

도농통합지역의 녹지환경정비모델에 관한 연구 II 1)

-천안의 녹지구조변화를 중심으로-

심우경* · 이진희** · 김훈희***

고려대학교 원예과학과* · 상명대학교 환경조경학과** · 상명대학교 환경조경학과 박사과정***

A Study on the Urban Fringe Landscape Environment Model - The Analysis of Change in Forest Structure of Chonan City -

Woo Kyung Sim* · Jin Hee Lee** · Hoon Hee Kim***

*Dept. of Horticultural Science, Korea University

**Dept. of Environmental Design and Planning, Sangmyung University

***Graduate School Dept. of Environmental Design and Planning, Sangmyung University

ABSTRACT

Landcover change is an important factor that changes structure and function of regional ecosystem. As the rise of concern on environment quality, many studies are trying to quantify and evaluate the landscape in recent days.

In this study, using landscape indices with RS(Remote Sensing) and GIS(Geographic Information System) technology, spatio-temporal variations of areas and distribution of forest patches were examined in the Chonan from 1985 to 1996. Fragstats 2.0 was employed to analyze and compute 31 landscape indices from 52 landcover maps.

A result of this study showed that area of forest and paddy decreased as a result of urban sprawl. Especially from 1993 to 1996, the change of land use progressed rapidly because of merging a city and a country in Chonan. The size of patch in forest had been smaller and irregular form, heterogeneity of size of forest patches within sub-basin increased, and variety of patch types around forest patches increased from 1985 to 1996.

Key Words : landscape ecology, landcover change, landscape indices, RS, GIS, the chonan city

1) 본 연구는 한국학술진흥재단의 1997년 외국석학과의 공동연구과제(도농통합지역의 녹지환경정비모델에 관한 국제비교연구) 지원에 의해 수행되었음.

1. 연구의 배경 및 목적

토지 이용 및 지피(Landcover)의 변화는 지역 생태계의 구조와 기능을 변화 시키는 중요한 요인으로 인식되고 있다(Riebsame et al., 1994). 그러나 인간의 수요와 경제활동의 증가는 토지 자원에 대한 압력을 가중시켜 왔으며, 이러한 인간의 요구를 지속 가능한 방법으로 충족 시키기 위해서는 토지 자원에 대한 갈등과 충돌을 해소하고 토지 자원을 효과적이고 효율적으로 관리할 수 있는 통합적 관리가 필요하다(지방의제 21). 이러한 토지 자원의 통합적 관리를 위한 기초적 자료로서 토지피복에 대한 시계열적 조사는 도시개발에 있어서 긍정적인 측면과 함께 수반되는 부정적인 측면에 대한 균형있는 개발정책의 의사결정에 중요한 영향을 미친다.

토지 이용 또는 지피에 관련된 정책 결정 과정에서 일반적으로 중요한 가정은 다른 형태에 비하여 보다 최적화된 토지 이용 형태를 찾는 것으로서 이러한 가정은 어떤 형태가 다른 형태의 경관보다 환경적으로 최적화 되어 있고 보다 지속 가능하다는 생각에서 출발한다고 하겠다. 따라서 한 지역에 대한 관리 계획은 흔히 이 최적화된 경관 형태를 구현할 수 있는 경관 구조로의 변화를 모색하게 되며(Haines-Young and Chopping, 1996; Forman 1995), 이를 위해서는 경관 자원에 대한 양적 접근과 더불어 구조적 특성에 대한 접근이 동시에 고려되어야 하겠다.

우리나라의 경우 대부분의 농촌지역은 산지형의 자연녹지 또는 개발제한 구역으로 위요되어 분지형의 공간특성을 갖기 때문에 농업환경이 도시화로 진행될 때 자연녹지의 변형 및 훼손의 가능성이 높고, 이러한 도시화는 생태계의 파괴 및 환경의 질적 저하를 가져오고 있다. 그러므로 시·군 통합에 따른 상대적인 도시종속화 현상으로 인한 농촌지역은 특히 자연녹지의 변형과 훼손에 대한 능동적인 대응방안을 마련할 필요성이 요구되고 있다. 이를 위해서는 경관의 공간적 차원, 배치의 규명성, 분포, 생태계의 내용과 기능(흐름, 상호작용, 변화)에 영향을 미치는 공간적 구성의 역할에 주로 초점을 맞추는 경관 생태학적 접근이 적합하다. 즉, 경관의 변화에 따른 양적 변화, 구조적 특성, 기능의 파악을 위해서는 넓고 이질적인 토지 패치(patch)간의 공간적 관계와 기능적 상호작용

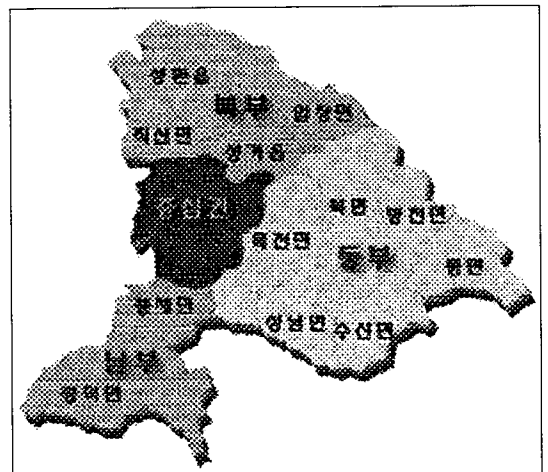
용과 이들이 시간의 경과에 따라 구조와 기능에 어떠한 변화를 가져오는지 분석하는 것이 필요하다. 여기서 패치(patch)란 그 자체의 주변으로부터 구별되어진 비교적 동질한 비선형지역을 의미한다.

본 연구의 목적은 이러한 경관생태학적인 관점에서 토지자원의 통합적 관리 및 이용계획을 수립하기 위해 1995년 도시와 농촌이 합쳐지면서 도시 내·외의 여건변화와 급속한 도시의 확장, 인구의 급증으로 많은 혼란을 겪고 있는 천안시를 대상으로 지난 10여년간의 녹지 변화를 구조적으로 분석하고 이의 문제점 및 대안을 고찰하여 보다 바람직한 녹지 환경을 제안하기 위한 기초자료로 활용하는데 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

(1) 연구의 공간적 범위

1995년에 도농통지역으로 변경된 천안시 행정구역 전 지역으로 한정한다. 천안시는 서울기점 83.6Km(고속도로)에 위치한 분지형, 내륙 산간형 도시로, 인구는 373,392명, 면적은 636.45km²(서울 605.78 km²), 도로 총 길이는 529.3 km이다. 1914년 3월1일 부군·면 통합(부령제111호)시 천안군, 목천군, 직산군이 통합되어 천안군이 되었으며, 1963년 1월1일 천안읍이 발전하여 천안시와 군으로 분리되었다가 1995년 5월10일



〈그림 1〉 연구 대상지

천안시와 천안군이 법률 제 4948호로 통합되어 현재의 천안시가 되었으며 2읍 10면 14동으로 구성되어 있다. 또한 대규모 개발사업들을 살펴보면 경부고속철도(2000년)와 천안~논산고속도로건설(2002년), 천안 민간역사건립(2000년)등 90년대에 들어와 도시내·외의 여건변화와 급속한 도시의 확장, 인구의 급증 그리고 천안시/군의 통합에 따라 도시공간구조 재편에 대한 필요성에 따라 많은 개발사업을 추진하고 있다.

(2) 연구의 시간적 범위

1995년 5월 10일 도농통합지역으로 변경된 천안시의 1985년 5월 14일부터 1996년 9월 1일까지의 범위로 한정한다.

(3) 연구의 내용적 범위

위성영상 자료에 의한 토지피복 분류시 유사한 분광특성을 나타내는 각각의 클래스를 동일한 지역으로 나타내는 것을 하나의 패치단위로 해석하고 경관 지수를 통하여 자연녹지의 구조적 변화와 주변 지피(Landcover)와의 관계로 한정한다

(4) 자료 처리 및 분석

천안시의 녹지 구조와 그 변화를 정량화하기 위하여 Landsat TM(Thematic Mapper) 위성 영상을 사용하였으며 지피분류를 위해서 이용된 위성영상의 촬영 시기 및 Pass/Row는 각각 1985년 5월 14일 116/34, 1987년 5월 20일 116/34, 1993년 5월 20일 116/34, 1996년 9월 1일 116/34이다. 지피 분류 방법으로는 무감독 분류를 수행하여 수역, 농경지(초지 포함), 산림, 저밀도 도시지역(교외지역 포함), 고밀도 도시지역, 나대지의 6개 지피항목으로 분류하였으며, 영상에서 추출하기 어려운 도로망은 1:25,000 축적의 지형도에서 디지털이징된 도로망도를 중첩, 4개년도의 최종 지피 데이터 베이스를 구축하였다. 도로망도는 영상 자료의 시점과 일치하는 공간 자료 획득의 어려움으로 인하여 각 시기별로 작성되지 못하였다.

대상지 내의 산림 패치에 대한 경관지수 산출을 위해서 주연부 깊이를 100m로 설정한 후 FRAGSTAT

2.0 (Mcgarigal and Marks, 1994)을 이용하였다. 주연부 깊이 100m는 산림 내 주연부 깊이에 대한 국내 연구 박영임(1996)과 서경주(1996), 해외 연구 Chen et al. (1996)과 Vaillancourt(1995)의 선행 연구 결과를 참고하였으며, 실제로 Reed et al. (1996a, 1996b)의 경우 국립 공원내 산림 파편화의 연구에서 주연부 깊이를 100m로 적용한 선택이 있다.

경관 지수 산출에 이용된 FRAGSTAT 2.0은 현재까지 가장 다양한 지수를 일괄적으로 처리해 주는 프로그램이며, 이를 이용한 연구들이 국내외에서 보고된 바 있어(이응경, 1998), 기존 연구와 비교가 가능하며 또한 미국 USFS에서 사용하므로 차후의 USFS자료와 비교연구가 가능하기 때문이다.

산림과 인접한 지피의 종류와 그 양을 분석하기 위해서는 모든 화소에서 산림으로 부터의 거리를 할당 한(Buffering) 영상을 재 분류하여 산림으로부터 100m까지의 영역을 추출한 후 지피 분류영상과의 중첩 분석을 통하여 산림 주변 100m 이내의 각 지피별 면적 분포를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

다음의 <표 1> 과 <표 2>는 각각 토지피복 분류 결과와 산림 패치에 대한 경관 지수들의 분석 결과들이다.

<표 1> 각 연도별 토지피복 변화 (단위: ha)

지피 \ 연도	85	87	93	96
수역	421.56 (0.67%)	216 (0.34%)	415.26 (0.66%)	664.02 (1.05%)
농경지	20672.1 (32.70%)	18339.57 (29.01%)	17991.18 (28.45%)	15105.33 (23.79%)
산림	36740.79 (58.11%)	35952.66 (56.86%)	33373.98 (52.78%)	31485.87 (49.59%)
저밀도도시지역	1268.28 (2.01%)	5379.93 (8.51%)	6579.18 (10.41%)	10364.67 (16.32%)
고밀도도시지역	234.27 (0.37%)	612.18 (0.97%)	424.62 (0.67%)	2114.1 (3.33%)
도로	2118.33 (3.35%)	2118.33 (3.35%)	2118.33 (3.35%)	2118.33 (3.34%)
나대지	1763.46 (2.79%)	600.12 (0.95%)	2315.88 (3.66%)	1629.27 (2.57%)
합 계	63210.2 (100%)	63448.0 (100%)	63527.4 (100%)	63509.2 (100%)

〈표 2〉 각 연도별 산림 패치 경관 지수

경관지수 연도	%LAND (Percent of Landscape)	NP (Number of Patches)	LSI (Landscape Shape Index)	C%LAND (Core Area Percent of Landscape)	MNN (Mean Nearest - Neighbor Distance)	IJI (Interspersion and Juxtaposition Index)
85	55.39615	758.2308	21.55846	21.39	36.3	37.08769
87	53.83231	375.2308	15.03	24.47	44.58	41.95462
93	49.79615	332.9231	13.64846	22.96	49.98231	47.66769
96	47.09538	505.1538	16.16462	15.30231	46.98538	63.06692

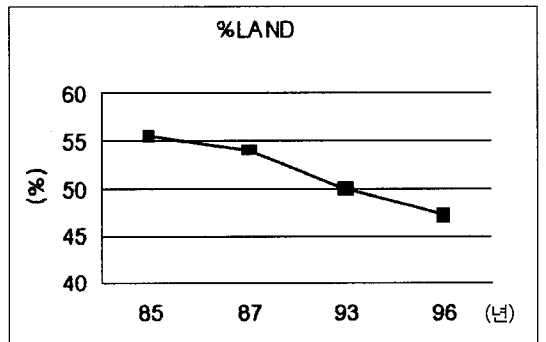
분석된 경관지수들에 대하여 패치면적의 변화와 면적분포의 변화를 살펴보고, 패치의 모양과 패치간의 연결성 분석을 통하여 산림패치들의 형태변화와 구조를 살펴보고자 한다. 아울러 산림패치 주변의 변화를 파악하여 산림패치의 변화와 그 인접토지와의 관계를 분석하고자 한다.

(1) 자연 녹지의 면적 변화

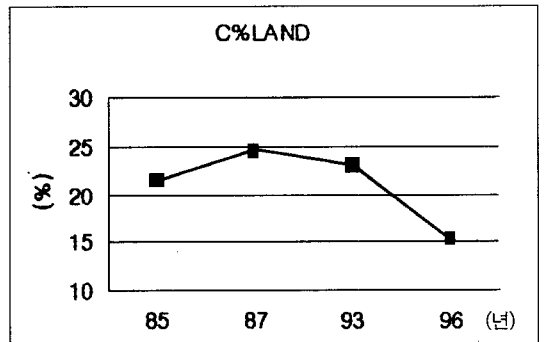
천안시의 전체적인 토지이용변화를 1985년, 1987년, 1993년, 1996년 4개 위성영상으로 분석한 결과 산림지역의 경우 85년 36740.8 ha에서 96년 31485.9 ha로 약 5,255 ha가 감소되었고, 농경지의 유실 또한 85년 20672.1 ha에서 96년 15105.3 ha로 약 5,566 ha가 축소되었음을 알 수 있다. 이는 산림과 농경지의 대부분이 도시 및 내대지로 변화되었음을 시사한다. 도시지역을 저밀도와 고밀도로 나누어서 살펴보면 저밀도의 경우는 85년 1268.28 ha에서 96년 10364.67 ha로 약 9,096.3 ha이상 증가된 것으로 확인되었으며, 고밀도의 경우 85년 234.27 ha에서 96년 2114.1 ha로 약 1,879.8 ha가 증가되어 결국 도시지역의 확산이 산림 및 농경지의 축소와 높은 관계를 가지고 있음을 파악할 수 있었다.

또한 산림 면적의 감소와 산림의 중심부 영역의 감소는 일정량의 비례관계가 성립하는 것이 일반적인 현상인데, 천안시의 경우 93년과 96년 사이에 산림면적의 감소비율이 적은데(2.7%) 비해, 산림중심부의 면적은 급격히 감소(7.7%)하는 이상현상을 보였다(표1, 그림 2, 그림 3).

이는 93년부터 96년 기간 동안 산림 중심부에 대한 직접적이고 인위적 개발이 진행되어 산림 중심부에서 쪼개짐 및 변형 현상이 많이 발생했음을 유추해서 생



〈그림 2〉 전체 면적 지수 (%LAND)



〈그림 3〉 중심부 면적 지수 (C%LAND)

각해 볼 수 있다. 이는 생물다양성의 관점에서 볼 때 보존 대상이 되는 다수의 생물종이 주변종이라기 보다는 특정 환경에 적응해 사는 내부 종임을 감안하면 종 다양성에 미치는 환경적 약 영향은 93년부터 96년 기간 동안 가장 많은 영향을 미쳤음을 시사한다.

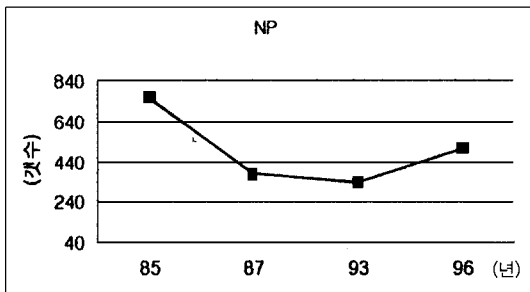
그림 2, 3에서 1985년의 중심부 면적 지수(C%LAND)는 1987년과 1993년에 비해 다소 낮게 나타났는데, 이는 1985년 식생 패놀로지 상의 차이로 보이며 따라서 85년도의 산림이 과소평가 됐을 가능

성 높다고 사료된다. 이러한 이유는 85년의 중심부 면적지수가 87년과 93년보다 다소 적는데 비해 전체 산림의 면적은 가장 넓은 것으로 나타났으며, 본 연구에서 사용한 무감독 분류법의 특성상 충분히 활성화 되지 못한 산림의 경우 초지나 과수원 등의 농경지로 분류될 가능성이 높기 때문이다. 따라서 85년의 산림은 본 연구에서 분석된 결과보다는 더 넓은 면적을 가지고 있을 것이라고 판단된다.

(2) 면적 분포의 변화

산림 패치의 수는 85년부터 87년까지 대폭 감소하였다가 93년부터 96년 기간동안 다소 증가했으며(그림 4) 이러한 산림패치의 감소는 상대적으로 큰 면적을 가지고 있는 산림보다는 주로 작은 면적의 패치들의 변화에서 기인한다고 판단할 수 있다. 토지피복별 면적의 변화(표 1)와 함께 생각할 때 작은 산림 패치들은 인위적 개발에 의하여 농경지, 저밀도 도시지역 등으로 흡수되었을 가능성이 높은 것으로 판단되며, 이에 반해 93년부터 96년 기간동안 패치수의 증가는 큰산림 주변부에서 다시 파편화가 시작되고 있음을 시사한다.

산림 패치 면적의 감소를 종합해보면 1985년부터 1993년까지의 변화는 주로 작은 산림 패치의 소멸과 큰 산림 패치의 면적 감소로 설명할 수 있으나 1993년 이후 1996년까지의 변화는 양적인 감소와 더불어 산림의 파편화 현상이 가장 두드러진다고 할 수 있다.



<그림 4> 패치의 개수(NP)

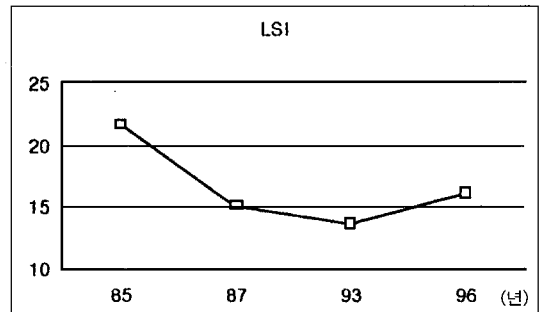
(3) 산림패치모양의 변화

자연발생적으로 생성된 산림 패치 모양은 불규칙적

이고 복잡한데 비해 인위적인 개발로 인한 산림 패치 모양은 단순화되고 정형화된다.

천안지역에서의 산림패치의 모양은 85년부터 93년 기간동안에는 산림 패치들의 면적 감소(그림 2)와 더불어 단순화되는 것으로 관찰되었으며, 반대로 93년부터 96년 기간동안에는 면적의 감소에도 불구하고 패치들의 모양이 복잡해 지는 것으로 나타났다(그림 5). 이러한 현상은 85-93년 사이에는 인간의 계획에 의한 개발 사업이 저밀도 도시지역이나 농경지로 둘러싸인 작은 패치와 큰 산림 주변부의 복잡한 모양을 가진 경계부분에 집중되어 불규칙한 산림 경계를 단순화 시켰다고 판단할 수 있다. 그러나 93년부터 96년 기간동안 큰 산림 주변의 파편화 현상의 증가에 따라 산림의 면적 감소와 작은 패치들의 생성으로 인하여 산림패치 모양이 불규칙하고 복잡해진 것으로 파악할 수 있다. 이용경(1998)에 따르면 한강 중하류의 몇몇 구역의 산림 경관에서도 초기에는 면적의 감소와 더불어 모양의 단순화가 나타났으나 계속되는 개발에 의하여 면적감소와 모양의 복잡화 현상이 보고된 바 있다.

패치 수의 변화와 패치 모양의 복잡성 정도의 변화는 산림의 면적감소와 함께 종합적으로 해석할 때 산림의 양적 변화뿐만 아니라 산림의 구조적 변화정도를 판단할 수 있는 근거로서 활용될 수 있다고 사료된다.

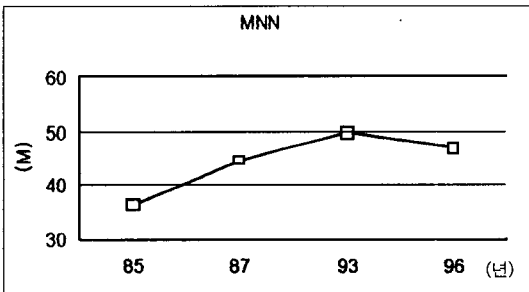


<그림 5> 패치 모양 지수(LSI)

(4) 연결성 감소

산림 패치간의 평균 이웃 거리(MNN)는 패치수(NP)와 관련이 있으며, 패치수가 감소하면 패치와

패치사이의 거리가 늘어나는 것이 일반적인 현상이다. 천안시의 패치 이웃거리는 1993년까지 계속 증가함을 보이고 있으나 1993년 이후 1996년까지는 다소 감소하는 것으로 나타났다(그림 6). 이는 1993년까지 작은 패치들의 수적 감소에서 그 원인을 찾을 수 있다. 대륙의 역할을 해 주는 큰 산림 패치들 사이에서 징검다리 역할을 해 주던 작은 섬 패치들이 주변 토지 이용(농경지, 저밀도 도시지역, 나대지)으로 흡수되어 큰 패치간의 거리가 멀어지고 이에 따라 연결성이 감소 되었음을 알 수 있다. 이러한 작은 패치들은 전체지역에서 생태계의 통로 역할을 담당하던 공간이라고 할 수 있으며, 생태 통로를 담당하던 패치들의 소멸은 자연녹지(산림)의 연결성을 약화시키므로 지역생태계와 환경의 질을 악화시킨다.



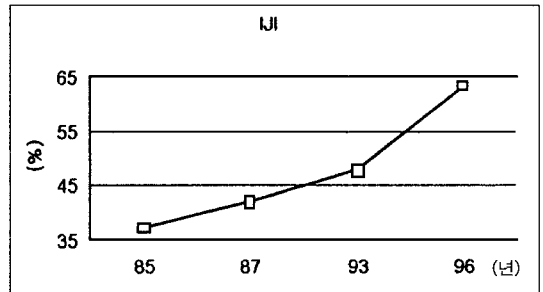
<그림 6> 연결성 지수(MNN)

1993년 이후 MNN 값의 감소는 작은 면적의 패치 수가 같은 기간동안 증가했음을 고려할 때(그림 4) 생성된 작은 패치들은 주로 큰 패치들의 주변에서만 발생하여 수치적으로는 MNN값이 감소 했지만 중심부 면적의 감소로 오히려 연결성을 악화시켰다고 해석할 수 있다. 즉 생성되는 작은 패치들은 큰 패치에서 분리된다는 것과 같은 기간동안 중심부 영역이 크게 감소한 점(그림 3)을 고려할 때 패치들간의 연결성은 악화되었음을 알 수 있다.

(5) 인접 토지이용의 변화

산림 패치의 산포성 및 병렬성 지수(IJI)의 변화를 살펴보면 1985년부터 1996년까지 산림 인접부의 토지 이질성과 병렬성이 증가했으며, 특히 93년부터 96

년 기간에 급격히 증가한 것으로 나타났다(그림 7). 이는 산림 주변에 대한 토지이용의 복잡성이 증가하고 있음을 반영하는 것으로 볼 수 있으며 특히 93년 이후 복잡성이 급격히 증가한 것은 이 시기에 보다 광범위하고 다양한 개발활동이 이루어졌음을 간접적으로 보여주고 있다고 판단할 수 있다.

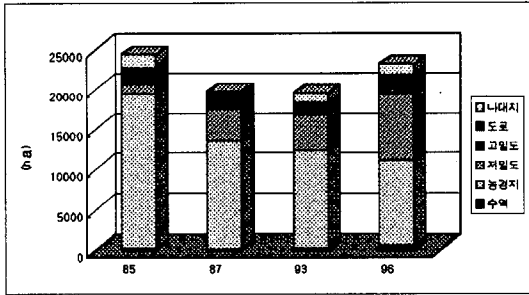


<그림 7> 인접 지피변화 지수(IJI)

한편 산림 인접부 100m내의 지피 항목별 면적 분포를 분석해 보면 산림 주변은 1985년 대부분이 농경지로 구성되었으나, 저밀도 도시지역과 고밀도 도시지역, 나대지의 비율이 상승하여 1996년에는 산림 주변의 100m인접 지역 내 농경지와 저밀도 도시지역이 각각 46%와 35%를 차지함을 알 수 있다(그림 8).

이를 인접지피변화(IJI) 분석 결과와 종합하면 1985년부터 1996년까지 산림 주변의 토지 유형은 한 종류의 지피가 산림 패치의 주변부를 둘러싸던 구조에서 다양한 종류의 지피들이 동시에 한 산림 패치의 주변부를 공유하는 형태로 바뀌었음을 알 수 있으며, 주로 산림주변부의 토지이용형태는 농경지 중심에서 저밀도 및 고밀도 도시지역과 농경지의 혼합된 형태로 변해 왔음을 알 수 있다.

또한 면적의 변화(그림 2, 그림 3) 및 산림 패치들의 면적 분포의 변화와 종합해서 고찰해 보면 먼저 농경지 내부에 있던 작은 산림들이 농경지와 저밀도 도시지역으로 흡수되고, 다시 농경지는 저밀도 도시지역과 나대지, 고밀도 도시지역으로 변해가는 과정을 겪어 왔음을 알 수 있다. 이러한 산림 주변의 지피의 변화는 인접한 산림 생태계에 영향을 줌으로써 주변부 깊이를 증가시키고 핵심부의 면적을 감소시키는 효과를 보인다(박영임, 1996, 서경주, 1996).



〈그림 8〉 산림 인접부(100m)내의 토지이용 항목별 면적 분포

이들 결과를 모두 종합해보면 1993년 이후 1996년까지의 산림 변화는 그 면적 자체의 변화보다는 핵심부 면적의 감소와 연결성의 감소, 주변 지피로부터의 영향 증가량을 고려할 때 본 연구의 시간적 범위 내에서 가장 많은 자연녹지의 감소와 구조 변화가 이루어진 시기로 평가할 수 있다.

4. 결론 및 토의

도시화 진행에 따른 토지이용의 변화추이를 살펴보는 일반적인 방법은 토지의 양적변화에 치중된다. 그러나 도시의 근교농촌의 토지이용형태는 자연녹지 및 생산녹지가 대부분이며, 특히 자연녹지(산림)은 자연자원의 가치와 질이라는 측면을 고려해볼 때 양적인 변화 뿐만아니라 구조적인 변화에 대한 분석이 병행되어야 그 변화추이에 맞는 바람직한 방향설정이 가능하다.

이에 본 연구에서 천안시의 자연녹지의 양적, 구조적인 변화를 살펴본 결과 녹지의 양은 계속 감소 추세에 있으며 산림패치들간의 연결성이 약화되며 정형성, 복잡성이 증대됨을 볼 때 1993-1996년 시기 즉 도농통합이 이루어진 직후에 자연자원으로서의 산림이 크게 훼손되고 있으며 이는 녹지의 양적인 측면뿐만 아니라 구조적인 측면을 고려한 토지이용계획 및 녹지계획이 필요함을 보여준다고 하겠다. 아울러 경제적, 문화적 요구와 함께 환경의 질이라는 측면을 고려한 지속 가능한 지역 공간으로 형성하기 위해서는 바람직한 토지이용지침에 대한 지역적 협의와 함께 토지이용변화의 과정을 연구 분석하여 다음 정책

결정 과정에 반영할 수 있는 적절한 평가가 함께 수반되어야 할 것이다 (Haines-Young and Chopping, 1996).

그러므로 도시와 농촌이 합쳐진 이질적인 공간단위로 구성된 복합체인 천안시의 경우, 차후 각 행정구역 단위별로 토지이용의 양적·구조적인 변화에 대한 결과를 검토하여 각각의 토지이용변화 유형에 따라 각 지역의 녹지환경특성에 부합되는 바람직한 녹지환경정비모델의 대안이 제시되어야 할 것이다.

인용문헌

- 김경아(1998) 수도권 자연보전권역에서 토지이용 규제가 지피변화에 미치는 영향. 서울대학교 환경계획학과 석사학위논문.
- 박영임(1996) 인공위성영상을 이용한 북한산 국립공원 전이 지대 식생분석. 서울대학교 환경계획학과 석사학위논문.
- 서경주(1996) 식생거수를 이용한 설악산 국립공원 내 인간활동이 식생에 미치는 영향분석. 서울대학교 환경조경학과 석사학위논문.
- 이용경(1998) Trend of Forest Fragmentation in the Lower Region of Han River Basin. 서울대학교 환경계획학과 석사학위논문.
- 이종성(1998) Landsat MSS Data를 이용한 서울시 산림패치의 패턴변화분석 한국조경학회 26(2) : 240-250.
- Chen, J., J. F. Franklin, and J. S. Lowe. (1996) Comparison of Abiotic and Structurally Defined Patch Patterns in a Hypothetical Forest Landscape, Conservation Biology. 10(3): 854-862.
- Forman, R. T. T. (1995) Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press.
- Haines - Young, R., and M. Chopping, (1996) Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. Progress in Physical Geography. 20(4) :418-445.
- Mcgarigal, K., B. J. Marks. (1994) : FRAGSTATS: a spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure v 2.0(unpublished computer program user manual and guide. Oregon State University, Corvallis)
- Reed, R. A., J. Johnson-Barned and W. L. Baker(1996a) Fragmentation of a forested Rocky Mountain Landscape. 1950-1993, Biological Conservation 75: 267-277.

- Reed, R. A., J. Johnson-Barnard and W.L. Baker(1996b) Contribution of Roads to Forest Fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology*. 10(4): 1098-1106.
- Vaillancourt, D. A. (1995) Structural and microclimatic edge effects associated with clearing in a Rocky Mountain forest. Master's Thesis. Department of Geography and Recreation, University of Wyoming Laramie.
- Schreiber, K. (1990) "The History of Landscape Ecology in Europe", in I.S.Zonneveld and R.T.T. Formen(eds.) *Changing Landscape: An Ecological Perspective*. New York, Springer-Verlag.
- Tuner, M.G., Wear, D.N., Flamm, R.O. (1996) Land Ownership and Land-cover Change in the Southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula. *Ecological Applications*, 6(4): 1150-1172.