

원격탐사와 지리정보시스템을 이용한 시화지구 일대의 지표환경변화와 토공량 예측연구

Geo-surface Environmental Changes and Reclaimed Amount Prediction Using Remote Sensing and Geographic Information System in the Siwha Area

양 소 연 (So Yeon Yang)
송 무 영 (Moo Young Song)
황 정 (Jeong Hwang)

충남대학교 자연과학대학 지질학과
충남대학교 자연과학대학 지질학과
대전대학교 공과대학 지질공학과

요약/ABSTRACT

해안매립의 적지로 선정된 시화지구 일대의 시화방조제와 안산신도시개발과 관련된 지표지형의 변화를 관측하기 위해 년도별 인공위성영상을 이용하였으며, 시화방조제 완공으로 노출된 간척지의 매립량을 분석하기 위하여 지리정보시스템을 이용하였다. 시화지구 일대의 인위적인 인간활동과 관련된 년도별 지형의 변화상과 퇴적물의 분포양상, 산림의 토지피복상태, 그리고 변화된 토지피복현황을 관측하기 위해, 일반적으로 널리 이용되는 위성영상합성, Tasseled cap, 식생지수와 감독분류기법을 이용하였다. 매립계획이 수립된 간척지의 매립량을 토목공사 이전에 추측하기 위하여 지질도, 시화간척지 조성계획도, 지상 DEM, 해저 DEM자료층을 지형도, 지질도, 해도, 시화지구 계획도면으로부터 추출하였다. 또한, 인공위성 영상자료 중 감독분류 영상을 분석하여 인근육지의 절취예상 가능위치를 추출하였다. 해안선 및 연안지역의 지표지형변화 관측을 위한 처리기법 중 Tasseled cap으로 노출된 조간대의 퇴적물의 침식과 퇴적지역을 관찰하였고, 식생지수 기법으로 식생지수의 차이를 이용하여 산림피복 분포양상을 파악하였으며, 감독분류 영상으로부터 년도별 토지피복 변화현황을 관찰하였다. 수치지형분석으로 계산된 시화지구 간척지의 총매립량은 581,485,354m³이고, 이를 호수공원 하부에서 준설할 경우 예상되는 최종 호수공원의 깊이는 9.2m이다. 또한, 계획단지 주변에 제방을 축조할 경우, 소요될 매립량은 3,387,360m³이며, 이를 인근육지로부터 절취한다고 가정할 때, 선감도와 송산면일부, 대부도일부 예정지의 절취량은 각각 5,229,576m³, 79,227,072m³, 47,026,008m³이다. 따라서, 제방 축조시 필요한 토공량은 대부도일부의 절취량만으로도 충분히 충당할 수 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 위성영상합성, Tasseled cap, 식생지수, 감독분류, 수치지형분석

The objectives of this study are to analyze the changes of geo-surface topography in the Siwha embankment and the Ansan city area by the image processing of Landsat Thematic Mapper data, and to estimate the reclaimed amount of the exposed tidal flat in the Siwha area using the GIS. False color composite, Tasseled cap, NVDI(normalized difference vegetation index), and supervised classification techniques were used to analyze the distribution of sediments and the aspect of topographical variations caused by artificial human actions. The total amount of the exposed tidal flat was estimated on the basis of the database such as aerial photography, hydrographic chart, geological map, and scheme drawing in the Siwha area. The possible excavation regions for a seawall were predicted analyzing the supervised classification image of Landsat TM data. Tasseled cap images were used to observe the distribution of sediments. The difference of the NDVI images between spring and summer seasons indicates that deciduous and coniferous forests were distributed over the whole areas. The total fill-volume of the exposed Siwha tidal flat and the fill-volume of the construction planning seawall were calculated as 581,485,354m³ and 3,387,360m³, respectively, from the digital terrain analysis. Daebu Island, Sunkam Island, and the part of Songsan-myeon were chosen as the cut area to make the seawall, and their cut-volumes were estimated as 5,229,576m³, 79,227,072m³, and 47,026,008m³, respectively. Therefore, the cut-volume of Daebu Island alone among three areas was sufficient to make the seawall.

Key Words : False color composite, Tasseled cap, normalized difference vegetation index, supervised classification, digital terrain analysis

서 언

시화지구는 간척 및 매립 대상지 중 해안개발의 잠재력 평가에 의해 적지로 선정된 곳이다. 간척이나 매립 등 인간 활동에 의한 해안선 및 해안 인접 지역의 지형은 급속한 변화가 꾸준히 일어나고 있으며 이러한 변화는 궁극적으로 해수유동과 연안에서의 침식 및 퇴적환경을 변화시킴으로서 연안의 지질환경을 크게 변화시키는 원인이 된다. 그러나 해안선 및 연안 일대 지형의 장기적이며 지속적인 변화관측은 현장조사에만 의존할 경우 경제적이 못하다. 이에 비하여 원격탐사 영상자료를 이용하면 해안선 및 연안지역 지형의 변화에 대한 주기적이며 장기적인 관측을 경제적이며 효과적으로 수행할 수 있는 장점을 갖는다(원중선·유홍룡, 1995).

시화지구는 해안매립 계획에 의해 1994년 1월 방조제의 물막이공사가 끝났으며 노출된 간척지에 도시조성과 농지조성계획이 수립된 상태이다. 이에 시화지구의 해안지역을 매립한다고 가정하여 공사 이전에 토공량을 미리 예측하면 토목공사의 기초자료로서 이용될 수 있고 경제적, 합리적으로 토목공

사를 진행시킬 수 있을 것이다.

연구의 목적은 도시조성과 농지조성이 계획된 시화지구 (37°10'30"~37°24'20", 126°32'10"~126°55'00")에서 원격탐사 영상자료를 이용하여 해안선 및 연안일대의 지형변화를 관측하고 지리정보시스템을 이용하여 경제적, 합리적으로 토목공사를 진행시킬 수 있는 기초자료인 매립량 및 매립깊이를 산출하는 데 있다. 는 매립지의 매립전과 매립후의 자연환경변화연구는 물론 매립이 자연 생태계에 미치는 영향을 분석하는데 이용될 수 있다(신은선, 1996). 또한, 지도의 중첩과 같은 GIS기법과 화상처리 기법들은 지표환경과 변화 추이를 종합적으로 분석하는데 유용하다(박성미, 1997).

해안선 및 연안일대의 지형변화를 관측하기 위한 분석으로 인공위성 영상자료처리 중 위성영상합성(False color composite image), 식생지수(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index), Tasseled Cap, 분류(Classification) 등(원중선과 유홍룡, 1995; 신광수, 1998)을 이용하였고, 매립량 및 매립깊이를 산출하기 위한 분석으로 지상과 해저 DEM (Digital Elevation Model)작성, 지질도, 간척

지 조성계획도, 절취예상도 등을 데이터베이스로 구축한 후, 지리정보시스템을 이용한 컴퓨터 지도 모형연구를 통하여 최종적으로 합리적이고 경제적인 단지개발을 위한 도시조성과 농지조성단지의 매립량과 매립깊이를 산출하였다.

지형 및 지질

연구지역은 행정구역상 경기도 시흥군 군자면(현 시흥시 정왕동), 화성군 서신면, 용진군(현 안산시) 대부분, 안산시 신길동 등 3개군과 1개시에 걸쳐 있으며, 지형적 특징에 따라 변성퇴적암류가 광범위하게 분포하는 중앙산지 지역과 퇴적암 및 변성퇴적암류가 분포하는 구릉성 서부해안지역, 북서부에 인천시가지가 있는 매립지역으로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 변성퇴적암류가 광범위하게 분포하는 중앙산지지역은 대부분 편암 및 편마암류로 구성되어 있으며, 주능선은 남북방향으로 발달하고 지능선은 북동방향으로 발달하고 있다. 둘째, 퇴적

암 및 변성퇴적암류가 분포하는 구릉성 서부해안지역은 대부분 구릉성 산지를 형성하며, 침식해안을 이루고 있다. 셋째, 북서부의 편암 및 편마암 등의 변성암류지대는 구릉성 지형을 이루고, 흑운모화강암지대는 문수산(213m), 청량산(150m)이 높은 지형을 이루고 있다.

본 지역의 지질은 선캠브리아기의 변성암류와 후기에 이를 관입한 중생대의 화성암류, 퇴적암류 및 제 4기의 충적층으로 구성된다(Fig. 1).

연구 방법

1. 원격탐사(Remote Sensing)자료의 영상처리를 통한 토지이용변화 분석방법

사용된 자료는 116 path 34 row궤도상의 Landsat TM data로 1986년 4월 15일, 1988년 9월 27일, 1994년 9월 12일, 1996년 1월 21일에 취득된 영상자료이며 계절별로 변화하는 여러 현상을 조사 비교하는데 적당하다. Landsat 영상이 촬영될 때의

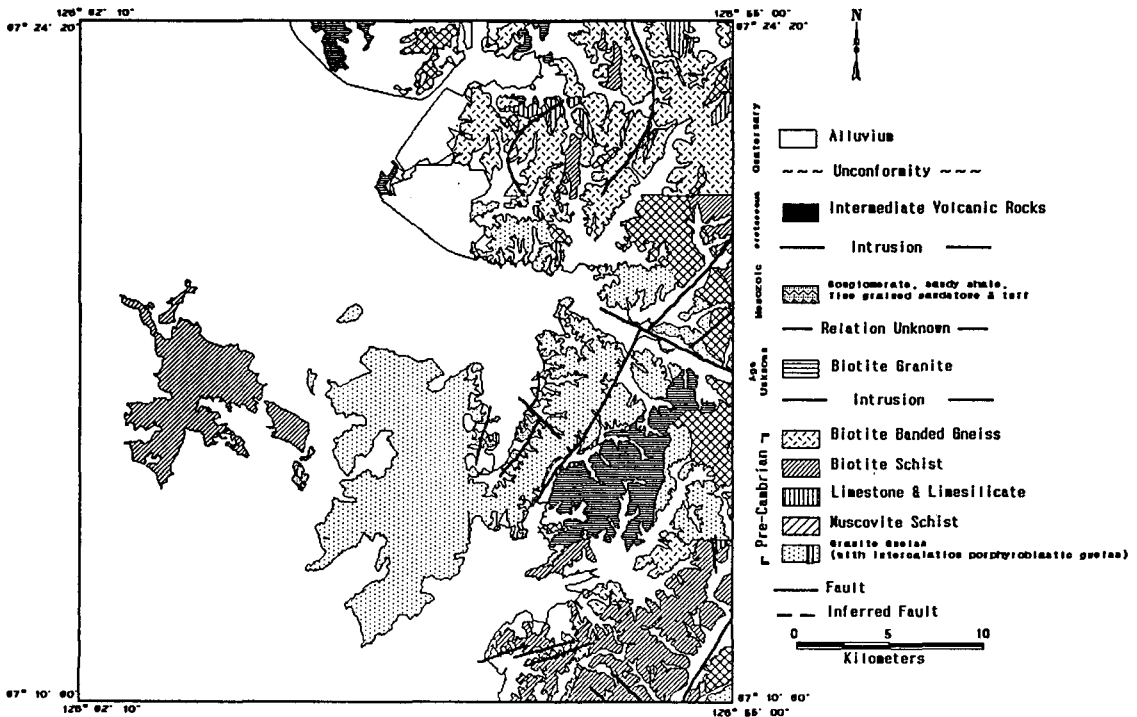


Fig. 1. Geological map of the study area (KIGAM, 1972; 1973; 1975; 1993).

Table 1. Tide of Incheon.

	April 15, 1986		September 27, 1988		September 12, 1994		January 21, 1996	
High Water	08h 33m	824cm	05h 58m	936cm	09h 19m	752cm	05h 35m	817cm
Low Water	14h 41m	195cm	12h 02m	-25cm	15h 24m	135cm	11h 38m	-56cm

조석관계는 Table 1과 같고, 사용된 인공위성 영상 자료 분석 package는 Research System Inc.에서 개발한 ENVI 2.6이다.

원격탐사에 의해 획득된 영상자료는 위성의 고도변화, 위성의 흔들림(roll, pitch, yaw), 지구의 자전, 주사 속도의 불균일, 주사 및 탑재체 진행방향의 순간 시야각의 다름, 지형의 기복 등으로 기하학적 왜곡이 생긴다. 이러한 기하학적 왜곡을 보정하기 위해 지상기준점(Ground Control Point : GCP)을 이용하였다. 본 연구에서는 먼저 하나의 지도 투영 시스템에서 다른 시스템으로 변환시키기 위해 주로 도로교차점이나 뚜렷하고 변화가 없는 호수 등을 선택하여 전지역에 고루 분포가 되도록 1:25,000 축척의 지형도에서 15점을 선택하였다. 연산과정에서 RMS(Root Mean Square)오차가 계산되며 이는 지상기준점의 입력(source)위치와 같은 지상기준점에 대해 재변환된 위치 사이의 거리이다. RMS오차는 0.5(단위 : 영상, pixel)로 하나의 영상소의 크기보다 작게 보정하였다.

이렇게 계산된 새로운 좌표정보들을 이용하여 출력영상파일이 작성되며, 이때 사용된 재배열(resampling)방법은 계산된 좌표치와 가장 가까운 화소(pixel)의 값을 취하는 Nearest neighbor이다. 그 이외의 영상은 GCP과정이 끝난 영상과 나머지 영상을 영상 대 영상 정합기법을 이용하여 기하보정 하였다.

위성영상합성 : Landsat TM은 3개의 가시광선 파장대, 1개의 근적외선 파장대, 1개의 열적외선 파장대와 2개의 중적외선 파장대로 구성되어 있으며, 그 분광특성도 각각 다르기 때문에 본 연구에서는 7개의 파장대 중 연구목적인 해안선 및 연안의 지표지형변화를 잘 나타내는데 가장 적합한 밴드를 각 밴드별 흑백영상을 통하여 선정하였다. 그 결과,

식생 구분과 관련된 0.52~0.60 μ m 파장대의 band 2와 0.63~0.69 μ m 파장대의 band 3, 물의 경계추출과 관련된 0.63~0.69 μ m 파장대의 band 4와 식생과 토양의 수분을 구별해주는 1.55~1.75 μ m 파장대의 band 5를 선정하여 조합하였다(신광수, 1998).

식생지수 : 식생지수(NDVI)는 Rouse et al.(1973)가 최초로 Landsat MSS의 밴드 7과 밴드 5를 사용하여 식생을 관찰한 후로 Landsat TM, AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 등 다중분광자료에서 모두 이용되기 시작하였다(Marsh et al., 1992; Larsson, 1993; Eastman and Fulk, 1993).

본 연구에서는 식생지수의 계절 변화에 따른 침엽수림과 활엽수림의 분포양상을 관찰하기 위해(송무영, 1998) Marsh et. al.(1992)의 밴드 4와 밴드 3으로 다음과 같은 식생지수 계산식을 적용하여 영상처리한 후, 시각적 효과를 높이기 위해 green filter를 사용하여 초록색으로 그 크기의 변화를 나타냈으며, 대비확장(contrast stretching)을 적용하여 영상을 강조하였다.

$$\text{식생지수} = \frac{(DN_4 - DN_3)}{(DN_4 + DN_3)}$$

여기서 DN_4 는 밴드 4의 화소값(Digital Number)이고 DN_3 는 밴드 3의 화소값이다.

Tasseled cap : Tasseled cap변환은 Kauth and Thomas(1976)에 의해 Landsat MSS 자료를 이용하여 식생지수를 구하기 위해 개발되었으며, 근번 연구에서는 Crist and Cicone(1984)이 Landsat TM자료를 이용하여 제시한 Tasseled cap 변환의 계수를 이용하였다.

Tasseled cap변환을 Landsat TM자료에 적용하여 얻을 수 있는 성분은 토양의 brightness와 같은

total reflectance, green vegetation index (greenness), 토양의 수분함량과 관련된 wetness이다. 세 성분인 brightness, greenness, wetness를 각각 Red, Green, Blue로 합성하여 지표의 변화정도를 관찰하였다.

감독분류 : 감독 분류기법은 각 분류항목에 대한 정보를 미리 알고 이를 이용하여 분류하는 기법으로서 실제 대상물의 분광특성을 알고 있거나 영상으로부터 교사자료(training set)을 선정하여 각 분류항목에 대한 평균이나 분산 등의 통계값을 사전에 계산한 후에 이를 이용하여 분류하는 것이다. 각 분류항목에 대한 정확한 정보가 있을 경우에는 이 분류법이 정확하나, 이러한 정보를 얻는데는 많은 노력이 필요하며, 또한 시간에 따라 변화되므로 이 때마다 조정하여야하는 번거로움이 있다. 대표적인 분류기법으로는 최대우도분류법(maximum likelihood classifier)이 사용되며, 이는 각 화소에 가장 큰 우도(likelihood, Lk)를 갖는 분류항목을 정해주는 것으로 공분산행렬(covariance matrix)을 이용한다(Haralick and Fu, 1983).

본 연구에서는 앞서 설명한 색합성영상, NDVI 등의 영상을 기본으로 하여 Anderson et. al.(1976)의 분류법에 따라 연도별로 7개에서 11개의 분류항목(class)으로 나누어 교사자료를 선정한 후, 최대우도분류법으로 감독 분류를 하여 변화된 토지피복현황을 파악해 보았다. 지표분류 요소로 바다(class 1 : yellow), 경작지(class 2 : green), 간척지(class 3 : magenta), 도시, 도로 등의 인공 지형물(class 4 : red), 염전(class 5 : cyan), 산림(class 6 : blue), 저수지(class 7 : white)로 나누어 선정하였다. 교사자료의 추출위치는 각 연도별 영상에서 동일한 위치, 동일한 개수를 선정하여 객관성을 높여보고자 하였다.

2. 지리정보시스템(GIS)을 이용한 토공량 분석방법

연구지역의 GIS자료층 작성 : 지리정보시스템을 이용한 시화지구간척지의 매립량과 매립깊이, 제방 축조시 필요한 절취량 산출을 위한 것으로 해안 매립을 위해서는 필요한 토석류의 양과 매립깊이의

산출이 필수적으로 요구되며, 실제 토목공사의 설계를 위한 기초정보로 이용될 수 있다. 본 연구를 위해 작성된 자료층은 모두 5개(지상 DEM, 해저 DEM, 절취예상도, 간척지 조성계획도, 행정구역도)이며 이들은 MapInfo를 이용하여 분석을 위한 기본적인 자료층(layer)인 tab file로 생성되었다.

이러한 자료층들을 작성하기 위해서 기본자료로 1:50,000 축척 지형도, 1:50,000과 1:250,000 축척의 지질도폭 그리고, 1:75,000과 1:250,000 축척의 해도, 시화지구 간척지 계획도면 등을 이용하였으며, 이 자료들을 기초로 데이터베이스를 구축하였다. 핵심은 디지털이저를 이용하여 인위적으로 입력한 후 점형태의 자료를 생성해 실제의 핵심계산을 위해 해도에 표시된 값에 4.64m를 더하여 계산하였다. 해도에 명시되어 있는 핵심값은 저조면을 기준면으로 하여 계산된 값이므로 지형도와 함께 이용하기 위하여 저조면과 평균해면의 차이값을 더해 계산한 것이다. 이러한 차이값은 지역의 조석에 따라 다르며 본 연구에서는 인천만의 평균해면이 4.64m를 적용하였다. 이와 같이 데이터베이스를 구축하여 Fig. 2를 작성하였다.

MapInfo상에서의 토공량 분석방법 : MapInfo를 이용한 토공량분석을 위해서는 일차적으로 작성된 지형, 핵심의 수치자료를 kriging 내삽법을 이용하여 변환한 후 grid형태의 자료구조로 재변환하여야 한다. Fig. 3은 토공량 계산시 사용한 fill & cut analysis방법이다. grid는 raster 또는 cell 구조의 자료를 전문적으로 처리, 분석하는 도구로서 MapInfo의 모든 자료구조와 결합하여 지표현상을 효율적으로 표현한다. 또한 벡터구조인 자료층의 tab file과 마찬가지로 grid file 내에 속성저장이 가능하다. grid의 자료구조는 계층적인 tile-block구조로 되어 있으며 grid는 연속적인 지표면이 점, 선, 면형태의 사상을 동일한 포맷내에 저장하고 표현하는 효율성을 가지고 있다(유근배, 1992).

연구지역인 시화지구는 상부는 호수공원으로, 하부는 간척지(Fig. 4)로 변경될 개발지역으로 간척지의 토공량 및 제방 축조시 필요한 토석재를 인근 육지로부터 절취할 경우를 가정하여 그 매립량 및 절취량을 추정하여 앞으로의 주변 환경변화를 분석해 보았다. 또한, 간척지를 매립하기 위한 토공량을

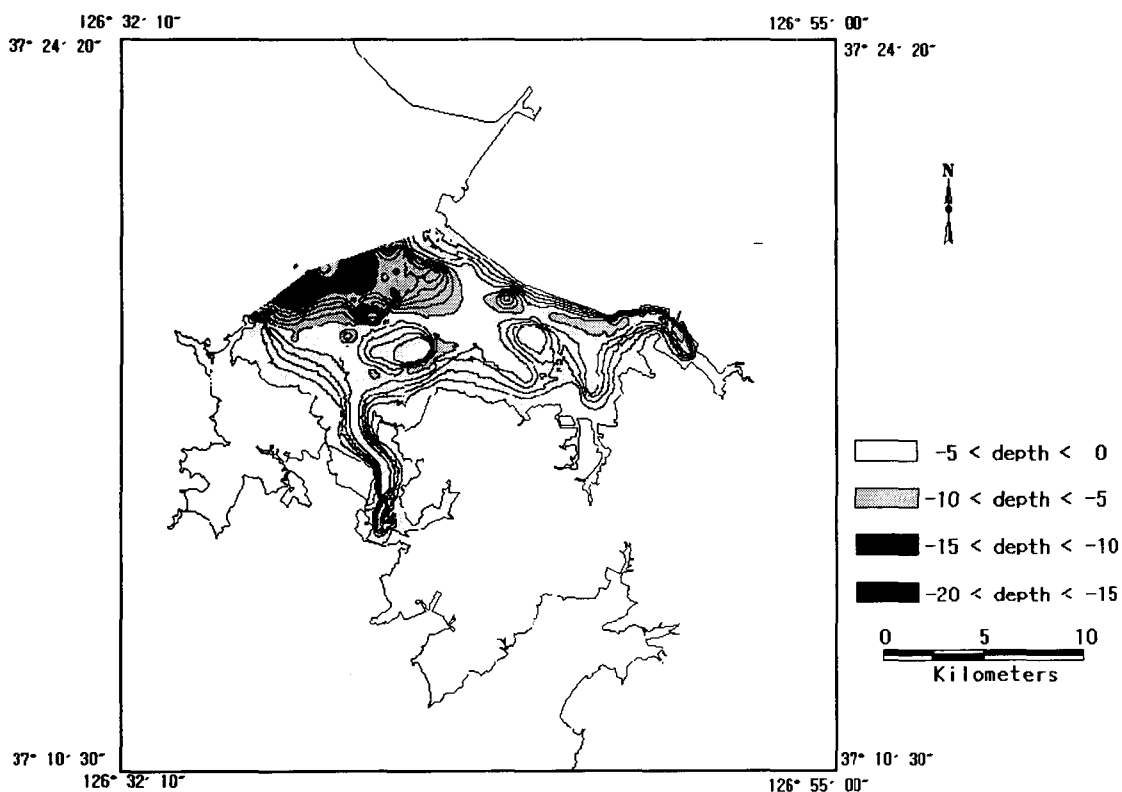


Fig. 2. Contour map of the sea depth after kriging interpolation.

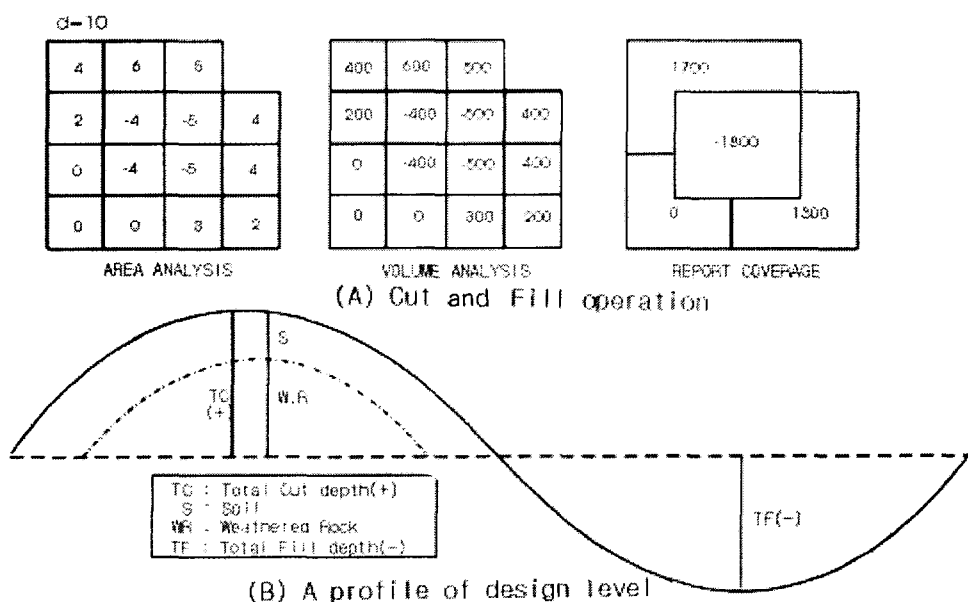


Fig. 3. Cut and Fill analysis(KIGAM, 1993).

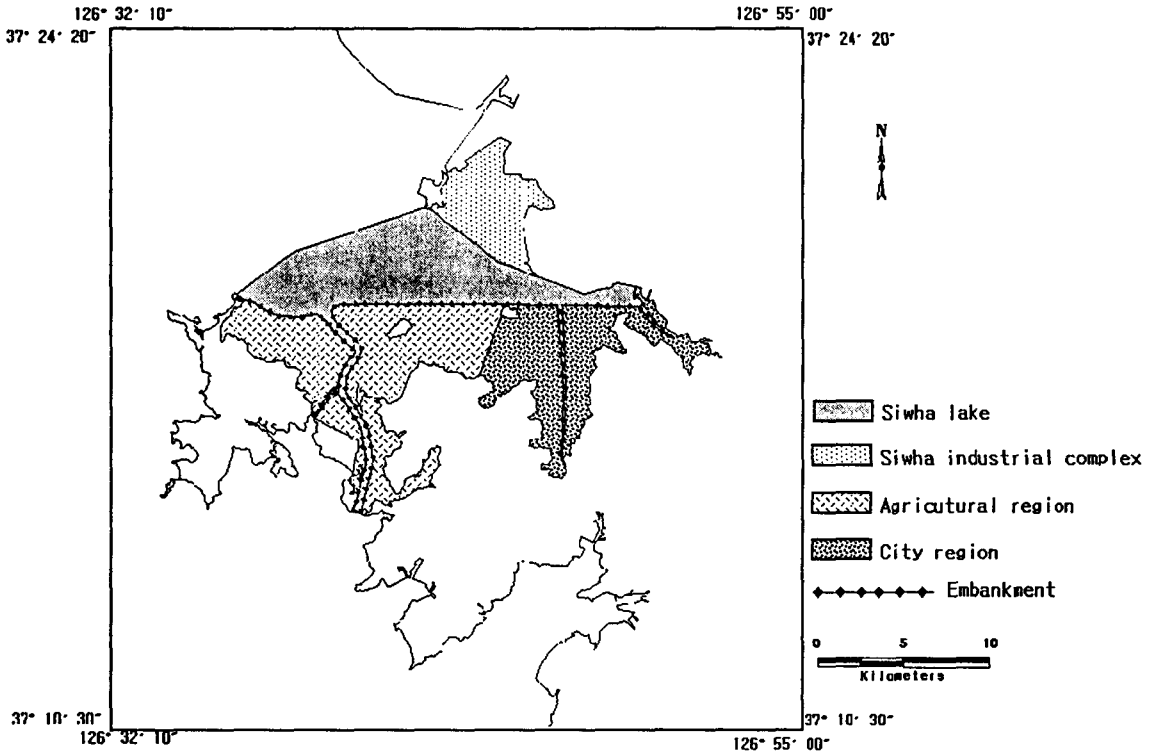


Fig. 4. Planning map of the study area.

호수공원의 하부에서 충당한다고 가정하였을 때 호수공원 하부의 준설이후 심도를 추정하였다. 이러한 분석은 Fig. 3과 같은 자료처리 방법을 이용하였으며 본 연구에서 활용한 실제 분석 작업 과정은 다음과 같다.

Fig. 5의 흐름도와 같이, 우선 호수공원과 간척지만을 보여주는 각각의 자료를 생성하고, 핵심자료를 선택하여 수학적 내삽법인 kriging기법으로 해저지형을 등치선으로 표시하는 선자료를 만든다. 토공량 계산에 알맞은 grid의 자료형태로 변환시킨 후, 수치지형분석(digital terrain analysis)을 통계처리한다. MapInfo를 이용한 토공량 분석을 위해서는 grid 형태의 자료를 만들어 분석하여야 한다. 이러한 grid 형태의 자료를 생성하기 위하여 grid 간격은 X=72m, Y=92m로 하였다. 이때 생성된 grid 자료가 Fig. 6이다.

연구결과 및 해석

1. 원격탐사자료의 영상처리를 통한 토지이용변화 분석결과

영상합성(False color composite image, band 5·4·2, band 4·3·2(RGB)) : 1986년 4월 15일, 1988년 9월 27일, 1994년 9월 12일, 1996년 1월 21일 경기만에서 얻어진 Landsat TM자료 중 (Path/Row=116/34) 1204×1233화소를 취하여 중적외선 파장대 밴드 5, 근적외선 파장대 밴드 4, 가시광선 파장대 밴드 2와 근적외선 파장대 밴드 4, 가시광선 파장대 밴드 3, 밴드 2를 적, 녹, 청(red, green, blue: RGB)의 색조합을 이용하여 합성한 것으로 Fig. 7, 8에 나타났다. 합성영상을 조합하여 직접적인 육안관찰에 의해 알 수 있는 주요 해안선 및 연안의 주요 지표지형 변화는 1986년 4월과 1988년 9월 사이에 일어난 소래포구 주변의 남동공

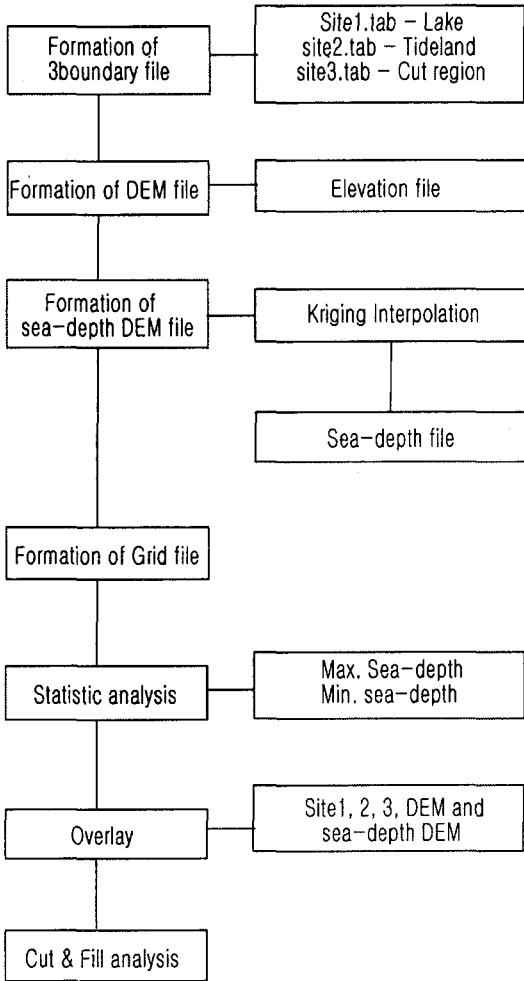


Fig. 5. Flow chart of data analysis processing.

단의 형성 및 시화 공업단지 조성을 위한 매립에 의한 변화이다. 또한, 이 기간중 대선, 탄도, 불도방 조제가 완공되어 육지화되었다. 1988년 9월과 1994년 9월 사이에 일어난 주요 변화는 시화방조제의 완공과 남동공단 및 시화공업단지의 도시화를 들 수 있다. 그러나 인천항 항만시설이나 안산 시내에서의 변화 등 좀 더 자세한 변화를 알기 위해서는 세심한 육안분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 식생지수, Tasseled cap, 분류기법을 적용하여 해안선 및 연안의 전체적인 변화양상 뿐만 아니라 미세한 지형적 변화를 효과적으로 분석하려 하였

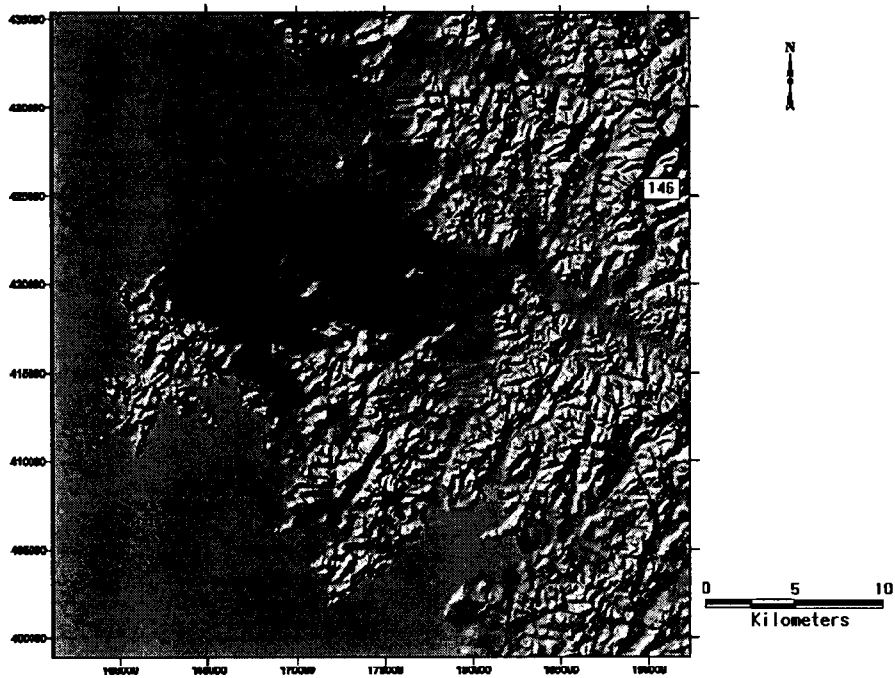
다.

식생지수 : Fig. 9는 1986년 4월 15일의 봄영상과, 1988년 9월 27일의 여름영상을 NDVI변환을 거쳐 비교한 것이다. 이 방법은 주로 농작물의 경작상태를 파악하는데 이용되나 본 연구에서는 지표별 토지피복 상태를 파악하기 위해 시도하였다. 1986년 4월의 봄영상과 1988년 9월의 식생이 무성한 여름영상으로 분석한 결과, 1986년 4월 영상에서는 식생지수가 낮게 나타나는 시흥시, 광명시, 안양시 일대의 식생이 1988년 영상에서는 식생지수가 높게 나타났다. 따라서 대략적으로 토지피복 상태를 분류하면 침엽수림의 분포지는 대부도, 화성군 송산면, 임도면, 서신면 일대이며, 활엽수림의 분포지는 시흥시, 광명시, 안양시 일대임을 알 수 있다.

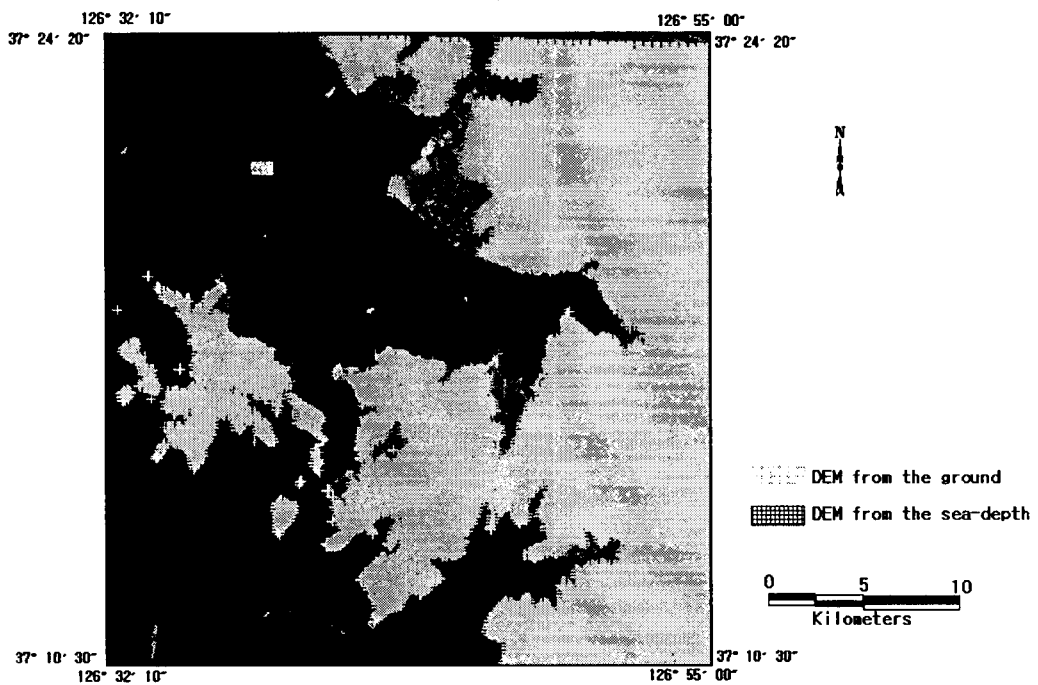
이와 같은 식생지수기법으로 시도한 침엽수림과 활엽수림의 토지피복상태의 파악은 매우 양호한 결과를 나타냈으며, 이를 이용하여 대략적인 우리나라의 산림분포양상을 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

Tasseled cap : Fig. 10은 조위가 비슷한 1986년 4월 15일과 1994년 9월 12일 영상, 1988년 9월 27일과 1996년 1월 21일 영상을 Tasseled cap의 변환계수인 brightness, greenness, wetness를 RGB로 합성한 후 비교하여 나타낸 것이다. 해안선 및 연안의 세밀한 지표지형 변화관측을 위해 시도된 것으로, 원중선과 유홍룡(1995)에 의해 시사된 바 있는 퇴적물의 이동 및 변화에 대한 것을 연도별로 관찰하였다. 두 영상을 비교해 보면 시화방조제 건설에 의해 시화방조제에 안쪽의 해안선을 따라 퇴적물의 집적이 이루어졌음을 알 수 있고, 소래포구 남동공단에서 침식이 일어났음을 알 수 있다.

또한, greenness가 높은 1994년 9월 영상은 1986년 영상에 비해 해안매립과 같은 인위적인 인간활동에 의한 지표지형의 변화나 산림과 경작지와의 구분이 매우 잘 나타남을 알 수 있다. 대표적인 지표지형의 변화는 시화공단 조성을 위한 시흥시 죽물동, 정주동, 신길동 일대의 야산이 절취되어 brightness가 높게 나타나는 것과 시화방조제 건설에 의한 대부도 중현동의 황금산 줄기의 일부가 절토된 것을 들 수 있다. 그리고, 남동공단 조성에 의해 경작지의 대부분이 도시로 토지 변경하였음을



(A)



(B)

Fig. 6. Basic data layers for cut-fill volume analysis. (A) Shaded relief map using DEM. (B) Grid map using DEM.

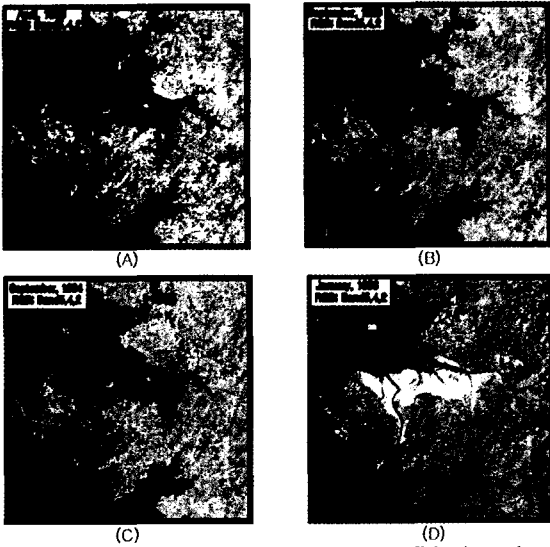


Fig. 7. Color composites of Landsat TM data for Siwha area. Composite of Landsat TM band 5, 4, 2 is placed in the red, green and blue(RGB) image, obtained on April 15, 1986(A) and on September 27, 1988(B), September 12, 1994(C) and on January 21, 1996(D), respectively.

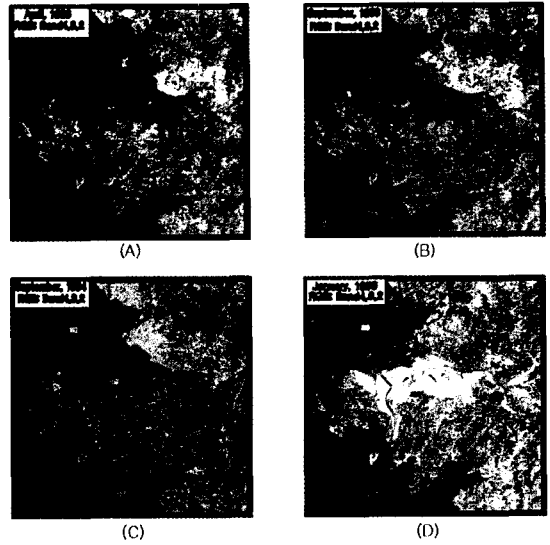


Fig. 8. Color composites of Landsat TM data for Siwha area. Composite of Landsat TM band 4, 3, 2 is placed in the red, green and blue(RGB) image, obtained on April 15, 1986(A), September 27, 1988(B), September 12, 1994(C) and on January 12, 1996(D), respectively.

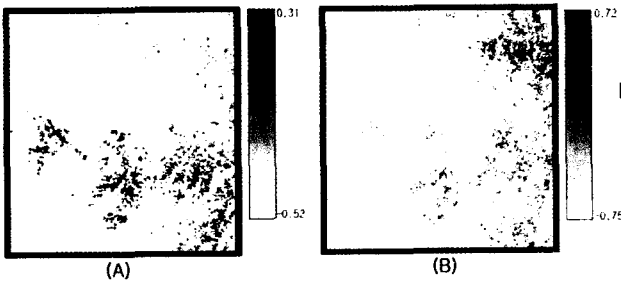


Fig. 9. NDVI data of Siwha area, derived from Landsat TM band 3 and 4, on April 15, 1986(A) and on September 27, 1988(B), respectively.

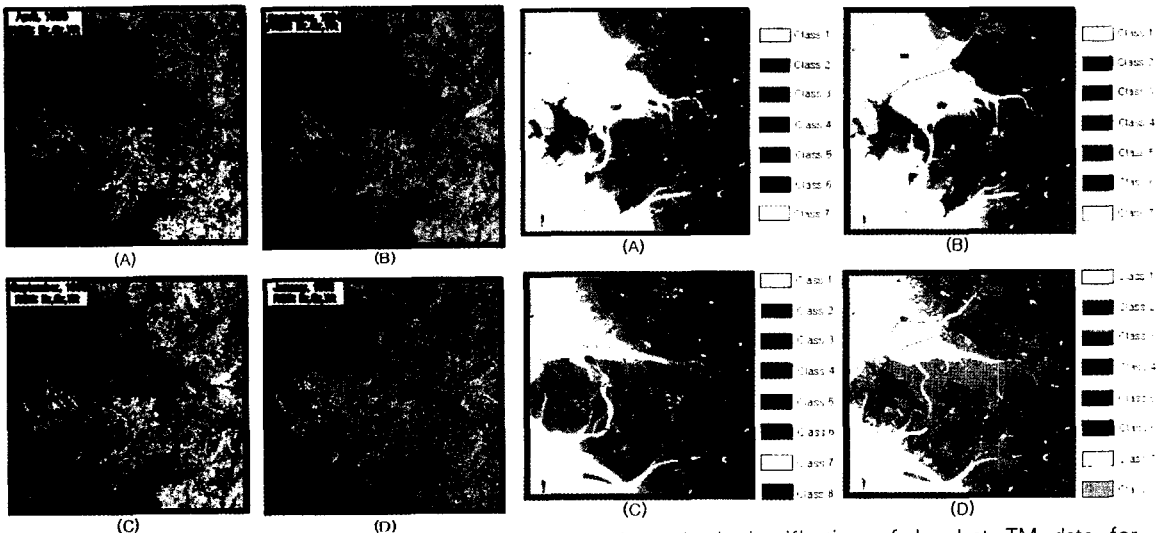


Fig. 10. Tasseled cap of Landsat TM data for Siwha area, obtained on April 15, 1986(A), September 12, 1994(B), September 27, 1988(C) and on January 21, 1996(D), respectively.

Fig. 11. Supervised classification of Landsat TM data for Siwha area, obtained on April 15, 1986(A), September 12, 1994(B), September 27, 1988(C) and on January 21, 1996(D), respectively.

관찰할 수 있다. 1988년 9월 영상과 1996년 1월 영상에서 조수간만의 차에 의한 조간대 노출변화가 brightness는 높게 나타나고 greenness는 낮게 나타나 퇴적물의 변화양상 관측이 가능함을 시사하였다. 1996년 1월 영상은 1988년 9월 영상과 비교시 절토되어 brightness가 높게 나타났던 시흥시 죽물동, 정주동, 신길동 일대와 대부도 황금산 줄기일부가 이미 녹지로 조성되든지 도시화되었음을 알 수 있다.

greenness가 높게 나타나는 1988년 9월과 1994년 9월 영상에서는 인간활동에 의한 지표지형의 변화양상이 쉽게 관찰되었으나, 이와 반대로

greenness가 상대적으로 낮은 1986년 4월과 1996년 1월 영상에서는 관찰이 거의 불가능하였다. 이는 Tasseled cap영상의 통계학적 특성으로 설명이 가능하며 이를 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서와 같이 일반적으로 1986년 4월과 1996년 1월에 얻어진 Landsat TM자료는 1988년 9월과 1994년 9월에 얻어진 자료보다 greenness로 대응되는 밴드의 표준편차가 작음을 알 수 있다. 이는 일반적으로 1988년과 1994년 Landsat TM자료가 나머지 두 자료보다 더 많은 지표면의 정보를 보유하고 있음을 암시한다.

Table 2. Statistical data of Tasseled cap results.

	86/4/15	88/9/27	94/9/12	96/1/21
Brightness	42.8469	32.7992	32.9832	22.049.
Greenness	15.7387	27.0610	30.1822	6.3594
Wetness	32.9247	21.3714	19.2613	14.3127

감독 분류 : Fig. 11에서와 같이 네 영상 모두 계절과 시간에 상관없이 인공적인 영향에 의한 지표지형 변화와 산림 및 경작지와 경계구분이 뚜렷함을 알 수 있다. 이는 Tasseled cap결과와 비교시 토지피복 현황을 파악하는데 분류기법이 좀더 효과적임을 시사한다.

1986년 4월과 1988년 9월 영상의 경우, 인공 지형물이 있는 부분은 주로 빨간색으로 표시되는데 특이할만한 점은 빨간 부분내에 자주색으로 인식되는 부분이었다. 이 자주색으로 나타나는 곳은 경지 정리만 된 곳으로 아직 인공구조물이 들어서지 않은 지역이다. 주요 개통도로나 인공구조물이 들어선 부분은 모두 빨간색으로 나타났고, 경작지는 주로 녹색으로 나타나 산림지, 인공매립지, 도로, 도시지역과 구분되었고, 매립전과 매립후 염전의 유실현황을 파악할 수 있었다.

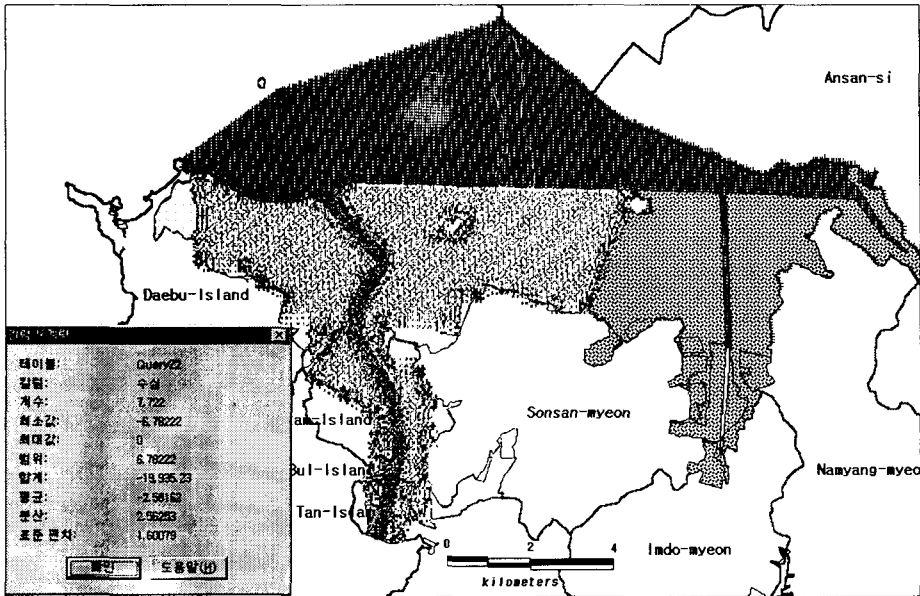
본 연구지역의 해안매립에 의한 염전의 유실면적은 8,365,000m²이다. 간척지의 면적은 120,900,000m²이고, 시흥시 죽물동, 정주동, 신길동 일대의 산림절취면적은 1,752,000m²이며, 대부도 중현동 일대의 절취면적은 829,200m²이다.

또한 특이할만한 점은 1986년, 1988년과 1994년

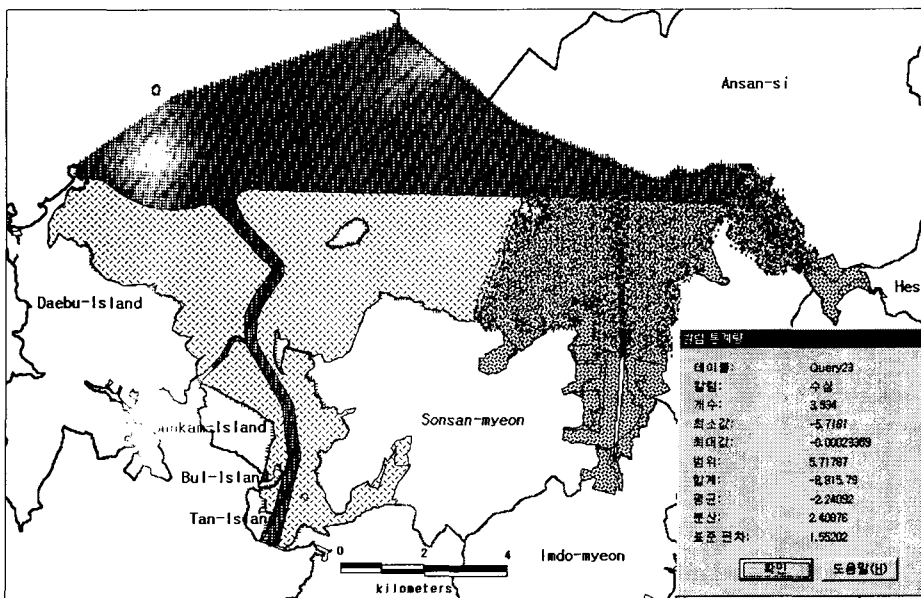
영상에서는 보라색으로 나타나던 간척지가 1996년 영상에서는 시화방조제가 완공되어 드러난 퇴적물 분포지에서 빨간색으로 나타난다는 점이다. 이는 드러난 간척지가 오랫동안 노출되어 건조된 상태가 지속되면서 반사도 값이 안산신도시의 매립부분과 인공 지형물 부분과 거의 유사하게 반응한다는 것을 의미한다.

2. 지리정보시스템을 이용한 토공량 분석결과

Fig. 5와 같이 간척지 조성계획도와 지상 DEM을 중첩(overlay)시켜 수치지형분석을 시도한 결과, 매립을 위한 기준설계치를 3m로 하였을 가정하였을 경우, 연구지역의 매립체적과 매립면적은 각각 농지조성지 401,414,031m³, 61,910,000m²이고 도시조성지는 180,071,323m³, 40,300,000m²이다(Fig. 12). 연구지역 상부 호수지역의 면적은 63,230,000m²이며, 간척지의 매립을 호수공원의 하부에서 준설할 경우에 예상되는 최종 호수공원의 깊이는 581,485,354m³/63,230,000m²(매립체적/호수공원의 면적)=9.2m로 계산되었다. 제방 축조시 필요한 토공량을 분석하기 위해 계산된 제방의 길이(농지계획지제방



(A)



(B)

Fig. 12. Fill-volume analysis of the agricultural land(A) and city region(B).

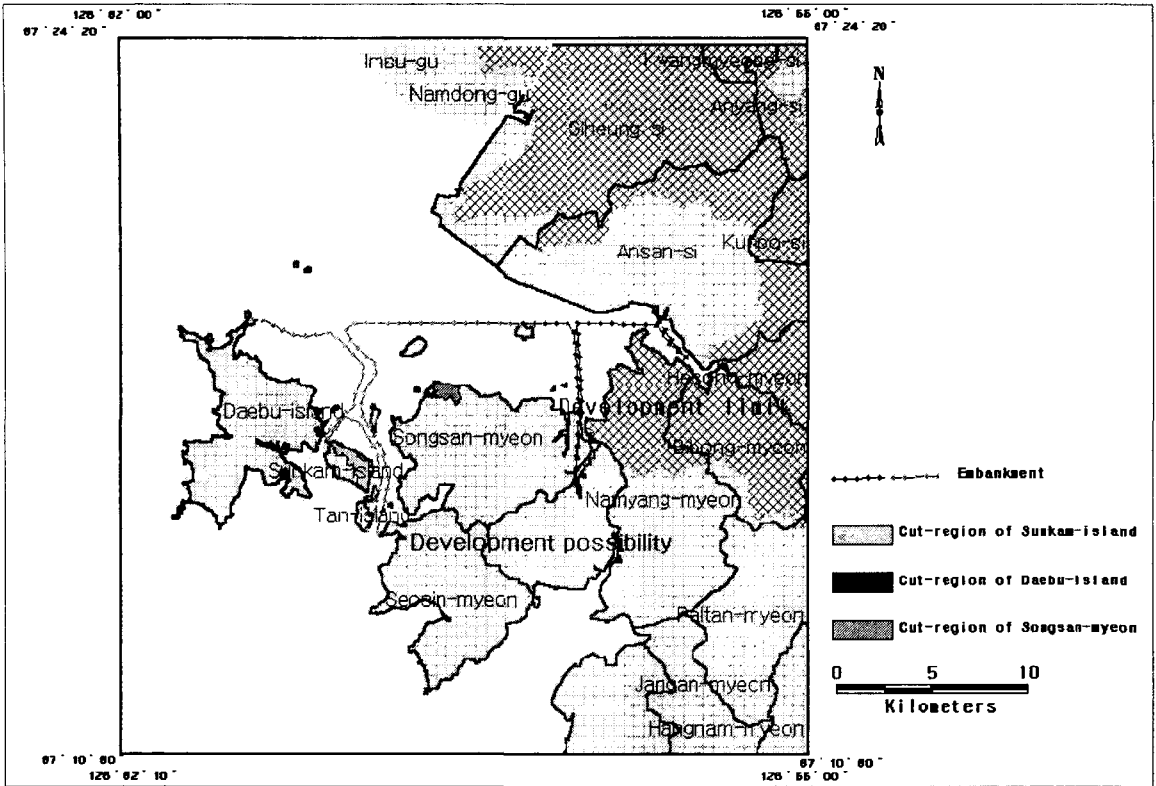


Fig. 13. Prediction map of the cut-region.

41,620m, 도시계획지 제방=28,950m)는 70,570m이고, 축조시 기준 설계치의 폭을 6m, 높이를 8m로 가정하고, 인근육지로부터 토석재를 충당할 경우의 절취량을 계산하였다. 시화방조제 건설당시 대부도 중현동 일대 황금산줄기의 일부가 절토된 것을 근거로 하여 유사암종(biotite schist, granite gneiss) 분포지인 대부도 일부와 선감도, 송산면 일부지역을 Landsat TM 영상의 분류결과로부터 벡터라이징(vectorizing)하여 절취예상도를 작성하였다(Fig. 13). 이 절취예상도와 DEM 자료층을 중첩시켜 수치지형분석을 시도하였다.

그 결과 간척지의 제방 축조시 예상되는 매립량은 3,387,360m³로 계산되었으며, 각 지역별 매립체적과 매립면적이 산출되었다. 대부도 일부는 5,229,576m³, 208,100 m³이고 선감도는 79,227,072m³, 1,728,000m³이며, 송산면 일부는 47,026,008m³, 1,101,000m³이다(Fig. 14). 이로써 제방 축조시 소요

되는 토석재의 매립량은 대부도 일부만으로도 충당될 수 있을 것이다.

결론 및 논의

본 연구에서는 Landsat TM 인공위성 영상처리와 지리정보시스템 활용기술을 이용하여 넓은 지역의 간척이나 건설 등 인간 활동에 의한 급속한 변화로 나타나는 해안선 및 해안 인접지역의 지형 변화양상을 분석하고, 늘어난 간척지의 매립량을 추정하기 위해 서해안 시화지구를 대상으로 연구를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 식생지수기법으로 산림피복상태를 파악해 본 결과 시흥시, 안산시, 광명시, 안양시 일대는 활엽수림의 분포가 우세하고, 대부도, 화성군 송산면, 임도면, 서신면 일대는 침엽수림의 분포가 우세함을 알 수 있었다.

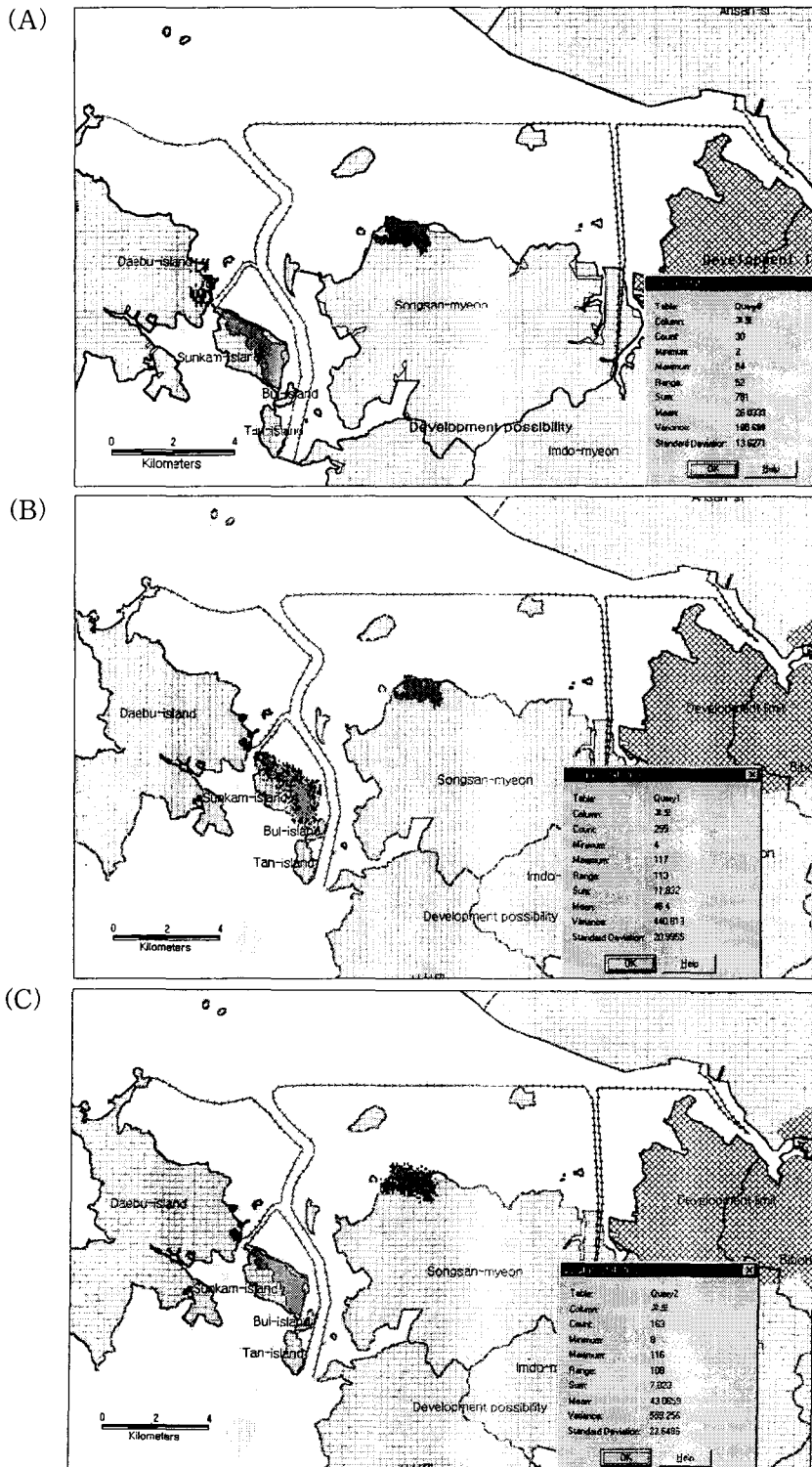


Fig. 14. Cut-volume analysis of the Daebu-island(A), Sunkam-island(B) and Songsan-myeon(C).

2. 해안선 및 연안지역의 지표환경 변화추출을 위한 처리기법으로 사용된 Tasseled cap 변환은 식생이 낮은 경우 인위적인 절취 및 매립지와 산림과의 경계추출이 명확하기 않아 비효과적임을 알 수 있었다. 그러나 조수간만 차에 의해 노출된 간척지에서 퇴적물의 이동 및 분포변화에 대한 관측이 가능함을 알 수 있었다.

3. 감독분류기법은 계절에 관계없이 지표분류가 모든 시기의 영상에서 잘 나타나 효과적으로 토지 이용현황 파악이 가능함을 알 수 있었고, 인위적인 인간활동에 의한 해안매립과 산림, 경작지와외의 경계구분이 명확하여 그 변화양상을 알 수 있었다. 분류 결과로부터 계산된 간척지의 면적은 120,900,000m²이고, 시흥시 죽률동, 정주동, 신길동 일대의 산림변화면적은 1,752,000m²이며, 대부도 중현동 일대의 변화면적은 829,200m²이다.

4. 지리정보시스템을 활용한 시화간척지의 매립을 위한 매립지역의 넓이와 체적은 102,210,000m², 581,485,354m³이다. 그리고 이러한 자료를 이용하여 매립에 필요한 토공량을 상부의 인공호수로부터 준설한다고 가정하면 이로 인한 인공호수의 깊이는 9.2m이다. 제방 축조를 가정한 경우, 필요한 토공량은 3,387,360m³이며, 이를 인근육지로부터 절취하여 충당한다고 가정하고 절취위치를 예상하였다. 추후 압밀·침하 개념을 도입하여 공간분석을 실시한다면 토질 공학적 접근이 가능할 것이다.

본 연구는 원격탐사와 지리정보시스템을 활용하여 대규모 간척사업에 의한 해안선 및 연안지형의 지표환경변화와 매립 계획지(도시조성, 농지조성)의 매립량 산출을 시도하였다.

원격탐사자료의 영상처리기법을 이용한 해안선 및 연안일대의 지형변화관측은 영상처리기법 적용 후 육안관찰에 의존하기 때문에 비효율적이며 또한 미세한 변화를 관측 못할 가능성이 높다. 따라서 원격탐사자료를 이용한 좀더 효율적이며 자동화된 변화관측 기술의 개발 및 활용이 절실하다. 추후 인공위성자료의 정량적 체계화와 그 분석기법이 좀더 보강되어야 할 것이다.

지리정보시스템을 활용한 시화간척지의 매립을 위한 토공량 분석은 일시에 분석하기 어려운 넓은 지역에 대한 매립량 산출을 빠른 시간 내에 경제적

으로 행할 수 있게 하였다. 지금까지는 토목공사를 위하여 수작업 혹은 일부 CAD를 이용하여 이러한 분석이 실시되어 왔다. 지리정보시스템은 모든 자연환경정보를 통합된 시스템내에서 종합적으로 분석할 수 있는 기능을 제공하고 있으므로 지금까지 어려웠던 분석절차를 단순화시켜 주었으며 분석을 경제적으로 할 수 있도록 하였다.

그러나 지리정보시스템의 운용을 위한 작동방법의 숙달과 데이터베이스 구축을 위해 많은 시간과 노력이 필요하다는 것이 문제점으로 지적되었다. 본 연구를 위하여 구축된 지리정보시스템의 데이터베이스는 다른 목적의 환경분석을 위하여도 유용하게 쓰여질 수 있으며, 토공량 분석결과는 앞으로 간척지 매립에 따른 토목공사를 위한 기본자료로 이용될 수 있다. 또한 더욱 많은 자료를 체계적으로 수집, 관리, 추가하고 이에 대한 적용 및 분석방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

사 사

본 연구는 1998년도 한국학술진흥재단 과학기술 기초 중점연구 지원(BSRI 98-5418)에 의해 이루어졌는 바, 당국에 감사를 드리며, 자료 처리에 적극 협조해 준 송양권 선배에게도 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 김남장, 홍승호, 1975, 한국지질도(안양도폭), Geological And Mineral Institute of Koea.
- 박노영, 김정환, 1972, 한국지질도(남양도폭), Geological Survey of Korea.
- 박성미, 1997, 원격탐사 및 GIS기법을 이용한 지표 환경 분석 연구:하남지역의 응용사례, 서울대학교 석사학위논문, 71p.
- 송무영, 신광수, 1998, 철원 부근 추가령 지구대의 지질구조 및 지표환경해석을 위한 인공위성 영상자료분석, 한국지구과학회지, 19, 6, 675-683.
- 신광수, 1998, 철원지역 Landsat TM자료의 지표분류 및 지질해석응용, 충남대학교 석사학위논문, 89p.
- 신은선, 1996, 지리정보시스템(GIS)을 이용한 보령·

- 서천지역의 산사태 분석, 충남대학교 석사학위 논문, 65p.
- 원중선, 유홍룡, 1995, Landsat TM자료를 이용한 해안선 변화 관측, 해양연구, 17, 2, 101-115.
- 유근배, 1992, 지리정보론, 상조사, 39-296.
- 이병주, 박기화, 윤옥, 윤윤영, 김남장, 황상기, 1993, 한국지질도(발안도폭), 한국자원연구소.
- Anderson, J.R., Jardy, E., Roach J., and Witmer, R., 1976, A land use and landcover classification system for use with remote sensor data, U.S. Geological Survey Professional paper 964, 26p.
- Crist, E.P. and Cicone R.C., 1984, A physically-based transformation of Thematic Mapper data-The TM tasseled cap, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 22-3, 256, 263.
- Eastman, J.R. and Fulk M., 1993, Long sequence time series evaluation using standardized principal components, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 59, 4, 991-996.
- Haralick, R.M. and Fu, K., 1983, Pattern recognition and classification, Chapter 18 in manual of remoter sensing, R. Colwell, ed.; American Society of Photogrammetry, 1, 793-805.
- Kauth, R.J. and Thomas, G.S., 1976, The tasseled cap-A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. P.4B41-51, In Proc. Symp. Machine Process. Remotely Sensed Data, Purdue Univ., West Lafayette.
- Malia, W. A., 1980.
- Korea Institute of Geology Mining and Materials, 1993, Geological map(Kimpo and Incho sheets, 1:50,000).
- Korea Institute of Geology Mining and Materials, 1993, A study of technical method for environmental geological map(II).
- Korea Institute of Geology Mining and Materials, 1973, Geological map(Seoul sheet, 1:250,000)
- Larsson, H., 1993, Regression for Canopy Cover Estimation in Acacia Woodlands using Landsat TM, MSS and SPOT HRV XS data, International Journal of Remote Sensing, 14, 11, 2129-2136.
- Marsh, S.E., Walsh, J.L., Lee, C.T., Beck, L.R. and Hutchison, C.F., 1992, Comparison of multi-temporal NOAA-AVHRR and SPOT-XS satellite data for mapping land-cover dynamics in the West African Sahel, International Journal of Remote Sensing, 13, 16, 2997-3016.
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W., 1973, Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Proceeding, 3rd ERTS symposium, 1, 48-62.

양소연, 송무영

충남대학교 자연과학대학 지질학과

대전광역시 유성구 궁동 220(우 : 305-764)

Tel : (042)821-6423

Fax : (042)823-3722

Homepage : <http://earth.chungnam.ac.kr/geo/>

e-mail : s-kox@hanmail.net

mysong@hanbat.chungnam.ac.kr

황 정

대전대학교 공과대학 지질공학과

대전광역시 동구 용운동 96-3(우 : 300-120)

Tel : (042)280-2572

Fax : (042)280-2570

e-mail : jeongha@dragon.taejon.ac.kr