

한국 농산촌 경관의 구조와 이질성 및 다양성의 최근 변화: 경관의 보전과 복원과의 관계

홍선기 · 임영득* · 中越信和** · 장남기***

서울대학교 교육종합연구소, 인천교육대학교 과학교육과*,
히로시마대학교 국제협력연구과**, 서울대학교 생물교육과***

적 요: 경관 변화란 토지 모자이크에서 인간의 활동과 자연적 교란에 의하여 경관 요소들의 형태와 위치가 변하거나 다른 요소들로 대체되는 것을 의미한다. 경관 이질성, 다양성 및 형태 등의 유형뿐만 아니라 공간요소의 배치가 변하는 과정에서 생태계의 특성도 변화한다. 그러므로 지속 가능한 경관시스템을 위한 경관보전과 복원계획에서는 경관의 변화과정에서 발생하는 경관 요소의 공간적인 특성 및 각 요소들간의 생태적 성질을 충분히 고려해야 한다. 이러한 관점에서 본 연구는 농·임업이 주요 산업원인 경기도 양평군 양동면에서 1980년대와 1990년대의 식생경관도를 작성하여 경관유형 분석과 지역통계자료를 이용하여 경관변화에서 나타나고 있는 토지 이용의 변화를 조사하였다. 이 지역의 경관변화는 최근 사회경제적 발달에 의한 현대화 과정과 밀접한 관계가 있다. 경관 분석에 의하면 인간 간섭으로 유지되어 온 이차식생의 면적은 감소되거나 그 위치에 대규모 조림지가 조성되었다. 경관전체의 프랙탈 지수는 증가하였으나 면적이 증가하고 있는 논의 경우 그 값은 오히려 감소하였다. 이와 같은 결과는 기계를 이용한 농업집약화 현상의 하나로서 인위적인 경작지 개량에 원인이 있다고 할 수 있다. 이 기간 동안에 조림지와 기계를 이용한 경작지 등 경관 관리의 면적이 더욱 증가되고 있으며 그들의 형태도 단순화되고 있다.

검색어: 경관 구조, 경관 변화, 경관 복원, 경관 이질성, 단편화, 인간 활동, 프랙탈 지수

서 론

경관은 인간과 자연환경이 결합되어 시공간적으로 나타나는 토지 모자이크(land mosaics)이다 (Forman 1995). 이러한 토지 모자이크는 물리적인 환경 및 자연적 교란, 그리고 인간 활동에 의하여 토지의 패치화(pachiness)와 단편화(fragmentation)가 진행되고 그러한 과정에 의하여 경관을 구성하는 공간요소(spatial element)의 배열과 그들의 생태적 성질이 변화된다. 공간요소인 독립된 패치의 특성이나 다른 패치와의 공간적 상호작용은 경관의 구조를 결정한다. 경관의 기능은 패치 사이의 물리적이고 화학적인 흐름과 생물학적인 이동에 의하여 결정된다. 경관 변화는 독립된 패치의 변화나 패치의 배치와 상호관계의 변화에 의해 결정된다. 이러한 경관생태학의 세 가지 원리는 서로 밀접하게 연계되어 나타나고 있다.

최근 자연 환경에 미치는 인간의 활동이 자연 생태계의 파괴와 생물다양성의 변화와 연계되면서 인간활동과 자연적 교란이 연계된 경관의 시·공간적인 변화, 경관 이질성(landscape heterogeneity) 및 경관 복원에 관한 연구가 다양한 경관유형을 대상으로 활발히 진행되고 있다 (Turner and Ruscher 1988, Lepart and Debussche 1992, Nakagoshi *et al.* 1992, Simpson *et al.* 1994, Keddy and Drummond 1996, Rescia

et al. 1997, Hong 1999, Nagaike and Kamitani 1999).

경관의 공간적 유형, 이질성과 다양성은 어떤 지역에 대한 자연현상과 교란 그리고 인간에 의한 영향을 반영하고 있다 (Turner and Bratton 1987, Hong 1998). 또한 동물과 식물들은 이와 같이 공간적으로 이질적인 경관내의 서식지를 이용하며 생존하고 있다. 그러므로 경관의 구조적 다양성은 그 지역의 생물종 다양성 뿐만 아니라 생물의 행동권이 되는 서식지 다양성과도 밀접한 관계를 갖고 있다 (Peterken *et al.* 1992, Forman and Collinge 1996). 그러나 화재와 같은 불확실한 교란이나 갑작스럽고 무분별한 인간 활동은 이러한 공간구조의 배치를 무시한 상태에서 발생하고 있으며 그러한 영향으로 인하여 생물의 서식지 고립화, 상실 또는 생태계 파괴 등의 환경문제를 유발하고 있다 (Iida and Nakashizuka 1995, Nagaike and Kamitani 1999, 손과 김 1997, 이도원 1998, 鷲谷과 矢原 1997).

경관은 사회나 경제, 역사 등에서 나타나는 제반 인간 활동과 같은 문화적 요인의 영향을 받으며 (Nassauer 1995, Zonneveld 1995, Hong 1998, 1999) 결과적으로 독특한 경관 유형과 변화를 반영하며 나타낸다 (Farina, *pers. commun.*). 따라서 경관 - 특히 인간에 의해 영향을 받고 있는 경관 (human-influenced landscape/cultural landscape) - 의 경우 공간적 유형과 생태적 과정(변화)을 이해하기 위해서는 경관의 구조(Hong *et al.* 1995)와 더불어 교란의 원인이 되는 지역내

의 토지이용과 인구 변동 등 사회·문화적인 제 요인의 변화도 함께 연계하여 분석하여야 한다 (Naveh and Lieberman 1994, Hong *et al.* 1995, Turner *et al.* 1996, Kamada and Nakagoshi 1997, Hong 1998, 1999).

경관 이질성의 변화는 경관 구성요소의 크기나 형태 및 기타 경관 패치의 배치, 그들 공간내의 상호 관계를 포함한 복잡하고 다양한 현상이다 (Forman 1995). 경관 이질성 변화는 크게 두 가지의 단계로 조사된다. 지역내의 경관생태계 간의 이질성 변화와 단일 경관 내에 있는 경관 구성요소 간의 이질성 변화이다. 지금까지 많은 경관지수가 이러한 경관이질성의 변화를 측정하기 위하여 개발되어 응용되고 있다 (O'Neill *et al.* 1988, Simpson *et al.* 1994, Skinner 1995). 경관 이질성의 측정은 경관을 구성하는 패치의 수와 면적 그리고 배치에 대한 자료 뿐만 아니라 구조적인 변화를 수반하여야 한다. 본 연구의 목적은 인간의 영향을 받고 있는 경관 모자이크의 최근 변화를 몇 가지 경관 유형 지수 (O'Neill *et al.* 1988, Turner and Gardner 1992, Forman 1995)를 이용하여 정량적으로 분석하고 사회·문화적인 변동 요인이 경관 구조와 이질성 및 다양성 변화에 어떠한 영향을 주고 있는지를 살펴보는데 있다.

조사지 개황

조사지는 경기도 양평군 양동면이고 (북위 37° 27' 30", 동경 127° 46' 50") 지역 통계에 의하면 전체 면적 중 약 13%가 경작지이고, 나머지는 이차식생이 우점하는 산림경관으로 구성되어 있다 (Nakagoshi and Rim 1994). 연 평균 기온은

10.9°C 이며, 연 평균 강수량은 1,280 mm이다. 이 지역의 잠재자연식생은 온대 낙엽활엽수림대 중부에 속하며 (Yim 1977), 우리나라 자연림의 특징인 소나무와 신갈나무가 주요 식생군락으로 분포하고 있는 농산촌 지역이다.

재료 및 방법

식생경관도 작성

본 연구를 위하여 1980년대의 식생경관도는 1987년에 산림청에서 완성된 임상도를 기본으로 1982년에 국립지리원에서 발간한 1: 25,000의 지형도에 중첩하여 제작하였다 (Fig. 1). 임상도는 흑백 항공사진 (1: 15,000)에 의하여 작성된 것으로 비교적 정확한 임상 경계를 보이고 있으나 토지이용과 같은 경관요소의 경계는 모호하다. 따라서 행정자치단체의 자료를 활용하고 현지의 주민들의 협조를 받아서 1987년 기준의 토지이용에 대한 비교적 정확한 경계를 설정하였다. 1990년대의 현존 식생경관은 1997년 직접 조사에 의하여 작성하였고 1992년에 항공사진에 의해 작성된 국립지리원 발행의 지형도 (1: 25,000)에 중첩하여 재 작성하였다 (Nakagoshi *et al.* 1992, Hong *et al.* 1995). 경관을 구성하는 공간요소의 속성 정보를 구축하기 위하여 식생경관도를 지리정보시스템(GIS)의 하나인 ArcView(Environmental System Research Institute 1998)로 완성시켰다.

경관 및 공간요소의 구분 범위

경관생태학에서는 연구 목적과 범위에 따라 축척이 다른 지도를 작성하는데, 경관을 도해한 기본적인 지도는 경관을

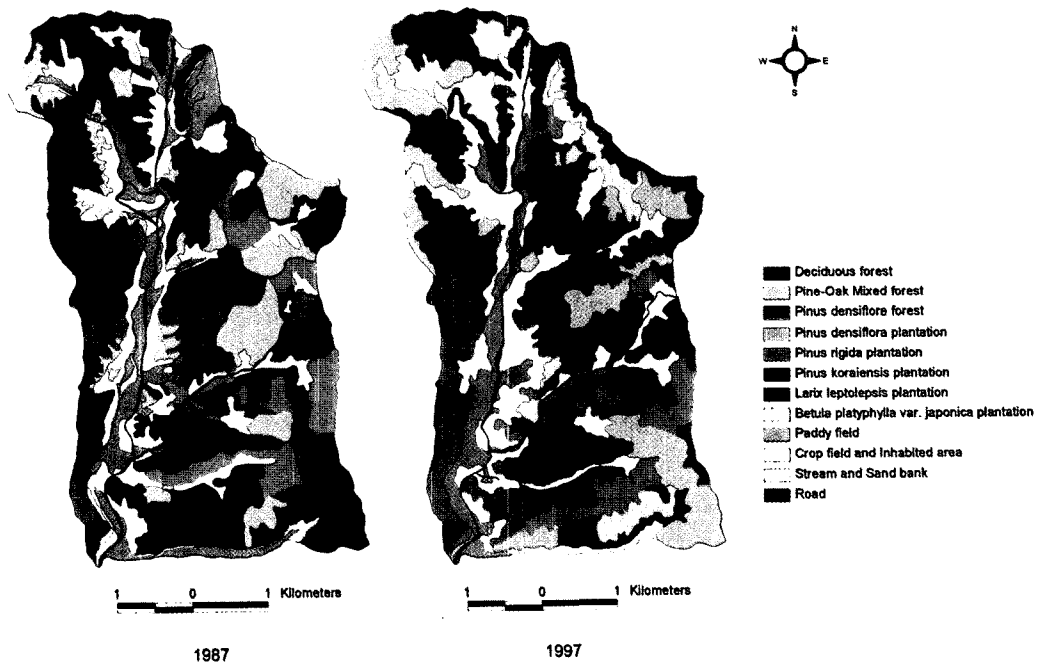


Fig. 1. Landscape-vegetation maps of the part of the study area, Yangdong-Myon in 1980 and 1990.

구성하는 요소들의 공간적인 배치를 수평적으로 나타내 주고 있다 (橫山 1995). 이처럼 경관이란 입도나 척도를 달리 하는 가시적 범위 내에 있는 모든 토지 모자이크를 말하며 이때 비교적 상관적으로 균질하게 나타나는 토지유형을 공간요소로서 간주한다 (Forman 1995).

경관의 공간요소(패치, 통로 및 기질) 중 하나인 패치는 주변과 상관적으로 다른 비선상(non-linear)의 표면적이다 (Rim and Hong 1999). 따라서 산림 경관의 경우, 패치와 같은 공간요소는 주변 식생과 상관적으로 구분이 되는 종 집합체로서의 식물 군락 또는 식생 형태나 유형이지만 (Nakagoshi *et al.* 1992, 中越 1994) 그것이 식물사회학적 식생 단위(vegetation unit)는 아니다 (Rim and Hong 1999). 식생 단위는 경관 척도에서 파악되는 상관적으로 균일한 패치의 속성인 경관 요소로도 인지할 수 없는 식생의 질적 개념이다. 경관생태학에서는 항측에 의해 상관적으로 파악된 식생 경관에 대한 질적 특성을 분석하기 위한 방법으로서 선별적으로 식물사회학적인 방법을 이용하기도 하지만 식물사회학적 식생 동정 과정에서 얻어진 식생 단위는 경관생태학의 공간적인 구성 요소인 패치와는 다르다. Forman(1995)에 의하면 경관 모자이크는 시·공간적으로 입도나 축척과 같은 척도에 지배를 받고 있으므로 경관요소의 최소 면적은 미세에서 광역척도(축척)까지 연구하는 대상의 범위에 의존하여 나타난다고 한다. 따라서 식생이 우점하는 경관의 경우 항공사진이나 원격탐사에 의해서 판독된 균일한 공간은 최소 면적 범위 내에서 경관요소로 판단할 수 있지만 그것을 식물사회학적인 식생단위로 판단하거나 확정하지 않는다. 따라서 경관생태학에서의 공간요소(패치, 통로, 기질 등)는 수평적인 관점에서의 이질성에 의해 구별되는 공간적인 개방계이다 (Forman 1995, Zonneveld 1995).

이러한 관점에 유의하면서 본 연구에서는 가시적으로 균질한 상관을 보이는 식생 및 토지 이용 유형을 경관요소로 인식하고 그들의 공간적인 배치를 확인하기 위하여 식생경관도상의 공간요소의 경계를 구분하였으며, 경관 변화에 미치는 사회·경제적인 요인을 알아보기 위하여 인구변동, 농경지 및 임지의 비율, 가구 수, 가구 당 경작지 면적, 임산물의 생산량 및 도로 상황 등의 자료를 1970년 이후의 양평군의 지역통계자료를 이용하여 분석하였다 (양평군 1970~1997).

경관의 분석

경관모자이크를 구성하는 공간요소의 형태와 특성은 경관에 미치는 교란의 특성과 정도를 반영한다 (Forman 1995, Rim and Hong 1999). 패치의 면적, 둘레 길이 및 수는 지리정보시스템에 의하여 측정되었으며 경관의 구조 및 유형을 비교하기 위하여 경관생태학의 경관모자이크 분석에서 활용되는 경관지수(O'Neill *et al.* 1988, Turner and Gardner 1992, Forman 1995) 및 기타 교란지수(Farina 1998)를 이용하였다.

경관다양도 지수(Diversity index, H)

경관이 하나의 요소(landscape element)나 하나의 패치로 구성되었을 때 전체 경관모자이크는 동질(homogeneous)하다. 이때 H 의 값은 0이 된다. 다양한 패치나 경관요소들이 점유하면서 H 의 값이 커지며 경관모자이크의 다양도는 높아진다.

$$H = - \sum_{k=1}^s (P_k) \cdot \ln(P_k)$$

여기서 s 는 패치의 수이며, P_k 는 패치 k 내의 면적비율을 나타낸다.

프랙탈 차원(FD)

FD는 경계에 의해 구분된 각 패치 면적과 둘레 길이 사이의 회귀분석에서 얻어진다 (Forman 1995, Farina 1998). 경관구조에서의 패치 둘레의 형태는 패치 형성과 유지 및 소멸에 미치는 교란의 정도와 밀접한 관계가 있다 (Rim and Hong 1999). 만일 경관 패치가 타원이나 사각형과 같은 형태로 구성되었다면 FD값은 작아져서 거의 1.0에 접근한다. 그러나 둘레가 주변 교란의 영향으로 굴곡형으로 변할 경우 이 값은 증가하여 최고 2.0에 도달한다. 따라서 농촌경관에서 인위적으로 조성된 장방형의 경작지경우는 1.0에 근접한다.

$$FD = 2 \times a$$

여기서 a 는 경관내 각 패치의 면적과 패치 둘레 길이 사이의 회귀계수를 나타낸다.

인위적 교란 지수(Human disturbance index, U)

이 지수는 일정 시점에서 경관에 미치는 인위적 교란의 정도를 알 수 있는 지수이다. 이 값은 경관을 구성하는 패치의 속성을 도입형 패치 또는 인위적 교란형 패치 등과 같은 인위적인 것(주거지, 조립지 또는 경작지)과 자연식생과 같이 원래 자연현상으로 생성된 것으로 나누어 상대면적 비율을 비교하여 계산한다. 이 값이 높으면 높을수록 인위적인 교란 정도가 강한 것으로 판단한다 (O'Neill *et al.* 1988, Hong 1999).

$$U = \frac{P_h}{P_n}$$

여기서 P_h 는 형성과정에서 인간이 관여하거나 도입한 경관요소의 면적 비율이며, P_n 는 자연과정에 의해 형성된 경관요소의 면적 비율을 나타낸다.

결과 및 고찰

경관의 사회적 변화

양동면의 인구 밀도는 1970년대에 평균 87.8명(전체인구: 10,805명)이었고, 도시화와 농촌 근대화가 완성되어가고 있는 1990년대에는 평균 49.2명(전체인구: 5,898명)으로서 급격히 감소하고 있다 (Fig. 2). 이러한 결과는 포장 도로 등의 산업 기반의 확충과도 밀접한 관계가 있으며(Hong 1999), 더욱이 여주와 양평 등 주변 인근 도시와의 연결이 수월해지고 도시에서의 소득이 늘어나면서 농촌인구가 대량 도시로 유입된 결과이다 (양평군 1970~1997). 산업화 과정에서 연료 이용에도 급격한 변화가 생겨서 과거의 화목이나 숯과 같이 산림에 의존했던 연료체계가 바뀌므로 인하여 전통적인 산림 관리 방법이 변하고 있음을 의미하고 있다 (Nakagoshi and Rim 1994). 농촌의 주요 연료와 유기비료의 근원이었던 식물체는 석유와 가스, 연탄과 같은 대체 에너지 이용을 위한 주거지 개발과 농업에서의 화학비료의 사용 증대 등으로 인하여 점차로 자취를 감추고 있으며 따라서 생물체의 생산도 급격히 감소하여 화목의 경우는 1990년대 말에는 생산을 중단하고 있다.

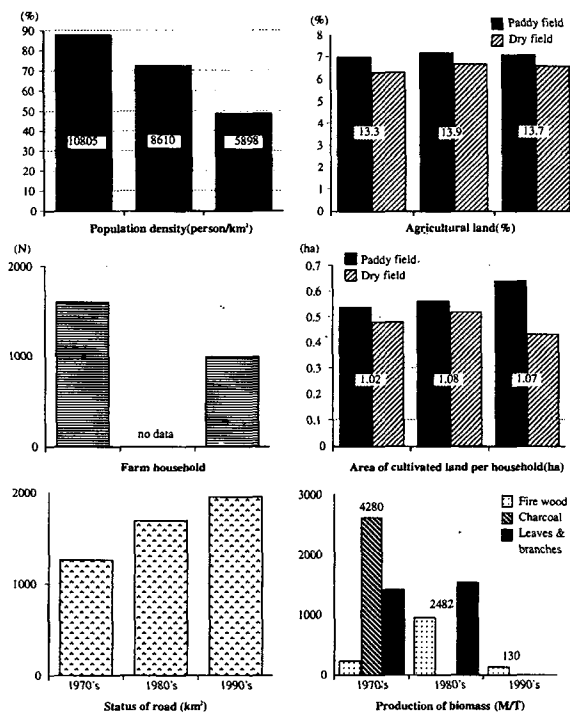


Fig. 2. Changes of social background and land cover of Yangdong-Myon since 1970s from a local statistics of Yangpyung-Gun. The number in each box indicates the total value of bars.

농업을 주업으로 하는 가구 수는 감소하였으나 가구별 경작지의 단위면적은 증가하였다. 이는 우마를 이용했던 전통적인 농경 방법에서 화석연료를 바탕으로 한 기계화 영농으로 전환하면서 과거 전래의 굴곡형의 경작지가 기계화 영농의 효율을 높이기 위하여 정방형으로 바뀌었고 또한 경작지의 위치가 보다 저지대로 확장되어 배치되는 등의 경작지의 유형과 형태에 변화가 있었음을 보여주고 있다 (Hong 1999). 결과적으로 전체 경관의 프랙탈 지수는 1987년대의 1.372에서 1997년대의 1.406으로 증가를 보여 인위적인 간섭보다는 자연성이 높아지고 있음을 나타내고 있으나 경작지의 경우는 오히려 인위적인 패치 단순화의 결과로서 프랙탈 지수값이 1.416에서 1.332로 감소하고 있다. 또한 연대별 지수 빈도 폭은 약 1.3에서 1.7사이에서 큰 곡선을 나타내고 있는 것으로 보아 10여년 사이에 경관유형에 변화가 큰 것으로 나타나고 있다 (Fig. 3).

1987년의 식생경관도에서는 주로 네 가지의 자연경관요소(활엽수림, 소나무-참나무 혼합림, 소나무림 및 하천제방 등)와 여섯 가지의 인위적 도입경관요소(소나무 조림지를 포함한 네 가지 조림지, 두 가지의 경작지 유형) 등 10개의 경관요소가 있었다. 그러나 1997년에는 자작나무 조림지가 도입경관요소에 추가되었다 (Fig. 4). 전체 면적에서 조림지와 경작지가 차지하는 비율이 1987년의 75.1%에서 1997년에는 80.4%로 증가하였으나 같은 시기에 자연 식생경관은 24.9%에서 19.5%로 감소하였다. 일본잎갈나무 조림지의 면적이 줄었으며 그 자리에는 리기다소나무와 자작나무가 심어졌다. 과거 산림경관에서 주요 식생기질을 차지했던 리기다소나무와 일본잎갈나무 조림지 그리고 소나무 자연림은 임도 등에 의하여 식생이 절개되고 있으며 자작나무와 같은 새로운 조림목이 혼합하여 식재되는 양상을 보이고 있다. 특히 인간의 활동으로 유지되어 왔던 소나무 이차림은 산림관리에서 소외되어 고립형의 패치 형태를 보이고 있으

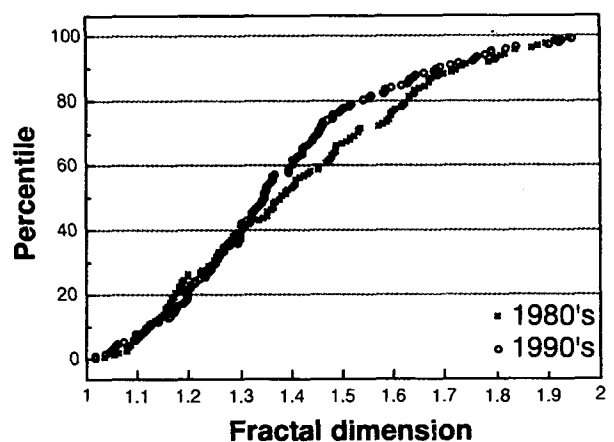


Fig. 3. Percentile distribution of the fractal dimension of total landscape elements changed between two landscape-vegetation maps.

Table 1. Changes of landscape diversity (H) and fractal dimension (FD) of each elements in total landscape system during the 10 years

Landscape element	1987		1997	
	H	FD	H	FD
Secondary vegetation				
Deciduous forest	0.222	1.010	0.684	1.586
Pine-oak mixed forest	1.226	1.024	1.003	1.374
<i>Pinus densiflora</i> forest	1.031	1.070	0.997	1.318
Stream and sand bank plantation				
<i>Pinus densiflora</i>	0.577	1.112	0	- *
<i>Pinus rigida</i>	0.901	1.114	0.629	1.308
<i>Pinus koraiensis</i>	0.350	1.406	0.945	1.294
<i>Pinus koraiensis</i>	0.914	1.276	1.125	1.196
<i>Larix leptolepsis</i>	1.222	1.202	1.390	1.438
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	- *	- *	0.834	1.284
Cultivated landscape				
Paddy field	1.227	1.416	1.588	1.332
Dry field and inhabited area	1.522	1.252	1.379	1.306

*; non-identified landscape types

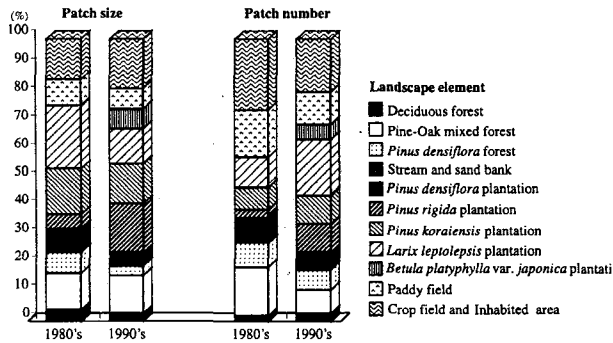


Fig. 4. Changes of patch size and patch number of each landscape types occupied in two physiognomic landscape-vegetation maps.

며 능선부의 일부 소나무림을 제외하고는 자연천이에 의하여 신갈나무와 같은 참나무 숲으로 바뀌고 있다. 하천제방과 하천통로는 토양 침식, 경작지와 도로의 확장 등으로 인하여 잠식되어 하천경관의 면적은 식생경관도상 전체 8ha에서 1 ha로 감소했다.

경관 구조와 인간 활동의 변화

1987년과 1997년의 전체 경관유형의 다양성(H)에서는 상이한 차이가 나타나지 않았다 (Table 1). 단지 하천통로와 주변 제방의 면적이 감소했고 또한 다른 용도로 전환되었으며 자작나무 조림지 패치가 새롭게 나타난 것이 주요 경관 다양성의 변화라고 볼 수 있다. 그러나 지도 작성시에 경작지 경관요소에 포함된 마을 주변의 과수원이나 묘지 등 작은 면적의 경관요소의 변화도 감안한다면 다양성지수에 약간의 차이가 있었을 것으로 판단된다. 활엽수를 제외한 자

연경관요소의 다양성은 감소하였으나 조림한지 오래된 소나무림을 제외한 모든 조림지에서는 같은 시기에 다양도의 증가를 보였다. 이 값은 각 패치의 면적과 수와 밀접한 관계를 보였는데 (패치 면적: $r=0.757, p<0.05$, 패치 수: $r=0.892, p<0.05$), 이와 같이 조림지의 다양도 지수가 증가하고 있는 것은 1980년대부터 1990년대에 걸쳐 조림지의 단편화가 진행된 결과라고 할 수 있다.

인위적 교란지수(U)는 1987년의 2.993에서 1997년의 4.090으로 증가 추세를 보이고 있다 (Table 2). 이러한 결과는 하천 식생이나 제방과 같이 자연 현상에 의하여 형성된 자연경관이 감소하고 리기다소나무나 자작나무 조림지 같은 인위적 도입경관요소의 면적이 증가한 결과라고 볼 수 있다. 인위적 교란 지수의 증가는 인위적인 도입경관요소의 면적이 증가할수록 증가하게 되는데 도시화 과정에 따라서 다양한 경관요소가 복잡하게 나타나는 도시와 농촌 경계의 근교경관(suburban landscape)의 경우에도 높은 인위적 교란 지수를 나타낸다.

양평군의 통계자료(양평군 1970~1997)에 의하면 1970년대까지 이 지역은 화전민에 의한 토지 이용이 대부분이었던 지역이다 (Nakagoshi and Rim 1994). 에너지를 식물체에 의존한 결과 식생은 매우 빈약하고 토양 침식이 심하였다. 이 시기에는 인위적인 영향이 경관지형과 자연림에서 심하게 나타나서 경관은 식생과 토지 유형 모두에서 이질적인 유형

Table 2. Changes of fractal dimension and human disturbance index of total landscape systems during the 10 years

Landscape index	1987	1997
Fractal dimension (FD)	1.372	1.406
Human disturbance index (U)	2.993	4.090

을 보이게 되었다. 1960년대에서부터 활발히 진행되어 온 조림정책에 의하여 리기다소나무와 아카시나무 등 속성수 종과 비료목 등이 대규모로 조림되어 지금까지 이어져 오고 있다. 1970년대의 화전민 이주 정책에 의하여 화전은 사라지고 그 자리에 조림지나 과수원 등이 형성되었다. 1970년대의 이질적인 유형을 보였던 경관은 산업화 및 도시화가 진행된 1980년대를 거쳐 1990년대에 오면서 리기다소나무나 일본잎갈나무 등 단일수종에 의한 대규모 조림지 형성에 의하여 경관은 단순화되어 부분적으로 균질한 경관을 형성하게 된다. 더욱이 산업화에 의하여 연료가 대체연료로 전환되면서 1980년대까지 널리 활용했던 화목 생산이 감소하고 화학 비료의 증가로 마을 주변의 이차림의 이용이 줄어들면서 과거 빈약했던 식생은 회복되고 있으나 (Nakagoshi and Rim 1994) 관리체계가 사라지면서 식생경관의 단순화가 진행되고 있다.

논 의

1990년대의 주변 도시의 발전과 농촌 생활의 개량화는 인간과 자연의 속성이 얽혀 있는 전통적인 농촌경관에 급속한 변화를 초래하였다. 도시와 연결되는 도로의 확충으로 인하여 마을의 주민이 대거 도시로 이주하여 생활하게 되고, 농경생활과는 거리가 먼 도시인구가 유입되면서 지금까지의 전통적 문화경관을 유지해 온 고유의 사회-경제적인 배경이 바뀌게 되었다. 지금까지 생활의 수단이었던 쌀 생산 위주의 영농은 대체산업으로 바뀌면서 방치되는 논 면적이 증가하였다. 이러한 토지는 다른 경제적 목적의 토지 이용 형태로 전환된다. 그러나 이러한 새로운 토지이용 형태는 주변 식생의 고립을 유도하며 토지의 단편화를 촉진하였다.

선진화된 경관관리체계에서는 경관계획을 설정하는 정책 입안자의 결정에 따라서 인간 활동의 강도와 규칙성이 정해진다 (Nassauer and Westmacott 1987, Nassauer 1995). 따라서 인간의 활동에 의해 유지되어 온 식생의 보전이나 관리를 위해 인간이 적극적으로 활동하는 것은 당연한 것이다 (杉山과 進士 1995). 연료나 비료 등 과거 인간의 간섭에 의하여 유지 관리되어 온 문화경관 성격의 소나무나 활엽수 이차림은 최근의 경관관리 계획에서 관심도가 낮아지고 있으며 방치된 논과 밭은 자연천이과정에 의해 천이 단계별로 다른 식생으로 바뀌고 있다. 생태계가 회복된다는 관점에서 볼 때는 바람직한 현상이라 할 수 있으나 자연과 인간이 공존하여 유지되어 온 농산촌의 문화경관과 고유의 생태계는 사라지고 있는 것이다. 사회-경제적인 근교도시화에 의한 농민들의 의식변화는 장기간의 시간범위에서 지역의 경관 구조와 안정성에 변화를 주는데 주요한 요인이라고 생각할 수 있다 (Nassauer and Westmacott 1987).

그러나 단기간의 전체 경관변화에 강하고 급격한 영향을 주는 것은 경제성 위주의 토지이용 정책이라고 생각된다.

이러한 사회-경제적이며 문화적인 변화에 의해 발생하는 총체적인 영향은 오랫동안 지속되어 온 전통적인 경관 관리의 정치와 기계적인 토지 단순화를 유발한다.

최근의 토지 보호, 토지 평가 및 산림관리 등의 환경계획은 경관 구조의 공간적 특성과 관련된 총체적인 접근 방법으로 시행되고 있다 (Lucas 1991, Haber 1994, Zonneveld 1994, 1995, Rescia *et al.* 1997). 넓은 토지와 산림을 지속 가능하도록 이용하기 위해서는 우선적으로 고려해야 할 것이 경관의 보호라는 사실이 점점 확산되고 있다. 하나의 패치에서 일어나는 인간 활동이 패치의 형성, 유지 또는 소멸에 영향을 주며 또한 주변의 인접 패치(adjacent patches)에 교란을 줄 수 있다는 사실이 알려지면서 경관을 구성하는 다른 공간요소 사이에서 발생하는 기능적인 상호관계에 대한 이해가 커지고 있다 (Lee and Hong 1998, Lee *et al.* 1998, Rim and Hong 1999).

농촌이나 산림경관 등 대체로 인간에 의해 간섭을 받고 있는 문화경관의 주요 요소는 주로 대규모의 조림을 포함한 이차식생과 경작지이다. 따라서 이차식생과 경작지의 경관 생태학적인 복원, 보전 및 설계를 위해서는 그 지역의 지형적이고, 사회·문화적인 조건을 반영한 경관 요소의 설정을 경관의 구조적 특성을 살려 시행하여야 한다 (Fig. 5).

즉 조림의 선정 및 식재 계획을 포함한 산림 식생과 이들 식생기질에 둘러싸여 인간 활동에 의해 영향을 받고 있는 주변 경작지 등 식생경관의 복원계획을 수립함에 있어서는 무엇보다도 전체 경관의 지형적 구조, 토양 유형과 같은 경

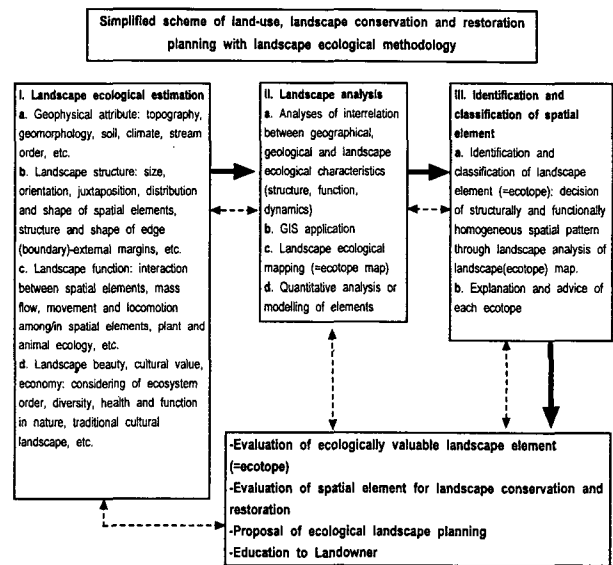


Fig. 5. A scheme of landscape conservation, restoration, planning and sustainable land-use based on principles and methods of landscape ecology. Thick line: normal procedure, Thin line: mutual assistance.

관의 물리적 환경과 더불어 공간 요소의 배치 또는 방향, 경관 요소의 형태 및 주변 요소간의 상호 관계를 고려한 선정, 패치 가장자리·내부의 구조, 가장자리의 형태 등과 같은 경관 규모의 구조적이고 기능적인 속성 뿐만 아니라 미세규모의 서식지와 생물상 조사 등의 생태계 규모를 병행하여 조사하고 신중히 시행해야 할 것으로 판단된다 (Fig. 5). 이와 더불어 인간의 간섭을 필요로 하는 이차림의 관리나 (Hong 1994) 미적 경관을 위하여 자연 경관에서 얻을 수 있는 생태계의 체계적인 질서와 다양성, 건전성 및 기능을 고려한 복원 설계도 요구된다 (Morrison 1987, Lucas 1991).

단일 수종으로의 대규모 조림의 확대는 다양한 생물이 존재할 수 있는 서식공간을 단순화시킬 수 있으며 조림지 내의 조건에 맞는 생물상이 주변 생태계에도 나타나게 되어 안정된 생태계에 존재하는 생물의 생존을 위협할 수도 있다 (Lucas 1991, Rescia *et al.* 1997). 소나무림 및 신갈나무림 등 원래의 식생을 벌목하여 조림지를 형성하던지 임도를 만들게 되면 조림지의 크기, 형태 또는 잘려진 식생의 지형적인 요인에 따라 주변 식생 및 생물상에도 적지 않은 영향을 준다. 더욱이 단편화 과정에서 고립된 소규모의 잔류형 식생 패치는 개체군 사이의 교류 능력이 상실되어 국소적인 소멸을 일으킬 수 있는 변형개체군(metapopulation)의 형태를 갖게 될 수도 있다. 숲을 관리하기 위해 만들어진 임도는 때때로 그 주변에 서식하는 생물의 소멸지(sink) 뿐 아니라 외래종이 쉽게 도입될 수 있는 통로의 역할을 한다 (Forman 1995). 보존생물학적인 관점에서 볼 때, 생물상의 존재는 그들이 유전적으로 교류하여 번식할 수 있는 충분한 서식지 공간과 개체군 크기를 갖는 최소존속가능개체군(cf. Minimum viable population)과 밀접한 관계를 갖고 있다 (Forman 1995). 또한 조류나 포유류의 경우 그들이 서식하는 식생의 구조적 형태와 식생 패치의 크기와의 밀접한 관계가 있음은 이미 잘 알려진 사실이다 (van Dorp and Opdam 1988, Peterken *et al.* 1992, Forman and Collinge 1996).

지역적 생물다양성을 지키기 위해서는 중, 개체군 및 군집의 중심에서 발전된 서식지 또는 패치나 통로와 같은 경관을 구성하는 공간요소 수준에서의 공간적 다양성과 이질성을 조사하고 유지, 관리하는 것이 중요하다 (Naveh 1994, Forman 1995, 鷺谷과 矢原 1997). 또한 위와 같은 생태적 다양성을 유지하기 위해서는 가능하면 큰 면적을 갖는 기질(matrix) 상태의 자연식생이 산림 도로나 이질적인 조림지 등에 의해 절개되지 않도록 보호하는 것이 무엇보다도 시급하며 끊어진 식생을 인위적인 방법으로 회복시켜 생물상의 고립을 막는 것이 경관생태학적 관점에서의 생태계 복원의 주요한 과제이다. 따라서 토지 이용 등에 의해 쉽게 상실되는 생태계의 생물간 상호작용의 기능을 회복하는 차원에서 보존할 가치가 있는 식생경관을 포함한 동식물상의 생태학적인 구조와 기능을 거시적이고 공간적으로 관찰할 필요가 있다.

지역의 사회·경제의 변화는 경관 변화와 밀접한 관계가

있으므로 앞으로의 식생 경관에 대한 연구에서는 지역내의 사회적 배경과 함께 변화하는 경관규모의 생태학적인 연구도 면밀히 검토해야 할 부분이라고 생각된다 (Lucas 1991, Hong 1994, Forman 1995, 杉山과 進士 1995, 中越 1995, Kamada and Nakagoshi 1997). Turner 등(1993)에 의하면, 경관구조는 산불이나 벌목 등의 자연적 혹은 인위적 교란의 빈도, 교란 이후의 회복율, 교란의 범위와 공간적 확장 그리고 경관의 크기와 확장 등 크게 네 가지의 요인에 의하여 변화한다. 더욱이 경관에 미치는 교란의 빈도나 간격이 회복 시간보다 길어질 때 영향을 주는 교란이 경관 범위보다 작은 미세한 경우일 때 경관구조는 상대적으로 쉽게 안정성을 찾는다. 조사지인 양평군 양동면을 비롯한 한국의 농산촌의 경관구조는 경작지 확대와 조림지 이용 등 토지 이용에 의하여 잦은 영향을 많이 받고 있다 (Nakagoshi and Rim 1994, Hong *et al.* 1995). 과거의 화전이나 묘지 구축 등 산림이용에 의하여 척박해진 산림을 회복하기 위한 외래종의 도입과 같은 적극적인 대규모의 경관관리에 의하여 경관 다양성은 감소하고 있으나 지역의 경제 뿐만 아니라 생태계 안정에는 일부 도움이 되고 있다. 그러나 생태적으로 안정된 상태로 가고 있는 자연식생은 자연교란과 인위적 간섭에 기능적으로 적응하고 있는 인공적 경관 구조보다도 교란 후 회복되기가 더욱 어렵다 (Turner *et al.* 1993). 따라서 경관구조 내의 특정지역에 있어서는 동식물상을 보호하고 관리하기 위한 조사와 더불어 장기적이고, 지속적인 모니터링을 계속할 수 있는 생태계조사도 병행함으로써(손과 김 1997) 지역 환경변화에 따라 변화하는 생태계의 안정성 등을 예측하고 보완하여 지속 가능한 경관복원계획을 수립할 수 있는 자료를 구축해야 할 것이다.

사 사

식생도 작성시에 토지이용 경계에 자문을 해 주신 양평군 양동면 양동초등학교 김봉길 교감께 감사드리며 지역 통계자료를 제공하여 주신 양평군 군청 관계자께 감사를 드린다. 또한 본 원고를 정확히 읽고 많은 조언과 수정을 해주신 심사위원께 감사를 드린다. 이 연구는 학술진흥재단의 1997년도 자유공모과제(No. 1997-001-D-00330)의 일부 지원과 서울대학교 교육종합연구원의 후원으로 수행되었다.

인용문헌

- 양평군. 1970~1997. 양평군통계연보. 경기도 양평군.
이도원. 1998. 경관생태학의 기본 개념과 환경 관리를 위한 가설적 제안. 환경논총 36: 190-208.
손요한, 김진서. 1997. 산림생태계 관리: 개념, 원칙 및 적용 방법을 중심으로. 한국생태학회지 20: 201-216.
杉山惠一, 進士五十八(編). 1995. 自然環境復元の技術. 朝倉書店. 170 p.

- 中越信和. 1994. 景觀生態學における森林群集のありかた. 森林科學 10: 34-38.
- 鷺谷いずみ, 矢原徹一. 1997. 保存生態學入門. 文一総合出版. 270 p.
- 横山秀司. 1995. 景觀生態學. 古今書院. 207 p.
- Environmental System Research Institute. 1998. ArcView GIS (v.3.0a). Environmental System Research Institute Inc. New York.
- Farina, A. 1998. Principles and Methods in Landscape Ecology. Chapman & Hall. 235 p.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics, The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. Cambridge, 632 p.
- Forman, R.T.T. and S.K. Collinge. 1996. The spatial solution to conserving biodiversity in landscapes and regions. In R.M. DeGraaf and R.I. Miller (eds.), Conservation of Faunal Diversity in Forested Landscapes. Chapman & Hall, pp. 537-568.
- Haber, W. 1994. System ecological concepts for environmental planning. In F. Klijn (ed.), Ecosystem Classification for Environmental Management. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands. pp. 49-67.
- Hong, S.K. 1999. Cause and consequence of landscape fragmentation and changing disturbance by socio-economic development in mountain landscape system of South Korea. J. Environ. Sci. 11: 181-187.
- Hong, S.K. 1998. Changes in landscape patterns and vegetation process in the Far-Eastern cultural landscapes: Human activity on pine-dominated secondary vegetation in Korea and Japan. Phytocoenologia 28: 45-66.
- Hong, S.K. 1994. Vegetation dynamics of pine forests in human-influenced landscapes in rural Korea and Japan. Ph.D. Dissertation. Hiroshima University, 154 p (+ 2 maps).
- Hong, S.K., N. Nakagoshi and M. Kamada. 1995. Human impacts on pine-dominated vegetation in rural landscapes in Korea and western Japan. Vegetatio 116: 161-172.
- Iida, S. and T. Nakashizuka. 1995. Forest fragmentation and its effect on species diversity in sub-urban coppice forest in Japan. For. Ecol. Manag. 73: 197-210.
- Kamada, M. and N. Nakagoshi. 1997. Influence of cultural factors on landscapes of mountainous farm villages in western Japan. Landscape and Urban Planning 37: 85-90.
- Keddy, P.A. and C.G. Drummond. 1996. Ecological properties for the evaluation, management, and restoration of temperate deciduous forest ecosystems. Ecol. Appl. 6: 748-762.
- Lee, C.S. and S.K. Hong. 1998. Changes of landscape pattern and vegetation structure in rural area disturbed by fire. Korean J. Ecol. 21: 389-399.
- Lee, D., K. Lee, S. Kang and S. Kim. 1998. Effects of landscape surface characteristics on material redistribution and environmental management perspectives. Paper presented at a Joint Symposium of Hokkaido University-Seoul National University in Sapporo.
- Lepart, J. and M. Debussche. 1992. Human impact on landscape patterning: Mediterranean examples. In A.J. Hansen and F. di Castri (eds.), Landscape Boundaries - Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows. Springer-Verlag, New York. pp. 76-106.
- Lucas, O.W. 1991. The design of forest landscapes. Oxford University Press. 381 p.
- Morrison, D. 1987. Landscape restoration in response to previous disturbance. In M.G. Turner (ed.), Landscape Heterogeneity and Disturbance. Springer-Verlag, New York. pp. 159-172.
- Nagaike, T. and T. Kamitani. 1999. Factors affecting changes in landscape diversity in rural areas of the *Fagus crenata* forest region of central Japan. Landscape and Urban Planning 43: 209-216.
- Nakagoshi, N., M. Kamada and S.K. Hong. 1992. Map of actual vegetation of Miwa-cho, Hiroshima Prefecture. Bull. Biol. Soc. Hiroshima Univ. 58: 3-6 (+ map).
- Nakagoshi, N. and Y.D. Rim. 1994. Rural forests as a resource of fuel, feed and fertilizer at a mountain farm village in central Korea. In Y. Song, H. Dierschke and X. Wang (eds.), Applied Vegetation Ecology. East China Normal University Press, Shanghai. pp. 128-132.
- Nassauer, J. I. 1995. Culture and changing landscape ecology. Landscape Ecol. 10: 229-237.
- Nassauer, J. I. and Westmacott, R. 1987. Progressiveness among farmers as a factor in heterogeneity of farmed landscapes. In M.G. Turner (ed.), Landscape Heterogeneity and Disturbance. Springer-Verlag, New York. pp. 199-210.
- Naveh, Z. 1994. From biodiversity to ecodiversity: A landscape-ecology approach to conservation and restoration. Restoration Ecol. 2: 180-189.
- Naveh, Z. and A.S. Lieberman. 1994. Landscape ecology: Theory and application. Springer-Verlag, New York. 360 p.
- O'Neill, R.V., J.R. Krummel, R.H. Gardner, G. Sugihara, B. Jakson, D.L. DeAngelis, B.T. Milne, M.G. Turner, B. Zygmunt, S.W. Christensen, V.H. Dale and R.L. Graham. 1988. Indices of landscape pattern. Landscape Ecol. 1: 153-162.
- Peterken, G.F., D. Ausherman, M. Buchenau and R.T.T. Forman. 1992. Old-growth conservation within British upland conifer plantations. Forestry 65: 127-144.
- Rescia, A.J., M.F. Schmitz, P. Martin de Agar, C.L. Pablo and

- F.D. Pineda. 1997. A fragmented landscape in northern Spain analyzed at different spatial scales: implications for management. *J. Veg. Sci.* 8: 343-352.
- Rim, Y.D. and S.K. Hong. 1999. Landscape ecological studies on structures and dynamics of plant populations on vegetation-landscape patterns in rural regions: The effect of patch shape on the initial population structure of pine and oaks. *Korean J. Ecol.* 22: 71-79.
- Simpson, J.W., R.E.J. Boerner, M.N. DeMers and L.A. Berns. 1994. Forty-eight years of landscape change on two contiguous Ohio landscapes. *Landscape Ecol.* 9: 261-270.
- Skinner, C.N. 1995. Changes in spatial characteristics of forest openings in the Klamath Mountains of northwestern California, USA. *Landscape Ecol.* 10: 219-228.
- Turner, M.G. and S.P. Bratton. 1987. Fire, grazing, and the landscape heterogeneity of a Georgia Barrier Island. *In* M.G. Turner (ed.), *Landscape Heterogeneity and Disturbance*. Springer-Verlag, New York. pp. 85-101.
- Turner, M.G. and R.H. Gardner. 1992. *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer-Verlag, New York. 536 p.
- Turner, M.G. and C.L. Ruscher. 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape Ecol.* 1: 241-251.
- Turner, M.G., W.H. Romme, R.H. Gardner, R.V. O'Neill and T.K. Krats. 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecol.* 8: 213-227.
- Turner, M.G., D.N. Wear and R.O. Flamm. 1996. Land ownership and land-cover change in the Southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula. *Ecol. Appl.* 6: 1150-1172.
- van Dorp, D. and P.F.M. Opdam. 1988. Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities. *Landscape Ecol.* 1: 59-73.
- Yim, Y.J. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. *Jpn. J. Ecol.* 27: 269-278.
- Zonneveld, I.S. 1994. Basic principles of classification. *In* F. Klijn (ed), *Ecosystem Classification for Environmental Management*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands. pp. 23-47.
- Zonneveld, I.S. 1995. *Land Ecology*. SPB Academic Publisher, Amsterdam. 199 p.

(1999년 11월 26일 접수)

Recent Spatio-temporal Changes of Landscape Structure, Heterogeneity and Diversity of Rural Landscape: Implements for Landscape Conservation and Restoration

Hong, Sun-Kee, Young-Deuk Rim*, Nobukazu Nakagoshi** and Nam-Kee Chang***

Center for Educational Research, Seoul National University,

Department of Science Education, Incheon National University of Education,*

*Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University**,*

*Department of Biological Education, Seoul National University****

ABSTRACT: Landscape change is the modification and replacement of landscape elements in accordance with human management and natural disturbance on land mosaics. During landscape change, changes in patterns such as heterogeneity, diversity and shape, and juxtaposition of spatial elements are also accompanied. For the sustainable landscape system, therefore, spatial characteristics of the landscape should be considered in implementation of landscape conservation and restoration planning. Short-term changes of land-use and landscape pattern during the 10 years of 1980s and 1990s were investigated in the agriculture-forestry dominated landscape system through the statistics and the analysis of landscape-vegetation map. Study area is Yangdong-myon, Yangpyung-gun (37° 27'30"N, 127° 46'50"E), Kyonggi-do, in central Korea. Landscape change of this region was significantly related to the recent industrialization according to socio-economic development. Analyses of landscape pattern show that the area of secondary forest sustained by human activity decreased and it was replaced with large exotic plantations during this period. Area of paddy field was also extended. Fractal dimension of the total landscape increased, but that of paddy field area decreased due to rearrangement for mechanized farming. Moreover, the area of landscape management regimes such as plantation and cultivation increased in land mosaics during this period.

Key words: Cultural landscape, Fragmentation, Human activity, Landscape change, Landscape heterogeneity, Landscape restoration
