



---

기본 | 17-21

# 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안 연구

A Study on the Monitoring Land Cover in North Korea  
and Its Application in Preparing for Reunification

---

강민조 외

기본 17-21

---

# 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안 연구

---

A Study on the Monitoring Land Cover in North Korea  
and Its Application in Preparing for Reunification

강민조 외

## ■ 연구진

강민조 국토연구원 책임연구원(연구책임)

임용호 국토연구원 연구원

유현아 국토연구원 연구원

## ■ 외부연구진

안재성 경일대학교 교수

## ■ 연구심의위원

정일호 국토연구원 선임연구위원

이상준 국토연구원 부원장

사공호상 국토연구원 선임연구위원

장철순 국토연구원 선임연구위원

차미숙 국토연구원 국토계획·지역연구본부장

김동한 국토연구원 연구위원

유승경 국토교통부 행정사무관

임정호 울산과학기술대학교 교수

조재일 전남대학교 교수



통일에 대비하여 북한지역의 과학적 국토 공간계획을 수립하기 위해서는 데이터를 기반으로 하여 북한의 국토이용 실태를 파악하고 변화를 모니터링 하는 연구가 필수적이다. 북한과 같이 폐쇄적인 지역을 모니터링 하는데 있어서는 위성영상 기반의 연구가 유일한 대안이라 할 수 있다. 위성영상은 시계열적 국토현황 파악을 가능하게 하므로 직접적인 현장조사가 어려운 지역연구에 매우 효과적이다. 이러한 이점으로 인하여 북한의 국토이용 모니터링 연구에 위성영상이 많이 사용되고 있으나 기존의 연구는 시각적 탐색, 토지피복도 등과 같은 데이터 구축 등 현황 파악 및 문제 진단에 머물러 구체적인 정책적 활용까지 연결되기에는 무리가 있었다.

특히, 한반도 공간구조의 기반이 되는 산림 관련 연구는 남북을 하나의 공간으로 인식하고 지속적인 모니터링을 통한 변화 파악 및 그에 대한 구체적인 해결방안을 모색할 수 있어야 한다. 그러나 북한 산림 관련 연구는 남북분단과 북한의 폐쇄성으로 인하여 주로 산림복원이나 풍수해에 따른 인도적 원조를 위한 대상으로서만 연구되고 있으므로 한반도 전체를 조망할 수 있는 공간계획 관점에서의 연구가 시급한 실정이다. 따라서 공간계획에 기반한 북한 산림연구는 국토이용 현황을 파악하고 과학적인 국토개발을 가능하게 함으로써 하나된 한반도 국토계획의 미래상을 제시해 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 위성영상 기반의 원격탐사기법과 GIS를 활용하여 북한 산림에 대한 시계열 분석을 수행함으로써 산림황폐화 현황을 객관적으로 분석하였다. 또한, 경관구조 패턴을 정량적으로 분석함으로써 산림황폐화가 가장 많이 일어난 평안북도, 평안남도, 자강도를 선정하였고 이 중에서도 평안북도의 의주군, 자강도의 동신군을 대표 사례 지역으로 심층 분석을 수행하였다. 사례지역을 대상으로 한 심층 분석은 경관계획 방법론 중의 하나인 공간계획단위를 제시하였다. 공간계획단위는 산림의 규모에 따라, 즉 개발 정도에 따라 파편화가 많이 일어난 지역은 더 조밀하게, 파편화가 적게 일어난 지역은 더 광역적으로 관리할 수 있는 기준을 제시함으로써 북한 국토개발 및 관리 정책에 즉각적으로 활용할 수 있는 기반을 구축하였다.

---

따라서 앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 한반도 통합 공간계획 수립시 북한 분야 국토개발 및 관리 계획수립의 기반자료로 활용할 수 있다. 시기별 활용으로는 남북교류 협력기에는 산림녹화 사업 및 농업협력단지 조성 등과 관련한 한반도 신경제지도 구상 및 접경지역 국토이용 등에, 통일 후에는 국토개발계획, 인프라 구축, 난개발 방지 등에 대한 국토자원의 통합적 관리 자산으로 활용될 수 있다. 또한 과학적인 국토정책 의사결정 지원을 위해 빅데이터를 융합하기 위한 정보융합 단위로 활용될 수 있다.

물론 정책결정에 있어서는 여러 사항을 고려할 수 있는 다양한 데이터가 필요하므로 본 연구결과로만 정책결정을 하는 것은 어려울 수 있으나 국토연구원에서 다년간 수행 중인 북한지역의 인구분포 추정(2016), 접경지역 국토이용 구상(2017) 그리고 본 연구와 같은 데이터에 기반한 연구가 다년간 꾸준히 축적된다면 북한을 과학적이고 종합적으로 바라볼 수 있는 시기가 곧 도래할 것으로 기대한다.

끝으로 본 연구를 수행하는데 많은 노력을 기울인 강민조 연구책임을 비롯하여 임용호 연구원, 유현아 연구원의 노고를 치하하며, 연구를 수행하는 과정에 참여하여 많은 도움을 주신 전문가 여러분께도 깊이 감사드린다.

2017년 12월  
국토연구원장 김 동 주

# 주요 내용 및 정책제안

FINDINGS & SUGGESTIONS



## 본 연구보고서의 주요 내용

- 1 한반도의 효율적이고 계획적인 국토개발을 위해 북한의 토지피복 실태를 파악하는 국토이용 모니터링을 수행
- 2 1980년대 말부터 2000년대 말까지 북한지역의 시계열 토지피복 실태를 분석하고 산림지역의 감소가 뚜렷한 평안남·북도과 자강도의 공간적 패턴을 분석
- 3 도시화 및 농경지의 확대로 인하여 산림지역의 감소가 뚜렷한 자강도의 동신군과 평안북도의 의주군을 사례지역으로 선정하여 '공간계획단위'를 제시
- 4 지역별 특성을 고려한 '공간계획단위'는 향후 북한의 국토개발이나 산림복구 등의 국토자원 관리를 위한 계획수립과정의 한 수단으로서 유용하게 활용할 수 있음
- 5 국토이용 모니터링은 한반도 신경제지도 구현을 위한 실천계획 수립, 통합적 산림자원 관리, 접경지역의 환경 친화적 국토이용 구상 계획 수립 등을 위한 정책적 의사결정 지원이 가능

## 본 연구보고서의 정책제안

- 1 한반도 신경제지도 실현을 위하여 한 단계 구체화된 '공간계획단위'를 기반으로 종합적이고 실효성 있는 경제특구, 신산업벨트, 농업협력단지 등 사업 추진 방안 마련
- 2 접경지역의 친환경적 국토이용 구상수립을 위해 '공간계획단위' 활용
- 3 부처별·기관별로 산재되어 있는 북한관련 정보들을 '공간계획단위' 기반으로 통합하고 공동으로 활용할 수 있도록 '북한정보 통합관리체계 구축'
- 4 각 부처별로 추진해 온 북한관련 국토이용 모니터링 사업을 종합적으로 조율하고 연계시키기 위한 단계별 실천방안 마련





## 1. 연구의 개요 및 목적

### □ 연구의 배경 및 필요성

- 북한은 1990년대 이후 무분별한 개발로 산림이 급격하게 감소하였고 이로 인하여 재난재해, 인명피해, 경제적 손실 등 많은 문제가 발생하고 있음
- 이러한 문제에 대한 실태파악 및 대응방안 마련은 통일 한반도의 국토관리 측면에서 필수적이나 북한의 폐쇄성 등으로 인해 관련 정보는 매우 부족한 상황임
- 통일에 대비한 효율적인 정책 대응을 위해서 북한지역의 국토이용 모니터링이 필요함
- 위성영상을 활용한 북한지역의 국토이용 모니터링 정보는 국토를 체계적으로 개발하고 자원을 관리하기 위한 기초자료로 활용 가능

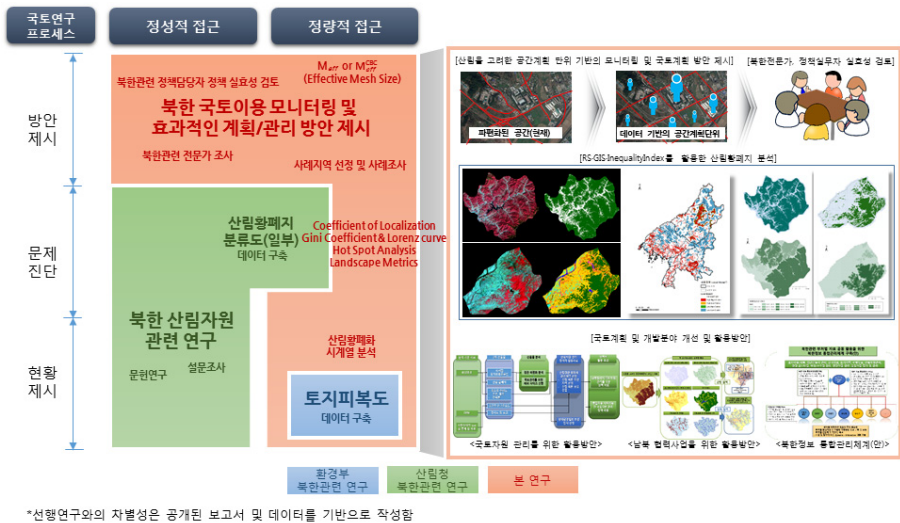
### □ 연구의 목적

- 한반도의 효율적이고 계획적인 국토관리 및 개발을 위하여 국토이용 모니터링의 정책적 활용방안을 도출
  - 북한 전 지역을 대상으로 1980년대 말부터 2000년대 말까지 토지피복변화 실태를 파악
  - 국토개발 계획 수립 및 국토자원 관리를 위한 적절한 ‘공간계획단위’\*를 제시
- \*공간계획단위: 산림을 고려한 국토개발 및 국토자원 관리 계획을 위한 적절한 메시 사이즈 (effective mesh size,  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )
- 북한지역 국토이용 모니터링과 ‘공간계획단위’를 활용한 국토개발 및 관리 분야에서의 정책적 활용방안을 모색
  - 한반도 신경제지도 추진 등 남북협력 관련 계획 및 사업에 대한 연구결과 적용방안 도출

## □ 연구의 범위와 방법

- 국토이용 모니터링의 개념 및 필요성에 대한 문헌연구와 전문가 자문을 수행하고 북한지역에 대한 국토이용 모니터링 체계 및 방법론 제시
- 북한 전 지역 토지피복 실태분석을 통한 거시적 연구와 국토이용 모니터링 사례분석을 통한 국지적 연구를 병행함으로써 균형감 있는 연구 수행
  - 북한 전 지역을 대상으로 원격탐사기법과 GIS를 활용하여 토지피복실태 분석
  - 농경지의 확대 및 산림지역의 감소 등으로 인한 토지피복 변화 특성이 뚜렷하게 나타나는 지역을 대상으로 경관분석 실시
- 북한지역의 국토이용 모니터링에 대한 정책적 활용방안 도출을 위하여 관련분야 정책 담당자 면담 및 설문조사 등을 수행
- 한반도 신경제지도, 남북 접경지역 개발, 북한 통합정보체계 구축 등 남북협력 사업에 대한 적용방안의 총의(總意)를 위해 관련 전문가 회의 및 포럼 등을 통한 발표 및 토론)

그림 1 | 본 연구에서 활용한 국토이용 모니터링 체계 및 선행연구와의 차별성



자료: 연구진 작성

1) 세종통일연합포럼(3/28), 한반도포럼(6/28, 7/28, 12/20), 접경지역포럼(9/22), 북한전문가 토론회(12/22), 총 6회 발표

## 2. 국토이용 모니터링 개념 및 방법론

### □ 국토이용 모니터링의 개념

- 국토이용 모니터링은 ① 국토이용으로 인하여 변화되는 국토의 제반 현상을 필요로 하는 공간단위별로 비교 가능한 지표를 이용하여 감시하고 ② 그 결과를 국토관리 등의 국토관련 정책 결정에 필요한 정보를 생산하여 이를 국토정책 결정자나 관리자에게 제공하는 활동<sup>2)</sup>
- 국토이용 모니터링은 국토변화에 따라 발생 가능한 문제에 대해 능동적·효율적으로 대응함으로써 개발과 보전이라는 상반된 이해의 갈등을 완화시킬 수 있음
- 국토이용 모니터링 결과물은 국토개발, 균형발전, 재난·재해 등에 대한 적시적소(適時適所)적 적용으로 지속가능한 국토관리 정책지원이 가능
- 북한지역의 정확한 국토이용 현황 및 변화 정보 획득은 북한 국토에 대한 이해를 도울 뿐만 아니라 통일에 대비한 정책수립 측면에서 의미가 있음

### □ 북한지역의 국토이용 모니터링 필요성

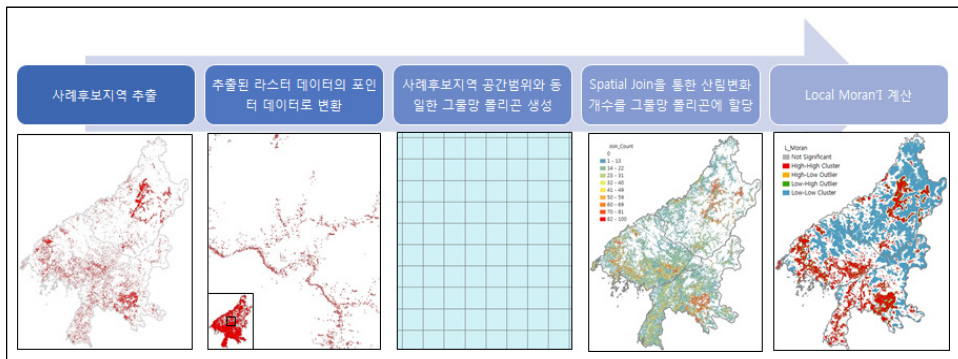
- 국토이용 모니터링 활용분야는 목적에 따라 국토지리, 해양, 농림·산림·수자원, 재난·재해, 환경, 국가안보 등의 분야에 적용할 수 있음
- 북한지역의 국토이용 모니터링은 무분별한 개발에 따른 북한 산림지역의 급속한 감소에 대응하여 조화로운 국토개발 및 환경 친화적 자원 관리를 위하여 필요
- 토지피복의 파편화가 심하게 일어난 지역을 대상으로 지속가능한 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 적절한 공간계획단위를 제시할 필요가 있음
- 한반도 신경제지도 구상 계획, 남북접경지역 국토이용 구상 계획 등 수립을 위해 모니터링을 통한 데이터 기반의 과학적 분석방법이 필요

2) 이종열 외. 2003. 국토이용모니터링체계 구축방안 연구. 국토연구원. p.6

## □ 원격탐사기법을 활용한 국토이용 모니터링 방법론

- 원격탐사기법을 활용한 시계열 토지피복 모니터링을 통해 토지피복 현황 및 변화에 대한 시각적 지도화 및 정량적 수치 파악이 가능
- 집중지수 및 지니계수를 활용한 불균등지수를 통해 토지피복의 변화가 전국적인 분포와 다르게 일부지역에 집중되거나 불균등하게 분포되어 나타나는지를 파악
- 공간구조 패턴분석을 위해 Moran's I를 활용하여 토지피복 변화의 공간적 패턴이 집중, 분산, 또는 임의적인지에 대한 평가 및 주변지역의 영향력을 파악<sup>3)</sup>

그림 2 | Local Moran's I 도출 프로세스



자료: 연구진 작성

- 경관지수<sup>4)</sup>를 활용하여 토지피복의 구조적 패턴을 정량화된 값으로 산출함으로써 국토 개발 등으로 인한 토지피복 변화와 산림파편화 분석 시행
- 국토계획 및 관리를 위한 ‘공간계획단위’를 산출하고 공간적 인구분포 데이터 등의 타 공간정보와 융·복합하여 효과적인 정책지원방안 마련
  - ‘공간계획단위’는 산림을 고려한 국토개발 및 국토자원 관리 계획을 위한 적절한 메시 사이즈(effective mesh size,  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )를 의미함

3) ArcGIS Pro. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app> (2017.3.2. 접속)

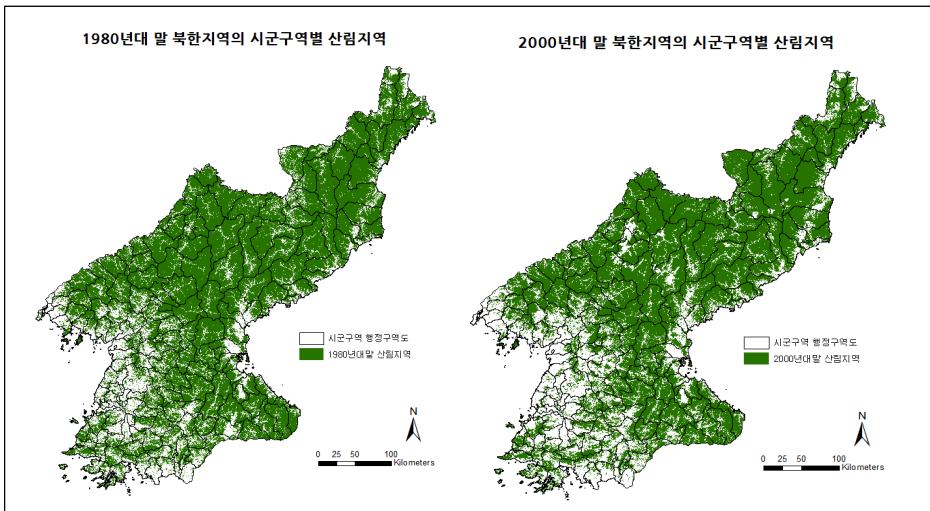
4) 경관지수: 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대한 구조적 패턴을 파악하기 위하여 정량화된 수치를 추출하는 것으로 토지피복도나 임상도 등의 공간자료를 활용하여 개발로 인하여 경관의 변화를 파악하는데 이용되고 있음(지승용 외, 2016)

### 3. 북한지역의 토지피복 실태분석

#### □ 시계열 토지피복 변화분석

- 환경부의 토지피복분류도를 기반으로 1980년대 말과 2000년대 말 북한의 산림분포 현황을 비교한 결과 전국적으로 광범위한 산림훼손이 발생하였음
- 북한전체의 산림지역 면적 변화율(-12.4%)과 비교하여 황해남도, 황해북도, 평안남도, 평안북도는 약 20~30%가 감소한 것으로 나타남
- 시도별로 분석한 결과 평양시 동북부 주변지역, 자강도, 평안남북도, 두만강 일대 등이 산림훼손이 크게 발생하였음
- 도시 지역 중 신의주시와 개성시 등에서는 중국 및 우리나라와의 경협으로 인한 도시개발에 따라 산림감소로 나타난 것으로 추정
- 북한의 식량난 해결을 위한 농경지로의 개간은 환경파괴로만 간주할 수는 없으나 농사에 부적합한 지역까지 무분별한 개발이 이루어지고 있는 실정임

그림 3 | 북한지역의 시군구역별 산림지역 현황: 1980년대 말(좌), 2000년대 말(우)



자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 북한지역의 시군구역별 산림지역 정보를 추출하여 연구진 지도 작성

## □ 산림변화 지역의 집중도 및 불균등 변화 추이분석

- 북한 토지피복의 변화 및 지역별 산림감소 지역의 집중도 및 불균형 정도를 평가하기 위하여 집중도 지수 및 지니계수를 활용
- 집중도 지수와 지니계수는 공간적 변화를 반영할 수 없기 때문에 북한 전체와 시도별로 나누어 분석을 수행함
- 북한 전 지역 및 시군구역별 집중도를 계산한 결과 시계열 분석결과와 같이 북한 전체적으로는 전반적인 산림감소가 나타나지만 평안남·북도는 집중적인 산림감소를 보임

**표 1 | 북한지역의 산림변화(1980~2000년대 말)의 집중도 지수(CL)**

구분	집중도 지수(CL)	구분	집중도 지수(CL)	구분	집중도 지수(CL)
북한 전체	0.25548	황해남도	0.12027	평안남도	0.35793
자강도	0.24171	개성시	0.09513	평양시	0.11450
함경북도	0.19936	강원도	0.19429	라선시	0.04156
함경남도	0.18313	금강산지구	-	양강도	0.19187
황해북도	0.18744	평안북도	0.33896	신의주시	-

자료: 연구진 작성

- 지니계수를 이용하여 산림훼손의 공간적 불균등을 분석한 결과 시도별 값이 북한 전체보다 낮게 나와 시도내의 불균등 보다 시도간 불균등이 더 높은 것으로 나타남

**표 2 | 북한지역의 산림변화(1980~2000년대 말)의 지니계수(G)**

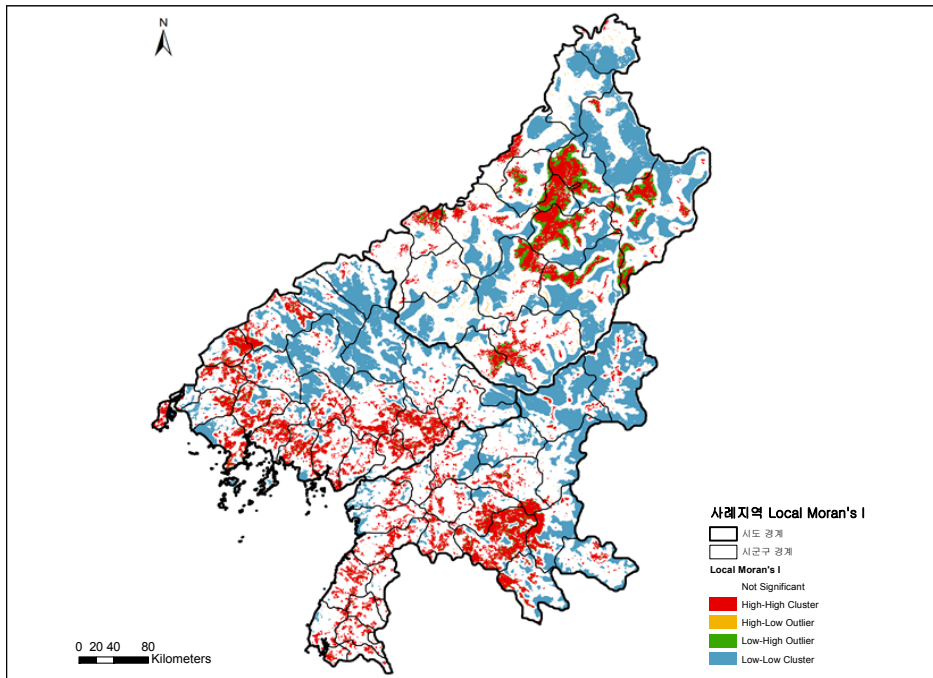
구분	지니계수(G)	구분	지니계수(G)	구분	지니계수(G)
북한 전체	0.4342770	황해남도	0.1874097	평안남도	0.3418715
자강도	0.4274901	개성시	0.1157534	평양시	0.2030299
함경북도	0.3409395	강원도	0.2529381	라선시	0.0435252
함경남도	0.3320884	금강산지구	-	양강도	0.3001412
황해북도	0.2444229	평안북도	0.4300589	신의주시	-

자료: 연구진 작성

## □ 산림변화 지역의 공간구조 패턴 분석

- 산림황폐화가 심화된 지역을 핫스팟 분석하기 위하여 국지적 수준에서 군집패턴을 파악할 수 있는 Local Moran's I<sup>5)</sup> 활용
- 집중도 및 불균등 수치가 높은 평안남·북도와 자강도를 대상으로 핫스팟 분석을 시행한 결과 의주군, 동신군 일대에서 산림황폐화가 집중적으로 발생하고 있음
- 산림황폐화의 유형 및 정책적 대응 방안 도출을 위해 자강도 동신군과 평안북도 의주군을 사례지역으로 선정

**그림 4 | 북한지역 사례후보지역(자강도, 평안남·북도)의 Local Moran's I**



자료: 연구진 작성

5) Local Moran's I: 국지적 공간자기상관을 국지적 수준에서 공간적으로 군집된 패턴을 규명할 수 있을 뿐만 아니라 공간자기상관과의 관계에 대한 각 하위 지역의 기여도를 평가할 수 있는 통계량을 제공하며 지역별 기여도를 평가하는 것으로 주변지역의 영향력 파악할 수 있다. 이 외에도 통계적으로 유의한 Hot spot과 Cold spot, 그리고 공간적 이례지점 확인이 가능 (Anselin, 1994)

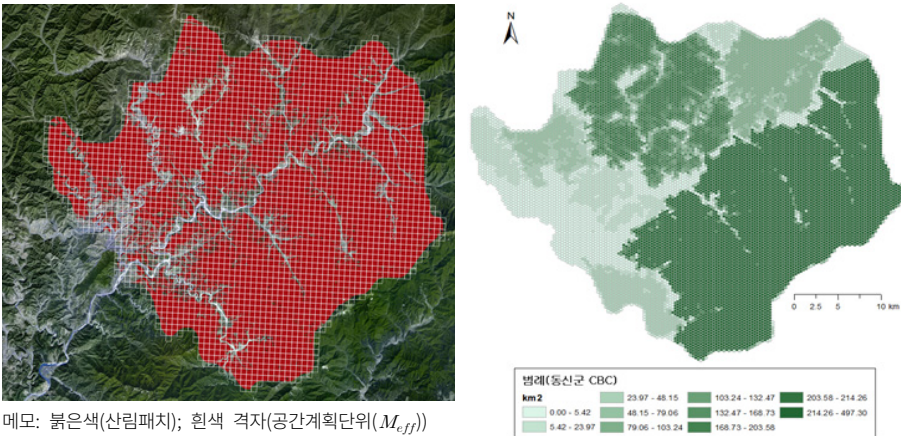
## 4. 북한지역 국토이용 모니터링 사례조사

- 사례지역 대상의 심층 분석을 위해 경관지수 분석을 통한 정량적 경관패턴 분석과 국토개발 및 국토자원 관리에 적합한 ‘공간계획단위’를 산출함
- ‘공간계획단위’는 계산 및 직관적인 이해가 쉬운 오리지널 공간계획단위( $M_{eff}$ )와 행정구역 등과 같은 경계로 인해 발생할 수 있는 문제를 해결한 CBC(Cross Boundary Connection) 공간계획단위( $M_{eff}^{CBC}$ )를 산출함

### □ 사례지역 1: 자강도 동신군의 경관분석

- 1980년대 말과 2000년대 말의 경관지수를 비교해 보면 도시뿐만 아니라 농업지역이 크게 증가하였고 이에 따라 산림 파편화(산림간의 거리 증가)가 심화됨
- 동신군에는 파편화가 일어나지 않은 15개의 산림패치가 존재하고 이를 고려한  $M_{eff}$ 는 0.46km로 나타났으며 위성영상 위에 중첩시킨 결과는 <그림 5(좌)>와 같음
- 동신군의  $M_{eff}^{CBC}$ 는 산림파편화가 심한 도심 및 농경지 개발 지역에서 ‘공간계획단위’가 작게 나타나고 동신군의 남부 지역 및 중북부 지역은 크게 나타남

그림 5 | 동신군의 산림을 고려한 공간계획단위  $M_{eff}$  (좌)와  $M_{eff}^{CBC}$  (우)



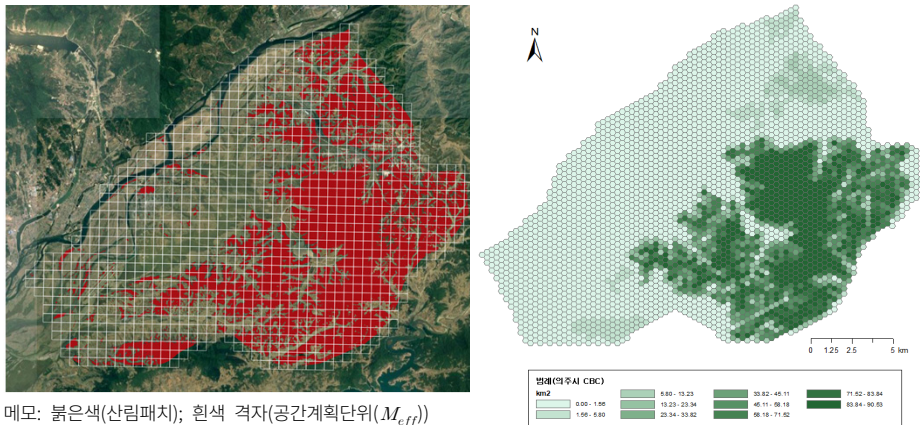
메모: 붉은색(산림패치); 흰색 격자(공간계획단위( $M_{eff}$ ))

자료: 연구진 작성

## □ 사례지역 2: 평안북도 의주군의 경관분석

- 평안북도 의주군의 경관지수를 비교해 보면, 도시의 확산보다는 농업에 의한 산림황폐화가 주요원인으로 추정되며 산림지역으로 점차 확대되고 있음
- 의주군은 낮은 구릉지뿐만 아니라 고도가 높은 지역까지 농경지가 확산되고 있으며 중동부 이남의 산림을 제외하고는 산림황폐화가 심하게 나타나고 있음
- 파편화가 일어나지 않은 1개의 산림패치가 존재하고 이를 고려한  $M_{eff}$ 는  $0.31\text{km}^2$ 이며 위성영상 위에 중첩시킨 결과는 <그림 6(좌)>와 같음
- 의주군의 경우 산림 파편화가 작은 중동부 이남의  $M_{eff}^{CBC}$ 는 크게 나타나는 반면에 파편화가 심한 신의주 인접지역과 압록강 이남은 작게 나타남
- 정책결정자들은 ‘공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )’를 통해 개발 압력이 높고 산림이 이미 제거된 지역에 대해서는 산업 및 기반시설 등의 입지를 고려할 수 있음
- 산림이 단절되거나 녹지가 부족한 지역의 경우에는 ‘공간계획단위’ 기반의 녹화 사업 및 집중관리 지역 등을 고려해 볼 수 있음

**그림 6** | 의주군의 산림을 고려한 적정 공간계획단위  $M_{eff}$  (좌) 와  $M_{eff}^{CBC}$  (우)



메모: 붉은색(산림패치); 흰색 격자(공간계획단위( $M_{eff}$ ))

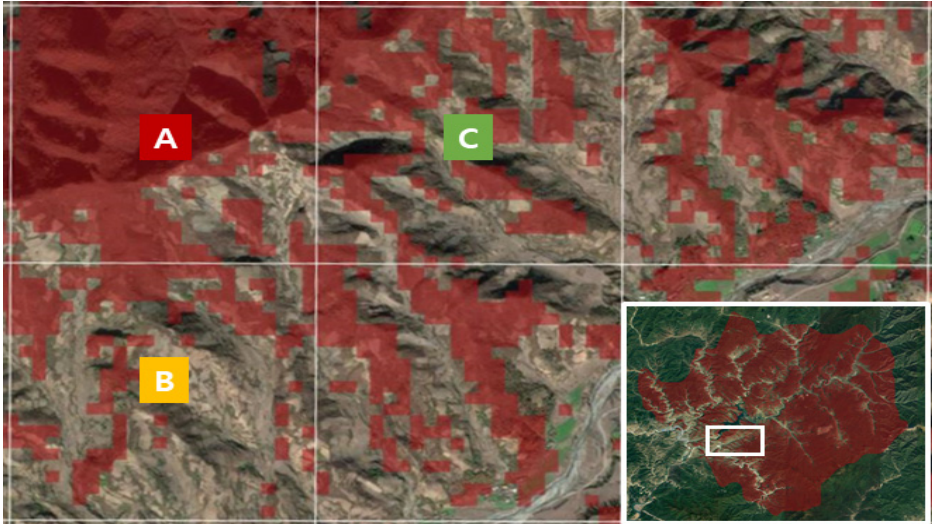
자료: 연구진 작성

## 5. 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링의 정책적 활용방안

### □ 북한지역 국토이용 모니터링결과의 정책적 활용방안

- 북한지역의 국토이용 모니터링 자료의 정책적 활용이 가능한 분야는 ① 국토개발 및 도시개발 계획, ② 국토자원(산림자원 등) 관리, ③ 접경지역의 환경 친화적 국토이용 계획 수립, ④ 북한정보 통합관리체계 구축 분야 등임
- 본 연구 결과물인 ‘공간계획단위’를 활용함으로써 국토개발 계획 수립과 국토자원 관리를 위한 정책지원이 가능
  - A는 대부분이 산림으로 이루어져 있고 B, C에 인접한 부분만이 소규모로 산림황폐화가 이루어졌으므로 산림훼손이 더 확산되지 않도록 산림복구 계획이 필요
  - B는 이미 도시화 및 농경지로 개간되어 ‘공간계획단위’ 안에 산림지역이 소규모로 분포하고 있어 도시계획 대상지로 고려할 필요가 있음
  - C는 산림황폐화가 절반 정도 이루어져 보전 또는 개발에 대한 의사결정을 위해서는 인구, 경제, 생물종 분포 등의 다양한 데이터를 고려하여 계획 수립

그림 7 | 국토계획 및 개발 분야 동신군  $M_{eff}$ 의 활용방안

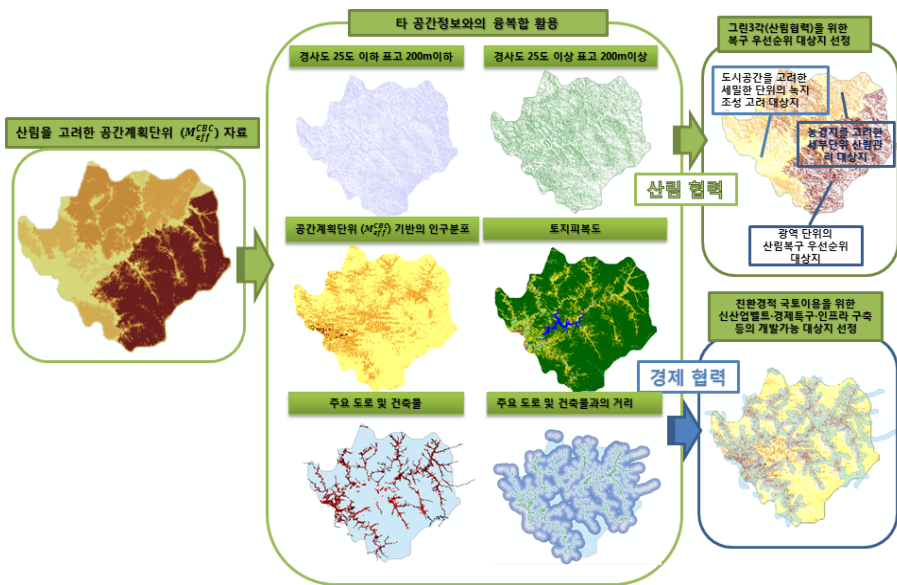


자료: 연구진 작성

## □ 북한지역 국토개발 및 도시개발·계획분야 활용방안

- 북한지역 국토이용 모니터링의 활용 가능성이 높은 분야로 한반도 신경제지도 구상 등의 국토개발 및 도시개발 계획 수립 분야가 있음
- 산림을 고려한 적정한 ‘공간계획단위’와 타 공간정보를 융·복합 활용하여 한반도 신산업벨트, 경제특구, 농업협력단지 등의 조성을 위한 정책적 의사결정 지원이 가능

그림 8 | 북한지역 국토이용 계획 및 정책지원(안)



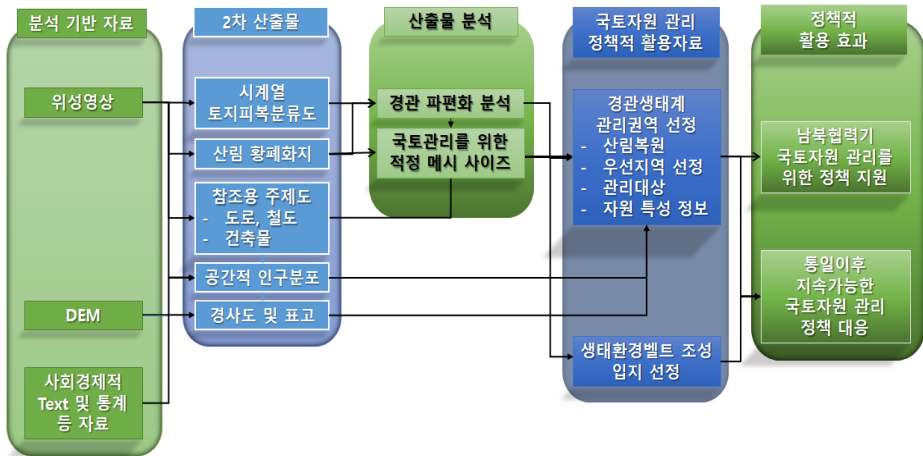
자료: 연구진 작성

- 국토연구원에서 수행한 북한 인구분포 추정(강민조 외, 2016)과 ‘공간계획단위’를 융·복합하여 활용하면 인구 및 산림자원을 고려한 과학적 공간계획 수립 지원이 가능

## □ 북한지역 국토자원 관리분야 활용방안

- ‘공간계획단위’는 산림복원지역 선정 및 국토자원 관리 대상권역 선정 등의 국토 자원 관리를 위한 정책 자료로 활용할 수 있음
- 국토자원관리 분야에서는 위성영상, 수치표고모델(DEM), 사회·경제적 통계 자료 등을 통해 시계열 토지피복분류도, 산림황폐화지도, 도로, 철도, 건축물 등의 주제도, 공간적 인구분포도, 경사도, 표고 등의 산출물을 생성할 수 있음
- 타 공간정보와 본 연구결과 산출물인 ‘공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )’를 융·복합하여 국토자원 관리를 위한 정책적 의사결정지원 자료로 활용
- 국토자원 관련 자료는 경관생태계 관리권역을 설정하고 생태환경벨트 조성의 입지 선정에 하는데 정책적으로 활용이 가능함

그림 9 | 북한지역의 국토자원 관리를 위한 정책지원(안)



자료: 연구진 작성

## □ 남북접경지역의 환경 친화적 국토이용 계획분야 활용방안

- ‘공간계획단위’는 남북접경지역의 환경 친화적 국토이용 구상 방안을 마련하는데 활용할 수 있음
- 남북 여건을 모두 고려한 남북 접경지역의 국토이용 방향 설정 및 그에 따른 실천 계획 수립을 위해 ‘공간계획단위’와 타 공간정보 자료를 활용하여 입지선정 가능
- ‘공간계획단위’를 포함한 국토이용 모니터링 정보는 남북 공동시장 조성 관련 입지 계획, 교통시설물 계획, 관광자원 개발 계획 등의 기반자료로 활용 가능
- 본 연구의 산출물은 낙후된 접경지역의 균형개발을 위한 지역개발 및 토지이용 구상과 실천방안을 마련하는데 활용할 수 있음

그림 10 | 공간계획단위를 활용한 남북접경지역의 적용방안(예시)

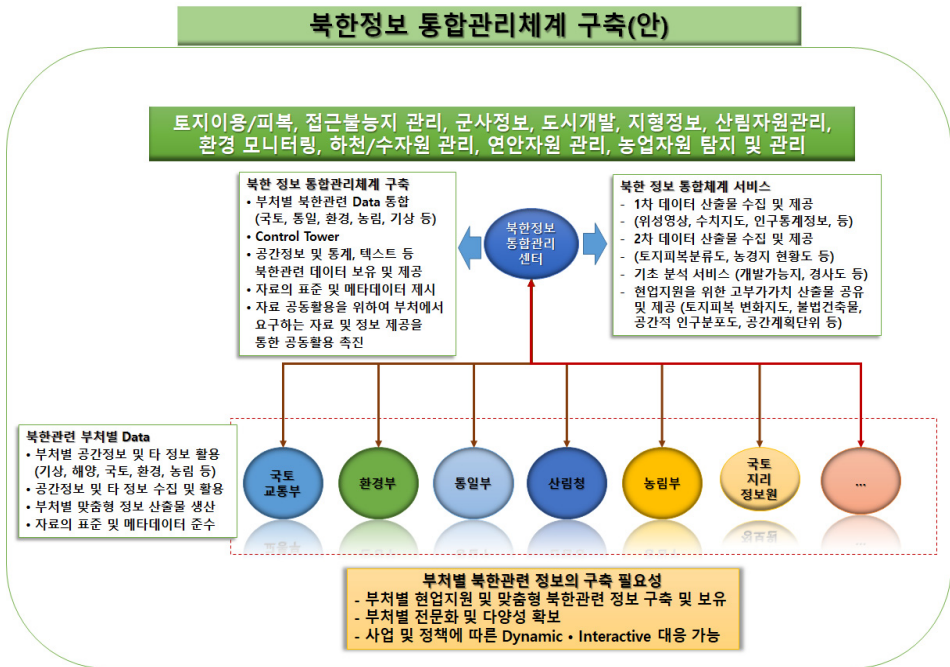


자료: 연구진 작성

## □ 북한정보 통합관리체계 구축분야 활용방안

- 본 연구결과인 ‘공간계획단위’ 자료 등과 함께 북한관련 부처별·기관별로 산재되어 있는 정보를 통합하고 공동으로 활용하기 위한 ‘북한정보 통합관리체계 구축’이 필요
- 북한정보(북한정보포털, 국토정보통합분석시스템 등의 자료)의 통합관리체계 구축을 통해 북한 및 남북 접경지역의 기본 공간정보 구축 및 고도화, 북한지역의 공간정보 활용기반을 마련
- ‘북한정보 통합관리체계 구축’을 통해 자료의 중복구축 방지와 예산절감과 함께 유관기관의 DB를 효율적으로 공동활용 가능

그림 11 | 북한정보 통합관리체계 구축(안)



자료: 연구진 작성

## 6. 정책제안 및 향후 과제

### □ 정책제안

- 국토개발 계획수립과 국토자원 관리의 기초자료로 활용 가능한 ‘공간계획단위’의 정책적 활용방안 제시
- 한반도 신경제지도 구현을 위하여 한 단계 구체화된 ‘공간계획단위’를 기반으로 하여 종합적이고 실효성 있는 경제특구, 한반도 신산업벨트, 농업협력단지 등 사업 추진 방안 마련
- 접경지역의 친환경적 균형발전을 통한 국토이용 구상을 위해 과학적 지역발전 계획을 수립할 수 있도록 ‘공간계획단위’ 활용
- 부처별·기관별로 산재되어 있는 북한관련 정보들을 ‘공간계획단위’ 기반으로 통합하고 공동으로 활용할 수 있는 ‘북한정보 통합관리체계 구축’ 추진
- 각 부처별로 추진해 온 북한관련 국토이용 모니터링 사업을 종합적으로 조율하고 연계시키기 위한 단계별 실천방안 마련

### □ 향후 연구과제

- 북한 전 지역을 대상으로 단계적으로 지역별 공간계획단위를 제시함으로써 지속가능한 국토개발 및 자원 관리를 위하여 지역적 특성에 따라 유연한 정책대응이 가능해야 함
- 정책적 수요가 높은 지역에서부터 산림을 고려한 공간계획단위와 타 공간정보를 융복합하여 국토개발 계획 등을 수립하는 시범사례 연구가 필요함
- 향후 고해상도 위성영상 기반의 토지피복분류도를 활용한 연구를 수행함으로써 보다 정확한 데이터 기반의 정책적 활용이 가능

---

# 차례

## CONTENTS

---

발 간 사 .....	i
주요 내용 및 정책제안 .....	iii
요 약 .....	v

---

### 제1장 연구의 개요

1. 연구의 필요성 및 목적 .....	3
2. 연구의 범위 및 방법 .....	7
3. 선행연구와의 차별성 .....	10
4. 연구의 기대효과 .....	16

---

### 제2장 국토이용 모니터링 개념 및 방법론

1. 국토이용 모니터링 개념 및 필요성 .....	21
2. 국토이용 모니터링 체계 및 활용분야 .....	29
3. 원격탐사를 활용한 국토이용 모니터링 방법론 .....	35

---

### 제3장 북한지역의 토지피복 실태분석

1. 북한지역 토지피복 실태분석 및 경관분석 개요 .....	51
2. 원격탐사기법을 활용한 북한지역 토지피복 실태분석 .....	56
3. 시사점 .....	72

## 제4장 북한지역의 국토이용 모니터링 사례조사

1. 국토이용 모니터링 사례지역 선정 ..... 77
2. 국토이용 모니터링 사례조사 ..... 85
3. 시사점 ..... 100

## 제5장 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 정책적 활용방안

1. 국토분야 정책적 활용방안 ..... 106
2. 국토관련 계획 및 정책지원 활용방안 ..... 122
3. 북한지역 정보체계 구축을 위한 활용방안 ..... 133

## 제6장 정책제안 및 향후 과제

1. 결론 및 정책제안 ..... 139
2. 연구의 성과와 향후 과제 ..... 144

참고문헌 ..... 147

SUMMARY ..... 159

---

# 표차례

## LIST OF TABLES

---

<표 1-1> 선행연구와의 차별성 .....	11
<표 2-1> 위성영상 활용분야 우선순위 도출을 위한 전문가조사 결과 .....	28
<표 2-2> 국토이용 모니터링 체계의 활용분야 .....	32
<표 2-3> 원격탐사 기법을 이용한 산림지역 모니터링 연구 목록 .....	34
<표 3-1> 환경부의 토지피복도 제작방법 .....	52
<표 3-2> 북한지역의 시도별 1980년대 말~2000년대 말 산림면적 변화 .....	59
<표 3-3> 집중도 지수(CL) 산출을 위한 변수 .....	61
<표 3-4> 북한지역 산림변화(1980~2000년대 말)의 집중도 지수(CL) .....	62
<표 3-5> 북한지역 산림변화(1980~2000년대 말)의 지니계수(G) .....	63
<표 4-1> 본 연구에서 토지피복 파편화 분석을 위하여 활용한 경관지수 .....	85
<표 4-2> 1980년대 말 자강도 동신군의 토지피복 경관 매트릭스 .....	87
<표 4-3> 2000년대 말 자강도 동신군의 토지피복 경관 매트릭스 .....	87
<표 4-4> 1980년대 말 평안북도 의주군의 토지피복 경관 매트릭스 .....	89
<표 4-5> 2000년대 말 평안북도 의주군의 토지피복 경관 매트릭스 .....	89
<표 4-6> 2017년 동신군의 $M_{eff}$ .....	92
<표 4-7> 2017년 의주군의 $M_{eff}$ .....	97
<표 5-1> 본 연구결과의 정책적 활용가능성에 따른 우선순위 평가 및 관련사업 .....	108
<표 5-2> 남북 산림협력의 단계별 주요 사업관련 본 연구결과의 활용 .....	116
<표 5-3> 남북 산림협력 관련 향후 연구과제 .....	118
<표 5-4> 북한지역 국토이용 모니터링의 정책적 활용방안(안) .....	122
<표 6-1> 북한지역 국토이용 모니터링 활용 협의체(가칭)의 참여기관 구성(안) .....	143

<그림 1-1> 연구흐름도 .....	10
<그림 1-2> 본 연구에서 활용한 국토이용 모니터링 체계 및 선행연구와의 차별성 .....	15
<그림 2-1> 북한 국토이용 모니터링 활용방안 .....	25
<그림 2-2> 북한 국토이용 모니터링을 위한 종합적 검토 .....	26
<그림 2-3> 위성정보 활용분야 우선순위 도출을 위한 수요조사 결과 .....	27
<그림 2-4> 연구지역 단위와 활용분야에 따른 국토이용 모니터링 체계 .....	30
<그림 2-5> 국토정책 지원을 위한 대만의 국토이용 모니터링 체계(예) .....	31
<그림 2-6> ERDAS Imagine을 활용한 변화탐지기법 .....	38
<그림 2-7> 집중지수 CL과 Moran's I 비교 .....	42
<그림 2-8> 토지피복 파편화와 패치의 크기관계 및 국토개발을 위한 저감방안 .....	44
<그림 2-9> 경관의 Barriers와 그리드 단위의 effective mesh size .....	45
<그림 3-1> 환경부의 북한지역 토지피복 현황 .....	52
<그림 3-2> 동신군과 의주군의 Landsat 8 영상자료(RGB Band) .....	55
<그림 3-3> 북한지역의 공간적 인구분포 추정 결과 .....	55
<그림 3-4> 북한지역의 시계열 토지피복분류도: 1980년대 말(좌), 2000년대 말(우) .....	56
<그림 3-5> 북한지역의 시군구역별 산림지역 현황: 1980년대 말(좌), 2000년대 말(우) .....	57
<그림 3-6> 북한지역의 시계열 토지피복 변화: 1980년대 말~2000년대 말 .....	58
<그림 3-7> 북한지역의 시계열 산림감소 픽셀의 공간적 분포: 1980~2000년대 말 .....	60
<그림 3-8> 북한지역의 시도별 산림감소(1980~2000년대 말) 집중도 지수 .....	62
<그림 3-9> 북한지역 전체의 산림감소(1980~2000년대 말) 로렌츠 곡선(0.46) .....	63
<그림 3-10> 북한지역 시도별 산림감소(1980~2000년대 말) 로렌츠 곡선 .....	64
<그림 3-11> 평안북도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화 .....	65
<그림 3-12> 자강도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화 .....	66
<그림 3-13> 평안남도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화 .....	67
<그림 3-14> Local Moran's I 도출 프로세스 .....	68
<그림 3-15> 북한지역 사례후보지역의 Local Moran's I .....	69

---

# 그림차례

## LIST OF FIGURES

---

<그림 4-1> 국토이용 모니터링을 위하여 선정한 사례지역 .....	78
<그림 4-2> 사례지역 1: 자강도의 동신군 토지피복 변화(1980년대 말~2000년대 말) .....	79
<그림 4-3> 위성영상(Google Maps)과 Local Moran's I 값의 중첩 비교 분석(동신군) .....	80
<그림 4-4> HH 지역과 위성영상(Google Maps) 중첩을 통한 산림황폐화 비교(동신군) .....	81
<그림 4-5> 사례지역 2: 평안북도 의주군 토지피복 변화(1980년대 말~2000년대 말) .....	82
<그림 4-6> 위성영상(Google Maps)과 Local Moran's I 값의 중첩비교 분석(의주군) .....	83
<그림 4-7> HH 지역과 위성영상(Google Maps) 중첩을 통한 산림황폐화 비교(의주군) .....	84
<그림 4-8> 자강도 동신군의 Landsat 8(2017.6.17.)자료와 토지피복분류도 .....	91
<그림 4-9> 자강도 동신군의 Landsat 8(2017.6.17.)자료와 산림지역(패치) 추출 .....	91
<그림 4-10> 산림 파편화가 일어나지 않은 동신군의 산림패치 .....	92
<그림 4-11> 동신군의 산림 파편화를 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$ ) .....	93
<그림 4-12> 동신군 $M_{eff}^{CBC}$ 산출을 위한 Hexagon 폴리곤 단위지역 .....	94
<그림 4-13> Boundary Problem을 고려한 동신군의 산림패치 $M_{eff}^{CBC}$ .....	95
<그림 4-14> 평안북도 의주군의 Landsat 8(2017.5.20.)자료와 토지피복분류도 .....	96
<그림 4-15> 평안북도 의주군의 Landsat 8(2017.5.20.)자료와 산림지역(패치) 추출 .....	96
<그림 4-16> 산림 파편화가 일어나지 않은 의주군의 산림패치 .....	97
<그림 4-17> 의주군의 산림 파편화를 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$ ) .....	98
<그림 4-18> Boundary Problem을 고려한 의주군 $M_{eff}^{CBC}$ 의 산림 패치 .....	99
<그림 5-1> 국토계획 및 개발 분야 동신군 $M_{eff}$ 의 활용방안 .....	110
<그림 5-2> SRTM DEM(90m)(좌) 및 국토지리정보원 DEM(10m)(우) .....	110
<그림 5-3> 북한지역의 거주가능지역 및 공간적 인구분포추정 .....	111
<그림 5-4> 동신군 및 의주군의 도로, 건축물, 경사도, 토지피복분류도(2017) .....	111
<그림 5-5> 공간적 인구분포를 고려한 $M_{eff}^{CBC}$ 의 용·복합 활용 .....	112
<그림 5-6> 국토계획 및 관리 분야 의주군 $M_{eff}$ 의 활용방안 .....	115
<그림 5-7> 북한지역의 국토자원 관리를 위한 정책지원(안) .....	118

<그림 5-8> 공간계획단위를 활용한 남북접경지역의 적용방안(예시) .....	120
<그림 5-9> $M_{eff}^{CBC}$ 와 타 공간정보의 융·복합 활용방안 .....	126
<그림 5-10> 산업벨트·경제특구와 그린3각 협력 입지선정을 위한 공간정보 .....	127
<그림 5-11> 한반도 신경제지도 구상 계획을 위한 정책적 활용방안 .....	129
<그림 5-12> 남북 산림협력 및 산림자원 관리를 위한 공간정보 .....	133
<그림 5-13> 통일부의 북한정보포털 지도 .....	134
<그림 6-1> 북한정보 통합관리체계 구축(안) .....	142





CHAPTER 1

연구의 개요

- 1. 연구의 필요성 및 목적 | 3
- 2. 연구의 범위 및 방법 | 7
- 3. 선행연구와의 차별성 | 10
- 4. 연구의 기대효과 | 16



# 연구의 개요

본 장에서는 연구의 배경 및 필요성과 연구의 목적을 기술하고 연구의 학술적·정책적 기대효과를 서술한다. 또한, 연구의 범위와 주요 연구방법론을 기술한다. 북한지역의 국토이용 실태, 공간정보 통합시스템 구축, 북한지역의 개발 잠재력 및 토지피복정보를 활용한 공간적 인구분포 추정 등의 관련 선행연구 검토를 통해서 본 연구에서 차별적으로 다루고자 하는 연구내용과 목적을 제시한다. 본 연구는 북한지역의 국토이용 현황파악 및 데이터 분석에서 더 나아가 통일대비 북한지역의 국토이용을 위한 과학적 정책 의사결정을 지원하는데 가치가 있다.

## 1. 연구의 필요성 및 목적

### 1) 연구 필요성

북한은 1990년대 이후 농경지의 확산 등으로 인하여 산림지역의 감소가 극심해졌으며, 2000년 이후에는 황폐화된 산림 복구를 위하여 적극적인 자세를 취하고 있다.<sup>1)</sup> 북한의 산림지역은 전체 토지피복 면적의 80% 이상을 차지하고 있으나 북한은 산림 관리에 대한 중앙정부의 지원이 소홀해지고 부족한 농경지로 인하여 다락밭을 장려하면서 산림파괴가 가속화되고 있는 실정이다.<sup>2)</sup> 따라서 통일대비 북한지역의 환경생태학적·지속가능성 측면에서 효율적이고 균형적인 국토자원 관리 및 국토개발을 위하여 국토이용 모니터링이 필요하다. 북한지역의 국토이용 모니터링을 통해서 토지피복실태

1) 유엔, 북한 산림 복구에 55만 달러 지원. 2016. VOA. <https://www.voakorea.com> (2017.3.2. 접속)

2) 북한, 경사지개발 자제하고 평지농지개간에 중점뒤야. 2004. RFA. <http://www.rfa.org> (2017.3.2. 접속)

---

및 변화패턴을 분석하고, 이에 대응한 통일대비 국토자원관리 및 국토개발 정책을 수립할 필요가 있다.

국토이용 모니터링은 국토를 이용하는 행위로 인하여 변화되는 국토의 현상을 탐지할 수 있는 공간단위별 지표를 이용하여 감시하고 그 결과를 국토관련 정책에 활용할 수 있도록 정보를 생산하여 국토정책 결정자 및 관리자에게 제공하는 활동을 의미한다(이종열 외, 2003). 국토이용 모니터링에는 국토지리, 해양·수산, 농림, 산림, 수자원, 재난재해, 환경, 기상, 국간안보 등의 다양한 활용분야가 있다. 그러나 북한지역 국토이용의 특징을 살펴보면, 1990년대 이후로 식량난 해결을 위한 농경지의 확산 등으로 인하여 산림의 감소가 급격하게 발생하고 있어 산림관련 모니터링이 우선적으로 필요한 실정이다.<sup>3)</sup> 따라서 본 연구에서는 국토이용 모니터링의 다양한 활용분야 중에서 산림지역의 감소로 인한 토지피복의 현황 및 실태를 파악하고 이에 대응한 정책수립 지원방안을 제시하고자 한다.

특히, 한반도 공간구조의 기반이 되는 산림 관련 연구는 남북을 하나의 공간으로 인식하고 지속적인 모니터링을 통한 변화 파악 및 그에 대한 구체적인 해결방안을 모색할 수 있어야 한다. 그러나 북한 산림 관련 연구는 남북분단과 북한의 폐쇄성으로 인하여 주로 산림복원이나 풍수해에 따른 인도적 원조를 위한 대상으로서만 연구되고 있기 때문에 한반도 전체를 조망할 수 있는 공간계획 관점에서의 연구가 시급한 실정이다. 이러한 한반도 공간계획에 기반한 북한 산림연구는 통일을 대비한 국토이용 현황을 파악하고 과학적이고 효과적인 국토개발 및 관리를 가능하게 함으로써 하나된 한반도 국토계획의 미래상을 제시해 줄 수 있을 것이다.

FAO는 2016년 ‘세계 산림의 날(International Day of Forests)’<sup>4)</sup>을 맞아 산림은 인류 생존에 필요한 물의 4분의 3을 제공하고 기후변화에 대한 가장 효과적인 해결책이라며 산림의 중요성을 강조하였다. 이는 산림보호에 대한 내용이지만 이면에는 산림을 고려한 과학적이고 체계적인 국토개발의 필요성을 강조하는 내용이라고 할 수 있다.

---

3) 북한, 경사지개발 자제하고 평지농지개간에 중점투자. 2004. RFA. <http://www.rfa.org> (2017.3.2. 접속)

4) FAO. 2016. 세계 산림의 날(International Day of Forests). <http://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/03/forests2016English.pdf> (2017.3.2. 접속)

---

인간의 삶을 영위하기 위한 정주(定住), 농업 및 경제활동을 위해서는 국토개발이 필수적이며 이러한 개발은 환경영향을 최소화 할 수 있는 범위 내에서 개발되어야 하기 때문이다. 따라서 최소화된 환경영향의 주 대상은 산림이며 국토개발에 따른 산림에 미치는 영향을 최소화 하고 경제·사회적 가치를 담을 수 있는 데이터에 기반한 공간계획 단위가 필요하다. 이러한 산림을 고려한 공간계획 단위는 개발과 보존이라는 상반된 이데올로기의 갈등을 완화하고 다른 정보와 융합을 할 수 있는 기반이 됨으로써 국토의 가치를 증대시키고 화합과 지속가능한 발전을 할 수 있는 토대를 마련할 수 있다.

UNDP<sup>5)</sup>에서 발표한 2016 Human Development Reports에 따르면 북한의 산림은 1990년부터 2015년 사이에 38.7%에 달하는 산림이 사라졌으며 이는 북한 면적의 41.8%에 해당한다. 북한과 같이 식량난이 심각한 경우 산림 개간을 통한 농경지 확대는 삶의 영위라는 측면에서 부정적으로만 볼 수는 없으나 문제는 무분별한 벌목과 개간 그리고 자연재해에 대한 취약성 등으로 인한 국토공간의 황폐화에 있다. 북한은 부족한 연료와 식량을 확충하기 위하여 벌목과 다락밭 사업 등이 무분별하게 지속적으로 이루어져 왔다. 이와 더불어 열악한 관계시설, 급경사의 농경지 등으로 인해 강우시 홍수 및 토사로 농경지가 불모화 되고 이는 농사에 부적합한 또 다른 산림지역을 농경지로 개간하는 등의 악순환이 되풀이 되고 있다. 이로 인하여 산림지역은 파편화고 황폐화 되어 산림으로서의 기능이 저하되고 물부족, 인명재해 등의 2차적인 피해를 발생시키고 있다.

남북을 하나의 공간체계로 인식하고 통일대비 북한 국토이용의 변화를 모니터링 및 환경을 고려한 과학적인 공간계획을 위해서는 데이터를 기반으로 한 연구가 필수적이며 북한과 같이 폐쇄적인 지역을 연구하기 위해서는 위성영상 기반의 연구가 유일한 대안이라 할 수 있다. 위성영상은 시계열적 토지이용의 변화탐지가 가능하며 직접적인 현장조사가 어려운 지역연구에 매우 효과적이다. 이러한 이점으로 인하여 북한 산림연구에 위성영상이 많이 사용되고 있으나 기존의 연구는 시각적 탐색, 토지피복도 등과 같은 데이터 구축 등 현황 파악 및 문제 진단에 머물러 구체적인 정책적 활용까지 연결 되기에는 무리가 있었다.

---

5) UNDP. 2016. Human Development Reports. <http://hdr.undp.org/en/composite/Dashboard2> (2017.3.2. 접속)

---

또한, 통일에 대비한 과학적 정책수립을 위한 국토이용 모니터링이 필요함에도 불구하고 북한지역의 자료 및 국토관련 정책 결정에 필요한 정보가 부족하여 북한지역을 조망하고 변화를 탐지할 수 있는 기반이 매우 부족하다. 이로 인하여 통일대비 정책 결정에 필요한 북한지역 국토이용 모니터링 정보 및 2차 이상의 고부가가치 산출물을 정책 결정자에게 제공하는 연구가 미흡하므로 본 연구에서는 데이터 기반의 실무적으로 이용 가능한 정책 자료를 제시함으로써 과학적 정책의사결정을 지원하고자 한다.

실제로 북한과 같이 접근하기 어려운 지역의 국토이용 모니터링을 위해서는 위성영상정보를 통해 국토정보를 획득할 수 있으며, 이렇게 획득된 국토이용정보는 통일대비 한반도의 국토관련 정책 활용방안을 도출하는데 유용하다. 즉, 북한지역의 산림감소로 인한 토지피복 실태 및 변화패턴 분석을 통한 국토이용 모니터링 정보를 기반으로 통일 대비 미래 한반도의 종합적인 국토이용 및 관리방향을 제시하고 추진전략을 마련함으로써 체계적이고 효율적인 통일 기반을 구축할 수 있다. 특히, 위성영상을 활용한 북한지역의 시계열적 공간정보는 통일 이후 국토를 체계적으로 개발하고 국토자원을 관리하기 위한 기초자료로 활용가능하며, 이러한 정보들은 정책 활용성, 시기 적절성, 비용 효율성 측면에서 국토정책을 수립하는데 필수적이다. 이는 산림지역의 감소로 인한 토지피복의 변화 및 재난재해 이전과 이후와 같은 시점별 국토변화 비교 또는 분석이 필요할 경우에는 위성영상을 통해 국토이용을 모니터링 하는데 소요되는 인력 및 시간 절감이 가능하기 때문이다.

북한지역의 국토이용 모니터링 자료는 국토개발 계획 및 국토자원 관리 분야로 나뉘어 정책적 활용도를 고려해볼 필요가 있다. 통일대비 지속가능한 국토개발 계획을 위하여 남북 상호간 지속가능한 국토정책과 남북협력 관계 구축에 필요한 한반도 신경제 지도 구상 계획, 남북개발협력 대비 북한 인프라 현황 분석, 신산업벨트 구축 및 남북 접경지역의 그린3각 협력 등을 위한 기초자료로 활용 가능하다. 이 외에도, 국토산림자원 관리 분야에 있어서 국토이용 모니터링 자료는 무분별한 산림 벌목이나 다락밭 장려로 인한 산림피괴 관리 및 산림녹화, 환경자원벨트 구축 등의 사업과 관련한 지속가능한 국토자원관리 지원체계 마련을 위한 기초자료로 활용 가능하다.

---

## 2) 연구 목적

본 연구의 목적은 통일에 대비하여 한반도의 효율적이고 균형적인 국토자원 관리와 국토개발 계획을 위하여 북한의 토지피복변화 실태 및 경관분석을 통해 국토이용 모니터링을 수행하고 활용방안을 도출하는데 있다. 이러한 연구의 주목적 하에서 세부 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 북한 전 지역을 대상으로 1980년대 말부터 2000년대 말까지 토지피복 현황 및 변화를 통해서 토지피복 실태를 파악한다.

둘째, 토지피복의 변화 및 변화의 불균형 및 집중도가 심화된 지역을 사례지역으로 선정하여 경관분석을 통해 토지피복의 변화에 따른 경관과편화<sup>6)</sup> 현상을 살펴보고, 이에 따른 적절한 국토계획 및 관리를 위한 적절한 공간계획단위<sup>7)</sup>를 제시한다.

셋째, 공간계획단위 및 타 공간정보를 융·복합하여 활용함으로써 국토개발 및 산림 자원 관리 등을 위한 정책적 지원방안을 제시한다. 마지막으로 본 연구의 산출물을 포함한 북한지역의 국토이용 모니터링 자료 활용 및 구축을 위한 정책을 제안한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구 범위

#### (1) 분석 범위

본 연구의 분석 범위는 북한 전 지역을 대상으로 원격탐사기법과 GIS를 활용한 북한 지역의 토지피복실태를 분석하고 시계열 토지피복 현황 및 변화 분석, 경관지수와 지

---

6) 경관 파편화(fragmentation): 토지피복의 변화로 인하여 산림지역, 서식지, 생태계 또는 토지피복의 유형이 더 작은 크기로 나누어지는 현상으로 토지변형에 관여하는 몇 가지 경관의 공간변화 중의 하나임(정흥락 외, 2003)

7) 공간계획단위: 산림을 고려한 국토개발 및 국토자원 관리 계획을 위한 적절한 메쉬 사이즈(effective mesh size,  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )

---

니계수를 활용한 지역별 경관분석 및 불균형 평가를 통하여 사례지역을 선정한다. 산림감소, 다락밭 증가로 인한 농경지의 증가 등으로 인하여 토지피복 변화 특성이 뚜렷하게 나타나는 사례지역을 대상으로 원격탐사, GIS 및 공간통계기법을 활용한 국토이용 모니터링 사례분석을 수행 한다.

## (2) 내용적 범위

연구의 내용적 범위는 첫째, 국토이용 모니터링의 개념 및 본 연구에서 활용한 원격탐사기법과 GIS 관련 방법론을 제시한다. 이와 함께 국토이용 모니터링의 개념 및 위성영상을 활용한 북한지역 국토이용 모니터링의 필요성을 살펴본다. 이러한 개념과 필요성 하에 기존의 국토이용 모니터링 체계를 살펴보고 북한지역에 적합한 국토이용 모니터링 체계를 제안한다. 제안된 모니터링 체계를 분석의 틀로 하고 원격탐사기법 및 GIS를 활용한 국토이용 실태분석 및 모니터링(시계열 토지피복 현황과 변화 분석, 토지피복 변화 집중도와 불균형 추이 분석, 토지피복 변화로 인한 공간구조 변화 패턴 분석)을 수행한다.

둘째, 원격탐사기법을 활용한 북한지역의 토지피복실태를 분석하기 위하여 북한지역 토지피복 관련연구 자료를 검토하고 연구목적에 부합하는 분석기법을 통하여 북한지역의 토지피복 실태를 분석한다. 토지피복 실태분석 방법론에는 시계열 토지피복 현황 및 변화탐지 분석, 집중지수와 지니계수 활용한 토지피복 변화의 집중도 및 불균형 지역 분석, 공간통계기법(Moran's I)을 활용한 토지피복 공간구조 패턴을 분석한다. 다양한 분석을 통한 북한지역의 토지피복 특성 분석 결과를 통해 시사점을 도출한다.

셋째, 산림황폐화와 도시화로 인해 토지피복 변화가 뚜렷한 지역을 대상으로 상세한 국토이용 모니터링을 위해 사례지역을 선정하여 경관지수와 적절한 공간계획단위를 제시함으로써 국토자원 관리 및 국토개발 계획 수립을 위한 시사점을 도출한다.

마지막으로, 통일대비 북한지역의 국토이용 모니터링의 정책적 활용방안으로써 북한지역 국토이용 관련 정책지원, 한반도 신경제지도, 남북접경지역 개발과 같은 통일 대비 북한지역 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 정책적 활용방안을 제시한다.

---

## 2) 연구 방법

본 연구는 위성영상을 활용한 국토이용 모니터링 개념 정립과 북한지역의 국토이용 모니터링의 필요성을 문헌조사 및 자료조사를 통해서 서술한다. 또한 원격탐사기법을 활용한 국토이용 모니터링의 필요성 및 선행연구 조사를 위하여 협동연구를 통해 관련 분야 전문성을 제고하였다.

둘째, 원격탐사기법, GIS, 공간통계기법 등을 활용한 북한의 토지피복 실태를 분석한다. 원격탐사기법을 활용한 북한지역의 시계열 토지피복 현황분석, 변화탐지기법을 활용한 토지피복 변화 분석, 집중지수 및 지니계수 활용한 북한 토지피복 집중도 및 불균형 변화 분석과 공간통계기법(Moran's I)을 통한 북한의 토지피복 공간구조 패턴을 분석함으로써 북한 산림황폐화 문제의 심각성을 진단하고 사례지역을 선정한다.

셋째, 통일대비 국토자원관리 및 국토개발을 위한 국토이용 모니터링 사례조사를 실시한다. 농경지 확대와 도시 확산 등으로 인하여 토지피복의 변화(산림훼손지)가 뚜렷한 지역을 사례지역을 대상으로 경관분석을 통한 사례조사를 수행한다. 사례지역을 대상으로 국토개발과 국토자원 관리를 위한 산림을 고려한 적절한 공간계획단위를 도출하고 타 정보와 융·복합을 통해 실효성 있는 국토개발과 국토자원 관리를 위한 적용방안을 도출한다.

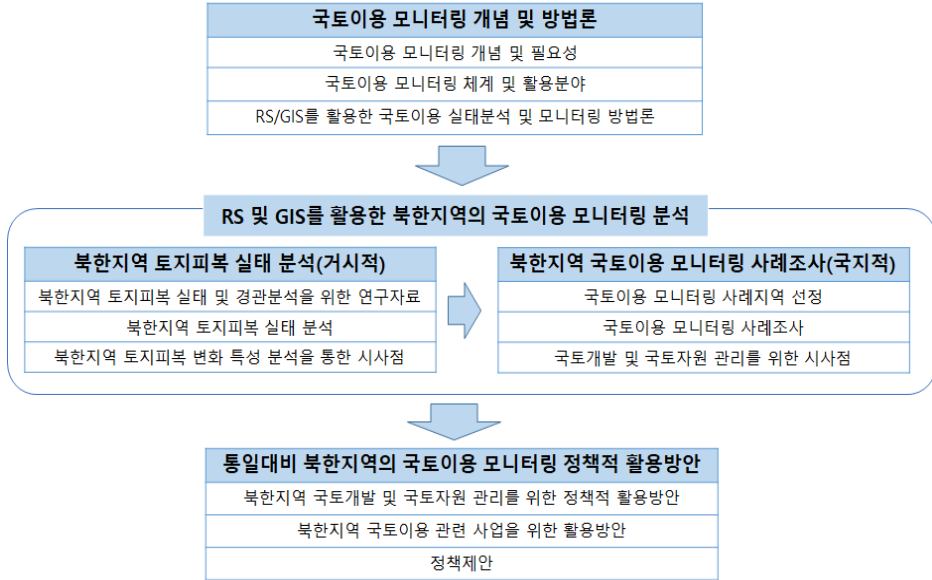
이 외에도, 외부원고를 활용한 국립산림과학원 등의 연구기관과의 협동연구를 통해서 통일이전의 남북 산림협력 시기와 통일이후의 통합적 산림관리 시기의 정책적 활용방안을 제시한다. 또한, 통일부와 국토교통부의 한반도 신경제지도 구상 TF팀, 남북 산림협력팀, 국립산림과학원 등의 실무자들과의 전문가 자문회의 및 면담조사, 워크숍 등을 통하여 북한지역의 국토이용 모니터링에 기반한 통일대비 북한지역의 국토관련 정책적 활용방안을 제시한다.

## 3) 연구 수행절차

원격탐사기법을 활용한 북한지역의 토지피복 실태 분석 및 사례지역의 경관분석을

통해 적정한 국토개발 계획과 국토자원 관리를 위한 적정한 공간계획단위를 제시함으로써 통일대비 정책수립 지원을 위한 본 연구의 흐름도는 <그림 1-1>과 같다.

**그림 1-1 | 연구흐름도**



자료: 연구진 작성

### 3. 선행연구와의 차별성

#### 1) 선행연구 현황

이 연구와 관련된 선행 연구는 북한지역의 국토이용 실태에 관한 연구(사공호상 외, 2006), 접근불능지역의 공간정보 통합시스템 구축에 관한 연구(신동빈 외, 2011; 김천규 외, 2015), 통일대비 북한지역의 개발 잠재력에 관한 연구(이상준 외, 2011; 이상준 외, 2012), 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정에 관한 연구(강민조 외, 2016)로 구분해 볼 수 있다(<표 1-1> 참조).

첫째, 북한지역의 국토이용 실태 파악을 위하여 사공호상 외(2006)는 북한지역의 국토이용 관련 자료에 대한 수요조사 및 활용 실태 분석을 수행하고, 이러한 조사 결과를 바탕으로 평양시 한개 도시를 사례지역으로 선정하여 토지이용 실태를 조사하였다.

둘째, 접근불능지역의 공간정보 통합시스템 구축과 관련하여 신동빈 외(2011)는 남북경협 등 종합적 국토정책과 계획수립 기초자료 확보를 위하여 국토정보 통합체계 단계별 구축전략을 제시하였다. 또한, 남북관계 개선과 통일 준비를 위한 정책대안을 모색하기 위하여 김천규 외(2015)는 국토정책 결정과 계획수립을 위한 기초자료로 활용 가능한 접근불능지역 국토정보통합분석시스템 구축전략 및 추진방안을 제시하고 시범 사업 후보지에 대한 모의분석을 수행하였다.

셋째, 남북협력 방안 모색을 위하여 이상준 외(2011, 2012)는 문헌조사와 위성영상 자료를 기반으로 북한의 주요 거점도시들인 남포, 신의주시, 나선, 청진, 원산시를 대상으로 도시 실태와 개발 잠재력 분석 및 향후 개발과제를 제시하였다.

넷째, 북한지역의 토지피복 정보를 활용한 공간적 인구분포와 관련하여 강민조 외(2016)는 통일대비 북한지역의 토지피복 정보를 활용하여 공간적 인구분포 추정 및 정책적 활용방안을 제시하였다.

**표 1-1 | 선행연구와의 차별성**

구분	선행연구와의 차별성			
	연구목적	연구방법	주요 연구내용	
주요 선행 연구	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌·도면·인터넷 조사</li> <li>• 조사항목 도출을 위한 빈도조사</li> <li>• 활용 실태분석을 위한 워크숍</li> <li>• 실증사례 분석</li> <li>• 새터민 면담조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 북한지역 국토이용실태 조사방안 연구</li> <li>• 연구자(년도): 사공호상 외 (2006)</li> <li>• 연구목적: 북한지역의 국토이용 실태의 종합적·체계적조사 방안을 모색·정립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한 국토이용자료 수요 조사</li> <li>• 북한 국토이용자료 활용실태 분석</li> <li>• 평양시를 사례지역으로 국토이용실태 조사</li> <li>• 북한 국토이용실태 조사방안 제시</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문헌 및 연구자료 조사</li> <li>• 관계기관의 현황 및 수요조사</li> <li>• 협의체 구성 및 업무협의회 개최를 통한 전문가 의견 수렴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과제명: 접근불능지역 공간정보 통합체계 ISP 수립연구</li> <li>• 연구자(년도): 신동빈 외 (2011)</li> <li>• 연구목적: 남북경협 등 포괄적인 국토정책 및 계획수립 기초자료 확보를 위한 정보화전략 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접근불능지역의 공간정보 현황 및 환경 분석</li> <li>• 접근불능지역 정보 수요조사</li> <li>• 공간정보 유통체계 구축전략</li> <li>• 국토조사 및 공간정보 관련 법제도 개선방안</li> <li>• 국토정보통합체계 단계별 구축전략</li> </ul>

구분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구방법	주요 연구내용
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 접근불능지역 국토정보 통합분석시스템 개발 시범연구</li> <li>연구자(년도): 김천규 외 (2015)</li> <li>연구목적: 국토정책 결정과 계획수립을 위한 기초자료로 활용 가능한 접근불능지역 국토정보통합분석시스템 구축 전략 및 추진방안을 제시하고 시범사업지역 후보지에 대한 시범분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관계기관 수요조사</li> <li>DB 구축현황 조사</li> <li>업무협의회 개최를 통한 전문가 의견 수렴</li> <li>시범분석 모형 개발(프로토타입 개발)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>접근불능지역 국토정보통합 분석체계 개발 전략</li> <li>접근불능지역 국토정보통합 분석시스템 개발사업 추진방안</li> <li>도시·주택부문 시범DB 구축(구남포·신의주·나선)</li> <li>도시·주택부문 시범분석 모형 개발(구남포·신의주·나선)</li> <li>개발가능후보지 도출을 위한 시범분석(구남포·신의주·나선)</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 통일 한반도 시대에 대비한 북한 주요 거점의 개발잠재력과 정책과제(Ⅰ·Ⅱ)</li> <li>연구자(년도): 이상준 외 (2011, 2012)</li> <li>연구목적: 도시개발의 잠재력을 분석하여 향후 개발과제를 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련 전문가 의견수렴</li> <li>문헌자료 분석</li> <li>위성영상 데이터 분석</li> <li>탈북자 면접조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 도시개발 잠재력 분석을 위한 접근방법</li> <li>남포, 신의주, 나선, 청진, 원산시 개발 잠재력 분석</li> <li>남포, 신의주, 나선, 청진, 원산시 장기 도시개발 과제</li> <li>남포, 신의주, 나선, 청진, 원산시 개발을 위한 남북협력 과제</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구</li> <li>연구자(년도): 강민조 외 (2016)</li> <li>연구목적: 원격탐사기법을 활용하여 북한의 공간적 인구분포를 보다 정확하게 추정함으로써 통일대비 북한지역의 공간적 인구분포 자료를 구축하고 국토정책 활용방안을 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌조사 및 통계조사</li> <li>원격탐사기법·GIS를 활용한 공간적 인구분포 추정</li> <li>전문가 자문회의 및 전문가 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원격탐사와 인구추정의 이론적 배경</li> <li>북한지역의 인구 및 토지이용 현황</li> <li>원격탐사기법을 활용한 거주가능지역 및 공간적 인구분포 추정 방법론 조사</li> <li>북한지역의 거주가능지역 및 공간적 인구분포 추정</li> <li>공간적 인구분포 정보의 정책적 활용방안 및 정책제안</li> </ul>
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안 연구</li> <li>연구목적: 통일대비 한반도의 효율적이고 균형적인 국토자원 관리와 국토개발 위하여 북한의 토지이용 변화 실태 및 경관분석을 수행하고, 이러한 토지특성분석 결과에 대응한 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안을 도출함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌 및 연구자료 조사</li> <li>RS·GIS를 활용한 토지이용실태 분석 및 토지이용 특성 분석</li> <li>국토이용실태 사례분석</li> <li>전문가 의견수렴을 통한 통일대비 한반도 국토이용 모니터링을 통한 국토정책 활용방안 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성영상을 활용한 국토이용 모니터링에 관한 이론적 고찰</li> <li>원격탐사기법 및 GIS를 활용한 북한지역의 지역별 토지이용실태 및 특성 분석</li> <li>통일대비 국토관리·개발을 위한 국토이용실태 사례조사</li> <li>통일대비 북한지역 국토이용 모니터링을 통한 한반도 국토정책 활용방안</li> </ul>

자료: 연구진 작성

---

## 2) 선행연구와 본 연구와의 차별성

선행연구들은 북한지역의 국토이용실태 조사 방안과 통일대비 국토분야의 남북한 제도 및 향후 남북협력을 위한 정책과제를 제시하는데 중점을 두었다. 기존의 선행연구들은 북한지역의 국토이용 현황과 문제점을 진단하고 문제점을 해결해야 한다는 정책적 당위성을 제시하는데 그친 반면에 본 연구는 북한 전 지역을 대상<sup>8)</sup>으로 국토이용 모니터링을 위한 분석을 수행함으로써 도시화 및 농경지의 확산으로 인하여 산림황폐화가 심하게 일어난 지역을 사례지역으로 선정하여 토지개발과 관리를 위한 산림의 기능적 역할이 가능한 공간계획단위를 제시하는데 있다.

구체적으로 선행연구와 본 연구와의 공간적 범위의 차별성을 살펴보면 기존의 북한지역의 국토이용 관련 연구들은 사례지역을 선정하여 국지적으로 연구가 수행되어 왔다. 예를 들어, 국토연구원에서 수행한 평양시의 토지피복관련 연구에서는 북한 국토이용 관련 수요조사와 활용실태조사(남한 공공분야)를 수행하고 평양시를 사례지역으로 선정하여 토지이용 실태조사 후 현황에 대한 시사점 및 정책방안을 도출하였다. 그러나 본 연구는 북한지역의 국토이용 모니터링을 위하여 북한 전 지역을 대상으로 토지피복 실태를 파악할 뿐만 아니라 산림의 감소가 뚜렷한 지역을 대상으로 국지적 연구도 동시에 수행하였다.

연구 방법에 있어서도 본 연구와 선행연구와의 차별성을 살펴보면 본 연구는 과학적 데이터를 활용한 정량적 분석과 정성적 분석이외에도 정책적 활용방안을 제시하였다. 국립산림과학원 등에서 수행한 산림황폐화와 관련된 타 분야의 연구는 대부분 정성데이터 또는 실태분석 결과를 기반으로 하여 시사점 도출 및 정책방안(정책적 함의 도출)을 제시하였다. 그러나 본 연구는 현황파악 및 데이터 분석을 통한 실태분석 후 한 단계 더 나아가 북한 국토이용을 위한 과학적 정책 의사결정을 지원할 수 있는 해결방안 제시를 목적으로 하였다(<그림 1-2> 참조).

---

8) 기존의 국립산림과학원에서 수행중인 「북한 상시 모니터링 지역의 산림황폐지 분류도」는 RapidEye영상을 활용하여 평양시를 포함한 11개 시군을 제작 중(국립산림과학원 자문)

---

연구의 내용적 범위에 있어서 산림관련 연구기관인 환경부 및 산림청의 위성영상을 활용한 북한관련 연구와의 차별성을 살펴보면, 기존의 연구 및 사업들이 산림 및 산림 황폐화 현황 정보과약 또는 산림복원에 초점을 두고 있지만 본 연구는 산림황폐화가 이미 진행된 지역의 관리 또는 개발을 위한 정책적 의사결정을 지원하기 위한 연구이다. 따라서 본 연구는 산림황폐화의 원인을 규명하기 보다는 현상을 직시하고 문제점 도출 및 해결방안 마련에 초점을 두어 진행하였다.

이 외에도, 활용을 위한 정책적 범위에 있어서의 선행연구와의 차별성을 살펴보면 본 연구 결과물인 산림황폐화에 의한 토지피복 파편화 분석을 통하여 도출된 산림을 고려한 공간계획단위는 산림자원 관리 및 보전뿐만 아니라 과학적·종합적 국토개발 및 남북협력 사업 등에도 광범위하게 활용될 수 있다. 공간계획단위를 기반으로 훼손된 산림지역을 분석하면 개발 가능 지역인지 또는 산림복원이 필요한 개발 불가능 지역인지에 대한 정책적 의사결정을 지원할 수 있다. 또한 CO<sub>2</sub> 발생량, 필요 산업부지 면적, 노동력 입지 등 산업 특성별 입지선정 등에 대한 과학적 정책결정 지원 등을 통하여 남북협력 사업에 활용할 수 있다(〈그림 1-2〉 참조).

그림 1-2 | 본 연구에서 활용한 국토이용 모니터링 체계 및 선행연구와의 차별성



\*선행연구와의 차별성은 공개된 보고서 및 데이터를 기반으로 작성함

자료: 연구진 작성

---

## 4. 연구의 기대효과

### 1) 학술적 기여도

본 연구의 학술적 기여도는 첫째, 북한과 같이 국토자원 및 국토이용 정보를 직접적으로 획득하기 어려운 지역을 대상으로 원격탐사기법을 활용하여 토지피복 추정 및 시계열 위성영상을 활용하여 토지피복 변화탐지 결과를 제공할 수 있다. 즉, 원격탐사기법과 GIS를 활용하여 북한지역의 토지피복 변화가 집중적으로 발생하는 지역을 확인하고 북한지역의 대규모 토지피복 변화와 국지적인 토지 변화 특성 확인이 가능하다.

또한, 원격탐사기법과 GIS를 활용하여 추정된 국토이용정보는 공간의 다양한 자연 및 인문현상 분석, 경관지수<sup>9)</sup>와 지니계수를 이용한 생태학적 토지피복의 특성을 분석하고 토지피복 변화의 불균형이 발생하는 지역을 파악하는데 유용하다. 경관지수를 통해 북한지역 전체의 토지피복의 유형별 경관구조를 시계열적으로 확인함으로써 산림지역의 증감과 구조적 변화추세 파악이 가능하다. 특히, 경관지수 중 인접성 지수<sup>10)</sup>를 통한 농지, 산림, 나대지의 파편화 양상 파악, 형태관련<sup>11)</sup> 지수를 통한 도시화 및 산림황폐화에 따른 토지피복의 복잡한 형태 변화 파악이 가능하다.

### 2) 정책적 기여도

본 연구의 정책적 기여도는 무엇보다도 통일대비 남북 교류협력 관련 정책 수립에 활용할 수 있다. 한반도 경제의 상생변영을 위한 한반도 신경계지도와 같은 사업의 경우 산업입지, 인프라 계획 등을 계획하는데 있어 과학적인 정책지원이 가능하다. 한반도

---

9) 경관지수: 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대한 구조적 패턴을 파악하기 위하여 정량화된 수치를 추출하는 것으로 토지피복도나 임상도 등의 공간자료를 활용하여 개발로 인하여 경관의 변화를 파악하는데 이용되고 있음(지승용 외. 2016)

10) 인접성 지수: 패치사이의 거리를 측정하는 것으로 동일한 패치집단에서 패치사이의 거리뿐만 아니라 다른 집단 사이의 거리도 측정되는 것으로 패치의 연결성을 파악하는데 중요한 값임(정홍락 외. 2003)

11) 패치형태지수(patch shape): 패치의 축 길이, 둘레 및 면적에 의한 측정, 둘레와 길이에 의한 측정 등 다양한 지수가 포함(정홍락 외. 2003)

---

신경제지도 구현을 위한 신산업벨트 구축 등의 경제협력과 산림협력 등을 위한 세부 실천과제 계획을 수립하는데 있어서 본 연구결과 자료를 활용할 수 있다. 즉, 한반도 신경제지도의 한 요소인 산업입지를 계획하는데 있어 토지피복의 시도별·시군구역별 실태 및 변화 요인, 시가화 지역 및 농경지 정보, 산림훼손 파악, 교통 인프라 및 수자원 정보 분석을 위한 자료로 활용 할 수 있다. 예들 들어, 기존에 활용하던 개발대상지 선정을 위한 분석 결과에서는 예측하기 어려웠던 개발가능지, 개발불능지, 기개발지에 따른 적정한 개발계획 단위 면적과 이에 따른 소요예산 산출이 가능하다. 또한, 개발이나 남북협력을 계획하고자 하는 대상지역의 지역적 토지피복 변화 특성에 따라 산출된 공간계획단위를 활용함으로써 효율적인 계획수립을 지원할 수 있다.

또한, 북한의 국토이용 정보는 남북 분단으로 낙후된 남북 접경지역의 친환경적이고 지속가능한 발전을 위한 계획을 수립하는데 있어서 정책 지원이 가능하다. 통일에 대비하여 남북한 지역의 여건을 모두 고려한 남북 접경지역의 국토이용 방향 설정 및 그에 따른 실천과제를 제시하는데 활용할 수 있다. 즉, 산림지역 정보를 포함한 토지피복 정보와 공간계획단위, 타 공간정보 등을 활용하여 실천과제에 따른 입지선정 방안 마련이 가능하다. 또한, 남북 접경지역의 주요 실천과제 중의 하나인 북한의 산림녹화 사업과 함께 임진강과 북한강을 중심으로 남북 공동수자원 관리와 홍수방지 사업을 위한 자료로 활용 가능하다. 이 외에도, 남북한 공동생산시설 및 세계생태평화공원, 산업단지 조성 등의 여건분석과 입지선정을 위한 기반자료로 활용할 수 있다.

특히, 본 연구결과는 산림의 기능적 역할이 가능한 단위범위를 제안함으로써 국토개발 계획 및 국토자원 관리에 있어서 과학적이고 합리적인 공간계획 지원이 가능하다. 북한지역의 균형있는 국토관리와 보전을 위해 급격한 산림감소가 발생했다 하더라도 산림 파편화 정도에 따라 산림복구 지역과 국토개발을 위한 지역은 차별적으로 다뤄져야 한다. 본 연구는 산림파편화 정도와 산림패치의 크기뿐만 아니라 농업지역 및 시가화지역 등의 토지피복 특성에 따른 적정한 공간계획단위를 구분하여 제시한다. 이를 통해 산림복구가 우선적으로 필요한 지역을 선정하고 대상지역의 면적을 산출 할 수 있다. 개발대상지를 선정하고 도로 등의 인프라 구축을 계획하는데 있어서도 적정한

---

지역 선정 및 면적 산출에 따른 소요예산 추정이 가능하게 함으로서 사업추진의 소요시간과 예산을 절감할 수 있다.

무엇보다도, 북한지역의 토지피복 정보는 국토계획, 인프라 구축, 난개발 방지를 위한 국토자원의 관리 등을 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 토지피복의 시계열 현황과 공간적 변화정보는 국토의 통합적 관리를 위하여 필수적이며 균형 있는 개발 정책의 의사결정 과정에서 중요한 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 이와 같은 북한지역의 토지피복 실태정보는 통일에 대비하여 관련부처가 공동으로 활용할 수 있는 북한지역의 공간정보 통합체계를 구축하는 측면에서도 가치가 있다.



CHAPTER 2

국토이용 모니터링  
개념 및 방법론

- 1. 국토이용 모니터링 개념 및 필요성 | 21
- 2. 국토이용 모니터링 체계 및 활용분야 | 29
- 3. 원격탐사를 활용한 국토이용 모니터링 방법론 | 35



## 국토이용 모니터링 개념 및 방법론

본 장에서는 국토이용 모니터링 개념 및 필요성과 위성영상을 활용한 국토이용 모니터링 체계 및 활용분야에 관하여 살펴본다. 본 연구에서는 국토이용 모니터링 활용분야 중 북한지역 국토개발과 산림자원 관리를 위한 모니터링 분야에 중점을 두고 원격탐사기법과 GIS를 활용한 다양한 국토이용 실태분석 및 모니터링 방법론에 관하여 검토한다.

### 1. 국토이용 모니터링 개념 및 필요성

#### 1) 국토이용 모니터링의 개념

토지이용 및 토지피복의 변화는 1990년 이래 전 세계적으로 관심이 증대되고 있으며 환경변화 및 지속가능한 개발과 관련하여 그 중요성이 가중되고 있다. 토지이용<sup>1)</sup>과 토지피복의 변화에 대한 관심에는 전 지구적 환경변화에 대한 영향력 제고, 토지이용 및 피복 변화의 요인 파악과 모델링, 지속가능한 발전을 위한 대응 등을 포함하고 있다. 토지피복은 생태계의 현황 및 기능에 대한 영향력 파악을 위한 중요한 요소로서 지표면 평가의 기본적인 지표이다(Yadav et al., 2012). 예를 들어, 강창덕(2012)은 1980년부터 2007년까지 서울시의 토지개발 패턴의 유형별 변화 파악과 클러스터 패턴 분석을 통해서 토지이용과 교통체계 및 교통이용 행태간의 관련성을 규명함으로써 공

1) 토지이용(Land Use): 한정된 토지를 인간이 특정한 목적을 가지고 이용하는 것을 의미하며, 토지이용의 권리 설정 및 구체적인 개발행위가 개인 또는 사회의 의사결정과정으로 나타나게 됨(류종현, 2006)

---

간구조의 변화 요인을 파악하였다. 또한, 토지피복 변화탐지를 통해서 지표면에서 발생하는 반복적인 사건들에 대한 직접적인 관찰과 환경 모니터링, 피해 평가 등이 가능하다. 토지피복은 경제 발전과 사회적 변화로 점점 더 복잡하게 변화되고 있으며 불법적 또는 난개발을 효율적으로 방지하기 위하여 토지피복 모니터링 정보는 필요하다.

모니터링은 포괄적 개념으로서 계획이나 정책의 대상 및 진행상황, 결과의 진단과 정책 평가, 정책집행기관에 대한 감시 등의 기능을 포함하며 정책의 내용과 집행 및 그 영향을 평가 및 추정하기 위한 것이다. (이수현, 2008). 국토이용 모니터링은 ① 국토를 이용한 행위로 인하여 변화되는 국토의 제반 현상을 필요로 하는 공간단위별로 비교 가능한 지표를 이용하여 감시하고 ② 그 결과를 국토관리 등의 국토관련 정책 결정에 필요한 정보를 생산하여 이를 국토정책 결정자나 관리자에게 제공하는 활동<sup>2)</sup>을 의미한다(이종열 외, 2003). 즉, 국토이용 모니터링은 토지이용과 토지피복의 지속적 탐지 및 변화 분석과 미래의 변화 예측 과정까지를 모두 포함하며 시계열 토지이용과 토지피복 현황분석 그리고 변화탐지에 따른 원인과 결과에 대한 분석을 기반으로 향후 미래의 토지이용과 토지피복 변화를 예측하는데 이용할 수 있다. 위성영상이 갖고 있는 주기성, 적시성 등의 원격탐사 기술의 장점으로 인하여 토지피복 분류는 가장 대표적인 활용분야에 해당한다. 국토관리에 있어서는 국토의 신속하고 정확한 현황 파악 및 변화탐지가 중요하므로 위성영상을 활용한 원격탐사기술의 광역성, 주기성, 동시성, 균일성을 기반으로 한 토지정보 획득이 필요하다. 이러한 위성영상자료의 장점을 통해 국토관리를 위한 국토이용 모니터링의 유용한 정보 제공이 가능하다.

국토이용 모니터링 자료는 국토문제에 능동적·효율적으로 대응함으로써 개발 및 보전측면을 고려한 지속가능한 국토관리가 가능한 정책과 관리방향 설정을 위한 자료로 활용 가능하다. 즉, 국토의 변화에 대한 지속적 관찰을 통해 적시에 필요한 새로운 정책과 관리방향 설정이 가능한 정보를 능동적으로 수집 및 관리함으로써 과학적 정책 대응마련이 가능하며, 지속가능한 발전을 위하여 국토의 변화를 지속적으로 파악함으로써 적절한 조치를 용이하게 취할 수 있는 모니터링 방법을 위한 체계를 구축할 수

---

2) 이종열 외. 2003. 국토이용모니터링체계 구축방안 연구. 국토연구원. p.6

---

있다. 그러나 현재까지는 국토이용 및 관리를 위한 모니터링이 필요시에만 수행되는 경우가 대부분이므로 국토의 변화경향을 파악하는 데는 한계가 있으며 실질적으로 국토관련 계획을 수립하거나 정책 대응을 위한 실효성 있는 자료로서 활용하는 데는 어려움이 있다.

## 2) 북한지역 국토이용 모니터링의 필요성

도시화 및 기후변화 등의 인간 활동과 자연적 요인 등에 의하여 국토는 지속적으로 변화하고 있으며 효율적인 국토관리를 위하여 국토이용 모니터링은 필수적이다. 북한의 산림지역은 전체 토지피복의 80% 이상을 차지하고 있으나 북한은 산림 관리에 대한 중앙정부의 지원이 소홀해지고 부족한 농경지로 인하여 다락밭 사업을 장려하면서 산림의 파괴가 가속화되고 있다.<sup>3)</sup> 환경생태학적·지속가능성 측면에서 효율적이고 균형적인 국토자원 관리와 국토개발을 위하여 북한지역의 토지이용실태 및 변화패턴을 분석하고, 이에 대응한 통일대비 국토자원관리와 국토개발 정책을 수립할 필요가 있다.

특히, 접근하기 어려운 북한지역을 대상으로 한 국토정보는 안보 및 국방, 통일, 외교나 경제 분야 등의 다양한 대북정책 수립과 남북협력을 위한 잠재적 수요가 큰 부분이다. 한반도의 지속적 과제인 통일 수요를 충족시키기 위하여 북한 국토이용 상황 및 변화를 파악할 수 있는 시공간적인 국토관련 자료가 필요하다. 따라서 효율적이고 균형적인 한반도의 국토발전방향을 제시하기 위하여 북한지역의 토지피복 실태 및 변화패턴을 분석할 필요가 있다. 국토이용 모니터링을 통해 통일대비 미래 한반도의 종합적인 국토 발전방향을 제시하고 발전전략을 마련함으로써 체계적이고 효율적인 통일 기반을 구축할 필요가 있으며, 시계열적 국토이용 정보는 북한지역의 국토를 체계적으로 관리·개발하기 위한 기초자료로 활용 가능하다.

무엇보다도, 북한지역 국토이용 모니터링 자료는 북한관련 정부 및 연구기관에서 범용적인 활용이 가능하므로 데이터에 기반한 정책 자료를 제시함으로써 과학적 정책 의

---

3) 북한, 경사지개발 자제하고 평지농지개간에 중점투자. 2004. RFA.  
[http://www.rfa.org/korean/in\\_focus/135681-20040509.html](http://www.rfa.org/korean/in_focus/135681-20040509.html) (2017.3.2. 접속)

---

사결정 지원이 가능하다. 한반도 신경제지도 구상 및 접경지역의 종합적 국토이용 구상방안을 마련하는데 있어서도 활용이 가능하다. 기존의 광역단위의 한반도 신경제지도 구상의 세부 실천방안을 마련하고 기본구상을 수립하는데 있어서 좀 더 구체화 되고 상세화된 계획 수립을 위한 기초 및 참조자료로 활용이 가능하다.

또한, 접경지역의 종합적 국토이용 구상방안 마련을 위한 국토이용 방향 설정 및 그에 따른 실천과제 제시를 위하여 국토이용 모니터링 자료가 요구된다. 북한지역의 산림복구 및 녹화사업, 통일특구, 생태관광문화벨트, 남북 공동수자원 관리 사업 등의 남북 접경지역 사업의 입지선정에 토지피복 실태자료는 필수적이다.

북한지역 국토이용 모니터링 자료는 국토교통부 및 통일부 등의 북한 정보 및 공간정보 통합관리체계를 구축하는데 있어서도 활용도가 높다. 각 정부부처 및 기관별로 산재되어 있는 북한 공간정보의 통합관리체계 구축을 위하여 북한 및 접경지역의 기본공간정보 구축 및 고도화, 북한 지역에 대한 공간정보 활용기반 마련을 위하여 북한지역 국토이용 모니터링 자료는 정책적으로 활용성이 높다.

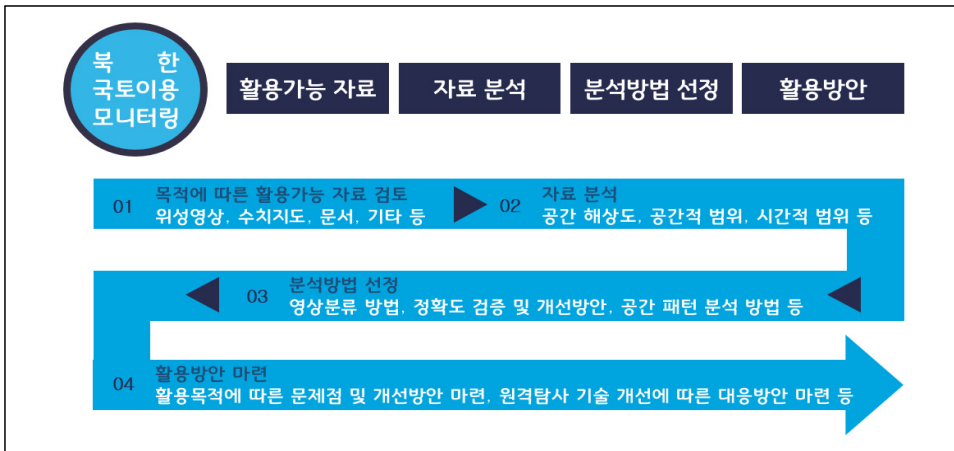
이 외에도, 통일부의 남북협력 방안 연구를 위하여 북한의 산림정보 및 국토관련 현황 자료는 통일대비 북한을 연구하기 위한 기반자료로 필수적이다. 북한 산림모니터링을 위하여 시계열 토지피복 정보를 활용할 수 있으며 산림황폐화 자료를 통한 수자원 관리 및 홍수방지 등을 위한 수자원 관련 정책 지원 가능하다. 또한 산림황폐화 모니터링 자료 정보를 통한 온실가스 감축 계획 지원이 가능하다. 이 외에도, 한반도 공동발전 구상 수립을 위하여 시가지, 농경지 등에 따른 개발가능지 분석을 통한 국토이용 실태 자료로 활용이 가능하다.

이와 같이 통일대비 북한지역의 정확한 국토이용 및 변화에 대한 정보 획득은 한반도 국토를 적시성 있게 파악할 수 있으며 시간 및 경제적인 효율성 측면에서 가치가 있다. 무엇보다도 북한과 같이 정보획득이 어려운 지역의 경우에는 위성영상을 통해 국토정보 추정이 가능하며, 이렇게 획득된 국토이용정보는 통일대비 한반도의 국토정책 활용방안을 도출하는데 유용하다. 위성영상을 활용한 북한 국토이용 모니터링을 위한 다양한 주제도는 국토를 관리 및 보전하는데 효율적으로 이용 가능하며 정책의사결정의 주요한 역할을 한다. 위성영상의 활용목적에 따라 주제도 작성이 가능하며 대표

적 응용분야는 토지피복 현황 파악 및 변화탐지, 도시 확장의 공간적 구조패턴, 농경지 및 산림지 현황도, 도로 식별 및 관리, 산림황폐화지 분석 등에 활용이 가능하다.

한 예로서 Landsat 위성영상의 경우에는 시계열 국토이용 정보를 획득하는데 대표적으로 활용되는 위성영상 중의 하나이며, 토지피복의 지속적인 변화 탐지 및 분류를 위한 새로운 알고리즘 개발이 지속적으로 이루어지고 있다(Zhu and Woodcock, 2014). 신규 영상을 통해서 여러 종류의 토지피복 변화를 지속적으로 탐지할 수 있으며, 구름, 그림자, 눈 등의 노이즈 제거와 함께 계절성과 기온 등을 고려한 시계열 모델을 적용한 연구 등이 수행되고 있다. 따라서 모니터링의 의미를 찾기 위해서는 지속적으로 활용 가능한 자료와 함께 시기별 통일된 분석 방법을 통한 지속적이고 체계적인 국토이용 모니터링 방안을 마련할 필요가 있으며, 단순히 현황 파악 및 변화 탐지뿐만 아니라 공간구조 및 패턴을 통한 활용방안 마련도 필수적이다(<그림 2-1> 참조). 신규 위성영상을 활용한 지속적인 국토이용 모니터링을 위해서는 위성영상의 계절적 조건, 분류방법, 좌표뿐만 아니라 국제적인 토지피복 분류등급이나 분류의 정확도에서도 호환성이 보장되어야 한다(이규성 외, 2009). 또한, 위성영상 이외에도 타 GIS 자료를 융·복합하여 활용하면 국토이용 모니터링을 위한 다양한 주제도 작성이 가능하다.

**그림 2-1 | 북한 국토이용 모니터링 활용방안**



자료: 연구진 작성

특히, 북한의 국토이용 모니터링을 통한 도시성장과 토지이용 정보는 이를 기반으로 하는 2차적인 결과물이 정책적으로 활용도가 높다(그림 2-2 참조). 예를 들어, 도시성장을 통한 열섬효과, 도시 내 비점오염원 관리 등의 환경이슈, 도시 성장에 따른 도시 간 및 도시 내 교통체계망 구축, 도시성장으로 인한 인구분포 및 신도시, 주거지역 건설 등의 사회·경제적 문제와 연계되어 기초자료로 활용할 수 있다. 토지피복 변화에 따른 기후변화에 대한 영향력 파악, 북한의 전역에 대한 공간구조 파악을 통해서 장기적인 공간계획의 기초자료로 활용, 산림 및 농지면적과 농업환경의 분석을 위한 기반으로서 토지이용 정보로 활용할 수 있다. 따라서 국토이용 모니터링 계획 및 시행 시 이러한 2차적 연구방법 및 결과에 대한 고려를 포함하여 수립해야 한다.

**그림 2-2 | 북한 국토이용 모니터링을 위한 종합적 검토**



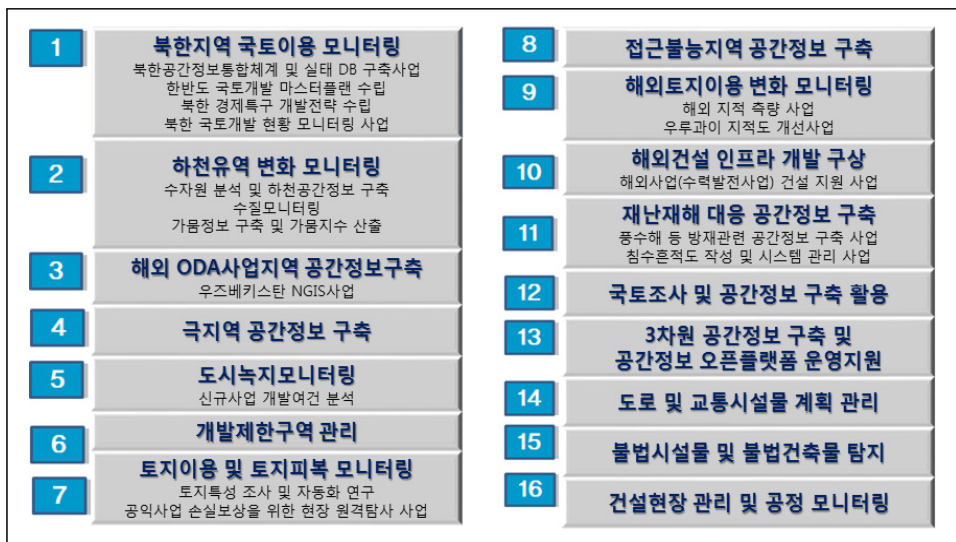
자료: 연구진 작성

국토교통부 및 소속 산하기관을 대상으로 국토교통부와 미래창조과학부에서 발사 계획 중인 국토관측위성인 차세대중형위성 1·2호기의 위성영상 수요조사<sup>4)</sup> 결과를 살펴보면

4) 국토연구원. 2016. 국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구. 국토교통부 및 소속 산하기관 위성영상 활용 심층 수요조사 결과

17개 국토교통부 및 소속 산하기관(49개 부서, 80인 응답)을 대상으로 위성영상 활용 수요조사 및 전문가조사 결과로 「북한지역의 국토이용 모니터링」이 주요 활용분야로 도출되었다(〈그림 2-3〉, 〈표 2-2〉 참조). 차세대중형위성 1·2호기로부터의 국토관측 위성영상 정보는 북한지역 및 접경지역 국토이용 모니터링을 통해 북한지역 공간정보 통합체계를 구축함으로써 통일대비 남북경협 관련 정책수립을 위한 의사결정을 지원할 수 있으며 데이터에 기반한 북한 실태 파악 및 과학적 정책수립이 가능하다. 북한 공간정보통합체계 및 실태 DB구축 사업은 남북교류협력 및 통일 대비 정책 수립에 필요한 북한지역의 공간정보 부족 문제 해결에 기여할 수 있으며 북한관련 기관별·부처별 산재되어 있는 비표준화된 북한지역 공간정보를 통합·구축할 수 있다. 예를 들어, 국토관측 위성영상 활용을 통해서 북한지역을 모니터링 함으로써 한반도의 국토개발 마스터플랜 수립, 통일특구 개발전략 수립, 북한 국토개발 현황 모니터링 사업을 지원할 수 있다.

**그림 2-3 | 위성정보 활용분야 우선순위 도출을 위한 수요조사 결과**



자료: 국토연구원, 2016. 국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구. 국토교통부. 1권 p.8. 국토교통부 및 소속 산하기관 실무자 대상 심층 수요조사 결과 (2016. 3. 31 ~ 2016. 4. 27)

**표 2-1 | 위성영상 활용분야 우선순위 도출을 위한 전문가조사 결과**

활용분야	평점(5점)	우선순위
북한지역 국토이용 모니터링	4.21	1
하천유역 변화 모니터링	4.05	2
도시녹지 모니터링	3.92	3
불법시설물 및 불법건축물 탐지	3.82	4
접근불능지역(북한지역 및 접경지역) 공간정보 구축	3.77	5
재난재해 대응 공간정보 구축	3.77	5
토지이용 및 토지피복 모니터링	3.75	6
개발제한구역 관리	3.71	7
국토조사 및 공간정보 구축 활용	3.67	8
해외 ODA 사업지역 공간정보 구축	3.39	9
도로 및 교통시설물 계획 관리	3.38	10
3차원공간정보 구축 및 공간정보 오픈플랫폼 운영지원	3.36	11
해외 토지이용 변화 모니터링	3.29	12
해외 건설인프라 개발 구상	3.24	13
극지역(남극, 북극) 공간정보 구축	3.19	14
건설현장 관리 및 공정 모니터링	2.91	15

자료: 국토연구원, 2016.국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구. 국토교통부. 1권 p.9. 전문가 자문회의 및 e-mail을 통해 전문가조사 결과 (2016. 5. 17 ~ 2016. 5. 31)

특히, 북한 공간정보 통합체계 및 실태 DB 구축 사업은 북한 전역에 걸친 위성영상 자료를 활용하여 북한지역의 지형 및 수문, 토지피복의 이용실태 모니터링 및 변화관독을 통해 남북교류 협력 및 통일대비 정책 수립에 활용이 가능하다. 한반도 국토개발 마스터플랜 수립 사업 및 북한 경제특구 개발전략 수립 사업에 있어 공간해상도 문제로 인하여 위성영상자료보다는 항공사진을 이용하고 있으나 향후 통일대비 북한지역 현황 파악 및 관련 과제발굴을 위하여 위성영상의 활용이 필수적이다. 무엇보다도, 위성영상을 활용함으로써 접근불능지역에 해당하는 북한지역의 국토 개발계획 검토 및 토지, 주택, 도로 등의 시계열 국토이용 모니터링, 북한 국토개발 관련 자료의 최신성 확보를 통해 통일대비 개발계획 수립 지원이 가능하다.

---

## 2. 국토이용 모니터링 체계 및 활용분야

### 1) 위성영상 기반의 국토이용 모니터링 체계

「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 및 「토지이용규제 기본법」<sup>5)</sup>에 따르면, 국토이용정보체계를 구축하여 도시·군계획에 관한 정보를 관리하는 경우에는 해당 정보를 도시·군계획 수립하는 데에 활용하여야 한다고 명시되어 있다. 국토이용과 관련된 사회·환경적 문제를 파악하기 위한 국토이용의 변화와 문제를 모니터링하고 이를 정책에 반영시키기 위한 구축방안이 필요하다(이종열 외, 2003). 토지이용 및 피복에 대한 현황을 파악하기 위한 국토이용 모니터링 정보는 국토의 정책 결정 및 관리뿐만 아니라 광역지역의 공간적 변화를 평가하기 위한 기반자료로 활용이 가능하다(김찬수 외, 2011). 따라서 체계적이고 종합적인 국토관리를 위해 국토의 변화경향을 파악하는 국토모니터링이 필수적이며, 국토이용과 관련된 다양한 공간정보 및 통계정보를 활용하여 국토의 현황을 파악하는 것이 필요하다(정재준·이수현, 2010).

국토이용 모니터링 체계는 정책에 반영하고자 하는 연구지역 단위와 활용분야별로 구분하여 지표 정보 지도화(mapping), 현장 중심의 시각적 표현, 접근의 용이성 확보, 과거, 현재, 미래 정보를 이용한 미래의 국토 정보를 예측하는데 이용한다(<그림 2-4> 참조). 국토이용 모니터링 체계의 연구지역 단위는 전세계적(Global)·국가적(Korea) 광역적 단위에서부터 지역연구를 기반으로 한 국지적 단위까지 모니터링 체계로 구분할 수 있다. 국토이용 모니터링 체계의 활용분야는 광역적 단위의 사막화, 홍수, 산사태, 산불, 해양 및 극지방 모니터링, 지구환경(대기, 수질 등) 모니터링에서부터 토지이용 및 피복, 북한과 극지방 등의 비접근지역 또는 접근이 용이하지 못한 지역 연구, 군사정보 획득, 도시계획(도로, 철도, 건축물 및 주요 시설물 등), 산림자원 관리(산림면적, 생태변화 등), 농업자원 관리, 연안 모니터링(침식, 해안선, 연안개발 등), 하천/수자원 관리(하천수량, 댐·저수지, 수로, 수면적 등) 등의 분야로 구성된다.

---

5) 법제처. 2017.7.26., 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 (법률 제 14839호, 2017.7.26.) 제11장 제128조 (국토이용정보체계의활용), 「토지이용규제 기본법」 (법률 제 14839호, 2017.7.26.) 12조.

그림 2-4 | 연구지역 단위와 활용분야에 따른 국토이용 모니터링 체계



자료: 국토연구원. 2014. 제1회 국토위성정보활용포럼 자료집. pp.16-17 그림을 활용하여 연구진 재구성.

국토이용 모니터링 체계는 항공사진, 위성영상, 수치지형도 등의 각종 공간정보를 비교 및 분석하여 지형을 분류하고, 도로 및 건물 등에 대한 국토의 변화정보를 탐지함



## 2) 위성영상 기반의 국토이용 모니터링 활용분야

위성영상을 기반으로 한 국토이용 모니터링 체계의 활용분야는 세부 정책적 활용목적에 따라 국토지리, 해양, 농림·산림·수자원, 재난·재해, 환경, 국가안보 등으로 분류할 수 있다. 국토이용 모니터링 체계 구축을 통해서 국토지리, 해양·수산, 환경, 국가안보 분야 등에서 다양하게 정책적으로 활용이 가능하다. 분야별 구체적 활용사례는 <표 2-2>와 같다. 특히, 본 연구에서는 국가안보, 국토지리, 산림자원 관리를 위한 분야에 중점을 두고 북한지역의 산림지역의 급속한 감소로 인한 국토개발 및 국토자원 관리 측면에서 북한지역의 국토이용 모니터링에 관한 연구를 수행한다.

**표 2-2 | 국토이용 모니터링 체계의 활용분야**

활용분야	활용사례
국토지리 (Geography)	<ul style="list-style-type: none"> <li>지도제작, 주제도 제작, 토지관리(이용실태분석, 변화탐지, 계획 수립), 국토개발 및 도시계획, 수치지형모델 구축, 사회간접자본 관리, 토목/건축 시설물 관리(불법건축물 감시)</li> </ul>
해양/수산 (Ocean)	<ul style="list-style-type: none"> <li>해안선 변화 탐지, 불법매립 탐지, 불법어장 탐지, 갯벌관리, 방조제 및 연안시설물 관리, 수심 조사, 해수면 온도분포 조사, 해저지형 조사, 해양 관리(불법어선 탐지, 항만시설물 관리, 해수욕장 관리, 해류 및 조류 분포도 작성)</li> </ul>
농림/산림/수자원 (Land/Forest/Water)	<ul style="list-style-type: none"> <li>농업정보관리(농경지현황, 농작물 병충해, 농작물 수확량 산정, 토양종류, 수분함량 파악, 농작물 상태 파악), 산림관리(식생분류도 작성, 산림훼손/산림축소탐지, 국립공원관리, 도시녹지 조성, 곤충피해 탐지), 수자원 관리</li> </ul>
재난재해 (Disaster)	<ul style="list-style-type: none"> <li>홍수, 가뭄, 산사태, 화산폭발, 지진, 해일, 산불, 지반침하(싱크홀), 해양오염(기름 및 부유 물질 탐지), 원전 방사능 유출 등 감시</li> </ul>
환경 (Environment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>해수면 감시, 오염물질 불법 배출 탐지, 대기오염(유독성 화학물질 탐지, 매연) 등 환경변화 모니터링, 극지해빙, 탄소배출 등 기후변화 대응, 공공보건 모니터링(전염병 확산 지역 탐지, 구제역 발생 구역 설정)</li> </ul>
기상 (Meteorology)	<ul style="list-style-type: none"> <li>기상관측, 일기예보, 대기, 태풍, 황사 등</li> </ul>
국가안보 (National Security)	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 안보 및 국방 정보수집(정찰, 물체 탐지/추적 등), 접경지역 동향 탐지, 접근 불능지역 관측</li> </ul>

자료: 강희중 외. 2014. 위성정보 활용촉진을 위한 효율적 기반구축 연구. 과학기술정책연구원. pp.80-81.

### 3) 북한지역 국토개발 및 산림자원 관리를 위한 모니터링

우리나라는 1990년대 이래로 북한의 급속한 산림지역의 감소로 인하여 산림복구에 대한 정책적 수요가 발생함으로써 산림황폐지<sup>7)</sup> 정보파악을 위해 위성영상을 이용하여 북한지역의 산림 모니터링에 관한 연구를 수행하고 있다. 또한 남북 경제협력 및 민간 단체의 대북지원으로 농업협력 분야의 연구가 수행되고 있다. 그러나 북한의 산림지역을 파악하기 위한 단편적인 자료집 발간과 논문을 발표하는 수준에 머물렀고, 2003년부터 북한발행의 신문, 방송자료를 수집, 정리하여 매년 북한 산림·임업동향 자료집을 정기적으로 발간하고 있다. 2000년대 후반부터는 북한 황폐산림 복구 계획 수립과 추진 전략 마련에 필요한 위성영상 분석 자료를 기반으로 북한 황폐산림 복구사업을 추진하고 있으며 남북 산림협력 정책과제 연구도 병행하여 진행하고 있다.

국립산림과학원에서는 접근불능지역인 북한의 산림 정보를 파악하기 위해 유일한 수단인 위성영상을 활용하여 산림자원량 분석을 수행하고 있다. 위성영상을 활용하여 평양, 신의주 등 북한의 14개 지역에 대한 조림사업 대상지를 구분하고 입지환경 분석과 투자환경 조사(2009~2010), 북한지역 조림 사업 추진전략 수립, 탄소배출권 확보 등의 기반 자료를 구축하였다.<sup>8)</sup> 또한, “위성영상 기반 북한 주요 지역 산림 실태 조사”(2013)를 통해 북한 주요지역의 황폐화 추이 조사에 기반한 조속한 남북 산림협력의 필요성을 제기하였다.<sup>9)</sup>

또한, “위성영상 기반 북한 산림황폐지 상시모니터링 체계 구축”(2014)을 통해 북한 산림복구사업 수행에 필요한 기초정보 상시 지원체계 확립을 위한 위성영상 기반의 상시모니터링 체계 구축 방안을 제시하였다.<sup>10)</sup> 이러한 자료는 북한의 기후대별 산림의 변화 양상 예측뿐만 아니라 유사 시 산림복구를 시급하게 할 때를 대비한 기초 자료

7) 산림황폐화: 산지이면서, 정상적인 산림 생산 활동이 이루어지지 않고 방치되었거나 경작지 등 타 용도로 사용되어 산림 고유의 기능을 발휘하지 못하고 있는 산지로 여건이 바뀌면 조림 등의 복구 행위가 즉시 요구되는 지역(국립산림과학원 내부자료: 국립산림과학원 자문)

8) 국립산림과학원 내부자료(국립산림과학원 자문)

9) 국립산림과학원 내부자료(국립산림과학원 자문)

10) 국립산림과학원 내부자료(국립산림과학원 자문)

로 활용할 수 있다.

특히, 본 연구에서는 북한지역의 도시화 및 농경지의 확산으로 인한 산림지역의 급속한 감소에 따른 경관과편화 현상을 파악하고 경관과편화가 심하게 일어난 지역을 대상으로 지속가능한 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 단위지역을 제시함으로써 통일 이전과 이후의 계획 및 남북협력 관련 정책에 활용하고자 한다.

**표 2-3 | 원격탐사 기법을 이용한 산림지역 모니터링 연구 목록**

연도	연구제목	주요 연구내용
1994~1996 (일반)	원격탐사에 의한 북한 산림자원조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landsat TM 위성영상(1991~94)을 이용하여 북한 전역의 임상분포도를 작성하고, 행정구역별 임상별 분포면적 및 임목축적산출</li> <li>통일 대비 산림정책 수립 자료 제공</li> </ul>
1998~1999 (일반)	인공위성 자료를 이용한 북한의 산림황폐지 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>Landsat TM 위성영상(1996~99)을 이용하여 북한 전역의 산림황폐지 실태 파악 : 163만ha</li> <li>통일 대비 황폐지 복구를 위한 산림정책 수립 기본자료 제공</li> </ul>
1999~2002 (농특)	인공위성 화상분석을 통한 북한의 경사지 이용현황 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 산지의 특성과 이용현황을 수계별로 조사 분석하여 수계별 황폐지 복구 및 경사지 이용방안을 수립 사방대상지 구분 및 복구비용 산출</li> </ul>
2008 (현안)	위성영상자료를 이용한 북한지역 산림황폐지 실태 파악	<ul style="list-style-type: none"> <li>SPOT-5 위성영상 자료를 이용하여 북한 전역의 산림 황폐지 실태를 분석 : 284만ha</li> <li>통일 대비 황폐지 복구를 위한 산림정책 수립 기본자료 제공</li> </ul>
2009~2010 (일반)	위성영상을 이용한 북한 주요 지역 조림 CDM 대상지 선정 및 투자환경 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>평양, 신의주 등 북한의 14개 지역에 대한 조림 CDM 사업 대상지를 구분하고, 지형특성 및 접근성 등 입지환경 분석과 투자환경을 조사</li> <li>북한지역 조림 CDM 사업 추진전략 수립 및 탄소배출권 확보 기반 자료로 활용</li> </ul>
2013 (현안)	위성영상 기반 북한 주요 지역 산림 실태 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 주요지역(평양, 개성, 혜산, 봉산, 금강산 지역)에 대한 황폐화 추이 조사</li> </ul>
2014 (현안)	위성영상 기반 북한 산림황폐지 상시모니터링 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 산림복구사업 수행에 필요한 기초정보 상시 지원체계 확립을 위해 위성영상 기반의 상시모니터링 체계 구축</li> <li>주요 권역별 산림황폐지 정보 구축</li> <li>평양, 개성 등 총 11개 지역 2년 주기 모니터링</li> </ul>
2016~2019 (일반)	한반도 산림공간정보 구축방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>11개 지역 2차 모니터링(2년 주기)</li> <li>사방대상지, 우선복구지역, REDD 대상지역 등 실효성 있는 북한 산림복구계획 추진을 위한 기초 자료 분석</li> </ul>

자료: 국립산림과학원 내부자료(국립산림과학원 자문)

---

### 3. 원격탐사를 활용한 국토이용 모니터링 방법론

#### 1) 시계열 토지피복 현황 및 변화분석 방법론

##### (1) 위성영상 기반의 토지피복 분류기술을 활용한 토지피복 현황 분석

토지 지표면(land surface)의 물리적(physical) 상태를 나타내는 토지피복은 국토개발 및 관리를 위한 계획 및 정책 수립 이전에 파악해야 할 중요한 정보중의 하나이다. 연구 및 사업 대상 지역의 규모, 획득하고자 하는 정보에 따라서 적합한 위성영상의 종류를 선택하여 활용하게 된다. 예를 들어, 고해상도 위성영상을 활용할 경우에는 소규모의 도시지역 또는 지역단위의 연구지역을 대상으로 좀 더 세밀하고 정확한 토지피복 분류가 가능하다. IKONOS, QuickBird, WorldView 등의 고해상도 위성영상은 가시광선 및 근적외선 파장대의 영상정보 제공뿐만 아니라 1m 이내의 공간적 해상도로 인하여 산림지역 및 도시지역의 세밀한 정보를 추출하는데 용이하다. 그러나 촬영폭이 12~15km 정도로 영상자료의 한 씬(scene)당 넓은 지역 촬영이 불가능하므로 소규모의 지역단위로 연구 및 사업을 할 경우에는 좀 더 활용도가 높다. 따라서 광범위한 연구지역을 대상으로 토지피복분류를 할 경우에는 Landsat, MODIS 등의 중·저해상도 영상의 분광특성을 활용하는 것이 적절하다. 그러나 복잡하고 광범위한 연구지역의 경우에는 인력을 통한 토지피복 정보를 획득하기 위해서는 시간 및 경제적인 비용이 필요할 뿐만 아니라 정확도가 낮을 수 있는 한계점이 있다.

또한, 위성영상 종류 및 연구목적에 따라서 다양한 토지피복분류기법이 활용 가능하며 위성영상의 해상도에 따라서 적합한 토지피복 분류 기법을 활용하게 된다. 고해상도 위성영상의 활용은 토지피복별 분광특성 뿐만 아니라 공간적 특성을 활용한 객체지향분류법<sup>11)</sup>이 좀 더 정확한 토지피복정보 추출이 가능하다. 단일 화소의 분광특성만으로 토지피복을 분류할 경우에는 고해상도 위성영상을 기반으로 할지라도 복잡하고

---

11) 단일 화소뿐만 아니라 주변 지형에 대한 주위 화소를 고려한 분석을 통해 보다 정밀한 화소별 영역의 식별·분류가 가능함

---

혼합된 분광특성을 보이는 픽셀이나 식생이나 토양 등의 자연적 분류에 있어서 정확도가 떨어지며, 고해상도에서 발생할 수 있는 그림자 등으로 인한 오분류 등의 한계점을 지니고 있다. 객체기반분류는 공간적 특성과 분광적 특성을 동시에 고려하여 동질성이 있는 픽셀들을 하나의 객체로 분류함으로써 분석 목적에 맞게 토지피복분류 정보를 추출할 수 있다. Landsat 등의 중해상도 위성영상을 활용할 경우에는 다양한 밴드의 분광정보를 기반으로 한 화소기반분류법<sup>12)</sup>이나 서브픽셀(sub-pixel)분류법을 적용함으로써 토지피복 정보 추출이 가능하다. 예를 들어, 본 연구에서 활용할 환경부 토지피복도는 1차 분류에서 무감독분류를 수행하기 위하여 ISODATA 클러스터링 알고리즘을 이용하며, 1차 분류에서 미 분류된 픽셀들을 감독분류 중 하나인 최대우도분류법을 적용하여 2차 분류를 수행한다(환경부, 2013).<sup>13)</sup>

## (2) 위성영상을 활용한 시계열 토지피복 모니터링 분석

위성영상을 활용할 경우에는 계절별, 연도별로 주기적 시계열 국토이용 모니터링이 가능하다. 일반적으로 위성영상의 주기는 짧게는 하루에서 길게는 10일 정도의 시간적 주기를 가지고 획득이 가능하다. 시계열 모니터링을 통해 동일한 지역을 대상으로 시간적 주기에 따라 영상기반의 다양한 알고리즘을 활용하여 현재 북한의 국토개발 정도 및 국토이용 정보 파악이 가능하다. 영상촬영 시기의 날씨 및 계절, 월별 조건 등이 유사할 경우에는 시계열 데이터를 통해서 국토의 현황파악 및 변화탐지가 가능하다.

통일대비 관련 기관들의 수요를 충족시키기 위해서는 북한지역의 파악이 가능한 시공간적 자료가 요구된다. 따라서 토지피복분류 및 시계열 토지피복 분석에 따른 도시 확장 패턴, 시계열 농경지 현황도 등의 정보를 통해 국토관련 정책결정 및 관리, 수행에 주요한 역할이 가능하다.

---

12) 화소기반 분류방법은 분류과정에서 픽셀의 정보를 활용하는 방법으로써 서로 다른 토지피복종류에 따른 공간적 특징, 형태학적 특징 등을 사용하여 분류함

13) 환경부. 2013. 토지피복지도 작성 지침.

---

### (3) 다양한 변화탐지 알고리즘 기법을 활용한 변화탐지 분석

주기적으로 취득되는 위성영상을 활용하여 변화탐지기법을 적용함으로써 보다 정확하고 비용·시간·인력 측면에서 효율적인 토지피복 변화탐지가 가능하다. 변화탐지기법은 토지피복 지표상(surface)의 도로, 건물 등의 인공구조물 및 산림, 토양 등의 자연적인 요소들을 원격탐사기법을 통해서 조사하고 현장관측을 통해 검증한다. 일반적으로 정적인 요소들은 시간의 경과에 따라 급격한 변화를 겪지 않으나 기후변화 등의 영향으로 급격한 변화를 겪을 수 있는 국토관련 활용분야에서는 원격탐사를 이용한 변화탐지기술이 매우 유용하게 활용된다(국토연구원, 2015).

무엇보다도 정확한 정보획득을 위해서는 변화탐지 알고리즘을 선정하는 것이 중요하다. 왜냐하면 연구목적에 따른 적절한 토지피복분류 방법의 선정에서부터 활용한 영상으로부터 정확한 변화를 탐지하는데 영향을 미치기 때문이다. 변화탐지 알고리즘에는 쓰기 기능 메모리 삽입을 이용, 다중시기 영상을 조합하여 변화탐지, 영상 간의 차이를 이용한 변화탐지, 분류 후 비교 혹은 분광변화벡터 분석을 통한 방법 등이 있다(국토연구원, 2015). 또한, 2시기의 영상에 이진 마스크를 적용하거나 1시기 영상에 보조 자료를 이용한 변화탐지, 카이제곱 변환 혹은 교차상관관계 기법을 이용한 방법, 육안을 통한 디지털라이징, 그리고 지식기반 시각화 시스템을 이용한 방법 등이 있다(Jensen, 2005).<sup>14)</sup>

변화탐지 분석을 위하여 고려해야 할 위성영상의 조건으로는 원격탐사를 이용한 변화탐지를 원활히 수행하기 위한 대기조건, 토양수분조건, 생물계절주기 특성 등의 환경적 변수의 영향을 정확히 파악하여야 하며, 이러한 조건들은 변화탐지 조사 기간 동안 가능한 일정하게 유지하여야 한다(Jensen, 2005).<sup>15)</sup> 이러한 시기별 영상은 재난 재해 발생 후 변화탐지, 도시 및 전 지구적인 환경 모니터링을 수행하는데 있어서 필수적인 자료가 될 수 있으며 위성영상은 주기적으로 영상획득이 가능하므로 연구대상 지역에 대한 시계열 모니터링이 가능하다.

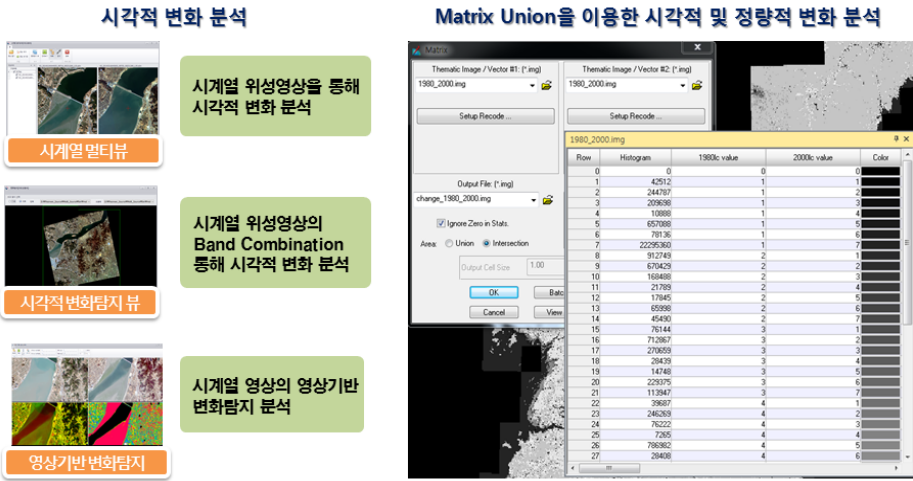
---

14) Jensen. 2005. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.

15) Jensen. 2005. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.

위성영상을 활용하여 계절별 또는 연도별로 토지피복분류도 제작이 가능하며 다양한 소프트웨어 알고리즘을 통해서 국토이용 변화에 대한 시각적 분석이 가능할 뿐만 아니라 토지피복 변화를 정량적으로도 분석이 가능하다. 본 연구에서는 ERDAS Imagine, Idrisi TerrSet 등의 소프트웨어를 활용함으로써 다양한 시각적 및 정량적 변화탐지를 수행한다(〈그림 2-6〉 참조).

**그림 2-6 | ERDAS Imagine을 활용한 변화탐지방법**



자료: 국토연구원, 2016. 국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구. 최종보고서 3권. p.15 그림 재구성(좌), 연구진 작성(우).

## 2) 국토이용 집중도 및 불균형 변화 분석 방법론

### (1) 집중 CL(Coefficient of Localization)지수를 활용한 국토이용 집중도 분석

집중지수는 어떤 현상의 분포가 전국적인 분포와 다르게 일부 지역에 집중되어 있는지 또는 균등하게 분산되어 있는지를 나타내는 지수이다(김원경 외, 2016). 집중지수의 범위는 0부터 1까지의 값을 가지며 0의 값은 균등하게 분포되어 있는 상태를 의미

하며 1은 특정지역에 집중되어 있는 상태를 의미한다. 집중지수의 장점은 산출이 간단하고 정책적으로 결과를 활용하는데 있어서 설명이 용이하므로 많이 활용되고 있다. 또한, 분석목적에 따라 여러 변수에 적용하여 활용 가능한 장점을 지니고 있다. 그러나 집중지수의 단점은 비율이 높은 지역과 작은 지역의 가중치를 고려하고 있지 않으므로 상대적 집중도를 추정하는 데는 한계가 있다.

이러한 집중지수는 국토이용 변화의 집중도 분석을 위해서 토지피복 변화에 적용 가능하다. 예를 들어, 어떤 r지역의 산림지역의 집중도를 살펴보고자할 경우에는 전국의 총 면적 중 산림지역의 면적과 r지역의 총 면적 중 산림지역의 면적과 비교하여 집중도를 추정할 수 있다.

$$CL = \frac{1}{2} \sum \left| \frac{A_R}{A_N} - \frac{A_r}{A_n} \right|$$

$A_R$ : r지역의 산림지역 면적  
 $A_r$ : r지역의 총 면적  
 $A_N$ : 전국의 산림지역 면적  
 $A_n$ : 전국의 총 면적

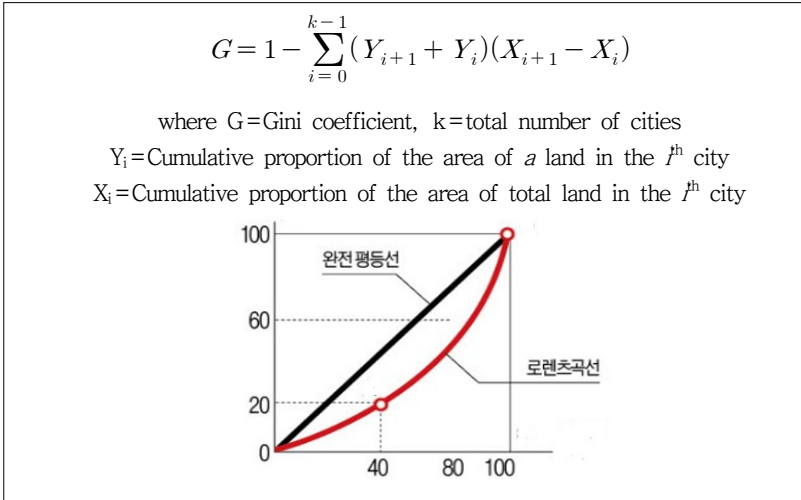
자료: 김원경 외, 2016. 주요 단기소득 임산물의 공간적 분포 특성에 관한 연구. p.76.

## (2) 지니계수와 로렌츠곡선을 이용한 국토이용 불균형 추이 분석

지니계수는 일반적으로 하나의 속성에 대한 분포가 어느 정도 균등 또는 불균등하게 분배되어 있는가를 평가하는데 활용 가능하다. 불균등도는 완전평등선과 로렌츠 곡선으로 둘러싸인 면적( $\lambda$ )으로 나타나며, 균등선과 횡축, 종축으로 둘러싸여진 삼각형의 면적을 S라 할 때  $\lambda/S$ 가 지니계수(G) 값을 나타낸다. 지니계수 값 0은 완전균등, 1은 완전 불균등한 상태이며 수치가 클수록 불균등 심화를 의미한다. 일반적으로 지니계수 값이 0.4를 넘을 경우에는 상당히 불균등한 분포의 상태라고 추정<sup>16)</sup>할 수 있다.

16) 일본의 소득 양극화 현황과 시사점 Part1:

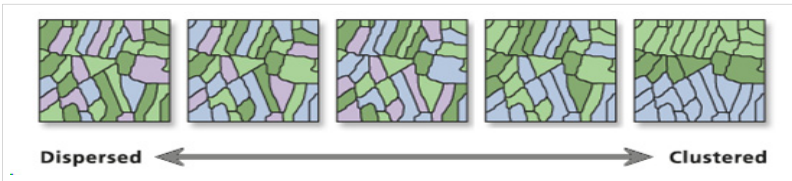
<http://blog.naver.com/citsoft?Redirect=Log&logNo=150001255841> (2017.10.21 접속)



자료: 이우성, 정성관. 2012. 공간분석을 활용한 녹지의 불균형 평가 및 관리권역 설정. p.130.

(3) Moran's I를 활용한 국토이용 공간구조 패턴 분석

국토이용의 공간구조 패턴을 분석하기 위한 공간자기상관(Moran's I) 분석은 객체의 위치와 속성값을 기반으로 공간적 자기상관도를 측정하여 공간적 패턴이 집중, 분산, 또는 임의적인지에 대하여 평가할 수 있다. Global Moran's I는 -1부터 1까지의 값을 가지며, 0은 인접지역과의 공분산이 0이 되어 공간적 자기상관이 없는 임의적 패턴을 의미한다. 0보다 큰 경우는 인접한 지역들과 속성이 유사하여 정적 공간적 자기상관인 군집의 패턴을 보여주는 반면에 0보다 작은 경우는 인접한 지역들과 반대의 속성들이 섞여 있는 부적 공간자기상관이 분산의 공간적 패턴을 지니고 있음을 의미한다 (Choi et al., 2007; Yeo and Seo, 2014).



자료: ArcMap 10.4 program. ArcToolbox Spatial Statistics help.

Local Moran's I는 국지적 공간자기상관(Local Indicator Spatial Association, LISA)을 국지적 수준에서 공간적으로 군집된 패턴을 규명할 수 있을 뿐만 아니라 공간 자기상관과의 관계에 대한 각 하위 지역의 기여도 평가가 가능한 통계량을 제공한다 (Anselin, 1994).

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

where n=the number of spatial units indexed by i and j,

X=the variable of interest,

$\bar{X}$ =the mean of X,  $w_{ij}$ =an element of a matrix of spatial weights

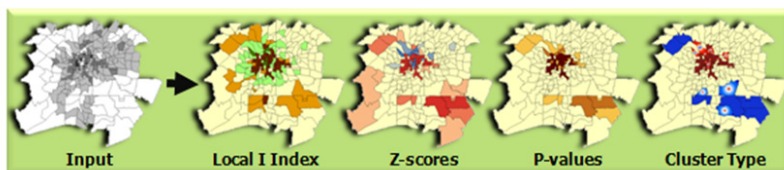
자료: ArcGIS Pro. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app> (2017.3.2 접속)

Global Moran's I는 전체지역에 대한 평가가 가능하며 Local Moran's I는 지역별 기여도를 평가하는 것으로 주변지역의 영향력을 파악하고 통계적으로 유의한 Hot spot 과 Cold spot, 그리고 공간적 이례지점을 확인하는데 유용하다(Anselin, 1994).

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Z_i - \bar{Z})(Z_j - \bar{Z})}{\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2}$$

where n=the number of spatial units indexed by i and j, Z=the variable of interest,

$\bar{Z}$ =the mean of Z,  $w_{ij}$ =an element of a matrix of spatial weights

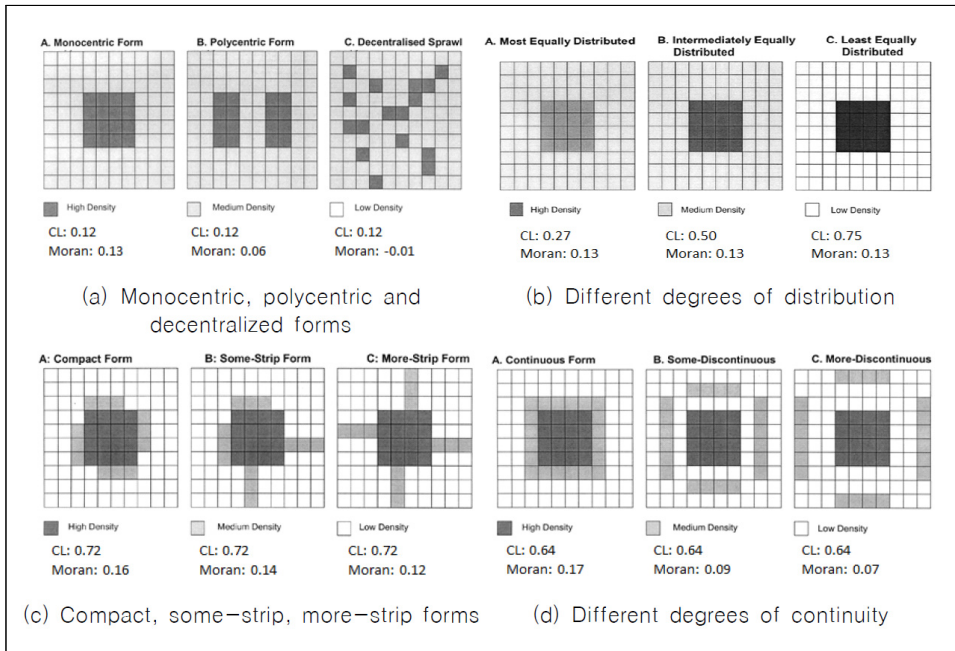


자료: ArcGIS Pro. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app> (2017.3.2 접속)

#### (4) 집중지수와 지니계수 이외에 Moran's I를 함께 활용하는 이유

집중지수와 지니계수는 공간적 분포와는 상관없이 연구지역 범위 내에서 특정지역에 집중되어 있는지의 여부를 파악하는 반면에, Moran's I는 공간적 분포에 대한 집중 및 분산의 차이를 판별할 수 있다(〈그림 2-7a〉 참조). 집중지수와 지니계수는 특정지역의 집중된 수치가 절대적으로 높은 수치인지 상대적으로 높은 값들이 집중되어 있는지에 대한 구별이 가능하다(〈그림 2-7b〉 참조). 또한, 〈그림 2-7c〉와 〈그림 2-7d〉에서 볼 수 있듯이 공간적 분포의 형태 및 연결성 차이에도 Moran's I는 작지만 명확한 차이를 보여준다. 따라서 공간적 구조의 형태 및 연결성의 명확한 분포 패턴을 파악하기 위하여 집중지수 이외에도 Moran's I를 활용하여 공간적 구조패턴을 분석할 경우에는 보완이 가능하다.

**그림 2-7 | 집중지수 CL과 Moran's I 비교**



자료: Tasi, Y. H. 2005. Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. p.146.

### 3) 국토이용 경관분석(경관 메트릭스) 방법론

경관생태학은 경관요소와 관련 생태학적 개념을 통해 경관을 분석하는 학문으로 경관구조는 이질적인 공간요소들의 유형을 의미하며 경관지수(Landscape Metrics)<sup>17)</sup>를 활용하여 경관분석을 수행한다. 산림생태계를 파악하기 위해서 산림의 양적인 측면과 함께 생태 경관의 구조적 패턴을 파악하는 것은 중요하며, 산림과편화의 영향을 파악하기 위한 주요 방법으로는 경관지수를 활용하는 연구가 진행되고 있다(지승용 외, 2016).

경관지수는 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대한 구조적 패턴을 분석하기 위하여 정량화된 값을 산출함으로써 국토개발 등으로 인한 토지피복 변화와 산림과편화 분석을 위하여 활용한다. 측정하고자 하는 경관 단위에 따라 패치<sup>18)</sup>(patch)수준, 클래스(class)수준, 경관(landscape)수준으로 분류한다(McGarigal & Maeks, 1995). 패치는 각 단일 패치의 면적, 둘레 밀도 등을 측정하는 지수(황철수, 2010)이며, 클래스는 경관내의 여러 토지피복 분류 유형 중 하나의 유형에만 경관구조를 측정하는 지수이다. 경관은 전체 경관 내에 모든 토지피복 유형들을 고려함으로써 경관구조를 측정하는 것이다. 또한, 경관지수는 공간적 집계단위에 따라 거시적 경관지수와 국지적 경관지수로 구분할 수 있다. 거시적 경관지수는 공간적 단위가 연구지역 전체를 대상으로 하는 반면에 국지적 경관지수는 하나의 토지피복 모자이크를 중심으로 그 주변 지역의 경관구조를 측정한다.

산림황폐화 및 도시화로 인한 산림과편화 영향 등을 분석하기 위한 경관지수로는 평가속성에 따라 면적<sup>19)</sup>, 패치 밀도, 크기, 패치 변이<sup>20)</sup>, 가장자리<sup>21)</sup>, 형태<sup>22)</sup>, 근접성<sup>23)</sup>,

17) 경관지수: 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대한 구조적 패턴을 파악하기 위하여 정량화된 수치를 추출하는 것으로 토지피복도나 임상도 등의 공간자료를 활용하여 개발로 인하여 경관의 변화를 파악하는데 이용되고 있음(지승용 외, 2016)

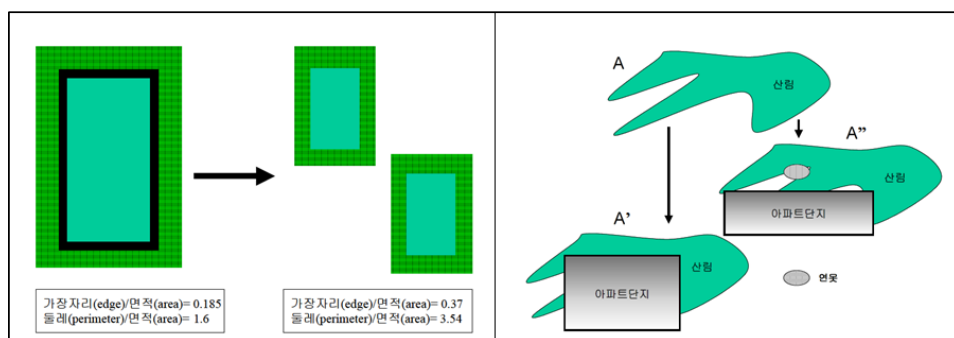
18) 패치(Patch): 동질의 군집조작을 의미하는 것으로 각 패치를 이루고 있는 항목, 격리도, 주변 환경, 영향의 강도에 따라 형태, 크기, 파편화된 정도가 다른 의미를 지님(황철수, 2010)

19) 면적: 클래스 면적(CA: Class area), 최대패치지수(LPI: Largest patch index) 등

20) 패치 밀도, 크기, 패치 변이: 패치 수(NP: Number of patches), 패치 밀도(PD: Patch density), 평균 패치 크기(MPS: Mean patch size), 패치 크기 표준편차(PSSD: Patch size standard deviation) 등

다양성<sup>24)</sup> 지수 등으로 구분할 수 있다. 또한, 총 중심지 면적(TCA: Total Core Area), 분리된 중심지의 수(Number of Disjunct Core Area), 패치간의 연결성(CONNECT) 지수 등은 산림파편화 등의 영향을 분석하는데 용이하다. <그림 2-8>의 왼쪽 그림과 같이 토지피복의 단편화와 패치 크기와의 관계를 살펴보면, 파편화 이전에는 가장자리 서식지(사선)에 의하여 둘러싸인 내부서식지의 비율이 높으나 파편화가 일어난 결과 산림지역의 서식지가 단편화되면 내부 산림지역의 비율이 상대적으로 줄어들게 됨으로써 생태학적 및 환경적으로 영향을 끼치게 된다(정홍락 외, 2003).

**그림 2-8 | 토지피복 파편화와 패치의 크기관계 및 국토개발을 위한 저감방안**



자료: 정홍락 외. 2003. 경관생태학적 환경영향 평가방법에 관한 연구. p.88(좌), p.35(우).

또한, <그림 2-8>의 오른쪽 그림과 같이 각종 국토개발 및 도시개발 계획 단계에서 파편화에 의하여 생기는 가장자리를 고려하지 않고 계획을 수립한다면 산림지역의 훼손이 일어나면서 생태학적 서식공간의 훼손이 발생할 수 있다. 예를 들어, 산림이 인접

- 21) 가장자리(Edge): 둘레(Perimeter), 가장자리 대비 지수(EI: Edge contrast index), 총 가장자리(TE: Total edge), 가장자리 밀도(ED: Edge density) 등
- 22) 형태: 형태지수(SI: Shape index), 평균 형태지수(MSI: Mean shape index), 면적 가중 평균 형태지수(AWMSI: Area-weighted mean shape index) 등
- 23) 근접성(Nearest-neighbor): 최근접 패치와의 거리(ND: Nearest-neighbor distance), 근접성 지수(PI: Proximity index) 등
- 24) 다양성(Diversity): 새년다양성지수(Shannon's diversity index), 패치 부유도(Patch richness), 새년 균제도(Shannon's evenness index) 등

한 지역에 아파트를 건설할 경우에 산림의 가장자리를 최대한 배제하면서 친환경적인 국토개발 및 계획수립이 이루어져야 한다. <그림 2-8>의 A'와 같이 산림지역의 가장 자리를 고려하지 않고 개발할 경우에는 산림지역의 생태계 교란이 일어날 수 있으므로 A"와 같이 연못 등을 활용하여 산림지역의 서식공간을 확보한 친환경적인 국토개발 및 산림자원 관리가 이루어져야 한다(정홍락 외, 2003).

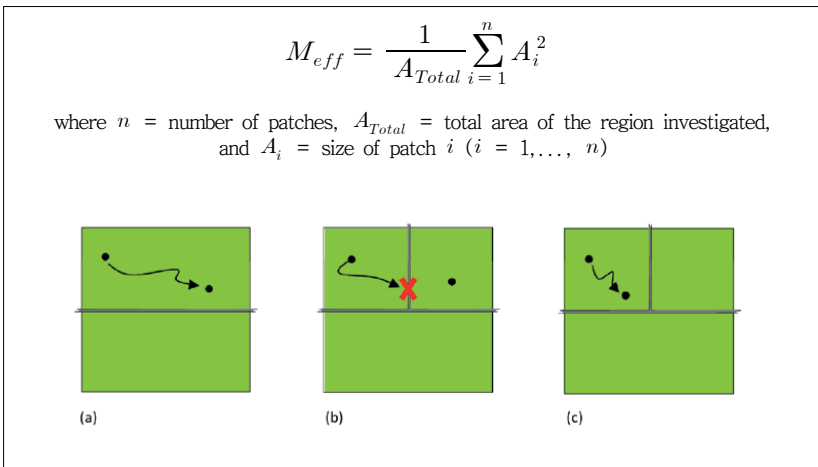
이 외에도, 산림황폐화 및 도시화에 따른 경관 파편화(landscape fragmentation)를 측정하는 방법으로 공간계획단위(effective mesh size, 이하  $M_{eff}$ )가 있다. 산림을 고려한 공간계획단위는 토지피복 등급의 크기에 따른 모든 패치들을 고려할 뿐만 아니라 도시화나 그에 따른 도로 건설 등으로 인하여 달라지는 산림면적이나 비율을 통해 경관 파편화의 정도를 비교하는데 적합하다.

**그림 2-9** | 경관의 Barriers와 그리드 단위의 effective mesh size



자료: Bertiller et al., 2007. Degree of Landscape Fragmentation in Switzerland. p.229.

산림을 고려한 공간계획단위는 어느 한 지역에 연계되어 있는 두 지점을 무작위로 선택할 확률을 기반으로 하는 값으로 경관(landscape) 내에서의 장벽(barriers)이 많아질수록 두 지점(two points)이 연계될 확률은 낮아지고  $M_{eff}$  또한 낮아진다. 이는 총면적과 파편화된 비율을 통해 적정한 공간계획단위 크기를 산정한다. 이러한 공간계획단위를 기반으로 하여 개발대상지 선정 및 위치, 산림복원 우선 대상지 및 면적 등을 산정하는데 활용할 수 있다.



자료: EEA. 2011. Landscape Fragmentation in Europe. p.22.

즉, 산림황폐화가 심화된 북한지역의 개발시 산림의 역할이 가능한  $M_{eff}$ 를 제시함으로써 산림이 가능한 한 훼손되지 않는 범위 내에서 개발 계획 수립 및 정책의 의사결정을 지원할 수 있다. 산림의 기능적 역할이 가능한 적정한 공간계획단위를 제시하며 국토계획 및 관리에 있어서 과학적이고 합리적인 공간계획 지원이 가능하다. 북한의 임의의 지역을 개발 또는 관리한다고 가정하였을 때 산림녹지조성이 필요하다면 어느 정도의 규모와 예산으로 공공정책을 실행할 것인지, 산림 개간을 통한 개발이 필요하다면 녹지기능을 유지하면서 어떤 지역을 대상으로 할 것인지에 대한 정책적 의사결정지원이 가능하다.

더 나아가, 본 연구에서는 오리지널  $M_{eff}$ 의 단점을 보완한 행정구역과 같은 임의의 경계로 인하여 발생할 수 있는 문제를 고려한 CBC(cross-boundary connection)  $M_{eff}$ 를 활용하여 적절한 공간계획단위를 산출한다. CBC 공간계획단위(CBC effective mesh size, 이하  $M_{eff}^{CBC}$ )는 경관구조를 정량화 할 때 경계로 인하여 발생하는 bias를 제거하는데 유용하며, 경계를 넘어서 파편화되지 않은 패치 내에서의 연계성을 고려한다.  $M_{eff}$ 는 계산과 이해가 쉽다는 장점으로 일반적으로 사용되고 있으나 파편화의 정도에 따른 공간계획단위의 공간적 변이를 반영할 수 없고, 측정 단위 경계로 인한 왜곡 등의 단점이 있다(Moser et al., 2007). 이러한 단점을 해소하기 위한 방법으로  $M_{eff}$ 를 개선한  $M_{eff}^{CBC}$ 를 사용하여 산림 파편화의 공간적 특성에 대한 최적의 공간계획단위 면적을 산출할 수 있다.  $M_{eff}^{CBC}$ 는 각 패치의 면적을 곱할 때( $M_{eff}$ 의  $A^2$ ) 하나의 면적은 패치가 계산되어진 경계내의 면적을 곱하고 나머지 하나의 면적은 경계와 상관없이 패치 전체의 면적을 곱하여 계산한다. 이러한 방법은 경계로 인한 패치의 저평가(underestimation)의 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 패치의 크기에 따른 메시 크기가 변화됨으로써 패치의 공간적 변이를 반영할 수 있다. 또한,  $M_{eff}^{CBC}$ 는 패치크기를 범위로 제시해주기 때문에 공간개발 및 관리에 있어 계획자에게 좀 더 유연한 적용 및 계획수립이 가능하다. 국토개발 계획 및 관리를 하는데 있어서도 공간적 인구분포 자료를 활용할 경우에는 인구수를 반영한 최적화된 공간계획단위를 제시할 수 있다.

$$M_{eff}^{CBC} = \frac{1}{A_{Total}} \sum_{i=1}^n A_i A_i^{cmpl}$$

where  $n$  = the number of patches  
 $A_i$  = size of patch  $i$  inside the boundaries of the reporting unit( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )  
 $A_i^{cmpl}$  = the area of the complete patch that  $A_i$  is a part of  
 $A_{Total}$  = the total area of the reporting unit

자료: Moser et al., 2007. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. p.451; Olson, L., 2014, Effective Mesh Size Analysis on the Fragmentation of Alberta's Natural Vegetation Technical Report, Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 4p.

---

#### 4) 국토이용 실태분석 및 모니터링 고려사항

국토이용 실태분석 및 모니터링은 연구의 목적 및 대상지역에 따른 공간단위의 문제를 고려해야 한다. 국토이용 실태분석 및 모니터링의 활용 목적 및 연구지역에 따라서 공간단위의 설정이 가능하기 때문이다. 예를 들어, 국토전반의 광범위한 지역을 대상으로 연구를 수행할 경우에는 중·저해상도의 영상을 활용한 거시적 국토 실태분석 및 모니터링 자료가 적절하다. 그러나 도시나 소규모 지역을 연구지역으로 선정할 경우에는 광범위한 연구지역과 비교하여 공간적으로 더 세밀한 국지적 국토이용 모니터링 자료가 필요하다. 이 외에도, 건물 정보 또는 산림수종 구분 등을 위한 연구목적으로 국토이용 모니터링을 할 경우에는 좀 더 세밀하고 정확한 국토이용 모니터링을 위한 고해상도 자료를 기반으로 분석할 필요가 있다.

또한, 국토이용 실태분석 및 모니터링을 위한 연구주제에 따른 토지정보 설정의 문제가 고려해야 할 사항이다. 국토이용 모니터링의 연구주제에 따라서 추출하고자 하는 토지피복 분류 등급이 차별화 된다. 즉, 농림부, 환경부, 기타 기관별 활용 업무 목적에 따라서 요구하는 토지피복분류 등급에도 차이가 있으므로 연구주제 및 사업목적에 따라서 필요한 세부적 토지피복 정보를 설정할 필요가 있다. 예를 들어, 활용 업무 특성에 따라서 농림부는 산림·주거·논·밭·초지·나지·수역·기타의 8개 항목의 토지피복을, 환경부는 시가화/건조·농업·산림·녹지/초지지역과 습지·나지·수역의 7개 항목으로 토지피복 등급을 분류하고 있다.



CHAPTER 3

북한지역의 토지피복  
실태분석

1. 북한지역 토지피복 실태분석 및 경관분석 개요 | 51
2. 원격탐사기법을 활용한 북한지역 토지피복 실태분석 | 56
3. 시사점 | 72



## 북한지역의 토지피복 실태분석

본 장에서는 원격탐사기법을 활용한 북한지역의 토지피복 실태분석 및 경관분석을 위한 연구자료를 제시한다. 북한 전 지역을 대상으로 집중지수 및 불균등 지수를 통해서 토피피복의 변화가 집중적으로 발생하며 불균등하게 일어난 지역을 대상으로 Moran's I를 활용하여 공간적 구조패턴을 분석한다. 또한, 토지피복 변화의 공간적 집중도가 뚜렷하면서 주변지역에 영향을 끼치는 지역을 경관분석을 위한 사례지역으로 선정한다.

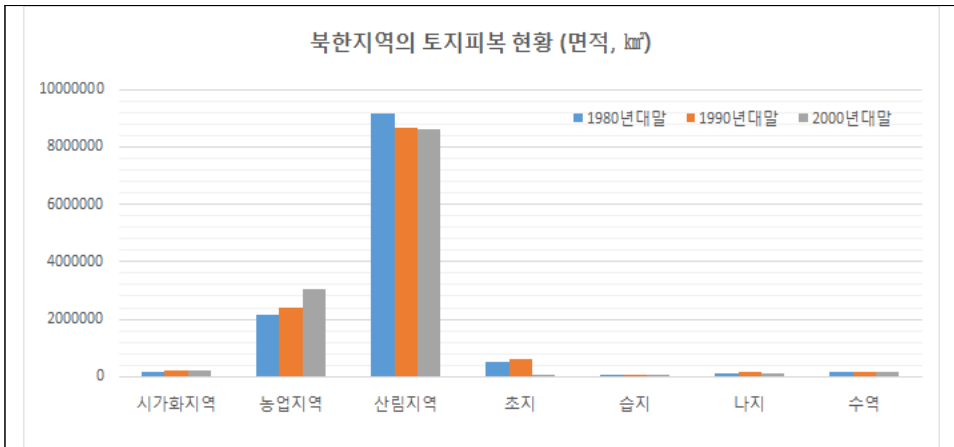
### 1. 북한지역 토지피복 실태분석 및 경관분석 개요

본 연구에서 북한지역의 토지피복 실태 및 경관분석을 위한 활용한 연구자료는 환경부의 토지피복도와 위성영상 및 타 공간정보 GIS 자료가 포함된다. 첫째, 북한 전 지역의 시계열 토지피복 실태분석을 위하여 환경부의 토지피복분류도를 활용한다. 환경부는 '98년부터 위성영상자료를 활용하여 토지피복분류도 구축사업을 수행하여 '07년부터 한반도 전역을 대분류 토지피복도를 구축하였다. 1980년대, 1990년대, 2000년대 말에 제작된 대분류 토지피복분류도를 이용하여 토지피복 변화분석연구를 수행한 결과, 북한은 산림면적은 크게 감소한 반면에 농지면적은 증가하는 것으로 나타났다(그림 3-1) 참조).

특히, 1980년대와 1990년대의 토지피복 변화보다 1990년대와 2000년대의 토지피복 변화가 크게 나타난다(강민조 외, 2016). 1980년대와 1990년대는 큰 토지이용변화는 없는 것으로 보이며 산림을 개간하여 농지로 만드는 토지이용 변화가 주를 이루었다

(강민조 외, 2016). 1990년대 말과 2000년대 말의 토지피복 현황에 따르면 농업지역의 확대가 두드러지며, 초지, 나지 등의 토지피복을 개간하여 농업지역으로 변화되었음이 추정가능하다. 또한, 1980년대와 2000년대를 비교하였을 때, 평야가 많은 평양남도 및 황해남북도의 농업지역으로의 변화가 크게 나타난다(강민조 외, 2016).

**그림 3-1 | 환경부의 북한지역 토지피복 현황**



자료: 강민조 외. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구. p.42.  
 원출처: 환경부 토지피복도. <http://egis.me.go.kr/ewebgis/webgis.do> (2017.1.12. 접속)

**표 3-1 | 환경부의 토지피복도 제작방법**

분류	환경부 토지피복도
영상	Landsat TM
제작년도	'80s, '90s, '00s
분류항목	시가화/건조지역, 농경지역, 산림지역, 녹지/초지지역, 습지, 나지, 수역
배포형식	1:50,000 도곽 단위
분류방법	Maximum Likelihood

자료: 이규성 외. 2009. 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 현안분석. p.79.

북한지역의 토지피복분류도(대분류)의 제작절차 및 방법은 Landsat 영상을 기반으로 무감독/감독분류의 Hybrid기법을 활용<sup>1)</sup>한다. ① (GCP선정 및 기하보정) 위성영상의 위치를 맞춰주기 위해서는 정확하고 신뢰도 높은 기준을 정해주어야 하므로, 이때의 기준은 영상과 지표면에서 동일한 형태를 나타내는 GCP(Ground Control Point:지상기준점)를 선정해서 기하보정을 실시한다. ② (색상 보정) 대분류는 무감독 분류로 실시되기 때문에 분류의 정확도를 높이기 위해 색상보정을 실시한다. ③ (토지피복분류 실시) 대분류 토지피복지도는 감독/무감독 분류의 장점만을 합친 Hybrid 분류방법을 적용하며, 감독 분류란 영상에서의 피복특성을 사람이 육안으로 판독·분류하는 방법을 의미한다. 무감독 분류란 원격탐사 프로그램을 사용하여 영상의 색상차이에 따라 자동으로 분류하는 방법을 Hybrid 방법은 감독 분류에서 미분류 된 지역을 무감독분류 결과와 결합한 방법이다. ④ (현장조사) 필요시 남한지역 현장조사를 실시하나 북한지역은 접근불능지로서 현장조사는 불가능한 한계점을 지니고 있다.<sup>2)</sup>

그러나 실질적으로 북한지역의 정확도 검증 및 신뢰성 확보를 통한 토지피복도 구축은 현장접근이 불가하므로 활용할 수 있는 참조자료가 극히 부족한 실정이다. 북한지역의 토지피복 정확도 기준은 도엽별로 70% 이상이며, 북한지역의 참조자료로 활용 가능한 자료는 대외비인 관계로 공유 및 활용에 제한이 따르므로 현실적으로 쉽지 않다(정휘철 외, 2015). 따라서 환경부의 토지피복도는 정확도를 확보하는데 있어서 어려움이 있으며, 10년 정도의 주기별로 장기간의 추세 분석에 적합하다. 이러한 제약사항으로 인하여 본 연구에서는 기구축된 환경부의 토지피복도를 전체적인 토지이용 변화 실태를 파악하는데 활용한다.

환경부의 토지피복도는 북한 전 지역을 대상으로 시기별로 구축한 토지피복 데이터는 유일하므로 북한 전반적 산림황폐화를 파악하기 위한 토지피복 실태파악을 위해서 활용도가 높다. 예를 들어, 환경부의 토지피복도는 국토환경성 평가, 생태자연도, 도

1) 환경부의 대분류 토지피복지도 제작방법. 국토환경정보센터, 국토환경공간정보.  
<http://www.neins.go.kr/gis/mnu01/doc03a.asp> (2017.10.30. 접속)

2) 환경부의 대분류 토지피복지도 제작방법. 국토환경정보센터, 국토환경공간정보.  
<http://www.neins.go.kr/gis/mnu01/doc03a.asp> (2017.10.30. 접속)

---

시생태현황도 등을 작성하는데 필수적인 기초자료로 활용 중이다(정휘철 외, 2015). 특히, 환경부의 토지피복도는 국토연구원의 2016년도 「국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용기술 개발 연구」뿐만 아니라 환경정책평가연구원의 다수 연구과제와 산림청의 「산림기본계획」등에 활용되었다.

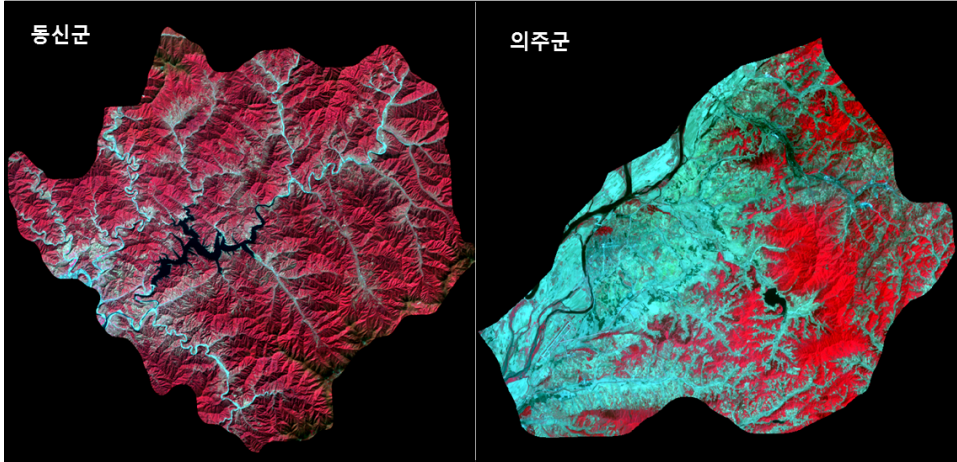
또한, 환경부의 토지피복분류도의 한계점을 보완하기 위하여 사례지역 선정 후에 경관분석 및 이에 따른 적절한 공간계획단위 등을 산출하기 위하여 2017년 Landsat 8자료를 활용하여 토지피복분류를 수행하였다(4장 참조). 토지피복분류도는 환경부에서 수행한 감독/무감독 분류의 장점만을 합친 Hybrid 분류방법을 적용할 뿐만 아니라 Google Map 및 고해상도의 SPOT 위성영상을 참조하여 오분류된 지역을 매뉴얼 에디팅을 통해서 정확도를 향상시켜 신뢰성을 확보하였다.

이 외에도, 본 연구에서 북한지역의 경관분석 및 효율적인 개발 및 자원관리를 위한 적절한 공간계획단위 제시와 정책적 활용방안을 위하여 활용할 위성영상 및 GIS자료를 활용하였다. 이러한 자료로 2017년 Landsat 8, 시군구역별 행정경계도, 국토지리정보원의 SPOT을 기반으로 한 수치표고모델(DEM)과 수치지형도, Google Maps, 국토연구원의 북한지역 공간적 인구분포자료 등이 있다. 북한지역의 행정경계도는 GADM의 2015년 자료를 활용하여 현 북한지역 행정경계도에 적용하여 수정하였다. 경관분석을 위해 필요한 대분류 토지피복분류도 작성을 위하여 평안북도 의주군과 자강도 동신군의 Landsat 8 위성영상을 활용하였다(〈그림 3-2〉 참조). 이 외에도 본 연구에서 표고 250m 및 경사도 25도 이상 및 이하에 해당하는 픽셀을 산출하기 위하여 활용한 자료는 국토지리정보원에서 제작한 10m 해상도의 DEM자료이다. 고해상도 정사영상(SPOT-5) 활용한 국토지리정보원의 수치지도는 도로 및 건물 등의 정보를 추출하는데 활용하였다. 마지막으로 원격탐사 및 대시메트릭 지도법을 활용한 2016년 국토연구원<sup>3)</sup>의 북한지역 공간적 인구분포 자료를 활용하였다(〈그림 3-3〉 참조).

---

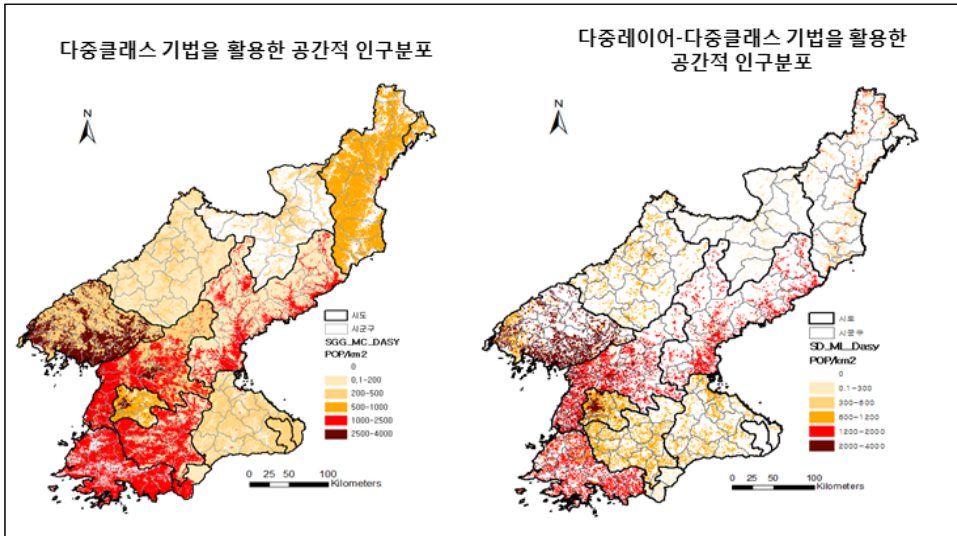
3) 강민조 외. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구. p.101

**그림 3-2 | 동신군과 의주군의 Landsat 8 영상자료(RGB Band)**



자료: USGS Earth Explore. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2017.8.22. 접속) (동신군 acquisition date: 2017. 6.14; 의주군 acquisition date: 2017.5.20)

**그림 3-3 | 북한지역의 공간적 인구분포 추정 결과**



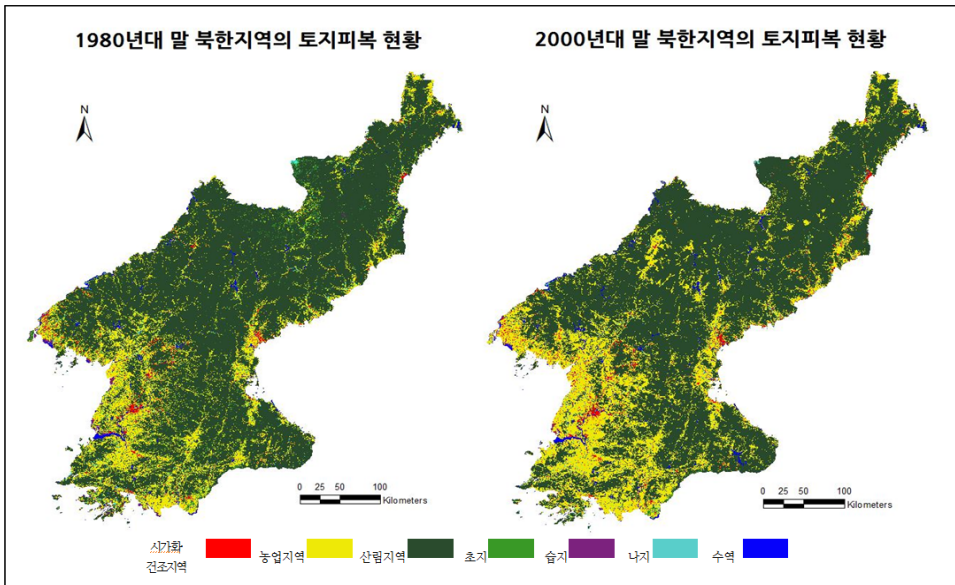
자료: 강민조 외. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구. p.101

## 2. 원격탐사기법을 활용한 북한지역 토지피복 실태분석

### 1) 시계열 토지피복 현황 및 변화분석

북한지역의 시계열 토지피복 현황 및 변화를 분석하기 위하여 환경부에서 제공하는 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복분류도를 기반으로 도시지역, 산림지역, 농업지역, 나대지 등의 피복정보를 활용하였다. 국토자원 관리 및 국토개발을 위한 기초자료로써 토지이용 및 토지피복 정보의 시계열적 조사는 필수적이다. 특히, 1990년대 이래로 북한지역은 산림황폐화가 급속도로 진행되었으므로 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복분류도의 7개 등급(시가화, 농업, 산림, 초지, 습지, 나지, 수역)의 토지피복자료를 활용하였다. 환경부의 토지피복자료는 1980년대 말부터 산림훼손을 급격히 겪고 있는 북한지역의 산림지역 현황을 파악하는데 유용하다.

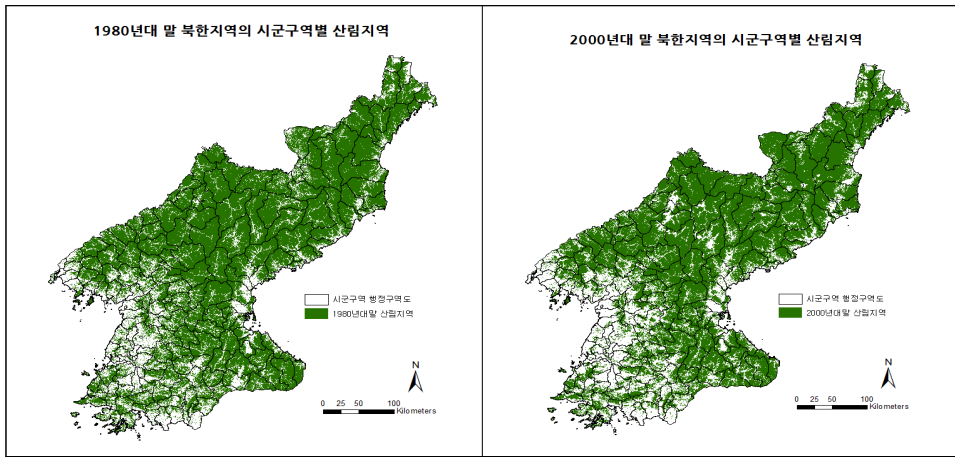
그림 3-4 | 북한지역의 시계열 토지피복분류도: 1980년대 말(좌), 2000년대 말(우)



자료: 환경부 토지피복도를 활용하여 북한지역 토지피복 정보 추출하여 연구진 지도 작성

유엔산하식량농업기구(FAO)에 따르면, 북한이 동아시아 중 가장 산림 훼손 속도가 빠른 나라이면서 사막화 위험이 크다고 지적하고 있다. FAO는 1990년에서 2010년까지 약 20년 동안 북한의 녹지대 1만 7천 헥타르가 사라지면서 동아시아에서 산림황폐화가 가장 빠르게 진행된 것으로 추산<sup>4)</sup>되며, <그림 3-4>와 같이 농업지역의 증가 및 산림지역의 감소 패턴이 뚜렷하게 나타난다.

**그림 3-5 | 북한지역의 시군구역별 산림지역 현황: 1980년대 말(좌), 2000년대 말(우)**



자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 북한지역의 시군구역별 산림지역 정보를 추출하여 연구진 작성

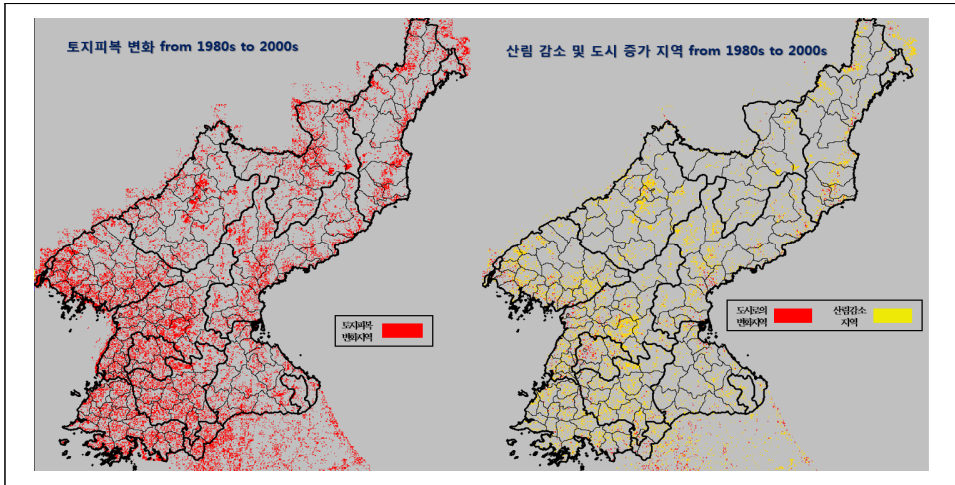
특히, 환경부의 토지피복분류도를 기반으로 1980년대 말과 2000년대 말의 북한지역의 시군구역별 산림지역 분포 현황을 살펴보면 산림훼손이 심화되었음을 추정할 수 있다(<그림 3-5> 참조). 평양시 동북부 주변지역, 자강도, 평안남북도, 두만강일대의 회령시 등의 지역이 산림훼손이 심화된 지역으로 나타난다. 2016년 9월(8월29일~9월 2일) 함경북도 두만강 일대에 극심한 홍수가 발생하여 회령시, 무산군, 연사군이 큰 피해<sup>5)</sup>를 입었으며 이는 두만강 일대의 산림훼손과 연계가 가능하다.

4) RFA. 2017. FAO, 북한은 동아시아 최대 산림훼손국. 2017년 1월 3일 기사.  
[http://www.rfa.org/korean/in\\_focus/food\\_international\\_org/baldmountain01032017151924](http://www.rfa.org/korean/in_focus/food_international_org/baldmountain01032017151924)  
 (2017.5.4. 접속)

5) 두만강 일대 피해현황: 회령시는 15명 주민 실종, 함경북도 전체는 8천670여가구 피해, 1만1천 180여세대의 주택 파손 및 4만4천여명 주민 대피(지구촌 핫 이슈: 두만강 홍수 사상최대 피해. 2016년 9월3일 기사).  
<http://comp007.tistory.com/240> (2017.6.26. 접속)

본 연구에서는 1980년대 말에서 2000년대 말까지 산림지역에서 농림·도시지역 등으로의 변화된 지역 추출을 통해서 산림훼손이 심각하게 발생한 지역을 분석하였다. 북한 전지역, 시도별, 시군구별로 도시화 및 산림훼손으로 인하여 변화가 가장 많은 지역을 추출하고 그 정보 결과를 분석하였다.

**그림 3-6 | 북한지역의 시계열 토지피복 변화: 1980년대 말 ~ 2000년대 말**



자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 연구진 작성

북한의 시도별 2008년대 말 산림지역의 총 픽셀수의 면적, 1980년대말~2000년대 말 산림지역의 변화(산림감소: 산림지역에서 타 토지피복으로의 변화)<sup>6)</sup>의 총 픽셀수의 면적, 1980년대 말~2000년대 말의 산림감소지역의 면적 변화율은 <표 3-2>와 같다. 산림감소가 급속도로 진행되는 곳은 신의주시, 개성시, 평양시 순으로 도시를 중심으로 산림파괴가 집중적으로 일어나고 있다. 특히, 신의주시와 개성시는 중국 및 우리나라와의 경협 등의 사업에 의한 대단위 토지개발이 이루어졌기 때문이며, 평양시는 도시 확산으로 인한 주변 경계지역에서 산림파괴가 일어나고 있으며 이로 인하여 평안

6) 북한의 산림변화량은 1980년대 말 산림지역이 2000년 산림 이외 지역으로 변한 산림감소 지역의 절대량을 의미하며 북한 전체 및 시도별 산림변화량(산림감소)

남북도의 산림변화 비율도 높게 나타나고 있다. 북한전체의 산림지역 면적 변화율의 -12.4%와 비교하여 황해남도, 황해북도, 평안남도, 평안북도는 약 20%~30%변화율로 산림감소가 북한전체 지역과 비교하여 뚜렷하게 나타나고 있음을 추정할 수 있다. 본 연구에서는 산림파괴가 불균등하게 이루어진 지역을 대상으로 하는 연구이므로 산림변화량은 참고자료로 활용하였다.

**표 3-2 | 북한지역의 시도별 1980년대 말~2000년대 말 산림면적 변화**

<산림면적 단위: m<sup>2</sup>>

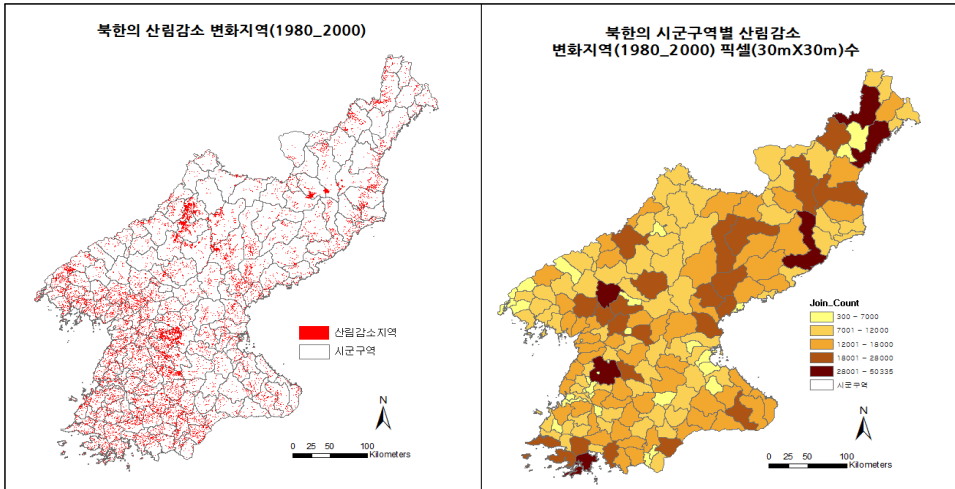
시도명	1980년대 말 산림지역 총 픽셀면적	1980-2000년대 말 산림지역 변화 총 픽셀면적	1980-2000년대 말 산림지역 변화율(%)
북한 전체	102,145,818	12,711,871	▼ 12.44%
자강도	16,829,284	1,438,081	▼ 8.55%
함경북도	15,020,692	1,120,338	▼ 7.46%
함경남도	16,867,760	1,652,025	▼ 9.79%
황해북도	5,546,106	1,349,698	▼ 24.34%
황해남도	4,456,068	1,336,317	▼ 29.99%
개성시	465,386	196,826	▼ 42.29%
강원도	8,745,711	757,413	▼ 8.66%
금강산지구	1,011,197	77,652	▼ 7.68%
평안북도	8,862,747	1,743,889	▼ 19.68%
평안남도	8,863,810	1,852,957	▼ 20.90%
평양시	1,351,531	439,745	▼ 32.54%
라선시	727,540	53,808	▼ 7.40%
양강도	13,390,270	687,104	▼ 5.13%
신의주시	7,716	6,018	▼ 77.99%

자료: 연구진 작성

## 2) 산림변화 지역의 집중도 및 불균등 변화 추이분석

본 연구에서는 산림황폐화 및 도시화에 따른 토지피복의 변화 및 지역별 산림지역 및 도시지역 변화의 시공간적 집중도 및 불균형을 평가하기 위하여 집중지수 및 지니계수를 활용하였다. 토지피복에서 산림황폐화지의 집중도를 알아보기 위하여 북한 전 지역의 산림지역의 변화와 시도별로 해당 시군구역의 산림지역의 변화(산림 감소지역) 분포가 집중되어 있는지 또는 분산되어 있는지를 파악하였다.

**그림 3-7 |** 북한지역의 시계열 산림감소 픽셀의 공간적 분포: 1980~2000년대 말



자료: 연구진 작성

집중도 및 불균형 변화를 분석하기 위한 도구로는 ERDAS Imagine, Idrisi 및 ArcGIS를 활용한다. ERDAS Imagine 및 Idrisi TerrSet은 산림지역의 이미지 시계열 현황 및 변화정보를 위한 시각적 분석 및 변화량 산출을 위하여 유용하다. ArcGIS는 분석된 데이터를 시각화하고 공간구조 패턴분석에 활용하였다.

또한, 집중도 및 불균형 변화를 분석하기 위한 데이터는 북한 1990년도 토지피복도, 2000년도 토지피복도, 시도별·시군구별 행정구역도를 사용하였다. 1980년대 말 토지

피복도에서는 전국·시도별·시군구별 산림지역의 넓이를 추출하고 1980년대 말 토지피복도, 2000년대 말 토지피복도를 이용하여 1980년대 말 산림지역에서 2000년대 말 비산림 지역으로 변화한 지역을 전국·시도별·시군구별로 추출하였다.

북한 전 지역의 산림지역 변화와 시도별 산림지역의 변화가 집중 또는 분산되어 있는지를 파악하기 위하여 집중도지수를 활용하였다. 북한 전체 및 시도별 산림황폐화의 집중도를 구하기 위하여 다음과 같이 변수를 대체하였다.

$$CL = \frac{1}{2} \sum \left| \frac{A_R}{A_N} - \frac{A_r}{A_n} \right| ^{7)}$$

**표 3-3 | 집중도 지수(CL) 산출을 위한 변수**

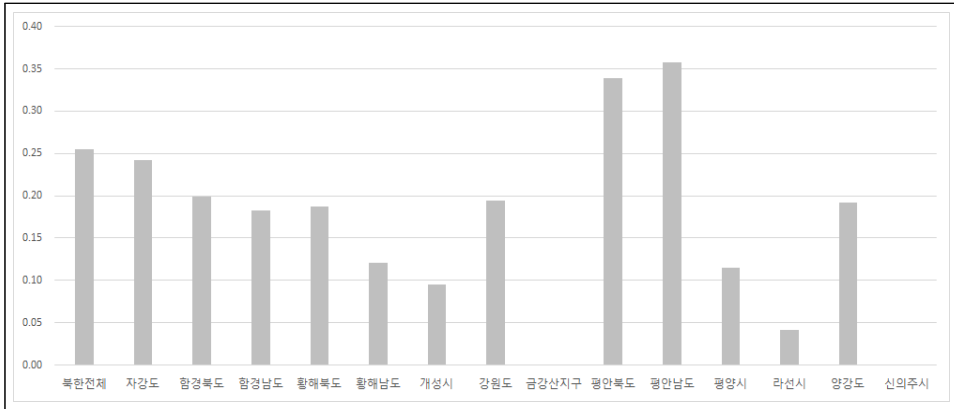
변수명	일반적 CL	북한 전역 CL	북한 시도단위(SD) CL
$A_R$	r지역의 산림지역 총 면적	SD별 08-00년 산림에서 비산림으로의 총 면적	SGG(시군구역)별 08-00년 산림에서 비산림으로의 총 면적
$A_r$	r지역의 총 면적	SD별 08년 산림의 총 면적	SGG별 08년 산림의 총 면적
$A_N$	전국의 산림지역 총 면적	전국의 08-00년 산림에서 비산림으로의 총 면적	SD별 08-00년 산림에서 비산림으로의 총 면적
$A_n$	전국의 총 면적	전국의 08년 산림의 총 면적	SD별 08년 산림의 총 면적

\*산림황폐화의 지역별 집중도를 집중도 지수(CL)를 통해 산출하기 위해 본 연구에 맞는 변수 설정 (자료: 연구진 작성)

북한 전 지역의 집중도를 계산한 결과, 시도별로 북한 전체는 0.26으로 대체로 균등하게 산림의 감소가 이루어지고 있다. 그러나 시군구역별로 산림황폐화의 집중도를 산출한 결과, 가장 높은 시도는 평안북도(0.34)와 평안남도(0.36)로 나타났으며 금강산 지구와 신의주시는 하위 행정구역이 없으므로 제시된 값(0)은 의미가 없는 것으로 간주하였다.

7) 김원경 외. 2016. 주요 단기소득 임산물의 공간적 분포 특성에 관한 연구.

**그림 3-8 | 북한지역의 시도별 산림감소(1980~2000년대 말) 집중도 지수**



자료: 연구진 작성

**표 3-4 | 북한지역 산림변화(1980~2000년대 말)의 집중도 지수(CL)**

구분	집중도 지수(CL)	구분	집중도 지수(CL)	구분	집중도 지수(CL)
북한 전체	0.25548	황해남도	0.12027	평안남도	0.35793
자강도	0.24171	개성시	0.09513	평양시	0.11450
함경북도	0.19936	강원도	0.19429	라선시	0.04156
함경남도	0.18313	금강산지구	-	양강도	0.19187
황해북도	0.18744	평안북도	0.33896	신의주시	-

자료: 연구진 작성

산림지역의 감소(변화)의 불균등 정도를 측정하기 위한 방법으로 지니계수 및 로렌츠 곡선을 이용하여 북한 전체 및 시도별 불평등 정도를 분석하였다. 북한 전체의 지니계수의 해석은 지역별 면적으로 1980년대 말 산림지역에서 2000년대 말 비산림 지역으로 변한 면적을 나눈 비율의 불평등 분포이다. 지니계수를 활용하여 시군구역별 1980년대의 산림지역 면적과 1980년대 말부터 2000년대까지 산림지역 면적 변화량을 변수로 적용하였다. 북한지역 전체의 산림지역 변화 면적 대비 지역별 변화 면적 산출

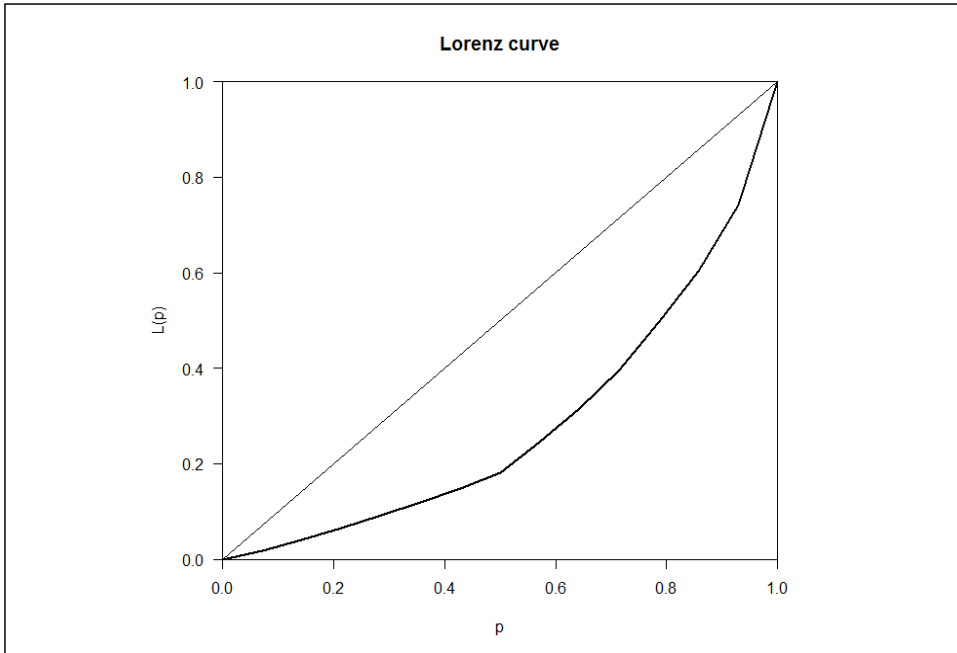
을 통해서 지역별 산림변화 면적의 불균형에 대한 시간적 변화패턴을 분석하였다. 그 결과, 북한 전체의 지니계수는 0.43으로 상당한 불평등적인 산림황폐화가 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

**표 3-5 | 북한지역 산림변화(1980~2000년대 말)의 지니계수(G)**

구분	지니계수(G)	구분	지니계수(G)	구분	지니계수(G)
북한 전체	0.4342770	황해남도	0.1874097	평안남도	0.3418715
자강도	0.4274901	개성시	0.1157534	평양시	0.2030299
함경북도	0.3409395	강원도	0.2529381	라선시	0.0435252
함경남도	0.3320884	금강산지구	-	양강도	0.3001412
황해북도	0.2444229	평안북도	0.4300589	신의주시	-

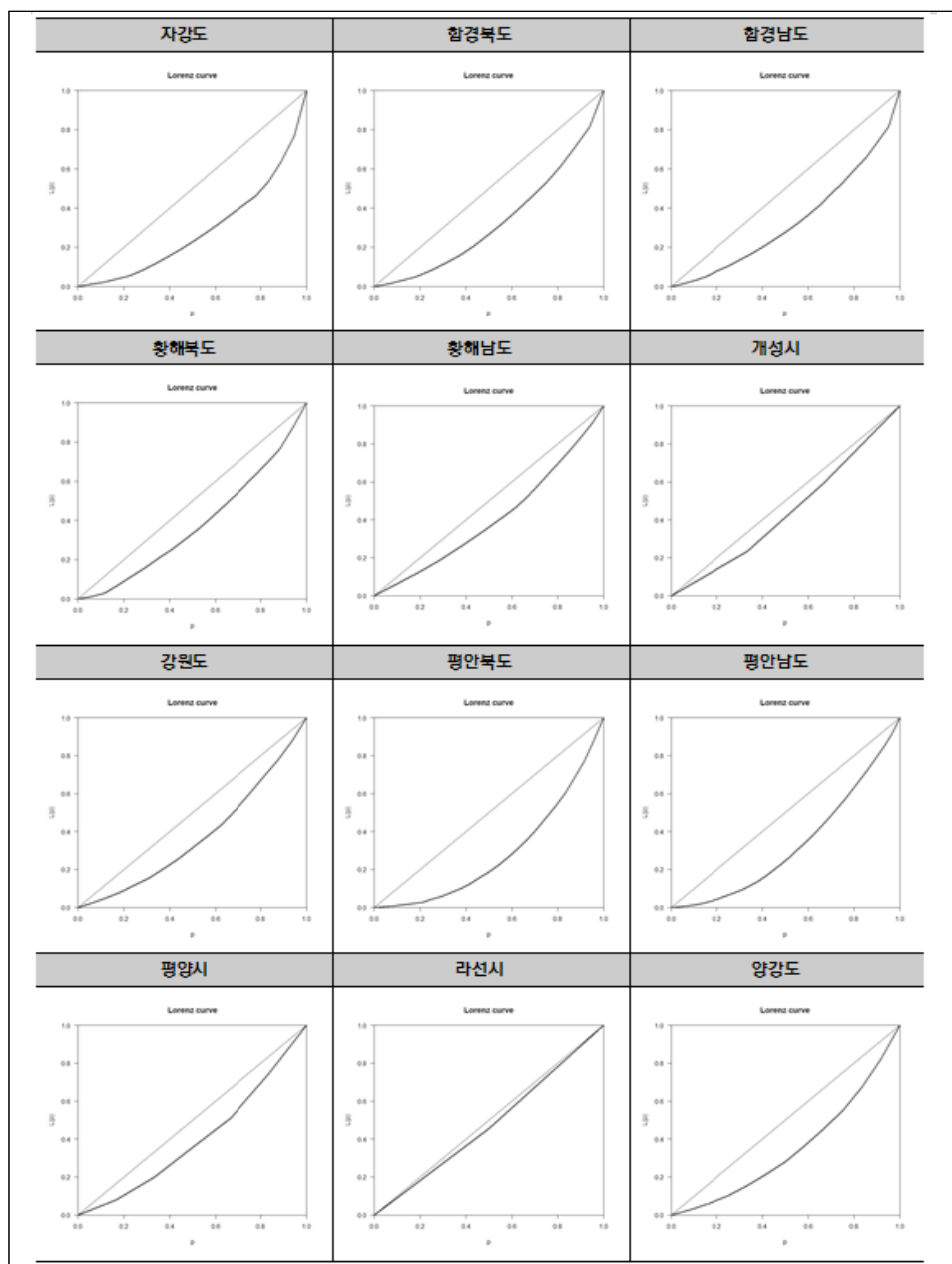
자료: 연구진 작성

**그림 3-9 | 북한지역 전체의 산림감소(1980~2000년대 말) 로렌츠 곡선(0.46)**



자료: 연구진 작성

**그림 3-10 | 북한지역 시도별 산림감소(1980~2000년대 말) 로렌츠 곡선**

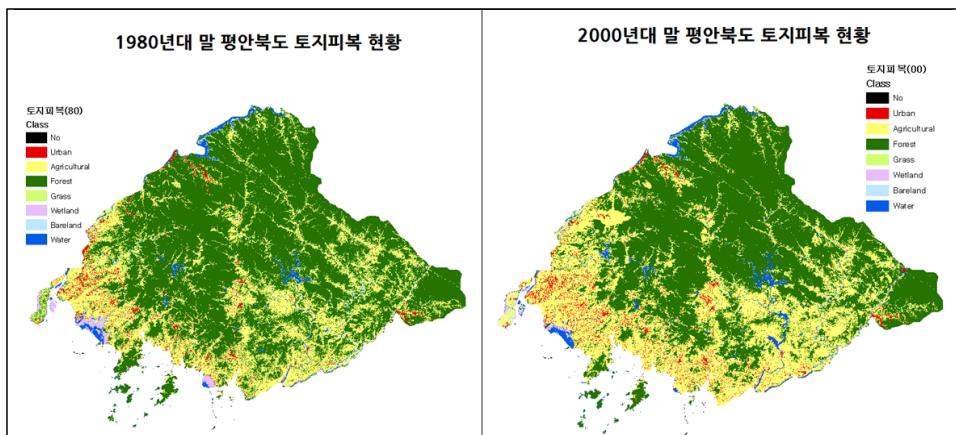


자료: 연구진 작성

금강산지구, 신의주시는 하위 행정구역이 없으므로 지니계수를 구하는 의미가 없으며, 하위 행정구역이 3개인 개성시, 2개인 나선시의 지니계수의 의미 또한 고려해 봐야 한다. 지니계수가 0.4보다 높은 시도는 자강도와 평안북도이며, 이는 북한 전체의 지니계수 보다 조금 낮은 수치를 보이고 있다(〈표 3-5〉, 〈그림 3-10〉 참조). 이러한 결과는 자강도와 평안북도를 제외한 각 시도내의 불균등 보다 시도간의 불균등이 더 크다는 것을 의미한다.

집중도가 높은 지역은 평안남도, 평안북도, 자강도 순이고, 지니계수가 높은 지역은 평안북도, 자강도, 평안남도 순이며 평안북도와 평안남도는 도시 확산 및 농경지 개간이 산림감소의 주요인으로, 자강도는 농경지의 확산이 주요 원인으로 추정되어 자강도, 평안북도, 평안남도를 사례지역으로 선정 하였다. 평안북도는 평안남도에 비해 지니계수가 높으며 상대적으로 집중도에는 차이가 크지 않으므로 두 지역 모두 공간적으로 불균형한 산림파괴가 진행되었다고 판단하여 사례지역으로 선정하였다. 평안북도의 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복도를 비교해 보면, 도시지역 및 농업지역의 증가에 따라 산림감소가 극심하게 발생했음을 추정할 수 있다.

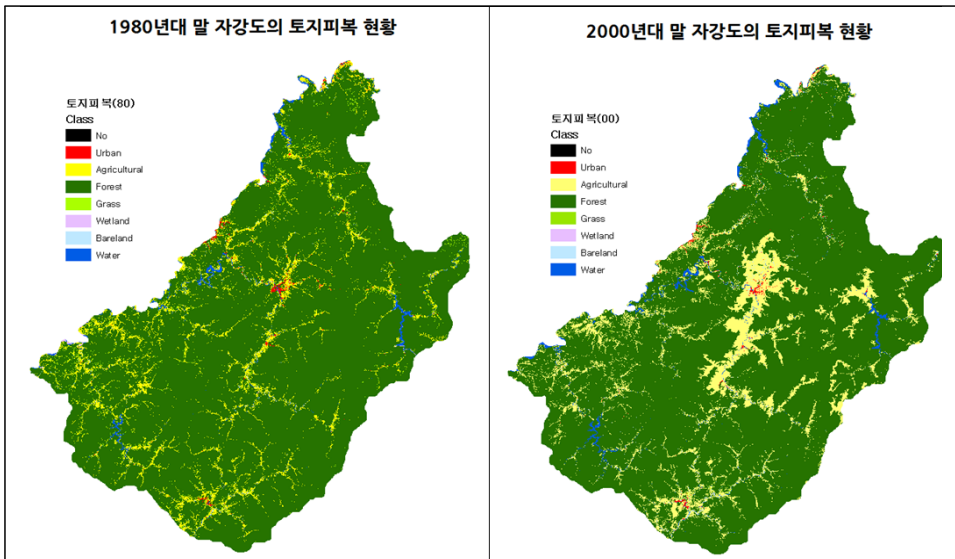
**그림 3-11 | 평안북도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화**



자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 평안북도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 현황자료(연구진 지도 작성)

자강도의 집중화 계수는 평안남도에 비해 높지 않으나 지니계수가 0.4를 넘고 낭림 산맥과 개마고원 일대의 고도가 높고 산림밀도가 높은 곳으로 도시주변 지역과 차별적이며 다른 시도의 산림면적에 비해 상대적으로 적은(약 8.6%) 산림황폐화가 이루어졌지만 불균형은 높아 사례시도로 선정한다. 자강도의 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복도를 비교해 보면, 산림벌목 및 다락밭 사업으로 인하여 뚜렷한 농업지역의 증가를 보이고 있으며, 이에 따른 산림감소가 극심하게 발생했음을 추정 할 수 있다 (<그림 3-12> 참조).

**그림 3-12 | 자강도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화**

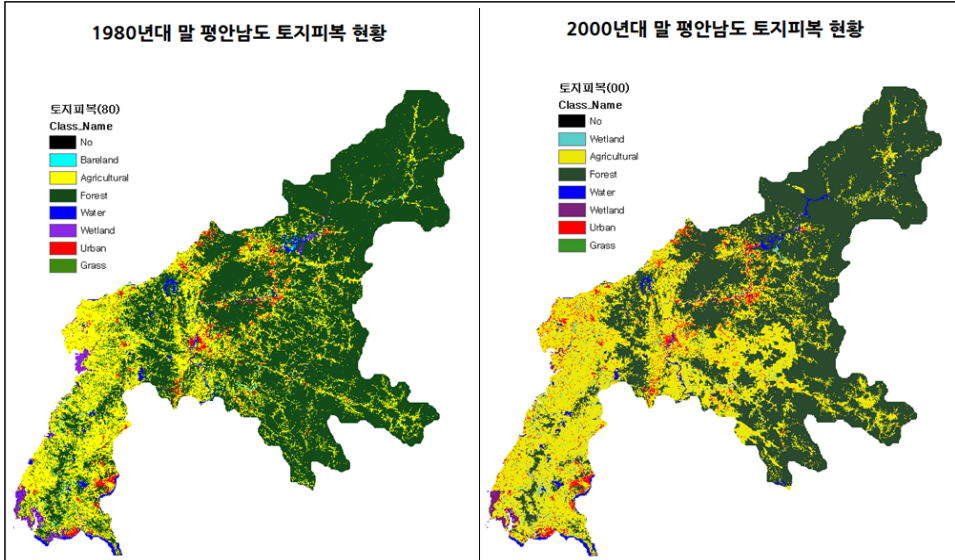


자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 자강도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 현황자료(연구진 지도 작성)

평안남도의 집중화 계수는 북한 전체지역과 시도별 지수와 비교해 보면, 약 0.36으로 가장 높게 나타나며, 불균등 지수가 평안북도와 자강도와 비교해서는 상대적으로 낮지만 지니계수 또한 0.34로 어느 정도 불균등한 분포를 보이고 있으므로 사례지역으로 선정하였다. 평안남도의 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복도를 비교해 보면,

도시지역의 증가와 함께 농업지역의 뚜렷한 증가로 인하여 산림감소가 극심하게 발생했음을 추정 가능하다(〈그림 3-13〉 참조).

**그림 3-13 | 평안남도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화**



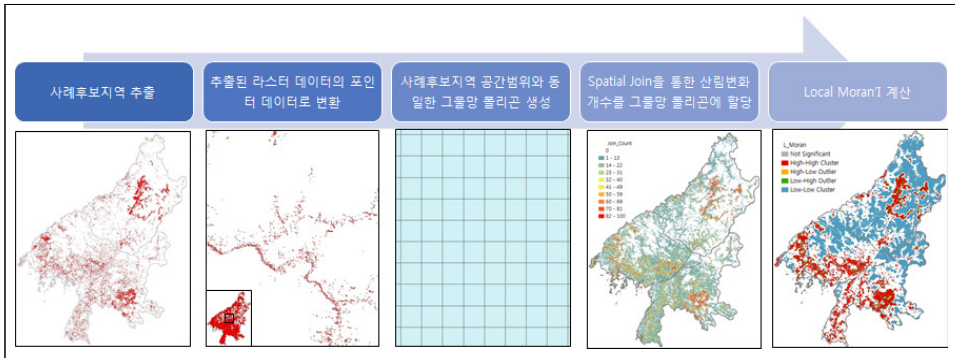
자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 평안남도의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 현황자료(연구진 지도 작성)

다음 절에서는 북한 전체 및 북한지역의 시도별 집중지수 및 지니계수 산출을 통해서 시도 내 시군구역별로 도시화 및 농업지역의 증가로 인하여 산림지역의 감소가 뚜렷하게 나타나는 지역인 평안북도, 평안남도, 자강도를 대상으로 산림지역 감소에 따른 공간구조 변화 패턴을 분석하고자 한다. 북한지역의 산림황폐화에 따른 집중지수 및 불균등 지수 결과, 지역적 특성을 보여주는 평안북도, 평안남도, 자강도를 대상으로 Moran's I를 활용하여 Hot Spot지역 분석을 통해 국토이용 모니터링(토지파편화 분석 및 산림 관리 단위지역 제시)을 위한 사례 시군구역을 선정하고자 한다.

### 3) 산림변화 지역의 공간구조 패턴 분석

본 연구에서는 북한지역의 산림황폐화 및 도시화에 따른 공간구조 패턴 분석을 위하여 Moran's I를 활용하였다. 산림황폐화에 따른 산림지역의 변화 면적에 대한 주변지역의 영향력을 파악하고 북한지역의 시도별(또는 시군구역별) 변화 면적의 불균등도에 대하여 국지적 수준에서 공간적으로 군집된 패턴을 파악하기 위하여 Local Moran's I<sup>8)</sup>를 활용하였다. 집중도 및 지니계수 값이 높게 나타난 평안북도, 평안남도, 자강도 지역의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복분류도를 통해서 산림변화 지역(1980년대 말 산림지역에서 2000년대 말 타 토지피복으로 변화된 지역)에 해당하는 픽셀의 Hot Spot지역과 Cold Spot 지역을 확인하였다. Hot Spot 지점의 확인을 통해서 농경지 확대 및 도시화로 인하여 산림훼손이 심화된 지역을 대상으로 국토이용 모니터링을 위한 사례지역으로 선정하여 분석함으로써 향후 통일대비 국토개발 및 국토관리를 위한 정책 활용방안에 대하여 제시하고자 한다.

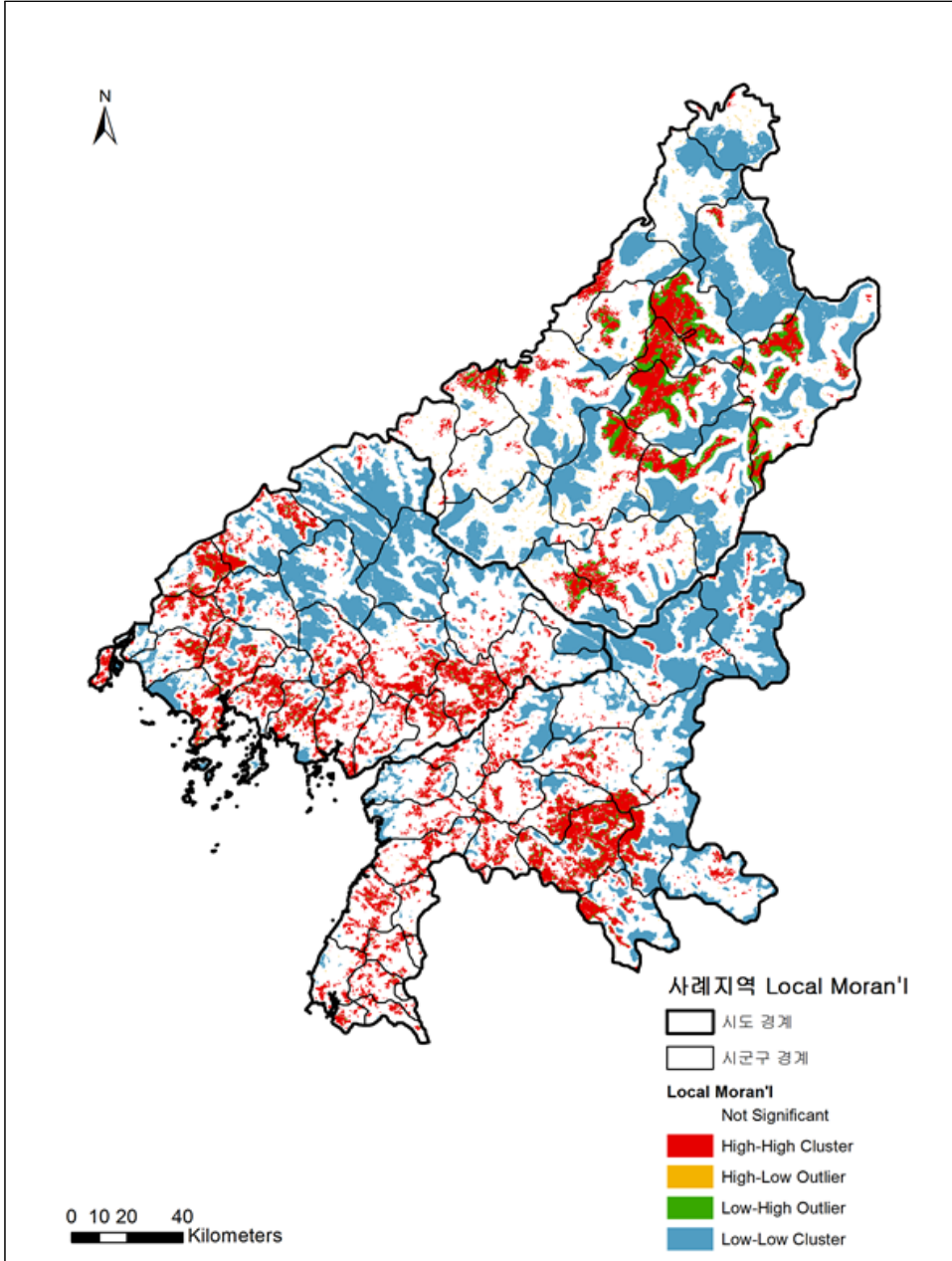
그림 3-14 | Local Moran's I 도출 프로세스



자료: 연구진 작성

8) Local Moran's I: 국지적 공간자기상관을 국지적 수준에서 공간적으로 군집된 패턴을 규명할 수 있을 뿐만 아니라 공간자기상관과의 관계에 대한 각 하위 지역의 기여도를 평가할 수 있는 통계량을 제공하며 지역별 기여도를 평가하는 것으로 주변지역의 영향력 파악할 수 있다. 이 외에도 통계적으로 유의한 Hot spot과 Cold spot, 그리고 공간적 이례지점 확인이 가능 (Anselin. 1994)

그림 3-15 | 북한지역 사례후보지역의 Local Moran's I



자료: 연구진 작성

---

Local Moran's I는 HH(High-High Cluster), HL(High-Low Cluster), LH (Low-High Cluster), LL(Low-Low Cluster) 4개로 도출되며 유의미한 값을 가지지 않는 지역은 Not Significant로 표현된다. HH는 특정 지점이 가지는 값이 높고 그 지점을 중심으로 한 주변 지점들의 값도 높다고 해석되며, HL은 특정 지점이 가지는 값이 높는데 반해 그 지점을 중심으로 한 주변 지점들의 값은 낮은 것으로 해석한다. LH는 특정 지점이 가지는 값이 낮은 것에 반해, 주변 지점들의 값은 높은 것을 의미하며, LL은 특정 지점이 가지는 값이 낮고, 그 지점을 중심으로 한 주변 지점들의 값도 낮은 것을 의미한다. 다만 본 연구의 LL은 변화가 적다는 것을 의미하지만 산림황폐화가 일어나지 않았을 수도 있고, 이미 그전에 심한 산림황폐화가 일어나 그 이후로는 큰 산림황폐화가 일어나지 않았을 수도 있기 때문에 해석에 주의가 필요하다.

사례후보지역의 산림황폐화는 압록강 및 서부지역에서는 넓고 광범위한 산림황폐화가 진행되었으며, 고도가 높은 자강도와 같은 지역은 고위평탄면인 개마고원을 중심으로 집중적으로 산림황폐화가 진행되었음을 알 수 있다. 평안북도는 압록강 주변의 의주군과 서해안 지역 그리고 평양-희천 고속도로와 인접한 박천군, 영변군 등에서의 산림황폐화가 빠르게 진행되었음을 알 수 있다. 평안남도는 서해안 및 평양과 인접한 지역에서 산림황폐화가 급속히 진행되고 있으며 서해에 인접한 시군은 모두 농경지 등으로 개간되어 배후의 약간의 산림만이 남겨져 있으며 이마저도 산림황폐화가 진행되고 있는 것으로 나타났다. 또한, 자강도는 개마고원을 중심으로 산림황폐화가 나타나고 있으며 개마고원 주변지역은 경사가 급하므로 농경지 개간이나 벌목 등이 어렵기 때문에 고위평탄면인 개마고원 지역의 산림이 집중적으로 훼손되고 있는 것으로 판단된다. 본 연구는 토지피복 파편화에 의한 산림훼손지역이 주요 연구대상으로 강계시, 성천군과 같이 산림황폐화가 대단위·집중적으로 진행된 곳보다는 토지피복 변화에 따른 파편화가 심한 지역을 사례지역으로 선정할 필요가 있다.

본 장에서는 산림벌목 및 다락밭 사업, 도시화 등으로 인하여 북한지역의 토지피복 변화 및 산림훼손이 뚜렷하게 나타나는 지역을 도출함으로써 통일대비 국토자원 관리 및 국토개발을 위해 필요한 국토이용 모니터링 사례지역을 도출하였다. 북한은 산림

---

관리에 대한 중앙정부의 지원이 소홀해지고 부족한 농경지로 인하여 다락밭을 장려하면서 산림파괴가 가속화되고 있다. 환경생태학적·지속가능성 측면에서 효율적이고 균형적인 국토자원 관리 및 국토개발을 위하여 북한지역의 토지이용실태 및 변화패턴을 분석하고, 이에 대응한 통일대비 국토자원관리 및 국토개발 정책을 수립할 필요가 있다. 따라서 토지피복 시계열 현황 및 변화탐지를 통해서 도시화 및 산림의 파괴가 가장 심화된 지역을 사례지역으로 선정하여 통일대비 국토관리 및 개발 정책 지원을 위하여 경관분석을 통한 국토이용 모니터링을 수행할 필요가 있다.

북한지역의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 변화 특성을 분석한 결과, 자강도의 동신군은 시가화 및 건조지역의 증가와 함께 농경지의 증가로 인하여 산림 감소가 뚜렷하게 나타나고 있다. 동신군은 경사도가 급한 지역을 제외한 산림지역의 대부분이 시가화지역을 따라서 농경지로 이용 및 확대되고 있으며, 이는 북한지역의 주민들은 식량난을 해결하고 연료 마련을 위해서 부문별하게 산림을 훼손하고 있음을 추정하게 한다. 평안북도 의주군의 경우에도 산림지역을 따라 농경지역의 확대 및 무분별한 산림벌목으로 인하여 산림지역의 크게 감소한 것으로 나타났다.

북한지역의 산림감소로 인한 토지피복 변화의 공간적 불균형 지수에 의한 분석에서는 자강도, 평안북도, 평안남도도 다른 시도에 비해 상대적으로 산림황폐화가 집중적으로 발생하였음을 보여준다. 집중도 지수로 분석한 결과 평안북도와 평안남도 그리고 자강도에서 산림황폐화가 높게 나타났으며, 이 세지역이 북한 전체 산림에서 차지하는 비율보다 전체 산림황폐화지역에서 각 지역의 산림황폐화로 인한 비율의 차이가 큼을 의미한다. 북한 전체에 대한 집중도 지수가 높지 않은 것은 북한 산림이 전반적으로 황폐화되고 있다는 의미로 해석되며, 이는 통일대비 시급히 추진해야 할 남북협력 사업 중 하나로 녹지조성 사업의 필요성을 추진해야 할 당위성을 제시해주는 결과이다. 지니계수로 분석한 결과 평안북도, 자강도, 평안남도 순으로 높게 나왔으며 이중 평안북도와 자강도는 0.4 이상으로 산림황폐화의 지역적 불균형 정도가 매우 높은 것으로 분석된다.

---

공간적 불균형 지수가 높은 자강도, 평안북도, 평안남도를 대상으로 사례지역을 도출하기 위해 Local Moran'I를 구한 결과 해안 저지대, 구릉지, 도시 주변지역이 산림 황폐화의 핫스팟 지역으로 나타났다. 자강도는 고위평탄면을 중심으로 대규모, 집중적 산림황폐화가 이루어졌고, 그 외 지역은 급경사로 인한 산림황폐화가 덜 진행된 것으로 나타났다. 반면에, 평안북도와 평안남도는 서해안 저지대, 기존 도시(의주, 영변, 평양 등) 및 큰 도로 중심으로 산림황폐화가 이루어진 것으로 나타났다. LL로 나타난 지역은 산림황폐화가 일어나지 않은 지역이라는 의미보다는 이미 산림황폐화가 진행되어 산림이 부분적으로만 남아 있던 지역이 개발됨으로써 상대적으로 산림황폐화의 면적이 적게 나타나는 지역으로 해석하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

### 3. 시사점

북한지역의 토지피복 실태분석 결과 공간적 불균형도가 높은 자강도, 평안북도, 평안남도 중 산림 파편화로 인한 산림황폐화가 심한 지역을 사례지역으로 선정할 필요가 있다. 따라서 대규모, 집중적인 산림황폐화로 인해 파편화가 보이지 않는 자강도 강계시, 평안남도 성천군 보다는 토지이용의 파편화가 많이 일어난 지역을 사례지역으로 선정해야 한다. 산림지역의 훼손이 집중적으로 심화되면서 주변지역에도 영향을 미치고 있는 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군의 산림지역 감소에 따른 경관분석을 수행함으로써 생태 및 환경적으로 영향을 미치는 산림지역의 파편화를 분석할 필요가 있다. 따라서 산림지역의 급격한 감소로 토지피복 변화가 발생하면서 산림감소 지역의 집중도 및 북한 전체 대비 불균등하게 산림지역의 변화가 일어나 평안북도, 평안남도, 자강도를 우선적으로 선정하였다. 마지막으로, 평안북도, 평안남도, 자강도의 공간적 패턴분석을 통해서 산림지역의 감소가 주변 토지피복의 영향을 고려하면서 H-H가 발생한 시군구역별 핫스팟 지역인 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군을 사례지역으로 선정하였다.

---

경관분석을 통해서 산림지역의 파편화로 인한 경관변화 뿐만 아니라 향후 통일대비 북한지역의 국토자원을 관리하고 국토 및 도시개발을 하는데 있어서 적절한 산림지역 관리에 필요한 단위면적을 제시할 필요가 있다. 농경지의 확대로 인하여 산림이 훼손된 지역과 농경지의 확대 및 도시 확산이 일어난 지역의 사례분석을 통해서 통일대비 국토개발 및 국토자원관리를 위한 정책적 의사결정 지원이 가능하다. 예를 들어, 국토의 산림자원 관리를 위하여 산림복구 지원을 위한 우선 지역을 선정하고 적절한 산림관리 권역을 설정하는데 있어서도 활용 가능하다. 또한, 지속가능한 국토개발 및 도시개발을 하는데 있어서도 적절한 산림관리 지역 단위 크기는 유지 및 복구하면서 최대한 훼손하지 않는 범위 내에서 친환경적 국토계획 계획 수립이 가능하다. 이 외에도, 농경지의 확대 또는 시가지지역의 확대에 따른 산림지역의 변화와 같은 토지피복 변화 유형에 따른 경관분석 결과를 기반으로 한 국토이용 모니터링을 통해서 국토관리 및 경관변화에 따라 차별적으로 유연성 있게 대응할 수 있다.





# 4

CHAPTER

## 북한지역의 국토이용 모니터링 사례조사

1. 국토이용 모니터링 사례지역 선정 | 77
2. 국토이용 모니터링 사례조사 | 85
3. 시사점 | 100



## 북한지역의 국토이용 모니터링 사례조사

본 장에서는 북한지역 국토이용 모니터링 사례분석을 위한 대상지역으로 평안북도 의주군과 자강도의 동신군을 선정하였다. 또한 이러한 사례지역을 대상으로 토지피복 피편화 분석 및 산림지역을 고려한 공간계획단위 제시를 위한 경관분석을 수행하였다. 산림지역의 고려한 공간 계획단위를 기반으로 국토자원 관리 및 국토개발을 위한 시사점을 도출하였다.

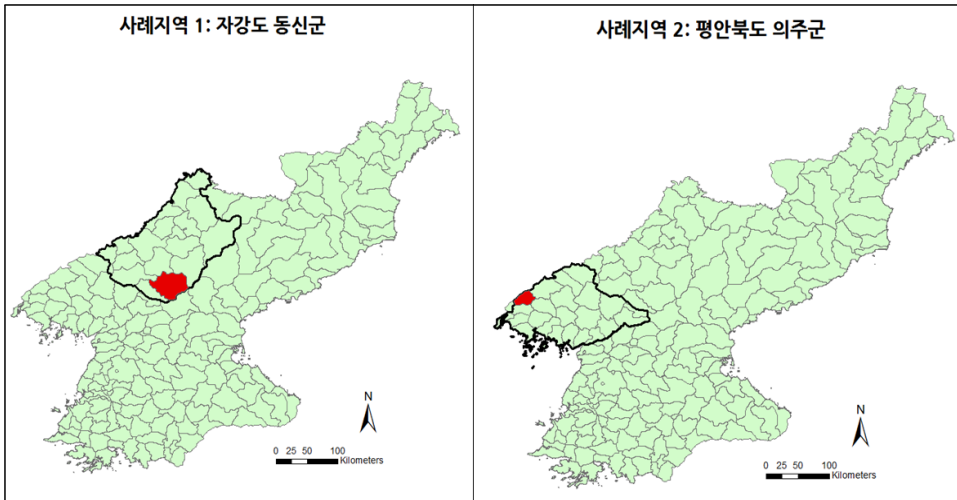
### 1. 국토이용 모니터링 사례지역 선정

본 장에서는 북한 전 지역을 대상으로 1980년대 말부터 2000년대 말까지 토지피복 실태분석을 통해서 도시화 및 농경지의 증가로 산림감소가 뚜렷하게 나타나는 지역을 국토이용 모니터링 사례지역으로 선정하였다. 3장에서 수행한 북한지역의 시도별 집중도 및 지니계수 분석을 통해서 산림지역의 변화 즉, 산림벌목, 다락밭 사업, 도시화로 인한 농업지역 및 도시지역의 증가로 인하여 산림감소가 뚜렷하게 나타나는 평안북도, 평안남도, 자강도를 선정하였다. 집중지수 및 지니계수가 높은 평안북도, 평안남도, 자강도의 시군구역 중 토지피복의 변화가 뚜렷하며, 산림지역 감소의 집중도 및 불균형 추세뿐만 아니라 공간적 구조의 변화 패턴이 뚜렷한 지역을 선정하였다. 구체적으로 살펴보면, 1980년대 말~2000년대 말 시각적·정량적 토지피복 변화탐지를 통해서 산림지역의 파괴가 농업지역 및 도시지역의 증가로 뚜렷하게 나타나는 지역을 선정하였다. 즉, 산림지역 변화(감소)의 집중도가 뚜렷하며 불균등도가 높은 지역으로 집중지수 및 지니계수가 높은 평안북도, 평안남도, 자강도의 공간적 구조패턴 분석을 통해서 Hot Spot지역을 중심으로 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군을 사례지역으로 선

정하였다. 이러한 집중지수, 지니계수, Moran's I를 활용한 다양한 분석 결과를 통해서 도시화 및 농업지역의 증가로 인하여 산림감소가 뚜렷하게 나타나는 국토이용 모니터링이 필요한 지역을 선정하여 통일대비 국토관리 및 국토개발 관련 정책적 활용방안을 모색하고자 하였다.

사례지역인 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군(〈그림 4-1〉 참조)을 대상으로 급격한 산림지역의 감소에 따른 경관지수(Landscape Index)<sup>1)</sup> 분석을 통해서 산림지역을 포함한 토지피복의 파편화(Landscape Fragmentation)<sup>2)</sup> 분석, 통일대비 국토개발 및 자원관리에 필요한 산림지역의 관리단위 선정을 위한 적절한 공간계획단위면적을 제시하였다.

**그림 4-1 | 국토이용 모니터링을 위하여 선정한 사례지역**



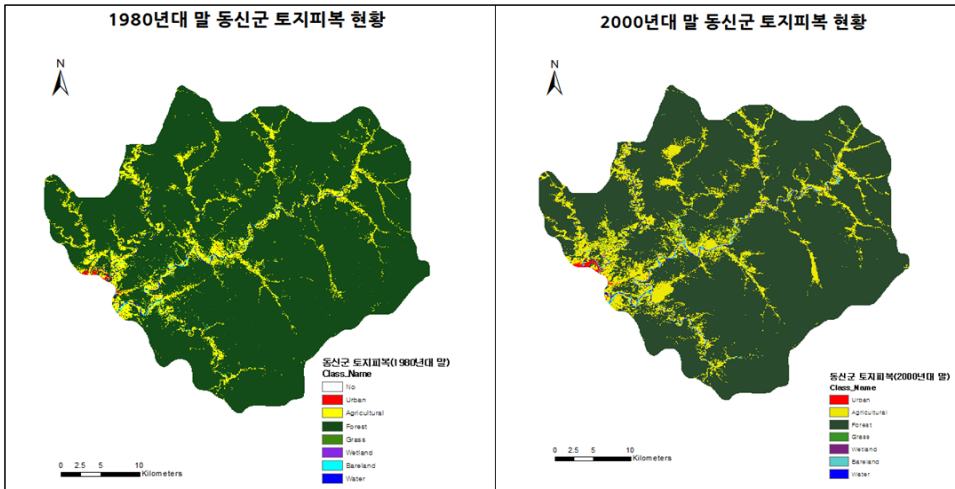
자료: 연구진 작성

- 1) 경관지수: 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대한 구조적 패턴을 파악하기 위하여 정량화된 수치를 추출하는 것으로 토지피복도나 임상도 등의 공간자료를 활용하여 개발로 인하여 경관의 변화를 파악하는데 이용되고 있음(지승용 외, 2016)
- 2) 경관 파편화(fragmentation): 토지피복의 변화로 인하여 산림지역, 서식지, 생태계 또는 토지피복의 유형이 더 작은 크기로 나누어지는 현상으로 토지변형에 관여하는 몇 가지 경관의 공간변화 중의 하나임(정홍락 외, 2003)

## 1) 사례지역 1: 자강도 동신군

자강도 동신군의 1980년대 말 토지피복도와 2000년대 말의 토지피복도를 비교해 보면, 희천시와 접해 있는 시가지 및 건조지역(<그림 4-2> 붉은색: Urban)뿐만 아니라 농업지역(<그림 4-2> 노란색: Agricultural)이 뚜렷한 증가를 보이고 있다. 농업지역 및 도시지역의 확산은 1980년대 말 산림지역에서 변화하고 있으며, 특히 농경지의 확대에 인하여 경관상 산림지역의 파편화가 진행되고 있음을 알 수 있다(<그림 4-2> 참조). 따라서 동신군은 인간 활동에 의한 농경지의 확산 및 도시화의 영향으로 인하여 산림 자원의 훼손이 일어나고 있음을 나타낸다.

**그림 4-2 | 사례지역 1: 자강도의 동신군 토지피복 변화(1980년대 말~2000년대 말)**

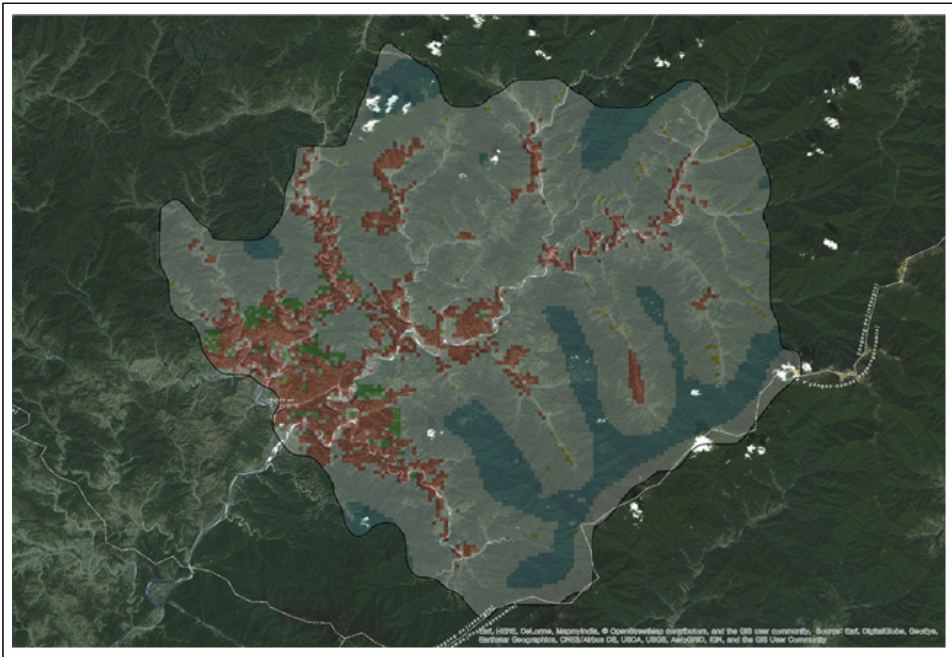


자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 동신군의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 현황자료(연구진 작성)

자강도의 남서쪽에 위치한 동신군은 희천시와 인접한 부분의 지역에서 산림황폐화가 집중적으로 진행되었으며 희천 저수지로 흘러드는 강줄기와 골짜기를 따라 산림파괴가 진행되고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 토지피복 변화 결과를 통해서 강 주변과 골짜기를 중심으로 산림황폐화가 일어나 상대적으로 산정부분의 산림훼손이 적음을 알 수 있다.

이와 같이 동신군의 산림황폐화는 도시주변에서는 도시를 부양하기 위한 부족한 식량난을 해결하기 위한 경작지로의 변화라기보다는 도시의 확산에 따른 산림훼손이 일어나고 있음을 보여주는 결과이다. 북한과 같은 경우 경작지는 주거지와의 거리가 중요하기 때문에 거주지 중심으로 경사도나 표고에 크게 영향을 받지 않고 확산되는 경향이 있다. 반면에, 동신군의 같은 경우에는 평탄한 지역으로의 확산이 주를 이루고 있어 농경지로의 확산과 더불어 도시로의 산림황폐화가 이루어지고 있는 것으로 나타난다.

**그림 4-3 | 위성영상(Google Maps<sup>3)</sup>)과 Local Moran's I 값의 중첩 비교 분석(동신군)**



자료: 연구진 작성

〈그림 4-3〉과 같이 동신군은 산골짜기의 산정부분 및 HH 사이에 HL이 나타나고 있어 산골짜기를 중심으로 산림파괴가 진행됨에 따라 HH지역이 수지(樹枝)형으로 확산될 것으로 예상된다. HL은 특정 지점의 산림황폐화는 높고, 주변지역은 낮은 지역

3) Google Maps: <https://maps.google.com> (2017.5.20. 접속)

을 의미하므로 새롭게 산림황폐화가 일어난 지역으로 간주할 수 있다. 이와 같은 HL 지역은 초기에는 국지적 지점의 형태로 존재하다가 시간이 지남에 따라 산림파괴가 확산됨에 따라 주변의 HL 또는 HH와 연결되면 HH지역으로 변화될 수 있는 위험성을 잠재하고 있다.

위성영상을 이용하여 동신군의 HH지역을 확대하면 하천, 골짜기, 도로 등을 따라 도시지역이 형성된 것을 확인할 수 있으며 이러한 도시지역 주변의 산지는 농경지로 개간되고 있다(<그림 4-4> 참조). 이는 좁은 골짜기를 따라 형성된 도시 배후는 경사도가 급한 산사면에 위치해 있어서 폭우 등으로 인한 산사태 및 국지적 홍수가 발생할 수 있음을 시사한다. 따라서 무분별한 도시 확산을 방지하고 건강한 생태환경을 조성하기 위한 계획적인 조림사업이 필요하며 강우시 현재 조성된 도시가 유량증가로 인해 범람되어 인적·물적 피해가 발생할 수 있으므로 하수도 시설 정비, 우수로 유도시설 등이 필요하다. 이 외에도, 산림훼손으로 인한 산사태를 막기 위하여 사방댐 설치, 급경사지 사면보강, 낙석 방지시설 구축 등이 필요하다.

**그림 4-4** | HH 지역과 위성영상(Google Maps<sup>4</sup>) 중첩을 통한 산림황폐화 비교(동신군)



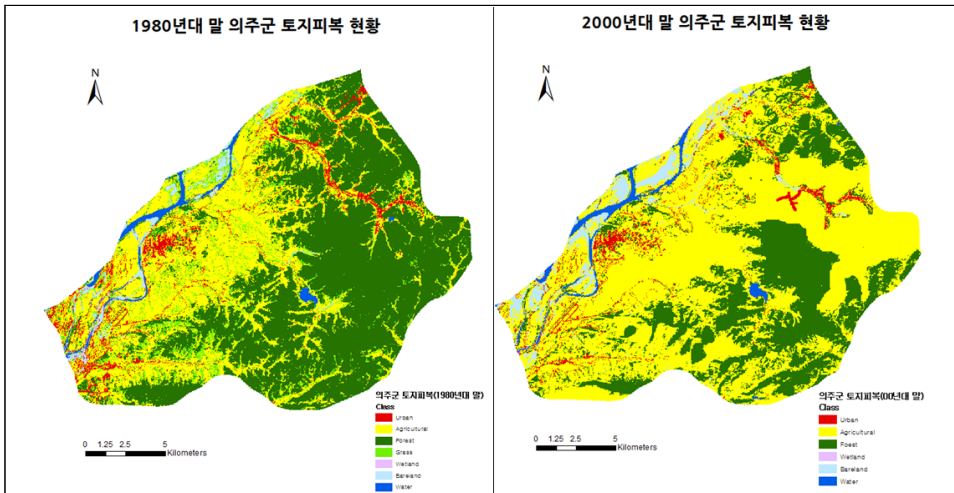
자료: 연구진 작성

4) Google Maps: <https://maps.google.com> (2017.5.20. 접속)

## 2) 사례지역 2: 평안북도 의주군

두 번째 사례지역인 평안북도 의주군의 토지피복 변화를 살펴보면, 농업지역(그림 4-5> 노란색: Agricultural)은 1980년대 말 산림지역을 따라서 확대되고 있다. 농업지역은 급격하게 증가한 반면에 산림지역은 급격하게 감소하였으며, 이는 인간 활동에 의한(다락밭 사업 등) 농경지의 확산에 따른 산림자원의 훼손이 일어나고 있음을 나타낸다.

**그림 4-5 | 사례지역 2: 평안북도 의주군 토지피복 변화(1980년대 말~2000년대 말)**



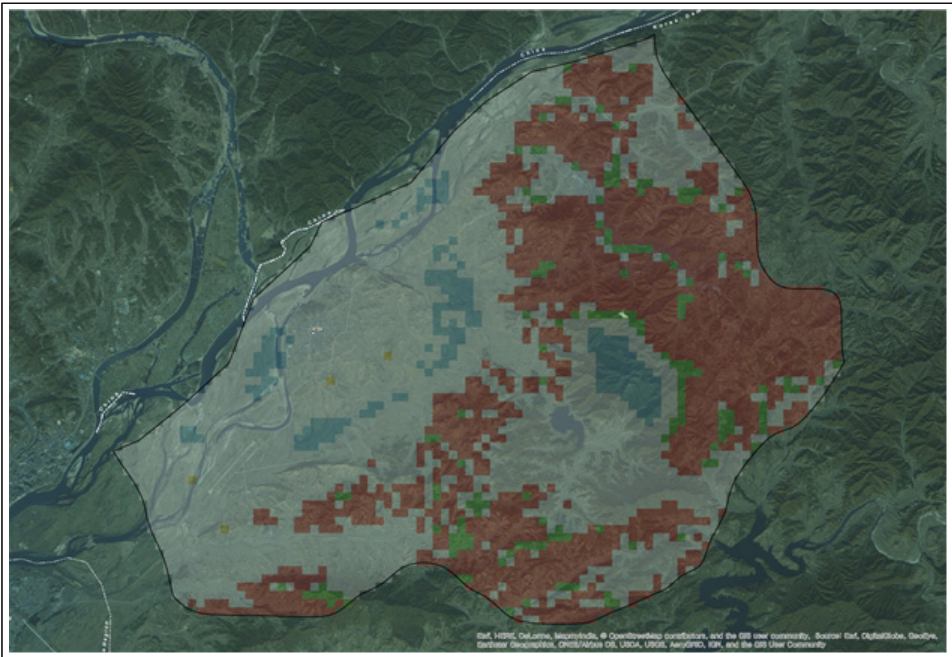
자료: 환경부의 토지피복도를 활용하여 의주군의 1980년대 말과 2000년대 말 토지피복 현황자료 연구진 작성

평안북도에 북서부에 위치한 의주군은 군 주변의 산림지역을 농경지화 하면서 산림 황폐화가 빠르게 진행되고 있으며 서북쪽에는 압록강과 마주하고 있어 동남쪽 방향으로 산림훼손이 진행되고 있다. 의주군의 Moran's I 지도를 위성영상에 중첩시켜 지도화한 결과 상대적으로 경사가 완만한 구릉지는 이미 개간이 완료되어 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 특히, 의주군 도심을 둘러싼 LL지역은 산림황폐화가 적게 발생한 것으로 추정되기 보다는 이미 산림황폐화가 많이 진행되어 소수의 산림만 남아 있었고

이를 개간하면서 HH 지역보다 값이 작아 LL로 나타난다(〈그림 4-6〉 참조).

반면에, 동부 산간지역은 산림지역에서 비산림 지역으로의 변화가 뚜렷하게 나타나며 경사가 상대적으로 급한 지역의 산림파괴가 대규모로 나타나고 있다. 이와 같은 산림파괴의 형태는 산림에서 도시화가 진행되었다기보다는 북한의 식량난 해결을 위한 개간을 통한 농업지역으로의 변화 또는 부족한 연료를 보충하기 위한 벌목에 의한 산림황폐화로 해석할 수 있다(〈그림 4-6〉 참조).

**그림 4-6** | 위성영상(Google Maps<sup>5</sup>)과 Local Moran's I 값의 중첩비교 분석(의주군)



자료: 연구진 작성

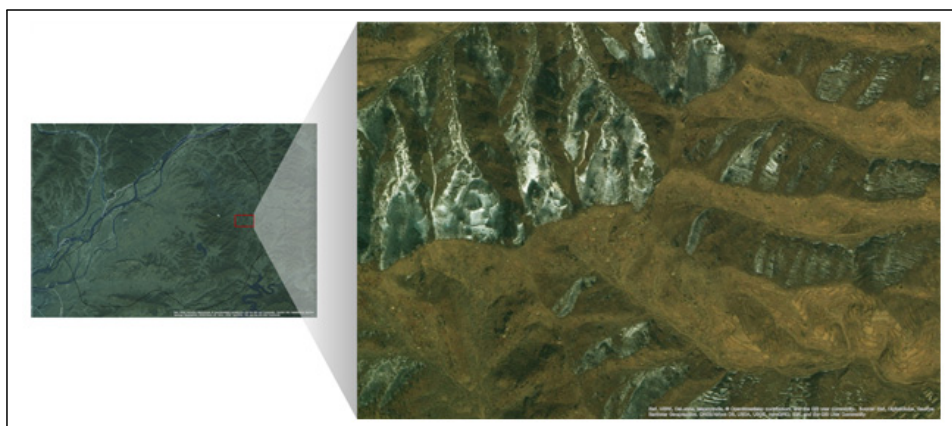
위성영상을 활용하여 의주군의 동쪽 산림지역의 HH 지역을 확대하여 살펴보면 산지가 농업용지로 개간되어 이용되고 있음을 식별할 수 있다. 〈그림 4-7〉과 같이 HH지역

5) Google Maps: <https://maps.google.com> (2017.5.20. 접속)

의 대부분이 농경지로 개간되어 있으며 관목류의 큰 수종들이 없기 때문에 폭우 시 토양유실, 산사태 등의 재난재해가 발생할 수 있는 잠재성을 지니고 있다. 산림의 농경지화는 경사가 급하고 좁은 면적에도 계단식 농업 등을 이용할 수 있으므로 산림의 도시화보다는 제약이 적어 쉽게 산림황폐화가 진행될 수 있다. 따라서 농경지로의 산림황폐화가 있어난 의주군과 같은 경우에는 향후 더 높은 고산지대로, 상대적으로 빠른 산림황폐화가 진행될 가능성을 지니고 있다.

따라서 의주군은 식량생산을 위한 산림황폐화지역은 단순한 조림 등의 지원 또는 토양유실에 따른 지력저하를 막기 위한 비료원조 등의 단편적인 접근보다는 종합적인 접근이 필요할 것으로 사료된다. 산림황폐화를 막기 위한 조림사업을 시행한다고 하더라도 식량이 부족한 북한 주민들은 심은 나무를 벌목하거나 고의로 죽이고 다시 작물을 재배할 수도 있으므로 이와 같은 경우에는 식량원조 사업과 병행하여 접근하는 방안이 요구된다. 무엇보다도 기존 농경지의 생산량 증대를 위해 비료 지원을 요청받을 경우에도 강우 등에 의해 토양유실 지속, 농경지의 불모지화 등이 일어날 수 있으므로 비료제공 뿐만 아니라 산림 조림, 사방댐 설치, 급경사지 사면보강 등의 종합적 접근이 필요하다.

**그림 4-7 | HH 지역과 위성영상(Google Maps<sup>6)</sup>) 중첩을 통한 산림황폐화 비교(의주군)**



자료: 연구진 작성

6) Google Maps: <https://maps.google.com> (2017.5.20. 접속)

## 2. 국토이용 모니터링 사례조사

### 1) 경관분석을 활용한 토지 파편화 분석

본 절에서는 북한지역의 산림감소 및 농경지의 확산으로 인하여 토지피복의 변화 및 불균형이 뚜렷한 지역을 대상으로 경관지수를 활용한 경관분석을 수행하였다. 북한지역의 도시화와 산림파괴로 인한 토지피복의 파편화 등의 경관구조 패턴 분석을 위하여 FRAGSTATS 4.2를 활용하여 정량적 수치를 산출하였다. 이러한 경관지수를 기반으로 경관을 구성하는 토지피복의 구조적 패턴 및 개발로 인한 토지피복의 변화 양상을 파악하고자 한다. 다양한 경관지수 중에서 본 연구에서 사례지역으로 선정한 동신군과 의주군의 토지피복 파편화 분석을 위하여 활용할 경관지수는 <표 4-1> 과 같다.

**표 4-1** | 본 연구에서 토지피복 파편화 분석을 위하여 활용한 경관지수

경관지수	경관 지수 설명
CA: Class Area	총 클래스 면적
TCA: Total Core Area	총 중심지 면적
CAD: Core Area Density	중심지 밀도
MPI: Mean Proximity Index	평균 접근성 지수
MNN: Mean Nearest Neighbour Distance	근접 패치 <sup>7)</sup> 와의 거리 평균 지수 <sup>8)</sup>
SDI: Shannon's Diversity Index	사년의 다양성 지수
AWMSI: Area-weighted Mean Shape Index	면적 가중 평균 형태지수
MPS: Mean Patch Size	평균 패치 크기
NUMP: Number of Patches	패치 수
PSCOV: Patch Size Coefficient of Variance	패치사이즈 변이계수
PSSD: Patch Size Standard Deviation	패치사이즈 표준편차

자료: 연구진 작성

7) 패치(Patch): 동질의 군집조작을 의미하는 것으로 각 패치를 이루고 있는 항목, 격리도, 주변 환경, 영향의 강도에 따라 형태, 크기, 파편화된 정도가 다른 의미를 지님(황철수, 2010)

8) MNN: 동일한 패치사이의 평균 가장자리 거리를 측정하는 지수로 동일한 서식지 패치는 그 크기에 따라서 새로운 서식지뿐 아니라 이동통로의 역할을 하기 때문에 가능하면 연결되어 있는 것이 바람직하므로 이 지수를 이용하여 경관내의 유사 생태계의 연결성을 알 수 있음(정홍락 외, 2003)

---

## (1) 자강도 동신군의 경관분석

도시화 및 농업지역 증가로 인하여 산림지역 감소가 뚜렷하게 나타나는 동신군의 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복도의 경관분석을 수행하였다. 동신군은 총 클래스 면적 등의 수치 결과, 산림지역의 면적은 급격하게 줄어든 반면에 농업지역 및 시가화·건조지역의 면적은 증가하였다. 이러한 CA 수치 결과는 동신군은 시가화 지역 및 다락밭 사업, 산림벌목 등의 영향으로 인하여 산림지역의 감소가 나타났음을 추정할 수 있다. 1980년대 말 토지피복의 다양성지수인 SDI지수는 0.32에서 2000년대 말 0.47로 늘어났으므로 토지피복 클래스의 다양성이 증가하였음을 의미한다.

동신군 산림지역의 경관 매트릭스 결과를 살펴보면, 1980년대 말 산림지역의 면적은 약116,792에서 111,990으로 급격하게 감소하였으며 2000년대 말 패치지수를 통해서 산림지역의 파편화가 이루어졌음을 알 수 있다. 산림지역의 평균 패치 면적은 1980년대 말에서 2000년대 말 973.27에서 678.73으로 줄어들었으며 패치수는 120개에서 165개로 줄어들었으므로 패치의 면적은 늘어난 반면에 패치의 면적은 줄어들었으므로 산림지역의 파편화가 심화되었음을 나타낸다. 평균 접근성 또한 약 2배 이상으로 줄어들었으며, 최근린거리값 또한 58.18m에서 65.43m으로 늘어났으므로 산림간의 거리가 멀어졌음을 보여준다(<표 4-2>, <표 4-3> 참조).

반면에 동신군의 시가화 및 건조지역과 농업지역의 면적은 149.49에서 239.13으로 10118.79에서 16790.49로 각각 증가했음을 알 수 있다. 이러한 결과는 산림지역에서 시가화 및 건조지역과 농업지역으로 토지피복의 변화가 일어났음을 나타낸다. 패치면적 또한 도시지역과 농업지역 모두 1980년대 말과 2000년대 말 증가하였으나, 도시지역의 패치 수는 감소한 반면 농업지역의 패치 수는 증가하였으므로 도시지역은 기존의 도시지역을 따라서 패치가 확장되었고 농업지역은 새로운 지역의 개간을 통해 패치의 수가 증가된 것으로 판단된다. 도시지역 간 농업지역간 동일한 패치간의 평균 접근성 또한 증가하였으나 최근린거리값은 줄어들었으므로 산림지역이 파편화되었음을 추정 가능하다. 이러한 결과는 동신군의 산림지역은 농업지역과 도시지역의 증가로 인하여 급격하게 감소하였으며 산림지역의 파편화 또한 진행되었음을 알 수 있다.

**표 4-2 | 1980년대 말 자강도 동신군의 토지피복 경관 메트릭스**

Class	TCA	CAD	MPI	MNN	SDI	SEI	AWMSI	AWMPFD	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	CA
All	112707.8	2.88	111833.2	261	0.32	0.18	28.49	1.32	156.29	817	2599.06	4062.18	0
Urban	63.99	0.02	99.46	913.2	0	0	3.24	1.19	7.87	19	146.45	11.52	149.49
Agricultural	4087.62	1.9	1555.37	129.22	0	0	14.08	1.32	23.21	436	444.25	103.1	10118.79
Forest	108478.4	0.82	755702.7	58.18	0	0	29.91	1.33	973.27	120	1085.05	10560.52	116792.6
Grass	3.96	0.03	2.59	815.15	0	0	2.82	1.2	1.7	79	84.07	1.43	134.37
Bareland	29.07	0.04	10.8	564.47	0	0	2.12	1.14	2.35	63	85.07	2	148.32
Water	44.73	0.08	24.88	326.06	0	0	3.15	1.2	3.49	100	118.17	4.12	348.84

자료: 연구진 작성

**표 4-3 | 2000년대 말 자강도 동신군의 토지피복 경관 메트릭스**

Class	TCA	CAD	MPI	MNN	SDI	SEI	AWMSI	AWMPFD	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	CA
All	117305.6	2.29	63381.63	180	0.47	0.26	17.14	1.28	131.02	997	2468.69	3234.43	0
Urban	158.49	0.02	186.06	488.25	0	0	2.99	1.16	15.94	15	205.43	32.75	239.13
Agricultural	10745.46	1.22	4998.17	93.98	0	0	12.8	1.3	36.66	458	599.17	219.66	16790.49
Forest	105957.8	0.59	369025.7	65.43	0	0	18.02	1.28	678.73	165	1166.81	7919.49	111990.5
Grass	1.8	0.01	1.81	978.1	0	0	2.44	1.18	1.45	36	43.41	0.63	52.11
Bareland	332.1	0.22	41.76	326.99	0	0	3.24	1.18	5.53	170	177.02	9.79	939.78
Water	109.98	0.23	20.47	179.44	0	0	3.29	1.19	4.01	153	157.69	6.32	613.08

자료: 연구진 작성

---

## (2) 평안북도 의주군의 경관분석

농업지역 증가로 인하여 산림지역 감소가 뚜렷하게 나타나는 평안북도 의주군의 1980년대 말과 2000년대 말의 토지피복도의 경관분석을 수행하였다. 의주군의 총 클래스 면적 등의 수치 결과, 산림지역의 면적은 급격하게 줄어든 반면에 농업지역의 면적은 급격하게 증가하였으므로 산림지역에서 농업지역으로 토지피복의 변화가 일어났음을 추정할 수 있다. 이러한 CA 수치 결과는 동신군은 다락밭 사업 및 산림벌목 등의 영향으로 인하여 산림지역의 감소가 나타났음을 알 수 있다(〈표 4-4〉, 〈표 4-5〉 참조).

의주군 산림지역의 경관메트릭스 결과를 살펴보면, 1980년대 말 산림지역의 면적은 약 17,023에서 9,359으로 급격하게 감소하였으며 2000년대 말 패치 분석을 통해서 산림지역의 파편화가 이루어졌음을 알 수 있다. 산림지역의 평균 패치 면적은 1980년대 말에서 2000년대 말 79.18에서 25.93으로 줄어들었으며 패치수는 215개에서 361개로 증가한 것으로 나타나 패치의 수는 증가한 반면에 패치의 면적은 줄어들었으므로 산림지역의 파편화가 심화되었음을 알 수 있다. 평균 접근성 또한 5배 이상으로 급격하게 줄어들었으므로 산림 파편화로 인하여 산림패치 간의 거리가 멀어졌음을 보여준다(〈표 4-4〉, 〈표 4-5〉 참조).

반면에 동신군의 농업지역 면적은 11,775에서 21,773으로 두 배 가까이 증가했음을 알 수 있으며, 이는 산림지역에서 농업지역으로 토지피복의 변화가 일어났음을 나타낸다. 패치면적 또한 농업지역의 경우에는 1980년대 말과 2000년대 말 증가하였으나 패치수는 감소하였으므로 농업지역은 기존 농업지역을 따라서 증가하였음을 나타내며, 농업지역간 동일한 패치간의 평균 접근성은 증가하였으나 최근린거리값은 줄어들었으므로 파편화가 진행되었음을 추정 가능하다. 이러한 결과는 의주군의 농업지역의 증가로 인하여 산림지역이 급격하게 감소하였으며 산림지역의 파편화 또한 진행되었음을 의미한다(〈표 4-4〉, 〈표 4-5〉 참조).

**표 4-4 | 1980년대 말 평안북도 의주군의 토지피복 경관 메트릭스**

Class	TCA	CAD	MPI	MNN	SDI	SEI	AWMSI	AWMPFD	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	CA
All	20797.83	11.04	5419.13	148.5	1.09	0.56	22.62	1.32	25.14	1286	1597.21	401.54	0
Urban	251.1	1.21	137.52	152.24	0	0	5.69	1.26	5.72	194	266.82	15.26	1109.7
Agricultural	6126.03	5.77	20332.85	76.95	0	0	37.41	1.38	52.8	223	996.72	526.32	11775.51
Forest	13750.47	1.75	11091.29	130.8	0	0	16.22	1.3	79.18	215	1034.61	819.21	17023.77
Grass	165.15	1.67	30.17	138.39	0	0	3.43	1.2	2.58	540	153.49	3.96	1394.01
Bareland	5.4	0.03	19.37	551.02	0	0	3.44	1.22	2.49	18	145.03	3.61	44.82
Water	191.34	0.41	53.05	196.1	0	0	3.02	1.17	6.43	75	166.61	10.72	482.58

자료: 연구진 작성

**표 4-5 | 2000년대 말 평안북도 의주군의 토지피복 경관 메트릭스**

Class	TCA	CAD	MPI	MNN	SDI	SEI	AWMSI	AWMPFD	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	CA
All	24465.96	6.6	15278.07	178.9	0.91	0.51	27.51	1.33	47.83	703	1647.29	787.83	0
Urban	210.51	0.64	68.67	240.27	0	0	5.12	1.24	5.67	124	297.61	16.88	703.35
Agricultural	16401.78	3.06	97588.56	61.12	0	0	37.89	1.38	213.47	102	937.83	2001.99	21773.97
Forest	6857.01	2.14	2111.05	121.71	0	0	9.38	1.25	25.93	361	993.9	257.7	9359.91
Grass	0.18	0.01	6.77	811.34	0	0	2.19	1.16	1.17	4	5.44	0.06	4.68
Bareland	606.42	0.61	157.52	176.91	0	0	4.51	1.22	12.42	94	242.62	30.14	1167.57
Water	390.06	0.14	56.39	1440.05	0	0	5.44	1.22	34.01	18	229.17	77.95	612.27

자료: 연구진 작성

---

## 2) 국토개발 및 자원 관리를 위한 적정 메시(mesh) 사이즈( $M_{eff}$ ) 분석

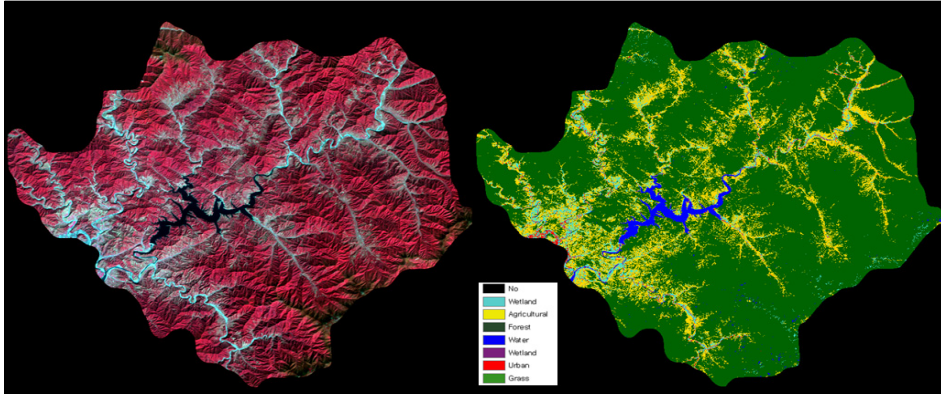
산림지역의 급격한 감소로 인한 토지피복 과편화에 따른 국토개발 및 산림자원 관리를 위한 적정한 공간계획단위( $M_{eff}$ ,  $M_{eff}^{CBC}$ ) 분석을 위하여 최근 2017년도 Landsat 8 영상을 기반으로 토지피복 분류도 구축 및 산림 패치 등을 산출하였다. 최신의 2017년 위성영상을 활용 및 매뉴얼 에디팅을 통한 토지피복분류 결과의 정확도를 향상시킴으로써 사례지역에 해당하는 동신군과 의주군을 대상으로 최신의 좀 더 정확한  $M_{eff}$ 를 제시하고자 하였다.

북한지역의 산림황폐화 및 도시화에 따른 토지피복의 과편화에 따른 적정한 공간계획단위를 제시하는 방법으로  $M_{eff}$ 를 활용하여 분석하였다.  $M_{eff}$ 는 도시화나 산림화폐화로 인하여 달라지는 산림면적이나 비율을 통해 경관 과편화의 정도를 비교하는데 적합하며 총면적과 과편화된 비율을 통해 적절한 메시(mesh) 크기를 산정하는데 활용한다.  $M_{eff}$ 는 경계로 인한 문제, 상대적으로 매우 큰 패치의 메시 크기에 대한 영향 등의 단점에도 불구하고 계산이 비교적 쉽고 선행적(preliminary) 개발 및 관리 계획 수립시 직관적인 통찰력을 줄 수 있어 일반적으로 정책에 활용하고 있다.

### (1) 사례지역 1: 자강도 동신군

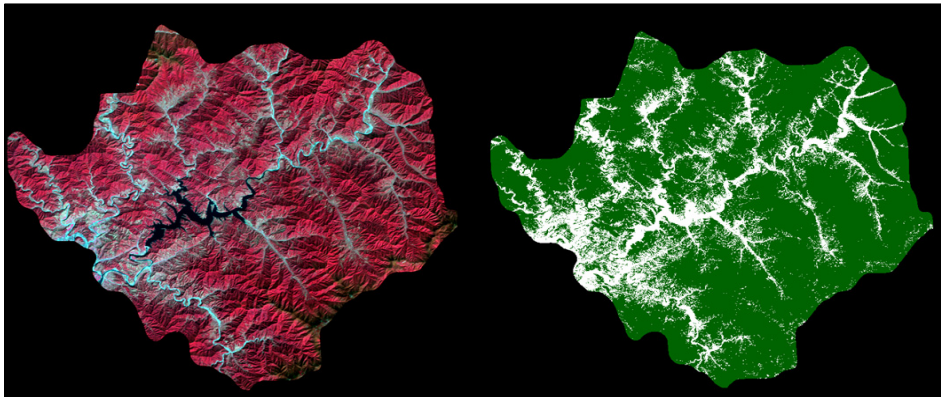
토지피복 변화에 따른 경관 과편화로 인한 자강도 동신군의 국토개발 및 산림자원 관리에 기반이 되는 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 면적을 제시하기 위하여 2017년 6월 17일 Landsat 8 자료를 활용하여 토지피복분류도를 구축하였다. 자강도 동신군의 토지피복분류 결과 약 85.2%의 정확도를 보였으나 매뉴얼 에디팅을 통해서 정확도를 약 89.6%까지 향상시켰다(<그림 4-8>). 이와 같이 분류된 토지피복도를 활용하여 산림지역을 고려한 공간계획단위 면적 제시를 위하여 산림지역의 패치를 추출한 결과는 <그림 4-9>와 같다.

**그림 4-8** | 자강도 동신군의 Landsat 8(2017.6.17.)<sup>9)</sup>자료와 토지피복분류도



자료: 연구진 작성

**그림 4-9** | 자강도 동신군의 Landsat 8(2017.6.17.)<sup>10)</sup>자료와 산림지역(패치) 추출



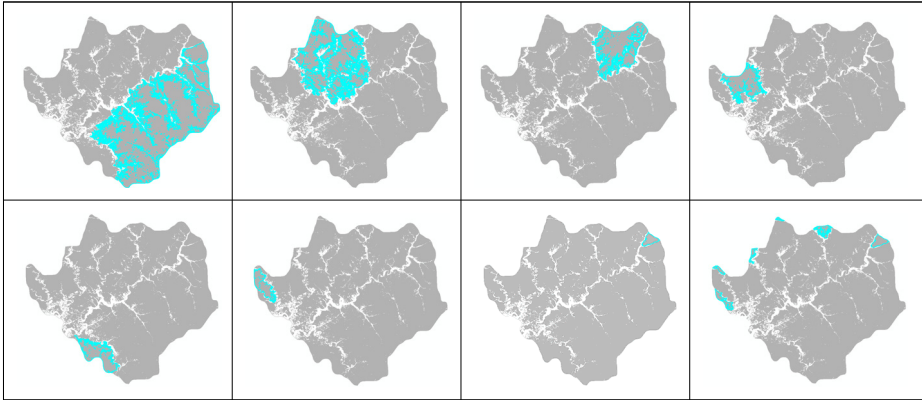
자료: 연구진 작성

자강도 동신군의 경우에는 파편화된 산지 총 7,984개중 중심 부분에 파편화가 일어 나지 않은 큰 산림 패치가 15개 존재하고 총 산림면적에서의 비율은 92.88%에 달하며 주로 경사도가 급한 지역에 위치하고 있다(<그림 4-10> 참조).

9) USGS Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2017.8.22. 접속)으로부터 Landsat 8자료 획득 하여 Band Combination을 통한 RGB 지도 연구진 작성

10) USGS Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2017.8.22. 접속)으로부터 Landsat 8자료 획득하여 Band Combination을 통한 RGB 지도 연구진 작성

**그림 4-10 | 산림 파편화가 일어나지 않은 동신군의 산림패치**



자료: 연구진 작성

<그림 4-10>과 같이 15개의 패치는 중심부에 파편화가 일어나지 않은 하나의 폴리곤으로 구성되며 총 산림에서 차지하는 면적이 매우 크기 때문에 이러한 패치를 고려하게 되면  $M_{eff}$ 가 왜곡될 수 있다. 따라서 파편화가 일어나지 않은 패치는 국토계획을 수립함에 있어서 보호지역으로서 관리대상으로 간주하고 본 연구의 목적에 맞게 파편화된 산림지역의 적절한 관리를 위한 패치 사이즈를 구하기 위하여 제외시켰다.

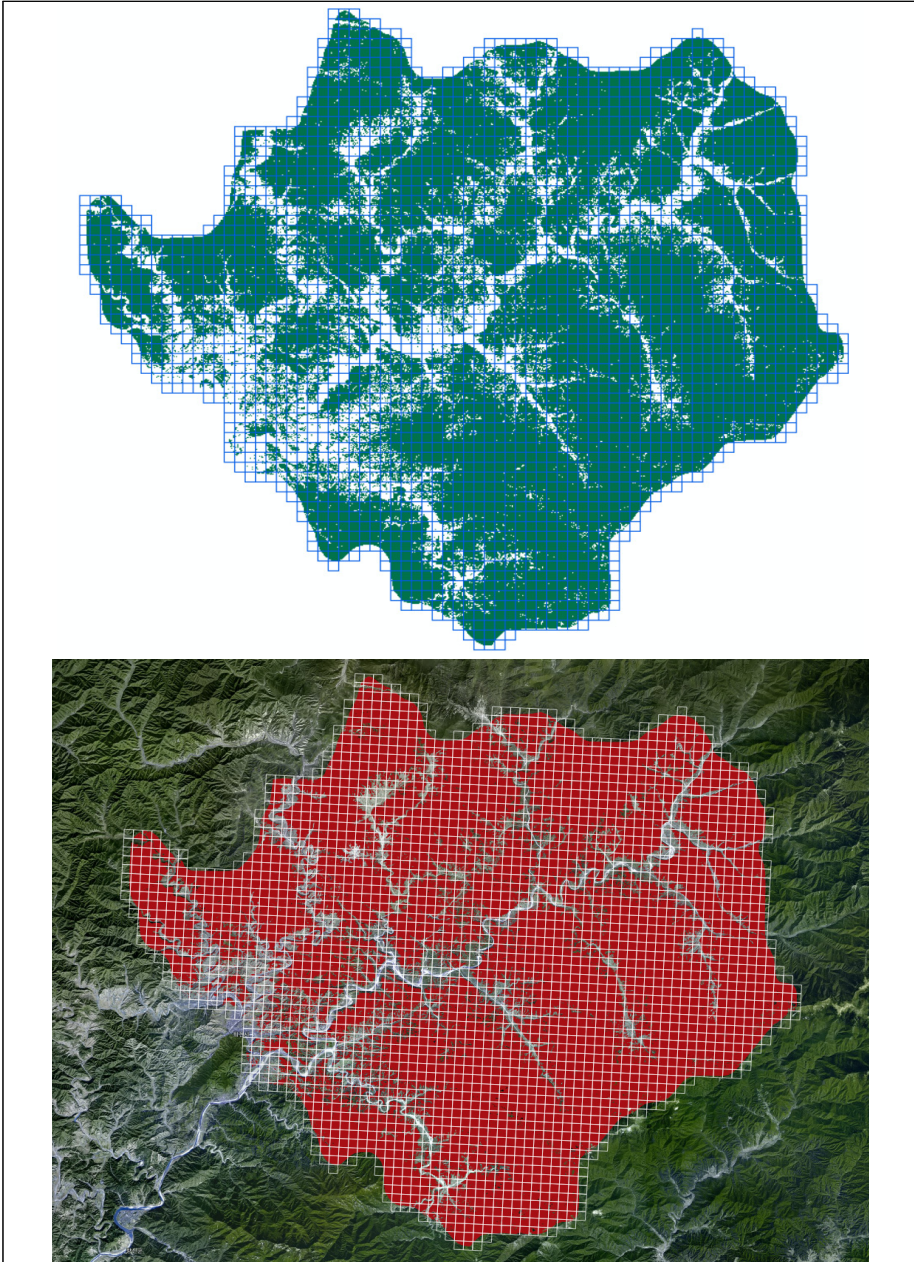
**표 4-6 | 2017년 동신군의  $M_{eff}$**

구분	$M_{eff}$
모든 패치를 고려할 경우	234.79km <sup>2</sup>
파편화된 패치만을 고려할 경우	0.46km <sup>2</sup>

자료: 연구진 작성

산림 파편화로 인한 동신군의  $M_{eff}$ 는 0.46km<sup>2</sup>으로 678m×678m격자 2,980개로 구성되며 시각적인 확인을 위해 위성영상 지도위에 중첩한 결과는 산림패치의 직관적인 규모와 위치를 확인할 수 있어 이해가 용이하고 도시 및 지역 계획 뿐만 아니라 산림자원 관리를 하는데 있어 쉽게 활용이 가능하다(<그림 4-11> 참조).

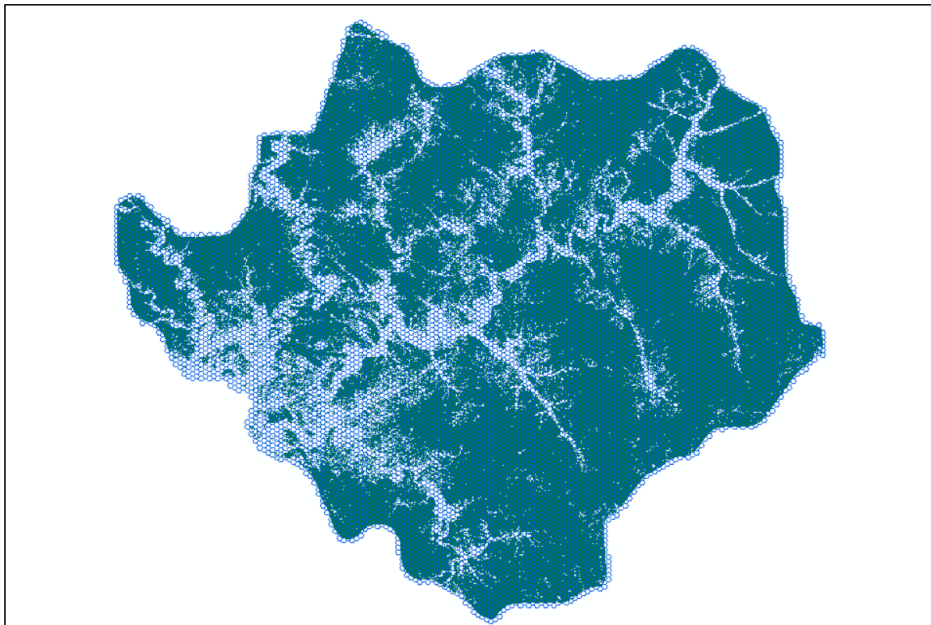
그림 4-11 | 동신군의 산림 파편화를 고려한 공간계획단위(  $M_{eff}$  )



자료: 연구진 작성

그러나 산림패치를 고려한 공간계획단위  $M_{eff}$ 는 파편화 정도에 따른 메시의 공간적 변이를 반영할 수 없고, 측정 단위 경계로 인한 왜곡 등의 단점이 있다(Moser et al., 2007). 이러한 단점을 해소하기 위한 방법으로  $M_{eff}$ 를 개선한  $M_{eff}^{CBC}$ 를 사용하여 산림 파편화의 공간적 특성에 대한 최적의 공간계획단위 면적을 제시하였다.  $M_{eff}^{CBC}$ 는 경계로 인한 패치의 저평가(underestimation)의 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 패치의 크기에 따른 메시(mesh) 크기가 변화됨으로써 패치의 공간적 변이를 반영할 수 있다. 또한,  $M_{eff}^{CBC}$ 는 패치크기를 범위로 제시해주므로 공간개발 및 관리에 있어 계획자에게 좀 더 유연한 적용 및 계획수립이 가능하다.  $M_{eff}^{CBC}$ 는 단위지역에 대한 산림패치를 이용하여 동신군 전체를 하나의 단위로 산출하면 산림 파편화의 공간적 변이를 간과할 수 있으므로 적절한 단위지역을 생성할 필요가 있다(Olson, 2014). 본 연구에서는 패치의 중심지를 최대한 고려하여 동신군 전체에 대한 0.1km<sup>2</sup> 단위의 Hexagon 폴리곤을 생성하고 이를 분석 단위지역으로 설정하였다(<그림 4-12> 참조).

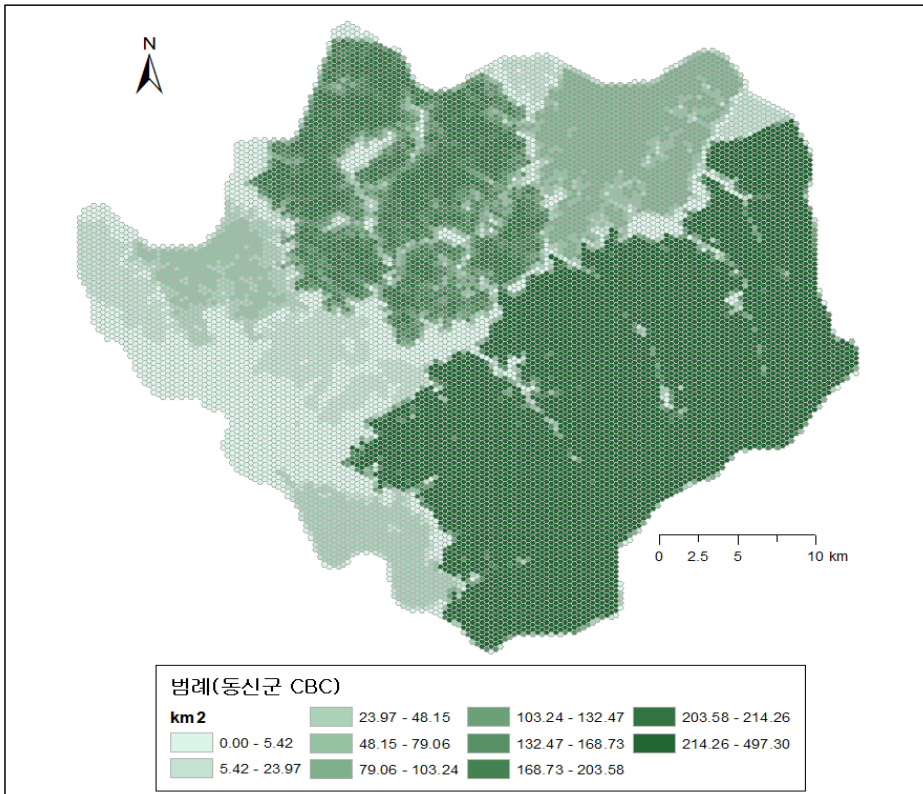
**그림 4-12** | 동신군  $M_{eff}^{CBC}$  산출을 위한 Hexagon 폴리곤 단위지역



자료: 연구진 작성

패치 경계 간에 발생할 수 있는 문제점(Boundary Problem)을 고려한 동신군의  $M_{eff}^{CBC}$  산림패치는 산림의 크기가 반영되어 산림 파편화가 작을수록  $M_{eff}^{CBC}$  는 커지며 파편화가 심할수록  $M_{eff}^{CBC}$ 의 크기는 작아진다(〈그림 4-13〉 참조). 따라서  $M_{eff}$ 에서는 패치사이즈의 왜곡을 가져올 수 있는 파편화가 이루어지지 않은 패치를 임의로 제외하여 계산하였으나  $M_{eff}^{CBC}$ 에서는 이러한 주관성을 배제할 수 있는 장점이 있다. 〈그림 4-13〉과 같이 동신군  $M_{eff}^{CBC}$ 는 남동부의 산림지역이 가장 큰 패치로 나타난 반면 중서부 지역의 도시화가 진행된 부분의 패치가 가장 작게 나타난다. 이는 산림패치가 큰 지역은 공간계획단위가 크게 나타나는 반면에 파편화가 진행되거나 개발이 진행된 지역은 공간계획단위가 작게 나타남을 알 수 있다.

**그림 4-13** | Boundary Problem을 고려한 동신군의 산림패치  $M_{eff}^{CBC}$

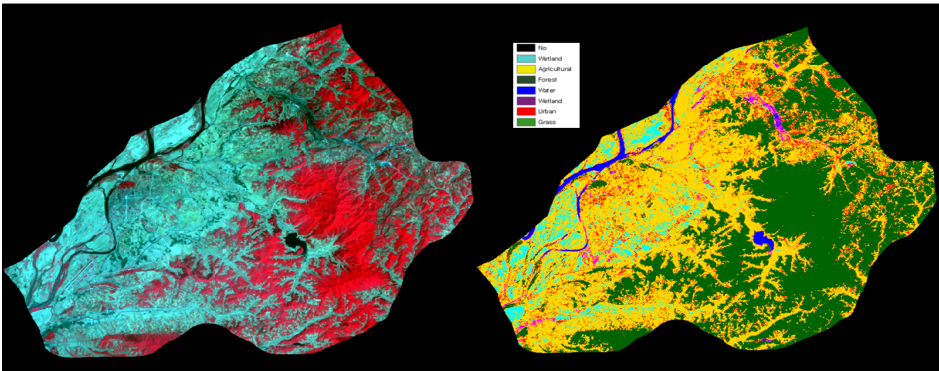


자료: 연구진 작성

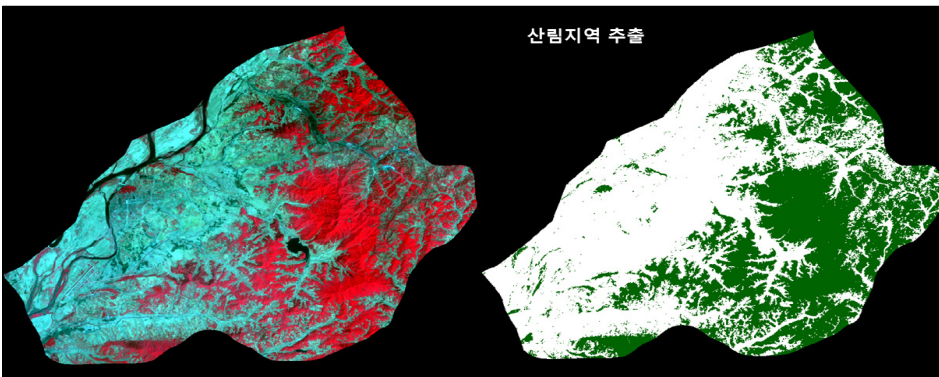
## (2) 사례지역 2: 평안북도 의주군

토지피복 변화에 따른 경관 파편화로 인한 평안북도 의주군의 국토개발 및 산림자원 관리를 위한 적절한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )를 제시하기 위하여 2017년 5월 20일 Landsat 8 자료를 활용하여 토지피복분류도를 구축하였다. 토지피복분류 결과 약 80.2%의 정확도를 보였으나 매뉴얼 에디팅을 통해서 정확도를 약 88.3%까지 향상시켰으며(〈그림 4-14〉 참조) 산림지역 추출 결과는 〈그림 4-15〉이다.

**그림 4-14** | 평안북도 의주군의 Landsat 8(2017.5.20.)<sup>11)</sup>자료와 토지피복분류도



**그림 4-15** | 평안북도 의주군의 Landsat 8(2017.5.20.)<sup>12)</sup>자료와 산림지역(패치) 추출

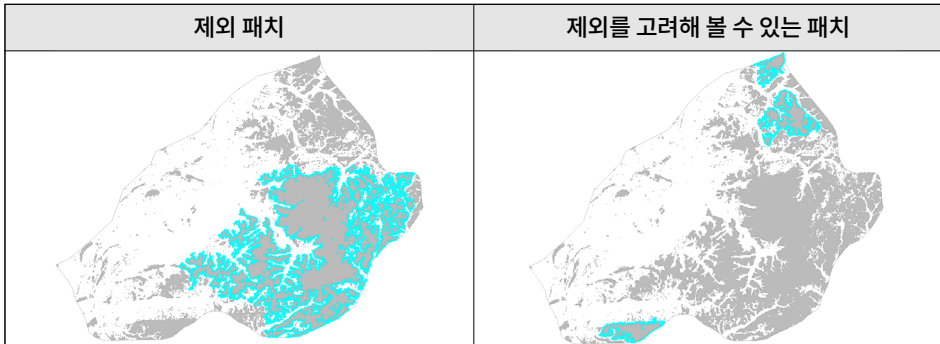


11) USGS Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2017.8.22. 접속)으로부터 Landsat 8자료 획득하여 Band Combination을 통한 RGB 지도 연구진 작성

12) USGS Earth Explorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (2017.8.22. 접속)으로부터 Landsat 8자료 획득하여 Band Combination을 통한 RGB 지도 연구진 작성

평안북도 의주군의 경우에는 패치의 중심부가 파편화되지 않은 큰 패치가 1개가 있으며 총 산림면적에서의 비율은 67.42%를 차지하여  $M_{eff}$ 가 왜곡될 수 있어 제외시켰다 (<그림 4-16> 참조). 크기는 상대적으로 작지만 파편화가 심하지 않은 3개의 패치가 존재하며 이러한 패치의 포함여부에 따라  $M_{eff}$ 가 변할 수 있다.

**그림 4-16** | 산림 파편화가 일어나지 않은 의주군의 산림패치



자료: 연구진 작성

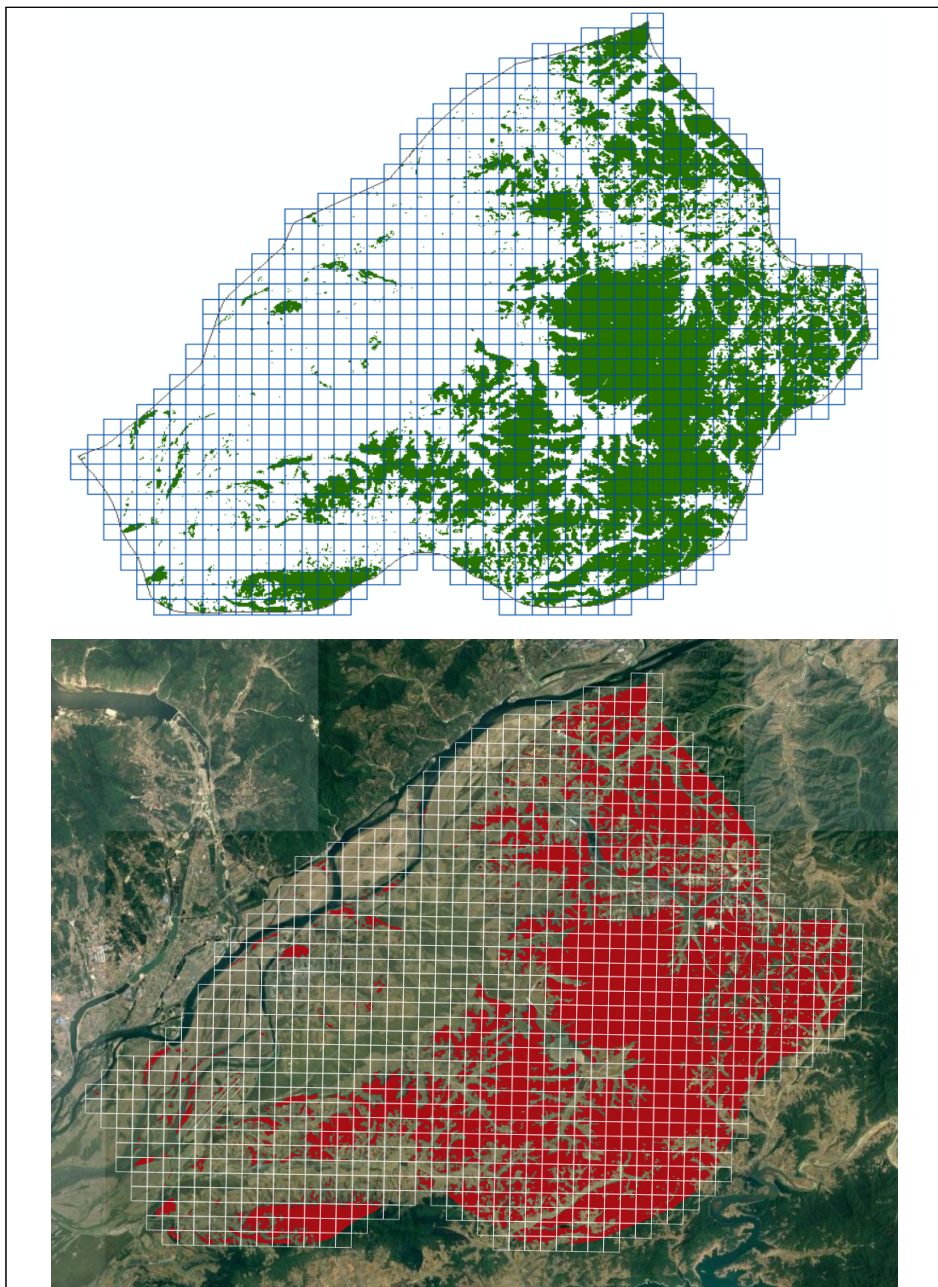
산림지역의 파편화가 일어나지 않은 패치는 보호지역으로서 관리대상으로 간주하고 본 연구의 목적에 맞게 파편화된 산림지역의 적절한 관리를 위한 패치 사이즈를 구하기 위하여 제외시켰다. 의주군은 중앙의 파편화가 일어나지 않은 큰 산림 패치만을 제외하여  $M_{eff}$ 를 산출하였으며 제외를 고려해 볼 수 있는 그 외의 패치는 모두 포함시켰다. 제외 고려가 가능한 패치는 패치의 중앙부분에 파편화가 일어나지 않았다 하더라도 주변지역에서는 파편화가 일어나고 있으며 규모가 작기 때문에 산림항폐화가 지속된다면 향후 파편화가 일어날 가능성을 배제시킬 수 없기 때문이다. 산림 파편화로 인한 의주군의  $M_{eff}$ 는  $0.31\text{km}^2$ 으로  $557\text{m} \times 557\text{m}$ 격자 127개로 구성되며 시각적인 확인을 위해 위성영상 위에 중첩시킨 결과는 <그림 4-17>과 같다.

**표 4-7** | 2017년 의주군의  $M_{eff}$

구분	$M_{eff}$
모든 패치를 고려할 경우	$23.82\text{km}^2$
파편화된 패치만을 고려할 경우	$0.31\text{km}^2$

자료: 연구진 작성

그림 4-17 | 의주군의 산림 파편화를 고려한 공간계획단위(  $M_{eff}$  )



자료: 연구진 작성

패치의 행정구역과 같은 임의의 경계 간에 발생할 수 있는 문제점을 고려한 의주군의  $M_{eff}^{CBC}$  산림패치는 산림 파편화가 작은 동중부 이남의  $M_{eff}^{CBC}$  가 크게 나타나며 파편화가 심한 신의주 인접지역과 압록강 이남의  $M_{eff}^{CBC}$  크기는 작게 나타난다. 산림 파편화가 일어나지 않은 지역의  $M_{eff}^{CBC}$  는 크게 나타나는 반면에 산림파편화가 일어나지 않은 지역을 따라 산림파편화가 일어난 지역의  $M_{eff}^{CBC}$  는 좀 더 작게 나타난다. 따라서 파편화가 심한 지역일수록  $M_{eff}^{CBC}$  는 더 작게 나타남을 알 수 있다(〈그림 4-18〉 참조). 공간계획단위 결과를 통해서 정책결정자들은 동북부 지역의 산림과 그 이남의 산림의 단절이 지형을 육안으로 보는 것보다 더 명확히 확인할 수 있으며 인프라 확충이나 산림 복원 시 규모나 방향에 대한 직관적인 이해가 가능하다.

**그림 4-18** | Boundary Problem을 고려한 의주군  $M_{eff}^{CBC}$ 의 산림 패치



자료: 연구진 작성

---

통일에 대비한 북한지역의 지속가능한 국토자원 관리와 국토개발을 위하여 북한지역의 산림훼손이 극심하며 산림훼손의 원인 및 토지피복 파편화 특성에 따른 사례지역을 대상으로 경관생태학적 측면에서 경관분석을 수행하였다. 자강도의 동신군은 시가화 지역과 농경지의 확대에 인하여 산림지역의 감소 및 산림 파편화가 심화되었음을 알 수 있다. 동신군은 평탄한 지역을 중심으로 시가화 지역 및 농경지의 확산이 주를 이루고 있으며 경사도가 급하지 않은 도시지역 주변의 산지를 농경지로 개간하면서 산림훼손 및 파편화가 일어나고 있음을 나타낸다.

이러한 결과와 비교하여 의주군은 농경지의 확대에 인하여 산림지역이 훼손되고 있으며, 경사도가 급한 동부 산악지역을 따라서 산림파괴 및 파편화가 급속도로 일어나고 있다. 경사도가 완만한 구릉지는 1980년대 말에도 이미 농경지로 개간된 상태였으나 식량난을 해결하기 위하여 경사도가 급한 산림지역에도 산림파괴가 급속도로 일어난 것으로 추정된다. 따라서 산림훼손 지역을 관리하고 개발하기 위해서는 산림파괴의 특성에 따라 차별적으로 관리 및 개발계획을 수립할 필요가 있다.

### 3. 시사점

본 연구결과에서 제시한 공간계획단위 자료는 산림훼손이 심화된 지역을 대상으로 향후 지속가능한 국토자원 관리 및 국토개발을 위하여 필요한 정책수립 지원을 위한 기반자료로 활용할 필요가 있다. 예를 들어, 평안북도 의주군 같이 식량생산을 위한 산림황폐화지역은 단순한 조림 등의 지원 또는 토양유실에 따른 지력저하를 막기 위한 비료원조 등의 단편적인 접근보다는 비료제공과 더불어 산림 조림, 사방댐 설치, 급경사지 사면보강 등의 종합적 접근이 필요하다. 자강도의 동신군의 경우에는 무분별한 도시 확산을 막고 건강한 생태환경을 조성하기 위한 계획적인 조림사업 및 강우 시 하수도 시설 정비, 우수 유도시설 등이 필요하다. 즉, 지속가능한 국토개발 및 관리를 위하여 환경생태학적 측면에서 적절한 산림관리 단위면적 자료는 통일대비 산림자원

---

관리에 필요한 계획 수립에 적용 가능하다. 또한, 토지피복등급의 패치 간에 행정구역과 같은 임의의 경계간의 연계성을 고려하고 경계간의 문제점을 제거함으로써 최적화된 산림관리 단위면적 자료를 활용하여 좀 더 현실을 반영한 국토개발 및 산림자원 관리 등의 정책 수립 지원이 가능하다.

이 외에도, 도시화 및 농경지 확산에 따른 급격한 산림지역의 감소로 인한 토지피복의 변화 방식과 그 이후의 변화패턴은 다르게 나타날 수 있으므로 토지피복 변화 유형에 따른 경관변화를 구분함으로써 차별적으로 관리할 필요가 있다. 도시지역의 증가와 농경지의 확산에 따른 산림지역의 감소시에는 산림을 고려한 공간계획단위 설정을 통하여 도시개발 및 농경지 개간 등의 적정한 개발과 관리가 조화롭게 추진될 수 있다. 부분별한 산림별목 및 다락밭 사업 등에 따른 산림훼손시에는 공간계획단위 제시 이외에도 경사도, 표고 등의 지형적 요소 또한 고려하여 녹지조성을 위한 우선순위 대상지 선정 및 정책 계획 등이 요구된다.

특히, 지속가능한 국토자원 관리와 국토개발을 위한 정책수립 지원 및 의사결정체계 지원을 위해서는 북한 관련 기관의 사업과 연구를 종합적으로 검토할 필요가 있다. 북한관련 연구기관의 사업 및 연구 검토를 통해서 본 연구결과 산출물을 포함한 각 사업에 필요한 국토이용 모니터링 자료 제시 및 그에 따른 정책적 활용방안 제시가 요구된다. 즉, 북한지역의 효율적 국토이용 모니터링을 위하여 위성영상 및 항공사진, 통계자료 등의 다양한 자료들의 데이터베이스화로 자료 관리의 효율성을 증대시키고 실무 중심의 공간정보시스템을 구축함으로써 정책 지원을 해야 한다. 예를 들어, 북한지역의 산림지역 모니터링 등 시계열 국토이용 모니터링 자료는 토지피복의 변화 자료를 기반으로 하여 체계적인 국토관리 계획수립 지원을 가능하다. 산림훼손이 집중적으로 일어나는 지역 또는 불균등이 심화된 지역 등을 대상으로 산림복구 지원시 우선 대상 지역 선정, 녹화사업 소요시간 산출 및 예산규모 산정 등에도 활용 가능하다. 또한, 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 세부 국토계획 목적에 따라서 북한지역의 국토이용 모니터링을 수행하는데 필요한 다양한 주제도와 자료를 생산 및 관리할 필요가 있다. 예를 들어, 토지피복 현황 및 시계열 자료, 산림황폐화지 등의 자료 이외도 관리지역

---

및 개발가능지 선정을 위해서는 도시 확장 패턴, 농경지 현황도, 도로·건물 등의 주제도를 기반으로 하여 개발과 관리대상을 식별하고 관련 정책 의사결정을 지원할 수 있어야 한다. 따라서 다음 장에서는 북한 관련기관의 사업 및 연구 등을 대상으로 본 연구 결과 산출물을 포함한 북한지역의 국토이용 모니터링 자료의 정책적 활용방안 제시하고 효율적 업무 수행을 위한 정책을 제안한다.



# 5

CHAPTER

## 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 정책적 활용방안

- 1. 국토분야 정책적 활용방안 | 106
- 2. 국토관련 계획 및 정책지원 활용방안 | 122
- 3. 북한지역 정보체계 구축을 위한 활용방안 | 133



## 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 정책적 활용방안

본 장에서는 원격탐사기법 및 GIS를 활용한 북한지역의 토지피복 실태분석 및 경관분석을 통해 제시한 공간계획단위 및 국토이용 모니터링 자료의 정책적 활용방안을 제시한다. 북한지역의 국토개발 및 국토자원 관리, 남북접경지역의 친환경적 국토이용 구상을 위한 정책적 활용방안과 북한지역 국토관련 사업의 정책적 활용방안을 제시한다.

북한지역 국토이용 모니터링 자료는 정부 및 연구기관에서 범용적인 활용이 가능하므로 데이터 기반의 정책 자료를 제시함으로써 과학적 정책 의사결정 지원이 가능하다. 북한지역의 국토이용 모니터링을 통해서 산출된 자료 및 환경지수는 통일이전 한반도 국토이용 구상계획 및 방안 마련을 위한 북한지역의 공간계획이나 정책결정 과정에서 필수적인 자료이다.

남북교류협력기에는 통일대비 남북 교류협력을 위한 국토이용 방향 설정 및 관련 정책 수립을 지원할 수 있다. 남북교류 및 남북지원 사업 분야에서는 교통기반시설 지원, 공업·농업 및 주거단지 조성, 산림녹화 등의 사업계획을 위한 기초자료로 활용 가능하며, 통일부, 국토교통부, 기획재정부 등 정부부처와 공기업에서 대북관련 경제협력(예: 한반도 신경제지도 등) 추진을 위한 세부계획 수립시 지원이 가능하다. 북한의 국토이용 정보는 남북 분단으로 낙후된 남북 접경지역의 친환경적이고 지속가능한 발전을 할 수 있도록 지역개발사업, 자연자원 관리, 환경 친화적 관광사업 추진 및 녹화 산업과 연계한 농업협력단지 조성 관련 계획 수립 및 관련 정책수립 분야에서도 활용 가능하다. 예를 들어, 본 연구에서 제안한 산림황폐지가 인접한 지역에서 산사태 등의

---

재해로 인하여 농작물의 피해가 발생한 경우에는 생산성 향상을 위한 비료 제공 이외에도 산림조림지원 등을 통한 전 방위적인 지원을 함으로써 실효성 있는 남북 교류협력을 가능하게 할 수 있다. 또한, 본 연구에서 도출한 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$ ,  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료를 활용함으로써 남북교류협력을 위한 접경지역 개발시 환경과 개발이 균형적으로 이루어지게 함으로써 지속가능한 개발계획 수립을 지원할 수 있다.

통일이후에도 한반도의 토지피복 정보는 국토개발계획, 인프라 구축, 난개발을 방지하기 위한 국토이용의 관리 등을 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 한반도의 토지피복 변화 및 지역별 토지특성 정보는 국토계획, 민생인프라 구축, 토지이용 규제 등을 위한 국토개발 및 자원관리 정책에 활용할 수 있기 때문이다. 특히, 본 연구결과는 산림의 기능적 역할이 가능한 산림을 고려한 공간계획단위를 제시함으로써 국토계획 및 관리에 있어서 과학적이고 합리적인 공간계획 지원 및 정책적 의사결정을 지원할 수 있다. 예를 들어, 북한의 임의의 지역을 개발 또는 관리하기 위하여 산림 개간을 통한 개발이 필요하다면 녹지기능을 유지하면서 어떤 지역을 대상으로 체계적으로 개발 할 것인지에 대한 정책적 의사결정지원이 가능하다.

무엇보다도, 북한의 국토이용 정보는 안보, 국방, 통일, 외교, 경제 등의 다양한 국토관련 정책 분야 및 통일부·국토교통부 등의 북한관련 부처별 사업 등의 대북정책 수립시 필수적인 정보이며, 동북아 시대 대응을 위한 분야에서도 잠재적 수요가 높다. 예를 들어, 한반도 신경제 지도 구상, 산림 모니터링을 통한 산림협력을 포함한 남북협력 사업, 북한지역의 공간정보 통합체계를 구성하는 기초자료 및 참조자료로 활용 시 예산 및 시간 절감 효과가 있을 것으로 판단된다.

## 1. 국토분야 정책적 활용방안

통일이전 북한지역의 국토이용 모니터링을 통해서 획득한 국토이용 정보는 경제적 효율성과 환경적 지속가능성의 조화를 기반으로 통합 개발 계획을 수립하는데 있어서

---

정책적으로 활용성이 높다. 통일과 개방에 대응하기 위해서는 주변국들과의 교류, 친환경적 개발 등을 기저로 한 계획적인 북한 건설인프라 개발구상이 필요하며, 계획 이전에 북한에 대한 정확한 국토상태를 파악할 필요가 있다. 또한 환경보전 및 산림자원 관리에 있어서도 무분별한 산림 벌목 및 다락밭 장려로 인한 산림파괴를 저감시키고 산림녹화 사업, 환경자원벨트 구축 등의 사업과 관련한 지속가능한 국토자원관리 지원 체계 구축에도 활용성이 높을 것으로 판단된다. 이 외에도, 남북협력을 위하여 본 연구 결과는 접경지역의 국토이용 방향 설정 및 낙후지역의 지역경쟁력 향상을 위한 자료로도 정책적으로 활용이 가능하다.

앞서 제시한 본 연구결과를 포함한 북한지역 국토이용 모니터링 자료에 대한 정책적 활용방안의 실효성 및 정책적 우선순위 도출을 위하여 북한관련 정부부처의 정책실무자와 자문회의 및 면담조사를 수행하였다. 이를 통해 우선적용 순위 정책분야 도출 및 정책적으로 활용이 가능한 사업을 조사하였다. 전문가 자문 및 면담조사는 북한관련 정책업무를 수행하고 있는 통일부와 국토교통부의 한반도 신경제지도 TF팀, 통일부 교류협력국의 남북 산림협력과 등의 정책실무 담당자를 대상으로 실시하였다. 조사 결과, 북한관련 정책 업무 수행 시에 정책적 활용가능성의 우선순위가 가장 높은 분야로는 ① 국토자원(산림자원 등) 관리를 위한 정책적 활용분야, ② 국토개발 및 도시개발을 위한 활용분야, ③ 접경지역의 환경 친화적 국토이용 계획 수립 분야, ④ 북한지역 공간정보 구축 등의 순위로 조사되었다(〈표 5-1〉 참조).

정책적 활용분야의 우선순위 평가 후에 각 활용분야별 수행하고 있는 사업 중 연구결과 산출물이 활용 가능한 관련 사업을 조사한 결과, 첫째, 국토자원 관리 분야에서는 산림복구 및 임야를 고려한 남북 산림협력(산림협력과), 한강하구 공동관리 협력, 황폐산림 복구 시범사업 추진, 산림복구를 통한 남북한 산림협력(그린3각) 실현(한반도 신경제지도 구상TF) 등의 사업에서 활용 수요가 높은 것으로 나타났다. 둘째, 국토개발 및 도시개발 분야에 있어서는 산업단지 및 통일특구 개발 등의 협력, 백두대간 관광벨트 조성 사업, 북한 주요 지역에 대한 기본정보 및 경제협력 대상지역으로서의 요건 충족 여부를 위한 과학적 데이터 산출물 활용, 임농복합경영 등의 사업에 활용 가능한 것으로 조사되었다. 이 외에도 접경지역의 환경 친화적인 국토이용 계획 분야의 DMZ

생태평화안보 관광지구 조성 및 개발 등의 사업과 통일부 및 국토교통부의 지리정보 연계 사업 분야에서 활용 가능한 것으로 조사되었다(〈표 5-1〉 참조). 따라서 본 절에는 본 연구결과의 산출물인 공간계획단위를 포함한 국토이용 모니터링 자료와 함께 타 공간정보를 융·복합하여 산출한 자료들이 앞서 수요가 높게 나타난 정책분야에 적용할 수 있는 구체적인 방안을 제시하고자 한다.

**표 5-1 | 본 연구결과의 정책적 활용가능성에 따른 우선순위 평가 및 관련사업**

활용분야	관련사업	우선순위
		1순위 배점
국토자원(산림자원 등) 관리를 위한 정책적 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 남북 산림협력</li> <li>• 한강하구 공동관리 협력</li> <li>• 황폐산림복구 시범사업 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 북한이 수용 가능한 평양·개성·고성 등</li> </ul> </li> <li>• 산림복구를 통한 남북한 산림협력(그린3각) 실현</li> </ul>	38점
국토개발 및 도시개발을 위한 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업단지, 특구개발 협력</li> <li>• 백두대간 관광벨트 형성</li> <li>• 북한주요지역에 대한 기본정보 및 경제협력 대상지역으로서의 요건 충족 여부</li> <li>• 산림복구와 식량난 도시 해결(임농복합경영)</li> </ul>	26점
접경지역의 환경 친화적 국토이용 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DMZ 생태평화안보 관광지구 조성 및 개발</li> <li>• 접경지역 방재 협력(홍수 등)</li> <li>• A/R CDM사업 등 탄소배출권 사업과 연계 추진</li> <li>• 백두대간 등 주요보호지역 생태지 복원</li> </ul>	26점
북한지역 공간정보 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통일부 지리정보사업 연계</li> <li>• 국토교통부 지리정보사업 연계</li> </ul>	22점

자료: 국토연구원, 2017. 전문가조사결과(2017.11.9. 통일부·국토교통부 신경제지도기획TF팀, 통일부 교류협력국의 산림협력과 정책실무자 공무원 대상 전문가 자문회의 및 면담조사를 통해 수행함)

주: 우선순위에 따른 배점은 1순위(10점), 2순위(8점), 3순위(6점), 4순위(4점)을 부여하였음

## 1) 국토개발 및 도시개발을 위한 정책적 활용방안

북한지역의 국토이용 모니터링 정보는 환경적 지속가능성과 국토개발 및 지역개발의 조화를 기반으로 한 계획을 수립하고 실행하는데 있어서 환경 친화적 통합 개발 계획 수립을 가능하게 할 수 있는 기반정보로서 정책적으로 활용성이 높다. 본 연구 결과의 산출물을 포함한 북한지역의 국토이용 모니터링 자료는 「한반도 신경제지도 구상」 등의 지속가능한 국토·도시개발의 하위단위 계획 수립을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

---

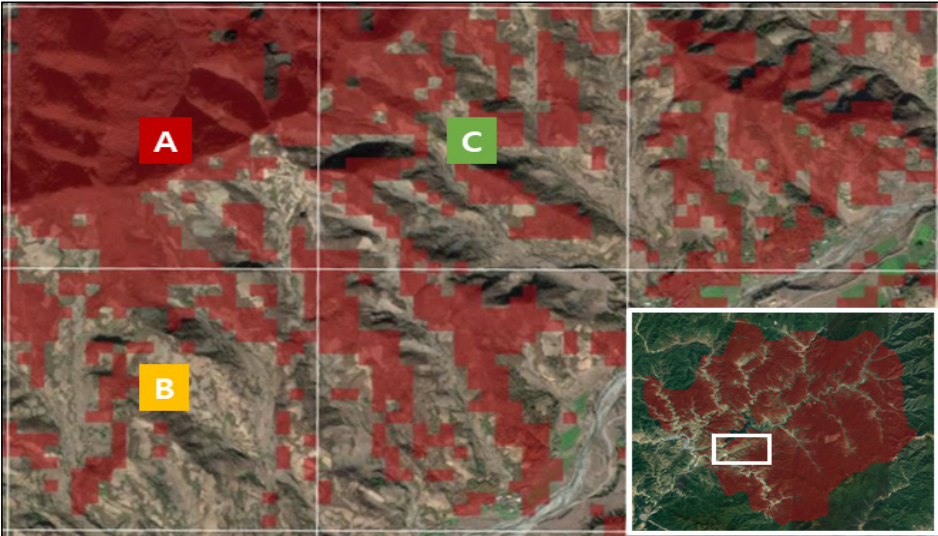
예를 들어 한반도 신경제지도 구상을 구체화 및 상세화 시키기 위해서는 산업특성에 맞는 입지조건을 분석하고 지속 가능한 개발을 위한 환경영향 요소를 시계열적으로 파악함으로써 상세화된 국지적 국토계획 수립의 기반자료로서 활용이 가능하다. 즉, 한반도 신경제지도의 한 요소인 산업입지를 계획하는데 있어 토지피복의 시도별·시군구역별 실태 및 변화 요인, 시가화 지역 및 농경지 정보, 산림훼손 파악, 교통 인프라 및 수자원 정보 분석을 위한 자료로 활용 할 수 있다.

북한지역의 국토개발 계획은 남북교류 확대에 따른 경쟁력 확보가 가능하도록 훼손된 산림 복구를 통해 친환경적이면서 지속가능한 한반도 정주체계 구축 및 성장 동력을 확보할 수 있는 방향으로 추진되어야 할 필요가 있다. 기존 북한의 도시는 계획경제체제 하에 정치적·군사적 목적에 따른 공간구조로 발전되어 왔으므로 균형적인 발전과 효율적인 공간이용에는 한계가 따른다. 따라서 통일이후 한반도 생활공간 조성을 위한 북한지역의 국토개발은 국토이용 모니터링 자료를 기반으로 환경을 고려하여 산림복구 지역 및 도시계획 대상지 등을 선정함으로써 사회·경제적 변화에 대응가능한 도시공간 계획이 마련되어야 한다.

또한, 지속가능한 북한지역의 국토 및 도시개발 수요 추정을 위해서는 기존의 토지 피복 정보 및 관련 자연적·인문적 공간 및 통계자료가 요구된다. 도시개발 및 관리를 위해서는 본 연구의 산출물인 기존의 산림 및 시가화 지역을 포함한 토지피복정보, 지속가능한 도시계획에 필요한 적정한 산림지역 패치 사이즈 정보, 표고 및 경사도 정보를 필요로 한다. 예를 들어, 본 연구 결과 산출물을 통해 환경을 고려한 북한 국토계획 또는 개발을 위하여 동신군의 <그림 5-1>과 같은 지역을 고려할 경우 동신군 산림의  $M_{eff}$ 는 다음과 같은 활용이 있을 수 있다. A는 단위  $M_{eff}$ 가 대부분 산림으로 이루어져 있고 B, C에 인접한 부문만이 소규모로 산림황폐화가 이루어졌으므로 이 부분의 산림 훼손이 더 확산되지 않도록 산림복구를 위한 국토계획이 필요하다. 반면에 B는 이미 도시화 및 농경지로 개간되어 단위  $M_{eff}$ 안에 산림지역이 소규모로 분포하고 있어 도시 계획 대상지로 고려할 수 있다. 이 외에도, C는 산림황폐화가 반 정도 이루어져  $M_{eff}$ 만으로는 보전 또는 개발을 위한 의사결정이 어려우므로 인구, 경제, 생물종 분포 등의 다양한 데이터를 함께 고려하여 계획할 필요가 있다(<그림 5-1> 참조).

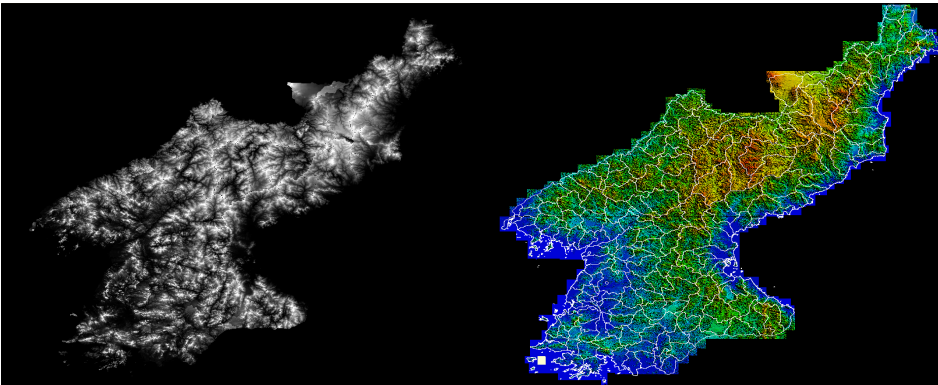
본 연구결과를 기초자료로 활용하여 타 공간정보 및 통계정보 등을 융·복합하여 활용할다면 국토개발 및 지역개발 계획을 수립하는 데 있어서 정책적 활용도가 높을 것으로 판단된다. 특히, 도시개발 및 관리를 위해서는 도로 및 철도, 기존 북한지역의 도시 현황 정보, 거주가능지역 및 공간적 인구분포 정보 등의 자료를 융·복합하여 활용할 수 있다(<그림 5-2>, <그림 5-3>).

**그림 5-1 | 국토계획 및 개발 분야 동신군  $M_{eff}$ 의 활용방안**



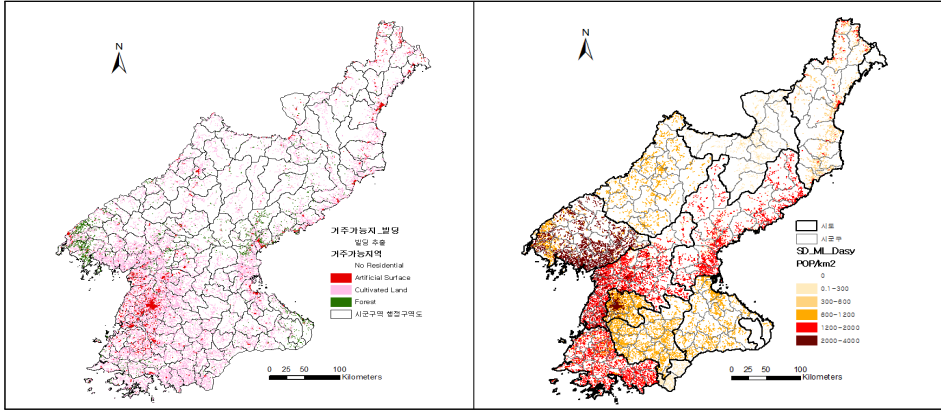
자료: 연구진 작성

**그림 5-2 | SRTM DEM(90m)(좌) 및 국토지리정보원 DEM(10m)(우)**



자료: 강민조 외. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구. p.75

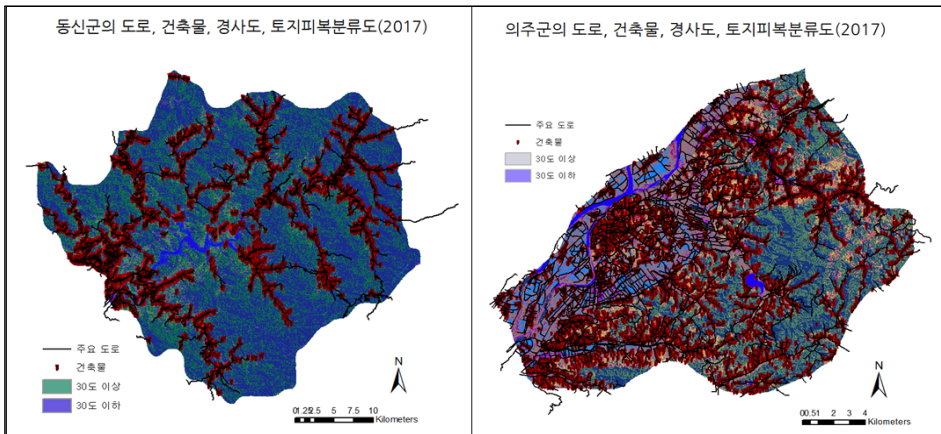
**그림 5-3 | 북한지역의 거주가능지역 및 공간적 인구분포추정**



자료: 강민조 외. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구분포 추정 및 활용방안 연구. p.96~97

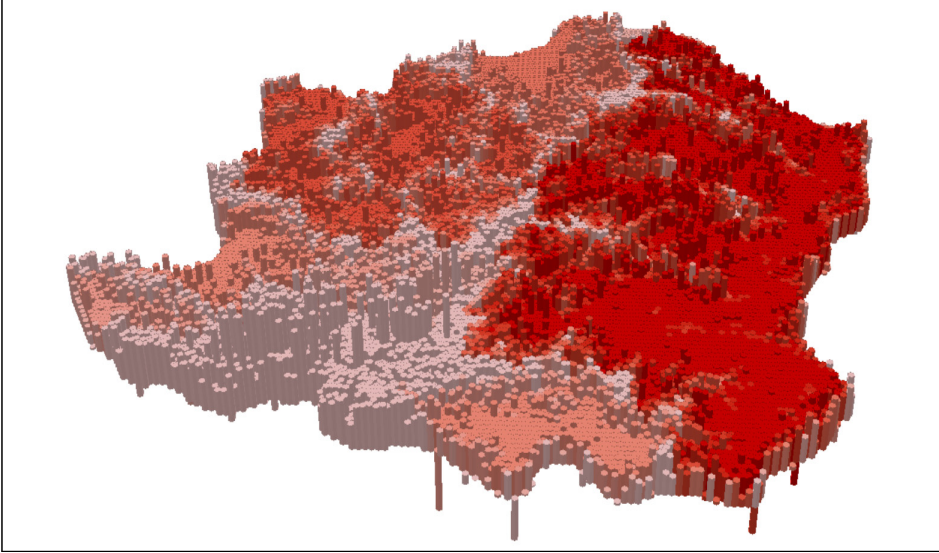
예를 들어, 남북협력기 및 통일이후 국토개발 및 도시개발을 위한 입지 선정 시에  $M_{eff}^{CBC}$ 에서 제시한 단위면적을 기반으로 하여 공간적 인구분포, 경사도 25도 이하, 도로 및 건축물, 토지피복 정보 등을 융복합하여 활용 가능하다. 개발가능지 선정 및 인구에 따른 적정한 개발 가능 규모 산출, 개발불능지 및 개발 억제지 선정을 통해 지속 가능한 국토개발을 위한 정책 지원을 할 수 있다(〈그림 5-4〉 참조).

**그림 5-4 | 동신군 및 의주군의 도로, 건축물, 경사도, 토지피복분류도(2017)**



자료: 연구진 작성

그림 5-5 | 공간적 인구분포를 고려한  $M_{eff}^{CBC}$  의 응·복합 활용



자료: 연구진 작성

남북협력기 또는 통일이후의 개발협력을 위한 개발가능지 여건 및 잠재력 분석을 위하여 북한지역의 국토이용 모니터링 자료가 필요하다. 북한지역의 국토이용 모니터링 자료를 통해 국토개발 및 도시개발에 따른 개발가능지 여건 및 잠재력 분석을 통해 공간구조상에 개발가능 대상지 및 개발관리 대상지 등의 선정 및 면적 산출이 가능하다. 이와 같이 도출된 국토개발 및 도시개발을 계획하고 실행하는데 있어서 도시, 환경, 인프라 등의 다양한 분야에서의 발전방향을 구상하고 지역별 특성 및 국토이용 조건에 따른 개발구상을 제시할 수 있다.

북한지역의 개발여건 및 잠재력 분석을 위하여 토지피복 정보 및 수치지도(국토지리정보원 제작 및 갱신)를 기반으로 하여 기개발지, 산림지역, 초지, 습지, 수계 구역 등의 개발억제지, 표고 및 경사도에 따른 개발불능지, 도로 및 철도 등의 접근성을 활용한 개발가능지 등의 정보가 요구된다. 따라서 국토이용 모니터링 자료는 개발가능지, 개발불능지, 개발억제지를 선정하는데 활용 가능할 수 있다. 개발가능지는 전체 국토면적에서 기개발지와 개발불능지, 개발억제지를 제하는 방법으로 선정: ① 기개발지는 토지피복분류 상의 시가화구역을 의미하며, ② 개발불능지는 표고와 경사도를 기

---

준으로 하였고, 최소, 중간, 최대 기준을 각각 200m, 150m, 100m, 25도, 20도, 15도로 설정 가능하며, ③ 개발억제지는 산림지역, 수역, 습지와 논, 밭, 과수원 등 경작지 등의 정보가 활용 가능하다(김두환 외, 2015). 개발가능지 선정 및 지속가능한 국토이용 구상(안)을 제시하기 위해서는 산림복원 및 녹지조성을 위한 계획도 함께 수반되어야 한다. 이 외에도, 산림황폐화 지역 및 적정 산림 관리 단위지역 등의 산림지역 관련 정보는 국토 및 도시개발에 필수적인 수자원, 온실가스 감축, 재해 및 재난대응을 위한 정책과 직접적으로 연계가 가능하다.

## 2) 국토자원 관리를 위한 정책적 활용방안

본 연구결과 자료는 산림황폐화에 따른 산림녹화 사업과 자연재해 대응을 위한 자료 구축 및 남북협력 방안 마련을 위하여 활용 가능하다.<sup>1)</sup> 남북한이 산림협력과 같은 인도적 지원 및 협력을 시발(始發)로 현재의 경색되어 있는 남북관계에 대하여 평화적 해결의 물꼬를 틀 수 있는 기회가 될 수 있기 때문이다. 산림황폐화로 인하여 폭우 시 산사태 발생 및 하천범람으로 인한 인재, 주택 침수, 농경지 매몰 등으로 인한 경제적 손실뿐만 아니라 홍수 및 가뭄의 증가로 인한 생태계 파괴 및 수자원, 대기오염의 원인이 되고 있다. 남북한 환경협력을 할 수 있는 분야는 많지만 현재의 남북관계 및 상황을 고려할 때 산림분야의 협력이 가장 시급한 실정이다.

북한 산림황폐지 복구와 관련해서는 통일대비 한반도 국토관리 측면에서 시급하고 중요한 정책적 과제로서 추진해야 한다는 공감대가 정부나 민간 부문 모두에서 형성되고 있다. 그러나 언제, 어떻게, 어떤 방식으로 추진해야 하는 지에 관한 명확하고 구체적인 계획 수립과 방안이 정립되어 있지 못한 실정이다. 특히, 산림 분야에서 대북 산림복구를 지원할 수 있는 남북 산림정책 및 북한 산림복구 현장에 활용할 수 있는 연구가 요구되고 있다.

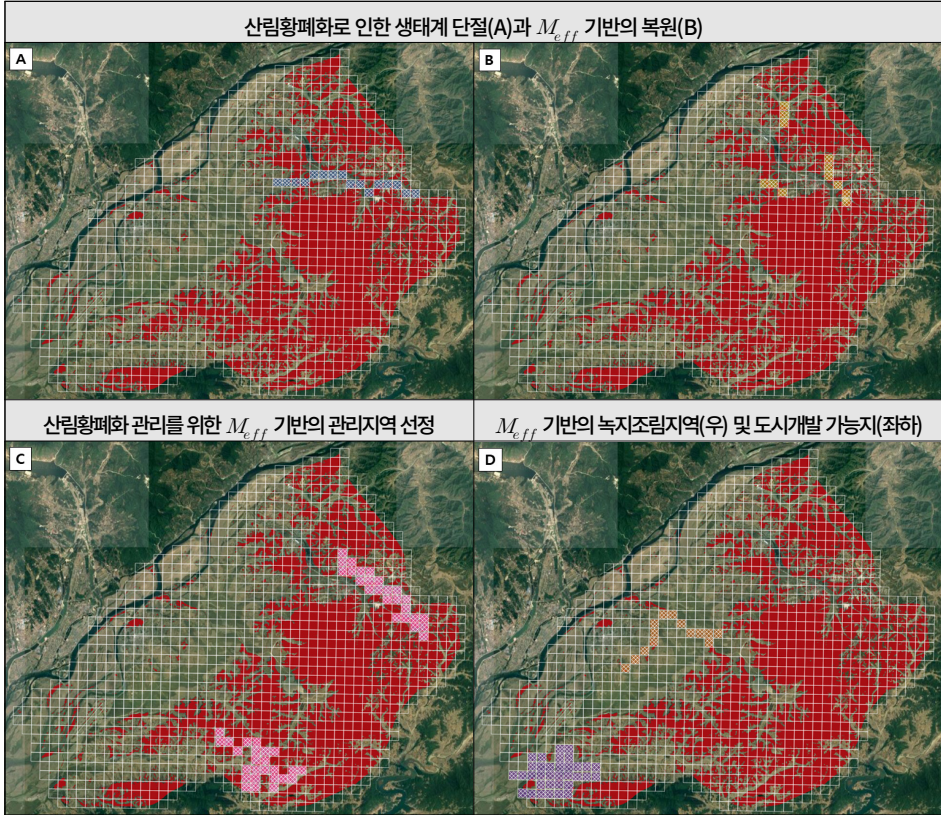
---

1) 통일대비 남북 접경지역의 활용방향 및 실천과제(국토연구원), 한반도 산림공간정보 구축방안 연구(국립산림과학원) 연구와 관련이 있음

본 연구에서 사례 분석한 의주군은 북중 국경이남 산지에 대한 전 방위적인 개간이 이루어지고 있어 국토관리 및 보전의 측면에서 접근할 필요가 있다(〈그림 5-6〉 참조). 특히, 농경지의 개간으로 인하여 북쪽지대의 산림과 중부지대의 산림이 단절되고 있어 (A) 야생동물 서식지의 빠른 축소와 더불어 생태계 단절이 우려되므로 생태 연결통로 서의 산림지역을  $M_{eff}$  기반으로 조성하는 방안을 계획(B)할 수 있다. 의주군 동부와 중남부를 중심으로 낮은 구릉지와 같이 경작이 용이한 지역은 산림황폐화가 집중적으로 일어나고 있으므로  $M_{eff}$  기반의 산림황폐화 관리지역으로 선정함으로써 산림지역을 보호하고 무분별한 개간을 체계적으로 관리(C)할 수 있다. 의주군 서남부 지역은 신의주 시와 연계한 도시개발계획 수립시에 생태계에 대한 영향을 최소화할 수 있도록  $M_{eff}$  단위의 개발지역 선정이 가능하다. 산림이 섬처럼 고립되어 소규모로만 남은 의주시 주변의 녹지 조성을 위하여 파편화된 산림지역을 연계하는 산림녹지조성 지역 지정 등의 과학적인 국토계획이 가능하다(〈그림 5-6〉 참조).

산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 기반의 산림녹화 사업은 북한의 산림정보 획득 및 남북한 산림정보의 연계성 제고를 통해 한반도의 산림공간정보를 선제적으로 구축하는데 그 의미가 있다. 산림공간정보의 주요내용은 북한의 산림복구 데이터베이스 구축, 신기후체제 대응방안 마련, 이산화탄소 배출 및 산림지역 감소 모니터링, 지속가능한 개발 및 보전을 기반으로 한 산림 또는 녹지조성 대상지 선정기준을 개발하는데 있다. 즉, 북한 산림복구를 위한 데이터베이스 구축을 위하여 북한 공간정보 수집 및 기본 레이어 구축, 사방 대상지 선정 기준 개발, 북한 산림 모니터링 지역 자료 등이 구축되어야 한다. 이러한 북한의 산림복구 지원 및 관련 데이터베이스 구축을 위해서는 북한의 토지피복 정보를 통해 산림훼손 실태 파악을 할 수 있어야 하며 산림관리를 위한 공간계획단위  $M_{eff}$ 를 활용하여 〈그림 5-6〉의 의주군 사례분석에서도 제시한 바와 같이 과학적 근거에 기반한 대응전략 마련이 필요하다. 따라서 산림감소 및 황폐화가 심한지역을 선정하여 단계별로 산림녹화 사업을 추진할 필요가 있으며, 이에 따른 재난·재해 대응 정책도 수반되어야 한다. 또한, 북한의 산림복구 및 정착시간, 대규모 소요예산 등을 고려하여 일회성의 사업보다는 중·장기적인 단계별 산림복구 지원이 더 효과적일 것으로 판단된다.

그림 5-6 | 국토계획 및 관리 분야 의주군  $M_{eff}$ 의 활용방안



자료: 연구진 작성

기존의 북한 산림협력(지역: 개성)의 단계별 주요 사업에서 본 연구결과의 활용방안을 살펴보면, ① 초기 1단계에서는 개성의 산림 실태 조사, 우선 복구 지역 면적 추정, 세부적인 관리계획 수립 등을 위한 산림훼손 실태 파악 및 산림관리지역 선정 시 사업 단위지역 자료로 활용이 가능하며, ② 산림협력 2단계에서는 개성지역을 시작으로 산림황폐화가 심화된 다른 접경지역으로 확대 발전 및 3단계 북한 전역으로 확대 추진을 위한 산림복구 지역 선정과 관리계획을 수립하는데 있어 산림을 고려한 공간계획단위 ( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )는 지속적인 활용이 가능하다(〈표 5-2〉 참조). 이렇게 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )는 한반도 산림정보 구축 및 시계열 산림정보의 연속성 확보로 인하여 점진적 통일 기반 마련, 산림분야 대북사업 재개에 대비한 구체적이

고 실질적인 북한의 산림복구 계획 수립 지원, 통일 대비 신속한 북한산림 복구 지원을 위한 핵심 기초 자료로 활용이 가능하다.

**표 5-2 | 남북 산림협력의 단계별 주요 사업관련 본 연구결과의 활용**

단계	주요 사업	활용 방안
1단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표: 산림 관련 협력체계 구축을 위한 인적 네트워크 형성 및 기본 물품 지원</li> <li>• 구체적 사업               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개성의 산림 실태 조사</li> <li>- 개성에서 우선 복구 지역·면적 및 적합수종 선정</li> <li>- 개성에 종자, 묘목, 기자재를 비롯한 필요 물품 지원</li> <li>- 개성 산림의 세부적인 관리계획 수립</li> <li>- 남북산림교육·연구센터에서 산림 관리 인력 양성</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개성의 산림 실태 조사 및 우선 복구 지역 면적 및 세부적인 관리계획 수립을 위해서는 산림훼손 실태 파악 및 산림관리를 위한 단위지역 자료로 활용이 가능</li> </ul>
2단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표: 북한의 산림 연구·관리 능력 강화 및 산림협력 지역 확대</li> <li>• 구체적 사업               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 사업 지속</li> <li>- DMZ 또는 북중 접경지역으로 산림조사 확대</li> <li>- 남북산림교육·연구센터에서 산림 관련 공동연구</li> <li>- 국제재원 확보 및 국제정부·NGO와 협력</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산림황폐화가 심화된 다른 접경지역으로 확대, 연구 발전시키기 위한 우선지역 선정 및 확대지역을 대상으로 한 산림관리를 위한 단위지역 자료로 활용이 가능</li> </ul>
3단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표: 북한 전역으로 산림협력 지역 확대 및 ‘남북환경협정’ 체결</li> <li>• 구체적 사업               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1, 2단계 사업 지속 및 북한 내부로 산림협력 지역 확대</li> <li>- 남북환경문제 전반에 대한 논의 시작</li> <li>- ‘남북환경협정’ 체결</li> <li>- 남북공동으로 국제회의의 참석 및 남북산림교육·연구센터 국제화 추진</li> <li>- 국제재원 확보 및 국제정부·NGO와 협력</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1·2단계 사업과 마찬가지로 북한 전역으로 확대 추진에 따른 산림복구 지역 선정 및 관리계획에 있어서 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>)는 지속적으로 활용 가능</li> </ul>

자료: 손기웅 외. 2014. 2014. ‘그린 데탕트’ 실천전략: 환경공동체 형성과 접경지역·DMZ 평화생태적 이용방안. 통일연구원. p.148(주요 사업.); 활용 방안(연구진 작성)

본 연구의 산림변화 분석 결과 및 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 기반의 북한의 산림모니터링<sup>2)</sup>을 통해 국토자원관리를 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

2) 한국임업진흥원에서 수행하고 있는 북한 산림모니터링 연구와 관련해서 정책적 활용이 가능

---

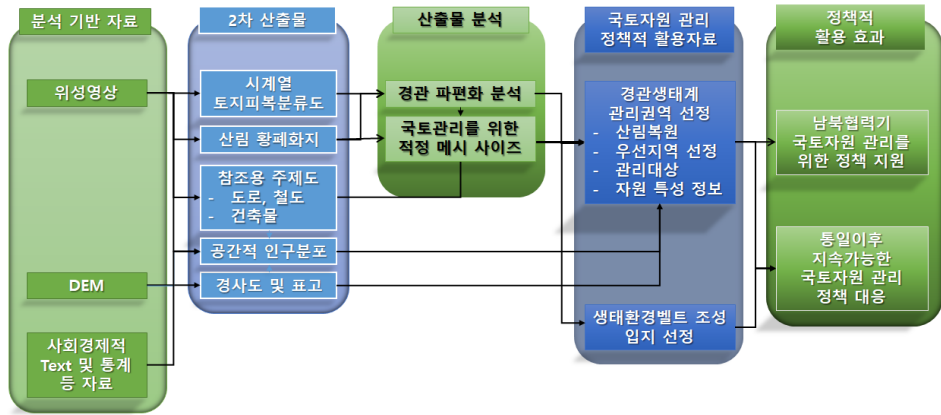
북한지역의 모니터링을 통한 북한 시도별 및 시군구별 산림황폐지 정보를 기반으로 지역별 우선 조림 및 녹화지역 선정, 종 다양성 보존을 위한 환경시설물 설치지역 선정 및 관리, 수자원과 연계한 종합적 자원관리 등 북한 국토자원관리를 위한 기초자료로 활용이 가능하다. 좀 더 구체적인 활용방안을 살펴보면, 북한지역의 국토자원관리를 위한 국토 모니터링 및 수자원관리 분야에서는 위성영상, DEM, 사회·경제적 통계 자료 등을 통해 시계열 토지피복분류도, 산림황폐화지도, 도로, 철도, 건축물 등의 주제도, 공간적 인구분포도, 경사도, 표고 등의 산출물을 생성한다. 이러한 산출물과 본 연구결과 산출물인 토지피복 파편화 지수 및 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )를 융·복합하여 국토자원 관리를 위한 정책적 의사결정지원 자료로 활용할 수 있다. 또한 이와 같은 데이터는 산림경관생태계 관리권역 설정하고 생태환경벨트 조성 입지 선정을 하는데 활용할 수도 있다. 이와 같이 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )는 산림복원지역 선정 및 자원관리 대상권역 선정 등의 국토자원 관리를 위한 정책 자료로 활용가능하다(〈그림 5-7〉 참조).

이러한 북한 국토자원관리 체계의 조기 구축은 남북협력기 뿐만 아니라 통일이후에도 경제적 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들어, 통일이전에 북한지역 산림복구 사업을 성공적으로 수행한다면 통일 이후 발생할 천문학적인 환경복구비용을 사전에 단계별로 투자하여 대규모 자원마련을 위한 재정적 부담을 경감시킬 수 있다. 실제로 독일은 통일 과정에서 동독지역의 환경 복구에만 전체 통일 비용의 20%를 투자 할 만큼 큰 대가를 치른 바 있다.<sup>3)</sup> 북한지역의 산림이 복구되면 폭우·홍수 등의 재난발생시 인명 및 재산 피해를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 산사태 등에 대비할 수 있어 인도적·비용적·환경적 측면에서 우선 추진되어야 할 분야라고 할 수 있다.

---

3) 황폐화된 북한 숲 복원, 통일을 위한 밑거름을 뿌린다.  
<http://blog.naver.com/tongiltv/220322272291>(2017.7.20. 접속)

**그림 5-7 | 북한지역의 국토자원 관리를 위한 정책지원(안)**



자료: 연구진 작성

무엇보다도 이는 미래 세대에게 한반도의 건강한 산림생태계를 유산으로 물려주기 위해 북한 황폐산림의 복구 추진은 시급한 해결과제이다. 북한지역의 황폐산림 복구를 위하여 남북 산림협력을 원활하게 추진하기 위한 협력시스템을 만들어가며, 통일을 대비한 미래 한반도 산림관리 전략수립과 관리시스템 구축을 위한 연구를 추진해야 한다. 따라서 북한 산림임업 실태 파악 및 정보수집 체계 정비, 남북한 산림임업협력을 통한 북한 황폐산림 복구방안 마련, 통일 이후 한반도 산림관리 전략 수립 및 시스템 구축이라는 연구 목표를 세우고 연구 과제를 발굴하여 추진하는 것이 요구된다. <표 5-3>은 국립산림과학원에서 남북 산림협력 연구 목표와 관련하여 향후 추진해야 할 연구 과제를 구상하고 정리한 것이다. 향후 연구과제에는 북한 산림·임업 동향분석, 북한 산림정책 및 제도, 북한 황폐산림 복구 및 남북한 산림협력 방안, 통일대비 한반도 산림관리 전략 수립 등의 연구가 포함된다(<표 5-3> 참조).

**표 5-3 | 남북 산림협력 관련 향후 연구과제**

분야	연구 과제
북한 산림임업 동향 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 산림임업 실태 분석 및 자료집 발간</li> <li>북한 산림임업 정보 및 자료수집 네트워크 구축</li> <li>북한 임산물 생산 및 수급구조 분석</li> <li>북한 산림임업기술 동향 및 수준 분석</li> </ul>

분야	연구 과제
북한 산림정책 및 제도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한 산림관리제도의 특징과 산림 기관의 운용실태</li> <li>• 체제전환국의 산림정책 및 제도 변화 연구</li> <li>• 북한 노동당과 내각의 임업시스템 관계 분석</li> <li>• 북한 임업생산과 국토관리 시스템 분석 연구</li> </ul>
북한 황폐산림 복구 및 남북한 산림협력 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한 황폐산림 복구 실행계획 수립연구</li> <li>• 북한 황폐산림 복구 모니터링 방안 연구</li> <li>• 북한 산림복구 단계별 추진전략 연구</li> <li>• 유형별 산림복구 사업 모델 정립연구</li> <li>• 북한 황폐산림 복구의 극복 요인과 해결 방안</li> <li>• 북한 황폐산림 복구의 기대 효과 및 경제성 분석</li> <li>• 북한 산림복구 추진 투자재원 조달방안</li> <li>• 북한 산림복구 지원단 구성 및 운영방안</li> <li>• 남북한 1도 1도 산림협력 체계 구축 및 운영 방안</li> <li>• 남북한 황폐산림 복구 협력 시스템 개발</li> <li>• 국제사회의 북한 황폐산림 복구 참여방안</li> <li>• 남북한 산림기술 및 인적 교류 활성화 방안</li> </ul>
통일 대비 한반도 산림관리 전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 체제전환국의 산림관리 시스템 및 성과 분석</li> <li>• 통일대비 남북한 산림관리체계 비교분석 및 통합방안 연구</li> <li>• 통일 대비 산지소유권 문제 및 해결방안</li> <li>• 통일이후 한반도 산림관리 정책방향 정립 연구</li> <li>• 통일이후 남북한 산림관리 및 행정시스템 통합방안</li> <li>• 통일이후 한반도 임산물 생산 및 수급전망 연구</li> </ul>

자료: 국립산림과학원 내부자료(국립산림과학원 자문)

### 3) 접경지역의 환경 친화적 국토이용 구상을 위한 활용방안

본 연구 결과의 산출물인 공간계획단위( $M_{eff}$ ,  $M_{eff}^{CBC}$ )를 포함한 북한지역 국토이용 모니터링 자료는 통일대비 남북 접경지역의 평화지대 조성을 위한 접경지역의 환경 친화적 국토이용 구상(안)<sup>4)</sup> 마련에 활용할 수 있다. 남북간 협력증진을 위하여 북한지역의 국토이용 모니터링을 통해서 남북 접경지역의 공동 협력사업 발굴 및 추진방안 마련이 가능하다. 행정안전부(2011)의 접경지역의 발전종합계획에 따른 접경지역의 지역 현황 및 발전여건, 보유자원 등을 조사하고, 잠재력을 활용한 효율적 발전방안 모색을 통해 남북한 여건을 모두 고려함으로써 접경지역의 종합적 국토이용 구상(안) 마련이 가능하다.

4) 강민조 외. 2017. 통일대비 남북 접경지역 국토이용 구상: 남북협력 추진과제를 중심으로. 국토연구원.

그림 5-8 | 공간계획단위를 활용한 남북접경지역의 적용방안(예시)



자료: 연구진 작성

통일대비 남북 여건을 모두 고려한 남북 접경지역의 국토이용 방향 설정 및 그에 따른 실천과제 제시를 위하여 산림지역 정보를 포함한 토지피복 정보, 타 공간정보 자료를 활용하여 입지선정 방안을 마련할 수 있다. 예를 들어, 산림복구 및 녹화사업, 통일 특구 조성, 생태관광문화벨트 조성, 남북 공동수자원 관리 사업 등의 남북 접경지역 사업의 입지선정에 필요한 토지피복 실태 및 국토관련 공간정보는 필수자료이다. 본 연구결과를 활용한 남북접경지역의 국토이용 방안은 다음과 같다. 우선, 산림녹화사업<sup>5)</sup>에서는 산림황폐화가 극심한 지역을 대상으로 우선적으로 산림녹화사업 추진을 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 또한 남북공동 수자원 관리 및 재난방지 사업을 위해서는 북한의 산림녹화 사업과 함께 임진강과 북한강을 중심으로 남북 공동의 수자원 관리와 홍수방지 사업 추진을 위한 자료로 활용 가능하다. 남북연결 인프라 조성사업에서

5) 북한 산림녹화 지원을 위하여 2008년까지 약 4억 2백만원의 남북협력기금이 집행 (이규창, 2010)

---

는 북한지역의 토지피복 실태 및 인프라 조성을 위한 DEM, 접근성, 연결성 등과 관련된 공간정보를 활용함으로써 원활한 남북간 인적 및 물적 교류 계획에 지원할 수 있다. 이 외에도, 남북 공동시장 조성 및 환경관광벨트 구축, 산업단지 조성 등의 사업 추진을 위한 기반자료로 활용할 수 있다.

한국환경정책평가연구원(2016)은 북한지역 자연재해 대응을 위한 자료구축과 남북협력 방안 마련<sup>6)</sup>을 위하여 북한에서 발생한 과거 재해·재난 자료를 수집 및 구축하여 북한의 재해·재난 유형화 및 주요 정책과 법체계를 분석하고 있다. 본 연구결과에서 제시한 공간계획단위( $M_{eff}$ ,  $M_{eff}^{CBC}$ )는 재해·재난 대응을 위한 남북한 자연재난 협력의 방향과 추진사업을 제안하고 이를 위하여 향후 남북이 공동으로 추진할 수 있는 시범사업 지역 선정에 검토하기 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 왜냐하면 재해·재난 현황 및 유형화, 대응 및 환경보호 관리 정책과 체계 분석, 남북한 자연재난 협력방안 도출을 위하여 북한지역의 홍수, 태풍 등의 자연재해 발생에 따른 토지피복 및 산림자원의 실태 파악 및 분석이 수반되어야하기 때문이다.

한반도 통일기반 마련을 위하여 남북협력 촉진사업에는 정보 교류를 통한 공동연구, 재난재해 통합 시스템 구축, 재난재해 관련 법체계 기반마련 및 정비, 중장기 로드맵 구축 협력사업 등이 있다(강택구 외, 2016). 본 연구의 결과인 공간계획단위( $M_{eff}$ ,  $M_{eff}^{CBC}$ )는 남북협력 촉진 사업 중 산림황폐화 규모 및 강도 정보를 이용한 재해규모 추정 및 협력방안 마련 분야를 지원할 수 있다. 이러한 북한지역의 재난·재해 대응을 위한 자료 구축을 위해서는 세부적 자료가 필요하므로 위성영상 및 타 공간정보 자료를 활용하여 동·면단위의 세부 행정구역단위를 대상으로 토지피복 정보와 공간계획단위를 기반으로 한 피해 현황과 해당 자료의 시계열 변화탐지 자료 제공이 가능하다. 이 외에도, 북한지역 온실가스 감축사업 발굴 및 감축실적 활용방안<sup>7)</sup> 마련을 위하여 산림모니터링 자료는 기초자료 및 참조자료로 활용할 수 있다.

---

6) 한국환경정책평가연구원. 2016. 통일 대비 북한지역 자연재해 대응을 위한 자료 구축과 남북협력 방안 연구(1).

7) 한국환경공단. 2015. 북한지역 온실가스 감축사업 발굴 및 감축실적 활용방안

## 2. 국토관련 계획 및 정책지원 활용방안

북한의 국토이용 모니터링 정보는 통일 및 안보 등의 다양한 정책분야에서 대북정책 수립 및 동북아 시대 대응을 위하여 잠재적 수요가 큰 부분이다. 일반적으로 북한지역의 국토이용 모니터링 자료는 통일부, 국토교통부, 한국토지주택공사, 국립산림과학원, 한국임업진흥원 등 북한 국토관련 사업 및 연구에서 활용할 수 있다(〈표 5-4〉 참조).

**표 5-4 | 북한지역 국토이용 모니터링의 정책적 활용방안(안)**

관련 부처 및 기관	북한 관련 주요 사업 및 연구	본 연구결과 활용 가능분야
통일부 및 북한관련 정부부처	한반도 신경제지도 구상	<ul style="list-style-type: none"> <li>산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>)는 한반도 신경제지도 구상을 구체화·상세화 시키기 위한 기초자료로 활용 가능</li> </ul>
통일부	북한 공간정보 통합포털(GIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>)는 북한 공간정보통합포털에 주제도로 활용 가능</li> </ul>
	북한의 현황분석을 통한 남북협력 방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>남북협력을 위한 기초자료로 북한 산림황폐화지, 국토관련 현황 자료 및 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 활용 가능</li> </ul>
국토교통부	북한 공간정보 통합관리체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>부처별 북한관련 국토이용 모니터링 관련 자료 제공 및 공동 활용을 통한 효율적 업무지원 가능</li> <li>북한의 산림감소 지역 및 불균등 지수, 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 등은 국토개발 및 국토자원(산림) 관리 계획 수립 지원을 위하여 활용가능</li> <li>※ 북한관련 개별 주제도 및 사회·경제 자료 등을 융합할 수 있는 기준 데이터로서 활용 할 수 있으며, 효과적인 시각화와 쉬운 정보전달이 가능</li> </ul>
국토연구원	통일대비 남북 접경지역의 활용방향 및 실천과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>접경지역의 종합적 국토이용 구상방안 마련을 위한 산림황폐화 및 토지피복 특성 정보, 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>)를 통한 국토이용 방향 및 실천과제 제시에 활용 가능</li> <li>특히, 실천과제 중 산림녹화사업 및 남북 수자원 공동관리 사업 등에 있어서 산림을 고려한 적절한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math>)제시는 국토관리를 위해서 활용 가능</li> </ul>

관련 부처 및 기관	북한 관련 주요 사업 및 연구	본 연구결과 활용 가능분야
한국토지주택공사	한반도 공동발전구상 수립연구: 시가지, 농경지 등을 구분하여 개발가능지 분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 정보는 한반도 공동발전구상을 위한 국토 및 도시계획, 산업입지 선정 등과 같은 개발가능지 분석 시에 활용 가능</li> </ul>
국립산림과학원	한반도 산림공간정보 구축방안 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>산림황폐화 및 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 를 통한 북한 산림공간정보 활용 가능</li> <li>한반도 산림정보 연속성 확보와 통일이후 북한의 산림경영 지원을 위한 핵심 자료로 활용 가능</li> </ul>
한국임업진흥원	북한 산림모니터링 활동	<ul style="list-style-type: none"> <li>북한 산림황폐화지 및 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 또는 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 자료는 우선 조림 대상지역을 선정시 활용 가능</li> <li>북한 산림 모니터링 자료 및 산림을 고려한 공간계획단위(<math>M_{eff}</math> 및 <math>M_{eff}^{CBC}</math>) 는 남북 산림협력을 위한 기초 및 참조자료로 활용가능</li> </ul>

자료: 관련부처 웹사이트 및 김천규 외, 2015. 『접근불능지역 국토정보통합분석시스템 개발 시범연구. 한국국토정보공사. 보고서에서 제시한 접근불능지역 국토정보통합분석시스템 개발 사업 및 관련연구 검색을 통해 연구진 작성

본 연구결과를 포함한 북한지역 국토이용 모니터링 자료의 정책적 활용방안 도출을 위하여 북한관련 정부부처의 정책실무자와의 자문회의 및 면담조사를 통해서 우선적용 순위 정책분야 도출 및 정책적으로 활용이 가능한 사업을 조사하였다. 북한관련 정책 업무를 수행하고 있는 통일부와 국토교통부의 한반도 신경제지도 TF팀, 통일부 교류협력국의 남북 산림협력과 등의 정책실무 담당자를 대상으로 전문가 자문회의 및 면담 조사를 실시하였다. 전문가조사 결과, 북한지역 국토이용 관련 사업 중에 본 연구결과 산출물이 활용 가능한 한반도 신경제지도 구상, 남북 산림협력을 위한 모니터링 분야, 북한의 정보포털 및 공간정보 사업 등을 위한 활용방안을 제시하였다.

따라서 본 연구에서는 북한지역의 국토이용 모니터링 자료 활용방안 중 본 연구결과 의 산출물이 활용 가능성이 높은 정책적 활용방안을 제시한다. 첫째, 한반도 신경제지도 구상을 위해서는 남·북·중·러 및 북한 접경지역을 포함한 한반도에 이르는 광역단 위의 한반도 신경제지도 구상을 좀 더 구체화 및 상세화 계획 수립을 위한 기초자료로

---

활용할 수 있다. 둘째, 남북 산림협력 및 통합적 자원관리 사업에서는 산림황폐화에 따른 산림녹화 사업 산림복구 지원 등을 위한 남북협력기와 통일이후로 구분하여 산림 모니터링을 위한 기초자료 및 참조자료로 활용이 가능하다. 즉, 북한의 산림의 급격한 감소로 인한 토지피복 실태 파악 및 관련 모니터링 정보를 통해서 남북교류협력기 뿐만 아니라 통일이후의 정책을 지원할 수 있다. 셋째, 북한 정보포털 및 시스템 구축 사업과 관련하여 본 연구결과 산출물인 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )는 각 부처에 산재되어 있는 북한 통계정보 및 텍스트 정보를 포함한 다양한 정보를 융·복합할 수 있는 기준정보로서 활용할 수 있다.

## 1) 한반도 신경제지도 구상 계획

### (1) 한반도 신경제지도 구상

한반도 신경제지도 구상의 비전과 목표는 남북관계 개선과 남북경협을 통해서 한반도의 신성장 동력을 창출하고, 더 나아가 경제영토를 동북아와 유라시아로 확장하는데 있다(국정기획자문위원회, 2017). 지역경제 활성화를 위한 남북경협 등을 통해 한국 경제의 신성장 동력 창출, 북한 변화 촉진과 남북한 경제 통합, 한반도 및 동북아 평화 및 경제공동체 형성을 목표로 한다(국정기획자문위원회, 2017).

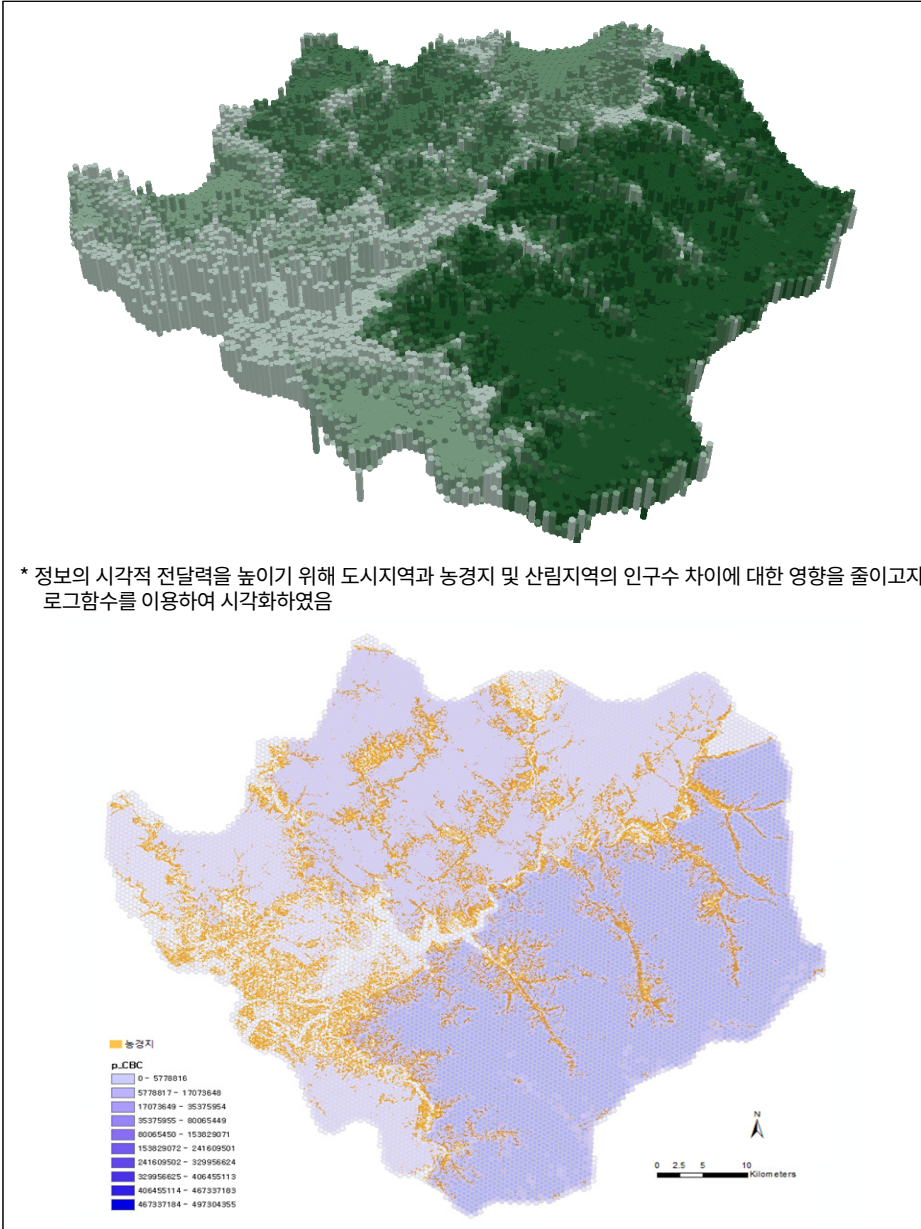
한반도 신경제지도 구상을 위한 본 연구결과의 정책 활용 분야로는 한반도 신경제지도의 주요 핵심정책인 신산업벨트 구축, 남북 접경의 그린3각 협력, 지자체 남북교류 네트워크 구축 사업 등을 들 수 있다. 우선, 한반도 및 동북아 산업협력 구도와 컨텐츠 개발을 위한 것으로 환황해, 환동해, 북방 경제권을 기반으로 남북한 경제통합 및 한반도 공동의 산업경쟁력을 위한 신산업벨트 구축에 활용될 수 있다. 또한, 남북 접경지역의 그린3각 협력을 위한 생태, 환경, 관광의 그린 한반도 실현을 통해 환경 및 경제공동체로서 녹색성장과 함께 평화 및 안보차원에서 평화협력시대 조성사업 지원이 가능하다. 이 외에도, 북한 내부경제와 특구와의 연계 및 남북한 산업연계를 통한 지자체 남북교류 네트워크 강화를 위하여 농업 및 천혜의 관광자원 활용을 통한 북한 경제특구 배후지 사업 계획 등에 활용이 될 수 있다.

## (2) 한반도 신경제지도 구상의 구체화·상세화 실천계획 수립

본 연구결과 자료는 한반도 신경제지도 구상을 좀 더 구체화 시키고 상세화 시키기 위한 실천계획을 수립하는데 있어서 활용할 수 있다. 한반도의 신산업벨트 구축 및 농업을 중심으로 한 북한 경제특구 배후지 선정을 위하여 개발이 가능한 대상 가능지역 선정 및 북한 천혜자원을 활용한 국토자원 관리 대상 입지 선정을 위하여 산림을 고려한 적정한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료는 활용성이 높으리라 본다. 남북 접경지역의 그린3각 협력에 있어서도 활용가능성이 높다, 남북 접경지역의 국토자원 관리에 중점을 둔 생태, 환경, 관광 3각 협력을 위한 대상지 선정, 산림녹화를 통한 녹색한반도 사업, 남북 공동 수자원 관리를 통한 방재사업의 대상 입지 선정을 위하여 산림을 고려한 적정한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료를 활용할 수 있다.

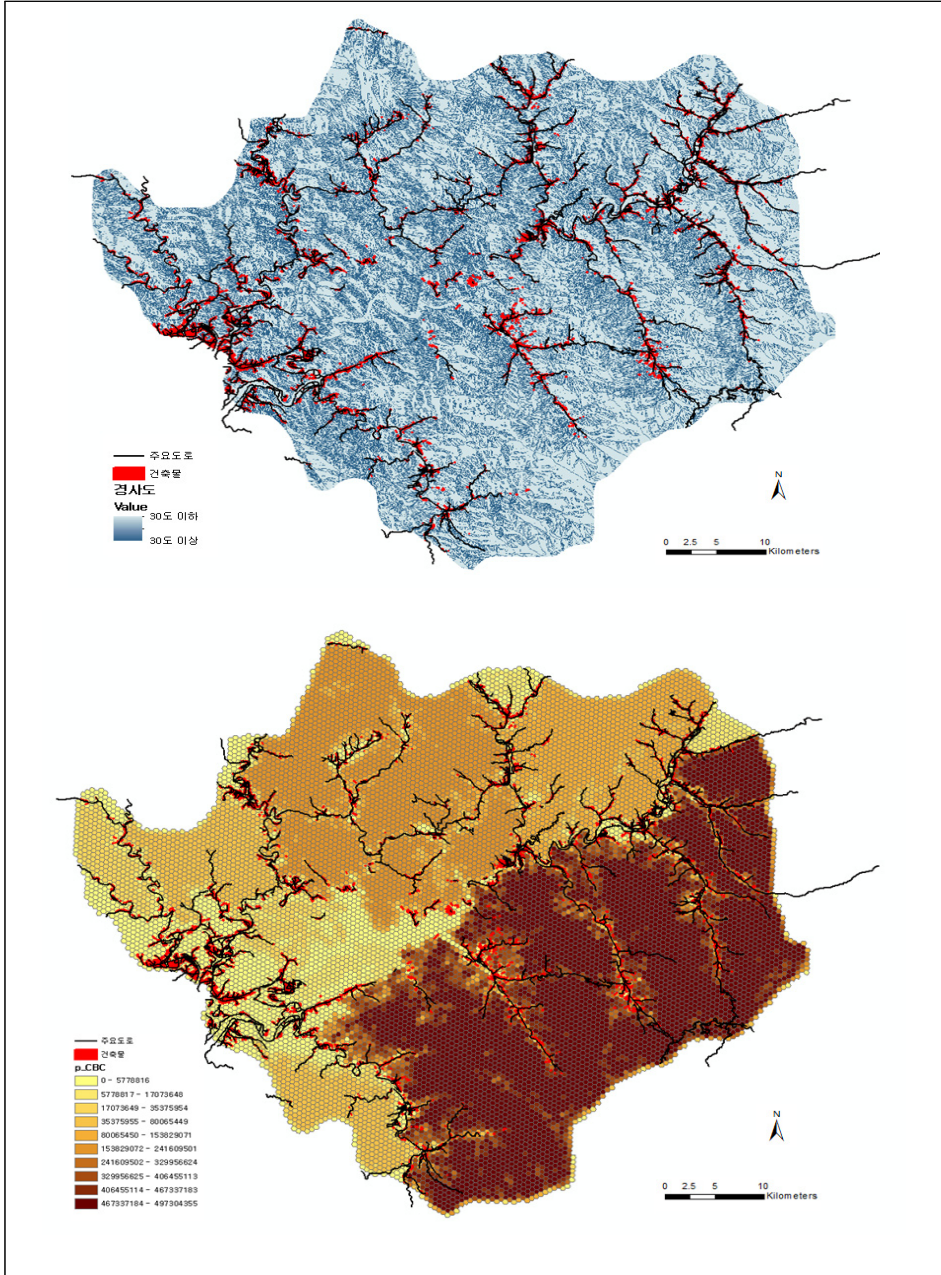
무엇보다도, 산림을 고려한 적정한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )와 타 공간정보를 융·복합 활용할 경우에는 신산업벨트, 경제특구 개발지, 농업협력단지 등의 입지선정을 하는데 종합적 정책의사결정을 지원할 수 있다. 북한의  $M_{eff}^{CBC}$ 와 타 공간정보와의 융합·활용은 국토에 대한 다각적인 접근을 가능하게 함으로써 신산업벨트·농업특구 개발 및 그린3각 협력 입지선정 등에 활용할 수 있다(<그림 5-9>, <그림 5-10> 참조). 예를 들어, 한반도 신산업벨트 구축 및 농업 경제특구 개발을 위해서는 공간적 인구분포 자료, 도로 및 철도 등의 인프라 현황, 경사도, 농경지 현황도, 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )와 함께 활용 가능하다. 특히, 국토연구원에서 수행된 북한 인구분포 추정(2016) 및 산림패치 데이터를 융합하면 인구를 고려한 산림의 적정 규모 및 공간배치를 직관적으로 파악하는 것이 가능하다. 북한의 토지피복별 단위면적당 인구분포를 추출하고 공간연산을 통해 산림패치의 단위지역(본 연구에서는 0.1km<sup>2</sup>의 Hexagon)에 할당하게 되면 각 단위지역의 인구나 산림패치의 규모를 동시에 분석이 가능하다(<그림 5-9>, <그림 5-10> 참조). 따라서 기존에는 인구분포와 산림패치를 각기 분석하고 통합함으로써 발생할 수 있는 부정확성과 비용발생을 줄이고 주요 데이터의 상관성을 동시에 고려할 수 있는 과학적 국토계획 수립이 가능하다.

그림 5-9 |  $M_{eff}^{CBC}$ 와 타 공간정보의 융·복합 활용방안



\* 공간적 인구분포와  $M_{eff}^{CBC}$ 의 융·복합 활용(상), 농업 경제특구 개발을 위한 농경지 현황도와  $M_{eff}^{CBC}$ 의 융·복합 활용(하) (자료: 연구진 작성)

그림 5-10 | 산업벨트·경제특구와 그린3각 협력 입지선정을 위한 공간정보



자료: 연구진 작성

---

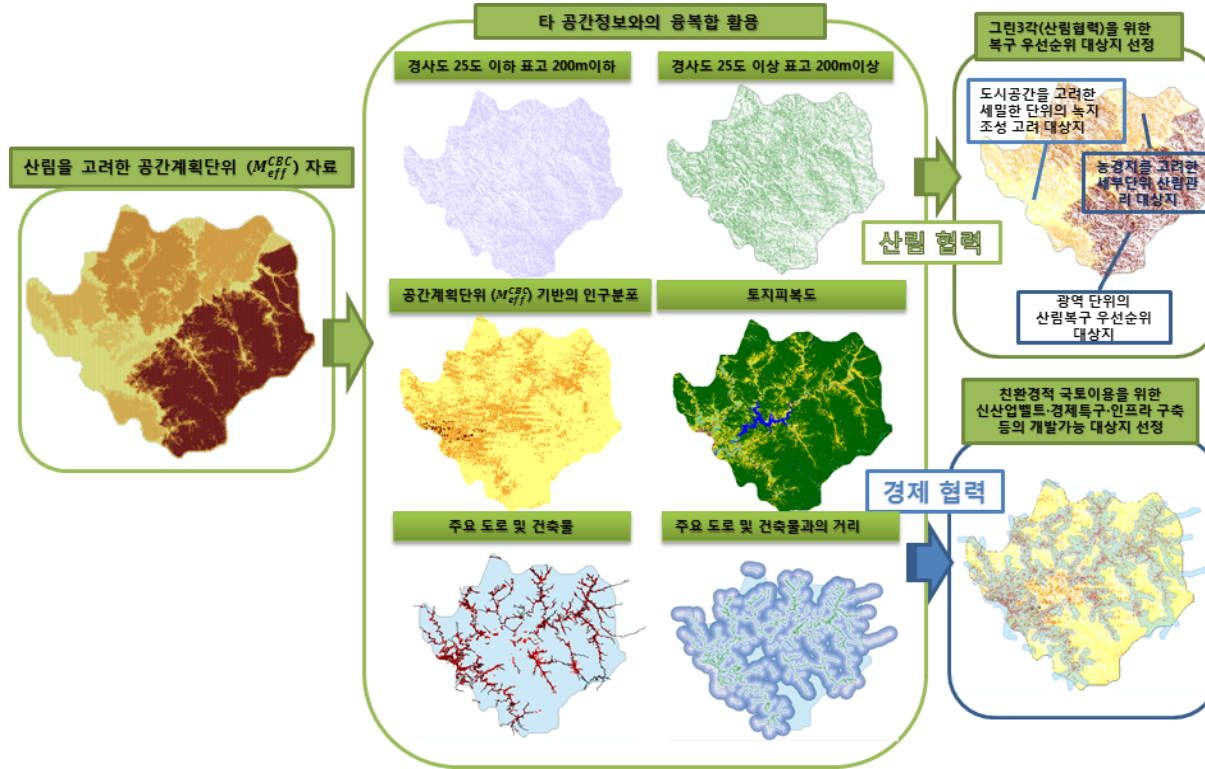
위성영상을 기반으로 한 본 연구결과 자료( $M_{eff}$  및  $M_{eff}^{CBC}$ )를 활용한 한반도 신경제 지도 구상의 구체화·상세화 계획 수립 지원을 위한 예시로 <그림 5-11>을 들 수 있다. 산림을 고려한 적정한 공간계획단위( $M_{eff}^{CBC}$ )와 타 공간정보 및 통계정보 등과의 융·복합 활용을 통해서 그린3각(산림협력)을 위한 우선순위 복구 대상지 선정 및 면적 산출 뿐만 아니라 친환경적 국토이용을 위한 신산업벨트·경제특구·인프라 구축 등의 개발가능 대상지를 선정하는데 과학적 계획수립 지원이 가능하다.

첫째, 산림협력의 대상지 선정을 위하여 본 연구결과물인 공간계획단위( $M_{eff}^{CBC}$ )자료에서 경사도 25도·표고 200m 이상인 픽셀을 추출하여  $M_{eff}^{CBC}$ 기반의 인구분포자료와 토지피복도의 시가화·산림·농업지역과 도로 및 건축물 등의 정보를 고려하여 산림복구 우선대상지 및 관리대상지 등의 선정 및 그에 따른 면적을 산출할 수 있다. 즉, 인구밀도가 높고 도로 및 건축물과의 거리가 가깝고 시가지지역 및 시가지지역과 인접한 지역의 경우에는 도시 공간을 고려한 세밀한 단위의 녹지 조성 고려 대상지로 선정할 수 있다. 반면에 공간계획단위 면적 및 산림지역의 패치가 크며 인구밀도가 낮으며 도로 및 건축물과의 거리가 떨어진 지역은 광역단위의 산림복구 우선대상지로 선정할 수 있다. 이와 같이, 각각의 복구, 관리 등으로 선정된 공간계획단위 면적에 따라 복구 및 개발 소요시간과 예산 산출에 효율성을 높일 수 있다.

둘째, 친환경적 국토이용을 위한 산업벨트 및 인프라 구축을 위해서는 적정한 공간계획 단위( $M_{eff}^{CBC}$ )자료를 기반으로 하여 경사도 25도 및 표고 200m 이하인 픽셀을 추출한 후에 공간계획단위 기반의 인구분포가 높은 자료와 토지피복분류도의 시가지지역 및 시가지지역과의 인접성, 도로 및 건축물과의 거리 등의 정보를 고려함으로써 산림이 훼손이 최소화되는 공간적 범위에서 개발가능 대상지 선정이 가능하다(<그림 5-11> 참조).

즉, 본 연구 결과물인 공간계획단위( $M_{eff}^{CBC}$ )자료를 활용함으로써 기존에 활용하던 개발대상지 선정을 위한 분석결과에서는 예측하기 어려웠던 개발가능지, 개발불능지, 기개발지에 따른 적정한 개발계획 단위면적 및 그에 따른 소요예산 산출 뿐만 아니라 소요시간 등의 추정이 가능함으로써 정책사업의 효율성을 높일 수 있다. 이 외에도, 계획하고자 하는 지역의 토지피복 현황 및 토지피복 변화의 특성에 따라서 적정한 공간계획 단위를 고려하여 계획수립 및 정책적 지원이 가능하다.

그림 5-11 | 한반도 신경제지도 구상 계획을 위한 정책적 활용방안



자료: 연구진 작성

---

## 2) 남북 산림협력(통일이전) 및 통합적 산림자원 관리(통일이후)

### (1) 통일이전 남북 산림협력 시기의 정책적 활용방안

북한의 황폐산림 복구지원 사업은 남북 교류협력이 중단된 5. 24조치(2000년) 이후에는 공적지원은 물론 민간단체의 산림분야 지원사업도 후속사업이 추진되지 못하고 있는 실정이다. 북한 황폐산림 복구사업은 비정치적인 성격을 가진 남북 교류협력 사업으로서 통일이전 시기에도 통일 이후 균형적인 한반도 국토관리 차원에서 정치, 군사적 문제와 분리되어 지속성을 갖고 추진되는 것이 바람직하다. 남북대화와 교류협력을 지향하는 남한의 대북정책과 북한의 수용여부, 국제관계 등을 감안하여 남북이 함께 추진할 수 있는 남북 산림협력 정책과 과제를 발굴하여 준비하는 것이 필요하다. 또한, 북한당국이 황폐산림 복구를 위해 국제기구나 국제사회의 지원으로 진행하고 있는 사업과 자체적으로 추진하고 있는 산림복구 등의 성과를 파악할 수 있도록 위성영상 기반의 모니터링을 통해 남북 산림협력 정책을 지속적으로 평가하고 개선점을 반영하는 것도 중요하다.

무엇보다도 위성영상 분석을 기반으로 한 북한의 황폐산림 현황 정보 파악은 북한 황폐산림복구 기본계획 수립을 위한 기초자료로 활용 가능하다. 그러나 기존의 북한 전역을 대상으로 한 전반적인 황폐산림 면적을 파악하는 것만으로는 효율적이고 효과적인 북한지역 산림복구를 위한 실행계획 수립에 활용하기에는 미흡한 실정이다. 또한 남한의 기준을 잣대로 하여 북한지역 산림녹화 우선지역 선정은 사업의 실효성 및 효과성 등에 우려의 소지가 있다. 따라서 산림녹화 우선지역 선정 및 남북 산림협력을 위하여 북한의 산림 황폐화지 현황뿐만 아니라 향후 지속가능한 국토자원 관리 수준에서 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )를 기반으로 산림복구 우선 대상지 선정 및 규모 등을 산출할 필요가 있다. 계획된 소요예산 하에서 최대의 효과를 담보하고 산림복원 대상지 및 규모 선정에 따른 시간 소요를 최소화하기 위하여 산림을 고려한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ )를 기초자료 및 참조자료로 활용할 수 있다.

향후, 남북 산림협력을 추진할 경우에는 북한의 산림정책과 산림복구 추진 성과에

---

대한 지속적인 산림정보 모니터링 결과를 반영한 개선된 산림협력 계획이 수립되고, 남북 상호간에 납득하고 이해할 수 있는 세부 실행사업을 추진할 필요가 있다. 통일이 전 시기에 남북 산림협력이 실효성 있는 성과를 거두기 위해서는 북한 지역의 산림상태와 같은 물리적인 지리정보와 산지이용 현황 등에 관한 기초자료를 토대로 남북 산림협력 정책과 사업계획을 수립해야 한다. 그러나 북한에서 작성된 산림통계, 지형도(DEM 등), 주제도(산림황폐화지, 토지피복분류도, 임상도 등) 등은 입수하기가 어렵고 현장조사가 불가능하므로 위성영상을 활용하여 북한지역의 산림현황을 정확하게 파악하고 산림환경 변화 모니터링을 통해 실효성 있는 정책적 의사결정 지원에 활용할 수 있다.

## (2) 통일이후 통합적 산림관리 시기의 정책적 활용방안

통일이후 통합적 산림관리 시기에는 남북간 산림관리의 이질화에 따른 비효율성을 극복하고, 일체성을 회복하는 방향으로 산림정책이 수립 및 추진되어야 한다. 특히, 국토관리를 위해 남북이 협력적으로 추진한 법적, 제도적 체계 하에서의 산림관리 시스템과 성과를 구체적으로 파악하여 남북한 통합 산림관리 정책과 계획 수립에 반영하는 것이 중요하다. 따라서 한반도 종합 산림관리 계획 수립에 필요한 남북 산림 현황에 대한 정확한 산림공간정보의 구축과 정책적 활용을 통해 과학적이고 체계적 접근이 필요하다.

북한도 대외적으로는 산지의 종합적·효율적 이용을 중시하며 이에 따른 원칙이 있다. ① 해당시기 주민의 경제적 수요를 고려해서 농경지, 교통, 통신망, 송전선, 주거지 등에 관한 위치를 정할 것; ② 각 지역의 자연조건을 고려해서 산지를 이용토록 할 것, 즉 식물의 생태적 조건, 지형, 지리적 위치를 고려할 것; ③ 산지와 국토자원에 해를 주지 않도록 할 것; ④ 산지현황에 치중해서 이용할 것이다.<sup>8)</sup> 그러나 다락밭, 산지(폐기밭) 개간, 새땅 찾기 등의 특수사업 하에 식량증산을 위한 조기목표 달성을 위하여

---

8) 북한의 산림. <http://blog.naver.com/olivemana/100039232479> (2017.9.20. 접속)

---

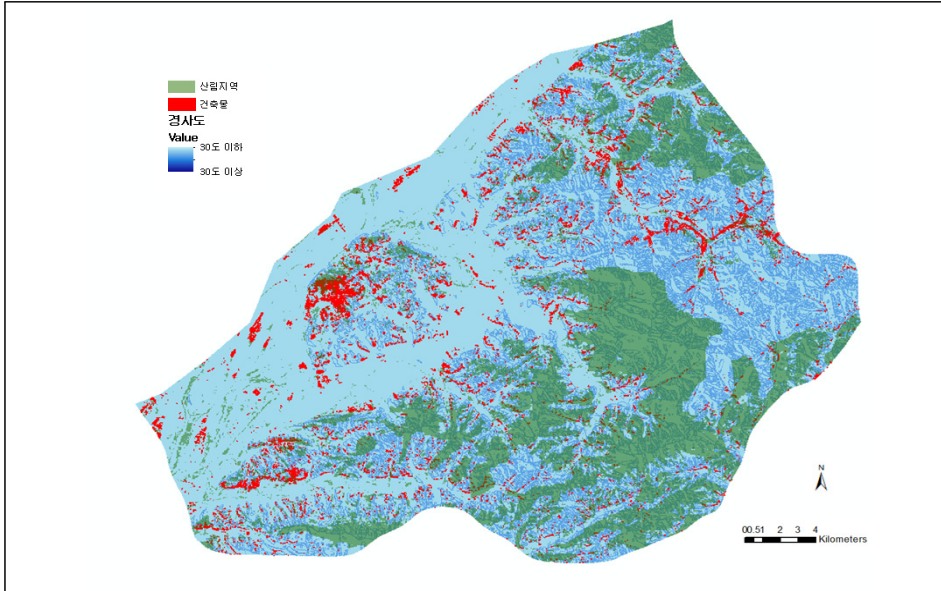
산지의 무분별한 타용도 전환이 빈번하게 이루어졌음은 북한 산림황폐지 현황을 보면 알 수 있다.<sup>9)</sup> 이러한 문제를 해결하고자 하는 노력과 산림을 국토개발과 환경보전을 위한 지속가능하며 친환경적 공간으로서의 효율적 관리 요구가 높아지고 있어 능동적이고 종합적인 정책대응이 필수적이다. 따라서 다양한 산림공간정보를 생산하여 국토개발과 환경보전을 위한 국토종합계획, 국토환경보전종합계획, 산림전용, 산림경영, 산림생태계 보전 등에 정책적으로 활용 가능하다. 전 국토의 “환경친화적이고 지속가능한 개발”을 보장하고 개발과 보전이 조화되는 “선계획·후개발의 국토관리체계” 구축이 요구된다. 이를 위하여 토지의 환경생태적·물리적·공간적 특성을 종합적으로 고려하여 개별 토지가 갖는 환경적·사회적 가치를 과학적으로 평가함으로써 각종 토지이용 계획이나 주요시설의 설치에 관한 계획을 입안하고자 하는 경우에 본 연구의 결과는 정량적·체계적인 판단 근거를 제공할 수 있다(〈그림 5-11〉 참조).

남북한은 산림관리법 및 제도적 체계가 상이하며 산림 모니터링과 산림공간정보 활용에 있어서도 많은 이질성을 갖고 있다. 통일 이후에는 북한은 남한과 같이 지형특성과 함께 지표상의 토지이용을 고려하여 산림공간에 대한 일체성을 갖도록 해야 할 것이다(〈그림 5-12〉 참조). 통일이후에는 한반도 산림관리의 일체성을 확보하는 차원에서 한반도 산림환경을 하나의 체계로 파악하고 지속가능하게 관리하기 위한 통합 산림관리 정책과 산림관리 종합계획을 수립하고 이행해 가는 것이 중요하다. 따라서 일관성 및 통일성 있는 한반도 산림공간정보의 구축과 산림관리 및 이용 모니터링을 통해 효율적인 정책의사 결정에 본 연구의 결과와 같은 유용한 정보가 지속적으로 제공할 필요가 있다.

---

9) 북한의 산림. <http://blog.naver.com/olivemana/100039232479> (2017.9.20. 접속)

그림 5-12 | 남북 산림협력 및 산림자원 관리를 위한 공간정보



자료: 연구진 작성

### 3. 북한지역 정보체계 구축을 위한 활용방안

#### 1) 북한정보 서비스 지원 활용방안

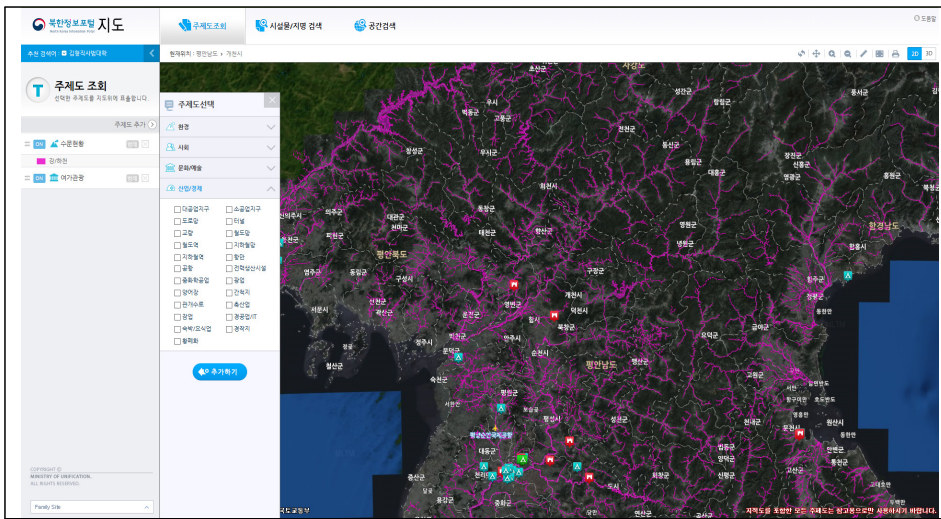
통일부의 북한정보포털은 남북한 비교통계 자료(KOSIS 북한 통계), 북한의 정치·군사·경제·사회·교육·문화 등의 텍스트 및 공간정보를 제공 한다(통일부, 북한정보포털<sup>10)</sup>). 특히, 북한정보포털에서는 주제도 조회, 시설물/지명 검색, 공간검색 등을 통해 공간정보 시각화 및 활용이 가능하다. 북한정보포털 지도에는 환경(수문현황), 사회(구금·보건의료·교육시설, 행정구역, 1992년·2008년 인구), 문화/예술(종교시설, 여가관광, 문화재, 체육시설), 산업/경제(공업지구, 도로망, 터널, 교량, 항만, 공항,

10) 통일부, 북한정보포털지도. <http://nkinfo.unikorea.go.kr/NKMap/main/viewMain.do#> (2017.10.31. 접속)

양어장, 경작지, 황폐화지 등) 부문별 주제도를 제공하고 있다(<그림 5-13> 참조).

따라서 본 연구에서 산출한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료와 토지피복 실태분석 자료를 북한정보포털의 환경 및 산업/경제 부문의 주제도 부문에 해당하는 자료에 추가하여 제공함으로써 향후 환경 및 산업/경제 분야의 개발지를 선정하고 규모를 산출하는데 활용할 수 있다.

**그림 5-13 | 통일부의 북한정보포털 지도**



자료: 통일부, 북한정보포털지도, <http://nkinfo.unikorea.go.kr/NKMap/main/viewMain.do#> (2017.10.31. 접속)

## 2) 북한 공간정보 통합구축을 위한 활용방안

통일 한반도 구상을 위한 국토계획 및 관리의 과학적 정책수립을 제고하기 위하여 본 연구결과를 공동으로 활용할 수 있는 기반마련이 필요하다. 이를 위해서 위성영상 및 공간 빅데이터 등을 연계한 북한지역의 국토이용 모니터링 시스템 구축, 여러 부처가 공동으로 사용가능한 시스템 구축 등의 추진이 필요하다.

연구 성과의 정책적 활용을 제고할 수 있는 구체적인 예시로는 국토교통부에서 추진 중인 국토정보통합분석시스템을 통한 활용을 들 수 있다. 국토교통부에서 수행하고 있

---

는 북한지역의 국토정보통합시스템의 자료구축(안)은 도시·주택, 산업·에너지·교통시설, 수자원·방재, 접경지역, 환경보전 분야 등으로 구성되어 있다(김천규 외, 2015). 북한지역 국토정보통합분석시스템(안)의 성과물을 북한관련 기관들과 공유하는데 있어서 본 연구결과 산출물인 국토이용 실태분석 자료를 성과물로서 제공이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구 산출물인 공간계획단위( $M_{ff}$  또는  $M_{ff}^{CBC}$ )자료와 토지피복 실태자료를 국토정보통합시스템의 성과물(안)에 포함시켜 제공함으로써 향후 개발가능 후보지, 지역별 개발가능 후보지, 공단후보지, 기반시설 선정, 보전농지, 산림복원지역, 환경보전지역 등을 선정하는데 있어서 기초자료 및 참조자료로 활용할 수 있다.

### 3) 북한 위성영상 활용 지원방안

차세대중형위성개발계획에 따라 국토교통부 및 국토지리정보원은 국토위성의 활용 촉진, 현업 지원이 가능한 국토위성영상 산출물 생산, 기술개발 등을 전담할 국토위성 정보활용센터(가칭) 설립을 추진 중에 있다. 2019년과 2020년에 발사계획인 50cm 급의 고해상도 광학위성 영상 기반의 차세대중형위성 1, 2호기의 활용을 촉진하기 위하여 이에 따른 기반 연구 및 기술개발 연구를 수행하고 있다. 국토위성정보활용센터(가칭)의 운영기관인 국토교통부·국토지리정보원은 위성영상을 기반으로 표준처리 기술 개발 및 국토교통부 및 타 부처 정책대응 및 지원을 위한 수요자 맞춤형 위성영상 산출물 생산을 위한 활용기술 개발 중이다(국토연구원, 2015).

현재 2017년 사업은 북한지역 국토이용 모니터링 체계 구축 등의 활용분야에 필요한 반자동의 토지피복분류 기술 및 객체추출기술(건물, 도로, 수계, 산림지역, 농림지역 등) 등을 개발하고 있다. 이러한 반자동의 토지피복분류 및 객체추출기술 개발을 통해서 국토교통부를 포함한 북한관련 정부부처의 현업지원이 가능한 고부가가치 산출물 생산을 통해 위성영상 활용을 촉진 시키고자 한다.

---

특히, 고부가가치 산출물 중 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 적시에 활용이 가능한 토지피복분류도 및 이를 기반으로 한 본 연구의 산출물인 산림을 고려한 공간계획 단위( $M_{eff}$  및  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료 구축 및 제공을 통해서 정책적 활용도를 높일 수 있다. 위성 영상을 기반으로 하여 산출이 가능한 공간계획단위( $M_{eff}$  및  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료는 국토교통부 뿐만 아니라 통일부 등의 타 부처의 국토개발 계획 수립 및 국토자원 관리를 하는데 있어서 다양한 관련 사업 등에 활용이 가능하다. 국토위성정보활용센터(가칭)는 이와 같은 정책지원을 위한 고부가가치 산출물을 정부부처 및 기관에게 제공함으로써 국토 위성영상의 활용을 촉진하고 더 나아가 관련 산업체를 육성하는데 그 가치가 있다. 따라서 이와 같이 정책적 지원이 가능한 공간계획단위( $M_{eff}$  및  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료를 부처별 수요에 맞는 지역을 대상으로 구축해 준다면 그 정책적 지원의 효용성이 높으리라 판단 된다.



CHAPTER 6

정책제안 및 향후 과제

- 1. 결론 및 정책제안 | 139
- 2. 연구의 성과와 향후 과제 | 144



## 정책제안 및 향후 과제

본 장에서는 연구의 주요 결과를 요약하고 성과를 제시한다. 이와 함께 본 연구와 관련된 북한관련 정부부처 및 기관들의 데이터 공동 활용 및 통합관리체계 구축 등의 정책을 제안한다. 또한 본 연구의 한계와 연구결과의 제한적인 부분 및 한계점을 해결하기 위한 향후 연구과제도 제시한다.

### 1. 결론 및 정책제안

#### 1) 연구의 결론

국토이용 모니터링은 국토 현상의 탐지 및 그 결과를 국토관련 정책 결정에 필요한 정보로 생산하여 통해 국토정책 결정자 및 관리자에게 제공하는 제반활동을 의미한다. 그러나 통일에 대비한 북한관련 정책 결정에 필요한 정보 생산이 부족하여 실효성 있는 정책수립에 한계가 있었으며 본 연구에서는 이를 해결할 수 있는 방안으로 북한지역 국토이용 모니터링을 제안하였다. 따라서 통일대비 국토정책 결정자를 지원할 수 있는 연구가 미흡한 문제를 극복함과 동시에 과학적으로 북한을 분석하여 데이터 기반의 정책 자료를 제시함으로써 실효성 있는 정책의사결정 지원이 가능할 수 있도록 하였다.

북한은 1990년대 이후 산림황폐화가 극심해졌으며, 2000년 이후에는 북한당국은 토지피복 전체 면적의 80% 이상을 차지하는 산림지역을 복원하기 위해 국제기구의 원조를 받는 등의 의지를 보이고 있다. 이러한 상황을 남북 협력의 기회로 삼기 위하여

---

환경생태학적·지속가능성 측면에서 효율적이고 균형적인 국토자원 관리 및 국토개발을 수립할 필요가 있다. 이는 북한지역의 토지이용실태 및 변화패턴을 분석하고, 타 정보와 융합을 통한 정책지원이 가능한 고부가가치의 정보 생산을 통해 이루어질 수 있다. 북한과 같이 접근하기 어려운 지역의 경우에는 위성영상정보를 통해 국토정보 추정이 가능하며, 이렇게 획득된 국토이용정보는 통일대비 한반도의 국토관련 정책 활용방안을 도출하는데 유용하다.

본 연구에서는 원격탐사기법 및 GIS를 활용하여 1980년대 말부터 2000년대 말까지 북한 전지역의 토지피복 실태를 분석하였다. 시계열 토지피복 현황 및 변화탐지 분석, 토지피복 변화의 집중도 및 불균등 지수 분석, Moran's I를 활용한 토지피복 공간구조 패턴을 분석을 통해 산림지역의 감소 및 집중도가 뚜렷한 지역을 선정하였다. 이와 같은 원격탐사기법 및 GIS분석을 통해서 토지피복의 변화 즉, 산림벌목, 다락밭 사업, 도시화로 인한 농업지역 및 도시지역의 증가로 인하여 산림감소가 뚜렷하게 나타나는 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군은 평안북도, 평안남도, 자강도의 공간적 패턴의 집중도가 높아 사례지역으로 선정하였다.

사례지역을 대상으로 경관분석을 통해서 산림파편화로 인한 경관변화 뿐만 아니라 향후 북한지역의 국토자원을 관리하고 국토 및 도시개발을 하는데 있어서 정책적 지원이 가능한 적정한 공간계획단위를 제시하였다. 동신군은 농업지역과 도시지역의 증가로 인하여 의주군은 농업지역의 증가로 인하여 산림지역이 급격하게 감소하였으며 산림파편화가 진행되었음을 알 수 있었다. 산림황폐화가 심화된 북한지역의 개발 및 국토자원 관리 시에는 산림을 고려한 공간계획단위인  $M_{eff}$ 의 단점을 보완하기 위하여 행정구역과 같은 임의의 경계로 인하여 발생할 수 있는 문제를 고려한  $M_{eff}^{CBC}$ 를 활용하여 적절한 단위면적 크기를 제시하였다.

본 연구에서 제시한 산림을 고려한 공간계획단위인  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$  자료를 포함한 북한지역 국토이용 모니터링 자료는 북한관련 정부 및 연구기관에서 범용적인 활용이 가능하므로 국토개발 및 국토자원 관리를 위한 정책적 활용의 기초자료 및 참조자료로 활용 가능하다. 특히, 한반도 신경제지도 구상의 상세화·구체화된 계획 수립과 남북

---

산림협력 및 통합적 자원관리 등을 위한 통일에 대비한 북한지역의 국토개발 계획 수립 및 국토자원 관리에 활용할 수 있다. 접경지역의 환경 친화적인 국토이용 구상 및 이에 따른 추진전략 및 실천방안 마련을 위해서도 북한지역 국토이용 모니터링 자료는 정책적 활용성이 높으며 기타 북한정보포털 및 공간정보체계 구축을 위한 사업의 기초자료로 활용할 수 있다.

## 2) 정책제안

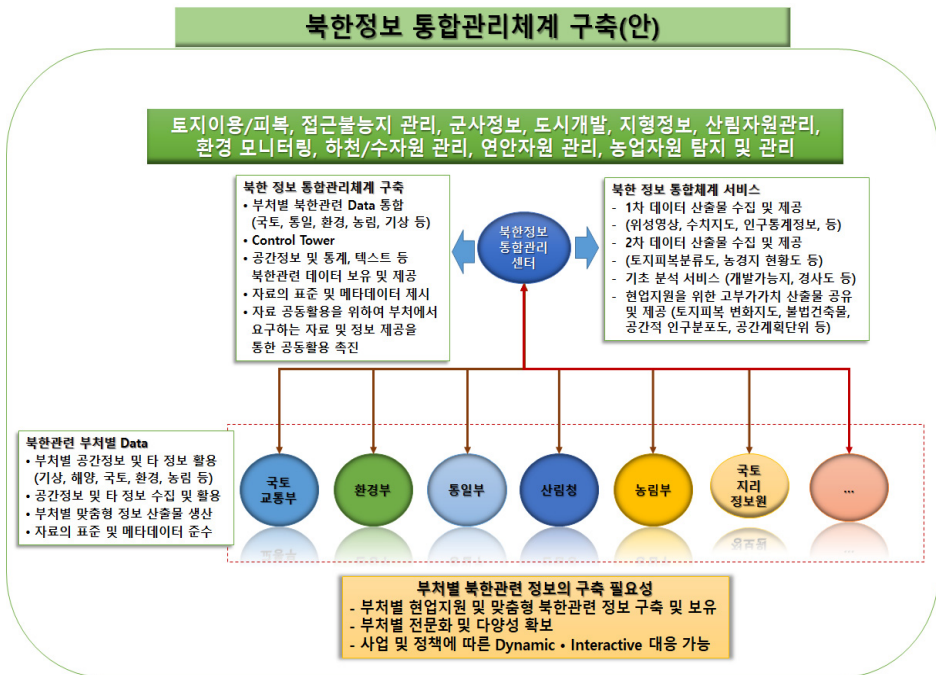
본 연구결과 산출물을 포함한 북한지역 국토이용 모니터링 자료의 효율적 활용을 위하여 몇 가지 정책을 제안하고자 한다. 첫째, 본 연구결과 자료를 기반으로 ‘통일에 대비한 산림을 고려한  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ 를 통한 과학적 국토 개발 계획’ 정책으로, 즉 한반도 신경제지도 구상을 위한 한 단계 구체화된 개발 계획 정책을 추진할 필요가 있다. 기존의 한반도 신경제지도 구상을 위한 연구는 한반도 및 미래 동북아를 대상으로 한 광의적인 계획이므로, 실질적인 통일대비 국토개발 및 국토자원 관리를 위해서는  $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ 를 기반으로 한 북한지역의 시도별 또는 시군구역별 하위 단위의 계획 및 자료 구축이 요구된다. 이러한 정책을 위한 연구의 일환으로 ‘북한 전 지역을 대상으로 국토 계획 및 개발을 위한 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 구축 및 활용방안에 대한 연구’를 추진할 필요가 있다.

둘째, 북한관련 부처별로 산재되어 있는 정보 통합을 위하여 「북한 정보 통합관리체계 구축」이 요구되고 있다. 이와 같이 통일부 및 국토교통부 등의 각 부처 및 기관별 산재된 북한 공간정보(북한정보포털, 국토정보통합분석시스템 등의 자료)의 통합관리체계 구축을 통해서 북한 및 접경지역의 기본 공간정보 구축 및 고도화, 북한지역의 공간정보 활용기반을 마련하고자 한다. 특히, 북한 및 접경지역의 기본 공간정보 구축 및 고도화, 북한 지역에 대한 공간정보 활용기반 마련을 위하여 국토이용 모니터링 자료는 정책적으로 실효성이 높다. 예를 들어, 통일부와 국토지리정보원은 북한의 지식산업, 인문지리 등의 일반적 북한정보 정세분석을 위한 DB 구축사업 및 북한수치지형

도의 정확도 제고를 위한 '1:5,000축척 영상지도 제작'과 토지피복도·임상도·농경지이용현황도 등 '일부주제도 제작사업'을 수행하고 있다(김천규 외, 2015).

국립산림과학원 등의 북한관련 연구기관의 자문회의(2017.6 등) 결과에 따르면, 실제로 북한지역의 공간정보 등의 DB는 상당부분의 관련자료 및 자료목록 자체가 대외비로 자료를 구득 및 활용하는데 있어서 큰 제약이 따르고 있는 실정이다. 또한, 실제로 기존에 구축된 북한관련 자료는 양적으로도 적을 뿐만 아니라 국가 안보 및 국방상 등의 이유로 공유와 활용에 제한적이다. 특히, 접근하기 어려운 북한지역의 경우에는 위성영상을 활용할 수밖에 없는 실정이나, 기존의 위성영상자료들은 국방 또는 안보 목적에 중점을 두고 있어서 활용이 제한적이다(강민조 외, 2016).

그림 6-1 | 북한정보 통합관리체계 구축(안)



자료: 연구진 작성

셋째, 북한관련 부처별 관계기관 협의체인 「북한정보 공동 활용 협의체(안)」구성 및 활용성 부분 확대를 통해 「북한 국토이용 모니터링 활용 협의체(가칭)」를 구성할 필요가 있다. 「북한정보 공동 활용 협의체(안)」는 북한 공간정보 통합체계 구축 및 공동 활용을 위해 관계기관이 지속적으로 협력할 수 있는 협의체 구성·운영하고자 하며, 현재 운영 중인 실무협의회를 토대로 북한 공간정보 통합체계 구축 및 운영 등을 위한 추진체계를 정비하는데 있다. 본 연구결과 자료는 「북한 국토이용 모니터링 활용 협의체(가칭)」를 통해 각 부처별 북한 국토이용 모니터링 업무지원을 위한 공간정보 활용 서비스 및 범부처 활용 지원이 가능하다. 또한, 「북한 국토이용 모니터링 활용 협의체(가칭)」를 통해 각 부처에서 필요로 하는 북한지역 관련 활용서비스 수요를 지속적으로 조사하고 이를 기반으로 한 북한지역 모니터링 활용서비스 공동 활용 및 효율적 업무 지원이 가능하다.

**표 6-1 | 북한지역 국토이용 모니터링 활용협의체(가칭)의 참여기관 구성(안)**

구분	참여기관
북한지역 국토이용 모니터링 정보 생성 및 관리기관	국토지리정보원, 환경부, 국립산림과학원, 통계청, 국립농업과학원, 한국항공우주연구원, 한국지질자원연구원 등
북한지역 국토이용 모니터링 활용기관	외교통상부, 통일부, 국토교통부, 농림축산식품부, 한국토지주택공사, 한국도로공사, 한국수자원공사, 한국출도시설공단, 국방과학연구소, 국방정보본부, 국방지형정보단 등
간사기관	국토교통부·국토지리정보원

자료: 연구진 작성

「북한 국토이용 모니터링 활용 협의체(가칭)」구축시에 활용 협의체 구성기관이 공동으로 활용할 수 있도록 본 연구결과인 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료를 포함하여 국토이용 모니터링 자료의 표준체계 마련이 요구된다. 예를 들어, 본 연구와 관련성이 높은 개간산지의 경우에 정부부처별 또는 연구기관 간에 분류기준이 다를 수 있다. 산림분야에서는 개간산지를 산림황폐지로 분류하는 반면에 농업분야에서는 경지로 분류하고 있으므로 기관별 자료를 공동으로 활용하는 데는 한계를 드러낸다. 따라서 북

---

한지역 국토이용 모니터링 자료의 표준체계 마련이 시급하며 남한지역의 국토이용 모니터링 자료와도 일치시킬 필요가 있다.

마지막으로, 각 부처별로 추진해 온 북한 국토이용 모니터링 관련 연구를 종합적으로 조율하고 연계시키기 위한 단계별 실천방안을 마련할 필요가 있다. 예를 들어, 본 연구결과 산출물인 공간계획단위( $M_{eff}$  또는  $M_{eff}^{CBC}$ ) 자료 구축을 위한 우선지역 선정을 위해서 북한관련 부처 및 사업과 관련해서 정책적 수요가 높은 지역에서부터 단계별로 북한 전 지역을 구축하는 방안 등의 로드맵 구축이 요구된다. 이러한 국토이용 모니터링 관련 연구 및 자료구축의 단계적 실천 로드맵을 기반으로 하여 향후 한반도 신경제 지도 구현을 위한 추진사업과 이에 따른 실천방안을 모색해야 한다.

## 2. 연구의 성과와 향후 과제

### 1) 연구의 성과

본 연구는 통일대비 한반도의 효율적이고 균형적인 국토자원 관리 및 국토개발을 위하여 북한의 토지피복변화 실태 및 경관분석을 통해 모니터링 및 정책적 활용방안을 도출하였다. 즉, 본 연구는 북한지역의 토지피복 현황 파악 및 데이터 분석을 통한 실태분석을 통해 북한지역의 국토이용을 위한 과학적 정책 의사결정을 지원할 수 있는 해결방안을 제시하는데 중점을 둔 연구이다.

첫째, 본 연구는 북한 전 지역을 대상으로 국토이용 모니터링을 위한 분석을 수행함으로써 도시화 및 농경지의 확산으로 인하여 산림황폐화가 심하게 일어난 지역을 사례 지역으로 선정하여 토지개발 및 관리를 위한 산림의 기능적 역할이 가능한 단위 크기를 제시하였다. 기존의 선행연구들은 북한지역의 국토이용 현황 및 문제점을 진단하고 문제점을 해결해야 한다는 정책적 당위성을 제시하는데 중점을 두었다면, 본 연구는 현황파악 및 데이터 분석을 통한 실태분석 후 한 단계 더 나아가 북한 국토이용을 위한

---

과학적 정책 의사결정을 지원할 수 있는 해결방안을 제시하였다.

둘째, 본 연구는 산림황폐화의 원인을 규명하기 위한 연구가 아니며 산림황폐화가 이미 진행된 지역의 국토자원관리 또는 국토개발 및 도시개발을 위한 정책적 의사결정을 지원하기 위한 연구이다. 북한지역의 산림관련 연구기관이 위성영상을 활용한 북한 관련 연구와의 차별성을 살펴보면, 기존의 연구 및 사업들이 산림 및 산림황폐화 현황 정보 및 문제 도출에 중점을 두었다면, 본 연구는 지속가능한 산림자원 관리 및 국토개발을 위한 정책적 의사결정에 필요한 데이터를 구축함으로써 정책 지원이 가능하다.

셋째, 본 연구결과는 국토 개발 및 관리에 있어 산림의 기능적 역할이 가능한 단위크기를 제시함으로써 정책실무자의 지역개발 의사결정지원이 가능하다. 한반도의 토지피복 정보는 국토계획, 인프라 구축, 국토자원 관리 등을 위한 기초자료로 활용 가능하다. 이 외에도, 지역적 특성에 따라서 유연하게 정책적 활용이 가능한 지속가능한 개발 및 관리를 위한 산림의 단위면적을 제시하고 있다.

넷째, 본 연구결과를 기초 및 참고자료로 하여 통일대비 남북 교류협력 관련 정책 수립에 활용 가능하다. 북한의 국토이용 정보는 남북 분단으로 낙후된 남북 접경지역의 친환경적이고 지속가능한 발전을 위한 산림황폐화에 따른 산림녹화 사업 및 녹화산업을 통한 농업협력단지 조성개발계획 수립 등의 정책적 지원이 가능하다.

## 2) 본 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구의 한계점을 해결하기 위하여 향후 수행이 필요한 과제 방향을 제시한다. 첫째, 본 연구에서는 사례지역을 선정하여 평안북도의 의주군과 자강도의 동신군만을 대상으로 경관분석 및 산림감소로 인한 산림자원 관리를 위한 단위면적을 제시하고 있다. 그러나 토지피복의 변화가 급속히 일어나며 공간적으로 집중되어 나타난 사례지역 대상의 연구 이외에도 정책 실무자들과 북한의 수요(needs)를 반영하여 바로 정책에 반영할 수 있는 지역을 대상으로 분석할 필요가 있다. 더 나아가 북한관련 정책실무자들은 1년간의 단기적으로 사례지역만 대상으로 할게 아니라 정책수요가 있는 지역과

---

그 배후지에서부터 북한 전역을 대상으로 5년 정도의 기간을 가지고 데이터를 구축해 주기를 요구하고 있다. 따라서 향후 연구에서는 정책적 수요가 높은 우선지역에서부터 북한 전 지역을 대상으로 단계적으로 지역별 경관분석 및 산림을 고려한 공간계획단위를 제시함으로써 지속가능한 국토개발 및 국토자원 관리를 위하여 지역적 특성에 따라 유연하게 정책적 대응과 활용이 가능한 자료를 구축할 필요가 있다.

둘째, 향후 연구에서는 정책적 수요가 높은 우선(거점)지역에서부터 산림을 고려한 공간계획단위와 타 공간정보(인구, 인프라, 산업, 지리적 요소 등)를 융복합하여 토지 이용 계획 등의 국토계획을 수립하는데 있어서 실제 시범사례 연구가 필요하다. 예를 들어, 남북협력 추진 사업 거점지역을 대상으로 산업입지, 주거지, 인프라, 녹지 등을 조성 및 계획함에 있어서 벤치마킹 사례가 될 수 있는 모델을 제시함으로써 국토개발 시간 및 비용을 단축할 수 있으리라 본다.

마지막으로, 본 연구에서는 토지피복실태분석 및 산림지역 감소로 인한 산림자원 관리 및 국토개발을 위한 공간계획단위를 제시하는데 있어서 중해상도 영상을 활용한 한 계점이 있다. 향후 연구에서는 고해상도의 위성영상 및 고해상도 위성영상 기반의 토지피복분류도를 활용한다면 좀 더 정확한 정책적 활용을 위한 기초자료 및 참조자료로 활용가능하다.

---

## 참고문헌

REFERENCE



### 【 인용문헌 】

- 강민조, 임용호, 사공호상, 안재성, 조재일. 2016. 원격탐사를 활용한 북한지역 인구 분포 추정 및 활용방안 연구. 국토연구원.
- 강민조, 임용호, 유현아. 2017. 통일대비 남북 접경지역 국토이용 구상: 남북협력 추진 과제를 중심으로. 국토연구원.
- 강창덕. 2012. 서울시 토지 이용과 밀도의 시·공간 변화 연구(1980~2007). 국토연구 72: 17-39.
- 강택구, 장훈, 이정석, 박용하, 주장민, 함소현. 2016. 통일대비 북한지역 자연재해 대응을 위한 자료 구축과 남북협력 방안 연구(Ⅰ). 한국환경정책평가연구원.
- 강희종, 박정훈, 박미영, 성경모, 김기국. 2014. 위성정보 활용촉진을 위한 효율적 기반구축 연구. 과학기술정책연구원.
- 국정기획자문위원회. 2017. 문재인정부 국정운영 5개년 계획. 국정기획자문위원회. 국토연구원. 2014. 제1회 국토위성정보활용포럼 자료집. 국토연구원.
- 국토연구원. 2015. 국토관측 위성정보 활용기술센터 설립 기반 연구. 국토교통부.
- 국토연구원. 2016. 국토위성정보 활용분야 발굴 및 활용모델 개발 기반연구. 국토교통부.
- 국토지리정보원. 2017. 국토지리정보원(팝플렛 자료).
- 김두환, 최대식, 정연우. 2015. 북한지역 개발협력을 위한 국토종합구상 연구. 한국 토지주택공사 토지주택연구원.
- 김원경, 이정민, 권순덕, 전준현. 2016. 주요 단기소득임산물의 공간적 분포 특성에 관한 연구. 지리정보학회지 19(2): 73-85.
- 김찬수, 박지훈, 장동훈. 2011. 다중시기 위성영상과 토지 통계자료를 이용한 토지피복 변화 예측: 천안시-아산시를 사례로. 한국지형학회지 18(1): 41-56.

- 
- 김천규, 김동한, 이성수, 강민조, 이정민. 2015. 접근불능지역 국토정보통합분석시스템 개발 시범연구. 한국국토정보공사.
- 류종현. 2006. 토지이용계획의 합리적 조정방안. 강원발전연구원.
- 법제처. 2017. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(법률 제 14839호, 2017. 7. 26.) 제11장 제128조(국토이용정보체계이용).
- 법제처. 2017. 「토지이용규제 기본법」(법률 제 14839호, 2017. 7. 26.) 12조.
- 사공호상, 서기환, 한선희. 2006. 북한지역 국토이용실태 조사방안 연구. 국토연구원.
- 손기웅·강동완·김경술·김미자·문성목·박덕규·이상준·이수현·전영선·정선양·최경수·최수영·최우진·허준영·베른하르트 젤리거. 2014. ‘그린 데탕트’ 실천전략: 환경공동체 형성과 접경지역·DMZ 평화생태적 이용방안. 통일연구원.
- 신동빈, 김걸, 이영주, 강혜경, 김병선, 성혜정, 김경희, 김성환, 이미지, 황병주. 2011. 접근불능지역 공간정보 통합체계 ISP 수립연구. 국토지리정보원.
- 이규성, 윤여상, 김선화, 신정일, 윤정숙, 강성진. 2009. 한반도 토지이용 및 토지피복 모니터링을 위한 현안 분석. 대한원격탐사학회지 25(1): 71-83.
- 이규창. 2010. 한반도 녹색성장을 위한 남북한 산림협력 법제 개선 방안 예비연구. 통일연구원.
- 이수현. 2008. 국토 모니터링 방법론 개발에 관한 연구. 성신여자대학교 석사학위논문.
- 이상준, 김천규, 박세훈, 신혜원. 2011. 통일 한반도 시대에 대비한 북한 주요 거점의 개발 잠재력과 정책과제(Ⅰ). 국토연구원.
- 이상준, 김천규, 박세훈, 신혜원. 2012. 통일 한반도 시대에 대비한 북한 주요 거점의 개발 잠재력과 정책과제(Ⅱ). 국토연구원.
- 이우성, 정성관. 2012. 공간분석을 활용한 녹지의 불균형 평가 및 관리권역 설정. 지리정보학회지 15(2): 126-138.
- 이종열, 최병남, 김미정, 황승미. 2003. 국토이용모니터링체계 구축방안 연구. 국토연구원.
- 정재준, 이수현. 2010. 국토 모니터링을 위한 지표설정과 방법론 개발에 관한 연구. 한국지도학회지 10(1): 65-74.

- 
- 정홍락, 이현우, 노태호, 권영한, 유현석, 박소현. 2003. 경관생태학적 환경영향평가 기법에 관한 연구. 한국환경정책·평가연구원.
- 정휘철, 윤정호, 이명진, 김근한, 장래익, 강병진, 김남기, 변형균, 나성제. 2015. 북한 환경정보 구축 및 활용방안 연구(Ⅰ): 토지피복지도 구축을 중심으로. 한국 환경정책·평가연구원.
- 지승용, 최재용, 이상혁, 이상훈. 2016. 경관지수 패턴 분석을 이용한 산지개발사업의 산림파편화 영향범위 예측. 한국환경복원기술학회지. 19(2): 109-119.
- 한국환경공단. 2015. 북한지역 온실가스 감축사업 발굴 및 감축실적 활용방안.
- 한국환경정책평가연구원. 2016. 통일 대비 북한지역 자연재해 대응을 위한 자료 구축과 남북협력 방안 연구(Ⅰ).
- 행정안전부. 2011. 접경지역 발전종합계획.
- 환경부. 2013. 토지피복도 작성 지침.
- 황철수. 2010. 미시적 공간단위 자료를 활용한 토지이용변화 탐색. 국토지리학회. 44(2): 229-241.
- Anselin, L. 1994. Exploratory spatial data analysis and Geographic Information Systems. In PainhoM(ed.) New tools for spatial analysis. Luxembourg, Eurostat: pp.45- 54.
- Bertiller, R., C. Schwock, and J. Jaeger. 2007. Degree of Landscape Fragmentation in Switaerland: Qhantitative Analysis 1885-2002 and Implications for Traffic Planning and Regional Planning. FEDRO Report No.1175. Berne.
- Choi, H. W., K. H. Kim, C. Y. Lee. 2007. Application of spatial autocorrelation for the spatial distribution pattern analysis of marine environment. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 10(4):60-74.
- EEA. 2011. Landscape Fragmentation in Europe. EEA.
- Jensen, J. R. 2005. Introductory digital image processing: a remote sensing perspective(3rd Ed). Prentice-Hall Inc: Upper Saddle River, NJ.

- 
- McGarigal, K., and B.J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
- Moser, B., J.A. G. Jaeger, U. Tappeiner, E. Tasser, B. Eiselt, 2007, Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem, *Landscape Ecology*, 8p, DOI:10.1007/s10980-006-9023-0, <https://www.researchgate.net>, 2017.11.03.
- Olson, L., 2014, Effective Mesh Size Analysis on the Fragmentation of Alberta's Natural Vegetation Technical Report, Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 4p.
- Tasi, Y. H. 2005. Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies* 42(1): 141-161.
- Yadav, P.K., M. Kapoor, and K. Sarma. 2012. Land use land cover mapping, change detection and conflict analysis of Nagzira-Navegaon corridor, central India using geospatial technology. *International Journal of Remote Sensing and GIS* 1(2): 90-98.
- Yeo, C. H. and Y. H. Seo. 2014. An analysis on the spatial spillover patterns of aging population in rural areas.
- Zhu, Z., and C.E. Woodcock. 2014. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data. *Remote Sensing of Environment* 144(25): 152-171.
- 북한, 경사지개발 자제하고 평지농지개간에 중점되어야, 2004, RFA, [http://www.rfa.org/korean/in\\_focus/135681-20040509.html](http://www.rfa.org/korean/in_focus/135681-20040509.html) (2017.3.2. 접속)
- 북한의 산림. <http://blog.naver.com/olivemana/100039232479> (2017. 9. 20. 접속)
- 지구촌 핫 이슈: 두만강 홍수 사상최대 피해. 2016년 9월3일 기사, <http://comp007.tistory.com/240> (2017.6.26. 접속)
- 유엔, 북한 산림 복구에 55만 달러 지원, 2016, VOA,

---

<https://www.voakorea.com/a/3644116.html> (2017.3.2. 접속)

일본의 소득 양극화 현황과 시사점 Part1:

<http://blog.naver.com/citsoft?Redirect=Log&logNo=150001255841>

(2017.10.21. 접속)

통일부 북한정보포털지도, <http://nkinfo.unikorea.go.kr/NKMap/main/viewMain.do#>

(2017.10.31. 접속)

환경부 토지피복도, <http://egis.me.go.kr/ewebgis/webgis.do> (2017.1.12. 접속)

환경부의 대분류 토지피복지도 제작방법. 국토환경정보센터, 국토환경공간정보.

<http://www.neins.go.kr/gis/mnu01/doc03a.asp> (2017.10.30. 접속)

황폐화된 북한 숲 복원, 통일을 위한 밑거름을 뿌린다.

<http://blog.naver.com/tongiltv/220322272291>(2017.7.20. 접속)

ArcGIS Pro. <http://pro.arcgis.com/en/pro-app> (2017.3.2. 접속)

FAO, 세계 산림의 날(International Day of Forests),

<http://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/03/forests2016English.pdf> (2017.3.2. 접속)

Google Maps. <https://maps.google.com> (2017.5.20. 접속)

National Land Surveying and Mapping Center. <http://www.landchg.org.tw> (2017.8.30. 접속)

RFA. 2017. FAO, 북한은 동아시아 최대 산림훼손국. 2017년 1월 3일 기사.

[http://www.rfa.org/korean/in\\_focus/food\\_international\\_org/baldmountain01032017151924](http://www.rfa.org/korean/in_focus/food_international_org/baldmountain01032017151924) (2017.5.4. 접속)

UNDP, 2016, Human Development Reports,

<http://hdr.undp.org/en/composite/Dashboard2> (2017.3.2. 접속)

USGS Earth Explorer. <https://earthexplorer.usgs.gov> (2017.8.22. 접속)

ArcMap 10.4 program.ArcToolbox Spatial Statistics Help.

---

## 【 관련문헌 】

- 구자용. 2011. 해상도별 위성영상을 이용한 체계적 토지피복 분류에 관한 연구. 국토지리학회지 45(3): 375-386.
- 국립산림과학원. 2013. 산림과학연구개발 중기실행계획(2013~2017).
- 국립산림과학원. 2016. 푸른 한반도 연구 중기실행계획(2017~2022).
- 국립산림과학원, 2015. 국제·북한 산림협력의 성과분석 및 발전방안 연구 현안과제 보고서.
- 김광구. 2003. 공간자기상관(Spatial Autocorrelation)의 탐색과 공간회귀분석(Spatial Regression)의 활용. 한국행정학회지 2003년도 하계학술대회 발표논문집: 983-1001.
- 김민아, 최재용, 이상혁. 2013. 산지전용타당성조사제도에서 산림과편화지수의 고려 방안 연구. 한국환경복원기술학회 16(4): 53-63.
- 김민호. 2016. 고해상도 인공위성 자료의 다중축척 객체기반 영상분석. 국토지리학회지 50(4): 525-538.
- 김우선, 윤공현, 허준, 자야쿠마. 2008. CLUE-S모델과 시계열 Landsat 자료를 이용한 토지피복 변화 예측. 한국지형공간정보학회지 16(1): 33-41.
- 김영표, 정문섭, 사공호상, 박종택. 2003. 국토종합정보체계 구축 및 추진전략 수립 연구(1권). 국토연구원.
- 김윤수, 이광재, 류지원, 김정환. 2003. 도시확장 분석을 위한 위성영상 토지이용 분류기준 설정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 6(3): 83-94.
- 김태호. 2012. 도심의 공간특성과 토지이용 패턴에 관한 연구: 서울특별시 종로·중구. 한양대학교 박사학위논문.
- 김태훈, 김계현, 남기범, 심재현, 최우정, 조명흠. 2010. 고해상도 공간영상을 이용한 자연재해 피해조사시스템 설계 및 구현. 한국공간정보시스템학회 논문지 12(1): 57-65.
- 김한수, 오충현. 2011. 경관지수를 활용한 농촌마을 유형분류: 경관생태학적 접근. 농촌계획 17(3): 1-13.

- 
- 김현옥, 염종민. 2012. 농촌지역 토지피복분류를 위한 객체기반 영상분석기법 연구. 한국지리정보학회지 15(4): 26-41.
- 나현섭, 박정묵, 최재용, 이정수. 2015. 영상관독에 의한 산림훼손지의 공간적 특성분석 - 화천군과 철원군 DMZ 일원을 대상으로. 한국사진지리학회지 25(3): 63-73.
- 박성미, 임정호, 사공호상. 2001. 다량의 Landsat 위성영상 처리를 통한 광역 토지피복분류. 대한원격탐사학회지 17(3): 189-197.
- 박샘, 최광용. 2016. 위성영상에 탐지된 1980년대 이후 수도권 지역의 도시 팽창. 한국지리학회지 5(3): 331-343.
- 박소윤. 2003. GIS를 활용한 산림생태계 평가에 있어 경관지수 기법의 적용방안. 대구카톨릭대학교 석사학위논문.
- 박진우. 2017. GIS·RS를 활용한 DMZ일원 민북지역의 토지이용 및 토지피복 변화 예측에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문.
- 박호명, 백태경. 2009. 원격탐사와 GIS를 이용한 부산광역시 도시화지역의 확산과정과 토지이용 특성에 관한 연구. 한국지리정보학회지 12(2): 23-33.
- 변병설, 윤갑식. 2001. 통일시대에 대비한 국토환경관리 방안. 한국환경정책평가연구원.
- 변병설. 2003. 남북한 국토환경관리 협력방안 연구. 환경정책 제 11권 제2호. p83~110.
- 사공호상. 2004. 원격탐사와 GIS를 이용한 수도권 도시화지역 확산특성에 관한 연구. 국토연구 40: 53-69.
- 서수복. 2014. 지가변동과 토지거래량의 공간적 자기상관에 관한 연구. 대한국토·도시계획학회지 49(8): 21-34.
- 서응철, 김영표. 2010. 녹지지수에 따른 산림패치 시계열 분석. 한국산림휴양학회지 14(2): 93-98.
- 선우우연, 김다운, 강석구, 최민하. 2016. 서해연안 토지이용 및 토지피복 변화탐지를 위한 KOMPSAT-2 영상의 활용. 대한원격탐사학회지 32(2): 141-153.

- 
- 성찬용, 조우. 2012. 남북한 접경지역 개발에 따른 서식지 파편화에 대한 경관생태학적 분석. 한국환경생태학회 26(6): 952-959.
- 손영선, 손흥규, 이석우. 2006. LiDAR 자료 및 SPOT-4 위성영상을 활용한 산불피해 분석. 대한토목학회논문집 26(3): 527-534.
- 손태민, 강대욱. 1988. 부산시 도심부의 범위설정과 공간구조에 관한 연구. 도시연구보 2: 65-77.
- 양지연, 최철웅. 2006. 해운대 해수욕장 해안지형 및 토지피복 변화 분석. 한국지리정보학회지 9(1): 101-115.
- 엄정희. 2016. 부산광역시 도심의 토지이용과 공간구조 분석에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- 엄진아, 최종국, 유주형, 원중선. 2010. 위성영상 및 항공사진을 이용한 해안선 변화 모니터링: 울진군 죽변면 연안을 대상으로. 대한원격탐사학회지 26(5): 571-580.
- 오지영, 박소영, 김형석, 이양원, 최철웅. 2010. 고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교 연구. 한국지리정보학회지 13(1): 89-100.
- 유주한, 정성관, 오정학. 2005. 지속가능한 자연생태계 보전을 위한 평가지표 체계 구축. 한국환경생태학회 19(3): 287-298.
- 윤은주. 2006. 서울시 도시녹지 평가를 위한 경관지수의 민감성 및 변별력 분석. 서울시립대학교 박사학위논문.
- 이미선, 김성준, 신형섭, 박진기, 박종화. 2009. KOMPSAT-3급 위성영상을 이용한 농업 토지이용 및 작물 생육정보 추출. 대한원격탐사학회지 25(5): 411-421.
- 이민부. 2010. 위성영상을 이용한 추가령열곡 DMZ지역의 지형면 분석. 한국지형학회 17(1): 1-14.
- 이민부, 김남신, 이광률. 2005. QuickBird 영상을 이용한 북한 서해안 구릉지 개간에 따른 지표 침식 분석. 한국지역지리학회지 11(4): 453-462.
- 이민부, 김남신, 최한성, 신근하. 2003. GIS와 RS를 이용한 토지피복 및 식생 분포의 시·공간적 변화. 대한지리학회지 38(5): 835-848.

- 
- 이석민, 조선희. 2011. 국토모니터링 자료취득 및 공동활용 개선을 위한 법제도 개선 방안 연구, 한국공간정보학회 제19권 제6호, p29~41.
- 이용관, 조영현, 김성준. 2016. 도시성장 시나리오와 CLUE-S 모형을 이용한 우리나라의 토지이용 변화 예측. 한국지리정보학회지 19(3): 75-88.
- 이용배. 2012. 영등포 부도심 지역의 토지이용 특성에 관한 연구. 한양대학교 박사학위 논문.
- 이용배, 여흥구. 2011. 중심업무지구의 토지이용특성 및 공간적 영역설정에 대한 연구 - 여의도지구를 중심으로. 국토지리학회지 45(4): 529-543.
- 이정훈, 김상일, 한경수, 이양원. 2011. 공간통계기법을 이용한 토지피복변화의 핫스팟 탐지. 대한원격탐사학회지 27(5): 601-611.
- 이지민, 이규성. 2003. Landsat-7 ETM+ 영상을 이용한 산림지역의 혼합화소분석. 2003년 한국지형공간정보학회 공동춘계학술대회 논문집: 157-162.
- 인천권. 2013. 비무장지대 일원 자원의 체계적 관리방안에 관한 연구 - 경기도 비무장 지대 일원을 중심으로. 단국대학교 석사학위논문.
- 장동호, 김장수, 윤정미. 2010. 지형도와 위성영상 자료를 이용한 태안반도 지역의 해안선 변화 분석. 한국사진지리학회지 20(1): 57-70.
- 장안진, 김형태. 2008. 항공사진과 Lidar 데이터를 이용한 산림지역의 바이오매스 추정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 11(3): 166-173.
- 장영호. 2010. 도시의 내연적 성장과 외연적 성장에 따른 공간구조변화 측정에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- 정승규, 박종화, 김상욱. 2006. MODIS 다중시기 영상의 선형분광혼합화소분석을 이용한 한반도 토지피복분류도 구축. 대한원격탐사학회지 22(6): 553-563.
- 최금식. 2016. 울산시 도시성장과 토지이용 패턴에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- 최병구, 박정목, 이정수. 2013. Landsat TM 위성영상을 활용한 토지피복변화탐지 및 파편화 분석: 강원도 고성군의 DMZ지역 일원을 대상으로. 한국사진지리학회지 23(1): 75-85.

- 
- 최영국. 2005. 국토·환경정책 변화와 산림분야의 대응. 한국산림정책연구회·산림기본법 시대의 산림정책 심포지엄 발표자료.
- 최진무. 2014. 정보배열분석법을 이용한 시계열 토지피복 변화 추출 방법 연구. 2014. 국토지리학회지 48(1): 139-147.
- 최진무, 박우정, 김민준. 2014. 토지피복변화와 사회경제적 변화의 관련성 및 시계열 변화의 공간 검색 방안 연구 - 새만금 지역을 사례로. 국토지리학회지 48(3): 363-373.
- 통계청. 2013. 대한민국국가지도집 III.
- 홍석영, 민병걸, 이지민, 김이현, 이경도. 2012. RapidEye 영상을 이용한 북한의 논 면적 산정. 한국토양비료학회지 45(6): 1194-1202.
- 홍석영, 임상규, 이승호, 이정철, 김이현. 2008. 위성영상을 이용한 북한의 농업환경 분석: Landsat TM 영상을 이용한 북한의 지형과 토지피복분류. 한국환경농학회지 27(2): 120-132.
- 황국웅, 박소윤. 2003. 지속가능한 토지이용을 위한 경관규모 생태계평가기법 연구. 한국지리정보학회지 6(1): 78-84.
- 황의창. 2013. 대전시 신·구도심의 토지이용분석 및 경계설정에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- Ai, B., X. Liu, G. Hu, and X. Li. 2014. Improved sub-pixel mapping method coupling spatial dependence with directivity and connectivity. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 7(12): 4887-4896.
- Anselin, L. 1995. Local indicators of spatial association-LISA. Geographical Analysis 27(2): 93-115.
- Forman, R.T. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. New York: Cambridge University Press.
- Ha, S., B. Ahn, and S. Park. 2002. Change detection of land-cover from multi-temporal

- 
- KOMPSAT-1 EOC imageries. *Korean Journal of Remote Sensing* 16(1): 13-23.
- IUFRO. 2014. 산림조성 10년 전망계획. 주관 지속가능한 산림경영 국제워크숍(2014.7) 북한 발표자료.
- Lunetta, R.S., J.F. Knight, E. Jayantha, J.G. Lyon, and L.D. Worthy. 2006. Land cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sensing of Environment* 105(2): 142-154.
- McIntyre, S., and R. Hobbs. 1999. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation Biology* 13: 1282-1292.
- Murphy, R., and J. Vance. 1954. Delimiting the CBD. *Economic Geography* 31: 21-46.
- Nagendra, H., D.K. Munroe, and J. Southworth. 2004. From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 101(2-3): 111-115.
- Ozdarici-Ok, A., and Z. Akyurek. 2014. Object-based classification of multi-temporal images for agricultural crop mapping in Karacabey plain, Turkey. *ISPRS Technical Commission VII Symposium*.
- Ridd, M.K. 1995. Exploring a V-I-S(vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing* 16(12): 2165-2185.
- Shalaby, A., and R. Tateishi. 2007. Remote Sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography* 27(1): 28-41.
- Song, X.P., P.V. Potapov, A. Krylov, L. King, C.M. Di Bella, A. Hudson, A. Khan, B. Adusei, S.V. Stehman, M.C. Hansen. 2017. National-scale soybean mapping and area estimation in the United States using medium resolution satellite imagery and field survey. *Remote Sensing of Environment* 190: 383-395.

---

Weng, Q. 2001. Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS. *Environmental Management*: 28(6): 737-748.

Xian, G., and M. Crane. 2005. Assessment of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data. *Remote Sensing of Environment* 97(2): 203-215.

한국항공우주연구원. <http://ksatdb.kari.re.kr/> (2017.8.30. 접속)

ESRI Resources. <http://resources.esri.com> (2017.8.30. 접속)

GIS Geography. <http://www.gisgeography.com> (2017.8.30. 접속)

---

## SUMMARY

---



### **A Study on the Monitoring Land Cover in North Korea and Its Application in Preparing for Reunification**

Kang Min-Jo, Lim Yong-Ho, You Hyun-Ah

**Key words:** Land Cover, Monitoring, Forest Devastation, Landscape, Reunification.  
North Korea

Land cover monitoring is to provide important information to policy decision makers and managers by producing the based data by the detection and analysis of territory phenomenon. The forest devastation had been worsening in North Korea since 1990s, and the North Korea has been taken a aggressive attitude to restore devastated forest. It is necessary not only to analyze the condition and change patterns of land covers in North Korea but also to establish the policies of land resource management and land development responding the unification for effective and symmetrical national land resource management and development in terms of environmental-ecological aspects and sustainability. It is possible to estimate national land information using satellite images for inaccessible areas as North Korea, and it is useful to make the application plans for policies related to Korea national lands in the preparation for reunification.

This research analyzed the condition of land cover for all areas in North

---

Korea from the end of 1980s to the end of 2000s using remote sensing and GIS techniques. Case study areas were selected with high concentration for the decrease of forest areas using spatial structure pattern analyses including time series land cover condition and change detection, concentration and inequality index, and Moran's I. This research implemented landscape analysis for case study areas and suggested spatial planning unit ( $M_{eff}$  or  $M_{eff}^{CBC}$ ), which is necessary for appropriate forest management in managing national land in North Korea and developing national and urban lands. The rapid decrease of forest areas with forest fragmentation resulted from the growth of urban areas in Tongsin county and the increase of agriculture areas in Uiju county. Appropriate size for unit area was proposed for the development and management of North Korea with severe forest devastation using  $M_{eff}^{CBC}$  considered the connection between boundaries.

The monitoring data of national lands in North Korea, including  $M_{eff}$  and  $M_{eff}^{CBC}$  proposed in this research, can be used for strategical plans of national land development and resource management as universal application in North Korea-related government departments and research institutes. Especially, it can be applied for the establishment of specified and embodied plans for Korea New Economic Map, South-North Korea Forest Cooperation and integrated resource management, and the construction of an integrated spatial information system for North Korea.

This research suggested following strategies for the effective application of national land monitoring data in North Korea. First strategy is that scientific national land development plan by mesh-based  $M_{eff}$  and  $M_{eff}^{CBC}$  for cities based on the results of this research. Thus, it is necessary to implement an embodied strategy for a Korea new economic map plan.

Second, it is required to establish the integrated information management

---

system for North Korea. It is necessary to prepare the application foundation of spatial information for North Korea by establishing an integrated management system of spatial information(North Korea Information Portal, Integrated Analysis System for National Land Information, and so on) for North Korea from each governmental department and institute including the Ministry of Unification and the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. Currently, National Institute of Agricultural Sciences, National Institute of Forest Science, Agency for Defense Development, and others have constructed agriculture base map, forest devastation condition, topographical data for North Korea.

Third, it is needed to form a consultative group of the application of North Korea national land monitoring by extending a consultative group of North Korea-related governmental departments for the public use of North Korea information.

Fourth, North Korea-related data and information, including national land monitoring data, should be open and shared for each organization except core data related to security. In reality, it is difficult to access and use more than 70% of spatial information and other data for North Korea with the reason of national security.

Fifth, data construction and sharing should be implemented to prepare the information, which is necessary before and after the unification through a demand survey of North Korea-related governmental departments. For example, National Geographic Information Institute has constructed the database considering the priority of spatial information, which is set from regular demand surveys for governmental departments and research institutes.

Finally, an integrated implementation strategies and phased practical road map should be proposed to coordinate and connect existing studies related to

---

North Korea national land monitoring from each governmental department. It is possible to suggest strategies and phased practical road map by interrelating projects and studies of each governmental department proposed in the policy areas and application plans of this research.

The purpose of this study is to implement monitoring and draw its application by analyzing land cover change and landscape in North Korea for effective and symmetrical national land resource management and development. Thus, this research focused on the suggestion of solutions to support scientific strategical decision-making for national land use by examining current situation and change of land cover in North Korea.

First, this research analyzed national land cover monitoring for all areas in North Korea and selected case study areas which had forest devastation with the expansion of urban and agricultural areas. Based on this analysis, this research provided the size of unit area which is possible to perform functional roles of forest for land development and management.

Second, this research was not to investigate of factors for forest devastation but to support strategical decision-making for national land and urban development as well as national land resource management. Third, the results of this research can be useful to support decision-making for regional development of policy staffs. Fourth, the outputs of this research also can be used as basic and reference data to establish policies related South-North exchange and cooperation in preparing the unification. National land use information of North Korea can support to environment-friendly and sustainable development in South-North border area including the forest greenification for devastated forest and the construction plan of agricultural cooperation complexes.

This research proposed limitations and future directions for solutions. First,

---

this research selected and analyzed case study areas of Uiju, Pyeonganbuk-do and Tongsin, Jagang-do, and it only suggested unit area for forest resource management by forest reduction. However, it is necessary to analyze more and proper regions, which can be reapplied with the needs of North Korea. Second, this research focused on the current status from the decrease of forest areas. Therefore, the factors of land cover change with the decrease of forest areas should be investigated by the cooperation with North Korean defectors, and it can make better strategic application.

Finally, this research also had a limitation to use medium-resolution images in producing spatial planning unit for forest resource management and national land development. Future studies with high-resolution satellite images and land cover maps can be used as basic and reference data for more accurate strategic application.



## 기본 17-21

### 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안 연구

연구진 강민조, 임용호, 유현아, 안재성

발행인 김동주

발행처 국토연구원

출판등록 제2017-9호

인쇄 2017년 12월 28일

발행 2017년 12월 31일

주소 세종특별자치시 국책연구원로 5

전화 044-960-0114

팩스 044-211-4760

가격 8,000원

---

ISBN 979-11-5898-278-2

한국연구재단 연구분야 분류코드 B171503

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2017, 국토연구원

---

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체 등이 적용되어 있습니다.

# 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 및 활용방안 연구

A Study on the Monitoring Land Cover in North Korea  
and Its Application in Preparing for Reunification



제1장 연구의 개요

제2장 국토이용 모니터링 개념 및 방법론

제3장 북한지역의 토지피복 실태분석

제4장 북한지역의 국토이용 모니터링 사례조사

제5장 통일대비 북한지역 국토이용 모니터링 정책적 활용방안

제6장 정책제안 및 향후 과제



**KRIHS** 국토연구원

(30147) 세종특별자치시 국책연구원로 5 (반곡동)  
TEL (044) 960-0114 FAX (044) 211-4760

