환경의 경계에 서식하면, 동시에 양쪽의 환경에 몸을 접할 수 있지만, 소형의 생물인 중형저서생물은 양쪽의 환경 사이를 동

1) 몸은 원통형이고 암수한몸이며, 극히 소수의 짧은 강모가 나 있다

2) 몸은 편평하고 부드러우며 방추형, 원통형, 타원형, 끈 모양, 잎 모양 등 여러 가지 모양을 하고 있다. 체표의 전체 또는 일부에 섬모가 있고 수생종은 이 섬모의 운동으로 이동한다. 입은 앞 끝이나 배면 중앙에 있어 식고가 인두로 분화하여 입 밖으로 나와 있는 것도 있다. 신경세포가 머리 부분에 모여 있어 '뇌'라고 불리는데, 여기에서 여러 가닥의 신경이 각각의 횡신경으로 연결되어 신경망을 이룬다.

3) 선형동물문의 한 강(綱). 기생충의 대부분이 이에 속하며 동물이나 식물에 기생하는 것과 민물·바다·육상·온천 등에서 자유생활 하는 것이 있다. 동물에 기생하는 것은 모두 내부기생성으로, 소화기·근육·혈액 등에 기생한다. 식물에 기생하는 종류는 주로 토양 속에 살면서 뿌리에 해를 끼치는 것이 대부분이나 국화잎선충처럼 잎에 기생하는 것도 있다.몸은 가늘고 양끝이 뾰족한 줄 모양 또는 원통 모양이며, 전체적으로 좌우 대칭을 이룬다. 대부분 암수가 분리되어 있으며, 암컷이 수컷보다 크다. 암컷은 항문 부위에 생식공(生殖孔)이 있고, 수컷의 꼬리 부근에 교미침(交尾針)이 있다. 피부의 겉부분은 유리막으로 덮여 있어 매끄럽다

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

물 자신이 갔다 오는 것으로, 앞의 두 기질을 공생세균에 공급하게 된다. 유황산화세균을 공생시키고 있는 생물은 유화수소와 동시에 산소를 필요로 하기 때문에 유기 오염에 의한 저층수의 넓은 범위에 걸쳐 빈 산소수괴가 원인이 된 환원환경에서는 서식할 수 없다. 이러한 환경에서는 장기간에 걸쳐 빈 산소 환경이 되어도 생존 가능한 종이 살아남게 된다. 예를 들면, 선충류의 한 종은 빈 산소 환경에 장시간 있으면 유황의 결정이 체내에 축적하는 것에 따라 무독화 되고 있다고 생각되어진다. 따라서 종 level에서 중형저서생물을 본다면, 같은 환원환경이라 하더라도 다른 성질에 기반을 두고 있다는 것을 인식하는 것도 가능하다.

이러한 특징으로부터 중형저서생물은 해양환경의 변화에 민첩하게 대응해서 분포가 변화하기에 환경의 지표생물[1]로서 사용하는데 적합한 생물이라 할 수 있다 (Sandulli & De Nicola, 1990). 중형저서생물은 전 생활사를 저질 안에서 보내며, 서식을 위해 비교적 안정된 환경을 요구하며, 세대 기간이 짧기 때문에 환경의 변화에 대형저서생물에 비해서 짧은 기간에도 군집의 변화를 보인다고 알려져 있다 (Sandulli & De Nicola, 1991). 그들의 짧은 세대기간과 높은 종 다양성으로 인하여 생태적 모니터링에 유용하게 이용되어져 왔다. 해양에서 무엇보다 종 다양성이 높은 동물군은 선충류이다. N. A. Cobb (1915)은 "이 지구상에서 선충류 이외의 생물을 제외시킨다 하더라도, 지구표면에는 선충류의 필름이 있어, 어디가 바다이고 어디가 산인지 알 수 있으리라" 라는 유명한 말을 남겼다. 즉 육상에도 바다에도 많은 선충이 서식하고 있다는 말이다. 선충류와 유공충류[2]에 이어서 수적으로 많은 동물군은 저서성 요각류[3] (benthic harpacticoida)이다. 이 동물군은 개체수가 적당한 밀도로 존재하고, 다른 동물군에 비해 분류학적 연구가 진보되어 있어, 동정이 쉽다는 것으로부터 생태학적 연구가 잘 진행되어져 있다 (Coull, 1988). 아주 거친 입자의 모래 저질 등 특수한 서식지에 있어서는 이 종류가 선충류보다 많고 무엇보다 우점하는 생물군이 되기도 한다 (Kim and Shirayama, 1996). 요각류는 빈 산소환경에 민감하고 환경의 악화, 특히 유기오염의 진행에 따라 개체수가 감소한

1) 독특한 환경 조건에서만 살 수 있는 생물을 지표 생물이라고 하는데, 이러한 지표 생물을 이용하면 그 지역의 환경 조건이나 오염 정도를 알 수 있다

2) 원생 동물 위족류 유공충목에 속하는 동물의 총칭이다. 석회질이나 규산질의 껍데기로 덮여 있다. 껍데기에는 작은 구멍이 있고 실 모양의 발을 내밀어 먹이를 섭취한다. 육안으로 보일 정도의 큰 단세포 동물인데 지질 시대인 백악기에 크게 번성했던 생물이다. 현재 있는 종과 화석종까지 합치면 약 1만 8000여 종이 있다. 이 유공충의 화석 껍질이 쌓여 진흙이 된 후 육지가 되면 백악이, 그대로 다져진 것은 석회암이 되었다.

3) 절지동물 갑각류에 속하는 한 아강(亞綱). 몸은 16개의 체절로 되어 있고 가슴배는 10개의 체절로 구성된다. 눈은 2개의 옆눈과 1개의 가운데 홑눈으로 이루어진다. 노플리우스 유생에서 코페코디트 유생을 거쳐 성체가 된다. 대부분 수중 생활을 하는데 바다산과 담수산을 합쳐 약 7,500종이 알려져 있다. 부유성 플랑크톤인 칼라누스류와 검물벼룩 따위는 어류의 먹이로 매우 중요하다. 담수 양식어에 기생하여 피를 빨아 먹는 것도 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 한편 선충류는 그룹 자체로써 환경의 변동에 내성이 높은 것 뿐 아니라, 어떤 종들은 빈 산소 환경을 보다 더 좋아하는 서식 특성을 갖고 있다.

이 동물그룹은 소형이고 퇴적물 속에 서식하기 때문에 연구하기에 어려움이 많아서 아직까지 그 분포와 생태적 연구가 미비한 실정이다. 이러한 취지에서 중형저서동물의 중요한 서식지로 알려져 있는 국내 서남해안에 광범위하게 발달해 있는 연안습지에 대한 연구가 요구되었으며, 국내 서남해안의 대표적인 습지인 제주도 오조리의 거머리말 군락, 거제도 다대리의 애기거머리말 군락, 가로림만 벌말리의 거머리말 군락, 강화도의 염생식물 군락에서 실시된 중형저서동물 군집의 본 연구의 결과는 중요한 의미를 가진다.

2. 조사방법

국내 연안습지의 생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있는 중형저서생물군집의 군집[1] 특성 및 생물상[2], 서식밀도[3] 등을 조사하기 위하여 2003년 1월에 거제도 다대리의 애기거머리말 습지, 2003년 2월에 제주 오조리 거머리말 습지, 2003년 3월에 강화도 여차리의 염생식물 습지, 2003년 5월에 가로림만 벌말의 거머리말 습지, 2003년 6월에 승봉도, 삽시도, 동대만 당항리의 거머리말 습지에서 시료채취가 이루어졌으며, 거머리말 및 염생식물의 식생이 있는 정점과 인근의 식생이 없는 정점을 구분하여 채집 및 분석이 실시되었다(<그림 3.3.1> 참조). 퇴적물 샘플은 직경 36mm의 아크릴 코어를 사용하여 채취하였으며, 각각의 시료는 표층으로부터 깊이 10cm까지를 각각 0~1, 1~2, 2~3, 3~4, 4~5, 5~6, 6~7, 7~8, 8~9, 9~10 cm로 자른 다음 로즈 벵갈(rose bengal)을 혼합한 5% 중성 포르말린으로 고정했다. 현장에서 연구소로 운반되어진 생물 시료는 연구실에서 각 크기의 체 (1mm, 500㎛, 250㎛, 125㎛, 63㎛, 37㎛)로 크기별로 걸러내어 광학현미경 하에서 분류 및 계수를 하였다. 또한 현미경 사진과 영구보존을 위하여 글리세린, 에탄올, 증류수를 혼합한

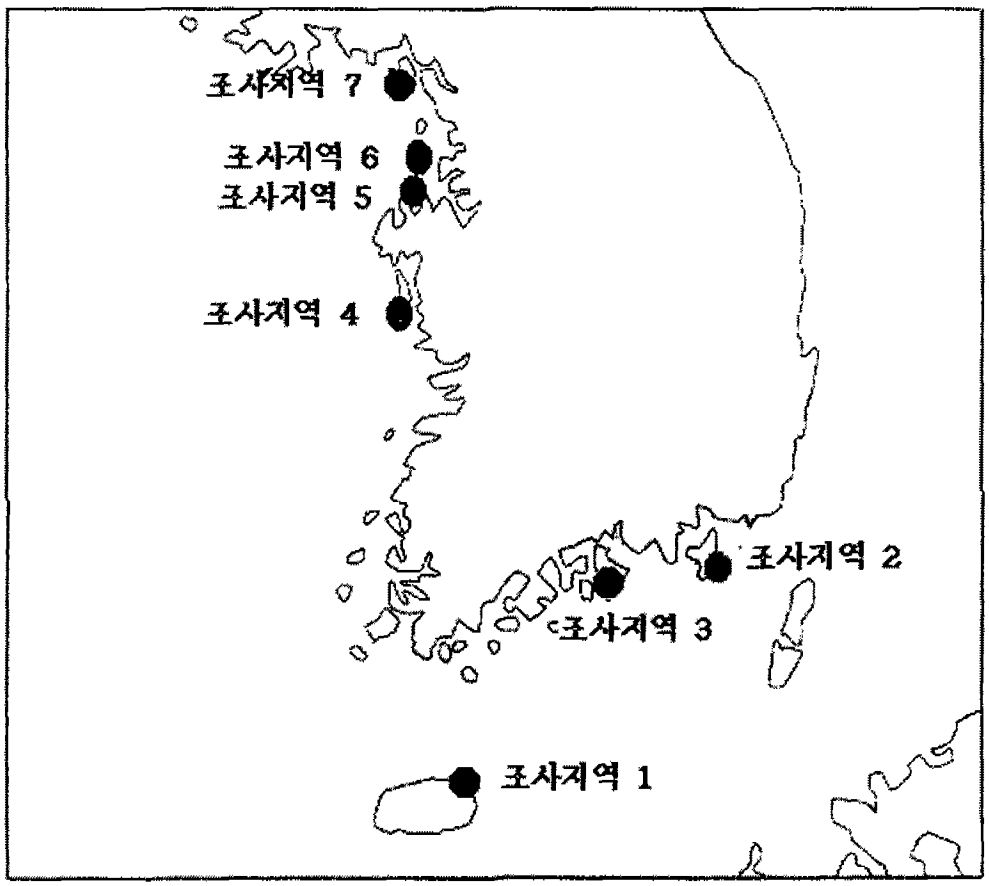
1) 일정한 지역 내에서 생활하고 있는 모든 생물 개체군의 모임.

2) 환경이 같은 어떤 지역 또는 지리적인 구역 안에 살고 있는 모든 생물의 종류. 생물종류상(生物種類相)이라고도 한다. 일반적으로 개체수나 우점도와 같은, 그 곳에 사는 동식물의 양이나 상호관계와는 관련 없는 정성적(定性的)인 개념이다. 보통 식물상과 동물상으로 구분된다.

3) 어떤 개체군의 단위공간당의 개체수. 개체밀도·서식밀도라고도 한다. 단위공간으로서는 넓이 ·부피 등의 물리공간 외에 1개의 식물 ·가지 ·잎 ·분피(糞塊) 등의 서식장소단위를 사용하는 경우도 많다 또 단위공간당의 진짜밀도 (절대밀도)를 측정하는 것이 어려울 경우에는 일정한 방법 (예를 들면, 유인함정 ·포획망법 등)에 의한 포획수를 써서 상대밀도로서 나타낼 때도 있다. 또, 어떤 지역의 총면적에 대한 밀도를 조밀도(粗密度), 실제의 서식장소에 대한 밀도를 경제밀도(經濟密度) 또는 생태밀도(生態密度)라고 하여 구별하는 경우도 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

용액으로 고정액을 치환시켜 60℃ 건조기에 넣어 서서히 증발시킨 후에, 제습기 안에 넣어 완전히 수분을 증발시킨 다음에 H-S slide (Shirayama, 1993)에 소형의 유리구슬 (glass beads)과 canadian balsam을 사용하여 영구보존 생물시료를 만들었다.



<그림 3.3.1> 중형저서생물 군집 조사 정점도 (조사지역 1: 제주 오조리, 조사지역 2: 거제도 다대리, 조사지역 3: 동대만 당항리, 조사지역 4: 삽시도, 조사지역 5: 가로림만 벌말, 조사지역 6: 승봉도, 조사지역 7: 강화도 여차리)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 정점별 출현분류군 및 군집구조 특성

가. 제주도 오조리 거머리말 습지

2003년 2월 제주도 오조리의 거머리말 군락이 서식하는 SB (Seagrass-Bed) 정점과 인근의 거머리말이 서식하지 않는 NB (Non-seagrass-Bed)정점의 퇴적물 0-3cm에서 출현한 중형저서동물은 모두 14개의 분류군으로 선충류가 가장 우점하고 그 다음이 저서성 요각류, 갯지렁이류로 나타났다(<표 3.3.1> 참조). 전체 출현 개체수는 SB정점이 547 개체/10㎠, NB정점이 584 개체/10㎠로 NB정점이 다소 높게 나타났다. 두 정점 모두에서는 선충류가 가장 우점하여, 각각 351, 392 개체/10㎠의 서식 밀도를 나타냈으며, 전체 출현 중형저서동물의 64%, 67%를 차지하였다. 그 다음으로 SB에서는 저서성 요각류가 우점하여 128 개체/10㎠를, 갯지렁이류가 24 개체/10㎠의 값을 보였다. 이와는 다르게 NB에서는 다모류[1]가 우점하여 86 개체/10㎠, 그 다음이 저서성 요각류로 62 개체/10㎠를 나타냈다. 두 정점 모두이들 세 분류군이 전체 출현 개체수의 85% 이상을 차지했다.

퇴적물 내에 서식하는 중형저서동물의 주요 우점 그룹을 대상으로 그 수직분포 양상을 살펴보면 두 정점 모두 퇴적물 표층 0 - 1cm 깊이 내에 집중된 분포 양상을 보인다(<표 3.3.2>, <표 3.3.3>, <그림 3.3.2>, 그리고 <그림 3.3.3> 참조). 그 이하의 깊이에서는 감소하는 양상을 나타냈는데, 정점 SB의 경우 정점 NB에 비하여 급감하는 양상을 보여준다. 한편 SB 정점에서 두 번째로 우점하게 나타난 중형저서동물 그룹인 저서성 요각류는 퇴적물 최상층에 밀집되어 분포하는 현상이 두드러지게 나타났다. 이러한 현상은 먹이조건 및 공극수내의 산소 분포와 관련이 있을 것으로 사료되며, 차후에 예정되어 있는 서식환경에 대한 연구를 통해 이러한 수직분포 특성에 관한 정확한 정보가 제공될 것으로 보인다. NB 정점에서 매우 우점하는 양상을 나타냈던 다모류는 표층 0-1cm 퇴적물보다 1-2cm의 퇴적물 층에서 높은 서식 밀도를 나타냈으며, 저서유공충류는 깊이에 따라 거의 비슷한 분포양상을 보였다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 거머리말이 생육하는 SB정점의 경우 망목 크기 0.125mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.4>, <그림 3.3.5> 참조). 이는 퇴적물의 수직적인 분포에서도 같은 양상으로 나타난다.

---

1) 환형동물 (Annelida)에 속하는 것으로서 갯지렁이가 이에 속하며 몸은 좌우대칭에 동규적 체절구조로 되어있다. 신관으로 배설작용을 하고 피부호흡을 하며 담륜자 (trochophore) 유생시기를 거친다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.1> 제주도 오조리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	351	392	743
Harpacticoids	128	62	190
Polychaetes	24	86	110
Sarcomastigophorans	9	24	33
Turbellarians	6	3	9
Nauplius	6	2	8
Ciliophorans	1	5	6
Cumaceans	4		4
Amphipods		3	3
Copepods	3		3
Gastropods	2		2
Tanaidaceans	1		1
Bivalves		1	1
Halacaloideans	1		1
others	11	6	17
Total	**547**	**584**	**1131**

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.2> 제주도 오조리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		8	112	81	21	222
Harpacticoids	2	16	75	18		111
Polychaetes	1	9	5			15
Nauplius		1		5		6
Sarcomastigophorans				1	2	3
Cumaceans	3					3
Turbellarians			3			3
Copepods		2				2
Gastropods		1	1			2
Tanaidaceans	1					1
Halacaloideans			1			1
Ciliophorans				1		1
others			4	3	1	8
Total	7	37	201	109	24	378

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		2	41	44	7	94
Harpacticoids		1	11	1		13
Sarcomastigophorans			3	2		5
Polychaetes		2	3			5
Turbellarians			2	1		3
Cumaceans	1					1
Copepods			1			1
others				1	1	2
Total	1	5	61	49	8	124

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		7	13	15		35
Harpacticoids		1	3			4
Polychaetes		1	2	1		4
Sarcomastigophorans				1		1
others				1		1
Total	0	9	18	18	0	45

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.3> 제주도 오조리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes			30	121	58	209
Harpacticoids			15	18		33
Polychaetes	1	11	15			27
Sarcomastigophorans				7	3	10
Ciliophorans				1	4	5
Amphipods	2	1				3
Nauplius				1		1
Turbellarians				1		1
others				1	1	2
Total	3	12	60	150	66	291

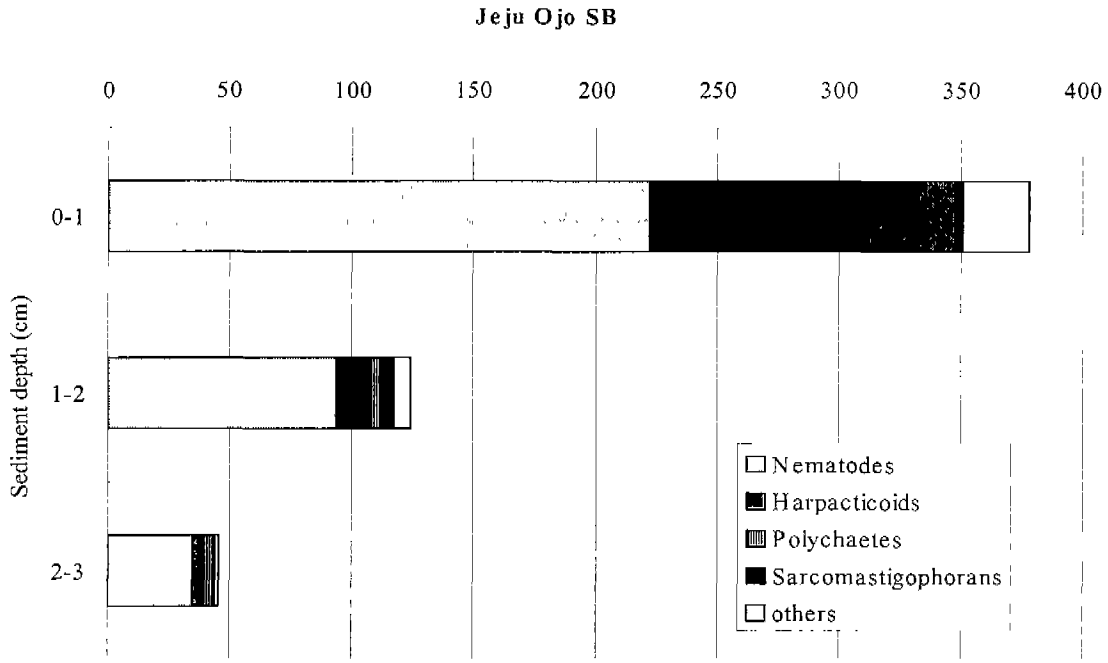
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	6	34	54	11	106
Polychaetes	9	13	27			49
Harpacticoids		1	13	11		25
Sarcomastigophorans			2	2	1	5
Turbellarians			2			2
Nauplius				1		1
Bivalves			1			1
others		1	1	1		3
Total	10	21	80	69	12	192

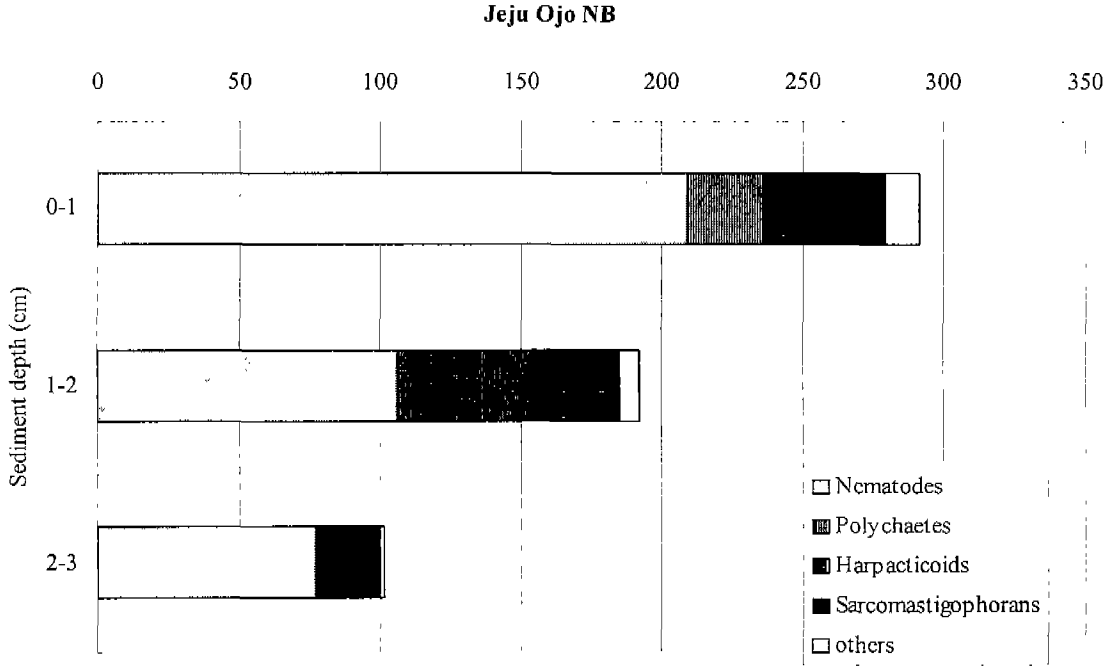
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		8	34	24	11	77
Polychaetes	1	2	7			10
Sarcomastigophorans			2	4	3	9
Harpacticoids			1	3		4
others			1			1
Total	1	10	45	31	14	101

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

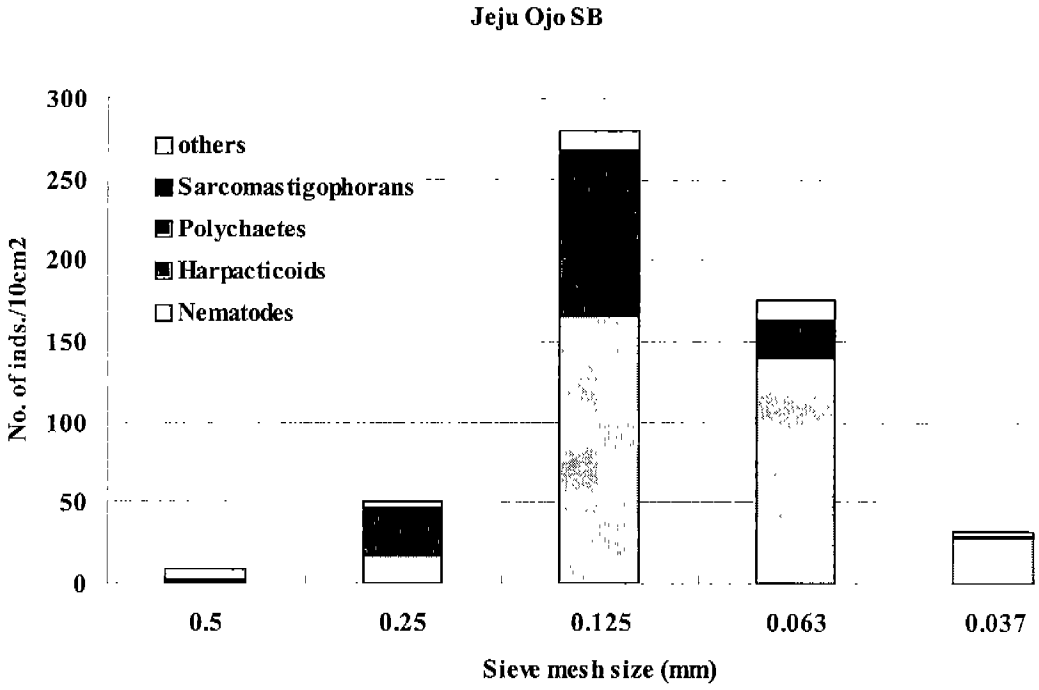


<그림 3.3.2> 제주도 오조리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위 개체수/10cm^2)

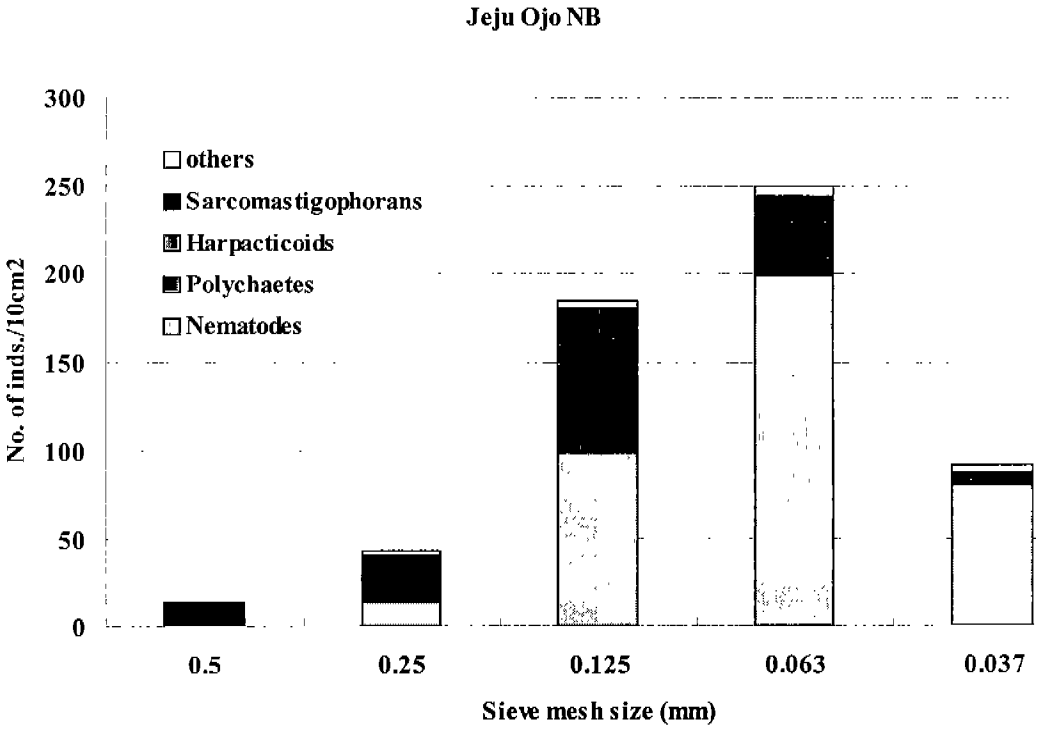


<그림 3.3.3> 제주도 오조리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.4> 제주 오조리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.5> 제주 오조리의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이는 가장 우점하게 나타난 선충류와 저서성 요각류의 크기별 분포가 0.125mm의 체에 남는 크기의 개체가 가장 많았기 때문이다. 이에 반하여, 거머리말이 생육하고 있지 않은 NB 정점의 경우는 우점그룹인 선충류의 크기가 0.063mm에 남는 개체들이 많았기 때문에 전반적으로 망목크기 0.063mm의 체에 남는 개체들이 가장 많이 나타났다(<표 3.3.3> 참조). 그러나 퇴적물의 수직적인 분포에서 살펴보면 표층 0-1cm이하에서는 다시 체 크기 0.125mm에 들어가는 크기의 동물들이 많이 나타난다. 이러한 중형저서동물 그룹의 크기별 분포특성이 잘 나타나는 이유는 이들의 서식이 주로 제한된 퇴적물 사이의 공간에서 이루어지기 때문이며, 거머리말 초지의 퇴적물 특성이 인근 해초의 서식이 없는 지역의 퇴적물 특성과 구별되기 때문으로, NB 정점의 표층 1cm의 퇴적물 입도가 SB정점의 퇴적물 입도의 공극보다 클 가능성을 이야기 해준다. 또 한 가지 NB 정점에서 표층에서 크기가 큰 생물들이 많이 나타나는 원인으로 볼 수 있는 것은 선충류의 경우 육식성일 경우가 다른 섭식형을 가지고 있는 종들보다 개체 크기가 큰 것이 일반적이라는 관점에서 이들 육식성의 선충류들이 많이 서식하고 있을 가능성이다.

나. 거제도 다대리 애기거머리말 습지

2003년 1월 거제도 다대리의 애기 거머리말 군락이 서식하는 SB (Seagrass-Bed)정점과 인근의 애기거머리말이 서식하지 않는 NB (Non-seagrass-Bed)정점의 퇴적물 0-3cm에서 출현한 중형저서동물은 모두 7개의 분류군 이었다(<표 3.3.4>). 각 출현한 분류군 중 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈다. 전체 출현 개체수는 SB정점이 485 개체/10㎠, NB정점이 812 개체/10㎠로 NB 정점이 SB 정점에 비하여 약 두 배 정도의 높은 서식밀도를 보였다. 두 정점 모두에서 선충류가 가장 우점하여, 각각 186 개체/10㎠, 628 개체/10㎠로 전체 출현 중형저서동물의 38%, 77%를 보였고, 그 다음으로 SB와 NB 모두에서 저서유공충류, 와충류, 저서성 요각류의 순으로 나타났다. 앞서 언급한 제주 오조리에서는 선충류 다음으로 두 정점 모두에서 저서성 요각류, 갯지렁이 순으로 높은 서식밀도를 보임에 비하여, 이 지역에서는 이 들 두 분류군보다 유공충류와 와충류의 개체수가 높게 나타났다. 특히, 와충류의 경우는 SB 정점에서 71 개체/10㎠, NB 정점에서 12 개체/10㎠로 단위 면적 당 아주 높은 서식밀도를 보이고 있다는 것도 특징 중 하나이다. 그 외에 SB정점에서는 전혀 출현하지 않았던 섬모충류가 NB정점에서는 38 개체/10㎠로 우점하게 나타났으며, 저서성 요각류의 분포는 NB 정점보다 SB정점에서 높게 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이 지역의 퇴적물 내에 서식하는 중형저서동물의 주요 우점 그룹을 대상으로 그 수직분포 양상을 살펴보면, 두 정점 모두에서 퇴적물 표층 0-1cm에서 가장 높은 서식밀도를 보여 SB정점에서는 0-1cm에서 326 개체/10㎠, 1-2 cm에서 108 개체/10㎠, 2-3 cm에서 51 개체/10㎠의 값을 나타냈다(<표 3.3.5>와 <그림 3.3.6> 참조). 이와 같이 SB정점은 퇴적물 깊이에 따라 약 절반 정도로 개체수가 급감하는데 비하여, NB 정점은 다소 완만한 감소를 나타내, 표층 0-1cm에서 474 개체/10㎠, 1-2cm에서 199 개체/10㎠, 2-3cm에서 139 개체/10㎠의 값을 보였다(<표 3.3.6>과 <그림 3.3.7> 참조). 그러나 전반적으로 두 정점 모두 퇴적물 깊이에 따라 서식밀도가 급감하는 양상을 나타냈으며, SB 정점에서 보다 더 급감하는 경향이 더 크게 나타났다.

분류군별로 보면 가장 우점하는 선충류 이외에도, 두 번째로 우점하게 나타난 중형저서동물 그룹인 저서유공충류 역시 퇴적물 최상층에 밀집되어 분포하는 현상이 두드러지게 나타났다. 이에 반하여 저서성 요각류는 거의 표층 0-1cm 층에서만 서식하는 경향이 보였으며, NB정점에서는 섬모충류의 서식 패턴 역시 표층에 집중되어 있는 것이 나타났다. 이러한 원인 중 하나는 저서성 요각류는 다른 동물 그룹에 비하여 산소층을 선호하는 생태적 특성을 가지고 있기 때문으로 보여 진다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 애기거머리말이 생육하는 SB정점과 거머리말이 생육하고 있지 않은 NB 정점 모두에서 전반적으로 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<표 3.3.5>, <표 3.3.6>, <그림 3.3.8>, 그리고 <그림 3.3.9> 참조). 이는 SB, NB 정점 모두에서 가장 우점하게 나타난 선충류나 저서유공충류가 표층 0-1cm에서 아주 높은 서식밀도로 이 크기의 것들이 서식하고 있었기 때문이다. 그에 비하여 정점 SB의 경우 같은 층에서 그 다음으로 나타난 저서성 요각류의 경우는 0.5 mm, 0.25mm에서 다른 크기의 것들보다 높게 나타나 이 정점의 표층에 개체 크기가 큰 종들이 많이 서식하고 있음을 나타냈다. NB 정점의 경우 우점그룹인 선충류의 경우 표층에서 크기가 0.063mm에 남는 개체들이 많이 나타나 186 개체/10㎠를 보였지만, 그보다 큰 0.125mm에서도 97 개체/10㎠, 다소 크기가 작은 0.037mm에서도 96 개체/10㎠로 높은 개체수 밀도를 보이고 있었다(<표 3.3.6>, <그림 3.3.9>). 선충류의 경우 SB정점과 NB정점의 밀도의 차이가 나타나기는 하지만, 크기별로 나타나는 개체들이 비슷한 양상으로 나타나는데 반하여, 저서 유공충류의 크기별 분포는 정점별로 다르게 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.4> 거제도 다대리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	186	628	814
Sarcomastigophorans	137	78	215
Turbellarians	71	12	83
Harpacticoids	48	14	62
Polychaetes	23	25	48
Ciliophorans		38	38
Nauplius	4	1	5
others	16	16	32
Total	**485**	**812**	**1297**

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.5> 거제도 다대리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Sarcomastigophorans			3	107	7	117
Nematodes		1	27	58	14	100
Harpacticoids	10	18	10	4		42
Turbellarians			32	7		39
Polychaetes	3	13				16
Nauplius			4			4
others		2	2	3	1	8
Total	13	34	78	179	22	326

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		4	20	29	3	56
Turbellarians			22	5		27
Sarcomastigophorans			4	9		13
Harpacticoids		3	1			4
Polychaetes		4				4
others			1	3		4
Total	0	11	48	46	3	108

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		6	12	10	2	30
Sarcomastigophorans			1	6		7
Turbellarians		1	3	1		5
Polychaetes	1	2				3
Harpacticoids		1	1			2
others		1	1	2		4
Total	1	11	18	19	2	51

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.6> 거제도 다대리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes			97	186	96	379
Sarcomastigophorans			5	22	23	50
Ciliophorans					20	20
Harpacticoids			11			11
Polychaetes	1	4				5
Turbellarians			2	2		4
others			2	3		5
Total	1	4	117	213	139	474

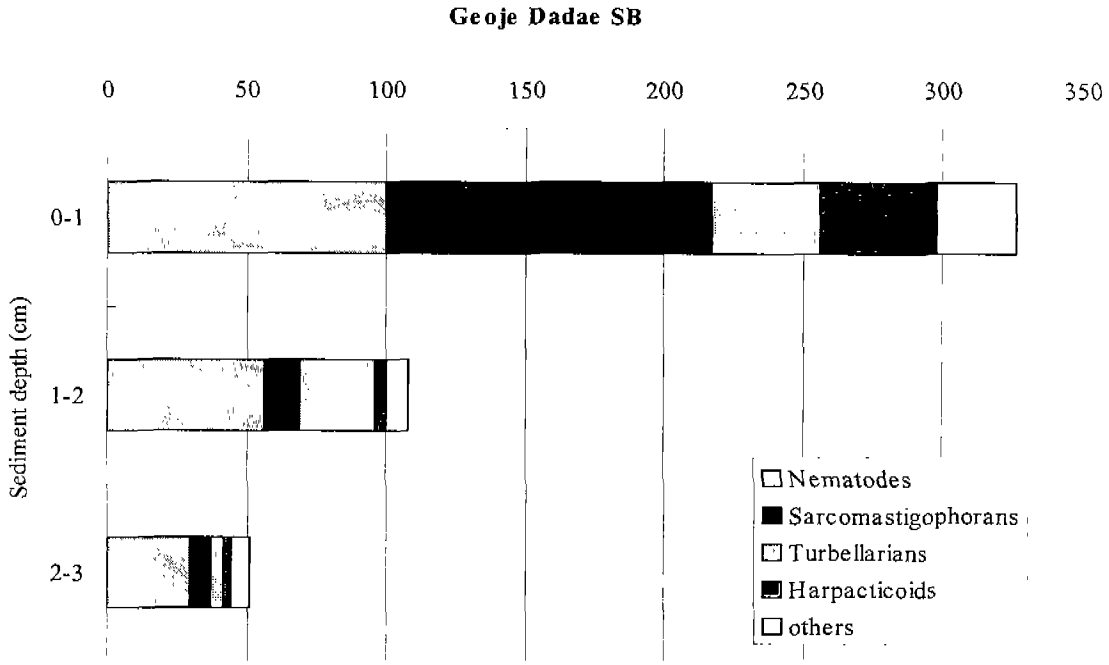
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	1	38	60	41	141
Sarcomastigophorans			9	6	6	21
Ciliophorans				12	1	13
Polychaetes	6	3				9
Turbellarians			4	4		8
Harpacticoids			3			3
Nauplius					1	1
others				1	2	3
Total	7	4	54	83	51	199

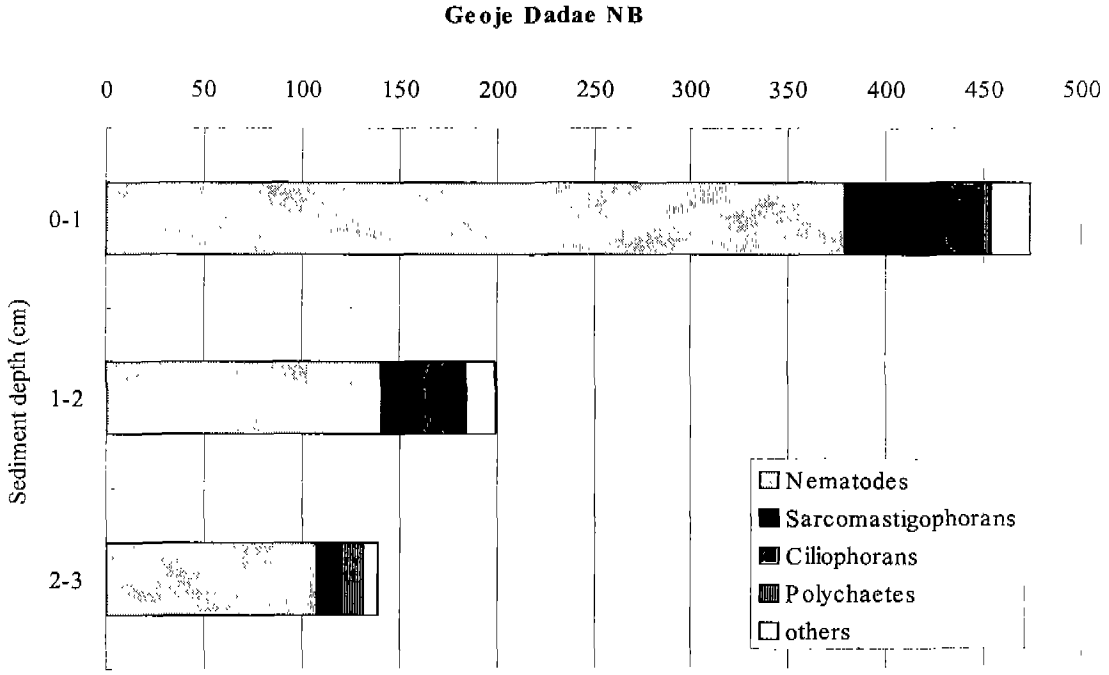
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		5	52	49	2	108
Polychaetes	6	3	2			11
Sarcomastigophorans				5	2	7
Ciliophorans				4	1	5
others		1	3	2	2	8
Total	6	9	57	60	7	139

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

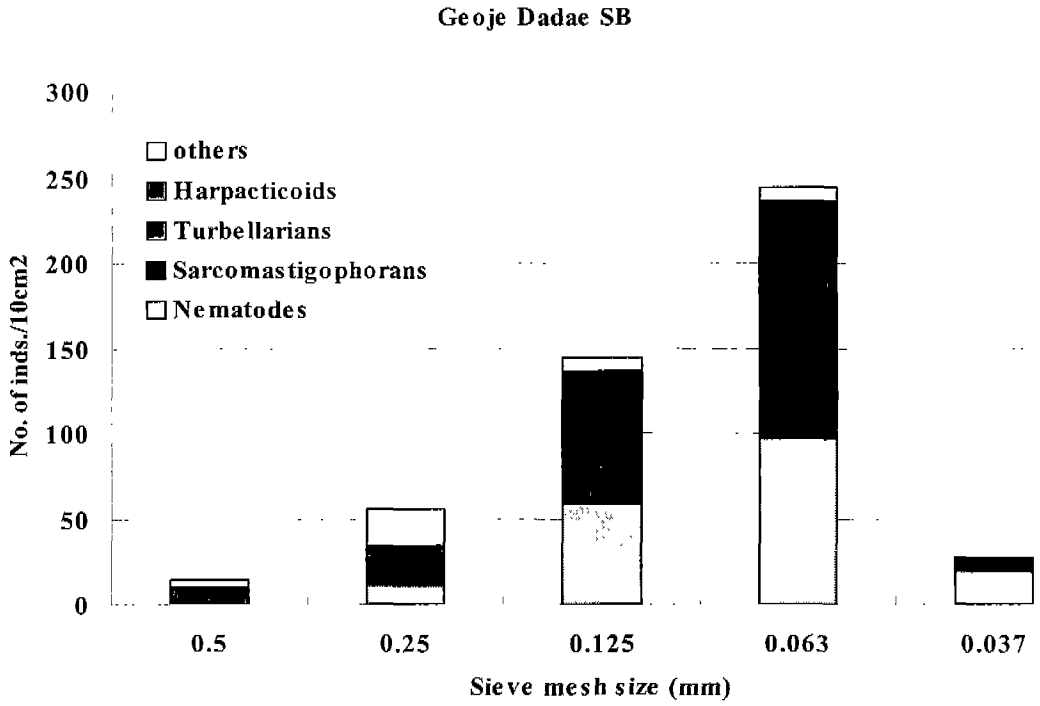


<그림 3.3.6> 거제도 다대리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위 개체수/10cm^2)

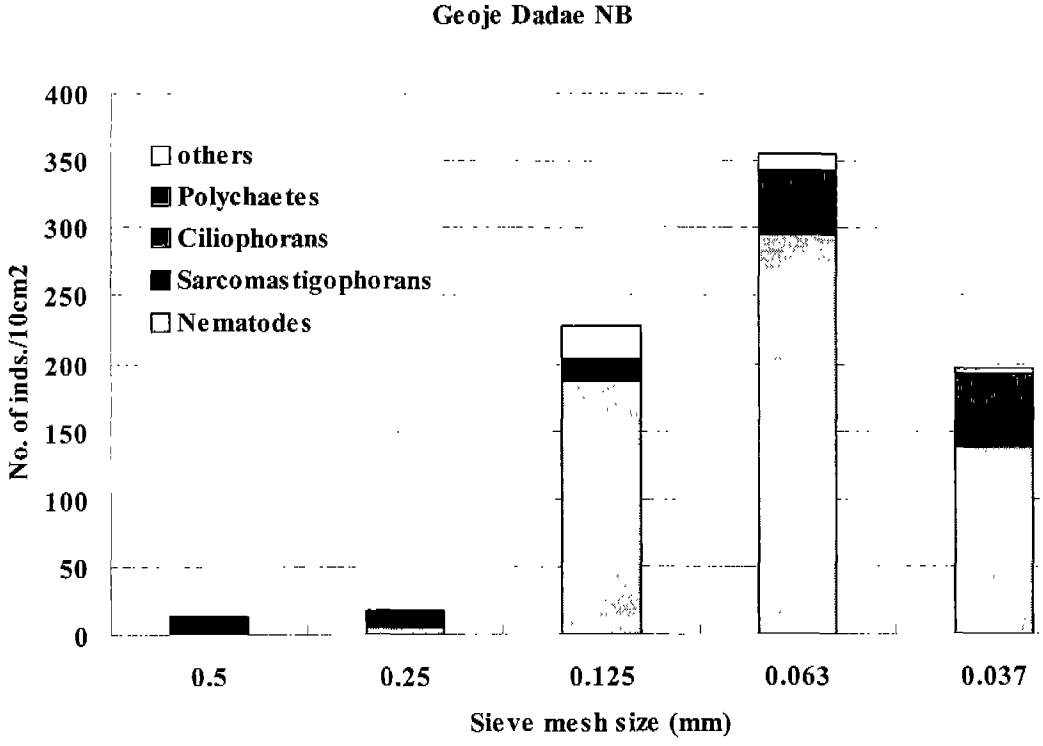


<그림 3.3.7> 거제도 다대리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.8> 거제도 다대리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.9> 거제도 다대리의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 동대만 당항리 거머리말 습지

2003년 6월 남해 동대만 당항리의 거머리말 군락이 서식하는 SB (Seagrass-Bed) 정점과 인근의 거머리말이 서식하지 않는 NB (Non-seagrass-Bed)정점, 두 개의 정점 퇴적물 0-3cm에서 출현한 중형저서동물은 모두 12개의 분류군이었다 (<표 3.3.7>). 두 정점 모두 선충류가 압도적으로 우점하고 있었는데 특히 거머리말 군락지에서는 선충류가 3,956 개체/10㎠를 나타내어 이 연구의 전 조사 정점에서 가장 높은 서식밀도를 보였다. 정점 NB에서도 높은 값을 나타내 1,646 개체/10㎠의 서식 밀도를 보였다.

그 다음으로 높게 나타난 분류군은 정점 SB에서는 저서성 요각류가 161 개체/10㎠, 갑각류[1]의 유생이 76 개체/10㎠, 갯지렁이가 69 개체/10㎠의 순으로 나타났으며, 정점 NB에서는 선충류 다음으로 저서성 요각류가 116 개체/10㎠, 유공충류가 80 개체/10㎠, 갯지렁이가 48 개체/10㎠의 순으로 높은 서식밀도를 보였다. 두 정점 모두 저서성 요각류가 두 번째로 우점하는 그룹으로 나타났는데, 이들 생물들은 현재 발생과, 성장을 계속해서 이루어지고 있을 가능성이 높다고 보아지는데, 그 이유 중 하나는 이들 유생의 개체수가 정점 SB에서는 76 개체/10㎠, 정점 NB에서는 36 개체/10㎠로 비교적 높게 나타났기 때문이다. 전체 출현 개체수는 SB정점이 4,425 개체/10㎠, NB정점이 1,973 개체/10㎠로 SB정점이 두 배 이상의 높은 값을 보였다. 이외에도 SB 정점에서는 산소 환경이 좋은 곳에 서식하는 환경 지표 생물 그룹인 동문동물[2] (Kinorhynchs)가 14 개체/10㎠의 밀도를 보이며 서식하고 있었다.

---

1) 절지동물 갑각강에 속하는 한 강. 기본적으로는 수중생활을 하며 아가미가 있고 물로 호흡하는 절지동물이다. 몸은 머리·가슴·배로 나뉘고 마디로 되어 있으며, 고등한 종일수록 머리와 가슴이 붙는다. 몸마디에 달리는 부속지는 촉각 2쌍, 턱다리 3쌍, 가슴다리 5쌍, 배다리 4쌍 등으로 분화되어 있다. 외골격을 갖춘 종의 갑각에는 탄산칼슘이 들어 있어 단단하다. 발생은 소수의 만각류(蔓脚類)를 제외하면 자웅이체이다. 보통 수컷이 암컷보다 크고 몸빛깔과 형태에 변이가 많다. 생식은 난생(卵生)이며 난황은 중심부에 난황막에 싸여 있다. 대부분 노플리우스 유생기를 거치지만 새우류·소라게·게 등은 노플리우스 유생기를 알 속에서 지낸다. 제2 유생기인 조에아, 제3 유생기인 메갈로파를 거쳐 성체가 된다. 저에아는 큰 겹눈과 이마가시·등가시 및 좌우 옆가시를 지니며, 배에는 2갈래의 꼬리마디가 있다. 메갈로파는 보통 성체와 비슷하나 종의 특징이나 암수 분화는 나타나지 않는다. 생태는 소형 종은 플랑크톤 형태로 지내고, 대형 종은 저서생활을 하면서 걷거나 헤엄쳐 다닌다. 전세계에 널리 분포하며 위도상으로는 남북극해 가까이까지, 수심은 약 4,000m 깊이까지 서식한다. 담수에서는 해발고도 3,000m의 높은 곳에도 분포한다. 대형 바다새우나 게는 중요 수산자원이며, 소형 종은 다른 어패류의 영양 공급원이 된다

2) 동물분류의 한 문(門)으로 넓은 뜻으로 유형동물의 한 강으로 분류되었고, 또 한때 복모동물·선형동물·유선형동물과 함께 대형동물(袋形動物)에 속하는 강으로 분류하였으나 현재는 독립된 동문 동물문이 되었다. 몸길이 1mm 이하의 소형동물로 얕은 바다의 모래진흙 속이나 해조 위에 서식하며, 세계에 약 100종이 알려져 있다. 몸은 머리·목·몸통의 3부분으로 되어 있다. 머리의 앞쪽 중앙에 입이 열려 있고, 머리 전체에 5~6개의 환열(環列)에 예리한 가시가 뒤쪽을 향하여 늘어서 있다. 등쪽에 1쌍의 안점이 있다. 목은 짧고 16개의 키틴판이 있으며 머리를 체내로 집어넣었을 때 몸의 앞끝을 덮는 구실을 한다. 몸통에 11~12개의 가로띠가 있으며 각각에는

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

두 정점의 퇴적물 내의 깊이별 수직분포를 살펴보면 정점 SB 에서는 높은 개체수 밀도에 비하여 퇴적물 깊이에 따라 개체수 밀도가 아주 완만하게 감소하는 경향을 보였다. 이에 반하여 정점 NB 에서는 상대적으로 아주 급격히 감소하는 모습을 나타냈다(<표 3.3.8>, <표 3.3.9>, <그림 3.3.10>, 그리고 <그림 3.3.11> 참조). 즉 거머리말 서식 정점에서는 표층 0-1cm에 1,676 개체/10㎠, 1-2cm에 1,438 개체/10㎠, 2-3cm에 1,311 개체/10㎠로, 퇴적물 표층 3cm까지 모두 천 개체 이상의 아주 높은 서식밀도로 중형저서생물이 서식하고 있었다(<표 3.3.8>). 이에 반하여 정점 NB에서는 표층 0-1cm에 1,026 개체/10㎠, 1-2 cm에 719 개체/10㎠, 2-3cm에는 228 개체/10㎠로 개체수에 있어서도 각 퇴적물층에서 정점 SB보다 낮은 서식 밀도를 보였으며, 수직적으로도 급격한 개체수 감소를 나타냈다(<표 3.3.9>).

정점 SB에서 분류군별 수직 분포를 살펴보면 가장 우점하는 선충류의 경우는 표층 0-1cm에 1,434 개체/10㎠, 1-2cm에 1,292 개체/10㎠, 2-3cm에 1,230 개체/10㎠으로 수직적으로 거의 개체수 변화를 보이지 않고 있었다. 이에 반하여 그 다음 우점 분류군인 저서성 요각류의 경우는 표층 0-1cm에 107 개체/10㎠, 1-2cm에 46 개체/10㎠, 2-3cm에 8 개체/10㎠로 퇴적물 심도에 따라 아주 급격히 개체수가 감소하는 양상을 보였다. 이러한 것은 저서성 요각류가 퇴적물 표층을 일반적으로 선호한다는 것을 보여준다. 저서성 요각류에 있어서 이러한 현상은 정점 NB에서도 거의 비슷한 모습으로 나타났다. 이에 비하여 이들 유생이 대부분인 갑각류의 유생의 경우는 정점 SB에서는 표층 0-1cm에서 34 개체/10㎠, 1-2cm에서 32 개체/10㎠, 2-3cm에서는 10 개체/10㎠로 나타나 퇴적물 0-2cm사이에서 서식하며 활동하는 값을 나타냈다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 거머리말이 생육하는 SB정점, 정점 NB 모두의 경우 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.12>와 <그림 3.3.13> 참조). 이는 퇴적물의 수직적인 분포에서도 정점 NB의 1-2cm 층에서만 0.125mm의 값이 높게 나타났을 뿐, 전반적으로 모든 층에서 유사한 양상을 보였다.

3개씩의 가시가 뒤쪽을 향해 있다. 자웅이체(雌雄異體)이다. 유생은 탈피를 몇 차례 반복함으로써 몸통이 길어지고 가로띠가 증가되어 성체가 되는데, 이 기간은 약 1년이 걸린다고 한다. 동문류의 몸은 몸마디로 나누어져 있으므로 환형동물이나 절지동물에 가까운 동물이라 생각되었으나, 그 몸마디는 완전한 것이 아니고 또 모든 기관도 원시적인 것이 많다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

한편 정점 SB의 특징 중 하나는 체 크기 0.063mm에서의 개체수 값이 수직적으로 거의 차이가 나지 않는 표층 0-1cm 676 개체/10㎠, 1-2cm는 654 개체/10㎠, 2-3cm는 632 개체/10㎠의 값을 보였는데 이는 아주 특이한 현상 중 하나라 할 수 있다. 이러한 현상은 가장 우점하는 선충류에 있어서 전 층에 걸쳐 아주 높은 서식밀도 값을 나타내고, 그 다음 우점하는 분류군들의 개체수 값이 전반적으로 아주 낮은 현상을 나타내고 있는데서 기인한다.

특히 두 번째, 세 번째로 우점하는 분류군이 표층 0-1cm에서는 저서성 요각류가, 1-2cm에서는 갑각류의 유생 값이, 그 이하의 층에서는 유공충류로 서로 다른 분류군으로 바뀌어 나타나지만, 이들 개체수 값이 거의 비슷하게 나타나는 현상 때문이라 할 수 있다. 선충류가 이처럼 전 층에 걸쳐 아주 높은 개체수 값을 보이는 것은 우선 표층에서의 박테리아나 저서성 규조류를 먹는 타입의 선충류 종들이 많이 서식하고 있는 상태에서, 다시 이들을 먹이로 하는 잡식성이나 육식성 종들이 대량 발생하여 성장, 또는 이동하여 이곳에 서식하고 있을 가능성이 높다 하겠다(<표 3.3.8>).

두 정점 모두에서 선충류의 값이 0.063mm의 체 크기에서 높게 나타나고 그 다음 0.037mm, 0.125mm로 나타났지만, 수직적인 구조에서 볼 때, 퇴적물 2-3cm층에서는 0.125mm에 들어가는 선충류가 많이 나타나고 있다는 것이 이러한 현상을 뒷 받침해주는 증거라 하겠다. 일반적으로 선충류에 있어서 초식성의 종들보다 육식성 종들의 몸의 크기가 크기 때문이다.

정점 NB의 경우는 이와는 다소 다르게 퇴적물 1-2cm 층에서 개체수 값이 가장 크게 나타났는데, 이는 이 체 크기에 들어가는 선충류가 많이 서식하고 있음에 기인하는 것이다. 이러한 현상은 종들의 상관 관계를 보다 정밀하게 분석해 보아야 알 수 있겠지만 일반적으로 생각할 때 앞서 언급한 이들의 섭식 형태나 그에 따르는 공간 경쟁을 한 원인으로 볼 수 있겠다. 갯지렁이의 경우 두 정점 모두에서 출현한 분류군 중 가장 크기가 큰 것들이 서식하고 있었고, 그 크기에 있어서 개체수 값도 높게 나타나는 양상을 나타냈다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.7> 남해 동대만 당항리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	3956	1646	5602
Harpacticoids	161	116	277
Sarcomastigophorans	42	80	122
Polychaetes	69	48	117
Nauplius	76	36	112
Ciliophorans	66	18	84
Kinorhynchs	14	4	18
Ostracods	4	4	8
Bivalves		4	4
Cumaceans		2	2
Gastropods	1		1
Cnidarians		1	1
others	36	14	50
Total	**4425**	**1973**	6398

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.8> 동대만 당항리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	9	220	606	598	1434
Harpacticoids		7	84	16		107
Polychaetes	13	16	10			39
Nauplius			2	28	4	34
Ciliophorans				10	16	26
Kinorhynchs			6	4		10
Sarcomastigophorans			4	2		6
others	1	3	4	10	2	20
total	15	35	330	676	620	1676

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		22	220	616	434	1292
Harpacticoids		6	36	4		46
Nauplius				20	12	32
Ciliophorans				6	18	24
Polychaetes	6	5	10			21
Sarcomastigophorans		1	8	2		11
Kinorhynchs			2	2		4
Ostracods	1					1
others		1	2	4		7
total	7	35	278	654	464	1438

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		24	318	592	296	1230
Sarcomastigophorans		1	6	18		25
Ciliophorans				8	8	16
Nauplius				8	2	10
Polychaetes	6	3				9
Harpacticoids		4	4			8
Ostracods		1		2		3
Gastropods	1					1
others		1	2	4	2	9
total	7	34	330	632	308	1311

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.9> 동대만 당항리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		6	88	360	310	764
Harpacticoids		9	78	22		109
Sarcomastigophorans			30	36	2	68
Nauplius				24	12	36
Polychaetes	8	6	4			18
Ciliophorans				6	8	14
Bivalves			4			4
Kinorhynchs			4			4
Ostracods		1	2			3
Cumaceans	1					1
Cnidarians		1				1
others			2	2		4
total	9	23	212	450	332	1026

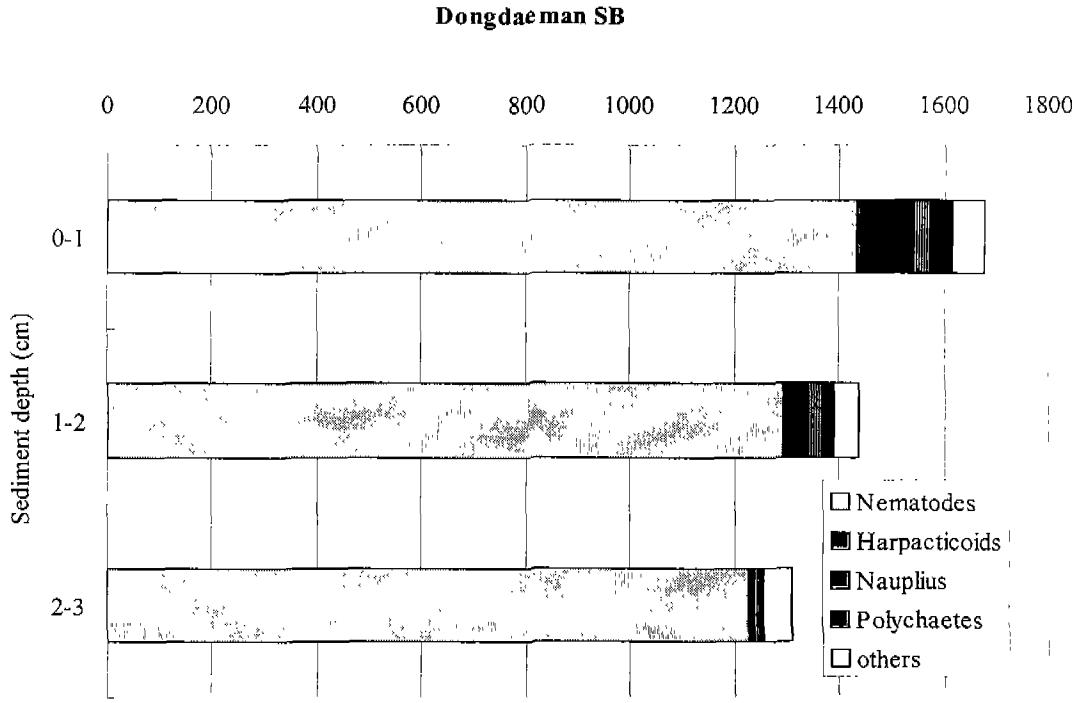
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		21	276	172	200	669
Polychaetes	14	10	2			26
Sarcomastigophorans			6	2	2	10
Harpacticoids		1	4			5
Ciliophorans					4	4
Cumaceans		1				1
others			2	2		4
total	14	33	290	176	206	719

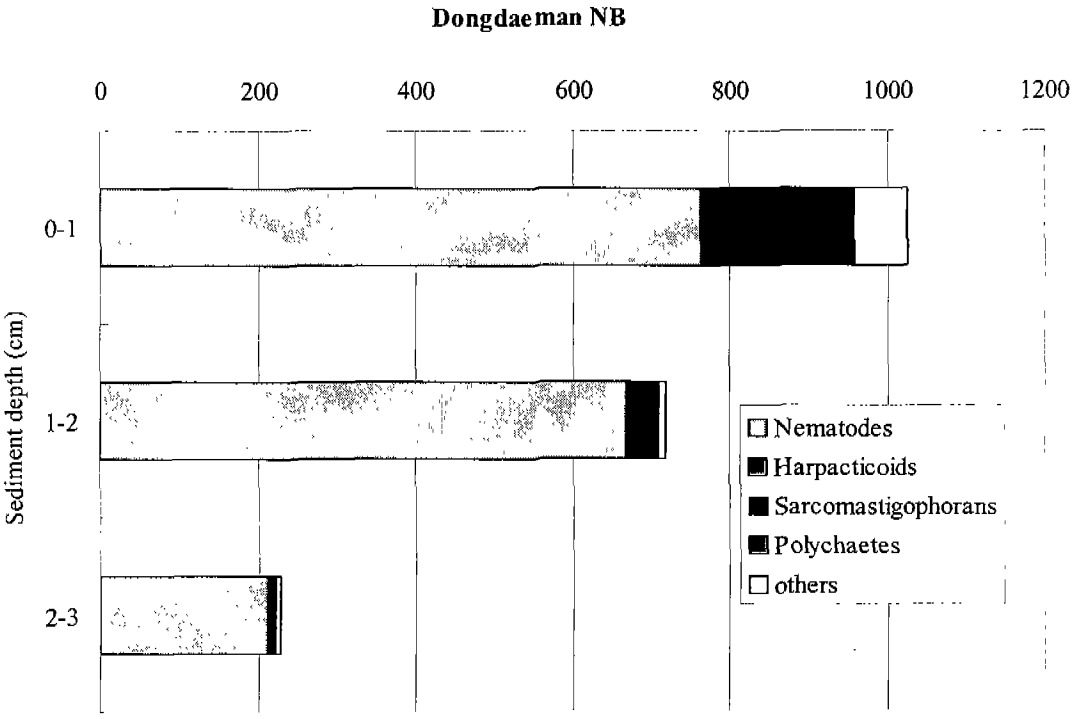
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	4	6	57	126	20	213
Polychaetes	4					4
Harpacticoids			2			2
Sarcomastigophorans			2			2
Ostracods			1			1
others				4	2	6
total	8	6	62	130	22	228

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

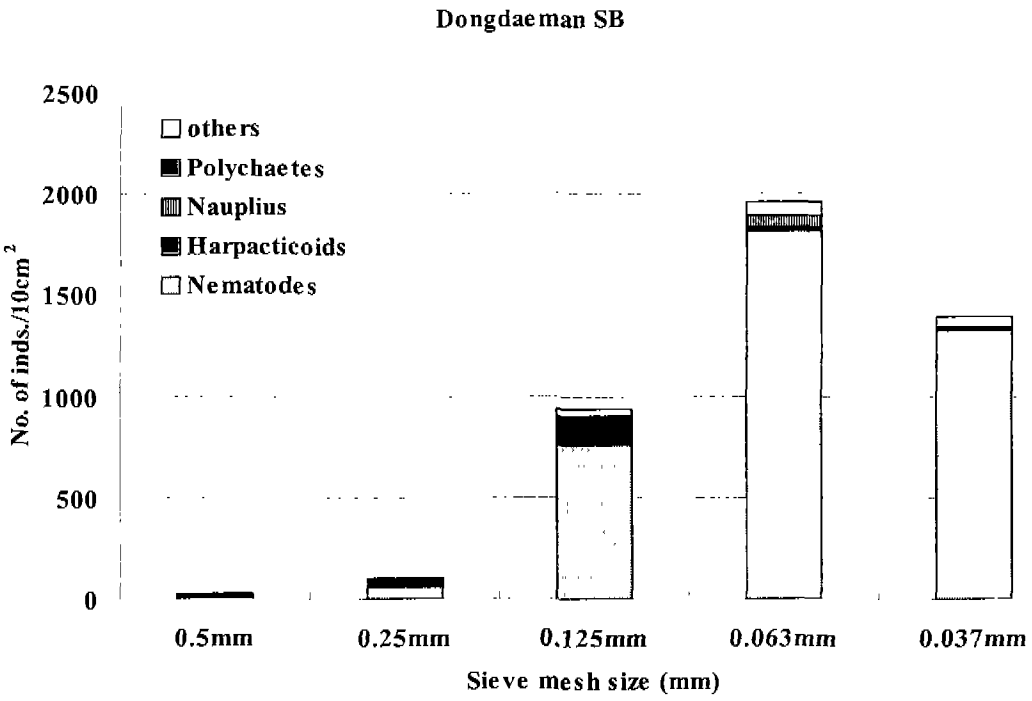


<그림 3.3.10> 동대만 당항리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

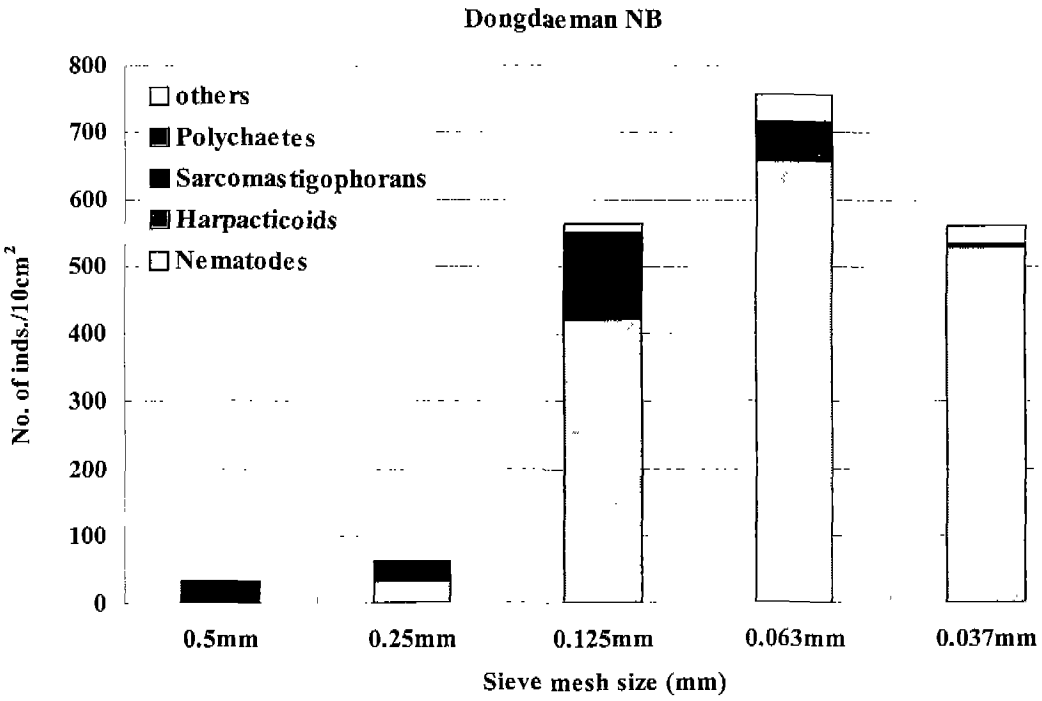


<그림 3.3.11> 동대만 당항리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.12> 동대만 당항리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.13> 동대만 당항리의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

라. 삽시도 연안 거머리말 습지

2003년 6월 삽시도 연안의 거머리말 군락이 서식하는 SB 정점과 인근의 거머리말이 서식하지 않는 NB 정점에서 총 13개의 분류군이 출현하였다(<표 3.3.10>). 두 정점 모두에서의 총 개체수는 5,950 개체/10㎠을 나타냈으며, 정점 SB에서 3,967 개체/10㎠, 정점 NB에서 1,983 개체/10㎠을 보였다. 거머리말 군락의 정점이 그렇지 않은 정점에 비하여 약 두 배 이상의 서식밀도 수를 나타냈다. 출현 분류군 수에 있어서도 정점 SB가 12분류군으로 정점 NB의 8개 분류군에 비하여 높고 다양하게 나타났다.

거머리말 군락지에서는 선충류가 2,937 개체/10㎠를 나타내어 가장 높은 서식밀도를 보였으나, 정점 NB에서는 갑각류의 유생이 가장 높게 나타나 1,056 개체/10㎠의 서식 밀도를 보였다. 그 다음으로 높게 나타난 분류군은 정점 SB에서는 갑각류의 유생이 410 개체/10㎠, 저서성 요각류가 371 개체/10㎠, 저서유공충류가 97 개체/10㎠의 순으로 나타났으며, 정점 NB에서는 갑각류 유생의 다음으로 선충류가 575 개체/10㎠, 저서성 요각류가 181 개체/10㎠, 단각류가 74 개체/10㎠의 순으로 높은 서식밀도를 보였다. 현재까지의 정점들 중에서 이 지역의 NB정점처럼 갑각류의 유생이 가장 높은 개체수를 차지하는 것은 처음 있는 일이다. 이러한 결과 값은 현재 NB 정점에서는 갑각류들의 활발한 발생과 그들이 그곳에서의 안정된 성장을 위해 활발히 활동하고 있음을 나타낸다. 그 외에 정점 SB에서 Tanaidaceans가 43 개체/10㎠의 높은 개체수 값을 나타낸 것과, 정점 NB에서 완보동물[1]이 6 개체/10㎠로 높지 않은 개체수이지만 출현하였다는 점은 특징적이라 할 수 있다.

중형저서생물 군집의 두 정점, 퇴적물 내의 깊이별 수직분포를 살펴보면 정점 SB에서는 표층에서 아주 높은 개체수 밀도를 나타내고, 그 이하의 층에서 개체수 밀

1) 동물계의 한 문을 이루는 동물군. 세계적으로 약 400종이 알려져 있다. 몸길이 0.5~1mm의 매우 작은 동물이다. 머리와 4개의 몸마디로 되어 있다. 몸은 짧고 뭉툭하며 원통형이고 몸마디의 배쪽에 사마귀 모양인 4쌍의 다리가 있는데 그 끝에 4~8개의 발톱이 달려 있다. 몸 표면은 각피로 덮여 있으며 주기적으로 탈피한다. 특별한 호흡기와 순환기는 없고 소화관은 발달하였으며, 생식기·배설기·신경계가 있다. 대부분의 완보동물은 식물 세포의 내용물을 입에 있는 문침(吻針)으로 빨아먹는다. 바다의 밑바닥에 사는 것이 있고, 또 어떤 것은 민물의 말류·이끼류, 민물 바닥의 암석 조각 등에서 살지만 대부분의 종류는 육상의 이끼류와 돌이끼류의 잎을 둘러싸는 물 막 속에서 산다.심한 건조상태와 낮은 온도에도 견딜 수 있는 능력이 있다. 기후가 건조한 기간에 이끼류가 마르면 여기에 살던 완보동물들은 다리를 끌어 넣고 수분을 상실하여 수축, 가사상태(假死狀態)로 들어갔다가 수분이 있게 되면 수시간 이내에 늘어나 활동하게 된다. 7년 동안이나 가사상태로 있다가 소생한 예도 있다. 장웅동체이다. 유연관계는 확실하지 않으나 신경계와 체강낭(體腔囊)의 체절적 배열, 발생적 특징 등으로 보아 환형동물과 절지동물의 중간적 특징을 가지며, 각피의 성질로 보아 진드기류에서 유래한 것으로 본다. 장명충(Macrobiotus intermedius), 가시곰벌레(Echiniscus spiniger) 등이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

도가 급감하는 현상을 보여주었다. 이와는 다르게 정점 NB 에서는 상대적으로 완만히 감소하는 모습을 나타냈다(<표 3.3.11>, <표 3.3.12>, <그림 3.3.14>, 그리고 <그림 3.3.15> 참조). 개체수 밀도를 살펴보면, 거머리말 서식 정점에서는 표층 0-1cm에 2,429 개체/10㎠, 1-2cm에 856 개체/10㎠, 2-3cm에 682 개체/10㎠로, 퇴적물 표층 1cm에서의 서식밀도 값은 전 지역 전 정점의 표층 1cm를 기준으로 하면 가장 높은 개체수 값이다(<표 3.3.11>). 이에 반하여 정점 NB에서는 표층 0-1cm에 1,036 개체/10㎠로 남해 동대만에서의 값과 아주 유사하게 나타났으며, 1-2 cm에 662 개체/10㎠, 2-3cm에는 285 개체/10㎠로 전반적으로 남해 동대만의 퇴적물 내의 층별 개체수 값과 유사한 양상을 보였다(<표 3.3.12>).

정점 SB에서 분류군별 수직 분포를 살펴보면 가장 우점하는 선충류의 경우는 표층 0-1cm에 1,681 개체/10㎠, 1-2cm에 664 개체/10㎠, 2-3cm에 592 개체/10㎠로 표층에서 그 이하의 층으로 내려 갈 때 급감하고, 그 이후의 층에서는 거의 유사한 값을 보였다. 그 다음으로 우점하는 분류군은 갑각류의 유생이었는데, 표층 0-1cm에 298 개체/10㎠, 1-2cm에 80 개체/10㎠, 2-3cm에 32 개체/10㎠로, 퇴적물 심도에 따라 아주 급격히 개체수가 감소하기는 하나 전반적으로 높은 개체수 밀도를 보여주었다. 이 갑각류의 유생은 정점 NB에서는 퇴적물 전 층에 걸쳐 가장 높은 서식밀도를 보여주었다. 표층 0-1cm에서 534 개체/10㎠, 1-2cm에서 364 개체/10㎠, 2-3cm에서는 158 개체/10㎠로, 앞의 SB 정점보다도 개체수에 있어서 높게 나타났다. 삽시도의 두 정점에서 이와 같이 다른 분류군에 비해 갑각류의 유생이 가장 높은 서식밀도를 차지하고 있는 것은 지금까지 발표된 연구 논문이나 기타 자료에서 거의 찾아 볼 수 없는 현상이다. 그와 같은 현상이 일어나는 이유 중 하나로 생각되는 것은 이 퇴적물에 서식하고 있는 갑각류 종들 중 이 시기의 이 퇴적환경이 그 들의 발생에 아주 적합하여 순간적으로 기회종과 같이 대량 발생하였을 가능성이다. 또 하나는 자연적으로 이 지역이 이러한 갑각류의 서식에 알맞은 서식환경 요소를 갖추고 있을 가능성이라 하겠다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 거머리말이 생육하는 SB정점의 경우는 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개체들이 ,정점 NB의 경우는 망목 크기 0.037mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.16>과 <그림 3.3.17> 참조). 이러한 현상이 일어나는 가장 큰 이유는 정점 SB의 경우, 가장 우점하는 분류군인 선충류가 전반적으로 체 크기 0.063mm에 돌어가는 크기의 종들이 많이 나타나고 있기 때문이고, 정점 NB의 경우는 가장 우점하고 있는 분류군인 갑각류의 유

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

생이 기본적으로 체 크기가 가장 작은 0.037mm에 들어가는 몸 크기의 것들이 대부분이기 때문이다.

<표 3.3.10> 삽시도 연안의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	2937	575	3512
Nauplius	410	1056	1466
Harpacticoids	371	181	552
Sarcomastigophorans	97	45	142
Amphipods	3	74	77
Tanaidaceans	43		43
Ostracods	38		38
Ciliophorans	6	22	28
Bivalves	15		15
Polychaetes	6	3	9
Tardigrades		6	6
Gastropods	6		6
Cumaceans	1		1
others	34	21	55
total	**3967**	**1983**	5950

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.11> 삽시도의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서 생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		7	240	648	786	1681
Nauplius			14	210	74	298
Harpacticoids	1	20	162	92		275
Sarcomastigophorans		1	30	16	22	69
Tanaidaceans	3	34	4			41
Ostracods	1	6	12	4		23
Bivalves		1	14			15
Polychaetes	1		4			5
Gastropods	1	4				5
Amphipods		3				3
Cumaceans	1					1
others		3	4	6		13
Total	8	79	484	976	882	2429

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		2	180	422	60	664
Nauplius			16	62	2	80
Harpacticoids		10	22	28		60
Sarcomastigophorans			4	16	2	22
Ostracods		2	8	4		14
Tanaidaceans	1	1				2
Polychaetes		1				1
Gastropods		1				1
others		2	2	6	2	12
total	1	19	232	538	66	856

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	2	28	178	300	84	592
Harpacticoids		12	16	8		36
Nauplius			14	12	6	32
Sarcomastigophorans			4		2	6
Ciliophorans				4	2	6
Ostracods		1				1
others		1	2	4	2	9
total	2	42	214	328	96	682

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.12> 삽시도 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			8	184	342	534
Nematodes		5	28	120	102	255
Harpacticoids		8	98	42	4	152
Amphipods	21	33				54
Sarcomastigophorans		2	6	4	6	18
Ciliophorans				4	2	6
Tardigrades				4		4
Polychaetes		1	2			3
others			4	4	2	10
total	21	49	146	362	458	1036

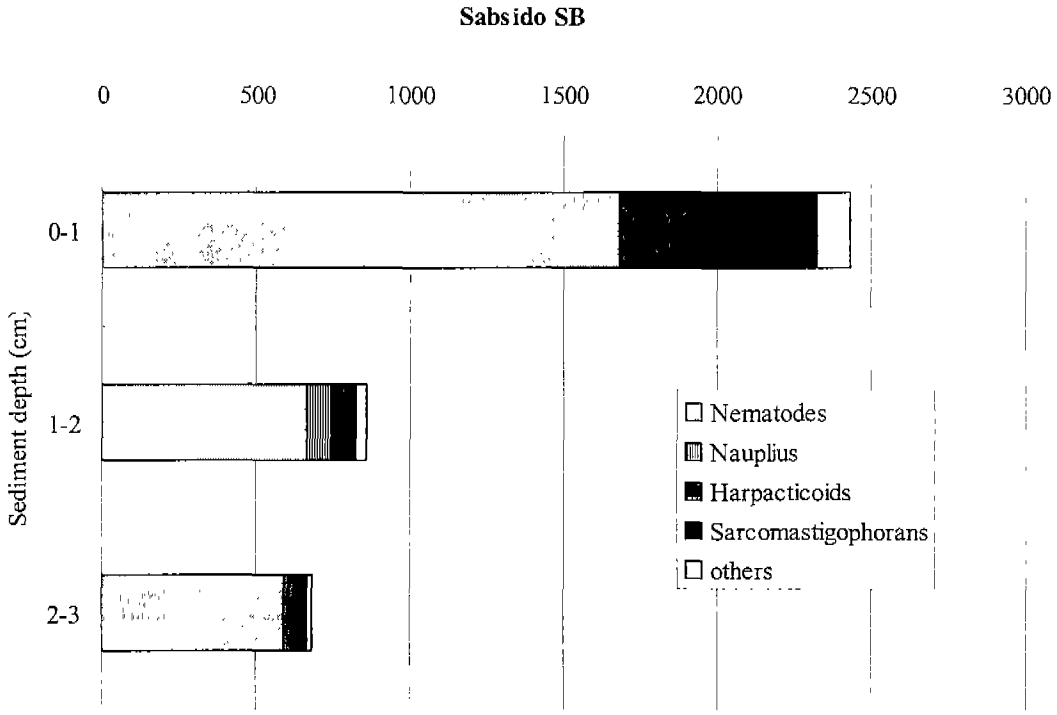
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			4	42	318	364
Nematodes		1	28	82	110	221
Harpacticoids			12	12		24
Sarcomastigophorans			4	8	6	18
Amphipods	8	9				17
Ciliophorans				2	10	12
others				4	2	6
total	8	10	48	150	446	662

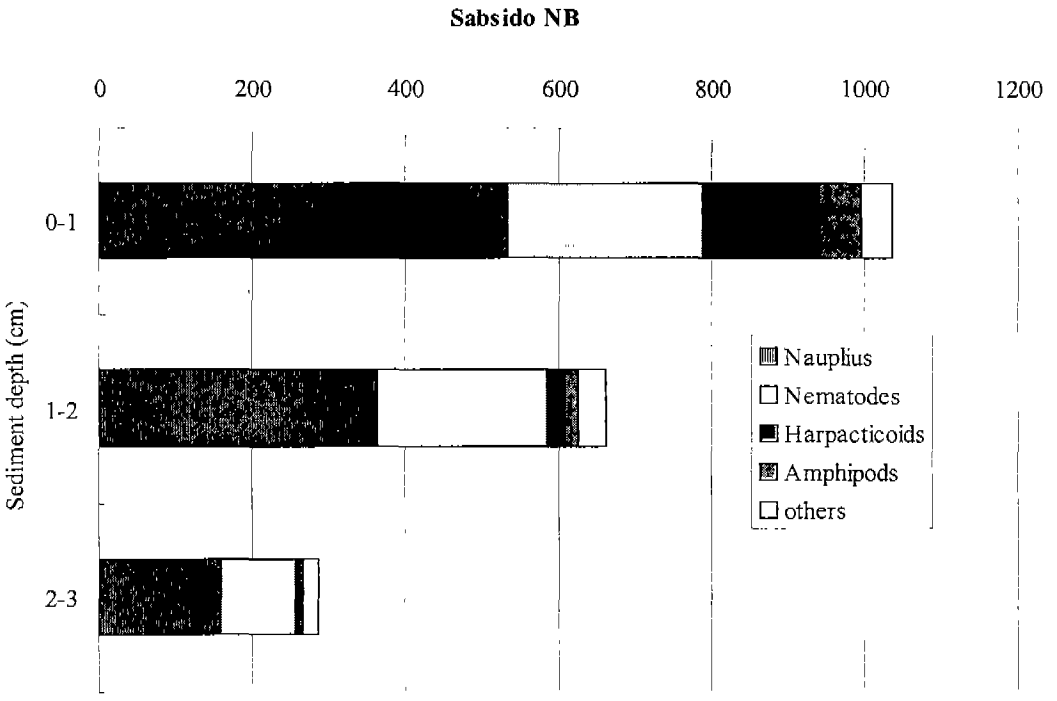
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius				8	150	158
Nematodes		2	17	32	48	99
Sarcomastigophorans		1	8			9
Harpacticoids			3	2		5
Ciliophorans				4		4
Amphipods	1	2				3
Tardigrades				2		2
others			1	2	2	5
total	1	5	29	50	200	285

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

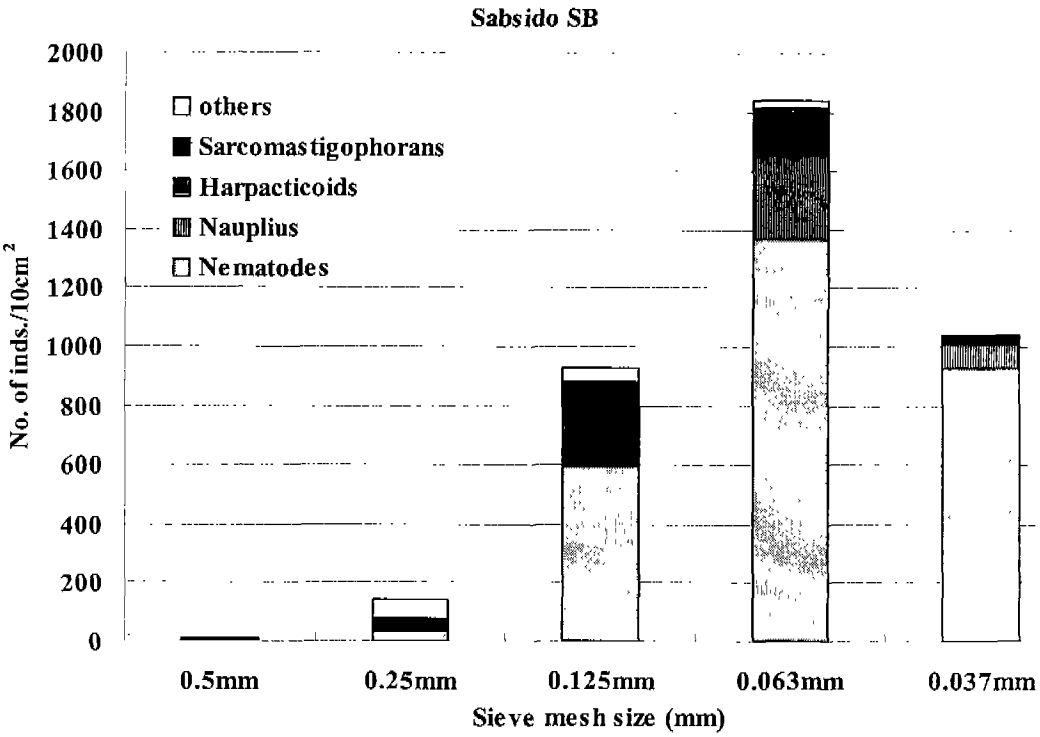


<그림 3.3.14> 삽시도 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

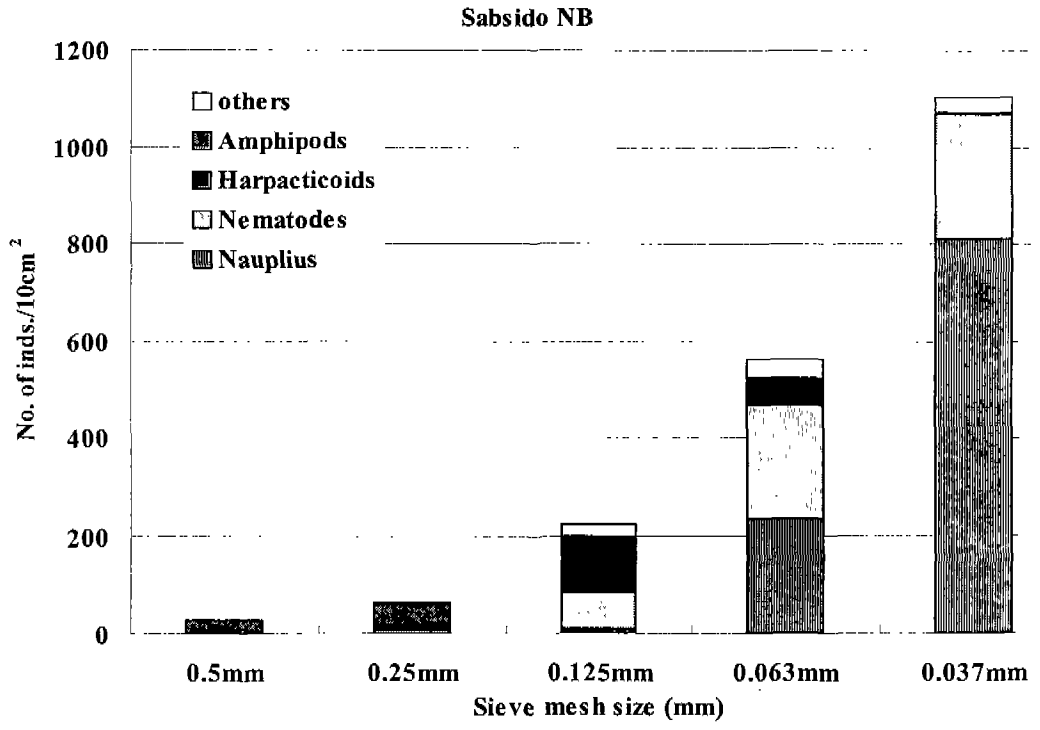


<그림 3.3.15> 삽시도 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.16> 삽시도의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.17> 삽시도의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

마. 가로림만 벌말리 거머리말 습지

2003년 2월 충남 대산군 가로림만의 입구에 위치한 벌말리에 서식하는 거머리말 군락 내에 있는 SB 정점과 인근의 거머리말이 서식하지 않는 NB 정점의 퇴적물 0-3cm에서 출현한 중형저서동물은 모두 10개의 분류군이었으며, 군집 구조는 선충류가 가장 우점하고, 그 다음 갑각류의 유생, 저서성 요각류, 유공충류의 순으로 나타났다. 양상을 나타냈다(<표 3.3.13>).

전체 출현 개체수는 SB정점이 1,577 개체/10㎠, NB정점이 466 개체/10㎠ 의 값을 보여 정점 SB의 경우가 정점 NB에 비해 약 3배 이상의 높은 서식밀도를 보였다. 분류군별로 살펴보면 두 정점 모두에서 선충류가 가장 우점하여, 각각 1,193, 172 개체/10㎠로 전체 출현 중형저서동물의 76%, 36%를 보였으나 두 정점 간 개체수 값에 있어서는 현격한 차이를 나타냈다. 그 다음으로 SB에서는 저서성 요각류가 우점하여 122 개체/10㎠, NB에서는 갑각류의 유생이 우점하여 96 개체/10㎠의 값을 나타냈다. 이들 세 분류군이 전체 출현 개체수의 80% 이상을 차지하고 있었다. 이렇듯 정점 SB와 정점 NB 사이의 서식밀도의 차이가 크게 나타났으며, 특히 선충류의 서식밀도는 SB정점에서 NB정점의 10배에 달하는 개체들이 출현하였다.

각 정점의 퇴적물 내에 서식하는 중형저서동물의 주요 우점 그룹을 대상으로 그 수직분포 양상을 살펴보면 두 정점 모두 퇴적물 표층 0-1cm 깊이 내에 집중된 분포 양상을 보였다(<표 3.3.14>, <표 3.3.15>, <그림 3.3.18>, 그리고 <그림 3.3.19> 참조). 특히, 정점 NB 보다는 정점 SB에서 표층 밀집 서식 현상이 두드러지게 나타났으며, 그 이하의 깊이에서는 급격히 감소하는 양상을 보였다. 이러한 현상이 일어나는 가장 큰 요인은 정점 SB의 경우는 선충류가 표층에서 그 이하의 층으로 갈 때 급격히 감소하였기 때문이다.

상대적으로 표층과 그 이하의 층에서 가장 우점하는 분류군에 있어서 큰 차이를 보이지 않는 정점 NB의 경우는 결과적으로 퇴적물 내에서 심층부로 갈수록 완만히 감소하는 경향을 보였다. NB정점에서 선충류와 비슷한 서식밀도를 나타내며 우점하게 나타난 중형저서동물 그룹인 갑각류의 유생은, 퇴적물 최상층에 밀집되어 분포하는 현상이 두드러지게 나타났다. 이러한 현상은 제주 오조리의 정점과 비슷한 양상으로 저서성 요각류나 갑각류의 유생이 빈 산소환경에 민감한 생리적 특성을 반영하는 것으로 사료된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

정점 NB에서 우점하는 양상을 나타냈던 복모동물류[1]는 표층 0-1cm 퇴적물보다 1-2cm의 퇴적물 층에서 높은 서식밀도를 나타냈으며, 저서유공충류는 깊이에 따라 거의 비슷한 분포양상을 보였다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 거머리말이 생육하는 SB정점의 경우 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.20>과 <표 3.3.14> 참조). 이는 가장 우점하게 나타난 선충류가 0.063mm의 체에 남는 개체가 가장 많았기 때문이며, NB 정점의 경우 역시 이와 마찬가지로 0.063mm의 체에 나타나는 개체들이 가장 많이 나타났는데, 우점그룹인 저서성 요각류와 갑각류의 유생이 이 크기범주에서 거의 나타났기 때문이다(<그림 3.3.21>과 <표 3.3.15> 참조). 정점 NB의 경우는 정점 SB에 비해 상대적으로 0.125mm에 들어가는 비교적 큰 크기의 개체들이 거의 나타나지 않고 있음을 알 수 있다.

바. 승봉도의 거머리말 습지

2003년 6월 승봉도 연안의 거머리말 군락이 서식하는 SB 정점과 인근의 거머리말이 서식하지 않는 NB 정점에서 총 11개의 분류군이 출현하였다(<표 3.3.16>). 두 정점 모두에서의 총 개체수는 4,306 개체/10㎠을 나타냈으며, 정점 SB에서 3,116 개체/10㎠, 정점 NB에서 1,190 개체/10㎠을 보였다. 거머리말 군락의 정점이 그렇지 않은 정점에 비하여 약 세 배에 가까운 서식밀도를 나타냈다. 출현 분류군 수에 있어서도 정점 SB가 11개 분류군으로 정점 NB의 8개 분류군에 비하여 높고 다양하게 나타났다. 거머리말 군락지에서는 선충류가 2,619 개체/10㎠를 나타내어 가장 높은 서식밀도를 보였고, 그 다음으로 유공충이 220 개체/10㎠, 저서성 요각류가 95 개체/10㎠를 나타냈다. 정점 NB의 경우도 우점하는 분류군은 거의 같은 순서로 나타나 선충류가 1,000 개체/10㎠, 유공충류가 86 개체/10㎠,의 순으로 나타났다. 그 외에 정점 SB, 정점 NB에서 모두 섬모충류가 각각 26 개체/10㎠, 40 개체/10㎠의 값을 보여주었다.

---

1) 동물분류학상의 한 문(門). 좌우대칭동물 중 의체강동물(擬體腔動物)에 속한다. 해수산과 담수산이 있다. 몸의 배쪽은 편평하고 몸 표면에 센털 또는 비닐로 덮여 있다. 머리에 섬모가 있다. 어떤 종류는 복면에 섬모가 있는데, 복모동물이란 명칭은 여기에서 붙여졌다. 세균·돌말 및 작은 원생동물을 먹으며, 근육성 인두가 발달해 있다. 인두는 장과 바로 이어지며 뒤 끝에 항문이 있다. 담수산에는 1쌍의 원신관, 복모동물에는 마크로다시스목과 카이토노투스목 2목이 있다. 마크로다시스목은 해수산으로 자웅동체이며, 카이토노투스목은 단위생식을 하는 암컷만 있으며 담수산이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.13> 가로림만 벌말리의 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	1193	172	1365
Nauplius	121	96	217
Harpacticoids	122	92	214
Sarcomastigophorans	109	35	144
Gastrotrichs		53	53
Ciliophorans	13		13
Polychaetes	10	2	12
Tardigrades	1	4	5
Ostracods		4	4
Bivalves	4		4
others	4	8	12
Total	**1577**	**466**	**2043**

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.14> 가로림만 벌말리의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		10	214	350	164	738
Harpacticoids		4	87	19		110
Sarcomastigophorans		1	50	33	9	93
Nauplius			2	69	18	89
Polychaetes	2	2	2			6
Bivalves	2		1			3
Total	4	17	356	471	191	1039

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	10	149	122	22	304
Nauplius			1	17	2	20
Sarcomastigophorans			6	3	4	13
Harpacticoids		1	2	2		5
Polychaetes	1	1				2
Ciliophorans					1	1
others			2		1	3
Total	2	12	160	144	30	348

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		12	47	68	24	151
Nauplius			1	9	2	12
Ciliophorans				8	4	12
Harpacticoids			6	1		7
Sarcomastigophorans				3		3
Polychaetes	2					2
Bivalves	1					1
Tardigrades				1		1
others				1		1
Total	3	12	54	91	30	190

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.15> 가로림만 벌말리 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서 생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius				55	22	77
Nematodes			9	25	38	72
Harpacticoids			8	31		39
Sarcomastigophorans			5	17	3	25
Gastrotrichs				5	4	9
Tardigrades				4		4
Ostracods			1	1		2
others				1	1	2
Total	0	0	23	139	68	230

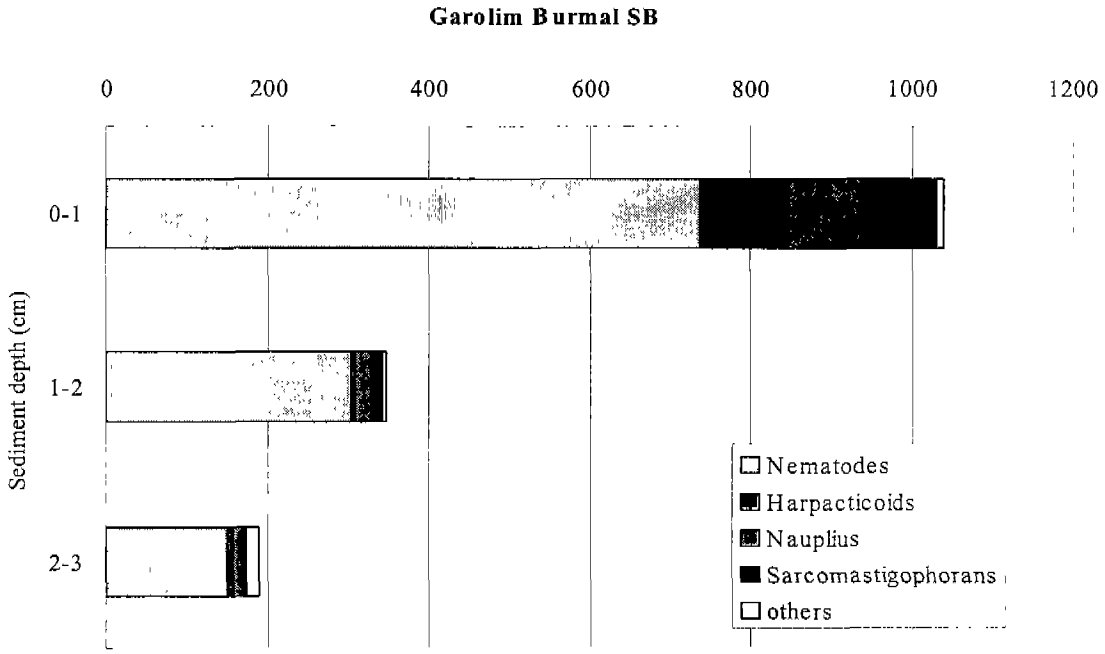
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		3	9	26	24	62
Harpacticoids			7	28		35
Gastrotrichs				26	7	33
Nauplius				12	4	16
Sarcomastigophorans			1	3	1	5
Ostracods			2			2
others				1	1	2
Total	0	3	19	96	37	155

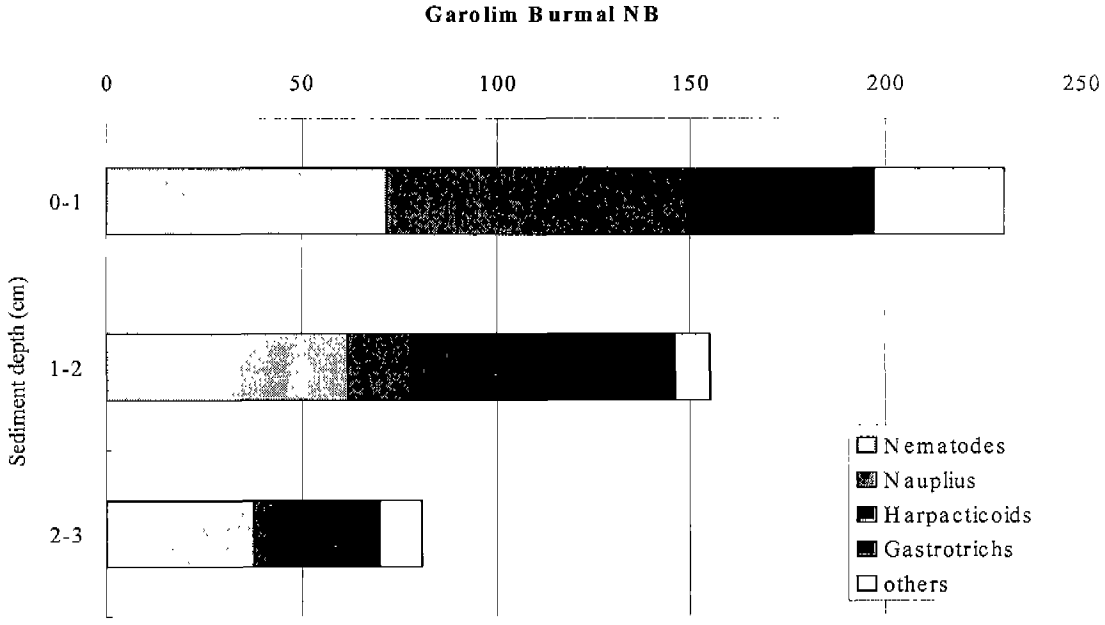
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		1	5	17	15	38
Harpacticoids				18		18
Gastrotrichs				9	2	11
Sarcomastigophorans			1	1	3	5
Nauplius				2	1	3
Polychaetes		2				2
others			1	2	1	4
Total	0	3	7	49	22	81

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

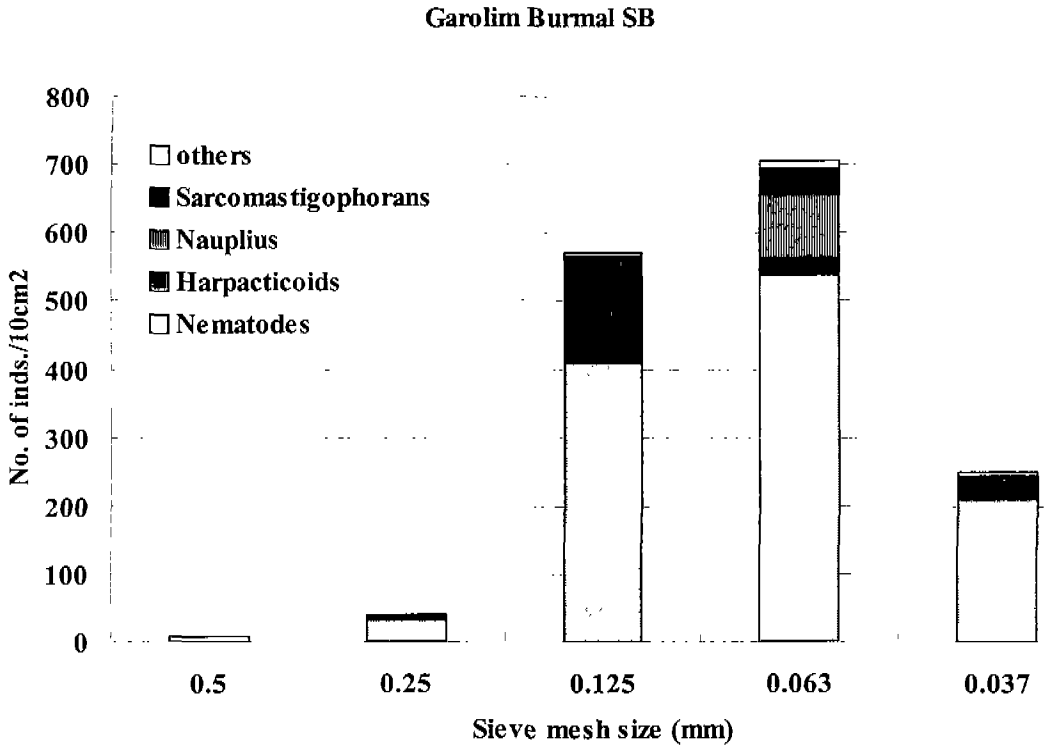


<그림 3.3.18> 가로림만 벌말리 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

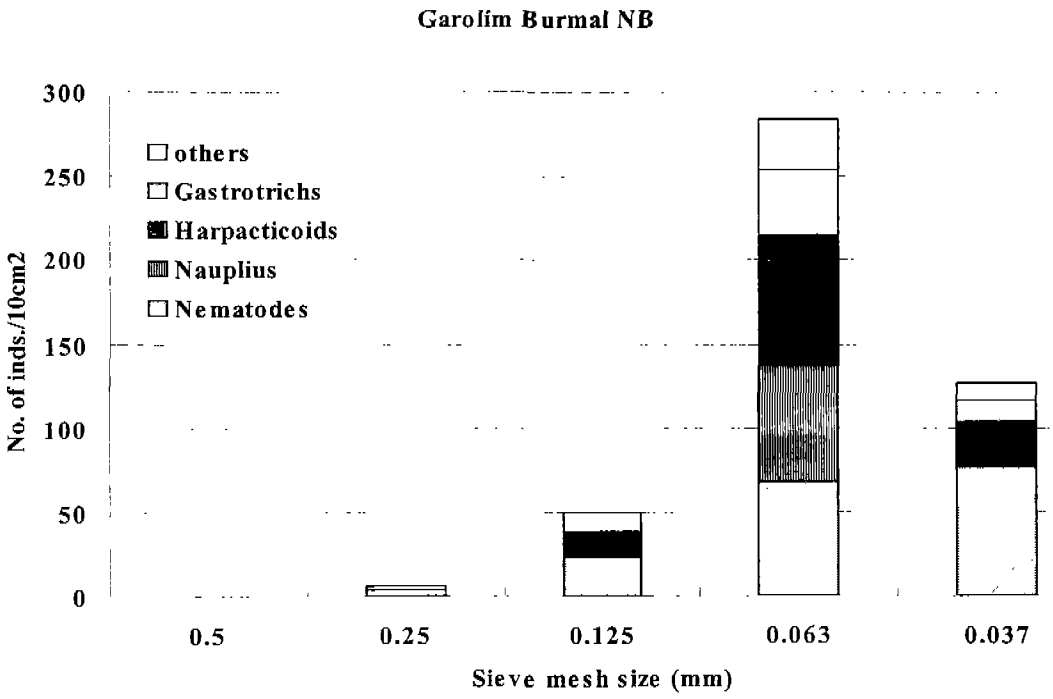


<그림 3.3.19> 가로림만 벌말리 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.20> 가로림만 벌말리의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.21> 가로림만 벌말리의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

중형저서생물 군집의 두 정점, 퇴적물 내의 깊이별 수직분포를 살펴보면 지금까지의 정점들과는 전혀 다른 양상을 두 정점 모두에서 각각 보여준다(<표 3.3.17>, <표 3.3.18>, <그림 3.3.22>, 그리고 <그림 3.3.23> 참조).

정점 SB의 경우는 표층 0-1cm에서 1,153 개체/10㎠를 나타내고, 1-2cm에서 524 개체/10㎠, 2-3cm에서는 1,405 개체/10㎠로 가장 깊은 층에서 가장 높은 서식밀도 값을 나타냈다(<표 3.3.17>, <그림 3.3.22>). 이 들 각 층 모두에서 가장 우점하는 분류군은 선충류, 유공충류, 저서성 요각류로 나타났지만, 이 들 각 분류군이 층별 분포 값에 있어서는 서로 다른 양상을 보인 것이다. 즉, 선충류와 유공충류의 경우는 퇴적물 2-3cm 층에서 가장 높은 서식밀도를 나타내 각각 1,261 개체/10㎠, 107 개체/10㎠ 값을 보였다. 이와는 다르게 저서성 요각류의 경우는 그들의 생리적 특성에 맞추어 표층에서 가장 높게 나타났다. 하지만 전반적으로 개체수에 있어서 압도적으로 우점하고 있는 상위 두 분류군이 퇴적물의 가장 깊은 곳에 가장 많이 서식하고 있었기 때문에, 중형저서생물 군집의 총 개체수에 있어서도 가장 깊은 층에서 가장 높게 나타나는 결과 값을 보였다.

한편, 정점 NB에 있어서는 앞의 지역들 정점과도 다르고, 이 지역의 정점 SB와도 다른, 퇴적물 1-2cm층에서 가장 높은 중형저서생물의 서식밀도를 나타냈다. 그리고 지금까지의 모든 지역, 모든 정점들에서는 표층 0-1cm층에서 가장 높은 서식밀도를 보였으나, 이 정점에서는 가장 낮은 값을 나타낸 것도 특징 중 하나이다(<표 3.3.18>, <그림 3.3.23>). 이러한 현상은 구성 분류군 중 선충류가 표층에서 가장 낮은 값인 160 개체/10㎠를 보이고, 1-2cm층에서 가장 높은 값인 515 개체/10㎠의 서식밀도를 나타냈기 때문이다. 그러나 선충류를 제외한 다른 분류군에 있어서는 표층에서 가장 높은 서식밀도를 나타냈다.

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 거머리말이 생육하는 정점 SB와 정점NB 모두에서 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.24>, <그림 3.3.25>). 그 다음으로는 작은 크기의 선충류들이 많이 나타난 정점 SB에서는 체 크기 0.037mm에 돌어가는 크기의 생물들이 많이 있었고, 이와는 반대로 비교적 크기가 큰 선충류들이 서식하고 있는 정점 NB의 경우는 체 크기 0.125mm에 돌어가는 생물들이 다음 순서로 많이 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.16> 승봉도 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SB	NB	Total
Nematodes	2619	1000	3619
Sarcomastigophorans	220	86	306
Harpacticoids	95	35	130
Ciliophorans	26	40	66
Nauplius	54	7	61
Isopods	46		46
Amphipods	20	1	21
Polychaetes	5	6	11
Ostracods	6		6
Bivalves	3	1	4
Turbellarians	2		2
others	20	14	34
Total	**3116**	**1190**	**4306**

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.17> 승봉도의 거머리말 군락 서식 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		9	34	554	304	901
Sarcomastigophorans		1	10	66	8	85
Harpacticoids		7		30		37
Nauplius			6	20	14	40
Isopods	23	13				36
Ciliophorans				20	4	24
Amphipods	4	12	3			19
Bivalves	3					3
Polychaetes		1				1
others			3	2	2	7
Total	30	43	56	692	332	1153

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	12	70	262	112	457
Sarcomastigophorans		3	7	18		28
Harpacticoids		3	8	2		13
Nauplius				6	2	8
Isopods	6	2				8
Ciliophorans			2			2
Polychaetes	1					1
others			1	4	2	7
Total	8	20	88	292	116	524

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	45	227	754	234	1261
Sarcomastigophorans		1	4	70	32	107
Harpacticoids		1	6	4		11
Nauplius				2	4	6
Ostracods				6		6
others			2	4		6
Polychaetes		1	2			3
Isopods	1	1				2
Turbellarians			2			2
Amphipods		1				1
total	2	50	243	840	270	1405

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.18> 송봉도 NB 정점의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		1	25	88	46	160
Sarcomastigophorans			13	32	6	51
Ciliophorans				22	12	34
Harpacticoids			24	8		32
Nauplius			2	2	2	6
Polychaetes	1					1
Amphipods	1					1
others			1		2	3
total	2	1	65	152	68	288

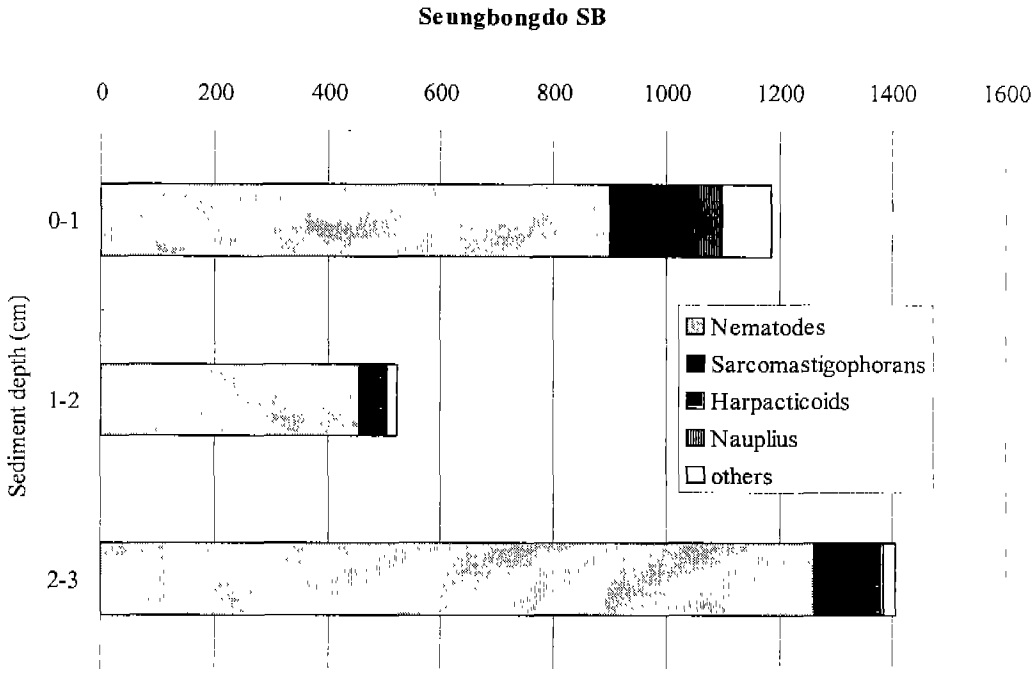
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		3	94	292	126	515
Sarcomastigophorans			4	18	2	24
Ciliophorans				4		4
Harpacticoids			2			2
Nauplius			1			1
Polychaetes			1			1
others				4	2	6
total	0	3	102	318	130	553

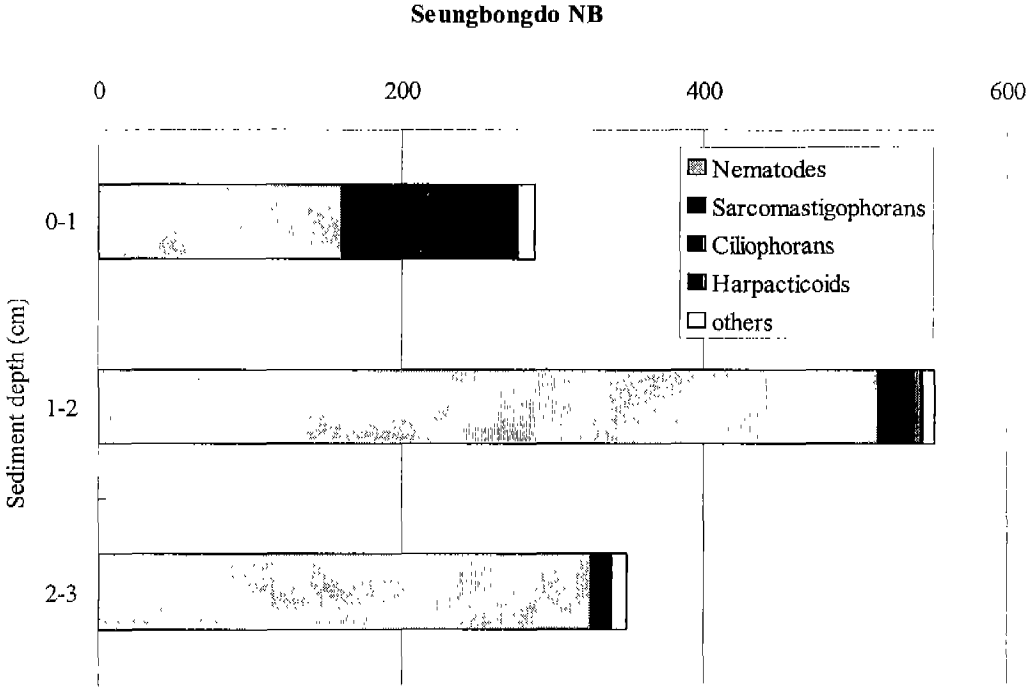
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	12	98	196	18	325
Sarcomastigophorans			4	6	1	11
Polychaetes	3	1				4
Ciliophorans				2		2
Harpacticoids			1			1
Bivalves			1			1
others	1	1	1	2		5
total	5	14	105	206	19	349

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

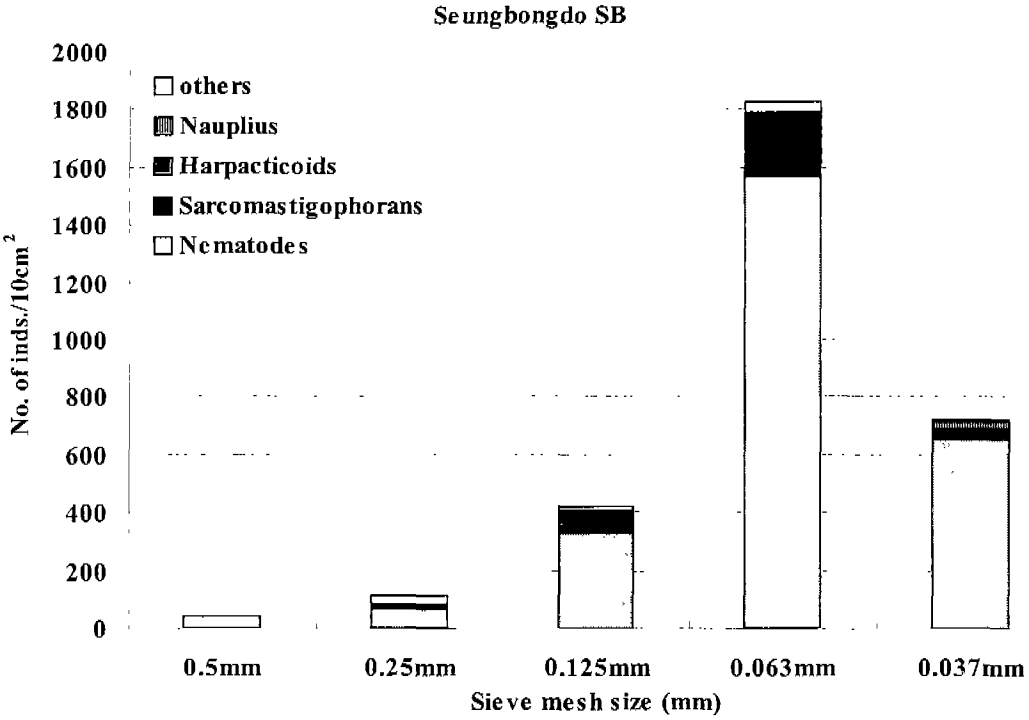


<그림 3.3.22> 승봉도 거머리말 군락에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위 개체수/10cm^2)

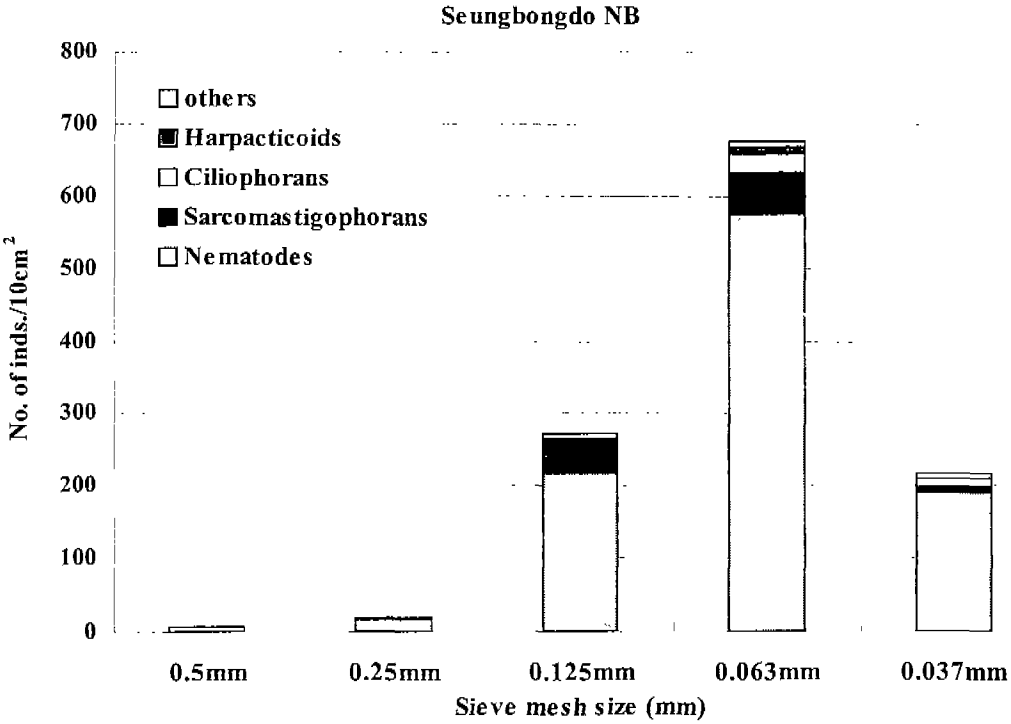


<그림 3.3.23> 승봉도 NB 정점에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수/10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.24> 승봉도의 거머리말 군락 정점에서의 크기별 분포



<그림 3.3.25> 승봉도의 NB 정점에서의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

사. 강화도 여차리 염생식물 습지

우리나라 연안의 조간대 상부에 서식하고 있는 대표적인 식물 군락인 염생식물을 대상으로 그 주변해역의 생물상을 알아보기 위하여 강화도 여차리의 조간대 상부에서 2003년 2월 강화도 여차리의 염생식물 군락이 서식하는 정점 1 (SM1)과 정점 3 (SM2) 및 식생이 없는 인근 정점 2 (NSM1)와 정점 4 (NSM2)의 퇴적물을 채집하였다. 퇴적물 0-3cm에서 출현한 중형저서동물은 모두 9개의 분류군으로 정점 4에서만 갑각류의 유생이 가장 높은 서식밀도를 보였고, 그 외의 모든 정점에서는 선충류가 가장 우점하는 양상을 나타냈다(<표 3.3.19>). 전체 출현 개체수는 각각 734개체/10㎠, 790개체/10㎠, 578개체/10㎠, 1,069개체/10㎠로 나타났으며, 정점별로 서식밀도 차는 크게 나타나지 않았지만, 우점분류군은 정점별로 많은 차이를 보였다. 두 지역 모두 염생식물이 서식하고 있는 정점들에 있어서 각각 8개의 서식분류군수를 나타내, 5개의 분류군수를 보인 염생식물이 없는 비교 정점들에 비해 분류군이 다양하고 높게 나타났다. 특히 정점 4의 경우는 선충류보다 갑각류의 유생의 서식밀도가 가장 높게 나타났다. 염생식물이 있는 정점 1과 3의 경우에는 저서성 요각류와 갑각류의 유생의 서식밀도가 비교적 인근 니질성 퇴적물 정점에 비하여 현저하게 낮게 나타났다.

이 지역의 퇴적물 내에 서식하는 중형저서동물의 주요 우점 그룹을 대상으로 그 수직분포 양상을 살펴보면 네 정점 모두 퇴적물 표층 0-1cm 에 아주 집중된 분포 양상을 보였다(<그림 3.3.26>, <그림 3.3.27>, <그림 3.3.28>, 그리고 <그림 3.3.29>). 그 이하의 깊이에서는 다른 지역의 다른 모두 정점들에 비해서 상대적으로 아주 급격히 감소하는 분포를 보였으며, 염생식물의 서식이 없는 정점 2와 4에서는 급감하는 경향이 더 크게 나타났다. 이는 지금까지 조사된 갈피밭 생태계에 비하여 염생식물의 생태계가 표층 유기물을 먹이로, 대부분의 중형저서생물이 표층의 서식공간을 활용하여 서식하고 있을 가능성을 이야기한다. 두 번째로 우점하게 나타난 중형저서동물 그룹인 저서유공충류 역시 퇴적물 최상층에 밀집되어 분포하는 현상이 두드러지게 나타났다. 다른 정점들과 마찬가지로 저서성 요각류는 거의 표층 0-1cm 층에서만 서식하는 경향이 보였으며, NB정점에서는 섬모충류의 서식 패턴 역시 표층에 집중되어 있는 것이 나타났다(<표 3.3.20>, <표 3.3.21>, <표 3.3.22>, <표 3.3.23>, 그리고 <표 3.3.24>).

개체 크기별 분포 양상을 살펴보면, 전 정점에서 망목 크기 0.063mm 체에 남는 개

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

체들이 차지하는 비율이 가장 높게 나타났다(<그림 3.3.30>, <그림 3.3.31>, <그림 3.3.32>, 그리고 <그림 3.3.33>). 하지만 이러한 분포를 구성하는 중형저서동물 군집의 조성은 정점별로 매우 상이하게 나타났는데, 염생식물이 있는 정점과 없는 정점 간의 차이가 확연히 나타났다. 즉, 염생식물의 서식이 있는 정점 1과 정점 3의 경우 우점하는 분류군인 선충류의 크기별 분포패턴이 명확하게 나타나서 정점 1의 경우는 0.063mm 체 이하의 작은 크기의 개체가 우점하는 양상을 잘 나타냈는데 비하여, 염생식물의 서식이 없는 인근 조간대 상부의 니질 퇴적물 정점인 정점 2와 정점 4는 0.125mm 체를 통과하여 0.063mm에 걸러지는 갑각류의 유생이 매우 많이 나타나는 양상을 보였다(<표 3.3.20>, <표 3.3.21>, <표 3.3.22>, <표 3.3.23>, 그리고 <표 3.3.24>). 저서성 요각류의 서식밀도는 식생이 있는 정점과 없는 정점의 차이가 크게 나타나지 않았음에도 불구하고, 주로 이들의 산란으로부터 가입하는 것으로 예상되는 갑각류의 유생의 서식밀도는 염생식물의 유무에 현격한 차이점을 보인 것은, 저서성 요각류의 산란이 염생식물군락의 퇴적물을 회피하는 것으로 생각된다.

아. 전 지역, 전 정점에서의 중형저서생물 비교

우리나라는 조간대의 상부에서 하부에 이르기까지 서로 다른 생태적 특성을 가지고 있다. 또 지역에 따라서도 서로 아주 다른 생태계를 구성하고 있는 것이 일반적인 현실이다. 이렇듯 우리나라 연안의 서로 다른 생태적 환경에서의 중형저서생물의 서식특성을 알아보기 위하여 생물 시료를 채집하고 분석되어진 7개의 조사지역과 총 16개의 정점에서 나타난 중형저서생물을 나타낸 것이 <표 3.3.24>와 <그림 3.3.34>이다.

전체 조사 지역에서 나타난 분류군 수는 총 20개 분류군이고, 정점별 작게는 5개의 분류군에서 많게는 12개의 분류군을 나타냈다. 가장 높은 분류군수를 나타낸 정점은 제주오조의 거머리말 군락지의 12개와 삽시도의 거머리말 군락지로 같은 분류군수인 12개 나타냈다. 가장 적은 분류군 수를 보인 정점은 강화도의 염생식물이 서식하고 있지 않은 인근 두 정점에서였다. 이러한 결과 값은 분류군 다양도에 있어서는 거머리말 형성지가 조사된 지역 내에서는 가장 다양한 생물들이 서식하고 있을 가능성이 높다는 것이 된다. 즉 거머리말에 의해서 연안의 조간대에 만들어지는 생태계가 다양한 생물들이 서식 가능한 공간이 될 수 있는 일차적 결론 값이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.19> 강화도 여차리 염생식물 습지 퇴적물 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm2)

	SM1	NSM1	SM2	NSM2	Total
Nematodes	638	285	509	264	1696
Nauplius	1	417	7	697	1122
Harpacticoids	25	64	8	52	149
Sarcomastigophorans	11	11	23	25	70
Ostracods	38		1	25	64
Bivalves	1		10		11
Polychaetes	2	3	4		9
Ciliophorans			2		2
Turbellarians	1				1
others	17	10	14	6	47
Total	**734**	**790**	**578**	**1069**	**3171**

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.20> 강화도 여차리 정점 1의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		3	72	234	216	525
Ostracods		19	18			37
Harpacticoids			23	2		25
Sarcomastigophorans				6	2	8
Bivalves	1					1
Turbellarians			1			1
others		1	3	6	1	11
total	1	23	117	248	219	608

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		5	36	22	34	97
Nauplius				1		1
Sarcomastigophorans					1	1
Polychaetes		1				1
others			2	1	1	4
total	0	6	38	24	36	104

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes			2	9	5	16
Sarcomastigophorans					2	2
Polychaetes				1		1
Ostracods			1			1
others				2		2
total	0	0	3	12	7	22

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.21> 강화도 여차리 정점 2의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			80	308		388
Nematodes		1	79	118	54	252
Harpacticoids		9	47			56
Sarcomastigophorans				4	2	6
Polychaetes	1	1	1			3
others		2	1	2	2	7
total	1	13	208	432	58	712

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes			3	18	2	23
Nauplius			2	8		10
Harpacticoids			2	1		3
others		1	2			3
total	0	1	9	27	2	39

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			2	16	1	19
Nematodes			2	7	1	10
Harpacticoids			4	1		5
Sarcomastigophorans				1	4	5
total	0	0	8	25	6	39

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.22> 강화도 여차리 정점 3의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		6	75	218	75	374
Sarcomastigophorans		2	9	4	4	19
Bivalves		5	5			10
Nauplius			1	6		7
Harpacticoids			4	1		5
Polychaetes	1	3				4
Ostracods		1				1
others					2	2
total	1	17	94	229	81	422

(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		3	31	46	27	107
Sarcomastigophorans				2		2
Harpacticoids			1			1
others			2	4	1	7
total	0	3	34	52	28	117

(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes	1	4	9	3	11	28
Harpacticoids			2			2
Sarcomastigophorans					2	2
Ciliophorans					2	2
others			2	2	1	5
total	1	4	13	5	16	39

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.23> 강화도 여차리 정점 4의 퇴적물 깊이에 따른 체 크기별 중형저서생물

(unit: No. of inds./10cm^2)

0-1 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			67	502	5	574
Nematodes	1	5	52	88	37	183
Harpacticoids		7	39			46
Ostracods		7	15	2		24
Sarcomastigophorans			15	4	2	21
others		2	2	2		6
total	1	21	190	598	44	854

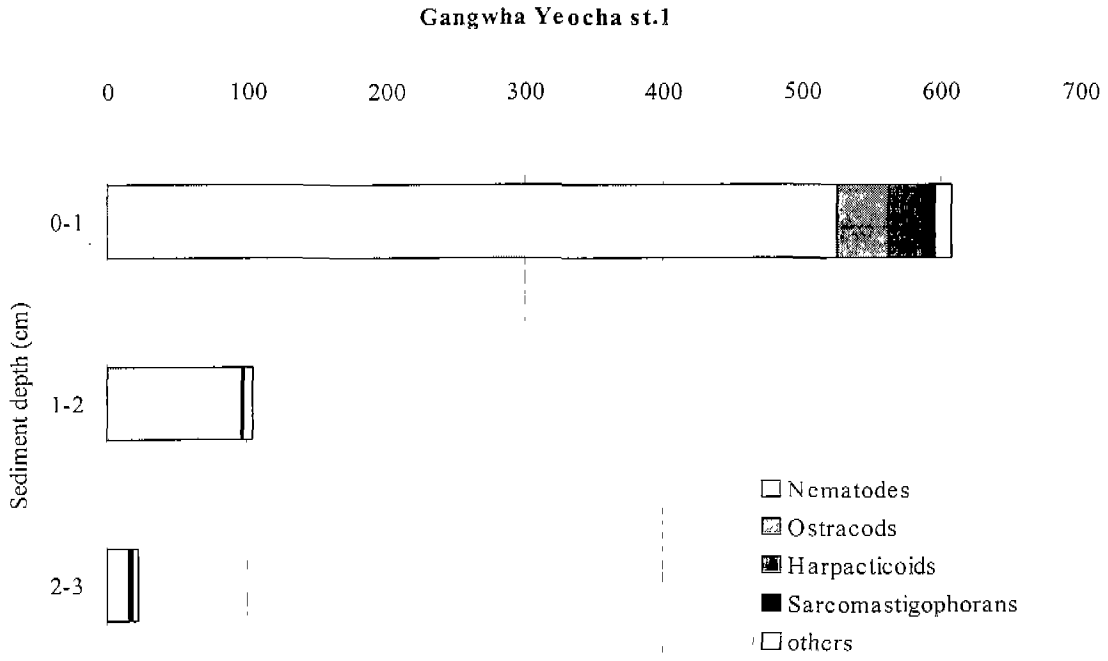
(unit: No. of inds./10cm^2)

1-2 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nematodes		2	5	34	9	50
Nauplius			14	34		48
Harpacticoids			3	1		4
Sarcomastigophorans			1	2	1	4
Ostracods		1				1
total	0	3	23	71	10	107

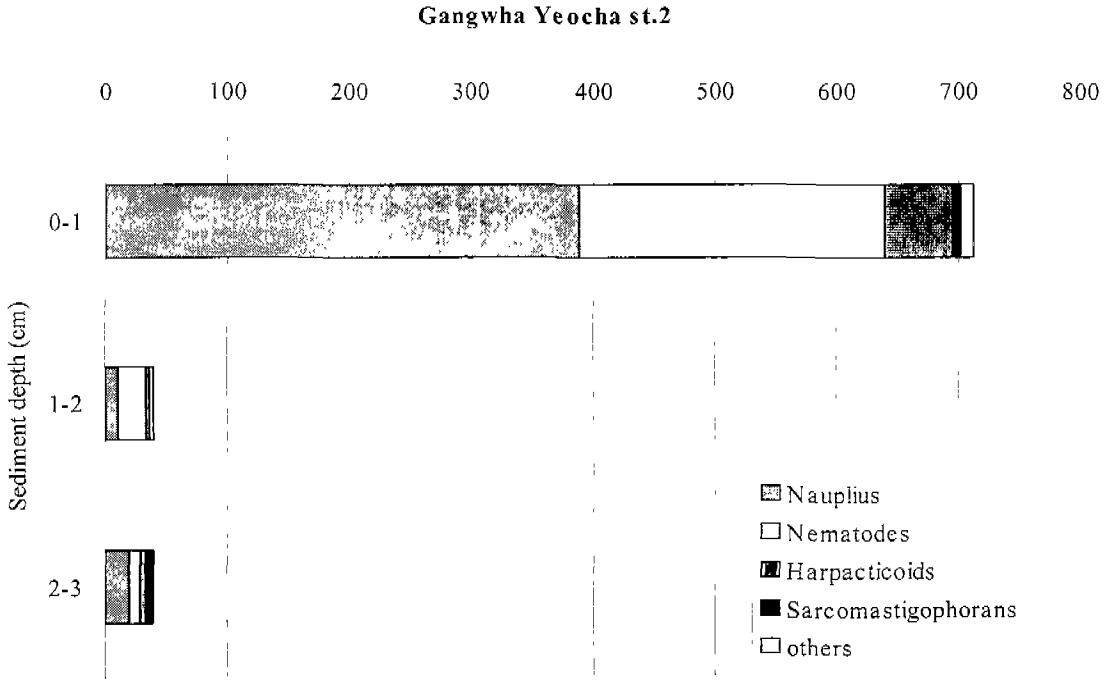
(unit: No. of inds./10cm^2)

2-3 cm						
	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	0.037mm	Total
Nauplius			12	63		75
Nematodes	2		8	15	6	31
Harpacticoids			2			2
total	2	0	22	78	6	108

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

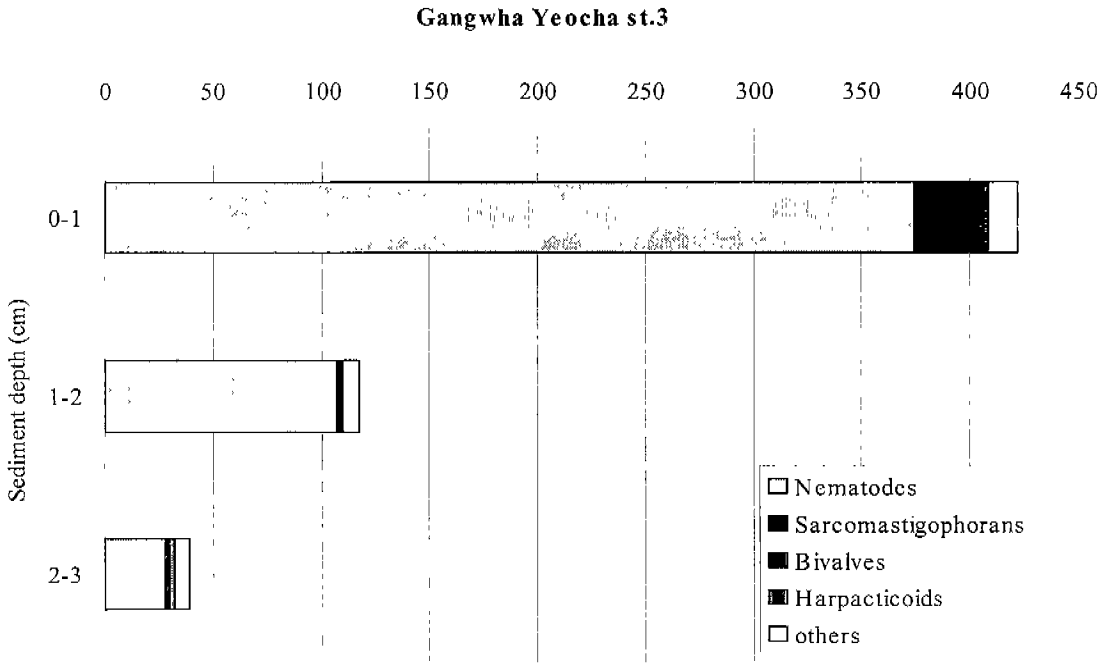


<그림 3.3.26> 강화도 여차리 정점 1에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

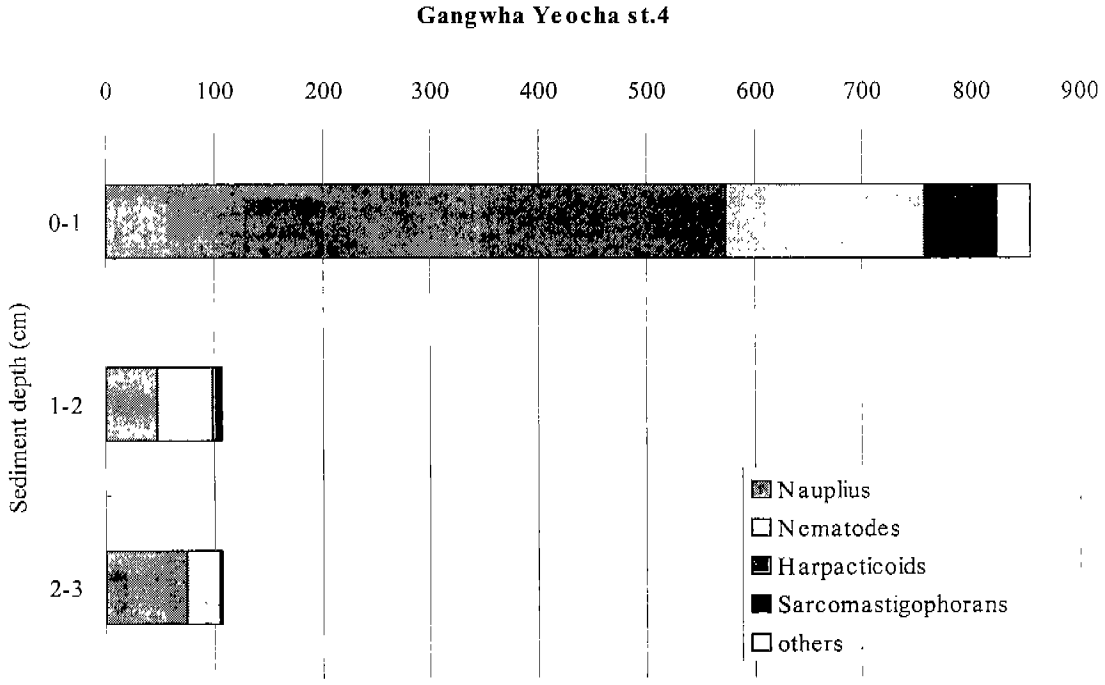


<그림 3.3.27> 강화도 여차리 정점 2에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

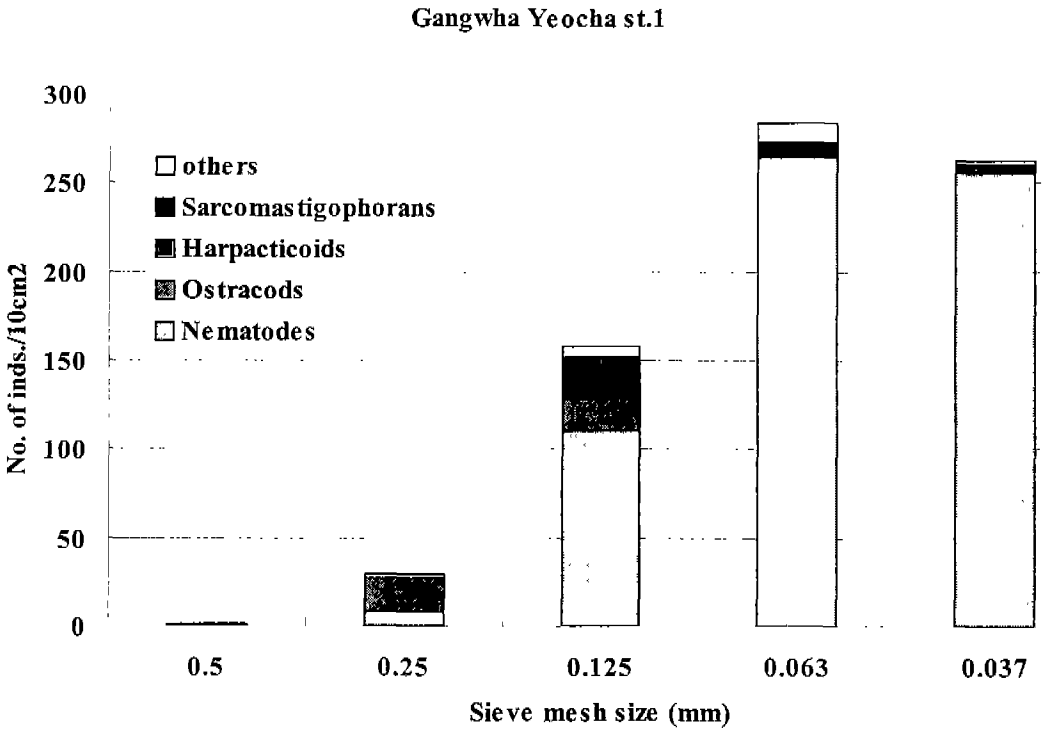


<그림 3.3.28> 강화도 여차리 정점 3에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

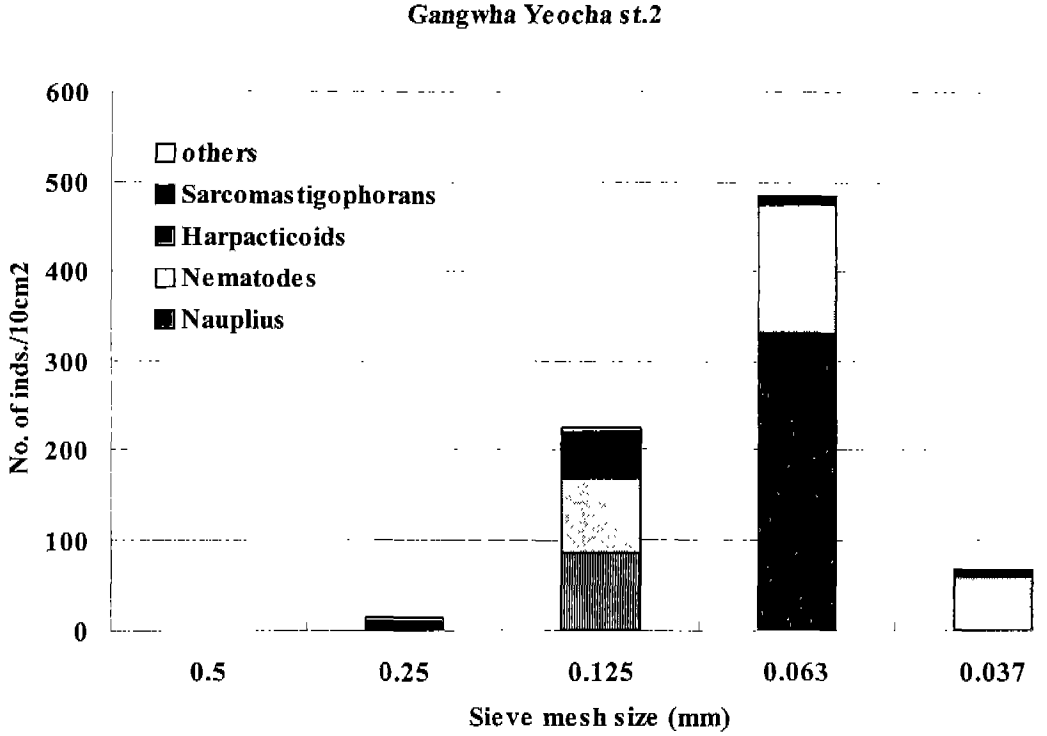


<그림 3.3.29> 강화도 여차리 정점 4에서의 중형저서생물의 수직분포 (단위: 개체수./10cm^2)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

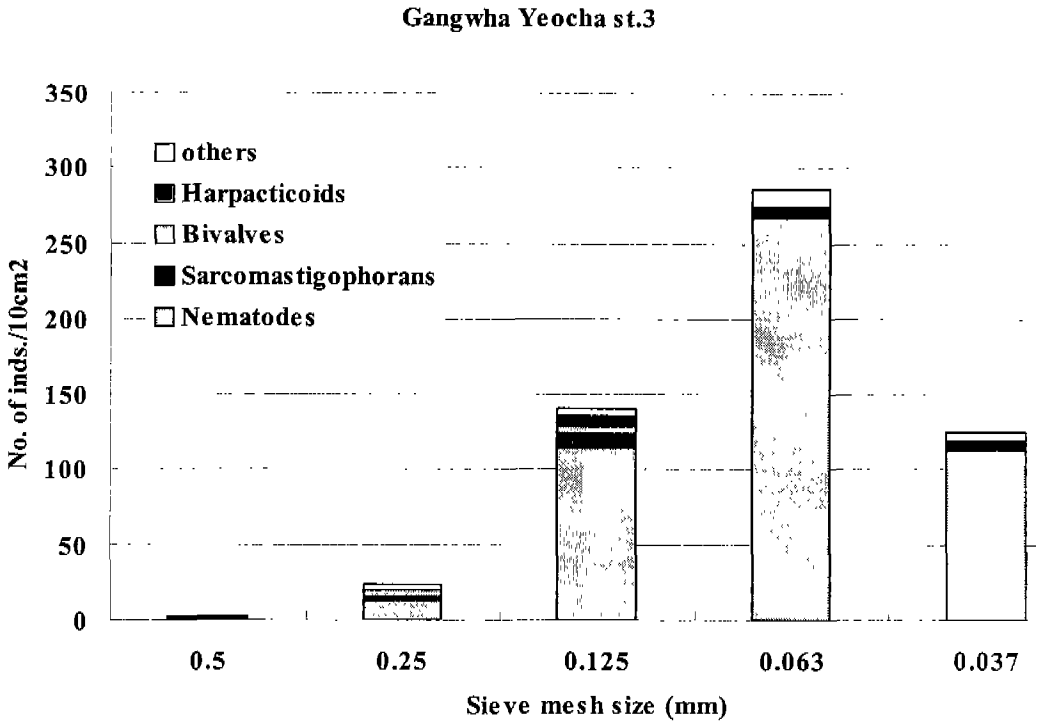


<그림 3.3.30> 강화도 여차리 정점 1에서의 중형저서생물의 크기별 분포

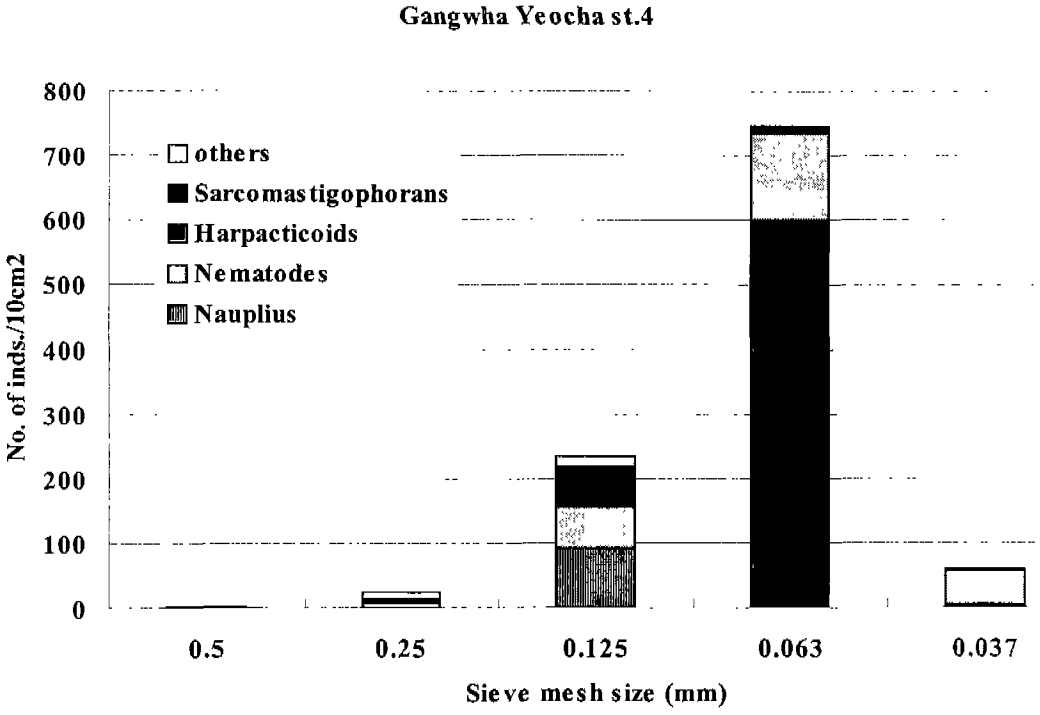


<그림 3.3.31> 강화도 여차리 정점 2에서의 중형저서생물의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.32> 강화도 여차리 정점 3에서의 중형저서생물의 크기별 분포



<그림 3.3.33> 강화도 여차리 정점 4에서의 중형저서생물의 크기별 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이와 더불어 조간대 상부에 집중적으로 형성되는 염생식물 군락지의 중형저서생물의 분류군수는 거머리말의 서식지보다는 아주 낮게, 거머리말 인근의 비교 정점들보다도 비교적 낮게 나타나, 전반적으로 거머리말이 서식하고 있는 퇴적물 생태계에 비해서 저서생물이 서식하기에 유리하지 않는 환경을 가지고 있는 것으로 보인다. 물론 이러한 결과에 대한 보다 자세하고 정밀한 분석을 위해서는 보다 집중된 대상지역을 선정하여, 월별 혹은 계절별 이들 생태계의 천이과정[1]을 밝혀내는 일등이 필요하다. 금년도에는 일차적으로 전 연안의 대상지를 조사하여 크게 비교하여 보고자 하는 것이 연구의 목적이었던 관계로 차기 년도의 연구에서는 앞서 언급한 보다 집중적이고 자세한 생물 조사와 분석을 실시할 예정이다.

중형저서생물의 총 개체수에 있어서도 앞서 언급한 생태계의 차이에 대한 결론을 뒷 받침해주는 값들이 나타났다. 즉 가장 높은 서식밀도를 보인 정점은 동대만의 거머리말 서식지였다 (4,425 개체/10㎠). 그 다음이 삽시도의 거머리말 서식지였고 (3,967 개체/10㎠), 승봉도의 거머리말 서식지 (3,116 개체/10㎠)가 그 다음으로 높은 서식밀도를 나타냈다. 이 들 값은 그 외의 정점들에서 약 500 개체/10㎠에서 1,000 개체/10㎠ 전후의 값을 보이는 것에 비하면 적게는 3, 4배에서 많게는 약 10배에 이르는 아주 높은 값이다. 뿐만 아니라, 이러한 개체수 값들은 그 동안 논문이나 보고서 또는 학회 발표 등을 통하여 밝혀진, 우리나라 연안이나, 조간대, 그 외의 조하대 등에서 채집되어진 생물 개체수에 비하여 수 배에 이르는 아주 높은 개체수 값이 된다. 이러한 결론은 그 동안 선진국에서 거머리말의 중요성을 언급하며, 이미 오래 전부터 자국의 연안에 이들 식물을 식재하는 거대한 프로젝트를 왜 수행하여 왔는가를 알게 해주는 내용이라 할 수 있다.

이러한 일차적인 결론들에 대하여 보다 과학적이고 효율적인 연구 내용을 갖추기 위하여 차기 년도에는 금년도에 수행된 연구 대상 지역 중에서, 중요 연구 지역을 선정하여 보다 집중적이고 세분화하여, 이 대상생물의 생태계 내에서의 변화를 밝혀낼 예정이다. 이와 더불어 생태계 내에서 이들의 먹이가 되는 일차생산자들에 대한 연구 또한 밝혀내어, 연안에서 대체습지로 인하여 이들 식물들이 만들어내는 순기능에 대하여 중점 연구를 실시하고자 한다.

---

1) 같은 장소에서 시간의 흐름에 따라 진행되는 식물군집의 변화. 어떤 원인에 의해 형성된 맨땅을 그대로 방치해 두면 먼저 초본류의 군락이 형성된다. 몇 년 후에는 관목군락(灌木群落)이 되고, 다시 양수림(陽樹林)으로 바뀌며, 이곳에 음수(陰樹)가 침입하여 최후에는 그 지방의 기후조건과 평형을 이룬 음수림이 된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.24> 전 지역, 전 정점에서의 중형저서생물 군집

(unit: No. of inds./10cm^2)

	제주 오조		거제 다대		동대만		삽시도	
	SB	NB	SB	NB	SB	NB	SB	NB
Nematodes (선충류)	351	392	186	628	3956	1646	2937	575
Nauplius (갑각류 유생)	6	2	4	1	76	36	410	1056
Harpacticoids (저서성 요각류)	128	62	48	14	161	116	371	181
Sarcomastigophorans (저서유공충류)	9	24	137	78	42	80	97	45
Polychaetes (다모류)	24	86	23	25	69	48	6	3
Ciliophorans (섬모충류)	1	5		38	66	18	6	22
Ostracods (패충류)					4	4	38	
Amphipods (단각류)		3					3	74
Turbellarians (와충류)	6	3	71	12				
Gastrotrichs (복모동물류)								
Isopods								
Tanaidaceans	1						43	
Bivalves (이매패류)		1				4	15	
Kinorhynchs					14	4		
Tardigrades (완보동물류)								6
Gastropods (복족류)	2				1		6	
Cumaceans (쿠마류)	4					2	1	
Copepods (요각류)	3							
Halacaloideans	1							
Cnidarians						1		
others	11	6	16	16	36	14	34	21
total	547	584	485	812	4425	1973	3967	1983

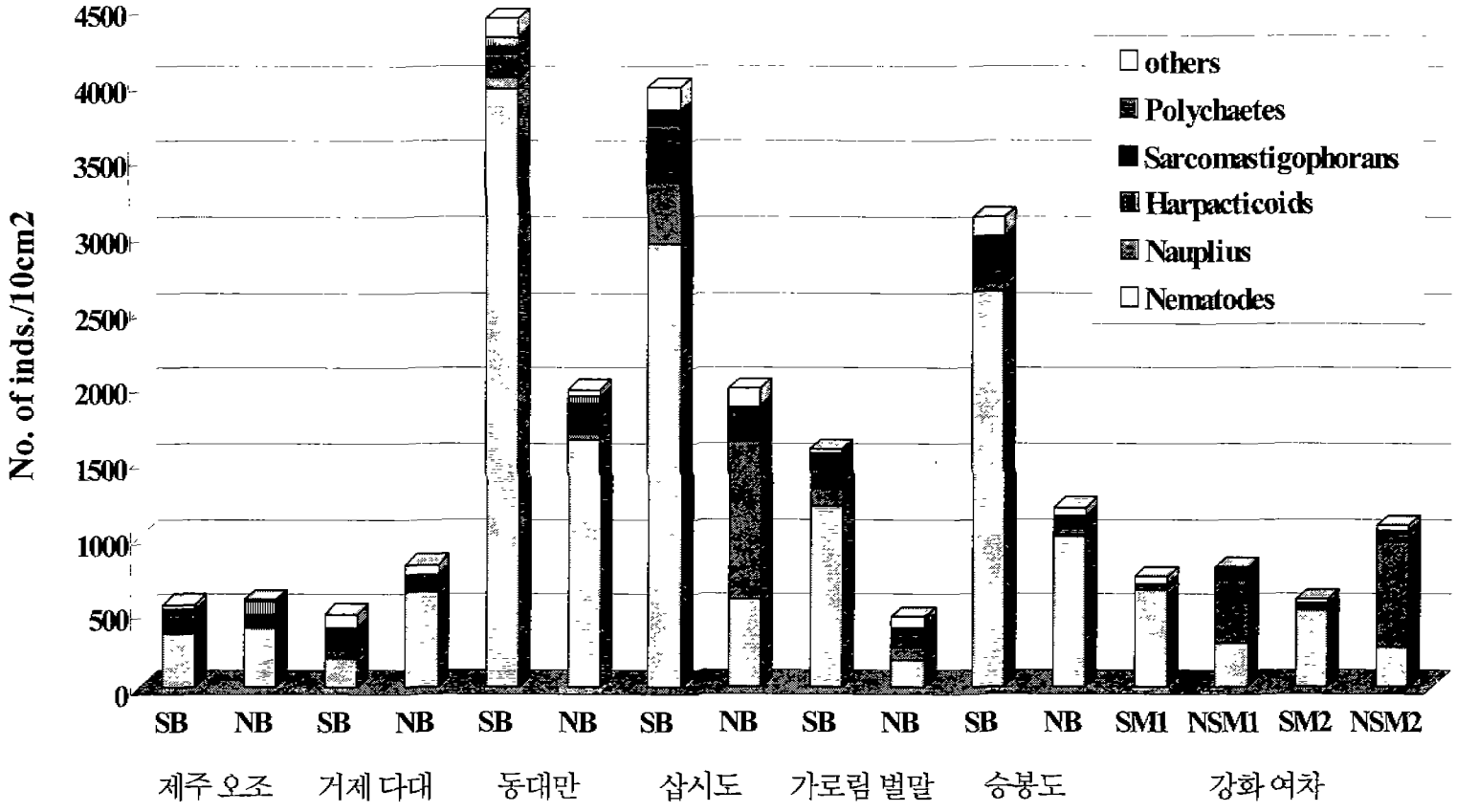
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.3.24> 계속

(unit: No. of inds./10cm2)

	가로림 별말		승봉도		강화 여차			
	SB	NB	SB	NB	SM1	NSM1	SM2	NSM2
Nematodes (선충류)	1193	172	2619	1000	638	285	509	264
Nauplius (갑각류 유생)	121	96	54	7	1	417	7	697
Harpacticoids (저서성 요각류)	122	92	95	35	25	64	8	52
Sarcomastigophorans (저서유공충류)	109	35	220	86	11	11	23	25
Polychaetes (다모류)	10	2	5	6	2	3	4	
Ciliophorans (섬모충류)	13		26	40			2	
Ostracods (패충류)		4	6		38		1	25
Amphipods (단각류)			20	1				
Turbellarians (와충류)			2		1			
Gastrotrichs (복모동물류)		53						
Isopods			46					
Tanaidaceans								
Bivalves (이매패류)	4		3	1	1		10	
Kinorhynchs								
Tardigrades (완보동물류)	1	4						
Gastropods (복족류)								
Cumaceans (쿠마류)								
Copepods (요각류)								
Halacaloideans								
Cnidarians								
others	4	8	20	14	17	10	14	6
total	1577	466	3116	1190	734	790	578	1069

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.3.34> 전 지역, 전 정점에서의 중형저서생물 분포 비교

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제4절 국내 해안습지 분류 및 식생 유형별 생태계 조사

1. 해안습지 유형별 분류

가. 해안습지의 현황

연안습지는 습지보전법에서 해안 조간대 습지(tidal wetland) 임을 나타내었으며, 다른 습지의 일반 개념을 고려하면 상당히 협의의 개념이라 할 수 있다. 그러고 연안습지에 대해서 특정 지형 또는 형태를 규명하지 않았으므로 해안의 조간대는 모두 연안습지가 된다. 따라서 연안습지는 우리나라 해안조간대와 하구의 모든 조간대를 포함하며, 이는 해안지형에 따라 다시 바위해안, 모래해안, 갯벌로 나눌 수 있다. 우리 연안에 놓인 습지 면적에 대해서는 정확하게 알려진 것이 없으나, 여러 가지 가정을 통해 그 규모를 어느 정도 짐작할 수는 있다. 해안습지를 기존의 연안습지에 보다 육지 쪽으로 진출한 염습지의 상부 지역과 해양의 영향을 지대하게 받는 사구를 포함한 개념으로 정의하여 해안습지의 면적에 대해 추정을 해볼 수 있다.

전국의 해안선이 약 11,542.5㎞이고, 이 가운데 해안선 형태가 유사한 동해안과 제주도는 691㎞, 그리고 리아스식인 서해안과 남해안은 10,852.5㎞이다. 사구를 포함한 연안습지의 폭을 동해안과 제주도는 평균 200m, 서해안과 남해안은 갯벌을 제외한 염습지 상부와 사구의 폭을 평균 50m로 가정하고, 여기에 갯벌의 면적 2,393㎢를 더하면 약 3,073㎢가 된다. 추정치이기는 하나 해안습지의 면적은 전 국토의 약 3% (갯벌이 2.4%)를 차지하는 셈이 된다 (<표 3.4.1>).

나. 해안습지의 분류

해안습지 분류는 다양한 기준을 가지고 판정하고 있으며, 기준으로는 기질, 해안의 노출정도, 생물상, 식생, 인간의 활동 등이 있다 (Robinson and Levings, 1995). 그러나 소수의 단순한 분류 체계는 습지의 서식지를 정확하게 분류할 수 없다는 문제점이 지적되어 계층 체계를 가진 분류기준이 제시되기도 한다 (Cowardin et al. 1979).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.1> 우리나라 해안선 길이와 가정된 해안습지 면적의 해안별 비교 (제, 1999에서 인용)

구분	전체 해안선 (km)	육지부 (km)	도서부 (km)	인공해안 (km)	갯벌 (km^2)	연안습지 (km^2)
서해안	5,256.6	2,458.2	2,698.3	1,098.1	1,986	2,242.8
남해안	5,594.9	3,143.4	2,451.5	408.8	407	692.7
동해안	428.1	425.8	2.3	122.4	?	85.6
제주도	262.9	200.1	62.8	1.8	?	52.6
전 국	11,542.5	6.227.5	5,214.9	1,631.1	2,393	3,073.7

주) * 인공해안은 방조제, 호안, 방파제, 석축 등 인공구조물로 이루어진 해안을 말함

자료 : 해양수산부, 1998

* 해안습지 면적은 갯벌 면적에 여타 해안습지(서해안과 남해안에는 그 폭이 평균 50m, 동해안과 제주도는 평균 200m 가 있다고 가정)에 해안선을 곱하여 더 한 것임.

일정한 체계를 통해서 분류하는 사례는 더 있고, 생물들의 생리[1]와 생태와 같은 기능적인 요소를 체계화한 경우도 있으며, 물리적인 요소와 생물학적인 요소를 모델로 구성하여 분류하는 경우도 있다 (Morris, 1996). 이러한 서식지의 분류는 생태계를 거시적으로 보는 시각에서는 매우 효과적인 수단이며, 해당 지역의 전 생태계를 대상을 관리할 수 있는 장점을 가진다. 뿐만 아니라 단위 습지는 외부의 충격에 반응하는 단위가 되므로 서식지에 관한 정보는 환경관리에도 쓰이고, 단위 생물군집의 서식처가 되기에 자원관리도 유용하게 사용될 수 있다. 그래서 서식지를 나타낸 지도는 지리정보시스템 (GIS)을 이용한 생태지도 작성의 핵심요소가 된다.

습지 (또는 서식지) 분류는 많은 학자들과 기관에 의해서 행해졌지만, 해안습지 분류에 도움이 될 수 있는 대표적인 두 가지 분류 사례는 다음과 같다 (제 등, 2002).

(1) U.S. FWS의 국가습지목록 (National Wetland Inventory)

현재 미국의 습지분류체계는 1979년에 미국 수렵관리청(USFWS ; U.S. Fish

1) 생물체의 생명 활동과 관련되는 현상, 또는 그 원리. 생활의 방식 또는 습성(習性)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

and Wildlife Service)에서 작성한 국가 습지목록 (National Wetlands Inventory)을 기본으로 하고 있다 (Mitsh and Gosselink, 2000; Table 2). 여기에서는 습지를 식물 (수생식물[1]: hydrophytes)과 토양 (습지토양: hydric soils), 그리고 홍수범람 빈도를 이용하여 정의하였다. 전통적으로 습지에 포함되지 않았던 '생태적으로 연관된 깊은 수심지역 (ecologically related areas of deep water)'도 '심수(深水) 서식처 (deepwater habitats)'로 새롭게 분류에 포함되었다.

이 분류법의 특징은 동물과 식물을 동정할 때 이용되는 명명법 분류체계와 유사하다는 것이다. 분류계층은 시스템 (system)과 하위 시스템 (subsystem), 그리고 계급 (class)의 세 가지 준위로 구분되었다. 최상위 단계를 '시스템 (system)'이라고 불리며, '수문학적, 지형학적, 화학적 또는 생물학적 요인들의 영향을 유사하게 보유하는 단위이다. 이들은 다음의 다섯 개 단위 시스템으로 표현되었다 (<표 3.4.2>).

① 바다 (marine) - 대륙붕 상부의 외해 (open ocean)와 이에 연결된 고에너지 해안선.
② 하구역 (estruarine) - 육지에 의해 반폐쇄되어 있고 부분적으로 제약을 받으며, 해양과 일시적이나마 접촉이 가능한 하구 부분의 수심이 깊은 조수성 서식지 (deepwater *tidal habitat*)와 인접해 있는 조석 습지 (*tidal wetlands*). 육지에서 유출된 담수에 의해 가끔씩 희석됨.
③ 하천역 (riverine) - 하도 내에 포함되어 있는 습지와 수심이 깊은 서식지 (deepwater habitat)로 다음 두 경우는 제외됨.
   i) 교목, 관목, 영구적인 이끼, 지의류[2] 등이 우점하는 습지,
   ii) 해양 기원의 염분이 0.5‰를 초과하는 서식처.
④ 호수역 (lacustrine) - 다음의 세 가지 특징을 포함하는 습지와 수심이 깊은 서식지.

---

1) 식물체의 대부분이 물 속에 있는 침수식물, 잎이나 식물체의 대부분이 수면에 떠 있는 부수식물, 식물체의 상부가 대기 중에 나와 있는 정수식물(挺水植物)로 구분된다. 물이라는 단일 환경 속에서 생육하므로, 뿌리 ·줄기 · 잎 ·꽃 ·눈 등의 형태가 수중생활에 적응하여 뚜렷히 변형되어 있다. 뿌리 및 줄기는 갈대 ·연꽃 ·줄과 같은 정수식물에서는 땅속 줄기가 뚜렷히 발달되어 있고, 땅속을 가로로 뻗어 식물체를 고정시키는 구실을 한다. 연꽃은 특히 기도(氣道)가 발달되어 있다. 침수식물이나 부수식물에서는 식물체의 표면에서 직접 수분이나 양분을 흡수하므로 뿌리의 발달이 나쁘다. 통발 ·벌레먹이말 등은 뿌리가 없다.

2) 균류(菌類)와 조류(藻類)가 복합체가 되어 생활하는 식물군. 지의류는 고착지의(固着地衣:Crustose lichenes)·엽상지의(葉狀地衣:Foliose lichenes)·수상지의(樹狀地衣:Fruticose lichenes)로 크게 구분한다. 고착지의는 바위면이나 나무껍질 등에 붙어서 자라며 겉에 무늬처럼 나타날 뿐 높이가 없으나 때로 좁쌀 같은 돌기가 생긴다. 엽상지의는 석이처럼 잎 모양이며 뒷면에 고착부가 있어 바위면에 고정된다. 수상지의는 원대가 자라면서 가지처럼 옆으로 갈라져서 나무같이 보인다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

i) 함몰지나 댐이 된 하도,

ii) 교목, 관목, 영구적인 이끼 등이 없고, 지표면의 30% 이상을 덮고 있는 이끼 (moss)나 지의류 (lichen)가 없는 곳,

iii) 총 면적이 8ha를 초과하는 곳. 면적이 8ha 미만인 곳도 경계의 전체 또는 일부가 현재의 활발한 파랑작용에 의해 형성되었거나 기반암으로 된 해안으로 이루어져 있을 경우에는 포함되며, 분지의 최고 수심이 저수위 때 2m 이상인 경우도 포함된다. 이곳의 물은 조수성(tidal)이거나 비조수성(nontidal) 모두 가능하지만, 해양기원의 염분이 항상 0.5‰ 미만이다.

⑤ 늪지 (palustrine) - 교목, 관목, 영구적인 이끼 또는 지의류 등이 우점하고 있는 모든 비조수성 (nontidal) 습지와 해양기원 염분농도가 0.5‰ 미만인 지역에서 형성된다. 식생이 없는 습지도 포함될 수 있지만, 다음의 네 가지 특징을 모두 가지고 있어야 한다.

i) 8ha 미만의 지역,

ii) 활발한 파랑작용에 의해 형성되었거나 기반암으로 된 해안이 없는 곳,

iii) 저수면 시에 최고수심이 2m 미만인 경우,

iv) 해양성 염분이 0.5‰ 미만인 경우.

따라서 이 시스템은 앞서 언급된 네 가지 시스템 가운데, 해양 시스템을 제외한 하구역, 하천역, 호수역과 인접해 나타날 수 있다.

두 번째 계층인 '하부 시스템 (subsystem)'은 침수정도, 수위, 수분의 구배, 유속, 구성물질의 유형, 또는 범람원 발달 범위 등을 이용하여 시스템을 보다 상세히 설명하기 위한 하위 범주이다.

① 조하대 (subtidal) - 기질이 연속적으로 침수되어 있음.

② 조간대 (intertidal) - 조수에 의해 기질의 침수와 노출이 반복됨.

③ 조석 (tidal) - 하천 시스템에서 경사가 완만하고 조석의 영향을 받아 수위와 유속 변동이 발생함.

④ 완경사 영구하천 (lower perennial) - 연중 유량이 유지됨. 경사 완만. 조석의 영향 없음.

⑤ 급경사 영구하천 (upper perennial) - 연중 유량이 유지됨. 경사 급함. 조석의 영향 없음.

⑥ 간헐적 하천 (Intermittent) - 유량이 연중 내내 유지되지 않음.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.2> U.S. FWS의 국가습지목록에서의 습지분류 체계 (Mitsh and Gosselink, 2000)

시스템(System)	하위시스템(Subsystem)	계급(Class)
바다(Marine)	조하대(Subtidal)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Reef
	조간대(Intertidal)	Aquatic Bed
		Reef
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
하구(Estuarine)	조하대(Subtidal)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Reef
	조간대(Intertidal)	Aquatic Bed
		Reef
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
		Emergent Wetland
		Scrub-shrub Wetland
		Forested Wetland
하천(Riverine)	조석하천(Tidal)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
		Emergent Wetland
	완경사 영구하천 (Lower Perennial)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
		Emergent Wetland
	급경사 영구하천 (Upper Perennial)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
	간헐적 하천(Intermittent)	Streambed
호수(Lacustrine)	육수성 호수(Limnetic)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
	연안성 호수(Littoral)	Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Rocky Shore
		Unconsolidated Shore
		Emergent Wetland
늪지(Palustrine)		Rock Bottom
		Unconsolidated Bottom
		Aquatic Bed
		Unconsolidated Shore
		Moss-lichen Wetland
		Emergent Wetland
		Scrub-shrub Wetland
		Forested Wetland

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

⑦ 육수성 호수 (limnetic) - 호수 내의 모든 심수 서식처 (deepwater habitat).
⑧ 연안성 호수 (littoral) - 연안에서 위하여 수림 2m에 이르는 부분을 포함.

세 번째 계층인 '계급(class)'은 우점하고 있는 식생이나 기질의 유형에 의해 각 생태계의 일반적인 특성을 설명한다. 식생에 의해 표면부가 30% 이상 피복되어 있는 경우에는 식생 계급 (vegetation class)이 사용되고 (예, scrub-shrub wetland), 30% 미만일 때는 기질의 계급 (substrate class)이 사용된다 (예, unconsolidated bottom).

(2) 습지협약의 습지 분류

습지협약에서는 습지를 영구적인 습윤 환경과 건조 환경의 점이지대로 규정하고, 다음과 같이 다섯 개의 범주로 습지를 분류하였다.

① 바다/해안 (marine/coastal : 암석해안과 산호초해안을 포함하는 해안습지)
② 기수 (estuarine : 삼각주, 염습지 (tidal marsh), 맹그루브[1] 습지 등을 포함)
③ 호수 (lacustrine : 호수와 관련된 습지)
④ 하천 (riverine : 강과 하천을 따라 형성된 습지)
⑤ 늪 (palustrine: 하천과 연결되지 않은 늪지대를 의미)

그리고 바다와 해안은 <표 3.4.3>과 같이 유형을 구분한다. 이 분류는 U.S. FWS의 국가습지목록 분류체계와 구조면에서 일부 유사한 면이 있다.

1) 열대와 아열대의 갯벌이나 하구에서 자라는 목본식물의 1군(一群). 식물학상 리조포라과(Rhizophoraceae)·마편초과·콤브레타과(Combretaceae) ·소네라티아과(Sonneratiaceae)·멀구슬나무과·자금우과·꼭두서니과·쥐꼬리망초과에 속하는 나무들이다. 미국 서해안에 2종, 동해안에 4종, 아프리카 서해안에 3종, 동해안에 8종, 마다가스카르에 9종, 인도에 18종, 동남 아시아와 말레이시아에 각각 23종씩이 있고, 호주에 10종, 그리고 태평양 제도에 12종이 있는 것으로 알려져 있다. 태평양 연안에 보다 많은 종류가 있고 대서양 연안에는 적으며 바닷물이 닿는 곳과 담수에 잠기는 곳, 또 그 중간에서 자라는 종류 등이 있다. 바다쪽 깊은 곳에서부터 얕은 곳을 향하여 소네라티아(Sonneratia) ·세리옵스(Ceriops)·아비세니아(Avicennia)의 순으로 나타나며 세포액의 삼투압이 클수록 바다쪽으로 가깝게 자란다. 줄기와 뿌리에서 많은 호흡근이 내리고, 열매는 바닷물로 운반되지만 어떤 종은 나무에서 싹이 터서 50~60cm 자란 다음 떨어지는 것도 있다. 이러한 종류를 태생식물(胎生植物)이라고 한다. 맹그로브라고 하면 수세미오이 같은 열매가 달린 나무를 연상하지만 그렇지 않은 것이 더 많다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.3> 람사협약에서 정의한 바다와 해안의 습지

A: 천해지역 (만과 해협 포함) - 저조선으로부터 수심 6m까지의 얕은 바다
B: 조하대의 수중 식생대 - 해조숲, 거머리말 군락 등
C: 산호초
D: 바위해안 (암초지대, 해식애 포함)
E: 모래와 자갈해안 - 사주, 모래섬, 사구 등
F: 하구 - 하구지역의 천해대와 삼각주
G: 조간대 펄, 모래갯벌
H: 조간대 초지 - 염습지, 초지, 조석이 발생하는 기수 및 담수 초지
I : 조간대 수목습지 - 맹그로브, 조간대 수목 늪지 등
J : 해안석호 (coastal brackish/saline lagoon) - 바다와 연계된 기수나 염수 호수
K: 해안 담수호 (삼각주 담수호 포함)

(3) 해안습지 분류체계 (안)

앞에서 기술한 대표적인 해안습지 분류체계와 국내 학자들의 제안을 참고하고, 우리나라 해안환경과 식생대를 고려하여 우리나라 해안습지 분류체계를 다음과 같이 제안하고자한다. 일반적으로 해안습지의 수리적인 발달은 다음의 요소에 의해서 결정된다.

i) 해수와 하천에 의해서 공급되는 퇴적물의 양과 종류,
ii) 퇴적물 등을 부유시키고 이동시키는 조류 및 파랑에너지,
iii) 식물의 퇴적물 고착능력 등이다.

따라서 분류 단계는 크게 네 단계로 나누어 1단계에서는 염수와 담수 환경의 작용 여부와 인공성으로 구분하였고, 2단계에서는 강, 파랑, 조석영향에 따른 지형의 특성에 따라 구분하였다. 또한 3단계에서는 조위에 따른 구분이나 염분 또는 해수에 의한 수몰기간 등이 해당되게 하였으며, 4단계는 퇴적물 유형과 식생에 따라 구분하였다. 이상과 같은 단계로 구분 정리하여 우리나라 해안습지의 분류체계에 대한 안을 <표 3.4.4>에 제시하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(가) 해안 담수습지(coastal freshwater wetland)

① 수변습지 (riparian wetland)

하천성 해안 담수습지 지역으로 외견상으로는 거의 내륙습지이며 만조시에만 한시적으로 조석의 영향을 받는 지역이다.

② 해안사구 습지 (coastal dune wetland)

해안사구는 모래를 이동시킬 수 있을 정도로 강한 바람이 지속적으로 존재하고, 적절한 크기의 모래입자가 다량으로 공급되어 집적되는 장소이다 (Goldsmith, 1978).

(나) 해안 염수습지(coastal saltwater wetland)

① 해빈 (beach)

해빈은 간조선과 만조선 사이의 지역으로 미고결 상태의 퇴적물이 쌓여 있는 지역을 말한다. 해빈의 경계선 상한은 다년생 식물의 식생 분포대나 사구 또는 해안절벽 등에 의해 구분된다. 해빈은 조석습지와 구분하여 조석보다는 파랑과 바람의 영향을 상대적으로 많이 받는 곳에 형성된다.

② 조석 습지와 갯벌 (tidal wetland and tidal flat)

- 조하대 평탄지형 (subtidal flat)

조하대는 최저조선 이하의 해안지역으로 조간대 갯벌과 같은 해안 퇴적지형이다. 갯벌과 같은 경사도로 이어지고 수심이 얕기 때문에 갯벌과 유사한 종조성를 가진다.

- 조간대 갯벌 (intertidal flat) 또는 갯벌(tidal flat)

갯벌은 조석류로 운반된 부유물질이 쌓여 이루어지는 해안 퇴적지형이다. 상대적으로 파랑의 에너지에 비해 조석에너지가 큰 곳에 나타난다. 따라서 갯벌은 조차가 크고 경사가 완만한 해안에서 잘 발달된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.4> 우리나라 해안습지의 분류 체계 (안)

단계 1	단계 2	단계 3	단계 4
해안 담수습지 또는 사구 (Coastal freshwater wetland)	하천 수변습지 (riparian wetland)		갈대 담수 수생식물
	해안사구습지 (Coastal dune wetland)		해안식물
해안 염수습지 (Coastal saltwater wetland)	해빈 (beach)	조간대 / 조상대	펄해빈 (mud beach)
			모래해빈 또는 사빈(sand beach)
			자갈해빈 (pebble (shingle) beach)
			암석해빈 (rock beach)
	갯벌 (광의) 또는 조석 습지 (tidal wetland)	조하대 평탄지형 (subtidal flat)	거머리말
			평탄지형
		조간대 갯벌 또는 갯벌 (협의)(intertidal flat or tidal flat)	펄갯벌 (mud flat)
			혼합갯벌
			모래갯벌 (sand flat)
		조상대 / 염습지 (supratidal zone / salt marsh)	갈대우점
			해홍나물1) 등 염생식물 우점
해안 기수습지 (Coastal brackishwater wetland)	석호 (lagoon)	담수성 석호 (freshwater lagoon)	갈대우점
		기수성 석호 (brackishwater lagoon)	갈대우점
		염수성 석호 (saline water lagoon)	갈대우점
	하구 (estuary)	조하대(subtidal zone)	거머리말우점
		조간대 갯벌 (intertidal flat or tidal flat)	펄 / 거머리말우점
			혼합 / 모래 / 갈대 또는 염생식물 우점
		조상대 (supratidal zone)	갈대우점
해안 기수습지 (Coastal brackishwater wetland)	삼각주 (delta)	조하대(subtidal zone)	
		조간대 갯벌 (intertidal flat or tidal flat)	
		조상대 (supratidal zone)	해안식물
인공습지 (Artificial wetland)	간척호 (reclaimed lake)		
	간척지 land(reclaimed		갈대와 염생식물 (천이단계)
	염전 (saltpan)		염생식물

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 조상대 (supratidal zone)와 염습지 (salt marsh)

조상대에서 나타나는 대표적인 지형은 퇴적지형과 염습지이다. 퇴적지형은 조간대 갯벌과 연속선상에서 발달하는 것이 보통이며, 해수에 의한 침수빈도가 낮아지는 상부로 가면서 구배를 이루어 식물이 정착하여 염습지가 형성된다.

(다) 해안 기수습지 (coastal brackishwater wetland)

① 석호 (lagoon)

석호는 해안의 만입부 (bay)에서 발생하는 지형으로 하구 (estuary)와 많은 조건에서 유사하다. 그러나 잘 발달된 석호에서는 사취 (spit)나 사주 (barrier island)에 의해 입구가 해양과 차단되어 있기 때문에, 하구와는 달리 해류의 순환이 빈번히 일어나지 않고 조류의 영향도 거의 받지 않는다. 우리나라 동해안에서 나타나는 석호는 대부분 육지로부터 소하천에 의해 담수가 공급되고 있어 담수 환경 내지는 약한 기수환경을 보이는 것이 특징이다.

② 하구 (estuary)

하구(estuary)는 강의 하류와 바다가 만나는 곳으로 염분의 구배가 뚜렷한 곳을 말하나 이에 대한 정의가 매우 다양하다. 하구에서의 염분은 담수에서부터 해수에 이르는 넓은 폭을 나타나내는데, 일반적으로 염분 0.1‰부터 32‰까지의 구역을 하구로 본다. 이와 같이 하구에서는 염도 등 환경변화가 매우 크기 때문에, 하구를 여러 구역으로 나누기도 한다 (Mitsch and Gosselink, 1986).

③ 삼각주 (delta)

강이 바다와 만나는 하구에는 유속이 감소됨으로써 하천에 의해 운반되던 퇴적물이 쌓이게 되어 삼각주가 형성된다. 삼각주는 해안에서 바다 쪽으로 연장되어 성장하므로, 하구의 육지 쪽에서 형성되는 사주지형과는 형태상으로 구분된다.

---

1) 명아주과의 1년초이며,. 바닷가에서 자란다. 나문재처럼 생겼으나 열매가 작고 잎겨드랑이에 꽃이 3~5개씩 달리는 것이 다르다. 곧게 자라서 높이 30~50 cm에 달하고 가지가 많이 갈라진다. 잎은 뭉쳐나고 선형이다. 꽃은 7~8월에 피고 꽃대가 없다. 꽃받침조각은 5개이며 열매가 성숙할 때 커지지 않는다. 수술은 5개, 암술은 1개이고 암술대는 2개이다. 열매는 원반 같이 생기고 검은 바둑돌 같은 종자가 1개씩 들어 있으며 배(胚)는 나선형이다. 어린순을 나물로 한다. 북반구와 호주에 분포한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(라) 인공습지 (artificial wetland)

인공적으로 조성된 해안습지에는 해수의 영향을 받는 간척 등으로 인위적으로 형성된 습지에 대해서 새롭게 제안하고자 한다.

이 해안습지 분류에서 해안 하천수변 식생대를 제외하면 식생대는 크게 세 개로 구분되고 있음을 알 수 있다. 사구의 해안식물 식생과 갈대 또는 해홍나물과 같은 명아주과[1] 염생식물이 우점하는 식생 그리고 거머리말 식생이 그것이다.

다. 해안습지의 복원

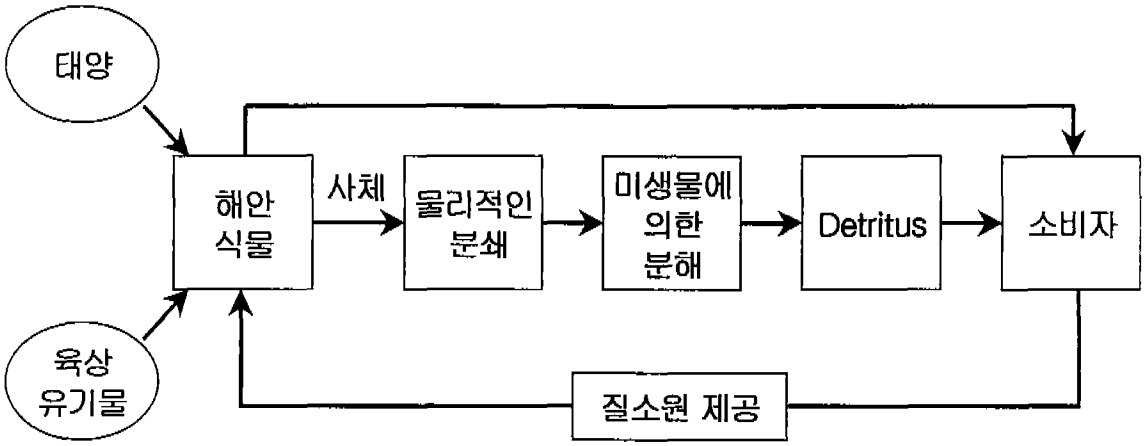
해안습지의 실제 복원에서 가장 주목 받는 것은 분류된 해안의 습지 중에서 식생대를 가지고 있는 습지들이다. 이들 식생대는 상대적으로 기질부보다 훼손 정도나 규모가 심각하고 해안에 위치한 습지의 기능 저하의 주 원인이 이들 습지의 훼손 또는 소멸로 보기 때문이다. 해안습지의 식물들은 고밀도로 서식하고 지상부가 크게 자라기 때문에 일차생산력이 높다. 이러한 식물의 식생대는 육지에서 유입되는 유기물을 흡수, 여과할 뿐 아니라 해양생태계에 기초 먹이원이 되는 유기물 입자 (detritus)의 기본 소재이다 <그림 3.4.1>. 또한 일부 식생대는 해양생물의 산란, 성육장으로 작용하는 등 다 기능을 가지고 있다. 해안 식생대는 전체 해안습지에서 규모로 보면 아주 작은 부분이지만 기능적으로는 중추적인 역할을 하는 것으로 판단된다. 해안 식생대를 비롯한 하구와 내만 갯벌이 사라지는 시기에 우리나라 연안자원은 감소하고 적조 발생빈도는 크게 증가하는 것으로 나타났기 때문에 식생대의 중요성이 더욱 부각되고 있는 것이다.

해안습지 분류 안으로 제시한 우리나라 해안습지 체계에서 전형적인 식생대는 사구의 해안식물 식생대, 내만갯벌 육지쪽 주변부의 명아주과 염생식물이 우점하는 염습지 식생대, 하구나 기수호의 갈대 극우점 식생대, 그리고 모래갯벌의 바다 쪽 주변부의 잘피 (거머리말) 식생대로 크게 구분할 수 있다. 잘피 식생대를 제외한 나머지 세개의 해안식물 식생대가 위치하는 곳은 육지 쪽 주변부이기 때문에 상대적으로 육지와 가깝고 토양의 경도가 커 이용이 용이하였다.

---

1) 쌍떡잎식물 갈래꽃의 한 과. 초본과 관목(灌木)이고 전세계에 분포하지만 오스트레일리아의 물가, 아르헨티나의 팜파스, 미국의 알칼리 평야, 카스피해와 홍해 연안의 중부, 아시아의 높은 지대, 남아프리카의 카루와 같은 사막과 염수의 영향을 받는 지역에 집중되어 있다. 102속(屬) 1,400종(種)으로 구성되고, 한국에는 5속 82종이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.1> 해안습지 식물의 먹이망에서의 이동 과정 (이 과정을 통해서 해안식물은 소비자들의 먹이원이 되며 습지의 정화기능에 관여하게 됨).

그래서 사구와 염습지의 식생대의 원형을 찾기가 어려울 정도로 훼손이 심하다. 갈피인 경우에도 서식지가 파괴되고 해안개발에 따른 유기물 오염에 노출되어 훼손의 정도에 있어서 다른 식생대와 크게 다르지 않다.

1980년대와 1990년대에 대형 간척사업이 추진된 지역은 대부분 내만과 하구였고, 이들 간척지역이 연안에서 해양생물의 산란장과 성육장으로 기능하였을 것으로 보고 있다. 그래서 새로운 해양생물 자원 가입량이 크게 감소하였을 것으로 추정된다. 더군다나 한강과 섬진강을 제외하고는 대형 강에는 하구언이 생겨 담수와 해수가 교차하는 지역, 하구가 가지고 있던 고유 기능도 사라지고 있다. 수백 년 이상 오랜 기간동안 해안에서 자연 해안습지가 작용하였던 기능에 심대한 변화가 생기고 있으므로 자연 해양생태계에도 영향이 클 수밖에 없다. 그래서 자연 해안습지의 기능을 회복시키는 첫 단계로 해안습지의 식생대를 복구 또는 복원해야 할 필요성이 제기되는 것이다.

기록상에는 우리나라 해안에서 인공해안은 약 14%이지만 (해양수산부, 1998b), 이 연구를 위한 서해안 (경기, 충남) 현장조사에서 나타난 인위적으로 변형된 해안은 전국적으로 50~80%에 이르는 것으로 추정되었다 (환경부, 2001a). 앞에서도 언급한 바와 같이 해안 식생대가 소실된 정도는 이보다 훨씬 클 것이다. 대표적인 해안 식생대로는 갈대밭과 염생식물 군락, 사구 식생대, 거머리말 군락 (일명 잘피밭)의 세 종류로 구분할 수 있다. 갈대밭과 염생식물 군락은 서식지의 위치에 따라

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

갈대 우점과 다른 염생식물 우점 식생대로 구분이 가능하다. 이들 여러 식생대 가운데 수생 식생대라 할 수 있는 잘피밭과 반수생 식생대라 할 수 있는 갈대밭과 주변 염생식물, 그리고 표면이 건조한 사구의 해안식물 식생대로도 구분된다.

우리나라에서는 지속적으로 해안이 개발됨에 따라 습지 식물이 서식하는 해안습지가 아예 사라지고 있거나 식물 서식 환경이 악화되고 있다. 인천시 남쪽 해안인 경우 인공해안이 전체 해안선의 80%를 차지하고 있으며, 현재 갈대밭이 있거나 염생식물이 자라는 곳은 상대적으로 개발이 어려웠던 바위해안과 연이어진 곳이나 개발이 안 된 내만 갯벌의 일부지역에서만 볼 수 있다. 그 면적은 전체 갯벌 면적의 1/20도 되지 않을 것이다. 미국 태평양 연안의 염습지는 면적에 있어서 갯벌 퇴적물 지대의 66%에 달하고 있어 (Zedler, 1996), 조차와 양국의 개발 정도를 감안하더라도 해안 식생대의 파괴는 심각한 것이다.

해안에서 식생대는 다른 저서동물들의 서식공간과 먹이자원을 제공하고 있을 뿐만 아니라 수질정화, 토양침식, 수자원 보호 등의 기능을 하고 있다 (Packham and Willis, 1997). 그래서 복원연구에서 습지 (wetland)를 식생대가 있는 지역으로만 한정하여 연구한 학자들도 있다 (Streever, 1999). 특히 갈대밭과 잘피 밭의 일차생산력[1]은 지구상의 가장 생산력이 높은 생태계와도 비견할만하다. 이들 생태계의 개략적인 특징은 다음과 같다. 우리나라 해안은 이들 식생대로 구성되어 있었으며, 현존하는 주요 지역은 <그림 3.4.2>에 나타내었다.

갈대와 염생식물 식생: 다년생 식물인 갈대는 해수와 담수가 만나는 하구를 서식지로 선호한다. 하구뿐만 아니라 해안 (특히 내만)에서 다른 염생식물과 함께 큰 군락을 형성한다. 그래서 우리나라 해안에서 가장 넓게 분포하는 식물이다. 자연하구에서 갈대밭이 수 ㎢의 넓은 공간에서 서식하는 것을 쉽사리 관찰할 수 있다. 현존량에 있어서 갈대의 지하부가 육상부의 두 배 이상을 차지하는데, 이 지하부는 토양의 침식을 막고 바다 쪽으로 흐르는 물 속에서 오염물을 정화하는 중요한 역할을 한다. 하구에서는 갈대가 절대 우점하는 군락을 형성하지만 일반 해안이나 내만에서는 주로 명아주과, 벼과[2], 지채과[3]의 식물들과 혼합하여 군락을 형성한다.

---

1) 생태계에서 생산자인 식물에 의해 이루어지는 무기물질에서 유기물의 생산. 기초생산이라고도 한다. 생태계는 생산자·소비자·분해자·무생물적 물질의 4요소로 이루어지는데, 이 계에 있어서 최초로 유기물의 생산을 하는 것은 생산자인 식물이다. 녹색식물은 독립영양을 하여 광합성에 의해 무기물에서 유기물을 합성한다. 생태계 전체로서의 생산력의 크기는 이 기초생산의 크기에 의존하며, 소비자나 분해자(환원자)에 의한 원형질의 생산은 일차생산에 의존한 재생산이라 한다. 일차생산은 방사성 동위원소인 탄소 14(^{14}C)를 이용하는 방법, 클로로필(엽록소)을 추출정량(抽出定量)하는 방법으로 측정한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

사구 해안식물 식생 : 해안사구도 해안습지 못지않게 훼손정도가 심각한데 전국 현황조사에 나타난 바에 의하면 133곳의 전국 해안사구 (섬 지역 제외) 가운데 86%인 114곳의 사구가 파괴되었거나 인위적으로 변형된 것으로 나타났다 (환경부, 2001). 사구도 전이대로 존재하면서 완충역할을 하고 야생동식물의 서식지 제공, 담수 저장원, 침식 방지 등 여러 기능을 가지고 있지만 식생대가 있어야 이러한 기능의 지속적인 제공이 가능하다. 식생대가 훼손되면 사구의 변형을 가져오고 그렇게 되면 육지와 해양과의 퇴적물 수급에 영향을 미쳐 해안에 문제를 야기할 수 있다. 사구와 이곳에 사는 해안식물 군락은 상호 의존적이다. 크게 개체군을 형성하는 식물들로는 사초류[1], 해당화, 순비기나무[2] 등이 있다.

거머리말 식생 (잘피밭): 수생 염생식물로는 우리나라에 두 종류가 있다. 거머리말류 (genus *Zostera*)와 말거머리말류 (genus *Phyllospadix*)가 있다. 하구나 갯벌 주변부에서 밭 (bed)을 형성하며 크게 군락을 이루는 종류는 모두 거머리말류에 속한다. 이들 식물은 저조선에서부터 수심 10m 전후까지 서식하는데 지형의 변화와 유기물 오염에 매우 약하다. 해안 개발이 적극적으로 시작된 1970년대 이후 사라지기 시작하여 남해안의 많은 서식지가 간척과 매립으로 사라졌거나 서식밀도가 크게 줄었다. 현재는 대규모이면서 비교적 자연적인 군락은 남해안의 극히 일부 지역과 서해안 일부 섬에 남아있는 셈이다. 세계 여러 나라들은 이 군락의 생태적 중요성과 보전의 시급성을 인정하여 국가적인 차원에서 보전과 복원 노력을 기울이고 있다 (Fonseca et al., 1998).

---

2) 외떡잎식물 벼목의 한 과. 화본과라고도 한다. 대부분 초본(草本)이지만 대나무와 같은 목본(木本)도 있다. 잎은 좁고 평행맥(平行脈)이 있다. 잎자루는 원대로 둘러싸고, 잎집으로 되지만 양쪽 가장자리가 합쳐지지 않고 위 끝에는 잎혀[葉舌]가 있다. 작은이삭[小穗]은 1개 또는 다수의 작은꽃으로 되며 원추꽃차례 또는 수상꽃차례에 달린다.

3) 외떡잎식물 소생식물목 지채과의 여러해살이풀갯벌이나 바닷가에서 무리지어 자란다. 뿌리줄기는 굵고 짧으며 튼튼한 뿌리가 나오고 오래 된 잎자루에서 남은 심유가 겉을 덮고 있다. 곧줄기는 곧게 서고 가지가 갈라지지 않으며 높이가 15~40cm이다. 잎은 뿌리에서 모여 나오고 줄 모양이며 길이가 10~30cm, 폭이 2~4mm이고 끝이 둔하며 밑 부분이 잎집이 된다. 잎집은 흰색의 막질(膜質:얇은 종이처럼 반투명한 것)이고 끝에 길이 3~5mm의 잎혀가 있다.꽃은 8~9월에 자줏빛이 도는 녹색으로 피고 잎 사이에서 나온 꽃줄기 끝에 수상꽃차례를 이루며 달린다. 작은꽃자루는 길이가 2~4mm이고, 꽃잎은 6개이며 타원 모양이고 2줄로 달린다. 수술은 6개이고 수술대는 없으며, 암술은 암술대가 매우 짧고 암술머리가 6개이다.

1) 외떡잎식물 벼목 사초과 사초속 식물의 총칭. 땅속 줄기가 있고 여러해살이풀이다. 열대에서 한대까지, 건조한 바위틈에서 습지에 이르기까지 널리 분포하지만 특히 온대지방 이상의 습지에서 자라는 것이 많다 줄기는 세모지며 속이 차 있다. 잎은 주로 뿌리에서 돋는다. 밀동의 암수는 대부분 갈색이거나 자줏빛을 띤 갈색이다.

2) 쌍떡잎식물 통화식물목 마편초과의 낙엽관목. 단엽만형(單葉蔓荊)·만형자나무·풍나무라고도 한다. 바닷가 모래땅에서 옆으로 자라면서 뿌리가 내린다. 거다란 군락을 형성하며 높이 20~80cm이다. 전체에 회색빛을 띤 흰색의 잔 털이 있고 가지는 네모진다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

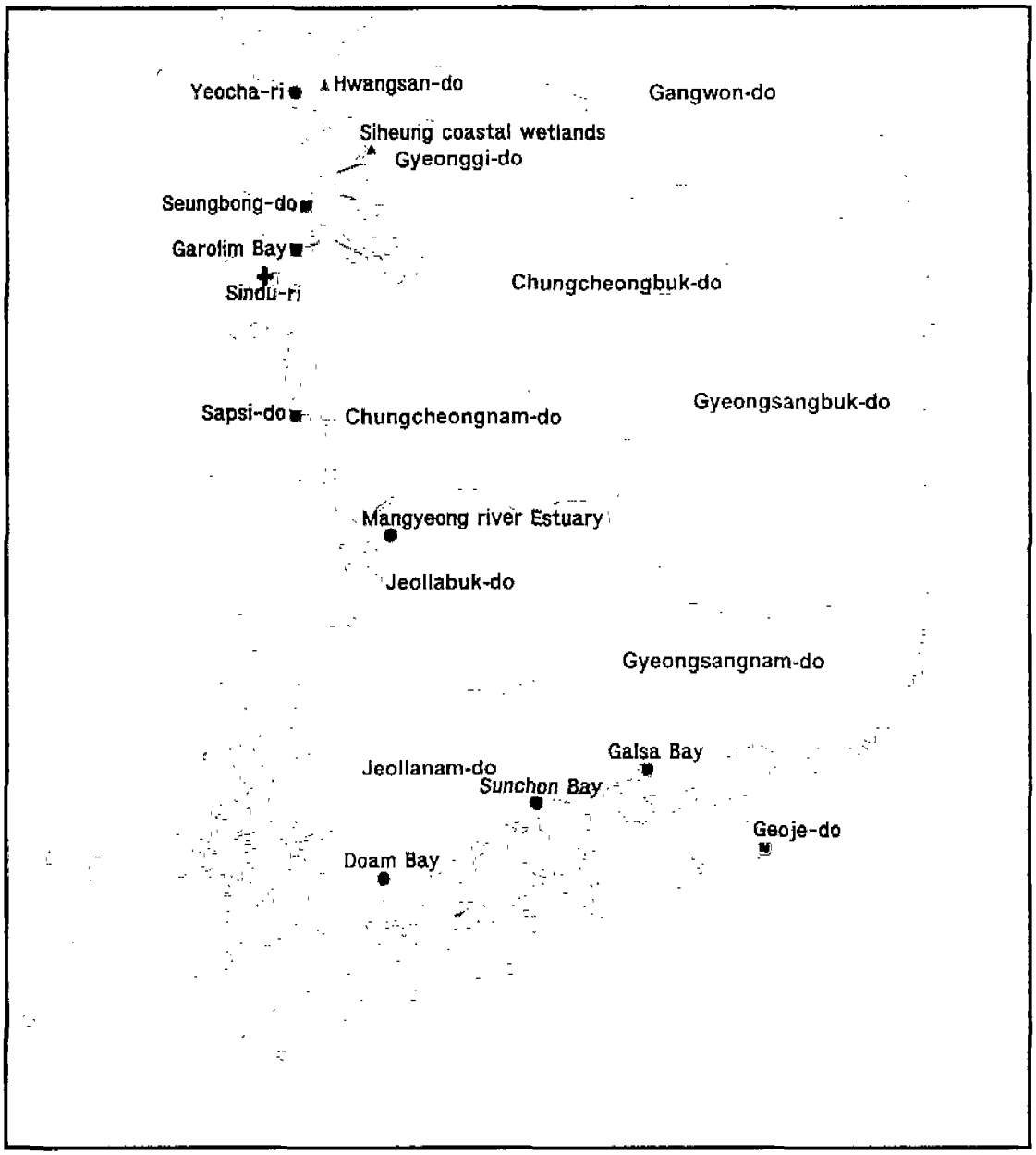


그림 해안 식생을 가진 주요 연안습지의 위치도

● 갈대 우점 습지 ▲ 염습지(명아주과 식물 우점)

■ 잘피 우점 습지 ✚ 사구

<그림 3.4.2> 해안식생을 가진 주요 연안습지의 위치도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 해안습지 유형별 환경 및 생태계 조사

가. 연구 조사지 선정

우리나라 해안에서 식생이 중심이 되는 습지생태계를 크게 해안의 갈대 우점 습지생태계, 내만의 거머리말 (잘피) 습지생태계, 그리고 사구 생태계로 구분하고, 아래의 여섯 지역을 선정하여 식생 유형별 습지생태계의 환경 및 생태계 조사를 수행하였다 (<그림 3.4.3>과 <그림 3.4.4>).

● 갈대 우점 습지생태계
  하구 습지 : 강화도 여차리와 순천만 갯벌
  해안 염습지 : 시흥갯벌과 호곡리 갯벌

● 거머리말 습지생태계 : 가로림만 독곶리 앞의 거머리말 군락

● 사구생태계 : 신두리 해안

연구 항목으로는 식생 분포 및 대형저서동물 분포 조사, 그리고 서식지 퇴적상 조사를 수행하였다. 이 중 강화도 여차리, 호곡리, 시흥갯벌의 갈대 우점습지, 그리고 가로림만의 거머리말 습지에서 퇴적상과 대형저서동물[1] 현장조사를 실시하였으며, 순천만과 신두리 습지는 기존에 조사된 대형저서동물의 분포 자료를 이용하였다. 식생의 분포는 시흥, 호곡리, 신두리에서 조사되었던 한국해양연구원의 기존 자료 (환경부, 1998-2001a)를 일부 수정 또는 변형하여 인용하고 비교하였다.

나. 연구방법

(1) 대형저서동물

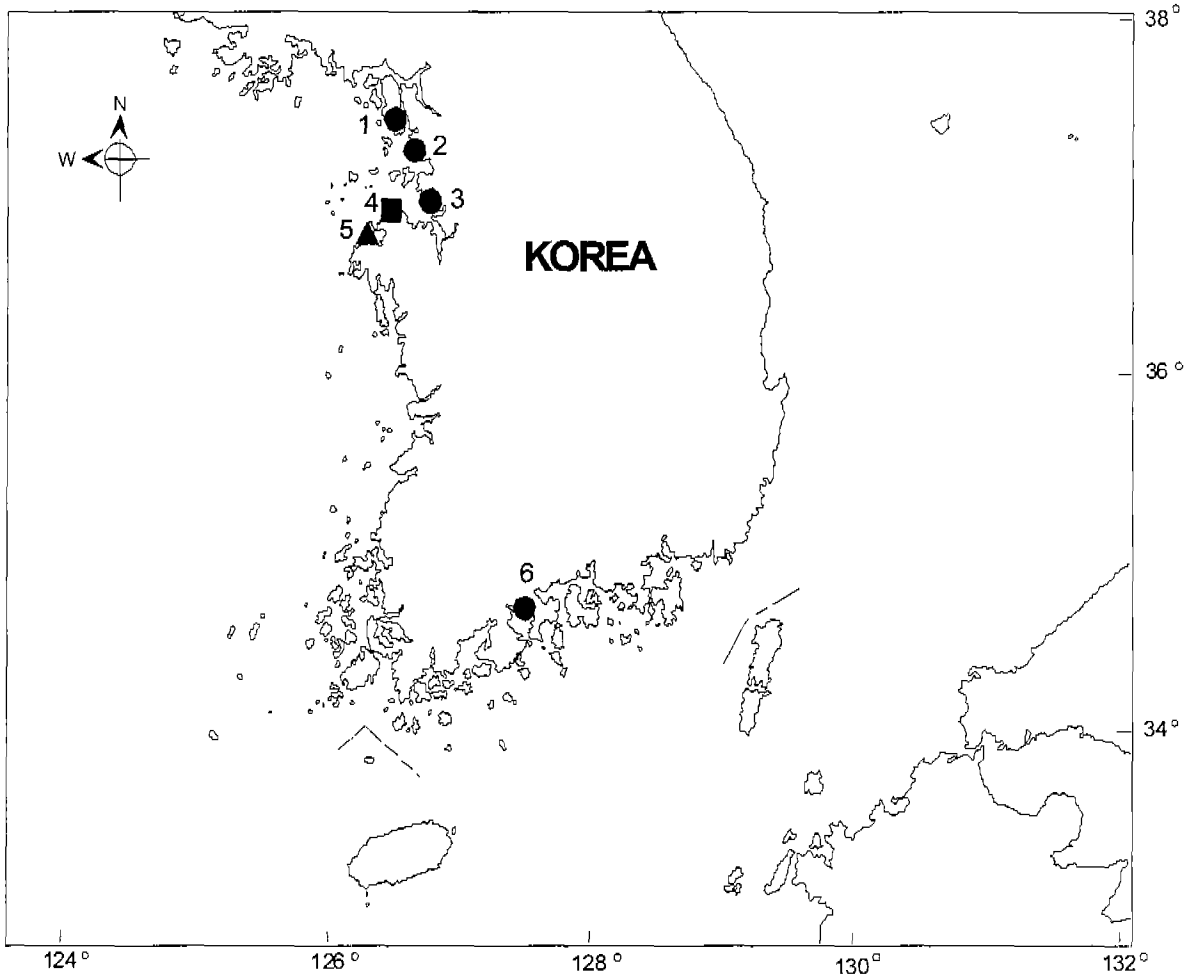
해안습지 조사지역의 정점별 대형저서동물의 채집에는 주상시료채니기[2] (can corer: 채집면적 0.026m^2)를 사용하였으며, 지역별 특성을 고려하여 반복채집 (2~5

1) 1mm 또는 0.5mm의 그물코에 걸리는 저서 동물로 고등류, 조개류, 갯지렁이류, 갑각류 등이 있다

2) 주상 채니기(柱狀採泥器:core corer)라고도 불리며, 어떤 한 지점의 퇴적물을 퇴적된 상태로 채집하는 기구로 중추식(重錘式) ·진공식 ·피스톤식이 있다. 오늘날 해양지질학의 연구에 이용되는 방식이다.

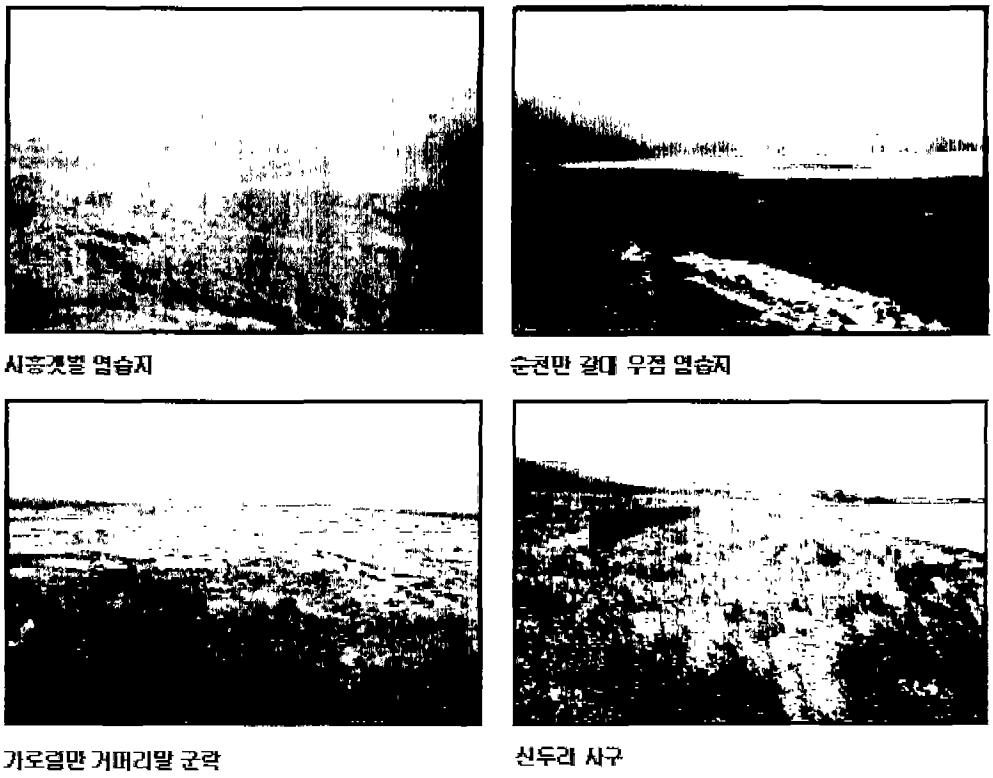
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

회)을 하였다. 채집된 시료는 현장에서 500μm 체에 걸렀으며, 체에 걸러진 저서동물은 현장에서 해수로 중화된 10% 포르말린용액으로 고정하였다. 채집된 저서동물은 실험실로 옮긴 후, 현미경 하에서 가능한 한 종 수준까지 동정하고, 종별로 계수하였다. 각 조사지역별 구체적인 연구방법은 해당지역의 조사지 개황에서 언급하였다.



<그림 3.4.3> 해안습지 유형별 생태계 조사지역; 원 (●), 삼각형 (▲), 사각형 (■)의 기호는 각각 갈대 우점 습지, 사구지역, 거머리말 습지 (1. 여차리 2. 시흥 3. 호곡리 4. 가로림만의 독곶리 5. 신두리, 6. 순천만).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.4> 우리나라 해안습지의 전형적인 식생대
경기도 시흥갯벌의 넓아주과 염생식물 우점 염습지 (왼쪽위),
전남 순천만의 갈대우점 염습지 (오른쪽 위)
충남 가로림만의 거머리말 식생대 (왼쪽 아래)
충남 신두리의 사구 해안 식물대 (오른쪽 아래)

대형저서동물의 군집 특성 파악을 위해 지역별 종수, 개체수, 종다양도지수[1] 등의 단변량적인 분석법과 아울러 각 지역별 우점종 분포 특성을 파악하였다. 이러한 자료를 기초로 지역간 대형저서동물의 군집 특성을 비교하기 위해 loge 변환시킨 개체수 자료를 simple matching coefficient를 이용하여 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하였다. 집괴분석에는 mvsp (ver. 3.1) 프로그램이 이용되었다.

1) 종구성의 다양한 정도와 우점치를 분석하기 위하여 수식을 이용하여 종다양도를 계산한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 환경조사

(가) 표층퇴적물 분석

현장에서 채취된 표층퇴적물은 약 5g을 1,000㎖ 비이커에 담아 조개껍질 등의 탄산염 성분 물질에 의한 오차를 없애기 위해 0.1N 염산 (HCl)으로 반응시켜 탄산염을 제거하였다. 또한 유기물을 제거를 위하여 10% 과산화수소수 (H_2O_2)로 24시간 이상 반응시켰다. 입도 분석이 준비된 시료는 4.0ø체를 이용하여 습식체질[1] (wet sieving)에 의해 조립질[2]과 세립질[3] 퇴적물로 분리하였다. 1.0ø이하의 모래 시료는 0.5ø 간격으로 Gradex 2000 입도 분석기 (Particle size analyzer)로 약 10분간 체질한 후 입도 등급별로 무게 백분율을 구하였다. 4ø이상의 펄 시료는 전체를 대표할 수 있는 시료 2g을 취해 80㎖의 0.1% calgon용액을 넣고 초음파 분쇄기[4]와 자기진동기로 시료를 균일하게 분산시킨 후, X-선 자동입도 분석기인 Sedigraph 5100을 사용하여 입도 무게 백분율을 구하였다. 입도별 무게 백분율은 Folk and Ward (1957)의 Inclusive Graphic Method에 의하여 평균입도, 분급도[5] 등의 통계변수들을 구하였으며, 입도의 명칭은 Folk (1980)의 방법을 따랐다.

---

1) 체질에는 보통 건식 체질방법과 습식체질 방법이 있다. 건식 체질은 퇴적물이 건조된 상태에서 입도분석을 하는 것이며, 습식체질은 건조된 퇴적물을 물을 이용해서 체에 거르는 방법이다. 입도가 20㎛ 이하가 되면 습식체질에 의하여 분리가 가능하다. 이때는 마치 체방을 통한 여과현상과 꼭 같아진다.

2) 개개의 광물 입자가 비교적 굵은 걸정질 암석이나 그 조직을 일컫는 말. 화성암의 경우 암석 조직이 5mm 이상의 광물 입자로 구성된 것을 말한다. 조립질이면서 광물입자의 크기가 모두 거의 같으면 조립등립질이라고 한다. 한편 개개의 구성 입자를 눈으로 관별할 수 있을 정도, 즉 평균 크기 2mm 이상의 입자들로 구성된 퇴적암이나 그 조직을 가리키는 용어로도 쓰인다.

3) 1㎜ 이하의 작은 결정으로 구성된 암석. 미그마가 시상으로 분출, 급격히 냉각·고결되어 육으로 식별할 수기 없을 정도로 결정이 더 작아지면 유리질이라 한다. 흔히 화산암에 잘 나타난다. 화산암에는 석기가 들어 있는데, 이 석기란 화산암의 반정(斑晶)을 둘러싸고 그 간극을 메우고 있는 미세한 결정의 세립질 또는 유리질 부분이다. 이러한 화산암의 특징적인 조직을 반상조직이라고 한다.

4) 초음파 분쇄기는 초음파 진동 소자에 의해 발생된 초음파를 조사하는 것으로, 초음파를 유체 내에 조사했을 때 발생하는 공동화 기포 내부의 온도와 압력은 각각 수천도, 수백기압에이르게 되며 그 기포들이 성장하여 폭발할 때의 고온, 고압의 충격파가 발생하며, 그것이 매우 높은 에너지원으로 작용하여 혼합이 되지 않는 다른 종류의 액체들을 혼합, 분산하거나 분쇄시키는데 사용한다

5) 퇴적물이 생길 때 입자가 같은 모양이나 크기로 나뉘는 작용. 도태(淘汰)라고도 한다. 매체(물이나 공기 등)의 유속(流速)이 일정해서 퇴적작용이 원활히 진행되면 분급이 잘 이루어진다. 일반적으로 물·공기 등의 유체 속에서 중력에 의해 침강하는 고체 입자는 주위의 유체로부터 그 침강에 저항하는 힘을 받는다. 이 저항력과 중력과의 균형에 의해 정해지는 입자의 평형침강속도(침강종말속도)는 다른 조건이 같으면 입자의 크기(지름)에 따라 정해진다. 따라서 퇴적물은 자연히 입자의 크기나 모양별로 따로따로 형성된다. 이것이 분급의 원리이다

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(나) 식생조사

해안습지의 식생은 단일 종이 우점하는 경우가 아닌 세 지역 (시흥갯벌, 호곡리 갯벌, 신두리 사구)을 대상으로 한국해양연구원에서 조사한 기존 자료 (환경부, 1998-2001a)를 이용하여 나타내었다.

다. 연구결과

(1) 강화도 여차리

(가) 조사지 개황

강화도 주변의 갯벌은 한강 수계와 예성강 하구에 위치한 우리나라의 대표적인 하구 (또는 염하구, estuary) 환경으로, 강돌에서 유입된 퇴적물이 담수와 해수의 순환에 의해 형성된 곳이다 (한국해양연구소, 1999d). 강화도 남단에 위치하고 있는 여차리 해안은 4km 이상의 넓은 갯벌이 펼쳐져 있는 곳으로, 조고 기준면이 평균해면하 약 4.57m로 약최저저조면에 해당하는 지역이다. 조석은 전형적인 일일 2주기를 보이며, 조금과 사리의 부등현상이 뚜렷한 곳이다. 최대조차는 약 8m 정도이며 극최대 조차는 10m, 최소조차는 약 4m를 보이는 지역이다 (한국해양연구소, 1999d).

1910년과 현재의 지형도를 비교해 보면, 일제시대 이후 계속된 간척사업으로 강화도 남부지역의 대단위 염습지는 대부분 사라진 상태이다 (한국해양연구소, 1999d). 강화도 여차리 갯벌의 상부지역에는 갈대가 우점하는 소규모의 염습지가 형성되어 있었으며(<그림 3.4.5>), 갈대습지 주변으로는 갯잔디[1]를 비롯한 염생식물 군락이 작은 패치 (patch)를 이루고 있었다. 갈대습지의 규모는 해안선과 수평으로 약 200m에 달하였으며, 폭은 최대 50m에서 최소 20m 정도로 분포되어 있었다. 이 지역은 대조기 (spring tide) 무렵에만 해수에 완전히 잠기는 조간대 최상부역에 해당하였다.

이곳 습지의 생태계 파악을 위해 2002년 10월에 <그림 3.4.6>에서 보이는 정점에서

1) 외떡잎식물 벼목 화본과의 여러해살이풀. 바닷가의 모래땅에서 자라며 소금기가 적은 곳에서 잘 자란다. 뿌리줄기가 옆으로 벋으면서 번식한다. 잎은 비스듬히 또는 곧게 서며 편평하거나 안으로 말린다. 잎 길이는 3~9cm, 나비 2~3mm로서 잎집에 긴 털이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

대형저서동물과 퇴적물을 채집하였다. 대형저서동물 및 퇴적상의 비교를 위해 식생이 존재하는 지역과 갯벌상에 각각 정점을 선정하였다. 식생대가 있는 정점 A1과 B1은 같은 조위에 위치하고 있으며, 갯벌상의 A2는 이 보다는 약 20m 하부에 위치하는 곳이었다. 그리고 갈대가 우점하는 지역의 상부에서부터 노출된 갯벌을 해안선과 수직으로 가로지르는 하나의 조사선을 정하고 10m 간격으로 4개의 정점 (N1~N4)을 선정하였다. 정점 A1에는 갯잔디를 비롯한 염생식물이 소규모의 패취를 이루고 있는 곳이었으며, 정점 B1은 갈대가 대부분의 식생을 구성하는 곳이었다. 이 중 대형저서동물의 채집은 A1, B1, A2에서 수행되었으며, 각 정점당 5회 반복채집을 하였다. 퇴적물 채집은 대형저서동물을 채집한 정점과 해안선으로부터 습지를 가로지르는 4개의 정점에서 추가로 행해졌다.

(나) 퇴적상

강화도 여차리는 갈대습지에서 3정점 (A1, B1, N1), 갯벌에서 4정점 (A2, N2, N3, N4)에서 표층 퇴적물을 채취하여 분석하였다. 갈대습지의 A1 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 5.66ø인 모래실트 (sZ)였으며, B1 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 4.14ø인 자갈이 약간 함유된 펄모래 ((g)mS) 퇴적상을 보였다. N1 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 5.05ø인 자갈이 약간 함유된 모래펄 ((g)sM) 퇴적물이었다 (표 3.2.5). 갯벌의 A2, N3 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 약 7.8ø인 펄 (M)이었으며, N2 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 7.37ø인 모래펄 (sM)이었으며, N4 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 7.59ø인 자갈이 약간 함유된 모래펄 ((g)sM) 퇴적물이었다. 갈대습지와 갯벌의 퇴적물을 비교하면 모래의 함량은 갈대습지가 갯벌에 비하여 상대적으로 많았으며, 평균입도는 갯벌이 갈대습지 보다 상대적으로 세립하였다. 분급도는 양쪽 지역 모두 매우 불량하였다.

(다) 대형저서동물

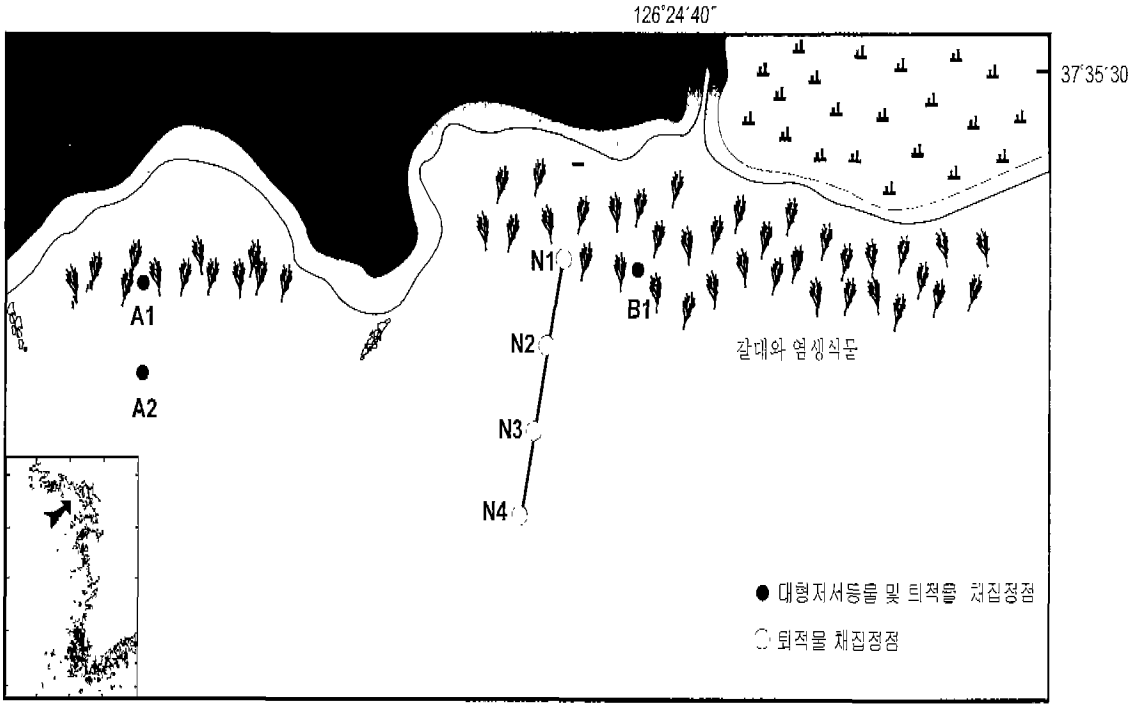
① 종조성 및 개체수 분포

강화도 여차리 습지에서 출현한 대형저서동물은 연체동물이 분류군별 출현 개체수면에서 가장 우점하는 분류군이었다 (146개체/0.13m^2). 특히 습지의 정점 A1과 B1에서 연체동물의 출현빈도가 높게 나타났다. 한편, 갯벌상의 정점 A2에서는 갑각류의 출현빈도 (60%)가 상대적으로 높았다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.5> 강화도 여차리의 갈대 우점 염습지의 전경



<그림 3.4.6> 강화도 여차리 갈대 염습지의 대형저서동물과 표층퇴적물 조사 정점도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.5> 강화도 여차리의 표층퇴적물 특성

Station	Composition (%)				Sediment Type	Statistical Parameters			
No.	Gra.	Sand	Silt	Clay	by Folk	MZ(Φ)	St.De.	Skew.	Kurt.
A1	0.00	35.03	44.95	20.02	sZ	5.66	3.09	0.11	0.97
A2	0.00	5.30	53.40	41.29	M	7.80	2.37	0.14	0.73
B1	2.69	50.04	33.55	13.73	(g)mS	4.14	3.21	0.29	0.99
N1	0.65	41.34	42.86	15.15	(g)sM	5.05	2.70	0.23	1.02
N2	0.00	14.58	44.62	40.80	sM	7.37	2.88	-0.04	0.78
N3	0.00	7.25	50.07	42.68	M	7.86	2.48	0.06	0.74
N4	0.88	7.06	55.39	36.66	(g)sM	7.59	2.55	0.17	0.82

정점별 출현개체의 무게로 나타낸 생물량은 평균 15.6g/0.13m^2 이었으며, 갑각류가 대부분의 생물량을 차지하고 있었다. 정점 A1에서는 연체동물의 생물량도 상대적으로 높게 나타났다 (<그림 3.4.7>).

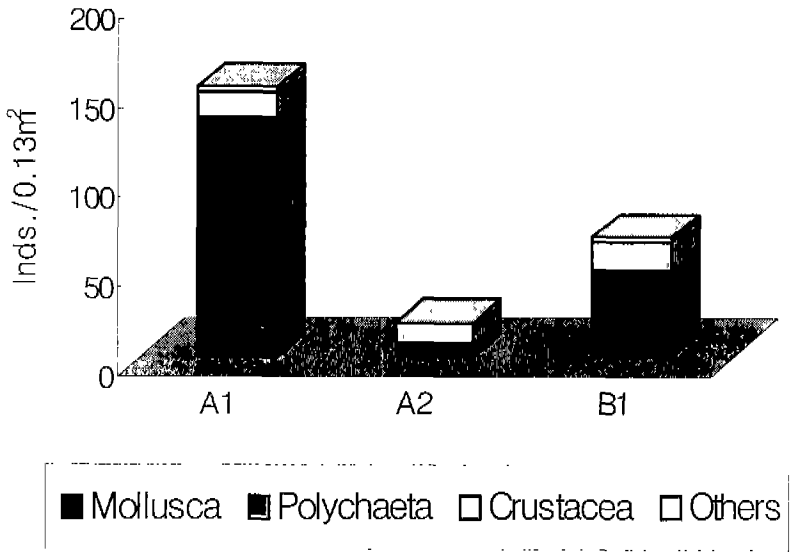
여차리 습지의 세 정점에서 출현한 저서동물은 전체 13종, 226 개체였다. 이들이 세 정점에서 차지하는 평균 서식밀도는 75개체/0.13m^2 이었다. 출현 종수 면에서는 정점별 6~10종/0.13m^{2}의 분포 범위를 보였으며, 개체수 분포는 20~146개체/0.13m^{2}로 정점간의 편차가 심하였다. 노출된 갯벌상에 위치한 곳보다는 식생이 존재하는 지역에서 개체수가 많았으며, 특히 갯잔디를 비롯한 염생식물이 패치를 이루었던 정점 A1에서 가장 많은 개체수가 출현하였다 (146개체/0.13m^2). 출현 종수 면에서는 이와는 달리 정점 A1과 A2에서 각각 6종이 출현한 반면, 갈대가 우점하는 B1 정점에서는 10종/0.13m^{2}이 출현하여 상대적으로 많은 종이 출현하였다 (<그림 3.4.8>). 종다양도지수 (species diversity index; H′)와 균등도지수 (eveness index; J)는 갈대군락지에서 가장 높았으며, 출현개체수가 가장 많았던 정점 A1에서 가장 낮았다 (<그림 3.4.9>).

② 우점종 분포 및 군집구조

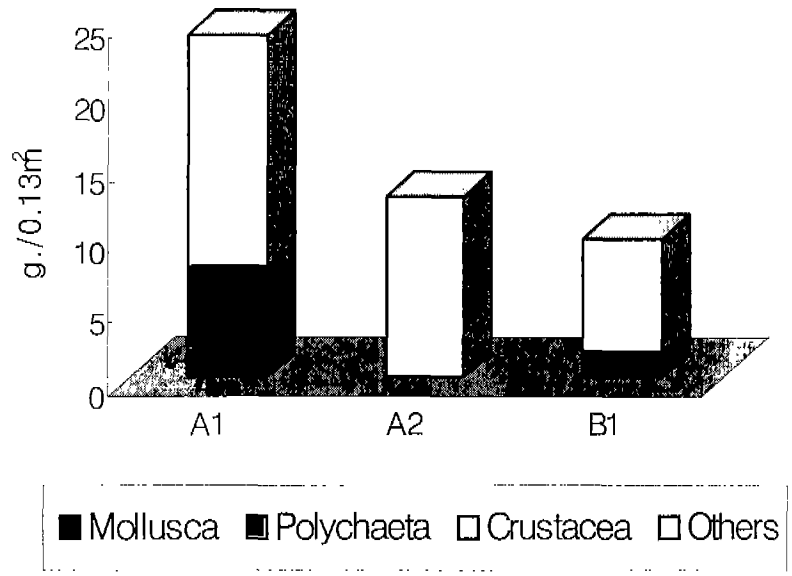
세 정점에서 가장 우점한 종은 전체 출현 개체수의 44.2%를 차지한 갈색새알조개 (*Glauconomya chinensis*)였으며, 이들의 평균서식밀도는 33.3개체/0.13m^{2}이었다 (<표 3.4.6>).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

1) Abundance

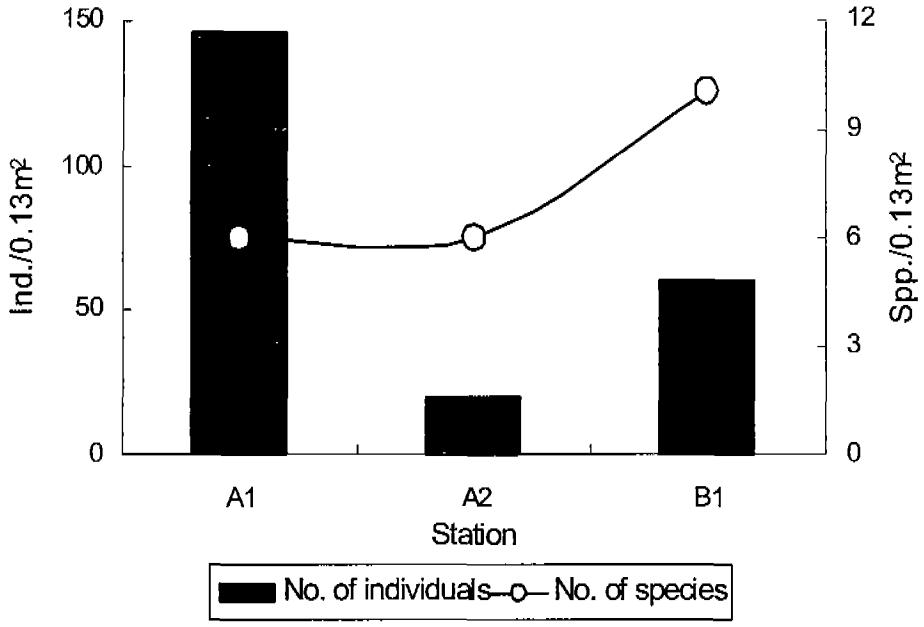


2) Biomass

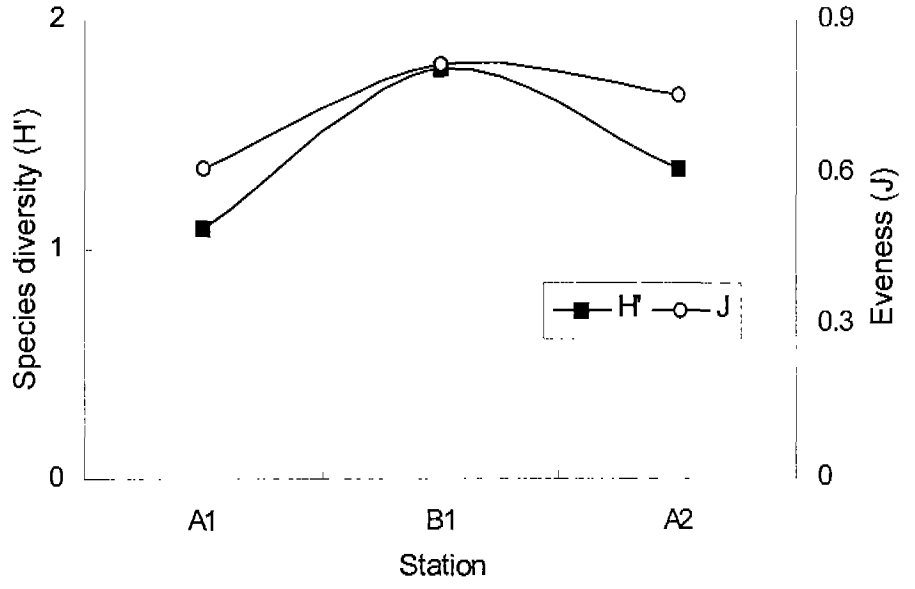


<그림 3.4.7> 여차리 갈대 염습지에서 출현한 저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.8> 여차리 갈대 염습지에서 출현한 저서동물의 정점별 출현 종수 및 개체수 분포.



<그림 3.4.9> 여차리 염습지의 정점별 종다양도지수와 균등도지수의 분포.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다음으로는 17.3%를 차지한 기수우렁이 (*Assiminea japonicus*)였으며, 상위 두 종이 전체 출현개체수의 62%를 차지하는 군집특징을 보였다. 특히 이 두 종은 염생식물이 패치를 이루었던 정점 A1에만 제한적으로 출현하는 양상을 보였다. 한편 갈대가 우점하는 식생대를 보인 정점 B1에서는 참갯지렁이 (*Neanthes japonica*), 버들갯지렁이류인 *Heteromastus filiformis*와 *Mediomastus californiensis*가 대부분의 개체수를 차지하고 있었다. 노출된 갯벌상의 정점 A2에서는 칠게(*Macrophthalmus japonicus*)가 우점 하는 특징을 보였다.

<표 3.4.6> 여차리 염습지에서 출현한 저서동물 우점종 현황

Species	Faunal group	Total abundance	Mean density (ind./0.13m^2)	Percent occurrence (%)
Glauconomya chinensis	Mo	100	33.3	44.2
Assiminea japonica	Mo	39	19.5	17.3
Neanthes japonica	Po	25	12.5	11.1
Macrophthalmus japonicus	Cr	21	10.5	9.3
Heteromastus filiformis	Po	8	4.0	3.5
Mediomastus californiensis	Po	7	3.5	3.1
Cleistostoma dilatatum	Cr	7	7.0	3.1
Helice tridens tridens	Cr	7	2.3	3.1

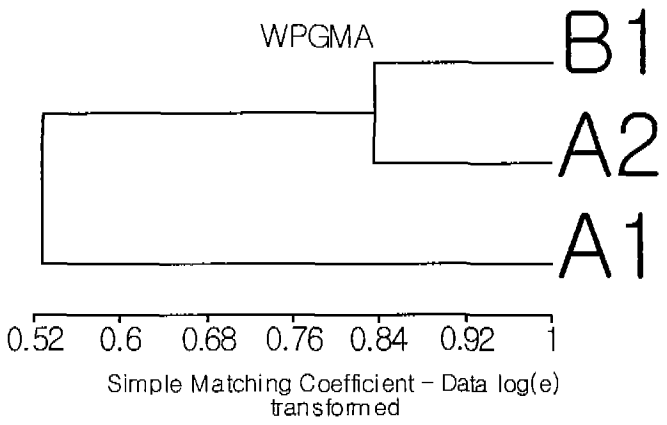
집괴분석 결과, 정점 A1과 두 정점이 simple matching 계수 0.5에서 일차적으로 구분되었으며, B1과 A2 간에는 계수값이 약 0.8 정도로 상대적으로 유사한 구조를 보였다 (<그림 3.4.10>).

(2) 시흥갯벌의 갈대습지

(가) 조사지 개황

경기도 시흥시 소래포구 북동쪽에 위치하고 있는 시흥 갯벌 중 갈대가 우점하면서 조간대의 길이가 상대적으로 긴 습지를 선택하여 대형저서동물, 식물상 그리고 퇴적환경을 조사하였다. 시흥갯벌에는 지천의 양안에 높이 약 3m의 제방이 축조되어 있었고, 제방의 내측에는 폐염전이 있었다. 갯벌에는 간혹 펄 (니질)로 축조한 작은 제방이 높이 1m, 폭 3m 크기로 마치 언덕처럼 분포하고 있었다. 식생이 형성된 곳은 대조시만 제외하면 만조시도 해수에 잠기지 않는 곳이었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.10> 여차리 염습지에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram).

이곳 습지의 생태계 파악을 위해 2002년 9월에 <그림 3.4.11>의 다섯 정점에서 대형저서동물과 퇴적물을 채집하였다. 정점은 해안에서 수직으로 조간대 하부까지 설정하였으며, 정점은 해안으로부터 10m 지점 (정점 1)에서 출발하여 100m 간격으로 최하부의 400m (정점 5)까지 설정하였다. 정점 1이 위치한 곳은 제방에서 갯벌로 연결되는 상부의 지역으로 이곳에는 갈대가 서식하는 곳이었다. 정점 2와 3 지역에는 갈대의 피도가 낮은 반면 해홍나물이 많았다. 정점 4는 염생식물 분포의 하한선에 위치하였으며, 정점 5는 갯골 (tidal creek) 상에 위치하였다. 각 정점별로 주상시료채니기를 이용하여 2개의 시료를 취하였다. 퇴적물은 대형저서동물 정점과 동일한 곳을 선정하여 채집하였다.

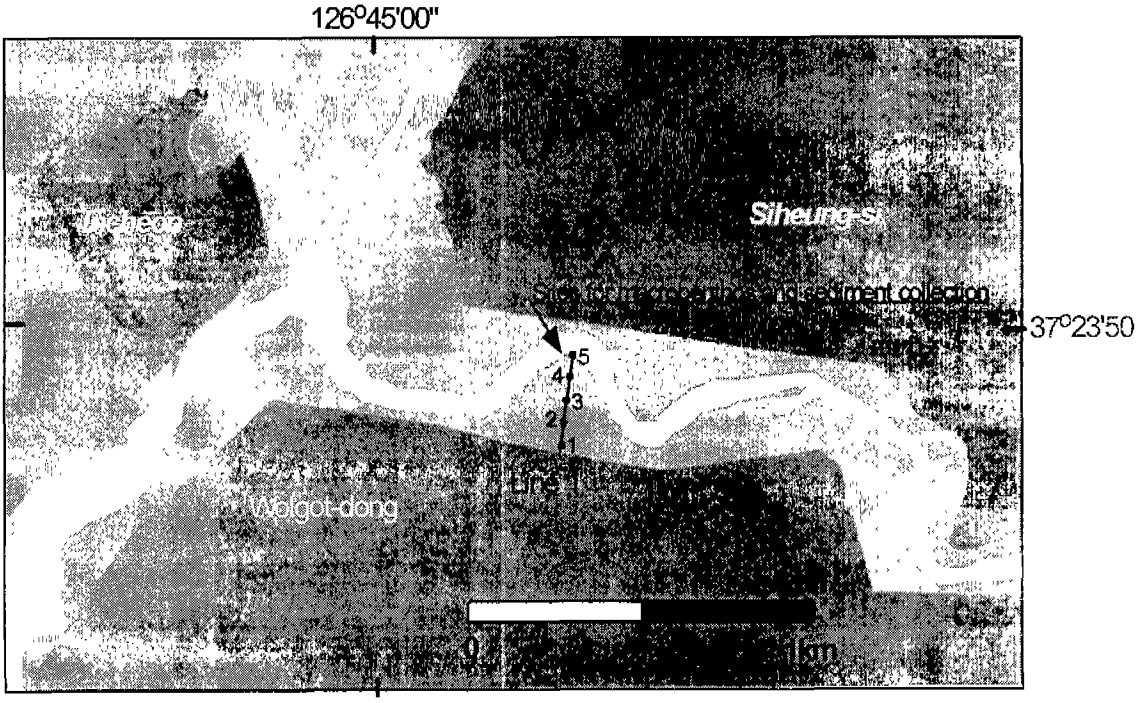
(나) 식생

시흥갯벌 염습지의 주요 구성종은 해홍나물이었며, 이외에 비쑥, 갯개미취, 갈대, 모새달, 천일사초 등이 생육하고 있었다 (<그림 3.4.12>). 수로의 사면부분에는 전혀 식물이 없었다. 식생이 있는 지역에서 식생의 구조는 상대적으로 낮은 지역에 해홍나물이, 다소 높은 지역에는 비쑥과 갯개미취가 분포하였으며, 작은 제방을 중심으

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

로 모새달과 갈대가, 과거 염전으로 사용하였던 지역과의 경계인 제방의 하부에는 천일사초, 갈대, 모새달이 지역에 따라 순군락을 형성하거나 혹은 혼생하고 있었다.

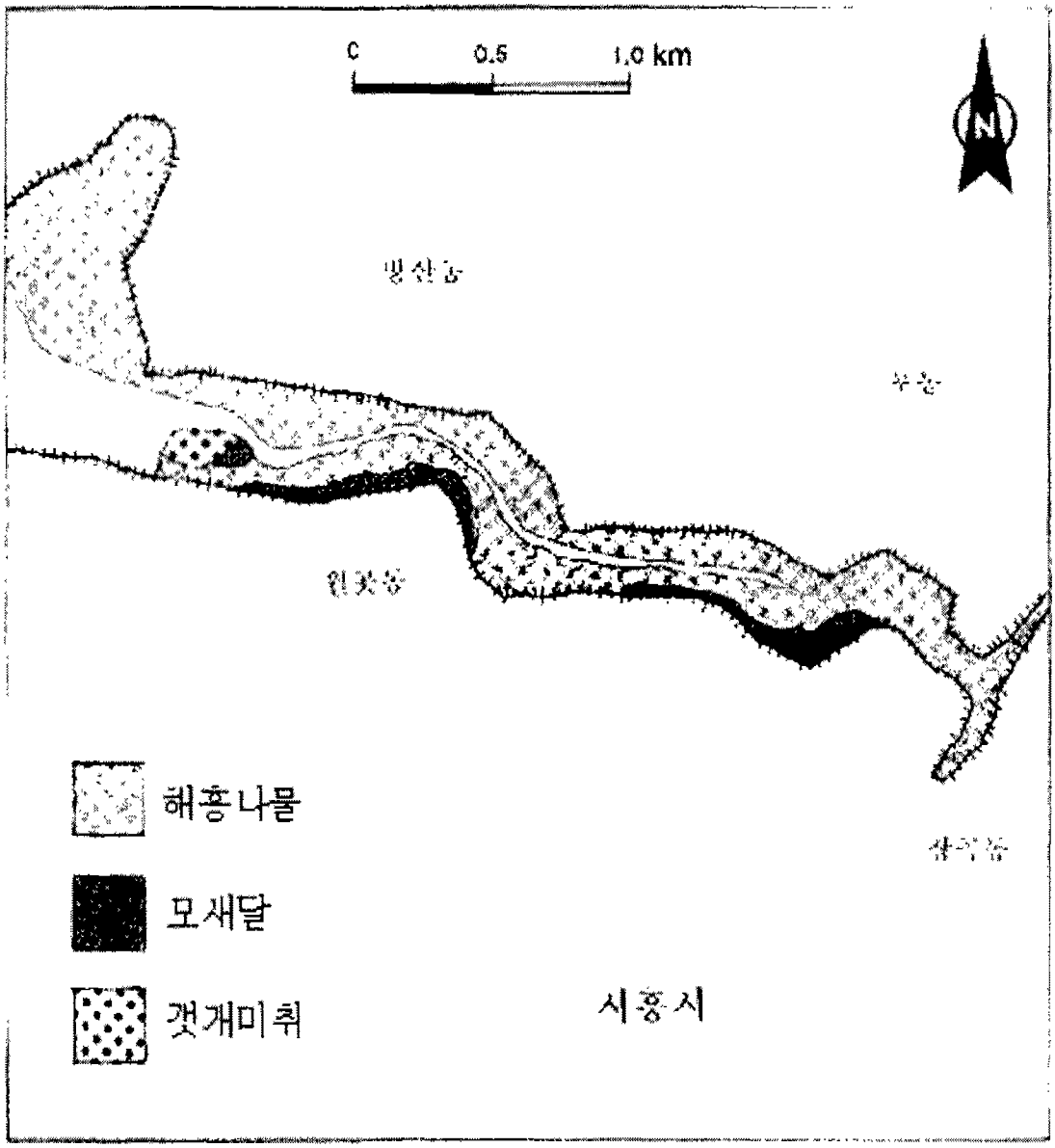
식생이 있는 지역은 만조 시 해수에 잠기지 않거나 극히 짧은 기간만 잠기므로 해수의 침수에 의한 피해가 거의 없으며, 저토 내에는 충분한 수분이 공급되어 염생식물이 생육하기에 유리한 조건을 갖추고 있었다. 또한 매년 식물로부터 공급되는 유기물과 여기에 서식하고 있는 갑각류가 저질 내에 구멍을 형성하여 공극량[1]을 증가시켜 근계의 통기성을 높임으로써 식물에게 매우 유리한 환경을 제공해 주고 있기 때문으로 생각되었다. 또한 저질의 표면은 갑각류에 의해 작은 요철이 생김으로써 해홍나물이나 갯개미취의 종자가 발아하는데 매우 유리하게 작용하였다.



<그림 3.4.11> 시흥갯벌의 대형저서동물과 표층퇴적물 채집 정점도.

1) 암석 속에서 비어 있는 부분. 간극(間隙)량이라고도 한다. 석회암·고회암 등이 공극이 많은 암석이다. 암석의 전체 부피에 대한 공극의 부피를 백분율로 나타낸 것을 공극률이라고 하는데, 공극률이 높다는 것은 입자가 고르다는 것을 나타낸다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.12> 시흥갯벌의 식생 분포도. 해홍나물 우점지역에는 퉁퉁마디가, 모새달과 해홍나물 분포대 사이에는 갈대, 천일사초 등이 혼생하였음.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(다) 퇴적상

시흥갯벌에서는 제방에서부터 수로를 향하여 5정점에서 표층퇴적물을 채취하여 분석하였다. 시흥갯벌의 표층퇴적물 특성은 <표 3.4.7>에 나타내었다. 제방에서부터 중간 정점 3 까지는 분급이 매우 불량한 평균입도 7.47 - 7.62ø인 펄 퇴적물이었다. 수로에 가까운 정점 4와 5는 분급이 매우 불량한 모래실트 퇴적물이며, 평균입도는 6.55ø와 5.39ø 이었다. 표층퇴적물은 제방에서 수로를 향하여 조립해지며 모래의 함량이 1%에서 30%까지 증가하였다.

<표 3.4.7> 시흥갯벌의 표층 퇴적물 특성

Station	Composition (%)				Sediment Type	Statistical Parameters			
No.	Gra.	Sand	Silt	Clay	by Folk	MZ(‰)	St.De.	Skew.	Kurt.
1	0.00	1.04	63.20	35.76	M	7.62	2.20	0.34	0.73
2	0.00	1.23	64.86	33.91	M	7.47	2.20	0.36	0.73
3	0.00	1.08	62.04	36.88	M	7.56	2.30	0.30	0.69
4	0.00	11.07	65.00	23.93	sZ	6.55	2.41	0.49	0.96
5	0.00	30.28	53.47	16.24	sZ	5.39	2.46	0.35	1.29

(라) 대형저서동물

① 종조성 및 개체수 분포

분류군별 출현 개체수면에서는 갯지렁이류가 우점하는 분류군이었으나, 이는 하부에만 집중되어 출현하였다. 상부에서는 연체동물이 가장 높은 밀도를 보였으며, 갑각류는 하부로 가면서 점차 증가하는 경향을 보였다 (<그림 3.4.13>). 정점별 출현개체의 무게로 나타낸 생물량은 평균 9.3g/0.05m^2 이었으며, 갑각류와 갯지렁이류가 대부분의 생물량을 차지하고 있었다. 생물량의 분포는 하부로 가면서 점차 증가하는 양상을 보였으나, 정점 4 에서는 극히 낮은 생물량 분포를 보였다.

다섯 정점에서 출현한 저서동물은 총 177 개체였으며, 이들의 평균 서식밀도는 35

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

개체/0.05m^2 이었다. 정점 5를 제외한 모든 정점은 대조기 (spring tide) 때 극히 짧은 시간동안만 해수에 잠기는 지역이라 해양성 저서동물의 출현 개체수는 정점 5에 비해 상당히 적었다. 정점 5의 출현 개체수는 111개체/0.05m^{2}로 나머지 정점의 약 5~10배에 해당하는 개체수밀도를 보였다 (<그림 3.4.14>). 출현종수는 정점별로 4~8종/0.05m^{2}의 분포를 보였으며, 최하부의 수로 근처에서 상대적으로 많은 종이 출현하는 양상을 보였다.

종 다양도지수와 균등도 지수도 하부로 가면서 증가하는 양상을 보였으나, 정점 2에서 두 지수의 값이 정점 3에 비해 높은 값을 보였다 (<그림 3.4.15>).

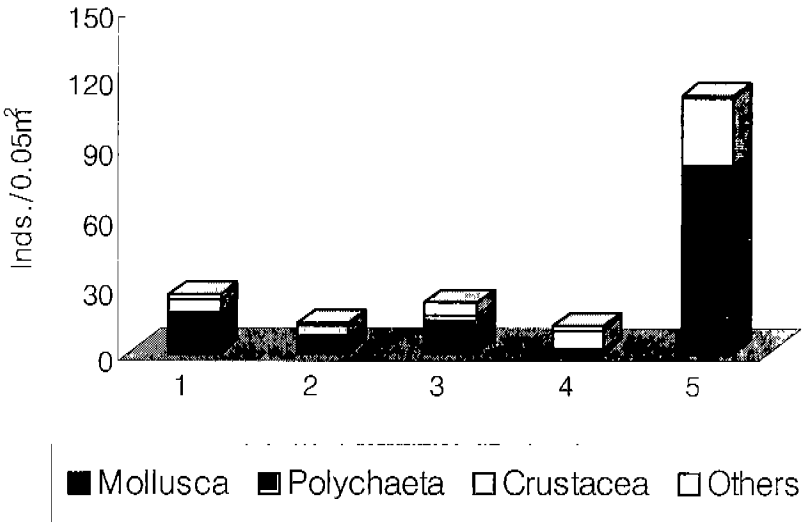
② 우점종 분포 및 군집구조

시흥갯벌에서 출현한 저서동물 중 최 우점 종은 전체 출현 개체수의 22.6%를 차지한 참갯지렁이 (*Neanthes japonica*)였다. 이 종을 포함한 *Capitella capitata*와 *Polydora ligni* 등의 갯지렁이류와 칠게, 펄털콩게 (*Ilyoplax pingi*)는 하부인 정점 5에서만 제한적으로 출현하고 있었다 (<그림 3.4.16>). 다음으로는 21.5%를 차지한 빨간기수우렁이 (*Assiminea latericea*)였으며, 이 종은 갯벌의 모새달 (*Phacelurus latifolius*)과 갈대 (*Phargmites communis*) 그리고 해홍나물 (*Suaeda maritima*) 등의 식생대가 존재하는 상부와 중부에만 국한된 분포 특징을 보였다. 이 밖에 가지게 (*Sesarma plicatum*), 사각게 (*Sesarma pictum*), 세스랑게 (*Cleistostoma dilatatum*) 등의 게류 들도 상부와 중부에서 우점종으로 출현하고 있었다.

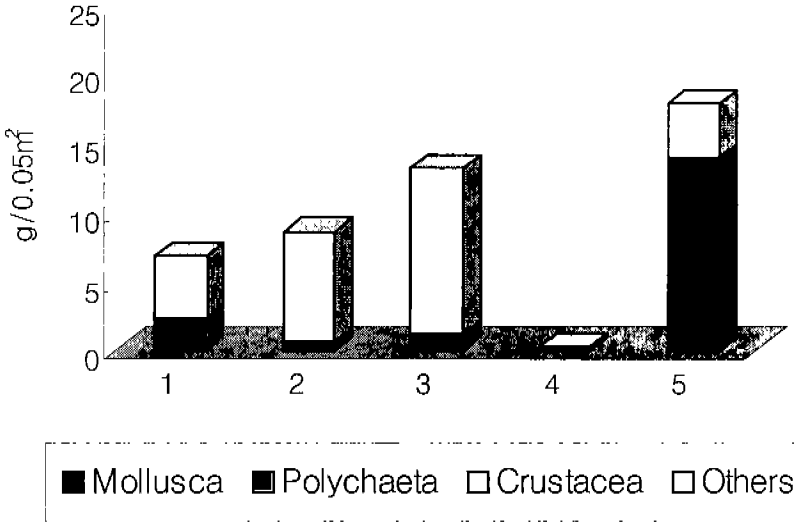
시흥갯벌의 정점별 저서동물 군집분석 결과 수로에 위치한 정점 5와 식생대가 존재하는 나머지 정점들이 simple matching coefficient 약 0.64에서 일차적으로 구분되었다 (<그림 3.4.17>). 그리고 식생대가 존재하는 지역의 정점 간에는 상대적으로 유사성이 높았으며, 특히 정점 1과 3의 군집 간에는 0.8 정도의 유사도 계수 값을 보였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

1) Abundance

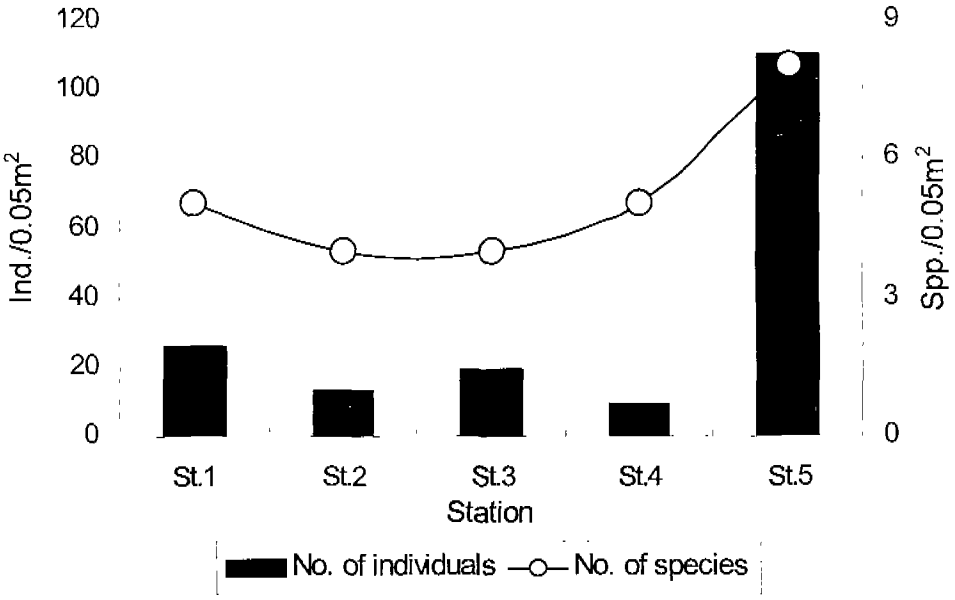


2) Biomass

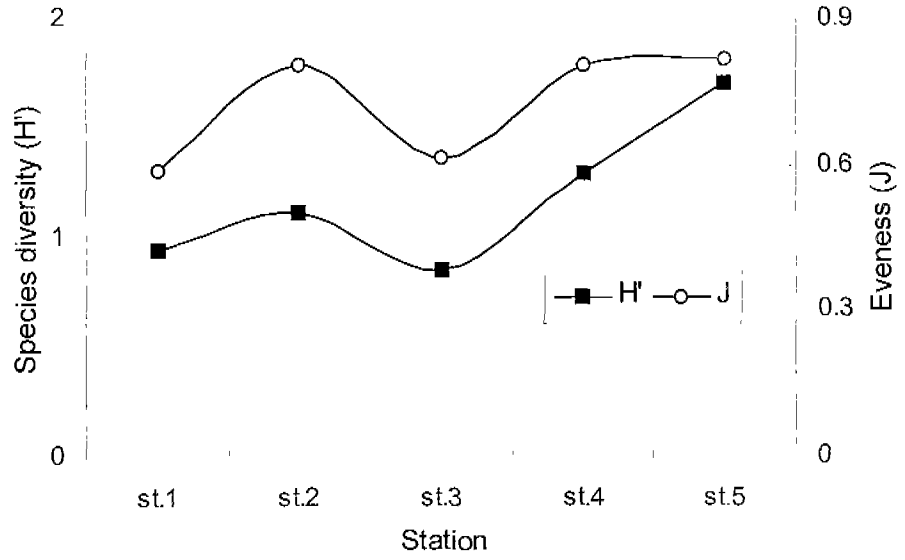


<그림 3.4.13> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

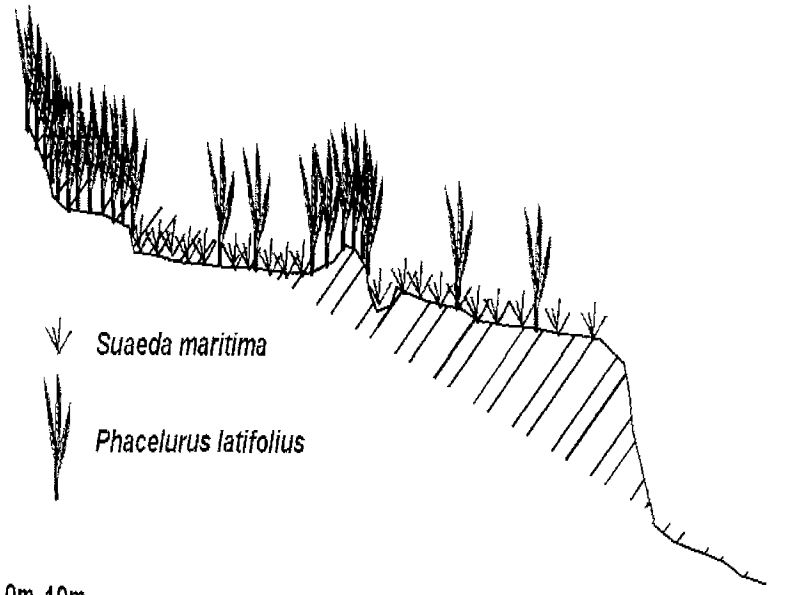


<그림 3.4.14> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 정점별 출현종수 및 개체수 분포.



<그림 3.4.15> 시흥갯벌에서 출현한 대형저서동물의 정점별 종다양도지수 (H′) 및 균등도지수 (J)의 분포.

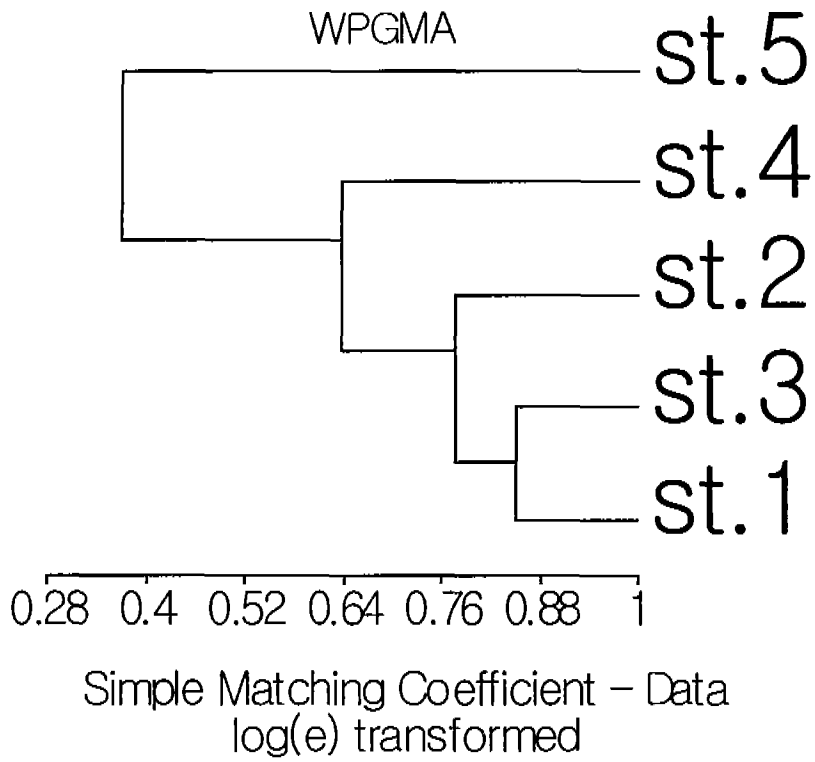
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
Species number (spp./0.05m^2)	5	4	4	5	8
Mean density (ind./0.05m^2)	26	13	19	9	110
species diversity (H')	0.948	1.119	0.854	1.303	1.713
Dominant species (ind./0.05m^2)					
Capitella capitata					17
Neanthes japonica					40
Polydora ligni					18
Assiminea latericea	18	6	14		
Macrophthalmus japonicus					13
Ilyoplax pingi					15
Sesarma plicatum				5	
Sesarma pictum	5				
Cleistostoma dilatatum		5			

<그림 3.4.16> 시흥갯벌에서 출현한 저서동물의 생태학적 특징 및 우점종 분포 양상.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.17> 시흥갯벌에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram)

(3) 호곡리 습지

(가) 조사지 개황

호곡리 습지는 경기도 화성군 우정면 호곡리에 위치하며, 군사보호 지역으로서 넓은 갯벌이 잘 보호되어 있었다. 그러나 최근 들어 화옹방조제가 완공되면서 급격한 환경 변화가 진행되고 있는 곳이었다.

조사지역은 남양만의 동쪽해안에 위치하고 있으며 비교적 자연적인 해안습지의 유

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

형을 보이고 있으나, 갯벌로 유입되는 하천의 규모가 작은 관계로 갈대군락은 해안선을 따라 좁게 형성되어 있어 규모는 순천만에 비하여 아주 작은 편이였다 (<그림 3.4.18>). 습지 식생은 갈대가 주요 구성종이며 칠면초 등이 혼생하며 염생식물과 중성식물이 혼합되어 나타났다. 호곡리 습지의 면적은 약 27,166m^2이였다. 이 지역은 해안을 따라 설치된 철조망 때문에 사람의 출입이 제한되어 비교적 자연 상태를 유지하였으나, 2002년 화옹방조제 완공으로 바닷물의 유입이 극히 제한되고 있는 지역이었다. 이에 따른 수리 환경 및 식생의 큰 변화가 예상되는 지역이었다.

2002년 10월 이 지역의 생태 파악을 위해 현장조사를 수행하였다. 이 지역은 조사 당시 화옹방조제의 완공으로 인해 해수가 조사지역의 염습지까지 도달하지 않는 상황이었다. 그래서 게류를 제외한 대부분의 해양생물이 사라지고 없었다. 이러한 이유로 대형저서동물 채집에는 게류만을 대상으로 한 방형구 (Qudrat; 채집면적이 1m^2) 조사를 실시하였다. 방형구 조사는 정점 B1과 N3에서 실시하였다 (<그림 3.4.19>). 표층퇴적물 시료는 9개의 정점에서 채집하여 분석하였다.

(나) 식생

이 지역의 식생은 매우 복잡하며 해안선을 따라 좁게 형성되어 있는 것이 특징이었다. 북부의 펄로 구성된 지역에는 해안식생이 5m 정도로 빈약한데 주요 구성종은 갈대, 천일사초, 갯잔디, 해홍나물, 방식나물, 지채 등이었으며, 이들은 직경 3~5m의 패취 (patch)를 형성하고 낮은 구릉지의 리기다소나무림과 연결되어 있었다 (<그림 3.4.20>). 중부는 폭 10m 정도의 사구가 만조선 근처에 길이 약 500m 정도 형성되어 있으며, 사구의 평균 경사는 5°이상이었다. 이 지역에는 갈대가 대부분의 면적을 차지하였으며, 내륙으로 이행하면서 방석나물, 나문재 및 갯메꽃이 생육하였다. 식생이 형성된 곳의 폭은 지역에 따라 일정하지 않으나 약 30~50m였다. 남부는 조간대와 육상이 일정한 경사로 연결되어 있었다.

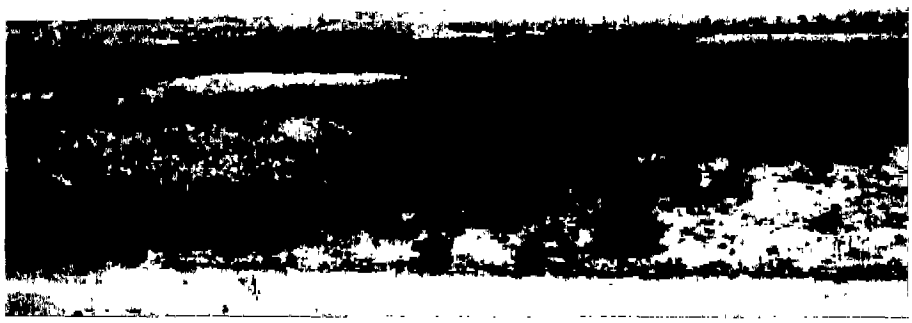
식생이 형성되어 있는 지역의 폭은 최대 약 90m였다. 주요 구성종은 갈대였으며, 이 군락 내에 천일사초, 방석나물, 해홍나물, 지채 등이 혼생하고 있었고, 육상에는 나문재, 갯질경, 비쑥 등의 염생식물과 돼지풀, 망초, 강아지풀 등의 중성식물이 생육하였다. 이 지역은 염생식물군집으로부터 중성식물군집으로 자연적인 이행대를 보이고 있는 것이 특징이었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

즉, 해안선의 식생이 단절되지 않은 상태로 존재하였다. 따라서 자연성이 대단히 높은 지역으로 원식생 (prototype)으로 간주하여도 무방하며 보존을 하기 위해서는 향후 이 지역에 대한 정밀조사가 필요할 것으로 생각되었다. 일부 해안은 모래로 되어 있고 여기에는 갯댑싸리, 좀보리사초, 수송나물 등의 사구성 식물도 생육하고 있기 때문에 종다양성이 대단히 높은 지역이었다. 한 가지 단점은 귀화종인 돼지풀이 육상에 생육하고 있는 것으로 보아 교란을 받고 있다는 것이었다. 그리고 주변에 농경지가 있어 교란지형 식물종이 침입하기 쉬웠다.

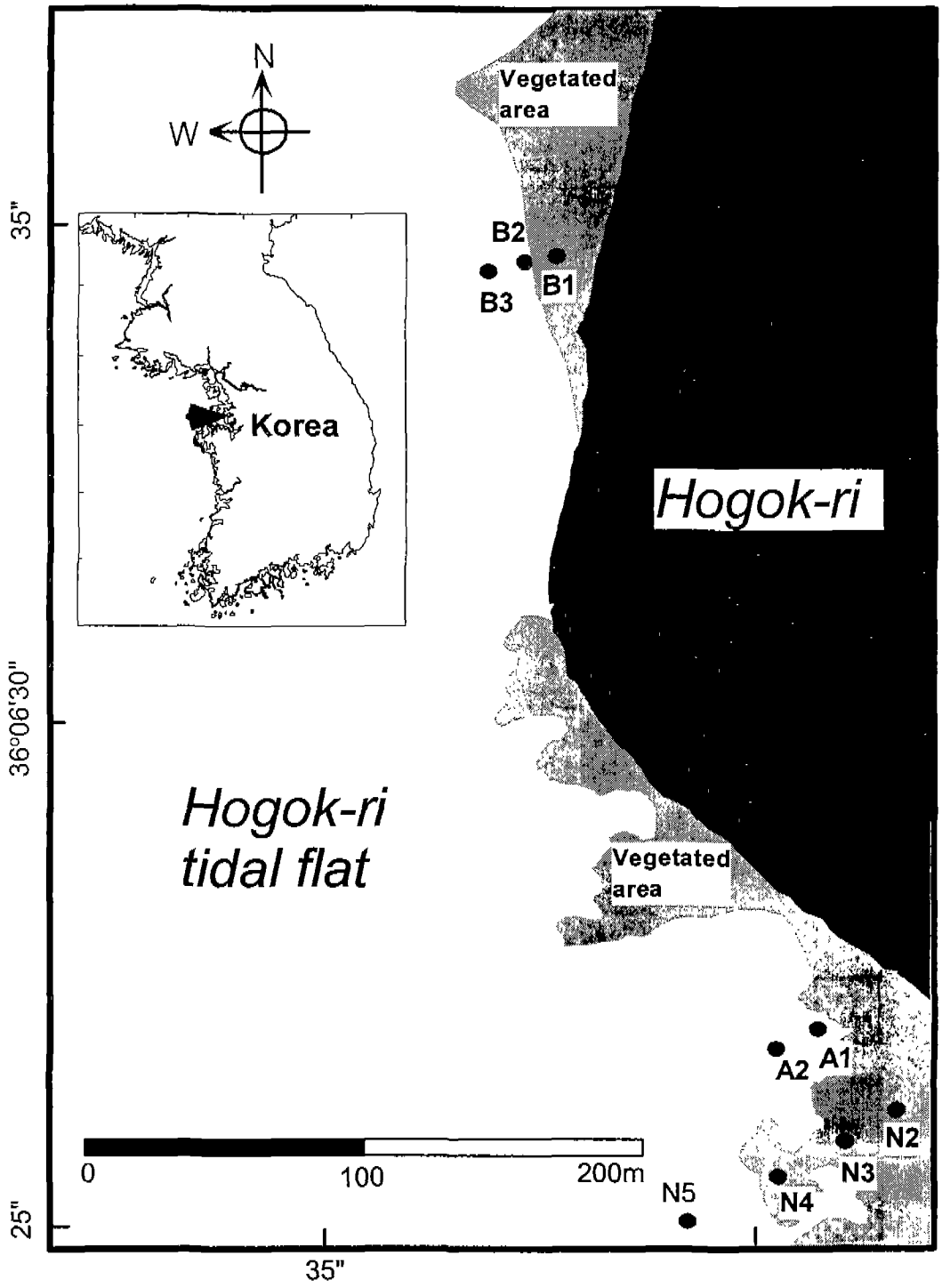
(다) 퇴적상

호곡리 갯벌과 갈대 습지는 화옹 방조제가 건설되어 더 이상 바닷물의 유입이 없어져 육상화 되어가고 있는 곳이었다. 호곡리에서는 기존의 갈대습지와 갯벌에서 아홉 정점에서 표층퇴적물을 채취하였다. 표층퇴적물 특성은 (<표 3.4.8>)에 나타내었으며, 퇴적상은 자갈을 포함한 펄모래 또는 모래펄로 구성되어 있었다. 기존 갯벌에서 채취된 A1 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 3.46ø인 자갈을 포함한 펄모래 (gmS)이나, A2 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 6.47ø인 자갈을 약간 포함한 모래펄 ((g)sM) 퇴적물 이었다.



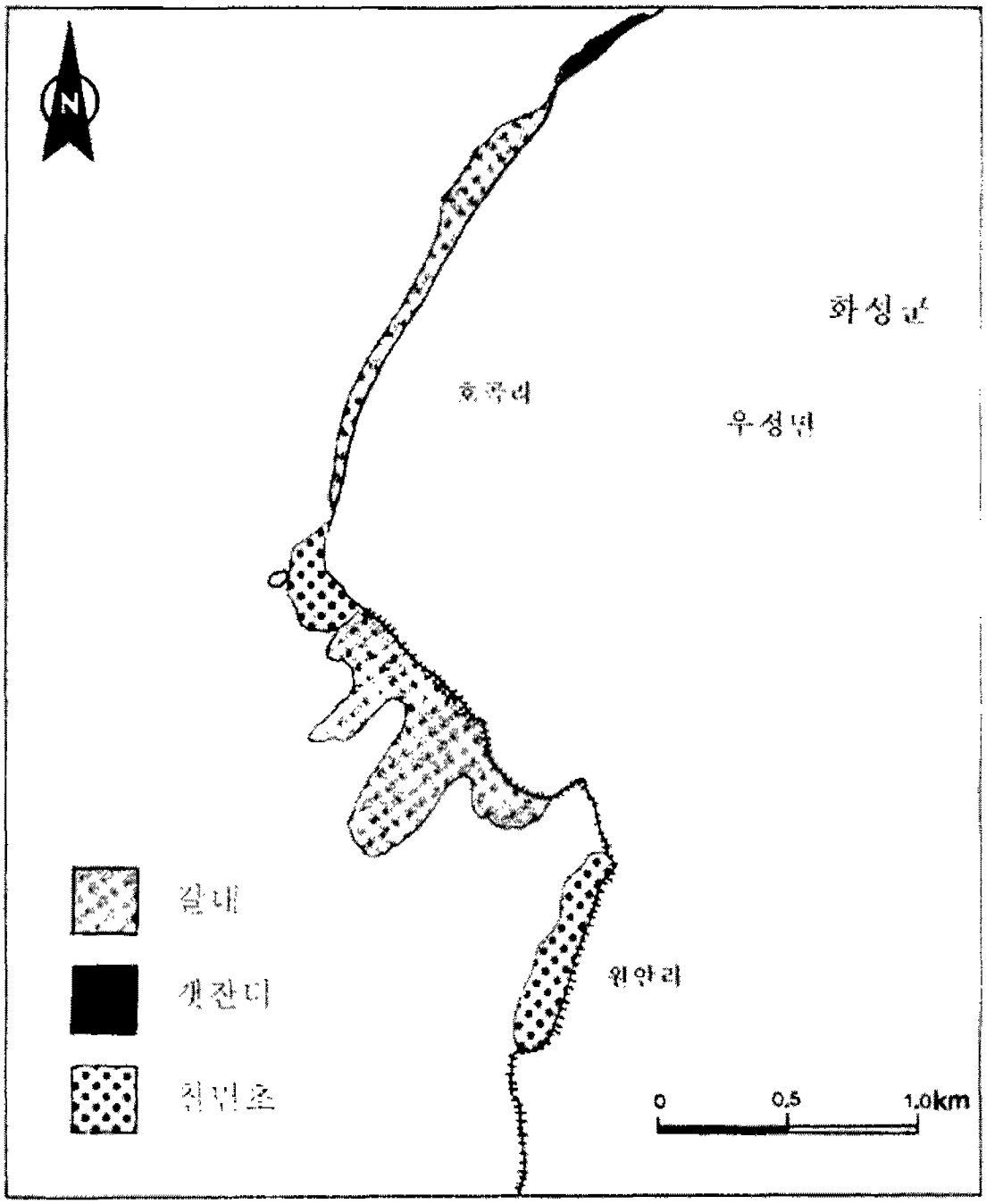
<그림 3.4.18> 화옹방조제 내에 위치한 호곡리 갯벌 상부의 염습지 전경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.19> 시흥갯벌의 대형저서동물과 표층퇴적물 채집 정점도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.20> 호곡리 염습지의 식생 분포도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

또한 기존 갯벌이었던 B1, B2, B3 정점들은 자갈이 약간 포함된 모래펄 퇴적물로 분급도는 매우 불량한 평균입도 5.51ø - 6.75ø 이었다. 기존 갈대습지인 N2 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 4.11ø인 자갈을 약간 포함한 펄모래 ((g)mS) 퇴적물이나, N3, N4 정점들은 분급이 매우 불량한 평균입도 6.97 - 7.74ø인 자갈을 약간 포함한 모래펄 ((g)sM) 퇴적물 이었다. 기존 갯벌인 N5 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 7.32ø인 자갈을 약간 포함한 모래펄 ((g)sM) 퇴적물 이었다. 호곡리는 바닷물의 유입이 더 이상 없는 관계로 갯벌과 갈대습지로의 기능이 없어져 빗물에 의하여 육상에서 자갈들이 유입되고 있는 것으로 보이며 표면은 햇빛에 건조되면서 굳어져 육상화가 진행되고 있었다.

<표 3.4.8> 호곡리 갯벌과 염습지의 표층 퇴적물 특성

Station	Composition (%)				Sediment Type	Statistical Parameters			
No.	Gra.	Sand	Silt	Clay	by Folk	MZ(¥)○	St.De.	Skew.	Kurt.
A1	11.62	49.88	23.27	15.22	gmS	3.46	3.93	0.27	1.14
A2	2.21	23.52	44.43	29.84	(g)sM	6.47	3.47	-0.03	0.86
B1	1.81	45.87	29.53	22.79	(g)sM	5.51	3.18	0.34	0.79
B2	1.17	21.08	43.55	34.20	(g)sM	6.69	3.33	-0.04	0.87
B3	3.52	15.83	46.88	33.77	(g)sM	6.75	3.47	-0.05	0.98
N2	3.92	53.43	25.53	17.12	(g)mS	4.11	3.53	0.45	0.97
N3	0.73	16.89	48.61	33.77	(g)sM	6.97	3.15	0.00	0.91
N4	0.54	7.52	51.84	40.10	(g)sM	7.74	2.54	0.09	0.80
N5	0.99	5.30	64.02	29.69	(g)sM	7.32	2.54	0.32	0.95

(라) 대형저서동물

이 지역은 담수화 과정에 있는 지역이라 내서성 저서동물 (infauna)이 거의 없었으며, 표서성 저서동물 (epifauna) 인 게류만이 생존해 있었다. B1 정점에서는 무당게 (*Paracleistostoma cristatum*), 세스랑게 (*Cleistostoma dilatatum*), 방게 (*Helice tridens tridens*)만이 채집되었다. 이들의 B1 정점에서의 밀도는 <표 3.4.9>에 나타내었다. 정점 N에서는 무당게의 출현이 없었으며, 대신 두토막눈썹참갯지렁이 (Perinereis aibuhitensis)가 생존해 있었다. 두토막눈썹참갯지렁이는 화옹방조제

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

공사가 완료되기 전에는 두 지역 모두에서 출현하였으나, 현재는 N3 지역에서만 출현하고 있었다. N3지역은 갈대의 피도가 B1에 비해 높은 곳으로, 이로 인해 퇴적물 속의 수분함량이 상대적으로 높아 대상종이 생존 해 있는 것으로 여겨졌다.

<표 3.4.9> 호곡리 염습지에서 출현한 표서성 저서동물의 밀도 분포

Species / Station	Density (ind./m^2)	
	B1	N3
Cleistostoma dilatatum	7	9
Paracleistostoma cristatum	3	
Helice tridens tridens	3	4
Perinereis aibuhitensis		17

(4) 가로림만의 거머리말 습지

(가) 조사지 개황

조사지역은 가로림만 북쪽해안에 위치한 대산읍 독곶리 앞 갯벌이었다. 이 지역은 가로림만의 입구 동쪽 편에 인접한 길이 약 4km, 남북으로 폭이 약 1.5km의 작은 내만에 위치하는 갯벌이었다. 지형적인 특징으로는 해안선을 따라 3m 높이의 방조제가 축조되어 있었으며, 방조제 아래로부터 약 100m 까지는 완만한 경사를 이루고 있었다. 이 곳에는 직경 약 10cm 내외의 암석이 쌓여 있었으며, 퇴적물은 펄(니질) 퇴적상을 보였다. 해안선으로부터 약 100m 에 이르는 지점에는 약 90m의 폭을 가진 수로가 동서방향으로 형성되어 있었고 이곳은 간조 시에도 노출되지 않는 지역이었다. 이 수로는 거머리말 (*Zostera* sp.)이 밭 (bed)을 형성하고 있었다. 거머리말의 식생대는 남북으로 약 90m, 그리고 동서방향으로는 약 200m 정도의 크기였다. 수로가 끝난 지역 후부터는 넓은 모래갯벌이 이어져 있었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

대형저서동물과 퇴적상 조사를 위해 2003년 5월에 현장조사를 실시하였다. 거머리말이 서식하는 수로와 인근의 지역에 5개의 정점으로 구성된 남북방향의 조사선 V (V1~V5)와 거머리말 식생대 내에서 동서로 달리는 조사선 H (H1~H3)를 선정하였다 (<그림 3.4.21>). 각 정점에서는 대형저서동물 채집을 위해 주상시료채니기를 이용하여 3개씩의 시료를 채집하였으며, 퇴적상 분석을 위해 표층퇴적물을 채취하였다.

(나) 퇴적상

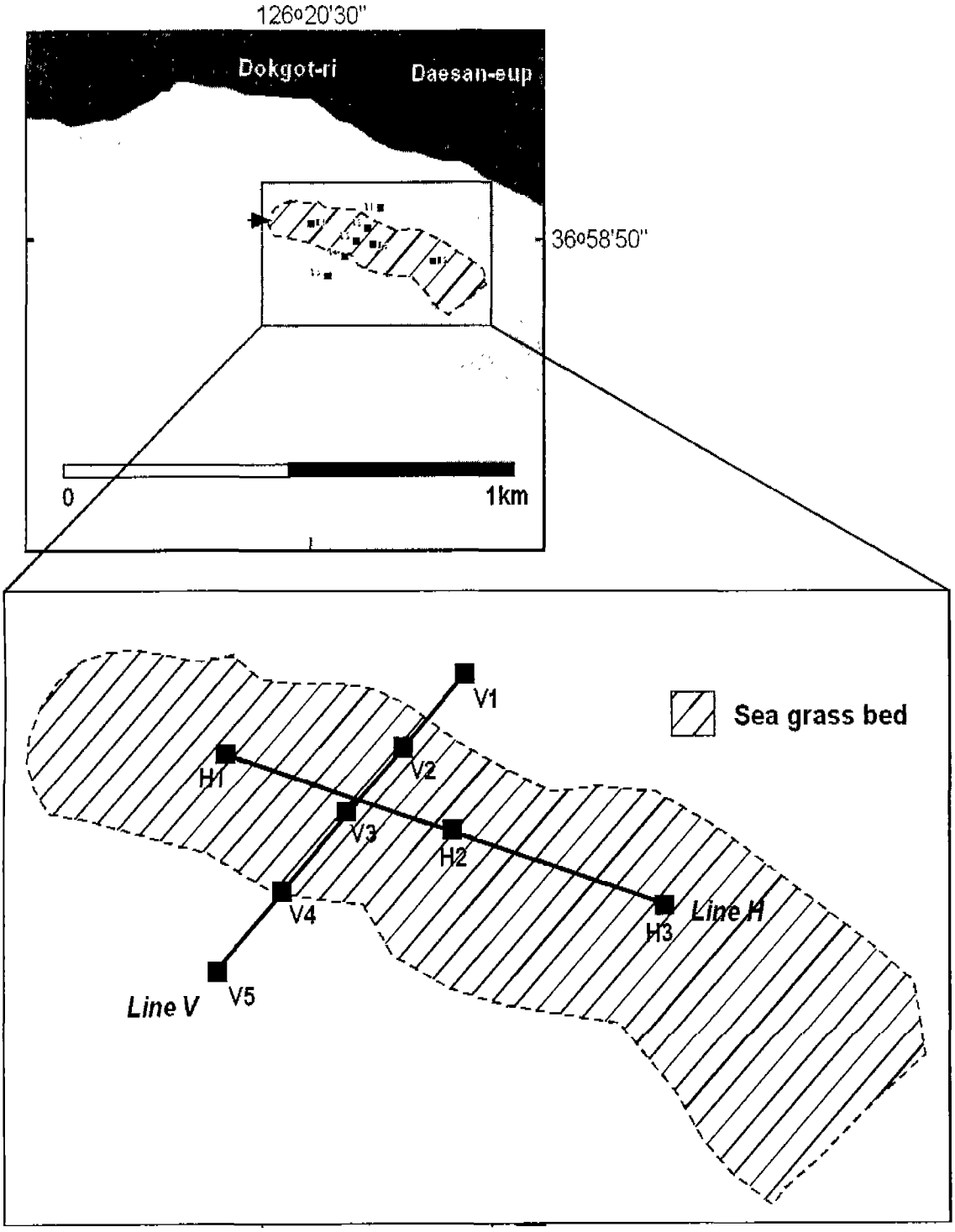
가로림만의 거머리말 군락이 존재하는 지역에서 수직으로 5정점 (V1-V5), 수평으로 3정점 (H1-H3)에서 표층퇴적물을 채취하였다. V1 정점은 주변에 큰 자갈들이 많이 존재하여 입도분석을 하지 못하였고, 다른 정점들의 표층퇴적물 특성은 <표 3.4.10>에 나타내었다. V2 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 4.67ø인 펄모래 (mS) 퇴적물 이었다. V3 - V5 정점들은 분급이 양호한 평균입도 약 2-3ø인 모래 퇴적물 이었다. 거머리말 군락 지역의 퇴적물은 해안선에서 바다쪽으로 (수직적으로) 가면서 조립해지며, 분급이 양호해지는 경향을 보였다. 수평적인 퇴적물 특성은 가운데 지역인 H2 정점은 펄모래 (mS) 퇴적물이나 경계지역과 가까운 H1과 H3 정점들은 자갈이 약간 함유된 펄모래 ((g)mS) 퇴적물 이었다. 평균입도는 약 2-3ø이며 분급도는 가운데 정점인 H2는 양호하나 H1과 H3 정점들은 불량하였다.

(다) 대형저서동물

① 종조성 및 개체수 분포

가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물은 전체 출현개체수의 각각 40%와 38%를 차지한 갑각류와 갯지렁이류가 우점하는 군집이었다. 특히 거머리말 식생대인 정점 V2, V3, H1, H2, H3에서 갑각류와 갯지렁이류의 출현빈도가 높게 나타났다. 한편, 거머리말 식생대 주변의 정점에서는 연체동물의 개체수 빈도가 상대적으로 높게 나타났다 (<그림 3.4.22>). 정점별 출현개체의 무게로 나타낸 생물량은 평균 26.5g/0.08m^2 였으며, 출현개체수 빈도와는 달리 연체동물이 63%로 대부분의 생물량을 차지하고 있었다. 그러나 거머리말 식생대에서는 연체동물과 함께 갯지렁이류의 생물량도 많은 부분을 차지하고 있었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.21> 가로림만에 위치한 독곶리 거머리말 식생대의 대형저서동물과 표층 퇴적물 조사 정점도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

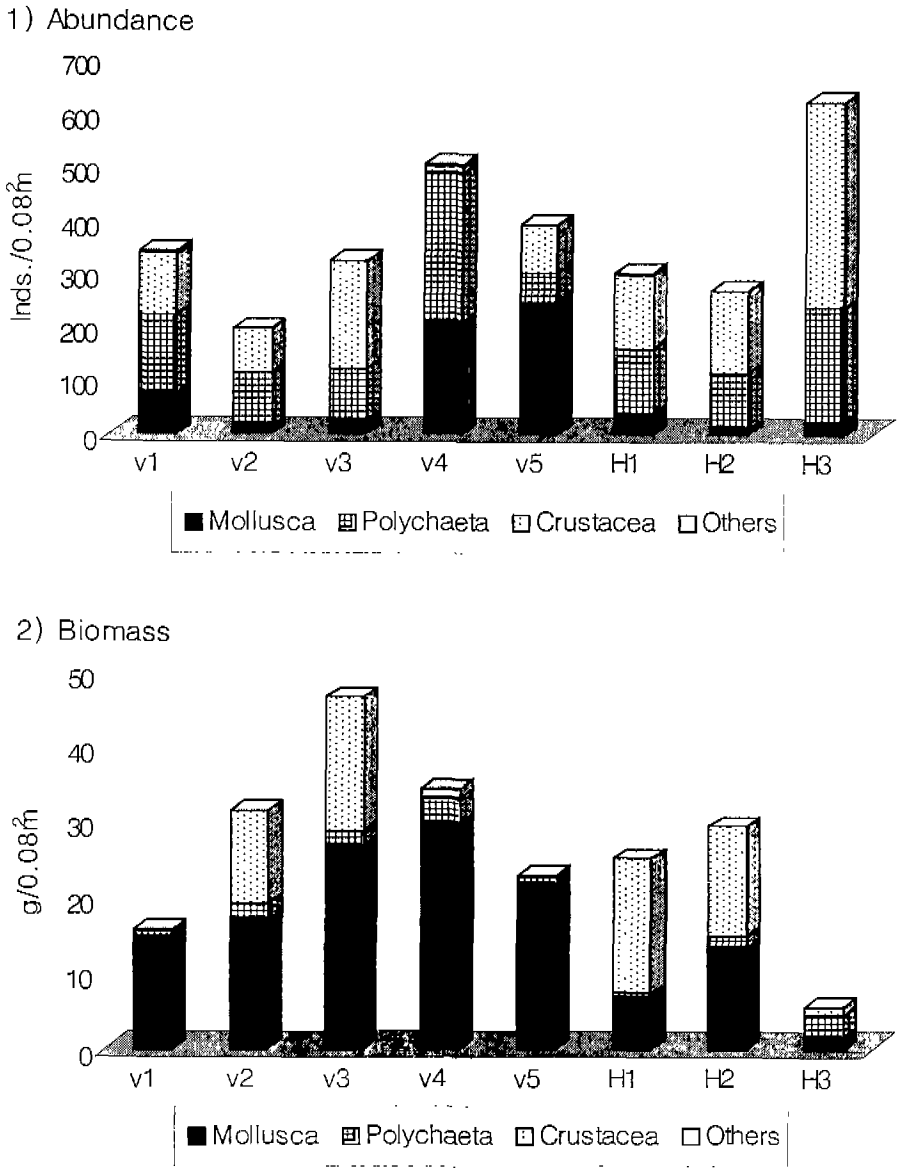
<표 3.4.10> 가로림만 거머리말 식생대의 표층 퇴적물 특성

Station	Composition (%)				Sediment Type	Statistical Parameters			
No.	Gra.	Sand	Silt	Clay	by Folk	MZ(Φ)	St.De.	Skew.	Kurt.
H1	0.83	88.45	6.72	4.01	(g)mS	2.09	1.76	0.04	1.52
H2	0.00	89.99	6.53	3.49	mS	2.87	0.94	0.45	2.97
H3	0.95	85.59	8.40	5.06	(g)mS	2.90	1.30	0.50	3.09
V2	0.00	64.54	19.39	16.07	mS	4.67	2.63	0.74	1.11
V3	0.00	90.48	6.09	3.43	S	2.81	0.94	0.43	2.68
V4	0.00	99.17	0.42	0.42	S	1.94	0.46	0.26	1.23
V5	0.00	99.27	0.34	0.39	S	1.86	0.50	0.19	1.27

가로림만의 거머리말 식생대는 여섯 곳의 조사지역 가운데 가장 생물상이 풍부한 지역이었다. 조사지역에서 출현한 저서동물은 총 84종, 2962개체였으며, 정점별 평균서식밀도는 370개체/0.08m^2 였다. 거머리말 식생대의 정점에서는 출현종수와 개체수가 각각 36~48종/0.08m^2, 198~624개체/0.08m^2의 범위에 있었으며, 인근의 갯벌 지역에서는 각각 10~27종/0.08m^2, 344~505개체/0.08m^2의 범위를 보였다. 출현개체수면에서는 두 지역간의 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 출현종수는 거머리말 식생대에 위치한 정점에서 인근 지역의 갯벌 정점에 비해 많았다 (<그림 3.4.23>).

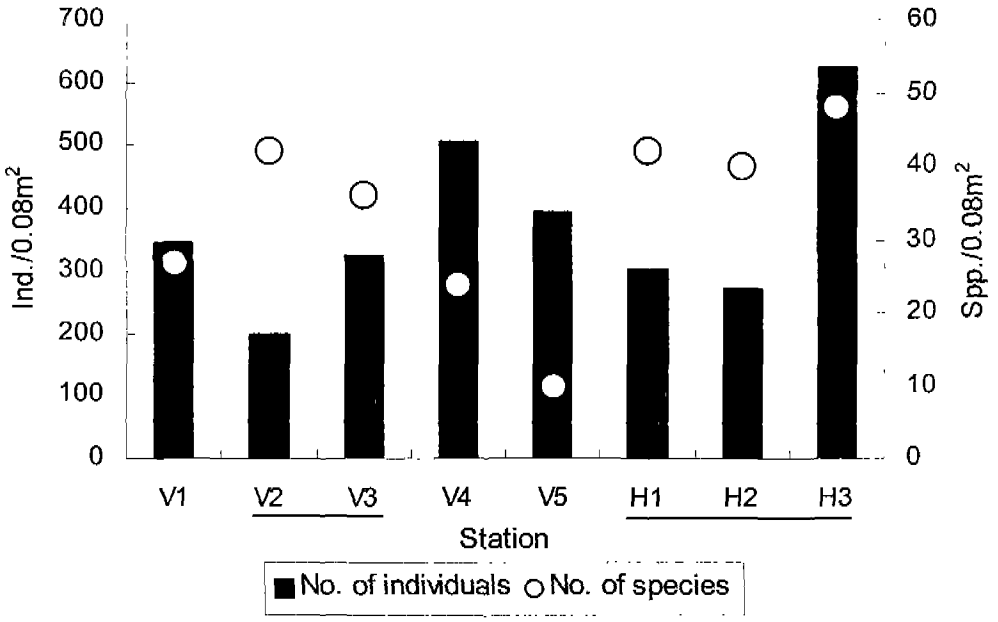
종 다양도지수와 균등도지수의 분포도 역시 거머리말 식생대에서 인근 갯벌 정점의 그것에 비해 높은 값을 보였다 (<그림 3.4.24>). 거머리말 식생대의 대부분의 정점에서는 종다양도지수가 3.0 이상으로 상당히 높은 값을 보였다. 인근의 갯벌 정점에서는 종다양도 지수가 1.2에서 2.5 정도의 분포를 보였으며, 특히 정점 V4와 V5에서 종다양도지수는 각각 1.2와 1.5로 낮은 종다양도를 보였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

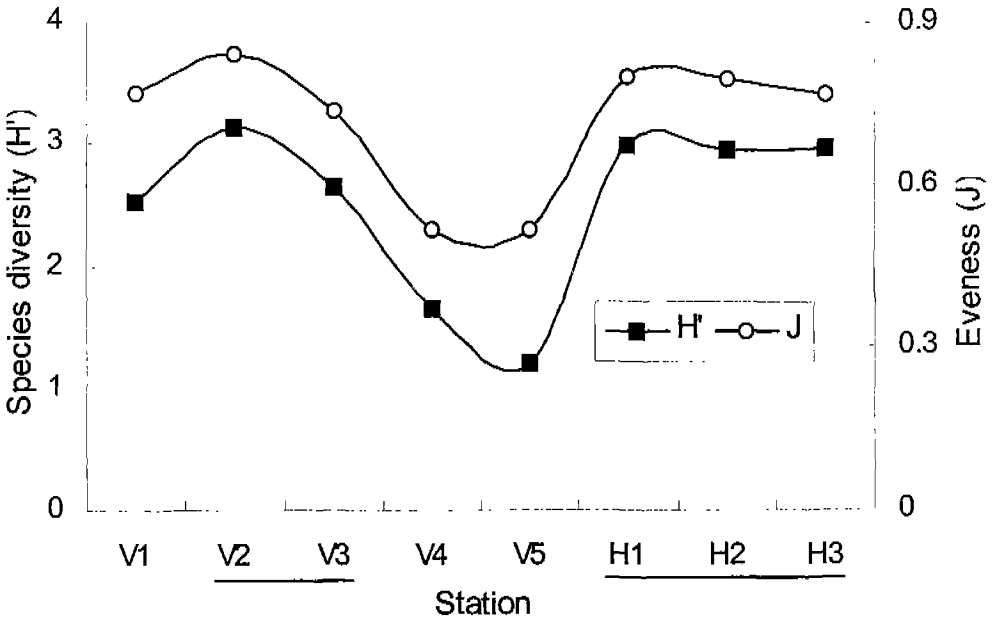


<그림 3.4.22> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 분류군별 개체수 및 생물량 분포.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.23> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 정점별 출현종수 및 개체수 분포 (밑줄은 거머리말 식생대에 위치한 정점을 표시).



<그림 3.4.24> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 대형저서동물의 종다양도지수 및 균등도지수의 정점별 분포.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

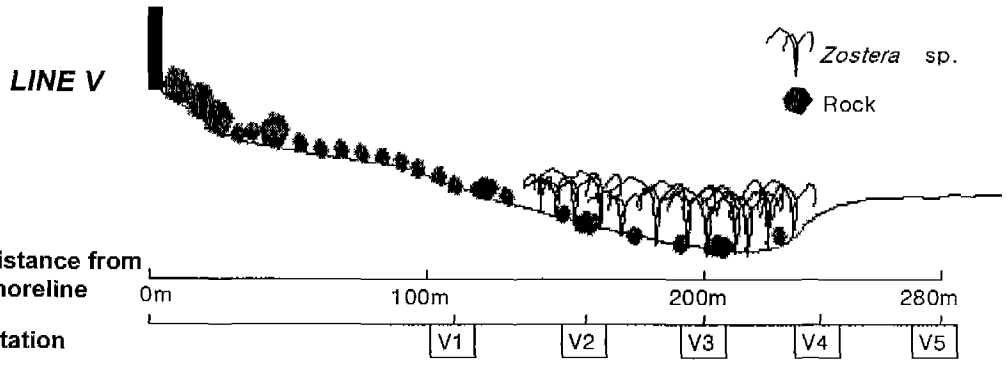
② 우점종 분포

가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 저서동물 중 최우점종은 전체 출현 개체수의 14%를 차지한 서해비단고둥 (*Umbonium thomasi*)이었다. 그 다음으로는 남방백금갯지렁이(*Nephtys polybranchia*)와 침보석요정갯지렁이(*Armandia lanceolata*) 등의 갯지렁이류가 우점하였다. 특히 전체 출현 개체수의 3% 이상을 차지하는 우점종 중 상기 세 종을 제외한 우점종은 모두 옆새우류로 구성되어 있는 특징을 보였다. 서해비단고둥과 침보석요정갯지렁이는 거머리말 식생이 존재하지 않는 정점 V4, V5에서만 제한적으로 출현하였으며, 거머리말 식생대에는 바다대벌레류, Amphilochidae, *Grandifoxus bangpoensis*, *Amphithoe* sp. 등 일곱 종의 옆새우류들이 극우점하는 특징을 보였다 (<그림 3.4.25>). 남방백금갯지렁이도 거머리말 식생대에서 주로 출현하는 경향을 보였다.

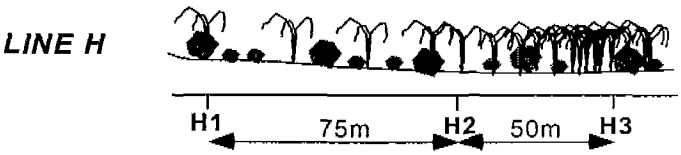
이 지역은 서식지에 따른 저서동물의 분포가 명확히 구분되는 특징을 나타냈다. 우점종의 분포뿐만 아니라 출현 종수, 출현 개체수, 종다양도 지수 등의 분포가 거머리말 식생대에서 높고 노출된 모래 갯벌에서 상대적으로 낮은 지역간의 뚜렷한 차이를 보였다 (<그림 3.4.25>).

가로림만의 거머리말 식생대 지역과 인근의 노출된 모래 갯벌에서 출현한 저서동물의 정점별 개체수 자료를 이용하여 군집분석을 한 결과, 거머리말 식생대와 노출된 갯벌 상의 정점 간에는 뚜렷한 군집구조의 차이를 보였다. 두 지역은 simple matching coefficient 약 0.62에서 두 그룹으로 구분되었다 (<그림 3.4.26>). 거머리말 식생대의 경우는 거머리말의 피도가 가장 낮았던 정점 H1이 일차적으로 나머지 정점들과 구분되었으며, 식생대의 가장 가장자리에 위치한 정점 V2가 식생대의 중앙부에 위치한 H2, H3, V3와 구분되는 특징을 보였다. 그리고 식생대가 없는 노출된 갯벌 상의 정점 간에는 해안선에서의 각 정점까지의 거리와 퇴적상에 의해 구분되었다. 해안선에서 가장 가까운 곳에 위치하며 자갈과 펄 퇴적상을 보인 정점 V1은 모래 갯벌에 위치하며 해안선에서 가장 멀리 떨어진 정점 V4, V5와 구분되는 특징을 보였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



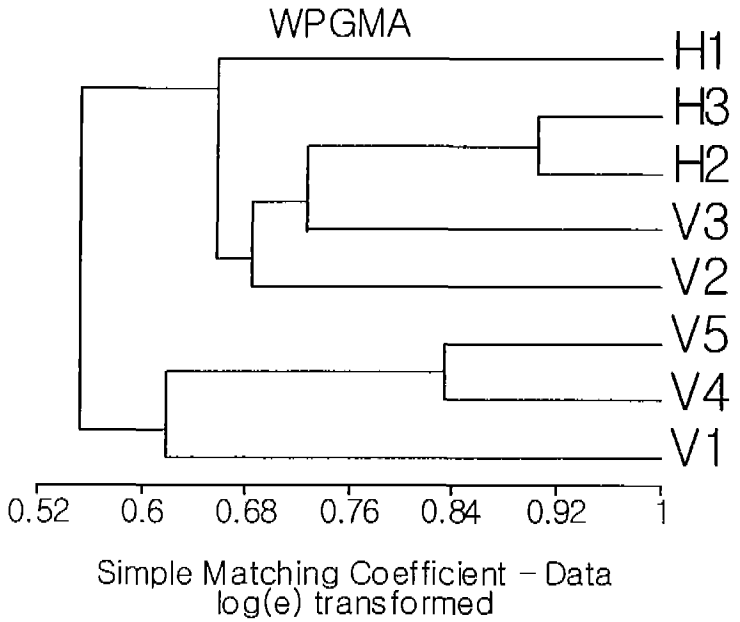
	V1	V2	V3	V4	V5
Species number (spp./0.08m^2)	27	42	36	24	10
Mean density (ind./0.08m^2)	344	198	325	505	394
species diversity (H')	2.524	3.137	2.635	1.642	1.194
Dominant species (ind./0.08m^2)					
Umbonium thomasi				167	240
Nephtys polybrachia	10	32	55	2	
Armandia lanceolata			1	209	33
Caprella spp.		19	88		
Ampilochidae unid.	4	9	18		
Grandifoxus bangpoensis		23	4		
Amphithoe sp.2	101				
Guernea sp.		6	28		
Urothoe convexa				2	86
Amphithoe sp.1		7	17		



	H1	H2	H3
Species number (spp./0.08m^2)	42	40	48
Mean density (ind./0.08m^2)	302	270	624
species diversity (H')	2.984	2.935	2.971
Dominant species (ind./0.08m^2)			
Umbonium thomasi	1		
Nephtys polybrachia	38	36	94
Armandia lanceolata	7	1	1
Caprella spp.	10	44	78
Ampilochidae unid.	49	19	99
Grandifoxus bangpoensis	24	7	46
Amphithoe sp.2			
Guernea sp.	2	30	35
Urothoe convexa			
Amphithoe sp.1	3	22	34

<그림 3.4.25> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 저서동물의 생태학적 특징 및 우점종 분포 양상.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.26> 가로림만 거머리말 식생대에서 출현한 저서동물 개체수 자료를 이용한 집괴분석 결과 도출된 수지도 (dendrogram).

(5) 순천만의 갈대 우점 염습지

(가) 조사지 개황

순천만은 고흥반도의 서쪽편과 고돌산반도로 둘러 쌓인 입구가 좁은 반폐쇄적인 만이며 평균수심이 약 5.4m인 천해였다. 순천만은 여자만의 북쪽 순천시 관내 주변만을 지칭한다. 이곳에는 갯벌이 넓게 발달되어 있고, 동천으로부터 담수와 육상 부유퇴적물이 유입되는 동천 하구의 갯벌에는 대단위 갈대군락이 존재하였다. 갈대군락은 하천 둑을 따라 만의 갯벌까지 넓게 분포하고 있었다. 순천만 갈대지역의 많은 부분은 제방 건설에 의하여 농경지로 개발되었거나 개발 중에 있었다. 갈대 지역은 내만에 위치하고 지형이 평탄하며 수리학적 에너지가 상대적으로 낮아 식물이 서식하기에 좋은 환경이었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

조사지역은 순천만 북부의 조간대 지역으로 조사지선 상에는 5개의 갈대 군락이 존재한다. 갈대군락사이로는 수로가 형성되어 있으며, 해안선으로부터 450m 이후에는 펄 (니질) 조간대가 형성되어 있다. 조사지역을 크게 상부, 중부 그리고 하부로 나누어 각각의 지역에 갈대군락이 존재하는 곳, 갈대군락이 존재하지 않는 갯벌, 그리고 갈대와 갯벌의 중간지점에 각각 정점을 선정하였다 (<그림 3.4.27>). 해안선에서 각 정점까지의 거리는 각각 26m, 47m, 88m, 198m, 223m, 243m, 410m, 434m 그리고 448m이다. 각 정점에서 주상시료채니기를 사용하여 정점 당 4회 반복채집을 하였으며, 퇴적상 분석을 위한 표층퇴적물 채집을 하였다. 이 자료는 한국해양연구원에서 1999년 5월에 조사한 자료 (환경부, 2002)를 인용하였다.

(나) 대형저서동물

① 종수 및 개체수 분포

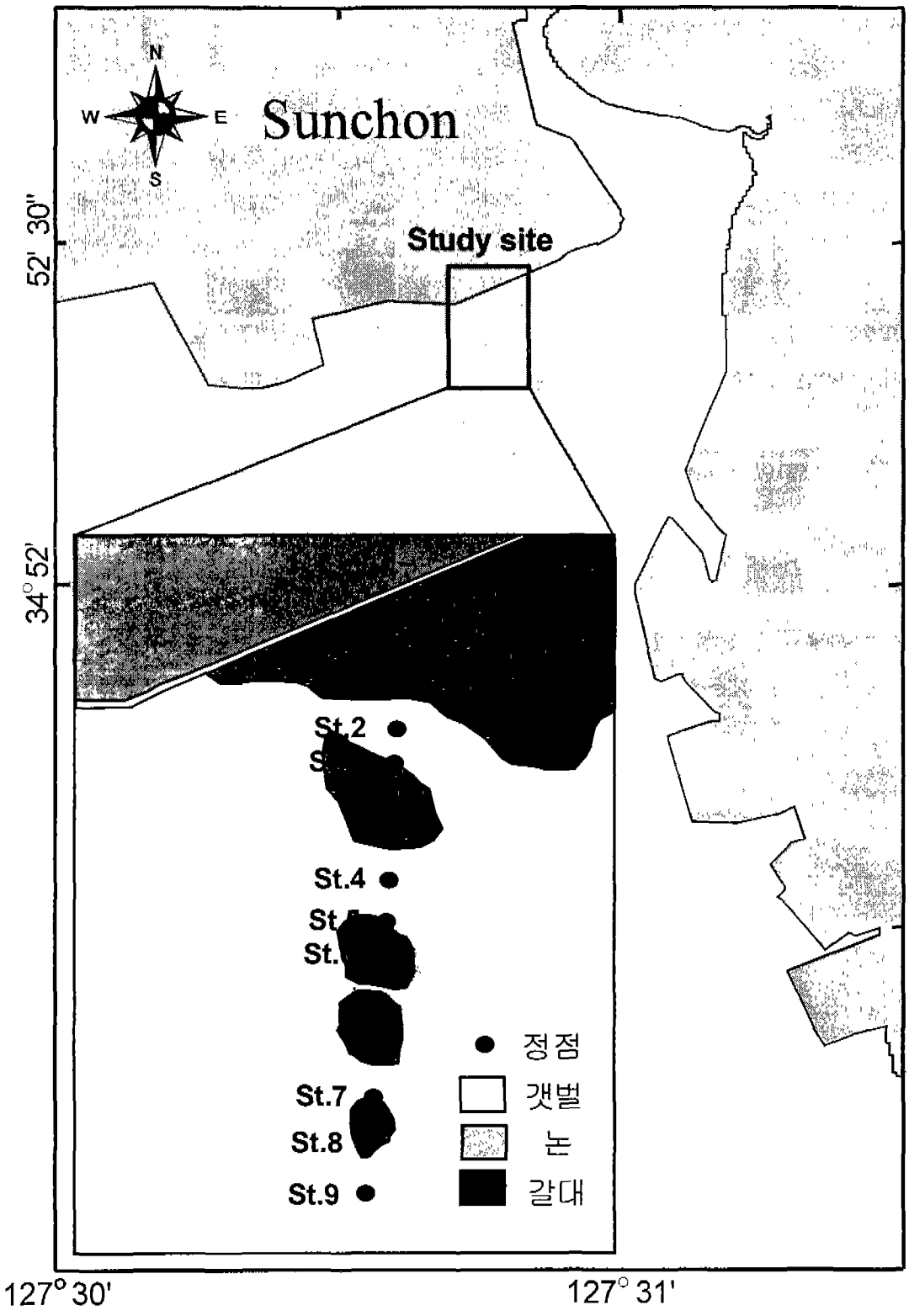
조사지역에서 출현한 저서동물은 총 26종, 1134개체였다. 정점별 종수는 상부에서 하부로 갈수록 감소하는 경향을 보였으며, 개체수는 이와는 반대의 결과를 보였고, 정점 5에서 개체수가 약 500개체/0.1m^2로 가장 높게 나타났다 (<그림 3.4.28>).

종 다양도지수는 정점 1에서 2.4로 가장 높게 났으며, 하부로 가면서 점점 낮아져 정점 5에서 가장 낮은 값을 나타내었고 이후 다시 약간 증가하는 경향을 보였다 (<그림 3.4.29>). 상부역 갈대밭 중심에 위치하고 있는 정점 1번에서는 다양도지수가 높게 나타났으나, 중부역의 갈대밭 중심에 위치한 정점 6은 인근 정점들에 비해 약간 높긴 하나 갈대 서식의 하부 하한선보다 아래쪽에 있는 정점 9보다는 낮은 값을 보였다. 갈대군락이 있는 지역과 없는 지역에서의 종다양도지수는 뚜렷한 경향성을 나타내지는 않았으나, 상부역, 중부역 그리고 하부역으로 각각 구분하여 갈대가 있는 지역과 없는 지역을 비교했을 시는 갈대가 있는 지역에서 종 다양도지수가 높게 나타났다.

② 우점종 분포

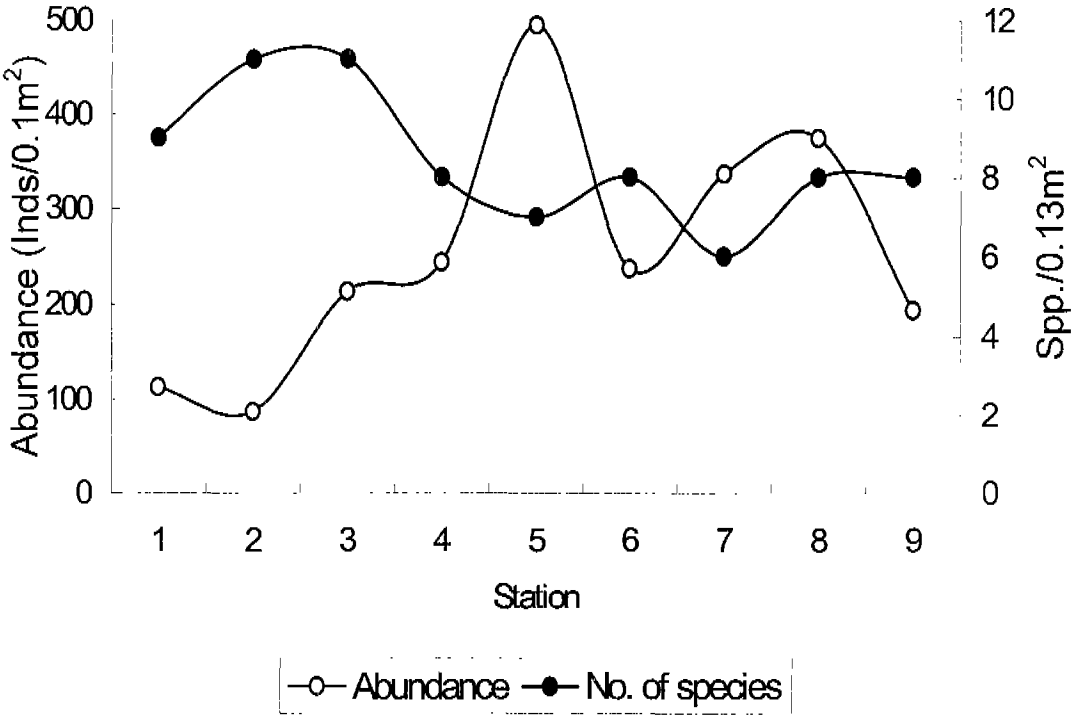
조사지역에서 가장 우점하는 종은 다모류인 *Neanthes japonica* 로 평균 111개체/m^2의 서식밀도로 나타났다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.27> 순천만 갈대 우점 염습지의 대형저서동물 채집 정점도.

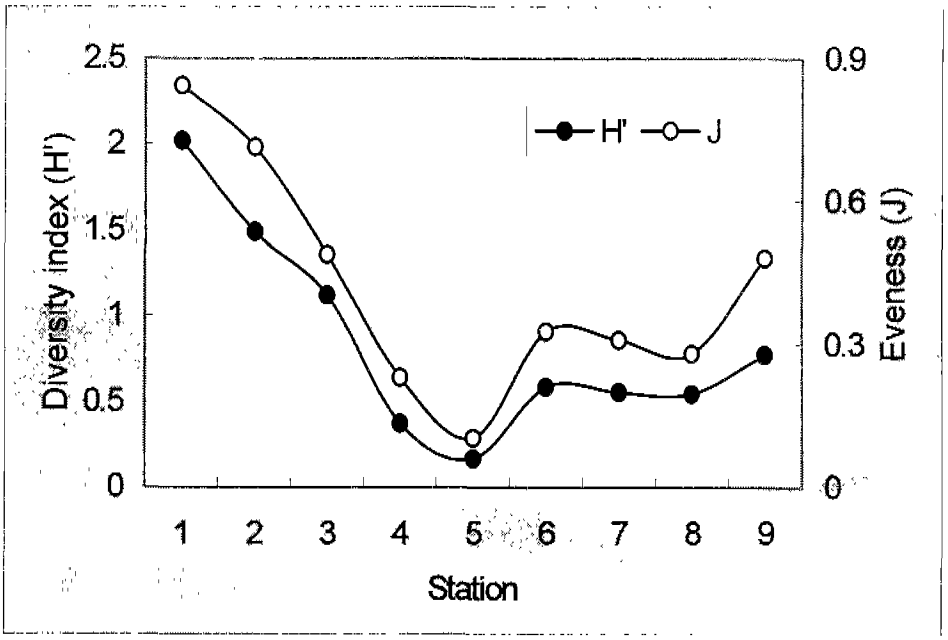
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



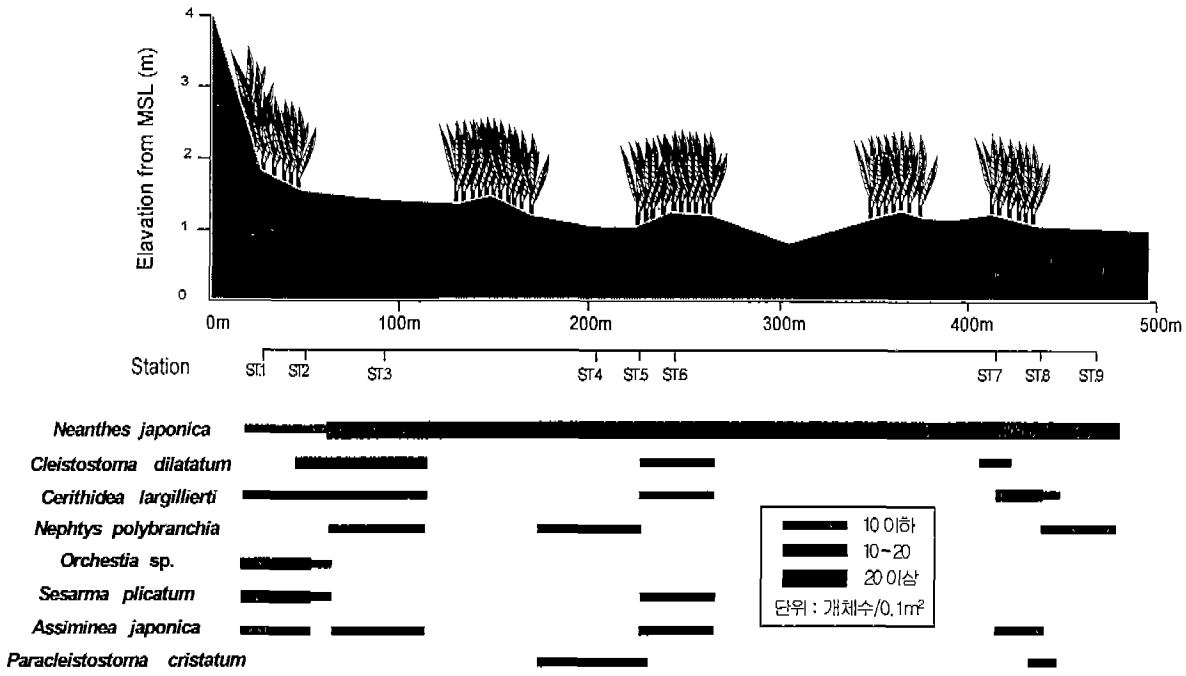
<그림 3.4.28> 순천만 갈대 염습지에서 출현한 대형저서동물의 종수 및 개체수 분포.

다음으로는 갑각류인 *Cleistostoma dilatatum,* 연체동물인*Cerithidea largillierti,* 다모류인 *Nephtys polybranchia,* 갑각류인 *Orchestia* sp.등의 순으로 나타났다. 최우점종인 *N. japonica*는 전 정점에서 출현하여 광범위한 분포를 하고 있었다. 지역별 우점종의 분포를 <그림 3.4.30>에 나타내었다. 갈대지역은 게류인 *Sesarma plicatum* 과 *C. dilatatum,* 복족류인 *Cerithidea largillierti*와 *Assiminea japonica* 가 우점하였으며, 옆새우류인 *Orchestia* sp.는 상부의 갈대밭에서만 나타났다. *N. polybranchia*와 게류인 *Paracleistostoma cristatum*은 갈대가 없는 지역에서만 출현하는 경향을 보였다. 서식지별 우점종의 서식지 분화가 뚜렷하게 나타나는 특징을 보였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.29> 순천만 갈대 염습지의 종다양도지수 및 균등도지수의 정점별 분포.

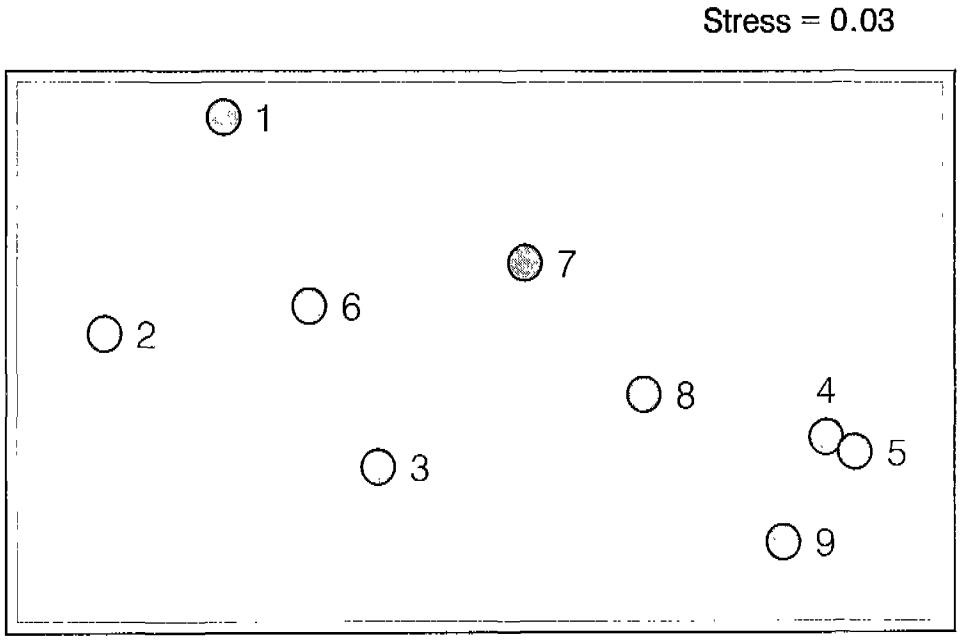


<그림 3.4.30> 순천만 갈대 염습지에서 출현한 대형저서동물 우점종의 분포도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

③ 군집분석

순천만 갈대군락지의 저서동물 군집분석을 위해 Bray-Curtis similarity에 의한 MDS ordination을 수행 하였다. 분석결과 아주 뚜렷하지는 않았으나, 갈대밭과 갯벌지역의 저서동물 군집구조가 서로 구분되었으며, 해안선에서의 거리에 따른 군집구조의 구분도 나타났다. 갈대밭 정점인 정점 1과 6을 기준으로 한 그룹과 갯벌지역 정점인 4와 9를 중심으로 한 그룹으로 크게 구분되었으며, 갈대밭과 갯벌 사이에 위치한 정점인 정점 2, 7과 8은 해안선에서 정점까지의 거리, 즉 조위에 따라 구분되어졌다 (<그림 3.4.31>).



<그림 3.4.31> 순천만 갈대 우점 습지에서 출현한 대형저서동물의 개체수 자료에 의한 MDS ordinaton (Bray-Curtis similarities; 4th root-transformed).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(6) 신두리 사구

(가) 조사지 개황

신두리 해안은 충청남도 태안군 원북면에 위치하고 있으며, 육지쪽은 비교적 규모가 크고 보존상태가 양호한 신두리 해안사구와 접해 있다. 만의 형태인 해안은 길이 약 4km, 폭 약 1km이며, 남쪽과 북쪽의 끝은 방조제가 건설되어 있었다. 간조시에는 넓은 모래 갯벌과 해빈이 노출되어 해안사구가 형성되기에 좋은 조건을 가진 지역이었다. 사구해안의 저서동물상 파악을 위해 2002년 7월에 신두리 해빈의 북쪽과 중앙부에 해안선과 수직으로 2개의 조사선을 설정하였다 (<그림 3.4.32>). 조사선 2는 해빈의 중앙부에 위치하고 있으며, 조사선 1은 해빈의 북쪽에 위치하고 있다. 각 조사선에는 해안선으로부터 거리와 노출시간을 고려하여 각각 4개의 정점 (해안으로부터 50, 100, 200, 300m 지점)을 선정하였다. 각 정점에서는 채집면적이 0.026m^2인 주상형 시료채니기 (can corer)을 사용하여 30cm 깊이까지 4개의 시료를 취하였으며, 아울러 퇴적상 분석을 위한 표층퇴적물을 채집하였다.

(나) 식생

신두리의 사구식생은 약 길이 2㎞, 폭 500m에 달하는 면적에 형성되어 있었다. 대부분의 지역은 사구가 안정되어 있으나 일부지역은 모래가 퇴적되거나 침식되고 있어 불안정한 상태를 보이고 있었다. 신두리 사구에 생육하는 식물 종은 약 20여종으로 한국의 해안 사구에서 생육하는 대부분의 종이 있는 것이 특징이었다 (<그림 3.4.33>). 그러나 근래 들어 인위적인 교란이 대단히 심해지고 있는 실정이었다.

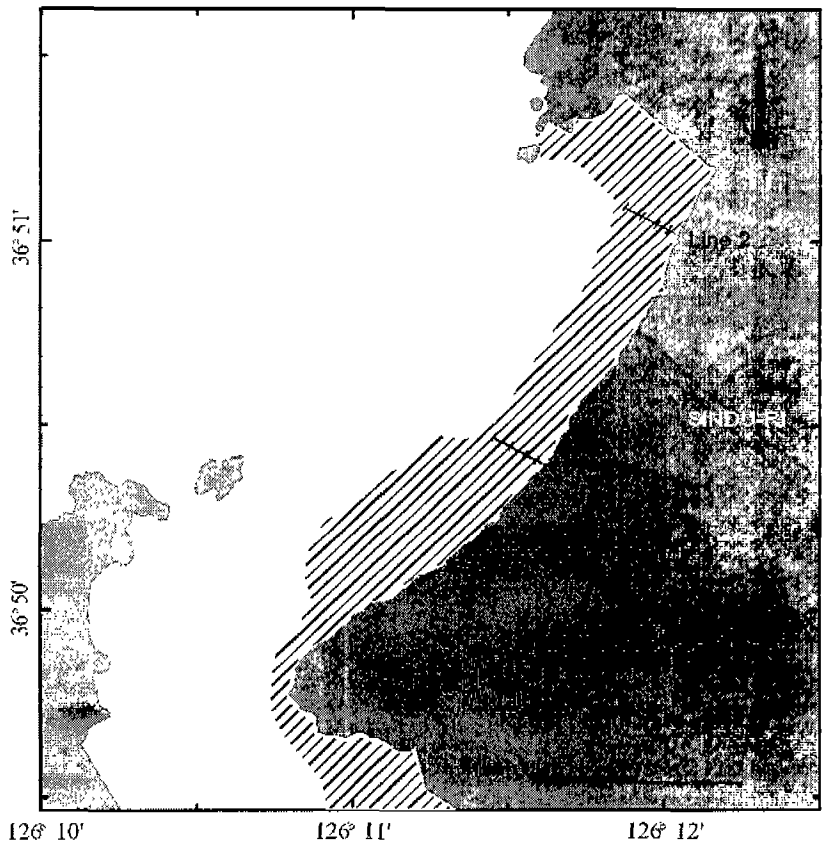
신두리 지역은 사구의 면적은 넓은데 비하여 곰솔이나 리기다소나무를 식재한 지역의 면적은 상대적으로 좁았다. 이로 인하여 자연의 초지가 잘 발달되어 있었다. 또한 고도가 다양하여 다양한 사구식물에 의한 사구식생이 형성될 수 있는 지형적 조건을 갖고 있었다. 다만 전술한 바와 같이 사구에 건축물을 축조하고 있으며, 소를 방목하여 식생이 많이 교란된 상태였다. 그러나 사구식생은 회복력이 강하기 때문에 더 이상 교란을 가하지 않는다면 식생은 곧 자연적인 상태로 회복될 것으로 생각되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(다) 대형저서동물

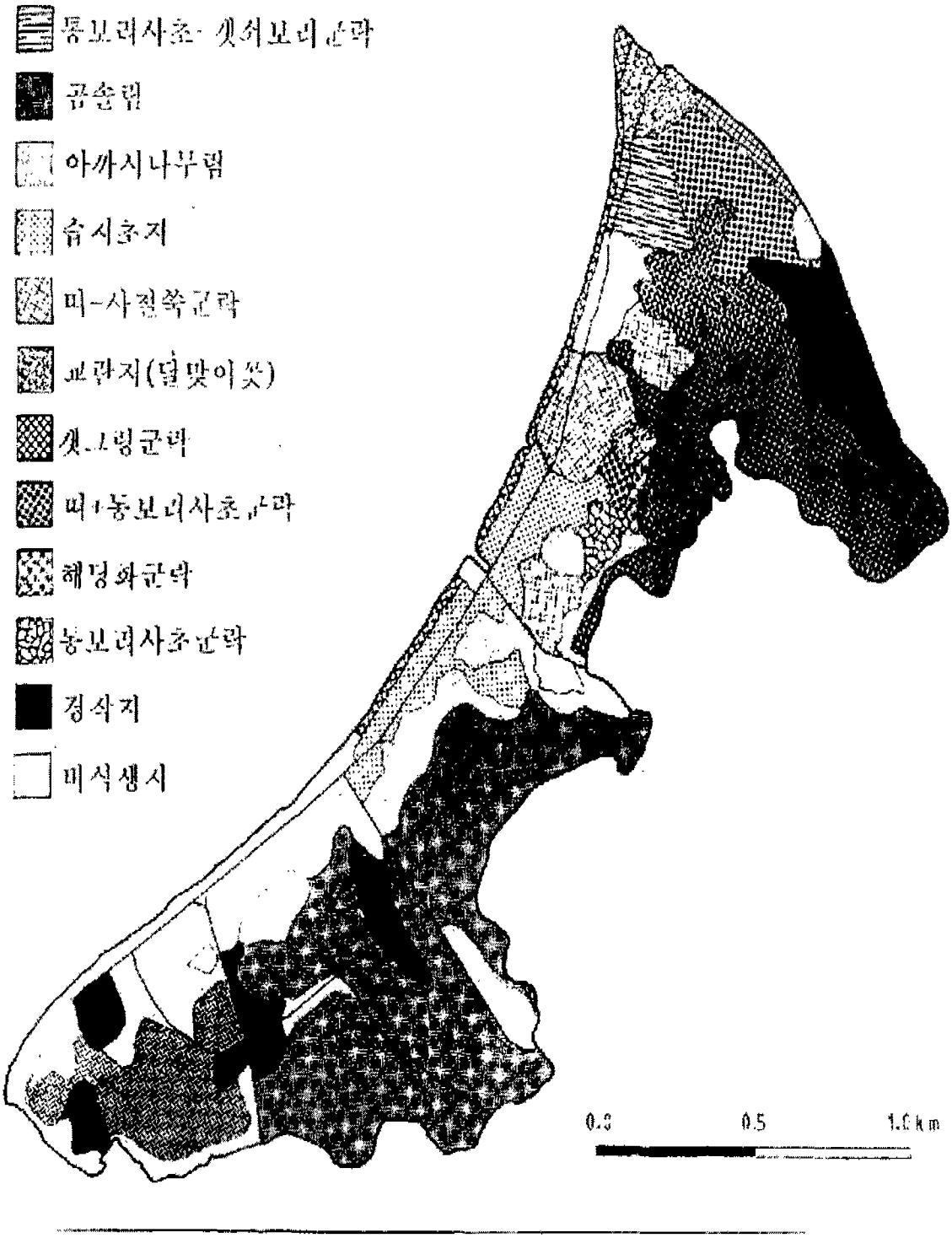
① 종조성

2002년 7월 조사에서 신두리 갯벌의 두 조사선의 8개 정점에서는 총 50종, 1,954개체의 대형저서동물이 출현하였으며, 이들의 평균서식밀도는 2,443개체/m^2이었다. 연체동물이 20종, 1,076개체가 출현하여 출현 종수 (40.0%)와 개체수 (55.1%)면에서 가장 우점하는 분류군이었다 (<표 3.4.11>).



<그림 3.4.32> 신두리 해안의 대형저서동물 채집 정점도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.33> 신두리 해안사구의 식생 분포도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.11> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물 분류군별 출현 종수 및 개체수 분포

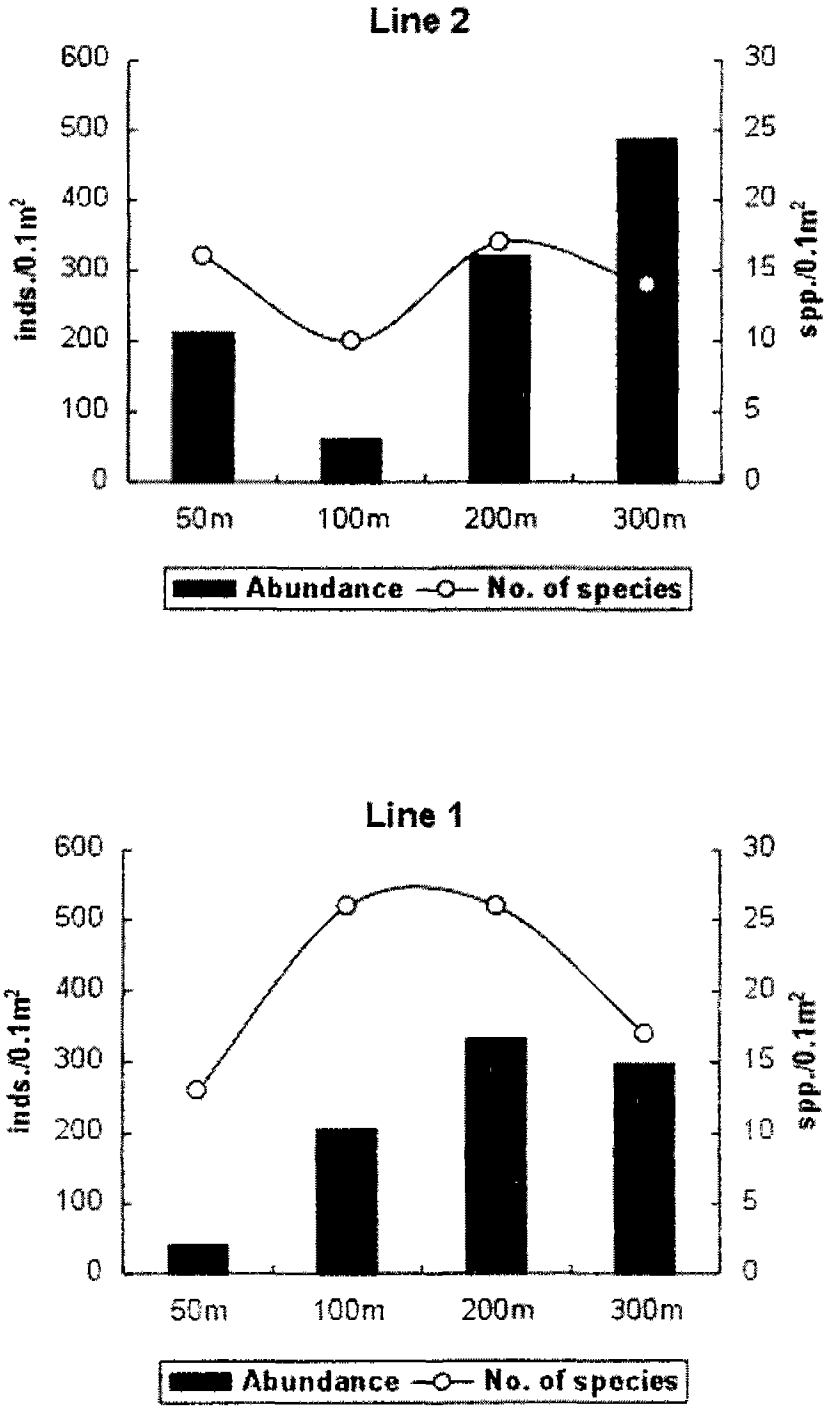
분류군	종수	%	개체수	%
연체동물	20	40.0	1076	55.1
갯지렁이류	11	22.0	352	18.0
갑각류	15	30.0	480	24.6
기타	4	8.0	46	2.4
합	50		1954	

다음으로 갑각류와 갯지렁이류의 순으로 우점하였다. 최우점종은 전체 출현개체수의 27.8%를 차지한 연체동물인 *Umbonium thomasi* (서해비단고둥)이었으며 평균서식밀도가 679개체/m^2에 달했다. 그 다음으로는 연체동물인 Veneridae indet. (백합과)의 치패와 옆새우류인 *Mandibulophoxus mai* (일곱가시긴뿔옆새우)가 각각 17.6%와 9.1%의 순으로 우점하였다. 이외에 갯지렁이류의 *Armandia lanceolata* (침보석요정갯지렁이), 옆새우류인 *Eohaustorius spinigerus* (가시발모래무지옆새우)와 *Urothoe* sp. (모래무지옆새우사촌류)도 전체 출현개체수의 4% 이상을 차지하였다.

② 공간적인 분포

2002년 7월 신두리 갯벌의 대형저서동물의 개체수 및 종수 분포는 조사선 1과 2에서 차이를 보였다 (<그림 3.4.34>). 신두리 갯벌 중앙부에 위치한 조사선 2에서는 4개의 조사정점에서 31종이 출현하였으며, 평균서식밀도는 2,695개체/m^2였다. 300m에서 487개체/0.1m^2로 가장 높은 출현개체수를 보였으며, 종수는 50m와 200m에서 각각 11개체/0.1m^2로 상대적으로 많았다. 갯벌 북쪽에 위치한 조사선 1에서는 전체 43종이 출현하였으며 평균서식밀도는 2,190개체/m^2로, 조사선 2에 비해 출현종은 많았으나 서식밀도는 오히려 낮았다. 출현 종수는 100m와 200m에서 각각 26종으로 갯벌 조사 정점 가운데 제일 많았으며, 출현개체수는 200m에서 332개체/0.1m^2였다 (<그림 3.4.34>).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



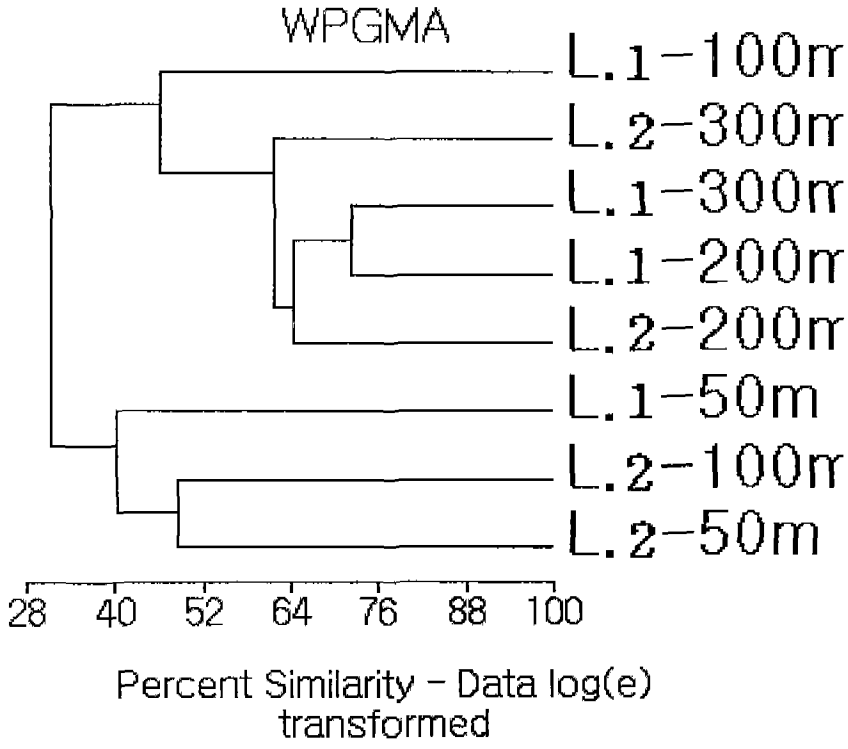
<그림 3.4.34> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물의 출현 종수 및 개체수 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

③ 군집분석 및 우점종 분포

신두리 갯벌 저서동물군집의 공간적인 분포패턴을 파악하기 위해 2002년 7월의 정점별 종의 개체수 자료를 이용하여 집괴분석을 실시한 결과, 크게 4정점군으로 구분 할 수 있었다 (<그림 3.4.35>). 조사선 2의 50m와 100m, 조사선 1의 50m, 조사선 1의 100m, 그리고 나머지 200m와 300m의 정점들로 구분할 수가 있었다.

신두리 갯벌의 퇴적상은 전 조사정점에서 모래 함량이 99.8% 이상으로 거의 일정한 환경이었다. 이로부터 갯벌 저서동물의 분포에 영향을 주는 주 요인은 노출시간 즉, 평균해수면으로부터 표고의 높이일 것으로 여겨졌다. 집괴분석 결과는 이를 잘 반영하고 있었다.



<그림 3.4.35> 신두리 해안에서 출현한 대형저서동물 개체수 자료에 의한 집괴분석 결과 도출된 정점별 수지도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

우선 평균해수면으로부터 가장 높은 곳에 위치한 조사선 1의 50m가 하나의 정점군으로 구분 가능하였으며, 평균 해수면으로부터의 표고 약 2m와 1m 근처의 조사선 2의 50m와 100m가 또 다른 정점군으로 구분되었다. 그리고 조사선 1의 100m가 따로 구분되었으며, 평균해수면으로부터의 표고가 0m 이하인 나머지 정점들로 구분되었다 (<그림 3.4.35>, <표 3.4.12> 참조).

<표 3.4.12> 신두리 해안의 조사 정점별 평균해수면으로 부터의 높이 자료

	Line 2	Line 1
50m	2.1	3.0
100m	1.1	1.2
200m	0.0	0.0
300m	-1.2	-0.8

우점종의 분포에서도 이러한 특징은 잘 반영되어 나타났다. 조사선 1과 2의 우점종의 조성은 유사하였으며, 종별로 서식지의 구분이 뚜렷이 나타났다 (<그림 3.4.36>). 즉, 평균해수면으로부터의 높이에 의한 노출시간에 따라서 그 분포가 결정되어 있었다. *Umbonium thomasi* (서해비단고둥)는 모든 정점에서 서식하나 평균해수면으로부터의 표고가 0m 이하인 곳에서 주로 서식하였다. *Umbonium* sp.는 조사선 2의 300m (표고가 -1.2m)에만 서식지가 한정되어 있었으며, 조사선 1의 300m (표고가 -0.8m)에서는 출현하지 않았다. 이는 두 지역의 표고차 때문인 것으로 추정된다. *Scopimera globosa* (엽낭게)와 *Urothoe* sp. (모래무지옆새우사촌류)는 약 2m 표고 근처에서 주로 서식하였다. 조사선 2의 50m (표고가 2.1m)에서 이 두 종은 주로 출현하였으나 조사선 1의 50m (표고가 3m)인 곳에서는 출현하지 않았다. *M. mai* (일곱가시긴뿔옆새우)는 표고가 2.1m에서 -0.8m인 곳에서 출현하였으며, 표고가 약 0m인 곳에서 주로 서식하였다. 조사선 2의 300m지점과 조사선 1의 50m

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

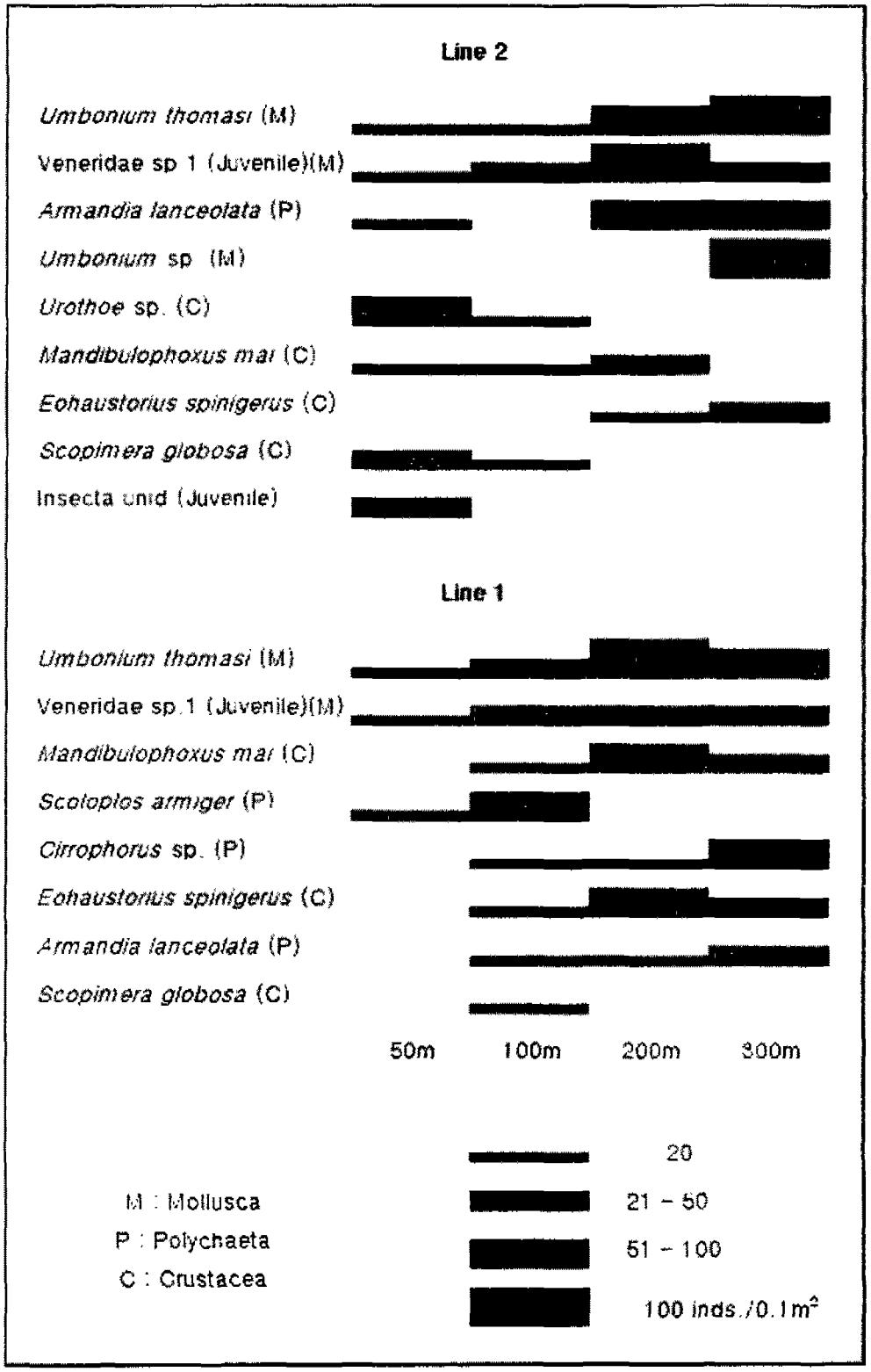
정점에서는 전혀 출현을 하지 않았는데, 이 역시 서식지의 범위를 벗어나는 표고로 인한 결과인 것 같다. *A. lanceolata* (침보석요정갯지렁이)는 표고가 2.1m 이하인 곳에서 출현하였으며, *E. spinigerus* (가시발모래무지옆새우)는 주로 하부역에서만 출현하는 경향을 보였다. 이외의 우점종으로는 전 조사지역에서 출현한 Veneridae sp.1 (백합과)과 조사선 1에서만 제한적으로 출현한 갯지렁이류의 *S. armiger* (삼각모자갯지렁이)와 *Cirrophorus* sp. 등이 주요 우점종이었다.

라. 습지 유형별 대형저서동물 비교

각 조사지역의 대형저서동물 평균서식밀도를 습지의 유형별로 비교하였다 (<표 3.4.13>). 호곡리의 자료는 본 보고서에는 제시되지 않았던 1999년 가을철에 조사된 한국해양연구원의 자료를 인용하여 비교하였다. 갈대우점 염습지에 비해 거머리말 군락과 해안사구에서 대형저서동물의 밀도가 상대적으로 높게 나타났다. 특히 독곶리의 거머리말 지역은 조사지역 가운데 가장 높은 평균서식밀도 분포를 보였다. 이에 반해 갈대 우점 염습지의 서식밀도는 1,000개체/m^2 이하로 신두리 사구와 독곶리의 그것에 절반에도 미치지 못하였다. 특히 호곡리 습지의 경우에는 매우 빈약한 생물상을 보였다.

서식지의 식생 유무에 관계하여 보다 구체적인 생물상 자료를 비교하기 위하여, 각 조사지역별로 식생대가 존재하는 지역과 노출된 갯벌 지역을 구분하여 서식지별 평균 출현종수 및 평균 출현 개체수 자료를 비교하였다 (<표 3.4.14>). 식생대가 존재하는 곳에서 조사를 할 수 없었던 신두리 사구와 내서성 저서동물이 거의 출현하지 않았던 호곡리 염습지를 제외한 네 지역의 자료를 비교하였다. 갈대가 우점하는 염습지인 여차리와 순천만에서는 서식지 식생의 유무에 관계없이 평균 출현종수는 여섯 종과 일곱 종으로 뚜렷한 차이가 없었으나, 평균 서식밀도에 있어서는 식생이 존재하는 지역에서 훨씬 많은 개체가 출현하였다. 거머리말 군락이 형성되어 있는 독곶리의 경우에는 평균 출현개체수는 두 서식지별로 유사한 분포를 보였으나, 평균 출현 종수 면에서는 식생대가 있는 지역에서 두배 이상의 종수가 출현하였다. 하지만 염생식물들이 혼재하며 나타나는 시흥갯벌의 경우는 평균 종수와 평균 개체수가 식생이 존재하지 않는 노출된 갯벌상에서 훨씬 많았다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.36> 신두리 해안에서 출현한 저서동물 우점종의 정점별 분포도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 3.4.13> 해안습지 유형별 대형저서동물 평균서식밀도 비교 (RD: 갈대 우점 염습지, ST: 염습지, SG: 거머리말 식생지, SD: 해안사구)

	Suncheon	Yeocha-ri	Siheung	Hogok-ri	Dokgot-ri	Sindu-ri
Habitat classification	RD1	RD2	ST1	ST2	SG	SD
Mean density (inds./m^2)	969	615	703	193	2972	2349

<표 3.4.14> 조사지역 네 곳의 서식지 식생대 존재 유무에 따른 평균 출현 종수 및 평균 개체수 비교 (1: 식생대가 존재하는 지역, 2: 노출된 갯벌)

	Dokgot-ri (SG)		Shiheung (ST1)		Yeocha-ri (RD2)		Suncheon (RD1)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Mean species no.	20/0.08m^2	42/0.08m^2	8/0.05m^2	4/0.05m^2	6/0.13m^2	6/0.13m^2	7/0.1m^2	8/0.1m^2
Mean density	414/0.08m^2	344/0.08m^2	110/0.05m^2	19/0.05m^2	20/0.13m^2	146/0.13m^2	84/0.1m^2	147/0.1m^2

전반적으로 식생대가 존재하는 지역에서 보다 풍부한 생물상이 관찰된다고 할 수 있었다. 다만 시흥갯벌의 경우에는 종수와 개체수면에서 식생이 없는 지역에서 생물상이 높았다. 이 지역은 갯벌의 최하부이면서 수로인 곳이었다. 일반적으로 갯벌의 생물상은 노출시간이 적을수록 증가하는 양상을 보인다. 시흥갯벌의 경우는 노출시간의 정도에 의해 생물상의 많고 적음이 구분되어진 것으로 여겨졌다. 독곶리의 거머리말 군락지역은 갯벌의 최하부에 위치하면서 식생이 존재하는 지역이기 때문에 상대적으로 많은 종수와 개체수가 출현한 것으로 해석할 수 있었다.

결과적으로 말하면, 유사한 노출시간을 가진 지역간의 비교에서는 식생이 형성된 지역에서 그렇지 않은 지역에 비해 생물상이 풍부하였지만, 조위가 큰 차이를 보이는 지역간의 비교에서는 식생의 유무보다는 노출시간과 관련된 요인이 생물상의 정도를 결정하는데 보다 중요한 요인인 것으로 판단되었다

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제5절 국내·외 대체습지 복원 사례

1. 국내의 경우

국내의 해안 생태계복원 역사는 매우 짧으나 육상 생태계복원으로 1955년부터 1988년까지 전쟁으로 피폐한 산림을 복원한 것이 생태계 복원의 효시였다. 1990년 초반부터 육상에서 다양한 복원연구가 진행되었으나 생태학적 원리는 제대로 반영되지 못하였다. 육상과 하천의 복원연구가 진행되고 있는 사이 1990년 중반부터 해안습지의 중요성이 강조되면서 해안생태계 복원이 관심을 가지기 시작하였다.

해안습지는 해양생물자원의 공급처이자 생물다양성과 생산성이 가장 높은 자연 가운데 하나이나 개발이 집중되어 생물의 서식지가 크게 훼손되었거나 소실되었다. 자연자산에 대한 정부와 국민들의 관심 고조에 따라 정부는 생물다양성과 습지에 관한 국제협약에 가입을 하였고, 1998년에 생물다양성국가전략을 수립하였다. 1999년에는 습지보전법을 제정하여 주요 습지는 보전하고 훼손된 습지에 대해서는 복원을 하도록 명시하고 있다.

최근에 해안서식지에 대한 복원의 필요성이 인식되어 한국수자원공사의 시화호 상류의 「반월천·동화천 습지조성 조경공사」, UNDP의 대호간척지에서 수행된 「해안간척지의 환경친화적인 복원」, 환경부 공공기반기술 개발사업의 「훼손된 해안생태계 복원기술」(한국해양연구원), 「인공습지 조성 및 갯벌에 의한 오염정화기술」(군산대학교), 그리고 「황해 연안역의 해양환경 복원을 위한 연구: 인공갯벌」(한국해양연구소, 2000) 등 여러 과제를 통하여 연구와 실행이 진행되고 있으나, 일부는 생태계 기능의 복원을 목적으로 하지 않고, 개발사업을 보완하기 위한 사업이었다.

간척호수인 시화호 상류에 시행되었던 「반월천·동화천 습지조성 조경공사」는 약 270억원의 사업비로 외국 기술진에 의해 조성되었으나(한국수자원공사, 1997a), 사업 목적인 상류지역의 수질정화 기능을 하지 못할 뿐만 아니라 기존의 자연수로를 변형하거나 파괴함으로서 서식지 조성의 근본 취지를 상실하였다.

한국농업기반공사와 UNDP가 공동으로 대호간척지에서 추진한 「해안간척지의 환

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

경친화적 복원」은 간척지 내를 관광공원화하기 위하여 경관의 회복을 시도하여 다양한 시설들을 조성하였으나, 습지자체의 기능 복원 또는 고유한 해안서식지 확보에 대한 노력은 없었다 (UNDP · SNU, 2000). 그리고 한국해양연구원 (2000)의 연구는 대규모 인공갯벌 조성을 위한 공학적인 복원기술 개발을 목적으로 하고 있다. 그러나 이와 같은 연구와 조경 및 복원기법의 실행과 시행착오는 향후 전개될 복원사업에 크게 도움이 될 것이다.

한편, 우리나라에는 전 연안에 해안사구가 존재하나, 지금까지 공유수면매립법 상 바닷가 빈지로서 관리의 사각지대에 놓여 있었으며, 골재채취, 위락시설, 농경지, 해안도로, 제방, 관광 시설물 등으로 심각하게 훼손되고 있는 실정이다. 그 동안 정부, 전문가, 국민들의 사구 가치와 중요성에 대한 인식 부족으로, 사구의 기본개념, 보전 및 복원 방안에 대한 연구는 매우 미약하였다. 최근에 사구의 생태계적 중요성이 알려지면서 생태계적으로 우수한 사구는 보전하는 방안이 강구되고 있다. 충남 신두리 사구는 자연성과 생태계적 우수성이 알려져 문화재청에서 사구의 중앙부와 북부를 2001년 12월에 천연기념물로 지정하였다.

최근의 해안사구 연구로 2000년에 전남대학교에서 수행된 "우이도 풍성사구의 형성과정 및 주변 해양환경 활용방안에 관한 학술연구"에서 우이도 사구의 환경 및 활용방안을 연구하였으며, 2001년에 수행된 환경부 "우리나라 사구 실태파악과 보전 · 관리 방안에 대한 연구"에서 우리나라 해안사구의 분포 및 훼손 현황이 밝혀졌으며, 환경부 공공기술사업인 "훼손된 해안생태계 복원기술" 연구 (1998-2001)의 일환으로 승봉도 사구의 지형 및 퇴적물 부피 변화 연구와 신두리 사구에서 사구 복원 기법 연구가 있었다.

한편, 시뮬레이션 기법을 이용한 경관복원 사례로 해안과 육지를 함께 경관단위로 설정하고 해안관리와 개발계획을 세우는데 활용하였다. 국내에는 향후 공간자원 활용과 관광 등 다양한 요구에 의해 해안서식지의 경관 개선과 현명한 이용 그리고 개발사업의 문제 해결이 요구되고 있어 해안서식지 복원 기술의 수요가 크게 증가할 것으로 보여 해안서식지 복원 기술과 관련된 다양한 연구사업이 필요하다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 외국의 경우

선진 외국에서는 연구와 실험단계를 지나 해안서식지 조성과 복원을 위하여 대규모 사업을 전개하고 있으며, 돌발적으로 발생하는 오염사고에 의해 훼손된 서식지 복원과 오염된 퇴적물을 이용한 인공 서식지 조성기술들이 활발히 진행되고 있다. 미국의 샌프란시스코 해안 복원, 캘리포니아 해안 사구 복원, 미시시피강 하구 복원, 텍사스 갤배스톤만 인공습지 조성사업, 캐나다 서해안의 프래이저 강 하구의 습지와 연어 서식지 복원 (Kistritz, 1996) 등이 진행되고 있으며, 해양서식지 조성과 복원기술을 기업화하고 있으며, 세부 기술별로도 기업화가 진행되고 있다.

미국의 NOAA나 육군공병단 그리고 일본의 항만공항연구소 등 공공기관에서도 복원기술을 확보하고 있으며, 특히 미국은 수산자원 증대를 위한 해안서식지 복원 연구를 일본과 공동 연구를 추진하고 있고 (UJNR, 1999), 우리나라와도 공동 연구 추진을 준비 중에 있다. 미국이나 캐나다는 기본적으로 해안을 비롯한 습지의 "No Net Loss" 또는 "Mitigation" 개념을 법제화하여, 개발 시에는 훼손된 습지의 기능을 대체할 대체습지 또는 배후습지[1] 조성을 강제화하고 있다. 한편 1999년에 개최된 습지협약 제7차 당사국 총회에 제출된 보고서에 의하면 107개 회원국 가운데 75개국 이상이 복원사업을 실행하고 있었다 (Moller, 1999).

가. 미국

1900년대 초에 해안 습지생태계 복원의 필요성이 제기되었고, 1930년에 복원이 실제 시작되었으나, 성공적인 사례는 1960년대에 나타나기 시작하였으며 같은 시기에 해안습지의 가치평가가 최초로 이루어졌다. 1970년대에는 국가적인 차원에서 대규모의 복원사업이 수행되었으며, 1974년의 연구에 의하면 105곳에 시도하여 96곳에서 성공적인 결과를 얻었다.

미국은 전 해안습지의 50%이상이 이미 심각하게 훼손되었으며, Chesapeake 만, Florida 해안, Lousiana 해안, 그리고 California 해안 등에서 대규모 습지 복원 사업이 이루어졌다. 이러한 복원사업의 주목적은 생물의 서식지를 재 확보하여 생태계

1) 범람원(氾濫原)이나 삼각주(三角洲)에 발달한 장녀제방의 배후에 생긴 습지. 하천은 홍수 때에 유로(流路)의 양쪽이 마찰에 의하여 유속이 떨어지고, 결과적으로 모래나 흙을 그 양안에 좁고 긴 제방으로 퇴적시켜 자연제방을 형성한다. 그 바깥쪽에는 점토 ·실트 ·이탄(泥炭) 등과 같은 세립물질(細粒物質)로 된 배수가 잘 안 되는 저평(低平)한 땅이 생긴다. 이 곳에는 홍수 때에 물이 괴면 배수가 좋지 않으므로 늪이나 습지를 형성한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

의 기능을 되돌리는데 있었다. 캘리포니아 경우 습지 (wetlands)의 수복사업을 판정 (Califonia Coastal Conservancy, 1978-1992)한 조사결과를 살펴보면, 총 사업량 147건에 24,000 acre를 총 사업비 330억원을 투입해 수복 사업을 실시하였다.

NRC 전미학술회의 수권환경시스템 위원회에서 작성된 기준으로 판정한 결과에 따르면, 습지 복원 목적 달성 약 59%, 생물의 서식지 복원 약 55%, 수질개선 약 40% 등이 성공한 것으로 보고 되고 있다. 미국 공병대 WES Enviromental Laboratory의 성공 조사 사례에 따르면, 해양에서 준설한 모래를 이용해 생물 서식지를 조성한 곳은 대부분이 저서동물, 어류 등이 서식하는 인공습지로서 역할을 충분히 하고 있다고 보고하였다. Clean Water Act에 의하여, 개발에 따른 훼손된 습지에 대해서는 반드시 대체습지를 조성하도록 하고 있다. 한편, 유류 오염사고 등 돌발적인 독성물질에 의한 사고로 훼손된 습지생태계는 복원하도록 OPA (Oil Pollution Act, 1990)로 법제화하였다.

훼손된 해안 사구에는 펜스 설치와 식물 이식을 통하여 모래를 집적시켜 복원하는 다양한 연구들이 수행되었다 (Savage, 1963; Savage and Woodhouse, 1969; Knutson, 1977). Massachusetts의 Cape Cod, Nauset Beach에서 American beachgrass는 모래 집적과 안정성에 효과가 있는 것으로 확인되었고, 일직선 펜스에 리프트를 단계적으로 설치하는 것이 모래 집적에 효과가 있는 것으로 알려졌다 (U.S. Army Corps of Engineers, 1980). 샌프란시스코의 Fort Ord는 1998년, Asilomar State Beach는 1984년 이후로 외래식물 제거, 사구 지형 변형 그리고 방책 설치 등으로 훼손된 사구를 원형으로 복원하였다.

나. 일본

일본은 연안지역을 공업용지, 상업용지와 농지 등으로 이용할 목적으로 매립 또는 간척하였으며, 이에 따라 연안습지가 지속적으로 파괴되었다. 갯벌은 1945년의 면적과 비교하면 현재 약 39%가 소멸되었으며, 도쿄만, 오사카만, 나고야만 등의 반폐쇄성 해역의 경우는 약 90%이상이 사라졌다 (環境廳, 1979). 최근 연안습지의 중요성을 인식하고 각 정부 부처에서 연안습지 보전과 복원을 위해 새로운 정책방향을 채택하고 있다. 운수성은 자연과의 공생이나 환경에의 부하저감만이 아닌 보다 적극적인 환경창조를 지향하고 있으며, 건설성에서는 제6차 해안장기계획을 수립하여 자연과 공생하는 해안을 조성할 것을 목표로 하고 있다 (地域計劃建築硏究

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

所, 1997). 수산청은 어업면에서 연안지역 환경보전의 중요성과 특히 수질보전을 중시한 방향의 정책을 지향하고 있다. 이들 각 부처에서는 수복 (Mitigation)개념을 도입한 연안역 계획수립, 정비방책책정 조사의 실시 등 연안, 항만의 개발과 함께 환경보전 및 환경복원 사업을 시행하고 있다 (小倉, 1995).

현재까지 조성된 인공 갯벌의 시간별 조성현황을 보면 지금까지 약 900ha의 인공갯벌이 조성되었다. 갯벌 기능별 분포를 보면 생물생산 기능을 주 목적으로 한 조성이 51.4%, 친수기능 24.3%, 생물서식지 기능 16.2%, 서식지 및 친수기능 2.7% 그리고 수질정화기능을 목적으로 한 것도 5.4%를 차지하고 있다 (이, 1999).

한편, 운수성 산하 항만공항기술연구소를 중심으로 몇몇 대학에서 해양생태계 복원기술의 개발을 위해 노력하고 있다. 특히 갯벌의 복원을 위한 기술개발에 관한 연구를 보면 연안습지의 정화기능을 강화하기 위한 연구도 진행되고 있지만, 주로 연안습지의 생물서식지 복원을 위한 연구개발이 진행되고 있다. 항만공항기술연구소와 히로시마 대학의 경우는 갯벌 및 *Zostera* spp. (거머리말) 군락으로 된 연안습지의 복원기술 개발을 위해 실내모의 실험장치를 이용하여 현장적용을 위한 정보를 제공할 목적으로 연구를 진행 중에 있다.

다. 유럽

1900년 초에 영국에서는 해안 침식을 방지하기 위해 해안을 *Spartina* spp.를 식재하기 시작하였으며, 1960년대에는 성공적으로 적용되어 해안 침식을 방지하는 효과를 얻었다. 네덜란드, 프랑스, 독일, 덴마크 등 북해 연안 국가들도 영국과 같은 목적으로 해안 식생대를 조성하였다. 이러한 조성 경험이 습지를 복원하는데 효과적으로 활용되고 있다.

독일은 1986년 국립공원법에 의하여 2,400㎢의 갯벌 및 염습지를 보호구역으로 지정하였으며, 보호구역 내에 있는 해안습지 식생을 자연천이가 되도록 관리하고 있다. 최근에 Wadden Sea를 공유하고 있는 네덜란드, 독일, 덴마크 일부지역에서는 해안생태계 복원 작업이 이루어졌다. 덴마크와 독일의 경계선이 있는 Sønderjylland 지방에 건설되어 있는 방파제는 덴마크와 독일이 합작으로 1979년부터 1981년에 걸쳐 건설한 것으로서, 약 1,200ha의 간척지가 형성되어 있다. 간척지 중의 1/3은 호수로서 90ha는 강물로 240ha는 해수호수로 구성되어 있으며, 해수 호수는 Wadden

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Sea에서 펌프로 물을 퍼 올려 형성된 곳이다. 해수 호수지역은 새들의 먹이 제공지, 번식지 그리고 중간 휴식지로서의 생태적인 역할을 담당하기 위해 조성된 곳이다. 또한 방파제의 전면(바다쪽)은 수문이 있는 사각형의 퇴적물 방책을 설치하여 조석작용에 의하여 들어오는 퇴적물을 퇴적시켜 새로운 습지를 확장시키고 있다.

라. 기타

중국은 강풍과 해일 등에 의한 해안 침식으로 피해가 극심해지자, 1963년에는 영국으로부터 1979년에는 미국 동해안으로부터 *Spartina* spp.를 도입하여 식재하였으며, 현재에도 광범위한 해안지역에서 식재가 진행되고 있다.

호주의 빅토리아 주 포트필립만에서는 훼손되었던 해안사구와 잘피밭을 효과적으로 복원하여 해안사구 식생대를 원형으로 회복시켰고, 잘피밭도 기능을 회복시켜 생물다양도를 높였다. 사구의 식재인 경우는 자원봉사자들의 참여로, 잘피밭인 경우는 습지의 주 오염원이었던 축산농가의 협조로 성공적인 복원사례를 만들었다.

뉴질랜드에서는 1932년부터 1949년 사이에 *Spartina* spp.로 해안침식을 방제하는 연구와 사업을 추진하여 커다란 성공을 거두었다.

캐나다 서부에서는 Fraser강 하구역의 습지생태계를 복원하는 계획이 포함된 "Fraser River Action Plan"을 1983년부터 1993년까지 진행하여 연어 서식지를 늘리고 기능을 회복시켜 연어자원의 증가에 크게 기여한 바 있다 (Kistritz, 1996).

Caribbean 지역은 지침서를 만들어 국제협력을 통하여 국가적으로 우수한 사구를 관리하고 있다. 이 지침서는 Caribbean Environment Network에서 기본 골격을 수립하였으며, UNEP의 Caribbean 환경프로그램 (UNEP-CAR/RCU)과 the United States Agency for International Development (USAID)가 협력하였다. 지침서에는 사구관리에 있어서 해변과 사구는 상호연관성을 가지고 있으므로 해변과 사구를 하나의 시스템으로 관리해야 한다는 것을 강조하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

국내외 해안생태계 복원기술 개발정도를 비교하면 다음 표와 같이 정리할 수 있다

구 분	개발된 내용	기업화 정도	비 고
국내	해안생태계 구조와 기능을 연구하고 있으며, 아직 개념적인 모델을 완성하지 못했음. 해안서식지 복원연구회가 결성되어 복원연구와 기술확보의 계기를 만들고 있음.	육상과 하천생태계에서는 성공사례가 있고, 일부 기업들이 기술을 축적하여 기업화를 준비중임.	
미국, 캐나다	- 해안의 생태계 유형에 대한 기본적인 개념 모델을 완성하고, 습지복원 경험을 축적하여 하구와 사구 등 해안지역에서 대단위 복원을 시도하고 있음. - 인공습지 조성을 통해 서식지 조성과 해안 관광지 개발로 활용하고 있음.	기술을 기업화	생물서식지를 복원
일본	새로운 기능을 가진 해안 창출에 초점을 맞추고 있으며, 항만개발로 훼손된 기능을 되살리는 연구를 추진 중임.	해안창출 기술은 기업화되어 있음.	생물서식지를 위한 복원보다는 대규모 개발사업의 영향을 경감시키기 위한 습지의 수복 또는 창조를 중심으로 하는 해안생태계 조성 그리고 오염물질 정화에 개발의 초점이 맞추어져 있음.
유럽	간척지역을 복원하거나 조류 서식지 조성이 활성화 되어 있음.	동구, 동남아시아, 아프리카 등에 복원 및 조성사업을 자문하거나 직접 진출하여 사업으로 추진하고 있음.	자연서식지 복원과 인공습지의 자연화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 해안습지와 사구의 복원 사례

가. 해안습지 복원

유럽 Wadden Sea의 덴마크와 독일의 경계선이 있는 SØnderjylland County에 건설되어 있는 방파제는 덴마크와 독일이 합작으로 1979년에서부터 1981년에 걸쳐 건설한 것으로서 1861년에 건설된 HØjer Dyke와 평행하게 1.4 km 길이로 건설되어 있었다. 1981년 방파제가 완공된 후 HØjer Dyke와 새로운 방파제 사이에 1,200 ha의 간척지가 형성되었다. 간척지중의 약 1/4은 호수로서 90 ha는 유입되는 강물로 형성되었고, 240 ha는 염분호수로 구성되어 있으며, 염분호수는 Wadden Sea에서 펌프로 바닷물을 퍼 올려 만들었다. 염분호수 지역은 철새들의 섭식지에서부터 번식지와 경유지로서의 역할을 담당하고 있었다.

새롭게 건설된 방파제는 바다 쪽은 1:10 그리고 육지 쪽은 1:3의 경사도를 가지고 있으며, 방파제 표면에는 바다 쪽은 100cm 그리고 육지 쪽은 50cm 진흙층 (clay)이 쌓여있다. 방파제의 전면(바다 쪽)은 한쪽이 터진 사각형의 나뭇단 둑 (fascine groins)을 설치하여 조석작용에 의하여 들어온 부유퇴적물을 퇴적시켜 새로운 습지를 생성하고 있었다 (<그림 3.5.1>). 사각형의 퇴적방책 내부에는 골과 마루를 인위적으로 만들어주어 조석작용[1]에 의해 유입된 퇴적물을 많이 침전시키며, 조류와 파랑으로부터 퇴적물이 부유, 교란되는 것을 최소화 하였다. 퇴적물이 퇴적되어 식물이 자라는 높은 고도의 습지가 형성되면 이 부분에서 바깥쪽으로 또 다른 퇴적방책을 설치하여 습지를 확장 시키고 있었다. 이러한 복원 기법은 Wadden Sea에 인접한 독일, 네덜란드 등 유럽국가에서도 비슷한 형태로 사용하고 있다. 일본에서도 전통적으로 어촌에서 해안지대 확장방법으로 사용된 방법이었다.

한편, 독일의 Eidersperrwerk 현장은 우리나라의 시화호와 전체적으로 유사한 환경조건을 갖춘 곳이다 (<그림 3.5.2>). 이곳은 시화호와 유사하게 방조제를 건설하여 내부에 대체습지를 조성한 지역이다. 이곳은 독일의 북부 Eider 지역에 위치하고 있으며, Rendsburg를 지난 Kiel지역에서 Flensburg, 그리고 Garding - Wesselburen의 서쪽에 위치한 지역이다. 이곳은 약 3,200 평방키로 미터에 달하는 광활한 지역

1) 달·태양 등의 천체의 인력작용(引力作用)으로 해면이 1일 2회(때와 장소에 따라 1일 1회) 주기적으로 오르내리는 현상.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

으로, Schleswig-Holstein지역의 약 20%를 차지하고 있다. 이 지역은 아주 오래전부터 폭풍에 의한 막대한 피해를 입은 지역으로, 이러한 피해를 방지하기 위하여 약 500년 전부터 소규모 둑이나 댐을 건설하여 왔다. 그러나 그 후에도 폭풍에 의해 이러한 둑이나 댐들이 모두 무너지고 다시 피해를 입게 되자, 1962년 "general plan coastal protection"이라는 커다란 계획 하에 1967년 대규모 댐 공사를 시작하여 1973년에 완공하게 된다. 그 후 여러 차례 설비의 문제점도 발견되어 수차례에 걸친 보수 공사를 1995년까지 시행하였다. 이 방조제는 해수의 유통과 차단으로 인하여 내부에 대규모의 습지를 조성하게 되어 야생동물의 사육장이나 철새도래지로써의 기능을 수반한 여러 지역을 형성하고 있다.

독일의 북부에 위치한 NSG Holnis - Flensburger 지역은 이곳은 외해와 인접한 만의 돌출 부분을 전체적으로 자연 보호지역으로 만든 곳으로, 1870년부터 농지화 하여 경작을 하여 왔던 곳을 2002년 정부가 (Schleswig-Holstein주) 경비를 부담하여 다시 사 들여, 보호지역으로 만든 곳이다 (<그림 3.5.3>). 돌출부의 끝 부분은 갈대 등의 식물로 습지를 형성하고 외해와 자연스럽게 해수의 순환이 자유롭게 물길이 형성되어 있어 새들의 먹이가 되는 저서생물이 서식 가능하게 한 곳이다. 방문 당시에도 수많은 철새들이 날아와 체류하고 있었다. NABU Station이 있는 곳의 인근에는 과거 해수가 유입되는 것을 막기 위하여 작은 제방을 만들었던 곳을 지금은 다시 일부분을 허물고 다리를 만들어 그 밑으로 자연스럽게 밀물 시 해수가 유입되어 연안의 생태계를 조성하였다.

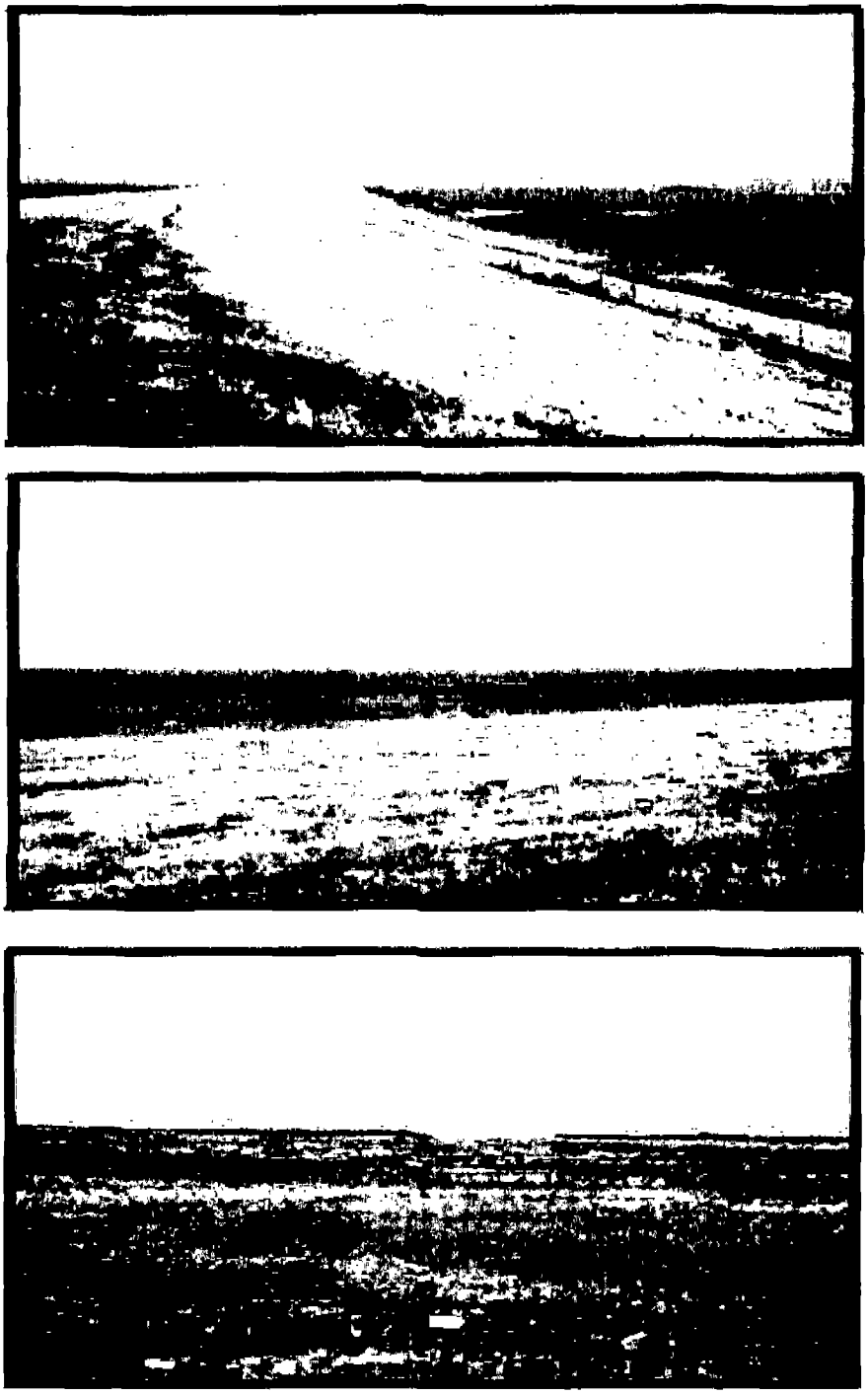
또 이 지역의 동남부에 위치한 Geltinger birk (Staatliches Umweltamt Scheleswig) 지역은 자연적으로 오래 전부터 모래가 쌓이던 연안으로 자연스럽게 육지를 형성하는 과정을 거쳐 왔다. 육지의 작은 만안에 오랫동안 퇴적물이 쌓여와, 그 외부에 둑을 만들어 완전히 육지화 시킨 곳이다 (<그림 3.5.4>). 그 후 최근까지 농가와 경작을 위한 대지였는데, 정부가 이를 다시 자연으로 복원시키기 위하여 근년에 주민과의 토의와 협의를 거쳐 다시 과거의 연안으로 복원시키기로 이번 달에 최종 합의하여 복원 공사가 막 시작하려는 곳이다. 이 대상 지역 전체에 두개의 작은 댐과 한 개의 큰 댐을 만들어 조차를 두어 해수를 pumping tube를 통해 다시 육지로 끌어들여, 현재 육지의 낮은 부분을 해수면 밑으로 하여 과거의 자연 상태로 되돌리는 사업이라 할 수 있다. 이 이외에도 갈대가 많이 자라는 것을 억제하기 위하여 갈대를 먹는 야생말이나 소를 이곳에서 생활하게 하여 갈대의 성장을 억제하는 방법을 취하고 있었다. 이는 갈대가 많이 성장하면 새들이 내려앉기 힘들기 때문이기도 하

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

고, 자라난 갈대가 바닥에 덮어지면 부영양화를 유발하기 때문이기도 하다.

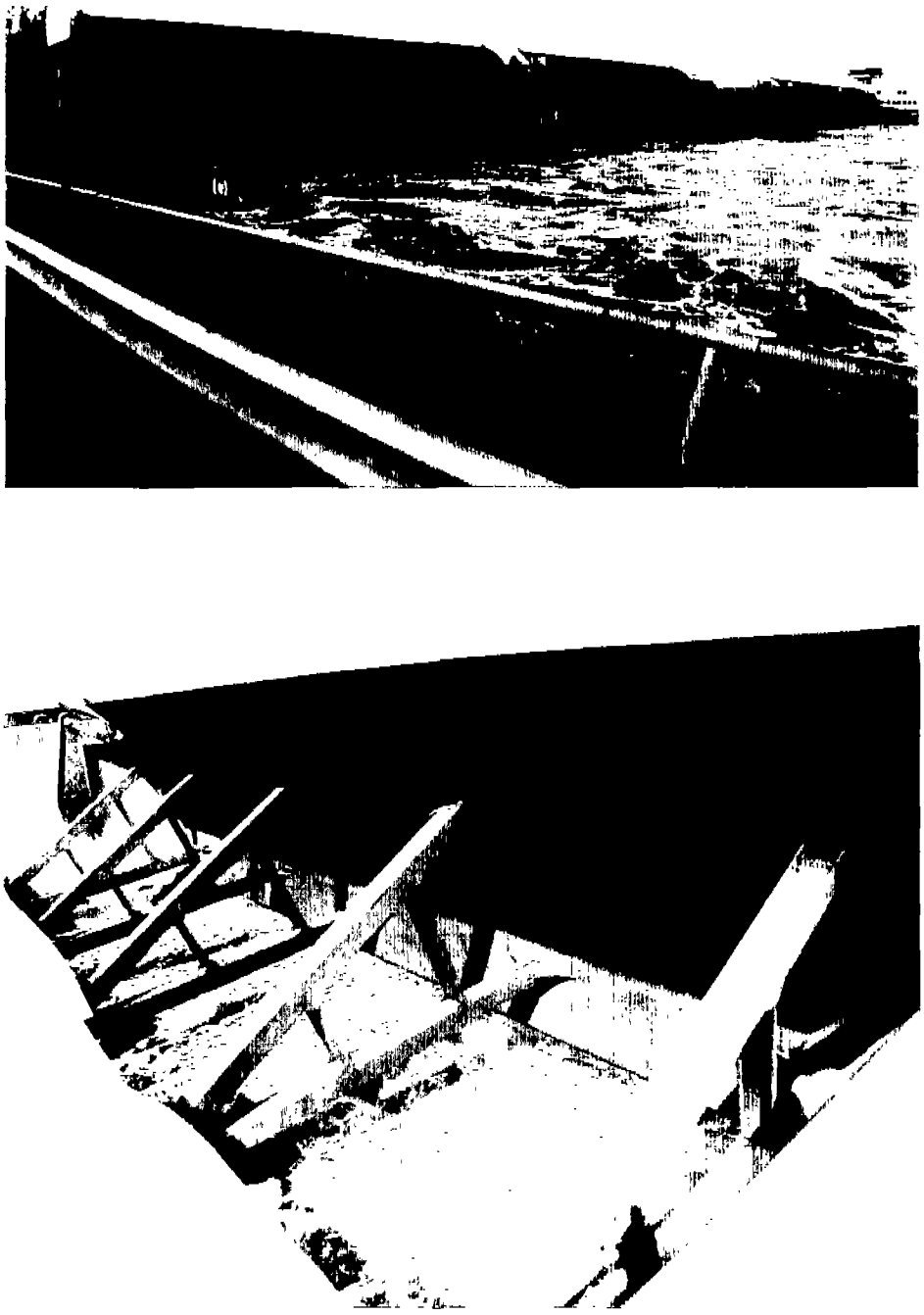
그리고 이 지역의 북서부에 위치한 덴마크의 Ribe Vadehavscentret 해양관 및 그 주변 습지 해역인 Mando island는 덴마크의 남서쪽에 위치하고 있으며 "Wadden Sea Center"라는 해양관을 운영하고 있었다 (<그림 3.5.5>). 내부에는 이 지역의 오래전부터 인근 해역에서 일어났던 여러 사건들을 종합하여 상영하는 상영관이 있었으며, 그 내용은 주로 인근 갯벌에 과거 오래 전부터의 폭풍으로 인하여 마을이 침수되고 인명 피해가 발생되었던 내용을 기반으로 하고 있다. 정부는 그 후 오랜 기간에 걸쳐 대책을 수립하였는데 그 방법 중 중요한 하나가 커다란 둑을 쌓는 것이었다. 따라서 이 지역에는 연안 해양과 육지 경계선에 커다란 둑이 만들어져 있고, 그 외해 쪽으로는 육지 확장을 자연 친화적인 방법으로 하기 위한 나무벽 설치가 논 형태의 모양으로 펼쳐져 있었다. 이 나무벽은 외해로부터 밀물 시 밀려온 해수에 포함된 부유입자들을 자연적으로 쌓이게 하는 설치 시설이었는데, 이미 오래 전에 만들어 놓았던 부분에는 퇴적물이 쌓여 육지화 되어 있었고, 바다와 인접한 부분은 현재 쌓여져가는 과정임을 확인 할 수 있었다. 이러한 시설로 인해 인근에 있는 "Mando island"와는 육지로 자연스럽게 연결되어져 있었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.1> 덴마크의 SØnderjylland county의 연안에 분포하는 습지

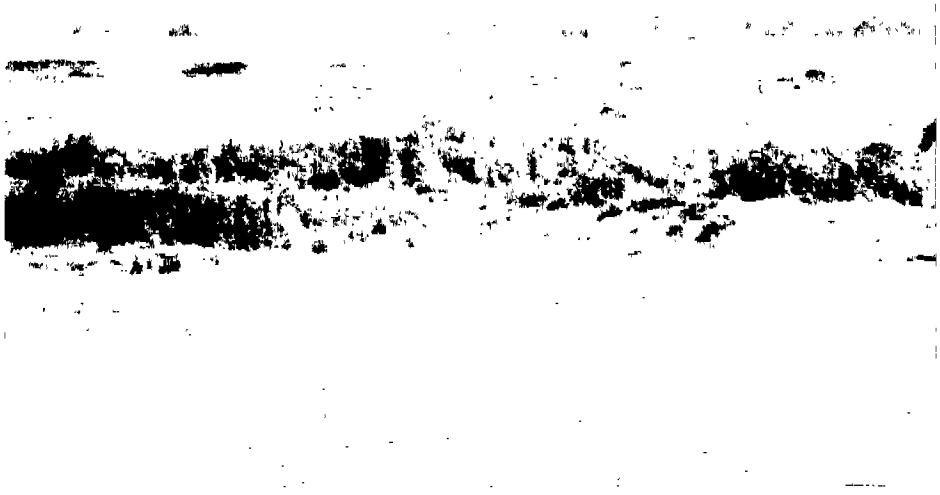
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.2> 독일의 Toenning시 인근에 위치한 Eidersperrwerk 현장

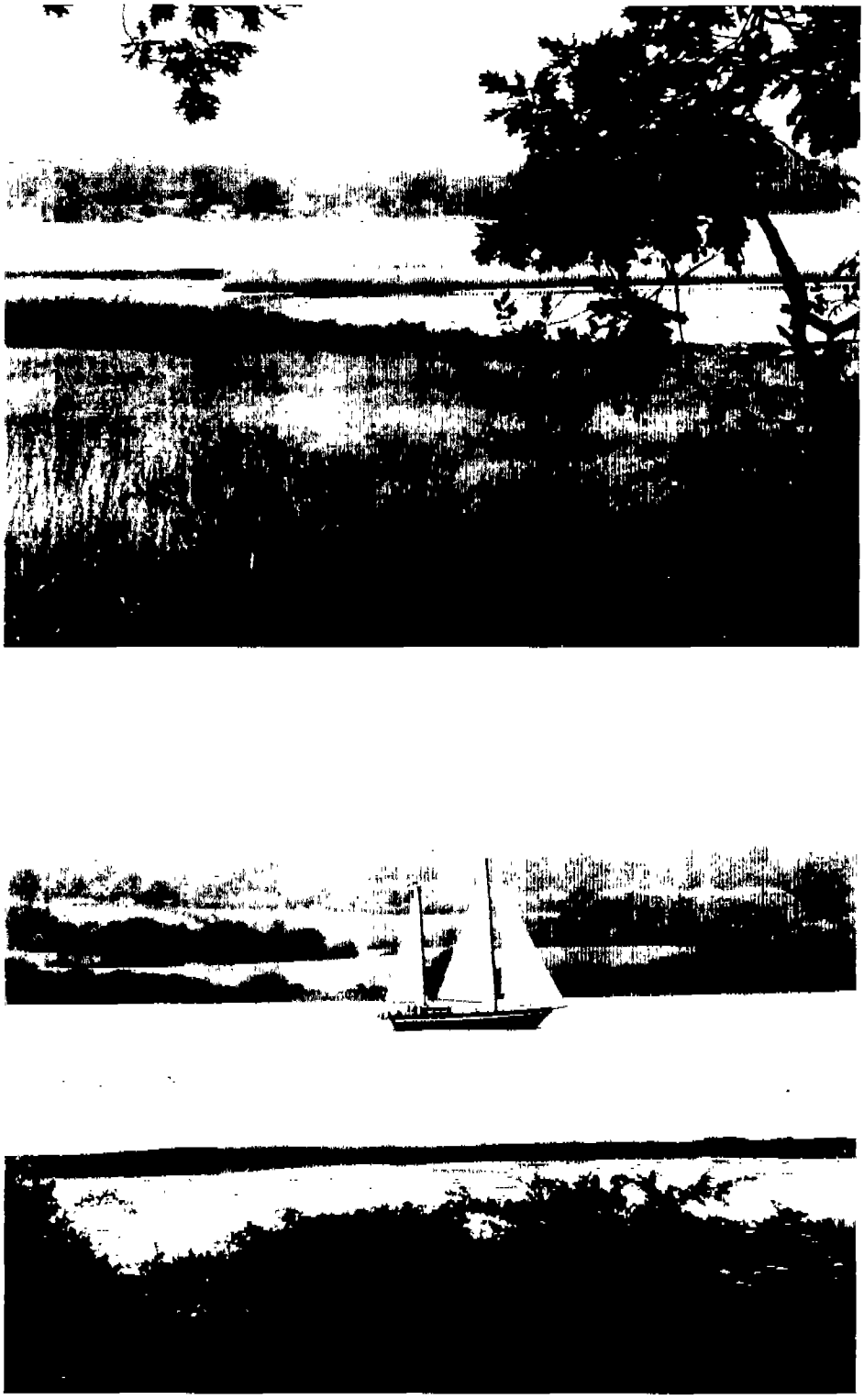
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.2> 계속

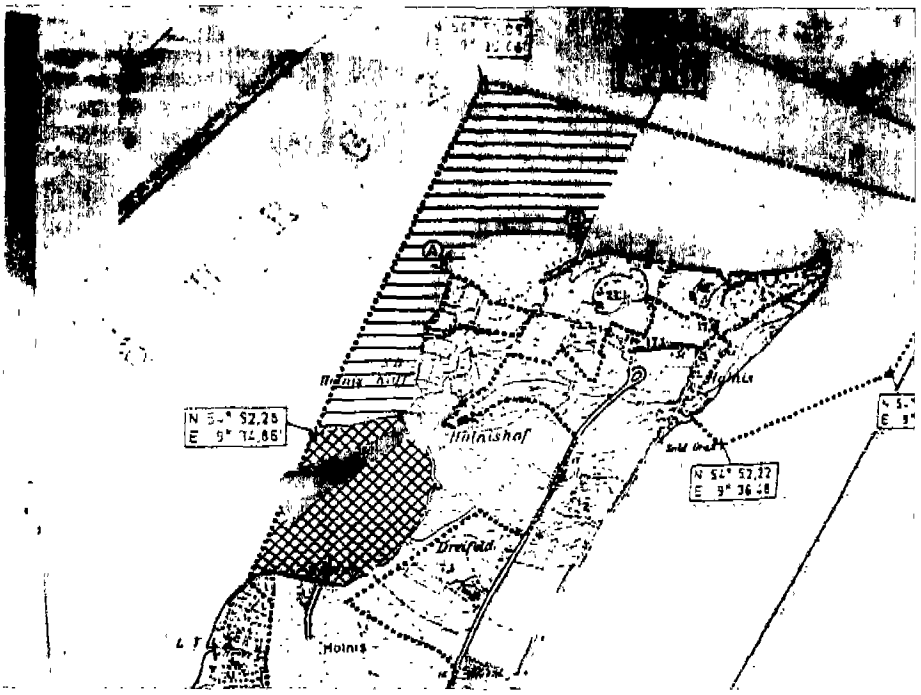
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.3> 독일 북부의 NSG Holnis - Flensburger 습지 지역

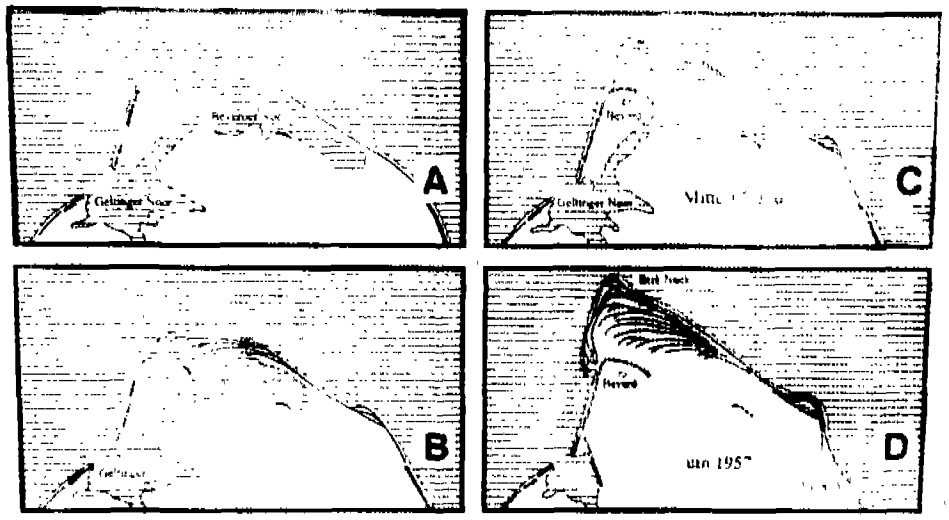
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.3> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



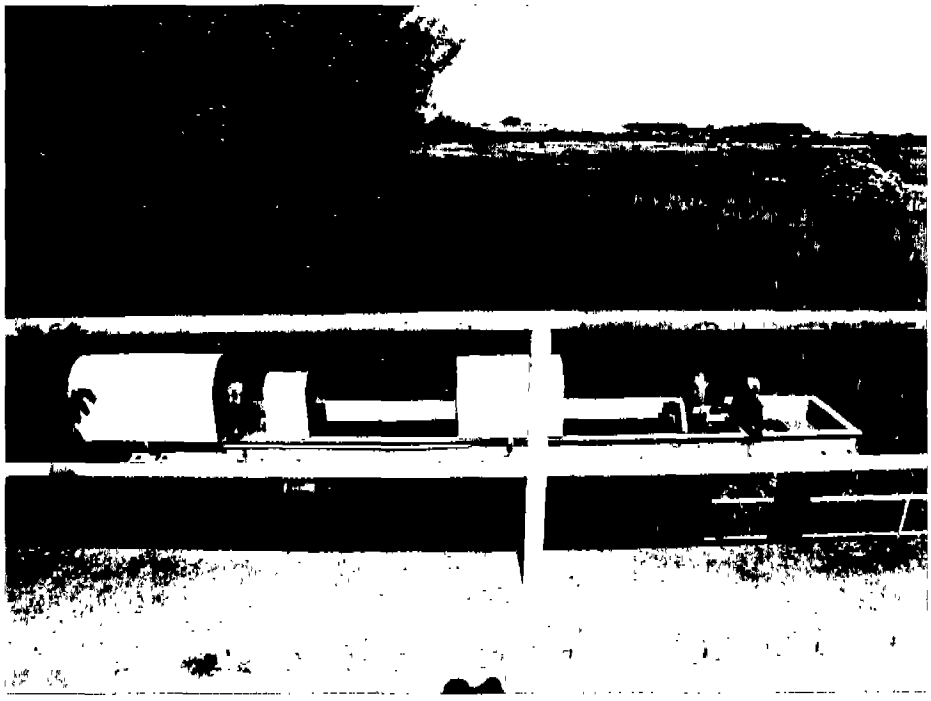
Entwicklung der Strandwall-Landschaft der Geltinger Birk (nach Köster)



<그림 3.5.4> 독일의 Geltinger birk (Staatliches Umweltamt Scheleswig) 지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.4> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.5> 덴마크의 Ribe Vadehavscentret 해양관 및 그 주변 습지 해역인 Mando island

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.5> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

미국 샌프란시스코 만 지역은 150년 전부터 도시화로 해안의 자연 습지는 크게 파괴되었으나 지난 수십 년 전부터 습지 복원을 위한 노력을 하였고, 현재도 꾸준히 진행하고 있다. Muzzi 염습지 (marsh)는 한때 조간대 습지였으나 1950년대에 방조제를 건설하였다. 1970년대에 이 지역은 주변의 항로에서 준설한 퇴적물을 쌓아놓는 지역으로 사용되었으며 1975년에 방조제 일부를 터놓았다. 이러한 과정에서 이 지역은 고도가 높고 적절하지 않은 조류의 흐름에 의하여 식물이 생장하는데 많은 시간이 소요되었다. 1980년에 조류의 흐름을 좋게 하기 위하여 수로를 굴착하였고 그 결과 자연적인 조석에 의한 퇴적작용으로 습지가 복원되었다 (<그림 3.5.6>). 습지복원의 방법으로 조수로 (tidal channel)를 형성시켜 복원시킨 사례지역으로서 Shorebird Marsh와 Sonoma Bayland가 있었다.

강 하구의 습지 복원 사례로서 Petaluma 강에서는 강 주변의 농지를 홍수시 넘치는 물에서 보호하기 위하여 건설한 제방을 강 쪽으로 연결하여 낮은 둑을 다시 건설하고 연결된 둑의 양쪽을 터서 작은 pilot channel을 만들어 주었다. 이러한 과정에서 자연적인 퇴적에 의하여 고도가 높아지며 식물이 자라서 습지가 형성되었다. 이러한 기법은 우리나라 강 주변의 대체 습지 복원에 응용될 수 있을 것으로 보인다.

일본 오사카 Sakishima의 Nanko 인공 철새도래지는 파이프를 통해 해수를 일부 순환시킬 수 있는 인공 방파제를 설치하여 습지를 만들어 철새가 오도록 한곳이다. 1983년에 계획하여 1988년에 완공되었으며, 전체 면적은 19.3ha 이며, 식물이 자라는 지역과 저수지로 구성되어 있다. 전망대에는 이 곳에 나타나는 철새들의 사진 등을 전시해 놓았으며 망원경으로 관찰할 수 있도록 하였다.

일본 히로시마 五日市의 인공갯벌은 하구의 철새도래지인 자연 갯벌에 폐기물 매립장을 건설함으로서 대체 갯벌을 만든 곳이다. 이 곳은 1987년에 공사를 시작하여 1990년에 완공된 곳으로 약 42억엔이 소요되었다. 조석차는 약 3.8m 이며, 조성구간은 850m, 면적은 24ha 이었다. 인공갯벌은 수심이 있는 지역에 폐기물을 먼저 매립하고 위에 모래를 넣어 만든 곳으로 자연 침하가 진행되어 매년 침강조사를 하여 모래를 재투입하는 식으로 현재 10년이 지나 어느 정도 안정화 된 곳이다. 이곳은 원칙적으로 철새를 위하여 사람들에게 개방하지 않고 매년 생물 모니터링 결과 조개 등 저서생물이 풍부하고 철새들이 날아와 대체 서식지로서 역할을 하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.6> 미국 캘리포니아 Muzzi 습지의 서식지 복원 현장

미국 캘리포니아의 습지와 석호들은 도시화에 의하여 오염되고 형태가 많이 변형되었다. 최근에 이 지역들은 주로 식재와 조석 흐름을 원활하게 만들어 복원을 시도하고 있다 (Zedler, 1996).

LA시의 Ballona 습지는 역사적으로 800ha 이상의 연안습지 서식지 이었다. 1800년도 후반에 철도와 1900년도 초반에 도로의 건설은 이 습지를 훼손하여 작고 고립된 지역으로 바꾸어 놓았다. Ballona Creek은 1934년에 수로화 되었으며, 주변지역은 개발이 가속화 되었다. 남아있는 습지의 많은 부분은 1960년대에 Marina del Rey를 만들기 위하여 굴착하였다. 오늘날 남아있는 습지는 LA시의 광활하게 개발된 도시지역에 의하여 둘러 쌓여있어 자연적인 육상서식지와의 연결 관계가 없어졌다. 개발론자들은 이 습지를 보존하고자 하는 많은 사람들로부터 강한 반대에 직면하였

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 이러한 상황은 조수의 호름 증가와 외래식물 제거를 포함한 습지 복원과 확장을 위한 사업을 시민, 과학자, 정부관계자가 함께 시도하고 있다.

San Dieguito 석호 (lagoon)는 지난 세기 동안 박람회장, 주차장, 백화점, 많은 도로 건설을 위하여 매립되어 원습지의 절반만 남고 심하게 원형이 변형되었다. 석호의 서부에는 쓰레기 처리장이 건설되어 34년 동안 사용되었으며, 쓰레기 유입은 석호 바닥에 두꺼운 침전물 층을 형성하였다. 두개의 댐 건설은 담수의 유입을 감소시켰다. 1978년 캘리포니아 Fish and Game 부서는 석호 정화사업을 시작하였으며, 석호 입구에 조석 흐름을 복원하기 위하여 댐을 다시 열었다. 현재 Southern California Edison은 San Onofre 원자력 발전소의 연속적인 가동 보상으로 60.75ha의 자활 습지 복원을 요구하였다. 석호의 다른 지역에도 생태계를 향상시키기 위한 복원 사업들이 제안되고 있다.

Misson만 (bay)은 과거 150년 동안 지속적으로 인위적인 변형이 있었다. 1850년 San Diego 강은 San Diego 만으로 전환되었으며, 그 결과 강은 현재 Mission 만으로 흐른다. 현재 강의 연안지역은 잡석으로 쌓아 놓은 둑 내로 흐르며, Mission 강은 다양한 휴양시설이 있는 수생 공원이다. Mission 강의 서식지로는 수심이 얕은 모래지역, 광활한 거머리말 지역, 암석해안, 펄 갯벌, 그리고 조간대 습지가 있다. 만의 북부에 있는 Northern Wildlife Preserve는 Mission 만의 남아있는 염습지와 펄갯벌의 93ha로 둘러 쌓여 있다. 조간대 서식지를 수복하기 위하여 San Diego 시는 Northern Wildlife Preserve 인근의 Crown Point 수복지역 (3.6ha)을 확정하였다. Crown Point 지역은 먼저 1995년에 조석의 흐름이 이루어지도록 하였다. San Diego 만에 위치한 Sweetwater 습지도 식생과 수로에 인위적인 변형이 있었다. 이 지역도 조석작용에 의한 조석의 흐름을 유도하여 복원을 시도하고 있다.

Tijuana 하구는 1981년 NOAA에 의하여 National Estuarine Research Reserve로 디자인 하였다. 높은 인구밀도, 적절하지 않은 하수시설, 안정성 없는 경사도와 토양, 그리고 농업용수 유출 때문에 Tijuana 하구는 수질과 퇴적물에 문제가 있었다. 최근에 하구에는 Tijuana 시로부터 쓰레기 유입으로 오염되었다. 댐으로부터 범람은 염분도를 낮추고 상부 염습지에 외래 식물이 나타났다. 과거 20년 동안 여러 번의 범람은 하구 수로와 염습지 지역에 많은 퇴적물을 퇴적시켰다. 염습지 식물들이 파묻히고, 경쟁력 있는 식물들이 자라고 있었다. 염습지 고도가 높아지므로서 조석에 의한 침수가 줄어들었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Tijuana 하구는 1986년 이후 수질, 어류, 무척추 동물[1] 그리고 식물에 대하여 장기적인 모니터링 프로그램이 있었다. Tijuana 하구는 복원의 주요 후보지이며, 하구 남부의 200ha 복원을 위한 Tidal Linkage와 Model 습지에는 식재와 조류 습곡의 연결 사업들이 계획되었다. 장기적인 모니터링 자료는 직접적으로 이 지역의 복원 사업들의 디자인과 복원 방법을 위하여 사용되어 졌다.

나. 해안사구 복원

미국 샌프란시스코에서 약 200km 남쪽의 몬트레이 반도에 위치하고 있는 Fort Ord는 면적이 886 acre이며 과거에 육군의 사격장 지역으로 군부대 철수 후 캘리포니아 공원지역으로 이관되었다. 1998년 이후 사격장, 군대시설물 철거와 함께 사구를 복원해왔다. 복원은 외래식물 종인 사철채송화류 (ice plant), 팜파스초 (pampas grass)와 유럽산 해안식물 (European beach grass)을 제거시킨 후 사구에 고유 식물 종의 씨앗을 뿌리고 또한 식재[2]를 시작하였다 (<그림 3.5.7>). 이러한 작업은 이 지역에 희귀종인 black legless lizard, sand gilia, Monterey spineflower, 해안계란풀류 (coast wallflower)와 같은 지역고유종이 자랄 수 있는 기반을 마련해 주는 과정이다. 이러한 형태의 복원 개념은 사구의 생태계가 이들 외래식물과 같이 교란지역의 우세종이 넓게 분포하면 식물의 다양성이 낮아지므로 우세종을 제거하고 여러 종류의 지역 식물이 많이 분포하게 하는 것이다. 복원은 식물의 다양성이 커지고 이들 식물과 공존하는 지역 동물의 다양성이 커짐으로서 안정된 해안 생태계가 되도록 하는 것이 최종목적이다.

미국 샌프란시스코의 Asilomar 주립해안은 1984년에 외래식물을 제거하고 사구의 복원을 시작하였다 (<그림 3.5.8>). 이 지역은 한 지역에 종묘장을 만들어 해안식물

1) 등뼈가 없는 동물의 총칭하나의 세포로 되어 있는 동물에서부터 복잡한 구조로 되어 있는 다세포동물에 이르기까지 그 체제가 다양하다. 알려진 현생 동물의 90 % 이상을 차지한다. 그러나 대체로 척추동물에 비하면 몸이 작은 것이 많고 기관의 구조도 단순하며, 주변에서 흔히 볼 수 있는 어류 ·조류 ·포유류 등의 척추동물과 큰 차이가 있다. 예전에는 무척추동물에 관한 연구가 적어서 18세기에 C.린네만 하더라도 동물계를 포유류 ·조류 ·양서류 ·어류 ·곤충류 ·연충류의 6강(綱)으로 나누었는데 이 중에서 곤충류와 연충류만이 무척추동물이었다. 18~19세기에 동물의 비교해부학(比較解剖學)과 화석에 대한 연구와 함께 무척추동물에 관한 연구도 많이 진척되었다. 특히 J.라마르크는 처음으로 무척추동물에 관한 연구를 본격적으로 하였고, 아리스토텔레스 이래 혈액의 특성에 의한 분류를 피하고 동물계를 등뼈가 있고 없음에 따라 나누는 방식을 굳혔으며, 무척추동물을 적충류(滴蟲類) ·폴립류 ·방사류(放射類) ·연충류 ·곤충류 ·거미류 ·갑각류(甲殼類) ·환충류(環蟲類) ·만각류(蔓脚類) ·연체류(軟體類)의 10강으로 나누었다. 그 후에 무척추동물에 대한 분류학적 연구가 활발해짐에 따라 문(門) 수준의 분류상의 군들이 확립되었다.

2) 인공조림법의 하나. 산지에 묘목을 식재하여 산림을 조성하는 방법이다. 조림 목적과 조림지의 환경에 잘 적응할 수 있는 수종과 품종을 선발하여 묘포에서 묘목을 건전하게 길러 식재하므로 인공조림법 중 가장 안전하고 확실한 동시에 가장 보편적으로 실시된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

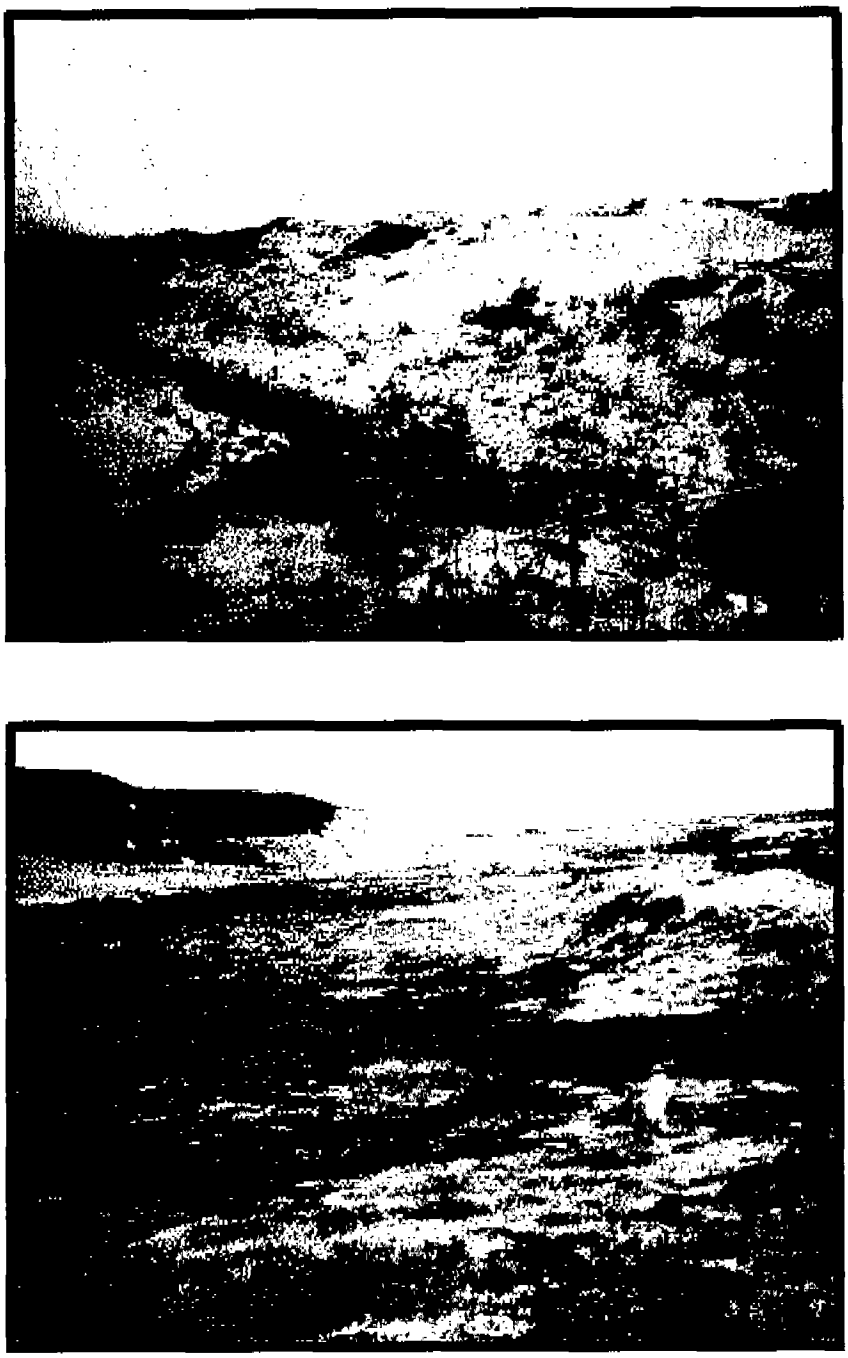
을 채집하여 자라게 하여 다른 곳에 식재를 하였다. 이러한 과정 동안 자연적으로 다양한 식물들이 사구에 넓게 퍼져 나갔다. Asilomar는 사구에 산책로 등을 설치하여 휴양지로서 이용하고 있으며, 사구 복원의 좋은 모델로서 제시되고 있다.

프랑스의 니스해변 사구는 Var강과 삼각주의 간척과 변형으로 인하여 1960년대 초까지 심하게 침식되었고 이러한 해안의 침식은 배후 주거지역과 방파제, 해안산책로 등 해안에 인접한 구조물에 심각한 피해를 주었다. 따라서 해안침식을 방지하고 보전하기 위하여 1976년부터 1992년까지 건축공사장의 굴착폐기물 330,000m^3을 해안에 투입하였다(Anthony and Cohen, 1995) 폐기물의 조건은 0.08mm의 미세한 조각들로 전체투입량의 10%를 초과하지 않도록 하여 물을 혼탁하게 하는 오염을 최소화 시켰다. 투입물질의 성도[1]기간 동안 해안사구는 침식으로 인한 변화가 일어나지 않고 안정되게 복원되었다.

호주의 빅토리아주 포트필립만 (Port Philip Bay)의 훼손된 사구는 식물 이식에 의하여 복원하였다. 식물의 식재는 자원봉사자의 적극적인 참여로 이루어져 식생대를 원형으로 회복시킴으로서 사구를 성공적으로 복원하였다.

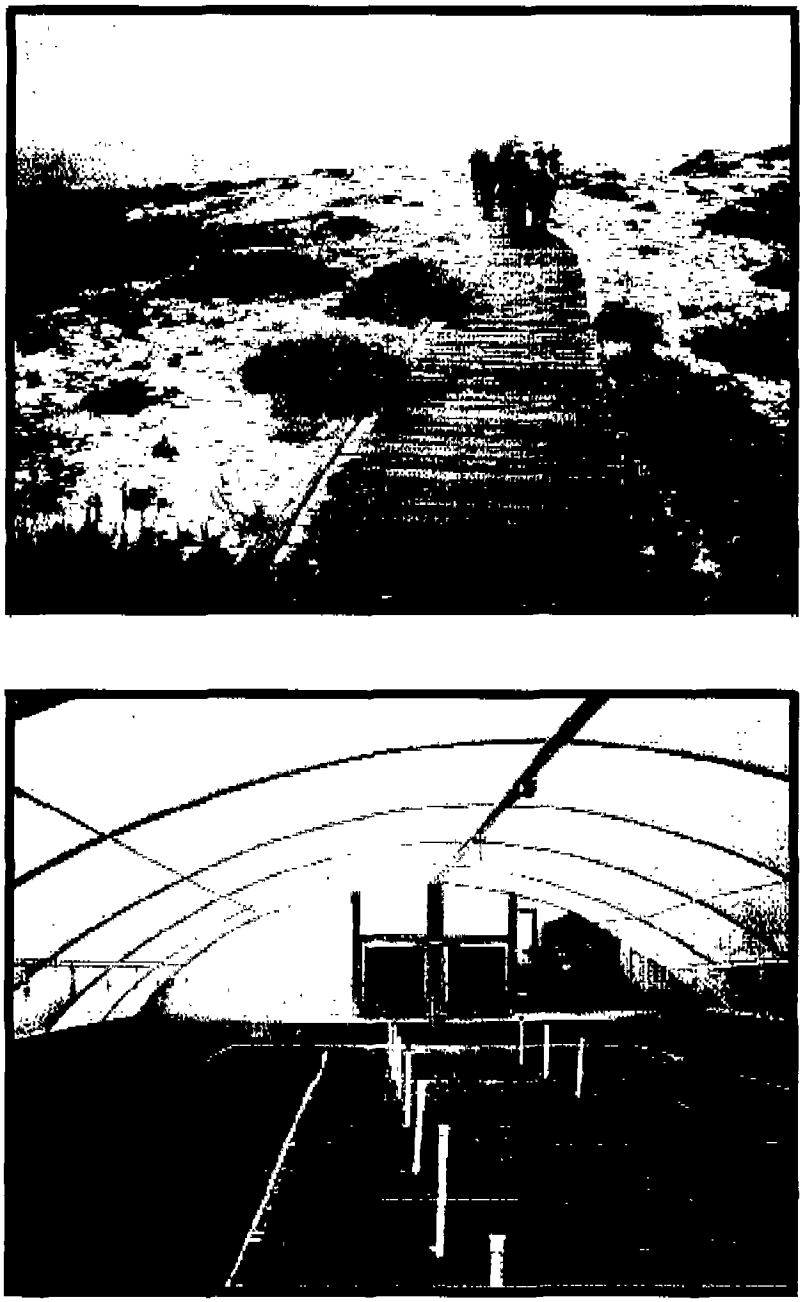
1) 흙을 쌓는 것

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.7> Foredune restoration removing an exotic plants Fort Ord, USA

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.8> Boardwalk and seed nursery at Asilomar State Beach, USA

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제4장

연구개발수행 내용 및 결과 II : 공학기술 분야

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제4장 연구개발수행 내용 및 결과 II ; 공학기술 분야

제1절 서 론

대체습지를 본 보고서 제1장에서 기술한 바와 같이 영향완화조치(mitigation)의 개념을 차용하여 광의로 정의한다면 대체습지조성 공학기술도 훼손된 습지의 복원, 회복, 개선뿐만 아니라 새로운 습지의 창출도 포함하는 제반 기술을 의미한다고 할 수 있다.

본 연구의 세부과제 중 하나인 공학기술 분야의 당해연도(제1차년도) 주요 연구내용은 대체습지 조성사례 조사 분석, 대체습지 조성공법 조사 분석, 그리고 실해역실험을 위한 적지 선정을 위한 현장조사 및 수치모형 수립으로 구성되어 있다. 우선 대체습지 조성 사례는 미국, 일본 그리고 우리나라에 조성된 대체습지의 전형적인 조성사례를 각 국가별 2경우에 대해 국외 출장 등 현지를 직접 방문하여 실태를 파악하고 문헌조사를 통해 자료를 수집, 조사 분석하였다. 대체습지 조성공법 조사 분석은 대체습지 계획, 설계 및 조성을 위한 단계별 기술적 요소를 도출하고, 이들 각각에 대해 다양한 공법을 정리, 분류하고 서로 비교하였다. 본 연구의 주요한 연구과제의 하나인 실해역실험을 위한 적지 선정을 위하여 기존 자료를 수집 분석하고, 환경특성 및 식생에 관한 현지조사를 통해 1차적으로 17개 후보지를 선정하였다. 이들을 대상으로 2차적으로 지형, 수리환경 및 사회적 환경을 조사 분석하여 가장 우수한 입지조선을 가진 것으로 판단된 후보지를 적지로 선정하였다. 이와 같은 방법으로 실해역실험 적지로 선정된 가로림만 오지리에 대해 현장조사(조석, 파랑) 실시하고, 해수유동과 파랑변형에 대해 적용할 수치모형을 수립하였다.

본 보고서에서는 이상과 같은 연구수행결과에 대해 정리하였다. 제2절에서는 대체습지 조성 공학기술의 정의와 조성단계, 그리고 조성단계별 요소기술에 대해 기술하였으며, 해안습지 조성기법을 제3절에, 대체습지 조성사례 조사 분석을 제4절에서 다루었다. 제5절에서는 실해역실험 적지 선정과 현장조사 결과를 수록하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제2절 대체습지 조성 공학기술

1. 대체습지 조성 공학기술의 정의

본 보고서 제1장에서 기술한 바와 같이 대체습지를 영향완화조치(mitigation)의 개념을 차용하여 "건전하고 지속가능한 연안해양환경 유지를 위해 습지개발예정지역 인근 또는 다른 지역에 당해 개발습지의 크기 또는 기능에 상응하는 습지를 확보하는 것"으로 정의하고, 습지의 확보가 훼손된 습지의 복원, 회복, 개선뿐만 아니라 새로운 습지의 창출도 포함한다고 하면, 대체습지 조성기술은 습지의 확보를 위한 제반 기술을 의미한다고 할 수 있다.

따라서 대체습지 조성 공학기술은 "훼손된 습지의 복원, 회복 및 개선과 보상조치로서의 새로운 습지의 창출을 위한 계획, 설계, 시공 및 유지관리에 요구되는 일련의 집합적 기술 체계"로 정의할 수 있을 것이다. 즉, 조성 단계별로 소요되는 세부단위의 기술이라기보다는 전 과정에서 동시 다발적으로 요구되는 서로 연결되는 여러 가지 다양한 분야의 단위기술을 체계적으로 선정·조합·연결하고 활용하여 안정성과 경제성을 동시에 추구하는 기술의 집합체적 성격을 지니고 있다.

또한, 내륙의 담수습지, 해안의 기수지나 염습지는 자연적인 조성 환경이나 조성대상 생물환경조건이 서로 다르기 때문에 설계나 시공시 고려해야 할 사항이 다르고, 적용되는 조성기법이 서로 다르다. 공유수면 매립에 대응하여 실시되는 본 연구사업의 성격상 적용 대상지역은 주로 해안습지(제1장 제1절에서의 정의에 따름)일 것으로 예상되므로, 본 연구에서의 공학적 생태적 조성기술 및 기법 연구도 해안습지를 대상으로 실시된다.

대체습지 조성 관련 공학기술의 범위는 우선, 전체 조성단계를 통해 필요한 생태환경, 수리 및 퇴적환경 등의 자료를 관측·분석하고, 관련 자료를 해석·평가하며 변화양상의 예측에 관련된 기술과 모니터링에 관련된 기술 전반이 포함되며, 해안습지의 친환경적 조성 및 복원에 관련된 수공학[1]적, 지반공학[2]적, 그리고 해안공학[3]

1) 수리학과 수문학을 기초로 한 응용분야. 펌프장, 저수지, 밸브, 관수로 등의 설계와 제작, 수자원의 합리적인 이용방안, 도시 홍수의 처리, 상·하수관로의 설계 등을 담당하는 분야를 통털어 말함(水工學, hydraulic engineering)

2) 지반의 거동을 연구하고 실제에 적용하는 학문(地盤工學, geotechnical engineering)

3) 해안에 대한 기본적인 외력인 파랑, 조류, 또는 이들에 의한 표사의 이동 등 해안에서의 모든 현상을 조사 및

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

적 등 토목공학 및 응용생태학[1] 기술 전반으로 설정할 수 있다. 또한 연안습지의 훼손 제어 및 유지관리 기술도 포함되어야 한다. 한편, 복원공사 또는 조성공사 후 성공 여부를 판단할 수 있는 평가 기술도 매우 중요하게 취급되어야 하며, 기술적 경제적 타당성 평가 기술 또한 필요한 기술이다. 마지막으로 이상의 기술과 관련된 특수 환경에서의 시공 장비, 친환경적 건설 재료 등의 하드웨어와 환경 인자의 해석과 예측에 필요한 소프트웨어, 그리고 친환경적 신공법 등 엔지니어링 기술도 개발 수립 확보되어야 할 기술로 포함되어야 할 것이다.

2. 대체습지의 조성 형태

본 보고서 제1장에서 정의한 바에 따르면 대체습지는 인공적으로 조성된다는 측면에서는 일반적으로 사용하는 용어인 인공습지라 할 수 있으나, 그 의미는 다르다고 할 수 있다. 즉, 인공습지는 기술적인 측면이 강조된 개념이라면 대체습지는 인공습지의 의미에 영향완화조치(mitigation)라는 의미가 더해진 개념이라고 할 수 있다. 그러나 기술적인 측면에서는 큰 차이가 없다.

해안에 조성되는 인공습지는 자연환경조건, 지형적인 조건 등의 입지조건과 조성목적 등에 따라 매우 다양한 형태로 나타날 수 있다. 우선, 물의 종류에 따라 담수지, 기수지 및 염수지로 나눌 수 있으며, 평면 형상에 따라 호안 등의 구조물로 둘러싸인 폐쇄형과 바다에 직접 접하는 개방형으로 나눌 수 있으며, 개방형은 습지의 일부만 바다에 접한 반개방형과 섬 형태의 완전 개방형으로 구분지울 수 있다. 폐쇄형의 경우 물이 완만히 흐르도록 조성된 유수 계곡형과 호수형으로 나누어진다. 수위 및 흐름 조절 방법에 따라서는 자연조절식과 인위적인 수문조작 등을 통한 강제조절식이 있다. 그 외에도 여러 가지 형태가 있을 수 있으나 대개는 여러 가지 형태의 습지가 생물의 다양성 등을 위해 대상지역에 동시에 조성된다. 이러한 현상은 습지를 생태공원으로 조성할 경우 두드러진다.

연구 대상으로 하고 있다. 아울러 각종 해안 구조물의 설계, 시공, 유지관리 또는 이에 대한 재해대책 등을 연구 대상으로 하는 학문으로서, 연안의 개발이나 해안환경의 보존 등에 응용됨. 연안공학이라고도 한다(海岸工學, coastal engineering)

1) 생태학에서 얻어진 원리나 기초적 지식을 실제적인 기술 분야에 적용하는 학문이다. 생태학의 개개의 원리를 농산 ·임산 ·수산 ·축산 등의 생산을 중심으로 하는 산업에 응용함과 더불어 잡초방제, 병충해나 유해동물의 방제, 친연목야(天然牧野) 관리, 야생동물 관리, 토양보전, 수질보전 등 자연의 보호기술이나 생물 관리기술 등을 광범위하게 다룬다(應用生態學, applied ecology).

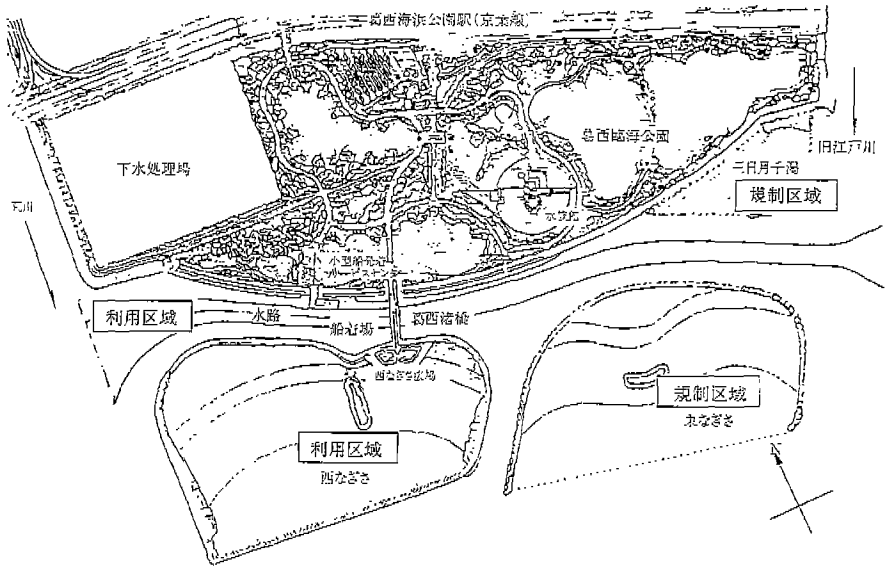
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

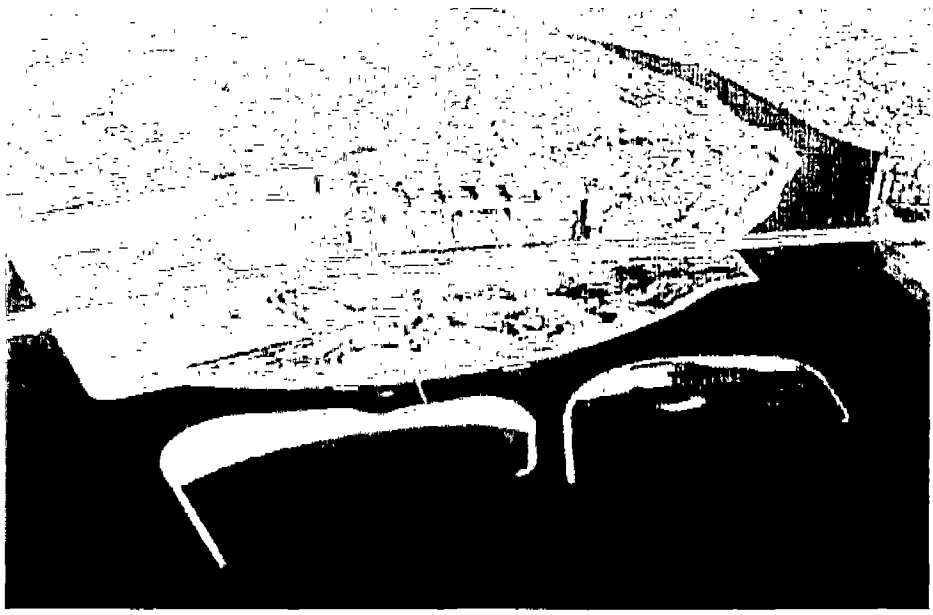
이와 같이 습지는 입지조건 또는 조성목적에 따라 다양한 형태로 조성될 수 있으나, 조성목적을 달성할 수 있도록 자연환경 및 지형 등의 입지조건에 맞추어 얼마나 창조적인 형태로 조성하느냐의 문제는 설계자의 기술과 경험, 그리고 아이디어에 달린 일이라 할 수 있다. 따라서 이상과 같이 인공습지의 조성형태를 구분 짓는 것은 큰 의미가 없다고 할 수 있으며, 인공습지 조성의 성공 여부는 이러한 조성형태의 선정에 있는 것이 아니고, 이러한 여러 가지 방법과 기술을 조화시켜 목표로 설정한 기능을 달성 유지할 수 있느냐가 더 중요하다 할 수 있다.

일본 동경의 가사이임해공원에 조성된 다양한 형태의 습지가 좋은 예가 될 수 있다. 가사이 임해공원은 동경만의 매립지 일부의 지반고를 조정하여 조성하였으며, <그림 4.2.1>에서 보는 바와 같이 매립지 내부에 계곡형 습지, 호수형 담수지와 기수지가 조성되어 있으며, 계곡형의 경우 물을 펌핑하여 수위와 수량을 조절하며, 담수지와 기수지는 수문을 조작하여 수위와 수량을 조절하는 강제조절식을 사용하고 있다.

바다 쪽으로는 반폐쇄형인 반달형 습지를 두 곳에 조성하였으며, 그림에서 좌측의 서둔치는 모래질의 인공해빈으로 조성되어 있으며 친수휴식공간으로 이용하고 있으며, 우측의 동둔치는 사니질의 뻘로 조성하고 습지식물을 식재하여 철새들의 피난처와 서식지로 조성되었으며, 사람의 출입을 금하고 있다. 또한 반달형 호안의 바다 쪽 경계에는 내습하는 파랑에너지의 제어와 토사의 유실을 방지하기 위해 잠제를 설치하였다. 또한 <그림 4.2.1>의 동둔치 위쪽(윗 그림에서 三日月千潟 지역)의 조그만 섬에는 철새들의 휴식지와 피난처 제공을 위하여 주기적으로 양빈을 실시하여 지반고를 조절하고 있다. 이 임해공원을 보면 연안습지의 인공적 조성에 관한 거의 모든 형태를 볼 수 있으며, 또한 인공습지 조성에 적용되는 거의 모든 공법을 볼 수 있어 마치 해안에 조성되는 인공습지의 실험장과 같은 느낌을 준다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



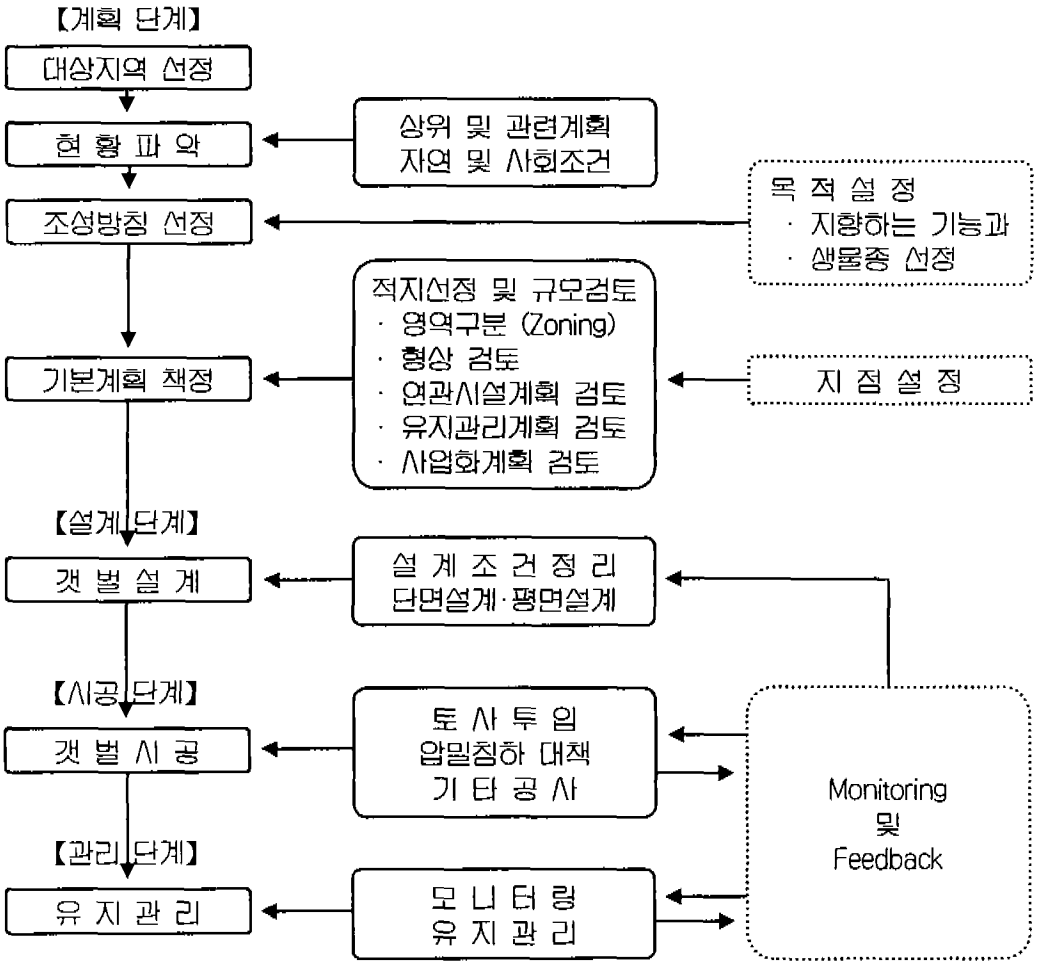


<그림 4.2.1> 일본 동경가사이 임해공원 평년도(위)와 전경(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 해안습지의 조성단계

해안습지의 인공적 조성은 일반적인 건설사업, 특히 매립공사와 유사한 단계를 거쳐 조성된다. 미국의 CWPPRA(미국 연안습지 계획·보호·복원법 ; Coastal Wetlands Planning, Protection and Restoration Act) 사업에서는 습지조성을 ①계획, ②시공, ③모니터링, 그리고 ④운영·관리의 4단계로 구분하여 수행하였다. 일본 운수성의 Ecoport Working Group도 <그림 4.2.2>에서 보는 바와 같이 습지 조성을 ①계획, ②설계, ③시공, 그리고 ④유지관리의 4단계로 구분하였다. 미국의 경우와 다른 점은 계획단계를 계획과 설계 단계로 구분한 반면, 모니터링과 운영·관리를 합하여 유지관리단계로 간주하였다는 점이다.



<그림 4.2.2> 인공습지 조성 흐름도(염 등, 2001)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

경우에 따라서는 복원이 시행되기 이전까지의 과정을 매우 중요하게 취급하여 총 5단계로 다음과 같이 구분하기도 한다(UNDP 등, 2000).

- 1단계(대상지역의 여건분석 단계) : 복원하고자 하는 지역에 대한 전반적인 사항을 검토하기 위하여 주로 다른 지역이나 계획들 간의 연계성을 파악하고, 관련 정책을 검토하는 단계
- 2단계(부지 현황조사 및 평가 단계) : 대상지역에 대한 생태계 구조와 기능에 대한 조사를 실시 파악한 후, 조사·수집된 자료를 바탕으로 복원의 필요성이나 중요성을 평가하는 단계
- 3단계(복원목적의 설정 단계) : 복원계획을 수립하는데 있어서 가장 중요한 부분으로 간주할 수 있으며, 이는 실제로 복원계획을 시행하였을 때 성공인지 실패인지에 대한 판단은 복원계획의 목적에 따라서 달라지기 때문이다. 따라서, 복원목적을 설정할 때에는 대상지역에 대한 현황조사 및 평가자료를 바탕으로 그 대상지역의 역사적인 흐름을 살피면서 복원되어야 할 생물종이나 역사적인 수준을 제시해 주어야 한다. 주의할 것은 복원의 목적을 수립하는데 있어서 구체적인 목적을 가져야 한다는 것이다. 복원 목적이 구체적일수록 시행 후 정확한 평가를 내릴 수 있다.
- 4단계(복원계획의 작성 단계) : 3단계에서 설정된 복원목적을 달성하기 위한 여러 가지 계획들을 제시하는 단계이다. 이 단계에서는 복원할 서식처의 수준이나 유형, 생물종 등에 대한 정보를 바탕으로 하여 적합한 지역에 생물종이 필요로 하는 서식기반 및 시설들을 배치하도록 해야 한다. 중요한 것은 적절한 서식처의 조성과 함께 인간의 접근과 영향에 대한 고려도 충분히 하여야 한다는 것이다. 즉, 어느 정도 인간의 간섭을 허용하고, 제한을 해야 할 것인지에 대한 구분을 명확히 하여 필요한 시설물을 갖추어야 한다.
- 5단계(시행, 관리, 모니터링 단계) : 4단계에서 수립된 계획을 대상지에 적용하는 것이다. 이 단계에서는 계획 및 설계도면에 준하여 시공을 하되, 실제 적용하는데 있어서 제한점이 되는 인자들을 잘 고려하면서 시공하여야 한다. 시공과 함께 관리는 조성과정에서의 관리와 조성 직후의 관리, 그리고 조성직후부터의 장기적인 관리 등으로 구분할 수 있다. 각 관리단계별로 적용된 기법들이 제 기능을 할 수 있도록 하여야 하며, 가급적 인위적인

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

관리는 피해야 한다. 모니터링은 조성 전과 조성 중, 그리고 조성 후의 서식환경과 생물종에 대해 실시하여 복원계획 및 시공의 성공여부를 평가하는 기초 자료로 활용되어야 한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 해안습지를 성공적으로 조성하기 위해서는 조성공사를 실시하는 과정(시공단계)도 중요하나, 실제 공사가 시행되기 이전까지의 과정이 더 중요하게 취급되고 있음을 알 수 있다. 지형적 특성, 해안공학적 환경 및 생태적 환경에 적합한 즉, 보다 자연에 가까운 습지를 성공적으로 조성하기 위해서는 계획·설계 단계에서 충분한 조사를 통해 자료를 수집·분석하고, 관련 전문가들 간의 충분한 논의를 통해 주기능과 조성 형태, 조성 방법 등을 결정하여야 한다. 실패한 인공습지는 쓰레기 매립장과 같은 거대한 환경오염원이 될 수도 있으며, 또다시 막대한 예산을 투입하여 기능을 개선하는 등 여러 가지 부작용이 발생할 수 있기 때문이다. 조성된 인공습지의 성패의 절반 이상이 이 과정에서 결정된다고 보아도 무방할 것이다.

일반적인 토목공사의 경우, 기본계획[1], 기본설계[2], 그리고 실시설계[3]의 단계를 거쳐 시공하게 된다. 그러나 해안습지 조성의 경우 생태환경이 중요한 고려 요소가 되며, 생태환경 조성 대상 및 방법에 따라 토목공학적 고려요소도 달라질 수 있기 때문에 기본설계 단계까지는 학제 간 전문가 간 서로 정보를 교환하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 계획 단계에 설계를 포함시켜 ①계획 및 설계 단계, ②시공단계, 그리고 모니터링과 운영 및 유지관리를 묶어 ③유지관리의 3단계로 구분할 것을 제안하며, 복원 또는 조성공사가 시행되기 이전까지의 과정, 즉 계획·설계 단계에서 매우 신중하게 접근해야 할 것이다.

---

1) 기본방침을 수립하기 위한 계획으로서 구체적인 계획의 전체가 되는 것으로 부분적인 변경에 관하여 융통성을 갖는 계획(master plan)

2) 실시설계 또는 상세설계를 하기 전에, 기본이 되는 사항을 명확히 하는 설계 (preliminary/basic design)

3) 기본설계도서에 입각해서 더욱 상세하게 설계하는 것으로, 공사 실시에 필요한 설계도서를 정비하는 단계이다. 그 내용은 기본설계도의 항목 외에 각종 상세도, 구조계산서 및 구조설계도, 기타 설비설계도를 포함하는 실시설계도의 작성, 시방서(示方書)의 작성, 공사비 예산서의 작성, 공사청부 계약조건의 입안, 법에 따르는 확인신청 절차에의 협력 등을 말한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

4. 조성단계별 고려사항

인공습지 조성 관련 공학기술을 도출하기 위해서는 먼저 조성단계별 고려 사항을 파악할 필요가 있으며, <그림 4.2.2>에 나타난 조성단계별 고려사항을 요약 정리하면 다음과 같다.

(1) 계획 및 설계 단계

(가) 대상지역 선정

대상지역은 갯벌성립의 주요 조건인 다음 사항을 고려하여 선정한다.

- 조석간만차가 있는 곳
- 하천 등에서 퇴적물과 영양염이 공급되는 곳
- 하천유입에 의해 기수역이 형성되는 곳
- 조류·파랑에 의해 퇴적물이 유실되지 않는 곳

(나) 현황파악

- 해당 지역의 개발계획 등 상위 및 관련계획을 정리 파악하여, 이 계획들과 인공습지 조성과의 조화를 도모하며, 자연·사회적 조건을 충분히 파악한다.

(다) 조성방침 선정

- 조성할 인공습지가 목적으로 하는 중점기능을 선정하며, 이 때 자연조건에 따른 서식생물상을 고려한다.

(라) 적지선정 및 규모검토

- 인공습지 조성적지와 규모는 그 成因에 관계되는 자연조건, 水域利用과 관계되는 사회적 조건과 조성방침을 총괄적으로 판단하여 결정한다.

(마) 영역의 구분

- 계획지구 내에 특성화된 기능을 배치하는 경우, 자연조건과 사회조건을 토대로 조성방침에서 설정된 기능을 영역별로 배치한다.
- 또한 영역구분시 자립적인 생태계 성립을 고려하여 영양염[1]의 흐름 등 주변과의 관계를 고려한다.
- 영역구분은 다음 세 단계로 실시한다.
  ① 적지선정을 위한 영역구분
  ② 기능배치를 위한 영역구분

1) 바닷물 속의 규소 ·인 ·질소 등의 염류, 즉 규산염 ·인산염 ·질산염 ·아질산염 등의 총칭. 식물플랑크톤이나 바닷말[海藻]의 몸체를 구성하며, 그 증식의 요인이 된다. 바닷물 속의 영양염류량은 식물플랑크톤의 생산량을 좌우하는데, 이것은 식물플랑크톤을 먹이로 하는 동물플랑크톤의 생산량을 좌우하며, 다시 이것을 먹이로 하는 어류의 생산량을 규제하므로, 바다에서 영양염류는 육상의 논 ·밭의 비료와 같은 역할을 한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

③ 시설배치를 위한 영역구분

(바) 형상검토

○ 인공습지 형상은 지형의 안정성과 조성방침에서 설정한 목표기능을 고려하여 결정한다.

(사) 시설계획

○ 인공습지 조성목적에 따라 기본시설의 종류와 규모가 다르지만, 기본시설 외에 각각의 목적에 상응한 관련시설을 고려한다.

(아) 유지·관리계획 검토

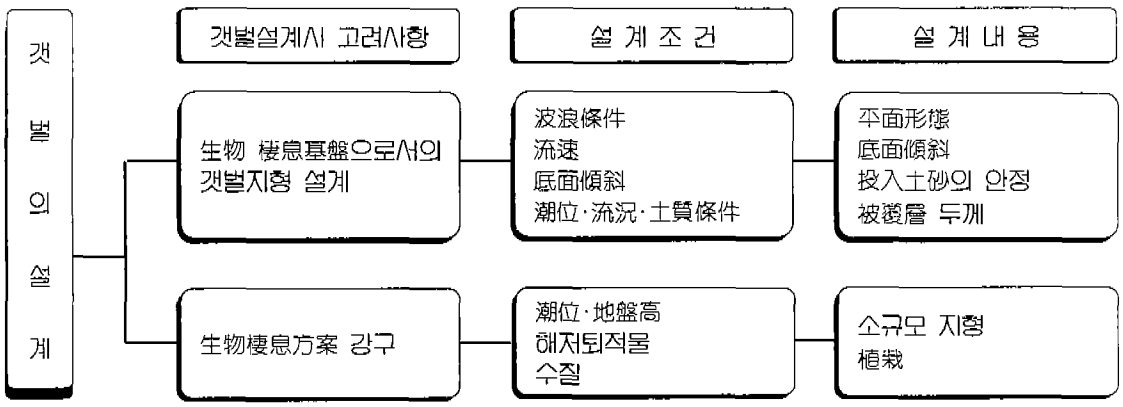
○ 조성한 습지가 자연조건하에서 목적한 바와 다른 상태로 변하는 경우가 있기 때문에 인공습지의 물리화학적 환경조건 및 생태계 특성을 모니터링하고, 습지의 유지·관리에 재활용할 수 있는 계획을 검토한다.

(자) 사업화계획 검토

○ 개발 일정 등의 사업화계획을 검토한다.

(차) 기본 및 실시설계

○ 인공습지는 지형의 유지를 목적으로 한 지형 및 생물의 서식기반, 생물의 서식조건을 만족시키기 위한 방안과, 생물의 유입·정착을 촉진하는 방안을 함께 고려하여 설계하여야 한다 (<그림 4.2.3> 참조).



<그림 4.2.3> 인공습지 조성을 위한 설계 단계시의 고려사항

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(3) 시공단계

- 인공습지는 일회공사로 완성되는 것이 아니라 생물의 유입 및 외력에 의한 소규모 지형의 형성을 거쳐 일정기간 경과 후에 안정화된다.
- 습지지형의 시공은 미세하고 연약한 토질을 취급하며, 해안에 가까운 천해역이 대상인 것이 특징이지만, 기본적으로 종래의 매립기술을 援用할 수 있다.
- 기본적인 시공방법은 성토[1]·절토[2]를 통한 적당한 지반고 확보이며, 해저경사, 파랑 및 해·조류 등의 조건에 따라 潛堤[3] 등의 구조물을 설치하는 경우도 있다.

(4) 유지·관리단계

- 인공습지에 자연갯벌의 기능이 형성되는 것이 바람직하지만, 조성 후 당초 목표로 한 기능을 갖추지 못할 경우에는 필요에 따라 인위적 관리가 필요하다.
- 이를 위해 조성 후 지형과 환경조건 및 생태계 형성과정에 관한 정기적인 모니터링을 실시한다.

5. 조성단계별 요소기술

일반적으로 연안습지의 인공적 조성이 여타 토목건설사업과 유사한 단계를 거치게 되지만, 계획과 유지관리단계의 세부구성요소는 일반적인 토목공사와 매우 다르다. 즉, 인공습지 조성의 경우 그 계획단계에서 토목공학, 연안수리학, 해양지질·생물·화학 등 다양한 분야에 관한 현황조사를 실시하고, 이를 근거로 습지의 다양한 기능 중 대상 습지가 목표로 하는 主機能을 설정하여야 한다. 이와 같이 설정된 目標機能의 실현을 위한 최적의 조성방법을 시공에 앞서 수립·설계하여야 한다. 또한, 시공 후에는 목표기능의 실현상황을 점검하기 위하여 관련 인자에 대해 주기적으로 모니터링하여 자료를 수집한 후 이를 토대로 성공 여부를 평가하여야 하며, 보완대책이 필요할 경우 기초자료로 활용한다.

이러한 일련의 인공습지 조성과정 단계별로 기술적 측면을 살펴보면 핵심요소기술로는 크게 1) 다양한 관련 인자에 대한 신뢰성 있는 현황파악 및 사후 모니터링을

1) 토공사에서 흙을 쌓아 올리는 것으로 부지조성, 제방 쌓기 등을 위해 다른 지역의 흙을 운반하여 지반 위에 쌓는 것

2) 평지나 법면(法面)을 만들기 위하여 흙을 깎아 내는 것

3) 방파제의 상부가 정수면보다 낮은 수중 방파제 (submerged breakwater)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

위한 관측 및 분석 기술, 2) 선정된 목표기능을 실현시키기 위해 수리에너지·해저퇴적물 조건을 만족시키기 위한 수리·퇴적환경 제어기술, 그리고 3) 인공습지 조성의 경제성과 조성된 인공습지의 지속성 제고에 필요한 시공기술을 들 수 있다.

이들 기술 중 '수리·퇴적환경 제어기술'은 목표생물 서식에 적합한 인공습지 조성을 위해 특별히 강조되어야 할 핵심기술로서 WAVE(1998)는 인공습지 조성을 '연안퇴적물의 성질, 파랑 및 海·潮流 특성에 경험이 풍부한 전문가가 담당하여야 할 새로운 임무'로 설정한 바 있다. 미국의 CWPPRA 사업에서 습지의 복원·창출을 위해 사용한 것으로 소개된 대표적인 네 가지 기법, 즉 植栽技法(vegetative techniques), 構造物技法(structural techniques), 堆積技法(Sedimentary Techniques), 그리고 水理技法도 수리·퇴적환경 제어기술의 범주에 속하는 것을 알 수 있다.

연안습지의 인공적 조성에 사용되는 기술은 항만의 건설 또는 매립과 같은 해상토목공사와 공통적으로 적용되는 기술과 인공습지 조성에만 적용되는 기술로 나눌 수 있다. 물론 최근에는 항만공사에 있어서도 환경친화적 개발 및 친수공간의 확보를 위한 노력이 병행되고 있어 명확히 구분하기 어려운 측면이 있는 것도 사실이다. 예를 들면 항만의 일부로 건설되는 호안도 식재기법 등을 동원하여 친수성 호안으로 건설하고 있다.

연안습지의 조성단계를 앞에서 논의한 바와 같이 계획 및 설계 단계, 시공단계, 그리고 유지관리 단계의 3단계로 나누면 각 단계별 요소기술을 크게 나누면 다음과 같이 정리할 수 있다. 설계와 시공 단계에 모두 적용되는 기술의 경우 기술로 구분될 수 있는 것은 설계단계로, 공법으로 구분될 수 있는 것은 시공단계로 적절히 배분하였다.

- 계획 및 설계 단계
  - 해양환경 관련 인자에 대한 관측 및 분석 기술
  - 시뮬레이션 기반 해양환경 특성 평가 및 예측기술
  - 생태적 설계조건 산정 기술 및 생물서식환경 조성 기술
  - 환경영향분석 및 피해저감 기술
  - 신뢰성 기반 평가 및 설계기술
  - 인공습지의 기술적 경제적 타당성 평가 기술

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 시공단계
  - 특수 환경(연약토 지반 등)에서의 시공 기술
  - 특수 장비 개발·활용 기술
  - 친환경적 매립 기술
  - 수심변화를 고려한 연약지반 처리 기술
  - 습지 지반 조기 안정화 기술
  - 수리 및 퇴적환경 제어 기술
  - 식재 및 이식 기술
  - 친환경적 건설 소재 개발 및 활용 기술
  - 시공 중 환경오염 방지 기술
- 유지관리단계
  - 계획·설계 단계의 기술 대부분을 적용 가능
  - 조성된 인공습지에 대한 성공 여부 평가 기술
  - 신속 복구, 유지관리, 보수 및 보강 기술(내식, 방식 등)

이상에서 열거한 기술이나 기법 외에도 인공습지 조성에 관련된 안전관리/품질관리 기술, 구조물 형식 최적화 기술, 차수기술 및 내진기술 등 여러 가지 기술이나 기법이 있을 수 있으나, 서로 겹치거나 연관된 부분이 있다고 보아 생략하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제3절 해안습지 조성기법

인공습지는 일회의 공사로 완성되는 것이 아니라 생물의 유입 및 외력에 의한 소규모 지형의 형성을 거쳐 일정기간 경과 후에 안정화된다. 습지지형의 시공은 미세하고 연약한 토질을 취급하며, 해안에 가까운 천해역이 대상인 것이 특징이지만, 기본적으로 종래의 매립기술을 援用할 수 있다. 기본적인 시공방법은 성토·절토를 통한 적당한 지반고와 지반경사의 확보이며, 해저경사, 파랑 및 해·조류 등의 조건에 따라 潛堤 등의 구조물을 설치하는 경우도 있다.

기술적 측면 외에 조성 기법[1] 또는 조성 공법[2]의 측면에서 살펴보면, 시공단계의 기술과 연관지을 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 인공적으로 습지를 조성하는 경우, 여러 가지 기법이 있으며, 가장 핵심을 구성하고 있는 것으로 여겨지는 기법은 생태환경과 관련되는 생태기반 조성공법, 습지의 수질을 정화하고 제어하는 습지수질정화 공법, 습지의 지반을 조기에 안정화시키고 유지하는 습지지반 조성기법, 그리고 수리·퇴적환경 제어를 위한 구조물공법을 들 수 있으며, 또한 이들과 다양한 측면에서 연결되는 식재공법을 들 수 있다. 본 절에서는 이들 공법에 대해 살펴본다.

1. 생태기반 조성공법

인공습지는 보통 지형조건 및 수위조건에 따라 자유흐름습지(free-surface flow system)와 지하흐름습지(subsurface flow system)로 조성된다. 자유흐름 습지는 수면이 대기 중에 노출되어 얕은 곳이나 유속이 완만한 곳을 따라 식생뿌리를 지지하는 토양이나 다른 매체 등을 통과하면서 흐르도록 조성하는 것이고, 지하흐름습지는 갈대 등 정수식물과 이를 지지하는 침투성 여재(자갈, 모래, 잡석 등)로 조성하는 것이다. 지유흐름습지는 초기건설비 및 관리비용이 저렴하고, 시공, 운영 및 유지관리가 용이하며, 경관이 양호하다는 장점이 있는 반면, 수질정화를 목적으로 조성할 경우 지하흐름습지에 비해 넓은 면적이 소요되며, 수면이 노출됨에 따라 악취나 모기가 발생할 가능성이 있다. 지하흐름습지의 경우는 수질정화목적으로

1) 기술상의 수법 또는 기교와 방법

2) 공사하는 방법

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

조성될 경우 적은 면적으로도 목적한 효과를 얻을 수 있으며, 낮은 온도와 결빙에 영향을 적게 받는다는 장점이 있으나, 설계와 시공 및 유지관리가 상대적으로 어렵다는 단점이 있다. 그러나 인공적으로 습지를 조성할 경우 이상의 두 가지 형태 모두를 병행하여 고려하는 것이 일반적이며, 이들 형태에 따라 생태기반환경도 달라진다.

갯벌을 포함하는 해안습지에 서식하는 생물의 종류는 갯벌의 지리적 위치, 입지조건, 지형 및 해저퇴적물, 그리고 영양공급 등에 따라 다르며, 각 환경에 맞는 생물상이 형성된다. 따라서 인공습지의 경우에도 적절한 환경조건을 조성하여 유지해 주면 시간이 경과함에 따라 자연적으로 주변으로부터 생물이 移入하여, 해당 습지 특유의 생물상이 형성된다. 이러한 자연적인 생물서식기반조성이 일차적인 목표가 된다. 예를 들어 퇴적물 입도조성을 사질로 조성할 경우 二枚貝類인 모시조개나 腹足類인 갯다슬기 등이 서식할 것이며, 니질로 조성할 경우는 주로 갯지렁이 등의 다모류나 게 종류의 갑각류가 서식할 것으로 예측할 수 있다(<표 4.3.1> 참조).

생태복원을 위한 생태기반환경은 크게 수환경과 토양환경으로 구분할 수 있다. 이것은 생물다양성 확보에 결정적인 기여를 할 수 있는 식물의 생육조건을 제공하기 때문이다.

가. 수환경 조성기법

습지의 수환경은 습지의 경우에 생물다양성의 증진에 결정적인 영향을 미치는 인자로서 매우 중요하다. 물은 습지식물, 수서곤충 및 어류의 서식처일 뿐만 아니라 양서류의 산란장소 등으로 이용되는 중요한 공간이다. 즉, 다양한 생물군이 서식할 수 있는 서식처를 제공하기 위해서는 수환경에 대한 고려가 필수적이다.

물을 공급하기 위한 방법에는 외부에서 끌어들이는 방법, 지하수를 이용하는 방법, 그리고 빗물을 저장·이용하는 방법으로 크게 구분해 볼 수 있다. 각각의 경우에는 서로 장단점을 가지고 있는데, 대상지역의 정확한 조사, 분석에 기초하여 물의 공급방안을 결정하여야 한다.

담수지, 기수지 또는 염생습지(鹽生濕地)[1]에서 수환경을 조성해주기 위해서 가장

1) 염분이 섞여 있는 물이 있는 습윤한 환경인 습지. 갈대, 명아주 등이 우점함. 일반적으로 갯벌 배후역에 발달함

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

많이 시용하는 방법이 지표수를 이용하는 방법이다. 해수나 담수 지표수를 이용하는 경우 습지에 필요한 영양물질과 함께 오염물질도 가져올 수 있으므로 유입되는 물의 수질 등을 신중하게 고려하여야 한다. 이러한 경우에는 유입부에서 지표수의 수질을 측정하여 생물의 서식에 적합한지를 판단한 후 사용 여부를 결정해야 하며, 필요할 경우 유입부에 하수처리지 또는 침전지[1] 등을 설치하여 오염물질이나 현탁물질을 제거하는 기법이 필요하다.

담수지나 기수지를 조성할 경우 지하수를 이용할 수 있으며, 일반적으로 지하수는 지표수보다는 오염물질이 비교적 적어 수질은 좋게 유지할 수 있지만, 영양물질이 부족해 질 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 보통의 경우 지하수는 지표수보다 수온이 낮기 때문에 여름철에 수온을 낮게 해주는 장점을 가지고 있다. 일반적으로 높은 수온은 수생생물의 성장을 제한하는 요소로 작용한다.

지표수를 이용하는 습지의 경우, 유입구와 배수구를 설계할 때 공학적인 측면에서 고려해야 할 요소는 유입구와 배수구 주변의 유속이다. 유입구의 경우에는 물이 흘러들어오는 과정에서 주변의 토사를 습지내로 이동시켜 습지의 수심을 변화시키거나 심할 경우 습지를 매몰시켜 육지화되는 등의 문제점이 발생할 수 있으며, 배수시 유속이 강할 경우 배수구 주변 지역에 침식현상이 발생할 수 있다. 일반적으로 배수구는 가능하면 유입구보다 적게 만들거나, 만들지 않는 것이 좋을 경우도 있다. 배수구가 없거나 좁게 조성되면 침전, 흡수, 생물학적 과정, 또는 영양물질 보유 등에 효과적인 경우가 많다.

앞에서 언급한 것처럼 유입구 설계시 고려해야 할 또 다른 요소는 수질이다. 지하수가 아닌 지표수를 사용할 경우 주변지역으로부터 흘러드는 오염물질을 제거해야 한다. 이러한 문제점을 해결하는 방법으로는 우선, 유입구의 거리를 길게 해 주는 방법과 다단의 다목적 연못을 조성해 주는 방법이 있다. 특히, 유입구를 길게 조성할 수 있는 경우 수질 정화능이 높은 수생식물을 식재해 주면 더 큰 효과를 가질 수 있다.

수심은 토심과 함께 수생식물에 매우 중요한 환경조건이다. 또한, 다양한 수심은 수생식물의 도입기회를 높여줌과 동시에 수서곤충과 어류의 서식에도 중요한 영향을 끼친다. 수생생물은 생태적 특성에 따라 각각 선호하는 수심이 있는데 예를 들면,

1) 물속에 섞인 흙과 모래 등을 가라앉혀 맑게 하기 위하여 만든 못

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 4.3.1> 해안습지의 생물서식 요구조건 예

種 類		갯지렁이	갯다슬기·비틀이고둥	모시조개	엽새우類	쏙	칠게	방아개 넓적콩게	모랄게	방게	말뚝망둑	문절망둑	도요새 물떼새	오리類	재비갈매기	갈대	에기 거머리말	Mangrove	파래·강리
分 類		環形動物	巻 貝	二枚貝	甲殼類	甲殼類	甲殼類	甲殼類	甲殼類	甲殼類	魚類	魚類	鳥脚	鳥類	鳥類	풀	풀	樹木	海藻
기능 분류	생물서식가능		○				○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	
	수질정화기능	○		○	○	○										○	○	○	○
	생물생산기능	○	○		○	○						○		○					○
	친 수 기 능		○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	
자연속에서의 역할		어류,조류의 먹이감	汚植生物	입상유기물 여과→ 수질정화	어류 등의 먹이, Scavenger	갯벌에 소형지형 형성 (堪息孔)·Bioturbation·Scavenger* 鳥類 등의 먹이						肉食이지만 먹이사슬의 정점 부근	먹이사슬의 정점 부근	잡식성	먹이사슬의 정점 부근	一次生産, 栄養塩吸収, 생물서식장소 제공			栄養塩固定 鳥類의 먹이
인간과의 관계		낚시밥	지방에 따라 식용	수산생물·조개잡이 대상		지방에 따라 식용	관찰대상					어업· 낚시의 대상	관찰대상	관찰· 수렵대상	관찰대상	침식방지		침식방지, 관찰대상	多量發生, 大量漂着→ 경관저해, 악취,파리의 발생
서식 장소	지 형	평탄한 지형	Creek· Tide Pool	砂質	轉石·海藻	평탄한 지형			轉石·갈대原, 하계는 갯벌 위에서,동계는 갈대원	갈대原	평탄한 지형		평탄한 지형	정온한 수면	산란은 평탄한 자갈지형	염습지· Creek	평탄한 지형	염습지· Creek	평지·轉石· 사갈
	저반고	조간대 하부	조간대 상부	조하대	조상대~ 조하대	조하대 하부 ~조하대	조간대 하부	조하대 상부	조상대~ 조하대 상부	조상대~ 조하대 상부	조간대 하부	조간대~ 조하대	조간대 ~육상	갯벌주변	주변해역 (산란은 조상대)	육상~ 조간대 상부	조간대 상부	육상~ 조간대 상부	조간대
	저 질	유기물 많은 砂泥質	유기물 많은 泥質	사질~니질		니질	니질	사니질	니질	니질	니질(세립질 40~50%)		니질			니질	사니질	니질	사니~자갈
	기 타	담수유입 장소에 많음						泥質噴虹度 :넓적콩게> 방아게	돌담, 轉石애 서식	갈대군락 필요	칠게와 같은 장소에 서식	하천과 갯벌 주변을 이동					파랑영향이 적은 곳	파랑·저반고에 따라 種 구성	
번식	시 간	春 秋	夏~秋	春·秋	年中	春~夏						秋~冬	春~夏	冬~春	秋	성장:春~夏 종자:秋	성장:冬~春 종자:春	春~夏	年中
	장 소	현위치										수심이 깊은 사니질	해안림· 갈대原	草地	轉石帶				
먹 이		Detritus 微細藻類	규조류· Detritus	식물플랑크톤 Detritus	Detritus· 微細藻類	雜食	규조류· Detritus	규조류· Detritus	雜食	雜食	硅藻등 付着藻類·갑각류 등	환형동물 갑각류· 雜魚	환형동물· 갑각류· 魚類	풀 海藻	魚類				
外 敵		魚類·鳥類	鳥類	鳥類	魚類·甲殼類 ·鳥類	鳥類 (도요새, 물떼새, 갈매가, 까마귀)						조류 대형어류	맹금류 (독수리·매) · 까마귀						
서식환경조성상 유의점		조하대 부근에 세립질이 퇴적하기 쉬운 상황을 만듦	소형지형 요소(Creek, Tide Pool)를 만듦	최적간출시간·최적저면마찰속도를 만족시킴	주변에 轉石 등 은신처가 존재,海藻(강리 등) 주변	니질이 유지되는 환경 =파랑재어 저반고 유지			右同+轉石배치등 지형적 accent	갈대군락이 근방에 있을 것	칠게와 같음 +갈대군락 존재	Tide Pool, Creek 등 수면형태의 다양성	조간대 水際線을 길게 함	파랑이 遮斷된 얕은 海面,상륙하기 쉬운 緩斜面	産卵場所의 확보	파랑에 의한 침식을 받지 않을 것			
서식장소와 관계된 구체적 조건 (조사해야할 조건)				대조시 간출시간과 저면마찰			지반고·조위(분포범위는 지반고와 조위로 결정		護岸의 巢孔						산란장소 轉石의 색·입경	수심 및 지하수위	서식조건 해명 불충분		
비 고		오탁에 대한 내성이 강함	서식조건 정보가 불충분함	적당한 염분,파랑(사질이동)이 필요					갈대군락과 배후지로의 이동가능(塩生등 이동장애물이 없을것)		분포장소가 한정됨	주변해역과의 왕래자유	수심에 따라 利用可能種이 변함				서식조건 해명이 불충분		

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

곤충의 유충이 생활하기에 적합한 깊이는 50cm 이상이며, 작은 물고가가 서식할 수 있는 정도의 깊이는 최소 45cm 정도이다. 또한 겨울철의 동결 및 여름철의 증발량을 고려하면 최대수심을 1m 이상 유지해 주는 것이 바람직하다. 각종 수생생물의 서식을 위해서는 다양한 수심을 제공해 주어야 한다. 한편, 적절한 수위의 변동은 생물의 다양성에 긍정적인 영향을 주지만, 수위변동이 심하게 되면 부정적인 영향을 준다. 담수지나 기수지의 경우 일반적으로 수위의 변동은 어류의 산란처를 노출시키며, 식재지역이 줄어들게 하여 수생생물의 다양성을 줄이게 된다. 한 예로, 수생생물 군집의 다양성에 영향을 주는 것은 수고의 변동치가 약 30cm/일인 경우에는 큰 영향을 주지 않으나, 90cm/일인 경우에는 좋지 않은 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 한편, 鳥類의 서식지를 목적으로 조성할 경우 습지를 이용하는 鳥類에게 필요한 수심조건은 예를 들면 다음과 같다. 갯벌의 대표적인 조류인 도요새와 물떼새類는 수제선 부근의 수심 1~10cm 정도인 장소를 이용하며, 도요새나 물떼새類가 이용할 수 있는 수심은 干潮時 최대 약 0.4m 이내이다. 또한 동계에 갯벌을 방문하여 수중에서 먹이를 구하는 潛水採食 오리類에게는 0.5m 이상의 수심이 필요하다.

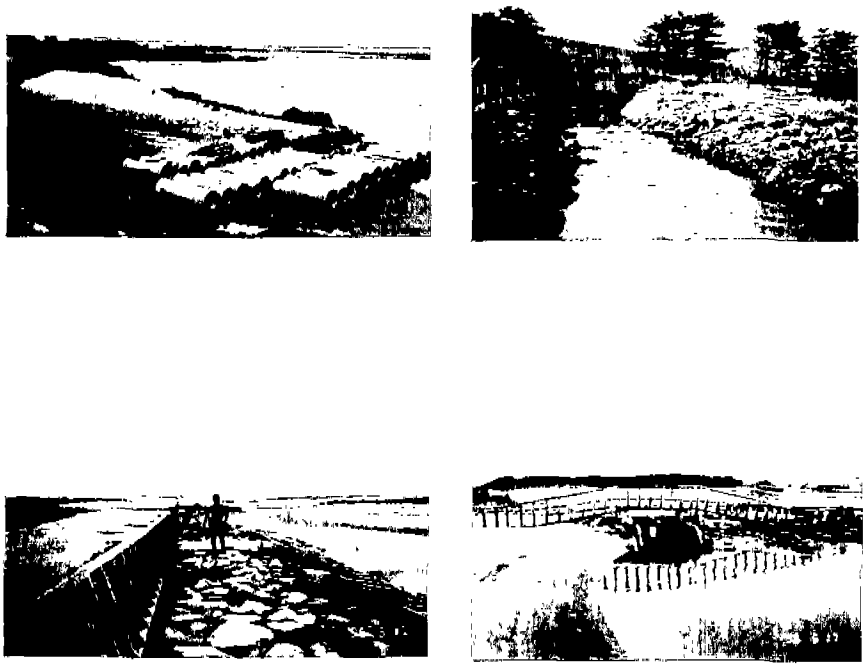
한편, 일반적으로는 유속이 빠른 경우보다는 유속이 느린 경우가 수생생물의 다양성 유지에 좋다. 그러나 일부 빠른 유속을 가진 곳도 생물다양성에 기여하므로 인공습지 조성시 고려해야 한다. 즉, 생물의 다양성을 담보하기 위해서는 자연환경의 다양성이 필요하다는 것을 알 수 있다. 갯벌이 아닌 내륙의 습지나 호수형 습지, 또는 석호습지[1]의 경우는 대부분이 정수역으로 물의 흐름이 거의 없는 상태이지만, 인공적으로 조성되는 습지의 경우에는 유입구와 배수구를 조성하여 어느 정도의 유속을 유지시켜주는 것도 바람직한 경우가 많다. 개방형 해안습지의 경우는 파랑에 의해 기인하는 연안류 및 조류에 대해서도 검토하여야 한다.

해안지역에 동경 카사이 해빈공원의 조류원과 같이 석호형 습지를 조성하는 경우, 이 형태의 습지는 기본적으로 외곽에 護岸이 존재하고 있는 곳에 조성되기 때문에 주변 해역과 護岸 내부의 습지로 물을 공급하는 水路(導水路이나 導水管) 혹은 導流堤가 필요하다. 導水에 의한 해수교환은, 수질유지, 영양염·용존산소 공급과 외해 및 하천으로부터 생물 幼生 등의 유입을 위하여 필요하다. 또한 내부의 수위·염분농도·영양염 농도 등을 유지 관리를 위해 水門을 사용하기도 한다. 석호형 습지에서는 저변퇴적물 및 유입영양염과 분포생물과의 관계에 의하여 自己디자인(생태학

1) 현해역 일부가 사주, 사구, 삼각주 등에 의해 외해와 격리되어 생긴 얕은 기수역에 형성된 습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

적 자율작용)이 작용하여 수질 및 저면퇴적물이 결정된다. 이 때 해수교환은 자율작용을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 석호형 습지의 해수교환을 위한 導水形式은 도수관 또는 사이폰[1](siphon)을 이용하는 방법, 도수로를 이용하는 방법, 그리고 도류제를 이용하는 방법 등이 있다(<그림 4.3.1> 참조).



<그림 4.3.1> 석호형 습지에 해수유입을 위한 기법. (좌상)도수관, (우상) 도수로, (좌하)도류제, (좌하) 수문

또한 환경변화를 증대시키기 위해 담수지와 기수지를 동시에 조성하는 경우가 있으며, 이 경우에는 유입수량(하천·강우)을 고려해야 한다. 석호습지의 생물은 바다와 하천의 염분구배에 적응하여 서식하기 때문에 급격한 염분변화(급격한 담수 혹은 해수 유입)에 의해 서식환경이 악화될 수 있다. 이러한 경우에는 水門 등을 조작하여 유입담수 혹은 海水量을 제어할 필요가 있다. 이와 같은 관리기준을 마련하기 위해 물의 수지를 검토한다. 주변에 하천이 있는 경우에는 담수를 도입하는 것도 가능하다. 또한 雨水를 사용하기 위해 주변에 導水管 및 도랑을 설치할 수도 있다.

1) 관로의 일부가 동수경사선 위에 설치되어 있어서 일부 수압이 대기압보다 작은 부압을 받는 관수로

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

석호형 습지에 아주 깊은 수역을 조성하면, 수역이 정온함에 따라 鉛直混合이 발생하지 않고 低層水가 정체되며, 해수가 연안 유기물과 영양염을 많이 함유하고 있어 底面에 유기물이 쉽게 퇴적될 수 있으므로 수심 1m 이하의 정온수역에서는 용존산소 농도가 낮아질 수 있다. 이와 같이 低酸素水域이 형성되지 않도록 하기 위해서는 最干潮時 석호부분의 수심을 1m 이내로 유지하는 것이 바람직하다.

빗물을 저장·이용하는 경우 담수지를 조성하는 것이 보통이다. 이 경우 일반적으로 수질과 수온에는 문제가 없으나 수량과 수위 조절은 조성된 생태환경을 교란시키지 않는 범위에서 조절되어야 한다. 또한 홍수로 인한 저면퇴적물의 이동과 저면구배 등의 변화에 대해 검토하여야 한다.

나. 토양환경 조성기법

토양환경은 수환경과 수생식물의 생육에 매우 중요한 요소이며, 특히 토양환경은 수생식물뿐만이 아니라 육상식물의 서식기반이기도 하므로 습지 내에 식물을 도입하는데 중요한 부분을 차지한다. 토양은 지표수의 침투와 직접적인 관련성을 가지고 있으며, 토양의 침투력이 낮으면 강우에 의해서 지표수가 일시적으로 습지내로 유입되어 침식과 같은 불리한 환경을 만들 수도 있다. 따라서 대상지역별로 토양조사를 실시한 후에 적합한 침투력을 가진 토양환경을 제공해 주어야 한다.

토양의 물리적 특성 중에서 식재와 관련하여 가장 문제가 되는 것은 토양의 경화현상이다. 이는 식재 후 수목의 생육불량 또는 고사현상 등을 일으킨다. 이런 경화현상은 토양의 통기성, 투수성 등과 같은 토양의 물리적 성질에도 영향을 미친다. 토양의 산성도와 관련해서는 일반적으로 약산성 또는 중성토양에서 식물의 생육이 가장 좋게 나타나며, 부식질은 토양의 물리성, 화학성, 생물성에 크게 관여한다.

식물의 생장을 위한 최적의 토양조건은 식물의 종류에 따라 다르지만, 일반적으로 식물의 생육에 적합한 토양은 아래와 같은 요건을 갖추는 것이 바람직하다.

- 부식질이 많고, 부드러울 것
- 투수, 통기, 배수성이 좋을 것
- 토양의 산성도가 중성에 가까울 것
- 질소, 인산, 칼리 등 필요성분은 포함하고 유해물질은 함유하고 있지 않을 것

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 친환경적 호안 조성기법

최근에는 콘크리트 등이 아닌 흙이나 나무 등을 사용하고 수초, 풀, 관목 등을 적절히 식재하여 친환경적으로 호안을 조성하는 것이 일반화되고 있다. 이러한 친환경적으로 조성된 호안은 습지 내 물 관리뿐 아니라 생태적으로도 여러 가지 기능을 담당하게 된다.

(1) 호안은 습지에 있어서 추이대(推移帶, ecotone) 역할을 한다. 추이대란 인접하는 생물 군집간의 이행부(移行部)로 표현될 수 있으며, 단순한 경계나 가장자리가 아니라, 둘 이상의 생태계가 능동적으로 상호작용 함으로써 인접한 생태계에는 없는 독특한 특성을 가진 지역을 말한다. 이러한 곳에서는 대부분 가장자리효과(edge effect)가 나타나는데, 야생동물의 종수가 다른 지역보다 많이 나타난다.

(2) 또한 수변통로(riparian corridor) 또는 식생여과대(VFS, vegetation filtering system)의 기능을 갖는다. 호안지역의 식생은 양서류 등을 포함한 야생생물의 은신처나 이동경로로 이용되며, 외부로부터 유입되는 오염물질을 수생식물에 의해서 정화하는 기능을 할 수도 있다. 습지의 잘 조성된 호안은 생물다양성을 증진시킬 수 있는 하나의 도구가 될 수 있다.

기존의 호안은 대부분 자연석 또는 콘크리트에 의해 축조되었으며, 이 경우 직각구조를 이루거나 호안경사가 급하여 다양한 식물의 서식조건을 충족시킬 수 없었으며, 경우에 따라서는 호안의 저면에서 세굴현상[1]이 나타나기도 하였다. 따라서 습지에서의 호안은 수직적인 콘크리트 구조가 아닌 친환경적 형태로 축조할 필요가 있으며 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 수변부는 경사, 바닥의 형태 및 수심 등을 다양하게 하여 동·식물 군집을 풍부하게 유지할 수 있도록 함
- 식물군락에 의한 오염물질의 흡수, 분해 기능을 위하여 일정 폭 이상의 식생여과대(VFS)를 조성함으로써 수질의 생물학적 정화기능을 극대화함
- 오수가 습지내로 직접적으로 유입되지 않도록 함
- 빗물의 침투와 여과를 위해 일부분을 모래언덕으로 조성할 필요가 있음(이러한 곳은 마른 곳을 선호하는 야생조류의 서식처로도 이용됨)
- 주변식생의 확장을 위하여 1:20 이하의 완경사로 조성. 1:3 이상의 급경사 제방에서는 식생발달이 더디고, 세굴 등 바닥토사 유실의 원인이 되기도 함

1) 주로 파랑이나 흐름에 의하여 하상, 해안, 해저, 제방 또는 테라스나 전환수로의 바닥이 씻겨 나가는 현상

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

라. 소규모지형의 조성기법

생물서식 촉진을 위한 시설은 인공적으로 조성된 습지에 좀 더 많은 생물이 좀 더 빠르게 서식할 수 있도록 자연에 가깝게 보완하는 것이다. 자연갯벌의 경우를 보면 干出되는 완경사의 조간대 외에 갯골이나 조금 높은 암반지형 등 다양한 형태의 소규모 지형이 산재하고 있음을 알 수 있다. 또한 주변에는 갈대군락 등 특유의 식물군락이 존재하며, 이는 왕래하는 야생 조류와 갯벌에 서식하는 생물에게 중요한 역할을 한다. 또한 표면의 게 구멍 등에 의한 요철이나 갈대군락과 같은 소규모 지형 및 植生은 갯벌에 서식하는 생물활동에 의해 형성되는 경우가 많다. 즉, 생물의 존재 자체에 의해 지형이 형성되는 것이다. 이와 같은 것들은 한번에 만들어지는 것이 아니라 오랜 시간에 걸친 생물의 성장 및 사망, 침식 및 퇴적에 의해 형성된다. 자연작용에 의해 형성되는 지형 및 식생이 완성형상이고, 완성 후에도 변하는 것이 일반적이다. 생물에 의한 소규모 지형은 산소를 많이 함유하는 물을 퇴적층 내에 퍼뜨려 호기성 환경을 유지시키는 효과도 있다.

습지 표면의 크고 작은 그리고 높고 낮은 지형이 소규모 지형이며 갯골과 같은 소규모 지형에 의해 간조시에도 갯벌에 水域이 형성되고, 이는 지형의 다양함과 저면 퇴적물의 함수량에 영향을 준다. 식물의 경우, 土壤水에 포함되어 있는 염분과 건습상태가 그곳에 분포하는 종을 결정하고, 지반고 변화와 수면의 존재에 따라 토양중의 염분 및 濕潤狀態가 복잡하게 되기 때문에 소규모 지형이 존재하는 습지에서는 평탄한 지형에 비해 생물의 서식환경이 다양해진다. 기본적으로 서식촉진을 위한 인위적 설계는 자연과정에 대한 보조역할이므로, 이를 위해서라도 서식조건 등을 충분히 고려할 필요가 있다. 이와 같은 생물서식 촉진방안의 모색은 생명력 있는 습지를 창조하는 데 있어서 매우 중요하다.

자연갯벌에 분포하는 소규모 지형의 模式圖를 <그림 4.3.2>에 제시하였다. 기본적으로 물이 고이는 습윤한 장소와 지반고가 높은 건조한 장소가 형성된다. 습윤한 부분은 소위 갯벌이 되고 지반고가 높은 부분에는 식물이 분포할 수 있어 海岸林이 형성된다. 자연갯벌의 경우, 이러한 소규모 지형은 주로 물의 흐름에 의한 침식, 퇴적현상에 의해 형성된다. 대표적인 소규모 지형으로는 tide pool, 갯골(creek, 또는 조류세곡이라고도 한다), 그리고 염습지를 들 수 있다.

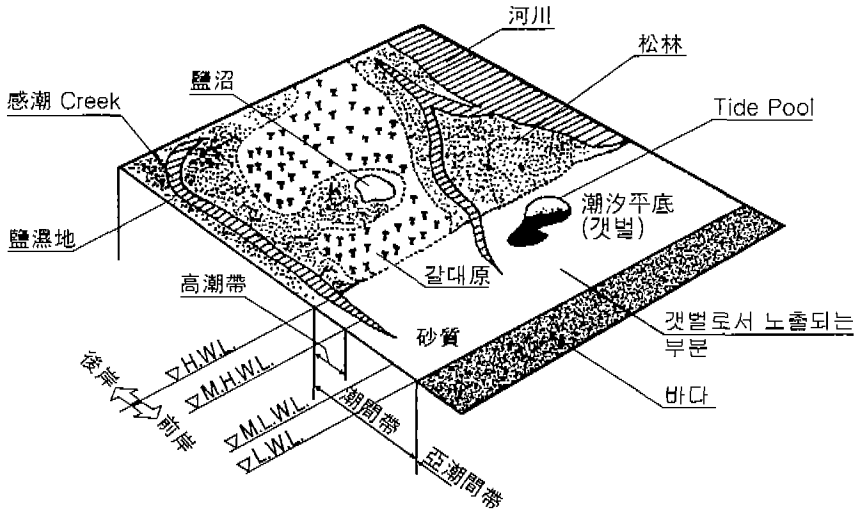
① 감조호(感潮湖, Tide Pool) : 갯벌의 조간대 부분에서 간조시에 나타나는 얕은 물웅덩이를 tide pool을 말한다. 둔치 부근 바위 너설[1]에 해수가 고이는

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

곳도 포함된다.

② 갯골(潮流細谷, Creek) : 간조시 해수가 흐르는 수로를 creek라 한다. 조석에 의해 흐름이 발생하고 수위가 변동하기 때문에 感潮 creek라 부르기도 한다. 그 폭은 선박항행이 가능한 것부터 수십 cm 이내까지 다양하다.

③ 鹽濕地·鹽沼地 : 갯벌 배후 등지에 형성되는 염분을 함유한 연못을 鹽沼, 조석의 영향을 받아 염분을 함유한 물이 있는 습지를 鹽濕地라 한다. 일반적으로 염습지는 지반고가 만조위보다 높은 곳에 형성되며, 갈대군락이 형성되는 경우가 많다.



<그림 4.3.2> 해안 갯벌지형의 모식도

인공적으로 만들어진 갯벌에서도 시간이 지남에 따라 지반의 침하, 파랑과 흐름에 의한 침식·퇴적에 의해 자연적으로 소규모 지형이 형성된다. 그러나 목적한 기능이 빨리 나타나도록 하기 위해서는 개략적인 소규모 지형을 人爲的으로 만드는 것이 필요하다. 이와 같은 소규모 지형은 천연갯벌에서도 외력에 의해 그 형상이 변한다. 따라서 인공적으로 만든 갯벌에서도 이들 소규모 지형은 외력에 의해 변한다는 것을 인식하여야 한다. 소규모 지형을 인위적으로 조성하는 방법에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 험한 바위나 돌 따위가 삐죽삐죽 내밀어 있는 곳

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

① 자연적으로 형성되기를 기다린다. 이 경우, 造成費는 들지 않지만 지형이 형성도기까지 시간이 걸리고 또한 계획대로 형성된다고 볼 수 없다. 단, 해당 장소에 가장 적합한 형태로 형성된다.

② 지반이 안정된 후, 기계 혹은 인력으로 제작한다. 비용은 들지만 지형을 계획에 따라 대로 만들 수 있다.

③ 어느 정도까지는 기계 혹은 인력으로 조성한 후, 자연에 맡긴다 (①과 ②를 절충한 형태. 처음에는 인위적 조성으로 動機를 부여하기 때문에 지형이 계획대로 형성될 가능성이 높음).

주변에 천연갯벌이 있는 경우에는 그 소규모 지형의 규모 및 형상을 참고로 하는 것이 바람직하며, 갯벌생물은 자연적으로 형성되는 지형 뿐 아니라 돌담 및 소파블럭 등의 인공구조물에도 서식하므로 각종 재료를 사용하여 갯벌생물의 서식환경을 만들 수도 있다. 이러한 것으로는 다음과 같은 방안이 있다.

① 말뚝 : 습지 수면에 적당한 크기의 말뚝을 배치하면 갈매기와 가마우지 등의 조류가 머무는 장소로 이용된다. 또한 말뚝의 수중부에는 각종 부착생물이 부착한다. 말뚝은 鳥類가 머물러도 쓰러지지 않을 정도의 강도를 지녀야 하지만 배치간격 및 수면에서의 높이 등은 임의로 정할 수 있다(<그림 4.3.3>).

② 돌무덤 : 습지 주변의 호안 및 옹벽을 돌을 쌓아 만들거나 습지 표면에 돌을 적당히 쌓아두면 각종 생물이 돌 사이를 집으로 이용할 수 있다. 특히 게類 및 魚類(수중부분)가 이와 같은 구조를 좋아한다. 또한 조간대 이하 수심에서는 부착생물 및 해조류가 부착한다.

③ 전석[1](轉石) : 갯벌 표면에 돌과 자갈을 배치하면 게類를 비롯한 갑각류 등이 돌 밑으로 들어가서 鳥類의 먹이가 증가한다(일부 조류는 돌을 뒤집어 먹이를 잡음). 또한 조간대 이하 표면에는 해조류가 부착하기도 한다.

④ 자갈 : 갯벌의 육지 쪽 경계 및 그 배후에 자갈을 깐 평탄면을 조성하면 물떼새類 및 제비갈매기類가 둥지 트는 장소로 이용한다. 새 종류에 따라 선호하는 자갈의 지름과 색이 있으므로 계획시 주변 지역의 자연 둥지처 등을 참고로 한다(<그림 4.3.4>).

1) 암반에서 떨어져, 흐르는 물 따위에 떠밀려온 돌

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.3.3> 발뚝 배치 사례



<그림 4.3.4> 습지의 육지 쪽 경계 부근에 조성한 자갈 평지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 식재기법

습지의 식생대는 서식환경에 따라 수생태계와 육상생태계, 그리고 이를 연결하는 추이대(ecotone)로 구분할 수 있다. 수생태계의 식물은 다시 침수식물, 부수식물, 부엽식물, 정수식물, 그리고 습생식물로 구분할 수 있으며, 육상식물은 초화류, 관목류, 교목류 등으로 구분할 수 있는데, 이러한 구분을 식물과 물의 접촉성에 기초한 것이다. 습지 주변에 식물을 심어 발생하는 기능은 다음과 같다.

① 鳥類의 避難·休息·索餌·둥지 장소
② 곤충·게類 등의 서식장소
③ 强風·飛砂·鹽害防止
④ 景觀形成
⑤ 冬季 保溫機能

식재 설계시 기본적으로 주변 식생을 참고로 하여 장래의 모습을 상정하면서 도입할 식물과 그 배치를 검토할 필요가 있다. 對象種에 따라 인위적으로 移植하여야 하는 종과 자연적으로 출현하는 종이 있다. 조성하는 습지의 지하수위, 염분 및 토양조건 특성에 따라 植栽 장소에 盛土, 客土(土壤置換) 및 배수로 배치가 필요한 경우도 있으며, 표면에 粘性土가 드러나면 식물이 자라기 어렵기 때문에 성토 등을 통한 토양개량을 고려해야 한다. 또한 토양 내부에 염분이 높은 경우나 植栽 기반 주변에 해수의 영향이 있는 경우, 모세관현상에 의해 염분을 함유한 물이 상승할 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 植栽 기반과 原地盤 사이에 투수성이 좋은 모래층을 깔거나 배수관 등을 설치하여 염분을 함유한 지하수위의 상승을 막아야 한다.

<표 4.3.2> 식생방법 및 식생형태

植栽型	방 법	植 生	植生 Type
1. 単育成型	목표식생을 상정하고 주요한 植物種을 심는다.	樹林과 같이 장기간을 요하는 식생 및 자연발생을 기대하기 곤란한 식생, 早期에 식생성립이 필요한 식생 type	A. 常綠闊葉樹林 B. 常綠-落葉混合林 C. 海松林 D. 竹林 E. 林緣의 低木林 L. 水生植物群落
2. 育成型	주요한 식물종의 일부만 심고, 나머지는 자연발생형으로 한다.	줄기가 긴 草地와 같이 식생성립에 장기간이 필요하지 않지만 일부를 심음으로써 早期被覆이 가능한 식생 type	F. 참억새-띠 草地 G. 바랭이-강아지풀 초지 H. 섶나무(잡목) 초지 I. 갈대 초지
3. 自然發生型	자연적인 식생발생을 기다린다.	염소지 식물군락과 같이 생육조건의 설정, 재료입수 혹은 이식이 곤란한 식생 type 및 비교적 단기간에 회복이 가능한 식생 type	J. 모래,자갈帶 잡초 K. 줄기가 짧은 濕生草地 M.塩沼地 식물군락 N. 내륙성 海草類 群落

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

갯벌의 경우 만조시 해수에 잠기는 부분과 염분이 섞인 물로 만들어지는 습지(염습지, 염소지)에도 식물이 분포한다. 갈대, 해홍나물, 칠면초, 퉁퉁마디, 천일사초 등 각종 耐鹽植物이 분포하며, 특히 이 가운데 대형이고 넓은 군락을 형성하는 것이 갈대군락이다. 대부분의 갯벌에서 만조시 뿌리 부분이 수몰되는 장소에 갈대類의 群落이 형성되고, 그 부분이 鳥類의 둥지 또는 게 종류의 서식장소 및 해수정화 장소(땅속줄기 및 줄기의 水沒部에 서식하는 다수의 微細藻類를 비롯한 생물에 의한 영양염과 유기물의 소비, 뿌리를 통한 底泥[1]의 산화[2])로서 중요하다. 또한 인공습지를 조성하면 많은 조류가 서식하게 되는 데 조류는 사람이 근접하면 피하므로 갈대군락은 사람과 조류 사이를 격리하는 緩衝地帶로서의 역할도 한다.

갈대를 도입하는 장소는 대부분 파랑이 차폐된 곳이다. 파랑의 영향이 큰 곳에서는 땅속줄기가 洗掘·露出되어 뿌리를 내릴 수 없기 때문이다. 이를 방지하기 위해서는 흙무덤, 나무말뚝 혹은 콘크리트 불록 등을 배치하여 植生帶 선단을 파랑으로부터 보호한다. 또한, 자연 상태의 갈대類는 파랑에 의해 그 분포가 제한되지만, 파랑이 차폐된 환경(석호 등)에서는 이와 같은 외력이 작용하지 않기 때문에 갈대類가 계속 증식하여 갯벌의 면적을 감소시키는 경우가 있다. 이때는 이를 방지할 필요가 있으며, 그 방법으로는 갈대군락 경계에 板을 치거나 군락 전면에 깊은 水路를 파서 땅속줄기의 성장을 방지하여 군락의 확장을 제어하는 기법이 있다.

갯벌을 포함하는 해안습지에서의 植栽도 일반적인 植栽와 다르지 않다. 즉, 氣象·海象·土壤狀況을 조사한 후 식물의 특성을 고려하여 공법과 순서를 선택한다. 식재시 고려사항은 기본적으로 소규모 지형 조성시와 같다. 조성한 인공습지에는 방치해도 몇 년이 지나면 자연적으로 식물이 출현한다. 이를 계획적으로 시도하거나 촉진시키는 경우에는 자연에 대한 보조역할로서 실시한다.

식재는 ①갯벌 특유의 식물(염습지의 식물 및 해빈식생), ②갈대類, ③갯벌 배후지에 배치하는 일반적인 耐鹽植物로 대별된다. 또한 완전히 수몰되는 부분의 海草로서는 애기거머리말과 거머리말이 있지만, 이들의 군락 조성에 관해서는 본 연구의 생태계 기능 분야(본 보고서 제3장 참조)와 복원생물 및 이식기술 분야(본 보고서 제6장 참조)에서 다룬다.

---

1) 오염물질을 포함하고 있는 진흙

2) 어떤 물질이 산소와 화합하거나 수소를 잃는 반응. 넓은 뜻으로는 순물질에서 전자를 잃는 변화 또는 그에 따르는 화학반응

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

① 갯벌 특유의 식물 : 갯벌 특유의 식물로는 내염성이 강하고 해수에 덮이더라도 견딜 수 있는 식물, 즉 갈대, 해홍나물, 칠면사초 등을 들 수 있다. 이들 대부분은 種子와 種苗가 공급되지 않기 때문에, 근방의 유사한 갯벌에서 그 식생의 現狀況에 미치는 영향이 작은 범위(회복할 수 있는 범위) 내에서 채취하여 조성한 갯벌로 移植한다. 방치하여도 환경조건이 충분하면 自生할 수 있다.

② 갈대類 : 주변에 자생하고 있는 갈대를 그루터기 채 이식하는 경우가 많다. 이는 갯벌 주변에는 갈대 자생지가 많기 때문이다. 갈대類 군락이 쇠퇴할 때는 군락 전면부 뿌리 부분에 침식현상이 나타나는 경우가 많다. 즉, 갈대類에게는 땅속줄기의 침식이 가장 큰 위협이 되기 때문에 침식대책을 植栽 설계시에서 고려할 필요가 있다. 갈대 이식 후 전면에 말뚝 혹은 흙무덤 등을 배치하여 적극적으로 뿌리줄기를 보호하는 것이 시공시의 대책방법이다. 같은 이유로 이식을 위해 자생하고 있는 갈대를 채취할 때에도 가능한 한 전면은 피할 필요가 있다. 갈대류 이식방법을 <표 4.3.3>에 수록하였다. 석호갯벌과 같이 水域이 정온한 경우 갈대가 조간대 부근까지 번성하면 지반고가 높아져 육지화가 촉진되며 갯벌면적이 감소한다. 이와 같은 경우에는 인위적으로 베어내는 등의 유지관리가 필요하다.

<표 4.3.3> 갈대류의 식재기법

事 項	그루터기 移植	땅속줄기 이식	줄기 이식
移植方法	밀도 높은 군락에서 땅속줄기를 포함한 저질(20~30cm立方)을 채취하여 그대로 이식함.	갈대군락의 땅속줄기를 파내고 최저 30cm 이상에서 새싹을 잘라내 이식함.	지상에서 10~100cm의 새줄기, 새싹을 포함하는 부분을 잘라내 직경2~3.5cm, 깊이20~30cm의 구멍을 파고, 각 구멍에 2~3개씩 이식함.
移植間隔	1m 전후에 블록을 배치함.	이랑간격1~1.5m, 개체간격50cm 정도로 이식	이랑간격1~1.5m, 개체간격50cm 정도로 이식
移植時間	휴면기인 겨울이 끝난 후부터 초봄(새싹출현)을 중심으로 초여름까지(경사가 완만한 곳은 연중가능)	휴면기인 겨울이 끝난 후부터 초봄(새싹출현)까지	새싹 성장기에 한정(혼슈 중부: 5월 상순~6월 상순)
移植適地	습지~수심이 얕은 水中	수분이 많고 창조시 덮이지 않는 장소~얕은 수중	지하수위가 높은 습지~ 수중 (수심 20~30cm)
長 點	活着率이 높고, 성장이 좋음. 갈대군락에 공존하는 타생물도 동시에 이식가능	苗의 입수·이식·운반이 용이하고 活着率이 높으며 대규모 이식에 적합함.	苗 입수·이식·운반이 용이하고 活着率이 높으며 대규모 이식이 적합하고 기존 군락의 피해가 적음.
短 點	대규모 이식에 부적합. 기존 군락에 피해를 줌.	기존 군락에 피해를 줌. 군락형성에 수년이 소요됨.	새싹 채취시 주의가 요망되며 이식시기가 한정됨.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

③ 일반식물 : 일반적인 내염식물을 심는 방법은 조경공사 등에 적용되는 방법을 원용할 수 있다.

해안습지에 식재기법을 적용할 경우 이식시기에 특히 주의할 필요가 있다. 높은 파랑이 지속적으로 발생하는 시기 이전에 식물을 이식하면 해수의 침입에 의한 鹽害가 크다. 耐鹽性이 강한 樹種도 이식 직후에 직접 바닷물 물보라를 맞으면 피해가 크다. 바람의 영향도 마찬가지여서 이식 직후가 바람이 강한 시기가 되지 않도록 고려한다. 또한 바람에 대한 대책도 필요하다. 해풍을 차단하기 위해 植栽와 더불어 방풍공사를 병행할 수도 있다. 또한, 토양의 飛散이 염려되는 경우에는 짚 또는 비닐을 이용하여 보온 및 토양비산을 방지하는 등의 방법도 생각할 수 있다.

3. 습지 수질개선 공법

습지에서의 수질정화는 일반적으로 습지생태계의 먹이사슬에 의한 물질순환의 결과이다. 즉, 먹이사슬과정이 종합적으로 중첩되어 갯벌생태계의 정화기능이 성립한다. 따라서 미생물, 저서생물, 어류, 조류 등이 풍부할수록 수질정화기능은 향상된다고 할 수 있다. 이러한 수질정화작용은 습지 특유의 환경조건, 다양한 서식생물에 의한 높은 생산성, 효율적인 물질순환이 유지됨에 따라 지속된다. 습지의 수질정화기능에 기여하는 작용 중 물리적인 작용은 그 지형과 저면퇴적물에, 생물학적 작용은 생물의 생산성과 회전속도[1]에 좌우된다. 따라서 적절한 환경조건을 조성하고, 생물생산성을 높이고, 먹이사슬을 통하여 효율적인 물질순환을 도모하면 조성하는 인공습지의 수질정화 효과를 높일 수 있다.

습지에서의 수질정화작용은 크게 다음 두 가지, 즉, ①물질을 습지 내에 일시적으로 안정한 형태로 貯留하는 작용과 ②물질을 습지 밖으로 이동시키는 작용으로 구분할 수 있다.

(1) 물질을 습지 내에 일시적으로 안정한 형태로 貯留하는 작용

- 懸濁物質의 침강 및 여과 : 물이 습지의 퇴적층을 통과하면서 懸濁狀態의 粒狀有機物이 퇴적층 상부에 여과되어 해수가 정화된다. 이와 같은 유기물의 여과는 투수성이 높은 사질토에서 크고, 투수성이 낮은 니질토에서는 작다.

1) 특정 생물의 군집이 일정기간 내에 갱신되는 속도. 일반적으로 세대교체 시간이 빠를수록 회전속도가 빠름

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 생물에 의한 해수의 영양염 및 유기물의 흡수·제거 : 갯벌에서 기초생산력이 큰 저서조류는 증식과정에서 질소, 인 등의 영양염류를 흡수하여 갯벌 해수를 정화한다. 거머리말 및 애기거머리말 등과 같은 해조류와 갈대 등의 염생식물도 해수 중의 영양염을 흡수하여 갯벌의 해수를 정화하는 데 기여한다. 또한 갈대 등의 염생식물이 群生함에 따라 汚濁水의 滯留時間이 증가되고 수중 오탁물질이 침강되어 염생식물의 집단서식 자체가 생물여과장치(living filter)의 역할을 한다. 갯벌에 서식하는 저서동물은 攝食樣式과 먹이에 따라 수중 현탁유기물을 먹는 懸濁物食子[1], 퇴적층 표면 혹은 퇴적층 내의 유기물을 먹이로 하는 堆積物食子[2], 그리고 같은 저서동물을 먹이로 하는 肉食者로 분류된다. 이 가운데 현탁물식자는 수중 현탁물질을 직접 제거한다.

(2) 물질을 습지 밖으로 운반하는 작용

- 퇴적층 내 미생물에 의한 유기물의 分解·無機化, 脫窒作用[3] : 습지 底面으로 침강·퇴적 혹은 여과된 유기물은 미생물에 의해 분해·무기화된다. 퇴적층의 유기물 분해기능을 담당하는 細菌類는 퇴적물 입자의 표면에 부착하므로 입자의 표면적이 클수록 細菌群의 활성이 크다. 無機態窒素를 기체로 방출하는 탈질작용은 호기성 환경에 접하고 있는 니질 환원층에서 발생하고, 이는 부영양화된 해역의 정화에 중요한 역할을 한다. 저서동물[4]도 서식구멍(巢穴)을 만들거나 이동 및 섭식함으로써 퇴적층을 교란한다. 저서동물의 서식구멍이 만들어지면, 퇴적층으로의 해수 침입이 용이해지며, 구멍 내에서의 저서동물 이동에 의해 순환이 촉진된다. 또한 구멍의 표층부는 산화환경이 되며, 환원환경[5] 깊이까지 서식구멍을 만들면 산화·환원 접촉면을 증가시킨다. 이러한 작용에 의해 산화층의 면적이 확장되어 호기성 생물의 분해활동이 촉진되고 硝化가 진행됨에 따라 산화층과 환원층의 공존에 의해 硝化物의 탈질반응이 촉진된다.

---

1) 여과관(아가미)를 사용하여 수중에 존재하는 플랑크톤 및 현탁입자를 먹는 생물. 모시조개, 대합 등의 이매패류와 굴 등이 대표적이다.

2) 저면퇴적물에 퇴적된 유기물을 먹이로 하는 동물로 다모류 및 단각류에 많음.

3) 산화형 질소(NO_3, NO_2)가 환원역에서 환원반응에 의해 N_2 가스가 생성되는 작용

4) 거의 항상 해저면에 닿은 채로 생활하는 생물. 바위에 고착하거나 퇴적층에 잠입하거나 해저면 위를 기어 다니면서 저면에서 떨어지지 않으면서 생활하는 생물 뿐 아니라, 해초 등에 부착하는 종 및 때때로 유영하거나 부유하는 생물. 더 나아가 때로 해저에 착좌하는 어류를 포함하는 경우도 있음.

5) 산소가 없는 환경. 유기물 분해에 의해 소비되는 산소량이 공급량보다 많은 상태

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 저서동물의 호흡에 의한 有機物의 分解·無機化 : 저서동물이 섭식으로 얻은 에너지의 대부분은 호흡 에너지로 소비되어 유기물이 효율적으로 분해된다. 또한 저서동물의 배설물은 이를 먹이로 삼는 저서동물이 먹고, 그 死體 역시 다른 동물에게 먹혀 무기화된다.
- 鳥類 및 魚介類[1] 이동에 의한 물질 移出 : 습지에 서식하는 대부분의 조류는 유기물을 먹이로 섭취하여 습지 밖으로 운반함으로써 정화시킨다.
- 貝類·海藻類 채취에 의한 物質移出 : 어업 및 조개잡이에 의해 모시조개 등의 이매패 및 김 등의 해조류를 채취함에 의해 갯벌 물질이 系外로 제거된다.

일반적으로는 습지내 적절한 환경조건을 조성하여 생물생산성을 높이고, 먹이사슬을 통하여 효율적인 물질순환을 도모하면 조성하는 인공습지의 목표수질에는 큰 문제가 발생하지 않는다. 정화 효과를 높일 수 있다. 수질정화를 주목적으로 습지를 조성하는 경우나 오염원이 있는 경우 습지의 기능을 유지하기 위해 습지의 수질을 개선하거나 유지하는 것이 필요하다. 이는 위에서 언급한 습지의 수질정화작용을 도와주고 촉진시켜주는 것으로 달성할 수 있다.

일반적으로 습지의 목표수질을 달성하기 위한 방법은 오염발생원에 대한 대책, 유입수에 대한 대책, 그리고 습지 내 대책으로 나눌 수 있다. 오염발생원에 대한 대책은 기본적으로 발생원에서 감소시키거나 처리하는 것이 가장 효과적이나 이것이 어려울 경우 유역을 변경하여 유입수와 비슷한 방법으로 처리할 수 있다. 유입수에 대한 대책으로는 유입되는 오염원을 침전·여과시키는 시설 즉, 오염부하량에 적정한 규모의 저류시설이나 수질정화습지를 조성하는 것이 효과적인 방법이 된다.

습지내 대책으로는 수질정화만의 단일 목적이 아니라 습지의 경관을 개선하고 등 다목적으로 구상되는 것이 바람직하다. 따라서 하수처리지(sewage pond)와 같은 식생정화습지를 조성하여 유입수의 수질을 정화하는 방안이 검토될 수 있다. 또한, 수생식물을 식재하여 수면에서 수질을 개선할 수 있는 인공식물섬(floating island)을 도입하기도 하는데 이는 습지의 수중 생태계의 개선을 통해 생물다양성을 증진할 수 있는 조건이 마련될 수 있을 것으로 판단된다.

1) 물고기류와 조개류를 아울러 이르는 말. 또는 식용으로 하는 해산 동물(海産動物)을 통틀어 이르는 말.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

대표적인 수질개선공법으로는 오염원 침전시설, 식생정화습지, 및 인공식물섬을 조성하는 기법을 들 수 있다. 오염원 침전시설은 유입부에 오염부하가 많은 유입수를 일시 저류하여 유속의 저하 등에 의해 자연중력침전을 촉진시키고 고액분리[1]를 하여 상등수는 방류하는 방법으로 제거대상이 되는 오염물질은 주로 입자성 오염물질이며, 입자성분의 비율이 높은 인, COD 등에 효과적이다. 이 시설의 계획시 고려사항으로는 다음과 같은 것들을 제시할 수 있다.

- 토사 및 오염물질의 퇴적으로 주기적인 준설 필요
- 침전되어 있던 물질들이 부유되어 물과 함께 월류하는 것을 방지하기위해 정기적으로 저니를 제거할 필요가 있음
- 유입구 주변은 유입수에 의해 침식이 되지 않도록 재료 및 구조를 선정
- 수질정화습지와 저류지는 수질측면에서는 저류공간만 있으면 가능하지만 생물다양성을 증진할 수 있는 구조로 계획

식생정화습지는 갈대, 부들 등의 수생식물을 식재하여 인공으로 조성된 습지 내에서 수질을 개선하는 방법으로 수중의 유기물과 영양염은 수생식물에 의해 접촉·침강하고, 용존태는 토양에 흡착된 후 식물에 흡수되거나 저질 중의 미생물에 의해 분해·제거된다. 식생정화습지는 일반적으로 물의 흐름방향과 직각방향으로 둑을 조성하여 유하거리를 길게 하는 형태와 일직선으로 흐르게 하는 형태로 나눌 수 있으며, 물의 공급은 자연유하식이나 양수시설을 사용한다. 공급된 물은 침사조로 유입되고, 침사조에서 토사가 제거된 후 유량조절수로로 흘러 들어간다. 유량조절수로는 식생정화습지에 물을 균등하게 공급하는 기능을 한다. 물의 흐름을 일정하게 유지하기 위해 중간 중간에 깊은 웅덩이를 조성한다. 이 웅덩이는 식물성장을 방지하여 유출되는 물을 일시 저류시켜 안정시킨 후 다시 다음 구역으로 물을 공급하는 역할을 한다. 식생정화습지의 시설 계획시 고려사항은 다음과 같다.

- 인공습지의 식생은 자연적 유도가 유리하나 빠른 시일 내 습지의 조성이 필요한 경우 인위적인 식재가 요구됨
- 습지 주변은 일반적으로 연약지반으로 형성되어 있으므로 사전에 충분한 지반조사가 요구됨
- 갈대를 식재할 경우에는 세사(φ0.4~0.5mm) 이하의 입자를 다량으로 함유한 두께 50cm 이상의 토사를 복토할 필요가 있음
- 식생유지관리가 요구되며, 정화기능을 유지하기 위해 식물의 종류에 따라 연 1회 정도의 절취가 필요함

1) 고액분리법에는 원심분리법, 침전법, 부상분리법, 가압수상법, 기포분리법, 전해부상법, 유수분리법, 여과분리법 등이 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

- 오니의 퇴적이 큰 경우에는 오니의 제거가 필요함

인공식물섬은 습지에서 식물의 성장에 따른 수질개선효과 뿐만 아니라 생물다양성을 증진시키는 효과를 얻기 위하여 적용한다. 인공식물섬은 인공부체 위에 수생식물을 심어 부유하는 식물섬을 말하며, 식물의 영양염류 섭취를 통해 호소 수질을 개선하고 호소의 경관을 개선하는 방법으로, 그 특징은 다음과 같다.

- 식물의 뿌리를 통한 영양물질의 흡수·제거
- 각종 수생생물 서식공간의 제공
- 호소의 경관설계, 계획, 관리에 활용 가능
- 호안 침식의 방지
- 댐이나 호소의 용량에는 영향을 주지 않음

인공식물섬의 시설 계획시 고려사항은 재질은 가볍고 영구적이어야 하며, 파랑에 안전할 수 있도록 부체가 튼튼해야 하고, 고정장치를 이용하여 부체를 고정시켜야 한다. 자연경관과 조류, 어류 등의 서식을 고려하여 설치위치를 설정하여야 한다.

대호지구 생태공원조성사업에서 계획된 인공식물섬의 구조와 설치방법을 소개하면 다음과 같다.

- 중간에 식물을 식재할 수 있도록 사각형의 틀을 제작
- 식물과 틀이 물에 가라앉지 않도록 틀 아래에 부체를 붙이거나 부력을 받을 수 있는 재질로 틀을 제작
- 부체는 순수 식물재배면적 16㎡(4.0×4.0m), 또는 20.25㎡(4.5×4.5m)의 단위 크기로 제작
- 소요면적에 맞게 부체를 서로 잇거나 아니면 소요면적에 해당하는 부체를 일체형으로 제작할 수 있음
- 수생식물을 지지하기 위해 사각형의 부체 안에 망을 포설한다. 식물의 무게에 의해 망이 처지는 것을 방지하기 위해 PVC 파이프 등을 이용하여 사각형 부체 안에 대각선으로 지지대를 설치하여 망을 지지하도록 함
- 초기 단계에서 식물뿌리의 활착을 위해 식물매트를 망 위에 포설하고 그물에 고정시킴
- 식물의 식재를 위해서는 식재포트를 이용하거나 식물매트를 이용할 수 있음
- 수변에서 제작된 인공식물섬은 설치하고자 하는 위치까지 옮겨 유수습지 바닥에 고정시킴

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

4. 지반 조성공법

인공습지는 한번의 시공으로 완성되는 것이 아니라 생물의 유입 및 외력에 의한 소규모 지형의 형성을 거쳐 일정기간 경과 후에 안정화된다. 인공습지가 안정화되는 데 걸리는 기간에 대한 연구 자료는 없지만 그 기간 동안에 파랑과 흐름에 의해 소규모 지형이 형성되고 이러한 새로운 지형에 생물이 살 수 있는 공간이 형성된다. 따라서 호안으로 둘러싸인 석호형 습지가 아닌 개방형 습지는 고정된 구조물이 아닌 동적인 존재로 인식하여야 하며, 소규모 지형 및 생물상이 항상 변하는 것이야말로 안정한 상태인 것이다.

습지지형의 조성은 해저에 모래 및 흙을 쌓는 공법을 기본으로 하며, 지반조성공사의 계획을 수립할 때에는 다음 사항을 고려하여 필요한 조사를 실시하여야 한다.

(1) 지반조사
  1) 원지반의 토질
  2) 지반고
  3) 습지의 조성목적과 조성시기
  4) 토량과 면적
  5) 계획지역의 수심

(2) 토취장
  1) 토질
  2) 토량과 면적
  3) 위치
  4) 운반경로와 운반방법

일반적으로 습지지반의 시공은 미세하고 연약한 토질을 취급하며 해안에 가까운 천해역이 대상인 것이 특징이지만, 기본적으로는 종래의 매립기술을 원용할 수 있다. 기본적인 시공방법은 성토를 통한 적당한 지반고의 확보이며, 해저구배, 파랑조건 및 조류 등의 조건에 따라 잠제[1] 등의 구조물을 설치하기도 한다. 또한 공사 중의 환경오염도 충분히 고려해야 한다. 사용하는 모래가 바다모래가 아닌 경우는 이를 해저에 일정기간 가거치하여 해수에 길들인 후 sand pump로 海底에 방출하는 공법도 있다. 또한 한번에 전체 범위를 시공하는 것이 아니라 자연적인 부분을 남기면

1) 방파제의 상부가 정수면보다 낮은 수중 방파제. 파랑에너지를 저감시키는 효과가 있으며 기존의 자연경관을 유지할 수 있다는 장점이 있음 (submerged breakwater)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

서 부분적으로 갯벌을 시공하고, 자연갯벌로부터 생물을 공급받으면서 진행하거나, 반대로 경우에 따라서는 습지 전체를 급속히 시공하고 생물상 회복에 필요한 기간을 길게 잡아야 한다는 견해도 있다. 또한, 습지를 한번에 시공하면 생물상이 급격히 변하므로, 이는 주변에 천연갯벌 등의 자연환경과 생물공급원이 있는 경우에 적용하여야 할 것이다.

습지의 지반조성공법은 습지의 형태에 따라 약간 차이가 있다. 개방형의 경우, 일반적인 매립공법으로 시공할 수 있으며, 필요에 따라 파랑제어구조물, 해수순환 제어구조물 혹은 퇴적환경 제어구조물 등을 통상의 항만구조물과 같은 공법으로 건설한 후 대상지점에 토사를 투입한다. 석호형과 같이 폐쇄형인 경우, 대부분 기존의 매립지가 있으므로 절토 혹은 성토를 먼저 시공하는 경우도 있다. 또한 석호형은 주변의 바다와 연결하는 도수로, 도수관, 또는 수문 등을 건설한다. 또한 시공 중 주변 환경에 미치는 영향, 특히 오탁확산을 방지하기 위하여 필요에 따라 공사구역 주변에 오탁방지막 등을 배치하고 오탁발생을 방지하는 것은 일반 구조물 공사와 같다.

파랑제어구조물, 유황제어구조물과 토사안정을 위한 잠제 등 토사이동 제어구조물의 설치를 완료한 후, 예정지점에 토사를 투입한다. 이러한 시공방법은 일반적인 매립공사 및 토사투입공사의 경우와 같다. 토사투입공사의 기본적인 흐름은 장소에 따라 다음과 같은 2가지로 대별된다.

① 海岸에서 착공하는 경우 : 육상에 쌓은 토사를 불도저 등으로 바다 쪽으로 확장해간다.

② 海上에서 착공하는 경우 : 토사를 펌프선, 砂散台船 등으로 散布하거나, 흙을 쌓아 수심 낮아져 作業船이 들어가지 못하면 육상에서 습지불도저 등으로 지반을 고르게 함.

개방형 습지는 해상에서 착공하는 경우가 많다. 이는 작업선을 사용하면 연안에서의 작업효율을 높일 수 있기 때문이다. 또한 이미 매립된 장소나 내륙에 습지를 조성하는 경우에는 계획지반고까지 지반을 절토한다.

갯벌조성재료는 갯벌의 성격을 결정하는 중요한 요소이다. 표면에 투입하는 토사는 기본적으로는 습지를 조성하려는 장소와 가까운 천연갯벌의 저면퇴적물과 같은 物性을 갖는 토사를 반입하는 것이 바람직하다. 조류의 둥지처 및 특정생물의 생식을

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

고려하여 모래를 표면에만 피복하는 것도 고려할 수 있으며, 이 경우는 대상생물의 생태조건 및 서식조건을 충분히 고려한 후 재료를 결정할 필요가 있다.

해안습지에서 생태학적으로 가장 중요한 장소는 조간대이며, 대부분의 인공습지 설계시 이 부분을 넓게 설정한다. 그러나, 조간대 부근에 대형 작업선이 진입하기에는 수심이 얕은 경우가 있다. 이와 같이 수심이 얕은 부분에 토사를 투입하는 경우에는 보다 깊은 장소에서 투입하거나 육상에서 투입할 필요가 있다. 또한 공사가 진척됨에 따라 수심이 변하기 때문에 수심변화에 따라 토사투입공법을 변화시킨다. 또한 점성토 등을 먼저 투입하고 그 위에 모래를 살포하는 경우, 투입하는 모래와 하층 점성토가 혼합되거나 표층 sliding이 발생하는 경우가 있다. 이 때문에 혼합되는 모래의 양을 실험 및 근방의 유사 공사사례 등으로 파악함과 아울러 1회에 뿌리는 모래의 양을 조정한다. 경우에 따라서는 점성토 표면에 net를 부설하는 등의 대책이 필요하다.

소재의 특성 때문에 지반조성시 압밀침하가 불가피한 경우가 많다. 최종적인 안정형상은 波力 등 외력과의 관계를 통하여 자연적으로 서서히 형성된다. 소요수심에 대해 필요한 면적을 확보하기 위해서는 압밀침하를 고려하여야 한다. 즉, 침하예측 및 침하설계 등으로 침하특성을 파악하여 대책을 수립하며, 생물의 서식환경에 미치는 침하영향을 고려할 필요가 있다.

- 압밀침하량 추정 : 압밀침하량 추정시에는 침하량의 시간변화와 압밀 종료 후의 최종침하량을 산출한다.
  - 지반조사 : Boring 조사에 의해 원지반 및 투입토사를 채취하는 예정지의 지반을 세밀하게 조사하고 장소에 따른 지반구조 및 토질조건의 차이를 파악함과 아울러 조성후의 不等沈下 등에 대한 대책을 계획단계부터 검토하는 것이 필요하다.
  - 압밀침하량 산정 : ㉮압밀침하량은 지반조사결과를 이용하여 산정하거나, ㉯지반침하 계측결과로 산정한다. ㉮의 방법은 갯벌의 설계단계에서 적용하는 것으로 Terzaghi의 압밀이론에 기초한다. ㉯의 방법은 시공개시 후에 地盤沈下計測結果를 반영하면서 산정하는 것으로 相關曲線法 등에 의해 산출한다.
- 압밀침하 고찰 : 인공습지에 미치는 압밀침하의 영향은 갯벌 면적의 감소 및 구배변화, 더 나아가 갯벌의 소멸 등을 생각할 수 있다. 특히 부드러운 실트 및 점토를 뿌리는 경우는 압밀침하를 피할 수 없다. 갯벌의 지반이 침하됨에

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

따라 갯벌 생태계에서 중요한 조간대 면적이 축소되고, 이에 따라 조류의 먹이공급지 면적이 축소된다.

압밀침하가 예상되는 경우 그 영향을 줄이기 위한 대응책이 필요하다. 침하도중인 갯벌은 완성도중에 있는 것이며, 최종적으로 침하속도가 대단히 작게 되는 시점 즉, 침하가 진정된 시점의 단면이 갯벌의 완성된 모습이라고 인식하여야 할 것이다. 침하에는 넓은 범위에 걸쳐 균등하게 沈下하는 일차원적 압밀현상 외에 여러 가지 영향에 의해 반드시 전체가 일정하게 침하하지 않는 부등침하가 나타나는 경우도 있다. 경우에 따라서는 갯벌구배가 설정한 것보다 급하게 되거나 수심이 너무 깊어지는 일도 있다. 이에 대응하기 위해 지반고를 모니터링하고 필요에 따라 지반고를 수정해야 한다.

압밀침하에 대한 대책으로는 ①追加盛土, ②단계시공, ③지반개량 등이 있다. 이러한 대책은 기본적으로 통상의 매립공법과 같다. 또한 점성토 위에 가벼운 재료를 배치하여 하중을 경감시키는 방법도 차후 검토할 필요가 있을 것이다.

① 追加盛土 : 추가성토는 설정된 지반고에 차후의 침하량을 미리 쌓아두는 것이다. 침하가 진정된 시점의 단면이 설계단면이다.

② 단계시공 : 인공지반을 한번에 완성시키는 것이 아니라 성토를 오랜 기간에 걸쳐 시행하면서 조성하는 방법이다. 가능한 한 침하가 작게 되도록 1회 성토량을 정한다. 유입하천수로부터 퇴적물이 공급·퇴적되어 갯벌지형이 자연적으로 형성되기도 하지만 이러한 작용을 인위적으로 유도하는 방법도 생각할 수 있다.

③ 지반개량 : 연약지반으로 구성된 습지 조성지나 점성토로 이루어진 水底土砂를 사용한 갯벌 내부는 침하된다. 따라서 이 부분의 체적이 수축되지 않도록 강도를 증가시킨다. 단, 이 공법은 비용이 많이 들고 부분시공은 부등침하의 원인이 되기도 한다.

④ 기타 : 침하는 쌓인 토사의 하중에 의해 발생한다. 따라서 그 하중을 줄임으로써 침하를 억제하는 것이 가능하다. 이 때문에 가벼운 재료를 점성토 위에 배치한 후의 覆砂 혹은 가벼운 재료를 사용한 복사 등을 생각할 수 있다. 또는 geotextile을 부설함으로써 投入砂의 하중을 하층 粘性土에 균등하게 분산시킬 수 있고, geotextile의 전단저항에 의해 표층 투입사의 안정성을 높일 수 있다. 아울러 표층모래가 점성토로 투입되어 혼합되는 것을 감소시킬 수도 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.3.5> Geotextile에 의한 sliding과 압밀침하 대책 예

습지조성 후의 침하대책으로서 조간대 면적을 복구하기 위해 지반을 다시 높이는 것이 일반적이며, 지반이 높은 곳을 굴삭하는 방법도 있다. 또한, 연안류 및 하천류 등에 의한 퇴적물 공급이 있는 곳에서는 퇴적을 촉진시키기 위한 파랑·해수유동 제어구조물 등을 배치하는 것도 유효하다.

5. 수리·퇴적환경 제어 구조물 공법

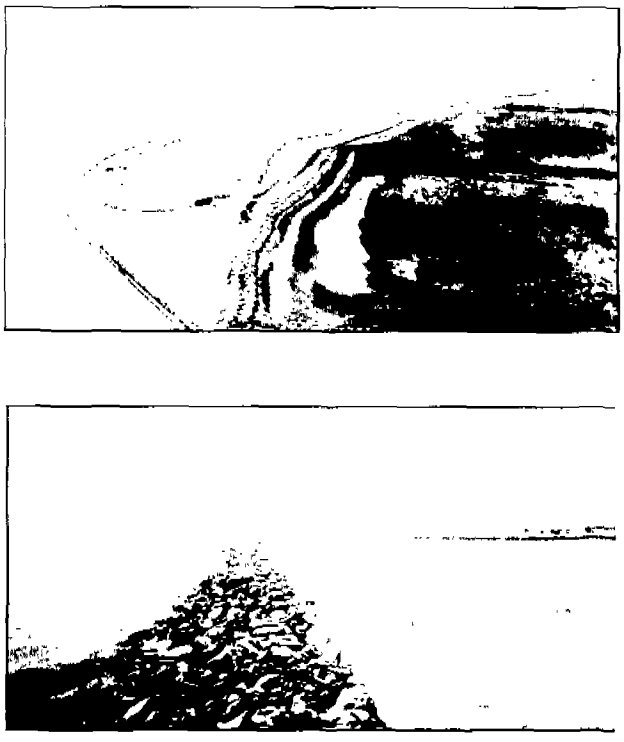
인공습지의 침식방지를 통한 지형보호, 퇴적환경제어, 파랑에너지 제어, 해수순환제어, 또는 습지 내 수위 및 수량 조절 등을 위한 목적으로 여러 가지 형태의 구조물을 설치하는 기법을 말한다. 이를 위하여는 항만설계기준(해양수산부, 1999a)의 침식대책시설이나 공법 등을 원용할 수 있다. 이러한 구조물로는 해안제방 및 호안, 돌출제 및 돌출제군, 이안제, 그리고 잠제 등을 들 수 있다. 공법의 선정에는 토사이동의 원인, 해안 및 배후지의 형상, 인접해안에 미치는 영향, 투자효과 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.

- 제방과 호안 : 제방과 호안은 배후의 토사가 파랑이나 흐름에 의하여 파괴 또는 유실되지 않도록 하는 것으로, 이 이상 해안의 침식을 허용할 수 없는 경우나 침식이 심한 곳에는 다른 공법을 병용한다(<그림 4.3.6>)
- 돌출제군 : 돌제라고 한다. 돌출제군은 보통 사질퇴적물 이동의 제어를 위해 사용되며, 일반적으로 돌출제 하나만이 사용되는 경우는 없으며 적당한 간격

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

으로 몇 개 정도를 축조하게 된다. 돌출제군은 연안표사의 일부를 포착하여 해안선을 전진시키며, 연안류를 해빈에 가까이 오지 못하게 하거나 초기 파랑의 방향에 대해서 해안선을 직각으로 만들어 해빈에서 빠져 나가는 모래의 양을 감소시키는 효과를 나타낸다. 따라서 돌출제군은 계절적인 전진후퇴가 심한 정선을 안정시키거나, 연안표사가 많은 해안에서 해빈을 전진시키거나, 또는 호안 및 제방 비탈면에 따로 모래의 이동을 저지하여 그 비탈기슭의 세굴을 방지하려는 경우에 설치한다.

- 이안제 : 이안제(detached breakwater)는 그 배후에서 일어나는 회절파를 이용하여 모래톱를 형성하고 연안표사를 저지할 목적으로 축조하는 경우와 배후해빈에 작용하는 파력을 감소시켜 해빈의 침식을 저지시킬 목적으로 축조한다. 이안제는 다른 공법과 비교하여 일반적으로 건설비와 유지비가 더 소요되며 돌출제군 또는 호안을 병용해도 침식을 방지할 수 없을 때 축조하는 것이 보통이다. 특히 상단이 방파제의 상부가 정수면보다 낮은 수중 방파제를 잠제라 하며, 잠제는 파랑에너지를 저감시키는 효과가 있으며 기존의 자연경관을 유지할 수 있고 해수유통이 원활하다는 장점이 있다.



<그림 4.3.6> 인공습지의 침식방지를 위해 조성한 제방의 예

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제4절 대체습지 조성사례 조사 분석

대체습지 복원 사례 조사는 제2장 국내외 기술개발 현황에서 일부 다루었으며, 제3장에서도 생태복원의 개념 하에서 다루었다. 따라서 여기서는 인공습지 조성 선진국인 미국과 일본의 인공습지 조성지역을 직접 방문하여 공학적 생태적 인공습지 조성기술 현황과 운영실태를 조사한 결과를 중심으로 기술하기로 한다.

1. 국외 사례

미국의 사례조사를 위해 연안습지 보존계획 지역을 중심으로 대체습지 조성 성공사례, 실패 사례, 그리고 현재 조성 중인 지역 등을 방문하여 시설물을 견학하고, 각각 지역의 관리자 또는 관계자와의 면담을 통해 성공 및 실패의 원인과 경험에 대해 논의하였으며, 대체습지 조성 후 변화양상 분석 사례 등에 대한 관련 자료를 수집하였다. 일본의 경우, 각각 다른 조성목적과 조성기법으로 조성된 연안습지를 방문하고, 조성 후의 변화양상, 그들의 시공 경험, 그리고 현재의 운영관리 실태 등에 관한 자료 수집하였다. 조사기간과 조사지역은 다음과 같다.

- 조사기간 : 2003. 2. 25 - 3. 6 (10일간)
- 조사지역 : 미국(캘리포니아주 샌디에고 지역), 일본(동경, 오사카, 고베)

미국 캘리포니아주 샌디에고 지역의 습지 복원 및 보존에 관한 업무를 담당하고 있는 미국 캘리포니아주정부 수렵관리국 남부해안지역본부 (State of California, Department of Fish and Game, South Coast Region)를 방문하여 미국의 습지 복원 및 보존에 관해 추진 시행되는 과정과 사업들에 대해 소개 받고, 우리나라에서 고려하고 있는 대체습지 조성계획에 대해 논의하였다.

미국의 경우 습지의 보존 및 복원은 연방정부, 주정부 및 지방정부가 긴밀한 협조체제를 구축하고 다양한 형태로 습지의 보존, 복원 및 조성사업을 실시하고 있다. 습지의 개발 이용과 이에 따르는 대체습지의 조성에 관한 규제 및 관리는 미육군공병단을 중심으로 연방정부, 주정부 및 지방정부 등 여러 기관에서 담당하고 있으며, 대체습지(mitigation bank)의 경우, 다양한 주체(공공기관, 개인사업자 또는 환경단체 등)가 조성, 분양하고 있다. 이때 미육군공병단 및 연구기관에서 기술적 지원을 실시하고 있다. 따라서 대체습지 조성을 포함하는 미국의 습지의 보존, 복원 및 조성사업에 대해서 일률적으로 설명할 수는 없으며, 조성지역, 조성목적 및 조성방법

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

에 따라 사안별로 융통성을 갖고 접근 시행하고 있음을 알 수 있었다.

미국 샌디에고 지역의 대체습지 및 연안습지 보존 및 복원계획에 대한 소개가 있었으며, 이를 요약하면 다음과 같다. 샌디에고 지역에는 20개의 대체습지(mitigation bank)가 있으며, 이 중 대부분이 내륙습지이며, 공공기관의 소유지보다는 개인의 소유지가 많다. 연방정부, 주정부 및 지역정부가 협력체제를 구축하여 남부 캘리포니아 지역의 연안습지복원계획(Southern California Wetlands Recovery Project)을 수립하고, 68개의 과제를 도출하여 이를 실천 추진하고 있었으며, 각 사업에 대한 예산은 연방정부, 주정부, 지역정부, 미육군공병단, 민간단체 등이 컨소시엄 형태로 지원하고 있으며, 사업시행자 또한 컨소시엄을 구성하여 협력체제 하에서 실시하는 것이 특징적이었다.

미국 샌디에고 지역 연안대체습지 조성지역 중 성공사례, 실패사례 및 조성 중인 지역 방문을 위해 추천을 의뢰하였으나, 일반적으로 한 지역 내에도 성공과 실패가 동시에 나타날 수 있으며, 한 지역 전체를 성공과 실패로 구분 짓기에는 무리가 있기 때문에 가장 전형적인 경우로 다음의 세 지역을 추천받아 방문조사를 실시하였다.

- Chula Vista의 Sweetwater Marsh 인공습지 조성지역 : 성공 사례, 실패 사례 및 건설 중인 지역이 공존
- Tijuana Estuary National Wildlife Refuge 인공습지 조성지역 : 넓은 지역의 인공습지조성지역이 건설되었거나 건설 중
- Batiquitos Lagoon 인공습지 조성지역 : 퇴적과 오염으로 훼손된 연안습지를 복원한 사례

◆ Chula Vista의 Sweetwater Marsh National Wildlife Refuge 방문조사

1. Sweetwater Marsh National Wildlife Refuge의 현황
   - 총면적은 316acre (약 386,850평)이며, 이 중 약 225 acre가 salt marsh이고, 이외 갯벌(mudflats)과 고지로 구성되어 있음.
   - 원래 연안사구 배후지로 습지였으나 매립되어 화약공장, 주거지 등으로 이용되었음. 화약공장에서 큰 화재가 발생된 후 오염된 채 황폐화되었으나 1988년 철도건설을 대체하기 위해 30 acre의 인공습지가 조성된 후부터 US Fish and Wildlife Service 주도로 캘리포니아주 정부, 샌디에고

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

지역정부, 샌디에고 항만국, 미육군공병단, 미해군 등 여러 기관의 협조체제 하에 Wildlife Refuge(야생동물 피난처)를 조성하고 있으며, 현재도 조성공사 중임. 이중 조성되는 습지의 일부는 Mitigation Bank로 분양될 예정.

- 주요 조성목적은 멸종위기 종의 보호, 서식하는 야생동물 및 철새를 위한 서식지 복원, 그리고 시민에게 환경친화적인 교육 및 야생동물과 함께 휴식하는 기회를 제공하기 위함이며, 이를 위하여 샌디에고만 개발에 따른 서식지의 파괴, 외래종의 침입 및 복원사업 전 개발이용에 따른 오염에 주요 관점을 두고 조성 중이다.
- 현재 조성비용 외에 운영관리를 위하여 년간 약 US$1,400,000(약 17억원)가 소요되고 있다. 여기에는 외래종의 제거, 조석 및 홍수에 따른 쓰레기의 처리, 조류세곡의 유지 관리, 준설비용 등이 포함되어있다.

2. Sweetwater Marsh National Wildlife Refuge의 건설현황

- 매립에 의해 고지로 되어있는 지역을 저지대로 환원, 습지로 조성하여 최종적으로 전체면적의 5%를 고지로, 90%를 습지로, 그리고 나머지 5%를 해안사구 등 해빈으로 조성할 예정이다.
- 사용되는 조성공법으로 조석 등 수리현상을 분석하여 기본적으로 적정한 저면고와 저면경사를 유지할 수 있도록 습지를 조성하고, 조류세곡을 만들어 흐름과 수위를 유지할 수 있도록 함. 그리고 적정한 식물을 씨를 뿌리거나 이식하여 초지를 조성하는 방법을 사용.
- 건설 전후 환경모니터링을 실시 중이며, 조성공사 완료 후 약 5년간의 환경모니터링이 실시될 예정이다.

◆ Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex 방문조사

1. Tijuana Estuary National Wildlife Refuge의 현황

- 멕시코와 접경지대인 티후아나강 유역인 이 지역의 면적은 2,532 acre(약 3,100,000평)이며, 이 중 개략적인 습지 서식지는 1,779 acre(2,177,850평)이다. 캘리포니아주 정부가 418 acre, 개인이 166 acre, 연방정부 Fish and Wildlife Service가 505 acre, 미 해군이 551 acre, 그리고 샌디에고 시와 지방정부가 892 acre의 소유권을 가지고 있다. 이 지역은 1989년 국가하구연구지역(National Estuarine Research Reserve)으로 지정되어 관

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

리되고 있다.

- 1991년 수립된 단계별 티후아나 하구역 조간대 복원계획(Tijuana Estuary Tidal Restoration Program)에 따라 약 495 acre의 감조습지와 조류세곡 등이 개선되었으며, 환경모니터링이 실시되었다. 이 사업은 US Fish and Wildlife Service 주도로 실시되고 있으며, 사업비는 California Coastal Conservancy, the US Fish and Wildlife Service, the US Environmental Protection Agency, 그리고 the Southern California Wetlands Recovery Project 등에 의해서 지원 받고 있으며, 이 사업의 계획 및 시행은 the Coastal Conservancy, the Southwest Wetlands Interpretive Association(SWIA)과 the Tijuana National Estuarine Research Reserve의 협력체(cooperative partnership)에 의해 추진.
- 이 계획의 일환으로 조석에 의한 순환을 원활하게 하기 위한 연결수로를 1997년 건설하였으며(Oneonta Tidal Linkage), 제2단계 사업으로 20 acre 정도의 모형습지를 조성하여 조류세곡이 생태계 등에 미치는 영향을 연구하고 있다. 이 연구는 Pacific Estuarine Research Laboratory (PERL)과 Scripps Institution of Oceanography(SIO)에서 참여하여 실시하고 있다.
- 현재 토사이동에 의한 매몰을 방지하기 위해 침사지를 조성하고 있으며, 배수로 조성공사를 실시. 이 지역은 서식지 복원을 위한 습지조성 뿐 아니라 관련 연구도 광범위하게 실시.

2. 제2단계 티후아나 하구역 복원계획

- 제2단계 티후아나 하구역 복원계획의 일환으로 다음의 4가지 사업이 실시.

a) Goat Canyon Enhancement Project, Final Design Plans (1999. 8 시작)
   - 침사지 최종설계 및 시공계획 수립, 이전 流路의 복원, 외래종 제거 및 서식지 복원 등
   - 총예산 : US$ 1,102,000

b) Goat Canyon Enhancement Project (2002. 1 시작)
   - 위의 설계에 따른 시공 및 시행
   - 총예산 : US$ 6,605,700

c) Tijuana Estuary Tidal Restoration Program - Phase II (2001. 4 시작)
   - 차기 단계 복원사업을 위한 예비타당성 조사 및 기본 계획 수립
   - 총예산 : US$ 658,000

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

d) Tijuana River Valley Invasive Plant Control Program (2001. 6 시작)

- 외래종의 분포 조사 및 분포도 작성, 2003년부터 실시 예정인 외래종 제거계획 수립
- 총예산 : US$ 560,000

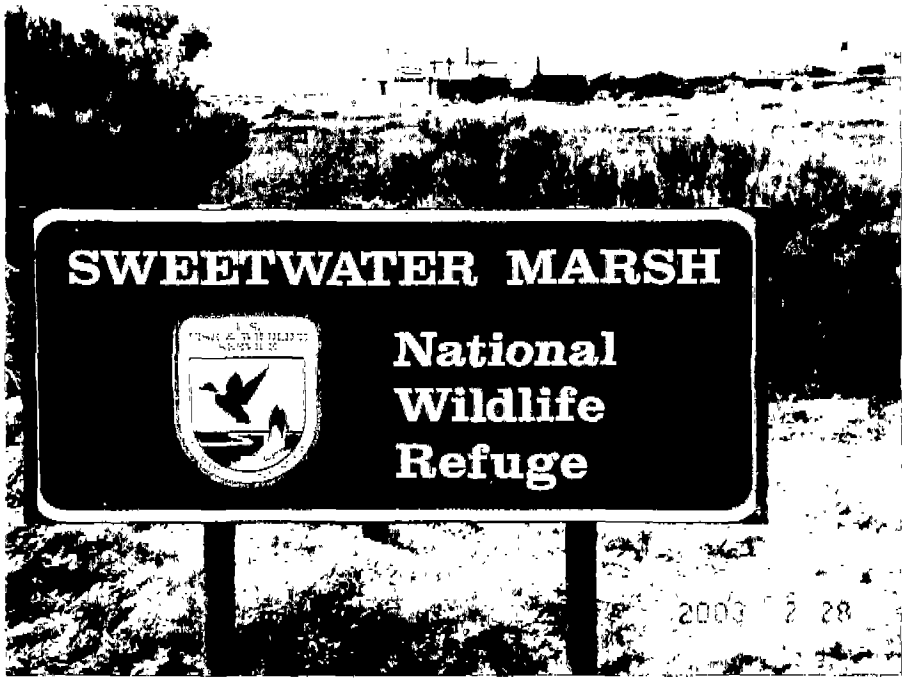
이외에도 계속적인 모니터링을 실시하고 있으며, 이를 바탕으로 새로운 연구계획 및 복원계획이 수립 시행되고 있음

◆ Carlsbad Fish and Wildlife Office 및 Batiquitos Lagoon 방문조사

1. Carlsbad Fish and Wildlife Office 방문

- 샌디에고 북부에 위치한 US Fish and Wildlife의 Carlsbad 지역본부 방문, 칼스바드 지역의 연안습지 복원사업에 관한 현황 설명 청취
- Batiquitos Lagoon 복원사업의 경우, 토사퇴적과 수질악화로 문제가 발생된 석호에 대하여 LA항 개발에 따른 환경영향을 완화하기 위하여 1984년 석호개선계획을 수립하고, 이후 현장조사 및 연구사업을 거쳐 1994년 복원공사를 시작하여 1996년 완공하였음. 전체습지면적은 약 542 acre(663,500평)임. 이후 환경모니터링을 실시하여 변화양상을 추적 조사.
- Buena Vista Lagoon 복원사업의 경우, 토사퇴적과 수질악화에 따라 서식지 복원을 위해 1983년 약 120,000㎥의 토사를 준설한 바 있으며, 2개의 인공섬이 조성되었다. 1995년 석호 입구에 웨어를 설치하여 해수의 유입을 조절할 수 있도록 하였으며, 종합적인 관리계획을 수립하고, 이에 따라 관리 보호.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.1> 미국 샌디에고 Sweetwater Marsh National Widlife Refuge 전경



<그림 4.4.2> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성된 습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

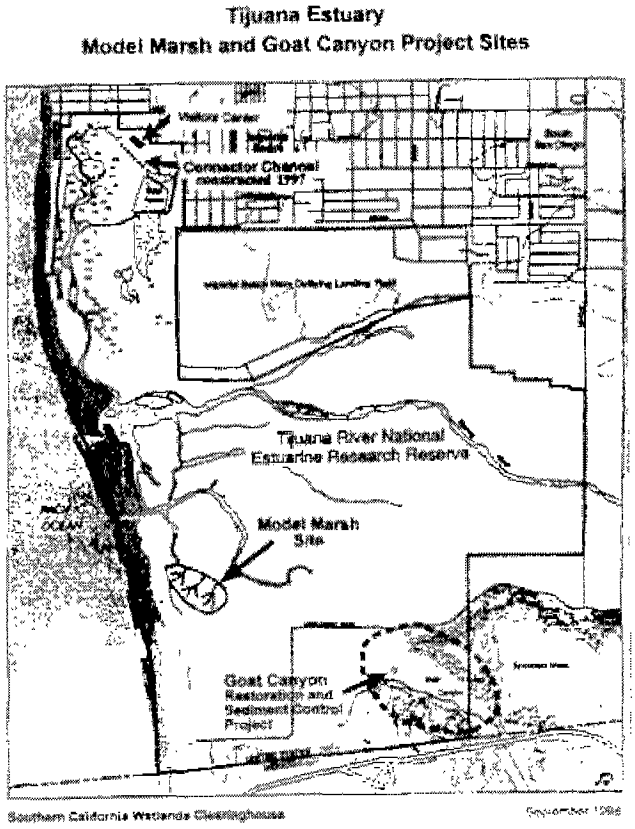


<그림 4.4.3> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성공사 현장



<그림 4.4.4> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 입구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.5> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 모형습지와 Goat 협곡 개선사업 현황도

2. Batiquitos Lagoon 현장 방문

- 석호의 입구가 막혀 해수가 유입되지 않아 수질이 악화되었으며, 상류로부터 토사가 쌓여 호수가 매몰되고 있었음. LA항 개발에 따른 대체습지 조성의 일환으로 복원계획을 수립하고 조사연구를 통해 계획 수립
- 호수 입구에 도류제를 설치하여 해수의 유입을 유도하고, 호수 내부는 준설하여 수심을 유지할 수 있도록 하였으며, 호수 입구 부근에 두 개의 인공섬을 양측면으로 조성하고 인공식재를 통해 수질개선과 서식지 조성 효과를 달성
- 1996년 완공 후 지속적인 모니터링을 통해 수질이 개선되고 야생동물 서식환경이 개선되었음을 확인하였으며, 상류측에는 토사침전지를 조성하여 호수가 매몰되는 것을 방지하였음.

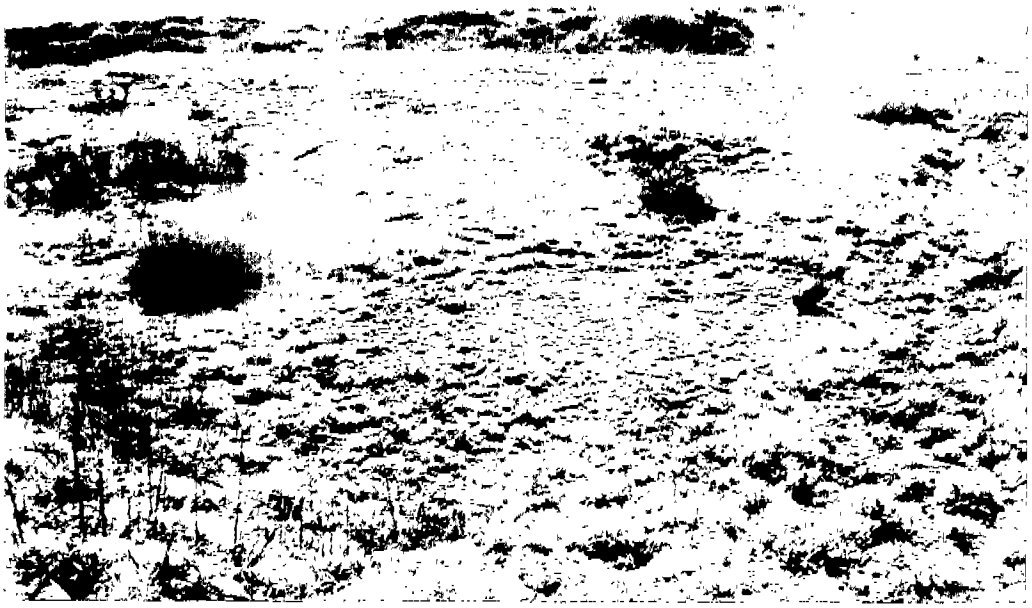
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.4.6> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 Onconta 연결 수로 건설 전(위)과 건설 후(아래)의 변화된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.7> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex에 설치된 수질개선을 위한 하수처리지



<그림 4.4.8> Batiquitos Lagoon의 인공식재된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

◆ 일본 동경가사이해빈공원 인공습지조성지역 방문조사

- 가사이임해공원의 개요
  - 총면적 : 79.58ha
  - 사업년도 : 1985년 ~ 1995년
  - 사업비 : 약 200억엔
  - 개원 : 1989년
- 가사이임해공원의 인공습지
  - 호수형으로 계곡형, 담수지형, 기수지형 등 세가지 형태로 조성되어 있으며, 담수지와 기수지는 조류원으로 이용되고 있음. 담수지와 기수지 사이에는 수문이 설치되어 있으며, 기수지와 바다 사이에도 수문이 설치되어 있음.
  - 이상의 습지의 총면적은 27.2ha이며, 약 65억엔이 소요되었고, 동경도 건설국 해상공원과에서 건설 관리하고 있음.
  - 또한 2가지 형태의 인공해빈 총면적 25ha가 조성되어 있으며, 15ha의 서둔치는 모래해빈 친수공간으로 사람이 접근할 수 있도록 조성하였으며, 10ha의 동둔치는 점토질 갯벌로 사람이 접근할 수 없으며 철새를 위하여 인공적으로 초본식물을 식재하여 조성.
  - 또한 동둔치 동쪽으로 철새를 위한 공간으로 천연 모래섬의 지반고를 조절하는 방법으로 인공섬 형태의 간석지를 조성
  - 이상의 간석지 형태의 연안습지는 약 86억엔의 예산으로 1989년에 완공하였으며, 동경도 항만국에서 건설 관리.

◆ 일본 오사카 남항 인공야조원 방문

- 오사카 남항 야조원의 개요
  - 총면적 : 19.3 ha (간석부 12.8ha, 녹지부 6.5ha)
  - 1983년 준공
  - 건설 및 관리 : (재)오사카항개발기술협회
- 특징
  - 대체습지의 개념으로 조성한 것은 아니며, 항만건설을 위한 매립지 일부에 철새의 도래와 보호를 목적으로 습지를 조성
  - 기수지와 해수지로 구분되어 있으며, 해수지와 바다는 파이프를 통해 해

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

수가 유통되도록 설계 건설됨. 기수지와 해수지 사이에는 물의 유통을 위한 수문을 설치.

- 갈대 등 습지의 초본식물 밀생을 관리하기 위하여 자원봉사자들이 매년 초본식물을 베어내는 등 관리하고 있으며, 주요 시설로는 조류전망탑, 도서실, 연수실 등이 있으며, 교육시설로도 활용.
- 건설 중 지반침하가 일어나 플라스틱 재질의 매트리스공법이 적용되었으며, 현재까지 별 문제없이 잘 관리 운영되고 있음.

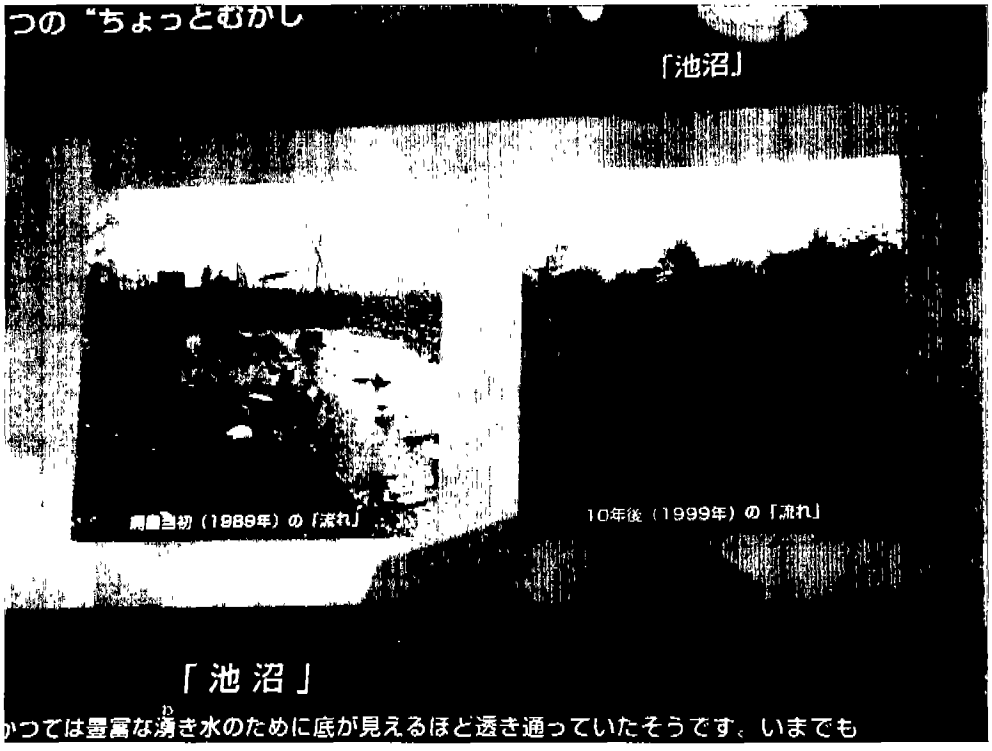
◆ 일본 고베시청 및 마이꼬 인공해빈 방문조사

- 마이꼬 인공해빈공원의 개요
  - 총면적 : 15.8 ha (시립공원지역 12.6ha, 편의시설지역 3.2ha)
  - 1994년 착공, 1999년 준공
  - 총공사비 : 약 187.3억엔
  - 건설 및 관리 : 고베시청
- 특징
  - 마이꼬 해변은 원래 백사장이었으나 도시개발과정에서 해변에 직벽 호안을 쌓고 도로를 건설함으로써 주변 백사장의 모래 전부 유실
  - 유실된 해변의 복원과 시민 친수공간 제공을 위하여 추진
  - 친수공간 조성을 위하여 기존의 매립지 호안에서 바다 쪽으로 더 전진, 일부는 매립하여 임해공원(녹지공간)을 조성하고, 그 앞으로는 일련의 이안제를 건설하여 파랑의 내습을 제어하고 양빈을 실시하여 인공해빈을 조성. 시민의 해수욕이 가능하도록 조성.
  - 모래는 중국에서 수입하여 사용. 이안제가 경관을 해치는 문제가 있음.
  - 우리나라 동해안 등 모래질이 우세한 해안에 적용 가능한 연안습지로 고려할 수 있는 사례임

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.9> 일본 농경가사이 임해공원의 안내도



<그림 4.4.10> 일본 농경가사이 임해공원 내 조성된 계곡형습지의 건설초기와 10년 후의 변화된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



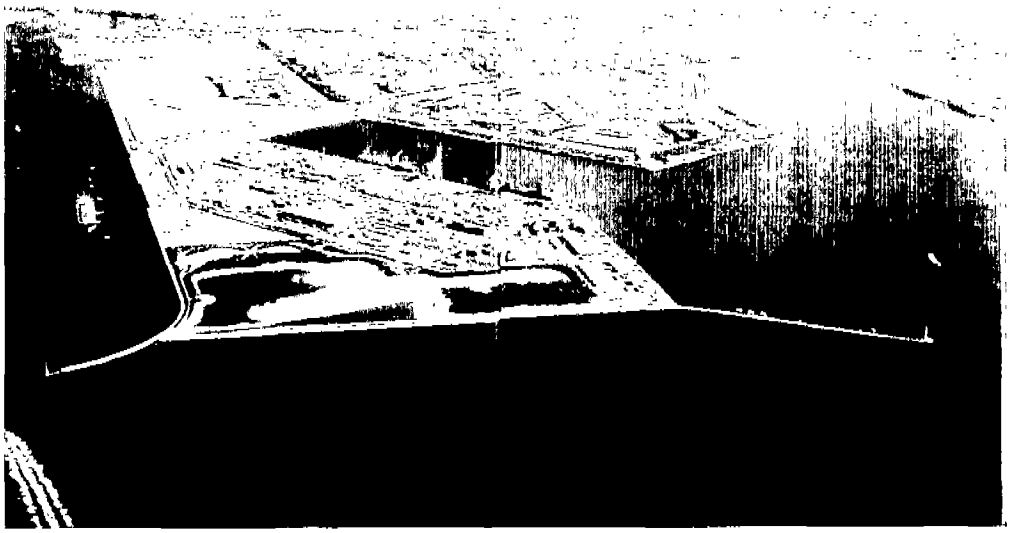
<그림 4.4.11> 일본 동경가사이 임해공원 내 조성된 담수지(위)와 기수지(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.12> 일본 동경가사이 임해공원 바다 쪽으로 조성된 서둔치(위)와 동둔치(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.13> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 전경



<그림 4.4.14> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 안내도

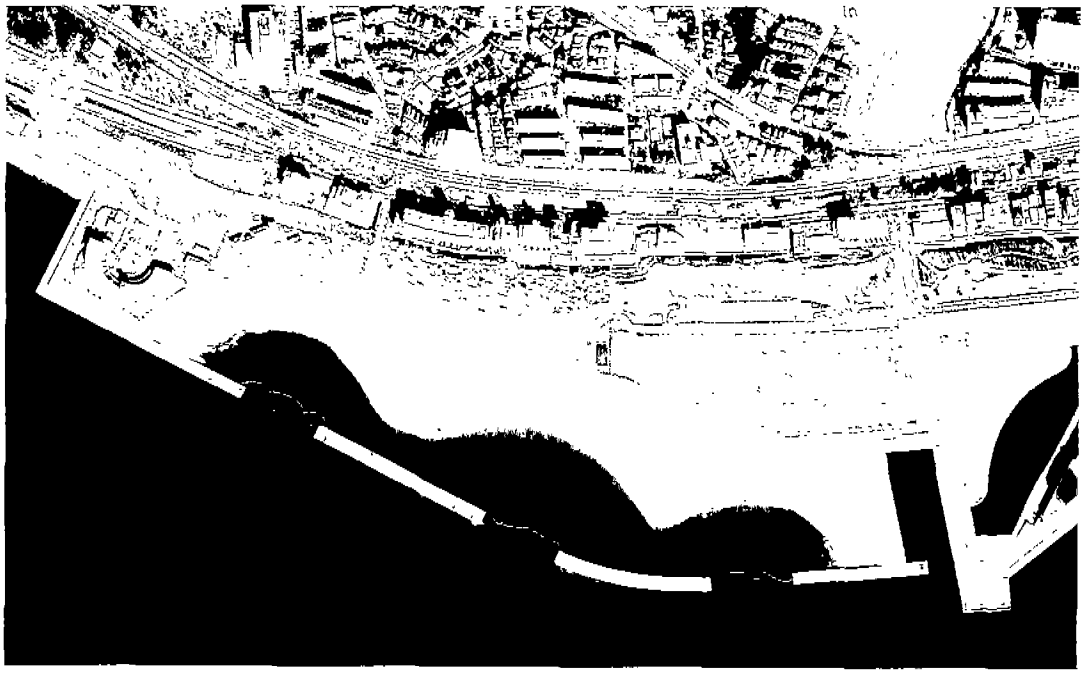
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.4.15> 오사카 남항 야생조류원에 조성된 해수지(위)와 기수지(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

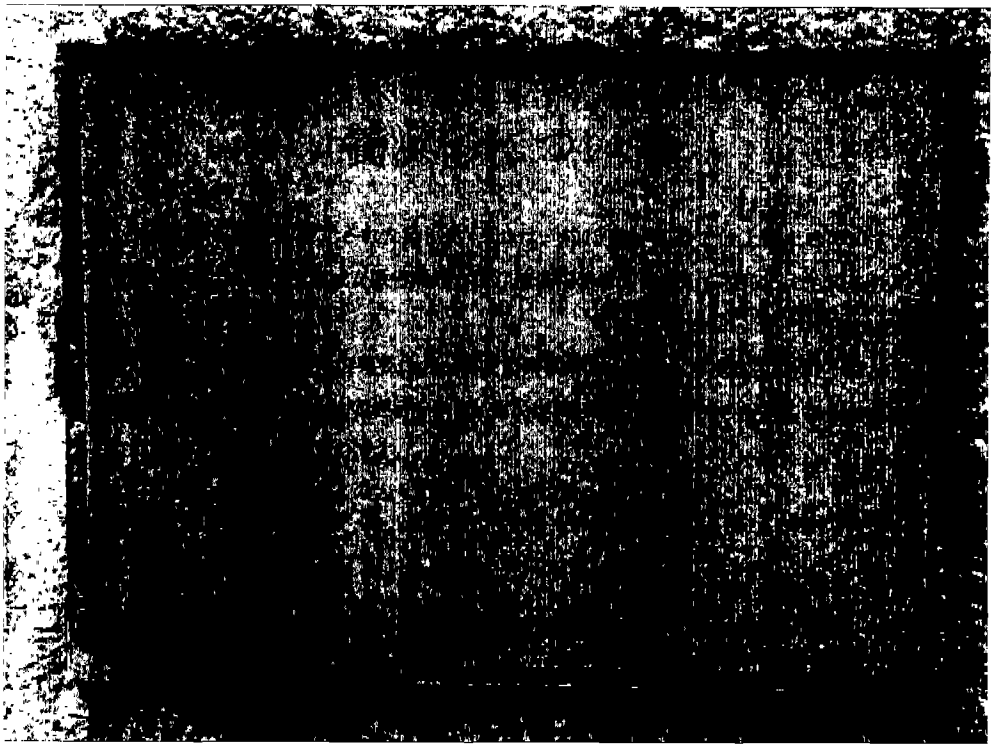


<그림 4.4.16> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈

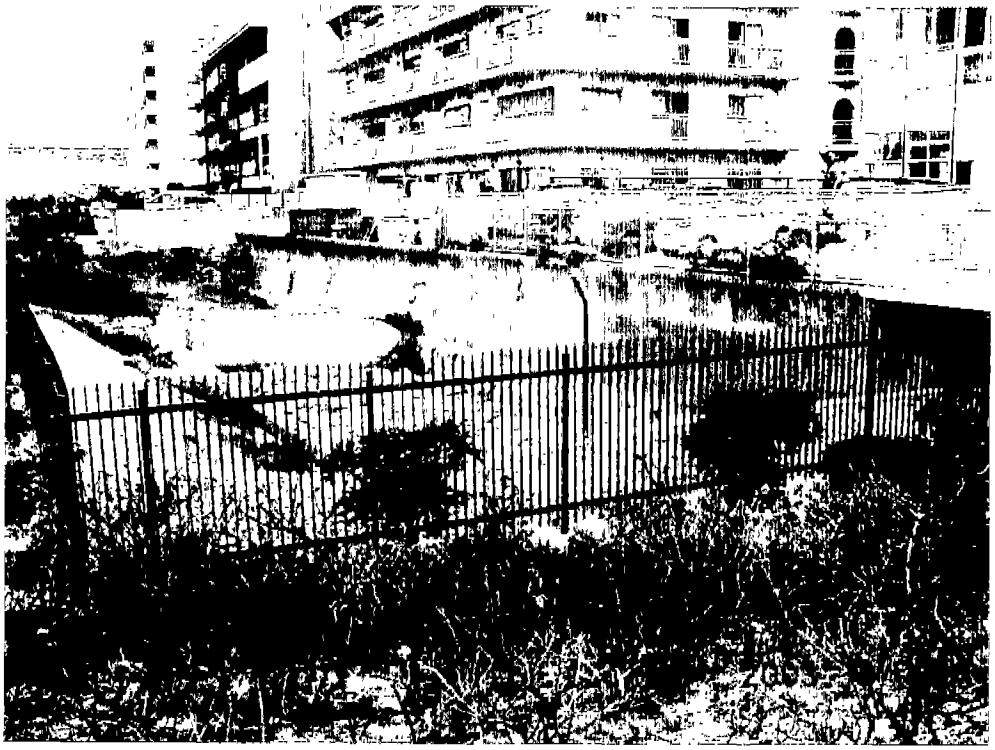


<그림 4.4.17> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈의 현재 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성에 중국에서 수입한 모래를 사용했다



<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성 전의 호안 일부

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

미국과 일본의 다양한 형태의 해안 대체습지를 직접 돌아보고 조성계획 수립 및 시공기술 등에 있어 우리의 수준이 결코 뒤지지 않으며, 다만 조성계획 수립 및 실시설계 전후의 전반적인 조사 연구과정이 미흡한 것으로 판단되었다. 또한 조성 후 지속적인 모니터링을 통해 계속적으로 수정과 보완하며 개선해 나가는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

미국의 경우, 야생동물이나 어류의 서식처 또는 피난처 제공을 위해 습지를 조성하고 있으며, 인간과 자연이 공존·공생하는 환경조성이 목표였다. 또한, 미국의 습지사업은 국가 또는 지자체 등 정부(국가 안보적) 차원에서 장기적이고 계획적으로 시행되고 있었으며, 이미 훼손되었거나 훼손이 우려되는 환경은 이를 복구하거나 개선하여 자연상태로 유지하며, 공공개발 사업으로 환경이 훼손되는 경우 대체 조성비용 부담을 관계법령으로 의무화하고 철저히 시행되고 있다. 국토가 넓은 미국의 습지정책은 우리나라와는 그 사정이 다르나 미국의 습지보존정책의 적용현장 방문, 미국의 습지보존에 대한 아낌없는 투자, 습지보존을 통한 수자원의 관리, 그리고 습지보존정책에 적극적으로 협조하는 국민의 모습 등을 통하여 관계자는 물론 전 국민이 얼마나 심각하게 고려하고 있는지 실감할 수 있었다.

또한, 실패를 두려워하지 않는 개방적인 연구자세와 꾸준한 연구개발 투자, 그리고 실패를 통해서 그 교훈을 얻고 있었으며, 연안습지의 경우 쓰레기와 냄새가 전혀 없는 청정지역으로 보존 관리하기 위하여 지역주민, 관할정부기구 및 연구자들의 공동 노력하고 있었다. 지역주민의 협조 없이는 환경보존이란 있을 수 없으며, 지역 주민의 협조를 끌어내기 위해서는 지속적인 연구를 통해 근거와 논리를 확보하고 이를 바탕으로 설득하여야 한다는 점을 확인하였다. 또한 많은 자원봉사자와 아마추어 사진가에 의해 관리, 관찰, 보고되고 있었다. 미국의 습지제도는 우리가 현재 고려하고 있는 대체습지 조성제도와 다소 거리감이 있으나, 개발로 훼손된 환경은 그에 상응하는 대체습지를 조성하거나 매입하고 그 비용을 개발자에게 부담시킨다는 점은 고려할 필요가 있음을 알 수 있었다.

일본의 경우, 규모는 작으나 연안습지공원과 친수공간 조성을 통하여 크게는 연안환경의 보존에 기여하며, 작게는 주민 또는 관광객에게 친수공간을 제공해주며, 또한 충분히 경제성을 갖출 수 있도록 환경친화적 개발이 가능하다는 점을 확인할 수 있었다. 즉, 습지를 조성하여 야생동물의 서식처를 제공·보호하고자 함은 미국과 같으나, 여기에 친수녹지공간의 개념을 더하여 주민이 직접 방문하여 보고 즐길 수

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

있는 환경으로 조성하고 있었으며, 일본 가사이 임해공원의 경우 매립으로 훼손된 습지를 대체하기 위하여 조성하는 개념으로 볼 수는 없으나, 동경항만 개발로 이미 막대하게 훼손된 습지를 복원하려는 차원에서 조성된 것으로 간주할 수 있다. 특히 가사이 임해공원은 계곡형, 담수지, 기수지, 인공해빈, 인공갯벌형 습지, 인공섬형 습지 등 인공적으로 조성 가능한 습지의 거의 모든 형태로 조성되어 있으며, 인공해빈과 인공갯벌형 습지는 U자형 호안을 축조하고 흙과 모래로 성토하여 습지를 조성하고 그 앞에 잠제를 설치하여 내습하는 파랑에너지를 제어하여 토사유실을 방지하도록 설계 조성되었다. 이는 인공적으로 갯벌의 조성이 가능함을 보여주는 구체적인 사례로 볼 수 있다.

오사카 야조원의 경우 바다를 대규모로 매립하여 항만을 조성하고, 그 일부분에 대규모 습지를 조성하여 철새들의 서식처로 조성하였으며, 그 규모나 시공 사례로 볼 때 우리나라에 적용 가능한 벤치마킹 대상이 될 수 있을 것으로 판단된다. 특히 일본 오사카항은 연안은 물론 바다 한가운데 인공섬을 조성하여 항만시설로 활용하고 있으며, 현재도 쓰레기처리장으로 사용하기 위하여 대규모 인공섬 매립계획이 확정되어 조성되고 있다. 이러한 대규모 매립사업도 국민적 공감대가 형성되어 있으며, 매립후에는 습지, 친수녹지공간, 그리고 위락시설 등을 조성하여 시민휴식공간으로 활용할 예정이다.

습지는 조성으로 끝나는 것이 아니고 사후 관리를 통하여 적정한 환경을 계속 유지해 주는 것이 매우 중요하며, 매립지내 일부를 할애하여 습지로 조성하는 것 이외에, 인공해빈을 조성하여 해수욕장으로 활용하거나 이미 매립된 후 훼손된 해변을 복원하는 것도 대체습지조성의 광역적인 개념으로 고려할 수 있을 것이다. 오사카·고베에 이르는 연안은 대부분 인공적으로 축조된 구조물로 이루어진 인공해안이다. 개발로 인하여 사라진 해빈을 복원하기 위하여 그 앞을 다시 매립하여 습지, 공원 등으로 조성하고 있었으며, 이는 습지나 친수해변을 조성하기 위한 또 다른 매립에 해당되나 환경복구를 위한 매립인 점에 차이가 있다고 할 수 있으며, 연안습지조성이 또 다른 형태의 매립인가에 대한 하나의 답을 제시한다고 할 수 있다.

미국의 경우, 개발사업자에게 대체습지의 개발 또는 비용부담을 의무화하고 있으나, Mitigation Banking System을 통해 개인 또는 정부기관 등에 의해 습지조성사업이 시행되고 있다. 일본의 경우는 개발로 상실되는 해변이나 습지를 대체하여 개발자에게 의무를 부담시키는 법령상 의무조항은 없으나, 지자체 차원에서 보다 많은 습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

지(순수한 의미의 습지라기보다는 친수녹지공간의 개념을 포함) 조성이 시행되고 있으며, 그 혜택은 주민에게 돌아가도록 계획 시행되고 있다.

2. 국내 사례

가. 시화호 갈대습지공원

시화만에 방조제 12.7km를 축조, 17,300ha의 간석지 개발을 위한 시화지구 개발사업으로 생성된 시화호는 안산시, 시흥시, 화성군 등 상류 유역 내 인구 및 축산농가의 증가, 환경 기초시설의 미비로 각종 도시하수 및 공단폐수, 축산폐수 등의 유입으로 인하여 심각한 수질오염 문제가 발생하였다. 특히, 시화호 상류하천인 반월천, 동화천, 삼화천 유역의 경우 주된 오염원이 축산폐수 및 미차집 도시하수, 농경지 배수 등이며, 대부분이 산재된 비점오염원으로 오염물질 차집이 어렵고 따라서 이의 효과적인 정화처리가 어려운 실정이다.

따라서, 이상의 3개 하천 합류부(간석지)에 비점오염 물질을 자연정화기법을 이용하여 처리할 수 있는 인공습지를 설치, 상류 유역으로부터의 하천수를 호소 유입 직전에 복합적으로 갖춘 생태공원을 조성하여 시화호로 유입되는 오염 부하량을 감소시키고 도시민의 교육 및 휴게공간을 확보하고자 하는데 그 조성목적을 두고 있다.

- 반월천, 도화천, 삼화천 상류에서 유발된 도시하수, 축산폐수, 농업배수 처리
- 야생동물의 서식지 창출
- 자연생태공원의 조성에 의한 도시민의 휴게 및 교육공간 확보
- 최종 방류수역과의 자연 완충지대 조성

<표 4.4.1> 유입하천별 습지 규모

인공습지	면 적	
반월천 습지	고습지(High marsh)	19 ha(190,063㎡)
	저습지(Low marsh)	23 ha(225,889㎡)
동화천 습지	고습지(High marsh)	15 ha(152,500㎡)
	저습지(Low marsh)	11 ha(113,499㎡)
삼화천 습지		7 ha(68,672㎡)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

시화호 인공습지의 총 규모는 104 ha(1,037,500 ㎡)이며, 반월천, 동화천 습지는 지형적 특성상 고습지와 저습지로 구분되며, 삼화천은 고·저습지 구분이 없다. 시화호 인공습지는 수질정화기능과 생태공원의 역할 수행을 위하여 Islands, Open Water, Close Water, 수문 및 펌프시설, 저류시설, 수중보, 진입 및 유지관리도로, Stop-log Weirs, 관찰로 및 자연학습원 등으로 구성되어 있다.

<표 4.4.2> 시화호 인공습지내 주요 시설물 및 제원

시설물	구 분	시 설 내 용
Close Water	목 적	정수식물(갈대) 식재로 수질개선 및 자연생태공원 조성
	규 모	면적 : 58 ha(583,408㎡)
Open Water	목 적	어류 및 야생동물 활동공간 제공
	규 모	면적 : 15 ha(148,324㎡)
Islands	목 적	야생 조류의 휴게 및 서식지 제공
	규 모	면적 : 2 ha(18,891㎡)
하천조성	내용 및 목적	- 가능한 현 자연수로를 유지하며, 동하천 480m, 내하천 440m의 유로변경 - 홍수시 제방 및 조성습지의 유실방지를 위한 수로형성
	제 방	폭 3.5m×연장 5,911.3m 기울기 1 : 3~ 1: 4, 제방높이 EL 3.0~5.5m
	세굴방지	종자부착 거적 덮기, 사석쌓기
	유로변경	동하천 480m, 삼화천 440m
저류시설	목 적	유량분배 및 자연 유하를 위한 일정수위 및 수량 확보
	제수문	-위치 : 반월천, 동하천 각 1개소 -형식 : Roller Gate(Pin Jack Double Type) -규모 : Clear span(W) 6.0m×Clear height(H) 3.8m×5set
	취수보	-위치 : 삼화천 1개소 -규모 : H3.5m×B25m, Apron 12.0m, 언체 5.06m, 하상보호공 18m
진입도로	목 적	반월천, 동하천 습지의 주접근로 형성
	규 모	폭 8.5cm×연장 1,152.9m, 아스팔트 포장
유지관리 도로	목 적	내부 Cell 운영 및 유지관리
	규 모	유지관리도로 A : 폭 4.5m×연장 1,583m 유지관리도로 B : 폭 3.5m× 연장 711m 유지관리도로 C : 폭 3.0m× 연장 3,383m

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

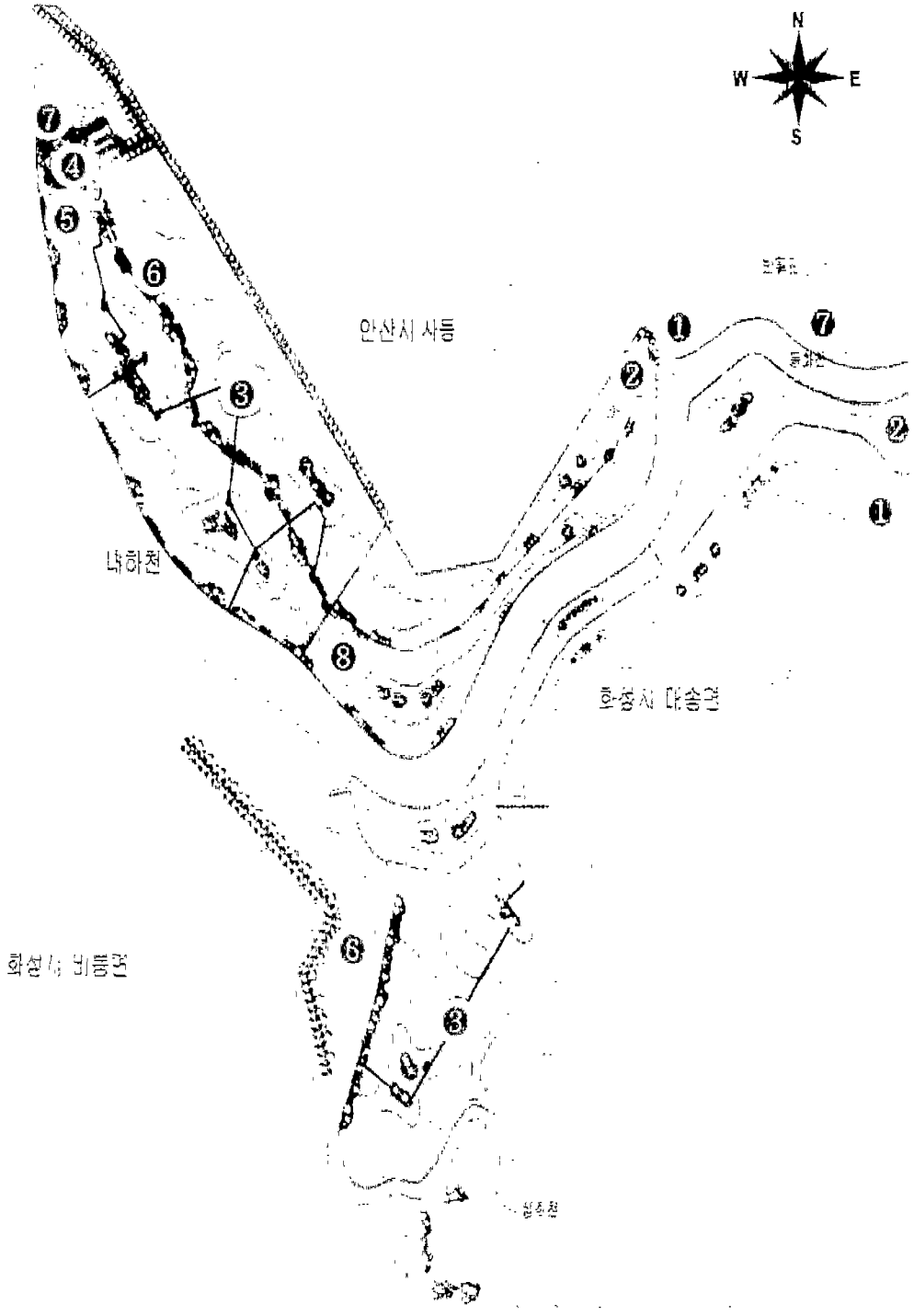
<표 4.4.2> 계속

관찰로 및 자연학습원	목 적	방문객의 자연관찰을 위한 동선확보 및 교육, 식물 식종/식재시 이용
	조경시설물	관찰로 2.6km, 관찰 Pocket 9개소, 관찰데크(대) 12개소, 정자1개소, 연못 1개소
	자연학습원	전망대/전시관(2층) 연면적 1,092㎡, 관리사무소(1층) 연면적 95.76㎡, 온실(1층) 연면적 109.72㎡,주차장(42대)
Stop-log Weirs	목 적	수위관리 및 Cell 별 유지관리
	규 모	W 1,200×H1,200, W1,200×H1,700, W1,700×H1,700
펌프시설	목 적	각 습지로의 유량 균등 공급
	위 치	반월천, 동화천 각 1개소

시화호 인공습지 내 생태현황 및 수질·수문 조사, 인위적인 습지조성이 생태계에 미치는 영향 분석, 그리고 습지의 기능적 상태(수질정화능)을 최적화하기 위한 최적의 습지 운영관리방안 도출을 위해 실시된 한국수자원공사(2002)를 보면, 습지운영에 필요한 수량 확보가 필요하고 체류시간에 위치별로 차이가 있어 우선 수량의 확보와 습지 내 흐름의 균일화를 위한 수리특성 개선이 필요한 것으로 나타났다. 퇴적율은 상대적으로 적어 연간 퇴적물의 침전지 전 면적에서의 퇴적깊이는 1.4cm 정도였다. 수질정화능력은 현재까지는 낮은 것으로 나타났으나 이는 아직 오염물질 처리기작이 안정화되지 못했고 갈대가 식재된 지역에 비해 자유수면지역이 너무 많아 처리능력이 떨어지기 때문인 것으로 보고 되었다. 한편 모기의 종수와 밀도가 해마다 증가하는 경향을 보였다.

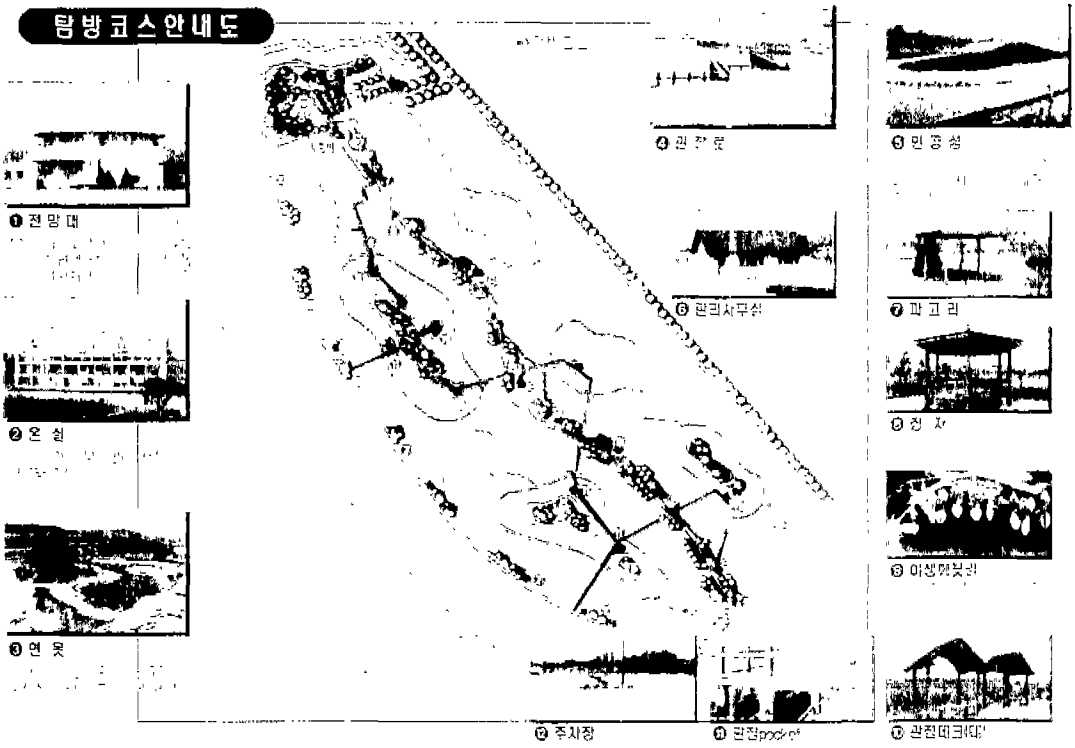
시화호 인공습지는 우리나라에 최소로 건설된 대규모 인공습지라는 점에서 의의가 있으며, 몇 가지 측면에서 문제점이 나타나고 있으나 조성된 기간이 짧고 현재도 완공된 상태가 아니기 때문에 아직 성패 여부를 판정하기에는 이른 감이 있으며, 우리나라의 인공습지 조성에 좋은 모델이 될 것으로 기대된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.19> 시화호 인공습지 조성도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.20> 시화호 인공습지의 시설

나. 대호환경농업 시범사업

우리나라에서 간척지의 환경친화적 개발모델로 삼을 수 있는 것이 '대호환경농업 시범사업'이다. 농업기반공사와 유엔개발계획(UNDP)의 기술협력으로 추진되고 있는 이 사업은 대호지구 가운데 당진군 석문면 일대의 약 800 ha에서 환경농업실천, 간척지의 환경친화적 이용, 농업교육훈련센터 건립, 부대시설, 21세기 농어촌 주택단지 조성, 농어민 교육·복지센터 등 6개 핵심사업으로 추진되고 있다 (사업기간: 2000~2004, 사업비: 4백5억원).

이 사업을 통해 생태공원 조성에 중점을 둔 대호간척지의 환경친화적 복원을 위한 최적안을 도출하였으며(<그림 4.4.21>), UNDP 등(2000)은 이의 구현을 위한 기본계

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

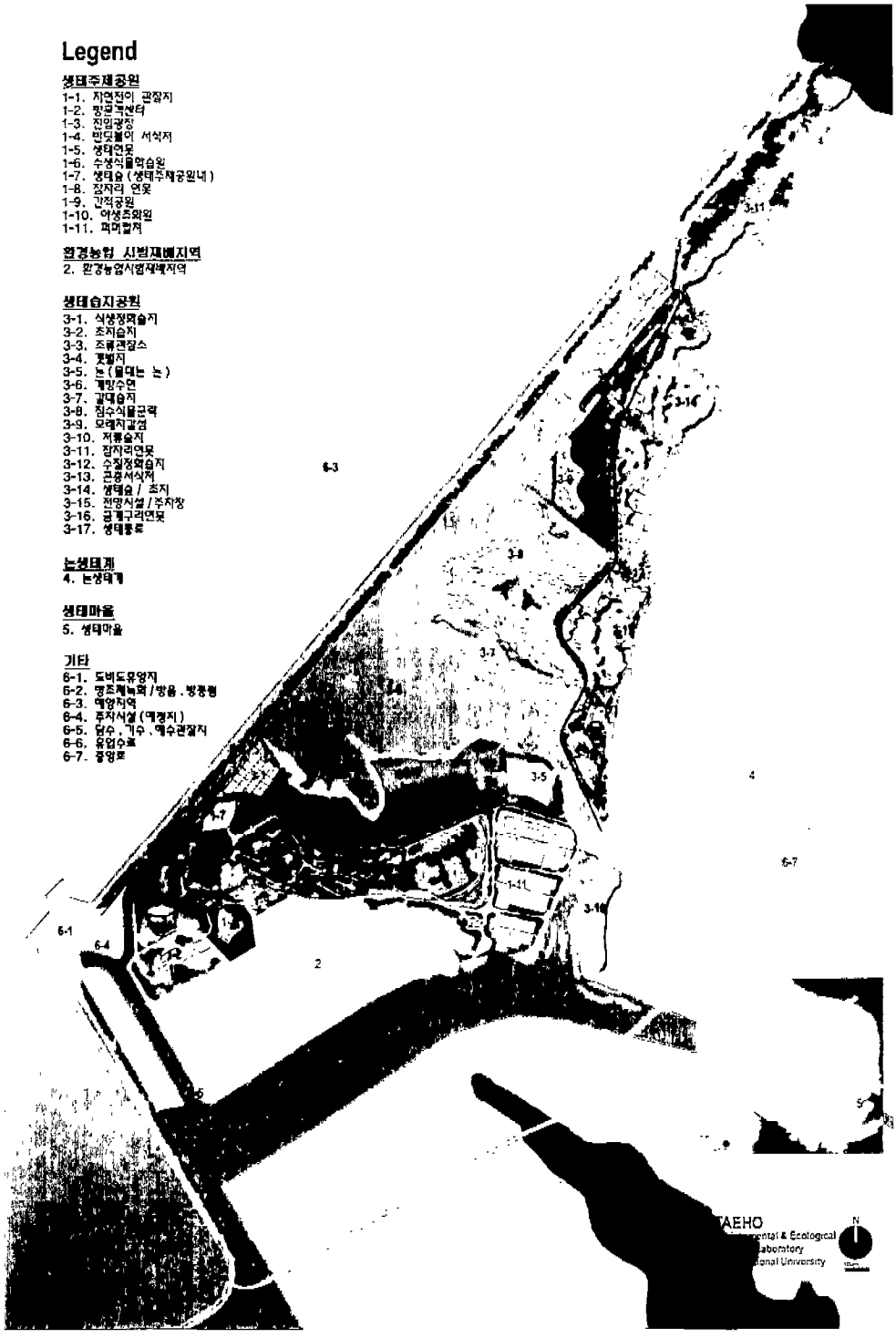
획 수립시의 다음과 같은 5가지 고려사항을 제시하였다:

① 유역차원의 생태계를 고려한 생태공원 특성의 부여
② 물순환체계 확립
③ 간척지의 독특한 생태적 특성의 보전 및 복원
④ 창출을 통한 훼손생태계 복원
⑤ 지역주민의 참여를 통한 복원

또한 5단계로 나누어 순차적으로 시행하는 단계별 시행계획을 수립하였으며, 그 내용을 보면 다음과 같다.

- 제1단계 (2000년 ; 투자예산 6억원)
  - 조류관찰시설 조성
  - 자연천이관찰지 조성
- 제2단계 (2001년 ; 투자예산 76억원)
  - 생태습지공원 : 조류서식처 복원, 식생정화습지 및 저류지 조성
  - 생태주제공원 : 기반시설 조성
  - 방조제 녹화, 방풍/방음림 조성
- 제3단계 (2002년 ; 투자예산 131억원)
  - 생태주제공원 : 방문객 센터 및 진입광장, 야생초화원, 수생식물 학습원, 간척공원, 생태온실, 생태숲, 생태연못, 잠자리 연못 2개소, 반딧불이 서식처, 퍼머컬쳐
  - 환경농업시범재배지역
  - 생태습지공원 : 수질정화습지, 생태숲 및 초지 기반시설 조성
- 제4단계 (2003 ; 투자예산 48억원)
  - 생태습지공원 ; 생태숲 및 초지 조성
  - 생태마을 조성
- 제5단계 (2004 ; 투자예산 144억원)
  - 생태마을 조성 : 생태건축, 수질정화습지, 텃밭, 퇴비장, 폐기물 처리장, 공동작업장 등

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.21> 대호생태공원 조성 계획도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제5절 실해역 실험습지 적지 선정 및 현장조사

1. 적지 선정시 고려사항

본 연구는 공유수면 매립 등에 따른 습지의 훼손 또는 상실을 대체하기 위하여 대체습지를 해안지역에 조성할 경우 실해역실험을 통해 그에 필요한 생태적 공학적 설계, 시공 및 유지관리 및 평가에 관한 기반기술 확보 및 실용화에 최종목표를 두고 있으며, 이를 기반으로 대체습지 조성에 관한 지침서를 작성할 예정이다. 이러한 연구목적을 원활하게 달성하기 위해서 우선적으로 실해역실험을 위한 적지를 선정하도록 계획되어 있으며, 선정시 다음 사항을 고려하였다:

① 갯벌을 포함하는 습지를 대상으로 하므로 종다양성이 풍부하여 다양한 생태계에 대해 실험이 가능한 지역
② 지반조건이 양호하고 생태 및 연안수리 등 기존자료가 풍부한 지역
③ 인근 지역에 예정된 개발사업이나 계획이 없으며, 지역 주민의 협조를 받을 수 있을 것으로 기대되는 지역
④ 실해역 실험시설을 위한 예산이 제한되어 있으므로 파랑 등의 외력의 영향이 작아 시설 규모를 줄일 수 있어 저렴한 공사비로 시설이 가능한 지역
⑤ 교통이 편리하고 접근성이 양호한 지역

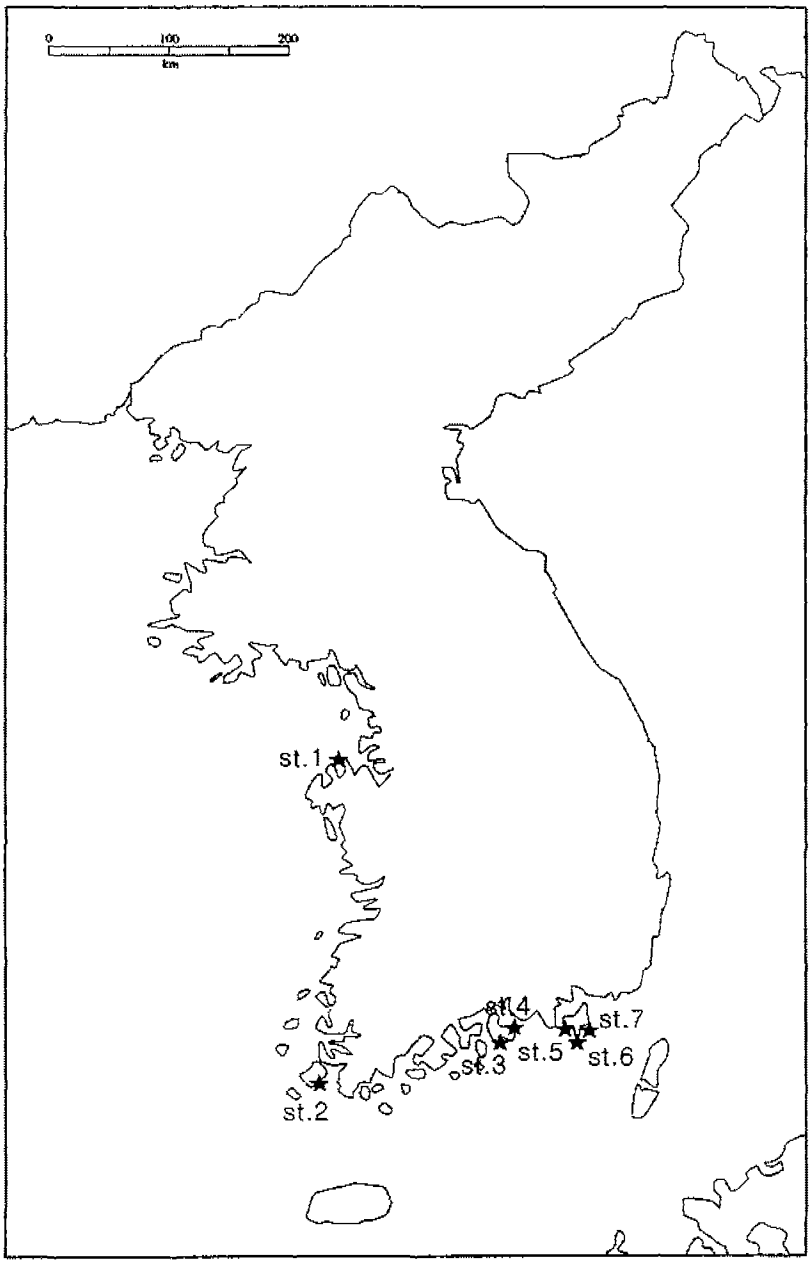
본 연구에서 수행할 현장실험에 의해 맨손어업에의 영향, 지형변화 등 민원을 발생시킬 수도 있으므로 특별히 세 번째 고려사항이 본 연구의 학문적 성공 여부와 상관없이 매우 중요하다.

이와 같은 5가지 사항을 고려하여, 대상이 될만한 지역을 기존 문헌 및 자료를 참고하여 선정하였으며, 선정된 지역에 대해 우선적으로 첫 번째 고려사항에 해당하는 식생조사와 현장답사를 통해 자연환경조사를 실시하였다. 또한 세 번째와 다섯 번째에 해당하는 사회적 환경을 조사하고, 이를 자료를 비교 분석한 후 몇 개의 후보지를 선정하고 우선순위를 매겼으며, 1순위 후보지를 적지로 선정하였다. 그리고 선정된 적지에 대해 자연환경조건 검토를 위한 현장조사가 실시되었으며, 주변에의 영향 검토와 설계조건 산정을 위해 관련 수치모형을 수립 중이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 현장조사

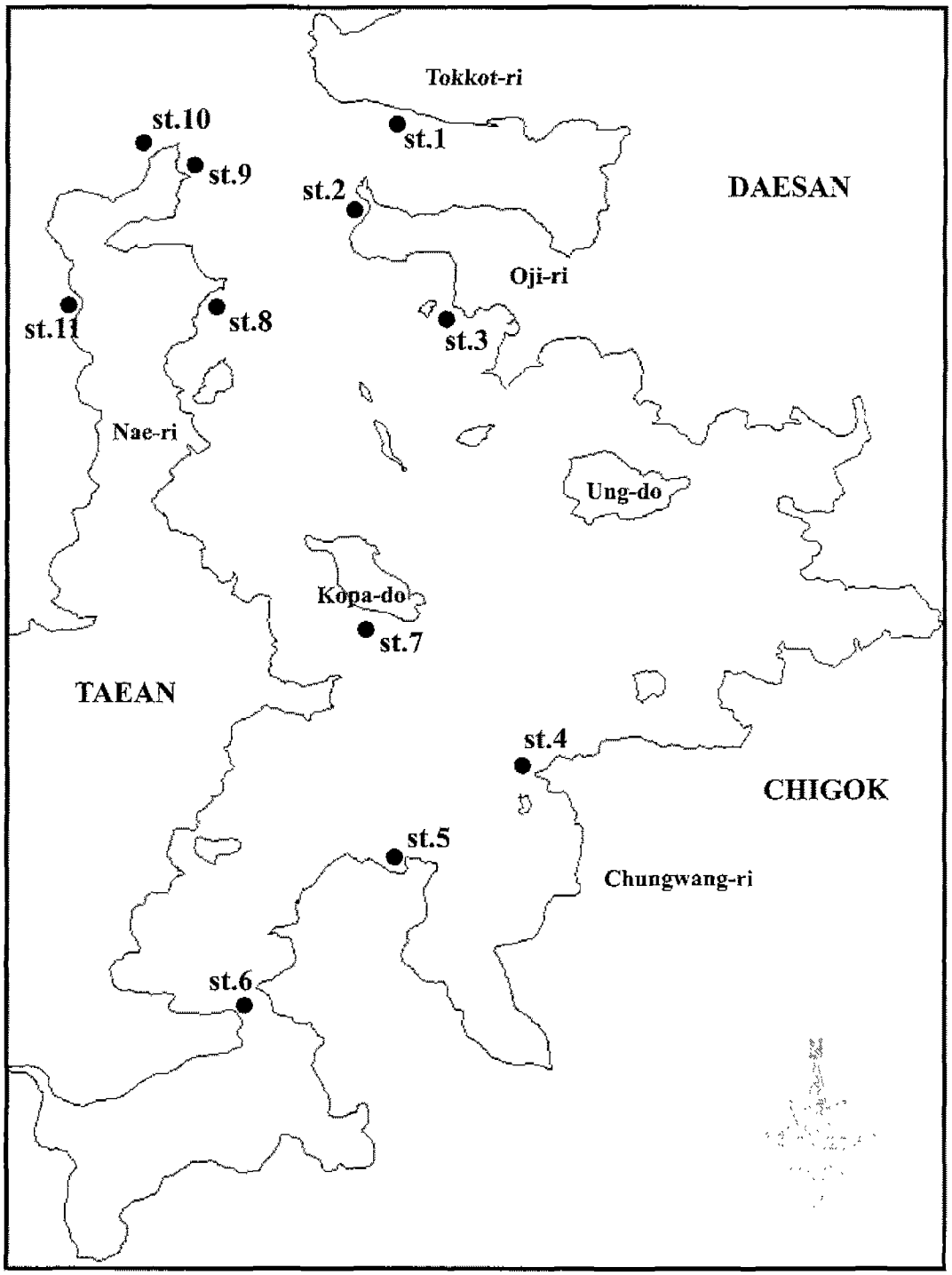
대체습지 조성에 관련된 실해역실험을 위한 실험적지 선정을 위하여 기존 자료 조사 및 현장답사를 통해 우선 서해안 가로림만 내 11정점 (st.1)과 남해안 진도 1정점 (st.2), 남해도 2정점 (st.3, 4), 고성 1정점 (st.5), 거제도 2 정점 (st.6, 7) 등 총 17개 지역을 선정하여 기본적인 주변 환경조사와 식생조사를 실시하였다 (<그림 4.5.1>, <그림 4.5.2>).



<그림 4.5.1> 실험적지 선정 조사 정점도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

가. 가로림만 지역(11개 정점)



<그림 4.5.2> 가로림만에서의 실험적지 선정 조사 정점도

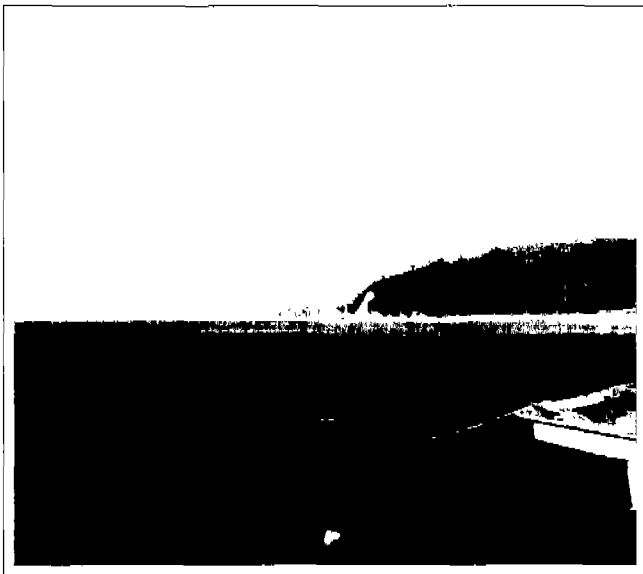
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 정점 1



조사지명	독곶리
현장기재	독곶리에서 황금산 방향
퇴적상	자갈, 모래 및 뻘
습지특성	염생식물[1] 군락 및 해초지 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 대산공단 화학단지주변

(2) 정점 2



조사지명	벌말
현장기재	벌말 지나서 새우양식장쪽 해안
퇴적상	상부 자갈, 중부-모래, 하부-뻘
습지특성	암반지역-염생식물 조간대 중하부 -거머리말 군락 (100m×500m)
어업행위 및 기타 개발사항	새우양식장, 낙지잡이(맨손어업)

1) 바닷가와 내륙에서는 염분이 있는 호숫가와 암염(岩塩)이 있는 지대에서 자라는 식물을 말하며, 퉁퉁마디 · 갯질경 및 거머리말 · 해조류 등이 이에 속한다. 줄기와 잎이 육질인 것이 많다. 생육하고 있는 지대의 수분 정도에 따라서 건염생식물(乾塩生植物)과 습염생식물로 구분하지만, 모두 세포 안에 많은 소금기가 돌이 있어 삼투압값이 높기 때문에 토양 용액의 침투가가 높을 때도 물을 빨아들일 수 있는 특성이 있다. 그러나 갯메꽃과 통보리사초 등은 바닷가에서 자라지만 이러한 특성이 없으므로 염생식물에서 제외하고 있다

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장소 : 가로림만 입구 벌말에 위치한 작은 내만.

(2) 위치 : 충청남도 당진군 대산읍 오지리 벌말.

(3) 가는 길 : 서해안 고속도로 서산 태안 IC 서산시 대산읍 들어가기 전 오지리 방면 도로 진입 후 길 끝 (벌말)까지 간 후 포구 앞 양식장 입구에서 우회전 후 야산을 돌아서 양식장 앞 자갈 해수욕장 앞.

(4) 지형적 특징 : 만의 호안거리650m, 좌우에 암반지형이며, 조간대 상부는 분급별로 퇴적되어있는 자갈해안, 중부는 모래톱이 있는 뻘 갯벌, 하부는 모래 뻘 갯벌이 발달함. 가로림만의 입구에 위치하므로 조류가 셈.

(5) 주변환경 : 해안 뒤편에 양식장 위치하며, 맨손 채취하는 어민들 조금 있음. 만의 우측편 해안에는 광범위한 갯벌 발달하며 그 맞은편에 공단 조성되어 있음.

(6) 생물환경 : 조간대 중하부에 거머리말 군락이 패치를 이루고 있으며 조간대 상부에 소형 염생식물 군락이 있음. 암반지형에 부착생물 서식함.

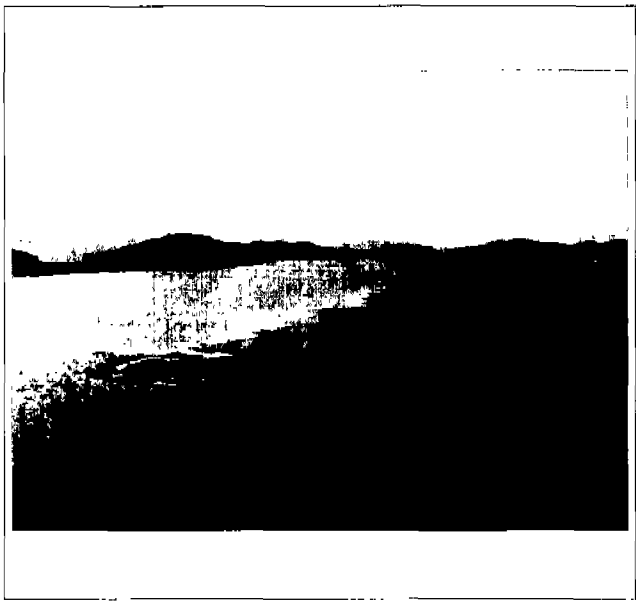
(3) 정점 3



조사지명	오지리
현장기재	오지리에서 웅도 방면
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	염생식물 군락
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 염전

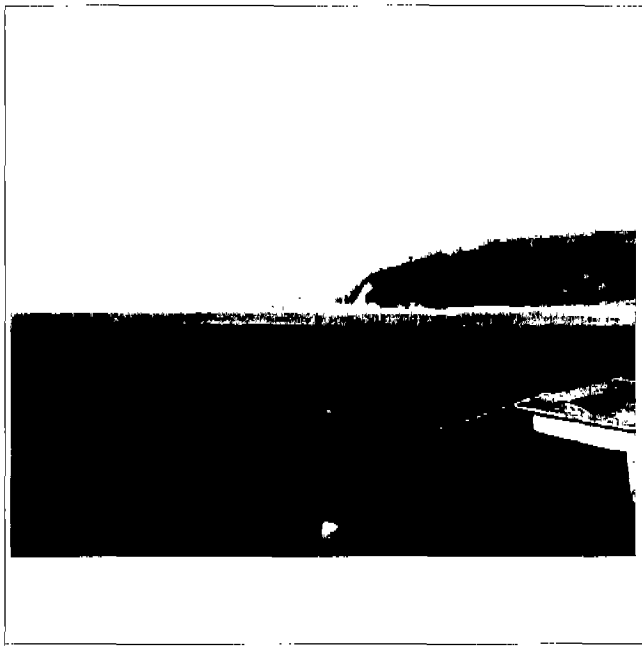
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(4) 정점 4



조사지명	배일
현장기제	지곡에서 배일 방면
퇴적상	뻘
습지특성	전형적 뻘 갯벌
어업행위 및 기타 개발사항	굴양식 및 맨손어업

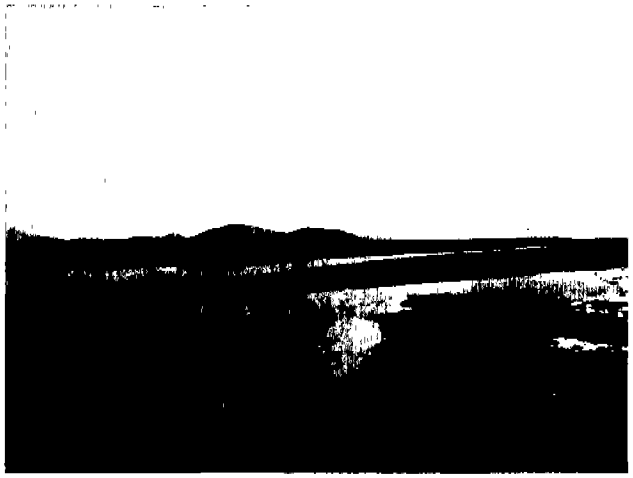
(5) 정점 5



조사지명	범머리
현장기재	호리 지나서 길 끝나는 부분
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	염생식물 군락 (소규모), 뻘 갯벌, 넓은 조간대
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(6) 정점 6



조사지명	청산리
현장기재	청산리에서 포구쪽 길 끝나는 곳
퇴적상	각진 암편 조금, 모래 및 뻘
습지특성	뻘 갯벌
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 맨손어업

(7) 정점 7



조사지명	고파도 남단
현장기재	양개에서 고파도 방면으로
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	뻘 갯벌, 고파도 부근 사리때 조간대 하부에 해초 군락 드러남
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 양식장

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(8) 정점 8



조사지명	수억
현장기재	큰수억 마을에서 양식장 건너편
퇴적상	암반, 조간대 상부 - 모래 및 뻘
습지특성	조간대 상부 해초 군락 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	양식장, 맨손어업 (굴)

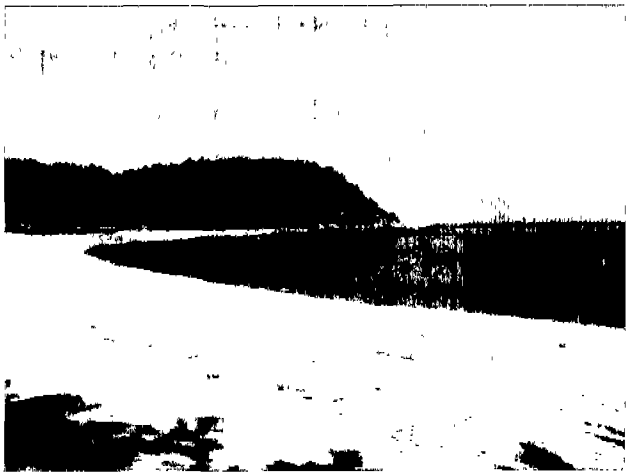
(9) 정점 9



조사지명	만대
현장기재	만대 포구에서 왼쪽으로 돌아감
퇴적상	암반 및 자갈, 조간대 모래 및 뻘
습지특성	사리 때 조간대 상부에 해초 군락 드러남 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(10) 정점 10



조사지명	배변
현장기재	만대에서 왼쪽 산길로 진입
퇴적상	자갈 및 모래, 조간대 하부 뻘
습지특성	사리때 조간대 하부에 해초 군락 드러남
어업행위 및 기타 개발사항	양식장, 맨손어업

(11) 정점 11



조사지명	꾸지나무골
현장기재	꾸지나물골 해수욕장 해안
퇴적상	모래
습지특성	모래해안, 사구식생, 조간대 하부 해초 군락 (예상)
어업행위 및 기타 개발사항	위락시설 (피서철)

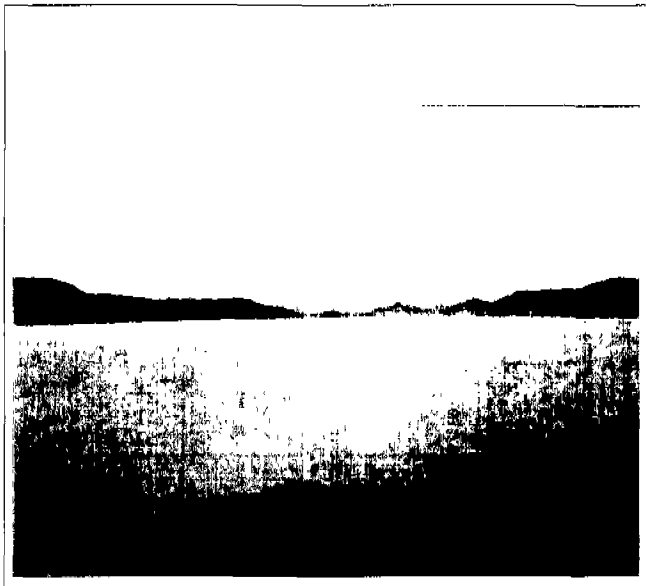
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나. 진도 금갑



조사지명	진도 금갑
현장기재	진도군 임회면 금갑리 금갑해수욕장 건너편 포구 앞
퇴적상	니질, 암반 지역
습지특성	*Z.marina* bed와 *Z.caulescens* bed의 암반지역
어업행위 및 기타 개발사항	굴양식장, 어업, 해수욕장

다. 남해 동대만



조사지명	남해 당항
현장기재	남해군 창선면 당항리 목화주유소 지나서 우측포구
퇴적상	니질, 자갈
습지특성	*Z.maina* 대형 bed (길이 4km)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업 (굴), 작은 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장 소 : 동대만

(2) 위 치 : 경남 남해군 창선면 수산리- 화계리 (E 128 00 59, N 34 52 24)

(3) 가는 길 : 서울→경부선→대진고속도로→남해안고속도로→남해도

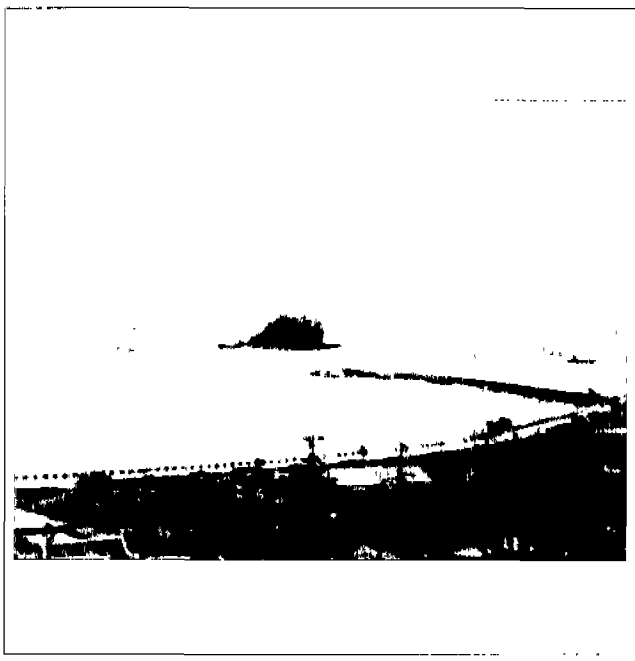
(4) 만의 특징 : 길이 6km, 폭 1km, 만의 상부 간척, 간조시 상부 조간대 1km정도 노출, 인 공 방조제안쪽 담수 습지발달 (갈대와 기타 늪지 생물존재)

(5) 주변환경 : 만을 따라 작은 마을이 3군락 정도 존재하며, 상부에는 먼 소재지가 존재, 5월 이후 삼천포와 연결되는 연육교가 개통예정

(6) 생물환경 : 만내부 수로를 제외한 길이 4km, 폭 500m의 거머리말 (*Zostera marina*)의 초지가 존재, 상부에는 굴 종묘장이 연안을 따라 분포, 갯벌에서는 반지락이 많이 분포, 통발 장어어업이 성행

(7) 저질환경 : 뻘질 갯벌, mud 47.5%, sand 52.5%, mean phi 3.6. organic contents 7.7%

라. 남해 앵강만



조사지명	남해 앵강만
현장기재	남해군 이동면 화계리 포구 앞
퇴적상	니질, 사질 (방파제를 두고 우측)
습지특성	*Z. japonica* bed 와 *Z. marina* bed
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 굴양식

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장소 : 앵강만

(2) 위치 : 경남 남해군 이동면 화계리(앵강만) (E 128 10 59, N 34 42 10)

(3) 가는 길 : 서울→경부선→대진고속도로→남해안고속도로→남해도

(4) 만의 특징 : 너비 4km, 간조시 상부 조간대 200m정도 노출, 담수의 유입이 지속적이나 만에 큰 영향을 미치지 않음.

(5) 주변환경 : 만을 따라 마을과 군부대가 존재하며, 만의 상부는 군부대 후사면, 하천 상부에는 작은 댐이 있고, 농경지가 다소 분포

(6) 생물환경 : 만 내부의 방파제를 중심으로 조간대 지역에는 길이 100m, 폭 50m의 애기거머리말(*Zostera japonica*)의 초지가 존재, 조간대와 조하대에서는 거머리말이 초지를 형성, 방파제 반대편에는 상부에 모래와 암반이 혼합된 조간대 지역으로서 파래(*Ulva*)류가 대발생, 쏙과 반지락이 대량 분포

(7) 저질환경 : 모래질 갯벌, mud 4.7%, sand 95.3%, mean phi 2.7, organic contents 1.7%

마. 고성 신월



조사지명	고성 신월
현장기재	고성군 도산면 신월리 신부마을 진입로 이용 포구로 진입
퇴적상	니질
습지특성	*Z. marina* bed가 band를 형성하여 발달
어업행위 및 기타 개발사항	굴 양식장, 횟집, 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

바. 거제 가배



조사지명	거제 가배
현장기재	거제시 동부면 가배리 덕원해수욕장 좌측편
퇴적상	사질, 암반
습지특성	*Z. marina* bed, *Z. caespitosa* patch, *Z. caulescens* patch의 다양한 해초지 식생 나타남
어업행위 및 기타 개발사항	해수욕장, 작은 포구

사. 거제 다대



조사지명	거제 다대
현장기재	거제시 남부면 다대리 포구 방파제 안쪽 (버스정류장 부근)
퇴적상	니질, 사니질
습지특성	*Z. marina* bed (조간대 하부, 조하대), *Z. japonica* bed (조간대 중· 상부) 넓게 분포
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 하천 유입

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 실해역 실험습지 적지 선정

이상 17개 정점에 대해 생태환경을 중심으로 기초조사를 실시한 결과, 우선 고려대상지역으로 거머리말 군락이 잘 발달된 가로림만 벌말(St. 1 2), 남해 동대만(St. 3), 그리고 남해 앵강만(St. 4)이 선정되었다. 이들을 포함하는 총 17개 정점에 대해 조석, 파랑 등 수리환경조건과 거리, 접근성 등 지리적인 조건, 그리고 세 번째 고려사항인 주민들과의 협조 여부 또는 민원이나 보상 문제 발생 소지 등을 검토하였다(<표 4.5.1>). 연구자들이 현지에서 오랜 시간 머물러야 하므로 거리, 접근성 및 비용 등에 문제가 있어 일차적으로 우선고려대상정점 중 남해 동대만과 앵강만은 제외하고 조차가 크다는 단점은 있으나 정온한 수역이고 주민의 협조를 구하기가 비교적 용이하다는 점을 들어 가로림만에서 적지를 선정하기로 하였다.

<표 4.5.1> 실해역실험습지 적지 선정을 위한 17개 조사정점에 대한 비교 분석

정점		지명	퇴적상	생물상	대조차	파랑	어업	접근성	평가
St.1	1	독곶리	자갈/모래/뻘	염생/해초지	6.6	good	맨손	bad	4
	2	벌말	자갈/모래/뻘	염생/거머리말	〃	〃	양식/맨손	good	2
	3	오지리	모래/뻘	염생식물	〃	〃	맨손	good	1
	4	배일	뻘	뻘갯벌	〃	〃	양식/맨손	good	
	5	범머리	모래/뻘	염생식물	〃	〃	맨손	good	
	6	청산리	뻘	뻘갯벌	〃	〃	포구/맨손	good	
	7	고파도	모래/뻘	뻘갯벌/해초	〃	〃	양식/맨손	bad	
	8	수역	암반/모래/뻘	해초	〃	〃	양식/맨손	fair	3
	9	만대	자갈/모래/뻘	해초	〃	bad	맨손/포구	bad	
	10	배면	자갈/모래/뻘	해초	〃	〃	양식/맨손	bad	
	11	꾸지나무골	모래	사구식생/해초	〃	〃	위락	fair	
St.2		진도 금갑	암반/니질	거머리말	3.3	fair	양식/위락	too far	
St.3		남해 동대만	자갈/니질	거머리말(대형)	2.3	good	맨손/포구	〃	
St.4		남해 앵깅만	모래/니질	애기잘피/잘피	2.8	bad	양식/포구	〃	
St.5		고성 신월	니질	거머리말	2.6	good	양식/포구	〃	
St.6		거제 가배	암반/사질	거머리말	2.1	good	포구/위락	〃	
St.7		거제 다대	사니질/니질	잘피/애기잘피	2.1	bad	포구/하천	〃	

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

당초 제1후보지로 검토된 가로림만 벌말은 거머리말 군락이 자생하는 등 생태환경은 좋으나 경사가 급하고 자갈과 모래가 우세한 해빈으로 파랑조건 등으로 인해 실험습지의 수위를 조절하기 위해서는 많은 시설과 조성비용이 소요될 것으로 예상되었다. 한편, 오지리(St. 1-3)는 지형이 평탄하고 섬으로 둘러싸여 있으며, 원지반이 평균해수면 정도에 형성되어 있는 등 공법만 잘 선택할 경우 저렴한 비용으로 활용도 높은 다목적의 실험습지를 조성할 수 있을 것으로 예상되었으며, 건설재료도 부근에서 쉽게 구할 수 있을 것으로 판단되었다. 그리고 중요한 것은 이 지역을 관할하는 어촌계에서 취지를 설명 듣고 적극적인 협조의 의사를 보였다는 점을 들어 이 지역을 제1순위 후보지로 선정하였다. 선정 이유를 정리하면 다음과 같다.

- 조차가 큰 단점이 있으나, 거리, 접근성, 자연환경, 사회환경 등에서 우수한 것으로 판명된 가로림만 오지리 인근 해역을 제1후보지로 선정
- 주변에 염전이 있으며, 염생식물이 군락을 이루고 있는 곳으로 실해역 현장실험에는 적합한 것으로 판단됨.
- 이 지역은 현재 맨손어업(굴, 낙지 등)이 행해지고 있으며, 지역 어촌계와 1차 접촉 결과 긍정적이 반응을 얻었음
- 파랑이 작아 외곽구조물 설치비가 저렴할 것으로 기대됨.

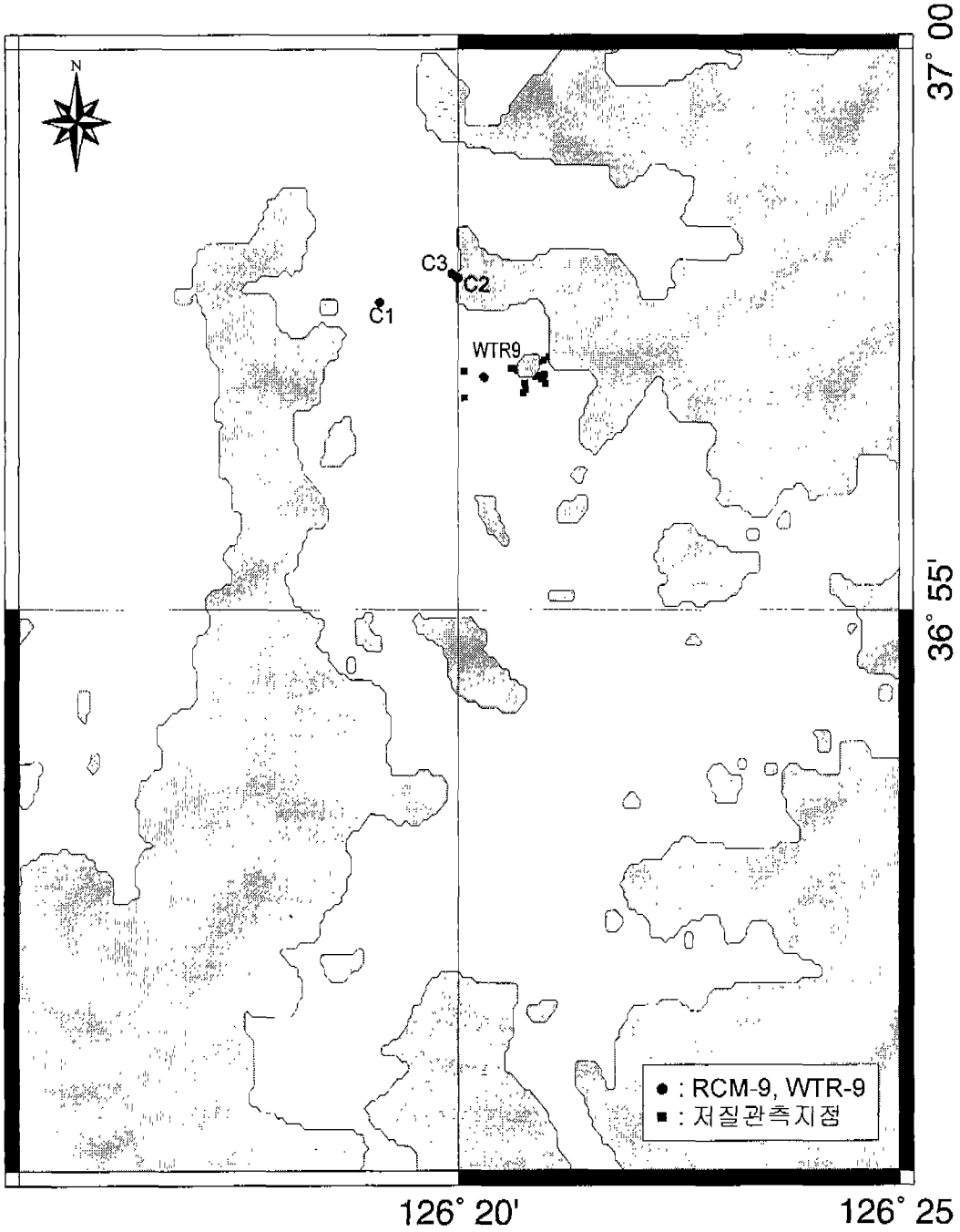
또한 제1후보지로 거론된 가로림만 벌말(St. 1-2)을 제2순위 후보지로, 벌말 건너편의 수억(St. 108)을 제3순위 후보지로, 그리고 독곶리(St. 1-1)을 제4순위 후보지로 각각 선정하였다.

4. 실험습지 후보지 현장관측

앞에서 제1순위 후보지로 선정된 가로림만 오지리(St. 1-3) 인근 해역에서 해양환경특성을 파악하기 위하여 현장관측을 실시하였다. 관측항목은 수리환경의 주요 요소가 되는 파랑과 조석, 그리고 저질환경을 조사하였다. 관측에 대한 자세한 사항이 <그림 4.5.3>과 <표 4.5.2>에 수록되었다.

파랑과 조석은 파랑과 조석을 동시에 측정할 수 있는 노르웨이 Aanderaa사의 파랑조위관측기(WTR-9)을 이용하였으며, 2003년 5월 18일부터 관측을 실시하여 계속 실시 중이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.5.3> 현장관측 위치도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 4.5.2> 현장관측 정점 경위도

지점	위도	경도
WTR-9	36 57 5.0	126 20 18.0
C1	36 57 45.0	126 19 6.0
C2	36 57 57.0	126 20 0.0
C3	36 58 0.0	126 19 56.0

본 보고서에는 약 1개월간의 관측·분석한 자료만 수록하였다. 1개월간 관측된 수위변화 및 파고변화가 <그림 4.5.4>에 제시되었으며, 30분 간격으로 관측 수집된 파랑의 원시자료를 차기년도에서의 활용을 위해 <부록 표 4.1>에 수록하였고, 수위자료를 이용한 조화분석을 실시 중이다.

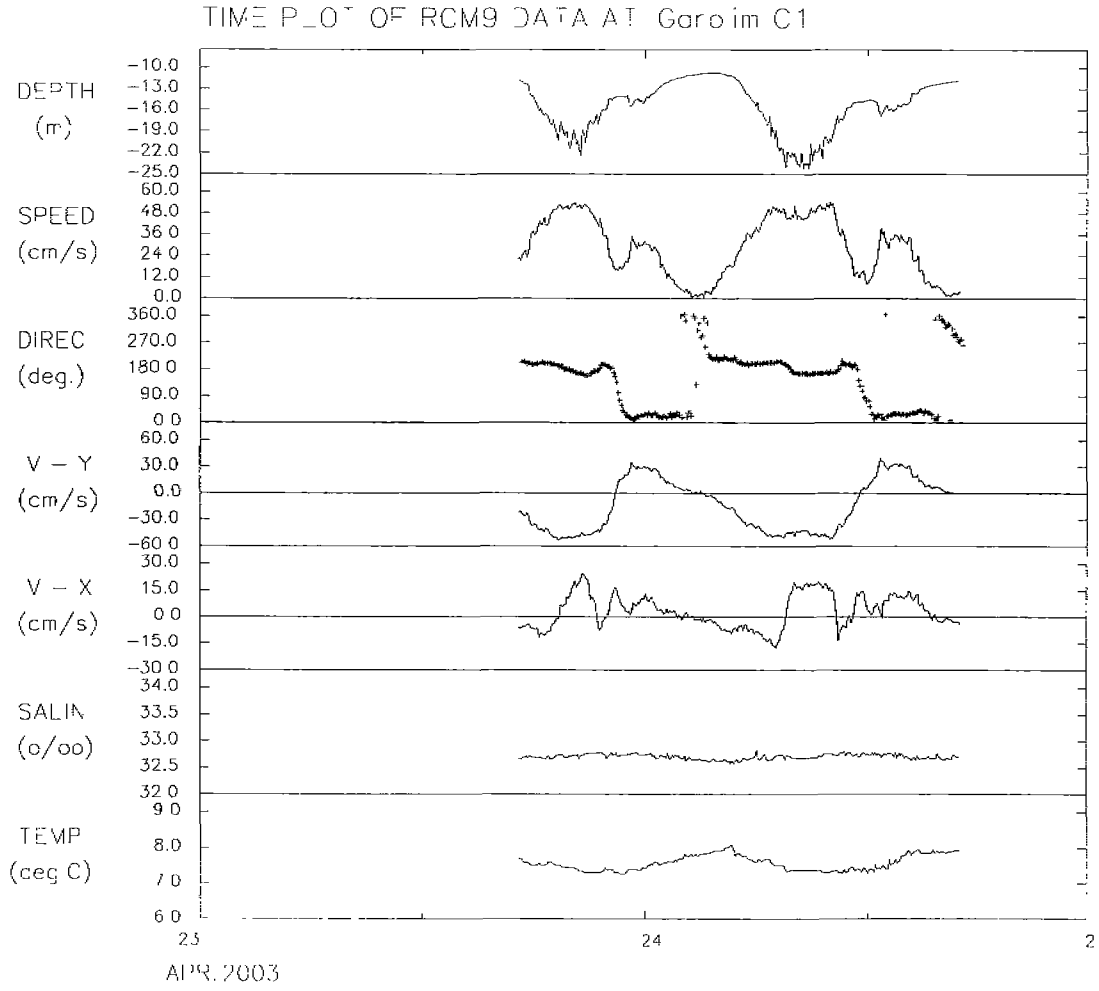
약 1개월간의 관측기간 중 기록된 유의파고의 분포를 보면, <그림 4.5.4>에서 보는 바와 같이 대부분의 기간이 0.2m 이하로 정온한 것으로 나타났으며, 관측기간 중의 최대유의파고는 2003년 6월 17일 05:30에 기록된 0.36m이었다. 이 때의 최대파고는 0.55m이었고, 평균주기는 3.66초이었다.

한편, 본 연구의 과업은 아니었으나 해양수산부의 '해양에너지 실용화 기술 개발' 연구사업의 일환으로 인근 지역에서 조류관측을 실시한 바 있어 이 자료를 참고하기 위해 본 보고서에 수록하였다. 관측위치는 <그림 4.5.3>과 <표 4.5.2>와 같다. 관측기로는 노르웨이 Aanderaa사의 유속관측기 RCM-9을 사용하였으며, 관측기간은 정점 C1의 경우 2003년 4월 24일~25일 약 1일간이었으며, C2의 경우 2003년 4월 24일~5월 18까지의 약 25일간이었다. 정점 C1에서 관측된 시계열 자료를 <그림 4.5.5>에, 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도를 <그림 4.5.6>에 수록하였다. 한편, 정점 C2에서 관측된 시계열 자료를 <그림 4.5.7>에, 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도를 <그림 4.5.8>에 수록하였다. 정점 C2에서 기록된 최대유속은 56cm/sec였으며, 남북방향의 흐름이 우세함을 알 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

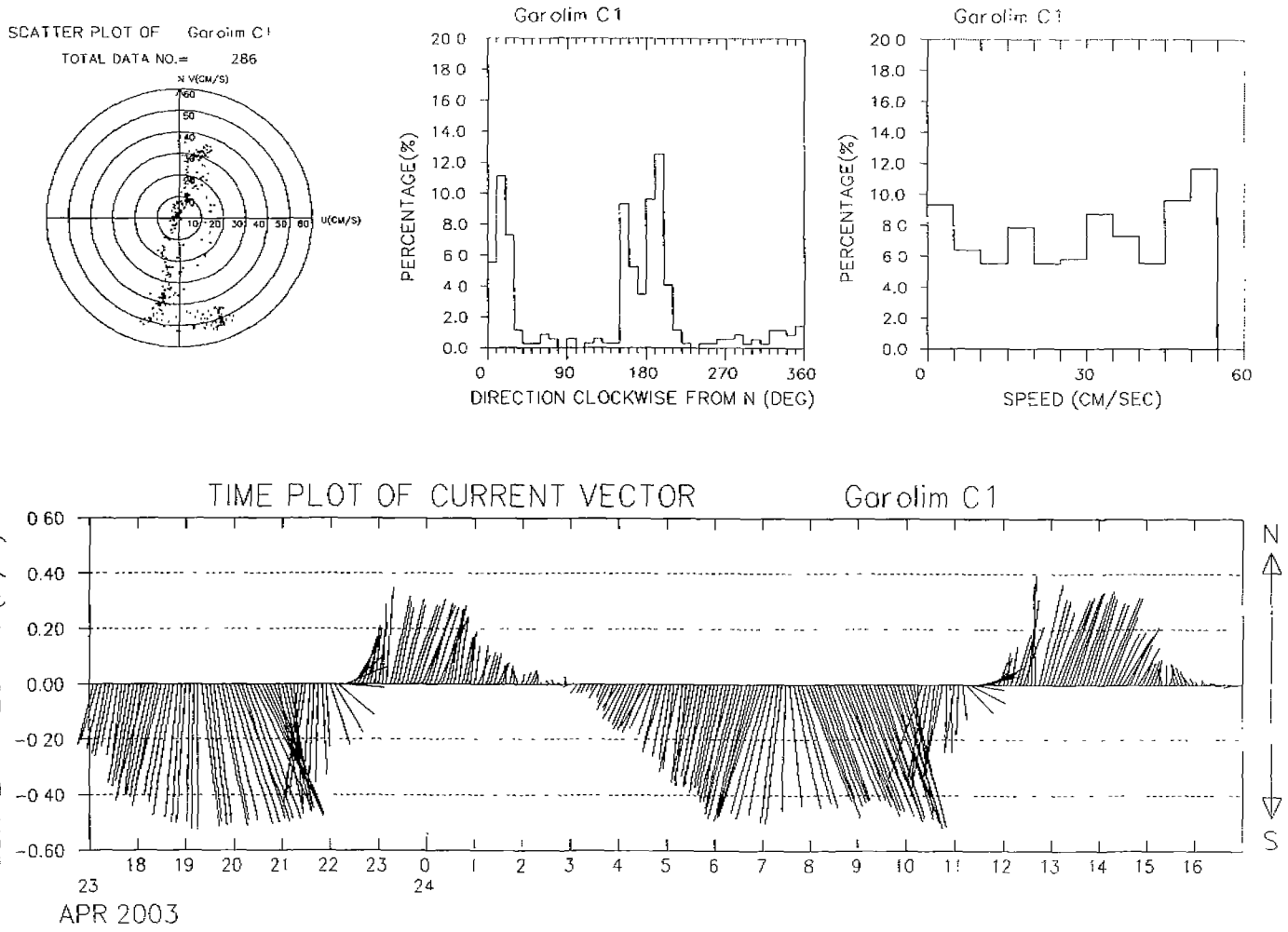
<그림 4.5.4> 관측된 해수위, 유의파고 및 최대파고의 변화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



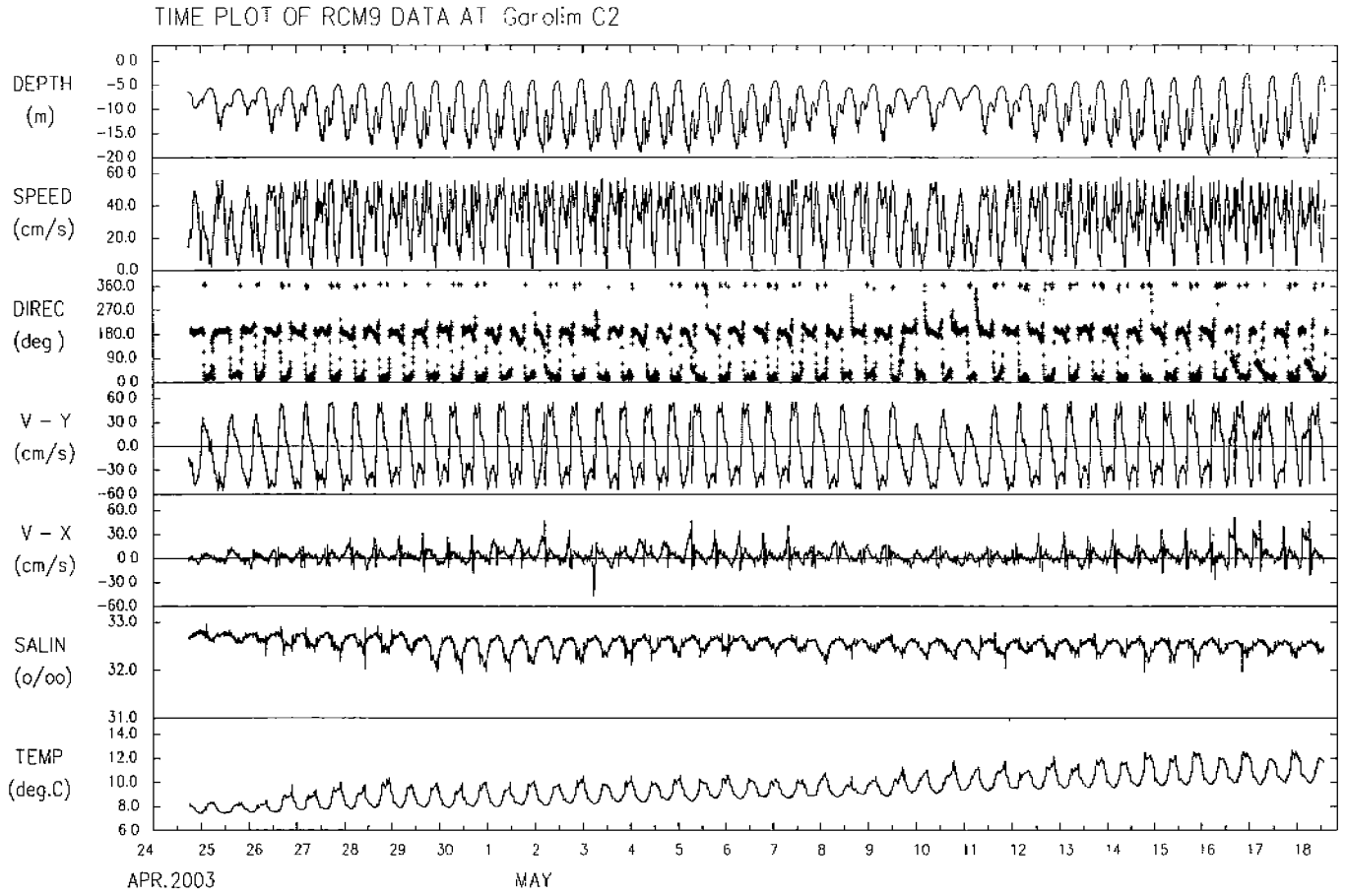
<그림 4.5.5> 정점 C1에서 관측된 조류의 시계열 자료

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



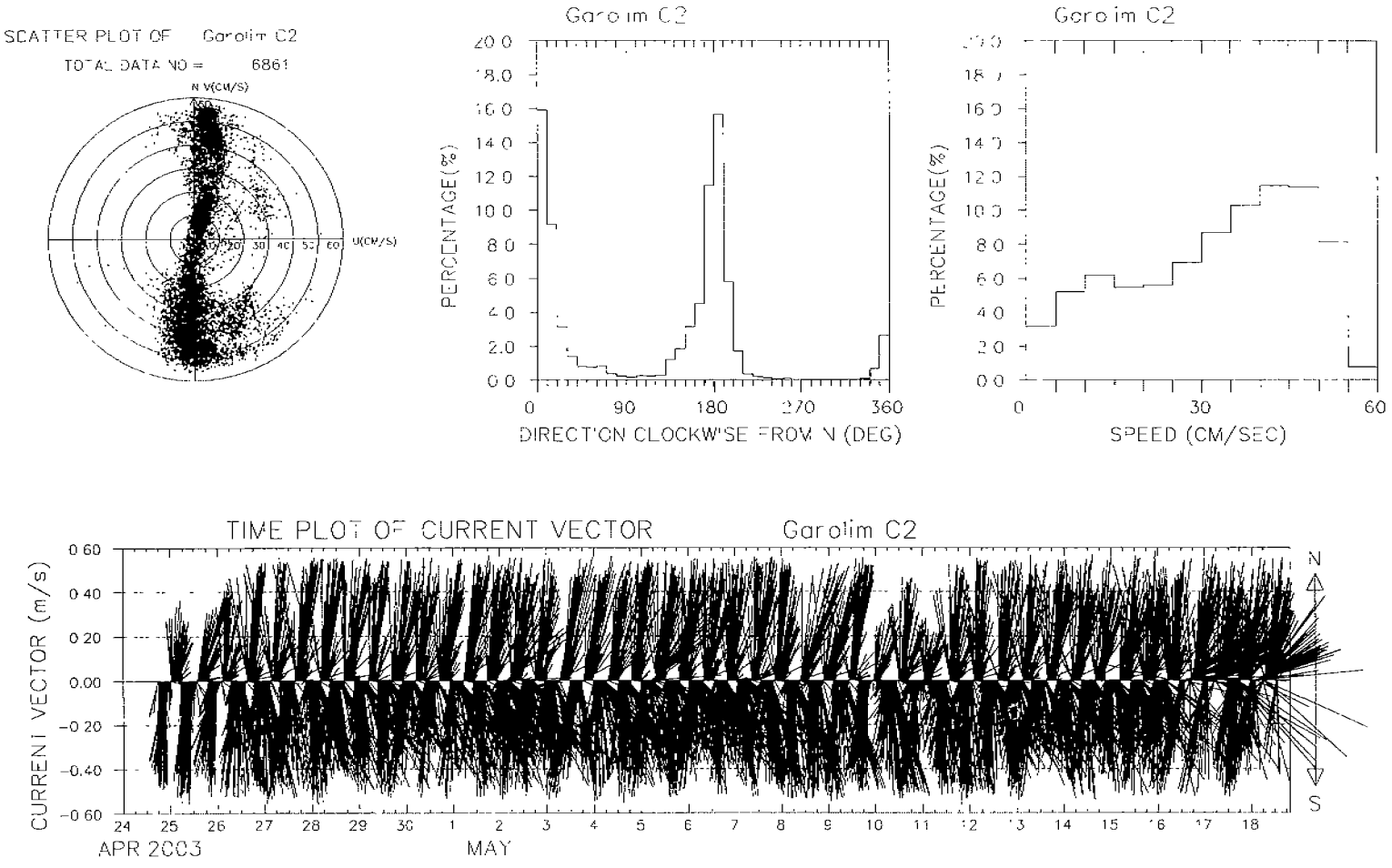
<그림 4.5.6> 정점 C1에서 관측된 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.5.7> 정점 C2에서 관측된 조류의 시계열 자료

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.5.8> 정점 C2에서 관측된 조류의 산포도, 유향과 유속의 분포도, 그리고 조류의 벡터도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

대상해역 해저퇴적물 특성 파악을 위하여 실험습지 후보지 인근 해역 18개 정점에서 표층해저퇴적물을 채취·분석하였다. 채취된 시료중 4ϕ 이하의 조립질은 0.5ϕ 간격으로 건식체질(dry sieving)하여 무게백분율을 구하고, 4ϕ 이상의 세립질은 전체를 대표하는 2 g을 취해 300 ml의 0.1% 확산제에 넣고 초음파 자기진동기로 균일하게 분산시킨 후 자동입도분석기로 (Sedigraph 5100D)로 분석하였다. 시료채취 위치를 <표 4.5.3>에, 그리고 분석결과를 <표 4.5.3>에 각각 제시하였으며, 각 정점에서의 입도누적곡선을 <그림 4.5.9>에 수록하였다. 분석결과 <표 4.5.3>과 <그림 4.5.9>에서 보는 바와 같이 이 지역은 사질우세지역으로 나타났다.

<표 4.5.3> 가로림 실해역실험 후보지 인근의 저질시료 채취정점 경위도

지점	위도	경도
ST.1	36 57 1.3	126 20 45.3
ST.2	36 56 57.7	126 20 45.8
ST.3	36 56 55.9	126 20 44.2
ST.4	36 56 53.3	126 20 4.3
ST.5	36 57 7.5	126 20 4.3
ST.6	36 57 8.0	126 20 40.8
ST.7	36 57 8.8	126 20 38.2
ST.8	36 57 9.1	126 20 36.0
ST.9	36 57 1.0	126 20 59.3
ST.10	36 57 4.6	126 20 58.1
ST.11	36 57 3.3	126 20 56.6
ST.12	36 57 11.1	126 20 52.8
ST.13	36 57 12.1	126 20 55.1
ST.14	36 57 13.4	126 20 58.0
ST.15	36 57 15.0	126 21 1.6
ST.16	36 57 4.7	126 20 53.0
ST.17	36 57 5.3	126 20 55.3
ST.18	36 57 5.8	126 20 58.4

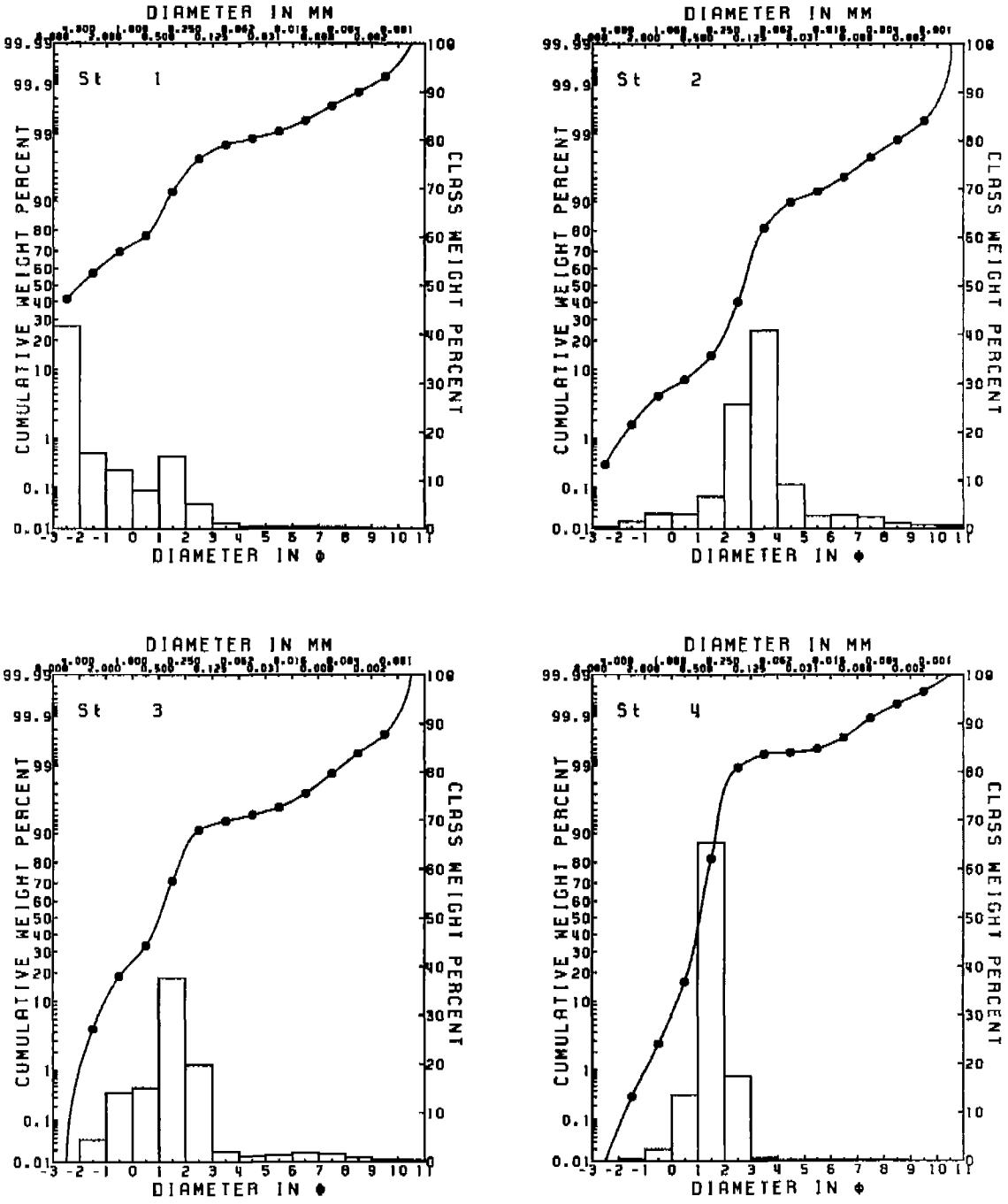
한편, 가로림만을 중심으로 북동-남서방향(X-방향) 56.4km, 북서-남동방향(Y-방향) 40.2km의 영역을 조석, 조류, 파랑 및 해저퇴적물이동 수치모형 영역으로 설정하고, 50m 격자 간격으로 수심을 투입하여 수립 중이나, 이에 대한 자세한 사항은 제2차 년도 보고서에서 기술할 예정이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 4.5.4> 가로림만 오지리 인근에서 채취된 저질의 시료 분석 자료

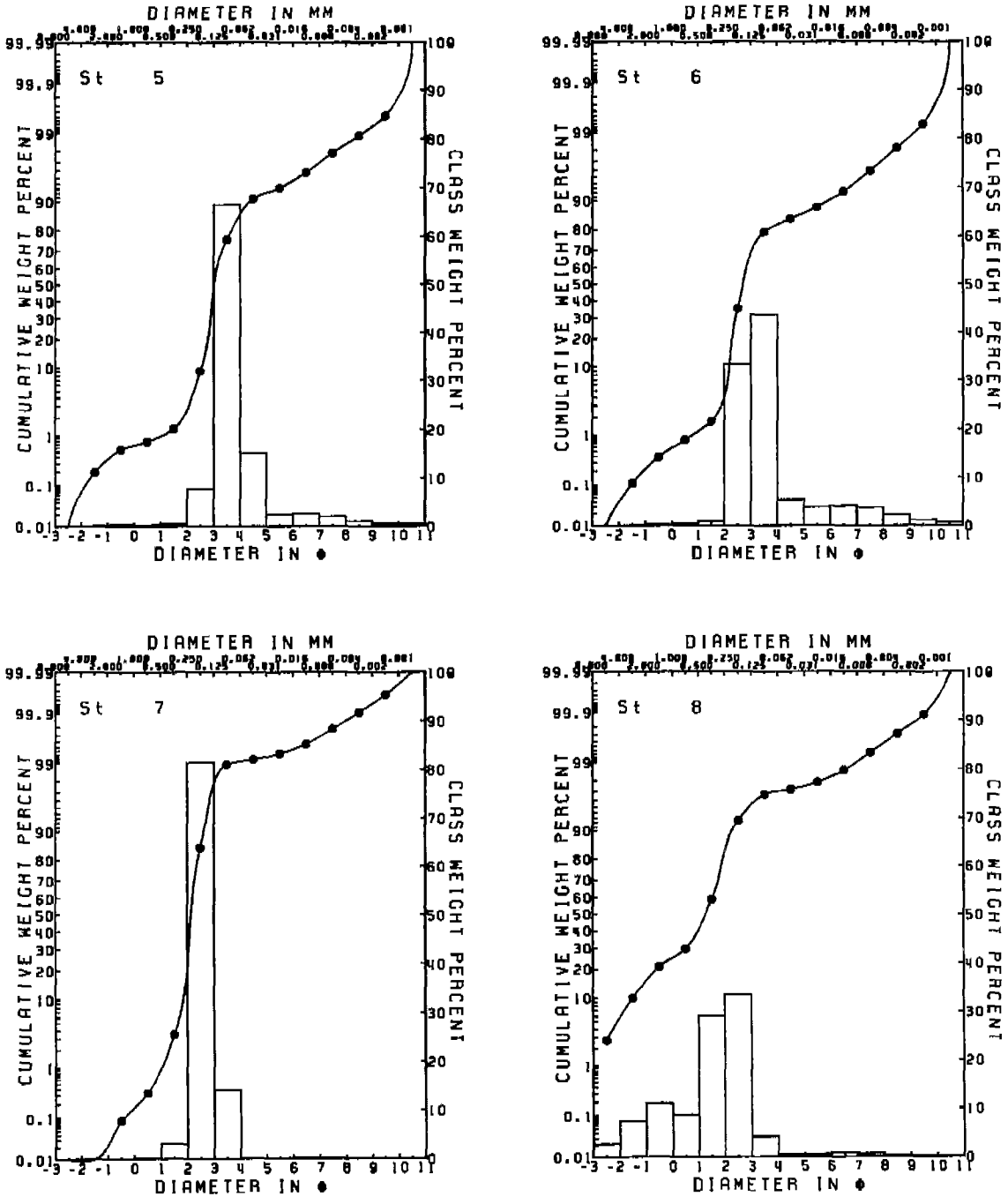
St. No.	location latitude	location longitude	Weight Composition(%) Grav.	Sand	Silt	Clay	S.Mean ( )	S.Mean (mm)	T.Mean ( )	T.Mean (mm)	SD	Sk	Kt
1	35°57′ 1.3″	126°20′45.3″	57.4	41.1	1.3	0.3	-0.9	1.90	-0.8	1.75	2.0	1.3	5.3
2	35°56′57.7″	126°20′45.8″	1.7	79.2	16.7	2.4	2.6	0.16	3.3	0.10	1.8	0.6	6.0
3	35°56′55.9″	126°20′44.2″	4.4	88.5	5.7	1.4	1.2	0.45	1.5	0.34	1.9	1.6	7.3
4	35°56′53.3″	126°20′ 4.3″	0.3	99.1	0.5	0.1	1.5	0.36	1.5	0.35	0.8	1.9	21.4
5	35°57′ 7.5″	126°20′ 4.3″	0.2	75.4	22.2	2.2	3.3	0.10	3.9	0.07	1.3	2.0	11.0
6	35°57′ 8.0″	126°20′40.8″	0.1	78.7	17.1	4.1	3.0	0.12	3.8	0.07	1.7	1.7	6.1
7	35°57′ 8.8″	126°20′38.2″	0.0	98.9	0.8	0.2	2.6	0.16	2.6	0.16	0.6	4.4	43.1
8	35°57′ 9.1″	126°20′36.0″	10.0	86.7	2.7	0.7	1.3	0.41	1.5	0.36	1.8	0.4	5.8
9	35°57′ 1.0″	126°20′59.3″	0.3	62.6	33.9	3.3	3.4	0.10	4.1	0.06	1 5	1.6	8.5
10	35°57′ 4.6″	126°20′58.1″	3.5	64.1	28.7	3.7	2.7	0.15	3.7	0.08	2.1	0.1	4.9
11	35°57′ 3.3″	126°20′56.6″	3.5	67.8	26.2	2.5	2.4	0.19	3.3	0.10	2.1	0.1	4.3
12	35°57′11.1″	126°20′52.8″	7.3	71.7	18.5	2.5	2.0	0.26	2.8	0.15	2.3	0.2	3.8
13	35°57′12.1″	126°20′55.1″	45.0	51.0	3.3	0.7	-0.6	1.51	-0.3	1.24	2.2	1.4	5.8
14	35°57′13.4″	126°20′58.0″	57.2	39.4	2.8	0.6	-1.1	2.07	-0.8	1.74	2.1	1.8	7.2
15	35°57′15.0″	126°21′ 1.6″	21.3	39.2	34.3	5.3	0.7	0.62	2.8	0.14	3.4	-0.2	2.2
16	35°57′ 4.7″	126°20′53.0″	0.7	62.1	32.9	4.3	2.8	0.15	3.9	0.07	2.0	0.7	4.4
17	35°57′ 5.3″	126°20′55.3″	6.6	77.6	13.5	2.3	1.9	0.28	2.5	0.17	2.2	0.5	4.2
18	35°57′ 5.8″	126°20′58.4″	16.3	64.7	16.0	3.0	0.9	0.54	1.9	0.27	2.8	0.5	3.0

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



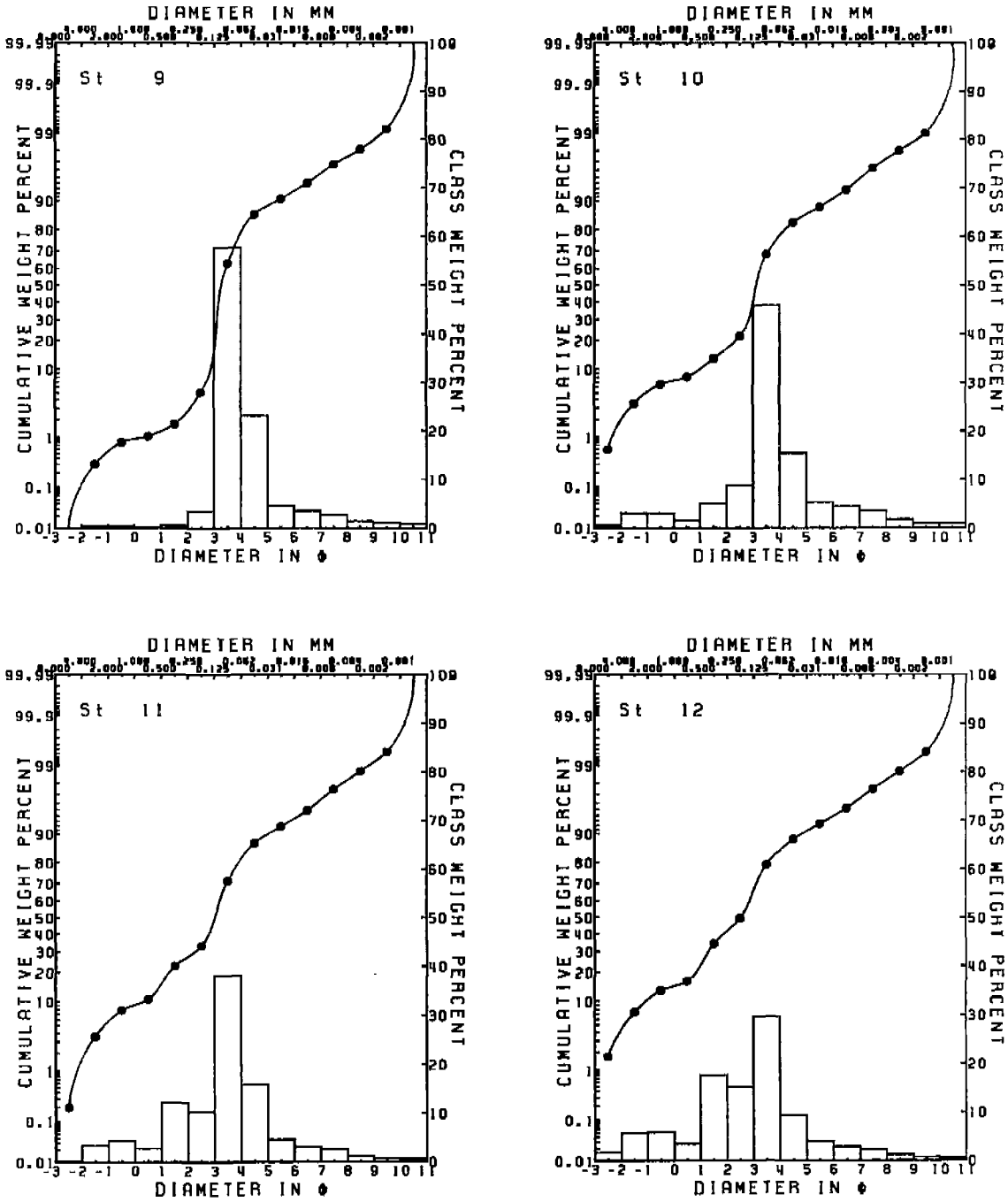
<그림 4.5.9> 가로림만에서 채취된 저질의 입도누적곡선

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



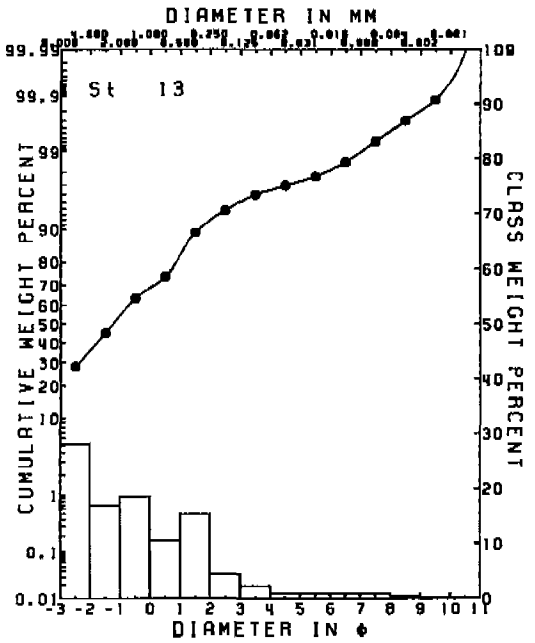
<그림 4.5.9> 계속

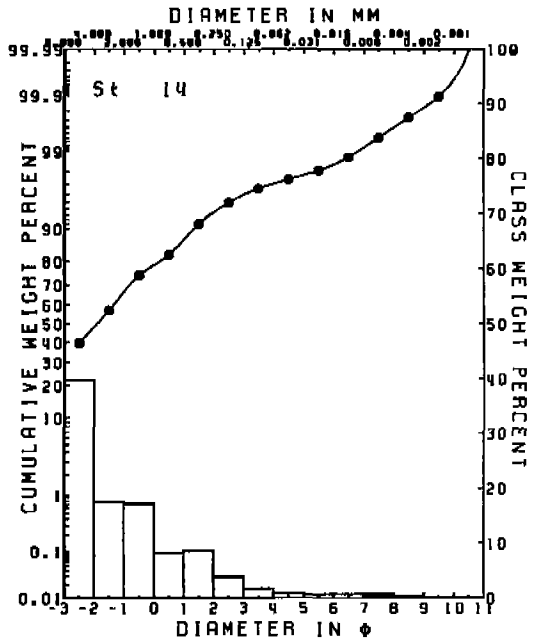
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

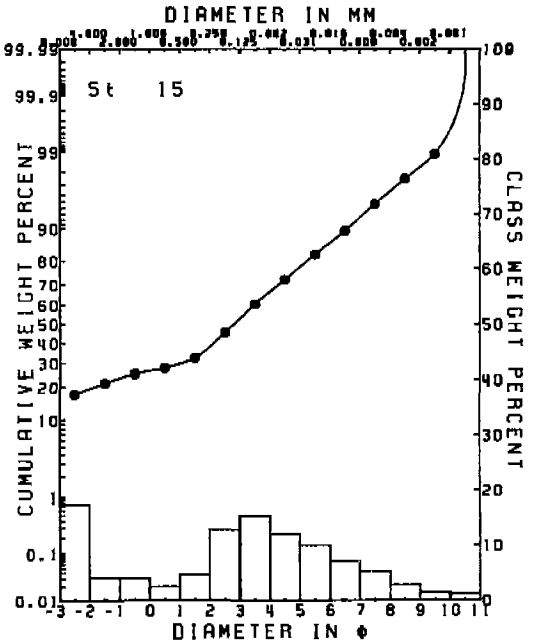


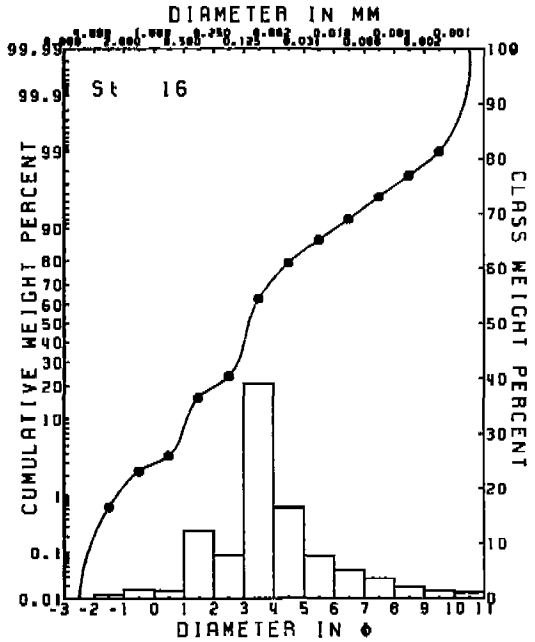
<그림 4.5.9> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



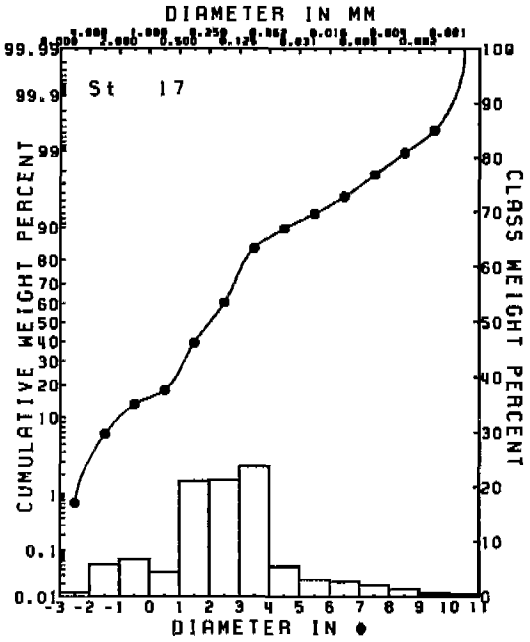


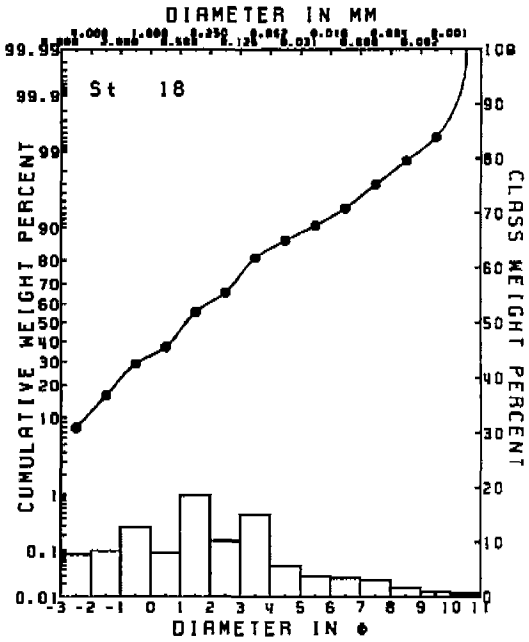




<그림 4.5.9> 계속

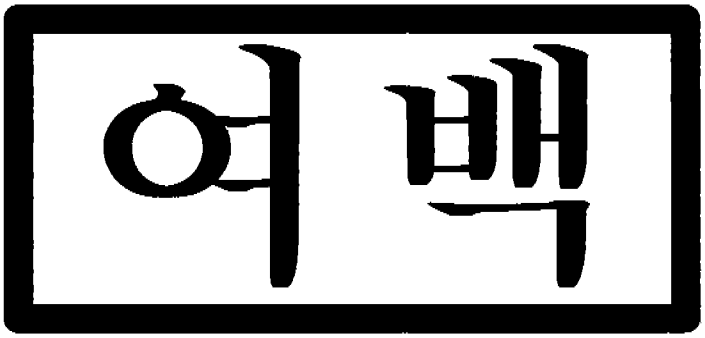
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.5.9> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제5장

연구개발수행 내용 및 결과 III : 법제도 및 경제성 분야

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제5장 연구개발수행 내용 및 결과 III : 법제도 및 경제성 분야

제1절 대체습지 조성을 위한 현황 분석

1. 습지현황

우리나라는 총 연장 11,542km의 긴 해안선을 가지고 있으나 국내 해안선의 약 14%인 1,600km가 방파제, 호안, 석축, 방조제 등으로 인공해안이다. 내륙습지는 491㎢이며(<표 5.1.1> 참조), 해안습지인 갯벌은 2,393㎢(남한면적의 2.4%)로서 세계 5대 갯벌의 하나이다(<표 5.1.2> 참조). 총 2,393㎢중 83%에 해당하는 1,980㎢가 서해안에 분포하고 나머지 17%에 해당하는 413㎢가 남해안에 분포한다.

<표 5.1.1> 내륙습지의 면적 현황

총면적	북부권 (경기, 강원)	중부권 (충남·북, 경북, 전북)	남부권 (전남, 경남)	비고
491㎢	128㎢(26%)	250㎢(51%)	113㎢(23%)	강하구(405㎢)포함

자료 : http://www.me.go.kr

우리나라는 서남해안에 갯벌에 의한 해안습지가 잘 발달해 있으며, 동해안에는 석호와 같은 해안습지가 발달해 있다. 서해안쪽에는 사구가 형성되어 있는데, 충남 태안의 신두리 사구는 2002년 10월 9일 해양수산부에 의해 총 0.639㎢에 이르는 지역을 다양한 식생과 특이한 지형보전을 위해 생태계보전지역으로 지정되었다.

해안습지는 각종 수산물의 수확으로 어민들에게 삶의 터전이 되고 있고, 육지에서 흘러 들어오는 각종 오염원들을 정화시켜주는 역할과 함께 홍수시 물을 저장하거나 태풍 발생시 일차적으로 에너지를 흡수하여 육지에 대한 피해를 저감시키는 재해방

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

지기능과 함께 풍부한 먹이원을 보유한 습지여서 이동성 조류에게 중요한 월동지나 중간기착지가 되고 있다. 또한 주 5일제 근무가 본격적으로 실시되면 생태관광이 활성화 될 것으로 보이기 때문에 갯벌을 생태체험학습장으로 활용할 수 있을 것으로 기대되기 때문에 해안습지의 중요성이 부각되고 있다.

2. 간척 및 매립현황

습지는 수질보호 및 개선, 홍수조절 및 지하수 보충, 침식조절, 어류 및 야생동물의 서식처 제공, 레크레이션 장소를 제공하는 등 그 중요성이 부각되고 있다. 이러한 습지의 중요성에도 불구하고 우리나라의 갯벌은 간척과 매립으로 그 면적이 지속적으로 줄고 있으며, 연안지역에서의 각종 오염원은 갯벌생태계에 악영향을 주고 있다. 실질적으로 이러한 간척·매립으로 인하여 1987년 이후 30~40%가 감소하였으며, 1946년부터 1999년까지 간척사업으로 상실된 갯벌은 77,197ha로 서울시 면적의 1.3배이다(<표 5.1.3> 참조).

연도별 간척사업의 추진실적을 보면 80년대 이전에는 그 이후 보다 지구수는 많으나 지구당 평균면적은 적으며, 90년대 이후 지구당 평균면적이 1,293ha로 60년대 지구당 평균면적인 15.6ha와 비교하면 간척사업의 대형화가 추진되었음을 알 수 있다.

우리나라의 간척면적은 대략 1,550㎢(155,000ha)이다(<표 5.1.4>, <표 5.1.5>참조). 이러한 간척사업의 주체는 시화지구(수자원공사), 군산-장항지구(토지개발공사), 서산지구(현대건설), 김포(동아건설)를 제외한 대부분이 농어촌진흥공사에 의해 이루어졌다. 우리나라의 간척 특징은 새만금(400㎢), 시화(170㎢), 영산강(300㎢), 대호(70㎢) 등의 대단위 간척사업이 많다는 것이다. 이러한 대단위 간척사업에 영종도 신공항 간척(50㎢)이나 송도 신도시 간척(20㎢), 군장지구(20㎢) 등을 합한 대규모 간척사업에 의해 없어지는 갯벌은 총 갯벌면적의 절반에 이르고 있다.

간척의 실적과 규모를 알아보기 위해 면적을 기준으로 대비해 보면 <표 5.1.5>와 같다. 지금까지 간척을 완료한 면적(1996년 기준)은 서울시의 면적과 비슷한 약 76,000ha이며, 공사가 진행 중인 지구의 면적도 이와 비슷하다. 향후 간척이 될 것으로 예정된 지구의 면적이 기간척 지구 및 시공지구의 2배에 이르므로 결국 서울시 면적의 6배에 달하는 면적이 간척되는 셈이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.1.2> 행정구역별 갯벌면적

(단위 : ㎢)

시·도별	시·군·구별	면적	비 율 (%)	시·도별	시·군·구별	면적	비 율 (%)
인천광역시		685.0	28.6	전라남도		1,054.1	44.0
	서 구	2.6			영광군	137.1	
	중 구	150.8			무안군	204.7	
	연수구	44.1			목포시	6.9	
	옹진군	148.0			신안군	331.1	
	강화군	339.5			진도군	17.3	
					해남군	49.2	
경기도		153.5	6.4		완도군	49.7	
	김포군	49.0			고흥군	110.5	
	화성군	81.7			강진군	78.8	
	안산시	5.2			여천군	65.9	
	평택시	17.6			광양시	2.9	
충청남도		304.2	12.7	경상남도		59.0	2.5
	당진군	28.4					
	서산시	67.9			하동군	14.1	
	태안군	102.1			사천시	19.4	
	홍성군	9.8			고성군	5.3	
	보령시	32.7			남해군	17.3	
	서천군	63.3			마산시	2.9	
전라북도		113.6	4.7	부산광역시		23.6	1.0
	군산시	22.3			강서구	23.6	
	부안군	16.9					
	고창군	74.4		계		2,393.0	

자료 : 해양수산부, 1998, 「우리나라의 갯벌」

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.1.3> 연도별 간척사업 추진실적

연도	46년~60년	61년~70년	71년~80년	81년~90년	91년~99년	총 계
지구수	177	1,181	194	58	18	1,628
면적(ha)	6,329	18,428	18,671	10,495	23,274	77,197
지구당 평균면적(ha)	35.8	15.6	96.2	181.0	1,293	47.4

자료 : 농어촌 진흥공사, 1999, 내부자료

<표5.1.4> 1970년대 이후 간척지 개요

간척지	위치	매립면적 (ha)	담수호 면적(ha)	방조제 (km)	착공~준공 연도	비고
새만금	전북 부안	40,100	11,800	33.0	1991~2004	농진공
시화	경기 대부도	17,300	6,100	12.7	1987~1996	수공
서산	충남 간월도	15,600	4,1000	7.7	1980~1995	현대건설
군장국가공단 (군산·장항지구)	군산, 장항	15,000				토개공
영산강Ⅲ-1	전남 영암	12,800	4,300	2.2	1987~1993	농진공
영산강Ⅱ	전담 영암	10,800	3,460	8.6	1978~1982	농진공
대호	충남 서산	7,650	2,200	7.8	1981~1985	농진공
영산강Ⅲ-2	전남 해남	7,400	2,300	2.1	1989~2005	농진공
화옹(남양만)	경기화성군	6,220		13.8	1991~2001	농진공
영종도신공항	인천 영종도	4,650				공항공단
동진-계화간척지	전북 부안	3,970		12.8	1963~1967	농진공
김포	수도권매립지	3,800	완전매립	9.2	1980~1989	농진공
석문	충남 당진	3,740	1,000	10.6	1987~1998	농진공

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표5.1.4> 계속

간척지이름	위치	매립면적 (ha)	담수호 면적(ha)	방조제 (km)	착공~준공 연도	비고
남양	경기 화성	3,600	800	2.1	1971~1973	농진공
아산	경기 화성	3,200	2,800	2.6	1970~1973	농진공
고흥	전남 고흥	3,100	750	2.8	1991~1996	농진공
해남	전남 해남	3,000	830	1.9	1985~1988	농진공
해창만	전남 고흥	2,700		3.4	1978~1992	농진공
삽교	충남 아산	2,600	2,000	3.4	1976~1979	농진공
송도신도시	인천 송도	1,770				인천시
동아건설매립지	경기 김포	1,725				동아건설
홍보	홍성,보령	1,646		2.9	1991~2004	농진공
대불공단	영산강 하구	1,500				토개공
이원	충남 태안	1,350		2.9	1990~1998	농진공
부사	충남 보령	1,240	430	3.5	1986~1997	농진공
군내	전남 진고	900		3.2	1991~1996	농진공
사내	전남 강진	820		3.2	1989~1997	농진공
남포	충남 보령	666		7.7	1985~1997	농진공
진촌	인천 백령도	504		0.8	1991~1997	농진공
완도	전남 완도	370		1.1	1989~1996	농진공
만덕	전남 강진	315		3.0	1989~1996	농진공
보전	전남 진고	290		0.9	1987~1995	농진공
약산	전남 완도	257		1.3	1987~1996	농진공
고금	전남 완도	243		1.7	1992~1996	농진공
강산	전남 고흥	209		1.3	1988~1994	농진공

자료 : 농어촌진흥공사, 1996, 「한국의 간척」

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표5.1.5> 간척사업의 규모

구 분	면 적	비 고
1. 국토면적(천ha)	9,919	남한 국토의 20.5%
2. 농경지	2,033	경상북도의 면적
1) 답(ha)	1,298	
2) 전(천ha)	766	
3) 미곡생산(천톤)	5,066	
3. 대륙붕(천ha)	34,500	국토의 3.5배
4. 수심(20m 내)	2,100	경상북도 면적
5. 간석지(천 ha)	281	전국 6대도시 합면적
6. 간척자원	704	충청북도 면적
7. 개발가능면적(천ha)	504	
8. 간척대상면적(천ha)	402	
9. 기간척면적(천ha)	75.9	
1) 국가	35.5	
2) 지방	25.2	
3) 개인	15.2	서울시의 면적
10. 간척시공중(천ha)	76.1	
1) 대단위	61.4	
2) 서해안	14.7	
11. 간척지면적(천ha)	150	간석지의 44%, 답면적의 12%
12. 향후개발예정(천ha)	250	기존 간척지구의 1.6배

자료 : 농어촌진흥공사, 1996, 「한국의 간척」

간척사업의 시행주체는 위에서 살펴본 바와 같이 국가, 지방정부 및 개인으로 나누어지는데, 국가에 의해서 시행된 간척이 약 절반을 차지하고 있다. 간척이 이루어지는 곳의 지역별 분포를 살펴보면, 전남 지역이 전체 간척지구의 38%를 차지하여 압도적인 비중을 보이고 있고, 그 다음은 전북지역으로서 29%를 나타내고 있다 (<표 5.1.6>참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표. 5.1.6> 국가 및 지자체의 지역별 간척실적

(단위: ha)

지역	간석지	기간척지역			시공중인 면적			합 계		
	면적 (ha)	지구수 (개소)	면적 (ha)	비율 (%)	지구수 (개소)	면적 (ha)	비율 (%)	지구수 (개소)	면적 (ha)	비율 (%)
경기	107,666	120	11,958.8	19.7	17	16,624	21.8	137	2,858.8	20.9
충남	50,288	52	8,022.5	13.2	5	7,585	10.0	57	15,607.5	11.4
전북	21,887	31	11,288.8	18.6	2	28,300	37.2	33	39,588.8	28.9
전남	94,662	307	27,825.5	45.7	13	23,609	31.0	320	51.461.5	37.6
경남	7,041	27	1,573.9	2.6	0	0	0	27	1,573.9	1.2
합계	281,544	537	60,696,5	100.0	37	76,118	100.0	574	136,814.5	100.0

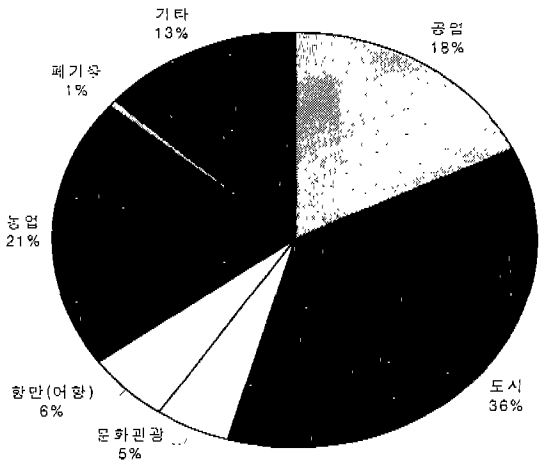
자료 : 농어촌진흥공사, 1996, 「한국의 간척」

한편, 간척의 상황을 알아보고 향후 매립될 지역을 예측함에 있어 중요한 기준이 되는 공유수면기본계획을 살펴보면 다음과 같다. 우선 제1차·제2차 공유수면매립 기본계획을 용도별로 비교하면 농업용지와 폐기물 처리용지는 감소하고, 도시 및 공업용지, 문화관광 및 항만·어항용지의 매립계획은 증가하였다. 농업용지로의 매립은 습지의 중요성이 부각되면서 습지를 매립하여 농업용지를 만드는 것이 더 이상 국민적 설득력을 잃고 있는 것으로 풀이된다.

<표 5.1.7> 제1차·제2차 공유수면매립 기본계획의 용도별 비교

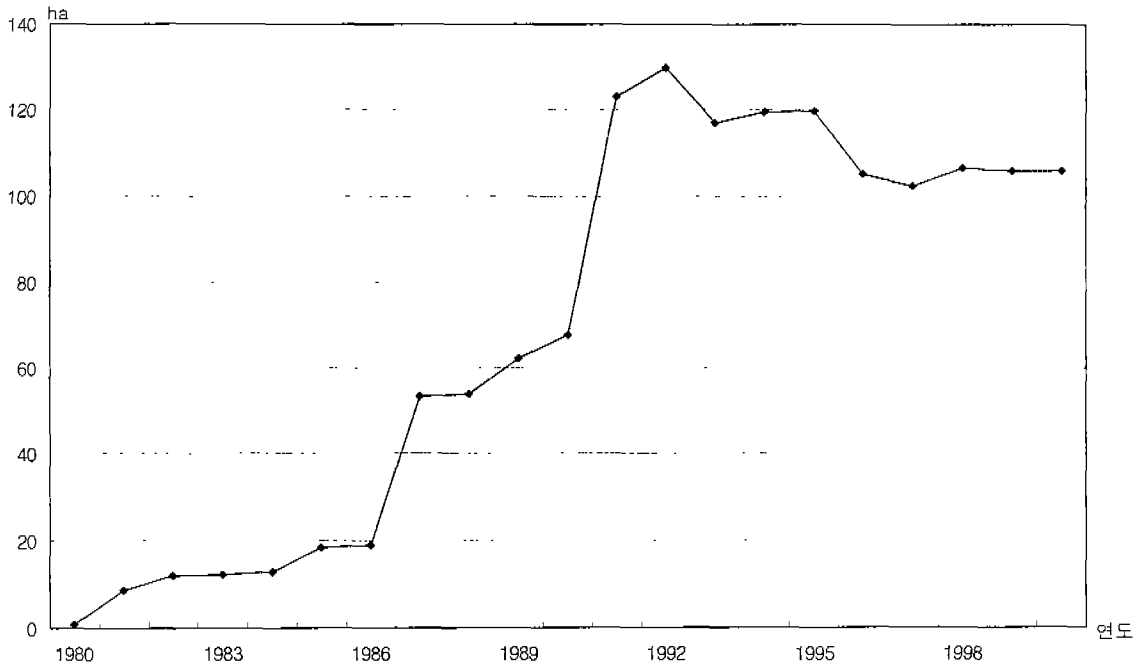
	공업용지	도시용지	문화관광	항만·어항	농업	폐기물 처리	기타
제1차	12.9%	13.6%	0	0	53.6%	1.4%	18.5%
제2차	17.9%	37%	4.9%	5.5%	21.1%	0.5%	13.1%

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.1.1> 제1차·제2차 공유수면매립 기본계획의 용도별 비교

1986년 이후 공유수면 매립면적은 시공면적 기준으로 급속히 증가하였으며 1992년을 정점으로 감소하기 하였으나 1998년 이후에는 더 이상 감소하지 않고 있는 추세이다.



<그림 5.1.2> 공유수면 매립(시공면적) 추이

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 외국의 대체습지 조성 현황

선진국은 환경을 보호하기 위해서 또는 훼손된 환경을 복원하기 위해 대체습지를 조성하도록 하고 있다. 특히 대체습지의 조성과 관련된 선진국의 법제도 및 정책현황으로서 미국은 청정수질법과 연안습지계획·보호·복원법 등 21개 법제를 가지고 있으며, 이외에도 각 주별로 관련법을 습지보호에 적용하고 있다. 미국은 1988년부터 습지 손실을 막기 위해 no net loss(습지 순손실 방지) 정책을 시행하고 있으며, 습지를 매립할 때에는 의무적으로 대체습지를 조성하도록 하고 있다. 이에 더하여 미국은 환경보호를 위해 대체습지의 조성을 위한 여러 가지 국가정책을 개발하여 시행하고 있다.

독일은 자국의 바덴해 갯벌을 국립공원으로 지정·관리하고 있다. 바덴해에 접한 Schleswig-Holstein, Lower Saxony 및 Hamburg 주는 각각 1985, 1986, 1990년에 해당 갯벌을 국립공원으로 지정하였으며, 연방자연보전법에 따라 국립공원 관리청 및 관리사무소로 하여금 관리하도록 하고 있다. 동 법 제8조에서는 Mitigation을 수용하고 있는 바, 자연 및 경관자원의 훼손이 불가피할 경우에는 대상조치를 통하여 보상되어야 한다고 규정하고 있다.

네덜란드는 바덴해의 보전, 관리 및 이용에 관한 종합적인 국가계획인 바덴해각서(Wadden Sea Memorandum)에 따라 1980년부터 바덴해를 보호하고 있다. 바덴해각서는 관련부처와 지방정부를 규제하는 것으로서, 주요 항로와 남쪽을 제외한 모든 네덜란드 바덴해 지역을 자연보호지역으로 설정하였다. 동법은 자연보호지역을 3개 특별보호구역으로 구분하고 있는 바, 허가 없이 자연보호지역의 생물상이나 경관을 파괴하거나 악영향을 미치는 활동을 금지하고, 연중 또는 연중 일부기간 동안 폐쇄되어 주민 접근을 방지하고 있으며, 특히 물개나 조류 산란지가 이에 적용된다. 또한 전체 갯벌의 1/4에서는 새조개나 홍합의 채취를 금지하고 있다.

덴마크는 1982년 법령에 따라 바덴해를 자연야생생물보호지로 설정하였다. 이 지역 내에서는 환경을 훼손하거나 지속적으로 변화시키는 활동이 금지된다. 특히 물개와 조류를 포획할 수 없고, 레크리에이션, 선박운용 등의 행위도 엄격하게 규제를 받으며, 홍합과 새조개의 채취도 대부분의 갯벌에서 금지되고 있다. 그러나 주요 항로나 근해에서의 활동은 규제하지 않는다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

일본은 습지보존·복원만을 위한 단일의 법령이나 정책은 없으며, 다양한 관련법과 정책을 연계하여 연안환경을 관리하고 있다. 일본은 연안재해에 대비하기 위해 다양한 해안보전사업을 오랜 동안 추진해 온 결과 환경친화적 연안공간 활용기술은 상당한 수준으로 개발되어 있으며, 어장 및 패류 양식장, 야생조류원, 해수풀장, 공원 조성과 자연보호 및 대체갯벌 조성 등을 목적으로 1973-1998년 동안 37곳에 약 900ha의 인공갯벌을 조성하였다(<표 5.1.8> 참조).

<표 5.1.8>일본의 인공갯벌(WAVE, 1998)

지역	면적(ha)	조성 구역
아이치	183.69	4
야마구치	162.00	4
구마모토	157.00	3
히로시마	124.48	11
도쿄	124.38	7
가나가와	46.00	1
후쿠오카	44.46	3
지바	24.00	1
오사카	12.80	1
미야기	2.00	1
오키나와	2.10	1
계	885.91	37

4. 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측

제2차 공유수면매립 기본계획(2001~2011)에 따르면 매립신청 중인 면적의 10.3%인 40.24657㎢가 매립기본계획 반영가능지구로 선정되었고, 이 면적은 여의도 면적의 4.5배에 해당한다(<표 5.1.9> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

매립 반영 가능지구를 매립시 이를 대체할 수 있는 대체습지를 조성할 경우 약 3조 7000억원이 소요될 것으로 판단된다. 이때 적용한 비용은 시화호 갈대습지공원의 조성비를 기준으로 하였다. 시화호 갈대습지공원의 ha당 조성비는 약 9,200만원이다. 이러한 대체습지조성은 새로운 해양산업 창출 효과와 함께 환경보전 및 복원 효과를 동시에 달성할 수 있을 것이다.

<표 5.1.9> 제2차 공유수면매립 기본계획 반영내역

지역	매립계획 수립대상		반영가능지구			반영곤란지구		
	건수	면적(㎢)	건수	면적(㎢)	비율(%)	건수	면적(㎢)	비율(%)
합계	365	392.362199	196	40.24657	10.3	169	352.115629	89.7

2002년 완공된 시화호 인공습지 조성비용을 구체적으로 살펴보면 전체사업면적은 1,037,500㎡(314천평, 사토장 포함)이고, 사업비는 약 300억원으로 동 사업비에는 환경교육장으로 활용하기 위한 자연학습원(전망대, 온실, 관리동, 주차장 등)이 포함되어 있다(<그림 5.1.3> 참조). 이러한 비용을 제외한 토목비용(부지정지, 제방축조, 펌프설치, 갈대식재 등)은 75억원이고, 순수 습지조성면적인 816,302㎡(81.6ha)에 갈대를 식재하는 비용은 12억원이 소요되었다.

인공습지 조성비용을 추정하기 위해서는 그 기준을 확정할 필요가 있다. 예를 들면, 스웨덴의 경우 인공습지 조성비용이 다른 사례보다 적음을 알 수 있는데, 그 이유는 기존에 간척 매립한 지역의 제방을 제거하는 방법으로 시행되었기 때문이다. 일본의 경우, 인공습지를 조성하기 위해 타 지역의 모래를 준설하여 인공갯벌 조성예정지의 바다에 일정 기간 적응케 하는 등 많은 시간과 노력을 기울인 것이 조성비용을 증가케 한 요인으로 분석되고 있다. 그리고 우리나라의 시화호 인공습지의 경우에도 총 사업비가 약 300억원으로 적지 않은 금액이 투여되었으나 실제로 습지조성에 필요한 토목비용은 75억 정도로 부대비용이 더 많이 들었다. 이러한 점을 인식하여 시화호 인공습지공원의 조성비용은 동 습지공원조성에 직접적인 관련성이 있는 토목비용인 75억원만을 조성비용으로 계산하면, 습지 1ha당 91,912,000원이 소요되었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.1.3> 시화호 인공습지 전경

이와 같이 인공습지 조성비를 추정함에 있어 어떠한 방식으로 어디에 조성하는가 하는 것이 관건이라고 하겠다. 왜냐하면 아래의 <표 5.1.10>에서와 같이 각 사례별로 조성비가 거의 10배정도 차이가 나는 점을 보아도 알 수 있다.

<표 5.1.10> 인공갯벌·습지 조성비용

지역	조성비용(1ha당)
미국	27,980천원
일본	62,520천원
스웨덴	9,110천원
한국(시화호)	91,912천원

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

한편, 대체습지조성을 위해서는 조성대상지가 가장 큰 문제가 된다. 물론 대체습지의 개념이 창출, 복원, 회복, 개선을 모두 포함하는 개념이기 때문에 새로운 습지를 인공적으로 만드는 창출뿐만 아니라 현재 해양환경의 오염으로 인해 생태계의 복원, 회복, 개선이 필요한 지역도 대체습지조성 대상지로 다루어야 할 것이다.

그리고 대체습지조성의 후보지로 생각할 수 있는 곳은 과거에는 소금을 생산하였으나 현재는 소금생산이 중단된 폐염전을 생각할 수 있다. 현재 우리나라의 염전 현황은 약 196,5512㎢로 산정되고 있다(<표 5.1.11> 참조). 물론 염전을 모두 대체습지로 조성하는 것은 적정한 방법은 아닌 것으로 판단되며, 염전으로 사용하지 않는 폐염전을 대체습지조성을 위한 후보지역으로 추천할만하다.

2001년말 현재 폐염전 면적은 2,184ha로 추정되고 있으며, 2004년까지 총 4,334ha가 발생할 것으로 예상하고 있다. 그러나 이러한 폐염전의 환경친화적 이용을 위해서는 광업권 문제의 해결을 위한 법적인 정비와 함께 염전을 갯벌로 복원하기 위한 복원기술의 개발 또한 필요하다고 하겠다.

제2절 대체습지 조성을 위한 법제도 및 정책

1. 대체습지의 개념

대체습지의 개념은 현재까지 일의적으로 정의되어 있지 않으며, 자연환경보전법에 대체습지의 개념 대신 대체자연에 대한 개념을 다음과 같이 정의하고 있다. 대체자연이란 기존의 생태계와 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위하여 조성하는 것(자연환경보전법 제2조 11호)이다.

이러한 대체에 대한 개념을 좀더 분석해 보면 다음과 같다. 대체(replacement)는 원생태계가 가지고 있는 기능의 일부만을 강조하여 생태계를 조성하는 경우를 말한다. 대체(replacement)는 한 두 기능만을 강조하여 다른 형태의 생태계를 만드는데 반하여 영향완화조치(mitigation)는 개발이나 훼손된 생태계를 보상하는 차원에서 기능과 외형(규모)이 같은 생태계를 다른 장소에 조성하는 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.1.11> 우리나라의 염전 현황

(단위 : ㎡)

시·도	시·군·구	면적	비 율 (%)	시·도	시·군·구	면적	비 율 (%)
인천광역시		9,155,895.0	4.66	전라남도		130,702,674.0	66.50
	중 구	3,346,292.0			목포시	973,131.0	
	서 구	1,124,935.0			여수시	10,693.0	
	남동구	1,859,504.0			순천시	1,260,933.0	
	옹진군	1,525,062.0			광양시	94,313.0	
	강화군	1,300,102.0			고흥군	355,858.0	
경기도		22,950,505.0	11.68		보성군	241,684.0	
					장흥군	93.0	
					강진군	4,153.0	
					해남군	3,122,859.0	
	평택시	251,291.0			영암군	980,869.0	
	안산시	2,781,040.0			무안군	1,556,683.0	
	시흥시	8,002,860.0			영광군	70,677,530.0	
	화성군	11,915,314.0			완도군	804,335.0	
					진도군	624,450.0	
					신안군	49,995,090.0	
충청남도		24,508,565.0	12.47	경상남도		263,722.0	0.13
	보령시	1,772,904.0					
	서산시	6,481,252.0			통영시	29,539.0	
	서천군	868,846.0			사천시	11,504.0	
	홍성군	276,215.0			거제시	106,826.0	
	태안군	8,512,034.0			남해군	115,853.0	
	당진군	6,597,314.0					
전라북도		8,760,351.0	4.46	부산광역시		209,476.0	0.10
	군산시	5,101,965.0			수영구	209,476.0	
	김제시	525,109.0					
	고창군	2,617,552.0		계		196,551,188	
	부안군	515,725.0					

자료 : http://www.momaf.go.kr

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Streever는 습지의 복원을 이전 단계로 되돌리는 것으로, 그리고 창출(creation)은 과거에 습지가 없었던 장소에 습지를 조성하는 것으로 정의하면서 이 두 경우를 다 포함하는 개념으로 회복(rehabilitation)이라는 용어를 사용하기도 한다. 한편 인위적으로 습지가 없는 육지나 수중을 습지로 바꾸는 것을 창출습지(created wetland)로, 존재하는 습지에 하나 또는 그 이상의 가치를 증대시키는 것을 개선습지(enhanced wetland)로 그리고 훼손된 상태에 있던 습지를 훼손되기 이전의 습지로 되돌린 것을 복원습지(restored wetland)라 하기도 한다.

대체습지 조성사업의 목적을 감안한다면 훼손된 생태계를 보상하는 차원에서 당해 습지의 기능과 규모를 다른 지역에 조성하는 것으로 보아야 할 것이다. 여기서 말하는 훼손된 생태계란 무엇을 의미하는가? 습지보전법에서 정의하고 있는 습지훼손의 개념을 통해 이 개념을 유추해 보고자 한다. 습지훼손이란 "배수·매립 또는 준설 등의 방법으로 습지 원래의 형질을 변경하거나 습지에 시설 또는 구조물을 설치하는 등의 방법으로 습지를 보전외의 목적으로 사용하는 것"으로 정의(습지보전법 제2조 4호)하고 있다. 이러한 습지훼손의 개념을 유추하여 훼손된 생태계를 정의하면 "일정한 원인에 의하여 생태계 원래의 상태가 변경된 것"을 말한다. 따라서 습지훼손이 발생하기 전의 상태로 되돌리는 것이 대체습지를 조성하여야 하는 이유 중의 하나라고 할 수 있다.

이러한 점에서 본다면 대체습지의 개념은 미국의 mitigation 개념과 유사하나, 미국에서 현재 시행하고 있는 영향완화조치를 한국에 그대로 적용할 수 있는가 하는 것이 대체습지조성에 있어 주요 고려사항이 되고 있다. 즉, 미국의 mitigation 정책은 현재 bank를 조성하여 환경보전의 실효성을 높이고 있으나 협소한 국토를 가진 우리나라와 일본의 경우 이러한 bank를 조성할만한 지역이 있는가 하는 것이 대체습지조성에 인식을 달리하는 사람들의 주요 의문사항이 되고 있다.

이러한 점들을 고려한 결과 대체습지는 건전하고 지속가능한 연안해양환경 유지를 위해 습지개발예정지역 인근 또는 다른 지역에 당해 개발습지의 크기 또는 기능에 상응하는 습지를 확보하는 것을 말한다. 습지의 확보는 훼손된 습지의 복원, 회복, 개선뿐만 아니라 새로운 습지의 창출을 포함한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 관련 법제도 현황

대체습지조성을 위한 관련 국내법으로는 습지보전법, 연안관리법, 자연환경보전법, 공유수면매립법, 농지법 등이 있다.

가. 습지보전법

(1) 개요

습지보전법은 1999년 2월 8일 법률 제5866호로 제정된 후, 2002년 12월 26일 법률 제6825호로 개정되었으며, 총4장 33조의 본문과 부칙으로 구성되어 있다. 동 법의 제정목적은 생물다양성의 보고인 동시에 오염물질정화기능을 가진 습지를 효율적으로 보전·관리하기 위해 필요한 사항을 규정하여 습지와 그 생물다양성의 보전을 도모하고, 물새서식처로서 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약(람사협약)과 관련한 국제협력을 증진하기 위해서이다. 2002년 동 법은 습지를 효율적으로 보전하기 위하여 습지개선지역에서의 규제를 강화하고, 습지의 무분별한 이용으로 인한 훼손을 방지하기 위하여 습지보전시설 등의 이용료 징수제도를 신설하며, 습지보호지역·습지주변관리지역 및 습지개선지역의 보전을 위하여 이들 지역 내 토지 및 건축물 등을 매수할 수 있는 근거 규정을 마련하는 등 현행 제도의 운영상 나타난 일부 미비점을 개선·보완하기 위해 개정되었다.

(2) 주요내용

습지보전법 제2조에서는 습지에 대한 개념을 정의하고 있으며, 습지를 내륙습지와 연안습지로 구분하고 있다. '습지'는 담수[1]·기수[2] 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지를 말하고, '내륙습지'는 육지 또는 섬 안에 있는 호 또는 소와 하구 등의 지역으로, '연안습지'는 만

1) 낮은 농도의 용존광물(dissolved mineral)을 함유하고 비나 녹은 눈으로부터 얻어진 자연수(natural water)를 말한다. 해수(seawater)에 비하여 담수의 화학적 구성물은 변화가 매우 많지만, 주요 용해물질의 농도비는 안정적이다. 담수·기수(brackish water)·염수(brine)의 차례로 염분의 함유량이 많아지지만, 명확하게 구별짓기는 어렵다.

2) 담수(freshwater)와 해수(seawater)가 혼합되어 있는 곳의 염분이 적은 물을 말하며, 염분은 0.5~30‰ 정도이다. 주로 강과 바다가 만나는 하구가 이에 속하며, 해안 부근의 호소들도 기수인 경우가 많다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역으로 정의하고 있다.

> 第2條 (定義)
> 이 法에서 사용하는 用語의 定義는 다음과 같다.
> 1. "濕地"라 함은 淡水·汽水 또는 鹽水가 永久的 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 地域으로서 內陸濕地 및 沿岸濕地를 말한다.
> 2. "內陸濕地"라 함은 陸地 또는 섬안에 있는 湖 또는 沼와 河口등의 地域을 말한다.
> 3. "沿岸濕地"라 함은 滿潮시에 水位線과 地面이 接하는 境界線으로부터 干潮시에 水位線과 地面이 接하는 境界線까지의 地域을 말한다.
> 4. "濕地의 훼손"이라 함은 排水·埋立 또는 浚渫등의 방법으로 濕地 원래의 形質을 변경하거나 濕地에 施設 또는 構造物을 設置하는 등의 방법으로 濕地를 보전외의 目的으로 사용하는 것을 말한다.

그러나, 람사협약[1] 제1.1에서는 습지를 포괄적으로 정의하고 있는 바, '습지'란 沼澤地[2], 土炭地[3]를 비롯하여 자연 혹은 인공적으로 담수, 기수 혹은 염수가 영구적 혹은 일시적으로 정체하거나 흐르는 지역으로서, 간조시 수심 6m 이하의 海水域도 포함한다. 습지 옆에 위치한 강기슭과 해안지역, 습지 내에 위치하고 있는 섬 및 간조시 수심이 6m 이상인 해수역도 습지에 포함될 수 있다.

람사협약에서 정의한 습지는 물이 주변 환경 및 그와 관련된 동식물을 조정하는 주요한 요인이 되는 지역으로, 지하수면이 육지표면 위로 표출되거나 가까이 있어 대개 땅이 얕은 물로 덮여 있는 곳을 의미한다. 람사협약에서 습지는 습지의 특성에

---

1) 정식명칭은' 물새 서식지로서 특히 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약'(the convention on wetlands of international importance especially as waterfowl habitat)으로 1971년 2월 2일 이란의 람사(ramsar)에서 채택되었다. 즉 물새 서식 습지대를 국제적으로 보호하기 위한 협약으로 1975년 12월에 발효되었다. 1997년 7월 28일 우리나라는 101번째로 가입을 했고 그 뒤에도 니카라과, 모나코, 자메이카, 바레인, 몽골리아가 가입신청을 해놓고 있어 현재 106개국 약897개소의 총면적 67,944,292ha의 습지가 리스트에 올라 있다. 람사협약은 생물다양성 보전 이용과 관련 세계 최초로 채택된 협약으로 생물다양성 협약, 멸종동식물 협약(CITES 등)과도 밀접한 관련이 있는 세계적 규모의 환경협약이기 때문에 협약에 가입할 경우에 i) 환경외교에 있어 아국의 대외이미지를 높이고, ii) 국내습지생태계의 효율적인 보전 및 활용 계기를 마련할 수 있으며, iii) 또한 장차 예상되는 중국, 일본 등 주변국들과의 양자간 철새보호협정 체결 및 동북아 철새 보호협약 공동 추진을 위한 기본여건을 조성할 수 있는 효과가 있다.

2) 하천·연못·늪으로 둘러싸인 낮고 습한 땅을 말하며, 배수가 나쁜 낮은 지역이나 얕은 늪땅에서는 지표에 항상 수분이 포화상태가 되어 갈대·골풀 등 호습성(好濕性) 식물이 자란다. 엘베강·베저강·오데르강 하구(河口)나 발트해 연안에 중세 유럽의 개척촌이 발달하였는데 이를 소택지 촌락이라 한다.

3) 이탄지(moor land)라고도 하며, 해안습지·배후습지 등에 무성한 수생식물이나 정수(挺水)식물이 담수하(湛水下)에서는 분해되지 않기 때문에, 그들 식물의 유해가 미분해 또는 약간 분해된 상태로 두껍게 퇴적한 토지를 말한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

따라 해양/연안습지, 내륙습지, 인공습지로 분류하고 있다.

> The Ramsar Convention takes a broad approach in determining the wetlands which come under its aegis. Under the text of the Convention (Article 1.1), wetlands are defined as:
> "areas of marsh, fen, peatland or water, whether natural or artificial, permanent or temporary, with water that is static or flowing, fresh, brackish or salt, including areas of marine water the depth of which at low tide does not exceed six metres".
>
> In addition, the Convention (Article 2.1) provides that wetlands:
> "may incorporate riparian and coastal zones adjacent to the wetlands, and islands or bodies of marine water deeper than six metres at low tide lying within the wetlands".

또한 국제습지협회의 '습지목록을 위한 습지자원 및 우선권에 관한 지구적 고찰(Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory, GRoWI)'이라는 보고서에는 람사협약의 습지분류체계와 마찬가지로 습지의 형태에 따라 담수습지, 연안/해양습지, 인공습지로 구분하였다 (<표 5.2.1>, <표 5.2.2> 참조).

<표 5.2.1> 람사협약의 습지분류체계

대분류	소분류
담수습지 freshwater wetland	• peatlands • swamps • lakes and lagoon
연안/해양습지 Coastal/marine wetlands	• coral reefs • seagrasses • mangroves • salt marshes • coastal lagoon
인공습지 Artificial wetlands	• 저수지, 댐, 관개수로, 어장, 경작지 등

자료 : 국제습지협회, 1999, GRoWI 보고서(해양수산부, 2001, 세계 주요국가의 갯벌 백서 재인용)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.2> 람사협약의 습지분류체계

대분류	중분류
Marine/ Coastal Wetlands	• Permanent shallow marine waters • Marine subtidal aquatic beds • Coral reefs • Rocky marine shores • Sand, shingle or pebble shores • Estuarine waters • Intertidal mud, sand or salt flats • Intertidal marshes • Intertidal forested wetlands • Coastal brackish/saline lagoons • Coastal freshwater lagoons • Karst and other subterranean hydrological systems
Inland Wetlands	• Permanent inland deltas • Permanent rivers/streams/creeks • Seasonal/intermittent/irregular rivers/streams/creeks • Permanent freshwater lakes (over 8 ha) • Seasonal/intermittent freshwater lakes (over 8 ha) • Permanent saline/brackish/alkaline lakes • Seasonal/intermittent saline/brackish/alkaline lakes and flats • Permanent saline/brackish/alkaline marshes/pools • Seasonal/intermittent saline/brackish/alkaline marshes/pools • Permanent freshwater marshes/pools • Seasonal/intermittent freshwater marshes/pools • Non-forested peatlands • Alpine wetlands • Tundra wetlands • Shrub-dominated wetlands • Freshwater, tree-dominated wetlands • Forested peatlands • Freshwater springs • Geothermal wetlands • Karst and other subterranean hydrological systems
Human-made wetlands	• Aquaculture (e.g., fish/shrimp) ponds • Ponds • Irrigated land • Seasonally flooded agricultural land • Salt exploitation sites • Water storage areas • Excavations • Wastewater treatment areas • Canals and drainage channels, ditches • Karst and other subterranean hydrological systems

자료 : http://www.ramsar.org/key_ris_types.htm

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

우리나라의 습지보전법에서의 습지의 개념은 람사협약에서 보는 바와 같이 습지의 조하대 한계수심을 설정하지 않고 '연안습지'를 조간대(tidal flat), 즉 해수가 일시적으로 덮고 있는 지역인 갯벌에 한정함으로써 조간대 밖의 조상대와 조하대의 생물분포대를 제외하고 있다.

한편, 습지를 보전하기 위해 습지보전법은 내륙습지에 관한 습지보호지역·습지주변관리지역 또는 습지개선지역(이하 "습지보호지역 등"이라 함)의 지정 보전에 관한 시책의 수립·시행은 환경부장관이, 연안습지에 관한 습지보호지역 등의 지정·보전에 관한 시책의 수립·시행은 해양수산부장관이 각각 관장하도록 하고 있다(법 제3조).

> 第3條 (濕地保全의 責務)
> ① 國家는 濕地를 보전할 責務를 진다.
> ② 環境部長官은 第4條 및 第5條의 規定에 의한 濕地에 대한 조사 및 濕地保全基本計劃의 수립에 관한 사항을 總括한다.
> ③ 環境部長官은 內陸濕地에 관한 第8條의 規定에 의한 濕地保護地域·濕地周邊管理地域 또는 濕地改善地域(이하 "濕地保護地域등"이라 한다)의 지정 및 보전에 관한 施策을 수립·시행하고, 海洋水産部長官은 沿岸濕地에 관한 第8條의 規定에 의한 濕地保護地域등의 지정 및 보전에 관한 施策을 수립·시행한다.
> ④ 特別市長·廣域市長 또는 道知事(이하 "市·道知事"라한다)는 第3項의 規定에 의한 施策의 施行에 協力하여야 한다.

동 법에서는 습지를 보전하기 위한 기본정책으로서 습지보전기본계획을 수립하도록 하고 있다. 이러한 습지보전기본계획은 환경부장관 또는 해양수산부장관으로 하여금 5년마다 습지의 생태계현황 및 오염현황과 습지주변영향지역의 토지이용실태 등 습지의 사회·경제적 현황에 관한 기초조사를 실시하도록 하고(법 제4조 1항)있다.

그리고 이와 같은 습지조사의 결과를 토대로 5년마다 습지보전기초계획(이하 "기초계획"이라 함)을 수립한 후, 동 기초계획을 토대로 환경부장관으로 하여금 해양수산부장관과 협의하여 습지보전기본계획을 수립하도록 하고 있다(법 제5조 1항).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第4條 (濕地에 대한 調査)

① 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 5年마다 濕地의 生態系現況 및 汚染現況과 濕地周邊影響地域의 土地利用實態등 濕地의 社會·經濟的 現況에 관한 基礎調査를 실시하여야 한다.

② 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 濕地의 보전·개선이나 물새棲息處로서國際的으로중요한濕地에관한協約(이하 "協約"이라 한다)의 이행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우 당해濕地에 대하여 第1項의 規定에 의한 基礎調査외에 精密調査를 따로 실시할 수 있다.

③ 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 濕地狀態의 變化가 뚜렷하다고 인정하는 경우 당해濕地에 대하여 第1項의 規定에 의한 基礎調査에 대한 補完調査를 실시할 수 있다.

第5條 (濕地保全基本計劃의 수립)

① 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 第4條의 規定에 의한 濕地調査(이하 "濕地調査"라 한다)의 결과를 토대로 5年마다 濕地保全基礎計劃(이하 "基礎計劃"이라 한다)을 각각 수립하여야 하며, 環境部長官은 海洋水産部長官과 協議하여 基礎計劃을 토대로 濕地保全基本計劃(이하 "基本計劃"이라 한다)을 수립하여야 한다. 이 경우 다른 法律에 의하여 수립된 濕地保全에 관련된 計劃은 최대한 존중되어야 한다.

② 基本計劃에는 다음 各號의 사항이 포함되어야 한다.

1. 濕地保全에 관한 施策方向
2. 濕地調査에 관한 사항
3. 濕地의 分布 및 면적과 生物多樣性의 現況에 관한 사항
4. 濕地와 관련된 다른 國家基本計劃과의 調整에 관한 사항
5. 濕地保全을 위한 國際協力에 관한 사항
6. 기타 濕地保全에 필요한 사항으로서 大統領令이 정하는 사항

③ 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 基礎計劃 또는 基本計劃을 수립하는 때에는 關係中央行政機關의 長과 協議하여야 하며, 필요한 경우에는 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事에게 關聯資料의 제출을 요구할 수 있다. 基礎計劃 또는 基本計劃을 변경하고자 할 때에도 또한 같다.

④ 環境部長官은 基本計劃을 수립한 때에는 이를 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事에게 통보하여야 한다. 基本計劃을 변경한때에도 또한 같다.

⑤ 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 基本計劃의 施行을 위하여 필요한 경우에는 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事에게 필요한 措置를 하여 줄 것을 요청할 수 있다. 이 경우 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事는 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.

⑥基礎計劃 및 基本計劃의 수립에 관하여 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

습지보전기본계획에 대체습지조성과 관련된 내용은 습지보전법 시행령 제2조 1호에서 규정하고 있는 습지의 훼손원인 분석 및 훼손된 습지의 복원에 관한 것이다.

> 습지보전법 시행령 제2조 (습지보전기본계획에 포함되어야 할 사항)
> 습지보전법(이하 "법"이라 한다) 제5조 제2항 제6호에서 "대통령령이 정하는 사항"이라 함은 다음 각호의 사항을 말한다.
> 1. 습지의 훼손원인 분석 및 훼손된 습지의 복원
> 2. 습지보전에 관한 관계중앙행정기관 및 지방자치단체의 협조사항
> 3. 습지보전을 위한 전문인력 및 전문기관의 육성
> 4. 습지보전을 위한 교육·홍보
> 5. 법 제5조의 규정에 의한 습지보전기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)의 시행을 위한 소요재원 및 재원의 조달방안

또한 습지보전을 위해 환경부장관 또는 해양수산부장관으로 하여금 습지를 3개 지역으로 지정·관리토록 하고 있는 바, 첫째는 자연상태가 원시성을 유지하고 있거나 생물다양성이 풍부한 지역, 희귀하거나 멸종위기에 처한 야생 동·식물이 서식·도래하는 지역, 특이한 경관적·지형적 또는 지질학적 가치를 지닌 지역을 습지보호지역으로 하고(법 제8조 1항), 둘째는 습지보호지역 중 습지의 훼손이 심화되었거나 심화될 우려가 있는 지역, 습지생태계의 보전상태가 불량한 지역 중 인위적인 관리 등을 통하여 개선할 가치가 있는 지역을 습지개선지역으로 하고(법 제8조 2항), 습지보호지역 주변지역을 습지주변관리지역으로 지정(법 제8조 1항)할 수 있도록 하고 있다.

그리고 환경부장관과 해양수산부장관은 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 습지보호지역 등에 대한 보전계획(이하 '보전계획'이라 함)을 수립·시행(법 제11조)하고 있어 대체습지 조성에 있어 동 습지보전계획에 포함된 기술과 대체습지조성에 있어 필요한 기술이 상호 보완관계를 이룰 수 있도록 하여야 할 것이다.

습지보호지역 내에서는 일정한 행위가 금지되며(법 제13조 1항), 중대한 공익상·군사상 목적이외에는 습지보호지역을 대상으로 공유수면매립법상의 공유수면매립기본계획을 수립하거나 변경할 수 없으며, 골재채취법상의 골재채취도 금지된다(법 제16조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第8條 (濕地地域의 지정 등)

① 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 濕地중 다음 各號의 1에 해당하는 地域으로서 특별히 보전할 價値가 있는 地域을 濕地保護地域으로 지정하고, 그 周邊地域을 濕地周邊管理地域으로 지정할 수 있다.

1. 自然狀態가 原始性을 유지하고 있거나 生物多樣性이 풍부한 地域
2. 稀귀하거나 滅種危機에 처한 野生動·植物이 棲息·渡來하는 地域
3. 특이한 景觀的·地形的 또는地質學的 價値를 지닌 地域

② 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 濕地중 다음 各號의 1에 해당하는 地域을 濕地改善地域으로 지정할 수 있다.

1. 濕地保護地域중 濕地의 훼손이 深化되었거나 深化될 우려가 있는 地域
2. 濕地生態系의 보전상태가 불량한 地域중 人爲的인 관리 등을 통하여 개선할 價値가 있는 地域

③ 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 第1項 또는 第2項의 規定에 의하여 濕地保護地域 등을 지정할 때에는 市·道知事 및 地域住民의 의견을 들은 후 關係中央行政機關의 長과 協議하여야 한다.

④ 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 濕地保護地域 등을 지정한 때에는 해당地域의 명칭·위치 및 면적 기타 共同部令이 정하는 사항을 告示하여야 한다.

⑤ 濕地保護地域 등의 지정에 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

第11條 (保全計劃의 수립·시행)

① 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 關係中央行政機關의 長과 協議하여 濕地保護地域 등에 대한 保全計劃(이하 "保全計劃"이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

② 保全計劃에는 다음 各號의 사항이 포함되어야 한다.

1. 濕地의 보전에 관한 기본적인 사항
2. 濕地保全施設의 設置에 관한 사항
3. 濕地의 보전과 이용·관리에 관한 사항

③ 保全計劃의 수립방법·절차 등에 관하여 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

또한 국가·지방자치단체 또는 사업자가 중대한 공익상·군사상 필요에 의해 습지보호지역 또는 습지개선지역 중 1/4에 해당하는 면적의 습지를 훼손하게 되는 경우에는 당해 습지보호지역 또는 습지개선지역 중 지정 당시의 습지보호지역 면적의 1/2 이상을 존치해야 하며, 존치된 습지의 생태계변화상황을 5년 동안 관찰한 후 그 결과를 훼손지역 주변의 생태계보전에 활용하도록 하고 있다(법 제17조, 영 제14조, 규칙 제10조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第13條 (행위제한)

① 누구든지 第8條 第1項의 規定에 의한 濕地保護地域(이하 "濕地保護地域"이라 한다)안에서 다음 各號의 1에 해당하는 행위를 하여서는 아니된다. 다만, 農漁村整備法 第2條 第4號의 規定에 의한 農業生産基盤施設의 유지·관리를 위하여 필요한 경우와 당해施設을 農業目的으로 사용하기 위하여 第1號 내지 第3號의 1에 해당하는 행위를 하는 경우 또는 自然災害對策法 第36條의 規定에 의한 災害應急對策을 위하여 第2號 또는 第3號에 해당하는 행위를 하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 建築物 기타 工作物의 新築 또는 增築(增築으로 인하여 당해建築物 기타 工作物의 延面積이 기존 延面積의 2倍이상이 되는 경우에 한한다) 및 土地의 形質變更
2. 濕地의 水位 또는 水量에 增減을 가져오는 행위
3. 흙·모래·자갈 또는 돌등의 採取
4. 鑛物의 採掘
5. 動·植物의 人爲的 導入, 耕作, 捕獲 또는 採取(해당地域住民이 共同部令이 정하는 기간 이상 生計手段 또는 餘暇活動등의 目的으로 持續하여 온 耕作·捕獲 또는 採取의 경우를 제외한다)

② 누구든지 濕地周邊管理地域 또는 濕地改善地域안에서 自然環境保全法 第2條 第18號의 規定에 의하여 지정·고시한 生態系危害 外來動·植物을 풀어 놓거나 植栽하는 행위를 하여서는 아니된다.

③ 第8條 第1項의 規定에 의한 濕地周邊管理地域에서 일정규모이상의 干拓事業, 公有水面埋立事業 기타 濕地保護에 위해를 줄 수 있는 행위를 하고자 하는 者는 環境部長官 또는 海洋水産部長官의 승인을 얻어야 하며, 關係中央行政機關의 長의 경우에는 環境部長官 또는 海洋水産部長官과 協議하여야 한다.

④ 第3項의 規定에 의한 승인 또는 협의 대상행위 및 사업의 규모 기타 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

⑤ 다음 各號의 1에 해당하는 경우로서 環境部長官 또는 海洋水産部長官의 승인을 얻은 경우(關係中央行政機關의 長의 경우에는 環境部長官 또는 海洋水産部長官과 協議한 경우를 말한다)에는 第1項 및 第2項의 規定을 적용하지 아니한다.

1. 自然災害對策法 第2條의 規定에 의한 災害의 豫防 및 復舊를 위한 活動 및 救護 등에 필요한 경우
2. 濕地保護地域등의 보전을 위하여 필요하거나 濕地保護地域등에서 農林水産業을 영위하기 위하여 필요한 경우
3. 기타 公益상·軍事상 부득이한 경우

⑥ 제5항의 규정에 의한 승인 또는 협의의 절차 및 그 요건에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

습지주변관리지역에서 일정규모이상의 간척사업, 공유수면매립사업 기타 습지보호에 위해를 줄 수 있는 행위를 하고자 하는 자는 환경부장관 또는 해양수산부장관의 승인을 얻어야 하며, 관계중앙행정기관의 장의 경우에는 환경부장관 또는 해양수산부장관과 협의하도록 하고(법 제13조 3항), 어떠한 사람도 습지주변관리지역 또는

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

습지개선지역 안에서 생태계 위해 외래 동·식물을 풀어 놓거나 식재하는 행위를 하여서는 안된다(법 제13조 2항).

第16條 (다른 法律과의 關係)
① 습지보호지역 또는 습지개선지역으로 지정된 濕地에 대하여는 중대한 公益상·軍事상 필요가 있는 경우로서 大統領令이 정하는 경우를 제외하고는 公有水面埋立法 第4條의 規定에 의한 埋立基本計劃의 수립, 同法 第8條의 規定에 의한 埋立基本計劃의 변경, 同法 第9條의 規定에 의한 公有水面埋立免許 또는 骨材採取法 第22條의 規定에 의한 骨材採取許可를 하여서는 아니된다.
② 관계행정기관의 장은 습지의 보전 및 이용과 관련된 지역 또는 지구 등을 지정하는 경우 환경부장관 또는 해양수산부장관과 협의하여야 한다. 다만, 다른 법률에 협의절차가 있는 경우에는 그에 따른다.

法 第17條 (훼손된 濕地의 관리)
① 政府는 第16條의 規定에 의하여 國家·地方自治團體 또는 事業者가 습지보호지역 또는 습지개선지역 중 大統領令이 정하는 비율이상에 해당하는 면적의 濕地를 훼손하게 되는 경우에는 당해 습지보호지역 또는 습지개선지역 중 共同部令이 정하는 비율에 해당하는 면적의 濕地가 存置되도록 하여야 한다.
② 政府는 第1項의 規定에 의하여 存置된 濕地의 生態系變化狀況을 共同部令이 정하는 기간동안 觀察한 후 그 결과를 毁損地域 주변의 生態系保全에 活用할 수 있도록 하여야 한다.

영 제14조 (습지존치를 위한 사업규모)
법 제17조제1항에서 "대통령령이 정하는 비율"이라 함은 4분의 1을 말한다.

규칙 제10조 (존치하여야 하는 습지의 면적 등)
① 법 제17조제1항에서 "공동부령이 정하는 비율"이라 함은 지정 당시의 습지보호지역 면적의 2분의 1이상을 말한다.
② 법 제17조제2항에서 "공동부령이 정하는 기간"이라 함은 5년을 말한다.

그리고 습지를 효율적으로 보전하기 위하여 관계행정기관의 장에게 습지보호지역 등에서 습지의 보전·이용 또는 관리 등에 관한 행위를 하고자 하는 경우에 습지보전기본계획 등에 적합하게 하도록 하고 있다(법 제11조의2), 습지개선지역에서도 습지보호지역과 같이 출입제한을 할 수 있도록 하고, 불가피하게 훼손할 경우에도 일정 비율 이상의 습지를 존치하도록(법 제15조 1항 및 제17조 1항) 하여 습지개선지역에서의 규제를 강화하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

생태계보전·습지환경개선 등을 위하여 환경부장관 또는 해양수산부장관은 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장으로 하여금 인공적인 습지를 조성하도록 권장하도록 하고 있어 동 규정이 대체습지 조성의 직접적인 근거규정이라고 볼 수 있다(법 제18조).

> 第18條 (人工濕地의 造成·管理 勸奬)
> 環境部長官 또는 海洋水産部長官은 生態系保全·濕地環境改善등을 위하여 關係中央行政機關의 長 또는 地方自治團體의 長으로 하여금 人工的인 濕地를 造成하도록 勸奬하고, 훼손된 濕地의 주변에 海流·砂丘등의 變化로 인하여 自然的으로 造成되는 濕地를 가능한 한 유지 또는 보전하도록 하여야 한다.

또한 습지보호지역 등의 무분별한 이용으로 인한 훼손을 방지하기 위하여 습지보전시설 등의 이용료 징수제도(법 제18조의2)를 신설하며, 습지보호지역·습지주변관리지역 및 습지개선지역의 생태계 보전을 위하여 이들 지역 내 토지 및 건축물과 광업권 및 어업권 등을 매수(법 제20조의2)할 수 있는 근거규정을 마련하고 또한 습지의 보호활동 등을 위하여 환경부장관, 해양수산부장관 또는 지방자치단체의 장은 명예습지생태안내인을 위촉할 수 있도록 하고 있다.

> 제18조의2 (이용료)
> ① 환경부장관 또는 해양수산부장관은 습지보호지역 등을 이용하는 자로부터 이용료를 징수할 수 있다. 다만, 자연공원법에 의하여 지정된 공원구역안의 습지보호지역 등의 경우에는 자연공원법이 정하는 바에 의한다.
> ② 환경부장관, 해양수산부장관, 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장은 습지보전시설을 이용하는 자로부터 이용료를 징수할 수 있다. 다만, 자연공원법에 의하여 지정된 공원구역안의 습지보전시설의 경우에는 자연공원법이 정하는 바에 의한다.
> ③ 제21조 제1항의 규정에 의하여 환경부장관 또는 해양수산부장관이 제1항의 규정에 의한 이용료의 징수권한을 시·도지사 또는 시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 위임한 경우 그 이용료는 이를 징수한 시·도 또는 시·군·구의 수입으로 한다.
> ④ 제1항 본문 및 제2항 본문의 규정에 의한 이용료의 금액·징수절차 및 면제에 관하여 필요한 사항은 공동부령으로 정한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제20조의2 (토지 등의 매수)
① 환경부장관 또는 해양수산부장관은 습지보호지역 등의 생태계를 보전하기 위하여 필요한 지역 등에서의 토지·건축물 그 밖의 물건 및 광업권·어업권 등의 권리(이하 "토지 등"이라 한다)의 소유자가 토지 등을 매도하고자 하는 경우에는 이를 매수할 수 있다.
② 환경부장관 또는 해양수산부장관은 제1항의 규정에 의한 광업권의 매수를 위하여 특히 필요하다고 인정되는 경우에는 광업법의 규정에 불구하고 산업자원부장관과 협의하여 광업권을 분할하여 매수할 수 있다.
③ 환경부장관 또는 해양수산부장관이 제1항의 규정에 의하여 토지 등을 매수하는 경우의 매수가격은 공익사업을위한토지등의취득및보상에관한법률의 규정에 의하여 산정한 가격에 의한다.
④ 제1항 내지 제3항의 규정에 의한 토지 등의 매수절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

현재까지 습지보전법에 따라 습지보호지역으로 지정된 지역은 기존의 자연환경보전법에 따라 지정된 낙동강하구 생태계보전지역(1989년), 대암산 생태계보전지역(1989년), 우포늪 생태계보전지역(1997년) 및 무제치늪 생태계보전지역(1998년)과 함께 물영아리오름 습지보호지역(2000년), 화엄늪 습지보호지역(2002년), 두웅습지 습지보호지역(2002년) 및 무안갯벌 습지보호지역(2001년), 진도갯벌(2002년) 등 총 8개 지역에 80.072㎢를 지정하고 있다.

(3) 대체습지조성과의 관련성

습지보전법과 대체습지조성과의 관련성은 환경부장관 또는 해양수산부장관은 생태계보전·습지환경개선 등을 위하여 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장으로 하여금 인공적인 습지를 조성하도록 권장하고, 훼손된 습지의 주변에 해류·사구 등의 변화로 인하여 자연적으로 조성되는 습지를 가능한 한 유지 또는 보전하도록 하고 있다(법 제18조). 그리고 습지보전기본계획에 대체습지 조성과 관련된 문제가 포함되어 있는데, 습지보전기본계획에는 습지의 훼손원인 분석 및 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 포함하도록 하고 있다(영 제2조).

이러한 인공습지조성 권장 규정과 습지보전기본계획에서의 습지복원사항 등을 통하여 대체습지 조성의 법적 근거가 명문화되었지만 생태계 보전과 습지환경 개선이라는 보다 넓은 의미의 대체습지 조성을 권장할 뿐, 습지 훼손자에게 훼손된 습지만큼 보상적인 차원에서 대체습지조성을 의무화하는 것은 아니다. 습지기초조사가 완

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

료되지 않은 관계로 습지보전기본계획이 수립되지 않고 있지만, 갯벌을 포함한 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 국가기본계획에 포함하도록 법률에서 명시했다는 점에서 의미가 있다.

그리고 법 제18조에서 지방자치단체의 장으로 하여금 인공적인 습지를 조성하도록 권장하는 규정을 이행하는 조치가 진해시에서 최초로 기획하고 있는 점이 주목된다. 경남 진해시는 오는 2006년 3월까지 450억원을 들여 경화동 진해항 일원 공유수면 30여만㎡를 매립, 해안도로와 소공원 등으로 개발하려 하고 있다. 전체 매립면적 가운데 14% 가량인 5만㎡는 인공갯벌 방식으로 매립, 수생 동·식물의 서식처로 조성하는 등 해양생태계를 보전하기로 했다. 이러한 공유수면 매립에 따른 환경파괴를 최소화하기 위한 인공갯벌은 국내 처음으로 도입되는 것이다(<그림 5.2.1>).

물론, 공유수면 매립시 일정한 지역을 인공갯벌로 조성한다는 것이 과연 진정한 의미에서 대체습지를 조성하는가 하는 것에는 의문이 없지 않지만 습지보전법에 명시된 지방자치단체로 하여금 생태계보전·습지환경개선 등을 위하여 인공갯벌을 조성하게 되었다는 점에서 의미가 있다고 볼 수 있다.

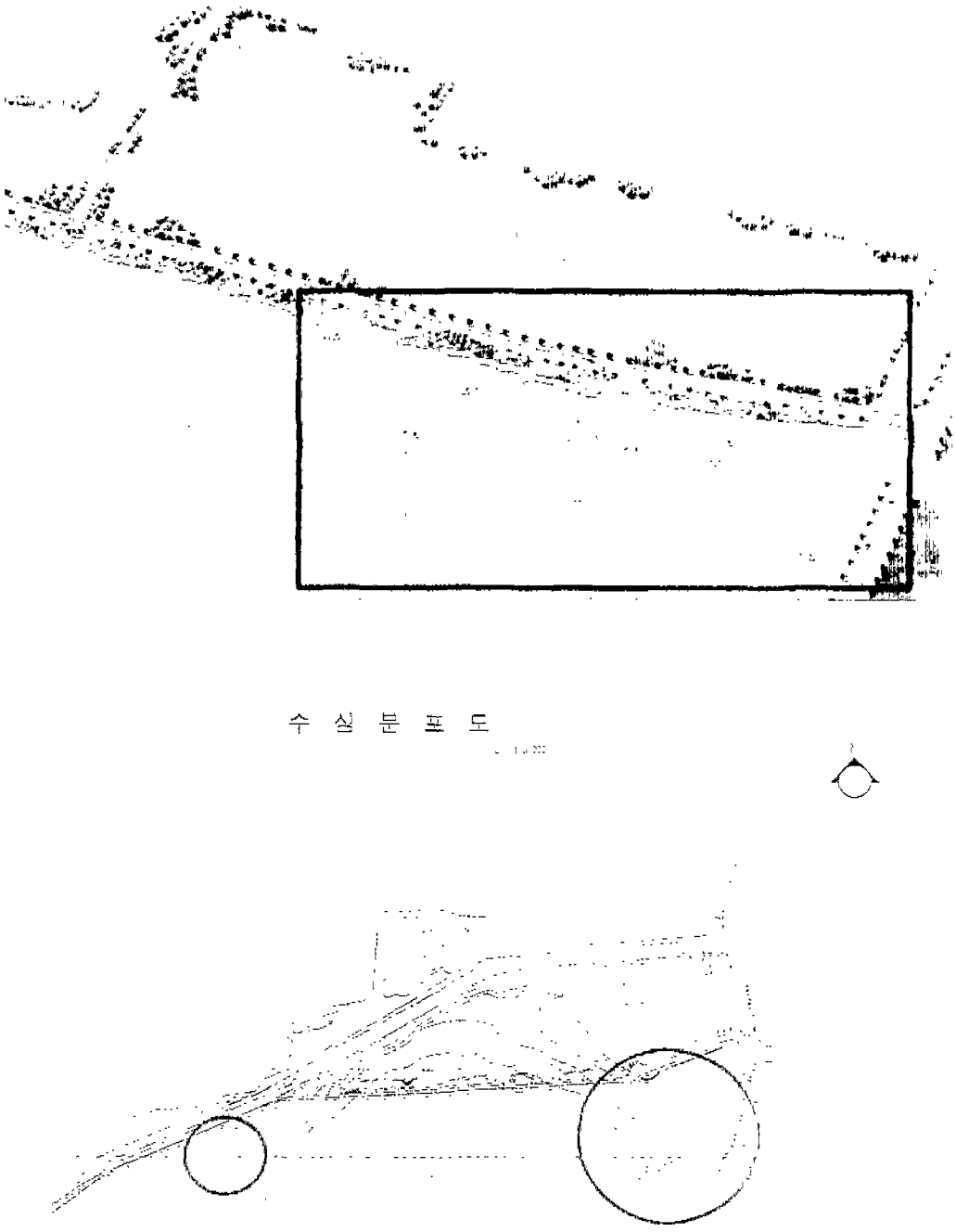
그리고 습지의 개념에서 조하대 한계수심을 설정하지 않음으로써 '연안습지'를 조간대(tidal flat)에 한정함으로써 조간대 밖의 생물분포대를 제외하고 있기 때문에 대체습지를 조성할 때 조간대만을 대체습지로 볼 것인지 또는 외해까지도 습지를 볼 것인지 현행 개념상 분명하지 않기 때문에 조하대 한계수심을 설정하여 습지의 개념을 명확하게 하여야 할 것이다.

나. 연안관리법

(1) 개요

연안관리법은 1999년 2월 8일 법률 제5,913호로 제정된 후, 2002년 12월 40일 법률 제6846호로 개정되었다. 동 법은 총5장 29조의 본문과 부칙으로 구성되어 있다. 동 법의 제정 목적은 연안의 효율적인 보전·이용·개발에 관하여 필요한 사항을 규정함으로써 연안환경을 보전하고 연안의 지속가능한 개발을 도모하여 연안을 쾌적하고 풍요로운 삶의 터전으로 조성하기 위해서이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.2.1> 진해시 경화동 인공갯벌 조성 대상지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2002년 동법은 산지의 종합적이고 체계적인 관리를 통하여 산림법에서 분리하여 새로이 제정한 산지관리법의 반영과 연안통합관리계획의 수립시 환경정책기본법상의 환경보전위원회의 심의를 받도록 하는 사항을 삭제하여 개정하였다.

(2) 주요내용

동 법은 연안의 효율적인 보전·이용·개발을 위해 제정된 법으로서 연안환경을 보전하기 위한 최상위의 법률로서 기능하고 있다. 동 법에서는 연안의 범위를 연안해역과 연안육역으로 하되, 연안해역은 바닷가와 영해로 하고, 연안육역은 해안선으로부터 최대 1㎞의 범위 안에서 연안통합관리계획에서 정하는 육지와 무인도서로 하고 있다(법 제2조 제1-3호).

第2條 (定義)
이 法에서 사용하는 用語의 定義는 다음과 같다.
1. "沿岸"이라 함은 沿岸海域과 沿岸陸域을 말한다.
2. "沿岸海域"이라 함은 다음 各目의 地域을 말한다.
가. 바닷가(滿潮水位線으로부터 地籍公簿에 登錄된 地域까지의 사이를 말한다)
나. 滿潮水位線으로부터 領海의 外側限界까지의 바다
3. "沿岸陸域"이라 함은 다음 各目의 地域을 말한다.
가. 無人島嶼
나. 沿岸海域의 陸地쪽 境界線으로부터 500미터(港灣法에 의한 指定港灣, 漁港法에 의한 第1種 漁港 및 第3種 漁港 또는 産業立地및開發에관한法律에 의한 産業團地의 경우에는 1千미터) 범위안의 陸地地域(河川法 第2條 第1項 第2號의 規定에 의한 河川區域을 제외한다)으로서 第5條의 規定에 의한 沿岸統合管理計劃에서 정한 地域

연안을 보전하기 위한 법정계획으로는 연안통합관리계획, 연안관리지역계획, 연안정비계획 등이 있다. 우선 연안을 종합적으로 보전·이용 및 개발하기 위하여 해양수산부장관은 중앙연안관리심의회의 심의를 거쳐 연안통합관리계획을 수립하고(법 제5조), 시·도지사 및 시장·군수·구청장은 관할 연안의 효율적인 보전·이용 및 개발을 위하여 연안통합관리계획의 범위 안에서 연안관리지역계획을 수립·시행(법 제8조)하도록 하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第5條 (沿岸統合管理計劃의 수립)

① 海洋水産部長官은 沿岸을 綜合的으로 보전·이용·開發하기 위하여 第22條의 規定에 의한 중앙연안관리심의회의 심의를 거쳐 沿岸統合管理計劃(이하 "統合計劃"이라 한다)을 수립한다.

② 海洋水産部長官은 統合計劃을 수립하고자 하는 때에는 미리 廣域市長·道知事(이하 "市·道知事"라 한다), 市長·郡守·區廳長(自治區의 區廳長을 말한다. 이하 같다) 및 관계專門家의 의견을 듣고 관계中央行政機關의 長과 協議하여야 한다.

③ 생략

第8條 (沿岸管理地域計劃의 수립 등)

① 市長·郡守·區廳長은 관할 沿岸의 효율적인 보전·이용 및 開發을 위하여 필요하다고 인정하는 地域에 대하여 統合計劃의 범위 안에서 沿岸管理地域計劃을 수립할 수 있다.

② 市·道知事는 관할沿岸의 효율적인 보전·이용 및 開發을 위하여 필요하다고 인정하는 地域으로서 第9條1項의 規定에 의하여 沿岸管理地域計劃이 告示되지 아니한 地域에 대하여 統合計劃의 범위 안에서 2이상의 市·郡·區(自治區를 말한다)에 걸쳐 沿岸管理地域計劃을 수립할 수 있다. 다만, 海洋水産部長官은 市·道知事가 2이상의 市·郡·區에 대한 沿岸管理地域計劃을 수립하는 것이 곤란하다고 인정하는 경우에는 第5條의 規定에 의한 統合計劃의 수립절차에 따라 당해沿岸管理地域計劃을 직접 수립할 수 있다.

③ 생략

④ 市·道知事 또는 市長·郡守·區廳長은 地域計劃을 수립하고자 하는 때에는 미리 大統領令이 정하는 바에 따라 公聽會를 開催하여 地域住民 및 관계專門家의 의견을 듣고, 관계行政機關의 長과 協議한 후 第23條의 規定에 의한 地域沿岸管理審議會의 審議를 거쳐 海洋水産部長官의 승인을 얻어야 한다.

⑤ 海洋水産部長官은 第4項의 規定에 의한 승인을 하고자 하는 경우에는 第22條의 規定에 의한 中央沿岸管理審議會의 審議를 거쳐야 한다.

그리고 해양수산부장관은 10년 단위로 연안정비사업을 위한 기본방향과 중·장기 계획 등을 내용으로 하는 연안정비계획을 수립하도록 하고 있으며(법 제13조 및 제14조), 연안정비계획에 따라 연안정비사업의 시행자를 항만구역 내 정비는 해양수산부장관이, 항만구역 외는 해양수산부령이 정하는 바에 따라 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 실시하도록 구분하여 해안을 보호·정비하도록 하고 있다(법 제16조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第13條 (沿岸整備計劃의 수립)

① 海洋水産部長官은 효율적인 沿岸整備事業을 위하여 10年 單位로 沿岸整備計劃(이하 "整備計劃"이라 한다)을 수립한다. 이 경우 다음 各號의 法律을 적용받는 沿岸에 대하여는 관계行政機關의 長의 요구가 있는 경우에 한하여 이를 수립한다.

1. 都市計劃法
2. 産業立地 및 開發에 관한 法律
3. 流通團地開發促進法
4. 自然環境保全法
5. 自然公園法
6. 獨島 등 島嶼地域의 生態系保全에 관한 特別法
7. 湖沼水質管理法
8. 水道法

② 海洋水産部長官은 整備計劃을 수립하고자 하는 때에는 미리 市·道知事의 의견을 듣고 관계中央行政機關의 長과 協議한 후 第22條의 規定에 의한 中央沿岸管理審議會의 審議를 거쳐야 한다.

③ 海洋水産部長官이 整備計劃을 수립한 때에는 지체없이 이를 官報에 告示하여야 한다.

第14條 (整備計劃의 내용)

整備計劃에는 다음 各號의 사항이 포함되어야 한다.

1. 沿岸整備事業의 基本方向
2. 沿岸整備事業의 中·長期 計劃
3. 沿岸整備事業의 年度別 내용 및 推進計劃
4. 기타 海洋水産部長官이 필요하다고 인정하는 사항

또한 연안정비사업 실시에 앞서 '연안정비사업실시계획'을 수립하여야 하며, 해양수산부장관 이외의 자가 연안정비사업을 수행할 경우에는 해양수산부장관의 승인을 받도록 하고 있다(법 제17조).

연안정비사업에 소요되는 비용은 시행자가 부담하며, 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 실시할 경우에는 정부의 예산범위 내에서 비용의 전부 또는 일부를 보조 또는 융자받을 수 있다(법 제20조). 다만 연안정비 원인제공자가 있을 경우에는 정비사업자가 비용의 전부 또는 일부를 원인제공자에게 부담시킬 수 있다(법 제21조). 이러한 원인자 부담원칙의 선언은 현대 환경법의 중요한 원칙으로 자리매김되어 있으며, 해양환경복원을 위한 중요한 원칙으로서 향후 대체습지 조성과 관련하여서도 이러한 원인자 부담원칙이 적용되어야 할 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第17條 (沿岸整備事業實施計劃의 수립 등)
① 第16條의 規定에 의한 沿岸整備事業의 施行者(이하 "沿岸整備事業施行者"라 한다)가 沿岸整備事業을 施行하고자 하는 때에는 整備計劃의 범위 안에서 大統領令이 정하는 바에 따라 沿岸整備事業實施計劃(이하 "整備實施計劃"이라 한다)을 수립하여야 하다.
② 海洋水産部長官이 아닌 沿岸整備事業施行者가 整備實施計劃을 수립하고자 하는 때에는 海洋水産部長官의 승인을 얻어야 한다. 이를 변경하고자 하는 때에도 또한 같다.
③ 海洋水産部長官은 직접 整備實施計劃을 수립하거나 第2項의 規定에 의하여 整備實施計劃을 승인하고자 하는 때에는 미리 관계行政機關의 長과 協議하여야 한다. 海洋水産部長官이 직접 수립한 整備實施計劃을 변경하고자 하는 때에도 또한 같다.
④ 海洋水産部長官은 직접 整備實施計劃을 수립 또는 변경하거나 第2項의 規定에 의하여 整備實施計劃을 승인한 때에는 지체없이 이를 官報에 告示하고, 관계行政機關의 長에게 통보하여야 한다.

第21條 (原因者 부담)
① 海洋水産部長官, 市·道知事 또는 市長·郡守·區廳長은 沿岸整備事業이 아닌 工事 또는 행위로 인하여 沿岸整備事業이 필요하게 된 경우에는 大統領令이 정하는 바에 따라 당해沿岸整備事業에 소요되는 費用의 전부 또는 일부를 原因을 제공한 工事의 施行者 또는行爲者로 하여금 부담하게 할 수 있다.
② 第1項의 規定에 의하여 費用을 부담하여야 할 者가 海洋水産部令이 정하는 기간 내에 그 費用을 납부하지 아니하는 경우에는 國稅 또는 地方稅 滯納處分의 예에 의하여 이를 徵收한다.

연안관리에 관한 계획의 실효성을 확보하기 위해 관계 행정기관의 장이 다른 법령에 의하여 연안의 보전·이용 등에 관한 행위를 하고자 하는 때에는 연안통합관리계획 및 연안관리지역계획을 준수하도록 하고 있다(법 제12조).

第12條 (統合計劃등의 준수)
관계行政機關의 長은 沿岸에서 沿岸의 보전·이용 및 開發에 관한 행위를 하고자 하는 경우에는 統合計劃 및 地域計劃에 적합하게 하여야 한다.

연안통합관리계획 및 연안정비기본계획 등을 심의하기 위하여 해양수산부장관소속하에 중앙연안관리심의회를 연안관리지역계획 등을 심의하기 위하여 시·도지사소속하에 지역연안관리심의회를 각각 두도록(법 제22조 및 제23조) 하여 연안관리를

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2단계의 심의를 거치도록 함으로써 연안환경을 보전하고 연안의 지속가능한 개발을 도모하도록 하고 있다.

第22條 (中央沿岸管理審議會)
① 沿岸管理에 관한 다음 各號의 사항을 審議하기 위하여 海洋水産部長官소속하에 中央沿岸管理審議會를 둔다.
1. 統合計劃 및 地域計劃의 수립·변경에 관한 사항
2. 整備計劃의 수립·변경에 관한 사항
3. 기타 海洋水産部長官이 필요하다고 인정하는 사항
② 삭제 <2002.12.30>
③ 中央沿岸管理審議會의 구성 및 운영 등에 관하여 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

第23條 (地域沿岸管理審議會)
① 地域計劃의 수립·변경 기타 관할 沿岸의 관리에 관한 중요사항을 審議하기 위하여 市·道知事소속하에 地域沿岸管理審議會를 둔다.
② 地域沿岸管理審議會의 機能, 구성 및 운영 등에 관하여 필요한 사항은 당해 市·道의 條例로 정한다.

(3) 대체습지조성과의 관련성

연안관리법과 대체습지조성과의 관련성은 국가의 법정계획인 연안통합관리계획과 연안정비계획을 통해 대체습지를 조성할 수 있는 길을 열어 놓고 있다는 것이다. 우선 연안통합관리계획은 훼손된 연안을 복원·개선하는 연안해역 개선사업으로 훼손된 갯벌 및 철새도래지를 복원하기 위한 습지개선사업 시행 등을 들고 있으며, 또한 개발에 의해 훼손이 심각하거나 오염원 유입이 집중되는 지역에서의 습지복원사업을 시행하고 있다.

그리고 연안정비계획은 연안재해로부터 해안을 보호하고 훼손된 해안을 정비하는 연안보전사업, 연안해역의 정화, 폐선제거 등 연안해역을 보전·개선하는 사업을 해역개선사업, 연안을 쾌적하게 이용할 수 있도록 휴식 공간 등을 조성하는 친수연안조성사업으로 연안정비사업을 추진토록 하고 있는데, 이러한 연안정비사업 중에서도 특히 해역개선사업을 대체습지 조성을 위한 근거로 해석할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 자연환경보전법

(1) 개요

자연환경보전법은 1991년 12월 31일 법률 제4492호로 제정된 후 2002년 12월 30일 법률 제6846호로 개정되었으며, 총7장 68조의 본문과 부칙으로 구성되어 있다. 동 법의 제정목적은 "자연환경을 인위적 훼손으로부터 보호하고, 다양한 생태계를 보전하며, 야생 동·식물의 멸종을 방지하는 등 자연환경을 체계적으로 보전·관리함으로써 국민이 쾌적한 자연환경에서 여유 있고 건강한 생활"을 할 수 있도록 하기 위해서이다.

(2) 주요내용

이 법에서 사용하는 '자연환경보전'이라 함은 자연환경을 체계적으로 보존·보호 또는 복원하고 생물다양성을 높이기 위하여 자연을 조성하고 관리하는 것을 포함하는 광의의 의미로 사용된다.

> 第2條 (定義)
> 이 法에서 사용하는 用語의 定義는 다음과 같다. <개정 2001.4.7>
> 1. "自然環境保全"이라 함은 自然環境을 體系的으로 보존·보호 또는 復元하고 生物多樣性을 높이기 위하여 自然을 조성하고 관리하는 것을 말한다.
> 11. "代替自然"이라 함은 기존의 生態系와 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위하여 조성하는 것을 말한다.

자연환경보전 기본방침에 "산·하천·습지·농지·도서·해양 등에 있어 생태적 건전성의 향상 및 생태통로·소생태계·대체자연의 조성 등을 통한 생물다양성의 보전"을 포함하고 있다(법 제6조 2항 4호). 여기서 '대체자연'이라 함은 "기존의 생태계와 유사한 기능을 수행하거나 보완적 기능을 수행하도록 하기 위하여 조성하는 것"(법 제2조 11호)으로서 대체습지 조성을 포함하는 것으로 해석할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第6條 (自然環境保全基本方針)

① 環境部長官은 이 法의 目的과 第3條의 規定에 의한 自然環境保全基本原則을 실현하기 위하여 關係中央行政機關의 長 및 特別市長·廣域市長·道知事(이하 "市·道知事"라 한다)의 의견을 듣고 국무회의의 審議를 거쳐 自然環境保全을 위한 基本方針(이하 "自然環境保全基本方針"이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2002.12.30>

② 第1項의 規定에 의한 自然環境保全基本方針에는 다음 各號의 사항이 포함되어야 한다.

1. 自然環境의 體系的 보전·관리, 自然의 지속가능한 이용
2. 중요하게 보전하여야 할 生態系의 선정, 滅種危機野生動·植物 및 保護野生動·植物의 보호
3. 生態系保全地域의 관리 및 해당 地域住民의 삶의 質 향상
4. 山·河川·濕地·農地·島嶼·海洋등에 있어 生態的 건전성의 향상 및 生態通路·小生態系·代替自然의 조성 등을 통한 生物多樣性의 보전
5. 自然環境에 관한 國民敎育과 民間活力의 증진
6. 自然環境保全에 관한 國際協力
7. 기타 自然環境保全에 관하여 大統領令이 정하는 사항

③ 環境部長官은 第1項의 規定에 의하여 自然環境保全基本方針을 수립한 때에는 이를 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事에게 통보하여야 한다.

그리고 멸종위기 야생 동·식물 또는 보호야생 동·식물의 서식지·도래지로서 중요하거나 생물다양성이 풍부하여 특별히 보전할 가치가 큰 지역 등을 "생태계보전지역"으로 지정·고시하여 특별히 관리토록 하고 있다(법 제3장). 특히 해양생태계가 특히 우수하거나 생물다양성이 풍부한 지역을 해양생태계특별보호구역으로 지정하도록 하고 있다(법 제18조 2항3호).

제31조에서는 환경부장관으로 하여금 다음 조건에 해당하는 생태계를 우선보호대상 생태계로 구분하고 관계중앙행정기관의 장 및 시·도지사와 협조하여 해당 생태계의 보호·복원대책을 마련하여 추진할 수 있도록 하고 있다.

또한 제38조에서는 정부로 하여금 생태계의 기능·복원에 관한 연구·기술개발을 의무화하고 있으므로 동 조문을 대체습지 조성을 위한 근거규정으로 활용할 수 있을 것이다. 그러나 동 규정은 그 구체적인 방법에 대한 규정이 없는 선언적 규정에 그치고 있어 이에 대한 보완이 필요한 것으로 판단된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第18條 (生態系保全地域)

① 生態系保全地域은 生態·自然圖에 의하여 1等級 圈域으로 분류된 地域 또는 다음 各號의 1에 해당하는 地域으로서 生態系를 특별히 보전할 필요가 있는 地域중에서 당해지역 住民과 地方自治團體의 長 및 利害關係者의 의견을 수렴하여 정한다.

1. 自然狀態가 原始性을 유지하고 있거나 生物多樣性이 풍부하여 學術的 硏究價値가 큰 地域
2. 地形 또는 地質이 특이하여 學術的 硏究 또는 自然景觀의 유지를 위하여 보전이 필요한 地域
3. 滅種危機野生動·植物 또는 保護野生動·植物의 棲息地·渡來地 등으로서 보전의 가치가 있다고 인정되는 地域
4. 각종의 多樣한 生態系를 대표할 수 있는 地域 또는 生態系의 標本地域

② 生態系保全地域안에서 특별히 滅種危機野生動·植物등을 보호하거나 生態系의 훼손을 방지할 필요가 있는 區域에 대하여는 최소한의 범위 안에서 다음 各號의 구분에 따라 生態系特別保護區域을 大統領令으로 정할 수 있다.

1. 野生動·植物特別保護區域 : 滅種危機野生動·植物 또는 保護野生動·植物의 보호를 위하여 필요한 地域
2. 自然生態系特別保護區域 : 第1號 및 第3號외의 地域으로서 自然生態系가 특히 우수하거나 生物多樣性이 풍부한 地域 또는 취약한 生態系로서 훼손되는 경우 復元하기 어려운 地域
3. 海洋生態系特別保護區域 : 海洋生態系가 특히 우수하거나 生物多樣性이 풍부한 地域

③ 生態系保全地域이 軍事目的上 또는 天災·地變 기타 사유로 인하여 第1項의 規定에 의한 生態系保全地域으로서의 價値를 상실하거나 보전할 필요가 없게 된 경우에는 그 地域을 解除·변경할 수 있다.

第31條 (우선보호대상 生態系의 復元 등)

環境部長官은 다음 各號의 1에 해당하는 경우 關係中央行政機關의 長 및 市·道知事와 협조하여 해당 生態系의 保護·復元對策을 마련하여 추진할 수 있다.

1. 滅種危機野生動·植物의 주된 棲息地 또는 渡來地로서 파괴·훼손 또는 斷片化등으로 인하여 種의 存續이 위협을 받고 있는 경우
2. 自然性이 특히 높거나 취약한 生態系로서 그 일부가 파괴·훼손되거나 교란되어 있는 경우
3. 生物多樣性이 특히 높거나 특이한 自然으로서 훼손되어 있는 경우

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第38條 (生物多樣性의 硏究·技術開發 등)

① 政府는 自然環境의 調査, 生態系의 體系·機能·復元에 대한 硏究, 生物多樣性構成要素의 棲息地 및 棲息地外에서의 보전, 生態系危害動·植物의 관리상황 등에 관하여 硏究 및 技術開發을 하여야 한다.

② 政府는 生物多樣性의 보전과 生物多樣性構成要素의 지속가능한 이용을 위하여 별도의 보전조치가 필요하거나 社會的·經濟的·文化的·科學的 가치가 있는 生物多樣性構成要素의 分布狀態·變化推移등과 生物多樣性의 보전과 生物多樣性構成要素의 지속가능한 이용에 부정적 영향을 미칠 수 있는 개발행위 등에 대하여 필요한 調査를 실시하여야 한다. 다만, 第32條 또는 第33條의 規定에 의한 調査로 갈음할 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 政府는 第2項의 規定에 의한 生物多樣性構成要素 등의 조사결과를 분석·평가·기록하여 그 정보를 體系的으로 관리하고, 이를 生物資源의 보전에 적절하게 이용할 수 있도록 第37條第1項의 規定에 의한 生物多樣性對策에 반영하여야 한다.

④ 第2項의 規定에 의한 調査의 대상·방법 기타 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

한편, 생태계보전을 위한 재원확보를 위해 생태계에 미치는 영향이 현저하거나 생물다양성의 감소를 초래하는 개발사업 시행자에게 생태보전협력기금을 부과·징수하는 생태보전협력기금제도를 마련하였다(법 제49조). 생태보전협력기금 부과대상이 되는 사업은 i) 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 제4조의 규정에 의한 환경영향평가대상사업, ii) 광업법 제4조의 규정에 의한 광업 중 대통령령이 정하는 규모이상의 노천탐광·채굴, iii) 기타 생태계에 미치는 영향이 현저하거나 자연자산을 이용하는 사업중 대통령령이 정하는 사업이다(법 제49조 2항). 이러한 사업에 부과되는 생태계보전협력금은 5억원의 범위 안에서 생태계의 훼손면적에 단위면적당 부과금액과 지역계수를 곱하여 산정·부과하며(법 제49조 3항), 생태계의 훼손면적을 산정하는 방법은 다음에 해당하는 훼손행위가 발생한 지역의 면적을 기준으로 한다. 첫째, 토양의 표토층을 제거·굴착 또는 성토하여 생태적으로 보전가치가 큰 야생 동·식물의 서식처를 파괴하는 행위, 둘째, 식물이 군락을 이루며 서식하는 지역을 제거하거나 파괴하는 행위, 셋째, 습지·갯벌 등 생물다양성이 풍부한 지역을 개간·준설·매립 또는 간척하는 행위 중 하나에 해당하는 훼손행위가 발생한 지역의 면적을 말한다(영 제47조 1항). 그러나 지적법에 의한 지목이 대·공장용지·학교용지·도로·철도용지·체육용지 및 유원지인 토지의 면적이나 시설물이 설치된 토지의 면적의 경우 생태계 훼손면적에서 제외하고 있다. 이러한 생태계 훼손면적의 경우 대체습지조성에 있어서 순수한 습지조성에서 제외하여야 할 생태교육장이

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나 탐방로 등과 같은 개념을 설정하는데 보여주는 바가 크다고 생각된다. 한편, 국방·군사시설사업에 관한 법률에 의한 국방·군사시설사업에 대하여는 생태계보전협력금을 면제(법 제49조 3항, 영 제49조)하여 적용 제외 대상을 명시하고 있다.

第49條 (生態系保全協力金)

① 環境部長官은 自然環境을 體系的으로 보전하고 自然資産을 관리·활용하기 위하여 自然環境 또는 生態系에 미치는 영향이 현저하거나 生物多樣性의 감소를 초래하는 開發事業을 하는 事業者에 대하여 生態系保全協力金을 賦課·徵收한다.

② 第1項의 規定에 의한 生態系保全協力金의 賦課對象이 되는 事業은 다음 各號와 같다.

1. 環境·交通·災害등에관한影響評價法 第4條의 規定에 의한 環境影響評價對象事業
2. 鑛業法 第4條의 規定에 의한 鑛業중 大統領令이 정하는 규모이상의 노천탐광·채굴
3. 기타 生態系에 미치는 영향이 현저하거나 自然資産을 이용하는 事業중 大統領令이 정하는 事業

③ 제1항의 규정에 의한 생태계보전협력금은 5억원의 범위 안에서 생태계의 훼손면적에 단위면적당 부과금액과 지역계수를 곱하여 산정·부과한다. 다만, 국방목적의 사업 중 대통령령이 정하는 사업에 대하여는 생태계보전협력금을 감면할 수 있다.

④ 제1항의 규정에 의한 생태계보전협력금의 징수절차·감면기준·단위면적당 부과금액 및 지역계수 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. 이 경우 단위면적당 부과금액은 훼손된 생태계의 가치를 기준으로 하고, 지역계수는 국토이용관리법 및 도시계획법에 의한 토지의 용도를 기준으로 하되, 공유수면관리법에 의한 바다·바닷가 중 항만법에 의한 항만구역의 경우에는 도시계획법에 의한 녹지지역의 지역계수를, 그 외 지역의 경우에는 국토이용관리법에 의한 자연환경보전지역의 지역계수를 준용한다.

⑤ 第1項의 規定에 의한 生態系保全協力金 및 第51條第1項의 規定에 의한 加算金은 環境改善特別會計法에 의한 環境改善特別會計의 歲入으로 한다.

⑥ 환경부장관은 제61조제1항의 규정에 의하여 시·도지사에게 생태계보전협력금 또는 가산금의 징수에 관한 권한을 위임한 경우에는 징수된 생태계보전협력금 및 가산금의 100분의 50에 상당하는 금액을 당해 사업지역을 관할하는 시·도지사에게 교부할 수 있다. 이 경우 시·도지사는 대통령령이 정하는 바에 따라 교부금의 일부를 생태계보전협력금의 부과·징수비용으로 사용할 수 있다.

⑦ 환경부장관은 생태계보전협력금을 납부한 자가 환경부장관의 승인을 얻어 대체자연의 조성, 생태계의 복원 등 대통령령이 정하는 자연환경보전사업을 시행한 경우에는 생태계보전협력금의 일부를 돌려줄 수 있다.

⑧ 제7항의 규정에 의한 승인 및 생태계보전협력금의 반환에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

영 제46조 (생태계보전협력금의 부과대상사업)

법 제49조제2항제2호에서 "대통령령이 정하는 규모"라 함은 10만제곱미터를 말한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

영 제47조 (생태계 훼손면적의 산정)

① 법 제49조제3항 본문의 규정에 의한 생태계의 훼손면적은 다음 각호의 1에 해당하는 훼손행위가 발생한 지역의 면적을 말한다.

1. 토양의 표토층을 제거·굴착 또는 성토하여 생태적으로 보전가치가 큰 야생동·식물의 서식처를 파괴하는 행위
2. 식물이 군락을 이루며 서식하는 지역을 제거하거나 파괴하는 행위
3. 습지·갯벌 등 생물다양성이 풍부한 지역을 개간·준설·매립 또는 간척하는 행위

② 제1항의 규정에 불구하고 다음 각호의 1에 해당하는 면적은 생태계의 훼손면적에서 제외한다.

1. 지적법에 의한 지목이 대·공장용지·학교용지·도로·철도용지·체육용지 및 유원지인 토지의 면적
2. 제1호 외의 토지 중에서 시설물이 설치된 토지의 면적

영 제48조 (생태계보전협력금의 부과·징수)

① 법 제49조제3항 본문의 규정에 의한 생태계보전협력금의 단위면적당 부과금액은 제곱미터당 250원으로 한다.

② 법 제49조제3항 본문의 규정에 의한 지역계수는 다음 각호와 같다. 이 경우 토지의 용도는 법 제49조제2항의 규정에 의한 생태계보전협력금 부과대상사업의 인·허가 등 처분시의 토지의 용도(부과대상사업의 시행을 위하여 토지의 용도를 변경하는 경우에는 변경전의 용도를 말한다)에 의한다.

1. 주거지역·상업지역·공업지역 및 계획관리지역 : 지적법에 의한 지목이 전·답·임야·염전·하천·유지 및 공원에 해당하는 경우에는 1, 그 밖의 지목인 경우에는 0
2. 녹지지역 : 2
3. 생산관리지역 : 2.5
4. 농림지역 : 3
5. 보전관리지역 : 3.5
6. 자연환경보전지역 : 4

③ 환경부장관은 생태계보전협력금의 부과금액이 1천만원을 초과하는 때에는 3년 이내의 기간을 정하여 분할하여 납부하게 할 수 있다. 다만, 그 분할납부기간은 사업기간을 초과할 수 없다.

④ 환경부장관은 생태계보전협력금을 부과하고자 하는 때에는 3월간의 납부기간을 정하여 납부개시 5일전까지 서면으로 통지하여야 한다.

영 제49조 (생태계보전협력금의 감면)

법 제49조제3항 단서의 규정에 의하여 국방·군사시설사업에 관한 법률 제2조 제1항 제1호 내지 제6호의 규정에 의한 국방·군사시설사업에 대하여는 생태계보전협력금을 면제한다. 다만, 군인복지기금법 제2조제1호 및 제2호의 규정에 의한 군 복지시설 및 체육시설의 설치사업을 제외한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.3>생태계보전협력금제도의 주요 개선내용

구 분	기 존	현 행
부과 대상	환경영향평가 대상사업 10만㎡ 이상 노천탐광·채굴	(기존과 같음)
산정 방법	총사업비 기준 (총사업비의 1.0/1000~1.5/1000)	생태계 훼손정도 기준 (훼손면적×단위면적당 부과금액×지역계수) - 단위면적당 부과금액 : 250원/㎡ - 지역계수 · 주거·상업·공업·계획관리지역 1 또는 0 · 녹지지역 2 · 생산관리지역 2.5 · 농림지역 3 · 보전관리지역 3.5 · 자연환경보전지역 4 · 바다·바닷가 : 4(단, 항만구역의 경우 2) ※ 상한액 : 5억원
감면 대상	공공사업에 대하여 광범위한 감면	국방·군사시설사업에 관한 법률에 의한 국방·군사시설사업에 한하여 면제 - 군부대 시설, 연구 및 시험시설, 군용 유류 및 폭발물 저장시설, 진지구축시설, 군사목적상 직접 필요한 시설물 등 ※ 골프장, 휴양소 및 콘도미니엄, 복지회관은 면제대상에서 제외
납부 방법	납부액이 1천만원을 초과하는 경우, 1년내 분할납부 가능	납부액이 1천만원을 초과하는 경우, 3년내 분할납부 가능
반환	(없 음)	생태통로 설치, 대체자연의 조성, 훼손지 복원사업 등 시행시 납부액의 50% 범위내에서 실제 투자된 금액 반환

※ 관리지역이 세분화(계획·생산·보전관리지역)되기 전까지는 기존의 지역계수
(준도시지역 1 또는 0, 준농림지역 2) 적용

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

생태보전협력기금은 과거 총사업비 기준에서 생태계 훼손면적에 단위면적당 부과금액과 지역계수를 곱하여 산정(법 제49조 3항)하는 방식[1]으로 전환하여 자연환경보전 기본정신을 충실히 하였다. 이 경우 단위면적당 부과금액은 훼손된 생태계의 가치를 기준으로 하고, 지역계수는 국토이용관리법 및 도시계획법에 의한 토지의 용도를 기준으로 하되, 공유수면관리법에 의한 바다·바닷가 중 항만법에 의한 항만구역의 경우에는 도시계획법에 의한 녹지지역의 지역계수를, 그 외 지역의 경우에는 국토이용관리법에 의한 자연환경보전지역의 지역계수를 준용한다[2](법 제49조 4항). 이 때 단위면적당 부과금액은 250원/㎡이고(영 제48조 1항), 지역계수는 다음과 같이 7개 지역으로 나누고 있다. 첫째, 주거지역·상업지역·공업지역 및 계획관리지역으로서 지적법에 의한 지목이 전·답·임야·염전·하천·유지 및 공원에 해당하는 경우에는 1, 그 밖의 지목인 경우에는 0으로 하고, 둘째, 녹지지역의 경우에는 2, 셋째, 생산관리지역의 경우에는 2.5이고, 넷째, 농림지역의 경우에는 3, 다섯째, 보전관리지역은 3.5, 자연환경보전지역은 4, 그리고 바다·바닷가는 4(단, 항만법에 의한 항만구역의 경우 2)로 하고 있다. 다만, 관리지역이 계획관리지역·생산관리지역 및 보전관리지역으로 세분화되기 전까지 관리지역의 지역계수는 종전의 지역계수를 그대로 적용하고 있는 바, 준도시지역에 있어서 지적법에 의한 지목이 전·답·임야·염전·하천·유지 및 공원에 해당하는 경우에는 1, 그 밖의 지목인 경우에는 0으로 하고 준농림지역의 경우에는 2로 하고 있다.

생태계보전협력금 및 가산금은 환경개선특별회계법에 의한 환경개선특별회계의 세입으로 하며(법 제49조 6항), 특정한 사업에 사용할 수 있도록 하고 있다. 그 중에서도 공유수면관리법 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위해서만 사용하도록 제한하였다(법 제52조). 동 규정의 경우 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금의 경우 바다와 바닷가의 해양환경보전사업을 위해 사용하도록 하여 해양환경보전에 긍정적인 효과를 볼 수 있다.

---

1) 부과금액 =생태계 훼손면적× 단위면적당 부과금액 × 지역계수

2) 종전에는 국토를 도시지역과 비도시지역으로 구분하여 도시지역에는 도시계획법, 비도시지역에는 국토이용관리법으로 이원화하여 운용하였으나, 국토의 난개발문제가 대두됨에 따라 2003년 1월 1일부터는 도시계획법과 국토이용관리법을 통합하여 비도시지역에도 도시계획법에 의한 도시계획기법을 도입할 수 있도록 "국토계획 및 이용에 관한 법률"을 제정하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第52條 (生態系保全協力金의 용도)

생태계보전협력금 및 제49조제6항의 규정에 의하여 교부된 금액은 다음 각호의 용도에 사용하여야 한다. 다만, 公有水面管理法 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위하여 사용하여야 한다.

1. 生態系 및 生物種의 保全事業
2. 第10條의 規定에 의한 棲息地外保全機關의 지원
3. 第16條의 規定에 의한 生物多樣性管理契約의 이행
4. 第19條의 規定에 의한 生態系保全地域管理基本計劃의 施行
5. 第24條의 規定에 의한 生態系 보전을 위한 土地등의 확보
6. 第25條의 規定에 의한 生態系保全地域등의 土地등의 買收
7. 第26條第1項의 規定에 의한 淨化施設의 설치 지원
8. 第28條의 規定에 의한 自然留保地域의 生態系 보전
9. 第31條의 規定에 의한 우선보호대상 生態系의 復元
10. 第40條第4項의 規定에 의한 生態系危害外來動·植物을 제거하기 위한 技術·製品의 개발, 天敵의 硏究등
11. 第42條의 規定에 의한 自然環境保全·利用施設의 설치·운영
12. 第46條의 規定에 의한 生態觀光의 육성
13. 第53條의 規定에 의한 土地등의 收用·사용
14. 第54條의 規定에 의한 損失補償
15. 第58條의 規定에 의한 民間自然環境保全團體의 육성
16. 기타 大統領令이 정하는 바에 의하여 環境部長官이 정하는 事業

제52조의3 (생태계보전협력금의 반환)

① 법 제49조제7항에서 "대통령령이 정하는 자연환경보전사업"이라 함은 다음 각호의 사업을 말한다. 다만, 법 제49조제2항의 규정에 의한 생태계보전협력금의 부과대상 사업의 일부로서 추진되는 사업을 제외한다.

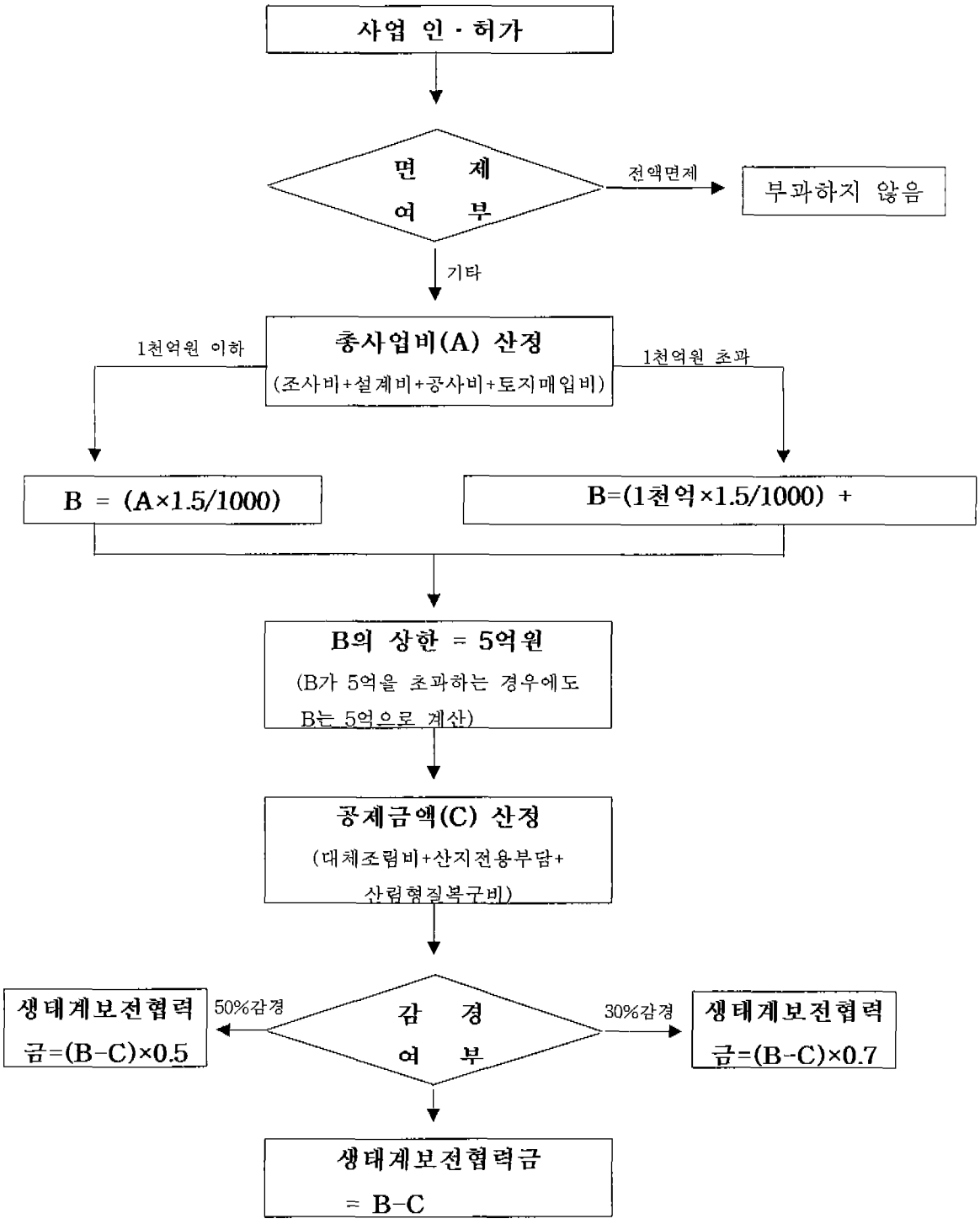
1. 법 제2조제9호의 규정에 의한 생태통로 조성사업
2. 법 제2조제10호의 규정에 의한 소생태계 조성사업
3. 법 제2조제11호의 규정에 의한 대체자연 조성사업
4. 법 제42조의 규정에 의한 자연환경보전·이용시설의 설치사업
5. 기타 훼손된 생태계의 복원을 위한 사업

② - ⑥ 생략

⑦ 제3항의 규정에 의하여 승인을 얻은 사업자에게 돌려 줄 수 있는 생태계보전협력금은 법 제49조제3항의 규정에 의하여 당해 사업자가 납부한 생태계보전협력금의 100분의 50의 범위안에서 승인을 얻은 사업에 실제로 투자된 금액으로 한다.

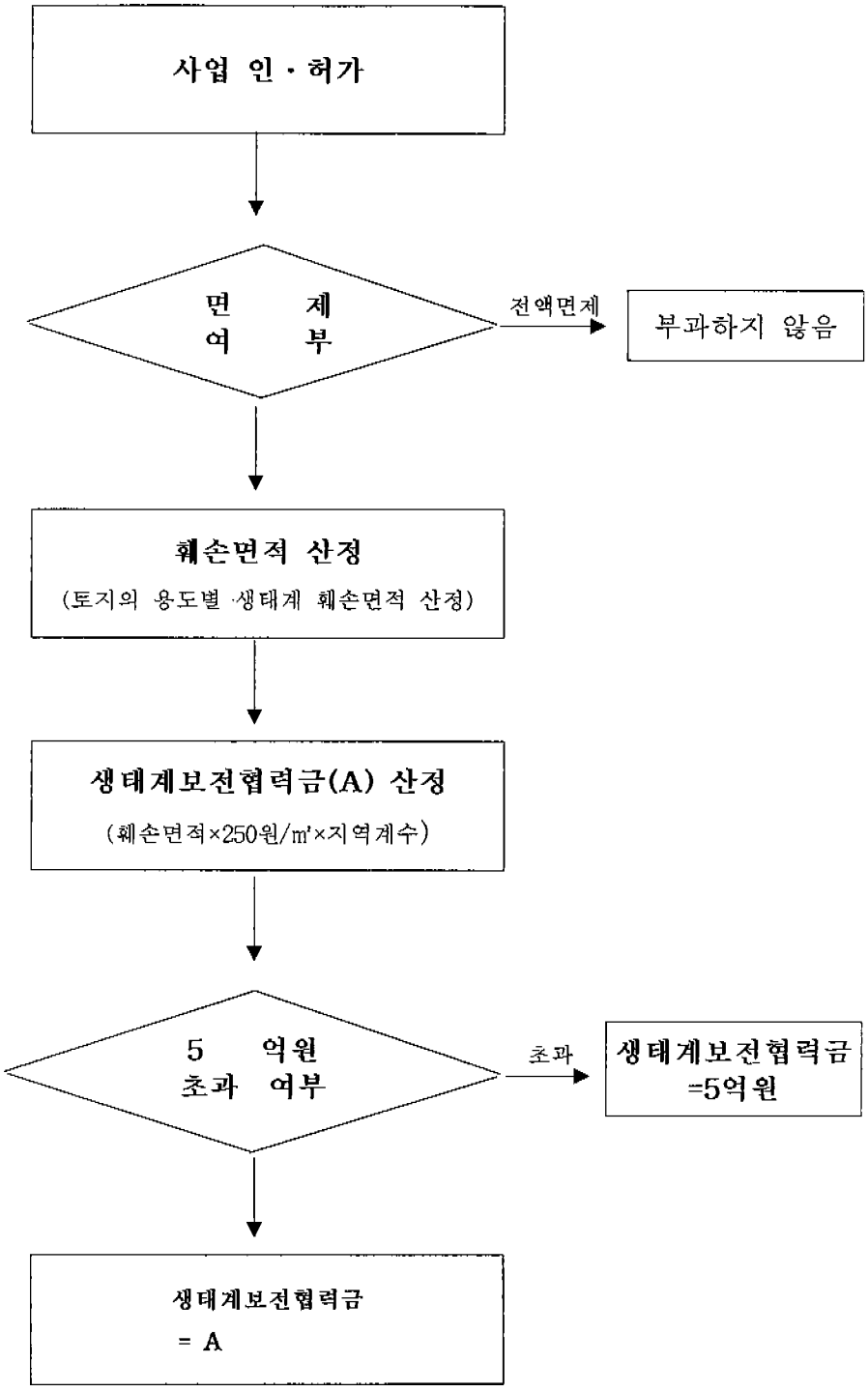
⑧ 환경부장관은 제3항의 규정에 의하여 승인을 얻은 사업의 추진효과가 미미하거나 승인조건을 이행하지 아니한 경우에는 제7항의 규정에 의하여 산정된 금액의 일부를 감액하는 등 필요한 조치를 할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.2.2>생태계보전협력금 산정 흐름도(개정전)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.2.3>생태계보전협력금 산정 흐름도(개정후)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.4> 생태계보전지역 지정현황

지역명	위 치	면적(㎢)	특 징	지정일자
계	18개지역	191.572		
환경부 지정(8개소, 139.76㎢)				
낙동강 하구	부산 사하구 신평, 장림, 다대동 일원 해면 및 강서구 명지동 하단 해면	34.20	철새도래지	'89.3.10
지리산	전남 구례군 산동면 심원계곡 및 토지면 피아골 일원	20.20	극상원시림 (구상나무 등)	'89.12.29
대암산	강원 인제군 서화면 대암산의 큰용늪과 작은용늪 일원	1.06	우리나라 유일의 고층습원	'89.12.29 ('97.3 람사등록)
우포늪	경남 창녕군 대합면, 이방면, 유어면, 대지면 일원	8.54	우리나라 最古의 원시 자연늪	'97.7.26 ('98.3 람사 등록)
무제치늪	울산 울주군 삼동면 조일리 일원	0.18	희귀야생 동·식물이 서식하는 산지습지	'98.12.31
섬진강 수달서식지	전남 구례군 문척면, 간전면, 토지면 일원	1.83	멸종위기동물인 수달의 서식지	2001.12.1
고산봉 붉은박쥐서식지	전남 함평군 대동면 일원	8.78	멸종위기동물인 박쥐의 서식지	2002.5.1
동강유역	강원 영월군 영월읍, 정선군 정선신·동읍, 평창군 미탄면 일원	64.97	지형·경관 우수 희귀야생동·식물 서식	2002.8.9

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.4> 계속

해양수산부 지정(2개소, 14.323㎢)

신두리사구 해 역	충남 태안군 원북면 신두리 일원	0.639	다양한 식생과 특이한 지형	2002.10.9
문섬 등 주변해역	제주 서귀포시 강정동, 법환동, 서귀동, 토평동, 보목동 일원	13.684	국내 유일의 산호군락지 다양한 해조류 군락 존재	2002.11.5

시·도지사 지정(8개소, 37.489㎢)

대덕산·금대봉	강원 태백시, 삼척군, 정선군	4.20	희귀야생 동·식물 집단 서식지	'93.4.26
광양 백운산	전남 광양군 옥룡면, 진상면, 다압면	9.74	자연경관 수려 및 원시 자연림	'93.4.26
조종천 상류, 명지산, 청계산	경기 가평군, 포천군	21.84	희귀곤충상 및 식물상이 다양하고 풍부한 지역	'93.9.1
거제시 고란초서식지	경남 거제시 하청면 덕곡리 산 144-3	0.002	고란초 집단자생지	'95.10.2
한강 밤섬	서울 영등포구 여의도동 84-4 및 마포구 당인동 314	0.241	철새도래지, 서식지	'99.8.10
둔촌동 자연습지	서울 강동구 둔촌동 211	0.005	도시지역의 자연습지	2000.3.6
방이동 습지	서울 송파구 방이동 439-2	0.056	도시지역의 습지	2002.4.15
탄천	서울 송파구 가락동, 강남구 수서동	1.405	도심속의 철새도래지	2002.4.15

그러나 한편으로는 이러한 생태계보전협력금의 부과가 자칫 개발에 대한 면죄부가 되어서는 곤란하기 때문에 대체습지조성과 관련하여서는 현행 생태계보전협력금의 부과가 실질적인 대체습지조성에 어떠한 도움을 줄 수 있을 것인지를 판단하는 것도 중요한 문제라고 보여진다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(3) 대체습지조성과의 관련성

자연환경보전법과 대체습지조성과의 관련성은 생태계보전협력금의 부과에 있어서 공유수면관리법 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위해서만 사용하도록 제한하여(법 제52조), 동 협력금으로 조성된 기금을 해양환경보전사업에 사용할 수 있어 향후 대체습지조성 사업에 긍정적인 영향이 있을 것으로 기대된다는 것이다.

그러나 생태계보전협력금으로 부과된 액수가 너무 적고 상한액이 5억원으로 제한되어 있기 때문에 동 협력금의 부과가 습지 및 해양자연환경보전사업에 실질적인 도움을 줄 수 있는 수준의 기금인지 또는 공유수면매립에 따른 대체습지조성비용으로 충당하기에 적당한지에 대한 의문이 있다. 따라서 생태보전협력금과는 별도로 가칭 '대체습지조성금'을 부과토록 하는 방안을 적극적으로 검토할 필요가 있다. 이 때에는 부과대상, 부과시점, 부과금액의 산정기준, 부과 및 징수절차등과 관련된 업무편람이 작성되어야 할 것이다.

한편, 동법 제49조 7항에 생태계보전협력금을 납부한 자가 환경부장관의 승인을 얻어 대체자연의 조성, 생태계의 복원 등 대통령령이 정하는 자연환경보전사업을 시행한 경우에는 생태계보전협력금의 일부를 반환받을 수 있도록 하고 있다. 이러한 생태보전협력금의 반환조건에 대해 대체자연 조성 또는 생태계 복원의 성공여부에 대한 판단기준과 지속적인 관리의무 부과가 동시에 입법화되어만 성공적인 대체자연 조성 및 생태계 복원이 이루어질 것이다.

라. 공유수면매립법

(1) 개요

공유수면매립법은 1962년 1월 20일 법률 제986호로 제정된 후, 2002년 12월 30일 법률 제6842호로 개정되었으며, 총 7장 43조의 본문과 부칙으로 구성되어 있다. 동법의 제정 목적은 공유수면을 환경친화적으로 매립하여 합리적으로 이용하게 함으로써 공공의 이익을 증진하고 국민경제의 발전에 이바지하기 위해서이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 주요내용

공유수면매립법은 국토의 전체적인 기능 및 용도에 맞고 환경과 조화되도록 공유수면을 이용·관리하기 위하여 해양수산부장관으로 하여금 10년마다 연안관리법에 의한 중앙연안관리심의회의 심의를 거쳐 공유수면매립기본계획을 수립하도록 하고 있다(법 제4조 1항). 해양수산부장관은 매립기본계획을 수립하고자 하는 때에는 미리 관계 중앙행정기관의 장과 협의하고 관계 시·도지사의 의견을 들어야 하며(법 제4조 2항), 수립·고시된 기본계획에 대하여 5년마다 그 타당성 여부를 검토하여 매립기본계획의 변경 또는 폐지 등 필요한 조치(법 제8조 1항)를 하도록 하고 있다. 매립기본계획에는 매립예정지의 위치와 규모, 토지이용계획, 매립의 필요성과 매립방법에 관한 사항, 매립으로 인한 환경 및 생태계의 변화와 그 대책에 관한 사항 및 매립예정지의 토지이용계획과 관련한 매립 전·후의 경제성 비교에 관한 사항을 정하도록 하고 있다(법 제6조).

第4條 (埋立基本計劃의 수립)

① 海洋水産部長官은 國土의 全體的인 機能 및 用途에 맞고 環境과 調和되도록 公有水面을 이용·관리하기 위하여 10年마다 沿岸管理法 第22條의 規定에 의한 中央沿岸管理審議會(이하 "審議會"라 한다)의 審議를 거쳐 公有水面埋立基本計劃(이하 "埋立基本計劃"이라 한다)을 수립하여야 한다.

② 海洋水産部長官은 第1項의 規定에 의하여 埋立基本計劃을 수립하고자 하는 때에는 미리 관계中央行政機關의 長과 協議하고 관계 特別市長·廣域市長 또는 道知事(이하 "市·道知事"라 한다)의 의견을 들어야 한다.

③ 第2項의 경우에 市·道知事가 제출하는 의견에는 埋立基本計劃과 관련된 市長·郡守 또는 區廳長(自治區의 區廳長을 말한다. 이하 같다) 및 당해 市·郡 또는 區에 設置된 地方議會의 의견을 첨부하여야 한다.

第6條 (埋立基本計劃의 내용)

埋立基本計劃은 沿岸管理法에 의한 沿岸統合管理計劃, 국토기본법에 의한 국토종합계획과 國土利用管理法에 의한 國土利用計劃에 적합하고 環境과 調和되도록 수립하여야 하며, 埋立豫定地別로 다음 各號의 사항을 정하여야 한다. <개정 2002.2.4>

1. 埋立豫定地의 位置와 규모
2. 埋立豫定地의 土地利用計劃
3. 埋立의 필요성과 埋立方法에 관한 사항
4. 埋立으로 인한 環境 및 生態系의 變化중 大統領令이 정하는 사항과 그 對策에 관한 사항
5. 埋立豫定地의 土地利用計劃과 관련한 埋立전·후의 經濟性 비교에 관한 사항
6. 기타 海洋水産部長官이 필요하다고 인정하는 사항

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第8條 (埋立基本計劃의 변경 등)
① 海洋水産部長官은 수립·告示된 埋立基本計劃에 대하여 5年마다 그 타당성 여부를 檢討하고 埋立基本計劃의 변경 또는 廢止등 필요한 措置를 하여야 한다.
② 海洋水産部長官은 필요하다고 인정하는 경우에는 埋立基本計劃을 변경 또는 廢止할 수 있다.
③ 第4條 내지 第7條의 規定은 第1項 및 第2項의 規定에 의한 埋立基本計劃의 변경 또는 廢止에 관하여 이를 準用한다.

해양수산부장관은 매립기본계획에 적합한 범위 안에서 면허를 하여야 하며(법 제9조 3항), 미리 관계중앙행정기관의 장과 협의하고 관계 시·도지사의 의견을 들어야 한다(법 제9조 2항). 그리고 면허를 발급하는 기준(법 제11조 1항)으로서 공유수면의 점·사용 허가를 받은 자, 어업권자 또는 수산업법에 의한 입어자, 허가를 받아 공유수면으로부터 引水하거나 공유수면에 排水하는 자, 관습에 의하여 공유수면으로부터 인수하거나 공유수면에 배수하는 자(제12조)가 있는 경우에는 일정한 경우를 제외하고는 매립면허를 할 수 없도록 하고 있다.

第9條 (免許)
① 公有水面을 埋立하고자 하는 者는 大統領令이 정하는 바에 따라 埋立目的을 명시하여 海洋水産部長官의 免許를 받아야 한다.
② 海洋水産部長官은 第1項의 規定에 의한 免許를 하고자 하는 때에는 미리 관계中央行政機關의 長과 協議하고 관계 市·道知事의 의견을 들어야 한다.
③ 海洋水産部長官은 埋立基本計劃에 적합한 범위 안에서 第1項의 規定에 의한 免許를 하여야 한다.
④ 都市計劃區域안의 公有水面과 港灣法 第2條第2號의 規定에 의한 指定港灣의 港灣區域안의 公有水面의 埋立은 國家·地方自治團體 또는 政府投資機關管理基本法 第2條의 規定에 의한 政府投資機關중 大統領令이 정하는 政府投資機關(이하 "政府投資機關"이라 한다)이 埋立한다. 다만, 埋立目的·規模 또는 立地與件등을 감안하여 大統領令이 정하는 경우에는 개인 등이 埋立할 수 있다.
⑤ 海洋水産部長官은 동일한 位置의 公有水面에 대하여 埋立免許의 申請이 競合된 경우에는 大統領令이 정하는 優先順位에 따라 免許를 할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第11條 (免許의 기준)

① 海洋水産部長官은 埋立豫定地 및 埋立으로 인한 被害가 豫想되는 隣近의 區域안의 公有水面에 관하여 權利를 가진 者가 있는 경우에는 다음 各號의 1에 해당하는 경우를 제외하고는 埋立免許를 할 수 없다.

1. 公有水面에 관하여 權利를 가진 者가 埋立에 同意하고 埋立이 環境 및 生態系의 變化에 관하여 충분히 고려한 것으로 인정되는 경우
2. 埋立으로 인하여 생기는 이익이 그 損失을 현저히 초과하는 경우
3. 埋立이 法令의 規定에 의하여 土地를 收用 또는 사용할 수 있는 사업을 위하여 필요한 경우
4. 기타 公益을 위하여 특히 필요한 경우로서 大統領令이 정하는 경우

② 第1項의 規定에 의한 埋立으로 인한 被害가 豫想되는 隣近의 區域의 범위는 大統領令으로 정한다.

(3) 대체습지조성과의 관련성

공유수면매립법과 대체습지조성과의 관련성은 대체습지의 조성이 공유수면의 매립으로 발생하기 때문에 공유수면매립법과 연계하여 대체습지 조성을 의무화하는 방안을 모색토록 하여야 한다는 것이다. 물론 공유수면매립이 대체습지를 조성하게 하는 하나의 원인이 되고 있으나 법률체계상 대체습지조성의무를 공유수면매립법에 둘 것인지는 신중한 검토가 필요하다.

그러나 공유수면매립법에 대체습지조성의무를 규정할 경우 생각할 수 있는 방안으로는 공유수면매립기본계획에 매립예정지별로 공유수면 매립에 따른 대체습지 조성방법에 관한 사항을 포함하게 하는 방안과 면허의 기준에 대체습지 조성을 위한 계획이 반영될 것을 조건으로 하는 방안을 들 수 있다.

마. 농지법

(1) 개요

농지법은 1994년 12월 22일 법률 제4817호로 제정된 후, 2002년 12월 30일 법률 제6841호로 개정되었으며, 총 6장 61조의 본문과 부칙으로 구성되어 있다. 동 법의 제정목적은 농지의 소유·이용 및 보전 등에 관하여 필요한 사항을 정함으로써

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

농지를 효율적으로 이용·관리하여 농업인의 경영안정 및 생산성향상을 통한 농업의 경쟁력강화와 국민경제의 균형 있는 발전 및 국토의 환경보전에 이바지하기 위해서이다.

(2) 주요내용

농지는 국민의 식량공급과 국토환경보전의 기반이 되는 한정된 자원이므로 보전되어야 하고, 농업의 생산성을 높이는 방향으로 소유·이용되어야 하며 투기의 대상이 되어서는 아니 된다는 농지에 관한 기본이념(법 제3조)을 정함으로써 향후 농지정책의 지표를 설정하고 있다.

第3條 (農地에 관한 基本理念) ① 農地는 國民의 食糧供給과 國土環境保全의 기반이고 農業과 國民經濟의 균형있는 발전에 영향을 미치는 한정된 귀중한 資源이므로 소중히 보전되어야 함은 물론 公共福利에 적합하게 관리되어야 하며 그에 관한 權利의 행사에는 필요한 제한과 義務가 따른다. ② 農地는 農業의 生産性을 높이는 방향으로 所有·이용되어야 하며 投機의 대상이 되어서는 아니된다.

농지의 효율인 이용을 위하여 시장·군수·구청장은 관할구역안의 농지를 대상으로 농지의 종합적인 이용에 관한 농지이용계획을 수립하도록 하고, 이 계획에는 농지의 지대별·용도별 이용계획과 농업 외 용도로의 활용 및 농지의 효율적인 이용과 농업경영의 개선을 위한 경영규모 확대 계획을 포함하도록 하고 있다(법 제13조 1-2항).

도시계획구역 안에서 건축, 토지형질변경 등의 사유로 농지를 타용도로 전용하고자 할 때에는 농지법 제36조에 의거 농지담당부서와 협의를 하여야 하며, 협의를 거친 지역은 농지법 제40조의 규정에 따라 농지조성비를 납부하여야 한다. 즉 농지를 농작물의 경작 또는 다년성식물의 재배 등 농업생산 또는 농지개량외의 목적으로 사용하는 농지를 전용하고자 하는 자는 그 농지에 상당하는 농지의 조성에 소요되는 비용(농지조성비)을 농지관리기금을 운용·관리하는 자에게 납부하여야 한다(법 제40조 1항). 농지조성비의 단위당 금액은 농림부장관이 농지별로 결정·고시하도록 하고 있다(법 제40조 6항).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第36條 (農地의 轉用許可 · 協議)

① 農地를 轉用하고자 하는 者는 다음 各號의 1에 해당하는 경우를 제외하고는 大統領令이 정하는 바에 의하여 당해 農地의 所在地를 관할하는 農地管理委員會의 확인을 거쳐 農林部長官의 許可를 받아야 한다. 허가받은 농지의 면적 또는 경계 등 대통령령이 정하는 중요사항을 변경하고자 하는 경우에도 또한 같다.

1. 다른 法律에 의하여 農地轉用許可가 擬制되는 協議를 거쳐 農地를 轉用하는 경우
2. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시지역 안에 있는 農地로서 第2項의 規定에 의한 協議를 거친 農地나 第2項第1號 但書의 規定에 의하여 協議對象에서 제외되는 農地를 轉用하는 경우
3. 第37條의 規定에 의하여 農地轉用申告를 하고 農地를 轉用하는 경우
4. 산지관리법 제14조 · 제15조의 규정에 의한 산지전용허가를 받지 아니하거나 산지전용신고를 하지 아니하고 불법으로 개간된 농지를 산림으로 복구하는 경우
5. 河川法에 의하여 河川管理廳으로부터 許可를 받아 農地를 形質變更하거나 工作物을 設置하기 위하여 農地를 轉用하는 경우

② 主務部長官 또는 地方自治團體의 長은 다음 各號의 1에 해당하는 경우에는 大統領令이 정하는 바에 의하여 農林部長官과 미리 農地의 轉用에 관한 協議를 하여야 한다.

1. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시지역 안에 住居地域 · 商業地域 · 工業地域 또는 都市計劃施設을 지정 또는 決定할 때에 당해 地域 또는 施設豫定地안에 農地가 포함되어 있는 경우. 다만, 이미 지정된 住居地域 · 商業地域 · 工業地域을 다른 地域으로 변경하거나 이미 지정된 住居地域 · 商業地域 · 工業地域에 都市計劃施設을 決定하는 경우를 제외한다.
2. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시지역안의 녹지지역 및 개발제한구역안의 농지에 대하여 동법 제56조의 규정에 의하여 개발행위의 허가를 하거나 개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법 제11조제1항 각호외의 부분 단서의 규정에 의하여 토지형질변경허가를 하는 경우

그리고 대기환경보전법 제2조제9호의 규정에 의한 대기오염배출시설로서 대통령령이 정하는 시설, 수질환경보전법 제2조제5호의 규정에 의한 폐수배출시설로서 대통령령이 정하는 시설, 농업의 진흥이나 농지의 보전을 저해할 우려가 있는 시설로서 대통령령이 정하는 시설 의 경우 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 도시지역 · 계획관리지역 및 개발진흥지구안의 농지를 제외하고는 농지의 전용을 불허하고 있다. 또한 전용하고자 하는 농지가 농업생산기반이 정비되어 있거나 농업생산기반정비사업의 시행예정지역으로 편입되어 우량농지로 보전할 필요성이 있는 경우나 당해 농지의 전용 또는 타용도 일시사용에 따르는 토사의 유출 등으로 인근 농지 또는 농지개량시설을 손괴할 우려가 있는 경우 등과 같이 일정한 경우 농지전용허가 및 협의 또는 농지의 타용도일시사용허가 및 협의를 함에 있어서 농지의 전용 또는 타용도 일시사용을 제한할 수 있다(법 제39조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

第40條 (農地造成費)

① 다음 各號의 1에 해당하는 者는 그 轉用하고자 하는 農地에 상당하는 農地의 造成에 소요되는 費用(이하 "農地造成費"라 한다)을 農地管理基金을 運用·관리하는 者에게 納入하여야 한다.

1. 第36條第1項의 規定에 의하여 農地轉用許可를 받는 者
2. 第36條第2項第1號의 規定에 의하여 農地轉用協議를 거친 地域 또는 施設豫定地 안의 農地(同條同項 第1號 但書의 規定에 의하여 協議對象에서 제외되는 農地를 포함한다)를 轉用하고자 하는 者
3. 第36條第2項第2號의 規定에 의하여 農地轉用協議를 거친 農地를 轉用하고자 하는 者
4. 다른 法律에 의하여 農地轉用許可가 擬制되는 協議를 거친 農地를 轉用하고자 하는 者
5. 第37條 또는 第45條의 規定에 의하여 農地轉用申告를 하고 農地를 轉用하고자 하는 者

② 농림부장관은 정부투자기관·지방공사 및 지방공단이 산업단지의 시설용지로 농지를 전용하는 경우 등 대통령령이 정하는 농지의 전용으로서 농지조성비를 일시에 납입하기 어려운 부득이한 사유가 있다고 인정하는 때에는 대통령령이 정하는 바에 따라 농지조성비를 분할하여 납입하게 할 수 있다.

③ 농림부장관은 제2항의 규정에 의하여 농지조성비를 분할하여 납입하게 하고자 하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 농지조성비를 분할하여 납입하고자 하는 자에게 분할 납입할 농지조성비에 대한 납입보증보험증서 등을 미리 예치하게 하여야 한다. 다만, 농지조성비를 분할하여 납입하고자 하는 자가 국가 및 지방자치단체 그 밖에 대통령령이 정하는 자인 경우에는 그러하지 아니하다.

④ 農地管理基金을 運用·관리하는 者는 農地造成費를 納入한 者가 第41條의 規定에 의하여 許可가 取消되거나 事業計劃의 변경 기타 이에 준하는 사유로 인하여 轉用하고자 하는 農地의 면적이 당초보다 감소한 때에는 大統領令이 정하는 바에 의하여 그에 상당하는 農地造成費를 還給하여야 한다.

⑤ 農林部長官은 다음 各號의 1에 해당하는 경우에는 大統領令이 정하는 바에 의하여 農地造成費를 減免할 수 있다.

1. 國家 또는 地方自治團體가 公用 또는 公共用의 目的으로 農地를 轉用하는 경우
2. 大統領令이 정하는 重要産業施設을 設置하기 위하여 農地를 轉用하는 경우
3. 第37條第1項 各號의 規定에 의한 施設 기타 大統領令이 정하는 施設을 設置하기 위하여 農地를 轉用하는 경우

⑥ 農地造成費의 단위당 금액은 農林部長官이 農地別로 決定·告示한다.

⑦ 農地造成費를 納入하여야 하는 者가 納入期限내에 이를 納入하지 아니한 때에는 국세체납처분 또는 지방세체납처분의 예에 의하여 이를 徵收할 수 있다.

⑧ 농림부장관은 제53조의 규정에 의하여 권한을 위임받은 자 또는 農業基盤公社 및 農地管理基金法 제35조제2항의 규정에 의하여 농지관리기금의 운용·관리업무를 위탁받은 자에게 농지조성비의 부과·수납에 관한 업무를 취급하게 하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 수수료를 지급할 수 있다.

⑨ 제1항의 규정에 의하여 농지조성비로서 수납하는 금액 중 제8항의 규정에 의한 수수료를 제외한 금액은 농지관리기금에 납입하여야 한다.

⑩ 農地造成費의 납입기한·節次 기타 필요한 사항은 大統領令으로 정한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.5> 농지조성비 농지별 단위당 금액(2001.12.29)[1)]

농 지 구 분	금 액	비 고
1. 경지정리가 시행된 논	13,900원/㎡	(평당 45,950원)
2. 용수개발이 시행된 논	18,300원/㎡	(평당 60,496원)
3. 경지정리와 용수개발이 모두 시행된 논	21,900원/㎡	(평당 72,397원)
4. 밭경지정리가 시행된 밭	12,500원/㎡	(평당 41,322원)
5. 기타 농지 (1,2,3,4를 제외한 농지)	10,300원/㎡	(평당 34,050원)

(3) 대체습지와의 관련성

공유수면 매립시 대상적 차원에서 대체습지를 조성하게 하거나 대체습지를 조성할 비용을 부담하게 할 경우, 농지전용에 따른 농지조성비의 부과 규정을 근거규정으로 활용할 수 있을 것이다. 즉, 농지조성비의 부과는 농지를 농작물의 경작, 농업생산 또는 농지개량과 같은 농업 이외의 목적으로 사용하려는 자에게 훼손될 농지에 상당하는 농지조성비를 직접 원인제공자에게 부담하는 것이다.

따라서 농지법에서 부과하고 있는 농지조성비의 부과 정신에 비추어 보면 공유수면 매립에 따른 습지의 상실에 대한 습지조성비용을 습지훼손 원인제공자인 매립자에게 부과하는 것은 당연하다고 할 것이다.

1) 1. "경지정리가 시행된 논"이라 함은 구획정리, 농로 및 용·배수로를 체계적으로 정비하여 이루어진 논(경지정리 사업 시행이후 논 이외 타지목으로 변경된 농지를 포함한다) 및 그 농지의 개량시설의 부지를 말한다.
2. "용수개발이 시행된 논"이라 함은 농업기반공사 또는 수리계가 관리하는 수리시설로부터 관계혜택을 받는 논(농업용수 개발사업 시행이후 논 이외 변경된 농지를 포함한다) 및 그 농지의 개량시설의 부지를 말한다.
3. "밭경지정리가 시행된 밭"이라 함은 구획정리 또는 밭 용수개발이 되었거나 농로 및 용·배수로의 체계적인 정비가 이루어진 밭(밭경지정리 사업시행이후 밭 이외 타 지목으로 변경된 농비를 포함한다) 및 그 농지의 개량시설의 부지를 말한다. 다만, 민간간척 등 민간이 사업비의 전부를 투자하여 밭경지정리를 시행한 것을 제외한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

3. 관련 계획

대체습지조성을 위한 관련 정책으로는 해양개발기본계획, 연안통합관리계획, 연안정비계획, 중장기 항만기술발전 기본계획과 공유수면 매립 기본계획, 습지보호지역 보전계획 등을 들 수 있다.

가. 해양개발기본계획

(1) 개요

'해양개발기본계획'은 '해양개발기본법' 제3조 3항의 규정에 의하여 수립된 국가계획으로서 해양수산발전 비전을 제시하기 위한 국가정책의 기본지침이다. 2000년 5월에 '해양한국 21'이라는 부제로 수립된 이 계획은 21세기 해양의 시대를 맞이하여 자원의 寶庫인 해양을 합리적으로 개발·이용·보전하기 위한 새로운 비전과 추진전략을 마련하고, 국민의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 장기적이고 종합적인 해양수산 정책방향을 제시하고자 기존 해양개발기본계획('96. 1월)을 해양수산 여건변화에 맞게 전면 수정하여, 이를 대체하는 새로운 해양개발기본계획을 수립하고자 만들어졌다.

(2) 주요내용

청색혁명을 통한 해양부국 실현을 21세기 해양수산비젼으로 제시하고, 그 기본목표로서 ① 생명력 넘치는 해양국토 창조, ② 지식기반을 갖춘 해양산업의 창출, ③ 지속가능한 해양자원 개발의 3대 기본목표를 제시하였다. 이러한 3대 목표 중 '생명력 넘치는 해양국토의 창조'라는 기본목표를 달성하기 위하여 생명·생산·생활의 해양국토 창조, 깨끗하고 안전한 해양환경 조성을 추진전략으로 제시하였다.

생명·생산·생활의 해양국토 창조의 기본목표는 연안국토를 환경친화적으로 지속개발 가능하게 관리하고, 광역 해양에서의 실효적 해양주권관리체제를 구축하며, 글로벌 해양기지를 개척하여 5대양을 경영하는 해양국가를 건설하는 것이다.

깨끗하고 안전한 해양환경 조성의 기본목표는 해양환경관리체제 구축을 통해 깨끗하고 쾌적한 바다를 조성하고, 해양생태계의 다양성 보전 및 복원으로 인간과 조화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

롭게 공존하는 해양공간을 조성할 뿐만 아니라 첨단해양안전체제를 구축하여 해양사고를 사전에 방지함으로써 국민의 생명과 재산을 보호하는 것이다.

(3) 대체습지와의 관련성

이 계획은 훼손된 해양생태계를 복원하고 해양생물자원의 지속가능한 이용기반구축을 위하여 해양생물의 다양성 보전과 해양생태계의 보호·복원, 갯벌의 지속가능한 보전·이용체제 구축, 적조 경보·방제시스템 개발 등 5가지를 세부추진방안으로 제시하였다.

이 가운데 갯벌의 지속가능한 보전·이용체제 구축의 실천을 위하여 체계적인 갯벌생태계 조사 및 데이터베이스 구축·운영, 습지보호지역 지정 및 관리, 훼손된 갯벌의 복원 및 대체갯벌의 조성, 갯벌문화사업 지원과 갯벌의 합리적인 이용방안 마련, 갯벌보전을 위한 국제협력의 강화를 강조하였으며, 특히 훼손된 갯벌의 복원 및 대체갯벌의 조성을 위해서는 생물 공학적 기법을 이용한 갯벌 복원기술 개발, 매립·간척으로 상실되는 갯벌에 대한 대체갯벌 조성 등을 구체적인 방안으로 제시하였다.

용도지역제 설정을 통하여 규제적으로 관리한 기존의 연안환경관리에 비추어 해양개발기본계획은 보다 적극적인 환경보전정책이며, 매립·간척으로 상실되는 갯벌에 대한 대체갯벌 조성의 강조는 미국의 'No Net Loss' 정책에 입각한 mitigation개념을 국가정책으로 수용한 것으로 볼 수 있다.

나. 연안통합관리계획

(1) 개요

'연안통합관리계획'은 연안관리법 제5조에 근거하여 연안의 보전·이용·개발에 관한 기본계획이며, 계획에 의하여 관리하는 법정계획으로서 2000년 8월에 수립되었다. 동 계획은 연안자원 및 공간의 보전·이용·개발을 합리적으로 조정하여 지속가능한 개발과 환경보전을 효과적으로 실천하고, 용도지역제에 의한 규제방식에서 탈피하여 관계부처·지방자치단체·지역주민 등 이해당사자 다수가 합의한 관리계획에 의한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 주요내용

동 계획은 i) 생태적 균형을 이루는 생명연안, ii) 환경친화적 개발을 통한 생산연안, iii) 연안재해방지사업을 통한 재해 없는 연안, iv) 위락과 교육의 장으로서의 인간중심연안, v) 이해관계자가 협력하는 통합연안을 기본목표로 설정하고 있다. 그 추진전략으로는 보호지역 지정을 통한 연안생태계 집중관리, 해역별 특성에 맞는 연안오염부하 적정관리, 환경용량을 고려한 연안개발계획의 조정, 연안재해방지사업의 체계적 전개, 친수연안공간 조성 및 연안접근권 개선, 연안관리지역계획 수립 촉진 및 지원, 전국 연안의 권역별 관리를 설정하였다.

(3) 대체습지와의 관련성

5대 기본목표 달성을 위해 설정한 7대 추진전략 가운데 '해역별 특성에 맞는 연안오염부하의 적정관리'가 대체습지조성과 관련된다. '해역별 특성에 맞는 연안오염부하의 적정관리'의 실현을 위해서는 해역별 특성에 맞는 해양환경개선대책의 수립·시행, 해양쓰레기 발생억제 및 처리대책 마련, 오염으로 훼손된 연안을 복원·개선하는 연안해역개선사업 시행을 정책방향으로 제시하였다

특히 훼손된 연안을 복원·개선하는 연안해역개선사업의 내용으로는 훼손된 갯벌 및 철새도래지를 복원하기 위한 습지개선사업 시행, 어장의 정화, 수중 침전 폐기물 제거, 오염된 퇴적물 제거 등을 위한 오염해역 준설사업 실시, 도서 및 어촌의 해변쓰레기 처리시설 및 해변관광지의 오폐수 처리시설 확충 등을 열거하였다.

이 계획에서 훼손된 낙동강 하구 습지를 습지개선지역으로 지정하고, 철새 둥지형성의 재료원 확보를 위한 수생 및 육상 식물의 식재, 철새서식지로서의 부족한 생태학적 인자의 보충, 개발에 의해 훼손이 심각하거나 오염원 유입이 집중되는 지역에 인공습지 조성을 계획하고 있다.

그리고 보호지역 지정을 통한 연안생태계 집중관리부분에 있어서 습지보호지역을 지정 및 관리토록 하고 있는 바, 이를 위한 세부정책방향의 하나로 생태적·심미적 가치가 높은 갯벌을 '습지보호지역'으로 지정하도록 하고 있다. 즉, 강화도남단 갯벌(강화도 길상면·화도면 남단에서 옹진군 북도면 상단까지)을 습지보호지역으로 지정하고, 갯벌보전을 위한 주민지원사업을 시행함과 동시에 갯벌보전계획이 수립될

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

때까지는 공유수면매립, 공작물 설치 등 갯벌훼손활동을 금지토록 하고 있다. 그리고 훼손된 갯벌을 복원하기 위한 사업으로 경기도 화성군 서신면 제부리 바지락 시험어장 운영을 통해 민간단체·어촌계 및 전문가 등이 중심이 되어 갯벌생태계 복원사업을 추진토록 하고 있다.

다. 연안정비계획

(1) 개요

'연안정비계획'은 연안관리법 제13조 3항에 따라 수립된 법정계획으로서 2000년 6월 29일 중앙연안관리심의회의 심의를 거쳐 수립되었다. 동 계획은 2000-2009년까지 10년간을 계획기간으로 하고 있으며, 연안관리법 제2조에 의한 연안보전, 해역개선 및 친수연안조성을 위한 사업계획을 담고 있다.

(2) 주요내용

연안정비계획의 범위는 연안정비사업의 기본방향, 중·장기계획, 연도별 내용 및 추진계획, 기타 해양수산부장관이 필요하다고 인정하는 사항을 들고 있다. 연안정비계획의 연안정비 기본방향은 다음과 같이 3가지로 설정하였다.

첫째, 예방위주의 연안보전으로 안전한 연안축의 구축이다. 이는 태풍, 해일 등의 자연재해로부터 연안의 많은 인명과 재산을 보호하기 위한 예방적 차원의 연안시설 정비와 연안시설에 대한 지속적인 유지관리와 붕괴·노후시설의 계획적인 정비로 「재해에 강한 연안국토」를 구축하기 위해서이다.

둘째, 환경복원을 전제로 한 해역개선이다. 이는 선점식 난개발로 훼손되었거나 훼손우려가 있는 연안해역을 대상으로 환경훼손 및 오염의 사전예방을 도모하고 환경복원을 전제로 하는 해역개선을 추진하기 위해서이다.

셋째, 환경친화적 친수연안의 조성과 시민의 접근권 확보이다. 이는 연안보전 및 해역개선사업 추진시 친수성을 제고하여 지역여건에 적합한 친수연안 조성과 시민의 연안접근권을 확보하고 해안경관을 보호하기 위해서이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(3) 대체습지와의 관련성

연안정비계획은 연안관리법에 따른 법정계획으로서 연안보전사업, 해역개선사업, 친수연안 조성사업 등 3가지를 연안정비사업으로 추진하고 있다. 특히 연안정비계획과 대체습지와의 관련성은 연안해역의 정화, 폐선제거 등 연안해역을 보전·개선하는 해역개선사업을 대체습지 조성근거로 해석할 수 있다.

<표 5.2.6> 해역개선사업

생태보전			
시도	시군구	1단계(2000~2004) 사업지구	2단계(2005~2009) 사업지구
경남	마산시	회원구 봉암동 일원	
인천	남동구	논현동, 도림동	
방치폐선제거			
시도	시군구	1단계(2000~2004) 사업지구	2단계(2005~2009) 사업지구
강원	동해시	어항 및 연안일원	
경기	안산시		대부도
경남	통영시	연안일원	
	거제시	연안일원	
	마산시		합포구 구산면 진동면 진전면
경북	포항시	항포구	
전남	해남군	현산면 두모리	
	장흥군	항포구 및 연안일원	
	순천시	순천만 연안일원	
	신안군	항포구	
	영광군		법성면 진내리
전북	고창군	상하면 구시포항	
	부안군		연안일원
제주	북제주군	연안일원	
	남제주군	연안일원	
	서귀포시	연안일원	
	제주시	연안일원	

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.6> 계속

통수시설			
시도	시군구	1단계(2000~2004) 사업지구	2단계(2005~2009) 사업지구
경남	남해군		남해읍 선소리 / 창선면 장포리 / 삼동면 물건리
인천	강화군		길상면 선두리~동검리 연육도로
전남	무안군		해제면 유월리 (수로 및 연육교) / 현경면 송정리 (수로 및 연육교) / 운남면 하묘리 (수로 및 연육교)
	보성군		득량면 비봉리 선소
	장흥군		안양면 사촌리~장재도 연육제방
연안해역복원			
시도	시군구	1단계(2000~2004) 사업지구	2단계(2005~2009) 사업지구
전남	강진군	강진읍 목리교~칠량면 죽도	

연안정비사업은 총 4,337건의 신청사업 가운데 590건을 대상사업으로 선정하였는바, 이들 중 해역개선사업은 총234건의 신청사업 중 29건이 대상사업으로 선정되었는데 조류소통을 위한 통수시설 설치, 갯벌 등 자연 생태적 가치가 높은 지역의 생태보전사업, 방치폐선 제거사업, 기타 연안해역복원에 필요한 사업을 대상사업으로 선정하고 있다. 이들 중 대체습지조성과 관련이 있는 연안해역복원사업은 전남 강진군의 강진읍 목리교-칠량면 죽도 지구의 1건만이 신청·선정되었다.

라. 중장기 항만기술발전 기본계획

(1) 개요

1999년 8월 수립된 '21세기를 대비한 중장기 항만기술발전기본계획'에서는 중점추진전략의 하나로서 '환경친화적인 항만기술개발'을 채택하였다. 이 계획의 목표는 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발을 도모하여 환경과 공생하는 항만을 개발하고, 도시·자연생태계 등 주변 환경과 조화되는 항만 및 연안시설물 건설을 통해 자연경관을 보존하고 시민을 위한 레크리에이션 공간을 제공하는 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 대체습지조성과의 관련성

이러한 목적 달성을 위한 3대 중점추진사업에는 대체습지 조성과 관련된 '해양환경의 적극적인 보존 및 창출'이 포함되며, 그 구체적 사업의 하나로서 '인공간석지 및 식생지 조성기술 개발사업'을 선정하였다.

'인공간석지 및 식생지 조성기술 개발사업'의 목적은 항만공사 등으로 인하여 훼손되고 있는 갯벌을 인공적으로 복원·조성할 수 있는 기술을 개발하는 것이다. 또한 현재 투자계획은 2002년에서 2006년까지 30억원이며, 사업의 구체적 내용은 ① 상실 및 오염된 갯벌에 대한 원인분석과 재활방안 및 복원가능성 검토, ② 모형실험 기술 및 관련 제요소의 시뮬레이션 연구, ③ 조간대에서의 해수 및 물질순환에 관한 연구, ④ 해수 및 해저퇴적물로부터 유해물질 회수·분리·분해기술 연구, ⑤ 인공갯벌조성을 위한 환경친화적 재료연구, ⑥ 인공갯벌의 유지방안, 그리고 ⑦ 인공갯벌 조성을 위한 실해역 실험 및 평가로 구성되어 있다.

마. 공유수면매립기본계획

(1) 개요

공유수면매립기본계획은 공유수면매립법 제4조에 따라 공유수면을 국토의 전체적인 기능과 용도에 맞고 환경과 조화되도록 이용·관리하기 위하여 10년마다 수립되는 법정계획이다.

공유수면매립기본계획상의 매립계획 기본방향은 첫째, 연안통합관리계획 등 각종 국가계획에 적합하되, 농경지 확보를 위한 간척사업과 도시용지 확보를 위한 해상신도시 및 공단조성과 같은 대규모 매립은 가급적 제한하고, 둘째, 해양환경·생태계와 해안경관을 보전하고 계획 없는 개발을 제한하며, 갯벌이 발달되어 있는 해면에 대한 매립은 최대한 억제하며, 셋째, 매립이 불가피하더라도 이미 상당히 훼손되어 복구가 어렵거나 환경피해가 상대적으로 적은 소규모의 매립 및 공공사업 지역을 대상으로 최소한의 매립만을 허용하며, 넷째, 매립공법도 곡선형의 지선형성·자연석을 이용한 호안조성·친수공간 확보 등 최대한 환경친화적 공법을 도입하도록 하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 대체습지조성과의 관련성

대체습지의 조성목적이 공유수면매립으로 인한 습지의 손실을 보상하기 위한 것이기 때문에 공유수면매립기본계획의 방향은 중요하다. 그리고 해양수산부장관은 수립된 매립기본계획에 대하여 5년마다 그 타당성 여부를 검토하고 매립기본계획의 변경 또는 폐지 등 필요한 조치를 하도록 하고 있어 여건변화에 합리적으로 대처할 수 있는 절차를 마련하고 있다.

공유수면매립기본계획에서 매립가능지로 반영된 지구의 경우 당해 반영지구의 면적만큼 공유수면이 없어지기 때문에 습지의 순손실을 방지하는 차원에서 대체습지조성은 필요하리라고 보여진다.

바. 습지보호지역 보전계획

(1) 개요

습지보호지역 보전계획은 습지보전법 제11조에 습지보호지역에 대한 보전계획을 수립하도록 규정되어 있는 바, 1999년 12월 낙동강하구 등 4개 습지보호지역에 대한 보전계획의 수립, 2001년 12월 물영아리오름 습지보호지역에 대한 보전계획을 수립하였으나, 2002년에 지정된 화엄늪과 두웅습지에 대해서는 보전계획이 수립되지 않았다. 이에 따라 신규 지정된 2개 습지보호지역에 대한 보전계획을 수립하고, 기존의 5개 습지보호지역 보전계획을 수정·보완하기 위해 습지보호지역 보전계획이 수립되었다. 동 보전계획의 대상지역은 7개 지역 44.482㎢이다.

(2) 주요내용

습지보호지역 보전계획은 1999년 제정된 습지보전법 제11조 2항에 습지보호지역에 대한 보전계획을 수립하도록 함에 따라 수립된 국가계획이다. 환경부는 낙동강하구 등 7개 습지보호지역을 지정하였으며, 해양수산부는 무안갯벌 등 2개소를 지정하고 있다.

보전계획의 주요내용은 다음과 같다. 첫째, 습지의 보전에 관한 기본적인 사항으로서 보전지역별 관리책임기관 명시, 민·관 합동 보전·관리 위원회 설치, 정기적 모

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

니터링의 주기 및 방법 명시, 둘째, 습지보전시설의 설치에 관한 사항으로서 보호지역의 여건을 고려하여 보전시설의 설치 우선순위를 정하고, 셋째, 습지의 보전과 이용·관리에 관한 사항으로서 지자체 장의 책무를 명시하고 당해 지역주민의 삶의 질 향상을 위한 사업안을 제시하고 보호지역별로 생물다양성 보전·관리를 위한 방안과 훼손지 복원 사업 등 습지보전을 위한 사업방향을 제시하고 있다.

(3) 대체습지조성과의 관련성

습지보호지역 보전계획과 대체습지조성과의 관련성은 습지보호지역 보전계획에 담아야 할 내용 중 습지의 보전과 이용·관리에 관한 사항에 생물다양성의 유지방안과 습지복원사업 등 기타 습지보전을 위한 사업을 기술하도록 하고 있다는 것이다.

습지보호지역 보전계획은 대상보호지역별로 훼손지 복원사업 등 습지보전을 위한 사업방향을 제시하도록 하고 있기 때문에 훼손지 복원사업에 사용된 방법과 기술 등은 대체습지조성에 유용한 자료가 될 것으로 보인다.

특히, 해양수산부는 습지보전법 제8조에 의거 2002년에 무안갯벌(2001년)에 이어 두 번째로 진도갯벌 1.24㎢(37만평)를 습지보호지역으로 지정·고시하였는바, 진도갯벌을 습지보호지역으로 지정하게 됨에 따라 갯벌보전이 본궤도에 올랐을 뿐만 아니라, 무안갯벌 습지보호지역과 태안 신두리사구 및 제주도 문섬 주변해역, 영종도 인근 생태계보전지역과 연계해서 해양수산부에서 종합적으로 해양생태계를 보전관리를 할 수 있게 되었다. 해양수산부에서는 무안갯벌 습지보호지역에 대해서 갯벌관리계획을 수립하고 비지터센타, 해안생태계복원, 바다청소 등 실질적인 사후관리를 추진해 나가고 있다. 해안생태계복원에 사용된 기술은 대체습지조성에 사용될 기술과 유기적인 관련성을 가질 수 있기 때문에 향후 해양생태계복원과 관련된 기술개발에 좀더 적극적인 노력이 필요하다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.7> 습지보호지역 지정현황

	두웅습지	무안갯벌 (해양수산부 지정)	진도갯벌 (해양수산부 지정)
보호구역	2002.11.1	2001.12.28	2002.12.28
면적	0.065㎢(20천평)	35.59㎢(11백만평)	1.24㎢(37만평)
위치	충청남도 태안군 원북면 신두리	전남 무안군 해제면, 현경면 일대	전남 진도군 군내면, 고군면 일대
지역특성	• 신두리 사구의 배후습지 • 희귀야생동식물 서식	• 생물다양성 풍부 • 지질학적 가치 높음	• 인근에 고니 등과 같은 철새 도래

	낙동강 하구	대암산	우포늪
보호구역	'99.8.9 (생태계보전지역 지정 : '89.3.10)	'99.8.9 (생태계보전지역 지정 : '89.12.29)	'99.8.9 (생태계보전지역 지정 :'97.7.26)
면적	34.21㎢(10,349천평)	1.06㎢(321천평)	8.54㎢(2,583천평)
위치	부산 사하구 신평, 장림, 다대동 일원의 해면, 북구 명지동 하단 해면	강원 인제 서화면 대암산의 큰용늪, 작은용늪 일원	경남 창녕군 대합면, 이방면, 유어면, 대지면 일원
지역특성	• 육지의 영양물질과 바다의 무기염류로 생산성 높은 삼각주 • 국제적으로도 중요한 가치가 있는 철새 서식지	• 해발 1,280m 지점에 31㎢(9,200천평)규모의 천연용늪은 고층습원으로 매우 독특한 생태계를 유지	• 수면 면적이 70만평으로 우리나라 최대의 자연늪지 • 줄납자루, 가시연꽃 등 다양한 습지 동·식물 서식

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<표 5.2.7> 계속

	무제치 늪	물영아리오름	화엄늪
보호구역	'99.8.9 (생태계보전지역 지정 : '98.12.31)	2000.12.5	2002.2.1
면적	0.184㎢(56천평)	0.309㎢(94천평)	0.124㎢(38천평)
위치	울산 울주 삼동면 조일리 산 427 일원	제주도 남제주군 남원읍 수망리 산 188번지 일원	경상남도 양산시 하북면 용연리 산 63-2번지
지역특성	• 약 6천여년 전에 생성된 늪지 • 분지형태의 고층습지로서 항상 일정량의 물이 고여 있음	• 기생화산구(오름)중 자연생태계 우수 • 기생화산구 정상에 분화구 습지 형성	• 고층습지로서 습지환경변천의 귀중한 자료인 이탄층 형성 • 앵초 등 다양한 습지식물 서식

제3절 대체습지 조성을 위한 법제도 및 정책 방향

1. 대체습지 조성을 위한 의무화 규정

대체습지 조성을 위해서는 관련법령의 정비가 필요하다. 우선 습지보전법상의 습지의 개념을 재설정할 필요가 있다. 습지보전법상 습지의 개념에서 조하대 한계수심을 설정하지 않고 '연안습지'를 조간대(tidal flat)에 한정함으로써 조간대 밖의 생물분포대를 제외하여 상기한 습지의 개념과 부합하지 아니하는 정의를 하고 있기 때문에 대체습지를 조성할 때 조간대만을 대체습지로 볼 것인지 또는 외해까지도 습지로 볼 것인지 현행 개념상 애매하다. 따라서 람사협약에서도 규정하고 있는 바와 같이 조하대 일정 수심까지를 습지로 간주하여 이를 연안습지의 한계로 설정하는 방향으로 습지보전법을 개정할 필요가 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다음으로는 습지보전법상의 인공습지의 조성·관리 권장 규정을 의무화하는 규정으로 개정하여야 할 필요가 있다. 즉, 습지보전법 제18조에는 "환경부장관 또는 해양수산부장관은 생태계보전·습지환경개선 등을 위하여 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장으로 하여금 인공적인 습지를 조성하도록 권장하고, 훼손된 습지의 주변에 해류·사구 등의 변화로 인하여 자연적으로 조성되는 습지를 가능한 한 유지 또는 보전"하도록 하고 있는 바, 동 규정을 습지 훼손자에게 훼손된 습지만큼 보상적인 차원에서 대체습지조성을 의무화하도록 하여야 할 것이다.

이러한 대체습지 조성을 의무화하는 규정은 입법기술상 2가지 방법이 있다. 우선 상기한 현행 습지보전법상의 권장규정을 의무화하는 규정으로 개정하는 방안이 하나이고, 다른 하나는 공유수면매립법상에 공유수면매립자로 하여금 매립면적에 상응하는 대체습지를 조성하도록 의무화하는 규정을 신설하는 방안이다.

습지보전법에 대체습지 조성을 권장하는 규정을 의무화하는 규정으로 개정하는 방안의 장점은 우선 현재 습지보전법에 대체습지조성을 권장하는 규정이 있으므로 이를 의무화하도록 하는 것이 기존의 법률체계를 보호하는 실익이 있는 바, 특히 습지보전법의 목적인 습지보전의 목표를 실질적으로 더욱 강화할 수 있다는 것이다. 또한 습지보전체계를 습지보전법으로 일원화하여 법률관계의 명확성을 도모할 수 있으며, 이를 통해 습지보전 효율성을 높일 수 있다.

공유수면매립법상에 이러한 대체습지를 조성하는 규정을 신설하는 방안의 장점으로는 원인제공자에게 일정한 의무를 부과하게 하여 습지개발 억지력을 발휘할 수 있다는 점이다. 그리고 입법기술상 공유수면매립법의 경우 주관부처가 해양수산부인 반면, 습지보전법은 환경부과 해양수산부가 공동주관부처이기 때문에 공유수면매립법이 습지보전법보다 법률의 개정이 쉽다는 것이다. 또한 공유수면매립에 따른 습지의 파괴에 대한 보상적 차원에서 대체습지를 조성하게 하는 것은 일정한 행위(공유수면 매립)에 의한 결과를 예측(대체습지의 조성의무)할 수 있다는 장점이 있다. 물론 이러한 대체습지조성을 의무화하는 규정을 습지보전법상에 규정하든 공유수면매립법에 규정하든 공히 습지개발 억지력과 새로운 해양산업 창출효과 및 환경보전 및 복원효과를 모두 달성할 수 있다.

한편, 공유수면매립법에 대체습지 조성을 의무화하게 할 경우 연안습지만을 그 대상으로 할 수 있지만 습지보전법에 대체습지 조성을 의무화하게 할 경우 형평한 법

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

적용을 위해 내륙습지까지도 그 대상으로 하여야 한다는 점에서 해양수산부와 환경부가 대체습지조성에 관한 정책에 공동으로 대응하여야 할 것이다.

따라서 이러한 점을 감안할 경우 공유수면매립법에 대체습지조성을 의무화하는 규정을 새로이 신설하기보다는 내륙습지와 해안습지를 모두 포함하고 있는 습지보전법에 대체습지조성을 권장하는 규정을 의무화하는 규정으로 개정하여 습지보전을 위한 모든 습지관리를 습지보전법에 통합하는 정책이 필요하다고 생각된다.

2. 대체습지조성 의무화 방향

대체습지를 조성하도록 하는 의무화 규정을 새로이 만들 경우 어떠한 형태로 만들 것인가 하는 것이 문제된다. 우선, 습지훼손자로 하여금 훼손되는 습지에 상응하는 새로운 습지를 조성하도록 할 것인가 아니면 훼손 부담금을 내게 할 것인가 하는 것이다. 그리고 대체습지를 조성하게 할 경우 면적기준으로 할 것인지 또는 훼손되는 습지의 생태계 가치를 기준으로 할 것인지가 문제된다. 이러한 경우 대체습지를 조성하더라도 기존의 원생태계에 비해 대체습지의 생태계 기능이 동등하게 유지될 수 없기 때문에 일정 수준 이상의 대체습지를 조성하도록 하여야 할 것이다. 여기서 말하는 일정수준 이상의 대체습지를 조성하도록 하여야 하는 근거는 다음과 같다.

대체습지조성은 면적기준이 아닌 원생태계가 가지는 기능을 중심으로 하고 있으며, 대체습지를 조성했을 때 그 생태계의 기능은 원습지의 80%정도로 산정하고 있다. 물론 이러한 수치는 절대적인 것은 아니며 대체습지를 어떠한 방식으로 어디에 조성하는가 하는 것이 또 다른 고려사항으로 제시되고 있다.

그리고 대체습지 조성이 곤란할 경우 부담금을 부과하는 방안으로서 이러한 부담금의 부과는 현행 자연환경보전법에 의해 부과되고 있는 생태계보전협력금과 농지법에 의한 농지조성비 부과 규정과 비교해 볼 때 그 타당성은 충분하다고 보인다. 그러나 자연환경보전법상 생태계보전협력금의 경우 공유수면관리법 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위해서만 사용하도록 제한하였기 때문에 일응 공유수면 매립으로 인한 대체습지조성의무를 동 생태계보전협력금의 납부로 충족하였다는 해석을 할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 2003년에 총 7건에 3억 5천만원 정도가 징수되었으며, 2004년 이후에는 현재까지 총 4건에 6억 정도가 징수될 것으로 예상하고 있다. 이와 같이 생태계보전협력금으로 부과된 액수는 너무 적고 상한액이 5억원으로 제한되어 있기 때문에 동 협력금의 부과가 습지 및 해양자연환경보전사업에 실질적인 도움을 줄 수 있는 수준의 기금인지 또는 공유수면매립에 따른 대체습지조성비용으로 충당하기에 적당한지에 대한 의문이 있다. 그리고 동 협력금은 환경부가 관리하는 환경특별회계로 잡혀 있기 때문에 기금을 해양수산부가 집행하는데 행정적으로 번거로운 점도 문제된다. 또한 해양수산부의 독립계정으로 하기에는 그 규모가 너무 작기 때문에 행정상의 특별계정으로 설정하기는 힘든 실정이다. 현행 생태계보전협력금은 습지 및 해양환경보전사업에 있어서 명목적인 수준의 기금이므로 공유수면매립에 대한 면죄부의 역할을 할 수는 없을 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 우선 공유수면매립대상자에게 훼손할 공유수면에 상당하는 대체습지를 직접 조성하게 하거나 직접 조성이 곤란할 경우 가칭 '대체습지조성금'을 부과토록 하여야 할 것이다. 물론 대체습지조성을 의무화할 경우 의무화 이전에 대체습지조성금의 부과대상, 부과시점, 부과금액의 산정기준, 부과 및 징수절차등과 관련된 세부업무처리지침의 작성이 선행되어야 하며, 한편으로는 공유수면 매립자가 직접 대체습지를 조성할 때 조성기준과 관련된 행정·기술지침 및 지속적인 관리의무 부과와 같은 규정이 필요하다.

3. 대체습지 조성 실용화 기술 확보

대체습지 조성을 의무화할 때 법제도의 정비 및 행정적 절차에 못지않게 중요한 것이 대체습지를 조성할 수 있는 기술이 우선 확보되어야 할 것이다. 왜냐하면 대체습지를 조성할 때 어떠한 방법으로 어디에 조성하라는 기준이 제시되어야 매립자가 이러한 기준에 따라 대체습지를 조성할 수 있을 것이다. 여기서 말하는 기준은 과학적으로 증명된 것으로서 연구실 수준에서의 기술이 아닌 우리나라 대체습지 조성 대상지역을 포괄할 수 있는 표준기술의 확보를 말한다.

이러한 실용화 기술이 확보되지 아니하면 대체습지를 직접 조성하겠다는 개발자에게 어떠한 기준도 제시하지 못할 것이며, 자칫 대체습지 조성이 아닌 새로운 환경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

파괴가 될 가능성이 있다. 그리고 가칭 '대체습지조성금'의 부과 시에도 단순히 면적 기준이 아닌 생태계기준으로 부과되어야 할 것인바, 이러한 부담금의 부과기준이 되는 것이 관련기술을 통한 과학적이고 계량적인 기준제시가 필요하다고 보인다. 과학적이고 계량적인 기준의 제시는 입법시 저항의 감소와 함께 행정처리에 있어서도 부과금의 부과시 행정 관료의 자의적 판단을 배제하여 투명한 행정을 담보할 수 있을 것이다.

4. 대체습지조성을 위한 정책 방향 제시

습지보전법에는 습지보호지역 등에서 습지의 보전·이용 또는 관리 등에 관한 행위를 하고자 하는 경우에는 기본계획 및 보전계획에 적합(법 제11조의2)하게 하도록 하고 있다. 따라서 습지의 생태계현황 등에 관한 기초조사를 완료한 후 습지보전기초계획과 습지보전기본계획 수립시 대체습지 조성을 위한 구체적이고 세부적인 계획을 포함시켜야 할 것이다.

습지보전기본계획의 경우 습지기초조사가 완료되는 시점에 수립될 것으로 보이기 때문에 동 대체습지조성 용역의 결과를 습지보전기본계획에 포함시켜 제도적으로 대체습지조성의무화와 함께 정책적인 측면에서의 대체습지조성방향을 제시토록 하여야 할 것으로 생각된다. 그리고 해양개발기본계획 상 훼손된 갯벌의 복원 및 대체갯벌의 조성을 위한 방안으로서 생물공학적 기법을 이용한 갯벌 복원기술개발, 매립·간척으로 상실되는 갯벌에 대한 대체갯벌 조성이 제시되어 있고, 연안통합관리계획상 개발에 의해 훼손이 심각하거나 오염원 유입이 집중되는 지역에 인공습지 조성을 계획하고 있으며, 중장기 항만기술발전 기본계획상 인공간석지 및 식생지 조성기술 개발사업을 선정한 바, 이러한 계획이 실질적으로 수행되기 위한 과감한 예산활동이 필요하다.

한편 국가의 법정계획인 연안정비계획 중 연안해역복원사업으로 신청·선정된 지역은 전남 강진군 1곳뿐이다. 대체습지조성이 연안정비사업 중 연안해역 복원사업 중 하나이기 때문에 향후 연안정비계획 수립시 연안해역복원의 일환으로 대체습지 조성을 원하는 지방자치단체에 기술적 지원이나 세제지원 또는 사업비의 보조 등 행정적인 지원을 통하여 대체습지 조성을 위한 국가의 정책적 의지를 표현하여야 할 것이다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제4절 결론

21세기는 환경보전이 최대의 현안과제가 되고 있다. 이러한 현실을 반영하여 해양환경을 보전하기 위한 하나의 방법으로서 대체습지를 조성하는 방안이 연구되고 있다. 우리나라의 경우 각종 법률과 정책에 대체습지를 조성하도록 국가의무사항으로 명시하고 있다.

대체습지조성을 위한 관련 국내법으로는 습지보전법, 연안관리법, 자연환경보전법, 공유수면매립법, 농지법 등이 있다. 습지보전법에는 습지보전기본계획에 습지의 훼손원인 분석 및 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 포함하도록 하고 있으며(영 제2조), 생태계보전·습지환경개선 등을 위하여 관계중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장으로 하여금 인공적인 습지를 조성하도록 권장하고, 훼손된 습지의 주변에 해류·사구 등의 변화로 인하여 자연적으로 조성되는 습지를 가능한 한 유지 또는 보전하도록 하고 있고(법 제18조), 갯벌을 포함한 훼손된 습지의 복원에 관한 사항을 국가의 습지관련 기본계획에 포함하도록 법률에서 명시했다는 점에서 의미가 있다.

연안관리법에는 연안통합관리계획과 연안정비계획을 통해 대체습지를 조성할 수 있는 길을 열어 놓고 있다.

자연환경보전법에는 생태계보전협력금의 부과에 있어서 공유수면관리법 제2조의 규정에 의한 바다와 바닷가를 대상으로 하는 사업에서 조성된 생태계보전협력금은 이를 습지 및 해양자연환경의 보전사업을 위해서만 사용하도록 제한하고 있는바(법 제52조), 동 협력금으로 조성된 기금을 해양환경보전사업에 사용할 수 있어 향후 대체습지조성 사업에 긍정적인 영향이 있을 것으로 기대된다.

공유수면매립법에는 대체습지 조성과 관련된 직접적인 규정은 없으나 공유수면 매립이 대체습지 조성수요의 하나이기 때문에 공유수면매립법과 연계하여 대체습지 조성을 의무화하는 방안을 모색하여야 한다는 것이다. 이를 위해 공유수면매립기본계획에 매립예정지별로 공유수면 매립에 따른 대체습지 조성방법에 관한 사항을 포함하게 하는 방안과 면허의 기준에 대체습지 조성을 위한 계획이 반영될 것을 조건으로 하는 방안을 들 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

농지법에도 대체습지 조성과 관련된 직접적인 규정은 없으나, 농지전용에 따른 농지조성비의 부과 규정을 대체습지를 조성하게 하거나 대체습지를 조성할 비용을 부담하게 하는 근거규정으로 활용할 수 있을 것이다.

다음으로 대체습지조성을 위한 관련 국내 정책으로는 해양개발기본계획, 연안통합관리계획, 연안정비계획, 중장기 항만기술발전 기본계획, 공유수면 매립 기본계획, 습지보호지역 보전계획 등을 들 수 있다. 해양개발기본계획에는 갯벌의 지속가능한 보전·이용체제 구축의 실천을 위하여 체계적인 갯벌생태계 조사 및 데이터베이스 구축·운영, 습지보호지역 지정 및 관리, 훼손된 갯벌의 복원 및 대체갯벌의 조성, 갯벌문화사업 지원과 갯벌의 합리적인 이용방안 마련, 갯벌보전을 위한 국제협력의 강화를 강조하였으며, 특히 훼손된 갯벌의 복원 및 대체갯벌의 조성을 위해서는 생물 공학적 기법을 이용한 갯벌 복원기술 개발, 매립·간척으로 상실되는 갯벌에 대한 대체갯벌 조성 등을 구체적인 방안으로 제시하였다.

연안통합관리계획은 훼손된 연안을 복원·개선하는 연안해역 개선사업으로 훼손된 갯벌 및 철새도래지를 복원하기 위한 습지개선사업 시행 등을 들고 있으며, 또한 개발에 의해 훼손이 심각하거나 오염원 유입이 집중되는 지역에서의 습지복원사업을 시행하고 있다. 그리고 연안정비계획은 연안재해로부터 해안을 보호하고 훼손된 해안을 정비하는 연안보전사업과 연안해역의 정화, 폐선제거 등 연안해역을 보전·개선하는 사업을 해역개선사업으로 정하고 있으므로 연안정비사업을 대체습지 조성의 근거로 해석할 수 있다.

중장기 항만기술발전 기본계획에는 환경친화적인 항만기술개발을 위한 3대 중점추진사업에 대체습지 조성과 관련된 '해양환경의 적극적인 보존 및 창출'이 포함되며, 그 구체적 사업의 하나로서 '인공간석지 및 식생지 조성기술 개발사업'을 선정하였다.

공유수면매립기본계획에는 대체습지조성과 관련된 명문의 정책이 포함되어 있지 아니하나 공유수면매립으로 인한 습지의 손실을 보상하기 위해 공유수면매립기본계획의 방향은 중요하다. 따라서 공유수면매립기본계획에서 매립가능지로 반영된 지구의 경우 당해 반영지구의 면적만큼 공유수면이 없어지기 때문에 습지의 순손실을 방지하는 차원에서 대체습지조성은 필요하리라고 보여진다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

습지보호지역 보전계획에는 습지의 보전과 이용·관리에 관한 사항에 생물다양성의 유지방안과 습지복원사업 등 기타 습지보전을 위한 사업을 기술하도록 습지보호법에서 규정하고 있다. 습지보호지역 보전계획은 대상보호지역별로 훼손지 복원사업 등 습지보전을 위한 사업방향을 제시하도록 하고 있기 때문에 훼손지 복원사업에 사용된 방법과 기술 등은 대체습지조성에 유용한 자료가 될 것으로 보인다.

이러한 국내법과 국내정책을 토대로 대체습지 조성을 위한 정책방향을 살펴보면 다음과 같다. 우선 법제도 정비중 하나는 대체습지조성을 의무화하도록 하는 규정을 만드는 것이다. 대체습지조성을 의무화하는 방안으로는 현행 습지보전법상의 권장규정을 의무화하는 규정으로 개정하는 방안과 공유수면매립법상에 공유수면매립자로 하여금 매립면적에 상응하는 대체습지를 조성하도록 의무화하는 규정을 신설하는 방안이 있다. 그리고 대체습지조성 의무화 방향으로는 습지훼손자로 하여금 훼손되는 습지에 상응하는 새로운 습지를 조성하도록 할 것인가 아니면 훼손 부담금을 내게 할 것인가 하는 방안이 있다.

둘째로는 습지보전법상의 습지의 개념을 재설정하는 문제이다. 습지보전법상 습지의 개념에서 조하대 한계수심을 설정하지 않고 '연안습지'를 조간대(tidal flat)에 한정함으로써 조간대 밖의 생물분포대를 제외하여 일반적으로 통용되는 습지의 개념과 부합하지 아니하는 정의를 하고 있기 때문에 대체습지를 조성할 때 조간대만을 대체습지로 볼 것인지 또는 외해까지도 습지로 볼 것인지 현행 개념상 애매하다. 따라서 람사협약에서도 규정하고 있는 바와 같이 조하대 일정 수심까지를 습지로 간주하여 이를 연안습지의 한계로 설정하는 방향으로 습지보전법을 개정할 필요가 있다.

또한 대체습지 조성을 의무화할 때 법제도의 정비 및 행정적 절차에 못지않게 중요한 것이 대체습지를 조성할 수 있는 기술이 우선 확보되어야 할 것이다. 이러한 실용화 기술이 확보되지 아니하면 대체습지를 직접 조성하겠다는 개발자에게 어떠한 기준도 제시하지 못할 것이며, 자칫 대체습지 조성이 아닌 새로운 환경파괴가 될 가능성이 있다.

대체습지조성을 위한 정책방향으로는 습지보전기본계획 수립 시 대체습지 조성을 위한 구체적이고도 세부적인 계획을 포함시켜야 할 것이다. 그리고 해양개발기본계

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

획, 연안통합관리계획 및 중장기 항만기술발전 기본계획에 대체습지를 조성하도록 하고 있는 바, 이러한 국가계획이 실질적으로 수행되기 위한 과감한 예산활동이 필요하다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제6장

연구개발수행 내용 및 결과 Ⅳ : 복원생물 및 이식기술 분야

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제6장 연구개발수행 내용 및 결과 Ⅳ : 복원생물 및 이식기술 분야

제1절 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라 서해안에 잘 발달하고 있는 갯벌에는 해산 현화식물 (顯花植物)인 잘피류 (*Zostera*)를 주체로 하는 해저식물군락이 분포하고 있다. 이러한 잘피류 숲은 연안해역의 주요 일차생산의 장 (場)인 동시에 각종 수산생물의 보육장이며 산란장이라는 것은 어민들에게는 예부터 잘 알려져 있는 사실이며, 최근에는 이것이 연안해역의 수질정화나 저질의 안정화 및 경관적 측면에서도 주목받고 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 우리나라에서는 갯벌에 서식하는 잘피류에 대한 연구가 최근에야 시작되고 있으며 그것도 지극히 일부 기초연구 부분에서만 이루어지고 있을 뿐 장기적으로 서식처 복원이나 산업적 목적을 염두에 둔 기술개발과 관련한 연구는 전무한 실정이다.

이러한 잘피숲은 이웃 일본의 경우, 전후 (戰後) 일본 연안의 해저에 잘 발달하고 있는 잘피숲이 대규모로 쇠퇴하거나 사라지고 있으며, 특히 1965년에서 1971년까지만 하더라도 6년간 거의 절반으로 줄었으며 일부 해역을 제외하고는 감소 추세가 계속되고 있는 것으로 보고하고 있다. 그러나 우리의 경우 구체적인 정량화된 연구결과는 없으나 불과 20여 년 전만 하더라도 남해안의 수많은 내만해역에 무성했던 잘피숲들이 최근에는 여기저기서 그 자취를 감추고 있는 것이 사실이다 (personal observation). 이러한 잘피숲의 소멸원인으로는, 첫째 연안해역의 수질오염과 그에 따른 투명도의 감소, 그리고 연안매립과 간척으로 인한 서식처 손실 및 파괴 등을 들 수 있을 것이다.

미국과 일본에서는 이러한 잘피숲의 손실(loss)과 파괴에 대응하기 위하여 연안해역의 환경 복원을 목적으로 하는 대규모 잘피숲 조성에 대한 연구에 엄청난 연구비를

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

투입하고 있으며 일본 전역 각 현의 수산시험장을 중심으로 그리고 미국에서는 NOAA, EPA, US Fish and Wildlife Service, US Army Engineer Waterways Experiment Station 등의 연구소를 통하여 활발하게 실시하고 있다.

지금까지 외국의 수많은 연구 결과로부터 얻을 수 있는 결론은 이러한 해저초원생태계가 해양생태계 중에서도 가장 생물다양성이 높고, 또한 다양한 해양생물 및 수산자원을 지탱하고 유지시켜주는 생태계라는 사실이다. 이처럼 해저초원생태계가 높은 생물다양성과 다량의 수산자원을 유지시켜줄 수 있는 것은 해저초원 자체가 수많은 생물들의 피난처, 성육장 및 산란장의 역할을 할 수 있는 다양한 서식처를 제공할 수 있기 때문이며 또한 1차 생산자로서의 먹이 공급뿐만 아니라 퇴적환경 및 수층환경의 안정화, 그리고 오염물질의 흡수/흡착을 통해 연안환경을 정화하는 능력을 가졌기 때문이다.

이러한 서식처 복원과 조성과 관련한 여러 가지 기술개발은 다음과 같은 다양한 측면의 부가가치를 창출할 것으로 예상된다.

(1) 기술적 측면

- 대체습지 조성을 위한 대상 생물군집의 환경 특성 파악
- 대상 생물인 ecosystem engineer 또는 keystone species의 개체군 생태학 및 생활사 특성 파악
- 대상생물의 이식 기술 개발
- 대상생물의 대량생산 기술 개발
- 대체습지 복원기술 개발

(2) 경제. 산업적 측면

- 연안 수산자원 증강을 위한 복원기술 개발로 장기적으로는 수산업 발전의 토대 마련
- 생물다양성이 높은 해저초원생태계의 복원으로 국가적 해양생물자원의 유지 및 증대 가능
- 현재 미개척 분야인 해안생태계 복원 기술개발로 증대되는 국내 및 국제 수요 대처 가능

(3) 사회. 문화적 측면

- 해안생태계의 복원으로 자연자산의 중요성 인식하는 계기 마련
- 새로운 서식처 복원으로 환경교육의 장으로서의 기능

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

2. 해산 현화식물의 분류 및 분포

해초(Seagrass)는 해양환경에 잘 적응된 수중 현화식물로서 현재 12속(屬) 50여 종(種)이 보고 되었다(Den Hartog, 1977). 이중 잘피류(*Zostera*)는 대표적인 해양 종이며, 열대와 온대해역에 밀생하여 무성한 군락을 형성한다. 잘피 군락은 생태학적으로 해류, 파랑과 조석 등의 해수 유동을 제어하고, 부착 생물들에게 착생 기반과 다양한 어류, 무척추 동물의 서식처 및 피난처를 제공한다. 또한 고사한 잘피류의 파편은 많은 양의 유기 쇄설 입자를 공급하기 때문에, 연안역의 기초 생산력 증대에 매우 중요한 역할을 수행한다. 한편, 잘피군락은 부유 현탁물질의 확산을 방지하고, 질소와 인 등의 영양염류를 흡수함으로써 수질 환경 개선의 역할을 담당하는 등 기능이 매우 다양하다(Dawes, 1981 ; Phillips and Menez, 1988).

한반도에 자생하는 잘피류는 Nakai(1911)에 의해 *Zostera marina*가 처음 보고 되었고, 이 종에 대한 생물학적 연구(공, 1981, 1982)와 군락에 서식하는 어류에 대한 연구(곽, 1997)가 수행된 바 있다. 특히 최근에 이르러 잘피류의 생육지에 따른 생태·분류학적 특성에 대한 연구(이, 2001)가 이루어졌다.

잘피류(*Zostera*)의 연구는 1931년 유럽 및 미국 연안에 서식하는 잘피(*Z. marina*)의 생태학적 중요성이 입증되면서 연구가 활발히 수행되었다. 이후 den Hartog에 의해 분류 및 지리적인 분포가 파악되었고, 동위 효소(McMillann, 1980), 부착생물(Coleman, 1995), 생산성(Bittaker and Iverson, 1976 ; McRoy, 1974), 생물량(Gallegos *et al.*, 1993 ; Aioi, 1980 ; Sand-Jensen, 1975), 종자 발아 (Orth and Moore, 1983) 연구와 이식실험 (Hatade, 1981 ; Phillips, 1974 ; Thorhang, 1974) 등이 활발하게 이루어지고 있다. 잘피와 애기잘피의 개괄적인 형태적 특징은 <표 6.1.1>에 제시된 바와 같다.

Den Hartog는 그의 저서 'The Sea-Grasses of the World'(1970a)에서 기존의 모든 해산 현화식물의 종 기재, 생태학, 분포, 종과 속의 분류 검색 키, 도면 및 분포도 등을 포함하여 가장 완벽한 모노그라프를 작성하면서 4 아종을 포함하는 2과 12속 47종을 보고하였다. 그 이후 Den Hartog(1970b, 1972a, b), Sachet and Fosberg (1973), Cambridge and Kuo(1979), Greenway(1979), Eiseman and McMillan (1980), Kuo and Cambridge(1984), Robertson(1984), De Oliveira *et al.* (1983),

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Larkum(1995), Kuo(2000) 등 많은 학자들에 의해 새로운 종이 기재되면서 현재 4과 12속 60종이 알려지고 있다(Kuo and den Hartog, 2001).

<표 6.1.1> 잘피와 애기잘피의 형태적 특징

생태적 특징	잘피 (*Z. marina*)	애기잘피 (*Z. japonica*)
잎 길이 (Length of Leaf)	3 m 이내	30 cm 이내
잎 폭 (Width of Leaf)	3 ~ 12 mm	0.75 ~ 1.5 mm
전체 길이 (Length of Shoot)	4 m 이내	30 cm 이상
엽맥 수 (Number of Vein)	5 ~ 11	3
엽두의 형태 (Shape of Leaf apex)	미철두(mucronate)	톱니모양(notched)
씨의 형태 (Shape of Seed)	길이 3 ~ 4 mm 의 타원형	직경 2 mm 의 알 모양
육수화서 (Spadix) 의 구성	6 ~14 암수 화서로 구성	4 ~ 5 암수 화서로 구성

그러나 이러한 현화식물의 종수도 최근에 발달하고 있는 분자생물학적 방법을 이용한 분류학적 연구와 다이빙 기술 등의 발달로 인한 조사 지역의 확대 등으로 가까운 장래에 많이 바뀔 것으로 전망되고 있다.

전통적으로 현화식물을 분류하는데 사용되는 특징들은 생식기의 구조(reproductive structures), 즉 petals, stamens, 열매(fruits, 果實), 씨(seeds, 種子) 등이 이용되나, 대부분의 해산 현화식물의 꽃(flowers)이나 열매(fruits)는 흔히 잘 발견되지 않기 때문에 그 분류가 다소 잎 너비(blade width, 葉幅), 잎끝(blade tips 또는 葉頭 blade apex라고도 함), 잎맥 수(vein numbers), fiber distributions, epidermal cells, 잔뿌리(roots)나 지하경(rhizomes)의 특징 등 vegetative characteristics에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 여기에 열거한 특징들 중의 어떤 것들은 -이를테면 leaf tips 처럼- 상당한 변이가 있어 문제가 된다. 그럼에도 불구하고 많은 해산현화식물학자들은 이러한 분류학적 특징들이 다른 특징들과 함께 사용된다면 아직까지도 유용하며, 흔히 동정을 위한 분류키로 이용하고 있는 것이 현실이다(Kuo and Den Hartog, 2001).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

가. 잘피과 (Family Zosteraceae) 식물의 분류

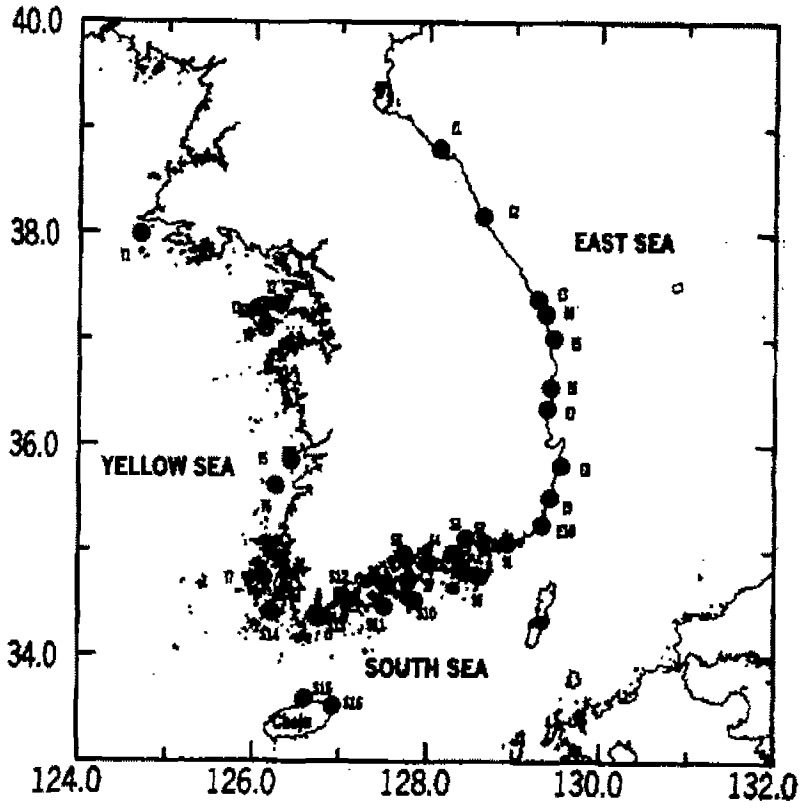
전세계적으로 이 과에 속하는 식물은 일부 종이 열대지방에도 서식하나 대부분 온대 해역에 널리 분포하고 있으며 현재까지 *Heterozostera* 1종, *Zostera* 11종, *Phyllospadix* 5종 등 3속 17종이 알려져 있다(Kuo and Den Hartog, 2001). 그 중에서도 잘피 속(Genus *Zostera*)은 가장 넓은 분포 범위를 보이며 말잘피 속(Genus *Phyllospadix*)은 북태평양에, 그리고 *Heterozostera* 속은 남미와 호주 등지에서 발견된다. 우리나라 연안에서는 Nakai(1911)가 맨 처음으로 *Zostera marina*를 보고한 이래 5종의 *Zostera*, 2종의 *Phyllospadix*가 보고되어 총 2속 7종이 기록되어 있다 (Miki, 1932, 1933; 이, 2001).

Zostera 속은 monoecious flowers, entire leaf margins, ovoid-shaped fruits, elongated internodes in rhizomes 등의 형태학적 특징에서 *Phyllospadix* 속과는 다르며, 생태학적으로도 사니질의 퇴적상과 파도로부터 어느 정도 차폐된 해안에서 발견되는 데 반하여, 말잘피 속은 surf grass라는 말처럼 암반 해안의 거센 파도에 면하는 곳에 분포한다. 이렇게 파도에 면한 암반이나 사니질 해안에 분포하는 두 속의 분포 특성은 각기 해부학적 구조의 적응(anatomical adaptations)을 잘 나타내 주기도 한다. 그밖에 수생관속식물의 가래과(Family Potamogetonaceae)에 속하는 줄말(*Ruppia maritima*)은 최근 우리나라 기수호에 상당히 빠른 속도로 번식하면서 분포 범위를 넓히고 있는 종이다.

나. 국내 분포

이(2001)에 의하면, 한반도에서 잘피류(*Zostera*)의 생물지리학적 분포는 동해와 서해연안에서 3종과 남해 연안에서 4종이 출현한다. 이 중 잘피(*Z. marina*)의 생물지리학적 분포는 동해안의 화진포 석호에서부터 남해 연안의 제주도를 포함해서 서해안의 백령도까지 한반도 전해역에 광범위하게 분포한다. 서식환경은 갯벌의 대기 노출지역으로부터 조하대의 수심 8m내외이며, 석호, 하구, 만, 항구와 보초에서 분포한다. 반면, 애기잘피(*Z. japoinca*)의 생물지리학적 분포는 남해와 서해 도서 연안의 갯벌에서만 분포한다 (<그림 6.1.1> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



● 잘피 (*Z. marina*), ■ 애기잘피 (*Z. japonica*)

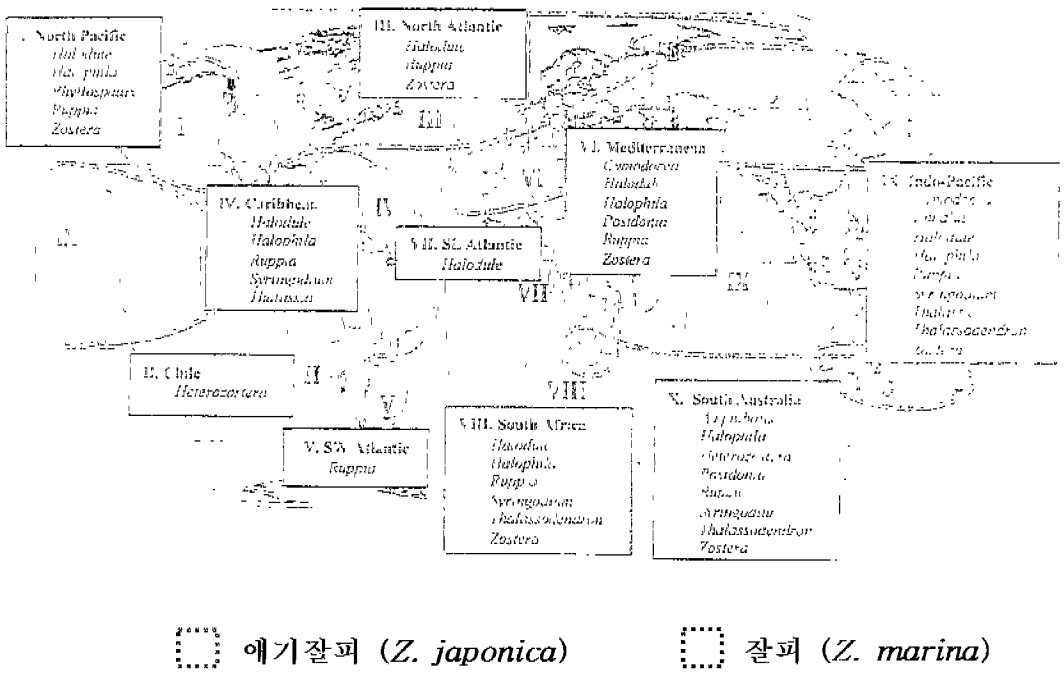
<그림 6.1.1> 잘피류의 국내 분포(이, 2001)

다. 국외 분포

애기잘피는 다년생 식물로 북으로는 사할린과 캄차카에 이르기까지, 남으로는 동남아시아의 베트남, 그리고 북미의 태평양 연안(Den Hartog, 1970 ; Phillips and Menez, 1988)에 분포하는 것으로 알려져 있다(<그림 6.1.2> 참조). 북미에서는 1957년에 맨 처음으로 *Z. nana* Roth라는 이름으로 보고되었고, 이후 다시 *Z. americana* (Den Hartog, 1970)로 바뀌기도 하였다. Harrison(1976)은 *Z. americana* 표본과 Den Hartog의 *Z. japonica* 그림을 비교한 후 아마도 이 두 종은 동종일 것이라는 제안을 하였고, 그 후 Bigley(1981)와 Bigley and Barreca(1982)가 주성분 분석을 이용하여 Harrison의 제안을 확인하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

홍콩에서도 *Z. nana* Roth.로 처음으로 보고되었지만 Phillips and Menez (1988)에 의하여 후에 *Z. japonica* Aschers. and Graebn로 재정리되었고, Lee (1994)에 의해 재확인되었다. 현재 홍콩의 여러 지역에서 보고 되고 있지만 특히 매립에 의한 책락록 공항 개발로 분포에 심각한 위협을 받고 있는 것으로 보고한 바 있다 (Lee, 1994; 1997).



<그림 6.1.2> 잘피류의 국외 분포(Short *et al.*, 1999)

3. 잘피류의 형태적인 특징변수

잘피류(*Zostera*)의 식물은 엽맥의 수(Number of leaf vein), 엽두의 형태(shape of leaf apex), 엽폭(width of leaf)과 종피(seed coat)의 주름 형태, 섬유가닥의 수(Number of fibrous strands) 등으로 형태적인 구분되었다 (Miki, 1932 ; Den Hartog, 1970 ; Philips and Menez, 1988 ; Kitamura *et al.*, 1992 ; Komarov and Il'in, 1986 ; Shin and Choi, 1998 ; Cho and Boo, 1998).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Miki(1932)의 최초 기재 이후 잘피류 식물을 구분하는 형질로는 엽두의 형태(Philips and Menez, 1988 ; Kitamura *et al.*, 1992 ; Shin and Choi, 1998), anthocyanin spot의 존재 유무(Philips and Menez, 1988), 잎의 폭(Kitamura *et al.*, 1992 ; Komarov and Il'in, 1986), 그리고 열매의 형태(Philips and Menez, 1988 ; Kitamura *et al.*, 1992) 등 다양한 연구자에 따라서 특정 형질이 이용되었다. 상기의 형질들은 개체 간에 변이가 심하여 특정 종간에 중첩되는 경향이 나타나는 단점이 있어 정량 및 정성적인 형질들을 통한 일부의 분류 연구는 종구분의 한계가 모호하기도 하다.

제2절 재료 및 방법

해초(Seagrass)는 해양환경에 잘 적응된 수중 현화식물로서 열대와 온대해역에 밀생하여 무성한 군락을 형성한다. 이중 잘피류(*Zostera*)는 앞에서 기술한 바와 같이 대표적인 해양종이며, 잘피 군락은 해류나 파랑 등의 해수 유동을 제어하고, 부착 생물들에게 착생 기반과 다양한 어류, 무척추 동물의 서식처 및 피난처를 제공하기도 한다. 또한 고사한 잘피류의 파편은 많은 양의 유기쇄설입자를 공급하기 때문에, 연안역의 기초 생산력 증대에 매우 중요한 역할을 수행한다. 한편, 잘피군락은 부유 현탁물질의 확산을 방지하고, 질소와 인 등의 영양염류를 흡수함으로써 수질 환경 개선의 역할을 담당하는 등 기능이 매우 다양하다. 이러한 다양한 기능으로 인해 해저초원생태계가 해양생태계 중에서도 가장 생물다양성이 높고, 또한 다양한 해양생물 및 수산자원을 지탱하고 유지시켜주는 것이 사실이다.

이상과 같은 애기잘피의 다양한 기능과 연안습지 생태계에서의 위치와 역할을 감안하여, 본 연구에서는 훼손된 연안습지의 복원을 위한, 그리고 대체습지 조성에 적용할 대상 생물로 잘피류, 특히 애기잘피를 선정하고, 이에 대한 이식기술 개발연구의 일환으로 제1차년도 연구에서는 애기잘피와 잘피의 분포를 파악하고 애기잘피와 잘피의 생태학적 특징과 서식환경을 파악하기 위한 현장조사를 실시하였다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

1. 연구 지역

연구지역의 선정을 위하여 잘피류(애기잘피, 잘피)의 서식처 및 분포현황 파악을 시도하였다. 사전 조사 지역으로는 전라남북도, 충청남북도, 인천·경기지역 해안지역을 대상으로 하였다. 2002년 8월 23일부터 8월 25일까지 3일간 실시된 사전 답사 결과, 한반도의 남단지역에 위치하는 전라남도 진도군 청룡리 갯벌과 해남군 통호리 갯벌은 문헌정보 및 탐문조사와는 다르게 애기잘피는 존재하지 않았으며, 잘피만이 분포하는 것을 확인하였다. 한반도 중부역인 충청남도 보령시 오천면 삽시리 갯벌에는 애기잘피가 부분적으로 분포하는 것을 확인하였으나, 밀도는 상대적으로 적은 편이었다. 반면, 인천광역시 옹진군 자월면 승봉도 갯벌은 애기잘피의 서식처 규모면에서 상기 지역과 비교하여 상대적으로 넓고, 잘피 또한 갯벌의 하부역을 중심으로 동시에 분포하고 있어 잘피류의 생태적인 특성을 파악하기에 매우 양호한 해역으로 판단되었다. 따라서 잘피류의 전반적인 분포현황이나 서식처 특성, 연구지역으로의 접근 용이성 등을 고려한 결과, 인천광역시 옹진군의 승봉도 갯벌이 가장 타당한 것으로 판단하여 조사 지역으로 선정하였다.

인천광역시 옹진군 자월면 승봉도 (37°5′ 95″ N 126°15′65″E)는 인천항에서 서남쪽으로 34km 지점에 위치하고 있으며, 본 섬의 해안선 길이는 약 9.5km이다. 이 중 잘피 군집은 섬의 남서쪽 해안을 따라 분포하고 있다. 조사 해역의 물리적인 특성을 보면, 최대반조차는 약 365cm 이며, 간조시 갯벌이 대기 중에 노출되는 최대시간은 2시간 30분 정도이다.

2. 대상생물 선정 및 현장 조사

가. 대상생물의 선정

잘피류가 서식하는 해초지 생태계는 다른 해양 생태계와 비교하여 생물다양성이 가장 높고, 또한 다종다양한 해양생물 및 수산자원을 지탱하고 유지시켜주는 생태계로 알려져 있다. 특히, 해저초원생태계는 그 자체가 수많은 생물들의 피난처, 생육장 및 산란장의 역할을 할 수 있는 서식처를 제공함과 동시에 1차 생산자로서의 먹이 공급뿐만 아니라 퇴적환경 및 수층환경의 안정화, 그리고 오염물질의 흡수/흡착을 통해 연안환경을 정화하는 등 매우 다양한 기능을 수행한다. 이 가운데 애기잘피는 갯벌의 상부에 서식하여 주로 갯벌 저조선 인근에 서식하는 잘피와 함께

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

이와 동일한 기능을 수행한다는 점에서 생태계에서 이들이 차지하는 의미는 매우 크다고 하겠다. 이상과 같은 이유로 본 연구에서는 잘피류를 대상생물로, 특히 애기잘피를 주대상생물로 선정하였다.

나. 현장조사

현장 조사는 2002년 12월부터 2003년 4월까지 월별로 실시하였으며, 잘피의 분포역을 기준으로 1개의 정선을 선택하였다. 조사 정점수와 위치는 갯벌의 지형 및 조위, 그리고 잘피의 생육밀도를 고려하여 결정하였다. 정점 1은 갯벌의 상부에 위치하며, 애기잘피가 집중적으로 서식하는 지역이다. 중조위의 정점 2는 애기잘피와 잘피가 혼서하는 지역이며, 저조선 인근에 위치한 정점 3은 잘피가 집중적으로 분포하는 지역이다(<그림 6.2.1> 참조).

잘피와 애기잘피가 서식하는 물리적인 환경을 파악하기 위하여 수온, 염분, 용존 산소를 YSI 85를 이용하여 현장에서 측정하였다.

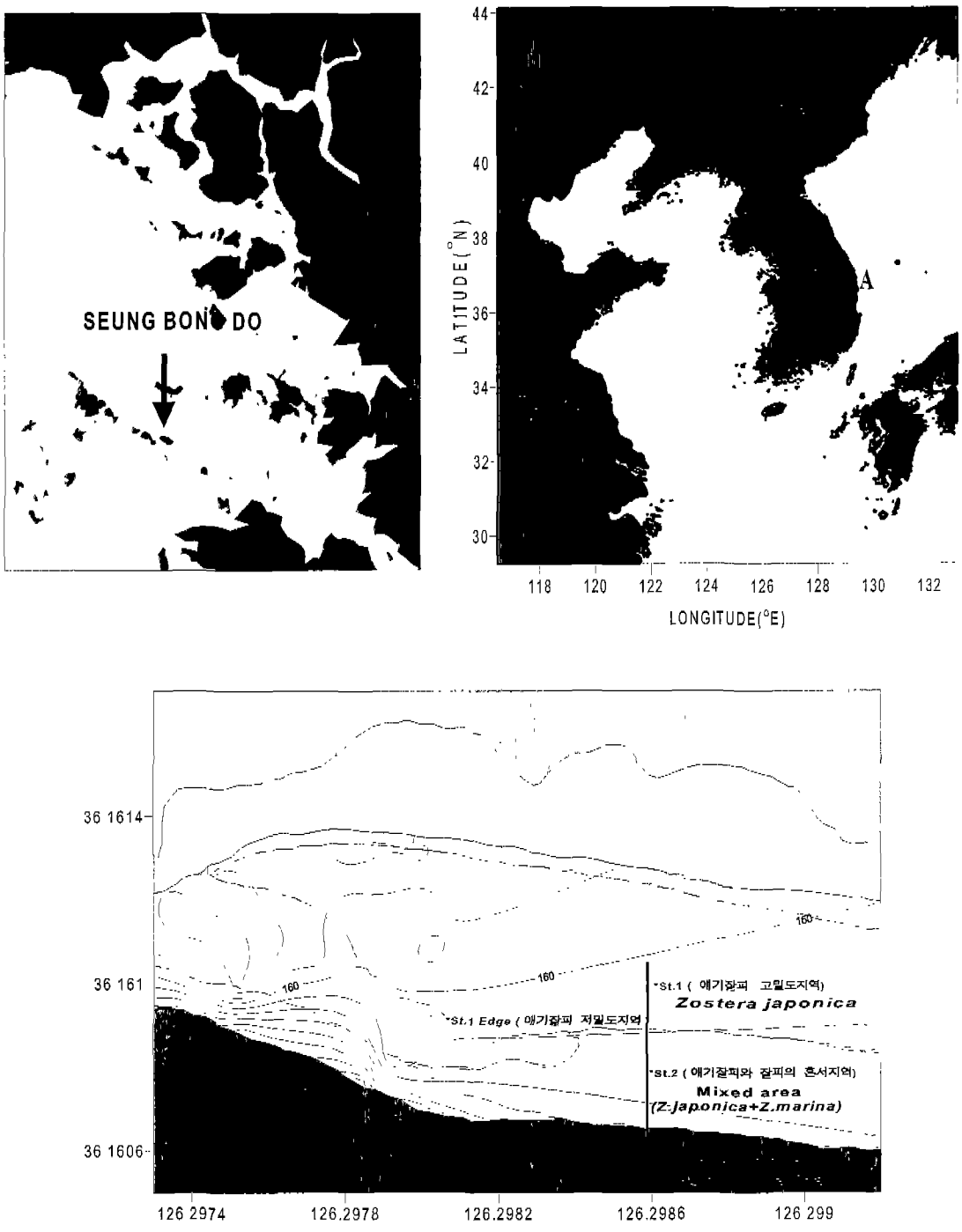
잘피류의 형태적 특징, 서식밀도 (shoots density)와 생물량을 파악하기 위하여 애기잘피는 직경 7cm의 원형 코어를 이용하였고, 잘피는 20cm×20cm의 방형구를 이용하여 각 정점에서 4회를 채집하였다. 채집한 시료는 현장에서 퇴적물을 제거한 후 실험실로 운반하여 실험실 분석을 실시하였다.

3. 분석 방법

가. 외부 형태학적 형질 분석

형태학적 분석을 위하여 채집된 식물체 시료는 전체 길이, 잎 길이, 엽초 길이, 지하경 폭, 잎 폭, 엽맥 수 등 정량적인 형질을 측정하였다(<그림 6.2.2> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

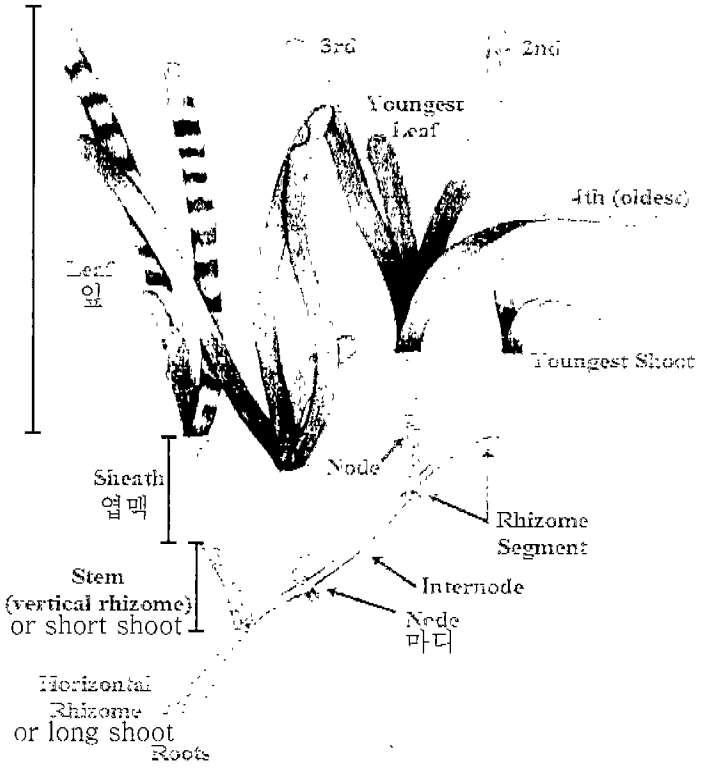


<그림 6.2.1> 연구 지역의 잘피류 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나. 서식밀도 및 생물량의 분석

각 조사 정점에서 채집된 잘피류를 대상으로 개체수를 계수하였고, 생물량은 건중량(dry weight)을 측정하였다. 이 중 개체수는 각각의 종을 대상으로 영양지와 생식지를 구분하여 개체수를 계수하였다 (영양지 = vegetation shoot ; 생식지 = flowering shoot). 반면, 생물량은 지상부와 지하부로 구분하여 측정하였다 (지상부 생물량 = leaf+sheath ; 지하부 생물량 =horizontal rhizome+vertical rhizome+roots). 이후 측정된 개체수와 생물량은 단위 면적당 (/㎡) 서식밀도와 생물량으로 환산하였다.



<그림 6.2.2> 잘피류의 형태적 특징

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제3절 결과

1. 생육지 특징

승봉도 갯벌의 물리적인 환경 특성을 보면, 수온은 2003년 4월에 10.6℃로 높았고, 2월에 3.8℃로 낮았다(<그림 6.3.1> 참조). 염분농도는 평균 30.42‰이었고, 3월에 31.7‰로 높았으며, 2003년 4월에 27.6‰로 낮았다. 4월에 낮은 염분농도는 현장 조사시의 강우에 기인하였다. 용존 산소는 평균 9.51 mg/*l*이었으며, 2월과 3월에 각각 9.93 mg/*l*와 9.81 mg/*l*을 나타내 상대적으로 높았다.

2. 형태학적인 특징

가. 전체길이 (Length of total shoot)

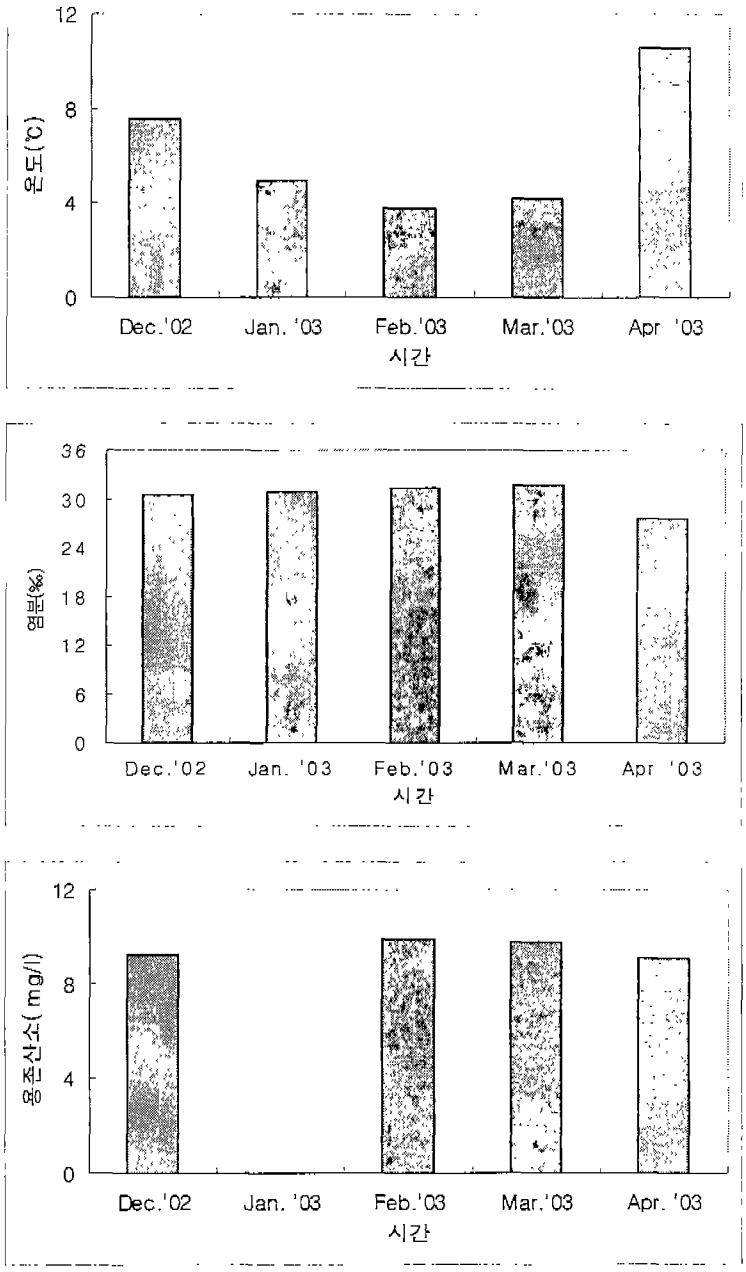
(1) 애기잘피

독립지에서 서식하는 애기잘피의 길이는 평균 12.66㎝ (±3.59)이었으며, 4월에 16.39㎝로 가장 길었고, 2월에 9.82㎝로 짧았다. 혼서지역에서는 평균 7.97㎝이었으며, 4월에 8.59㎝로 길었고, 2월에 7.14㎝로 짧아 독립지의 결과와 동일하였다(<그림 6.3.2> 참조).

(2) 잘피

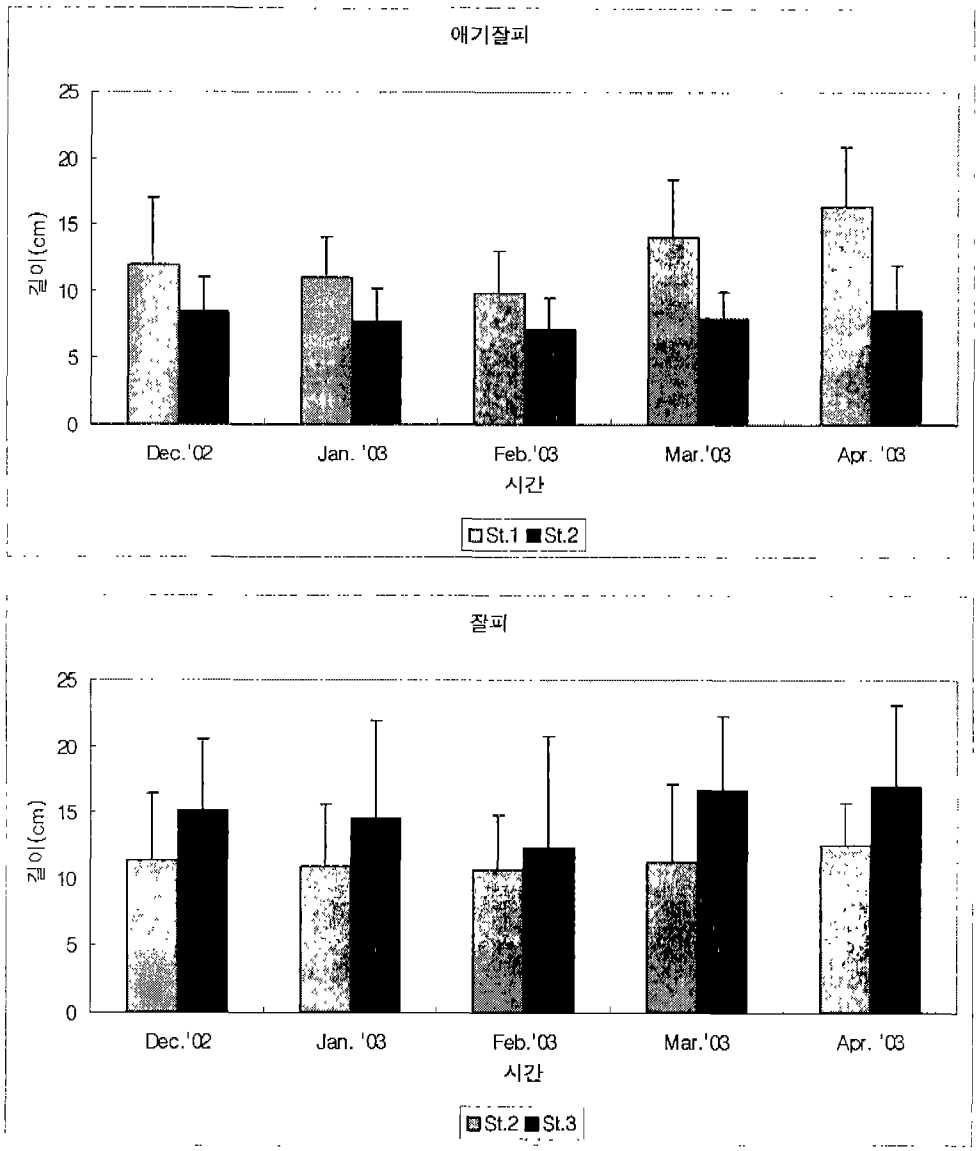
독립지에서 서식하는 잘피는 평균 15.14㎝이었으며, 4월에 가장 높은 17.02cm를 보였고, 2월에 가장 낮은 12.29cm 이었다. 애기잘피와 서식지를 공유하는 혼서지역의 잘피는 4월에 12.51cm로 가장 길었으며, 2월에 10.64cm로 짧았다(<그림 6.3.2> 참조). 결과적으로 독립지 및 혼서지역에 서식하는 애기잘피와 잘피의 전체 길이는 2월에 가장 짧았고, 시간의 경과에 따라 점차 증가하여 4월에 가장 길었다. 이러한 경향으로부터 애기잘피와 잘피의 시간에 따른 길이의 변화는 조위와 서식양상의 차이(혼서 또는 독립 서식지) 보다는 수온과 같은 환경적인 요인들의 영향이 보다 컸을 것으로 생각된다. 한편, 독립지에 서식하는 잘피류는 혼서 지역의 잘피류와 비교하여 애기잘피는 4.67cm, 잘피는 3.84cm 길었다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.3.1> 승봉도 갯벌의 물리적인 환경 요인

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.3.2> 잘피류 전체길이의 시·공간적인 변화

이러한 원인은 잘피류가 서식하는 조위와 생물의 경쟁적인 측면에서 고려해 볼 수 있다. 우선 조위를 보면, 애기잘피는 갯벌의 상부에 서식하며, 생물학적으로 대기노출에는 강하지만 해수의 침수에는 약한 면이 있다. 반면, 잘피는 갯벌의 중조위에서 조하대까지 분포하며, 상대적으로 노출에는 약하고 침수시간에는 강한 측면이 있다. 따라서 애기잘피는 노출의 시간이 상대적으로 긴 갯벌의 상부에 분포하는 반면 잘피는 침수시간이 보다 긴 갯벌의 저조선 인근에 그 분포대가 놓이게 되고, 독립지와 비교하여 혼합지에서는 개체의 크기 차이가 발생할 수 있다고 고려할 수 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

한편 경쟁적인 측면에서 보면, 잘피는 애기잘피에 비해 상대적으로 강하다. 그러한 원인으로 대형종인 잘피가 분포하게 되면 애기잘피의 서식면적은 그 만큼 감소하게 된다. 결국 이것은 애기잘피의 성장에도 지대한 영향을 미치게 되고, 독립지의 개체에서보다 개체의 크기가 작게 되는 원인을 제공할 것으로 생각된다.

나. 잎

(1) 잎의 길이 (Length of Leaf)

(가) 애기잘피

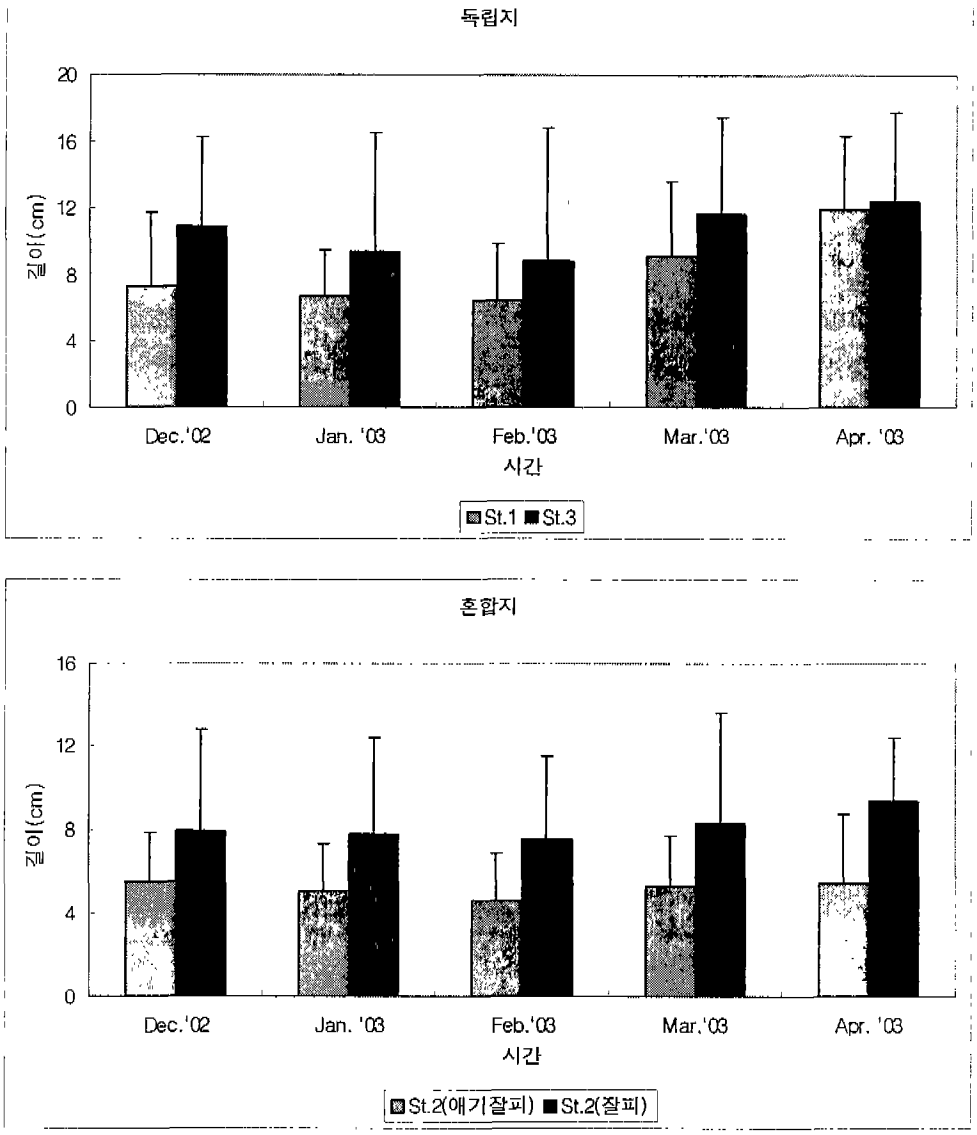
독립지에 서식하는 개체의 잎의 평균 길이는 8.32cm이었다. 4월에 9.13cm로 가장 길었으며, 2월에 6.45cm로 짧았다. 이 중 혼서지역에 서식하는 개체는 평균 5.13cm이었고, 독립지의 애기잘피와 동일하게 4월에 5.37cm로 길었고, 2월에 4.59cm로 상대적으로 짧았다.

(나) 잘피

독립지에 서식하는 개체의 잎길이는 평균 10.64cm 이었고, 4월에 12.44cm로 가장 길었고, 2월에 8.78cm로 가장 짧았다. 한편, 혼서지역에 서식하는 잘피의 잎 길이는 평균 8.14cm이었고, 4월에 9.31cm로 가장 길었고, 2월에 7.53cm로 가장 짧았다. 조사 기간 중 독립지와 혼서지역에 서식하는 잘피류는 시간의 경과에 따라 잎의 길이가 길어지는 경향을 보이고 있었다(<그림 6.3.3> 참조).

한편, 시간의 경과에 따른 잎과 엽초의 길이 변화를 보면, 독립지 애기잘피는 겨울철에 짧았다가 봄철에 증가하는 경향을 보이는 반면, 엽초의 길이는 변화가 없었다. 그러나 혼서지역에 서식하는 애기잘피의 엽초 길이는 잎 길이와 마찬가지로 겨울철에서 봄철로 갈수록 뚜렷하게 증가하였다. 잘피는 독립지나 혼서지역에서 잎 길이는 수온이 낮은 겨울철에 짧았고 봄철에 길어지는 경향을 나타낸 반면 엽초의 길이는 변화가 뚜렷하지 않았다(<그림 6.3.3> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.3.3> 잘피류의 엽초(좌)와 잎(우)의 시·공간적인 변화

(2) 잎의 폭

(가) 애기잘피

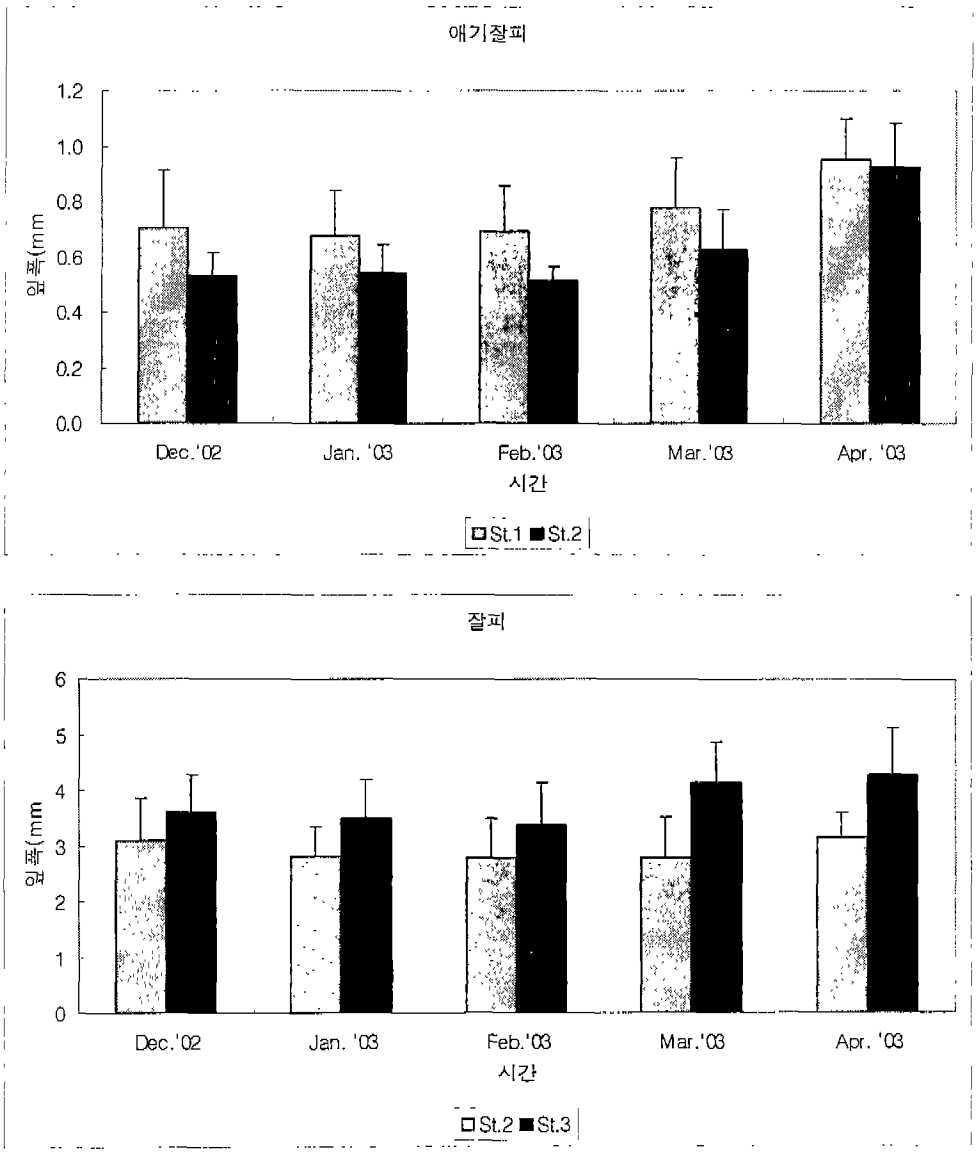
독립지에 서식하는 애기잘피 잎 폭은 평균 0.76mm이었고, 4월에 0.95mm로 상대적으로 넓었고, 1월에 0.67mm로 가장 좁았다. 혼서지역에 서식하는 개체의 잎 폭은 평균 0.62mm이었고, 4월에 0.93mm로 가장 넓었고, 2월에 0.51mm로 가장 좁았

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 독립지와 혼서지역에서 동일하게 4월로 갈수록 증가하였다(<그림 6.3.4> 참조).

(2) 잘피

독립지에 서식하는 잘피의 잎의 폭은 평균 3.78mm이었고, 4월에 4.28mm로 가장 넓었고, 2월에 3.39mm로 가장 좁았다. 한편 혼서지역에 서식하는 개체의 잎의 폭은 평균 2.93mm이었으며, 4월에 가장 큰 3.17mm를, 2월에 가장 작은 2.79cm를 보였다. 시간의 경과에 따른 잎 폭의 변화는 애기잘피와 잘피에서 공통적으로 겨울철에서 봄철로 갈수록 증가하였다(<그림 6.3.4> 참조).



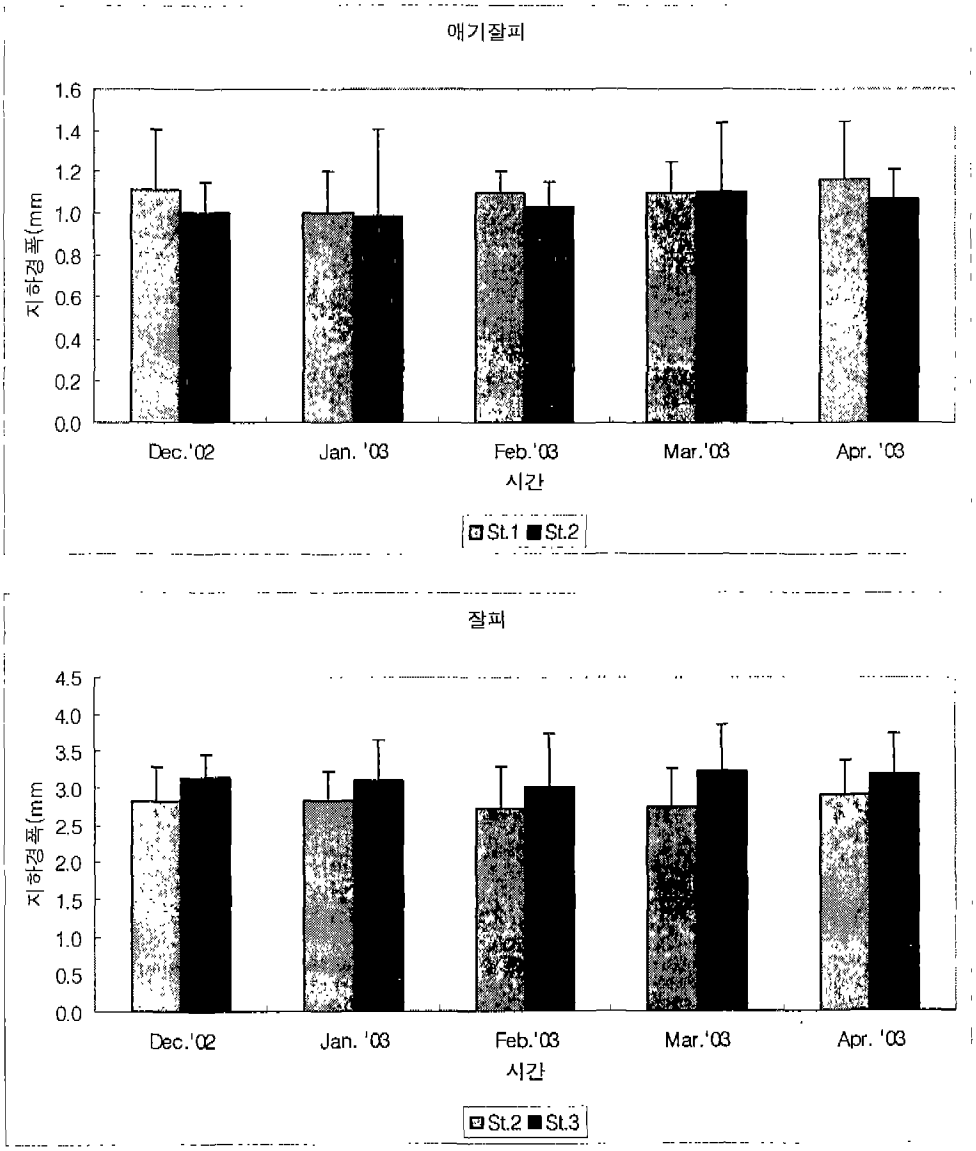
<그림 6.3.4> 잘피류의 잎폭의 시·공간적인 변화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

다. 지하경의 폭

(1) 애기잘피

독립지에 서식하는 애기잘피 지하경의 폭은 평균 1.09mm이었고, 4월에 가장 큰 1.16mm를, 1월에 가장 작은 0.99mm를 보였다. 혼서지역에 서식하는 개체의 지하경 폭은 평균 1.04mm이었고, 4월에 가장 큰 1.07mm를 보였고, 1월에 0.99mm로 가장 폭이 좁았다(<그림 6.3.5> 참조).



<그림 6.3.5> 잘피류 지하경폭의 시·공간적인 변화

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(2) 잘피

독립지에 서식하는 잘피의 지하경 폭은 평균 3.14mm이었고, 3월에 가장 넓은 3.24mm를 보였으며, 2월에 가장 좁은 3.02mm를 나타냈다. 한편 혼서지역에 서식하는 잘피의 지하경 폭은 평균 2.80mm이었고, 독립지의 잘피와 마찬가지로 4월에 가장 넓은 3.17mm를 보였고, 2월에 2.72mm로 가장 좁았다(<그림 6.3.5> 참조). 조사 기간 중 애기잘피와 잘피의 지하경 폭의 변화는 크지 않았다.

라. 서식밀도

(1) 애기잘피

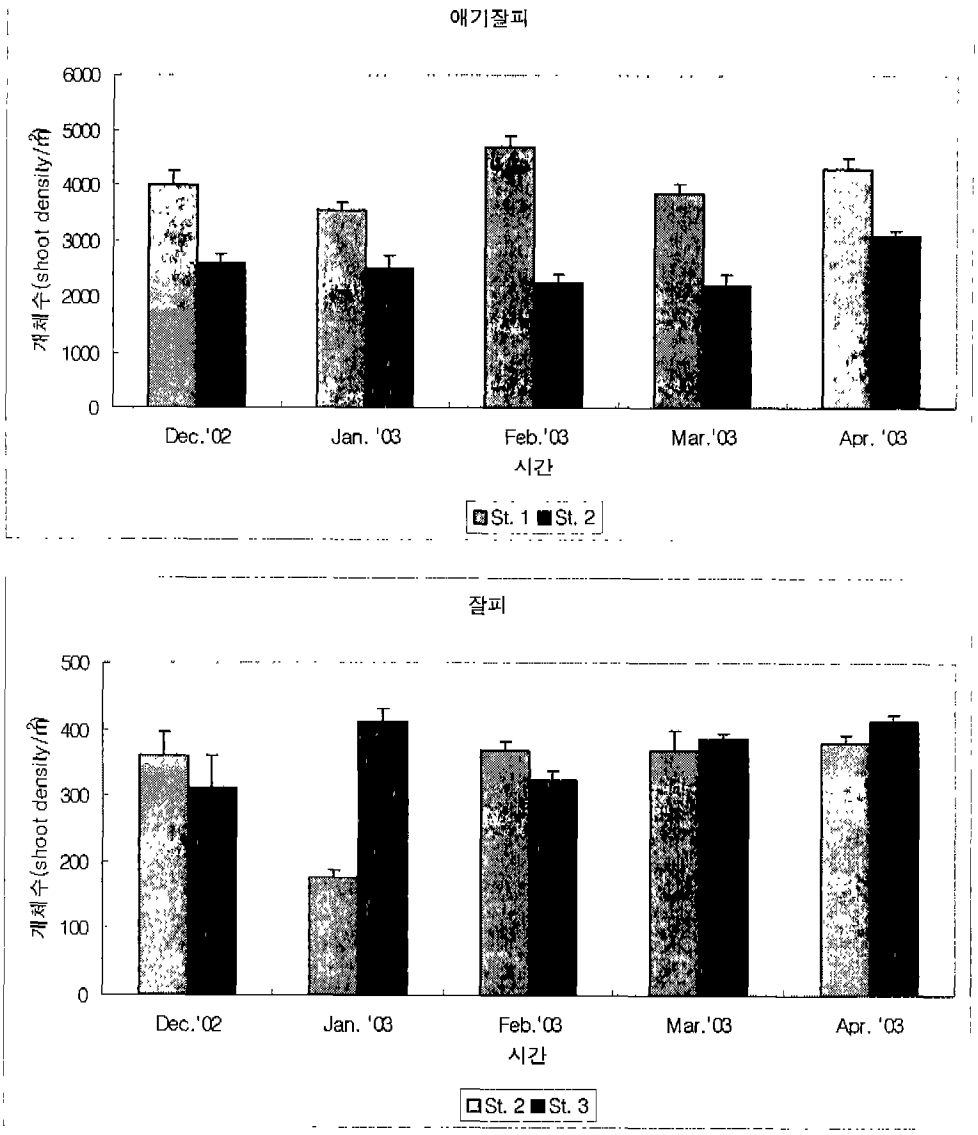
독립지에 서식하는 애기잘피의 서식밀도는 평균 4,089 shoots/㎡이었으며, 1월에 3,547 shoots/㎡로 가장 적었고, 2월에 4,708 shoots/㎡로 가장 많았다. 그러나 1월을 제외하면, 그 밖의 시기에는 4,000 shoots/㎡ 이상의 밀도였다. 한편, 잘피와 서식처를 공유하는 지역에서는 평균 2,528 shoots/㎡이 분포하였고, 2월에 가장 낮은 2,257 shoots/㎡로 나타났으며, 4월에 3,096 shoots/㎡으로 가장 높았다. 조사 시기에 따라 4월에 3,096 shoots/㎡가 출현하여 최대 밀도를, 3월에 2,193 shoots/㎡로 최소 밀도를 나타냈다. 전반적으로 애기잘피가 독립적으로 서식하는 갯벌의 상부 정점군과 혼서지역에서의 밀도는 차이가 있었으며, 독립지가 혼서지역보다 높았다(<그림 6.3.6> 참조).

(2) 잘피

독립지에 서식하는 잘피의 평균 밀도는 370 shoots/㎡이었으며, 1월에 가장 적은 225 shoots/㎡ 개체가 출현하였고, 4월에 412 shoots/㎡로 가장 높았다. 반면, 애기잘피와 서식처를 공유하는 혼서 지역에서는 평균 331 shoots/㎡가 출현하였으며, 1월에 175 shoots/㎡로 가장 적었고, 4월에 381 shoots/㎡로 가장 많았다.

전반적으로 잘피류의 서식밀도 변화를 보면, 애기잘피의 밀도는 독립지에서 2월을 제외하면 변화가 없었고, 반면 혼합지에는 2002년 12월부터 2003년 3월까지는 그 변화가 적었으나 4월에 다소 증가하는 결과를 보였다. 잘피는 2003년 1월의 혼합지에서의 낮은 밀도를 제외하면 전반적으로 변화가 없었다(<그림 6.3.6> 참조).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.3.6> 잘피류의 서식밀도

마. 생물량

(1) 지상부 생물량

(가) 애기잘피

독립지에 서식하는 애기잘피의 생물량은 평균 20.33 g DW/㎡이었으며, 4월에

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

23.92g DW/㎡으로 가장 높았고, 1월에 16.12g DW/㎡으로 가장 낮았다. 한편, 혼서 지역의 생물량은 평균 10.97 g DW/㎡이었고, 2월에 최소 9.1 g DW/㎡이, 그리고 4월에 최대 13.78 g DW/㎡이 측정되었다(<그림 6.3.7> 참조). 위에서 기술한 바와 같이 독립지에 서식하는 애기잘피의 길이는 1월과 비교해 2월에 짧았지만 생물량은 높게 나타났다. 이것은 상대적으로 애기잘피의 서식 밀도가 높았기 때문이다.

(나) 잘피

독립지에 서식하는 잘피의 생물량은 평균 27.38 g DW/㎡이었다. 4월에 33.40 g DW/㎡로 가장 높았고, 12월에 18.87 g DW/㎡으로 가장 낮았다. 반면, 애기잘피와 서식처를 공유하는 잘피의 생물량은 평균 24.90 g DW/㎡이었으며, 1월에 12.95 g DW/㎡으로 낮았고, 4월에 30.27 g DW/㎡으로 높았다(<그림 6.3.7> 참조).

(2) 지하부 생물량

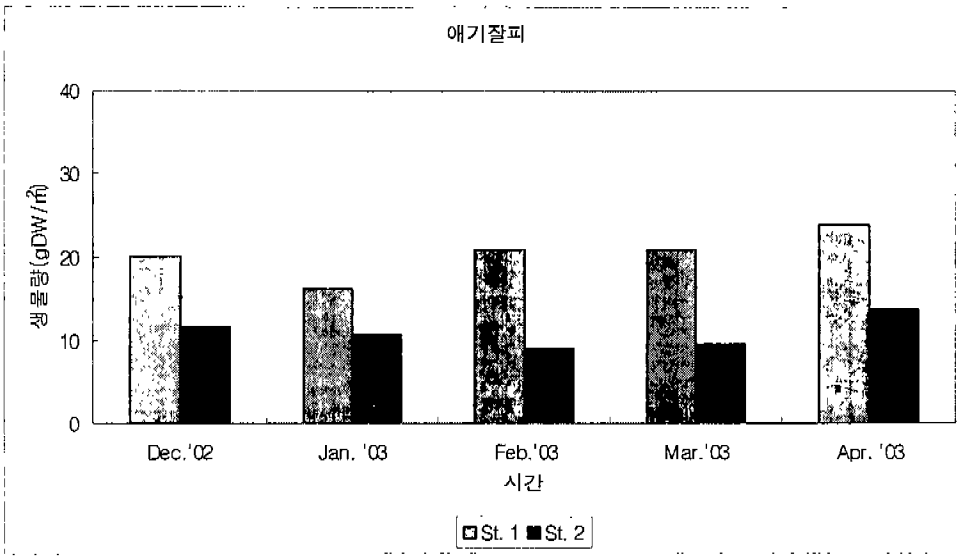
(가) 애기잘피

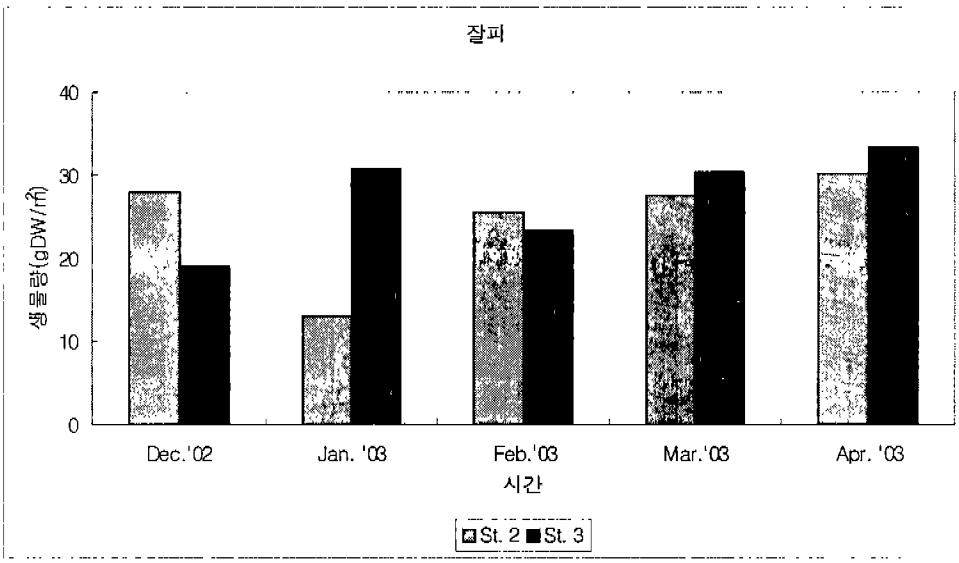
독립지에 서식하는 애기잘피의 생물량은 평균 22.828(±0.91) g DW/㎡이었으며, 3월에 21.32g DW/㎡으로 가장 낮았고, 4월에 24.96g DW/㎡으로 가장 높았다. 반면, 혼서지역의 생물량은 평균 19.864(±0.97) g DW/㎡이었고, 4월에 22.36 g DW/㎡으로 가장 높았으며, 1월에 18.2 g DW/㎡로 가장 낮았다(<그림 6.3.8> 참조).

(나) 잘피

독립지 잘피의 생물량은 평균 30.78 g DW/㎡이었고, 3월과 4월에 각각 32.63 g DW/㎡과 33.50 g DW/㎡으로 높았으며, 12월에 27.20 g DW/㎡으로 가장 낮았다. 반면, 애기잘피와 서식처를 공유하는 잘피의 생물량은 평균 23.85 g DW/㎡ 이었고, 1월에 최소 20.53 g DW/㎡을, 4월에 최대 28.08 g DW/㎡을 나타냈다(<그림 6.3.8> 참조).

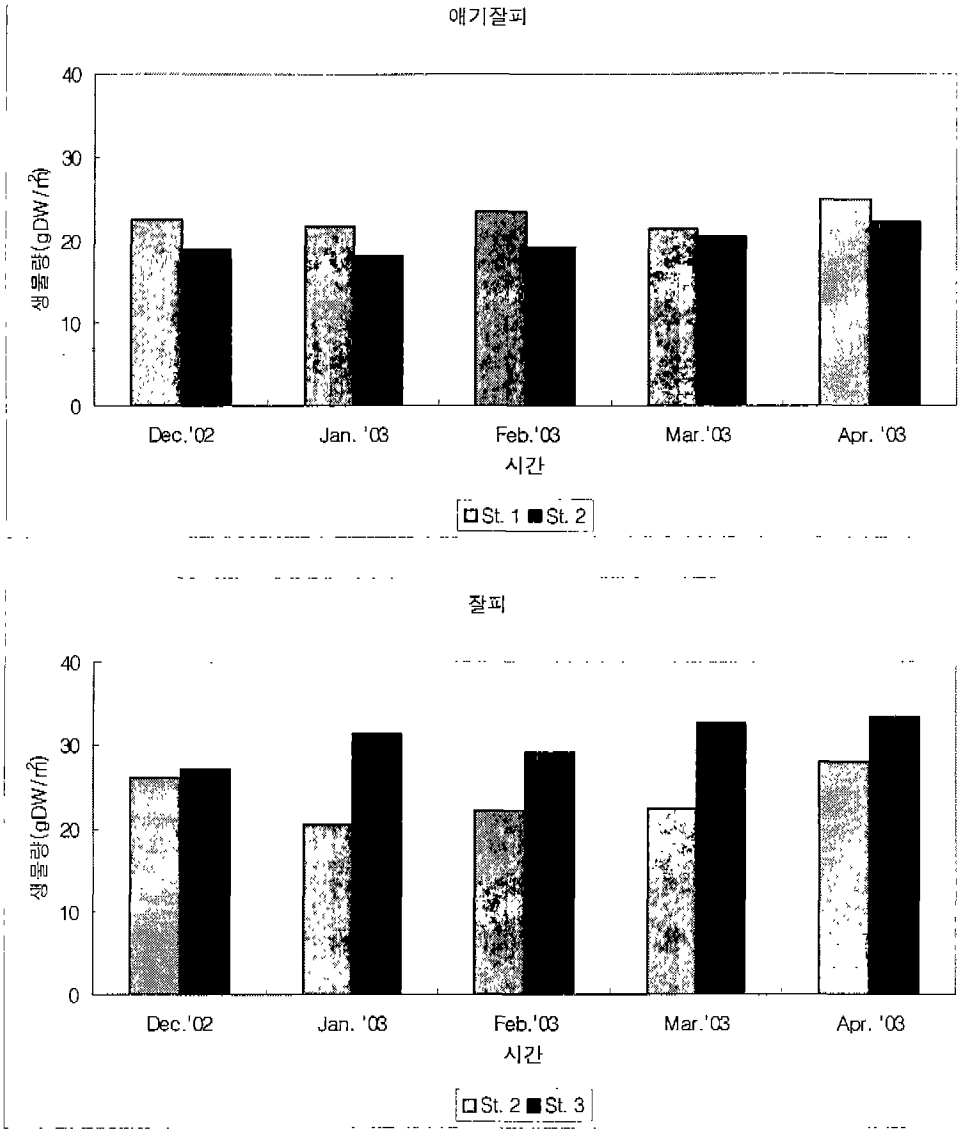
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 6.3.7> 잘피류의 지상부 생물량

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.3.8> 잘피류의 지하부 생물량

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제7장

연구개발 목포달성도 및 관련분야에의 기여도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제7장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 목표달성도

대체습지 조성 관련 생태계 기능 분야 연구에서는 우선, 대체습지 연구와 관련된 대상 생물이 서식하고 있는 연안환경을 중심으로 전국 연안에 걸친 현장 답사 및 조사를 실시하였으며, 대체습지의 대상 범위가 되는 조간대를 중심으로 조간대 상부와 중부 그리고 하부를 구성하고 있는 생물들은 어떤 것이 있으며, 이 생물들의 특징은 무엇인가를 살펴보았다. 이와 더불어 이들 생물의 분포와 생태에 관한 자연습지 연구조사 자료 및 대표 습지 현장조사를 통하여 이 과제의 연구목표 중 하나인 실해역실험 실험습지 조성적지를 선정하기 위한 기초 생태자료를 제공하였다. 이러한 일련의 국내 해안습지의 현황에 대한 분류 및 분석 자료는 국내 연안의 생태적 환경을 이해하는데 상당히 유용할 것으로 판단된다.

국내 해안습지를 유형별로 나누어 습지 식생의 기본 서식환경 및 서식 특성을 조사하였으며, 국내 해안습지 중 대표적인 거머리말 습지의 현황 분석 및 서식환경 조사를 통해 대체습지의 주 대상생물 중 하나이고, 연안에서의 생태적 기능성이 뛰어난 잘피에 대한 전반적인 현황 및 그들의 서식과 관련되는 환경을 알아보는 것은 해안습지의 기본 자료로 충분히 활용 가능하다고 판단된다.

연안습지 중 환경특성을 포함하는 여러 조건들이 다른 대표적인 몇 지역을 선정하여, 습지 내의 저서생태계 특성을 파악하였다. 대상생물로 대형저서동물과 이와 더불어 작은 환경변화에 민감하게 반응하여 생태계 변화나 구성을 파악하기에 유리한 중형저서동물을 국내에서는 처음으로 채집하여 분석하였다. 이러한 생물들의 현장조사 및 군집특성 분석은 습지 생태계의 특성을 파악하는데 아주 중요한 연구 결과라고 보아지며, 국내에서는 유일하고 처음으로 만들어지는 이러한 자료는 향후 연안 연구의 여러 영역에서 중요한 자료로 활용되어질 것으로 판단된다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

국내외 대체습지의 현황과 복원 사례를 유형별로 분석하였다. 국내외에서 실시된 대체습지와 관련이 있는 사업들에 대한 여러 현황들을 종합적으로 분석하고, 우리나라 환경에 적합한 요인들을 추려내고 또한 문제점을 제시하여, 우리나라 연안의 여러 다른 환경 여건과 내용들에 맞추어 응용할 수 있는 기반을 마련하였다는 점에서 긍정적으로 평가될 수 있을 것으로 기대된다.

대체습지 조성 관련 공학기술 분야의 연구개발목표는 크게 2가지로 설정하였다. 첫째는 기존자료 수집 및 분석을 통한 대체습지 조성공법 및 조성사례를 조사하는 것이고, 둘째는 자료 및 문헌조사와 현장조사를 통해 실해역실험을 위한 실험적지를 선정하는 것이다.

이상의 연구목표를 달성하기 위해 인공습지 조성의 선진국인 미국과 일본을 중심으로 문헌 및 자료 수집을 통해 대체습지 조성기술, 조성공법을 조성사례를 중심으로 조사 분석하였다. 한편, 인공습지의 성공 사례, 실패 사례 및 조성 현장을 직접 보고 그 실태를 조사하기 위해 미국과 일본의 인공습지 조성지역을 방문 조사하였다.

해안습지 보존 및 복원사업이 활발하게 수행되고 있는 미국의 캘리포니아 주 샌디에고 지역의 해안습지 3개소를 직접 보고 관련자들에게 정보와 자료를 수집하였다. 미국의 경우 mitigation bank 제도를 법제화하여 강력히 추진하고 있었으나, 우리나라에 직접 적용하는 것은 문제가 있는 것으로 판단되었다. 우리나라와 실정이 유사한 일본의 경우, 석호형 인공습지와 인공해빈을 답사하였다. 일본의 경우 진정한 의미의 대체습지라기 보다는 훼손된 자연을 보상하는 차원에서 인공습지를 조성하였으며, 여기에 친수공간 조성이라는 개념을 더하여 추진하고 있었다.

이를 바탕으로 우리나라에서 추진하고 있는 대체습지의 경우 개념은 미국의 mitigation 개념을 차용하되 실행은 banking 제도가 아닌 우리나라 실정에 적합한 방법을 구상하는 것이 필요하며, 조성은 일본의 조성 예를 벤치마킹할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구사업의 중요한 목표 중 하나인 실해역실험을 위한 실험습지 적지선정을 위하여 우선 생태계 분야의 조사 자료를 토대로 후보지를 압축하고, 이들을 대상으로 수리·퇴적환경 및 사회 환경을 조사하여 최종적으로 가로림만 오지리 지역을 1순

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

위 후보지로 선정하였다. 특히, 이 지역은 주민들의 적극적인 협조가 기대된다는 점이 선정에 감안되었다. 선정된 지역의 주변 해역에서 파랑·조석 관측, 표층 해저퇴적물 시료 채취 및 분석, 그리고 타 연구사업에서 수행된 유속관측 자료를 수집 분석하였다. 한편, 이 지역을 대상으로 해수유동, 파랑변형 및 퇴적물이동 수치모형을 적용하기 위해 수치모형을 수립하였다.

이상과 같이 설정된 공학기술 분야 연구개발목표와 연구결과를 비교해 볼 때 당초의 목표는 충분히 달성한 것으로 판단된다.

법제도 분야의 연구개발 목표는 2가지로 설정하였다. 첫째는 연안습지에 관한 국내의 개발, 이용 및 관리 현황을 조사하는 것이고, 둘째는 대체습지 조성을 위한 국내 법제도 및 정책의 분석이다. 이러한 연구목표를 달성하기 위해 기존 문헌과 인터넷을 통한 이론적 접근방법으로 연구를 수행하였으며, 우리나라의 습지, 간척 및 매립 현황, 매립수요 예측 및 대체습지 수요 예측, 대체습지 조성을 위한 관련 국내법 및 정책현황 분석, 대체습지 조성을 위한 의무화 규정 및 방향과 실용화 기술 확보 및 정책방향을 제시하여 연구개발목표를 달성하였다.

인하대학교에서 협동연구로 실시한 복원생물의 생태연구 및 이식기술 개발 연구의 연구개발목표는 서해안 갯벌의 ecosystem engineer인 애기잘피의 분포 및 서식환경 규명이다. 관련 문헌조사를 통해 잘피류의 분포와 생태 특성을 분석하였으며, 애기잘피의 분포를 파악하였다. 인천시 승봉도의 잘피류 서식지에서 현장조사를 실시하여 잘피 서식의 적정 환경조건을 조사 규명하였으며, 애기잘피의 생태적 지위를 분석하여 연구목표를 달성하였다.

제2절 관련분야에의 기여도

이 연구사업이 성공적으로 수행되어 소기의 목표를 달성할 경우에 대한 기술적 측면, 경제·산업적 측면, 그리고 사회·문화적 측면에서의 기여도를 살펴보면 다음과 같다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

◆ 기술적 측면

○ 대체습지 조성 기술의 확보는 습지의 조속한 생태적 기능 회복과 서식처 복원의 기반기술이 됨

○ 대체습지 조성 및 환경친화적 연안개발로 유도할 수 있는 공학적 기술 기반 확보

○ 해안생태계 평가기술 확보

○ 연안습지연구를 위한 공학적·정량적 정밀관측기술의 제고 및 정량적 관련기초자료 축적

○ 지역 환경에 부합하는 해양환경복원기술 개발에 활용

○ 대체습지 및 자연습지의 보존, 복원 및 이용 기반기술 확보

◆ 경제·산업적 측면

○ 대체습지 조성으로 연안 생산성 향상, 수질 개선 및 자정능력 향상, 생물다양성 유지 등으로 수산자원 증대와 자연환경 개선 효과

○ 연안통합관리의 효율화 및 비계량적 연안가치의 제고

○ 생산성 높은 대체습지 및 갯벌 조성을 통해 어민소득을 증대시킬 수 있는 기초 생산력 확보로 습지의 지속 가능한 이용·개발·보전의 조화를 도모

○ 대체습지 조성을 위한 공학적 기반기술 확보로 연안습지 절대면적 유지에 기여

○ 대체습지 조성기술 확보로 친환경적 국가기간시설 건설사업 추진

○ 유사 문제점을 안고 있는 외국에 기술 제공

○ 국가 연안통합관리의 정책적 기반 마련 및 연안역 가치 제고

○ 적극적 환경정책으로 인식될 대체습지 조성으로 국가간 해양 및 환경 관련 협상시 활용

◆ 사회·문화적 측면

○ 환경보전 및 환경 인프라 창출로 국가위상 제고, 대국민 홍보 효과

○ 해안습지가 심히 훼손된 지역을 복원하거나 대체습지로 조성함에 따라 환경친화적 연안환경 창출

○ 연안 대체습지 조성기술을 통하여 종 서식지 및 다양성 확보, 생태계 복원 대안의 기반으로 활용

○ 대체습지 조성기술 실용성 확보로 지속 가능한 연안 이용·보전·개발이 가능하며, 지역주민 및 환경단체와의 의견의 상충을 용이하게 조정하는 역할

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

부여

○ 연안개발 사업시 대체습지 조성 등 환경친화적 간척·매립의 정착으로 주민 또는 환경단체 등과의 마찰을 피하면서 국가기간시설 건설에 필요한 사업의 원활한 수행 가능

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제8장

연구개발결과의 활용계획

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제8장 연구개발결과의 활용계획

이 연구사업은 총 5년간 수행하는 것으로 계획되어 있으며, 현재 제1차년도 연구가 실시되었다. 제1차년도 연구는 주로 자료 및 문헌 조사와 현장조사를 중심으로 실시되었으며, 당초 목표한 연차별 연구목표를 충분히 달성한 것으로 판단된다. 제1차년도 연구를 통해 얻어진 자료 및 결과는 제2차년도 연구는 물론 이 연구의 종료시점까지 기초 자료로 직접 유용하게 활용될 예정이다. 특히, 실해역실험을 위한 실험습지 입지 선정은 이 연구사업 전반에 영향을 미칠 정도로 중요한 사항이 될 것이다.

이 연구사업의 종료되는 시점에서의 두드러진 연구 성과는 대체습지 조성 관련 생태적 공학적 지침서와 조성된 대체습지의 성공 여부 평가 지침서로 나타날 것이다. 이 지침서는 정부의 관리자, 산업계의 관련 기술자, 그리고 관련 분야의 연구자 등에게 대체습지는 물론 해안습지의 보존, 복원, 조성에 관련된 guideline을 제공해 줄 것이다. 이러한 지침서는 해안습지에 관련된 모든 사람과 산업에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구사업의 종료 시점의 결과를 바탕으로 활용 계획을 살펴보면 다음과 같다.

- 대체습지에 관한 정책입안 자료로 활용하고 동시에 관련 법률의 제정 또는 개정시 입법 자료로 활용
- 우리나라 해안의 상당 부분이 훼손된 상태이므로 대체습지 조성기술이 필요할 때 외국기술의 도입 불필요, 유사 문제점을 안고 있는 국가에 기술 제공
- 종합적인 국가 연안역 통합관리에 기본 자료로 활용, 연안역 관리 방안 및 정책 수립에 활용
- 생태계 복원을 위한 생물자원을 지속적으로 유지 이용하는 기법 제공
- 해안 대체습지 생태적 조성기술 통하여 종서식지 확보, 대체습지 마련 등에 효과적으로 활용
- 대체습지의 생태적 조성기술을 산업화하여 새로운 환경산업으로 발전
- 연안역 개발로 손실된 공유수면의 대체습지 조성방안 제시 자료로 활용

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

○ 공유수면 매립에 따른 피해보상 요구시 피해산정 자료로 활용
○ 전문 설계 및 시공업체에 관련기술 제공, 기술의 활용도 극대화 추구
○ 습지 생태계 훼손 방지 대책 수립에 활용
○ 연구목표 달성 후 국책사업으로 또는 지자체의 연안개발사업에 따른 대체습지조성 수요에 부응, 관련 기술 및 정보 제공
○ 조간대 잘피 생태계의 구조, 기능 및 먹이망 연구로부터 우리나라의 연안관리를 위한 정책 자료로 활용 가능. 어떤 지역의 연안 보존 및 개발을 위한 정책 결정시 서식처 정보로서 중요한 기능을 가질 뿐만 아니라 애기잘피생태계 구성원의 정확한 생태학적 정보로 해양생물이나 특정 수산자원의 감소 등의 원인 파악과 규명이 쉬워질 것으로 예상됨
○ 국내 연안생물의 이식기술 및 복원기술 개발로 우리 연안에 알맞은 서식처 복원의 기초를 확립함으로써 미래의 수산자원 증강에 기술적 뒷받침 제공
  - 연구개발의 최종 목표인 대상종의 대량생산 기술 및 본 종의 이식과 복원기술이 확보됐을 경우 앞으로 지속적으로 수요가 증대될 것으로 전망되는 미티게이션과 연안 서식처 복원에 소요되는 엄청난 경제적 지출을 절약하게 됨

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제9장

참 고 문 헌

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

제9장 참 고 문 헌

Aioi, K. 1980. Seasonal changes in the standing crop of eelgrass(*Zostera marina)* in Odawa Bay Cental Japan. Aquat. Bot. 8: 343 ~ 354

Bakker, W.T. et al. 1973. Artificial seaweed. The Dock and Harbor Authority, 54(638): 289-292.

Bigley, R.E and J.L. Barreca. 1982. Evidence for synonymizing *Zostera americana* den Hartog and *Zostera japonica* Aschers. and Graebn. Aquat. Bot. 14: 349-56

Bigley, R.E. 1981. The population biology of two intertidal seagrass, *Zostera Japonica and Ruppia maritima, at Roberts Bank, Brirish Columbia.* Vancouver, University of British Columbia. 205 pp. (M.Sc.thesis).

Bittaker, H.I. and Iverson, R.O. 1976. *Thalassia testudinum* productive : A field comparison of measurement method. Mar. Biol. 37:39 ~ 46

Blama, R.N., S.D. Garbarino, J. Gill and M.C. Landin. 1995. Shoreline stablization and wetland restoration at Barren Island and historic Smith Island, Chesapeake Bay, Maryland; Innovative geotextile tube technology. Proc. National Interagency Wetlands Workshop, New Orleans, LA, 385-388.

Bradshaw, A.D. 1984, The reconstruction of ecosystem, *Journal of Applied Ecology*, vol.20.

Bruens, A.W., J.C. Winterwerp and C. Kranenburg. 2000. Physical and numerical modelling of the entrainment by a turbulent concentrated benthic suspension. Abstracts of 6th International Conference on Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Processes, INTERCOH 2000, 30-31.

Bulson, P.S. 1964. Transportable breakwaters. Dock and Harbour Authority. Vol. 48, No. 560 : 41-47p.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Cambridge, M.L. and J. Kuo. 1979. Two new species of seagrasses from Australia, Posidonia sinuosa and Posidonia angustifolia(Posidoniaceae). Aquat. Bot 6: 307-328

Cho, I.H. and M.H. Kim. 1998. Interactions of a horizontal flexible membrane with oblique waves. J. of Fluid Mechanics. Vol. 367 : 139-161p.

Cho, T.H. and S.M. Boo. 1998. Marine flora of Oeyondo Islands on the Yellow sea, Korea: I. Green Algae and Seagrass. Algae. 13(1): 1 ~ 11.

Choi, H.-K. 1984. A monograph of vascular hydrophytes in Korea. PhD Thesis, Seoul National University, Seoul, 272pp.

Chua, T.-E. and H. Yu. 1998. Introduction. Ocean & Coastal Management.

Cobb, N.A. 1915. A system for locating objects on microscope slides. Trans. Am. Microsc. Soc. 34:189-190

Coleman, A. 1995. Response of microalgal epiphyte communites to nitrate enrichment in an eelgrass(*Zostera marina*) meadow. J. Phycol. 31:36 ~ 43

Costanza, R. et al. 1997. The values of the world's ecosystem services and natural capital. Nature Vol. 387/15 May : 253-260.

Costanza, R., S.C. Farber and J. Maxwell. 1989. Valuation and management of wetland ecosystems. Ecological Economics 1:335-361.

Coull, B.C. 1988. Ecology of the marine meiofauna. in "Introduction to the study of meiofauna". R.P. Higgins and H. Thiel eds., Smithsonian institute press, Washington D.C. pp. 18-38.

Cowardin, L.W., V. Carter, F.C. Golet, and E.T. LaRoe. 1979. Classification of wetland and deepwater habitats of the United States. US Fish and Wildlife Service FWS/OBS-79/31.

Davis, J.E. and B. Streever. 1999. Wetland erosion protection structures: How low can you do? CRWRP-1, No. 1:5-7, US Army Corps of Engineers.

Dawes, C.J. 1981. Marine Botany. Willey-Interscience Pub, London. 628pp.

De Oliveira F.E.C., H.J.R. Pirani, and A.M. Giulietti. 1983. The Brazilian seagrasses. Aquat. Bot. 16: 251-267

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

De Vlieger, H. and De Cloedt, J. 1987. Navitracker: a giant step forward in tactics and economic of maintenance dredging. Int'l J. on Public Works, Ports and Waterways Development.

Den Hartog, C. 1970. Sea-grasses of the World. North-Holland Publishing Company, Amsterdam. 275 pp.

Den Hartog, C. 1972a. The sea-grass of Brazil. Acta Bot. Neerl. 21: 512-516

Den Hartog, C. 1972b. The identity of *Zostera marina* var. *angustifolia* Hornemann (Potamogtonaceae). Blumea 20: 150

Den Hartog, C. 1977. Structure, function and classification of seagrass communities. p. 89-121. In C. P. McRoy and C. Hefferich [eds.] seagrass ecosystems Marcel Dekker Inc., NewYork.

Eiseman, N.J. and C. McMillan. 1980. A newspecies of seagrass, *Halophila johnsonii*, from the Atlantic coast of Florida. Aquat. Bot. 7: 67-70

Environmental Laboratory. 1987. Wetlands Delineation Manual. US Army Corps of Engineers.

Faas, R.W. 1984. Time and density-dependent properties of fluid mud suspensions. NE Brazilian Continental Shelf. Geo-Marine Letters, 4:147-152.

Farber, S.C. and R. Costanza. 1987. The economic value of wetland ecosystems. J. Environmental Manage, 24.

Folk, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. J. Geol. 62: 334-359.

Folk, R.L. 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Austin, Texas, p.184.

Folk, R.L. and W. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. J. Sed. Petrol. 27: 3-26.

Fonseca, M.S., W.J. Kenworthy and G.W. Thayer. 1998. Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA's Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series No. 12. NOAA, 222p.

Frederiksen, H.D. and J.M. Wetzel. 1959. An exploratory investigation of mobile breakwaters. Project Report No. 60, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, Univ. of Minnesota. Minneapolis, Minnesota.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Gallegos, M.E., Merino, N.M. and C. M. Durate. 1993. Biomass and dynamics of *Thalassia testudinum* in the Mexican caribbean : elucidating rhizome growth. Mar. Eco. Prog. Ser. 95: 185 ~ 192.

Goldsmith, V. 1978. Coastal dunes. In: Coastal sedimentary Environments (Ed. R. A. Davis). Springer-Verlag, New York, pp. 171-235

Greenway, M. 1979. *Halophila tricostata*(Hydrocharitaceae). A new species of seagrass from the Great Barrier Reef region. *Aquat. Bot.* 7: 67-70

Hales, L.Z. 1981. Floating breakwaters : State-of-the-art Literature review. US Army Coastal Engineering Research Center. CERC-TR-81-1.

Harms, V.W. 1979. Data and procedures for the design of floating tire breakwater. Water Resources and Environmental Engineering Research Report No. 79-1. State Univ. of New York. Buffalo, New York.

Harrison, P.G. 1978 Patterns of uptake and trans-location of ^{14}C by *Zostera americana* den Hartog in the laboratory. *Aquat. Bot.* 12: 305-20

Harrison, P.G. 1982a. Comparative growth of *Zostera japonica* As. and *Zostera marina* L. under simulated intertidal and subtidal conditions. *Aquat. Bot.* 14. 373-379.

Harrison, P.G. and R.E. Bigley. 1982. The recent introduction of the seagrass Zostera japonica Aschers. & Graebn. to the Pacific Coast of North America. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1642-1648

Harrison, P.G., 1982b. Seasonal and yer-to-year variations in mixed intertidal populations of *Zostera japonica* Aschers and graebn. and *Ruppia maritima* L. s.l. *Aquat. Bot.* 14, 357-371.

Houwing, E.-J., Y. var der Waay, J.H.J. Terwindt, P.G.E.F. Augustinus, K.S. Dijkema and J.H. Bossinade. 1995. Salt marshes and sea level rise: Plant dynamics in relation to accretion enhancement techniques. IMAU-report R95-27, 146p.

Jin, J.-Y. et al. 2000. Benthic SPHINX: a new instrumented tripod for monitoring the benthic boundary layer processes in sand/mud mixtures. Abstrcts 6th International Conference on Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Processes, Delft, the Netherlands, 46-48.

Jin, J.-Y., K.C. Hwang, J.S. Park, K.D. Yum and J. K. Oh. 1999. Development of a time-selective self-triggering water sampler and its application to *in-situ* calibration of a turbidity sensor. J. Korean Soc. of Oceanogr., 34(4),

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

200-206.

Kadlec, R. H. 1996. Treatment Wetlands. Lewis Publishers.

Keulegan, G.H. and G. Kulin. 1958. Preliminary tests of wave absorbers. Report No. 6.3/154506. National Bureau of Standards. Washington, D.C.

Kikuchi, T., J.M. Peter. 1977. Consumer ecology of seagrass beds. pp. 147-193.

Kim, D.S. and Y. Shirayama. 1996. Seasonal fluctuation of meiobenthos inhabiting subtidal coarse sand in Otsuchi Bay, with special reference to free-living nematodes. Bent. Res., 51(1), 9-20.

Kistritz, R., 1996. Habitat Compensation, Restoration and Creation in the Fraser River Estuary: Are We Achieving a No-Net-Loss of Fish Habitat? Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2349

Kitamura, S., G. Murata and T. Koyam. 1992. Colored illustrations of Herbaceous plants of Japan (Monocotyledoneae). Hoikusha Pub. co., Ltd.

Knutson, P.I. 1977. Planting guidelines for dune creation and stabilization. CERC Tech. Aid No. 77-4, Coastal Engrg. Res. Center, Fort Belvoir, VA. 26pp.

Knutson, P.L., H.H. Allen and J.W. Webb. 1990. Guidelines for vegetive erosion control on wave-impacted coastal dredged material sites. Technical Report D-90-13, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Komarove V.L. and M.M. Il'in. 1986. Flora of the U. S. S. R. Vol. Bishen singh Mahendra Pal Singh and Koeltz Scientific Books.

Kuo, J. 2000. Taxonomic notes on *Halophila minor* and *H. ovata*. Biol. Mar. Medit. 7(2): 79-82

Kuo, J. and C. den Hartog. 2000. seagrass: a profile of an ecological group. Biol. Mar. Medit. 7(2): 3-17

Kuo, J. and M.L. Cambridge. 1984. A taxonomic study of the *Posidonia ostenfeldii* complex(Posidoniaceae) with description of four new Australian seagrass. Aquat. Bot. 20: 267-295

Kuwae, T., Y. Hosokawa, K. Furukawa, E. Miyoshi, E. Kibe and N. Eguchi. 1997. Mesocosm experiments on the effects of physical distrubance and water exchange on benthic communities. PHRI report 363.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Landin, M.C. 1998. Geotextile tube structures for wetlands restoration and protection. WRP Technical Note HS-RS-3.2, 7p.

Larkum, A.W.D. 1995. *Halophila capricorni*(Hydrocharitaceae): A new species of seagrass from the Coral Sea. Aquat. Bot 51: 319-328

Le Hir, P. 1994. Fluid and sediment "integrated" modelling application to fluid mud flows in estuaries. In: Cohesive Sediments, ed. by N. Burt, R. Parker and J. Watts, 417-428, John Wiley and Sons, Chichester.

Lee, S. Y., C. J. Kwon, T. J. Kim, Y. B. Suh and C. I. Chio. 1999. Morphologicla Variation of Zostera asiatica MiKi (Zosteraceae) from various habitals. Kor. J. Environ. Biol., 17(4): 503-512 (in Korean).

Louisiana Coastal Wetlands Conservation and Restoration Task Force and the Wetlands Conservation and Restoration Authority. 1998. Coast 2050: Toward a sustainable coastal Louisiana. 161p.

Markle, D.G. and M.A. Cialone. 1987. Wave transmission characteristics of various floating and bottom-fixed rubber-tire breakwaters in shallow water. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, WES. Miscellaneous Paper CERC-87-8.

Matthew, G.V.T. 1993. The Ramsar convention on wetlands: its history and development.

McMillann. 1980. Isozymes of trophical seagrass from the Indo-Pacific and Gulf of Mexico-caribben. Aquat. Bot. 8: 163 ~ 172.

McRoy, C.P. 1970. Standing stock and related features of eelgrass population in Alaska. J. Fish. Res. Bd. Canada. 27:1811 ~ 1821

McRoy, C.P. 1974. Seagrass productivity : carbon uptake experiment in eelgrass, *Zostera marina* Aquaculture 4: 131 ~ 137

McRoy, C.P. and C. Helfferich. 1980. Seagrass Ecosystems. Marcel Dekker, New York. 314pp

Mehta, A.J. and R. Srinivas. 1992. Observations on the entrainment of fluid mud by shear flow. In: Nearshore and estuarine cohesive sediment transport ed. by A.J. Mehta, Coastal and Estuarine Studies, 42:224-246, AGU, Washington.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Miki, S. 1932. On seagrass New to Japan. Bot. Mag. 46: 774-778.

Miki, S. 1933. On the seagrass in Japan. (I) *Zostera and Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters. Bot. Mag. 47: 842-862

Min, G.H. 1994. Seismic stratigraphy and depositional history of Pliocene-Holocene deposits in the southeastern shelf, Korean Peninsula, Ph.D. thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 196p.

Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink. 1986. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York. 539 pp

Mitsch W.J. and J.G. Gosselink. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York, 920pp.

Mitsh, W.J. and J.G. Gosselink, 2000. Wetlands (3rd edition). 920pp., Johm Wiley & Sons, New York.

Moller, H., 1999. Wetland Restoraton in Ramsar Conservation, Technique Report (Ramsar COP 7, Doc. 17.4)

Morris, M.C. 1996. Testing a nearshore biophysical classification system. Thesis for Master Degree of the University of British Columbia. 99pp.

Nakai, T., 1911. Flora Koreana II. J. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo 26, 1-573.

Odd, N.V.M., M.A. Bentley and C.B. Waters. 1992. Observation and analysis of the movement of fluid mud in estuaries. In: Nearshore and estuarine cohesive sediment transport ed. by A.J. Mehta, Coastal and Estuarine Studies, 42:430-446, AGU, Washington.

Odum, H. 1989. Ecological Engineering and Self-Organization, in Ecological Engineering. Mitsh, W and W. Jorgensen eds. Wiley. New York.

OECD Development Assistance Committee. 1996. Guidelines on aid and environment (Guidlines for aid agencies for improved conservation and sustainable use of tropical and sub-tropical wetlands). 69p.

Orth, R.J. 1977. Effect of nutrient enrichment on growth of eelgrass *Zostera marina* in the Chesapeake Bay, Virginia, U.S.A. Mar. Biol., 44:187 ~ 194

Orth, R.J. and K.A. Moore. 1983. Seed germination and Seedling growth of *Zostera marina* L. (eelgrass) in the Chesapeake Bay. Aquat. Bot. 15: 117-31.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Packham J.R. and A.J. Willis. 1997. Ecology of dunes, salt marsh and shingle. Chapmann & Hall, London. 335pp.

Park, S.C., Lee, H.H., Han, H.S., Lee, G.H., Kim, D.C. and Yoo, D.G. 2000. Evolution of late Quaternary mud deposits and recent sediment budget in the southeastern Yellow Sea: Marine Geology, v. 170, p. 271-288.

Parker, W.R. and P.M. Hooper. 1994. Criteria and methods to determine navigable depth in hyerconcentrated sediment layers. Proc. Hydro-Port '94, 1211-1224.

Phillips, R.C. 1974. Transplantation of seagrass, with special emphasis on eelgrass, Zostera marina L. Aquqcuulture 4: 161 ~ 176

Phillips, R.C. and E.G. Mennez. 1988. Seagrass. Washington D. C., Smithsonian Institution. Press. 106pp.

Prothero, D.R. and Schwab, F. 1996. Sedimentary Geology. W.H. Freeman and Company, New York, 575 p.

Reine, K.J., D.D. Dickerson and D.G. Clarke. 1998. Environmental windows associated with dredging operation. DOER Technical Notes Collection (TN DOER-E2), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Viksburg, MS.

Richey, E.P. and R.E. Nece. 1972. Floating Breakwaters - state of the art. Floating Breakwaters Conference Papers. Newport, Rhode Island : 1-19p.

Ripken, J.F. 1960a. Evaluation studies of the United States Rubber Company Wave Blanket and Wave Trap. Project Report No. 62. St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, Univ. of Minnesota. Minneapolis, Minnesota.

Ripken, J.F. 1960b. An experimental study of flexible floating breakwaters. Technical Paper No. 31, Series B. St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, Univ. of Minnesota. Minneapolis, Minnesota.

Robertson, A.I. and K.H. Mann. 1984. Disturbance by ice and life-history adaptations of the seagrass *Zostera marina*. Mar. Biol. 80: 131-142.

Robinson, C.L.K. and C.D. Levings. 1995. An overview of habitat classification system. ecological models, and Geographic information systems applied to shallow foreshore marine habitats. Canadian Report of Fisheries and Aquatic Science 2322. 65pp.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

Rogers Jr., S.M. 1987. Artificial seaweed for erosion control. Shore and beach. 55(1): 19-29.

Sachet, M-H. and F.R. Rosberg. 1973. Remarks on Halophila (Hydrocharitaceae). Taxon 22: 439-443.

Sand-Jensen, K. 1975. Biomass, net production and growth dynamic in an eelgrass(*Zostera marina* L.) population in Veelorup Vig. Denmark. Ophelia. 14: 185 ~201.

Sandulli, R. and M. De Nicola. 1990. Pollution effects on the structure of meiofaunal communities in the bay of Naples. Mar. Pollut. Bull., 21, 144-153.

Sandulli, R. and M. De Nicola. 1991. Responses of meiobenthic communities along a gradient of sewage pollution. Mar. Pollut. Bull., 22, 463-467.

Savage, R.P. 1963. Experimental study of dune building with sand fences. Proc. 8th Conf. on Coastal Eng. Mexico City. 380-396.

Savage, R.P. and Woodhouse, W.W. Jr. 1969. Creation and stabilization of coastal barrier dunes. Proc. 11th Conf. on Coastal Eng. ASCE. 671-700.

Scarlatos, P.D. and A.J. Mehta. 1992. Instability and entrainment mechanisms of fluid mud-water interface. In: Nearshore and estuarine cohesive sediment transport ed. by A.J. Mehta, Coastal and Estuarine Studies, 42:205-223, AGU, Washington.

Scott, M.L. and T.A. Jones, 1995. Classification and inventory of wetlands: A global overview. Vegetatio, 118: 3-16.

Shabman, L.A. and S.S. Batie, 1987, Mitigation Damages From Coastal Wetlends Development Policy, Economics and Financing. Marine Resource Economics, vol.4, pp.227-248.

Shafer, D.J. and D.J. Yozzo. 1998. National guidebook for application of hydrogeonorphic assessment to tidal fringe wetlands. Tech. Report WRP-DE-16, 76p.

Shin , H.C., Y.S. Oh and H.K. Choi. 1993. Taxonomic examination of Korean seagrass I: Morphology and distribution of the Genus Phyllospadix (Zosteraceae). Kor. J. Plant Tax. 23(4): 189 ~ 199

Shin, H.C. and H.K. Choi. 1998. Taxonomy and distribution of *Zostera* (*Zosteraceae*) in eastern Asia, with special reference to Korea. Aquat. Bot.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

60, 49 ~ 66

Shirayama Y. 1993. Abstract of papers presented at the Symposium in the first annual meeting of Japanese Nematological Society. Jap. J. Nematol., 23, 116-122.

Short, F.T. and H. Neckles. 1999. The effects of global climate change on seagrasses. Aquat. Bot. 63: 169-196.

Soderqvist, T., et al. 1999. Ecological-Economic Analysis of Wetland Creation in Sweden, Beijer International Institute of Ecological Economics The Royal Swedish Academy of Science.

Streever, B. 1999. Guidlines and standards for wetlands restoration and creation: charting a work unit's course. CRWRP-1, No. 1:1-5, US Army Corps of Engineers.

Suk, B.C. 1989. Quaternary sedimentation processes, structures and sea level changes in the East China Sea, the Yellow Sea and the Korea-Tsushima Strait regions. Ph.D. thesis, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 246p.

Thorhang, A. 1974. Transplatation of sagrass Thalassia testudinum Koning. Aquaculture. 4(10): 177 ~ 183

Toorman, E.A., A Bruens, C. Kranenburg and J.C. Winterwerp. 2000. Interaction of suspended cohesive sediment and turbulence. Abstracts of 6th International Conference on Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Processes, INTERCOH 2000, 2-3.

UJNR, 1999. Workshop materials for The 2nd Joint Meeting of the Coastal Environmental Science and Technology (CEST) panel of UJNR. 303pp.

UNDP, SNU. 2000. An ESSD Model of the Rural Farmland and Agricultural Resources in Ta돼 Agricultural Tideland. UNDP-Assisted Project Report ROK/98/006. MOST, MAF, MOE, KARICO.

US Army Corps of Engineers. 1980. Experimental dune restoration and stabilization, Nauset Beach, Cape Cod, Massachusetts. Coastal Engineering Research Center, Technical Paper No. 80-5. 50pp.

US Army Corps of Engineers. 1986. Engineering and Design - Design of breakwaters and jetties. EM 1110-2-2904. Washington, D.C.

US Naval Civil Engineering Laboratory. 1971. Transportable breakwaters - A survey of concept. Technical Report R 727. 70pp.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

US Naval Research Laboratory. 1971. Recent developments in transportable breakwater research. NRL MR-2242. Washington, D.C.

WAVE. 1998. Guidance manual for symbiosis of harbours and tidal flats. 138p.

Western Canada Hydraulic Laboratories Ltd. 1981. Development of manual for the design of floating breakwaters. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1629. Ottawa, Ontario.

Winterwerp, J.C. and C. Kranenburg. 1994. Erosion of fluid mud by entrainment. In: Cohesive Sediments, ed. by N. Burt, R. Parker and J. Watts, 263-277, John Wiley and Sons, Chichester.

Winterwerp, J.C., A.W. Bruens, C. Kranenburg, N. Gratiot, M. Mory and E.A. Toorman. 2000. Dynamics of concentrated benthic suspension layers. Abstracts of 6th International Conference on Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Processes, INTERCOH 2000, 25-27.

Wolanski, E., J. Chappel, P. Ridd and R. Vertessay. 1988. Fluidization of mud in estuaries. J. Geophy. Res., 93(C3):2351-2361.

Zedler, J. B., 1996. Tidal wetland restoration: a scientific perspective and Southern California focus. California Sea Grant College System, La Jolla, 129p.

加藤重 -. 1978. 浮防波堤の開發研究 - その開發現況と將來. 일본토목학회지. Vol. 63. No. 3 : 58-63p.

姜閏求·高橋重雄·野々村治·高野忠志·黑田豊和. 2000. 人工干潟地盤の內波安定性に關する基礎實驗. 海岸工學論文集, 第47卷.

小倉陸夫. 1995. 今村均 人工干潟の創造技術に關する研究.ヘドロ, 64-74.

地域計劃建築研究所. 1997. 特續的發展のための沿岸域環境保全創出システムに關する研究. 44-62.

青山裕晃. 1996. 干潟地の水質淨化機能, 月刊海洋 28(2).

(財)港湾空間高度化センター. 1998. 港湾における干潟との共生マニュアル. 138p.

環境廳. 1979. 第2回 綠の國勢調査. 492-493.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

고철환. 2001. 「우리나라 갯벌의 규모와 간척」, 『한국의 갯벌』

공영삼. 1981. 충무 한실포에 있어서의 잘피의 생태. 통영수전논문집, 16: 1-8

공영삼. 1982. 잘피의 화혜형성과 씨의 발생에 관한 연구. 통영수전논문집, 17 32-42

과학기술처. 1989-1991. 한국서해안 조간대의 종합조사연구.

과학기술처. 1995. 부유식 해양구조물에 관한 연구. 492pp.

곽석남. 1997. 광양만 대도주변 잘피밭의 생물상과 어류의 섭식형태. 부경대학교 대학원 이학박사 학위논문, 411pp

구본학, 김귀곤. 2001. 우리 나라 습지 유형별 분류특성에 관한 연구 - 내륙 습지를 대상으로. 한국환경복원녹화기술학회지, 4 (2): 11-25.

김귀곤, 정성은, 진유리. 2000. 대호 간척지의 환경친화적 복원. 농어촌과 환경, 67:3-15.

김귀곤. 2003. 자연과 인간이 만드는 습지: 습지와 환경. 684pp. 아카데미서적, 서울.

김웅서, 제종길, 강성현. 1999. 자연과 사람들(역). 한국해양연구소. 95p.

김준호. 1994. 훼손된 생태계 복원의 이론과 실제. 자연보존, 88: 1-5.

농어촌연구원. 1999a. 방조제 축조 후 연안의 해안지형과 퇴적환경 변화 연구.

농어촌연구원. 1999b. 간척지 개발과 갯벌상태의 경제성 비교·분석에 관한 연구. 227p.

농어촌연구원. 1999c. 해안지역 퇴적에 따른 수리시설 관리방안 연구 (II).

농어촌진흥공사. 1996. 한국의 간척.

민중서림. 1999. 민중에센스 국어사전 (이희승 감수).

박수영 외. 2000. 습지학 원론

산업자원부. 2000. 해양환경 보전용 유연막 백(Bag)구조 방파제 개발(최종보고서). 한국해양연구소 선박해양공학분소.

새만금사업 환경영향 공동조사단. 2000. 새만금사업 환경영향공동조사 결과보고서 (환경영향분야).

양재삼, 정주영. 2002. 인공습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

양홍모. 2000. 수질정화 인공습지 사례 및 설계고려사항. 농어촌과 환경, 67:83-96.

염기대 등. 2001. 항만과 갯벌의 공생지침서(역). 한국해양연구원. 151p.

유동운. 2001. 「간척과 어장 생태계의 변화」, 『한국의 갯벌』

유선재, 김종구. 1999. 갯벌의 오염물질 정화능력 평가, J.Korean Fish, Soc.32(4), 409~415.

이기철. 1999. 습지목록의 개발과 활용방안. 한국습지학회 창립기념 학술대회 (주제: 한국람사위원회와 습지관리) 자료집. p. 11-30.

이상용. 2001. 한국산 거머리말속 (*Zostera,* Zosteraceae)의 생태 및 분류학적 특성에 관한 연구. 한양대학교 대학원 이학박사 학위논문, 167pp

이정규. 1998. 간석의 창출에 관한 기초적 연구. 히로시마대학 박사학위 논문.

이창석. 1996. 복원생태학의 원리를 이용한 자연보전. 자연보존, 94: 15-21.

이창희, 강대석, 남정호, 이병국, 유혜진. 2001. 하구 석호 육해전이수역 통합환경관리방안 연구. 349pp., 한국해양수산개발원.

이효혜미. 2000. 한국의 습지 분류. 인하대학교 석사학위 논문.

이홍동. 1998. 갯벌 보전과 농업생산의 가치에 대한 비교연구. 해양연구 20(2): 145-152.

전재경. 2002. 연안관리 법제 분석. 한국법제연구원, 현안분석 2002-13. 120p.

제종길, 서종철, 신상호. 2002. 해안습지의 분류와 복원을 통한 보전. 세계 습지의 날 기념세미나 자료집: 1-29.

제종길. 1998. 갯벌 연구: 현재와 미래. 해양연구, 20 (2): 57-62.

제종길. 1999. 해안습지 보전현황과 보호방안. 자연보존, 105: 5-9.

한국산업경제연구원. 1998. 영산강 Ⅳ단계 개발사업 타당성 조사.

한국수자원공사. 1997a. 시화지구 반월천, 동화천 습지조성공사 기본 및 실시설계 보고서.

한국수자원공사. 1997b. 시화호 조력발전 가능성 검토 연구.

한국수자원공사. 2002. 시화호 인공습지 운영관리 방안 연구. 550p.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

한국자원연구소. 1995. 골재자원 부존조사 (경상권하천, 산림골재 및 경기만 남부 바다골재) 보고서, 736pp.

한국해양연구소. 1987. 부소파제 개발을 위한 기초연구. BSPE 00099-140-2.

한국해양연구소. 1989. 해안구조물의 파력흡수를 위한 신소재 개발 연구(I). 394p.

한국해양연구소. 1990. 해안구조물의 파력흡수를 위한 신소재 개발 연구(II). 356p.

한국해양연구소. 1993. 방조제 축조에 따른 퇴적환경 변화 연구(I). 175p.

한국해양연구소. 1994. 방조제 축조에 따른 퇴적환경 변화 연구(II). 174p.

한국해양연구소. 1995. 태안화력발전소 건설에 따른 피해영향범위 조사와 피해어업권 및 어업손실보상액 산출. 341p.

한국해양연구소. 1997-1999. 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구.

한국해양연구소. 1997a. 해저층 퇴적물 이동 관측 및 예측 기술 (II). 308p.

한국해양연구소. 1997b. 연안방재 구조물의 설계기술 개발 (I). 413p.

한국해양연구소. 1998a. 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구. 연구보고서 BSPE 97611-00-1058-3. 312pp.

한국해양연구소. 1998b. 연안방재 구조물의 설계기술 개발 (II). 336p.

한국해양연구소. 1999a. 해저층 퇴적물 이동 관측 및 예측 기술 (III). 359p.

한국해양연구소. 1999b. 연안방재 구조물의 설계기술 개발 (III). 687p.

한국해양연구소. 1999c. 새만금 방조제 주변 부유물질의 거동특성과 인공갯벌의 조성에 관한 연구. 211pp.

한국해양연구소. 1999d. 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구. 3차년도 연차보고서 BSPE 99748-00-1245-3. 841pp.

한국해양연구소. 2000. 황해 연안역의 해양환경 복원을 위한 연구 : 인공갯벌

한국해양연구원. 2001. 제주해역 생물다양성 현황과 보전 연구. 연구보고서 BSPE 00784-00-1313-3. 452pp.

한국해양연구원. 2002. 황해 연안역의 해양환경 복원을 위한 연구: 인공갯벌(Ⅰ-Ⅱ).

해양수산부. 1998a. 우리나라의 갯벌, 28pp.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

해양수산부. 1998b. 연안 통합관리체계 구축을 위한 조사용역(Ⅱ). 남·동해안 실태조사 및 연안 통합관리 체계 연구. 935pp.

해양수산부. 1999-2003. 갯벌 생태계조사 및 지속 가능한 이용방안 연구. 연구보고서 BSPM 99035-00-1228-3. 877pp.

해양수산부. 1999a. 항만 및 어항 설계기준. 행정간행물 등록번호 44000-91580-67-9936.

해양수산부. 1999b. 습지보전법 시행령·시행규칙. 행정간행물 등록번호 44000-67440-17-9927.

해양수산부. 2000. 해양수산통계연보.

해양수산부. 2001. 세계 주요국가의 갯벌백서

허성희. 1986. 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 출현량의 계절적 변동에 관한 연구. 수산학회지. 19: 229 ~ 236

홍재상. 1998. 한국의 갯벌. 대원사. 143pp.

홍재현. 1992. 강도지명고. 강화문화원.

환경부. 1996. 갯벌의 보전과 이용의 경제성 평가. 113p.

환경부. 1998. 서남해안 갯벌 생태계 조사보고서.

환경부. 1998-2001a. 훼손된 해안생태계 복원 기술.

환경부. 1998-2001b. 인공습지조성 및 갯벌에 의한 오염정화기술개발.

환경부. 2001. 우리나라 사구 실태파악과 보전·관리방안에 대한 연구, BSPG 329-00-1367-3, 263pp.

환경부. 2003. 람사협약 8차 당사국총회 결과 및 우리나라의 대응방안.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

부 록

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

여백

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 파랑관측 결과

번호	날짜	시간	수온	유의파고 (m)	평균주기 (sec)	최대파고 (m)
1	2003 518	1030	12.09	0.14	19.50	0.17
2	2003 518	1100	12.09	0.12	6.82	0.15
3	2003 518	1130	12.01	0.08	14.02	0.10
4	2003 518	1200	11.97	0.06	15.36	0.08
5	2003 518	1230	12.09	0.02	18.30	0.03
6	2003 518	1300	12.21	0.06	19.26	0.08
7	2003 518	1330	12.21	0.10	18.54	0.13
8	2003 518	1400	12.21	0.14	0.54	0.17
9	2003 518	1430	11.89	0.16	11.32	0.23
10	2003 518	1500	11.77	0.18	1.62	0.23
11	2003 518	1530	11.16	0.18	16.70	0.25
12	2003 518	1600	10.76	0.20	6.18	0.28
13	2003 518	1630	10.76	0.18	5.70	0.25
14	2003 518	1700	10.59	0.18	4.84	0.28
15	2003 518	1730	10.43	0.12	5.06	0.20
16	2003 518	1800	10.39	0.06	5.76	0.08
17	2003 518	1830	10.39	0.06	3.90	0.10
18	2003 518	1900	10.39	0.10	11.42	0.13
19	2003 518	1930	10.63	0.16	8.02	0.23
20	2003 518	2000	11.16	0.18	6.24	0.28
21	2003 518	2030	11.77	0.20	8.30	0.28
22	2003 518	2100	12.33	0.20	16.74	0.28
23	2003 518	2130	12.65	0.22	17.84	0.25
24	2003 518	2200	12.09	0.18	12.52	0.20
25	2003 518	2230	12.41	0.14	13.60	0.17
26	2003 518	2300	12.45	0.10	0.44	0.13
27	2003 518	2330	12.53	0.10	11.88	0.15
28	2003 519	000	12.53	0.04	5.80	0.05
29	2003 519	030	12.78	0.02	3.56	0.03
30	2003 519	100	12.82	0.06	10.14	0.10
31	2003 519	130	12.74	0.12	11.92	0.15
32	2003 519	200	12.41	0.18	2.34	0.20
33	2003 519	230	11.85	0.22	14.30	0.25
34	2003 519	300	11.81	0.22	5.28	0.25
35	2003 519	330	11.36	0.20	9.50	0.25
36	2003 519	400	10.84	0.20	9.18	0.28
37	2003 519	430	10.68	0.22	6.12	0.33
38	2003 519	500	10.55	0.26	4.36	0.40
39	2003 519	530	10.47	0.26	4.24	0.37
40	2003 519	600	10.35	0.18	4.72	0.28
41	2003 519	630	10.35	0.06	6.44	0.10
42	2003 519	700	10.27	0.04	5.28	0.05
43	2003 519	730	10.23	0.10	7.34	0.15
44	2003 519	800	10.39	0.14	6.38	0.20
45	2003 519	830	10.84	0.16	8.08	0.23
46	2003 519	900	10.88	0.18	11.98	0.23
47	2003 519	930	11.08	0.20	8.72	0.28
48	2003 519	1000	11.60	0.18	15.10	0.25
49	2003 519	1030	12.33	0.18	7.62	0.23
50	2003 519	1100	11.81	0.16	0.26	0.17
51	2003 519	1130	11.81	0.12	4.00	0.15
52	2003 519	1200	11.97	0.10	14.14	0.13
53	2003 519	1230	11.97	0.06	6.38	0.10
54	2003 519	1300	12.09	0.04	11.40	0.05
55	2003 519	1330	12.17	0.04	13.02	0.05
56	2003 519	1400	12.21	0.08	19.70	0.13
57	2003 519	1430	12.09	0.12	6.04	0.15
58	2003 519	1500	11.97	0.14	5.80	0.17
59	2003 519	1530	11.85	0.16	11.62	0.23
60	2003 519	1600	11.64	0.16	11.84	0.23
61	2003 519	1630	10.96	0.16	11.22	0.23
62	2003 519	1700	10.76	0.16	5.92	0.25
63	2003 519	1730	10.68	0.14	6.10	0.20
64	2003 519	1800	10.63	0.12	4.72	0.20
65	2003 519	1830	10.63	0.08	5.18	0.13
66	2003 519	1900	10.47	0.02	7.76	0.05
67	2003 519	1930	10.43	0.06	12.66	0.08
68	2003 519	2000	10.59	0.12	10.36	0.17
69	2003 519	2030	11.00	0.14	13.06	0.20
70	2003 519	2100	11.69	0.16	11.82	0.23
71	2003 519	2130	12.17	0.18	18.96	0.23
72	2003 519	2200	12.70	0.18	18.00	0.23
73	2003 519	2230	12.41	0.16	17.40	0.20
74	2003 519	2300	12.25	0.14	0.54	0.17
75	2003 519	2330	12.33	0.10	6.26	0.13
76	2003 520	000	12.74	0.10	18.04	0.10

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
77	2003 520	030	12.74	0.06	5.36	0.10
78	2003 520	100	12.74	0.02	5.40	0.03
79	2003 520	130	12.70	0.04	4.58	0.08
80	2003 520	200	12.74	0.08	5.98	0.10
81	2003 520	230	12.41	0.14	2.16	0.15
82	2003 520	300	12.25	0.18	2.10	0.20
83	2003 520	330	11.81	0.18	14.40	0.25
84	2003 520	400	11.73	0.18	19.82	0.23
85	2003 520	430	11.00	0.18	13.62	0.25
86	2003 520	500	10.80	0.18	7.06	0.28
87	2003 520	530	10.63	0.24	4.46	0.35
88	2003 520	600	10.55	0.24	4.26	0.35
89	2003 520	630	10.51	0.24	4.20	0.35
90	2003 520	700	10.43	0.08	5.60	0.13
91	2003 520	730	10.51	0.02	6.88	0.03
92	2003 520	800	10.43	0.06	5.14	0.10
93	2003 520	830	10.43	0.14	5.42	0.23
94	2003 520	900	10.68	0.14	6.72	0.20
95	2003 520	930	10.88	0.16	9.82	0.23
96	2003 520	1000	11.12	0.18	7.36	0.25
97	2003 520	1030	11.32	0.24	4.82	0.35
98	2003 520	1100	12.01	0.18	13.36	0.23
99	2003 520	1130	12.09	0.18	13.62	0.23
100	2003 520	1200	12.05	0.12	15.88	0.17
101	2003 520	1230	12.09	0.10	13.36	0.13
102	2003 520	1300	12.09	0.08	9.10	0.10
103	2003 520	1330	12.29	0.04	7.58	0.08
104	2003 520	1400	12.57	0.06	3.58	0.08
105	2003 520	1430	12.41	0.04	8.00	0.08
106	2003 520	1500	12.41	0.08	11.72	0.13
107	2003 520	1530	12.09	0.10	12.70	0.15
108	2003 520	1600	12.09	0.14	15.76	0.17
109	2003 520	1630	11.69	0.16	6.14	0.25
110	2003 520	1700	11.60	0.14	17.28	0.17
111	2003 520	1730	11.00	0.14	7.64	0.20
112	2003 520	1800	10.76	0.16	4.76	0.23
113	2003 520	1830	10.80	0.10	5.96	0.15
114	2003 520	1900	10.76	0.08	5.30	0.13
115	2003 520	1930	10.72	0.04	5.68	0.05
116	2003 520	2000	10.68	0.08	3.72	0.13
117	2003 520	2030	10.63	0.08	7.16	0.13
118	2003 520	2100	10.76	0.12	12.66	0.15
119	2003 520	2130	11.08	0.14	8.26	0.20
120	2003 520	2200	12.13	0.16	13.48	0.20
121	2003 520	2230	13.18	0.16	16.94	0.20
122	2003 520	2300	12.74	0.16	15.74	0.20
123	2003 520	2330	12.45	0.14	14.08	0.17
124	2003 521	000	12.65	0.12	15.16	0.17
125	2003 521	030	12.74	0.10	14.48	0.13
126	2003 521	100	12.70	0.06	9.32	0.08
127	2003 521	130	12.53	0.02	7.20	0.03
128	2003 521	200	12.78	0.04	10.72	0.05
129	2003 521	230	12.82	0.06	14.10	0.08
130	2003 521	300	12.74	0.10	18.42	0.13
131	2003 521	330	12.33	0.14	5.54	0.17
132	2003 521	400	11.60	0.16	14.98	0.23
133	2003 521	430	11.44	0.18	12.40	0.25
134	2003 521	500	11.40	0.16	14.38	0.23
135	2003 521	530	10.84	0.18	6.90	0.25
136	2003 521	600	10.76	0.16	5.88	0.25
137	2003 521	630	10.68	0.16	6.04	0.23
138	2003 521	700	10.63	0.20	4.26	0.28
139	2003 521	730	10.59	0.10	6.28	0.15
140	2003 521	800	10.68	0.06	6.10	0.08
141	2003 521	830	10.59	0.02	5.00	0.05
142	2003 521	900	10.63	0.06	6.08	0.10
143	2003 521	930	10.63	0.10	8.76	0.13
144	2003 521	1000	11.04	0.12	6.24	0.17
145	2003 521	1030	11.12	0.12	11.24	0.17
146	2003 521	1100	11.44	0.14	7.74	0.20
147	2003 521	1130	11.77	0.16	10.00	0.23
148	2003 521	1200	12.33	0.14	11.72	0.20
149	2003 521	1230	12.37	0.14	12.86	0.20
150	2003 521	1300	12.49	0.10	9.20	0.15
151	2003 521	1330	12.53	0.08	10.46	0.10
152	2003 521	1400	12.57	0.06	8.36	0.08

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
153	2003	521	1430	12.65	0.04	8.10	0.05
154	2003	521	1500	12.70	0.02	11.06	0.03
155	2003	521	1530	12.65	0.06	12.44	0.08
156	2003	521	1600	12.13	0.08	13.26	0.10
157	2003	521	1630	12.09	0.10	11.96	0.13
158	2003	521	1700	11.85	0.12	7.36	0.17
159	2003	521	1730	11.64	0.12	8.66	0.17
160	2003	521	1800	11.60	0.12	8.96	0.17
161	2003	521	1830	11.16	0.12	8.00	0.15
162	2003	521	1900	10.96	0.10	5.72	0.15
163	2003	521	1930	10.76	0.08	6.02	0.13
164	2003	521	2000	10.76	0.06	6.14	0.08
165	2003	521	2030	10.76	0.02	4.58	0.03
166	2003	521	2100	10.80	0.04	5.92	0.08
167	2003	521	2130	10.76	0.08	10.34	0.10
168	2003	521	2200	10.92	0.10	9.62	0.15
169	2003	521	2230	11.40	0.12	12.70	0.17
170	2003	521	2300	12.17	0.12	14.08	0.17
171	*2003*	*521*	*2330*	*13.10*	*0.14*	*16.82*	*0.20*
172	2003	522	000	13.26	0.12	16.44	0.17
173	2003	522	030	12.61	0.10	17.90	0.15
174	2003	522	100	12.82	0.10	1.50	0.13
175	2003	522	130	13.18	0.08	15.66	0.10
176	2003	522	200	13.18	0.04	9.70	0.08
177	2003	522	230	13.14	0.00	0.00	0.00
178	2003	522	300	13.10	0.04	17.82	0.05
179	2003	522	330	13.02	0.06	4.12	0.08
180	2003	522	400	12.65	0.10	7.98	0.13
181	2003	522	430	12.33	0.12	1.58	0.17
182	2003	522	500	11.56	0.14	19.78	0.17
183	2003	522	530	11.32	0.14	15.70	0.20
184	2003	522	600	11.44	0.14	14.28	0.20
185	2003	522	630	10.96	0.12	10.98	0.17
186	2003	522	700	10.88	0.14	6.40	0.20
187	2003	522	730	10.80	0.12	8.56	0.15
188	2003	522	800	10.76	0.10	5.38	0.15
189	2003	522	830	10.80	0.14	4.20	0.20
190	2003	522	900	10.72	0.04	4.40	0.05
191	2003	522	930	10.68	0.04	5.80	0.05
192	2003	522	1000	10.72	0.06	6.96	0.10
193	2003	522	1030	10.84	0.10	6.58	0.13
194	2003	522	1100	11.44	0.10	8.54	0.13
195	2003	522	1130	11.60	0.10	11.84	0.15
196	2003	522	1200	12.01	0.12	12.02	0.15
197	2003	522	1230	12.57	0.12	13.22	0.17
198	2003	522	1300	12.65	0.12	14.80	0.15
199	2003	522	1330	13.06	0.10	14.22	0.15
200	2003	522	1400	13.14	0.08	9.06	0.13
201	2003	522	1430	13.22	0.08	5.42	0.10
202	2003	522	1500	13.18	0.06	4.96	0.08
203	2003	522	1530	13.06	0.02	4.58	0.03
204	2003	522	1600	13.30	0.02	4.84	0.03
205	2003	522	1630	12.45	0.06	8.60	0.08
206	2003	522	1700	12.41	0.06	11.24	0.10
207	2003	522	1730	12.37	0.10	4.94	0.15
208	2003	522	1800	12.01	0.14	4.28	0.20
209	*2003*	*522*	*1830*	*11.69*	*0.14*	*4.26*	*0.23*
210	2003	522	1900	11.52	0.10	6.08	0.15
211	2003	522	1930	11.40	0.08	12.52	0.13
212	2003	522	2000	11.20	0.08	6.70	0.10
213	2003	522	2030	10.92	0.06	7.64	0.08
214	2003	522	2100	10.92	0.04	6.72	0.05
215	2003	522	2130	10.88	0.02	6.96	0.03
216	2003	522	2200	10.88	0.04	7.28	0.05
217	2003	522	2230	10.92	0.06	7.60	0.08
218	2003	522	2300	11.32	0.08	11.24	0.10
219	2003	522	2330	11.77	0.10	10.76	0.13
220	2003	523	000	11.89	0.10	12.22	0.15
221	2003	523	030	12.70	0.12	18.64	0.15
222	2003	523	100	13.22	0.10	1.96	0.13
223	2003	523	130	13.22	0.10	14.22	0.13
224	2003	523	200	13.14	0.08	10.90	0.08
225	2003	523	230	13.26	0.04	18.56	0.08
226	2003	523	300	13.38	0.04	16.70	0.05
227	2003	523	330	13.34	0.02	2.90	0.03
228	2003	523	400	12.74	0.02	6.06	0.03

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
229	2003 523	430	12.74	0.04	14.96	0.08
230	2003 523	500	12.82	0.08	3.56	0.10
231	2003 523	530	12.13	0.10	2.02	0.13
232	2003 523	600	11.89	0.10	19.48	0.13
233	2003 523	630	11.44	0.10	18.82	0.13
234	2003 523	700	11.60	0.12	11.14	0.15
235	2003 523	730	11.28	0.10	10.84	0.15
236	2003 523	800	11.12	0.10	7.72	0.15
237	2003 523	830	11.04	0.10	5.30	0.15
238	2003 523	900	11.00	0.06	8.34	0.10
239	2003 523	930	10.92	0.04	8.58	0.08
240	2003 523	1000	10.88	0.02	4.84	0.03
241	2003 523	1030	10.88	0.02	4.66	0.03
242	2003 523	1100	10.88	0.06	4.88	0.10
243	2003 523	1130	11.00	0.06	6.56	0.10
244	2003 523	1200	11.56	0.08	12.56	0.13
245	2003 523	1230	11.69	0.08	7.82	0.13
246	2003 523	1300	12.33	0.10	12.78	0.13
247	2003 523	1330	13.06	0.10	16.06	0.13
248	2003 523	1400	13.18	0.10	12.72	0.13
249	2003 523	1430	13.30	0.10	7.12	0.13
250	2003 523	1500	13.50	0.08	8.10	0.10
251	2003 523	1530	13.42	0.06	8.24	0.08
252	2003 523	1600	13.46	0.04	4.78	0.08
253	2003 523	1630	13.14	0.02	5.60	0.03
254	2003 523	1700	13.18	0.04	4.50	0.05
255	2003 523	1730	12.98	0.04	5.68	0.05
256	2003 523	1800	12.61	0.06	7.14	0.08
257	2003 523	1830	12.45	0.08	5.42	0.10
258	2003 523	1900	12.25	0.08	10.20	0.10
259	2003 523	1930	12.05	0.14	4.28	0.20
260	2003 523	2000	11.81	0.08	6.52	0.13
261	2003 523	2030	11.77	0.08	5.48	0.13
262	2003 523	2100	11.64	0.06	10.00	0.10
263	2003 523	2130	11.40	0.06	7.28	0.08
264	2003 523	2200	11.20	0.04	5.00	0.05
265	2003 523	2230	11.12	0.02	5.06	0.03
266	2003 523	2300	11.08	0.04	5.16	0.05
267	2003 523	2330	11.12	0.04	7.24	0.08
268	2003 524	000	11.32	0.06	7.30	0.10
269	2003 524	030	12.09	0.10	7.64	0.13
270	2003 524	100	12.05	0.08	16.46	0.10
271	2003 524	130	12.57	0.08	0.90	0.10
272	2003 524	200	12.98	0.08	15.82	0.10
273	2003 524	230	13.22	0.08	15.86	0.10
274	2003 524	300	13.34	0.06	19.48	0.08
275	2003 524	330	13.18	0.06	18.98	0.08
276	2003 524	400	13.30	0.02	12.22	0.03
277	2003 524	430	13.38	0.00	0.00	0.00
278	2003 524	500	13.66	0.02	20.36	0.03
279	2003 524	530	12.53	0.04	12.34	0.05
280	2003 524	600	12.49	0.04	12.96	0.05
281	2003 524	630	12.53	0.12	4.44	0.20
282	2003 524	700	12.09	0.10	6.04	0.15
283	2003 524	730	11.93	0.10	13.68	0.13
284	2003 524	800	11.77	0.10	11.46	0.15
285	2003 524	830	11.73	0.10	7.40	0.13
286	2003 524	900	11.56	0.08	9.90	0.13
287	2003 524	930	11.20	0.08	7.48	0.10
288	2003 524	1000	11.24	0.12	4.54	0.17
289	2003 524	1030	11.24	0.04	7.78	0.08
290	2003 524	1100	11.12	0.04	4.24	0.08
291	2003 524	1130	11.20	0.00	0.00	0.00
292	2003 524	1200	11.12	0.04	6.96	0.05
293	2003 524	1230	11.16	0.06	6.78	0.10
294	2003 524	1300	11.36	0.06	9.84	0.08
295	2003 524	1330	12.01	0.08	5.24	0.13
296	2003 524	1400	12.09	0.08	8.94	0.10
297	2003 524	1430	12.70	0.10	14.48	0.13
298	2003 524	1500	13.30	0.08	13.04	0.13
299	2003 524	1530	13.38	0.10	12.46	0.13
300	2003 524	1600	13.22	0.08	5.82	0.13
301	2003 524	1630	13.26	0.08	4.28	0.10
302	2003 524	1700	13.26	0.06	5.38	0.08
303	2003 524	1730	13.26	0.04	5.38	0.05
304	2003 524	1800	13.22	0.02	5.08	0.03

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
305	2003 524	1830	13.71	0.04	3.70	0.05
306	2003 524	1900	12.70	0.04	10.98	0.05
307	2003 524	1930	12.74	0.06	5.54	0.10
308	2003 524	2000	12.53	0.08	12.90	0.10
309	2003 524	2030	12.25	0.08	12.62	0.10
310	2003 524	2100	12.01	0.06	9.24	0.10
311	2003 524	2130	11.81	0.08	12.70	0.10
312	2003 524	2200	11.77	0.08	9.36	0.10
313	2003 524	2230	11.69	0.08	6.82	0.10
314	2003 524	2300	11.32	0.04	5.74	0.08
315	2003 524	2330	11.24	0.04	5.06	0.05
316	2003 525	000	11.16	0.02	7.24	0.03
317	2003 525	030	11.16	0.02	7.26	0.05
318	2003 525	100	11.24	0.04	11.42	0.05
319	2003 525	130	11.44	0.06	16.66	0.08
320	2003 525	200	12.05	0.06	13.66	0.08
321	2003 525	230	12.21	0.08	18.42	0.10
322	2003 525	300	12.57	0.08	0.88	0.10
323	2003 525	330	12.90	0.08	17.08	0.10
324	2003 525	400	12.98	0.06	5.90	0.08
325	2003 525	430	12.94	0.06	5.30	0.08
326	2003 525	500	12.98	0.04	7.74	0.05
327	2003 525	530	13.10	0.04	17.62	0.05
328	2003 525	600	13.30	0.02	8.64	0.03
329	2003 525	630	12.45	0.02	11.76	0.03
330	2003 525	700	12.49	0.06	5.06	0.10
331	2003 525	730	12.65	0.06	19.76	0.08
332	2003 525	800	12.33	0.08	15.52	0.10
333	2003 525	830	11.77	0.08	11.42	0.13
334	2003 525	900	11.93	0.10	10.92	0.13
335	2003 525	930	11.56	0.10	5.98	0.15
336	2003 525	1000	11.52	0.10	6.90	0.13
337	2003 525	1030	11.44	0.08	6.46	0.13
338	2003 525	1100	11.24	0.08	4.76	0.13
339	2003 525	1130	11.24	0.16	3.78	0.25
340	2003 525	1200	11.20	0.12	3.96	0.17
341	2003 525	1230	11.24	0.02	6.30	0.03
342	2003 525	1300	11.24	0.04	4.30	0.05
343	2003 525	1330	11.24	0.10	3.96	0.15
344	2003 525	1400	11.24	0.06	7.66	0.10
345	2003 525	1430	11.56	0.08	6.18	0.13
346	2003 525	1500	11.77	0.08	9.02	0.13
347	2003 525	1530	11.93	0.10	8.60	0.15
348	2003 525	1600	12.33	0.10	9.46	0.13
349	2003 525	1630	12.45	0.10	12.22	0.13
350	2003 525	1700	12.37	0.08	10.50	0.10
351	2003 525	1730	12.37	0.08	8.38	0.10
352	2003 525	1800	12.53	0.06	13.84	0.08
353	2003 525	1830	12.78	0.04	12.10	0.05
354	2003 525	1900	13.06	0.00	0.00	0.00
355	2003 525	1930	12.53	0.00	0.00	0.00
356	2003 525	2000	12.41	0.04	15.00	0.05
357	2003 525	2030	12.45	0.06	10.36	0.08
358	2003 525	2100	12.29	0.08	16.04	0.10
359	2003 525	2130	11.97	0.10	16.70	0.13
360	2003 525	2200	11.93	0.10	6.64	0.13
361	2003 525	2230	11.69	0.10	14.06	0.13
362	2003 525	2300	11.64	0.08	9.82	0.13
363	2003 525	2330	11.56	0.08	6.88	0.13
364	2003 526	000	11.32	0.08	8.76	0.10
365	2003 526	030	11.24	0.04	7.84	0.08
366	2003 526	100	11.24	0.04	6.62	0.05
367	2003 526	130	11.24	0.00	0.00	0.00
368	2003 526	200	11.24	0.04	6.70	0.05
369	2003 526	230	11.24	0.06	6.28	0.10
370	2003 526	300	11.32	0.08	10.60	0.13
371	2003 526	330	11.77	0.10	10.30	0.13
372	2003 526	400	12.01	0.08	14.24	0.13
373	2003 526	430	12.33	0.10	19.80	0.13
374	2003 526	500	12.53	0.08	12.66	0.13
375	2003 526	530	12.45	0.06	12.62	0.08
376	2003 526	600	12.41	0.06	17.96	0.08
377	2003 526	630	12.45	0.10	3.98	0.15
378	2003 526	700	12.45	0.02	19.08	0.03
379	2003 526	730	12.49	0.02	13.44	0.03
380	2003 526	800	12.41	0.02	7.66	0.03

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
381	2003 526	830	12.33	0.06	10.96	0.08
382	2003 526	900	12.37	0.08	10.70	0.10
383	2003 526	930	12.17	0.10	12.92	0.13
384	2003 526	1000	11.69	0.10	18.70	0.15
385	2003 526	1030	11.77	0.10	12.30	0.15
386	2003 526	1100	11.56	0.14	4.04	0.23
387	2003 526	1130	11.52	0.10	6.54	0.15
388	2003 526	1200	11.36	0.08	5.80	0.13
389	2003 526	1230	11.36	0.06	6.88	0.10
390	2003 526	1300	11.32	0.04	5.52	0.08
391	2003 526	1330	11.40	0.02	4.72	0.03
392	2003 526	1400	11.36	0.02	5.02	0.05
393	2003 526	1430	11.40	0.04	7.04	0.08
394	2003 526	1500	11.56	0.08	11.54	0.10
395	2003 526	1530	12.29	0.08	8.84	0.13
396	2003 526	1600	12.61	0.12	9.92	0.15
397	2003 526	1630	13.38	0.12	8.62	0.17
398	2003 526	1700	13.50	0.14	5.48	0.23
399	2003 526	1730	13.30	0.10	9.78	0.15
400	2003 526	1800	13.26	0.10	9.74	0.13
401	2003 526	1830	13.54	0.06	12.20	0.10
402	2003 526	1900	13.38	0.04	15.76	0.05
403	2003 526	1930	14.07	0.04	16.84	0.05
404	2003 526	2000	14.63	0.02	5.34	0.03
405	2003 526	2030	13.71	0.02	17.38	0.03
406	2003 526	2100	13.34	0.04	18.50	0.05
407	2003 526	2130	13.26	0.08	16.26	0.10
408	2003 526	2200	13.02	0.10	9.90	0.15
409	2003 526	2230	12.65	0.12	7.50	0.17
410	2003 526	2300	12.57	0.12	13.10	0.17
411	2003 526	2330	12.37	0.12	16.92	0.15
412	2003 527	000	12.01	0.10	11.50	0.15
413	2003 527	030	11.60	0.10	11.84	0.13
414	2003 527	100	11.52	0.08	7.38	0.13
415	2003 527	130	11.52	0.06	7.16	0.10
416	2003 527	200	11.44	0.04	8.02	0.05
417	2003 527	230	11.48	0.02	7.82	0.03
418	2003 527	300	11.44	0.04	6.66	0.05
419	2003 527	330	11.44	0.08	11.92	0.10
420	2003 527	400	11.93	0.08	9.08	0.13
421	2003 527	430	12.21	0.10	16.32	0.13
422	2003 527	500	13.34	0.12	13.40	0.15
423	2003 527	530	13.50	0.10	5.04	0.13
424	2003 527	600	13.71	0.12	17.78	0.15
425	2003 527	630	13.62	0.08	14.78	0.13
426	2003 527	700	13.71	0.06	20.34	0.08
427	2003 527	730	13.75	0.06	2.38	0.08
428	2003 527	800	13.87	0.02	7.82	0.03
429	2003 527	830	14.19	0.02	10.30	0.03
430	2003 527	900	13.38	0.04	1.42	0.05
431	2003 527	930	13.26	0.08	8.14	0.10
432	2003 527	1000	13.14	0.08	20.20	0.10
433	2003 527	1030	12.61	0.10	11.24	0.15
434	2003 527	1100	12.49	0.12	10.64	0.15
435	2003 527	1130	11.97	0.12	11.04	0.15
436	2003 527	1200	12.17	0.12	7.08	0.17
437	2003 527	1230	11.77	0.10	8.78	0.15
438	2003 527	1300	11.64	0.08	7.08	0.13
439	2003 527	1330	11.60	0.08	7.30	0.10
440	2003 527	1400	11.64	0.10	3.92	0.15
441	2003 527	1430	11.60	0.04	3.94	0.05
442	2003 527	1500	11.56	0.06	4.52	0.10
443	2003 527	1530	11.73	0.08	9.06	0.10
444	2003 527	1600	12.21	0.10	7.52	0.15
445	2003 527	1630	12.82	0.12	7.92	0.17
446	2003 527	1700	13.83	0.12	10.32	0.17
447	2003 527	1730	13.87	0.14	8.20	0.20
448	2003 527	1800	14.27	0.14	13.38	0.17
449	2003 527	1830	14.47	0.10	3.30	0.13
450	2003 527	1900	14.63	0.08	7.94	0.10
451	2003 527	1930	14.63	0.06	7.48	0.08
452	2003 527	2000	14.88	0.04	1.02	0.05
453	2003 527	2030	15.56	0.00	0.00	0.00
454	2003 527	2100	15.81	0.00	0.00	0.00
455	2003 527	2130	14.19	0.04	20.32	0.05
456	2003 527	2200	14.07	0.08	12.72	0.08

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
457	2003	527	2230	13.62	0.10	17.94	0.15
458	2003	527	2300	13.02	0.12	15.70	0.17
459	2003	527	2330	13.02	0.14	18.34	0.17
460	2003	528	000	12.53	0.14	18.02	0.17
461	2003	528	030	12.21	0.12	13.08	0.17
462	2003	528	100	11.81	0.12	9.58	0.17
463	2003	528	130	11.77	0.10	7.78	0.15
464	2003	528	200	11.73	0.08	7.82	0.13
465	2003	528	230	11.60	0.06	7.86	0.08
466	2003	528	300	11.48	0.02	8.08	0.03
467	2003	528	330	11.48	0.02	6.20	0.05
468	2003	528	400	11.48	0.06	11.40	0.10
469	2003	528	430	11.69	0.10	10.32	0.13
470	2003	528	500	12.09	0.12	9.06	0.15
471	2003	528	530	13.26	0.12	12.56	0.17
472	2003	528	600	13.50	0.12	5.80	0.15
473	2003	528	630	13.91	0.12	14.04	0.17
474	2003	528	700	14.55	0.12	7.72	0.15
475	2003	528	730	14.55	0.08	1.98	0.10
476	2003	528	800	14.31	0.06	15.98	0.08
477	2003	528	830	14.63	0.04	18.36	0.05
478	2003	528	900	14.63	0.02	7.42	0.05
479	2003	528	930	14.72	0.00	0.00	0.00
480	2003	528	1000	13.75	0.06	11.68	0.08
481	2003	528	1030	13.71	0.06	2.38	0.08
482	2003	528	1100	13.22	0.08	19.20	0.13
483	2003	528	1130	12.82	0.12	10.20	0.15
484	2003	528	1200	12.41	0.14	19.20	0.17
485	2003	528	1230	12.33	0.12	10.76	0.17
486	2003	528	1300	12.05	0.12	10.08	0.17
487	2003	528	1330	11.77	0.10	8.12	0.13
488	2003	528	1400	11.77	0.18	4.72	0.25
489	2003	528	1430	11.77	0.06	4.88	0.10
490	2003	528	1500	11.77	0.04	5.98	0.05
491	2003	528	1530	11.69	0.02	5.16	0.05
492	2003	528	1600	11.73	0.08	5.64	0.10
493	2003	528	1630	11.89	0.12	7.96	0.15
494	2003	528	1700	12.57	0.14	6.16	0.20
495	2003	528	1730	13.79	0.14	9.88	0.20
496	2003	528	1800	14.84	0.14	11.56	0.17
497	2003	528	1830	15.04	0.14	19.92	0.17
498	2003	528	1900	15.44	0.12	2.32	0.15
499	2003	528	1930	15.89	0.10	18.28	0.13
500	2003	528	2000	15.32	0.08	7.80	0.08
501	2003	528	2030	15.40	0.04	3.44	0.05
502	2003	528	2100	15.56	0.08	20.46	0.10
503	2003	528	2130	16.01	0.00	0.00	0.00
504	2003	528	2200	15.32	0.02	3.14	0.03
505	2003	528	2230	14.76	0.06	6.58	0.08
506	2003	528	2300	13.99	0.10	5.46	0.10
507	2003	528	2330	13.38	0.14	16.46	0.17
508	2003	529	000	13.79	0.14	16.20	0.17
509	2003	529	030	13.06	0.14	4.12	0.17
510	2003	529	100	12.21	0.14	11.76	0.17
511	2003	529	130	12.05	0.16	5.06	0.25
512	2003	529	200	11.93	0.14	6.38	0.20
513	2003	529	230	11.81	0.10	7.48	0.15
514	2003	529	300	11.77	0.08	9.14	0.10
515	2003	529	330	11.69	0.04	9.02	0.05
516	2003	529	400	11.64	0.02	8.04	0.03
517	2003	529	430	11.64	0.06	10.84	0.10
518	2003	529	500	11.73	0.10	8.50	0.15
519	2003	529	530	12.29	0.12	12.24	0.15
520	2003	529	600	13.22	0.14	11.48	0.17
521	2003	529	630	12.74	0.14	11.52	0.17
522	2003	529	700	14.43	0.14	15.22	0.20
523	2003	529	730	14.88	0.12	1.08	0.15
524	2003	529	800	15.20	0.12	19.16	0.15
525	2003	529	830	15.12	0.08	5.60	0.10
526	2003	529	900	14.96	0.04	5.74	0.05
527	2003	529	930	15.16	0.02	16.00	0.03
528	2003	529	1000	15.24	0.00	0.00	0.00
529	2003	529	1030	15.24	0.02	19.54	0.03
530	2003	529	1100	14.59	0.08	13.86	0.10
531	2003	529	1130	14.03	0.08	2.48	0.10
532	2003	529	1200	13.30	0.12	1.84	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
533	2003	529	1230	12.82	0.14	1.88	0.17
534	2003	529	1300	12.45	0.14	14.94	0.17
535	2003	529	1330	12.25	0.12	7.80	0.17
536	2003	529	1400	11.89	0.14	5.30	0.20
537	2003	529	1430	11.81	0.12	7.16	0.17
538	2003	529	1500	11.77	0.08	6.38	0.13
539	2003	529	1530	11.77	0.08	4.76	0.13
540	2003	529	1600	11.77	0.02	7.70	0.03
541	2003	529	1630	11.73	0.04	6.38	0.08
542	2003	529	1700	11.81	0.10	8.72	0.15
543	2003	529	1730	12.49	0.14	5.76	0.20
544	2003	529	1800	13.22	0.14	13.38	0.20
545	2003	529	1830	14.84	0.16	0.16	0.20
546	2003	529	1900	14.80	0.16	13.46	0.20
547	2003	529	1930	15.24	0.12	5.06	0.13
548	2003	529	2000	15.32	0.08	20.28	0.10
549	2003	529	2030	15.40	0.14	0.10	0.17
550	2003	529	2100	15.40	0.10	16.20	0.13
551	2003	529	2130	15.60	0.02	11.90	0.03
552	2003	529	2200	15.56	0.02	6.70	0.03
553	2003	529	2230	14.80	0.04	9.18	0.05
554	2003	529	2300	14.67	0.08	9.70	0.08
555	2003	529	2330	14.19	0.12	5.14	0.13
556	2003	530	000	13.30	0.14	6.20	0.17
557	2003	530	030	13.06	0.16	1.02	0.20
558	2003	530	100	12.70	0.16	18.00	0.20
559	2003	530	130	12.41	0.16	10.90	0.20
560	2003	530	200	12.01	0.16	5.70	0.25
561	2003	530	230	11.89	0.14	6.26	0.20
562	2003	530	300	11.81	0.20	3.98	0.30
563	2003	530	330	11.69	0.12	5.34	0.17
564	2003	530	400	11.60	0.06	5.48	0.10
565	2003	530	430	11.52	0.02	4.74	0.03
566	2003	530	500	11.52	0.06	9.00	0.10
567	2003	530	530	11.60	0.10	8.56	0.15
568	2003	530	600	12.25	0.12	8.24	0.17
569	2003	530	630	12.70	0.14	12.60	0.20
570	2003	530	700	12.94	0.14	12.86	0.20
571	2003	530	730	14.03	0.14	11.74	0.20
572	2003	530	800	14.35	0.16	2.90	0.20
573	2003	530	830	14.47	0.12	12.74	0.13
574	2003	530	900	14.39	0.10	3.80	0.10
575	2003	530	930	14.39	0.08	19.74	0.10
576	2003	530	1000	14.31	0.04	12.84	0.05
577	2003	530	1030	14.39	0.02	1.92	0.03
578	2003	530	1100	14.39	0.02	15.36	0.03
579	2003	530	1130	13.99	0.06	1.06	0.08
580	2003	530	1200	13.95	0.08	6.06	0.10
581	2003	530	1230	13.46	0.12	7.92	0.15
582	2003	530	1300	12.78	0.14	7.80	0.20
583	2003	530	1330	12.61	0.16	7.72	0.23
584	2003	530	1400	12.37	0.14	10.14	0.20
585	2003	530	1430	11.97	0.14	8.84	0.20
586	2003	530	1500	11.89	0.12	6.40	0.17
587	2003	530	1530	11.89	0.12	4.90	0.17
588	2003	530	1600	11.89	0.06	5.54	0.10
589	2003	530	1630	11.77	0.02	6.70	0.03
590	2003	530	1700	11.77	0.06	5.62	0.10
591	2003	530	1730	11.93	0.10	8.98	0.15
592	2003	530	1800	12.74	0.14	8.96	0.20
593	2003	530	1830	13.06	0.14	12.86	0.20
594	2003	530	1900	14.67	0.14	15.62	0.20
595	2003	530	1930	14.43	0.16	4.82	0.20
596	2003	530	2000	15.04	0.14	18.96	0.15
597	2003	530	2030	15.24	0.12	6.96	0.13
598	2003	530	2100	15.44	0.06	7.74	0.08
599	2003	530	2130	15.64	0.14	16.92	0.20
600	2003	530	2200	15.56	0.02	15.14	0.03
601	2003	530	2230	15.56	0.00	0.00	0.00
602	2003	530	2300	15.52	0.02	9.76	0.03
603	2003	530	2330	14.76	0.08	7.08	0.08
604	2003	531	000	14.51	0.12	7.86	0.13
605	2003	531	030	13.50	0.14	2.78	0.17
606	2003	531	100	12.94	0.16	16.02	0.20
607	2003	531	130	12.94	0.18	13.18	0.20
608	2003	531	200	12.25	0.16	15.90	0.23

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
609	2003 531	230	12.05	0.18	7.50	0.25
610	2003 531	300	11.93	0.18	5.32	0.28
611	2003 531	330	11.77	0.18	4.94	0.25
612	2003 531	400	11.69	0.16	4.20	0.25
613	2003 531	430	11.77	0.06	7.08	0.10
614	2003 531	500	11.64	0.02	5.40	0.03
615	2003 531	530	11.56	0.08	7.62	0.10
616	2003 531	600	11.64	0.12	7.44	0.17
617	2003 531	630	12.25	0.14	7.94	0.20
618	2003 531	700	12.45	0.16	9.06	0.23
619	2003 531	730	12.45	0.16	7.32	0.25
620	2003 531	800	13.30	0.16	12.50	0.23
621	2003 531	830	14.03	0.18	7.04	0.28
622	2003 531	900	14.23	0.14	10.54	0.17
623	2003 531	930	14.07	0.10	15.98	0.10
624	2003 531	1000	13.99	0.08	16.26	0.10
625	2003 531	1030	14.31	0.06	17.88	0.08
626	2003 531	1100	14.51	0.02	15.64	0.05
627	2003 531	1130	14.63	0.02	18.30	0.03
628	2003 531	1200	14.47	0.06	2.66	0.08
629	2003 531	1230	14.11	0.10	3.20	0.13
630	2003 531	1300	13.75	0.12	16.96	0.17
631	2003 531	1330	13.14	0.14	12.56	0.17
632	2003 531	1400	12.74	0.14	14.70	0.20
633	2003 531	1430	12.61	0.14	10.00	0.20
634	2003 531	1500	12.21	0.16	5.68	0.23
635	2003 531	1530	12.09	0.14	5.20	0.20
636	2003 531	1600	12.13	0.10	5.46	0.15
637	2003 531	1630	12.09	0.10	4.76	0.15
638	2003 531	1700	12.01	0.02	4.94	0.03
639	2003 531	1730	11.97	0.08	5.60	0.10
640	2003 531	1800	12.17	0.12	9.62	0.15
641	2003 531	1830	12.74	0.16	5.60	0.23
642	2003 531	1900	13.87	0.16	11.90	0.20
643	2003 531	1930	15.28	0.16	14.04	0.23
644	2003 531	2000	15.56	0.16	19.82	0.17
645	2003 531	2030	15.85	0.14	11.66	0.15
646	2003 531	2100	15.89	0.10	4.50	0.10
647	2003 531	2130	16.21	0.12	13.70	0.17
648	2003 531	2200	16.21	0.10	16.94	0.15
649	2003 531	2230	16.17	0.10	19.80	0.13
650	2003 531	2300	16.13	0.00	0.00	0.00
651	2003 531	2330	15.24	0.04	7.12	0.05
652	2003 601	000	15.00	0.08	0.12	0.10
653	2003 601	030	14.67	0.14	19.02	0.15
654	2003 601	100	13.91	0.16	0.46	0.17
655	2003 601	130	13.62	0.18	19.14	0.23
656	2003 601	200	13.18	0.18	15.02	0.25
657	2003 601	230	12.45	0.18	9.38	0.25
658	2003 601	300	12.25	0.22	4.98	0.33
659	2003 601	330	12.13	0.20	4.84	0.30
660	2003 601	400	12.01	0.20	4.40	0.30
661	2003 601	430	11.89	0.12	6.36	0.17
662	2003 601	500	11.85	0.08	5.68	0.10
663	2003 601	530	11.97	0.02	5.12	0.05
664	2003 601	600	11.89	0.08	5.58	0.13
665	2003 601	630	11.81	0.10	11.60	0.15
666	2003 601	700	12.49	0.14	8.58	0.17
667	2003 601	730	12.53	0.14	11.16	0.20
668	2003 601	800	13.02	0.18	9.08	0.25
669	2003 601	830	13.71	0.20	7.22	0.28
670	2003 601	900	14.47	0.16	18.88	0.23
671	2003 601	930	14.67	0.16	3.98	0.20
672	2003 601	1000	14.72	0.10	17.74	0.15
673	2003 601	1030	14.51	0.08	8.66	0.10
674	2003 601	1100	14.63	0.04	5.72	0.05
675	2003 601	1130	14.76	0.02	2.80	0.03
676	2003 601	1200	15.00	0.00	0.00	0.00
677	2003 601	1230	14.96	0.06	13.32	0.08
678	2003 601	1300	14.47	0.08	4.68	0.10
679	2003 601	1330	13.95	0.12	14.70	0.17
680	2003 601	1400	13.46	0.16	7.82	0.23
681	2003 601	1430	13.14	0.14	16.12	0.20
682	2003 601	1500	12.94	0.14	13.26	0.20
683	2003 601	1530	12.41	0.14	8.76	0.20
684	2003 601	1600	12.37	0.14	5.40	0.20

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
685	2003 601	1630	12.41	0.12	4.98	0.17
686	2003 601	1700	12.25	0.08	5.18	0.13
687	2003 601	1730	12.21	0.04	4.36	0.05
688	2003 601	1800	12.09	0.06	7.00	0.08
689	2003 601	1830	12.33	0.12	12.08	0.15
690	2003 601	1900	12.98	0.14	7.28	0.20
691	2003 601	1930	13.54	0.16	13.24	0.20
692	2003 601	2000	15.44	0.16	13.18	0.23
693	2003 601	2030	15.52	0.16	15.84	0.23
694	2003 601	2100	15.85	0.16	1.40	0.20
695	2003 601	2130	16.05	0.12	4.16	0.15
696	2003 601	2200	16.25	0.16	1.36	0.20
697	2003 601	2230	16.33	0.04	8.26	0.05
698	2003 601	2300	16.25	0.02	6.50	0.03
699	2003 601	2330	16.21	0.02	1.30	0.03
700	2003 602	000	16.17	0.04	1.76	0.03
701	2003 602	030	15.44	0.08	7.26	0.10
702	2003 602	100	15.20	0.12	8.54	0.13
703	2003 602	130	13.99	0.16	18.66	0.20
704	2003 602	200	13.62	0.18	15.56	0.23
705	2003 602	230	13.38	0.18	11.24	0.25
706	2003 602	300	12.78	0.18	9.06	0.25
707	2003 602	330	12.49	0.22	4.76	0.33
708	2003 602	400	12.33	0.16	6.86	0.25
709	2003 602	430	12.94	0.16	6.22	0.23
710	2003 602	500	13.18	0.12	6.62	0.17
711	2003 602	530	13.18	0.08	5.74	0.13
712	2003 602	600	13.10	0.02	5.14	0.03
713	2003 602	630	13.06	0.10	5.08	0.15
714	2003 602	700	13.06	0.10	11.62	0.15
715	2003 602	730	13.06	0.14	15.04	0.17
716	2003 602	800	12.98	0.14	0.68	0.17
717	2003 602	830	12.94	0.16	2.36	0.20
718	2003 602	900	12.90	0.18	2.36	0.23
719	2003 602	930	12.94	0.16	1.20	0.20
720	2003 602	1000	13.02	0.16	19.24	0.20
721	2003 602	1030	13.14	0.12	18.38	0.15
722	2003 602	1100	13.26	0.08	18.34	0.10
723	2003 602	1130	13.38	0.04	19.48	0.05
724	2003 602	1200	13.42	0.02	18.48	0.05
725	2003 602	1230	13.50	0.02	18.66	0.03
726	2003 602	1300	13.58	0.06	3.04	0.08
727	2003 602	1330	13.58	0.10	14.76	0.13
728	2003 602	1400	13.54	0.12	16.54	0.15
729	2003 602	1430	13.46	0.14	8.98	0.20
730	2003 602	1500	13.38	0.14	14.06	0.20
731	2003 602	1530	13.26	0.14	15.26	0.17
732	2003 602	1600	13.26	0.12	10.82	0.17
733	2003 602	1630	13.18	0.10	11.70	0.15
734	2003 602	1700	13.02	0.10	6.08	0.15
735	2003 602	1730	12.94	0.06	5.90	0.10
736	2003 602	1800	12.90	0.02	4.46	0.03
737	2003 602	1830	12.82	0.06	5.90	0.08
738	2003 602	1900	12.90	0.10	16.40	0.13
739	2003 602	1930	13.02	0.14	0.08	0.17
740	2003 602	2000	12.94	0.14	7.58	0.17
741	2003 602	2030	12.82	0.16	8.20	0.17
742	2003 602	2100	12.78	0.16	14.14	0.20
743	2003 602	2130	12.82	0.14	6.48	0.15
744	2003 602	2200	12.90	0.12	20.06	0.13
745	2003 602	2230	13.02	0.10	9.90	0.10
746	2003 602	2300	13.06	0.06	11.96	0.08
747	2003 602	2330	13.22	0.04	6.68	0.05
748	2003 603	000	13.34	0.00	0.00	0.00
749	2003 603	030	13.42	0.04	4.58	0.03
750	2003 603	100	13.50	0.06	3.72	0.08
751	2003 603	130	13.54	0.14	2.72	0.13
752	2003 603	200	13.54	0.14	6.58	0.15
753	2003 603	230	13.50	0.16	12.00	0.20
754	2003 603	300	13.38	0.18	13.80	0.20
755	2003 603	330	13.38	0.16	15.28	0.20
756	2003 603	400	13.06	0.16	1.54	0.20
757	2003 603	430	12.78	0.14	5.26	0.17
758	2003 603	500	12.49	0.12	16.84	0.17
759	2003 603	530	12.29	0.10	11.68	0.15
760	2003 603	600	12.17	0.06	8.26	0.10

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
761	2003 603	630	12.13	0.04	3.86	0.08
762	2003 603	700	12.09	0.08	4.04	0.13
763	2003 603	730	12.05	0.10	4.18	0.13
764	2003 603	800	11.93	0.12	20.10	0.15
765	2003 603	830	12.09	0.12	12.18	0.15
766	2003 603	900	12.21	0.14	5.38	0.17
767	2003 603	930	12.37	0.16	10.92	0.20
768	2003 603	1000	12.37	0.16	15.12	0.20
769	2003 603	1030	12.37	0.16	8.64	0.20
770	2003 603	1100	12.37	0.12	0.40	0.15
771	2003 603	1130	12.33	0.08	6.64	0.10
772	2003 603	1200	12.37	0.04	14.54	0.05
773	2003 603	1230	12.37	0.02	3.04	0.03
774	2003 603	1300	12.41	0.00	0.00	0.00
775	2003 603	1330	12.41	0.04	4.34	0.05
776	2003 603	1400	12.45	0.10	19.40	0.13
777	2003 603	1430	12.45	0.12	0.04	0.15
778	2003 603	1500	12.45	0.12	4.62	0.15
779	2003 603	1530	12.41	0.14	0.78	0.17
780	2003 603	1600	12.41	0.12	18.02	0.17
781	2003 603	1630	12.25	0.12	12.50	0.17
782	2003 603	1700	12.05	0.10	13.34	0.15
783	2003 603	1730	12.01	0.10	7.66	0.13
784	2003 603	1800	12.09	0.08	6.16	0.10
785	2003 603	1830	12.09	0.02	7.60	0.03
786	2003 603	1900	12.13	0.06	5.86	0.08
787	2003 603	1930	12.09	0.08	13.96	0.13
788	2003 603	2000	12.01	0.12	15.44	0.15
789	2003 603	2030	12.13	0.14	0.14	0.17
790	2003 603	2100	12.21	0.14	13.50	0.17
791	2003 603	2130	12.25	0.16	2.54	0.17
792	2003 603	2200	12.25	0.14	2.16	0.15
793	2003 603	2230	12.25	0.10	7.40	0.13
794	2003 603	2300	12.25	0.06	12.44	0.08
795	2003 603	2330	12.29	0.04	16.26	0.05
796	2003 604	000	12.33	0.02	10.42	0.03
797	2003 604	030	12.33	0.08	18.12	0.13
798	2003 604	100	12.37	0.02	14.38	0.03
799	2003 604	130	12.41	0.06	5.76	0.08
800	2003 604	200	12.41	0.10	13.36	0.10
801	2003 604	230	12.41	0.14	13.64	0.15
802	2003 604	300	12.41	0.16	10.14	0.17
803	2003 604	330	12.33	0.16	15.22	0.17
804	2003 604	400	12.21	0.16	2.18	0.20
805	2003 604	430	12.45	0.14	9.86	0.17
806	2003 604	500	12.78	0.14	5.20	0.17
807	2003 604	530	12.74	0.12	13.82	0.17
808	2003 604	600	12.37	0.14	6.48	0.20
809	2003 604	630	12.29	0.08	6.22	0.13
810	2003 604	700	12.33	0.02	6.00	0.03
811	2003 604	730	12.21	0.04	6.10	0.05
812	2003 604	800	12.21	0.10	8.14	0.13
813	2003 604	830	12.41	0.14	5.38	0.23
814	2003 604	900	12.82	0.14	8.62	0.20
815	2003 604	930	13.18	0.16	7.88	0.23
816	2003 604	1000	13.50	0.14	16.04	0.17
817	2003 604	1030	13.22	0.14	0.72	0.20
818	2003 604	1100	12.74	0.14	14.00	0.15
819	2003 604	1130	12.86	0.12	15.54	0.15
820	2003 604	1200	13.06	0.08	12.96	0.10
821	2003 604	1230	13.26	0.06	16.40	0.05
822	2003 604	1300	13.38	0.02	5.66	0.03
823	2003 604	1330	13.50	0.02	1.30	0.03
824	2003 604	1400	13.71	0.02	1.08	0.03
825	2003 604	1430	13.91	0.08	13.72	0.08
826	2003 604	1500	13.87	0.08	14.00	0.10
827	2003 604	1530	13.83	0.12	5.98	0.15
828	2003 604	1600	13.46	0.16	5.18	0.25
829	2003 604	1630	13.22	0.12	1.42	0.15
830	2003 604	1700	13.10	0.16	4.84	0.23
831	2003 604	1730	12.74	0.12	7.06	0.15
832	2003 604	1800	12.70	0.08	6.86	0.13
833	2003 604	1830	12.70	0.06	7.80	0.08
834	2003 604	1900	12.70	0.02	5.54	0.03
835	2003 604	1930	12.65	0.02	6.70	0.05
836	2003 604	2000	12.65	0.08	9.42	0.10

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
837	2003	604	2030	12.78	0.10	10.48	0.15
838	2003	604	2100	13.06	0.12	20.18	0.17
839	2003	604	2130	13.02	0.14	4.46	0.17
840	2003	604	2200	13.26	0.16	13.18	0.17
841	2003	604	2230	13.50	0.12	11.86	0.15
842	2003	604	2300	13.71	0.08	7.18	0.10
843	2003	604	2330	13.83	0.20	13.98	0.25
844	2003	605	000	13.99	0.10	15.36	0.15
845	2003	605	030	14.19	0.06	0.88	0.08
846	2003	605	100	14.31	0.08	17.70	0.10
847	2003	605	130	14.43	0.02	2.98	0.03
848	2003	605	200	14.55	0.04	5.08	0.05
849	2003	605	230	14.47	0.10	16.24	0.10
850	2003	605	300	14.31	0.14	4.16	0.15
851	2003	605	330	13.95	0.16	10.20	0.20
852	2003	605	400	13.62	0.16	8.72	0.20
853	2003	605	430	13.58	0.16	0.42	0.20
854	2003	605	500	13.06	0.14	3.32	0.17
855	2003	605	530	12.74	0.14	12.82	0.17
856	2003	605	600	12.61	0.14	6.84	0.20
857	2003	605	630	12.53	0.14	5.24	0.23
858	2003	605	700	12.41	0.10	5.24	0.15
859	2003	605	730	12.41	0.04	7.20	0.08
860	2003	605	800	12.41	0.04	5.58	0.05
861	2003	605	830	12.33	0.08	6.60	0.13
862	2003	605	900	12.49	0.12	6.16	0.17
863	2003	605	930	12.98	0.12	7.28	0.17
864	2003	605	1000	13.54	0.14	8.28	0.20
865	2003	605	1030	13.91	0.14	9.38	0.20
866	2003	605	1100	14.72	0.16	11.38	0.20
867	2003	605	1130	15.08	0.14	11.78	0.20
868	2003	605	1200	15.24	0.12	15.84	0.15
869	2003	605	1230	15.28	0.08	0.38	0.10
870	2003	605	1300	15.24	0.06	2.64	0.08
871	2003	605	1330	15.48	0.02	12.80	0.03
872	2003	605	1400	15.56	0.00	0.00	0.00
873	2003	605	1430	15.64	0.02	14.68	0.03
874	2003	605	1500	14.72	0.06	1.00	0.08
875	2003	605	1530	14.59	0.08	2.48	0.10
876	2003	605	1600	14.31	0.10	13.18	0.15
877	2003	605	1630	13.87	0.12	9.58	0.17
878	2003	605	1700	13.62	0.12	7.36	0.17
879	2003	605	1730	13.42	0.10	12.56	0.15
880	2003	605	1800	13.06	0.10	7.54	0.15
881	2003	605	1830	12.90	0.08	7.38	0.13
882	2003	605	1900	12.74	0.06	8.66	0.10
883	2003	605	1930	12.74	0.04	4.88	0.05
884	2003	605	2000	12.74	0.02	4.48	0.03
885	2003	605	2030	12.74	0.06	10.64	0.08
886	2003	605	2100	12.78	0.10	8.22	0.13
887	2003	605	2130	13.50	0.12	12.92	0.15
888	2003	605	2200	13.91	0.12	8.14	0.17
889	2003	605	2230	15.36	0.14	9.88	0.17
890	2003	605	2300	16.17	0.14	10.74	0.15
891	2003	605	2330	15.81	0.12	7.50	0.15
892	2003	606	000	15.93	0.06	10.60	0.08
893	2003	606	030	16.21	0.10	13.34	0.13
894	2003	606	100	16.25	0.08	13.52	0.10
895	2003	606	130	16.45	0.00	0.00	0.00
896	2003	606	200	16.25	0.00	0.00	0.00
897	2003	606	230	15.32	0.02	14.26	0.03
898	2003	606	300	15.24	0.06	8.36	0.08
899	2003	606	330	15.12	0.10	19.36	0.10
900	2003	606	400	13.99	0.14	0.56	0.15
901	2003	606	430	13.62	0.14	9.24	0.17
902	2003	606	500	13.62	0.16	10.80	0.17
903	2003	606	530	13.38	0.14	15.28	0.20
904	2003	606	600	12.94	0.18	5.48	0.25
905	2003	606	630	12.86	0.14	7.30	0.20
906	2003	606	700	12.74	0.14	5.78	0.20
907	2003	606	730	12.70	0.10	5.16	0.15
908	2003	606	800	12.65	0.06	5.76	0.08
909	2003	606	830	12.57	0.06	3.68	0.08
910	2003	606	900	12.57	0.04	6.40	0.08
911	2003	606	930	12.53	0.08	8.10	0.13
912	2003	606	1000	12.94	0.12	6.28	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
913	2003	606	1030	13.38	0.12	7.96	0.17
914	2003	606	1100	14.03	0.14	9.56	0.20
915	2003	606	1130	13.91	0.16	6.12	0.23
916	2003	606	1200	14.59	0.16	5.64	0.25
917	2003	606	1230	15.32	0.14	12.86	0.17
918	2003	606	1300	15.32	0.10	19.30	0.13
919	2003	606	1330	15.24	0.10	16.30	0.13
920	2003	606	1400	15.24	0.04	14.92	0.08
921	2003	606	1430	15.32	0.02	4.18	0.03
922	2003	606	1500	15.24	0.00	0.00	0.00
923	2003	606	1530	14.72	0.02	15.70	0.03
924	2003	606	1600	14.67	0.06	7.64	0.10
925	2003	606	1630	14.47	0.06	1.10	0.08
926	2003	606	1700	14.15	0.14	6.36	0.20
927	2003	606	1730	13.58	0.14	6.72	0.20
928	2003	606	1800	13.22	0.10	16.76	0.15
929	2003	606	1830	13.34	0.16	4.18	0.23
930	2003	606	1900	12.78	0.10	10.66	0.13
931	2003	606	1930	12.70	0.08	8.28	0.10
932	2003	606	2000	12.70	0.04	5.32	0.08
933	2003	606	2030	12.70	0.02	5.10	0.05
934	2003	606	2100	12.74	0.02	9.12	0.05
935	2003	606	2130	12.70	0.14	4.20	0.23
936	2003	606	2200	12.70	0.10	8.48	0.13
937	2003	606	2230	13.34	0.10	11.46	0.15
938	2003	606	2300	13.91	0.12	14.80	0.15
939	2003	606	2330	14.92	0.14	10.38	0.17
940	2003	607	000	15.04	0.12	16.86	0.15
941	2003	607	030	14.92	0.08	2.36	0.10
942	2003	607	100	14.92	0.08	17.86	0.10
943	2003	607	130	14.96	0.10	13.48	0.13
944	2003	607	200	15.32	0.04	12.10	0.05
945	2003	607	230	15.08	0.02	0.58	0.03
946	2003	607	300	15.04	0.02	6.18	0.03
947	2003	607	330	14.92	0.04	8.86	0.05
948	2003	607	400	14.76	0.08	9.46	0.08
949	2003	607	430	14.27	0.10	1.26	0.10
950	2003	607	500	13.75	0.12	3.68	0.15
951	2003	607	530	13.34	0.12	14.54	0.15
952	2003	607	600	13.30	0.12	11.14	0.17
953	2003	607	630	13.14	0.12	13.04	0.17
954	2003	607	700	12.82	0.14	8.06	0.20
955	2003	607	730	12.74	0.12	6.92	0.17
956	2003	607	800	12.74	0.08	9.02	0.13
957	2003	607	830	12.65	0.18	3.92	0.28
958	2003	607	900	12.78	0.04	5.66	0.05
959	2003	607	930	12.61	0.04	6.46	0.05
960	2003	607	1000	12.61	0.06	6.24	0.08
961	2003	607	1030	12.74	0.08	9.36	0.10
962	2003	607	1100	13.34	0.08	9.48	0.13
963	2003	607	1130	13.42	0.12	7.16	0.17
964	2003	607	1200	14.27	0.12	10.20	0.17
965	2003	607	1230	14.55	0.12	19.06	0.15
966	2003	607	1300	15.32	0.12	12.44	0.17
967	2003	607	1330	15.32	0.10	9.26	0.13
968	2003	607	1400	15.60	0.12	4.82	0.17
969	2003	607	1430	15.68	0.06	3.88	0.08
970	2003	607	1500	15.60	0.04	10.00	0.05
971	2003	607	1530	15.56	0.04	12.00	0.05
972	2003	607	1600	15.08	0.00	0.00	0.00
973	2003	607	1630	14.63	0.06	12.56	0.08
974	2003	607	1700	14.80	0.08	9.46	0.10
975	2003	607	1730	14.59	0.08	15.20	0.10
976	2003	607	1800	13.87	0.10	10.70	0.13
977	2003	607	1830	13.66	0.12	5.78	0.17
978	2003	607	1900	13.42	0.10	4.98	0.15
979	2003	607	1930	13.54	0.10	9.34	0.13
980	2003	607	2000	13.22	0.08	7.06	0.13
981	2003	607	2030	13.06	0.08	6.38	0.10
982	2003	607	2100	12.86	0.06	5.50	0.10
983	2003	607	2130	12.86	0.04	4.68	0.05
984	2003	607	2200	12.86	0.04	6.62	0.05
985	2003	607	2230	12.86	0.06	5.26	0.08
986	2003	607	2300	12.94	0.10	11.20	0.13
987	2003	607	2330	13.66	0.08	11.18	0.10
988	2003	608	000	14.03	0.12	17.20	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
989	2003 608	030	14.76	0.10	19.82	0.13
990	2003 608	100	15.40	0.10	6.82	0.13
991	2003 608	130	15.48	0.10	14.46	0.13
992	2003 608	200	15.60	0.10	3.46	0.13
993	2003 608	230	15.56	0.10	9.84	0.15
994	2003 608	300	15.81	0.12	12.74	0.15
995	2003 608	330	15.77	0.02	12.92	0.03
996	2003 608	400	15.85	0.02	1.02	0.03
997	2003 608	430	14.72	0.02	10.94	0.03
998	2003 608	500	14.67	0.06	16.54	0.08
999	2003 608	530	14.47	0.10	15.68	0.10
1000	2003 608	600	13.95	0.10	17.42	0.13
1001	2003 608	630	13.71	0.14	5.46	0.20
1002	2003 608	700	13.71	0.12	10.30	0.17
1003	2003 608	730	13.54	0.12	8.60	0.15
1004	2003 608	800	13.06	0.12	8.36	0.15
1005	2003 608	830	13.06	0.14	5.22	0.20
1006	2003 608	900	12.98	0.08	6.76	0.13
1007	2003 608	930	12.98	0.06	5.16	0.10
1008	2003 608	1000	12.78	0.04	4.48	0.08
1009	2003 608	1030	12.78	0.02	5.06	0.03
1010	2003 608	1100	12.78	0.06	5.60	0.08
1011	2003 608	1130	13.02	0.08	8.20	0.13
1012	2003 608	1200	13.71	0.10	5.80	0.15
1013	2003 608	1230	13.87	0.10	9.92	0.15
1014	2003 608	1300	14.96	0.10	12.30	0.15
1015	2003 608	1330	15.56	0.12	18.12	0.15
1016	2003 608	1400	15.56	0.14	5.22	0.20
1017	2003 608	1430	15.60	0.10	17.70	0.13
1018	2003 608	1500	15.68	0.08	2.38	0.10
1019	2003 608	1530	15.60	0.04	7.76	0.08
1020	2003 608	1600	15.68	0.02	14.22	0.05
1021	2003 608	1630	16.09	0.04	10.52	0.05
1022	2003 608	1700	16.41	0.02	5.60	0.03
1023	2003 608	1730	15.04	0.04	18.82	0.05
1024	2003 608	1800	14.96	0.04	12.40	0.05
1025	2003 608	1830	14.80	0.06	19.16	0.08
1026	2003 608	1900	14.31	0.10	10.02	0.15
1027	2003 608	1930	14.23	0.10	11.58	0.13
1028	2003 608	2000	13.87	0.10	9.88	0.13
1029	2003 608	2030	13.87	0.10	10.22	0.13
1030	2003 608	2100	13.50	0.08	8.60	0.13
1031	2003 608	2130	13.30	0.08	7.30	0.10
1032	2003 608	2200	13.06	0.06	6.24	0.10
1033	2003 608	2230	13.06	0.04	5.26	0.05
1034	2003 608	2300	13.06	0.02	5.52	0.03
1035	2003 608	2330	13.10	0.06	5.88	0.08
1036	2003 609	000	13.06	0.08	5.18	0.13
1037	2003 609	030	13.46	0.08	8.12	0.13
1038	2003 609	100	14.07	0.08	11.78	0.10
1039	2003 609	130	14.51	0.10	19.32	0.13
1040	2003 609	200	15.24	0.10	11.12	0.13
1041	2003 609	230	15.48	0.08	10.08	0.10
1042	2003 609	300	15.77	0.10	13.48	0.13
1043	2003 609	330	15.56	0.06	1.50	0.08
1044	2003 609	400	15.89	0.02	14.20	0.03
1045	2003 609	430	16.05	0.02	0.54	0.03
1046	2003 609	500	16.25	0.00	0.00	0.00
1047	2003 609	530	14.96	0.02	2.88	0.03
1048	2003 609	600	14.92	0.06	7.96	0.08
1049	2003 609	630	14.80	0.06	7.50	0.10
1050	2003 609	700	14.59	0.10	12.32	0.13
1051	2003 609	730	14.07	0.10	18.96	0.15
1052	2003 609	800	13.83	0.12	14.40	0.15
1053	2003 609	830	13.79	0.12	16.04	0.15
1054	2003 609	900	13.58	0.10	12.22	0.15
1055	2003 609	930	13.30	0.10	7.96	0.15
1056	2003 609	1000	13.22	0.08	7.98	0.13
1057	2003 609	1030	13.18	0.06	8.06	0.10
1058	2003 609	1100	13.10	0.04	6.78	0.08
1059	2003 609	1130	13.02	0.02	4.48	0.03
1060	2003 609	1200	13.02	0.04	5.58	0.08
1061	2003 609	1230	13.10	0.08	7.38	0.10
1062	2003 609	1300	13.58	0.10	10.32	0.13
1063	2003 609	1330	14.07	0.10	8.78	0.15
1064	2003 609	1400	15.24	0.12	12.90	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의파고 (m)	평균주기 (sec)	최대파고 (m)
1065	2003 609	1430	16.01	0.10	19.04	0.15
1066	2003 609	1500	15.97	0.12	13.40	0.17
1067	2003 609	1530	16.17	0.10	2.66	0.13
1068	2003 609	1600	16.49	0.08	10.50	0.10
1069	2003 609	1630	16.29	0.06	7.44	0.05
1070	2003 609	1700	16.33	0.02	10.88	0.03
1071	2003 609	1730	16.98	0.02	19.08	0.03
1072	2003 609	1800	17.14	0.00	0.00	0.00
1073	2003 609	1830	15.52	0.02	12.04	0.03
1074	2003 609	1900	15.52	0.04	8.30	0.05
1075	2003 609	1930	15.56	0.08	18.54	0.08
1076	2003 609	2000	15.12	0.10	0.34	0.13
1077	2003 609	2030	14.51	0.10	6.28	0.13
1078	2003 609	2100	14.43	0.10	19.12	0.13
1079	2003 609	2130	14.27	0.12	20.02	0.15
1080	2003 609	2200	13.79	0.10	11.54	0.13
1081	2003 609	2230	13.38	0.10	9.88	0.13
1082	2003 609	2300	13.34	0.08	9.10	0.10
1083	2003 609	2330	13.26	0.06	7.78	0.08
1084	2003 610	000	13.22	0.02	6.02	0.03
1085	2003 610	030	13.22	0.02	8.08	0.03
1086	2003 610	100	13.22	0.04	8.98	0.05
1087	2003 610	130	13.26	0.06	10.46	0.10
1088	2003 610	200	13.91	0.10	8.14	0.13
1089	2003 610	230	14.31	0.10	10.38	0.15
1090	2003 610	300	15.24	0.10	8.36	0.13
1091	2003 610	330	15.56	0.12	19.56	0.13
1092	2003 610	400	15.68	0.10	19.36	0.10
1093	2003 610	430	16.05	0.08	14.82	0.08
1094	2003 610	500	16.25	0.06	1.94	0.08
1095	2003 610	530	16.49	0.06	7.90	0.08
1096	2003 610	600	16.86	0.02	14.10	0.03
1097	2003 610	630	16.82	0.02	2.30	0.03
1098	2003 610	700	15.56	0.02	6.04	0.03
1099	2003 610	730	15.48	0.06	19.84	0.05
1100	2003 610	800	15.20	0.08	3.54	0.10
1101	2003 610	830	14.63	0.10	14.50	0.15
1102	2003 610	900	14.39	0.10	8.50	0.13
1103	2003 610	930	14.07	0.12	14.46	0.15
1104	2003 610	1000	13.99	0.12	15.82	0.15
1105	2003 610	1030	13.54	0.12	8.32	0.17
1106	2003 610	1100	13.34	0.10	6.94	0.15
1107	2003 610	1130	13.26	0.10	9.78	0.13
1108	2003 610	1200	13.26	0.08	8.14	0.10
1109	2003 610	1230	13.26	0.02	4.70	0.05
1110	2003 610	1300	13.10	0.02	4.80	0.03
1111	2003 610	1330	13.10	0.06	7.34	0.10
1112	2003 610	1400	13.38	0.08	9.16	0.13
1113	2003 610	1430	14.07	0.10	8.20	0.15
1114	2003 610	1500	14.55	0.12	10.66	0.17
1115	2003 610	1530	15.97	0.12	18.90	0.15
1116	2003 610	1600	15.81	0.14	7.04	0.15
1117	2003 610	1630	15.89	0.14	9.22	0.17
1118	2003 610	1700	16.13	0.08	3.18	0.10
1119	2003 610	1730	16.25	0.08	11.42	0.08
1120	2003 610	1800	16.25	0.06	19.20	0.08
1121	2003 610	1830	16.25	0.06	0.76	0.08
1122	2003 610	1900	16.17	0.00	0.00	0.00
1123	2003 610	1930	16.17	0.02	7.60	0.03
1124	2003 610	2000	15.93	0.04	10.32	0.05
1125	2003 610	2030	15.73	0.06	11.22	0.08
1126	2003 610	2100	15.40	0.10	9.20	0.13
1127	2003 610	2130	14.76	0.12	17.82	0.15
1128	2003 610	2200	14.19	0.12	5.84	0.15
1129	2003 610	2230	14.23	0.12	15.08	0.17
1130	2003 610	2300	13.83	0.12	14.88	0.15
1131	2003 610	2330	13.50	0.12	8.84	0.17
1132	2003 611	000	13.38	0.12	6.20	0.17
1133	2003 611	030	13.34	0.08	7.74	0.13
1134	2003 611	100	13.50	0.06	8.56	0.08
1135	2003 611	130	13.18	0.02	10.56	0.03
1136	2003 611	200	13.06	0.02	8.76	0.05
1137	2003 611	230	13.14	0.06	12.66	0.10
1138	2003 611	300	13.34	0.10	8.12	0.15
1139	2003 611	330	13.71	0.14	7.28	0.17
1140	2003 611	400	14.88	0.14	8.10	0.17

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1141	2003 611	430	14.80	0.14	18.88	0.17
1142	2003 611	500	15.85	0.12	15.62	0.15
1143	2003 611	530	16.05	0.12	4.06	0.13
1144	2003 611	600	16.05	0.08	8.88	0.10
1145	2003 611	630	16.13	0.08	13.84	0.08
1146	2003 611	700	16.41	0.02	4.16	0.03
1147	2003 611	730	16.41	0.00	0.00	0.00
1148	2003 611	800	16.33	0.02	18.74	0.03
1149	2003 611	830	15.85	0.04	4.92	0.05
1150	2003 611	900	15.81	0.08	11.60	0.10
1151	2003 611	930	15.32	0.12	2.34	0.15
1152	2003 611	1000	14.35	0.12	0.68	0.15
1153	2003 611	1030	14.07	0.14	18.64	0.20
1154	2003 611	1100	14.11	0.14	13.16	0.17
1155	2003 611	1130	13.46	0.14	14.04	0.20
1156	2003 611	1200	13.34	0.12	9.50	0.15
1157	2003 611	1230	13.30	0.12	5.32	0.17
1158	2003 611	1300	13.22	0.08	5.98	0.13
1159	2003 611	1330	13.14	0.10	3.72	0.15
1160	2003 611	1400	13.10	0.02	7.24	0.03
1161	2003 611	1430	13.06	0.08	7.68	0.10
1162	2003 611	1500	13.22	0.14	4.96	0.20
1163	2003 611	1530	13.71	0.14	8.12	0.17
1164	2003 611	1600	14.67	0.14	9.68	0.20
1165	2003 611	1630	15.20	0.16	11.00	0.23
1166	2003 611	1700	16.13	0.18	7.58	0.25
1167	2003 611	1730	16.25	0.16	18.88	0.20
1168	2003 611	1800	16.21	0.12	11.28	0.15
1169	2003 611	1830	16.17	0.08	20.34	0.10
1170	2003 611	1900	16.37	0.12	19.10	0.15
1171	2003 611	1930	16.45	0.08	12.30	0.10
1172	2003 611	2000	16.37	0.04	17.46	0.05
1173	2003 611	2030	16.01	0.02	12.82	0.03
1174	2003 611	2100	15.60	0.08	7.92	0.08
1175	2003 611	2130	15.60	0.10	13.32	0.13
1176	2003 611	2200	15.24	0.14	10.16	0.17
1177	2003 611	2230	14.23	0.16	19.92	0.20
1178	2003 611	2300	14.11	0.16	4.40	0.20
1179	2003 611	2330	14.03	0.16	1.60	0.20
1180	2003 612	000	13.46	0.16	14.66	0.23
1181	2003 612	030	13.38	0.14	9.74	0.20
1182	2003 612	100	13.26	0.12	6.38	0.17
1183	2003 612	130	13.14	0.10	6.08	0.15
1184	2003 612	200	13.06	0.08	6.16	0.10
1185	2003 612	230	13.14	0.02	5.72	0.03
1186	2003 612	300	13.02	0.04	5.66	0.08
1187	2003 612	330	13.02	0.08	7.92	0.13
1188	2003 612	400	13.38	0.14	5.62	0.20
1189	2003 612	430	13.87	0.16	6.90	0.25
1190	2003 612	500	14.19	0.18	5.22	0.28
1191	2003 612	530	14.92	0.16	10.38	0.20
1192	2003 612	600	15.56	0.16	16.58	0.23
1193	2003 612	630	15.64	0.14	10.94	0.15
1194	2003 612	700	15.40	0.10	14.40	0.13
1195	2003 612	730	15.56	0.08	3.60	0.10
1196	2003 612	800	15.36	0.06	7.04	0.08
1197	2003 612	830	15.48	0.02	10.72	0.03
1198	2003 612	900	15.52	0.00	0.00	0.00
1199	2003 612	930	15.28	0.06	8.96	0.05
1200	2003 612	1000	15.12	0.08	3.62	0.10
1201	2003 612	1030	15.12	0.12	8.56	0.15
1202	2003 612	1100	14.39	0.14	13.94	0.17
1203	2003 612	1130	14.19	0.16	16.60	0.20
1204	2003 612	1200	13.83	0.14	15.42	0.20
1205	2003 612	1230	13.38	0.14	10.76	0.20
1206	2003 612	1300	13.30	0.14	7.70	0.17
1207	2003 612	1330	13.26	0.12	5.30	0.17
1208	2003 612	1400	13.14	0.10	4.42	0.15
1209	2003 612	1430	13.14	0.04	6.38	0.08
1210	2003 612	1500	13.10	0.04	5.00	0.08
1211	2003 612	1530	13.18	0.08	8.08	0.13
1212	2003 612	1600	13.46	0.12	6.64	0.17
1213	2003 612	1630	13.87	0.16	6.18	0.25
1214	2003 612	1700	15.04	0.18	10.40	0.25
1215	2003 612	1730	15.48	0.16	10.58	0.23
1216	2003 612	1800	16.13	0.18	17.72	0.23

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1217	2003 612	1830	16.17	0.14	18.46	0.17
1218	2003 612	1900	16.37	0.12	7.74	0.13
1219	2003 612	1930	16.25	0.12	16.46	0.17
1220	2003 612	2000	16.25	0.04	1.94	0.05
1221	2003 612	2030	16.41	0.02	0.66	0.03
1222	2003 612	2100	16.41	0.06	14.24	0.08
1223	2003 612	2130	16.13	0.04	13.20	0.05
1224	2003 612	2200	15.77	0.08	7.52	0.10
1225	2003 612	2230	15.52	0.14	11.36	0.15
1226	2003 612	2300	14.92	0.16	3.82	0.20
1227	2003 612	2330	14.51	0.18	15.90	0.25
1228	2003 613	000	14.47	0.18	11.04	0.25
1229	2003 613	030	13.54	0.18	7.50	0.25
1230	2003 613	100	13.46	0.20	6.06	0.28
1231	2003 613	130	13.34	0.20	5.00	0.30
1232	2003 613	200	13.22	0.18	4.92	0.28
1233	2003 613	230	13.10	0.14	5.52	0.20
1234	2003 613	300	13.10	0.08	5.32	0.13
1235	2003 613	330	13.06	0.04	4.72	0.05
1236	2003 613	400	13.02	0.10	5.30	0.15
1237	2003 613	430	13.02	0.10	9.76	0.15
1238	2003 613	500	13.50	0.14	6.82	0.20
1239	2003 613	530	13.58	0.16	7.14	0.23
1240	2003 613	600	13.71	0.18	11.08	0.23
1241	2003 613	630	13.99	0.18	14.68	0.25
1242	2003 613	700	15.24	0.18	17.96	0.23
1243	2003 613	730	15.20	0.16	4.42	0.20
1244	2003 613	800	15.20	0.10	20.04	0.15
1245	2003 613	830	14.92	0.10	5.88	0.13
1246	2003 613	900	15.04	0.06	10.96	0.08
1247	2003 613	930	15.16	0.04	12.76	0.03
1248	2003 613	1000	15.24	0.02	6.60	0.03
1249	2003 613	1030	15.40	0.06	7.76	0.08
1250	2003 613	1100	15.20	0.10	7.34	0.13
1251	2003 613	1130	14.96	0.14	4.96	0.17
1252	2003 613	1200	14.55	0.16	5.18	0.20
1253	2003 613	1230	14.03	0.16	20.44	0.20
1254	2003 613	1300	13.62	0.16	8.70	0.23
1255	2003 613	1330	13.38	0.16	6.34	0.23
1256	2003 613	1400	13.38	0.14	7.94	0.20
1257	2003 613	1430	13.30	0.12	5.46	0.20
1258	2003 613	1500	13.26	0.08	5.86	0.13
1259	2003 613	1530	13.30	0.04	5.88	0.05
1260	2003 613	1600	13.30	0.04	6.34	0.05
1261	2003 613	1630	13.30	0.10	12.22	0.15
1262	2003 613	1700	13.75	0.14	9.58	0.20
1263	2003 613	1730	14.31	0.16	10.08	0.23
1264	2003 613	1800	15.20	0.18	8.88	0.25
1265	2003 613	1830	15.89	0.18	16.22	0.25
1266	2003 613	1900	16.05	0.18	15.96	0.25
1267	2003 613	1930	16.17	0.14	7.70	0.17
1268	2003 613	2000	16.41	0.14	2.38	0.15
1269	2003 613	2030	16.37	0.16	14.66	0.23
1270	2003 613	2100	16.33	0.10	19.10	0.15
1271	2003 613	2130	16.25	0.02	3.52	0.05
1272	2003 613	2200	16.17	0.02	3.24	0.03
1273	2003 613	2230	16.25	0.00	0.00	0.00
1274	2003 613	2300	15.89	0.14	20.22	0.15
1275	2003 613	2330	15.56	0.16	13.98	0.17
1276	2003 614	000	15.04	0.22	1.68	0.28
1277	2003 614	030	14.55	0.18	20.08	0.23
1278	2003 614	100	14.07	0.20	12.10	0.28
1279	2003 614	130	13.66	0.20	8.86	0.28
1280	2003 614	200	13.38	0.20	10.54	0.28
1281	2003 614	230	13.50	0.18	8.70	0.25
1282	2003 614	300	13.22	0.22	5.50	0.30
1283	2003 614	330	13.38	0.16	4.20	0.25
1284	2003 614	400	13.30	0.10	4.86	0.15
1285	2003 614	430	13.30	0.08	4.44	0.10
1286	2003 614	500	13.26	0.10	7.66	0.15
1287	2003 614	530	13.18	0.12	10.22	0.17
1288	2003 614	600	13.42	0.16	16.16	0.20
1289	2003 614	630	13.54	0.16	20.16	0.23
1290	2003 614	700	13.58	0.18	16.02	0.23
1291	2003 614	730	13.71	0.18	0.80	0.25
1292	2003 614	800	13.75	0.20	16.42	0.25

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1293	2003	614	830	13.87	0.18	16.52	0.23
1294	2003	614	900	13.95	0.14	13.18	0.17
1295	2003	614	930	13.99	0.10	15.74	0.13
1296	2003	614	1000	14.03	0.04	20.32	0.08
1297	2003	614	1030	14.11	0.02	0.06	0.03
1298	2003	614	1100	14.19	0.02	11.22	0.03
1299	2003	614	1130	14.27	0.08	5.76	0.10
1300	2003	614	1200	14.31	0.12	15.90	0.15
1301	2003	614	1230	14.31	0.14	12.76	0.20
1302	2003	614	1300	14.27	0.18	14.32	0.23
1303	2003	614	1330	14.19	0.18	9.18	0.25
1304	2003	614	1400	14.07	0.18	8.76	0.25
1305	2003	614	1430	13.91	0.16	8.44	0.23
1306	2003	614	1500	13.66	0.16	5.88	0.23
1307	2003	614	1530	13.54	0.14	6.50	0.20
1308	2003	614	1600	13.50	0.10	5.08	0.15
1309	2003	614	1630	13.46	0.04	5.54	0.05
1310	2003	614	1700	13.46	0.10	5.96	0.15
1311	2003	614	1730	13.42	0.18	5.16	0.25
1312	2003	614	1800	13.62	0.16	12.36	0.20
1313	2003	614	1830	14.43	0.18	16.54	0.23
1314	2003	614	1900	14.76	0.18	4.30	0.23
1315	2003	614	1930	14.03	0.20	19.76	0.25
1316	2003	614	2000	13.71	0.16	9.94	0.20
1317	2003	614	2030	13.66	0.14	8.72	0.15
1318	2003	614	2100	13.71	0.20	16.26	0.28
1319	2003	614	2130	13.83	0.08	15.82	0.08
1320	2003	614	2200	13.99	0.16	2.66	0.25
1321	2003	614	2230	14.07	0.02	2.84	0.03
1322	2003	614	2300	14.19	0.04	3.80	0.05
1323	2003	614	2330	14.27	0.08	0.34	0.10
1324	2003	615	000	14.31	0.14	5.30	0.15
1325	2003	615	030	14.31	0.18	5.48	0.23
1326	2003	615	100	14.23	0.20	20.32	0.25
1327	2003	615	130	14.15	0.22	11.70	0.30
1328	2003	615	200	14.19	0.20	10.38	0.28
1329	2003	615	230	13.75	0.22	7.80	0.30
1330	2003	615	300	13.87	0.18	8.96	0.25
1331	2003	615	330	13.58	0.18	7.00	0.25
1332	2003	615	400	13.54	0.16	5.74	0.25
1333	2003	615	430	13.38	0.12	6.76	0.17
1334	2003	615	500	13.38	0.06	5.00	0.08
1335	2003	615	530	13.34	0.08	6.06	0.10
1336	2003	615	600	13.26	0.12	9.08	0.17
1337	2003	615	630	13.22	0.14	13.62	0.20
1338	2003	615	700	13.26	0.16	18.92	0.20
1339	2003	615	730	13.30	0.16	20.22	0.20
1340	2003	615	800	13.75	0.18	19.76	0.25
1341	2003	615	830	14.47	0.20	11.90	0.28
1342	2003	615	900	14.07	0.18	10.54	0.23
1343	2003	615	930	14.15	0.16	4.96	0.20
1344	2003	615	1000	14.31	0.10	19.04	0.15
1345	2003	615	1030	14.31	0.06	3.06	0.08
1346	2003	615	1100	14.31	0.04	17.02	0.05
1347	2003	615	1130	14.31	0.00	0.00	0.00
1348	2003	615	1200	14.31	0.04	19.06	0.05
1349	2003	615	1230	14.35	0.10	19.32	0.10
1350	2003	615	1300	14.39	0.12	9.58	0.15
1351	2003	615	1330	14.39	0.16	8.48	0.23
1352	2003	615	1400	14.31	0.20	6.28	0.30
1353	2003	615	1430	14.23	0.18	10.62	0.25
1354	2003	615	1500	13.66	0.16	7.86	0.25
1355	2003	615	1530	13.62	0.16	8.46	0.23
1356	2003	615	1600	13.66	0.16	5.38	0.23
1357	2003	615	1630	13.58	0.14	4.66	0.20
1358	2003	615	1700	13.46	0.08	5.48	0.10
1359	2003	615	1730	13.38	0.06	4.92	0.10
1360	2003	615	1800	13.38	0.10	7.30	0.15
1361	2003	615	1830	13.34	0.14	15.32	0.17
1362	2003	615	1900	13.58	0.16	15.32	0.23
1363	2003	615	1930	13.46	0.18	16.14	0.25
1364	2003	615	2000	13.34	0.20	1.42	0.25
1365	2003	615	2030	13.26	0.20	8.52	0.25
1366	2003	615	2100	13.34	0.16	20.20	0.20
1367	2003	615	2130	13.42	0.16	16.30	0.20
1368	2003	615	2200	13.58	0.16	16.60	0.20

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1369	2003 615	2230	13.71	0.06	5.62	0.10
1370	2003 615	2300	13.79	0.16	2.46	0.25
1371	2003 615	2330	13.87	0.02	3.82	0.03
1372	2003 616	000	13.95	0.06	6.64	0.08
1373	2003 616	030	14.03	0.12	4.22	0.13
1374	2003 616	100	14.03	0.16	16.54	0.17
1375	2003 616	130	14.03	0.20	1.22	0.25
1376	2003 616	200	13.95	0.22	14.82	0.28
1377	2003 616	230	13.79	0.22	12.84	0.30
1378	2003 616	300	13.58	0.20	9.96	0.28
1379	2003 616	330	13.26	0.20	8.84	0.30
1380	2003 616	400	13.46	0.22	4.76	0.33
1381	2003 616	430	13.38	0.34	3.82	0.50
1382	2003 616	500	13.30	0.26	4.22	0.37
1383	2003 616	530	13.22	0.10	4.76	0.15
1384	2003 616	600	13.26	0.08	3.82	0.13
1385	2003 616	630	13.22	0.10	5.80	0.15
1386	2003 616	700	13.26	0.14	6.12	0.20
1387	2003 616	730	13.71	0.16	9.42	0.20
1388	2003 616	800	13.58	0.18	10.18	0.25
1389	2003 616	830	13.83	0.18	11.46	0.25
1390	2003 616	900	14.51	0.20	12.68	0.25
1391	2003 616	930	14.92	0.18	0.06	0.25
1392	2003 616	1000	15.04	0.18	9.32	0.23
1393	2003 616	1030	14.92	0.14	19.84	0.17
1394	2003 616	1100	14.88	0.10	8.80	0.15
1395	2003 616	1130	14.96	0.06	15.08	0.08
1396	2003 616	1200	14.92	0.04	12.12	0.05
1397	2003 616	1230	14.92	0.02	2.64	0.03
1398	2003 616	1300	14.92	0.06	8.56	0.08
1399	2003 616	1330	14.80	0.10	2.56	0.13
1400	2003 616	1400	14.76	0.14	19.98	0.17
1401	2003 616	1430	14.51	0.16	8.28	0.25
1402	2003 616	1500	14.35	0.16	12.42	0.23
1403	2003 616	1530	13.83	0.18	7.20	0.25
1404	2003 616	1600	13.66	0.20	4.92	0.28
1405	2003 616	1630	13.66	0.16	5.76	0.23
1406	2003 616	1700	13.62	0.16	4.44	0.25
1407	2003 616	1730	13.54	0.12	4.34	0.17
1408	2003 616	1800	13.42	0.02	6.68	0.03
1409	2003 616	1830	13.50	0.06	6.48	0.08
1410	2003 616	1900	13.54	0.12	10.08	0.17
1411	2003 616	1930	14.31	0.14	10.10	0.20
1412	2003 616	2000	14.76	0.16	12.52	0.23
1413	2003 616	2030	15.52	0.18	11.38	0.25
1414	2003 616	2100	15.89	0.20	3.60	0.25
1415	2003 616	2130	15.89	0.18	7.52	0.20
1416	2003 616	2200	15.77	0.14	14.76	0.15
1417	2003 616	2230	16.01	0.24	0.78	0.33
1418	2003 616	2300	16.09	0.10	14.00	0.10
1419	2003 616	2330	15.97	0.08	3.48	0.13
1420	2003 617	000	16.05	0.04	3.40	0.05
1421	2003 617	030	16.01	0.02	4.52	0.05
1422	2003 617	100	16.01	0.10	9.44	0.13
1423	2003 617	130	15.81	0.14	6.24	0.13
1424	2003 617	200	15.36	0.18	13.76	0.20
1425	2003 617	230	14.96	0.20	6.40	0.25
1426	2003 617	300	14.59	0.20	11.14	0.25
1427	2003 617	330	14.23	0.20	14.42	0.25
1428	2003 617	400	13.95	0.20	6.16	0.30
1429	2003 617	430	13.71	0.26	4.74	0.37
1430	2003 617	500	13.62	0.32	4.04	0.47
1431	2003 617	530	13.50	0.36	3.66	0.55
1432	2003 617	600	13.42	0.12	4.90	0.17
1433	2003 617	630	13.50	0.04	7.04	0.05
1434	2003 617	700	13.46	0.04	6.18	0.08
1435	2003 617	730	13.38	0.10	14.02	0.13
1436	2003 617	800	13.54	0.12	14.44	0.17
1437	2003 617	830	13.91	0.16	13.54	0.20
1438	2003 617	900	14.03	0.16	14.62	0.23
1439	2003 617	930	14.23	0.18	12.96	0.25
1440	2003 617	1000	14.96	0.18	11.80	0.25
1441	2003 617	1030	15.24	0.18	4.28	0.23
1442	2003 617	1100	15.16	0.16	9.04	0.20
1443	2003 617	1130	15.24	0.10	18.52	0.15
1444	2003 617	1200	15.32	0.08	11.94	0.10

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1445	2003 617	1230	15.24	0.04	11.86	0.05
1446	2003 617	1300	15.24	0.00	0.00	0.00
1447	2003 617	1330	15.40	0.04	4.94	0.05
1448	2003 617	1400	15.28	0.08	15.02	0.10
1449	2003 617	1430	15.16	0.12	17.64	0.15
1450	2003 617	1500	14.96	0.16	15.94	0.20
1451	2003 617	1530	14.72	0.16	2.26	0.20
1452	2003 617	1600	14.59	0.16	9.14	0.23
1453	2003 617	1630	14.03	0.16	7.90	0.23
1454	2003 617	1700	13.99	0.16	6.04	0.23
1455	2003 617	1730	13.83	0.14	5.52	0.20
1456	2003 617	1800	13.79	0.10	6.36	0.15
1457	2003 617	1830	13.71	0.04	6.04	0.08
1458	2003 617	1900	13.71	0.02	5.16	0.03
1459	2003 617	1930	13.71	0.08	10.08	0.10
1460	2003 617	2000	13.83	0.12	9.56	0.17
1461	2003 617	2030	14.15	0.16	8.14	0.23
1462	2003 617	2100	15.24	0.16	18.10	0.23
1463	2003 617	2130	15.08	0.18	3.20	0.23
1464	2003 617	2200	15.89	0.18	17.92	0.23
1465	2003 617	2230	15.73	0.16	15.18	0.20
1466	2003 617	2300	16.09	0.14	10.18	0.15
1467	2003 617	2330	16.17	0.08	3.22	0.08
1468	2003 618	000	16.09	0.14	14.74	0.15
1469	2003 618	030	15.97	0.04	18.72	0.08
1470	2003 618	100	16.13	0.02	4.82	0.03
1471	2003 618	130	16.13	0.06	8.10	0.05
1472	2003 618	200	16.17	0.10	0.52	0.10
1473	2003 618	230	15.60	0.16	18.32	0.15
1474	2003 618	300	14.96	0.18	5.50	0.20
1475	2003 618	330	14.72	0.18	20.46	0.23
1476	2003 618	400	14.76	0.18	11.72	0.23
1477	2003 618	430	14.23	0.18	10.68	0.25
1478	2003 618	500	13.95	0.20	6.42	0.28
1479	2003 618	530	14.11	0.16	12.46	0.23
1480	2003 618	600	14.31	0.16	5.38	0.25
1481	2003 618	630	13.66	0.14	4.52	0.20
1482	2003 618	700	13.79	0.06	5.58	0.10
1483	2003 618	730	13.62	0.00	0.00	0.00
1484	2003 618	800	13.62	0.06	8.76	0.08
1485	2003 618	830	13.66	0.16	4.42	0.25
1486	2003 618	900	13.99	0.14	9.22	0.17
1487	2003 618	930	14.11	0.14	16.86	0.20
1488	2003 618	1000	13.91	0.16	16.48	0.17
1489	2003 618	1030	13.75	0.16	0.62	0.20
1490	2003 618	1100	13.87	0.18	11.12	0.25
1491	2003 618	1130	14.03	0.16	3.40	0.20
1492	2003 618	1200	14.23	0.12	3.08	0.15
1493	2003 618	1230	14.43	0.08	9.34	0.10
1494	2003 618	1300	14.55	0.06	14.68	0.08
1495	2003 618	1330	14.63	0.04	18.60	0.05
1496	2003 618	1400	14.67	0.02	14.90	0.03
1497	2003 618	1430	14.76	0.06	13.24	0.08
1498	2003 618	1500	14.76	0.10	1.94	0.13
1499	2003 618	1530	14.63	0.12	11.36	0.15
1500	2003 618	1600	14.51	0.14	10.76	0.20
1501	2003 618	1630	14.31	0.14	1.54	0.20
1502	2003 618	1700	14.19	0.14	18.94	0.17
1503	2003 618	1730	13.83	0.16	6.18	0.25
1504	2003 618	1800	13.83	0.12	14.36	0.15
1505	2003 618	1830	14.07	0.10	7.64	0.15
1506	2003 618	1900	14.03	0.06	7.98	0.10
1507	2003 618	1930	13.99	0.02	5.20	0.03
1508	2003 618	2000	13.95	0.04	9.46	0.05
1509	2003 618	2030	13.95	0.10	14.24	0.13
1510	2003 618	2100	14.27	0.12	18.74	0.15
1511	2003 618	2130	14.15	0.14	7.50	0.17
1512	2003 618	2200	14.03	0.16	15.32	0.17
1513	2003 618	2230	13.95	0.16	10.24	0.20
1514	2003 618	2300	13.91	0.16	7.34	0.17
1515	2003 618	2330	13.95	0.12	12.48	0.13
1516	2003 619	000	14.03	0.10	8.26	0.10
1517	2003 619	030	14.11	0.12	6.18	0.15
1518	2003 619	100	14.27	0.08	11.64	0.10
1519	2003 619	130	14.39	0.00	0.00	0.00
1520	2003 619	200	14.51	0.04	17.34	0.03

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1521	2003 619	230	14.63	0.06	17.60	0.08
1522	2003 619	300	14.63	0.10	18.48	0.13
1523	2003 619	330	14.63	0.14	12.20	0.15
1524	2003 619	400	14.43	0.16	2.68	0.20
1525	2003 619	430	14.27	0.18	7.78	0.23
1526	2003 619	500	14.31	0.16	4.68	0.20
1527	2003 619	530	14.47	0.16	17.96	0.20
1528	2003 619	600	13.99	0.16	9.12	0.23
1529	2003 619	630	13.95	0.18	5.38	0.25
1530	2003 619	700	13.91	0.18	4.50	0.28
1531	2003 619	730	13.79	0.08	5.44	0.13
1532	2003 619	800	13.79	0.04	6.32	0.05
1533	2003 619	830	13.75	0.10	4.06	0.17
1534	2003 619	900	13.75	0.08	11.88	0.13
1535	2003 619	930	13.91	0.12	8.52	0.17
1536	2003 619	1000	14.35	0.12	9.82	0.17
1537	2003 619	1030	14.51	0.18	4.74	0.28
1538	2003 619	1100	14.76	0.16	9.70	0.23
1539	2003 619	1130	15.24	0.16	12.86	0.20
1540	2003 619	1200	15.85	0.14	19.84	0.20
1541	2003 619	1230	15.97	0.14	18.72	0.17
1542	2003 619	1300	15.85	0.08	10.94	0.13
1543	2003 619	1330	15.89	0.06	16.54	0.08
1544	2003 619	1400	15.81	0.06	4.56	0.08
1545	2003 619	1430	15.77	0.00	0.00	0.00
1546	2003 619	1500	15.85	0.02	3.92	0.03
1547	2003 619	1530	15.48	0.08	7.78	0.10
1548	2003 619	1600	15.56	0.08	3.96	0.10
1549	2003 619	1630	15.36	0.10	14.46	0.15
1550	2003 619	1700	14.96	0.12	20.10	0.15
1551	2003 619	1730	14.63	0.12	11.82	0.17
1552	2003 619	1800	14.35	0.12	12.20	0.17
1553	2003 619	1830	14.11	0.18	4.82	0.25
1554	2003 619	1900	14.07	0.12	5.52	0.17
1555	2003 619	1930	14.03	0.08	7.02	0.13
1556	2003 619	2000	14.11	0.06	6.28	0.08
1557	2003 619	2030	13.99	0.02	7.00	0.03
1558	2003 619	2100	13.99	0.06	10.84	0.08
1559	2003 619	2130	14.03	0.10	17.08	0.13
1560	2003 619	2200	14.35	0.12	9.70	0.17
1561	2003 619	2230	14.55	0.14	11.28	0.17
1562	2003 619	2300	15.97	0.14	16.50	0.20
1563	2003 619	2330	15.68	0.16	19.20	0.17
1564	2003 620	000	15.81	0.12	7.12	0.15
1565	2003 620	030	15.73	0.12	1.68	0.15
1566	2003 620	100	16.09	0.10	13.46	0.10
1567	2003 620	130	16.25	0.06	5.26	0.08
1568	2003 620	200	16.09	0.02	2.00	0.03
1569	2003 620	230	16.05	0.02	14.46	0.03
1570	2003 620	300	16.13	0.02	1.98	0.03
1571	2003 620	330	16.25	0.08	8.40	0.08
1572	2003 620	400	15.89	0.12	12.34	0.15
1573	2003 620	430	15.24	0.14	7.04	0.17
1574	2003 620	500	14.84	0.16	9.20	0.20
1575	2003 620	530	14.76	0.16	8.00	0.20
1576	2003 620	600	14.31	0.14	11.08	0.20
1577	2003 620	630	14.19	0.16	8.02	0.23
1578	2003 620	700	14.07	0.16	5.76	0.25
1579	2003 620	730	14.03	0.14	6.70	0.20
1580	2003 620	800	13.99	0.12	5.04	0.17
1581	2003 620	830	13.91	0.06	6.50	0.10
1582	2003 620	900	13.91	0.02	5.02	0.05
1583	2003 620	930	13.87	0.06	6.18	0.10
1584	2003 620	1000	13.91	0.08	10.32	0.13
1585	2003 620	1030	14.31	0.10	12.88	0.15
1586	2003 620	1100	14.76	0.12	12.20	0.15
1587	2003 620	1130	15.12	0.12	9.94	0.17
1588	2003 620	1200	15.24	0.12	13.68	0.17
1589	2003 620	1230	15.89	0.14	16.48	0.20
1590	2003 620	1300	16.17	0.14	16.10	0.17
1591	2003 620	1330	16.25	0.12	7.36	0.17
1592	2003 620	1400	16.37	0.08	15.66	0.10
1593	2003 620	1430	16.17	0.06	13.90	0.08
1594	2003 620	1500	16.17	0.02	7.88	0.05
1595	2003 620	1530	16.25	0.00	0.00	0.00
1596	2003 620	1600	15.64	0.04	18.52	0.05

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1597	2003 620	1630	15.48	0.08	19.62	0.10
1598	2003 620	1700	15.56	0.10	18.80	0.13
1599	2003 620	1730	15.44	0.12	17.88	0.15
1600	2003 620	1800	14.96	0.10	12.32	0.15
1601	2003 620	1830	14.84	0.14	7.14	0.20
1602	2003 620	1900	14.39	0.12	8.36	0.15
1603	2003 620	1930	14.19	0.12	6.08	0.17
1604	2003 620	2000	14.07	0.08	6.24	0.13
1605	2003 620	2030	14.11	0.06	6.66	0.08
1606	2003 620	2100	14.11	0.02	4.56	0.05
1607	2003 620	2130	14.11	0.02	6.40	0.05
1608	2003 620	2200	14.11	0.08	7.52	0.10
1609	2003 620	2230	14.11	0.08	10.58	0.13
1610	2003 620	2300	14.55	0.12	14.02	0.15
1611	2003 620	2330	15.04	0.12	11.64	0.15
1612	2003 621	000	16.05	0.12	3.22	0.15
1613	2003 621	030	16.53	0.12	4.22	0.15
1614	2003 621	100	16.09	0.10	2.86	0.13
1615	2003 621	130	16.13	0.08	0.90	0.10
1616	2003 621	200	16.25	0.06	1.40	0.08
1617	2003 621	230	16.57	0.04	17.44	0.05
1618	2003 621	300	16.37	0.02	3.12	0.03
1619	2003 621	330	16.25	0.02	13.98	0.03
1620	2003 621	400	15.89	0.04	19.44	0.05
1621	2003 621	430	15.73	0.08	5.70	0.10
1622	2003 621	500	15.32	0.12	12.64	0.15
1623	2003 621	530	14.92	0.14	8.42	0.20
1624	2003 621	600	14.63	0.14	9.92	0.20
1625	2003 621	630	14.76	0.16	6.48	0.23
1626	2003 621	700	14.43	0.14	6.70	0.20
1627	2003 621	730	14.19	0.14	6.50	0.20
1628	2003 621	800	14.15	0.14	4.94	0.20
1629	2003 621	830	14.11	0.16	4.18	0.25
1630	2003 621	900	14.07	0.08	5.14	0.10
1631	2003 621	930	14.03	0.04	4.52	0.08
1632	2003 621	1000	14.03	0.04	5.34	0.08
1633	2003 621	1030	14.03	0.08	5.68	0.13
1634	2003 621	1100	14.19	0.10	9.14	0.13
1635	2003 621	1130	14.55	0.10	9.38	0.15
1636	2003 621	1200	15.00	0.12	11.80	0.15
1637	2003 621	1230	15.64	0.12	13.44	0.15
1638	2003 621	1300	15.68	0.12	11.40	0.15
1639	2003 621	1330	16.45	0.12	11.68	0.17
1640	2003 621	1400	16.45	0.08	9.30	0.10
1641	2003 621	1430	16.57	0.06	8.64	0.10
1642	2003 621	1500	16.65	0.06	8.70	0.10
1643	2003 621	1530	16.61	0.02	8.98	0.05
1644	2003 621	1600	16.61	0.02	6.80	0.03
1645	2003 621	1630	15.89	0.02	8.02	0.03
1646	2003 621	1700	15.73	0.04	8.74	0.08
1647	2003 621	1730	15.73	0.08	12.78	0.13
1648	2003 621	1800	15.48	0.10	9.40	0.15
1649	2003 621	1830	15.24	0.12	7.34	0.17
1650	2003 621	1900	14.88	0.10	7.40	0.15
1651	2003 621	1930	14.84	0.12	5.24	0.17
1652	2003 621	2000	14.55	0.14	4.98	0.20
1653	2003 621	2030	14.43	0.08	6.74	0.13
1654	2003 621	2100	14.31	0.06	5.66	0.10
1655	2003 621	2130	14.27	0.06	4.92	0.10
1656	2003 621	2200	14.27	0.04	4.28	0.05
1657	2003 621	2230	14.23	0.04	5.18	0.05
1658	2003 621	2300	14.23	0.06	7.24	0.10
1659	2003 621	2330	14.31	0.08	9.70	0.13
1660	2003 622	000	14.80	0.10	9.30	0.13
1661	2003 622	030	15.24	0.10	14.84	0.15
1662	2003 622	100	15.89	0.10	18.78	0.15
1663	2003 622	130	16.21	0.10	2.80	0.13
1664	2003 622	200	16.25	0.08	0.56	0.10
1665	2003 622	230	16.45	0.06	18.52	0.08
1666	2003 622	300	16.45	0.06	8.94	0.08
1667	2003 622	330	16.49	0.02	7.54	0.03
1668	2003 622	400	16.45	0.00	0.00	0.00
1669	2003 622	430	15.89	0.02	18.82	0.03
1670	2003 622	500	15.85	0.04	18.52	0.05
1671	2003 622	530	15.68	0.06	19.84	0.08
1672	2003 622	600	15.40	0.10	12.60	0.13

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1673	2003 622	630	15.12	0.16	5.02	0.25
1674	2003 622	700	14.63	0.12	8.24	0.15
1675	2003 622	730	14.80	0.10	11.18	0.15
1676	2003 622	800	14.55	0.14	4.76	0.20
1677	2003 622	830	14.35	0.10	7.36	0.13
1678	2003 622	900	14.31	0.08	7.30	0.10
1679	2003 622	930	14.27	0.06	5.86	0.10
1680	2003 622	1000	14.31	0.04	7.22	0.05
1681	2003 622	1030	14.31	0.02	5.14	0.03
1682	2003 622	1100	14.27	0.04	5.06	0.05
1683	2003 622	1130	14.31	0.08	5.94	0.13
1684	2003 622	1200	14.63	0.08	6.42	0.13
1685	2003 622	1230	15.04	0.08	8.20	0.13
1686	2003 622	1300	15.56	0.10	13.64	0.13
1687	2003 622	1330	16.45	0.10	17.38	0.13
1688	2003 622	1400	16.74	0.10	2.74	0.13
1689	2003 622	1430	16.61	0.08	10.66	0.13
1690	2003 622	1500	16.82	0.06	15.10	0.08
1691	2003 622	1530	16.53	0.08	16.70	0.10
1692	2003 622	1600	16.57	0.06	4.80	0.08
1693	2003 622	1630	16.65	0.00	0.00	0.00
1694	2003 622	1700	16.82	0.04	4.44	0.05
1695	2003 622	1730	16.21	0.02	13.46	0.03
1696	2003 622	1800	15.93	0.04	9.06	0.05
1697	2003 622	1830	15.93	0.08	12.10	0.10
1698	2003 622	1900	15.68	0.06	12.38	0.10
1699	2003 622	1930	15.20	0.08	12.08	0.13
1700	2003 622	2000	15.20	0.10	7.00	0.15
1701	2003 622	2030	15.04	0.10	9.90	0.13
1702	2003 622	2100	15.12	0.08	7.42	0.13
1703	2003 622	2130	14.63	0.08	7.64	0.10
1704	2003 622	2200	14.43	0.06	6.62	0.08
1705	2003 622	2230	14.43	0.04	6.12	0.05
1706	2003 622	2300	14.47	0.02	4.90	0.05
1707	2003 622	2330	14.43	0.04	4.90	0.05
1708	2003 623	000	14.43	0.06	7.68	0.08
1709	2003 623	030	14.43	0.06	9.58	0.10
1710	2003 623	100	15.20	0.10	9.64	0.13
1711	2003 623	130	15.40	0.08	19.54	0.10
1712	2003 623	200	15.89	0.08	1.48	0.10
1713	2003 623	230	16.37	0.10	12.74	0.13
1714	2003 623	300	16.49	0.08	12.46	0.10
1715	2003 623	330	16.74	0.06	10.44	0.08
1716	2003 623	400	16.49	0.06	7.98	0.08
1717	2003 623	430	16.53	0.04	17.52	0.05
1718	2003 623	500	16.74	0.02	5.36	0.03
1719	2003 623	530	17.02	0.02	5.90	0.03
1720	2003 623	600	15.81	0.06	18.52	0.08
1721	2003 623	630	15.85	0.06	2.16	0.10
1722	2003 623	700	15.56	0.08	14.60	0.10
1723	2003 623	730	15.12	0.10	17.34	0.13
1724	2003 623	800	14.92	0.12	12.74	0.15
1725	2003 623	830	14.96	0.10	5.30	0.15
1726	2003 623	900	14.84	0.12	6.42	0.17
1727	2003 623	930	14.59	0.14	4.48	0.20
1728	2003 623	1000	14.51	0.06	8.22	0.10
1729	2003 623	1030	14.55	0.06	9.86	0.08
1730	2003 623	1100	14.51	0.02	9.76	0.05
1731	2003 623	1130	14.47	0.04	6.64	0.05
1732	2003 623	1200	14.51	0.04	7.52	0.08
1733	2003 623	1230	14.59	0.06	10.00	0.08
1734	2003 623	1300	14.88	0.06	9.74	0.10
1735	2003 623	1330	15.24	0.10	12.96	0.13
1736	2003 623	1400	15.60	0.08	12.76	0.13
1737	2003 623	1430	16.01	0.08	16.54	0.13
1738	2003 623	1500	16.25	0.08	13.94	0.13
1739	2003 623	1530	16.13	0.08	14.90	0.10
1740	2003 623	1600	16.25	0.06	15.24	0.10
1741	2003 623	1630	16.17	0.06	12.86	0.08
1742	2003 623	1700	16.37	0.06	7.84	0.10
1743	2003 623	1730	16.69	0.04	9.12	0.05
1744	2003 623	1800	17.10	0.02	5.00	0.03
1745	2003 623	1830	15.93	0.04	6.84	0.05
1746	2003 623	1900	15.97	0.06	7.58	0.08
1747	2003 623	1930	15.85	0.08	6.62	0.10
1748	2003 623	2000	15.77	0.10	6.06	0.13

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1749	2003 623	2030	15.77	0.12	5.16	0.20
1750	2003 623	2100	15.24	0.12	5.48	0.17
1751	2003 623	2130	15.36	0.14	4.88	0.20
1752	2003 623	2200	15.24	0.14	4.42	0.20
1753	2003 623	2230	14.76	0.16	4.54	0.23
1754	2003 623	2300	14.63	0.18	4.86	0.28
1755	2003 623	2330	14.55	0.20	4.78	0.30
1756	2003 624	000	14.51	0.16	4.88	0.25
1757	2003 624	030	14.51	0.14	5.46	0.20
1758	2003 624	100	14.59	0.16	5.34	0.23
1759	2003 624	130	14.80	0.14	5.24	0.20
1760	2003 624	200	15.44	0.10	5.94	0.15
1761	2003 624	230	15.81	0.14	5.98	0.20
1762	2003 624	300	16.21	0.12	6.34	0.17
1763	2003 624	330	16.90	0.10	7.18	0.15
1764	2003 624	400	17.18	0.10	5.28	0.15
1765	2003 624	430	17.06	0.10	4.84	0.15
1766	2003 624	500	17.42	0.06	4.90	0.08
1767	2003 624	530	17.54	0.06	6.62	0.08
1768	2003 624	600	17.58	0.04	6.50	0.08
1769	2003 624	630	17.58	0.04	4.86	0.08
1770	2003 624	700	16.37	0.06	4.86	0.10
1771	2003 624	730	16.25	0.10	4.30	0.15
1772	2003 624	800	16.09	0.12	4.68	0.17
1773	2003 624	830	15.89	0.16	4.42	0.23
1774	2003 624	900	15.56	0.20	4.18	0.30
1775	2003 624	930	15.56	0.18	4.26	0.28
1776	2003 624	1000	15.24	0.18	4.30	0.28
1777	2003 624	1030	14.76	0.22	4.36	0.33
1778	2003 624	1100	14.76	0.18	4.60	0.28
1779	2003 624	1130	14.59	0.14	5.56	0.23
1780	2003 624	1200	14.55	0.10	4.50	0.15
1781	2003 624	1230	14.55	0.08	5.64	0.10
1782	2003 624	1300	14.59	0.10	5.28	0.15
1783	2003 624	1330	14.72	0.10	4.98	0.15
1784	2003 624	1400	15.56	0.12	5.30	0.17
1785	2003 624	1430	16.25	0.12	5.72	0.17
1786	2003 624	1500	16.90	0.12	7.04	0.17
1787	2003 624	1530	17.42	0.12	7.92	0.17
1788	2003 624	1600	17.87	0.12	7.42	0.17
1789	2003 624	1630	18.19	0.10	7.16	0.15
1790	2003 624	1700	18.19	0.12	4.78	0.17
1791	2003 624	1730	18.19	0.08	7.04	0.10
1792	2003 624	1800	18.39	0.06	6.00	0.08
1793	2003 624	1830	18.55	0.04	5.20	0.05
1794	2003 624	1900	18.55	0.04	4.94	0.05
1795	2003 624	1930	16.94	0.04	4.72	0.08
1796	2003 624	2000	16.74	0.06	5.48	0.10
1797	2003 624	2030	16.65	0.10	5.40	0.15
1798	2003 624	2100	16.37	0.12	5.52	0.17
1799	2003 624	2130	16.21	0.16	4.92	0.23
1800	2003 624	2200	16.17	0.20	4.44	0.30
1801	2003 624	2230	15.68	0.20	4.78	0.30
1802	2003 624	2300	15.28	0.18	4.62	0.25
1803	2003 624	2330	14.96	0.16	5.04	0.25
1804	2003 625	000	14.80	0.16	5.02	0.23
1805	2003 625	030	14.67	0.12	4.54	0.17
1806	2003 625	100	14.67	0.12	4.64	0.17
1807	2003 625	130	14.63	0.06	5.34	0.08
1808	2003 625	200	14.63	0.10	5.18	0.15
1809	2003 625	230	14.63	0.10	4.88	0.15
1810	2003 625	300	15.28	0.12	5.24	0.17
1811	2003 625	330	15.28	0.10	7.84	0.15
1812	2003 625	400	15.89	0.12	7.04	0.17
1813	2003 625	430	16.49	0.12	6.74	0.17
1814	2003 625	500	17.02	0.10	8.66	0.15
1815	2003 625	530	16.74	0.10	5.56	0.15
1816	2003 625	600	16.82	0.08	6.00	0.13
1817	2003 625	630	16.82	0.08	6.20	0.10
1818	2003 625	700	16.82	0.04	4.78	0.08
1819	2003 625	730	16.78	0.02	4.18	0.05
1820	2003 625	800	17.10	0.04	5.22	0.05
1821	2003 625	830	16.17	0.08	5.48	0.10
1822	2003 625	900	16.25	0.10	4.72	0.15
1823	2003 625	930	15.89	0.10	5.68	0.15
1824	2003 625	1000	15.68	0.10	6.14	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1825	2003 625	1030	15.48	0.14	5.58	0.20
1826	2003 625	1100	15.20	0.12	5.60	0.20
1827	2003 625	1130	14.96	0.14	4.88	0.20
1828	2003 625	1200	14.88	0.14	4.36	0.20
1829	2003 625	1230	14.76	0.10	4.86	0.15
1830	2003 625	1300	14.72	0.06	4.80	0.10
1831	2003 625	1330	14.67	0.04	5.22	0.05
1832	2003 625	1400	14.72	0.08	4.96	0.10
1833	2003 625	1430	14.84	0.10	5.08	0.15
1834	2003 625	1500	15.60	0.12	5.70	0.17
1835	2003 625	1530	15.89	0.12	6.92	0.17
1836	2003 625	1600	16.74	0.14	5.44	0.20
1837	2003 625	1630	17.30	0.12	8.62	0.17
1838	2003 625	1700	17.42	0.12	5.82	0.17
1839	2003 625	1730	17.38	0.12	5.12	0.17
1840	2003 625	1800	17.42	0.08	7.48	0.13
1841	2003 625	1830	17.46	0.08	9.92	0.13
1842	2003 625	1900	17.75	0.06	9.38	0.08
1843	2003 625	1930	18.07	0.02	4.76	0.03
1844	2003 625	2000	17.06	0.02	5.32	0.03
1845	2003 625	2030	16.82	0.06	8.72	0.08
1846	2003 625	2100	16.78	0.08	11.56	0.10
1847	2003 625	2130	16.57	0.10	9.74	0.13
1848	2003 625	2200	16.41	0.12	7.16	0.17
1849	2003 625	2230	16.17	0.14	7.26	0.20
1850	2003 625	2300	15.68	0.14	7.10	0.20
1851	2003 625	2330	15.73	0.12	6.98	0.17
1852	2003 626	000	15.20	0.14	5.50	0.20
1853	2003 626	030	14.96	0.12	6.34	0.17
1854	2003 626	100	14.88	0.10	5.80	0.15
1855	2003 626	130	14.84	0.08	5.16	0.13
1856	2003 626	200	14.84	0.06	4.44	0.10
1857	2003 626	230	14.76	0.02	5.02	0.03
1858	2003 626	300	14.76	0.06	5.54	0.10
1859	2003 626	330	14.80	0.08	7.14	0.13
1860	2003 626	400	15.12	0.10	7.18	0.15
1861	2003 626	430	15.44	0.10	9.76	0.15
1862	2003 626	500	16.41	0.10	11.96	0.15
1863	2003 626	530	16.78	0.10	14.84	0.15
1864	2003 626	600	16.69	0.10	16.04	0.15
1865	2003 626	630	17.02	0.10	12.00	0.13
1866	2003 626	700	17.26	0.08	9.40	0.10
1867	2003 626	730	17.14	0.06	9.02	0.10
1868	2003 626	800	17.18	0.04	7.42	0.05
1869	2003 626	830	17.10	0.02	6.90	0.03
1870	2003 626	900	17.26	0.02	5.52	0.05
1871	2003 626	930	16.49	0.06	8.86	0.08
1872	2003 626	1000	16.49	0.08	9.48	0.10
1873	2003 626	1030	16.13	0.10	6.22	0.15
1874	2003 626	1100	15.81	0.12	8.76	0.15
1875	2003 626	1130	15.32	0.14	5.16	0.23
1876	2003 626	1200	15.20	0.14	4.62	0.20
1877	2003 626	1230	15.20	0.10	6.22	0.15
1878	2003 626	1300	15.04	0.10	5.26	0.15
1879	2003 626	1330	14.96	0.06	5.28	0.10
1880	2003 626	1400	15.00	0.04	5.20	0.08
1881	2003 626	1430	14.96	0.04	4.02	0.05
1882	2003 626	1500	14.96	0.04	5.44	0.08
1883	2003 626	1530	15.04	0.10	6.20	0.15
1884	2003 626	1600	15.81	0.10	7.54	0.13
1885	2003 626	1630	16.21	0.10	12.40	0.13
1886	2003 626	1700	17.06	0.12	6.94	0.17
1887	2003 626	1730	17.26	0.16	4.72	0.25
1888	2003 626	1800	17.75	0.12	8.76	0.17
1889	2003 626	1830	17.42	0.08	9.66	0.10
1890	2003 626	1900	17.46	0.08	8.10	0.13
1891	2003 626	1930	17.75	0.06	11.18	0.08
1892	2003 626	2000	18.03	0.06	13.58	0.08
1893	2003 626	2030	18.43	0.02	7.88	0.03
1894	2003 626	2100	17.26	0.04	10.60	0.05
1895	2003 626	2130	17.10	0.06	14.76	0.10
1896	2003 626	2200	17.10	0.06	16.22	0.10
1897	2003 626	2230	16.74	0.10	18.14	0.15
1898	2003 626	2300	16.17	0.12	9.14	0.15
1899	2003 626	2330	15.97	0.14	18.06	0.17
1900	2003 627	000	15.93	0.12	14.24	0.17

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1901	2003 627	030	15.24	0.12	7.46	0.17
1902	2003 627	100	15.16	0.12	11.40	0.17
1903	2003 627	130	15.04	0.10	6.88	0.15
1904	2003 627	200	15.00	0.10	9.06	0.13
1905	2003 627	230	14.96	0.04	5.28	0.08
1906	2003 627	300	15.00	0.02	7.26	0.05
1907	2003 627	330	14.88	0.04	7.86	0.05
1908	2003 627	400	14.92	0.08	8.72	0.10
1909	2003 627	430	15.00	0.08	9.60	0.13
1910	2003 627	500	15.40	0.10	13.54	0.13
1911	2003 627	530	16.21	0.12	13.60	0.15
1912	2003 627	600	16.98	0.14	6.44	0.20
1913	2003 627	630	16.49	0.12	17.90	0.15
1914	2003 627	700	17.54	0.10	0.16	0.13
1915	2003 627	730	17.46	0.10	0.82	0.13
1916	2003 627	800	17.50	0.06	15.84	0.08
1917	2003 627	830	17.30	0.06	11.66	0.08
1918	2003 627	900	17.38	0.04	14.90	0.05
1919	2003 627	930	17.18	0.02	10.84	0.03
1920	2003 627	1000	16.74	0.04	6.24	0.08
1921	2003 627	1030	16.86	0.08	8.66	0.13
1922	2003 627	1100	16.78	0.08	6.60	0.10
1923	2003 627	1130	16.05	0.12	7.34	0.17
1924	2003 627	1200	15.89	0.12	9.30	0.17
1925	2003 627	1230	15.44	0.10	10.28	0.15
1926	2003 627	1300	15.36	0.12	6.28	0.17
1927	2003 627	1330	15.04	0.10	5.78	0.15
1928	2003 627	1400	15.00	0.08	5.58	0.13
1929	2003 627	1430	14.96	0.12	4.36	0.17
1930	2003 627	1500	14.96	0.04	4.34	0.05
1931	2003 627	1530	14.96	0.02	5.46	0.03
1932	2003 627	1600	14.96	0.06	7.22	0.10
1933	2003 627	1630	15.00	0.12	6.94	0.15
1934	2003 627	1700	15.32	0.12	12.00	0.15
1935	2003 627	1730	15.77	0.14	11.76	0.17
1936	2003 627	1800	16.05	0.14	14.72	0.20
1937	2003 627	1830	16.09	0.16	11.66	0.20
1938	2003 627	1900	16.17	0.12	13.24	0.17
1939	2003 627	1930	16.21	0.12	14.34	0.15
1940	2003 627	2000	16.33	0.08	16.32	0.10
1941	2003 627	2030	16.57	0.06	10.62	0.08
1942	2003 627	2100	16.69	0.06	11.62	0.08
1943	2003 627	2130	16.53	0.02	5.76	0.03
1944	2003 627	2200	16.57	0.04	6.98	0.08
1945	2003 627	2230	16.61	0.08	11.84	0.13
1946	2003 627	2300	16.17	0.10	12.62	0.15
1947	2003 627	2330	15.93	0.14	12.40	0.17
1948	2003 628	000	15.60	0.16	12.06	0.20
1949	2003 628	030	15.48	0.14	11.94	0.20
1950	2003 628	100	15.32	0.14	10.52	0.20
1951	2003 628	130	15.08	0.14	7.56	0.20
1952	2003 628	200	15.00	0.14	5.58	0.20
1953	2003 628	230	14.96	0.14	5.08	0.20
1954	2003 628	300	14.96	0.10	5.18	0.15
1955	2003 628	330	14.88	0.06	5.72	0.10
1956	2003 628	400	14.84	0.02	4.74	0.05
1957	2003 628	430	14.84	0.08	5.60	0.13
1958	2003 628	500	14.88	0.08	8.42	0.13
1959	2003 628	530	15.20	0.12	9.46	0.15
1960	2003 628	600	15.44	0.14	6.78	0.20
1961	2003 628	630	15.89	0.16	6.12	0.25
1962	2003 628	700	16.05	0.14	18.02	0.17
1963	2003 628	730	16.25	0.14	17.24	0.17
1964	2003 628	800	16.41	0.12	15.26	0.15
1965	2003 628	830	16.37	0.12	4.68	0.20
1966	2003 628	900	16.25	0.08	10.68	0.10
1967	2003 628	930	16.61	0.04	8.96	0.08
1968	2003 628	1000	16.90	0.02	7.20	0.03
1969	2003 628	1030	16.33	0.04	9.58	0.05
1970	2003 628	1100	16.29	0.04	6.98	0.05
1971	2003 628	1130	16.09	0.08	15.82	0.10
1972	2003 628	1200	15.77	0.08	5.60	0.13
1973	2003 628	1230	15.56	0.14	12.68	0.20
1974	2003 628	1300	15.32	0.16	4.72	0.25
1975	2003 628	1330	15.36	0.12	10.20	0.17
1976	2003 628	1400	15.24	0.10	7.76	0.15

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 표 4.1> 계속

번호	날짜	시간	수온	유의 파고 (m)	평균 주기 (sec)	최대 파고 (m)
1977	2003 628	1430	15.16	0.12	8.76	0.15
1978	2003 628	1500	15.12	0.08	5.20	0.13
1979	2003 628	1530	15.16	0.06	5.52	0.10
1980	2003 628	1600	15.12	0.04	5.44	0.05
1981	2003 628	1630	15.12	0.06	5.36	0.10
1982	2003 628	1700	15.20	0.10	10.06	0.13
1983	2003 628	1730	16.01	0.12	9.88	0.17
1984	2003 628	1800	16.74	0.14	7.58	0.20
1985	2003 628	1830	17.38	0.14	18.46	0.17
1986	2003 628	1900	17.10	0.16	2.54	0.20
1987	2003 628	1930	17.42	0.14	17.54	0.17
1988	2003 628	2000	17.62	0.10	17.28	0.15
1989	2003 628	2030	18.07	0.12	0.56	0.15
1990	2003 628	2100	19.08	0.08	0.06	0.13
1991	2003 628	2130	19.32	0.08	4.40	0.10
1992	2003 628	2200	17.66	0.02	8.18	0.03
1993	2003 628	2230	17.54	0.02	8.92	0.05
1994	2003 628	2300	17.42	0.08	18.60	0.10
1995	2003 628	2330	16.49	0.12	10.58	0.15
1996	2003 629	000	16.37	0.14	14.10	0.20
1997	2003 629	030	16.65	0.16	15.24	0.23
1998	2003 629	100	16.17	0.16	15.92	0.23
1999	2003 629	130	15.64	0.16	14.80	0.23
2000	2003 629	200	15.32	0.18	8.34	0.25
2001	2003 629	230	15.28	0.16	5.90	0.23
2002	2003 629	300	15.16	0.16	6.40	0.23
2003	2003 629	330	15.04	0.14	4.28	0.23
2004	2003 629	400	15.04	0.08	5.54	0.10
2005	2003 629	430	15.00	0.02	5.40	0.05
2006	2003 629	500	14.96	0.06	6.26	0.08
2007	2003 629	530	14.96	0.10	9.60	0.13
2008	2003 629	600	15.32	0.10	12.66	0.15
2009	2003 629	630	15.77	0.12	16.40	0.17
2010	2003 629	700	15.77	0.18	5.24	0.28
2011	2003 629	730	16.90	0.14	14.80	0.20
2012	2003 629	800	17.22	0.14	5.38	0.17
2013	2003 629	830	17.83	0.14	0.08	0.17
2014	2003 629	900	17.58	0.10	2.36	0.13

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 6.1> 승봉도 갯벌의 물리적인 환경요인

조사일시	수온 (℃)	염분농도 (‰)	용존 산소 (mg/l)
2002년 12월	7.6	30.5	9.21
2003년 1월	5.0	30.9	*
2003년 2월	3.8	31.4	9.93
2003년 3월	4.2	31.7	9.81
2003년 4월	10.6	27.6	9.09

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 6.2> 잘피류의 형태적인 측정값

정점(종명)	형태변수	2002년 12월		2003년 1월		2003년 2월		2003년 3월		2003년 4월	
		평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
St.1(애기잘피)	전체길이(cm)	11.06	5.07	11.98	2.97	9.82	3.26	16.39	4.41	14.09	4.47
	잎길이(cm)	6.43	4.39	7.97	2.74	6.72	3.43	11.96	4.45	9.13	4.37
	엽초길이(cm)	4.63	1.18	4.01	0.75	3.10	0.71	4.43	0.84	4.96	0.79
	엽초폭(mm)	0.83	0.23	0.85	0.18	0.81	0.15	0.98	0.2	1.14	0.15
	잎폭(mm)	0.70	0.21	0.68	0.16	0.69	0.16	0.78	0.18	0.95	0.15
	지하경폭(mm)	0.98	0.29	1.22	0.2	1.16	0.11	1.09	0.15	1.05	0.28
St.2(애기잘피)	전체길이(cm)	7.13	2.57	8.65	2.45	7.61	2.39	8.59	2.02	7.97	3.42
	잎길이(cm)	4.58	2.38	5.43	2.26	5.07	2.22	5.13	2.46	5.29	3.35
	엽초길이(cm)	2.55	0.83	3.22	0.73	2.55	0.42	3.46	0.74	2.68	0.66
	엽초폭(mm)	0.63	0.1	0.70	0.15	0.55	0.07	0.69	0.16	1.04	0.2
	잎폭(mm)	0.54	0.08	0.53	0.1	0.51	0.05	0.63	0.14	0.93	0.16
	지하경폭(mm)	0.74	0.15	0.99	0.42	1.03	0.11	1.10	0.33	1.02	0.14
St.2(잘피)	전체길이(cm)	12.52	5.07	11.12	4.74	10.64	4.12	11.26	5.9	10.91	3.19
	잎길이(cm)	9.32	4.92	7.80	4.65	7.53	3.96	8.23	5.34	7.80	3.07
	엽초길이(cm)	3.20	0.51	3.32	0.47	3.11	0.55	3.03	1.41	3.12	0.64
	엽초폭(mm)	3.63	0.65	3.21	0.37	3.38	0.47	3.46	0.8	3.24	0.53
	잎폭(mm)	3.17	0.76	2.79	0.54	3.09	0.7	2.80	0.72	2.82	0.43
	지하경폭(mm)	2.72	0.47	2.84	0.41	2.73	0.56	3.13	0.54	2.64	0.46
St.3(잘피)	전체길이(cm)	12.21	5.33	15.19	7.42	17.02	8.5	14.42	5.66	16.61	6.05
	잎길이(cm)	8.86	5.32	10.86	7.1	12.46	8.06	9.23	5.79	11.67	5.34
	엽초길이(cm)	3.35	0.34	4.33	0.89	4.56	0.89	5.19	1.12	4.94	1.27
	엽초폭(mm)	3.73	0.33	4.13	0.81	4.39	0.63	4.41	0.78	4.48	0.86
	잎폭(mm)	3.37	0.66	3.64	0.71	3.92	0.76	3.49	0.76	4.29	0.85
	지하경폭(mm)	3.03	0.31	3.15	0.55	3.31	0.72	6.40	8.62	3.19	0.54

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

<부록 6.3> 잘피류 (*Zostera*)의 서식밀도 (shoots density/㎡)

정점	종명/ 조사일시	2002년 12월	2003년 1월	2003년 2월	2003년 3월	2003년 4월
St. 1	애기잘피	3,999(±241)	3,547(±139)	4,708(±184)	3,870(±167)	4,321(±198)
St. 2	애기잘피	2,580(±173)	2,515(±225)	2,257(±123)	2,193(±209)	3,096(±83)
St. 2	잘피	362(±34)	175(±11)	368(±14)	368(±29)	381(±10)
St. 3	잘피	312(±48)	225(±20)	325(±13)	387(±6)	412(±9)

<부록 6.4> 잘피류 (*Zostera*)의 지상부 지상부 생물량 (g DW/㎡)

정점	종명 / 조사일시	2002년 12월	2003년 1월	2003년 2월	2003년 3월	2003년 4월
St. 1	애기잘피	20.02	16.12	20.80	20.80	23.92
St. 2	애기잘피	11.70	10.66	9.10	9.62	13.78
St. 2	잘피	28.07	12.95	25.57	27.62	30.27
St. 3	잘피	18.87	30.87	23.3	30.47	33.40

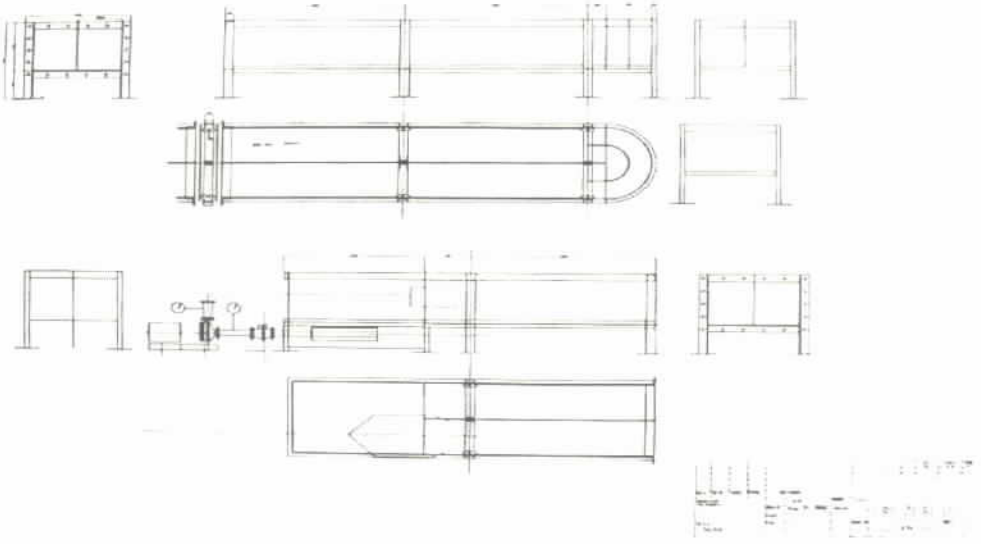
<부록 6.5> 잘피류 (*Zostera*)의 지하부 생물량 (g DW/㎡)

정점	종명 / 조사일시	2002년 12월	2003년 1월	2003년 2월	2003년 3월	2003년 4월
St. 1	애기잘피	22.62	21.84	23.4	21.31	24.96
St. 2	애기잘피	18.98	18.2	19.24	20.54	22.36
St. 2	잘피	26.15	20.53	22.08	22.40	28.08
St. 3	잘피	27.20	31.40	29.15	32.63	33.50

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.1.2> Microcosm system의 예

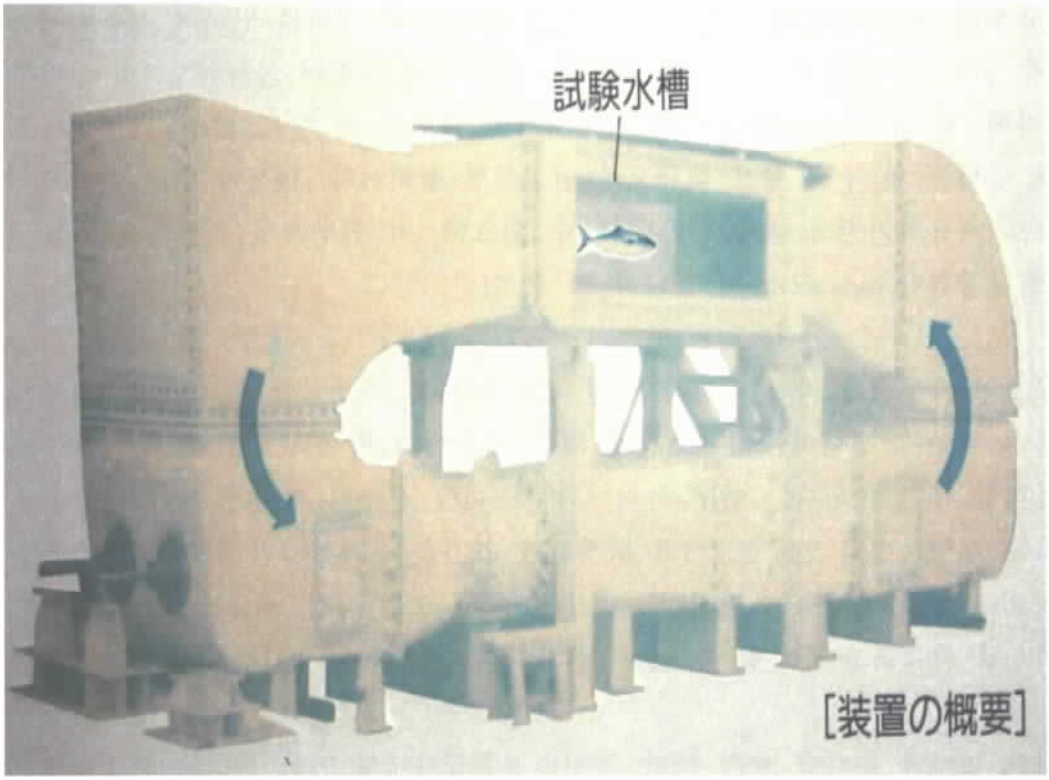


<그림 2.1.3> 해파리 및 난바다곤쟁이의 행동양식 실험을 위한 microcosm 설계도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.1.4> 일본의 해양생물연구소의 발전소 온배수에 의한 생태계 변화를 보기위한 microcosm



<그림 2.1.5> 어류의 행동반응을 보기위한 microcosm

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

설비, 일본 전력중앙연구소의 조류실험 설비(<그림 2.1.6>) 또는, 일본 항만연구소의 인공갯벌 실험 설비(<그림 2.1.7>) 등을 들 수 있다.



<그림 2.1.6> 일본 Abiko 중앙전력연구소의 대형 연안모형실험설비

4. 대체습지 생태계 조성 모의실험 계획

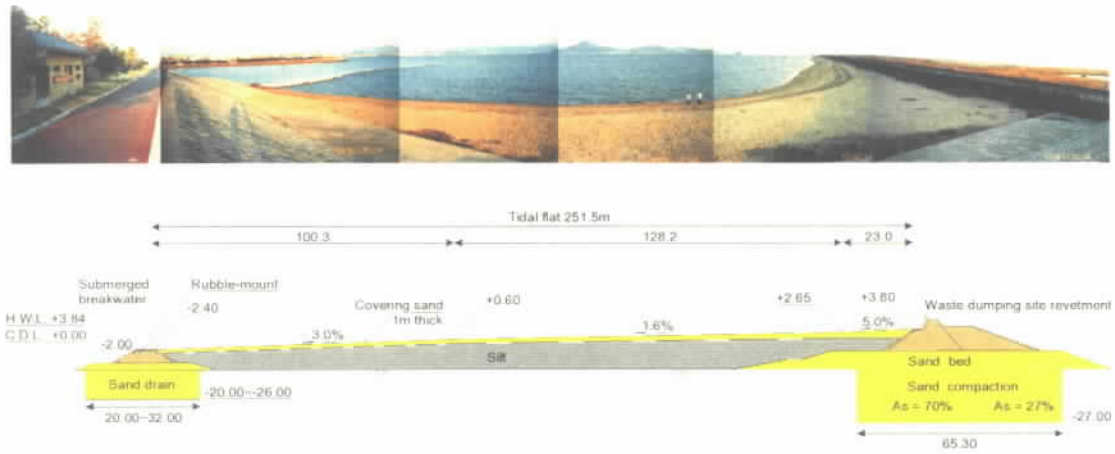
대체습지 조성을 위하여, 목적으로 하는 대체습지를 구성하는 생물을 대상으로 그 생물의 서식 환경 요인들을 여러 변수를 두어가며 적합한 환경요인들을 찾아가는 실험이다.

인위적인 생태계를 형성하면 기본적으로는 처음에 박테리아나 저서미세조류라고 하는 아주 작은 크기의 생물이 많아지고, 이보다 큰 중형이나 대형의 저서생물은 적을 가능성이 높다. 이것은 일반적으로 "젊은 생태계"라고 불리는데, 이러한 이유는 미생물은 짧은 시간에 증식 가능하지만, 이보다 커다란 생물은 생활사가 길기 때문에 증가하는데 시간이 필요하기 때문이다. 이처럼 작은 생물부터 시작하여 큰 생물로 생태계 구성 생물의 천이가 일어난다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



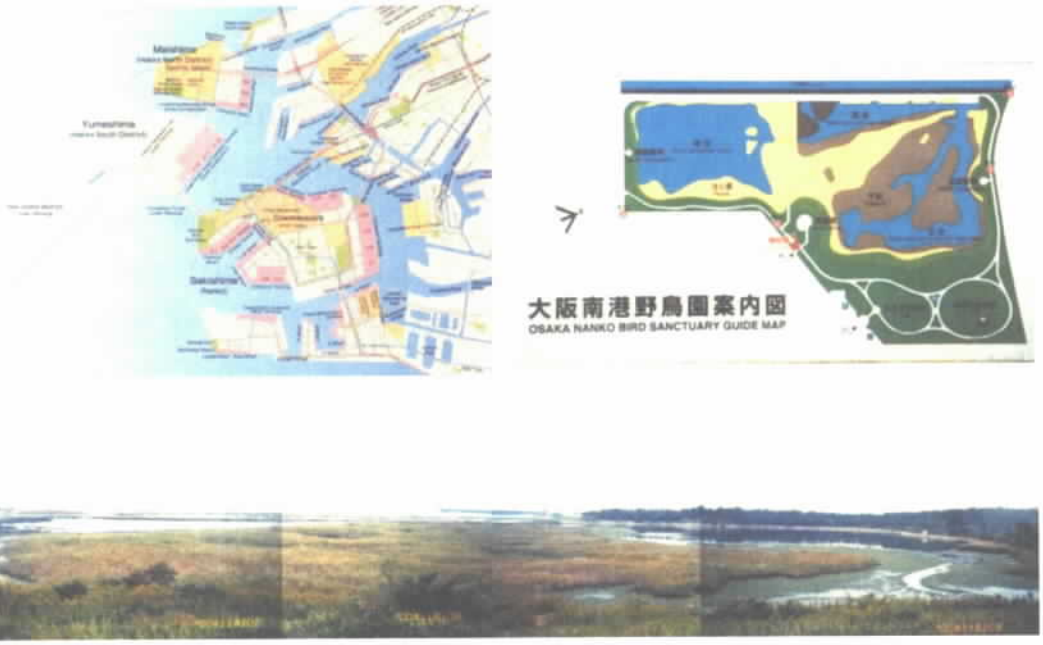
<그림 2.2.2> 이츠가이치 인공갯벌의 공사 전(좌)과 공사 후(우)



<그림 2.2.3> 이츠가이치 인공갯벌의 전경(위) 및 단면도(아래)

② 오사카 난코(大阪南港) 야생조류원 : 인공섬 사키시마(Sakishima) 조성으로 파괴된 야생조류 서식지 복원을 위해 1983년에 조성한 야생조류원 (natural bird sanctuary)으로서, 특징은 방조제에 설치된 파이프를 통해 해수가 유입되도록 하였으며, 습지가 12.8 ha, 녹지가 6.5 ha로 조성되었다. 공사중 지반침하가 일어나 플라스틱 재질의 매트리스를 사용하여 지반침하 문제를 해결하였다(<그림 2.2.4>).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.2.4> 오사카 난코 야생조류원의 위치도(좌상), 안내도(우상) 및 전망대에서 바라본 전경(아래)

③ 토오쿄오(東京) 카사이(葛西) 海浜公園 : 생물서식기능과 친수기능 확보를 목적으로 1989년 조성하였으며, 東둔치는 생물보호를 위해 일반인의 출입을 금하고, 교량을 설치한 西둔치는 임해공원으로 활용하고 있다. 준설토와 산사로 갯벌을 조성하였으며, 퇴적물 유출방지를 위해 외해쪽에 잠제형 離岸提를 설치하였다(<그림 2.2.5>).



<그림 2.2.5> 동경 카사이 해빈공원의 전경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 2.2.6> 나무말뚝 소파 잠제(brushwood groin)의 시공 장면(좌)과 이와 같은 방법으로 조성된 연안습지

<그림 2.2.6>에서 보는 바와 같이 퇴적지역 내에는 크고 작은 배수로를 인위적으로 조성하였으며, 이는 해수를 보다 빨리 배수하기 위함이다. 즉 조간대가 해수와 접하는 시간을 줄임으로써 파랑과 조류에 의해 교란·부유되는 퇴적물 양을 최소화한다. 한편, 이와 같이 조성된 염습지 내의 정점에서 퇴적율을 주기적으로 모니터링하고 있다.

네덜란드는 1990년까지 매년 20~30 ha의 해안이 침식으로 인해 유실되었으며, 이와 같은 해안침식을 보상하기 위하여 1990년 이후 해안에서 수 km 떨어진 곳의 해사를 이용하여 양빈을 실시하고 있다. 매년 약 6백만 m^3의 해사를 채취하여 양빈하여 1990년 이후 250 ha의 새로운 해안을 조성하였다. 벨기에도 준설모래를 이용한 해안확장 및 친수공간 확보가 활발하며, Zeebrugge 해안의 경우 준설모래를 이용하여 12 km의 휴양해빈을 조성하였다(<그림 2.2.7>).



<그림 2.2.7> 벨기에 Zeebrugge에 준설모래로 양빈하여 조성한 인공해빈

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

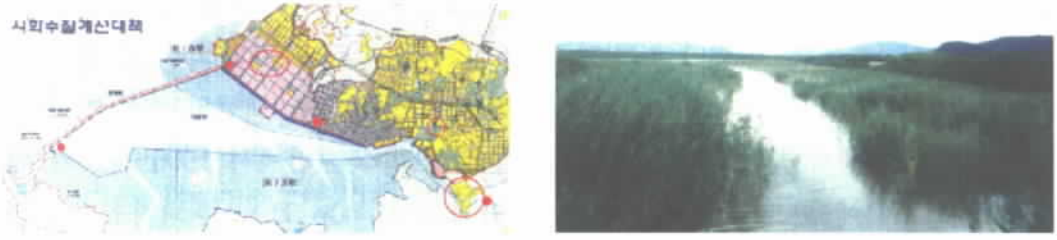
음을 알 수 있으며, 이는 이 지역의 침식과 거전리 갯벌의 퇴적은 새만금 방조제 시공과는 무관하며 오히려 潮水路의 蛇行進化過程에서 발생한 것임을 시사한다.

인공습지는 크게 두 가지 목적, 즉 수질정화와 습지생태계 복원·창출을 위해 조성된다. 우리나라의 경우, 대부분의 인공습지는 생활하수 정화를 위해 내륙에 소규모로 조성되었다. 수질정화 인공습지는 수문학적 특성에 따라 자유수면시스템(free water surface system)과 습지여과시스템(subsurface flow system)으로 나뉜다(<그림 2.2.8>). 국내의 경우, 군부대 오수처리용과 하천수질개선용(양홍모, 2000) 등 내륙에서의 다수의 조성사례가 있다.



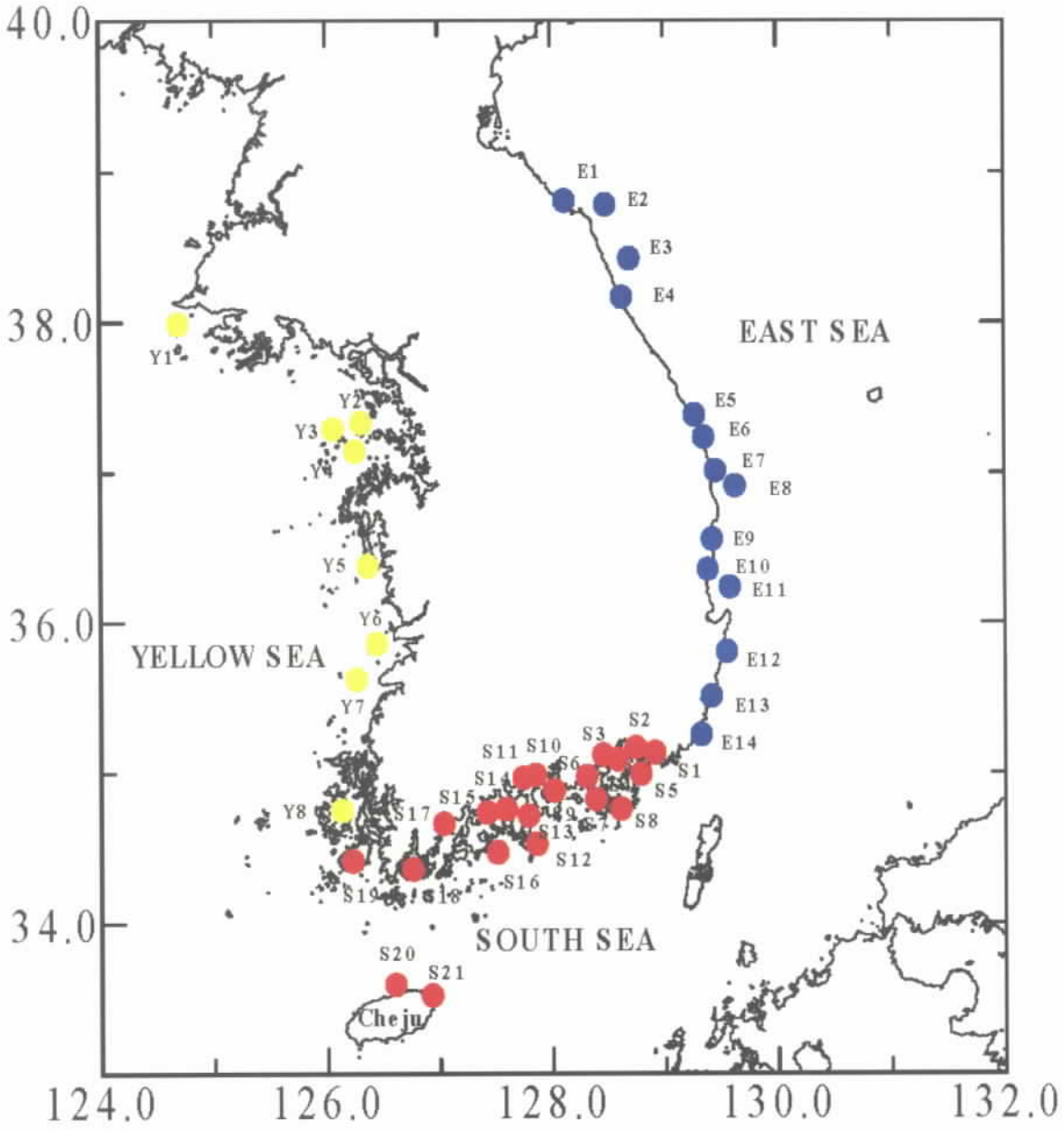
<그림 2.2.8> 인공습지 조성방법 : 자유수면시스템(좌), 습지여과시스템(우)

한국수자원공사는 <그림 2.2.9>에 제시한 바와 같이 축산폐수 및 생활하수를 정화하여 시화호로 유입시키기 위하여 시화호로 유입되는 3개 하천이 모이는 합류부 약 247천평의 갯벌에 갈대 등의 수생식물을 식재하는 인공습지를 조성하였다(사업기간: 1997. 9~2001. 8, 사업비: 270억원).



<그림 2.2.9> 시화호에 조성된 인공갈대습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.2.1> 국내에 생육하는 거머리말의 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.2.2> 남해안의 거머리말 초지 전경



<그림 3.2.3> 거머리말 초지의 수중 촬영 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

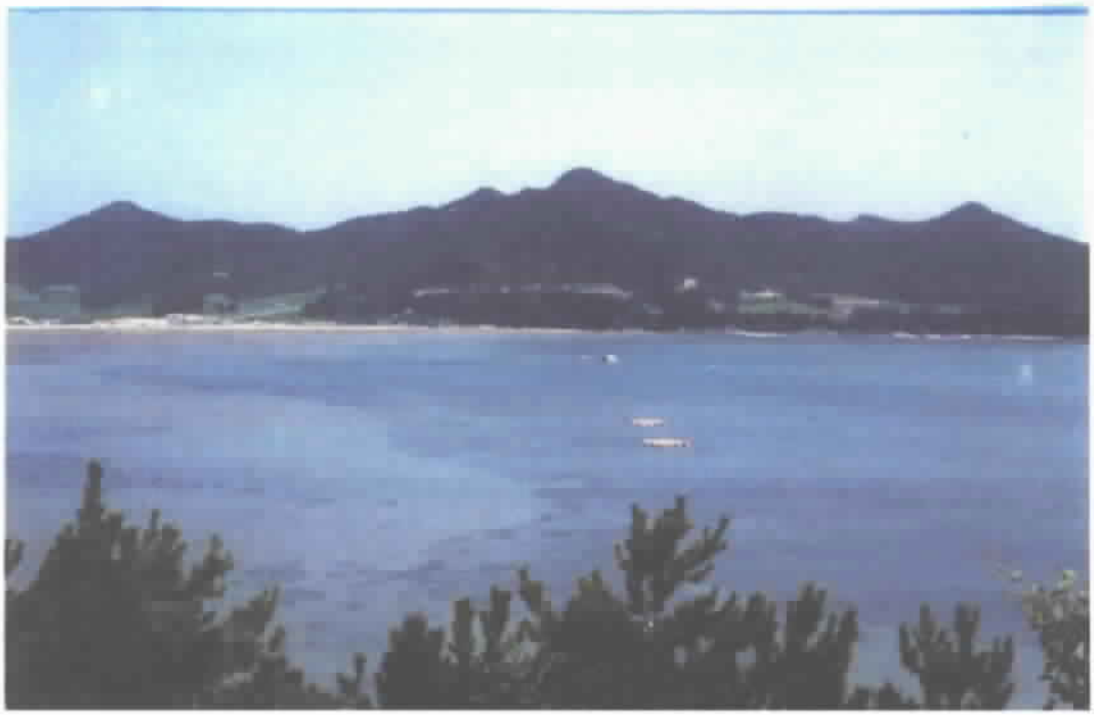


<그림 3.2.4> 서해안 승봉도에 위치한 애기거머리말 초지



<그림 3.2.5> 애기거머리말 초지의 생물상

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.2.6> 남해안의 대규모 수거머리말 초지

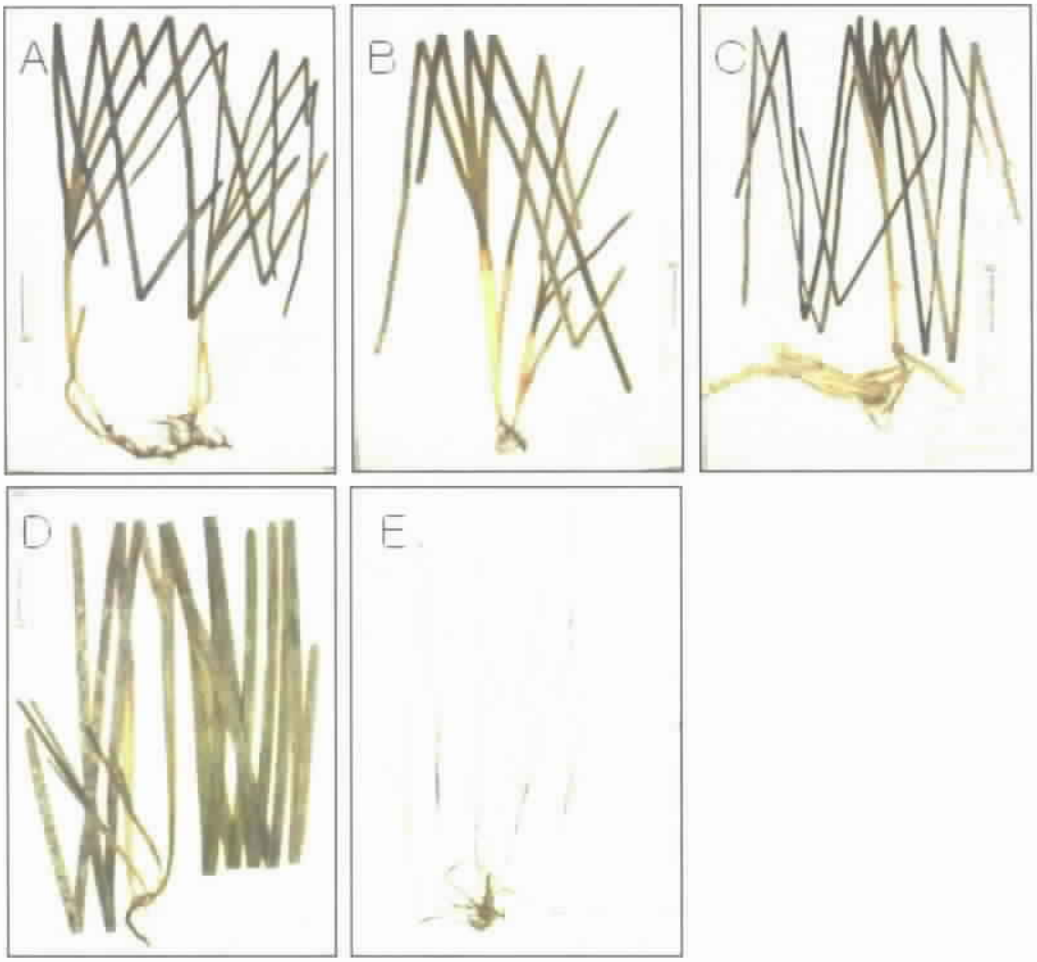


<그림 3.2.7> 포기거머리말의 수중 촬영 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

마. 거머리말속의 정량적인 외부형질의 특징

거머리말속의 정량적인 외부 형태적인 특징은 식물체의 길이(shoot height)를 영양지와 생식지로 구분하여 측정하였으며, 잎 너비, 엽맥(vein) 수, 지하경(rhizome)의 마디간 길이, 지하경 너비, 열매(fruits)의 길이와 너비, 육수화서(spadix)내 열매의 수, 화시의 길이, 불염포(spath) 길이 등을 측정하였다(<그림 3.2.8> 참조). 거머리말, 포기거머리말과 애기거머리말은 각각 <표 3.2.10>, <표 3.2.11> 및 <표 3.2.12>에서 보는 바와 같이 한반도 해역에 자생하는 해역을 대상으로 비교하였으며, 왕거머리말과 수거머리말은 일본 해역에서 조사된 자료와 비교하여 나타내었다(<표 3.2.13>, <표 3.2.14> 참조).



<그림 3.2.8> 거머리말속 식물체의 종에 따른 영양지의 식엽표본. A: 거머리말, B: 왕거머리말, C: 포기거머리말, D: 수거머리말, E: 애기거머리말

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

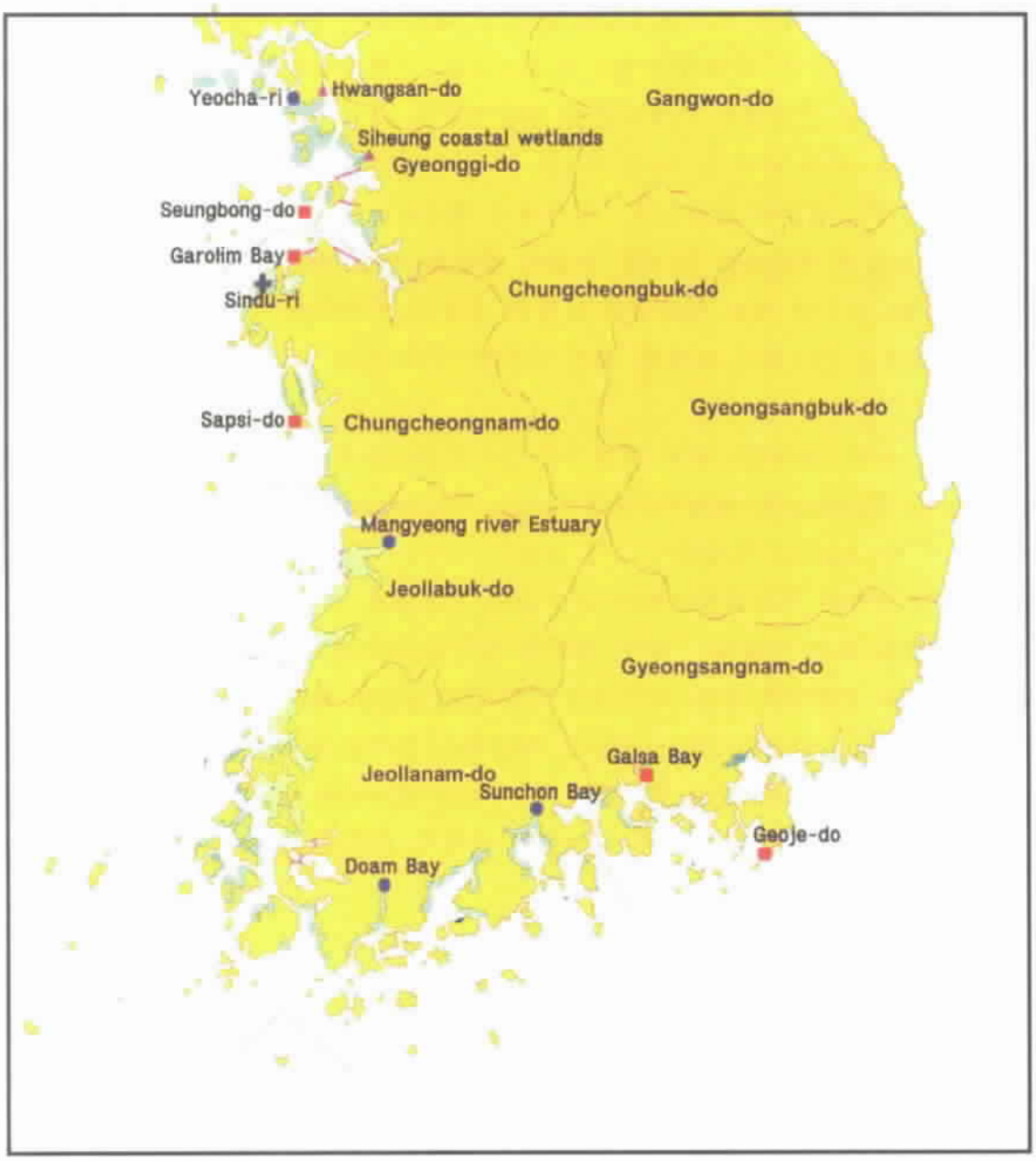


그림 해안 식생을 가진 주요 연안습지의 위치도

● 갈대 우점 습지 ▲ 염습지(명아주과 식물 우점)

■ 잘피 우점 습지 ✚ 사구

<그림 3.4.2> 해안식생을 가진 주요 연안습지의 위치도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.4> 우리나라 해안습지의 전형적인 식생대
경기도 시흥갯벌의 명아주과 염생식물 우점 염습지 (왼쪽위),
전남 순천만의 갈대우점 염습지 (오른쪽 위)
충남 가로림만의 거머리말 식생대 (왼쪽 아래)
충남 신두리의 사구 해안 식물대 (오른쪽 아래)

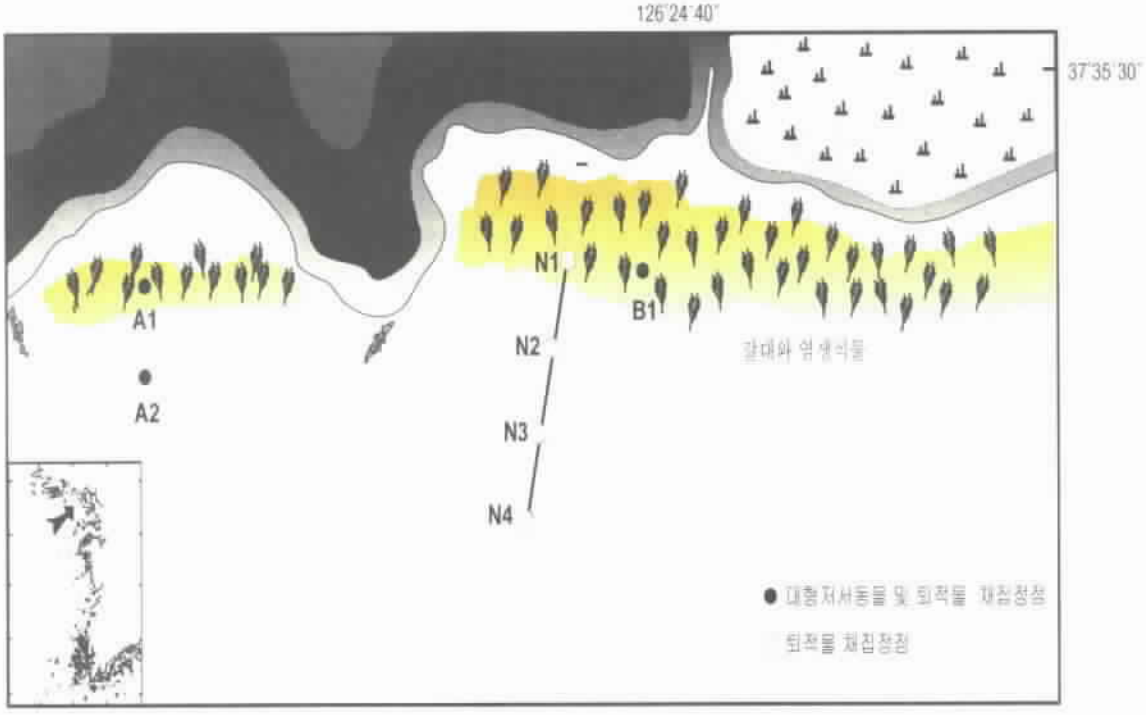
대형저서동물의 군집 특성 파악을 위해 지역별 종수, 개체수, 종다양도지수[1] 등의 단변량적인 분석법과 아울러 각 지역별 우점종 분포 특성을 파악하였다. 이러한 자료를 기초로 지역간 대형저서동물의 군집 특성을 비교하기 위해 loge 변환시킨 개체수 자료를 simple matching coefficient를 이용하여 집괴분석 (cluster analysis)을 실시하였다. 집괴분석에는 mvsp (ver. 3.1) 프로그램이 이용되었다.

1) 종구성의 다양한 정도와 우점치를 분석하기 위하여 수식을 이용하여 종다양도를 계산한다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.4.5> 강화도 여차리의 갈대 우점 염습지의 전경



<그림 3.4.6> 강화도 여차리 갈대 염습지의 대형저서동물과 표층퇴적물 조사 정점도.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

즉, 해안선의 식생이 단절되지 않은 상태로 존재하였다. 따라서 자연성이 대단히 높은 지역으로 원식생 (prototype)으로 간주하여도 무방하며 보존을 하기 위해서는 향후 이 지역에 대한 정밀조사가 필요할 것으로 생각되었다. 일부 해안은 모래로 되어 있고 여기에는 갯댑싸리, 좀보리사초, 수송나물 등의 사구성 식물도 생육하고 있기 때문에 종다양성이 대단히 높은 지역이었다. 한 가지 단점은 귀화종인 돼지풀이 육상에 생육하고 있는 것으로 보아 교란을 받고 있다는 것이었다. 그리고 주변에 농경지가 있어 교란지형 식물종이 침입하기 쉬웠다.

(다) 퇴적상

호곡리 갯벌과 갈대 습지는 화옹 방조제가 건설되어 더 이상 바닷물의 유입이 없어지 육상화 되어가고 있는 곳이었다. 호곡리에서는 기존의 갈대습지와 갯벌에서 아홉 정점에서 표층퇴적물을 채취하였다. 표층퇴적물 특성은 (<표 3.4.8>)에 나타내었으며, 퇴적상은 자갈을 포함한 펄모래 또는 모래펄로 구성되어 있었다. 기존 갯벌에서 채취된 A1 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 3.46ø인 자갈을 포함한 펄모래 (gmS)이나, A2 정점은 분급이 매우 불량한 평균입도 6.47ø인 자갈을 약간 포함한 모래펄 ((g)sM) 퇴적물 이었다.



<그림 3.4.18> 화옹방조제 내에 위치한 호곡리 갯벌 상부의 염습지 전경

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.1> 덴마크의 SØnderjylland county의 연안에 분포하는 습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.2> 독일의 Toenning시 인근에 위치한 Eidersperrwerk 현장

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.2> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.3> 독일 북부의 NSG Holnis – Flensburger 습지 지역

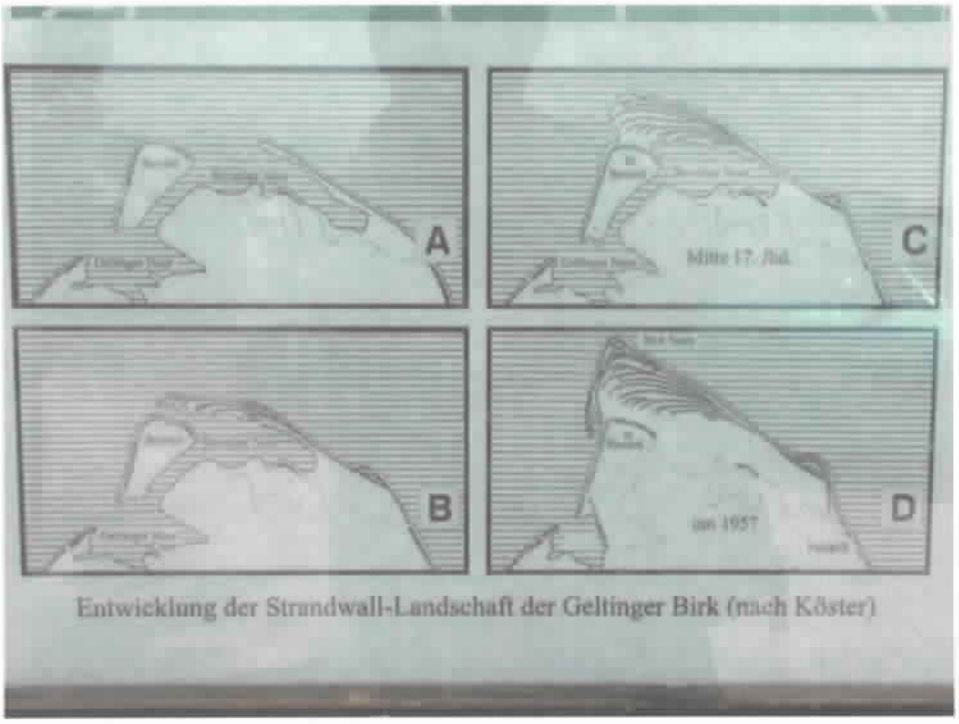
IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.3> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.4> 독일의 Geltinger birk (Staatliches Umweltamt Scheleswig) 지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.4> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.5> 덴마크의 Ribe Vadehavscentret 해양관 및 그 주변 습지 해역인 Mando island

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 3.5.5> 계속

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

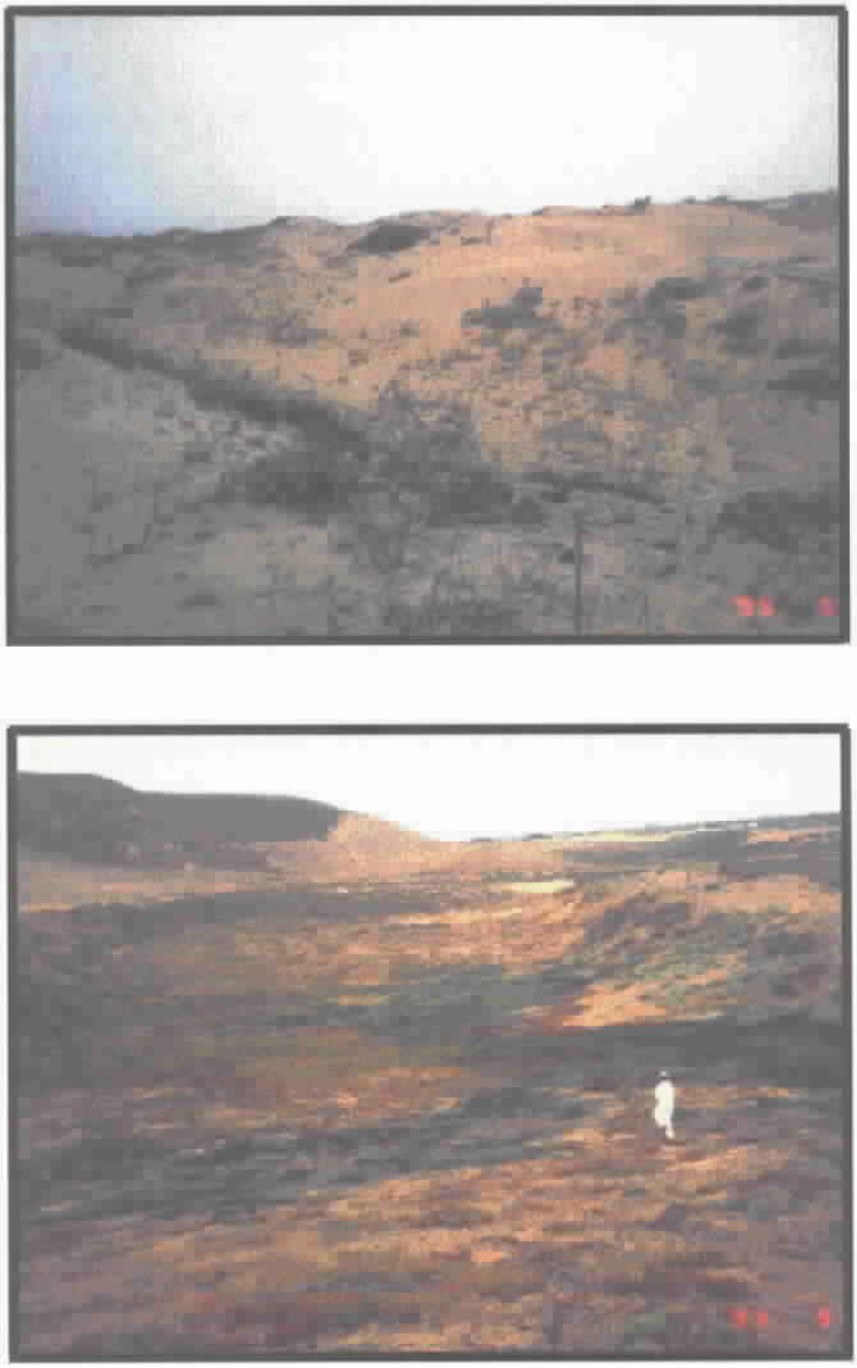


<그림 3.5.6> 미국 캘리포니아 Muzzi 습지의 서식지 복원 현장

미국 캘리포니아의 습지와 석호들은 도시화에 의하여 오염되고 형태가 많이 변형되었다. 최근에 이 지역들은 주로 식재와 조석 흐름을 원활하게 만들어 복원을 시도하고 있다 (Zedler, 1996).

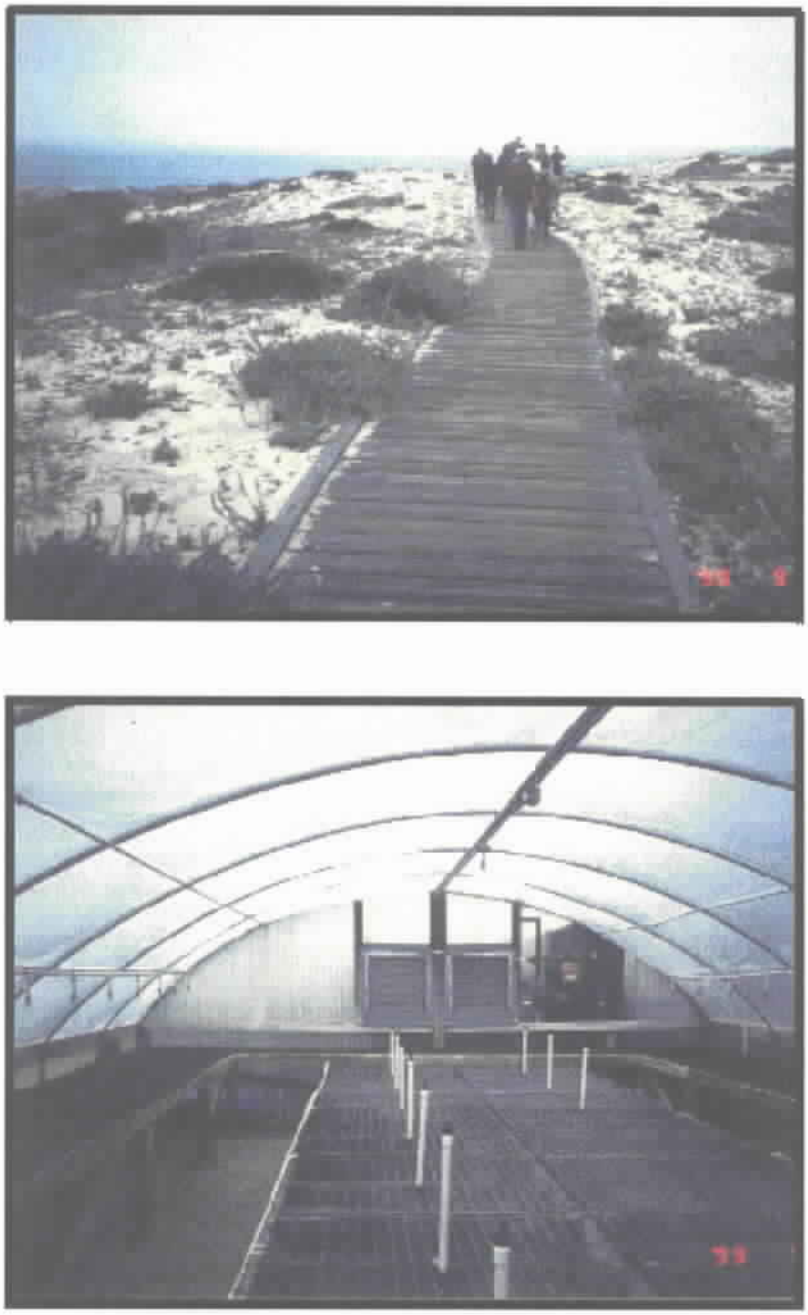
LA시의 Ballona 습지는 역사적으로 800ha 이상의 연안습지 서식지 이었다. 1800년도 후반에 철도와 1900년도 초반에 도로의 건설은 이 습지를 훼손하여 작고 고립된 지역으로 바꾸어 놓았다. Ballona Creek은 1934년에 수로화 되었으며, 주변지역은 개발이 가속화 되었다. 남아있는 습지의 많은 부분은 1960년대에 Marina del Rey를 만들기 위하여 굴착하였다. 오늘날 남아있는 습지는 LA시의 광활하게 개발된 도시지역에 의하여 둘러 쌓여있어 자연적인 육상서식지와의 연결 관계가 없어졌다. 개발론자들은 이 습지를 보존하고자 하는 많은 사람들로부터 강한 반대에 직면하였

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.7> Foredune restoration removing an exotic plants, Fort Ord, USA

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 3.5.8> Boardwalk and seed nursery at Asilomor State Beach, USA

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.2.1> 일본 동경가사이 임해공원 평면도(위)와 전경(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

직 자율작용)이 작용하여 수질 및 저면퇴적물이 결정된다. 이 때 해수교환은 자율작용을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 석호형 습지의 해수교환을 위한 導水形式은 도수관 또는 사이폰[1](siphon)을 이용하는 방법, 도수로를 이용하는 방법, 그리고 도류제를 이용하는 방법 등이 있다(<그림 4.3.1> 참조).



<그림 4.3.1> 석호형 습지에 해수유입을 위한 기법. (좌상)도수관, (우상) 도수로, (좌하)도류제, (좌하) 수문

또한 환경변화를 증대시키기 위해 담수지와 기수지를 동시에 조성하는 경우가 있으며, 이 경우에는 유입수량(하천·강우)을 고려해야 한다. 석호습지의 생물은 바다와 하천의 염분구배에 적응하여 서식하기 때문에 급격한 염분변화(급격한 담수 혹은 해수 유입)에 의해 서식환경이 악화될 수 있다. 이러한 경우에는 水門 등을 조작하여 유입담수 혹은 海水量을 제어할 필요가 있다. 이와 같은 관리기준을 마련하기 위해 물의 수지를 검토한다. 주변에 하천이 있는 경우에는 담수를 도입하는 것도 가능하다. 또한 雨水를 사용하기 위해 주변에 導水管 및 도랑을 설치할 수도 있다.

1) 관로의 일부가 동수경사선 위에 설치되어 있어서 일부 수압이 대기압보다 작은 부압을 받는 관수로

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.3.3> 말뚝 배치 사례



<그림 4.3.4> 습지의 육지 쪽 경계 부근에 조성한 자갈 평지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.3.5> Geotextile에 의한 sliding과 압밀침하 대책 예

습지조성 후의 침하대책으로서 조간대 면적을 복구하기 위해 지반을 다시 높이는 것이 일반적이며, 지반이 높은 곳을 굴삭하는 방법도 있다. 또한, 연안류 및 하천류 등에 의한 퇴적물 공급이 있는 곳에서는 퇴적을 촉진시키기 위한 파랑·해수유동 제어구조물 등을 배치하는 것도 유효하다.

5. 수리 · 퇴적환경 제어 구조물 공법

인공습지의 침식방지를 통한 지형보호, 퇴적환경제어, 파랑에너지 제어, 해수순환제어, 또는 습지 내 수위 및 수량 조절 등을 위한 목적으로 여러 가지 형태의 구조물을 설치하는 기법을 말한다. 이를 위하여는 항만설계기준(해양수산부, 1999a)의 침식대책시설이나 공법 등을 원용할 수 있다. 이러한 구조물로는 해안제방 및 호안, 돌출제 및 돌출제군, 이안제, 그리고 잠제 등을 들 수 있다. 공법의 선정에는 토사이동의 원인, 해안 및 배후지의 형상, 인접해안에 미치는 영향, 투자효과 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.

- 제방과 호안 : 제방과 호안은 배후의 토사가 파랑이나 흐름에 의하여 파괴 또는 유실되지 않도록 하는 것으로, 이 이상 해안의 침식을 허용할 수 없는 경우나 침식이 심한 곳에는 다른 공법을 병용한다(<그림 4.3.6>)
- 돌출제군 : 돌제라고 한다. 돌출제군은 보통 사질퇴적물 이동의 제어를 위해 사용되며, 일반적으로 돌출제 하나만이 사용되는 경우는 없으며 적당한 간격

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

으로 몇 개 정도를 축조하게 된다. 돌출제군은 연안표사의 일부를 포착하여 해안선을 전진시키며, 연안류를 해빈에 가까이 오지 못하게 하거나 초기 파랑의 방향에 대해서 해안선을 직각으로 만들어 해빈에서 빠져 나가는 모래의 양을 감소시키는 효과를 나타낸다. 따라서 돌출제군은 계절적인 전진후퇴가 심한 정선을 안정시키거나, 연안표사가 많은 해안에서 해빈을 전진시키거나, 또는 호안 및 제방 비탈면에 따로 모래의 이동을 저지하여 그 비탈기슭의 세굴을 방지하려는 경우에 설치한다.

- 이안제 : 이안제(detached breakwater)는 그 배후에서 일어나는 회절파를 이용하여 모래톱를 형성하고 연안표사를 저지할 목적으로 축조하는 경우와 배후해빈에 작용하는 파력을 감소시켜 해빈의 침식을 저지시킬 목적으로 축조한다. 이안제는 다른 공법과 비교하여 일반적으로 건설비와 유지비가 더 소요되며 돌출제군 또는 호안을 병용해도 침식을 방지할 수 없을 때 축조하는 것이 보통이다. 특히 상단이 방파제의 상부가 정수면보다 낮은 수중 방파제를 잠제라 하며, 잠제는 파랑에너지를 저감시키는 효과가 있으며 기존의 자연경관을 유지할 수 있고 해수유통이 원활하다는 장점이 있다.



<그림 4.3.6> 인공습지의 침식방지를 위해 조성한 제방의 예

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.1> 미국 샌디에고 Sweetwater Marsh National Widlife Refuge 전경



<그림 4.4.2> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성된 습지

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.3> Sweetwater Marsh National Widlife Refuge에 조성공사 현장



<그림 4.4.4> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 입구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.6> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex의 Oneonta 연결 수로 건설 전(위)과 건설 후(아래)의 변화된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.7> Tijuana Estuary National Wildlife Refuge Complex에 설치된 수질개선을 위한 하수처리지



<그림 4.4.8> Batiquitos Lagoon의 인공식재된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.9> 일본 동경가사이 임해공원의 안내도



<그림 4.4.10> 일본 동경가사이 임해공원 내 조성된 계곡형습지의 건설초기와 10년 후의 변화된 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.11> 일본 동경가사이 임해공원 내 조성된 담수지(위)와 기수지(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.4.12> 일본 동경가사이 임해공원 바다 쪽으로 조성된 서둔치(위)와 동둔치(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.13> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 전경



<그림 4.4.14> 오사카 남항에 조성된 야생조류원의 안내도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04





<그림 4.4.15> 오사카 남항 야생조류원에 조성된 해수지(위)와 기수지(아래)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

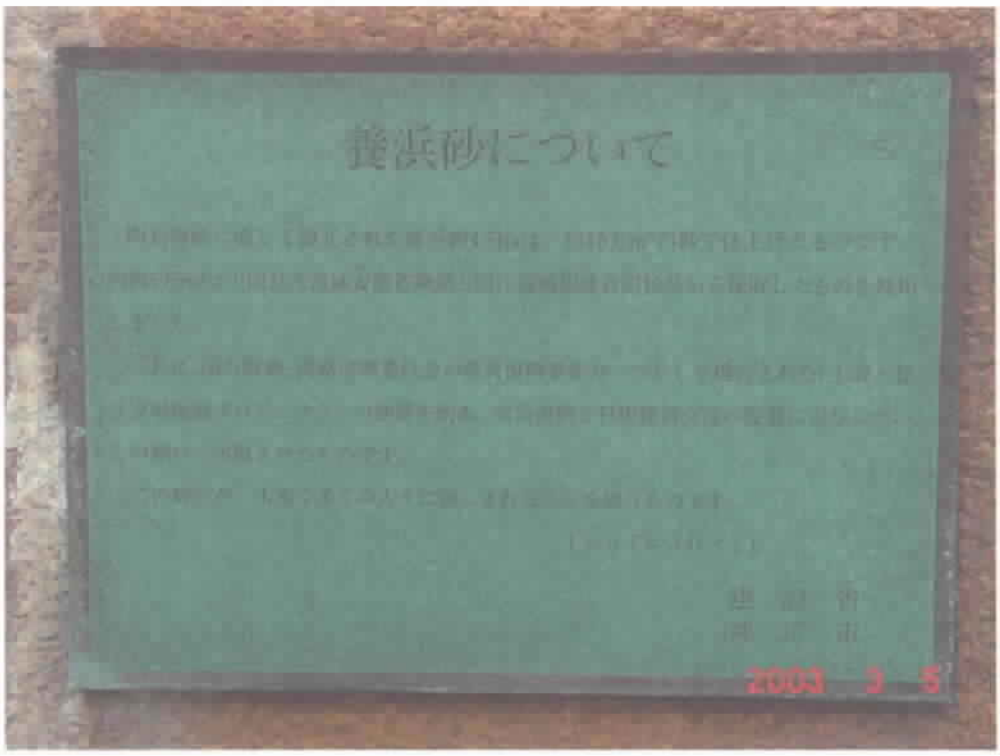


<그림 4.4.16> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈

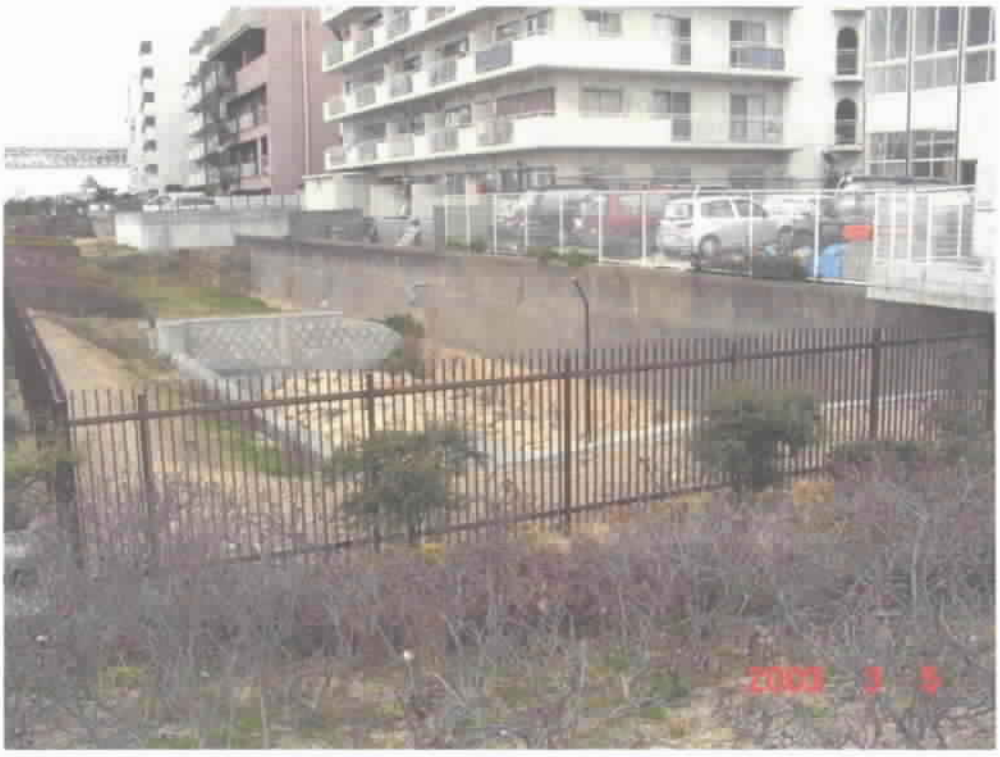


<그림 4.4.17> 일본 고베에 인공적으로 조성된 마이코 인공해빈의 현재 모습

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성에 중국에서 수입한 모래를 사용했다



<그림 4.4.18> 마이코 인공해빈 조성 전의 호안 일부

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.19> 시화호 인공습지 조성도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.20> 시화호 인공습지의 시설

나. 대호환경농업 시범사업

우리나라에서 간척지의 환경친화적 개발모델로 삼을 수 있는 것이 '대호환경농업 시범사업'이다. 농업기반공사와 유엔개발계획(UNDP)의 기술협력으로 추진되고 있는 이 사업은 대호지구 가운데 당진군 석문면 일대의 약 800 ha에서 환경농업실천, 간척지의 환경친화적 이용, 농업교육훈련센터 건립, 부대시설, 21세기 농어촌 주택단지 조성, 농어민 교육·복지센터 등 6개 핵심사업으로 추진되고 있다 (사업기간: 2000~2004, 사업비: 4백5억원).

이 사업을 통해 생태공원 조성에 중점을 둔 대호간척지의 환경친화적 복원을 위한 최적안을 도출하였으며(<그림 4.4.21>), UNDP 등(2000)은 이의 구현을 위한 기본계

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 4.4.21> 대호생태공원 조성 계획도

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 정점 1



조사지명	독곶리
현장기재	독곶리에서 황금산 방향
퇴적상	자갈, 모래 및 뻘
습지특성	염생식물[1] 군락 및 해초지 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 대산공단 화학단지주변

(2) 정점 2



조사지명	벌말
현장기재	벌말 지나서 새우양식장쪽 해안
퇴적상	상부 자갈, 중부-모래, 하부 뻘
습지특성	암반지역 염생식물 조간대 중하부 -기버리말 군락 (100m×500m)
어업행위 및 기타 개발사항	새우양식장, 낙지잡이(맨손어업)

[1] 바닷가와 내륙에서는 염분이 있는 호숫가와 암염[岩鹽]이 있는 지대에서 자라는 식물을 말하며, 등등마디 -갯강 정 및 기버리말 -해조류 등이 이에 속한다. 종기와 잎이 육질인 것이 많다. 생육하고 있는 지대의 수분 정도에 따라서 건염생식물[乾鹽生植物]과 습염생식물로 구분하지만, 모두 세포 안에 많은 소금기가 들어 있어 삼투압값이 높기 때문에 토양 용액의 침투가기 높을 때도 물을 빨아들일 수 있는 특색이 있다. 그러나 갯메꽃과 통보리사초 등은 바닷가에서 자라지만 이러한 특성이 없으므로 염생식물에서 제외하고 있다.

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장소 : 가로림만 입구 벌말에 위치한 작은 내만.

(2) 위치 : 충청남도 당진군 대산읍 오지리 벌말.

(3) 가는 길 : 서해안 고속도로 서산 태안 IC 서산시 대산읍 들어가기 전 오지리 방면 도로 진입 후 길 끝 (벌말)까지 간 후 포구 앞 양식장 입구에서 우회전 후 야산을 돌아서 양식장 앞 자갈 해수욕장 앞.

(4) 지형적 특징 : 만의 호안거리650m, 좌우에 암반지형이며, 조간대 상부는 분급별로 퇴적되어있는 자갈해안, 중부는 모래톱이 있는 뻘 갯벌, 하부는 모래 뻘 갯벌이 발달함. 가로림만의 입구에 위치하므로 조류가 셈.

(5) 주변환경 : 해안 뒤편에 양식장 위치하며, 맨손 채취하는 어민들 조금 있음. 만의 우측편 해안에는 광범위한 갯벌 발달하며 그 맞은편에 공단 조성되어 있음.

(6) 생물환경 : 조간대 중하부에 거머리말 군락이 패치를 이루고 있으며 조간대 상부에 소형 염생식물 군락이 있음. 암반지형에 부착생물 서식함.

(3) 정점 3



조사지명	오지리
현장기재	오지리에서 웅도 방면
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	염생식물 군락
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 염전

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(4) 정점 4



조사지명	배일
현장기재	지곡에서 배일 방면
퇴적상	뻘
습지특성	전형적 뻘 갯벌
어업행위 및 기타 개발사항	굴양식 및 맨손어업

(5) 정점 5



조사지명	범머리
현장기재	호리 지나서 길 끝나는 부분
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	염생식물 군락 (소규모), 뻘 갯벌, 넓은 조간대
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(6) 정점 6



조사지명	청산리
현장기재	청산리에서 포구쪽 길 끝나는 곳
퇴적상	각진 암편 조금, 모래 및 뻘
습지특성	뻘 갯벌
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 맨손어업

(7) 정점 7



조사지명	고파도 남단
현장기재	양개에서 고파도 방면으로
퇴적상	모래 및 뻘
습지특성	뻘 갯벌, 고파도 부근 사리때 조간대 하부에 해초 군락 드리남
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 양식장

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(8) 정점 8



조사지명	수억
현장기재	큰수억 마을에서 양식장 건너편
퇴적상	암반, 조간대 상부 - 모래 및 뻘
습지특성	조간대 상부 해초 군락 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	양식장, 맨손어업 (굴)

(9) 정점 9



조사지명	만대
현장기재	만대 포구에서 왼쪽으로 돌아감
퇴적상	암반 및 자갈, 조간대 모래 및 뻘
습지특성	사리 때 조간대 상부에 해초 군락 드러남 (소규모)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업, 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(10) 정점 10



조사지명	배면
현장기재	만대에서 왼쪽 산길로 진입
퇴적상	자갈 및 모래, 조간대 하부 뻘
습지특성	사리때 조간대 하부에 해초 군락 드러남
어업행위 및 기타 개발사항	양식장, 맨손어업

(11) 정점 11



조사지명	꾸지나무골
현장기재	꾸지나물골 해수욕장 해안
퇴적상	모래
습지특성	모래해안, 사구식생, 조간대 하부 해초 군락 (예상)
어업행위 및 기타 개발사항	위락시설 (피서철)

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

나. 진도 금갑



조사지명	진도 금갑
현장기재	진도군 임회면 금갑리 금갑해수욕장 건너편 포구 앞
퇴적상	니질, 암반 지역
습지특성	*Z.marina* bed와 *Z.caulescens* bed의 암반지역
어업행위 및 기타 개발사항	굴양식장, 어업, 해수욕장

다. 남해 동대만



조사지명	남해 당항
현장기재	남해군 창선면 당항리 목화주유소 지나서 우측포구
퇴적상	니질, 자갈
습지특성	*Z.maina* 대형 bed (길이 4km)
어업행위 및 기타 개발사항	맨손어업 (굴), 작은 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장 소 : 동대만

(2) 위 치 : 경남 남해군 창선면 수산리- 화계리 (E 128 00 59, N 34 52 24)

(3) 가는 길 : 서울→경부선→대진고속도로→남해안고속도로→남해도

(4) 만의 특징 : 길이 6km, 폭 1km, 만의 상부 간척, 간조시 상부 조간대 1km정도 노출, 인 공 방조제안쪽 담수 습지발달 (갈대와 기타 늪지 생물존재)

(5) 주변환경 : 만을 따라 작은 마을이 3군락 정도 존재하며, 상부에는 면 소재지가 존재, 5월 이후 삼천포와 연결되는 연육교가 개통예정

(6) 생물환경 : 만내부 수로를 제외한 길이 4km, 폭 500m의 거머리말 (*Zostera marina*)의 조지가 존재, 상부에는 굴 종묘장이 연안을 따라 분포, 갯벌에서는 반지락이 많이 분포, 통발 장어어업이 성행

(7) 저질환경 : 뻘질 갯벌, mud 47.5%, sand 52.5%, mean phi 3.6, organic contents 7.7%

라. 남해 앵강만



조사지명	남해 앵강만
현장기재	남해군 이동면 화계리 포구 앞
퇴적상	니질, 사질 (방파제를 두고 우측)
습지특성	*Z. japonica* bed 와 *Z. marina* bed
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 굴양식

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

(1) 장소 : 앵강만

(2) 위치 : 경남 남해군 이동면 화계리(앵강만) (E 128 10 59, N 34 42 10)

(3) 가는 길 : 서울→경부선→대진고속도로→남해안고속도로→남해도

(4) 만의 특징 : 너비 4km, 간조시 상부 조간대 200m정도 노출, 담수의 유입이 지속적이나 만에 큰 영향을 미치지 않음.

(5) 주변환경 : 만을 따라 마을과 군부대가 존재하며, 만의 상부는 군부대 후사면, 하천 상부에는 작은 댐이 있고, 농경지가 다소 분포

(6) 생물환경 : 만 내부의 방파제를 중심으로 조간대 지역에는 길이 100m, 폭 50m의 애기거머리말(*Zostera japonica*)의 초지가 존재, 조간대와 조하대에서는 거머리말이 초지를 형성, 방파제 반대편에는 상부에 모래와 암반이 혼합된 조간대 지역으로서 파래(*Ulva*)류가 대발생, 쏙과 반지락이 대량 분포

(7) 저질환경 : 모래질 갯벌, mud 4.7%, sand 95.3%, mean phi 2.7, organic contents 1.7%

마. 고성 신월



조사지명	고성 신월
현장기재	고성군 도산면 신월리 신부마을 진입로 이용 포구로 진입
퇴적상	니질
습지특성	*Z. marina* bed가 band를 형성하여 발달
어업행위 및 기타 개발사항	굴 양식장, 횟집, 포구

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

바. 거제 가배



조사지명	거제 가배
현장기재	거제시 동부면 가배리 덕원해수욕장 좌측편
퇴적상	사질, 암반
습지특성	*Z. marina* bed, *Z. caespitosa* patch, *Z. caulescens* patch의 다양한 해초지 식생 나타남
어업행위 및 기타 개발사항	해수욕장, 작은 포구

사. 거제 다대



조사지명	거제 다대
현장기재	거제시 남부면 다대리 포구 방파제 안쪽 (버스정류장 부근)
퇴적상	니질, 사니질
습지특성	*Z. marina* bed (조간대 하부, 조하대), *Z. japonica* bed (조간대 중 · 상부) 넓게 분포
어업행위 및 기타 개발사항	포구, 하천 유입

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 5.1.3> 시화호 인공습지 전경

이와 같이 인공습지 조성비를 추정함에 있어 어떠한 방식으로 어디에 조성하는가 하는 것이 관건이라고 하겠다. 왜냐하면 아래의 <표 5.1.10>에서와 같이 각 사례별로 조성비가 거의 10배정도 차이가 나는 점을 보아도 알 수 있다.

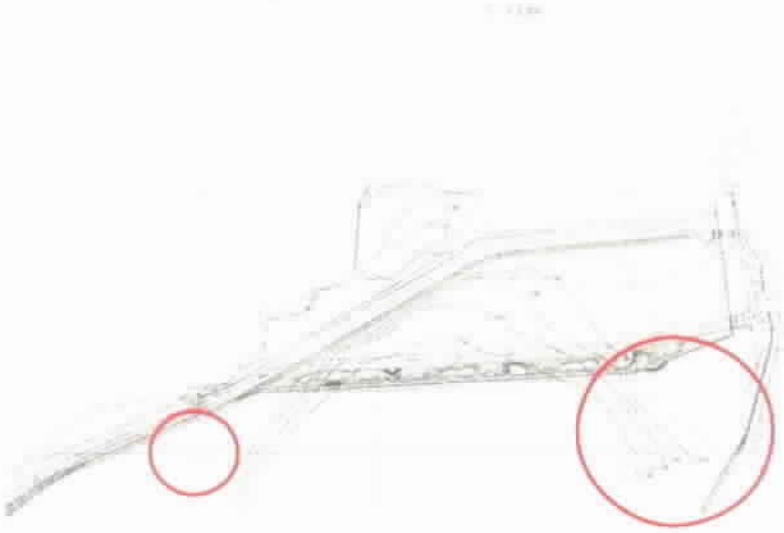
<표 5.1.10> 인공갯벌·습지 조성비용

지역	조성비용(1ha당)
미국	27,980천원
일본	62,520천원
스웨덴	9,110천원
한국(시화호)	91,912천원

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



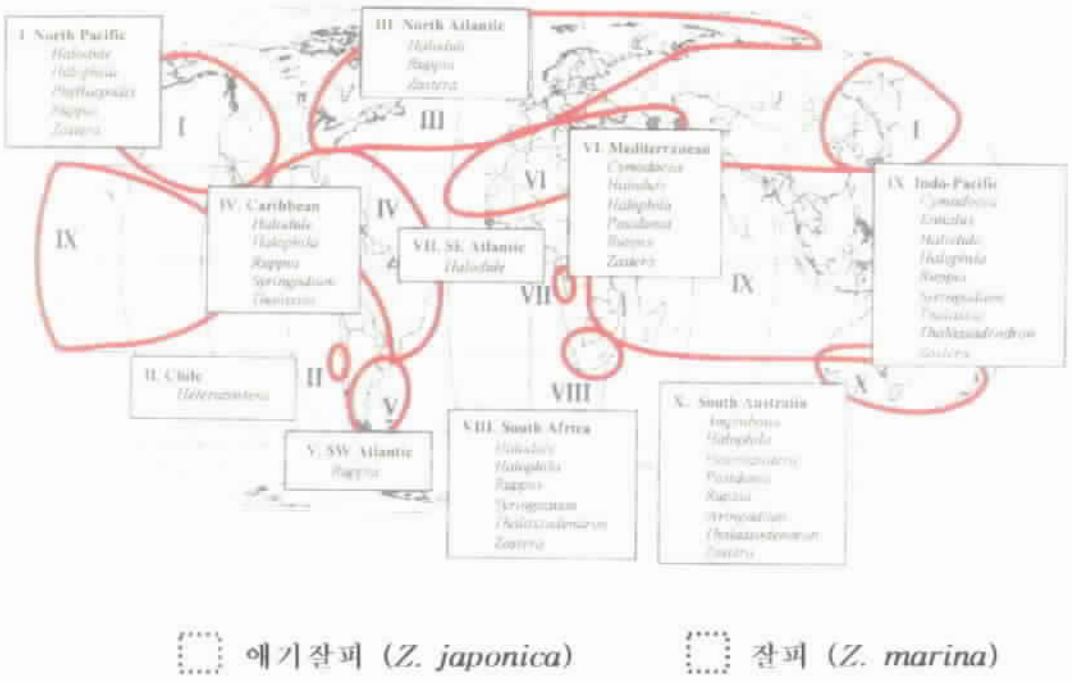
수 심 분 포 도



<그림 5.2.1> 진해시 경화동 인공갯벌 조성 대상지역

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04

홍콩에서도 *Z. nana* Roth.로 처음으로 보고되었지만 Phillips and Menez (1988)에 의하여 후에 *Z. japonica* Aschers. and Graebn로 재정리되었고, Lee (1994)에 의해 재확인되었다. 현재 홍콩의 여러 지역에서 보고 되고 있지만 특히 매립에 의한 책락곡 공항 개발로 분포에 심각한 위협을 받고 있는 것으로 보고한 바 있다 (Lee, 1994; 1997).

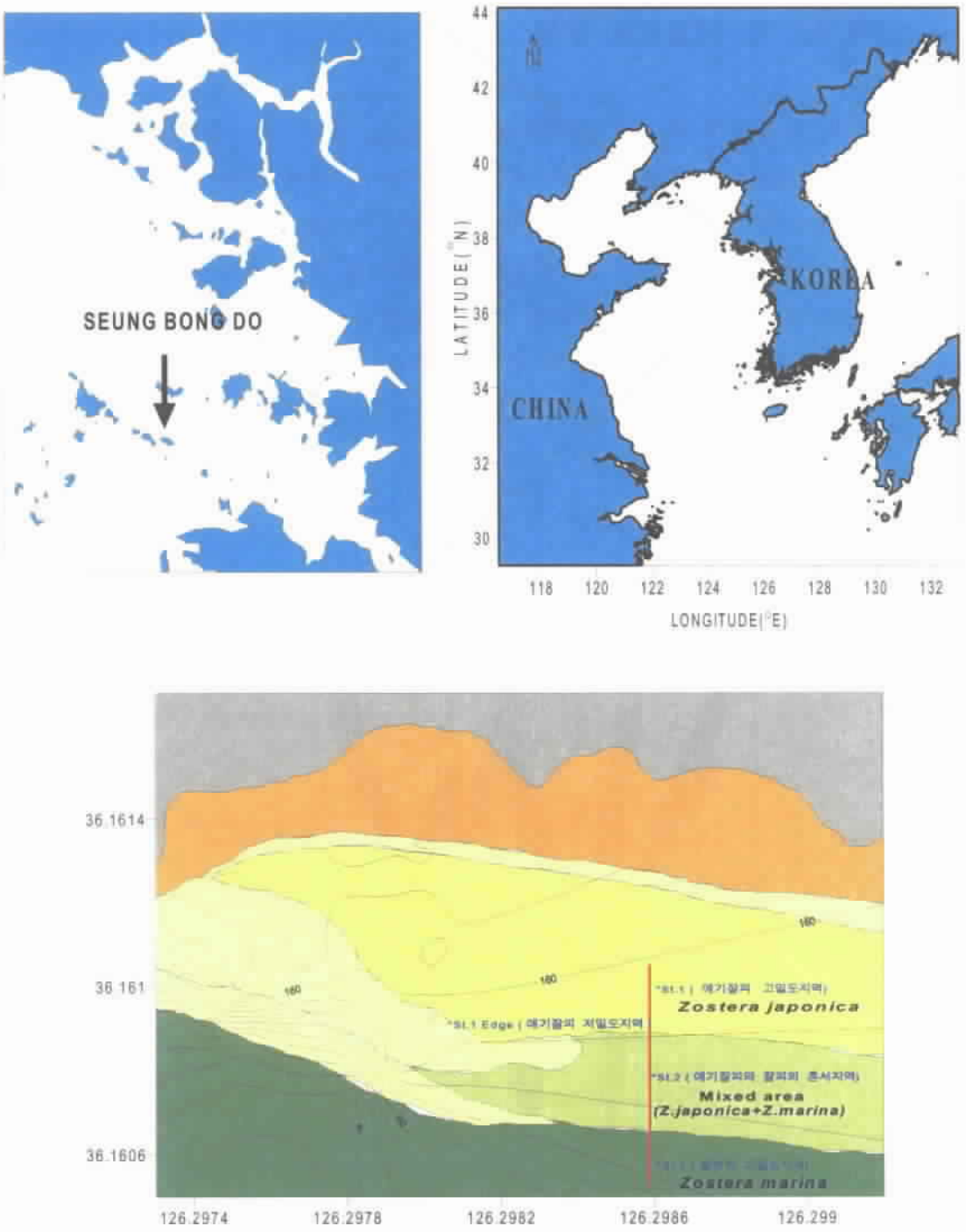


<그림 6.1.2> 잘피류의 국외 분포(Short *et al.*, 1999)

3. 잘피류의 형태적인 특징변수

잘피류(*Zostera*)의 식물은 엽맥의 수(Number of leaf vein), 엽두의 형태(shape of leaf apex), 엽폭(width of leaf)과 종피(seed coat)의 주름 형태, 섬유가닥의 수(Number of fibrous strands) 등으로 형태적인 구분되었다 (Miki, 1932 ; Den Hartog, 1970 ; Philips and Menez, 1988 ; Kitamura *et al.*, 1992 ; Komarov and Il'in, 1986 ; Shin and Choi, 1998 ; Cho and Boo, 1998).

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04



<그림 6.2.1> 연구 지역의 잘피류 분포

IP : 14.49.138.138, 2017-11-03 15:16:04