

경주국립공원 불국사 사찰림의 식생구조^{1a}

강현미² · 최송현^{3*} · 이수동⁴ · 조현서⁵ · 김지석⁶

Vegetation Structure of the Bulguksa Buddhist Temple Forest in the Gyeongju National Park^{1a}

Hyun-Mi Kang², Song-Hyun Choi^{3*}, Soo-Dong Lee⁴, Hyun-Seo Cho⁵, Ji-Suk Kim⁶

요약

경주국립공원 불국사 주변 사찰림을 중심으로 식생구조를 파악하기 위하여 42개의 조사구(단위면적 100m²)를 설치하여 식생조사를 실시하였다. Classification 분석 중 TWINSpan 기법을 이용하여 군락분리를 시도한 결과, 군락 I 은 소나무-갯나무군락, 군락 II 는 소나무군락, 군락 III 은 소나무-단풍나무군락, 군락 IV 는 단풍나무-소나무군락으로 최종 분리되었다. 식생구조 분석결과 경주국립공원 불국사 주변 사찰림은 소나무가 우점하고 있었다. 군락IV는 소나무군락에 단풍나무가 유입되면서 단풍나무-소나무군락으로 군락이 변한 것으로 파악되었다. 그러나 최근 자연발생적으로 아교목층과 관목층에 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 신갈나무가 확산되고 있어 추후 소나무와의 경쟁이 예상된다. 본 조사지역의 산림식생의 임령은 소나무가 우점종인 산림은 30~100년 내외인 것으로 밝혀졌으며, 단풍나무는 30~36년의 수령을 가진 것으로 나타났다.

주요어: TWINSpan, 임령, 단풍나무, 소나무

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the vegetation structure of Bulguksa around Buddhist Temple Forest in the Gyeongju National Park. To do so, forty-two plots(100m²) were set up and surveyed. The surveyed plots were divided into four groups according to the analysis of classification by TWINSpan; (I) *Pinus densiflora*-*Pinus koraiensis* community, (II) *Pinus densiflora* community, (III) *Pinus densiflora*-*Acer palmatum* community, (IV) *Acer palmatum*-*Pinus densiflora* community. The results of vegetation structure analysis were; Bulguksa around Buddhist Temple Forest in the Gyeongju National Park were dominated by *Pinus densiflora*. IV community, influx of *Acer palmatum* in *Pinus densiflora* community, *Acer palmatum*-*Pinus densiflora* community are believed to be a change to the community. But, recent spontaneously is growing *Quercus variabilis*, *Quercus aliena*, *Quercus serrata*, *Quercus mongolica* in understory and shrub layer. Later, it is expected that *Pinus densiflora* competition. The forest vegetation age of the study area is *Pinus densiflora* were dominant trees in forest was 30~100 years, old while that of *Acer*

1 접수 2012년 9월 4일, 수정(1차: 2012년 10월 8일), 게재확정 2012년 10월 9일

Received 4 September 2012; Revised(1st: 8 October 2012); Accepted 9 October 2012

2 부산대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Pusan Nat'l Univ., Miryang(627-706), Korea

3 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Nat'l Univ., Miryang(627-706), Korea

4 경남과학기술대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam Nat'l Univ. of Science and Technology, Jinju(660-758), Korea

5 경남과학기술대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Gyeongnam Nat'l Univ. of Science and Technology, Jinju(660-758), Korea

6 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan Nat'l Univ., Miryang(627-706), Korea

a 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author(songchoi@pusan.ac.kr)

palmatum was 30~36 years old.

KEY WORDS: TWINSPAN, FOREST AGE, *Acer palmatum*, *Pinus densiflora*

서론

우리나라 국립공원 중 유일한 사적형 국립공원인 경주국립공원은 1968년 12월 31일 토함산지구, 남산지구, 대본지구 총 3개의 지구가 국립공원으로 지정되었으며, 그 후 1971년 11월 서약지구, 화랑지구, 소금강지구, 단석산지구가 추가 지정되었으며, 1974년 12월 구미산지구가 추가 지정되어 현재 총 8개 지구가 국립공원으로 지정, 관리되고 있다(Gyeongju-si, 2005). 경주국립공원은 역사적 사찰들이 모여 있는 곳으로, 경주의 대표적인 문화재라 할 수 있으며, 우리나라의 대표 사찰 중 하나인 불국사는 경주국립공원 8개 지구 가운데 가장 면적이 넓은 토함산지구에 위치하고 있다.

경주국립공원 식물상은 Kim(1994)에 의해 총 277종류로 보고된 바 있으며, National Science Museum(1997)에서 조사한 결과에 따르면 전체 448종류로 밝혀져 총 540종류로 정리되었으나, Gyeongju-si(2005)에서 실시한 조사에 의하면 경주국립공원 관속식물 종류는 총 729종류로 나타났다. 그 중 불국사가 포함된 토함산지구는 총 277종류가 조사되었다(Gyeongju-si, 2005).

현재까지 경주국립공원에 관한 연구의 대부분은 사적형 국립공원이라는 특수한 성격 때문에 관리체계(Lee, 2008; Im, 2009), 관리방안(Kim, 2009; Han, 1991), 문화재(Shin, 2000) 등에 관한 연구들이 주를 이루었으며, 자연자원에 관한 연구는 공원자원모니터링(KNPS Gyeongju National Park, 2010), 자연자원조사(KNPS, 2008), 경주국립공원 생태계 연구(National Science Museum, 1997) 등이 있다.

경주국립공원 지역의 식생에 관한 기존 연구로는 경주국립공원 화랑지구의 관속식물상과 관리방안 연구(You et al., 2011), 경주국립공원 남산일대의 현존삼림식생과 식물상 연구(Lee, 1991), 경주국립공원 남산지구 유적주변의 식생 보존 방안에 관한 연구(Choe, 2002) 등이 있었으나 다른 국립공원 지역에 비하여 식생에 관한 연구는 거의 이루어지고 있지 않은 실정이었다. 불국사에 관련된 연구 또한 문화재와 시설물에 대한 연구가 주류였으며, 식생구조나 산림의 생태적 특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

한편, 사찰은 신라시대 말기 이후 구산선문의 발달과 함께 산지에 위치하는 경우가 많으며, 사찰의 특성상 승려들의 친자연적 삶의 영위로 말미암아 사찰은 수려한 곳에 위

치해 있고, 산림을 보호하는 데 크게 이바지하는 것으로 알려져 있다(Yi and Yi 2002; Lee et al., 2011). 실제로 사찰의 사유재산으로 주변의 산지가 경내지로 편입되면서 자연 보호에 일조한 것은 사실이다. 그러나 사찰의 종교적 특성상, 과거 산림 관리에 대한 기록은 많이 남아 있지 않으며, 1967년 이후 국립공원 구역 내로 상당수가 편입되었다(Lee et al., 2011).

일반적으로 사찰림이라 부르는 산림은 사찰경관의 일부로서(Jeong, 1997) 사찰경관의 효과를 위해 지속적이고 인위적 관리를 통해 자연성을 유지하며 이어 온 형태가 가장 많은 것으로 알려져 있으나(Gwak and Sin, 1980; Ha et al., 1997), 이러한 형태는 주로 울타리 안을 뜻하는 협의의 경내 및 진입부에 대해 이뤄지는 경우가 많았다(Lee et al., 2011). 따라서 사찰소유의 토지 경계내의 광범위한 지역에 대한 산림의 연구는 사찰림으로서 보다는 자연공원의 연구로서 주로 행해졌다(Choi et al., 2008).

사찰림에 관한 기존 연구로는 석남사지역의 식생경관 관리를 위한 삼림구조 분석(Baek et al., 2000)과 불국사 지역의 사찰림에 관한 연구로는 토함산 불국사의 생태가치평가(Choi et al., 2008), 한국의 전통사찰에서 연구된 전국의 국립공원 내에 위치한 7개 사찰(신흥사, 범주사, 내장사, 천은사, 화엄사, 해인사, 불국사)에 대해 사찰에서 크게 관심을 갖지 않는 경내지 산림의 식생구조를 파악하여 산림에 대해 생태적 가치를 파악한 연구 자료가 있다(Lee et al., 2011). 그 외의 학술적으로 연구가 미비한 실정이다.

우리나라 사찰림의 대부분 과거부터 유지·관리되어 온 것으로 추측되나 이를 뒷받침할 만한 증거들은 찾을 수 없으며, 현재는 사찰림을 유지·관리하기 위한 관리계획이 전무하다. 이는 사찰림이 사찰의 사유재산에 속해 있기 때문에 사찰에서 관리해야하나 사찰에서는 관리 인력의 문제 등으로 관리가 되지 않고 있기 때문이다. 그런데 이러한 사찰림 중 국가에 귀속되어 공익재산으로 국가의 관리를 받고 있는 사찰림이 있는데, 경북 문경에 위치한 봉암사 사찰림이다. 봉암사 주변 회양산 일대 사찰림은 2002년 1월 21일 '산림유전자원보호림'으로 지정되었으며, 2010년 3월 10일 '산림보호법'시행에 따라 현재는 '산림유전자원보호구역'으로 지정되어 국가에 귀속되어 사유재산이 아닌 공익재산으로 국가의 관리를 받고 있다. 이는 사찰의 사유재산인 사찰림을 국가보호지역으로 지정한 것으로 이렇게 국가의 보호를

받게 될 경우 사유권 행사가 거의 불가능하기 때문에 대부분의 사찰들은 사찰림의 공유화를 실시하지 않고 있다.

그러나 최근 들어 불교계에서도 사찰림에 대한 중요성을 인식하고 사찰림에 대한 고민을 지속적으로 하고 있어 앞으로 사찰림에 대한 중요성 및 관리에 관한 더 많은 연구가 이루어 질 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사찰림의 중요성 및 관리 연구의 일환으로 경주국립공원의 대표적 사찰인 불국사 사찰림의 식생구조를 살펴보고 이를 통해 사찰림의 관리방향을 제시하는 기초자료로 활용하고자 하였다.

연구방법

1. 조사구 설정

경주국립공원 불국사 주변 사찰림을 중심으로 Figure 1과 같이 10m×10m(100m²)의 조사구 42개를 설치하였다. 본 연구는 2011년 2월에 예비조사를 거쳐 2011년 7월에 본 조사를 실시하였다.

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

경주국립공원 불국사 주변 사찰림의 식생구조를 파악하기 위하여 식생조사를 실시하였다.

식생 조사는 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어(Park, 1985) 수관층위별로 조사를 실시하였다. 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 수고 2m이하의 수목을 관목층으로, 기타 수목을 아교목층으로 구분하였다. 교목층과 아교목층에서는 수목을 10m×10m 크기 방형구에서 수목의 높이와 흉고직경을, 관목층에서는 각 방형구에 5m×5m 크기의 중첩방형구 1개소에서 수목의 수관폭(장변×단변)을 조사하였다. 각 조사지의 환경요인은 고도, 방향, 경사도, 식피율, 수고, 종수 등을 조사하였다.

2) 식물군집구조 조사

식생조사 자료를 토대로 각 수준의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도+상대피도+상대빈도수)/3으로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P)를 구하였다.

상대우점치 분석 자료를 토대로 TWINSpan에 의한 classification분석(Hill, 1979b)과 DCA ordination(Hill, 1979a)분석을 실시하였다. 식생자료를 토대로 유사도를 비교 분석하였고, Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 유사도지수(Similarity Index=2C/A+B, A=A표본의 종수, B=B표

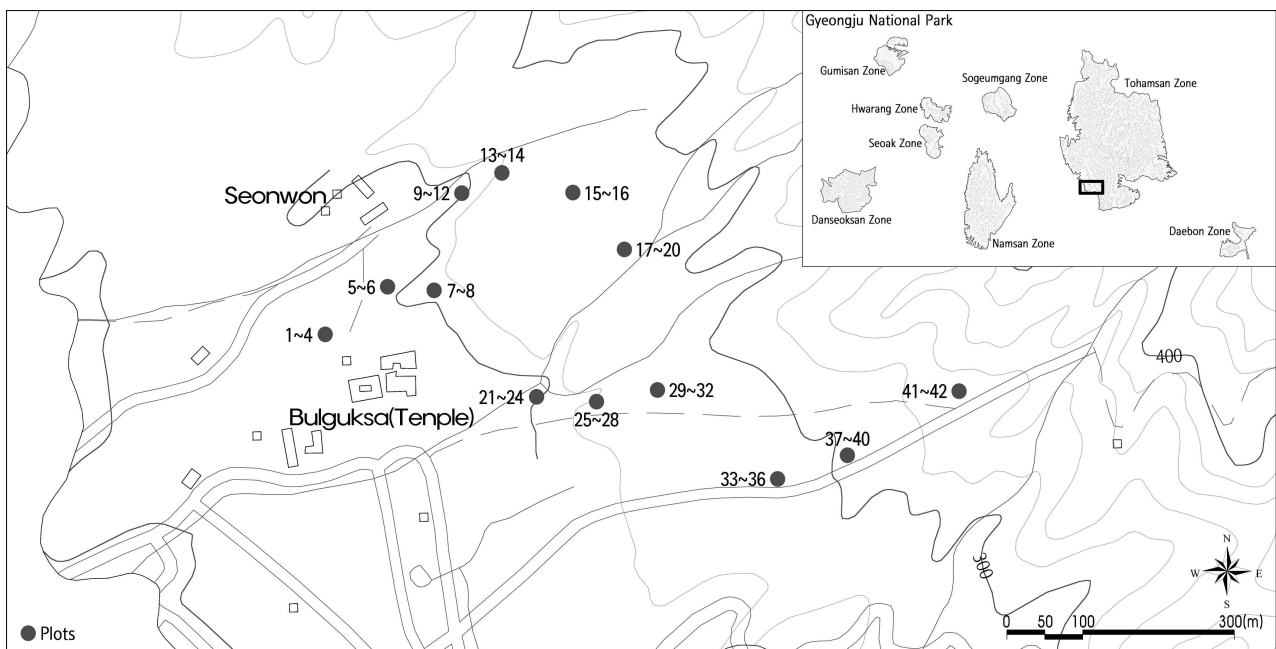


Figure 1. Map of the surveyed plots in Gyeongju National Park

본의 종수, C=두 표본의 공통종수)를 분석하였으며, 그 외 종간 상관관계 분석 등을 실시하였다.

3) 연륜 및 성장량 조사

조사구에서 우점종 중 평균흉고직경에 해당하는 수목 혹은 대표적이거나 특징적인 수목을 선정하였다. 선정된 수목을 지상으로부터 1.2m 높이에서 성장추를 이용하여 목편을 추출하였고 추출된 목편을 분석하여 수목의 수령 및 성장량을 파악하였다.

결과 및 고찰

1. 대상지 개황

경주국립공원 불국사 주변 사찰림을 중심으로 설치된 조사구의 일반적 개황을 나타내었다(Table 1). 조사구는 총 42개로 해발 240~338m 사이에 분포하고 있다.

산림 식생의 수고는 교목층 13~23m, 아교목층은 3~14m, 관목층은 2.0m 이하의 범위에서 관찰 되었다. 층위별 평균

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Plot number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altitude(m)	240	240	240	240	248	248	257	257	268
Aspect	N20W	N20W	N20W	N20W	N25W	N25W	N40W	N40W	N25E
Slope(°)	27	27	27	27	27	27	21	21	20
Number of species	9	15	9	7	14	10	9	16	7
Canopy	Height(m)	22	22	22	22	22	20	20	18
	Mean DBH(cm)	58.3	51.8	50.4	42.5	56.4	47.5	51.2	61.8
	Cover(%)	70	70	70	70	70	70	70	70
Understory	Height(m)	8	8	8	8	9	9	10	4
	Mean DBH(cm)	5.8	7.6	5.3	5.8	11.0	8.9	7.5	5.0
	Cover(%)	40	40	40	40	30	30	40	50
Shrub	Height(m)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
	Cover(%)	15	15	15	15	10	10	5	70

(Table 1. Continued)

Plot number	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Altitude(m)	268	268	268	276	276	286	286	289	289
Aspect	N25E	N25E	N25E	S60W	S60W	S60W	S60W	S60W	S60W
Slope(°)	20	20	20	5	5	3	3	12	12
Number of species	8	10	9	9	16	8	9	12	12
Canopy	Height(m)	18	18	18	20	20	13	13	20
	Mean DBH(cm)	29.7	31.4	27.8	28.5	30.9	17.8	20.8	26.9
	Cover(%)	70	70	70	80	80	80	80	80
Understory	Height(m)	4	4	4	3	3	3	3	5
	Mean DBH(cm)	3.7	3.5	4.4	6.5	4.1	1.7	4.0	2.7
	Cover(%)	50	50	50	80	80	5	5	5
Shrub	Height(m)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
	Cover(%)	70	70	70	10	10	70	70	70

(Table 1. Continued)

Plot number	19	20	21	22	23	24	25	26
Altitude(m)	289	289	263	263	263	263	270	270
Aspect	S60W	S60W	S55W	S55W	S55W	S55W	S65W	S65W
Slope(°)	12	12	14	14	14	14	6	6
Number of species	18	8	9	5	13	7	12	6
Canopy	Height(m)	20	20	20	20	20	20	20
	Mean DBH(cm)	27.7	22.5	21.0	22.0	31.8	-	44.0
	Cover(%)	80	80	30	30	30	30	50
Understory	Height(m)	5	5	13	13	13	13	14
	Mean DBH(cm)	4.9	2.2	10.4	6.9	13.7	16.8	11.4
	Cover(%)	5	5	70	70	70	70	50
Shrub	Height(m)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
	Cover(%)	70	70	10	10	10	10	5

(Table 1. Continued)

Plot number	27	28	29	30	31	32	33	34
Altitude(m)	270	270	282	282	282	282	294	294
Aspect	S65W	S65W	S65W	S65W	S65W	S65W	N80W	N80W
Slope(°)	6	6	13	13	13	13	5	5
Number of species	10	10	11	13	12	13	4	4
Canopy Height(m)	20	20	23	23	23	23	13	13
Canopy Mean DBH(cm)	32.1	39.8	31.2	37.8	35.3	31.9	19.0	15.4
Canopy Cover(%)	50	50	70	70	70	70	80	80
Understory Height(m)	14	14	6	6	6	6	6	6
Understory Mean DBH(cm)	13.2	8.6	4.6	4.6	6.9	4.7	10.2	3.1
Understory Cover(%)	50	50	60	60	60	60	10	10
Shrub Height(m)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.5	<0.5
Shrub Cover(%)	5	5	30	30	30	30	5	5

(Table 1. Continued)

Plot number	35	36	37	38	39	40	41	42
Altitude(m)	294	294	307	307	307	307	338	338
Aspect	N80W	N80W	S55W	S55W	S55W	S55W	S55W	S55W
Slope(°)	5	5	9	9	9	9	15	15
Number of species	6	4	13	12	18	11	14	21
Canopy Height(m)	13	13	18	18	18	18	22	22
Canopy Mean DBH(cm)	17.3	15.2	27.8	39.5	18.3	17.3	39.0	41.7
Canopy Cover(%)	80	80	80	80	80	80	40	40
Understory Height(m)	6	6	7	7	7	7	10	10
Understory Mean DBH(cm)	7.8	10.3	3.9	6.0	8.5	5.3	14.7	7.9
Understory Cover(%)	10	10	40	40	40	40	60	60
Shrub Height(m)	<0.5	<0.5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Shrub Cover(%)	5	5	40	40	40	40	40	40

흉고직경 값을 살펴보면, 교목층 28.6cm, 아교목층 7.0cm로 조사되었다. 그 중 소나무의 평균 흉고직경은 교목층에서 31.2cm로 조사되었다. 교목층 전체의 평균 흉고직경에 비해 교목층에서 나타나고 있는 소나무의 평균 흉고직경이 좀 더 크게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있었다. 단풍나무의 평균 흉고직경을 보면, 교목층에서 15.2cm, 아교목층에서 7.9cm로 교목층과 아교목층 사이에서 높은 흉고직경의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 층위별 식피율을 살펴보면,

교목층 30~80%, 아교목층 5~80%, 관목층 5~70%로 관찰되었다.

2. 식생구조분석

1) Classification 분석

전체 42개 조사구에 대해 군락별 유형 분류를 하기 위하여 classification 분석 중 TWINSpan 기법을 적용하여 조

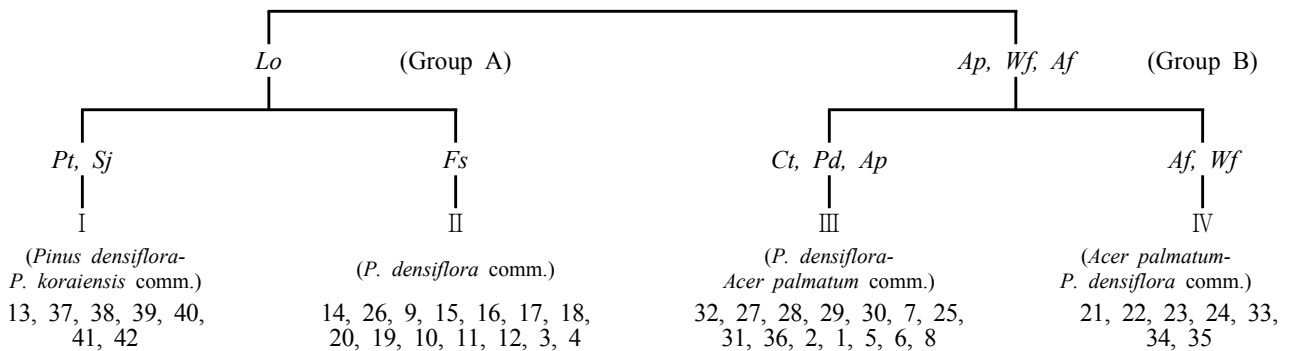


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan using forty-two plots in Gyeongju National Park (Lo: Linderla obtusiloba, Ap: Acer palmatum, Wf: Wisteria floribunda, Af: Abies firma, Pt: Parthenocissus tricuspidata, Sj: Styrax japonica, Fs: Fraxinus sieboldiana, Ct: Carpinus tschonoskii, Pd: Pinus densiflora)

Quercus mongolica, Sa: *Sorbus alnifolia*, Ps: *Prunus serrulata* var. *spontanea*, Lc: *Lespedeza cryptobotrya*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Lma: *Lespedeza maximowiczii*, Ve: *Viburnum erosum*, Sc: *Smilax china*, Psa: *Prunus sargentii*, Pd: *Pinus densiflora*, Ah: *Alnus hirsuta*, Cs: *Corylus sieboldiana*, Qs: *Quercus serrata*, Mk: *Magnolia kobus*, Sj: *Styrax japonica*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*, Dl: *Diospyros lotus*, Vd: *Viburnum dilatatum*, Qa: *Quercus aliena*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Lg: *Lindera glauca*, Qv: *Quercus variabilis*, Ef: *Euonymus fortunei* var. *radicans*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Ss: *Smilax sieboldii*, Ck: *Celtis koraiensis*, Aq: *Akebia quinata*, Va: *Vitis amurensis*, Lob: *Ligustrum obtusifolium*, Rp: *Robinia pseudoacacia*, Jr: *Juniperus rigida*, Wf: *Wisteria floribunda*, Af: *Abies firma*, Ea: *Euonymus alatus* for. *Ciliato-dentatus*, Zse: *Zelkova serrata*, Csi: *Celtis sinensis*, Ro: *Rubus oldhamii*, Ik: *Indigofera kirilowii*, Ch: *Corylus heterophylla*, Cw: *Cornus walteri*, Cj: *Callicarpa japonica*, Ct: *Carpinus tschonoskii*, Apa: *Acer palmatum*

사구별 종조성을 나타내고(Table 2)(Choi *et al.*, 1998), 지표 종을 중심으로 군락구분을 실시하였다(Figure 2).

군락구분은 각 조사구에서 출현하는 수종들 중 환경요인을 간접적으로 반영하는 구분종(differential species)에 의해 이루어진다(Lee *et al.*, 1994).

경주국립공원 불국사 주변 식생은 첫 번째 단계에서 생강나무(-)가 왼쪽(group A)의 지표종으로, 오른쪽(group B)으로는 단풍나무(+), 등나무(+), 일본전나무(+), 단쟁이덩굴(-)과 때죽나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구와 쇠물푸레나무(+), 소나무(-), 단풍나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구와 일본전나무(+), 등나무(+), 단풍나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구로 분리되었다. 두 번째 단계에서 그룹 A 조사구들은 담쟁이덩굴(-)과 때죽나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구와 쇠물푸레나무(+), 소나무(-), 단풍나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구와 일본전나무(+), 등나무(+), 단풍나무(-)를 지표종으로 갖는 조사구로 분리되었다.

분리결과 군락 I은 소나무-잣나무군락, 군락 II는 소나무군락, 군락 III은 소나무-단풍나무군락, 군락 IV는 단풍나무-소나무군락으로 최종 분리되었다.

2) Ordination 및 유사도지수 분석

Classification 분석과 상호보완적인 방법으로 군락의 분포를 알아보기 위해(Lee *et al.*, 1994; Choi and Kang, 2006) ordination 분석 방법 중 DCA 기법을 적용하여 전체 42개 조사구에 대해 분석을 실시하였다(Figure 3). 또한 classification 분석에 의해 분리된 4개 군락에 대해 유사도지수 분석을 실시하였다(Table 3).

각 조사구간의 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는 ordination 분석(Orloci, 1978) 결과, 교목층에서 동일 수종인 소나무가 우점종으로 조사 되었다. 그 외 아교목층에서 서로 다른 수종이 우점종으로 나타나고 있으나, 네 개의 군락에서 교목층이 차지하고 있는 비율이 높아 ordination 분석 결과를 보면 네 개의 군락은 연속적으로 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

분리된 군락의 종조성 차이를 알아보기 위하여 분리된 4개의 군락을 중심으로 유사도 분석을 실시 한 결과, 소나무

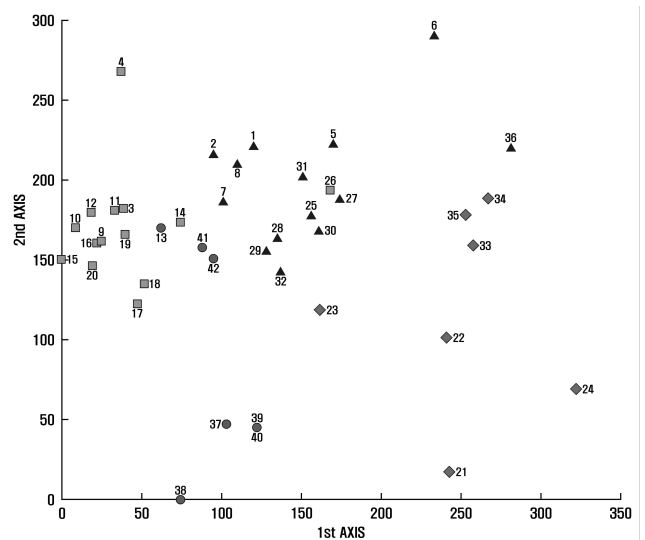


Figure 3. DCA ordination of forty-two plots in Gyeongju National Park(I: ■, II: ◆, III: ▲, IV: ●)

* I: *P. densiflora*-*Pinus koraiensis* comm., II: *P. densiflora* comm, III: *P. densiflora*-*Acer palmatum* comm., IV: *Acer palmatum*-*P. densiflora* comm.

군락 II와 소나무-단풍나무군락 III의 유사성이 55.95%로 가장 높았으며, 반면 군락 II의 소나무군락과 군락 IV의 단풍나무-소나무군락이 27.78%로 가장 상이한 식생구조를 가지고 있는 것으로 나타났는데 이는 군락 IV에서 나타나고 있는 단풍나무와 일본전나무의 영향이 가장 크게 작용한 것으로 판단된다.

Table 3. Similarity index among four communities

Community	I	II	III
II	46.95		
III	48.50	55.95	
IV	33.52	27.78	53.90

* I: *P. densiflora*-*Pinus koraiensis* comm., II: *P. densiflora* comm, III: *P. densiflora*-*Acer palmatum* comm., IV: *Acer palmatum*-*P. densiflora* comm.

3. 군락별 상대우점치 분석

Classification 분석과 ordination 분석을 통해 분리된 4개 군락에 대해 각 군락별로 층위별 상대우점치 및 평균상대우점치를 나타낸 것이 Table 4이다.

군락 I 은 소나무-갯나무군락으로 7개의 조사구를 포함하고 있으며, 식생구조를 파악하기 위해 층위별로 상대우점치를 살펴보았다. 교목층에서는 소나무가 I.P. 68.10%, 아교목층은 갯나무가 I.P. 37.63%로 가장 높았으며, 관목층에서는 이대가 I.P. 19.69%로 가장 높았고, 뒤를 이어 담쟁이덩굴(I.P. 12.22%)과 생강나무(I.P. 11.27%)가 우점하였다.

군락 II는 14개의 많은 조사구가 해당하였다. 소나무군락으로 교목층에서는 소나무가 96.78%의 상대우점치로 우점종이었으며, 아교목층은 쇠물푸레나무(I.P. 23.14%), 팔배나무(I.P. 21.18%), 단풍나무(I.P. 17.71%), 소나무(I.P. 14.89%)순으로 우점종이 관찰되었다. 관목층은 진달래(I.P. 38.50%)와 아교목층의 우점종으로 조사된 쇠물푸레나무(I.P. 25.46%)가 주요 수종으로 조사되었다.

소나무-단풍나무군락 III의 층위별 상대우점치 결과를 살펴보면, 전체 42개 조사구 중 14개의 조사구가 포함된 군락으로, 교목층은 소나무가 상대우점치 80.19%로 우점하고 있다. 아교목층은 단풍나무가 I.P. 45.65%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 개서어나무가 I.P. 21.10%로 높게 나타났다. 관목층은 등나무가 38.96%의 상대우점치를 보이며 우점하고 있었으며, 아교목층에 이어 관목층에서도 단풍나무가 I.P. 17.29%로 높게 나타났다.

단풍나무-소나무군락 IV는 7개의 조사구를 포함하고 있으며, 층위별 분석결과, 교목층은 소나무(I.P. 32.67%), 단풍나무(I.P. 32.61%), 갈참나무(I.P. 16.39%)로 여러 종류의 수종이 우점종으로 분포하는 것으로 조사되었다. 아교목층에서는 상대우점치 60.89%로 일본전나무가 가장 넓게 분포하고 있었으며, 관목층에서는 등나무(I.P. 71.05%)가 세력이 강하게 나타났다.

이상의 상대우점치 결과를 종합하면 경주국립공원 불국사 주변 사찰림은 전체적으로 소나무가 우점하고 있으며, 아교목층과 관목층에서 다소 상이한 종구성을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 또한 군락 II, III, IV의 아교목층에서 우세하게 나타나고 있는 단풍나무는 인터뷰 결과 1990년대 말 당시 주지 스님에 의해 식재되었다고 전해지고 있으며, 식재되었던 단풍나무가 주변으로 퍼지면서 소나무림 종구성에 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 그 외 등나무를 보면 군락 IV의 관목층에서 상대우점치가 71.05%, 군락 III의 관목층에서 I.P. 38.96%, 군락 I의 관목층에서 I.P. 6.16%로 2개의 군락에서 관목층의 높은 비율을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 단풍나무와 등나무는 군락이 인위적으로 교란되었을 가능성을 시사하고 있다.

그러나 최근 전체 조사구에 자연발생적으로 아교목층과

관목층에서 굴참나무, 갈참나무, 줄참나무, 신갈나무가 확산되고 있어 추후 소나무와의 경쟁이 예상된다.

불국사 사찰림 뿐만 아니라 사찰림은 사찰의 사유재산이라는 특성상 국가에서 관리할 수 없는 지역으로 관리의 부재와 이용객의 증가로 인위적인 교란이 일어나고 있으며, 또한 자연발생적인 천이가 이루어지고 있는 실정이다.

실례로 석남사지역의 진입부 주변 사찰림인 소나무림 또한 과거부터 유지·관리되어 온 것으로 추측되나 Baek *et al.*(2000)에 의해 연구된 식생구조 분석 결과를 보면, 전체적으로 소나무가 우점종을 이루면서 굴참나무 및 줄참나무 등의 참나무류와 개서어나무의 세력이 확산되고 있는 양상을 나타내고 있었다. 따라서 진입부 주변의 사찰림을 그대로 두면 소나무가 참나무류와 개서어나무와의 경쟁이 예상될 것으로 예측하고 있다. 또한 봉암사 회양산 일대 사찰림에 대해 Mungyeong-si(2010)에서 연구한 자료를 살펴보면, 봉암산 산림유전자원보호구역 내에서 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 군락은 소나무군락으로 사찰림이라는 특성상 대경목의 소나무군락이 많이 분포하고 있다. 그러나 소나무는 교목층에서만 세력을 유지하고 있고, 아교목층과 관목층에서는 참나무류의 세력이 확장되고 있어 이미 소나무와 참나무류와의 경쟁에서 소나무가 도태되고 있는 것으로 판단되면, 빠르게 참나무림으로 변화될 것으로 예상하고 있다. 이러한 사찰림에서 나타나고 있는 인위적인 교란과 자연 천이는 최근 관리 부재에 의해 나타나고 있는 특징으로 볼 수 있다.

4. 종수 및 개체수 분석

4개 군락 42개의 조사구를 대상으로 단위면적(100m²)당 평균 출현 개체수 및 종수 분석을 층위별(Table 5), 각 군락의 층위별(Table 6)로 실시하였다.

층위별 평균 출현 종수 분석결과, 교목층에서는 6.71±4.36개체, 아교목층에서는 13.62±6.48개체가 출현하였고, 전체적으로 각 조사구당 출현 개체수는 139.29±90.14개체였다.

층위별 평균 출현 종수 분석결과, 교목층에서는 1.45±0.86종, 아교목층에서는 4.31±2.14종이 출현하였고, 전체적으로 보면 조사구당 10.67±3.96종이 출현하였다. 이는 석남사지역의 사찰림에서 나타나고 있는 11.60±4.19종(Baek *et al.*, 2000) 보다는 낮았으며, 경주에 위치한 근린공원인 경주 황성공원 산림지역의 5.35±2.90종(Choi and Yi, 2000) 보다는 높게 나타나고 있다. 그러나 일반 산림지역인 천성산지역의 11.43±3.98종(Choi *et al.*, 2005) 보다 조금 낮거나 비슷하게 나타나고 있다.

각 군락의 층위별 평균 출현 개체수 분석 결과, 교목층에서는 군락 II의 소나무군락이 9.29±4.95개체로 가장 많이

Table 4. Importance percentage of major woody species by the stratum in each community

Com.	Species	Layer				Species	Layer			
		C ¹	U	S	M		C ¹	U	S	M
I	<i>Pinus densiflora</i>	68.10	10.43	0.00	37.53	<i>Magnolia kobus</i>	0.00	1.09	0.67	0.48
	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	37.63	0.00	12.54	<i>Smilax china</i>	0.00	0.00	2.49	0.42
	<i>Quercus aliena</i>	14.00	7.67	1.93	9.88	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	0.00	2.36	0.39
	<i>Prunus sargentii</i>	15.96	1.30	2.04	8.75	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.56	0.90	0.34
	<i>Styrax japonica</i>	0.00	17.08	9.86	7.34	<i>Vitis coignetiae</i>	0.00	0.00	1.82	0.30
	<i>Quercus serrata</i>	1.95	11.04	2.73	5.11	<i>Viburnum wrightii</i>	0.00	0.00	1.66	0.28
	<i>Pseudosasa japonica</i>	0.00	0.00	19.69	3.28	<i>Quercus variabilis</i>	0.00	0.58	0.41	0.26
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	3.70	11.27	3.11	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	0.67	0.00	0.22
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.00	0.00	12.22	2.04	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	0.00	0.00	1.28	0.21
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	2.53	3.34	1.40	<i>Castanea crenata</i>	0.00	0.55	0.17	0.21
	<i>Zelkova serrata</i>	0.00	3.02	0.17	1.04	<i>Alnus hirsuta</i>	0.00	0.58	0.00	0.19
	<i>Wisteria floribunda</i>	0.00	0.00	6.16	1.03	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	1.16	0.19
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	5.80	0.97	<i>Diospyros lotus</i>	0.00	0.54	0.00	0.18
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.00	0.00	3.93	0.66	Others	0.00	0.00	7.10	1.19
		<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	1.06	0.86	0.50				
II	<i>Pinus densiflora</i>	96.78	14.89	0.00	53.35	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.86	1.46	0.53
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	23.14	25.46	11.96	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.28	2.32	0.48
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	4.41	38.50	7.89	<i>Quercus variabilis</i>	0.00	1.06	0.29	0.40
	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.00	21.18	0.59	7.16	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	0.00	0.33	1.32	0.33
	<i>Acer palmatum</i>	0.00	17.70	0.55	5.99	<i>Alnus hirsuta</i>	0.00	0.69	0.00	0.23
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	3.22	4.39	0.00	3.07	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	1.25	0.21
	<i>Styrax japonica</i>	0.00	2.94	2.49	1.40	<i>Quercus mongolica</i>	0.00	0.00	1.04	0.17
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.60	5.70	1.15	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.00	0.00	0.98	0.16
	<i>Castanea crenata</i>	0.00	2.71	0.63	1.01	<i>Magnolia kobus</i>	0.00	0.00	0.89	0.15
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	2.81	0.34	0.99	<i>Quercus aliena</i>	0.00	0.00	0.78	0.13
	<i>Pseudosasa japonica</i>	0.00	0.00	5.86	0.98	<i>Smilax sieboldii</i>	0.00	0.00	0.69	0.12
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	1.71	1.81	0.87	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	0.30	0.00	0.10
	<i>Quercus serrata</i>	0.00	0.00	4.75	0.79	Others	0.00	0.00	2.29	0.39
III	<i>Pinus densiflora</i>	80.19	0.00	0.00	40.10	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.00	1.03	0.21	0.38
	<i>Acer palmatum</i>	9.17	45.64	17.29	22.68	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	0.35	1.34	0.34
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.00	21.10	2.47	7.45	<i>Smilax sieboldii</i>	0.00	0.00	1.83	0.31
	<i>Zelkova serrata</i>	7.89	7.93	2.08	6.94	<i>Cornus controversa</i>	0.00	0.80	0.00	0.27
	<i>Wisteria floribunda</i>	0.00	0.85	38.96	6.78	<i>Prunus levilleana</i>	0.00	0.78	0.00	0.26
	<i>Quercus serrata</i>	0.79	5.12	0.58	2.20	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	0.76	0.00	0.25
	<i>Styrax japonica</i>	0.00	2.94	1.37	1.21	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	1.45	0.24
	<i>Abies firma</i>	0.00	1.92	2.73	1.10	<i>Corylus heterophylla</i>	0.00	0.54	0.20	0.21
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.00	0.00	6.48	1.08	<i>Indigofera kirilowii</i>	0.00	0.00	1.23	0.21
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	1.66	2.64	0.99	<i>Diospyros kaki</i>	0.00	0.61	0.00	0.20
	<i>Cornus walteri</i>	0.83	1.63	0.00	0.96	<i>Photinia villosa</i>	0.00	0.29	0.58	0.19
	<i>Celtis sinensis</i>	0.00	1.75	0.27	0.63	<i>Magnolia kobus</i>	0.00	0.00	1.16	0.19
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	0.00	3.57	0.60	<i>Alnus hirsuta</i>	0.00	0.54	0.00	0.18
	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.00	3.45	0.58	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	0.88	0.15
<i>Castanea crenata</i>	1.12	0.00	0.00	0.56	<i>Celtis koraiensis</i>	0.00	0.00	0.88	0.15	
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.00	1.43	0.00	0.48	Others	0.00	2.35	5.68	1.77	
<i>Rubus oldhamii</i>	0.00	0.00	2.63	0.44						
IV	<i>Abies firma</i>	11.02	60.89	0.00	25.81	<i>Zelkova serrata</i>	1.49	0.00	0.00	0.75
	<i>Acer palmatum</i>	32.61	21.60	3.50	24.09	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.00	4.07	0.68
	<i>Pinus densiflora</i>	32.67	0.00	4.60	17.10	<i>Styrax japonica</i>	0.00	1.65	0.43	0.62
	<i>Wisteria floribunda</i>	0.00	8.06	71.05	14.53	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	0.00	0.00	3.17	0.53
	<i>Quercus aliena</i>	16.39	1.39	0.85	8.80	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.65	1.74	0.51
	<i>Quercus serrata</i>	1.87	1.69	0.46	1.58	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	1.34	0.00	0.45
	<i>Quercus variabilis</i>	2.05	0.00	0.00	1.03	<i>Juniperus rigida</i>	0.00	0.77	0.00	0.26
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.91	0.00	0.00	0.96	<i>Smilax sieboldii</i>	0.00	0.00	1.36	0.23
	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.00	5.69	0.95	Others	0.00	0.00	2.65	0.45
	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	1.96	0.44	0.73					

* I: *P. densiflora*-*Pinus koraiensis* comm., II: *P. densiflora* comm, III: *P. densiflora*-*Acer palmatum* comm., IV: *Acer palmatum*-*P. densiflora* comm.

¹C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

Table 5. Descriptive analysis of the number of species and individuals by layer in Gyeongju National Park (Unit: 100 m²)

Descriptive analysis	No. of individual				No. of species			
	Tree	Undersrory	Shrub	Total	Tree	Undersrory	Shrub	Total
Mean	6.71±4.36	13.62±6.48	118.95±90.25	139.29±90.14	1.45±0.86	4.31±2.14	7.24±3.59	10.67±3.96
Median	5.50	13.50	100.00	116.50	1.00	4.00	6.50	10.00
Mode	4.00	10.00	40.00	66.00	1.00	5.00	9.00	9.00
Maximum	18.00	30.00	472.00	490.00	5.00	10.00	16.00	21.00
Minimum	0.00	2.00	20.00	38.00	0.00	1.00	1.00	4.00

출현한 군락으로 조사되었으며, 아교목층에서 또한 군락 II가 14.43±7.65개체로 가장 많이 출현한 군락으로 조사되었다. 전체적으로 단위면적당 가장 많은 개체수가 출현한 군락은 군락 I의 소나무-잣나무군락으로 203.71±128.11개체가 출현하고 있는데, 이것은 관목층의 영향이 크게 작용하고 있는 것을 알 수 있다.

각 군락의 층위별 평균 출현 종수 분석 결과, 소나무-잣나무군락 I이 평균 출현 종수가 14.00±4.16종으로 가장 많았다. 전체적으로 볼 때 소나무군락인 군락 I, II, III은 종수가 많은 차이를 보이지 않았으나 군락 IV의 단풍나무-소나무군락은 6.86±3.24종으로 다른 군락들에 비해 낮은 종수를 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

5. 흉고직경급별 분포 분석

전체 42개 조사구 4개 식생군락에 대해 주요종을 중심으로 흉고직경급별 분포 분석을 실시한 것이 Table 7이다. 흉고직경급별 분석은 수령 및 임분동태의 간접적인 표현으로 산림천이의 양상을 추정할 수 있다(Harcombe and Marks, 1978).

군락 I은 소나무-잣나무군락으로 소나무는 DBH 12~52cm에 걸쳐 폭 넓게 분포하였으며, 그 중 대경목에 속하는 DBH 42~52cm 사이에서 4개체가 관찰되었다. 아교목층에서는 DBH 2~12cm 사이에서 26개체가 출현하였고, 관목층은 이대와 담쟁이덩굴이 많은 부분을 차지하고 있는 것을 확일 할 수 있었다.

14개의 조사구를 포함하고 있는 군락 II는 소나무가 우점종인 군락으로 DBH 7~52cm 이상의 구간에서 고루 분포하고 있었으며, 대경목에 속하는 DBH 37cm 이상에서 15개

의 개체가 관찰되었다. 개서어나무도 DBH 37cm 이상의 대경목이 2주 확인되고 있다. 아교목층에서는 DBH 2~7cm 사이의 구간에서 쇠물푸레나무가 68개체, 팔배나무가 35개체가 각각 관찰되었으며, 팔배나무는 DBH 7~17cm 사이의 구간에서도 16개체가 관찰되었다.

군락 III 소나무-단풍나무가 우점종인 군락으로 소나무는 중-대경목에 해당하는 구간에서 고루 관찰되었으며, 특히 DBH 52cm 이상의 소나무가 12개체나 관찰되어 소나무군락의 위엄을 확인할 수 있었다. 아교목층에서는 단풍나무가 소-중경목에 해당하는 DBH 2cm 이하에서부터 27cm 사이의 구간에서 94개체가 출현하였다. 관목층은 등나무가 전체에서 가장 우점하는 것으로 조사되었다.

단풍나무-소풍나무가 우점하여 나타나고 있는 군락 IV는 7개의 조사구를 포함하고 있으며, 소나무는 DBH 12~52cm 사이의 구간에서 10개체, 갈참나무는 DBH 12~37cm 사이의 구간에서 9개체가 확인 되었다. 단풍나무는 DBH 2~27cm 사이의 구간에서 42개체, 일본전나무는 단풍나무와 같은 흉고직경 구간에서 54개체가 확인되어 교목층과 아교목층의 구분을 뚜렷하게 나타내주고 있다. 관목층은 등나무의 개체수가 등나무를 제외한 관목층의 모든 종의 합보다 더 많이 차지하고 있었다.

6. 연륜 및 성장량 분석

전체 42개 조사구에서 주요 수종에 대해 목편을 채취하여 수목의 연륜 및 성장량 분석을 실시하였고, 전체 표본 중 대표성을 지닌 것을 추출하여 분석결과를 나타낸 것이 Table 8이다.

소나무가 교목층의 우점종으로 나타나고 있는 4개의 군

Table 6. Mean analysis of the number of species and individuals of each community in Gyeongju National Park (Unit: 100 m²)

Community	No. of individual				No. of species			
	Tree	Undersrory	Shrub	Total	Tree	Undersrory	Shrub	Total
I	4.71±2.69	14.43±5.44	184.57±128.05	203.71±128.11	1.86±0.90	5.43±2.51	10.43±3.64	14.00±4.16
II	9.29±4.95	14.43±7.65	143.43±98.59	167.14±96.31	1.07±0.27	4.14±2.07	7.71±3.67	10.29±3.63
III	4.93±2.97	13.57±5.94	86.86±50.22	105.36±51.20	1.29±0.47	4.79±1.93	6.71±2.23	11.29±3.02
IV	7.14±4.78	11.29±6.73	68.57±30.85	87.00±28.27	2.14±1.57	2.57±1.40	4.14±3.29	6.86±3.24

* I: *P. densiflora*-*Pinus koraiensis* comm., II: *P. densiflora* comm., III: *P. densiflora*-*Acer palmatum* comm., IV: *Acer palmatum*-*P. densiflora* comm.

Table 7. The DBH distribution of major woody species for each community in Gyeongju National Park

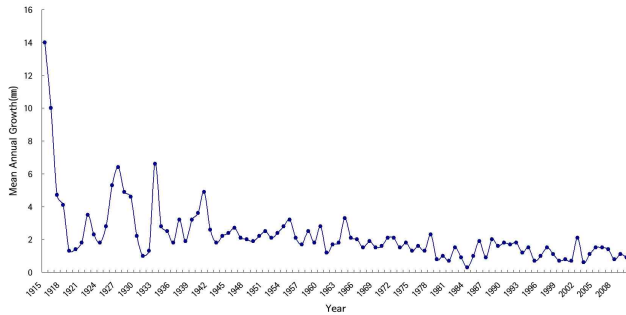
Com.	Unit (m ²)	Species	Shrub	D ₁ ^a	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂		
I	700	<i>Pinus koraiensis</i>	0	0	1	2	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Pinus densiflora</i>	0	0	0	0	1	2	5	6	7	0	3	1	0	0	
		<i>Quercus aliena</i>	36	0	5	3	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	28	0	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Lindera obtusiloba</i>	128	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Prunus sargentii</i>	36	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	28	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Styrax japonica</i>	84	0	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Smilax china</i>	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Pseudosasa japonica</i>	404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Others	248	0	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
II	1,400	<i>Pinus densiflora</i>	0	0	0	7	15	30	19	29	20	9	2	1	3	0	
		<i>Carpinus tschonoskii</i>	0	1	2	4	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
		<i>Castanea crenata</i>	12	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Lindera obtusiloba</i>	152	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Sorbus alnifolia</i>	20	0	35	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	48	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Prunus sargentii</i>	68	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhus trichocarpa</i>	52	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer palmatum</i>	20	1	4	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer pseudosieboldianum</i>	12	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	504	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Styrax japonica</i>	40	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	488	3	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosasa japonica</i>	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Others	440	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
III	1,400	<i>Pinus densiflora</i>	0	0	0	0	0	3	4	3	11	6	7	6	12	0	
		<i>Carpinus tschonoskii</i>	4	0	9	12	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Castanea crenata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	12	0	7	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Zelkova serrata</i>	20	1	9	7	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
		<i>Celtis sinensis</i>	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Sorbus alnifolia</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rubus oldhamii</i>	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Prunus sargentii</i>	8	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Wisteria floribunda</i>	464	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer palmatum</i>	180	4	42	30	15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Styrax japonica</i>	16	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Smilax sieboldii</i>	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Abies firma</i>	28	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Others	276	2	10	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
IV	700	<i>Pinus densiflora</i>	40	0	0	0	1	0	2	1	4	1	0	1	0	0	
		<i>Quercus variabilis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus aliena</i>	8	0	0	0	5	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Zelkova serrata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Prunus sargentii</i>	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Wisteria floribunda</i>	276	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhus trichocarpa</i>	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer palmatum</i>	28	0	6	14	14	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Styrax japonica</i>	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Abies firma</i>	0	0	1	7	18	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0		
Others	52	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

* I: *P. densiflora*-*Pinus koraiensis* comm., II: *P. densiflora* comm, III: *P. densiflora*-*Acer palmatum* comm., IV: *Acer palmatum*-*P. densiflora* comm.

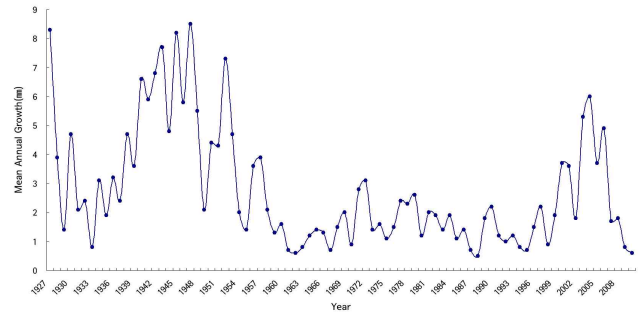
^a: D₁<2(cm), 2≤D₂<7, 7≤D₃<12, 12≤D₄<17, 17≤D₅<22, 22≤D₆<27, 27≤D₇<32, 32≤D₈<37, 37≤D₉<42, 42≤D₁₀<47, 47≤D₁₁<52, 52≥D₁₂

Table 8. The estimated age of major woody species in Gyeongju National Park

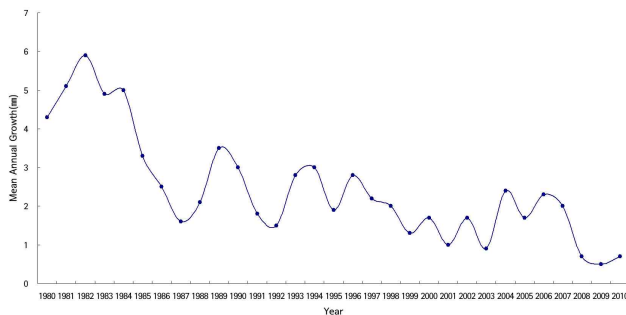
Community	Plot no.	Species	Height(m)	DBH(cm)	Expected Age(Year)	Mean Annual Growth(mm)
I (<i>P. densiflora</i> - <i>Pinus koraiensis</i> comm.)	38	<i>Prunus sargentii</i>	20	34	42	4.03
	39	<i>Pinus densiflora</i>	15	28	53	2.07
	42	<i>Pinus koraiensis</i>	13	23	30	2.68
	42	<i>Pinus densiflora</i>	22	44	52	4.22
II (<i>P. densiflora</i> comm.)	9	<i>Pinus densiflora</i>	23	31	53	3.84
	14	<i>Pinus densiflora</i>	18	40	49	3.23
	17	<i>Pinus densiflora</i>	20	28.5	47	2.89
III (<i>P. densiflora</i> - <i>Acer palmatum</i> comm.)	26	<i>Acer palmatum</i>	13	15	36	2.17
	1	<i>Pinus densiflora</i>	22	30	83	2.33
	2	<i>Pinus densiflora</i>	22	51.5	101	2.28
	5	<i>Pinus densiflora</i>	22	49	88	1.92
IV (<i>Acer palmatum</i> - <i>P. densiflora</i> comm.)	7	<i>Pinus densiflora</i>	20	46	89	2.77
	32	<i>Pinus densiflora</i>	20	41	57	2.72
	32	<i>Acer palmatum</i>	8	13	30	2.18
	22	<i>Abies firma</i>	15	20	36	2.45
	22	<i>Pinus densiflora</i>	20	29	35	4.00



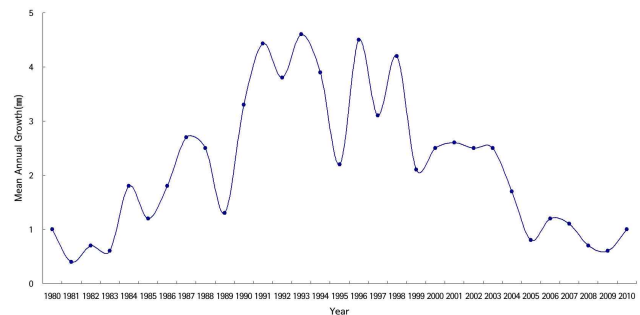
Plot 2: *Pinus densiflora*



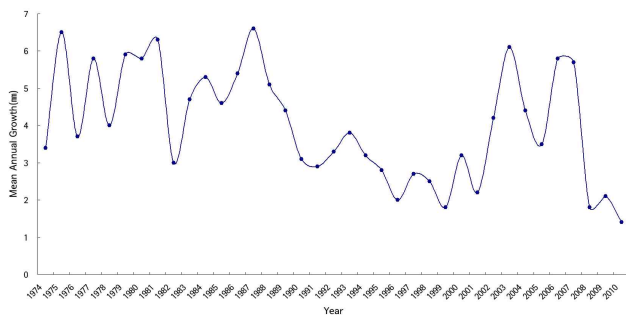
Plot 7: *Pinus densiflora*



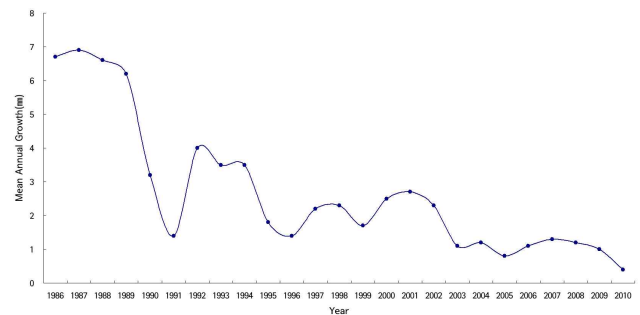
Plot 22: *Abies firma*



Plot 26: *Acer palmatum*



Plot 38: *Prunus sargentii*



Plot 42: *Pinus koraiensis*

Figure 4. The analysis of mean annual growth of the major species in Gyeongju National Park

락에서 추출된 소나무의 수령은 약 30~101년으로 나타났으며, 그 중에서도 군락 III의 소나무들은 약 57~101년의 수령을 가진 것으로 소나무 숲이 오래 지속되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 소나무의 연평균 성장량은 1.92~4.22mm로 분석되었다.

그 외 군락II와 군락 III에서 채취한 단풍나무의 수령은 약 30~36년, 연평균 성장량은 2.17~2.18mm였다. 일본전나무는 연평균 성장량이 4.00mm로 약 35년의 수령을 가진 것으로 분석되었다.

연륜 분석 결과 전체적인 임령은 100년 내외로 추정되었다. 그러나 사찰에서 멀어질 수로 인위적 관리가 적어 자연상태의 소나무림을 유지하고 있기는 하나 임령은 40년 내외로 사찰에 가까운 소나무군락에 비해 임령이 떨어지는 것으로 확인되었다.

7. 고찰

경주국립공원 불국사지역 사찰림을 중심으로 식생구조를 조사, 분석한 결과, 불국사에 가까운 사찰림은 주로 소나무군락으로 이루어져 있었다. 이는 과거부터 꾸준한 관리에 의해 이루어진 방해극상의 형태로 추측된다. 그러나 현재 소나무의 아래에 단풍나무, 등나무, 일본전나무가 들어와 있어 소나무군락이 인위적으로 교란되었을 가능성을 시사하고 있다. 그리고 불국사에서 멀어지면 멀어질수록 아교목층과 관목층에서 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 신갈나무의 자연발생적인 확산이 늘어나고 있는 실정이다. 이는 추후 소나무와의 경쟁이 예상된다고 볼 수 있다.

일반적으로 역사성 혹은 상징성 및 경관성이 부각되는 지역에서는 방해극상을 유지해온 사례(Cho, 1987; Baek and Kim, 1999; Yi and Choi, 2000)가 많은 점을 감안할 경우 경주국립공원 내 불국사 사찰림의 소나무림의 역사성과 경관성을 감안하여 그대로 유지되는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서 불국사 주변 사찰림의 일정 면적을 선정하여 그 곳을 중심으로 소나무와 경쟁 중이거나 경쟁 가능성이 높은 교목성상의 아교목층과 관목층 수목을 제거하고, 침입종의 꾸준한 관리를 통한 관리방안을 제시하고, 그 외 지역은 자연적인 천이단계가 진행될 수 있도록 현재의 천이 단계를 유지하면서 자연천이를 유도하는 것이 바람직해 보인다.

인용문헌

Baek, G.J. and G.T. Kim(1999) Studies on the Vegetation Structure and Management of the Seonghwoanglim(Natural Monument No. 93) in Wonju. Korean Journal of Environment and Ecology

13(1): 66-69. (in Korean with English abstract)

Baek, J.B., S.H. Choi and J.W. Cho(2000) The Analysis of FOREST Structure for Vegetation Landscape Management in Seongnamsa Temple Area. Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture 18(4): 68-76. (in Korean with English abstract)

Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.

Cho, J.C.(1987) A Study on Pinus densiflora community on Conservation Measures in the Natural Park. Univ. of Seoul. Graduate School Dissertation for the Degree of Master, 56pp. (in Korean with English abstract)

Choe, J.Y.(2002) A Study on the Preservation of a National Park Mt.Namsan's Plan in Kyongju. Construction and Environmental Research 1(4):157-169. (in Korean with English abstract)

Choi, S.H. and H.M. Kang(2006) Vegetation Structure of the Kumsaenggol in the Wolchulsan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 20(4): 464-472. (in Korean with English abstract)

Choi, S.H. and Y.K. Yi(2000) Vegetation Structure and Management Proposal of Hwangsong Park in Kyongju. Korean Journal of Environment and Ecology 14(1): 46-56. (in Korean with English abstract)

Choi, S.H., K.J. Lee and J.Y. Kim(1998) Altitudinal Vegetation Structure of SunginBong in Ullungdo(Island). Korean Journal of Environment and Ecology 12(3): 290-296. (in Korean with English abstract)

Choi, S.H., K.K. Oh and H.M. Kang(2005) Vegetation Structure of Cheonseongsan Area-In the Case of the Wonhyo Tunnel Reserved Section of the Gyeongbu Line for KTX. Korean Journal of Environment and Ecology 19(4): 333-341. (in Korean with English abstract)

Choi, S.H., Y.K. Yi, P.I. Yi and S.H. Lee(2008) Ecological Value Assessment of Bulguk-Temple in Toham Mountain. Journal of Korean Society of Urban Environment 8(1): 67-80. (in Korean with English abstract)

Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

Gwak, B.H. and Y.C. Sin(1980) Scenic landscapes, vegetation and trees about ramp inspections. Korean Institute of Landscape Architecture 8(1): 1-11. (in Korean with English abstract)

Gyeongju-si(2005) Gyeongju National Park Management Plan, 443pp. (in Korean)

Ha, J.H., G.P. Hong and N.C. Kim(1997) A Study on the Planting Status of Landscaping Plants of Sunam Temple. Landscape of Buddhist temples 5: 45-57. (in Korean with English abstract)

Han, S.I.(1991) A Study on Reasonable Management Programs of

- Kyung-ju National Park. Korea Academic Society of Tourism Management Tourism Studies 1: 255-267. (in Korean with English abstract)
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in southeast Texas forests. For sci. 24(2): 153-166.
- Hill, M.O.(1979a) DECORANA - a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 520pp.
- Hill, M.O.(1979b) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 990pp.
- Im, W.H.(2009) Improvement of management systems in Gyeongju National Park-1. Journal of ecocity 33(2): 17-35. (in Korean)
- Jeong, G.H.(1997) A Thought to Landscape of Korean Buddhist Temples. Landscape of Buddhist temples 5: 35-44. (in Korean with English abstract)
- Kim, T.I.(2009) Gyeongju National Park Management Plan Based on Economic Valuation. The Journal of Korean Institute of Forest Recreation 13(1): 7-17. (in Korean with English abstract)
- Kim, W.(1994) Gyeongsangbuk-do, Gyeongsangnam-do not naturally green overhaul. Ministry of Environment, 366pp. (in Korean)
- KNPS Gyeongju National Park(2010) Resource Monitoring in Gyeongju National Park: 2year. 293pp. (in Korean)
- KNPS(2008) Gyeongju National Park Resource Investigation. 649pp. (in Korean)
- Lee, J.M.(1991) A Study on Actual Vegetation and Vegetation in Gyeongju National Park, Namsan. Kyungpook National University Dissertation for the Master Degree, 20pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., S.H. Choi, H.S. Cho and Y.W. Lee(1994) The Analysis of the Forest Community Structure of Tokyusan National Park: Case Study of Paekryunsa-Kumpotan. Journal of Korean Applied Ecology 7(2):135-154. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.Y.(2008) A Study of the Improvement of Management System of Gyeongju National Park. Gyeongju Univ. Graduate School Dissertation for the Degree of Master, 45pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.K., B.I. Lee, S.H. Choi and S.Y. Han(2011) Korean Buddhist Temples: Buddhist Temples Valuation and Management of the Public Interest, 396pp. (in Korean)
- Mungyeong-si(2010) Survey and annual business planning services in the Protected Area for Forest Genetic Resources, 347pp. (in Korean)
- National Science Museum(1997) A Study on Ecosystems in Gyeongju National Park, 144pp. (in Korean)
- Orloci, L.(1978) Multivariate Analysis in Vegetation research, 2nd ed. W. Junk, The Hague, 468pp.
- Park, I.H.(1985) A Study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Seoul Natinal Univ. Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, 42pp. (in Korean with English abstract)
- Shin, Y.J.(2000) A Proposal for Improvement of the Cultural National Park Plan -Focused on Kyungju National Park-. Kongju Natinal Univ. Graduate School Dissertation for the Degree of Master, 46pp. (in Korean with English abstract)
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains Ecological Monographs 26: 1-80.
- Yi, P.I. and Y.K. Yi(2002) Temple Environmental Studies. Silla Council, 316pp. (in Korean)
- Yi, Y.K. and S.H. Choi(2000) Vegetation Structure Analysis of Urban Forest -The Case of Namsan in Kyungju-. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 80: 13-24. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., S.J. Mun and W.S. Lee(2011) Management Plan and Vascular Plants of the Hwarang District in Gyeongju National Park. Journal Korean of Restoration Technology 14(5): 17-35. (in Korean with English abstract)