

## 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 현안 분석

이규성\*† · 윤여상\* · 김선화\* · 신정일\* · 윤정숙\*\* · 강성진\*

\*인하대학교 지리정보공학과, \*\*인하대학교 국토모니터링기술개발연구센터

### Analysis of Present Status for the Monitoring of Land Use and Land Cover in the Korean Peninsula

Kyu-Sung Lee\*†, Yeosang Yoon\*, Sun-Hwa Kim\*,  
Jung-Il Shin\*, Jong-Suk Yoon\*\*, and Sungjin Kang\*

\*Department of Geoinformatic Engineering, Inha University, \*\*Land Monitoring Research Center, Inha University

**Abstract :** This paper is written to analyze possible problems encountered with the existing data for the monitoring of land use and land cover change over the Korean peninsula and, further, to provide technical alternatives for the future land monitoring over the area. The oldest type of non-spatial data related to the land use change are cadastral statistics obtained since 1911. Annual statistics of cadastral data in early years (before 1942) can be used to assess land use change over the area. However, the cadastral statistics after the Korean War are not very appropriate for land use monitoring since the land class in cadastral data does not always correspond with actual land cover status. Majority of spatial data available for land monitoring over the area are land cover maps classified from satellite imagery since early 1970's. To analyze the suitability of land cover maps that were produced by two separate institutes with about 10 years interval, we conducted simple change detection analysis using these maps. These maps were not quite ready to be compared each other, in which they did not have the same class definition, classification method, and geometric registration. To achieve continuous and effective monitoring of land use and land cover change, particularly over North Korea, we should have a standard scheme in type and season of satellite imagery, image classification procedure, and class definition, which also should correspond to international standards.

**Key Words :** land use, land cover, change detection, land monitoring, cadastre, North Korea.

**요약 :** 본 연구는 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링에 필요한 현존 자료의 특성과 활용 가능성을 분석하여 문제점을 파악하고 향후 한반도 전역의 국토모니터링을 위한 기술적 방안을 제시하고자 한다. 한반도 토지이용과 관련된 비공간자료는 1911년부터 집계된 지적통계자료가 있다. 초기의 연도별 지적통계자료는 토지이용 변화의 추세를 가늠하는 데 사용될 수 있지만, 분단 이후의 자료는 지목과 실제 토지이용 상태의 불일치로 토지이용 모니터링에 직접적으로 사용하기에는 어려움이 있다. 한반도 토지이용 및 토지피복을 모니터링하기 위한 공간자료는 1970년대 이후 위성영상자료를 이용하여 제작한 토지피복도가 주를 이루고 있다. 두 기관에서 독자적으로 제작된 서로 다른 시기의 북한 토지피복도를 이용하여 토지피복변화를 분석

한 결과, 사용된 위성영상의 계절별 차이와 위성영상 분류과정에 적용된 분류등급과 분류방법의 불일치 등으로 직접 비교에 많은 어려움이 있었다. 지속적인 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 토지피복도 제작은 위성영상의 계절적 조건, 분류방법, 좌표등록 등에 호환성이 보장되도록 단일의 기준이 마련되어야 하며, 아울러 국제적인 토지피복 분류등급이나 정확도에서도 호환성을 갖추어야 한다.

## 1. 서론

국토 모니터링은 토지이용 및 토지피복 변화를 지속적으로 탐지하고, 변화 원인과 결과에 대한 분석을 통하여 미래의 변화를 예측하는 일련의 과정이라 할 수 있다. 토지이용 및 토지피복 변화는 인간 활동에 따른 결과를 반영하는 동시에 자연환경 변화와 상호 밀접한 관계를 가지고 있다. 토지이용 및 토지피복 변화는 전 지구 규모의 대기 및 물 순환에 큰 영향을 미치며, 지역적 규모로는 생태계의 구성과 순환 과정에 큰 영향을 미친다. 그러나 광대한 지역의 토지이용 및 토지피복 변화를 주기적으로 탐지하고 분석하기 위한 기술적 방법이 마련된 것은 얼마 되지 않았다. 대륙 또는 전 지구 규모의 토지이용 및 토지피복 분류는 지난 1970년대 초반부터 제공되기 시작한 인공위성 원격탐사 기술로부터 시작되었다고 해도 과언이 아니다. 디지털 위성영상자료를 이용한 토지이용 및 토지피복 분류는 지금까지 원격탐사 기술의 가장 포괄적인 활용 분야로 꼽을 수 있다.

위성영상자료를 이용한 토지이용 변화 분석 사례는 다양한 분야에서 실시되어 왔다. 특히 지구환경 변화와 관련된 전 지구 규모의 주기적인 토지피복 및 토지이용도 제작은 미국 NASA를 비롯하여 여러 국가 및 국제기구에서 매우 중요한 연구 사업으로 진행 중에 있다 (NASA, 2009). 전 지구 규모의 토지피복도 제작은 지구환경 변화와 밀접한 관련성이 있는 열대림의 손실, 사막의 확대, 농지의 팽창 등 대륙적 규모로 발생하는 토지이용 변화를 모니터링하고 더 나아가 지구 규모의 대기, 물, 탄소 순환 연구를 위한 기본 자료로 사용되고 있다. 위성영상자료는 또한 지역적 규모의 토지이용 및 토지피복 변화를 파악하기 위하여 빈번히 활용되고 있으며, 주로 도시의 팽창, 식생구조의 변화, 연안역의 변화 등 특정 토지피복의 변화에 중점을 두어 분석하는 사례를 많이 찾아 볼 수 있다 (Jensen, 1996; Green *et al.*, 1994; Muchoney and Haack, 1994).

우리나라도 위성 원격탐사 자료를 이용한 토지이용

및 토지피복 분류와 관련된 연구는 지난 20여 년 동안 꾸준히 진행되어 왔으나 (박종화, 1992; 이규성, 1994; Cha *et al.*, 2007), 한반도 전역을 연구 대상으로 수행된 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 1911년 한반도 인구가 약 1,400만 명이었으나 현재 남북한을 합한 한반도 인구는 약 7,400만 명으로 5배 이상 급증하였다 (통계청, 2009). 약 100년 동안 다섯 배 이상의 인구 팽창과 일본 식민지 수탈과 전쟁, 그리고 급격한 산업화 등의 결과로 상당한 규모의 토지이용 및 토지피복 변화가 발생하였음은 명확한 사실이었으나, 이와 관련된 심도 있는 연구를 찾기 어렵다. 특히 6.25전쟁 이후 분단 상태가 50년 넘게 지속되면서 북한 지역의 토지이용 및 토지피복 정보는 매우 제한적일 수밖에 없다.

1990년대 이후 남북관계의 개선으로, 정부와 민간 분야에서 모두 협력 및 교류의 규모가 점차 확대되고 있다. 또한 최근 북한에서 빈번하게 발생되고 있는 기름 및 홍수 등과 같은 자연재해와 그에 따른 식량난 등 북한 지역에 대한 국내외적인 관심이 증대되고 있으나, 북한의 국토 상황에 대한 체계적이고 객관적인 정보는 절대적으로 부족한 상황이다. 남북 관계가 개선되고 있다고 하지만 북한의 토지이용 및 토지피복에 관련된 정확한 정보의 획득은 여전히 미진한 상태이다. 최근 남북 간 교류가 증대됨에 따라 현지 상황에 대한 정보 및 관련 문헌 정보의 획득 가능성이 비교적 나아졌으나, 이를 통한 객관적이고 정량적인 분석에는 아직 한계가 있다. 따라서 이러한 현실적 어려움을 극복하기 위한 대안 중 하나가 급속도로 발전하고 있는 인공위성 원격탐사 기술을 이용한 국토모니터링 방법일 것이다.

위성영상을 이용하여 북한 혹은 한반도 전역을 분석한 사례는 목적 및 방법에 따라 상이한 센서 자료 및 분석 방법이 적용되어왔다. 한반도 전역의 식생을 분석하기 위해 저해상도 NOAA/AVHRR 영상을 기반으로 추출된 식생지수를 활용하여 식생분류 또는 농경지 면적을 추정하였으며 (이규성, 1994; 황순욱, 1997), 또한 중해상도 Landsat 영상을 이용하여 북한지역의 산림조사, 토지이

용 분석, 홍수피해조사 등의 연구가 산발적으로 발표되었다(이승호 외, 1998; 이규성 외, 1999; 전성우 1999). 최근에는 MODIS 영상을 이용한 한반도 전역의 토지피복분류 연구들도 시도되고 있다(이성구, 2004; 최진용, 2007). 그러나 이와 같은 연구의 대부분은 단일 시점의 일부 지역에 대한 토지피복 현황 정보를 얻기 위한 방법론적 접근이므로, 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 자료로 직접 활용되기에는 미흡한 실정이다.

본 논문은 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위하여 현존하는 관련 기록을 수집 분석하고, 또한 지도의 형태로 존재하고 있는 토지이용 및 토지피복 자료의 제작 방법과 위성영상의 연계 가능성을 검토하여 향후 한반도 전역의 국토모니터링을 위한 기본 방안을 제시하고자 한다. 한반도 국토모니터링은 결국 지금까지 토지이용 및 토지피복 변화가 발생한 공간적 위치와 규모를 파악하고, 변화의 원인과 그에 따른 결과를 분석하여 궁극적으로 향후 변화를 예측할 수 있는 과정이다. 한반도 토지이용 및 토지피복을 지속적으로 모니터링하기 위해서는 무엇보다 먼저 현존하는 자료가 가지고 있는 문제점을 명확히 분석하는 게 시급하다. 이를 토대로 향후 한반도 국토모니터링을 위한 과학적이고 효율적인 기술적 접근 방안을 제시하려 한다.

## 2. 한반도 토지이용 기록의 변천

### 1) 일제시대 토지이용 자료

불행히도 한반도에서 근대적 측량은 우리 손이 아닌 일본에 의하여 침략 수단의 하나로 시작되었다. 한일합

방 훨씬 전인 1876년 체결된 한일 강화도조약에서 이미 일본은 “한반도의 연해, 도서, 암초에 대한 측량 권한”을 조약에 명시하여 관철하였고(리진호, 1989), 한일합방 이후 시작된 토지조사 사업을 통하여 전 국토에 대한 지도를 제작하였다. 특히 1910년대 초반부터 시작된 토지조사사업과 임야조사사업은 근대적인 토지소유 방식으로의 전환과 함께 토지이용 또는 토지피복별 면적에 대한 측량·조사의 시초로 볼 수 있다(김홍식 외, 1997). 토지조사사업은 사전준비기간이나 정책입안 기간을 제외한 실제 측량이 1910년부터 1918년까지 이루어졌으며, 이와 함께 토지소유권, 지세, 지형·지목에 대한 조사가 실시되었다(리진호, 1999). 토지조사사업의 결과 1:50,000 축척의 722도엽의 전국 지형도를 비롯하여 산림을 제외한 주요 지목에 대한 지적도와 토지대장 등이 제작되었다.

지목은 토지의 주된 사용목적에 따라 토지의 종류를 구분한 것으로, 최초의 토지조사사업에 표시된 지목별 면적은 그 당시 토지이용 상태를 표시한다고 할 수 있다. 1910년 제정된 토지조사법에 의한 지목은 전, 답, 대지, 임야, 잡종지, 묘지, 공원지 등 18개 항목으로 구성되어 있으나 실제 측량은 전, 답, 대지에 대해서만 실시하였다(리진호, 1999). 산림지역에 대한 임야조사사업은 1916년부터 1924년까지 시행되어 임야도가 제작되어, 대지, 전, 답, 임야 등 주요 지목에 대한 면적은 확보되었으나 기타 지목에 대한 조사가 미흡하였다.

2008년 1월부터 통계청에서는 광복이전(1908년~1943년)의 조선총독부 통계연보를 복원하여 국가통계포털(통계청, 2009)에서 자료를 제공하고 있는데, 이를 토대로 이 당시의 국토면적과 경지 및 산림 면적을 간접적으로 산출할 수 있었다(Table 1). 비록 1910년부터

Table 1. Annual land use statistics of the Korean Peninsula from 1911 to 1942 (unit : km<sup>2</sup>)

year	total area	forest	croplands	rice field	others
1911	220,741.6	157,228.2*	9,849.5	17,203.9	36,460.0
1916	220,741.6	157,559.4	22,311.8	13,296.0	27,574.4
1921	220,741.6	157,559.4	27,565.9	15,313.2	20,303.1
1926	220,741.6	157,559.4	27,823.6	15,615.6	19,743.0
1931	220,741.6	163,560.4	27,334.8	16,159.5	13,686.9
1936	220,794.0	162,097.4	27,150.9	16,762.7	14,783.0
1941	220,840.0	161,476.8	26,982.0	17,554.2	14,826.2
1942	220,814.0	161,441.9	26,863.2	17,532.1	14,976.9

\* 조선임업조사사업 자료(1910)

1924년까지 전국적인 토지조사사업이 시작되었으나, 1933년에야 전 국토의 면적이 220,776km<sup>2</sup>로 처음 기록되었다. 토지조사사업이 거의 완료된 1917년부터 나타난 총면적은 14,312方里로서 이를 환산하면 220,741.6km<sup>2</sup>로서 1933년에 표시된 면적과 거의 동일하다. 이 당시 주요 토지이용의 통계값은 조선총독부 농림통계자료에 나타난 경지면적과 임야면적을 통하여 가늠해 볼 수 있는데, 이 통계자료는 토지대장 및 임야대장에 등록된 면적으로서 토지조사 및 임야조사사업이 완료된 후 분쟁지 및 누락지역에 대한 조사가 완료된 1930년대 이후에야 어느 정도 신뢰도를 갖는다고 볼 수 있다. 1911년부터 임야 및 농경지를 제외한 기타 면적의 변화가 심하게 나타나는 데, 이는 농지, 도시, 교통, 산업용 토지의 증감이 그 원인이 될 수도 있으나, 한편 토지조사사업에서 미흡했던 미등록 농경지 및 임야가 정리됨으로써 자연스럽게 기타 용지가 감소되었다고 판단된다.

1942년을 기준으로 지목별 통계자료를 바탕으로 한반도 토지이용 상태를 살펴보면 산림이 73.1%, 농경지가 20.1%, 그리고 대지를 비롯한 기타 토지이용이 6.8%를 차지하고 있다(Fig. 1). 물론 지목별 면적자료가 실제 토지이용 상태를 반영하지 않는 경우가 있겠지만, 한반도 전역에 걸쳐 처음으로 현지 측량과 함께 조사된 자료이므로 당시의 토지이용 상태를 보여주는 근거있는 자료라 판단할 수 있다. 다만, 토지이용 상태를 보여주는 지목별 면적은 큰 변화가 없이 나타나지만, 실제 토지의 피복 상태는 나름대로 변화가 있었으리라 추측된다. 즉, 일제 식민지 기간에 지속적인 임목자원의 반출과 화재

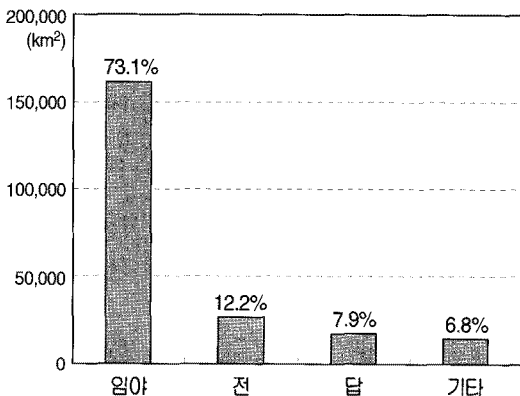


Fig. 1. Area of land use classes over the Korean Peninsula in 1942.

의 증대 등으로 산림의 임목울폐도와 임목축적이 감소하여 임야의 면적은 변화가 없지만, 실질적인 산림의 상태는 어느 정도 변화가 발생했을 것이다.

## 2) 분단 이후 남한의 토지이용 자료

분단 이후에 발표되고 있는 남한의 토지이용과 관련된 국가적 통계자료는 건설통계연보(1968~), 지적통계(1970~), 농림통계연보(1949~)를 들 수 있다. 아래 Table 2는 위의 세 가지 통계자료의 조사방법을 비교하고 있다. 먼저 건설통계연보는 1960년부터 1979년까지 농림통계자료와 지적통계자료를 혼합하여 사용하다가 1980년 이후 지적통계 자료만을 사용하고 있다. 지적통계의 경우 지적공부에 등록된 지목별 면적에 대한 통계자료이며, 농림통계연보는 경지면적조사와 산림기본통계에 의해 경지와 임야의 면적을 제공하고 있다. 경지면적조사는 1974년부터 표본조사방법을 통하여 논과 밭의 증감을 조사하고 있으며, 산림조사의 경우 표본조사방법과 항공사진을 병용하여 산림면적의 변화를 매년 제공하고 있다.

Table 3은 분단 이후 남한의 총 면적을 보여주고 있는데, 대단위 간척사업에 의해 국토면적이 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다. Table 2에서 언급되었듯이 세 종류의 통계자료 모두 지적통계자료를 기준으로 하고 있으나, 각 기관별 통계연보에 나타난 국토면적에는 다소 차이가 있게 나타났다. 이는 기관별 통계자료 처리과정에서 나타나는 오차로 판단된다. 비록 최근 발표되는 정부통계자료는 대부분 정부기관 홈페이지를 통하여 공개되고 있으며, 남한의 국토 면적은 국토해양부 국토지리정보원의 「지적통계연보자료」를 기준으로 통일되는 추세에 있으나, 과거의 토지이용과 관련된 통계자료의 경우 상호 호환성이 낮기 때문에 정확한 토지이용변화와 관련된 자료로 사용되는 데 한계가 있다.

남북 분단 이후 토지이용과 관련된 위 세 가지 통계자료에서 공통적으로 발견할 수 있는 토지이용 변화의 형태는 1) 국토면적의 점진적 확대, 2) 농경지의 감소, 3) 산림의 감소, 4) 기타 용도의 증가이다. 그러나 실제 토지이용 변화 면적의 증감은 통계자료에 따라서 큰 차이를 보이고 있는데, 이는 각 통계자료의 조사 방법에 차이가 있기 때문이다. Table 4는 세 가지 통계연보에 나타난 남한의 총 임야면적의 차이를 보여주고 있는데,

Table 2. Comparison of survey methodology of three government land use statistics (National Statistical Office, 2006)

정부부처	행정자치부(내무부)	건설(교통)부	농림(수산)부
통계연보	지적통계(연보)	건설(교통)통계편람(연보)	농림통계연보
창 간	1970년	1968년	1949년
조사방법	지적공부에 등록된 지목별 면적의 합계 1910년부터 일제에 의한 토지조사사업의 연장이며 통계연보가 발행된 것은 1970년부터임	1968~1978년까지는 한국통계연감의 지적통계자료만 사용 (1960~1979년 토지이용별 면적 자료를 농림통계와 함께 사용한 면적으로 1980년에 갱신) 1980년부터 지적통계 자료만 사용	경지면적조사(국립농산물품질관리원) 1949~1973년 : 지적조사(행정조사) 1974년부터 : 표본조사  신림기본통계(산림청) 1945~1959 : 행정조사 1960~1963 : 표본조사 1972년부터 : 매년 행정조사를 통해 산림면적 변동 조사 후 표본지역에 대한 항공사진 판독 및 실사
조사대상	지적공부상의 모든 지목 (행정조사)	지적통계(연보), 별도 조사 없음	2004년 기준 3,011개 표본조사구 내 약 65,200개 농가
비 고	1:3000 지적도와 1:6000 임야도 제작	1972년부터 토지이용현황도를 제작하였음에도 불구하고 통계편람(연보)에는 지적통계 자료를 사용하고 있음	경지면적조사는 일부 지역의 경우 표본오차가 다소 크게(10%이상) 나타남. 국토면적은 지적통계자료를 사용함

Table 3. Comparison of total area of South Korea reported by three government statistical yearbooks (unit : km<sup>2</sup>)

year	total area of S. Korea			difference between statistics		
	지적통계	건설통계	농림통계	지적-건설	지적-농림	건설-농림
1955	-	-	98,456.97	-	-	-
1960	-	98,431.03	98,456.96	-	-	-25.93
1970	-	98,477.48	98,500.81	-	-	-23.33
1980	98,992.30	98,992.34	98,992.34	-0.04	-0.04	0.00
1985	99,143.30	99,143.32	99,143.32	-0.02	-0.02	0.00
1990	99,273.70	99,273.70	99,273.69	0.00	0.01	0.01
1995	99,268.40	99,268.40	99,268.38	0.00	0.02	0.02
2000	99,460.70	99,461.00	99,460.75	-0.30	-0.05	0.25
2005	99,646.20	99,617.00	99,646.16	29.20	0.04	-29.16
2006	99,678.10	99,678.00	99,678.12	0.10	-0.02	-0.12

Table 4. Comparison of forest area in annual government statistics reported by three different organizations (unit : km<sup>2</sup>)

year	지 적	건 설	농 립	지적-건설	지적-농림	건설-농림
1960		67,009.15	67,009.15			0.00
1965		66,135.55	66,135.55			0.00
1970		66,114.74	66,114.74			0.00
1975		65,349.78	66,353.52			-1,003.74
1976	65,660.00	65,660.19	66,134.53	-0.19	-474.55	-474.36
1980	66,128.80	66,128.76	65,677.72	0.04	451.08	451.04
1985	65,875.10	65,875.14	65,311.02	-0.04	564.08	564.12
1990	65,571.40	65,571.37	64,760.30	0.03	811.10	811.07
1995	65,506.10	65,506.00	64,518.85	0.10	987.25	987.15
2000	65,138.80	65,205.00	64,221.28	-66.20	917.52	983.72
2005	64,804.90	64,885.00	63,939.49	-80.10	865.41	945.51
2006	64,730.60	64,730.00	63,893.93	0.60	836.67	836.07

1975년부터 농림통계연보와 다른 두 통계자료 사이에 큰 차이가 발생하고 있다.

산림면적은 1971년까지 지적공부 상의 면적을 집계하는 일종의 행정조사에 의해 기록되었으나, 1972년부터 표본조사 실시 후 표본지역에 대한 항공사진 판독 및 현지실사에 의한 검증을 실시하는 방식을 취하면서 나타난 차이라고 할 수 있다. 이러한 차이점은 표본조사 방법에 의하여 얻어지는 농경지면적에서도 발견될 수 있는데, 그 차이점의 근본적 원인은 지목과 실제 토지이용 상태가 일치하지 않기 때문이라 판단된다. 토지이용이 바뀌면 지목이 함께 변경되어야 하나, 토지이용과 관련된 제반 법규에 의한 제한으로 지적통계자료만으로 실질적인 토지이용 상태를 파악하는 데에는 현실적으로 어려움이 많다. 지적도 및 지적통계자료를 이용하여 토지이용도 제작 및 토지이용 변화를 모니터링하기 위한 시도가 있어 왔으나, 지목과 실제 토지이용 상태의 불일치 문제 때문에 지적을 기반으로 한 토지이용 변화 모니터링은 적용하기 쉽지 않은 실정이다.

### 3. 한반도 토지이용 및 토지피복 공간자료의 현황

한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위해서는 지적자료에 의존한 연도별 통계자료만으로는 부족하며, 토지이용 및 토지피복 변화가 발생한 공간적 위치와 면

적에 대한 정확한 정보가 필요하다. Table 5는 그 동안 공공기관에서 제작한 한반도 지역의 토지이용 및 토지피복 공간자료의 종류를 보여주고 있는데, 대부분 위성 원격탐사 자료가 공급되기 시작한 1970년대 이후에 제작된 자료들이다. 2장에서 기술된 통계자료의 대부분은 토지의 사용목적에 따라 구분된 토지이용과 관련된 자료이라면, 3장에서 기술되는 공간자료의 대부분은 토지의 물리적 피복 특징을 나타내는 토지피복과 관련된 자료라 할 수 있다. 토지피복지도는 각 기관의 목적에 따라 다양한 축척과 분류등급으로 제작되었으며, 사용된 원격탐사 자료 역시 항공사진, 고해상도 위성영상, 중해상도 위성영상을 모두 포함하고 있다.

Table 5에 열거된 공간자료 이외에도 일제 강점기에 제작된 지형도 및 지적도 역시 토지이용 및 토지피복과 관련된 공간자료라 할 수 있다. 최근 1910년대 일제에 의하여 제작된 1:50,000 지형도로부터 추출된 토지이용 자료를 이용하여 토지이용 변화 분석을 시도한 연구가 발표되었다(배선헌, 2007; 박근애 외, 2005). 그러나 지형도에 표시된 토지이용 등급의 구분이 모호하기 때문에 이 지도에서 원하는 토지이용 등급별로 다시 판독해야 하는 근본적 한계를 가지고 있다고 할 수 있다.

#### 1) 조선임야분포도

조선임야분포도는 한반도 전역의 산림분포를 보여주는 최초의 지도로서 일제의 조선임적조사사업에 의해 제작된 지도다. 임적조사사업은 산림의 기초자료를 얻

Table 5. List of land use and land cover related spatial data produced by government

지역	주제도	대상연도	제작주체	축척/공간해상도	사용영상	분류등급
한반도	조선임야분포도	1910년	조선총독부	1:500,000	-	소유 3등급 수종 3등급 임상 3등급
	토지피복분류도 대분류 (환경부, 2002, 2005)	1987-1989년 1997-1999년	환경부	1:50,000	Landsat TM	7개
남한	토지피복분류도 중분류 (환경부, 2002, 2005)	1999-2004년	환경부	1:25,000	Landsat TM, ETM+, IRS, SPOT 등	23개
	토지피복분류도 세분류-7지점 (환경부, 2002, 2005)	1991, 1992, 1996, 2000년	환경부	1:5,000	항공사진, IKONOS	48개
	WAMIS토지피복도 ( <a href="http://www.wamis.go.kr/">http://www.wamis.go.kr/</a> )	1975-2000년, 5년 주기	국토해양부	1:25,000	Landsat MSS, TM, ETM+	8개
	토지이용현황도 (국립지리원, 1999, 2000)	1972-1981년 1999-2000년	국토지리정보원	1:25,000	항공사진	대분류 4개 중분류 14개 세분류 38개

기 위하여 1910년에 4개월 동안 실시한 사업으로 임야의 개략적 배치와 임상을 파악하고자 실시하였고 1:500,000 축척의 지도로 제작하였다(리진호, 1999; 이규성 외, 1999; 배재수, 1997). 조선임야분포도는 한반도 전역의 산림을 세 가지 수종인 적송, 기타침엽수, 활엽수로 나누어 표시하였으며, 소유구분에 따라 국유림, 사찰림, 사유림으로 나뉘었으며, 임상에 따라 성림지, 치수발생지, 무림목지로 나뉘어 표기하여 면적을 산출한 표를 함께 보여주고 있다. 최초의 산림 위치와 특성을 표시한 지도로 역사적 가치는 높으나, 주로 목축에 의한 지도제작 방법에 의존했기 때문에 면적 및 위치 정확도에 한계가 있다.

## 2) 환경부 토지피복분류도

환경부에서는 환경정보화사업의 일환으로 1998년부터 “인공위성 영상자료를 이용한 토지피복분류도 구축사업”을 수행하고 있다. 1987년부터 2005년까지 환경관련 업무의 기초자료로 활용하기 위하여 한반도 전역을 대상으로 두 번에 걸쳐 대분류 토지피복분류도를 구축하였으며(환경부, 2002; 2005), 2006년부터 2008년까지 남한 전역에 대해 SPOT영상을 이용한 중분류 토지피복분류도를 3년 주기로 갱신하는 작업을 수행하고 있다. 환경부 토지피복분류도는 한반도 전역의 토지피복현황을 나타내는 유일한 자료라 할 수 있는 데, 1980년과 1990년 말에 제작된 대분류 토지피복분류도를 이용한 토지피복 변화분석연구가 남한과 북한으로 나뉘어 비교되어졌다(변병설과 윤갑식, 2001). 우선 남한의 경우 도시화에 따른 시가화권조지역이 증가하였으며, 반면에 농지지역은 크게 감소하였는데 이는 준농림지 제도를 통해 농지에 무분별한 개발사업이 진행되었기 때문으로 분석하였다. 산림의 경우 보고서마다 변화 면적이 다소 차이가 있으나, 약간 감소하는 공통된 경향을 나타냈다(변병설과 윤갑식, 2001; 전성우, 2002). 북한의 경우 심각한 식량난의 극복을 위한 산지개간으로 산림면적은 크게 감소하였으며, 농지면적은 증가하는 것으로 나타났다(변병설과 윤갑식, 2001). 환경부 토지피복도를 이용하여 여러 가지 토지피복변화 분석이 시도되었는데, 대부분 각 피복등급의 면적 증감만을 간단히 분석하였고 피복의 변화유형 및 변화 전 후의 위치적 특성 등과 같은 구체적인 변화분석 연구가 진행되지 못하

였다. 또한 토지피복분류도에 사용된 영상의 시기적 불일치와 분류 방법에 따라 발생한 위치오차 등으로 변화탐지 연구에 적합하지 않다고 지적되기도 하였다(국토연구원, 2005). 그러나 최근에 환경부 중분류 토지피복분류도를 갱신하는 과제가 완료되어, 향후 보다 정확한 토지피복의 변화탐지 연구가 예상된다.

## 3) WAMIS 토지피복도

전국유역조사사업의 하나로 국가수자원관리 종합정보시스템 (Water Management Information System - WAMIS)에 필요한 남한 전역의 토지피복도가 1975년부터 2000년까지 5년 주기로 제작되었다(홍형표, 2006). WAMIS 토지피복도는 1980년까지는 환경부 토지피복 대분류 등급을 유지하다가, 농경지를 논과 밭으로 나뉘어 8개 등급으로 분류하였다. 이러한 시계열 WAMIS 토지피복도는 주로 Landsat MSS영상과 TM 영상을 이용하여 제작되었으며, 전국 유역조사연구에 중요한 모니터링 자료로 사용되며, 주요 토지피복별 변화 분석과 함께 이를 바탕으로 토양 유실량을 비롯한 다양한 수자원 관련 정보를 추출하기 위해 사용되고 있다(김주훈 외, 2007; 환경부, 2009).

## 4) 국토지리정보원의 토지이용현황도

국토지리정보원에서는 1972년부터 1981년까지 남한 지역에 대하여 1:25,000 토지이용현황도를 제작하였으나, 종이지도 형태이며 갱신주기가 5년에서 10년으로 신속성을 확보하지 못한다는 한계가 지적되었다(국립지리원, 1999). 이를 해결하기 위한 방안으로 1999년부터 2000년까지 ‘토지이용현황도 수치지도화사업’이 진행되었다(국립지리원, 2000). 이를 통하여 남한 면적의 55%인 414도엽이 제작되었다(한국건설기술연구원, 2000). 수치 토지이용현황도는 기존 토지이용현황도를 보다 향상시키기 위해 새로운 토지이용 등급을 새로 정립하였다. 사용된 자료는 1:37,500 항공사진과 1:5,000 수치지도이며, 4개 등급의 대분류, 14개 등급의 중분류, 38개 등급의 소분류로 나뉘어 제작되었다(한국건설기술연구원, 2000). 이 지도는 토지이용과 관련하여 가장 정확한 정확도를 갖는 공간자료라 할 수 있으나, 남한 지역 전역을 포함하지 못하는 미완성의 자료로 남아 있는 상태다.

### 5) 토지이용 및 토지피복 공간자료의 현황 분석

앞에서 기술하였듯이 각 기관의 활용 목적에 따라 제작된 토지이용 및 토지피복 관련 공간자료는 각각 다른 분류등급, 영상자료, 자료처리방법을 적용하여 제작되었다. 각각의 공간자료들은 제작 시기별 토지피복 상태를 매우 잘 나타내고 있으나, 모든 자료를 연계하여 비교 분석하기에는 여러 가지 한계가 있는 실정이다. 각 지도 자료는 제작 목적이 다르고, 사용된 영상과 처리방법의 차이로 인하여 경계선 및 전체 면적이 불일치하거나, 분류등급에 호환성이 없는 등의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제로 인해, 실제 토지피복변화 분석을 위하여 사용된 공간자료는 동일기관에서 시계열자료로 제작된 환경부 토지피복도와 WAMIS 토지피복도 정도이다. 즉 여러 기관에서 다른 시기에 제작된 토지피복도를 중첩하여 토지피복 모니터링에 사용된 사례는 찾기 어렵다. 이러한 문제점은 우리나라뿐만 아니라 해외에서도 찾아 볼 수 있는 데, 최근 지구환경변화와 관련하여 여러 국가 및 국제기구에서 제작되고 있는 전 지구 토지피복도의 경우에도 시계열자료가 제작되고 있으나 지도제작 국가나 국제기구별 지도의 토지피복분류 등급, 분류방법, 정확도 등에 차이가 있기 때문에 호환성에 많은 문제점이 있다(Tateishi 2001).

다중시기 토지피복도를 이용한 변화탐지 연구 사례를 살펴보면 피복별 면적 변화만을 주고 다루고 있다. 따라서 보다 의미 있는 토지피복의 변화 분석을 위해서는 변화 전 피복과 변화 후 피복을 정의하고 분석하여 변화의 원인과 결과를 제시하는 접근방법이 요구된다. 또한 기존의 다중시기 토지피복도를 이용한 변화탐지 방법은 사용한 영상이 내포하고 있는 위치오차와 분류오차로 인하여 보다 정확한 변화탐지에 한계가 있기 때문에, 분류 후 변화탐지 방식이 아닌 분류 전 변화탐지 방식, 즉 기존의 토지피복지도와 새로운 위성영상을 기반으로 변화를 탐지하고 이를 토대로 기존의 토지피복도를 갱신해 나가는 방법이 제안되고 있다(Strahler, 1999).

한반도 지역은 높은 인구밀도와 급격한 산업화 과정을 통하여 급격한 토지이용 및 토지피복 변화가 발생하는 지역이라 할 수 있으나, 한반도 전역에 대한 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 보다 과학적이고 포괄적인 접근이 부족한 실정이다. 최근 우리나라의 자국 원

격탐사위성의 발사와 급격히 발달하고 있는 원격탐사기술을 바탕으로 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 기반은 충분히 갖추어져 있다고 할 수 있다. 기존의 토지피복도 제작은 단일 시기의 단일 목적을 위한 지도 제작이었다면, 앞으로는 주기적인 모니터링을 위한 방안으로 확대되는 접근이 요구된다. 현재 각 기관에서 독자적으로 수행되는 각 시기별 토지피복도를 제작하여 시계열 분석하는 방식에서 벗어나, 변화탐지와 모니터링을 위한 새로운 방법론의 개발이 필요한 시점이다.

## 4. 북한 토지피복 모니터링을 위한 문제점 분석

### 1) 북한 지리정보 자료 현황

북한지역에 대한 국토 정보는 북한사회의 폐쇄성과 남북교류의 제한으로 극히 제한적인 형태와 종류가 있으며, 정보의 내용도 매우 빈약한 상황이다. 현재까지 구축된 지리정보자료 중 대부분은 1:50,000 종이지도로 일제 강점기에 제작된 원도를 바탕으로 구 소련에서 수정 보완한 자료로 좌표체계, 주기 표기방법 등이 우리나라의 지형도와 상이한 부분이 많아 활용에 많은 제약이 있다. 더욱이 최근에 제작된 지리정보자료들의 경우 대부분은 군사목적으로 제작되어져 민간 영역에서의 활용에는 어려움이 있다. 다만 최근 지구관측위성영상들이 활발히 보급됨에 따라 이를 활용한 분석들이 산발적으로 이루어지고 있다. 다음 Table 6은 최근 구축된 북한지역의 지리정보 현황을 정리한 것이다.

최근 제작된 북한의 토지피복도는 농림부에서는 북한지역의 농업기반 특성을 분석하기 위하여 북한 전역과 임진강유역을 대상으로 제작하였다. 북한 전역 토지피복분류도는 Landsat TM영상을 이용하였으며, 임진강유역은 Landsat TM, ETM+영상과 함께 QuickBird 고해상도 영상도 함께 사용하였다(농림부, 2002; 2006). 이를 통해 임진강지역에서는 토지피복도 뿐만 아니라 북한의 농경지와 임야에 대해 자세하게 분류한 농경지 및 산림이용도를 각각 제작하였다(농림부, 2006). 그러나, 이 자료를 이용하여 토지피복 변화분석 연구는 아직 찾아볼 수 없다. 이외에도 위의 표에는 명시되지 않았



Table 6. List of spatial data regarding land use and land cover in North Korea

자료유형	자료의 종류	제작기관	제작연도
지 도	최근북한 1/50,000지형도(상,하)	경인문화사	1914~1918
	최신북한지역도	중앙지도	1992
	최신조선지도	학우서방(동경)	1999
	조선행정구역도	북한	-
	조선지도첩	북한	-
	최근북한 1/50,000지형도	현대지도문화사	1995
	개성지역 지형도	북한	-
수치지도	최근북한 1/50,000지형도	우진지도	1991
	1/50,000 수치지형도	미국	1980년 초
책 자	조서지리전서	과학처 지리학연구소	1990
	조선관광지도첩	조선국제여행사	2000
토지피복분류	북한 토지피복분류	농림부	1991~1994
	임진강 유역 토지이용도	농림부	1999, 2004
	한반도 토지피복분류(북한 포함)	환경부	'80, '90
기 타	조선중앙연감	조선중앙통신	
	북한기상20년	기상청	
	북한지형	국토연구원	

나, 한국토지공사와 한국수자원공사에서 위성영상을 이용하여 북한전역의 토지피복분류도를 제작한 사례가 있다(국토연구원, 2005).

2) 두 기관에서 제작된 북한 토지피복자료를 이용한 변화 분석

토지피복도는 토지피복 모니터링 뿐만 아니라, 환경, 수리·수문, 토지 이용 특성 및 개발, 재난재해 모니터링 등 다양한 분야에서 요구되는 필수적이 정보라 할 수 있다. 그러나 이렇게 중요한 자료임에도 불구하고 북한지역에 대한 연구는 매우 산발적으로 이루어졌다. 본 연구

에서는 1990년대 후반에 농림부와 환경부에서 제작한 북한지역 토지피복분류 결과를 연계 분석하여, 북한 토지피복 모니터링을 위한 문제점 및 한계를 분석하고자 하였다. 분석에 사용된 북한 토지피복도는 농림부와 환경부에서 제작된 자료로서 Landsat TM 영상을 이용하였고, 대체로 비슷한 처리 방법을 통하여 제작되었다(이승호 외, 1998, 전성우, 1999). Table 7은 비교 분석에 사용된 북한 토지피복도의 제작과정을 비교 정리한 것이다.

본 연구에 활용된 토지피복도는 시기만 다른 Landsat TM영상을 이용하여 제작되었으나, 제작 기관의 활용 목적에 따라 제작 방법 및 분류항목에 다소 차

Table 7. Comparison of method to produce North Korea land cover maps that were used for the change detection in this study

	농 립 부	환경부 80년대 말	환경부 90년대 말
사용 영상	Landsat TM	Landsat TM	
촬영연도	1991. 8. ~ 1993. 5.	1987. ~ 1989.	1997. ~ 1999.
분류항목	산림, 주거, 논, 밭, 초지, 나지, 수역, 기타	시가화/건조지역, 농경지역, 산림지역, 녹지/초지지역, 습지, 나지, 수역	
기준 좌표계	UTM	TM, 중부원점 기준	
참조자료	1:50,000 지형도	1:50,000 지형도, 육군지도창 전술기본도	
기하보정	Image to Map	Image to Image	Image to Map
resampling	Nearest Neighborhood	Nearest Neighborhood	
classifier	Maximum likelihood	Maximum likelihood	
분류알고리즘	Hybrid	Hybrid	
배포형식	북한지역 full scene	1:50,000 도곽단위	

이가 있다. 이러한 토지피복분류 결과를 중첩하여 비교 분석하기 위해서는 우선적으로 기준을 일치시키는 과정이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 좌표계는 UTM을 기준을 통일하였으며, 분류 체계도 두 기관의 기존 분류결과를 최대한 보존하는 범위 내에서의 조정을 통해 분석을 수행하였다. 다만 농림부에서 제작한 토지피복분류는 눈 또는 구름 등으로 인해 분류가 되지 않은 부분을 기타로 설정하였는데, 이는 일치하는 부분이 없으므로 동일하게 기타로 설정하였다. 또한 북한지역 분석 영역도 상이하여 북한 행정경계를 활용, 북한 내륙 지역만을 추출하여 분석을 수행하였다. 다음의 Table 8은 비교분석을 위하여 세 지도자료를 정리한 내용이다.

Table 8에서 제시된 기준을 이용하여 재구성한 두 기관의 토지피복분류 결과는 Fig. 2와 같다. 분석 결과를 바탕으로 분류 항목별 분포 현황을 살펴보면 90년대 후반 기준으로 산림이 북한 전체 면적의 70.6%를 차지하고 있으며, 그 외 농경지 19.6%, 초지 4.8%, 수계 1.8%, 시가지 1.7%, 나지 1.4% 순으로 분포되어 있는 것으로 분석되었다(Table 9). 80년 후반부터 90년대 후반에 이르는 약 10년간의 토지 피복 변화 추이를 살펴보면, 산림의 면적이 점차 줄어들고 있었으며(4.4%↓), 그와 반대로 농경지(2.2%↑), 나지 및 초지(1.3%↑), 시가지 등의 분류피복이 증가하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 분석을 통해 북한의 산림이 크게 감소한 이유가 북한의 식량난으로 인한 대규모 산지개간을 통한 농경지화와 연료 확보를 위한 벌채로 황폐지나, 나무가 없는 구릉지로 변화하였음을 알 수 있었다.



(a) late 1980's (환경부)



(b) early 1990's (농림부)



(c) late 1990's (환경부)

Table 8. Compilation standard to compare different land cover maps from two different sources

제작/편집	환 경 부	농림부	편집 기준	
제작 영역	1/50,000 도곽 경계	행정경계	행정경계	
기준좌표계	Bessel, TM(중부)	UTM	UTM	
토지피복 분류항목	산 립	산림	산림	■
	시가지/건조지역	주거	시가지	■
	농 경 지	논	농경지	■
		밭		
	녹지/초지	초지	초지	■
	나 지	나지	나지	■
	습 지	수계	수계	■
	수 역			
-	기타	기타	■	

Fig. 2. Recompiled land cover maps over North Korea for the change detection.

Table 9. Comparison of land cover change in North Korea

(unit: km<sup>2</sup>)

		산 림	시가지	농경지	초 지	나 지	수 계	기 타
환경부 (80년대 후반)	면적	91,647	1,373	21,326	4,984	966	2,012	-
	비율	74.9	1.1	17.4	4.1	0.8	1.6	
농림부 (90년대 초반)	면적	82,861	1,331	23,481	10,461	657	909	1,372
	비율	68.4	1.1	19.4	8.6	0.5	0.8	1.1
환경부 (90년대 후반)	면적	86,306	2,073	24,017	5,919	1,729	2,260	-
	비율	70.6	1.7	19.6	4.8	1.4	1.8	

본 연구에서는 두 기관에서 제작된 토지피복분류 결과를 활용하여 해당시기의 북한지역의 토지피복 상태를 파악하였으며, 10년간의 대략적인 토지이용 변화추이도 파악할 수 있었다. 그러나 비교 분석하기 전에 통일된 기준으로 각 자료를 재구성하였음에도 불구하고, 환경부와 농림부의 자료처리 방법이 기본적으로 상이함에 따른 편차가 발생되고 있음을 알 수 있었다. 대표적으로 수계와 초지의 비율이 현저한 차이를 보이고 있는 데, 이는 두 기관에서 사용한 위성영상의 계절적 차이에 따라 수면의 변화와 초지에 대한 정확한 정의가 상호 일치 않기 때문이라 판단된다. 초지는 산림벌채 후 상태인 무림목지나 농지와 매우 유사한 분광특성을 가지고 있기 때문에 분류에 많은 혼돈이 올 수 있다. 위의 변화 분석에서 '80년대 후반에서 '90년대까지 산림의 면적이 축소되는 큰 경향은 파악할 수 있었으나, 산림면적의 정확한 양적 비교와 그 위치 그리고 산림이 변화한 후의 토지피복 등에 관한 정보를 제공하는 데 다소 불확실성이 존재한다.

두 기관에서 제작된 토지피복분류도는 각각 약 4년 정도에 걸쳐 촬영된 여러 시기의 위성영상을 이용하여 분류된 결과로서, 해당 기간의 피복변화로 인한 개별 영상간 차이가 발생할 여지가 있으므로 단기적인 특성과 약보다는 장기간에 걸친 북한 전역의 토지이용현황이나, 변화추이의 분석 정도에 적합할 것이다. 그러나 이들 연구 결과들은 추후 지속적인 자료의 갱신이 이루어지지 않는 일회성 연구이므로 과거의 지리정보로서의 기능만 할 뿐 연속적인 모니터링을 위한 자료 활용에는 한계가 있다. 또한 앞서 언급하였듯이 각 기관에서 적용하는 서로 다른 분류기법, 분류체계, 그리고 분류등급의 정의에 다소 차이가 있으므로, 지도제작 시기가 서로 다른 자료라 하여도 상호간 시계열 분석에는 여러 가지 어려움이 따르게 된다. 따라서 효과적인 북한모니터링을 위해서는 동일한 분석체계 및 방법을 이용한 지속적인

자료의 확보, 분석 및 갱신이 필요하다.

## 5. 결론

본 연구에서는 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위하여 현존하는 비공간 통계자료와 공간자료의 현황을 분석하여 제반 문제점을 파악하고자 하였다. 현재까지의 역사적 통계자료와 여러 기관에서 제작된 토지피복분류도를 비교 분석하여 현 시점에서의 한반도 전역의 토지이용 및 토지피복 모니터링에 있어서 한계 및 문제점에 대한 정리와 이를 개선할 수 있는 방안을 다음과 같이 제시하고자 한다.

- 한반도 전역의 토지이용 변화를 직접적으로 가늠할 수 있는 자료로는 지적통계자료를 꼽을 수 있다. 1910년대 초반부터 시작된 지적조사의 지목별 통계자료를 통하여 해방 이전의 한반도 토지이용 자료를 얻을 수 있다. 지적자료가 1911년부터 1942년까지 존재하나, 실질적으로 나름대로의 정확도를 갖춘 자료는 토지조사사업과 임야조사사업이 완료한 후 분장지 처리 및 미등록 토지에 대한 보완 조사 작업 등을 거친 1933년 이후의 자료라 할 수 있다. 이러한 초기 지적자료는 토지이용 상태를 가늠할 수 있는 자료로 사용될 수 있으나, 남북 분단 후에는 지적자료만으로 토지이용을 분석하는데 여러 가지 어려움이 있다. 남한의 경우 전쟁 후 지적 자료가 복구되어 1960년대부터 지적통계자료가 제공되고 있지만, 지목과 실제 토지이용 상태에 차이가 있어 직접적인 토지이용 모니터링을 위한 자료로 사용하는 데 한계가 있다. 지적통계자료 외에도 농림통계연보 및 건설통계연보에도 산림, 논, 밭의 주요 토지이용별 면적이 매년 보고되고

있으나, 기관별 조사방법의 차이에 따라 면적이 일치하지 않는다. 공식적인 토지의 면적은 지적에 기반을 두고 있지만, 토지이용변화가 빈번하게 발생하는 우리나라 실정을 고려하여 주요 토지이용형태에 대한 일관된 조사방법과 통계산출 방법이 강구되어야 한다.

- 한반도 토지이용 및 토지피복을 모니터링하기 위한 공간자료는 1970년대 이후 얻어진 원격탐사 위성영상자료를 이용하여 제작한 토지피복분류도가 주를 이루고 있으며, 개선된 공간해상도 및 영상자료 획득 가능성에 따라 한반도 모니터링을 위한 주요 자료로 위성영상의 활용이 확대될 것이다. 물론 일제 강점기에 제작되었던 조선임야분포도 및 지형도를 통하여 개략적인 토지이용의 공간적 분포와 면적을 얻을 수 있지만, 지도의 정확도 결여 및 판독작업의 필요성으로 인하여 현 시점의 자료와 결합한 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 자료로는 적합하지 않다고 판단된다.
- 여러 기관에서 제작된 서로 다른 시기의 토지피복 분류도를 이용하여 토지피복변화 모니터링의 가능성을 분석하기 위하여 농림부와 환경부에서 제작된 토지피복분류 결과를 비교 분석하고 문제점 및 한계를 파악해보았다. 위성영상을 이용하여 제작된 다중시기 분류결과의 일관성 유지를 위해 통일된 기준으로 기하보정 및 재분류를 수행하였다. 북한 지역만을 대상으로 비교분석한 결과 산림면적 감소라는 경향은 발견할 수 있었으나, 면적 및 위치의 불확실성이 문제로 나타났다. 이는 농림부와 환경부에서 사용한 위성영상의 계절별 차이, 위성영상 분류과정에서 적용된 분류 등급과 분류방법의 불일치 등으로 직접 비교에 많은 어려움이 있다. 따라서 지속적인 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 토지피복도 제작은 공통된 분류 기준, 위성영상의 계절적 조건, 분류방법, 좌표등록 등에 호환성이 보장되도록 통일된 기준안이 마련되어야 한다. 더 나아가 토지피복분류도를 제작하여 비교하는 모니터링 기법보다는 기존의 토지피복도와 새로운 영상의 중첩을 통하여 변화지점을 찾아내고 기존의 지도를 갱신해나가는 새로운 모니터링 기법이 요구된다.

- 토지이용 및 토지피복 모니터링은 국토의 효율적 관리를 위한 기초 자료뿐만 아니라 식물, 대기, 수분 순환에 있어서 매우 중요한 자료로 인식되고 있기 때문에, 세계 각국 및 국제기구에서 전 지구 규모의 토지이용 및 토지피복 공간자료가 활발히 제작되고 있다. 이는 단순히 지구환경변화와 관련된 과학적 목적뿐 아니라, 기후변화협약과 관련된 국가적 의무와 직접적으로 연관된 문제이다. 따라서 우리나라에서 제작되는 토지피복도의 분류등급, 분류방법, 결과의 정확도 등이 전 지구 규모의 토지피복도와 호환성을 갖추어야 한다.
- 남북관계가 개선되고 상호간 교류가 증가하고 있는 추세에 따라 북한지역의 토지이용 및 토지피복에 대한 상시 모니터링의 필요성이 점차 증대되고 있다. 그러나 현재까지의 북한 관련연구는 분단으로 인한 현실적 어려움 때문에 미흡한 상황이며, 기존 연구 성과 또한 일회성에 그치는 등 한계를 보이고 있다. 현지 접근이 불가능한 현실적 제한이 있지만, 활용 가능한 지도 및 영상자료를 이용하여 토지피복 모니터링에 필요한 기술적 제도적 기반이 마련되어야 한다. 결국 위성영상을 이용한 모니터링 체계는 남북한을 하나로 묶어 한반도 전역을 대상으로 하는 단일의 모니터링 체계가 되어야 하며, 이를 위한 기술 개발이 다각도로 진행 중에 있다.

## 사 사

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제(07국토정보C03)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 건설교통부, 2007. 건설교통통계연보.
- 국립지리원, 1999. 토지이용현황도, 및 도로망도 제작.
- 국립지리원, 2000. 토지이용현황도 수치지도화사업-총괄보고서.
- 국토연구원, 2005. 북한의 국토개발 및 관리실태에 관

- 한 조사연구.
- 경인문화사, 1997. 최신 북한오만분지일 지형도.
- 김주훈, 이충대, 김경탁, 최윤석, 2007. WAMIS 토지피복도를 활용한 토양유실량 분석, 한국지리정보학회지, 10(4): 122-131.
- 김홍식, 궁도박사, 이영훈, 박석두, 조석근, 김재호, 1997. 조선토지조사사업의 연구, (주)민음사. pp. 13-22.
- 농림부, 2002. 북한의 농업기반 특성과 정비방안 연구.
- 농림부, 2006. 임진강 유역의 농업기반 실태와 남북한 협력방안 연구.
- 농림부, 2008. 농림통계연보, 각년호.
- 대한지적공사, 2005. 한국지적백년사.
- 리진호, 1989. 대한제국 지적 및 측량사 (증보), 토지, 321p.
- 리진호, 1999. 한국지적사, 도서출판 바른길.
- 박근애, 이미선, 김현준, 김성준, 2005. 시계열 항공사진과 20세기 초 지형도를 이용한 경안천 유역의 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석, 한국수자원학회지, 38(5): 379-390.
- 박종화, 1992. Landsat 녹색식생지수를 이용한 서울시 도시 녹지 변화 조사, 대한원격탐사학회지, 8(1): 27-43.
- 변병설, 윤갑식, 2001. 통일시대에 대비한 국토환경관리 방안, 한국환경정책평가연구원 연구보고서.
- 배선학, 2007. 1910년대 지형도를 이용한 근대화 이후의 도시 변화 분석, 한국지리정보학회지, 10(3): 93-103.
- 배재수, 1997. 일제의 조선 산림정책에 관한 연구: 국유림정책을 중심으로. 서울대학교 박사학위 논문, 290 p.
- 이규성, 1994. Vegetation Cover Type Mapping Over The Korean Peninsula Using Multispectral AVHRR Data, 한국임학회지, 83(4): 441-449.
- 이규성, 정미령, 윤정숙, 1999. 북한 지역 산림면적 변화의 규모와 특성, 한국임학회지, 88(3): 352-363.
- 이성구, 2004. MODIS 시계열 영상을 이용한 한반도 토지피복 분류, 서울대학교 석사학위 논문.
- 이승호, 정성학, 송장호, 1998. 원격탐사에 의한 북한의 산림자원조사, 산림과학논문지, 58: 1-13.
- 전성우, 1999. 인공위성자료를 이용한 토지피복분류, 한국환경정책평가연구원 연구보고서.
- 최진용, 2007. 시계열 위성자료를 이용한 북한지역의 농업용수 수요량 추정, 공공기술연구회 연구 보고서.
- 통계청, 2009. 국가통계포털, <http://www.kosis.kr/>
- 통계청, 2006. 한국통계조사현황, I권-III권.
- 한국건설기술연구원, 2000. 토지이용현황도 수치지도화 사업-활용도 제고방안 연구 보고서.
- 행정자치부, 2008. 지적통계연보.
- 황순욱, 1997. NOAA/AVHRR 자료를 이용한 북한지역 지피식생 및 농경지 모니터링, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
- 환경부, 2002. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축.
- 환경부, 2005. 인공위성 영상 자료를 이용한 토지피복지도 구축.
- 환경부, 2009. <http://www.me.go.kr/>
- 홍형표, 2006. 전국 유역조사의 추진성과 및 지속시행 계획, 물과 미래, 39(6): 40-47.
- Cha, S. and C. Park, 2007. The utilization of google earth images as reference data for the multitemporal land cover classification with MODIS data of North Korea, *Korean Journal of Remote Sensing*, 23(5): 483-491.
- Green, K., D. Kempka, and L. Lackey, 1994. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(3): 331-337.
- Jensen, J. R., 1996. *Introduction digital image processing*, Prentice Hall.
- NASA, 2009. Land cover land use change (LCLUC) program, <http://lduc.umd.edu>.
- Muchoney, D. M. and B. N. Haack, 1994. Change detection for monitoring forest defoliation, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(10): 1243-1251.
- Strahler A., 1999. MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document, NASA.
- Tateishi, R., 2001. Proposal of Standard Classification System for Land Cover/Land Use Mapping for Global/National Applications, Proc. of International Symposium on Remote Sensing, 대한원격탐사학회, pp. 252-257.