

계룡산국립공원 공원문화유산지구 사찰림의 식생구조^{1a}

송주현² · 권순선³ · 김호진⁴ · 이정은⁵ · 윤이슬⁶ · Siswo⁷ · 김현섭⁸ · 윤충원^{9*}

Temple Forest Vegetation Structure of Cultural Heritage Site in Mt. Gyeryongsan National Park

- Focused on Donghaksa, Gapsa and Sinwonsa -^{1a}

Ju-Hyeon Song², Soon-Sun Kwon³, Ho-Jin Kim⁴, Jeong-Eun Lee⁵, I-Seul Yun⁶, Siswo⁷, Hyun-Seop Kim⁸,
Chung-Weon Yun^{9*}

요약

본 연구는 계룡산국립공원 공원문화유산지구로 지정된 동학사, 갑사, 신원사를 대상으로 식물사회학적 식생조사자료를 바탕으로 식생구조를 파악하여 생태적 특성을 구명하여 사찰림의 생태적 보전관리 방안을 마련하는데 기초 자료를 제공하고자 2018년 9월부터 2019년 5월까지 총 29개소의 산림식생조사를 수행하였다. 계층적 군집분석 결과, 느티나무-으름덩굴-황매화 군락(VU1), 졸참나무-작살나무-까치박달군락(VU2), 소나무-산벚나무-쇠물푸레나무군락(VU3)으로 식생유형이 각각 구분되었으며, 각 식생단위별 지표종은 각각 12분류군, 8분류군, 6분류군으로 나타났다. 중요치 분석 결과, 모든 식생단위에서 느티나무의 중요치가 가장 높게 나타났으며, 종다양도 분석 결과, 식생단위 3의 종다양도가 0.939으로 다른 식생단위와 비교하였을 때 상대적으로 높게 나타났다. 식생유형과 무생물적입지환경, 생물적입지환경과의 상관관계분석을 CCA를 통해 분석한 결과, 무생물적 환경인자와의 관계는 식생단위 2와 해발고도가 음의 상관관계를 가지는 경향을 보였으며, 생물적 환경인자와의 관계에서는 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않았다.

주요어: 계층적 군집분석, 지표종분석, 중요치, 종다양도, CCA

1 접수 2019년 6월 4일, 수정 (1차: 2019년 10월 31일), 게재확정 2019년 11월 28일

Received 4 June 2019; Revised (1st: 31 October 2019); Accepted 28 November 2019

2 공주대학교 대학원 산림자원학과 박사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (ssetkk8868@naver.com)

3 계룡산국립공원 탐방시설과 자연환경해설사 Gyeryongsan National Park Office Visitor Service Division Ecointerpreter., 327-6, Donghaksa 1-ro, Banpo-myeon, Gongju-si, Chungcheongnam-do, 32626, Korea (dawn0319@knps.or.kr)

4 공주대학교 산림자원학과 대학원 박사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (ghwls1102@naver.com)

5 공주대학교 산림자원학과 대학원 박사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (vksl1230@naver.com)

6 공주대학교 산림자원학과 대학원 석사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (dltmf9017@naver.com)

7 공주대학교 산림자원학과 대학원 석사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (siswoxix@gmail.com)

8 국립산림과학원 산림기술경영연구소 연구사 Forest Practice Research Center, National Institute of Forest Science, Pocheon, 11186, Korea (khs0607@korea.kr)

9 공주대학교 산림자원학과 교수 Dept. of Forest Resources, Kongju National Univ., 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan, 32439, Korea (cwyun@kongju.ac.kr)

a 이 논문은 산림청에서 지원하는 연구비(2013069D10-1919-AA03)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: cwyun@kongju.ac.kr

ABSTRACT

This study was carried out to provide basic information for the ecological preservation management of temple forest (Donghaksa, Gapsa, Sinwonsa) by investigating the ecological characteristics of vegetation structure of the Cultural Heritage Site in Mt. Gyeryongsan National Park based on the Braun-Blanquet vegetation survey method from September 2018 to May 2019. As a result of hierarchical cluster analysis, the forest vegetation was classified into 3 vegetation units (*Zelkova serrata* - *Akebia quinata* - *Kerria japonica* community, VU1; *Quercus serrata* - *Callicarpa japonica* - *Carpinus cordata* community, VU2; and *Pinus densiflora* - *Prunus sargentii* - *Fraxinus sieboldiana* community, VU3). The indicator species of each vegetation unit were 12 taxa, 8 taxa, and 6 taxa, respectively. The result of the importance value analysis showed that *Z. serrata* had the highest importance value in all vegetation units, and the result of the species diversity analysis showed that the species diversity of VU3 was 0.939, which was relatively higher than other vegetation units. The result of the CCA of correlation between vegetation units and abiotic environmental factors showed that VU2 had a negative correlation with altitude, and biotic environmental factors had no significant correlation with vegetation units.

KEY WORDS: HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS, INDICATOR SPECIES ANALYSIS, IMPORTANCE VALUE, SPECIES DIVERSITY, CCA

서론

사찰림이란 사찰이 보유하고 있는 산림을 말하며, 우리나라 대부분의 사찰은 사찰 주변 토지와 임야를 소유하고 있다. 사찰림의 본질은 종교림으로서 울창한 숲은 미적으로 조성하고 풍치를 지속적으로 유지하여 사원의 존엄성을 더하고 이속정심(離俗淨心)하는 불교신앙심을 고취시키는데 의의가 있으며(Lee, 2012), 사찰림의 기능은 산림의 기능을 포함함과 동시에 수행의 공간이며 포교의 공간으로서 종교적 기능과 불교가 전파된 이후로 일반 산림보다 사찰, 왕실 등의 관리적 노력이 왜란, 호란, 전쟁, 일제강점기와 6.25전쟁을 겪으면서도 보전 및 관리되어온 역사문화적 기능이 더해진다(Jang, 2019). 실제로 사찰은 신라시대 말기 이후 구산선문의 발달과 함께 산지에 위치하는 경우가 많으며, 사찰의 특성상 승려들의 친자연적 삶의 영위로 말미암아 사찰은 수려한 곳에 위치해 있고, 산림을 보호하는 데 크게 이바지하는 것으로 알려져 있다(Yi and Yi, 2002; Lee et al., 2011). 한국 사찰림은 국토 면적의 0.7%, 산림면적의 1%에 이르고, 종교림 및 사유림으로 분류되고 있는 역사문화재 2,817건 중 1,180건(42%)을 차지하고 있어 문화유산적 가치가 매우 높으며, 국립공원의 8.3%, 도립공원의 15.5%, 군립공원 13.6%에 이르는 등 역사문화적·생태적 가치가 매우 높다(Chun, 2016).

우리나라 국립공원은 1967년 지리산국립공원이 처음으로 지정된 이후 2019년 현재까지 22개소가 지정되어 관리되고 있다. 국립공원은 자연공원 중 하나로 우리나라의 자연생태계

및 문화경관을 대표할만한 지역(자연공원법 2조)이며, 관리를 맡고 있는 공원관리청은 효율적인 관리를 위하여 공원자연보존지구, 공원자연환경지구, 공원마을지구, 공원문화유산지구로 용도지구를 지정하고 있다. 이 중 공원문화유산지구는 ‘문화재 보호법’에 따른 지정문화재를 보유한 사찰과 ‘전통사찰의 보전 및 지원에 관한 법률’에 따른 전통사찰의 경내지 중 문화재의 보전에 필요하거나 불사에 필요한 시설을 설치하고자 하는 지역이다(Kim et al., 2016). 공원문화유산지구의 지정은 국립공원의 효율적 관리를 위하여 지정된 곳이기에 공원문화유산지구에 관한 연구는 관리방안 제시가 요구된다. 관리는 공간 특성을 고려한 관리가 이루어져야 하며, 국립공원과 같이 자연생태계나 자연 및 문화경관을 대표할만한 지역은 다양한 생물의 서식처를 고려한 관리가 이루어져야 한다(Kim et al., 2016).

계룡산(845m)은 금남정맥에 위치하고 있으며 저산성 평야 지역에 높이 솟은 군봉으로 이루어진 산악이다. 계룡산국립공원은 충남 공주시, 논산시 및 대전광역시 유성구에 걸쳐 있으며 1968년 국립공원 2호로 지정된 충청남도 유일의 산악형 국립공원이다(Korea National Park Service, 2019). 계룡산은 일찍부터 산악 신앙의 대상인 동시에 풍수도참설과 불교문화가 개화한 특별한 지역이었다. 계룡산에는 이미 백제시대로부터 사찰이 건립되었던 것으로 추측되고 있고, 신라시대에 계룡산에서 가장 번창한 사원인 갑사와 계룡산 동편의 수려한 산세를 따라 조영된 동화사, 국가에서 산신에게 제사를 지냈던 중악단이 위치한 신원사도 계룡산의 품에서 성장한 큰 절들이다(Park et al., 1999). 위에 계룡산국립공원 내 주요 사찰은 환경부에서

문화재의 보전 및 불사에 필요한 지역과 시설을 설정하여 공원 문화유산지구로 지정하여 관리하고 있지만 사찰별 각기 다른 식생구조에 따른 생태학적 보전 방안 마련이 미흡한 실정이다.

사찰림에 관한 연구는 사찰숲의 비전과 구상 수립, 산림 전문인력 양성, 모델 사찰숲 운영 및 사찰숲에 대한 승가의 관심을 강조한 연구(Chun, 2016)와 사찰림 관리지와 일반인의 인식조사를 통한 불교수목원 조성방안을 연구한 *Jogye Order of Korean Buddhism*(2011)은 전통사찰의 가치에 대한 인식조사를 위하여 전통사찰의 가치를 종교가치, 문화가치, 생태가치, 휴양가치, 관광가치, 유산가치로 구분하여 전문가 집단에 의한 설문지를 개발하였다. 사찰림의 식생연구로는 가지산도립공원 통도사지구의 식물군락과 환경요인의 상관관계를 살펴본 연구(Lee *et al.*, 2014), 경남 합천 해인사의 사찰림 식물상 및 조경식물의 식재특성에 관하여 연구가 이루어졌으며(Park *et al.*, 2005; Hong and You, 2015), 전남 순천 조계산 송광사 사찰림의 생태문화적 가치에 대한 평가지표를 개발하고 적용하는 연구가 이루어졌다(Jang, 2019). 그 외, 경주국립공원 불국사 사찰림의 식생구조(Kang *et al.*, 2012), 속리산국립공원 범주사지구 소나무림 식생천이와 식생관리에 관한 연구(Lee *et al.*, 2009), 오대산국립공원 월정사 전나무숲 식생구조에 관한 연구(Nam *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2008), 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골계곡의 삼림군집구조에 관한 연구 및 야영행위가 식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구(Jo *et al.*, 1987; Park *et al.*, 1991), 식생구조 관리를 위한 한국 미황사 사찰림의 식생구조 및 종다양성 분석 연구(Lee *et al.*, 2011), 청도군 운문사 문화경관림 식생구조 특성과 식생경관 회복 방안 연구(Lee, 2012) 등이 이루어졌으며, 연구대상지인 동학사의 경우, 계룡산국립공원 동학사-남매탐구간의 삼림군집구조에 관한 연구(Choi and Cho, 2001), 계룡산 동학사계곡 남사면과 북사면의 산림식생에 관한 연구(Kim *et al.*, 2004) 등이 이루어졌으며, 갑사의 경우, 계룡산국립공원 갑사 계곡 노거수군집의 식생구조(Lee *et al.*, 2001)에 관한 연구가 진행되었지만, 신원사의 사찰림 식생에 관한 연구는 진행되지 않았다. 동학사와 갑사의 사찰림에 관한 연구는 각각 이루어진 것이며 계룡산 공원문화유산지구 내 주요 사찰(동학사, 갑사, 신원사)의 사찰림을 비교한 연구는 미흡하여 전체적인 식생구조를 밝혀 생태적 보전관리 방안을 마련하는데 기초 자료를 제공할 필요가 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 계룡산국립공원 공원문화유산지구로 지정된 동학사, 갑사, 신원사의 사찰림을 대상으로 식물사회학적 식생조사자료를 바탕으로 식생구조를 파악하여 생태적 특성을 구명함에 있다.

연구방법

1. 조사지 개황

계룡산은 행정구역상 서·북쪽면은 공주시, 남쪽면은 논산시에 동쪽의 일부는 대전광역시에 속하나 대부분의 지역이 공주시의 계룡면과 반포면에 걸쳐 있다. 지리적으로는 북위 36°18'02"~36°23'38", 동경 127°11'60"~127°17'86"에 위치하고 총 면적은 61.148km²로 국유지 40.76%, 공유지 6.02%, 사유지 43.21% 및 사찰 10.00%로 각각 구성되어 있으며, 지리산(1967년)에 이어 1968년 국립공원 2호로 지정된 명산이다(Korea National Park Service, 2019).

계룡산의 지질은 중생대의 백악기 말엽에 있었던 지각운동으로 심성암의 관입에 의해 형성된 각종 화성암을 주구성암으로 발달된 계룡산괴로 석영, 장석, 운모 등 3대 광물로 구성된 화강암이 탁월한 산지로서 기계적, 화학적 풍화작용에 저항이 약해 기암괴석이 발달하고 대체로 험준한 지형을 이루면서 지하수를 함유할 수 있는 조건이 미약하여 우기가 지나면 계류가 급격히 감소하는 특징을 보인다(Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 2019).

조사지역 일대는 Köppen의 기후 구분에 의하면 온대다우 기후지역(Cfa)으로 분류되며, 기상청의 기상자료개방포털의 계룡산(지점번호 659) 20년(1999년~2018년)간의 방재기상 관측자료에 의하면 연평균기온은 약 8.29℃이였으며, 연평균 강수량은 약 1,014.2mm 정도로 강수량의 대부분이 7~9월에 집중되었다. 또한 최난월의 연평균최고기온은 약 30.29℃, 최한월의 연평균최고기온은 약 -18.11℃로 한서의 차가 심하였다(Korea Meteorological Administration, 2019).

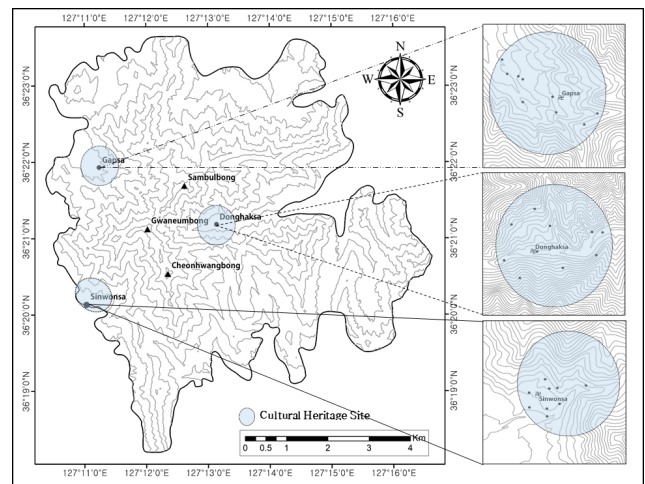


Figure 1. Map showing the study sites of Cultural Heritage Site in Mt. Gyeryongsan national park.

주요 계류로서는 천황봉 주능선으로부터 발원하여 은선폭포와 동학사를 지나 용수천으로 동류하는 동학사 계곡류와 갑사를 지나 계룡저수지와 노성천으로 서남류하는 갑사 계곡류가 있다. 또한 신원사를 지나 양화저수지와 노성천으로 합류하는 신원사 계곡류, 용화사를 지나 두계천으로 남류하는 용화사 계곡류, 그리고 삼불봉 능선으로부터 발원하여 상·하신리를 거쳐 북동류하여 용수천으로 합류하는 상·하신 계곡류 등 5대 계류가 주수계를 형성하고 있다.

연구조사지는 환경부에서 지정한 전국의 공원문화유산지구 중에서 계룡산국립공원 내 지정문화재를 보유하고 있는 사찰부지의 공원문화유산지구인 동학사지구, 갑사지구, 신원사지구를 대상으로 하였다.

2. 야외조사 및 분석방법

본 연구는 2018년 9월부터 2019년 5월 사이에 계룡산국립공원 동학사, 갑사, 신원사의 공원문화유산지구 내 식생을 대상으로 총 29개소의 방형구를 식물사회학적 방법(Ellenberg, 1956; Braun-Blanquet, 1964)에 따라 사찰별 지형, 해발, 생태적 밀도 등의 여러 입지환경요인을 고려하여 선정하였으며, 식생조사법에 따라 조사구내에 출현하는 각 종의 피도(coverage)와 개체수를 조합시킨 우점도(dominance)계급을 층위별로 구분하여 판정 기록하였고, 생육상태는 종 개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(sociality)계급 등을 측정하였다. 방형구의 크기는 20m × 20m 로 설치하였다. 식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 나무생태도감(Yun, 2016)을 기준으로 하였으며, 국가표준식물목록(Korea Forest Service, 2010a)과 국가생물종지식정보시스템(Korea Forest Service, 2010b)을 기준으로 학명과 국명을 작성하였다.

계룡산국립공원 공원문화유산지구 내 식생분류를 위해 동학사, 갑사, 신원사에서 조사한 총 29개소의 식생자료를 토대로 계층적 군집분석(hierarchical cluster analysis, HCA)을 통하여 산림군집을 분류하였다. 본 연구에서는 생태학자들이 폭넓게 사용하고 있는 최소분산연결법(Minimum Variance Method)을 이용하였다. 이 방법은 보통 워드법(Ward's Method)이라고도 하며, 각각의 군집 분석 단계에서 군집 사이의 분산을 최소화한다는 기초적인 이론을 바탕으로(Everitt, 1974; Hartigan, 1975; Orloci, 1967)으로 하여 군집분류에 따른 정보의 손실을 최소화할 수 있는 장점이 있어(Ward, 1963) 본 연구에서는 계층적 군집분석 중 하나인 Ward법을 활용하였으며, 기준이 되는 거리를 Centroid 거리를 이용하여 계층적 군집분석을 실시하였다. 지표종분석(indicator species analysis, ISA)은 종의 풍부도와 빈도를 통해 특정 수종이 특정 그룹을 얼마만큼 대표할 수 있는지에 대한 정도를 평가할 때 이용되며(Peck, 2010), Dufrene and Legendre(1997)은 지표종분석을 이용하여 계층적 군집분

석에서 적정 군집의 수를 결정하는 기준을 마련할 수 있다고 하였다. Dufrene & Legendre's method로 계층적 군집분석에서 산출된 군집의 개수에 따라 수종별로 지표점수를 산출하여 Monte Carlo method로 수종별 지표점수의 통계적 유의성을 검증하였다. 식생유형분류를 통해 산출된 식생단위-층위별 각 출현종의 점유정도를 파악하기 위해 조사지내 출현종을 대상으로 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법을 응용하여 상대빈도(Relative Frequency, R.F.)와 상대피도(Relative Coverage, R.C.)를 합산한 중요치(Importance Value, I.V.)를 계산하였다. 또한 각 층위에 생육하고 있는 수종들의 개체크기를 고려하여 교목층 3, 아교목층 2, 관목층 1, 초본층 0.5의 가중치를 층위별로 부여하여 평균상대우점치(mean importance percentage, MIP)를 산출하였다.(Yim *et al.*, 1980; Cho and Lee, 2010; Lee *et al.*, 2010; Han *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2019). 각 군락유형에 대한 다양성, 경쟁 등을 분석하기 위하여 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1949), 최대종다양도, 균재도, 우점도를 분석하여(Brower and Zar, 1977) 식생단위별 평균을 내어 분석하였다. CCA(canonical correspondence analysis)를 통해 식생단위별 무생물적 환경인자(해발고도, 사면경사도, 지형, 암석노출도, 토양노출도, 낙엽층깊이)와의 상관관계, 생물적 환경인자(교목층 평균식피율, 아교목층 평균식피율, 관목층 평균식피율, 초본층 평균식피율, 교목층 평균수고, 아교목층 평균수고, 관목층 평균수고, 초본층 평균수고, 교목층 평균흉고직경, 아교목층 평균흉고직경, 관목층 평균흉고직경, 평균출현종수)와의 상관관계를 정량적이고 객관적으로 파악하기 위하여 Bipolt cutoff R^2 은 0.200으로 분석한 결과를 최초 1, 2축으로 나타내었다. 무생물적 환경인자 중 지형은 계곡(V)은 1, 사면하부(LS)는 3, 사면중부(MS)는 5로 서열척도화하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 계층적 군집분석(HCA)에 의한 식생유형분류와 지표종 분석(ISA)

클러스터의 수는 정보의 손실과 수종간의 생태적인 관련성을 종합적으로 해석할 수 있는 단순함을 적절하게 절충하는 기준이다. 계층적 군집분석이 지니고 있는 가장 큰 단점은 적정 클러스터의 수를 통계적으로 결정할 수 없어 연구자의 주관적인 판단에 의해 결과를 해석하는 것이다. 그러나 클러스터의 수는 군집분석의 결과에 가장 큰 영향을 끼치기 때문에 적합한 결과를 산출하기 위해서는 식생유형을 분류함에 앞서 통계적인 절차를 통해 객관적으로 적절한 수의 클러스터를 정하는 것이 필요하다(Chung and Kim, 2013). 생태적으로 가장 의미 있는 적정 군집의 수를 결정하기 위하여 계층적 군집분석에서 산출

된 2~5개의 클러스터에 대한 177개 수종별 지표점수(indicator index) 값의 평균 p 값을 산출하였으며(Figure 2a), 군집별 유의 수준(Monte Carlo, $p < 0.05$)을 만족시키는 수종의 개수를 나타낸 결과(Figure 2b), 3개와 5개의 유형으로 구분되었을 때, 평균 p -value가 0.508로 가장 낮게 나타났지만 유의한 지표점수를 가지는 수종의 개수가 3개로 군락유형을 구분하였을 때 26종으로 가장 높게 나타나 3개의 군락으로 구분하였다. 계층적 군집분석으로 통해 구분된 식생단위별 지표종을 분석한 결과 (Table 1), 식생단위 1의 지표종은 느티나무, 으름덩굴, 황매화, 산갈퀴, 풍계나무, 길마가지나무, 말채나무, 미나리냉이, 까마귀밥나무, 별꽃, 사위질빵, 노박덩굴 등 12종으로 나타났고, 식생단위 2의 지표종은 졸참나무, 작살나무, 까치박달, 죽도리풀,

병꽃나무, 물개암나무, 참개별꽃, 십자고사리 등 8종으로 나타났으며, 식생단위 3의 지표종은 소나무, 산벚나무, 쇠물푸레나무, 생강나무, 굴참나무, 개웃나무 등 6종으로 유의한 지표종이 각각 나타났다.

계층적 군집분석(HCA)과 지표종 분석(ISA)의 결과로써 계룡산국립공원 공원문화유산지구 내 식생은 느티나무-으름덩굴-황매화군락(*Zelkova serrata - Akebia quinata - Kerria japonica* community, VU1), 졸참나무-작살나무-까치박달군락(*Quercus serrata - Callicarpa japonica - Carpinus cordata* community, VU2), 소나무-산벚나무-쇠물푸레나무군락(*Pinus densiflora - Prunus sargentii - Farxinus sieboldiana* community, VU3), 총 3개의 군락으로 분류되었다(Figure 2, 3).

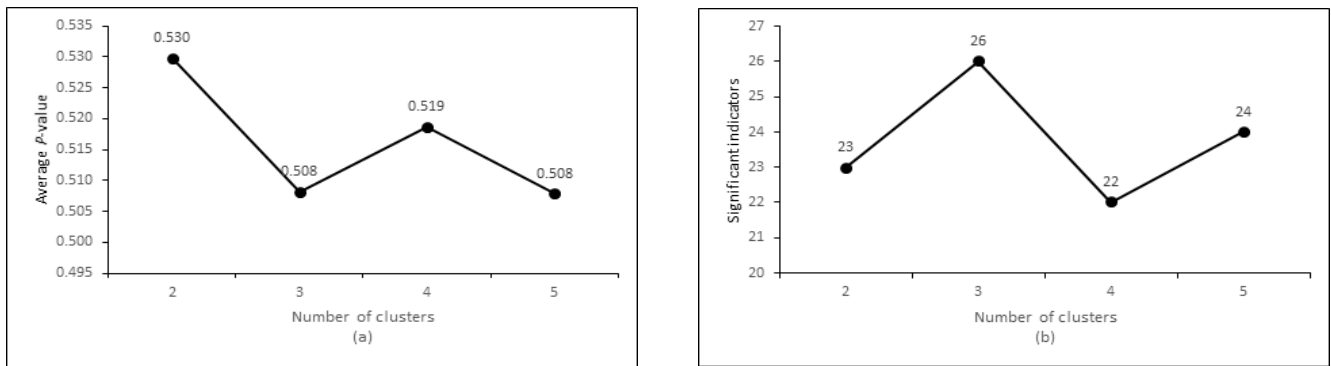


Figure 2. Result of indicator species analysis(ISA) from step 2 to 5 during the clustering process. (a) changes in p value after 999 permutations of the Monte Carlo test averaged across 29 plots, (b) Number of species with $p < 0.05$.

Table 1. Environmental factors of vegetation units

Vegetation unit	1	2	3
Altitude	216.4±60.5	118.7±16.5	194.0±64.5
Slope degree	10.3±6.6	10.5±7.0	11.4±8.5
Topography	2.8±1.7	3.0±1.3	3.2±1.5
Bare rock	30.6±32.4	13.3±19.4	11.0±15.1
Coverage of tree layer	82.7±7.5	79.2±8.6	83.0±4.2
Coverage of subtree layer	38.5±22.7	16.7±12.1	29.5±13.6
Coverage of shrub layer	51.2±19.4	38.3±20.2	57.5±22.3
Coverage of herb layer	38.3±28.2	41.7±36.6	43.5±25.6
Height of tree layer	15.6±3.1	15.7±4.1	15.4±1.2
Height of subtree layer	9.5±2.0	9.8±1.5	9.7±1.7
Height of shrub layer	3.2±1.1	3.1±0.5	2.7±0.8
Height of herb layer	0.5±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1
DBH of tree layer	41.4±19.7	38.0±18.1	44.0±21.1
DBH of subtree layer	16.8±5.6	15.0±3.5	19.3±12.8
DBH of shrub layer	3.0±1.1	3.5±1.2	2.9±1.1
No. present species	28.2±13.2	20.5±12.0	23.4±7.0

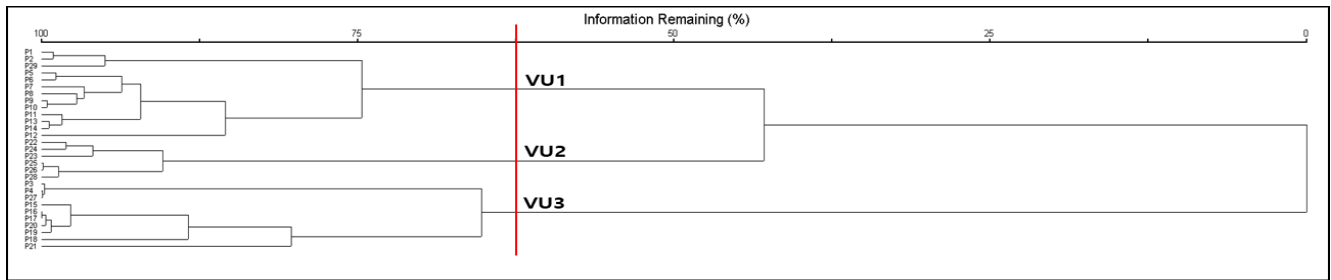


Figure 3. Dendrogram of the 29 plots of the forest vegetation on hierarchical cluster analysis. where, linkage method used with Ward's method and distance measure with correlation(VU1. *Zelkova serrata* - *Akebia quinata* - *Kerria japonica* community, VU2. *Quercus serrata* - *Callicarpa japonica* - *Carpinus cordata* community, VU3. *Pinus densiflora* - *Prunus sargentii* - *Fraxinus sieboldiana* community).

2. 중요치분석

계룡산국립공원 공원문화유산지구 내 조사된 식생조사자료를 바탕으로 식생유형분류를 통하여 구분된 식생단위별 층위별 중요치를 Curtis와 McIntosh의 방법을 응용하여 식생단위별 중요치(I.V.: importance value)를 산출한 결과(Table 2), 교

목층에서 느티나무가 모든 식생단위에서 가장 높게 나타났다. 이는 연구대상지인 동학사, 감사, 신원사의 사찰림 위치가 각각 큰 계곡류에 위치하고, 느티나무의 생육적지가 주로 산지 계곡 부인 것에서 느티나무의 중요치가 모든 식생단위에서 높게 나타난 것으로 사료되었다. 식생단위 1의 경우, 교목층에서 느티나무(22.6), 소나무(19.1), 졸참나무(11.1)가 우점하고 아교목

Table 2. Species exhibiting significant associations, based on indicator species analysis (ISA)

Scientific name (Korean name)	VU	IV*(max)	Mean	S.Dev	p
<i>Zelkova serrata</i> (느티나무)	1	76.6	35.5	6.94	0.0002
<i>Akebia quinata</i> (으름덩굴)	1	75.8	28.7	9.34	0.0004
<i>Kerria japonica</i> (황매화)	1	68.1	26.8	8.82	0.0018
<i>Galium pogonanthum</i> (산갈퀴)	1	66.1	28.8	8.51	0.0020
<i>Celtis jessoensis</i> (풍계나무)	1	63.8	28.0	10.31	0.0074
<i>Lonicera harai</i> (길마가지나무)	1	59.6	32.9	10.25	0.0200
<i>Cornus walteri</i> (말채나무)	1	53.7	21.2	8.38	0.0034
<i>Cardamine leucantha</i> (미나리냉이)	1	53.4	22.1	9.31	0.0098
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i> (까마귀밥나무)	1	47.5	22.5	9.31	0.0204
<i>Stellaria media</i> (별꽃)	1	46.0	20.7	9.17	0.0214
<i>Clematis apiifolia</i> (사위질빵)	1	45.9	24.2	10.46	0.0492
<i>Celastrus orbiculatus</i> (노박덩굴)	1	38.5	19.1	9.03	0.0440
<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	2	89.3	35.3	9.58	0.0002
<i>Callicarpa japonica</i> (작살나무)	2	60.7	31.7	8.64	0.0096
<i>Carpinus cordata</i> (까치박달)	2	59.1	23.0	9.62	0.0044
<i>Asarum sieboldii</i> (죽도리풀)	2	50.0	13.6	7.25	0.0050
<i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)	2	33.3	11.9	6.18	0.0352
<i>Corylus sieboldiana</i> var. <i>mandshurica</i> (물개암나무)	2	33.3	11.8	6.25	0.0358
<i>Pseudostellaria coreana</i> (참개별꽃)	2	33.3	13.4	5.78	0.0358
<i>Polystichum tripterum</i> (십자고사리)	2	32.8	19.5	8.53	0.0486
<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	3	98.3	25.3	8.85	0.0002
<i>Prunus sargentii</i> (산벚나무)	3	60.6	30.1	9.55	0.0090
<i>Fraxinus sieboldiana</i> (쇠물푸레나무)	3	60.0	21.3	9.84	0.0036
<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	3	60.0	21.5	10.04	0.0040
<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	3	59.0	20.4	8.81	0.0032
<i>Rhus trichocarpa</i> (개웃나무)	3	50.0	18.7	9.01	0.0046

층에서 느티나무(19.1), 당단풍나무(14.7), 까치박달(11.3)이 가장 높게 우점하여 당분간 교목층에서 우점도가 비슷한 느티나무와 소나무의 지위경쟁이 예상되지만 아교목층의 느티나무가 소나무(4.9)에 비하여 높은 중요치를 보이고 있어 천이경향을 예측하였을 때, 향후 느티나무가 우점할 것으로 사료되었다. 식생단위 2의 경우, 교목층에서 느티나무(32.5), 소나무(25.6), 굴참나무(21.7)가 우점하고 아교목층에서 비목나무(15.8), 말채나무(15.8), 굴참나무(15.8)가 복잡하게 혼효되어 있어 향후 지위경쟁이 이루어질 것으로 판단되었다. 식생단위 1과 2의 관목층에 황매화의 중요치가 높게 나타난 것은 사찰에서 풍치림 조성 목적으로 인위적 조림을 하여 중요치가 높게 나타나 지속적인 교란이 발생하고 있는 것으로 판단되었다. 식생단위 3의 경우, 교목층에서 느티나무(27.6), 졸참나무(16.7), 소나무(9.6)가 우점하고 아교목층에서 느티나무(17.4), 서어나무(8.7), 말채나무(8.7)가 우점하여 천이경향을 예측하여 볼 때, 교목층을 제외한 전 층위에서 소나무가 나타나지 않았으며 계곡부에 주로 자생하는 느티나무와 졸참나무가 교목층과 아교목층에서 우점하여 향후 지위경쟁에 유리한 입지에 놓일 것으로 사료되었다.

3. 종다양도분석

계층적 군집분석을 통해 구분된 식생단위를 기준으로 Shannon's diversity(H'), 최대종다양도(H_{max}'), 균재도(J'), 우점도($1-J'$)를 분석한 결과이다(Table 3). 식생단위 3의 종다양도가 0.939로 가장 높게 나타났고, 식생단위 2의 종다양도가 0.785로 가장 낮게 나타났다. 균재도 역시 식생단위 3이 0.695로 가장 높았고, 식생단위 2가 0.615로 가장 낮았다. 가지산 통도사 사찰림의 소나무림의 Shannon의 종다양도 값이 0.76-0.91(Lee et al., 2014)인 것에 비하여 본 대상지의 종다양도가 상대적으로 높게 나타났고, 서울 종묘의 갈참나무림 0.90-0.95(Lee et al., 1987)은 군집 구조의 발달 과정상 성숙도가 유사한 경향을 보였으며, 오대산 상원사 지역의 전나무, 피나무, 신갈나무가 우점종인 산림이 1.0~1.2(Lee et al., 1996), 오대산 월정사 지역의 전나무림이 1.10~1.27(Lee et al., 2008), 전남 해남 미황사 지역의 졸참나무, 굴참나무, 붉가시나무가 우점종인 산림의 종다양도가 1.69~2.60(Lee et al., 2011)으로 본 연구대상지에 비하여 종다양도가 상대적으로 높게 나타났다.

Table 3. Importance value of major species by vegetation unit

Layer	Species		Vegetation unit			MIP
	Scientific name	Korean name	1	2	3	
T	<i>Zelkova serrata</i>	느티나무	22.6	32.5	27.6	12.0
	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	19.1	25.6	9.6	7.7
	<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	11.1	6.0	16.7	5.7
	<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	3.5	21.7	4.8	3.2
	<i>Celtis jessoensis</i>	풍계나무	9.2	-	2.4	2.4
	<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	3.7	4.8	6.5	2.2
	<i>Cornus walteri</i>	말채나무	4.0	4.8	5.9	2.2
	<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	5.5	-	4.2	1.9
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	5.0	-	4.8	1.9
	<i>Diospyros lotus</i>	고욤나무	3.0	-	3.5	1.3
	<i>Fraxinus mandshurica</i>	들메나무	2.0	-	1.8	0.7
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	아까시나무	2.0	-	1.8	0.7
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	고로쇠나무	1.5	-	1.8	0.6
	<i>Sophora japonica</i>	회화나무	0.0	-	3.5	0.6
	<i>Cornus controversa</i>	층층나무	2.7	-	-	0.6
	<i>Tilia amurensis</i>	피나무	2.0	-	-	0.4
	<i>Platycarya strobilacea</i>	굴피나무	1.5	-	-	0.3
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	1.5	-	-	0.3
	<i>Firmiana simplex</i>	벽오동	-	-	1.8	0.3
	<i>Quercus acutissima</i>	상수리나무	-	4.8	-	0.3
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	양버들	-	-	1.8	0.3	
<i>Ginkgo biloba</i>	은행나무	-	-	1.8	0.3	
	Total		100.0	100.0	100.0	46.2

(Table 3. continued)

Layer	Species		Vegetation unit			MIP	
	Scientific name	Korean name	1	2	3		
ST	<i>Zelkova serrata</i>	느티나무	19.1	8.8	17.4	5.5	
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	당단풍나무	14.7	-	5.3	3.1	
	<i>Styrax japonicus</i>	매죽나무	10.6	-	5.3	2.4	
	<i>Carpinus cordata</i>	까치박달	11.3	8.8	0.0	2.0	
	<i>Prunus sargentii</i>	산벚나무	6.6	-	7.6	2.0	
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	5.7	15.8	5.3	1.9	
	<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	4.8	-	8.7	1.8	
	<i>Cornus walteri</i>	말채나무	-	15.8	8.7	1.4	
	<i>Celtis jessoensis</i>	풍계나무	4.8	-	5.0	1.4	
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	3.2	-	5.7	1.2	
	<i>Cornus controversa</i>	층층나무	5.7	-	1.9	1.1	
	<i>Quercus variabilis</i>	굴참나무	1.6	15.8	3.4	1.0	
	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	4.1	8.8	-	0.9	
	<i>Diospyros lotus</i>	고욤나무	-	8.8	3.8	0.7	
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	고로쇠나무	1.6	-	3.4	0.6	
	<i>Quercus mongolica</i>	신갈나무	1.6	-	3.4	0.6	
	<i>Styrax obassia</i>	쪽동백나무	-	-	3.8	0.5	
	<i>Quercus aliena</i>	갈참나무	-	-	3.4	0.4	
	<i>Actinidia arguta</i>	다래	1.6	-	-	0.2	
	<i>Sapium japonicum</i>	사릅나무	1.6	-	-	0.2	
	<i>Cornus kousa</i>	산딸나무	1.6	-	-	0.2	
	<i>Morus bombycis</i>	산뽕나무	-	-	1.9	0.2	
	<i>Picrasma quassioides</i>	소태나무	-	8.8	-	0.2	
	<i>Akebia quinata</i>	으름덩굴	-	-	1.9	0.2	
	<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	8.8	0.0	0.2	
	<i>Euonymus hamiltonianus</i>	참빗살나무	-	-	1.9	0.2	
	<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	-	-	1.9	0.2	
		Total		100.0	100.0	100.0	30.8
	S	<i>Kerria japonica</i>	황매화	14.9	1.0	14.7	1.9
		<i>Styrax japonicus</i>	매죽나무	9.7	7.1	3.3	1.0
<i>Acer pseudosieboldianum</i>		당단풍나무	10.2	-	4.7	1.0	
<i>Callicarpa japonica</i>		작살나무	4.2	7.1	7.2	0.9	
<i>Zelkova serrata</i>		느티나무	5.8	9.9	1.7	0.8	
<i>Ligustrum obtusifolium</i>		취퐁나무	4.0	7.1	5.8	0.8	
<i>Lonicera harai</i>		길마가지나무	2.0	3.8	7.2	0.7	
<i>Euonymus alatus</i>		화살나무	2.2	1.8	5.8	0.5	
<i>Akebia quinata</i>		으름덩굴	1.2	5.3	5.0	0.5	
<i>Lindera erythrocarpa</i>		비목나무	3.7	2.0	2.5	0.5	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		진달래	3.0	-	3.4	0.4	
<i>Prunus sargentii</i>		산벚나무	1.6	6.3	1.6	0.4	
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		철쭉	1.4	-	4.5	0.4	
<i>Kerria japonica</i> f. <i>pleniflora</i>		죽단화	-	1.8	4.5	0.3	
<i>Rosa multiflora</i>		찔레꽃	1.4	1.8	2.3	0.3	
<i>Rhus trichocarpa</i>		개웃나무	3.0	1.8	-	0.3	
<i>Quercus variabilis</i>		굴참나무	2.5	2.8	-	0.3	
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i>		까마귀밥나무	0.7	1.8	2.7	0.3	

(Table 3. continued)

Layer	Species		Vegetation unit			MIP
	Scientific name	Korean name	1	2	3	
	<i>Rubus coreanus</i>	복분자딸기	1.8	1.8	1.0	0.2
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	쇠물푸레나무	1.3	1.8	1.6	0.2
	<i>Sorbus alnifolia</i>	팔배나무	0.9	4.5	0.6	0.2
	<i>Boehmeria spicata</i>	쭈깨잎나무	2.2	1.8	-	0.2
	<i>Carpinus laxiflora</i>	서어나무	1.2	-	1.9	0.2
	<i>Celtis jessoensis</i>	풍계나무	0.4	-	2.9	0.2
	<i>Carpinus cordata</i>	까치박달	1.4	-	1.6	0.2
	<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	-	6.5	-	0.2
	<i>Lindera obtusiloba</i>	생강나무	0.9	1.8	1.0	0.2
	<i>Pseudosasa japonica</i>	이대	-	3.5	1.0	0.1
	<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	0.9	1.8	0.6	0.1
	<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	노린재나무	1.3	-	0.6	0.1
	Others(39 species)		16.5	15.3	10.3	2.2
	Total		100.0	100.0	100.0	15.4
H	<i>Galium pogonanthum</i>	산갈퀴	15.9	12.7	18.3	1.2
	<i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i>	가느잎그늘사초	2.7	15.2	2.6	0.4
	<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i>	까마귀밥나무	3.9	-	4.2	0.2
	<i>Clematis apiifolia</i>	사위질빵	1.2	9.2	1.9	0.2
	<i>Akebia quinata</i>	으름덩굴	2.2	4.9	2.7	0.2
	<i>Sasa borealis</i>	조릿대	-	-	7.5	0.2
	<i>Stellaria media</i>	별꽃	3.2	0.6	2.6	0.2
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	비목나무	2.8	1.9	1.9	0.2
	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	둥굴레	1.6	1.9	3.4	0.2
	<i>Zelkova serrata</i>	느티나무	1.1	3.5	2.7	0.2
	<i>Lamium album</i> var. <i>barbatum</i>	광대수염	2.4	-	2.9	0.2
	<i>Corydalis remota</i>	현호색	1.3	0.6	2.9	0.1
	<i>Lonicera harai</i>	길마가지나무	0.4	3.0	3.0	0.1
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀	3.0	-	0.8	0.1
	<i>Osmorhiza aristata</i>	긴사상자	2.8	-	0.8	0.1
	<i>Cardamine leucantha</i>	미나리냉이	2.5	-	1.1	0.1
	<i>Quercus serrata</i>	졸참나무	1.1	0.6	2.5	0.1
	<i>Pseudostellaria palibiniana</i>	큰개별꽃	0.7	1.3	2.4	0.1
	<i>Kerria japonica</i>	황매화	2.0	-	0.7	0.1
	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	취뽕나무	1.3	-	1.5	0.1
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	당단풍나무	1.3	1.2	0.7	0.1
	<i>Corydalis ambigua</i>	왜현호색	1.5	0.0	1.1	0.1
	<i>Rosa multiflora</i>	찔레꽃	0.6	1.2	1.5	0.1
	<i>Athyrium niponicum</i>	개고사리	1.1	0.6	1.1	0.1
	<i>Ainsliaea acerifolia</i>	단풍취	1.4	-	0.8	0.1
	<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	개별꽃	1.3	1.2	0.4	0.1
	<i>Celastrus orbiculatus</i>	노박덩굴	-	2.5	1.1	0.1
	<i>Duchesnea indica</i>	뱀딸기	0.9	1.9	-	0.1
	<i>Stephanandra incisa</i>	국수나무	0.6	1.3	0.7	0.1
	<i>Styrax japonicus</i>	매죽나무	1.1	0.6	0.4	0.1
	Others(119 species)		37.7	34.3	25.9	2.6
	Total		100.0	100.0	100.0	7.7

Table 4. Species diversity indices according to vegetation unit

Vegetation unit	H'	Hmax'	J'	1-J'
VU1	0.916±0.181	1.411±0.179	0.645±0.073	0.355±0.073
VU2	0.785±0.222	1.256±0.219	0.615±0.071	0.385±0.071
VU3	0.939±0.158	1.347±0.151	0.695±0.074	0.305±0.074

*Shannon's diversity index uses logarithms to base 10

4. 입지환경과의 상관관계

식생유형분류를 통해 구분된 식생단위와 입지환경인자(무생물적 환경인자, 생물적 환경인자)와의 상관관계를 비교분석하기 위해 CCA ordination법에 의하여 분석한 결과를 각각 1축과 2축에 나타내었다(Figure 4, 5). 식생단위와 무생물적 환경인자(해발, 지형, 사면경사도, 암석노출도)의 상관관계는 Biplot cutoff R^2 , 0.200으로 하여 분석한 결과, 1축(63.3%)과 2축(30.0%)으로 나타내었다. 식생단위는 2는 해발과 음의 상관관계를 가지는 경향을 보였으며, 다른 식생단위는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 식생단위와 생물적 환경인자(교목층 식피율, 아교목층 식피율, 관목층 식피율, 초본층 식피율, 교목층 수고, 아교목층 수고, 관목층 수고, 초본층 수고, 교목층 흉고직경, 아교목층 흉고직경, 관목층 흉고직경, 평균출현종수)의 상관관계는 Biplot cutoff R^2 은 0.200으로 하여 분석한 결과, 1축(72.9%)과 2축(42.7%)으로 나타낸 결과, 식생단위와 생물적 환경인자와의 상관관계가 유의하게 나타나지 않았다. 이는 연구대상지가 자연식생이지만 사찰에서 오랜기간 시행해온 숲가꾸기 등 인위적 조성을 통해 교란 받아 온 지역이기 때문인 것으로 사료되었다.

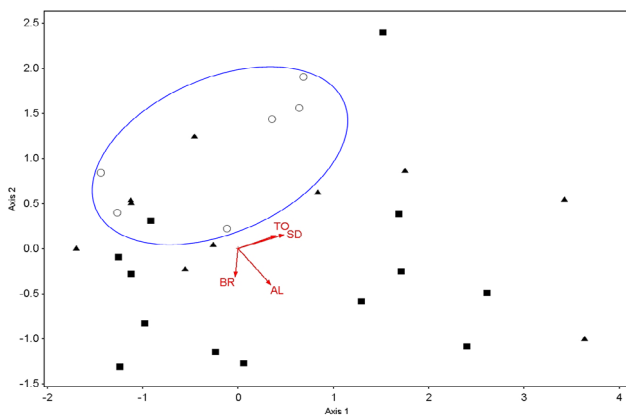


Figure 4. Canonical correspondence analysis(CCA) ordination diagram showing vegetation units in Mt. Gyeryongsan cultural heritage site and abiotic environmental variables(Altitude; AL, Topography; TO, Slope degree; SD, Bare rock; BR) against axis 1 and axis 2 (Cutoff R^2 : 0.200, ■: VU1, ○: VU2, ▲: VU3).

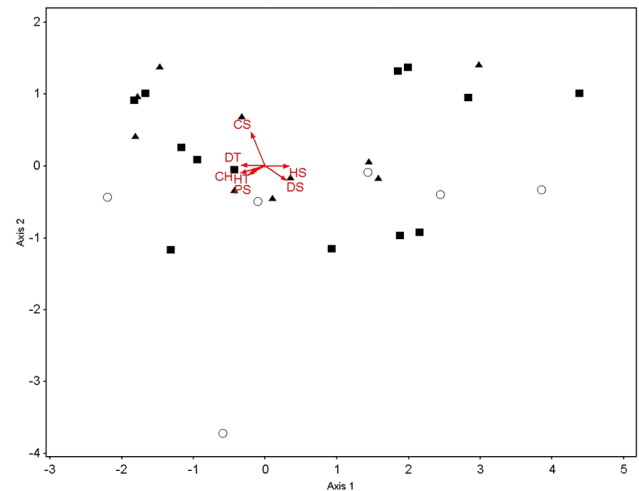


Figure 5. Canonical correspondence analysis(CCA) ordination diagram showing vegetation units in Mt. Gyeryongsan cultural heritage site and biotic environmental variables(Coverage of shrub layer; CS, Coverage of herb layer; CH, Height of tree layer; HT, Height of shrub layer; HS, DBH of tree layer; DT, DBH of shrub layer; DS, Number of present species; PS) against axis 1 and axis 2 (Cutoff R^2 : 0.200, ■: VU1, ○: VU2, ▲: VU3).

REFERENCES

- Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetation der Vegetation(3rd ed.). Springer-Verlag, Wien, New York, 865pp. (in German)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa, USA, 596pp.
- Cho, H.S. and S.D. Lee(2010) Vegetation structure of Yongso valley in the Nakdong-jeongmaek, Samcheok-si. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 24(5): 582-590. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.H. and H.S. Cho(2001) Analysis on the forest community structure of the area of Donghaksa-Nammaetop, Kyeryongsan

- national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 14(4): 252-267. (in Korean with English abstract)
- Chun, Y.W.(2016) Temple Forest in Korea – Ecological History Report for Future Generations. Mogwabooks Press, Seoul, 379pp. (in Korean)
- Chung, S.H. and J.H. Kim(2013) The classification of forest cover types by consecutive application of multivariate statistical analysis in the natural forest of western Mt. Jiri. Journal of Korean Forest Society 102(3): 407-414. (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.
- Dufrene, M. and Legendre, P.(1997) Species assemblages and indicators species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67: 345-366.
- Ellenberg, H.(1956) Aufgaben and Methoden der Vegetationskunde. Ulmer, Stuttgart, 136pp. (in German)
- Everitt, B.(1973) Cluster Analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Han, S.H., S.H. Han and C.W. Yun(2016) Classification and stand characteristics of subalpine forest vegetation at Hyangjeukbong and Jungbong in Mt. Deogyusan. Journal of Korean Forest Society 105(1): 48-62.(in Korean with English abstract)
- Hartigan, J.A.(1975) Clustering Algorithms. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Hong, K.P. and J.H. You(2015) Analysis of distribution and planting characteristics of landscape plants in Haeinsa temple. Journal of Research Institute for Silla Culture 46: 365-386. (in Korean with English abstract)
- Jang, Y.H.(2019) A Study on the Eco-Cultural Evaluation Index for Buddhist Temple Forest(Focused on Mt. Jogye Songgwangsa). Master Dissertation, Univ. of Sangmyung, Chunan, 159pp. (in Korean)
- Jo, K.H., K.J. Lee and K.K. Oh(1987) A study on impacts of camping recreation on vegetation and soil –the case of Hwaum-temple district campsite in Mt. Jiri national park. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 14(3): 21-31. (in Korean with English abstract)
- Jogye Order of Korean Buddhism(2014) The History of Korean Buddhism: Focused on the Jogye Order. Jogye Order of Korean Buddhism, Seoul, 318pp. (in Korean)
- Kang, H.M., S.H. Choi, S.D. Lee, H.S. Cho and J.S. Kim(2012) Vegetation structure of the Bulguksa buddhist temple forest in the Gyeongju national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 26(5): 787-800. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., H.J. Kim, K.S. Lee and H.K. Song(2004) Forest vegetation on the south and north slopes of Donghaksa valley in Gyeryongsan national park. Journal of Korea Society of Environmental Restoration Technology 7(2): 52-61. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.S., Y.K. Yi and P.I. Yi(2016) Characteristics of Vegetation Biotope in Cultural Heritage Site of Odaesan National Park. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 44(2): 70-82. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service(2010a) Korea biodiversity information system. <http://www.nature.go.kr/>.
- Korea Forest Service(2010b) Korea plant names index committee. <http://www.nature.go.kr/kpni/>.
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(2019) Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources. <http://www.kigam.re.kr/>.
- Korea Meteorological Administration(2019) Korea Meteorological Administration. <http://www.kma.go.kr/>.
- Korea National Park Service(2019) Korea National Park Service. <http://www.knps.or.kr/>.
- Lee, D.(2012) A Study on Characteristics of Vegetation Structures and Restoration Measures for the Vegetation Landscape in the Cultural Landscape Forest of Unmun Temple, Heongdo-gun, Korea. Master Dissertation, Univ. of Seoul, Seoul, 110pp. (in Korean)
- Lee, K.J., J.C. Jo and Y.C. Choi(1996) The community structure in old-growth forest of the Sangwonsa-Birobong area, Odaesan national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 9(2): 166-181. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.O. Kwon and J.H. Kim(2001) Structure of old tree community in Gapsa valley, Kyeryongsan national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 14(4): 217-237. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.S. Kim, J.W. Choi and B.H. Han(2008) Vegetation structure of Abies holophylla forest near Woljeong temple in Odaesan national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 22(2): 173-183. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., K.K. Oh and J.C. Jo(1987) Studies on the analysis of vegetational community structure and administration planning of the royal ancestor's shrine in Seoul. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 15(3): 21-31. (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. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 23(2): 208-219. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.C., H.M. Kang, J.S. Kim, C.Y. Yu and S.H. Choi(2014) A study on the correlation between plant community and environmental factors of Tongdosa(temple) area, Gajisan(Mt.)

- provincial park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 28(6): 715-724. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J., K. Ohno and Y.H. Ahn(2011) Study of analysis of vegetation structure and species diversity for vegetation management on shrine forest of Miwhang-sa, Korea. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 25(4): 540-561. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(2003) Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, Korea, 999pp. (in Korean)
- Lee, T.S., K.J. Lee, B.U. Choi and S.C. Park(2010) Planting managements for improvement of species diversity in Recreational Forest :A case study of Chukryongsan Recreational Forest, Gyeonggi-do. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 24(4): 351-362. (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)
- Nam, S.Y., S.I. Yoo, W.G. Park and S.S. Han(2000) Ecological Research of *Abies holophylla* forest at Wol-jong temple(Mt. Odae, Kangwon-do). Journal of Forest Science Kangwon National University 16: 69-81. (in Korean with English abstract)
- Orloci, L.(1967) An agglomerative method for classification of plant communities. Journal of Ecology 55: 193-206.
- Park, I.H., Y.C. Choi and W. Cho(1991) Forest structure of the Hwaumsa valley and the Piagol valley in the Chirisan national park. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 5(1): 42-53. (in Korean with English abstract)
- Park, K.W., Y.H. Kwon, K. Choi, S.H. Oh, D.K. Kim and J.H. Kim(2005) Forest vegetation and floristic studies of Mt. Gaya national park: Especially on the Danji-bong area. Journal of Korean Society of Environmental Biology 23(1): 1-20. (in Korean with English abstract)
- Park, N.S., D.S. Sim, E.C. Choi and B.H. Park(1999) Gapsa and Donghaksa. Daewonsa, Seoul, 143pp. (in Korean)
- Peck, J.E.(2010) Mutivariate Analysis for Community Ecologists: Step by step using PC-ORD. MjM Software Design, Glenden Beach, Oregon, 162pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Song, J.H., J. Kwon and C.W. Yun(2019) Forest vegetation structure in maruguem(the ridge line) area of Dakmokryeong to Daetjae, the Baekdudaegan. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 33(1):28-51. (in Korean with English abstract)
- Ward, J.H.(1963) Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236-244.
- Yi, P.I. and Y.K. Yi(2002) Temple Environmental Studies. Silla Council, 316pp. (in Korean)
- Yi, Y.K. and P.I. Yi(2014) Establishment of a Buddhist Arboretum through a Survey of Temple Managers and Laypersons. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 42(1): 104-114. (in Korean with English abstract)
- 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.
- Yun, C.W.(2016) Field Guide to Trees and Shrubs. Geobook, Korea, 703pp. (in Korean)