

# 희양산 봉암사 산림유전자원보호구역 산림군락구조 특성<sup>1a</sup>

이호영<sup>2</sup> · 오충현<sup>3\*</sup> · 최송현<sup>4</sup> · 이수동<sup>5</sup>

## The Vegetational Characteristics of Bongamsa Forest Genetic Resources Reserve Area in Mt. Heuyang<sup>1a</sup>

Ho-Young Lee<sup>2</sup>, Choong-Hyeon Oh<sup>3\*</sup>, Song-Hyun Choi<sup>4</sup>, Soo-Dong Lee<sup>5</sup>

### 요 약

경상북도 문경 희양산 산림식생 특성을 봉암사 산림유전자원보호구역을 중심으로 파악하였다. 총 92개 조사구(100 m<sup>2</sup>/plot)에 대한 조사를 실시하고, Classification 분석과 Ordination 분석을 통해 군락분류를 실시한 결과 이 지역의 식생은 신갈나무군락, 굴참나무군락, 소나무군락, 소나무-졸참나무군락, 소나무-신갈나무군락, 졸참나무군락, 낙엽활엽수군락, 잣나무조림지, 일본잎갈나무조림지의 총 9개 군락으로 분류되었다. 각 군락간의 비교를 위해 지형조건과 식생 조사 결과에 대한 통계분석을 실시하였으며, 해발고도, 경사, 출현종수, 교목층 출현 개체수, 아교목층 출현 개체수에서 통계적으로 유의하게 군락간 차이를 보였다. 층위별 상대우점치를 통한 각 군락의 군락구조를 분석한 결과, 참나무류군락은 교목층과 아교목층에 고르게 세력을 형성하고 있어 현재의 군락이 유지되거나 확대될 것으로 예상되는 반면, 소나무 우점 군락은 대부분 참나무류와의 경쟁이 심화되고 있어 향후 이들 참나무류로의 천이가 예상되었다.

주요어: Classification 분석, Ordination 분석, 상대우점치, 지형조건

### ABSTRACT

The purpose of this study was to research the vegetation structure of the Bongamsa Forest Genetic Resources Reserve Area in Mt. Heuyang, Mungyeong, Gyeongsangbuk-do. For doing this, ninety-two plots(100 m<sup>2</sup>/plot) were set up and investigated, and then Classification analysis and Ordination analysis were carried out. As a result, the vegetation of this area is divided to nine communities; *Quercus mongolica* community, *Quercus variabilis* community, *Pinus densiflora* community, *Pinus densiflora-Quercus serrata* community, *Pinus densiflora-Quercus mongolica* community, *Quercus serrata* community, Deciduous broad leaf community, *Pinus koraiensis* community, *Larix kaempferi* community. To compare between the communities, statistical analyses were conducted with topographical condition and the results of the vegetational investigation of each community. In altitude, slope, the number of species, the number of individuals in canopy and the number of individuals of understory layer, the mean averages among the communities were different in statistically

1 접수 2011년 9월 28일, 수정(1차: 2012년 3월 4일, 2차: 2012년 4월 3일), 게재확정 2012년 4월 4일

Received 28 September 2011; Revised(1st: 4 March 2012, 2nd: 3 April 2012); Accepted 4 April 2012

2 동국대학교 대학원 바이오환경과학과 Graduate School, Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea(hoylee@hanmail.net)

3 동국대학교 바이오환경과학과 Dept. of Biological and Environmental Science, Dongguk Univ., Seoul(100-715), Korea

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

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

a 이 논문은 문경시 산림유전자원보호림 용역과제의 일환으로 연구되었음.

\* 교신저자 Corresponding author(ecology@dongguk.edu)

significance. Then we analysed the vegetation community structure with Importance Percentage of each stratum. The oak tree communities were expected to keep or expand the actual communities because oak trees are spread widely in canopy and understory layers. But the pine tree dominant communities were expected to be succeeded to oak tree communities in the future because of the wide expansion of oak trees.

**KEY WORDS: CLASSIFICATION ANALYSIS, ORDINATION ANALYSIS, IMPORTANCE PERCENTAGE, TOPOGRAPHICAL CONDITION**

## 서 론

희양산은 문경새재와 속리산을 이어주며 백두대간 줄기를 이루는 산으로 산 정상에 흰 바위가 솟아 있는 화강암 기반 해발 999m 높이의 산이다. 봉암사는 이 산의 중턱 너른 대지에 위치하는 절로 신라 말 도헌(道憲)에 의해 창건되었고 고려 초 공양(兢讓)에 의해 재창되면서 선종 구산파의 하나인 희양산파의 중심사원 역할을 수행하던 절이다. 또한 고려 초 태조의 지원을 받아 대장경 연구를 진행하였고 광종의 칙명에 의해 부동사원으로 지정되었으며, 고려 중기 원진국사, 고려말 원증국사가 주석한 사원으로 유명한 고찰이다(Han, 2011). 광복 직후 1947년에는 성철스님을 비롯하여 청담, 자운, 우봉 스님을 중심으로 일제 강점기를 거치면서 생겨난 대처식육(帶妻食肉)의 왜색불교를 혁파하고 한국불교 본연의 모습을 찾고자 하는 큰 움직임으로 봉암사 결사(結社)가 이루어진 한국불교 부흥의 중심지이기도 하다(Seo, 2007). 결사(結社)란 이념을 같이하는 사람들이 먼저 스스로 수행을 하면서 불교교단을 새롭게 개혁하고자 실천한 공동체 운동을 일컫는다(Kim, 1994). 근래에는 1982년 조계종 특별수도원으로 지정되었고, 1984년에는 조계종 종립선원으로 결정되어 조계종의 수양도량으로 자리매김하고 있으며, 특별수도원 지정 이후 봉암사 사찰 경내지에 대한 등산객, 관광객을 비롯한 일반인들의 출입을 엄격하게 통제해 오고 있다.

이처럼 봉암사 경내지를 중심으로 하는 희양산 산림생태계는 오랜 시간 동안 등산객 등 외부의 간섭이 효과적으로 차단됨에 따라 산림생태계가 양호하게 유지되면서 까막딱따구리, 원앙, 소쩍새, 올빼미 등 다수의 천연기념물 및 멸종위기야생조류의 서식과 고란초, 천마 등 멸종위기식물의 분포가 보고되었고, 그 가치를 인정받아 2002년 봉암사 일대 2,291ha가 산림유전자원보호림(2010년 3월 산림유전자원보호구역으로 개칭)으로 지정되었다.

희양산의 산림생태계에 대한 자연환경조사는 2002년과 2008년 사찰환경위원회에 의한 조사와 2008년 산림청 백두대간 자원실태조사의 일환으로 조사가 이루어진 바 있으며(Korea Forest Service, 2008), 조사결과 희양산 일대는

소나무 군락의 상태가 매우 양호하며, 오랜 기간의 출입통제로 인하여 산림 및 생태계 보전 상황이 양호한 것으로 보고되었다. 하지만 자연환경조사가 희양산 및 봉암사 일대에 대하여 정밀하게 이루어지지 못하는 못하였으며, 전국적인 자연환경조사의 일환으로 실시되었다는 한계가 있었다. 희양산 산림생태계와 유사한 지위를 가지는 생태계에 대한 조사는 주로 인근에 위치한 속리산을 대상으로 이루어졌으며, 속리산 국립공원 관속식물상 연구(Choi and Oh, 2009), 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(Lee et al., 1990a; Lee et al., 1990b), 속리산 국립공원 범주사지구 소나무림 식생천이와 식생연구(Lee et al., 2009) 등을 통하여 이 지역의 산림식생구조와 함께 소나무 사찰림에 대한 연구가 진행되었다.

이처럼 희양산 봉암사 산림유전자원보호구역은 백두대간의 주요 구간으로서 우수한 자연환경과 함께 한국불교의 정신적 중심으로서의 의미를 지니는 주요한 지역임에도 불구하고 체계적인 관리를 할 수 있는 자료마련을 위한 자연환경 조사가 이루어지지 못했으며, 관리방안의 부재라는 문제점을 안고 있다. 이에 따라 본 연구는 봉암사 산림유전자원보호구역의 산림군락구조 특성 분석을 통해 이 지역의 효과적인 관리방안 마련을 위한 기초자료 제공을 연구의 목적으로 하였다.

## 연구범위 및 방법

### 1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 경상북도 문경시 가은읍에 위치하는 봉암사 산림유전자원보호구역으로 2002년 산림청으로부터 고란초, 솔나리, 천마 등 희귀자생식물의 서식과 함께 잘 보존되고 관리된 소나무 사찰림으로 인하여 보호구역으로 지정되어 현재에 이르고 있는 지역이다. 연구 대상지가 속해 있는 경북 문경시의 기후는 평균기온 11.9℃, 평균습도 64.6%, 강수량 1,205.4mm로 경북지역 평균보다 평균기온이 다소 낮은 반면, 강수량은 많은 지역이다(Korea Meteorological Administration, www.kma.go.kr).

봉암사는 백두대간 줄기에 위치하는 희양산 남쪽 사면에 자리하고 있다. 봉암사 뒤편 희양산은 커다란 암반으로 형성되어 있으며, 정상부근 아래쪽으로 넓은 식생을 보이고 있다. 희양산은 식물구계학적으로 중부아구에 속하고, 식물 지리학적으로는 대륙형으로 한반도아형의 중부-산악형에 속한다(Kim, 1992). 본 연구의 직접적인 대상지인 봉암사 산림유전자원보호구역은 사찰을 중심으로 주변에는 대경목의 소나무숲이 발달해있고, 그 외 지역에는 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 참나무류 숲이 주를 이루고 있다. 또한 일부 지역에는 일본갈참나무와 잣나무 조림지가 분포하고 있으나 특별한 관리가 이루어지지 않고 있으며, 오랜 기간 외부인의 출입 제한으로 과거에 농경지였던 곳들이 자연 산림으로 회복되고 있다. 봉암사 산림유전자원보호구역은 우수한 산림자원의 보전을 위주로 하는 다른 산림유전자원보호구역과는 달리 봉암사라고 하는 유서깊은 사찰을 중심으로 형성되어 있으므로 이에 맞게 차별화된 관리가 이루어질 필요가 있는 지역이다. 봉암사 주변으로 울창한 소나무숲이 오랫동안 잘 관리되어 왔으나 차츰 참나무류와의 경쟁이 심화되고 있으며, 백두대간 마루금으로 많은 등산객들이 통과함에 따라 마루금 주변 식생 훼손 문제가 발생하고 있는 현실이다.

현장조사는 2009년 9월에서 10월까지 실시하였으며, 산림유전자원보호구역 전 지역에 92개의 조사구를 설치하고 산림식생조사를 진행하였다(Figure 1).

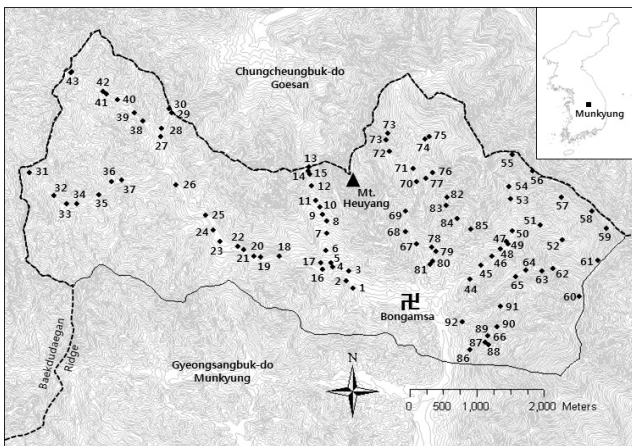


Figure 1. The location map of the study sites in Bongamsa Forest Genetic Resource Reserve Area, Mt. Heuyang

2. 연구방법

식생조사는 92곳의 조사구를 연구 대상지에 고르게 분포 하도록 조사구를 설정하고, 조사지마다 방형구법을 이용하

여 균락별 표본 조사를 실시하였다. 대상지 내의 식물 균락 구조 조사는 100m<sup>2</sup> 방형구를 설치한 후 GPS를 이용하여 조사구의 정확한 위치와 해발고도를 측정하고 GIS 프로그램을 통해 경사와 방위를 확인하는 등 조사지의 지형특성을 파악하였으며, 식물의 밀도, 피도와 흉고직경, 수고, 수관폭 등 생육상태를 조사하였다. 조사구의 식물 동정은 가능한 현지에서 시행하였으며, 동정이 어려운 식물은 사진촬영과 함께 채집 후 Lee(2003)의 문헌을 바탕으로 실험실에서 동정하였다.

현장 조사 자료를 이용하여 층위별로 각 수준의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요도(Importance Value)를 백분율로 나타낸 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)를 분석하였으며, 식생 층위별로 가중치를 부여하여 수식 (교목층I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Yim *et al.*, 1980)를 구하고, 종다양도 및 최대종다양도(Shannon & Weaver, 1963), 우점도, 균재도(Pielou, 1975)를 분석하였다. TWINSpan 기법을 이용하여 Classification 분석을 실시하고, DCA 분석을 통해 균락간의 상대적 위치를 비교하였다. 분류된 균락 유형간의 평균비교를 위해 IMB SPSS Statistics 19.0를 이용하여 통계분석을 실시하였으며, 해발고, 경사, 사면 별 분포 특성과 종다양도, 최대종다양도의 차이를 분석하였다. 각 균락의 표본 수가 최대 19개, 최소 5개로 통상적인 분산분석(ANOVA)을 위한 최소 표본 수 30개에 미치지 못함에 따라 정규성 검정과 등분산성 검정을 실시하였으며, 정규성 가정과 등분산성 가정을 충족하지 못할 경우 비모수적 검정방법인 Kruskal-Wallis 검정방법을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 식물사회학적 균락분류

1) 조사지 개황

봉암사 산림유전자원보호구역의 현존식생은 소나무와 참나무류가 전체 대상지 면적의 약 86%를 차지하고 있다 (Table 1, Figure 2). 소나무림은 봉암사를 중심으로 넓게 분포하고 있으며, 전체 면적의 43.2%로 가장 넓은 면적을 이루고 있다. 참나무류림은 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 순으로 넓은 면적을 형성하고 있으며, 전체 면적의 42.2%를 차지하고 있다. 대상지의 오른쪽 지역에는 침과 다래에 의한 덩굴피압지가 매우 넓게 퍼져있다. 일본갈참나무(0.7%)와 잣나무(0.5%)가 조림된 지역이 잔존하고 있으며, 면적비율은 높지 않지만 전체 조림면적이 31ha에 이른다. 현재 이들 조림지는 목재 수확이나 잣 수확 등의 경제적 이용이

나 관리는 이루어지지 않고 있다.

Table 1. The actual vegetation of Bongamsa Forest Genetic Resource Reserve Area

Actual vegetation	Area(m <sup>2</sup> )	Area ratio(%)
<i>Pinus densiflora</i>	10,871,294	43.2
<i>Quercus mongolica</i>	6,696,657	26.6
<i>Quercus variabilis</i>	2,637,846	10.5
<i>Quercus serrata</i>	1,280,150	5.1
<i>Larix leptolepis</i>	186,434	0.7
<i>Pinus koraiensis</i>	126,884	0.5
vine covered area	1,568,901	6.2
others	1,776,969	7.2
Total	25,145,135	100.0

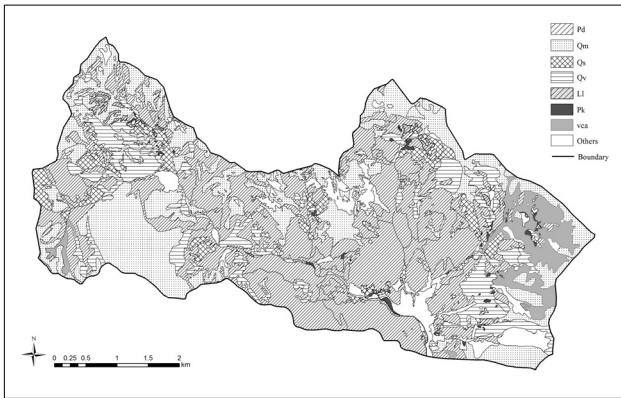


Figure 2. The actual vegetation map of Bongamsa Forest Genetic Resource Reserve Area: Pd is *Pinus densiflora*; Qm is *Quercus mongolica*; Qs is *Quercus serrata*; Qv is *Quercus variabilis*; Ll is *Larix leptolepis*; Pk is *Pinus koraiensis*; vca is vine covered area

2) Classification 분석

총 92개 조사구에 대한 Classification 분석 결과 봉암사 산림유전자원보호구역의 산림식생은 신갈나무군락(I), 굴참나무군락(II), 소나무군락(III), 소나무-졸참나무군락(IV), 소나무-신갈나무군락(V), 졸참나무군락(VI), 낙엽활엽수군락(VII), 잣나무조림지(VIII), 일본잎갈나무조림지(IX)의 9개 식물군락 유형으로 분류되었다(Table 2, Table 3).

참나무류군락은 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무군락 세 군락유형이 나타났으며, 해발고도 444~693m로 신갈나무군락이 가장 높은 곳에서, 졸참나무군락이 가장 낮은 해발고도에 분포하였다. 평균 출현 사면은 신갈나무군락과 굴참나무군락은 남서사면, 졸참나무군락은 남동사면이었다. 출현종수는 졸참나무군락에서 가장 많은 반면, 신갈나무군락에서 가장 적은 종이 출현했으며, 교목층 평균 DBH는 21.9~23.7cm로 조사되었다. 신갈나무군락(I)은 해발고도 693.0m, 경사 27.0°, 출현종수 8.3종, 교목층 DBH는 22.4cm, 굴참나무군락(II)은 해발고도 580.5m, 경사 22.4°, 출현종수 9.9종, 교목층 DBH는 23.7cm, 졸참나무군락(VI)은 해발고도 444.0m, 경사 24.0°, 출현종수 12.8종, 교목층 DBH는 22.4cm로 나타났다.

소나무가 우점하는 군락유형은 소나무, 소나무-졸참나무, 소나무-신갈나무군락 세 유형이 나타났으며, 해발고도 500m를 기준으로 높은 곳에서는 신갈나무와, 낮은 곳에서는 졸참나무와 경쟁하고 있고, 대경목의 소나무가 많아 다른 군락들에 비해 교목층 DBH가 크게 나타나고 있다. 소나무군락(III)은 소나무가 교목층과 아교목층에서 고르게 우점하고 있는 군락으로 평균 해발고도 493.3m를 보였으며, 경사는 22.8°, 출현종수는 13.2종, 교목층 DBH는 26.1cm로 나타났다. 소나무-졸참나무군락(IV)은 소나무가 교목층을 중심으로 우점하는 가운데 졸참나무가 세력을 확장하고

Table 2. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Community	I <sup>1</sup>	II	III	IV	V	
Number of plots	10	19	9	17	10	
Altitude(m)	693.0±191.52	580.5±110.23	493.3±131.4	414.1±109.86	542.0±140.05	
Aspect(NE °)	234.0±52.47	208.1±49.99	205±30.82	148.2±75.24	198.0±61.04	
Slope( °)	27.0±3.32	22.4±4.40	22.8±3.42	18.8±6.97	18.5±8.67	
Number of Species	8.3±2.10	9.9±2.02	13.2±2.53	12.2±3.43	8.3±1.00	
Canopy	Height(m)	13.5±2.27	15.4±2.18	15.6±2.28	15.1±2.89	12.0±4.54
	DBH(cm)	22.4±7.01	23.7±8.02	26.1±7.47	28.3±10.49	25.0±7.75
	Individuals	8.7±3.29	8.3±2.15	10.1±2.92	7.2±3.11	8.4±3.38
Understory	Height(m)	6.2±1.29	6.4±1.72	5.8±1.22	6.7±1.87	4.5±1.68
	DBH(cm)	7.6±2.25	8.6±2.65	7.0±1.67	8.5±3.01	6.5±1.78
	Individuals	9.1±3.14	8.9±3.61	11.3±4.16	11.1±5.94	8.8±3.92
Shrub Height(m)	0.8±0.35	0.6±0.22	0.6±0.15	0.5±0.14	0.8±0.44	

(Table 2. Continued)

Community	VI	VII	VIII	IX	
Number of plots	5	11	6	5	
Altitude(m)	444.0±83.8	557.2±119.77	498.3±138.01	454.0±77.35	
Aspect(NE °)	135.0±75.29	208.6±67.22	225.0±77.94	180.0±40.24	
Slope( °)	24.0±2.00	19.5±7.82	20.0±10.41	18.0±4.00	
Number of Species	12.8±4.75	13.4±2.93	10.5±2.36	13.4±2.87	
Canopy	Height(m)	15.2±3.66	14.8±2.13	14.6±1.84	17.4±0.79
	DBH(cm)	21.9±3.59	21.3±4.9	20.0±4.21	22.2±1.74
	Individuals	8.0±2.19	7.8±1.85	13.3±3.30	9.2±1.72
Understory	Height(m)	5.6±0.53	5.9±1.20	3.5±3.71	7.4±3.06
	DBH(cm)	6.3±0.89	7.5±2.64	4.8±5.65	10.7±5.16
	Individuals	13.8±6.43	7.9±4.27	4.7±0.94	7.0±4.34
Shrub Height(m)	0.5±0.15	0.7±0.27	0.5±0.05	0.6±0.19	

<sup>1</sup> I: *Quercus mongolica*, II: *Quercus variabilis*, III: *Pinus densiflora*, IV: *Pinus densiflora-Quercus serrata*, V: *Pinus densiflora-Quercus mongolica*, VI: *Quercus serrata*, VII: *Decideous broadleaf tree*, VIII: *Pinus koraiensis*, IX: *Larix leptolepis*

있는 군락으로 평균 해발고도 414.1m, 경사는 18.8°, 출현종 수는 12.2종, 교목층 DBH는 28.3cm를 보였다. 소나무-신갈나무군락(V)은 소나무가 교목층에서 우점하지만 아교목층과 관목층에서는 신갈나무와 쇠물푸레를 비롯한 다른 활엽수목들이 높은 비중을 차지하는 군락으로 평균 해발고도 542.0m, 경사 18.5°, 출현종 수는 8.3종, 교목층 DBH는 25.0cm를 보이고 있다.

나머지 군락유형은 참나무류를 제외한 기타 낙엽활엽수종의 우점도가 높게 나타난 낙엽활엽수군락과 조림지인 잣나무조림지, 일본잎갈나무조림지가 있다. 낙엽활엽수군락(VII)은 교목층 우세종으로 물박달나무, 고로쇠나무, 음나무, 피나무 등이 출현함에 따라 그 분포범위가 넓게 나타나고 있고, 평균 해발고도 557.2m, 경사 19.5°, 교목층 DBH는 21.3cm, 출현종 수는 13.4종으로 많은 종의 출현을 보이고 있다. 조림지 군락 중 잣나무조림지(VIII)는 평균 해발고도 498.3m, 경사 20.0°, 출현종 수는 10.5종, 교목층 DBH는 20.0cm이다. 일본잎갈나무조림지(IX)는 평균 해발고도 454.0m, 경사 18.0°, 교목층 DBH는 22.2cm, 출현종 수는 13.4종으로 하층에 많은 종의 출현을 보이고 있다.

3) Ordination 분석

Classification 분석에 의한 군락분류 결과를 바탕으로 각 군락들 간의 상대적 위치를 확인하기 위해 DCA에 의한 Ordination 분석을 실시하였다(Figure 3). DCA 분석결과 제 1축과 제 2축의 eigenvalue 값이 각각 0.6843과 0.4983으로 집중율이 높게 나타나 이 두 축을 기준으로 각 군락의 위치를 표시하였다. 조림지인 잣나무조림지(VIII)와 일본잎갈나무조림지(IX)가 다른 자연 식생군락과 동떨어져 분

포함을 알 수 있으며, 소나무 우점군락인 소나무군락(III), 소나무-졸참나무군락(IV), 소나무-신갈나무군락(V)은 비슷한 위치에서 연속적으로 분포하고 있다. 또한, 참나무류 군락인 신갈나무군락(I), 굴참나무군락(II), 졸참나무군락(VI)도 연속적인 분포를 보이고 있으며, 낙엽활엽수군락

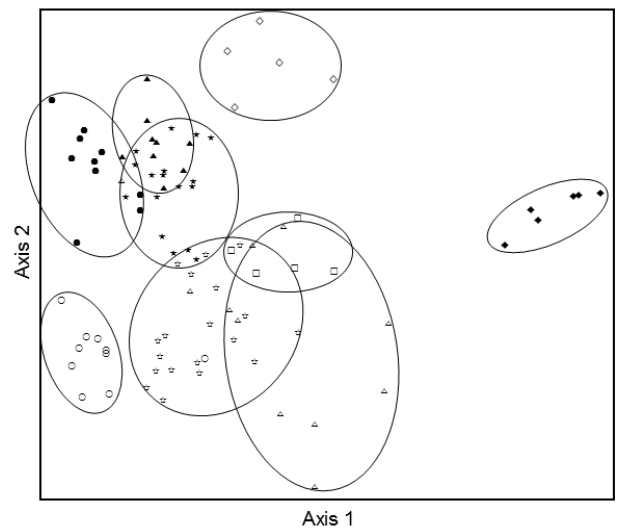


Figure 3. DCA ordination of ninety two plots in Bongamsa Forest Genetic Resource Reserve Area

(○: *Quercus mongolica*, ☆: *Quercus variabilis*, ▲: *Pinus densiflora*, ★: *Pinus densiflora-Quercus serrata*, ●: *Pinus densiflora-Quercus mongolica*, □: *Quercus serrata*, △: *Decideous broadleaf tree*, ◆: *Pinus koraiensis*, ◇: *Larix leptolepis*) eigenvalue: Axis1=0.6843, Axis2=0.4983

Table 3. Classification of major woody species with Mean Impotrance Percentage in Bongamsa Forest Genetic Resource Reserve Area, Mt. Heuyang

community	I											II																	
	91	13	56	57	59	55	58	14	60	87	8	10	11	18	19	29	31	32	33	38	41	63	70	73	78	82	83	62	71
Ap <sup>1</sup>	7.2	16.4	22.2	7.5		13.5				3.7					2.2				6.1										
Fs	13.0	1.8	4.2			8.6	1.3		4.5			6.6	9.4		2.6														
Rs		8.5	21.6	18.3	15.1							0.9					5.6	0.8											
Rm									6.7			0.9				0.7													7.5
Qm	43.7	85.6	51.0	39.4	54.9	56.5	55.0	48.1	77.9	53.4		16.4	12.6		19.9	33.3	20.5	19.5						32.6	20.6	20.0	41.1	28.7	8.6
Fr											2.6	1.4	1.7	2.1		2.9	2.1	1.1					4.4						
Pd				10.6							16.5	1.6	4.2		14.6	27.1				14.5				4.9					6.1
Rt	1.7										0.9	10.3	1.2	2.8		4.7	1.7			0.6			2.1						
Qv										14.3	18.4	53.3	47.3	68.3	21.4	20.5	23.0	56.6	52.2	49.9	52.9	38.9	32.6	29.4	22.3	23.6	50.0	25.5	
Sc		2.3	5.8	2.1	3.1			6.4			3.4	3.9	6.4	1.3	12.9	1.9	5.0		0.7	1.0	5.8	4.9	2.1	11.4	1.2		0.3		
Lm						6.8	4.0	1.8	10.2			2.3	2.6	3.5	4.4	2.0	1.2	3.3	1.1	9.7	2.0	14.2						9.7	
Qs						3.3				8.7	37.5	31.8	2.6	23.1	16.2	40.2	48.7	21.6					6.7		12.6	3.4			
Le											10.2	3.9	1.3			0.7						0.1		17.4					7.3
Pt																													1.5
Ud																													
Fm								4.4		4.2																			
Bd																													
Am																													
Bs		1.8																											17.5
Kp																	5.2				0.9								
Ta																													
Zs																													
Fs	3.1																												0.8
Pk																													
Ll																													
Lo																													
So	4.7	2.2	2.8			2.9	6.5	8.2	3.2	2.2	6.3	4.3	1.9	7.1	3.8	4.8	2.5	6.5	2.0				4.9	8.5	4.8	15.4	8.4	1.9	
Cj		0.9						15.7			4.6				0.4		11.9	3.0					18.5	2.3	8.9	15.0	8.1	16.1	
Rc																							1.3					1.5	
Rc																0.6							0.7	1.0	0.7				6.1
Psa																													
Ws																													
Si			1.4									0.6																	
Sa																													
Ss																													
Sb																													
Lb																													
Sc																													
Mb																													
Aa																													

<sup>1</sup> Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Qm: *Quercus mongolica*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Pd: *Pinus densiflora*, Rt: *Rhus trilobocarpa*, Qv: *Quercus variabilis*, Sc: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Qs: *Quercus serrata*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Bd: *Betula davurica*, Am: *Acer mono*, Bs: *Betula schmidtii*, Kp: *Katopanax pictus*, Ta: *Tilia amurensis*, Zs: *Zelkova serrata*, Ps: *Platanocarya strobilacea*, Pk: *Pinus koraiensis*, Ll: *Larix leptolepis*, Lo: *Lindera obtusiloba*, So: *Shyrax obassia*, Cj: *Callicarpa japonica*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Psa: *Prunus sargentii*, Ws: *Weigela subsessilis*, Si: *Stehphanandra incisa*, Sa: *Sorbus bombycis*, Ss: *Securinega suffruticosa*, Sb: *Sasa borealis*, Lb: *Lespedeza bicolor*, Sch: *Smilax china*, Mb: *Morus bombycis*, Aa: *Actinidia arguta*, other 59 companion species omitted

(Table 3. Continued)

community	III										IV										V															
	3	72	28	30	64	7	17	21	65	35	1	2	4	5	22	44	86	6	12	34	39	42	88	67	68	92	15	74	77	85	66	81	79	80	84	37
Ap	1.0	1.5								0.9	3.6	18.6	3.6	1.3						0.7	10.9						11.7	15.8	25.3	15.3	6.5	21.4	1.3	6.2		
Fs	3.7					9.7	2.1	1.3		1.5	3.5	6.6	8.4	0.7	1.5	1.1	6.8	1.4	0.6								5.0	1.0	7.5	4.9		1.3	11.7	3.8		
Rs										0.4		3.0		1.1						4.6	3.6						12.3	2.3			0.5	1.5	1.3	7.0	22.2	
Rm										6.2	0.9									7.0	2.7						42.4	12.3	16.4	7.7	7.7	19.0	13.4	15.1	1.2	23.8
Qm					0.2	5.5	4.7							1.6	3.5		0.5																			0.5
Fr		5.5	3.8	5.4	9.3	7.8	6.8	9.4																												
Pd		52.5	73.8	45.1	68.5	58.5	48.1	73.0	58.3	34.5	50.0	50.7	35.8	54.9	50.4	55.2	55.4	25.8	43.0	11.3	41.4	35.3	14.1	45.3	26.6	33.6	30.1	50.0	37.7	50.0	67.6	50.0	65.7	43.1	50.0	47.2
Rt		4.3	5.2	2.9	4.6	3.2	2.2	0.6	4.5	0.8	4.0	0.7	2.8	1.6		6.2				7.5	2.1	0.7	1.7				5.2									2.2
Qv						9.1	5.8	5.3	6.2	2.9										23.2	12.5	13.7	11.0	11.2	20.0		0.1									
Sc		5.8	1.0	1.5	0.9	1.4				1.0	1.0	0.9	0.7	1.1	1.2					0.6	1.9	8.0														4.0
Lm					8.0	1.7		0.6		0.5				3.5	0.3					3.0	1.4	0.6	0.6	0.8												2.1
Qs		5.6		11.5		4.2	14.1			32.9	9.3	15.3	44.5	26.6	33.2	17.3	17.5	17.2	9.5	50.2	6.7	30.9	43.7	5.7	15.9	42.2										
Le		1.6						2.5		5.1	6.0	1.4	0.2		2.3	6.4	11.4	0.3	1.3																	
Pt					0.8										1.2																					
Ud																																				
Fm		1.9																																		
Bd																																				
Am																																				
Bs																																				
Kp	0.5			0.5	0.2			7.3																												
Ta																																				
Zs																																				
Fs									2.1																											
Pk					0.2																															
Ll	21.7																																			
Lo		3.8	2.9	5.1	2.9	2.0	3.9	4.1	3.6	1.3	1.8	0.7	1.0		1.1	0.9	2.2	3.0	3.0	2.0	2.9	2.2	1.8	8.2	5.6	10.2	1.0	4.3	12.3				5.1			6.1
So		1.5	11.3	9.1		2.9		2.4	1.2	1.9	3.8	0.7		1.8													1.3									9.5
Cj	1.6	5.1		0.6		0.8	0.6			1.3	0.6																									
Rc				0.5				0.6																												
Psa	4.8				0.2	1.2	2.8			7.9	8.6	3.0	0.9		10.5																					0.7
Ws					4.4									1.6																						
Si										0.9						1.2																				
Sa	1.0	4.3									1.6	1.0																								
Ss											1.3																									
Sb																																				
Lb						0.7																														
Sch																																				
Mb	2.5		2.8		7.0											2.6	0.7																			
Aa					2.3	1.4		0.1								0.2																				

<sup>1</sup> Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Qm: *Quercus mongolica*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Pd: *Pinus densiflora*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Qv: *Quercus variabilis*, Sc: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Qs: *Quercus serrata*, Le: *Lyndera erythrocarpa*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Bd: *Betula davurica*, Am: *Acer mono*, Bs: *Betula schimidtii*, Kp: *Kalopanax pictus*, Ta: *Tilia amurensis*, Zs: *Zelkova serrata*, Ps: *Platanus strobilacea*, Pk: *Pinus koraiensis*, Ll: *Larix leptolepis*, Lo: *Lindera obtusiloba*, So: *Syrax obassia*, Cj: *Callicarpa japonica*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Psa: *Prunus sargentii*, Ws: *Weigela subsessilis*, Si: *Stelphanandra incisa*, Sa: *Sorbus althifolia*, Ss: *Securinega suffruticosa*, Sb: *Sassa borealis*, Lb: *Lespedeza bicolor*, Sch: *Smilax china*, Mb: *Morus bombycis*, Aa: *Actinidia arguta*, other 59 companion species omitted

(Table 3. Continued)

community	VI										VII										VIII										IX				
	45	48	52	69	89	50	51	53	54	23	26	27	90	43	24	61	75	76	9	16	47	49	36	40	20	25	46								
Ap				7.4						3.0									0.4				1.2												
Fs	5.1														0.4				1.4	1.4					0.2	1.0									
Rs										1.3					0.7										1.5										
Rm											1.0				0.7																				
Qm				4.2		5.8				14.7	25.3	8.8	42.0	5.0	0.4	16.1							0.7												
Fr	1.2					2.0				12.0	7.4	8.2			45.5	64.5																			
Pd	6.0						21.7					4.7											15.0		0.8	1.0	2.7								
Rt										1.9	4.8								0.1	0.6			2.7		6.8										
Qv										0.7	9.3			6.9					6.3																
Sc	0.5					0.4				1.3	1.9	1.8		2.6	1.5	3.3	1.3		0.7		0.4	1.8	0.8	7.6	3.0	0.4									
Lm	3.9	6.4		1.5						1.2	0.5	1.4		1.2	7.1	10.1							0.8	5.7	6.8	4.0	0.3								
Qs	26.3	65.4	60.6	50.0	26.5	0.4				11.5	20.7		0.6		0.4	0.7	1.8		4.1	2.1	2.0		1.3	5.7	11.3										
Le	10.0	1.6	2.1	2.2	12.0	6.1	5.6			1.7		3.2					2.3		8.8	5.7	4.8	6.8													
Pt	1.3	0.2	5.4	1.3	2.7	30.8	33.8	11.0																											
Ud	14.5	1.0		4.7		5.2	8.6	10.3	16.0														18.3												
Fm			3.6			20.4				13.1	10.9	17.2	16.7																						
Bd																																			
Am	1.4		3.4					9.4	35.5																										
Bs															37.9																				
Kp												16.0																							
Ta														65.9																					
Zs					22.4																														
Ps					8.0																														
Pk										30.1																									
Ll																																			
Lo	3.7	6.5	12.9	4.6	10.4	5.0	0.5	1.9		0.5		13.4	24.5										50.0	44.3	57.8	83.8	63.9								
So	0.7		4.7	4.1						6.1	4.0	10.2			3.0		14.8	8.9	1.9	4.4	10.7	1.9	5.4	4.1	0.7	3.0	4.6								
Cj	1.9					3.3	6.0					0.4					8.8				0.4	7.1	0.8		8.0	1.2	0.3								
Rc										1.1	1.1			1.2					0.1	1.4			0.8	0.9	0.2	2.1									
Psa				5.4																	7.6	0.4													
Ws					13.1	0.9	3.3	3.0	1.3		1.1				1.5																				
Si	5.2	3.9					0.3	1.1																											
Sa										1.3																									
Ss	1.8	0.3					1.5								0.7																				
Sb				7.0		3.1	3.9	4.7															2.3	0.8			1.1								
Lb					0.9																														
Sch																																			
Mb	8.8						5.6	11.4	2.2		12.1																								
At						1.0																	15.2												

1 Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Fs: *Fraxinus chinensis* var. *pilosa*, Ln: *Lespedeza maximowiczii*, Qs: *Quercus serrata*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Pt: *Parthenocissus tricuspidata*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Bd: *Betula danurica*, Am: *Acer mono*, Bs: *Betula schmidtii*, Kp: *Kalopanax pictus*, Ta: *Tilia amurensis*, Zs: *Zelkova serrata*, Ps: *Platycaurpa srobitacea*, Pk: *Pinus koraiensis*, Ll: *Larix leptolepis*, Lo: *Lindera obtusiloba*, So: *Syrax obassia*, Cj: *Callitriche japonica*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Psa: *Prunus sargentii*, Ws: *Weigela subsessilis*, Si: *Stelphanandra incisa*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Ss: *Securinega suffruticosa*, Sb: *Sasa borealis*, Lb: *Lespedeza bicolor*, Sch: *Smilax china*, Mb: *Morus bombycis*, At: *Actinidia arguta*, other 59 companion species omitted



Table 4. The statistical analysis(non-parametric tests of Kruskal-Wallis) between communities

Community	Chi square( $\chi^2$ )	Degree of freedom	$\alpha$ -value
Altitude	24.958**	8	0.002
Aspect	15.117	8	0.057
Slope	18.760*	8	0.016
Number of Species	32.492**	8	0.000
Height	14.242	8	0.076
Canopy DBH	8.948	8	0.347
Individuals	16.258*	8	0.039
Height	14.294	8	0.074
Under-story DBH	12.210	8	0.142
Individuals	19.289*	8	0.013
Height	13.561	8	0.094
Shrub Individuals	11.286	8	0.186

\* : significant at  $p < 0.05$ \*\* : significant at  $p < 0.01$ 

(VII)은 다른 군락들에 비하여 넓은 위치를 차지하고 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 우점종이 다양하고 각 군락의 특성이 다양하기 때문으로 판단되었다.

### 3) 군락별 일반현황간 통계분석

각 식생 군락의 지형특성, 식생특성 등의 군락간 차이가 통계적인 의미를 보이는지 확인하기 위해 분산분석을 실시하였다(Table 2, Table 4).

각 군락간 해발고도, 경사, 출현종 수, 교목층과 아교목층 출현 개체수 평균값이 신뢰수준 95~99%에서 통계적으로 유의하게 차이가 있음이 확인되었으며, 향, 층위별 수고 및 흉고직경, 관목층 출현 개체수는 통계적으로 그 차이가 인정되지 않았다. 통계적으로 그 차이를 보인 요소들에서 군락들간의 차이를 살펴보면, 조림지를 제외한 자연림의 해발고도에 의한 분포는 신갈나무군락(693.3m) > 굴참나무군락(580.5m) > 낙엽활엽수군락(557.2m) > 소나무-신갈나무군락(542.0m) > 소나무군락(493.3m) > 졸참나무군락(444.0m) > 소나무-졸참나무군락(414.1m)의 순서로 분포하고 있다. 이 결과는 신갈나무군락이 가장 높은 해발고도에 분포하고 좀 더 낮은 해발고도에 소나무와 졸참나무군락이 형성되는 것으로 보고된 인근의 속리산 연구결과와 일치하게 나타났다(Lee *et al.*, 1990b).

경사에 의한 분포는 신갈나무군락(27.0°), 졸참나무군락(24.0°), 소나무군락(22.8°), 굴참나무군락(22.4°) 등 참나무류군락과 일부 소나무군락이 비교적 경사가 급한 곳에 분포하고 나머지 군락들은 18~20°에서의 경사 분포를 보이고 있다.

군락의 종류에 따라 출현종 수의 차이가 뚜렷하게 나타났는데, 낙엽활엽수군락과 일본잎갈나무조림지에서 13.4종이 출현하여 가장 높은 출현종 수를 보였고, 소나무군락(13종), 졸참나무군락(13종), 소나무-졸참나무군락(12종)에서도 12종 이상이 출현하고 있는 반면, 신갈나무군락(8종), 소나무-신갈나무군락(8종), 굴참나무군락(10종), 잣나무조림지(10종)에서는 적은 종이 나타나고 있다.

교목층 출현 개체수는 참나무류군락에서는 8~9개체로 신갈나무군락 > 굴참나무군락 > 졸참나무군락의 순으로 나타났다. 소나무 우점군락에서는 소나무군락 > 소나무-신갈나무군락 > 소나무-졸참나무군락 순이었으며, 7~10로 큰 편차를 보였다. 낙엽활엽수군락은 8개체, 일본잎갈나무조림지 8개체, 잣나무조림지가 13개체로 나타났다. 잣나무조림지에서 출현 개체수가 많게 나타났는데, 이는 잣나무조림 후 그대로 방치되어 왔기 때문으로 판단되었다. 아교목층 출현 개체수는 대부분의 군락에서 8~9개체 정도의 출현을 보였으나, 소나무군락과 졸참나무군락에서 각각 11, 14개체로 많은 아교목이 자라고 있는 반면, 잣나무조림지와 일본잎갈나무조림지에서는 각각 5, 7개체로 적은 수의 아교목 출현을 보이고 있다.

### 4) 종다양도 분석

군락별로 종다양도를 분석해본 결과, 99%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 군락 간 종다양도에 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 5). 소나무군락, 낙엽활엽수군락,

Table 5. The species diversity(Shannon's diversity) of each community

Com.	Range (min-max)	Mean and SD	Chi square( $\chi^2$ )	$\alpha$ -value
I	0.5750~0.9130	0.7549±0.1152		
II	0.3540~1.0344	0.8144±0.1728		
III	0.8037~1.0728	0.9607±0.0807		
IV	0.5234~1.1246	0.8994±0.1646		
V	0.6814~0.8491	0.7654±0.0526	25.204**	0.001
VI	0.6536~1.2290	0.9171±0.1853		
VII	0.7267~1.1160	0.9591±0.1402		
VIII	0.4508~0.9102	0.7706±0.1544		
IX	0.8686~1.0622	0.9541±0.0700		

I: *Quercus mongolica*, II: *Quercus variabilis*, III: *Pinus densiflora*, IV: *Pinus densiflora-Quercus serrata*, V: *Pinus densiflora-Quercus mongolica*, VI: *Quercus serrata*, VII: Deciduous broadleaf tree, VIII: *Pinus koraiensis*, IX: *Larix leptolepis*

\*\* : significant at  $p < 0.01$

Table 6. Importance percentage of major woody species by the stratum in each community

Com.	Layer					Layer					Layer				
	Sp.	C <sup>1</sup>	U	S	M	Sp.	C	U	S	M	Sp.	C	U	S	M
I	<i>Qm</i> <sup>2</sup>	87.69	41.87	10.56	59.56	<i>Sc</i>	0.00	4.73	6.04	2.58	<i>Tr</i>	0.00	0.00	9.75	1.63
	<i>Ap</i>	0.00	22.85	4.22	8.32	<i>Fr</i>	1.28	0.62	8.52	2.27	<i>Pd</i>	3.12	0.00	0.00	1.56
	<i>Rs</i>	0.00	8.72	8.90	4.39	<i>Fs</i>	0.00	5.65	1.93	2.21	<i>Qs</i>	0.80	2.14	0.20	1.15
	<i>Lo</i>	0.00	1.43	15.55	3.07	<i>So</i>	0.00	5.41	0.60	1.90	<i>Ta</i>	0.00	2.72	0.26	0.95
	<i>Lm</i>	0.00	0.00	16.72	2.79	<i>Ccr</i>	3.49	0.00	0.00	1.75	others	3.62	3.85	16.73	5.88
II	<i>Qv</i>	62.32	17.60	4.20	37.73	<i>Lo</i>	0.00	4.15	15.42	3.95	<i>Fr</i>	0.39	3.20	3.34	1.82
	<i>Qs</i>	13.78	20.42	2.91	14.18	<i>Lm</i>	0.00	0.00	20.22	3.37	<i>Am</i>	1.00	3.01	0.00	1.50
	<i>Qm</i>	10.64	18.08	1.60	11.62	<i>Sc</i>	0.00	4.96	6.43	2.72	<i>Rt</i>	0.00	3.18	2.08	1.41
	<i>Pd</i>	9.97	1.22	0.47	5.47	<i>Sb</i>	0.00	0.00	14.58	2.43	<i>Fs</i>	0.00	2.94	2.43	1.38
	<i>So</i>	0.00	12.24	2.10	4.43	<i>Le</i>	0.00	2.01	9.05	2.18	others	1.88	7.01	15.15	5.80
III	<i>Pd</i>	92.98	40.12	2.47	60.27	<i>Rt</i>	0.00	6.52	5.56	3.10	<i>Qm</i>	0.00	4.12	1.19	1.57
	<i>Fr</i>	0.94	6.45	12.01	4.62	<i>So</i>	0.00	3.43	8.43	2.55	<i>Lm</i>	0.00	0.00	7.81	1.30
	<i>Qv</i>	4.09	4.37	0.12	3.52	<i>Fs</i>	0.00	2.99	9.22	2.53	<i>Le</i>	0.00	0.00	6.35	1.06
	<i>Qs</i>	0.90	8.08	1.81	3.45	<i>Ll</i>	0.00	6.24	0.00	2.08	<i>Mb</i>	0.00	3.03	0.00	1.01
	<i>Lo</i>	0.00	2.42	14.93	3.29	<i>Psa</i>	1.09	0.00	6.79	1.68	others	0.00	12.24	23.31	7.96
IV	<i>Pd</i>	71.97	7.62	0.44	38.59	<i>Psa</i>	0.72	5.47	0.75	2.31	<i>Sb</i>	0.00	0.00	7.19	1.20
	<i>Qs</i>	17.04	49.42	2.78	25.45	<i>Lo</i>	0.00	1.43	9.79	2.11	<i>Qm</i>	0.00	2.68	1.31	1.11
	<i>Qv</i>	8.50	4.05	0.00	5.60	<i>So</i>	0.00	5.03	2.48	2.09	<i>Rs</i>	0.00	1.30	4.03	1.10
	<i>Ap</i>	0.00	9.51	6.49	4.25	<i>Rt</i>	0.00	3.10	5.73	1.99	<i>Lm</i>	0.00	0.00	6.39	1.07
	<i>Fs</i>	0.00	1.75	14.77	3.05	<i>Le</i>	0.00	0.72	10.16	1.93	others	1.78	7.91	27.68	8.14
V	<i>Pd</i>	89.65	13.07	1.58	49.44	<i>Rmi</i>	0.00	0.00	15.05	2.51	<i>Sa</i>	0.00	2.26	0.40	0.82
	<i>Qm</i>	9.59	30.68	6.92	16.18	<i>So</i>	0.00	5.41	2.08	2.15	<i>Qs</i>	0.00	1.44	1.44	0.72
	<i>Fs</i>	0.00	23.14	14.02	10.05	<i>Lo</i>	0.00	0.75	9.26	1.79	<i>Sc</i>	0.00	0.00	4.31	0.72
	<i>Rm</i>	0.00	10.12	16.17	6.07	<i>Ry</i>	0.00	2.90	1.39	1.20	<i>Im</i>	0.00	1.89	0.00	0.63
	<i>Rs</i>	0.00	1.89	15.00	3.13	<i>Qv</i>	0.77	1.34	0.44	0.90	others	0.00	5.11	11.95	3.70
VI	<i>Qs</i>	77.91	32.89	0.00	49.92	<i>Zs</i>	6.26	0.00	0.00	3.13	<i>Am</i>	0.00	4.00	0.00	1.33
	<i>Lo</i>	0.00	16.92	10.97	7.47	<i>Pq</i>	1.75	4.49	0.00	2.37	<i>Ps</i>	2.27	0.00	0.00	1.14
	<i>Le</i>	3.69	5.00	5.55	4.44	<i>Mb</i>	2.14	2.82	0.00	2.01	<i>Pt</i>	0.00	0.00	6.55	1.09
	<i>Lm</i>	0.00	0.00	25.03	4.17	<i>So</i>	0.00	4.83	1.41	1.85	<i>Fm</i>	0.00	3.05	0.00	1.02
	<i>Ud</i>	3.97	5.53	0.00	3.83	<i>Pd</i>	0.00	5.47	0.00	1.82	<i>Ws</i>	0.00	0.00	5.48	0.91
	<i>Si</i>	0.00	0.00	20.26	3.38	<i>Sb</i>	0.00	0.00	8.24	1.37	others	2.01	15.01	16.49	8.76
VII	<i>Fr</i>	6.25	12.95	10.45	9.18	<i>Pd</i>	2.95	7.34	0.00	3.92	<i>Bs</i>	4.90	0.00	0.00	2.45
	<i>Qm</i>	13.74	4.10	1.09	8.42	<i>Lo</i>	0.00	6.18	9.11	3.58	<i>Lm</i>	0.00	0.00	14.39	2.40
	<i>Ud</i>	9.27	9.16	0.64	7.80	<i>Qs</i>	5.77	0.00	2.28	3.26	<i>So</i>	0.00	5.59	2.60	2.30
	<i>Am</i>	7.91	8.14	0.80	6.80	<i>Mb</i>	1.23	6.38	2.24	3.12	<i>Ps</i>	2.63	2.05	0.00	2.00
	<i>Bd</i>	9.72	2.44	0.00	5.67	<i>Cc</i>	5.77	0.00	0.00	2.88	<i>Le</i>	0.96	2.69	2.86	1.85
	<i>Ta</i>	8.18	2.90	0.17	5.08	<i>Kp</i>	5.20	0.00	0.87	2.75	<i>Sc</i>	0.00	0.60	7.36	1.43
	<i>Fm</i>	5.54	4.42	0.00	4.25	<i>Qv</i>	4.90	0.00	0.52	2.54	others	5.07	45.35	55.06	33.88
VIII	<i>Pk</i>	95.85	50.88	0.00	64.89	<i>Psa</i>	0.00	9.63	0.24	3.25	<i>Qv</i>	1.66	0.00	0.00	0.83
	<i>Fr</i>	0.00	22.15	0.50	7.47	<i>So</i>	0.00	4.10	2.54	1.79	<i>Fs</i>	0.00	0.00	4.45	0.74
	<i>Co</i>	0.00	0.00	35.31	5.88	<i>Cc</i>	0.00	4.75	0.25	1.63	<i>Pt</i>	0.00	0.00	3.38	0.56
	<i>Lo</i>	0.00	4.10	14.90	3.85	<i>Ve</i>	0.00	4.39	0.27	1.51	<i>Zp</i>	0.00	0.00	2.79	0.46
	<i>Le</i>	1.56	0.00	18.17	3.81	<i>Qs</i>	0.93	0.00	4.78	1.26	others	0.00	0.00	12.42	2.07
IX	<i>Ll</i>	97.44	35.21	0.87	60.60	<i>Bd</i>	0.00	8.53	0.00	2.84	<i>So</i>	0.00	1.96	6.93	1.81
	<i>Le</i>	0.00	15.02	1.50	5.25	<i>Mb</i>	0.00	8.14	0.00	2.71	<i>Pu</i>	0.00	5.01	0.00	1.67
	<i>Lm</i>	0.00	0.00	19.83	3.30	<i>Qv</i>	0.00	6.69	2.25	2.60	<i>Rt</i>	0.00	1.78	6.13	1.62
	<i>Qs</i>	2.56	4.81	2.40	3.28	<i>Pd</i>	0.00	6.18	1.45	2.30	<i>Fr</i>	0.00	0.00	5.92	0.99
	<i>Lo</i>	0.00	1.93	15.46	3.22	<i>Sc</i>	0.00	0.00	12.20	2.03	others	0.00	4.74	25.07	5.76

<sup>1</sup> C: I.P. of Canopy layer, U: I.P. of Under-story layer, S: I.P. of Shrub layer, M: mean I.P.

<sup>2</sup> *Am*: *Acer mono*, *Ap*: *Acer pseudo-sieboldianum*, *Bd*: *Betula davurica*, *Bs*: *Betula schimidtii*, *Cc*: *Cornus controversa*, *Ccr*: *Castanea crenata*, *Co*: *Celastrus orbiculatus*, *Fm*: *Fraxinus mandshurica*, *Fr*: *Fraxinus rhynchophylla*, *Fs*: *Fraxinus sieboldina*, *Im*: *Ilex macropoda*, *Kp*: *Kalopanax pictum*, *Le*: *Lindera erythrocarpa*, *Ll*: *Larix leptolepis*, *Lm*: *Lespedeza maximowiczii*, *Lo*: *Lindera obtusiloba*, *Mb*: *Morus bombycis*, *Pd*: *Pinus densiflora*, *Pk*: *Pinus koraiensis*, *Pq*: *Picrasuma quassioides*, *Ps*: *Platycarya strobilacea*, *Psa*: *Prunus sargentii*, *Pt*: *Parthenocissus tricuspidata*, *Pu*: *Pyrus ussuriensis*, *Qm*: *Quercus mongolica*, *Qs*: *Quercus serrata*, *Qv*: *Quercus variabilis*, *Rm*: *Rhododendron mucronulatum*, *Rmi*: *Rhododendron micranthum*, *Rs*: *Rhododendron schlippenbachii*, *Rt*: *Rhus trichocarpa*, *Ry*: *Rhododendron yedoensis* for. *poukhanense*, *Sa*: *Sorbus alnifolia*, *Sb*: *Sasa borealis*, *Sc*: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, *Si*: *Stehphanandra incisa*, *So*: *Styrax obassia*, *Ta*: *Tilia amurensis*, *Tr*: *Tripterygium regelii*, *Ud*: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, *Ve*: *Viburnum erosum*, *Ws*: *Weigela subsessilis*, *Zp*: *Zanthoxylum piperitum*, *Zs*: *Zelkova serrata*

일본잎갈나무조림지의 종다양도가 0.95이상으로 비교적 높은 종다양성을 보이고 있는 반면, 신갈나무군락, 소나무-신갈나무군락, 잣나무조림지에서는 종다양도 0.76이하로 종다양성이 낮게 나타났다. 군락간 통계적인 차이를 보이기는 하였으나 표본 수의 한계가 있고, 굴참나무군락, 소나무-졸참나무군락, 졸참나무군락, 잣나무조림지에서는 조사구 간에 큰 편차를 보여 본 연구의 군락 유형별 종다양도를 일반화하는 것은 무리가 있다고 판단되었다.

### 3. 군락구조 분석

Classification분석과 Ordination분석을 통해 분류된 9개의 군락에 대해 각 군락별로 층위별 상대우점치 및 평균상대우점치를 구하고 각 군락의 식생구조를 분석하였다 (Table 6). 군락별 통합 상대우점치는 분류된 각 군락의 현장조사 자료를 통합하여 분석하였다.

신갈나무군락(I)은 10개 조사구였으며, 신갈나무가 교목층에서 I.P. 87.69%로 높게 우점하고 아교목층과 관목층에서도 각각 41.87%, 10.56%로 각 층위에서 고르게 나타나고 있다. 신갈나무 이외의 수종은 아교목층에서 당단풍이 22.85%로 높게 나타나고, 관목층에서는 조록싸리(16.72%), 생강나무(15.55%), 미역줄나무(9.75%), 철쭉(8.72%) 등이 주요 수종으로 출현하였다. 신갈나무군락은 신갈나무가 교목층, 아교목층, 관목층에서 고르게 세력을 형성하고 있고, 별다른 경쟁 수종이 나타나지 않아 향후 안정적으로 신갈나무군락이 유지 및 확대될 것으로 예상되었다.

굴참나무군락(II)은 19개 조사구가 조사되었으며, 교목층에서 굴참나무가 I.P. 62.32%로 우점하는 가운데 졸참나무(13.78%), 신갈나무(10.64%), 소나무(9.97%)가 세력을 형성하고 있다. 아교목층에서는 굴참나무(17.60%), 졸참나무(20.42%), 신갈나무(18.08%)가 서로 비슷한 우점치를 보이고 있으며, 참나무류 외에는 쪽동백나무(12.24%)가 자주 나타났다. 관목층에서는 조록싸리(20.22%), 생강나무(15.42%), 비목나무(9.05%), 노린재나무(6.43%) 등이 주요 수종으로 출현하였다.

소나무군락(III)은 9개 조사구였으며, 소나무가 교목층에서 I.P. 92.98%로 절대적으로 우점하고, 아교목층에서도 40.12%로 안정되게 세력을 형성하고 있다. 아교목층에서는 소나무 이외에 졸참나무(8.08%), 물푸레나무(6.45%), 굴참나무(4.37%) 등이 약하게 나타나고, 관목층에서는 생강나무(14.93%), 물푸레나무(12.01%), 쇠물푸레(9.22%), 쪽동백나무(8.43%) 등이 주로 출현하였다. 소나무군락은 소나무가 교목층, 아교목층에서 고르게 강한 세력을 형성하고 있고, 아교목층 참나무류와의 경쟁이 심하게 나타나지 않아 당분간은 안정적으로 소나무군락이 유지될 것으로 예

상되었다.

소나무-졸참나무군락(IV)은 소나무가 우점하는 군락 중 해발고가 가장 낮은 곳에 위치하는 군락으로 17개 조사구가 조사되었다. 교목층은 소나무가 I.P. 71.97%로 높게 우점하는 가운데 졸참나무(17.04%)가 경쟁하고 있고, 아교목층에서는 교목층과 달리 소나무(7.62%)가 낮은 우점치를 보이면서 졸참나무(49.42%), 당단풍(9.51%)이 주요 수종으로 나타나고 있다. 관목층에서는 쇠물푸레(14.77%), 조릿대(7.19%), 당단풍(6.49%), 조록싸리(6.39%) 등이 주로 출현하였다. 소나무-졸참나무군락은 소나무가 교목층에서 강하게 우점하고 있으나, 아교목층에서는 소나무의 세력이 미약하고 졸참나무가 세력을 활발하게 확장하고 있어 향후 졸참나무군락으로의 천이가 서서히 진행될 것으로 보인다.

소나무-신갈나무군락(V)은 10개 조사구였으며, 소나무가 교목층에서는 89.65%로 높은 I.P. 값을 보이고 있으나, 아교목층(13.07%)과 관목층(1.58%)에서는 그 세력이 미약하다. 반면, 신갈나무는 아직 교목층(9.59%)까지는 세력이 왕성하지 않으나 아교목층(30.68%)과 관목층(6.92%)에서 높은 우점도를 보이고 있다. 이 외 수종으로는 아교목층 쇠물푸레(23.14%), 진달래(10.12%), 관목층 진달래(16.17%), 꼬리진달래(15.05%), 철쭉(15.0%), 쇠물푸레(14.02%)로 쇠물푸레와 진달래류가 주요 수종으로 나타나고 있다. 소나무-신갈나무군락은 소나무가 교목층에서 강하게 우점하고 있으나, 아교목층에서는 소나무의 세력이 미약하고 신갈나무가 세력을 활발하게 확장하고 있어 향후 소나무와 신갈나무와의 경쟁이 심화될 것으로 판단되었다.

졸참나무군락(VI)은 졸참나무가 교목층과 아교목층에서 각각 77.91%와 32.89%로 높게 우점하고 있으며, 교목층에서 느티나무, 느릅나무, 굴피나무, 아교목층에서 생강나무, 비목나무, 소나무 등이 나타나고 있으나 세력이 크지 않았다. 관목층에서는 조록싸리(25.03%), 국수나무(20.26%), 생강나무(10.97%) 등이 주요 수종으로 출현하였다. 이 군락은 졸참나무가 교목층, 아교목층에서 강하게 세력을 형성하고 있고, 별다른 경쟁 수종이 나타나지 않아 이후에도 안정적으로 졸참나무군락이 유지될 것으로 예상되었다.

낙엽활엽수군락(VII)은 11개 조사구였으며, 물푸레나무, 느릅나무, 고로쇠나무, 물박달나무, 피나무, 들메나무, 박달나무 등이 교목층과 아교목층에서 높은 우점치를 보이는 군락들이다. 각 군락들은 비교적 좁은 면적으로 봉암사 산림유전자원보호구역에 산재해서 분포하고 있다.

봉암사 산림유전자원보호구역 내 조림지로는 잣나무조림지와 일본잎갈나무조림지가 분포하고 있다. 잣나무조림지(VIII)는 잣나무가 교목층과 아교목층에 각각 I.P. 95.85%, 50.88%로 높게 우점하고 있어 다른 나무들의 발달이 매우 미약한 상태이다. 잣나무 이외의 수종으로는 아교목층에서

물푸레나무(22.15%), 산벚나무(9.65%)가 주로 나타나며, 관목층에서는 노박덩굴(35.31%), 비목나무(18.17%), 생강나무(14.90%) 등이 주로 출현하고 있다. 일본잎갈나무조림지(IX)도 잣나무조림지와 마찬가지로 교목층과 아교목층에는 일본잎갈나무가 97.44%와 35.21%로 높게 우점하고 있으며, 다른 출현 수종은 아교목층에서 비목나무(15.02%), 산돌배(5.01%), 관목층에서는 조록싸리(19.83%), 생강나무(15.46%), 물박달나무(8.53%), 산팽나무(8.14%) 등이 출현하고 있다.

4. 종합 고찰

봉암사 산림유전자원보호구역은 오랜 기간 사람들의 발길로부터 보호되어 산림생태계가 잘 보전되고 있으며, 유서 깊은 사찰 봉암사 주변으로 울창한 소나무 사찰림이 양호하게 유지되고 있는 지역이다. 본 연구를 통해 봉암사 산림유전자원보호구역을 이루고 있는 주요 식생의 군락구조와 각 군락들의 특징을 분석하였다. 현존식생은 봉암사를 중심으로 소나무림이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 사찰에서 멀리 떨어져 관리 범위를 벗어나는 지역과 능선 주변으로는 참나무류가 세력을 넓혀가고 있다. 참나무류림은 해발고에 따라 위로부터 신갈나무(693±192m), 굴참나무(581±110m), 졸참나무(444±84m) 순으로 군락을 형성하고 있으며, 소나무는 해발고가 높은 곳에서는 신갈나무(542±140m), 낮은 곳에서는 졸참나무(414±110m)와 경쟁 단계에 있다. 이처럼 경쟁이 이루어지고 있는 곳은 상층에는 소나무가 우점하고 있으나 중·하층에는 소나무의 세력이 미약한 대신 참나무류의 세력이 왕성해지고 있어 인위적인 관리가 이루어지지 않으면 차츰 소나무림이 쇠퇴하고 참나무류림으로의 천이가 예상되었다. 따라서 봉암사 산림유전자원보호구역의 지정사유인 소나무 사찰림을 유지하기 위해서는 현재의 소나무림을 유지할 가치가 충분한 지역과 참나무류로의 자연천이를 허용할 지역을 구분하여 이에 맞는 관리방안을 수립할 필요가 있다. 또한 넓은 면적으로 덩굴피압지가 형성되고 있는 지역에 대한 관리방안과 일본잎갈나무, 잣나무 등 조림지를 자연림으로 갱신하는 방안을 수립하고, 백두대간 마루금을 지나는 등산객들에 의한 산림자원의 훼손을 줄일 수 있는 관리계획 수립을 요한다. 본 연구가 봉암사 산림유전자원보호구역 산림의 전반적인 특징을 조사하고 분석하는 것에 초점을 맞추어 이루어졌기 때문에 봉암사 주변 소나무 우량지역 관리에 대한 연구가 부족하므로 향후 이에 대한 후속연구가 진행될 필요가 있다.

인용문헌

Choi, H.J and B.U. Oh(2009) Floristic study of Songnisan National Park in Korea. Korean J. Pl. Taxon. 39(4): 277-291. (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(3): 476-496. (in English)

Han, K.M.(2011) The Transition of Bongam Temple and Heuiyansan Sect in Koryo. The Buddhism Research 34: 51-82. (in Korean with English abstract)

Kim, H.S.(1994) The Modern Development Aspect of Association, Bojosasang 8: 131-166. (in Korean)

Kim, J.W.(1992) Vegetation of Northeast Asia. On the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forest. Ph. D. thesis, Wien University, 314pp. (in Korean with English abstract)

Korean Forest Service(2008) The 3rd Research on the Actual Condition of Baekdudaegan. Korean Forest Service, 459pp. (in Korean)

Lee, C.B.(2003) Korean Pictorial Book of Flora. Hyangmunsa, pp. 15-853(in the 1st vol.), pp. 11-78(in the 2nd vol.). (in Korean)

Lee, K.J., I.H. Park, J.C. Jo and C.H. Oh(1990b) Studies on the Structure of the Forest Community in Mt. Sokri( II ) - Analysis of the Plant Community by the Classification and Ordination Techniques -. Applied Ecology Study 4(1): 33-43. (in Korean with English abstract)

Lee, K.J., K.B. Yim, J.C. Jo and C.H. Ryu(1990a) Studies on the Structure of the Forest Community in Mt. Sokri( I ) - The Conversation Planning of *Pinus densiflora* Community -. Applied Ecology Study 4(1): 23-32. (in Korean with English abstract)

Lee, K.J., K.S. Ki and J.W. Choi(2009) Vegetation Succession and Vegetation Management of the *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in the Beopjusa Area, Songnisan National Park. Kor. J. Eco. 23(2): 208-219. (in Korean with English abstract)

Pielou, E.C.(1975) Ecological Diversity. New York, John Wiley, 165pp. (in English)

Seo, J.Y.(2007) The Spirit of the Bongamsa Association and the monk Seongcheol's Role. Seonstudy 18: 11-64. (in Korean with English abstract)

Shannon, C.E. and W. Weaver(1963) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, 117pp. (in English)

www.kma.go.kr(Korea Meteorological Administration)

Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area. Journal of Korean Forest Society 50: 56-71. (in Korean with English abstract)