

지리정보체계와 원격탐사에 의한
연안습지목록 개발에 관하여
Development of coastal wetland inventory
using Geographic Information System & Remote Sensing

이 기 철* 임 병 선** 우 창 호* 양 호 식***
Yi, Gi Chul Im, Byung Sun Woo, Chang Ho Yang, Hyo Sik

要 旨

연안지역의 자원을 효과적으로 관리하고 현명한 계획을 하기 위해서는 개별 습지의 위치, 크기, 분포와 규모에 관한 정보와 인근 지역의 토지이용 정보가 필요하다. 지리정보체계와 원격탐사 기법에 의해 이러한 정보를 나타내는 습지목록을 제작하는 것은 전형적인 현장 조사와 지도제작방법에 의해 만들어진 자료보다 효율적이다. 더욱이 이렇게 만들어진 목록은 습지의 관리에 필요한 여러 용도로 활용될 수 있다.

ABSTRACT

It's required such information as location, size, distribution and abundance of wetlands as well as categorization of adjacent land-uses to manage effectively and to make wise planning decisions about resources of coastal area. Wetland inventory derived from the technology of Geographic Information System and remote sensing is inexpensive compared to the data based on conventional field data collection and cartographic methods. Furthermore, wetland inventory may prove to be useful references in the wetland management.

1. 서 론

습지는 남극을 제외한 전 지구상에 다양한 형태로 존재하는데, 지구상의 전체 육지의 약 7%에 해당된다 (Mitsch and Gosselink, 1986). 이 습지는 육지 생태계와 바다 또는 하천의 수중 생태계 사이에 위치한 점 이지대로서, 양생태계와는 독특한 생태적 특성을 가지고 있다. 습지(wetland)의 중요성이 최근에 재인식되고 있는 이유는 습지가 제공할 수 있는 여러 생태적 기능에 의해 인류 사회에 유익한 보전적 가치가 점차 알려져 가고 있기 때문이다. 습지가 지닌 주요한 생

태적 기능으로는 조류, 어류, 포유류, 양서류, 파충류 등의 각종 야생 동물의 서식처로 제공되고, 유수 속의 침전물과 유기물을 제거하며, 지표수 및 지하수의 저장 및 충진을 통한 유량을 조절하는 동시에 수변과 연계된 레크리에이션의 이용 가능성이 높은 지역으로서 복합적인 측면을 가지고 있다. 따라서 이러한 습지들을 효과적으로 보존하면 생물 종의 다양성을 증대시킬 수 있고, 연안과 내수면의 수질을 정화할 수 있으며, 수산자원을 풍부하게 제공할 수 있는 서식처로 이용될 수 있고, 지하수의 보수 및 홍수조절에 기여할 수 있을 뿐 아니라, 자연교육, 생태관광, 레크리

* 목포대학교 조경학과 조교수

**목포대학교 생물학과 교수

***목포대학교 생물학과 강사

에이션 및 각종 연구활동을 위한 장소로 제공될 수 있다 (Yi, 1992). 그러나 국내의 습지는 농지, 공단, 관광단지 및 기타 도시지역의 확보를 위한 간척 또는 매립, 수자원 관리 및 치수대책을 위한 하천의 직강화와 호안정비, 제방, 댐, 하구언, 독 등의 건설에 따른 인위적인 개발에 따라 심각하게 소멸되어 왔으나, 그 구체적인 실태가 파악되지 못한 실정이고, 이러한 상황에서 습지자원의 효율적 보존을 위해서는 정부가 해야 할 과제들이 산적해 있다.

미국을 위시한 구미 선진국가에서는 습지의 중요성을 인식하고, 습지의 현황을 파악하여, 자연습지의 훼손을 막기 위한 각종 규제를 엄격히 실시하고 있는데, 이들 선진국가의 습지보존이 효과적으로 되고 있는 이유에는 무엇보다 습지자원의 생태적 중요성이 인식되면서, 습지의 분포에 대한 기본실태조사가 철저하게 이루어 졌기 때문이다 (Yi et al., 1994).

이러한 측면에서 지속적인 개발 압력을 받고 있는 국내 습지 생태계의 보존과 회복을 위해 우선적으로 다음과 같은 연구가 시급하다. 국내 연안 또는 내수면의 습지가 어떻게 형성되어 어떻게 분포되어 있는지, 어떻게 변천되어 왔는지, 지역에 따라 다르게 나타나는 개별 습지가 어떠한 기능들을 제공하여 줄 수 있는지 이러한 제반 사항들을 파악하고 분석해 조직적으로 축적, 정리할 수 있는가에 관한 습지 생태계 데이터베이스 구축에 관련된 기초적 연구에 관한 것들이다. 이를 위해 개별 습지의 정보들을 명확하고 총체적(holistic)으로 이해할 수 있는 연구들이 제안되고 있는데, 미국을 위시한 여러 국가에서는 지리정보체계(GIS : Geographic Information System)와 원격탐사(Remote Sensing)기술에 많이 의존하고 있다.

지리정보체계는 국토와 자원의 효율적인 의사결정을 위해 각종 정보의 추출, 관리, 조작, 분석 등을 체계적으로 제공해 주는 체계이며, 원격탐사는 멀리 떨어져 있는 관측 대상물의 물리적 또는 자연적 특성을 대상물에 접촉하지 않은 채로 그 특성을 관측하게 하는 기술로 지역의 여러 정보를 효과적으로 파악하여 구축하게 한다.

이러한 장점들을 이용하여, 구미 여러 국가에서는 습지 생태계 데이터베이스의 한 방법으로, 습지 목록

(wetland inventory)을 지속적으로 개발하여 왔다. 여러 나라의 습지 목록 중 1974년부터 미국 야생동물보호처가 주체가 되어 미국 전 지역의 습지를 지도로 완성하고자 한 미국 습지 목록(NWI : National Wetland Inventory)이 가장 체계적인 분류 체계를 가진 것으로 알려져 있다. 이 NWI는 습지의 특성을 생태권역의 범위와 수리·지형·화학 또는 생물적 특성에 따라 계-소계-종-우점종(system-subsystem-class-dominance) 등의 단계별 분류에 따라 구분하는 방법을 택하였는데, 최종 결과는 미국의 지형도면(U.S.G.S. 7.5 minute topographic map)에 습지의 유형별로 그 결과를 나타내었다. NWI는 여러 고도에서 촬영된 항공사진을 판독하는 전형적인 원격탐사 방법을 선택하였는데 그 이유는 넓은 유역 내의 습지를 일일이 조사하여 분석하는 단편적인 현장 조사와 수동적 자료 축적 방법은 많은 비용과 시간이 요구되고 있어서, 조사하고자 하는 지역을 일일이 조사하지 않고 감지된 해상을 해독하는 방법을 통해 어떤 물체인지 분별할 수 있는 조사 방법을 채택하였고, 그 결과 단편적인 현장조사방법과 비교해 자료 수집에 필요한 많은 시간과 경비를 절약할 수 있었으며, 1970년대에 시작된 NWI는 아직도 광활한 미국 전역을 대상으로 진행되고 있다.

최근 미국 오하이오주 자연자원부(Ohio Dept. of Natural Resources)에서는 미국의 LANDSAT 자료에 의한 원격탐사기법과 지리정보체계를 연결하여 1990년부터 1992년까지의 3년이란 짧은 기간 동안 오하이오주 전 지역의 습지 목록(OWI : Ohio Wetland Inventory)을 완성하여 습지 생태계 데이터베이스 구축의 효율성을 크게 증가시켰다 (Yi et al., 1994). 이러한 개발에 힘입어 국외의 여러 나라에서는 이들 원격탐사기술에 의한 습지 현황조사에 박차를 가하고 있다.

이러한 방법으로 구축된 습지 데이터베이스는 습지의 유형별로 그 위치, 규모, 특성 등을 설명할 수 있는데 지리정보체계에 의해 손쉽게 습지의 현황을 파악하여, 지역별 집계 또는 습지 유형 및 습지의 특성별 통계를 체계적으로 제공하여 줄 수 있다. 더욱이 지리정보체계는 습지가 제공하는 여러 생태적 기능들

에 대한 자료를 체계적으로 구축·저장할 수 있는 수단이 될 수 있는데, 각 지역에 따라 다르게 나타나는 개별 습지의 유익한 기능들을 보여줄 수 있다. 예를 들어 어떠한 지역이 어떤 생물들의 주 서식처가 되는지, 어떠한 수생식물의 분포가 어떻게 수질 정화에 기여하는지, 어떠한 습지가 수량의 변화에 어떻게 영향을 주는지, 어떤 습지 지역이 레크리에이션을 포함한 인간의 제반 활동이 허용될 수 있는지 등 여러 생태적 기능들에 대한 각종 자료들을 좌표계와 속성 자료에 근거한 데이터베이스로 구축해 어떤 지역을 보존해야 할지 또는 어떻게 관리해야 할지에 대한 종합적 계획 내지 그 평가를 할 수 있다 (Adamus & Stockwell, 1983; Bedford & Preston, 1988; Field, 1987; Jensen, 1981).

그러나 지금까지의 국내의 습지 관련연구들은 습지에 대한 무관심 속에 극소수의 생태학 관련 연구물만 보여지고 있고, 이들 결과물도 복잡한 습지 생태계의 구조와 기능을 종합적으로 이해하는데 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 단편적으로 수행되어온 연안생태계 조사 및 연구 방법을 지양하여, 생태학 관련 연구결과들을 연계할 수 있는 방안으로 원격탐사 및 지리정보체계를 이용하고자 한다. 이러한 시도는 습지에 관한 여러 데이터베이스를 구체화시켜 습지목록(wetland inventory)으로 완성되어 차후 습지생태계의 보존 또는 이용 방안에 가장 기초적인 자료로 제공될 것이다.

2. 연구방법

2.1. 연구범위

본 연구의 공간적 범위인 대상지역으로는 서남해 연안지역중 전라남도 영광군에서 화원군에 이르기까지의 연안지역을 주요대상지역으로 선정하였는데 그 이유로는 이 지역의 해안은 중생대의 침강작용에 의하여 이루어진 리아스식 해안으로 돌출부(突出部)와 만입부(灣入部)가 복잡하게 발달되어 극심한 만곡부(灣曲部)를 보여 주고 있어 자연적으로 발생된 간석지

즉 해안습지가 많이 남아 있는 지역이나, 수심이 낮아 국내 최적의 간척개발 가능지역을 보유하고 있는 것으로 평가되어져 영산강 하구연 조성, 대불산업단지, 영암방조제, 금호방조제 등 기조성된 대규모 간척지구에 의한 습지의 변화가 많으며, 차후에도 영산강 4단계 사업, 함해지구 간척 등의 지속적인 간척사업이 예상되어 지는 지역이기 때문이다.

본 연구의 내용적 범위는 습지 목록 제작을 위한 기본적 틀을 제안하고, 제작된 습지목록을 어떻게 효율적으로 활용하여 습지자원의 관리 및 계획에 적용할 것인가를 모색하였다.

2.2. 연구자료

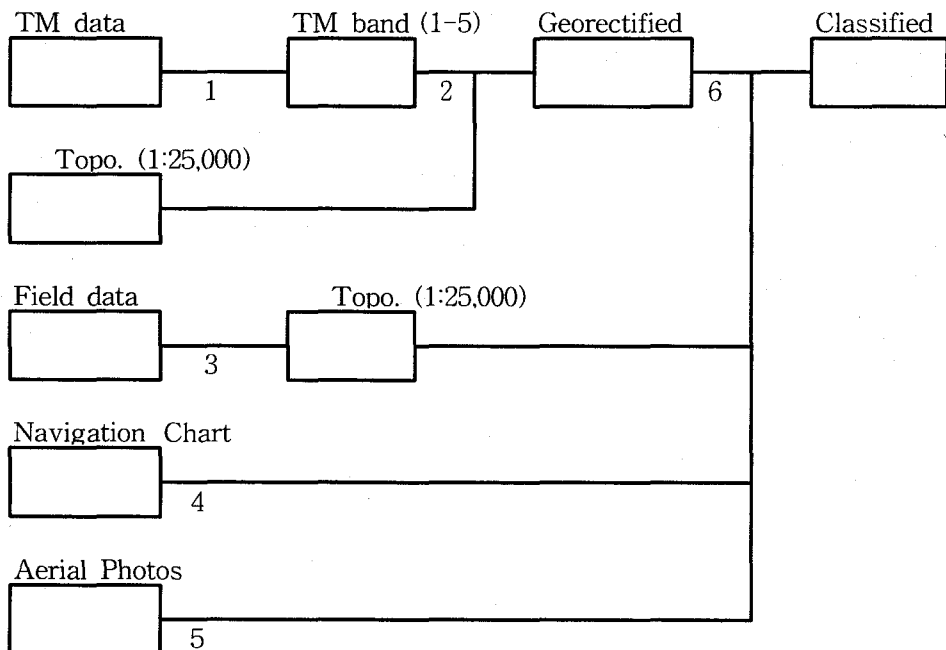
본 연구에서는 서남해안의 자연 환경과 습지의 특성을 파악하기 위해 지구자원탐사위성인 Landsat 5호에 탑재되어 있는 TM(Thematic Mapper)에 의해 얻어진 영상들을 이용하였다. Landsat 위성과 TM자료의 특성을 간단히 요약하면 다음과 같은데, Landsat 위성은 미국의 ERTS(Earth Resources Technology Satellite)계획에 의거 개발된 것으로 1972년 7월 23일 발사된 Landsat 1호 이후 현재는 1984년 7월 16일 발사된 Landsat 5호에 의해 7 band TM과 4 band MSS(Multi Spectral Scanner)가 설치되어 고도 약 705km인 태양동기 준회기고도(sun-synchronous orbit)를 16일 주기로 돌고 있다. 이 TM 데이터는 공간해상력이 30m이며, 총 7개의 분광 밴드(band)를 가지고 각 밴드별 수치영상을 동시에 관측할 수 있으며 자료의 범위는 0-255로 나뉘어 있고, 각 밴드별 파장대와 주요 응용 분야는 표2.1과 같이 여러 주제별 분석이 용이하다.

TM 전체 이미지(full scene)는 사방 185km를 포함하며 6,792열(column)과 5,965행(line)으로 구성되어 있는데 본 연구의 대상지역은 Landsat 위성궤도 116-36에 해당된다. 본 연구에 이용된 Landsat 위성자료는 표2.2와 같이 연구지역의 대규모 간척사업이 진행 중이었던 1992년 6월 2일이었는데, 조사지역의 해당이미지는 컴퓨터로 처리할 수 있는 자기테이프(magnetic

표2.1 Characteristics of 7 bands recorded by the Landsat-TM

Band	Band width(10 ⁻⁶ m)	Band name	Resolution	Application
1	0.45-0.52	Blue/green	30 metre	Good water penetration Strong vegetation absorbance Coastal wetland mapping
2	0.52-0.60	Green	30 metre	Strong vegetation reflectance Chlorophyll
3	0.63-0.69	Red	30 metre	Suspended sediment Strong vegetation absorbance
4	0.76-0.90	Near Infrared	30 metre	Land/water contrast Strong vegetation reflectance Biomass survey
5	1.55-1.75	Near middle Infrared	30 metre	Moisture sensitivity Snow/cloud differentiation
6	10.42-12.50	Thermal Infrared	120 metre	Temperature Other thermal mapping
7	2.08-2.35	middle Infrared	30 metre	Geological discrimination Hydrothermal mapping

그림 2.1 Procedure for the wetland inventory data processing



Description of procedure:

1. Subset Thematic Mapper bands 1,2,3,4,5
2. Georectification of image
3. Creation of training field by examing field data
4. Checking of training field (depth of sea water)
5. Checking of training field (various land use)
6. Classification of image

표2.2 A Selected Landsat TM image

Date	Path/Row	Format	Band	Cloud
June 2, 1992	D116-36	BSQ	1-7	0%

computer tape)로 획득되었고, 현재 국내에서는 위성에서 보내오는 영상을 수신할 수 있는 지상 수신소가 없어 일본 RESTEC(Remote Sensing Technology Center of Japan)으로 부터 해당하는 지역의 이미지를 획득하였다. Landsat-TM 이미지의 자료 처리는 PC586(32 MB RAM, 4 GB HDD) 및 PCI EASI-PACE 이미지 프로세싱 소프트웨어를 사용하였으며 인공위성 Landsat TM 자료 외에 국립지리원에서 발행한 1/50,000 과 1/25,000 지형도와 항공사진, 수로국에서 제작한 해도 등이 사용되었다.

2.3. 자료의 처리과정

자료를 처리하는 과정은 그림2.1에 나타나 있는데 첫 번째 단계는 TM의 7 밴드중 습지의 분류에 적합하다고 판정된 밴드를 선정하는 작업으로 본 연구에서는 밴드 1, 2, 3, 4, 5의 다섯 밴드를 최종 이용하였는데 그 이유는 이 밴드들이 습지의 특성을 좌우하는 습도(moisture)와 식생(vegetation) 등을 민감하게 반영해 주기 때문이었다. 두 번째 단계는 위성의 관측궤도에 따른 기하학적 왜곡을 교정해 지상좌표계와 일치시키는 작업으로서, 영상에 명확히 식별되는 지역에 대한 영상의 좌표와 지도의 좌표(예: 경위도)를 비교·보정함으로써 완성되는데 본 연구에서는 23개의

GCP(Ground Control Point)를 대상지역 전반에 걸쳐 선형해 양선형 보간법(bilinear interpolation)에 의해 보정하였고, 보정한 이미지를 1,599열과 2,600행의 크기로 절단하여 분석하였다. 다음 단계는 영상 분류의 단계로 감독 분류(supervised classification) 방식을 채택하였는데, 그 이유는 예비 검토 결과 무감독분류로는 습지의 특성별(예: 식생, 저토환경 등)로 정확한 분류가 불가능하였기 때문이다.

감독분류는 분류 실행단계에서 분류 항목을 사전에 결정해 영상에 나타난 확실한 영역(training field)을 설정하는 것으로 지도나 현지조사 등을 통해 사전에 확인된 자료가 있어야 하는데 본 연구에서는 95년 9월에서 11월까지 연구 대상 지역의 습지 식생 군락과 주변 토지이용 현황을 현지 조사하는 방법으로 파악하였다. 연구대상지역내의 해안습지에 서식하고 있는 주요 수생식물 군락지역의 위치, 서식환경, 식생의 종류 및 피도는 표2.3과 같다. 수생식물 군락의 위치, 종류 및 규모는 습지의 특성을 나타내는 중요한 기초 자료이므로 1/25,000 지형도를 이용해 현지에서 정확히 작성하여 training field 선정시의 근거자료로 삼았고, 해도(Navigational chart)에서 보여지는 수심(water depth) 정보와 항공사진에서 나타나는 다양한 토지이용 정보를 근거로해 TM이미지상의 여러 밴드를 중첩해 색조(tone) 또는 질감(texture)의 차이에 의해 토지이용의 특성이 명확히 나타나는 지역만을 training field로 최종 지정해 분류의 근거로 이용하였고, 분류의 계산방법은 일반적으로 가장 정확하다고 알려진 최대 유사도 분류(Maximum Likelihood classification)를 이용하였다. 분류결과에의 정확도를 향상시키기 위해 다단계 분류기법에 의해 초기단계의 training site는 수차례의 예비분석과 시행착오를 거치며 가능한 자세하고 명확한 다수의 training site를 세분하여 선정하였고(예: 해수 또는 담수, 수심, 식생 종류 및 습지 저토 환경 등), 최종분류는 대표성이 있는 토지이용별로 조합하여, 10가지 토지이용 항목으로 최종 분류하였으며, 분류의 전체적인 정확도는 약 87.1% (Kappa coef. value 0.795)를 나타내었다.

이렇게 완성된 습지분류결과는 이용목적에 따라 후 처리과정을 거칠 수 있는데 본 연구에서는 영상강 4

표2.3 A plant survey list for ground truthing

No.	Location	Habitant	Dominant species	Cover(%)
1	Haenamgun Munnaemyun Moogilri	salt swamp	Phragmitis communis	70
2	Sinangun Haenamup	salt marsh	Suaeda japonica	60
3	HampyungGun SonbulMtyun Seokchangri	salt marsh	Zoysia sinica	60
4	Haenamgun Moonnaemyun Googhangri	salt marsh	Carex scabrifolia	40
5	Haenamgun Hwawonmyun Zoomri	salt marsh	Atriplex maritima	35
6	Mokposi Sanjungdong Naehwachon	salt marsh	Aster trifolium	50
7	Haenamgun Saneemyun Gumodo	salt marsh	Suaeda maritima	50
8	Haenamgun Saneemyun Gumodo	salt marsh	Salicornia herbaceae	50

단계 간척사업에 따른 습지의 훼손정도를 파악하기 위해 1992년 6월 2일 이미지의 최종 분류결과와 추후 영산강 4단계 간척사업 대상지역으로 계획되어 있는 지구의 예상 지역을 중첩하는 방법으로 예상지구의 경계선을 디지털화하여 대상지역만을 절출하여 1992년의 분류결과와 중첩하여 간척사업에 의한 습지의 공간 특성이 어떻게 변화할 것인가를 예측·분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 습지의 분류 및 분포

습지는 육지와 수계가 만나는 지역에 자연적으로 형성된 점이지대로서 습지의 정확한 분류와 분포는 수계의 변화, 수생식물의 분포, 습지의 저토 등 여러 환경 특성을 반영하여야 하는데 외국에서는 1950년대 이후 여러 분류체계를 개발하여 왔다. 이들 체계중 수리·지형·화학 또는 생물적 특성에 따라 계-소계-종-우점종(system-subsystem-class-dominance) 등의

단계별 분류에 따라 구분해 항공사진판독에 의해 지형도면(U.S.G.S. 7.5 minute topographic map)에 습지의 유형별로 그 결과를 나타내는 미국의 NWI는 분류 체계의 정확성은 있으나 시·공간적으로 변화가 심한 습지의 공간데이터를 효율적으로 관리하기엔 어려움이 많다. 최근 개발된 미국 오하이오주의 OWI는 이러한 문제를 극복하기 위해 인공위성 Landsat TM자료를 효율적으로 처리해 내수면에 속해 있는 습지의 유형을 수생식물위주로 분류하였다.

본 연구에서 최종적으로 분류된 해안 습지는 표3.1과 같이 다양한 습지 유형을 보이고 있는데 갯벌을 구성하고 있는 저토의 토양 입자가 모래(sand) 또는 점토(clay)에 따라, 습지에 서식하고 있는 수생식물의 유무 (aquatic vs. nonaquatic bed)에 따라 구분이 되어 NWI나 OWI 분류방법 보다 단순하지만 명확한 방법을 나타내고 있다. 미국의 분류체계와는 달리 국내 습지는 인공적으로 개발되어 다양하게 이용되고 있는데 염전, 논, 간척지로 구분할 수 있었고, 이것은 개발에 따른 자연습지의 훼손정도를 파악하는데 도움을 주었다.

표3.1 Comparison of wetland classification schemes

This study	Ohio Wetland Inventory	U.S. National Wetland Inventory
Sea water	Not present	Marine or Estuarine, Subtidal or Intertidal
Freshwater	Open water	Riverine, Palustrine or Lacustrine Littoral; aquatic bed; submergent, floating, and floating-leaved
Aquatic Bed	Shallow Marsh	Palustrine; emergent; emergent/wet meadow
	Wet meadow	Palustrine; emergent; broad-and-narrow-leaved persistent
	Wet woodland	Palustrine; forested needle-leaved evergreen and deciduous; and broad-leaved evergreen
	Scrub/shrub wetland	Palustrine; forested scrub/scrub
Nonaquatic bed	Not present	Marine or Estuarine, Subtidal or Intertidal; Unconsolidated bottom
Sandy shore	Not present	Marine or Estuarine, Subtidal or Intertidal; Unconsolidated shore
Artificial wetland, Salt pond; Paddy field; Reclaimed land	Farmed wetland	Not present

표3.2 Area Statistics of southeastern coastal wetlands

Region Legend	All study area			YoungSanRiver IV Project		
	Km ²	No. of cells	%	Km ²	No. of cells	%
Sea water	1083.89	1204331	30.90	194.03	215599	29.80
Freshwater	116.20	129113	3.31	36.33	40369	5.58
Aquatic bed	11.70	13008	0.33	3.05	3395	0.47
Nonaquatic bed	268.79	298659	7.67	78.53	87265	12.06
Salt pond	15.71	17464	0.45	5.60	6231	0.86
Paddy field	698.45	776061	19.91	158.12	175690	24.28
Reclaimed area	106.77	118640	3.04	11.09	12332	1.71
Forest	713.37	792636	20.34	78.03	86701	11.98
Urban area	79.19	87991	2.26	21.51	23904	3.30
Others	413.54	459497	11.79	64.82	72031	9.95
Total	3507.66	3897400	100.00	651.16	723517	100.00

습지와 주변의 토지이용 상태를 시각적으로 비교하기 위해 연구대상 지역을 밴드 3, 2, 1을 합성해 자연색상(그림3.1, 그림3.3)으로 나타내었고, 분류결과를 10개의 항목으로 최종 정리한 것은 그림3.2, 그림3.4와 표3.2와 같다.

수역은 크게 두 가지로 분류했는데 염기가 있는 해수(sea water)와 염기가 없는 담수(freshwater)로 구분하였다. 영산강 2단계 간척사업으로 인한 영산강 하구언 조성과 영산강 3단계 간척사업의 영암, 금호 방조제 건설이전에는 강과 바다가 만나는 후포(estuary) 지역에 해수와 담수가 자연스럽게 넘나들던 지역이 많았으나, 이들 사업에 의해 지역의 변화가 크게 변하고 있음을 보여지고 있다. 그림 3.2의 하단 부에는 영암 방조제 건설에 따른 대규모 간척지(주황색)가 발생된 것을 보여지고 있으며, 이러한 지역은 그림3.1의 자연색상 합성도에서는 해수의 잔류염기에 의해 백색으로 나타나 있다. 반면 방조제 공사가 한창 진행 중이던 금호호내에서는 백색화 현상이 보이지 않고 있는데, 방조제 끝막이 공사가 끝난 1994년 3월 이후부터 해수의 유입이 차단되고, 염기가 증발되어 백색화 현상이 진행될 것으로 생각된다. Landsat T.M. 자료의 분광 특성상 해수와 담수의 명확한 구분은 되지 않고 있는데 특히 영산강 내수면의 오염물질인 부유물과 클로로필은 그 구분을 하는데 어려움을 제공하고 있어, 염기에 의한 구분을 해수와 담수로 정확히 구분하기 위해서는 차후에 항공사진, 지형도 등에 의해 수정을 거쳐 통합적인 GIS 데이터베이스로 구축한다면 보다 정확한 분류결과가 나올 것이다.

해안습지는 저토의 토양환경과 수생식물의 유무에 따라 차이를 보이고 있는데, 이 습지 중 생태학적으로 가치가 가장 높은 지역은 수질의 정화능력에 의해 연안오염 감소에 영향을 미치는 수생식물이 존재하는 지역이나 본 연구 대상지역의 일부 지역에서만 염습지에 서식 가능한 수생식물이 소규모의 군락으로 존재하고 있었으며 (표2.3 참조), 해안을 따라 산발적으로 나타나는 형태는 현지 조사결과와 거의 유사하게 나타났다. 그 외의 해안습지는 사니질 입자로 구성된 개흙으로 주로 구성되어 있고, 이들 입자는 바닷물 속과 표면에 나타나는데, 하중이 무거운 입자는 육지부

에 가까운 연안지역에 형성되고, 하중이 가벼운 입자는 하천과 썰물에 의해 수심이 깊은 곳까지 확산되는 퇴적현상을 보이며 연구대상 지역 전반에 걸쳐 약 7.7%(270 km²)에 이르고 있다. 이들 지역은 경사가 매우 낮고 평평한 지역에 있으며, 조차에 따라 나타나는 지역도 매우 다르게 되는데 본 연구의 중심지인 목포지역의 평균조차가 3.1m이고, 상단 지역인 영광지역이 약 5.1m임을 감안할 때, 상부지역으로 갈수록 이들 갯벌이 잘 발달함을 알 수 있고, 그림3.1, 그림3.3은 그것을 잘 보여주고 있다. 이들 해안습지는 자연적으로 형성된 것으로 해양수산물의 자연서식 및 공급 지역으로 그 역할을 감당해 왔으나 최근 여러 용도로 대규모의 인공습지의 개발이 되고 있는데 그 종류로는 염전, 농지, 공업지역, 도시지역 조성을 위한 간척지 등으로 분류되어 진다. 이중 염전은 그 규모가 가장 소규모적이고 연안역과 도서지역 곳곳에 나타나고 있다. 반면 간척지역은 대규모 방조제 사업에 의한 대규모 농지가 크게 조성되고 있는데 데이터 수집 당시 금호 방조제 공사가 진행 중이었으므로 간척사업이 진행 중인 지역의 정확한 분류는 어려움이 있었지만 본 연구에서 나타나는 간척지만도 약 3% (106 km²)에 이르고 있고, 농지로 구분된 영산강 2단계 사업의 대부분 지역도 간척농지임을 고려할 때 그 면적은 약 400 km²를 상회하게 된다. 더욱이 본 연구의 위성 촬영시점 이후인 1996년까지 영산강 3단계 사업에 의해 금호 제1, 2 방조제 건설에 따른 대규모 간척농지가 확보될 것을 예상하면 1996년 이후의 이미지를 시계열 분석에 의해 정확히 그 실태를 파악하여야 할 것이다. 본 연구의 여타 토지이용 분류는 산림(녹색), 도시(적색) 및 기타(백색)로 구분해 시각적 구분이 쉽게 되도록 하였고, 이러한 방법으로 한 시점의 습지 분포 실태를 분석해 그 데이터베이스를 형성하면 차후 완전한 습지목록의 기초자료가 될 것이다.

3.2 습지목록의 활용

습지목록은 습지자원의 관리와 이용·개발시의 가장 중요한 기초자료로 활용될 수 있는데, 표3.3은 그러한 내용을 종합적으로 보여주고 있다. 습지목록을

직접적으로 이용 가능한 내용을 살펴보면 습지의 현황을 지역단위별로 쉽게 알 수 있는데, 해당 시·군의 행정경계도와 중첩하면 어떤 습지가 어느 정도 어떤 지역에 나타나는지 구체적으로 파악할 수 있어, 습지 관리를 하는 행정 부서에서는 보전의 강도를 달리해 어떤 습지를 절대보존 또는 어획행위를 허가해 주면 보전 할 것인가에 대한 판단의 기초자료로 활용할 수 있고, 이미 훼손된 습지의 현황 파악 및 회복에 대해서도 평가할 수 있다. 더욱이 습지의 다양한 생태적 기능(예: 어류·패류·야생동물 등의 서식지, 수질 정화능, 생산성 등)과 사회·경제적 기능(예: 홍수조절, 해안 침식조절, 해상재해 방지, 어장 및 양식장, 사냥 및 여가활동, 심미적 가치 등)에 따른 구체적 내용을 데이터베이스화 할 때, 필수적인 기초자료로 이용될 수 있다. 이와 함께 습지와 관련된 여타 개발 행정 부서에서도 이러한 목록을 이용할 수 있는데, 개발 대상 지역내의 습지분포를 사전에 파악하여 습지가 가지고 있는 생태적 기능을 보전하면서 여타 지역만을 개발하여 이용할 수 있다.

표3.3 Use of Wetland Inventory

Recommended as direct use	Recommended as reference
<ul style="list-style-type: none"> • Wetland statistics at the local, regional & national scale • Wetland management <ul style="list-style-type: none"> - Conservation - Preservation - Restoration - Acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> • Land-use planning • Coastal area development
<ul style="list-style-type: none"> • Wetland research 	<ul style="list-style-type: none"> • Natural resource policy development

본 연구에서는 영산강 4단계 사업지역만을 절출해 계획지구의 경계를 그림3.3, 그림3.4에 나타내었고, 이 지역내의 습지 분포를 그림3.4와 표3.1로 정리해 간척 사업에 의해 소멸될 변화를 예측·분석하였다. 이러한 내용을 간척사업 시행 이전의 계획 단계에서 보는 것은 간척사업의 타당성을 판단하는 필수적 자료가 될 것으로 생각되는데, 간척사업계획에 의하면 7개의 방조제를 추가 건설해 해안습지를 완전히 소멸하고 간

척 농지 및 여타 용도로 개발하는 것을 골자로 하고 있어, 이들 지역의 개발에 의한 생태계의 피해로 나타나는 부정적 측면과 농토 및 국토확장, 도로 육운개선 등 간척사업의 긍정적 측면을 동시에 볼 수 있는데 이용될 수 있을 것이다.

3.3 고찰

습지자원의 효율적 관리를 위해서는 과학적 분류체계에 의한 습지의 분포를 정확히 나타낼 수 있는 방법과 습지가 가지고 있는 다양한 생태적 기능을 체계화 할 수 있는 데이터베이스가 있어야 하지만, 지금까지의 습지에 관한 국내의 생태적 연구는 단편적인 연구에 불과해, 습지의 공간 자료와 속성을 체계적으로 구축하지 못해 왔다. 본 연구에서 도입한 원격탐사와 지리정보체계에 의한 습지 목록 구축 방법은 이러한 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 대안으로서 시간과 경비 상의 절약도 기대 할 수 있다. 더욱이 습지의 보전에 있어 가장 큰 문제가 되고 있는 개발 또는 보전 상의 토지이용의 마찰을 해결할 수 있는 기초자료로 이용될 수 있고, 지리정보체계의 모델링 기법에 의해 이들 상충성을 최소화 할 수 있는 기법을 활용한다면 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발을 가능하게 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 습지자원의 현황을 체계적으로 밝힐 수 있는 방법으로 원격탐사와 지리정보체계에 의해 전남 서남해안 지역을 대상으로 습지목록을 개발 한 것으로,

로, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 습지자원의 관리시 구체적이고 명확하며 과학적인 기초 공간 자료의 수집이 필요한 바 이는 원격탐사의 이미지 프로세싱 기법과 지리정보체계에 의해 효율적이며 효과적으로 처리할 수 있었다.
2. 서남해안 자연습지자원은 수생식물의 유무, 저토환경의 특성에 따라 구분될 수 있었고, 인공습지는 간척

지, 염전, 농지로 나타났다.

3. 습지목록은 습지자원의 효율적 관리를 위해 가장 필수적인 자료로 활용 가능함을 보여주었다.

5. 참 고 문 헌

1. 원중선, 유흥룡. 1995. LANDSAT TM 자료를 이용한 해안선 변화 관측. 해양연구 제17권 2호 pp. 101-115
2. 이기철, 1994. 토지이용의 상충성 해결을 위한 지도학적 모델의 개발. 한국지형공간정보학회 제 2권 1호. pp. 131-140.
3. Adamus, P.R and L.T. Stockwell. 1983. A Method for Wetland Functional Assessment: Vol. I and II. Federal Highway Administration. U.S. Dept. of transportation. Wa. D.C.
4. Bedford B. L. and E. M. Preston. 1988. Developing the Scientific Basis for Assessing Cumulative Effects of Wetland Loss and Degradation on Landscape functions: Status, Perspectives, and Prospects. Environmental Management. Vol. 12, No. 5. pp. 751-771.
5. Cowardin, L.M., Carter. V., Golet. F.C., and LaRoe. E.T. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the U.S. U.S. Fish and Wildlife Service Pub. FWS/OBS-79/31 W.A.D.C. 103 pp.
6. Federal Interagency Committee for Wetland Delineating Jurisdictional Wetlands. U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Fish and Wildlife Service, and U.S.D.A. Soil Conservation Service, Washington, D.C. Cooperative technical publication. 76 pp. plus appendices.
7. Jensen, J.R. 1981. Urban Change Detection Mapping Using Landsat Digital Data. The

American Cartographer. 8(2)127-147.

8. Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G., 1986. Wetlands, Van Nestrand Reinhold Company Inc., New York, U.S.A.
9. Rousch, M., Robb, D., Yi. G. and Mitsch, W.J. 1989. Remote Sensing of Ohio's wetlands of Western Lake Erie. pp.145-157. in Mitsch, ed. Wetlands of Ohio's Coastal Lake Erie: A Hierarchy of Systems. Ohio Sea Grant Program, Columbus, Ohio. U.S.A.
10. Yi, Gi-Chul, Tomlin, C.D. and Mitsch, W.J. 1989. Toward Dynamic Cartographic Modeling of Costal Wetlands. pp.175-180 in Mitsch, ed. Wetlands of Ohio's Coastal Lake Erie: A Hierarchy of Systems. Ohio Sea Grant Program, Columbus, Ohio. U.S.A.
11. Yi, Gi-Chul, 1992. An Analysis of Disputants' Environmental Conflict Frames Relating to Ohio Wetland Conversion Disputes. Ph. D. Dissertation. The Ohio State University. Columbus, Ohio. U.S.A.
12. Yi, Gi-Chul. 1993. Multiple Utilization of a Satellite Image for Wetland Assessment Mapping. Bulletin of Littoral Environment. Mokpo National University Vol. 10. pp. 57-71.
13. Yi, Gi-Chul, Risley, D., Koneff, M. and Davis, C. 1994. Creation, Value and Use of Ohio's GIS-based Wetlands Inventory. Journal of Soil and Water Conservation. Vol. 49 (1) pp. 23-28.

감사의 글

이 논문은 1995년도 한국과학재단 특정기초연구(과제)에 의하여 지원 받았으며, 연구에 필요한 자료제공 및 자문을 해 주신 호남GIS연구회, 한국자원연구소, 한국연회통상(주)의 관계자 여러분께 감사드립니다.



그림3.1 Natural color composite map of study area

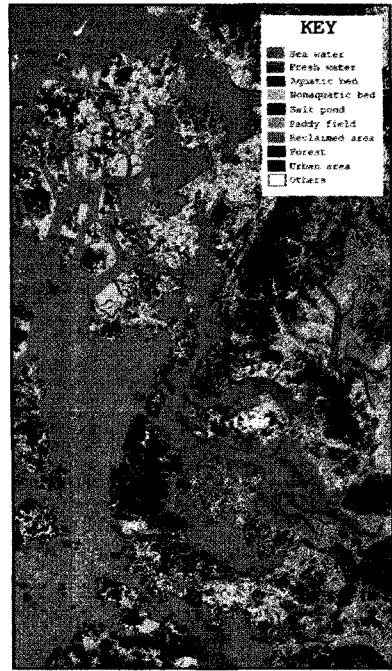


그림3.2 Area of YoungsanRiver IV Project

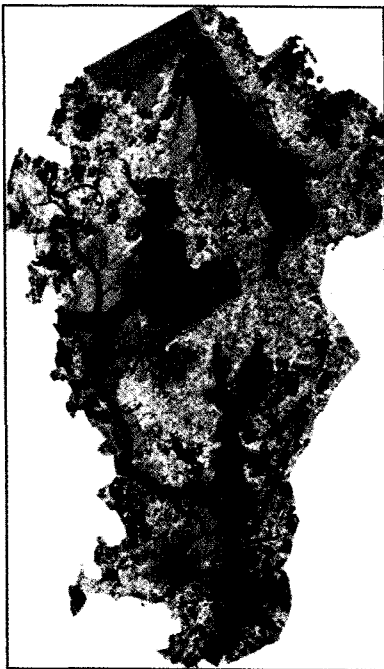


그림3.3 Distribution of southeastern coastal wetlands

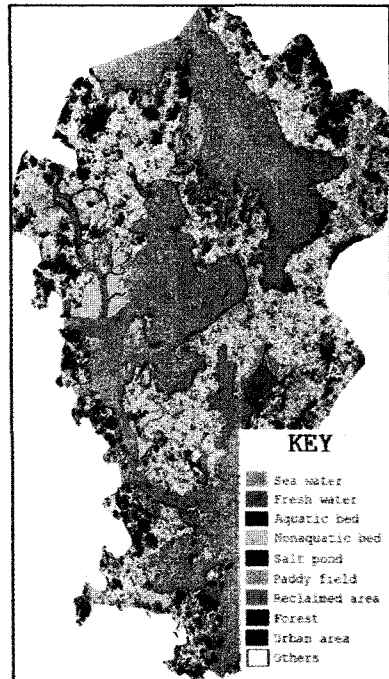


그림3.4 Wetland loss caused by YoungsanRiver IV Project