

## 위성영상자료를 이용한 중분류 토지피복지도의 특성과 활용

이 상 익<sup>1)</sup>, Lee, Sang-Ik · 이 중 수<sup>2)</sup>, Lee, Chong Soo  
조 정 건<sup>3)</sup>, Cho, Jung Gun · 최 윤 수<sup>4)</sup>, Choi, Yun Soo

<sup>1)</sup> 환경부 정보화담당관실 사무관 · 서울시립대학교 · 석사과정, 02-2110-6650(e-mail; moers@me.go.kr)

<sup>2)</sup> 한국환경정책평가연구원 연구원 · 농학석사 · 02-380-7647(e-mail ; cslec@kei.re.kr)

<sup>3)</sup> 마일엔지니어링 환경기술응용연구소 연구원 · 조경학석사 · 02-598-9395(e-mail; jgcho@myil.co.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 교수 · 공학박사 · 02-2210-2430(E-mail : choiys@uos.ac.kr)

### 1. 서 론

'80년대말까지의 환경문제는 단순한 원인에 의한 국지적인 현상에 불과하였으나, 90년대에 들어서면서 강이나 호소 등에 축적되었던 오염물질이 기상 등 자연현상과 복합적으로 작용하면서 장기적이고 광역적인 오염현상으로 변화하여 심각한 환경오염 문제를 초래하게 되었다.

이러한 복합적인 환경문제에 적극적으로 대응하기 위해서는 기존의 단순한 정보처리와는 차별화된 종합적인 관리기법과 신속·정확한 정보분석체계로의 변환이 필요하였다. 그간의 圖表나 報告書 위주의 計量化 위주의 환경정보는 위성사진, 토지피복지도, 생태자연도 등 공간정보 형태로 변화하게 되었으며, 이러한 배경에서 시간과 공간의 제약을 받지 않는 **종합환경정보체계인 원격탐사 및 지리정보시스템**을 도입하여 자연 상태에서 발생하는 비점오염원의 관리방안을 검토하게 되었다.

비점오염물질은 지표상 퇴적 오염물질, 대기오염물질의 강하물, 농지에 살포된 비료 및 농약, 합류식하수관거 월류수내 오염물질 등으로 주로 강우시 강우유출수와 함께 하천으로 유입되는 오염물질을 말하며, 이러한 비점오염물질의 발생량을 파악하기 위해서는 토지피복면적의 파악이 매우 중요하다. 지금까지 비점오염 총량은 용도지역 면적을 이용하여 산출하여 왔다. 그러나 이 정보는 자연상태의 토지피복정보가 아니라 인간의 활동을 전제로 한 지적공부상의 용도지역에 해당하는 정보였으며, 위치정보가 없는 단순 통계정보이므로 수계를 관리하기 위한 GIS-DB로는 활용할 수 없는 상태였다.

본 연구에서는 전세계적으로 널리 활용되는 원격탐사기법(Remote Sensing)과 지리정보체계(Geographic Information System) 기술을 이용한 토지피복지도(Land Cover Map) 제작방법론을 설명하고, 미국의 USGS 분류지침과 유럽연합의 CORINE 수행방법 등을 검토하여 확정된 환경부의 토지피복분류체계에 대하여 논하고, 유사한 정보를 담고 있는 토지이용현황도와 비교·분석하여 그 제작 당위성과 향후 발전방향을 제시하고자 한다.

### 2. 토지피복지도

#### 2.1 정의

토지피복지도란 지표면의 지형지물의 형태를 일정한 **생태학적 기준**에 따라 분류하여 동질의 특성을 지닌 지역을 지도의 형태로 표현한 환경주제도를 말한다. 토지피복지도는 지표면의 현 상황을 가장 잘 반영하기 때문에 비점오염원 관리, 공간계획 등 다양한 분야의 기초자료로 활용되어 정책수립의 효율성과 과학성을

높이는데 많은 기여를 하고 있다.

토지피복지도와 병행하여 이용할 경우 자료의 효용성을 높일 수 있는 것으로 토지특성도와 토지이용현황도가 있다. 토지이용현황도는 국토이용관리법에 의하여 토지의 이용상태를 분류하여 1:25,000 축척으로 제작한 지도로서 도시지역, 농업지역, 자연 및 문화재보전지역, 유보지역 등과 같은 이용측면의 분류항목을 갖고 있어 토지피복지도와 개념상의 차이가 있다. 이들 자료는 토지피복지도와 다른 목적으로 구축된 주제도로서 사용하는 원시자료, 분류체계 등 각 요소별로 각기 다른 방법으로 구축되고 있다. 이들을 요약하여 정리한 것은 표 1과 같다.

< 표 1. 토지피복지도와 관련주제도의 비교 >

	토지피복지도	토지특성도	토지이용현황도
원시자료	- 위성영상자료	- 수치지적도, 수치지형도	- 항공사진
분류체계	- 대분류(7항목), 중분류(23항목)	- 각종 지역·지구 단위	- 1단계(4항목), 2단계(14항목), 3단계(38항목)
특징	- 토지표면 현황을 표시 - 저 비용으로 구축가능 - 지표면의 생태학적 특성 표시	- 공시지가 관리 효율화	- 토지이용현황 및 미래 표시 - 용도지역의 표시
기대효과	- 환경부문 의사결정을 위한 기초자료로 활용 - 환경통계작성에 활용	- 개별공시지가 산정 및 지가현황도 작성에 활용	- 국토이용계획 및 관리에 활용

## 2.2 분류체계

토지피복지도의 분류체계는 활용목적에 따라 매우 다양하게 설정할 수 있다. 예를 들면 대기오염 모델링에 있어서는 지표면의 상태(거칠기)가 중요한 인자가 되며, 이동무선통신을 위한 기지국 선정시에도 대상지역을 점유하고 있는 지형지물의 높이가 매우 중요한 인자가 된다. 반면에 자연환경부문에서는 생물종의 보전과 서식처의 확대를 위한 식생부문이 분류항목으로 매우 중요한 인자가 된다. 이같이 토지피복지도를 이용하고자 하는 목적에 따라 매우 다양한 토지피복항목이 필요하게 된다.

본 연구에서는 기본적으로 지표면의 생태학적 특성을 반영하고 비점오염원의 관리, 공간계획, 각종 모델링의 기초자료로서 환경업무 전반에 활용할 수 있도록 미국의 USGS의 분류체계와 유럽연합의 CORINE 프로젝트를 검토하였으며, 다음과 같은 점에 주안점을 두고 대분류 7개항목, 중분류 23개항목으로 구성하였다.

첫째, 미국의 USGS 토지피복분류체계, GAP Land Cover Analysis, 유럽연합의 CORINE 토지피복 항목을 우리 나라의 지형과 기후에 맞도록 수정하여 제안한 것으로서 현재 우리 나라가 가입한 OECD의 환경통계작성에 있어서 매우 유용한 자료를 만들 수 있도록 하였다.

둘째, 토지피복분류 항목들은 우리 나라의 토지피복 및 토지이용상황을 고려하여, 각각의 항목이 점유하고 있는 면적비율과 각각의 항목이 영향을 줄 수 있는 것들을 고려하여 선정하였다.

셋째, 대분류항목과 중분류항목의 분류체계가 상하 위계를 갖도록하여 향후 연차별 추진계획과 연계될 수 있도록 하여 고려하였다.

넷째, 각각의 분류항목들은 향후 추진방법과 체계를 고려하여 효율적인 추진이 되도록 설정하였다. 즉, 대분류항목은 단시간 내에 사업을 완료하고자 할 경우에 접근이 가능한 항목을 설정하였으며, 중분류항목은 국가차원에서 정기적인 모니터링이 적합하도록 고려하였다.

다섯째, 환경부, 건설교통부, 산림청, 농어촌진흥공사, 국립지리원 등 유관기관의 자문을 들어 많은 분야에서 활용이 가능하도록 설정하였다.

< 표 2. 분류체계 및 색상 코드 >

대분류(7항목)		중분류(23항목)		색상코드			
				R	G	B	비고
시가화/ 건조지역	100	주거지역	110	254	230	194	
		공업지역	120	192	132	132	
		상업지역	130	237	131	184	
		위락시설지역	140	246	113	138	
		교통지역	150	247	65	42	
		공공시설지역	160	246	177	18	
농업지역	200	논	210	255	255	191	
		밭	220	247	249	102	
		하우스재배지	230	223	220	115	
		과수원	240	184	177	44	
		기타재배지	250	184	145	18	
산림지역	300	활엽수림	310	51	102	51	
		침엽수림	320	51	160	44	
		혼효림	330	10	79	64	
초지	400	자연초지	410	161	213	148	
		골프장	420	135	185	35	
		기타초지	430	96	126	51	
습지	500	내륙습지	510	153	116	153	
		연안습지	520	180	167	208	
나지	600	채광지역	610	10	80	134	
		기타 나지	620	193	219	236	
수역	700	내륙수	710	103	198	221	
		해양수	720	94	107	176	

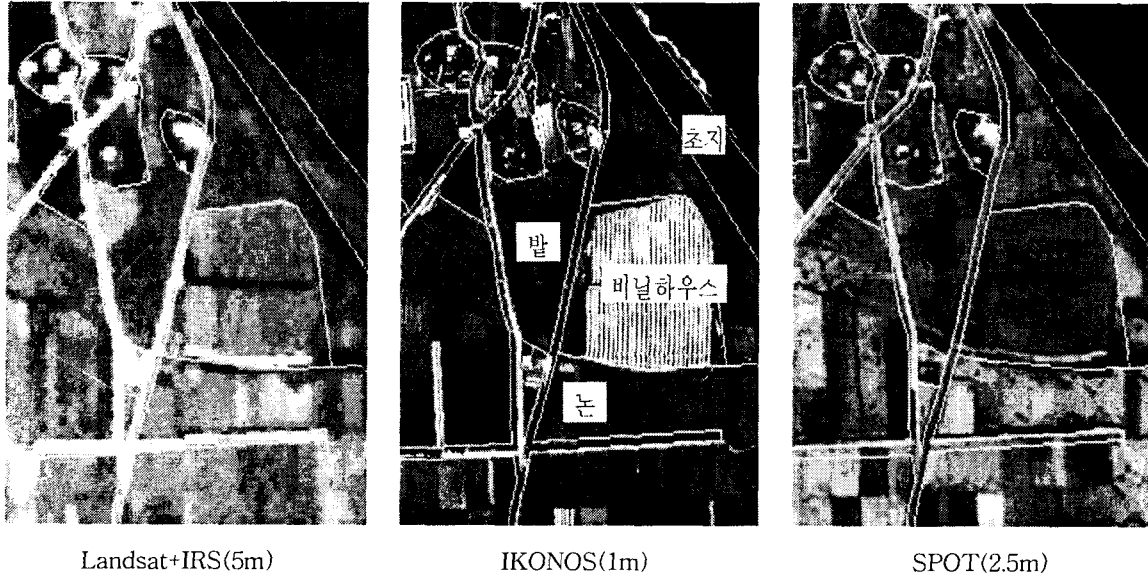
### 3. 제작방법

#### 3.1 사용자료

일반적인 비점오염원 정보의 수집방법은 현지조사, 지형도 판독, 항공사진 판독, 위성영상 판독 등으로 나눌 수 있다. 현지조사의 경우 대상지가 넓을 경우 비경제적이고, 지형도의 경우 갱신주기가 길어 최신의 정보를 얻을 수 없다는 한계가 있다. 항공사진의 경우는 기상 및 계절의 영향을 많이 받고 소규모 지역의 경우에는 고비용이라는 한계가 있다. 그러나 인공위성 자료는 자료획득이 편리하고 경제적이며, 처리방법도 컴퓨터를 이용함으로써 신속·정확하게 수행할 수 있다는 장점이 있어 널리 활용되고 있다. 그러나 공간해상력과 분광분해능의 문제점이 있는 것도 또한 사실이다. 최근에는 IKONOS, SPOT-5 등의 고해상도 위성자료의 출현으로 공간해상력의 문제점은 어느정도 해소되었으나 분광분해능의 문제점은 아직까지 충분한 해결방안이 마련되지 못하고 있다. 이 때문에 자동분류에 의한 중분류 토지피복지도 제작은 현재로서는 어려움이 많다. 본 사업에서는 이러한 문제점을 해소하고 분류정확성을 기하기 위하여 임상도, 지형도, 토지이용현황도 등 여러 가지 참조자료를 사용하였다.

토지피복지도는 사업당시를 기준으로 가장 최신 영상자료를 기초자료로 사용하였으며, 가장 최근에 보고된 영상가공기법을 적용하여 분류에 필요한 위성영상을 제작하였다.

< 그림 1. 사용자료의 해상도비교 >



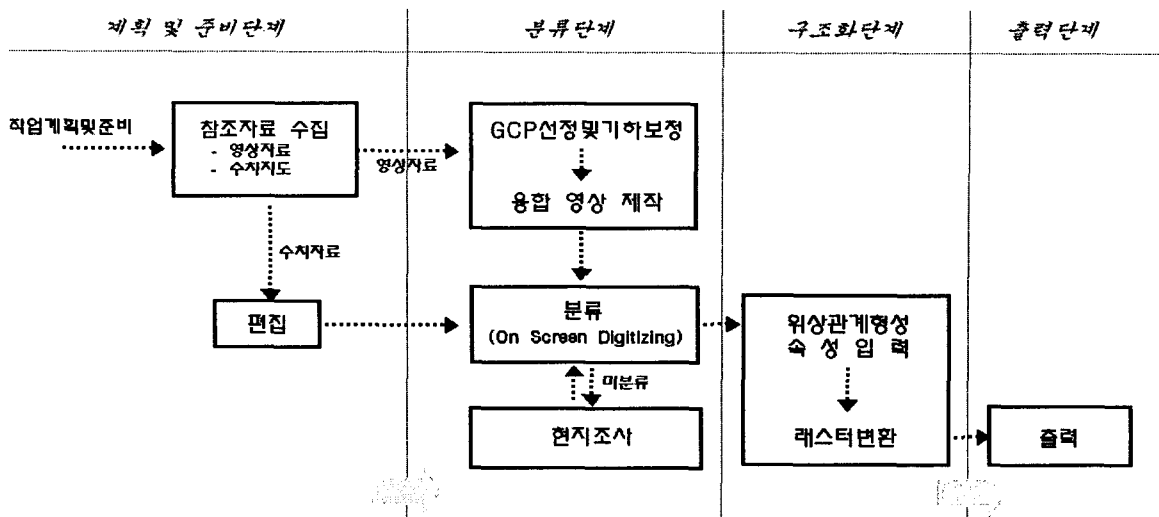
### 3.2 제작방법

기본자료로 IRS-1C/D 위성영상, Landsat TM/ETM+ 위성영상, 수치지형도(1:5,000)를 이용하고, 참조자료로 임상도, 생태·자연도, 지형도(1:25,000)등을 사용하였다. 영상자료는 촬영각도 및 영상상태, 촬영일자를 확인하여 가장 최근에 촬영된 상태가 양호한 영상을 선정하였다. 지상기준점은 IRS-1C/D 위성영상이 5.8m의 공간해상력을 가지므로 환경부에서 보유하고 있는 GCP자료를 이용하였다. 영상자료는 방사특성이 비슷한 동일계절의 영상들을 사용함으로써 자료의 균질성을 확보하였고, 다중 시기의 위성영상을 사용함으로써 계절적인 분류항목의 특성을 고려하였다. Landsat과 IRS자료의 융합영상은 각 화소의 방사특성 유지가 가능한 Radiometric 영상융합방법을 적용하였으며, 수치지형도, 임상도, 토지이용현황도 등 참조자료를 이용하여 각 분류항목의 경계선과 속성을 판독하였다.

IHS기법을 이용한 영상융합은 IRS-1C/D 영상과 Landsat 영상의 분광특성 차이로 인해 산악부위에서 비정상적인 형광색이 발생하지만 도심지역은 뚜렷이 구분되는 특징이 있다. 따라서 도심지역의 특성은 유지하면서 산악부위에의 나타나는 색상오류를 보완할 수 있는 새로운 융합방법이 필요하였다. 이에 본 연구에서는 다중회귀분석에 의한 통계적 기법으로 영상융합을 제작하였다.

피복분류 과정에서 대분류 토지피복지도는 원격탐사기법으로 자동분류하였으나 중분류 토지피복지도는 On Screen Digitizing으로 제작하였다. 이는 다중회귀분석식에 의한 융합영상은 시가화건조지역과 농업지역 등에서는 해상도와 칼라가 잘 유지되는 특성이 있었으나 산림지역은 번짐현상의 발생으로 자동분류가 불가능하였다. On Screen Digitizing은 환경, 조경, 산림, 토목 등 관련전공자들로 전담팀을 구성하고, 각 팀은 전체영상에 대하여 담당분류항목만을 식별토록하여 한 사람이 여러 가지 항목을 분류하는데 따른 오분류 및 미분류항목을 최소화하도록 고려하였다.

< 그림 2. 제작흐름도 >



#### 4. 분류결과에의 검토

본 연구에서는 토지피복지도의 제작 타당성과 분류내용의 적정성을 검토하기 위하여 토지이용현황도와 비교하여 보았다. 토지이용현황도는 시가지 건조지역, 특히 교통지역에 대하여는 매우 정밀하고 정확한 분류 내용을 보여준 반면, 산림지역에 대하여는 그 분류내용이 매우 의심스러운 결과를 보여주고 있었다.

토지피복지도와 토지이용현황도의 차이점이 가장 잘 나타나는 부분은 습지, 골프장, 나대지 등의 분류항목에서 였다. 이는 두 주제도의 제작목적이 보여주는 차이점, 참여인력의 전공분야, 그리고 참조자료의 활용 유무가 분류결과에 크게 영향을 주고 있음을 다음의 비교·검토에서 알 수 있었다.

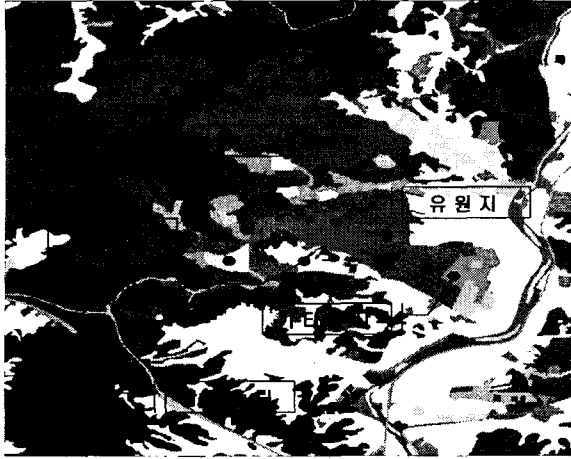
첫째, 경기도 용인시의 에버랜드 주변의 토지이용현황도에선 이 지역의 산림 유형을 혼합수림으로 표시하고 있으나, 임상도에 의하면 침엽수림, 활엽수림 및 혼효림의 3가지로 분류되어야 한다. 유원지의 경우도 하나의 속성으로 분류하고 있지만, 토지피복지도는 이를 세분하여 유원지, 기타초지, 내륙수 등으로 분류하고, 골프장도 골프장 및 주위의 침엽수림으로 분류하고 있었다.(그림3 참조)

둘째, 내륙수의 경우에도 토지이용현황도는 하천의 경계선 내부는 하나의 속성으로 내륙수이나, 토지피복지도는 하천경계내의 물이 있는 지역은 내륙수, 모래톱인 지역은 기타나지, 갈대군락과 같이 얇은 물지역은 내륙습지와 같이 여러 가지로 분류되었음을 서울시 송파구 탄천지역의 경우에서 알 수 있었다.(그림4 참조)

셋째, 토지피복지도를 국가기본도(1/5,000)를 수정 편집하여 제작할 수 없는가의 여부는 경기도 평택지역을 대상으로 검토하여 보았다. 이 또한 수치지형도에서 표시하고 있는 항목별 영역과는 다름을 알 수 있었던 바, 이는 제작시기가 상이한 이유도 있었지만 근본적으로 수치지도의 표시항목은 환경부문에서 필요로 하는 하우스재배지, 활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 골프장,

채광지역등의 항목이 없어, 수치지형도를 편집하여 토지피복지도를 작성하는 것은 불가능하다는 것을 알 수 있었다.(그림 5 참조)

< 그림 3. 산림, 유원지 및 골프장 :경기도 용인시 에버랜드 사례 >

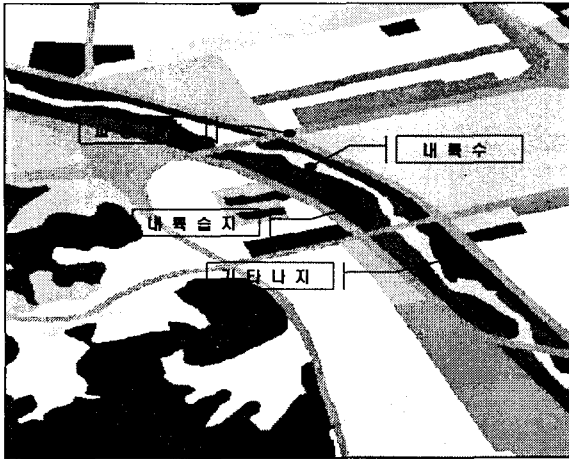


<토지피복지도>

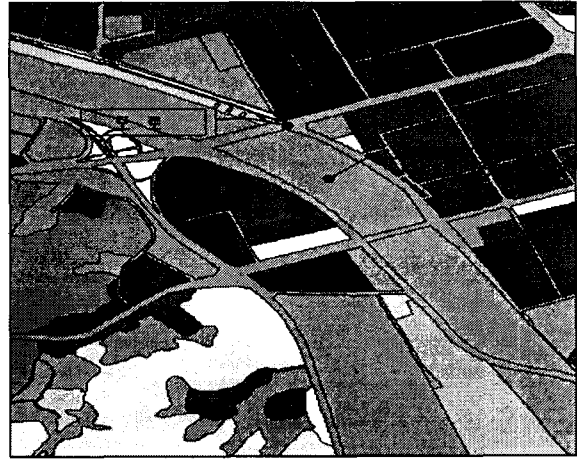


<토지이용현황도>

< 그림 4. 하천 및 습지 : 서울시 송파구 탄천 >

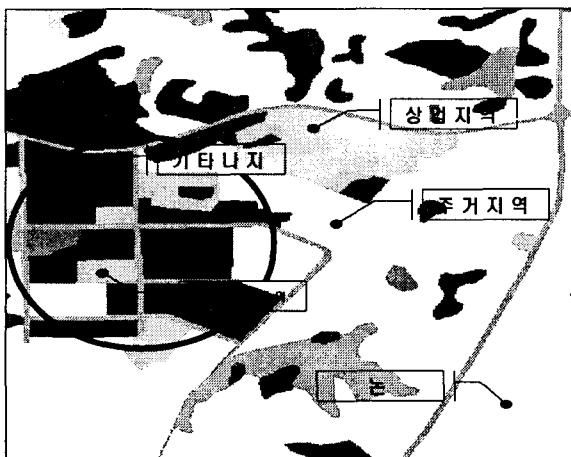


<토지피복지도>

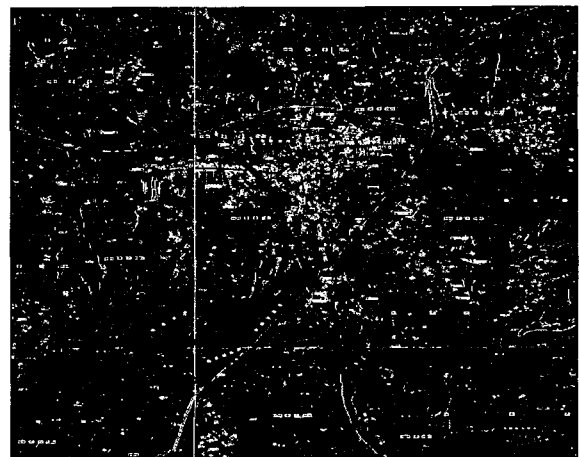


<토지이용현황도>

< 그림 5. 수치지도의 최신성 부족 : 경기도 평택시 안중 사례 >



<토지피복지도>



<수치지도>

## 5. 향후 발전방안

미국, 유럽 등지에서도 토지이용(Land use)과 토지피복(Land cover)은 다른 개념으로 정의하고 있으며, 환경부문에서는 토지피복지도의 활용이 강조되고 있다. 토지피복지도는 그 제작목적과 사용자료의 특성상 토지이용현황도와 큰 차이가 있음을 확인 할 수 있었다. 앞으로 선진국에서처럼 환경분야의 전형적인 지리정보로 자리매김하기 위해서는 다음과 같은 제도적, 기술적인 뒷받침이 마련되어야 하겠다.

첫째, 중분류 토지피복지도는 지역차원의 국토변화를 세밀하게 파악할 수 있으며, 향후 지역차원의 환경계획주제도로 많이 활용될 것이다. 따라서 주기적인 갱신이 반드시 필요하며, 그 갱신주기는 각종 행정계획의 주기를 감안하여 정하도록 하여야 한다. 즉, 장기종합계획들이 대부분 10년 후를 목표연도로 설정하고 있으며, 중기종합계획들은 5년 이후를 목표연도로 설정하는 점을 고려한다면 중분류 토지피복지도는 5년 주기로 갱신하는 것이 적절할 것이다.

둘째, 중분류 토지피복지도는 비교적 단시간내에 국가 전체적인 국토환경정보를 작성하고, 제공한다는 측면에서 표준화된 제작기준과 방법에 의해 구축되어야 한다. 특히, 건설, 교통, 국방, 해양 등의 다른 분야의 의견도 폭넓게 수렴하여 제작방법과 분류항목을 결정하여야 한다. 그러나 이 경우 토지피복지도 제작목표를 저해할 우려가 있으므로 기본목표의 범위에 부합되는 범위내에서 의견을 수렴하는 것이 필요하다. 따라서 현재의 피복분류 항목을 보다 체계화하고 제작방법의 자동화방안을 강구하여야 한다.

셋째, 총량관리제도를 위한 비점오염원 관리를 위해서는 현행의 원단위체계를 토지피복분류항목으로 전환하여야 한다. 경제적이고 과학적인 방법에 의한 토지피복지도를 올바르게 활용하기 위한 활용기법 개발과 함께 새로운 원단위 체계의 심도있는 학술연구가 수행되어야 한다.

## 참고문헌

1. John A. Richards and Xiuping Jia, "Remote Sensing Digital Image Analysis", 3rd ed., Springer, 1998, pp. 259-290.
2. Lillesand, T. M. and Kiefer, R.W., "Remote Sensing and Image Interpretation", 3rd ed, John Wiley & Sons, 1994, pp. 123-149.
3. European Commission, "CORINE Land Cover Technical Guide", 1993
4. 환경부, "인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류", 1차사업 최종보고서, 1999.
5. 환경부, "인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축", 3차사업 최종보고서, 2002.
6. 환경부, "환경백서", 2002, p. 221.
7. 국토연구원, "국토자원 분석방법에 관한 연구", 2000.