

연구논문

## 외래식물의 공간분포와 토지피복간의 상관성 연구

- 전국자연환경조사 자료를 중심으로 -

정태준 · 신현철 · 신영규 · 김명진

국립환경과학원 자연자원연구과

(2013년 8월 28일 접수, 2013년 9월 13일 승인)

## Correlations between Spatial Distribution of Alien Plants and Land Cover

- Focused on National Ecosystem Survey -

Jung, Tae-Jun · Shin, Hyun-Chul · Shin, Young-Kyu · Kim, Myung-jin

Nature Conservation Research Division, National Institute of Environmental Research

(Manuscript received 28 August 2013; accepted 13 September 2013)

### Abstract

The aim of this study is to seek application plans of National Ecosystem Survey database based on comparison and examination of feasible analysis methods for distribution characteristics of alien plants. In order to set up a correlation analysis method between alien plants and environmental factors, we had reviewed the 3rd National Ecosystem Survey guide book and consequently, two kinds of analysis method were tested. One was 1/25,000 scale map boundary based analysis and the other was representative mountain area based analysis. In this study we restricted the research area to select reliable surveyed database from whole "2011 National Ecosystem Survey flora database" according to two major criteria. First, an area defined by 1/25,000 scale map boundary and representative mountain area where the number of surveyed flora records should be within top 20%. Second, land cover map should also be built up inside that area. As a result, 25 map boundaries and 25 representative mountain areas were extracted to be analyzed. To limit a boundary for every representative mountain area we had analyzed distribution of environmental factors around that area by manual inspection with SPOT-5 remote sensed satellite image then designated 3km buffer zone from each alien plant location in that area. After then, naturalized index (NI) and urbanized index (UI) was calculated and correlations analysis was carried out. With the result of correlation analysis by map boundary only agricultural land area showed significant value of  $r$  (0.4~0.6, correlated) and the rest of factors did not. In the case of representative mountain area, the result showed that agricultural land, road and forest area

showed significant value of  $r$  (0.6~0.8, highly correlated) which was corresponding to existing researches. Therefore, representative mountain area based method is preferable when using the alien plants database of National Ecosystem Survey for species distribution analysis. And also, considering the way of database utilization is strongly suggested at the first stage of survey planning for promoting active use of national ecosystem survey database.

Keywords : Naturalized index, Urbanized Index, Pearson's Correlation Coefficient

## I. 서론

환경부 및 국립환경과학원에서는 1986년부터 전국자연환경조사를 실시하여 자연환경에 대한 전반적인 현황, 특히 생태계의 보호 및 관리 방안을 수립하는데 기반이 되는 생물자원에 대하여 전국 규모의 자료를 축적하고 있다(환경부·국립환경과학원, 2006). 그 연혁을 살펴보면 1986년~1990년까지 제1차 전국자연환경조사, 1997년~2005년까지 제2차 전국자연환경조사, 2006년~2013년까지 제3차 전국자연환경조사가 실시되고 있다. 차수별 조사 방법의 대상지역 기준을 살펴보면 제1차 전국자연환경조사에서는 행정구역, 제2차 전국자연환경조사에서는 지형 및 생태권, 제3차 전국자연환경조사에서는 1/25,000 도엽을 기준으로 조사 방법을 변경하는 과정을 거치며 정확성을 높이고 합리적인 방향으로 조사를 실시하기 위해 수정·보완해가고 있다. 또한 제1차 전국자연환경조사 결과로는 녹지자연도를 작성하였고, 제2차와 제3차 전국자연환경조사 결과는 생태·자연도를 작성하고 갱신하여 환경성평가 등에 기초 자료로 활용되고 있다(환경부·국립환경과학원, 2012). 전국자연환경조사는 국내에서 유일하게 9개 분류군에 대한 전국단위의 생태계 조사를 실시하고 있어 생물종 분포 특성 분석, 보호지역 지정, 멸종위기종 지정·관리 등 다양한 분야에서 활용이 가능하지만, 조사원 부족, 조사자간 숙련도 및 조사 방법 상이, 균일하지 못한 조사지점, 생물종에 치중된 조사체계 등의 문제로 인해(노백호·정홍락, 2006) 실제 부분적으로만 활용되고 있다.

전국자연환경조사 데이터의 활용가능한 부분 중 하나는 외래식물에 관한 연구를 들 수 있다. 외래식물은 “국외에서 들어온 생물종을 포함하여 원래는 국

내의 토착종이나 특정 생태계에서 역사적으로 서식하지 않던 생물종이 자연적인 서식범위를 벗어나서 스스로 번식 혹은 경쟁력을 가지고 살아가는 생물종” 중 식물종에 한정하여 정의된다(ecosystem.nier.go.kr/alienspecies). 외래식물은 일반적으로 새로운 환경에서 뛰어난 적응력과 번식력을 지니고 다양한 경로로 유입되어 주변 생태계에 급속도로 퍼진다(국립환경연구원, 2010). 또한 외래식물 및 귀화식물은 인가 주변이나 도로변, 빈터 또는 하천은 물론 각종 인위적인 녹지 조성공간이나 환경오염지대 등에도 자라고 있어 그 피해는 날로 심화되고 있다(노재현·신상섭, 1999). 따라서 비자생식물, 즉 외래식물의 침입은 생태적 과정에 영향을 주며, 생물종다양성을 위협한다고 볼 수 있다(Pauchard and Shea, 2006).

생물종다양성을 위협하는 등 생태계에 문제를 유발시킬 가능성이 높은 외래식물에 대한 분포 및 생물 환경 특성 분석 등 기초자료를 확보하기 위하여 별도의 외래식물 조사를 실시하는 것이 중요하지만 시간과 비용의 측면에서는 효율적이지 못하다. 따라서 본 연구에서는 전국자연환경조사의 식물상 자료 중 외래식물의 공간분포와 토지피복지도 사이의 상관성 분석을 실시하여 전국자연환경조사에서 나타나는 외래식물 공간분포의 기초적인 특성을 밝히고 그 결과를 토대로 전국자연환경조사 자료의 활용 방안을 모색하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구 방법

외래식물에 관한 정의는 아직 통일되어 정립되지 않고 연구자와 기관별로 서로 그 의미를 다르게 사용하고 있다. 한 예로 국립수목원에서 사용하는 귀화식물과 국립환경과학원에서 사용하는 외래식물은 모두

국외에서 들어온 식물종 중 스스로 번식하는 식물종으로 용어는 다르나 그 의미는 같다고 볼 수 있다(국립수목원, 2012). 본 연구에서는 환경부 국립환경과학원의 정의와 용어를 따라서 연구를 진행하여 “국외에서 들어온 생물종을 포함하여 원래는 국내의 토착종이나 특정 생태계에서 역사적으로 서식하지 않던 생물종이 자연적인 서식범위를 벗어나서 스스로 번식 혹은 경쟁력을 가지고 살아가는 생물종” 중 식물종에 한정하여 외래식물이라고 정의한다.

분석 자료로 사용되는 전국자연환경조사의 식물상 자료의 구성을 보면 각 레코드 별로 증명, 도엽번호, GPS좌표, 대표산명, 조사일자, 조사자명, 특이사항(식물구계학적등급, 멸종위기종, 생태계교란종, 외래종 등)이 기록되어 있다. 제3차 전국자연환경조사의 경우 전국을 북부, 중부, 남부로 구분하여 연차별로 북부, 중부, 남부에 균등한 수의 도엽을 조사하며 8년에 걸쳐 전국에 대한 조사를 마치게 된다. 이렇게 구축된 전국자연환경조사의 식물종 목록을 외래식물로 구분하는 기준은 환경부 국립환경과학원의 웹사이트 “한국의 외래생물 종합검색시스템”에 제시되어 있는 외래식물 목록 309종을 따른다.

전국자연환경조사의 식물상 분야 조사 방법을 검토하기 위하여 제3차 전국자연환경조사 식물상 분야의 지침 내용과 실제 현장에서의 조사 방법을 참조하여 도엽 기준과 대표산 기준의 비교 분석 방법을 선정하였다. 또한 가장 신뢰도 높은 자료를 사용하기 위하여 제3차 전국자연환경조사의 연도별 조사된 레코드 수를 비교하여 분석 대상 연도를 선정하였다. 현재까지 제3차 전국자연환경조사는 2012년 까지 완료된 상태이지만 현재 DB화 작업 중인 2012년도 자

료를 제외한 3차 전국자연환경조사 DB의 연도별 레코드 수를 살펴보면 2006년 16,441개에서 2011년 35,876개로 점차 늘어나고 있는 것을 확인할 수 있다(Figure 1). 따라서 본 연구에서는 조사의 강도와 정확성이 점차 높아지고 있는 점을 참조하여 가장 최근 조사되어 DB 구축이 완료된 2011년도 식물상 자료를 대상으로 하였다. 또한 선정된 연도의 자료에 대하여 도엽 및 대표산별 레코드수를 비교하여 그 수가 현저히 적어 신뢰성이 떨어지는 지역은 분석 대상에서 제외하였다.

분석 대상지로 선정된 지역에 대해서 전체 식물 종수와 외래식물 종수를 파악하고 귀화율과 도시화지수를 산정하였다. 본 연구에서 정의된 외래식물은 기존 연구에서의 귀화식물과 같은 의미로 사용된 것으로 기존 연구의 귀화율과 도시화지수에 그대로 적용 가능하다. 따라서 귀화율은 沼田眞(1978)이 제시한 대상지의 전체 식물상 총 종수에 대한 대상지별 귀화식물 종수의 비율, 도시화지수는 임양재 · 전의식(1980)이 제시한 국내에서 발견되는 현귀화식물에 대한 대상지별 귀화식물 종수의 비율에서 귀화식물이라는 용어에 대해 외래식물로 변형하여 사용하였다.

$$\text{귀화율(\%)} = \frac{\text{대상지에 출현한 외래식물 종수}}{\text{대상지에 출현한 전체식물 종수}} \times 100$$

$$\text{도시화지수(\%)} = \frac{\text{대상지에 출현한 외래식물 종수}}{\text{우리나라 외래식물 전체 종수}} \times 100$$

전국자연환경조사 자료로 산출한 귀화율, 도시화지수와 환경요인과의 상관성을 분석하기 위하여 환경부에서 작성한 토지피복지도와 국토교통부에서 작성한 표준교통망인 표준노드링크(nodlink.its.go.kr)를 사용하였다. 분석에 활용된 토지피복지도는 2000~2004년 동안 전국을 대상으로 구축된 중분류 토지피복지도를 기본으로 하고 일부지역에 한하여 2차 갱신된 2009년도 결과물을 업데이트하여 사용하였다. 또한 전국자연환경조사의 조사 스케일을 고려하여 해당지역의 대분류 토지피복의 면적 비율을 산출하여 적용하였으며, 표준노드링크에서는 해당 지역의 총 도로 연장을 적용하여 분석을 실시하였다. 상관관계 분석을 위해 PASW SPSS 18.0을 이용하

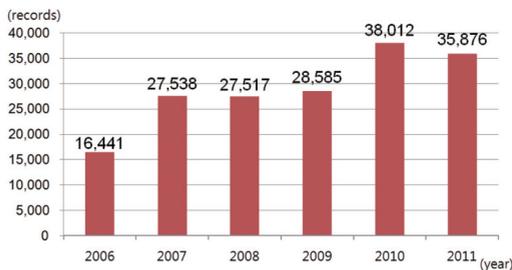


Figure 1. Flora records change in 3rd National Ecosystem Survey

여 두 변수 사이의 Pearson 상관계수를 구하고 상관관계의 통계적 유의성을 검증하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 분석 방법 정립

제3차 전국자연환경조사 지침에 따르면 식물상 분야의 대상지역은 해양을 제외한 전 국토를 대상으로 실시하며, 대상지역의 기본단위는 축척 1/25,000의 1개 도엽으로 되어있다. 그 중 대표산을 정하여 조사하며 조사자의 의도에 따라 대표산이 아닌 곳에서 주요 식물을 찾기 위해 추가 조사를 실시할 수 있다. 식물상을 조사하게 될 대표산은 도엽 내에서 가장 식물상이 다양할 것으로 판단되는 산을 정한다. 기존의 조사 정보가 있으면 이를 참고하고, 특별한 경우가 아니면 해발이 높은 산을 우선적으로 고려하도록 한다. 그리고 대표산은 해당되는 도엽에서 그 이름을 확인

할 수 있어야 한다(환경부·국립환경과학원, 2006).

지침서에 따르면 식물상 조사는 기본적으로 1/25,000 1개 도엽을 기준으로 한다. 하지만 실제 조사는 그 중 대표산을 정하여 실시하도록 되어 있어서 식물상 자료의 공간분포를 확인해 보면 조사된 지점은 도엽 내에 고르게 분포하지 않고 특정지역, 즉 대표산으로 선정된 지역에 집중되어 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 지침서에 기본 단위로 제시된 도엽 기준과, 실제 조사가 이루어지는 대표산을 기준으로 한 두가지 방법에 대해서 분석을 진행하여 비교하였다.

#### 2. 상관관계 분석

##### (1) 도엽별 분석 결과

##### 1) 자료 추출

제3차 전국자연환경조사 지침상 식물상 조사는 기

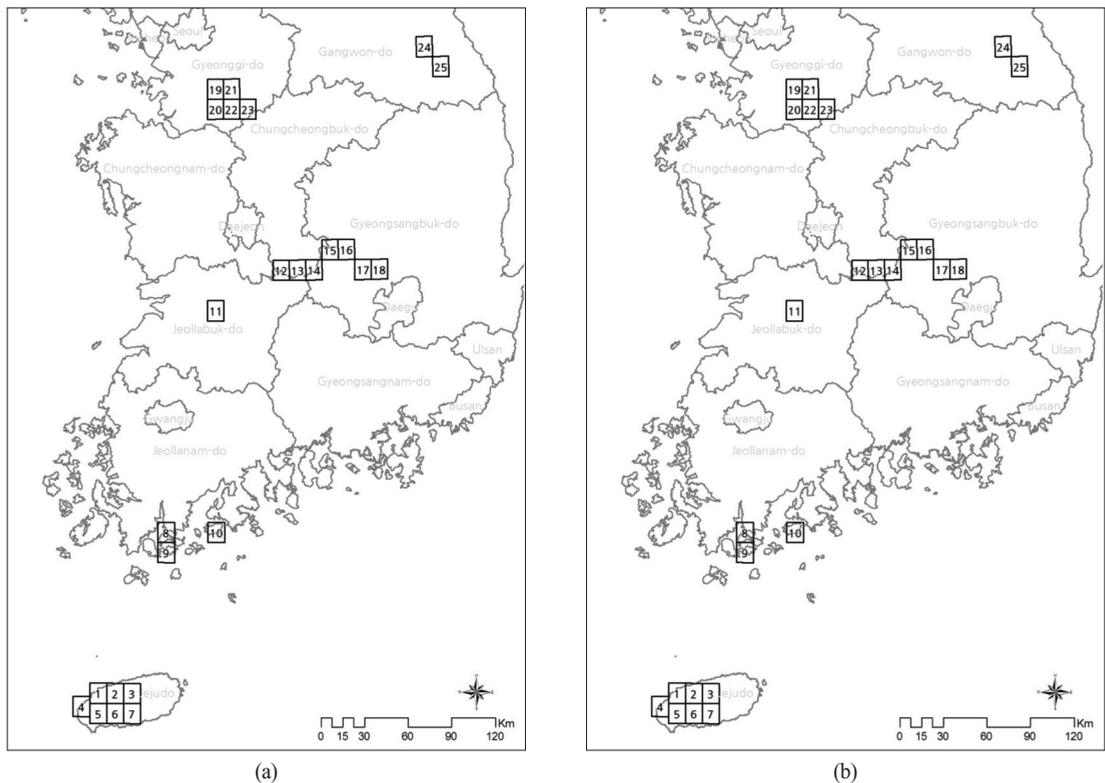


Figure 2. Location of (a) selected 1/25,000 index and (b) selected representative mountain

※ Refer to “No.” and “Index Number” column of Table 1 to find index number

본적으로 1/25,000 도엽을 따르도록 되어있다. 따라서 2011년도 식물상 자료에 대하여 도엽별로 레코드 수를 산출한 결과 총 116개 도엽에서 3~1,196개의 분포가 확인되었다. 전국자연환경조사는 다양한 조사자가 참여하는 대규모의 연구 사업인 만큼 조사자간 조사방법 및 숙련도 등에서 차이를 보인다(노백호 · 정홍락, 2006). 따라서 본 연구에서는 적은 레코드가 기록되어 있는 도엽은 그 신뢰성을 입증하기 어려워 전체 116개 도엽 중 레코드 개수로 상위 20%에 해당하며 분석에 필요한 토지 피복도가 구축되어 있는 지역을 추출하여 최종 분석 대상이 될 도엽 25개소를 추출하였다. 최종 분석 대상이 된 도엽은 경기도, 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상북도, 전남 남해안 및 제주도에 위치하고 있어 다양한 환경을 대표

하고 있다고 볼 수 있었다(Figure 2).

## 2) 도엽별 식물상 현황

분석 대상으로 추출된 25개 도엽별 식물상 현황을 정리하였다(Table 1). 전체종수에서는 안성 도엽에서 총 184종으로 가장 적은 종이 조사되었고 회수 도엽이 538종으로 가장 많은 종이 분포하였다. 외래식물종수를 분석한 결과 거금 도엽이 미국자리공(*Phytolacca americana* L.), 애기나팔꽃(*Ipomoea lacunosa* L.), 개망초(*Erigeron annuus* (L.) Pers.) 등 6종으로 가장 적은 종이 조사되었고, 저지 도엽이 잔개자리(*Medicago lupulina* L.), 유럽점나도나물(*Cerastium glomeratum* Thuill.), 서양금혼초(*Hypochaeris radicata* L.) 등 50종으로 가장 많은 외래식물이 분포하였다. 전체식물종수와 외래식물종

Table 1. The number of total species, alien plants, naturalized index, urbanized index by 1/25,000 Index

No.	Index Number	Index Name	Total species	Alien plants	Naturalized index	Urbanized Index
1	336063	Hallim	252	32	12.7	10.36
2	336064	Kwiil	297	14	4.71	4.53
3	336073	Ola	289	19	6.57	6.15
4	336101	Gosan	351	42	11.97	13.59
5	336102	Jeoji	486	50	10.29	16.18
6	336111	Hoesu	538	41	7.62	13.27
7	336112	Hallasan	261	10	3.83	3.24
8	346121	Gogeum	206	12	5.83	3.88
9	346123	Sinji	218	12	5.5	3.88
10	347092	Geogeum	234	6	2.56	1.94
11	357014	Jeonju	245	20	8.16	6.47
12	367154	Muju	347	13	3.75	4.21
13	367163	Yonghwa	394	17	4.31	5.5
14	367164	Gungchon	300	19	6.33	6.15
15	368131	Chupungnyeong	220	23	10.45	7.44
16	368132	Gaeryeong	223	20	8.97	6.47
17	368143	Yakmok	401	10	2.49	3.24
18	368144	Indong	393	14	3.56	4.53
19	377132	Yongin	211	21	9.95	6.8
20	377134	Donghang	186	13	6.99	4.21
21	377141	Jwahang	245	11	4.49	3.56
22	377143	Anseong	184	14	7.61	4.53
23	377144	Juksan	306	24	7.84	7.77
24	378121	Imgye	307	21	6.84	6.8
25	378124	Gwangdong	305	17	5.57	5.5

수로 귀화율을 분석한 결과에서는 개망초(*Erigeron annuus* (L.) Pers.), 뽕판지(*Helianthus tuberosus* L.), 아까시나무(*Robinia pseudo-acacia* L.) 등이 출현한 약목 도엽이 2.49%로 가장 낮았고 방울새풀(*Briza minor* L.), 큰개불알풀(*Veronica persica* Poir.), 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S.Moore) 등이 출현한 한림 도엽에서 12.70%로 가장 높게 분석되었다. 또한 국내 외래 식물 전체 종수와 도엽별 외래식물종수로 도시화지수를 산정한 결과 거금 도엽이 1.94%로 가장 낮았고 저지 도엽이 16.18%로 가장 높게 분석되었다.

귀화율에 대한 선행연구에서 제시된 결과를 살펴보면 沼田眞·大野景徳(1952)가 동경지역을 대상으로 조사한 냇가와 논외 귀화율이 13.3%와 14.5%, 송인주(2005)가 조사한 서울시 산림지역의 귀화율이 19.7%, Oh(2005)가 전국 농촌마을을 대상으로 조사한 해안지역의 귀화율 13.6%, 산림지역 귀화율 14.0%로 나타났는데, 전국자연환경조사 식물상 자료를 기반으로 분석한 도엽별 귀화율은 이 결과에 비교하면 낮은 수치가 나타났다. 이는 제3차 전국자연환경조사 지침의 대표산 선정에서 “대표산은 도엽 내에서 가장 식물상이 다양할 것으로 판단되는 산을 정한다”(환경부·국립환경과학원, 2006)라고 명시되어 있는 만큼 도엽 내에서 가장 자연성이 높은 지역을 대상으로 조사를 실시하였고, 이런 지침의 내용상 조사자들이 외래식물보다는 자생식물, 식물구계학적 특정식물종, 멸종위기종의 조사에 초점을 맞추고 있

었던 것으로 판단되었다.

### 3) 상관관계 분석

상관관계의 실제적인 의미를 판단하기 위해 일반적으로  $\pm 0 \sim 0.2$ (상관매우낮음),  $\pm 0.2 \sim 0.4$ (상관낮음),  $\pm 0.4 \sim 0.6$ (상관있음),  $\pm 0.6 \sim 0.8$ (상관높음),  $\pm 0.8 \sim 1.0$ (상관매우높음) 등으로 구분하여 상관계수의 의미를 가늠해 볼 수 있다(김한수·오충현, 2011).

귀화율, 도시화지수와 토지피복지도, 도로연장에 대해서 상관관계 분석을 실시한 결과 농업지역을 제외한 모든 변수에서 유의미한 결과가 나오지 않았다. 농업지역에서도 귀화율과 도시화지수 모두  $+0.4 \sim 0.6$ (상관있음)으로 분석되었다(Table 2). 일반적으로 외래식물은 인간에 의한 식생의 교란이나 파괴된 곳, 공한지, 방치된 농토, 도로변, 도시근처에 간섭이 가해지고 환경이 불안정해 지면 쉽게 침입해 정착한다(양영환, 2003). 또한 도시-산업화 지역, 주기적으로 교란되는 서식처, 자연 및 인위적 교란이 공존하는 지역이 외래종의 침입에 민감 하지만(Kowarik, 1999) 도엽별 상관관계 분석 결과에서는 이러한 외래식물 분포 특성이 드러나지 않았다. 다만 농업지역에 대해서만 상관있음으로 나타났는데, 외래식물의 분포가 토지피복 중 농업지역이라는 한 가지 변수에 의해서만 결정된다기보다는 여러 가지 토지피복 요인의 복합적인 작용에 의해서 나타난다고 보았을 때 전국자연환경조사 식물상 자료에 도엽 전체의 특성을 대입해서 분석을 하는 것은 의미가 없는

Table 2. Correlation between land cover and naturalized index, urbanized index

Land Cover	Naturalized index		Urbanized Index	
	Pearson's correlation coefficient	Sig.(2-tailed)	Pearson's correlation coefficient	Sig.(2-tailed)
Urban or built-up land	-0.013	0.951	-0.199	0.339
Agricultural land	0.549	0.004**	0.458	0.021*
Forest land	-0.363	0.075	-0.232	0.264
Grassland	0.168	0.423	0.354	0.083
Wetland	0.060	0.776	-0.130	0.536
Barren land	-0.079	0.706	-0.215	0.301
Water	0.046	0.826	-0.048	0.819
Road	0.364	0.074	0.246	0.236

\* Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)

것으로 나타났다.

(2) 대표산별 분석 결과

1) 자료 추출

제3차 전국자연환경조사 지침상 식물상 조사는 도엽별 대표산을 기준으로 되어있다. 따라서 2011년도 전국자연환경조사 식물상 자료를 대표산별로 레코드수를 산출한 결과 총 141개 대표산에서 1~1,187개의 분포가 확인되었다. 적은 레코드가 기록되어 있는 대표산은 그 신뢰성을 입증하기 어려워 전체 141개 대표산 중 레코드 개수로 상위 약 20%에 해당하며 분석에 필요한 토지피복지도가 구축되어 있는 지역을 추출하여 최종 분석 대상이 될 대표산 25개소를 추출하였다. 최종 분석 대상이 된 대표산은 경기도, 강원도, 충청북도, 전라북도, 경상북도, 전남 남해안, 제주도 및 위도에 위치하고 있어 다양한 환경을 대표하고 있다고 볼 수 있었다(Figure 2, Table 3).

2) 분석 대상지역 설정

도엽별 분석에서는 1/25,000 도엽이라는 분석의

대상이 되는 면적 기준이 있지만 대표산의 기준에서는 분석의 대상이 되는 지역의 기준이 없다. 따라서 대표산 기준에서 분석의 대상이 되는 지역을 설정하기 위하여 각 대표산의 외래식물 분포지 외곽을 기준으로 ArcGIS 10.0의 Multiple Ring buffer 기능을 사용하여 1~5km까지 1km 간격으로 구간을 설정하고 육안으로 토지피복 분포의 대표성을 판단하였다(Figure 3). 분석 대상지역 설정을 위한 베이스맵으로는 SPOT-5의 2.5m 해상도 영상을 사용하여 대표산별로 이동하며 확인하였다. 분석 대상지역 설정 기준은 1) 조사 지점이 분포하는 산림을 포함, 2) 조사 지점이 분포하는 산림 주변의 토지이용지역(시가화권조지역, 농업지역, 수역 등)이 포함, 3) 조사 지점이 포함된 산림과 연속되지 않은 산림은 제외되도록 하였다.

분석 결과 대표산을 기준으로 하는 전국자연환경조사의 식물상 분야 조사방법에 의해 조사가 산에서 이루어져 있어 1~2km까지는 토지피복지도 대부분이 산림지역으로 나타났다. 3km 내외에서



(a)



(b)

Figure 3. Example of searching target area. (a) Mt. Chilhyen, Small scale forest, (b) Mt. Munrae, Large scale forest

는 조사된 산림과 주변 토지이용지역이 적절하게 분포하였고, 4~5km에서는 대부분의 대표산에서 조사된 산림과 연속되지 않은 산림 넓게 분포하였다. 따라서 본 연구에서 대표산별 분석 대상지역 3km로 설정하여 분석을 진행하였다.

### 3) 대표산별 식물상 현황

분석 대상으로 추출된 25개 대표산의 식물상 현황을 정리하였다(Table 3). 전체종수에서는 안성시의 국사봉이 총 184종으로 가장 적은 종이 조사되었고 서귀포시의 산방산이 443종으로 가장 많은 종이 분포하였다. 외래식물종수를 분석한 결과 고흥군의 적대봉이 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S.Moore), 미국쑥부쟁이(*Aster pilosus* Willd.) 등 6종으로 가장 적은 종이 조사되었고, 서귀

포시의 산방산이 개쑥갓(*Senecio vulgaris* L.), 방가지 퐁(*Sonchus oleraceus* L.), 애기 달맞이꽃(*Oenothera laciniata* Hill) 등 51종으로 가장 많은 외래식물이 분포하였다. 전체종수와 외래식물종수로 귀화율을 분석한 결과에서는 선개불알풀(*Veronica arvensis* L.), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa* L.), 콩다닥냉이(*Lepidium virginicum* L.) 등이 출현한 칠곡군의 금오산이 2.49%로 가장 낮았고, 구주개밀(*Agropyron repens* (L.) P.Beauv.), 선풀숨나물(*Gnaphalium calviceps* Fernald), 큰이삭풀(*Bromus unioloides* Kunth) 등이 출현한 제주시의 고내봉이 12.70%로 가장 높게 분석되었다. 또한 국내 외래식물 전체 종수와 도엽별 외래식물종수로 도시화지수를 산정한 결과 고흥군의 적대봉이 1.94%로 가장 낮

Table 3. The number of total species, alien plants, naturalized index, urbanized index by representative mountain

Representative mountain	Location	Total species	Alien plants	Naturalized index	Urbanized Index
Mt. Gadeok	Taebaek-si	305	17	5.57	5.50
Gasiak	Seogwipo-si	359	44	12.26	14.24
Gonae-bong	Jeju-si	252	32	12.70	10.36
Mt. Godeok	Wanju-gun	245	20	8.16	6.47
Mt. Gosung	Anseong-si	186	13	6.99	4.21
Kuksa-bong	Anseong-si	184	14	7.61	4.53
Mt. Geumo	Chilgok-gun	401	10	2.49	3.24
Nohak-bong	Wando-gun	218	12	5.50	3.88
Dangsan-bong	Jeju-si	351	42	11.97	13.59
Mt. Makkihang	Yeongdong-gun	300	19	6.33	6.15
Mt. Munrae	Jeongseon-gun	307	21	6.84	6.80
Munam-bong	Gimcheon-si	220	23	10.45	7.44
Mt. Minjuji	Yeongdong-gun	394	17	4.31	5.50
Mt. Baekun	Gimcheon-si	223	20	8.97	6.47
Mt. Baekha	Yeongdong-gun	347	13	3.75	4.21
Beritnae-oreum	Seogwipo-si	395	46	11.65	14.89
Mt. Bonghwang	Wando-gun	206	12	5.83	3.88
Mt. Sanbang	Seogwipo-si	443	51	11.51	16.50
Suak-valley	Seogwipo-si	261	10	3.83	3.24
Wi-island	Buan-gun	370	23	6.22	7.44
Mt. Yuhak	Chilgok-gun	393	14	3.56	4.53
Jeokdae-bong	Goheung-gun	234	6	2.56	1.94
Mt. Chilhyen	Anseong-si	306	24	7.84	7.77
Mt. Hambak	Yongin-si	211	21	9.95	6.80
Hyeongje-bong	Yongin-si	245	11	4.49	3.56

Table 4. Correlation between land cover and naturalized index, urbanized index

Land Cover	Naturalized index		Urbanized Index	
	Pearson's correlation coefficient	Sig.(2-tailed)	Pearson's correlation coefficient	Sig.(2-tailed)
Urban or built-up land	0.234	0.260	0.026	0.900
Agricultural land	0.704	0.000**	0.652	0.000**
Forest land	-0.601	0.001**	-0.622	0.001**
Grassland	0.411	0.041*	0.277	0.18
Wetland	0.079	0.708	0.057	0.787
Barren land	0.573	0.003**	0.674	0.000**
Water	0.146	0.485	0.249	0.230
Road	0.606	0.001**	0.655	0.000**

\* Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed)

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed)

있고 서귀포시의 산방산이 16.50%로 가장 높게 분석되었다. 외래식물종수 및 귀화율, 도시화지수에서 제주도에 속하는 6개 대표산 중 수악계곡을 제외한 5개 대표산이 모두 상위 5위로 분석되었고, 이 5개 대표산 지역은 제주도의 고도가 낮은 해안가의 오름 주변에 분포하고 있었다. 제주도 지역이 외래식물종수, 귀화율, 도시화지수가 모두 높게 산출된 것은 제주도의 많은 오름이 답압에 의한 훼손, 도로 개설에 따른 훼손, 송이 채취로 인한 훼손, 공공기관 건축에 의한 훼손 등 물리적 훼손이 상당히 진행되어 있고(고성원, 2007) 주변에 경작지가 넓게 분포하는 등 일반적인 산림지역에 비해 생태계 교란 수준이 높은 것이 원인으로 판단되었다.

#### 4) 상관관계 분석

귀화율 분석결과 수역과 습지는 상관매우낮음, 시가화건조지역은 상관낮음, 초지와 나지는 상관있음, 농업지역, 산림지역, 도로연장에서는 상관높음으로 나타났다. 도시화지수 분석결과는 시가화건조지역과 습지가 상관매우낮음, 초지와 수역은 상관낮음, 농업지역, 산림지역, 나지, 도로연장에서는 상관높음으로 나타났다(Table 4). 귀화율과 도시화지수 모두에서 상관높음으로 분석된 농업지역과 도로연장(정의 상관관계), 산림지역(부의 상관관계)은 기존의 연구에서도 외래식물 분포에 영향을 주는 요인으로 분석되고 있어(오충현 등, 2009; 송인주, 2005) 전국자연환경조사의 외래식물 자료를 활용하여 대표산을 기

준으로 토지피복과 도로 연장과 상관관계를 분석하는 것은 의미가 있는 것으로 나타났다.

외래종은 인간 활동에 의해 가장 심하게 변화된 환경에서 가장 잘 발견되고(Hobbs and Huenneke, 1992; Mooney and Hobbs, 2000), 인간의 활동이 외래종의 침입 가능성을 높이고 있다(McNeeley *et al.*, 2001). 하지만 이러한 인간 활동이 가장 강하게 나타나는 토지피복인 시가화건조지역에서 상관성이 상관매우낮음, 상관낮음으로 분석된 것은 지침서상 대표산은 가장 식물상이 다양한 것으로 판단되는 산으로 정하도록 되어 있어 상대적으로 시가화지역의 영향이 적은 곳에서 조사가 이루어졌기 때문으로 판단된다. 초지와 나지에 있어서는 상관있음으로 분석되었는데, 초지의 경우 넓은 면적이 골프장, 대규모 벌채지, 공동묘지 등 이었고, 나지의 경우에도 대규모 개발 예정지들이 포함되어 있어 인간 간섭이 지속적으로 이루어지고 있는 토지피복 유형이고 이들 유형이 외래식물의 분포에도 영향을 주는 것으로 판단되었다.

## IV. 결론

본 연구는 국내에서 유일하게 전국적인 생태계 조사 자료를 구축하고 있는 전국자연환경조사 식물상 데이터 중 외래식물에 대하여 도엽과 대표산을 기준으로 산출된 귀화율, 도시화지수와 토지피복, 도로와의 상관관계를 분석하고, 그 결과를 토대로 전국자연

환경조사 자료의 활용방안을 모색하는데 있다.

연구 결과를 요약하면 첫째, 전국자연환경조사 식물상 데이터의 외래식물 자료를 활용하기 위하여 기초 자료에 대한 분석을 실시하였다. 제3차 전국자연환경조사 식물상 자료의 연도별 조사된 레코드 수를 비교하여보면 2006년 16,441에서 2011년 35,876개로 점차 늘어나고 있어 조사의 강도와 정확성이 점차 높아지고 있다고 볼 수 있었다. 또한 전국자연환경조사 지침서 검토결과 식물상 조사는 기본적으로 1/25,000 1개 도엽을 기준으로 하지만 실제 조사는 그 중 대표산을 정하여 실시하도록 되어 있어서 도엽별 분석과 대표산별 분석을 함께 실시하여 비교하는 과정이 필요한 것으로 나타났다. 이에 따라 가장 최근 조사된 2011년도 식물상 자료에 대하여 도엽별 및 대표산별 레코드수를 살펴보고, 그 결과 일부 도엽에서는 신뢰성을 입증하기 어려운 정도의 결과가 도출되어 신뢰성 있는 데이터의 확보를 위한 자료의 가공이 필요함을 알 수 있었다.

둘째, 연구지역에 대한 식물상 현황으로 전체종수, 외래식물종수, 귀화율, 도시화지수를 파악하였다. 분석된 귀화율 수치를 기존의 연구 결과와 비교한 결과 대체로 분석된 결과가 낮은 수치를 나타냈다. 이러한 결과는 지침서에 명시된 대표산 선정 부분에서 대표산은 도엽 내에서 가장 식물상이 다양한 것으로 판단되는 산을 정하도록 되어있어 대체적으로 도엽 내에서 가장 자연성이 높은 지역을 대상으로 조사를 실시하였으며 조사자들이 외래식물보다는 자생식물, 식물구계학적 특정식물종, 멸종위기종의 조사에 초점을 맞추고 있는 결과로 판단되었다. 대표산별 외래식물종수 및 귀화율, 도시화지수의 수치에 따른 분포 현황을 파악한 결과 제주도에 속하는 6개 대표산 중 수악계곡을 제외한 5개 대표산이 모두 상위 5위로 나타났다. 이들 5개의 대표산은 모두 제주도의 고도가 낮은 해안가 오름 주변에 분포하고 있었다. 이러한 분포의 원인은 제주도의 오름이 답압에 의한 훼손, 도로 개설에 따른 훼손, 송이 채취로 인한 훼손, 공공기관 건축에 의한 훼손 등 물리적 훼손이 상당히 진행되어 있고 주변에 경작지가 넓게 분포하는 등 일반적인 산림에 비해 생태계 교란 수준이 높기 때문인

것으로 판단되었다.

셋째, 귀화율, 도시화지수와 토지피복 및 도로연장과의 상관관계 분석 결과에서는 농업지역, 초지, 나지, 산림지역, 도로연장에서 유의미한 상관관계가 나타났다. 세부적으로 살펴보면 도엽별 분석 결과에서는 농업지역만이 상관있음으로 분석되었고 다른 유형에서는 유의미한 결과가 도출되지 않았다. 농업지역을 제외하고 일반적으로 외래식물의 분포에 영향을 주는 것으로 알려진 인간에 의한 식생의 교란이나 파괴된 곳, 공한지, 방치된 농토, 도로변, 도시근처의 지역으로 볼 수 있는 토지피복 유형에 대해서도 유의미한 결과가 나타나지 않았다. 외래식물의 분포가 토지피복 중 농업지역이라는 한 가지 변수에 의해서만 결정된다고 보다는 여러 가지 토지피복 요인의 복합적인 작용에 의해서 나타난다고 보았을 때 전국자연환경조사 식물상 자료를 도엽 전체의 특성을 대입해서 분석을 하는 것은 의미가 없는 것으로 나타났다. 반면 대표산별 분석 결과에서는 초지와 나지에서 상관있음, 농업지역, 산림지역, 도로연장에서 상관있음으로 나타났다. 일반적으로 외래식물 분포에 영향을 주는 요인으로 알려진 시가지건조지역에서 상관성이 낮게 분석된 것은 식물상이 다양한 것으로 판단되는 대표산을 정하도록 되어있는 전국자연환경조사 지침상 상대적으로 시가지지역의 영향이 적은 곳에서 조사가 주로 이루어졌기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 초지와 나지는 실제 토지이용이 대부분 골프장, 대규모벌채지, 공동묘지, 개발 예정지가 넓은 면적을 차지하고 있어 인간의 간섭이 지속적으로 이루어지고 있는 토지피복 유형이었고, 따라서 외래식물의 분포에도 영향을 주는 것으로 나타났다.

마지막으로 도엽별 및 대표산별 상관관계 분석결과를 비교해 보면 도엽별 분석에서는 기존에 외래식물의 분포에 영향을 주는 것으로 알려진 토지피복에 대한 상관관계가 인정되지 않았고, 대표산별 분석에서는 기존에 외래식물의 분포에 영향을 주는 것으로 알려진 토지피복인 농업지역, 도로연장, 산림지역, 나지에 대한 상관관계가 인정되었다. 그러므로 추후 자연환경보전이나 생태계 관리 측면의 계획 수립 시 상관관계가 인정된 토지피복을 고려한 외래식물에

대한 관리 대책 수립 등 추가 적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 또한 전국자연환경조사의 식물상 결과를 활용하여 외래종에 관한 분석을 수행할 때는 대표산별로 일정 지역을 선정하여 분석을 진행하는 것이 합리적인 결과물을 도출 할 수 있는 방법임을 알 수 있었다.

다만, 외래식물에 대한 문제가 지속적으로 제기됨에 따라 전국자연환경조사에서도 멸종위기종 등 희귀종 뿐만 아니라 외래식물을 고려한 조사방법의 수용이 있어야 이러한 자료의 분석을 더 의미있는 결과로 도출할 수 있을 것이다. 전국자연환경조사는 총 9개 분류군으로 구분되어 조사가 실시되고 각 분류군별로 조사 방법 등이 서로 상이하다. 따라서 전국자연환경조사의 데이터를 활용하여 분석을 실시할 경우 지침서 및 각 분류군의 실제 조사 담당자와의 면담을 통한 현장에 대한 정보를 공유하는 것이 중요하다. 만약 그렇지 않다면 잘못된 정보만을 양산하는 분석 결과를 도출할 가능성이 크다. 또한 본 연구에서는 식물상 중에서도 외래식물이라는 한정된 내용만을 다루었지만 향후에는 다른 분류군에 대한 활용 가능성에 대한 검토가 필요하며 이러한 연구 결과를 참조하여 전국자연환경조사 결과가 조금더 활용 가능성이 높은 자료로 구축될 수 있도록 그 조사 방법 등의 수정이 계속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다

## 참고문헌

- 고성원, 2007, 제주도 오름의 훼손 실태에 따른 관리·보전 방안 연구, 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 국립수목원, 2012, 쉽게 찾는 한국의 귀화식물.
- 국립환경연구원, 2000, 귀화식물에 의한 생태계 영향조사(1).
- 노재현, 심상섭, 1999, 외래식물의 위해성을 전제로 한 아동 원예활동 프로그램의 설정, 한국식물·인간·환경학회지, 2(4), 28-36.
- 김한수, 오충현, 2011, 우리나라 농촌마을 경관생태학적 특성에 따른 귀화식물 분포 특성, 한국환경생태학회지, 25(3), 389-403.
- 노백호, 정홍락, 생물다양성 증진을 위한 전국자연환경조사의 발전방안 - 선진 외국의 사례검토를 중심으로 -, 환경정책연구, 5(3), 25-56.
- 송인주, 2005, 서울시 외래식물의 분포특성 및 관리방안, 서울시정개발연구원.
- 양영환, 2003, 제주도 귀화식물의 분포와 식생에 관한 연구, 제주대학교 대학원 박사학위논문.
- 오충현, 김용훈, 이호영, 반수홍, 2009, 민통선 지역 폐 군생활관 주변 식물의 입지별 귀화율 연구, 한국환경복원기술학회지, 12(5), 59-76.
- 임양재, 전의식, 1980, 한반도의 귀화식물 분포, 한국식물학회지, 23(3), 69-83.
- 환경부, 국립환경과학원, 2006, 제3차 전국자연환경조사지침.
- 환경부, 국립환경과학원, 2012, 제4차 전국자연환경조사지침.
- 沼田眞, 1978, 植物生態の觀察と研究, 東海大學出版會.
- 沼田眞·大野景德, 1952, 歸化植物の生態學的研究 I, 植物生態學會報, 2(3), 117-122.
- Hobbs, R. J. and L. F. Huenneke, 1992, Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation, Conservation Biology, 6, 324-337.
- Kowarik, I., 1999, Neophytes in Germany: quantitative overview, introduction and dispersal pathways, ecological consequences and open questions, Texte des Umweltbundesamtes Berlin, 18/99, 12-36.
- McNeeley, J. A., H. A. Mooney, L. E. Naville, P. J. Schei and J. K. Waage, 2001, Global strategy on invasive alien species, IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK, in collaboration with the Global Invasive Species Programme(GISP).
- Mooney, H. A. and H. A. Hobbs, 2000, Invasive species in a changing world, Island Press.
- Oh, C. H., 2005, Landscape Ecological

Characteristics and Management Measures of Longevity Villages in Korea, Proceedings of the 1st International Symposium on Landscape and Ecological Engineering, Seoul, Korea : ICLEE, pp.29-36.

Pauchard, A. and K. Shea, 2006, Integrating the study of non-native plant invasions across spatial scale, Biological Invasions, 8, 399-413.

<http://nodelink.its.go.kr>  
[ecosystem.nier.go.kr/alienspecies](http://ecosystem.nier.go.kr/alienspecies)

최종원고채택 13. 09. 17