

## 경관지수 패턴 분석을 이용한 산지개발사업의 산림파편화 영향범위 예측\*

지승용<sup>1)</sup> · 최재용<sup>1)</sup> · 이상혁<sup>2)</sup> · 이상훈<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 충남대학교 산림환경자원학과 · <sup>2)</sup> 충남대학교 농업생명과학연구소 · <sup>3)</sup> 한양대학교 도시대학원

## Prediction of Fragmentation Impact Range of Forest Development Analyzing the Pattern of Landscape Indexes\*

Seung-yong Ji<sup>1)</sup> · Jaeyong Choi<sup>1)</sup> · Sang-hyuk Lee<sup>2)</sup> and Peter Sang-Hoon Lee<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Environment & Forest Resource, Chungnam National University,

<sup>2)</sup> Institute of Agricultural Science, Chungnam National University,

<sup>3)</sup> Graduate School of Urban Studies, Hanyang University.

### ABSTRACT

In South Korea the need of sustainably managing development on forest lands has required to develop a new approach to estimating environmental impacts on forest surrounding development sites in a scientific manner. As for forest-related development, two types of development were selected: golf courses and industrial complexes. Using Fragstats 4.2, the fragmentation effects and patterns of each type by forest area within project sites and buffer zones ranging from the outside of project sites up to 2,000 meters were analyzed. As a result, golf courses were strongly related to a group of fragmentation indexes: CA, NP, PD, TE, LSI, TCA, NDCA and CONNECT, whereas industrial complexes were associated with CA, NP, PD, TE, LSI and CONNECT. Among them, NP, LSI, TCA and NDCA of golf courses were considered as representative indexes reflecting the average impact ranges of each sub-group by forest area, and focussing on the size of core areas. In the case of industrial complexes, PD, TE and LSI were the representatives, vulnerable to the composition of given

\* 본 연구는 산림청 ‘임업기술연구개발사업(과제번호: S111415L050110)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

**First author** : Seung-yong Ji, Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University,  
Tel : +82-42-821-5750, E-mail : seungyongji@cnu.ac.kr

**Corresponding author** : Peter Sang-Hoon Lee, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University,  
Tel : +82-2-2220-0278, E-mail : peter337@hanyang.ac.kr

**Received** : 16 March, 2016. **Revised** : 4 April, 2016. **Accepted** : 25 March, 2016.

landscape. For two case studies, one for golf courses and the other for industrial complexes, they showed there existed a difference between the average of a group and the individual results. Therefore, to minimize the variations in impact range within a group, it is needed to analyze more individual cases. This study proved there was a distinction between project types in terms of the range of environmental impact. To effectively and comprehensively manage forest development, further research on analyzing other development types related to forests with more cases is needed.

Key Words : *Forest patch, Landscape change, FRAGSTATS, Golf course, Industrial complex.*

## I. 서론

산림생태계를 파악하는데 있어서 산림의 양적인 측면과 서식지의 질 및 종 다양성과 같은 생태적 과정 등과 같은 경관의 구조적 패턴을 파악하는 것은 상당히 중요하다고 볼 수 있다(Turner, 1989; Hargis et al., 1998; Hassan et al., 2005). 최근에는 개발로 인한 산림파편화의 영향을 파악하는 방법으로 경관지수를 활용하는 연구가 진행되고 있다. 경관지수는 일정한 공간 내에서 경관적인 요소들에 대해 구조적 패턴을 밝히는데 있어서 정량화된 값을 추출할 수 있어 많은 연구에서 사용되고 있다(Tischendorf, 2001). 또한 토지 피복도나 임상도 등의 공간자료와 FRAGSTATS (McGarigal and Marks, 1995)을 이용하여 경관지수에 대한 수치를 산출하고 이 수치를 바탕으로 경관적 요소들의 구조적 패턴 및 개발로 인한 변화 양상을 파악하는 연구가 시도되고 있다. Jung et al.(2005)와 Heo et al.(2007)는 유역의 산림파편화 정도를 경관지수의 변화 정도에서 분석하였으며, Lee & Hwang (2006), Lee et al. (2007)은 개발 사업으로 인한 토지이용 변화와 산림파편화를 경관지수를 통해서 분석하였다.

개발사업의 유형에 따라 개발의 방식과 개발 후의 영향이 다르게 나타나는 것으로 판단되기 때문에 사업유형별 경관변화를 구분하여 관리할 필요가 있다. 골프장 사업은 체육·문화적 요구의 상승 등으로 인해 많은 수를 차지하고

있으며 산지 주변에 가장 많이 일어나고 있는 사업이다(Kim, 2014; Hwang and Sung, 2011; Kwon and Ro, 2003). 산업단지 사업 또한 경제성장이 계속 진행되면서 우리나라의 개발사업 중 가장 많은 수를 차지하고 있는 사업이며 저렴한 토지공급을 위해 산지나 농지, 해안 등에 입지하여 심각한 자연환경의 훼손을 초래하고 있다(Cho and Kim, 2005; Choi, 2002).

따라서 본 연구의 목적은 경관지수를 이용하여 골프장과 산업단지 사업시행에 따른 산림파편화의 영향범위를 분석하는데 있다. 이를 위해 골프장과 산업단지 개발로 인한 경관변화를 파악하는데 유용한 경관지수를 도출하고, 도출된 경관지수를 이용하여 산림파편화의 영향범위를 분석하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구대상지 선정

전국에서 시행된 골프장과 산업단지 사업 중 분석 대상지를 선정하기 위해 환경영향평가정보지원시스템(<http://eiass.go.kr>)에 사업경계 도면이 등록되어 있는 사업을 추출하였다. 사업시행으로 발생한 파편화의 영향을 분석하기 위해 2007년도에 제작된 1차갱신 토지피복도에는 반영이 안 되어 자연지로 구분되었으나 2014년도에 제작된 3차갱신 토지피복도에는 개발이 반영된 사업을 연구대상으로 하였다. 개발 특성의

범위를 한정하기 위해 섬 지역을 제외하였으며, 선사업과 도로나 철도의 확·포장사업은 본 연구대상에 포함시키지 않았다.

## 2. 분석구간 설정

사업시행에 의한 산림파편화의 영향범위를 분석하기 위해 사업지 중심으로부터 일정한 거리 내에 포함되는 구역을 분석구간으로 설정하였다. 분석구간은 각 사업지역의 중심으로부터 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, 1000m, 1500m 및 2000m 이내의 겹침이 있는 8구간으로 설정하였다.

## 3. 산림파편화 패턴분석

연구대상지들의 산림파편화 영향은 문헌 자료 분석을 토대로 선정된 경관지수에 대해 FRAGSTATS ver4.2(McGarial and Marks, 1995)를 이용하여 정량적인 수치를 산출하였다. 사용된 경관지수는 총 클래스면적(Class Area: CA), 패치 수(Number of Patches: NP), 패치밀도(Patch Density: PD), 총 가장자리(Total Edge: TE), 경관형태(Landscape Shape Index: LSI), 총 중심지면적(Total Core Area: TCA), 분리된 중심지의 수(Number of Disjunct Core Areas: NDCA), 패치간의 연결성(Connectance Index: CONNECT)이었다. 각각의 경관지수에 대해 연구대상지를 토지피복도 상의 산림지역과 비산림지역으로 구분하여 사업시행 전과 후의 값을 분석구간별로 산출하였다. 반복측도분산분석을 통해 골프장과 산업단지의 사업 전과 후로 값의 변화가 있는 경관지수를 주요 경관지수로 선택하였다. 산림파편화의 영향이 미치는 범위는 분석구간별로 얻어진 경관지수 수치의 변화를 분석하여 판단하였다.

연구대상지 내의 산림면적 크기로 분류된 그룹을 대상으로 개발 전과 후의 경관지수의 수치가 어느 분석범위에서 급격한 변화를 보였는지를 분석하기 위해 반복측도분산분석을 실시하

였다. 연구대상지에서 100m까지의 구간을 개발로 인한 영향이 가장 크게 미치는 지점으로 가정하여 이 분석구간의 경관지수 값을 기준으로 200m까지의 분석구간으로부터 2000m까지의 분석구간까지의 영향정도를 비교, 분석하였다. 개발 전과 후를 반복처리로 가정하여 동일한 지역에 대한 개발사업의 영향을 분석하였다.

골프장과 산업단지 각각의 모든 사업을 대상으로 분석하여 사업 종류 및 분석구간이 영향을 미치는 경관지수를 추출하였고 사업의 분석범위는 개별 사업의 크기와 특성이 다양하여 30ha 간격으로 그룹화하여 그룹별로 공통된 특성을 도출하고자 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 산림파편화 경관지수 추출

2005년부터 2014년까지 환경영향평가정보지원시스템에 등록된 골프장 사업 360개, 산업단지 사업 323개 중 연구목적에 부합하는 골프장 사업 67개와 산업단지 사업 149개가 추출되었다. 골프장과 산업단지 사업 영향을 반영한 경관지수를 반복측도분산분석으로 추출한 결과는 Table 1과 같다.

골프장 사업시행 전과 후에 유의한 변화( $p < 0.05$ )가 나타난 것은 CA, NP, PD, TE, LSI, TCA, NDCA, CONNECT의 8개 경관지수였으며, NDCA를 제외한 대부분의 경관지수가 분석범위에 따라 서로 유의한 차이를 나타내었다. 산업단지 사업시행 전과 후에 유의한 변화( $p < 0.05$ )가 나타난 경관지수는 CA, NP, PD, TE, LSI, CONNECT이었으며, PD, CONNECT를 제외하고 분석구간에 따라 경관지수의 수치가 유의한 차이를 나타내었다. 경관지수와 분석구간의 차이가 아닌 사업시행으로 인한 영향범위가 어느 정도의 영향범위까지 영향을 미치는가를 분석하기 위해 각 경관지수의 사후분석 결과를 참고하여 파편화 영향이 미치는 범위를 분석하고자 하였다.

**Table 1.** Analysis of within-subjects effects for the golf courses and industrial complexes on the effects of fragmentation index and/or buffer zone, comparing pre and post-development conditions.

Golf Course	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	p-value
CA	638858.281	1	638858.281	430.140	.000
CA*Buffer <sup>1</sup>	51193.613	7	7313.373	4.924	.000
NP	37283.287	1	37283.287	521.458	.000
NP*Buffer	16156.683	7	2308.098	32.282	.000
PD	1177.241	1	1177.241	494.895	.000
PD*Buffer	161.586	7	23.084	9.704	.000
TE	43143590049.347	1	43143590049.347	391.765	.000
TE*Buffer	30496859555.131	7	4356694222.162	39.561	.000
LSI	1067.212	1	1067.212	711.145	.000
LSI*Buffer	77.175	7	11.025	7.347	.000
TCA	840454.580	1	840454.580	216.278	.000
TCA*Buffer	138698.986	7	19814.141	5.099	.000
NDCA	213.138	1	213.138	23.490	.000
NDCA*Buffer	87.937	7	12.562	1.384	.209
CONNECT	36354.960	1	36354.960	276.673	.000
CONNECT*Buffer	11261.834	7	1608.833	12.244	.000

Industrial complex	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	p-value
CA	400271.006	1	400271.006	310.186	.000
CA*Buffer	92383.126	7	13197.589	10.227	.000
NP	48978.439	1	48978.439	643.990	.000
NP*Buffer	36913.265	7	5273.324	69.336	.000
PD	1336.857	1	1336.857	362.461	.000
PD*Buffer	16.515	7	2.359	.640	.723
TE	26397330038.265	1	26397330038.265	440.760	.000
TE*Buffer	49345423277.041	7	7049346182.434	117.704	.000
LSI	996.926	1	996.926	1082.466	.000
LSI*Buffer	383.654	7	54.808	59.510	.000
CONNECT	5865.546	1	5865.546	33.017	.000
CONNECT*Buffer	1734.701	7	247.814	1.395	.204

<sup>1</sup> Buffer = 0~100m, 0~200m, 0~300m, 0~400m, 0~500m, 0~1000m, 0~1500m and 0~2000m

CA : Class Area(ha)

PD : Patch Density(number per 100ha)

LSI : Landscape Shape Index

NDCA : Number of Disjunct Core Areas

NP : Number of Patches

TE : Total Edge(m)

TCA : Total Core Area(ha)

CONNECT : Connectance Index(%)

## 2. 분석구간별 산림파괴 산출

반복측도분산분석의 사후분석을 실행할 때 선정된 골프장 사업은 대부분의 산림면적이 30ha 이상에서 150ha까지 분포되어 있어, 30~60ha, 60~90ha, 90ha 이상의 3그룹으로 재분류하였다. 추출된 경관지수별로 분석범위 간에 수치의 차이가 있는지 반복측도분산분석으로 분석한 사후분석결과는 Table 2와 같다.

골프장 사업의 사후분석 결과 30~60ha 그룹의 CA의 경우, 100m 구간에서의 경관지수 수치가 500m 구간까지는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 1000m 구간부터 유의한 차이를 나타냈다. 결과적으로 CA는 사업이 시행된 후 500m까지는 사업으로 인한 영향이 일정하다가 1000m부터 영향의 크기가 달라졌다( $p < 0.05$ ). 즉, 파편화 정도가 500m까지는 비교적 일정한 수준을 나타낸 것으로 판단되었다. 또한 60~90ha, 90ha 이상의 그룹과 비교하였을 때 60~90ha 그룹은 500m에서 영향의 변화가 일어나 30~60ha의 그룹과 비슷한 경향을 보였다. 90ha 이상의 그룹에서는 400m에서 영향의 변화가 일어나 앞의 두 그룹과 다른 경향을 보였다. 산업단지 사업의 경우, 추출된 경관지수에 대한 반복측도분산분석의 사후분석 결과는 Table 3과 같다.

산업단지는 30ha 이상에서 150ha까지 분포되어 있어 0~30ha, 30~60ha, 60ha 이상의 세 그룹으로 재분류하여 반복측도분산분석의 사후분석을 하였다. 산업단지 사업의 사후분석 결과 30ha 미만 그룹의 TE의 경우, 100m 구간부터 400m 구간까지는 사업으로 인한 영향의 변화가 없다가 500m부터 영향의 변화가 나타남( $p < 0.05$ )을 알 수 있어 파편화의 강도가 400m부터 달라졌다고 판단되었다. 산림면적 30~60ha와 60ha 이상의 그룹과 비교한 결과, 각각 400m와 500m로 나타나 TE는 그룹에 따라 파편화의 영향범위가 다르다는 것을 알 수 있었다. 같은 방식으로 골프장과 산업단지 사업에 대한 경관지수의 영향범위를 산림면적으로 Table 4에 정리하였다.

반복측도분산분석의 사후분석을 토대로 한 골프장 사업의 분석결과 산림면적별 대부분의 사업이 500m를 기점으로 영향범위의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 그룹별 영향범위 대표값은 각 그룹별 경관지수들의 평균으로 표시하였다. 30~60ha의 사업은 410m, 60~90ha의 사업은 460m, 90ha 이상의 사업은 440m으로 사업으로 인한 영향범위가 대체적으로 비슷한 범위에서 차이가 나는 것으로 나타났다.

산업단지 사업의 분석결과 경관지수별로 사업지 내 산림면적이 커질수록 영향범위의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 각 그룹별 경관지수들의 평균값은 0~30ha의 사업은 350m, 30~60ha 사업은 400m, 60ha 이상의 사업은 480m로 파편화의 영향범위가 점차 증가하는 것으로 나타났다.

## 3. 골프장과 산업단지 사업의 영향 비교

Table 4의 결과를 토대로 유사한 패턴을 보이는 경관지수를 추출한 결과 골프장 사업의 경우 산림면적이 증가할 때 영향범위가 비슷한 경향을 나타내는 경관지수로 NP, LSI, TCA, NDCA가 도출되었다. 예를 들어 NP의 경우 면적별 영향범위 값이 모두 500m로 주된 패턴양상이 영향범위의 대표값과 비슷한 경향을 보인다. 산업단지의 경우 산림면적이 증가할 때 영향범위가 증가하는 경향을 나타내는 경관지수로 PD, TE, LSI가 도출되었다.

도출된 경관지수를 바탕으로 골프장 사업의 경우에는 산업단지 사업보다 핵심지역과 관련한 경관지수의 영향이 크다고 볼 수 있다. 핵심지역은 패치의 가장자리와 완충지역을 제외한 내부지역만을 정량화한 것으로 대부분의 골프장의 경우에는 산림지역 내부 쪽에서 사업이 발생되므로 사업 전과 후에 있어서 핵심지역의 영향이 크게 나타났음을 추정할 수 있다. 산업단지의 경우에는 경관의 구성정도를 뜻하는 패치의 밀도와 가장자리 등에 대한 영향이 큰 것으로 나타났다.

**Table 2.** Post hoc test of the repeated measures ANOVA analyzing golf course projects with forest areas ranging from 30~60 to over 90ha for eight fragmentation indexes. The values of each buffer zone are compared with those of 100 meters buffer zones to identify distinct impact ranges ( $p < 0.05$ ).

Repeated measure ANOVA for golf course							
(mean value)							
Indexes/ buffer zone	Forest area(ha)			Indexes/ buffer zone	Forest area(ha)		
	30~60	60~90	90+		30~60	60~90	90+
CA				NP			
100 vs				100 vs			
-200m	-37.87	-40.64	-51.46	-200m	-.37	-2.50	-.35
-300m	-75.15	-84.55	-103.48	-300m	-2.08	-3.79	-9.90
-400m	-113.60	-131.11	-156.84	-400m	-3.90	-4.68	-1.87
-500m	-154.45	-180.07	<b>-212.69*</b>	-500m	-4.40	-5.50	-4.73
-1000m	<b>-392.57*</b>	<b>-467.82*</b>	<b>-544.02*</b>	-1000m	<b>-13.92*</b>	<b>-14.15*</b>	<b>-13.85*</b>
-1500m	<b>-715.05*</b>	<b>-842.42*</b>	<b>-966.07*</b>	-1500m	<b>-25.52*</b>	<b>-25.44*</b>	<b>-22.65*</b>
-2000m	<b>-1116.07*</b>	<b>-1296.59*</b>	<b>-1490.92*</b>	-2000m	<b>-38.94*</b>	<b>-39.09*</b>	<b>-34.25*</b>
PD				TE			
100 vs				100 vs			
-200m	<b>1.67*</b>	.56	.90	-200m	-4429.69	-4781.47	-4861.75
-300m	<b>2.02*</b>	1.30	<b>1.35*</b>	-300m	-8777.40	-9660.29	-9388.00
-400m	<b>2.27*</b>	<b>1.91*</b>	<b>1.61*</b>	-400m	-13346.88	-15034.71	-13707.25
-500m	<b>2.76*</b>	<b>2.38*</b>	<b>1.47*</b>	-500m	<b>-18142.81*</b>	<b>-20822.21*</b>	-18754.13
-1000m	<b>3.22*</b>	<b>3.14*</b>	<b>1.80*</b>	-1000m	<b>-46832.19*</b>	<b>-53015.29*</b>	<b>-50523.50*</b>
-1500m	<b>3.46*</b>	<b>3.43*</b>	<b>2.11*</b>	-1500m	<b>-82259.17*</b>	<b>-96442.21*</b>	<b>-88841.63*</b>
-2000m	<b>3.62*</b>	<b>3.59*</b>	<b>2.13*</b>	-2000m	<b>-124088.44*</b>	<b>-145421.47*</b>	<b>-132045.38*</b>
LSI				TCA			
100 vs				100 vs			
-200m	-.13	-.27	-.19	-200m	-16.86	-19.07	-26.63
-300m	-.34	-.63	-.42	-300m	-34.74	-39.53	-56.08
-400m	-.70	-.97	-.63	-400m	-53.38	-59.36	-86.76
-500m	-1.02	-1.35	-.95	-500m	-72.09	-80.77	-118.94
-1000m	<b>-2.88*</b>	<b>-3.18*</b>	<b>-2.79*</b>	-1000m	<b>-181.83*</b>	<b>-215.93*</b>	<b>-295.01*</b>
-1500m	<b>-4.59*</b>	<b>-5.22*</b>	<b>-4.44*</b>	-1500m	<b>-345.40*</b>	<b>-386.70*</b>	<b>-529.92*</b>
-2000m	<b>-6.27*</b>	<b>-7.04*</b>	<b>-6.01*</b>	-2000m	<b>-560.54*</b>	<b>-610.34*</b>	<b>-797.86*</b>
NDCA				CONNECT			
100 vs				100 vs			
-200m	-.40	-.12	-.23	-200m	1.80	10.2133	2.63
-300m	-.56	-1.50	-.73	-300m	8.07	11.3807	9.56
-400m	-1.31	-2.53	-1.23	-400m	<b>11.85*</b>	13.5163	11.51
-500m	-1.77	-3.74	-1.83	-500m	<b>12.25*</b>	13.7700	<b>18.83*</b>
-1000m	<b>-6.31*</b>	<b>-9.12*</b>	<b>-6.30*</b>	-1000m	<b>24.45*</b>	<b>23.6952*</b>	<b>26.30*</b>
-1500m	<b>-10.46*</b>	<b>-14.09*</b>	<b>-11.07*</b>	-1500m	<b>27.37*</b>	<b>28.2615*</b>	<b>30.30*</b>
-2000m	<b>-14.87*</b>	<b>-22.71*</b>	<b>-15.62*</b>	-2000m	<b>30.11*</b>	<b>31.9077*</b>	<b>33.33*</b>

\*  $p < .05$

**Table 3.** Post hoc test of the repeated measures ANOVA analyzing industrial complex projects with forest areas ranging from 0~30 to over 60ha for eight fragmentation indexes. The values of each buffer zone are compared with those of 100 meters buffer zones to identify distinct impact ranges ( $p < 0.05$ ).

Repeated measure ANOVA for Industrial complexes							
(mean value)							
Indexes/ buffer zone	Forest area(ha)			Indexes/ buffer zone	Forest area(ha)		
	0~30	30~60	60+		0~30	30~60	60+
CA				NP			
<b>100 vs</b>				<b>100 vs</b>			
-200m	-12.76	-24.26	-27.31	-200m	-1.61	-1.46	-2.06
-300m	-27.71	-51.12	-56.60	-300m	-2.86	-3.59	-4.72
-400m	-45.00	-81.15	-89.05	-400m	-4.78	-5.58	-7.54
-500m	-64.52	<b>-113.90*</b>	-124.81	-500m	-6.05	-8.08	-9.36
-1000m	<b>-204.70*</b>	<b>-308.17*</b>	<b>-332.96*</b>	-1000m	<b>-15.76*</b>	<b>-19.18*</b>	<b>-22.40*</b>
-1500m	<b>-412.44*</b>	<b>-564.96*</b>	<b>-618.24*</b>	-1500m	<b>-27.98*</b>	<b>-32.96*</b>	<b>-34.74*</b>
-2000m	<b>-695.13*</b>	<b>-893.26*</b>	<b>-969.44*</b>	-2000m	<b>-42.09*</b>	<b>-47.08*</b>	<b>-55.02*</b>
PD				TE			
<b>100 vs</b>				<b>100 vs</b>			
-200m	<b>3.55*</b>	<b>1.90*</b>	.76	-200m	-2380.91	-3681.82	-4414.30
-300m	<b>5.17*</b>	<b>2.57*</b>	1.04	-300m	-4993.62	-7756.28	-9090.30
-400m	<b>5.79*</b>	<b>3.06*</b>	1.22	-400m	-8017.26	-12310.95	-14464.30
-500m	<b>6.45*</b>	<b>3.28*</b>	1.67	-500m	<b>-11225.38*</b>	<b>-17417.77*</b>	-20980.10
-1000m	<b>7.70*</b>	<b>4.32*</b>	<b>2.18*</b>	-1000m	<b>-33067.91*</b>	<b>-46592.16*</b>	<b>-52243.50*</b>
-1500m	<b>8.23*</b>	<b>4.75*</b>	<b>2.60*</b>	-1500m	<b>-63740.50*</b>	<b>-83601.01*</b>	<b>-88175.60*</b>
-2000m	<b>8.53*</b>	<b>5.09*</b>	<b>2.79*</b>	-2000m	<b>-101375.41*</b>	<b>-126503.58*</b>	<b>-139053.40*</b>
LSI				CONNECT			
<b>100 vs</b>				<b>100 vs</b>			
-200m	-.41	-.36	-.47	-200m	.38	-.19	-.44
-300m	-.81	-.78	-.93	-300m	-.25	-.58	-1.12
-400m	<b>-1.22*</b>	-1.24	-1.49	-400m	-.76	-1.41	-2.26
-500m	<b>-1.61*</b>	-1.74	-2.03	-500m	-1.25	-2.39	-3.46
-1000m	<b>-3.70*</b>	<b>-3.80*</b>	<b>-4.23*</b>	-1000m	<b>-5.02*</b>	<b>-7.27*</b>	<b>-7.10*</b>
-1500m	<b>-5.66*</b>	<b>-5.83*</b>	<b>-5.99*</b>	-1500m	<b>-9.30*</b>	<b>-13.03*</b>	<b>-12.56*</b>
-2000m	<b>-7.44*</b>	<b>-7.51*</b>	<b>-8.23*</b>	-2000m	<b>-14.59*</b>	<b>-18.80*</b>	<b>-20.58*</b>

\*  $p < .05$

**Table 4.** Impact ranges for each fragmentation index by forest area derived from analyses of golf courses and industrial complexes.

	Forest area (ha)	Fragmentation indexes									
		CA	NP	PD	TE	LSI	TCA	NDCA	CONNECT	Mean	Mean (representative)
Golf Courses	30~60	500	500	100	400	500	500	500	300	410	500
	60~90	500	500	300	400	500	500	500	500	460	500
	90~	400	500	200	500	500	500	500	400	440	500
Industrial complexes	Forest area (ha)	Fragmentation indexes									
		CA	NP	PD	TE	LSI	CONNECT	Mean	Mean (representative)		
	0~30	500	500	100	400	300	300	350	270		
	30~60	400	500	100	400	500	500	400	340		
60~	500	500	500	500	500	400	480	500			

이는 산업단지의 사업은 추가적인 개발을 유도할 가능성이 높은 사업으로 다른 개발들이 일어남에 따라 경관의 구성정도에 영향을 미친 것으로 추정할 수 있다. 또한 골프장 사업지의 경우 사업지의 산림면적이 커질수록 영향의 범위가 비슷한 수준으로 나타났지만 산업단지의 경우에는 사업지의 산림면적이 커질수록 영향의 범위가 증가했음이 나타났다.

#### 4. 개별 연구대상지 분석의 예

그룹 분석결과와 비교하기 위해 골프장과 산업단지 개발사업 중 하나씩을 임의로 선정하여 사업 전과 후의 경관지수의 변화를 그래프로 나타내었다(Figure 1).

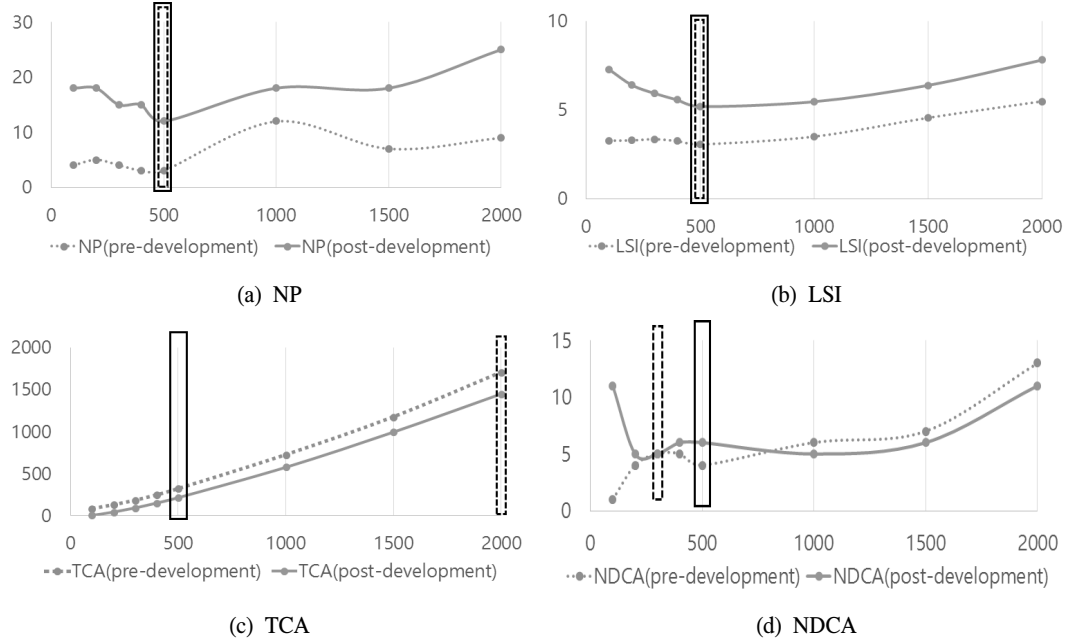
골프장 사업의 경우 산림면적이 73.25ha로 본 연구에서는 산림면적 기준 60~90ha 그룹에 속하였고, 이 그룹들은 모든 경관지수가 500m 구간에서 변화를 나타내었다. 선택된 골프장 분석에서는 NP의 경우 500m 구간까지 개발 전과 후가 감소하는 추세를 보이지만 500m 구간 이후에는 증가 추세를 보였다(Figure 1(a)). LSI의 경우에는 개발 후 사업의 영향이 500m 구간까지

감소하는 추세를 보여 500m 지점에서 사업 전과 후의 차이가 적어졌다(Figure 1(b)). TCA의 경우에는 일정하게 증가하는 추세를 보여 영향 범위를 판단하기 어려웠다(Figure 1(c)). NDCA는 사업이 시행된 후 상대적으로 근거리에서는 큰 폭으로 차이를 나타내다가 300m 구간을 기점으로 차이가 감소하였다(Figure 1(d)). 결론적으로 골프장 사업으로 인한 파편화 영향범위 측면에서 개별사업 분석 결과가 사업 전체의 경향과 유사한 양상을 나타내었다.

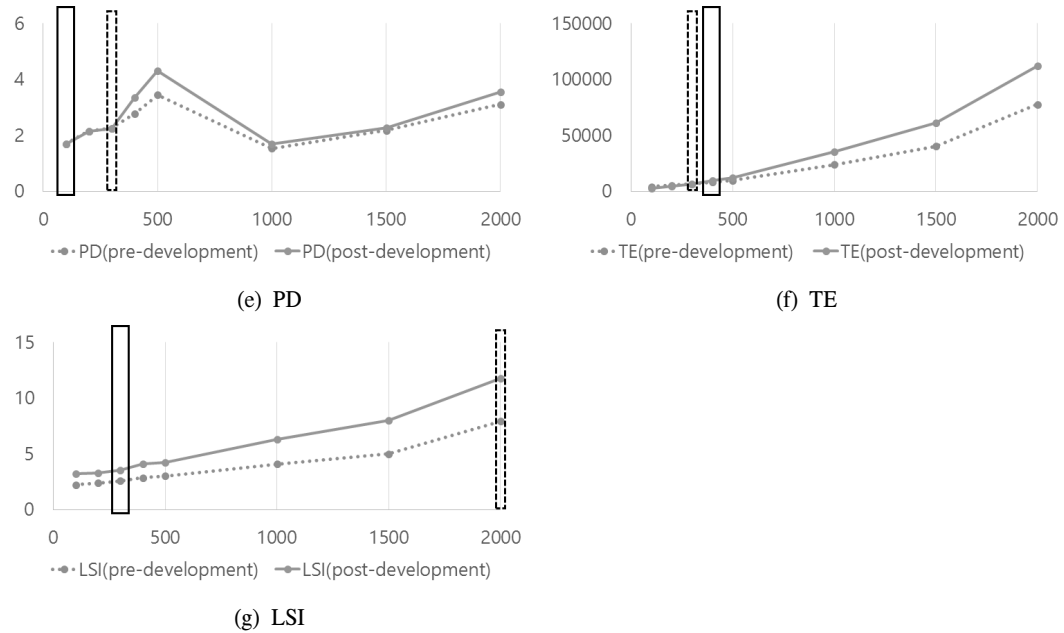
산업단지 사업은 산림면적이 29.3ha로 0~30ha 그룹에 속하고, 그룹 전체의 경우 영향범위는 PD 100m, TE 400m, LSI 300m로서 500m 내에서 영향범위가 형성되었다. 개별 산업단지의 PD의 경우 300m 구간 내에서는 변화가 없다가 400m 구간 이후로 변화가 나타났(Figure 1(e)). TE 경우에는 300m 구간 내에서는 변화가 없다가 400m 구간에서는 사업 전과 후의 차이가 나타났다(Figure 1(f)). LSI의 경우에는 경관지수의 변화가 영향범위가 증가하면서 일정하게 증가하는 추세를 보였다(Figure 1(g)). 산업단지의 경우에는 골프장 사업과 달리 개별사업의 분석 결과가



**Case 1. Golf course located in Hongcheon (Forest area: 60~90ha)**



**Case 2. Industrial complex located in Kyungju (Forest area: <30ha)**



: The average impact range of the whole group  
 : An impact range of the selected individual project

**Figure 1.** Comparison between the average of the whole group and the selected individual projects in terms of impact ranges derived from development.

전체 사업의 경향과 차이를 나타내었다. 따라서 영향범위 예측 시 사업유형 내에서의 특이성을 줄일 수 있도록 개발사업 각각의 특성에 대한 연구가 체계적으로 이루어져야 될 것으로 판단되었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 산지개발사업 유형에 따라 주변 산림에 미치는 영향의 범위에 차이가 있는지를 알아보고자, 환경영향평가를 받은 골프장과 산업단지 개발사업을 대상으로 분석범위에 따른 경관지수 값을 산출하여 변화 양상을 비교하였다. 골프장의 경우 총 클래스면적(Class Area: CA), 패치 수(Number of Patches: NP), 패치밀도(Patch Density: PD), 총 가장자리(Total Edge: TE), 경관형태(Landscape Shape Index: LSI), 총 중심지면적(Total Core Area: TCA), 분리된 중심지의 수(Number of Disjunct Core Areas: NDCA), 패치간의 연결성(Connectance Index: CONNECT)가 사업 후의 영향에 민감한 지수로 나타났으며, 사업지 내 산림면적에 따른 경관지수 변화를 분석한 결과 평균적으로 약 500m를 기준으로 영향의 크기가 차이를 나타내었다. 이러한 분석결과와 유사한 경향을 나타내는 경관지수는 NP, LSI, TCA, NDCA로 골프장 사업은 주변 산림의 핵심지의 크기에 영향을 많이 주는 것으로 판단되었다.

산업단지의 경우 총 클래스면적(Class Area: CA), 패치 수(Number of Patches: NP), 패치밀도(Patch Density: PD), 총 가장자리(Total Edge: TE), 경관형태(Landscape Shape Index: LSI), 패치간의 연결성(Connectance Index: CONNECT)가 유의한 경관지수로 도출되었으며, 그 중 PD, TE, LSI가 개발지 내 산림면적의 증가에 따라 영향범위가 증가하는 양상을 나타내었고, 면적보다는 경관의 구성과 연관성이 더 높은 것으로 나타났다. 분석결과를 개별적인 사업과 비교한

결과, 골프장의 경우는 전체 그룹과 개별 사업지의 영향범위가 비슷한 수준을 나타낸 반면, 산업단지의 경우, 연구결과와 차이가 있었다. 따라서 사업유형에 따른 산림과편화의 영향범위를 보다 정밀하게 분석하기 위해서는 개별 사업지의 영향을 체계적으로 분석할 수 있는 방법론의 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

본 연구 결과 산지에서 새롭게 개발되는 사업의 특성에 따라 주변 산림생태계에 미치는 영향범위가 차이가 있다는 것을 밝혀내었으며, 산지 개발사업의 영향범위를 예측하여 선제적인 관리를 할 수 있는 기초가 마련된 것으로 판단되었다. 이에 사업시행 시 사업유형에 맞는 영향범위를 고려하여 사업을 평가 할 필요가 있다고 판단되어진다. 사업의 특성 사업의 특성에 따라 경관과편화를 반영할 수 있는 경관지수가 상이한 것으로 나타나 추후 다양한 사업유형에 대한 비교, 분석을 통하여 사업 특성에 따른 산림과편화의 차이를 좀 더 체계적으로 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

#### References

- Cho HY and Kim TH. 2005. A Study on Environmental Management of Industrial Complex in Korea. The Geographical Journal of Korea. 39(1): 133-148. (in Korean with English Summary)
- Choi JS. 2002. A Study on the Improvement of Industrial-Environmental Policies for the Development of EIPs in Korea. The Korean Urban Management Association. 15(1): 87-111. (in Korean with English Summary)
- Hargis, C. D. · Bissonette, J. D. and David, J. L. 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. Landscape ecology. 13(3): 167-186.

- Hassan, R. · Scholes, R. and Ash, N. 2005. Ecosystems and human well-being: current state and trends: finding of the Condition and Trends Working group. Washington D.C: Island Press.
- Heo SG · Kim KS · Ahn JH · Yoon JS · Lim KJ · Choi JD · Shin YC and Lyou CW. 2007. Landscape Analysis of the Forest Fragmentations at Doam-Dam Watershed using the FRAGSTATS Model. The Korea Association of Geographic Information Studies. 10(1): 10-21. (in Korean with English Summary)
- Hwang SY and Sung HC. 2011. A Study on Problems of Combined Development and Environment-Friendly Improvements of Golf Course in Forest Areas in Gyeonggi. The Korea Society of Environmental Restoration Technology. 14(3): 143-155. (in Korean with English Summary)
- Jung SG · Oh JH and Park JH. 2005. A Temporal Structure Analysis of Forest Landscape Patterns using Landscape Indices in the Nakdong River Basin. The Korea Association of Geographic Information Studies. 8(2): 145-156. (in Korean with English Summary)
- Kim YK. 2014. Golf scale production centers dedicated to the study and recovery. Ph.D dissertation, Daegu Haany University. (in Korean)
- Kwon YH and Ro TH. 2003. Analysis of Effects on Ecosystem for Golf Course Construction. Turfgrass Society of Korea. 17(2): 99-113. (in Korean with English Summary)
- Lee DK · Yi HY and Kim EY. 2007. Analysis of Fragmentation and Heterogeneity of Tancheon Watershed by Land Development Projects. The Korea Society of Environmental Restoration Technology. 10(6): 120-129. (in Korean with English Summary)
- Lee HD and Hwang CS. 2006. The Spatio-temporal Change of the Land Use Pattern According to the Substantial Residential Site Development. The Geographical Journal of Korea. 40(1): 155-167. (in Korean with English Summary)
- McGarigal, K. and Mark, B. 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-351, Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon.
- Tischendorf, L. 2001. Can landscape indices predict ecological processes consistently?. Landscape Ecology 16(3): 235-254.
- Turner, M. G.. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual review of ecology and systematics. 20: 171-197.