

최종 연구보고서

최 종
연구보고서

연안생태계 식생복원을 통한 연안관리 기술개발
Development of Management Techniques through Vegetation
Restoration in Coastal Ecosystem

군 산 대 학 교

해양수산부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “연안생태계 식생복원을 통한 연안관리 기술 개발” (총 연구기간 2006년 7월 1일~2008년 4월 30일)의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 4 월 30 일

주관연구기관명 : 군산대학교

연구책임자 : 이 점 숙

연 구 원 : 김 하 송

연 구 원 : 김 종 욱

요약문

I. 제목 : 연안생태계 식생복원을 통한 연안관리 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

해안염습지는 육상 생태계와 해양생태계의 추이대로, 육상과 해양생태계를 연결해 주는 매우 중요한 생태계이다. 이곳은 해수의 조석에 따라 서식처가 주기적으로 만조시 물속에 잠기고 간조시 노출되는 매우 독특한 생태계로서 해안, 해안사구, 강 하구를 포함한다.

이러한 생태계는 육상으로부터 하천이나 강 또는 지표수나 지하수를 통하여 질소원과 유기 영양 물질들이 끊임없이 공급되고, 해양으로부터 해수의 조석작용에 따라 무기영양 염류가 유입되는 곳으로, 무기와 유기영양염류가 풍부하기 때문에 지구상에 존재하는 여러 유형의 생태계 가운데 생산성이 가장 높은 것이 특징이다. 이러한 해안염습지의 높은 생산성으로 말미암아 해안염습지는 방목 먹이사슬과 더불어 부니질 먹이사슬이 잘 발달되어있으며, 많은 종류의 종속영양생물 즉, 박테리아, 곰팡이, 저서무척추동물, 어패류 및 먹이연쇄의 최상위인 조류들까지 다양한 생물이 서식한다. 특히 육상과 해안의 완충지역에서 생육하는 염생식물 군락만이 해안선 침식을 방지하는데 가장 효과적이다. 인위적으로 해안염습지에 제방을 축조하게 되면 강한 파랑에 의하여 제방이 유실되고, 오히려 토양이 침식되기 쉬우나 해안선을 식생이 덮고 있을 경우는 식물의 뿌리에 의해 토양이 고정되기 때문에 쉽게 침식되지 않는다. 이러한 원리를 이용한 해안침식지의 맞춤형 식생대 조성은 해안선 복원 및 해안침식방지에 가장 경제적인 기법이 도출될 수 있을 것으로 본다.

그러나 우리나라에 남아있는 해안선은 대부분 제방이 축조 되어있거나 부두시설이 있어 육상 생태계와 해양 생태계가 단절되어 있는 상태이다. 뿐만 아니라 대규모 간척사업로 인한 지형의 변화와 골재채취 등 인간의 활동으로 인한 훼손이 심각하게 대두되어 해안선 침식현상 등이 아래와 같이 발생되고 있다.

이로 인해 육상으로부터 해양생태계로 이행되는 추이대가 사라져 가고, 염생식물 군락이 파괴되어 해안침식지가 급속히 증가됨에 따라 해안침식지의 식생복원은 시급히 해결해야 할 시대적 요청에 이르렀으나 많은 문제점들이 제기되고 있다.

이러한 해안침식지 복원에서 가장 중요시되는 것이 육상과 해양의 추이대에 분포하는 맞춤형 식생대 조성을 통한 염생식물군락의 복원인데, 초기에는 해안 생태계의 복원사업의 기초조사로 주로 염생식물의 분포에 관한 구조적 측면에서 연구되었고, 그 후 환경구배에 따른 종의 분포양상을 파악함으로써, 그 군락형성 원인을 규명하고자 하였다. 최근에는 해안 염생식물 군락의 구조적, 기능적 특성을 분석하여 다각적 측면에서 종 분포 원인을 밝혀내고 군락형성 기작을 규명함으로써 해안 식생복원을 완성하고자 노력하고 있다. 미국 등 서구에서는 1970년대 이후 생태학적 측면에서 염생식물 군락, 토양의 분포 및 분류, 생물집단과 생물개체군 활동의 조사, 식물생장의 년 변화관찰, 식물의 활성도 조사, 토양의 보습도 조사와 연변화, 토양성분조사 등에 원격 탐사 및 지리정보체계를 해안 염습지 복원을 위하여 다양하

게 적용하고 있다. 그러나 이러한 복원사업에 대한 외국의 복원 기술은 그 특성상 전문 기술이 전 세계적으로 광범위하게 적용되기는 어렵기 때문에 우리나라의 해안침식지역의 생태환경에 적합한 독자적 복원기술 개발이 요구된다.

해안침식 문제는 단순히 모래 유실의 문제가 아니라 연안생태계를 파괴하고 휴식 및 생활공간인 국토를 잠식함으로써 막대한 사회, 경제적 피해를 주고 있는 심각한 사안이다. 해안의 침식환경에서 가장 빠르게 변화를 보이는 연안식생대에서 식물 상을 파악하고 해안 유형별로 식생 대를 분류함으로써 조기에 침식유형별 맞춤형 복원식물 모듈로 조기에 식생대를 복원하여 해안침식 안정화를 위한 친환경적, 자연 생태적이며, 환경오염을 발생하지 않는 신공법 개발이 필요한 실정이다.

따라서 자연재해에 의한 해안침식과 같은 토사유출 및 퇴적에 대한 시공간적 예측이 가능하여야 하나 우리나라의 경우 이러한 토사유출의 공간적 분포에 대한 충분한 연구결과가 부족한 상태이기 때문에 해안침식 재해영향평가가 실시되어야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 특히 서해안에서 해안환경변화에 따른 식생대 변화를 위성사진과 현지답사를 통해서 유형별로 분류하여 해안 침식지의 맞춤형 식생 대를 선정 및 발굴하고, 또한 환경요인에 따른 해안 침식지의 복원계획 수립을 하고 각각의 해안 침식지의 유형별 맞춤형 침식방지 식생대 조성 기술 개발을 통해 조기 식생대 정착을 위한 식생기반재와 신개념의 모듈화 된 복원제품을 유형별 침식지에 적합하게 시공함으로써 침식에 의한 소류사의 이동을 저감시키고 최종적으로 맞춤형 식생 대를 조성함으로써 해안생태계의 안정적인 기반을 마련함과 동시에 해안침식방지를 하기 위함이다.

이를 위해서 본 연구는 호남지역 서·남해안에 분포하는 염습지를 대상으로 전라남도 여수시에서 전북 부안군에 이르는 18개 지역 해안을 중심으로 조사 계획에 따라 2006년 7월부터 2008년 4월까지, 1차년에는 연안생태계 복원에 필요한 적합종 선정과 연안생태계 염생식물 군락과 환경요인의 database 구축을 2차년에는 환경 친화적 에코블럭 개발 및 제작과 연안생태계 복원 및 관리기술 개발을 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 연안생태계 복원에 필요한 적합종 선정

(1) 염생식물 분포 파악

- 염생식물상 조사
- 연안지역 염생식물 식생도 제작
- 염생식물 군락 조사
- 염생식물 생산량 조사

(2) 연안생태계 유형 구분

- 지형적, 지리적 조건에 따라 연안생태계 유형 구별
- 연안생태계 유형에 따른 염생식물군락 특성 파악

2. 연안생태계 염생식물 군락과 환경요인의 database 구축

(1) 연안생태계 환경특성 조사

- 기후요인 분석
- 토양 분석
- 조류 특성 파악
- 서식처 환경 특성과 군락 특성의 관계 규명

(2) 연안생태계 염생식물과 환경요인의 database 구축

- 연안생태계 염생식물과 환경시스템의 실태 파악
- 연안생태계 유형에 따른 염생식물들의 분포역 파악
- 염생식물과 환경요인의 database화

3. 환경 친화적 에코블럭 개발 및 제작

- 환경친화 물질 탐색
- 조류변화와 토성을 고려한 에코블럭 개발
- 자연분해성 물질의 에코블럭 제작
- 연안생태계 특성에 적합한 에코블럭 제작

4. 연안생태계 복원 및 관리기술 개발

(1) 염생식물 군집특성 및 상호관계 규명

- 연안생태계 유형에 따른 주요 염생식물간 상호작용 규명
- 연안생태계 서식처 환경특성과 군집특성과의 관계 규명

(2) 염생식물 군집 형성기작 규명

- 염생식물 주요종 성장 및 형태 모니터링
- 염생식물 주요종 최적 환경 추적

(3) 에코블럭을 활용한 연안생태계 복원 및 관리기술 개발

- 에코블럭의 현장 적용 및 적용기법의 다양화
- 에코블럭 적용 후 연안생태계 변화 모니터링
- 연안생태계 안정화 기작 규명 및 관리기술 개발

IV. 연구개발 결과

제 3 절 연안생태계 복원에 필요한 적합종 선정

염습지 복원에 필요한 적합종 선정을 위해 18개 조사지역을 선정하여 실시하였다. 식물상은 총 31과 104종이 조사되었으며, 그 중 염생식물은 14과 49종으로 47.12%의 비율을 나타냈다. 식물군락을 조사한 결과 18개 조사지역에서 15개 지점에서 출현한 갈대군락을 포함하여 천이사초군락, 갯잔디군락, 해홍나물군락, 갯그렁 군락, 칠면초군락, 나문재군락, 순비기나무군락, 큰비쭉군락, 통보리사초군락, 통통마디군락 등 총 11개 군락이 출현하였다. 군락별 생물량은 갈대군락이 1731g/m², 갯그렁군락 703.36g/m², 갯잔디군락 474.71g/m², 나문재군락 1432g/m², 천이사초군락 g/m², 칠면초군락 108g/m², 큰비쭉군락 1052g/m², 통보리사초군락 199.68g/m², 통통마디군락 203.2g/m², 해홍나물군락이 317.92g/m² 으로 나타났다. 본 조사 결과를 정리해 볼 때 연안생태계 복원 적합종으로는 출현비율, 분포면적 및 생물량이 가장 높게 나타나는 갈대군락이 가장 적합한 것으로 사료된다.

제 4 절 연안생태계 염생식물 군락과 환경요인의 database 구축

1. 조사지역별 염생식물 군락 저토환경요인

전라남·북도 위치한 염습지 중 자연성이 우수하고 식물군락발달이 양호한 18개 지역을 선정하여 분포지역의 저토를 채집하여 분석 조사하였다. 18개 조사 지역에서 군락의 안정성을 나타내는 11개 염생식물 군락을 선정 하였으며, 이들의 저토 환경 특성을 본문 Table 38에 정리하였다.

2. 조사지역 염생식물 군락의 구조

18개 조사지역에서 분포하는 염생식물군락 토양환경요인을 생육지 특성에 따른 식물군락의 배열을 알아보기 위하여 Canonical Correspondence Analysis(CCA)분석결과 Fig. 36과 같이 배열되었다. CCA ordination에서 지채, 갈대, 해홍나물 및 나문재 군락은 Salt marsh로 구분되고 갯그렁, 통보리사초 및 락군락은 Sand marsh에 포함되며 칠면초, 갯잔디 및 갈대군락이 Clay marsh에 포함되었다. 지채, 갈대, 칠면초 및 천이사초 군락은 Estuary marsh에 포함되고 천이사초, 지채 및 갈대군락이 Salt swamp으로 구분되었다.

식물 군락의 배열은 특히 모래함량이 0.936으로 상관성이 가장 높았고 그 다음으로 고도가 0.713으로 Axis 1에 대해 유의한 수준의 상관성을 나타냄으로써 식물군락 분포에 토성과 고도가 군락분포에 중요한 환경요인으로 분석되었다

3. 생육지별 염생식물 군락의 저토환경요인

가. 해안성 염습지(Coastal marsh)

1) 점토성 염습지(Clay marsh)

점토성 염습지에 해당하는 부안군 줄포, 무안군 봉오, 함평군 석창 지역에서 우점하는 갈대, 천이사초, 칠면초군락의 토양을 채집하여 저토환경요인을 종합한 결과 토양의 pH는 천이사초 7.22, 칠면초 6.85, 갈대군락 6.62 로 나타났으며, 수분함량은 칠면초 28.73%, 갈대 26.45%,

천일사초 20.14%로 나타나는 특징을 보여주었다.

2) 사질성염습지(Sand gravel marsh)

토성의 함량중 clay, silt, sand의 함량이 다양하게 분포되어 있는 사질성 염습지의 경우 조사 지역중 영광군 칠곡, 함평군 현화, 무안군 가읍, 고흥 중산, 여수 반월등 5개 지역에 사질성 염습지에 해당하며 대표성을 나타내는 갈대, 갯잔디, 천일사초, 통통마디, 큰비쭉, 해홍나물군락 등 총 6개군락에 대한 조사가 이루어 졌다.

토양의 pH는 군락별로 6.58~7.08로 각각 유사한 분포값을 보여 주었으며, 토양의 수분함량 역시 16.99~20.99%로 큰 차이를 나타내지 않았다. 염분농도와 전기전도도의 경우 통통마디가 1.23ppt, 2240.60uS으로 가장 높게 나타났으며, 해홍나물이 0.5ppt, 754.00uS으로 가장 낮게 나타났다. 일반적으로 통통마디의 경우 생육지역이 고염지역에서 생육하는 것으로 나타났으며, 본 조사결과에서도 같은 경향성을 보여 주었다.

3) 사구성염습지(Sand marsh)

대부분 토성이 모래성분으로 구성되어 있는 사구성 염습지에서는 총 갯그렁, 통보리사초, 순비기군락 등 총3개군락이 우점종으로 나타났으며, 사구식물군락이 안정적으로 이루어진 고창군 상하, 무안군 송석을 조사 실시 하였다.

토양 pH는 갯그렁, 통보리사초, 순비기나무군락의 경우 7.42~7.78로 다른 군락에 비해 다소 높게 나타나는 경향성을 보였다. 토성의 성분이 모래로 이루어져 있는 사구성 해안 염습지의 경우 일반적으로 식물군락이 수분스트레스에 대한 적응력이 높게 나타나는데, 이러한 현상을 반영하듯 토양의 수분함량이 갯그렁 5.88%, 통보리사초 4.94%, 순비기나무 4.38%로 다른 유형별 생육지에 비해 현저하게 낮게 나타난다.

나. 하구성 염습지(Estuary marsh)

1) 염소택지(Salt swamp)

배수가 나빠며 수분이 항상 포화상태에 있는 염소택지의 경우 갈대, 갯잔디, 해홍나물 천일사초 등 4개 군락이 우점하고 있는 것으로 조사 되었으며, 조사 장소로는 강진군 장포, 장흥군 수문, 보성군 전일, 보성군 석창, 고흥군 장선, 여수시 화동 등 총 6개 지점을 선정하여 조사 실시하였다.

2) 하구성해안염습지(Estuary marsh)

기수와 해수가 교차되는 하구염습지의 경우 대부분 갈대군락과 칠면초 군락이 우점하는 특성을 나타내는데, 본 조사에서도 역시 칠면초, 갈대, 천일사초, 나문재 군락이 우점하는 특징을 보여 주었으며, 조사 장소로는 순천시 농주와 상내지역을 선정하여 조사 실시하였다.

pH는 나문재 군락에서 7.45로 가장 높게 나타나고, 천일사초, 갈대, 칠면초 군락에서 6.85~7.00으로 나타났다. 수분함량은 다른 유형의 지역보다 대체적으로 높게 나타났는데, 갈대군락이 39.07%로 가장 높고, 천일사초군락이 34.39%, 칠면초 군락이 26.84, 나문재 군락이 24.05%로 가장 낮게 나타났다.

토양의 염분농도와 전기전도도의 경우 갈대군락이 각각 1.53ppt, 2845.00uS로 가장 높고, 칠면초 군락과 천일사초군락이 약 1.2ppt정도로 나타나고, 나문재 군락은 0.55ppt, 1022.50uS으로 낮게 나타났다. 나문재의 경우 염습지의 상부에 위치하고 있어 해수 영향을 직접 받지 않아 낮게 나타나는 것으로 사료된다.

총질소 함량은 칠면초, 갈대, 천일사초, 나문재 군락에서 0.44~0.72mg/g 으로 나타났으며, 가급성인의 경우 259.95~378.26ug/g으로 다른 유형의 생육지역보다 높게 나타나는 특징을 보여 주었다. 이는 육상으로부터 유입되는 영양 염류에 의해 다소 높게 나타난 것으로 사료된다.

4. 연안생태계 염생식물과 환경요인의 Database구축

해안염습지는 생육지의 환경특성에 따라 점토성염습지(Clay marsh), 사질성염습지(Sand gravel marsh), 사구성염습지(Sand marsh), 염소택지(Salt swamp), 기수성염습지(Estuary marsh)등으로 구분하였으며,

토양의 pH는 사구성염습지(Sand marsh)가 가장 높고 변화의 폭이 좁게 나타났으며, 점토성 염습지(Clay marsh)가 가장 낮게 나타나는 경향성을 보였다. 그러나 분포범위는 사구성 염습지가 7.3~7.9로 비교적 안정적인 영역을 나타냈으며, 염소택지가 pH 6.3~7.5로 가장 넓은 분포역을 보여 주었다.

수분함량은 육수와 해수의 영향을 많이 받는 기수성 염습지가 가장 높은 분포범위를 나타냈으며, 육상생태계와 가깝게 위치하는 사구성염습지가 4~6%의 가장 낮은 수분함량을 보여 주었다. 특히 토양 입자의 크기가 다양하게 보여주는 사질성염습지의 경우 2~40%로 넓은 분포 범위의 수분함량을 보여주었다. 염생식물 군락 구조에 영향을 미치는 염분농도(Mendelsson and Marcellus 1976, Zedler 1977, Hackney and De La Cruz 1978, 박 1970, 김 1971, 김등 1975, 민 1985)와 전기전도도의 경우 해수의 영향이 가장 빈번하게 발생하는 점토성염습지에서 평균 1.26ppt, 2,160uS/cm로 가장 높은 평균값을 보여 주었으며, 사구성염습지가 0.06ppt, 116uS/cm로 가장 낮게 나타났다. 이는 사구성 염습지의 경우 조수의 영향이 거의 미치지 않고 오히려 육상으로부터 유입되는 담수나, 강수로 의해 토양의 탈염현상이 빈번하게 발생하므로 낮은 염분농도를 나타 낸 것으로 사료된다.

토양의 총질소함량은 사구성염습지가 0.3mg/g으로 가장 낮은값을 나타냈으며, 이를 제외한 대부분의 지역에서 0.76mg/g으로 유사하게 나타났다. 이중 사질성 염습지와 염소택지에서 다소 넓은 분포영역을 보여주었다. 식물의 생육환경에 영향을 미치는 가용성인(참고문헌)의 경우 기수성 염습지가 336.4ug/g으로 가장 높은 평균값을 보여주었으며, 그 다음으로 점토성 염습지와 사질성 염습지에서 약 148ug/g으로 분포하였으며, 사구성 염습지에서 68ug/g으로 가장 낮은 값을 보여주었다. 식물의 발아 및 성장에 영향을 나타내는 경도(참고문헌)의 경우 육상토양에서는 점토가 많이 함유될수록 높게 나타나는 특징을 보여주는데 염습지의 경우는 토양에 많은 수분을 함유하고 있어 복합적인 특성을 보여주나, 대체적으로 점토의 함량과 수분함량이 높은 점토성염습지나, 사질성 염습지에서 높은 값을 보여 주었으며, 모래함량이 높은 사구성 염습지에서 0.25kg/m³로 낮게 나타났다. 이상에서 담수와 해수가 교차하는 하구성 염습지와 조수의 영향을 직접적으로 받는 점토성 염습지의 경우 넓은 분포를 보여주는 대신에 육상생태계와 가까운 사구성염습지의 경우 전체적으로 좁은 분포 범위를 보여주었다.

결론적으로 볼 때 토양의 물리적 및 이화학적 특성은 염생식물군락의 정착 및 분포에 영향을 미친것으로 사료되며, 대체적으로 식물군락의 특성을 조사는 식물사회학적 방법론을 통하여 이루어 졌으나, 위의 조사결과를 볼 때 토양의 환경요인분석 방법과 식물사회학적 연구 방법론을 이용하여 연구할 경우 좀 더 정확한 자료가 도출 될 것으로 사료된다. 특히 식물의 정착 및 성장에 밀접한 연관성을 보여주는 토양분석은 식물군락 정착 및 분포와 군락의 유형을 파악하는데 중요한 연구방안이 될 것이다.

5. 주요식물 군락별 환경요인 및 적정범위

조사지역의 생육지 유형별 주요식물군락인 갈대군락, 갯잔디군락, 칠면초군락, 천일사초군락,

해홍나물군락, 갯그렁군락, 통보리사초군락, 나문재군락, 순비기나무군락의 환경요인과 적정범위를 조사하였다. 전 조사지역에서 가장 대표적인 갈대군락의 pH는 clay marsh에서는 6.52~6.8, Sand gravel marsh에서는 현화 6.36에서 반월 7.08까지 다양하고, sand marsh에서는 출현하지 않았으며, Salt swamp에서는 6.67-7.22 까지 나타났다. Estuary marsh에서는 6.84-7.03으로 나타났다. Habitat 유형별 군락의 pH 적정범위는 Clay marsh 6.65, Sand gravel marsh 6.63, Sand marsh 0, Salt swamp 6.85, Estuary marsh 6.94로 나타났으며 Sand marsh 이외에는 평균범위가 pH 0.02~0.31차이로 큰 차이가 없었다. moisture contents는 Clay marsh에서는 18.55~38.05%, Clay marsh지역은 평균 25.98%, Sand gravel marsh는 사구에 가까운 가입리(2.96%)를 뺀 나머지 지역에서 16.54~31.52% 순으로 조사되었고 5개 지역 평균은 21.58%, Salt swamp는 수문지역을 제외한 나머지 5개 지역에서 15.87~21.87%로 나타났고 5지역 평균 17.35로 분석되었다. Estuary marsh에서는 38.87~39.18%로, 평균 39.02%로 분석되었다. 결과적으로 Habitat 유형별 군락의 Moisture contents 적정범위는 Salt swamp 17.35%로 가장 낮게 나타났고 그 다음으로 Sand gravel marsh 21.58%, Clay marsh 25.98%로 나타났고 Estuary marsh는 39.02%로 가장 높게 분석되었다. Salinity는 Clay marsh에서는 0.65~2.20ppt로 나타났고, 평균 1.23ppt로 분석되었다. Sand gravel marsh에서는 비교적 Sand marsh 유형에 가까운 가입0.09ppt 로 가장 낮게 나타났고 현화 2.40ppt로 가장 높게 나타났으며 평균 1.24ppt로 분석되었다. Salt swamp에서는 화동에서 0.3ppt로 가장 낮게 나타났고 장선에서 2.3ppt로 가장 높게 나타났다. Estuary marsh에서는 농주1.35ppt,상내 1.9ppt 순으로 나타났고, 평균 1.63ppt로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh, Salt swamp 1.23ppt 로 가장 낮았으며, Sand gravel marsh 1.24ppt, Estuary marsh는 가장 높은 1.63ppt로 분석되었다. T-N는 Clay marsh에서 봉오와 1.6mg/g~석창에서 2.35mg/g로 나타났고, 평균 1.53mg/g로 분석되었다. Sand gravel marsh는 가입 0.2mg/g로 가장 낮게 나타났고 칠곡이 2.7mg/g로 가장 높게 나타났으며, 평균 0.93mg/g 로 분석되어 칠곡이 다른 4개 지역보다 다소 많은 질소량을 나타내고 있다. Salt swamp에서는 석간 0.57mg/g로 가장 낮게 나왔고 화동이 1.85mg/g로 가장 높게 나타났으며, 평균 0.99mg/g로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Total nitrogen의 적정범위는 Clay marsh, Salt swamp 1.23ppt 로 가장 낮았으며, Sand gravel marsh 1.24ppt, Estuary marsh는 가장 높은 1.63ppt로 분석되었다. A-P는 Clay marsh에서는 석창이 197.6 μ g/g로 가장 낮고 봉오가 232.2로 가장 높게 나타났으며, 평균 220.03 μ g/g로 분석되었다. Sand gravel marsh의 가입에서 117.53 μ g/g로 가장 낮게 나타났고 칠곡에서 206.6 μ g/g로 총질소값과 마찬가지로 Sand gravel marsh는 칠곡이 총질소 값과 유효태인의 값이 가장 높게 나와 칠곡이 오염의 정도가 가장 높은 것으로 사료되었고 Sand gravel marsh의 5개 지역 평균 146.4 μ g/g로 분석되었다. Salt swamp 유형은 화동이 48.4 μ g/g로 가장 낮게 나타났고 장포가 198.4 μ g/g로 비교적 같은 유형의 지역간 차가 가장 컸으며 수문을 뺀 5개 지역의 평균이 124.32 μ g/g로 분석되었다. Estuary marsh의 상내에서는 346.3 μ g/g, 농주에서는 372.6 μ g/g로 나타났고 두 지역 평균 359.3 μ g/g로 비교적 다른 지역보다 높게 나타났다. Habitat 유형별 군락의 Available phosphorus 적정범위는 Salt swamp 124.4 μ g/g로 가장 낮았고 Sand gravel marsh 146.4 μ g/g, Clay marsh 220.03 μ g/g 순으로 나타났으며, Estuary marsh 359.45 μ g/g로 가장 높게 분석되었다. Hardness는 Clay marsh의 줄포에서 1.7 로 가장 낮게 나타났고, 석창에서 9.41로 가장 높게 나타났으며, 평균 4.34로 나타났다. Sand gravel marsh는 비교적 사구성인 가입리에서 0으로 조사되었고, 나머지 4개 지역 현화에서 0.51이 가장 낮고 칠곡12.46이 가장 높고, 평균 5.52로 분석되었다. Salt swamp에서는 수문을 제외한 5개 지역에서 전일에서 1.53이 가장 낮고, 화동

에서 9.82로 가장 높게 조사되었으며, 평균 6.29로 조사되었다. Estuary marsh는 농주에서 0.86, 평균 0.43으로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Hardness 적정범위는 Estuary marsh 0.43 으로 가장 낮았고 Clay marsh 4.43, Sand gravel marsh 5.52, Salt swamp가 6.29로 가장 높게 분석되었다.

6. 분포면적에 대한 환경요인의 상관성

분포면적에 대한 환경요인의 상관성을 그래프로 환산하고 R(상관계수)값에 적용한 결과, pH에서만 0.4558로 약간의 상관관계를 보였으나 괄목할만한 수치는 아닌 것으로 나타났고 그 밖의 M.C, Salinity, T-N, A-P, Hardness등의 상관관계 수치는 전반적으로 낮은 수치로 분포면적에 대한 환경요인의 상관성이 거의 없는 것으로 나타난다.

7. 생육지별 염생식물 및 관속식물 출현률

18개 조사지역에서 조사된 식물상은 총 31과 104종이 조사되었으며, 그 중 염생식물은 14과 49종으로 47.12%의 비율을 나타냈다. 식물의 출현율이 가장 높은 생육지는 saltswamp로서 관속식물이 22과 70종, 염생식물이 12과 36종으로 나타났으며, sandmarsh에서는 관속식물 26과 59종, 염생식물 12과 33종, sandgravelmarsh에서는 관속식물 19과 58종, 염생식물 9과 30종, estuarymarsh에서는 관속식물 11과 34종, 염생식물 8과 24종 순으로 나타났으며, 식물의 출현율이 가장 낮은 생육지는 claymarsh로서 관속식물이 6과 19종, 염생식물이 4과 10종으로 조사되었다.

8. 함평만의 염생식물 분포와 지형과의 관계

라이다를 이용하여 조사된 해당 지역의 가장 두드러진 지형적 특성은 연안사주의 발달이었다. 연구지역 북측에 사질의 연안사주가 2열로 형성되었으며, 외측 사주열이 끝부분에서 분기되어 하나의 사주가 더 형성되었다. 이는 해당 지역의 연안류와 파랑과 관련이 깊다고 할 수 있는데, 연안류의 경우 내만의 특성상 조류가 들어오고 나가는 방향이 남북 방향이며, 이때 형성되는 파랑이 해안 쪽으로 진행함에 따라 퇴적물의 침퇴적 방향이 북북서-남남동 방향으로 형성되었다.

조사 지역은 염습지 군락별 표고 통계 값의 특성을 기준으로 해홍나물 군락과 그 외의 군락으로 구분되었다. 해홍나물 군락의 경우 최저표고가 3.34m인 반면 그 외의 군락인 갈대는 3.83m, 통통마디 4.04m, 갯잔디 3.97m 로 나타나고 있으며, 평균값 또한 해홍나물 군락이 3.74m로 가장 낮으며, 갈대군락이 4.26m, 갯잔디 4.14, 갯질경, 큰비쭉 4.19, 통통마디군락이 4.27로 나타났다. 해홍나물 군락의 범위(range)와 최대값이 다른 군락들과 큰 차이가 나타나지 않는 것은 해홍나물 군락의 면적이 다른 군락의 면적에 비해 상대적으로 넓었기 때문에, 그 안에 포함되는 표고 오차 값에서 기인한 것으로 보여진다. 이는 해홍나물 군락의 표준편차가 다른 군락의 표준편차와 큰 차이가 없는 것에서도 확인할 수 있었다.

9. 함평만 염생식물 분포지역의 미지형 변화

염생식물이 분포하는 지형은 사주로서 연안류 및 파랑 등에 의해 변화가 많은 것이 일반적이다. 이러한 변화는 염생식물의 발아 및 생육에 영향을 줌으로서 결국 군락 분포를 변화시

킬 수 있다. 따라서 사주의 지형적 변화 특성을 파악하는 것이 염생식물의 군락 특성을 이해하는데 중요한 요소라고 할 수 있다. 특히 사주의 변위는 수 cm에서 수 m 이내로 변화량이 지형학적으로 미지형 변화에 해당한다. 일반적인 변화 탐지 기법인 퇴적봉이나 일반 측량으로는 넓은 지역의 미세한 변화를 정량적으로 해석하기에는 어려움이 많다. 본 연구에서는 지상 라이다를 이용하여 해당지역 전체의 미세한 변화를 효율적이면서도 정밀하게 조사하였다. 2006년과 2007년 두 개의 사주 형태는 거의 차이가 없어 보이나, 내측 사주의 끝부분의 형태와 외측 사주의 끝부분의 갯골이 달라진 정도만을 육안으로 확인할 수 있다.

미지형 변화를 확인하기 위하여 두 개의 DEM을 3차원으로 중첩시킨 것이 <Fig. 63>으로, 외측사주가 내측으로 발달한 것을 확인할 수 있다. <Fig. 64>는 두 개의 DEM에 대해 같은 기선으로 단면도를 작성하였다. 이와 함께 주요 지점에 대해 이동거리 및 높이를 계측하였다. 앞서 언급한 것과 같이 외측 사주가 내측으로 이동하였으며, 그 이동 거리는 약 2m 내외였다. 실제 현장 조사 시에 이러한 이동에 대해 연구진은 전혀 인지하지 못했으나, 라이다를 이용하여 정밀 3차원 모델을 바탕으로 이를 확인 할 수 있었다.

<Fig. 65>는 2006년 기준으로 2007년의 표고 변화를 GIS를 이용하여 계산한 것으로, 청색으로 갈수록 퇴적을 의미하며 적색(갈색)으로 갈수록 침식을 의미한다. 그림에서 내측 사주의 내측부의 약간의 침식이 보이고 있으나 전체적으로 큰 변화는 없다고 할 수 있다. 그러나, 외측 사주의 경우 앞서 언급한 대로 내측으로 이동하였기 때문에 퇴적을 의미하는 청색 띠가 진하게 나타나고 있다. 그리고, 그 외측에 퇴적을 의미하는 청색 지역이 보이고 있으며, 이는 새로운 사주라고 할 수 있는 그러나, 그 외측(서쪽)에 다시 적색의 면이 나타나고 있다. <Fig. 66>은 이 부분의 단면도 분석결과를 3차원적으로 나타낸 것으로 2007년도에 내측으로 발달한 사주로 인해 청색으로 표시되나, 그 바깥쪽(그림에서는 왼쪽)에 2006년 사주가 덮는 형태로 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이러한 형태의 침퇴적 양상은 사주의 단면 특성(<Fig. 67>)에 따라 나타나는 현상이라고 할 수 있다. <Fig. 67>은 2006년과 2007년 사주 단면을 나타낸 그림으로, 외측에서부터 완만히 높아지다가 경계지점에서 급격한 경사를 가지는 사주가 2007년에 내측으로 이동한 것을 확인 할 수 있다. 이러한 형태적 특성으로 인하여 평면적 침퇴적 분포가 나란히 나타난다.

제 5 절 환경 친화적 에코블럭 개발 및 제작

1. 염습지 에코블럭의 현장 적용 및 적용기법

가. 염습지 에코블럭 특성 및 현장 적용 종류

염습지 에코블럭 특성은 첫째, 염습지 에코블럭 소재는 야자수 껍질로 제작하였기 때문에 해안 염습지에서 일정시간이 지나면 자연 분해되면서 주변 환경에 친화적이다. 둘째, 염습지 에코블럭은 해안 염습지 특성에 따라서 염생식물군락을 활용하여 맞춤형 제작이 가능하여 지역 특성에 적합한 연안생태계 복원이 가능하다. 셋째, 연안 염습지 현장에 적용할 수 있는 에코블럭의 내부에는 염생식물 유근과 잔 뿌리가 발달된 상태이므로 연안 습지에서 뿌리의 활착과 정착 능력이 높다. 넷째, 에코블럭을 주문제작시 해안의 파도에 의한 유실을 방지하기 위하여 에코블럭 자체 무게를 증가시킴으로서 안정적으로 정착할 수 있는 에코블럭이 가능하다. 본 조사연구에서 활용한 염습지 에코블럭은 평판매트형, 반구개방형매트, 반구폐쇄형매트의 3종류를 이용하였다.

2. 에코블럭 시범복원지역의 선정 및 염생식물과 연안환경

가. 복원을 위한 갈대(종)선정

- 1) 18개 조사지점에서 식물상과 식물군락을 조사한 결과 18개 지점중 15개지점에서 조사되었으며, 염생식물 군락중 가장 높은 출현 빈도를 보였다.
- 2) 가장 넓은 면적으로 군락을 형성하고 있다. 이와 같은 결과를 볼 때 염습지에서 갈대군락은 가장 잘 적응하여 생육하는 종으로 사료되어 갈대를 복원 종으로 선정하였다.

나. 복원 적합지역 선정

- 1) 갈대군락 토양환경요인을 분석한 결과 생육지역의 대표적 특성은 사질성 염습지로 나타났다.
- 2) 18개 조사지역중 현화리는 사질성 염습지의 표준형을 보여주고 있다.
- 3) 종다양성이 높게 나타나는 지역이다.
- 4) 군락의 다양성 및 군락분포가 안정적이다.
- 5) 연안염습지의 자연성이 높게 나타나는 지역이다.

다. 복원지점 선정

- 1) 해안 염습지의 경우 식물군락분포에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로는 고도로써, 복원 지역에서 갈대군락의 경우는 조위가 470cm인 지역에서 출현하여 복원지점을 선정하였다.
- 2) 복원지점의 주변에 생육하는 갈대군락과의 연결성을 높이기 위해 복원지점을 선정하였다.
- 3) 고도에 따른 갈대군락의 정착률을 알아보기 위해 복원지점의 기준으로 하여 전·후 지점에 평판매트형을 설치하였다.

라. 시범복원지역의 연안환경

1) 조위변화

복원시범지역의 고도를 측정하기 위해 수위측정기를 이용하여 2008년 1월 4일부터 2월 12일 까지 갈대군락내에서 조위변화를 조사한 결과 영광지역의 조위가 470cm일 경우 갈대군락의 침수가 시작되었다. 특히 복원지역의 경우 1개월 동안 침수되는 횟수는 평균 16회 정도로 나타났다. 이러한 자료를 기준으로 하여 복원지점은 해발 470cm 이상 지역에 에코블럭을 설치 적용하였다.

2) 수질환경

에코블럭의 염생식물이 현장에서 적용할 시에 가장 영향을 많이 받을 수질환경에 대하여 년 중 비교적 수온이 낮은 시기 인, 2008년 1월 4일부터 2월 12일까지 현장의 수질환경을 측정한 결과 수온은 1월 26일 2.77℃로서 가장 낮고, 표준 전기전도도는 1월 6일 8.29mS/cm, 염도는 1월 6일 4.58ppt로 나타났다.

제 6 절 연안생태계 복원 및 관리기술 개발

1. 에코블럭 적용 후 연안생태계 변화 모니터링

가. 에코블럭 현장 적용

본 연구에서 현장 적용한 에코블럭은 2007년 11월 25일 부터 2008년 3월 20일까지 약 4개월 동안 주요 생육상태와 에코블럭의 적용상태를 관찰하였다. 현장 적용 후, 2회에 걸쳐 유실이

일어나면서 보수작업과 유실방지를 실시하고, 에코블럭의 안정과, 정착을 확인하였다. 3월 20일 현재, 주변 갯벌 토양의 유입과 에코블럭 자체의 염생식물 뿌리가 활착되면서 염생식물의 유묘가 출현하기 시작하여 정상적인 생육이 일어나고 있었다. 본 연구에서 활용한 염습지 에코블럭의 장,단점은 평판매트형에서는 단기간에 연안해안에 활용이 가능하고 파도에 의한 유실이 적으며 안정적이다. 반구개방형매트와 반구폐쇄형매트는 맞춤형 적용이 가능하고, 현장 운반이 편리하지만, 해안조위에 따라 유실이 예상되며, 그에 따른 에코블럭의 고정장치가 필요하다.

나. 연안염습지 에코블럭 모니터링

본 조사연구에서 활용한 맞춤형 연안염습지 에코블럭을 현장에 적용한 후, 월별 주요 생육상태인 염생식물의 개체수, 줄기직경, 개체높이 등의 변화를 모니터링 하였다. 현재까지 현장에 적용한 3종류 에코블럭은 정착되고 있지만 에코블럭 종류별 차이가 나타나면서 지속적인 모니터링이 필요한 실정이다.

2. 에코블럭을 활용한 연안생태계 복원 및 관리기술 개발

지금까지 조사연구에 의하여 연안생태계 관리 기술개발로서 친환경적인 방법인 염습지 에코블럭을 활용하여 현장에서 적용하는 주요 관리기술 내용은 다음과 같다.

가) 연안생태계에 서식지 특성에 적합한 종을 선정하여야한다.

본 조사지역에서 해안의 서식지별 저토환경요인에 따라서 염생식물군락이 발달하고 있었다. 따라서 에코블럭을 현장에 적용하기 위해서는 먼저 복원 연안 대상지역의 저토환경과 에코블럭에 적용한 염생식물의 생리생태적 특성에 적합한 염생식물을 선정하여야한다. 본 조사연구에서 적용한 갈대군락의 서식지는 해안주변에서 인근 육지로부터 담수의 유인이 이루어지는 지형을 중심으로 생육하고 있으며, 다년초로서 지하 근경은 길게 옆으로 번지면서 발달하고 수염뿌리가 내리면서 주변 토양환경에 따라 뿌리활착과 지하경의 유근발달에 영향을 미친다.

나) 해안 주변 육상에서 에코블럭용 유묘를 재배하여 활용한다.

에코블럭을 제작할 때에는 적용할 식물 종자를 에코블럭에서 발아시킨 후 2-3년 동안 유묘배단지에서 재배하여 유묘의 뿌리활착이 충분히 이루어진 에코블럭을 활용하여야 한다.

다) 현장적용 에코블럭은 연안의 자연 지리적 특성에 적합지역에 적용한다.

해안 지역은 하루 2회 침수되면서 조석변화에 따른 침수시간과 침수저위가 각각 변하기 때문에 현장적용 장소, 이식일시, 시간을 사전에 충분히 조사가 이루어져 해수침식과 해상조건이 안정된 기간과 시간에 이식한다.

V. 연구개발 결과의 활용방안

1. 연안생태계 복원화사업 활성화

자연환경이 본래 가지고 있는 회복력을 이용하여 생태적으로 건강하게 유지하는 생태환경복원 기술은 생태공학 기술, 환경공학기술을 바탕으로 생태환경 복원사업, 서식처 복원사업, 동식물 이동통로 복원사업, 해안침식 방지사업, 토양과 수질오염 방지사업, 바이오산업, 자생식물 보존 및 자원 관리사업, 생태공원 조성사업 등에 크게 활용될 것으로 기대된다.

- 1) 육상과 해양을 연결하는 해안 염습지의 우수한 염생식물 군락을 발굴함으로써 야생 동·식물 이동통로를 건설하여 종다양성을 증가시켜 줄 수 있는 서식처 복원기술.
- 2) 해안 염습지의 유형에 따른 염생식물의 발아, 생장 및 정착과정을 근권 미생물과 함께 규명하여 해안 염생식물의 군락형성 원인과 그 특징이 파악됨으로써 훼손 또는 파괴된 해안선과 해안 염습지 복원화 기술.
- 3) 해안 염습지 생물과 환경에 대한 종합적이고 지속적인 연구를 통하여 멸종위기종, 특산종, 상업종, 환경지표종 등 주요 보존가치 등급을 판정하여 정부 또는 지방자치 단체에게 해안 염습지 보존지역의 지정 및 관리에 관한 근거와 기술을 제공.
- 4) 해안 염습지 생태계의 유용한 생물종의 유전자원 보존에 필요한 최적지 선정과 보존면적을 설정하는 현장보존기술사업으로서 간척지 또는 파괴된 해안 염습지 지역에서 염생식물의 복원능력을 평가하고 해안 염습지 생태계의 빠른 회복을 유도 할 수 있는 생태계 복원기술 개발.
- 5) 연안의 생태적 가치 재 인식과 자연경관의 보전 및 연안의 정비를 통한 환경 친화적 연안을 조성함으로써 연안 해안에 위치한 명승지, 해수욕장 등 기존의 관광지 외에 어촌 등 휴식공간의 조성과 함께 시민의 접근을 용이하게 한다.

본 연구에서는 연안생태계 유형과 서식처 환경특성에 따라 염생식물의 군집구조와 해안 염생식물분포 양상의 상호작용이 규명되었으며, 이를 바탕으로 생태학적 방법에 의한 연안환경복원 사업과 바이오산업이 연결되어 그 중요성이 부각되고 있다. 최근에 들어서는 자생식물의 활용성에 대한 인식 증가로 국내 토착 자생식물을 이용한 환경복원 사업이 활성화될 전망이며 유전자원 확보 차원에서 바이오산업과 연결되어 크게 활성화 될 것으로 예상된다. 이를 바탕으로 연안생태계 복원사업의 대상에 따라 맞춤형 복원용 에코블록이 개발됨으로서 친환경적 Eco블록은 습지 생태계의 유지 기술을 위한 최적 방안이다. 습지 복원 기술은 염습지의 특성과 조류 특성을 파악한 후 식재될 식물 종을 선택하여야 하는데 eco블록을 통하여 최적지를 찾아낼 수 있을 뿐만 아니라 각종 저서무척추동물과 치어들의 생육지를 제공할 수 있고, 복원생태계가 안정화 되면 해양 수산자원 보존에도 지대한 영향을 미칠 것으로 사료된다. 이들 관련 환경복원사업의 적극적인 사업 활성화가 예상된다.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Technique development for vegetation restoration and management of coastal ecosystems

II. Objective and necessity of the project

Salt marshes are the ecotones between land and sea. The salt marsh can be divided into two distinctly different zones. The lowest zone is inundated by the tide twice each day and the second receives tidal inundations only irregularly. It comprises salt marshes, sand dunes and estuaries. Salt marshes are one of the most biologically productive habitats on the ecosystems. This is partly due to the daily tidal surges that bring in nutrient, the natural chemical activity of salty water, the tendency of nutrients to settle in roots of the plants and the tendency of algae to bloom in the shallow unshaded water.

The salt marsh ecosystem depends on the primary producers in salt marshes. The primary source of food originates in the thick salt marsh vegetation. Only a small amount is consumed directly; most is eaten after it dies. Upon its death, it is partially decomposed by bacteria and fungi into minute particles called detritus, the bacteria potentially doubling the protein content of the dead plant. Washed into the salt marsh at high tide, the detritus creates a nutrition soup which forms the base of the estuarine food chain. Other consumers are zooplankton and filter feeders. Larger algae grow in the water and provide food as they decay. Diatoms coating the mud surface photosynthesize when the tide goes out.

Physical and biological processes might contribute to salt marsh erosion. There are two contentious issues: (i) salt marsh erosion is the result of coastal squeeze, where sea walls prevent a landward migration of a salt marsh; (ii) saltmarsh erosion is linked to bioturbation and herbivory of seedlings by worm. Several methods may be used to prevent coastal erosion - to increase the height and stability of existing salt marshes, or to repair damaged salt marsh and thus encourage salt marsh sedimentation. Conditions conducive to natural dune formation, including plantings of native vegetation or installation of structural barriers can be provided to start and accelerate salt marsh sedimentation. Planting of native salt resistant vegetation, is the primary method for erosion prevention, marsh construction, improvement and repair. Physical structures, such as fencing or hedges can help trap mudflat or sand and stabilize salt marshes, and are often used in conjunction with vegetation establishment.

A comprehensive study of coastal vegetation was undertaken. Hierarchical syntaxonomic classifications of the halophyte vegetation and halophyte and soil relationships in coastal wetlands, coastal vegetation dynamics and succession in reclaimed land, soil factors affecting the plant communities of coastal wetlands, invasive plants on disturbed sand

dunes and the ecophysiological characteristics of halophytic species were studied. Also, distribution and abundance of coastal plants within and across coastal wetlands types, vegetation types by remote sensing, field works and GIS (Geographical Information System) were studied and restoration plans were prepared considering to environmental factors.

The objectives of the current study are to develop the technique of the coastal vegetation restoration in the southwestern coastal wetlands of South Korea from July 2007 to April 2008. The species selection and database establishment of salt marsh plant communities and environmental factors were studied in first year and the eco-blocks of 3 types and technique of coastal vegetation restoration and coast management were developed in second year.

III. Range of research and development

1. Plant species selection for coastal ecosystem restoration

(1) Distribution of salt marsh plants

- Flora of salt marsh plants
- Salt marsh plant communities
- Salt marsh vegetation maps
- Salt marsh plant productivity

(2) Coastal ecosystem type classification

- Classification of topological and geographical conditions
- Characteristics of plant communities in each coastal ecosystem type

2. Database establishment of salt marsh plant communities and environmental factors

(1) Environmental factors

- Climatic factors
- Soil analyses
- Current characteristics
- Water environments

(2) Database establishment

- Plant communities and environmental factors
- Plant community distribution in each coastal ecosystem type
- Database establishments

3. Environmen-friendly eco-block development and manufacture

- Eco-block development considering current characteristics and soil textures
- Using environmen-friendly materials
- With coastal ecosystem types

4. Technique development of the coastal ecosystem restoration and management

(1) Salt marsh plant communities and their relations

- Their relations among coastal ecosystem types
- Habitat environments and plant communities

(2) Salt marsh plant community establishment

- Growth and morphology
 - Optimum environments
- (3) Technique development of restoration and management using eco-blocks
- Application of eco-blocks in fields
 - Monitoring coastal ecosystems after eco-block installation
 - Application of stability mechanisms for establishment and development of management techniques

IV. Results of Research and Development

Section 1. Plant species selection for salt marsh restoration

The 18 sites were investigated for salt marsh restoration. There were 31 family and 104 species in the vascular plants and 14 family and 49 species (47.12%) in halophytes. In research areas, there were *Phragmites communis*, *Carex scabrifolia* community, *Zoysia japonica* community, *Suaeda maritima* community, *Elymus mollis* community, *S. japonica* community, *S. asparagoides* community, *Vitex rotundifolia* community, *Artemisia fukudo* community, *Carex kobomugi* community and *Salicornia herbacea* community. In results, *P. communis* which was high occurrence ratio, distribution area and biomass, were selected for salt marsh restoration.

Section 2. Database establishment of salt marsh plant communities and environmental factors

1. Soil environments in salt marsh plant communities

Soil factors in eighteen sites were investigated (Table 38).

2. Structure of salt marsh plant communities

In the intraset correlations of soil factors, we noted that CCA Axis I was significantly correlated with sand contents and elevations (Fig. 36). These results suggest a strong association between the vegetation and the measured soil factors. This fact becomes more clearly in the ordination biplot. On CCA Axis 1 and 2, the salt-marsh species groups include *Triglochin maritimum*, *P. communis*, *S. maritima* and *S. asparagoides* communities, the sand-marsh species group include *E. mollis*, *C. kobomugi* and *Imperata cylindrica* var. *koenigii* communities, the clay-marsh species group include *S. japonica* and *Z. japonica* communities, the estuary-marsh species group include *T. maritimum*, *S. japonica* and *C. scabrifolia* communities, and the salt-swamp species group include *C. scabrifolia*, *T. maritimum* and *P. communis* communities.

3. Soil factors in salt marsh plant communities

3.1. Coastal marshes

1) Clay marshes

Clay marshes were found on Buan-gun Julpo-ri, Muan-gun Bongo, Hampyung-gun Seokchang.

2) Sand gravel marshes

Sand gravel marshes were found on Youngkwang-gun Chilgok, Muan-gun Hyunwha, Muan-gun Gaip, Gohung-gun Jungsan, Yeosu Banwol.

3) Sand marshes

Sand marshes were found on Gochang-gun Sangha-ri and Muan-gun Songseok-ri.

3.2. Estuary marshes

1) Salt swamps

Salt swamps were found on Kangjin-gun Jangpo, Janghung-gun Sumun, Bosung-gun Jeonil and Seokchang, Gohung-gun Jangsun, Yeosu Whadong.

2) Estuary marshes

Estuary marshes were found on Suncheon Nongju and Sangnae.

4. Database establishment of plant communities and environmental factors

Coastal salt marshes were classified into clay marsh, sand gravel marsh, sand marsh, salt swamp or estuary marsh according to environmental factors.

5. Environmental factors and optimum ranges of plant communities

The optimum ranges of environmental factors of salt-marsh species groups were investigated.

6. Correlation between distribution area and environmental factors

Correlation coefficient between distribution area and pH was 0.4558, but M.C, salinity, T-N, A-P and hardness were very low.

7. Occurrence rate of halophyte and vascular plants

In 18 sites, there were 31 family and 104 species in the vascular plants and 14 family and 49 species in halophytes. In salt swamps, there were 22 family and 70 species in the vascular plants and 12 family and 36 species in halophytes. In sand marshes, there were 26 family and 59 species in the vascular plants and 12 family and 33 species in halophytes. In sand gravel marshes, there were 19 family and 58 species in the vascular plants and 9 family and 30 species in halophytes. In estuary marshes, there were 11 family and 34 species in the vascular plants and 8 family and 24 species in halophytes. In clay marshes, there were 6 family and 19 species in the vascular plants and 4 family and 10 species in halophytes.

8. Coastal plant distribution and topology in Hampyung-man

The longshore bar that extend along the shore near the breakpoint of the waves was developed in Hampyung-man. The lowest elevations of plant distributions were 3.34m, 3.83m, 4.04m and 3.97m in *S. maritima*, *P. communis*, *S. herbacea* and *Z. japonica* communities. The average elevations of plant distributions were 3.74m, 4.26m, 4.14m, 4.19 and 4.27 in *S. maritima*, *P. communis*, *Z. japonica*, *A. fukudo*, and *S. herbacea* communities.

9. Micro-topology and plant distributions in Hampyung-man

The longshore currents in the barred beach affected germinations, growths and plant community distributions. In this study, the longshore bars were measured by terrestrial LiDAR. During 2006 and 2007 outer sandbar moved toward the beach with incoming waves.

Section 3. Environment-friendly eco-block development and manufacture

1. Application of salt-marsh eco-block in fields

1.1. Characteristics of salt-marsh eco-blocks

- 1) Environment-friendly material - palm shell
- 2) Made-to-measure eco-blocks
- 3) Development of radicles in eco-blocks
- 4) Stable - by weight increment
- 5) Flat-plate type, open type, close type - 3 types

2. Selection of eco-block restoration area

2.1. *P. communis* selected for restoration

- 1) In 18 sites, *P. communis* communities showed the highest frequency of occurrence.
- 2) The communities showed the widest area of plant communities.

2.2. Selection of restoration area

- 1) Sand gravel marshes - Muan-gun Hyunwha
- 2) High diversity and stable community
- 3) Non-disturbance area

2.3. Selection of restoration site

- 1) Tide level of *P. communis* communities - 470cm
- 2) Near *P. communis* communities
- 3) With different elevations
- 4) Flat-plate types

2.4. Coastal environment of eco-block restoration area

1) Tide levels

From January to February 2008 *P. communis* communities began to submerge in tide level 470cm.

2) Water environment

From January to February 2008 the lowest water temperature were 2.77°C in 26 January, electrical conductivity were 8.29 mS/cm and salinity were 4.58ppt in 6 January.

Section 4. Technique development of the coastal ecosystem restoration and management

1. Monitoring coastal ecosystems after eco-block installation

1) Eco-block installation in fields

Eco-block were installed on November 2007 to March 2008. On March 2008 halophyte seedling occurred and had normal growth.

2) Eco-block monitoring

Changes of plant number, stem diameter, height were monitored monthly.

2. Technique of the coastal ecosystem restoration and management

1) Plant species selection

2) Seedling culture for eco-blocks manufacture near beaches

3) Application according to environmental characteristics

V. Utility of Results of Research

1) Habitat restoration and increasing species diversity by construction and maintenance activities in wildlife corridors.

2) Restoration of disturbed or destructed salt marshes and beaches using coastal plant establishment mechanisms

3) Many of coastal plants species were classified as threatened species, endemic species, commercial species and indicator species

4) Optimum site selection and conservation area determination of genetic resources conservation of useful species in coastal salt marshes

5) Assessment of restoration ability and technique development of rapid ecological restoration

6) Incorporation of ecological, heritage, recreational and landscape components into conservation and management system.

Contents

I	Summary of research and development	28
1	Necessity of research and development.....	28
1)	Importance of technology and social economy on research and development.....	28
(1)	Points of Technology.....	31
(2)	Points of economy and industry.....	31
(3)	Points of society and culture.....	32
II	Current status of technology development in Korea and the world and technology information	33
1	Global level of research and development.....	33
2	Tendency of technology in Korea and the world.....	34
1)	Tendency of Korea technology.....	34
2)	Tendency of global technology.....	35
III	Contents and results of research and development	39
1	Overview of research areas.....	39
2	Methods.....	40
1)	Survey of halophytes.....	40
(1)	Flora of halophytes.....	40
(2)	Halophytes communities.....	40
(3)	Actual vegetation of halophytes.....	40
(4)	Biomass of halophytes.....	40
2)	Sedimentary environment in halophytes communities.....	41
(1)	Moisture contents.....	41
(2)	Organic matter.....	41
(3)	pH, Electronic conductivity, Salinity.....	41
(4)	Available phosphorous.....	41
(5)	Total nitrogen.....	41
(6)	Soil texture.....	41
(7)	Soil hardness.....	41
3)	Distribution analysis of halophytes using LiDAR.....	42
(1)	Methods.....	42
3	Selection of optimal species for restoration of salt marsh.....	44
1)	Julpo.....	44
(1)	Flora.....	44
(2)	Dominance community of halophytes.....	44
(3)	Height, density and biomass.....	46
2)	Bongoh.....	46
(1)	Flora.....	46

(2) Dominance community of halophytes	46
(3) Height, density and biomass	48
3) Seokchang	48
(1) Flora	48
(2) Dominance community of halophytes	49
(3) Height, density and biomass	50
4) Chilgok	50
(1) Flora	50
(2) Dominance community of halophytes	51
(3) Height, density and biomass	53
5) Hyeonhwa	53
(1) Flora	53
(2) Dominance community of halophytes	54
(3) Height, density and biomass	56
6) Gaip	57
(1) Flora	57
(2) Dominance community of halophytes	57
(3) Height, density and biomass	59
7) Jungsan	59
(1) Flora	59
(2) Dominance community of halophytes	59
(3) Height, density and biomass	62
8) Banweol	63
(1) Flora	63
(2) Dominance community of halophytes	63
(3) Height, density and biomass	65
9) Sanghwa	65
(1) Flora	65
(2) Dominance community of halophytes	66
(3) Height, density and biomass	68
10) Songseok	68
(1) Flora	68
(2) Dominance community of halophytes	69
(3) Height, density and biomass	71
11) Jangpo	72
(1) Flora	72
(2) Dominance community of halophytes	72
(3) Height, density and biomass	74
12) Sumoon	74
(1) Flora	74
(2) Dominance community of halophytes	74

(3) Height, density and biomass	76
13) Jeonil	77
(1) Flora	77
(2) Dominance community of halophytes	77
(3) Height, density and biomass	80
14) Seokgan	80
(1) Flora	80
(2) Dominance community of halophytes	80
(3) Height, density and biomass	82
15) Jangsun	83
(1) Flora	83
(2) Dominance community of halophytes	83
(3) Height, density and biomass	85
16) Hwadong	85
(1) Flora	86
(2) Dominance community of halophytes	86
(3) Height, density and biomass	88
17) Nongju	88
(1) Flora	88
(2) Dominance community of halophytes	89
(3) Height, density and biomass	91
18) Sangnae	91
(1) Flora	91
(2) Dominance community of halophytes	91
(3) Height, density and biomass	93
4 Construction of database system of environment factors on coastal ecosystem and halophyte communities	94
1) Environmental survey of coastal ecosystem	94
2) Relationship Analyses of habitate environment and community characteristics	96
(1) CCA ordination analysis for plant community and soil environmental factors	96
3) Soil environmental factors of halophytes community for habitate type	98
(1) Coastal marsh	98
(2) Estuary marsh	103
4) Construction of database system for halophytes and environmental factors	108
(1) Distribution survey of environmental factors according habitate types	108
5) Distribution survey of halpphytes community according habitate types	111
6) Correlation of enviroment to distribution area	124
7) Halophytes and vascular plants to habitate type on coastal ecosystem	126
8) Relationship of halophyte distribution and geomorphology in Hampyung bay	127
9) Geomorphology change of halophyte distribution in Hampyung bay	134
5 Development and Manufacture of eco-block	139

1) Investigation of Eco-material and manufacture of optimal eco-block to coastal ecosystem types.....	139
6 Restoration of coastal ecosystem and development of management technique.....	141
IV Achievement of the research and contribution to the field.....	155
V Application plan of research results.....	159
VI Reference.....	162
Appendix The list of flora.....	174

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	28
제 1 절 연구개발의 필요성	28
1. 연구개발의 과학기술, 사회경제적 중요성	28
가. 기술적 측면	31
나. 경제, 산업적 측면	31
다. 사회, 문화적 측면(공공성 포함)	32
제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보	33
제 1 절 연구개발 기술의 세계적 수준	33
제 2 절 국내 및 국외 관련기술 동향	34
1. 국내기술동향	34
2. 국외기술동향	35
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	39
제 1 절 조사지역 현황	39
제 2 절 조사방법	40
1. 염생식물 조사	40
가. 염생식물상	40
나. 염생식물군락	40
다. 염생식물 현존식생도작성	40
라. 염생식물 생산량측정	40
2. 염생식물 군락지 저토환경 특성	41
가. 수분함량(Moisture content)	41
나. 유기물함량(Organic matter)	41
다. 토양산도(pH), 전기전도도(Electric conductivity), 염도(Salinity)	41
라. 가용성인(Available phosphorous)	41
마. 총질소(Total nitrogen)	41
바. 토성(Soil texture)	41
사. 토양경도	41
3. 지상라이다를 이용한 시범지역(함평만) 염생식물 분포분석	42
가. 연구방법	42
제 3 절 연안생태계복원에 필요한 적합종 선정	44
1. 줄포	44
가. 식물상	44
나. 염생식물의 우점군락	44
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	46
2. 봉오	46
가. 식물상	46
나. 염생식물의 우점군락	46
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	48

3. 석창	48
가. 식물상	48
나. 염생식물의 우점군락	49
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	50
4. 칠곡	50
가. 식물상	50
나. 염생식물의 우점군락	51
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	53
5. 현화	53
가. 식물상	53
나. 염생식물의 우점군락	54
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	56
6. 가입	57
가. 식물상	57
나. 염생식물의 우점군락	57
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	59
7. 중산	59
가. 식물상	59
나. 염생식물의 우점군락	59
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	62
8. 반월	63
가. 식물상	63
나. 염생식물의 우점군락	63
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	65
9. 상하	65
가. 식물상	65
나. 염생식물의 우점군락	66
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	68
10. 송석	68
가. 식물상	68
나. 염생식물의 우점군락	69
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	71
11. 장포	72
가. 식물상	72
나. 염생식물의 우점군락	72
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	74
12. 수문	74
가. 식물상	74
나. 염생식물의 우점군락	74
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	76
13. 전일	77

가. 식물상	77
나. 염생식물의 우점군락	77
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	80
14. 석간	80
가. 식물상	80
나. 염생식물의 우점군락	80
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	82
15. 장선	83
가. 식물상	83
나. 염생식물의 우점군락	83
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	85
16. 화동	85
가. 식물상	86
나. 염생식물의 우점군락	86
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	88
17. 농주	88
가. 식물상	88
나. 염생식물의 우점군락	89
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	91
18. 상내	91
가. 식물상	91
나. 염생식물의 우점군락	91
다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량	93
제 4 절 연안생태계 염생식물 군락과 환경요인의 Database 구축	94
1. 연안생태계 환경특성조사	94
2. 서식지 환경특성과 군락특성의 관계규명	96
가. 저토환경요인에 따른 염생식물 군락의 ordination	96
3. 생육지별 염생식물 군락의 저토환경요인	98
가. 해안성 염습지(Coastal marsh)	98
나. 하구성 염습지(Estuary marsh)	103
4. 연안생태계 염생식물과 환경요인의 Database구축	108
가. 연안생태계 유형에 따른 환경요인의 분포역조사	108
5. 연안생태계 유형에 따른 염생식물군락의 분포역조사	111
가. 생육지 유형에 따른 군락의 적정 범위	111
6. 분포면적에 대한 환경요인의 상관성 분석	124
7. 연안생태계 유형별 염생식물 및 관속식물 출현률	126
8. 함평만의 염생식물 분포와 지형과의 관계	127
9. 함평만 염생식물 분포지역의 미지형 변화	134
제 5 절 환경 친화적 에코블럭 개발 및 제작	139
1. 환경 친화적 물질탐색 및 연안생태계특성에 적합한 에코블럭제작	139
가. 염습지 에코블럭 특성 및 현장 적용 및 종류	139

제 6 절 연안생태계 복원 및 관리기술개발.....	141
1. 에코블럭 시범복원지역의 선정 및 염생식물과 연안환경	141
가. 복원을 위한 갈대(종)선정	141
나. 복원 적합지역 선정	141
다. 복원지점 선정	141
라. 시범복원지역의 연안환경	141
2. 에코블럭 현장 적용 및 기법의 다양화	145
가. 에코블럭 현장 적용 및 기법의 다양화	145
3. 에코블럭적용후 연안생태계 변화 모니터링	150
4. 연안생태계 안정화 기작 규명 및 관리기술개발	153
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	155
제 1 절 연구개발 목표 달성도	155
제 2 절 연구개발 기술발전 기여도	156
1. 기술적 측면	156
2. 경제.산업적 측면	156
3. 사회·문화적 측면	157
제 5 장 연구개발결과의 활용계획.....	159
1. 연구개발결과의 활용방안	159
2. 맞춤형 해안 복원 에코블럭 사업화 가능	161
3. 본 연구와 관련 추가 연구의 필요성	161
제 6 장 참고문헌	162
별 첨 The list of flora.....	174

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 과학기술, 사회경제적 중요성

해안염습지는 육상 생태계와 해양생태계의 추이대로, 육상과 해양생태계를 연결해 주는 매우 중요한 생태계이다. 이곳은 해수의 조석에 따라 서식처가 주기적으로 만조시 물속에 잠기고 간조시 노출되는 매우 독특한 생태계로서 해안, 해안사구, 강 하구를 포함한다.

이러한 생태계는 육상으로부터 하천이나 강 또는 지표수나 지하수를 통하여 질소원과 유기영양 물질들이 끊임없이 공급되고, 해양으로부터 해수의 조석작용에 따라 무기영양염류가 유입되는 곳으로, 무기와 유기영양염류가 풍부하기 때문에 지구상에 존재하는 여러 유형의 생태계 가운데 생산성이 가장 높은 것이 특징이다. 이러한 해안염습지의 높은 생산성으로 말미암아 해안염습지는 방목 먹이사슬과 더불어 부니질 먹이사슬이 잘 발달되어있으며, 많은 종류의 종속영양생물 즉, 박테리아, 곰팡이, 저서무척추동물, 어패류 및 먹이연쇄의 최상위인 조류들까지 다양한 생물이 서식한다. 특히 육상과 해안의 완충지역에서 생육하는 염생식물 군락만이 해안선 침식을 방지하는데 가장 효과적이다. 인위적으로 해안염습지에 제방을 축조하게 되면 강한 파랑에 의하여 제방이 유실되고, 오히려 토양이 침식되기 쉬우나 해안선을 식생이 덮고 있을 경우는 식물의 뿌리에 의해 토양이 고정되기 때문에 쉽게 침식되지 않는다. 이러한 원리를 이용한 해안침식지의 맞춤형 식생대 조성은 해안선 복원 및 해안침식방지에 가장 경제적인 기법이라고 도출될 수 있을 것으로 본다. 그 외에도 염생식물군락의 분포는 다음과 같은 역할을 나타낸다.

첫째, 염생식물 군락은 높은 1차 생산자 및 먹이연쇄의 기초 생산자로서 해안염습지의 종다양성을 증대시켜준다. 그 예로 우리나라 갈대의 연간 생산량은 $3,164\text{g}/\text{m}^2$ 으로 전 세계 육지 생태계의 평균생산량 $773\text{g}/\text{m}^2$ 보다 높고 New England 염습지의 $650\sim 950\text{g}/\text{m}^2$ (Niering and Warren, 1980)와 Florida 망그로브 습지의 $444\sim 810\text{g}/\text{m}^2$ (Twilley et al., 1986)에 비교하여도 매우 높은 양이다. 특히, 온대지방의 해안 염생식물의 높은 1차생산량은 초식동물이 거의 없기 때문에 대부분 해안염습지에서 분해되어 입자성 유기물은 이곳에 생육하는 게나 갯지렁이 등과 같이 저서무척추동물의 먹이로 이용되며, 용존성 유기물은 저서성 규조류나 플랑크톤의 기초생산에 이용되어 궁극적으로 염생식물은 해안염습지에서 먹이연쇄의 기초 생산자로서 종속 영양생물의 종다양성을 증가시켜 주는 중요한 역할을 한다.

둘째, 갈대나 그 밖의 염생식물 군락의 분포는 육상과 해양생태계간, 또는 해안염습지간 동·식물의 이동통로, 서식처 및 피신처를 제공하여 이들 종의 분포가 증대된다. 예를 들어 해안염습지에서 염생식물이 발달한 곳은 염생식물이 분포하지 않는 지역에 비하여 저서 무척추 동물상과 생물량이 2~3배 높은 값을 보였다. 그밖에 염생식물 군락은 낙동강이나 순천만처럼 조류의 서식처와 산란장으로서도 매우 중요하다.

셋째, 해안식물이나 식생에 대한 연구는 뚜렷한 대상구조로 안정된 생태계를 유지하기

때문에 좁은 장소 내에서 군락의 구조의 형성과 천이기작 등을 밝힘으로써 생태계의 안정성과 건강상을 파악 할 수 있다.

넷째, 해안염습지는 육상이나 해양생태계와 다른 독특한 환경을 구성하고 있어 육상이나 해양의 일반적인 생태계에 비하여 면적이 극히 협소하지만 이 지역에서만 서식하는 특유한 염생식물이 존재하며, 이들의 일부는 법적보호를 받아야만 종 보존이 가능한 경우도 있다.

다섯째, 해안염습지는 전 세계적으로 한정되어 있는 희귀한 곳이며, 지금까지 육상생태계에서 발견되지 않았던 염생식물의 유용 유전자원이나 신물질이 발견될 확률이 매우 높은 지역이다. 최근 들어 해안염습지 하부 물속에서 생육하는 *Zostera*라는 현화식물로부터 다양한 항생제가 개발되고 있으며, 해안염습지 최상위에 분포하는 통통마디를 한 방에서는 함초라 하여 그 즙을 성인병예방과 그 치료에 활용하고 있다. 또한 앞으로 육상 경작지는 부적절한 관개, 비료살포, 토양오염 등으로 토양의 염분농도가 급속도로 증가할 것으로 예상되므로 앞으로의 작물은 내염성이 강한 종만이 살아남을 수 있을 것이다. 따라서 염분 토양에서 자랄 수 있는 작물을 개발하는데 염생식물로부터 내염성 유전자를 획득할 수밖에 없으므로 유용한 유전자원 확보차원에서 염생식물의 현장 보존은 매우 중요하다.

여섯째, 해안 염생식물 군락은 육상으로부터 유입되는 각종 생활하수, 농·축산폐수 등의 오염물질을 직접적으로 흡수하여 정화함으로써 해양 오염을 방지하여 주고, 간접적으로는 염생식물의 뿌리가 토양 내에 존재하는 미생물에게 산소를 공급하거나 생리활성 물질을 분비하여 줌으로써 미생물의 분해능을 증가시켜 오염물질의 정화 능을 촉진시켜주기도 한다.



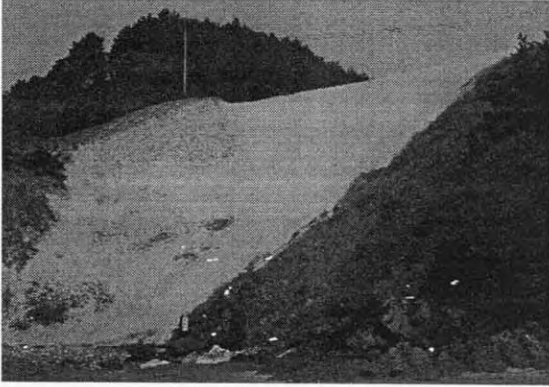
일곱째, 해안선에서 염생식물 군락의 복원은 경관적인 가치를 상승시켜줌으로써 생태관광 및 휴양자원으로 활용될 수 있어 지역주민의 소득 증대에 기여한다. 생태적으로 건강한 해안선의 경관적 가치는 사람의 심미적인 요소에 의해 결정되기 때문에 다소 미적 감각적인 성격이 있으나, 해안선의 경관적 가치는 지형이나 지상의 인공구조물보다 더 큰 역할을 하는 것으로 보고되었다. 앞으로, 해안선이 휴식공간으로 이용될 경우 넓은 지역에 초원이 형성되어 인간에게 풍요로움을 더해 줄 것으로 본다.

그러나 우리나라에 남아있는 해안선은 대부분 제방이 축조 되어있거나 부두시설이 있어 육상 생태계와 해양 생태계가 단절되어 있는 상태이다. 뿐만 아니라 대규모 간척사업으로 인한 지형의 변화와 골재채취 등 인간의 활동으로 인한 훼손이 심각하게 대두되어 해안선 침식현상 등이 아래와 같이 발생되고 있다.

이로 인해 육상으로부터 해양생태계로 이행되는 추이대가 사라져 가고, 염생식물 군락이 파괴되어 해안침식지가 급속히 증가됨에 따라 해안침식지의 식생복원은 시급히 해결해야 할 시대적 요청에 이르렀으나 많은 문제점들이 제기되고 있다.

이러한 해안침식지 복원에서 가장 중요시되는 것이 육상과 해양의 추이대에 분포하는 맞춤형 식생대 조성을 통한 염생식물군락의 복원인데, 초기에는 해안 생태계의 복원사업의 기초조사로 주로 염생식물의 분포에 관한 구조적 측면에서 연구되었고, 그 후 환경구배에 따른 종의 분포양상을 파악함으로써, 그 군락형성 원인을 규명하고자 하였다.

최근에는 해안 염생식물 군락의 구조적, 기능적 특성을 분석하여 다각적 측면에서 종 분포 원인을 밝혀내고 군락형성 기작을 규명함으로써 해안 식생복원을 완성하고자 노력하고 있다. 미국 등 서구에서는 1970년대 이후 생태학적 측면에서 염생식물 군락, 토양의 분포 및 분류, 생물집단과 생물개체군 활동의 조사, 식물생장의 년 변화관찰, 식물의 활성도 조사, 토양의 보습도 조사와 연 변화, 토양성분조사 등에 원격 탐사 및 지리 정보체계를 해안 염습지 복원을 위하여 다양하게 적용하고 있다. 그러나 이러한 복원 사업에 대한 외국의 복원 기술은 그 특성상 전문 기술이 전 세계적으로 광범위하게 적용되기 어렵기 때문에 우리나라의 해안침식지역의 생태환경에 적합한 독자적 복원기술 개발이 요구된다.

	<p>연안 침식</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해안으로부터 토사가 반출되어 정선이 후퇴하는 현상을 해안침식이라 한다. • 침식은 육지의 형태가 깎여 없어지는 일련의 과정으로서 해수의 흐름에 의해서 해안의 모래공급의 균형이 깨지면서, 모래이동으로 주로 토지가 깎여 나가 연안의 주택이나 농지를 잃어버리게 된다(예 : 함평만). • 해안침식의 주요 원인으로는 이수목적의 해안 방파제 구조물 건설 등 인위적인 요인에 의한 것으로서 표사의 평형이 깨짐으로서 해안침식이 일어나는 곳이 최근 점점 많아지고 있는 실정이다.
	<p>연안 제방 유실</p> <ul style="list-style-type: none"> • 우리나라 연안에는 30년 이상 노후 된 시설물이 많이 있으며 태풍, 폭풍 등 기상 현상에 의해 발생한 높은 파도와 강한 파력이 노후 된 제체에 계속적으로 영향을 주어 제방유실이 발생되기도 한다. • 제방유실은 처음에는 제방의 피복제나 근고제가 파력에 의해 유실되고 점점 피해가 확대되어 제방 전체 또는 일부가 파괴되어 유실된다(예 : 함평만). • 제방의 유실은 배후지 가옥의 침수나 농작물에 막대한 피해를 주게 된다.
	<p>연안비사</p> <ul style="list-style-type: none"> • 해안 파도의 작용에 의해서 정선 부근으로 쳐올려진 모래는 바람에 의해 내륙 또는 정선을 따라 이동하면서 사구를 형성하고 있으며, 이러한 바람에 의해 해변 모래가 이동하는 것을 연안비사라고 한다(예 : 우이도 연안). • 사구가 형성된 후 이것이 바람에 다시 이동하여 인가나 농작물에 피해를 주고 있다.

해안침식 문제는 단순히 모래 유실의 문제가 아니라 연안생태계를 파괴하고 휴식 및 생활공간인 국토를 잠식함으로써 막대한 사회, 경제적 피해를 주고 있는 심각한 사안이다. 해안의 침식환경에서 가장 빠르게 변화를 보이는 연안식생대에서 식물 상을 파악하고 해안 유형별로 식생 대를 분류함으로써 조기에 침식유형별 맞춤형 복원식물 모듈로 조기에 식생대를 복원하여 해안침식 안정화를 위한 친환경적, 자연 생태적이며, 환경 오염을 발생하지 않는 신공법 개발이 필요한 실정이다. 이상의 제기된 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 사안들의 기술적 해결이 요구된다.

가. 기술적 측면

첫째, 우리나라 해안침식지는 육상생태계와 해양생태계 및 인접한 해안염습지가 단절되어 있어 생물의 이동이 억제되고 종 다양성이 감소되고 있기 때문에 그 보존과 복원에 대한 기술이 시급하다. 그 예로 우리나라 서·남해안염습지에서 칠면초와 통통마디군락을 비롯한 식물 9군락이 사라지고 있으며(임1989), 최초 서·남해안의 염생식물 군락을 이등(2002)이 군산으로부터 해남에 이르는 34개 지역에서 8군강 24군락으로 분류한 바 있으나, 그 후 대단위 간척사업으로 인한 농경지 조성, 공단 건설, 관광지 조성 등과 같은 각종 개발 사업으로 14개 지역의 염생식물 군락이 파괴 또는 교란되고 있는 실정이다.

둘째, 우리나라의 서·남 해안침식지에는 국제적으로 혹은 국내적으로 보호되어야 할 생물종이 많은데 단순히 그 종과 그 종이 분포하는 일부 지역을 보존하는 것이 중요한 것이 아니라, 실제로 중요한 것은 그들 생물이 살고 있는 지역의 환경까지 포함하여 종을 보존하는 현장 보존전략이 절대적으로 필요하다. 최근에는 해안염습지의 가치가 재인식되면서 개발보다 보존이 더 중요하다는 시각이 확산되고 있으며, 이러한 측면에서 볼 때 다양한 해안염습지 식물이 가지는 유전자원의 지속적인 유지 및 효과적인 현장 보존 전략을 위하여 그 종의 번이가 포함될 수 있도록 하여야 한다.

셋째, 해안침식지의 해안생태계를 구성하는 주요 환경인자로서 생물적 인자인 염생식물과 비생물적 인자인 지형, 토양, 수리 등의 특성들을 생태계 생태학 관점에서 이해하고, 연안습지 생태계 구조의 분포를 경관 생태학적 입장에서 설명할 수 있는 시공간적 기초자료를 마련하기 위해 원격탐사 및 지리 정보체계를 도입할 필요성이 있다.

나. 경제·산업적 측면

첫째, 해안침식은 주기적으로 조석작용을 받기 때문에 발아와 정착시 낮은 유식물 생존이 군락의 출현과 형성에 결정적인 영향을 미침으로써 군락 형성과정의 양성과 그 기작을 파악하는 연구는 해안염습지의 관리 및 보존 방안을 마련하고, 해안선 및 해안침식지 생태계의 복원기술을 개발하는데 핵심 과제이다.

둘째, 해안침식지 훼손이 증가함에 따라 육상과 해양 생태계 연결망이 파괴되어 해산 어류, 저서생물상 및 어패류 등의 유용 수산자원 감소를 초래하고 해양오염등 해양피해가 속출하고 있어 해양 피해 저감과 안정화를 위한 대책 수립시 가장 안정적이고 효율적으로 염생식물의 생태적 기능을 회복시킬 수 있는 해양 습지 복원 기술개발이 필요

하다.

다. 사회·문화적 측면(공공성 포함)

첫째, 해안침식지의 확장과 복원은 생태적으로 건강하면서 경관적으로 주변과 쉽게 동화될 수 있는 생태적 친환경적 복원이 이루어져야 하는데, 이때 서식지 확보, 천연자원의 보존, 아름다운 자연경관 확보, 토양의 침식방지 및 주변의 환경과 조화를 이루는 향토성이 유지되도록 주변 해안습지에서 자라는 자생식물 군락을 활용하여 식생의 복원과 보전계획 수립을 위한 식재기법 기술을 개발하는 것이 시급하다.

둘째, 원격탐사와 GIS를 이용하여 해안침식과 퇴적과 관련된 인자들을 분석하고 모니터링 함으로써 원인과 메커니즘을 규명하면 환경 피해를 최소화 할 수 있고, 환경보전과 개발에 대한 대책을 수립할 수 있을 것이다.

셋째, 해안에서 육지로부터의 토사유출과 파도 및 풍화작용에 의한 침식은 토지이용변화, 식생의 파괴 및 훼손 등 지형학적 변화를 초래할 뿐만 아니라 오염원으로써 지역의 자연자원 환경에도 많은 영향을 미치게 된다.

따라서 자연재해에 의한 해안침식과 같은 토사유출 및 퇴적에 대한 시공간적 예측이 가능하여야 하나 우리나라의 경우 이러한 토사유출의 공간적 분포에 대한 충분한 연구 결과가 부족한 상태이기 때문에 해안침식 재해영향평가가 실시되어야 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 특히 서해안에서 해안환경변화에 따른 식생대 변화를 위성사진과 현지답사를 통해서 유형별로 분류하여 해안 침식지의 맞춤형 식생대를 선정 및 발굴하고, 또한 환경요인에 따른 해안 침식지의 복원계획 수립을 하고 각각의 해안 침식지의 유형별 맞춤형 침식방지 식생대 조성 기술 개발을 통해 조기 식생대 정착을 위한 식생기반재와 신개념의 모듈화 된 복원제품을 유형별 침식지에 적합하게 시공함으로써 침식에 의한 소류사의 이동을 저감시키고 최종적으로 맞춤형 식생대를 조성함으로써 해안생태계의 안정적인 기반을 마련함과 동시에 해안침식방지를 하기 위함이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

제 1 절 연구개발 기술의 세계적 수준

세계 선진국들은 해안습지 훼손으로 인한 생태계 교란이 가중됨에 따라 탐색과 개발 단계를 넘어 해안 간석지 자체를 조성하거나 복원하는 프로젝트를 진행 중이며, 이미 조성한 사례도 많이 있다.

외국의 해안침식지 복원은 퇴적 지형을 조성하되 생태학적 이론과 장기적 연구 내용을 참고하고 염생식물 이식, 유용어패류 등의 치패를 뿌려 성장하도록 유도하고 있다. 또한 해안습지 복원을 위한 전문기업도 생겨 활발한 활동을 하고 있다. 선진 각 국은 1980년대에 이미 해안 염습지의 중요성이 인식되면서 해안 염습지의 간척사업이 중단되고 생태계 기능유지, 종 다양성 보존 및 유용 유전자 확보 차원에서 파괴된 해안염습지에 대한 활발한 복원연구가 진행되고 있는 실정으로 세계 주요 국가들의 해안 염습지의 주요 보존 정책 및 복원현황은 다음과 같다. 일본은 지역 민간단체를 중심으로 해안 염습지 보존운동이 활발히 진행되어 새로운 해안습지를 조성하거나 복원하려는 노력이 시도되고 있고 해안 염습지 복원은 1999년도부터 본격적으로 추진되고 있으며, 이를 위해 해안 염습지에 대한 종합적 정기조사를 수행한 후, 그 결과를 기초자료로 기술을 개발하고 있다. 캐나다는 습지보존을 위한 연방정부법을 마련하여 33개의 탐사 보호지구를 등록하였고 해양법을 제정하여 주요 서식지를 해양보호구역으로 지정하고 있으며, 해안 염습지를 개발하였을 경우 대체 또는 배후 염습지를 조성하고 있다.

미국은 헌법과 개별법에서 습지보존을 명시하고 있으며, 일부 지역에서는 대규모 복원 사업이 진행 중이고, 개발을 할 경우 총체적으로 염습지 보존에 이익이 되도록 하는 "Mitigation policy"를 채택하고 있다. 독일은 해안침식방지를 위하여 해안 염습지를 복원하였으나 가축 방목으로 생물 다양성이 크게 훼손되어, 대부분의 해안 염습지를 국립공원으로 지정하여 관리하고 있으며, 해안 염습지를 염소택지, 빨, 모래해안 염습지 및 해안 염습지 주변해역 등으로 나누어 연구소를 설치하여 관리하고 있다.

네덜란드 역시 마찬가지로 폭풍과 폭풍해일로부터 인간을 보호하고자 독을 쌓았지만, 90년대 이후 자연적 해안 생태계의 중요성을 인식한 이후 이에 대한 대규모 식생복원 사업이 진행되고 있다. 이러한 해안 염습지 복원에서 가장 중요시되는 것이 육상과 해양의 추이대에 분포하는 해안 염생식물 군락의 복원인데, 초기에는 해안 생태계의 복원 사업의 기초조사로 주로 염생식물의 분포에 관한 구조적 측면에서 연구되었고, 그 후 환경구배에 따른 종의 분포양상을 파악함으로써, 그 군락형성 원인을 규명하고자 하였다. 최근에는 해안 염생식물 군락의 구조적, 기능적 특성을 분석하여 다각적 측면에서 종 분포 원인을 밝혀내고 군락형성 기작을 규명함으로써 해안 식생복원을 완성하고자 노력하고 있다. 미국 등 서구에서는 1970년대 이후 생태학적 측면에서 염생식물 군락, 토양의 분포 및 분류, 생물집단과 생물개체군 활동의 조사, 식물생장의 년 변화관찰, 식물의 활성도 조사, 토양의 보습도 조사와 연 변화, 토양성분조사 등에 원격 탐사 및 지리 정보체계를 해안 염습지 복원을 위하여 다양하게 적용하고 있다.

제 2 절 국내 및 국외 관련기술 동향

1. 국내기술동향

우리나라의 연안 해역(coastal zone)은 3면이 바다로 둘러싸여 있으며, 리아스식으로 형성된 긴 해안선과 3,200여개나 되는 크고 작은 도서들, 그리고 각종 생산시설의 설치와 개발이 가능한 수심 20m이하의 수역만도 국토의 1/4에 해당하는 21,000km²로 추정되어 이러한 제반 특성에 의해 엄청난 개발 잠재력을 가지고 있었다. 정부는 이러한 잠재력을 가진 연안 해역을 수산 양식지를 비롯하여 간척지, 항만, 어항 관광지, 도시지역, 공업시설 등의 다양한 용도로 이용하여 왔다. 이들 연안 해역은 개발에 의한 경제적 이익을 극대화시키는데 주안점을 두어 활용방안을 모색하여 왔으며, 이들 개발유형 가운데 간척사업은 국토확장, 식량증산 등의 가시적 효과 하에 십 수 년간 그 대표적인 연안 활용방안으로 계속되고 있으며, 1962년 이후 공유수면 매립과 간척에 의한 국토확장만도 약 90km²이상 되고 있다(김, 1994).

근래에 와서 해양환경오염의 심각성이 구체적으로 나타남에 따라 해안에 대한 개발과 보존을 양립시키고자하는 계획이 창출되기 시작해 매립 및 간척지의 후보선정기준 등을 재고한 장기적 계획이 건설부(1990), 한국토지개발공사(1985) 등에 의해 수립된 바 있다. 그러나 이들 개발 시행 부서에서 입안된 매립·간척 계획이 창출되기 시작해 매립·간척 계획은 생태계 파괴에 따른 손실, 오염에 따른 장기적 피해, 자연경관의 훼손, 지역사회의 변화에 따른 주민 생활환경에 대한 적응성 및 실익의 유무, 광물자원을 필요한 자연환경에 의한 잠재적 평가 등을 제대로 감안하지 못해 여러 분야에서의 문제점을 노출시켰다(김선희, 1994; 김기태, 1994; 박주석, 1992; 윤철상, 1992; 이상돈, 1990; 김오식, 1989; 엄기철, 1988). 따라서 연안해역의 각종 개발 계획 수립시 생태계가 적절하게 유지될 수 있는 관리 대책이 요구되고 있다.

최근 자연 생태계는 환경과 조화된 지속가능한 개발(ESSD: Environmentally Sound and Sustainable Development)이 1992년의 브라질 리우환경회의 이후 전 세계적 쟁점이 되고 있으며, 아울러 ESSD개념을 국토개발계획 및 정책에 반영시키기 위한 논의 및 연구가 활발히 전개되고 있다(국토개발연구원, 1994; 환경기술개발원, 1993; 김귀곤, 1993; 양병이, 1992). 이들 연구 중 국토개발연구원(1994)은 ESSD에 근거한 환경 보존적 국토개발정책으로 간척·매립 후에도 지속 가능한 어업에 대한 경제적 타당성의 재검토를 요구하고 있고, 친환경적인 간척방안을 제안하고 있는 가운데, 수산자원, 관광지, 청정해역 지역에 대한 보호·관리를 위한 블루벨트(blue belt)의 설정을 제안하고 있다. 70년대 이전 농업이 국제 경제의 주축을 이루어 식량 확보가 절실했던 시절에는 해안 염습지의 농지로서의 개발을 통해서 토지의 이용효율을 극대화하였지만, 그 이후 해안 염습지의 간척에 따른 어장의 황폐화, 해양생태계 파괴, 해수면 상승에 따른 침수 피해 및 어민의 실향 등 여러 문제점이 노출되었다. 최근에는 공업, 관광업 수산업, 도시용지 등의 다양한 개발로 용도 및 자연 환경과 수산자원 보존용지 등으로서의 복합적인 이용으로 인하여 토지 및 자원효율의 극대화가 요구되고 있는 실정이며, 해안염습지는 감소추세종과 멸종위기종의 40%가 존재하는 생물자원의 보고로써 미래를 위한 유전자

원의 지속적인 유지, 효과적인 현장 보존 전략 및 파괴된 생태계의 복원이 시급하게 해결되어야 할 과제이다.

최근 국가가 주도하는 해안염습지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기초생태계 연구가 중심이던 것이 기능이나 경제성 평가 등의 연구중심 차원으로 발전하고 있는 추세이다. 특히 1999년부터는 환경부 공공기술자원 연구 사업으로 정화기술을 살리는 인공 해안염습지 조성과 해안염습지와 그 주변 훼손된 해안 생태계 복원에 관한 연구가 진행되고 있다. 한편 해안 생태계를 보존하기 위한 보호지역 지정 노력이 여러 차례 있었으나 모두 실패하였으며, 강화도 남단 해안염습지에서 환경부 지원으로 자연 생태계를 보존하기 위한 해안염습지 생태 조사가 1991년부터 수행된 바 있지만 유용한 자료로 이용되기 어려운 실정이다.

우리나라 해안염습지 연구는 식생분포(홍, 1985; 박, 1963; 김, 1971; 김, 1975; 임, 1987; 김과 오, 1988)로부터 시작되어 염생식물의 생산성(김 등, 1972; 민, 1981; 김, 1980; 임과 오, 1984) 및 생태계의 식생천이 및 물질순환(김, 1982; 문, 1988)에 관한 것이 부분적으로 이루어 졌으며, 서남해안 염생식물의 분포에 미치는 환경요인으로 토양의 염분농도(임, 1987), 염도와 토양수분량(민, 1985), 토양의 수분포텐셜과 식물의 삼투조정능(임, 1989), 조류수위구배(이, 1990)등으로 밝혀진 바 있으며, 손광익·노준우(2003)는 분산모형을 이용하여 범용토양손실공식(USLE)의 흐름 방향 및 지형인자를 결정함에 있어 우리나라 지형특성을 고려한 다방향 흐름 알고리즘을 개발하고 지형인자를 산정하였고, 서종철(2002)은 태안반도 신두리 사구지대에서 30여 년간의 항공사진을 분석하여 지표 피복상태의 변화와 전사구열과 미피복사구를 중심으로 사구지형의 변화패턴을 연구하였다.

현재 우리나라는 해안침식의 알고리즘 개발과 인자 산정이 연구되었으며, 항공사진과 지형도를 이용하여 일부 지역의 모니터링이 이루어진 상태이며, 해안 염습지 조성과 분포역 확장을 목적으로 연구된 적은 없으며, 특히 우리나라 서남해안염습지에서 염생식물의 현장 보존·관리 및 복원을 위한 어떤 시도도 이루어지지 않았다. 선진국 100% 대비 30%수준으로 각 시·군에서도 용역을 통해 방지대책을 수립하고 있으나 체계적인 사전계획, 사업추진, 사후관리 시스템 부재와 함께 연안에 대한 과학적·구체적 기초자료가 부족하여 개념정립조차 힘든 실정이다. 또한, 일정하고 획일적인 연구로 실용화 하지 못하고 있을 뿐만 아니라 지역마다 각기 다른 해안환경에 적합하지 않은 연구로 본 연구의 필요성이 절실하다.

2. 국외기술동향

국제자연 및 자연자원 보존연맹(IUCN)에서는 향후 세계적으로 보존관리가 절실히 요구되는 지역으로 해안염습지와 같은 습지를 지적한 바 있으며 그 부가가치는 자연 상태의 염습지로 이용하는 것이 공단이나 농지로 전환하는 것보다 5~15배 이상 높다고 평가되고 있다. 따라서 선진 각국은 1980년대에 이미 해안염습지의 중요성이 인식되면서 해안염습지의 간척사업이 중단되고 경제적 가치평가, 종다양성 유지 및 유용 유전자 확보 차원에서 활발한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 세계 주요 국가들의 해안염습지의

현황과 주요 보존정책 및 복원현황은 다음과 같다.

일본은 해안 개발로 해안염습지의 60% 이상을 상실하였으나 지역 민간단체를 중심으로 해안염습지 보존운동이 활발히 진행되어 대규모 매립계획이 거의 중단되었다. 해안염습지 생태계에 대한 관심이 일본 전역에서 고조된 것은 90년대 중반에 방조제가 완성된 약 6천ha에 달하는 일본 최대 규모의 이사하야 간척이 해양 생태계의 변화를 가져왔다고 이슈가 된 이후에는 간척의 부정적인 측면이 일본인들에게도 많이 알려지게 되었다. 따라서 새로운 해안습지를 조성하거나 복원하려는 노력이 시도되고 있으며 이후 아리아케만의 개발 사업을 중단시켰으며, 앞으로 간척사업 대신 후쿠오카 인근의 하카다에서 처럼 인공 섬을 만드는 습지 보존 및 복원기술개발 형태로 전환되고 있으며 해안복원은 99년도 일본 해양청의 중심 추진사업 중의 하나로, 해안염습지 등 해안습지에 정기조사를 수행하고, 그 결과를 기초자료가 담긴 지도를 제작하고 있다.

캐나다는 해안개발로 해안염습지가 지속적으로 훼손되고 있으나 습지보존을 위한 연방정부법을 마련하여 33개의 탐사보호지구를 등록하였으며, 해양법을 제정하여 주요 서식지를 해양보호구역으로 지정하였고, 해안염습지를 개발하였을 경우 대체 또는 배후습지를 조성하고 있다.

미국은 해안염습지의 50% 이상이 개발로 훼손되었으나 헌법과 개발 법에서 습지보존을 명시하고 있으며, 일부 지역에서는 대규모 복원사업이 진행 중이고, 개발을 할 경우 총체적으로 습지보존에 이익이 되도록 하는 "Mitigation policy"를 채택하고 있다. Sand Diego Mission beach의 해양 휴양지 유락시설을 철거한 것을 비롯하여 California 주는 Francisco만을 포함하여 2000년 까지 50%의 해안습지를 복원한 바 있고, 동부의 해안습지보존은 Louisiana의 Apex Galvestone, Dixon Bag, Elpis coral Reef, Maitland coral Reef, Greenhill marsh등을 중심으로 1992년부터 복원작업이 한창이다. 특히 Timbalier Bag에 위치한 Greenhill marsh는 가까이 있는 유전으로부터 Oil 유출의 피해를 줄이기 위하여 보존·복원되어지고 있다.

스코틀랜드는 정부주도의 해안침식방재 사업을 시행하고 있으며, 민간에서도 지형에 맞는 하드공법(이안제, 헤드랜드, 모래 포집기...), 소프트공법(식생유도, 인공식생, 인공수초대 조성)으로 다양한 연구와 실효를 거두고 있다.

독일은 북해연안 해안염습지의 60%를 차지하는 넓은 면적의 해안염습지를 갖고 있으며, 해안침식방지를 위하여 해안염습지를 복원하였으나 가축방목으로 생물 다양성이 크게 훼손되었다. 따라서 독일은 대부분의 해안염습지를 국립공원으로 지정하여 관리하고 있으며, 공원구역 중 54%를 모든 행위를 제한하는 1등급 구역으로, 45%는 수로 등 완충지역인 2등급 구역으로 설정하고, 단 1%만 휴양지로 활용하고 있다. 해안염습지를 염소택지, 빨, 모래해안염습지 및 해안염습지 주변해역 등으로 나누어 연구소를 설치하여 전국에 200여개의 해안염습지 연구소를 갖고 있는 점은 우리에게 시사 하는 바가 크다. 해안염습지 생태계와 인간의 관계를 이상적으로 설정하여 해안염습지 지역을 국립공원으로 지정한 독일이라고 하더라도 해안염습지에 방조제를 쌓는 역사는 꽤 오래이다. 이는 네덜란드 역시 마찬가지로 폭풍과 폭풍해일로부터 인간을 보호하고자 독을 쌓았지만, 90년대 이후 자연적 해안 생태계의 중요성을 인식한 이후 이에 대한 대규모 복원사

업이 진행되고 있다. Chapman(1962)이 해안염습지를 식생이 형성되는 곳으로 정의한바 있어 이러한 해안염습지 복원에서 가장 중요시되는 것이 염생식물 군락 복원이다.

염습지에 관한 연구는 19세기 초부터 시작되었다. 초기에는 주로 식물상이 조사되었으며(Schrader, 1809), 1970년대까지 계속되었는데(Hoover, 1970 : Barbour, 1970), Jefferies(1977)가 북극지방을 밝힘으로서 대부분 지구 전체에 대한 전모가 밝혀지게 되었다. Duncan(1974)은 이러한 자료를 종합하여 염생식물 목록을 작성하였고, 20세기에 들어오면서 식물의 분포대와 식물군집의 수준에서 연구가 진행되었다(Chapman, 1940 : 1960).

환경과 식물군집간의 상호관계 즉, 환경구배에 따른 식생의 변화 등이 밝혀졌다(Ganong, 1903 : Flowers, 1934 : Chapman, 1977). 초기에 의하면 식물의 분포에 미치는 주요 환경요인은 조수이었으나(Purer, 1942) 그 후의 연구로 조수 외에 토양의 염분도가 중요하며(Reed, 1947 : Penfound, 1952 : Adams, 1963 : Zedler, 1977), 경쟁등 식물의 상호작용도 중요한 것으로 밝혀졌다(Gillham, 1957).

1950년대에 염습지 복원연구는 천이나 식물사회학적 연구를 토대로한 구조적인 접근과, 물질순환과 에너지의 유동을 밝히는 기능적인 면의 두 주류를 이루게 되었다. 구조적인 연구의 시작은 1920년 이전으로 소급되며(house, 1914) 초기에는 해수면이 저하한 후 시간경과에 따라 종 출현의 변화과정(Chapman, 1938 : 1940)이나 수직적인 대상구조를 조사함으로써 천이를 연구하였지만(Hanson, 1951) 후기에는 환경구배에 따른 식생변화를 조사함으로써 이것이 이루어졌다(Chapman, 1964 : 1966 : Teal and Teal, 1969 : Ungar, 1970).

따라서, 초기에는 해안 생태계의 복원사업의 기초조사로 주로 염생식물의 분포에 관한 구조적 측면에서 연구되었다. Warming(1909)이 북유럽 해변에서 바다 쪽으로부터 내륙 쪽으로 감에 따라 *Salicornia herbaceae*, *Suaeda maritima*, *Atriplex littoralis*, *Aster tripoliun*, *Triglochin maritima* 및 *Phragmites communis* 군락의 순서에 따라 대상 분포를 하고 있음을 밝힌 이후, Beeftink(1962)가 네덜란드 해안에서 *Zostera marina*, *Suaeda maritima*, *Camphorasma typicum*, *Puccinellia asterotosum*, *Agrostis albs*, *spartina townsendii* 및 *Festuca rubrae*의 7군을, Jefferson(1975)이 Oregon 해안에서 *Carex lynbyei*, *Scirpus americanus*, *Potentilla pacifica*, *Triglochin maritimum*, *Juncus lesuerii* 및 *Eleocharis pavula*의 6군을 분류하였다. 또한 Eilers(1975)가 Nehalem 해변에서, Burg등(1975)이 California 해안에서 각각 12군락을 세분하였다. 한편 Nixon(1982)은 England 염습지에서, Bertness 와 Ellison(1987)은 New England 염습지에서 *Triglochin maritima*, *Carex scabrifolia*, *Phragmites epigeios* 및 *Pinus thunbergii* 군락의 대상구조를 밝힌 바 있다.

염습지 식생의 복원사업은 Odum(1961), Stowe et al.(1971) 및 Keefe(1972)등에 의하여 생산성이 높다는 사실이 밝혀짐으로서 기능적 연구에 의한 시도가 자극되었다. 유럽이나 북미 염습지의 우점 종은 *Spartina*로 밝혀졌고(Beeftink & Gehu, 1973) 이 종의 지역적 변이(Marchant, 1963 : 1967 : 1968 : Nestler, 1977), 환경에 대한 적응(Smally, 1959 : Chater & Jones, 1957 : Goodman et al., 1969 : Giurgerich & Dunn, 1979)등이 개체 생태학의 입장에서 연구되었다. 해안 염습지 생태계의 에너지 유전에 선행되는 연

구로서 그 식생의 생산성은 Wiegert Evans(1964), Atwater & Hedal(1976) 및 Mahall & Park(1976)등에 의하여 연구되었고 종합적인 에너지 유전은 Teal(1962), Kirby & Gosselink(1976) 및 Gallapher 등.(1980)에 의하여 보고되었다.

해안 염습지 식생복원은 유럽을 중심으로 한 식물사회학적 연구와 복미를 중심으로 한 생태계연구 방향이 주류를 이룰 것으로 사료된다. 최근 Cooper(1982)는 염생식물 분포에 관하여 생물적 요인보다 물리적 요인이 더 중요하다고 주장하고 있다. 물리적 환경요인으로서 Chalmers(1982)는 지형의 고도, Cooper(1982)와 Armstrong등(1985)은 침수 횟수, Gerritsen과 Greening(1989)은 수위의 변동을 들고 있다. 이들 요인은 복합적으로 작용하여 종자의 발아, 생산성, 생장, 영양염류 동태 및 분해와 같은 생태적 과정에 크게 영향을 미치므로, 해안염습지 군락의 분포와 천이를 결정하게 된다는 것이다. 따라서 Snow와 Vince(1984)는 이들 물리적 요인의 복합적 작용을 생태적 요인(ecological factor)이라고 간주한 이후 생태적 방법론 개발이 중심으로 이루어지고 있다. 해안염습지 생태계를 보존 복원하기 위해서 미국 등 서구에서는 1970년대 이후 생태학적 측면에서 염생식물 군락, 토양의 분포 및 분류, 생물집단과 생물개체군 활동의 조사, 식물생장의 연 변화관찰, 식물의 활성도 조사, 토양의 보습도 조사와 연 변화, 토양성분조사 등에 원격 탐사 및 지리정보체계를 다양하게 적용하고 있다.

특히, 습지를 대상으로 지리적 특성에 따라 항공사진을 이용하여 염생식물 군락유형 분석(Anderson and Wobber, 1973, Cowardin and Myers1974, Klemas *et al.*, 1974, Pearson *et al.*, 1976) 및 식생분포 추정(Seher and Tueller, 1973)을 하였으며, Landsat 영상을 이용한 원격탐사 기법을 적용하여 식생의 계절적 변화(Ashley and Rea, 1975), 식생분류(Brown 1978, Werth 1980, Westin and Lemme1978, Townshend and Justice, 1980), 식생구분과 토양과의 관계(Ezra *et al.*, 1984), 염소택지 식생의 계절적 추이(Dale and Chandica, 1986)를 분석하는 등 많은 발전이 있어 왔다. 또한 해안염습지 자원의 활용을 위한 기반으로 지리정보체계를 습지유형분석(Lyon and Adkins, 1995) 및 습지의 변천(Williams and Lyon, 1995)등에 적용하였으며, 습지의 환경오염(Hamlett *et al.*, 1992), 수자원 보존(Shamsi, 1995), 해양 기름누출오염(Garrett 1992, Garrett *et al.*, 1995)등에 다양하게 이용하는 등 그 활용가능성이 크게 증가하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 조사지역 현황

본 조사는 호남지역 서·남해안에 분포하는 염습지를 대상으로 전라남도 여수시에서 전북 부안군에 이르는 18개 지역 해안을 중심으로 조사 계획에 따라 2006년 7월부터 2008년 4월까지 연구수행 결과를 정리하였다.

Table 1. Local name of the surveyed areas

No.	marsh	Habitat	Site No.	Local Name
1	해안성 염습지	clay marsh	A1	Jeollabuk-do Buan-gun Julpo-myeon Julpo-ri
2			A2	Jeollanam-do Muan-gun Hyeongyeong-myeon Bongho-ri
3			A3	Jeollanam-do Hampyeong-gun Sonbul-myeon Sukcheong-ri
4		sand gravel marsh	B1	Jeollanam-do Youngkwang-gun Hongnong-myeon Chilgok-ri
5			B2	Jeollanam-do Muan-gun Hyeongyeong-myeon Hyeonhwa-ri
6			B3	Jeollanam-do Muan-gun Hyeongyeong-myeon Gaip-ri
7			B4	Jeollanam-do Goheung-gun Namyang-myeon Jungsan-ri
8			B5	Jeollanam-do Yeosu-si Yecheon-gun Yulchon-myeon Barwol-ri
9		sand marsh	C1	Jeollabuk-do Gochang-gun Sangha-myeon Sangha-ri
10			C2	Jeollanam-do Muan-gun Hyeongyeong-myeon Songseg-ri
11	기수성 염습지	salt swamp	D1	Jeollanam-do Gangjin-gun Chilrang-myeon Jangpo-ri
12			D2	Jeollanam-do Jangheung-gun Anyang-myeon Sumun-ri
13			D3	Jeollanam-do Bosung-gun Hoecheon-myeon Jeonil-ri
14			D4	Jeollanam-do Bosung-gun Hoecheon-myeon Seokgan-ri
15			D5	Jeollanam-do Goheung-gun Daese-myeon Jangsen-ri
16			D6	Jeollanam-do Yeosu-si Hwadong-ri
17	estuary marsh	E1	Jeollanam-do Suncheon-si Haeryong-myeon Nongju-ri	
18		E2	Jeollanam-do Suncheon-si Haeryong-myeon Sangnae-ri	

제 2 절 조사방법

1. 염생식물 조사

가. 염생식물상

본 조사지역의 식물상을 파악하기 위하여 관속식물 이상을 대상으로 채집 정(1965), 이(1979), 박(1995), Ohwi(1984) 등의 문헌을 바탕으로 동정, 분류하고 소산목록을 작성하였다.

나. 염생식물군락

염생식물 식생조사는 현지답사를 통하여 이루어졌으며, 전 조사지역에서 표본구를 설치하고 1m×1m 방형구내에 출현한 전 출현종과 각 구성종의 우점도와 군도를 다음과 같이 기록하였다.

- 1) 입지조건의 측정(지형과 토양의 상태)
- 2) 군락의 초본층(herb layer)에 출현종과 높이를 기록하였다.
- 3) 군락의 구성 종에 대한 양과 생육상태를 측정하였다.

양은 피도와 개체수를 종합한 출현 종에 대한 우점도(dominance: D)의 7계급으로, 생육상태는 군도(sociability: S)의 5계급으로 표시하였다(Braun-Blanquet 1964).

이상과 같이 조사된 식생자료는 표 조작법에 따라 각 군락별 표징 종에 따른 식생단위를 선정하고 (Elenberg 1956, 김 등 1987), 군락의 구분에 따라 종합상재도표를 작성하였다.

다. 염생식물 현존식생도작성

현존식생도 작성을 위하여 조사대상 지역의 지리적 위치와 행정구역을 판단할 수 있는 축척 1/25,000 또는 1/50,000보다 대축척 등고선 지도를 준비하고, 현지 식생조사용과 실내 현존식생도 제작을 위한 중간과정에 사용될 여러 장의 지형도를 준비한다(김 2006). 지구적 공간에서 조사지점의 정확한 좌표를 위한 GPS(Model:Garmin Map 60CS)의 준비는 식생자료를 통하여 식물군락의 지리적 분포 특성을 파악 할 수 있기 때문이다. 본 연구의 현존식생도를 작성하기 위한 작업으로 각각의 조사지역에 분포하는 염생식물 군락을 야장에 기록(GPS 좌표)을 한 후, GPS를 이용하여 각각의 염생식물군락을 돌며 트랙으로 저장한다. 저장된 트랙은 Mapsource Program을 이용하여 GPS상에 찍힌 트랙을 불러들여 아래와 같은 작업을 수행한다.

라. 생산량 측정

방형구내(1m×1m)의 염생식물을 채집하고 폴리에틸렌 주머니에 넣어 실험실로 운반한 후, 종별로 분류한 다음에 지상부와 지하부로 구분하여 물로 씻어 80℃의 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 칭량하였다.

2. 염생식물 군락지 저토환경 특성

가. 수분함량(Moisture content)

현장에서 채집한 토양 10g을 실험실에 옮긴 즉시 칭량병에 넣어 건조전 무게를 측정하고, 105℃ 건조기에서 48시간 건조시켜 무게를 측정한 후 토양 함수량 차에 의해 수분함량을 백분율로 환산하였다.

$$MC(\%) = \frac{S_f - S_d}{S_f} \times 100 \quad \dots \dots \dots (1)$$

(Sf : 생토양 무게, Sd : 건조토양 무게)

나. 유기물함량(Organic matter)

음건토양 10g을 도가니에 넣어 105℃에서 건조시킨 무게를 측정하고, 이것을 다시 550℃ 전기로에서 12시간 작열시킨 무게를 측정한 다음 그 차이를 계산하여 작열 손실량을 구하였다.

다. 토양산도(pH), 전기전도도(Electric conductivity), 염도(Salinity)

음건토양 10g과 증류수를 1:5(w/w)로 혼합하여 30분간 진탕한 다음 여과지(Whatman No. 44)로 여과시켜 여과액을 pH, E.C, Salinity meter(Model 63, YSI)로 측정하였다.

라. 가용성인(Available phosphorous)

음건 토양 2.85g을 삼각플라스크에 넣고 여기에 추출액(0.01N NH₄F+0.025N HCl)을 10분간 진탕시킨 후 여과지(Whatman No. 44)로 여과시켜 여과액을 ascorbic acid 방법에 따라 발색시킨 다음 spectrophotometer(Ultrospec 2000, Pharmacia)를 이용하여 880nm에서 비색 정량하였다(APHA 1989).

마. 총질소(Total nitrogen)

음건 토양 1g을 마이크로 킬달플라스크에 넣고 6g의 분해촉진제(K₂SO₄: CuSO₄=9:1) 및 5ml 진한 H₂SO₄를 넣은 후 가열하여 분해 시켰다. 분해 액을 50ml 볼륨메트릭 플라스크로 옮겨 정요한 다음 10ml를 취하여 40% NaOH 10ml와 혼합하고, 이를 마이크로 킬달장치로 증류하여 1/14 N H₂SO₄ 표준용액으로 적정하여 정량하였다(Jackson, 1967).

바. 토성(Soil texture)

음건토양을 2mm 체로 쳐서 토양 4g을 5% sodium hexametaphosphate 수용액 20ml와 혼합하여 12시간 진탕한 후 Particle Size Analyzer(SALD-301V, Shimadzu)로 측정하여, Black 등(1965)에 따라 모래(sand), 미사(silt) 및 점토(clay)로 구분하였다.

사. 토양경도

토양경도기(Daiki, Push-cone)을 이용하여 현장 조사시 우점군락을 선정하여 30회 이상 측정하여 자료를 정리하였다.

3. 지상라이다를 이용한 시범지역(함평만) 염생식물 분포분석

가. 연구방법

1) DGPS를 이용한 염생식물 군락 분포 조사

함평만 조사지역의 염생식물 군락 분포에 대한 위치정보 자료를 얻기 위해 2006년 3월 7일, DGPS를 이용하여 조사하였다. DGPS는 1m 이내의 오차범위를 가지는 정밀 GPS이며, 본 조사에서는 X, Y 수평 좌표만을 이용하였다. 해홍나물, 통통마디, 갯잔디, 갯그렁·나문재, 갯질경·큰비속, 갈대의 6개의 군락으로 나누어 분포 경계선을 따라 좌표를 취득하였다.

2) 지상라이다를 이용한 정밀 지형 조사

지형정밀분석에는 휴대가 가능한 레이저 스캐너인 지상라이다를 이용하였다.

LiDAR (Light Detection And Ranging, 또는 Laser Radar)는 레이저를 이용하여 대기를 분석하는 대기 광계측장비로서 처음 소개되었으나, 현재는 지형 및 건축물의 정밀한 3 차원 측량 및 대상의 특성에 대한 분석에 많이 활용되고 있다. 최근 기존의 항공기에 탑재하는 항공 LiDAR 외에 휴대 가능한 지상 LiDAR가 개발되어, 전자의 장비가 넓은 범위의 지형학적 측정에 이용되는 데 반해, 후자의 장비는 적은 비용과 효율로 더욱 정밀한 지형을 측정하는데 응용하여 여러 가지 산업 분야에서 활용되고 있다.

본 연구에서 사용한 지상 라이다의 제원은 다음과 같다.

- 제조사 : Optech(캐나다)
- 모델명 : ILRIS 36D
- 회전각도 : 수평 360°, 수직 110°
- 측량점 정밀도 : 수직, 수평 약 7mm
- 측량 거리 : 약 1,000m (대상체의 반사율 65% 이상일 경우)
- 측량 결과 포맷 : x, y, z, 반사강도, RGB값

지상라이다 조사를 위해서는 대상지역에 최소 3개 이상의 지상 기준점을 설치하고 이를 이용하여 지상라이다에서 얻어진 좌표를 보정한다. 일반적으로 일 회의 조사만으로 해당지역에 대한 현황만을 분석할 경우, 3개의 기준점에 대해 level 측량을 통하여 수평만 보정한다. 그러나 시기가 다른 자료를 비교하기 위해서는 최소 2개의 절대기준점과 함께 1개의 기준점을 통한 수평 보정도 이루어져야 한다. 이때 절대기준점은 지구좌표계를 이용한 절대좌표를 취득하거나 움직이지 않는 기준점을 설정하는 방법을 사용하여 얻는다.

본 조사에서는 DGPS를 이용하여 3개 기준점에 대한 절대좌표를 취득하였으며, 조사지

역 해안에 건설된 제방에도 5개의 기준점을 설정하여 향후 변화 분석에 활용할 수 있도록 하였다.

기준점에 대한 수평 및 수직 좌표를 측량한 후에 연구지역 전역에 대해 지상라이다를 이용하여 조사하였다. 취득된 수 천만 개의 자료는 전용 처리 소프트웨어를 통하여 정리한 후에 앞서 얻어진 기준점의 좌표를 이용하여 좌표를 보정하였다. 보정된 x, y, z의 3차원 좌표들(point cloud)로부터 특정 내삽(interpolation)법을 이용하여 연구지역 전체의 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하였다.

제 3 절 연안생태계 복원에 필요한 적합종 선정

1. 출포

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 6과 19종이었고(Table 2), 이 중 염생식물은 5과 10종으로 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 4종, 3종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 40%, 30% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 제방이 석축되어 있고 넓게 형성된 해안 염습지에는 칠면초가 광범위하게 넓게 분포하는 식생을 나타내고 있으며 해안선 가장자리를 중심으로 해홍나물, 나문재, 갈대 등이 주로 분포하고 있었다.

Table 2. List of halophytes of Julpo

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
Leguminosae 콩과	<i>Amorpha fruticosa</i>	족제비싸리	
	<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>	차풀	
	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	
	<i>Lepedeza cuneata</i>	비수리	
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Sonchus brachyotus</i>	사태풀	○
	<i>Taraxacum officinale</i>	서양민들레	
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚥	

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 3). 주요 우점군락은 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)과 갈대군락 (*Phragmites communis* Community)으로 구분되었다.

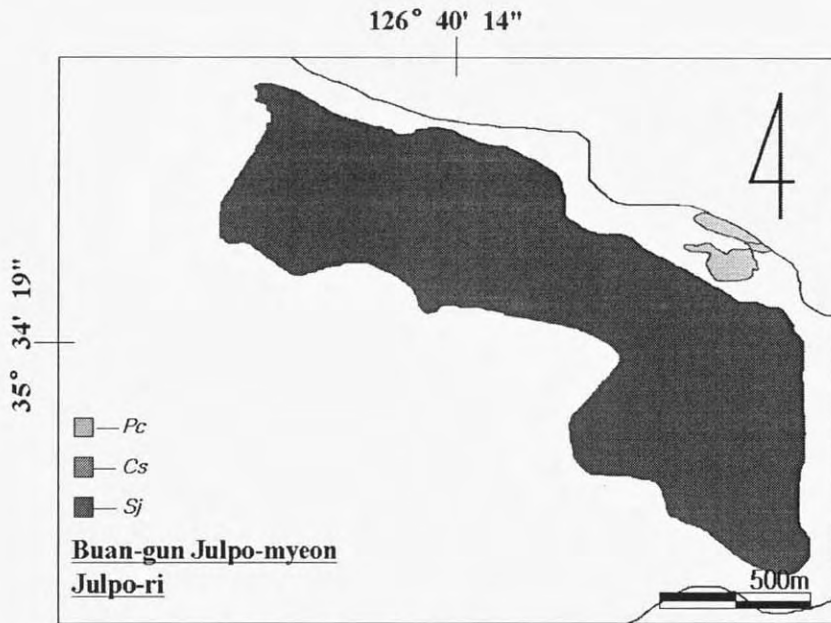


Fig 1. Vegetation map of Julpo; Pc: *Phragmites communis* community, Cs: *Carex scabrifolia* community

1) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 20~36cm, 식피율 80%이었으며, 평균출현종은 1종이었고 분포지역은 연안해안의 퇴적되어 갯고랑으로부터 높은 지역을 중심으로 광범위하게 순군락이 형성되어 있다.

Table 3. Synthesis table of the halophyte communities of Julpo

1. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)
2. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

Community type	군락	1	2
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	0.5	1.0
Average number of species	평균출현종	1	1.5
Differential species of community	군락구분종		
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	5.5	.
<i>Phragmites communis</i>	갈대	.	5.5
Companions	수반종		
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	.	+
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	.	+
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	+

2) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 56~198cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고 수반종은 가는갯능쟁이, 갯개미취, 나문재 등으로 나타났고, 분포지역은 해안선 제방에 가까운

곳에 지하수가 유입된 담수지역을 중심으로 군반형태로 형성되어 있다.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

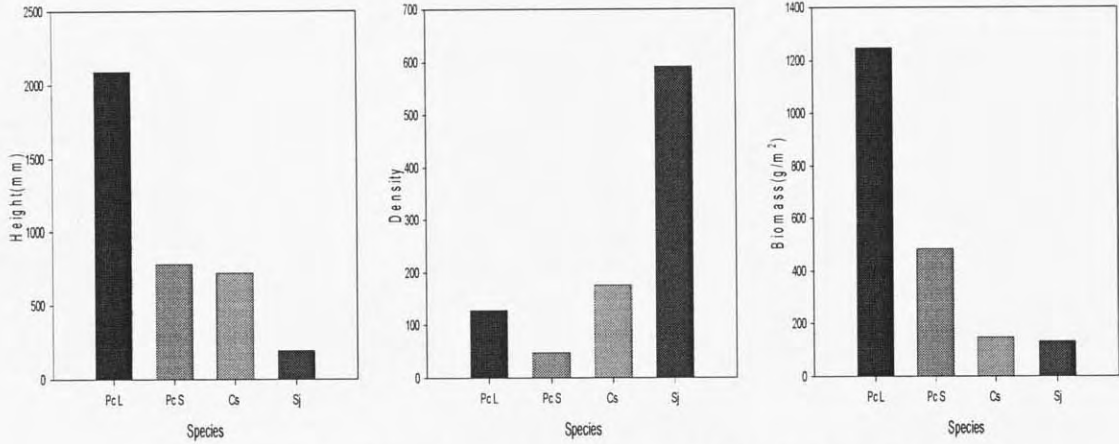


Fig. 2. Height , Density and Biomass of halophytes of julpo-ri.

칠면초 및 천일사초 군락과 갈대군락이 현존하고 있는 줄포리 지역은 칠면초의 길이평균 196.8mm, 밀도 592개/m², 생물량은 134.08g/m²이며 천일사초의 길이평균은 722.4mm, 밀도 176개/m²로 나타났으며 생물량은 149.28g/m²이다. 면적이 제일 큰 갈대군락의 길이평균은 2092mm, 밀도 128개/m², 생물량은 1248.64g/m²이고 작은 갈대군락의 길이평균은 781.33mm, 밀도 48개/m², 생물량은 484.32g/m²이다.

2. 봉오

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 6과 14종이었고(Table 4), 이 중 염생식물은 5과 9종으로 명아주과 염생식물이 4종, 벼과, 마디풀과, 콩과 염생식물이 2종이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 제방이 석축되어 있고 넓게 형성된 해안 염습지에는 갈대군락이 광범위하게 넓게 분포하는 식생을 나타내고 있으며 해안선 가장자리를 중심으로 해홍나물이 주로 분포하고 있었다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 5). 주요 우점군락은 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)과 갈대군락(*Phragmites communis* Community)으로 구분되었다.

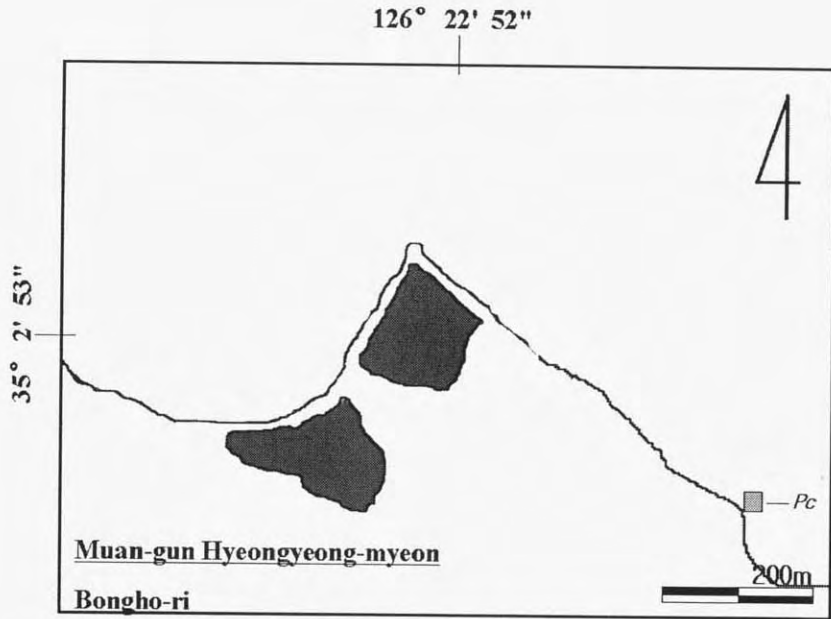


Fig. 3. Vegetation map of Bongho; Pc: *Phragmites communis* community

1) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 20~30cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1종이었고 분포지역은 연안해안의 퇴적되어 갯고랑으로부터 높은 지역을 중심으로 광범위하게 순군락이 형성되어 있다.

2) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 56~198cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고 수반종은 가는갯능쟁이, 나문재 등으로 나타났고, 분포지역은 해안선 제방에 가까운 곳을 중심으로 군반 형태로 형성되어 있다.

Table 4. List of halophytes of Bongho

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex cripus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
Leguminosae 콩과	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	
	<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리	
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지똥	

Table 5. Synthesis table of the halophyte communities of Julpo

1. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)
2. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

Community type	군락	1	2
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	0.5	1.0
Average number of species	평균출현종	1	1.5
Differential species of community	군락구분종		
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	5.5	.
<i>Phragmites communis</i>	갈대	.	5.5
Companions	수반종		
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	.	1.1
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

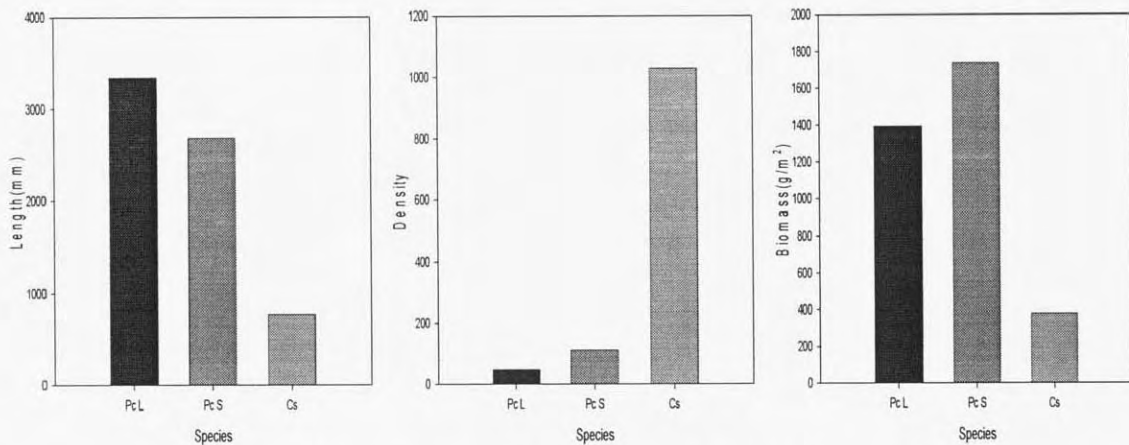


Fig. 4. Height , Density and Biomass of halophytes of bongo-ri

갈대 군락이 현존하고 있는 현경면 봉오리 지역은 갈대 면적에 따라 구분하였고 각각 길이 평균은 3343.33mm, 2684mm, 밀도는 48개/m², 112개/m²로 나타났으며 생물량은 1394.88g/m², 1737.76g/m²이다.

3. 석창

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 6과 17종이었고(Table 6), 이 중 염생식물은 5과 10종으로 명아주과, 콩과, 국화과 염생식물이 각각 4종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 70%로 염생식물이 분포하였다. 해안선 가장자리를 중심으로 해홍나물, 나문재, 갈대 등이 주로 분포하고 있었다.

Table 6. List of halophytes of Sekchang

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex cripus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
Leguminosae 콩과	<i>Amorpha fruticosa</i>	족제비싸리	
	<i>Cassia mimosoides var. nomame</i>	차풀	
	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	
	<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리	
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Sonchus brachyotus</i>	사데풀	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚥	

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 7). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community)으로 구분되었다.

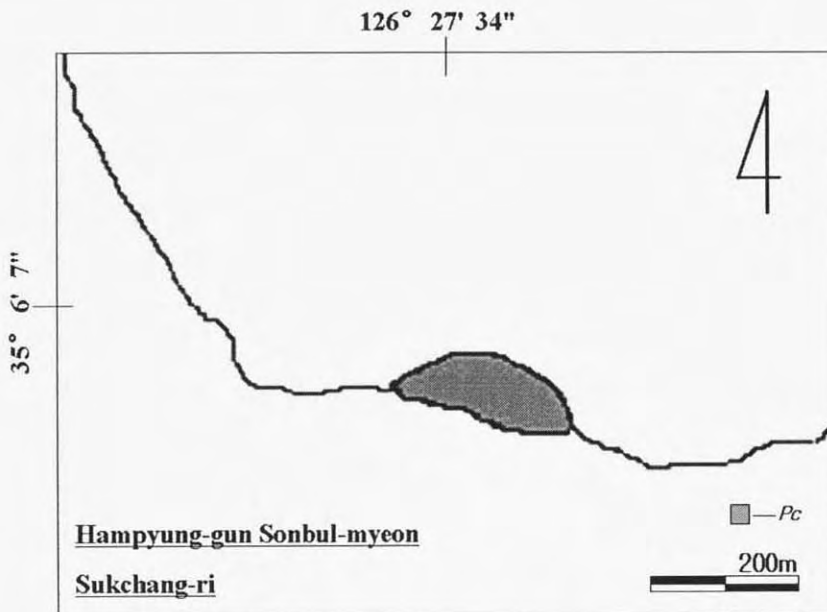


Fig 5. Vegetation map of Sukchang; Pc: *Phragmites communis* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 56~198cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고 수반종

은 가는갯능쟁이, 갯개미취 등이 나타났고, 분포지역은 해안선 제방에 가까운 곳에 지하수가 유입된 담수지역을 중심으로 군반형태로 형성되어 있다.

Table 7. Synthesis table of the halophyte communities of Sekchang

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

Community type	군락	1
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	2.0
Average number of species	평균출현종	1.5
Differential species of community	군락구분종	
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5
Companions	수반종	
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	+
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

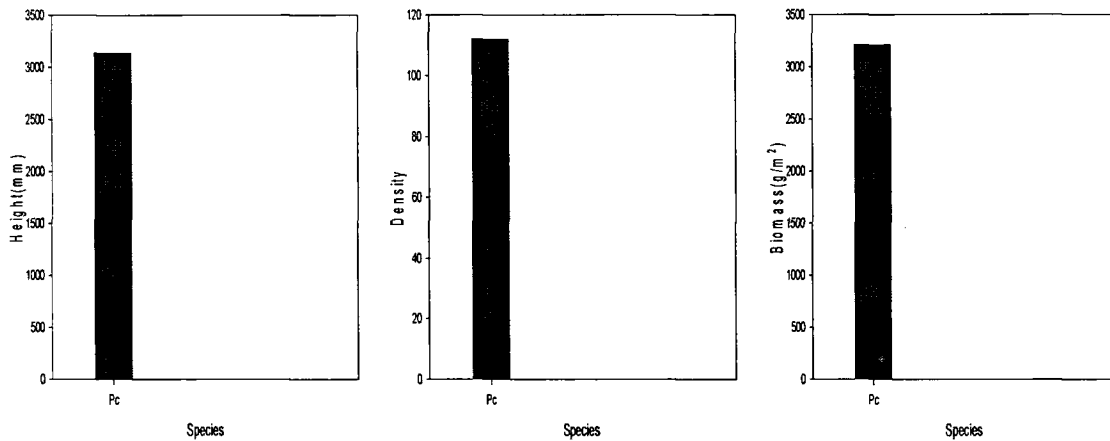


Fig. 6. Height , Density and Biomass of halophytes of seokchang-ri.

갈대군락이 현존하고 있는 석성리 지역의 평균 길이는 3139.2mm, 밀도 112개/m², 생물량 3213.28g/m²으로 나타났다.

4. 칠곡

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 12과 28종으로 나타났으며(Table 8), 이 중 염생식물은 6과 16종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 3, 4, 3종이 분포하여 전출현종의 각각 21%, 29%, 21% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 이 지역은 해안선 염습지를 중심으로 갈대, 천일사초, 해홍나물, 갯잔디 등이 나타났다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 9). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* community) 등으로 구분되었다.

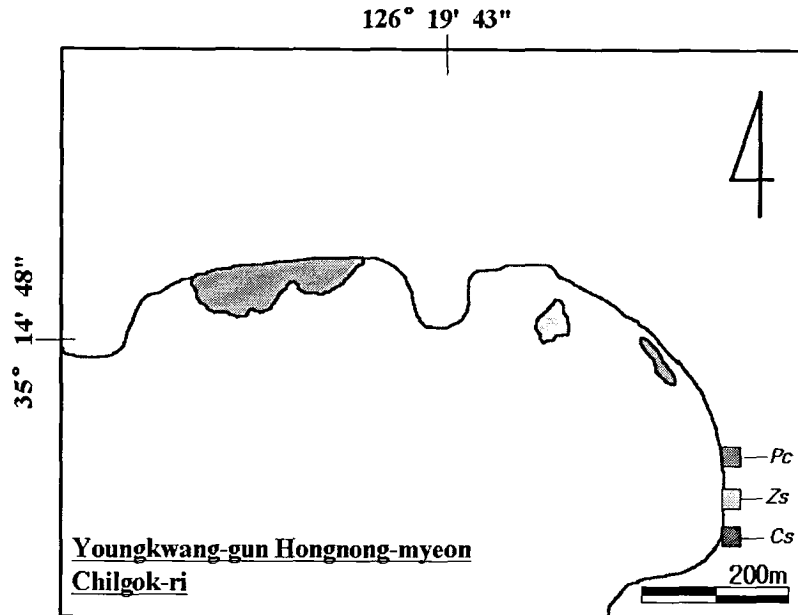


Fig 7. Vegetation map of Chilgok; Pc: *Phragmites communis* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 38~167cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 2.5종이었고, 수반종은 천일사초, 갯개미취으로 나타났다. 분포지역은 해안선을 중심으로 해안 배후지역의 전답에서 유출되는 담수지역에 밴드형의 군락을 형성하고 있다.

2) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 10~18cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 해홍나물, 큰비쭉, 가는갯능쟁이 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선을 중심으로 자갈 펄이 퇴적된 지형을 중심으로 군반 형태의 군락을 형성하고 있다.

3) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 20~30cm, 식피율 80%이었으며, 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 갯잔디, 해홍나물, 갈대 등이 해안 제방 주변지역을 중심으로 분포하고 있으며, 이 군락은 하구나 육수가 유입되는 염습지에 군반상을 이루고 있다.

Table 8. List of halophytes of ChilGok

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디	
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	띠	
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Carex pumila</i>	좁보리사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
Leguminosae 콩과	<i>Lathyrus davidii</i>	활랑나물	
	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Atriplex hastata</i>	취명아주	○
Amaranthaceae 비름과	<i>Amaranthus mangostanus</i>	비름	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Rosaceae 장미과	<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	
Asclepiadaceae 박주가리과	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리	
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	돼지풀	
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚱	
	<i>Aster ciliatus</i>	갯쭉부쟁이	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	

Table 9. Synthesis table of the halophyte communities of ChilGok

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)
3. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

Community type	군락	1	2	3
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	1.0	1.0	0.5
Average number of species	평균출현종	2.5	2	1.5
Differential species of community	군락구분종			
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	·	1.1
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	·	5.5	·
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	2.2	·	4.4
Companions	수반종			
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	·	+	+2
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	+	·	·
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	·	+	·
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	·	+	·

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

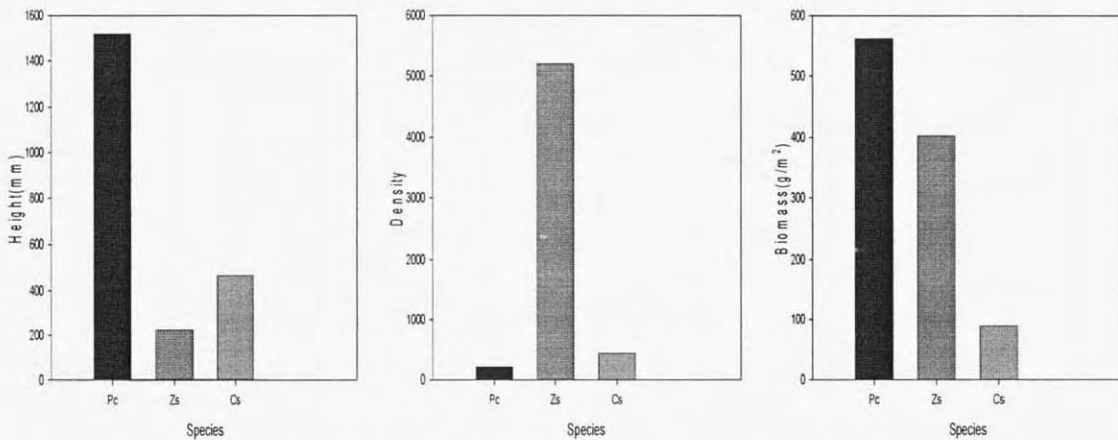


Fig. 8. Height , Density and Biomass of halophytes of chilgok-ri.

갈대 및 갯잔디 군락과 천일사초군락이 현존하고 있는 칠곡리 지역의 갈대 길이 평균은 1520mm, 밀도 208개/m², 생물량 562.4g/m²이며 갯잔디의 길이평균은 222mm, 밀도 5200개/m², 생물량 403g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 464.8mm, 밀도 432개/m², 생물량 89.28g/m²으로 나타났다.

5. 현화

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 16과 39종이었고(Table 10), 이 중 염생식물은 6과 21종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 5종, 7종, 4종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 23.8%, 33.3%, 19.4% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 형성된 사주지역에는 해홍나물, 큰비쭉, 갯잔디, 갯질경, 통통마디 등이 주로 분포하여 독특한 식생을 나타내었다. 그리고 제방 가장자리에는 갯그렁, 갈대, 지채 등이 분포하여 다양한 식생구조를 이루고 있다.

나. 염생식물이 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 11). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community), 통통마디군락(*Salicornia herbacea* Community), 큰비쭉군락(*Artemisia fukudo* Community) 등으로 구분되었다.

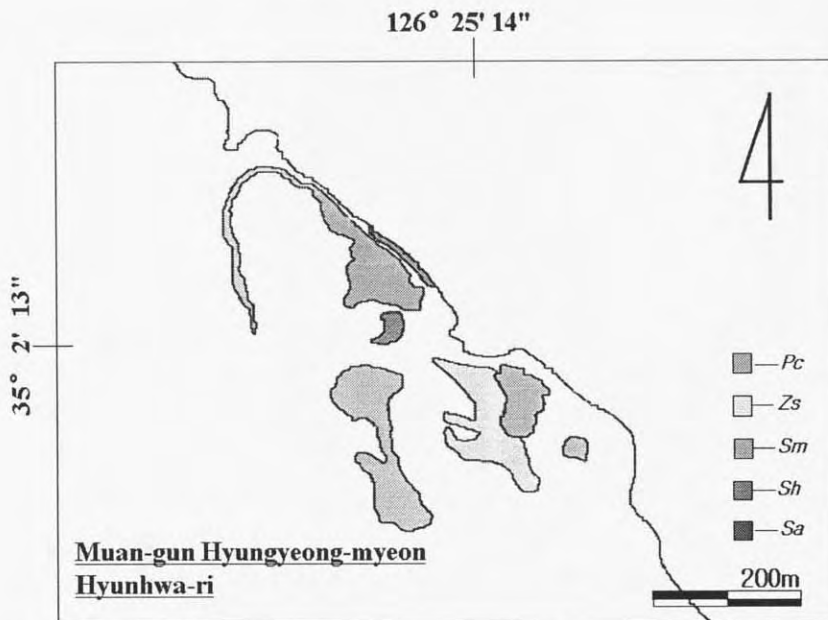


Fig. 9. Vegetation map of Hyeonhwa; Pc: *Phragmites communis* community, Zs: *Zoysia sinica* community, Sm: *Suaeda maritima* community, Sa: *Salicornia herbacea* community, Sa: *Suaeda asparagoides* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 67~238cm, 식피율 100%이었으며, 평균출현종은 1종이었고 수반종은 갯잔디로 나타났고, 분포지역은 지하수가 유입되는 담수지역을 중심으로 해안선 가장자리에 형성되어 있다.

2) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 9~18cm, 식피율 100%이었으며, 평균출현종은 2종이었고 수반종은 해홍나물, 큰비쭉 등으로 나타났고, 분포지역은 해안 연안에 퇴적된 모래펄이 형성된 지역을 중심으로 형성되어 있다.

Table 10. List of halophytes of Hyeonhwa

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Scheuchzeriaceae 지채과	<i>Triglochin maritimum</i>	지채	○
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁	○
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	물억새	
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조플	○
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Cyperus polystachyos</i>	갯방동사니	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Persicaria hydroipter</i>	여뀌	
	<i>Persicaria vulgaris</i>	봄여뀌	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium virgatum</i>	버들명아주	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda australis</i>	방석나물	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Sclicornia herbacea</i>	통통마디	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
Cruciferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
Phytolaccaeae 자리공과	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공	
Leguminosae 콩과	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
	<i>Albizzia coreana</i>	왕자귀나무	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Borraginaceae 지치과	<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	○
Plantaginaceae 쪽두서니과	<i>Paederia scandens</i>	계요등	
Rosaceae 장미과	<i>Rosa wichuraiana</i>	들가시나무	
Rubiaceae 질경이과	<i>Plantago lanceolata</i>	창질경이	
Plumbaginaceae갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia capilolaris</i>	사철쭉	○
	<i>Artemisia rubripes</i>	덤불쭉	
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	
	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	

3) 통통마디군락(*Salicornia herbacea* Community)

이 군락은 군락높이 12~34cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고 수반종은 갯잔디로 나타났고, 분포지역은 해안 연안에 퇴적된 사주로 형성된 지역의 배후에 형성되어 있다.

Table 11. Synthesis table of the halophyte communities of Hyeonhwa

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)
3. 통통마디군락(*Sclicornia herbacea* Community)
4. 큰비쭉군락(*Artemisia fukudo* Community)

Community type	군락	1	2	3	4
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	1.0	0.5	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	1	2	2	2
Differential species of community	군락구분종				
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5		·	·
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	1.1	5.5	2.2	1.1
<i>Sclicornia herbacea</i>	통통마디	·	·	5.5	·
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	·	1.1	·	4.4
Companions	수반종				
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	·	1.1	·	1.1
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	·	·	·	·
<i>Artemisia capilolaris</i>	사철쭉	·	·	·	1.1
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	·	·	·	1.1

4) 큰비쭉군락(*Artemisia fukudo* Community)

이 군락은 군락높이 38~78cm, 식피율 80%이었으며, 평균출현종은 2종이었고 수반종은 갯잔디, 해홍나물, 사철쭉, 나문재 등이 나타났고, 분포지역은 해안 연안에 형성된 밴드 형의 퇴적된 사주지역을 중심으로 형성되어 있다.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

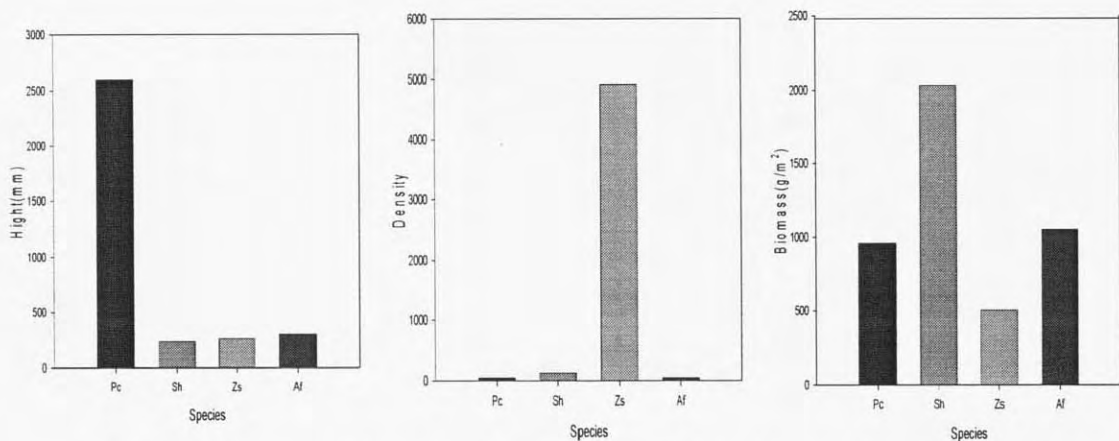


Fig. 10. Height , Density and Biomass of halophytes of hyeonhwa-ri.

갈대, 통통마디, 갯잔디 및 큰비쭉 군락이 현존하고 있는 현화리 지역의 갈대 길이평균은 2595mm, 밀도 48개/m², 생물량 960.8g/m²이며 통통마디 길이평균은 239.5mm, 밀도 128개/m², 생물량 2032g/m²이다. 갯잔디 길이 평균은 263.2mm, 밀도 4920개/m², 생물량 504g/m²이고 큰비쭉의 길이평균은 304mm, 밀도 48개/m²로 나타났으며 생물량은 1052g/m²이다.

6. 가입

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 8과 18종이었고(Table 12), 이 중 염생식물은 4과 10종으로 명아주과 염생식물이 4종이 분포하여 전 출현종의 40% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 이 지역은 해안선을 따라 형성된 갈대, 갯개미취, 나문재 등이 나타났다.

Table 12. List of halophytes of Gaip

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Lolium perenne</i>	가는보리풀	
	<i>Ischaemum antheplorioides</i>	갯쇠보리	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
Leguminosae 콩과	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
Crudiferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚱	
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	○
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 13). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community) 등으로 구분되었다.

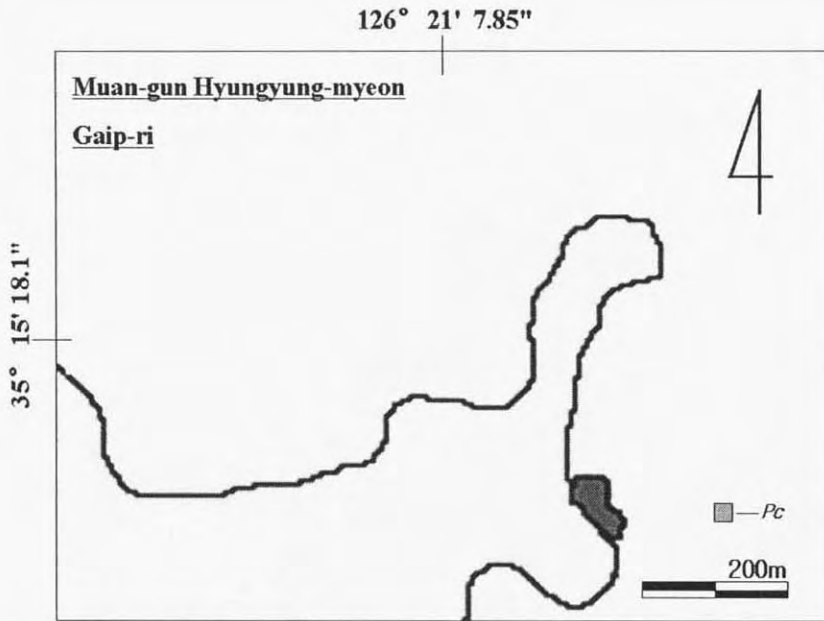


Fig 11. Vegetation map of Gaip; Pc: *Phragmites communis* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 36~176cm, 식피율 80%이었으며 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 천일사초, 나문재 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 배후지역의 전답에서 유출되는 담수지역을 중심으로 군반형태로 군락을 형성하고 있다.

Table 13. Synthesis table of the halophyte communities of Gaip

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

Community type	군락	1	2
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	1.0	0.5
Average number of species	평균출현종	1.5	2
Differential species of community	군락구분종		
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	.
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	.	3.3
Companions	수반종		
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	1.1	.
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	.	+
<i>Artemisia scoparia</i>	비쭈	.	+
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	+
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+	.
<i>Suaeda australis</i>	방석나물	.	+
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	+

2) 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

이 군락은 군락높이 6~12cm, 식피율 40%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 큰비쭉, 비쭉, 가는갯능쟁이, 갯질경, 방석나물 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 가장자리에 위치한 자갈밭 지역을 중심으로 군락을 형성하고 있다.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

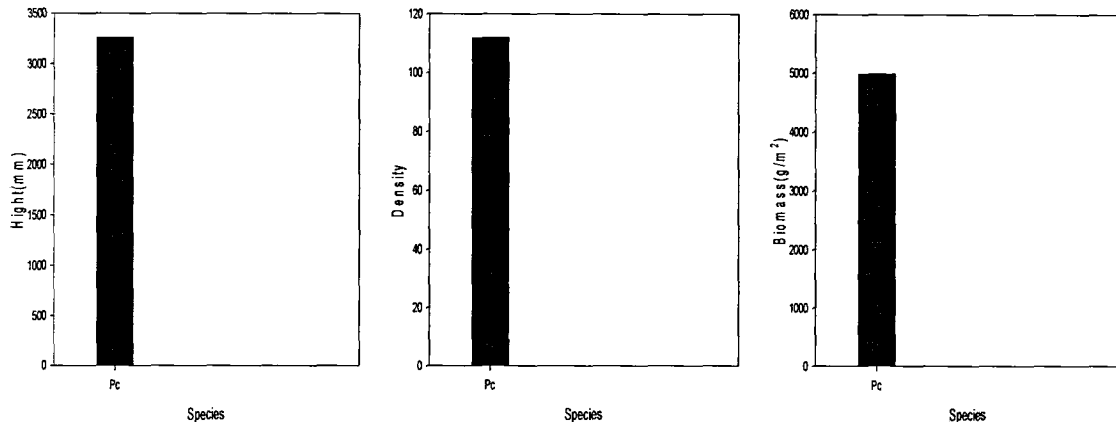


Fig. 12. Height , Density and Biomass of halophytes of gaip-ri.

갈대군락이 현존하고 있는 가입리 지역의 갈대 길이 평균은 3262mm, 밀도 112개/m²로 나타났으며 생물량은 4992g/m²이다.

7. 중산

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 10과 26종으로 나타났고(Table 14), 이중 염생식물은 6과 18종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 4종, 7종, 3종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 22%, 39%, 17% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 형성된 해안염습지에는 칠면초가 순군락으로 분포하고 있으며, 해안선 가장자리의 담수가 유출되는 지역을 중심으로 갈대, 천일사초, 기수초, 갯잔디, 지채 등이 분포하는 독특한 식생구조를 나타내고 있다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 15). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 갯잔디군락 (*Zoysia sinica* Community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community) 등으로 구분되었다.

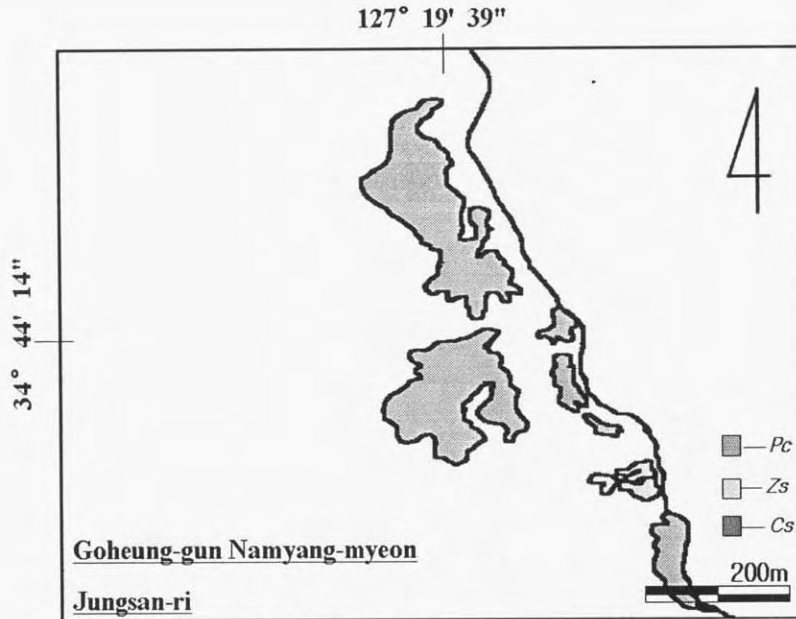


Fig 13. Vegetation map of Jungsan; Pc: *Phragmites communis* community, Zs: *Zoysia sinica* community, Cs: *Carex scabrifolia* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 38~167cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 2.5종이었고, 수반종은 천일사초, 우산잔디, 갯개미취, 갯질경으로 나타났다. 분포지역은 해안선을 중심으로 해안 배후지역의 전답에서 유출되는 담수지역에 밴드형의 군락을 형성하고 있다.

2) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 10~18cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 3종이었고, 수반종은 해홍나물, 큰비쭈, 가는갯능쟁이, 갯질경 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선을 중심으로 자갈밭이 퇴적된 지형을 중심으로 군반 형태의 군락을 형성하고 있다.

3) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 26~48cm, 식피율 70%이었으며 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 갈대, 우산잔디 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선을 중심으로 담수가 유출되는 지역의 갈대군락의 가장자리에 띠형태의 군락을 형성하고 있다.

Table 14. List of halophytes of Jungsan

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Scheuchzeriaceae 지채과	<i>Triglochin maritimum</i>	지채	○
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디	○
	<i>Polypogon fugax</i>	쇠돌피	
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Cyperus polystachyos</i>	갯방동사니	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Scripus planiculmis</i>	소리쟁이	
	<i>Persicaria hydropipter</i>	여뀌	
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
	<i>Suaeda malacosperma</i>	기수초	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda australis</i>	방석나물	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Cruciferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
	<i>Rorippa indica</i>	개갯냉이	
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	○
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭈	○
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elator</i>	돼지풀	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	

Table 15. Synthesis table of the halophyte communities of Jungsan

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)
3. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

Community type	군락	1	2	3
No. of quadrat(m²)	방형구 크기	1.0	1.0	0.5
Average number of species	평균출현종	2.5	3	1.5
Differential species of community	군락구분종			
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	·	2.2
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	·	5.5	·
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	2.2	·	4.4
Companions	수반종			
<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디	+	·	+
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	·	+	·
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	+	·	·
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	·	+	·
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	·	+	·
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	+	+	·

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

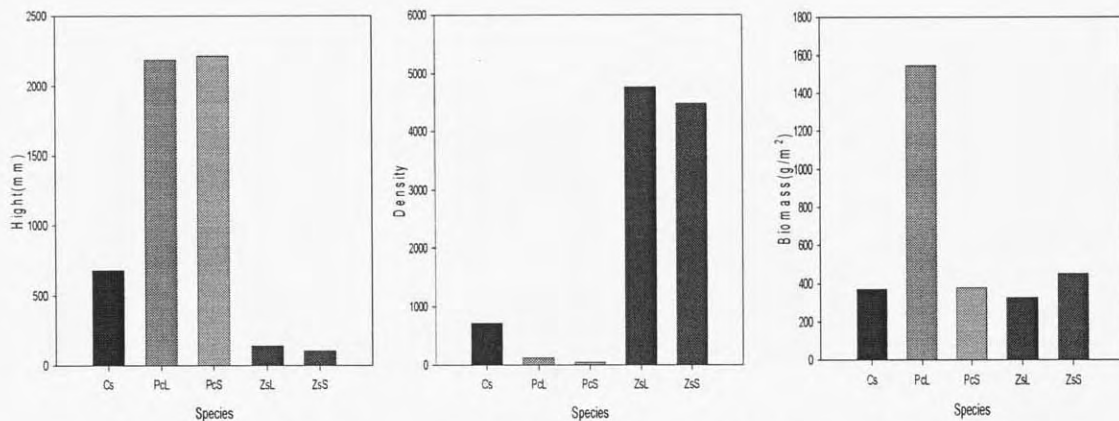


Fig. 14. Height , Density and Biomass of halophytes of jungsan-ri.

천일사초, 갈대 및 갯잔디 군락이 현존하고 있는 중산리 지역은 갈대와 갯잔디를 면적에 따라 구분하였으며 갈대의 각각 길이 평균은 2190mm, 2216.66mm, 밀도 128개/m², 48개/m², 생물량 1547.2g/m², 378.08g/m²이며 갯잔디의 각각 길이 평균은 146.5mm, 107.05mm, 밀도 4768개/m², 4480개/m² 생물량 327.52g/m², 453.44g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 681.25mm, 밀도 720개/m²로 나타났으며 생물량은 372g/m²이다.

8. 반월

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 6과 16종으로 나타났고(Table 16), 이중 염생식물은 6과 13종으로 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 5종, 3종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 38%, 23% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 형성된 염생식물은 해안선 가장자리를 중심으로 갯잔디, 갈대, 해홍나물 등이 주로 분포하는 식생을 나타내었다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 17). 주요 우점군락은 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community), 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community), 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community) 등으로 구분되었다.

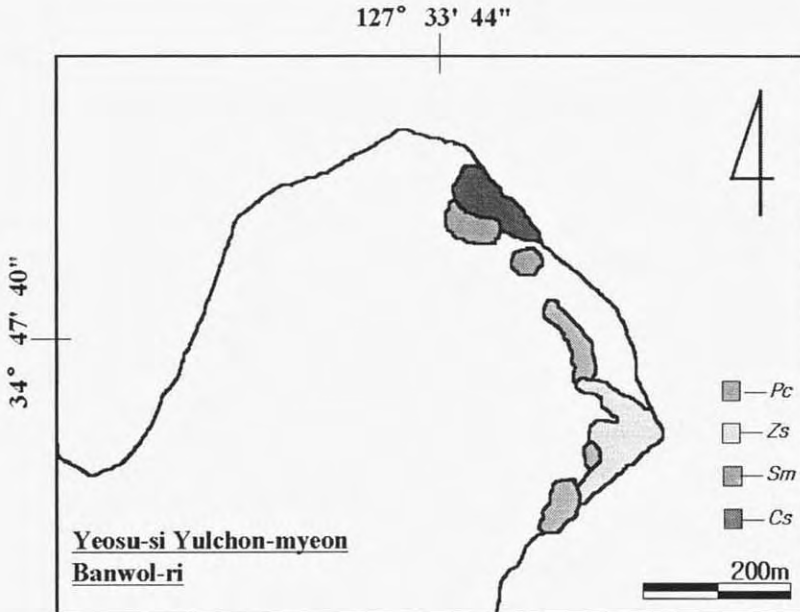


Fig 15. Vegetation map of Banwol; Pc: *Phragmites communis* community, Zs: *Zoysia sinica* community, Cs: *Carex scabrifolia* community, Sm: *Suaeda maritima* community

1) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 8~16cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 해홍나물, 큰비쭉, 나문재 등으로 나타났다. 분포지역은 자갈펄이 퇴적된 지형을 중심으로 해안선 가장자리에 군락을 형성하고 있다.

2) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 36~176cm, 식피율 80%이었으며 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 천일사초, 나문재 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 배후지역의 전답에서 유출되

는 담수지역을 중심으로 군반형태로 군락을 형성하고 있다.

Table 16. List of halophytes of Banwol

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Polypogon fugax</i>	쇠돌피	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda australis</i>	방석나물	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	○
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭈	○

3) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 5~14cm, 식피율 60%이었으며 평균출현종은 3종이었고, 수반종은 해홍나물, 큰비쭈, 갯개미취, 가는갯능쟁이, 나문재, 갯질경 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 배후지역의 전답에서 유출되는 담수지역을 중심으로 퇴적된 자갈 펄 지형에 군락을 형성하고 있다.

4) 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

이 군락은 군락높이 6~12cm, 식피율 40%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 큰비쭈, 비쭈, 가는갯능쟁이, 갯질경, 방석나물 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 가장자리에 위치한 자갈펄 지역을 중심으로 군락을 형성하고 있다.

Table 17. Synthesis table of the halophyte communities of Banwol

1. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)
2. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
3. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)
4. 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

Community type	군락	1	2	3	4
No. of quadrat(m²)	방형구 크기	0.5	0.5	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	2	1.5	3	2
Differential species of community	군락구분종				
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	5.5	.	.	.
<i>Phragmites communis</i>	갈대	.	5.5	.	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디		.	4.4	.
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	1.1	.	2.2	3.3
Companions	수반종				
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭈	+	.	+	+
<i>Artemisia scoparia</i>	비쭈	.	.	.	+
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	.	.	+	.
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	.	+	+
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+	+	+	.
<i>Suaeda australis</i>	방석나물	.	.	.	+
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	.	+	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

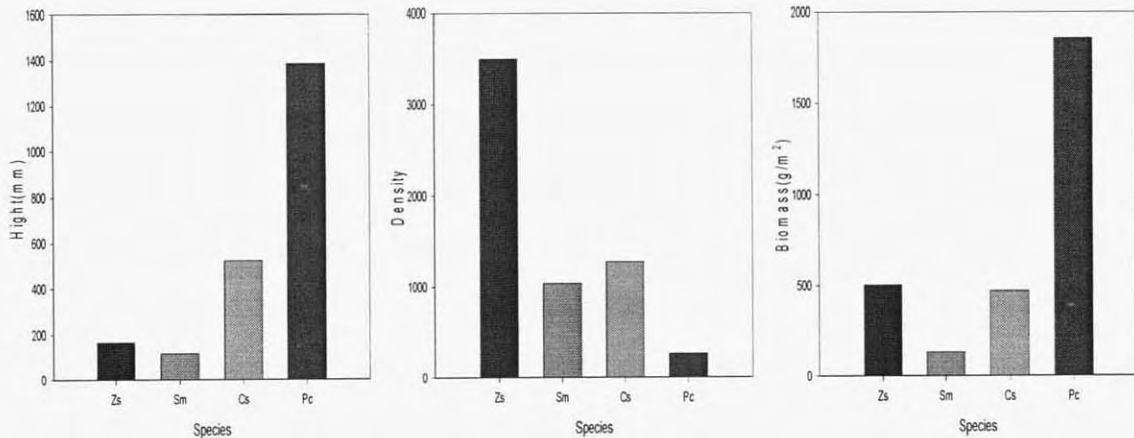


Fig. 16. Height , Density and Biomass of halophytes of banwol-ri.

갯잔디, 해홍나물 및 천일사초 군락과 갈대 군락이 현존하고 있는 반월지역의 갯잔디 길이 평균은 167.4mm, 밀도 3504개/m², 생물량 504.96g/m²이고 해홍나물의 길이평균은 117.2mm, 밀도 1040개/m², 생물량은 136.32g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 524.6mm, 밀도 1280개/m²로 나타났으며 생물량은 472.16g/m²이고 갈대의 길이평균은 1386mm, 밀도 272개/m², 생물량은 1857.28g/m²이다.

9. 상하

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 12과 27종으로 나타났고(Table 18), 이중 염생식물

은 7과 14종으로 명아주과, 국화과 염생식물이 5종, 3종 분포하여 염생식물 전 출현종의 36%, 21% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 사구지형을 중심으로 갯그렁군락이 길게 분포하고 있으며 사구지역에 갯완두, 통보리사초, 모래지치, 갯메꽃, 줌보리사초 등 사구식생이 형성되어 있다.

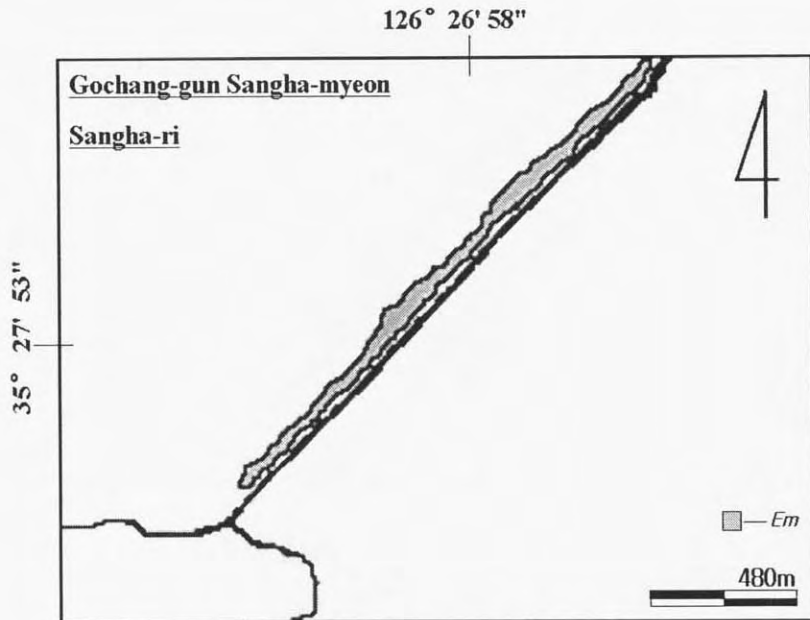


Fig 17. Vegetation map of Sangha; Em: *Elymus mollis* community

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 19). 주요 우점군락은 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community) 등으로 구분되었다.

1) 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community)

이 군락은 군락높이 82~93cm, 식피율 100%이었으며 평균출현종은 3종이었고, 수반종은 갯완두, 통보리사초, 모래지치, 갯메꽃, 줌보리사초 등으로 나타났으며 분포지역은 해안선 사구지역을 중심으로 길게 군락을 형성하고 있다.

Table 18. List of halophytes of Sangha

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁	○
	<i>Polypogon fugax</i>	쇠돌피	
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	띠	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex pumila</i>	좁보리사초	○
	<i>Carex kobomugi</i>	통보리사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Salsola collina</i>	솔장다리	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Salsola komarovii</i>	수송나물	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
Leguminosae 콩과	<i>Lathyrus japonica</i>	갯완두	○
	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아카시나무	
	<i>Pueraria thunbergiana</i>	취	
	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
	<i>Glycine soja</i>	돌콩	
Asclepiadaceae 박주가리과	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리	
Borraginaceae 지치과	<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	○
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Phytolaccaae 자리공과	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공	
Compositae 국화과	<i>Erigeron canadensis</i>	망초	
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Crepidiastrum lanceoides</i>	갯고들빼기	○
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	

Table 19. Synthesis table of the halophyte communities of Sangha

1. 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community)

Community type	군락	1
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	2.0
Average number of species	평균출현종	3
Differential species of community	군락구분종	
<i>Elymus mollis</i>	갯그렁	5.5
Companions	수반종	
<i>Lathyrus japonica</i>	갯완두	1.1
<i>Carex kobomugi</i>	통보리사초	+
<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	+
<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	+
<i>Carex pumila</i>	좁보리사초	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

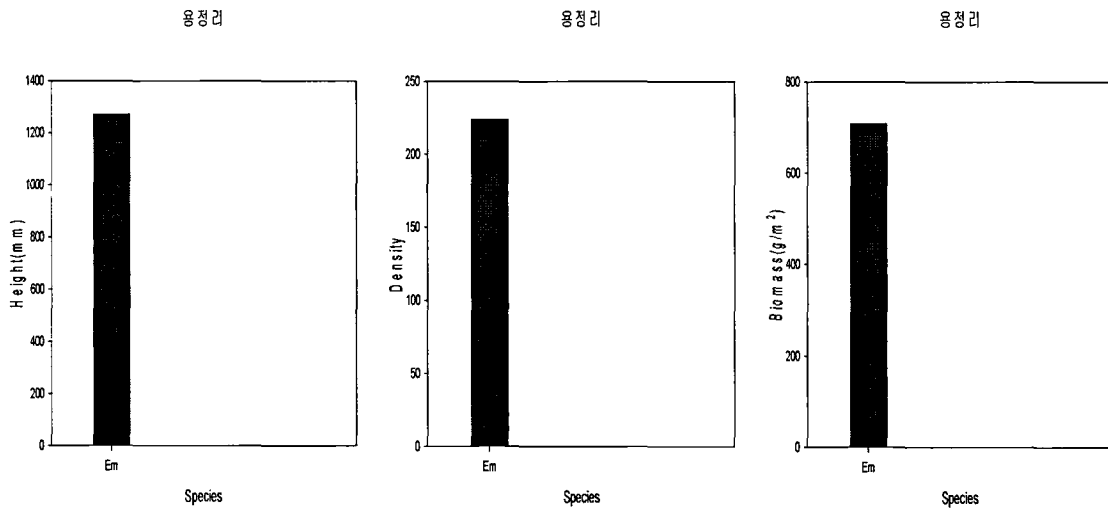


Fig. 18. Height , Density and Biomass of halophytes of jangho-ri.

갯그렁군락이 현존하고 있는 장호리 지역의 갯그렁 길이평균은 1272mm, 밀도 224개/m²로 나타났으며 생물량은 708.48g/m²이다.

10. 송석

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 24과 47종으로 나타났으며(Table 20), 이 중 염생식물은 11과 28종으로 벼과, 사초과, 명아주과 염생식물이 각각 8, 3, 6종이 분포하여 전출현종의 각각 29%, 11%, 21% 등으로 염생식물이 분포하였다. 조사지역은 모래로 이루어진 해안선을 중심으로 통보리사초, 좁보리사초, 갯방풍, 모래지치, 갯씀바귀, 수송나물 등 나타나고 모래와 자갈지역에는 갯그렁, 갯메꽃, 갯잔디, 순비기나무 등이 분포하고 갯

벌과 모래 지역에서는 칠면초, 해홍나물, 갯질경, 갈대, 천일사초, 갯잔디 등이 분포하였다..

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 21 주요 우점군락은 통보리사초군락(*Carex kobomugi* Community), 순비기나무군락(*Vitex rotundifolia* Community), 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community) 등으로 구분되었다.

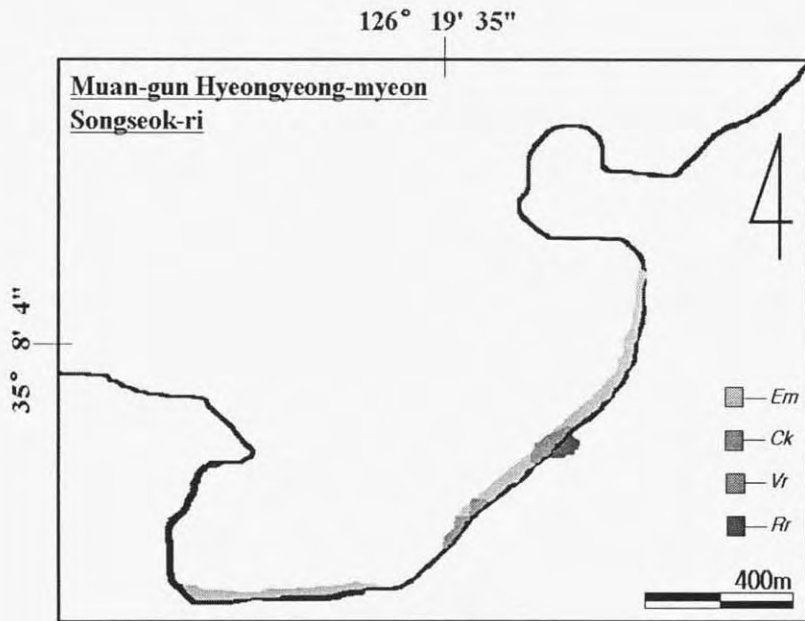


Fig 19. Vegetation map of Songseok; Em: *Elymus mollis* community, Ck: *Carex kobomugi* community, Vr: *Vitex rotundifolia* community

1) 통보리사초군락(*Carex kobomugi* Community)

이 군락은 군락높이 10~13cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 좁보리사초, 모래지치, 갯씀바귀 등이 나타났다. 통보리사초군락은 사구지역에 분포하는 전형적인 사구식물로서 조사지역의 사구에 넓게 순군락으로 분포하고 있다.

2) 순비기나무군락(*Vitex rotundifolia* Community)

이 군락은 군락높이 30~35cm, 식피율 80% 이었으며, 평균출현종은 2.5종이었고, 수반종은 솔장다리, 나문재, 갯질경 등이 나타났다. 순비기나무군락은 해안선 가장자리의 모래와 자갈이 섞인 지역가 퇴적된 모래톱을 중심으로 군락을 형성하고 있다.

3) 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community)

이 군락은 군락높이 4~8cm, 식피율 60% 이었으며, 평균출현종은 1종이었고, 수반종은 백령초, 모래지치 등이 나타났다.

Table 20. List of halophytes of Songseog

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Zoysia macrostachya</i>	왕잔디	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Ischaemum antheophorioides</i>	갯쇠보리	○
	<i>Bromus unioloides</i>	갯보리	○
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁	○
	<i>Phacelurus latifolius</i>	모새달	○
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex pumila</i>	좁보리사초	○
	<i>Carex kobomugi</i>	통보리사초	○
	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Avena fatua</i>	메귀리	
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Ulmaceae 느릅나무과	<i>Certis sinensis</i> for. <i>magnifica</i>	섬팽나무	
Moraceae 뽕나무과	<i>Ficus erecta</i>	천선과나무	
Cannabaceae 삼과	<i>Cannabis sativa</i>	환삼덩굴	
Polygonaceae 마디풀과	<i>Polygonum bellardi</i>	옥매듭풀	○
	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
Amaranthaceae 비름과	<i>Achyranthes japonica</i>	쇠무릎	
Caryophyllaceae 석죽과	<i>Dianthus sinensis</i>	패랭이꽃	
Menispermaceae 방기과	<i>Cocculus trilobus</i>	맹맹이덩굴	
Leguminosae 콩과	<i>Glycine soja</i>	돌콩	
	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
Euphorbiaceae 대극과	<i>Euphorbia humifusa</i>	땅빈대	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Salsola collina</i>	솔장다리	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
Vitaceae 포도과	<i>Vitis flexuosa</i>	새머루	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Eoilibium pyrricholophum</i>	바늘꽃	
	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Umbelliferae 산형과	<i>Glehnia littoralis</i>	갯방풍	○
Primulaceae 앵초과	<i>Lysimachia mauritiana</i>	갯까치수영	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Borraginaceae 지치과	<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	○
Verbenaceae 마편초과	<i>Vitex rotundifolia</i>	순비기나무	○
Solanaceae 가지과	<i>Solanum nigrum</i>	까마중	
Plantaginaceae 꼭두서니과	<i>Diodia teres</i>	백령풀	
Compositae 국화과	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	○
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Sonchus oleraceus</i>	방가지뚱	
	<i>Aster ciliosus</i>	갯쭉부쟁이	○
	<i>Ixeris repens</i>	갯씀바귀	○
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	

Table 21. Synthesis table of the halophyte communities of Songseog

1. 통보리사초군락(*Carex kobomugi* Community),
2. 순비기나물군락(*Vitex rotundifolia* Community)
3. 갯그렁군락(*Elymus mollis* Community)

Community type	군락	1	2	3
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	1.0	1.0	1.0
Average number of species	평균출현종	1.5	2.5	1.5
Differential species of community	군락구분종			
<i>Carex kobomugi</i>	통보리사초	5.5	.	.
<i>Vitex rotundifolia</i>	순비기나물	.	5.5	.
<i>Phragmites communis</i>	갯그렁	.	.	4.4
Companions	수반종			
<i>Carex pumila</i>	좁보리사초	1.1	.	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	.	.	+
<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	+	.	.
<i>Ixeris repens</i>	갯씀바귀	+	.	.
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	+	.
<i>Salsola collina</i>	솔장다리	.	+	.
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	.	.	+
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	.	+	.
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	+	.
<i>Triglochin maritimum</i>	지채	.	.	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

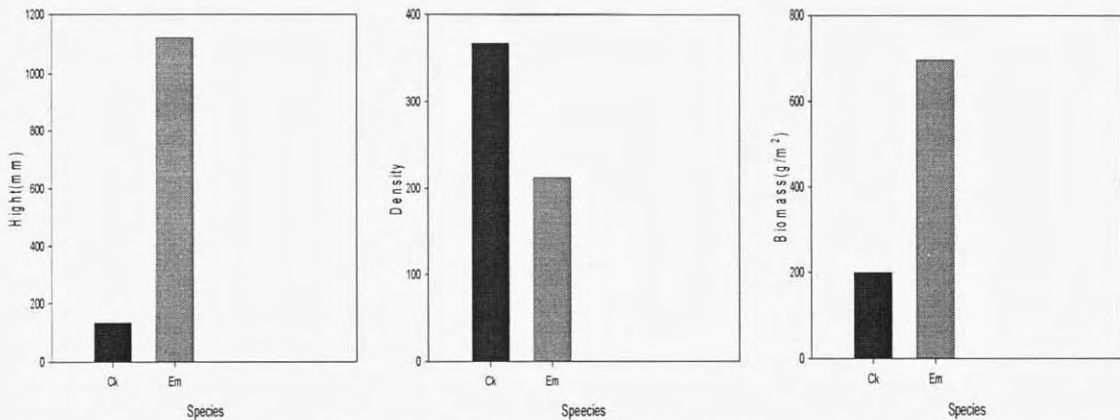


Fig. 20. Height , Density and Biomass of halophytes of seongseok-ri.

통보리사초 및 갯그렁 군락이 현존하고 있는 송석리 지역의 통보리 사초 길이평균은 134.7mm, 밀도 368개/m², 생물량은 199.68g/m²이고 갯그렁 길이 평균은 1123mm, 밀도 212개/m²로 나타났으며 생물량은 698.25g/m²이다.

11. 장포

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 9과 22종으로 나타났고(Table 22), 이중 염생식물은 5과 9종으로 명아주과 염생식물이 4종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 44%로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선 제방을 따라 담수가 유출되는 지역을 중심으로 갈대, 천일사초 등이 분포하는 식생을 형성하고 있다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상제도표를 작성하였다(Table 23). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)으로 구분되었다.

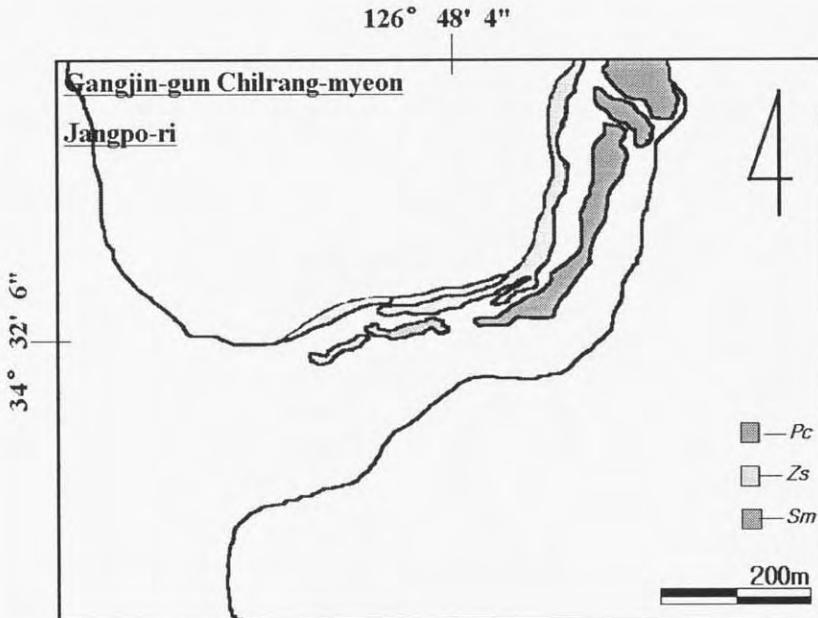


Fig 21. Vegetation map of Jangpo; Pc: *Phragmites communis* community, Zs: *Zoysia sinica* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 78~230cm, 식피율 100%이었으며 평균출현종은 2.5종이었고, 수반종은 갯잔디, 가는갯능쟁이, 갯개미취 등으로 나타났다. 분포지역은 해안 제방을 중심으로 담수가 유출되는 제방 가장자리에 밴드형의 군락을 형성하고 있다.

2) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

이 군락은 군락높이 20~25cm, 식피율은 80~95%이었으며, 평균출현종은 1종이 있고 수반종은 기수초가 나타났다. 이 군락은 제방이 형성된 주변지역에서 부분적으로 분포하고 있으며, 우리나라 서남해안 간석지에서 사구가 형성된 지역에서 나타나는 가장 대표적인 염생 식물군락이다.

Table 22. List of halophytes of Jangpo

Family name	Scientific name	Korean name	'Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Polygonum fugax</i>	쇠돌피	
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Persicaria hydropipter</i>	여뀌	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda malacosperma</i>	기수초	○
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Caprifoliaceae 인동과	<i>Lonicera japonica</i>	인동	
Cruciferae 십자화과	<i>Rorippa indica</i>	개갯냉이	
	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Compositae 국화과	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초	
	<i>Erigeron annuus</i>	개망초	
	<i>Aster ciliatus</i>	갯쭉부쟁이	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○

Table 23. Synthesis table of the halophyte communities of Jangpo

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

Community type	군락	1	2
No. of quadrat(m²)	방형구 크기	1.0	0.5
Average number of species	평균출현종	2.5	1
Differential species of community	군락구분종		
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	1.1	5.5
Companions	수반종		
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+	.
<i>Suaeda malacosperma</i>	기수초	.	+
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	+	.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

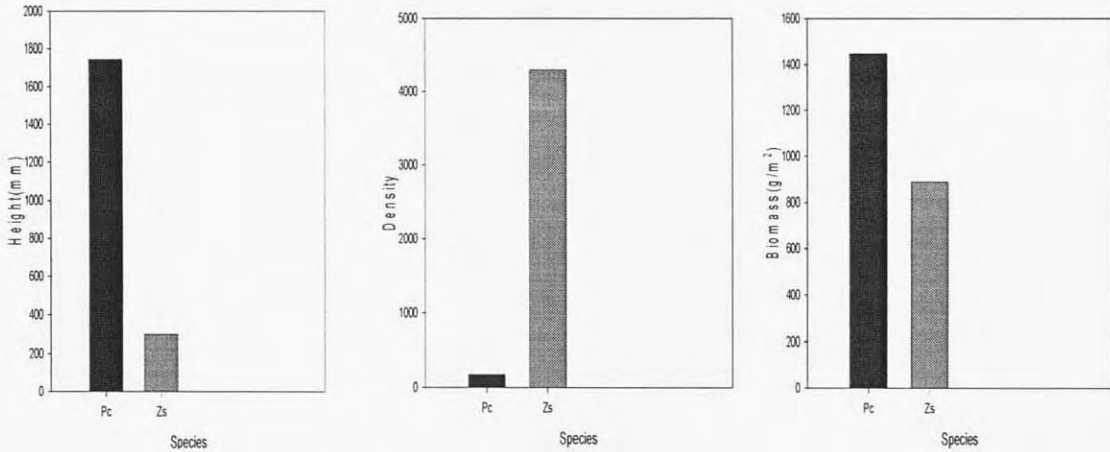


Fig. 22. Height , Density and Biomass of halophytes of jangfo-ri.

갯잔디 및 갈대군락이 현존하고 있는 장포리 지역의 갯잔디 길이평균은 298mm, 밀도 4300개/m², 생물량 889g/m²이며, 갈대군락의 길이평균은 1746mm, 밀도 176개/m²로 나타났다으며 생물량은 1445.44g/m²이다.

12. 수문

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 16과 39종이었고(Table 24), 이 중 염생식물은 8과 21종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 5종, 7종, 4종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 23.8%, 33.3%, 19.4% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 형성된 사주지역에는 해홍나물, 큰비쭉, 갯잔디, 갯질경, 통통마디 등이 주로 분포하여 독특한 식생을 나타내었다. 그리고 제방 가장자리에는 갯그렁, 갈대, 지채 등이 분포하여 다양한 식생구조를 이루고 있다.

나. 염생식물이 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 25). 주요 우점군락은 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community), 갯잔디군락 (*Zoysia sinica* Community), 등으로 구분되었다.

1) 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

이 군락은 군락높이 9~22cm, 식피율 90%이었으며, 평균출현종은 2.5종이었고 수반종은 갯잔디, 가는갯능쟁이, 갯질경 등이 나타났고, 분포지역은 해안 연안에 형성된 사주지역을 중심으로 넓게 형성되어 있다.

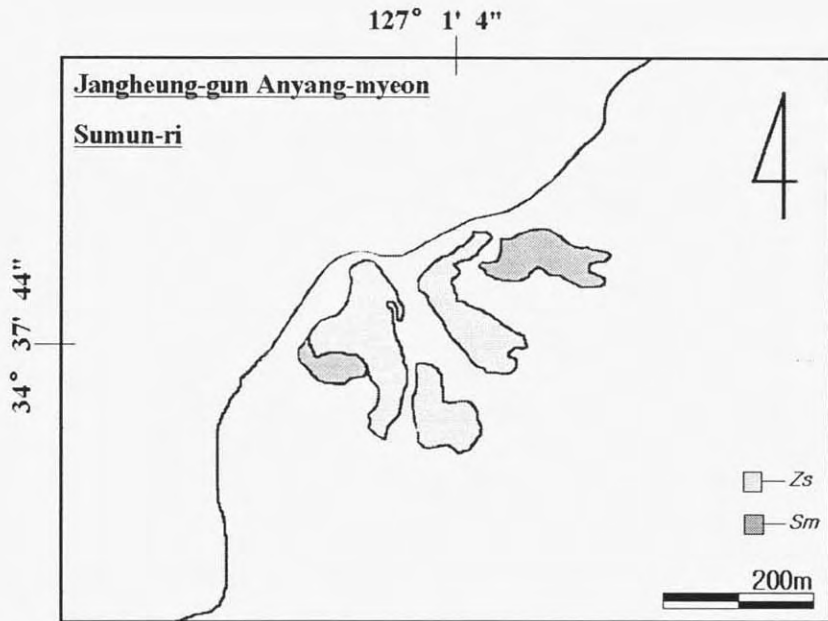


Fig 23. Vegetation map of Sumun; Sm: *Suaeda maritima* community, Zs: *Zoysia sinica* community

Table 24. List of halophytes of Soomun

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Scheuchzeriaceae 지채과	<i>Triglochin maritimum</i>	지채	○
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁	○
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	물억새	
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조풀	○
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Cyperus polystachyos</i>	갯방동사니	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex cripus</i>	소리쟁이	
	<i>Persicaria hydroipter</i>	여뀌	
	<i>Persicaria vulgaris</i>	봄여뀌	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium virgatum</i>	버들명아주	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda australis</i>	방석나물	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Sclicornia herbacea</i>	통통마디	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○

Cruciferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
Phytolaccaeae 자리공과	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공	
Leguminosae 콩과	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
	<i>Albizzia coreana</i>	왕자귀나무	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Borraginaceae 지치과	<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치	○
Plantaginaceae 꼭두서니과	<i>Paederia scandens</i>	계요등	
Rosaceae 장미과	<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	
Rubiaceae 질경이과	<i>Plantago lanceolata</i>	창질경이	
Plumbaginaceae갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia capilolaris</i>	사철쭉	○
	<i>Artemisia rubripes</i>	덤불쭉	
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	
	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	

2) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 9~18cm, 식피율 100%이었으며, 평균출현종은 2종이었고 수반종은 해홍나물, 큰비쭉 등으로 나타났고, 분포지역은 해안 연안에 퇴적된 모래펄이 형성된 지역을 중심으로 형성되어 있다.

Table 25. Synthesis table of the halophyte communities of Soomun

1. 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)
2. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

Community type	군락	1	4
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	2.5	2
Differential species of community	군락구분종		
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	5.5	1.1
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	2.2	5.5
Companions	수반종		
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+	.
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	1.1	.
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	.	2.2
<i>Suaeda australis</i>	방석나물	+	.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

갯잔디 및 해홍나물 군락이 현존하고 있는 수문리 지역의 갯잔디 길이평균은 276.8mm,

밀도 992개/m², 생물량은 141.36g/m²으로 나타났으며 해홍나물의 길이평균은 234.1mm, 밀도 2142개/m², 생물량은 500.48g/m²이다.

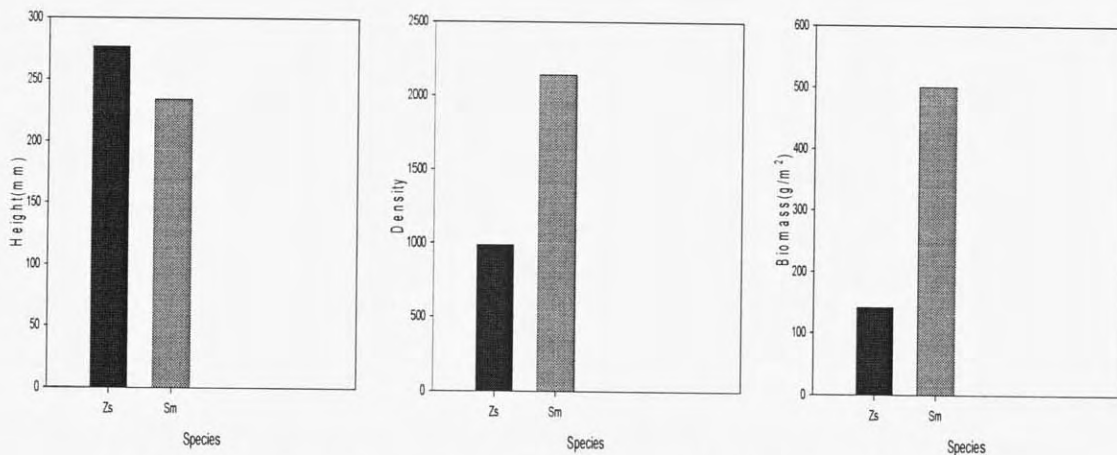


Fig. 24. Height , Density and Biomass of halophytes of sumun-ri.

13. 전일

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 9과 21종으로 나타났고(Table 26), 이중 염생식물은 7과 13종으로 벼과, 명아주과 염생식물이 각각 3종이 분포하여 염생식물 전 출현종의 43%씩 염생식물이 분포하였다. 특히 해안제방을 따라 담수가 유출되는 지역을 중심으로 갈대, 지채, 갯잔디 등이 분포하고 모래가 퇴적된 지형에는 해홍나물이 나타나는 식생을 형성하고 있다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 27). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 해홍나물군락 (*Suaeda maritima* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community), 천일사초군락 (*Carex scabrifolia* Community) 등으로 구분되었다.

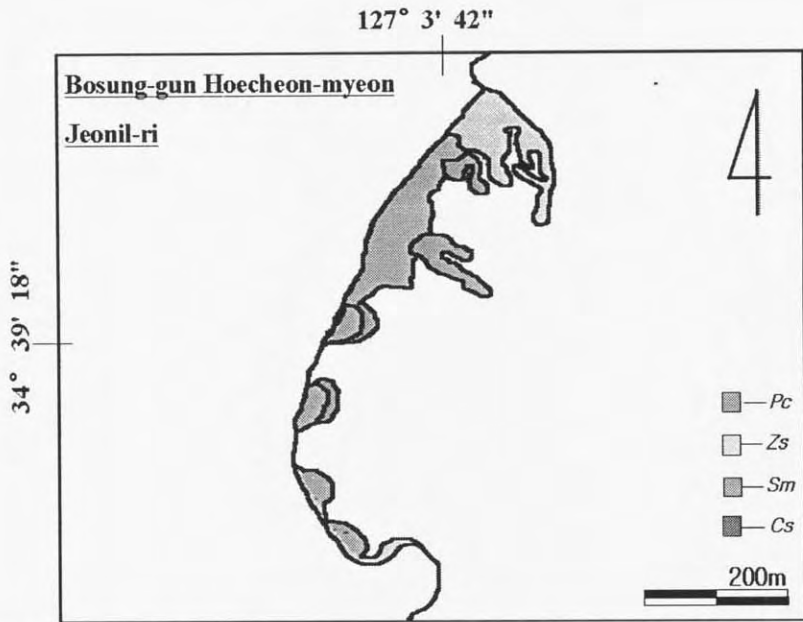


Fig 25. Vegetation map of Jeonil; Pc: *Phragmites communis* community, Sm: *Suaeda maritima* community, Zs: *Zoysia sinica* community, Cs: *Carex scabrifolia* community

Table 26. List of halophytes of Cheonil

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Scheuchzeriaceae 지채과	<i>Triglochin maritimum</i>	지채	○
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Persicaria hydropipter</i>	여뀌	
	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Suaeda australis</i>	방석나물	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Compositae 국화과	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리	
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초	
	<i>Erigeron annuus</i>	개망초	
	<i>Crepidiastrum lanceoides</i>	갯고들빼기	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚥	
	<i>Aster cilius</i>	갯쭉부쟁이	○

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 68~203cm, 식피율 100%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 갯잔디, 가는갯능쟁이, 큰비쭉 등으로 나타났다. 분포지역은 해안제방을 중심으로 담수가 유출되는 제방 가장자리에 군락을 형성하고 있다.

2) 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)

이 군락은 군락높이 14~24cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 1종이었고, 분포지역은 모래가 퇴적된 지형을 중심으로 군락형의 순군락을 형성하고 있다.

3) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)

이 군락은 군락높이 16~22cm, 식피율 100%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 해홍나물, 큰비쭉, 갯질경 등으로 나타났다. 분포지역은 해안가장자리의 기수역에 퇴적된 자갈밭 지역을 중심으로 카펫형으로 군락을 형성하고 있다.

4) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 20~26cm, 식피율 70%이었으며 평균출현종은 1종으로 나타났다. 분포지역은 자갈밭이 퇴적된 지형을 중심으로 해안선 가장자리에 군락을 형성하고 있다.

Table 27. Synthesis table of the halophyte communities of Cheonil

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community)
2. 해홍나물군락(*Suaeda maritima* Community)
3. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* Community)
4. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

Community type	군락	1	2	3	4
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	1.0	0.5	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	2	1.5	2	1.0
Differential species of community	군락구분종				
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	.	.	.
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	.	5.5	1.1	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	1.1	.	5.5	.
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초		.		4.4
Companions	수반종				
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+	.	.	.
<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	.	.	+	.
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취
<i>Suaeda australis</i>	방석나물	.	+	.	.
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	.	+	.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

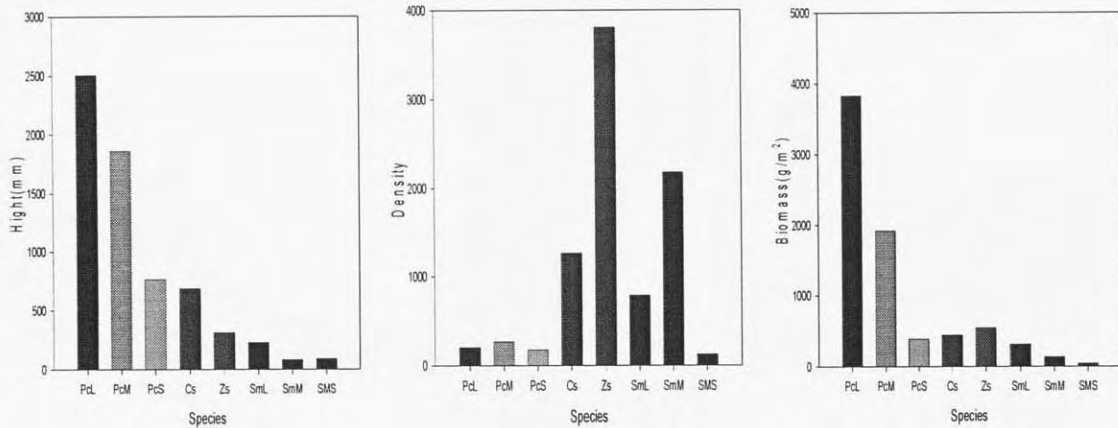


Fig. 26. Height , Density and Biomass of halophytes of jeonil.

갈대, 해홍나물, 천일사초, 갯잔디 군락이 현존하고 있는 전일리 지역은 갈대 및 해홍나물의 경우 면적에 따라 구분하였으며 갈대 각각 길이 평균은 2506mm, 1858mm, 763.6mm, 밀도 208개/m², 272개/m², 176개/m²로 나타났고 생물량은 3835.68g/m², 1923.04g/m², 391.84g/m²이다. 해홍나물 각각 길이 평균은 231mm, 83mm, 92.1mm, 밀도 784개/m², 2176개/m², 128개/m², 생물량 316.96g/m², 139.96g/m², 42.88g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 684.86mm, 밀도 1264개/m², 생물량은 447.78g/m²이고 갯잔디의 길이평균은 315mm, 밀도 3808개/m², 생물량은 549.6g/m²이다.

14. 석간

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 10과 18종으로 나타났으며(Table 28), 이 중 염생식물은 7과 14종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 3, 5, 3종씩이 분포하여 전출현종의 각각 21%, 36%, 21%로 염생식물이 분포하였다. 조사지역은 해안선 배후에서 담수가 유입되는 지역으로 자갈펄로 된 해안을 중심으로 지채, 갈대, 갯메꽃, 갯질경, 갯강아지풀 등이 분포하였다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 29). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* Community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community) 등으로 구분되었다.

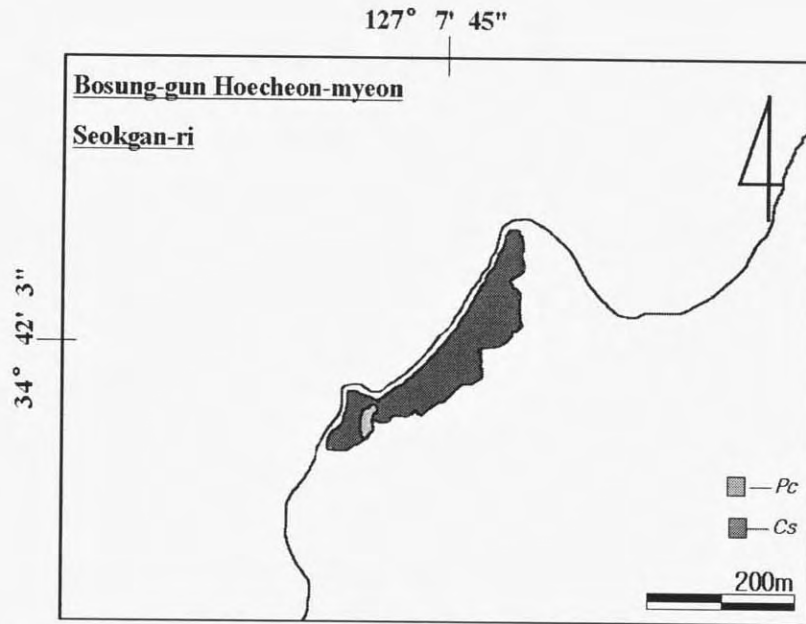


Fig 27. Vegetation map of Seokgan; Pc: *Phragmites communis* community, Cs: *Carex scabrifolia* community

Table 28. List of halophytes of Sekgan

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Scheuchzeriaceae 지채과	<i>Triglochin maritimum</i>	지채	○
Gramineae 벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀	
Polygonaceae 마디풀과	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	
	<i>Rynex cripus</i>	소리쟁이	
Amaranthaceae 비름과	<i>Achyranthes japonica</i>	쇠무릎	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
Primulaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Compositae 국화과	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	○
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○

1) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 80~170cm, 식피율 60% 이었으며, 평균출현종은 1.2종이었고, 수반종은 가는갯능쟁이, 나문재 등이 나타났다.

2) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 30~40cm, 식피율 75%이었으며 평균출현종은 1종이었고, 분포지역은 해안 가장자리 분포하는 갈대군락의 가장자리에 군락을 형성하고 있다.

Table 29. Synthesis table of the halophyte communities of Sekgan

1. 갈대군락(*Phragmites communis* Community),
2. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

Community type	군락	1	2
No. of quadrat(m²)	방형구 크기	1.0	0.5
Average number of species	평균출현종	1.2	1
Differential species of community	군락구분종		
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	.
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	.	4.4
Companions	수반종		
<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	.	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	.	.
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	.
<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	.	.
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+	.
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+	.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

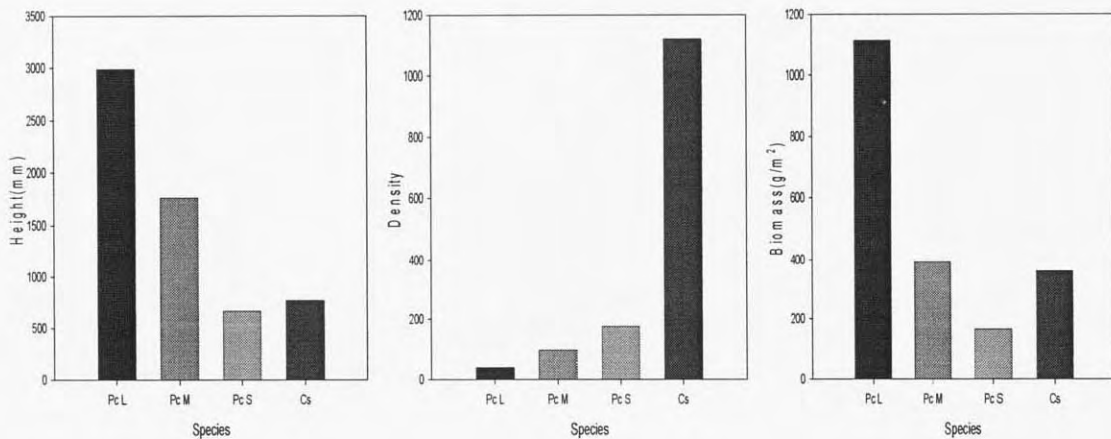


Fig. 28. Height , Density and Biomass of halophytes of soekgan-ri.

갈대 및 천일사초군락이 현존하고 있는 석간리 지역은 갈대 면적에 따라 구분하였으며 갈대 각각의 길이평균은 2987.5mm, 1760mm, 771.8mm, 밀도 40개/m², 96개/m², 176개/m² 생물량은 113.36g/m², 392.64g/m², 164.64g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 771.8mm, 밀도 1120개/m²로 나타났으며 생물량은 360g/m²이다.

15. 장선

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 12과 30종이었고(Table 30), 이 중 염생식물은 9과 22종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 4, 7, 4종이 분포하여 전 출현종의 15%, 30%, 15% 등으로 분포하였다. 해안선을 따라 우점 종으로 출현한 종은 갈대, 칠면초, 나문재, 모새달, 갯잔디 등 5종이었다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 31). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community) 등으로 구분되었다.

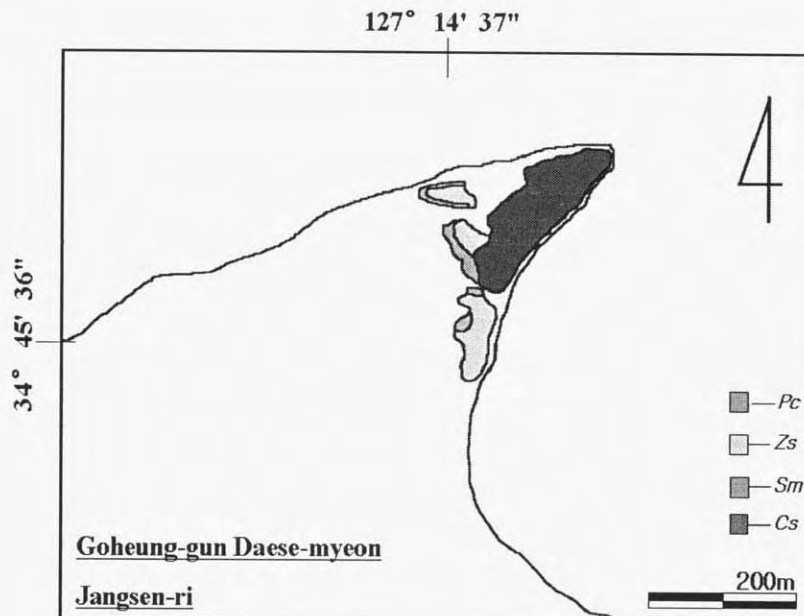


Fig 29. Vegetation map of Jangsen; Pc: *Phragmites communis* community, Cs: *Carex scabrifolia* community, Sm: *Suaeda maritima* community, Zs: *Zoysia sinica* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* community)

이 군락은 군락높이 100~250cm, 식피율은 85~100%이었으며 평균출현종은 1.5종이었고 수반종은 천일사초, 가는갯능쟁이 등이 나타났다. 분포지역은 해안 염소택지와 하구 기수역을 중심으로 생육하며, 이 군락의 낙동강(김 등, 1981), 섬진강(오와 임, 1983), 영산강(김, 1975)하구에 가장 넓게 분포하고 있는 염소택지의 대표적인 염생식물군락이다.

Table 30. List of halophytes of Changsun

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조플	
	<i>Phacelurus latifolius</i>	모새달	○
	<i>Ischaemum antheplorioides</i>	갯쇠보리	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Scirpus fluiatilis</i>	매자기	
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Persicaria hydropipter</i>	여뀌	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
	<i>Atriplex subcordata</i>	갯는쟁이	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯는쟁이	○
	<i>Suaeda japonica</i>	철면초	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
Caryophylliaceae 석죽과	<i>Spergularia marina</i>	갯개미자리	○
Leguminosae 콩과	<i>Lathyrus japonica</i>	갯완두	○
Crudiferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Convolvulaceae 매꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯매꽃	○
Berbenaceae 마편초과	<i>Vitex rotundifolia</i>	순비기나무	○
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Artemisia capiloaris</i>	사철쭉	○
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Atremisia scoparia</i>	비쭉	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지똥	
	<i>Sonchus loeraceus</i>	방가지똥	

2) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 32~59cm, 식피율 70%이었으며 평균출현종은 1종이었고, 수반종은 기수초로 나타났다. 분포지역은 해안 제방을 중심으로 담수가 유출되는 제방 가장자리에 군반형태의 군락을 형성하고 있다.

3) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

이 군락은 군락높이 25~30cm, 식피율은 80~95%이었으며, 평균출현종은 2종이 있고 수반종은 가갯는쟁이, 갯질경, 등이 나타났다. 이 군락은 제방이 형성된 주변지역에서 부분적으로 분포하고 있으며, 우리나라 서남해안 간석지에서 사구가 형성된 지역에서 나타나는 가장 대표적인 염생 식물군락이다.

Table 31. Synthesis table of the halophyte communities of Changsun

1. 갈대군락(*Phragmites communis* community),
2. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)
3. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

Community type	군락	1	2	3
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	0.5	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	1.5	1	1
Differential species of community	군락구분종			
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	.	
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	.	5.5	
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	.	.	
Companions	수반종			
<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	.	.	+1
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	+	.	
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	.	+2
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	.	.	

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

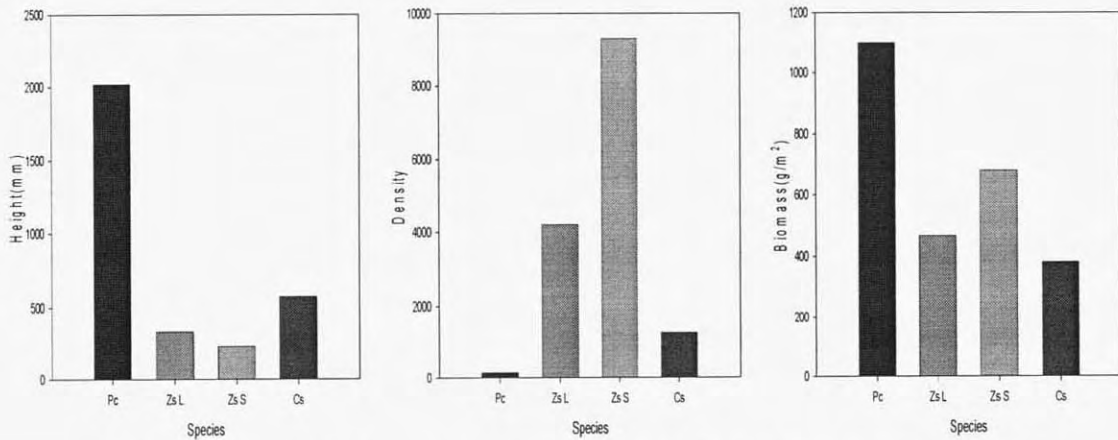


Fig. 30. Height , Density and Biomass of halophytes of jangsun-ri.

갯잔디 및 천일사초 군락과 갈대 군락이 현존하고 있는 장선리 지역은 갯잔디 면적에 따라 구분하였으며 갯잔디 각각 길이평균은 332mm, 230mm, 밀도 4200개/m², 9300개/m², 생물량은 465g/m², 680g/m²이다. 천일사초의 길이평균은 577.4mm, 밀도 1264개/m², 생물량은 380.64g/m²이고 갈대의 길이평균은 2020.8mm, 밀도 144개/m², 생물량 1099.84g/m²이다.

16. 화동

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 12과 28종으로 나타났으며(Table 32), 이 중 염생식물은 6과 16종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 3, 4, 3종이 분포하여 전출현종의 각각 21%, 29%, 21% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 이 지역은 해안선 염습지를 중심으로 갈대, 천일사초, 해홍나물, 갯잔디 등이 나타났다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 33). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* community), 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community) 등으로 구분되었다.

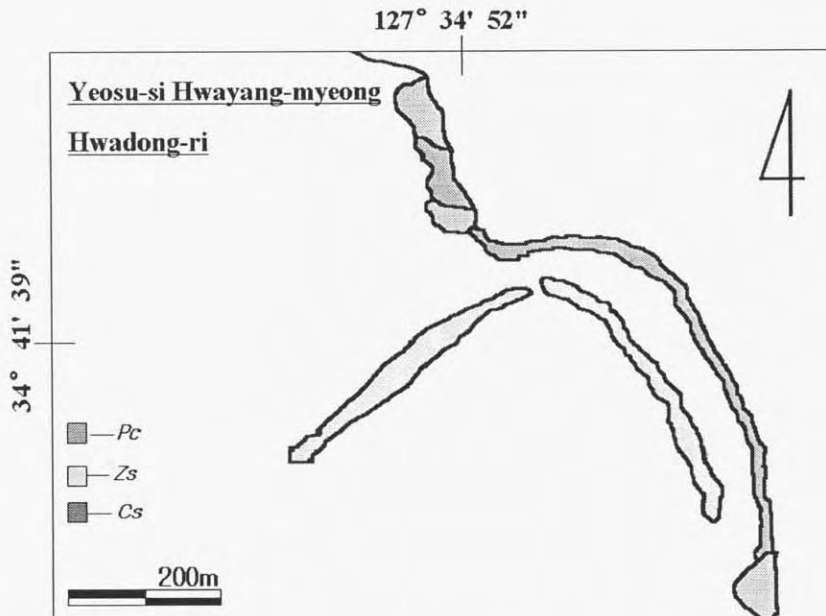


Fig 31. Vegetation map of Hwadong; Pc: *Phragmites communis* community, Cs: *Carex scabrifolia* community, Sm: *Suaeda maritima* community, Zs: *Zoysia sinica* community

1) 갈대군락(*Phragmites communis* community)

이 군락은 군락높이 120~240cm, 식피율 90-100%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 천일사초, 갯잔디, 나문재 등이 나타났다.

2) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* community)

이 군락은 군락높이 20~30cm, 식피율 90-100%이었으며, 평균출현종은 1종이었고, 수반종은 갯잔디, 해홍나물, 갈대 등이 해안 제방 주변지역을 중심으로 분포하고 있으며, 이 군락은 하구나 육수가 유입되는 염습지에 군반상을 이루고 있다.

3) 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

이 군락은 군락높이 15~28cm, 식피율 60% 이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 가는갯능쟁이, 큰비쭉 등이 나타났다.

Table 32. List of halophytes of Whadong

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디	
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	띠	
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
	<i>Carex pumila</i>	좀보리사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
Leguminosae 콩과	<i>Lathyrus davidii</i>	활랑나물	
	<i>Aeschynomene indica</i>	자귀풀	
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
	<i>Atriplex hastata</i>	취명아주	○
Amaranthaceae 비름과	<i>Amaranthus mangostanus</i>	비름	
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Rosaceae 장미과	<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	
Asclepiadaceae 박주가리과	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리	
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	돼지풀	
	<i>Sonchus asper</i>	큰방아쇠	
	<i>Aster ciliatus</i>	갯쭉부쟁이	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘	
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	

Table 33. Synthesis table of the halophyte communities of Whadong

1. 갈대군락(*Phragmites communis* community),
2. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* community),
3. 갯잔디군락(*Zoysia sinica* community)

Community type	군락	1	2	3
No. of quadrat(m²)	방형구 크기	1.0	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	1.5	1	1.5
Differential species of community	군락구분종			
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5	1.1	.
<i>Carex scabrifolia</i> ,	천일사초	1.1	5.5	.
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	.	.	4.4
Companions	수반종			
<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	.	.	.
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+	.	.
<i>Suaeda asparagoides</i>	큰비쭈	.	.	+
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	.	.	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

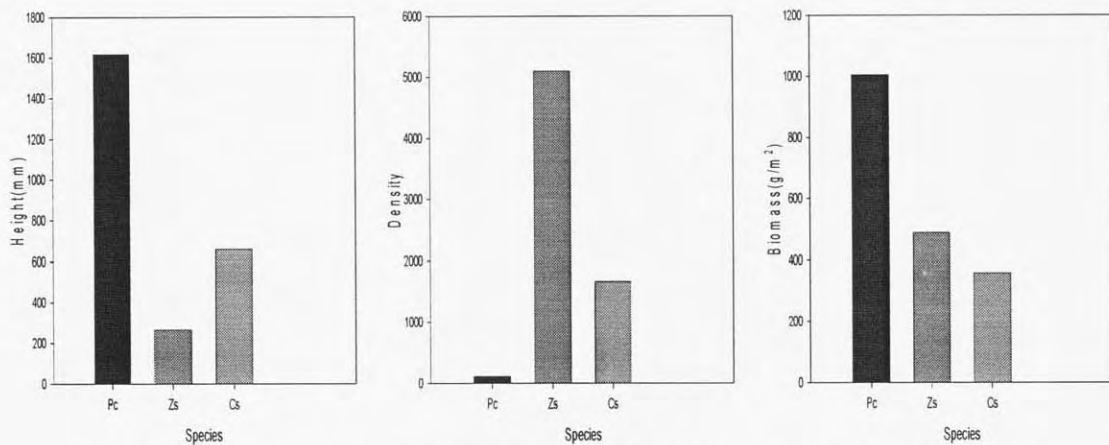


Fig. 32. Height , Density and Biomass of halophytes of hwadong-ri.

천일사초 및 갯잔디 군락과 갈대의 군락이 현존하고 있는 화동리 지역의 천일사초 길이평균은 659.6mm, 밀도 1664개/m², 생물량 358.24g/m²이며 갯잔디의 길이평균은 265.4mm, 밀도 5100개/m², 생물량은 488g/m²이다. 갈대의 경우는 길이 평균이 1618mm, 밀도 112개/m², 생물량은 1004.8g/m²으로 나타났다.

17. 농주

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 9과 28종으로 나타났고(Table 34), 이중 염생식물은

7과 19종으로 벼과, 명아주과, 국화과 염생식물이 각각 5종, 4종, 5종이 분포하여 염생 식물 전 출현종의 26%, 21%, 26% 등으로 염생식물이 분포하였다. 특히 해안선을 따라 형성된 해안염습지에는 칠면초가 광범위하게 순군락으로 분포하며 해안선 가장자리의 기수역을 중심으로 갈대가 대군락을 나타내고 있으며 천일사초, 갯개미취 등이 주로 분포하는 식생을 나타내었다

Table 34. List of halophytes of Nongjoo

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Polypogon monspeliensis</i>	갯쇠돌피	○
	<i>Polypogon fugax</i>	쇠돌피	
	<i>Phacelurus latifolius</i>	모새달	○
	<i>Ischaemum antheplorioides</i>	갯쇠보리	○
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조플	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Polygonaceae 마디풀과	<i>Scripus planiculmis</i>	새섬매자기	○
	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	
	<i>Polygonum bellardi</i> var. <i>effusum</i>	큰옥매듭풀	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	○
	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이	○
	<i>Chenopodium glaucum</i>	취명아주	○
Cruciferae 십자화과	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이	
	<i>Rorippa indica</i>	개갯냉이	
Caryophyllaceae 석죽과	<i>Spergularia marina</i>	갯개미자리	○
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉	○
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚱	
	<i>Sonchus oleraceus</i>	방가지뚱	
	<i>Sonchus brachyotus</i>	사데풀	○
	<i>Artemisia capilolaris</i>	사철쭉	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	
	<i>Gnaphalium affine</i>	떡쭉	

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역의 염생식물 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다 (Table 35). 주요 우점군락은 칠면초군락(*Suaeda japonica* Community), 갈대군락 (*Phragmites communis* Community), 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community) 등으로 구분되었다.

1) 칠면초군락(*Suaeda japonica* Community)

이 군락은 군락높이 9~43cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 나문재, 갯잔디, 갯개미취 등으로 나타났다. 분포지역은 해안 제방을 중심으로 해안 염습지에 대군락을 형성하고 있다. 이 군락은 서해안 간석지(김과 송,1985; 임,1986)와 낙동강 하구염습지(김 등,1981)에 널리 분포하여 이 종은 침수지의 특징적 식물이라고 보고한 바 있다(홍,1965;Walter,1968,Reimold and Queen,1974).

2) 갈대군락(*Phragmites communis* Community)

이 군락은 군락높이 150~278cm, 식피율 100%이었으며 평균출현종은 2종이었고, 수반종은 나문재, 갯쇠돌피, 갯개미취 등으로 나타났다. 분포지역은 해안선 가장자리를 중심으로 담수가 유출되는 기수역에 대군락을 형성하고 있으며 이 군락은 낙동강(김 등, 1981), 섬진강(오와 임, 1983), 영산강(김, 1975)하구 지역을 중심으로 가장 넓게 분포하고 있으며, 염소택지의 대표적인 염생식물군락이다.

3) 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)

이 군락은 군락높이 23~35cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 1종이었고, 분포지역은 해안 가장자리 분포하는 갈대군락의 가장자리에 군락을 형성하고 있다.

Table 35. Synthesis table of the halophyte communities of Nongjoo

1. 칠면초군락(*Suaeda japonica* Community),
2. 갈대군락(*Phragmites communis* Community),
3. 천일사초군락(*Carex scabrifolia* Community)
4. 나문재군락(*Suaeda asparagoides* Community)

Community type	군락	1	2	3	4
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	0.5	1.0	0.5	0.5
Average number of species	평균출현종	2	2	1	2
Differential species of community	군락구분종				
<i>Suaeda japonica</i>	칠면초	5.5	.	.	.
<i>Phragmites communis</i>	갈대	.	5.5	.	.
<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	.	.	5.5	.
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+	+	.	5.5
Companions	수반종				
<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	+	.	.	.
<i>Polypogon monspeliensis</i>	갯쇠돌피	.	+	.	.
<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯능쟁이
<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	+	+	.	+
<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	.	+	.	.

4) 나문재군락(*Suaeda asparagoides* Community)

이 군락은 군락높이 35-45cm, 식피율 90%이었으며 평균출현종은 1종이었고, 분포지역은 해안 가장자리 상부에서 분포하여 군락을 형성하고 있다.

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

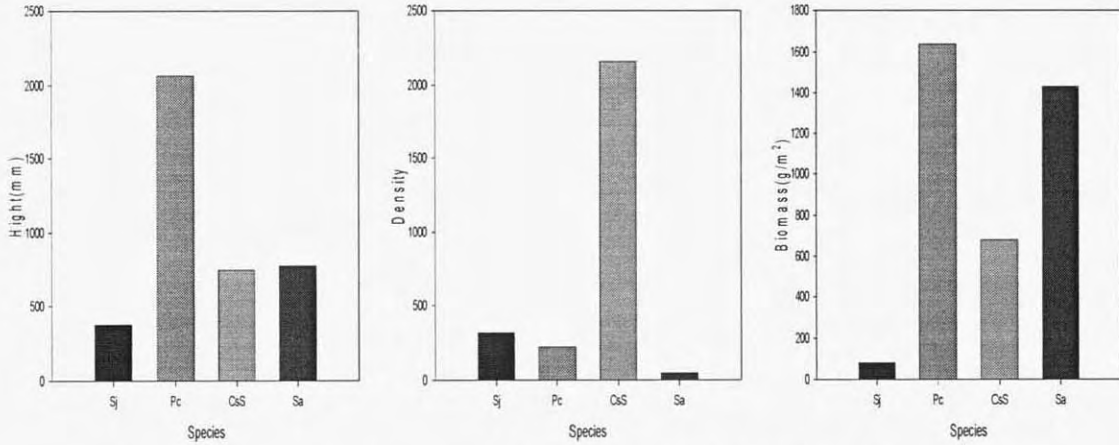


Fig. 33. Height , Density and Biomass of halophytes of nongju-ri.

칠면초, 갈대 , 천일사초 및 나문재 군락이 현존하고 있는 농주리 지역의 칠면초 길이 평균은 373.4mm, 밀도 320개/m², 생물량 81.92g/m²이고, 갈대 길이 평균은 2066mm, 밀도 224개/m², 생물량은 1639.04g/m²이다. 천일사초 길이 평균은 746mm, 밀도 2160개/m², 생물량은 679.36g/m²이고 나문재의 길이 평균은 775.33mm, 밀도 48개/m²로 나타났으며 생물량은 1432g/m²이다.

18. 상내

가. 식물상

본 조사지역에서 조사된 관속식물은 8과 14종으로 나타났으며(Table 36), 이 중 염생식물은 6과 11종으로 국화과, 벼과 염생식물이 각각 4종, 3종이 분포하며, 특히 이 지역은 해안선 염습지를 중심으로 갈대, 천일사초, 해홍나물, 갯잔디 등이 나타났다.

나. 염생식물의 우점군락

본 조사지역에서 조사된 염생식물의 우점군락은 표 조작법에 따라 종합상재도표를 작성하였다(Table 37). 주요 우점군락은 갈대군락(*Phragmites communis* community)으로 구분되었다.

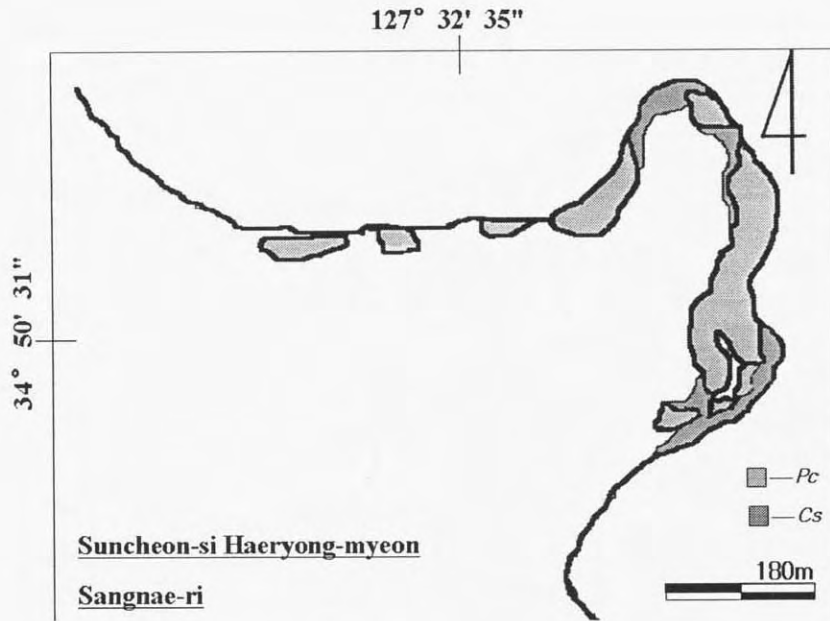


Fig 34. Vegetation map of Sangnae; Pc: *Phragmites communis* community

Table 36. List of halophytes of Sangnae

Family name	Scientific name	Korean name	Halophyte
Gramineae 벼과	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디	○
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	○
	<i>Setaria viridis</i> var. <i>pachystachys</i>	갯강아지풀	○
Cyperaceae 사초과	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	○
Chenopodiaceae 명아주과	<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	○
	<i>Suaeda maritima</i>	해홍나물	○
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃	
Rosaceae 장미과	<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무	
Convolvulaceae 메꽃과	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃	○
Plumbaginaceae 갯질경이과	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경	○
Compositae 국화과	<i>Aster ciliatus</i>	갯쑥부쟁이	○
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쑥	○
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초	○
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리	

1) 갈대군락(*Phragmites communis* community)

이 군락은 군락높이 120~240cm, 식피율 90~100%이었으며, 평균출현종은 1.5종이었고, 수반종은 천일사초, 갯잔디, 나문재 등이 나타났다.

Table 37. Synthesis table of the halophyte communities of Sangnae

1. 갈대군락(*Phragmites communis* community)

Community type	군락	1
No. of quadrat(m ²)	방형구 크기	2.0
Average number of species	평균출현종	1.5
Differential species of community	군락구분종	
<i>Phragmites communis</i>	갈대	5.5
Companions	수반종	
<i>Carex scabrifolia</i> ,	천일사초	1.1
<i>Suaeda asparagoides</i>	나문재	+

다. 지상부 길이, 밀도 및 생산량

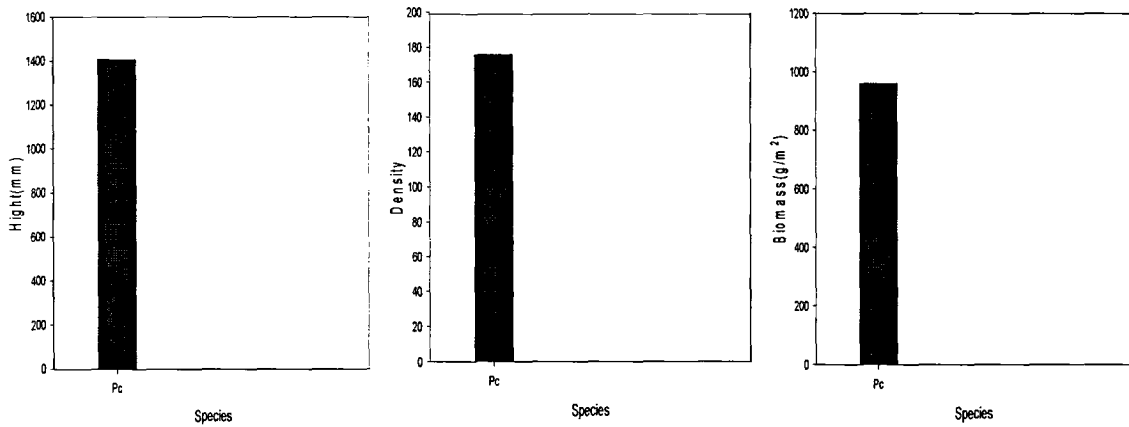


Fig. 35. Height , Density and Biomass of halophytes of sangnea-ri.

갈대 군락이 현존하고 있는 상내리 지역의 갈대 길이평균은 1408.8mm, 밀도 176개/m²로 나타났으며 생물량은 961.28g/m²으로 나타났다.

제 4 절 연안생태계 염생식물군락과 환경요인 Database구축

1. 연안생태계 환경특성조사

전라남·북도 위치한 염습지 중 자연성이 우수하고 식물군락발달이 양호한 18개 지역을 선정하여 분포지역의 저토를 채집하여 분석 조사하였다. 18개 조사 지역에서 군락의 안정성을 나타내는 11개 염생식물 군락을 선정 하였으며, 이들의 저토 환경 특성을 아래의 Table 38에 정리하였다.

Table 38. Soil properties for coastal plant communities on the 18 salt marsh in the Western and Southern coast in Korea

조사 지역	Community	pH	M.C(%)	Sal(ppt)	E.C(us)	T-N(mg/g)	A-P(ug/g)	Hardness	Soil Texture		
									clay	silt	sand
죽포	갈대(대)	6.81	46.41	0.70	1345	1.75	230.10	0.00	0.6	30.4	69.0
	갈대(소)	6.78	29.69	0.60	989	1.50	230.50	3.39	0.1	25.1	74.8
	천일사초	7.22	18.11	1.40	2544	0.25	43.00	12.04	0.7	41.3	58.0
	칠면초 1	6.85	20.68	0.90	1704	0.45	103.70	5.35	4.7	56.3	39.0
	칠면초 2	6.62	30.42	2.00	3501	0.48	137.70	5.88	1.8	43.7	54.5
	칠면초 3	6.81	39.05	2.00	3209	0.36	97.00	9.42	1.8	36.4	61.8
	칠면초 4	6.75	24.78	2.20	3917	0.25	101.20	8.79	3.2	35.7	62.3
봉오	갈대 1	6.55	18.64	0.70	988	0.55	163.90	2.11	5.7	36.4	57.9
	갈대 2	6.70	19.66	0.80	1001	0.80	231.60	2.8	3.3	45.6	52.1
	갈대 3	6.30	25.76	1.00	1807	0.45	301.10	0.8	2.6	31.7	65.7
	천일사초 1	7.12	22.45	1.10	2001	0.32	48.00	2.56	0.1	7.4	92.5
	천일사초 2	7.30	19.87	1.04	1887	0.42	44.00	3.14	0.3	7.6	92.1
석창	갈대	6.63	18.55	2.20	3716	2.35	197.60	9.41	0.1	2.4	97.5
칠곡	갈대	6.38	28.49	2.10	3514	2.70	206.60	12.46	1.6	44.3	54.1
	갯잔디	7.24	12.91	2.20	3641	1.15	36.70	12.52	1.1	11.3	87.6
	천일사초	7.20	21.42	1.10	1974	0.75	310.10	0.00	0.8	6.3	92.9
현화	갈대	6.36	31.52	2.40	4337	0.42	126.64	0.51	3.8	20.7	78.5
	통통마디	6.70	19.39	1.23	2240.6	0.34	58.78	2.43	0.2	32.7	69.1
	갯잔디	6.67	16.69	1.95	3216.8	0.56	57.85	7.88	0.0	9.8	90.2
	큰비쭉	7.08	18.83	1.16	2138	0.42	44.79	7.23	1.1	4.1	94.8
가입	갈대 1	6.60	2.15	0.10	114.6	0.20	157.19	0.00	0.0	10.9	89.1
	갈대 2	6.90	3.75	0.08	778	0.25	88.60	0.00	0.1	14.4	85.5
	갈대 3	7.06	2.98	0.08	765	0.15	106.80	0.00	0.0	9.8	90.2

조사 지역	Community	pH	M.C(%)	Sal(ppt)	E.C(us)	T-N(mg/g)	A-P(ug/g)	Hardness	Soil Texture		
									clay	silt	sand
중산	갈대(대)	6.40	40.78	0.60	884	0.9	205.6	1.12	4.7	56.3	39.0
	갈대(소)	6.54	16.00	0.40	687	0.35	87.7	6.78	3.9	49.2	46.9
	갯잔디(대)	6.74	21.44	1.80	3166	1.6	140.4	12.24	0	3.1	96.9
	갯잔디(소)	7.22	23.31	1.60	2739	1.5	144.9	6.46	0.1	3.6	96.3
	천일사초	6.80	23.49	1.10	1892	0.6	183.8	0.3	0.3	15.4	84.3
반월	갯잔디	7.08	16.54	1.10	2001	0.7	134.6	10.66	0.2	10.1	89.7
	해홍나물	6.87	16.99	0.50	754	0.6	164.8	8.25	0.6	3.9	95.5
	천일사초	7.00	18.08	0.80	1431	0.55	246.1	7.21	1.9	42.5	55.6
	갈대	6.46	27.80	1.20	2099	0.45	310.7	5.14	5.5	62.8	31.7
상하	갯그렁 1	7.80	5.40	0.10	109.1	0.4	55.5	1.21	0	0	100
	갯그렁 2	7.70	5.85	0.08	88.5	0.25	71.2	0.8	0	0	100
송석	통보리사초 1	7.74	4.92	0.02	71.58	0.2	65.34	0	0	0.1	99.9
	통보리사초 1	7.65	4.96	0.03	77.57	0.25	72.08	0	0	0	100
	갯그렁1	7.66	5.42	0.06	120.42	0.24	72.01	0	0	0.4	99.6
	갯그렁 2	7.98	6.85	0.03	75.39	0.27	74.73	0	0	0.2	99.8
	순비기나무 1	7.51	4.73	0.10	256.44	0.24	56.55	0	0	0.5	99.5
	순비기나무 2	7.34	4.04	0.06	99.45	0.41	80.5	0	0	0	100
장포	갈대	7.22	19.72	1.20	2105	0.6	198.4	7.9	1.2	13.5	85.3
	갯잔디	6.59	15.47	1.40	2742	1.2	59.6	5.44	0.8	5.1	94.1
수문	해홍나물1	7.22	12.74	0.90	1189	2.12	68.41	0.1	5.2	10.1	84.7
	해홍나물2	7.12	9.69	1.00	1887	0.98	60.8	1.83	5.9	7.8	86.3
	갯잔디1	6.99	10.80	1.00	1926	2.05	15	5.36	2.5	7.5	90
	갯잔디2	7.01	8.81	1.30	2787	0.13	43.81	9.31	0.8	33.4	65.8
전일	갈대(대)	6.75	6.14	2.4	4114	0.85	120.1	2.94	1.7	52.4	43.2
	갈대(중)	6.38	14.49	2.1	3514	0.65	96	1.64	1.4	37.6	61
	갈대(소)	7.02	18.02	0.7	1301	0.25	159.6	0	1.5	43.2	44.7
	천일사초1	7.02	22.53	0.8	1438	0.4	135.8	3.25	2.6	10.5	86.9
	천일사초2	6.52	17.99	1.2	2137	0.45	104.9	1.35	0.8	6.2	93.6
	천일사초3	6.75	21.46	1.4	3237	0.45	190.4	2.25	1.2	8.5	90.3
	갯잔디	6.88	14.92	0.9	1888	0.3	134.6	4.3	0	0.1	99.9
	해홍나물(대)	7.3	14.97	0.5	789	0.5	100.2	7.56	0	0.3	99.7
	해홍나물(중)	7.21	7.56	0.8	1569	0.2	91.1	6.75	0.1	1.5	98.4
	해홍나물(소)	6.91	20.21	0.4	584	0.15	290.3	1.02	0	2.3	97.7

조사 지역	Community	pH	M.C(%)	Sal(ppt)	E.C(us)	T-N(mg/g)	A-P(ug/g)	Hardness	Soil Texture		
									clay	silt	sand
석간	갈대(대)	6.56	12.35	0.5	661	0.65	103.8	6.46	0	0.5	99.5
	갈대(중)	7.1	33.43	0.8	1219	0.7	111.6	0.1	0.9	1.5	97.6
	갈대(소)	6.89	19.84	0.6	912	0.35	131.9	4.14	0	1.4	99.6
	천일사초	7.09	14.88	1.8	3264	0.35	48	0	1.2	10.5	88.3
장선	갈대	6.8	15.87	2.3	4147	1.35	133.8	8.66	2.5	19.3	78.2
	천일사초	7.2	22.77	1.2	2156	0.8	89.4	2.88	1.5	9.6	88.9
	갯잔디(대)	7.54	23.56	1.8	3342	0.95	34.7	7.7	2.4	13.6	84
	갯잔디(소)	7.05	20.19	1.9	3561	1	33.6	6.03	2.9	18.2	78.9
화동	갈대	6.67	16.41	0.3	456	1.85	48.4	9.82	2.7	36.4	60.9
	천일사초	7.21	14.58	1.1	1863	0.95	58.1	5.89	0.6	30.4	69
	갯잔디	7.45	12.47	0.8	1246	1.1	39.5	6.49	1.8	8.8	89.4
농주	칠면초 1	6.7	37.11	1.1	2008	0.65	384.6	2.21	1.4	55.2	43.4
	칠면초 2	6.98	23.34	1.2	2187	0.78	412.4	1.5	3.6	43.7	52.7
	칠면초 3	6.87	20.08	1.5	2749	0.53	337.8	3.4	3.2	51.6	45.2
	갈대 1	6.94	41.87	1.6	2992	0.5	357.9	1.21	4.8	41.6	53.6
	갈대 2	7.12	36.48	1.1	2108	0.6	387.3	0.5	5.2	38.1	56.7
	천일사초 1	6.98	38.42	1.1	2141	0.45	315.4	2.24	1.4	10.6	88
	천일사초 2	7.03	30.36	1.3	2437	0.43	204.5	1.55	3.1	8.9	88
	나문재 1	7.54	28.57	0.5	971	0.9	382.4	2.45	0	3.3	96.7
	나문재 2	7.36	19.54	0.6	1074	0.55	304.5	3.32	1	3.7	95.3
상내	갈대	6.84	38.87	1.9	3435	0.6	346.3	0	4.8	39.7	55.5

2. 서식지 환경특성과 군락특성의 관계 규명

가. 저토환경요인에 따른 염생식물 군락의 ordination

18개 조사지역에서 분포하는 염생식물군락 토양환경요인을 생육지 특성에 따른 식물군락의 배열을 알아보기 위하여 Canonical Correspondence Analysis(CCA)분석결과 Fig. 36과 같이 배열되었다. CCA ordination에서 지채, 갈대, 해홍나물 및 나문재 군락은 Salt marsh로 구분되고 갯그렁, 통보리사초 및 띠군락은 Sand marsh에 포함되며 칠면초, 갯잔디 및 갈대군락이 Clay marsh에 포함되었다. 지채, 갈대, 칠면초 및 천일사초 군락은 Estuary marsh에 포함되고 천일사초, 지채 및 갈대군락이 Salt swamp으로 구분되었다.

식물 군락의 배열은 특히 모래함량이 0.936으로 상관성이 가장 높았고 그 다음으로 고도가 0.713으로 Axis 1에 대해 유의한 수준의 상관성을 나타냄으로써 식물군락 분포에 토성과 고도가 군락분포에 중요한 환경요인으로 분석되었다(Table 39).

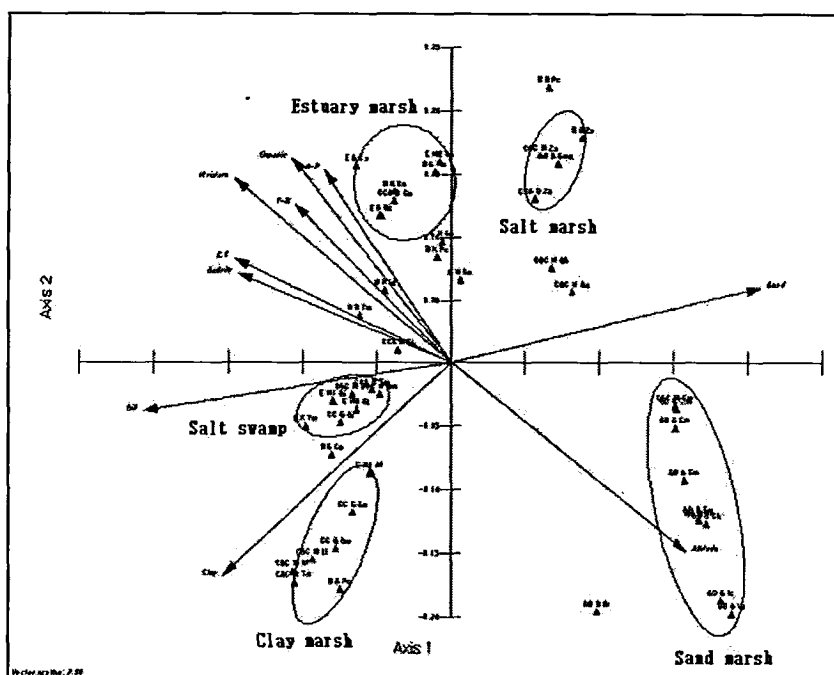


Fig. 36. CCA(canonical correspondence analysis) ordination diagram showing the correlation between plots(46 major communities) and major environmental variables against the axis1 and axis2(Vector scaling:250%).

Table 39. Canonical coefficient and inter-set correlation for 11 environment factors.

Variable	Canonical Coefficients		Correlations Coefficients	
	Axis 1	Axis 2	Axis 1	Axis 2
Moisture content	-0.009	-0.015	-0.657	0.489
Organic matter	0.039	0.028	-0.481	0.545
Salinity	-0.017	-0.036	-0.647	0.239
Electric conductivity	-0.014	0.061	-0.658	0.277
pH	0.012	0.011	0.046	0.090
Available phosphorus	-0.019	0.024	-0.384	0.512
Total nitrogen	-0.013	0.011	-0.473	0.421
Clay	-0.148	-0.127	-0.691	-0.559
Silt	-0.826	-0.314	-0.931	-0.127
Sand	-0.74	-0.322	0.936	0.200
Altitude	0.070	-0.062	0.713	-0.495
Eigenvalues	0.065	0.013		

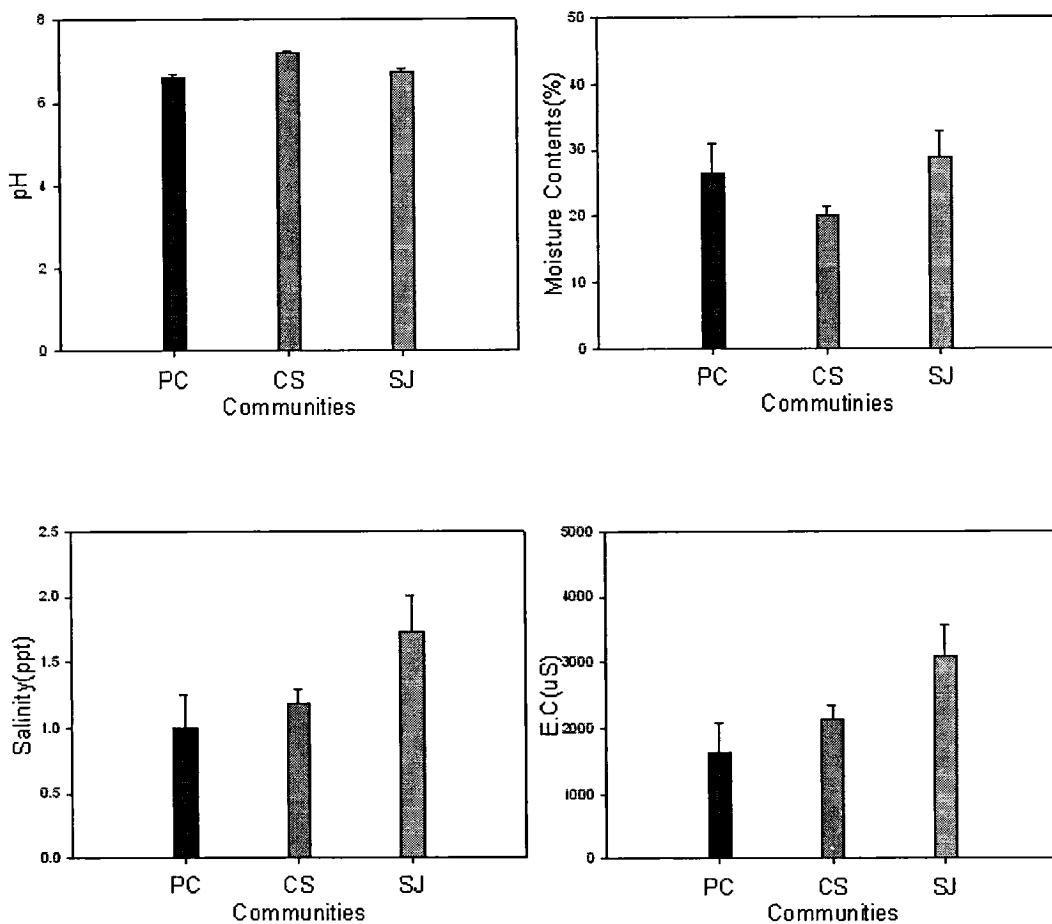
3. 생육지별 염생식물 군락의 저토환경요인

가. 해안성 염습지(Coastal marsh)

1) 점토성 염습지(Clay marsh)

점토성 염습지에 해당하는 부안군 줄포, 무안군 봉오, 함평군 석창 지역에서 우점하는 갈대, 천일사초, 칠면초군락의 토양을 채집하여 저토환경요인을 종합한 결과 토양의 pH는 천일사초 7.22, 칠면초 6.85, 갈대군락 6.62 로 나타났으며, 수분함량은 칠면초 28.73%, 갈대 26.45%, 천일사초 20.14%로 나타나는 특징을 보여주었다.

염분농도와 전기전도도는 칠면초 군락이 각각 1.72ppt, 3082uS으로 가장 높게 나타났으며, 갈대군락이 1.0ppt, 1641uS 으로 가장 낮은 경향성을 보여 주었다.



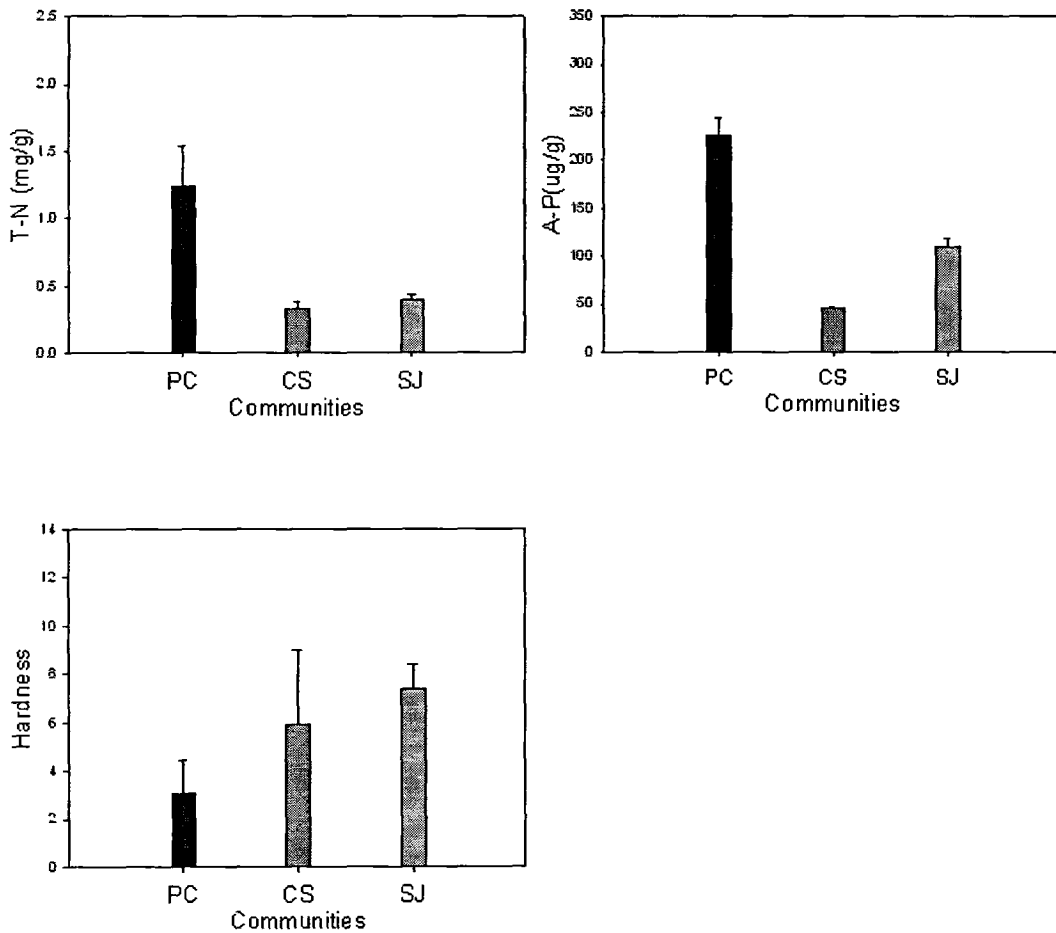


Fig. 37. Soil properties for 3 coastal plant community on the clay marsh in the Western and Southern coast in Korea

총질소와 가급성인의 함량은 염생식물 군락 중 생산량과 생장률이 가장 큰 갈대군락이 각각 1.23mg/g, 225ug/g으로 높게 나타났으며, 천일사초군락이 0.33mg/g, 45ug/g으로 가장 낮게 나타났다.

식물의 발아, 정착 및 생장에 영향을 미치는 토양경도는 칠면초군락이 7.36kg/m³, 천일사초군락이 5.90kg/m³, 갈대군락이 3.08로 나타났다.

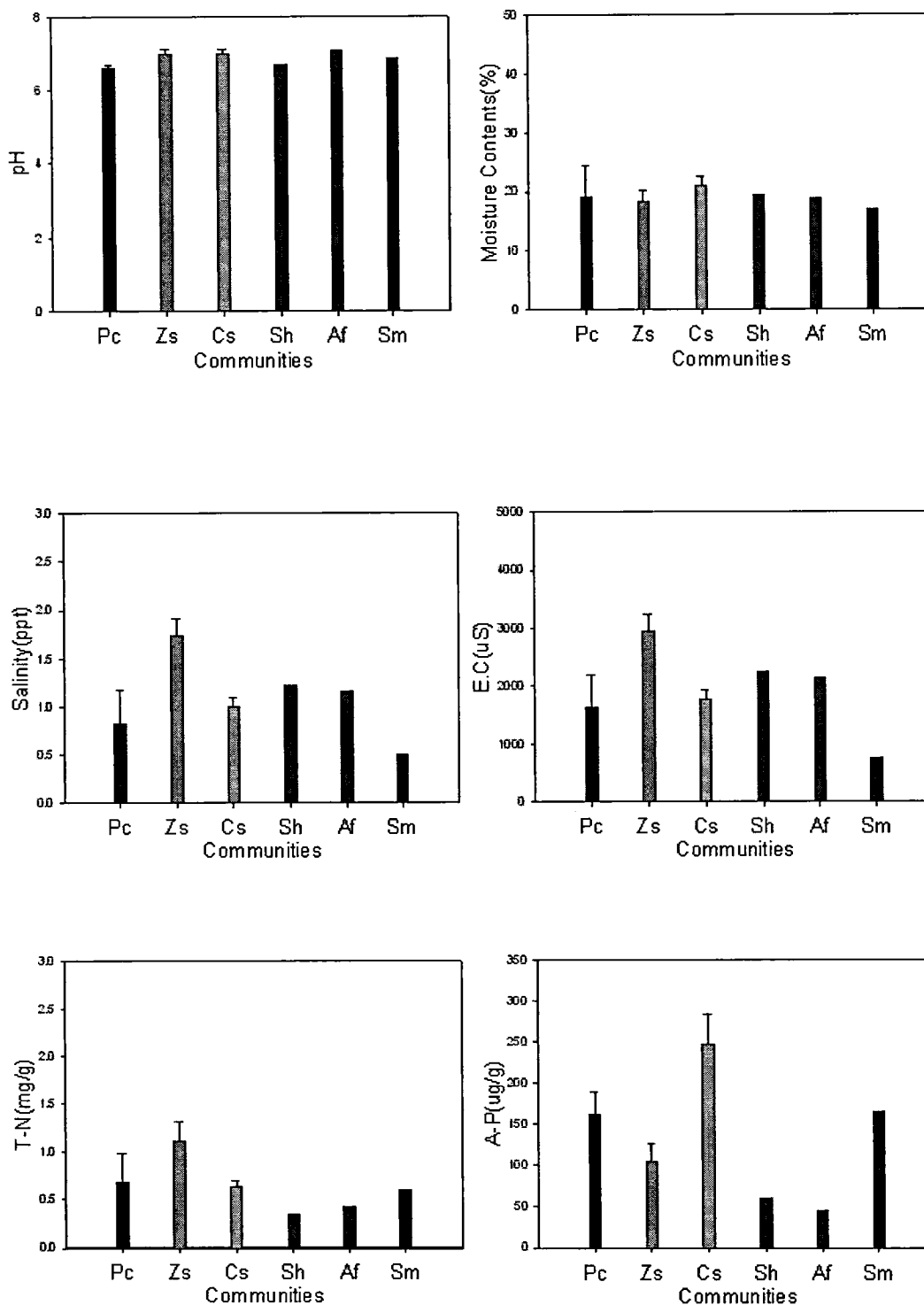
2) 사질성염습지(Sand gravel marsh)

토성의 함량중 clay, silt, sand의 함량이 다양하게 분포되어 있는 사질성 염습지의 경우 조사지역중 영광군 칠곡, 함평군 현화, 무안군 가입, 고흥 중산, 여수 반월등 5개 지역에 사질성 염습지에 해당하며 대표성을 나타내는 갈대, 갯잔디, 천일사초, 통통마디, 큰비쭉, 해홍나물군락 등 총 6개군락에 대한 조사가 이루어 졌다.

토양의 pH는 군락별로 6.58~7.08로 각각 유사한 분포값을 보여 주었으며, 토양의 수분 함량 역시 16.99~20.99%로 큰 차이를 나타내지 않았다.

염분농도와 전기전도도의 경우 통통마디가 1.23ppt, 2240.60uS으로 가장 높게 나타났으

며, 해홍나물이 0.5ppt, 754.00uS으로 가장 낮게 나타났다. 일반적으로 통통마디의 경우 생육지역이 고염지역에서 생육하는 것으로 나타났으며, 본 조사결과에서도 같은 경향성을 보여 주었다.



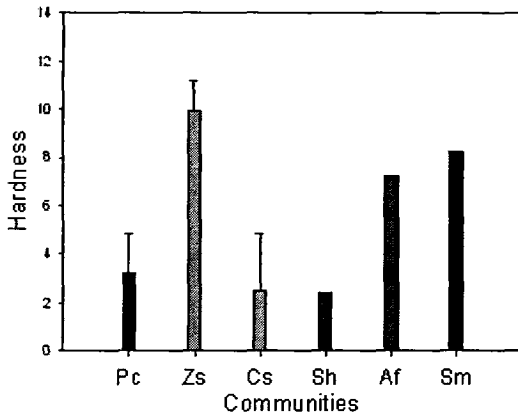


Fig. 38. Soil properties for 6 coastal plant community on the sand gravel marsh in the Western and Southern coast in Korea

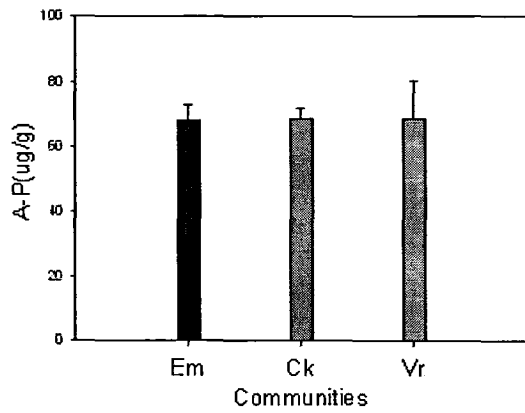
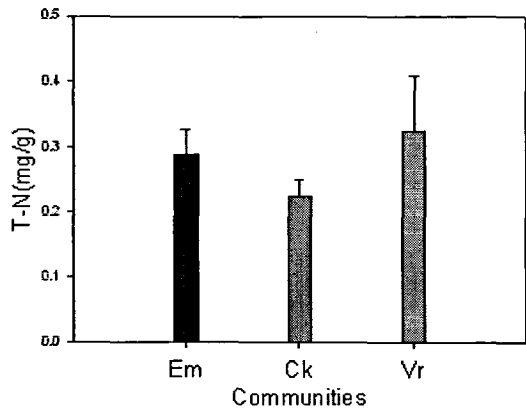
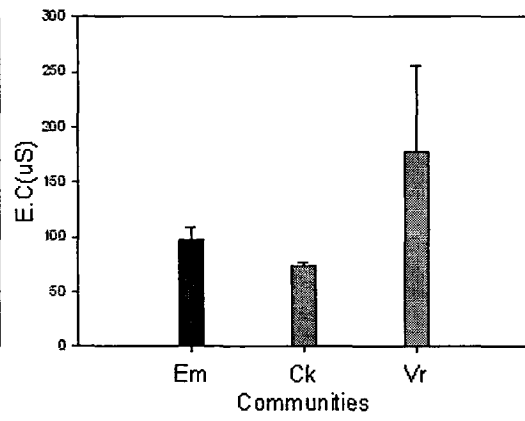
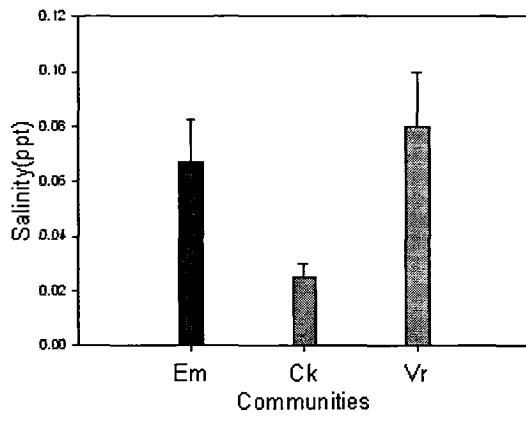
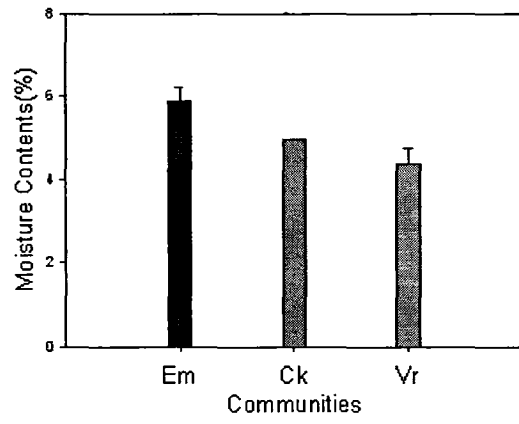
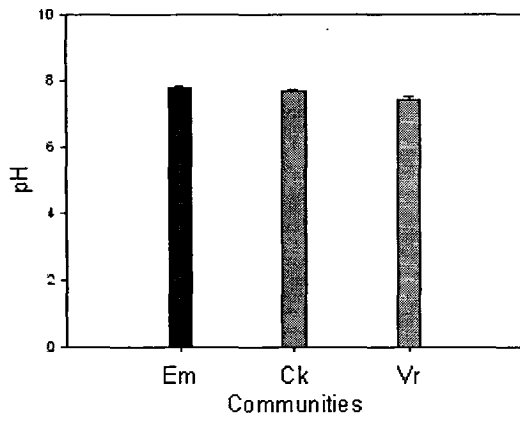
총질소와 가급성인의 함량은 염생식물 군락 중 갯잔디 군락에서 1.10mg/g, 102.8ug/g 으로 가장 높게 나타났으며, 갈대군락이 0.67mg/g, 161.22ug/g, 천일사초군락이 0.63mg/g, 246.6ug/g, 해홍나물 군락이 0.60mg/g, 164.80ug/g, 큰비쭉군락이 0.42mg/g, 44.79ug/g로 나타났으며, 통통마디 군락이 0.34mg/g, 58.78ug/g으로 우점군락중 낮은 경향성을 보여 주었다. 식물의 발아, 정착 및 생장에 영향을 미치는 토양경도는 갯잔디 군락이 9.95kg/m², 해홍나물군락이 8.25kg/m², 큰비쭉 군락 7.23kg/m², 갈대군락 3.25kg/m², 천일사초군락 2.50 마지막으로 통통마디 군락이 2.43kg/m²으로 가장 낮게 나타났다.

3) 사구성염습지(Sand marsh)

대부분 토성이 모래성분으로 구성되어 있는 사구성 염습지에서는 총 갯그렁, 통보리사초, 순비기군락 등 총3개군락이 우점 종으로 나타났으며, 사구식물군락이 안정적으로 이루어진 고창군 상하, 무안군 송석을 조사 실시 하였다.

토양 pH는 갯그렁, 통보리사초, 순비기나무군락의 경우 7.42~7.78로 다른 군락에 비해 다소 높게 나타나는 경향성을 보였다.

토성의 성분이 모래로 이루어져 있는 사구성 해안 염습지의 경우 일반적으로 식물군락이 수분스트레스에 대한 적응력이 높게 나타나는데, 이러한 현상을 반영하듯 토양의 수분함량이 갯그렁 5.88%, 통보리사초 4.94%, 순비기나무 4.38%로 다른 유형별 생육지에 비해 현저하게 낮게 나타난다.



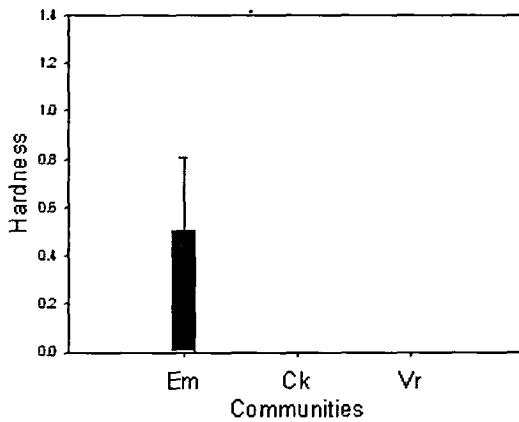


Fig. 39. Soil properties for 3 coastal plant community on the sand marsh in the Western and Southern coast in Korea

토양의 염분농도와 전기전도도의 경우도 갯그렁 0.1ppt, 109.1uS, 통보리사초 0.02ppt, 71.58uS, 순비기나무 0.1ppt, 256.44uS으로 다른 유형별 생육지에 비해 낮게 나타나는 경향성을 보이고 있는데, 이는 사구성 염습지에서 생육하는 염생식물의 경우 해안염습지에서 생육하는 염생식물에게 발생하는 염분 스트레스 보다는 수분 스트레스를 더 많이 받고 있으며, 이에 대한 적응력이 높은 것으로 사료된다.

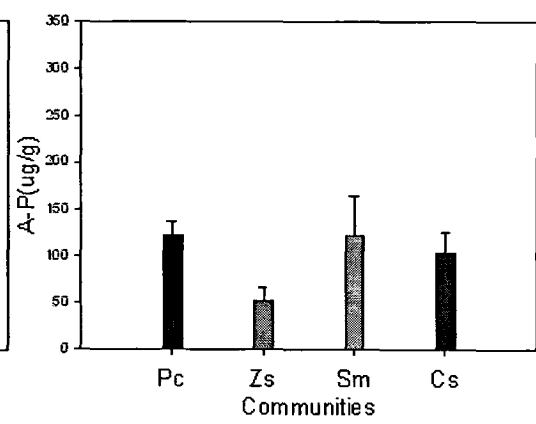
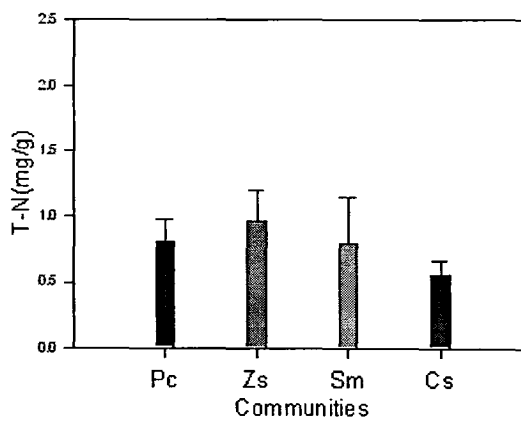
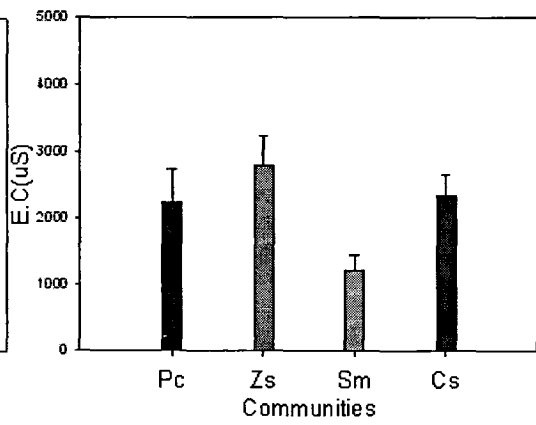
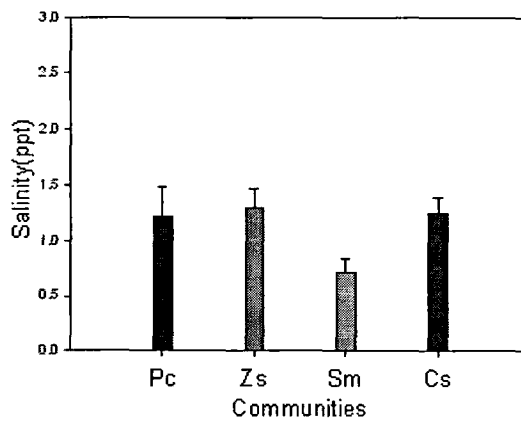
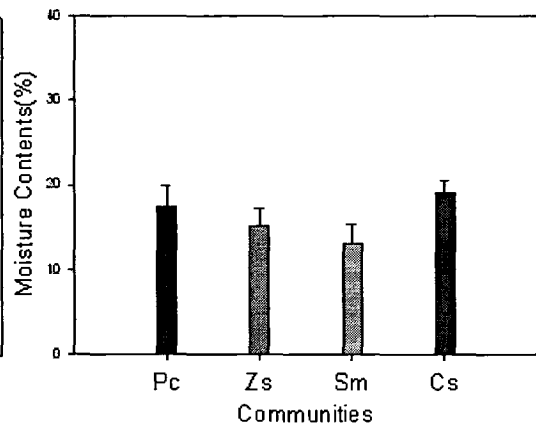
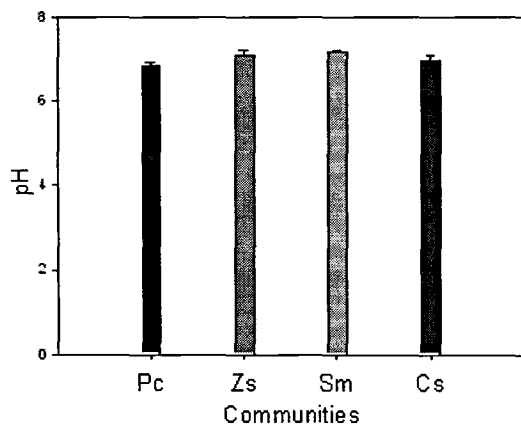
총질소와 가급성인의 함량도 영양염류 공급원 쉽지 않아 다른 지역에 비해 낮게 나타나는데 갯그렁 0.4mg/g, 55.5ug/g으로 그중 가장 높게 나타나고, 통보리사초 0.2mg/g, 65.34ug/g, 순비기나무가 각각 0.24mg/g, 56.44ug/g으로 나타났다.

점토성 토양에서 일반적으로 토양경도가 높게 나타나는데 사구성 염습지의 경우 모래 함량이 높게 나타나 토양 경도의 경우 0~1.21kg/m²로 낮게 나타났다.

나. 하구성 염습지(Estuary marsh)

1) 염소택지(Salt swamp)

배수가 나쁘며 수분이 항상 포화상태에 있는 염소택지의 경우 갈대, 갯잔디, 해홍나물 천일사초 등 4개 군락이 우점하고 있는 것으로 조사 되었으며, 조사 장소로는 강진군 장포, 장흥군 수문, 보성군 전일, 보성군 석창, 고흥군 장선, 여수시 화동 등 총 6개 지점을 선정하여 조사 실시하였다.



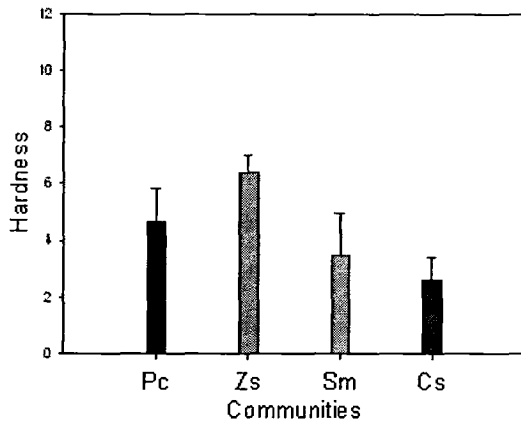


Fig. 40. Soil properties for 4 coastal plant community on the salt swamp in the Western and Southern coast in Korea

pH는 4개군락에서 대체적으로 6.82~7.15로 나타났으며, 토양의 수분함량은 대체적으로 13.03~19.03%로 나타나는 특징을 보였으며, 군락별 차이는 크지 않게 나타났다.

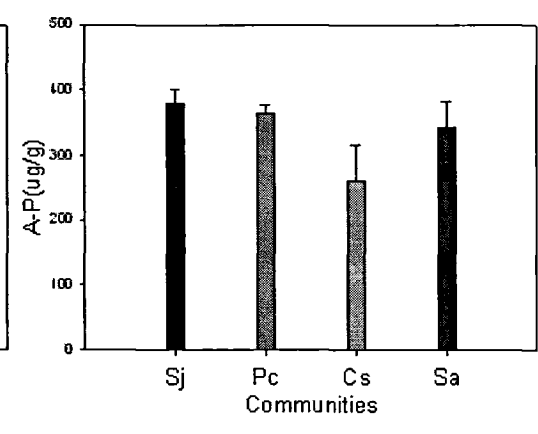
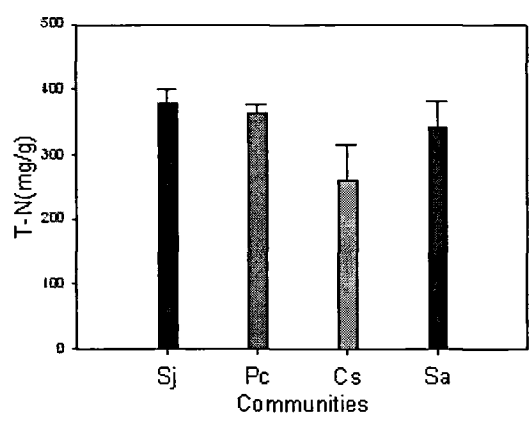
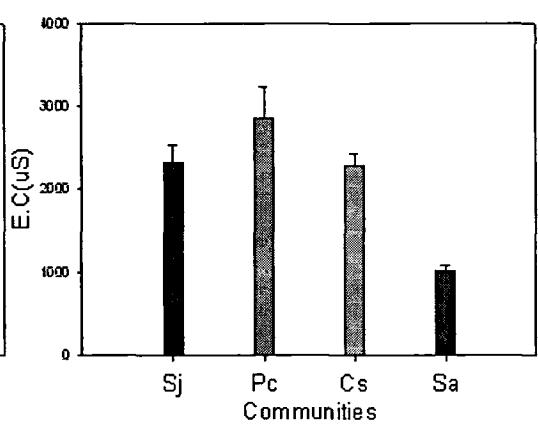
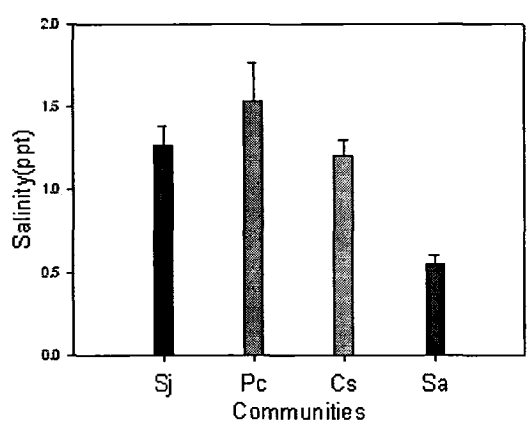
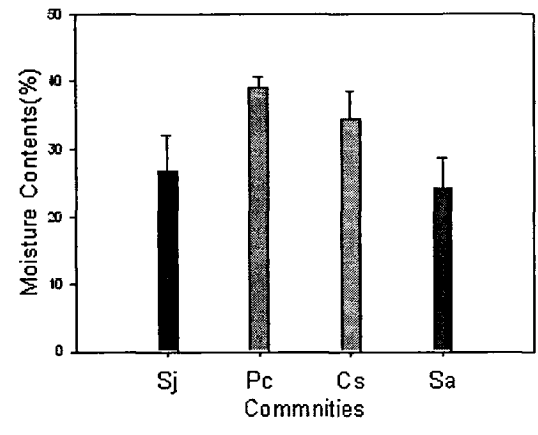
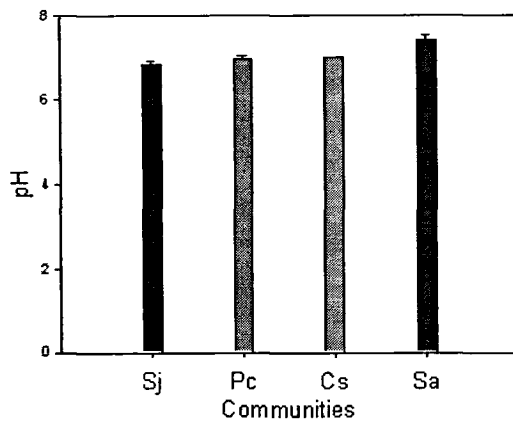
토양의 염분농도와 전기전도도의 경우 갯잔디 군락이 각각 1.3ppt, 2784.57uS으로 가장 높게 나타났으며, 갈대군락 1.21ppt, 2247.66uS, 천일사초군락이 1.25ppt, 2349.16uS으로 나타났으며, 해홍나물 군락이 0.72ppt, 1203.60uS 으로 가장 낮은 경향성을 보였다.

식물영양공급원으로 이용되는 총질소와 가급성인의 경우 4개 우점군락에서 각각 0.56~0.96mg/g, 51.54~122.62ug/g 으로 나타났다. 토양경도는 갯잔디 군락에서 6.41kg/m²으로 가장 높고, 수분함량이 높은 천일사초군락에서 2.60kg/m²로 낮게 나타났다.

2) 하구성해안염습지(Estuary marsh)

기수와 해수가 교차되는 하구염습지의 경우 대부분 갈대군락과 칠면초 군락이 우점하는 특성을 나타내는데, 본 조사에서도 역시 칠면초, 갈대, 천일사초, 나문재 군락이 우점하는 특징을 보여 주었으며, 조사 장소로는 순천시 농주와 상내지역을 선정하여 조사 실시하였다.

pH는 나문재 군락에서 7.45로 가장 높게 나타나고, 천일사초, 갈대, 칠면초 군락에서 6.85~7.00으로 나타났다. 수분함량은 다른 유형의 지역보다 대체적으로 높게 나타났는데, 갈대군락이 39.07%로 가장 높고, 천일사초군락이 34.39%, 칠면초 군락이 26.84, 나문재 군락이 24.05%로 가장 낮게 나타났다.



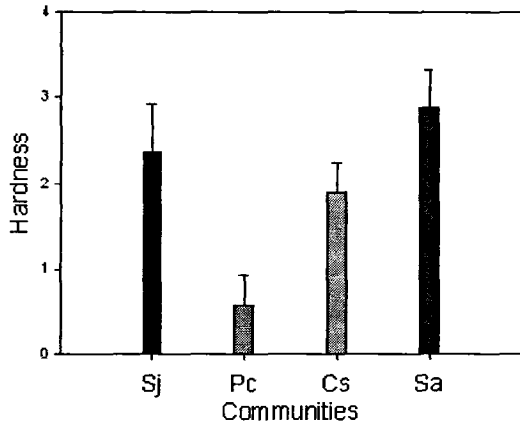


Fig. 41. Soil properties for 4 coastal plant community on the estuary marsh in the Western and Southern coast in Korea

토양의 염분농도와 전기전도도의 경우 갈대군락이 각각 1.53ppt, 2845.00uS로 가장 높고, 칠면초 군락과 천일사초군락이 약 1.2ppt정도로 나타나고, 나문재 군락은 0.55ppt, 1022.50uS로 낮게 나타났다. 나문재의 경우 염습지의 상부에 위치하고 있어 해수 영향을 직접 받지 않아 낮게 나타나는 것으로 사료된다.

총질소 함량은 칠면초, 갈대, 천일사초, 나문재 군락에서 0.44~0.72mg/g 으로 나타났으며, 가급성인의 경우 259.95~378.26ug/g으로 다른 유형의 생육지역보다 높게 나타나는 특징을 보여 주었다. 이는 육상으로부터 유입되는 영양 염류에 의해 다소 높게 나타난 것으로 사료된다.

4. 연안생태계 염생식물과 환경요인의 Database 구축

가. 연안생태계 유형에 따른 염생식물의 분포역조사

해안염습지는 생육지의 환경특성에 따라 점토성염습지(Clay marsh), 사질성염습지(Sand gravel marsh), 사구성염습지(Sand marsh), 염소택지(Salt swamp), 기수성염습지(Estuary marsh)등으로 구분한다(Black 등 1965).

토양의 pH는 사구성염습지(Sand marsh)가 가장 높고 변화의 폭이 좁게 나타났으며, 점토성 염습지(Clay marsh)가 가장 낮게 나타나는 경향성을 보였다. 그러나 분포범위는 사구성 염습지가 7.3~7.9로 비교적 안정적인 영역을 나타냈으며, 염소택지가 pH 6.3~7.5로 가장 넓은 분포역을 보여 주었다(Table 20).

수분함량은 육수와 해수의 영향을 많이 받는 기수성 염습지가 가장 높은 분포범위를 나타냈으며, 육상생태계와 가깝게 위치하는 사구성염습지가 4~6%의 가장 낮은 수분함량을 보여 주었다. 특히 토양 입자의 크기가 다양하게 보여주는 사질성염습지의 경우 2~40%로 넓은 분포범위의 수분함량을 보여주었다. 염생식물 군락 구조에 영향을 미치는 염분농도(Mendelsshon and Marcellus 1976, Zedler 1977, Hackney and De La Cruz 1978, 박 1970, 김 1971, 김등 1975, 민 1985)와 전기전도도의 경우 해수의 영향이 가장 빈번하게 발생하는 점토성염습지에서 평균 1.26ppt, 2,160uS/cm로 가장 높은 평균값을 보여 주었으며, 사구성염습지가 0.06ppt, 116uS/cm로 가장 낮게 나타났다. 이는 사구성 염습지의 경우 조수의 영향이 거의 미치지 않고 오히려 육상으로부터 유입되는 담수나, 강수로 의해 토양의 탈염현상이 빈번하게 발생하므로 낮은 염분농도를 나타낸 것으로 사료된다.

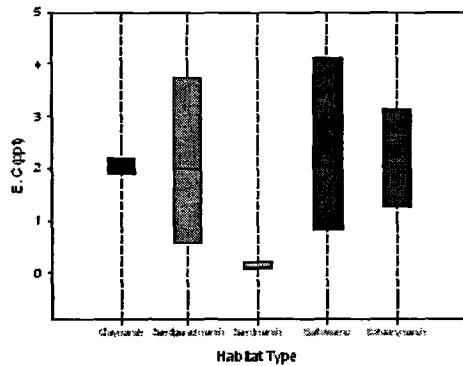
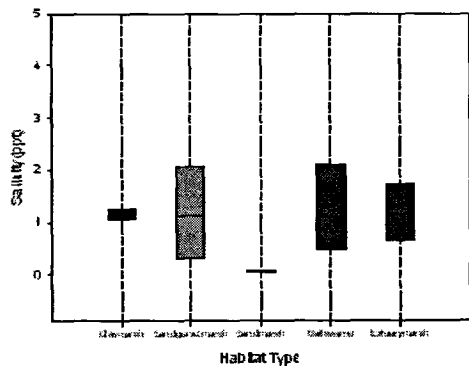
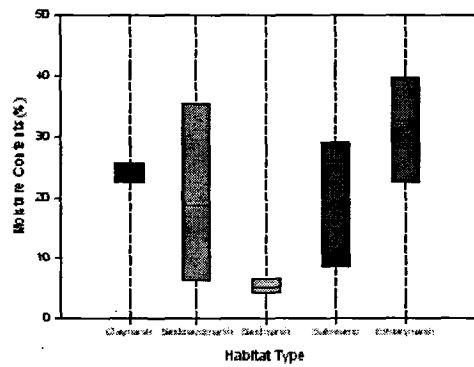
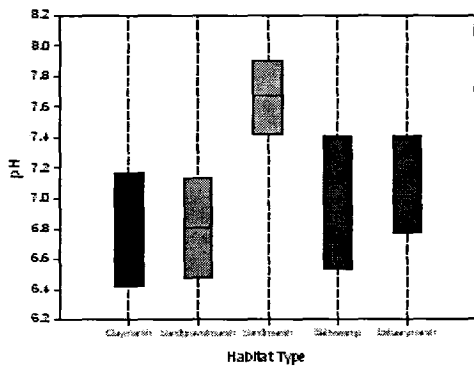
토양의 총질소함량은 사구성염습지가 0.3mg/g으로 가장 낮은값을 나타냈으며, 이를 제외한 대부분의 지역에서 0.76mg/g으로 유사하게 나타났다. 이중 사질성 염습지와 염소택지에서 다소 넓은 분포영역을 보여주었다. 식물의 생육환경에 영향을 미치는 가용성인(참고문헌)의 경우 기수성 염습지가 336.4ug/g으로 가장 높은 평균값을 보여주었으며, 그 다음으로 점토성염습지와 사질성 염습지에서 약 148ug/g으로 분포하였으며, 사구성 염습지에서 68ug/g으로 가장 낮은 값을 보여주었다. 식물의 발아 및 성장에 영향을 나타내는 경도(참고문헌)의 경우 육상토양에서는 점토가 많이 함유될수록 높게 나타나는 특징을 보여주는데 염습지의 경우는 토양에 많은 수분을 함유하고 있어 복합적인 특성을 보여주나, 대체적으로 점토의 함량과 수분함량이 높은 점토성염습지나, 사질성 염습지에서 높은 값을 보여 주었으며, 모래함량이 높은 사구성 염습지에서 0.25kg/m²로 낮게 나타났다. 이상에서 담수와 해수가 교차하는 하구성염습지와 조수의 영향을 직접적으로 받는 점토성 염습지의 경우 넓은 분포를 보여주는 대신에 육상생태계와 가까운 사구성염습지의 경우 전체적으로 좁은 분포 범위를 보여주었다.

결론적으로 볼 때 토양의 물리적 및 이화학적 특성은 염생식물군락의 정착 및 분포에 영향을 미친것으로 사료되며, 대체적으로 식물군락의 특성을 조사하는 식물사회학적 방법론을 통하여 이루어 졌으나, 위의 조사결과를 볼 때 토양의 환경요인분석 방법과 식물사회학적 연구 방법론을 이용하여 연구할 경우 좀 더 정확한 자료가 도출 될 것으로 사료된다. 특히 식물의 정착 및 성장에 밀접한 연관성을 보여주는 토양분석은 식물군락

정착 및 분포와 군락의 유형을 파악하는데 중요한 연구방안이 될 것이다.

Table 40. Comparative analysis of coastal plant communities, soil properties for 17 survey area distributed on clay marsh, sand gravel marsh, sand marsh, Salt swamp and estuary marsh in the Western and Southern coast in Korea

Habitat	community	pH	MC (%)	Sal (ppt)	E.C (uS/cm)	T-N (mg/g)	A-P (ug/g)	Hardness	Soil Texture			
									Clay	Silt	Sand	
salt marsh	Clay marsh	Pc	6.65	25.98	1.23	2049.44	1.53	220.03	4.34	28.74	71.17	0.09
		Sj	6.76	28.73	1.77	3082.8	0.39	109.9	7.36	51.15	48.85	0.00
	Sand gravel marsh	Pc	6.50	23.83	1.26	2257.61	0.88	181.62	4.41	20.67	77.09	2.25
		Zs	6.99	15.24	1.83	3071.93	0.82	69.11	10.32	4.75	13.6	81.65
		Cs	7.13	20.31	1.00	1793.00	0.68	288.77	2.40	17.14	75.37	7.49
		Sm	6.87	16.99	0.50	754.00	0.60	164.80	8.25	17.3	80.01	2.69
		Sh	6.70	19.39	1.23	2240.60	0.34	58.78	2.43	0	0	100
	Sand marsh	Em	6.87	19.15	1.20	2195.71	0.38	52.66	4.53	0	0	100
		Ck	7.69	4.94	0.025	74.57	0.22	68.71	0.1	0	0	100
	Vr	7.43	4.39	0.08	177.95	0.33	68.53	0.1	0	0	100	
Estuary marsh	Salt swamp	Pc	6.85	17.35	1.23	2123.00	0.99	124.32	6.29	19.35	72.41	8.24
		Zs	7.04	14.91	1.22	2336.80	0.93	59.45	6.09	5.62	18.61	75.77
		Sm	7.16	12.73	0.76	1259.33	0.92	112.57	3.04	24.90	71.68	3.42
		Cs	7.13	17.70	1.23	2234.17	0.67	80.15	2.91	16.47	81.43	2.11
	Estuary marsh	Cs	7.01	34.39	1.20	2289.00	0.44	259.95	1.90	12.84	60.44	26.72
		Pc	6.94	39.02	1.63	2992.50	0.58	359.45	0.43	20.21	75.48	4.31



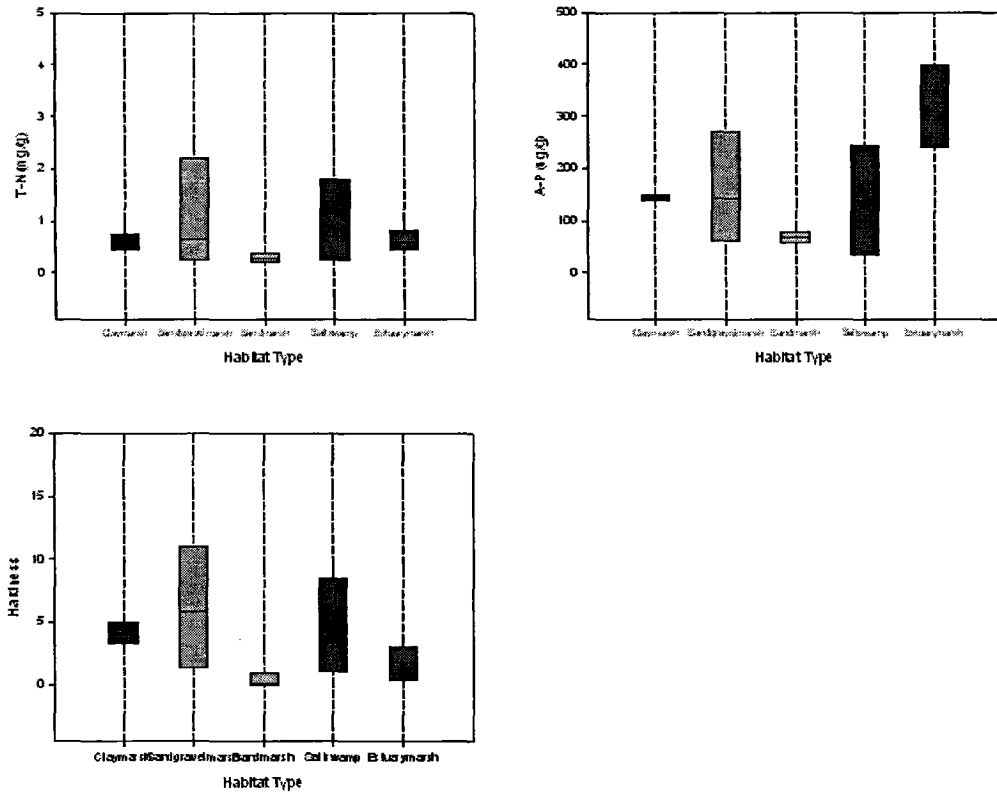


Fig. 42. The different ranges of soil properties on Clay marsh, Sand gravel marsh, Sand marsh, Salt swamp, Estuary marsh in the Western and Southern coast in Korea

5. 연안생태계 유형에 따른 염생식물군락의 분포역조사

가. 생육지 유형에 따른 군락의 적정 범위

1) 갈대 군락

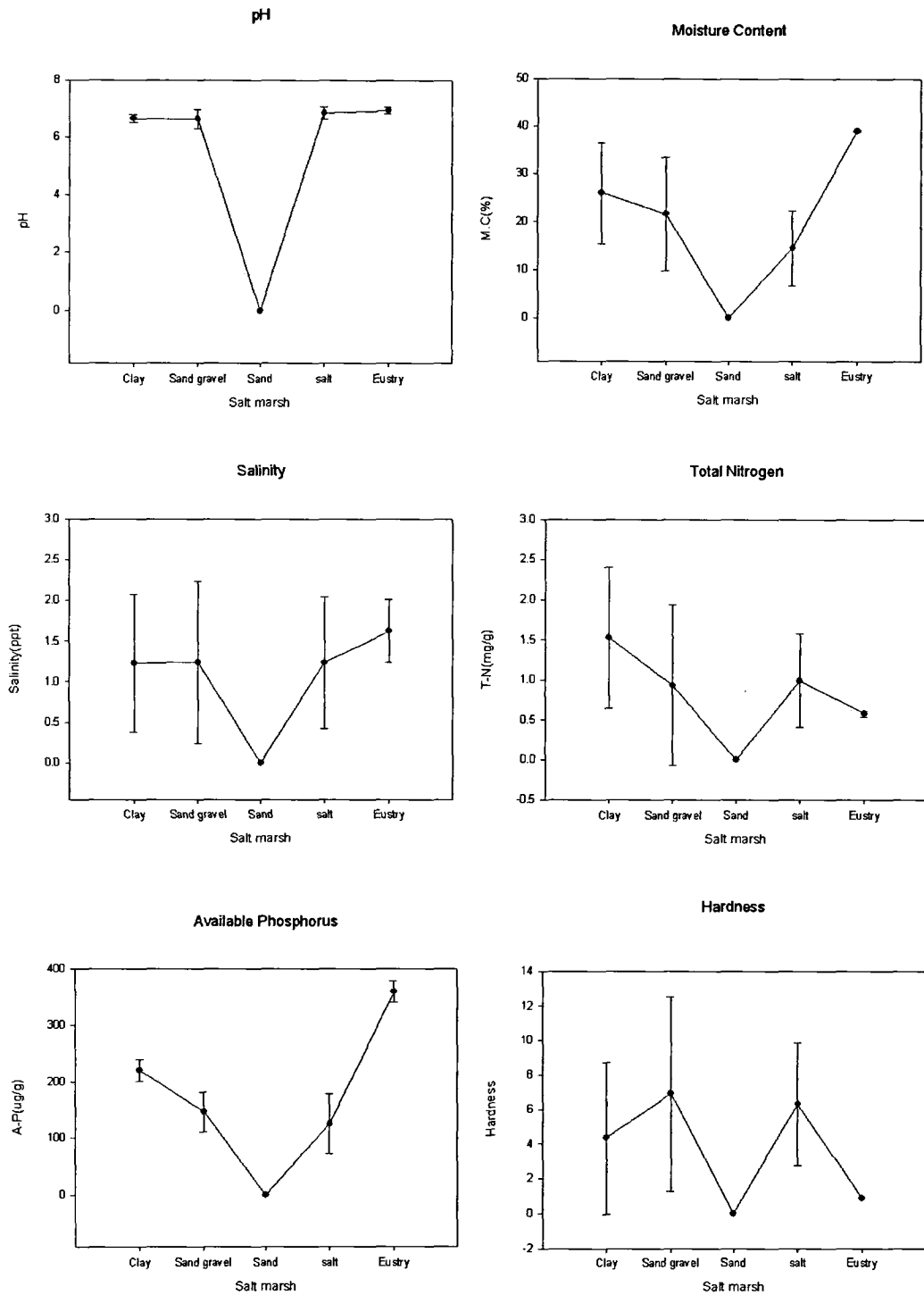


Fig. 43. Environmental factors and optimum level of *Phragmites communis* community

생육지별로 Clay marsh에서는 줄포, 봉오, 석창에서 모두 출현하였고, Sand gravel

marsh에서는 5개 지역 모두 출현하였고, Salt swamp는 수문을 제외한 지역에서, Estuary marsh는 농주, 상내 모두 출현하였고 sand marsh는 출현하지 않았다.

pH - Habitat type별로 clay marsh 에서는 6.52~6.8사이로 큰 차이가 없었으며, Sand gravel marsh에서는 현화 6.36~ 반월 7.08까지 다양하게 분석되었다. sand marsh (상하, 송석)에서는 출현하지 않았으며, Salt swamp 에서는 수문을 뺀 모든 지소에서 출현하였고, 화동 6.67에서 장포 7.22 까지 나타났다. Estuary marsh에서는 상내 6.84에서 농주 7.03으로 나타났다. Habitat 유형별 군락의 pH 적정범위는 Clay marsh 6.65, Sand gravel marsh 6.63, Sand marsh 0, Salt swamp 6.85, Estuary marsh 6.94로 나타났다. Sand marsh 이외에는 평균범위가 pH 0.02~0.31차이로 큰 차이가 없었다.

moisture contents - Clay marsh 유형에서는 석창 18.55%~줄포 38.05% 순으로 조사되었고 Clay marsh 유형의 세 지역 평균은 25.98%로 나타났다. Sand gravel marsh는 비교적 사구에 가까운 가입리(2.96%)를 뺀 나머지 지역에서 반월16.54%~현화31.52% 순으로 조사되었고 5개 지역 평균은 21.58%로 분석되었다. Salt swamp는 수문지역을 제외한 나머지 5개 지역에서 장선15.87%~석간21.87%로 나타났고 5지역 평균 17.35로 분석되었다.

Estuary marsh 유형은 상내38.87%~농주39.18%로 나타났고 두 지역 평균 39.02%로 분석되었다. 결과적으로 Habitat 유형별 군락의 Moisture contents 적정범위는 Salt swamp 17.35%로 가장 낮게 나타났고 그 다음으로 Sand gravel marsh 21.58%, Clay marsh 25.98%로 나타났고 Estuary marsh는 39.02%로 가장 높게 분석되었다.

Salinity - Clay marsh 유형에서는 줄포0.65ppt~석창2.20ppt로 나타났고, 세 지역 평균은 1.23ppt로 분석되었다. Sand gravel marsh 유형에서는 비교적 Sand marsh 유형에 가까운 가입0.09ppt 로 가장 낮게 나타났고 현화 2.40ppt로 가장 높게 나타났으며 Sand gravel marsh 의 5개 연구지소 평균은 1.24ppt 로 분석되었다. Salt swamp 유형에서는 화동0.3ppt로 가장 낮게 나타났고 장선 2.3ppt로 가장 높게 나타났으며 수문을 제외한 5개 연구지소 평균 1.23ppt로 분석되었다. Estuary marsh 유형은 농주1.35ppt,상내 1.9ppt 순으로 나타났고 두 지역 평균 1.63ppt로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh, Salt swamp 1.23ppt 로 가장 낮았으며, Sand gravel marsh 1.24ppt, Estuary marsh는 가장 높은 1.63ppt로 분석되었다.

T-N - Clay marsh 유형에서는 봉오1.6mg/g~석창2.35mg/g로 나타났고 세 지역 평균 1.53mg/g로 분석되었다. Sand gravel marsh는 가입 0.2mg/g로 가장 낮게 나타났고 칠곡이 2.7mg/g로 가장 높게 나타났으며 5개지역 평균 0.93mg/g 로 분석되어 2.7mg/g의 칠곡이 다른 4개 지역보다 다소 많은 질소량을 보여 오염에 정도가 좀 더 있다고 사료되어진다.

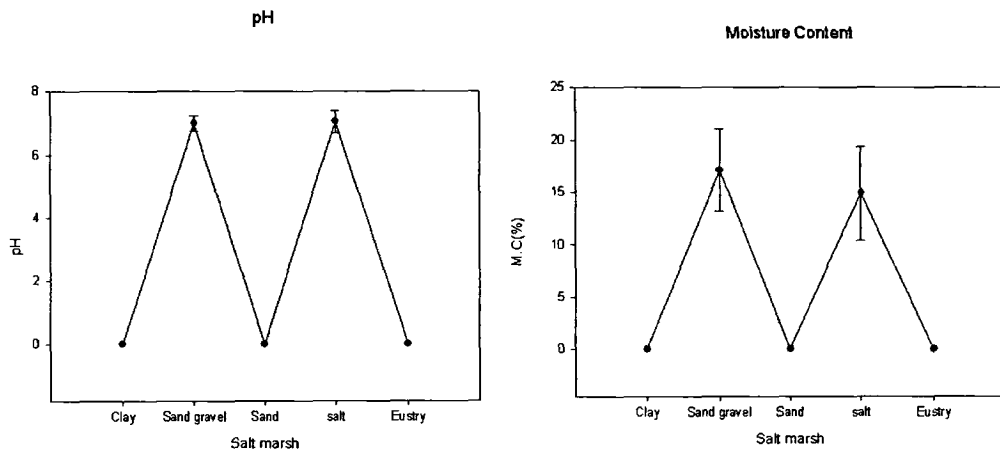
Salt swamp 유형에서는 석간0.57mg/g로 가장 낮게 나왔고 화동이 1.85mg/g로 가장 높게 나타났으며 수문을 뺀 5개 연구지소 평균 0.99mg/g로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Total nitrogen의 적정범위는 Clay marsh, Salt swamp 1.23ppt 로 가장 낮았으며, Sand gravel marsh 1.24ppt, Estuary marsh는 가장 높은 1.63ppt로 분석되었다.

A-P-Clay marsh 유형에서는 석창197.6 μ g/g로 가장 낮고 봉오232.2로 가장 높게 나타났

으며 3지역 평균 $220.03\mu\text{g/g}$ 로 분석되었다. Sand gravel marsh 가입 $117.53\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮게 나타났고 칠곡 $206.6\mu\text{g/g}$ 로 총질소값과 마찬가지로 Sand gravel marsh는 칠곡이 총질소 값과 유효태인의 값이 가장 높게 나와 칠곡이 오염의 정도가 가장 높은 것으로 사료되었고 Sand gravel marsh의 5개 지역 평균 $146.4\mu\text{g/g}$ 로 분석되었다. Salt swamp 유형은 화동이 $48.4\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮게 나타났고 장포가 $198.4\mu\text{g/g}$ 로 비교적 같은 유형의 지역간 차가 가장 컸으며 수문을 뺀 5개 지역의 평균이 $124.32\mu\text{g/g}$ 로 분석되었다. Estuary marsh 유형은 상내 $346.3\mu\text{g/g}$, 농주 $372.6\mu\text{g/g}$ 로 나타났고 두 지역 평균 $359.3\mu\text{g/g}$ 로 비교적 다른 지역보다 높게 나타났다. Habitat 유형별 군락의 Available phosphorus 적정범위는 Salt swamp $124.4\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮았고 Sand gravel marsh $146.4\mu\text{g/g}$, Clay marsh $220.03\mu\text{g/g}$ 순으로 나타났으며, Estuary marsh $359.45\mu\text{g/g}$ 로 가장 높게 분석되었다.

Hardness - Clay marsh 유형은 줄포 1.7 로 가장 낮게 나타났고, 석창 9.41 로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 4.34로 나타났다 Sand gravel marsh는 비교적 사구성인 가입리에서는 0으로 조사되었고 나머지 4개 지역에서 현화 0.51이 가장 낮고 칠곡 12.46 이 가장 높게 조사되었고 평균 5.52로 분석되었다. Salt swamp에서는 수문을 제외한 5개 지역에서 전일 1.53 이 가장 낮게 조사되었고 화동 9.82 로 가장 높게 조사되었으며 5개 지역 평균 6.29로 조사되었다. Estuary marsh는 상내0, 농주 0.86으로 평균 0.43 으로 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Hardness 적정범위는 Estuary marsh 0.43 으로 가장 낮았고 Clay marsh 4.43, Sand gravel marsh 5.52, Salt swamp가 6.29로 가장 높게 분석되었다.

2) 갯잔디 군락



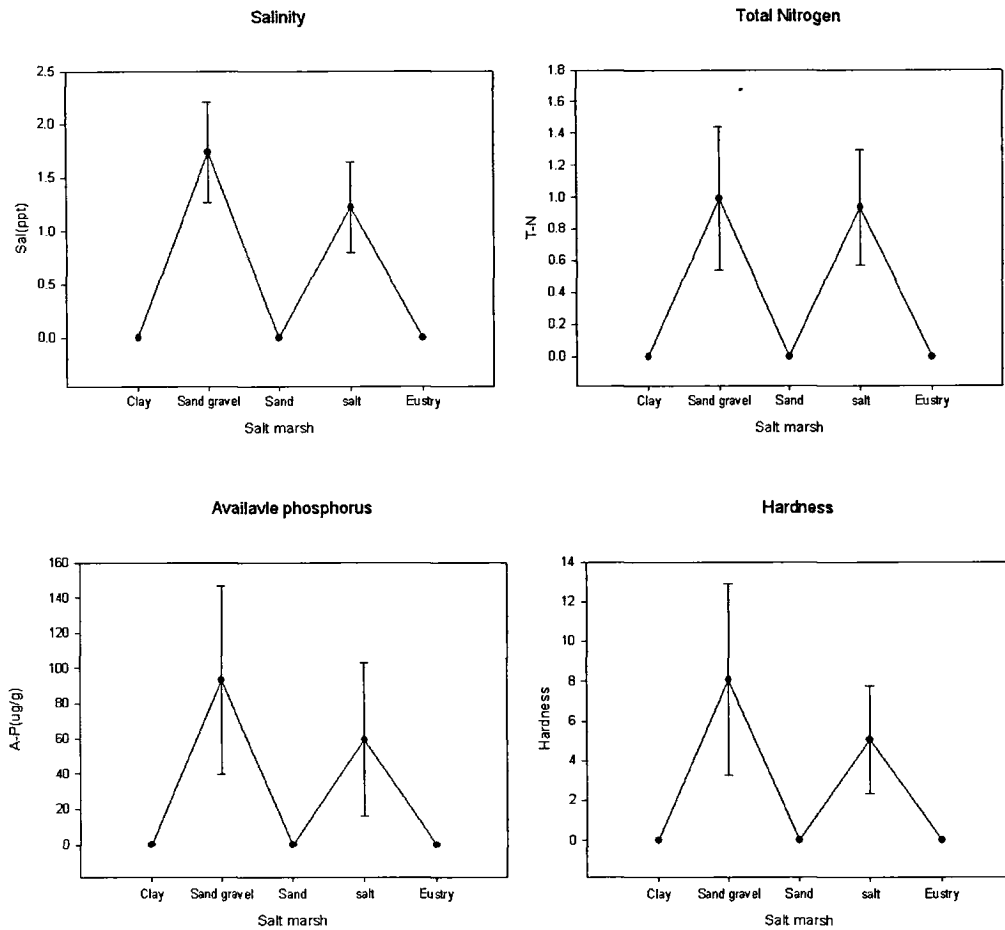


Fig. 44. Environmental factors and optimum level of *Zoysia sinica* community

갯잔디 군락에서는 생육지 유형별로 Clay marsh 유형인 줄포, 봉오, 석창 모두 출현하지 않았고, Sand gravel marsh 가입을 제외한 나머지 칠곡, 현화, 중산, 반월에서 출현하였다. Sand marsh 유형인 상하, 송석은 출현하지 않았고 Salt marsh 유형에서는 석간을 제외한 장포, 수문, 전일, 장선, 화동에서 출현하였고 Estuary marsh는 농주, 상내 두 지역 모두 출현하지 않았다.

pH - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 현화 6.67로 가장 낮게 나타났고 칠곡 7.24로 가장 높게 나타났으며 4지역 평균 6.99로 나타났다. Salt swamp 유형은 석간을 제외한 5개 지역에서 출현하였으며 장포 6.59로 나타났고 화동 7.45로 가장 높게 나타났으며 5개 지역 평균 7.04로 조사되었다. Habitat 유형별 군락의 pH 적정범위는 Salt swamp가 Sand gravel marsh보다 약 0.05정도 높은 것으로 분석되어졌다.

moisture contents - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 반월 16.54%로 가장 낮았고 중산 22.38%로 가장 높게 나타났으며 4지역 평균 17.13%로 분석되었다. Salt swamp 석간을 제외한 5개 지역에서 수문 9.8%로 가장 낮게 나타났으며 장선이 21.88%로 가장 높게 나타났고 5개 지역 평균 14.98%로 조사되었다. Habitat 유형별 군락의 moisture contents 적정범위는 Sand gravel marsh가 Salt swamp 보다 약

3%정도 더 높게 함유되었다고 분석되었다.

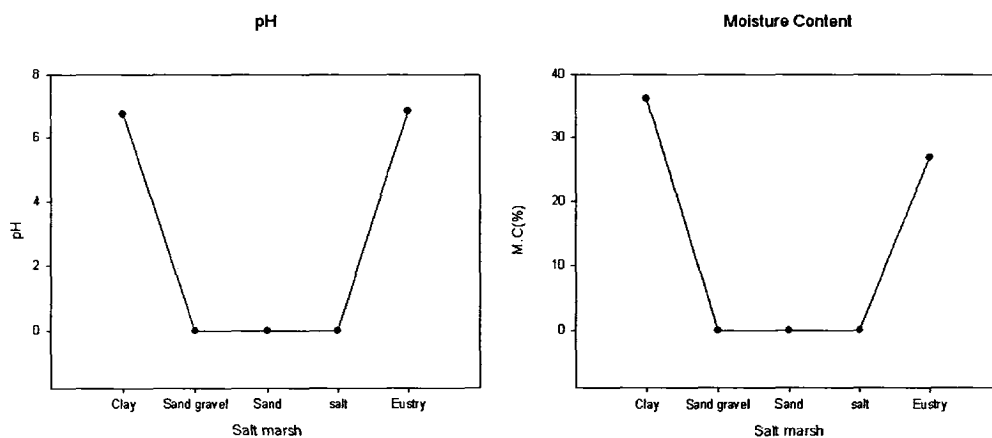
Salinity - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 반월 1.1ppt로 가장 낮았고 칠곡 2.2ppt로 가장 높게 나타났으며 4지역 평균 1.74ppt로 분석되었다. Salt swamp는 석간을 제외한 5개 지역에서 화동 0.8ppt로 가장 낮게 나타났으며 장선 1.85ppt로 가장 높게 나타냈고 5개 지역 평균 1.22ppt로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity적정범위는 Sand gravel marsh가 Salt swamp 보다 약0.52ppt 높게 분석되었다.

T-N - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 현화 0.56mg/g로 가장 낮게 조사되었고 칠곡 1.15mg/g로 가장 높게 나타났으며 가입을 제외한 4지역 평균 0.99mg/g로 분석되었다. Salt swamp는 석간을 제외한 5개 지역에서 전일 0.3mg/g로 가장 낮게 나타났으며 장포 1.2mg/g로 가장 높게 나타냈고 5개 지역 평균 0.93mg/g로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Total nitrogen 적정범위는 Sand gravel marsh가 Salt swamp 보다 약0.06ppt 높게 분석되었다.

A-P - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 칠곡 36.7 μ g/g로 가장 낮게 조사되었고 중산 142.65 μ g/g로 가장 높게 나타났으며 가입을 제외한 4지역 평균 92.95 μ g/g로 분석되었다. Salt swamp는 석간을 제외한 5개 지역에서 수문 29.45 μ g/g로 가장 낮게 나타났으며 134.60 μ g/g로 가장 높게 나타냈고 5개 지역 평균 59.45 μ g/g로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Available phosphorus 적정범위는 Sand gravel marsh가 Salt swamp 보다 33.5 μ g/g 높게 분석되었다.

Hardness - Sand gravel marsh 유형에서 가입을 제외한 4개 지역에서 현화 7.88로 가장 낮게 조사되었고 칠곡 12.52로 가장 높게 나타났으며 가입을 제외한 4지역 평균10.1로 분석되었다. Salt swamp는 석간을 제외한 5개 지역에서 전일 4.3로 가장 낮게 나타났으며 수문 7.33으로 가장 높게 나타냈고 5개 지역 평균 6.09로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Hardness 적정범위는 Sand gravel marsh가 Salt swamp 보다 4.01 높게 분석되었다.

3) 칠면초 군락



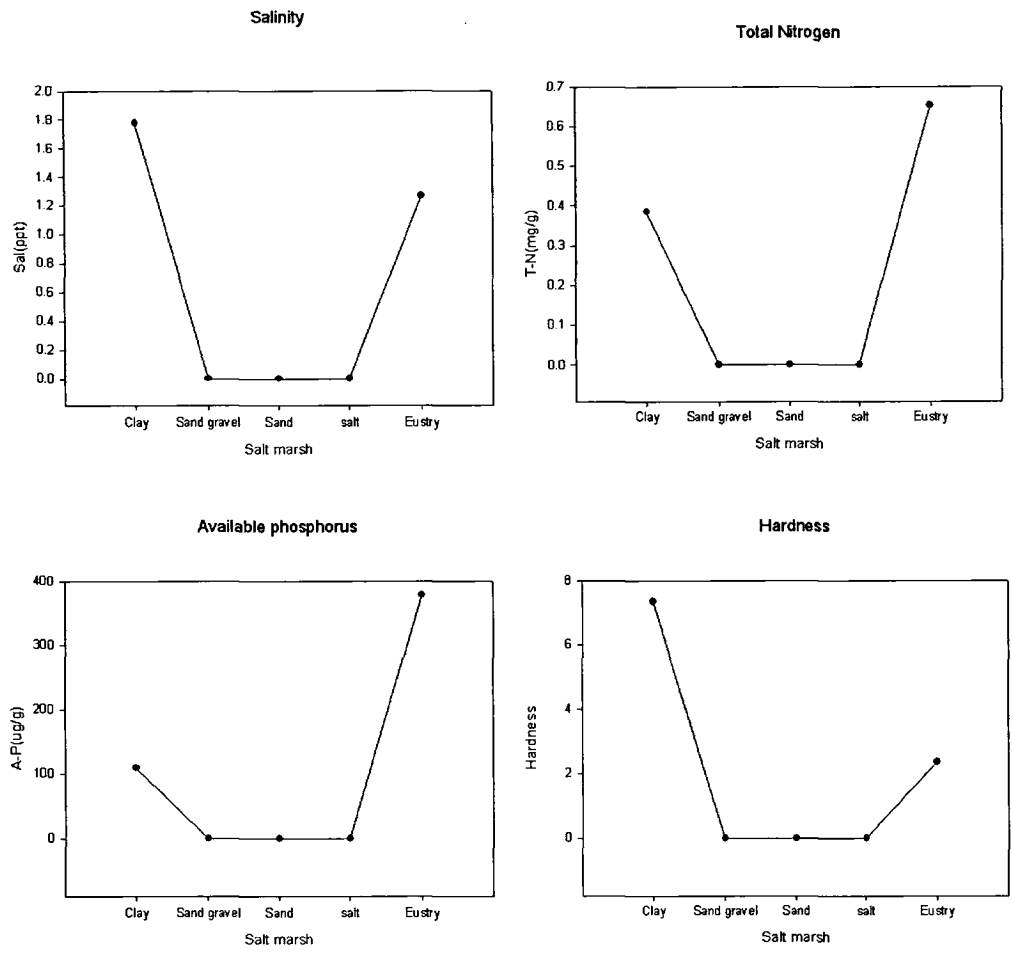


Fig. 45. Environmental factors and optimum level of *Suaeda japonica* community

칠면초 군락은 Clay marsh 유형의 줄포 그리고 Estuary marsh 유형의 농주에서만 출현하였다. pH는 줄포 6.76, 농주 6.85 M.C는 각각 36.23%, 26.84%, Salinity는 각각 1.78, 1.27ppt, Total nitrogen 줄포 0.39, 농주 0.65mg/g로 조사되었고, Available phosphorus는 각각 109.9, 378.27 Hardness는 7.36, 2.37로 각 요인에서 유효태인을 뺀 나머지 특성에서 모두 비슷한 결과 값이 조사되어서 칠면초 군락은 유사한 토양의 특성에 출현하고 있다는 것이 조사 분석되었다.

4) 천일사초 군락

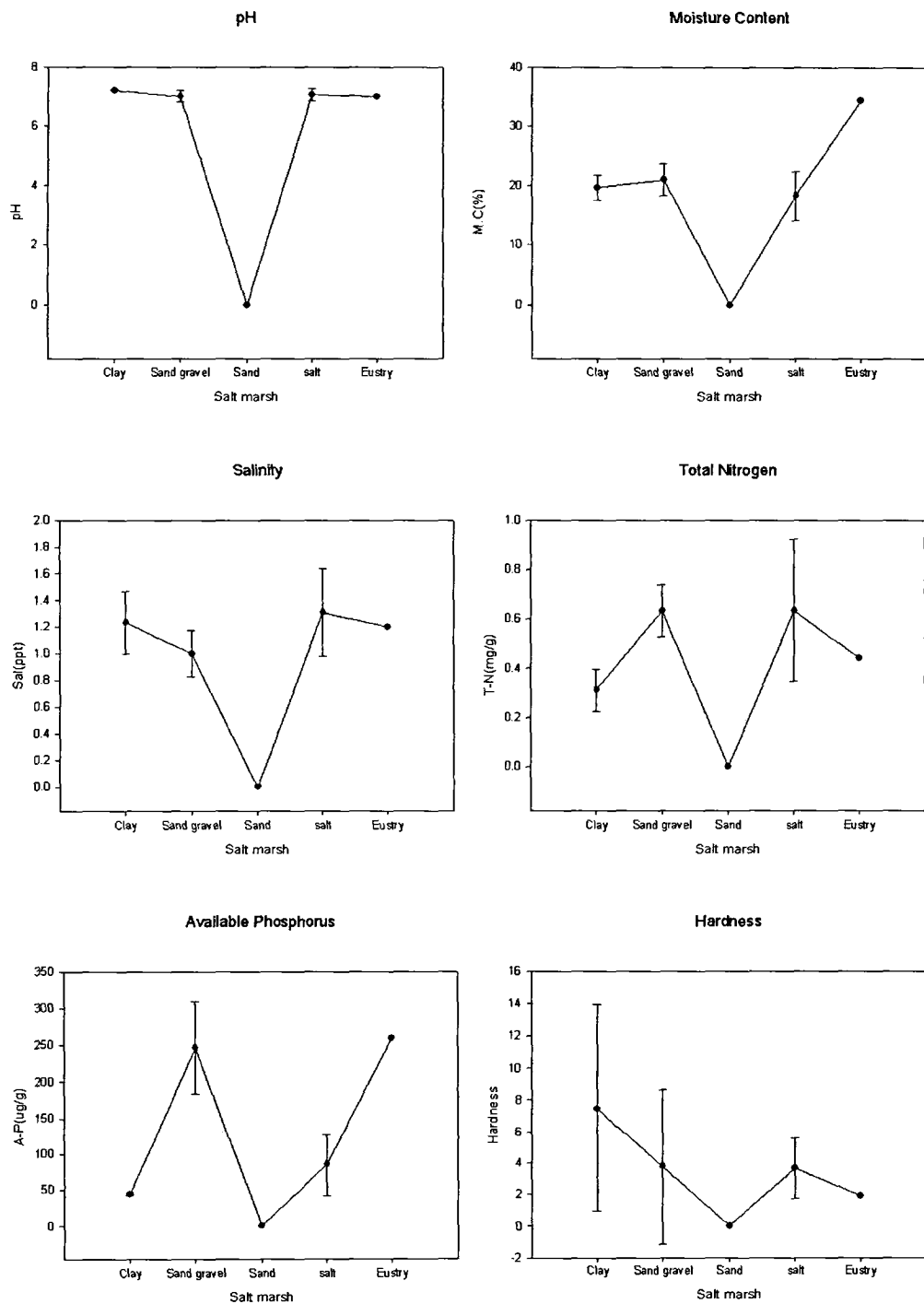


Fig. 46. Environmental factors and optimum level of *Carex scabrifolia* community

천일사초군락은 clay marsh에서 줄포, 봉오 이 두 지역에서 출현하였고 Sand gravel marsh에서는 현화, 가입을 제외한 나머지 칠곡, 중산, 반월에서 출현되었다. Sand marsh는 전 지역 출현하지 않고, Salt swamp는 장포, 수문을 제외한 전일, 석간, 장선에서 출현하였고, Estuary marsh 유형은 농주, 한 지역만 출현 조사 되었다.

pH - Habitat type별로 Clay marsh 에서는 7.21~7.22사이로 큰 차이가 없었으며, Sand gravel marsh에서는 중산 6.8로 가장 낮게 나타났고, 칠곡 7.2로 가장 높게 나타났으며

현화, 가입을 뺀 3지역 평균 7로 조사 분석되었다. sand marsh(상하, 송석)에서는 출현하지 않았으며, Salt swamp 에서는 수문, 장포를 뺀 모든 지소에서 출현하였고, 화동 전일 6.76에서 장선 7.2 까지 나타났으며 3지역 평균 7.02로 나타났다. Estuary marsh 에서는 농주 7.01로 나타났다. Habitat 유형별 군락의 pH 적정범위는 Clay marsh 7.22, Sand gravel marsh 7.0, Sand marsh 0, Salt swamp 7.02, Estuary marsh 7.01 로 나타났으며 Sand marsh 이외에는 평균범위가 큰 차이가 없었다.

moisture contents - Clay marsh 유형에서 석창을 제외한 줄포, 봉오에서 각각 18.11%, 21.16%로 나타났고, Sand gravel marsh 유형에서는 현화, 가입을 제외한 3개 지역에서 반월 18.08%로 가장 낮았고 증산 23.49%로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 21%로 분석되었다. Salt swamp 장포, 수문을 제외한 3개 지역에서 석간 14.88%로 가장 낮게 나타났으며 전일 22.77%로 가장 높게 나타났고 3개 지역 평균 19.44%로 나타났고 Estuary marsh의 농주는 34.39%로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 moisture contents 적정범위는 Clay marsh 19.64%, Sand gravel marsh가 21.0%, Salt swamp 19.44%, Estuary marsh는 34.39%로 분석되었다.

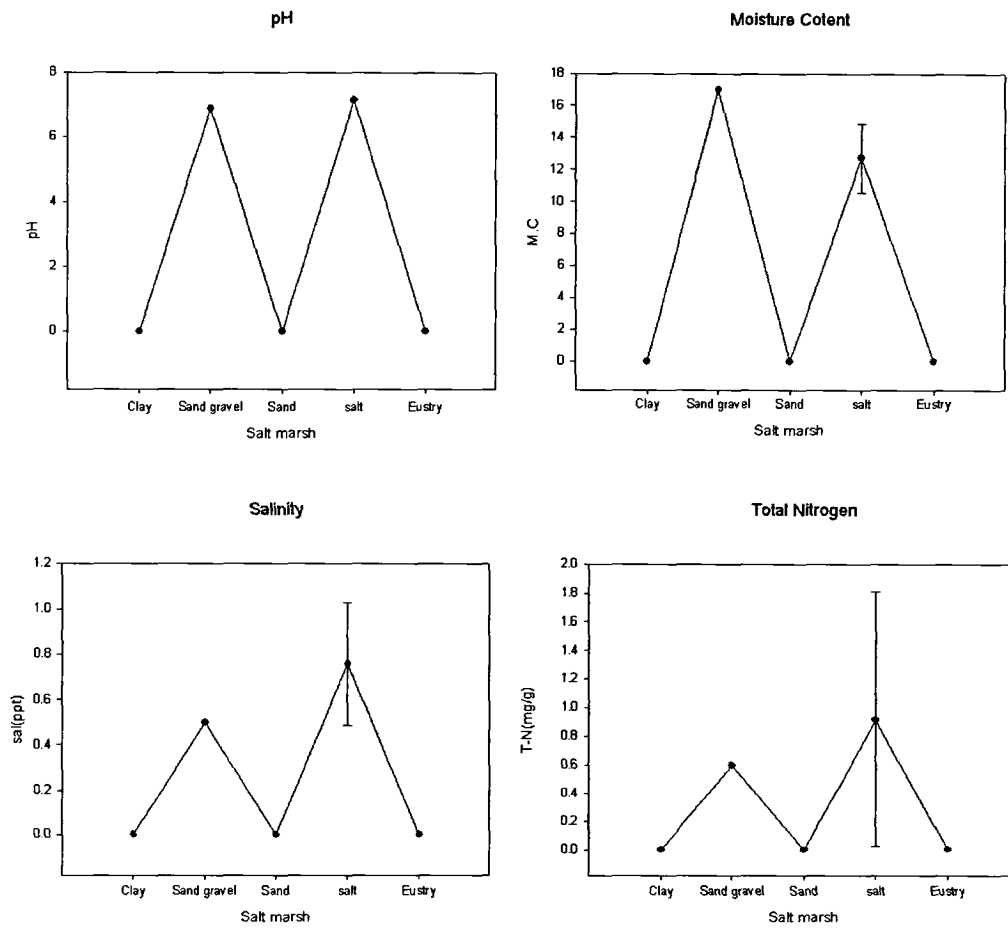
Salinity - Clay marsh 유형에서 석창을 제외한 줄포, 봉오에서 각각 1.4ppt, 1.07ppt로 나타났고, Sand gravel marsh 유형에서는 현화, 가입을 제외한 3개 지역에서 반월 0.08%로 가장 낮았고 증산 1.1%로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 1.0ppt로 분석되었다. Salt swamp 장포, 수문을 제외한 3개 지역에서 전일 1.13ppt로 가장 낮게 나타났으며 석간 1.8ppt로 가장 높게 나타났고 3개 지역 평균 1.38ppt로 나타났고 Estuary marsh의 농주는 1.2ppt로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh 1.24, Sand gravel marsh가 1.0, Salt swamp 1.38ppt, Estuary marsh는 1.2ppt로 분석되었다.

T-N - Clay marsh 유형에서 석창을 제외한 줄포, 봉오에서 각각 0.25, 0.37mg/g로 나타났고, Sand gravel marsh 유형에서는 현화, 가입을 제외한 3개 지역에서 반월 0.55mg/g로 가장 낮았고 칠곡 0.75mg/g로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 0.65mg/g로 분석되었다. Salt swamp 장포, 수문을 제외한 3개 지역에서 석간 0.35mg/g로 가장 낮게 나타났으며 장선 0.8mg/g로 가장 높게 나타났고 3개 지역 평균 0.53mg/g로 나타났고 Estuary marsh의 농주는 0.44mg/g로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh 0.31, Sand gravel marsh가 0.65, Salt swamp 0.53, Estuary marsh는 0.44mg/g로 분석되었다.

A-P - Clay marsh 유형에서 석창을 제외한 줄포, 봉오에서 각각 43.0, 46.0 μ g/g로 나타났고, Sand gravel marsh 유형에서는 현화, 가입을 제외한 3개 지역에서 183.8 μ g/g로 가장 낮았고 칠곡 310.1 μ g/g로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 246.67 μ g/g로 분석되었다. Salt swamp 장포, 수문을 제외한 3개 지역에서 석간 48.0 μ g/g로 가장 낮게 나타났으며 전일 143.7 μ g/g로 가장 높게 나타났고 3개 지역 평균 93.7 μ g/g로 분석되었다. Estuary marsh의 농주는 259.95 μ g/g로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh 44.50, Sand gravel marsh가 246.67, Salt swamp 93.70, Estuary marsh는 259.95 μ g/g로 조사 분석 되었다.

Hardness-Clay marsh 유형에서 석창을 제외한 줄포, 봉오에서 각각 12.04, 2.85로 나타났고, Sand gravel marsh 유형에서는 현화, 가입을 제외한 3개 지역에서 칠곡 0.0로 가장 낮았고 반월 7.21로 가장 높게 나타났으며 3지역 평균 7.45로 분석되었다. Salt swamp 장포, 수문을 제외한 3개 지역에서 석간 0.0로 가장 낮게 나타났으며 장선 2.88로 가장 높게 나타났고 3개 지역 평균 1.72로 분석되었다. Estuary marsh의 농주는 1.90로 조사 분석되었다. Habitat 유형별 군락의 Salinity 적정범위는 Clay marsh 7.45, Sand gravel marsh가 2.50, Salt swamp 1.72, Estuary marsh는 1.9로 조사 분석 되었다.

5) 해홍나물 군락



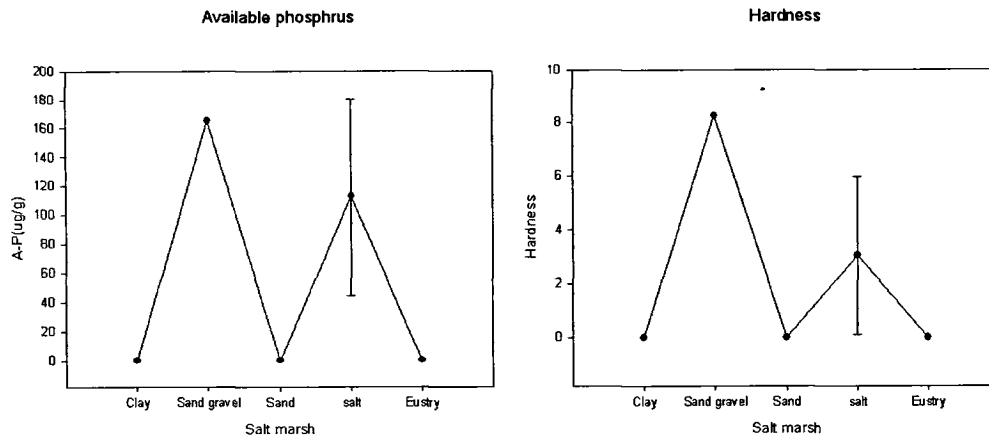
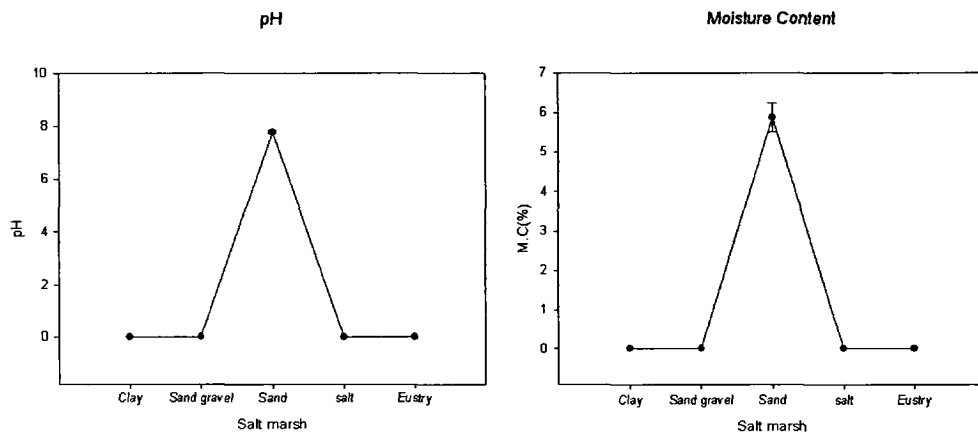


Fig. 47. Environmental factors and optimum level of *Suaeda maritima* community

해홍나물은 Sand gravel marsh의 현화와 Salt swamp의 수문, 전일에서 출현하였다. pH는 Sand gravel marsh의 현화는 6.70, Salt swamp의 수문 7.17, 7.14 평균 7.16로 조사되었고 Moisture contents는 Sand gravel marsh의 현화는 16.99%, Salt swamp의 수문 11.21, 14.25% 평균 12.73로 조사 분석되었고, Salinity는 Sand gravel marsh의 현화는 0.5ppt, Salt swamp의 수문 0.95, 0.57% 평균 0.76로 조사 분석되었다. Total nitrogen은 Sand gravel marsh의 현화는 0.6mg/g, Salt swamp의 수문 1.55, 0.28mg/g, 평균 0.92mg/g로 조사 분석되었다

6) 갯그렁 군락



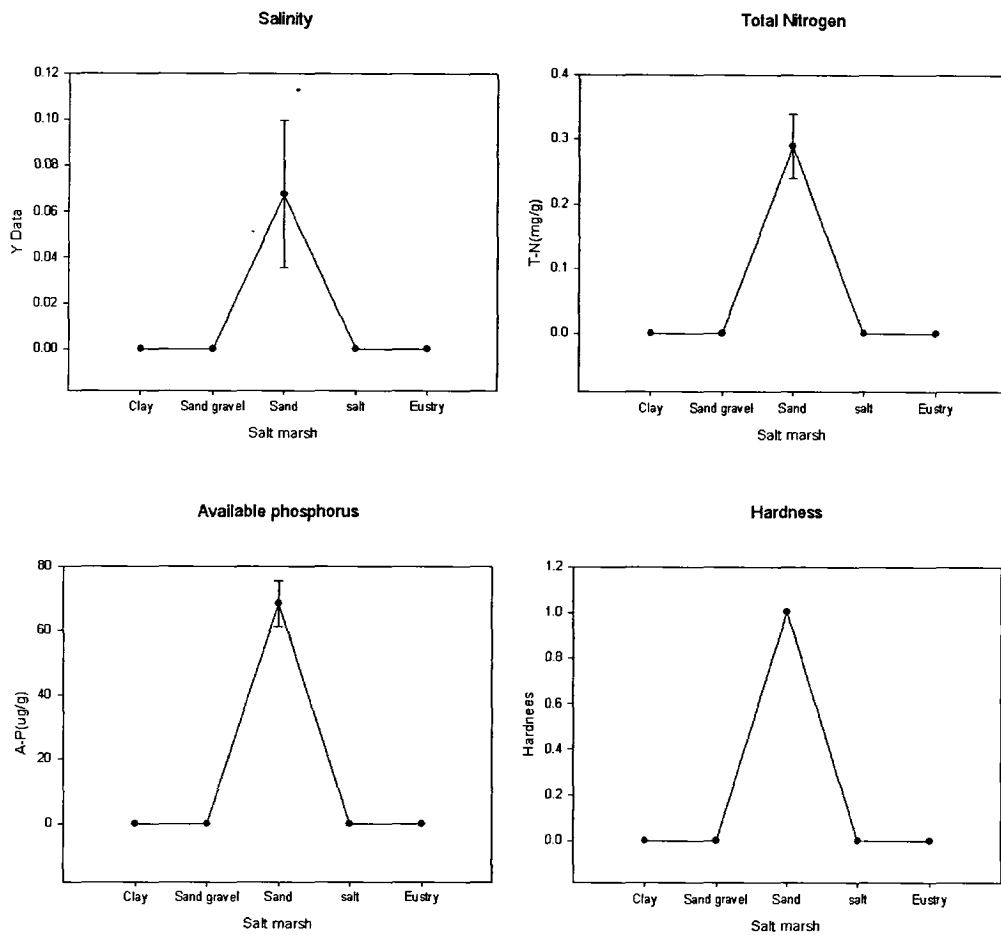
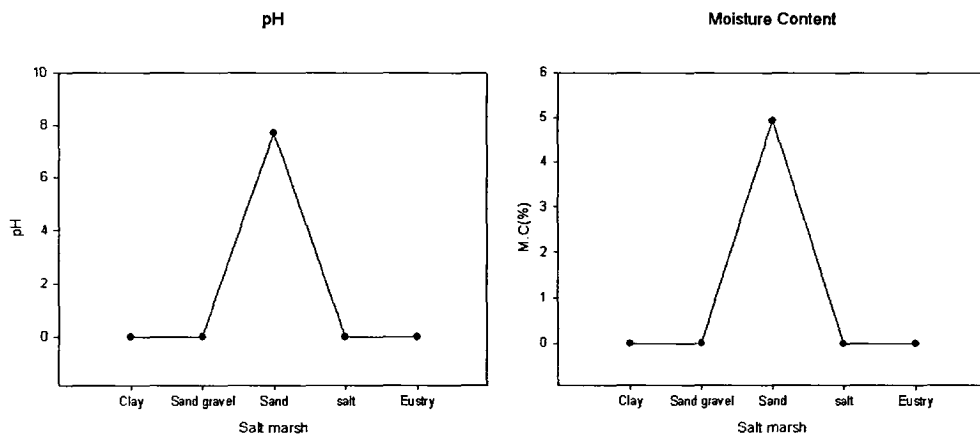


Fig. 48. Environmental factors and optimum level of *Elymus mollis* community

갯그렁은 Sand marsh의 상하, 송석에서만 출현 하였으며, 평균 pH 7.79, M.C 5.88%, Salinity 0.07ppt, T-N 0.29mg/g, A-P 68.36 μ g/g, Hardness 0.5로 조사 분석되었다.

7) 통보리사초 군락



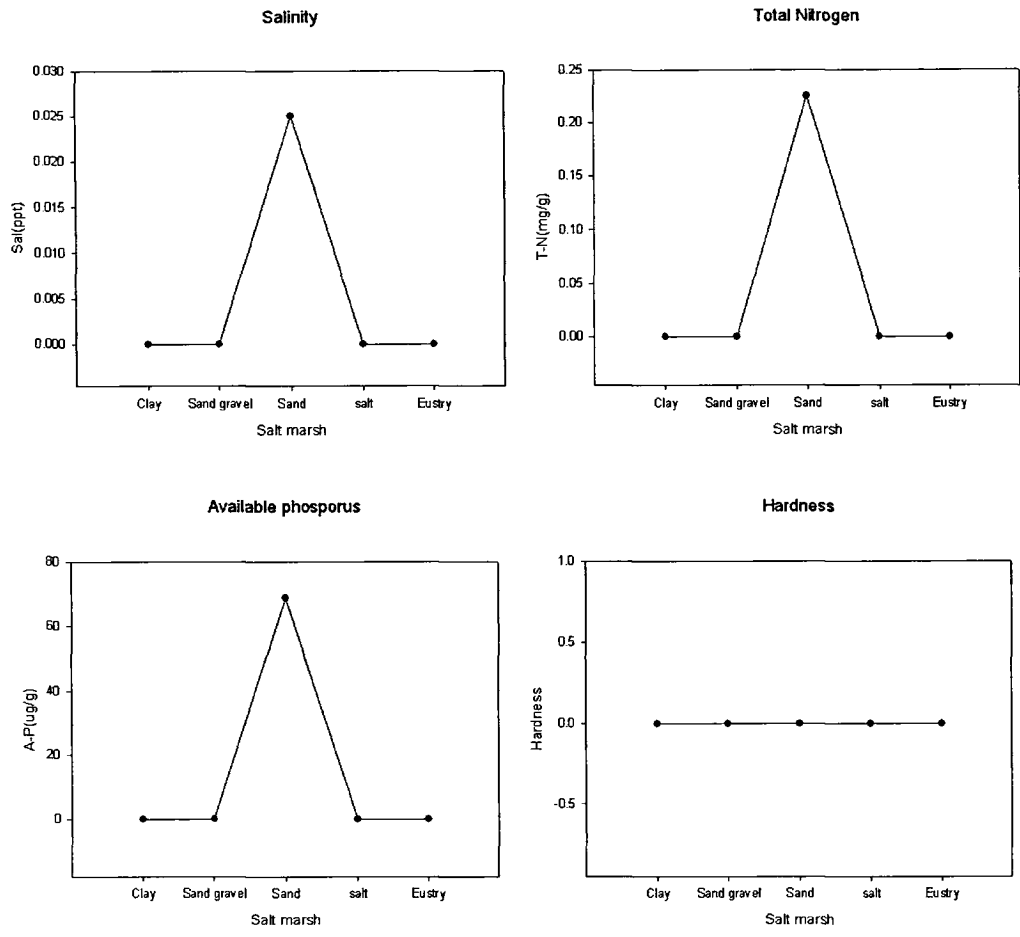
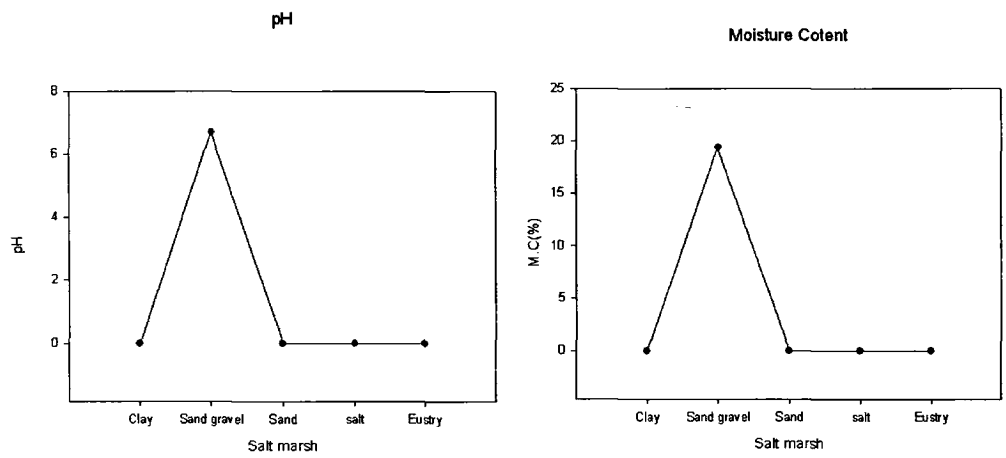


Fig. 49. Environmental factors and optimum level of *Carex kobomugi* community

사구성염습지에서 대표적으로 나타나는 통보리사초는 Sand marsh 의 송석 지역에서만 출현하는 경향성을 보여 주었다.

8) 나문재 군락



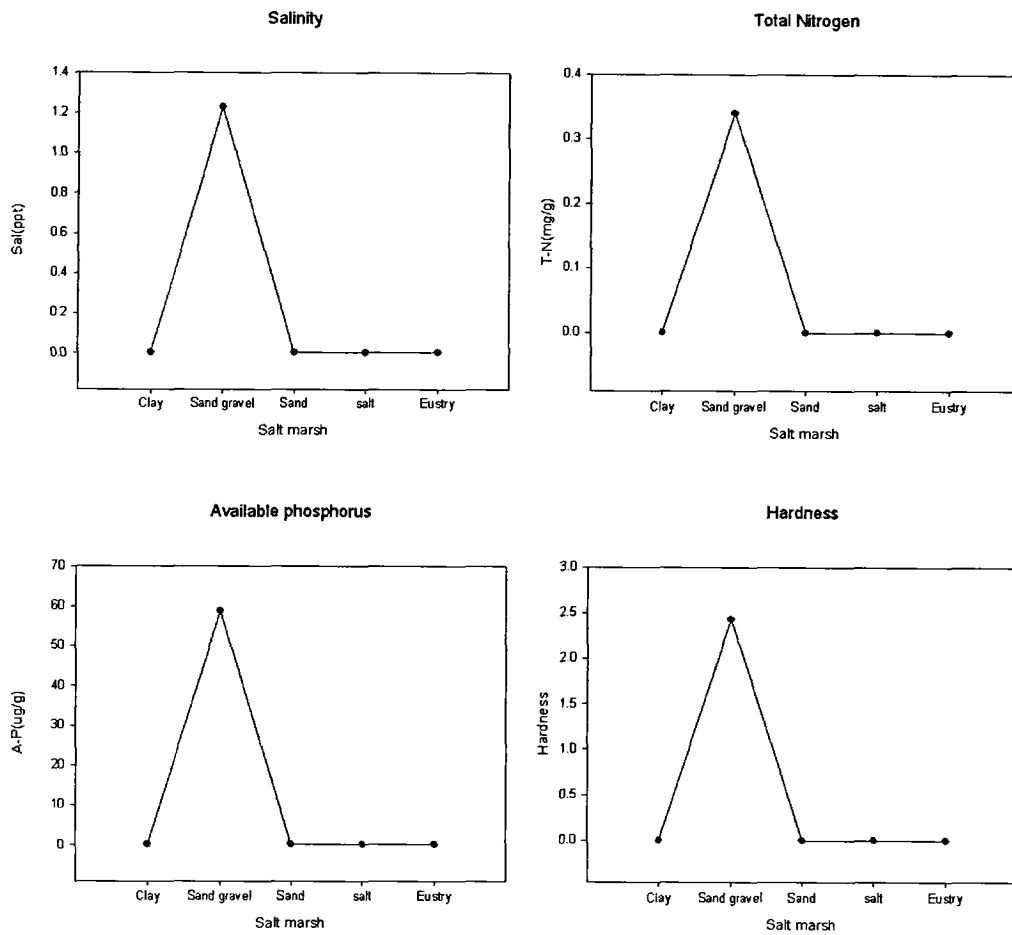
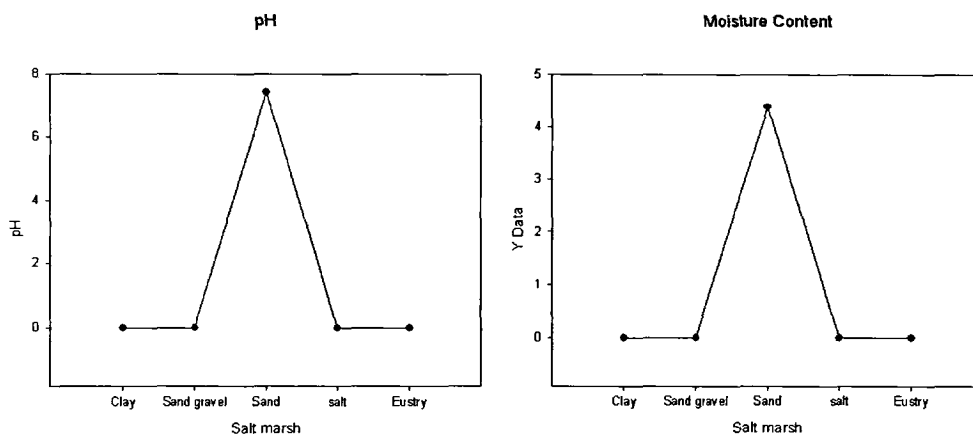


Fig. 50. Environmental factors and optimum level of *Suaeda asparagoides* community

나문재는 Sand gravel marsh의 현화리에서만 출현하였다

9) 순비기나무 군락



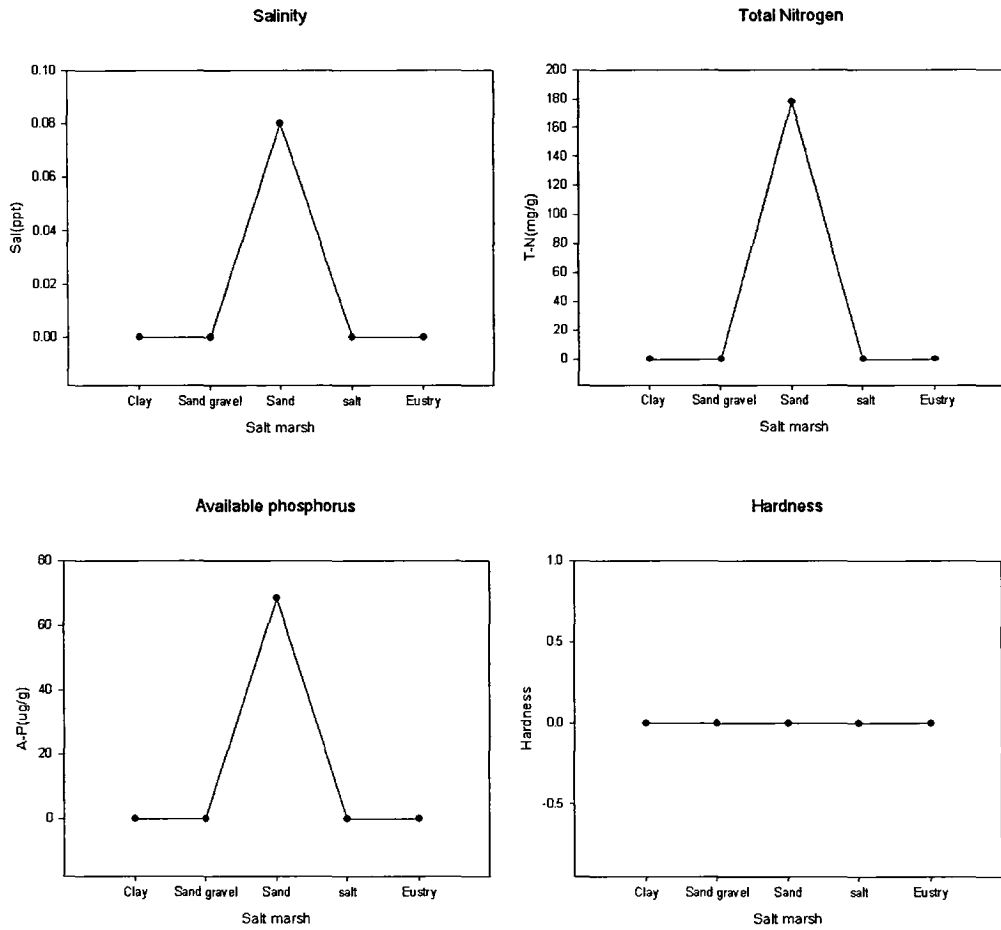
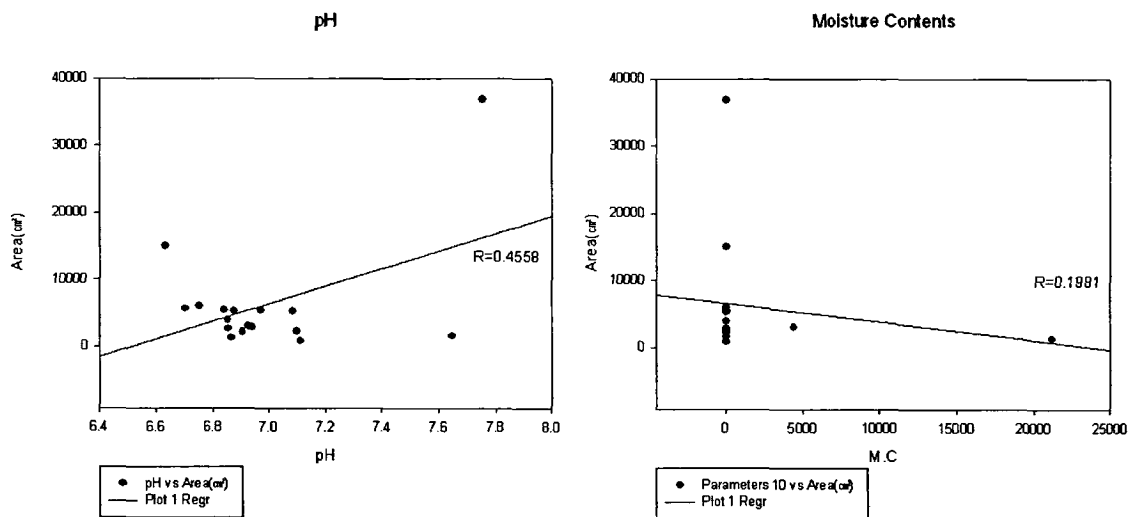


Fig. 51. Environmental factors and optimum level of *Vitex rotundifolia* community

순비기나무는 Sand marsh의 송석리에서만 출현하였다.

6. 분포면적에 대한 환경요인의 상관성분석



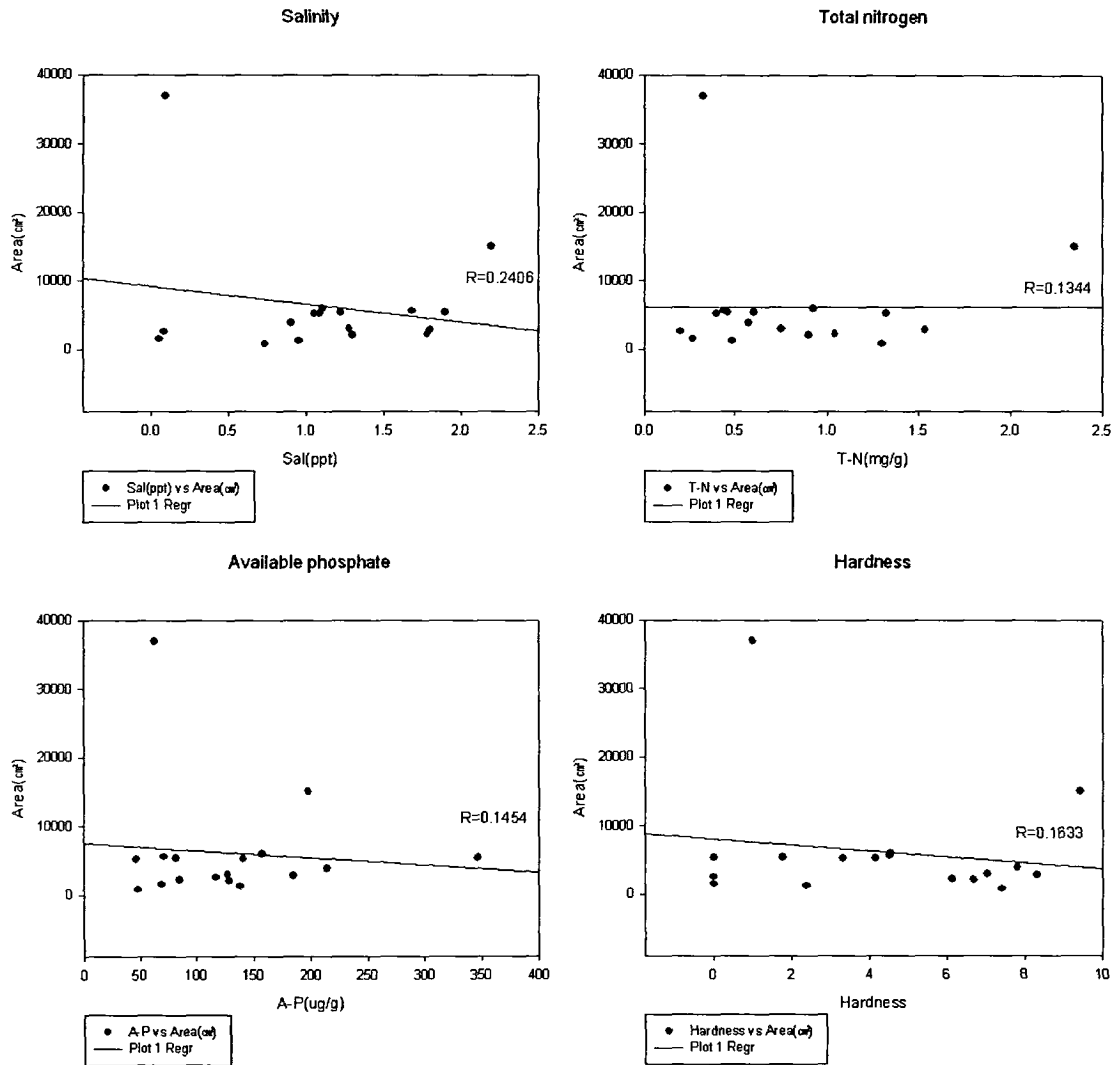


Fig. 52. Relations of the distributed areas to environmental factors in surveyed areas

분포면적에 대한 환경요인의 상관성을 그래프로 환산하고 R(상관계수)값에 적용한 결과, pH에서만 0.4558로 약간의 상관관계를 보였으나 괄목할만한 수치는 아닌 것으로 나타났고 그 밖의 M.C, Salinity, T-N, A-P, Hardness 등의 상관관계 수치는 전반적으로 낮은 수치로 분포면적에 대한 환경요인의 상관성이 거의 없는 것으로 나타난다.

pH - 분포면적에 대한 pH의 평균값은 줄포(6.92), 봉오(6.86), 석창(6.63), 칠곡(6.94), 현화(6.70), 가입(6.85), 중산(6.75), 반월(6.85), 상하(7.75), 송석(7.65), 장포(6.91), 수문(7.09), 전일(6.88), 석간(6.97), 장선(7.10), 화동(7.11), 상내(6.84)의 분포로 상관정도는 약 46% 정도로 나타난다.

moisture contents(%) - 분포면적에 대한 moisture contents의 평균값은 줄포(30.80), 봉오(21.26), 석창(18.55), 칠곡(20.94), 현화(21.61), 가입(2.96), 중산(24.75), 반월(19.85), 상하(5.63), 송석(5.15), 장포(17.60), 수문(10.51), 전일(15.68), 석간(18.38), 장선(20.17), 화동(14.49), 상내(38.87)의 분포이며 R(상관계수)값은 0.1981로 상관관계는 약 20% 정도로 나타난다.

Salinity(ppt) - 분포면적에 대한 Salinity의 평균값은 줄포(1.28), 봉오(0.95), 석창(2.20), 칠곡(1.80), 현화(1.69), 가입(0.09), 중산(1.10), 반월(0.90), 상하(0.09), 송석(0.05), 장포(1.30), 수문(1.05), 전일(1.08), 석간(1.22), 장선(1.78), 화동(0.73), 상내(1.9)의 분포이며 R(상관계수)값은 0.2406으로 상관관계는 약 24% 정도로 나타난다.

T-N(mg/g) - 분포면적에 대한 T-N의 평균값은 줄포(0.75), 봉오(0.49), 석창(2.35), 칠곡(1.53), 현화(0.44), 가입(0.20), 중산(0.93), 반월(0.58), 상하(0.33), 송석(0.27), 장포(0.90), 수문(1.32), 전일(0.40), 석간(0.46), 장선(1.04), 화동(1.30), 상내(0.6)의 분포이며 R(상관계수)값은 0.1344로 상관관계는 약 13% 정도로 나타난다.

A-P($\mu\text{g/g}$) - 분포면적에 대한 A-P의 평균값은 줄포(127.73), 봉오(139.10), 석창(197.60), 칠곡(184.47), 현화(72.02), 가입(117.53), 중산(157.70), 반월(214.05), 상하(63.35), 송석(70.20), 장포(129.00), 수문(47.01), 전일(141.02), 석간(81.88), 장선(85.78), 화동(48.67), 상내(346.30)의 분포이며 R(상관계수)값은 0.1454로 상관관계는 약 15% 정도로 나타난다.

Hardness - 분포면적에 대한 Hardness의 평균값은 줄포(7.03), 봉오(2.38), 석창(9.41), 칠곡(8.33), 현화(4.51), 가입(0.00), 중산(4.53), 반월(7.82), 상하(1.01), 송석(0.00), 장포(6.67), 수문(4.15), 전일(3.31), 석간(1.78), 장선(6.14), 화동(7.40), 상내(0.0)의 분포이며 R(상관계수)값은 0.1633으로 상관관계는 약 16% 정도로 나타난다.

7. 연안생태계 유형별 염생식물 및 관속식물 출현률

18개 조사지역에서 조사된 식물상은 총 31과 104종이 조사되었으며, 그 중 염생식물은 14과 49종으로 47.12%의 비율을 나타냈다. 식물의 출현율이 가장 높은 생육지는 saltswamp로서 관속식물이 22과 70종, 염생식물이 12과 36종으로 나타났으며, sandmarsh에서는 관속식물 26과 59종, 염생식물 12과 33종, sandgravelmarsh에서는 관속식물 19과 58종, 염생식물 9과 30종, estuarymarsh에서는 관속식물 11과 34종, 염생식물 8과 24종 순으로 나타났으며, 식물의 출현율이 가장 낮은 생육지는 claymarsh로서 관속식물이 6과 19종, 염생식물이 4과 10종으로 조사되었다.

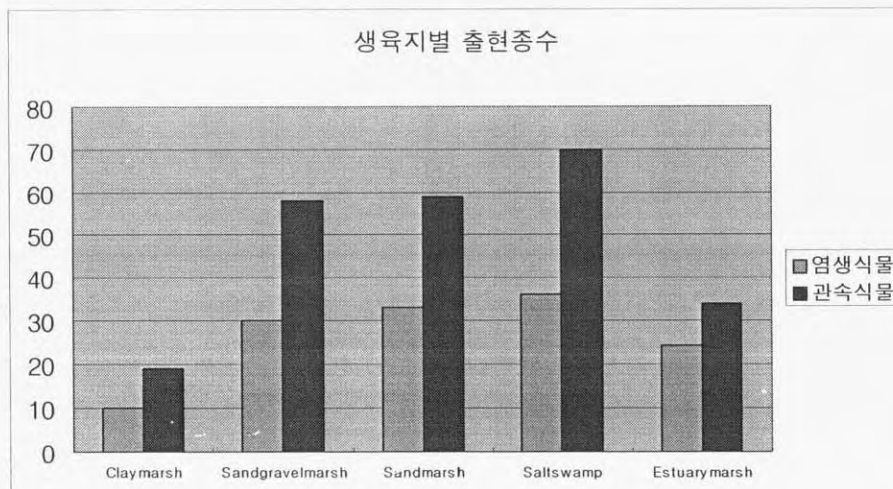


Fig. 53. Rate of emergence to the habitate types in surveyed areas

8. 함평만의 염생식물 분포와 지형과의 관계

<Fig. 54>는 라이다 조사 자료로부터 생성된 DEM을 이용하여 음영기복도와 염생습지 군락 분포도를 함께 나타낸 것이다. <Fig. 55>는 연구지역을 3D 조감도 형태로 남측에서 바라본 모습이다.

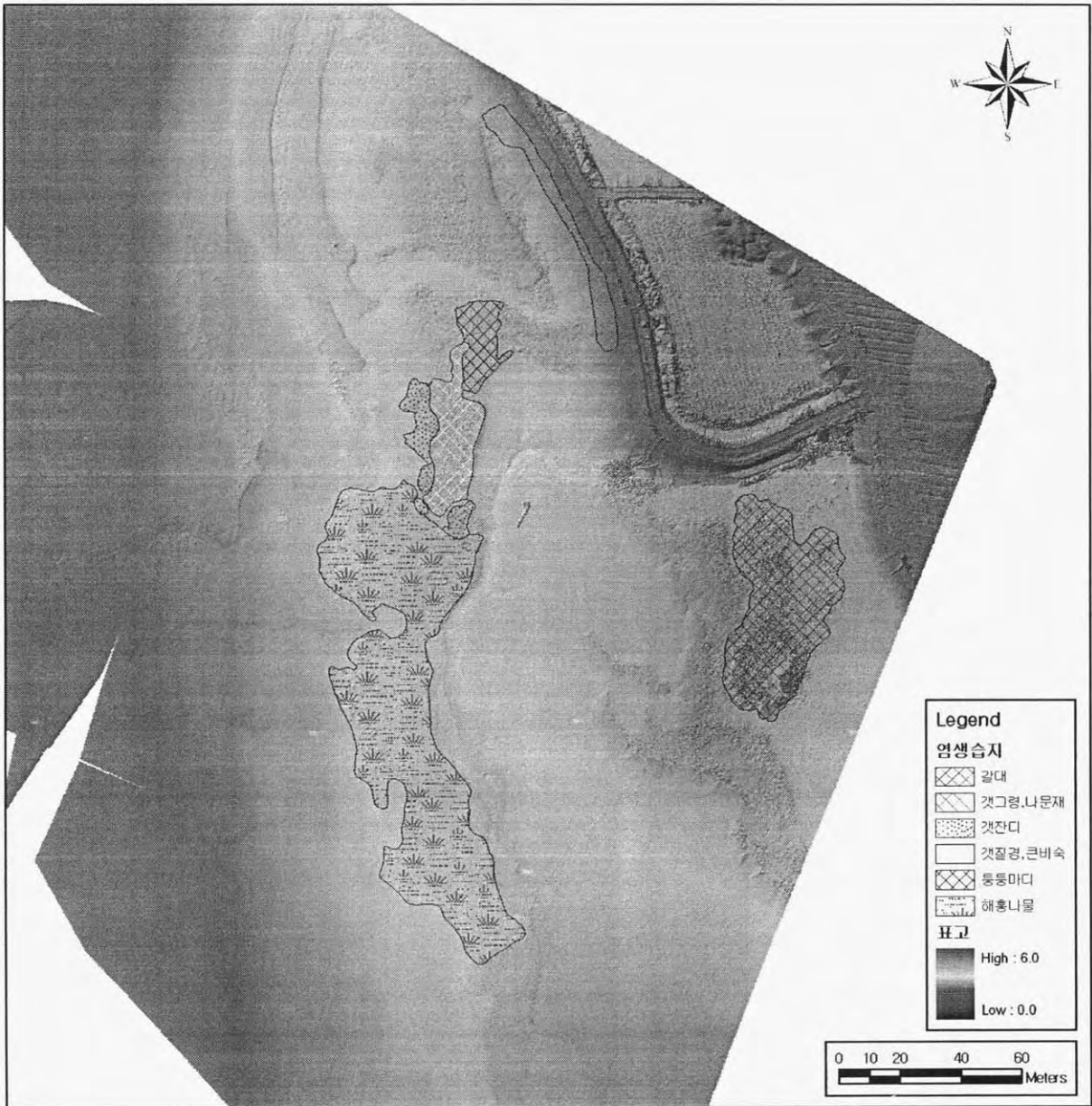


Fig. 54. 함평만 조사지역 표고 및 염생습지 군락

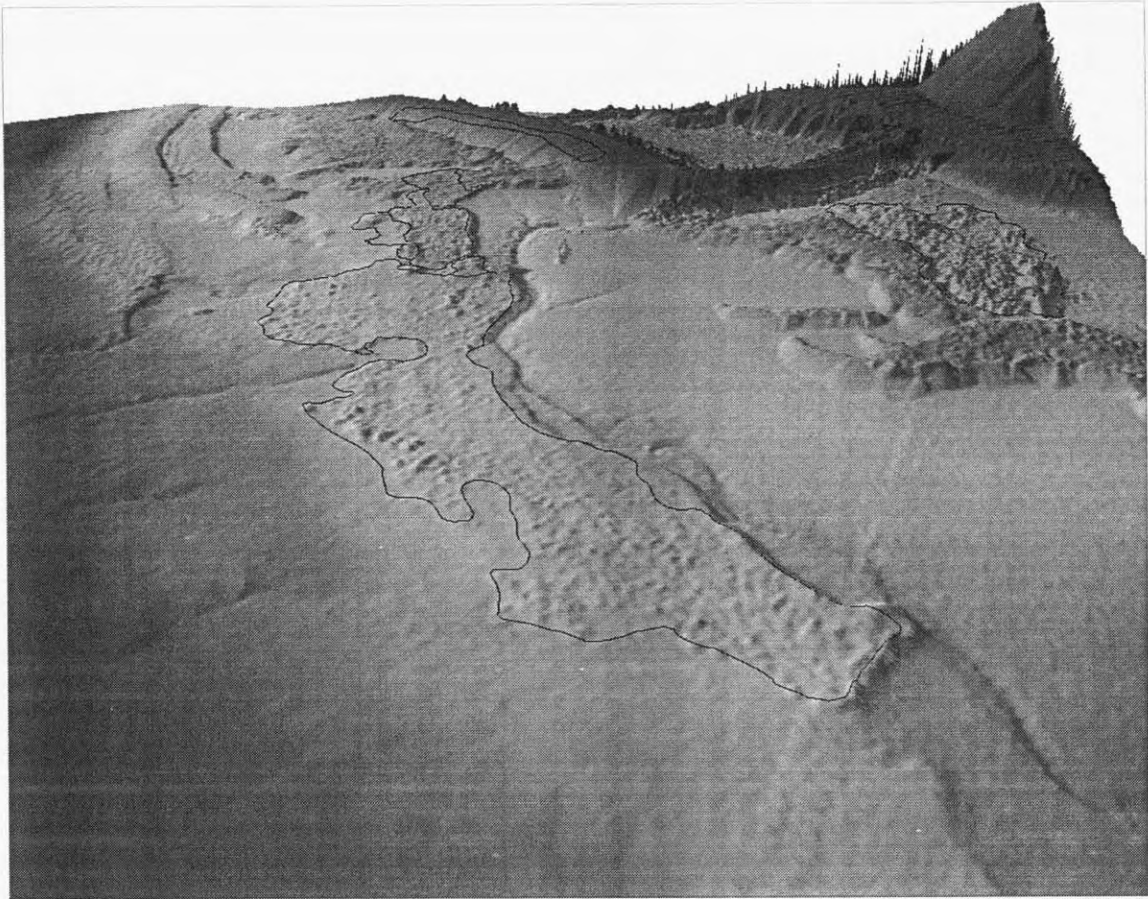


Fig. 55. 함평만 조사지역 3D 조감도(z값 3배 과장)

라이다를 이용하여 조사된 해당 지역의 가장 두드러진 지형적 특성은 연안사주의 발달이었다. 연구지역 북측에 사질의 연안사주가 2열로 형성되었으며, 외측 사주열이 끝부분에서 분기되어 하나의 사주가 더 형성되었다. 이는 해당 지역의 연안류와 파랑과 관련이 깊다고 할 수 있는데, 연안류의 경우 내만의 특성상 조류가 들어오고 나가는 방향이 남북 방향이며, 이때 형성되는 파랑이 해안 쪽으로 진행함에 따라 퇴적물의 침퇴적 방향이 북북서-남남동 방향으로 형성되었다.

해홍나물 군락이 분포하는 지역의 경우는 점토질의 퇴적물이 표층에 다소 분포하는 점에서 북측의 사질성 사주와는 퇴적환경이 다소 상이하나 형태적으로는 사주의 형태를 띠고 있으며, 라이다 조사 결과에서도 이를 확인할 수 있었다. 그러나 이 지역은 북측의 사주와는 달리 다소 안정된 지역으로서 퇴적물의 침퇴적이 활발하지 않았다. 연안류와 파랑의 진행에 따라 움직이는 퇴적물이 북측 사주에 집중됨에 따라 남측의 해홍나물 군락 지역의 사주는 차츰 안정화 단계에 들어갔다고 해석할 수 있다. 이러한 특성은 해홍나물 군락이 발달한 요인 가운데 하나로 볼 수 있었다. 다만, 해홍나물 군락 경계

중 동측의 일부가 만입의 형태를 나타내고 있으며, 이는 만입부 동측에 발달되어 있는 갯골에 의한 일부 침퇴적의 영향을 받은 결과로 보여졌다.

북측 사주의 경우 앞서 언급한 대로 연안류와 파랑에 직접적인 영향을 받는 지역으로서 형태적 유동성도 큰 것으로 생각되었다. 퇴적물도 대부분 모래로서 사주 정부에는 조립의 모래가 많이 분포하는 것이 이를 반증하였다. 이러한 지역에서는 염생식물의 발아 및 생육에 어려움이 따르는 것이 일반적이며, 현장 조사에서도 외측 사주열에는 염생식물이 잘 발달하지 않은 것을 확인하였다. 그 내측(동쪽)에 있는 사주열의 경우에는 해홍나물 군락지역과 비슷한 형태적 특성이 나타났다. 즉 외측의 사주열에 의해 침퇴적 영향이 약화되어 일부분 안정화되는 과정 중에 있다고 할 수 있었다. 이에 따라 내측 사주열의 환경사면에는 염생식물이 높은 밀도로 분포하고 있었다. 특히 내측 사주열과 외측사주열이 만나는 부분은 열형태로 염생식물이 분포하고 있으며, 내측 사주열과 그 안쪽(동쪽) 갯벌지역 경계 부분에도 마찬가지로 열형태의 염생식물이 많이 분포하고 있다. 이는 사주로 인한 해수 유동 특성이 염생식물의 발아와 생육 특성에 상당한 영향을 주었음을 시사하며, 자세한 것은 후에 다시 다루기로 한다.

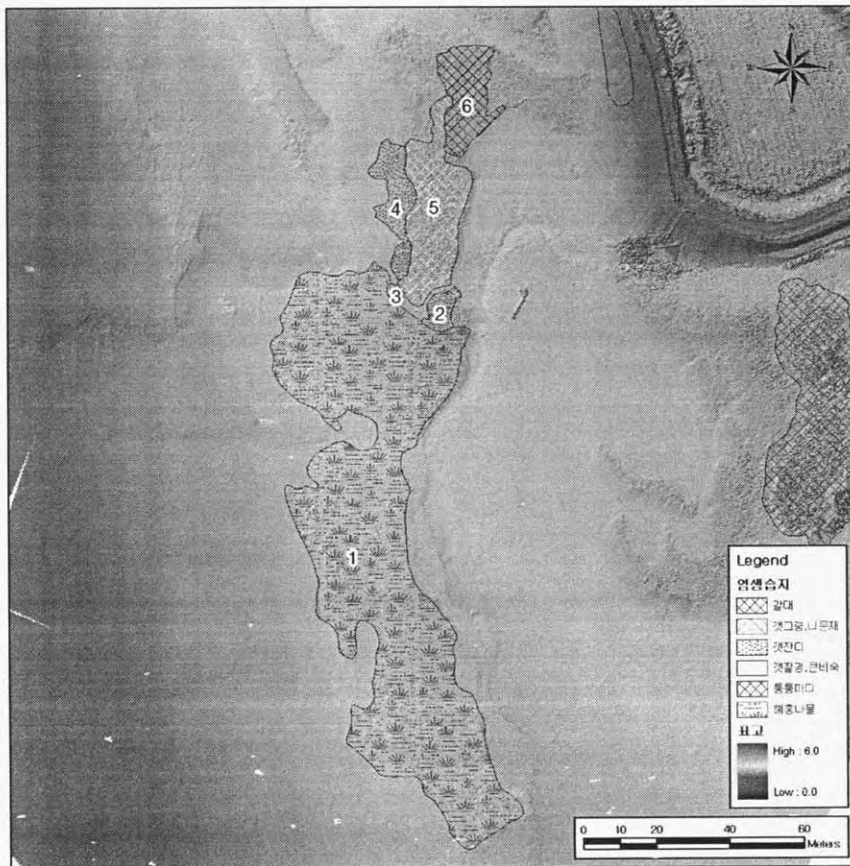


Fig. 56. 함평만의 분석 대상 염생습지 군락

<Table. 41>과 <Table. 42>는 염생식물 군락별 표고와 경사도에 대한 통계 값을 정리한 것이다.

Table 41. 함평만 염생습지 군락별 표고 통계값(단위 : m)

번호	군락명	면적(m ²)	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
1	해홍나물	4551.18	3.34	4.46	1.12	3.74	0.14
2	갈대	75.41	3.83	4.53	0.70	4.26	0.11
3	갯잔디	16.05	3.97	4.42	0.45	4.14	0.09
4	갯잔디	225.59	3.79	4.65	0.85	4.08	0.14
5	갯질경, 큰비속	602.99	3.97	4.47	0.50	4.19	0.08
6	통통마디	325.73	4.04	4.58	0.54	4.27	0.07

Table 42. 함평만 염생습지 군락별 경사도 통계값(단위 : 도)

번호	군락명	면적(m ²)	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
1	해홍나물	4551.18	0.03	20.91	20.88	2.73	1.96
2	갈대	75.41	0.05	14.58	14.53	4.71	3.02
3	갯잔디	16.05	0.30	10.04	9.74	4.70	2.28
4	갯잔디	225.59	0.15	15.13	14.98	3.94	2.25
5	갯질경, 큰비속	602.99	0.10	13.38	13.27	4.06	2.30
6	통통마디	325.73	0.10	13.56	13.45	3.04	1.94

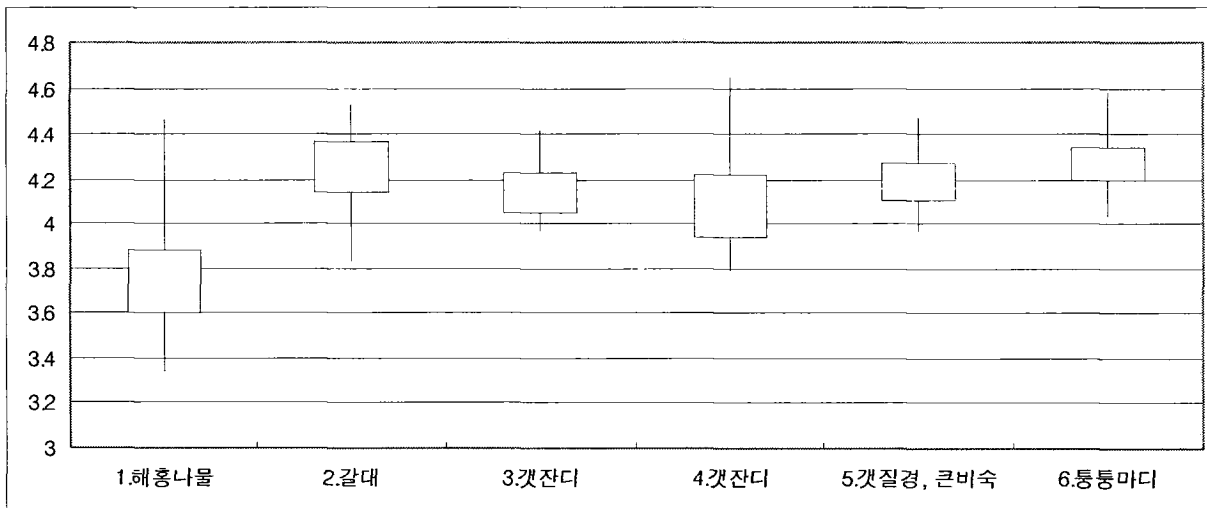


Fig. 57. 각 군락별 고도 통계치 그래프(박스 : 표준편차 범위, 바 : 최소, 최대)

조사 지역은 <Table. 41>의 염생습지 군락별 표고 통계 값의 특성을 기준으로 해홍나

물 군락과 그 외의 군락으로 구분되었다. 해홍나물 군락의 경우 최저표고가 3.34m인 반면 그 외의 군락들은 3.83m에서 4.04m로 나타나고 있으며, 평균값 또한 해홍나물 군락이 3.74m이며 그 외의 군락들이 4.08m에서 4.27m로 뚜렷한 차이를 보이고 있었다. 해홍나물 군락의 범위(range)와 최대값이 다른 군락들과 큰 차이가 나타나지 않는 것은 해홍나물 군락의 면적이 다른 군락의 면적에 비해 상대적으로 넓었기 때문에, 그 안에 포함되는 표고 오차 값에서 기인한 것으로 보여 진다. 이는 해홍나물 군락의 표준편차가 다른 군락의 표준편차와 큰 차이가 없는 것에서도 확인할 수 있었다.

<Table. 42>의 염생습지 군락별 경사도 통계 값은 표고 통계 값과 비슷한 특성을 보였다. 해홍나물 군락의 평균경사도가 2.73도이며, 그 외 군락의 평균경사도는 3.04도에서 4.71도로 상대적으로 높았다. 그러나 경사도 통계값을 해석하는 데는 라이다 레이저의 일부가 식생자체에 반사되어 표고 값이 불규칙하게 되어 경사도가 높게 계산되어 질 수 있다는 점을 유의할 필요가 있었다.

<Fig. 58>는 앞서 언급한 염생습지 군락별 표고 통계 값 특성을 고려하여 0.5m 간격의 등치선을 도화한 것이다. 그림에서 3.5m 등치선과 해홍나물 군락의 경계가 상당히 일치하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 또한 그 외의 군락들의 경계도 4m 등치선과 유사하게 나타난다. 해홍나물 군락 분포 중에 북서쪽의 오목하게 들어간 부분은 해당 지역 서측에 발달된 갯골에 영향으로 보이며, 군락의 동쪽 경계 부는 앞서 언급한 것과 같이 갯골에 접하여 침퇴적의 변화가 심하기 때문으로 해석된다. 해홍나물 군락 동쪽 경계 부는 현장에서도 상대적으로 조립한 사질퇴적물만으로 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 해홍나물 외의 군락의 경우 군락간의 표고 차이를 확인하기 위해서는 후속 조사 및 연구가 필요할 것으로 보인다. <Fig. 59>는 해홍나물 군락을 지나는 라인에 대한 단면도를 나타낸 것이다. 해당 라인에 대한 단면도 분석 결과를 살펴보면 서측에서 동측으로 갈수록 표고가 완만히 상승하고, 6번 정점을 지난 후 갯골로 인해 표고가 급격히 감소한다. 해홍나물 군락에 해당하는 4번에서 6번까지의 단면이 약간의 요철 형태를 보이는 것은 앞서 언급하였듯이 식생에 의한 영향으로 보여 진다. 이러한 요철을 감안하다 하더라도 해홍나물 군락이 서향의 완만한 경사면에 분포한다고 할 수 있다. 3번 정점의 경우 단면도 상에서는 4번과 6번 정점과 특별한 차이점을 발견할 수 없었다. 그러나 2번 정점 서측에 약간의 골이 형성되어 있는 것을 볼 때, 과거 갯골이었거나 현재에도 썰물 시에 물이 흘러나가는 물길일 수 있다 측면에서 해홍나물 군락이 형성되지 않은 이유를 찾아 볼 수 있다. 6번 정점의 동측으로는 갯골을 확인 할 수 있으며, 이후 mud flat의 평탄한 단면이 나타나고 있다.

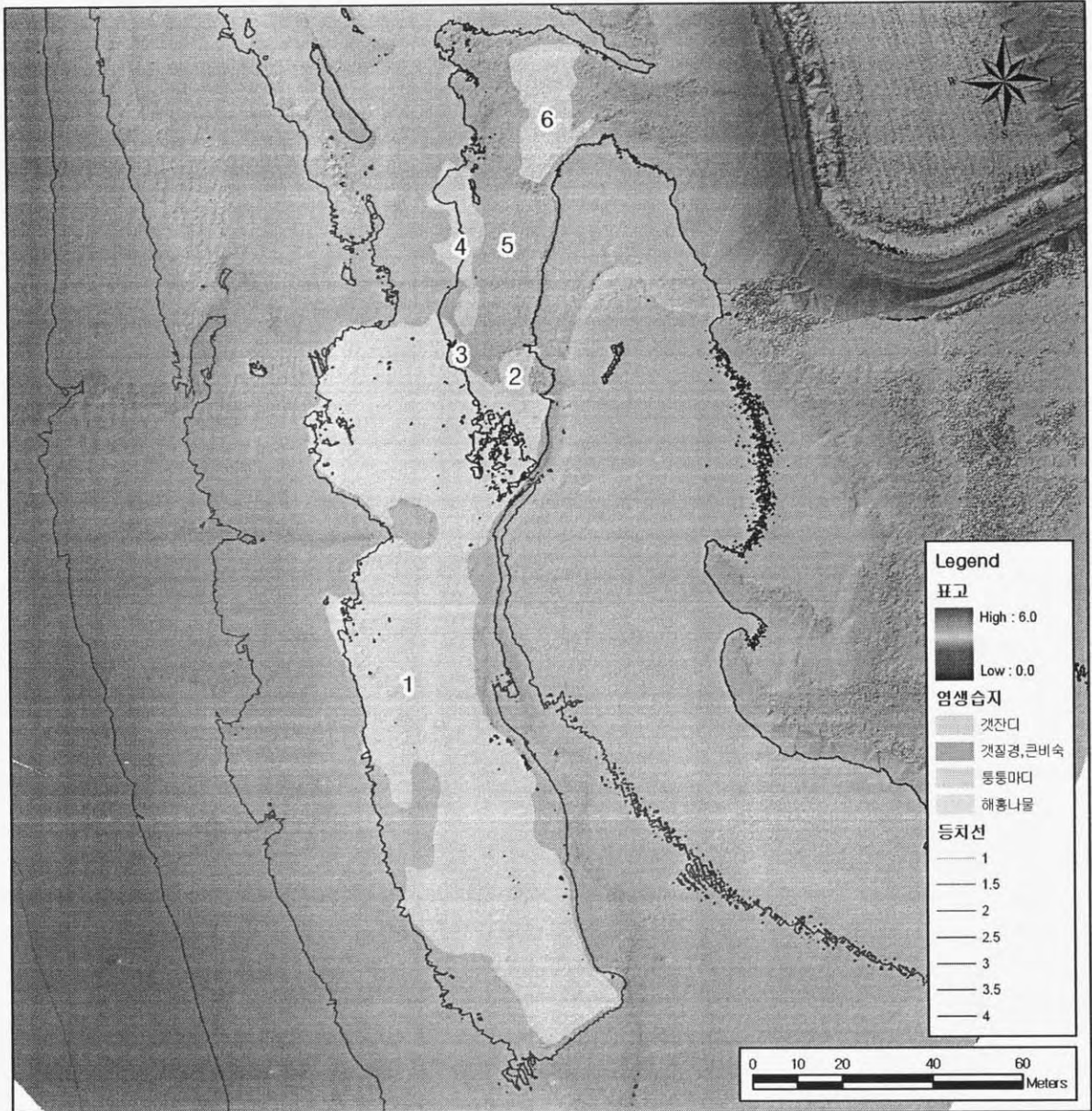


Fig. 58. 조사 지역의 표고 등치선도

해홍나물 군락과는 다르게 갯잔디와 갯질경·큰비속 군락의 단면은 <그림 10>과 같이 그 경계가 비교적 급한 경사면을 이루고 있다. 특히 갯잔디 군락(4번)의 서측에 급한 경사면이 나타나고 있으며, 이는 밀생하는 갯잔디가 퇴적물의 유실을 막는 역할을 하여 지면을 돋운 결과로 보인다.

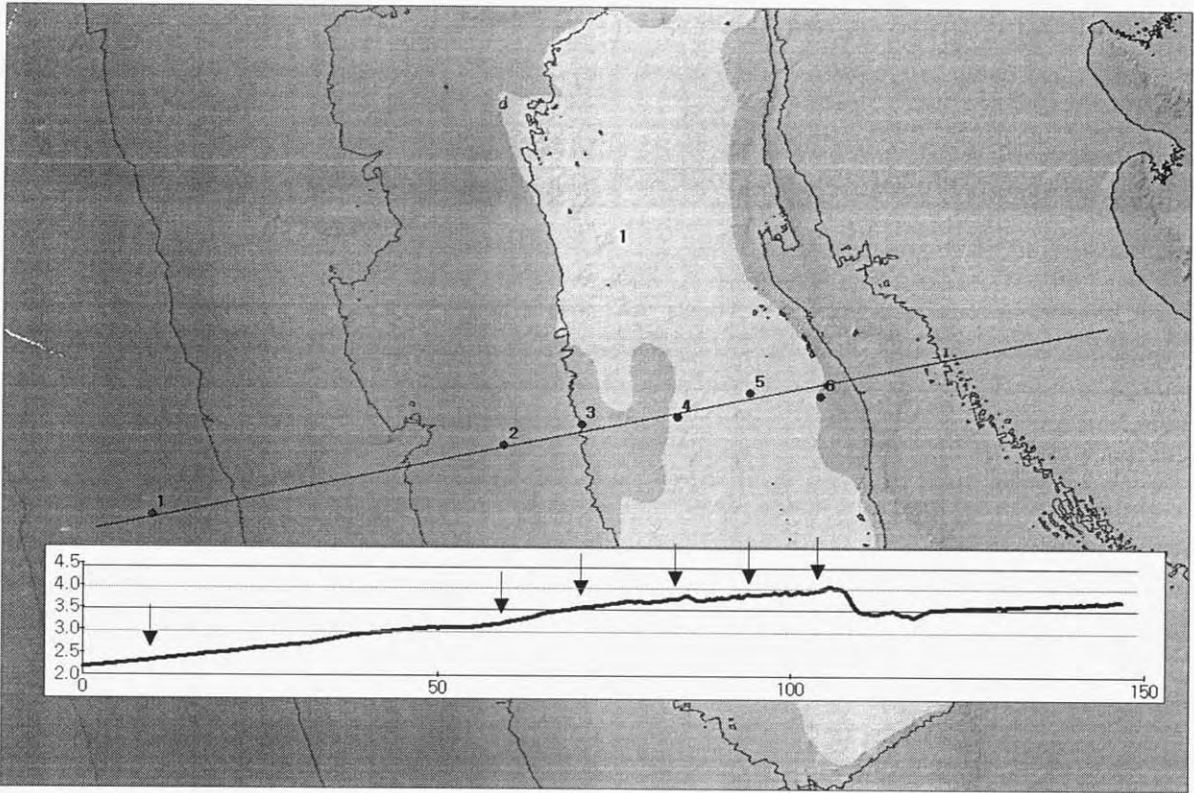


Fig. 59. 함평만의 해홍나물 군락을 지나는 라인의 입도분석 지점과 단면도(profile)

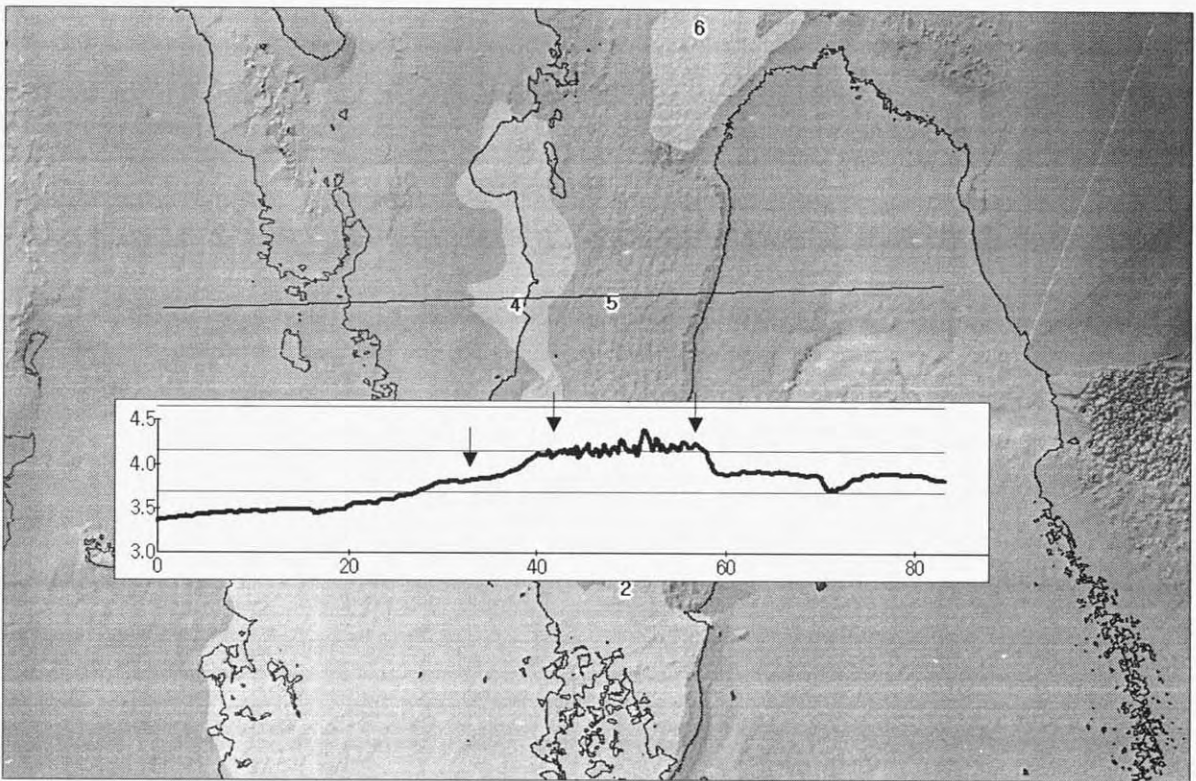


Fig. 60. 갯잔디, 갯질경·큰비속 군락의 단면도(Profile)

9. 함평만 염생식물 분포지역의 미지형 변화

염생식물이 분포하는 지형은 사주로서 연안류 및 파랑 등에 의해 변화가 많은 것이 일반적이다. 이러한 변화는 염생식물의 발아 및 생육에 영향을 줌으로서 결국 군락 분포를 변화시킬 수 있다. 따라서 사주의 지형적 변화 특성을 파악하는 것이 염생식물의 군락 특성을 이해하는데 중요한 요소라고 할 수 있다. 특히 사주의 변위는 수 cm에서 수 m 이내로 변화량이 지형학적으로 미지형 변화에 해당한다. 일반적인 변화 탐지 기법인 퇴적 봉이나 일반 측량으로는 넓은 지역의 미세한 변화를 정량적으로 해석하기에는 어려움이 많다. 본 연구에서는 지상 라이다를 이용하여 해당지역 전체의 미세한 변화를 효율적이면서도 정밀하게 조사하고자 한다.

2차 조사는 2007년 5월 11일 수행하였다. 1차 조사 결과와 좌표를 일치시킨 후 DEM을 생성하였다<Fig. 61><Fig. 62>.

2006년과 2007년 두 개의 사주 형태는 거의 차이가 없어 보이나, 내측(그림에서 아래쪽) 사주의 끝부분의 형태와 외측 사주의 끝부분의 갯골이 달라진 정도만을 육안으로 확인할 수 있다.

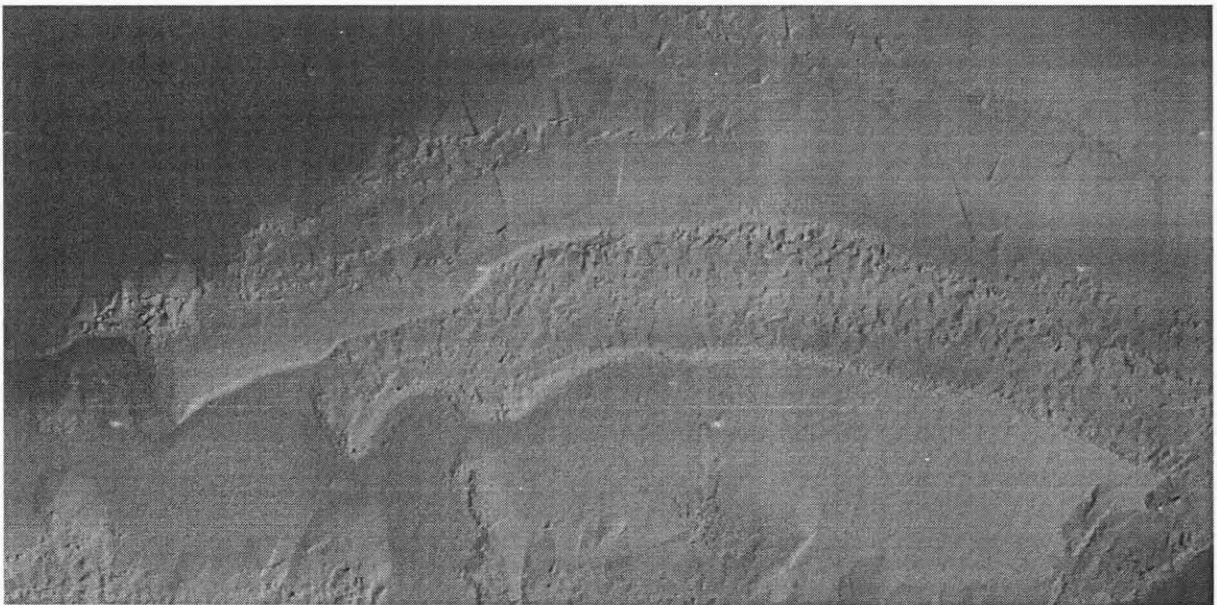


Fig. 61. 2006년 DEM의 북측 사주

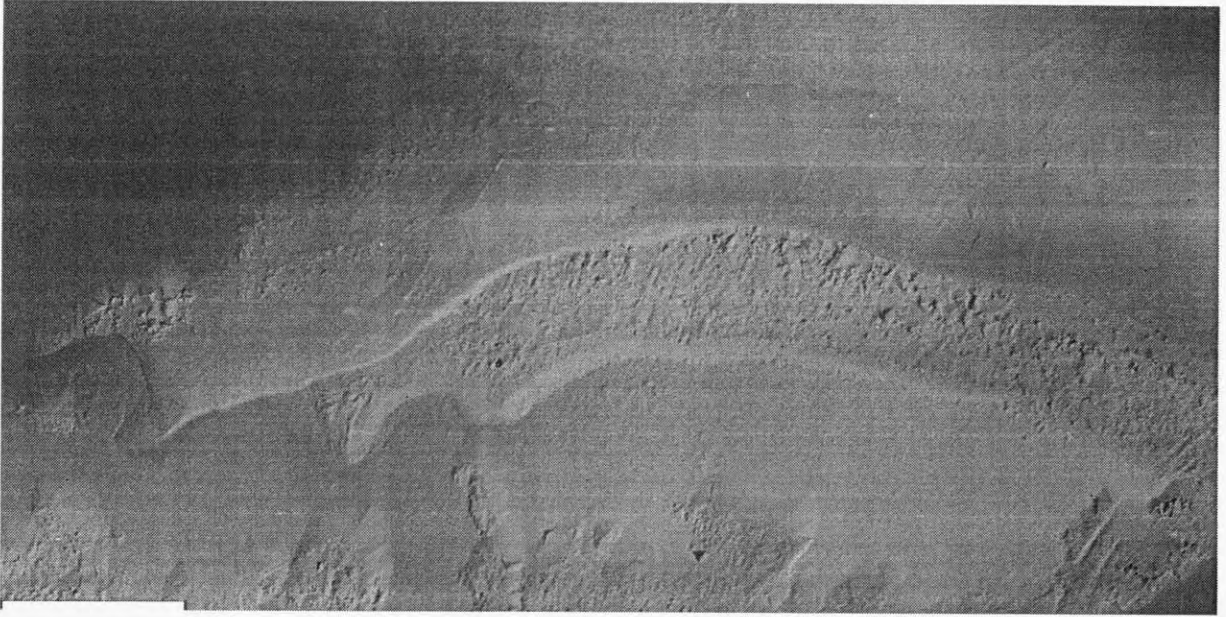


Fig. 62. 2007년 DEM의 북측 사주

미지형 변화를 확인하기 위하여 두 개의 DEM을 3차원으로 중첩시킨 것이 <Fig. 63>으로, 외측사주가 내측으로 발달한 것을 확인할 수 있다. <Fig. 64>는 두 개의 DEM에 대해 같은 기선으로 단면도를 작성한 것이다. 이와 함께 주요 지점에 대해 이동거리 및 높이를 계측하였다. 앞서 언급한 것과 같이 외측 사주가 내측으로 이동하였으며, 그 이동 거리는 약 2m 내외였다. 실제 현장 조사시에 이러한 이동에 대해 연구진은 전혀 인지하지 못했으나, 라이다를 이용하여 정밀 3차원 모델을 바탕으로 이를 확인할 수 있었다.



Fig. 63. 2006년(녹색)과 2007년(청색) DEM을 3차원으로 중첩

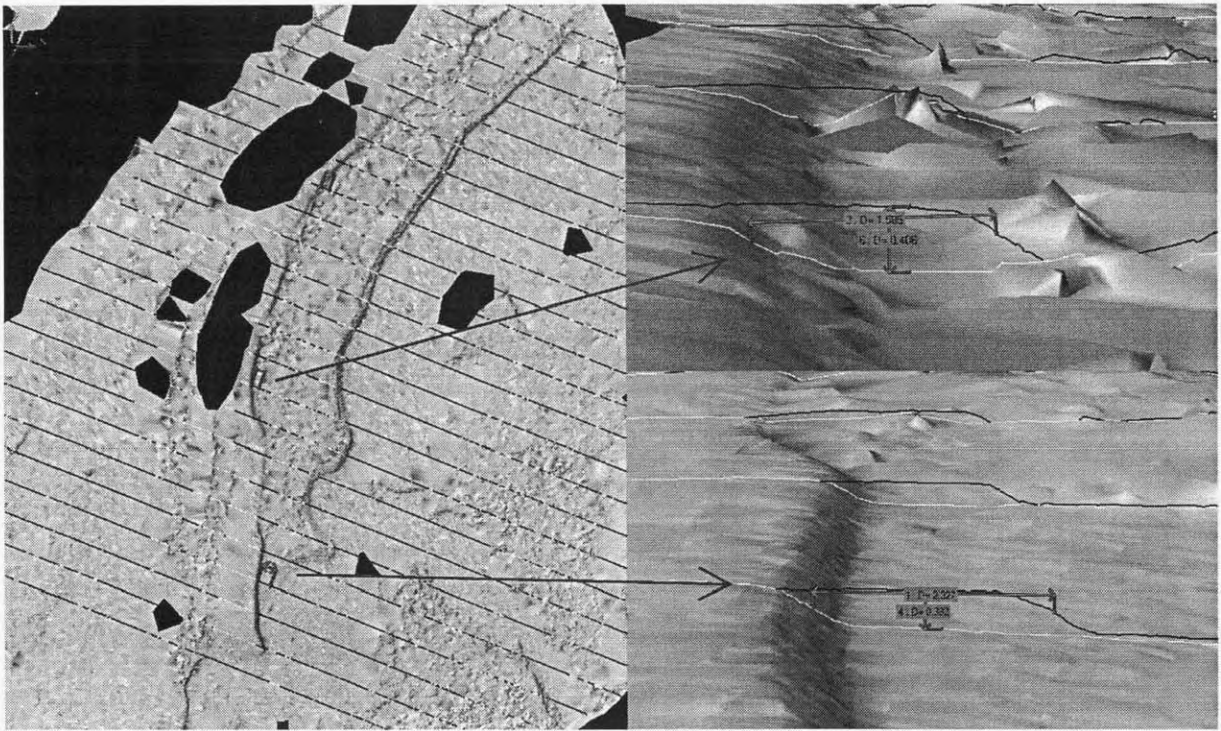


Fig. 64. 단면도 분석(2006년:황색, 2007년:청색)



Fig. 65. 2006년 기준 2007년 표고 변화

<Fig. 65>는 2006년 기준으로 2007년의 표고 변화를 GIS를 이용하여 계산한 것으로, 청색으로 갈수록 퇴적을 의미하며 적색(갈색)으로 갈수록 침식을 의미한다. 그림에서 내측 사주의 내측부의 약간의 침식이 보이고 있으나 전체적으로 큰 변화는 없다고 할 수 있다. 그러나, 외측 사주의 경우 앞서 언급한 대로 내측으로 이동하였기 때문에 퇴적을 의미하는 청색 띠가 진하게 나타나고 있다. 그리고, 그 외측에 퇴적을 의미하는 청색 지역이 보이고 있으며, 이는 새로운 사주라고 할 수 있는 그러나, 그 외측(서쪽)에 다시 적색의 면이 나타나고 있다. <Fig. 66>은 이 부분의 단면도 분석결과를 3차원적으로 나타낸 것으로 2007년도에 내측으로 발달한 사주로 인해 청색으로 표시되나, 그 바깥쪽(그림에서는 왼쪽)에 2006년 사주가 덮는 형태로 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이러한 형태의 침퇴적 양상은 사주의 단면 특성(<Fig. 67>)에 따라 나타나는 현상이라고 할 수 있다. <Fig. 67>은 2006년과 2007년 사주 단면을 나타낸 그림으로, 외측에서부터 완만히 높아지다가 경계지점에서 급격한 경사를 가지는 사주가 2007년에 내측으로 이동한 것을 확인 할 수 있다. 이러한 형태적 특성으로 인하여 평면적 침퇴적 분포가 나란히 나타난다.

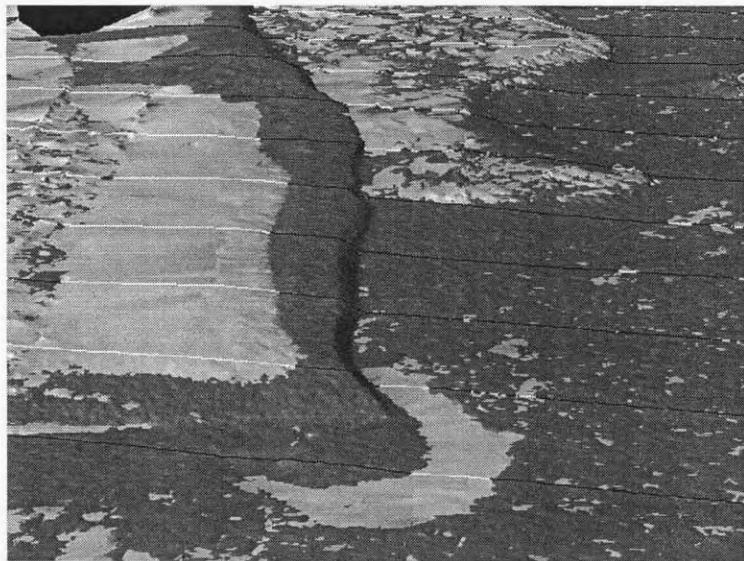


Fig. 66. 외측 사주 말단부에 대한 3차원 단면도



Fig. 67. 사주의 단면(2006년 녹색, 2007년 청색)

제 5 절 환경 친화적 에코블럭 개발 및 제작

1. 환경 친화적 물질탐색 및 연안생태계 특성에 적합한 에코블럭 제작

가. 염습지 에코블럭 특성 및 현장 적용 종류

1) 염습지 에코블럭 특성

가) 친환경적이다.

염습지 에코블럭 소재는 야자수 껍질로 제작하였기 때문에 해안 염습지에서 일정시간이 지나면 자연 분해되면서 주변 환경에 친화적이다.

나) 맞춤형 제작이 가능하다.

염습지 에코블럭은 해안 염습지 특성에 따라서 염생식물군락을 활용하여 맞춤형 제작이 가능하여 지역 특성에 적합한 연안생태계 복원이 가능하다.

다) 현장 적응력이 뛰어나다

연안 염습지 현장에 적용할 수 있는 에코블럭의 내부에는 염생식물 유근과 잔뿌리가 발달된 상태이므로 연안 습지에서 뿌리의 활착과 정착 능력이 높다.

라) 안정적이다.

에코블럭을 주문제작시 해안의 파도에 의한 유실을 방지하기 위하여 에코블럭 자체 무게를 증가시킴으로서 안정적으로 정착할 수 있는 에코블럭이 가능하다.

2) 염습지 에코블럭 종류 및 제작

본 조사연구에서 활용한 염습지 에코블럭은 평판매트형, 반구개방형매트, 반구폐쇄형매트의 3종류를 이용하였다(그림 2).

가) 평판매트형

평판매트형 에코블럭은 가로 4m, 세로 1.3m, 두께 4cm 크기의 직사각 형태로서 내륙 비닐하우스 내에서 갈대 종자를 파종하여 2년 동안 재배하여 매트하부에 갈대 지하경이 발달되어 있다.

나) 반구개방형매트

반구개방형매트 에코블럭은 가로 1.2m, 세로 1.3m, 두께 20cm 크기의 직사각형의 반구개 형태로서 갈대 종자를 화분형 비닐 포트에 파종하여 2년 동안 재배하였다. 1개 매트에는 3줄의 반구개 형태이며, 1줄에는 9개의 화분포트 공간을 확보하였으며, 1개 포트공간은 직경 9cm의 이식용 화분을 옮겨 심고 개방된 상태이다.

다) 반구폐쇄형매트

반구폐쇄형매트 에코블럭은 가로 1.2m, 세로 1.3m, 두께 20cm 크기의 직사각형의 반구폐쇄 형태로서 갈대 종자를 화분형 비닐 포트에 파종하여 2년 동안 재배하였다. 1개 매

트에는 3줄의 반구폐쇄형태이며, 1줄에는 6개의 화분포트 공간을 확보하였으며, 1개 포트공간은 직경 9cm의 이식용 화분을 옮겨 심고 폐쇄된 상태이다.

제 6절 연안생태계 개발 및 관리기술 개발

1. 에코블럭 시범복원지역의 선정 및 염생식물과 연안환경

가. 복원을 위한 갈대(종)선정

- 1) 18개 조사지점에서 식물상과 식물군락을 조사한 결과 18개 지점중 15개지점에서 조사되었으며, 염생식물 군락중 가장 높은 출현 빈도를 보였다.
- 2) 가장 넓은 면적으로 군락을 형성하고 있다. 이와 같은 결과를 볼 때 염습지에서 갈대 군락은 가장 잘 적응하여 생육하는 종으로 사료되어 갈대를 복원 종으로 선정하였다.

나. 복원 적합지역 선정

- 1) 갈대군락 토양환경요인을 분석한 결과 생육지역의 대표적 특성은 사질성 염습지로 나타났다.
- 2) 18개 조사지역중 현화리는 사질성 염습지의 표준형을 보여주고 있다.
- 3) 종다양성이 높게 나타나는 지역이다.
- 4) 군락의 다양성 및 군락분포가 안정적이다.
- 5) 연안염습지의 자연성이 높게 나타나는 지역이다.

다. 복원지점 선정

- 1) 해안 염습지의 경우 식물군락분포에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로는 고도로써, 복원지역에서 갈대군락의 경우는 조위가 470cm인 지역에서 출현하여 복원지점을 선정하였다.
- 2) 복원지점의 주변에 생육하는 갈대군락과의 연결성을 높이기 위해 복원지점을 선정하였다.
- 3) 고도에 따른 갈대군락의 정착률을 알아보기 위해 복원지점의 기준으로 하여 전·후 지점에 평판매트형을 설치하였다.

라. 시범복원지역의 연안환경

1) 조위변화

복원시범지역의 고도를 측정하기 위해 수위측정기를 이용하여 2008년 1월 4일부터 2월 12일까지 갈대군락내에서 조위변화를 조사한 결과 영광지역의 조위가 470cm일 경우 갈대군락의 침수가 시작되었다. 특히 복원지역의 경우 1개월 동안 침수되는 횟수는 평균 16회 정도로 나타났다. 이러한 자료를 기준으로 하여 복원지점은 해발 470cm 이상 지역에 에코블럭을 설치 적용하였다.

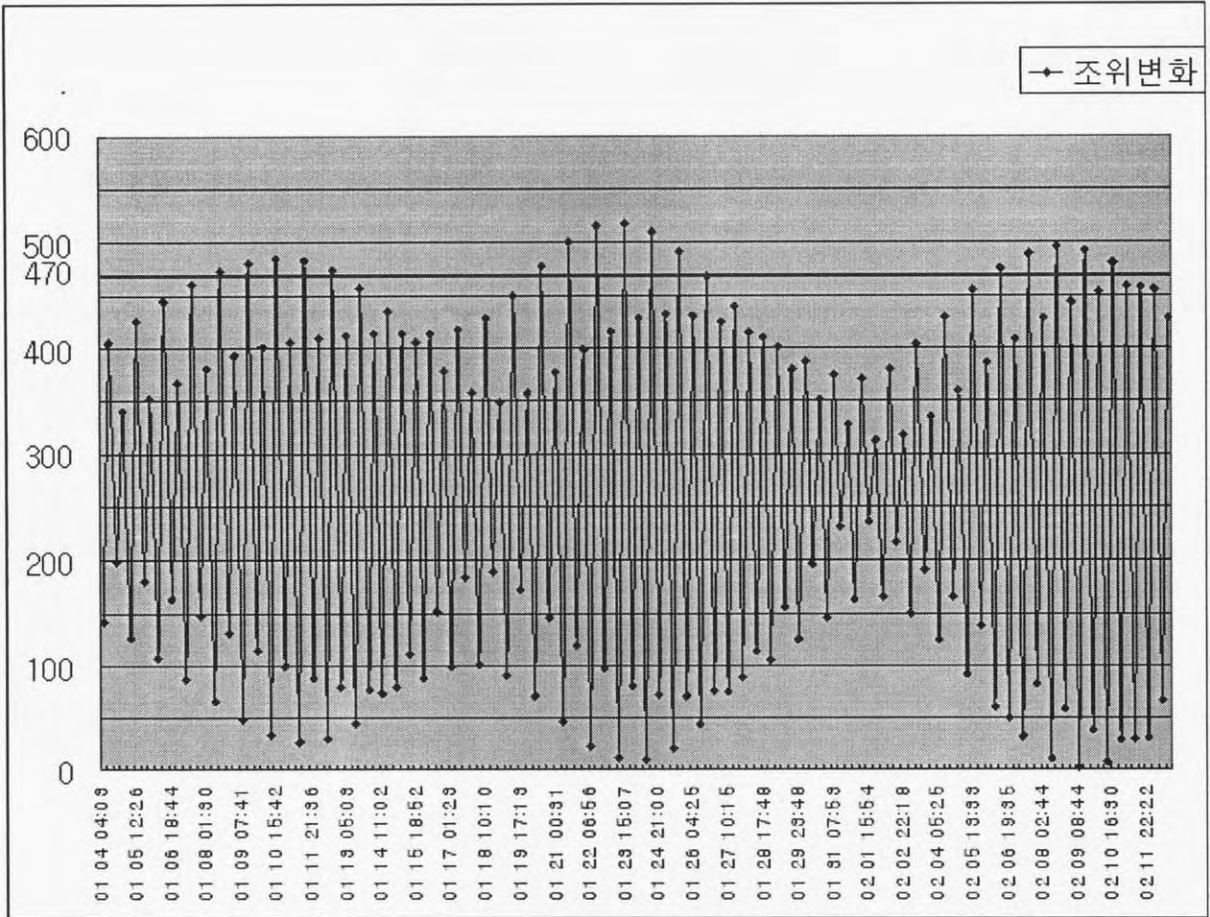


Fig. 68. Sea level graph in restoration area



Picture 1. Measure of the sea level in restoration area

2) 수질환경

에코블럭의 염생식물이 현장에서 적용할 시에 가장 영향을 많이 받을 수질환경에 대하여 년중 비교적 수온이 낮은 시기 인, 2008년 1월 4일부터 2월 12일까지 현장의 수질환경을 측정한 결과 수온은 1월 26일 2.77℃로서 가장 낮고, 표준 전기전도도는 1월 6일 8.29mS/cm, 염도는 1월 6일 4.58ppt로 나타났다.

Table 43. Factors of the water quality in the restoration area

Date y/m/d	Temp C	SpCond mS/cm	Cond mS/cm	Sal ppt	Depth meters
08-01-04	5.38	8.48	5.30	4.69	0.39
08-01-05	5.36	8.34	5.21	4.61	0.39
08-01-06	5.27	8.29	5.16	4.58	0.39
08-01-07	5.74	9.81	6.21	5.50	0.40
08-01-08	6.32	20.91	13.52	12.69	0.41
08-01-09	6.22	31.65	20.35	19.56	0.43
08-01-10	5.98	31.74	20.23	19.61	0.43
08-01-11	6.10	31.02	19.79	19.12	0.44
08-01-12	6.10	27.75	17.71	16.93	0.43
08-01-13	5.77	22.18	14.04	13.24	0.41
08-01-14	5.54	14.32	9.00	8.24	0.42
08-01-15	5.23	11.44	7.12	6.47	0.40
08-01-16	4.87	9.93	6.11	5.55	0.40
08-01-17	3.96	9.67	5.79	5.38	0.40
08-01-18	3.91	9.37	5.59	5.20	0.40
08-01-19	3.84	9.03	5.38	5.00	0.40
08-01-20	3.99	10.41	6.23	5.83	0.40
08-01-21	3.96	22.86	13.55	13.83	0.43
08-01-22	3.79	31.37	18.59	19.18	0.45
08-01-23	3.95	31.21	18.62	19.09	0.46
08-01-24	3.48	32.31	18.99	19.79	0.46
08-01-25	3.18	33.39	19.43	20.48	0.47
08-01-26	2.77	35.46	20.37	21.78	0.45
08-01-27	3.19	30.96	18.07	18.84	0.42
08-01-28	3.42	24.86	14.61	14.86	0.41
08-01-29	3.89	14.28	8.51	8.17	0.41
08-01-30	4.12	11.63	6.99	6.56	0.41
08-01-31	4.16	10.87	6.54	6.10	0.41
08-02-01	3.67	10.84	6.43	6.07	0.41
08-02-02	3.65	10.72	6.35	6.00	0.41
08-02-03	3.64	10.73	6.35	6.00	0.41
08-02-04	3.67	10.77	6.38	6.03	0.40
08-02-05	3.84	12.71	7.58	7.22	0.40
08-02-06	4.37	24.61	15.00	14.94	0.42
08-02-07	3.98	36.19	21.68	22.41	0.44
08-02-08	3.88	35.55	21.24	21.99	0.46
08-02-09	3.19	39.82	23.22	24.76	0.46
08-02-10	2.99	40.36	23.38	25.09	0.47
08-02-11	3.42	40.18	23.62	25.04	0.47
08-02-12	3.52	29.47	17.38	17.87	0.42

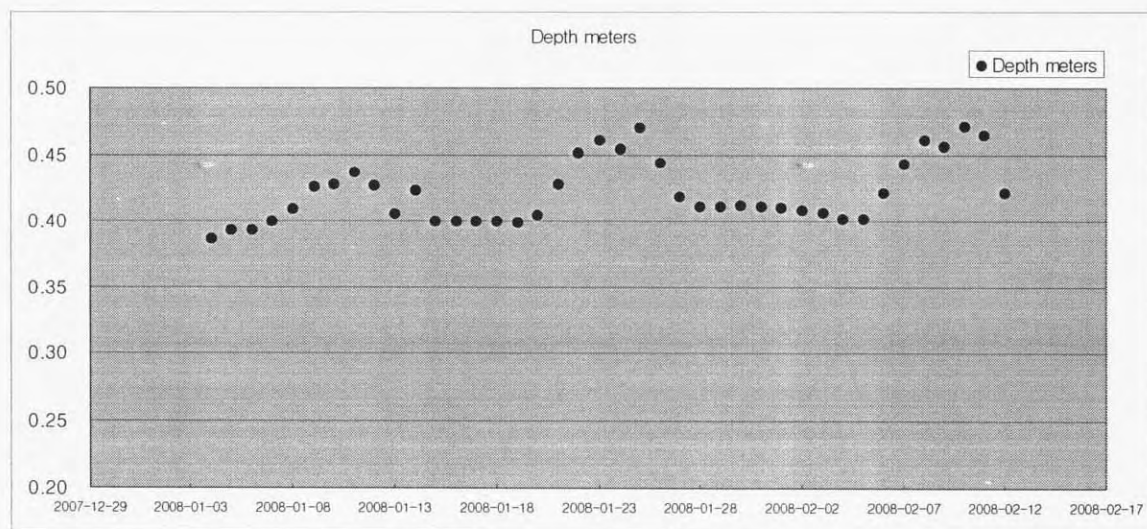
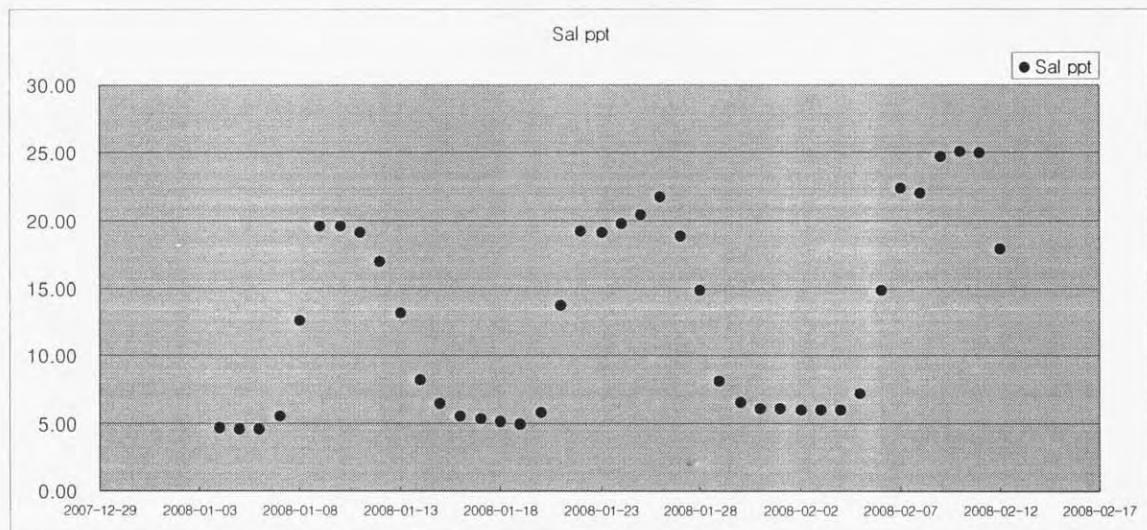
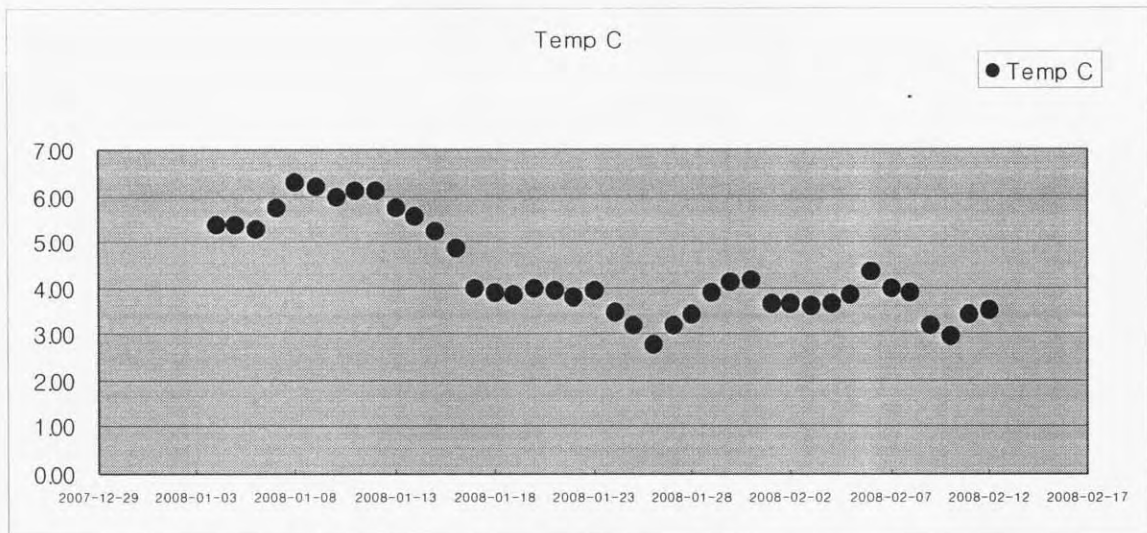


Fig. 69. Graph of the water quality in the restoration area

2. 에코블럭 현장 적용 및 기법의 다양화

가. 에코블럭 현장 적용 및 기법의 다양화

본 연구에서 현장 적용한 에코블럭은 2007년 11월 25일 부터 2008년 3월 20일까지 약 4개월 동안 주요 생육상태와 에코블럭의 적용 상태를 관찰하였다. 현장 적용 후, 2회에 걸쳐 유실이 일어나면서 보수작업과 유실방지를 실시하고, 에코블럭의 안정과, 정착을 확인하였다. 3월 20일 현재, 주변 갯벌 토양의 유입과 에코블럭 자체의 염생식물 뿌리가 활착되면서 염생식물의 유묘가 출현하기 시작하여 정상적인 생육이 일어나고 있었다. 본 연구에서 활용한 염습지 에코블럭의 장, 단점은 평판매트형에서는 단기간에 연안 해안에 활용이 가능하고 파도에 의한 유실이 적으며 안정적이다. 반구개방형매트와 반구폐쇄형매트는 맞춤형 적용이 가능하고, 현장 운반이 편리하지만, 해안조위에 따라 유실이 예상되며, 그에 따른 에코블럭의 고정 장치가 필요하다.

Table 44. Growth conditions after ecoblock establishment

일시	주요 생육상태 특징	비고
11월 25일	. 현장 이식 . 에코블럭 보수	에코블럭 1차 유실 에코블럭 2차 유실
12월 20일	. 에코블럭 안정 확인	
1월 20일	. 에코블럭내의 뿌리 주변 갯벌 토양 유입	
2월 28일	. 뿌리활착 . 에코블럭 정착	
3월 20일	. 유묘 출현 (포트당 1-3개)	

Table 45. Characteristic of ecoblock establishment

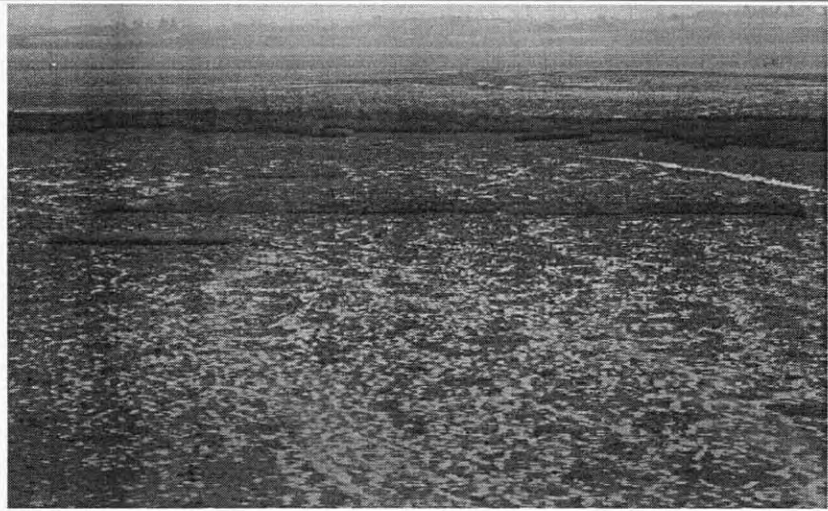
매트종류	현장 적용 특징	
	장점	단점
평판매트형	. 안정적이다. . 파도에 의한 유실이 적다. . 단기간에 활용이 가능하다.	. 염생식물의 종자가 대량 필요하다. . 현장 운반이 불편하다.
반구개방형매트	. 맞춤형 적용이 가능하다. . 현장 운반이 편리하다.	. 유실이 예상된다. . 블럭의 고정 장치가 필요하다.
반구폐쇄형매트	. 맞춤형 적용이 가능하다. . 현장 운반이 편리하다.	. 유실이 예상된다. . 블럭의 고정 장치가 필요하다. . 블럭의 안정화 확인이 어렵다.

<p>매트형 타입</p>	<p>매트형 현장복원사진</p>
<p>반구개방형매트 타입</p>	<p>반구개방형 현장복원사진</p>
<p>반구폐쇄형매트</p>	<p>반구폐쇄형 현장복원사진</p>

Picture 2. Ecoblock types and ecoblock establishment



복원식생 설치 전 전경(2007. 11. 20)



복원식생 설치후 전경(2007. 12. 20)



복원식생 설치후 전경(2008. 03. 20)

Picture 3. Restoration areas and landscape before and after

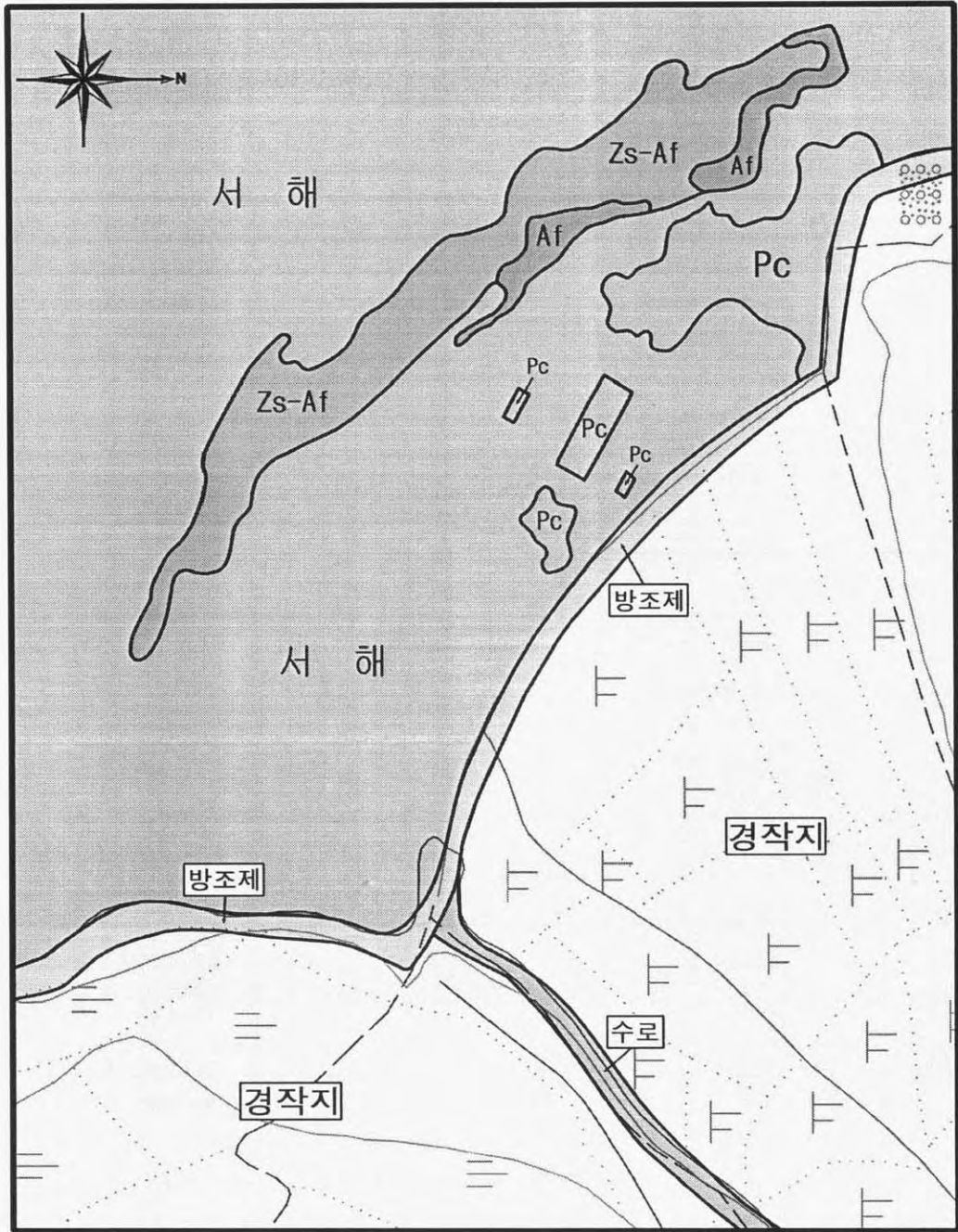


Fig. 70. Vegetation map in restoration area(Hyeonhwa-ri)

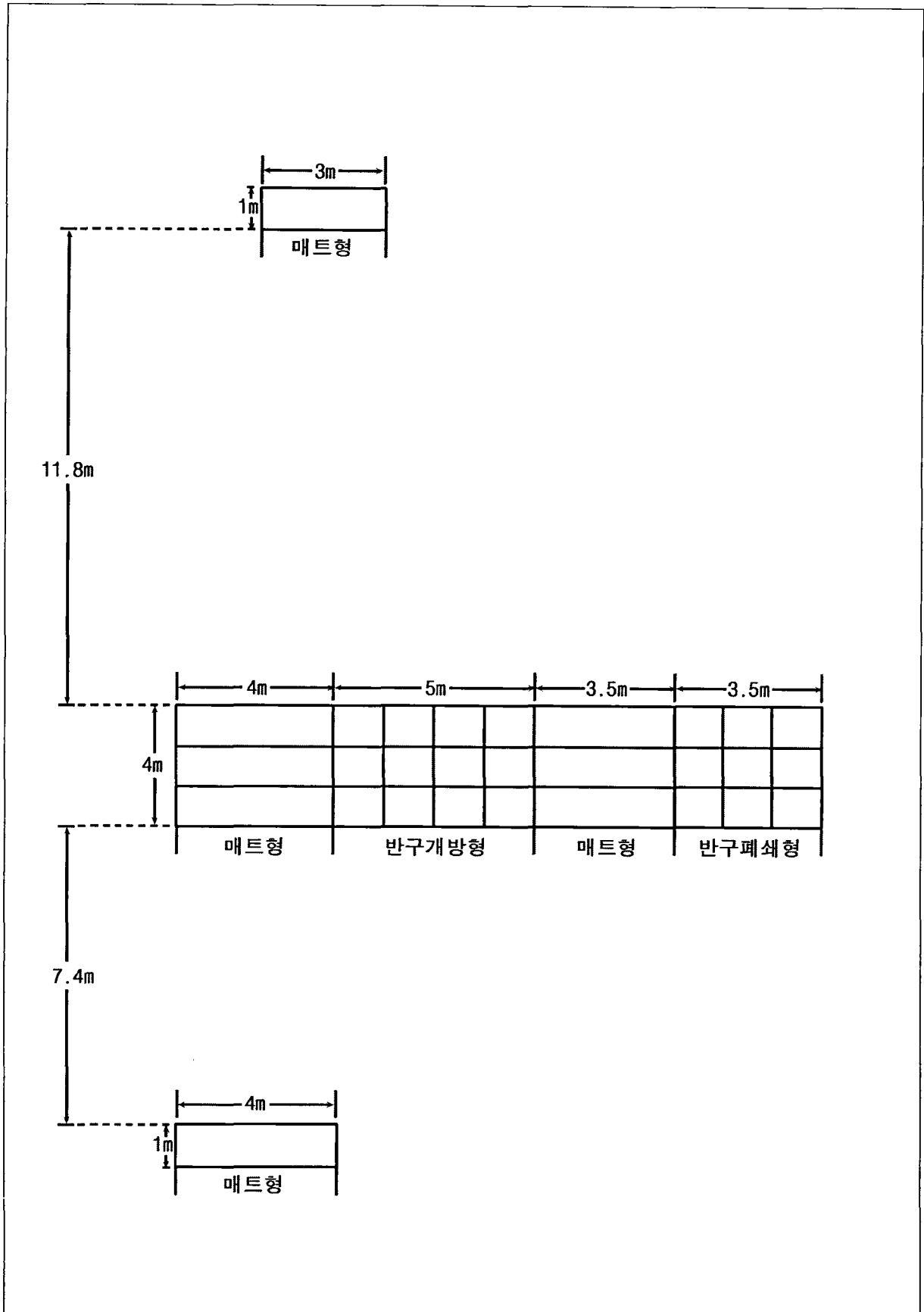


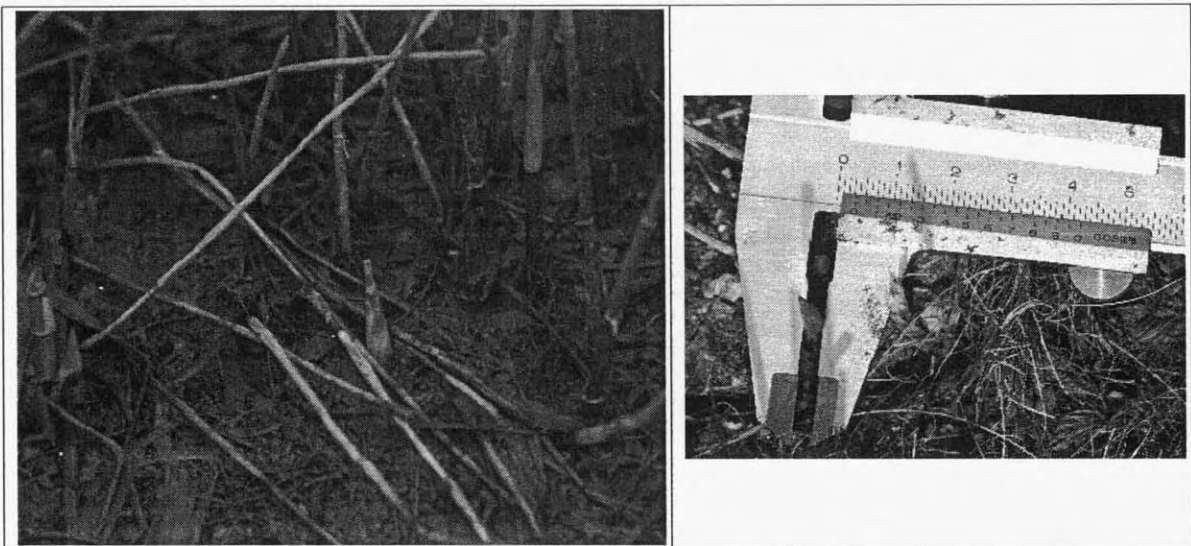
Fig. 71. Diagram of the ecoblock establishment

3. 에코블럭 적용후 연안생태계 변화 모니터링

본 조사연구에서 활용한 맞춤식 연안염습지 에코블럭을 현장에 적용한 후, 월별 주요 생육상태인 염생식물의 개체수, 줄기직경, 개체높이 등의 변화를 모니터링 하였다. 현재 까지 현장에 적용한 3종류 에코블럭은 정착되고 있지만 에코블럭 종류별 차이가 나타나면서 지속적인 모니터링이 필요한 실정이다.

Table 46. Quadrant of mat type

조사일	생육상태	매트형 에코블럭 방형구 (10 x 10cm)					
		1	2	3	4	5	평균
2007년 12월20일	개체수	11	13	16	10	8	11.60
	줄기 직경(mm)	2.3	2.0	2.4	2.3	2.1	2.22
	개체 높이(cm)	78	68	65	70	90	74.20
2008년 02월 28일	유묘 수	1	0	1	1	1	0.80
	줄기 직경(mm)	1.3	0	0	1.2	0	0.50
	개체 높이(cm)	0.5	0	0	0.5	0	0.20
2008년 03월 20일	유묘 수	2	2	1	1	1	1.40
	줄기 직경(mm)	3.8	3.7	3.2	3.2	2.8	3.34
	개체 높이(cm)	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.36



Picture 4. The mat type and shoot

Table 47. Quadrate of open hemisphere type

조사일	생육상태	반구개방형 에코블럭 (포트 번호) 포트 직경: 9cm									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	평균
2007년 12월 20일	개체수	13	11	16	13	6	12	0	5	12	9.78
	줄기 직경(mm)	2.2	2.2	2.1	2.4	2.3	2.4	0	2.2	2.3	2.01
	개체 높이(cm)	33	26	26	24	22	23	0	29	20	22.56
2008년 2월 28일	유묘 수	1	0	0	1	0	0	0	2	2	0.67
	줄기 직경(mm)	1.3	0	0	1.2	0	0	0	1.2	1.2	0.54
	개체 높이(cm)	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0.4	0.3	0.19
2008년 3월 20일	유묘 수	3	2	1	4	0	1	0	5	6	2.44
	줄기 직경(mm)	3.8	3.7	3.2	3.5	0	3.0	0	3.8	3.5	2.72
	개체 높이(cm)	1.3	1.4	1.3	1.5	0	1.6	0	1.7	1.5	1.14



Picture 5. Open hemisphere type and shoot

Table 48. Quadrates of closed hemisphere type

조사일	생육상태	반구폐쇄형 에코블럭 (포트 번호) 포트 직경: 9cm							
		1	2	3	4	5	6	평균	
2007년 12월20일	개체수	폐쇄된 상태이므로 확인불능							
	줄기 직경(mm)								
	개체 높이(cm)								
2008년 2월 28일	유묘 수	0	0	0	0	0	0	0	
	줄기 직경(mm)	0	0	0	0	0	0	0	
	개체 높이(cm)	0	0	0	0	0	0	0	
2008년 3월 20일	유묘 수	0	1	0	0	0	1	0.33	
	줄기 직경(mm)	0	3.2	0	0	0	3.5	1.12	
	개체 높이(cm)	0	1.4	0	0	0	1.2	0.43	



Picture 6. The closed hemisphere type and shoot



Picture 7. Ecoblock establishment and survey

4. 연안생태계 안정화기작 규명 및 관리기술개발

지금까지 조사연구에 의하여 연안생태계 관리 기술개발로서 친환경적인 방법인 염습지 에코블럭을 활용하여 현장에서 적용하는 주요 관리기술 내용은 다음과 같다.

가. 연안생태계에 서식지 특성에 적합한 종을 선정하여야한다.

본 조사지역에서 해안의 서식지별 저토환경요인에 따라서 염생식물군락이 발달하고 있었다. 따라서 에코블럭을 현장에 적용하기 위해서는 먼저 복원 연안 대상지역의 저토환경과 에코블럭에 적용한 염생식물의 생리 생태적 특성에 적합한 염생식물을 선정하여야한다. 본 조사 연구에서 적용한 갈대군락의 서식지는 해안주변에서 인근 육지로부터 담수의 유인이 이루어지는 지형을 중심으로 생육하고 있으며, 다년초로서 지하 근경은 길게 옆으로 뻗으면서 발달하고 수염뿌리가 내리면서 주변 토양환경에 따라 뿌리활착과 지하경의 유근발달에 영향을 미친다.

나. 해안 주변 육상에서 에코블럭용 유묘를 재배하여 활용한다.

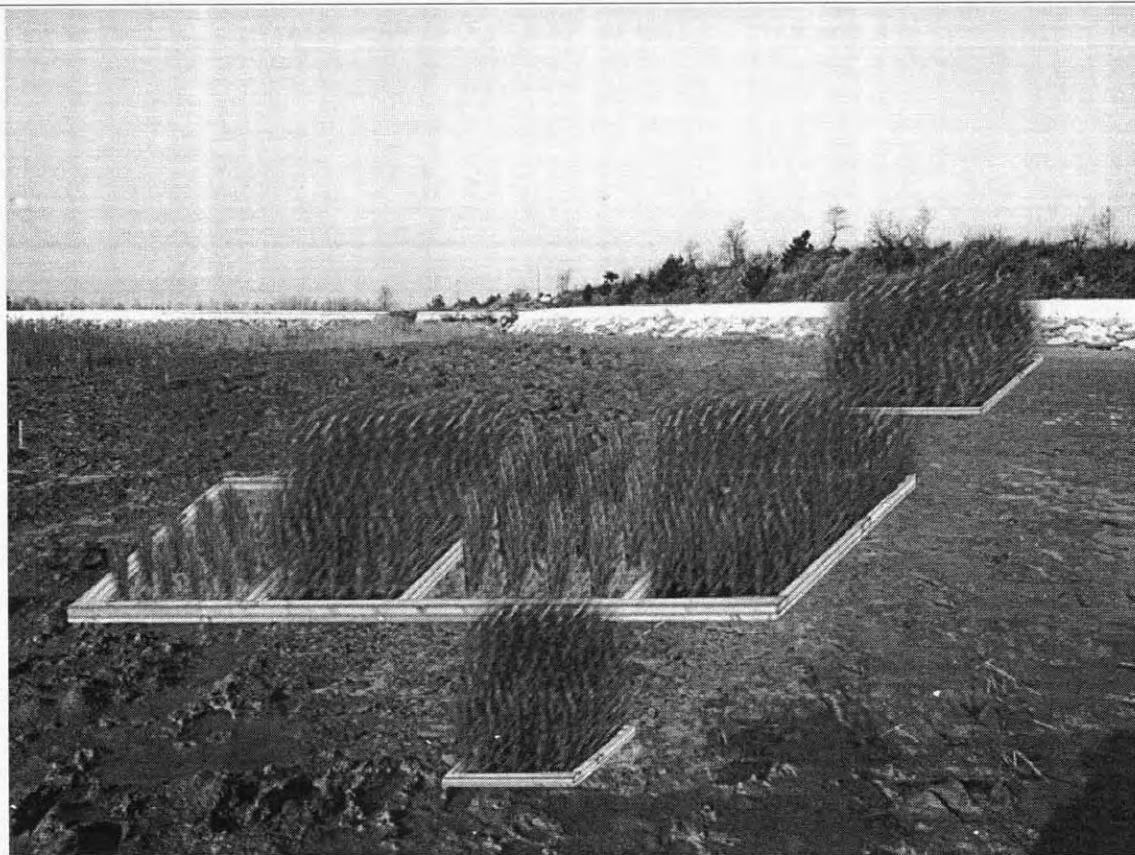
에코블럭을 제작할 때에는 적용할 식물 종자를 에코블럭에서 발아시킨 후 2-3년 동안 유묘재배단지에서 재배하여 유묘의 뿌리활착이 충분히 이루어진 에코블럭을 활용하여야 한다.

다. 현장적용 에코블럭은 연안의 자연 지리적 특성에 적합지역에 적용한다.

해안 지역은 하루 2회 침수되면서 조석변화에 따른 침수시간과 침수저위가 각각 변하기 때문에 현장적용 장소, 이식일시, 시간을 사전에 충분히 조사가 이루어져 해수침식과 해상조건이 안정된 기간과 시간에 이식한다.



Pciture 8. Restoration area and landscape



Pciture 9. Prospective diagram of aftertime

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

제 1 절 연구개발목표 달성도

연구목표	달성내용	달성도
1차년도		
○ 연안생태계 복원에 필요한 적합종 선정	적합종 선정	100%
- 연안습지 식물 분포파악	식물분포 파악	
- 연안습지 식물 군락 특성파악	식물군락 파악	
- 지형적, 지리적 조건에 따라 연안생태계 유형별 구별	연안생태계 유형 구분	
○ 연안생태계 식물군락과 환경요인의 Data base 구축	환경요인 Data base 구축	
- 연안생태계 환경 특성조사	연안 환경 특성조사	
- 연안생태계 환경 특성과 군락과의 관계규명	군락과의 관계규명	
- 연안생태계 유형에 따른 식물의 분포역 파악	식물분포역 파악	
2차년도		
○ 환경 친화적 에코블럭 개발 및 적용	에코블럭 개발, 적용	100%
- 조류변화와 토성을 고려한 에코블럭 개발	에코블럭 개발	
- 자연분해성 물질의 에코블럭제작	에코블럭 제작	
- 연안생태계 특성에 적합한 에코블럭 적용	에코블럭 적용	
○ 연안생태계 복원 및 관리 기술개발	연안생태계 복원 및 관리 기술개발	
- 연안생태계 서식처 환경특성과 군집 특성과의 관계규명	서식처 환경특성과 군집 특성과의 관계규명	
- 에코블럭의 현장 적용 및 적용기법의 다양화	에코블럭의 현장 적용 및 적용기법의 다양화	
- 연안생태계 안정화 기작 규명 및 관리기술 개발	관리기술 개발	

제 2 절 연구개발 기술발전 기여도

1. 기술적 측면

자생식물의 활용성에 대한 인식 증가로 국내 토착 자생식물을 이용한 환경복원 사업이 활성화될 전망이다. 유전자원 확보 차원에서 바이오산업과 연결되어 크게 활성화 될 것으로 예상되며, 우리나라 해안 환경에 맞춘 인공식생 기반제가 개발되었다.

가. 해안염습지 유형별로 유용 염생식물 군락의 형성기작과 염생식물 생활사에 미치는 환경요인 및 인간 활동에 대한 반응 메커니즘을 규명함으로써 염습지 특성에 맞는 적응 염생식물을 선정하고 동시에 군락의 천이를 예상하여 해안 서식지 복원기술을 제공하였다.

나. 파괴 또는 훼손된 해안염습지 생태계의 회복력을 해안 염생식물의 군락에 천이에 따라 복원기술 개발에 필요한 정보를 제공할 수 있다.

다. 원격탐사 및 지리정보체계 등의 기법에 의해 생물요인과 환경요인의 database를 구축함으로써 국내의 염습지생태계에 현존하는 생물 부존자원의 활용성을 높여 산업 발전에 기여하였다.

라. 해안생태계의 염생식물은 그 자체로써 경관적 가치를 지니고 있으며, 또 잔디와 달리 야생적 경관을 자연스럽게 연출하여 해안지역의 특이한 경관조성 방법을 제시할 수 있다.

마. 해안생태계의 염생식물은 1차 생산자로서 다양한 환경적 특성을 지니고 있으므로 철새도래지로서 서식처를 확보하게 되면 해안생태학습지로 개발이 가능하다. 이는 해안지역이 단순한 생산기능으로 사용되는 것을 넘어 좀 더 적극적인 옥외 레크레이션적 이용의 가능성을 제시할 수 있다.

바. 친환경 소재를 이용한 인공 식생 기반제 개발로 환경오염을 최소화 한다.

사. 유형별 조기 식생대 조성을 위한 맞춤형제품 개발로 현장적용이 가능하고 활용성 제고된다.

2. 경제 · 산업적 측면

자연환경이 본래 가지고 있는 회복력을 이용하여 생태적으로 건강하게 유지하는 생태 환경복원 기술은 생태공학 기술, 환경공학기술을 바탕으로 생태환경 복원사업, 서식처 복원사업, 동식물 이동통로 복원사업, 해안침식 방지사업, 토양과 수질오염 방지사업, 바이오산업, 자생식물 보존 및 자원 관리사업, 생태공원 조성사업 등에 크게 활용될 것으로 기대된다.

가. 해안염습지 유형별로 유용 염생식물 군락의 형성기작과 염생식물 생활사에 미치는 환경요인 및 인간 활동에 대한 반응 메커니즘을 규명함으로써 염습지 특성에 맞는 적응 염생식물을 선정하고 동시에 군락의 천이를 예상하여 해안 서식지 복원기술을 제공한다.

나. 파괴 또는 훼손된 해안염습지 생태계의 회복력을 해안 염생식물의 군락에 천이에 따라 복원기술 개발에 필요한 정보를 제공할 수 있다.

다. 해안염습지의 유용생물 자원의 gene bank화로 유용 유전자원의 탐색과 활용을 통해 바이오산업에 필요한 자료를 제공한다.

라. 해안염습지 복원용 친 환경적 블록 개발을 통한 습지의 수산물생산지 기능 회복으로 생물다양성이 높아지고 궁극적으로 수산물의 생산력을 증진 할 수 있다.

마. 염습지복원 또는 개발 정책 수립시 가치판단 및 복원비용의 산출근거를 제시한다.

바. 원격탐사 및 지리정보체계 등의 기법에 의해 생물요인과 환경요인의 database를 구축함으로써 국내의 염습지 생태계에 현존하는 생물 부존자원의 활용성을 높여 산업 발전에 기여한다.

사. 자원 재활용효과 및 새로운 분야의 건설수요발생으로 고용창출발생

아. 친환경 소재의 개발로 환경부하를 줄일 수 있고 국토유실방지효과와 더 나아가 국토 확장이라는 국익의 효과가 크다.

자. 환경건설수요의 발생으로 환경보존 및 건설인력고용 발생과 신기술 개발로 해안 침식 방지사업비용을 최소화 할 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

자연환경적인 해안침식 방지사업이 이루어지면, 본래 가지고 있는 자연회복력을 이용하여 생태적으로 건강하게 유지하는 생태환경복원 기술은 생태공학 기술, 환경공학기술을 바탕으로 생태환경 복원사업, 서식처 복원사업, 동식물 이동통로 복원사업, 토양과 수질 오염 방지사업, 바이오산업, 자생식물 보존 및 자원 관리사업, 생태공원 조성사업 등에 크게 활용될 것으로 예상하며, 식생대 완성후 수거하지 않고 흙으로 환원되는 친환경 인공식생 기반제로 개발된다.

가. 육상과 해양생태계를 연결하여 주는 해안염습지의 위한 염생식물 군락을 발굴하여 동·식물의 이동통로 역할과 생물종 다양성을 증진시키는데 기여한다.

나. 해안염습지에 분포하는 멸종위기종, 특산종, 상업종, 환경지표종 등 주요 종을 발굴하고 그 보존 및 유용한 유전자원 확보 차원에서 이들 종의 현장 생물보존지역 지정에 필요한 기초자료를 제공한다.

다. 해안염습지 생태계에 현존하는 염생식물과 환경시스템간의 데이터베이스를 구축하여 해안염습지 현지 환경변화 및 교란에 대한 생물학적 대응책을 제공한다.

라. 해안염습지의 보존과 개발의 상충적 이용에 대한 정책적 대안을 제시 할 수 있는 자료를 마련할 수 있다.

마. 환경 친화적이고 지속 가능한 염습지 이용을 위한 정책적 시사점을 제공할 수 있다.

바. 활용 가능한 인공 기반제(나무톱밥, 볏짚, 야자섬유, 황마 등등...)를 조성한다.

사. 염습지 염생식물 분포지역을 해안생태학습지로 개발이 가능하다.

아. 염습지가 단순한 생산기능으로 사용되는 것을 넘어 좀 더 적극적인 옥외 레크레이션 자원으로 활용할 수 있다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

최근 들어 주민들의 환경의식 증대로 자연과 함께 하는 삶, 생태관광, 서식지 보존 및 복원 등에 대한 관심이 크게 증대되고 있고, 또한 환경산업이 과거 환경공학기술에서 환경생태학적 기술시대로 전환되고 있는 시점에서 훼손된 생태계를 생태적으로 건강하게 유지하는 생태환경복원사업은 생태공학기술, 환경공학기술을 바탕으로 한 엔지니어링, 컨설팅, 모니터링을 포함하는 서비스를 제공하는 복합 사업성을 띄고 있을 뿐만 아니라 특히 이러한 사업은 그 특성상 전문기술이 전 세계적으로 광범위하게 적용되기는 어렵고 그 지역의 생태환경에 적합한 독자적 기술개발이 매우 중요한 사업으로, 생태환경복원 사업, 토양과 수질오염 방지 사업, 생태공원 조성 사업, 생태관광사업 및 생태교육 사업 등에 크게 활용될 것으로 사료된다.

1. 연구개발결과의 활용방안

가. 침식이 진행 중이거나 진행이 예상되는 지역에 식생을 통한 저감효과

(ex 서. 남해안 전 연안과 동해안 일부 구간에 실적용 가능)

나. 해안침식으로 인한 해안선 유실지역에 모래포집기와 복합적으로 적용하여 복원가능

(ex 해수욕장의 비사에 의한 침식방지효과, 침식이 일어나는 해안가 침식방지효과)

다. 해안에 인접한 폐염전이나 개발유보지에 대해 해안 습지 복원 프로그램을 적용

(ex 황폐화되어 버려진 가치를 상실한 토지의 재개발)

라. 대규모 간척사업으로 황폐화된 갯벌의 복원 프로그램으로 활용가능

(ex 시화호방조제, 새만금방조제... 등등 대규모 해안 개발에 따른 환경복원사업)

마. 해안개발에 따른 대체습지 조성을 위한 식생대복원 및 경관향상용도

(ex 해안가와 인접한 지역 개발에 따른 대체습지조성)

바. 환경 정화를 위한 선구종

염생식물은 수질오염의 근원이 되는 유기물을 흡수한다, 즉 다년생 식물인 갈대, 부들, 지체 등의 수질정화작용은 이미 알려져 있으며, 인산의 생물학적 감소기능을 가진 일년생 식물인 해홍나물, 나문재, 칠면초, 통통마디 등은 인산의 흡수율이 높고 회수율이 매우 적어 유기오수 정화에 매우 효율적으로 활용할 수 있으며, 갈수록 심각해지는 환경오염 문제를 해결할 수 있는 환경산업화에 크게 쓰일 것으로 기대된다.

사. 간척지 고염도 토양의 개선

염생식물은 탈염을 촉진시켜 C/N비를 높이는 효과를 지니고 있어 기존의 간척지는 앞으로 형성되는 간척지 지표식생 기반조성의 선구수종으로 활용할 수 있다. 이는 몇몇 서해안 간척지에서, 벼, 잔디 등 벼과식물을 식재하는 연구가 진행되고 일부 시행되고

있으나 고염도 및 오염가능성이 높은 곳의 시각적 불량 및 오염에 견디거나 개선할 수 있는 식생이 마땅하지 않으므로 염생식물을 활용한 자연경관을 조성함으로써, 시각적 효과를 도모하고 토양오염을 감소시키며 장기적으로는 토양을 개량하여 다양한 식생도입의 기반을 조성할 수 있다.

아. 옥외 레크레이션 자원 및 녹지화

간척지 염습지지역이 유보지로서 방치된 식생이 아니라 갯잔디로서의 옥외 레크레이션이나 초지로서의 좀 더 적극적인 용도를 수용할 수 있다, 즉 피크닉장, 이벤트광장, 구기장, 골프코스에서의 러프 등 섬세한 바닥처리를 요하지 않는 옥외 레크레이션 공간으로 활용이 가능하다. 염생식물 군락으로서의 역동적이고 다양한 자체의 경관적 가치를 지니고 있으므로 주요 시설지에 인접하여 조성할 수 있으며 토지이용이 명확하지 않을 경우에는 목초지로서 동물 방목에 활용할 수 있다. 염생식물은 염습지 토양의 지속적인 변화에 민감하여 고염도의 염습지에서부터 일반 토양에 이르는 전이지대에 분포하고 있으므로 염생식물 군락지역 자체가 해양과 육지에 이르는 연안생태계의 1차 생산자로서 다양한 환경적 특성을 지니고 있다. 이러한 환경적 특성은 동물계에도 그대로 반영되어 철새도래지 등을 형성하여 궁극적으로는 나뭇대로의 서식처를 확보하게 된다. 따라서 이점을 충분히 활용하면 염습지 염생식물 분포지역을 해안생태학습지로 개발이 가능하다. 이는 염습지가 단순한 생산기능으로 사용되는 것을 넘어 좀 더 적극적인 옥외 레크레이션적 이용의 가능성을 내포하고 있다.

자. 습지 복원 기술사업

현재 새만금 간척사업, 영종도 신공항 건설 등을 비롯한 대규모 국책사업이 진행 중이거나 종료된 상태이다. 이러한 대규모 공사에 따른 습지생태계 파괴로 수질오염, 수산물 생산량 급감 등의 여러 가지 개발에 따른 부작용이 나타나는데, 그에 따른 습지 복원 대책이 요구 된다. 본 기술개발이 이루어질 경우 연간 30억 원 이상의 시장성이 있으며 해외로 기술전수시 60억 원 이상의 시장성이 있다. 습지복원기술의 최고 시장 성숙 연도는 2010년 중반부터로 추정된다. 이에 대한 근거는 각 지자체와 환경부에서 훼손된 습지 생태계의 기능을 회복시키기 위해 선진국에서 진행되는 습지 복원 사례를 검토 중이며, 특히 미국은 1980년부터 법적으로 mitigation 개념을 정립하고 있는 실정이다.

차. 친환경적 eco블록 제작

Eco블록은 습지 생태계의 유지 기술을 위한 최적 방안이다. 습지 복원 기술은 염습지의 특성과 조류 특성을 파악한 후 식재될 식물 종을 선택하여야 하는데 eco블록을 통하여 최적지를 찾아낼 수 있을 뿐만 아니라 각종 저서무척추동물과 치어들의 생육지를 제공할 수 있고, 복원생태계가 안정화 되면 해양 수산자원 보존에도 지대한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

카. 해안침식모니터링 시스템 활용

해안침식모니터링 시스템은 환경모델링을 통해 환경 분야에 다양하게 응용된다. 환경모델링은 그 분야가 대상에 따라 넓게 변하며 다음과 같은 분야에 활용된다.

- 1) 지표 시스템 - 지표면의 거칠기, 지형학적 기복, 지표면의 온도 모델링 등
- 2) 수리 시스템 - 경사도, 토양, 피복, 유역 모델링 등
- 3) 지표면과 지표 밑의 변화 - 강의 유역변화, 지표면 침식, 지하수 흐름 모델링 등
- 4) 생물학, 생태학적 모델 - 산림, 플랑크톤, 식물 등의 모델링

2. 맞춤형 해안 복원 에코블럭 사업화 가능

연안생태계 유형과 서식처 환경특성에 따라 염생식물의 군집구조와 해안 염생식물분포 양상의 상호작용이 규명되었으며, 이를 바탕으로 연안생태계 복원사업의 대상에 따라 맞춤형 복원용 에코블럭이 개발됨으로서 이들 관련 환경복원사업의 적극적인 사업 활성화가 예상된다.

3. 본 연구와 관련 추가 연구의 필요성

본 연구의 시간적 한계로 인하여 계속 장기적인 연안생태계 변화 모니터링이 필요한 실정이다. 현재 연안 습지에 에코블럭을 설치하여 모니터링을 실시하고 있지만, 연구기간이 한정되어 앞으로 서식지별, 주요 식물군락별, 에코블럭 현장 적용 후, 생태계 변화 모니터링과, 영역 확장기법, 안정화 기작, 관리기술 개발에 따른 기초적인 연구와 활용 방안이 연구되어 그에 따른 다양한 연안생태계 복원 대책이 요구 된다.

제 6 장 참고문헌

- 金遵敏, 張楠其, 李性圭, 禹澤根, 1975. 仁川 南東 海岸에 있어서 干潟地 土壤의 鹽度 句配와 植物分布에 關한 研究. 金遵敏博士 回甲紀念論文集. pp. 150-157.
- 金喆洙, 宋泰坤, 1986. 榮山江流域 植物群落에 對한 生態學的 研究. 韓國自然保存研究報告書 8:99-127.
- 金喆洙, 1978. 干拓地 植物群落의 物質生産과 環境要因에 關한 研究. 木浦大學論文集 18:579-588.
- 閔丙未, 1990. 干拓地 植物의 無機營養素 蓄積에 對하여. 한생태지 13:9-18.
- 尹解順, 1991. 洛東江 河口 干潟地의 水生管束植物에 關한 研究-河口堰 建設 前後의 干潟地 植生の 生産性 比較. 한생태지 14:63-73.
- 국립지리원, 1973. 연안해역 기본조사 보고서 (법성포 지구). 60p.
- 김준민, 장남기, 이성규, 우택균. 1975. 인천 남동 해안에 있어서 간사지 토양의 염도 구배와 식물구배와 식물 분포에 관한 연구. 김준민 박사 회갑기념 논문집, p.150-157
- 김준호, 김훈수, 이인규, 1981. 낙동강 하구 생태계의 구조와 기능에 관한 연구. 서울대학교 자연과학 종합연구소
- 김준호, 민병미, 1983. 해변 염생식물 군집에 관한 생태학적 연구(III). 한식지 326:53-59.
- 김철수, 1971a. 간척지 식물군락형성과정에 관한 연구. 한식지. 14:163-169.
- 1971b. 간척지 식물군락 형성에 관한 연구. 한식지. 18:129-134.
- 김철수, 1975. 갈대군락의 현존량과 환경요인에 관한 연구. 한국식물학회지 18: 129-134.
- 김철수, 송태곤, 1983. 해변염생식물군집에 대한 생태학적 연구. 한국생태학회지. 6: 167-176.
- 김철수, 송태곤, 1983b. 해변염생식물군집에 대한 생태학적 연구(I). 영산호 담수화로 인한 간척지 내의 토양과 염생식물의 변화. 목포대학 논문집 5:471-483.
- 김철수, 송태곤. 1985. 금호도와 산이반도의 식생연구. 연안생물연구. 2:1-22.
- 김철수, 임병선, 1988. 한국서남해안 간척지 식생에 관한 연구. 한생태지. 11: 175-192.
- 김철수, 장윤석, 오장근, 1987. 우이도의 식물상과 식생에 관한 연구. 연안생물연구. 4:1-56.
- 류상욱, 2003. 조간대 퇴적물의 계절적 변화: 한국 남해안의 광양만. 한국해양학회지 「바다」. 8: 349-356.
- 민병미, 1985. 한국 서해안 간척지의 토양과 식생 변화. 서울대학교 박사 학위 논문. 144pp.
- 박만규, 1974. 한국 쌍자엽 식물지. 120pp.
- 박봉규. 1963. 주안의 통통마디 군락의 생태학적 연구. 한국생활과학연구원논총 3:303-308.
- 박수현, 1995. 한국귀화식물원색도감. 일조각, 371pp.
- 박인근, 1970. 주안 해변의 염생식물 군락의 연속 구조에 관한 연구. 서울대학교 교육대학원 학보 8:188-204.
- 생물학 용어집, 2001. 한국 생물과학 협회.

- 심현보, 2001. 염습지에 분포하는 한국산 나문재속(명아주과)의 생태적, 외부 형태적, 유전적 분류에 관한 연구. 47회 과학전람회 보고서.
- 심현보, 정주영, 최병희, 2001. 한국식물분류학회지 Vol. 31, No. 4 pp381-386.
- 오경환, 임병선, 1983. 섬진강 하구 염습지 갈대군락의 생산성과 토양양분의 계절적 변화. 한국생태학회지 6:90-97.
- 유병태, 1982. 인천 해안 간사지의 생산성과 영양구조. 서울대학교 석사학위 논문.
- 이근섭, 오계철, 1989. 인천소래 간석지 내 두 개의 칠면초 개체군간의차이에 관하여. Korean J. Ecology 12(3): 133-144.
- 이상태, 1997. 한국식물 검색집. p.165
- 이영노, 1996. 한국식물도감. 교학사. 서울. p.145.
- 이우철, 1996. 원색한국기준식물도감. 아카데미서적. 서울. p.97.
- 이우철, 1996. 한국식물명고, 아카데미서적. p.282-283.
- 이점숙, 1990. 만경강과 동진강 하구 염습지의 조위 구배에 따른 염생식물 정착에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
- 이창복, 1980. 대한식물도감. 향문사. 서울. p.318.
- 이창복, 1981. 대한식물도감. 향문사.
- 이창복, 1990. 대한식물도감. 향문사. 서울. 990쪽.
- 이호준, 양효식, 1993. 생육지의 토양염분농도에 대한 갈대 (*Phragmites communis* Trin.) 개체군의 적응. 한생태지 16:63-74.
- 임병선, 1987. 해안 간사지 토양 환경에 따른 식물의 분포와 생장. 연안생물연구 4:71-79.
- 임병선, 1989. 토양의 수분포텐셜과 식물의 삼투 조절 능에 의한 해안 식물 군락의 분포. 서울대학교 박사학위 논문.
- 임병선, 이점숙, 김하송, 곽애경, 임현빈 1995a. 염분농도의 변화에 따른 수 종 염생식물의 적응. 연안환경연구 12:1-10.
- 임병선, 이점숙, 김하송, 곽애경, 임현빈, 1995b. 만경강과 동진강의 염생식물군락분포. 연안환경연구 12:11-28.
- 임병선, 이점숙, 1985. 염분이 식물의 생장에 미치는 영향에 관하여. 연안 생물 연구. 2:33-40.
- 임병선, 이점숙, 1986. 염습지 환경변화에 대한 통통마디와 칠면초의 적응. 환생지 4:15-25.
- 장진호, 1995. 한국 서해안 곰소만 조간대의 퇴적작용. 박사학위논문, 서울대학교, 192p.
- 정영재, 1992. 한국산 명아주과 식물의 분류학적 연구. 성균관대학교 박사학위 논문.
- 정영재, 김성호. 1999. 한국산 나문재속(명아주과)의 분류학적 정리. 서남대학교논문집 6(3): 875-884.
- 정주영, 2001. 소래 염습지의 식물상과 한국산 나문재속(명아주과)의 형태 변이. 인하대학교 석사학위 논문.
- 정태현, 1965. 한국식물도감(목·초분류). 삼화출판사. 서울. p. 292.
- 홍원식, 1956. 한국 서해안 해변 식물 군락의 연구 I. 생물학 회보 1: 17-24.
- Adam, P. 1993. Salt Marsh Ecology. Cambridge University Press, Melbourne.

- Adams, D. A. 1963. Factors affecting vascular plant zonation in north Carolina salt marshes. *Ecology* 44: 445-456
- Aegerter, E. 1993. Vegetationskundliche und bodenkundliche analyse von Gradienten in lang-und kurzforstigen Unbetweideten Salzwiesen Schleswig- Holsteins. Master Thesis, Christian-Alberchts-University, Kiel.
- Albert, R. 1976. Salt regulation in halophytes. *Oecologia* 21: 57-71.
- Aoyama, I., N. Hisao and S. Y. Ma. 1986. Uptake of nitrogen and phosphate, and water purification capacity by water-hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *Ber. Ohara Inst. Landw. Biol., Okayama University* 19: 77-89.
- Armstrong, W., Wright, E.J., Lythe, S., Gaynard, T.J., 1985. Plant zonation and the effects of the spring-neap tidal cycle on soil aeration in a humber salt marsh. *J. Ecol.* 73: 323-339.
- Balandreau, J. and R. Knowles. 1987. The rhizosphere. In Y. R. Dommergues and S. V. Krupa (eds.). *Interactions Between Non-Pathogenic Soil Microorganisms and plants*. Elsevier, Amsterdam, pp.243-268.
- Bashan, Y., M. Moreno, and E. Troyo. 2000. Growth promotion of the seawater-irrigated oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum* spp. *Biol. Fertil. Soils*. 32: 265-272.
- Beefink, W.G. 1975. The ecological significance of embankment and drainage with respect to the vegetation of the south-west Netherlands. *J Ecol.* 63: 423-458.
- Beefink, W.G. 1977. The coastal salt marshes of Western and Northern European ecological and phytosociological approach. In *Wet Coastal Ecosystem*, V.J. Chapman ed. pp.109-155. Elsevier, Amsterdam.
- Bertness, M.D., Ellison, A.M., 1987. Determinants of pattern in a New England salt marsh plant community *Ecol. Monogr.* 57: 126-147.
- Billings, W.D. 1952. The environmental complex in relation to plant growth and distribution. *Q. Rev. Biol.* 27: 251-265
- Black, C.A., D.D. Evans, L.E. Ensminger, J.L. White and F.E. Clark. 1965. *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, Inc., Publisher. Madison, Wisconsin. 1572 pp.
- Bokcelmann, A.-C., Neuhaus, R., 1999. Competitive exclusion of *Elymus athericus* from a high stress habitat in a European salt marsh. *J. Ecol.* 87: 503-513.
- Bowen, G.D. and A.D. Rovira. 1976. Microbial colonization of plant roots. *Annual Review of Phytopathology*. 14: 121-144.
- Bowen, G. D. 1980. Misconceptions, concepts and approaches in rhizosphere biology. In D.C. Ellwood, J.N. Hedger, M.J. Lathan, J.M. Lynch, and J.H. Slater (eds.). *Contemporary Microbial Ecology*. Academic Press, London, pp. 283-304.
- Boyd, C.E. 1968. Fresh water plants: A potential source of protein. *Econ. Bot.* 22: 359-368.

- Boysen, C., Simon, M.I. and Hood, L. 1997. Fluorescence-based sequencing directly from bacterial and P1-derived artificial chromosomes. *Bio Techniques*, 23: 978-982.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetationskunde*. Springer-Verlag, wien, New York. 865p.
- Bray, R.H. 1948. Correlation of soil tests with crop responses to added fertilizer requirement: Diagnostic technique for soils and crop. The American Potash Institute, Washington D.C. pp.53-86.
- Brereton, A.J. 1971. The structure of species populations in the initial seages of saltmarsh succession. *Journal of Ecology*, 59: 321-338.
- Broun. P. and S.D. Tanksley. 1996. Characterization and genetic mapping of simple repeat sequences in tomato genome. *Mol. Gen. Genet.* 25: 39-49.
- Brown, M. E. 1974. Seed and root bacterization. *Annual Review of Phytopathology* 12: 181-197.
- Brown, M.E. 1975. Rhizosphere microorganisms Opportunists, bandits or benefactors. In N. Walker(ed.). *Soil Microbiology*. Wiled, New York, pp. 21-38.
- Byung-Sun Ihm, Hyun-Ho Myung, Dong-Sub Park, Jung-Yun Lee, and Jeom-Sook Lee, 2004. Morphological and genetic variations in *Suaeda maritima* based on habitat. *J. Plant biology* 47: 221-229.
- Carsten , F. Dormann., Rene Van Der Wal & Jan P. Bakker., 2000. Competition and herbivory during salt marsh salt marsh succession : the importance of forb growth strategy.
- Champen, V. J. 1940. Studies in the salt marshes on the east coast of North America. *J. Ecol.* 28: 118-152.
- Champen, V. J. 1960. *Saltmarshes and salt decent of the world*. Leonard Will, London, 392p.
- Champen, V. J. 1964. *Coastal Vegetation*. McNillam Co., New York, p245.
- Champen, V. J. 1974. *Salt marshes and salt deserts of the world*. Intersciences, New York, pp. 3-22.
- Chapman, V.J. 1964. *Coastal vegetation*. McMillan Co., New York. 245 pp.
- Chapman,V.J. 1977. *Wet coastal ecosystems*. Elsevier Scientific publishing Company, New York. 428pp.
- Cook, R. 1980. The biology of seeds in the soil. In : *Demography and evolution of plant populations*. Solbrig, O.T.(ed.), Univ. California Press. Berkely, 175-215.
- Cooper, A. C. 1982. The effects of standing water and drainage potential on the *Spartina alterniflora*-substrate complex in a North Carolina marsh. *Estua. Coast. Mar. Sci.* 11: 41-52.
- Cornwell, D.a., Zottek.J., Jr. patrinely, C.D., Furman, T. Des and Kim, J.I. 1977. Nutrient removal by water-hyacinth. *J. Water Pollut. Control fed.* 49: 51-65

- Crude, R. W. 1974. The adaptive nature of seed germination in *Nemophila menziesii* AGGR. Ecology 55: 1295-1305.
- Davies, R.A., 1985. Coastal sedimentary environments. In: Davies, R.A. (Ed), Beach and nearshore zone, Springer-Verlag. New York, p.379-444.
- de Kroon, H. and F. Schieving. 1991. Resource allocation patterns as a function of clonal morphology: a general model applied to a foraging clonal plant. J. Ecol. 79: 519-530.
- Dommergues, Y.R and S.V. Krupa. 1978. *Interactions Between Non-Pathogenic Soil Microorganisms and plants*. Elsevier, Amsterdam.
- Dring, M.H., Brown, F.A., 1982. Photosynthesis of intertidal brown algae during and after periods of emersion: a renewed search for physiological causes of zonation . Mar. Ecol. Progr. Ser. 8: 301-308.
- Duncan, W.H. 1974. Vascular halophytes of the Atlantic and Gulf Coasts of North America north of Mexico. In Ecology of halophytes, R.J. Reimold and W.H. Queen eds. pp.23-50. Academic Press. New York, London. 605pp.
- Dykyjová, D. and J. Květ. 1978. Pond littoral ecosystems. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 464 pp.
- Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Stuttgart. 136p. Springer-Verlag, Wien, New York. 865p.
- Eriksson, O. & , Ehrlen, J. 1992. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. *Cecologia*, 91: 360-364.
- Evans H., G. Stacey and R. H. Burris. 1991. *Biological Nitrogen Fixation*. Chapman and Hall, New York.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*. 39: 783-789.
- Flowers, T.J., P.F. Troke and A.R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 28: 89-121.
- Folk, R.L. and Ward, W.C., 1957, Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol*. 27: 3-26.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills's, Austin, 170pp.
- Ford, E.D. 1975. Competition and stand structure in some enen-aged plant monocultures. *J. Ecol*. 63: 311-333.
- Frey, R.W., Howard, J.D., Han, S.D. and Park, B.K., 1989. Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon. Korea. *Jour. Sed. Petrol*. 59: 28-44.
- Gosselin, L. A., Chia, F.S., 1995. Characterizing temperate rocky shores from the perspective of an early juvenile snail the main threats to survival on newly-hatched *Nucella emarginata*. *Mar.Biol*. 122: 625-635.
- Gottlieb, L.,D, 1977. Genotypic similarity of large and small individuals in a natural

- population of the annual plant *Stephanomeria exigua* ssp. *coronaria* (Compositae), J. Ecol. 65: 127-134.
- Grace, J. G. and R. G. Wetzel. 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in Cattails (*Typha*) experimental field studies. Amer. Nat. 118: 463-474.
- Gray, T. R. G. and D. Parkinson (eds.), 1968. The Ecology of Soil Bacteria. University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- Hancock, J. K., Jr. and R. S. Bringham. 1978. Inter-population differentiation and adaptation in the perennial, diploid species *Fragaria vesca* L. Amer. J. Bot. 65: 795-803.
- Harley, J. L. and R. S. Russell. 1979. *The Soil-Root Interface*. Academic Press. London.
- Harper, J. L. 1967. A Darwinian approach to plant ecology. J. Ecol. 55: 242-270.
- Harper, J. L. 1977. The population biology of plants. Academic Press, London, pp.684-694.
- Harper, J.L., P.H. Lovell, and K.G. Moore. 1970. The shape and sizes of seed. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1: 327-356.
- Hartnett, D.C. and F.A. Bazzaz. 1985. The integration of neighbourhood effects by clonal genets in *Solidago canadensis*. J. Ecol. 73: 415-427.
- Heley, W.J., Lindley, S. T., Levavasseur, G., Osmond, C. B., Rasmus, L., 1992. Photosynthetic response of *Ulvarotundata* to light and temperature during emersion on an intertidal sand flat. Oecologia 89: 519-523.
- Hinde, H.P. 1954. The vertical distribution of salt marsh phanerogams in relation to tide levels. Ecol. Monogr. 24: 209-225.
- Hoover, R.F. 1970. The vascular plants of San Luis Obispo County, California. Univ. California Press, Berkeley. 350 pp.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress, -Annu. Rev. Plant Physiol. 24: 519-570.
- Huelsenbeck, J.P. & F Ronquist 2004. MrBays: Bayesian inference of Phylogeny, version 3.10. Distributed by the author.
- Ihm, B.-S. and Lee, J.-S. 1998. Soil factors affecting the plant communities of wetland on southwestern coast of Korea. Korean J. Ecol. 21: 321-328
- Ingram, R.L., 1971. Sieve analysis. In: Carver, R.E. (Ed.), Procedures in sedimentary petrology, Willey-Inter Science, New York, p.49-67.
- Jackson, M.L. 1967. Soil chemical analysis. Prentice-Hall Inc., New Delhi, pp.227-271.
- Jefferies, R.L., A.J. Davy and T. Rudmik. 1981. Population biology of the salt marsh annual *Salicornia europaea* agg. J. Ecol. 69: 17-31.
- Jerling L. 198. Clone dynamics, population dynamics and vegetation pattern of *Glaux maritima* on a Baltic sea shore meadow. Vegetatio 74: 171-185.
- Jian peng shu, 2003. classification of *Suaeda*. Flora of china. 5: 389-394.

- Jin, H.S. and J. Huh. 1986. A study on the dry matter production and growth analysis of *Zoysia japonica*. Korean J. Ecol. 9: 161-184.
- Jonathan M. Huckle, Jacqueline A. Potter and Rob H. Marrs. 2000. Influence of environmental factors on the growth and interactions between salt marsh plants: effects of salinity, sediment and waterlogging. Journal of Ecology. 88: 492-505.
- Jonathan M.H., Jacqueline A.P. & Rob H.M, 2000. Influence of environmental factors on the growth and interactions between salt marsh plants: effects of salinity, sediment and waterlogging. Journal of Ecology 88: 492-505.
- Kim, J.H. 1983. A taxonomic study of genus *Zoysia* Willd. in Korea. Kor. J. Pl. Tax. 13: 41-53.
- Kim, J.-H., H.-T. Mun, B.M. Min and K.-J. Cho. 1989. Nitrogen phosphorus dynamics in a salt marsh in the Nagdong River estuary. Korean J Ecol. 12: 1-7.
- Kim, J.-H., K.-J. Cho, H.-T. Mun and B.M. Min. 1986. Production dynamics of *Phragmites longivalvis*, *Carex scabrifolia* and *Zoysia sinica* stands of a sand bar at the Nagdong river estuary. Korean J. Ecol. 9: 59-71.
- King, G. M., M. J. Klug, R.G. Wiegert and A.G. Chalmers. 1982. Relation of soil water movement and sulfide concentration to *Spartina alterniflora* production on a Georgia salt marsh. Science. 218: 61-63.
- Klein, G. deV., 1985. Intertidal flats and intertidal sand bodies. In: Davis R.A. (Ed.), Coastal sedimentary environments. 2nd Ed., New York, Springer-Verlag, p.187-224.
- Krumbein, W.C. 1934. Size frequency distributions of sediments. Jour. Sed. Petrol., 4: 65-67.
- Kung, H.-W. and G.-L. Chu. 1979. Suaeda. In: Chenopodiaceae. Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Tomus 25(2). Institutum Botanicum Academiae Sinicae, Universitas Normalis Kansuensis.
- Lakshman, G. 1979. An ecosystem approach to the treatment of wastewater. J. Environ. Qual. 8: 353-61.
- Lee, J.A. 1977. The vegetation of British inland salt marshes. J. Ecol. 65: 673-698.
- Leuschner, C., Landwehr, S., Mehlig, U., 1998. Limitation of carbon assimilation of intertidal *Zostera noltii* and *Zostera marina* by desiccation at low tide. Aquat. Bot. 62: 171-176.
- Levine, J. M., Brewer, J. S., Bertness, M.D., 1998. Nutrient competition and plant zonation in a New England salt marsh. J. Ecol. 86: 285-292.
- technique. Korean Journal of Ginseng Science. 2: 142-145
- Lynch, J. M. 1982a. The rhizosphere. In R. G. Burns and J. H. Slater (eds.). Experimental Microbial Ecology. Blackwell, Oxford, England, pp. 395-411.
- Lynch, J. M. 1982b. *Soil Biotechnology: Microbiological Factors in Crop Productivity*. Blackwell, Oxford, England.

- Lynch, J.M. 1976. Products of soil microorganisms in relation to plant growth. *CRC Critical Reviews in Microbiology*. 5: 67-107.
- Mackill D.J., Zhang Z., Redona E.D., Colowit P.M. 1996. Level of polymorphism and genetic-mapping of AFLP markers in rice. *Genome* 39: 969-977.
- Makino, T. 1989. *Illustrated flora of Japan*. The Hokuryukan Co., Ltd. Tokyo. 1060 pp.
- Mark, R. N. and J. L. Harper. 1977. Interference in dune annulas, spatial pattern and neighborhood. *J. Ecol.* 65: 345-363.
- McNaughton, S.J. 1966. Ecotype function in the *Typha* community type. *Ecol. Monogr.* 36: 297-325.
- Meyer, C. A. 1829. Chenopodeae. *In Flora Altaica*. Ledebour, C. F.(ed.), Vol. 1. Berlin. P.370.
- Miller, W. B. and F. E. Egler. 1950. Vegetation on the Equdenquockpawcatuck tidal marshes Connecticut. *Ecol. Monogr* 20: 143-172
- Min, B.M. 1998. Vegetation on the west coast of Korea. *Ocean Research* 20(special): 167-178.
- Min, B.M. and J.-H. Kim. 1983. Distribution and cyclings of nutrients in *Phragmites communis* communities of a coastal salt marsh. *Korean J. Bot.* 26: 17-32.
- Moquin- Tandon, A. 1849. Salsolaceae. *In Prodomurs Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*. Candolle. A. P. de(ed), Vol. 13. Paris. pp. 41-219.
- Muller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons Inc., New York. 547p.
- Newman, E. I. 1978. Root microorganisms: Their significance in the ecosystem. *Biological Reviews*. 53: 511-554.
- Nixon, S.W. 1992. *The Ecology of New England of New high salt marshes : A Community Profile*. United States Department of the Interior, Washington, D.C., USA.
- Nye, P. H. and P. B. Tinker. 1977. *Solute Movement in the Soil-Root System*. Blackwell, Oxford, England.
- Obeid, M., D. Nachin and J. L. Harper. 1967. Influence of density on plant to plant variations in fiber flay *Linum usitatissimim*. *Crop Sci.* 7: 471-473.
- Odum, E. P. 1961. The role of tidal marshes in estuarine production. *Conservationist*. 15 12-15.
- Olmstead, R. G. and P. A. Reeves., 1995, Evidence for the polyphyly of the Scrophulariaceae based on chloroplast rbcL and ndhF sequences. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 82: 176-193.
- Pazourkova, Z. 1973. Caryology of some forms *Phragmites communis* Trin. *In*, *Ecosystem Study on Wetland biome in Czechoslovakia*, S. Hejny(ed.). Czechosl. IBP/PT-PP Rep. No. 3, Trebon, 147-149.

- Pennings, S.C., Callaway, R. M., 1992. Salt marsh plant zonation : the relative importance of competition and physical factors *Ecology* 73: 681-690.
- Pielou, E.C., Routledge, R. D., 1976. Salt marsh vegetation : latitudinal gradients in the zonation patterns. *Oecologia* 24: 311-321.
- Poljakoff-Mayber, A. and J. Gale. 1975. Plants in saline environments. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin. 213 pp.
- Postgate, J. 1992. Nitrogen Fixation. Cambridge University Press, New York.
- Rabinowitz, D. 1979. Early growth of mangrove seedlings on Panama, and an hypothesis concerning the relationship of doapersal and zonation. *Journal of Biogeography* 5, 113-133.
- Ranwell, D.S. 1972. Ecology of salt marsh sand dune. Chapman and Hall, London, pp.258.
- Reddy, K.R. 1983. Fate of nitrogen and phosphorus in a wastewater retention reservoir containing aquatic macrophytes. *J. Environ. Qual.* 12: 137-141.
- Reimold, R.J. and W.H. Queen. 1974. Ecology of halophytes. Academic Press. New York. 605 pp.
- Roggo, M., M. Glauser and M. Aragno. 1987. Methane digestion of a mixture of reeds and sludge from a purification plant. *Bull. Sco. Neuchatel Sci. Nat.* 110: 101-108.
- Rogstad S. H., 1992. Saturated NaCl-CTAB solution as a means of field preservation of leaves for DNA analyses. *Taxon* 41: 701-708.
- Ross, M. A. and J. L. Harper. 1972. Occupation of biological source during seedling establishment. *J. Ecol.* 60: 77-88.
- Rozema, J., Bijwaard, P., Prast, G & Brockman, R. 1985. Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foregunes and saltmarshes. *Vegetatio*, 62: 499-521.
- Russell, R. S. 1977. Plant Root Systems: Their Function and Interaction with the Soil. McGraw-Hill, London.
- Ryu, S.O., 2003. Seasonal variation of sedimentary processes in a semi-enclosed bay: Hampyong bay, Korea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 481-492.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstruction phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4: 406-425.
- Salisbury, E. J., 1942. The weed problem. *Proc. R. Inst. G. B.* 31, 1-15.
- Saltonstall, K., 2003, Microsatellite variation within and among North American lineages of *Phragmites australis*. *Molecular Ecology*. 12: 1689-1702.
- Sang, T. D. J., Crawford, T. F., Stuessy, and M. S. Silva O., 1995, ITS sequences and the origin and evolution of the genus *Robinsonia* (Asteraceae) on the Juan Fernandez Island. *Systematic Botany* 20: 55-64.
- Schrader, H.A. 1809. Uber Palla's halophytea mit besonderer Rucksicht an die Gattungen *Salsola* und *Suaeda*. *Sched. Neues J. Bot* 3: 58-92.

- Scolten, M. & Rozema, J. 1990. The competitive ability of *Spartina anglica* on Dutch salt marshes. *Spartina anglica : a Research Review*, pp. 39-47. HMSO, London.
- Seliskar, D.M. 1985a. Morphometric variations of five tidal marsh halophytes along environmental gradients. *Amer. J. Bot.* 72: 1340-1352.
- Seliskar, D.M. 1985b. Effects of reciprocal transplanting between extremes of plant zones on morphometric plasticity of five plant species in an Oregon salt marsh. *Can. J. Bot.* 63: 2254-2262.
- Shea, M.L., R.C. Warren and W.A. Niering, 1975. Biochemical and transplantation studies of the growth form of *Spartina alterniflora* on Connecticut salt marshes. *Ecology* 56: 461-466.
- Shizuya, H., Birren, B., Kim, U.-J., Mancino, V., Slepak, T., Tachiiri, Y. and Simon, M. 1992. Cloning and stable maintenance of 300-kilobase-pair fragments of human DNA in *Escherichia coli* using an F-factor-based vector. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 8794-8797.
- Silander, J. A., Antonovics, J., 1982. Analysis of interspecific interaction in a coastal plant community—a perturbation approach. *Nature* 298: 557-560.
- Slade, A.J. and M.V. Hutchings. 1987. The effect of nutrient availability on foraging in the clonal herb *Glechoma herbacea*. *J. Ecol.* 75: 95-112.
- Smart, R.M. and J.W. Barko. 1980. Nitrogen nutrition and salinity tolerance of *Distichlis spicata* and *Spartina alterniflora*. *Ecology* 61: 630-638.
- Snow, J. A. and S. W. Vince. 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh. II. An experimental study of the role of edaphic conditions, *J. Ecol.* 71: 669-684.
- Somasegaran, P. and H. J. Hoben. 1994. *Handbook for Rhizobia*. Springer-Verlag, New York.
- Somers, G.F. and D. Grant, 1981. Influence of seed source on phenology of flowering of *Spartina alterniflora*. *Ecology* 68: 569-575.
- Stalter, R. and W.T. Batson. 1969. Transplantation of salt marsh vegetation, Georgetown, South Carolina. *Ecology* 50: 1037-1089.
- Tabata, S., Y. Shirako, N. Shimada and Y. Watanabe. 1988. Fundamental study on the construction of the waterfront open space at Tega Marsh (Japan). *Tech. Bull. Fac. Horti. Chiba Univ.* 10: 61-66.
- Takeno, K. and H. Yamaguchi. 1991. Diversity in seed germination behavior in relation to heterocarphy in *Salsola Komarovii* Iljin. *Bot. Mag. Tokyo* 104: 207-215.
- Tatyana A. Rand. 2000. Seed dispersal, habitat suitability and the distribution of halophytes across a salt marsh tidal gradient. *J. Ecol.* 88: 608-621.
- Tilman, D. 1997. Community invisibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78: 81-92.

- Tripathi, B. D., J. Srivastava and K. Misra. 1991. Nitrogen and phosphorus removal capacity of four chosen aquatic macrophytes in tropical freshwater ponds. *Environment Conservation*. 14: 3-7
- Turesson, G. 1922a. The species and variety as ecological units. *Hereditas* 3: 100-113.
- Turesson, G. 1922b. The genotypical responses of the plant. *Hereditas* 3: 211-350.
- Udden, J.A. 1914. Mechanical composition of some clastic sediments. *Publs. of the Augustana Library, No.1, USA*.
- Uibrich. E. 1934. *Chenopodiaceae*. In *dienauturlichen*. Engler, A and K.Prantl (eds), 2nd Ed. Vol. 16e. Leipzig. pp.379-584.
- Ungar. I.A. 1987. Population characteristics, growth, and survival of the halophyte *Salicornia europaea*. *Ecology* 68: 569-575.
- Valiela, I.J.M. Teal and W.G.Deuser, 1978. The nature of growth forms in the salt marsh grass *Spartina alterniflora*. *Amer. Nat.* 112: 461-470.
- Van Digglen. J., 1991. Effects of inundation stress on salt marsh halophytes. In : Rozema, J., Verkleij, J.A.C.(Eds.), *Ecological Responses to Environmental Stresses*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.63-73.
- Van Oppen, M. J. H., Klerk, H., de Graaf, M., Stam, W. T. & Olsen, J. L. 1996. Assessing the limits of random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) in seaweed biogeography. *J.Phycol.* 32: 433-44
- Venter, J.C., Adams, M.D., Sutton, G.G., Kerlavage, A.R., Smith, H.O. and Hunkapiller, M. 1998. Shotgun sequencing of the human genome. *Science*, 280: 1540-1542.
- Vince, S.W., Snow, A.A., 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh. I. Distribution abundance and environmental factors. *J. Ecol.* 72: 651-667.
- Walter, H. 1968. *Die Vegetation der Erde in Ökologischer Betrachtung*. Band I. Fisher Verlag, Jena.
- Wang, B.C. and Eisma, D., 1988. Mudflat depositional along the Wenzhou coastal plain in southern Zhejiang, China. In: deBoer, P.L., van Gelder, A., and Nio, S.D. (Eds.), *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. Amsterdam, Boston Reidel Publ. Co., p.223-263.
- Wells, J.T., Adams, C.E., Jr., Park, Y.A. and Frankenberg, E.W., 1990. Morphology, sedimentology and tidal channel processes on a high-tidal-range mudflat, west coast of Korea. *Mar. Geol.*, 95: 111-130.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, 30: 377-392
- Willians, J. P. and J. L. Haper. 1965. Seed polymorphism and germination. I. The influence of nitrate and low temperatures on the germination of *Chenopodium album*. *Weed Res.* 5: 141-150.
- Willis, J. C. 1985. *A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns*. 8th ed., revised by

- Shaw, H. K. A. Cambridge Univ. Press, UK.
- Woldendorp, J. W. 1978. The rhizosphere as part of the plant-soil system. In structure and functioning of plant population. Verhandelingen der Koninklijke, Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuukunde, Tweede Reeks, deel 70.
- Wolverton, B.C. and R.C. McDonald. 1979. Water-hyacinth(*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) studies. Econ. Bot. 33: 1-10.
- Yi, S.U., 1972. On the tides, tidal currents and tidal prisms at Inchon Harbor. Jour. Oceanol. Soc. Korea, 7: 86-97.
- Yim, J.H. and K.S. Kim. 1995. Effects of shading on the vegetative growth of Korean lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36: 755-761.
- Zedler, J. B. 1982. The ecology of Southern California coastal salt marshes. Biological Services Program, Washington, D. C.
- 환경부. 2000a. 전국자연환경조사 -경기도 해안지역의 자연환경-.
- 환경부. 2000b. 전국자연환경조사-충청남도 해안지역의 자연환경-.
- 환경부. 2001a. 전국자연환경조사 -경기도 해안지역의 자연환경-.
- 환경부. 2001b. 전국자연환경조사-충청남도 해안지역의 자연환경-.
- 牧野富太郎, 1979. 新日本植物圖鑑. 北陸館, 132p.
- 牧野富太郎, 1979. 新日本植物圖鑑. 北陸館, 1137p.
- 寺崎留吉, 1977. 寺崎日本植物圖譜. 平凡社. 日本, 416p.
- 寺崎留吉, 1977. 寺崎日本植物圖譜. 平凡社. 日本, 1181p.
- 鄭台鉉, 1965. 韓國植物圖鑑 (木·草本類). 三和出版社. 서울, 1824pp.
- 鄭台鉉. 1957. 韓國植物圖鑑 (草本部). 新志社. 서울. 1100 pp.
- 中國科學院植物研究所, 1979. 中國植物誌 25(2): 115-135.
- 下山田, 1996. 鹽生植物 保全生態學的研究及 教材化. 佐賀自然史研究 1(1): 1-4.
- 洪元植. 1958. 永宗島의 植物群落研究. 식회지 1: 7-15.
- <http://www.eFloras.org>, flora of Pakistan, Flora of northamerica, Flora of misuri, Flora of China, Flora of Taiwan.
- <http://www.hear.org/gcw/html/autogend/species>, Global Compendium of Weeds
- 갯벌(tidal flat)의 식물들-염생식물: <http://www.nanumnet.co.kr>.
- 갯벌생태계-식물: <http://www.wetland.or.kr>
- 겨레의 자연건강. <http://www.naum.pe.krrotqjfdml>
- 홍재상, 1998. 갯벌의 식물들. <http://www.nanumnet.or.kr>.

Appendix 1. the list of flora

Family	Scientific name	Korean name	Halophytes of 18 Areas																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ulmaceae	<i>Certis sinensis for. magnifica</i>	섬팽나무														○				
Moraceae	<i>Ficus erecta</i>	천선과나무														○				
Cannabinaceae	<i>Cannabis sativa</i>	환삼덩굴														○				
polypodiaceae	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀															○			
	<i>Polygonum aviculare</i>	마디풀	●	●	●															
	<i>Polygonum bellardi</i>	옥매듭풀																		
	<i>Polygonum bellardi var. effusum</i>	큰옥매듭풀																	●	
	<i>Persicaria hydroipter</i>	여뀌							○		○					○	○	○		
	<i>Persicaria vulgaris</i>	봄여뀌							○							○				
	<i>Rynex crispus</i>	소리쟁이	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	<i>Scripus planiculmis</i>	새섬매자기																		●
	Chenopodiaceae	<i>Atriplex gmelini</i>	가는갯농쟁이	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Atriplex subcordata</i>		갯농쟁이																	●	
<i>Chenopodium glaucum</i>		취명아주					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Chenopodium virgatum</i>		버들명아주						●						●						
<i>Salsola collina</i>		솔장다리																		
<i>Salsola komarovii</i>		수송나물																		
<i>Sclicornia herbacea</i>		통통마디							●											
<i>Suaeda australis</i>		방석나물							●		●	●								
<i>Suaeda asparagoides</i>		나문재	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
<i>Suaeda japonica</i>		칠면초	●	●	●						●								●	
<i>Suaeda maritima</i>		해홍나물	●	●	●	●	●	●	●	●				●	●	●	●	●	●	
<i>Suaeda malacosperma</i>		기수초								●										
Amaranthaceae	<i>Achyranthes japonica</i>	쇠무릎														○				
	<i>Amaranthus mangostanus</i>	비름					○													
Phytolaccaeae	<i>Phytolacca americana</i>	미국자리공						○							○					
Caryophyllaceae	<i>Dianthus sinensis</i>	패랭이꽃																		
Caryophylliaceae	<i>Spergularia marina</i>	갯개미자리																●		
Menispermaceae	<i>Cocculus trilobus</i>	댕댕이덩굴																		

Family	Scientific name	Korean name	Halophytes of 18 Areas																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cruciferae	<i>Lepidium apetalum</i>	다닥냉이					○	○	○				○	○			○		○	
	<i>Rorippa indica</i>	개갓냉이							○				○						○	
Rosaceae	<i>Rosa wichuraiana</i>	돌가시나무				○	○						○					○	○	
Leguminosae	<i>Aeschynomene indica</i>	차귀풀				○	○	○			○	○		○				○		
	<i>Albizzia coreana</i>	왕자귀나무					○						○							
	<i>Amorpha fruticosa</i>	족제비싸리	○		○															
	<i>Cassia nimosoides var. noname</i>	차풀	○		○															
	<i>Glycine soja</i>	들콩									○	○								
	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	○	○	○															
	<i>Lathyrus davidii</i>	활랑나물				○													○	
	<i>Lathyrus japonica</i>	갯완두										●							●	
	<i>Lespedeza cuneata</i>	비수리	○	○	○															
	<i>Pueraria thunbergiana</i>	췌										○								
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	아카시나무										○									
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia humifusa</i>	땅빈대										○								
Vitaceae	<i>Vitis flexuosa</i>	새머루										○								
Onagraceae	<i>Eoilibium pyrricholophum</i>	바늘꽃										○								
	<i>Oenothera odorata</i>	달맞이꽃				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Umbelliferae	<i>Glehnia littoralis</i>	갯방풍										●								
Primulaceae	<i>Lysimachia mauritiana</i>	갯까치수영										●								
Plumbaginaceae	<i>Limonium tetragonum</i>	갯질경				●	●		●	●		●		●	●	●	●	●		
Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리				○					○						○			
Convolvulaceae	<i>Calystegia soldanella</i>	갯메꽃				●	●			●	●		●		●	●	●	●		
Borraginaceae	<i>Messerschmidia sibirica</i>	모래지치					●			●	●		●							
Verbenaceae	<i>Vitex rotundifolia</i>	순비기나무										●					●			
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	까마중										○								
Rubiaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	창질경이					○						○							
Plantaginaceae	<i>Diodia teres</i>	백령풀										○								
	<i>Paederia scandens</i>	계요등					○						○							
Caprifoliaceae	<i>Lonicera japonica</i>	인동											○							
Compositae	<i>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</i>	괘지풀				○				○								○		

Family	Scientific name	Korean name	Halophytes of 18 Areas																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	<i>Artemisia capillaris</i>	사철쭉	●	●	●	●	●				●		●	●			●	●	●	●
	<i>Artemisia fukudo</i>	큰비쭉				●	●			●	●		●			●	●	●		
	<i>Artemisia rubripes</i>	덤불쭉					○						○							
	<i>Artemisia scoparia</i>	비쭉							●	●	●		●			●	●		●	●
	<i>Aster ciliatus</i>	갯쭉부쟁이				●						●	●		●			●	●	●
	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	●	●	●			●	●	●				●		●	●		●	
	<i>Bidens bipinnata</i>	도깨비바늘				○	○	○			○	○		○				○		
	<i>Bidens frondosa</i>	미국가막사리					○						○	○	○					
	<i>Crepidiastrum lanceoides</i>	갯고들빼기										●				●				
	<i>Erigeron annuus</i>	개망초											○		○					
	<i>Erigeron bonariensis</i>	실망초				●	●	●				●			●			●	●	●
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초										○		○		○				
	<i>Gnaphalium affine</i>	떡쭉																		○
	<i>Ixeris repens</i>	갯씀바귀											●							
	<i>Sonchus asper</i>	큰방가지뚥	○	○	○	○			○							○		○	○	○
	<i>Sonchus brachyotus</i>	사데풀	●		●															●
	<i>Sonchus oleraceus</i>	방가지뚥											○					○		○
	<i>Taraxacum officinale</i>	서양민들레	○																	
	<i>Xanthium strumarium</i>	도꼬마리				○	○								○				○	○
Scheuchzeriaceae	<i>Triglochin maritimum</i>	지채					●			●					●	●	●			
Gramineae	<i>Bromus unioloides</i>	갯보리											●							
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조풀						●							●			●		●
	<i>Cynodon dactylon</i>	우산잔디				●				●									●	
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	바랭이	○					○						○	○					
	<i>Elymus mollis</i>	갯그렁						●				●	●		●					
	<i>Imperata cylindrica var. oenigii</i>	띠				○						○							○	
	<i>Ischaemum antheophorioides</i>	갯쇠보리							●				●					●		●
	<i>Lolium perenne</i>	가는보리풀							○											
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	물억새						○							○					
	<i>Phacelurus latifolius</i>	모새달						○							○					
	<i>Phragmites communis</i>	갈대	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Family	Scientific name	Korean name	Halophytes of 18 Areas																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	<i>Polypogon monspeliensis</i>	갯쇠들피																	●	
	<i>Polypogon fugax</i>	쇠들피							○	○	○	○							○	
	<i>Setaria viridis var. pachystachys</i>	갯강아지풀				●			●			●		●	●			●		●
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	○	○	○		○	○		○			○	○			○			
	<i>Zoysia macrostachya</i>	왕잔디										●								
	<i>Zoysia sinica</i>	갯잔디				●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●		●
Cyperaceae	<i>Avena fatua</i>	메귀리										○								
	<i>Carex kobonugi</i>	통보리사초									●	●								
	<i>Carex pumila</i>	좁보리사초				●					●	●						●		
	<i>Carex scabrifolia</i>	천일사초	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●
	<i>Cyperus polystachyos</i>	갯방동사니					●		●					●						
	<i>scirpus fluiatilis</i>	매자기															○			
Commelinaceae	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀							○		○	○	○		○	○				