

## 녹피울 훼손추세 평가를 통한 총량규제 근거자료 확보방안

엄정섭\*

### Acquisition of Evidential Information to Control Total Volume in accordance with Degradation Trends of Green Space

Jung-Sup Um\*

#### 요 약

본 연구는 위성 영상을 이용한 녹지 조사의 결과를 지도화하고 다양한 시기의 녹지 변화 실태를 통합한 데이터베이스를 구축하여 그 결과를 토대로 GIS의 공간 객체 재정의 기법을 이용하여 녹지의 총량규제를 위한 기초자료를 확보할 수 있는지의 가능성을 탐색하고자 출발하였다. 그리하여 사례 연구지역의 녹지 변화 추세에 대한 평가가 이루어졌고 규제 총량을 산정하는 과정에서 활용 방안이 제시되었다. 아울러 공간 객체 재정의를 통한 총량 규제 기초자료를 확보하는 데 있어 고려해야 할 기술적인 문제들과 더불어 실무에 도입시 고려하여야 할 핵심 사안(토지 모자이크의 분류, 녹피울 훼손 추세의 평가 등)에 대한 지침을 제시하였다. 기존에 조사지점에만 국한된 통계 수치정보가 광역적인 녹지 공간 변화 추이를 시각적으로 제시하는 데 많은 한계가 있었으나 공간 객체 재정의 기법의 활용을 통해 녹지의 규제 총량 결정과정의 설득력 확보에 기여할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 연구가 녹지 보전에 있어 객관적인 데이터에 의거한 정책결정이 아닌 직관에 의존하여 왔던 관행을 개선될 수 있는 계기가 되어 향후 녹지보전관련 기술적인 측면이나 정책적인 측면에서 중요한 참고자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 원격탐사, GIS, 녹피울 훼손 추세, 총량규제, 공간 객체 재정의

**ABSTRACT** : This research is primarily intended to investigate the potential of estimating green space threshold in terms of total volume control using degradation trends of green space derived from remote sensing and GIS. An empirical study for a case study site was conducted

\*경북대학교 지리학과(jsacom@mail.knu.ac.kr)

to demonstrate how a standard remote sensing and GIS technology can be used to assist in estimating the total control volume for green space in terms of area-wide information, spatial resolution and change detection etc. Guidelines for a replicable methodology are presented to provide a strong theoretical basis for the standardization of factors involved in the estimation of the green space threshold; the meaningful definition of land mosaic, redefinition of degradation trends for green space. It was demonstrated that the degradation trends of green space could be used effectively as an indicator to restrict further development of the sites since the visual maps generated from remote sensing and GIS can present area-wide visual evidences by permanent record. It is anticipated that this research output could be used as a valuable reference to support more scientific and objective decision-making in introducing aggregate control of green space.

**Keywords** : remote sensing, GIS, degradation trends of green space, total volume control, redefinition of spatial objects

## 1. 서 론

### 1.1. 연구배경

도시에서 이루어지는 각종 개발활동이 어느 곳에서 이루어지던지 녹지 공간에 대한 영향이 개입되는 것이 필연적이다. 도시내에 다양한 인공 건조물이 주변 자연환경에 대한 배려가 없이 무분별하게 건축됨에 따라, 주거지 주변에 녹지공간이 사라지고, 대부분의 도시가 시멘트 콘크리트의 숲으로 황폐화되고 있는 실정이다. 도시내 녹지의 파괴는 단순히 나무가 서식하는 공간을 줄이는 것이 아니라 도시 생태계를 파괴하여 결국은 도시민의 삶의 질을 좌우하는 핵심 요소로서 작용하고 있다.

특정 장소에서 시행되는 소규모 개발사

업이 녹지공간에 미치는 영향은 미미하여 환경영향평가 대상이 되지 않는 경우가 대부분이다. 현행 환경영향평가는 특정장소나 지역에서 반복하여 장기간에 이루어지는 여러 개의 사업 또는 환경영향평가 대상이 아닌 사업 등에 의한 누적 영향에 대해 대안을 마련할 수 없는 근원적인 문제를 가지고 있다. 그리하여 전 국토가 평가대상 사업이 아닌 소규모의 사업으로 난개발이 이루어지고 있다. 이미 훼손된 녹지공간을 복원하기는 어렵지만 더 심각한 문제는 아직까지 녹지공간으로 남아있는 지역이 지속적인 도시개발로 파괴될 것으로 전망된다.

결국 현재 녹지 정책의 문제점을 극복하기 위해서는 녹지공간의 이용계획 및 시행이 총체적으로 규제되어야 한다. 도시계획, 수질보전, 자연공원, 도시공원, 산림, 습지, 오픈 스페이스, 하천, 해안 등

다양하게 분화되어 있는 관리 실태가 녹지 보전이라는 단일의 지표로 통합되어야 하고 개별 사업별 관리 방식에서 벗어나 전체 자연자원에 대한 핵심 대상으로 녹지공간을 관리할 것이 요청된다. 자연환경보전법, 산림법, 도시공원법 등 여러 가지 법으로 산재되어 관리되고 있는 도시 녹지를 단일한 체계로 묶어야 하며 이를 바탕으로 종합적인 도시계획차원에서 체계적으로 이용하고 보전할 수 있도록 녹지분류 및 지침을 정하고 녹지종류별 관리목표 설정과 세부관리지침, 재정지원 조치 등을 마련해야 한다. 도시환경 관리의 과학화와 규제제도의 효용성을 제고하기 위한 기반을 마련한다는 장기적 안목에서 도시내 소단위 구역을 기본단위로 한 녹지공간의 개발한계를 제시하는 것이 핵심적인 해결수단으로 사료된다. 이는 녹지공간의 훼손방지를 위해 환경 규제방식을 개별 시설물이나 개별 사업별 방식에서 지역별 총량규제방식으로 전환하는 것을 의미한다.

녹지 총량제를 도입할 때 예상되는 가장 큰 문제점은 도시 녹피울의 규제 총량의 설정과 지역별 상한선의 객관적인 배분기준을 설정하기 어렵다는 것이다. 하지만 원격탐사와 GIS를 활용하여 수질이나 대기와 같은 방식으로 녹지를 지역별로 총량규제하려는 선행연구는 나타나지 않는다. 특정지역의 공간객체를 녹지총량 규제차원에서 평가할 경우 녹지관련 공간객체의 종류를 어떻게 설정해야 하며, 분류된 녹지항목을 총량규제 차원에서 재정의하는 방법에 대한 연구가 전무한 실정이다. 이와 같은 공간객체의 변화추세에

의거하여 녹피울의 규제 총량을 산정하고 실무에 적용할 경우 통계연보에 기록된 수치나 현지조사와 비교하여 만족할 만한 신뢰도를 가진 객관적인 근거자료를 확보할 수 있는 지 등에 대한 연구도 보고되지 않고 있다.

## 2.2. 연구목적

조사자가 현지를 방문하여 주변의 지형 지물을 파악하고 방형구(quadrat)나 조사선(transect)을 설치하여 조사지점의 녹지를 평가하는 방법은 전통적으로 녹지조사에서 사용되는 방법이기도 하나, 전적으로 인간의 직관에 의존하는 상당히 원시적인 정보 취득 방식이다. 위와 같은 현지조사 중심의 녹지평가는 조사자의 주관적 판단이 많은 영향을 미치고, 사람의 눈으로 볼 수 있는 범위에 한계가 있으므로 광역 녹지경관을 평가하기에 미흡한 점이 많다. 이와 같이 현지조사에 의한 녹지정보의 한계를 극복하기 위해 임상도, 녹지자연도, 토지피복도, 현존 식생도 등 이미 제작된 녹지 관련 지도를 녹지총량규제의 기초자료로 활용하는 방안을 고려할 수 있을 것이다. 녹지자연도나 현존 식생도는 현지조사를 기반으로 작성된 것이어서 현지조사의 한계로 지적되어온 조사결과 의 객관성에 대한 한계가 그대로 반영되어 있다. 임상도나 토지피복도는 근본적으로 녹지 총량규제를 목적으로 제작된 지도가 아니어서 실무에 적용할 때 녹지관련 정보의 성격이(임상도에서 수종별, 밀도별 식생분류 등) 행정적 제약의 기준으로서 설득력을 확보하는 데 객관성의

측면에서 한계가 있다.

이에 대한 대안으로 조사자의 녹지에 대한 지리적 인지도를 높이고 광역 녹지 현황을 평가하기 위해 항공사진이나 고해상도 위성영상을 녹지평가의 기초자료로 활용하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 항공사진을 이용할 경우 촬영과정, 현상과정에서의 고가의 경비가 소요되는데다 광역녹지평가를 위한 합성사진 제작과정에서 현재의 고해상도 위성영상(공간해상도 1m)보다 더 많은 시간과 경비가 소요되므로 광역녹지평가를 위해 사용하기에는 상당한 한계가 있다. 또한 국내에서는 적외선 항공사진을 촬영이 일반화 되어 있지 않아 녹지 정보 취득에 한계를 가지고 있다. 고해상도 인공위성 영상을 이용할 경우 1m의 해상도로 대상을 표현하므로 지나치게 정밀한 데이터로 인해 광역 녹지 현황을 확보하는데 한계가 있다. 이와 같이 미시적인 녹지 정보로는 그 규모나 형태적인 특성으로 인해 도시 녹지 경관의 핵심 요소로 작용하고 있는 도시 전체의 자연적인 요소, 특히 산과 물(하천, 호수 등)을 거시적인 관점에서 인식하는 데 한계가 있다. 불과 최근 몇 년 사이에 고해상도 영상이 공급되어 과거의 녹지 현황과 현재의 상황을 비교하여 녹지 총량규제의 기초자료를 확보할 수 없다는 한계가 있다.

Landsat TM(Thematic Mapper)은 1970년대부터 국내에 공급되어 활용중인 최초의 위성영상으로 적외선 등 다양한 파장대를 가지고 있는 만큼 녹지관련 공간객체를 탐지하는 데 그간 다양한 분야에서 사용되고 있다(김갑덕·김호민, 1991; 박병욱,

1996; 안기원 등 1997; 윤성탁 등, 2001). TM 영상에 의한 녹지분류 자료는 현지 조사에 비해 세부적인 자료를 얻을 수 없다는 단점이 있으나 넓은 지역에 대한 자료의 수집이 가능하고 동일지역에 대한 과거의 녹지현황을 평가할 수 있다는 점에서 녹피율의 변화추세 평가를 통해 총량규제의 기초자료를 확보하기 위한 데이터로서 최적의 영상으로 판단된다. 아울러 TM 영상의 자동판독 결과를 고해상도 영상을 활용하여 육안판독을 통해 보완함으로써 TM 영상에서 공간해상도의 취약성이 상당부분 해소될 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 TM 영상을 이용하여 지표면의 각 인자를 녹피율의 관점에서 분류하고 GIS의 공간객체 재정의 기법을 기반으로 녹피율 변화과정을 객관화하여 녹지총량규제에서 가장 어려운 문제로 사료되는 총량규제 대상지역을 지정하고 규제대상 녹지의 총량을 결정하는 과정에서 과학적으로 납득할 수 있는 방안을 제시하고자 출발하였다. 연구는 사례연구 지역의 선정, 분류기준 설계, 녹피율 변화추세 평가 등의 절차를 거쳐 도출된 결과를 총량규제 대상 지역 선정과 규제 총량 산정을 위해 적용 가능성을 평가하는 방식으로 수행되었다.

## 2. 연구 지역 및 데이터 전처리

녹지 총량규제를 위한 조사 지역 설정은 여러 가지 기준에 의거 이루어질 수 있는데, 행정구역, 자연환경에 기반을 둔

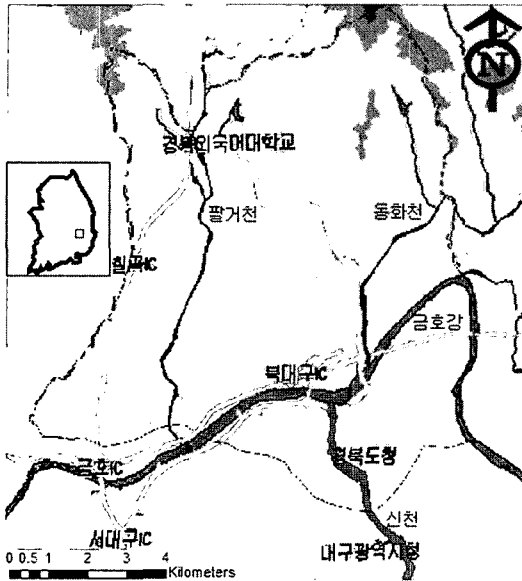
생태적 영역(예, 금호강 유역), 자연적 특성 및 인문환경과의 상관관계를 포함한 기능적이고 총체적인 공간을 고려할 수도 있다. 또한 이들 단위지역은 공간적 위계성(spatial hierarchy)에 따라 다양하게 구분될 수 있을 것이다. 대유역을 가능한 최대한 소유역으로 분할하고 다시 개별 소유역간에 공통점을 확인하고 연결시켜 단위지역을 설정할 수 있을 것이다. 그러나 아직까지 수질 오염 총량규제에서도 이러한 권역간의 상호 메카니즘에 대한 연구가 거의 없다. 녹피울 총량 관리에 있어서도 소유역을 통합하여 대유역 관리로 전환할 수 있는 방법, 지금까지의 행정구역 중심의 관리에서 유역단위 관리로의 전환방법, 유역관리 체제의 선정방법 등에 관한 구체적인 방안을 도출하는 것이 핵심문제로 사료된다. 조사 단위의 설정은 지역에 따른 녹지 공간의 활용양태와 환경조건이 다르다는 현실을 고려하여, 관련 문헌이나 전문가 의견을 수렴하여 최적 방안을 도출하여야 할 것으로 사료된다.

기존의 환경규제가 대부분 행정구역별로 이루어지고 있기 때문에 총량규제의 행정적 편리성을 도모할 수 있는 장점이 있어 프로토타입의 성격을 지닌 본 연구에서는 행정 구역에 의거 공간적 범위를 설정하여 결과를 도출하고자 하였다. 사례연구지역은 대구 광역시 북구로 면적 95.53km<sup>2</sup>, 인구 45만(2003)의 지역으로 한국의 대부분의 도시와 마찬가지로 동화천, 신천, 팔거천, 금호강 등 하천 유역의 분지에 입지하고 있으며 하천의 배후 습지가 중요한 주거지역으로 개발되었다. 낙

동강 지류인 금호강의 범람으로 만들어진 비옥한 평야와 구릉지, 도심을 가로지르는 하천이 있어 독특한 지형경관을 형성하고 있다.

연구지역의 북쪽 팔공산 자락에는 대규모 녹지의 주변에 구릉지와 사면녹지가 많이 남아 있어 넓은 자연공원을 형성하고 있으나 개발압력으로 인하여 계속 사라지고 있어 녹지공간의 보전이 시급한 문제로 대두되고 있다. 10여년전 순환도로가 건설되어 인간의 간섭으로 팔공산의 녹지 공간이 계속 훼손되고 있다. 특히 산의 관할 행정구역이 대구광역시의 동구 및 북구, 경상북도의 경산시 및 군위군, 영천시와 경계를 대구와 군위군, 칠곡군 등으로 다양하여 기초자치단체장들의 과열경쟁으로 인해 난개발의 위험이 상존하고 있다.

연구지역에서는 지난 88년부터 2000년까지 3차에 걸쳐 칠곡지역에 택지개발이 추진되었고, 동·서변동 지역에 택지 개발이 완료되어 대구지역 최대의 부도심이 자족도시로 평가되고 있는 지역이다. 대구종합 유통단지과 대구종합물류단지가 산격동, 검단동 일대에 조성되는 등 도시의 확장에 따라 나대지와 녹지지역이 아파트나 상업지구로 급속하게 개발되고 있다[그림 1]. 한국의 대부분의 도시와 마찬가지로 연구지역에서 과거 수천년 동안 이루어진 녹지가 급격히 파괴되어 그중 일부만이 겨우 공원으로 지정되어 보존되고 있다. 특히 연구지역은 저표고의 구릉지가 많은 지형특성을 지니고 있으나 스카이라인을 방해하는 대규모 공동 주택지나 고층건물의 건설 등으로 인해 녹지경



[그림 1] 연구지역 지도(대구광역시 북구)

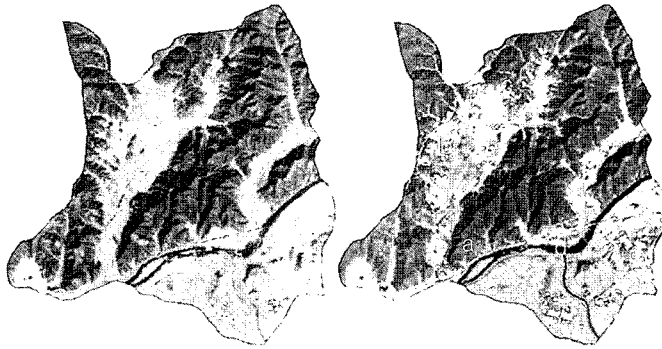
관이 시각적 조망대상이 사라지고 있어 녹색갈증을 유발하고 있다. 연구지역은 우리나라 도시에서 녹지대 훼손의 전형적인 과정을 보여주고 있고 좁은 지역임에

도 불구하고 녹지 총량규제 관련 핵심 공간 객체를 포함하고 있어 규제 대상 녹지 총량을 평가하는 데 적절한 지역으로 판단되었다. 이 지역의 녹지 총량에 대한 광역모니터링의 결과가 국내의 여타 지역에서 원격탐사와 GIS기반의 총량규제의 가능성을 평가하기 위한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 사용된 위성영상에 대한 세부적인 재원은 <표 1>에 제시되어 있다. LANDSAT TM영상은 1985년 10월과 2002년 4월에 촬영된 것이며[그림 2] 30m의 공간 해상도를 가지고 있으며 촬영고도는 705km, 관측주기가 16일, 관측폭이 185km × 185km이다. 고해상도 인공위성 데이터[그림 3]는 1999년 11월에 발사된 세계 최초의 고해상도 위성인 미국 Space Imaging사의 IKONOS를 이용하였다. 데이터의 공간해상도는 1m이며 위성고도 680km, 관측 폭은 11km × 11km로 2001년 2월 10일 촬영된 것이다. 연구 전반에 걸

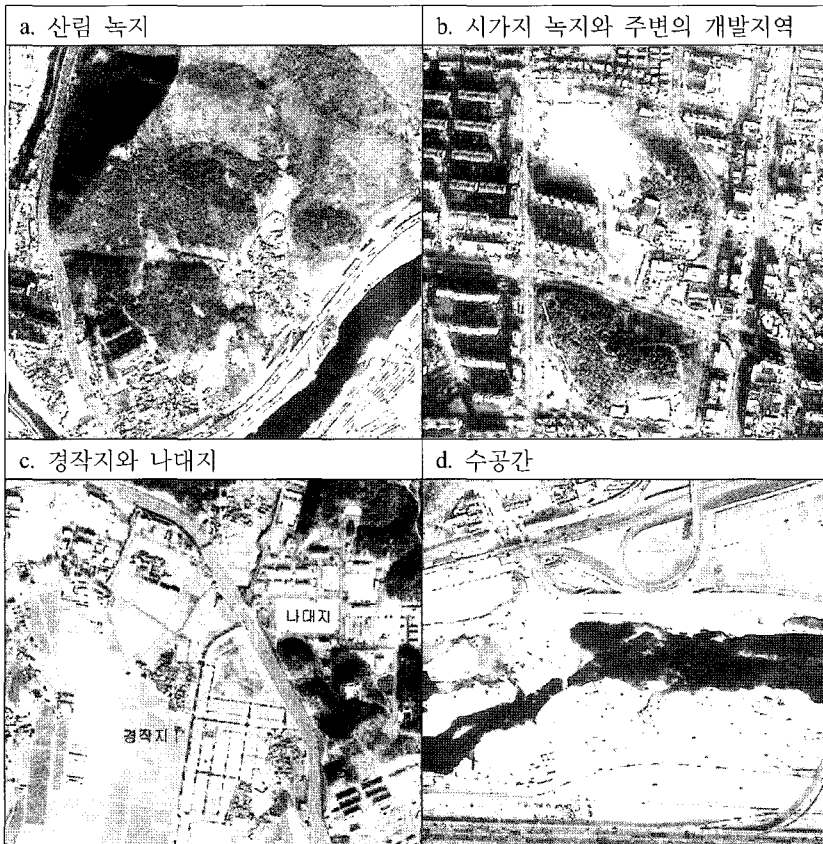
<표 1> 원격센서 결정요인에 의거한 영상의 재원

	Landsat TM 영상	IKONOS 고해상도 영상
Spatial resolution	30m×30m	1m×1m
Spectral resolution (단위 : μm)	7 band 1 : 0.45-0.52 blue 2 : 0.52-0.60 green 3 : 0.63-0.69 red 4 : 0.76-0.90 Near IR 5 : 1.55-1.75 Middle IR 6 : 10.4-12.5 Thermal IR 7 : 2.08-2.35 Middle IR	4 band 1 : 0.45-0.53 blue 2 : 0.52-0.61 green 3 : 0.64-0.72 red 4 : 0.77-0.88 Near IR
Radiometric resolution	8 bit	8 bit
Temporal resolution	16 일	2 일
Ground coverage	185km × 185km	11km × 11km
Altitude	705km	680km



[그림 2] 연구지역의 TM 영상

좌측은 85년 10월, 우측은 2002년 4월에 취득. 밴드 2, 3, 4를 이용한 적외선 FCC(False Color Composite), a: 산림녹지, b: 시가지녹지, c: 경작지와 나대지, d: 수공간, 동일한 지역의 고해상도 영상이 [그림 3]에 제시되어 있음.



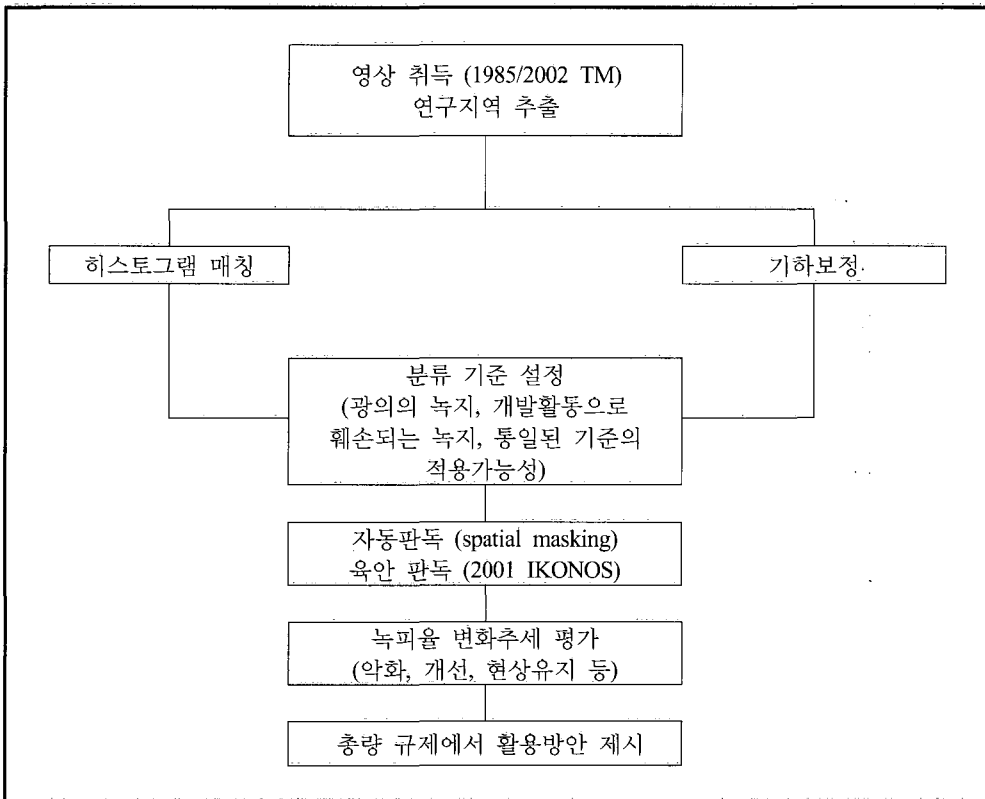
[그림 3] 고해상도 영상에 나타난 공간 객체 (true color display), 동일한 지점이 [그림 2]에 표기되어 있음

처 응용 프로그램은 ERDAS Imagine 8.6 영상처리 소프트웨어가 사용되었다. 데이터의 수집에서 지도의 제작까지 연구 진행 과정에 대한 순서도가 [그림 4]에 제시되어 있다.

변화 탐지를 위해서는 두개의 화상의 좌표를 서로 일치시키면서 동시에 실제 좌표에 일치시키는 image rectification 과정이 필요하다. 취득일이 다른 다양한 영상들을 공간적으로 정확하게 중첩(registration)하는 것은 효과적인 change detection을 위해 필수 항목이다. 영상들을 비교하여 변화를 추출하는 과정에서 오차를 최소화하

기 위해 한 픽셀 이하의 RMSE(Root Mean Square Error) 범위에서 기하보정을 수행하였다.

변화탐지를 위해 사용되는 원격탐사 데이터는 취득 당시에 구름, 대기상태, 토양 습윤도 등 환경 조건이 다르기 때문에 이를 동일조건으로 맞추어 주어야 한다. 이와 같이 근본적으로 다른 환경 조건에서 취득된 다시기 영상에서 이러한 영향을 제거하는 과정을 방사보정(radiometric normalisation)이라고 한다. 이상적인 방사보정 과정은 데이터 취득 당시 조사지역의 기상 데이터를 분석하여 원격영상의 방사 값을



[그림 4] 연구 수행 절차



보정하는 것이다. 그러나 이와 같이 보정을 위한 데이터를 확보하기도 어렵고 이에 근거하여 영상의 방사값을 보정한다고 하더라도 신뢰할 만한 보정의 기준을 설정한다는 것이 상당히 어렵다. 다양한 선행연구와 실무에서 정착되어(Levin et al 2004; Rigina, 1999) 활용되고 있는 다시기 영상의 히스토그램을 매칭(histogram matching)하는 방식이 본 연구에 적용되었다. 다시기 영상 중 2002년 영상을 기준(master or reference)으로 설정하고 1985년 영상을 종속변수(slave)하여 히스토그램을 보정하였다. 1985년 영상의 경우 ground truth가 근본적으로 불가능하므로 분류결과를 확인할 수 있는 2002년 영상을 master로 설정하였다. 히스토그램 매칭을 통해 두 영상의 밝기 값 분포가 최대한 유사하게 조작된 결과가 [그림 2]에 제시되어 있다.

### 3. 녹피울 관련 공간객체의 분류지도 제작

원격영상에서 공간객체를 분류하는 과정은 영상이 포함하고 있는 정보를 수요자의 필요에 따라 조작하는 과정이다. 녹피울 총량 규제를 위해 위성 영상을 분류하는 것은 원격탐사의 전형적인 활용분야인 토지 모자이크<sup>1)</sup>의 분류에 속한다. 토지 모자이크를 구성하는 개별 공간 객체는 관점에 따라 등질성이 여러 가지로 나

타나게 된다. 예를 들면 홍수 취약 지역을 평가하기 위한 토지 모자이크는 투수성이 핵심 요인이 되어 도로와 건축물과 더불어 수공간의 면적 등이 매우 중요한 인자가 된다. 반면에 대기오염 모델링에서는 대상지역을 차지하고 있는 대기오염 물질을 배출하는 점오염원, 비점오염원의 밀도와 대기오염 물질의 자연정화와 확산에 영향을 미치는 표면상태가 중요한 분류기준이 된다(전성우·박종화, 1997; 환경부, 1998; 전성우, 1999; 환경부, 2002). 즉 비록 같은 지역이라고 하더라도 다른 기준에 의한 토지 모자이크를 구분하면서 서로 다른 결과를 나타낸다. 가장 합리적으로 녹지 총량규제 기초자료를 확보하기 위해서는 어떤 변수와 기준을 사용하여야 하며, 또한 몇 개의 변수를 사용하여야 하는가에 대한 의문을 제기하게 된다. 아직 녹지 총량규제에 주안점을 두고 토지 모자이크 분류에서 식생의 지표점유율, 식생의 종류 등을 고려한 대분류 중분류 소분류 등의 분류 체계가 마련되지 않고 있다.

녹지라는 개념은 녹(綠)으로 덮인 땅을 의미하지만 협의로 볼 것인가 광의로 볼 것인가에 따라 개념 정의가 다양할 수 있다. 좁은 의미에서 도시녹지란 일반적으로 도시 내의 수목, 초본 또는 농작물 등에 의하여 피복된 토지 또는 그 잠재력을 구비한 토지를 총칭하고 있다. 이러한 녹지는 정원과 같이 소규모로 조성된 개인

1) 토지 이용(land use)과 토지피복(land cover)은 흔히 혼용되어 사용되고 있다. 위성영상의 분광특성으로부터 분석한 토지피복은 숲, 초지, 콘크리트 포장과 같은 토지 표면의 물리적 특성을 분류한 것이다. 토지이용은 이와 같은 토지피복에 근거하여 공업지역, 주거지역, 농경지 등과 같은 인간의 활동이 결합되어 나타나는 경제적인 특성을 분류한 것이다. 본 논문에서는 이 두 가지의 개념을 포괄적으로 설명하기 위해 토지 모자이크(land mosaic)라는 용어를 사용하고 있다.

적인 녹지공간을 비롯하여 가로수, 공원, 묘지 등과 같은 공공녹지, 농경지와 같은 생산녹지, 산림 또는 숲과 같은 자연상태로 존재하는 자연녹지 등 다양한 형태로 존재한다(안영희, 2001). 보다 넓은 의미에서의 녹지는 건물 또는 구조물에 의하여 피복되지 않은 모든 토지, 수면 등을 포괄하는 오픈스페이스(open space)를 지칭하기도 하므로 건축물이 없는 개방된 공간 모두를 녹지라고도 할 수 있다. 또한 식물이 자랄 수 있는 토양을 가진 도시내의 지역으로서 건물이 채워지지 않은 모든 토지와 물을 포함하기도 한다. 녹지총량규제의 목적이 녹지 자체만을 보전하기 보다는 녹지가 조성될 수 있는 현재의 공간 뿐만 아니라 잠재적인 서식처를 보전하는 데 있으므로 본 연구에서는 광의의 녹지 정의에 의거 영상의 분류를 시도하였다.

녹지 총량규제를 시행하기 위한 기초자료를 확보하고자 영상을 분류하고자 하면 개발활동으로 파괴되는 녹지에 대한 정보를 확보하는 것이 핵심사안이다. 국토면적이 상대적으로 좁은 우리나라에서 도시화와 산업화로 인한 농경지, 산림지의 용도변화가 지속적으로 일어나고 있다. 아파트 신축이나 도로의 신설 및 확장이 녹지 파괴의 주요원인이다. 특히 최근 들어 급속도로 늘고 있는 골프장 건설은 가장 넓은 면적에 걸쳐 산림지의 변화를 야기시키는 요인이다. 매년 상당 면적의 녹지가 공장지, 묘지 등으로 전용되고 있다. 이러한 인공적인 변형은 일정한 형태적 특성을 갖고 있기 때문에 30m의 TM 영상으로 필요한 정보를 추출하는 데 문제

가 없을 것으로 판단되었다.

국내에 이미 녹지에 관련된 다양한 주제가 제작되어 활용되고 있다. 그럼에도 불구하고 녹지 총량규제 과정에서 핵심사안이 녹지현황에 대한 객관적인 조사가 선행되어야 한다고 지적되고 있다(서울시정개발연구원, 1997; 송인주·목정훈 2004; 오동하, 2005). 현재 대부분의 개발사업에 있어서 거쳐야 하는 환경영향평가 과정에서 자주 채택되고 있는 녹지자연도에 대해서는 다수의 조사자에 의한 주관적 판단 기준과 대상 지역의 따라 적용하는 기준이 달라지는 등 조사방법의 객관성에 대해 문제가 꾸준히 제기되어 왔다(이규성, 1998). 따라서 본 연구에서는 인간의 간섭 정도, 식물군락의 종조성 및 보전상태, 식생의 생육상태, 현존량 및 생산량 등 정량화하기 어려운 인자들은 배제하였다. 녹지를 수종 및 군락단위로 구분하거나 수관밀도, 식물의 연령 등 세부적인 대상은 아예 고려하지 않았다. 이와 같이 개별 식생에 대한 세부적인 정보보다는 녹지 총량규제를 시행하는 데 시급하게 필요한 정보를 대상으로 전국을 동일한 기준으로 일관된 작업과정을 적용하여 단순화할 수 있는 공간객체를 분류의 기준으로 설정하였다.

따라서 본 연구에서는 녹피율의 총량규제과정에서 필요한 핵심정보로 판단되는 녹피율 관련 공간 객체를 산림녹지, 시가지녹지, 농경지, 내대지, 수공간, 개발지역으로 설정하였다<표 2>. 선행연구를 확인하여 보면 Landsat TM을 이용하여 본 연구에서 다루고 있는 대부분의 공간객체를 구분하는 데는 큰 어려움이 없는 것으로

<표 2> 다시기 영상의 토지 모자이크의 분류 결과

	1985년 화소수 (비율)	2002년 화소수 (비율)
산림녹지	51210(52.8)	39900(41.2)
시가지녹지	3115(3.2)	1347(1.4)
수공간	2991(3.1)	1691(1.7)
경작지	22124(22.8)	17227(17.8)
나대지	236(0.2)	1127(1.2)
개발지역	17281(17.8)	35665(36.8)
	96957	96957

판단된다(김갑덕·김호민, 1991; 박병욱, 1996; 안기원 등 1997; 윤성탁 등, 2001). 영상의 육안판독과정에서 대부분의 공간 객체가 확연하게 구분되어 신속하게 자동 계측이 가능하여 그간 녹지 관련 주제도의 한계로 누차에 걸쳐 지적되어온 객관성의 한계를 극복할 수 있을 것으로 판단되었다. 실무에서 활용할 것을 고려하더라도 적절한 정도의 항목이며 판독과정의 행정비용도 크게 문제되지 않고 정확한 판독결과를 확보할 수 있을 것으로 사료되었다. 그러나 전통적인 토지피복분류 차원을 넘어 녹지에 주안점을 두고 녹지를 산림녹지, 시가지 녹지, 경작지 등으로 분류하는 작업은 새로운 형태의 위성영상의 분류 기법을 필요로 하였다.

유사한 반사특성을 가진 공간객체가 혼재되어 있을 경우 전체 지역에 대해 훈련 자료를 선택하고 분류하게 되면 training samples이 독특하게 대상 지역을 분간하지 못해 정확한 분류결과를 확보하는 데 한계가 있다. 본 연구에서는 시가지 녹지와 산림녹지가 유사한 반사특성을 보여

자동분류를 수행하는 데 한계가 있었다. 시가지녹지와 산림녹지의 training samples들이 상호 영향을 주는 것을 피하기 위해 산림지역의 경계를 vectorizing하여 산림지역과 비산림지역을 구분하여 분류한 후 (spatial masking) 분류된 주제도를 재결합하는 방식을 따랐다. spatial masking은 분석을 위한 대상지역을 제한하여 산림녹지와 시가지녹지를 분별하는 데 핵심수단으로서 역할을 하였다.

[그림 2]와 [그림 3]은 30m 공간해상도를 가진 TM 영상과 1m 해상도를 가진 IKONOS 영상을 보여주고 있다. TM 영상에서는 녹화율이 좋은 산지들이 연구지역의 북부에 분포하는 외곽지의 산림 녹지 구조가 화면에 선명하게 나타남으로써 일반인도 쉽게 자기가 거주하는 지역의 녹지구조를 이해할 수 있었다. 연구지역이 갖고 있는 천혜의 녹지 자원(주로 경작지)이 최근 대규모 공동주택지(칠곡 등)와 검단공단의 개발로 훼손되고 있다는 증거를 쉽게 확인할 수 있었다. 일부 기존의 도심지 녹지, 수공간이 인공경관으로 대체되었음을 알 수 있었다. 또한 시가지에는 비교적 작은 구릉지가 녹지축을 형성하면서 분포하고 있음을 알 수 있었다. 20년 사이에 나타난 도로 밀도의 두드러진 차이도 확인할 수 있었으며 사라진 수공간(베자못 등)이 85년 영상에 나타나고 있었다.

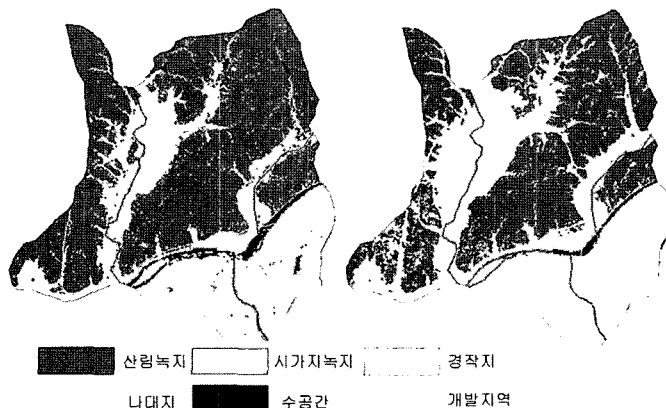
이 축척에서는 산지, 하천, 구릉지 등 상당히 넓은 범위에 걸쳐있는 녹지 경관의 존재 여부, 분포를 파악하는 데 용이하지만 도심지 내부에 국부적으로 나타나는 작은 규모의 공원 및 주거지, 상업지,

공원 오픈스페이스들의 식별은 어려웠다. 하지만 고해상도 영상에서는 중심지 오픈스페이스, 시가지 녹지 등의 자연적 요소와 급격한 산업화로 인해 단기간에 난립한 인공구조물, 건축물 등을 확인할 수 있었다. 중심시가지에 전체적으로 녹지가 부족하다는 것을 가시적으로 확인할 수 있었으며 건물의 밀집으로 녹지가 들어설 틈을 남겨두지 못하고 있음을 알 수 있었다. 도심지 공원이나 도심부 주변공원의 경우 주변환경과 연계성이 부족하여 공원 안으로 찾아 들어가지 않고서는 녹지의 혜택을 누릴 수 없도록 조성되어 있다는 것이 확인되었다[그림 3-b]. 연구지역 내의 좁은 도로망 뿐 만 아니라 가로수의 분포와 몇몇의 고층건물의 분포를 쉽게 파악할 수 있었다. 도심에 최근 조성한 공원이나 가로수 조경상태 등을 한눈에 볼 수 있어 거의 현지조사에 가까운 녹지 네트워크의 구성을 파악할 수 있었다[그림 3].

일반적으로 TM 영상을 사용할 경우 자동판독에 주안점을 두고 육안판독은 자동판독결과의 신뢰도를 평가하는 과정에서

수행되고 있다. 그러나 본 연구는 고해상도 영상이 포함하고 있는 정보를 그대로 반영하기 위해 자동판독과 육안판독을 거의 동일한 비중을 두고 자동판독의 결과를 고해상도 영상과 비교하면서 육안판독으로 보완하였다. TM 영상에서 공간객체에 대한 명확한 경계를 정의하기 어려울 경우 고해상도 영상에서 직접 벡터라이징을 수행하여 그 결과에 의거 TM 영상의 분류를 수정하였다. 따라서 판독결과는 TM 영상이 지니고 있는 정보라기보다는 고해상도 영상이 가지고 있는 정보를 TM 영상에 반영하였다는 표현이 적절할 것으로 판단된다.

토지모자이크를 분석한 결과에 따르면 85년도에는 녹지(산림녹지와 시가지 녹지)가 전체면적의 56%였는데 2002년도에 42.6%로 줄어들었다<표 2>. 반면에 아파트, 공단 등 개발지역은 17.8%에서 36.8%로 늘어나 연구지역의 자연환경이 심각하게 훼손되었음을 가시적으로 보여주고 있다[그림 5]. 연구지역에서 녹피율이 훼손된 지역이 32%여서 연구지역의 1/3에 해



[그림 5] 녹피율 관련 공간객체의 분류지도  
좌측은 85년도 영상 분류결과, 우측은 2002년도 영상 분류결과

당하는 녹지공간이 훼손되었음을 보여주고 있다<표 4>. 시가지의 녹지의 면적이 산림녹지에 비해 현저하게 낮음을 알 수 있으며 이와 같은 좁은 면적이지만 과거 20년 사이에 60% 정도를 파괴되었다는 근거를 보여주고 있다. 아울러 수공간도 연구지역 전체에서 차지하는 면적이 극히 일부인데 과거 20년 동안에 50% 가까이 파괴되었다는 것을 알 수 있다. 경작지나 산림녹지가 대량으로 훼손되었지만 원래 넓은 면적을 차지하고 있었기 때문에 전체면적대비 훼손비율은 시가지 녹지나 수공간에 비해서는 현저하게 낮은 것으로 나타난다.

통상 TM 영상의 판독결과는 항공사진이나 고해상도 영상을 가지고 정확도 평가를 수행하여 왔다. 본 연구는 육안판독 과정에서 고해상도 영상을 이용하였고 현지조사결과를 반영하였기 때문에 이들을 이용하여 정확도 평가를 수행한다는 것은 방법론 차원에서 한계를 가지고 있다. 하지만 본 연구와 유사한 공간객체를 대상으로 수행된 많은 선행연구가 80% 이상의 정확도를 확보하였다고 보고하고 있는 점을 감안한다면(김갑덕 등 1991, 박병욱, 1996, 윤성탁 등, 2001; 환경부, 2002) 현지조사결과와 고해상도 영상이 가지고 있는 정보를 그대로 반영하고 있는 본 연구의 결과는 이보다 훨씬 높은 정확도를 가지고 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 녹피울 훼손추세 평가

총량관리는 단위사업 또는 지엽적 입장보다는 대상 지역 전체를 대상으로 문제

를 파악하고 대책을 수립해야 하기 때문에 규제단위 지역 설정과정에서 녹지 평가 주제도는 녹지 현황에 대한 객관적인 자료와 문제의 우선순위를 파악할 수 있는 과학적인 도구로 역할을 할 것이다. 녹피울 변화 평가 주제도에 의거 최근 20년 동안에 산림녹지의 파괴가 30% 이상인 지역을 대상으로 향후 산림녹지의 훼손을 대상지역면적의 10% 이내로 제한한다는 방식으로 녹피울의 총량관리를 시행할 수 있을 것이다. 하지만 다시기 영상의 판독결과 자체는 총량규제 단위지역 설정과정에서 단순히 개별 공간 객체의 변화에 대한 정보를 제시하기 때문에 객관성에 한계를 가지고 있다.

다시기 영상의 판독결과를 통해 경작지면적의 변화는 알 수 있지만 경작지가 어떤 용도로 전용되어 대상지역의 녹지 현황에 총체적으로 어떤 영향을 미쳤는지에 대한 정보는 파악할 수 없다. 경작지를 전용하여 녹지를 조성할 경우도 있으며 경작지에 대규모 주택이 건설될 수도 있고 공단이 들어설 수도 있다. 산림녹지가 경작지로 전용된 지역과 공단 건설을 위해 훼손된 지역에 대해서는 차별화된 총량규제를 시행하여야 할 것으로 판단된다. 이와 같은 녹지관련 공간객체의 변화 추세의 위계에 대한 정보가 있어야 총량규제를 적용하는 단위지역을 선정하는 데 객관성을 확보할 수 있을 것이다. 아울러 단위지역별로 녹지를 구성하는 개별공간 객체에 대한 규제의 범위를 결정하는 근거를 제공할 수 있을 것이다.

이를 위해서는 개별 공간객체의 변화에 대한 정보와 더불어 녹피울에 주안점을

두고 녹피울의 훼손, 개선, 현상 유지 등 토지 모자이크의 변화에 대한 정보가 필요하다. 이는 다시기 영상의 분류결과를 규제총량의 측면에서 재구성하기 위해 녹피울 변화의 관점에서 공간객체를 재정의 하는 과정이다. 이와 같은 정보 수요를 충족시키기 위하여 다시기 영상의 해석결과를 중첩하여 녹피울의 관점에서 다시기 영상의 분류결과에 대한 재분류 과정이 <표 3>에 제시되어 있다. 산림녹지가 경작지로 변화되었을 경우는 자연상태의 녹지에서 인간의 활동이 개입되었으므로 녹피울이 한단계 악화된 것으로 재정의하였다.(녹피울 훼손 3등급). 산림 녹지가 나대지로 변화되었을 때는 경작지와는 달리 녹지가 거의 존재하지 않으므로 녹피울이 두 단계 훼손된 것으로 보았다(녹피울 훼손 2등급). 녹지가 아파트, 도로, 공단 등

개발지역으로 변모되었을 경우 나대지와는 달리 더 이상 녹지가 회복되기 불가능한 상태이므로 녹지 훼손 1등급으로 분류하였다. 반대의 경우가 발생하였을 경우 상응한 녹피울의 개선 등급을 부여하였다. 나대지를 경작지로 전용하였을 경우 녹피울이 한 단계 개선된 것으로 보았으며(녹피울 개선 등급 3). 나대지가 공원 조성으로 인해 시가지 녹지로 변화하였을 경우 녹피울이 두 단계 개선된 것으로 보았다(녹피울 개선 등급 2). 주택지 등 개발지역에 시가지 녹지를 조성하였을 경우(예: 재개발사업과정에서 쌈지 공원 조성) 녹피울이 세 단계 개선된 것으로 보았다(녹피울 개선 등급 1).

산림녹지가 시가지 녹지로 변화하였거나 시가지 녹지가 수공간으로 변화하였을 경우 녹지 보전 등급 자체에서 상하관계

<표 3> 녹피울 훼손 추세의 공간 모델링을 위한 매트릭스

1985 \ 2002	산림 녹지	시가지녹지	수공간	경작지	나대지	개발지역
산림녹지	1	2	2	6	7	8
시가지 녹지	2	1	2	6	7	8
수공간	2	2	1	6	7	8
경작지	3	3	3	1	6	7
나대지	4	4	4	3	1	6
개발 지역	5	5	5	4	3	1
훼손 및 개선 1 등급(8/5) 녹지 ⇔ 개발지역 수공간 ⇔ 개발지역	훼손 및 개선 2등급(7/4) 경작지 ⇔ 개발지역 녹지 ⇔ 나대지 수공간 ⇔ 나대지		훼손 및 개선 3등급(6/3) 나대지 ⇔ 개발지역 녹지 ⇔ 경작지 수공간 ⇔ 경작지 경작지 ⇔ 나대지			
녹화 상태 변화 (2) 산림 녹지 ⇔ 시가지 녹지 산림녹지 ⇔ 수공간 수공간 ⇔ 시가지 녹지			녹피울 유지/불변 (1) (원래의 토지모자이크를 그대로 유지하고 있는 경우)			

<표 4> 녹피울 훼손 추세의 공간 모델링 결과

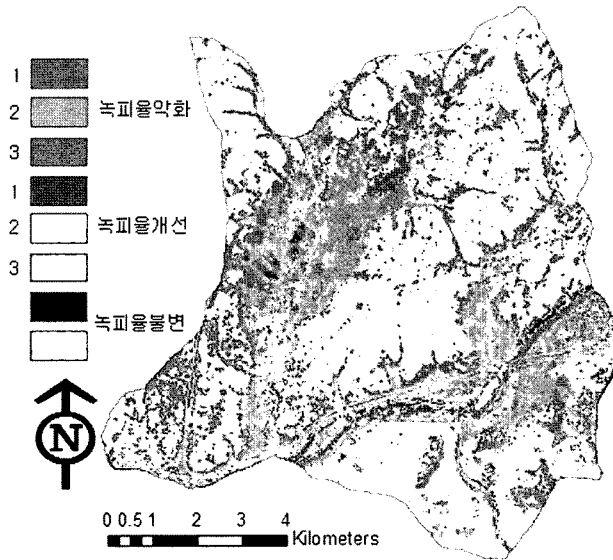
범례	세분류 범례	분류된 화소수 (비율 %)	전체 녹피울 변화에 대한 기여비율(%)
녹피울 훼손	1 등급	7178(23.1)	7.4
	2 등급	13408(43.2)	13.8
	3 등급	10454(33.7)	10.7
소계		31040	32
녹화상태 변화		632	0.65
녹피울 개선	1 등급	1038 (27.6)	1.07
	2 등급	942 (25)	0.97
	3 등급	1780 (47.3)	1.83
소계		3760	3.87
녹피울 유지/불변	원래의 토지모자이크를 그대로 유지하고 있는 경우	61525	63.5
총계		96957	100

가 없는 것으로 판단되어 녹피울의 훼손이나 개선이 아닌 녹화 상태가 변화된 것으로 정의하였다. 이와 같은 방식에 의거하여 녹피울의 변화추세를 재분류하는 방식이 <표 3>에 제시되어 있다. 아울러 녹피울 변화의 관점에서 다시기 영상의 분류결과를 중첩하여 재분류된 결과가 [그림 6]에 제시되어 있다. 연구지역의 32%가 1985-2002년 사이에 녹피울이 악화되었다는 총체적인 공간 분석 결과를 제시하고 있다<표 4>.

녹피울 훼손 1등급에 해당하는 지역은 근본적으로 산림녹지, 시가지, 수공간 등 생명이 숨쉬는 공간을 자연성을 회복하기 어려운 아파트, 도로, 공단 등으로 개발한 지역이다. 과거 20년 동안 녹피울 훼손 1등급에 해당하는 면적이 대상지역면적에 20%를 초과할 경우 이 지역에 대해서는

향후 일정기간 동안 녹피울의 훼손을 총량으로 규제하는 것이 타당하다고 판단된다.

등급별로 총량규제를 달리할 경우 해당 지방자치단체가 환경친화적인 개발을 유도할 수 있는 장치가 될 수 있을 것으로 보인다. 산지를 개발하여 택지를 조성하기보다는 이미 나대지 상태에 있는 공간을 활용하게 될 것이다. 개발사업과정에서 녹피울을 개선하였으면 이를 반영하여 규제총량을 줄이는 것도 환경친화적인 개발을 유도할 수 있을 것이다. 연구지역에서 녹피울이 개선된 공간은 3.87%로 32%의 훼손된 면적에 비해 현저하게 좁은 공간이다. 이는 근본적으로 현행 시스템이 녹피울 개선을 유도하는 제도가 없기 때문에 나타난 결과로 판단된다. 개발사업 시행과정에서 대체녹지를 조성하였으면 그 근거를 위성영상으로 제출하도록 의무



[그림 6] 녹피울 변화 추세의 공간 모델링 결과 출력 지도

녹색으로 갈수록 녹피울을 개선 정도가 높은 등급을 나타내고, 붉은색으로 갈수록 녹피울 악화 정도가 높은 등급을 나타낸다. 하늘색은 과거 20년 동안에 동일한 공간 객체를 유지하고 있는 지역이며 청색은 녹화상태가 변화된 곳이다. 녹피울 악화 1등급은 주로 산지나 시가지 녹지를 아파트단지로 전용한 지역이며 녹피울 악화 2등급은 주로 경작지를 동일용도로 전환한 지역이다. 녹피울 악화 3등급은 주로 산지가 경작지로 전환된 경우이다. 시가지에 녹피울이 개선된 지역이 나타나는 데 이는 아파트 단지를 조성하면서 주변에 쌈지 공원 등의 녹지공간이 조성되었기 때문이다. 하천주변에 녹피울이 개선되거나 녹화상태변화 지역이 나타난 것은 금호강 수변공간 정비사업 시행과정에서 하천 주변에 초지가 조성되었기 때문이다.

화하여 이에 의거 규제총량을 줄여 준다면 녹피울이 개선된 면적이 훨씬 증가할 것으로 판단된다.

녹피울이 변화된 공간 객체는 물리학이나 화학 등과 같은 순수 과학에서 취급하고자 하는 대상의 물질적 현상이 아니라, 인간 본위의 현상이다. 녹피울 변화를 평가하는 주체가 인간이기 때문에 인간의 평가와 근본적인 연계성을 갖고 있다. 인간은 자신의 관심사나 전공영역 등에 의거하여 규제총량의 관점에서 녹피울 변화를 재정의하게 된다. 예를 들어, 시가지에서의 녹지의 위상은 산림지역에서의 녹지

보다 상대적으로 더 높은 가치를 지니고 있다. 도심 주택단지 인근의 호수에 날아드는 철새는 원시림 내부 호수에 서식하는 철새와의 절대적 가치를 비교하기에 앞서 환경에 대한 생태적 특이성에 의해 더 높은 가치가 부여되는 것과 비슷한 이치이다. 전원지대나 농촌의 녹지대와 아파트와 빌딩 등 인공 구조물로 포위된 도시 중심에 위치한 녹지대는 상대적 가치가 전혀 다르다. 본 연구에서는 산림녹지와 시가지 녹지를 동일한 위계에 두고 녹지 변화 추세를 평가하였지만 또한 각 지역이나 장소마다 그 특성이 다를 수 있



으므로 한두 가지의 연구나 모형으로 규제총량을 확정할 수 없고 향후에 보다 많은 지역의 서로 다른 특성들에 대해 연구가 진행되어야 한다. 또한 녹피울 훼손 등급간에 규제 총량을 다르게 설정하는 것은 정책적인 판단을 필요하며 심도있게 논의되어야 할 과제이다. 하지만 이와 같은 비교 평가과정은 즉 전통적으로 현지 조사에 의거한 접근보다 훨씬 과학적이고 객관적인 근거를 제공하여 단위지역별 녹피울에 대한 규제 총량을 선정하기 위한 중요한 근거자료가 될 것이다.

## 5. 토론 및 고찰

녹지대의 훼손으로 인한 환경영향에 대해 하천 생태계의 파괴, 도시의 대기질의 악화, 홍수에 대한 취약성, 범지의 증가 등 다양한 선행연구가 보고되고 있다(김수봉 등, 2002; 이동근 등, 2002; 이창우, 2000; Brack, 2002; Couch et al., 1997; Michael, 1984, Shashua-Bara and Hoffman, 2002). 또한 개별 개발 사업에 대해 중앙 정부에 의한 일방적인 규제를 통한 방식 보다는 지역단위의 통합적 관점에서 환경문제를 접근하려는 다양한 선행연구가 보고되고 있다(김선희, 1999; 김종원, 2000, 이창희 등, 1999). 특히 수질 분야에서 기존의 점오염원 중심의 환경 정책에서 물을 담는 그릇이라 할 수 있는 유역규모에서의 인간 활동을 비롯한 생태계를 구성하는 요소들의 상호작용을 고려한 통합 환경관리로의 전환이 활발히 이루어지고 있다. 최근 수환경의 문제뿐만 아니라, 각

종 환경문제에서 자연자원의 효율적 관리를 위한 유역단위의 접근방식이 강조되고 있으며, 하천 수질 및 수생태계에 부정적 영향을 미칠 수 있는 유역규모에서의 다양한 압력요인을 규명하고, 이를 최소화하기 위한 실증적 연구들이 활발히 이루어지고 있다(Heggen et al., 2000; Jones et al., 2001).

이와 같이 환경문제를 보다 광역 차원에서 접근하게 됨에 따라 원격탐사나 GIS를 이용한 토지피복분류도의 작성 및 활용에 관한 연구가 활발히 진행되어오고 있다(박병욱, 1996; 이규성 등, 1996; 최철웅 등, 1995; Defries and Townshend, 1999; Verhoeye and De Wulf, 2002). 하지만 대표적인 환경지표인 녹지에 대해 지역별로 다르게 나타나는 격차를 평가하고 개별단위 녹지의 증감 추세를 모델링하여 수질이나 대기와 같은 방식으로 총량규제하려는 선행연구는 나타나지 않는다. 총량규제 분야에서 원격탐사와 GIS를 활용하려는 사례는 대기와 수질에 집중되어 있고 녹피울의 변화 추세에 의거하여 지도를 제작하거나 공간분석을 시도하여 총량규제에 적용한 사례는 보고되지 않는다.

그러나 실증적인 결과를 제시하지는 않았지만 국내에서 정책보고서 차원에서 녹지 총량규제를 위한 기초자료 확보에 대한 논의가 그간 주로 현지조사 위주로 진행되어왔다(서울시정개발연구원, 1997; 송인주·목정훈 2004; 오동하 2005). 녹피울의 범위, 밀집도, 녹지 조각의 파편화 정도, 수령, 멸종 위기종, 녹지 네트워크, 종의 다양성 등 다양한 관점에서 논의가 진행되고 있다. 현지조사에서는 넓은 지역에 대

한 정보를 영구적인 기록으로 제공하지 못해 총량규제의 핵심 사항인 규제의 근거자료를 제공하는데 한계를 가지고 있다.

이런 이유 때문에 도시 행정에서 여러 지역을 비교하여 녹지공간 관련 정책을 수립해야 할 경우 과거에는 실무자의 경험과 감각적인 판단에 의존하여 업무를 수행하여 온 것이 사실이었다. 이와 같이 원격탐사와 GIS기반의 공간 모델링은 녹피율 규제 총량을 산정하는 과정에서 광역공간 객체를 유형화하고 이들의 변화추세를 평가하여 문제의 원인을 진단하고 미래의 변화추세를 예측할 수 있어 녹피율 총량규제를 시행하는 과정에서 강력한 도구로 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서 제안된 방식에 의거하여 영상 GIS 데이터베이스가 구축되면 각종 개발사업이 녹지공간에 미치는 영향을 단시간에 평가하여 규제총량을 초과할 경우 사업의 동의 여부, 사업규모 축소, 대체 녹지공간 조성 등 검토의견을 제시할 수 있을 것이다.

현지 조사를 주장하는 이론들은 본 연구에서 제시된 결과에 대해 다양한 녹지 분포 현상을 단순한 정의와 몇 가지의 예로 모두 표현하고 명확한 등급을 매기기란 불가능하다고 반박할 수 있을 것이다. 하지만 그간 현지조사에서 지나치게 다양한 변수를 고려하는 과정에서 녹지 관련 기초자료의 주관성 때문에 많은 시행착오를 겪었다. 전 국토에서 상당한 면적의 녹지가 이미 훼손되었음을 감안한다면 현상을 단순화하고 등급화하는 과정에서 다소 무리가 따르더라도 원격탐사기반의 명확하고 구체적인 기준을 정하여 남아있는 녹지라도 확실하게 보전하려는 발상의 전

환이 필요할 때라고 판단된다.

녹지 총량규제의 근거자료는 결국 지도에 의존하게 될 것인데 영구적인 기록으로서 보전된 영상을 필요에 따라 주요조사 지역별로 샘플링하고 녹피율 평가항목을 여러 가지 유형(공간객체별 가중치, 단위 지역별 특성 등)으로 설정하여 다양한 분석결과를 녹피율 분포도로 출력할 수 있을 것이다. 현지조사에 의해서는 총량규제의 핵심근거자료인 이와 같은 정보를 산출하는 데 상당한 한계가 있다. GIS환경에서 지도와 속성자료를 처리하게 됨으로서 자료 검색시간이 단축되고 고차원의 공간 정보가 산출될 수 있을 것이다. 본 시스템을 통해 산지, 시가지, 수공간 등 다양한 토지 모자이크에서 나타나는 광역 녹지공간의 실태를 확인할 수 있고, 영상의 공간해상도에 따라 다르게 나타나는 녹피율의 변화양상을 객관적으로 확인할 수 있을 것이다.

녹피율의 규제총량을 산정하기 위해 원격탐사와 GIS를 적용하기 위해서는 녹피율의 관점에서 공간 객체의 분류기준, 녹피율 변화추세의 재분류 등 다양한 개념이 사전에 정의되어야 한다. 총량규제 차원에서 녹피율의 분류결과는 시간에 따라 변화하는 속성을 가지며 일정기간 내에서만 의미를 부여할 수 있다. 아울러 녹지 변화의 관찰을 위한 시간적 범위(timescale)도 사전에 정의되어야 한다. 이를 위해서는 녹지 총량규제 주무부처, 지방자치단체, 관련 전문가 등 다양한 이해당사자들을 대상으로 장기간에 걸쳐 폭넓게 사용자 요구조건을 조사하여 구체화하는 작업을 필요로 한다. 본 연구에서는 녹피

을 규제 총량 산정에서 검토되어야 할 핵심개념들을 연구자가 자의적으로 선정하고 평가하였기 때문에 타당성에 한계가 있었다.

녹피울의 변화 추세에 의거하여 규제 총량을 선정하는 본 연구를 위해서는 어느 시기의 화상이 필요한 정보를 제공할 수 있는 지가 먼저 규명되어야 한다. 본 연구에서는 10월과 4월의 TM 영상과 2월의 고해상도 영상을 사용하였다. 경작지를 택지로 변경한다든지 산림을 개간하여 농지로 전환할 경우 겨울철에는 농지가 나대지로 파악될 우려가 있고 시가지 녹지의 활엽수가 가을철에는 활력이 떨어져 녹피울이 실제보다 축소되어 평가될 우려가 있다. 녹피울의 실체를 제대로 파악하기 위해서는 시간적 범위를 설정하고 동일한 시기의 영상을 사용하는 것이 이상적이다.

## 6. 결 론

본 연구는 원격탐사와 GIS기반의 공간객체 재정의 기법을 활용하여 녹피울의 총량 규제를 위한 기초자료 확보의 필요성을 제안하는 최초의 연구이다. 본 연구에서 제시된 방법에 의거 위성영상자료와 GIS를 이용하여 녹지 감소추세를 평가하고 이를 규제 총량을 산정하기 위한 기초자료로 활용할 경우 적은 시간과 비용으로 전 국토에 대해 동일한 기준의 일관된 작업과정을 적용함으로써 다수의 조사자에 의한 주관적 판단과 대상 지역의 차이에 따른 불규칙적인 기준 적용의 문제점

을 보완할 수 있을 것이다.

녹피울 규제 총량에 대한 조사가 국가 전체차원에서 수행될 경우 녹피울 훼손 실태의 지역간 비교를 통해 총량규제 대상지역을 선정할 수 있을 것이다. 일단 총량규제 대상지역으로 선정된 곳에 대해서는 녹피울의 변화 과정에 개입되는 토지 모자이크를 평가하여 개별 공간객체별 규제 총량의 범위와 면적에 대한 근거자료를 확보할 수 있을 것이다. 녹피울의 총량규제과정에서 핵심문제로 대두되는 규제 근거의 객관성에 대한 문제가 제기되어 과거의 녹피울을 확인할 필요가 있을 경우 영구적인 기록으로 보존되고 있는 영상을 통해 현재의 상황과 비교할 수 있어 녹지 공간의 확대 및 축소에 대한 근거를 제시할 수 있을 것이다.

본 연구결과가 국가전체 차원에서 도시에 대하여 녹피울의 규제총량을 평가하기 위해 표준화된 계획을 정립하는 촉매제가 될 것이다. 아울러 지방자치단체에서도 정책결정자가 보다 적은 인력과 예산으로 합리적인 기준에서 도시내부의 녹지공간의 효율적인 보전 및 복원계획을 수립하는데 도움을 받을 수 있는 지침이 마련될 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 김갑덕 · 김호민, 1991, Landsat TM 데이터와 지형정보를 이용한 산림의 잠재 식생분석에 관한 연구, 임산 에너지, 11(1), 45-63.
- 김선희, 1999, 국토생태통합네트워크 구축과 관리방안 연구, 국토연구원 연구보고서, p234.

- 김수봉 · 김해동, 2002, 도시의 수목이 기온의 조절에 미치는 영향. 한국조경학회지, 30(3), 25-35.
- 김종원, 2000, 하천유역별 통합 물관리체계 연구. 국토연구원 연구보고서. p140.
- 박병욱, 1996, 수치위성자료를 이용한 광역의 토지피복분류 기법. 한국측지학회지, 14(1), 39-47.
- 서울시정개발연구원, 1997, 서울시 녹지총량관리방안 p150.
- 송인주 · 목정훈, 2004, 지구단위계획에서 환경성 제고를 위한 녹지평가지표 개발과 계획기법 연구, 서울시정개발원, p136.
- 안기원 · 이효성 · 서두천, 1997, 인공위성 화상 데이터를 이용한 슬곹질각지벌레 피해지역의 추출기법에 관한 연구, 한국측지학회지, 15(2), 287-298.
- 안영희, 2001, 녹지환경학, 태림문화사.
- 오동하, 2005 부산시 녹지총량 관리제 도입에 관한 연구, 부산발전연구원, p77.
- 윤성탁 · 김선오 · 임상규, 2001, Landsat TM 영상자료를 이용한 평택지역의 토지피복 현황 및 분류정확도 평가, 한국농림기상학회지, 3(3), 163-170.
- 이규성, 1998, 인공위성 영상자료와 GIS를 이용한 녹지자연도 등급판정 기법 개발, 환경부, p97.
- 이규성, 2001, 위성영상을 이용한 산림자원관리방안, 산림청, p260.
- 이규성 · 이병천 · 신준환, 1996. 環境因子的空間分析을 통한 南韓지역의 山林植生帶 구분: 지리정보시스템(GIS)에 의한 접근. 한국생태학회지, 19(5), 465-476.
- 이동근 · 오규식 · 윤소원, 2002, 녹지가 갖는 환경적 · 경제적 효과에 관한 기초적 연구, 환경복원녹화, 5(4), 10-18.
- 이진덕 · 연상호 · 유재엽 · 김성길, 1999, LANDSAT TM과 JERS-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용 변화 검출, 한국지리정보학회지, 2(1), 73-83.
- 이창우, 2000, 서울시 환경용량에 관한 연구(II), 서울시정개발연구원 연구보고서.
- 이창희 · 이병국 · 최지용 · 김은정, 1999, 물자의 효율적 이용을 위한 유역관리 방안: 낙동강 수계관리를 중심으로, 한국환경정책·평가연구원 연구보고서.
- 전성우, 1999, 생태 자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사 기법 연구 II-식생 분류도 작성을 중심으로, 한국 환경정책 · 평가 연구원, p152.
- 전성우 · 박종화, 1997, 자연환경 부문의 원격탐사 기법 도입 방안에 관한 연구, 한국 환경정책 · 평가 연구원, p158.
- 최철웅 · 광재하 · 강인준, 1995, 인공위성 영상 해석에 의한 녹지자연도 분류기법, 부산대 생산기술연구소 논문집, 27-36.
- 환경부, 1998, 인공위성 영상 자료를 이용한 토지 피복분류, 한국 환경정책 · 평가 연구원, p335.
- 환경부, 2002, 인공위성 영상 자료를 이용한 토지 피복지도 구축(용역보고서), 한국 환경정책 · 평가 연구원, p268.
- Brack, C. L., 2002, Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. Environmental pollution, 116: 195-200.
- Couch, C., 1997, Fish dynamics in urban streams near Atlanta. George, Technical Note 94, Watershed Protection Techniques 2(4), 511-514.
- Defries, R. S. and Townshend, J. R. G., 1999, Global land cover characterization from satellite data: from research to operational implementation. Global Ecology & Biogeography, 8(5), 367-378.
- Heggen, D. T., Edmonds, C. M., Neale, A. C., Bice, L., and Jones, K B., 2000, A landscape ecology assessment of the Tensas river basin, Environmental Monitoring and Assessment, 64, 42-54.
- Jones, K. B., Neale, A. C., Nash, M. S., Van

- Remortel, R. C., Wickham, J. D., Riitters, K. H., and O'Neill, R. V., 2001, Predicting nutrient and sediment loadings to streams from landscape metrics: A multiple watershed study from the United States Mid-Atlantic Region, *Landscape Ecology*, 16, 301-312.
- Levin N., Ben-Dor E. and Karnieli, A., 2004, Topographic information of sand dunes as extracted from shading effects using Landsat images, *Remote Sensing of Environment*, 90(2), 190-209.
- Michael, H., 1984, *City form and natural process: towards a new urban vernacular*, Van Nostrand Reinhold.
- Rigina, O., Baklanov, A., Hagner, O. and Olsson, H., 1999, Monitoring of forest damage in the Kola Peninsula, Northern Russia due to smelting industry, *The Science of The Total Environment*, 229(3), 147-163.
- Shashua-Bara, L. and Hoffman, M. E., 2002, The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. *Building and Environment*, 37(12), 1279-1288.
- Verhoeve, J. and De Wulf, R., 2002, Land cover mapping at sub-pixel scales using linear optimization techniques, *Remote Sensing of Environment*. 79(1), 96-104.