

산지전용타당성조사제도에서 산림파편화지수의 고려방안 연구

김민아 · 최재용 · 이상혁

충남대학교 산림환경자원학과

Feasibility of Forest Land Conversion to Other Use by Considering Forest Fragmentation

Kim, Mina · Choi, Jaeyong and Lee, Sanghyuk

Dept. of Environment and Forest Resources, Chungnam National University.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze impacts of the forest fragmentation caused by development project. Furthermore, to investigate the applicability of landscape indicator when 'Feasibility of forest land conversion to other use' is conducted. The study site was consisted of golf course development and road construction. It is to compare before and after impacts of areal and linear development.

As for the methods, selecting landscape indices, clustered into 3 Categories have been utilized. Category I was concerned with 'size of forest patches', II as 'shape of forest patches', and III as 'Core Area' These were calculated by FRAGSTATS, the program for analyzing fragmentation.

The results showed that linear development caused more fragmented than areal development projects. Also, patch size, patch shape and core area are related to impacts of development, while Patch size decreased, patch shape and core area increased after development.

Therefore, it is necessary to minimize the impacts of forest by considering fragmentation when development project is planned.

Key Words : *FRAGSTATS, Landscape Index, Biodiversity, Forest patch, Patch shape.*

First author : Kim, Mina, Chungnam National University,

Tel : +82-42-821-7835, E-mail : justice2013@cnu.ac.kr

Corresponding author : Choi, Jaeyong, Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea,

Tel : +82-42-821-5750, E-mail : jaychoi@cnu.ac.kr

Received : 12 June, 2013. **Revised** : 1 July, 2013. **Accepted** : 6 August, 2013.

I. 서 론

경제 발전에 따라 도시지역은 물론이고 자연 지역내의 산림까지 개발이 확대되는 등 환경을 충분히 배려하지 않은 개발로 인해 국토의 난 개발이 이루어지고 있다(Choi *et al.*, 2005). 특히 과도한 택지개발은 도시지역 내·외의 잔존 녹지와 잠재 서식지를 감소시키고 토지이용 효율을 저하시킨다(Kwon, 2004; Choi *et al.*, 2008). 현재 국토이용을 위한 개발사업은 자연 생태계를 훼손할 뿐만 아니라 자연생태계 자체의 소멸을 야기 시키는 등 생태계에 심각한 위협이 되고 있다(KEI, 2002; Weber *et al.*, 2005; S. Lee, 2007). 특히, 산림파편화는 인위적 영향으로 인해 경관에 영향을 미치며 이러한 경관 변화는 생태계, 개체군뿐만 아니라 개별 종에도 영향을 미친다(Young *et al.*, 1996; Young and Clarke, 2000). 결과적으로 산림파편화로 인해 발생하는 부정적인 영향이 누적되어 우리 삶의 지속성이 위협받고 있다(Dramstad *et al.*, 1996; Yu *et al.*, 2005; J. Lee, 2006). 따라서 이를 극복하기 위해 전 세계적으로 단절된 산림(녹지 또는 생태계) 네트워크를 복원하거나, 계획단계에서부터 파편화를 최소화하기 위한 방안들이 지속적으로 연구되고 있다. 이러한 무분별한 개발을 중재하고 객관적이고 투명한 산지관리를 위해 2011년부터 산지관리법에 따른 산지전용타당성조사제도가 시행되었다. 이는 30ha 이상의 산지를 전용하거나 일시 사용할 경우 사전에 산지전문기관으로부터 타당성 조사를 받아야만 전용이 가능해진다는 내용을 담고 있다. 산지전용타당성제도에 따르면 산지 전용 또는 일시 사용했던 산지를 복구할 때는 전문가로부터 복구 적정성에 대한 감리를 받도록 되어 있다. 이러한 산지전용타당성조사제도의 시행과 관련하여 그 기준과 지표를 설정하기 위해 실시된 연구(kfri, 2011)에서는 서식지 파편화를 평가항목으로 포함하였고 기존 연구

에서도 산림의 가치를 정의할 때 서식 공간, 종 다양성, 야생조수보호기능 등 특히 생물다양성의 중요성을 언급하고 있다. 산지전용타당성조사는 서식지 파편화 및 경관지수의 변화 등 생물적 인자를 고려한 조사의 필요성이 요구되어 지고 있으나, 현행 산지전용타당성조사에서는 ‘입목축적, 임령, 표고 및 평균경사도, 경관유지, 재해방지’ 만을 평가대상으로 지정하고 있어(산지관리법 시행령 제20조3항) 산림 생태계의 균형과 관련이 있는 생물다양성, 파편화와 관련한 개념을 고려하지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 면적개발과 선형개발에 따른 산림파편화 정도를 분석하고 이를 바탕으로 산지전용타당성조사시 산림파편화 지수의 적용여부에 대해 개발 전·후를 비교해보고자 한다. 이를 통해 개발사업 이후에 나타나는 파편화의 영향과 중요성을 파악하여 현재 산지전용타당성조사에서 고려해야 할 항목의 도입에 대한 기초적 연구결과를 제공할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 개요

본 연구에서는 파편화 관련 경관지수를 선정하여 이를 토대로 파편화 설명요인과 개발계획 관련 요소와의 관련성을 분석하였다. 데이터 선별을 위해 먼저 환경부 환경공간정보서비스(<http://egis.me.go.kr>)에서 공급하고 있는 중분류급 토지피복지도에서 산림지역만을 추출하여 제작하였다. 이를 공간해상도 1m×1m 격자 크기의 래스터 자료로 변환하여 개발 전·후의 산림패치자료를 입력하고 공간분석 프로그램인 FRAGSTATS ver 4.1에서 각각의 경관지수를 산출하였으며, 이를 토대로 개발에 따른 파편화 정도를 분석하였다. FRAGSTATS는 McGarigal and Marks(1995)가 개발한 경관구조 해석프로그램으로 경관구조에 관한 많은 지표산출과 지표의 해석으로부터 경관의 정량적 평가가 가능하다. 이 모델에서 경

관지수 분석은 목적에 따라 경관요소(Patch), 경관유형(Class), 경관전체(Landscape)의 수준에서 분석이 가능한데, 본 연구에서는 개별 패치에서의 파편화가 아니라 지역단위로 경관지수를 분석하기 위하여 같은 피복유형을 가지는 패치의 경우 경관 전체를 의미하는 것으로 가정하고 분석을 수행하였다. 이와 같이 경관전체에서 분석

한 경관지수의 값을 이용한 방법론은 토지유형에 상관없이 지역 내 모든 토지피복에 대한 경관지수를 산출할 수 있다.

2. 산림파편화 지표 선정

개발사업에 의한 산림파편화 분석을 위해 인접패치와의 연결을 고려하여 패치의 크기, 형태,

Table 1. A prioritized for selection of landscape indices.

The number of indices for analyzing	Major landscape indices (in order of importance)	Reference
3	TCA, NP, ED	Swenson and Franklin, 2000
28	TA, NP, LPI, PD, MSI	Cho, Y. H., 2000
10	NP, MPS, ED, LPI, LSI	McGarigal <i>et al.</i> , 2002
16	LPI, NP, PD, MSI, TCA	Jung, S. G. <i>et al.</i> , 2002
4	LSI, NP, PD, TCA	Hobbs and Yates, 2003
10	TA, NP, PD, CPLAND, LSI	Stephen L. Egbert, 2003
12	LPI, NP, MPFD, LSI, TCA	Lenore Fahrig, 2003
9	TE, TCA, LSI, NP, NDCA	Harper <i>et al.</i> , 2004
12	NP, PD, LSI, MPI, LPI	Park, K. H. <i>et al.</i> , 2004
13	LPI, LSI, CPLAND, TCA	Stenhouse, 2004
7	NP, TE, PD, TCA, LSI	Kim, E. Y., 2005
3	PD, Connectivity, Edge	Lee, D. G. <i>et al.</i> , 2005
5	PD, MPS, LPI, LSI, TCA	Zeng and Wu, 2005
11	LPI, NP, PD, LSI, TCA	Kim, K. S. <i>et al.</i> , 2006
26	TCA, CPLAND, NP, PD	Jang, G. S., 2007
6	NP, ED, PLAND, TCA, PD	Heo, S. G. <i>et al.</i> , 2007
9	LPI, NP, TE, PD, ED	Jung, J. S. <i>et al.</i> , 2008
11	PD, LPI, MPI, LSI, TCA	Lee, W. S. <i>et al.</i> , 2008
7	LPI, NP, PD, ED, CPLAND	Choi, J. Y. <i>et al.</i> , 2010
18	PD, LPI, LSI, CPLAND	Oh, C. H. <i>et al.</i> , 2011
18	PD, NP, TCA, CONTAG	Kim, H. S. <i>et al.</i> , 2011
5	CPLAND, TCA, PD, NP	Han, H. <i>et al.</i> , 2011
5	PD, MPS, AWMSI, TCA	Kang, W. M. <i>et al.</i> , 2012
4	PD, MPS, LPI, LSI	Park, C. Y., 2012

* Note

TCA(Total Core Area), NP(Number of Patches), ED(Edge Density), TA(Total Area), LPI(Largest Patch Index), PD(Patch Density), MSI(Mean Shape Index), MPS(Mean Patch Size), LSI(Largest Shape Index), CPLAND(Core Area Percentage of Landscape), TE(Total Edge), NDCA(Number of Disjunct Core Areas), PLAND(Percentage of Landscape), CONTAG(Contagion Index), AWMSI(Area-Weighted Mean Shape Index), MFDI(Mean Fractal Dimension Index)

핵심지역 등 정량적 분석이 가능한 항목을 다음의 선행연구로부터 선택하였다. 따라서 ‘경관지수’, ‘파편화’와 관련된 키워드를 검색하여 1차로 38개의 논문의 초록을 검토하고 2차 분류를 통해 산림파편화에 따른 영향연구를 중점적으로 분석한 25개의 논문을 분류하였다. 이렇게 선정된 경관지수를 우선순위와 중요도를 확인한 후에, 크기/밀도/가장자리, 형태, 핵심지역에 가장 크게 영향을 미치는 지수로 본 연구의 지표를 도출하였다. 최소 3개에서 최대 28개의 경관지수를 적용한 기존 연구를 검토하여 각 연구에서 언급한 중요도 순서는 다음 Table 1과 같다.

이러한 선행연구 조사를 통하여 본 연구에서는 경관지수 중에 파편화 정도를 가장 잘 나타낼 수 있는 경관지수 「LPI」(Largest Patch Index, 경관 최대패치 면적비율), 「NP」(Number of Patches, 패치 수), 「LSI」(Landscape Shape Index, 경관형태 지수), 「PD」(Patch Density, 패치 밀도), 「CPLAND」(Core Area Percentage of Landscape, 경관에서의 핵심지역 면적률), 「TCA」(Total Core Area, 전체 핵심지역 면적)의 총 6가지 지수를 선정하여 분석하였다(Table 2). 이들 지수 중 크기/밀도/가장자리에 관련된 지수는 LPI, NP, 형태 관련 지수에는 LSI, PD, 핵심지역 관련 지수에는 CPLAND, TCA를 활용하였다.

산림파편화에 따른 영향을 분석하기 위한 평가지표로서 LPI는 생물 종과 산림 면적의 관계를 가장 잘 설명해준다. 환경부에서 제시

하는 동물종 조사 결과를 이용하여 생물종과 패치면적과의 관계를 확인하였다(Ministry of Environment, 2002). NP는 자연환경의 양적인 측면을 나타내는 대표적인 지표로서 개발에 따른 영향을 가지적으로 판단할 수 있다. 또한 패치크기는 생물종 마다 특이적으로 서식하는 서식지 경관구조와 관련이 있기 때문에 패치의 규모에 대한 고려가 필요하다. LSI는 주변 산림과의 연결 가능성 정도를 판단하기 위한 지표로서 주변의 산림을 함께 연계하여 분석하기 위하여 선정하였다. 경관형태지수로 분석된 값을 통해 주변의 산림을 고려하지 않고 개발하였을 경우 개발이 주변의 산림에 미치는 영향을 평가하고 방지하기 위함이다. 또한 경관형태지수는 지역 내 자연환경의 질적인 측면을 나타내는 대표적인 지수로 작용한다. 경관에서의 CPLAND와 TCA의 지수는 패치의 핵심지역과 가장자리를 구분하기 위하여 선정하였다. 핵심지역은 패치의 가장자리와 구별되는 지역으로서 가장자리 효과(edge effect)를 살펴보기 위함이다. 뿐만 아니라 이들 지수는 경관 요소의 구성과 짜임에 따른 파편화와 연결성 정도를 해석하는데 있어 널리 이용된다.

3. 연구대상지

본 연구는 경상북도 안동시에 위치한 1,057,000m² (105.7ha) 규모의 골프장 개발과 충청북도 충주시

Table 2. Landscape indices included in the analysis.

Category	Index	Description	Unit
Area Density	LPI	Largest Patch Index	%
	NP	Number of Patches	-
Patch Shape	LSI	Landscape Shape Index	-
	PD	Patch Density	number/100ha
Core Area	CPLAND	Total Core Area	%
	TCA	Core Area Percentage of Landscape	m ²

일대의 도로개발(9.97km)로 사업의 유형을 면적 개발과 선형개발로 나누어 분석하였다(Figure 1). 면적개발 대상지인 안동시는 태백산과 소백산의 남쪽에 위치하고 있어 백두대간의 중추로 불리는 지역으로 생태적 안정성을 요하며 이 지역은 최근 신(新)발전 촉진지구로 지정되어 향후 난개발이 가시화되고 있는 지역으로서(영남일보, 2012), 개발로 인한 파편화 정도를 분석하여 향후 예정된 개발계획에 대한 관리의 필요성이 높을 것으로 사료된다. 또한 선형개발사업 대상지는 기존의 영동 및 중앙고속도로 연결도로 중추가 연장을 한 경우로 누적 영향을 고려해 볼 수 있다. 연구 대상지에서 개발 후 환경영향에 측정범위 설정을 위해 적용한 경계(buffer)는 면적 사업에서는 개발사업지 경계선으로부터 2km, 선형사업에서는 노선 편측으로 2km(양측 4km) 범위에 해당하는 지역을 광역 조사지역으로 설

정하였다. 이에 대한 기준은 골프장 조성사업과 도로건설사업의 환경영향평가시 자연생태환경 분야의 동·식물 항목을 평가할 때 각각 반경 2km, 계획노선 기준 편측 2km를 영향예측범위로 함을 고려한 것이다. 이러한 기준의 선정은 현행 산지전용타당성조사에서 개발 전과 후의 환경영향 변화를 비교할 만한 객관적 지표가 될 수 있는 기준을 제시하지 못하고 있고 영향예측 범위에 대한 기준 역시 언급하고 있지 않기 때문에 제도의 기틀이 마련되어 있는 환경영향평가제도의 기준을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 면적·선형개발의 사례로 골프장과 도로개발 대상지를 선정하여 개발 전·후의 산림면적 변화, 패치 형태에 미치는 영향을

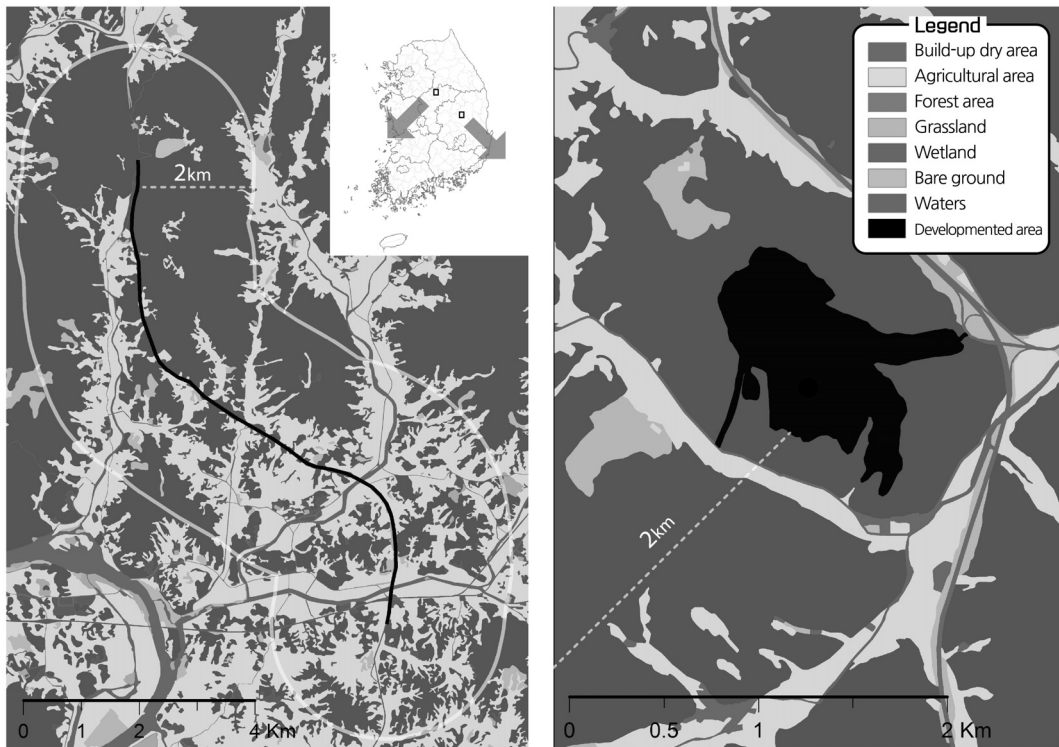


Figure 1. Land cover map of the study area (L : linear development, R : areal development).

분석하였다. 이를 통해 면적개발보다 선형개발에서 파편화 정도를 나타내는 지수의 값에 큰 차이를 보였고 이는 파편화가 더 크게 일어났음을 의미한다.

연구대상으로 선정된 사업 모두 산지관리법에 의해 산지전용타당성조사가 수행된 지역이다. 이 중 안동시 골프장개발사업의 조사결과 공개서를 예로 들면 ‘입목축적은 ha당 입목축적(94m³/ha)대비 산림조사 대상지의 입목축적은 89%로서 허가기준인 150%를 초과하지 않으므로 허가기준에 적합함. 평균경사도는 기준 경사도의 경우 25°로 해당 산지의 평균경사도가 15.9°로 개발 기준에 적합함’으로 간략히 기술되어 있다. 동 지역을 대상으로 FRAGSTATS 모델을 통해 분석한 결과값은 다음 Table 3에 나타난 바와 같다.

1. 경관지수



1) 패치의 크기/밀도/가장자리(LPI/NP)

골프장 개발사업 후의 LPI는 대상지 내에서 분포하는 산림패치 중에서 가장 큰 패치가 차지

하는 비율을 나타내는 지수로, 산림구조의 안정성을 판단할 수 있다. 골프장 개발사업 대상지의 최대패치지수는 28.8%에서 27.9%로 감소된 것으로 나타나 산림의 구조적 안정성이 낮아진 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 경관 최대패치 면적비율이 0.9% 감소하여 다소 차이가 없는 것으로 간주될 수 있으나, 기 조사된 Jang(2007)의 연구에서 LPI의 값이 개발 전 -0.505%에서 -0.648%로 -1.153% 감소하였고, Stephen *et al.*(2003)의 연구에서는 LPI의 값이 개발 전 1.64%에서 개발 후 1.98%로 0.34%가 감소하였으며 J. Jung(2008)의 연구에서는 개발 후 LPI의 값이 0.023%가 감소하였다. NP는 경관에서 패치의 총 개수 및 각 클래스 개개에 대한 패치의 수를 나타내는 지수로서 파편화 정도를 나타내며 같은 면적일 때 패치의 수가 많은 경우가 파편화 정도가 높다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 패치의 수가 개발 전 16개에서 개발 후 17개로 1개 증가하였는데, Jang(2007)의 연구에서 패치의 수가 개발 전 0.832개에서 개발 후 0.896개로 0.064개 증가하였고 Stephen *et al.*(2003)

Table 3. The change values of landscape indices by development.

Category	Index	Golf course development	Road construction	Change values (Golf course development)	Change values (Road construction)																																		
Area/ Density/ Edge	LPI	28.8	89.6	-0.9(↓)	-80.6(↓)																																		
		27.9	9				NP	16	443	1(↑)	283(↑)	17	726	Shape	LSI	9.4999	28.497	0.573(↑)	1.791(↑)	10.072	30.216	PD	0.657	0.264	0.063(↑)	0.156(↑)	0.720	0.42	Core area	CPLAND	89	87.55	-8	-12.5(↓)	81	75.4	TCA	2435.8	2950.5
	NP	16	443	1(↑)	283(↑)																																		
		17	726			Shape	LSI	9.4999	28.497	0.573(↑)	1.791(↑)	10.072	30.216			PD	0.657			0.264	0.063(↑)	0.156(↑)	0.720	0.42	Core area	CPLAND	89	87.55			-8	-12.5(↓)			81	75.4	TCA	2435.8	2950.5
Shape	LSI	9.4999	28.497	0.573(↑)	1.791(↑)																																		
		10.072	30.216																																				
		PD	0.657			0.264	0.063(↑)	0.156(↑)																															
0.720	0.42		Core area	CPLAND	89	87.55			-8	-12.5(↓)	81	75.4	TCA	2435.8	2950.5	-73.3(↓)	-82.5(↓)	2362.5	2868																				
Core area	CPLAND	89			87.55	-8	-12.5(↓)																																
		81			75.4																																		
		TCA	2435.8	2950.5	-73.3(↓)			-82.5(↓)																															
2362.5	2868																																						

* Note :  Forest patches before development,  Forest patches after development.

의 연구에서 NP의 차이가 개발 전 3,574개에서 개발 후 2,783개로 0.791개 증가하였다. 따라서 기존의 연구와 비교하였을 때 본 연구결과는 그 정도가 더 심각한 것으로 나타난다. 도로 개발 사업 후의 LPI는 89.6%에서 9%로 80.6% 감소하였고, NP는 개발 전 단위 443개에서 개발 후 726개로 283개가 증가한 것으로 나타났다. 이는 본 대상지가 복잡한 지형을 지나가는 선형사업으로 인하여 작은 패치에서 나타나는 영향까지 FRAGSTATS에서 자동적으로 계산하여 나타난 결과로 판단된다. 기존의 연구에서는 넓은 유역을 대상으로 하여 상대적으로 파편화의 정도가 적게 나타날 수 있을 수 있어 단순 비교하기는 힘들지만 파편화로 인해 패치 크기는 감소하고, 그 수와 밀도, 가장자리의 양은 증가하게 된다는 동일한 결과를 도출하였다(Tinker *et al.*, 1998). 본 연구의 경우에도 이와 동일한 변화패턴을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

2) 패치 형태(LSI/PD)

자연 상태의 산림패치는 불규칙적인 패치 형태를 가지고 있는 반면, 도로, 택지 등과 같은 인위적인 개발압력에 의해 생성된 패치는 기하학적 특성을 가지고 있다(W. Lee *et al.*, 2008). LSI는 경관 형태지수로서 패치모양의 복잡성을 기준으로 경관의 형태를 정량화한 것으로서 이 값이 커진다는 것은 패치 모양이 점점 비 규칙적으로 변한다는 것을 의미하는데, 본 연구에서는 개발 전에 비해 개발 후에 LSI값이 증가한 것으로 보아 복잡성이 커졌음을 알 수 있다. 골프장 개발사업이 이루어진 후의 PD를 살펴보면, 개발 전 단위면적 당 0.657에서 개발 후 0.720으로 0.063만큼 밀도가 증가하였다. PD의 값이 커질수록 구조적으로 불안정한 상태라 할 수 있다. S. Jung *et al.*(2002)의 낙동강 유역의 개발사업 이후 파편화를 조사한 연구에서는 개발 전 PD의 값이 0.008에서 개발 후 0.140으로 0.052만큼의 차이가 있었다. 이러한 결과는 개

발 후에 경관의 쪼개짐이 발생하였으며, 특히 패치밀도는 그로 인해 산림경관이 파편화 되었음을 간접적으로 확인할 수 있다.

도로개발 사업이 이루어진 후의 LSI)는 개발 전 28.497에서 개발 후 30.213으로 1.719 만큼 경관형태 지수가 증가하였다. 이 값이 커진다는 것은 패치 모양이 점점 비 규칙적으로 변한다는 것을 의미하는데, LSI 지수 값 역시 면적개발사업 보다 큰 차이를 보이면서 더욱 복잡해 졌음을 알 수 있다. PD를 살펴보면, 0.264에서 0.42로 밀도가 증가하였다. 골프장 개발사업에서의 패치 밀도의 값이 개발 전 단위면적 당 0.657에서 개발 후 0.720으로 0.063만큼 밀도가 증가했던 것으로 미루어 보아 경관형태 지수와 패치 밀도의 값으로 유추할 수 있는 패치 형태의 값 역시 선형개발사업에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

3) 핵심구역(TCA/CPLAND)

핵심구역(Core area)은 패치의 가장자리와 완충지역을 제외한 내부지역을 지칭하는 것으로 생태학적으로 생물종이 외부로부터 격리를 필요로 하는 임계면적을 의미하는데, 파편화로 인한 패치 크기 또는 형태의 변화는 핵심구역의 크기, 수, 밀도 등에도 상당한 영향을 미치게 된다(D. Lee *et al.*, 2001). 골프장 개발사업이 후의 TCA는 경관 내에서의 핵심지역의 양을 나타내는 지수로 개발 전 2435.8m²에서 개발 이후 2,362.5m²로 73.3m²가 감소되는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 산림의 파편화로 인하여 생물 내부의 건전성과 다양성이 건강하지 못함을 보여준다. K. Kim *et al.*(2007)의 연구에서는 TCA의 값이 개발 전 0.0012ha에서 0.0005ha로 감소하여 0.0007ha가 감소하는 차이가 있었다. 이에 비해 본 연구에서는 연구대상지 면적 대비 상당히 큰 면적이 감소하였다고 할 수 있다. 또한 CPLAND는 경관 내에서 가장 핵심이 되는 지역의 면적률을 나타내는 지수로 여기에서 말

하는 핵심 지역은 생물종이 외부로부터의 격리를 필요로 하는 임계면적을 말한다. CPLAND는 가장자리의 폭에 따라 그 값에 차이가 생기는데, 다른 연구들에서는 큰 유역단위로 대상지를 선정하여 분석했기 때문에 가장자리의 폭을 50m 혹은 100m, 200m 단위로 지정하였다. 본 연구에서는 유역단위가 아닌 골프장 개발지를 포함하고 있는 숲을 대상으로 하는 소규모이기 때문에 가장자리의 폭을 10m로 지정하여 분석하였다. 도로개발 사업 후의 TCA(전체 핵심지역 면적) 지수는 개발 전 2,950.5m²에서 개발 이후 2,868m²로 82.5m²가 감소되는 것으로 분석되었다. CPLAND는 개발 전 87.55%에서 개발 후 75.04%로 12.5% 감소하였다. 이 값은 가장자리의 폭에 따라 차이가 있기는 하지만 면적개발사업에서 값의 차이를 전혀 보이지 않았던 것에 비하면 선형개발사업에서 상당히 큰 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 개발사업이 주변 산림생태계에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 FRAGSTATS 모델을 이용하여 골프장 건설과 도로 개발이 산림경관의 파편화에 미치는 영향을 분석하여 산림경관의 훼손 정도를 파악하였다. 개발사업으로 인한 파편화 영향을 정량적으로 분석하기 위하여 패치 크기/밀도, 패치 형태, 핵심구역과 관련이 있는 LPI(경관 최대패치 면적비율), NP(패치 수), LSI(경관형태지수), PD(패치 밀도), CPLAND(전체 핵심지역 면적), TCA(경관에서의 핵심지역 면적률)의 6개 경관지수를 이용하였다.

골프장 개발 이후의 경관생태학적 영향 분석 결과, 패치 크기/밀도/가장자리 항목에서 패치 크기는 감소하였고 그 수는 증가하는 형태를 보였으며, 패치 형태 지수 항목에서 패치 밀도와 패치의 복잡성을 나타내는 경관형태지수 역시

증가하는 것으로 분석되었다. 핵심지역에서는 면적이 감소하는 경향이 나타나 하나의 큰 패치로 존재하던 산림이 서로 다른 패치로 분리된 것으로 나타났다. 도로개발 이후의 경관생태학적 영향을 분석한 결과 면적사업의 양상과 크게 다르지는 않았지만 경관지수의 값에서 개발 전과 후의 지수의 값이 큰 폭으로 변화하였고 특히 패치 면적과 패치 수의 지수에서 큰 차이를 보였다. 이상의 결과를 토대로 볼 때 개발 사업 이후 산림의 경관생태학적 건전성은 낮아지고, 생태학적 위험성이 증가하는 것으로 판단된다. 또한 면적개발과 선형개발의 변화 양상은 비슷했지만 그 값에 차이가 있는 것으로 나타났다. 선형사업에서 개발 전·후 경관지수 값이 큰 폭으로 변화하였는데 이는 선형사업으로 인한 파편화가 면적사업에서보다 더욱 현저하게 나타남을 알 수 있다. 또한 선형개발은 산지, 습지, 하천 등의 지역을 통과하여 인간 생활권을 연결하는 경향이 있어 통상의 면적개발보다 자연환경에 광역적이고 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 향후 산림의 구조와 관련하여 산림생태계의 파편화 영향을 분석함에 있어 LPI, NP, LSI, PD, CPLAND, TCA의 지수를 활용한다면 보다 객관적이고 정량적인 영향 분석이 가능할 것이다. 또한 산림 패치의 파편화뿐만 아니라 동·식물종 등 다른 생물적 인자를 포함하는 연구와 함께 각 경관지수의 특성을 고려한 파편화분석이 보완된다면 산지전용타당성조사에서의 적용가능성이 더욱 높아질 것이라 판단된다.

이와 같이 개발사업으로 인한 산림파편화는 산림면적의 감소, 연결가능성의 저하, 가장자리 생성 등 산림생태계의 가치를 저하시키는 것으로 평가되었다. 따라서 과도한 개발로 인한 부정적인 영향을 최소화하기 위해서는 개발이 이루어지기 전 시행되는 산지전용타당성조사에서 파편화를 고려해야 한다. 현행 '산지전용타당성조사평가항목별 기준 및 지표'에서는 입목의 생

육상태, 보호식물 및 야생동물 서식지 보호, 산지지형 보전을 평가의 기준으로 선정하여 조사하도록 되어 있다. 이러한 관점에서 볼 때 파편화도 평가의 한 항목으로 포함될 수 있으나 이에 대한 객관적인 기준과 지표 및 방법론이 정립되어 있지 않음에 따라 활용되지 않는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 개발사업에 따른 산림 파편화 영향의 객관적 분석의 필요성에 따라 개발적합 판정을 받은 사업의 개발 전과 후의 영향을 조사하였고 이 결과 파편화로 인한 영향이 정량적인 수치로 분석되어 개발에 따른 산림 파편화의 영향이 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 선정하여 분석한 지표를 바탕으로 파편화를 분석할 수 있는 기초 자료가 마련되었다고 판단된다.

본 연구의 대상지인 면적개발과 선형개발을 포함하고 있는 숲의 구조 및 패턴, 규모 등이 서로 상이하서 사실상 같은 조건으로 비교가 어렵다. 따라서 개발 유형별로 나누어 분석해야 하지만 자료의 부족으로 인하여 사례지에 대해 충분한 고려를 하지 못했다는 연구의 한계가 있었다. 그러므로 향후 FRAGSTATS 분석의 정확도를 높이기 위해서는 사업 유형별로 연구대상을 선정하고 선형사업과 같이 복잡한 지형에서 나타나는 일정 크기 이하의 파편화는 제외하고 분석할 필요가 있다.

인 용 문 헌

- Cho, Y. H. 2000. Evaluation of regional ecosystem by landscape ecological measure - Case study in Yongin City. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 9(4) : 349-362 (in korean).
- Choi, J. Y. · Kim, E. Y. and Oh, K. S. 2005. Temporal and Spatial Cumulative Impact Assessments on Forest Damages by Housing Development Projects. *Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 9(6) : 107-117.
- Choi, J. Y. · Kim, E. Y. · Lee, D. G. and Choi, I. T. 2008. Feasibility Study on the Introduction of No Net Loss of Green. *Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 11(2) : 104-115.
- Dramstad, W. E · Olson, J. D. and Forman, R. T. T. 1996. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning*. Washington DC : Island Press.
- Heo, S. G. · Kim, K. S. · Ahn, J. H. · Yoon, J. S. · Lim, K. J. · Choi, J. D. · Shin, Y. C. and Lyou, C. W. 2007. Landscape Analysis of the Forest Fragmentations at Doam-Dam Watershed using the FRAGSTATS model. *The Korean Association of Geographic Information Studies* 10(1) : 10-21.
- Hui, Zeng. X. and Ben, Wu. 2005. Utilities of edge-based metrics for studying landscape fragmentation. *Computers, Environment and Urban Systems* 29 : 159-178.
- Jang, G. S. 2007. Delineating Forest Patches around the Geumbuk Mountains from a Landscape Ecological Perspective. *Journal of The Korean Institute of Landscape Architecture* 35(1) : 79-87.
- Jeon, J. H. · Park, Y. K. and Jung, J. S. 2011. A Study on Feasibility of Forest Land Conservation to Other Use. Korea Forest Research Institute.
- Jung, J. S. and Song, J. E. 2008. Quantification of forest fragmentation in South Korea using digital forest cover type maps. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology*. Regular meeting proceeding. pp. 116-118.
- Jung, S. G. · Park, K. H. and Oh, J. H. 2002. Effect of Linear Development Projects on Forest Fragmentation in the Nakdong River

- Watershed. *Journal of Environmental Impact Assessment* 11(3) : 117-127.
- Karen, A. · Harper, S. · ELLEN, Philip, J. Burton. · chen, Jiquan. · Kimberley, D. Brosofske. · Sari, C. Saunders. and Essen, Per-anders. 2004. Edge Influence on Forest Structure and Composition in Fragmented. *Landscapes Conservation Biology* 19 : 768-782.
- Kim, E. Y. · Song, W. K. and Lee, D. K. 2005. Forest Fragmentation and its impacts : A review. *Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology* 15(2) : 149-162.
- Kang, W. M. · Ko, I. S. · Park, C. Y. and Lee, D. W. 2012. An Analysis of Changes in Forest Fragmentation and Morphology in Surrounding Landscapes of Maeulsoops and Jinan-gun. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 26(6) : 941-951.
- Kim, H. S. and Oh, C. H. 2011. Distribution Characteristics of Naturalized Plants According to Characteristics of Landscape Ecology in Rural Village of Korea. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 25(3) : 389-403.
- Kwon, J. O. 2004. A Study on the Ecological Evaluation for the Nature-friendly Residential Site Development Planning. *Journal of Korea Planners Association* 39(2) : 284-295.
- Lee, D. G. · Kim, E. Y. and Oh, K. S. 2005. Conservation Value Assessment by Considering Patch Size, Connectivity and Edge. *Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology* 8(5) : 56-67.
- Lee, J. S. · Lee, W. K. & Jeon, S. W. 2006. A Development of Environmental Capacity Estimation Model Using the National Environmental Assessment Indicators. *Journal of Environmental Impact Assessment* 15(6) : 385-394.
- Lee, W. S. · Park, K. H. and Kim, D. P. 2008. The Analysis of Landscape Ecological Effect of Forest by Trail-Building. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 22(2) : 128-137.
- Lenore, F. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Evolution and systematics* 34 : 487-515
- McGarigal, K. and Marks, B. 1995. FRAGSTATS : Spatial patten analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-351, Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon.
- McGarigal, K. · Cushman, S. A. · Neel, M. C. and Ene, E. 2002. FRAGSTATS : Spatial Pattern Analysis Program Produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- Park, K. H. · Jung, S. G. · Lee, H. T. · Oh, J. H. and Kim, K. T. 2004. An Analysis on Landscape Ecological Pattern of the Geumho River Watershed Forest. *Journal of The Association of Geographic Information Studies* 101(3) : 22-34.
- Renae N. Stenhouse. 2004. Fragmentation and internal disturbance of native vegetation reserves in the Perth metropolitan area, Western Australia. *Landscape and Urban Planning* 68 : 389-401.
- Richard J. Hobbs and Colin J. Yates. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant population : generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany* 51 : 741-488
- Stephen, L. E. and Park, S. Y. 2003. Spatial Analysis of Landscape Structure Changes Caused by the US Conservation Reserve

- Program in the Central High Plains. The Journal of Korean Association of Regional Geographers 9(3) : 519-533.
- Tinker, D. B. · Resor, C. A. C. · Beauvais, G. P. · Kipfmüller, K. F. · Fernandes, C. I. and Baker, W. L. 1998. Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest. Landscape Ecology 13 : 149-165.
- Weber, H. 2005 and Lee, S. D. 2007. Improvement of Prior environmental review system 1. KEI. 2002.
- Young, A. G. and Clarke, G. M. 2000. Genetics, demography and viability of fragmented. Populations conservation biology 4. Cambridge : Cambridge University Press.
- Young, A. G. · Boyle, T. and Brown, T. 1996. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. Trends in Ecology and Evolution 11 : 413-418.
- Yu, J. H. · Park, K. H. and Jung, S. G. 2005. A Study on Importance of Assessment Factors and Indicators of Natural Ecosystem for Environmentally Friendly Land Conservation. Journal of Environmental Impact Assessment 14(4) : 165-177.
- Korea Environment Institute(KEI), 2002. Report.
- Korea Forest Research Institute(KFRI), 2011. Report.
- Ministry of Environment(ME), 2002. Report. <http://egis.me.go.kr>