

## 백두대간지역의 산림훼손경향 분석

이동근<sup>1)</sup> · 송원경<sup>2)</sup> · 전성우<sup>3)</sup> · 성현찬<sup>4)</sup> · 손동엽<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 조경 · 지역시스템공학부 · <sup>2)</sup> 서울대학교 대학원  
<sup>3)</sup> 한국환경정책 · 평가연구원 · <sup>4)</sup> 경기개발연구원 · <sup>5)</sup> 한국환경기술진흥원

## Deforestation Patterns Analysis of the Baekdudaegan Mountain Range

**Lee, Dong-Kun<sup>1)</sup> · Song, Won-Kyong<sup>2)</sup> · Jeon, Seong-Woo<sup>3)</sup>  
Sung, Hyun-Chan<sup>4)</sup> and Son, Dong-Yeob<sup>5)</sup>**

<sup>1)</sup> Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,  
<sup>2)</sup> Graduate School, Seoul National University, <sup>3)</sup> Korea Environment Institute, <sup>4)</sup> Gyeonggi Research Institute,  
<sup>5)</sup> Korea Institute of Environmental Science and Technology.

### ABSTRACT

The *Baekdudaegan* Mountain Range is a backbone of the Korean Peninsula which carries special spiritual and sentimental signatures for Koreans as well as significant ecological values for diverse organisms. However, in spite of importance of this region, the forests of *Baekdudaegan* have been damaged in a variety of human activities by being used as highland vegetable grower, lumber region, grass land, and bare land, and are still undergoing destruction. The existing researches had determined the details of the damage through on-site and recent observations. Such methods cannot provide quantitative and integrated analysis therefore could not be utilized as objective data for the ecological conservation of *Baekdudaegan* forests. The goal of this study is to quantitatively analyze the forest damage in the *Baekdudaegan* preservation region through land cover categorization and change detection techniques by using satellite images, which are 1980s, and 1990s Landsat TM, and 2000s Landsat ETM+. The analysis was executed by detecting land cover changed areas from forest to others and analyzing changed areas' spatial patterns. Through the change detection analysis based on land cover classification, we found out that the deforested areas were approximately three times larger after

**Corresponding author** : Song, Won-Kyong, Graduate School, Seoul National University,  
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : amita01@snu.ac.kr

**Received** : 20 June, 2007. **Accepted** : 20 August, 2007.

the 1990s than from the 1980s to the 1990s. These areas were related to various topographical and spatial elements, altitude, slope, the distance from road, and water system, etc. This study has the significance as quantitative and integrated analysis about the *Baekdudaegan* preservation region since 1980s. These results could actually be utilized as basic data for forest conservation policies and the management of the *Baekdudaegan* preservation region.

Key Words : *Deforestation Area, Landsat, Land cover classification, Change Detection, Field Survey.*

## I. 서 론

백두대간은 우리나라 산림생태계의 보고로서, 민족의 문화와 역사를 반영하며 유지되어온 우리 국토를 상징하는 정신적 지주이며 국토의 뿌리이다. 설악산, 지리산 등 9개의 국·도립공원이 포함되어 있으며 1개의 정간과 13개의 정맥의 산줄기로 분지되어 있는 백두대간은 한반도의 자연환경과 생태계의 근본을 이루는 연결 축으로서 생물다양성의 유지 등 생태적 보전가치가 매우 높은 지역이다(환경복원녹화, 2005). 그러나 이처럼 생태적으로 높은 가치를 가지고 있는 백두대간 지역의 산림이 인간의 다양한 활동에 의해 현재 심각하게 훼손되고 있다(환경부, 2003b).

실제로 그동안 백두대간의 산림훼손을 대상으로 한 다양한 보고서들이 소개되었다. 환경부(2003b, 2004)에서는 2003년부터 2004년까지 2년간에 걸쳐 백두대간 산림훼손지역에 대한 전수 조사를 실시하여 백두대간의 산림훼손실태를 분석하고 훼손유형별 복원방안을 제시하였다. 또한 녹색연합(1998)에서는 백두대간 전 구역의 생태계, 지리정보, 환경실태, 훼손현장 등을 조사할 목적으로 1997년 6월부터 9월까지 총 3개월간 1 : 25,000 및 1 : 50,000 지형도를 이용하여 직접 조사를 실시하였다. 이 외에도 산림청(2003) 등에서 백두대간의 일부 지역의 산림훼손실태를 조사한 바 있다. 기존의 연구들은 현장 조사를 바탕으로 백두대간의 산림훼손실태를 파악하여 세부적인 산림훼손실태를 파악하였으나 정량적인 분석이 되지 못하고, 객관적인 자료로 구축되지

못하고 있는 실정이었다. 또한, 현재의 시점에서 백두대간의 산림훼손상태를 파악하고 있기 때문에 백두대간의 산림훼손에 대한 단편적인 분석에서 그치는 경우가 많았다. 실제로 훼손된 백두대간 산림지역을 복원하고 관리하기 위해서는 정량적인 방법으로 현재의 산림훼손실태 및 경향을 파악하는 것이 중요하다.

실제로, 넓은 면적의 토지피복변화를 통해 연구 대상지의 변화 경향을 분석한 논문이 국내외에 소개되고 있는데, Petit et al.(2001)은 Zambia Lusitu 지역을 대상으로 1986년, 1992년, 1997년의 SPOT 영상을 활용하여 이 지역의 토지피복변화를 분석하였으며, Ambika et al.(2003)은 중앙 Nepal 153km<sup>2</sup>를 대상으로 1976년, 1989년, 2000년의 위성영상자료를 통해 대상지의 토지이용 및 토지피복 변화를 분석하였다. 국내에서는 최현 등(2002)이 Landsat TM영상을 활용하여 경남 김해시를 대상으로 1980년부터 2000년까지 4개시기의 토지피복분류도를 작성하여 도시확장에 따른 경년변화를 분석하였으며, 이와 비슷한 방법으로 양인태 등(2002)이 4개시기의 Landsat TM영상을 활용하여 인천연안 지역을 대상으로 토지이용변화를 실시하였다. 이 외에도 김광래 등(1998)과 윤소원 등(1999)이 위성영상을 통해 구축한 토지피복자료를 통해 경년변화분석을 실시하였다. 이상의 토지피복분석을 통한 경년변화분석 연구는 경년변화에 대한 분석이 대상지의 공간적 여건을 반영하지 못하고 단편적으로 이루어지고 있어, 지형적인 요소 등을 고려한 토지피복변화 경향을 분석하는 연구가 더 필요하다고 판단된다.

본 연구의 목적은 백두대간 보호지역을 대상으로 인공위성영상을 이용한 토지피복분류와 경년변화분석을 통해 산림의 훼손경향을 정량적으로 분석하여 백두대간지역을 효율적으로 관리하기 위한 기초연구를 수행하는 것이다. 구체적으로 첫째, 1980년대 이후의 3개시기의 토지피복분류 자료를 이용하여 백두대간 산림지역의 훼손상태를 파악하고, 둘째, 시기별로 산림이 훼손된 지역의 공간적 특성을 확인하여 산림 훼손 경향을 파악하는 것을 목적으로 한다.

## II. 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

전통적인 개념의 백두대간 범위는 뚜렷한 경계를 갖는 것이 아니기 때문에, 본 연구에서는 환경부와 산림청에서 최초 백두대간 보호지역<sup>1)</sup>으로 발표한 지역을 대상으로 경계를 설정하여 이를 공간적 범위로 정하였다. 연구 대상지역은 남한의 백두대간 지역으로서 전체 길이 680km, 면적 5,341km<sup>2</sup>에 달하는 선형의 산림지역이다.

시간적으로는 1980년대 후반, 1990년대 후반, 2000년대 초반의 토지피복분류를 통해 산림훼손 경향을 파악하였다.

### 2. 연구의 방법

본 연구에서 사용한 인공위성영상은 Landsat5 TM과 Landsat7 ETM+로서, 80년대와 90년대에 촬영된 각각 4장의 Landsat 5 TM과 2000년도에 촬영된 Landsat7 ETM+ 영상을 통해 토지피복분류를 실시하여 경년변화분석의 자료로 사용하였다(표 1).

1) 백두대간 보호지역은 2004년 5월 산림청과 환경부가 협의하여 보호지역 지정 원칙과 기준(안)을 마련하여 보호지역을 작성하였으나 지자체와 지역주민의 의견을 수렴하여 현재에는 2,634.27km<sup>2</sup>의 면적으로 지정된 상태이다. 본 연구에서는 백두대간 보호지역의 지정 취지가 잘 반영된 최초의 경계를 대상으로 선정하여 연구를 진행하였다.

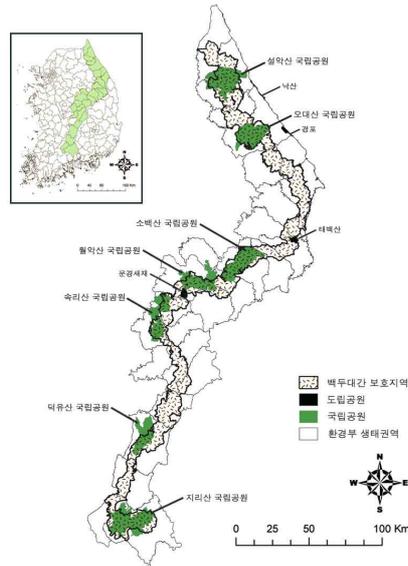


그림 1. 연구 대상지.

#### 1) 토지피복분류

인공위성영상은 관독이 가장 용이한 봄과 가을에 촬영된 것을 우선적으로 선정하는 것이 좋으므로 4, 5월과 9, 10월에 촬영된 영상을 선별하고, 2002년도의 영상은 영상획득의 문제로 인해 3월에 촬영된 영상을 활용하였다(환경부, 2002).

표 1. 인공위성영상 목록.

Path /row	Platform	촬영시기	
		주	보조
115/33	Landsat5 TM	1989/10/09	1987/04/27
	Landsat5 TM	1999/05/30	
	Landsat7 ETM+	2002/03/11	2000/09/29
115/34	Landsat5 TM	1987/04/27	
	Landsat5 TM	1998/10/02	1998/10/02
	Landsat7 ETM+	2002/03/11	2000/05/08
115/35	Landsat5 TM	1989/10/09	1986/04/24
	Landsat5 TM	1998/10/02	
	Landsat7 ETM+	2002/03/11	2001/09/16
115/36	Landsat5 TM	1989/10/09	
	Landsat5 TM	1998/10/02	
	Landsat7 ETM+	2002/03/11	2001/10/02

1990년대 데이터는 전처리과정을 통하여 오차를 0.5화소, 15m 이내에서 좌표를 변환하고 1980년대 및 2000년대의 영상은 기하보정을 실시한 1990년대의 이미지로 Image to Image 즉, 변환된 영상을 기준으로 하여 일대일로 각각 좌표변화를 대응하여 변환하였다. 이후 좌표변환은 Affine 변환 방정식을 이용하였고, 최근린 내삽법을 사용하여 30m×30m로 재배열(resampling)하였다. 토지피복분류는 Image Analyst 8.0 프로그램을 활용하여 총 7개 항목(2)으로 감독분류와 무감독분류를 병행한 혼성분류방법을 통해 실시하였으며, 최근의 수치지형도 및 토지이용현황도, 기타 참조자료를 이용하여 토지피복분류 결과를 보완하였다.

1980년대와 1990년대의 영상은 기존 환경부에서 실시한 피복분류 자료를 통해 Pixel to Pixel로 정확도를 검증하였으며, 2000년대의 영상은 1990년대 영상과의 차이가 발생하는 지점에 한해서 현장조사를 통해 대표지역을 선별하여 검증하였다.

## 2) 경년변화분석

경년변화분석은 토지피복분류를 통해 산림이었던 지역이 산림 이외의 지역으로 변화한 지역을 추출하는 과정으로서, 이를 통해 훼손지역으로 파악된 지역들은 데이터베이스로 구축하여 산림 훼손지역의 위치, 면적, 피복분류 유형 등을 정리하고, 각각의 훼손지역이 시간의 흐름에 따라 어떻게 변화하는지를 파악하였다. 토지피복분류의 결과가 그리드 파일이기 때문에 경년변화는 ArcGIS 9.0을 이용하여 간단한 수학적 방정식을 통해 연산될 수 있다.

$$D = BV(1980s) \times 100 + BV(1990s) \times 10 + BV(2000s)$$

\*D=통합된 변화감지영상값

\*BV(Xs)=X년대의 그리드값

## 3) 산림훼손경향분석

백두대간 산림지역의 현재 훼손경향을 분석하기 위해 훼손지역의 지형적·공간적 특성을 ArcGIS 9.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 지형적 특성을 파악하기 위해 표고, 경사, 향 분석을 실시하였으며, 공간적 특성 파악을 위해 도로와의 거리, 수계와의 거리, 백두대간 주능선인 마루금과의 거리 등이 훼손지역과 어떠한 관계가 있는지를 정량적으로 분석하였다. 표고와 경사, 향은 30m 격자의 DEM을 통해 분석한 결과를 등급화하여 사용하였으며, 도로는 국도 및 지방도 자료를 그리고 수계는 국가하천과 지방 1, 2급 하천 자료를 사용하였다. 분석은 80년대 이전까지 산림 이외의 토지피복을 보이는 지역, 80년대 후반에서 90년대 후반까지 산림이 훼손된 지역, 90년대 후반 이후에 산림이 훼손된 지역으로 구분하여 실시하였으며, 이를 종합하여 백두대간지역의 산림 훼손경향을 분석하였다.

## 4) 현장조사

2000년대의 현장검증 및 훼손지역 현황분석을 위해 2000년대의 토지피복 현황 중 훼손지역으로 분류되는 시가화건조지역, 농업지역, 나지, 초지가 단일 패치 규모로 어떻게 존재하는지를 파악하여 이 중 가장 넓은 훼손지역의 상위 10%를 추출하였다. 이 지역들 중에서 총 19 지역을 선정하여 2005년 11월 11~13일에 걸쳐 토지이용현황을 조사하고 현재 백두대간의 대표적인 산림 훼손지역의 토지피복 및 토지이용현황을 확인하였다. 또한 이러한 토지이용이 백두대간지역에 어떠한 문제를 발생시킬 수 있는지에 대해 전반적으로 고찰하였다.

2) 본 연구에서는 환경부(2002) 기준 분류 체계를 따라, 총 7개 항목으로 토지피복분류를 실시하였다. 항목은 시가화건조지역(Built\_up), 농업지역(Agriculture), 산림지역(Forest), 초지(Grass), 습지(Wetland), 나지(Barren), 수역(Water)과 같다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 토지피복분류

##### 1) 인공위성영상 전처리

사용된 12개의 Landsat 영상은 1990년대 영상을 우선 기하보정하고, 1980년대와 2000년대의 영상은 보정된 1990년대의 영상을 기준으로 기하보정을 실시하였다(표 2).

표 2. 기하보정에 따른 오차.

Path/row	촬영시기	GCP 선정	RMSE
115/33	1989/10/09	18	0.31
	1999/05/30	20	0.27
	2002/03/11	18	0.28
115/34	1987/04/27	21	0.26
	1998/10/02	22	0.27
	2002/03/11	20	0.25
115/35	1989/10/09	20	0.25
	1998/10/02	23	0.25
	2002/03/11	22	0.21
115/36	1989/10/09	17	0.28
	1998/10/02	20	0.25
	2002/03/11	18	0.26

※ RMSE : Root Mean Square Error.  
 ※ 기하보정은 1990년대의 영상을 기준으로 실시함.

##### 2) 토지피복분류 결과

토지피복분류는 감독분류와 무감독분류를 병행한 혼성분류 기법을 통해 환경부의 토지피복 사례를 참조하여 수행되었다.

분류 결과 백두대간 보호지역 내에서 산림이 차지하는 면적이 약 4900km<sup>2</sup>, 비율로는 전체의 90% 이상을 차지하고 있었다(그림 5). 시기별로 살펴보면, 1980년대에 비해 1990년대의 산림이 약 0.5% 증가하였으나 2000년대에 다시 약 2% 감소하고 있다. 산림을 제외하고는 농업지역, 시가화건조지역과 나지, 초지, 수역, 습지의 순서로 넓은 토지피복 상태를 확인할 수 있었다.

표 3에서 나타나듯이, 산림 이외의 토지피복 현황을 시기별로 살펴보면 1980년대에는 시가화건조지역 10.3km<sup>2</sup>(0.19%), 농업지역 301.2km<sup>2</sup>(5.64%), 초지 47.4km<sup>2</sup>(0.89%), 습지 0.1km<sup>2</sup>(0.00%), 나지 14.6km<sup>2</sup>(0.27%), 수역 3.3km<sup>2</sup>(0.06%)의 분포를 보이고 있다. 1990년대에는 시가화건조지역 21.4(0.40%), 농업지역 246.4km<sup>2</sup>(4.61%), 초지 60.4km<sup>2</sup>(1.13%), 습지 0.1km<sup>2</sup>(0.00%), 나지 16.2km<sup>2</sup>(0.30%), 수역 5.5km<sup>2</sup>(0.10%)의 분포를 보이고 있으며, 2000년대에는 시가화건조지역 31.3km<sup>2</sup>(0.59%), 농업지역 396.7km<sup>2</sup>(7.43%), 초지 21.5km<sup>2</sup>(0.40%), 습지 0.0km<sup>2</sup>(0.00%), 나지 9.9km<sup>2</sup>(0.19%),

표 3. 토지피복분류 결과.

대분류	1980년대		1990년대		2000년대	
	면적 (km <sup>2</sup> )	비율 (%)	면적 (km <sup>2</sup> )	비율 (%)	면적 (km <sup>2</sup> )	비율 (%)
시·건	10.22	0.19	21.40	0.40	31.25	0.59
농업	301.11	5.64	246.37	4.61	395.69	7.41
산림	4,965.14	92.95	4,991.99	93.45	4,878.43	91.33
초지	47.40	0.89	60.35	1.13	21.44	0.40
습지	0.12	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
나지	14.41	0.27	16.15	0.30	9.91	0.19
수역	3.28	0.06	5.31	0.10	4.95	0.09
계	5,341.67	100.00	5,341.67	100.00	5,341.67	100.00

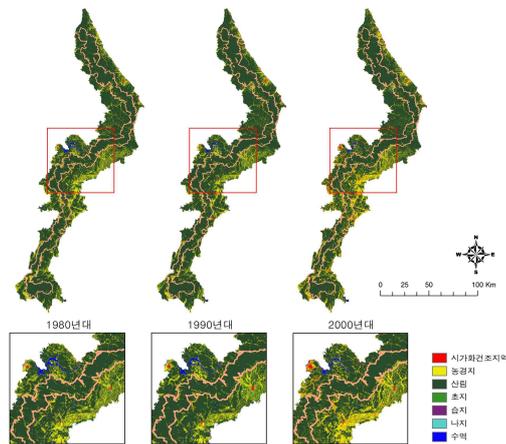


그림 2. 토지피복분류 결과.

수역 5.0km<sup>2</sup>(0.09%)의 분포를 보이고 있다. 전 시기를 걸쳐 습지는 비율이 매우 낮게 분석되고 있는데, 이는 백두대간 보호지역이 산림으로 이루어진 지역이라 습지가 분포하는 지역이 매우 한정적이며, 피복분류 작업에서도 그 토지피복의 특성을 제대로 반영하기 힘들기 때문으로 판단된다.

3) 토지피복분류 검증

1980년대와 1990년대의 토지피복분류는 기존 환경부에서 실시한 피복분류 자료를 통해, 2000년대는 환경부 중분류 토지피복 결과와 현장조사를 병행하여 정확도를 검증하였다. 검증 결과 1980년대와 1990년대의 결과는 기존의 자료와 90% 이상 일치하는 결과를 보였으며(표 4, 5), 2000년대의

표 4. 1980년대 토지피복분류 결과 검증.

대분류		1980년대		
		환경부	연구결과	비교
1	시·건	10.22	10.12	0.10
2	농업	301.11	297.21	3.90
3	산림	4,965.14	4,972.25	-7.11
4	초지	47.40	45.63	1.78
5	습지	0.12	0.12	0.00
6	나지	14.41	13.07	1.34
7	수역	3.28	3.28	0.00
계		5,341.67	5,341.67	0.00

표 5. 1990년대 토지피복분류 결과 검증.

대분류		1990년대		
		환경부	연구결과	비교
1	시·건	21.40	21.40	0.00
2	농업	246.37	245.33	1.03
3	산림	4,991.99	4,997.29	-5.31
4	초지	60.35	56.70	3.65
5	습지	0.10	0.10	0.00
6	나지	16.15	15.52	0.63
7	수역	5.31	5.31	0.00
계		5,341.67	5,341.67	0.00

표 6. 2000년대 토지피복분류 결과 검증.

대분류		2000년대		
		환경부(중분류)	연구결과	비교
1	시·건	50.89	31.25	19.64
2	농업	427.97	395.69	32.28
3	산림	4,791.78	4,878.43	-86.65
4	초지	32.74	21.44	11.30
5	습지	3.88	0.00	3.88
6	나지	22.97	9.91	13.06
7	수역	11.45	4.95	6.50
계		5,341.67	5,341.67	-

경우 시가화건조지역, 농업지역, 산림 지역은 비교적 분류가 정확하였으나 초지 및 습지, 나지, 수지는 다소 차이가 발생하고 있음이 확인되었다(표 6). 현장조사를 실시한 결과에서는 19개 지역의 분류의 정확도가 높다고 판단되었다.

2. 경년변화분석

토지피복분류 결과를 통해 1980년대와 1990에서 2000년대까지 훼손된 산림을 정량적으로 분석하였다(표 7). 1980년대 이후 산림 훼손지역은 1990년대를 거쳐 2000년대에도 산림 이외의 지역의 토지피복을 보이고 있는 지역을 말하며, 1990년대 이후 훼손지역은 1980년대에서 1990년대까지 산림이었던 지역이 2000년대에 산림 이외의 토지피복으로 분류되는 지역을 의미한다.

표 7. 토지피복분류를 통한 산림 훼손지역 분석.

토지피복변화		80년 이후 변화량				90년 이후 변화량	
		면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)
80/90	90/00						
	산림	시·건	8.14	5.58	7.52	3.23	
		농업	94.98	65.09	214.88	92.22	
		초지	35.57	24.38	7.20	3.09	
나지		7.22	4.95	3.40	1.46		
합계		145.91	100.00	233.00	100.00		

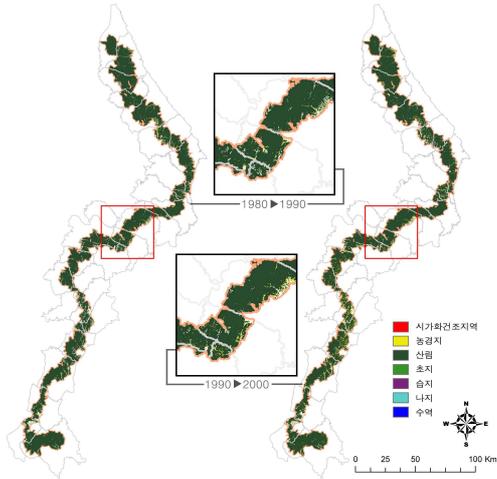


그림 3. 이전 시기의 산림지역 대비 토지피복 변화.

1980년대 이후의 산림 훼손지역은 94.98km<sup>2</sup>로 농업지역이 65% 이상을 차지하고 있다. 그 외에는 시가화건조지역이 8.14km<sup>2</sup>, 초지 35.57km<sup>2</sup>, 나지 4.95km<sup>2</sup>의 훼손면적을 보이고 있다.

1990년대 이후의 산림 훼손지역은 233.00km<sup>2</sup>로 1980년대 이후의 훼손지역보다 1.6배 이상 넓은 면적으로 분석되었다. 토지피복별로는 농업지역의 면적이 214.88km<sup>2</sup>로 2배 이상 증가하였으나 시가화건조지역 및 초지, 나지의 면적은 각각 7.52km<sup>2</sup>, 7.20km<sup>2</sup>, 3.40km<sup>2</sup>로 1980년대 이후보다 훼손면적의 증가량은 감소한 것으로 분석되었다(그림 3).

이러한 토지피복의 변화 정도는 그림 4를 통해 보다 확실히 파악할 수 있다. 산림 훼손지역의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 농업지역의 경우 기존의 농경지에서 그 면적이 지속적으로 확산되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 1980년대에서 1990년대의 산림 훼손보다 1990년대에서 2000년대로의 산림의 훼손이 더욱 확실히 나타나고 있다. 그림 4에서 확대되어 표현된 부분은 충청북도 단양군과 경상북도 영주시의 경계에 위치한 소백산 국립공원 주변 지역으로 농업지역의 면적 확대를 확인할 수 있는 도면이다.

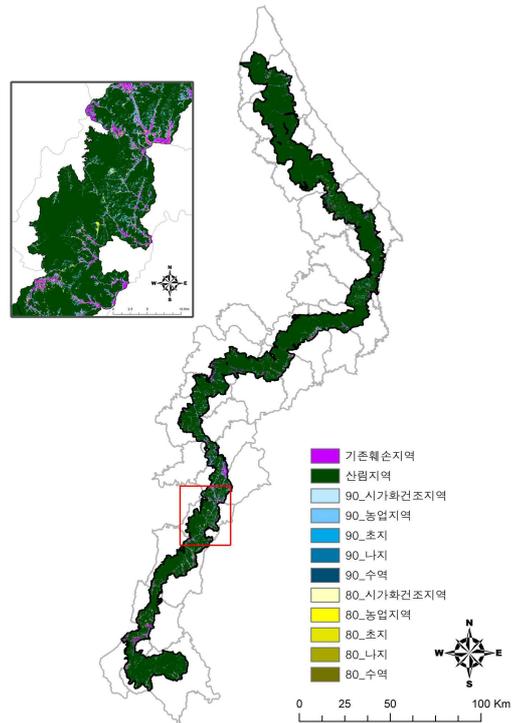


그림 4. 백두대간 훼손지역(1980, 1990년대 이후).

### 3. 백두대간지역의 산림훼손경향

1980년대의 백두대간지역 토지피복은 표고 200-400m 지역에서 가장 많은 산림 이외의 토지 피복현황이 분석되었으며, 이는 1980-1990년대, 1990-2000년대에서도 이러한 경향이 계속 나타나는 것으로 분석되었다. 경사는 1980년대까지 10도 이하의 지역에서 전체의 50% 이상의 산림 훼손이 발생하고 있었으나 이후 20도 이하 지역에 대한 산림훼손 비율이 높아지고 있음을 확인할 수 있다. 또한 20도 이상의 지역에서 나지의 비율이 상대적으로 높게 나타나고 있는데, 이는 도로 등의 개설로 인한 비탈면이 반영된 결과라고 판단된다. 향에 따른 산림훼손지역은 매우 특이한 분포를 보이고 있는데, 1980년대 산림훼손 지역이 북북동 지역에 집중적으로 분포하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 경향은 1980년대 이후 차츰 남동쪽의 향으로 산림훼손지역 비율이 증가하는 것으로 변화하고 있는 특징을

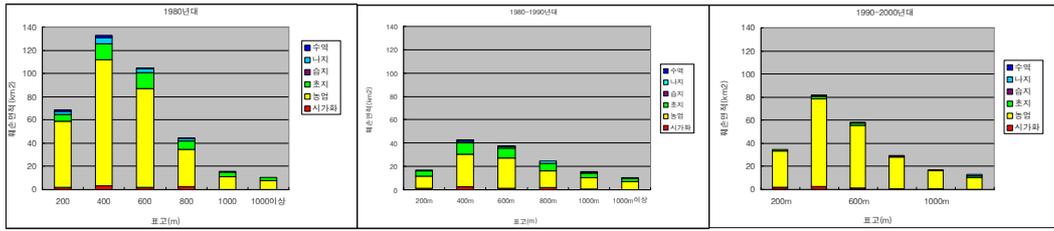


그림 5. 표고별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

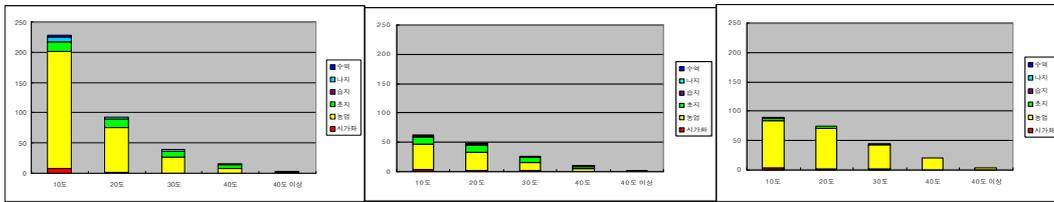


그림 6. 경사별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

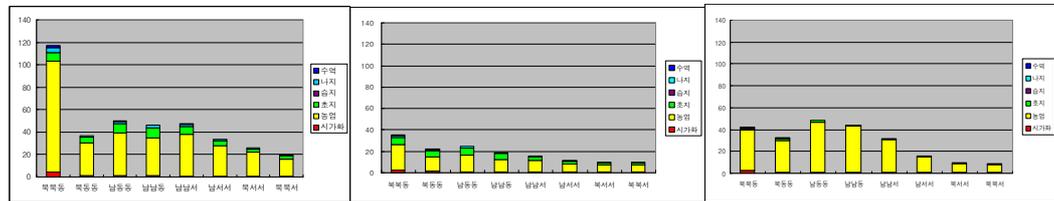


그림 7. 향(aspect)별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

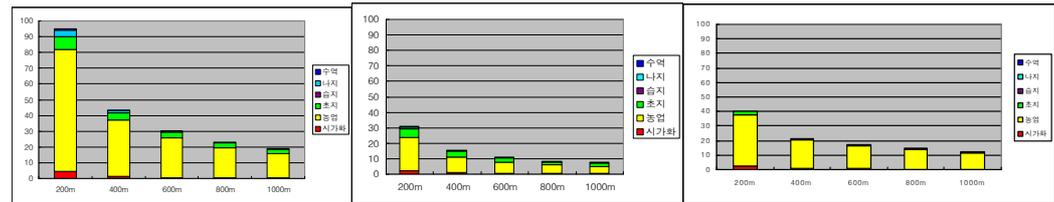


그림 8. 도로와의 거리별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

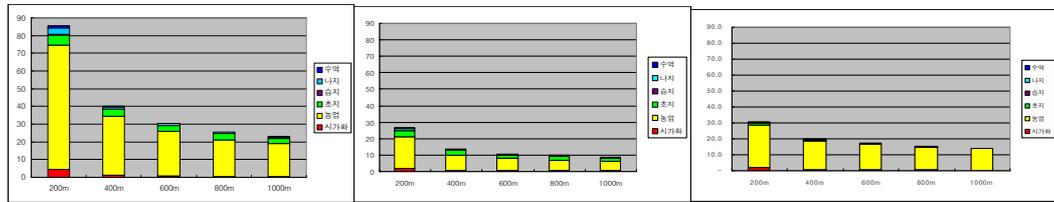


그림 9. 수계와의 거리별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

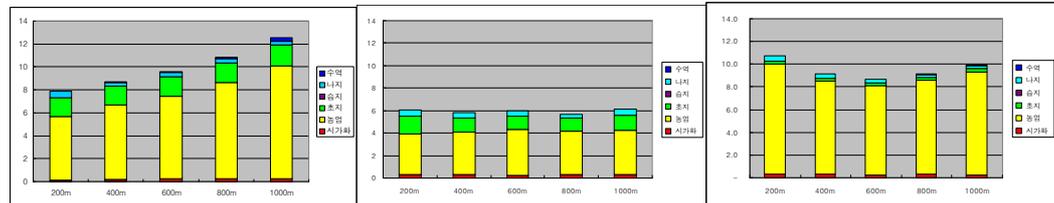


그림 10. 마루금과의 거리별 산림훼손지역(1980년대, 1980-90년대, 1990-2000년대).

보이고 있다.

도로 및 수계와의 거리와 산림훼손지역은 매우 밀접한 관계를 가지고 있는데, 특히 1980년대의 경우 약 50%의 산림훼손지역이 도로 및 수계와 200m 이내의 거리에 분포하는 특징을 보이고 있다. 이러한 경향은 80년대 이후에도 계속 유지되고 있으나 차음 200m 이상의 거리에서도 일정한 비율로 산림훼손지역이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 마루금과의 거리는 1980년대에는 오히려 산림훼손지역과 역의 관계를 이루며 분포하고 있으나 이후에는 마루금과의 거리와 산림훼손지역간에 특이한 관계를 가지고 있지 않음을 확인하였다. 그러나 마루금이 백두대간의 최고(最高) 능선의 연결임에도 불구하고 나지의 비율이 상대적으로 높게 나타나고 있는 것은 백두대간지역의 등산로 등으로 인한 피복의 변화가 반영된 것으로 판단되는 부분이다(표 8).

4. 현장조사를 통한 백두대간 산림훼손 확인

현장조사는 현재까지의 분석결과를 토대로 대표적인 산림훼손유형이 나타나는 지역을 대상으로 실시되었다. <그림 11>은 현장조사 실시 지역의 위치 및 현황사진을 나타낸 것으로 각각의 산림훼손 유형당 4, 5지역씩 총 19개 지역에 대한 현장조사를 실시하였다.

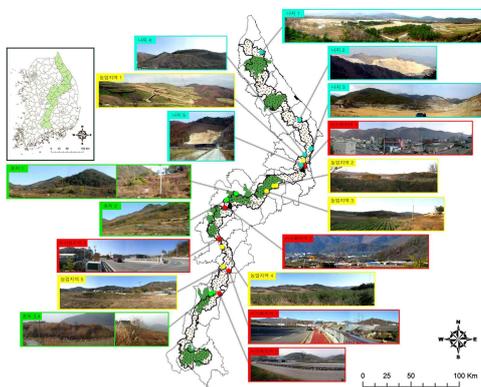


그림 11. 현장조사 위치 및 훼손유형.

1) 시가화건조지역

백두대간 보호지역에서 발견되는 시가화건조지역은 크게 두 가지 형태로 분류된다. 첫째로는 과거부터 지속적으로 주거지역 및 농업지역으로 이용되어 온 지역으로 10도 이하의 평균경사를 보이고 있는 농촌지역 및 시가화 지역을 포함하는 경우, 최근에 개설되고 있는 도로, 집단시설지구 등의 다양한 경사와 주변 토지이용을 보이고 있는 지역을 포함하는 경우가 두 번째의 형태이다(그림 12, 13).

시가화건조지역에서 나타나는 대표적인 문제점은 현재의 산림훼손 자체의 문제보다 점, 선, 면의 형태로 나타나는 훼손지역의 특성으로 산림의 단절 및 파편화가 나타나고 있다는 점이다. 또한 주거지역과 인접하여 낮은 구릉지역의 산림을 중심으로 밭으로 인한 훼손지역이 증가하고 있다는 것도 하나의 문제점으로 지적된다.



그림 12. 기존의 시가화건조지역(좌, 경북 김천시 대덕면)과 훼손지역의 확장(우, 충북 괴산군 연풍면).



그림 13. 도로 및 주거지역의 확장에 의한 산림 훼손(좌, 경북 상주시 화서면, 우, 강원 태백시 황지동).

2) 농업지역

백두대간 보호지역의 농업지역은 크게 세 가지 유형으로 구분된다. 이러한 유형은 첫째, 기존부터 논 등으로 이용되어오고 있는 경사 10도 미만의 주거지역 근처의 농업지역(그림 14), 둘째,

표 8. 백두대간지역의 산림훼손경향(1980년대, 1980-1990년대, 1990-2000년대).

구분	기준	1980년대					1980-1990년대					1990-2000년대				
		시건	농업	초지	나지	계	시건	농업	초지	나지	계	시건	농업	초지	나지	계
표고	200m이하	1.94	57.26	5.80	2.63	67.64	1.44	10.49	4.04	0.73	16.71	1.86	31.22	1.29	0.31	34.67
	200-400m	3.52	108.25	13.73	5.42	130.91	2.46	27.96	9.90	1.45	41.76	2.67	75.88	2.22	0.33	81.10
	400-600m	1.73	85.55	13.42	3.35	104.05	1.39	25.65	8.29	1.65	36.98	1.20	54.59	1.62	0.44	57.85
	600-800m	2.54	31.89	7.60	2.08	44.11	1.84	14.46	6.56	2.06	24.92	0.93	26.90	0.78	0.78	29.39
	800-1000m	0.29	10.56	4.47	0.65	15.97	0.82	9.26	4.29	0.85	15.21	0.67	15.89	0.34	0.30	17.20
	1000m이상	0.17	7.68	2.38	0.30	10.53	0.20	7.17	2.48	0.48	10.33	0.19	10.41	0.95	1.24	12.80
	계	10.19	301.19	47.40	14.43	373.22	8.14	94.98	35.57	7.22	145.91	7.52	214.88	7.20	3.40	233.00
경사	10도이하	7.82	193.33	15.49	7.77	224.41	3.93	43.32	11.68	2.54	61.47	4.12	80.48	3.40	0.71	88.71
	10-20도	1.41	74.23	13.66	3.22	92.52	2.37	30.94	11.96	2.33	47.61	1.97	69.52	2.25	1.34	75.08
	20-30도	0.66	25.45	10.61	1.94	38.66	1.27	15.11	7.62	1.55	25.55	1.01	42.38	1.12	0.84	45.35
	30-40도	0.27	7.27	6.50	1.23	15.27	0.46	4.98	3.64	0.67	9.75	0.37	19.67	0.37	0.42	20.82
	40도이상	0.04	0.91	1.14	0.29	2.37	0.11	0.63	0.67	0.13	1.54	0.05	2.82	0.06	0.10	3.04
	계	10.19	301.19	47.40	14.43	373.22	8.14	94.98	35.57	7.22	145.91	7.52	214.88	7.20	3.40	233.00
향	북북동	4.50	98.67	7.93	3.95	115.05	2.41	23.56	6.84	1.53	34.34	2.52	36.70	1.68	0.68	41.58
	북동동	1.00	29.34	4.95	1.41	36.70	1.28	13.28	6.07	1.17	21.80	1.07	29.20	1.09	0.75	32.12
	남동동	1.27	37.91	8.35	2.05	49.57	1.22	14.99	7.20	1.30	24.72	0.91	45.94	1.34	0.59	48.78
	남남동	0.96	34.00	9.01	2.28	46.25	0.85	11.49	5.68	0.94	18.97	0.67	42.17	1.03	0.47	44.35
	남남서	0.71	37.34	7.11	1.88	47.05	0.67	10.70	3.67	0.74	15.79	0.69	29.97	0.93	0.35	31.94
	남서서	0.62	27.51	4.03	1.24	33.40	0.52	7.75	2.24	0.59	11.10	0.58	14.69	0.53	0.20	16.00
	북서서	0.62	21.26	2.97	0.91	25.75	0.55	6.72	1.76	0.44	9.46	0.56	8.67	0.33	0.21	9.77
	북북서	0.51	15.16	3.06	0.72	19.44	0.65	6.50	2.10	0.49	9.74	0.52	7.54	0.27	0.15	8.47
계	10.19	301.19	47.40	14.43	373.22	8.14	94.98	35.57	7.22	145.91	7.52	214.88	7.20	3.40	233.00	
도로의 거리	200m이하	4.72	77.12	7.99	4.36	94.19	2.14	21.69	5.45	1.13	30.41	2.52	35.53	1.88	0.42	40.34
	200-400m	1.39	35.81	4.39	1.33	42.93	0.95	10.16	3.62	0.51	15.24	0.75	19.85	0.73	0.17	21.51
	400-600m	0.64	25.35	3.28	0.78	30.05	0.68	7.03	2.67	0.55	10.92	0.50	15.61	0.59	0.20	16.91
	600-800m	0.48	19.17	2.82	0.61	23.08	0.47	5.35	2.04	0.55	8.41	0.35	13.26	0.50	0.22	14.34
	800-1000m	0.31	15.63	2.49	0.47	18.89	0.49	4.54	1.94	0.45	7.42	0.37	11.43	0.40	0.19	12.39
	계	7.54	173.08	20.96	7.55	209.13	4.73	48.77	15.70	3.20	72.39	4.50	95.68	4.11	1.21	105.50
수계 와의 거리	200m이하	4.50	70.09	5.87	3.82	84.29	1.92	18.93	4.16	0.88	25.90	2.00	26.75	1.23	0.20	30.17
	200-400m	1.36	33.10	3.88	1.27	39.61	0.73	9.39	3.09	0.42	13.64	0.67	18.32	0.55	0.10	19.65
	400-600m	0.72	25.25	3.38	0.93	30.28	0.44	7.33	2.46	0.35	10.58	0.51	16.20	0.45	0.08	17.24
	600-800m	0.59	20.69	3.25	0.94	25.48	0.41	6.65	2.14	0.37	9.57	0.48	14.34	0.49	0.11	15.43
	800-1000m	0.47	18.57	2.95	0.78	22.77	0.40	5.71	2.11	0.45	8.66	0.31	13.50	0.36	0.08	14.24
	계	7.63	167.70	19.33	7.75	202.42	3.90	48.01	13.96	2.48	68.35	3.97	89.11	3.08	0.58	96.73
마루 금과의 거리	200m이하	0.14	5.51	1.67	0.56	7.87	0.29	3.63	1.56	0.60	6.07	0.35	9.67	0.27	0.47	10.75
	200-400m	0.22	6.44	1.65	0.34	8.64	0.33	3.76	1.24	0.45	5.79	0.34	8.17	0.26	0.37	9.14
	400-600m	0.26	7.17	1.73	0.38	9.55	0.27	4.03	1.24	0.45	5.99	0.24	7.86	0.24	0.31	8.64
	600-800m	0.28	8.36	1.69	0.40	10.72	0.33	3.84	1.15	0.35	5.67	0.31	8.24	0.26	0.29	9.11
	800-1000m	0.24	9.83	1.85	0.32	12.24	0.30	3.93	1.38	0.51	6.12	0.25	9.04	0.33	0.27	9.89
	계	1.13	37.31	8.59	1.99	49.02	1.51	19.19	6.57	2.37	29.63	1.49	42.97	1.36	1.71	47.53

최근 지방의 농업정책의 일환으로 개발된 해발 700m이상의 고랭지농업지역(그림 15), 셋째, 주거지역의 근처 산림지역에서 과수원 및 밭 등의 소규모 농경지역으로 개간되고 있는 농업지역이다(그림 16).



그림 14. 기존의 논, 밭 등의 농업지역(좌, 경북 상주시 공성면, 우, 경북 영주시 풍기읍).



그림 15. 고랭지농업지역(좌, 경북 영주시 풍기읍, 우, 강원 태백시 삼수동).



그림 16. 소규모 농업지역(좌, 충북 제천시 덕산면, 우, 전북 무주군 무풍면).

기존의 농업지역은 산림의 지형을 훼손하는 형태가 아닌, 수계를 따라 형성된 평야지대에서 논, 밭 등의 토지이용을 보이고 있다. 그러나 고랭지농업지역의 경우에는 산림의 지형을 변화시켜 평지를 만들고, 도로를 개설하여 단일 형태로 매우 심각한 산림훼손 실태를 보이고 있다. 따라서 농업지역의 산림훼손은 지형의 훼손과 현재의 토지이용 변화의 측면에서 중요하게 인식되어야 할 문제이다.

### 3) 초지

초지는 자연 초지지역, 목장, 휴경지역 등의 초본우점지역 등을 반영하는 토지피복으로서 백두대간 보호지역에서 발견되는 초지지역은 목장으로 인한 경우가 대부분을 차지하고 있다(그림 17, 18). 특히 강원도 지역에서는 산 전체의 산림을 제거하고 목장으로 조성하고 있는 사례가 많아 산림훼손측면에서 문제가 심각한 실정이다.



그림 17. 자연 초지지역(전북 무주군 무풍면).



그림 18. 목장으로 인한 초지(강원도 태백시 목장지역).

### 4) 나지

백두대간 보호지역에서 나타나는 나지 지역은 채광지역, 수련원, 도로나 시설물 등의 개발로 인한 비탈면 발생 지역 등으로 구성된다. 이 중에서 가장 심각한 형태의 산림 훼손유형은 채광지역으로 인한 훼손으로서 산림의 훼손뿐만 아니라 백두대간 지형의 훼손이라는 측면에서도 매우 심각하다(그림 19). 또한 도로로 인한 비탈면의 증가는 산림의 단절의 문제뿐만 아니라 지속적인 토사유출을 발생시켜 산림생태계에 큰 문제로 나타나고 있다(그림 20).

## IV. 결 론

본 연구의 목적은 백두대간 보호지역을 대상



그림 19. 채광지역으로 발생한 나지(좌, 강원도 정선군 등, 우, 강원도 태백시 조탄동).



그림 20. 도로비탈면 및 수련장으로 발생한 나지(좌, 강원도 정선군, 우, 강원도 고성군 토성면).

으로 인공위성영상을 이용한 토지피복분류와 경년변화분석을 통해 산림의 훼손경향을 정량적으로 분석하여 백두대간지역을 효율적으로 관리하기 위한 기초연구를 수행하는 것이다. 이를 위해 백두대간지역을 대상으로 1980년대 이후 3개 시기의 위성영상 자료를 활용하여 토지피복분류를 실시하고, 시기별로 발생한 산림훼손지역을 다양한 공간 자료를 통해 해 분석해 봄으로써 백두대간지역의 산림훼손경향을 파악하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 백두대간지역의 토지피복분류를 실시한 결과 대상지의 특성상 산림지역이 전체 토지피복의 90% 이상을 차지하고 있었으며, 농업지역이 5% 내외의 면적 분포를 보이고 있었다.

둘째, 토지피복분류 결과를 통해 1980년대 이후의 산림훼손지역의 발생 면적을 확인한 결과 1980-1990년 사이에 총 145.91km<sup>2</sup>의 산림이 시가화건조지역, 농업지역, 초지 그리고 나지로 토지피복이 변화하였으며, 1990-2000년 사이에는 총 233.0km<sup>2</sup>의 산림이 훼손되었음을 확인하였다. 특히 1990년 이후 시가화건조지역, 초지 그리고 나지의 훼손면적 증가율은 소폭 감소하였으나 농업지역의 훼손면적이 약 2배 이상 증가하였음이

확인되었다.

셋째, 각 시기별 산림훼손지역의 공간적 분포를 확인한 결과 1980년대 산림훼손지역은 표고 200-400m 지역, 경사 10도 미만 지역, 북동향, 도로 200m 이내, 수계 200m 이내의 지역에 집중적으로 분포하고 있었으며 마루금과의 거리는 산림훼손지역과 역의 관계임이 확인되었다. 이러한 경향은 1980-1990년대, 1990-2000년대에도 비슷하게 유지되고 있으나, 20도 이하, 남동향 지역에 대한 산림훼손면적의 비율이 높아지고 있다. 또한 수계 및 도로와의 거리도 200m 이상의 지역에 대한 산림훼손지역의 면적 비율이 계속 증가하고 있음이 확인되었다.

넷째, 2005년 실시한 백두대간 산림훼손지역 현장조사 결과 각 산림훼손유형별 특성을 확인할 수 있었다. 시가화건조지역은 도로 등의 개설과 이로 인해 발생하는 비탈면 및 추가 개발지역의 증가가, 농업지역은 표고 700m 이상의 고랭지농업지역이, 초지는 대규모 목장지역이, 나지는 채광지역 및 도로 비탈면 등이 가장 심각한 산림훼손 유형으로 확인되었다.

본 연구의 한계로는 백두대간지역의 토지피복분류 결과를 보다 정량적인 방법으로 검증하지 못한 점, 그리고 산림훼손경향을 분석하기 위한 변수의 선정 및 분석 과정에서 환경적 변수 이외의 다른 변수들을 고려하지 못했다는 점을 들 수 있다.

백두대간이 지닌 가치를 생각할 때 백두대간은 우리 민족이 지속적으로 보전하고 관리해 나가야 할 중요한 자원임에 틀림없다. 이러한 맥락에서 지난 2005년 이후 제정된 백두대간보호에 관한법률은 매우 의미 있는 보전의 노력이라 할 수 있다. 본 연구는 이러한 맥락에서 지속가능한 백두대간의 보전 및 이용을 위한 관리를 위한 기초 자료를 제공할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 향후 보다 구체적인 산림훼손경향 연구를 통해 백두대간지역의 산림훼손을 최소화하면서 다양한 사람들의 이용을 수용할 수 있는 방안을 도출해낼 수 있으리라 판단된다.

## 인용문헌

- 김광래 · 이종성. 1998. 원격탐사자료를 이용한 서울시 토지피복의 시계열 변화량 추출. 국토계획 33(3) : 363-374.
- 녹색연합. 1998. 백두대간 환경대탐사.
- 산림청 · 한국환경생태학회. 2003. 백두대간의 관리범위 설정 및 관리방안 수립을 위한 연구.
- 양인태 · 한성만 · 박재국. 2002. 위성영상과 GIS TOOL을 이용한 인천연안의 토지피복 변화량 추적. 대한토목학회 22(5D) : 1019-1027.
- 윤소원 · 이동근 · 전성우 · 정희철. 1999. 인공위성자료를 이용한 우리나라 도시의 도시화추이에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 2(3) : 38-46.
- 전성우 · 김귀곤 · 박종화 · 이동근. 1999. 토지피복분류에 관한 이론적 연구 -자연환경관리를 중심으로-. 한국환경복원녹화기술학회지 2(1) : 29-37.
- 최 현 · 강인준 · 광재하. 2002. 다중영상자료를 이용한 도시확장에 따른 경년변화분석. 대한토목학회 22(1D) : 121-130.
- 한국환경정책 · 평가연구원. 1997. 자연환경부문의 원격탐사기법 도입방안에 관한 연구.
- 한국환경정책 · 평가연구원. 1999. 인공위성영상 자료를 이용한 토지피복분류.
- 환경부. 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류.
- 환경부. 2002. 인공위성 영상 자료를 이용한 토지피복 지도 구축.
- 환경부. 2003a. 국토환경보전계획 수립 연구.
- 환경부. 2003b. 백두대간 훼손실태 조사 연구 I.
- 환경부. 2004. 백두대간 훼손실태 조사 연구II.
- Ambika P. Gautam., Edward L. Webb., Ganesh P. Shivakoti and Michael A. Zoebisch 2003. Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. Agriculture, Ecosystems and Environment, 99 : 83-96.
- K. S. Rao., and Rekha Pant 2001. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical micro watershed in the mid elevation zone of central Himalaya, India. Agriculture, Ecosystems and Environment, 86 : 113-123.
- Petiti. C., T. Scudder and E. Lambini 2001. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing : resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. int. j. remote sensing, 22(17) : 3435-3456.