

안산 간척 습지의 식생 생태적 특성 및 관리에 관한 연구¹

김기대^{2*}

A Study on the Vegetation Ecological Characteristics and Management of Ansan Reclaimed Wetlands¹

Kee Dae Kim^{2*}

요 약

대표적인 간척 습지인 경기도 안산 농어촌연구원 배후 습지에서 식물상과 현존식생 현황을 조사하였다. 방형구 내에서 출현종의 피도와 빈도를 측정하여 중요도를 계산하고 총질소, 전기전도도, 유효인, 질산태 질소, 도로에서의 거리를 환경인자로 하여 서열분석(Detrended Canonical Correspondence Analysis)을 수행하였다. 육상 천이로의 진행 상황을 알아보기 위해서 습지내로 침입한 목본의 기저 면적을 산출하였다. 조사 결과, 46과 158종의 식물이 기록되었고, 현존 식생으로 갈대가 우점하였다. 서열분석 결과, 종의 분포는 토양내 총질소와 질산태 질소 함량에 의해서 유의하게 설명되었다. 기저면적이 22.3m²와 1.6m²인 아까시나무와 리기다소나무가 습지내부로 침입하여 일부 지역이 육상화되는 교란이 있음을 보여 주었다. 수위 조절과 이동 도로에 의한 구획화가 습지를 훼손하는 원인이 되고 있으므로 이에 대한 조절이 필요함이 제안되었다.

주요어 : 개간 습지, 식생조사, 환경특성, 관리방법

ABSTRACT

Floral study and present vegetation survey were conducted at a representative reclaimed wetland located behind the Rural Research Institute at Ansan, Gyeonggi-do. The importance values were calculated from the ground cover and frequency of recorded species within quadrats and detrended canonical correspondence analysis was conducted using environment variables, such as total nitrogen, electric conductivity, available phosphate, nitrate nitrogen and the distance from the inner roads. And basal areas for the trees encroaching on the reclaimed wetland were estimated to take a look at the on-going situation about the succession routes on land. As a result, 46 families and 158 species of plants were recorded and *Pragmites communis* was found to be a dominant species as the present vegetation. The ordination analysis results showed that species distribution was purposely explained by total nitrogen in soil and its content in nitrate nitrogen. The invasion of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus rigida* whose basal areas were 22.3m² and 1.6m² respectively, into

1 접수 3월 28일 Received on Mar. 28, 2007

2 한국교원대학교 환경교육과 Department of Environmental Education, Korea National University of Education, Gangnaebyeon Cheongwongun Chungbuk(363-791), Korea

* 교신저자, Corresponding author(kdkim@knie.ac.kr)

the interior areas of the reclaimed wetland was found to cause a disturbance making some parts of the wetland into land. The zoning program using water level control and migratory roads is becoming a contributing factor in destroying a wetland, so it's suggested that some adjustments should be needed to take care of it.

KEY WORDS : RECLAIMED WETLANDS, VEGETATION SURVEY, ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS, MANAGEMENT PLANS

서론

우리나라에서 해안의 자연습지인 갯벌과 염습지는 고려시대부터 벼 경작을 위해 간척이 되어서 농경지 등으로 바뀌어 왔다(최강원 등, 1998). 일제시대에는 전 북 옥구간척지 등 178개 지구에서 총 41,000ha 면적의 해안습지가 간척되었고, 그 이후에도 96년까지 전북 제화도, 경기 남양만 등 1,617지구에서 간척되었다. 이중 많은 지역이 간척으로 조성된 인공습지이다.

우리나라에서 해안의 자연습지가 일단 간척이 되면, 일반적으로 농지나 산업용지 등의 육지부와 함께 담수호·저류지·용배수로 등이 조성된다. 이때 상당한 면적에 인공습지인 간척습지(reclaimed wetland)가 형성되는데, 이러한 간척습지는 개발 직후에는 염수습지 상태에 있다가 수년의 시간이 지남에 따라 물과 토양의 염도가 감소되면서 담수습지로 바뀌게 된다. 따라서 간척습지의 장기적 연구는 염수습지와 하천 및 호소 등의 담수습지 연구와도 관련된다(황중서 등, 2000).

우리나라의 습지 연구는 주로 내륙과 해안의 자연습지 및 간척습지에서 생물상, 식물개체군의 동태, 토양과 식생의 변화 등에 관해서 많이 이루어졌다. 그리고 해안의 자연습지와 간척습지에서 동식물군집의 통합적인 연구와 생태계생태학적인 연구로서는 경기 화성군 남양면 신외리와 낙동강 하구에서 식생과 저서동물(Kikuchi *et al.*, 1989), 낙동강 하구생태계의 구조와 기능(김준호 등, 1982a), 인천시 안동포를 비롯한 해안 염습지 생태계의 에너지 유전(김준호 등 1982b, 김준호와 유병태, 1985), 금강 하구 간척지 생태계의 탄소, 질소, 인의 동태(김준호와 문형태, 1984) 및 저서동물군집의 에너지 유전(김준호 등, 1985) 등의 연구가 이루어졌다.

그리고 본 조사지에서는 황길순 등(1997; 1998)에 의해 갈대 지상부 수확에 의한 영양염류 제거 효과와 연구되었고, 정병순(1999)에 의해 붉은머리오목눈이의 번식생태가 연구되었다.

습지에서의 물은 수생식물 및 수변식물의 분포를 결정하는 중요한 요소일 뿐만 아니라 수중의 물질을 다양

한 생물에게 운반하는 기능을 수행하는 매개체이다. 그리고 물은 토양과 접하고 있기 때문에 토양의 영향을 가장 직접적으로 받는다. 한편 대기 중의 기체상 물질은 토양에 도달하기 이전에 용해되고 입자들을 흡착하여 다양한 물질을 포함한다. 따라서 해당 지역의 대기 성분에 의해 1차적으로 물질 구성이 결정되고, 구성된 물질은 이후에 토양 및 생물을 통한 순환과정을 거치면서 물리화학적 환경의 영향을 받게 된다.

습지 토양은 대부분의 육지 토양이나 물밑 토양 및 침전물과는 다르다. 종종 간헐적으로 잠겼다가 배수가 되어 호기성 미생물과 혐기성 미생물 군집이 다 같이 존재하고 있어 호흡 중에 O_2 , NO_3^- , $Fe(III)$, SO_4^{2-} , CO_2 와 같은 다양한 전자 수용체를 이용하기 때문이다. 습지는 또한 광물토양에서부터 유기토양까지, 부영양에서 빈영양까지, 염수에서 담수까지 그 범위가 넓다. 그러므로, 습지의 특성을 분석하고 그 관리대책을 연구하기 위해서는 다양한 특성 범위를 가진 토양에 대해서 여러 가지 측면에서 분석하고 접근해 볼 필요가 있다.

본 조사지의 습지는 갯벌지역에 산토(forest soil)를 복토하여 형성된 지질적 특성을 갖고 있으므로 산토와 갯벌층 사이의 투수특성 차이로 발생하는 지하수층의 형성과 이동은 습지 내에서 물의 이동과 물질분포에 직접적인 영향을 줄 것이라는 판단에 따라 수질환경 분석을 시도하였다. 또한, 연구 대상인 안산 습지는 간척지에 인근 야산의 산적토를 복토하여 형성된 곳으로 복토에 이용된 토양의 특성, 원간척지 토양의 특성이 혼재하여 나타나고 있다. 이러한 조사지역의 상습지(Zone 1)와 일시습지(Zone 2), 건조지(Zone 3, 4), 그리고 담수호의 특성이 각각 다르게 변화하였는데, 이러한 환경조건에 따른 제염의 진행상황도 각각 다르게 진행되었다. 이에 따른 환경요인의 변화와 식생 변화 사이의 영향과 상관관계를 알아보고자 하였다.

본 연구의 목적은 인공적인 간척습지의 물리화학적 환경과 식물상 및 생태학적인 특성을 조사하여 간척습지의 생태적인 변화를 종합적으로 밝히고, 나아가 간척습지를 효과적으로 관리하기 위한 대책을 세우기 위함이다.

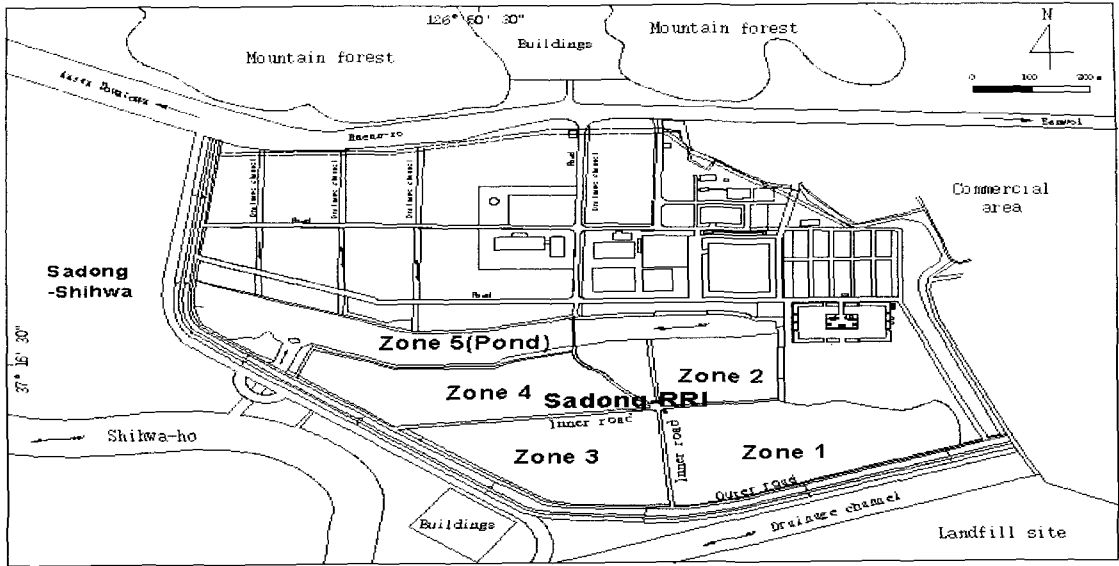


Figure 1. A map showing the study zones of Ansan reclaimed wetland in Rural Research Institute

재료 및 방법

1. 연구대상지

본 연구의 조사지인 간척습지는 경기도 안산시 사동 한국농촌공사 농어촌연구원 부지 내에 위치한다 (Figure 1). 조사지인 간척습지는 1979년 방조제를 체결하고 제염과 지반침하가 진행된 후 1986년에 산토 (forest soil)로 약 1m 매립되고 지균된 후 방치된 간척 후 22년이 경과한 간척습지이고, 표고는 1.5~4.0m로 비교적 경사가 완만하며 면적은 약 25ha에 달한다.

이 간척습지는 내부에 만들어진 폭 약 4m의 길을 따라 Zone 1, Zone 2, Zone 3, Zone 4, Zone 5의 총 5개 구역으로 나뉜다. Zone 1은 복토된 지역으로 연중 내내 물에 잠기는 지역이고 평균수심은 약 26cm이다. Zone 2, 3, 4도 복토된 지역이지만 비가 올 때 일시적으로 물에 잠기는 지역이다. Zone 5는 복토되지 않은 상태이고 연중 내내 물에 잠기어 있으며 평균 수심이 약 58cm로서 Zone 1보다 깊다. 그리고, 길이는 약 1 km이고, 폭은 최대 약 30m이다. 그리고 이 구역은 간척 전 조류의 영향을 받던 기수역 상류로 이곳이 간척으로 인해 담수화된 수로형 저류지 형태로 변화된 곳이다. 5개 구역이 모두 연중 일시적으로나 항시적으로 물에 잠기고, 갈대(*Phragmites communis*) 등의 수생 식물이 출현한다.

농어촌연구원에서는 해마다 점점 좁아지는 연못의

개방수면을 늘리기 위해 1998년과 1999년 가을에 남북 양쪽으로 폭 약 2m씩 갈대근락을 제거했다. 그리고 1998년에 조사지를 공원화하기 위해 산책로를 조성하고, 조사지 한가운데와 연못 서쪽(Zone 5)에 정자와 다리 설치하였다. 1999년에는 Zone 2 동쪽편에 조류 관망대를 설치하였다.

간척습지의 북쪽에는 연구원 건물, 초지, 도로, 삼림 등이 위치하는데, 삼림은 리기다소나무(*Pinus rigida*), 아까시나무(*Robinia pseudoacasia*), 졸참나무(*Quercus serrata*) 등의 인위적인 교란이 비교적 많은 숲으로 이루어져 있다. 동쪽은 상업지역으로 되어 있고, 남쪽은 쓰레기매립장이 위치하며, 서쪽은 시화지구 간척지와 접해 있다. 조사지의 동서남북 모두 울타리가 설치되어 있다. 따라서 연구 대상인 간척습지 생태계는 대형야생동물이 드나들 수 없도록 주변의 삼림 생태계, 하천생태계 및 습지 서쪽 시화의 습지생태계와 단절되어 있다.

간척습지의 연못(Zone 5) 북쪽에는 주배수구가 있어서 빗물 및 하수가 연못으로 유입된다. Zone 1의 물은 수위가 올라가면 한쪽 내부도로를 범람하여 Zone 3으로 흐른다. Zone 3, Zone 4, Zone 5의 물은 연못 남서쪽의 배수갑문을 통하여 반월천 하류인 시화호 상류부로 유출된다. 그러나 이 유출수가 배수갑문을 지나기 전에는 높이 약 1.5m의 낙차공이 설치되어 있어서 연구장소인 간척습지는 시화호에서 어류가 소상할 수 없도록 단절되어 있다.

연구장소는 간척(1979년) 직후부터 시화방조제가 체절(1994년 1월)되기 전까지는 식생의 정착과 발달이 느렸으나, 시화방조제가 체절된 다음 시화호가 담수화 되고 그 수위가 낮아지면서 급속하게 식생이 발달하였다. 현재는 갈대(*P. communis*), 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*) 등 벼과식물과 애기부들(*Typha angustifolia*)이 우점하고 있고, Zone 1과 Zone 5의 개방수면은 흔적으로만 남아있다.

2. 식생조사 방법

1) 식물상 조사

조사구역은 Zone1(Z1), Zone2(Z2), Zone3(Z3), Zone4(Z4), Zone5(Z5)의 5개 지역과, 이들을 가로지르거나 둘러싸는 도로로서 간척습지의 중앙을 중심으로 북쪽내부도로(Inner road-North: IR-N), 동쪽내부도로(Inner road-East: IR-E), 서쪽내부도로(Inner road-West: IR-W), 남쪽내부도로(Inner road-South: IR-S), 외곽도로(Outer road: OR)의 5개 지역으로 나누었다. 2000년 3월부터 10월까지 Z1, Z2, Z3, Z4에서 가장자리와 대각선 방향을 여러 방향으로 가로지르는 방법으로 조사하여 30분이상 더 이상 신종이 나타나지 않을 때까지 수행하였다(Hovestadt *et al.*, 1999). 종 식별의 정확성을 위해서 조사 때 개화한 식물을 우선대상으로 하여서, 현장에서 바로 식별하거나, 식별이 어려운 종은 채집하여 실내에서 농촌진흥청(1993), 박수현(1995; 1996), 이영노(1998), 이창복(1985), 이창복 등(1986) 및 Takemasa(1989)의 문헌을 참조하여 식별하였다.

2) 현존식생도

Surfer 프로그램(ver. 7)을 이용하여 1:25,000 지형도로부터 약 1:4,000로 확대된 지도를 재구성하였다. 각 조사구역에서 식생을 상관(physiognomy)에 의해 구분하거나, 주요 식생의 폭과 길이를 측정하여 그 경계를 재구성하여 지도상에 나타내었다. 야외에서 만들어진 식생도는 Surfer 프로그램을 이용하여 정리하였다. 현존하는 각 식생의 면적은 구적계(Ushikata x-plan 360k, Japan)를 이용하여 산출하였다.

3) 식물 군집의 구조 및 요인 분석

(1) 군집 조사

각 내부도로의 교차점에서 북쪽 내부도로 방향으로 50m떨어진 지점을 기점(start point)으로 하여 Zone 2에 "ㄱ"자 형태의 line transect를 설치하였다. 그리고 이 안에 10m 간격으로 1m × 1m 크기의 방형구를

설치하고 이 방형구를 50cm × 50cm 크기의 4개 사분면으로 나눈 후 Braun-Blanquet방법(Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)을 사용하여 방형구 내에 출현한 식물종의 피도와 군도를 조사하였다. Zone 3과 4는 교차점으로부터 서쪽 90m지점을 기점으로 조사하였다. 토양환경요인에 의한 군집분석을 위해 식물군집 조사 방형구 옆에서 토양시료를 채취하여 분석하였다.

(2) 군집 분석

서열법(Ordination)은 식물 개체와 식물 군락을 환경요인에 따라 공간에 배열하여 배치하고 해석하는 방법이다. 따라서 식물과 환경간의 관계를 2차원적으로 해석할 수 있다.

방형구 조사를 바탕으로 출현종의 상대피도(relative coverage)와 상대빈도(relative frequency)를 계산하여 이로부터 중요도(importance value)를 계산하였다(여천생태연구회, 1997). 방형구별 출현종의 중요도를 정리하여 식생 자료 행렬(vegetational data matrix)를 작성하고, 환경요인을 정리하여 환경 자료 행렬(environmental data matrix)를 작성하였다. 환경요인의 변화가 식생구조에 미치는 영향을 알아보기 위하여 CANOCO(ver. 4.02)를 사용하여 DCCA (Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 수행하였다(ter Braak Cajo J. F. and P. Smilauer, 1998).

3. 토양 및 수질 환경

1) 토양 환경

토양은 식물을 조사한 방형구 바로 오른쪽에 같은 크기의 방형구를 치고 무작위적으로 선정한 위치 5곳에서 토양을 채취하여 하나로 합쳤다. 토양은 대략 0~10cm의 깊이에서 채취하였다. 채취한 토양은 4℃로 유지되는 저온실에 보관한 후, 질산태 질소를 측정하고 일부 토양은 음건한 후, pH, 전기전도도, 총질소, 가용성 인을 측정하였다.

(1) pH와 전기전도도

토양 pH와 전기전도도는 음건 토양과 증류수를 1:5 (질량:부피)의 비율로 섞어, 30분간 진탕한 후 여과지로 여과하여 pH 측정기(Orion model 230A)와 전기전도도계(YSI model 33)를 이용하여 측정하였다.

(2) 가용성 인

가용성 인(available P)은 음건 토양 2.85g에 추출액(0.01N NH₄F + 0.025N HCl) 20ml을 넣고 1분 동안 진탕하여 여과지로 여과한 후, ascorbic acid법에

따라 발색시켜 spectrophotometer(Gynesis 5, Milton Roy)로 880nm에서 비색 정량하였다.

(3) 질산태 질소

채취한 습윤토양 10g을 증류수 100ml가 든 200ml 통에 넣고 진탕기(D.Y.S. Co. Model D7- SK0455)에서 30분간 진탕한 다음 24시간 정치하여 이온을 용출시켰다. 이를 여과지(Whatman No. 44)로 여과시킨 다음, 질산태 질소 시료를 10배 희석한 다음 cadmium reduction법으로 발색시켜 spectrophotometer로 543 nm에서 정량하였다(APHA, 1989).

(4) 총질소

채는 0.15mm체로 친 토양 0.5g을 250ml 켈달플라스크에 넣고 3g의 분해촉진제($K_2SO_4 : CuSO_4 = 20 : 1$) 및 5ml의 진한 H_2SO_4 를 넣은 후 2시간 동안 가열하여 분해시켰다. 분해액을 50ml의 volumetric flask로 정용한 다음 10ml를 채취하여 40% NaOH 20ml와 혼합하였고, 이를 마이크로켈달장치로 증류하여 1/14N H_2SO_4 표준용액으로 적정하여 정량하였다(Jackson, 1967).

2) 수질 환경

물이 식생에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수질환경을 조사하였다. 수질환경은 Zone 5 지역의 선착장 두 번째 교각과 Zone 1 지역의 정자부근에서 각각 3장소를 선정한 다음, 수심 약 10cm에서 pH 측정기(Orion model 230A)와 전기전도도계(YSI Model 33)를 사용하여 pH, 수온, 전기전도도, 염도를 측정하였다.

4. 목본 침입도 조사

본 조사습지의 육상천이로의 진행 경과를 분석하고 예측하기 위해 목본식물의 침입 현황을 조사하였다. 목본식물의 침입량을 살펴보기 위하여 2000년 6, 7, 9월에 각각 Zone 2, 3, 4에서 목본식물 종의 흉고직경(가슴높이에서 측정한 줄기 직경, DBH)를 측정하여 줄기 기저면적(basal area)을 산출하였다. 이 값을 습지에서 차지하는 피도로 간주하였다.

그리고 출현 수종으로부터 도로까지의 최단거리를 측정하여서, 거리에 따른 출현 수종의 기저면적 분포를 살펴보았다.

결과 및 고찰

1. 안산 간척 습지의 식물상

1) 식물상

조사지인 농업기반공사 농어촌연구원 배후 습지 전체의 식생을 조사한 결과, 상시침수지(Zone 1)에서는 5종류, 초지(Zone 2)에는 21종류, 초지(Zone 3)에는 47종류, 초지(Zone 4)에는 73종류, 저류지(Zone 5)에는 33종류, 북쪽 내부도로(IR-N)에는 22종류, 동쪽 내부도로(IR-E)에는 16종류, 서쪽 내부도로(IR-W)에는 18종류, 남쪽 내부도로(IR-S)에는 22종류, 외부도로(OR)에는 35종류의 관속식물이 각각 출현하였고, 전체 출현한 종류 수는 46과 158종이다. 각 조사시기별로 5월에는 36종, 6월에는 35종, 7월에는 18종, 8월에는 43종, 9월에는 14종, 10월에는 6종이 각각 출현하였다. 귀화식물은 총 8과 23종이 출현하였다(Table 1).

Zone 1에서는 갈대, 애기부들 등의 대형수생식물이 우점하면서 마름, 네가래, 물수세미 등의 침수식물이 발견되었다. Zone 2에서는 산조풀, 말채나무, 족제비싸리, 돌콩, 주름조개풀 등이 출현하였다. Zone 3에서는 갈대, 애기부들, 수크령, 기장대풀, 새, 독새풀, 개밀, 타래난초, 까치수영, 솔나물 등이 출현하였으며, 목본식물로는 은사시나무, 왕버들, 버드나무, 갯버들, 용버들, 물오리나무, 줄참나무, 뱀나무, 짚레꽃 등이 출현하였다. 귀화식물로는 돼지풀, 족제비싸리 등이 침입하였다. Zone 4에서는 70종류로 가장 많은 종류가 출현하였으며, 미역취, 개밀, 참새피, 새, 물억새, 실새풀, 무릇, 용버들, 미꾸리남시, 좁쌀냉이, 오이풀, 보리수나무 등이 자생하였고, 싸리, 참싸리, 갈퀴나물, 비수리, 개싸리 등의 다양한 콩과식물이 존재하였으며, 겹달맞이꽃, 서양민들레, 망초, 개망초, 돼지풀, 가시상치, 미국쑥부쟁이, 미국가막사리, 다닥냉이, 붉은서나물, 미국자리공, 일본사시나무, 아까시나무, 족제비싸리 등 다양한 귀화식물도 침입하고 있었다. Zone 5에서는 갈대, 강아지풀, 세모고랭이, 큰고랭이, 취명아주, 돌콩 등이 출현한 가운데, 침수식물로는 마름, 귀화식물로는 털빚새귀리, 콩다닥냉이, 토끼풀, 소리쟁이, 개망초, 큰비짜루국화 등이 출현하였다.

IR-N은 Zone 2와 Zone 4가 접하는 지역으로, 쇠뜨기, 그렁, 수크령, 매듭풀, 철, 방아풀 등이 출현하였으며, 귀화식물로는 겹달맞이꽃, 개망초, 일본사시나무, 아까시나무 등이 출현하였다. IR-E는 Zone 1과 Zone 2가 접하는 지역으로, 리기다소나무, 개솔새, 산부추, 애기수영, 갯장구채, 고삼, 애기매꽃 등이 출현하였으며, 귀화식물로는 서양톱풀이 있었다. IR-W는 Zone 3과 Zone 4가 접하는 지역으로, 새, 봄여뀌, 비수리, 제비꽃이 Zone 3과 4에도 공통적으로 출현하였다. IR-S는 Zone 1과 Zone 3가 접하는 지역으로, 푹

Table 1. Flora in study sites

Scientific name	Korean name	Study site									
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR
Equisetaceae											
Equisetales											
Equisetaceae											
<i>Equisetum arvense</i> L.	쇠뜨기	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.
Filicinae											
Filicales											
Marsileaceae											
<i>Marsilea quadrifolia</i> L.	네가래	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Gymnospermae											
Ginkgoales											
Ginkgoaceae											
<i>Ginkgo biloba</i> L.	은행나무	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Coniferales											
Pinaceae											
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	잣나무	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	소나무	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Pinus rigida</i> Miller	리기다소나무	.	+	+	+	.	.	+	.	.	.
Angiospermae											
Pandanales											
Typhaceae											
<i>Typha orientalis</i> Presl	부들	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Typha angustifolia</i> Bory et Chaub	애기부들	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Helobiales											
Potamogetonaceae											
<i>Potamogeton cristatus</i> Regel et Maack	가는가래	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Graminales											
Gramineae											
<i>Alopecurus aequalis</i> var <i>amurensis</i> (Kom.) Ohwi	독새풀	.	.	+	+	.	.	.	.	+	.
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	산조플	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i> (Hack.) Ohwi	개밀	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Beckmannia syzigachne</i> (Steud.) Fernald	개피	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Bromus tectorum</i> L.	털밭새귀리	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Eriochloa villosa</i> (Thunb) Kunth	나도개피	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	강아지풀	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	바랭이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Roem. et Schult.	주름조개풀	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P. Beauv.	그렁	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
<i>Cyperus sanguinolentus</i> Vahl	방동사나대가리	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Phragmites communis</i> Trin.	갈대	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.
<i>Paspalum thunbergii</i> Kunth	참새피	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Max.) Benth	물억새	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	실새풀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng	수크렁	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.
<i>Isachne globosa</i> (Thunb.) O. Kuntze	기장대풀	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arundinella hirta</i> (Thunb.) Tanaka	새	.	.	+	+	.	.	+	+	.	+

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site									
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR
<i>Cyperus serotinus</i> Rottb.	너도방동사니	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eragrostis ferruginea</i> (Thunb.) P. Beauv.	그령	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	미국개기장	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	개기장	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i> Makino	솔새	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Eragrostis cilianensis</i> (All) Lutati	참새그령	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>geringii</i> (Steud.) Hand.-	개솔새	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Cyperaceae											
<i>Kobresia bellardii</i> (All.) Degl.	좀바늘사초	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scirpus triqueter</i> L.	세모고랭이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.	큰고랭이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Farinales											
Commelinaceae											
<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.
Liliales											
Juncaceae											
<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> Buchen	골풀	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
Liliaceae											
<i>Allium thunbergii</i> G. Don	산부추	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
<i>Asparagus schoberioides</i> Kunth	비짜루	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Lilium leichtlinii</i> var. <i>tigrinum</i> Nichols	중나리	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Scilla scilloides</i> (Lind.) Druce	무릇	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
Dioscoreaceae											
<i>Dioscorea batatas</i> Decne.	마	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Orchidales											
Orchidaceae											
<i>Spiranthes sinensis</i> (Pers.) Ames	타래난초	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.
Salicales											
Salicaceae											
<i>Populus sieboldii</i> Miq.	일본사시나무	.	.	.	+	.	+	.	.	.	+
<i>Populus tomentiglandulosa</i> T. Lee	은사시나무	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Populus alba</i> L.	은백양	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Salix glandulosa</i> Seemen	왕버들	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.
<i>Salix koreensis</i> Anderss.	버드나무	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salix gracilistyla</i> Miquel	갯버들	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Salix matsudana</i> for. <i>tortuosa</i> Rehder	용버들	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Fagales											
Betulaceae											
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> Bl.	개암나무	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Alnus hirsuta</i> (Spach) Rupr.	물오리나무	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Fagaceae											
<i>Quercus mongolica</i> Fisch.	신갈나무	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	줄참나무	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus x dentato-mongolica</i> Nakai	떡신갈나무	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Santalales											
Santalaceae											

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site										
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR	
<i>Thesium chinense</i> Turcz.	제비꽃	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Polygonales												
Polygonaceae												
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	돌소리쟁이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex acetocella</i> L.	애기수영	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.
<i>Persicaria perfoliata</i> Gross	며느리배꼽	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Persicaria sieboldii</i> Ohki	미꾸리낙시	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria viscosa</i> H. Gross	기생여뀌	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Persicaria vulgaris</i> Webb et Moq.	봄여뀌	.	.	+	+	.	.	.	.	+	.	+
<i>Persicaria hastato-sagittata</i> Nakai	긴미꾸리낙시	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria conspicua</i> Nakai	꽃여뀌	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria sieboldii</i> Ohki	미꾸리낙시	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Centrospermales												
Chenopodiaceae												
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	취명아주	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Phytolaccaceae												
<i>Phytolacca americana</i> L.	미국자리공	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Caryophyllaceae												
<i>Spergularia marina</i> Griseb.	갯개미자리	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.	.
<i>Melandryum oldhamianum</i> for <i>roseum</i> (Nak.) T. Lee.	갯장구채	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
Papaverales												
Cruciferae												
<i>Lepidium apetalum</i> Willd.	다닥냉이	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepidium yirginicum</i> L.	콩다닥냉이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Cardamine flexuosa</i> var. <i>fallax</i> O. E. Schulz	좁쌀냉이	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	냉이	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+	+
<i>Cardamine flexuosa</i> With.	황새냉이	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Draba nemorosa</i> var. <i>hebecarpa</i> Lindbl.	꽃다지	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Rosaies												
Saxifragaceae												
<i>Astilbe koreana</i> Nakai	숙은노루오줌	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Rosaceae												
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> Max.	양지꽃	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge	산딸기	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	오이풀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	찔레꽃	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Max.) Wilson	벚나무	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rubus parvifolius</i> L.	멍석딸기	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
Leguminosae												
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	아까시나무	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	+
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	죽제비싸리	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i> (Nak.) T. Lee	풀싸리	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> Miq.	참싸리	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site										
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR	
<i>Thesium chinense</i> Turcz.	제비꽃	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Polygonales												
Polygonaceae												
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	돌소리쟁이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex acetocella</i> L.	애기수영	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.
<i>Persicaria perfoliata</i> Gross	머느리배꼽	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.
<i>Persicaria sieboldii</i> Ohki	미꾸리낙시	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria viscosa</i> H. Gross	기생여귀	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Persicaria vulgaris</i> Webb et Moq.	봄여귀	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+	+
<i>Persicaria hastato-sagittata</i> Nakai	긴미꾸리낙시	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria conspicua</i> Nakai	꽃여귀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Persicaria sieboldii</i> Ohki	미꾸리낙시	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Centrospermales												
Chenopodiaceae												
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	취명아주	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Phytolaccaceae												
<i>Phytolacca americana</i> L.	미국자리공	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Caryophyllaceae												
<i>Spergularia marina</i> Griseb.	갯개미자리	.	+	.	+	+	.	.	+	.	.	.
<i>Melandryum oldhamianum</i> for <i>roseum</i> (Nak.) T. Lee.	갯장구채	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+
Papaverales												
Cruciferae												
<i>Lepidium apetalum</i> Willd.	다닥냉이	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepidium yirginicum</i> L.	콩다닥냉이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Cardamine flexuosa</i> var. <i>fallax</i> O. E. Schulz	좁쌀냉이	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	냉이	.	.	.	+	.	+	.	+	.	+	+
<i>Cardamine flexuosa</i> With.	황새냉이	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Draba nemorosa</i> var. <i>hebecarpa</i> Lindbl.	꽃다지	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Rosaies												
Saxifragaceae												
<i>Astilbe koreana</i> Nakai	숙은노루오줌	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Rosaceae												
<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> Max.	양지꽃	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.
<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge	산딸기	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	오이풀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	찔레꽃	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Max.) Wilson	벚나무	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rubus parvifolius</i> L.	명석딸기	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+
Leguminosae												
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	아까시나무	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	+
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	족제비싸리	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i> (Nak.) T. Lee	플싸리	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> Miq.	참싸리	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site									
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	싸리	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza cuneata</i> G. Don	비수리	.	.	+	+	+	+	.	+	.	+
<i>Trifolium repens</i> L.	토끼풀	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Sophora flavescens</i> Aiton	고삼	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Vicia amoena</i> Fisch.	갈퀴나물	.	.	+	+	.	.	.	.	+	.
<i>Glycine soja</i> S. et Z.	돌콩	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Aeschynomene indica</i> L.	자귀풀	.	.	.	+	+	+	.	.	.	+
<i>Phaseolus nipponensis</i> Ohwi	새팥	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.
<i>Lespedeza pilosa</i> (Thunb.) S. et Z.	괭이싸리	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Lespedeza tomentosa</i> S.	개싸리	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.	매듭풀	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
<i>Pueraria thunbergiana</i> Bentham	참	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Parietales											
Hypericaceae											
<i>Hypericum erectum</i> Thunb.	고추나물	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.
Violaceae											
<i>Viola mandshurica</i> W	제비꽃	.	.	+	+	.	.	.	+	.	+
Myrtales											
Elaeagnaceae											
<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	보리수나무	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Hydrocaryaceae											
<i>Trapa japonica</i> Flerov.	마름	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Onagraceae											
<i>Oenothera biennis</i> L.	겉달맞이꽃	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.
Halorrhagaceae											
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	물수세미	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Umbellales											
Araliaceae											
<i>Aralia elata</i> Seem.	두릅나무	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Umbelliferae											
<i>Sium suave</i> Walter var. <i>nipponicum</i> Hara	물개발나물	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Peucedanum terebinthaceum</i> Fisher	기름나물	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Cornaceae											
<i>Cornus walteri</i> Wanger.	말채나무	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.
Primulales											
Primulaceae											
<i>Lysimachia barystachys</i> Bunge	까치수영	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i> var. <i>davurica</i> (Led.) R. Knuth	좁쌀풀	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Ebenales											
Styracaceae											
<i>Styrax japonica</i> S. et Z.	매죽나무	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
Gentianales											
Oleaceae											
<i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.	취퐁나무	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Forsythia koreana</i> Nakai	개나리	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Asclepiadaceae											

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site											
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR		
<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Tubiflorales													
Convolvulaceae													
<i>Calystegia japonica</i> (Thunb.) Choisy	메꽃	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calystegia hederacea</i> Wallich	애기메꽃	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.
Borraginaceae													
<i>Trigonotis peduncularis</i>	꽃마리	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	+
Labiatae													
<i>Ajuga multiflora</i> Bunge	조개나물	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i> Nakai	꿀풀	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.
<i>Stachys nederi</i> var. <i>japonica</i> Miq.	석잠풀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Isodon japonicus</i> (Burmenn) Hara	방아풀	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Mosia dianthera</i> Max.	쥐깨풀	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Scrophulariaceae													
<i>Mazus japonicus</i> (Thunb.) Kuntze	주름잎	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Plataginales													
Plantaginaceae													
<i>Plantago major</i> var. <i>japonica</i> (Fr. et Sav.) Miyabe	왕질경이	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Rubiales													
Rubiaceae													
<i>Galium spurium</i> L.	갈퀴덩굴	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Galium verum</i> var. <i>asiaticum</i> Nakai	솔나물	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Caprifoliaceae													
<i>Weigela florida</i> (Bunge) A.	붉은병꽃나무	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Campanulales													
Compositae													
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	서양민들레	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.
<i>Hemistepta lyrata</i> Bunge	지칭개	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i> Kitamura	영경귀	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	개망초	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ixeris dentata</i> (Thunb.) Nakai	씀바귀	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Youngia denticulata</i> Kitamura	이고들빼기	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Artemisia argyi</i> Lev et Vnt.	황해쑥	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia feddei</i> Lev et Vnt.	뽕쑥	.	.	+	+	.	.	+	.	.	+	.	.
<i>Aster yomena</i> Makino	쑥부쟁이	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.
<i>Achillea millefolium</i> L.	서양톱풀	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.
<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> Hara	왕고들빼기	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Sonchus brachyotus</i> A.P.	사데풀	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia subulata</i> Nakai	가는잎쑥	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aster exilis</i> Ell.	큰비짜루국화	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	사철쑥	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara	쑥	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+
<i>Inula britannica</i> var. <i>chinensis</i> Regel	금불초	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Descourtils	돼지풀	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Engeron canadensis</i> L.	망초	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.

Table 1. (Continued)

Scientific name	Korean name	Study site									
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	IRN	IRE	IRW	IRS	OR
<i>Lactuca scariola</i> L.	가시상치	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Aster fastigiatus</i> Fischer	웅긋나물	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aster pilosus</i> Willd.	미국쑥부쟁이	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i> Nakai	미역취	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Bidens frondosa</i> L.	미국가막사리	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia japonica</i> Thunb.	제비쑥	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Erechtites hieracifolia</i> Raf.	붉은서나물	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	코스모스	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Chrysanthemum boreale</i> Makino	산국	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Kind number		5	21	47	73	33	22	16	18	22	35

1) Z1: Zone1, Z2: Zone2, Z3: Zone3, Z4: Zone4, Z5: Zone5, IRN: Inner road-North, IRE: Inner road-East, IRW: Inner road-West, IRS: Inner road-South, OR: Outer road

새풀, 타래난초, 애기수영, 냉이, 양지꽃, 고추나물, 애기메꽃, 썸바귀 등이 출현하였다.

OR에는 아까시나무, 은행나무, 잣나무, 일본사시나무, 쥐뚫나무, 개나리 등이 식재되어 있었고, 참새피, 새, 그렁, 미국개기장, 중나리, 무릇, 마, 개암나무, 돌소리쟁이, 콩다닥냉이, 뱃나무, 멧석딸기, 이고들빼기, 왕고들빼기, 쑥 등이 출현하였다.

식생조사 결과를 종합해 보면, 10개 조사지소 중 Zone 4에 출현한 종 수가 가장 많았고, Zone 3, OR, Zone 5, IR-N, IR-S, Zone 2, IR-W, IR-E, Zone 1의 순으로 적었다. 전체 10개 지소 중 4개 지소 이상에서 공통적으로 출현한 종으로는 아까시나무, 리기다소나무, 왕버들, 비수리, 새, 냉이, 쇠뜨기, 강아지풀, 갯개미자리, 봄여뀌, 자귀풀, 제비꽃, 뽕쑥, 왕고들빼기 등이었으며, 도로를 제외한 내부 지역 5개 지소 중 3개 지소 이상에서 공통적으로 출현한 종으로는 갈대, 아까시나무, 리기다소나무, 은백양, 왕버들, 갯버들, 족제비싸리, 참싸리, 짚레꽃, 쇠뜨기, 갯개미자리, 비수리, 돌콩, 물개발나물, 왕고들빼기, 사테풀 등이었다. 따라서, 목본으로는 아까시나무, 초본으로는 왕고들빼기가 대표적으로 침입한 귀화식물 혹은 침입식물임을 알 수 있으며, 염생식물인 갯개미자리가 상당히 높은 빈도로 출현하는 것은 원지반의 갯벌층에서 상승한 염류의 영향으로 생각된다.

2. 식생현황과 현존식생도

1) 식생현황

Zone 2의 방형구에 의한 조사 결과 40개의 방형구에서 산조풀, 갈대, 물억새가 25%이상의 피도를 차지하였

다. 이들 종이 우점하는 가운데 돼지풀, 새콩, 매듭풀, 쑥, 제비쑥, 비수리 등이 산재하여 분포하고 있었다.

Zone 4에서는 각 방형구의 사분면(50×50cm)내에서 산조풀, 갈대, 물억새가 50%이상의 피도로 서식하고 있었다. Zone 3에서는 물억새, 돼지풀, 비수리, 갈대가 50%이상의 피도로 자라고 있었다. 각 방형구에서 평균 키를 측정 한 결과는 Figure 3과 같다. Figure 3에서 알 수 있듯이 식생의 평균 키는 어떤 증가의 경향을 보이지는 않으나 각 방형구 조사지점에서 어떤 종이 우점하고 있는가에 의한 차이를 보이는 것으로 생각된다. 즉, Zone 2에서는 내부로 들어갈수록 갈대가 우점하므로 갈대의 평균 키가 1~3m정도이므로, 이에 따라 키가 증가하였음을 추측할 수 있다. Zone 3과 Zone 4 지역에서는 내부로 가면서 돼지풀과 비수리 군락이 나타나면서 키가 줄어든 것으로 생각된다. 내부에 이차림 교란된 식생 군락이 나타나는 것은 주목할 만하다. 결국, 토양의 수분의 차이에 의하여 토양 이질성이 나

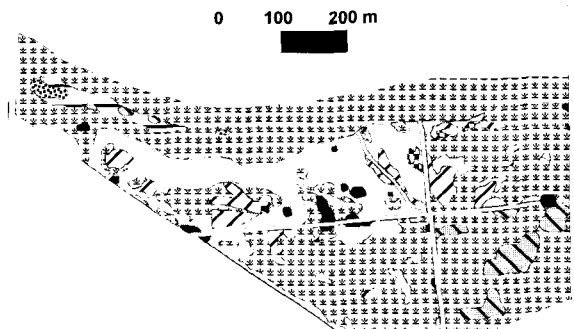


Figure 2. Vegetation map of Ansan reclaimed wetland

Table 2. The species in the group dispersed by detrended canonical correspondence analysis

group name	Species
1 group	<i>Artemisia japonica</i> , <i>Sagittaria aginashi</i> , <i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i> <i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Glycine soja</i> , <i>Oplismenus undulatifolius</i> , <i>Scirpus tabernaemontani</i> ,
2 group	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> , <i>Kummerowia striata</i> , <i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> , <i>Erigeron annuus</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Persicaria perfoliata</i> , <i>Lespedeza cuneata</i> , <i>Spiranthes sinensis</i> , <i>Mazus japonicus</i>
3 group	<i>Calystegia hederacea</i>
4 group	<i>Festuca ovina</i> , <i>Galium spurium</i>

타나면서 군데군데 육상 초본 군락이 출현하는 경향을 보여준다고 할 수 있다.

2) 현존식생도

전체 식생도를 분석하여 보면 Zone 1, Zone 2, Zone 3 지역에서 갈대가 우점하여 전체 식생의 2/3를 차지하였다(Figure 2). 또한 현존 식생의 특징으로는 각 구역의 가장자리에 분포하는 물억새를 들 수 있다.(Figure 2). 각 구역별 식생을 살펴보면, Zone 2는 갈대가 가장 많은 면적을 차지하여 우점하였으며 그밖에 산조풀과 물억새가 분포하였다. Zone 4는 가운데 지역을 제외한 많은 부분을 물억새가 우점하였으며, 본 연구 지역중 물억새의 우점도가 가장 높았다. 그밖에 갈대, 산조풀 및 아카시나무가 분포하였다. Zone 3에서는 가장자리의 물억새를 제외한 대부분의 구역에서는 갈대가 우점하였다. Zone 1은 면적상 갈대가 우점하였으나 다른 지역에 비하여 애기부들이 많이 분포하여 애기부들의 서식 특성에 관한 연구가 요구된다. Zone 5의 경우는 전형적인 습지 구역으로 다른 Zone에서는 나타나지 않는 마름과 수련이 분포하였으며 습지의 가장자리에는 산조풀이 우점하였다.

4.75에서 5.49로 증가된 반면, 총질소 함량은 440.95 mg/kg에서 139.69 mg/kg으로 감소하였다. 그러나 이 측정값은 다른 조사지역에 비해서는 다소 높은 편이다. 가용성 인은 전년도 측정 값 7.88mg/kg에서 1.77mg/kg으로 감소했다.

Zone 4와 마찬가지로 건조지역인 Zone 3는 pH와 전기전도도, 가용성 인의 값이 가장 낮았으며(Table 3), 전년도 이 지역 조사 결과에 비추어 볼 때 pH는 5.4에서 5.04로, 가용성 인 함량은 12.83 mg/kg에서 1.71 mg/kg으로, 총질소는 278.8mg/kg에서 101.61mg/kg으로 감소되었다. 건조지인 Zone 4에서는 질산태 질소의 함량이 다른 지역에 비해 높은 것으로 나타났다(Table 1). 따라서 2000년도 조사 결과와 전년도 토양 화학적 특성 분석 결과를 비교해 볼 때, Zone 2를 제외한 나머지 지역에서는 모두 pH가 감소하였으며, 총질소 함량과 가용성 인 함량 또한 크게 감소되었음을 알 수 있다.

96년과 97년, 서해안 시화 매립지의 시흥공단 내 여러 가지 토지 이용 중 수목 식재지로 분류되는 지역을 대상으로, 일반 산림토양으로 매립 완료한 후 일정시간

3. 식생과 환경요인과의 관계

1) 토양 환경

각 조사 지점별로 조사한 토양의 이화학적 성질을 Table 3에 나타내었다. 상시습지인 Zone 1은 전기전도도와 가용성 인 함량이 다른 지역에 비하여 다소 높게 나타났으며, 99년도에 이 지역에서 0~10cm깊이의 토양을 분석한 결과와 비교해 볼 때 pH는 6.1에서 5.34로, 가용성 인 함량은 6.7 mg/kg에서 2.33 mg/kg으로 감소되었음을 알 수 있다. 총질소 함량은 전년도에 비해 344.5 mg/kg에서 79.68 mg/kg으로 크게 감소되었다.

일시습지인 Zone 2는 전년도와 비교하여 pH가

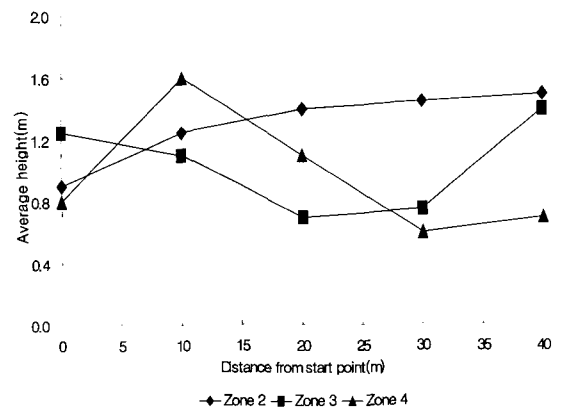


Figure 3. Height distribution of vegetation within quadrats

Table 3. Results of soil chemical properties analysis

Site	pH	EC ($\mu\text{mhos/m}$)	AP (mg/kg)	T-N (mg/kg)	NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)
Zone 1	5.34	31.11	2.33	79.68	2.15
Zone 2	5.49	18.78	1.77	136.69	1.34
Zone 3	5.04	11.11	1.71	101.61	2.04
Zone 4	5.18	27.56	2.21	107.45	3.14

이 경과한 다음 변화하는 토양 특성에 대해 조사한 구분학 등(1999)의 실험 결과에서, 임해 매립지인 이 지역의 pH는 6.29~7.80, 전기전도도는 1.09~3.67dS/m, 가용성 인은 26.3~77.0mg/kg으로 나타났다. 이 연구에서는 pH가 매립재로 사용되고 있는 일반 산림 토양의 pH인 5.80보다 높았던 것에 반해, 본 조사지역의 pH는 일반 산림 토양의 pH보다 다소 낮게 나타났으며, 전기전도도 또한 낮게 나타난 것으로 보아, 탈염이 상당히 진행되어 토양의 염도가 식생의 생육을 제한하는 인자로 작용하지 않는 것으로 생각되는데, 이는 방조제 건설 후 본 조사지에 급격하게 많은 식생이 형성되고 발달하고 있는 것으로 확인가능하다. 조사지역의 가용성 인 함량 또한 위에 제시한 임해 매립지보다 낮은 값으로 나타났는데, 이는 조사지역이 1979년 방조제를 체절하고, 제염과 지반침하를 기다리다 1986년에 산토로 1m가량 매립하여 지균한 후 방치한 인공습지이므로, 간척 초기에는 인의 함량이 많다가 시간이 지남에 따라 점점 감소한 것으로 생각된다(민병미, 1985).

2) 수질 환경

2000년 조사지역의 수질환경 특성을 연못지역(Zone 5)과 정자부근 지역(Zone 1) 두 장소에서 측정 분석하였다(Table 4). pH는 Zone 5에서 6월에 7.64로 가장 높았다가 다소 감소하였고, Zone 1에서는 5월에 8.09로 가장 높았다가 그 후 감소하였다. pH의 월별 변화 폭은 1999년에 비해 더 크게 나타났다(Table 4).

전기전도도(EC)는 두 구역 모두 5, 6월에 높고 8, 9, 10월에 낮았다. 봄철에 높았던 것은 이 시기가 비가 적게 오는 건조기이었기 때문으로 판단된다. 그리고 Zone 5가 Zone 1보다 더 높았다. 이것은 Zone 5가 간척시 복토를 하지 않아서 염도가 더 높기 때문으로 판단된다.

수온은 계절변화에 따라 여름으로 갈수록 높고 가을로 갈수록 낮았다(Table 4). 그리고 Zone 5가 Zone 1보다 항상 높았다. 이것은 Zone 5는 별다른 간섭 없이 햇빛을 그대로 받는 수역이 넓고, Zone 1은 그런 수역이 거의 없기 때문으로 판단된다.

Table 4. Monthly results of water variable analysis in 1999 and 2000 year

Area	Variables	Apr., 1999	May, 1999	Jun., 1999	Jul., 1999	Aug., 1999	Sept., 1999	Oct., 1999
		Apr., 2000	May, 2000	Jun., 2000	Jul., 2000	Aug., 2000	Sept., 2000	Oct., 2000
Zone 5	pH	7.8	-	7.8	7.3	7.1	7.3	-
		-	5.49	7.64	-	7.00	7.51	7.51
	EC(*100 $\mu\text{mhos/m}$)	1,808	-	14.82	10.15	8.62	8.02	-
		-	21.93	26.66	-	9.12	8.20	8.65
	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	18.0	-	23.0	23.0	27.0	20.0	-
	-	22.00	22.87	-	24.5	18.87	12.88	
		-	-	-	-	-	-	-
	Salinity(‰)	-	1.30	1.87	-	1.30	5.45	4.62
Zone 1	pH	7.3	-	7.1	7.0	7.0	7.0	-
		-	8.09	7.78	-	6.80	7.19	6.89
	EC(*100 $\mu\text{mhos/m}$)	6.94	-	6.93	8.47	4.90	3.28	-
		-	2.47	2.78	-	1.84	14.10	1.22
	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	18.0	-	23.0	24.0	27.0	21.0	-
	-	15.87	21.35	-	23.70	17.07	11.13	
		-	-	-	-	-	-	-
	Salinity(‰)	-	0.10	0.50	-	0.90	0.93	0.10

가슴높이에서의 줄기 직경(DBH)을 줄기 기저면적(Basal area)으로 환산하여 습지에서 차지하는 피도로 환산하였다. 그 결과, 아까시나무가 6542.9cm²로 가장 많은 피도를 차지하였다. 은백양, 갯버들, 리기다소나무, 족제비싸리, 참싸리, 왕버들, 물오리나무, 짚레꽃, 잣나무, 버드나무, 싸리, 말채나무, 은사시나무, 개나리의 순서로 피도를 작게 차지하였다(Table 5). 이중 말채나무와 개나리는 조경식재에 의하여 자연 번식하여 침입한 것으로 판단된다.

아까시나무, 갯버들, 리기다소나무, 은백양의 피도가 크기 때문에 향후 습지가 건조된다면 이들 식물들이 많이 번식하게 될 것으로 판단된다. 이동로로부터 거리별 분포를 보면 아까시나무는 이동로에 밀집하여 분포하나 은백양과 갯버들은 거리별로 고르게 분포하고 있음을 알 수 있었다. 아까시나무와 은백양은 공한지 등 교란된 지역에 침입하여 땅속줄기에 의하여 빠르게 번식하기 때문에 어느 정도의 관리가 필요하다고 생각된다. 아까시나무는 그 분포가 patch 형태를 이루며 번식

하기 때문에 patch 주변부의 아까시나무 유식물을 물리적으로 제거해주면 번식 억제 가능성이 있다고 생각된다.

3) Zone 3 지역 목본 침입

Zone 3 내에서 발견된 목본은 아까시나무, 족제비싸리, 갯버들, 은백양, 리기다소나무, 참싸리, 왕버들, 짚레꽃, 떡신갈나무, 졸참나무, 신갈나무, 개나리이다. 각 종의 가슴높이에서의 줄기 직경(DBH)을 줄기 기저면적(Basal area)으로 환산하여 습지에서 차지하는 피도로 환산하였다. 그 결과, 아까시나무가 19038cm²으로 가장 피도가 컸으며 Zone 2에서의 아까시나무 기저면적인 6542.9cm²보다 약 3배 정도 차이가 났다. 족제비싸리, 갯버들, 은백양, 리기다소나무, 참싸리, 왕버들, 짚레꽃, 떡신갈나무, 졸참나무, 신갈나무, 개나리의 순서로 피도를 작게 차지하였다(Table 5). 이중 개나리는 조경식재에 의하여 자연 번식하여 침입한 것으로 판단된다.

Table 5. Basal area of recorded tree species in Ansan reclaimed wetland

Species	Basal area (cm ²)			Total (cm ²)
	Zone 2	Zone 3	Zone 4	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	6542.9	19037.8	197846.5	223427.2
<i>Pinus rigida</i>	2206.8	532.8	12969.1	15708.7
<i>Salix gracilistyla</i>	3756.8	994.1	2819.5	7570.4
<i>Populus alba</i>	4394.5	722.7	348.4	5465.6
<i>Amorpha fruticosa</i>	900.1	1458.0	683.4	3041.5
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	461.2	328.1	581.6	1370.9
<i>Salix glandulosa</i>	226.7	72.3	231.4	530.4
<i>Alnus hirsuta</i>	157.0	-	-	157.0
<i>Rosa multiflora</i>	83.4	54.8	5.8	144.0
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	79.3	79.3
<i>Pinus koraiensis</i>	79.2	-	-	79.2
<i>Salix matsudana</i> for. <i>tortuosa</i>	-	-	78.5	78.5
<i>Salix koreensis</i>	74.6	-	-	74.6
<i>Lespedeza bicolor</i>	24.0	-	32.0	56.0
<i>Quercus × dentato - mongolica</i>	-	34.2	-	34.2
<i>Quercus serrata</i>	-	32.2	-	32.2
<i>Styrax japonica</i>	-	-	28.3	28.3
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	15.9	15.9
<i>Quercus mongolica</i>	-	14.5	-	14.5
<i>Cornus walteri</i>	11.9	-	-	11.9
<i>Populus tomentiglandulosa</i>	3.1	-	-	3.1
<i>Forsythia koreana</i>	1.3	0.6	-	1.9
Total (cm ²)	18923.5	23282.1	215719.7	257925.3

*- represents absence.

아까시나무, 족제비싸리, 갯버들의 피도가 크기 때문에 향후 이들 식물들이 습지가 건조된다면 많이 번식하게 될 것으로 판단된다. 아까시나무는 이동로에 밀집하여 분포하나 나머지 족제비싸리와 갯버들은 거리별로 비교적 고르게 분포하고 있음을 알 수 있었다. Zone 2와 마찬가지로 아까시나무와 족제비싸리는 공한지등 교란된 지역에 침입하여 땅속줄기에 의하여 빠르게 번식하기 때문에 어느 정도의 관리가 필요하다고 생각된다.

4) Zone 4 지역 목본 침입

Zone 4 내에서 발견된 목본은 아까시나무, 리기다소나무, 갯버들, 족제비싸리, 참싸리, 은백양, 왕버들, 보리수나무, 용버들, 싸리, 때죽나무, 소나무, 짚레꽃이다. 각 종의 가슴높이에서의 줄기 직경(DBH)을 줄기 기저면적(Basal area)으로 환산하여 습지에서 차지하는 피도로 환산하였다. 그 결과, 아까시나무가 197846.5cm²으로 가장 피도가 컸으며 Zone 2에서의 아까시나무 기저면적인 6542.9cm²보다 약 30배 정도 차이가 났다. 리기다소나무, 갯버들, 족제비싸리, 참싸리, 은백양, 왕버들, 보리수나무, 용버들, 싸리, 때죽나무, 소나무, 짚레꽃의 순서로 피도를 작게 차지하였다(Table 5). 이중 보리수나무는 Zone 4의 중간지점에 위치하여 그 분포를 넓히는 것으로 확인되었다. 때죽나무와 소나무는 각각 하나의 목본이 관찰되었다.

아까시나무, 리기다소나무, 갯버들의 피도가 크기 때문에 향후 이들 식물들이 습지가 건조된다면 많이 번식하게 될 것으로 판단된다. 아까시나무는 25m 안쪽과 길가에 이원적인 분포를 하였고, 리기다소나무는 길가쪽에 집중적으로 분포하였다. 반면 갯버들은 60m 안까지 골고루 분포하였다. Zone 2, 3, 4 모두 아까시나무의 피도가 크고, 거리에 무관하게 번식하여 습지의 건조화의 따른 아까시나무의 번식을 주의하여야 한다고 생각된다.

연구원 습지는 Zone 1을 제외하고 Zone 2, Zone 3, Zone 4 모두 육상에서 잘 성장하고 있는 아까시나무와 리기다소나무의 침입을 받고 있다. 이는 세 지역 모두 건조에 의한 수위의 저하에 따라 육상 기원의 목본 침입이 일어나고 있는 것으로 생각된다.

아까시나무는 콩과식물로서 육지의 교란된 지역에서 잘 성장하고 땅속줄기에 의하여 활발한 번식을 하고 있기 때문에 관리 대상이 되어야 한다. 땅속줄기에 의하여 번식하므로 단기간내에 그 면적을 차지하고 제2의 번식을 위한 공급지가 되기 때문에 유식물을 제거하여야 할 것으로 제안된다.

결론 및 제언

농어촌연구원 배후습지는 경기도내에서 찾아보기 어려운 인공습지라고 판단된다. 또한, 간척지에 인공적으로 습지가 만들어진 후 조사당시 22년이 지난 방치된 습지로서 생물적인 변화에 대한 자료를 얻을 수 있는 가치가 있다. 농어촌연구원 자체뿐만 아니라 기타 방문객에게는 습지의 경관으로서의 가치를 충분히 공급받을 수 있는 아름다운 지역이라고 생각되며 습지의 대표적인 식생과 조류, 파충류 등 수많은 동물의 서식처로서의 중요성이 부각되어야 한다.

대다수 습지보전은 해당 습지에 대한 범주화로부터 출발하여야 한다. 즉 아래에 기술된 것처럼 어떤 범주에 넣을 것인가를 판단하여 이에 합당한 습지 보존 대책을 세워야 한다.

1) 습지보호지역

이 지역에서는 현재 상태를 유지하면서 원칙적으로 일체의 개발행위를 금지하여야 한다. 자연성이 높은 습지, 생물다양성이 풍부하고 희귀 또는 멸종위기에 처한 생물의 서식처, 경관이 특이한 지역 등 보전할 가치가 있는 지역은 인위적 관리를 하지 않고 자연의 순환체계에 따라 움직이도록 한다.

2) 습지준보호지역

이 지역은 습지 생태계를 보호하면서 자연과 어우러지는 개발 즉, 자연훼손을 최소화한 생태단지를 개발하고 아울러 생태관광을 개발해야 하는 지역이다. 이를 위해 자연학습로 등을 조성하고 한정된 루트에 한해 일반대중의 접근을 허용한다.

3) 습지개선지역

이 지역은 '기본적으로 습지보호지역 및 습지준보호지역의 환경에 훼손을 가하지 않고 자연, 생활, 사회, 경제환경의 영향을 최소화시킬 수 있는 환경친화적 이용방안을 수립하여 관리하여야 한다. 이 경우 오락, 휴양을 위한 시설을 설치할 경우에도 자연경관을 살리고 자연훼손을 최소화시킬 수 있는 개발사업을 추진해야 한다.

농어촌연구원 배후 간척습지는 현재 내부 이동로 조성 과 습지내부의 건조화로 인한 육상식물과 귀화식물의 침입이 일어나는 등 자연습지로서의 유지가 어렵다고 판단된다. 제일 고려하여야 할 것은 수위의 유지이다. 습지보호지역으로서 관리를 한다면, 우선 Zone 1 지역과 같은 수위가 일년 내내 유지되어야 하지만, 수위를 인위적으로 조절한다는 것은 그만큼 경제적인 비용을

필요로 하게 된다. 내부 이동로를 일부 파괴하여 구획화된(fragmented) 습지를 연결해주는 것도 물과 식물의 이동을 원활하게 하여 생물다양성을 높이는 방안이 될 수 있다. 그러나, 이 경우 과도한 물의 이동에 의하여 전체적인 습지 수위의 저하로 인하여 습지의 건조화를 초래할 위험이 있다. 농어촌연구원 습지는 현재 습지준보호지역의 수준에 도달해 있다고 생각되므로 습지보호지역과 습지준보호지역의 갈림길에서 보존방향을 정하여 관리하여야 할 것이다. 습지준보호지역으로 이용하려 한다면, 습지의 훼손은 불가피하다. 학습로등 습지내부로의 이동을 촉진하는 이동로가 건설되고 기타 일반인의 관람을 위한 시설을 짓게 된다면 현재 습지는 또 다른 방향으로의 천이를 가속하게 할 것이다.

결국, 현 습지의 상태를 이해하고 훼손을 덜하는 방향으로 보존 관리를 한다면 습지의 가치를 최대화하게 될 것이라고 판단된다.

인용문헌

- 구본학, 강재선, 장관순 (1999) 임해매립지에서 식재 기반 조성을 위한 토양특성에 관한 연구. 한국환경생태학회지 13(1): 91-92.
- 김준호, 김훈수, 이인규, 김종원, 문형태, 서계홍, 김원, 권도현, 유순애, 서영배, 김영상 (1982a) 낙동강 하구생태계의 구조와 기능에 관한 연구. 서울대학교 자연과학대학논문집 7(2): 121-163.
- 김준호, 문형태, 조경제 (1982b) 해안 염습지 생태계의 보존에 관한 생태학적 연구. 자연보존연구보고서 4: 137-154.
- 김준호, 문형태 (1984) 해안 간척지 생태계의 탄소, 질소 및 인의 동태. 서울대학교 자연과학종합연구소, 47쪽.
- 김준호, 유병태 (1985) 해안 염습지 생태계의 에너지 유전. 한국생태학회지 8: 153-161.
- 김준호, 조경제, 김지식 (1985) 금강하구 조간대 저서생물군집의 에너지 유전. 한국생태학회지 8: 7-14.
- 농촌진흥청 (1993) 한국의 밭잡초, 사단법인 농진회, 수원, 202쪽.
- 민병미 (1985) 한국 서해안 간척지역의 토양과 식생 변화. 서울대학교 이학박사 학위논문, 34쪽.
- 박수현 (1995) 한국귀화식물원색도감. 일조각, 서울, 371쪽.
- 박수현 (1996) 외래식물 사진모음집. 그린스카우트, 서울시 프로젝트 1995-370, 46쪽.
- 여천생태연구회 (1997) 현대생태학실험서. 교문사, 서울, 286쪽.
- 이영노 (1998) 원색한국식물도감. 교학사, 서울, 1247쪽.
- 이창복, 김윤식, 김정석, 이정석 (1986) 신고식물분류학. 향문사, 서울, 395쪽.
- 이창복 (1985) 대한식물도감. 향문사, 서울, 990쪽.
- 정병순 (1999) 붉은머리오목눈이의 번식생태. 경희대학교 대학원 석사학위논문, 43쪽.
- 최강원, 어대수, 문중양 (1998) 간척사업과 지형진화(I) -강화도-. Journal of Agricultural Engineering 58: 3-14.
- 황길순, 남귀숙, 문형태, 정연숙, 이순화, 이종영, 노찬호, 오현경 (1997) 수생식물에 의한 수질개선기법 연구(I). 농어촌진흥공사, 126쪽.
- 황길순, 남귀숙, 문형태, 정연숙, 김법철, 이순화, 이종영, 노찬호, 오현경, 김윤희, 윤계환 (1998) 수생식물에 의한 수질개선기법 연구(II). 농림부-농어촌진흥공사, 218쪽.
- 황종서, 장규상, 지광재, 김경민, 서정민, 이복자, 김이부, 이은주, 김기대, 조용주 (2000) 습지의 특성 분석 및 관리대책 연구(V). 농어촌연구원, 104쪽.
- APHA (1989) Standard method for the examination of water and wastewater. APHA, Baltimore, 1482pp.
- Hovestadt T., P. Yao and K. E. Linsenmair (1999) Seed dispersal mechanism and the vegetation of forest islands in a West African forest-savanna mosaic(Comoe National Park, Ivory Coast). Plant Ecol, 144: 1-25.
- ter Braak, Cajo J.F. and P. Smilauer (1998) CANOCO Reference Manual and User's Guide to CANOCO for Windows. Center for Biometry, Wageningen, 351pp.
- Jackson, M.L. (1967) Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, New delhi. pp. 183-190.
- Kikuchi, E., T. Suzuki, S. Takeda, J.H. Kim, K.J. Cho and Y. Kurihara (1989) Biological Survey on the Brackish Tidal Flats of Sinoeri(Namyang) and the Nagdong River Estuary, Korea. Bull. Mar. Biol. Stn., Tohoku Univ., 18: 109-128.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg (1974) Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley, New York.
- Takemasa, O. (1989) Illustrated Grasses of Japan. Heibonsha Ltd., Publishers, 759pp.