

도시 내 고립된 임지의 경시적 식생특성 변화: 부산광역시 황령산을 사례로

조재형¹· 박찬열²· 오정학³· 김준수⁴· 조현제^{5*}

¹국립산림과학원 산림복원연구과, ²국립산림과학원 산림생태연구과, ³국립산림과학원 연구기획과,
⁴자연과숲연구소, ⁵동양대학교 대학원 산림비즈니스전공

Changes in Vegetation Characteristics Over Time in the Isolated Forests of the Urban Areas: A Case Study on the Mt. Hwangyeong, Busan Metropolitan City

Jae Hyong Cho¹, Chan Ryul Park², Jeong Hak Oh³, Jun Soo Kim⁴ and Hyun Je Cho^{5*}

¹Forest Restoration Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

²Forest Ecology Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

³Forest Ecology Division, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

⁴Nature and Forest Research Institute, Daegu 41476, Korea

⁵Department of Forest Business, Graduate School, Dongyang University, Yeongju 36040, Korea

요약: 도시화에 의해 고립된 임지의 식생특성 변화를 파악하기 위하여, 부산광역시 황령산을 대상으로 1996년과 2015년에 식물사회학적 방법으로 식생조사를 실시하였다. 식생유형(종조성기준)은 군락군수준에서는 거의 변화가 없었으나 군락수준이하에서는 다소 변화가 나타났다. 단위면적당(100 m²) 총피도와 평균종수는 각각 1996년 175%, 17종에서 2015년 191%, 19종으로 다소 증가하였다. 구성종의 상대중요치는 아교목층 이하에서 한반도 잠재자연식생인 신갈나무, 졸참나무 등 참나무류는 감소한 반면, 난대 및 상록성 식물인 비목나무, 때죽나무, 구골나무 등과 생태적 적응 범위가 넓은 국수나무가 크게 증가하였다. 생활형 조성은 전체적으로 1996년과 2015년 모두 MM-R₅-D₄-e로 변화가 없었으나, 휴면형의 경우 반지중식물(H)과 일년생 식물(Th)이 감소한 반면 관목성인 미소지상식물(N)은 상대적으로 높은 증가율을 나타내었고, 종자 산포형의 경우 풍수산포형(D₁)은 다소 감소한 반면, 동물산포형(D₂)은 70%이상의 증가율을 나타내었다. 상관식생 유형의 공간적 분포 특성의 변화를 대축척(1/5,000) 정밀상관식생도를 작성하여 비교하였다.

Abstract: In order to assess the changes in vegetation characteristics over time in the forest-lands which is isolated by urbanization, vegetation surveys based on the Braun-Blanquet phytosociological method was carried out in 1996 and 2015 on Mt. Hwangyeong located in the center of Busan metropolitan city, South Korea. The number of vegetation types based on floristic composition showed no significant changes, the vegetation units under the community levels was more or less represents the difference. the average total vegetation cover and average number of species per unit area (100 m²) was increased 16% and 2 species, respectively. The relative importance value (RIV) for each tree species, *Quercus* spp. like as *Q. mongolica* and *Q. serrata* was decreased, while the warmth-tolerant trees, evergreen broad-leaved trees, and mesophyte like *Lindera erythrocarpa*, *Styrax japonica*, *Osmanthus heterophyllus*, and *Stephanandra incisa* was increased significantly. Changes of the life form spectrums of vascular plants did not substantially, hemicryptophyte(H) and therophyte (Th) was decreased, while nanophanerophyte(N) was increased significantly. Also through the creating of large-scale vegetation map (based on physiognomic vegetation types) was compared the spatial distribution characteristics of each vegetation types.

Key words: urbanization, isolated forest-land, mt. hwangryong, vegetation characteristics

*Corresponding author
E-mail: jhj132@chol.com

서 론

예로부터 산림형 도시숲(urban forest)은 시민 생활의 편리성을 담보하기 위한 도시 개발압의 선단에 자리하여 양적 감소 및 질적 쇠퇴를 지속적이고 다양하게 받아오고 있다. 특히 시가화구역내 도시숲은 지속적인 도시화의 영향으로 소실, 축소, 분단화 등에 의한 고립화가 심화되어, 고유생물의 지역적 절멸이나 개체수의 감소가 진행되고 외래생물이 증가하는 등 본래의 산림생태계와는 달리 종조성과 기능이 단순한 특이한 생태계가 형성되고 있다 (Bastian and Bernhardt, 1993; Organization for Landscape and Urban Greenery Technology Development, 2000). 또한, 도시화에 따른 산림경관 파편화는 도시 내 생물종다양성의 유지에 중요한 역할을 하는 내부 서식처를 줄이고 생태적으로 불안정한 가장자리를 증가시켜 다양한 수준에서 지역의 고유 생물상을 변화시킨다(Riitters et al., 2000). 이런 점을 감안하여 2014년 우리나라에서 개최된 제12차 생물다양성 당사국 총회에서는 ‘도시의 생물다양성’이 중요한 의제 중 하나로 대두되었고, ‘LONDON BAP(Biodiversity Action Plan)’, ‘PARIS Biodiversity’ 등에서 나타난 바와 같이 도시숲의 생물종다양성 변화는 국제적 이슈이며, 특히 임지 비율이 높은 우리나라 도시지역에서 이러한 도시숲은 고유생물종의 다양성을 유지하는 핵심 공간(hotspot)으로 그 보전적 가치가 아주 높다. 최근 도시화에 따른 도시숲의 소면적화, 고립화가 도시지역 고유생물에 미치는 영향과 그 지속적 보전방안에 대하여 국외적으로 다양한 연구가 진행되고 있다(Bastin and Thomas, 1999; Godefroid and Koedam 2003; Song et al., 2005). 우리나라에서는 1990년대 중반부터 국립산림과학원에서 도시숲의 생태, 경관, 이용, 그리고 생태계서비스 등에 대한 연구를 중심으로 수행하고 있지만, 도시숲에 대한 점증하는 다양한 생태계서비스 수요에 능동적으로 대응하기에는 아직 기반 생태정보가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 도시지역 생태계서비스의 급원이자 생물종다양성 유지의 핵심공간인 도시내 고립된 임지(산림형 도시숲)를 대상으로 산림식생의 종조성 및 구조적 변화와 그 특성을 파악하여 향후 우리나라 도시숲 생태계서비스의 기반을 조성하는데 기본정보를 제공하고자 한다.

연구방법

본 연구의 대상지역은 부산광역시 연제구, 수영구, 남구, 그리고 부산진구 등에 걸쳐 있는 황령산(해발 427 m)으로 인접한 금련산(해발 415 m)을 포함하고 있으며 사방이 시가화 구역에 둘러싸여 있는 총면적 약 820 ha의 전형적인

고립 임지이다(Cho, 1997). 식생조사는 식물사회학적 조사방법(Braun-Blanquet, 1964)으로 1996년과 2015년의 4월에서 9월 사이에 동일한 표본 조사구에서 반복 실시하였다. 표본 조사구의 수는 313개소이며, 조사구 크기는 국소환경과 식물군락의 크기를 고려하여 10 m×10 m에서 20 m×20 m를 적절히 적용하였다. 산림식생유형은 야외에서 수집된 식생조사 자료를 컴퓨터 소프트웨어 Excel 2013(Microsoft Corporation, 2013)으로 DB화 한 후, Ellenberg(1956)의 표비교법과 TWINSPAN(Two-way Indicator Species Analysis)를 이용하여 구분하였으며 식생단위요약표로 정리하였다. 산림식생의 종조성 및 구조적 특성은 상관식생유형(최상층우점종기준)의 층위별 단위면적당(/100 m²) 평균총피도, 평균출현종수, 그리고 상대중요치(종 및 과 수준)를 기준으로 비교 분석하였다. TWINSPAN 분석은 PCORD 5.17 프로그램(McCune and Mefford, 2011)을 이용하였으며, 기타 데이터 분석은 Excel 2013(Microsoft Corporation, 2013)을 이용하였다. 또한 군락별 천이경향, 교란정도, 그리고 구성종의 번식 특성 변화 등을 간접 파악하기 위하여 휴면형(dormancy forms), 산포기관형(dissemimule forms), 지하기관형(radicoid forms), 그리고 생육형(growth forms) 등을 기준으로 생활형 조성(Life-form spectrum)을 비교하였다(Numata, 1986). 정밀상관식생도는 수치지형도(1/5,000), 고해상도 정사항공사진(National Geographic Information Institute, 2010), 그리고 참조자료(산림청 수치임상도 등) 등을 바탕으로 1차적으로 상관식생관독도를 작성한 후, 현지조사를 통하여 상관식생관독도상 상관식생의 유형을 동정하고 그 경계를 확정 한 후, 실내에서 QGIS ver. 2.12.2 프로그램(Qgis Development Team, 2015)을 이용하여 작성하였다. 정밀상관식생도상 범례는 자연식생과 인공식생을 구분하여 표시하였다. 식물동정과 명명은 국가표준식물목록(Korea Forest Service, 2015) 기준을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 산림식생유형

연구 대상지인 황령산일대 산림식생유형을 종조성과 상관적 우점종을 기준으로 비교하였다. 종조성에 의한 산림식생유형은 1996년 10개 유형에서 2015년 9개 유형으로 큰 변화가 없었으나, 식생단위수준에 있어서는 다소 변화가 있었다. 최상위 식생단위인 군락군 수준에서는 1996년과 2015년에 있어서 모두 졸참나무-국수나무군락군으로 유사한 경향이었지만, 상위 식생단위인 군락 수준이하에서는 지난 20년간 다양한 인위적 및 환경적 교란 영향(이용압, 개발압, 산불, 병충해, 등산로 증가, 미세환경 변화 등)으로 식별종 구성에 변화가 있었다. 한편, 최상층 우점

Table 1. Synoptic table of the forest vegetation units and types of 1996 and 2015.

Year	Vegetation Unit Level				VT no.*	
	Highest (Community group)	High (Community)	Low (Group)	Lowest (Subgroup)		
1996	<i>Quercus serrata</i> - <i>Stephanandra incisa</i> community group	<i>Ligustrum obtusifolium</i> community	<i>Styrax japonicus</i> - <i>Rhus tricocarpa</i> group	<i>Q. mongolica</i> - <i>Disporum smilacinum</i> subgroup	C1	
			Typical subgroup	C2		
			<i>Robinia pseudoacacia</i> group	<i>Alnus firma</i> - <i>Commelina communis</i> subgroup	C3	
				<i>Rosa multiflora</i> var. <i>multiflora</i> - <i>Pueraria thunbergiana</i> subgroup	C4	
					C5	
			<i>Q. dentata</i> - <i>Lespedeza bicolor</i> community	<i>Pinus rigida</i> group	<i>Q. variabilis</i> - <i>Rosa maximowicziana</i> group	C6
				<i>P. densiflora</i> - <i>Rhododendron mucronulatum</i> group	C7	
					<i>P. rigida</i> - <i>Arundinella hirta</i> subgroup	C8
			<i>Pueraria thunbergiana</i> community	<i>Rubus parvifolius</i> group	<i>R. pseudoacacia</i> - <i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i> subgroup	C9
				<i>Chamaecyparis obtusa</i> - <i>Q. acutissima</i> group	C10	
	1	3	7	6		
2015	<i>Q. serrata</i> - <i>Stephanandra incisa</i> community group	<i>S. japonicus</i> - <i>Rhus tricocarpa</i> community	<i>Alnus firma</i> - <i>Persicaria filiforme</i> group	<i>Q. mongolica</i> - <i>Sapium japonicum</i> subgroup	C1	
			Typical subgroup	C2		
			<i>P. thunbergii</i> - <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> group	<i>Lindera glauca</i> subgroup	C3	
				<i>Osmanthus heterophylla</i> - <i>Ligustrum japonicum</i> subgroup	C4	
					<i>A. firma</i> - <i>Ligustrum obtusifolium</i> subgroup	C5
			<i>Smilax sieboldii</i> - <i>Rubus crataegifolius</i> community	<i>P. thunbergii</i> - <i>Q. dentata</i> group	<i>Rubus corchorifolius</i> subgroup	C6
				<i>Clematis apiifolia</i> - <i>Parthenocissus tricuspidata</i> group	C7	
				Typical group	C8	
			<i>Chamaecyparis obtusa</i> community	<i>A. firma</i> - <i>Paederia scandens</i> var. <i>scandens</i> group	C9	
	1	3	6	6		

*Vegetation type numbers

종 즉 상관적 우점종에 의한 산림식생유형은 1996년 16개 유형에서 2015년 24개 유형으로 8개 유형이 추가되었는데, 이는 추가된 유형의 대부분이 공간분포면적에 있어서 0.1 ha이하이거나 상대적으로 면적이 큰 식생유형에 내재되어 분포하고 있어 과거 조사에서 누락된 것으로 생각되었다(Table 1).

2. 산림식생 종조성 및 구조 변화

산림식생의 종조성 및 구조 변화 경향을 파악하기 위하여 상관적 우점종에 의한 식생유형별 구성종의 단위면적당(/100 m²) 평균총피도, 평균출현종수, 그리고 상대중요치 등을 비교 분석하였다.

1) 평균총피도와 평균출현종수

식생유형별 구성종의 단위면적당 평균총피도와 평균출현종수를 층위별로 비교한 결과, Table 2와 같이 정리되었다. 전체 식생유형의 평균총피도에 있어서는 20년간 약 10%가 증가하였으며 층위별로는 아교목층에서 약 72%의 높은 증가율을 나타내었고 교목층은 약 15% 정도 감소하였다. 자연식생에서는 전체적으로 평균 약 47%가 증가하였고 특히 아교목층 이하에서 50~120%의 높은 증가율을 보였고, 인공식생에서는 전체적으로 평균 약 26%가 증가하였고 특히 아교목층에서 약 100%가 증가하여 다른 계층에 비하여 거의 두 배 이상의 높은 증가율을 보였다.

식생유형별 경향을 보면, 굴피나무군락(PLST)이 약

Table 2. The average total cover and total number of all species in four vegetation strata.

Forest origin	Vegetation types*	Year	Average total cover (%)					Average total number of species				
			Trees	Subtrees	Shrubs	Herbs	Sum	Trees	Subtrees	Shrubs	Herbs	Sum
Natural vegetation (N)	PIDE	96	87.5	45.0	22.8	40.2	195.5	2.0	2.0	6.0	6.0	12.0
		15	87.7	44.4	54.8	41.9	228.7	2.2	3.1	7.0	10.5	22.5
	PLST	96	83.1	18.1	23.7	4.6	129.5	2.3	1.8	7.3	7.8	17.8
		15	97.0	26.0	68.3	82.7	273.9	3.2	2.4	8.2	14.4	22.8
	PSVP	96	95.0	7.5	35.4	23.2	161.1	2.0	1.0	7.0	11.0	19.0
		15	90.3	16.3	28.9	73.8	209.3	1.6	1.0	3.8	11.3	15.8
	QUAC	96	93.8	11.3	20.5	36.3	161.8	3.8	1.7	2.2	7.3	13.8
		15	92.0	39.0	43.4	42.6	217.0	2.0	2.0	7.4	9.4	16.0
	QUDE	96	70.0	26.3	39.1	12.8	148.2	2.0	2.0	5.5	5.5	12.0
		15	105.8	22.5	52.7	26.5	207.5	2.3	1.7	4.7	9.7	16.0
	QUSE	96	81.9	25.1	35.5	40.5	183.0	3.3	3.0	7.3	8.0	19.3
		15	96.5	42.1	32.0	52.4	223.0	4.2	4.2	8.6	13.2	21.2
	QUVA	96	91.3	36.3	39.3	0.2	166.9	3.5	3.5	7.5	5.0	19.0
		15	79.9	45.4	66.9	42.9	314.6	2.1	3.6	8.6	14.1	22.0
TIMA	15	102.5	22.6	57.5	1.0	183.6	5.0	4.0	5.0	19.0	25.0	
Artificial vegetation (A)	ALFI	96	85.1	24.7	46.2	43.6	199.7	2.2	2.3	6.6	8.6	17.8
		15	88.8	45.4	54.7	41.4	230.3	2.3	3.3	6.7	10.6	18.6
	CACR	96	67.5	35.0	26.2	44.4	173.2	1.7	2.3	6.7	6.7	16.7
		15	102.5	77.7	45.3	78.2	303.7	3.0	5.0	5.0	10.0	17.0
	CEDE	96	87.5		7.6	0.0	95.2	1.0		5.0	4.0	10.0
		15	87.5		15.0		102.5	1.0		2.0		3.0
	CHOB	96	87.0	1.5	12.1	3.5	104.2	2.0	0.4	6.1	5.8	13.3
		15	91.3	5.1	13.1	17.0	126.5	1.6	0.5	3.1	8.5	11.9
	MEGL	15	87.5	7.5	95.4	23.3	214.0	1.0	1.0	11.0	12.0	25.0
	PHBA	15	105.0		7.5	0.2	112.7	2.0		1.0	2.0	4.0
	PIKO	15	87.5		48.0	76.0	211.5	1.0		10.0	18.0	24.0
	PIRI	96	80.0	7.7	21.2	50.8	159.6	2.3	1.2	4.8	9.6	16.4
		15	82.5	40.8	61.2	67.6	252.1	2.0	3.0	7.1	14.2	21.7
	PITH	96	85.6	18.4	39.4	22.3	165.6	2.0	1.7	7.0	7.4	15.9
		15	80.2	45.6	66.2	42.7	234.7	1.8	3.2	7.7	12.3	20.1
	POTO	96	77.5	7.6	51.7	41.9	178.7	3.0	2.0	7.5	10.5	22.0
		15	80.8	43.6	62.3	49.8	236.6	2.1	3.3	8.1	11.5	17.5
	PRYE	96	97.5	35.3	34.3	70.7	237.7	2.3	3.5	7.5	9.6	25.5
15		76.4	16.5	49.2	89.9	232.0	1.7	1.9	6.9	12.6	20.8	
ROPA	96	81.9	21.0	46.9	29.8	179.6	2.1	2.1	5.3	6.2	14.5	
	15	78.6	52.2	77.3	64.8	272.9	2.1	4.0	8.8	14.4	23.9	
SACO	15		87.5	18.3	0.3	106.1		1.0	8.0	4.0	12.0	
ZESE	15	77.9	44.6	68.0	48.8	248.2	2.4	3.7	9.2	14.2	19.5	
N		96	86.8	21.4	28.1	25.7	162.0	2.8	2.1	5.6	7.4	16.1
		15	97.3	31.2	53.0	56.5	237.9	2.6	2.4	6.9	11.8	19.0
A		96	84.4	19.3	39.4	33.1	176.2	2.1	1.9	6.5	7.9	16.5
		15	84.0	39.0	55.2	43.6	221.9	1.9	2.8	6.8	11.4	18.2
N+A		96	84.6	19.5	38.3	32.4	174.8	2.2	1.9	6.4	7.8	16.5
		15	72.2	33.5	47.4	37.5	190.6	2.0	2.7	6.8	11.4	18.8

*Vegetation types: QUAL *Quercus aliena* community, QUVA *Quercus variabilis* community, PLST *Platycarya strobilacea* community, QUDE *Quercus dentata* community, QUAC *Quercus acutissima* community, PIDE *Pinus densiflora* community, PSVP *Prunus serrulata* var. *pubescens* community, QUSE *Quercus serrata* community, TIMA *Tilia mandshurica* community, CEDE *Cedrus deodara* community, PITH *Pinus thunbergii* community, ZESE *Zelkova serrata* community, PIRI *Pinus rigida* community, MEGL *Metasequoia glyptostroboides* community, CACR *Castanea crenata* community, PRYE *Prunus yedoensis* community, ALFI *Alnus firma* community, ROPA *Robinia pseudoacacia* community, POTO *Populus tomentiglandulosa* community, PHBA *Phyllostachys bambusoides* community, SACO *Sasa coreana* community, PIKO *Pinus koraiensis* community, CHOB *Chamaecyparis obtusa* community.

110%정도의 가장 높은 증가율을 보였고, 다음으로 굴참나무군락(QUVA) 약 88%, 밤나무군락(CACR) 약 75%, 리기다소나무군락(PIRI) 약 58%, 아까시나무군락(ROPA) 약 52% 등의 순이었다. 층위별로는 교목층에서는 떡갈나무군락(QUDE)과 밤나무군락(CACR)이 각각 50%내외로 가장 높은 증가율을 보였고, 아교목층에서는 은사시나무군락(POTO)과 리기다소나무군락(PIRI)이 각각 7.6%, 7.7%에서 43.6%, 40.8%로 아주 높은 증가율을 보였고, 상수리나무군락(QUAC)과 편백군락(CHOB)은 각각 11.3%, 1.5%에서 39.0%, 5.1%, 그리고 밤나무군락, 곶솔군락(PITH), 아까시나무군락(ROPA), 잔털벗나무군락(PRSP) 등은 각각 35.0%, 18.4%, 21.0%, 7.5%에서 77.7%, 45.6%, 52.2%, 16.3%의 증가율을 보였다. 관목층에서는 리기다소나무군락과 굴피나무군락이 각각 21.2%, 23.7%에서 61.2%, 68.3%로 높은 증가율을 보였고, 소나무군락(PIDI), 상수리나무군락, 개잎갈나무군락(CEDE) 등도 각각 22.8%,

20.5%, 7.6%에서 54.8%, 43.4%, 15.0%의 다소 높은 증가율을 보였다. 초본층에서는 식생유형간 증감율에 있어서 아주 큰 차이를 보이고 있는데 특히 굴참나무군락과 굴피나무군락 등에서 상대적으로 아주 높은 증가율을 보였다.

평균출현종수에 있어서는 전체 식생유형에서 보면 1996년 16.5종에서 2015년 18.8종으로 약 14%가 증가하였고, 층위별로는 아교목층과 관목층에서 약 45% 내외의 다소 높은 증가율을 보이지만 교목층은 약 7~9%내외의 감소 경향을 보였다. 자연식생과 인공식생으로 구분하여 보면 자연식생(18%)이 인공식생(10%)에 비하여 다소 높은 증가율을 보였고, 층위별로는 자연식생은 관목층(24%)과 초본층(60%)에서 인공식생은 아교목층(49%)에서 상대적으로 증가율이 높음을 알 수 있었다. 식생유형별로는 소나무군락이 88%가 증가하여 가장 높은 증가율을 보였고 개잎갈나무군락이 70%가 감소하여 가장 높은 감소율을 보였다.

Table 3. Changes in the relative importance values of the major tree species.

Scientific name	Trees				Subtrees				Shrubs				Herbs			
	1996	2015	Variation		1996	2015	variation		1996	2015	variation		1996	2015	variation	
	A	B	(B-A)	(B-A)/A	A	B	(B-A)	(B-A)/A	A	B	(B-A)	(B-A)/A	A	B	(B-A)	(B-A)/A
<i>Pinus thunbergii</i>	30.2	24.1	-6.2	-0.2	14.5	3.0	-11.6	-0.8								
<i>Alnus firma</i>	27.5	19.9	-7.6	-0.3												
<i>Robinia pseudoacacia</i>	8.7	7.3	-1.5	-0.2												
<i>Pinus rigida</i>	6.1	3.2	-2.8	-0.5	3.8	0.1	-3.7	-1.0								
<i>Quercus serrata</i>	4.4	7.6	3.2	0.7	16.8	9.6	-7.2	-0.4	10.5	4.6	-5.8	-0.6				
<i>Quercus acutissima</i>	4.0	3.1	-0.9	-0.2												
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	2.8	5.6	2.9	1.0												
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i>	2.2	7.5	5.3	2.4	2.7	7.3	4.6	1.7								
<i>Castanea crenata</i>	1.5	2.9	1.4	0.9	1.8	5.6	3.7	2.0								
<i>Quercus mongolica</i>	0.9	1.7	0.8	0.8	3.0	0.9	-2.2	-0.7								
<i>Quercus dentata</i>					5.7	3.0	-2.7	-0.5	6.1	3.0	-3.1	-0.5				
<i>Lindera erythrocarpa</i>					1.6	8.1	6.5	4.0	0.9	7.4	6.5	7.2	0.1	3.1	3.0	32.2
<i>Rhus tricocarpa</i>					5.0	7.4	2.4	0.5								
<i>Stephanandra incisa</i>									12.4	9.6	-2.9	-0.2	0.1	4.8	4.7	56.7
<i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>									6.1	2.4	-3.7	-0.6				
<i>Lespedeza bicolor</i>									4.1	0.7	-3.4	-0.8				
<i>Styrax japonicus</i>					5.0	13.7	8.7	1.8	3.3	5.8	2.5	0.7				
<i>Ligustrum obtusifolium</i>									2.4	5.9	3.5	1.5				
<i>Corylus heterophylla</i>									1.4	3.7	2.3	1.7				
<i>Osmanthus heterophylla</i>									0.2	1.6	1.4	8.2				
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>													9.6	1.6	-8.0	-0.8
<i>Spodiopogon cotulifer</i>													5.5	2.1	-3.4	-0.6
<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>													4.8	0.7	-4.0	-0.8
<i>Carex lanceolata</i>													4.4	8.8	4.4	1.0
<i>Pueraria thunbergiana</i>													3.6	0.7	-2.9	-0.8
<i>Arundinella hirta</i>													2.1	0.0	-2.1	-1.0
<i>Smilax china</i>													2.1	4.7	2.6	1.2
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>													1.5	4.6	3.1	2.1

2) 상대중요치

식생유형별 구성종의 층위별 상대중요치 변화 경향을 증감율이 높은 상위 10개 수종을 대상으로 비교하였다 (Table 3). 먼저 중수준의 경우 교목층에서는 잔털벚나무가 1996년 2.8에서 2015년 7.5로 가장 높은 증가율을 보이는 가운데 밤나무, 신갈나무, 졸참나무 등도 각각 1.5, 0.9, 4.4에서 2.9, 1.7, 7.6으로 다소 증가하였고, 반면 곶술, 사방오리, 리기다소나무, 상수리나무 등은 인공 기원 수종들은 각각 20~50% 내외의 감소율을 보였다. 아교목층에서는 비목나무가 1.6에서 8.1로 가장 높은 증가율을 보였고 때죽나무, 잔털벚나무 등도 각각 5.0, 2.7에서 13.7, 7.3으로 비교적 높은 증가율을 보였다. 관목층에서는 비목나무와 상록성 식물인 구골나무가 각각 0.9, 0.2에서 7.4, 1.6으로 아주 높은 증가율을 보였고 졸참나무, 떡갈나무, 싸리, 산철쭉 등은 각각 50~80% 내외의 감소 경향을 보였다. 초본층에서는 국수나무와 비목나무가 각각 0.1, 0.1에서 4.8, 3.1로 아주 높은 증가율을 보이는 가운데 청미래덩굴, 담쟁이덩굴 등 만목성 식물도 비교적 높은 증가율을 보였으며, 반면 억새, 큰기름새, 가는잎그늘사초, 칩, 새 등 호광성 식물들은 각각 60~100% 내외의 높은 감소 경향을 보였다.

이상을 종합하여 보면 교목층에서는 곶술과 사방오리 등 두 인공식생 요소의 상대중요치가 여전히 최상위 값을 유지하고 있었지만 그 증감율에 있어서는 다소 감소하는 경향을 보였으며, 반면에 졸참나무, 신갈나무, 상수리나무, 잔털벚나무 등의 자연식생 요소의 상대중요치는 비교적

높은 증가율을 보임을 알 수 있었다. 그러나 아교목층 이하에서는 신갈나무, 졸참나무 등 우리나라 잠재자연식생의 상대중요치가 다소 감소한 반면에 난대 및 상록성 식물인 비목나무, 때죽나무, 구골나무 등과 더불어 생태적 적응 범위가 넓은 국수나무의 비율이 급격히 증가함을 알 수 있었다. 교목층과 아교목층 이하간에 구성종의 상대중요치 증감율에 있어서의 이러한 차이는 교목층의 경우 과거 인위적으로 우점된 곶술과 사방오리 등의 자연적 쇠퇴에 따라 상대적으로 자연식생 요소의 상대중요치가 증가한 것으로 보이지만, 비교적 최근에 형성된 아교목층 이하 구성종의 상대중요치 증감에서는 지구온난화가 다소 영향을 미친 것으로 생각된다.

한편, Mori 등(1983)이 군락 구성종의 과(family)별 생태적 중요성을 상대적으로 비교하기 위하여 개발한 과중요치(Family Importance Values, FIV) 순위에 있어서는 전체적으로 20년간 소나무과, 참나무과, 자작나무과, 벼과, 콩과, 장미과 등이 큰 변화 없이 상위 그룹을 형성하고 있음을 알 수 있었다(Figure 1). 과별 중요치 순위에 있어서는 전체 85개 과에서 장미과가 1996년 6순위에서 2015년 1순위로 크게 높아진 점이 특이한데, 이는 입지 적응력이 아주 높은 장미과의 중생식물인 국수나무의 출현 빈도 및 평균 피도가 높아진 것에 기인한 것으로 판단되며 이러한 경향은 자연식생과 인공식생에서 공통적인 현상이었다 (Figure 2).

층위별 중요치 변화 경향을 보면 교목층에서는 장미과(벚나무류)가 1996년 2.5에서 2015년 10.3으로 가장 크게

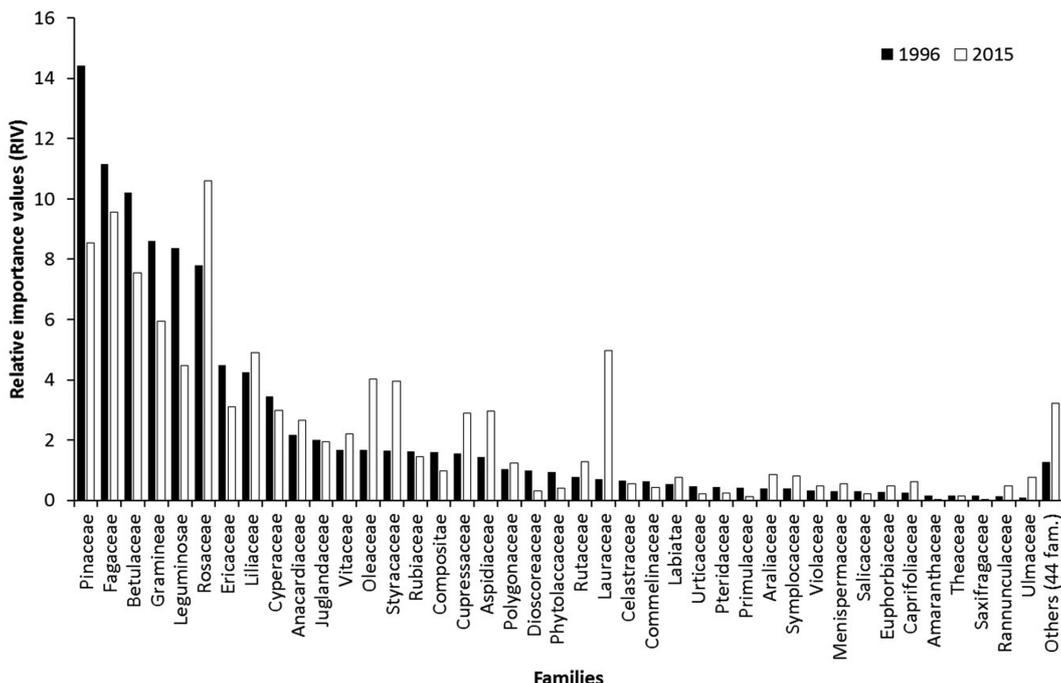


Figure 1. Changes of the family importance values (FIV).

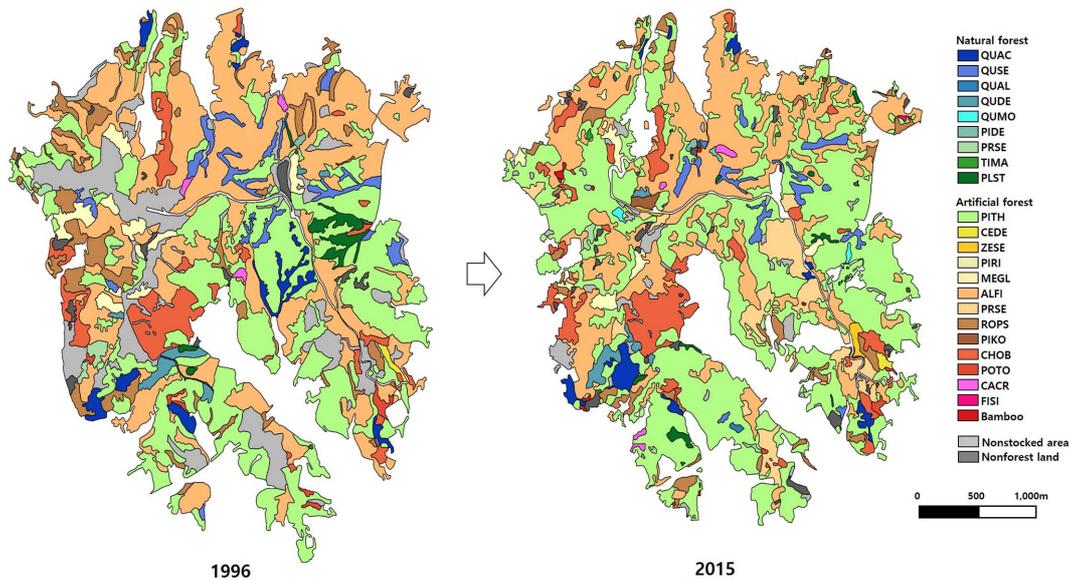


Figure 2. A detailed physiognomic vegetation map of Mt. Hwangyeong. Abbreviations of the name for physiognomic vegetation were shown Table 2.

증가하였고 소나무과와 자작나무과는 다소 감소하였다. 아교목층에서는 전반적으로 때죽나무과, 장미과, 녹나무과 등이 각각 6.3, 4.6, 3.6에서 16.3, 10.1, 9.8로 크게 증가한 반면 참나무과, 소나무과, 가래나무과 등은 다소 감소하였다. 또한 때죽나무과는 자연식생과 인공식생 구분 없이 모두 크게 증가하였고 물푸레나무과는 자연식생에서, 녹나무과와 장미과는 인공식생에서 비교적 증가 경향을 보였다. 관목층에서는 전반적으로 녹나무과가 자연식생과 인공식생 구분 없이 1.3에서 10.3으로 아주 급격히 증가하였고 참나무과, 진달래과, 포도과, 콩과 등은 다소 감소하였으며, 생태적으로 비교적 안정된 입지에 정착하는 백합과는 자연식생에서 50%이상의 증가율을 보였다. 초본층에서는 전반적으로 때죽나무과, 물푸레나무과, 운향과, 장미과 등이 각각 0.2, 0.3, 0.3, 3.3에서 0.7, 1.6, 1.2, 10.9로 높은 증가 경향을 보였고, 과거 교란지 지표식물들이 특징 지우는 마과, 자리공과, 췌기풀과, 비름과, 범의귀과, 산형과 등은 70~80%내외의 감소한 경향이였다. 이상의 과별 중요치 변화 경향을 종합하여 보면, 층위별로 다소 차이가 있지만 전반적으로 온대남부의 대표적인 산림식생 요소인 소나무과와 자작나무과의 구성종은 감소하는 경향이였고, 지난 20년간 숲이 울폐되면서 물푸레나무과, 장미과 등의 중생식물과 녹나무과와 때죽나무과 등 상록성 및 난대성 구성종이 크게 증가한 경향이였다.

3. 종다양성 및 생활형 조성

1) 종다양성

산림식생 구성종의 단위면적당(100 m²) 종풍부도(species richness S)와 종다양도 (Shannon's index H'), 그리고 종

우점도(Simpson's index λ) 등의 변화 경향을 파악하였다. 종풍부도(S)는 전체적으로 큰 변화가 없었으나 아까시나무군락에서 10종이 증가하여 가장 큰 증가폭을 나타내었고 층위별로는 관목층과 초본층에서 각각 2~4종 내외의 감소한 경향이였다. 종다양성 지수(H')는 전체적으로 1996년 1.464에서 2015년 1.802로 다소 증가하였고, 아까시나무군락에서 1.567에서 2.178로 가장 크게 증가하였으며, 층위별로는 교목층과 초본층은 거의 변화가 없었으나 아교목층과 관목층에서 각각 0.380, 0.862에서 0.650, 1.083로 다소 증가하였다. 종우점도 지수(λ)는 전체적으로 0.357에서 0.255로 감소하였다.

2) 생활형 조성

상관식생별 구성종의 생활형 조성(Life form spectrum)의 변화 경향을 구성종의 상대중요치로 파악하였다. 전체 산림식생 구성종의 생활형 조성은 1996년과 2015년 모두 휴면형(dormancy form)은 대형지상식물, 근계형(radicoid form)은 단립식물, 산포형(disseminule form)은 중력산포형, 그리고 생육형(growth form)은 직립형이 중심형을 구성하는 'MM-R₃-D₄-e'로 나타났다. 휴면형은 1996년과 2015년 모두 대형지상식물(MM)이 가장 높게 나타나는 가운데 큰 변화는 없었지만, 반지중식물(H)과 일년생 식물(Th)은 감소한 반면 관목성인 미소지상식물(N)이 상대적으로 높은 증가율을 나타내었다. 근계형은 근경이 짧게 분지하고 가장 좁은 범위의 연결체를 갖는 R₃형이 중심 유형으로 유지되고 있는 등 큰 변화가 없었다. 종자 산포형은 중력산포형(D₄)이 중심 유형을 이루고 있었으며 풍수산포형(D₁)은 다소 감소한 반면, 동물산포형(D₂)은 70%이상의 증가

Table 4. Spatial distribution area of the vegetation types in the study area.

Origin	Vegetation types (based on the dominant trees)	1996 (A)		2015 (B)		Variation
		Area (ha)	Ratio (%)	Area (ha)	Ratio (%)	(B-A)/A
Natural vegetation	<i>Quercus aliena</i> community			0.5	0.1	
	<i>Platycarya strobilacea</i> community	9.6	1.2	3.7	0.5	-61.5
	<i>Quercus dentata</i> community	7.1	0.9	5.9	0.8	-16.9
	<i>Quercus acutissima</i> community	17.3	2.1	12.0	1.6	-30.6
	<i>Pinus densiflora</i> community	0.6	0.1	1.0	0.1	66.7
	<i>Quercus mongolica</i> community		0.0	1.2	0.2	
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> community	4.0	0.5	1.9	0.3	-52.5
	<i>Quercus serrata</i> community	22.2	2.7	14.5	1.9	-34.7
	<i>Tilia mandshurica</i> community		0.0	0.4	0.1	
	subtotal	60.8	7.4	41.1	5.4	-32.4
Artificial vegetation	<i>Cedrus deodara</i> community	1.4	0.2	1.2	0.2	-14.3
	<i>Pinus thunbergii</i> community	257.4	31.5	337.2	44.5	31.0
	<i>Zelkova serrata</i> community		0.0	2.3	0.3	
	<i>Pinus rigida</i> community	20.6	2.5	1.1	0.1	-94.7
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> community		0.0	0.2	0.0	
	<i>Castanea crenata</i> community	2.1	0.3	2.7	0.4	28.6
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> community		0.0	38.3	5.1	
	<i>Firmiana simplex</i> community		0.0	0.2	0.0	
	<i>Alnus firma</i> community	271.6	33.3	218.5	28.8	-19.6
	<i>Robinia pseudoacacia</i> community	52.4	6.4	24.4	3.2	-53.4
	<i>Populus tomentiglandulosa</i> community	3.8	0.5	1.7	0.2	-55.3
	<i>Pinus koraiensis</i> community		0.0	1.9	0.3	
<i>Bamboo</i> community		0.0	1.6	0.2		
<i>Chamaecyparis obtusa</i> community	42.4	5.2	47.6	6.3	12.3	
	subtotal	651.6	79.8	679.0	89.6	4.2
Others	Nonstocked area	95	12	19	3	-88
	Nonforest land	9.3	1.1	9.9	1.3	6.5
	subtotal	104.0	12.7	29.2	3.9	-71.9
Total		816.3	100.0	757.5	100.0	-7.2

율을 나타 내었다. 생육형은 직립형(e)이 중심 유형을 이루고 있었으며 큰 변화는 없었다.

4. 식생유형의 공간분포 및 산림경관 요소

연구 대상지 상관식생유형의 경시적 공간 분포 상태를 비교하기 위하여 대축척 정밀상관식생도를 작성하였다 (Table 4, Figure 2). 정밀상관식생도 작성 면적은 1996년은 816.3 ha에서 2015년은 757.5 ha로 약 58.8 ha가 감소하였는데 이는 20년간 다양한 개발압에 의한 임지가 주거지나 기타 시설지로 전용된 결과로 생각된다. 전체적으로 자연림 식생요소는 약 32.4%가 감소하였고, 인공림 식생요소는 4.2%가 증가하였으며, 그리고 무림목지는 88%가 크게 감소한 경향이었다. 상관식생유형별로는 곰솔군락을 제외한 대부분의 유형에서 공간분포 면적이 감소하였는데 특히 리기다소나무군락, 굴피나무군락, 은사시나무군락 등은 모두 50%이상 크게 감소하였다.

Table 5는 정밀상관식생도상 구분된 모든 상관(식생유

형+무림목지+비산림지)을 산림경관 개별 구성 요소로 보고 각 구성 요소의 공간적 변화 경향을 비교한 것이다. 정밀상관식생도상 경계가 구획된 각 구역(폴리곤)을 하나의 패치(Patch)로 보았을 때, 전체 패치 수는 1996년 329개 패치에서 2015년 437개 패치로 약 33%가 증가하였고, 인공림 구성요소가 자연림 구성요소에 비하여 거의 두 배 정도로 패치수가 증가하였다. 특히 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 곰솔군락의 패치 수가 약 46%정도의 높은 증가율을 보였는데, 이는 인위적 간섭 및 자연적 천이에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 굴피나무군락, 밤나무군락 등도 60%정도의 높은 증가율을 보였는데, 이는 이들 군락의 성립위치가 인위적 간섭이 미치지 쉬운 저지대 또는 등산로변에 위치하여 상대적으로 지속적이고 다양한 교란압을 많이 받았기 때문이다. 한편 평균 패치 면적의 경우 1996년 2.5 ha에서 2015년 1.7 ha로 0.8 ha가 감소하였다. 이상을 종합하여 보면 1996년에 비하여 패치수는 증가하고 패치당 평균면적은 감소하여 시가화구역에 고

Table 5. Comparison of the number of patches and its average area in each vegetation types in the study area.

Origin	Vegetation types (based on the dominant trees)	Number of pathces				Average area of patches			
		1996 (A)		2015 (B)		Variation	1996	2015	Variation
		Number	Ratio (%)	Number	Ratio (%)	(B-A)/A	Area (ha)	Area (ha)	(B-A) (B-A)/A
Natural vegetation	<i>Quercus aliena</i> community			1	0.2			0.5	0.5
	<i>Platycarya strobilacea</i> community	5	1.5	8	1.8	60.0	1.9	0.5	-1.4 -74
	<i>Quercus dentata</i> community	6	1.8	4	0.9	-33.3	1.2	1.5	0.3 25
	<i>Quercus acutissima</i> community	11	3.3	10	2.3	-9.1	1.6	1.2	-0.4 -25
	<i>Pinus densiflora</i> community	1	0.3	2	0.5	100.0	0.6	0.5	-0.1 -17
	<i>Quercus mongolica</i> community		0.0	2	0.5			0.6	0.6
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> community	4	1.2	4	0.9	0.0	1.0	0.5	-0.5 -50
	<i>Quercus serrata</i> community	17	5.2	16	3.7	-5.9	1.3	0.9	-0.4 -31
	<i>Tilia mandshurica</i> community		0.0	2	0.5			0.2	0.2
	subtotal	44	13.4	49	11.2	11.4	1.4	0.8	-0.6 -43
Artificial vegetation	<i>Cedrus deodara</i> community	1	0.3	2	0.5	100.0	1.4	0.6	-0.8 -57
	<i>Pinus thunbergii</i> community	69	21.0	101	23.1	46.4	3.7	3.3	-0.4 -11
	<i>Zelkova serrata</i> community		0.0	3	0.7			0.8	0.8
	<i>Pinus rigida</i> community	13	4.0	10	2.3	-23.1	1.6	1.0	-0.6 -38
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> community		0.0	1	0.2			0.1	0.1
	<i>Castanea crenata</i> community	3	0.9	5	1.1	66.7	0.7	0.4	-0.3 -43
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> community		0.0	16	3.7			2.4	2.4
	<i>Firmiana simplex</i> community		0.0	1	0.2			0.2	0.2
	<i>Alnus firma</i> community	55	16.7	60	13.7	9.1	4.9	3.6	-1.3 -27
	<i>Robinia pseudoacacia</i> community	49	14.9	39	8.9	-20.4	1.1	0.6	-0.5 -45
	<i>Populus tomentiglandulosa</i> community	5	1.5	6	1.4	20.0	0.8	0.3	-0.5 -63
	<i>Pinus koraiensis</i> community		0.0	1	0.2			1.9	1.9
	Bamboo community		0.0	10	2.3			0.2	0.2
<i>Chamaecyparis obtusa</i> community	21	6.4	27	6.2	28.6	2.0	1.8	-0.2 -10	
subtotal	216	65.7	282	64.5	30.6	3.0	2.4	-0.6 -20	
Others	Nonstocked area	51	15.5	59	13.5	15.7	3	1	-2.4 -134
	Nonforest land	18	5.5	47	10.8	161.1	0.5	0.2	-0.3 -60
	subtotal	69	21.0	106	24.3	53.6	1.5	0.3	-1.2 -80
Total		329	100.0	437	100.0	32.8	2.5	1.7	-0.8 -32

립되어 있는 황령산의 생태적 안정성 유지에 많은 문제점을 초래하고 있어 대책 마련이 시급하다.

감사의 글

본 연구는 국립산림과학원 연구과제 “도시숲 식생구조 변화 조사 및 정밀식생도 작성”연구에 의해 수행되었습니다.

References

- Bastian, O. and Bernhardt, A. 1993. Anthropogenic landscape changes in Central Europe and the role of bioindication. *Landscape Ecology* 8(2): 139-151.
- Bastin, L. and Thomas, C.D. 1999. The distribution of plant species in urban vegetation fragments. *Landscape Ecology* 14(5): 493-597.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer-Verlag, Wien and New York.
- Cho, H.J. 1997. Development of Ecological Management strategies on Urban Forests-On the Mt. Hwangryong, Busan Metropolitan City-. *Korea Forest Research Institute. Forestry Information* 70: 42-45.
- Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde*. Ulmer, Stuttgart. pp. 136.
- Korea Forest Service. 2015. Korean Plant Names Index. <http://www.nature.go.kr/kpni/index.do> (2016.4.20.).
- Godefroid, S. and Koedam, N. 2003. How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the wood-

- land flora in an urban context? *Global Ecology & Biogeography* 12: 287-298.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2011. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 6.0 for Windows. MjM Software, Oregon, U.S.A.
- Microsoft Corporation. 2013. MS Office Excel 2013 (Korean).
- Mori, S.A., Boom, B.M., de Carvalino, A.M., and dos Santos, T.S. 1983. Ecological Importance of Myrtaceae in an Eastern Brazilian Wet Forest. *Biotropica* 15(1): 68-70.
- National Geographic Information Institute. 2010. High Resolution Airborne Digital Ortho Imagery(Busan 033,034, 035,043,044,045). National Geographic Information Institute. Korea.
- Numata, M. 1987. A Treatise on Plant Ecology. Tokai University Press. pp. 918.
- Organization for Landscape and Urban Greenery Technology Development. 2000. The ecological network of the city. Gyosei, Tokyo. pp. 39-43.
- QGIS Development Team. 2015. QGIS ver. 2.12.2. <http://www.qgis.org/ko/site/forusers/download.html> (2016. 2.17).
- Raunkiaer, C., 1934. Life Form of Plants and Statistical Plant Geography, Charendon Press, Oxford Univ. Press, London. pp. 623.
- Riitters, K.H., Wickham, J.D., O'Neill, R.V., Jones, K. B. and Smith E.R. 2000. Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conserv Ecol* 4(3). <http://www.consecol.org/Journal/vol4/iss2/art3/>(2016. 3.18).
- Song, I., Hong, S., Kim, H., Byun, B., and Gin, Y. 2005. The pattern of landscape patches and invasion of naturalized plants in developed areas of urban Seoul. *Landscape and Urban Planning* 70: 205-219.

(Received: April 26, 2016; Accepted: July 5, 2016)