

간척지 염생식물의 조경적 활용방안에 관한 연구

최 병 권

신공항건설공단

A Study on the Use of Halophytes on the Reclaimed Land in Landscape Architecture

Choi, Byung-Gwon

Korea Airport Construction Authority

ABSTRACT

The Halophytes are considered less important in our field, as the land reclamation executed continuously by public or individual. So this research is to use plants more active on the reclaimed land and to verify their utility in the aspect of the landscape planning, design and complementation. This research is performed at the construction site of Incheon International Airport in Youngjong-do located in West-sea of Korea.

Following proposals are the major conclusions drawn from the research:

1. The halophytes to be used in the vicinity of the water reservoir in order to improve the ground for the introduction of new plants and prevent the water contamination.
2. The halophytes to be used as a ground-cover which protects major structures nearby from being damaged by the salt content in the air.
3. The halophytes to be used as a unique and panoramic landscape element. They have various colors which change throughout a year.
4. The halophytes to be considered as a outdoor recreation resource. The Halophytes planted area may be utilized as picnic area, outdoor event plaza, ball game ground, rough in the golf course and etc. Additional usage of the land include the future rearch site for sea fronted ecological studies and pasture for cows and other livestock.

Key Words: Youngjong-do, Desalting, Frontier Plants, Landscape element

I. 序論

염습지란 해양환경과 육상환경이 만나는 반육상환경의 습지로서 식생전이대 환경특성을 가지며 이 염습지에 자라는 식물을 염생식물이라 한다. 염습지는 해안성 염습지와 내륙성 염습지로 구분되는데 특히 해안성 염습지는 비경작지중 생산력이 가장 높은 생태계로 알려져 있다. (Poliakff-Mayber and Gale 1975)

염생식물은 환경의 구배에 따라 성대구조(zonation)을 형성하는데 해안성 염습지에서 영향을 미치는 환경요인은 조수, 토양함수량, 염분농도, 생물 상호작용 등이며 내륙성 염습지에서 영향을 미치는 환경요인은 지형, 생물 상호작용, 토양함수량, 염분농도 등이다. (閔丙未, 1985) 염생식물의 기능은 첫째, 퇴적물내 유기탄소, 인산등의 생물학적 펌프기능을 하며 연안생태계의 1차 생산자 기능을 한다. 둘째, 염생식물의 뿌리와 줄기는 퇴적층의 고형화 및 안정화를 유도하여 육지의 침식을 보호하며 해풍에 의해 야기되는 비사현상을 방지한다. 셋째, 유기오수의 정화에 매우 효율적으로 하수를 정화하는 기능을 한다. 넷째, 무척추 동물을 포함하는 다양한 생물이 서식하는 생태계의 보고로서 환경보전적 측면에서의 종다양성을 보존하는 사회문화적 의미를 가진다. 다섯째, 염생식물의 독특한 경관은 자연학습지, 해안생태경관지, 방목용 초지 등 생태적 경관가치를 부여한다.

간척지는 해안성과 내륙성 염습지 특성을 함께 가지는데, 초기에는 해안성 염습지 특성을 가지고 시간이 흐르면 강우 등에 의해 세탈되어 내륙성 염습지의 특성을 가지게 된다. 또한 간척지는 지형에 따라 탈염의 정도가 달라 공간적으로 변이가 다양하다. 현재까지 진행되어온 간척지 식생연구는 2가지로 구분되는데 하나는 기초적 연구로서 토양환경과 식물상의 관계, 탈염에 따른 식생의 변화, 식물 상호간 공간의 배열 등에 관한 것이고, 다른 하나는 응용적 연구로서 토양의 효율적 탈염방법에 관한 것이다. 간척지 식생연구는 탈염진행과 이에 따른 토양속성 변화 및 식물분포에 미치는 영향을 분석하여 탈염에 따른 천이계열을 예측하고 식물의 토양환경에 대한 반작용을 밝혀 간척후 생물적·무생

물적 변화과정을 추정하여 이용 및 활용방안을 수립하는 것이다.

본 연구는 영종도 인천신공항 건설부지인 간척지에서 염생식물 현황을 '96년 부터 최근까지 3년간 조사한 후 타지역 사례와 비교분석하고 토양환경변화에 따른 식생변화를 예측하여 염생식물을 해안경관구성에 있어 독특한 생태적 경관구성요소로서 이용할 수 있는 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

II. 研究事例

1) 강화도 초지리 간척지-염생식물의 생태적 특성에 관한 조사연구 사례-

초지리 간척지는 1960년대에 제방이 축조되었으며 약 10년이 지난 1970년 홍순우 등(1970)에 의해 고염도 토양에 있어서 염생식물의 생태에 대해 조사가 시행되었다. 주요 조사내용은 고염도토양에서 염생식물에 의한 군락형성으로 기대되는 생물학적 토성개량의 가능성이었다.

염생식물의 생장률은 통통마디는 8월, 취명아주, 나문재, 해홍나물 등은 7월, 갯개미취는 10월, 송이고랭이와 망초는 6월에 최대치를 나타내었다. 간척지의 목초로서는 갯개미취와 취명아주가 양적 견지에서 알맞다. 10cm의 방형구를 취하였을 때 5월에는 취명아주 발생빈도와 밀도가 높았으나 6월말부터 10월말까지는 통통마디가 발생빈도와 밀도가 가장 높아 조사지역에서는 통통마디가 우점종이었다. 염생식물에 의한 염소이온의 흡수량은 통통마디와 갯개미취는 5월에, 취명아주와 세모고랭이는 6월에 나문재와 해홍나물은 8월에 최대치를 보여준다. 그러나 일반적으로 염생식물이 성장할수록 생장초기보다 흡수량이 감소해간다. 조사지역의 염생식물에 의한 10월말 염생식물을 수확함으로써 기대할 수 있는 총계염량은 24,600ppm 정도이다. 이는 갯벌 고염도 토양에서 제염을 목적으로 염생식물을 인위적으로 육성할 때 조사지역과 유사한 조건하에서는 연간 2.46g/100cm² 정도의 제염효과를 기대할 수 있다. 고염도 표토의 평균염소함량은 g 당 약 1,400ppm 정도로서, 염생식물을 육성하고

10월말에 수확할 때는 연간 약 17g의 표토의 염소함유량을 완전제거할 수 있다. 이는 갯벌고염 토양의 bulk density가 1.4g/cm³일 때 10cm 방형구에서 염생식물을 이용하여 깊이 1cm의 염소함유량을 완전제거하려면 약 8년간의 기간이 소요될 것으로 추정된다. 따라서 제염을 촉진하려면 배수시설, 관수시설, 염생식물 육성 등의 방법이 필요하다. 사해(死海)의 고염도 토양의 경우 2년간에 걸쳐 골풀과인 *Juncus Maritimus*를 재배하여 가을에 제초한 결과 상당량의 염분이 감소되었다는 사례가 있다.

2) 만경강과 동진강 하구 염습지-조위구배(潮位旬配)에 따른 염생식물의 분포에 관한 조사 연구 사례-

만경강과 동진강의 하구는 내륙으로부터 강물에 의해 운반된 저토와 서해의 퇴적으로 저토가 쌓여 넓고 평탄한 염습지가 형성되어 있다. 1985년-1989년까지 이점속에 의해 만경강과 동진강 하구 염습지의 조위구배에 따른 염생식물의 정착에 대해 조사연구되었다. 주요 연구내용은 지형의 고저에 따른 식물군락의 대상구조가 조수위, 침수빈도, 염생식물의 발아시기 및 성장속도에 의해 결정됨을 밝히고 실험실내 모의 환경조건에서 발아와 정착시험을 검정하였다.

이 지역의 염습지 식생은 갈대, 천일사초, 갯잔디, 칠면초, 통통마디, 가는갯눈쟁이, 갯개미취, 나문재 등의 8개 군락으로 분류되었다. 각 군락들이 최대빈도로 출현하는 고도는 갈대(1.7m), 천일사초(2.0m), 갯잔디(2.4m), 칠면초(2.2m), 통통마디(2.4m), 가는갯눈쟁이(2.6m), 갯개미취(3.0m), 나문재(3.2m) 등이었다. 즉 다년생초본식물인 갈대, 천일사초, 갯잔디 등은 2.0m 이하 고도에서, 1-2년생 초본식물군락은 2.0m 이상의 고도에서 분포하였다. 다년생 초본식물이 낮은 고도에서 분포하는 이유는 지하경으로 영양번식함으로써 신속하게 정착하기 때문이다. 칠면초와 통통마디가 최대빈도로 출현하는 염습지 고도는 3월-5월의 소조시의 저고조와 일치하였고, 가는갯눈쟁이와 갯개미취가 최대빈도로 출현하는 고도는 3월 대조시의 고고조와 일치하였고, 나문재가 최대빈도로 출현하는 고도는 4월의 고고조와 일

치하였다. 이처럼 조주기의 조위에 따른 군락대상의 분포는 염생식물의 발아시기 및 정착시기차에 기인한다. 염생식물 출현시기는 칠면초와 통통마디가 3월 15일, 가는갯눈쟁이가 3월 30일, 갯개미취가 4월 15일, 나문재가 5월 15일등의 순이었고 칠면초와 통통마디가 빨리 출현하여 공간을 점유함으로써 타종보다 안전영역을 차지하며 조석작용이 빈번한 저위염습지에서 잘 정착하는 특징을 가졌다. 염생식물이 10-20%에서 100%에 이르는 기간은 칠면초가 75일, 통통마디가 90일, 가는갯눈쟁이가 30일, 갯개미취가 45일, 나문재가 30일 등 이었다. 뿌리의 초기생장은 칠면초와 통통마디가 짧은 근계와 빠른 속도로 쉽게 정착하나 중기 이후 성장속도가 늦으므로 수분공급이 정기적으로 이루어지는 저위 염습지에 정착하고, 가는갯눈쟁이와 갯개미취는 뿌리 성장속도가 빨라 중위 염습지에 정착하며, 늦게 성장하는 나문재가 가장 깊게 뻗으므로 고위 염습지에 정착한다. 온도처리에 따른 발아율은 저온에서 칠면초와 통통마디가 가장 높았다. 이는 염생식물 출현시기와 일치하였다. 침수구의 발아율은 칠면초→통통마디→갯개미취→가는갯눈쟁이→나문재 순으로 낮았는데 이는 염습지에서 최대빈도로 출현하는 고도의 순서와 일치하였다. 염습지에서 종자가 겨울중 고염도의 저토에 매몰되어 있다가 봄에 강수량에 의해 표토의 염도가 낮아지면 단 시간내에 발아율이 급격히 증가되는데 이는 해안 염생식물의 정착에 중요한 의의를 갖는다. 칠면초는 정착시간이 2일로 짧아 3월 12일-3월 23일 사이에 계속적인 발아와 정착을 하고 통통마디는 정착시간이 10일로서 3월 12일-3월 15일 사이에 발아하는 종자만이 정착한다. 따라서 칠면초보다 통통마디 폭이 훨씬 좁았다. 가는갯눈쟁이는 정착시간이 4일이고 3월 30일-4월 24일 사이에 계속적인 발아와 정착을 함으로서 분포대가 넓었다. 갯개미취는 정착시간이 9일이고 3월 30일-4월 19일 사이에 발아하는 종자만이 정착한다.

3) 한국 서해안 간척지 식생의 시간에 따른 현황-간척후 토양의 탈염에 따른 식생변화에 관한 조사연구 사례-

서해안에서 간척년도가 다른 간척지들의 탈염진

행과 이에 따른 토양속성의 변화 및 식물분포에 미치는 영향을 분석하여 탈염에 따른 천이계열을 예측하고 식물의 토양환경에 대한 반작용을 파악함으로써 간척후 식생변화과정을 추정할 수 있다. 간척년도에 따른 식생변화과정 추정으로서 민병미(1985)는 한국 서해안 간척지의 토양과 식생변화를 연구하였다.

간척후 시간경과에 따른 식물종의 증가는 전기전도도와 함수량에 의해 주로 영향을 받는다. 전기전도도에 따라 제1군($1.0\text{-}3.5\text{mmho}$)은 지채, 통통마디, 칠면초, 갯질경, 나문재 등이고, 제2군($0.5\text{-}1.5\text{mmho}$)은 갯개미취, 갈대, 천일사초, 갯잔디, 비쭉, 갯눈쟁이, 버들명아주, 제3군($0.2\text{-}0.5\text{mmho}$)은 강아지풀, 산조풀, 사데풀, 띠, 제4군(0.2mmho 이하)은 벌노랑이, 자귀풀, 토끼풀 등이다. 토양함수량의 변화에 따른 식물종은 4군으로 분류되는데 제1군에는 침수지역으로 지채와 부들이며 제2군에는 침수지역부터 건조지역으로 갈대, 천일사초, 칠면초, 갯잔디, 통통마디 등이며 제3군에는 중간지역으로 갯개미취, 모새달, 띠, 갯질경, 비쭉, 산조풀, 강아지풀, 나문재, 사데풀, 자귀풀, 벌노랑이 등이며 제4군에는 갯눈쟁이, 버들명아주, 토끼풀, 쯤보리사초 등으로 건조지역에 분포하였다.

식생분석결과 종결합은 염생식물 또는 중성식물끼리 이루어지며 간척초기에는 종결합이 미약하지만 중기 이후에는 상호 긴밀한 결합을 한다. 식생변화과정은 탈염의 과정으로 간주된다. 식물이 토양에 대한 반작용으로 간척 초기에는 토양내 유기물이 급속히 분해되고 이 질소를 식물이 흡수하므로 전질소와 유기물량을 감소시키나 식생이 형성됨에 따라 고사식물체가 토양내 유기물량을 증가시키며 토양 가비중 감소, 공극량을 증가시키므로써 토양의 물리적 성질을 변화시키고 이는 식물종 변화를 야기하여 천이가 이루어진다. 그러나 가용성 인은 간척초기 조간대에는 많으나 시간이 경과됨에 따라 강우·육수에 의해 세탈되거나 식물이 흡수함으로써 토양내 가용성 인량의 감소를 가속화시킨다. 이러한 식생의 토양에 대한 반작용은 종래의 종을 쇠퇴시키고 새로운 종의 침입을 유발하여 종수를 증가시키는 요인이 된다.

간척지의 탈염에 따른 식생천이는 배수계열과 탈염

계열로 구분된다. 배수계열은 갈대·지채→갈대·부들→갈대 로서 종이 비교적 단조롭다. 탈염계열은 칠면초 통통마디 → 칠면초·갯개미취·갯질경→비쭉→산조풀·강아지풀→띠·사데풀→자귀풀·토끼풀·벌노랑이이다. 조간대를 포함한 서해안의 선구종은 칠면초이고 간척후는 통통마디이다.

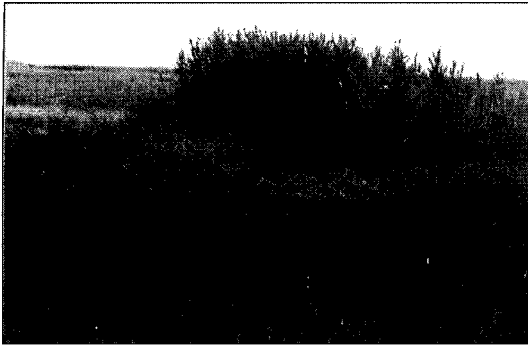
한편, 인천시 북구 백석동 간척지는 1950년대에 제방이 축조되었으며 약 30년이 지난 1983년 김준호와 민병미에 의해 해변 염생식물군집에 대한 생태학적 연구 및 조사가 시행되었다. 이 지역의 식생분석결과 대표적 군총은 칠면초-통통마디, 비쭉-갯질경, 갈대, 갯잔디, 띠, 산조풀 및 중성식물 군총 등으로 분류되었다.

이상의 세 가지 논문은 각각 염생식물 자체의 생태적 특성, 조위구배, 토양의 탈염 등과 관련한 대표적인 연구결과물로서, 염생식물을 조사 연구함에 있어서는 이 세 가지 측면을 필수적으로 고려해야함을 시사하고 있다. 즉 본 연구에서의 조사 및 분석과정에 있어서 조위와 탈염의 정도에 따라 각각 다른 식생과 그 천이가 일어나며 특히 염생식물과 토양과의 관계를 연구함에 있어 토양탈염의 정도가 환경적 지배요소이며, 이에 따라 염생식물의 식생은 토양분석에 근거해야 함을 제시하고 있다.

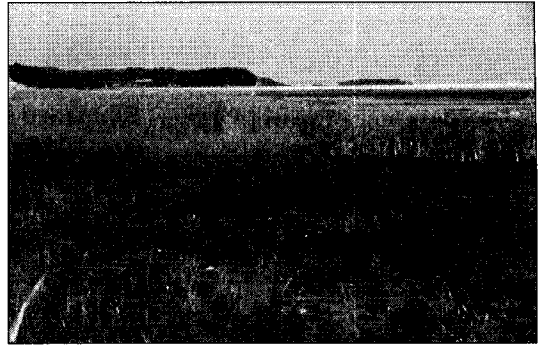
Ⅲ. 調查地概要

본 연구의 조사지는 한국 서해안의 인천광역시 중구 운서동 영종도와 용유도를 잇는 대단위 간척지로서 국가경쟁력을 향상시키기 위해 국가기간산업인 「Hub」공항을 조성하기 위한 영종도 인천신공항 건설부지이다. 총면적은 약 5,600ha이며 1차 사업지역, 2차 사업예정지역인 갯벌지역, 잔여갯벌지역, 유보지역 등으로 구분된다. 간척사업은 1992년부터 시작되었고 현재 약 7년이 경과된 상태이다.

1차 사업지역은 바다의 준설모래를 이용하여 매립 후 조성하였으며, 부지내 유입되는 우수는 우수지에 임시저장하고 배수갑문을 통해 바다로 유출시킨다. 갯벌지역은 1994년 10월에 물막이공사가 완료된 후 1995년부터 염생식물이 발생하기 시작했으며 1996년 10월 종자수집후 1997년 봄에 500만㎡의 갯벌 나지



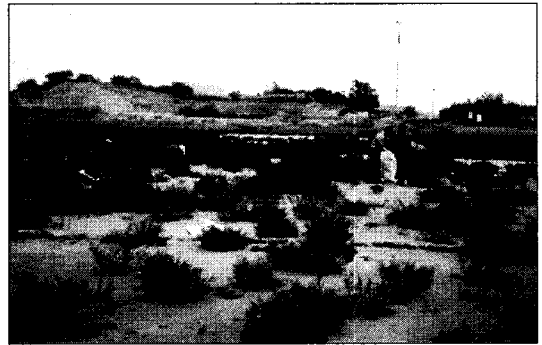
(a) 종자채집



(b) 종자살포



(c) 종자살포 직후



(d) 발아후

〈Figure 1〉 염생식물의 살포 과정

지역에 살포하여 현재는 염생식물 발생지역이 급격히 확산되었다.

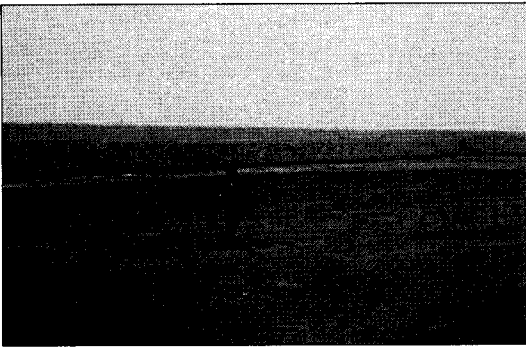
IV. 調查結果

본 조사지는 갯벌로 방치되어 있는 지역으로서 저지대는 유수지로서 부지내 배수되는 물을 저류시키고, 대부분 평탄하거나 완만한 경사를 이룬다. 따라서 지형의 고저, 토양의 습도, 염분의 탈염 정도에 따라 유수지 주변에 갈대, 부들 등의 수생식물이 자라고 있고, 탈염이 진행중인 지역에는 염생식물이, 탈염이 많이된 지역에는 중성식물이 군락을 이루고 있다. 갯벌지역의 식생은 산자락지역, 갯벌끝단지역, 갯벌지역 등 세 부분으로 구분된다.

토양조사 및 현장조사 결과 산자락지역은 일반 중성식물이 자라고 있으며. 갯벌끝단지역은 강우에 의

해 산흙이 밀려와 5-15cm 덮여있고 염생식물 및 비교적 염분에 강한 중성식물이 혼생하고 있다. 갯벌지역은 현재 탈염이 진행중에 있으며 염생식물이 자라고 있다. 1996년 7월 조사지 갯벌지역 염생식물 피복도가 약 25% 정도였으나 1996년 10월 및 11월 해홍나물, 나문재 등의 종자를 인위적으로 채취·살포한 결과 1997년 9월에는 약 60% 정도의 염생식물이 피복되었으며 1998년 9월에는 염생식물의 자연적 발생으로 약85% 피복율을 보이고, 이러한 추세라면 1999년 가을에는 95% 이상의 피복율을 예상하고 있다. 그러나 갯벌 영양분의 부족과 많은 양의 종자가 발아하여 해가 갈수록 개체의 생육이 저조해지는 경향이 있었다.

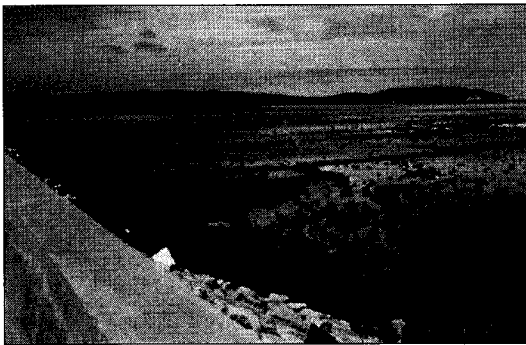
갯벌끝단지역 및 갯벌지역의 '96, '97, '98년 3년간 초본류 22과 90종이 조사되었는데, 국화과 18종, 화분과 14종, 사초과 14종, 명아주과 9종, 콩과 5종, 석죽과 5종, 마디풀과 4종, 꿀풀과 3종,



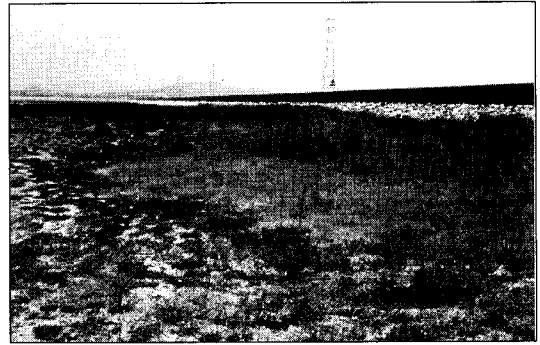
(a) 산자락지역



(b) 갯벌끝단지역



(c) 갯벌지역



(d) 갯벌 및 준설지역

〈Figure 2〉 조사지 최근 현황사진

골풀과 2종, 백합과 2종, 부들과 2종, 삽자화과 2종 등과 그 외 가지과, 갯질경이과, 꼭두서니과, 미나리아재비과, 바늘꽃과, 부처꽃과, 쇠비름과, 열당과, 지채과, 질경이과 등이 각 1종이었다. 특히 염분에 강한 명아주과가 9종으로 발생량이 비교적 많은 편이었다. 90종 초본류의 생육형별로 보면 일년초 38종, 2년초 18종, 다년초 34종 등으로 대부분 종자로 번식하는 종류였고, 염분이 많은 지역에서 발생하는 건생 잡초였다. 갯벌끝단지역은 주변의 산에서 토사가 흘러들어 갯벌을 덮은 곳으로서 일반토양과 비슷한 조건이 형성되어 염생과 중성식물이 혼생하고 있었으며 가시상치 등 50종의 초본류가 발생하고 있음이 조사되었다. 갯벌지역의 조사 결과는 〈Table 1〉과 같다.

한편, 꽃이 있는 갯벌경관을 조성하기 위해 초본류의 종자를 살포하여 생육 가능성을 조사분석하였다. 초종은 갯기름나물, 과꽃, 근대, 메밀, 목화,

봉선화, 분꽃, 비트, 서양잔디, 알팔파, 익모초, 잇꽃, 천인국, 카나리새풀, 코스모스, 해바라기 등 16종이었으며 시험지역은 갯벌 끝단지역 1개소 400㎡, 갯벌지역내 1개소 400㎡로 하여 1997년 4월에 파종하였다. 그러나 파종후 가뭄으로 전반적으로 발아와 출아가 매우 저조하였다. 카나리새풀은 발아가 되었으나 6월에 염해로 고사하였다. 목화가 몇 개체가 출아하였으나 생육이 진전되지 않고 고사하였다. 근대와 비트는 출아하여 8월까지 생존하였으나 아직까지 토양내 염분이 많아 생육이 저조하였다.

갯벌지역의 토양과 식물과의 관계를 조사하기 위해 pH, EC 등 토양의 주요성분을 조사하였으며 그 결과는 〈Table 2〉와 같다

식생조사는 간격을 150m로 하여 일반 갯벌지역을 직선으로 하였으며, 식생은 수로지역의 경우 갈대, 부들, 지채 등이 자라고 있고, 탈염이 어느 정도 진

<Table 1> 갯벌지역의 식생조사 결과

탈염이 낮은 지역 (7종)	나문재 <i>Suaeda asparagoides</i> 해홍나물 <i>Suaeda maritima</i> 칠면초 <i>Suaeda japonica</i> 방식나물 통통마디 <i>Salicornia herbacea</i> 가는갯논쟁이 <i>Atriplex gmelini</i> 갯개미취 <i>Aster tripoium</i>
건조한 갯벌지역 (4종)	해홍나물 <i>Suaeda maritima</i> 나문재 <i>Suaeda asparagoides</i> 칠면초 <i>Suaeda japonica</i> 방식나물
습한 지역 (3종)	가는갯논쟁이 <i>Atriplex gmelini</i> 통통마디 <i>Salicornia herbacea</i> 갯개미취 <i>Aster tripoium</i>
우천시 물이 흐르는 갯골(Tidal creek) 주변 (33종)	갈대 <i>Phragmites longivalvis</i> 갈풀 개피 <i>Beckmannia syzigachne</i> 갯개미자리 갯꾸러미풀 갯땃싸리 갯방동사니 갯잔디 <i>Zoysia sinica</i> 갯질경 <i>Limonium tetragonum</i> 나도개피 돌피 매자기 <i>Scirpus fluviatilis</i> 모새달 <i>Phacelurus latifolius</i> 물대 물방동사니 물피 부들 부처꽃 큰비짜무국화 한련초 기타 13종

행된 갯벌끝단지역에는 칠면초, 갯개미취, 갯질경, <Table 2> 조사지 토양 주요 성분분석 결과

Site	Depth	pH	EC (mS/cm)	available-P (mg/kg)	Na (cmol/kg)	Cl (cmol/kg)
No. 1	0-20	7.39	37.6	61.23	4.62	6.24
No. 2	0-20	7.93	17.19	48.04	4.47	3.58
No. 3	0-20	7.70	30.0	47.47	4.51	9.87
No. 4	0-20	7.72	30.9	39.73	4.51	9.69
No. 5	0-20	7.93	27.03	52.06	4.44	8.85
No. 6	0-20	8.00	36.3	32.85	4.67	12.49
No. 7	0-20	7.99	35.8	31.13	4.62	13.38
No. 8	0-20	7.56	29.69	25.69	4.58	9.99
No. 9	0-20	7.52	40.6	23.97	4.59	14.72
No. 10	0-20	7.81	33.7	37.44	4.64	10.99

*토양채취 지점은 육지에서 가까운 곳부터 100m 간격임.

비죽, 갯잔디 등이 자라고 있었으며, 탈염이 초기 단계인 갯벌지역에는 나문재, 칠면초, 통통마디 등 단순 구조의 식생을 이루고 있다.

V. 鹽生植物의 活用方案

1) 조사지에서의 식생예측

습기가 많은 저지대, 수로 주변 등에는 지하경으로 영양번식하며 초기 생장이 빠른 다년생 초본류들이 정착하는데 갈대, 천일사초, 갯잔디 등이 이에 속한다. 갯벌에서는 종자가 겨울중 고염도의 토양에 매몰되어 있다가 봄에 강우에 의해 표토의 염도가 낮아지면 단기간내 발아율이 급격히 증가된다. 조사지내에 많이 분포하고 있는 칠면초, 통통마디, 가는갯논쟁이, 갯개미취, 나문재 등의 염생식물은 3월 중순에서 5월 중순 사이에 최대로 출현한다. 갯벌토양의 EC는 Na와 Cl의 농도에 의해 결정되며 종다양성은 Na 함량과 역상관관계를 가진다. 따라서 갯벌지역의 탈염상태가 낮을수록 종다양성도 낮아질 것이다. P에 대한 염생식물들의 흡수율은 크고 회수율이 적어 시간이 갈수록 P의 결핍이 예측되며, 이는 P의 부족이 염생식물 생장의 제한요소가 될 수 있으며 식생천이 과정에 중요한 역할을 한다. 토양의 EC나 Na의 함량이 감소됨에 식생천이가 진행되며 식생천이가 진행될수록 OM, T-N, K, Ca 등의 양은 많아지며 P의 양은 적어진다. pH는 표토가 하부보다 비슷하거나 낮는데 이는 증발산에 의해 염분이 표층에 축적되기 때문이다. NaCl과 pH는 반비례하며 염분이 세탈됨에 따라 pH는 상승한다. 즉, 염의 세탈순위는 Cl->Na+> Mg++> K+> Ca++ 순이며 탈염의 주된 요인은 Cl-의 세탈이고 2차적으로는 Na+의 세탈이다. 이러한 Cl-가 먼저 세탈되므로 토양내 음이온 부족현상이 야기되어 이 자리에 OH-가 증가되어 pH가 상승한다. 따라서 간척후 얼마동안 pH가 상승하며 대부분의 NaCl이 세탈되면 다른 이온들이 pH를 결정한다. 그러나 현장조사 결과 0-15cm 표층의 pH는 7.39-8.0의 범위이며 pH가 식물분포에 큰 영향을 미치지 못하고 있다. 간척 초기에는 염생식

물 초기종인 통통마디·칠면초가 유기물을 흡수하여 토양내 전질소량이 감소한다. 그러나 시간이 경과하면 고사된 식물체가 토양으로 유입되어 토양내 전질소량이 증가하고 토양미생물이 증가한다. 증가된 유기물량은 토양내 가비중을 감소시키고 공극률을 증가시킨다. 식생이 형성됨에 따라 토양의 전질소량이 증가하고 pH 및 가비중은 감소하여 식물이 환경에 영향을 주고 변화된 토양환경은 식물종을 바꾸면서 식생천이가 일어나는 식물과 환경은 상호관계를 맺는다.

조사지내 유수지, 주배수로, 갯골 등의 습지지역에 현재 드물게 갈대가 출현하고 있는데 간척지 습지의 식생천이는 갈대·지래→갈대·부들→갈대로 변하게 되는데 갈대는 일단 군락이 형성되면 다른 종의 침입을 억제하므로 단일군락으로 존재한다. 따라서 갈대군, 부들군, 지채군 등의 다양한 군이 형성되도록 인위적으로 조정할 필요가 있다.

초기종은 대부분 1년생으로 분포의 차이가 크게 없다. 그러나 10여년 지나면 종다양성이 최고조에 달하게 되고 1차 염생식물 천이가 완료된다. 식생천이의 속도는 환경조건에 따라 달라지는데 지역에 따라 탈염의 속도가 다르며 탈염이 빠르면 여러 종이 동시에 출현하며 인간활동에 따라 종출현이 다르며 산조풀처럼 토양염류를 고갈시켜 다른 종의 침입을 억제하는 식물자체의 제한요소도 있다.

갯벌토양의 EC는 Na와 Cl의 농도에 의해 결정되며 종다양성은 Na함량과 역상관관계를 가진다. 따라서 갯벌지역의 탈염이 초기단계이고 일년초 염생식물들이 단순구조를 이루게 되나 탈염이 진행될수록 다년초 염생식물이 들어와 종다양성이 높아진다. 예컨대 탈염에 의한 EC의 함량에 따른 식물계열은 칠면초→통통마디→칠면초·갯개미취·갯질경→비쭉→산조풀·강아지풀→띠·사대풀→자귀풀·토끼풀·벌노랑이 순으로 되는데 본 현장은 세 번째인 칠면초·갯개미취·갯질경이 많은 계열에 속하며 앞으로 탈염이 될수록 비쭉이나 산조풀·강아지풀이 들어올 것이며, 단기간 내에 벌노랑이, 자귀풀 등 꽃이 있는 갯벌경관을 형성하게 될 것이다. 따라서 지속적으로 토양염분을 측정하여 인위적으로 경관을 구성할 수 있다.

또한 염생식물을 갯벌표토 염분제거 수단으로 활

용할 경우에는 그해 가을에 염생식물을 수확해주어야 한다. 사해(死海)의 고염도 토양에서 2년간에 걸쳐 골풀과의 일종인 *Junus Maritinus*를 재배하여 가을에 제초한 결과 상당한 양의 염분이 감소한 결과가 있으며, 염생식물을 인위적으로 육성할 경우 연간 2.46g/100cm²의 제염효과를 가진다는 연구결과가 있다. 따라서 그해 10월과 11월에 염생식물을 채취하여 염생식물이 나지 않는 다른 갯벌지역에 살포해줌으로써 식물번식 및 갯벌 표토 염분 탈염효과를 도모할 수 있다.

2) 활용방안

①환경정화를 위한 선구초종

염생식물은 수질오염의 근원이 되는 유기물을 흡수한다. 즉 습지지역의 갈대, 부들, 지채 등의 수질정화작용은 이미 알려져 있으며, 건조지역에서 발생하는 해홍나물, 나문재, 칠면초, 통통마디 등은 P의 흡수율이 높고 회수율이 매우 적어 인산의 생물학적 감소기능을 가져 유기오수 정화에 매우 효율적으로 활용할 수 있다.

②간척지 고염도 토양의 개선

염생식물은 탈염을 촉진시켜 C/N비를 높이는 효과를 지니고 있어 간척지 지표식생 기반조성의 선구수종으로 활용할 수 있다. 이는 몇몇 서해안 간척지에서 벼, 잔디 등 벼과식물을 식재하는 연구가 진행되고 일부 시행되고 있음에서도 알 수 있다. 특히 고염도 및 오염가능성이 높은 곳의 시각적 불량 및 오염에 견디거나 개선할 수 있는 식생이 마땅하지 않으므로 염생식물을 활용한 자연경관을 조성함으로써, 시각적 효과를 도모하고 토지오염을 저지하며 장기적으로는 토양을 개량하여 다양한 식생도입의 기반을 조성할 수 있다.

③시설지 보호

일반적으로 간척지에서는 염분이 표토로 용출하는데 이것이 건조해지면 바람에 날리게 된다. 이러한 염분의 비사현상은 주변 시설지의 인공구조물의 부식을 촉진시키고 시각적으로도 불량한 경관을 조성하는데 간척 초기일수록 심하다. 따라서 당장에

개발하지 않는 유보지에는 염생식물을 이용한 지피 효과를 이용하여 비사현상 및 침식 방지효과를 도모할 수 있다.

④ 특이한 경관요소

염생식물은 강우와 가뭄에 따라 녹색에서 붉은 색으로 변화되는데 이는 경관의 다양화에 효과가 있다. 특히 늦은 봄 염생식물의 발아시에는 넓은 잔디밭과 같은 효과를 지니게 되며 한여름 가뭄시의 붉은 색은 육지환경의 경관과는 다른 특이한 경관을 이루게 되어 사진촬영 등 많은 사람들의 흥미를 유발할 수 있다. 즉 염생식물은 그 자체로서 경관적 가치를 지니고 있으며, 또 잔디와 달리 야생적 경관을 자연스럽게 연출하여 갯벌지역의 특이한 경관을 조성할 수 있다.

⑤ 옥외 레크레이션 자원 및 초지

간척지 갯벌지역이 유보지로서 방치된 식생이 아니라 갯잔디로서의 옥외레크레이션이나 초지로서의 좀더 적극적인 용도를 수용할 수 있다. 즉 피크닉장, 이벤트광장, 구기장, 골프코스에서의 러프 등 섬세한 바닥처리를 요하지 않는 옥외 레크레이션 공간으로 활용가능하다. 염생식물 군락으로서의 파노라마하고 다양한 자체의 경관적 가치를 지니고 있으므로 주요 시설지에 인접하여 조성할 수 있으며 토지이용이 명확하지 않을 경우에는 목초지로서 동물 방목에 활용할 수 있다.

또한 현장조사에서 나타난 바와 같이 염생식물은 간척지 토양의 지속적인 변화에 민감하며 고염도의 갯벌에서부터 일반 토양에 이르는 전이대에 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 간척지 염생식물분포지역을 해안생태학습지로 개발이 가능하다. 이는 간척지가 단순한 생산기능으로 사용되는 것을 넘어 좀더 적극적인 옥외 레크레이션적 이용의 가능성을 내포하고 있다.

VI. 結論

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 간척지와 연안의 환경적 중요성이 갈수록 커지고 있는 이 시점에서 염생식물의 생물학적 속성, 토양과의 관계, 경관적·형태적 특성 등은 척박한 간척지와 연안 환경의 다양한 개선방안을 모색할 수 있는 가능성을 열어주고 있으며, 본 연구는 이러한 가능성을 실제의 사례지 조사를 통해 검증하고 그 현실성을 높이고자 하였다. 본 연구의 성과라고 한다면 시공현장이나 계획·설계과정에서 바로 적용할 수 있는 방안을 도출해본 것에 있으며, 따라서 간척지나 연안 부지를 다루는 시공자나 계획·설계자들에게 식재 기반이 조성되지 않아 유보지로만 다루는 소극적인 방법보다는 염생식물을 조경요소로서의 좋은 자원으로 활용하였으면 한다.

인용문헌

1. 강병화, 심상인(1997) 한국자원식물명총람. 서울: 고려대학교 민족문화연구소.
2. 고정식, 김윤식(1988) 원색한국식물도감. 서울: 아카데미서적.
3. 고미연(1986) 인천 소래 부근 해홍나물 종집단에 대한 pattern 및 ordination 분석 기법 적용. 서강대학교 생물학과 석사학위논문.
4. 권순국 외(1989) 서산 간척지 영농을 중심으로 한 농학분야 기술개발에 관한 연구 (간척지토양의 제염을 위한 효과적인 물관리법). 서울대 농업개발연구소. pp. 51-81.
5. 김준호, 민병미(1983) 인천간척지의 토지환경, 종의 다양성 및 염류순환에 대하여. 한국식물학회지 26(2): 53-71.
6. 민병미(1985) 한국 서해안 간척지의 토양과 식생변화. 서울대 박사학위논문.
7. 서울대 농업개발연구소(1992) 신간척지 토양개량과 작부체계에 관한 연구. 농어촌연구원 보고서.
8. 서울대 농업개발연구소(1998) 인천국제공항 식재지반조성 학술연구용역 최종보고서. 신공항건설공단.
9. 오왕근(1990) 개흙의 제염과 세척수량. 韓土肥誌 23(2).
10. _____(1990) 석회와 海成干拓地 토양의 제염. 韓土肥誌 23(2).
11. _____(1991) 개흙의 제염에 미치는 벗짚, 석회의 병용효과. 韓土肥誌 24(1): 35-40.
12. 이점숙(1990) 만경강과 동진강 하구 염습지의 조위구배에 따른 염생식물의 정착에 관한 연구. 서울대학교원 식물학과

박사학위논문.

13. 이창복 외 (1995) 식물분류학. 서울: 향문사.
14. 홍순우, 하영철, 최영길 (1970) 고염도 토양에 있어서 몇가지 염생식물의 생태에 관하여. 한국식물학회지 13(1): 25-32.
15. Deevey, E.S.Tr (1970) Mineral cycles. Sci, Amer 223: 148-160.
16. Ivan Valiela, Carol S. Rietsma(1995) Disturbance of salt marsh vegetation by wrack mats in Great Sippewissett Marsh. Springer-Verlag, New York.
17. Murphy S. M. (1989) Salt Marsh Vegetation Patterns at Bolsa Chica. University of California, Los Angeles.
18. Poljakff-Mayber and Gale (1975) Plants in Saline environments. Springer-Verlag, New York. p. 213.