

# 도시확장 분석을 위한 위성영상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구

김윤수<sup>1\*</sup> · 이광재<sup>1</sup> · 류지원<sup>2</sup> · 김정환<sup>2</sup>

## Landuse Classification Nomenclature for Urban Growth Analysis using Satellite Imagery

Youn-Soo KIM<sup>1\*</sup> · Kwang-Jae LEE<sup>1</sup> · Ji-Won RYU<sup>2</sup> · Jung-Hwan KIM<sup>2</sup>

### 요 약

위성영상 자료는 도시의 물리적 확장을 분석하는데 있어 매우 유용하게 활용된다. 도시의 물리적 확장은 도시의 토지이용과 밀접하게 관련되어 있으며, 지속가능한 도시성장을 위해서는 토지이용을 중심으로 한 지속적인 성장관리가 필수적이다. 그러나 위성영상을 이용한 도시 토지이용의 분류는 우선 그 기준이 사용자의 관점에 따라 다르고 영상 해상도 등에 따라서도 그 기준이 달라질 수 있다. 따라서 도시 확장 분석을 위해서는 다중시기의 위성영상 및 항공사진을 이용하여 토지이용의 분류를 시행하고, 시기별 토지이용의 변화와 영상을 분석함으로써 확장의 형태와 패턴을 파악하여, 이를 기반으로 향후의 도시 확장을 예측할 수 있는 모델 개발이 가능해진다. 그러므로 본 연구에서는 도시 확장 예측 모델 개발의 전 단계로써 다양한 공간 해상도를 지닌 원격탐사 자료의 국내외의 분류기준의 검토를 통해, 원격탐사 자료를 이용한 토지이용 분류기준을 도시확장 분석의 측면에서 설정하고자 한다.

**주요어:** 토지이용 분류, 다중시기 위성영상, 분류기준, 도시확장

### ABSTRACT

All the urban planning process require land use informations, which should be obtained after through intensive investigation and accurate analysis about the past and current situations and conditions of a city. Until now, the generation of land use informations from remotely sensed imagery has had many limitation because of its spatial resolution. It is now expected that the availability of high resolution satellite imagery whose spatial resolution less than 10m will reduce these limitations. For the purpose of urban growth monitoring we must first establish a urban land use classification nomenclature. In this study, we would like to establish a land use nomenclature for land use classification using remotely sensed data, especially using KOMPSAT EOC imagery.

**KEYWORDS:** *Landuse Classification, Multi-temporal Satellite Imagery, Classification Nomenclature, Urban Growth*

2003년 8월 2일 접수 Received on August 2, 2003 / 2003년 9월 22일 심사완료 Accepted on September 22, 2003

1 한국항공우주연구원 Korea Aerospace Research Institute

2 계명대학교 도시공학과 Department of Urban Planning, Keimyung University

\* 연락처 E-mail: younsoo@kari.re.kr

## 서론

현대 국가의 경영에 있어 합리적인 결정을 내리기 위해서는 복잡하게 얽혀진 특정 현상에 대해 다양한 관점에서의 정보를 취득하는 것이 필수적이다. 토지이용정보는 이러한 다양한 도시 정보의 하나로 도시의 제반 활동이 공간적인 형태로 표현되는 형태라 할 수 있으며, 도시화 지역의 물리적 확장과 긴밀하게 연관되어 있다. 도시 토지이용은 도시의 건축과 토지에 관한 행정업무 수행과정에서, 또 정책을 수립함에 있어 도시 난개발, 환경 파괴 등의 도시 불경제를 줄이고 삶의 질 향상을 추구하는 현대 도시계획의 주요한 기본 자료이다. 21세기 도시계획의 화두로 등장한 지속가능한 개발을 위해서는 계획단계에서부터 현재의 토지이용현황을 기반으로 장래 토지이용계획을 수립하여야 한다. 이를 위한 가장 중요한 전제조건이 현재의 토지이용 양상을 정확히 파악하고, 주기적으로 수집되고 누적된 자료 분석을 통한 변화추이분석과 미래예측이라 할 수 있다. 이러한 추이분석과 미래예측에 있어서 원격탐사 자료의 활용은 가장 대표적이고 전형적인 응용방법 중의 하나로 자리 잡고 있으며, 자료의 주기성 및 광역성 등의 다양한 장점을 바탕으로 지도제작 관련 응용연구 또한 활발히 진행되고 있다.

하지만 이러한 토지이용분류를 위해서는 센서의 특성, 계절적 요인, 지표의 상태 등 매우 많은 인자들이 고려되어야 하며, 특히 도시와 관련된 각종의 계획과 연구를 수행하는데 있어 요구되는 토지이용의 정보수준이 매우 다양하여 모든 목적에 부합하는 통일된 분류체계를 설정하는 것은 매우 어려운 문제라 할 수 있다. 즉, 활용목적에 따라서 도시 토지이용에 대한 다양한 분류항목들이 설정될 수 있으며, 지금까지는 개개의 목적에 따라 적합한 토지이용분류 기준을 설정하여 사용되어져 왔다.

그러므로 본 논문에서는 토지이용의 변화

를 통해 도시화 지역의 물리적인 확장 분석을 하기 위한 분류 항목을 제시하고자 한다. 즉, 우리나라가 개발, 운용 중인 다목적 실용위성 EOC(electro optical camera) 영상을 중심으로 한 다중시기 원격탐사 자료를 사용하여, 도시 토지이용에 관한 시계열 데이터베이스를 구축함으로써 도시의 물리적 확장 형태와 패턴을 분석하고자 하는 목적을 위해, 토지이용분류와 관련된 문헌과 국내·외 사례를 분석하고 이를 기반으로 원격탐사 자료를 사용하여 도시의 토지이용변화 경향을 파악하는데 적합한 토지이용 분류 기준 체계를 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 국내의 토지이용 분류체계

토지이용분류의 유형은 대항목에서 점차 소항목으로 세분화되는 계층적 분류법에 의해 분류되는 것이 일반적이다. 이는 Anderson 분류법, 국립지리원 분류기준, CORINE 분류기준 등의 모든 분류기준에 적용된다고 할 수 있다. 또한, 특정분류기준을 설정하기 위해서는 우선 토지이용정보를 사용하고자 하는 목적을 분명히 하여야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 토지이용의 변화를 통해 도시의 물리적 확장을 분석하고자 하는 연구의 목적에 따라 이에 적합한 분류기준을 찾고자 한다.

### 1. 국내 분류기준 현황

국내의 토지이용분류의 실태는 크게 행정목적, 도시계획, 교통계획 그리고 원격탐사 자료를 이용한 토지이용분류의 4가지로 크게 나누어질 수 있다(김태열 등, 1997). 행정목적에서의 토지이용분류는 다시 지목에 의한 분류, 과세목적에 의한 분류, 건축법에 의한 분류, 그리고 공시지가 조사를 위한 토지특성 조사 등으로 나누어지며, 우리나라 도시연감에서는 토지이용 현황자료로 지목별 토지이용이 사용되고, 지목별 토지이용은 도시계획에서도 사용되며 공

식적으로 유일한 토지이용 자료이기도 하다.

그러나 이와 같은 지목에 의한 토지이용분류는 도시적 토지이용의 핵심요소인 주거, 상업 및 서비스 등의 토지이용을 대지라는 하나의 지목으로 나타내고 있어, 토지이용의 정확한 실태를 반영하고 있지 못할 뿐 아니라 현실을 정확하게 반영할 수 있을 만큼 충분히 갱신이 되어 있지도 않다. 그리고 기타 행정목적에서의 토지이용분류 역시 각기 특정 용도에 따라 분류기준이 설정되어 있어 도시의 물리적 확장을 분석하는데 있어 적합하지 못하다.

마찬가지로 도시계획에서의 토지이용분류 또한 도시기본계획, 재개발, 상세계획 등을 위해서는 토지이용 조사가 요구되고 있으나, 이 역시 서로 상이한 분류체계가 필요에 따라 적용되고 있다. 그리고 교통계획에 필요한 토지이용분류는 교통발생량이 비교적 많은 도시내 시설물을 중심으로 분류되는 등 도시 전역의 분석에 적용하기에는 쉽지 않고 있다.

한편, 국내의 토지이용도와 토지피복도에 관한 대표적인 기관으로는 국립지리원과 환경부를 들 수 있다. 우선 국내 지도제작을 전담하고 있는 국립지리원은 1972년부터 토지이용현황도(1:25,000)를 제작하기 시작, 1981년까지 전국을 대상으로 720도엽을 제작하였으며 이를 국토이용계획의 기초 자료로 제공하고 있다. 이를 최근에는 주제도사업의 일환으로 1:25,000 토지이용현황도를 수치화 시키고 있으며, 현재 414도엽이 수치지도화 되어있다(국립지리원 홈페이지). 이는 지표상의 토지피복과 시가지와 같은 인위적인 토지이용을 모두 반영한 것으로 대·중·세분류의 3단계의 계층구조를 가지며 사용자의 필요에 따라 단계별 호환성을 가지도록 하고 있다.

또한, 환경부는 환경관리에 필요한 기초 자료를 생성하기 위하여 원격탐사자료를 활용한 지역별 토지피복도를 제작하였는데, 이는 일반적인 토지이용 및 관리와는 달리 환경생태관리에 필요한 토지의 피복상태 파악에 주안점

을 두고 있다(이규성, 2002). 이들 자료는 기본적으로 USGS의 Anderson 분류방식과 유럽의 CORINE(coordination of information on the environment) 프로젝트에서 제시된 토지피복 분류체계를 기초로 하여 3단계로 분류체계로 정립되어 있다. 환경부의 대분류 토지피복분류도는 Landsat TM 영상을 근간으로 대분류 체계로 제작한 1:50,000 축척의 지도로서 1980년대 말과 1990년대 말의 남북한 전역에 대해 시가지/건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역의 7가지 분류항목으로 구축되어 있다. 또한 중분류 토지피복분류도는 Landsat TM, IRS-1C 영상을 기초로 1:25,000 축척으로 수도권(서울, 인천, 경기) 지역에 대하여 23개의 분류항목으로 구축되어 있다. 한편, 환경부는 2001년 6월 세분류 토지피복분류도 제작 지침(안)을 제작하였으며, 이 지침에서 정의하는 세분류는 토지이용상의 경계를 세분화하여 토지의 자연적인 피복형태를 분류하여 제작된 수치지도 및 해당출력물을 의미하고 있다.

표 1은 국립지리원의 토지이용 항목과 환경부의 토지피복 항목 중에서 도시지역만을 별도로 정리한 것으로 이 결과에서 보면 국립지리원의 경우 도시지역을 도시 및 주거지역으로 대분류한 후 5개의 중분류 항목과 19개의 세분류 항목으로 구분하고 있다. 한편, 환경부는 시가지/건조지역이라는 대분류를 바탕으로 6개의 중분류와 18개의 세분류로 나뉘어져 있다. 기본적으로 주거, 상업, 교통, 공업, 공공시설은 동일하지만, 환경부는 중분류에서 주거와 상업지역을 구분하고 있고 국립지리원은 이를 동일시하고 있다는 차이점은 있다. 또한 특이한점은 국립지리원의 경우 기타시설이라는 중분류를 바탕으로 양어장, 채광지역, 매립지, 광천지 등을 도시지역 안에 포함하고 있다는 점이며, 환경부는 오락휴양시설 및 경기장을 위락시설지역으로 묶어서 도시지역으로 구분하고 있다는 점인데 이는 각 기관마다 서로 분류목적에 따라서 관심대상이 다르기 때문에 나타난 현상이다.

TABLE 1. Comparison of urban land use classification system between National Geographic Information Institute and Ministry of Environment

대분류	중분류	세분류	대분류	중분류	세분류			
도시 및 주거지 (국립지리원)	주거지 및 상업지	일반주택지	시가화/건조지역 (환경부)	주거지역	단독주택			
		고층주택지			연립주택			
	교통시설	상업·업무지		공업지역	공업지역	아파트		
		나대지 및 인공녹지				공업지역		
		도로				상업·업무지역		
		철로 및 주변지역				혼합지역		
	도시 및 주거지 (국립지리원)	공업지		공업시설	시가화/건조지역 (환경부)	위락시설지역	주유소, 저유소	
				공업나지·기타			오락휴양시설	
		공공시설물		발전시설		교통지역	공공시설지역	경기장
				처리장				공함
교육·군사시설			항만					
공공용지			철도					
양어장·양식장			도로					
채광지역			기타 교통·통신시설					
매립지			환경기초시설					
광천지			발전시설					
가축사육시설	교육, 교정, 군사시설							
		기타 공공시설물						

※ 자료출처: 국립지리원 홈페이지(2003), 환경부 토지피복분류도 제작지침(2001)

이러한 현상은 지방자치단체에서도 쉽게 찾아볼 수 있는데 일례로 과거 서울시의 토지 이용현황조사는 1977년 서울시와 도시 및 지역계획연구소가 수행한 도심부 정비방향설정을 위한 토지이용 조사연구에서부터 1993~1994년 서울시 자치구 도시기본계획을 수립하기 위한 토지이용조사에 이르기까지 수차례에 걸쳐 이루어져 왔다. 그러나 각각의 조사목적과 주체에 따라 일회적인 기준을 설정하여 조사가 진행되었을 뿐 체계적인 자료정비나 통일된 용도분류체계는 마련되지 않은 실정이다. 즉 표준적인 용도분류체계와 분류기준이 없기 때문에 토지이용 변화패턴에 대한 시계열별 분석이 불가능할 뿐만 아니라 유사한 연구나 조사 간에도 자료연계가 되지 않는다는 문제를 안고 있었다. 이와 같이 토지이용정보는 해당계획이나 업무의 성격에 따라, 그리고 계획이 포괄하는 공간적 범위에 따라 필요로 하는 정보의 내용과 조사항목, 자료의 공간단위 등

이 서로 상이하다(서울시정개발연구원, 1996). 하지만 국내 대부분의 지방자치단체들은 지목에 의한 분류, 건축법에 의한 분류, 재산세 과세대상상의 분류, 자치구 도시기본계획지침에 의한 분류 등 제각기 다른 토지이용분류체계(조사단위, 상세함, 종류)를 취하고 있어서 일관성 있는 현황과악이 불가능하다. 특히 도심지의 경우 토지이용상태가 복잡하고 변화속도 또한 지방과는 달리 빠르기 때문에 현행체제로는 일관된 토지이용 항목을 바탕으로한 정확한 토지이용도를 주기적으로 생산하기에 어려운 점이 있는 것이 사실이다.

## 2. 국외 분류기준 현황

미국, 일본, 영국 및 오스트리아 등과 같은 국가에서는 정부차원에서 도시 토지이용의 현황을 체계적인 분류법에 따라 주기적으로 조사·분석하여 제공함으로써, 도시계획과 도시

정책수립에 필요한 기본적인 정보를 제공하고 있다. 이들 선진국의 경우 Landsat, SPOT 등의 다양한 원격탐사자료를 활용하여 토지이용도를 제작하여 사용하고 있으며, 이와 관련된 연구 또한 활발히 진행되어오고 있다.

특히, 유럽의 경우 미국과는 달리 좁은 지역에 도시들이 밀도 높게 산재하는 특성으로 인해 미국과는 다른 토지이용변화 양상을 보이고 있고, 많은 국가들이 존재하면서 유럽연합이라는 거대한 연방국가 형태를 갖추어 나가고 있다. 따라서 도시계획과 행정에서 개별 국가의 토지이용현황과 함께 주변 국가의 토지이용현황을 함께 고려하여야 하는 것이 매우 중요한 의미를 지닌다. 그러므로 유럽연합에서는 체계적인 토지이용분류법이 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 이를 위해 CORINE, MOLAND 등의 유럽지역 토지이용분류 및 분석에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 또한, 이를 통하여 통일된 분류 기준에 따

른 토지이용현황을 각 국가별로 작성함으로써, 국가간의 상호비교 및 인접 국가의 토지이용을 고려한 도시계획이라는 공통의 목적을 추구하고 있다.

미국의 National Land Cover Characterization Project(NLCCP)는 Multi-Resolution Land Characterization(MRLC)의 일환으로 시작되었는데, MRLC는 미국 본토를 대상으로 일관성 있는 토지피복자료를 구축하고자하는 공통의 관심으로 USGS, EPA(환경보호청), NOAA(국립해양대기국), Forest Service(산림청) 등에 의하여 시작되었다. 그 결과 National Land Cover Data 1992(NLCD 1992)라는 전국 토지피복분류도를 구축하였으며, 현재 이를 네트워크를 통하여 공개 및 배포하고 있다. NLCD는 Landsat 자료뿐만 아니라 지형도, 센서스자료, 토양도 및 기존의 토지피복도를 참고로 하여 30m 픽셀로 총 21개의 클래스로 토지의 특성을 분류하였다. 이렇게 구축된 자료는 수자원

TABLE 2. National Land Cover Data 1992

I	II	
1 Water	11 Open Water	12 Perennial Ice/Snow
2 Developed	21 Low Intensity Residential	
	22 High Intensity Residential	
	23 Commercial/Industrial/Transportation	
3 Barren	31 Bare Rock/Sand/Clay	
	32 Quarries/Strip Mines /Gravel Pits	
	33 Transitional	
4 Forested Upland	41 Deciduous Forest	42 Evergreen Forest
	43 Mixed Forest	
5 Shrubland	51 Shrubland	
6 Non-Natural Woody	61 Orchards/Vineyards/Other	
7 Herbaceous Upland Natural/Semi-natural Vegetation	71 Grasslands/Herbaceous	
8 Herbaceous Planted/Cultivated	81 Pasture/Hay	82 Row Crops
	83 Small Grains	84 Fallow
	85 Urban/Recreational Grasses	
9 Wetlands	91 Woody Wetlands	
	92 Emergent Herbaceous Wetlands	

※ 자료출처: [http://landcover.usgs.gov\(1992\)](http://landcover.usgs.gov(1992))

관리, 환경조사, 교통모델링, 화재위험평가 등 국가 또는 각 지역별로 다양한 분야에서 활용되어지고 있다. 표 2는 NLCD 1992에서 제시한 21개의 분류항목으로서 기본적으로 Anderson 분류체계를 수정하여 사용한 것이다.

유럽연합의 CORINE(coordination of information on the environment) 프로젝트는 1985년 유럽 국가들간의 환경자료 공유 및 환경감시를 위한 일관성 있는 환경정보 생성 및 구축에 그 목적을 두고 시작되었는데 1986년 포르투갈의 시범사업을 출발점으로 하여 1999년 기준으로 총 28개 국가가 CORINE 프로젝트에 참여하고 있다. 현재 CORINE에서는 토지피복분류 체계를 3단계로 나누어 구분하고 있으며 1단계에서는 5가지, 2단 14가지, 3단계 44가지의 분류항목을 가지고 있다. 이들 분류 체계는 CORINE 프로젝트에 참여하고 있는 모든 국가에 대하여 동일하게 적용되고 있다.

한편 가까운 일본은 지도제작 기관인 국토지리원(Geographical Survey Institute)과 일본국토청(National Land Agency)에 의해 토지이용도가 제작되어지고 있다. 주로 1:25,000, 1:50,000, 1:200,000의 토지이용도를 발간하고 있으며, 그 외에도 NOAA AVHRR자료를 바탕으로 작성한 30" 간격의 수치지도를 제작하고 있다. 제작방법은 주로 항공사진과 지형도를 미리 판독하고, 현지조사를 통하여 변화한 부분만을 편집도로 작성하여 제작하고 있는데 1:25,000 토지이용도의 경우 총 35개의 분류항목으로 구분되어 있다.

영국의 Ordnance Survey에서는 Land-Line Digital Map 이라 불리는 수치화된 토지이용도를 제공하고 있다. 이 데이터는 영국의 대축척 지도를 수치화하고 측량을 실시하여 지형도상의 지형지물을 보완하며, 건물의 경계선과 토지소유 경계, 도로, 하천과 지형지물의 명칭이 표기되어 있다. 지역에 따라 다양한 축척으로 제공되는데 도시지역은 1:1,250, 농촌지역은 1:2,500, 산악지는 1:10,000으로 제작되고 있다.

한편 이들은 NTF와 DXF 포맷으로 각각 구분되어 사용되어지고 있는데 NTF는 37개, DXF는 43개의 분류코드를 가지고 있다(국립지리원, 1999).

## EOC 영상의 판독가능성

국내에서는 국토 공간 이용 및 관리, 환경 및 교통대책, 재해예방 및 긴급구조체계 구축 등의 다양한 분야에 지리정보시스템을 적용하기 위하여, 그 구축 기반이 되는 기본도의 수치화 사업이 추진 중에 있다. 이러한 국가 지리정보시스템의 구축에 있어서 데이터의 최신성은 필수적인 요소로서 기존의 항공사진에 의한 데이터 구축의 한계점을 위성영상을 활용함으로써 보완할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 1999년 발사되어 2003년 현재 한반도의 모든 지역에 대한 영상을 확보하고 있는 다목적 실용위성은 공간 해상도 6.6m급의 전정색 영상을 제공하므로 도시 지역의 토지이용을 분석하는데 충분한 활용가치가 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 다목적 실용위성 EOC 영상을 이용한 토지이용도 갱신 및 제작에 앞서 우선 EOC 영상의 판독 가능성과 도시성장 및 예측에 합리적인 분류 체계를 제시하고 한다.

영국의 Ordnance Survey에서는 1m 전정색 영상을 이용하여 1:10,000 또는 그 이하의 지형도 제작이 가능하다는 연구결과를 발표한바 있으며, 또한 다중분광영상을 이용한 피복분류로 토지이용도의 제작도 가능함을 보였다(Ridley 등, 1997; 김용일 등, 2000). 그러나 우리나라의 경우 지도축척별 평균갱신 주기가 최소 3, 4년이므로 지형지물의 변화를 비롯한 도시 공간 확장내용을 주기적이고 체계적으로 반영하지 못하고 있을 뿐만 아니라, 그 데이터의 활용도 가치 또한 떨어진다고 할 수 있다. 미국 USGS에서 제시하고 있는 분류등급별 권장 인공위성종류와 센서를 살펴보면 표 3과

TABLE 3. Identification of satellite type and sensor per USGS Anderson classification level(1976)

분류등급	1	2	3	4
인공위성 및 센서종류	Landsat MSS Landsat TM SPOT	SPOT Pan 항공사진 (40,000ft 이상)	항공사진 (10,000ft ~ 40,000ft)	저고도 항공사진 (10,000ft 이하)

같다. USGS에 따르면 위성영상을 이용한 토지이용도 생성을 위해서는 최소 10m 이하의 공간해상도를 지닌 위성자료가 요구되며, 국립지리원의 위치오차를 감안하면 1:25:000의 수치지형도의 최초 도화시 평면위치오차의 최대 허용오차를 10m로 하므로 평균 5m 정도의 공간해상도를 가진 위성자료가 요구된다(국립지리원, 1999).

표 3에서 공간 해상도 10m의 SPOT 영상을 기준으로 생각한다면 해상도 6.6m의 다목적 실용위성 EOC 영상의 경우 2단계까지의 분류는 가능한 것으로 추론할 수 있다. 또 기존 위성영상의 판독가능성 연구를 참고로 하여 다목적 실용위성 EOC 영상의 판독가능성을 살펴볼 수도 있다. 아래의 표 4는 김용일 등(2000)의 연구 논문에서 인용한 것으로 이

TABLE 4. Result of imagery interpretabilities in urban area(2000)


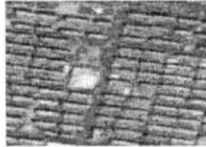





판독항목	판독여부					
	Landsat MSS	Landsat TM	SPOT XS	SPOT PAN	IRS-IC	KVR-1000
4차선이상포장도로	△	◎	◎	◎	◎	◎
2차선 포장도로	×	△	△	○	◎	◎
1차선 포장도로	×	×	×	△	○	◎
비포장도로	×	×	×	×	△	△
우마차로	×	×	×	×	△	△
가로	×	×	×	◇	△	△
교량	○	○	◎	◎	◎	◎
선착장	×	△	○	◎	◎	◎
철도	×	△	△	○	○	◎
저층주거지	×	△	△	○	◎	◎
고층주거지	×	△	○	◎	◎	◎
산업지역	×	△	△	○	◎	◎
상업지역	×	×	×	◇	△	△
사무용 빌딩군	×	△	△	△	△	◎
백화점	×	×	×	◇	△	△
학교	×	○	○	○	◎	◎
골프장	×	◎	◎	◎	◎	◎
운동장	×	○	○	◎	◎	◎
종합운동장	×	◎	◎	◎	◎	◎
공항건물	×	○	○	◎	◎	◎
활주로	○	◎	◎	◎	◎	◎
높은 탑	×	×	×	△	△	○
묘지	×	◇	◇	△	△	○

◎:완벽 판독 ○:대부분 판독 △:경우에 따라 ◇: 검출만 가능 ×:판독 불가

결과에서 SPOT PAN(10m)과 IRS-1C(5.8m) 영상자료의 해상도를 통해 유추해 보면 다목적 실용위성 EOC 영상을 통하여 시가화 지역에 대한 주요 토지이용 항목을 모두 판독할 수 있음을 알 수 있다. 한편, 이와 같은 결과

를 바탕으로 다목적 실용위성 EOC 영상을 이용한 시가화 지역의 주요 토지이용 항목별 판독 결과를 표 5와 같이 정의할 수 있었는데 이는 중앙항업에서 수행한 EOC 영상자료를 이용한 지도제작 공정 및 시범지도 제작 연구

TABLE 5. Identification of the land use classification by KOMPSAT-1 EOC

EOC 영상	분류항목	항목 정의
	일반주거지	5층 미만의 연립, 다세대 및 단독주택지역으로 단독주택의 일부가 상업시설로 사용되는 경우도 포함. 시가지 등에 있어서 건물이 밀집하여 개개의 건물로 표시하기 곤란한 경우에는 하나의 폴리곤으로 나타냄 - 판독가능성:○, 묘사가능성:○
	고층주거지	5층 이상의 아파트지역으로 부대 상업시설을 포함하며 일부가 상업시설로 사용되는 경우도 포함 - 판독가능성:◎, 묘사가능성:◎
	상업지역	상품의 도, 소매 등 매매업이 주를 이루는 지역으로 상가 및 시장이 위치한 지역과 사무용 빌딩 등 업무시설이 주를 이루는 지역 - 판독가능성:△, 묘사가능성:○
	공업지역	대규모 공업시설로, 국가관리공단지역, 농공단지와 같이 제조업에 이용하는 토지와 그 부속시설을 포함 - 판독가능성:△, 묘사가능성:○
	교통시설	활주로를 포함한 공항시설, 항만, 철도, 도로 등을 포함 - 판독가능성:○, 묘사가능성:○
	공공시설	모든 정부기관, 학교, 교도소, 수용소 등의 교정시설 및 군사시설을 포함하는 지역 - 판독가능성:△, 묘사가능성:○
	공사지역	현재 개발이 진행 중인 지역으로서 판독 당시 토지이용 현황을 명확히 구분할 수 없는 지역 - 판독가능성:△, 묘사가능성:○



결과와 유사함을 확인할 수 있었다(중앙항업, 2001).

### 토지이용 분류항목 설정

이상과 같이 토지이용 분류항목은 그 활용목적에 따라 매우 다양하게 설정될 수 있으며, 그 항목 또한 명확하게 구분되어질 수 있다. 앞에서 살펴보았듯이 외국의 토지분류체계를 국내에 그대로 도입할 경우 병하, 만년설, 올리브농원 등과 같은 항목에서 이미 차이가 있어 그대로 받아들이기에는 문제가 있다. 따라서 외국의 사례를 바탕으로 하여 국내의 실정을 충분히 고려하고 목적에 부합하는 분류체계를 구축할 필요성이 있다. 특히 본 연구에서와 같이 기존 토지이용 분류에 많이 활용되지 않았던 다목적 실용 위성 EOC 영상을 기본 자료로 활용할 때에는 더욱 그러하다고 할 수 있다.

도시 확장 분석을 위해서는 다중시기의 위성영상 및 항공사진을 이용하여 토지이용의 분류를 시행하여 토지이용의 시계열 데이터베

이스를 구축하고, 시기별 토지이용의 변화와 양상을 분석함으로써 확장 패턴을 추출하고, 이를 기반으로 향후의 도시 확장을 예측할 수 있는 모델 개발과 같은 일련의 과정을 필요로 한다. 이러한 원격탐사 자료를 이용한 도시 분석 과정을 지속적이고 신뢰성 있게 행하기 위해서는 목적에 부합되는 토지이용 분류체계 설정이 선행되어야 한다. 지금까지 토지이용 분류에 대한 수많은 연구가 진행되어 왔으나, 자료의 분류기준이 상이하고 서로 다른 방법과 축적에 따라 독립적으로 자료가 수집되어 호환성이 거의 없다고 할 수 있고, 이는 각 연구에 있어 중복적인 노력이 투자되어 효율성을 저해하는 큰 요인이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 오류를 최소화하고 향후 지속될 연구의 일관성을 유지하기 위해 국립지리원 분류기준에 따라 도시 확장 분석을 위한 새로운 분류 기준을 설정, 사용하였다. 그러나 국립지리원 분류기준을 모두 사용할 경우 도시지역의 물리적 확장분석이라는 연구목적에 불필요한 항목이 지나치게 많

TABLE 6. Designing the land use classification system for analyzing urban growth

분류	코드	신규항목	국립지리원 항목 포함내용
도시 지역	1	일반주거지	저층 및 일반주거지
	2	고층주거지	고층주거지
	3	상업지역	상업·업무지, 유원지
	4	공업지역	공업시설, 공업나지·기타, 채광지역
	5	교통지역	도로, 철로 및 주변지역, 공항, 항만
	6	공공시설	발전시설, 처리장, 교육·군사시설, 공공용지, 매립지
	7	공사지역	육안판독 결과 공사 및 건설 중인 지역
비도시 지역	1	산지	자연초지, 인공초지, 침엽수, 활엽수, 혼합수림, 풀프장, 공원묘지, 암벽 및 석산, 나대지 및 인공녹지
	2	농지	경지정리답, 미경지정리답, 보통특수작물, 과수원·기타, 가축사육시설
	3	수계	갯벌, 염전, 하천, 호소, 댐, 백사장, 광천지, 양어장 및 양식장

게 되고, 또한 위성영상으로 판독이 불가능한 경우도 있어 기존의 EOC 영상자료를 이용한 지도제작 공정 확립 및 시범지도 제작 등의 선행 연구결과 등을 참고하여, 표 5와 같이 EOC 영상으로 육안 해석 가능한 시가지의 주요 항목을 바탕으로 항목별로 묶어 도시 분석에 적합한 새로운 분류기준을 표 6과 같이 나타내었다.

즉, 국립지리원 분류기준 중에서 대분류에 속하는 농지, 임지, 수계를 통합하고 그린벨트 지역을 추가하여 비도시라는 대분류 항목을 설정하고, 나머지 대분류 항목인 도시 및 주거지 항목은 EOC 영상의 판독 가능성과 도시의 물리적 확장분석에 필수적인 7개 항목으로 세분화하여 도시지역으로 새로운 분류 항목을 설정하였다. 이는 도시의 구조와 변화를 파악하고자 하는 분류의 목적과, 도시 지리학적인 측면에서 도시의 토지이용 용도는 일반적으로 도시의 용도지역은 주거지역, 교통지역, 상업지역, 공업지역, 공공용지 및 자연녹지를 포함하는 공한지 등으로 구분할 수 있다는 것을 고려하였다(김인, 1991). 그리고 비도시 지역은 농지, 산지의 잠식과 도시의 물리적 확장이 지니는 연계성 등을 파악함과 동시에 지속가능

한 도시 개발을 위해서는 산지와 농지의 변화가 중요한 의미를 지니고 있다. 예를 들어 국립지리원 분류에서는 자연초지, 인공초지, 침엽수, 활엽수 등을 세부적으로 분류하고 있는데, 이들 항목은 도시의 물리적 확장 분석에는 전혀 영향을 미치지 못하는 것으로, 이를 그대로 분류하는 것은 목적이 부합하지 않는 비효율적인 분류라 할 수 있다. 그리고 수계는 개발이 불가능한 지역이며 도시의 확장과 밀접한 관계를 지니는 그린벨트는 따로 분류하여 활용하는 것이 바람직하므로 비도시 지역을 4개 항목으로 분류하도록 하였다. 위의 기준에 따르면 자연 녹지를 분류하여야 하지만 도시 내부의 자연 녹지는 EOC 위성자료로부터 파악이 어려워 제외하게 되었다. 또한 도시 전체의 물리적 확장 분석을 위해서는 산지 및 농지의 영향이 주를 이루므로 연구 전반에 걸친 이들의 영향은 미미하다고 판단되었기에 제외시켰다. 본 연구의 목적이 도시성장 분석에 적합한 분류기준 제시이고 위의 언급한 도시지리학의 용도 분류와도 일치하므로 위의 항목으로의 분류는 합목적성을 지닌다고 할 수 있다.

본 연구에서는 도시의 물리적 확장을 위해 도시의 확장과 직접적인 연관을 지니는

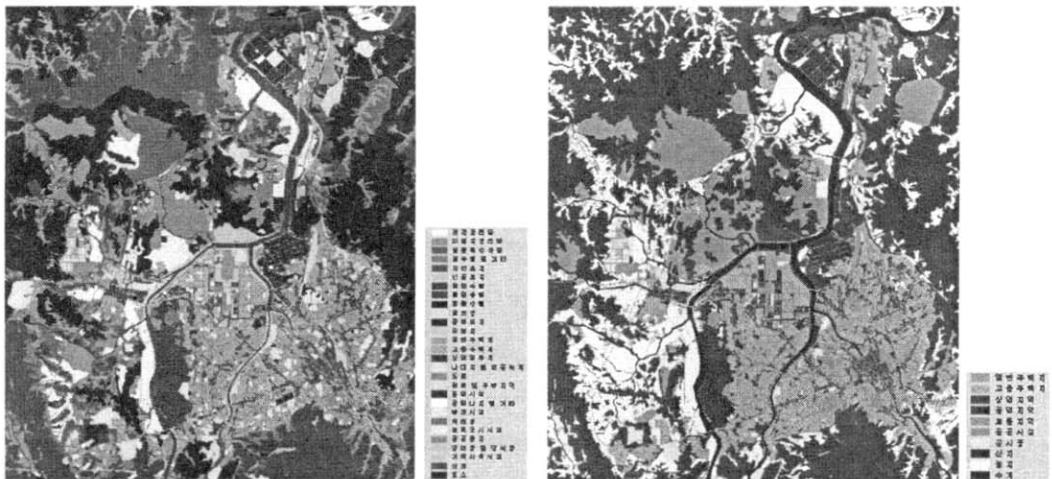


FIGURE 1. Land use map in Daejeon area(left: original class, right: changed class)

도시내부의 토지이용과 지속가능한 개발과 연관된 산지 및 농지의 잠식에 중점을 두는 분류체계를 구성하고자 하였다. 이는 도시주거지의 실질적인 인구밀도와 주거지 사용밀도 파악, 그리고 도시민 주거 양상의 변화 등을 위해 주거지는 저층·일반주거지와 아파트단지 등의 고층주거지로 분류하고, 상업지역 및 공업지역을 기존의 다른 시스템과 같이 별도의 항목으로 정하였다. 또한, 도로 및 역사 등의 교통시설은 도시 내부의 일정한 공간을 차지하고 있으나, 그 특성이 선형을 이루고 있고 도로의 폭이 각각 달라 분류의 정확도에 미치는 영향이 크다. 그러므로 본 연구에서는 왕복 4차선 이상의 도로 및 교통시설물을 별도의 항목으로 선정하였으며 공공기관, 군사 시설물 등의 공공의 성격을 지닌 지역을 일괄적으로 공공시설로 분류하였다. 이는 본 시계열 데이터베이스 구축의 대상 지역이 대전광역시로, 대전시가 표방하는 과학, 연구, 군사의 중심지라는 면에서 대덕연구단지 및 군사시설이 모두 공공시설로 분류되는 특성으로 타 대도시에 비해 그 비중이 월등히 높고 대전의 공간 구조에 많은 영향을 미치고 있으므로 독립적인 항목으로 정하였다. 마지막으로 대규모 개발공사가 진행 중인 지역에 대해 공사지역이라는 항목을 별도로 선정하여 도시 토지이용 분류의 정확도를 높이고자 하였다.

## 결 론

토지이용이란 인간의 제반활동이 지표상에 나타난 결과라는 측면에서 '일정한 토지공간위에서 일어나는 제반활동 또는 이용의 형태'로 정의되어진다. 토지이용이 도시 관리 및 도시 계획 수립에 매우 중요하다는 점은 주지의 사실이나, 그 분류체계에 대해서는 확정된 기준이 없고 사용자의 필요에 따라 분류체계가 만들어지고 있는 실정이며, 그나마 지속적인 갱신이 거의 이루어지지 않고 있다. 그러나 최근

원격탐사 기술과 영상처리 기술의 발전은 원격탐사 자료의 활용을 통한 토지이용 자료의 획득 및 지속적인 갱신을 통한 자료의 최신화를 가능하게 하고 있다.

본 연구에서는 도시의 물리적 확장 모니터링의 전 단계로써 국내외 다양한 분류기준의 검토와 다목적 실용위성 EOC 영상의 판독가능성, 그리고 도시의 물리적 확장 분석에 필수적인 분류 항목 등을 고려하여 국립지리원 분류기준을 중심으로 도시 토지이용 분류기준을 설정하였다. 향후 영상분류 단계에서는 질감(texture), 형태(shape) 및 분광특성 등을 고려한 이미지 합성, 분할 및 분류 등과 같은 다양한 방법을 적용함과 동시에 그 결과를 육안 판독의 결과와 상호 연계하여 도시의 물리적 확장 분석에 요구되는 다양한 주제도를 제작하고자 한다. 한편 이러한 일관되고 합목적성을 지닌 분류 기준을 기초로 다목적 실용위성 EOC 영상자료를 이용한 대전광역시 시계열 토지이용도를 제작함으로써 장기간에 걸친 도시 확장의 형태와 패턴을 파악하는데 기본적인 자료를 구축하게 되고, 이를 통하여 변화의 원인과 영향을 파악함으로써 삶의 질 향상을 위한 효율적인 도시계획 및 관리에 기여하고자 한다.

## 참고문헌

- 국립지리원. 1999. '98 주제도 시범제작 사업 - 토지이용현황도 및 도로망도. 231쪽.
- 김용일, 서병준, 구분철. 2000. 위성영상의 해상력에 따른 지리정보의 판독 -판독 가능성과 프랙탈 차원을 중심으로. 지형공간정보학회지 8(2):171-182.
- 권기욱, 유병권(역). 2000. 도시토지이용계획. 태림문화사. 565쪽.
- 김인. 1991. 도시지리학 원론. 법문사. 125쪽.
- 백운수, 김태열, 윤중경. 1997. 특집: 토지이용 분류의 체계화. 도시정보 183:3-12.

- 박헌수. 2001. 특집: 도시정보시스템 활용현황과 개선방안. 도시정보 228:4-19.
- 서울시정개발연구원. 1996. 서울시 토지이용정보체계 구축방안 연구. 166쪽.
- 이규성. 2002. 다목적실용위성을 이용한 북한 지역의 토지피복현황도 작성. 원격탐사기술 개발 2단계 완료보고서. 149쪽.
- 이태일. 1997. 토지이용의 분류와 활용. 도시정보 183:2.
- 전성우. 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류. 한국환경정책평가연구원. 49-79쪽.
- 중앙항업. 2001. 지도제작공정 확립 및 시범지도 제작. 56쪽.
- 한국지질자원연구원. 2002. 다목적실용위성의 지상활용 및 검토정. 414쪽.
- 환경부. 2001. 세분류 토지피복분류도 제작지침 (안). 32쪽.
- Anderson J., E. Hardy, J. Roach and R. Witmer. 1976. A Land Use Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. USGS. 41pp.
- Bossard, M., J. Feranec and J. Othel. 1994. CORINE land cover technical guide - Addendum 2000. European Space Agency. 105pp.
- Meinel, G. and J. Hennerdorf. 2001. Stand der Diskussion europäischer Landnutzungsnomenklaturen - Herausforderung fuer die Bildverarbeitung (Pro Smart II - Nomen). Institute fuer Oekologische Raumentwicklung e. V. 34pp.
- MOLAND Technical Specification. 2000. EUROPEAN COMMISSION, Directorate General Joint Research Centre. Space Applications Institute. 19pp.
- Ridley, M. H., M. P. Atkinson, P. Aplin, J. P. Muller and I. Dowman 1997. Evaluating the potential of the forthcoming commercial U.S. high-resolution satellite sensor imagery at the ordnance survey. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 63 (8) :997-1005.
- Steinnorcher, K. and F. Kressler. 2001. Fernerkundung and GIS Integration zur Erfassung von Stadtentwicklung. Austrian Research Center Seibersdorf Final Report.
- Wissen, U. and F. Petrini-Monteferri. 2001. MOLAND-Development of reference and historical databases for the area of Belgrade. Austrian Research Center Seibersdorf & GeoVille Inc Final Report. 89pp. 