

우리나라 농촌마을 경관생태학적 특성에 따른 귀화식물 분포 특성¹

김한수² · 오충현^{3*}

Distribution Characteristics of Naturalized Plants According to Characteristics of Landscape Ecology in Rural Village of Korea¹

Han-Soo Kim², Choong-Hyeon Oh^{3*}

요약

인간 활동이 생태계의 훼손과 생물다양성의 변화에 미치는 영향을 경관생태학적 측면에서 분석하고 해석하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 우리나라의 35개 농촌마을을 대상으로 자연생태계의 교란정도를 알 수 있는 귀화식물 분포현황을 조사하였다. 대상지에 대한 토지이용현황도를 제작하고 이를 바탕으로 경관지수를 이용하여 경관생태학적 특성을 정량화하였다. 이를 바탕으로 대상지의 경관지수와 귀화식물 분포특성의 상관관계를 분석하였다. 경관지수는 공간분석 프로그램인 FRAGSTATS를 이용하여 산출하였으며 귀화식물의 분포특성은 Urbanization Index와 Naturalization Index를 이용하였다. 연구 결과 귀화율과 폐지밀도, 귀화율과 가장자리밀도, 귀화율과 면적가중평균형태지수 등이 양의 상관관계를 나타냈으며 귀화율과 핵심면적백분율, 귀화율과 평균핵심지역 등이 음의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다.

주요어: 경관지수, 귀화율, 도시화 지수, 상관관계, FARGSTATS

ABSTRACT

Studies on effects of human action on the destruction of ecosystems and changes in biodiversity are being processed actively from the view point of landscape ecology. This study investigated present distribution status of the naturalization plant by disturbance of natural ecosystem which could be seen on 35 rural villages in Korea. The study made a landuse map on the study area then quantified the landscape ecologic characteristic using landscape index based on this landuse map. Correlation between landscape index on the study area and distribution characteristic of naturalization plant was analyzed. The landscape index was calculated by FRAGSTATS, a spatial analysis program, and naturalization index and urbanization index were used in the distribution characteristic of naturalization plant. As a result, naturalization index and patch density, naturalization index and edge density, naturalization index and area-weighted mean shape index were shown as having positive correlation, and naturalization and core area percentage of landscape, naturalization index and mean core area were displayed as having negative correlation.

1 접수 2010년 6월 29일, 수정(1차: 2011년 3월 4일, 2차: 2011년 4월 27일, 3차: 2011년 6월 3일), 게재확정 2011년 6월 4일
Received 29 June 2011; Revised(1st: 4 March 2011, 2nd: 27 April 2011, 3rd: 3 June 2011); Accepted 4 June 2011

2 동국대학교 대학원 바이오환경과학과 Graduate School, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Seoul(100-175), Korea(ecoban@paran.com)

3 동국대학교 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk University, Seoul(100-175), Korea(ecology@dongguk.edu)

* 교신저자 Corresponding author(ecology@dongguk.edu)

KEY WORDS: LANDSCAPE INDEX, NATURALIZATION INDEX, URBANIZATION INDEX, PEARSON CORRELATION, FARGSTATS

서 론

인간이 자연환경에 미치는 영향에 관한 연구는 다양한 분야에서 오래전부터 진행되어 왔다. 최근에는 인간의 활동이 생태계의 훼손과 생물다양성의 변화에 미치는 영향을 경관생태학적 측면에서 분석하고 해석하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 경관생태학에서는 경관을 인간과 자연환경이 결합되어 사·공간적으로 나타나는 토지모자이크로 정의하고 있다(Forman, 1995). 경관의 변화는 인간의 인위적인 간섭, 자연적인 교란 등의 다양한 원인으로 경관을 구성하고 있는 요소들의 형태, 위치, 크기 등이 변하거나, 생성 또는 소멸되는 현상을 의미하며, 경관이 변화되면 그 지역의 생태적 특성의 변화가 필연적으로 일어난다.

경관생태학자들은 경관을 구성하는 요소들의 크기, 수, 밀도, 형태 등을 정량적으로 계산하기 위한 경관지수(Landscape Index)를 개발하여 사용한다. 지수에 따라 경관이 가지는 점유면적, 밀도, 주연부, 모양, 핵심지역, 고립성, 접근성, 대조, 접촉, 산포, 연결성 등의 특성을 수치화한다.(Baker and Cai, 1992; McGarigal and Marks, 1995).

경관지수를 이용하여 생태계의 현상을 분석하고 이해하기 위해서는 실제 경관의 경관지수와 야생 동·식물의 관련성에 대한 많은 데이터의 축적이 필요하다. 국외 연구의 경우 오래전부터 경관의 규모 및 구성과 야생동·식물 군집의 관계, 척추동물 군집과 서식지 패치 크기의 다양성, 경관파편화와 메타개체군의 변화 등을 주제로 생태계의 현장조사 데이터를 바탕으로 하는 경관지수 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다(McGarigal and Marks, 1995).

국내에서도 경관지수와 관련하여 산림경관의 시계열적 패턴을 분석하거나(Jung *et al.*, 2005), 국립공원의 단편화 현상을 형태지수를 이용해서 분석하거나(Kang *et al.*, 2008), 토지이용의 시계열적 변화를 경관지수를 통해 모니터링 하는(Hwang, 2008) 등의 연구가 진행되었으며, 비오톱 지도를 활용하여 귀화식물의 분포특성을 패치의 크기, 형태지수 등과 관련하여 분석한 연구사례도 있다(Song *et al.*, 2005). 그러나 국내의 경관지수 관련 연구는 대부분 경관 변화를 모니터링하거나, 경관이 가진 특성을 분석하고, 파편화의 진행정도를 파악하는 주제를 다루고 있어 실제 생태계의 조사결과와 경관지수와 연관성을 분석한 연구사례는 상대적으로 빈약하다.

본 연구는 우리나라의 농촌마을을 대상으로 자연생태계

의 교란정도를 알 수 있는 귀화식물의 분포특성을 조사하고, 농촌마을의 경관생태학적 특징을 경관지수를 사용하여 정량화한 후 귀화식물의 분포특성과 비교 분석을 통해 상관관계를 밝힘으로써 향후 경관변화에 따른 생태계의 훼손 및 교란 연구에 대한 기초자료를 제공을 목적으로 작성하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

연구대상지는 지역에 따라 다양한 성격을 가지는 농촌마을의 특성이 연구결과에 잘 반영될 수 있도록 대상지를 전국 각 지역별로 고르게 선정하였으며, 산간지역, 평야지역, 해안지역 등의 입지적 차이도 고려하였다. 상대적으로 농촌의 전형적인 특성을 잘 간직하고 있을 것으로 생각되는 농촌진흥청 선정 농촌 건강장수마을을 대상으로 지역적, 지리적 특성을 고려하여 50개 마을을 선정하였다. 현장답사를 통해 분석결과에 영향을 줄 수 있는 특이 사항이 있는 마을

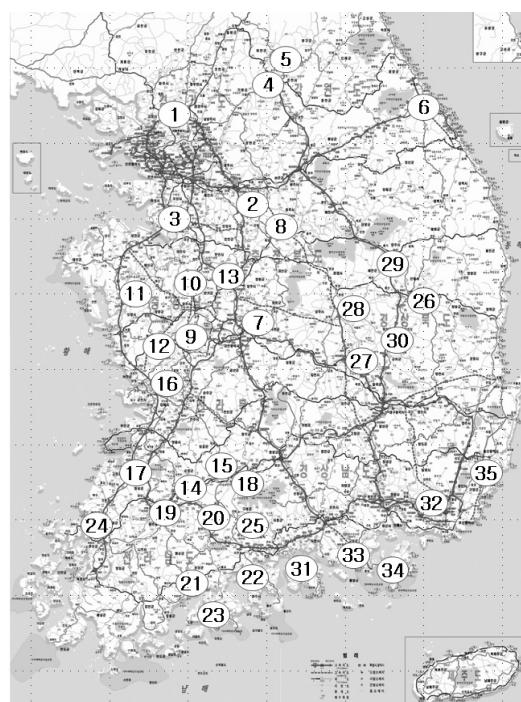


Figure 1. The location of study sites

Table 1. The list of study sites and survey year

Year	Province	No.	Name of Village	Year	Province	No.	Name of Village
2006	Gyeonggi	1	Yongmi-ri, Gwangtan-myeon, Paju-si,	2007	Jeollanam	19	Samda-ri, Damyang-eup, Damyang-gun
		2	Songgok-ri, Moga-myeon, Icheon-si			20	Maewol-ri, Ip-myeon, Gokseong-gun
		3	Daeyang-2ri, Yanggam-myeon, Hwaseong-si			21	Yongjeong-ri, Miryeok-myeon, Boseong-gun
2007	Gangwon	4	Bangdong-ri, Seo-myeon, Chuncheon-si		Chungbuk	22	Daean-ri, Haeryong-myeon, Suncheon-si
		5	Dongchon-ri, Hwacheon-eup, Hwacheon-gun			23	Noil-ri, Gwayeok-myeon, Goheung-gun
2008	Chungbuk	6	Geumsan-2ri, Seongsan-myeon, Gangneung-si			24	Gwangjeong-ri, Jido-eup, Sinan-gun
		7	Sojeon-ri, Munui-myeon, Cheongwon-gun			25	Naengcheon-ri, Masan-myeon, Gurye-gun
2009	Chungnam	8	Chapyeong-ri, Saenggeuk-myeon, Eumseong-gun		Gyeongbuk	26	Gaegok-ri, Namhu-myeon, Andong-si
		9	Dachak-2ri, Tancheon-myeon, Gongju-si			27	Nongso 1-ri, Okseong-myeon, Gumi-si
		10	Yeokchon-2ri, Songak-myeon, Asan-si			28	Yangbeom-ri, Ian-myeon, Sangju-si
2010	Jeonbuk	11	Woram-ri, Geumma-myeon, Hongseong-gun		Gyeongnam	29	Yu-ri, Gamcheon-myeon, Yecheon-gun
		12	Yongjeong-2ri, Buyeo-eup, Buyeo-gun			30	Jarak-ri, Bian-myeon, Uiseong-gun
		13	Cheongsong-ri, Jeondong-myeon, Yeongi-gun			31	Deoksin-ri, Seolcheon-myeon, Namhae-gun
2011	Jeonbuk	14	Jang-an-ri, Paldeok-myeon, Sunchang-gun		Gyeongnam	32	Masa-ri, Saengnim-myeon, Gimhae-si
		15	Jeong-wol-ri, Imsil-eup, Imsil-gun			33	Odong-ri, Yeongo-myeon, Goseong-gun
		16	Songcheon-ri, Ungpo-myeon, Iksan-si			34	Nampyeong-ri, Sanyang-eup, Tongyeong-si
2012		17	Beopji-ri, Sillim-myeon, Gochang-gun			35	Samgam-ri, Habuk-myeon, Yangsan-si
		18	Bujeol-ri, Sandong-myeon, Namwon-si				

을 제외하고 마을의 크기, 인구 등이 비슷한 35개 마을을 최종 선정하였다.

2. 연구방법

연구 대상지의 경관지수를 분석하기 위해서는 자연환경, 토지이용 등의 정보가 함축적으로 표현되는 공간자료가 필요하다. 이를 위해 인공림, 자연림, 하천초지, 건조초지, 습생초지 등의 생태적 특징이 반영된 토지이용현황도를 제작하여 사용하였으며, 제작을 위한 현장조사는 35개 농촌마을을 대상으로 2006~2008년까지 실시하였다.

대상지의 범위는 마을이 위치하고 있는 주변 지역의 분수령을 기준으로 마을주민과의 면담을 통하여 설정하였다. 국립지리원에서 제작한 1:5,000 수치지형도를 바탕으로 ESRI사의 ArcInfo 9.2를 이용하여 벡터자료 형태의 토지이용현황도를 제작하였으며, 이를 공간해상도 1m×1m의 래스터자료로 변환하여 공간분석 프로그램 FRAGSTATS Ver 3.3 (McGarigal and Marks, 1995)을 이용하여 분석하였다.

각 대상지의 귀화식물 조사는 전체 식물상 조사와 병행하여 실시하였으며 가능한 현지에서 동정하되, 동정이 불가능한 식물종은 채집 후 실험실에서 동정하였다. 조사는 각 대상지에서 봄, 여름, 가을에 각 2회씩 총 6회 실시하였다. 귀화식물은 현지조사로 확인된 식물상들 가운데 ‘한국의 귀화식물’(Park, 2009)을 기준으로 동정하였다.

귀화식물의 분포특성 분석을 위해 도시화지수(UI: Urbanization Index)와 귀화율(NI: Naturalization Index)을

이용하였다. 도시화지수는 국내에서 발견되는 현(現)귀화식물 총 종수(286종)에 대한 대상지별 귀화식물 종수의 비율로 산정하였다(Yim and Jeon, 1980). 귀화율은 대상지의 전체식물상 총 종수에 대한 대상지별 귀화식물 종수의 비율로 산정하였다(Numata, 1978).

$$\text{귀화율} = \frac{\text{대상지에 출현한 귀화식물 종수}}{\text{대상지에 출현한 전체식물 종수}} \times 100$$

$$\text{도시화지수} = \frac{\text{대상지에 출현한 귀화식물 종수}}{\text{우리나라 귀화식물 전체 종수}} \times 100$$

대상지의 경관지수와 귀화식물의 분포특성의 상관관계 분석을 위해 SPSS 14.0을 이용하여 두 변수 사이의 Pearson의 상관계수를 구하고 상관관계의 통계적 유의성을 검증하였다.

3. 경관지수의 선정

경관지수 분석은 목적에 따라 경관요소(Patch), 경관유형(Class), 경관전체(Landscape) 등의 각각의 수준에서 분석이 가능하다. 본 연구에서는 각각의 대상지 전체에서 조사된 귀화식물의 특성과의 상관관계를 분석하기 때문에 경관전체(Landscape)의 규모에서 분석된 경관지수를 사용하였으며, 크기/밀도/가장자리, 형태지수, 핵심지역지수, 다양성지수 등 4개 분류항목에서 18개 경관지수를 선정하였다(Appendix 1).

1) 크기/밀도/가장자리 지수

경관의 기본적인 구성을 파악하기 위하여 TA(Total Area), NP(Number of Patch), PD(Patch Density), MPS(Mean Patch Size), PSSD(Patch Size Standard Deviation), LPI(Largest Patch Index), TE(Total Edge), ED(Edge Density) 등의 지수를 선정하였다.

2) 형태지수

경관 형태의 정량화를 위해 둘레길이와 면적과의 관계를 바탕으로 하는 MSI(Mean Shape Index), AWMSI(Area-Weighted Mean Shape Index), LSI(Landscape Shape Index) 등의 지수를 선정하였다.

3) 핵심지역지수

경관요소(Patch)의 구성과 형태를 동시에 반영하여 자연성을 나타내는 지수로 TCA(Total Core Area), CPLAND(Core Area Percentage of Landscape), MCA(Mean Core Area) 등을 선정하였다. 핵심지역 관련 가장자리의 범위는 크기가 작은 농촌마을이라는 특성을 고려하여 20m로 설정하였다.

4) 다양성지수

경관요소(Patch)의 다양성을 평가하기 위하여 생태학의

종다양성지수를 이용한 SHDI(Shannon's Diversity Index), SIDI(Simpson Diversity Index), PR(Patch Richness), PRD(Patch Richness Density) 등의 지수를 선정하였다.

4. 교란지수의 선정

귀화식물의 분포특성과 인간의 간섭의 관계를 분석하기 위해서 인간의 인위적 교란의 정도를 나타내는 지수를 선정하였다.

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

P_h : Area percentage of artificial patches

P_n : Area percentage of natural patches

Limits: $100 \geq U > 0$, Unit: %

결과 및 고찰

1. 토지이용현황 분석

농촌마을의 토지이용유형 및 점유면적은 마을의 입지와 경제구조에 따라 많은 영향을 받는다(Kang *et al.*, 2006; Suh and Choi, 1999). 35개 대상지의 토지이용현황도를 이용하여 유형별 점유면적의 최대, 최소, 평균, 각 유형의 출현

Table 2. Area percentage of Land use type in the study areas

Land use type	Average(%)	Standard Deviation(%)	Maximum(%)	Minimum(%)	Frequency(No.)
Artificial type	Residential area	4.54	2.12	0.91	10.65
	Educational facilities	1.40	1.63	0.32	3.82
	Small parks	1.45	2.55	0.10	5.27
	Paddy field	24.12	13.99	0.77	67.18
	Dry field	12.74	7.52	1.64	37.73
	Orchard	1.37	1.98	0.05	8.79
	Nursery field	3.44	3.16	0.20	7.71
	Equipped agricultural area	2.50	3.23	0.05	11.12
	Livestock farming facilities	0.83	0.90	0.02	3.18
	Cemetery	1.46	1.36	0.10	5.66
	Bare ground	0.46	0.45	0.05	1.29
	Dry grassland	1.98	2.22	0.10	8.64
	Moist grassland	0.48	0.87	0.03	3.63
	Road	3.39	2.56	0.65	13.57
	Reservoir	1.39	2.27	0.02	9.34
Natural type	Industrial area	2.34	1.36	0.09	4.07
	Artificial forest	15.79	15.65	0.40	47.52
	Natural forest	30.02	22.20	0.57	71.73
	River & stream area	2.88	3.94	0.35	22.29
	Water area grassland	3.47	2.89	0.10	9.86
					17

빈도 등을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 토지이용 유형은 인간의 인위적인 행동의 의해 만들어진 인공유형 17개, 자연적인 과정으로 생성된 자연유형 3가지 등 총 20개 유형으로 구분되었다(Appendix 2).

평균면적이 가장 큰 유형은 자연림으로 30.02%를 나타내었으며, 인공림은 15.79%를 나타냈다. 경작지 관련 유형은 마을이 위치한 입지환경에 따라 차이가 크며, 본 연구에서는 논 유형의 평균이 24.12%로 밭 유형의 평균 12.74% 보다 높은 것으로 분석되었다. 인간의 간섭이 심한 유형인 정주지는 4.54%, 사육시설 0.83%, 도로 3.39%로 분석되었으며, 공업시설 유형의 경우 출현빈도가 9개소로 적지만 평균 2.34%의 면적을 나타내었다. 이와 같은 결과는 선행 연구의 국내 농촌지역 토지이용현황 특성 분석 결과와 일치한다.

2. 귀화식물 분포현황 분석

1) 귀화율 및 도시화지수

대상지의 전체식물수, 귀화식물수, 귀화율, 도시화 지수를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 귀화율과 관련한 선행연구와 비교해 보면 35개 농촌마을 평균 귀화율인 18.71%는 Numata and Ono(1952)의 동경지역의 냇가 13.1%, 논

14.5%와 Lim *et al.*(2004)의 광주 도심하천의 14.9%, Kim *et al.*(2007)의 한라산국립공원내 도로변 13.7% 보다는 높으며, Song *et al.*(2005)의 서울시 산림지역의 귀화율 19.7%, Lim and Hwang(2006)의 가야산국립공원 지역 17.7%와 비슷한 수준임을 알 수 있다.

도시화지수의 경우 국내 총 귀화식물의 종수에 따라 달리며 본 연구에서는 최근 정립된 종수(286종)를 기준으로 하여 35개 마을의 평균 도시화 지수는 8.02%로 분석되었다. 이는 You *et al.*(2003)의 충북백운산지역 연구의 5.3% 보다는 높지만 Oh and Go(2005)의 백두대간 지리산 만복대~사리봉구간 연구의 15.5%, Lee *et al.*(2002)의 서울시 중랑천 귀화식물 연구 27.9%, Lim *et al.*(2004) 광주 도심하천의 17.2% 보다는 낮은 수준이다.

산림면적이 70%가 넘는 충북 내륙지역의 산간마을인 소전리는 8.60%의 낮은 귀화율을 나타내는 반면, 산림면적이 5%미만인 전남 평야지대의 냉천리의 경우 33.85%로 귀화율이 매우 높은 것으로 조사되었다.

2) 원산지

우리나라에 이입된 귀화식물을 원산지 별로 구분하여 보면 유럽 112종류(41.3%), 북아메리카 644종류(23.6%), 열대아메리카 29종류 (10.7%), 유라시아 24종류(8.9%)로

Table 3. Distribution characteristics of naturalized plants in the study areas

ID	Name of Village	TP ¹⁾	NP ²⁾	NI ³⁾	UI ⁴⁾	ID	Name of Village	TP ¹⁾	NP ²⁾	NI ³⁾	UI ⁴⁾
1	Yongmi-1ri	123	22	17.89	7.69	19	Samda-ri	107	24	22.43	8.39
2	Songgok-1ri	108	25	23.15	8.74	20	Maewol-ri	96	25	26.04	8.74
3	Daeyang-2ri	129	23	17.83	8.04	21	Yongjeong-ri	108	28	25.93	9.79
4	Bangdong-1ri	123	16	13.01	5.59	22	Daean-ri	104	23	22.12	8.04
5	Dongchon-1ri	162	20	12.35	6.99	23	Noil-ri	146	25	17.12	8.74
6	Geumsan-2ri	126	26	20.63	9.09	24	Gwangjeong-ri	109	28	25.69	9.79
7	Sojeon-1ri	186	16	8.60	5.59	25	Naengcheon-ri	65	22	33.85	7.69
8	Chapyeong-1ri	98	19	19.39	6.64	26	Gaegok-ri	141	22	15.60	7.69
9	Daehak-2ri	99	13	13.13	4.55	27	Nongso 1-ri	130	26	20.00	9.09
10	Yeokchon-2ri	134	23	17.16	8.04	28	Yangbeom-1ri	129	21	16.28	7.34
11	Woram-ri	174	25	14.37	8.74	29	Yu-1ri	168	23	13.69	8.04
12	Yongjeong-2ri	107	32	29.91	11.19	30	Jarak-ri	118	15	12.71	5.24
13	Cheongsong-1ri	109	25	22.94	8.74	31	Deoksin-ri	186	29	15.59	10.14
14	Jang-an-ri	100	18	18.00	6.29	32	Masa-ri	132	19	14.39	6.64
15	Jeong-wol-ri	162	25	15.43	8.74	33	Odong-ri	145	23	15.86	8.04
16	Songcheon-ri	129	23	17.83	8.04	34	Nampyeong-ri	139	18	12.95	6.29
17	Beopji-ri	95	27	28.42	9.44	35	Samgam-ri	153	30	19.61	10.49
18	Bujeol-ri	160	24	15.00	8.39		Average	128.57	22.94	18.71	8.02

1) TP: Number of total plant species,

2) NP: Number of naturalized plant species

3) NI: Naturalization Index,

4) UI: Urbanization Index

확인되었다(Park *et al.*, 2002).

본 연구대상지에서 조사된 84종의 귀화식물을 원산지 별로 구분하면 북아메리카가 26종(31.0%)으로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 그 다음은 유럽이 25종(29.8%)으로 높은 비율을 나타내었다. 그 밖에 유라시아 9종(10.7%), 열대 아메리카 9종(10.7%), 남아메리카 6종(7.1%), 중국 3종류(3.6%), 인도 2종(2.4%)로 분석되었으며 아프리카, 중앙아시아, 일본, 남아프리카 등에서 각각 1종이 유입되었다.

이와 같은 결과는 기존의 연구 결과와 일치하는 것으로 Oh *et al.*(2009)의 변산국립공원지역 연구, Lim *et al.*(2004)의 광주 도심하천지역 연구 등 지역적 환경이 확연히 다른 연구와 비교해서도 농촌마을에서 출현한 귀화식물의 원산지 비율이 비슷한 것으로 분석되었다. 이는 유럽과 북아메리카와 과거부터 활발히 교류가 있었으므로 우리나라의 전체 귀화식물 중 많은 수가 이들 지역을 원산지로 하고 있기 때문이다.

3) 산포형

본 연구대상지에서 조사된 귀화식물의 종자나 과실의 산포형을 풍수산포형(D_1), 동물산포형(D_2), 자동산포형(D_3), 중력산포형(D_4), 영양번식에 의한 산포형(D_5) 등의 5가지 유형으로 구분하여 분석하였다. 가장 많은 산포형은 중력산포형(D_4)으로 52종류(61.9%)를 나타내며, 그 다음으로는 풍수산포형(D_1)이 21종류(25%)를 나타냈다. 그 밖에 동물산포형(D_2) 5종류(6%), 자동산포형(D_3) 2종류(2.4%), $D_{1,2}$ 1종류, $D_{1,4}$ 2종류, $D_{2,4}$ 1종류로 분석되었다. 과(科)별로 살펴보면 국화과(科)를 제외한 대부분의 귀화식물이 중력산

포형으로 구분되며, 국화과(科)에 속하는 많은 수의 귀화식물이 풍수산포형에 속한다. 이는 Oh *et al.*(2009)의 민통선 지역에서의 귀화식물의 산포형을 분석한 결과와 유사한 결과이다.

3. 경관지수와 귀화식물 분포특성의 상관관계

상관관계의 높고 낮음을 판단하는 통계학적 기준은 없지만 상관관계의 실제적인 의미를 판단하기 위해 일반적으로 ± 0.2 (상관매우낮음), $\pm 0.2\sim 0.4$ (상관낮음), $\pm 0.4\sim 0.6$ (상관있음), $\pm 0.6\sim 0.8$ (상관높음), $\pm 0.8\sim 1$ (상관매우높음) 등으로 구분하여 상관계수의 의미를 가늠해 볼 수 있다.

Table 4는 출현빈도가 높은 토지이용유형의 점유면적과 귀화식물의 분포특성의 상관관계를 분석한 결과이며, Table 5는 18개 경관지수와 귀화식물의 분포특성의 상관관계를 분석한 결과이다.

1) 점유면적

전체 종수(TP)는 0.655로 자연림과 높은 양의 상관관계를 나타내며, 대부분의 인공유형과 의미 있는 수준에서의 음의 상관관계를 나타내었다. 이는 종 다양성이 높은 자연림의 특성이 반영된 결과이다. 귀화율은 인공유형과 양의 상관관계를 나타내며 특히 인간의 영향이 많이 미치는 정주지와는 0.688로 높은 양의 상관관계를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 이는 농경지, 정주지 등의 인간 활동이 많은 지역이 귀화식물의 유입 확률이 높다는 기존 선행연구들의 결과와 일치한다.

Table 4. Correlation between area percentage of Land use type and distribution characteristics of naturalized plants in the study site

Land use type			TP ¹⁾	NP ²⁾	NI ³⁾	UI ⁴⁾
Artificial Type	Residential area	Pearson Correlation	-0.439 **	0.432 **	0.688 **	0.432 **
		Significant	0.008	0.009	0.000	0.009
	Road	Pearson Correlation	-0.559 **	0.205	0.594 **	0.205
		Significant	0.000	0.238	0.000	0.238
	Paddyfield	Pearson Correlation	-0.447 **	0.302	0.606 **	0.302
		Significant	0.007	0.078	0.000	0.078
	Dry field	Pearson Correlation	0.059	0.217	0.098	0.217
		Significant	0.735	0.210	0.577	0.210
	Artificial Forest	Pearson Correlation	-0.375 *	-0.050	0.215	-0.050
		Significant	0.026	0.773	0.214	0.773
Natural Type	Natural Forest	Pearson Correlation	0.655 **	-0.218	-0.635 **	-0.218
		Significant	0.000	0.208	0.000	0.208

*Significant at $p<0.05$, **Significant at $p<0.01$, N = 35

1) TP: Number of total plant species, 2) NP: Number of naturalized plant species

3) NI: Naturalization Index,

4) UI: Urbanization Index

Table 5. Correlation between landscape index and distribution characteristics of naturalized plants in the study areas

Item	Index		TP ¹⁾	NP ²⁾	NI ³⁾	UI ⁴⁾
Area /Density/ Edge	TA	Pearson Correlation	0.353*	-0.045	-0.308	-0.045
		Significant	0.037	0.797	0.072	0.797
	NP	Pearson Correlation	-0.064	0.362*	0.270	0.362*
		Significant	0.714	0.033	0.117	0.033
	PD	Pearson Correlation	-0.352*	0.488**	0.602**	0.488**
		Significant	0.038	0.003	0.000	0.003
	MPS	Pearson Correlation	0.372*	-0.353**	-0.515**	-0.353*
		Significant	0.028	0.038	0.002	0.038
	PSSD	Pearson Correlation	0.512**	-0.255	-0.573**	-0.255
		Significant	0.002	0.139	0.000	0.139
Shape	LPI	Pearson Correlation	0.511**	-0.215	-0.532**	-0.215
		Significant	0.002	0.214	0.001	0.214
	TE	Pearson Correlation	0.099	0.254	0.094	0.254
		Significant	0.572	0.141	0.591	0.141
	ED	Pearson Correlation	-0.504**	0.572**	0.793**	0.572**
		Significant	0.002	0.000	0.000	0.000
	MSI	Pearson Correlation	0.003	0.039	-0.008	0.039
		Significant	0.984	0.823	0.964	0.823
	AWMSI	Pearson Correlation	-0.335*	0.458**	0.619**	0.458**
		Significant	0.049	0.006	0.000	0.006
Core area	LSI	Pearson Correlation	-0.243	0.516**	0.542**	0.516**
		Significant	0.160	0.002	0.001	0.002
	TCA	Pearson Correlation	0.379*	-0.136	-0.384**	-0.136
		Significant	0.025	0.435	0.023	0.435
	CPLAND	Pearson Correlation	0.405*	-0.492**	-0.634**	-0.492**
Diversity		Significant	0.016	0.003	0.000	0.003
	MCA	Pearson Correlation	0.373*	-0.361*	-0.517**	-0.361*
		Significant	0.027	0.033	0.001	0.033
	PR	Pearson Correlation	-0.118	0.167	0.076	0.167
		Significant	0.500	0.337	0.664	0.337
	PRD	Pearson Correlation	-0.281	0.171	0.316	0.171
Diversity	SHDI	Pearson Correlation	-0.303	0.200	0.226	0.200
		Significant	0.076	0.250	0.192	0.250
	SIDI	Pearson Correlation	-0.244	0.170	0.153	0.170
Diversity		Significant	0.158	0.330	0.380	0.330

* Significant at $p<0.05$, ** Significant at $p<0.01$, N = 35

1) TP: Number of total plant species 2) NP: Number of naturalized plant species

3) NI: Naturalization Index 4) UI: Urbanization Index

2) 면적/밀도/가장자리 지수

면적/밀도/가장자리 관련 지수들은 귀화율과 높은 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 귀화율은 단위면적당 경관요소(Patch)의 밀도를 나타내는 패치밀도(PD) 지수와의 상관관계가 0.602로 높게 나타났다. PD 지수는 경관의 파편화

화를 분석 하기위해 주로 사용되는 지수로 선행연구에서 나타난 귀화식물의 일반적인 이입특성을 고려해 볼 때 파편화 관련 경관지수와의 상관관계는 의미 있는 결과이다.

경관생태학에서 서식처의 크기 감소는 서식처 파편화를 나타내는 핵심요소이므로 경관요소(Patch)의 평균크기를 나타내는 MPS 지수 또한 대상지의 파편화와 관계가 있다.

귀화율과 MPS 지수의 -0.515의 음의 상관관계는 서식처가 파편화되어 크기가 감소한다면 귀화식물의 이입 확률이 높아질 수 있는 가능성을 나타낸다. 경관요소(Patch)간의 크기의 차이를 나타내는 패치크기표준편차(PSSD)는 크기의 변이성에 대한 정보를 나타내며, 평균패치크기(MPS)와 함께할 때 유용한 정보로 해석되는 한계를 가지고 있는 지수로서 귀화율과는 음의 상관관계를 나타냈다.

가장 큰 패치가 경관에서 차지하는 면적비율을 나타내는 최대패치지수(LPI)는 귀화율과 -0.532의 음의 상관관계를 갖는다. 이러한 결과는 자연림 유형이 가장 큰 평균점유면적을 가진다는 결과와 자연림의 면적비율과 귀화율이 높은 음의 상관관계를 가진다는 결과를 고려 할 때 앞의 다른 지수의 결과와 일치한다.

가장자리밀도(ED)는 패치의 크기가 같다면 형태가 복잡할수록 높아지며, 경관을 구성하고 있는 패치들의 이질성이 높을수록 높아지는 지수이다. 가장자리는 식물의 분산, 초식동물군의 변동, 식생구조에 영향을 미치는 가장자리 효과를 가지고 있다(Ranney *et al.*, 1981). 가장자리에 친화력을 가진 종이 있는 반면, 악영향을 받거나 어떤 영향도 받지 않는 종들도 있기 때문에 가장자리 효과는 관련 종의 시각에서 연구되어야 한다. 본 연구는 귀화식물 각각의 종의 특성보다는 대상지 전체에서 귀화식물의 분포특성을 중심으로 연구를 진행하였으므로 각각의 귀화식물 종과 가장자리의 상관관계를 밝히는 것은 어렵다. 그러나 가장자리 지역은 주변의 다양한 환경으로부터 영향을 받는 안정적이지 못한 지역이라는 특성과 불안정한 생태계는 귀화식물의 이입 확률이 높다는 선행연구의 결과로 유추해보면, 귀화율과 가장자리 밀도(ED)가 0.793의 높은 양의 상관관계를 갖는 것은 경관의 파편화가 가장자리의 밀도를 높이므로 귀화식물이 선호하는 불안정한 생태계의 면적이 늘어난 나타난 결과이다.

3) 형태지수

경관요소(Patch)의 형태는 소형포유류의 이동, 목본식물의 군집형성, 동물의 먹이 채집 방법 등에 영향을 미친다 (Buechner, 1989; Hardt and Forman, 1989; Forman and Godron, 1986). 형태지수 표준의 형태와 비교하여 복잡성을 측정하는 지수로 가장자리 효과와 연관 지어 생태적 의미를 분석할 필요가 있다.

농촌마을의 경관은 크기가 큰 산림부터 크기가 작은 묘지 까지 매우 다양한 크기의 경관요소가 존재하므로 면적들의 왜곡된 빈도 분포가 계량화 과정에 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서도 귀화율과 평균형태지수(MSI)의 상관관계가 매우 낮은 것으로 분석되었으나, 면적에 따른 가중치를 부여하여 보정한 면적가중평균형태지수와는 0.619의 높은 상

관관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 복잡한 경관이 많은 가장자리 지역을 만들기 때문에 나타난 결과이다.

4) 핵심면적 지수

가장자리의 면적을 제외한 핵심면적은 생물서식지 관점에서 패치의 면적보다 더 유용한 수단이다. 핵심면적은 형태의 영향을 많이 받기 때문에 패치의 크기가 커도 서식종을 지탱할 핵심면적이 충분하지 않을 수 있다. 핵심면적률과 귀화율은 -0.634의 높은 음의 상관관계를 나타내었다. 이는 귀화식물이 안정된 생태계보다는 교란된 생태계에서 많이 분포하는 기존 연구결과와 같다.

정확한 핵심면적을 도출하기위해서는 각 경관 유형의 독특한 특성에 따라 개별적인 가장자리 설정이 필요하지만 경관유형별로 지정하기에는 국·내외의 충분한 실험적 근거가 없기 때문에 이번 연구에서는 가장자리의 폭을 20m로 일정하게 설정하는 한계를 가지고 진행하였다.

5) 다양성 지수

귀화식물의 분포특성과 경관유형의 다양성 및 풍부도 관련 지수는 의미 있는 상관관계가 나타나지 않았다. 이는 농촌마을이라는 한정된 공간에서 귀화식물 종들이 선호하는 경관유형이 한정적일 수밖에 없으며, 경관유형의 다양성보다는 귀화식물 종들이 선호하는 경관유형의 존재유무 및 선호경관의 면적과 관련성이 더 중요하다는 점이 나타난 결과이다.

6) 교란지수

Table 6은 대상지의 인위적인 교란의 정도를 알아보기 위한 교란지수와 귀화식물의 분포 특성의 상관관계를 분석한 결과이다. 귀화율과 교란지수가 0.703으로 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 이는 인간의 인위적인 원인에 의해 생긴 정주지, 경작지, 도로 등의 점유면적이 높을수록 귀화율이 높아지는 것을 나타내며, 귀화식물 분포에 인간간섭이 중요한 역할을 한다는 선행연구의 결과와 같은 결과이다.

농촌마을의 귀화식물의 분포특성과 다양한 경관지수들과의 상관관계를 분석한 결과 귀화율과 경관의 파편화 및 가장자리 효과와 밀접한 관계가 있는 경관지수들이 높은 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 이는 인간의 간섭과 귀화식물의 관련성에 대한 선행연구의 견해와 일관성 있는 결과이며, 경관의 변화가 식물생태계의 미치는 영향을 정량화 시켜 분석하는 방법으로 경관지수가 용의하게 사용될 수 있음을 나타낸다. 가장자리 효과는 각각의 종의 시각에서의 연구가 중요하므로 추후에 가장자리 관련 경관지수와 귀화식물의 종별 분포특성 및 산포형에 대한 세부적인 연구가 필요하다.

Table 6. Correlation between disturbance index distribution characteristics of naturalized plants in the study site

Index		TP ¹⁾	NP ²⁾	NI ³⁾	UI ⁴⁾
Distribution Index	Pearson Correlation	-0.522**	0.239	0.703**	0.239
	Significant	0.001	0.167	0.000	0.167

* Significant at p<0.05, ** Significant at p<0.01, N = 35

1) TP: Number of total plant species

2) NP: Number of naturalized plant species

3) NI: Naturalization Index

4) UI: Urbanization Index

인용문헌

Baker, W.L. and Y. Cai(1992) The r. le Programs for Multiscale Analysis of landscape Structure Using the GRASS Geographical Information System. *Landscape Ecology* 7: 291-302.

Buechner, M.(1989) Are Small-Scale Landscape Features Important Factor for Field Studies of Small Mammal Dispersal Sinks? *Landscape Ecology* 2: 191-199.

Forman, R.T.T. and Godron, M.(1986) *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 619pp.

Hardt, R.A. and Forman, R.T.T.(1989) Boundary from Effect on Woody Colonization of Reclaimed Surface Mines. *Ecology* 70: 1252-1260.

Hong, S.K.(1999) Cause and Consequence of Landscape Fragmentation and Changing Disturbance by Socio-Economic Development in Mountain Landscape System of South Korea. *Journal of Environmental Sciences* 11: 181-187. (in Korean with English abstract)

Hwang, C.S.(2008) The Application of Spatial Statistics for Land-Use and Land-cover Change Followed by Substantial Development. *Journal of the Korean Geographic Society* 42(4):647-658. (in Korean with English abstract)

Jung, s.g., Oh, j.h., Park, k.h.(2005) A Temporal Structure Analysis of Forest Landscape Pattern using Landscape indices in the Nakdong River Basin. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 8(2):145-156. (in Korean with English abstract)

Kang, h.s., Kim, H.J., Chang E.M.(2008) Landscape Anailysis of the Hallasan National Park in a Jeju Island Biosphere Reserve: Fragmentation Pattern. *Korean Journal of Environment and Ecology* 22(3):309-319. (in Korean with English abstract)

Kang, M.S., Park, S.W., Yoon K.S.(2006) Land Cover Classification of Image Data Using Artificial Neural Networks. *Journal of Korean Society of Rural Planning* 12(1):75-83. (in Korean with English abstract)

Kim, K.H. and S. Pauleit.(2007) Landscape Character, Biodiversity and Land Use Planning: The Case of Kwangju City Region, South Korea. *Land Use Policy* 24(1): 264-274. (in Korean with English abstract)

Kim, H.C., Koh, J.G., Kim, C.S., Song, C.K.(2007) Distributional Attribute of Naturalized Plants on the Roadsides in Hallasan National Park. *Korean Journal of Ecology* 21(3): 278-289. (in Korean with English abstract)

Lee, Y.M., Park, S.H., Jung, S.S.(2002) Vegetational Composition and Flora of Jungnangcheon in Seoul. *Korean Journal of Environment and Ecology* 16(3): 271-286. (in Korean with English abstract)

Lim, D.O. and Hwang, I.C.(2006) Exotic Plants and Conservation in Gayasan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 20(3): 281-288. (in Korean with English abstract)

Lim, D.O., Ryu Y.M., Hwang, I.C.(2004) An Analysis of the Environmental Index and the Distribution of Naturalized Plants in Large Rivers of Downtown Gwangju Metropolitan City. *Korean Journal of Environment and Ecology* 18(3): 288-296. (in Korean with English abstract)

Li, H. and J. Wu.(2004) Use and Misuse of Landscape indices. *Landscape Ecology* 19: 389-399.

McGarigal, K and Marks B.J.(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, 122pp.

Morgan, K.A. and Gates, J.E.(1982) Bird Population Patterns in Forest Edge and Strip Vegetation at Remington Farms, Maryland. *The Journal of Wildlife Management* 46(4): 933-944.

Numata, M.(1978) Observation and study of plant ecology. Tokai University Press, Kanagawa, 275pp.

Numata, M. and Ono, K.(1952) Studies in the ecology of naturalized plants in Japan I . *The ecological society of Japan* 2(3): 117-122.

O'Neill, R.V., J.R. Krummel, R.H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, 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 Ecology* 1: 153-162.

Oh, H.K and K.H. Go(2005) Analysis of the Environmental Index and Situation Naturalized Plants of Mountain Ridge in the Baekdudaegan. *The Journal of Korean institute of Forest Recreation* 9(3): 31-38. (in Korean with English abstract)

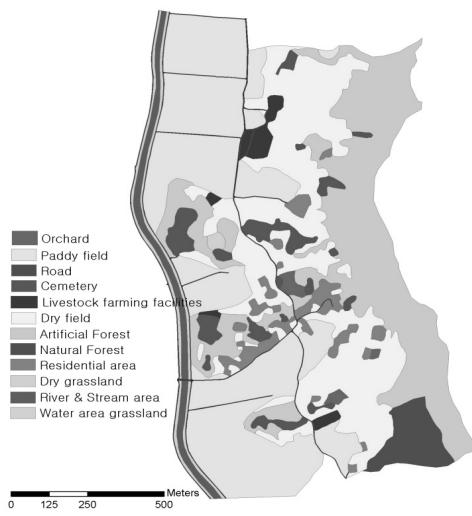
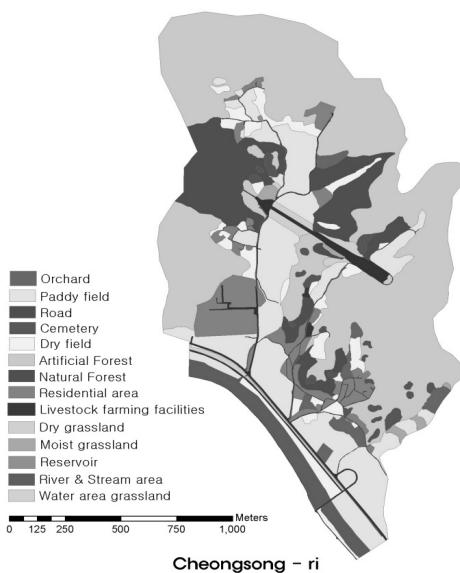
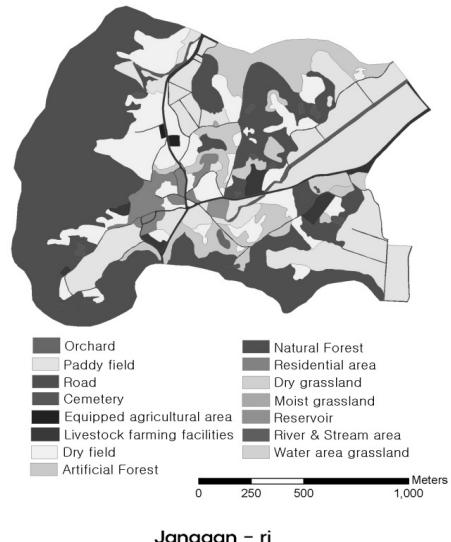
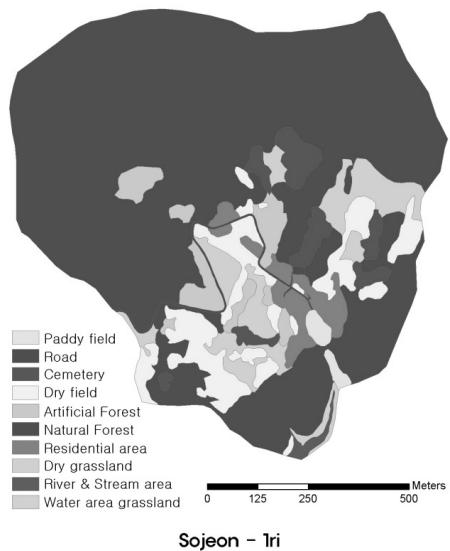
- Oh, H.K. and D.O. Lim, Y.S. Kim(2009) Distribution Characteristic and Management Counterplan of Naturalized Plants in the Byeonsanbando National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 23(2): 105-115. (in Korean with English abstract)
- Park, S.H.(2009) Naturalized Plants of Korea. Iljogak, Seoul, 575pp. (in Korean)
- Park, S.H., J.h. Shin, Y.M. Lee, J.H. Lim, and J.S. Moon(2002) Distributions of naturalized alien plants on Korea. Korea Forest Research Institute Korea Nation Arboretum, 184pp. (in Korean)
- Ranney, J.W., Bruner, M.C., Levenson, J.B.(1981) The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. In: Burgess, R.L., Sharpe, D.M., eds. Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscape. New York, Springer-Verlag, pp. 67-94.
- Song, I.J., S.K. Hong, H.O. Kim, B.S. Byun, Y.R. Gin(2005) The Pattern of Landscape Patches and Invasion of Naturalized Plants in Developed Areas of Seoul. Landscape and Urban Planning 70(2005): 205-219.
- Suh, J.H. and H.S. Choi(1999) A Study on the Analysis of Landscape Preference in the Rural Settlement by Land Use Transition. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 27(2): 69-79. (in Korean with English abstract)
- Tinker, D.B., C.A.C. Resor, G.P. Beauvais, K.F. Kipfmüller, C.I. Fernandes and W.L. Baker(1998) Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest. Landscape Ecology 13: 149-165.
- Yim Y.J. and E.S. Jeon(1980) Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. Journal of Plant Biology 23(0): 69-83. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., Y.H. Jin, H.W. Jang, D.W. Lee, H.B. Yun, G.Y. Lee, C.H. Lee(2003) The Flora of Mt. Baekwoon in Chungcheongbuk-do. Korean Journal of Environment and Ecology 17(3): 210-223. (in Korean with English abstract)

Appendix 1. Landscape indices included in the analysis

Item	Index	Description Limits / Unit	Numerical formula
Area /Density/ Edge	TA	Total Area $TA \geq 0 / \text{ha}$	$TA = A \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	NP	Number of Patch $NP \geq 1 / \text{None}$	$NP = N$
	PD	Patch Density $PD > 0 / \text{No./100ha}$	$PD = \frac{N}{A} (10,000)(100)$
	MPS	Mean Patch Size $MPS > 0 / \text{ha}$	$MPS = \frac{A}{N} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	PSSD	Patch Size Standard Deviation $PSSD \geq 0 / \text{ha}$	$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{A}{N} \right) \right]^2}{N}} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	LPI	Largest Patch Index $100 \geq LPI > 0 / \%$	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$
	TE	Total Edge $TE \geq 0 / \text{m}$	$TE = E$
	ED	Edge Density $ED \geq 0 / \text{m/ha}$	$ED = \frac{E}{A} (10,000)$
	MSI	Mean Shape Index $MSI \geq 1 / \text{None}$	$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right)}{N}$
	AWMSI	Area-Weighted Mean Shape Index $AWMSI \geq 1 / \text{None}$	$AWMSI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$
Shape	LSI	Landscape Shape Index $LSI \geq 1 / \text{None}$	$LSI = \frac{.25 E'}{\sqrt{A}}$
	TCA	Total Core Area $TCA \geq 0 / \text{ha}$	$TCA = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	CPLAND	Core Area Percentage of Landscape $100 \geq LPI > 0 / \%$	$\frac{TCA}{A}$
	MCA	Mean Core Area $MCA \geq 0 / \text{ha}$	$MCA = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^c}{N} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	SHDI	Shannon's Diversity Index $SHDI \geq 0 / \text{None}$	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$
Diversity	SIDI	Simpson Diversity Index $1 > SIDI \geq 0 / \text{None}$	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m P_i^2$
	PR	Patch Richness $PR \geq 1 / \text{None}$	$PR = m$
	PRD	Patch Richness Density $PRD > 0 / \text{No./100ha}$	$PRD = \frac{m}{A} (10,000)(100)$

 $A = \text{Total landscape area(m}^2\text{)}$ $N = \text{Total number of patches in the landscape}$ $E = \text{Total length(m) of edge in landscape; includes landscape boundary and background edge segments if the user decides to treat boundary and background as edge.}$ $E' = \text{Total length(m) of edge in landscape; includes entire landscape boundary and background edge segments regardless of whether they represent true edge.}$ $i = 1, \dots, m$ or m' patch type(classes). $j = 1, \dots, n$ patches. $m = \text{Number of patch types(classes) present in the landscape.}$ $n = n_i = \text{Number of patches in the landscape of patch type(class) I. } a_{ij} = \text{Area(m}^2\text{) of patch ij. } p_{ij} = \text{Perimeter(m) of patch ij.}$ $a_{ij}^c = \text{Core area(m}^2\text{) of patch ij based on specified buffer width(m).}$ $P_i = \text{Proportion of the landscape occupied by patch type(class) i.}$

Appendix 2. Landuse Status' Illustration on the study areas



* Because of page's limitation, this study suggested only 4 study areas among the 35 areas

Appendix 3. The list of naturalized plants in the study areas

Naturalized plants	I	II	Existence site number
Cannabidaceae 삼과			
<i>Cannabis sativa</i> L. 삼	CA	D ₄	33
Polygonaceae 마디풀과			
<i>Rumex acetosella</i> L. 애기수영	E	D ₄	11, 24, 27
<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이	E	D ₄	1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Rumex japonicus</i> Franch. et Sav. 좀소리쟁이	JA	D ₄	11, 23
<i>Rumex obtusifolius</i> L. 돌소리쟁이	EU	D ₄	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 21, 23, 25, 31
<i>Bilderdykia convolvulus</i> Dum. 나도닭의덩굴	EU	D ₄	12, 14
<i>Persicaria orientalis</i> (L.) Spach 텔여뀌	IN	D ₄	19, 20
Chenopodiaceae 명아주과			
<i>Chenopodium glaucum</i> L. 취명아주	E	D ₄	12, 21
<i>Chenopodium ficifolium</i> Smith 좀명아주	E	D ₄	1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35
<i>Chenopodium album</i> L. 흰명아주	EU	D ₄	1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 17, 21, 23, 29, 31, 35
Amaranthaceae 비름과			
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. 텔비름	TA	D ₄	17, 29
<i>Amaranthus lividus</i> L. 개비름	E	D ₄	4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 18, 20, 22, 25, 26, 27, 28, 31, 33
<i>Amaranthus patulus</i> Bertoloni 가는털비름	SA	D ₄	1, 2, 4, 5, 6, 11, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35
<i>Celosia argentea</i> L. 개랜드라미	TA	D ₄	6
Phytolaccaceae 자리공과			
<i>Phytolacca esculenta</i> Van Houtte 자리공	C	D ₂	31
<i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공	NA	D ₂	3, 6, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 31, 34
Caryophyllaceae 석죽과			
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill 유럽점나물	E	D ₄	17, 20, 28
<i>Silene armeria</i> L. 끈끈이대나물	E	D ₄	1, 8, 16, 26
Cruciferae 십자화과			
<i>Brassica juncea</i> Czern et Cross 갓	C	D ₄	10, 12, 21, 30
<i>Lepidium virginicum</i> L. 콩다닥냉이	NA	D ₄	3, 6, 11, 14, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 30, 31
<i>Lepidium apetalum</i> Willd 닥닥냉이	NA	D ₄	1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 29, 30, 31, 33, 35
<i>Thlaspi arvense</i> L. 말냉이	E	D ₄	11, 16, 22, 29
Rosaceae 장미과			
<i>Potentilla supina</i> L. 개소시랑개비	E	D ₄	10, 27, 31, 33
Leguminosae 콩과			
<i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리	NA	D ₄	1, 3, 6, 9, 12, 21, 22, 27, 30, 32, 33
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무	NA	D ₃	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35
<i>Trifolium pratense</i> L. 붉은토끼풀	E	D ₄	14, 21, 35
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀	E	D ₄	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Trifolium hybridum</i> L. 선토끼풀	EU	D ₄	11
<i>Medicago sativa</i> L. 자주개자리	E	D ₂	5
Euphorbiacea 대극과			
<i>Euphorbia supina</i> Rafin ex Boiss. 애기땅빈대	NA	D ₃	2, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 32, 35
Simaroubaceae 소태나무과			
<i>Ailanthus altissima</i> Swingle 가죽나무	C	D ₄	2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 26, 27, 31

Appendix 3. (Continued)

Naturalized plants		I	II	Existence site number
Malvaceae 아욱과				
<i>Abutilon theophrasti</i> Medicus 어저귀	IN	D ₄	2, 4, 5, 12, 15, 17, 21	
Onagraceae 바늘꽃과				
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃	NA	D _{1,4}	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35	
<i>Oenothera erythrosepala</i> Borbas 큰답맞이꽃	NA	D _{1,4}	15, 23	
Convolvulaceae 페꽃과				
<i>Quamoclit coccinea</i> Moench 등근잎유홍초	TA	D ₄	2, 14, 17, 26	
<i>Ipomoea purpurea</i> Roth 등근잎나팔꽃	TA	D ₄	2, 5, 7, 12, 13, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 35	
<i>Ipomoea hederacea</i> Jacq. 미국나팔꽃	TA	D ₄	2, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 25, 26, 27, 28, 30	
<i>Cuscuta pentagona</i> Engelm. 미국실새삼	NA	D ₄	1, 3, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 24, 26, 29, 33, 34, 35	
Scerophulariaceae 현삼과				
<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀	EU	D ₄	12, 24, 28	
<i>Veronica persica</i> Poiret. 큰개불알풀	EU	D ₄	10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 34, 35	
Plantaginaceae 질경이과				
<i>Plantago lanceolata</i> L. 창질경이	E	D _{2,4}	28, 29, 30, 34	
Compositae 국화과				
<i>Carduus crispus</i> L. 지느러미엉겅퀴	EU	D ₁	5, 15	
<i>Eupatorium rugosum</i> Houtt. 서양등골나물	NA	D ₁	18	
<i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쑥부쟁이	NA	D ₁	5, 27, 28, 35	
<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i> A.G.Jones 큰비짜루국화	TA	D ₁	20, 22, 23, 24, 25, 31, 34, 35	
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초	NA	D ₁	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초	NA	D ₁	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	
<i>Conyza sumatrensis</i> (Retz.) E.Walker 큰망초	SA	D ₁	6, 17, 18, 22, 24, 31	
<i>Erigeron philadelphicus</i> L. 봄망초	NA	D ₁	2, 8, 10, 19, 29	
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. 붉은서나풀	NA	D ₁	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 27, 29, 31, 32, 33, 35	
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S.Moore 주홍서나풀	AF	D ₁	15, 23, 31, 32, 33, 34, 35	
<i>Tagetes minuta</i> L. 만수국아제비	SA	D ₁	10	
<i>Rudbeckia bicolor</i> Nutt. 원추천인국	NA	D ₄	10	
<i>Senecio vulgaris</i> L. 개쑥갓	E	D ₁	2, 6, 12, 18, 21, 23, 25, 26, 32, 35	
<i>Helianthus tuberosus</i> L. 풍단지	NA	D ₄	1, 13, 27, 29, 33	
<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국	NA	D ₁	13	
<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. 기생초	NA	D ₁	9, 25	
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. 코스모스	SA	D ₁	3, 6, 7, 8, 12, 18, 21, 24, 25, 27, 29, 31	
<i>Cosmos sulphureus</i> Cav. 노랑코스모스	SA	D ₁	6, 16	
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리	NA	D _{1,2}	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35	
<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>pilosa</i> 울산도깨비바늘	TA	D ₂	35	
<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) S.F.Blake 텔별꽃아제비	TA	D ₄	1, 2, 6, 15, 24, 27, 29, 31, 32, 33, 35	
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. 별꽃아제비	TA	D ₄	6, 10, 11, 13, 27, 31, 34	
<i>Ambrosia trifida</i> L. var. <i>trifida</i> 단풍잎돼지풀	NA	D ₄	1, 3, 5, 13, 35	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. 돼지풀	NA	D ₄	1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 26, 28, 32, 33, 34, 35	

Appendix 3. (Continued)

Naturalized plants	I	II	Existence site number
<i>Xanthium canadense</i> Mill. 콘도꼬마리	NA	D ₂	5, 6, 7, 19, 20, 22, 24, 32, 34, 35
<i>Hypochaeris radicata</i> L. 서양금흔초	E	D ₁	18
<i>Taraxacum officinale</i> Weber 서양민들레	E	D ₁	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Sonchus oleraceus</i> L. 방가지똥	E	D ₁	1, 2, 3, 11, 13, 18, 20, 22, 23, 24, 31, 34, 35
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill 큰방가지똥	E	D ₁	7, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 33, 35
<i>Lactuca scariola</i> L. 가시상추	E	D ₁	1, 7, 12, 20, 23, 26
Gramineae 벼과			
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx. 미국개기장	NA	D ₄	5, 13, 19, 20, 22, 24, 31
<i>Paspalum distichum</i> L. var. <i>indutum</i> Shinners 털풀참새파	NA	D ₄	19, 22, 24
<i>Eragrostis curvula</i> Nees 능수참새그령	SAF	D ₄	12, 13, 17, 21, 23
<i>Dactylis glomerata</i> L. 오리새	EU	D ₄	6, 12, 15, 16, 21, 28
<i>Lolium perenne</i> L. 호밀풀	E	D ₄	23
<i>Lolium multiflorum</i> Lam 쥐보리	E	D ₄	6, 13, 15, 24
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C. C. Gmel 들목새	E	D ₄	5
<i>Poa pratensis</i> L. 왕포아풀	E	D ₄	3, 6, 12, 15, 17, 18, 20, 25, 26, 27, 35
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털	E	D ₄	10, 13, 15, 17, 21, 24, 27, 28, 31
<i>Avena fatua</i> L. 매귀리	EU	D ₄	24
<i>Bromus unioloides</i> H. B. K. 큰이삭풀	SA	D ₄	19, 24
<i>Agropyron repens</i> (L.) P.Beauv. 구주개밀	E	D ₄	2
Commelinaceae 닭의장풀과			
<i>Tradescantia reflexa</i> Rafin. 자주달개비	NA	D ₄	29

* I=The place of origin, II=Disseminule form

* NA=North America, SA=South America, TA=Tropic America, J=Japan, C=China, IN=India

CA=Central Asia, E=Europe, EU=Eurasia, AF=Africa, SAF=South Africa

* D1=Wind or Water scattering, D2=Adhesion to Animal or Human body, D3=Automatic Scattering

D4=Gravity scattering, D5=Vegetative propagation D1,4 D2,4=Scattering type of both D1 and D4 or D2 and D1