

연구보고서  
2006-19

# 위성영상을 활용한 충남지역 산림 실태 및 관리방안

장갑수

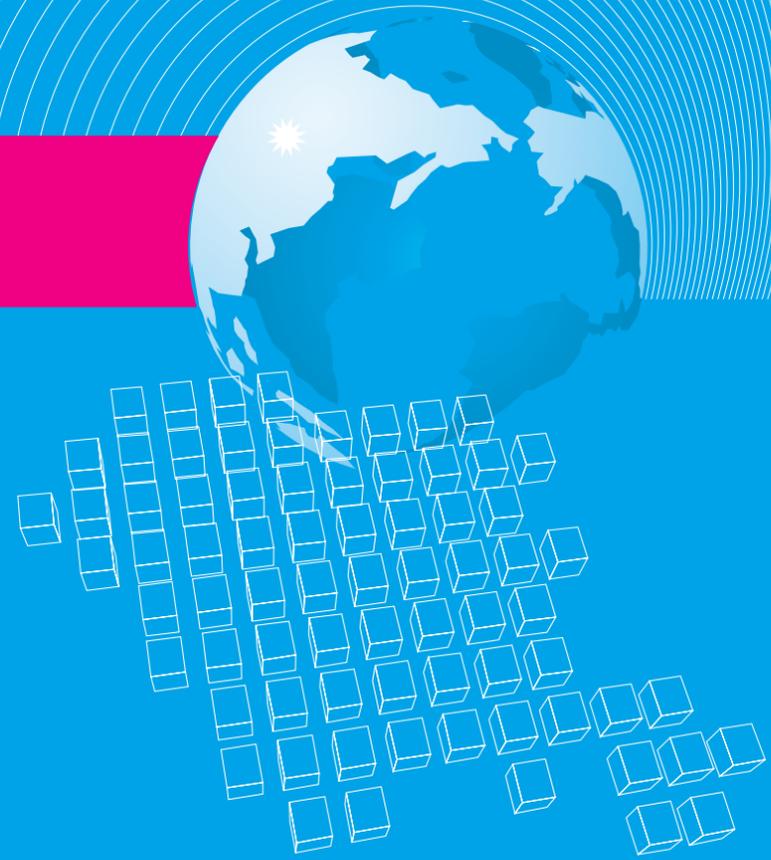
연구보고서  
2006-19

위성영상을 활용한 충남지역 산림 실태  
및 관리방안

2006 · 10

충남개발연구원

ISBN : 978-89-89552-89-5 93530



연구보고서 2006-19

# 위성영상을 활용한 충남지역 산림 실태 및 관리방안

장갑수

# 발 간 사

민선4기 충청남도의 도정방침에는 「건강한 자연환경」이 포함되어 있습니다. 지금까지 국제경쟁력 강화를 위해 인간위주의 국토개발과 사회인프라 구축에 중점을 두다보니 자연환경에 대하여 소홀했던 부분이 있었습니다. 특히 도로·철도와 같은 선형적인 구조물의 무분별한 건설은 우리가 간과해 왔던 야생동물의 서식공간을 파괴하게 되었고, 서식지가 파괴되면서 생활공간과 가족을 잃어버린 야생동물들이 안전을 위해 이동하다가 도로로 몰려오면서 자동차에 의해 로드킬을 당하는 일들이 비일비재하기에 이르렀습니다.

무심코 지나칠 수 있는 우리주변의 야생동식물들은 장차 우리에게 유익한 혜택을 안겨줄 중요 유전자원임을 잊어서는 안됩니다. 21세기 접어들어 생명공학(Bio-Technology)산업이 첨단산업으로 대두되면서 원천소재인 생물자원의 유전적 보전은 그 어느 때보다도 중시되어 왔고, 생명공학산업에서 신약품, 신작물, 신물질, 바이오 신약 등 고부가가치 상품 개발에 사용되는 새로운 유전자원은 대부분 생물자원에서 추출하여 인공적으로 새로이 배양하여 얻어지는 부산물입니다. 이러한 생물산업의 시장규모가 2000년 540억달러에서 2013년경에 2,100억달러 정도로 급격히 신장될 것으로 전망하고 있고, 앞으로 생물자원에 대한 체계적이고 합리적인 보전·관리·이용의 전략이 없을 경우, 국가생물자원의 경쟁력은 급속히 저하될 것으로 예상됩니다.

한반도에 분포하는 자생생물은 약 10만종으로 추정되고 있으나 현재 29,851종만이 보고 또는 문헌을 통하여 파악되었을 뿐이며, 그나마 1997년부터 2003년까지 전국 자연환경조사를 통하여 확보된 생물종은 약 6,600종에 불과합니다. 이러한 생물종이 서식하고 이동하는 산림과 하천, 갯벌과 같은 공간은 도시화와 산업화로 인해 동·식물이 서식하는 공간의 감소는 지속적으로 증가할 것으로 보여지는데, 특히 최근 10년간('93~'02) 도시적 용지는 여의도 면적의 약 420배가 늘어난 반면, 산림은 230배 감소하였던 것으로 비추어 볼 때, 도시의 확장으로 산

림생태계가 가장 극명하게 훼손되었음을 알 수 있습니다. 이런 측면에서 충청남도 면적의 절반이 넘고 야생동식물의 안정적 서식공간인 산림을 보존·관리해 나가는 것은 현세대와 미래 세대를 위한 크나큰 사명이기도 합니다.

본 연구는 충청남도의 환경보전 역량을 강화하기 위하여 충청남도의 산림분포현황과 구조적 문제점을 파악하고 도차원 혹은 시군단위의 개선방안을 제시하고 있습니다. 본 연구를 계기로 깨끗하고 건강한 산림관리에 대한 인식이 제고되고, 본 연구를 계기로 산림을 하나의 생태네트워크로 구축할 수 있게 되기를 기대합니다. 마지막으로 본 연구를 수행한 장갑수 책임연구원에게 감사의 뜻을 전하는 바입니다.

2006년 10월 31일

충남발전연구원장 김 용 응

# 제 목 차 례

## 발 간 사

## 제1장 서 론

- 1. 연구의 배경과 목적 ..... 1
- 2. 연구의 범위 및 방법 ..... 2

## 제2장 국내외 사례 고찰

- 1. 국내 사례 ..... 5
- 2. 국외 사례 ..... 8

## 제3장 위성영상을 활용한 산림경관구조 분석방법

- 1. 원격탐사 개요 ..... 12
- 2. 위성영상 처리 ..... 14
- 3. 경관구조 분석방법 ..... 17

## 제4장 충청남도 산림의 구조 및 변화분석

- 1. 영상처리 및 분류 ..... 23
- 2. 충청남도 토지피복분류 결과 ..... 26
- 3. 충청남도 산림의 구조 및 변화 분석 ..... 30

## 제5장 생태네트워크 구축을 위한 산림 관리방안

1. 산림의 분포면적에 따른 산림생태축 관리방안 ..... 56
2. 생태네트워크 구축을 위한 시군별 산림관리방안 ..... 62

## 제6장 결론 및 제언 ..... 67

## 참고문헌 ..... 69

## 표 차례

표 1. 환경부의 자연생태 보전을 위한 주요과제와 추진방안 .....	7
표 2. 원격탐사 위성영상자료의 종류 및 특성 .....	13
표 3. Landsat TM 감지기의 분광영역별 특성 및 용도 .....	14
표 4. 산림경관분석을 위한 경관지수 .....	22
표 5. 활용된 Landsat (E)TM 영상 .....	23
표 6. 영상분류 정확도 검증(1994년) .....	25
표 7. 영상분류 정확도 검증(2004년) .....	25
표 8. 충청남도 토지피복 현황(1994년)(단위: km <sup>2</sup> ) .....	27
표 9. 시군별 토지피복 현황(1994년)(단위: km <sup>2</sup> ) .....	28
표 10. 시군별 토지피복 현황(2004년)(단위: km <sup>2</sup> ) .....	29
표 11. 충청남도 토지피복별 경관지수(1994년) .....	31
표 12. 충청남도 토지피복별 경관지수(2004년) .....	31
표 13. 충청남도 산림의 경관지수(1994년) .....	47
표 14. 충청남도 산림의 경관지수(2004년) .....	48
표 15. 시군별 산림 경관지수의 변화(1994-2004년) .....	50
표 16. 산림 경관지수의 시군간 상대비교표(2004년 기준) .....	51
표 17. 시군별 산림경관구조의 특성비교 .....	65

## 〈 그림 차례 〉

그림 1. EECONET의 추진체계도 .....	9
그림 2. The river ring of the Great rivers greenway district .....	11
그림 3. 토지피복분류도(1994년) .....	26
그림 4. 토지피복분류도(2004년) .....	26
그림 5. 천안시 토지피복분류도('94) .....	32
그림 6. 천안시 토지피복분류도('04) .....	32
그림 7. 공주시 토지피복분류도('94) .....	33
그림 8. 공주시 토지피복분류도('04) .....	33
그림 9. 보령시 토지피복분류도('94) .....	34
그림 10. 보령시 토지피복분류도('04) .....	34
그림 11. 아산시 토지피복분류도('94) .....	35
그림 12. 아산시 토지피복분류도('04) .....	35
그림 13. 서산시 토지피복분류도('94) .....	36
그림 14. 서산시 토지피복분류도('04) .....	36
그림 15. 논산시 토지피복분류도('94) .....	37
그림 16. 논산시 토지피복분류도('04) .....	37
그림 17. 계룡시 토지피복분류도('94) .....	38
그림 18. 계룡시 토지피복분류도('04) .....	38
그림 19. 금산군 토지피복분류도('94) .....	39
그림 20. 금산군 토지피복분류도('04) .....	39
그림 21. 연기군 토지피복분류도('94) .....	40

그림 22. 연기군 토지피복분류도('04) .....	40
그림 23. 부여군 토지피복분류도('94) .....	41
그림 24. 부여군 토지피복분류도('04) .....	41
그림 25. 서천군 토지피복분류도('94) .....	42
그림 26. 서천군 토지피복분류도('04) .....	42
그림 27. 청양군 토지피복분류도('94) .....	42
그림 28. 청양군 토지피복분류도('04) .....	42
그림 29. 홍성군 토지피복분류도('94) .....	43
그림 30. 홍성군 토지피복분류도('04) .....	43
그림 31. 예산군 토지피복분류도('94) .....	44
그림 32. 예산군 토지피복분류도('04) .....	44
그림 33. 태안군 토지피복분류도('94) .....	45
그림 34. 태안군 토지피복분류도('04) .....	45
그림 35. 당진군 토지피복분류도('94) .....	46
그림 36. 당진군 토지피복분류도('04) .....	46
그림 37. 산림패치의 크기 .....	53
그림 38. 산림패치의 수 .....	53
그림 39. 산림패치의 분할(PD&SPLIT) .....	54
그림 40. 산림패치의 집적도(AI) .....	54
그림 41. 산림패치의 연결성(CONNECT) .....	55
그림 42. 산림패치의 형태(LSI&ED) .....	55
그림 43. 금남·북정맥 주변 산림분포면적율 .....	57
그림 44. 충청남도의 광역생태축과 대규모 생태거점 .....	60
그림 45. 충청남도의 소생태거점과 생태징검다리 .....	61
그림 46. 최대패치지수에 의한 시군분류 .....	62
그림 47. 산림패치밀도에 의한 시군분류 .....	62
그림 48. 산림 분할정도에 의한 시군분류 .....	63
그림 49. 산림집적도에 의한 시군분류 .....	63

그림 50. 산림연결성에 의한 시군분류 .....	64
그림 51. 산림경관형태에 의한 시군 분류 .....	64
그림 52. 충청남도 산림생태네트워크 개념도 .....	66

# 제1장 서론

## 1. 연구의 배경과 목적

자연지배사상 아래에서의 인류역사는 인간활동이 공간적으로 확대되는 역사였다고 할 수 있다. 프론티어 사상에서도 나타나듯이 인류는 끊임없이 활동영역을 확대해 왔고, 이로 인해 인간의 자연이용은 엔트로피(entropy)를 무한히 증대시켜 생태계의 동적 균형을 깨뜨리게 되었으며, 인간에 의한 생태계의 급격한 변화는 인간의 적응능력 한계를 넘어 인간의 생존까지도 위협하게 되었다.

종다양성을 유지하기 위해 산림의 원형이 보전되어야 함에도 불구하고 지속적으로 증가하는 국토의 개발수요는 한반도의 야생동·식물의 서식공간을 축소하는 결과를 초래하였다<sup>1)</sup>. 특히 백두대간과 같은 생태·경관이 우수한 지역에서도 도로, 석산개발, 관광지 등과 같은 개발사업이 진행되고 있고, 대규모 매립사업과 서해안을 성장중심축으로 설정하여 개발계획이 계속 수립되고 있는 바, 생태계 훼손·단절과 자연경관 훼손, 생물다양성 감소, 해양과 갯벌에 미치는 영향 등이 크게 증가될 전망이다(환경부, 2005). 충청남도의 산림도 1995년부터 2004년까지 4,552km<sup>2</sup>에서 4,497km<sup>2</sup>로 약 1.2% 감소하므로 산림 중심의 생태축 단절이 우려되는데, 특히 동기간 충청남도 내 도로 총연장이 4,931.1km에서 7,546.7km로 1.53배 증가하면서 도로는 산림 등으로 연결된 생태네트워크의 가장 큰 위협요소로 등장하게 되었다(충청남도, 2005).

산림생태계와 같은 양질의 자연자원을 보호하기 위하여 환경부는 환경정책기본법제12조제1항의 규정에 의거한 국가환경종합계획을 수립함으로써 전국을 3대 생태축(백두대간, 비무장지대 일원, 도서연안)과 5대 환경관리 대권역(한강수도권, 금강충청권, 영산강호남권, 낙동강영

---

1) 국토종합계획에 의하면, 국토개발수요가 2002년 5.8%에서 2020년에는 9.1%로 증가될 것으로 추정하고 있어 3,848km<sup>2</sup>의 추가 개발용지가 필요할 것으로 예상된다.

남권, 태백강원권)으로 설정하고, 권역별 특성을 고려한 통합생태망을 구축하고자 "자연환경 보전법"에 「생태경관핵심·완충·전이보전구역」을 규정하여 지역의 생태계를 보전·관리하고자 하였다. 그 일환으로 환경정책평가연구원에서는 위성영상을 활용하여 우리나라 토지 피복지도(land cover map)를 제작하였고, 수자원공사에서도 5년 단위의 토지피복지도를 제작한 바 있다. 이들 자료들은 전국단위로 토지이용과 산림의 분포를 파악하고 그 변화상을 정량화하는데 매우 귀중한 자료로 활용될 수 있다고 사료되나 구축 후 일정기간이 지나 최근의 자료가 없기 때문에, 道 차원에서 보다 구체적인 산림분포 현황과 그 민감성을 조사하기 위해 최근에 촬영된 영상을 활용하여 산림자원에 대한 재조명이 필요하였다.

이에 본 연구에서는 국가단위 생태축 및 환경관리 대권역과 생태적으로 연계한 충청남도 생태네트워크 구축을 위해 위성영상을 활용하여 충청남도 산림의 분포를 분석하고 과거 10년 동안의 산림의 변화에 따른 산림구조 변화분석을 통하여 충남지역 산림의 관리방안을 제시하고자 하였다. 또한 산림의 경관구조적 특성을 해석하고 시계열적 구조변화를 분석함으로써 산림을 네트워크로 연결하여 생물다양성 제고를 위한 산림조각의 연결 및 관리방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구의 범위

#### (1) 공간적 범위

##### 가) 충청남도

충청남도의 지형은 저평하다. 해발 고도 1,000m 이상을 넘는 곳은 한 곳도 없으며, 도 전체의 평균 고도가 100m로서 전국에서 가장 낮은 지형을 이루고 있다. 대체로 충청남도의 산지는 도의 중앙을 비스듬히 가로지르는 차령산맥, 그 북서부의 내포지방을 남북으로 달리는 가야산맥, 동남부의 계룡산지, 그리고 노령산맥에 속한 충남 동남부의 금산고원으로 나누어진다.

전북 장수에서 발원하는 금강은 심하게 감입곡류하면서 북쪽으로 흐르다가 연기 지방에 이르러 미호천과 합류하면서 남서방향으로 유하한다. 이곳으로부터 하천이 거의 직선상으로 유하하다가 논산시 강경에서 다시 남서 방향의 유로를 유지하면서 전북과의 경계를 이루며 서해로 유입된다. 삼교천은 차령산맥에서 발원하여 북쪽으로 흘러들어 가는데, 하천의 규모에 비해 매우 넓은 예당평야가 수계의 하류지역 저지대에 발달되어 있다.

충남의 해안선은 출입이 매우 심하였으나 1970년대 후반부터 시작된 간척사업으로 인해 곳곳의 해안선이 대폭 단순해졌다. 아산만 방조제, 삼교 방조제, 대호 방조제, 서산 A-B지구 방조제 등은 해안선의 출입을 단순하게 만든 대표적 예이다.

#### 나) 금남·북정맥

우리나라에는 주요 하천유역의 능선을 중심으로 산맥을 형성하고 있는데, 1대간 1정간 13정맥으로 형성되어 있다. 충청남도에는 금강 남북의 분수령을 형성하는 두 개의 정맥인 금남정맥과 금북정맥이 존재한다. 이들 정맥들은 충청남도의 핵심생태축이면서 도내 대부분의 하천의 지류들이 출발하는 푸른 허파로서의 역할을 담당한다. 또한 금남·북정맥은 충청남도의 산들을 하나의 조직화된 망구조로 연계하기 위해서 필히 보존해야 할 대동맥이다.

금남정맥은 전라북도 장수군 장안산에서 시작된 금남호남정맥의 끝단에 위치한 주화산에서 왕사봉·배티·대둔산·개태산·계룡산·널티·망월산 등으로 이어져 부여 부소산의 조룡대에 걸쳐 분포하고 있으며 이 산줄기의 동사면을 따라 흐르는 물은 금강의 상류를 이루고 서사면을 따라 흐르는 물은 만경강으로 흘러든다.

금북정맥은 한남금북정맥이 끝나는 경기도 안성의 칠장산에서 시작되어 칠현산·청룡산·성거산·차령·광덕산·차유령·국사봉 등 충남을 가로질러 청양의 백월산에 이르고, 여기에서 다시 서북으로 뻗어 오서산·보개산·월산·수덕산·가야산에 이르러 다시 서쪽으로 뻗어 팔봉산·백화산·지령산·안흥진으로 이어진다.

#### (2) 내용적 범위

본 연구에서는 충청남도를 대상으로 도 및 시·군단위에서 산림의 분포지역 및 변화지역을

파악하고 국가 및 도의 관련정책·발전방향과 연계한 산림관리계획을 포함한다. 시간적으로는 1994년부터 2004년까지 위성영상자료 분석을 통하여 과거 10년 동안의 산림변화를 탐지하였고, 내용상으로는 산림의 분포실태(현황, 변화분석 등) 뿐만 아니라 경관생태학적인 산림구조의 건전성을 평가함으로써 궁극적 목표인 산림네트워크 구축을 위한 기반환경 조성방안을 제시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서 다루어지는 주요내용은 위성영상을 활용한 산림관리 관련 국내·외 연구동향을 조사하고, 실제로 위성영상을 활용하여 충청남도 산림분포 및 산림변화를 분석한 후, 산림파편화 등에 의한 시군별 산림경관구조 변화분석을 통하여 충청남도 산림구조의 건전성을 평가하고 향후 금남·북정맥 중심의 생태네트워크 구축을 위한 산림관리 방안을 제시하고자 하였다.

## 2) 연구의 방법

본 연구를 수행하기 위하여 1994년과 2004년의 Landsat 영상을 수집하고 국가표준좌표계에 의해 제작된 축척 1:25,000의 수치지형도를 기준으로 기하보정을 수행하였다. 기하보정된 두 시기영상은 위성영상 분류절차에 따라 토지피복분류(land cover classification)를 수행하였고, 그 중 산림지역을 추출하여 산림분포 현황을 파악하였다. 산림변화 분석을 위해서는 변화탐지(change detection) 기법들을 활용하여 시계열 위성영상간 변화지역을 추출함으로써 1994년에서 2004년까지의 산림의 변화상을 파악하였다. 아울러 토지이용에 따른 산림의 단절지역을 파악하여 향후 생태네트워크 복원을 위한 방안을 제시코자 하였다. 산림의 경관생태학적인 구조 분석을 위해 Fragstats 3.0을 활용하였으며, 파편화된 산림패치의 수, 규모, 전체경관에서 차지하는 비중 등 산림의 평면적 분포 및 구조를 분석함으로써 산림경관구조의 건전성을 평가하고자 하였다. 마지막으로 충청남도 생태네트워크 구축을 위해 필요한 산림의 활용방안에 대하여 제시하였다.

## 제2장 국내외 사례 고찰

### 1. 국내 사례

#### 1) 국토생태네트워크 계획

2002년 개정된 환경정책기본법에 따라 환경부는 10년 단위의 새로운 장기계획인 「국가환경종합계획(2006~2015)」을 수립하였다. 국가환경종합계획은 우리나라의 장기적인 환경정책의 비전과 방향을 제시한 장기 전략계획이면서 환경정책 집행계획의 기본 틀을 제시하고 분야별 환경정책을 총괄·조정하는 우리나라 환경분야 최상위계획이다. 뿐만아니라 국가환경종합계획 안에는 국가의 환경비전과 연계하여 권역별, 시·도 및 시·군·구별 환경보전계획의 원칙과 기본방향을 제시하고 있다.

국가환경종합계획에서는 환경관리를 위한 핵심전략의 하나로 「지속가능하고 활력있는 자연생태 보전」을 제시하였다(표 1).

우리나라에 존재하는 것으로 추정되는 생물종 수가 약 10만 정도이지만, 현재까지 조사되어 밝혀진 생물종 수는 척추동물과 현화식물을 중심으로 약 3만종에 불과하며, 멸종위기에 처한 야생동물의 수는 급격히 증가하고 있다<sup>2)</sup>. 그러나 경제성장과 도시화로 인해서 매년 전국 산림의 0.1%, 갯벌의 1.4%가 줄어들어 따라 야생동·식물의 서식공간은 지속적으로 감소·훼손되고 있다. 그동안 생물자원의 중요성에 대한 인식이 낮아 국내 생물자원이 무분별하게 해외로 유출되어 상업화되었고, 고유종의 표본이 외국으로 유출되는 사례도 발생하였으며, 최근 들어 외래종의 유입 속도가 점차 빨라지고 있어<sup>3)</sup> 외래생물종이 고유생태계에 미치는 영향에 대한

2) 현재 221종이 멸종위기 야생동·식물 I급(50종)과 II급(171종)으로 지정·관리 되고 있음.

3) 2002년 말 현재 우리나라에 도입된 외래종은 총 510종(식물 287종, 동물 223종)임.

구체적인 연구·조사와 관련법·제도의 정비 및 사전예방적 관리제도의 구축이 시급한 실정이다. 향후 생물다양성협약(the Convention on Biological Diversity)<sup>4)</sup>에 따라 생물자원에 대한 주권이 인정되게 되면 고유 생물자원에 대한 보전의 중요성이 증대될 것이고 생물자원의 확보를 위한 국가간의 경쟁 또한 심화될 것으로 예상하고 있다.

이에 따라 환경부는 국가 생물다양성 확보를 위해 국내 자생생물의 보호와 복원을 위해 현지내 보전(in-situ conservation)을 지속적으로 추진하고 있으며, 생물자원의 주권확보와 유전적 다양성을 확보하기 위해 생물자원관 건립과 같이 현지의 보전(ex-situ conservation)<sup>5)</sup>사업도 동시에 추진하고자 하였다. 이와 더불어 산림, 하천, 바다, 습지·갯벌 간의 연계성을 높이고 도시·농촌의 자연생태계를 보전·복원함으로써 산-하천-연안을 통합하는 생태네트워크를 구축하고자 하였다. 특히 금강과 삼교천 유역에 자리잡은 충청남도의 광역생태네트워크 구축을 위해 경기도의 칠장산에서 분기된 금북정맥과 전라북도 주화산에서 분기된 금남정맥의 주요산을 연결하는 주능선을 광역생태축으로 설정하여 궁극적으로 백두대간과 연결함으로써 산림생태네트워크를 구축하려는 계획을 담고 있다.

---

4) 1992년 6월 5일 브라질 리우데자네이로에서 개최된 유엔환경개발회의(UNCED:United Nations Conference on Environment and Development)에서 150개국 이상이 서명하여 1993년 12월 29일 발효됨.

5) 생물다양성협약에서는 정부에서 생물종 및 유전자원의 보전을 위한 현지의 보전에 노력하도록 명시하고 있음.

〈 표 1. 환경부의 자연생태 보전을 위한 주요과제와 추진방안 〉

주요과제	추진방안
국가 생물자원의 다양성 유지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 토착종의 보호 및 복원</li> <li>• 생물자원 주권 확보와 생물산업의 육성</li> <li>• 멸종위기종 보호·복원을 통한 생태계 건강성 회복</li> <li>• 생태계 교란 외래종 관리 강화</li> <li>• 유전자변형 생물체 환경위해성 평가체계 확립</li> </ul>
생물서식공간의 보전과 복원	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한반도 통합생태네트워크의 구축 및 관리</li> <li>• 국가 장기생태연구 체계 구축</li> <li>• 국립공원의 보전과 지속가능한 이용을 위한 공원관리제도 개선</li> <li>• 핵심 생태보전지역의 국공유화 추진</li> <li>• 통합적 서식지 관리체계 구축</li> <li>• 국민신탁운동의 제도화 및 활성화</li> <li>• 자연형 하천조성과 수변공간 보전</li> </ul>
아름답고 수려한 자연경관의 보전·관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연경관보전을 위한 관련 제도의 조기 정착</li> <li>• “경관·생태자연도” 및 “해양생태도” 작성과 관련 개발계획의 통합적 운영·관리</li> <li>• 산지의 보전과 생태관광 자원화</li> </ul>

자료: 환경부, 2005, 국가환경종합계획, p. 45.

## 2) 백두대간 훼손실태 조사연구

환경정책평가연구원(KEI)에서는 2003년과 2004년 2년 동안 우리나라의 주생태축인 백두대간에 대한 종합 환경실태 조사를 수행한 바 있다(전성우 등, 2003; 2004).

백두대간은 우리 국토의 상징이면서 풍부하고 다양한 생물의 서식지인 국토환경의 거점이고, 녹지자연도 8등급 이상의 천연림과 원시림이 대부분으로 대기정화와 녹색댐의 기능을 수행하고 있다. 그러나 1970년대 이후 지역개발의 붐과 함께 관광인구의 증가로 백두대간 상에 다양한 용도의 도로가 생겨나면서 평균 약 8km마다 한 개씩의 도로가 백두대간을 관통하였고, 철도는 3개선 임도는 20개 이상 개설된 것으로 조사되었다. 도로의 개설로 인해 도로 노면의 포장뿐만 아니라 노폭의 확장으로 인하여 절개변이 발생하도록 하였으며, 한반도 주요 동·식물의 서식처이자 연결고리인 백두대간이 그 무한한 기능을 상실하고 고립화된 개별 산들의

나열로 전략하는 결과를 초래하였다. 따라서 백두대간의 관리범위를 설정하고 관리방안을 검토한 다음 주변 환경영향 조사와 복원방안을 마련하고자 인공위성자료를 이용하여 훼손상태를 탐지하고 보다 구체적인 현장조사를 통하여 백두대간의 환경보전, 관리범위 및 방안에 대한 합리적인 환경정책의사결정을 지원하고자 수행한 연구이다.

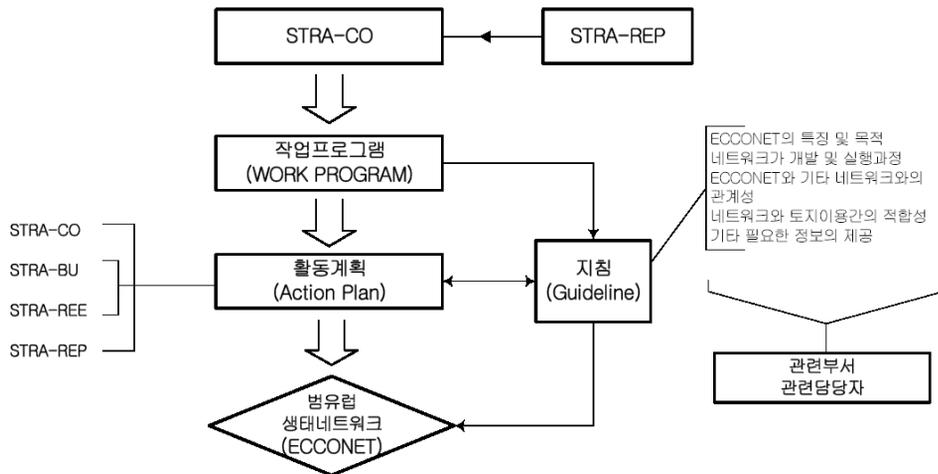
연구대상은 6개도와 12개 시, 20개 군에 걸쳐있는 백두대간의 남쪽부분인 향로봉에서 지리산까지 도상거리 약 680km의 구간이며 연구방법으로 위성영상(Landsat 7 ETM+, IRS-1D, IKONOS)과 수치지형도, 생태자연도, 토지피복지도 등 공간자료를 이용하여 훼손시설물의 유형을 분석하였다. 또한 현장조사를 통하여 대상지역 내 훼손시설물의 유형별로 분류하고 이를 코드화하였고, 이를 바탕으로 백두대간의 관리구역(핵심, 완충, 전이)별 관리범위를 설정하였으며, 훼손지 시설물별 주변 환경영향을 조사하여 복원지역과 복원방안을 제시하고 있다.

## 2. 국외 사례

### 1) EECONET: 범유럽생태네트워크(The Pan European Ecological Network)

유럽의 자연환경정책은 초기 단계에는 생태적으로 중요한 지역의 보호 보전의 차원이었다. 그러나 국가적·국가간 자연보전활동에도 불구하고 생물종의 수와 서식지의 수는 점점 감소되어 새로운 방향을 모색하기에 이르렀다. 이는 도서생물지리학 이론에 따라 비오톱의 면적, 비오톱 사이의 거리, 이동통로의 존재 유무, 주변의 토지이용 등이 생물종의 번성과 쇠퇴에 밀접한 관계가 있음이 제기되면서 자연환경정책은 생태적 네트워크라는 물리적 계획으로 통합되어 갔다. 급기야 유럽을 대표하는 3개 환경기구인 ECNC(the European Center for Nature Conservation), EUCC(the Coastal Union), 그리고 EUROSITE가 2010년까지 전 유럽의 생태네트워크를 실현하는 것을 목표로 EECONET(The European Ecological Network: EECONET) 연합을 결성하였다. EECONET은 유럽의 대표적 국가간 네트워크로서 생태계, 서식처, 종 그리고 중요한 경관을 보전하기 위하여 보전되고 관리될 필요성이 있는 자연서식처와 반자연서식처의 체계적인 네트워크를 구축하는 것을 의미한다.

여기에서 네트워크의 구성요소는 세 가지 기능을 제공하고 있는데, 첫째는 환경적으로 중요한 지역이 유지될 수 있도록 적정 양과 질을 제공하는 것이고, 둘째는 핵심지역 간의 적절한 연결성을 확보하는 것이며, 셋째는 잠재적으로 위험이 될 수 있는 외부 영향으로부터 핵심지역과 코리더를 보호하는 것이다.



- \* STRA-CO : 범유럽생물·경관다양성전략협의회(Council for the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy)
- \* STRA-BU : 범유럽생물·경관다양성전략사무국(Bureau for the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy)
- \* STRA-REE : 범유럽생태네트워크 전문가위원회(Committee of Experts for the Pan-European Ecological Network)
- \* STRA-REP : 범유럽생태네트워크 전문가사무국(Bureau of the Committee of Experts for the Pan-European Ecological Network)

〈 그림 1. EECONET의 추진체계도 〉

EECONET은 1995년 10월 25일 UN-ECE 지역의 54개국이 서명한 이후, 1999년 4월 21일 의회에 의해 공식 채택된 범유럽 생물·경관 다양성 전략(STRA-CO)을 근거로 하고 있으며, 목표연도는 2005년으로서 현재 네트워크 모델을 개발 중에 있다. 이를 위해 EECONET 구축을 위한 전문가 위원회(STRA-REP)가 구성되었으며, 여기서 과업의 프로그램을 수립하고 그에 따른 세부적인 실행방안들을 수립·실천하고 있다. 이러한 프로그램 중의 하나로서 네트워크의

구축 및 관리와 관련된 모든 주체들로 하여금 EECONET의 특징과 목적, 네트워크의 개발 및 실행과정, EECONET과 기타 네트워크와의 관계성, 네트워크와 토지이용간의 적합성, 기타 필요한 정보의 제공 등 운영에 있어 필요한 사항들을 이해할 수 있도록 하기 위해서 생태네트워크에 대한 일반지침을 제시하고 있으며 지침에서 제시된 틀은 실천계획을 통해서 구체화되고 있다.

## 2) 미시시피강 하천녹도네트워크(The Great Rivers Greenway District)

Missouri는 Illinois, Iowa, Minnesota 남부, South Dakota 남동부, Nebraska 동부, Kansas 북동부, Indiana, Ohio 서부와 더불어 Corn belt states로 유명하며, 이들 지역은 이름 그대로 옥수수 농업으로 유명하다. 여기에는 나름의 이유가 있다. 과거 빙하기 때에 이곳을 빙하가 덮고 있었고, 그 빙하가 녹으면서 드러난 평지위에 바람에 의해 옮겨진 미세 실트(silt)가 그 위를 덮으면서 Loess 토양층을 형성하였으며 여기에 있는 유기물과 점토들이 용탈되어 원지반과 Loess 토양층 사이에 집적되면서 점토반(clay pan)을 형성함으로써 옥수수와 같은 식물의 생육에 적합한 환경을 형성하였다.

생태적으로 보면 너무나도 평평한 지형으로 이루어져 산악지형이 없고, 따라서 평지는 농경지로 활용하였고 강우와 그에 따른 토양유실에 의해 형성된 하천을 중심으로 자연식생이 조성되어 지금은 지역내 토양유실 방지, 수질정화, 홍수조절, 야생동물 이동통로 등 매우 귀중한 역할을 담당하는 생태네트워크가 되었다. 그 대표적인 예로 미주리주 세인트루이스(Saint Louis) 지역은 북미의 Great rivers(미시시피강과 미주리강)에 의해 구획되고 형성되었다. 미시시피강은 Meramec river와 Cuivre river와 함께 고리(ring)형태로 구성된 GRGD(the Great River Greenway District)을 3등분하고 있으며, 이들 강들이 고리의 내부에 존재하는 하위 그린웨이, 공원, 기차길과 유기적으로 연결되면서 자연스럽게 미주리강과도 연결되어 매우 조직적인 녹도망(greenway network)이 완성되었다.

그 과정에서 하천의 수변공간을 주축으로 생태네트워크를 구성하였고, 고리를 완성하기 위하여 하천과 하천을 연결하는 구간에는 Western Greenway와 같이 공원과 녹지대를 조성하여 Blue-Green Network를 형성토록 하였다(그림 2). 이를 통하여 세인트루이스 내외곽에는 야생동물이 안전하게 서식하고 이동할 수 있는 여유있는 공간과 도시민이 쾌적하게 활용하면서

동식물과 공존할 수 있는 공간으로 탈바꿈하게 되었다.



< 그림 2. The river ring of the Great rivers greenway district >

## 제3장 위성영상을 활용한 산림경관구조 분석방법

### 1. 원격탐사 개요

#### 1) 원격탐사의 정의 및 원리

원격탐사(Remote Sensing)라는 말은 1950년대 후반에 US Office of Naval Research로부터 지원을 받은 연구에 의해 미국에 처음으로 소개가 되었다. 1962년 미시간에서 열린 “환경부문에에서의 원격탐사” 심포지엄에서 Parker에 의해 “자료수집기구에 의한 직접적인 접촉 없이 대상에 대한 자료를 수집하는 것”이라고 정의하고 있다. 1970년대 초반에는 프랑스, 스페인, 독일 등에서 유사용어들이 등장하기 시작했다. 1983년 American Society of Photogrammetry에서 발간한 Manual of Remote Sensing에서는 “광의의 개념에서 임의 대상 혹은 현상에 대한 정보를 그 대상에 대한 직접적인 접촉 없이 기록매체에 의해 획득하는 것”으로 원격탐사를 정의하고 있으며, 최근의 경향은 이러한 기본적인 정보의 획득만으로 범위를 한정하지 않고, 정보의 분석·최종결과물의 출력을 포함한 좀 더 넓은 범위로 확대되었다(F.F. Sabins, 1977).

#### 2) 원격탐사 장비의 종류 및 특성

현재 Landsat 위성을 비롯하여 미국, 프랑스, 일본, 유럽 등지에서 다양한 센서를 탑재한 위성을 운영 중인데, 표 2는 본 연구에서 활용하고 있는 Landsat 위성에 대한 내용이다.

〈 표 2. 원격탐사 위성영상자료의 종류 및 특성 〉

국가	인공위성	발사	감지기	파장영역	해상력	관측주기	촬영폭
미국	Landsat	1972	MSS	V, NIR	80m	16-18일	185km
			TM	V, NIR, MIR, TIR	30m	16일	185km
	NOAA	1970년대	AVHRR	V, NIR, TIR	1.1km	12시간	2400km
프랑스	SPOT	1986	HRV	V, NIR, Pan.	10-20m	26일	60km
일본	MOS	1987	VTIR	V, NIR, TIR	0.9-2.7km	multi-mode	100km 1500km
			MESSR		50m		
			MSR		23-32m		
	JERS	1992	OPS	V, NIR, MIR	18m*24m	44일	75km
		SAR	Mircrowave	18m	44일		
유럽	ERS	1991	SAR	Microwave	30m	30일	100km
인도	IRS-A	1988	LISS I		72.5m	22일	148km
			LISS II		36m	22일	148km
소련	ALMAZ	1991	SAR	Microwave	30m		
캐나다	RADARSAT	1995	SAR	Microwave	10m -	multi-mode	50km -

Landsat 위성은 1972년에 지구자원탐사위성(ERTS: Earth Resource Technology Satellite) 프로그램에서 최초로 ERTS-1이라는 이름으로 1호가 발사되었고, 가장 최근에 발사된 Landsat 7호는 ETM과 다른 감지기를 함께 탑재하였다. 이 위성에서는 열밴드(Thermal band)의 공간 해상도를 60m로 향상시켰으며, 해상도 15m의 전정색 밴드(Panchromatic Band)도 추가하였다. 현재까지 Landsat 위성에는 MSS와 TM 감지기가 탑재되었는데, Landsat 위성에 탑재된 감지기의 특징은 표 3과 같다.

〈 표 3. Landsat TM 감지기의 분광영역별 특성 및 용도 〉

BAND	파장대( $\mu\text{m}$ )	파장명	특성 및 응용분야
1	0.45~0.52	Blue	물의 투과에 의한 연안역 조사, 토양/식생의 판별, 산림의 유형조사, 인공물의 식별
2	0.52~0.60	Green	식생의 녹색반사 측정에 의한 식생판별 및 활력도 조사, 인공물의 식별
3	0.63~0.69	Red	엽록소 흡수량을 측정하여 식물종 구분, 인공물 식별
4	0.76~0.90	Near IR	식생유형, 활력도, 생체량의 측정, 수륙의 경계 식별, 토양수분 판별
5	1.55~1.75	Mid IR	식생과 토양의 함수량 지표, 눈과 구름의 식별
6	10.4~12.5	Far IR	식생 Stress 분석, 토양수분 판별, 온도분포 측정
7	2.08~2.35	Mid IR	광물 및 암석유형 판별, 식생의 함수량에 민감

## 2. 위성영상 처리

원격탐사자료의 처리는 일반적으로 자료의 전처리과정과 영상분류과정으로 분류되는데, 전처리과정은 다시 기하보정, 방사보정, 잡신호제거로 구분되며, 영상분류는 무감독분류(Unsupervised Classification)와 감독분류(Supervised Classification)로 나누어지며, 여기서는 본 연구에 활용된 기하보정과 무감독분류에 대하여 정리하였다.

### 1) 기하보정

기하학적 왜곡이란 영상에서의 좌표와 실제 좌표 사이의 오차를 말하며, 기하보정

(Geometric Correction)이란 위성의 고도, 비행자세, 속도 등의 변화에서 오는 오차와 지구의 곡면 오차, 기복변위 등에 의한 오차를 제거하여 지도로서의 기하학적 일체성을 갖도록 수정하는 것을 말한다.

왜곡 보정방법에는 시스템 보정(Systematic Correction)과 비시스템 보정(Non-systematic Correction)이 있다. 체계적 수정에서는 영상취득 단계에서 발생한 관측대의 고도변화 및 흔들림, 감지기의 광학적 특성, 지형의 기복, 지구의 자전, 지도투영법 등 모든 왜곡의 원인을 분석한 후 이를 역산하여 왜곡의 원인을 제거할 수 있는 수정식을 산출하여 왜곡을 체계적으로 제거하게되며, 비체계적 수정에서는 왜곡의 원인을 고려하지 않고 단지 왜곡의 정도만을 분석한 후 수집된 영상을 기준 지도로 보정하는 식을 구하여 왜곡을 수정하게 된다. 비체계적 수정 방법은 무작위 오차의 수정을 위하여 지상기준점(Ground Control Point: GCP)을 이용하고, 좌표변환식을 도출하여 이에 의해 영상을 변환시킨다. GCP의 선정에 있어서는 그 수와 분포가 중요한데, GCP는 변환공식에 따른 미지수보다 많게 선정하고 보정의 정확도는 표준편차오차(RMSE)가  $\pm 1$ 화소이내가 될 수 있도록 하여야 한다.

영상 자료값 재배열의 방법으로는 Nearest Neighbor, Bi-linear, Cubic Convolution 등이 주로 사용된다. Nearest Neighbor 내삽법은 계산방법이 간단하고, 원래 영상의 DN(Digital Number)값을 유지하는 장점이 있다. 그러나 각 격자는 최고 0.5 화소 이동되어 선형요소의 굴곡현상이 발생하는 단점이 있다. Bilinear 내삽법은 근접된  $2 \times 2$ 격자의 DN값을 거리가중평균법으로 출력행렬의 DN값을 계산하는 방법으로서 원래의 DN값 변화에 따른 영상분류오차의 가능성이 있다. Cubic Convolution 내삽법은 근접된  $4 \times 4$ 격자를 이용한 거리가중평균법으로 가장 선명한 출력영상을 얻을 수 있으나, 원래의 DN값 변화에 따른 영상분류오차의 가능성이 있고, 처리속도가 늦다는 단점이 있다(Kawata et al., 1988; 김미정, 2000).

## 2) 무감독 분류

영상분류의 방법으로는 처리하는 과정에 따라서 무감독분류법(Unsupervised Classification)과 감독분류법(Supervised Classification) 그리고 이들을 결합한 혼성분류법(Hybrid Classification)이 있다. 여기서 감독분류는 분류실행단계에 앞서 훈련지역(Training Site)을 선정하는데 반해, 무감독분류는 영상 내의 분광특성에 따라 군집분석(Cluster

Analysis)을 하고 난 후 지형도, 현지조사자료 등 참고자료를 이용하여 군집들의 실체를 결정한다는 점이다(Lillesand et al., 1994).

본 연구에서 활용한 무감독 분류방법은 훈련지역의 반사특성을 입력하지 않고, 단지 분류하고자 하는 군집의 수만을 정하여 영상을 분류하는 방법이다. 또한 무감독분류는 분류작업 초기에 군집의 수, 군집간의 최소거리, 군집초기 임계치 등을 지정하고, 이 초기 변수들에만 의존하여 분광특성 분포에 의한 군집화 분류를 실행한다. 이때 군집은 분류항목의 내용과는 상관없이 분광특성만으로 나타내므로 프로그램 실행 후, 항목의 정의를 내려준다(김미정, 2000). 무감독분류는 정보종류가 다중 스펙트럼 데이터에서 쉽게 판별이 가능한 경우에 신뢰성이 있는 결과를 생성한다. 무감독분류는 군집화하는 데 많은 시간이 소요되지만 감독분류처럼 인위적으로 분류할 유형을 정하는 과정에서 잘못 정의된 정보를 유형으로 받아들이게 되는 오차는 미연에 방지할 수 있어 그 나름의 장점을 가지고 있다.

### 3) 영상분류 정확도 검증

영상분류의 정확성검증을 위해 Congalton(1991)이 고안한 전략적 임의추출법(Stratified Random Sampling Scheme)을 활용하였다. Congalton은 통계적 유의성과 실제 참조자료와의 조화를 강조한 모델로서, 도출된 결과를 인정받기 위해서는 각 토지피복 단위당 최소 50지점 이상의 참조점이 있어야 한다고 제시하고 있다. Van Genderen and Lock (1977)에 의하면, 상기 방법은 95%의 신뢰수준을 의미한다고 보고 있다.

분류된 영상과 실제 토지피복과의 관계는 분류오차표(Confusion Matrix)로 설명이 가능하다. 분류오차표에는 영상분류된 이미지에서 정확하게 분류된 클래스의 수( $A_{cc}$ )와 특정 클래스  $c$ 로 분류된 화소수( $A_{+c}$ ), 참조자료에서 특정 클래스  $c$ 로 확인된 화소수( $A_{+}$ )의 관계를 식 1과 식 2와 같이 Commission Error( $\phi_c$ )와 Omission Error( $\psi_c$ )로 설명할 수 있다(Gallego, 2004).

$$\text{Commission error } \phi_c = 1 - A_{cc}/A_{+c} \quad (\text{식 1})$$

$$\text{Omission error } \psi_c = 1 - A_{cc}/A_{+} \quad (\text{식 2})$$

### 3. 경관구조 분석방법

#### 1) 경관의 기본적 구조

경관의 구조는 생물이나 특정의 물질 등 공간을 특징짓는 대상물의 분포패턴 및 그 배경이 되는 구조적 요인을 말하며, 이질적인 공간요소들이 이루는 유형을 말한다. 경관을 이루는 기본단위는 경관요소이며, 크게 매트릭스(matrix), 패치(patch), 코리더(corridor)로 구분할 수 있다(이도원, 2001).

##### (1) 매트릭스

매트릭스란 바탕 또는 기질로 번역되며, 단위경관 중 가장 많은 면적을 차지하는 부분 즉, 50% 이상을 차지하는 부분이다. 매트릭스는 경관구조에서 패치와 코리더를 둘러싸고 있는 배경이 되는 경관요소로서 경관요소 중 에너지와 물질흐름, 생물종 등 경관의 역동성을 좌우하는 가장 큰 영향력과 통제력을 가진다. 예를 들면, 도시에서는 시가지가 매트릭스가 될 것이며, 농촌에서는 농경지 혹은 산림이 매트릭스가 될 수 있다.

매트릭스가 농경지에서 도시지역으로 변경되게 되면 농경지가 도시로 바뀌면서 많은 기능적 변화를 초래하고, 생물이 서식할 수 있는 공간이 감소하여 도시열섬화 현상을 가중시키며, 지표면의 거칠기가 변하게 되어 바람의 흐름과 에너지의 순환 등 각종 환경의 변화를 초래하게 된다. 또한 이러한 매트릭스가 도로와 같은 인공구조물에 의해 단절된다면 내부종이 서식할 수 있는 내부공간이 급격하게 감소하고 가장자리 서식지가 증가하므로 일반종이 증가하는 반면 내부종은 절멸하게 된다.

##### (2) 패치

패치는 종이 서식하는 조각의 격리도, 주변의 영향, 영향을 강도에 따라 다른 의미를 갖는다. 식생패치는 일반적으로 잔여(잔류), 도입, 간섭(교란), 환경자원 패치의 4가지의 기원 또는 원인으로 구분할 수 있다. 잔여패치는 농경지 내의 산림 혹은 도심의 산림과 같이 이전의 광범

위한 경관이 다른 경관으로 변경·축소되면서 섬과 같이 작은 조각으로 남겨진 것을 말한다. 도입패치는 농경지가 휴경하여 새로운 종이 도입되거나 산림 내에 있는 소규모의 초지와 같이 기존의 조각에 새로운 종 혹은 토지이용이 도입된 예를 말한다. 간섭패치는 산림 내에서 산불이 난 지역이나 재해에 의해 피해를 보거나 파괴된 지역과 같이 조각의 원래 특성이 상실되어 다른 조각의 특성을 가지게 된 경우를 의미한다. 환경자원패치는 주변패치와 다른 환경패치를 의미하며, 산림 가운데 솟아있는 암석과 같이 주변 환경과 구별되는 경관패치를 일컫는다.

### (3) 코리더

코리더는 야생동물의 이동이나 물질의 흐름을 원활하게 하여 생태적인 다양성과 연결성을 증진시켜주는 선형 경관요소를 말한다. 코리더의 종류에는 선형 코리더(linear corridor)와 매트릭스 코리더(matrix corridor)<sup>6)</sup>가 있다. 그런데 선형 코리더는 폭이 좁은 산울타리, 실개울, 하천과 같은 선형의 형태를 가진 통로를 말하며, 매트릭스 코리더는 중앙부분에 내부종이 있을 정도로 선형 통로보다 충분히 넓은 코리더로서 강과 개발제한구역, 백두대간, DMZ와 같은 거대한 벨트형 코리더를 의미한다.

코리더의 생태적 기능은 다음과 같이 5가지로 분류할 수 있다.

첫째, 코리더는 생물의 서식처로서의 기능을 담당한다. 코리더가 대부분 선적인 형태를 보이고 있기 때문에 내부공간보다 주연부가 더 넓게 분포한다. 때문에 생물다양성 보호에 기여한다. 식생코리더는 주요한 하천서식처, 희귀 및 멸종위기종, 국지적 멸종에 따른 재이입을 이동통로 등을 제공한다.

둘째, 코리더는 뜻 그대로 이동통로의 기능을 담당한다. 코리더로는 동물이 이동하고 에너지, 바람, 씨앗이 이동하며 개체군간의 유전자의 이동을 돕는다. 결과적으로 개체군의 근친교배에 의한 유전적 침체를 막아서 종다양성을 유지하는데 기여한다.

셋째, 코리더는 외부로부터 들어오는 물질에 대한 일련의 여과기능을 담당한다. 통로의 가장자리 식생에는 소매군락이 존재하여 외부로부터는 햇빛, 바람, 열 등의 에너지를 적절히 조절하여 식생내부의 서식환경을 제어하거나 먼지와 쓰레기 등의 유입도 차단하기도 한다. 반대

---

6) 대상 통로(strip corridor)라고도 함.

로 내부의 낙엽이나 표토가 돌풍이나 폭우에 의해서 외부로 유출되는 것을 이곳에서 차단해 주기도 한다.

넷째, 코리더는 야생동물의 행동권을 갈라놓는 자연적인 장벽이 될 수 있고, 개체군을 분리하는 역할을 할 수 있고, 분류학적으로 다른 식물 종이 사는 경계 역할을 한다. 자연적인 코리더가 장벽역할을 하기도 하지만, 도로, 운하, 파이프라인, 철도, 송전선 등 인위적인 통로도 장벽 역할을 한다. 인위적인 코리더에 의한 장벽은 야생동물의 이동을 막고, 개체군의 크기를 감소시키고, 개체군간의 유전적 교환을 막아 국지적인 멸종을 유발하는 주요한 원인이다. 이러한 인위적 장벽에 의한 연결성을 증대하여 야생동물의 이동을 증대할 필요가 있다.

다섯째, 코리더는 주변의 패치나 매트릭스에 생물적·무생물적 영향을 공급하거나 수용하는 공급원(source)과 수용처(sink)로서의 역할을 담당한다. 코리더를 통하여 이동을 하던 야생동물들이 인접한 패치나 매트릭스로 빠져나갈 수 있고, 코리더에 존재하는 종자들이 조류나 설치류 등에 의해 외부로 이송되어 종의 확산이 이루어 질 수 있다. 반대로 주변의 매트릭스에서 눈과 토양, 씨앗이 날아와서 코리더의 소목에 부딪혀 땅에 떨어져 새로운 종이 생육하기도 한다.

## 2) Diamond의 보호구 설계이론

### (1) 도서생물지리설

경관의 구조 연구에 최근 가장 많이 이용되는 것은 도서생물지리적 사고이다. 도서생물지리설은 도서에서는 육지에 비해 생물의 종류가 적은 것에 주목하여 섬에 몇 종류의 생물이 서식할 수 있는지를 파악하는 것으로부터 시작되었다. 도서의 면적이 좁아서 서식가능한 개체구가 제한되어 있고 멸종하기 쉽지만, 육지로부터 개체의 이주가 빈번하면 멸종으로부터 벗어날 수 있다는 사고이다. 이 후, 서식지를 섬으로, 주변의 비서식지를 해양으로 간주하여 이주 멸종의 이론을 육상의 생물군집에도 적용하였다. 서식지가 되는 패치의 면적, 독립성 및 연결성에 기초한 경관의 구조를 분석한 사례는 많으나 이러한 연구의 대부분은 이주, 멸종의 이론에 영향을 받고 있다(이동근 외, 2004).

## (2) 도서생물지리설을 이용한 보호구 설계이론

### 가) 비오톱의 크기

비오톱은 가능하면 넓은 것이 좋다. 매, 올빼미, 여우 등의 고차 소비자가 생활할 수 있는 면적이 하나의 척도가 될 수 있으며, 생물다양성이 풍부하고 안정성이 증가할 때 종의 절멸률이 낮아진다.

### 나) 비오톱의 개수

같은 면적이면 분할된 상태보다 하나의 비오톱이 서식환경으로 더 유리하다. 하나로 이루어진 넓은 지역에서만 높은 생존율을 유지할 수 있는 많은 좋은 서식공간이 몇 개의 소면적으로 분할되면 생존율이 낮아진다.

### 다) 비오톱간의 평균거리

분할된 비오톱은 분산시키지 않는 것이 좋다. 비오톱이 서로 인접하면 하나의 비오톱에서 종이 절멸하더라도 가까운 비오톱으로부터의 종 공급이 용이해지기 때문에 비오톱 간에 거리가 먼 것 보다 가까이 분포해 있는 구조가 더 유리하다.

### 라) 비오톱의 집적정도

비오톱이 세 개 이상 집합될 경우, 비오톱들이 선상으로 집합되어 있는 것보다 등간격으로 집합되어 있는 것이 서식에 더 유리하다. 등간격으로 배치하면 비오톱 사이의 종의 교류가 촉진되므로 종의 다양화를 꾀할 수 있으나, 선상으로 배치될 경우에는 비록 가운데 비오톱이 징검다리(steping stone) 역할을 담당할 수 있다 하더라도 양단에 위치하는 생물간에 이동거리가 멀기 때문에 종의 교류에 장애물로 작용할 수 있다.

#### 마) 비오톱간 연결성

불연속적인 비오톱은 생태통로를 이용하여 연결시키는 것이 종의 유전적 다양성과 종의 환경적응성 측면에서 더 유리하다. 이때 떨어져 있는 비오톱간에는 통로를 설치하여 생물의 이동이 훨씬 용이하게 할 수 있다.

#### 바) 비오톱의 형태

비오톱의 형태는 선형보다 원형인 것이 더 낫다. 비오톱이 원형일 경우, 비오톱 내의 분산거리가 짧아지고 핵심지역의 면적이 커질 뿐만 아니라 외주의 길이도 짧아 외부로부터의 환경압력이 상대적으로 낮게되며, 주변부의 면적도 상대적으로 줄어들어 내부종의 서식환경으로 선형에 비해 유리하게 된다.

### 3) 경관지수를 활용한 산림경관구조 분석

경관의 구조적 패턴이라 함은 서로 연결되지 않고 독립적으로 분포하고 있는 패치(patch)의 크기, 모양, 가장자리의 양, 공간배치 형태, 인접 패치들과의 거리 등을 의미하는데(Forman, 1997), 삼림지역 자르기, 길 만들기과 같은 인간활동은 지형적 이질성과 자연적인 교란을 유발함으로 경관의 구조를 변형시킨다. 인간의 간섭과 도시화 등 개발압력의 증가에 의한 파편화 현상과 환경의 변화에 따른 경관 구성요소간의 변화를 정량적으로 파악하기 위한 지표로서 활용되는 경관지수는 1950년대 후반부터 기하학적 이론을 기초로 제기된 이후 최근에는 지리 정보시스템 및 원격탐사를 이용하여 광역적 차원에서의 적용이 가능해졌다(Herzog *et al.*, 2001). 특히 경관분석용 소프트웨어(FRAGSTATS)의 개발로 복잡한 계산식으로 구성된 경관지수를 자동적으로 계산할 수 있다(McGarigal and Marks, 2002).

본 연구에서는 충청남도 산림의 패치수, 패치크기, 패치간의 거리, 패치 내 가장자리의 면적 등 산림을 통하여 생태네트워크를 구현하기 위한 산림의 패치간의 공간적이고 구조적인 역동성을 파악하고자 표 4와 같은 경관지수를 활용하였다. 분석에 적용된 경관지수는 패치의 수(NP), 클래스 면적(CA), 경관 비율(PLAND), 최대 패치 지수(LPI), 패치밀도(PD), 총

가장자리 길이(TE), 가장자리 밀도(ED), 경관형태지수(LSI), 그리고 산재도 및 접촉도(IJI) 등이다.

〈 표 4. 산림경관분석을 위한 경관지수 〉

Index	Description	Unit
NP	Number of Patches	-
AI	Aggregation Index	%
CA	Class area	ha
CONNECT	Connectance Index	
PLAND	Percentage of Landscape	%
LPI	Largest Patch Index	%
PD	Patch Density	No./100ha
SPLIT	Splitting Index	-
TE	Total Edge	m
ED	Edge Density	m/ha
LSI	Landscape Shape Index	-
nLSI	normalized Landscape Shape Index	-
IJI	Interspersion and Juxtaposition Index	%

## 제4장 충청남도 산림의 구조 및 변화분석

### 1. 영상처리 및 분류

#### 1) 기하보정

이 연구 수행을 위해 과거 10년간의 토지피복의 변화를 구하고자 2004년과 1994년에 촬영된 Landsat 영상을 사용하였다. 충청남도 전역을 분석하기 위한 Landsat 영상은 3개의 path/row (116/34, 116/35, 115/35)에 해당된다.

각 영상의 기하보정은 1:25,000 수치지형도 상의 인공구조물의 좌표를 참조하여 20개 이상의 GCP를 정하였고 위성영상의 RMS 오차를 1화소(30m) 이내로 들어오도록 하였으며, 변환은 polynomial 보간법을 이용하였다(표 5).

〈 표 5. 활용된 Landsat (E)TM 영상 〉

활용시기	116/34(RMSE)	116/35(RMSE)	115/35(RMSE)
1994년 영상	1994-07-26(0.94)	1997-06-16(0.92)	1994-06-01(1.07)
2004년 영상	2004-06-03(0.65)	2004-06-03(0.94)	2004-08-31(0.55)

1994년을 기준으로 촬영되지 않은 영상은 1997년 영상으로 보완하였음

## 2) 영상분류

### (1) 무감독 분류법을 이용한 토지피복분류

영상분류는 무감독분류를 먼저 시행하고 그 결과 얻어진 영상의 클래스를 원영상의 칼라이미지를 참조하여 재분류하는 방식으로 수행하였다. 각 영상은 150개의 클래스로 분류되도록 하였고, 이를 위해 수렴 임계치(convergence threshold)가 0.995 이상이 될 때까지 약 150회의 반복(iteration) 과정을 거쳤다<sup>7)</sup>. 7개의 밴드로 구성된 기하보정된 영상은 무감독 분류과정을 거쳐 150개의 클래스를 가지는 단일밴드 이미지로 만들어 졌고, 이를 원영상의 칼라조합이미지와 1:25,000 지형도를 참조하여 7개의 토지피복(산림, 논, 초지, 나지, 도시, 모래, 물) 클래스로 재분류되었다.

### (2) 정확도 검증

Landsat (E)TM 영상을 분류한 자료를 1:25,000지형도와 항공사진<sup>8)</sup>을 참조하여 정확도 검증을 수행하였다. 영상의 정확도 검증은 Congalton(1991)의 전략적 임의추출법을 활용하였으나, 각 토지피복 클래스별로 면적의 차이가 크기 때문에 각 유형별로 임의추출하여 50개 이상의 참조점을 찾기가 쉽지 않았다. 따라서 7개 클래스에 대한 적정 참조점 개소수인 350개를 상회하는 지점을 임의로 추출하여 분류된 영상과 참조자료를 비교함으로써 1994년과 2004년 분류 영상의 정확도 검증을 실시하였다. 그 결과, 1994년 영상의 정확도는 84.11%였으며, 2004년 영상의 정확도는 93.38%였다. 1994년도 영상의 경우는 참조할 항공사진이 없었기 때문에 1997년 제작한 지형도를 참조하였다(표 6; 표 7).

---

7) 수렴 임계치 0.995란, 150개의 클래스를 무감독분류하면서 전단계의 분류결과와 현단계의 분류결과가 99.5% 이상 일치하는 것을 의미함.

8) 국토지리정보원 제공

〈 표 6. 영상분류 정확도 검증(1994년) 〉

Error matrix		producers' accuracy								Error of commission
		forest	paddy	grass	barren	urban	water	sand	total	
Users' accuracy	forest	190	15	0	0	3	1	0	209	0.09
	paddy	0	55	3	0	0	0	1	59	0.07
	grass	5	5	10	0	0	0	0	20	0.50
	urban	10	0	0	6	3	0	0	19	0.68
	barren	10	0	0	2	30	1	0	43	0.30
	water	0	0	0	0	0	3	2	5	0.40
	sand	0	0	0	0	0	0	29	29	0.00
	classified total	215	75	13	8	36	5	32	384	
Error of omission		0.12	0.27	0.23	0.25	0.17	0.40	0.09		84.11%

KHAT: 0.8282

〈 표 7. 영상분류 정확도 검증(2004년) 〉

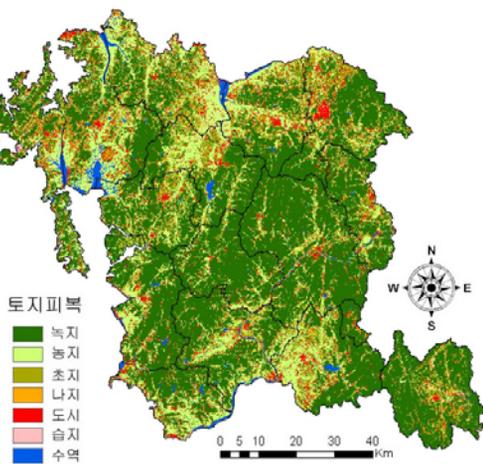
Error matrix		producers' accuracy								Error of commission
		forest	paddy	grass	barren	urban	sand	water	total	
Users' accuracy	forest	255	1	1	0	0	0	0	257	0.01
	paddy	4	44	2	1	1	0	1	53	0.17
	grass	3	4	27	1	1	0	0	36	0.25
	barren	0	0	0	4	1	1	0	6	0.33
	urban	1	0	0	0	40	1	0	42	0.05
	sand	0	0	0	0	1	3	0	4	0.25
	water	0	2	0	0	0	0	8	10	0.20
	classified total	263	51	30	6	44	5	9	408	
Error of omission		0.03	0.14	0.10	0.33	0.09	0.40	0.11		93.38%

KHAT: 0.9310

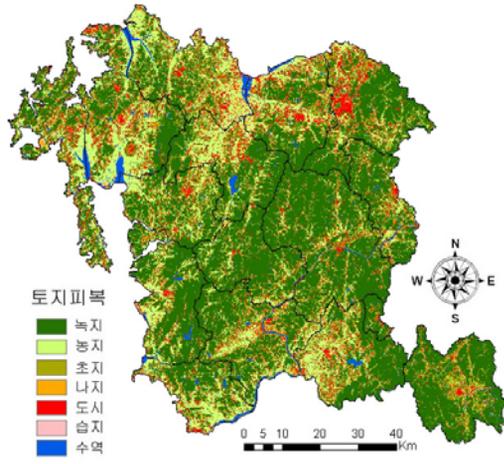
## 2. 충청남도 토지피복분류 결과

### 1) 충청남도 토지피복 변화

1994년과 2004년에 각각 촬영한 Landsat 위성영상을 활용하여 충청남도 전역의 토지피복을 분류한 결과, 각 토지피복별로 상당히 많은 면적들이 다른 토지피복으로 변경된 것으로 나타났다(그림3; 그림4).



〈 그림 3. 토지피복분류도(1994년) 〉



〈 그림 4. 토지피복분류도(2004년) 〉

1994년 충청남도의 산림은 4,782.9km<sup>2</sup>였고, 농지(논)가 1,709.4km<sup>2</sup>, 초지(밭+초지)가 1,100.6km<sup>2</sup>, 나지가 200.5km<sup>2</sup>, 도시지역이 528.0km<sup>2</sup>, 습지가 42.6km<sup>2</sup>, 그리고 수역이 208.4km<sup>2</sup>로 조사되었다. 10년 후인 2004년에는 산림이 4,472.6km<sup>2</sup>, 농지(논)가 1,616.3km<sup>2</sup>, 초지(밭+초지)가 1,366.4km<sup>2</sup>, 나지가 214.9km<sup>2</sup>, 도시지역이 683.5km<sup>2</sup>, 습지가 21.3km<sup>2</sup>, 수역이 192.3km<sup>2</sup>로 조사되었다. 두 시기에서 토지 피복별 면적변화를 살펴보면, 도시지역<sup>9)</sup>은 683.5km<sup>2</sup>로 1994년의 528.0km<sup>2</sup>보다 155.5km<sup>2</sup> 증가한 것으로 나타났으나, 농경지(논 위주)는 1,709.4km<sup>2</sup>(‘94)에서 1,616.3km<sup>2</sup>(‘04)로 93.1km<sup>2</sup> 감소하였고, 산

9) ‘도시지역’이라 함은 건폐지와 도로, 콘크리트 등 인공물에 의해 피복된 지역을 말한다.

림은 4,782.9km<sup>2</sup>에서 4,472.6km<sup>2</sup>로 310.3km<sup>2</sup> 감소한 것으로 나타났다. 저지대에 분포하는 농경지는 주거지역으로 활용하기에 매우 유리하기 때문에 많은 지역이 도시지역으로 전용될 수 있고, 산림의 경우는 도로·철도의 개설 및 각종 개발사업과 과거 1970년대 시작한 치산녹화사업 당시 심겨진 수종들이 최근 들어 벌기령(伐期齡)에 도달하므로 임목벌채신고에 의해 벌채되거나 밤나무 등 유실수 재배를 위한 산림전용 등 여러 형태의 형질변경에 따라 산림이 훼손된 것으로 보인다. 한편, 밭을 포함한 초지는 1,100.6km<sup>2</sup>(‘94)에서 1,366.4km<sup>2</sup>(‘04)로 265.8km<sup>2</sup> 증가한 것으로 확인되었다(표 8).

〈 표 8. 충청남도 토지피복 현황(1994년)(단위: km<sup>2</sup>) 〉

토지피복 연도	산림	농지(논)	초지 (밭+초지)	나지	도시	습지	수역	계
1994년	4,782.9	1,709.4	1,100.6	200.5	528.0	42.6	208.4	8,572.4
2004년	4,472.6	1,616.3	1,366.4	214.9	683.5	21.3	192.3	8,567.3
면적변화	-310.3	-93.1	265.8	14.4	155.5	-21.3	-16.1	-5.1

## 2) 시군별 산림면적 변화

토지피복 분류자료를 근거로 하여 1994년도 각 시군별 산림면적을 살펴보면, 공주시가 728.7km<sup>2</sup>로 면적이 가장 컸고, 그 다음으로 금산군(421.6km<sup>2</sup>), 천안시(366.1km<sup>2</sup>), 보령시(360.9km<sup>2</sup>), 청양군(360.7km<sup>2</sup>) 순인 것으로 나타났다. 반면, 계룡시가 49.1km<sup>2</sup>로 가장 작은 산림면적을 보유하고, 그 다음으로 서천군(179.7km<sup>2</sup>), 당진군(216.0km<sup>2</sup>), 태안군(224.3km<sup>2</sup>) 순으로 작은 것으로 나타났다. 시군 전체면적 대비 산림이 차지하는 면적비율로 비교를 해 보면, 계룡시의 산림면적비가 81.4%로 가장 높았고, 그 다음이 공주시(77.4%), 청양군(75.2%), 금산군(72.95) 순으로 높았다. 반면, 당진군(33.2%), 서산시(39.8%), 아산시(42.0%) 순으로 산림면적비가 낮은 것으로 나타났다(표 9).

〈 표 9. 시군별 토지피복 현황(1994년)(단위: km<sup>2</sup>) 〉

토지피복 시·군	산림(%)	농지(논)	초지 (밭+초지)	나지	도시	습지	수역	계
천안	366.1(57.7)	90.6	94.3	28.4	50.1	2.9	1.6	634.0
공주	728.7(77.4)	84.3	81.1	7.0	33.5	0.4	6.9	941.9
보령	360.9(64.9)	97.8	46.5	4.0	31.3	1.9	14.1	556.5
아산	228.6(42.0)	141.7	82.6	28.4	43.4	3.2	16.6	544.5
서산	290.6(39.8)	204.3	93.4	27.3	61.4	7.3	46.7	731.0
논산	257.0(46.5)	153.4	85.1	9.1	39.7	0.6	7.6	552.5
계룡	49.1(81.4)	1.3	4.7	2.1	3.0	0.0	0.2	60.4
금산	421.6(72.9)	28.8	81.2	16.0	20.4	6.3	3.7	578.0
연기	230.1(63.5)	50.4	51.0	7.0	19.8	0.6	3.6	362.5
부여	358.6(57.3)	127.8	83.1	6.7	34.1	0.5	15.0	625.8
서천	179.7(48.5)	99.5	39.7	3.9	28.7	2.1	17.0	370.6
청양	360.7(75.2)	57.8	39.0	1.7	17.6	0.2	2.7	479.7
홍성	228.2(51.1)	100.4	75.0	7.2	24.7	0.6	10.5	446.6
예산	282.7(52.2)	128.6	83.1	9.7	27.5	0.5	9.7	541.8
태안	224.3(45.1)	106.8	66.1	17.0	42.8	8.6	31.1	496.7
당진	216.0(33.2)	235.9	94.7	25.0	50.0	6.9	21.4	649.9
계	4,782.9	1,709.4	1,100.6	200.5	528.0	42.6	208.4	8,572.4

2004년도 각 시군별 토지피복 분류자료를 비교해보면, 산림은 공주(690.5km<sup>2</sup>)와 금산(412.6km<sup>2</sup>)에, 농지는 당진(225.3km<sup>2</sup>)과 서산(220.5km<sup>2</sup>)에, 초지는 공주(123.8km<sup>2</sup>)와 천안(119.7km<sup>2</sup>)에, 도시는 천안(78.8km<sup>2</sup>), 서산(75.6km<sup>2</sup>), 당진(71.7km<sup>2</sup>)에 많이 분포하였다. 공주시는 690.5km<sup>2</sup>로 여전히 큰 면적을 보유하고 있었고 그 다음으로 금산군(412.6km<sup>2</sup>), 천안시(344.9km<sup>2</sup>), 보령시(334.6km<sup>2</sup>), 청양군(332.4km<sup>2</sup>) 순으로 1994년의 산림면적 크기순과 동일하였으나, 공주시의 경우 38.1km<sup>2</sup>의 산림면적이 감소하였고 금산군과 천안시, 보령시, 청양군도 각각 9.0, 21.2, 26.3, 28.3km<sup>2</sup> 감소한 것으로 나타났다. 산림 보유면적이 가장 작았던 계룡시도 47.5km<sup>2</sup>로 1.5km<sup>2</sup>(계룡시 면적의 2.6%) 감소하였고, 서천군, 당진군, 태안군 또한 151.1km<sup>2</sup>(감소: 28.6km<sup>2</sup>(-7.7%)), 194.4km<sup>2</sup>(감소: 21.7km<sup>2</sup>(-3.3%)), 189.3km<sup>2</sup>(감소: 35.0km<sup>2</sup>(-7.1%))로 감소하는 것으로 나타났다(표 10).

〈 표 10. 시군별 토지피복 현황(2004년)(단위: km<sup>2</sup>) 〉

토지피복 시·군	산림	농지(논)	초지 (밭+초지)	나지	도시	습지	수역	계
천안	344.9(54.5)	78.4	119.7	9.5	78.8	0.0	2.1	633.4
공주	690.5(73.3)	64.1	123.8	14.7	39.8	0.0	8.7	941.6
보령	334.6(60.1)	101.5	64.8	10.1	30.8	2.6	12.0	556.4
아산	220.9(40.6)	129.1	92.1	14.3	69.7	1.4	17.0	544.5
서산	259.1(35.5)	220.5	112.1	24.0	75.6	3.4	35.8	730.5
논산	262.1(47.4)	125.4	88.7	18.1	48.4	0.1	9.6	552.4
계룡	47.5(78.9)	1.2	6.8	1.5	2.9	0.0	0.3	60.2
금산	412.6(71.5)	21.8	106.4	5.0	25.0	0.0	6.1	576.9
연기	226.0(62.3)	39.5	58.1	10.6	23.1	0.0	5.1	362.4
부여	325.3(52.0)	109.5	110.0	19.1	45.9	0.1	16.0	625.9
서천	151.1(40.8)	110.1	55.7	8.4	27.7	2.8	14.7	370.5
청양	332.4(69.3)	51.5	68.0	4.3	19.8	0.0	3.8	479.8
홍성	211.8(47.4)	99.5	80.7	15.3	32.1	0.4	6.8	446.6
예산	270.1(49.9)	123.3	79.5	17.3	40.3	0.5	10.9	541.9
태안	189.3(38.3)	115.6	86.2	22.6	51.9	7.0	22.0	494.6
당진	194.4(29.9)	225.3	113.8	20.1	71.7	3.0	21.4	649.7
계	4,472.6	1,616.3	1,366.4	214.9	683.5	21.3	192.3	8,567.3

이상과 같이 지난 10년 동안 충청남도 대부분의 시군에서 산림면적이 점진적으로 감소하였는데, 최소 -1.1%(연기군)에서 최대 -7.7%(서천군)까지 감소한 것으로 분석하였다.

### 3. 충청남도 산림의 구조 및 변화 분석

#### 1) 충청남도 산림경관구조

충남지역 산림의 경관구조와 그 변화를 확인하고자 McGarigal이 고안한 Fragstats 3.3<sup>10)</sup>을 활용하여 충남지역 산림의 경관지수를 구하였다. 충청남도과 각 시군의 산림 경관구조를 평가한 결과는 다음과 같았다.

충청남도 산림의 패치수는 57,511('94)개에서 52,089('04)개로 5,422개가 감소한 것으로 조사되었다. 산림의 패치수가 감소하였다는 것은 작은 산림패치가 훼손되거나 타용으로 전용되면서 패치가 소멸되거나 다른 패치로 변경되었다고 생각할 수 있다. 산림의 최대패치지수도 23.8('94)에서 21.2('04)로 감소하였다. 최대패치지수가 감소하였다는 것은 큰 산림패치가 파편화되므로 내부의 핵심지역 면적이 감소하였다고 해석할 수 있다. 때문에 핵심지역에 서식할 수 있는 내부의 핵심종에게는 위협요인으로 작용할 수 있다. 산림 가장자리의 밀도(Edge Density: ED)는 67.9('94)에서 70.8('04)로 증가하였다. 이는 산림패치 중 가장자리의 길이가 증가하였다는 의미로서 산림이 도로나 철도, 각종 개발로 인해 단절되면서 그 가장자리의 길이가 증가하였거나 형태가 불규칙하여 가장자리의 길이가 늘어났다는 것을 의미한다. 산림의 경관형태지수는 211.9('94)에서 228.2('04)로 증가하였는데, 경관형태지수가 증가하였다는 것은 산림의 형상이 불규칙하게 변했다는 의미이다. 이 지수의 상승은 충청남도의 산림의 형태가 불규칙하여 가장자리의 면적이 증가하고 역으로는 내부종에게 불리한 조건으로 변하고 있음을 의미한다. 산림의 산재병렬지수(Interspersion and Juxtaposition Index: IJI)는 56.9('94)에서 48.7('04)로 급격히 감소하였다. 산림의 산재병렬지수가 감소하였다는 것은 산림주변의 토지이용이 단순화되었다는 것을 의미한다(표 11; 표 12).

---

10) <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

〈 표 11. 충청남도 토지피복별 경관지수(1994년) 〉

토지 피복	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI	nLSI
산림	478270.17	55.79	57511	6.71	23.75	58240548	67.94	211.91	56.89	0.12
농지	170919.90	19.94	75549	8.81	1.85	52762512	61.55	319.73	69.74	0.23
초지	110058.12	12.84	138560	16.16	0.15	75617004	88.21	570.23	68.69	0.52
나지	20056.68	2.34	48399	5.65	0.02	14220372	16.59	251.30	56.90	0.53
도시	52804.08	6.16	138307	16.13	0.13	41286132	48.16	450.20	69.45	0.59
수역	20835.45	2.43	8962	1.05	0.21	4406352	5.14	81.41	53.77	0.17

〈 표 12. 충청남도 토지피복별 경관지수(2004년) 〉

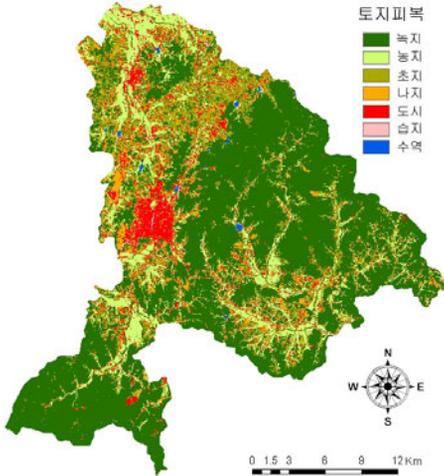
토지 피복	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI	nLSI
산림	447381.72	52.19	52089	6.08	21.22	60678216	70.78	228.16	48.69	0.11
농지	161693.46	18.86	61917	7.22	1.34	47179440	55.04	294.18	78.91	0.22
초지	136677.24	15.94	134875	15.73	0.54	90930888	106.07	615.48	68.64	0.50
나지	21537.00	2.51	71195	8.31	0.02	17750400	20.71	303.81	73.22	0.62
도시	68384.97	7.98	127531	14.88	0.30	49253796	57.46	471.81	70.87	0.54
수역	19358.19	2.26	8948	1.04	0.19	3869916	4.51	72.51	81.70	0.15

## 2) 시군별 산림경관구조

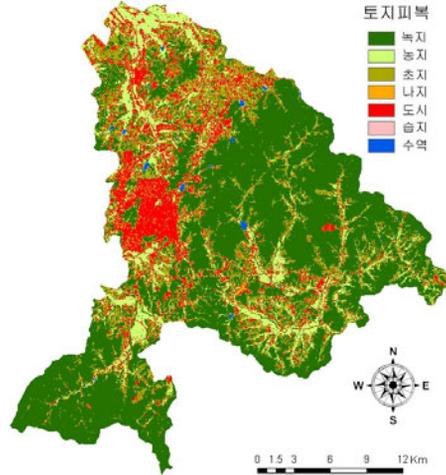
### (1) 천안시

천안시 산림 패치의 수는 4,344('94)에서 4,571('04)로 증가하였고, 산림 최대패치지수는 30.0('94)에서 28.4('04)로 조금 감소하였다. 산림 가장자리 밀도는 71.9('94)에서 72.2('04)로 거의 변동이 없었고, 산림 경관형태지수 또한 61.2('94)에서 63.2('04)로 소규모 증가한 것으로 나타났다. 1994년과 2004년 사이에 산림면적이 21.2km<sup>2</sup> 줄었고 이에 반해 도시가 28.7km<sup>2</sup>로 증가한 것을 볼 때, 산림의 단절과 훼손에 의해 산림면적이 감소하였고 산림패치의 수는 증가하였으

며, 가장자리의 면적이 증가하면서 산림패치 내부의 핵심지역 면적도 크게 감소하였다고 할 수 있다.



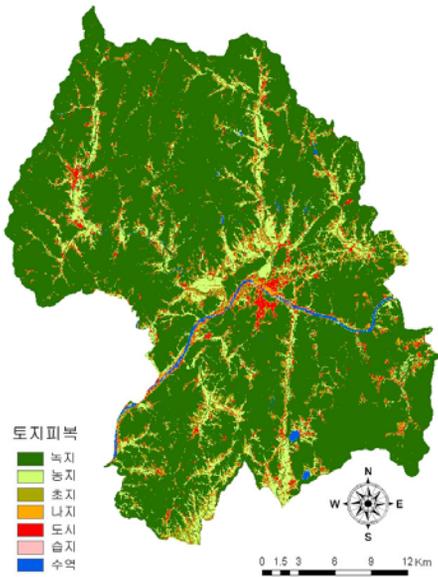
〈그림 5. 천안시 토지피복분류도('94)〉



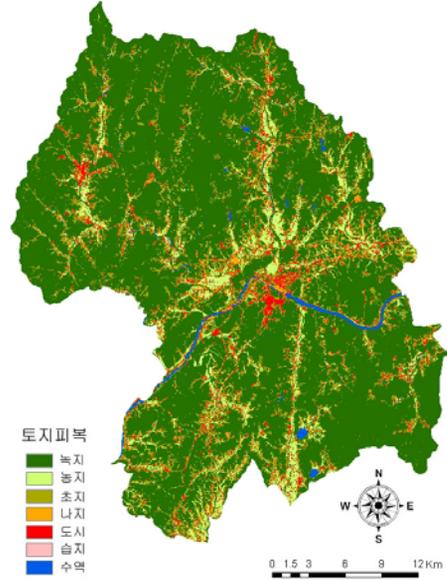
〈그림 6. 천안시 토지피복분류도('04)〉

## (2) 공주시

공주시 산림패치의 수는 3,774('94)에서 3,007('04)로 크게 감소하였고, 산림 최대패치지수는 47.5('94)에서 39.9('04)로 감소하였다. 그러나 산림 가장자리 밀도는 54.2('94)에서 66.1('04)로 소폭 증가하였고, 산림의 경관형태지수는 48.6('94)에서 60.5('04)로 크게 증가한 것으로 나타났다. 공주시의 산림구조변화는 천안시와는 상반된 경향을 보이고 있는데, 최대규모 산림패치는 파편화가 되어 작아지고 산림패치수가 크게 준 것을 보면 소규모 산림패치들이 감소한 것이라 생각할 수 있다. 산림 가장자리의 밀도가 증가하였지만 천안시의 수준과 비교할 때 상대적으로 낮기 때문에 내부 핵심지역이 천안시보다 양호하다고 보여진다. 한편, 산림의 경관형태지수가 60 이상으로 증가한 것은 산림 패치의 길이가 증가하면서 산림경관이 매우 불규칙하게 변하였다고 볼 수 있으며, 가장자리종에게는 유리하나 내부의 핵심종에게는 불리한 여건으로 변하고 있다고 예상된다.



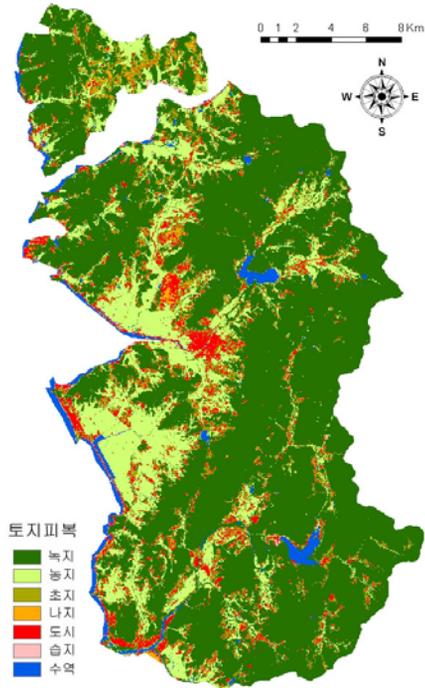
〈그림 7. 공주시 토지피복분류도('94)〉



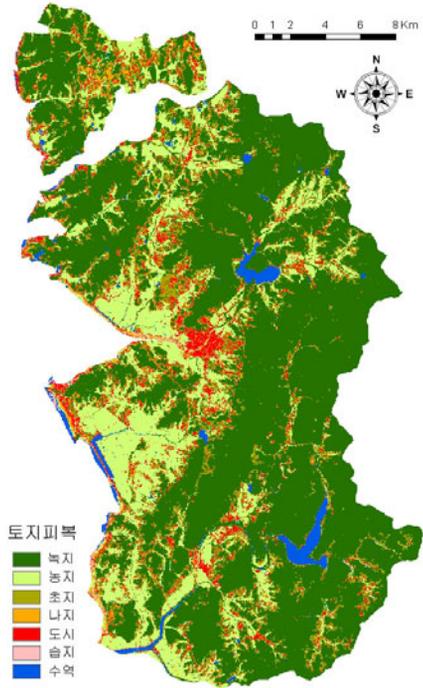
〈그림 8. 공주시 토지피복분류도('04)〉

### (3) 보령시

보령시 산림 패치의 수는 2,791('94)에서 2,642('04)로 소규모 감소하였고, 산림 최대패치지수는 47.4('94)에서 33.7('04)로 감소하였다. 산림 가장자리 밀도는 60.9('94)에서 59.7('04)로 거의 변동이 없었고, 산림의 경관형태지수 또한 45.7('94)에서 46.5('04)로 큰 변동이 없었다. 보령시의 산림규모는 천안시와 비슷하였으나 산림구조의 변화는 공주시와 비슷한 경향을 보였다. 유사 규모의 천안시 산림과 비교할 때 산림패치의 수는 현저히 적었고 패치수의 변화도 작았는데, 이는 천안시의 산림보다 보령시의 산림패치가 큰 규모로 유지되고 있다는 의미이다. 최대 패치는 단편화가 많이 된 것으로 나타났으나 가장자리밀도와 경관형태지수에서는 거의 변화가 없으므로 가장자리의 증가가 거의 없었고 내부 핵심지역에도 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.



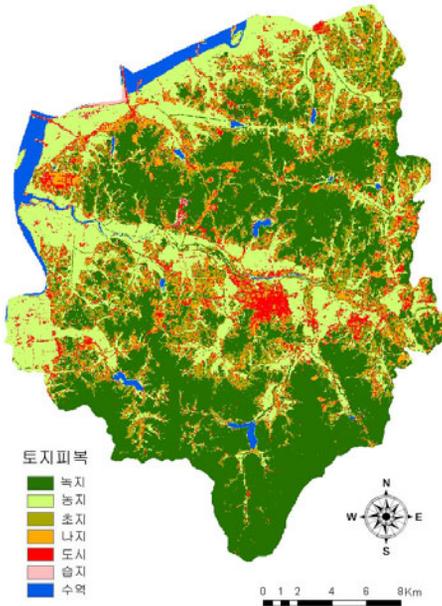
〈그림 9. 보령시 토지피복분류도('94)〉



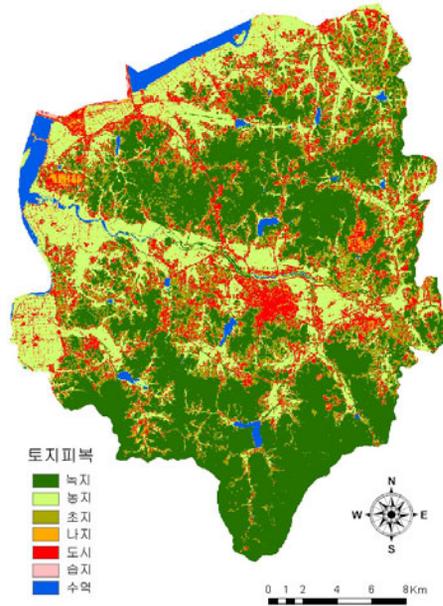
〈그림 10. 보령시 토지피복분류도('04)〉

#### (4) 아산시

아산시의 산림패치 수는 3,872('94)에서 3,918('04)로 소폭 증가하였는데, 산림 최대패치지수 (18.3('94) → 17.7('04))와 산림 가장자리 밀도(67.3('94) → 66.9('04)), 그리고 산림의 경관형태지수(61.5('94) → 62.8('04))는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 아산시 산림의 패치수는 산림의 규모에 비하여 많은 편이며 산림의 최대패치는 타 시군에 비하여 상대적으로 작은 편이다. 또한 산림의 가장자리 밀도가 상대적으로 높은 편이며 경관형태지수도 높은 것으로 보아 산림 내부의 핵심지역보다 가장자리가 더 발달한 구조를 취하고 있음을 알 수 있다. 1994년부터 2004년까지 아산시 산림의 변화를 살펴보면, 산림규모는 크게 변하지 않았고 대부분 농지위주로 도시화된 것으로 분석되었으며, 이 때문에 10년 동안 산림의 원형이 크게 변하지 않았고 그 결과 산림가장자리의 밀도와 경관형태지수도 크게 변경되지 않았다.



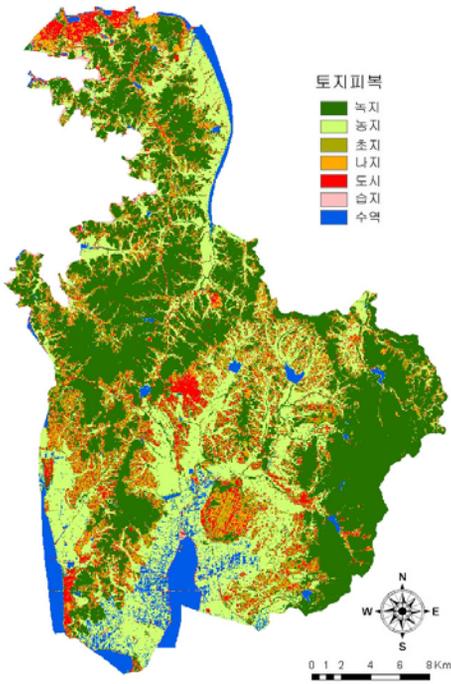
<그림 11. 아산시 토지피복분류도('94)>



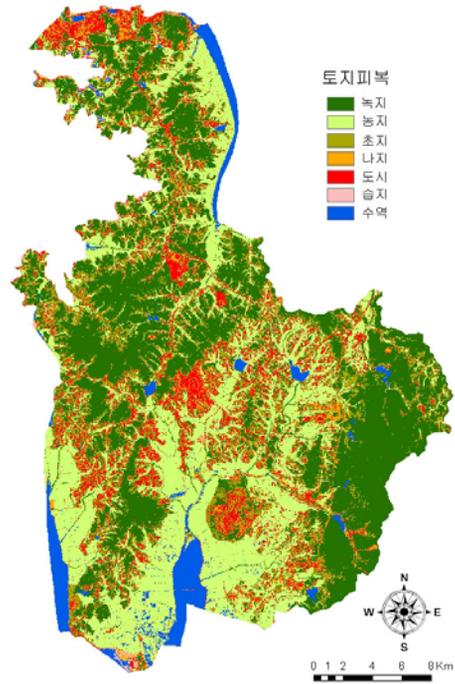
<그림 12. 아산시 토지피복분류도('04)>

#### (5) 서산시

서산시의 산림패치 수는 6,082('94)에서 5,730('04)으로 소폭 감소하였고, 산림 최대패치지수는 12.6('94)에서 8.6('04)으로 감소하였으며, 산림 가장자리 밀도(68.4('94) → 68.8('04))와 산림의 경관형태지수(74.2('94) → 78.9('04))는 거의 변화가 없거나 조금 상승한 것으로 나타났다. 서산시 산림은 기본적으로 작은 패치가 산재하여 분포하는 형태이고, 따라서 패치의 수는 산림의 규모에 비하여 현저하게 큰 편이며 산림의 최대패치도 타 시군에 비하여 매우 작은 편이다. 반면 산림의 가장자리 밀도와 경관형태지수가 매우 높은 것으로 미루어 산림 내부의 핵심 지역보다 가장자리가 월등히 발달한 구조임을 짐작할 수 있다. 1994년부터 2004년까지 서산시 산림의 변화에서는 가장자리의 밀도나 형태에서는 큰 변동이 없었으며, 다만 패치수가 조금 줄었고 최대패치의 규모가 감소하였다.



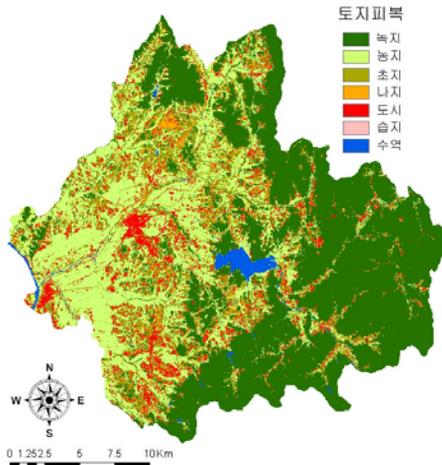
〈그림 13. 서산시 토지피복분류도('94)〉



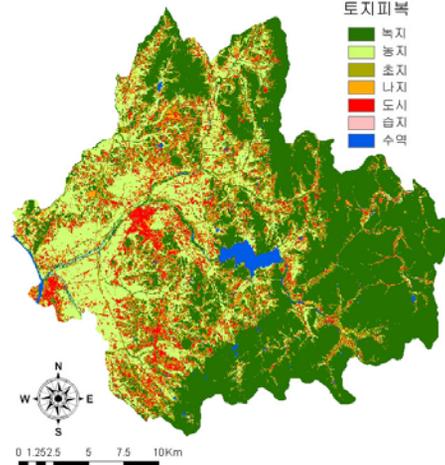
〈그림 14. 서산시 토지피복분류도('04)〉

#### (6) 논산시

논산시의 산림패치 수는 5,544('94)에서 4,465('04)로 크게 감소하였고, 산림 최대패치지수는 34.1('94)에서 28.5('04)로 감소하였으나, 산림 가장자리 밀도(58.7('94) → 67.4('04))와 산림의 경관형태지수(52.0('94) → 58.9('04))는 상승한 것으로 나타났다. 논산시의 산림규모는 크지 않으나 산림의 패치수는 많은 것으로 나타났다. 산림 최대패치는 충남의 평균수준이며 산림패치의 형태도 보통수준이지만 가장자리 밀도는 낮은 것으로 나타났다.



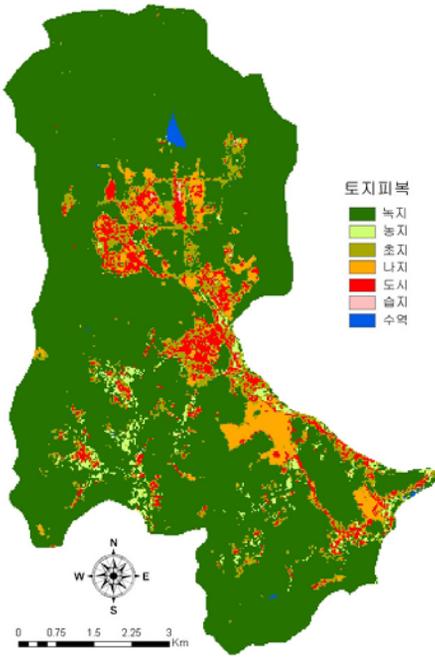
〈그림 15. nonsan시 토지피복분류도('94)〉



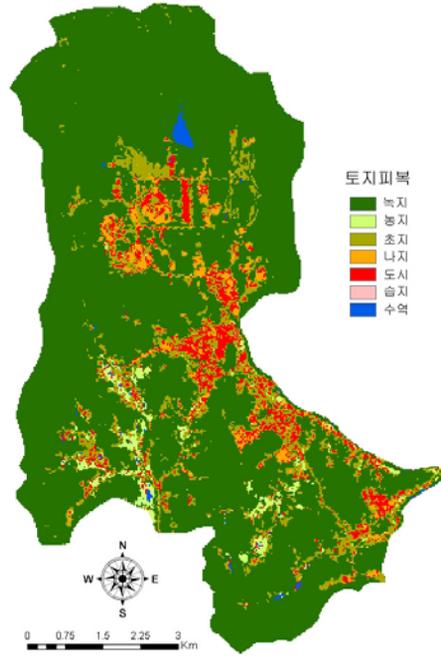
〈그림 16. nonsan시 토지피복분류도('04)〉

### (7) 계룡시

계룡시의 산림패치 수는 99('94)에서 138('04)로 증가하였으나, 산림 최대패치지수는 77.01('94)에서 77.48('04)으로 거의 변동이 없었다. 산림 가장자리 밀도는 46.9('94)에서 57.03('04)으로 증가하였고, 산림의 경관형태지수는 11.4('94)에서 13.87('04)로 조금 증가한 것으로 나타났다. 계룡시는 타 시군보다 면적이 작지만 계룡산 국립공원과 그 외 보호구역들이 많이 분포하여 산림 최대패치가 도시 규모에 비해 크게 유지되고 있는 것으로 판단된다. 반면 중·남부지역에 최근에 자리잡은 택지개발지구 등의 영향으로 산림패치가 일부 단절되어 산림패치수가 증가하였으며, 그에 따라 가장자리 밀도도 증가한 것으로 나타났다.



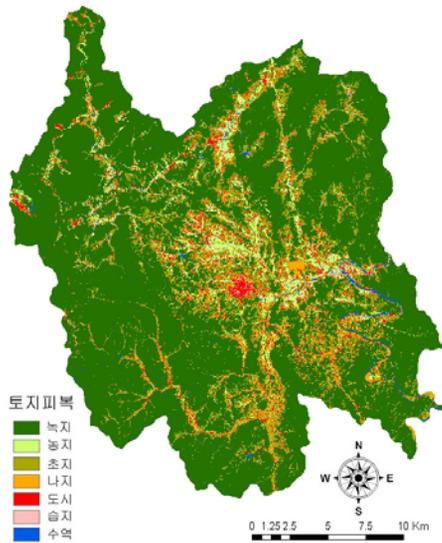
〈그림 17. 계룡시 토지피복분류도('94)〉



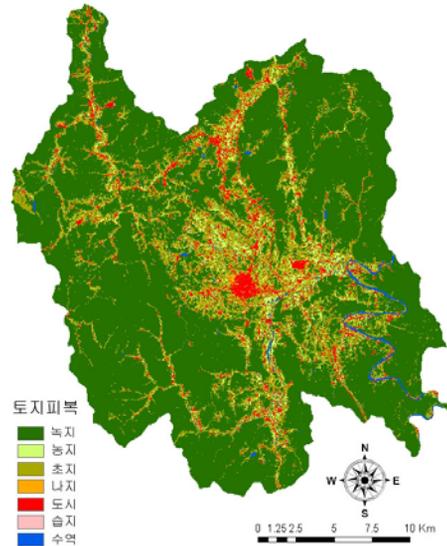
〈그림 18. 계룡시 토지피복분류도('04)〉

#### (8) 금산군

금산군의 산림패치 수는 1,944('94)에서 2,639('04)로 증가하였고, 산림 최대패치지수는 46.69('94)에서 31.69('04)로 크게 감소하였으며, 산림 가장자리 밀도는 65.6('94)에서 61.8('04)로, 산림의 경관형태지수는 47.8('94)에서 45.5('04)로 소규모 감소한 것으로 나타났다. 금산군의 토지피복에서 산림이 차지하는 비중은 매우 높았고, 산림 최대패치 규모는 크지 않았지만 패치수와 밀도, 그리고 가장자리 밀도가 낮은 것으로 보아 산림의 원형이 잘 보존된 것으로 판단되며, 산림의 형태도 복잡하지 않아 산림의 주연종보다 내부의 핵심종이 생존하기에 더 유리한 산림구조를 가지고 있는 것으로 분석되었다.



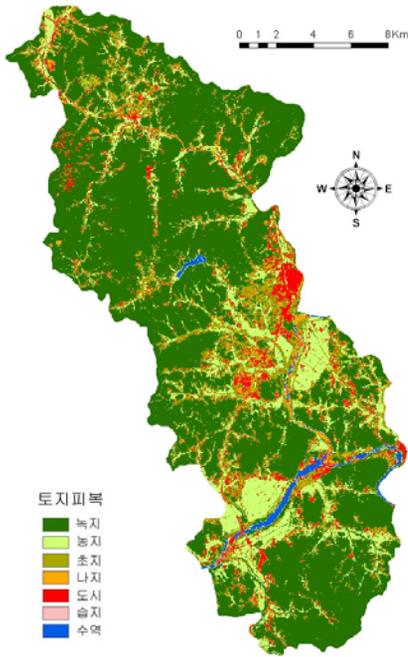
〈그림 19. 금산군 토지피복분류도('94)〉



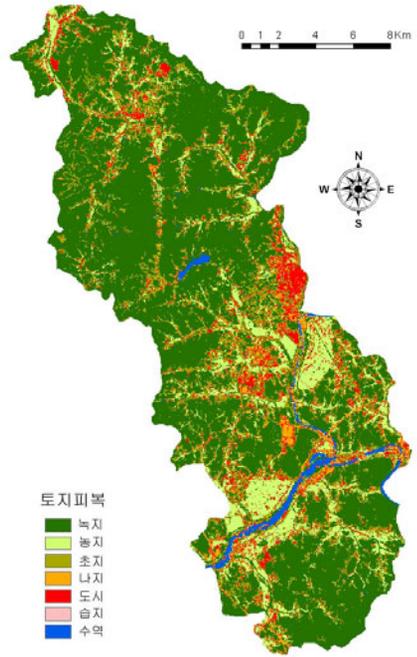
〈그림 20. 금산군 토지피복분류도('04)〉

### (9) 연기군

연기군의 산림패치 수는 2,285('94)에서 1,903('04)으로 조금 감소하였으나 산림 최대패치 지수가 39.7('94)에서 38.7('04)로 큰 변동이 없는 것으로 보아 산림파편화에 의해 산림 최대패치는 단절되거나 훼손되지 않은 것으로 나타났다. 산림 가장자리 밀도는 73.9('94)에서 83.5('04)로, 산림의 경관형태지수는 45.5('94)에서 51.7('04)로 소폭 증가한 것으로 나타났다. 연기군도 토지피복에서 산림이 차지하는 비중이 상대적으로 높고 산림의 패치수가 그리 크지 않으며 산림 최대패치의 규모도 크게 나타난 것으로 보아서 산림의 구조가 매우 양호하다고 할 수 있으며, 산림의 가장자리보다 핵심지역이 양호하게 유지되고 있는 것으로 판단된다.



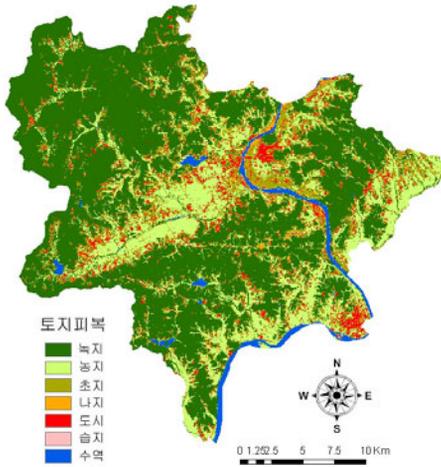
〈그림 21. 연기군 토지피복분류도('94)〉



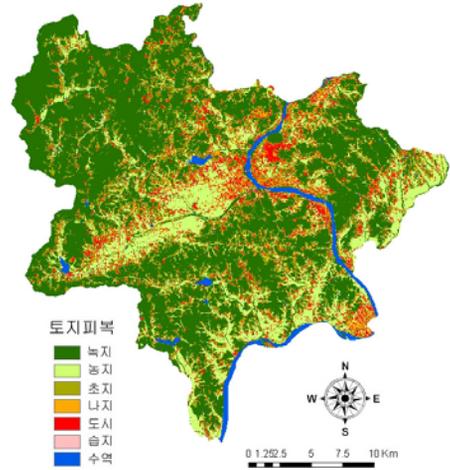
〈그림 22. 연기군 토지피복분류도('04)〉

#### (10) 부여군

부여군의 산림패치 수는 4,273('94)에서 3,410('04)으로 크게 감소하였고 산림 최대패치지수도 42.9('94)에서 21.7('04)로 크게 떨어진 것으로 나타났다. 이에 따라 산림 가장자리 밀도는 67.6('94)에서 75.7('04)로, 산림의 경관형태지수는 57.1('94)에서 66.9('04)로 증가하였다. 부여군은 산림의 규모에 비해 산림패치의 수가 매우 많으면서 10년 동안 패치수의 감소가 눈에 띄게 컸고 산림 최대패치의 규모도 크게 감소한 것으로 나타나 대형동물이 서식하기에 유리한 대규모 산림패치들이 크게 훼손된 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 산림의 가장자리 밀도가 높고 산림경관의 형태도 복잡하여 산림구조가 내부 핵심종보다는 주변종에 유리한 구조로 변해가고 있음을 알 수 있었다.



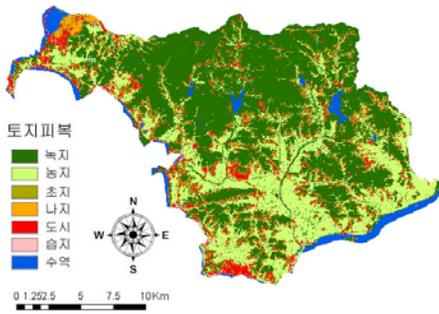
〈그림 23. 부여군 토지피복분류도('94)〉



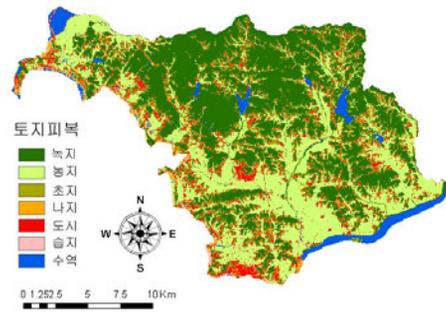
〈그림 24. 부여군 토지피복분류도('04)〉

#### (11) 서천군

서천군의 산림패치 수는 2,980('94)에서 1,940('04)으로 크게 감소하였고 산림 최대패치지수도 36.7('94)에서 26.6('04)으로 크게 감소한 것으로 나타났다. 산림패치 수의 감소로 인해 산림 가장자리 밀도가 78.8('94)에서 66.8('04)로 극감하였고, 산림의 경관형태지수도 55.1('94)에서 51.0('04)으로 소폭 감소하였다. 서천군의 산림분포면적이 감소하면서 산림패치의 수와 산림 최대패치 규모가 감소한 것을 미루어 볼 때, 서천군의 산림이 산림패치의 단절과 더불어 산림 패치의 훼손도 많았음을 짐작할 수 있다. 산림패치가 훼손되므로 인해 산림가장자리의 밀도도 극감 하였고 이에 따라 복잡한 형태의 산림 가장자리들이 일부 단순해진 것을 경관형태지수를 통하여 알 수 있었다.



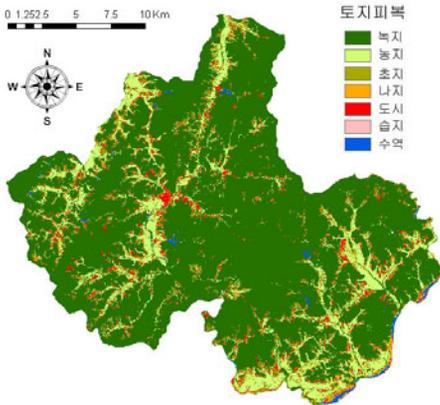
〈그림 25. 서천군 토지피복분류도('94)〉



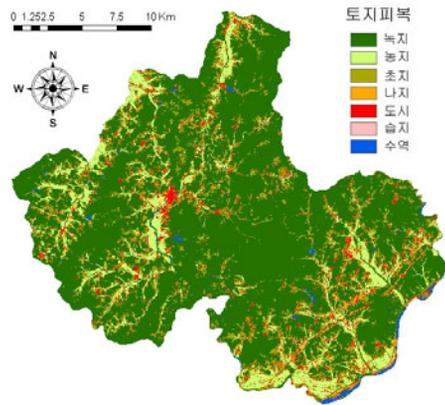
〈그림 26. 서천군 토지피복분류도('04)〉

(12) 청양군

청양군의 산림패치 수는 2,050('94)에서 1,691('04)로 크게 감소하였고 산림 최대패치지수도 73.6('94)에서 57.4('04)로 극감하였다. 산림패치 수가 감소하였으나 산림 가장자리 밀도는 59.3('94)에서 68.2('04)로 증가하였고, 산림의 경관형태지수도 38.6('94)에서 46.1('04)로 조금 증가한 것으로 나타났다. 청양군의 산림규모는 상대적으로 높았고 산림패치 수가 감소하면서 최대패치 규모가 증가하였는데, 이것은 산림조각들이 연결되면서 최대 규모의 산림패치의 면적이 증가한 것으로 예측할 수 있다. 반면 산림패치들의 가장자리가 불규칙하여 산림 가장자리 밀도는 증가하고 산림경관의 형태는 다소 복잡한 것으로 분석되었다.



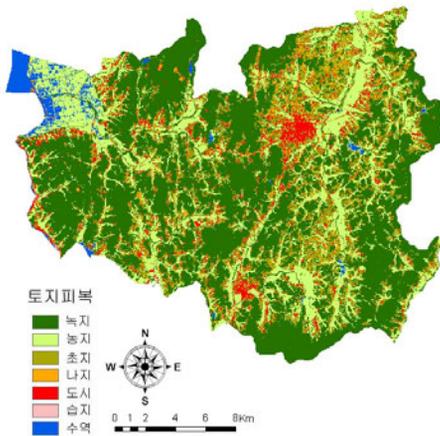
〈그림 27. 청양군 토지피복분류도('94)〉



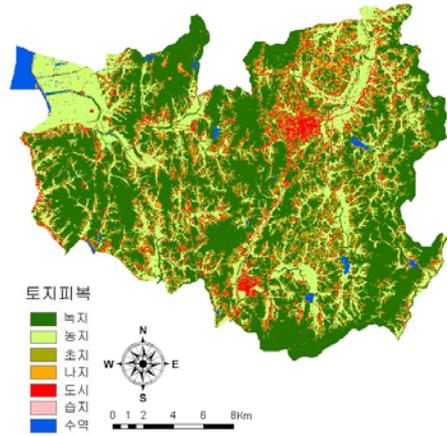
〈그림 28. 청양군 토지피복분류도('04)〉

(13) 홍성군

홍성군의 산림패치 수는 4,350('94)에서 3,608('04)로 크게 감소하였고 산림 최대패치지수도 17.8('94)에서 13.4('04)으로 소폭 감소하였다. 산림 가장자리 밀도는 88.4('94)에서 89.0('04)으로 큰 변동이 없었고, 산림의 경관형태지수는 66.5('94)에서 69.3('04)으로 조금 증가한 것으로 나타났다. 홍성군의 산림규모는 군전체 면적에 비하여 높지 않았고 산림패치는 작아서 패치수가 많았으나 그 수가 크게 감소하였다. 산림의 최대패치 규모도 타 시군에 비하여 작은 편이며, 따라서 산림의 가장자리 밀도가 매우 높고 그 형태도 불규칙하고 복잡한 것으로 나타났다.



<그림 29. 홍성군 토지피복분류도('94)>

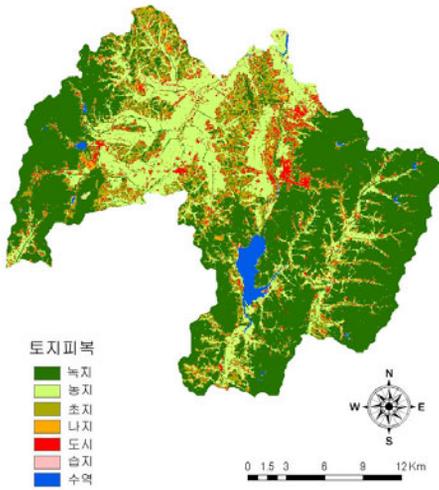


<그림 30. 홍성군 토지피복분류도('04)>

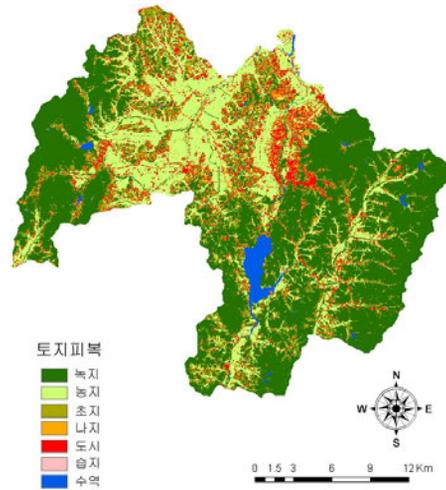
(14) 예산군

예산군의 산림패치 수는 4,716('94)에서 3,392('04)로 크게 감소하였으나 산림 최대패치지수는 17.8('94)에서 22.0('04)으로 증가하였다. 산림패치수가 감소하게 되면 산림가장자리의 불규칙한 형태가 완화되고 가장자리 길이가 짧게 되는데 이 현상과 관련된 산림 가장자리 밀도 (66.6('94) → 67.7('04))는 거의 변동이 없는 것으로 보이며, 산림의 경관형태지수도 55.3('94)에

서 57.4('04)로 큰 변동이 없는 것으로 나타났다. 예산군은 산림규모에 비해 산림패치 수가 많은 편이지만 10년 동안 산림패치 수가 급격히 감소하였고 이때 산림의 감소는 작은 패치를 중심으로 발생한 것으로 추정된다. 산림최대패치는 그 규모가 증가하였고 가장자리의 밀도와 형태에 관련된 지수들의 변동이 적은 것으로 보아 가장자리의 훼손이나 단절이 많지 않았던 것으로 보인다.



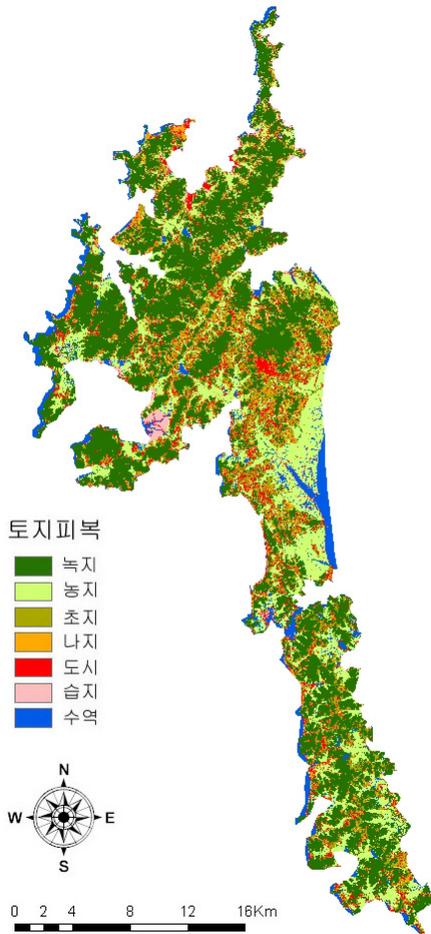
〈그림 31. 예산군 토지피복분류도('94)〉



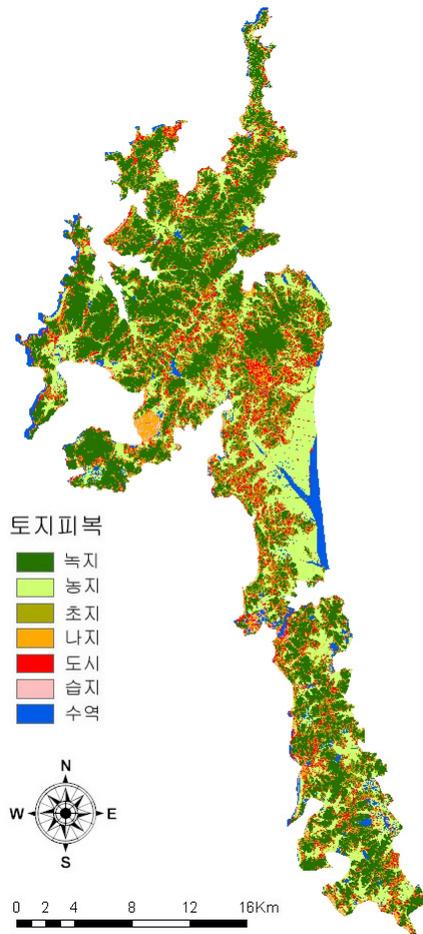
〈그림 32. 예산군 토지피복분류도('04)〉

### (15) 태안군

태안군의 산림패치 수는 3,619('94)에서 3,497('04)로 조금 감소하였고 산림 최대패치지수도 10.3('94)에서 6.0('04)으로 크게 감소하였다. 산림 가장자리 밀도는 81.6('94)에서 81.2('04)로 거의 변화가 없었고 산림의 경관형태지수는 68.8('94)에서 73.9('04)로 조금 증가한 것으로 나타났다. 태안군의 산림분포 비율은 작고 산림패치 수는 많아 전형적인 구릉성 산지의 산림분포 특성을 보여주고 있으며 주변 시군과 조금 다른 점은 산림 최대패치 규모가 크게 감소하였다는 것이다. 산림패치의 수가 많고 단위패치의 면적이 대부분 작다보니 산림의 가장자리 밀도가 매우 높으며 산림의 경관 형태도 타 시군에 비해 높은 것으로 나타났다.



〈그림 33. 태안군 토지피복분류도('94)〉

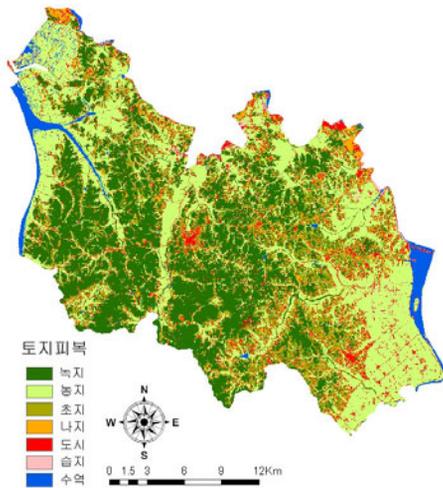


〈그림 34. 태안군 토지피복분류도('04)〉

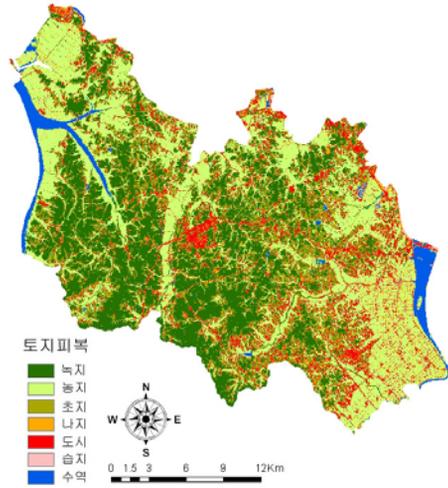
### (16) 당진군

당진군의 산림패치 수는 5,295('94)에서 6,043('04)로 증가하였으나 산림 최대패치지수는 9.3('94)에서 7.5('04)로 조금 감소하였다. 산림패치 수가 증가함에 따라 산림 가장자리 밀도도 78.2('94)에서 80.6('04)로 소규모 증가하였고, 산림의 경관형태지수도 87.0('94)에서 94.4('04)로 증가하였다. 당진군의 산림분포비율은 타 시군에 비해 매우 낮지만 산림패치 수는 상당히 많

아 가장자리 식생이 발달한 전형적인 저구릉성 산림구조 특성을 보이고 있다. 때문에 핵심지역의 면적이 작고 불규칙한 가장자리 형태와 작은 산림조각의 산재로 인해 대형 포유류가 서식하기에는 불리한 산림구조를 형성하고 있다.



〈그림 35. 당진군 토지피복분류도('94)〉



〈그림 36. 당진군 토지피복분류도('04)〉

〈 표 13. 충청남도 산림의 경관지수(1994년) 〉

	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI	nLSI
전체	478270.17	55.79	57511	6.71	23.75	58240548	67.94	211.91	56.89	0.12
천안	36607.2	57.74	4344	6.85	30.04	4556856	71.9	61.2	61.8	0.1
공주	72868.2	77.37	3774	4.01	47.50	5105076	54.2	48.6	56.0	0.2
보령	36088.7	64.85	2791	5.02	47.38	3390504	60.9	45.7	60.9	0.1
아산	22858.3	41.98	3872	7.11	18.31	3666804	67.3	61.5	59.9	0.1
서산	29059.8	39.76	6082	8.32	12.60	5001000	68.4	74.2	68.0	0.1
논산	25702.1	46.53	5544	10.04	34.13	3242040	58.7	52.0	56.9	0.1
계룡	4909.1	81.37	99	1.64	77.01	283008	46.9	11.4	62.2	0.2
금산	42157.3	72.94	1944	3.36	46.69	3790032	65.6	47.8	55.8	0.2
연기	23006.3	63.47	2285	6.30	39.74	2678424	73.9	45.5	56.5	0.2
부여	35857.7	57.30	4273	6.83	42.85	4232772	67.6	57.1	56.0	0.1
서천	17965.8	48.48	2980	8.04	36.72	2920056	78.8	55.1	55.6	0.1
청양	36065.3	75.18	2050	4.27	73.58	2843196	59.3	38.6	52.8	0.2
홍성	22822.2	51.10	4350	9.74	17.79	3950136	88.4	66.5	54.2	0.1
예산	28265.6	52.18	4716	8.71	17.80	3609648	66.6	55.3	53.2	0.1
태안	22431.5	45.15	3619	7.28	10.27	4053012	81.6	68.8	72.0	0.1
당진	21605.0	33.24	5295	8.15	9.32	5084208	78.2	87.0	63.6	0.2

CA: Class Area(패치 면적), PLAND: Percentage of Landscape(패치 면적비), NP: Number of Patches(패치의 수), LPI: Largest Patch Index(최대패치지수), TE: Total Edge(총 가장자리길이), ED: Edge Density(가장자리 밀도), LSI: Landscape Shape Index(경관형태지수), IJI: Interspersion and Juxtaposition Index(산지병렬지수), nLSI: normalized LSI

〈 표 14. 충청남도 산림의 경관지수(2004년) 〉

	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI	nLSI
전체	447381.72	52.19	52089	6.08	21.22	60678216	70.78	228.16	48.69	0.11
천안	34485.2	54.46	4571	7.22	28.42	4571700	72.20	63.15	40.95	0.12
공주	69053.7	73.33	3007	3.19	39.85	6222864	66.08	60.53	47.30	0.19
보령	33457.1	60.13	2642	4.75	33.74	3319956	59.67	46.46	53.33	0.11
아산	22086.2	40.57	3918	7.20	17.68	3643284	66.92	62.08	43.54	0.12
서산	25911.3	35.47	5730	7.84	8.62	5025216	68.79	78.88	51.39	0.15
논산	26206.0	47.45	4465	8.08	28.48	3724848	67.44	58.94	55.84	0.11
계룡	4754.6	78.85	138	2.29	77.48	343860	57.03	13.87	52.89	0.21
금산	41258.5	71.51	2639	4.57	31.69	3562992	61.76	45.45	36.96	0.16
연기	22595.9	62.34	1903	5.25	38.66	3026052	83.49	51.69	49.14	0.17
부여	32525.1	51.98	3410	5.45	21.70	4735344	75.67	66.91	47.76	0.12
서천	15108.6	40.78	1940	5.24	26.64	2473980	66.78	50.98	50.65	0.12
청양	33235.0	69.28	1691	3.52	57.35	3270828	68.18	46.06	44.85	0.17
홍성	21177.4	47.43	3608	8.08	13.38	3972924	88.97	69.34	50.73	0.14
예산	27005.2	49.85	3392	6.26	21.96	3668700	67.72	57.42	50.75	0.10
태안	18927.7	38.28	3497	7.07	5.98	4013760	81.17	73.92	52.40	0.16
당진	19437.8	29.92	6043	9.30	7.49	5236500	80.61	94.47	46.99	0.20

CA: Class Area(패치 면적), PLAND: Percentage of Landscape(패치 면적비), NP: Number of Patches(패치의 수), LPI: Largest Patch Index(최대패치지수), TE: Total Edge(총 가장자리길이), ED: Edge Density(가장자리 밀도), LSI: Landscape Shape Index(경관형태지수), IJI: Interspersion and Juxtaposition Index(산지병렬지수), nLSI: normalized LSI

### 3) 시군별 산림구조 특성 비교

#### (1) 10년간 시군별 주요 산림경관지수의 변화

지난 10년간 시군별 산림 경관구조의 변화를 주요 경관지수를 통하여 살펴보면 다음과 같다 (표 15).

첫째, 산림면적(CA) 변화에서는 금산군과 연기군이 증가한 반면 공주시, 서산시, 부여군, 태안군에서 크게 감소한 것으로 나타났다. 산림은 대부분의 시군에서 감소하였는데, 임목의 벌채, 산지전용 등의 많은 산림훼손으로 인해 도내의 산림이 고루 감소한 것으로 보인다.

둘째, 산림패치수(NP)의 변화는 금산군, 당진군과 더불어 천안시, 아산시, 계룡시, 태안군 등에서 증가하였으나 논산시, 서천군, 예산군 등에서 크게 감소하였음을 보여주고 있다. 산림의 패치수가 증가하였다는 것은 일단 산림파편화가 발생하였다고 의심할 수 있지만 산림패치수가 감소하였다는 것은 기존의 패치가 합쳐지거나 존재하던 패치가 사라짐을 의미한다. 산림패치수가 증가하였지만 산림분포면적비(PLAND)가 감소한 태안군은 군내 산림의 단절이 많아 자연히 산림면적도 줄어든 예인데, 이 경우 산림 내 육상동물의 서식환경도 악화되었다고 볼 수 있다.

셋째, 최대패치 규모(LPI)의 변화는 예산군에서 가장 컸고 천안시, 서산시, 계룡시, 연기군, 당진군 등에서 컸으나, 보령시, 금산군, 부여군, 청양군 등에서 그 변화가 매우 작은 것으로 나타났다. 지역 내 최대 산림조각의 규모가 줄어들고 있다는 것은 육상동물의 서식을 위한 핵심지역의 역할을 담당할 최대크기의 산림조각이 훼손되므로 그만큼 육상동물의 서식의 여지가 감소하고 있음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

넷째, 산림 가장자리 밀도(ED)는 공주시, 계룡시, 연기군 등에서 크게 증가한 것으로 나타났으나 금산군, 서천군 등에서는 크게 감소한 것으로 나타났다. 그에 따라 가장자리 형태(LSI)의 변화도 공주시와 부여군 등에서 컸지만, 금산군과 서천군 등에서는 작았던 것으로 나타났다. 산림가장자리의 밀도가 증가하였다는 것은 산림 중심의 핵심지역보다 산림외곽의 주변부가 증가하므로 가장자리종에게는 유리하나 핵심동물종에게는 불리한 산림구조로 변하고 있다고 말할 수 있다. 때문에 가장자리 산림이 불안정하여 평면상에 분포된 형태도 불규칙한 것으로 나타났다.

〈 표 15. 시군별 산림 경관지수의 변화(1994-2004년) 〉

	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI
천안	▽	○	△	△	△	○	▽	▽	▼
공주	▼	▽	▽	○	▽	▲	▲	▲	○
보령	▽	▽	○	○	▼	▽	▽	▽	○
아산	○	△	△	△	△	▽	▽	▽	▼
서산	▼	▽	○	○	○	▽	▽	○	▼
논산	○	▲	▼	△	○	△	△	△	▲
계룡	○	△	△	△	△	○	▲	▽	○
금산	△	△	▲	▲	▼	○	▼	▼	▼
연기	△	△	○	▽	△	△	▲	△	△
부여	▼	▽	▽	▽	▼	▲	△	▲	○
서천	▽	▼	▼	▼	▽	▼	▼	▼	△
청양	▽	▼	○	○	▼	△	△	△	○
홍성	○	▽	▽	▽	○	▽	▽	○	△
예산	○	△	▼	▼	▲	○	▽	▽	▲
태안	▼	▼	△	△	○	▽	▽	△	▼
당진	▽	○	▲	▲	△	○	○	△	▼
-1Std	-2,858	-5.35	-907.38	-1.81	-12.27	-238,304	-3.53	-0.45	-15.65
-1/4 Std	-1,869	-3.65	-450.06	-0.91	-7.02	33,244	1.23	2.77	-10.75
Mean	-1,540	-3.09	-297.62	-0.61	-5.27	123,759	2.81	3.84	-9.12
+1/4 Std	-1,210	-2.52	-145.17	-0.30	-3.52	214,275	4.40	4.91	-7.49
+1Std	-222	-0.82	312.15	0.60	1.73	485,822	9.15	8.12	-2.59
▲: over +1std. dev. △: +1/4 std. dev. to +1std. dev. ○: -1/4 std. dev. to +1/4 std. dev. ▽: -1std. dev. to -1/4 std. dev. ▼: under -1std. dev.									

(2) 시군간 산림경관구조의 상대비교

2004년 현재 시군간 산림 경관구조를 비교한 결과는 다음과 같았다(표 16).

시군 전체면적 대비 산림의 분포면적비(PLAND)는 공주시, 계룡시, 금산군, 청양군과 같이 금남·금북정맥이 관통하는 내륙지역에 분포하는 시군에서 높았고 서산군, 태안군, 당진군과 같이 서해안 인근의 저구릉성 산지에 형성된 시군에서는 낮았다.

산림패치수는 PLAND와 정반대로 나타났는데, 저지대의 해안도시인 서산시와 당진군에서 높게 나타났으나 청양군, 금산군, 연기군과 같이 내륙지역이거나 보령시, 서천군과 같이 해안

지역이지만 높은 산맥이 배후에 위치한 시군에서는 패치수가 낮은 것으로 나타났다.

산림 최대패치의 크기는 계룡시, 청양군과 같이 정맥과 접한 도시에서 크게 유지되었으나 서산시, 태안군, 당진군과 같이 저지대지형에 형성된 도시에서는 그 규모가 작았다. 가장자리 밀도가 높은 곳은 홍성, 태안, 당진 등 금강서해수계에 위치한 시군들이며 예외적으로 연기군도 그 밀도가 높았다. 반면, 보령시, 계룡시, 금산군과 같이 고도가 높은 산림이 배후에 위치하면서 산림의 원형이 잘 보존된 시군에서는 가장자리 밀도가 낮았다. 산림경관이 매우 불규칙한 시군으로는 서산시와 당진군이 있고, 가장자리가 단조로우면서 그 원형이 잘 보존된 지역으로는 계룡시를 들 수 있다.

결과적으로 산림의 구조가 양호하면서 그 원형이 잘 보존된 시군은 내륙지역에 위치하면서 고도가 높은 산지를 보유한 시군들이지만, 산림구조가 불안정하면서 많이 단절된 지역으로는 도내 서북쪽 금강서해수계 및 삼교호수계의 저구릉성 지형을 기반으로 형성된 시군들을 대표적으로 꼽을 수 있다.

〈 표 16. 산림 경관지수의 시군간 상대비교표(2004년 기준) 〉

	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	IJI
천안	△	○	△	△	○	△	○	○	▼
공주	▲	▲	○	▼	△	▲	▽	○	○
보령	△	△	▽	▽	△	▽	▼	▽	△
아산	▽	▽	△	△	▽	○	▽	○	▽
서산	○	▼	▲	△	▼	△	○	▲	△
논산	○	▽	△	▲	○	○	▽	○	▲
계룡	▼	▲	▼	▼	▲	▼	▼	▼	△
금산	△	▲	▽	▽	○	○	▼	▽	▼
연기	▽	△	▽	▽	△	▽	▲	▽	○
부여	△	○	○	▽	▽	△	△	△	○
서천	▽	▽	▽	▽	○	▼	▽	▽	▽
청양	△	▲	▼	▼	▲	▽	▽	▽	△
홍성	▽	▽	○	▲	▽	○	▲	△	△
예산	○	○	○	○	▽	○	▽	○	△
태안	▽	▼	○	△	▼	○	▲	△	△
당진	▽	▼	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▽

-1Std	13,898.5	38.5	1,775.4	4.0	9.9	2,486,843.5	61.8	41.0	43.5
-1/4 Std	24,438.3	49.5	2,909.2	5.5	24.0	3,472,311.2	68.5	54.3	47.2
Mean	27,951.6	53.2	3,287.1	6.0	28.7	3,800,800.5	70.8	58.8	48.5
+1/4 Std	31,464.8	56.9	3,665.1	6.5	33.4	4,129,289.8	73.0	63.2	49.7
+1Std	42,004.6	68.0	4,798.8	8.0	47.5	5,114,757.5	79.7	76.5	53.4
<p>▲: over +1std. dev.  △: +1/4 std. dev. to +1std. dev.  ○: -1/4 std. dev. to +1/4 std. dev.  ▽: -1std. dev. to -1/4 std. dev.  ▼: under -1std. dev.</p>									

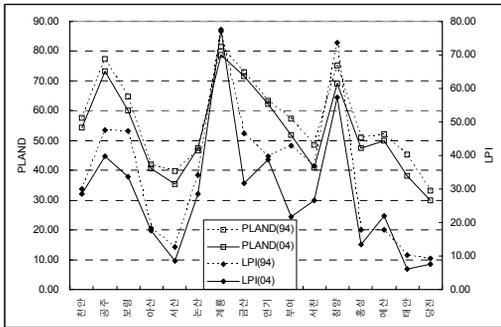
### (3) 자연보호구 설계이론에 입각한 서식지로서의 산림패치 평가

#### 가) 산림 서식지의 크기와 수

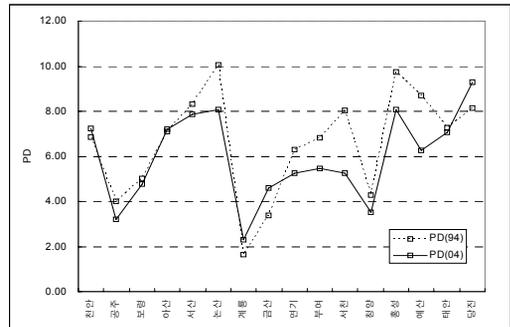
산림 서식지의 크기는 경관지수인 LPI와 PLAND로 설명할 수 있다. 지역 내 양호한 산림서식지의 확보를 위해서는 핵심지역의 역할을 담당할 최대규모 산림패치와 지역 내 산림분포면적비가 그 만큼 커야 한다. 시군별로 산림패치의 크기를 분석한 결과, 공주시, 계룡시, 청양군에서 산림최대패치의 규모가 크게 나타났으나 서산시, 태안군, 당진군 그리고 홍성군에서 그 규모가 작은 것으로 판정되었다. 동일하게 산림분포면적비에서도 유사한 경향을 보였다. 금남정맥과 금북정맥의 분기점에서부터 일정구간은 그 고도와 경사가 높고 급하여 산림조각의 크기가 양호하였다. 하지만 금남정맥은 계룡시를 전환점으로 하여 부여군으로 내려가면서 그 고도가 급격히 감소하였고, 산림조각도 매우 작게 유지되었으며 금북정맥은 보령시를 전환점으로 서산시, 홍성군, 태안군으로 이어지면서 동일하게 산림조각의 규모가 작고 산재하여 분포하였다(그림 37).

산림 서식지의 수를 설명하는 경관지수로는 산림패치밀도(PD)가 있다. PD는 단위면적당 분포하는 패치의 수를 지수화한 것이다. 시군별로 산림패치의 밀도를 분석한 결과, 서산시, 논산시, 홍성군, 당진군에서 그 밀도가 높았으나, 공주시와 계룡시, 청양군에서 그 밀도가 낮았다. 산림서식지 밀도의 분석결과는 산림서식지의 크기분석 결과와 맥을 같이하였는데, 금강유역권의 산림서식지는 단위공간 내 패치수는 적으나 패치의 규모가 크기 때문에 육상동물이 서식

할 수 있는 공간으로는 양호하다고 평가할 수 있다. 반면 금강서해수계의 시군은 패치밀도가 매우 높을 뿐만 아니라 그 규모도 작아서 육상동물종이 서식하기에는 매우 불리한 환경인 것으로 보인다(그림 38).



〈그림 37. 산림패치의 크기〉



〈그림 38. 산림패치의 수〉

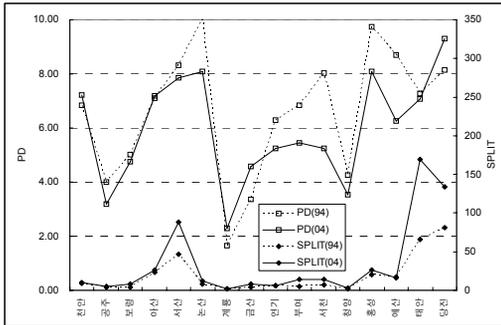
#### 나) 산림서식지의 분할과 집적도

산림 서식지의 분할은 경관지수인 PD와 SPLIT으로 설명할 수 있고, 산림서식지의 집적도는 집합지수(AI)로 설명이 가능하다. 즉, 지역 내 산림서식지가 많이 분할되었다라도 각 서식지간에 인접하여 있다면 일부 서식지에서 종이 멸절하더라도 가까운 서식지로부터의 종 공급이 용이해질 수 있다.

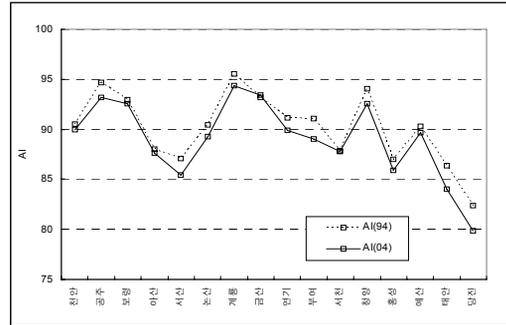
시군별로 산림패치의 분할과 분산에 대하여 분석한 결과, 서산시, 태안군, 당진군에서 SPLIT값이 매우 높게 나타났고, 산림패치밀도(PD)도 서산시, 태안군, 당진군과 더불어 논산시, 홍성군에서 그 값이 높았다. SPLIT과 PD가 높게 나타난 서산시와 태안군, 당진군은 금강서해 및 삼교호수계에 포함하는 저구릉성 지형에 위치하면서 산림의 규모가 내륙지역에 비하여 크지 않고 분할정도가 심하여 육상동물종에게는 불리한 산림구조를 가지고 있다(그림 39).

시군별 산림패치의 집적도(AI)를 분석한 결과, 공주시, 보령시, 계룡시, 금산군, 청양군, 예산군에서 그 값이 높았으나 서산시, 당진군, 태안군과 홍성군, 서천군 등에서는 그 값이 낮았다.

AI분석 결과에서도 나타났듯이 공주시 등 금강수계 상류부에 위치한 시군의 산림은 패치의 크기가 기본적으로 클 뿐만 아니라 분산되어 있어도 집적도가 높아 서식중간의 이동이 유리한 환경으로 구성되어 있는데 반해 금강서해수계의 시군들은 산림조각이 분할되었을 뿐만 아니라 집적도도 낮아 서식하는 육상동물종이 인근 산림패치로 이동시에 로드킬 등의 문제발생의 빈도가 높아질 수 있다(그림 40).



〈그림 39. 산림패치의 분할(PD&SPLIT)〉



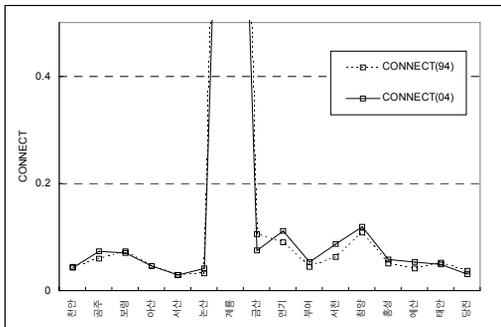
〈그림 40. 산림패치의 집적도(AI)〉

#### 다) 산림서식지의 연결성과 형태

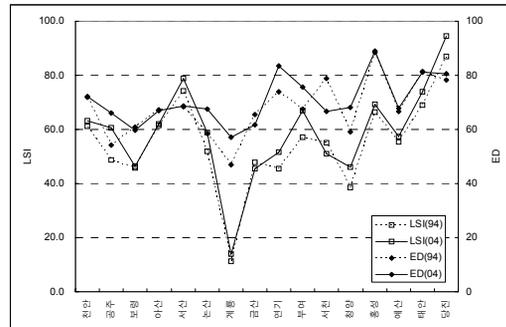
산림 서식지의 연결성은 경관지수인 연결지수(CONNECT)로 설명할 수 있고, 산림서식지의 형태는 경관형태지수(LSI)와 가장자리밀도지수(ED)로 설명이 가능하다. 즉, 지역 내 산림서식지가 많이 분할되었더라도 특정 서식지에서 일정거리 내에 동일 패턴의 서식지가 접하여 있다면 서식동물종의 이동성이 원활하여 결과적으로는 종 공급이 용이해지므로 서식지로서 양호하다고 할 수 있다.

CONNECT지수를 활용하여 시군별 산림패치의 연결성에 대하여 분석한 결과, 계룡시(1.59)가 가장 높았고 그 다음으로 청양군, 연기군 순이었다. CONNECT지수가 높은 이상의 시군들은 산림조각들이 연결되어 있거나 분할되었더라도 그 거리가 가까워 종의 이동 및 교류가 상대적으로 원활하다고 말할 수 있다(그림 41).

LSI지수와 ED지수를 활용하여 시군별 산림패치의 형태에 대하여 분석한 결과, LSI는 서산시, 당진군, 태안군, 홍성군, 부여군에서 높게 나타났고, ED는 홍성군, 태안군, 당진군, 연기군에서 높게 나타났다. 반면 LSI값이 낮게 나타난 시군은 계룡시, 청양군, 금산군, 보령시 등이고, ED가 낮게 나타난 시군은 계룡시, 금산군, 보령시, 서천군, 청양군 등이다. 서산시를 비롯하여 LSI가 높게 나타난 시군들은 산림패치 중 내부의 핵심지역보다 가장자리가 넓게 발달하였으므로 핵심중보다도 주변종이 우점할 가능성이 높고, ED가 높은 홍성군 등 금강서해수계의 시군들은 단위면적당 가장자리의 분포밀도가 높기 때문에 마찬가지로 주변종에게 더 유리한 산림서식환경을 보유하고 있는 것으로 나타났다(그림 42).



〈그림 41. 산림패치의 연결성(CONNECT)〉



〈그림 42. 산림패치의 형태(LSI&ED)〉

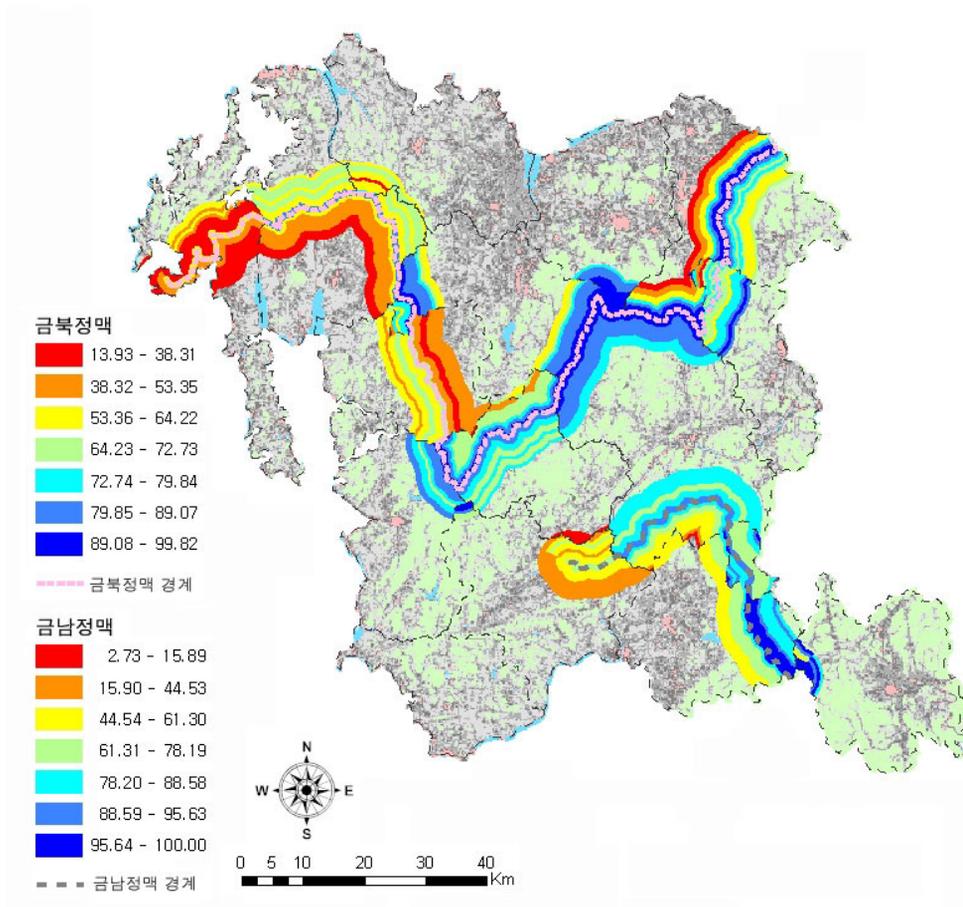
## 제5장 생태네트워크 구축을 위한 산림 관리방안

### 1. 산림의 분포면적에 따른 산림생태축 관리방안

#### 1) 금남·북정맥 능선보호를 위한 산림관리방안

금남정맥과 금북정맥의 능선주변으로 어느 정도의 산림이 분포하는지 파악하기 위해 두 정맥의 능선으로부터 500m의 거리로 최고 5km까지 총 10개의 버퍼구간을 설정하고 능선의 남쪽과 북쪽을 구분하였다. 이를 다시 시군의 행정 경계로 세분하여 얻어진 개별 폴리곤을 단위 공간으로 정한 후 각 단위공간별 산림분포 면적을 구하였다(그림 43).

그 결과, 금남정맥에서는 금산과 논산 구간이 양호하였고, 계룡구간은 동측보다 서측의 산림이 양호한 것으로 나타났다. 공주구간에서는 북측은 양호하였으나 남측은 산림분포면적이 낮았고, 부여구간으로 접어들면서 산림분포면적이 크게 낮아졌다. 금북정맥에서는 공주와 아산, 예산이 접하는 구간이 가장 양호한 산림분포면적을 보였으나, 홍성구간 동측 사면, 서산 남측 사면, 태안의 남·북측사면의 산림분포면적은 크게 낮아진 것으로 나타났다. 즉, 금강수계에서 내륙지역의 산림은 그 수평적 규모면에서 매우 양호하게 유지되고 있으나, 금강 서해수계인 홍성군, 서산시, 태안군으로 이동하면서 능선으로부터의 산림 분포면적이 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 다시 말해서 광역생태축으로 활용할 수 있는 금남정맥과 금북정맥은 그 말단(末端)지역인 부여군과 태안군으로 가면서 단위면적당 산림분포면적도 낮기 때문에 육상동물의 서식지로서 효용가치가 떨어질 수 있고, 고도와 경사가 낮기 때문에 인간의 토지 활용이 내륙지역보다 용이하여 정맥주변의 개발압력에 의해 산림의 훼손가능성이 상대적으로 높다.



〈 그림 43. 금남·북정맥 주변 산림분포면적율 〉

따라서 생태축으로서의 금남정맥과 금북정맥은 다음과 같이 관리하는 것이 바람직하다고 보여진다.

첫째, 금북정맥의 천안-아산-공주-청양-보령 구간은 능선양안의 산림분포면적율이 높기 때문에 하나의 축의 개념으로 활용가치가 있다고 보이며, 따라서 분할되어 산림조각간에는 생태이동통로 등의 설치를 통하여 육상동물의 이동을 지금보다 원활하도록 관리하는 것이 필요하다.

둘째, 금북정맥의 좌측구간인 홍성-예산-서산-당진-태안 구간은 능선양안의 산림분포면적율

이 매우 낮아 축의 개념으로 활용하기에는 무리가 있다. 따라서 분할된 산림조각들간의 인위적인 연결보다는 기존의 산림조각을 최대한 보호하면서 서식지 내에 존속하고 있는 육상동물종을 보전하되 핵심종을 조류 등 이동성이 뛰어난 종으로 선정하여 관리하는 것이 바람직하다고 본다. 다만, 예산구간에는 덕산도립공원을 중심으로 대규모의 산림조각들이 존재하므로 덕산을 생태거점으로, 주변산림조각을 생태징검다리로 설정하여 유기적으로 연계된 생태네트워크를 구성하는 것도 고려할 수 있다.

셋째, 금남정맥은 금산-논산-계룡-공주 구간의 능선양안에서 산림분포면적이 높았다. 본 구간에는 대둔산 도립공원과 계룡산 국립공원이 자리잡고 있어 산림자원뿐만 아니라 경관자원도 우수하여 보호할 가치가 충분히 있으며, 따라서 본 구간은 도내 남쪽지역의 생태축으로 활용할 수 있도록 관리할 필요가 있다. 그러나 금남정맥의 말단부인 부여구간은 능선양안의 산림분포면적비가 매우 낮아 생태축으로서의 기능을 부여하기는 어려움이 있기 때문에 생태징검다리로서의 산림패치를 보호·육성하여 부여군의 관광자원과도 어울릴 수 있도록 유도함이 바람직하다.

상기 제안사항을 바탕으로 가장 시급하게 선행되어야 할 사항은 정맥의 능선으로부터 일정 범위에 대하여 인위적인 개발행위와 자연재해에 의한 훼손사례를 조사하고 이를 DB화하여 기존에 존재하는 자연자원의 가치와 함께 보전가치가 있는 지역을 설정하고 이를 보호할 수 있는 장치를 마련할 필요가 있다. 이렇게 결정된 자료들을 사전환경성검토나 환경영향평가, 경관영향심의회도 등 제도권 내의 환경평가사업의 초기에 환경영향의 기초자료로 적용함으로써 환경피해를 최소화하거나 미연에 방지할 수 있도록 유도하고, 그리하여 경부고속철도 천성산터널 공사나 서울외곽순환고속도로 사패산터널 공사와 같이 시민단체나 주민과의 갈등으로 인해 발생하는 비용의 낭비를 방지하고 개발과 보존이 조화를 이룰 수 있도록 유도할 수 있다.

## 2) 금남·북정맥권 대규모 산림패치 관리방안

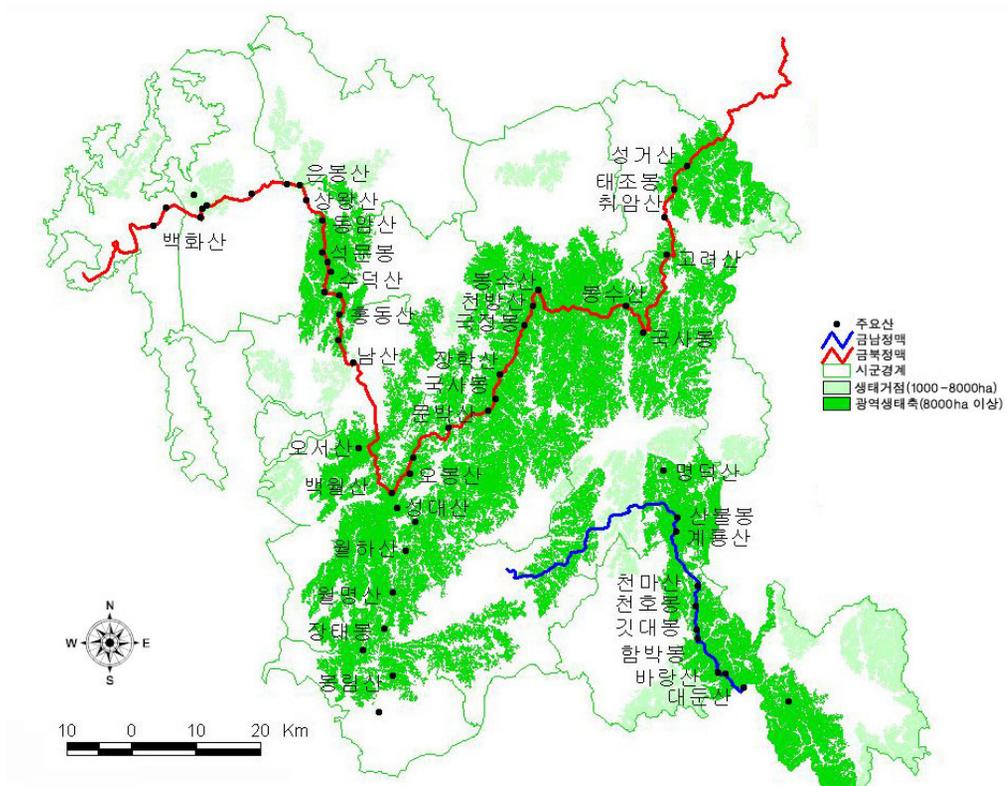
산림패치는 그 규모와 형태, 위치, 접근성 등에 따라 광역생태축과 생태거점, 코리더(corridor), 생태징검다리(ecological stopping stone) 등의 역할을 담당한다. 이와 같이 다양한 기능을 가지는 산림패치들이 적절하게 연계되면 생물종이 유기적으로 이동할 수도 있고 중국

에는 더욱 더 건강한 산림생태네트워크를 형성하게 된다.

금남·북정맥과 그 주변의 산림패치를 규모에 따라 분류해보면, 8,000ha 이상으로 광역생태축으로서의 역할이 가능한 산림패치가 6개 존재하였고, 1000ha이상의 대규모 생태거점들이 29개 존재하였다(그림 44).

그 중 생태축으로서의 산림패치들은 모두 금남·북정맥 상에 존재하는데, 천안시 성거산에서 아산시 봉수산을 거쳐 서천의 봉림산까지 이르는 두 개의 거대한 산림패치를 제1생태축으로 할 수 있고, 금산군의 대둔산에서 공주시의 명덕산까지의 금남정맥 일부구간을 잇는 두 개의 산림패치를 제2생태축으로 할 수 있으며, 서산시와 예산군의 경계에 형성된 홍동산에서 동암산 구간을 제3생태축으로, 부여 부소산에서 금강을 따라 거슬러 올라가며 형성된 산림패치를 제4생태축으로 할 수 있다. 이들 광역생태축은 8000ha이상의 산림규모를 가지고 있으면서 수평적인 생태계와 수직적인 다층구조의 생태계가 안정을 이루고 있을 것으로 판단되며, 대형포유류의 서식환경으로도 손색이 없을 것으로 보인다. 따라서 본 생태축을 중심으로한 산림지역에서는 대형포유류를 목표종으로 하여 그 종이 최소존속개체군을 이루며 생존할 수 있도록 계획하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

4개의 광역생태축과 함께 1000ha이상의 대규모 산림패치들은 독립적으로 서식지의 역할을 담당할 수 있으나 대부분 광역생태축과 인접하여 있으므로 광역생태축과 생태적으로 연계할 수 있고, 잠재적으로는 소형포유류들이 최소존속개체군 혹은 메타개체군을 이루고 생존할 수 있도록 보전·관리할 것을 제안한다. 다만, 광역생태축과 생태거점 사이에는 동물종의 이동을 위하여 현장조사와 더불어 정밀한 생태계획을 수행하여야 하며, 이를 통하여 동물종간의 이동에 장애물이 없도록 세심한 계획이 요구된다.



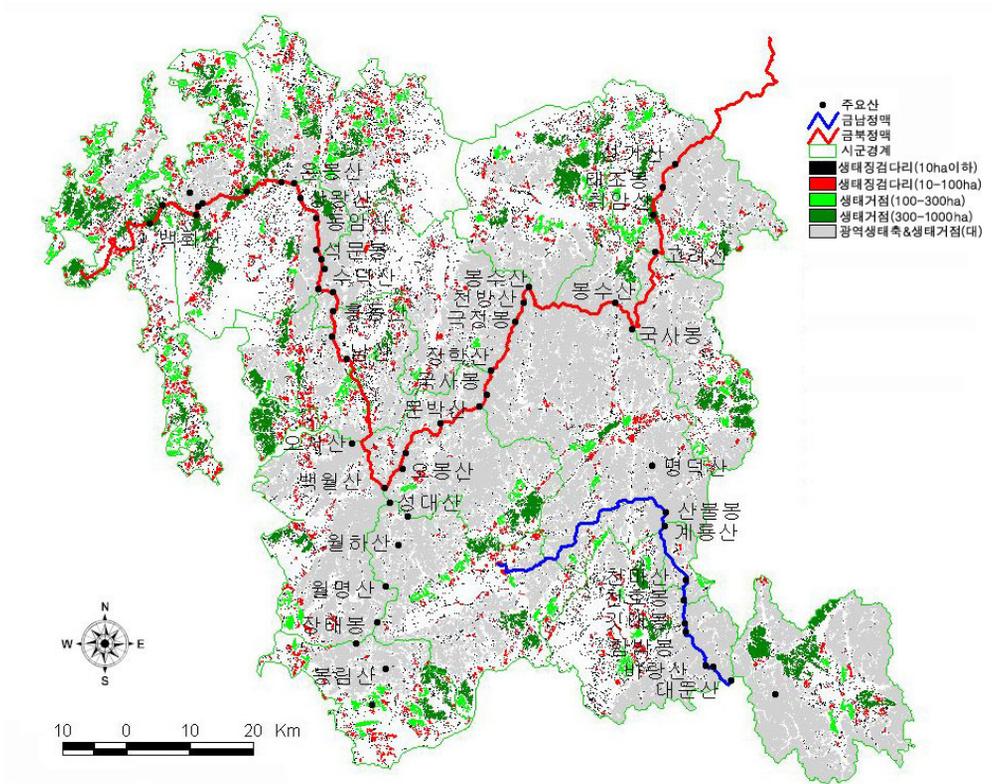
〈 그림 44. 충청남도의 광역생태축과 대규모 생태거점 〉

### 3) 금남·북정맥 주변의 중소 산림패치 관리방안

광역생태축과 대규모 생태거점 주변으로 100ha 이상 1,000ha 미만의 산림패치들이 195개 존재하였다. 이들 산림패치는 공원규모면에서 광역권 근린공원의 규모에 해당하는 소규모 생태거점이라 할 수 있으며, 여기에는 소형포유류를 목표종으로 하여 최소존속개체군을 이루도록 계획할 수 있으나 단독으로 분포하는 것보다 인근의 산림패치와 연계하여 생태계획을 수립함이 바람직하겠다.

또한, 광역생태축, 생태거점의 주변과 사이에 10ha 이상이면서 도시지역권 근린공원 규모에 해당하는 산림패치는 1,127개 존재하였는데, 이들 지역들은 거점지역이라기보다는 이동 중에

휴식하거나 먹이자원 취득을 위해 잠시 머무르는 징검다리로서의 역할을 담당하는 것이 좋다. 따라서 육상포유류를 목표종으로 하는 것보다 양서·파충류 혹은 곤충·조류를 목표종으로 정하여 생태계 먹이연쇄를 형성하는 것이 실현가능성이 높다. 또한 이들 생태징검다리는 광역 지역을 이동할 수 있는 조류를 목표종으로 하여 관리하는 것도 효과적일 수 있다. 그 외에도 10ha 이하의 규모로 산재한 생태징검다리가 있기 때문에 이들을 조화롭게 활용하여 도내의 산림패치들을 생태적으로 연결할 수 있는 계획수립이 필요하다(그림 45).



〈 그림 45. 충청남도의 소생태거점과 생태징검다리 〉

## 2. 생태네트워크 구축을 위한 시군별 산림관리방안

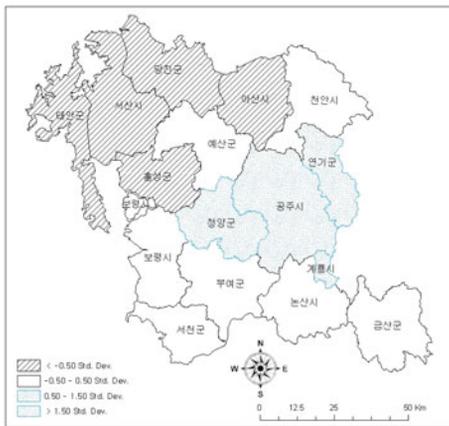
시군별 산림경관구조의 특징이 상이함에 따라 산림관리의 방안도 다음과 같이 차별화해야 할 것으로 보인다.

### ① 산림패치의 규모에 따른 시군별 산림관리

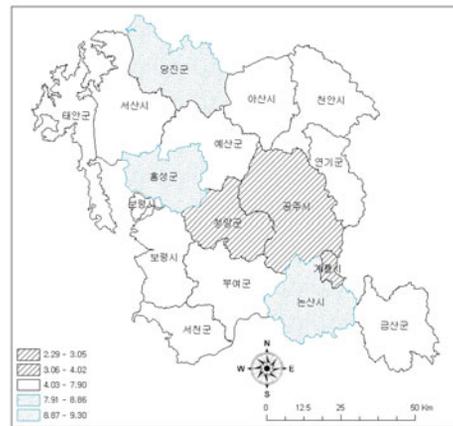
최대 산림패치의 규모가 큰 시군은 계룡시, 청양군, 공주시, 연기군이다. 반면 최대 산림패치의 규모가 작은 시군은 아산시, 서산시, 당진군, 홍성군, 태안군이다(그림 46). 최대 산림패치의 규모가 큰 시군들은 육상동물종이 서식하기에 유리한 대규모 산림서식지가 존재하므로 육상 포유류를 깃대종으로 선정하여 이를 보호·증식할 수 있는 생태계 관리계획이 이루어져야 하겠다.

### ② 산림패치 수에 따른 시군별 산림관리

단위면적당 산림패치의 수가 많은 시군으로는 논산시, 홍성군, 당진군이며, 그 수가 적은 시군은 공주시, 계룡시, 청양군이다(그림 47). 단위면적당 산림패치의 밀도가 높은 시군들은 산림 패치간의 인접성과 연결성을 따져서 생태적으로 연결할 부분은 연결하여 하나의 서식공간으로 관리하는 것이 바람직하나 인위적으로 연결하기에 거리가 멀거나 비용대비 효과가 떨어지는 산림패치의 경우는 독립성을 확보할 수 있는지를 따져서 독자적인 서식환경 구축의 가능성



〈그림 46. 최대패치지수에 의한 시군분류〉



〈그림 47. 산림패치밀도에 의한 시군분류〉

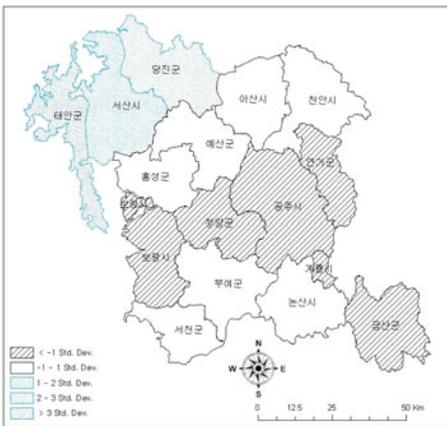
을 고려하여 생태계획을 수립하는 것이 바람직하다.

### ③ 산림패치의 분할에 따른 시군별 산림관리

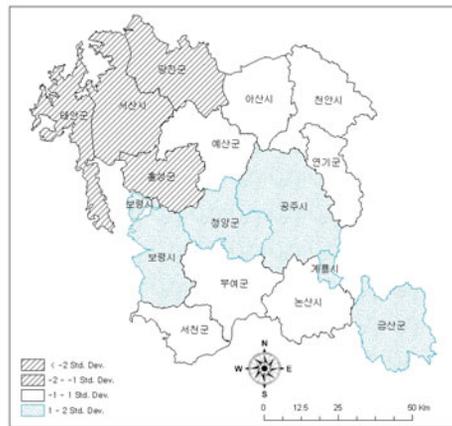
산림패치의 분할정도가 심한 시군은 서산시, 당진군, 태안군이며, 분할정도가 약한 시군은 공주시, 보령시, 계룡시, 청양군, 연기군, 금산군이다(그림 48). 산림패치의 분할이 심화되어 산림패치의 규모가 작아지면 대형포유류가 최소존속개체군으로 서식하기에 적합하지 않은 환경으로 변하고, 기존에 생존하던 종 또한 멸절하거나 다른 서식지로 이동하게 된다. 따라서 분할이 발생하는 경우나 자연적으로 산림패치의 규모가 작은 산림을 보유한 시군은 경종을 가려 목표종을 다양화할 필요가 있다.

### ④ 산림패치의 집적도에 따른 시군별 산림관리

산림패치의 집적도가 높은 시군은 공주시, 보령시, 계룡시, 청양군, 금산군이며, 집적도가 낮은 시군은 서산시, 당진군, 홍성군, 태안군이다(그림 49). 공주시 등 금북정맥과 금남정맥 상의 높은 고도에 형성된 산림을 보유한 시군은 지역 산림패치들의 인접성이 높아 분할된 산림일지라도 종간의 이동이 상대적으로 용이하다고 볼 수 있으며, 따라서 기존에 존재하는 대규모 산림을 대상으로 깃대종을 가급적 중대형 포유류로 선정하여 이들의 원활한 이동을 위해 집적도가 높은 산림간에 생태이동통로를 전략적으로 설치하게 된다면 종다양성을 보다 높일 수 있을



<그림 48. 산림 분할정도에 의한 시군분류>



<그림 49. 산림집적도에 의한 시군분류>

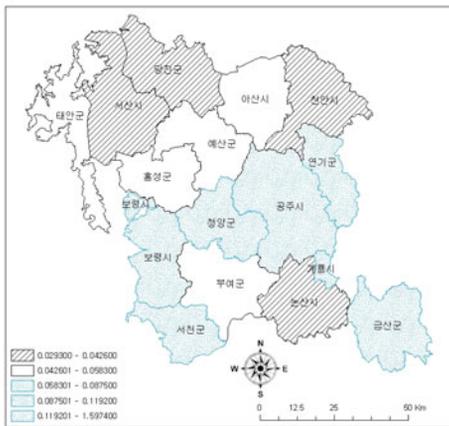
것으로 판단된다.

⑤ 산림패치의 연결성에 따른 시군별 산림관리

산림패치의 연결성이 높은 시군은 공주시, 보령시, 계룡시, 연기군, 청양군, 서천군, 금산군이며, 연결성이 떨어지는 시군은 천안시, 서산시, 논산시, 당진군이다(그림 50). 특정 산림이 존재하는 지점에서의 임계거리(threshold distance) 내에 동일 산림패치가 존재한다는 것은 임계거리 내에 존재하는 산림패치로의 종의 이동 가능성이 높다는 것을 의미한다. 산림패치간의 연결성이 높은 시군은 지역 내 산림간의 종의 이동이 상대적으로 용이하기 때문에 산림의 규모와 서식·깃대종의 생태적 특성을 고려하여 산림관리 및 주변 토지이용 계획을 수립하도록 함이 바람직하다.

⑥ 산림패치의 형태에 따른 시군별 산림관리

산림패치 형태의 불규칙도가 높은 시군은 서산시, 당진군, 홍성군, 태안군이며, 불규칙도가 낮은 시는 계룡시이다(그림 51). 산림패치의 형태가 불규칙한 시군들은 도내 서북부지역의 4개 시군이며 이들 시군은 특별히 산림패치의 규모가 작고 분할정도가 심하고 연결성이 떨어져 동물종의 육상이동이 쉽지 않은 것으로 판명되었다. 따라서 선정할 깃대종을 공중이동성이 가능한 종으로 선정하여 지나친 인위적 연결이 없이도 이들 시군만의 독특한 생태계를 유지할



〈그림 50. 산림연결성에 의한 시군분류〉



〈그림 51. 산림경관형태에 의한 시군 분류〉

수 있도록 별도 계획이 요구된다.

결과적으로 보호구설계이론에 관련된 6개 경관지수들의 비교를 통하여 유사한 산림경관구조를 가진 시군을 확인한 결과, 공주시, 계룡시, 청양군이 육상포유류의 서식에 유리한 산림경관구조를 보유하고 있었고(유형 1), 서산시, 홍성군, 태안군, 당진군이 조류 등 공중이동성이 뛰어난 종들의 서식에 유리한 산림경관구조를 보유하고 있었다(유형 2). 보령시와 금산군, 연기군은 유형 1에 가까워서 공주시, 계룡시, 청양군과 연계하여 육상포유류의 서식조건을 고려한 생태계 관리계획을 수립하는 것이 효과적이라 사료된다(표 17).

〈표 17. 시군별 산림경관구조의 특성비교〉

시군	LPI*	PD**	SPLIT**	AI*	CONNECT*	LSI**
천안					▼	
공주	△	▼	▼	△	△	
보령			▼	△	△	
아산	▼					
서산	▼		△		▼	△
논산		△		▼	▼	
계룡	△	▼	▼	△	△	▼
금산			▼	△	△	
연기	△		▼		△	
부여						
서천					△	
청양	△	▼	▼	△	△	
홍성	▼	△		▼		△
예산						
태안	▼		△	▼		△
당진	▼	△	△	▼	▼	△

\* : 증가함에 따라 육상포유류의 서식환경이 좋아지는 지수

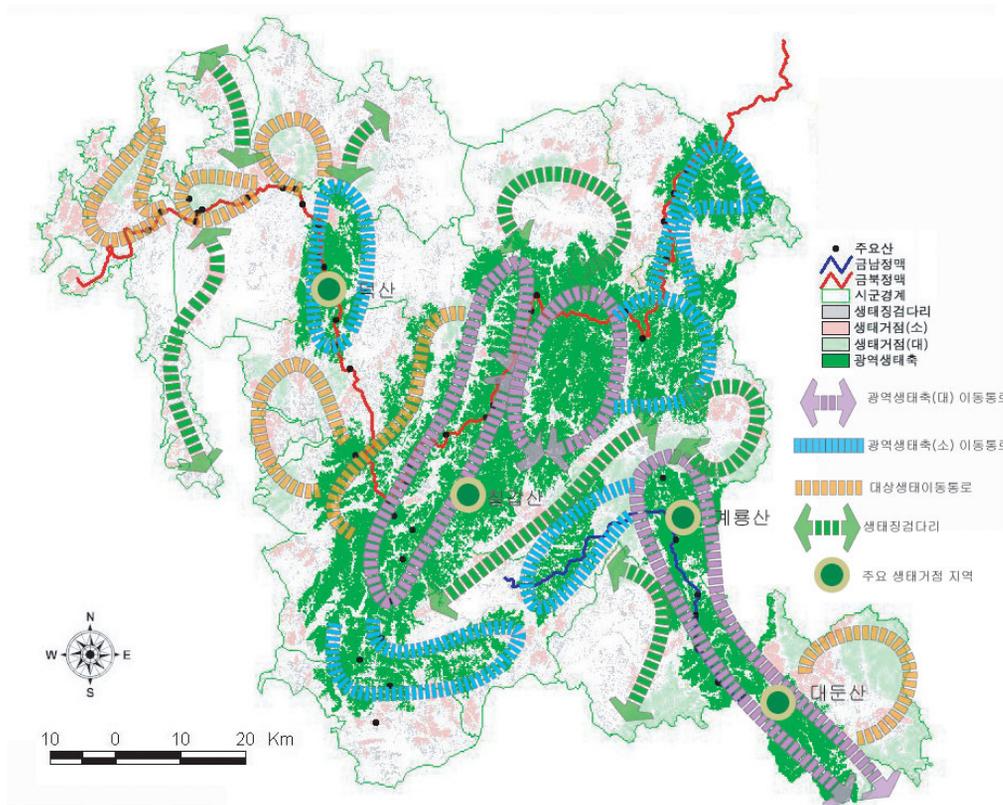
\*\* : 증가함에 따라 육상포유류의 서식환경이 나빠지는 지수



: 육상포유류의 서식에 유리한 산림구조를 보유한 시군

: 조류 등 공중이동성이 높은 종의 서식에 유리한 산림구조를 보유한 시군

끝으로 충청남도의 산림은 생물종의 원활한 이동을 위해 생태축과 생태거점, 생태징검다리를 유기적으로 연결하여 네트워크를 구성함으로써 생태계를 보다 안정적으로 보전할 수 있으며(그림 52), 이를 위해서 향후 개발에 의한 산림과편화를 지양하고 도로개설, 광산개발 등 점, 선, 면적 훼손에 의해 단절된 산림생태계를 복원함으로써 수평적인 생태계뿐만 아니라 수직적으로도 안정된 산림생태계를 회복할 수 있도록 기초적인 생태계조사에서부터 중장기적인 생태계 계획까지 체계적으로 수립하여야 하며 향후 사라진 생물이 안심하고 돌아올 수 있는 환경을 만들어 우리만의 생물주권을 확보할 수 있도록 하여야겠다.



〈그림 52. 충청남도 산림생태네트워크 개념도〉

## 제6장 결론 및 제언

본 연구는 충청남도 산림의 생물종다양성을 회복하고 도민과 생물이 함께 할 수 있는 환경을 조성하고자 Landsat 영상을 활용하여 1994년부터 2004년까지 10년 동안의 산림분포와 그 변화를 파악하고 산림의 경관생태학적 특성을 설계구 이론과 경관지수로 분석함으로 산림패치들이 가지는 구조적 특성과 산림패치와 패치간의 역학관계를 검토하여 도내 산림의 생태네트워크 구축을 위한 관리방안에 대하여 고찰하였다.

두 시기 위성영상을 분류하여 얻은 토지피복별 면적변화를 살펴보면, 도시지역은 683.5km<sup>2</sup>로 1994년의 528.0km<sup>2</sup>보다 155.5km<sup>2</sup> 증가한 것으로 나타났으나, 논 위주의 농경지는 1,709.4km<sup>2</sup>(94)에서 1,616.3km<sup>2</sup>(04)로 93.1km<sup>2</sup> 감소하였고, 산림은 4,782.9km<sup>2</sup>에서 4,472.6km<sup>2</sup>로 310.3km<sup>2</sup> 감소한 것으로 나타났다. 저지대에 분포하는 농경지는 주거지역으로 활용하기에 매우 유리하기 때문에 많은 지역이 도시지역으로 전용될 수 있고, 산림의 경우는 도로·철도의 개설 및 각종 개발사업과 산림전용 등 여러 형태의 형질변경에 따라 산림이 훼손되었다. 또한 충청남도의 산림패치 수는 57,511(94)개에서 52,089(04)개로 5,422개가 감소한 것으로 조사되었으며, 이는 산림패치가 훼손되거나 타 용도로 전용되면서 패치가 소멸되거나 다른 패치로 변경된 것으로 생각할 수 있다.

금남·북정맥과 그 주변의 산림패치를 규모에 따라 분류해보면, 8,000ha 이상으로 광역생태축으로서의 역할이 가능한 산림패치가 6개 존재하였고, 1000ha이상의 대규모 생태거점들이 29개 존재하였다. 광역생태축과 대규모 생태거점 주변으로 100ha이상 1,000ha 미만의 산림패치들이 195개 존재하였고, 광역생태축, 생태거점의 주변과 사이에 10ha 이상이면서 도시지역 권 근린공원 규모에 해당하는 산림패치는 1,127개 존재하였다. 8000ha이상의 산림패치는 규모만을 보고 판단할 때 수평적인 생태계와 수직적인 다층구조의 생태계가 안정을 이루고 있을 것으로 판단되며, 대형포유류의 서식환경으로도 손색이 없을 것으로 보인다. 따라서 본 생태

축을 중심으로한 산림지역에서는 대형포유류를 목표종으로 하여 그 종이 최소존속개체군을 이루며 생존할 수 있도록 계획하는 것이 바람직하다고 여겨진다. 1000ha이상의 산림패치들은 대부분 광역생태축과 인접하여 있으므로 광역생태축과 생태적으로 연계할 수 있고, 잠재적으로는 소형포유류들이 최소존속개체군 혹은 메타개체군을 이루고 생존할 수 있도록 보전·관리할 수 있다고 판단된다. 100ha이상 1,000ha 미만의 산림패치들은 공원규모면에서 광역권 근린공원의 규모에 해당하는 소규모 생태거점이라 할 수 있으며, 여기에는 소형포유류를 목표종으로 하여 최소존속개체군을 이루도록 계획할 수 있으나 단독으로 분포하는 것보다 인근의 산림패치와 연계하여 생태계획을 수립함이 바람직하겠다. 10ha 이상의 산림패치들은 거점지역이라기보다는 이동 중에 휴식하거나 먹이자원 취득을 위해 잠시 머무르는 징검다리로서의 역할을 담당하는 것이 옳다. 따라서 육상포유류를 목표종으로 하는 것보다 양서·파충류 혹은 곤충·조류를 목표종으로 정하여 생태계 먹이연쇄를 형성할 수 있도록 계획할 수 있다. 그 외에도 10ha 이하의 규모로 산재한 생태징검다리가 있기 때문에 이들을 조화롭게 활용하여 도내의 산림패치들을 생태적으로 연결할 수 있는 계획수립이 필요하다

보호구설계이론에 관련된 6개 경관지수인 산림패치의 규모, 수, 분할, 집적도, 연결성 및 형태의 비교를 통하여 유사한 산림경관구조를 가진 시군을 확인한 결과, 공주시, 계룡시, 청양군과 보령시, 금산군, 연기군은 육상포유류의 서식에 유리한 산림경관구조를 보유하고 있었고, 서산시, 홍성군, 태안군, 당진군이 조류 등 공중이동성이 뛰어난 종들의 서식에 유리한 산림경관구조를 보유하고 있는 것으로 확인하였다.

본 연구에서 활용한 Landsat 영상은 공간해상도가 30m이기 때문에 중소형 도로에 의해 발생된 산림의 단절은 판별한 수 없었으며, 따라서 선형구조물에 의해 단절된 산림패치에 대한 고려없이 거칠게 접근한 점에서는 매우 아쉬움이 남는다. 그러나 중규모 공간해상도의 위성영상으로 도내 산림자원의 분석을 통하여 도단위의 산림패치 구조를 분석함으로써 충청남도가 보유하고 있는 산림자원의 현실을 개략적으로 파악할 수 있었고 향후 구체적인 실천계획을 수립하는데 유익한 기초자료로서 활용가치가 충분할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 김미정, 2000, Landsat TM을 이용한 지형평준화 기법 연구, 『부산대학교 일반대학원 석사학위 논문』.
- 문석기, 성현찬, 구분학, 변병설, 유현석, 이동근, 이상문, 이은엽, 이은희, 이재준, 전성우, 전영욱, 2005, 환경계획학, 보문당, pp. 1~26.
- 박영임, 1996, “북한산국립공원 전이지대 식생 분석”, 『서울대학교 환경대학원 석사학위논문』.
- 서창완, 전성우, 1998, 원격탐사와 GIS기법을 이용한 접경지역 토지피복연구, 환경영향평가학회지 7(1), p. 20.
- 이도원, 2001, 경관생태학, 환경계획과 설계, 관리를 위한 공간생리, 서울대학교 출판부
- 이동근, 김명수, 구분학, 김경훈, 김동성, 나정화, 윤소원, 이명우, 전성우, 정홍락, 조경두, 제종길, 홍선기, 2004, 경관생태학, 보문당, pp. 42~63.
- 전성우, 정휘철, 1999, "생태자연도 작성 및 활용을 위한 원격탐사기법 연구II", 한국환경정책·평가연구원 기본과제 연구보고서.
- 충청남도, 2005, 2005 도정백서, pp. 836~842.
- 환경부, 2003, 백두대간 훼손실태 조사 연구 I.
- 환경부, 2004, 백두대간 훼손실태 조사 연구 II.
- 홍선기, 강호정, 김은식, 김재근, 김창희, 이은주, 이재천, 이점숙, 임병선, 정연숙, 정홍락, 2005, 생태복원공학: 서식지와 생태공간의 보전과 관리, 라이프사이언스, pp. 82~87.
- 홍선기, 강신규, 강호정, 노태호, 이은주, 2005, 경관생태학: 이론과 응용, 라이프사이언스, pp. 303~310.
- 환경부, 2005, 야생동·식물보호 기본계획 수립을 위한 연구, pp. 5~9.
- Chavez, P.S., Jr., 1988, An improved dark object subtraction technique for atmospheric

- scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment* 24, pp.459-479.
- Congalton, R. G., 1991, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35-46.
- Curran, Paul J., 1985, *Principles of remote Sensing*, Longman Scientific & Technical, pp.130-175.
- Gallego, F. J., 2004, Remote sensing and land cover area estimation. *Int. J. Remote Sensing*, 25 (15): 3019-3047.
- Guerra, F., Puig, H., and R. Chaume, 1998, "The forest-savanna dynamics from multi-date Landsat-TM data in Sierra Parima, Venezuela", *Int. J. Remote Sensing*, 19(11): 2061-2075.
- Jha, C. S., and N. V. M. Unni, 1994, Digital change detection of forest conversion of dry tropical forest region", *International Journal of Remote Sensing*, 15: 2543-2552.
- Johnson, R. D., and E. S. Kasischke, 1998, "Change vector analysis: a technique for the multitemporal monitoring of land cover and condition", *International Journal of Remote Sensing*, 19: 411-426.
- Kawata, Y., S. Ueno, and T. Kusaka, 1988, Radiometric correction for atmospheric and topographic effects on Landsat MSS images. *International Journal of Remote Sensing*, 9(4), pp.729-748.
- Lambin, E. F., 1996, "Change detection at multiple temporal scales: seasonal and annual variation in landscape variables". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 931-938.
- Lillesand, Thomas M., Ralph W. Kiefer, and Jonathan W. Chipman, 1994, *Remote Sensing and Image Interpretation* 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., pp.1-9, 427-523.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., and E. Moran, 2003, "Change detection techniques", *Int. J. Remote Sensing*, 25(12): 2365-2407.
- Muchoney, D. M., and B. N. Haack, 1994, "Change detection for monitoring forest defoliation", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60: 1243-151.
- Nelson, R. F., 1983, "Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49: 1303-1314.
- Perakis, K., Kyrimis, K., and A. Kungolos, 2000, "Monitoring land cover change detection with

- remote sensing methods in magnesia prefecture in Greece". *Fresenis Environmental Bulletin*, 9: 659-666.
- Singh, A., 1986, "Change detection in the tropical forest environment of northeastern India using Landsat", In *Remote sensing and tropical land management*, edited by M. J. Eden and J. T. Parry (New York: J. Wiley), pp237-254.
- Sohl, T., 1999, "Change analysis in the United Arab Emirates: an investigation of techniques", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65: 475-484.
- Swanson, F. J., Franklin, J. F. and Sedell, J. R., 1990, Landscape patterns, disturbance, and management in the Pacific Northwest, USA. In I.S. Zonneveld and R.T.T. Forman(eds.) *Changing Landscape: An Ecological Perspective*. pp. 191~213. Springer-Verlag. New York.
- Sabins, F.F., 1977, *Remote Sensing Principles and Interpretation*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, California, pp.233-275.
- Townshend, J. R. G., and C. O. Justice, 1995, "Spatial variability of images and the monitoring of changes in the normalized difference vegetation index", *International Journal of Remote Sensing*, 16: 2187-2195.
- Van Genderen , J. L., and B. F. Lock, 1977, Testing land-use map accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43: 1135-1137.

末石富太朗・環境計劃研究會, 1994, 環境計劃論, 森北出版株式會社



■ 집 필 자 ■

연구책임 · 장갑수 책임연구원

총발연 2006-19 · 위성영상을 활용한 충남지역 산림 실태 및 관리방안

글쓴이 · 장갑수 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원

인쇄 · 2006년 10월 31일 / 발행 · 2006년 10월 31일

주소 · 대전광역시 중구 용두동 112-1 (301-745)

전화 · 042-820-1182(환경생태연구팀) / 팩스 · 042-820-1129

ISBN · 978-89-89552-89-5 93530

<http://www.cdi.re.kr>

©2006. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.