

불갑산도립공원의 식생구조 및 생태적 특성^{1a}

기정현^{2*} · 이상철^{3*} · 유재혁² · 강현미^{4*}

Vegetation Structure and Ecological Characteristic of Bulgapsan Provincial Park^{1a}

Jeong-Hyun Ki^{2*}, Sang-Cheol Lee^{3*}, Jae-Hyuk Yoo², Hyun-Mi Kang^{4*}

요약

본 연구는 불갑산도립공원의 식생 특성을 밝히고자 시행되었다. 불갑산도립공원 내 64개의 조사구(단위면적 100m²)를 설치하여 조사를 실시하였다. TWINSpan과 DCA를 사용하여 군락분리를 실시한 결과, 소나무-굴참나무군락, 소나무-리기다소나무-졸참나무군락, 굴참나무-개서어나무군락, 갈참나무-굴참나무-층층나무군락, 갈참나무-굴피나무군락, 활엽수혼효군락, 굴참나무군락으로 분리되었다. 식생군락구조 분석결과, 소나무와 낙엽성참나무류가 경쟁관계에 있는 군락은 소나무의 세력이 축소되고 있어 낙엽성참나무류로의 천이가 예상되며, 기타 활엽수림의 경우 현재의 상태가 유지될 것으로 보이나 난온대림 및 온대 남부 식생대에서 출현하는 참식나무와 비자나무가 함께 출현하고 있어 모니터링 등의 지속적인 관찰이 필요해 보인다. 군락별 종다양도는 경쟁이 활발한 소나무-리기다소나무-졸참나무군락이 2.6654로 가장 높게 확인되었고, 계곡부의 우수 식생들로 이루어진 활엽수혼효군락이 1.2548로 가장 낮게 확인되었다. 교목층의 우점종 및 특징적인 수목을 대상으로 연령을 분석한 결과, 불갑산도립공원 식생군락의 수령은 대략 37~87년으로 확인되었으며, 이 중 천연기념물로 지정된 참식나무군락은 48~56년의 수령을 보였다.

주요어: TWINSpan, DCA, 천연기념물, 참식나무

ABSTRACT

The purpose of this study was to understand the vegetation structure and ecological characteristic of Bulgapsan(Mt.) Provincial Park by setting up and surveying 64 plots(100m²). The analysis using the TWINSpan and DCA techniques found seven community groups: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* community, *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* community, *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* community, *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* community, *Q. aliena-Platycarya strobilacea* community, Broad-leaved mixed community and *Q. variabilis* community. The result of vegetation community structure analysis

1 접수 2024년 3월 29일, 수정 (1차: 2024년 5월 23일), 게재확정 2024년 5월 30일

Received 29 March 2024; Revised (1st: 23 May 2024); Accepted 30 May 2024

2 국립목포대학교 대학원 조경학과 석사과정 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Mokpo National Univ., Muan 58554, Korea (bcdbcd12@naver.com, maknee1492@naver.com)

3 부산대학교 응용생태연구실 연구원 Applied Ecology Lab., Pusan National Univ., Miryang 50463, Korea (enula@pusan.ac.kr)

4 국립목포대학교 도시계획및조경학부 조경학전공 부교수 Dept. of Urban Planning and Landscape architecture Major in Landscape architecture, Mokpo National Univ., Muan 58554, Korea (kang@mokpo.ac.kr)

a 이 논문은 한국환경생태학회 학술대회논문집 33(2): 99에 발표된 논문을 보완하여 발전시킨 것임.

† co-first author

* 교신저자 Corresponding author: kang@mokpo.ac.kr

showed that *P. densiflora* community and deciduous *Quercus* spp. community were in competition, and succession to *Quercus* spp. community was expected. In the case of other broad-leaved forests, the current status is expected to be maintained. But continuous monitoring is required in areas where *Neolitsea sericea* and *Cephalotaxus* appear, which grow naturally in warm temperate forest and southern temperate vegetation zone. Species diversity by communities are confirmed to be highest at 2.6654 in the actively competitive *P. densiflora*-*P. rigida*-*Q. serrata* community, and the lowest in the Deciduous broad-leaved forests community at 1.2548. The results of the tree rings and annual growth analysis showed that dominant trees had an average age of more than 37~87 years. Among them, *N. sericea* designated as a natural monument was 48~56 years old.

KEY WORDS: TWINSPAN, DCA, NATURAL MONUMENT, *Neolitsea sericea*

서론

불갑산도립공원은 2019년 우수한 자연생태 자원의 체계적 보전과 지속가능한 이용을 위해 도립공원으로 지정되었으며, 지정면적은 7.004km²로 영광군 불갑면과 묘량면 일원을 중심으로 위치해 있다(Jeonnam Provincial Government, 2022). 불갑산은 연실봉(518m)을 주봉으로 장군봉(447m), 투구봉(418m), 법성봉(364m) 등이 능선을 이루고 있다. 불갑산 기슭에 위치한 불갑사 주변으로는 상록활엽수종인 참식나무가 자생하는 곳으로 천연기념물로 지정된 참식나무군락지(27,796m²)가 있으며, 환경부 멸종위기 야생식물 II급 진노랑상사화를 포함해 상사화속 7종 중 5종이 자생하고 있어 생물적 가치(Jeonnam Provincial Government, 2019)가 뛰어나다. 또한, 불갑산도립공원 중앙부에 위치하고 있는 불갑사를 중심으로 다양한 문화자원(영광 불갑사 대웅전, 영광 불갑사 목조석가여래삼불좌상, 영광 불갑사 불복장 전적, 영광 불갑사 목조사천왕상 및 복장전적)(Korea Cultural Heritage Administration, 2024)이 전해져 내려오고 있어 문화적 가치가 높다.

불갑산은 난온대와 온대 남부 식생대의 입지적 특성(Oh and Jee, 1995)이 나타나는 곳으로 참식나무, 동백나무 등의 상록활엽수, 굴참나무, 졸참나무, 떡갈나무 등의 낙엽성참나무류, 개서어나무, 푸조나무, 느티나무 등의 낙엽활엽수, 소나무, 비자나무, 개비자나무 등의 상록침엽수와 같은 다양한 식생이 자생하고 있어 식생특성 연구에 있어 중요한 가치가 있는 곳이다. 더하여 불갑산 일대의 참식나무는 기후변화 시대에 난온대 상록활엽수를 대표하는 수종(Yun et al., 2014)으로 환경부에서 발표한 국가 기후변화 생물지표(CBIS, 2010) 100종에 선정될 만큼 가치가 크다. 이러한 점에서 비취볼 때, 본 연구는 기후변화에 따른 한반도 산림식생 분포 변화를 예측하는 식물지리학적 연구의 기초자료로서 그 가치가 있다.

전라남도에 육상을 기준으로 지정되어 있는 도립공원은 총 4개소인데, 이를 중심으로 한 식생 연구를 살펴보면, 1979년 지정된 조계산도립공원은 식물상(Kim and Chang, 1982; Chung and Kim, 1986; Park., 2003; Sun et al., 2018; Choi, 2019), 식물군집구조(Kim, 1985; Kim, 1987; Chang, 1990, 1991; Lee, 1991; Kim, 2012; Han et al., 2014), 산림식생의 공간적 분포(Kim, 2002)연구와 함께 조계산에서 자생하고 있는 털조장나무(Kim, 1997; Im et al., 2015) 등의 연구가 이루어졌다. 같은 해 지정된 두륜산도립공원은 식물자원(Toh and Park, 1971), 상록활엽수림의 식물군집구조 및 식생 특성(Oh, 1994; Kang, 2019) 등의 연구가 이루어졌으며, 1998년 지정된 천관산도립공원은 식물상(Lim and Im, 2003; Kim and Chung, 2011), 동백나무 산림유전자원 보호림의 식생구조(Kwag et al., 2016), 식생 특성(Kang and Kang, 2023) 등의 연구가 이루어졌다. 이후 약 20년이 지난 2019년 지정된 불갑산도립공원은 상록활엽수림의 식물군집구조(Oh and Jee, 1995)와 관속식물상과 특정식물(Lim, 2002)에 관한 연구가 진행되었다. 각 도립공원 마다 지정된 연도가 다르지만 전체적으로 도립공원에 대한 연구는 부족한 실정이다.

도립공원은 「자연공원법」상 자연생태계와 자연 및 문화경관 등을 보전하고 지속 가능한 이용을 도모함을 목적(「자연공원법」 제1조)으로 지정되는 자연공원 중 하나로, 도 및 특별자치도의 자연생태계나 경관을 대표할 만한 지역으로 지정된 공원(「자연공원법」 제2조 3항)으로 10년마다 공원별 보전·관리계획을 수립하여야 한다(「자연공원법」 제17조의3)(Ministry of Government Legislation, 2024). 그러나 실제 대부분의 도립공원은 보전·관리계획을 수립하지 않고 있으며, 자연공원 중 국립공원만이 법에 따라 보전·관리계획을 수립하고 있다(Kang et al., 2019). 도립공원 또한 자연공원으로 국립공원과 같이 「자연공원법」의 적용을 받고 있으나 지정 및 관리 주체가 환경부장관인 국립공원과

달리 도지사 또는 특별자치도지사가 지정 및 관리 주체로 지자체의 예산 및 관리인력 부족 등의 여러 가지 이유로 인해 보전·관리계획의 수립이 이루어지지 않고 있다 (Kang *et al.*, 2019). 따라서 보전·관리계획의 기초라 할 수 있는 식생 연구 또한 미비한 실정이다.

불갑산도립공원은 자연생태계나 경관을 대표하는 지역으로 참식나무 자생 북한지가 천연기념물로 지정되어 보호·관리되고 있어 식물사회학적으로 중요한 지역이며, 비교적 최근에 도립공원으로 지정되어 관리를 위해 더 많은 자료가 구축되어야 하지만 지자체 예산과 전문 인력 부족 등으로 인해 중요성에 비해 관련 연구가 부족하다. 이에 본 연구는 불갑산도립공원 전체를 대상으로 식생 특성을 분석하고, 지속 가능한 식생관리를 위한 기초자료를 구축하는 것을 목적으로 수행되었다.

연구방법

1. 연구대상지 선정

본 연구의 대상지는 전라남도 영광군 남쪽에 위치하고 있는 불갑산도립공원으로 조사구는 산림공간정보서비스의 임상도(FGIS, 2022)를 토대로 능선부와 사면부, 계곡부 등의 지형을 고려하여 불갑산도립공원 경계를 중심으로 총

64개의 조사구를 임의로 설치하였다. 조사는 2022년 10월~11월에 걸쳐 진행하였다(Figure 1).

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

식생조사는 방형구법으로 숲 내부에 방형구 10m×10m (100m²)를 설치한 후 수관의 위치에 따라 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 2m 미만의 수목을 관목층, 교목층과 관목층 사이에 위치하는 수목을 아교목층으로 구분하여 매목 조사를 실시하였다. 관목층은 10m×10m(100m²) 방형구 내 가장자리에 5m×5m(25m²)의 소방형구 1개소를 설치하여 조사하였다(Kang *et al.*, 2013; Kang, 2019; Kang and Kang, 2023). 교목·아교목층은 수목의 흉고직경을 기준으로 관목층은 수목의 수관폭(장변×단변)을 기준으로 조사하였으며, 그 외 수관층위별 특성을 파악하기 위해 층위별 평균 수고와 식피율을 조사하였다. 또한, 환경요인을 파악하기 위해 각 조사구별 해발고, 사면방향, 경사도 등을 조사하였으며, 기후대를 알아보기 위한 기후 조건을 파악하였다.

2) 식물군락구조 분석

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower

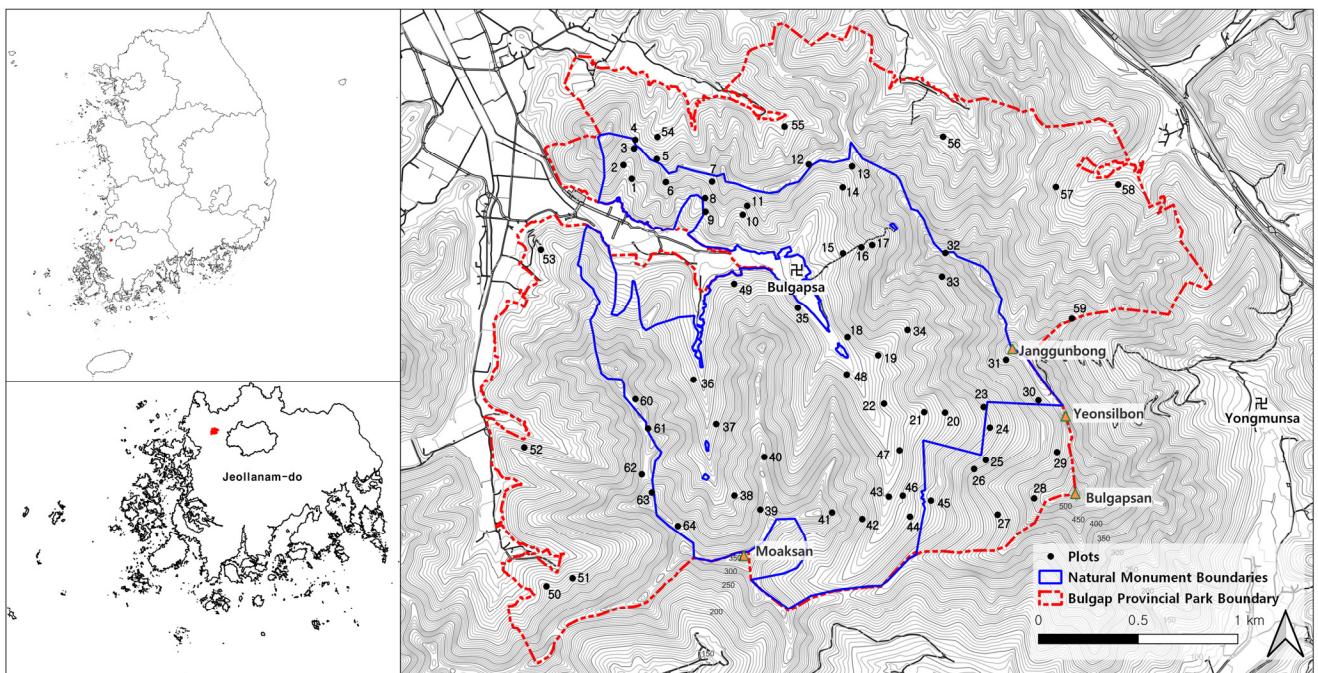


Figure 1. Map of the surveyed plots in Bulgapsan Provincial Park.

and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치 (Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며, 개체 간 크기를 고려해 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(Park, 1985). 이 산림식생조사 자료를 바탕으로 식물군락의 특성을 알아보기 위해 64개 조사구를 TWINSpan에 의한 분류분석(classification analysis)(Hill, 1979b)을 통해 7개의 식물군락으로 구분하여 식생구조를 파악하였으며, DCA를 활용한 서열분석(ordination analysis)(Hill, 1979a)을 통해 구분된 군락의 분포 특성을 파악하였다. 식생자료를 토대로 유사도지수를 분석하였고, 각 군락에 대한 중구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D), 최대종다양도(H'_{max})를 계산하였다. 단위면적(100m²) 당 종수 및 개체수를 분석하였고, 조사구 내 우점종 및 특징적인 수목을 대상으로 표본목 연령을 분석하였으며, 흉고직경급별 분석을 통해 식생의 수령 및 임분동태를 파악하여 산림식생천이의 양상을 추정하였다(Harcombe and Marks, 1978).

결과 및 고찰

1. 기후

불갑산도립공원은 전라남도 영광군에 속해있으며 북위 35° 9' 15"~35° 25' 41", 동경 125° 59' 13"~126° 38' 48" (Lim, 2002)에 위치하고 있다. 연구대상지인 불갑산도립공원이 위치한 영광군의 기상관측자료를 활용하여 15년(2008~2022)간의 기상자료(Korea Meteorological Administration, 2023)를 분석한 결과(Table 1), 영광군은 연평균기온 13.2°C, 온량지수 110.0°C·month, 한랭지수 -12.0°C·month, 최한월평균기온 0.3°C, 연평균강수량 1,309.2mm로 나타났다. 불갑산도립공원의 산림대는 일반적으로 최한월평균기온이 -3~18°C로 주로 온대수종이 분포하고 있어 온대림으로 구분될 수 있다. 그러나 대상지에는 온대수종 외에 난대수종인

상록활엽수가 분포하고 있다. 난온대 상록활엽수림의 분포는 온도조건인 연평균 기온, 온량지수, 한랭지수와 관련성(Kil and Kim, 1999)이 있으며, 난온대 상록활엽수림의 기후 특성은 온량지수 85~240°C·month, 강수량 900~1,500mm, 한랭지수 -10~-15°C·month, 최한월평균기온 1~-1°C·month 정도의 범위에 분포(Park *et al.*, 2018)하는 것으로 알려져 있다. 연구대상지가 속한 영광군은 온량지수, 한랭지수, 강수량, 최한월평균기온 등이 난온대 상록활엽수림의 기후 특성 범위에 포함되어 난온대림으로 구분된다.

2. 식물군락구조

1) 군락분류 및 유사도지수

전체 64개 조사구에 대해 classification 분석 중 TWINSpan기법을 사용하여 식생유형을 7개의 그룹으로 나누었다(Figure 2). Level 1에서는 감태나무(*Lg*), 청미래덩굴(*Sc*)을 식별종으로 갖는 그룹(Division 2, -)과 비자나무(*Tn*), 개비자나무(*Ch*), 참식나무(*Ns*)를 식별종으로 갖는 그룹(Division 3, +)으로 구분되었다. Level 1의 분리는 산록양지에서 생육이 양호한 감태나무와 청미래덩굴(Korea National Arboretum, 2024)을 대표종으로 갖는 그룹(Division 2, -)과 음지와 비옥한 토양에서 생육이 양호한 비자나무, 개비자나무, 참식나무(Korea National Arboretum, 2024)를 대표종으로 갖는 그룹(Division 3, +)으로 나뉘었다. 이는 양지와 음지라는 생육환경의 차이에 따라 구분된 것으로 보인다.

Level 2에서는 Division 2(-)는 진달래(*Rm*), 소나무(*Pd*), 조록싸리(*Lm*), 뽕나무류(*Ps*)를 식별종으로 하는 그룹(Division 4, -)과 개서어나무(*Ct*), 당단풍나무(*Ap*), 조릿대(*Sb*)를 식별종으로 하는 그룹(Division 5, +)으로 구분되었으며, Division 3(-)은 굴참나무(*Qv*)와 마삭줄(*Ta*)이 출현하지 않는 그룹(Division 6, +)과 출현하는 그룹(-, 군락 VIII)으로 굴참나무와 마삭줄의 출현 유무에 따라 그룹이 구분되었다. Level 2의 Division 2는 햇빛이 잘 드는 능선부에 자라는 진달래, 소나무, 조록싸리, 뽕나무류를 식별종으로 갖는 그룹(Division 4, -)과 비옥적운한 계곡부에 자라는 개서어나무, 당단풍나무, 조릿대를 식별종으로 갖는 그룹(Division

Table 1. Climate characteristics of Yeonggwang-gun in recent 15 years(2008~2022)

Annual mean temperature(°C)	13.2	Warmth index(°C·month)	110.0
Mean maximum temperature(°C)	18.4	Coldness index(°C·month)	-12.0
Mean minimum temperature(°C)	8.5	Annual mean precipitation(mm)	1,309.2
Coldest month mean temperature(°C)	0.3	Maximum precipitation(mm)	1,984.3(2015)
January mean temperature(°C)	0.3	Minimum precipitation(mm)	802.7(2022)

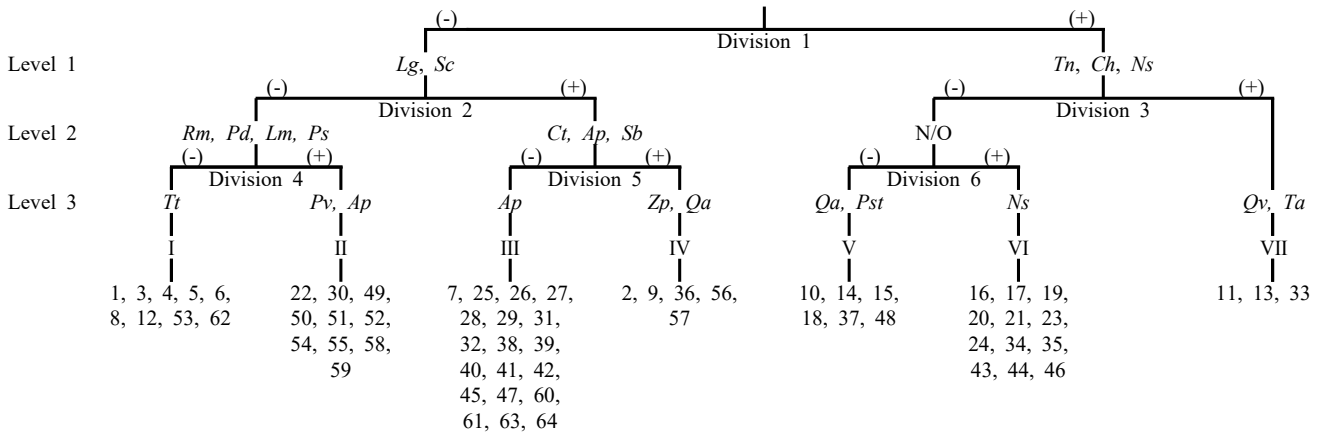


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan.

(Lg: *Lindera glauca*, Sc: *Smilax china*, Tn: *Torreya nucifera*, Ch: *Cephalotaxus harringtonia*, Ns: *Neolitsea sericea*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Pd: *Pinus densiflora*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Ps: *Prunus* spp., Ct: *Carpinus tschonoskii*, Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Sb: *Sasa borealis*, Ti: *Toxicodendron trichocarpum*, Pv: *Pourthiaea villosa*, Zp: *Zanthoxylum piperitum*, Qa: *Quercus aliena*, Pst: *Platycarya strobilacea*, Qv: *Quercus variabilis*, Ta: *Trachelospermum asiaticum*)

5, +)으로 구분되었다. 이를 통해 두 그룹은 토양수분 차이에 따라 나뉜 것으로 보인다.

Level 3에서 Division 4(-)는 개웃나무(*Ti*)를 식별종으로 하는 그룹(-, 군락 I)과 윤노리나무(*Pv*)와 당단풍나무(*Ap*)를 식별종으로 하는 그룹(+, 군락 II)으로 구분되었다. Division 5(+)는 당단풍나무(*Ap*)를 식별종으로 갖는 그룹(-, 군락 III)과 초피나무(*Zp*)와 갈참나무(*Qa*)를 식별종으로 갖는 그룹(+, 군락 IV)으로 구분되었다. Division 6(-)은 갈참나무(*Qa*)와 굴피나무(*Pst*)를 식별종으로 갖는 그룹(-, 군락 V)과 참식나무(*Ns*)를 식별종으로 갖는 그룹(+, 군락 VI)으로 나뉘었다.

Figure 3은 TWINSpan기법에 의해 분류된 7개 군락을 ordination분석(Orloci, 1978) 중 DCA기법을 적용해 조사구를 배치 시킨 결과이다. DCA 축의 eigenvalue(고유값)은 제1축 0.701, 제2축 0.369, 제3축 0.271, 제4축 0.167로 제1축과 제2축에서 집중률이 높게 나타나고 있어 설명력이 높은 제1축과 제2축을 기준으로 조사구를 배치하였다. 제1축을 기준으로 확인한 결과, 군락 I~III, 군락 IV~VII 이렇게 집단을 구분할 수 있는데 이는 우점종의 생육환경에 의한 결과로 판단된다. 군락 I, II, III은 토양 수분이 건조하고 척박한 곳에 출현하는 소나무, 굴참나무(Korea National Arboretum, 2024)가 연속성을 보이고 있다. 군락 IV, VII은 햇볕을 많이 받고 척박하고 건조한 곳에서 잘 자라는 굴참나무(Korea National Arboretum, 2024)가 우점하여 생육하고 있고, 굴참나무와 주로 혼생하여 나타나는 갈참나무(Korea National Arboretum, 2024)를 또다른 우점종으로 갖는 군락 IV, V와 아교목층에서 음수로 어릴 때 성장이

느린 비자나무(Korea National Arboretum, 2024)가 큰 영향을 미치고 있는 군락 V, VII은 우점종이 겹치는 경향이 있어 전체적으로 군락 IV, V, VII이 연속성을 보이고 있다. 군락 VI은 사질토양의 적윤지에서 잘 자라는 느티나무, 토심이 깊고 비옥한 토양에서 잘 자라는 참식나무, 비옥하고 깊은 땅에서 잘 자라는 푸조나무(Korea National Arboretum, 2024)를 우점종으로 하여 계곡부를 중심으로 출현하는 수종을 우점종으로 갖고 있어, 토심이 깊고 비옥한 곳에서 잘 자라는 갈참나무(Korea National Arboretum, 2024)를 우점종으로 갖는 군락 IV, V와도 일부 연속성을 보이는 것으로 확인되었다. 전체적으로 모든 군락이 명확하게 불연속성을 보이지는 않고 있으며, 이는 우점종의 중복으로 인해 나타난 결과로 판단된다. 그러나 각 군락의 우점종이 차지하는 비율에 따라 군락이 구분되고 있는 것을 파악할 수 있었다.

분리된 7개의 군락 간의 유사도지수를 분석하였다(Table 2). 군락 간 유사도지수가 가장 높은 군락은 군락 I(소나무-굴참나무군락)과 군락 II(소나무-리기다소나무-졸참나무군락)로 60.75%로 확인되었다. 이는 교목층의 우점종인 소나무의 영향으로 판단된다. 가장 낮은 군락은 군락 II(소나무-리기다소나무-졸참나무군락)와 군락 V(갈참나무-굴피나무군락)로 7.11%로 확인되었다. 이는 모든 층위에서 우점종이 다르게 나타나고 있고 상록침엽수가 우점하는 비율이 높은 군락 II의 특성이 작용한 것으로 판단된다. 그 외 군락 I과 군락 V도 군락 II와 군락 V와 유사한 이유로 유사도지수가 낮게 나고 있는 것을 확인할 수 있었다. 전체적으로 군락 I과 군락 II를 제외하면 군락별 유사도지수는 45%를 넘지 않는데 이는 군락 I, II만이 천이단계상 초기

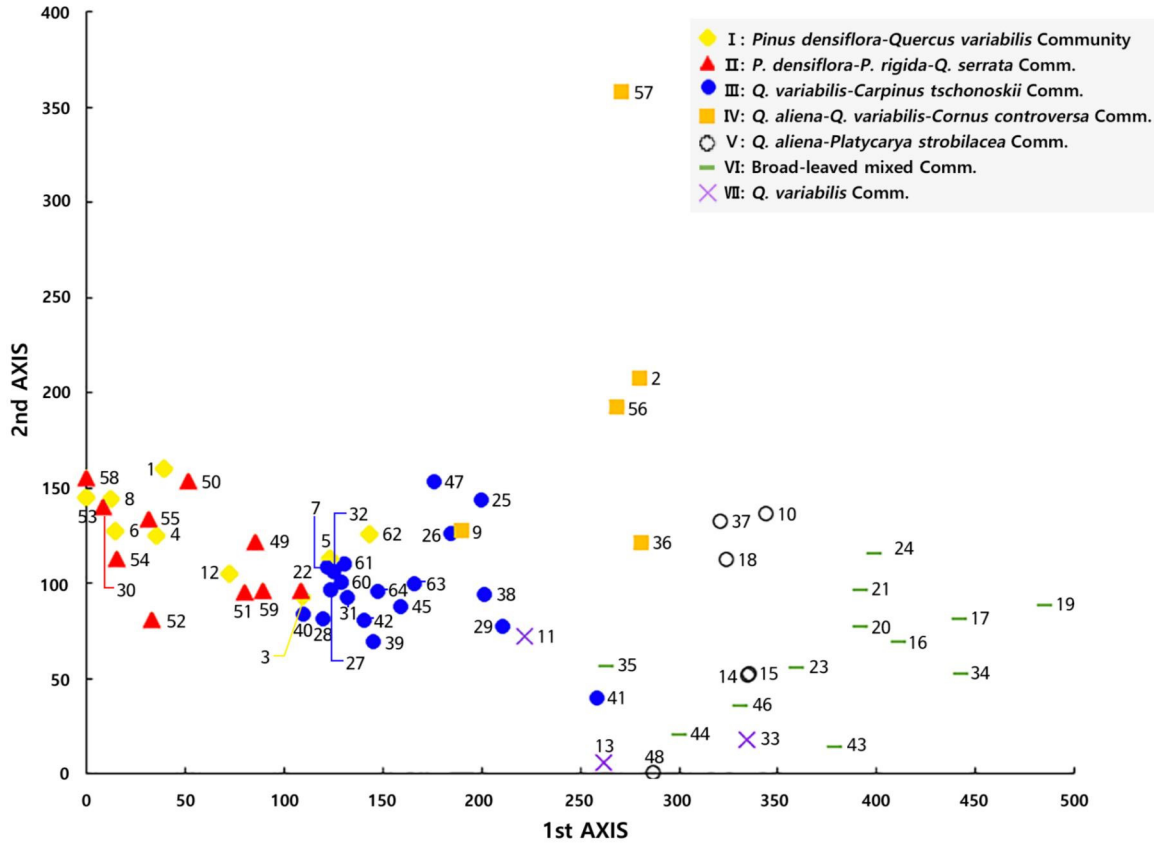


Figure 3. DCA(detrended correspondence analysis) ordination.

에 출현하는 상록침엽수가 소나무를 우점종으로 갖고 있고 나머지 군락에서는 소나무가 출현하지 않거나(군락 III, IV, VI, VII), 관목층에서 매우 낮은 비율로 출현(군락 V)하고 있어 나타난 결과로 보인다.

2) 대상지 개황

Table 3은 7개 군락의 일반적 개황을 나타낸 것으로, 군

락 I은 소나무-굴참나무군락으로 9개의 조사구를 포함하고 있으며, 해발 95~251m, 경사 17~36°에 분포하고, 군락 별 전체 출현 종수가 67종으로 가장 많이 확인되었다. 군락 II는 소나무-리기다소나무-졸참나무군락으로 10개의 조사구를 포함하고 있으며, 해발 89~430m로 가장 높은 곳까지 위치하였고 경사 14~32°에 분포하고 있다. 군락 III은 굴참나무-개서어나무군락으로 19개의 가장 많은 조사구를 포함

Table 2. Similarity index among communities

Community*	I	II	III	IV	V	VI
II	60.75					
III	43.65	32.21				
IV	22.91	16.10	31.69			
V	8.17	7.11	15.93	43.84		
VI	10.75	10.59	15.54	22.48	41.95	
VII	27.75	10.08	38.69	25.76	31.01	28.30

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* Community, II: *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* Comm., III: *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* Comm., IV: *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* Comm., V: *Q. aliena-Platycarya strobilacea* Comm., VI: Broad-leaved mixed Comm., VII: *Q. variabilis* Comm.

하고 있으며, 해발 146~315m, 경사 16~39°에 위치하고 있다. 군락 IV는 갈참나무-굴참나무-층참나무군락으로 5개의 조사구를 포함하고 있으며, 해발 146~315m, 경사 18~32°에 분포하고 있다. 군락 V는 갈참나무-굴피나무군락으로 6개의 조사구를 포함하고 있으며, 해발 50~320m, 경사 15~27°에 분포하며, 군락 별 교목층의 평균흉고직경이 20.8~47.5cm로 가장 큰 것으로 확인되었다. 군락 VI은 활엽수혼효군락으로 12개의 조사구를 포함하고 있으며, 해발 106~308m, 경사 9~27°에 분포하고 있다. 군락 VII은 굴참나무군락으로 3개의 가장 적은 조사구를 포함하고 있으며, 해발 162~342m, 경사 22~37°에 분포하고, 군락별 전체 출현종수가 29종으로 가장 적게 확인되었다.

3) 군락별 상대우점치 및 흉고직경급별 분석

7개 식물군락에 대해 각 군락별 상대우점치(I.P.) 및 평균상대우점치(M.I.P.)를 분석하였고, 식생의 수령 및 임분통태를

파악하기 위해 흉고직경급별 분석을 실시하였다(Table 4). 군락 I 은 소나무-굴참나무군락으로 교목층에서 소나무(I.P. 59.20%)가 우세한 가운데 굴참나무(I.P. 34.12%)가 세력을 넓혀가고 있으며, 아교목층은 벗나무류(I.P. 23.27%), 굴참나무(I.P. 14.98%), 졸참나무(I.P. 10.64%)가 우점종으로 확인되었다. 관목층은 감태나무(I.P. 15.04%)가 우점하는 가운데 자금우(I.P. 9.62%), 국수나무(I.P. 8.21%) 등이 출현하고 있다. 흉고직경급별 분석 결과, 교목층에서 높은 상대우점치를 보이며 출현한 소나무는 DBH 7cm 이상~52cm 미만의 구간에서 38개체, 굴참나무는 DBH 2cm 이상~37cm 미만의 구간에서 41개체가 확인되었다. 관목층에서는 296개체로 감태나무가 가장 많이 확인되었다. 이러한 결과를 통해 볼 때, 군락 I 은 소나무와 굴참나무가 경쟁하고 있는 군락으로 아교목층, 관목층에 소나무가 출현하지 않아 굴참나무군락으로 식생천이가 예상된다.

군락 II는 소나무-리기다소나무-졸참나무군락으로 교목

Table 3. General description of the physical and vegetation of the eight communities

Community*	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Plot number	9	10	19	5	6	12	3	
Altitude(m)	95~251	89~430	146~315	128~182	121~175	106~308	162~342	
Aspect(°)	15~310	0~345	0~345	10~220	50~320	60~335	210~250	
Slope(°)	17~36	14~32	16~39	18~32	15~27	9~27	22~37	
Number of species (Total number of species)	13~33 (67)	17~33 (65)	12~25 (65)	15~29 (49)	9~19 (32)	6~21 (38)	10~22 (29)	
Canopy	Height(m)	9~14	8~15	7~16	10~14	12~16	11~15	10~16
	Mean DBH(cm) (Average DBH)(cm)	17.5~34.0 (24.9)	21.5~32.1 (25.5)	14.8~35.1 (23.3)	24.4~31.7 (27.7)	20.8~47.5 (32.1)	21.3~52.0 (30.2)	27.6~31.0 (29.5)
	Cover(%)	50~80	30~80	30~80	40~80	30~80	20~90	30~70
	Dominant species**	<i>Pd, Qv</i>	<i>Pd, Qs</i>	<i>Qv, Cts</i>	<i>Qa, Cco, Qv</i>	<i>Qa, Pst</i>	<i>Zs, Ns</i>	<i>Qv</i>
Understory	Height(m)	9~14	3~10	3~6	3~5	4~8	4~6	5~7
	Mean DBH(cm) (Average DBH)(cm)	3.1~5.0 (4.3)	2.6~12.9 (6.1)	3.6~8.7 (6.5)	2.5~8.7 (5.0)	4.9~12.8 (9.6)	6.0~11.7 (8.3)	10.8~13.3 (11.9)
	Cover(%)	50~80	10~60	20~70	5~70	50~80	10~70	50~80
	Dominant species	<i>Rm, Tt</i>	<i>Sj</i>	<i>Cts, Aps</i>	<i>Cco</i>	<i>Tn</i>	<i>Ns, Tn</i>	<i>Tn</i>
Shrub	Height(m)	0.3~1	0.1~1	0.2~1	0.2~0.6	0.3~0.5	0.1~0.7	0.1~0.3
	Cover(%)	10~50	5~70	5~90	5~80	5~20	10~60	5~10
	Dominant species	<i>Aj, Si</i>	<i>Aj, Si</i>	<i>Sb</i>	<i>Ta</i>	<i>Ns</i>	<i>Ns</i>	<i>Ta</i>

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* Community, II: *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* Comm., III: *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* Comm., IV: *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* Comm., V: *Q. aliena-Platycarya strobilacea* Comm., VI: Broad-leaved mixed Comm., VII: *Q. variabilis* Comm.

** *Pd*: *Pinus densiflora*, *Qv*: *Quercus variabilis*, *Qs*: *Quercus serrata*, *Ct*: *Carpinus tschonoskii*, *Qa*: *Quercus aliena*, *Cc*: *Cornus controversa*, *Pst*: *Platycarya strobilacea*, *Zs*: *Zelkova serrata*, *Ns*: *Neolitsea sericea*, *Rm*: *Rhododendron mucronulatum*, *Tt*: *Toxicodendron trichocarpum*, *Sj*: *Styrax japonicus*, *Ap*: *Acer pseudosieboldianum*, *Tn*: *Torreya nucifera*, *Aj*: *Ardisia japonica*, *Si*: *Stephanandra incisa*, *Sb*: *Sasa borealis*, *Ta*: *Trachelospermum asiaticum*

층은 소나무(I.P. 55.06%)가 우세한 가운데 리기다소나무(I.P. 16.82%)와 졸참나무(I.P. 16.04%)가 뒤를 이어 확인되었다. 아교목층은 때죽나무(I.P. 22.35%)가 높은 우점치를 나타내고 있으며, 뽕나무류(I.P. 11.73%)와 산딸나무(I.P. 10.32%)가 뒤를 이어 출현하고 있다. 관목층은 자금우(I.P. 16.72%)가 우세한 가운데 국수나무(I.P. 10.10%), 진달래(I.P. 7.00%)가 뒤를 이어 출현하고 있으나 낮은 우점치를 보이는 다양한 종이 출현하고 있었다. 흉고직경급별 분석 결과, 소나무는 DBH 12cm 이상~52cm 미만의 구간에서 분포하고 있으며, 중경목 구간에서 많은 개체가 확인되었다. 졸참나무, 때죽나무, 뽕나무류는 소경목 구간에서 많은 개체가 확인되었으며, 관목층에서는 자금우가 552개체로 가장 많이 확인되었다. 군락 II는 조림수종인 리기다소나무와의 경쟁에서 소나무가 우점하고 있지만 아교목층과 관목층에 소나무, 리기다소나무가 출현하지 않고 있어 향후 교목층에서 소나무 다음으로 높은 상대우점치를 보이며 출현하고 있는 졸참나무의 세력이 더 확대될 것으로 예상된다.

군락 III은 굴참나무-개서어나무군락으로 교목층에서 굴참나무(I.P. 59.55%)가 가장 높게 확인되었으며, 다음으로 개서어나무(I.P. 23.51%)의 세력이 높은 것으로 확인되었다. 아교목층에서는 개서어나무(I.P. 15.88%)와 당단풍나무(I.P. 15.41%)가 우세한 가운데 때죽나무(I.P. 10.95%)가 뒤를 이어 확인되고 있다. 관목층에서는 조릿대(I.P. 48.82%)가 우세한 것을 확인할 수 있다. 흉고직경급별 분석 결과, 교목층의 우점종이었던 굴참나무는 DBH 7cm 이상~47cm 미만의 소경목에서 대경목에 이르는 구간 중 중경목에서 가장 많은 개체가 확인되었으며, 교목층과 아교목층에서 우점종이었던 개서어나무는 DBH 2cm 이상~42cm 미만의 소경목에서 대경목에 이르는 구간 중 중경목에서 가장 많은 개체가 확인되었다. 관목층은 조릿대를 제외하고 당단풍나무의 개체수가 가장 많이 확인되었다. 군락 III은 조릿대로 인해 관목층의 다른 수종이 영향을 받고 있는 것으로 보이며, 교목층과 아교목층에서 높은 상대우점치를 보이며 개서어나무가 출현하고 있어 향후 개서어나무군락으로의 천이가 진행될 것으로 예상된다.

군락 IV는 갈참나무-굴참나무-층층나무군락으로 교목층에서 갈참나무(I.P. 37.55%)가 우세한 가운데 굴참나무(I.P. 22.88%)와 층층나무(I.P. 20.53%)가 세력을 넓혀가고 있다. 아교목층에서는 층층나무(I.P. 19.11%)가 높은 상대우점치를 보였으며, 그 외 수종은 10% 미만의 상대우점치를 보이는 것으로 확인되었다. 관목층에서는 마삭줄(I.P. 39.92%)이 우세한 가운데 조릿대(I.P. 13.20%)가 뒤를 이어 확인되고 있다. 흉고직경급별 분석에서 교목층의 우점종이었던 갈참나무는 중·대경목 구간에서 분포하고 있으며, 층층나무, 굴참나무는 소경목에서 대경목 구간에서 개체가 확인되었

다. 관목층에서는 마삭줄의 개체수가 가장 많이 확인되었다. 군락 IV는 교목층에 갈참나무, 굴참나무, 층층나무가 우점하고 있는 낙엽성참나무류군락으로 당분간 현재의 상태가 유지될 것으로 보이나 아교목층에서 층층나무가 가장 우세한 세력을 형성하고 있는 것으로 보아 시간이 경과함에 따라 층층나무군락으로의 변화가 예상된다.

군락 V는 갈참나무-굴피나무군락으로 교목층에서 갈참나무의 상대우점치는 49.82%로 가장 높게 확인되었으며, 다음으로 굴피나무(I.P. 29.26%)의 세력이 높은 것으로 확인되었다. 아교목층에서는 비자나무의 상대우점치가 62.14%로 가장 높게 확인되었다. 관목층에서는 참식나무(I.P. 31.67%)가 가장 우세하였으며, 상산(I.P. 12.74%)과 단풍나무(I.P. 10.28%)가 뒤를 이어 확인되고 있다. 흉고직경급별 분석 결과, 교목층의 우점종이었던 갈참나무는 중·대경목 구간에서 확인되었고 굴피나무는 소·중경목 구간 중 소경목에서 가장 많은 개체가 확인되었다. 관목층은 참식나무가 232개체로 가장 많은 개체수가 확인되었다. 군락 V의 교목층에서는 우리나라 전국으로 출현하는 갈참나무와 굴피나무가 우점하여 출현하고 있으나 아교목층에서는 갈참나무와 굴피나무에 비해 상대적으로 수고가 낮게 자라고, 난대수종인 비자나무와 참식나무가 높은 비율로 출현하고 있어 현재의 상태가 당분간 유지될 것으로 보이나 세력 경쟁을 통해 난대수종이 우점하는 난대림으로의 천이 가능성이 예상된다.

군락 VI은 활엽수혼효군락으로 교목층에서 느티나무(I.P. 28.63%), 참식나무(I.P. 25.73%), 푸조나무(I.P. 21.31%)가 비슷한 세력을 형성하는 가운데 개서어나무(I.P. 10.50%)가 뒤를 이어 확인되었다. 아교목층에서는 참식나무(I.P. 38.25%)와 비자나무(I.P. 36.39%)가 높은 상대우점치를 보였으며, 관목층에서는 참식나무(I.P. 72.45%)가 가장 높은 상대우점치를 나타내고 있다. 흉고직경급별 분석 결과에서 교목층의 우점종이었던 느티나무는 중·대경목 구간에 분포하고 있으며, 참식나무는 소·중경목 구간 중 소경목이 121개체로 많은 개체수가 확인되었다. 관목층은 참식나무가 2,968개체로 가장 많은 개체수가 확인되었다. 군락 VI은 계곡부에 위치해 있으며 사질토양의 적윤지에서 잘 자라는 느티나무, 토심이 깊고 비옥한 토양에서 잘 자라는 참식나무, 비옥하고 깊은 땅에서 잘 자라는 푸조나무(Korea National Arboretum, 2024)가 교목층에서 우점하고 있다. 그러나 느티나무와 푸조나무는 아교목층과 관목층에서 1% 미만의 상대우점치를 보이고 있는데 비해 참식나무는 아교목층과 관목층에서 가장 높은 상대우점치를 보이며 출현하고 있어 참식나무의 세력이 더 강해질 것으로 예상되며, 이를 통해 추후 참식나무가 우점하는 군락으로의 천이가 예상된다.

군락 VII은 굴참나무군락으로 교목층에서 굴참나무(I.P. 64.99%)가 아교목층에서는 비자나무가 (I.P. 63.86%) 가장

Table 4. Continued

Comm.* (Unit: m)	Species	Layer	I.P.(%)				DBH(number of individuals)												
			C**	U	S	M	Shrub	D1***	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
VI (1,200)	<i>Neolitsea sericea</i>		25.73	38.25	72.45	37.69	2,968	31	57	20	13	12	4	4	1	-	-	-	-
	<i>Zelkova serrata</i>		28.63	-	0.07	14.33	4	-	-	-	1	6	3	2	2	-	1	2	1
	<i>Torreya nucifera</i>		-	36.39	0.48	12.21	24	-	14	20	19	7	2	-	-	-	-	-	-
	<i>Aphananthe aspera</i>		21.31	0.24	0.11	10.75	8	-	1	-	-	-	2	3	4	1	-	-	2
	<i>Carpinus tschonoskii</i>		10.50	-	-	5.25	-	-	-	-	-	1	1	1	3	1	-	-	-
	<i>Acer palmatum</i>		-	12.70	0.56	4.33	16	-	8	4	7	2	-	1	-	-	-	-	-
	<i>Meliosma pinnata</i> subsp. <i>arnottiana</i> var. <i>oldhamii</i>		2.27	3.73	0.20	2.41	12	-	-	1	5	-	2	-	-	-	-	-	-
	<i>Quercus variabilis</i>		4.02	-	0.16	2.04	12	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-
	Others		7.53	8.70	26.03	11.03	1,028	-	4	4	1	1	2	2	1	-	-	-	-
	VII (300)	<i>Quercus variabilis</i>		64.99	-	-	32.50	-	-	-	-	1	2	3	2	-	1	-	-
<i>Torreya nucifera</i>			-	63.86	6.48	22.37	12	-	2	10	11	7	1	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>			11.64	-	-	5.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Celtis biondii</i>			6.41	7.78	-	5.80	-	-	2	1	1	1	-	1	-	-	-	-	
<i>Trachelospermum asiaticum</i>			-	-	34.03	5.67	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cornus walteri</i>			10.95	-	-	5.48	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	
<i>Aphananthe aspera</i>			6.01	5.74	-	4.92	-	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-	-	
<i>Neolitsea sericea</i>			-	-	11.79	1.97	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Others		-	22.61	47.70	15.50	68	1	2	5	5	1	-	-	-	-	-	-		

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* Community, II: *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* Comm., III: *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* Comm.,

IV: *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* Comm., V: *Q. aliena-Platycarya strobilacea* Comm., VI: Broad-leaved mixed Comm., VII: *Q. variabilis* Comm.

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

*** 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

높게 확인되었다. 관목층에서는 마삭줄(I.P. 34.03%)이 우점하는 가운데 참식나무(I.P. 11.79%), 개비자나무(I.P. 8.31%) 등 다양한 수종이 우점종으로 확인되었다. 흉고직경급별 분석 결과, 교목층의 우점종이었던 굴참나무는 DBH 17cm 이상~42cm 미만의 중·대경목에 이르는 구간 중 중경목에서 가장 많은 개체가 확인되었다. 아교목층의 우점종이었던 비자나무는 DBH 2cm 이상~27cm 미만의 소·중경목에 이르는 구간 중 소경목에서 가장 많은 개체가 확인되었다. 군락 VII은 교목층에서 굴참나무의 세력이 우세해 당분간은 굴참나무군락으로 유지될 것으로 보이지만 교목층에서만 확인되고 있어 시간이 지남에 따라 아교목층의 우점종인 비자나무의 영향력이 커질 것으로 예상된다.

4) 종다양도

군락별 종다양도를 살펴보면(Table 5), 종다양도가 가장 높은 군락은 군락 II(소나무-리기다소나무-졸참나무군락)로 2.6654로 확인되었으며, 군락 I도 2.6424로 높게 확인되었다. 군락 II, I은 소나무가 우점하는 가운데 천이계열 상 소나무 다음에 출현하는 낙엽성참나무류(굴참나무, 졸참나무)가 출현하며 다양한 종이 서로 경쟁관계에 있어 종다양도가 높게 나타난 것으로 파악된다. 이 결과는 식생 발달 단계의 군락에서 종다양성이 높게 나타나는 경향(Kang et al., 2013)을 보인다는 기존 연구를 통해서도 확인할 수 있다. 종다양도가 가장 낮은 군락은 군락 VI(활엽수혼효군락)

으로 1.2548로 다른 군락에 비해 상대적으로 많이 낮았는데 이는 군락의 균재도가 다른 군락에 비해 가장 낮고, 우점도는 다른 군락에 비해 가장 높게 나타나고 있는 것을 통해 한중(참식나무)이 차지하는 비율이 월등히 높아 나타난 결과로 판단된다.

전라남도에 지정되어 있는 도립공원 중 기존에 조사된 천관산도립공원의 출현 군락과 종다양도를 비교한 결과, 천관산도립공원의 종다양도는 1.0224~2.2156(평균 1.9620)(Kang and kang, 2023)인 것에 비해 불갑산도립공원의 종다양도는 1.2548~2.6654(평균 2.1600)으로 더 높은 종다양도를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다.

5) 종수 및 개체수

종수 및 개체수 분석은 각각의 군락에 대해 단위면적(100 m²)을 기준으로 분석하였다(Table 6). 불갑산도립공원 내 조사구의 평균 출현 종수는 18.57±4.97종이었고, 평균 출현 개체수는 335.54±132.67개체로 나타났으나 평균 출현 개체수와 관목층 출현 개체수에 큰 영향을 미치는 송악, 마삭줄, 자금우, 조릿대를 제외한 경우 평균 출현 개체수는 158.21±69.69개체였다. 군락별로 살펴보면, 종수의 경우 군락 I이 26.56±6.11종으로 가장 많은 종이 확인되었고, 군락 VI이 12.00±3.98종으로 가장 적은 종으로 확인되었다. 개체수의 경우 군락 VI이 357.75±229.62개체로 가장 많은 개체수가 확인되었고, 군락 VII이 70.67±35.02개체로 가장 적은 개체수

Table 5. Species diversity indices in each communities

(Unit: 100m²)

Community*	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H' _{max}
I	2.6424	0.8348	0.2639	3.1684
II	2.6654	0.8368	0.1633	3.1864
III	2.1374	0.7561	0.2905	2.8174
IV	2.1407	0.6927	0.3073	3.1131
V	2.0827	0.7828	0.2172	2.6466
VI	1.2548	0.5027	0.4973	2.4352
VII	2.1967	0.8398	0.4560	2.5972
Average	2.1600	0.7494	0.3136	2.8520

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* Community, II: *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* Comm., III: *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* Comm., IV: *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* Comm., V: *Q. aliena-Platycarya strobilacea* Comm., VI: Broad-leaved mixed Comm., VII: *Q. variabilis* Comm.

가 확인되었다. 층위별로 살펴보면 중수의 경우 교목층은 군락 VII(굴참나무군락)이 2.67±1.53종, 아교목층은 군락 II(소나무-리기다소나무-졸참나무군락)이 8.80±3.61종, 관목층은 군락 I(소나무-굴참나무군락)이 20.33±6.26종으로 가장 많은 종이 확인되었고, 개체수의 경우 교목층은 군락 III(굴참나무-개서어나무군락)이 9.05±3.67개체, 아교목층은 군락 III(굴참나무-개서어나무군락)이 18.90±9.06개체, 관목층은 군락 VI(활엽수혼효군락)이 333.00±227.46개체(영양번식의 형태로 성장하는 특징을 가진 종을 제외하면 279.33±194.85개체)로 가장 많은 개체가 확인되었다.

6) 표본목 연령

조사구 내의 우점종 및 특징적인 수목을 대상으로 연령 및 성장량을 분석하였다(Table 7). 불갑산도립공원 식생의 연령을 예측한 결과, 37~87년의 수령을 보였으며 이중 가장 오래된 수목은 푸조나무로 약 51~87년으로 측정되었다. 계곡부에서 주로 출현하고 있는 갈참나무, 푸조나무, 느티나무, 층층나무, 머귀나무 등의 평균연령은 약 62년생의 낙엽 활엽수림으로서 보전가치가 높은 자연식생이었다. 개서어

Table 6. Analysis of the number of species and individuals in each communities

(Unit: 100m²)

Community*	No. of species				No. of individual			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
I	1.89±0.60	8.44±2.01	20.33±6.26	26.56±6.11	7.78±2.68	19.22±5.47	218.22±67.62 (185.33±49.36)**	245.22±67.53 (212.44±49.67)
II	1.80±0.79	8.80±3.61	19.60±6.13	24.70±5.17	7.40±2.01	18.90±9.06	226.80±106.88 (171.20±68.68)	253.10±109.38 (197.50±71.86)
III	2.42±0.84	7.00±1.83	11.26±3.38	17.11±3.75	9.05±3.67	16.11±5.78	156.63±113.90 (68.21±31.25)	181.79±114.46 (93.37±33.75)
IV	2.60±0.89	7.60±3.36	17.40±3.05	22.60±4.98	6.40±1.14	17.00±11.40	274.40±136.90 (120.00±53.67)	297.80±144.31 (143.40±62.66)
V	2.33±0.52	3.67±1.37	10.33±3.27	14.67±4.18	4.33±2.25	17.67±9.37	136.67±84.34 (84.33±49.84)	158.67±78.83 (107.33±44.22)
VI	2.58±1.38	4.33±1.56	7.92±3.70	12.00±3.98	6.00±3.02	18.75±10.87	333.00±227.46 (279.33±194.85)	357.75±229.62 (304.08±197.48)
VII	2.67±1.53	6.33±3.06	7.33±6.11	14.33±6.66	4.67±0.58	18.00±3.00	48.00±34.18 (26.67±26.63)	70.67±35.02 (49.33±28.18)
Average	2.33±0.93	6.60±2.40	13.45±4.56	18.57±4.97	6.52±2.19	17.95±7.85	199.10±110.18 (133.58±67.71)	223.57±111.31 (158.21±69.69)

* I: *Pinus densiflora-Quercus variabilis* Community, II: *P. densiflora-P. rigida-Q. serrata* Comm., III: *Q. variabilis-Carpinus tschonoskii* Comm., IV: *Q. aliena-Q. variabilis-Cornus controversa* Comm., V: *Q. aliena-Platycarya strobilacea* Comm., VI: Broad-leaved mixed Comm., VII: *Q. variabilis* Comm.

** Result of deleting *Hedera rhombea*, *Trachelospermum asiaticum*, *Ardisia japonica* and *Sasa borealis*

나무의 예측연령은 약 37~80년생으로 굴참나무, 졸참나무, 갈참나무 등의 낙엽성 참나무류와의 세력 경쟁을 통해 극상림에 도달할 것으로 판단된다. 목편을 채취한 비자나무의 흉고직경(DBH)은 17~26cm, 예측연령은 약 66~70년이였다. 전라남도 화순에 위치한 개천산 비자나무림의 비자나무 중 흉고직경 47cm는 107년, 96cm는 138년(Park, 2007)으로 측정되었다. 개천산 비자나무림은 천연기념물로 지정된 지역으로 개천산 비자나무림에 비해 오래되지는 않았으나 주변 식생을 고려하면 가치가 있다 할 수 있을 것이다. 참식나무의 예측연령은 약 48~56년생이었다. 난대림지역의 상록 활엽수인 참식나무는 기후변화지표종으로서 연구가치가 높다고 판단되어 1962년 천연기념물(영광 불갑사 참식나무 자생 복한지)(Cultural Heritage Administration, 2023)로 지정된 것을 고려할 때 40~50년 전부터 지속적인 보호와 관리를 통해 숲을 유지한 것으로 판단된다.

3. 종합고찰

불갑산도립공원은 산지를 중심으로 지정되어 있는 산림형 자연공원이다. 산림은 토지가 주로 식생에 의해 피복되어 있는 곳으로 식생군락의 유형을 인식하고 분류하는 것은 불갑산도립공원의 건전한 이용과 자연자원 관리를 위한 필수적인 최초 과정으로 볼 수 있다. 자연공원의 지정 목적은 지속가능한 이용과 보전이다. 식생을 조사하고 평가하는 목적 또한 자연생태계에 대한 보전과 건전한 이용이란 목표를 성취하기 위한 과학적 기준을 마련하는 것이며, 평가의 재료로서 식생군락을 이용하는 것이다. 식생군락은 지역 경관의 구성요소일 뿐만 아니라 지역 생태계를 부양하는 기반이 된다(Kim, 2006). 그러므로 불갑산도립공원의 과학적이고

체계적인 관리는 식생조사로부터 시작된다고 할 수 있다.

자연공원의 식생조사결과는 생태계 건전성을 평가하는 기초항목으로 공원의 보전 및 복원을 위해 활용된다. 또한, 기후변화에 따른 식생 분포 예측 및 모니터링에 사용되기도 하며, 시간 경과에 따른 천이계열을 확인하기 위한 필수항목이다. 불갑산도립공원은 조계산, 두륜산, 천관산과 더불어 전라남도의 육상생태계를 대표하는 곳이지만, 가장 근래에 도립공원으로 지정되어 타 도립공원에 비해 공원에 관한 기초자료가 턱없이 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 불갑산도립공원을 중심으로 다양한 입지별로 입상자료를 고려한 64개의 식생조사구를 선정하여 조사 및 분석을 실시하였고, 공원의 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 불갑산도립공원의 식생분류 결과, 소나무-굴참나무군락, 소나무-리기다소나무-졸참나무군락, 굴참나무-개서어나무군락, 갈참나무-굴참나무-층층나무군락, 갈참나무-굴피나무군락, 활엽수혼효군락, 굴참나무군락 총 7개 군락으로 분리되었다. 분리된 군락 중 조림수종인 리기다소나무의 세력이 일부 확인되었으나 높은 우점치를 보이지 않고 있으며, 군락 내에서 차 세대 발달이 미비하여 점점 더 세력이 약해져 도태될 것으로 예측된다. 그 외 침엽수와 활엽수가 경쟁하고 있는 군락(소나무-굴참나무군락, 소나무-리기다소나무-졸참나무군락)의 경우 소나무가 활엽수(굴참나무, 졸참나무)와 경쟁관계에 있으며, 기존의 연구결과와 산림 천이 양상을 고려할 때 소나무군락에서 낙엽성참나무류로의 천이가 예상된다. 또한, 많은 활엽수군락이 나타나고 있는데 이 중 활엽수혼효군락의 경우 느티나무, 푸조나무, 참식나무, 개서어나무가 함께 출현하며 우수한 계곡식생을 보이고 있다. 기타 활엽수군락의 경우 비자나무와 참식나무

Table 7. The age and the number of standard tree in Bulgapsan Provincial Park

Species	No. of Individuals	DBH(cm)	Expected Age(Year)	Mean Annual Growth(mm)
<i>Pinus densiflora</i>	12	25~48	46~68	2.1~4.0
<i>Pinus rigida</i>	2	30~35.5	54~57	2.7~3.0
<i>Torreya nucifera</i>	3	17~26	66~70	1.6~1.8
<i>Quercus aliena</i>	5	25~33	40~62	1.9~3.2
<i>Quercus variabilis</i>	19	19~39	36~64	1.5~4.9
<i>Quercus serrata</i>	4	25~32	40~65	2.7~3.1
<i>Carpinus tschonoskii</i>	12	19~36	37~80	1.6~3.4
<i>Neolitsea sericea</i>	3	21.5~31.5	48~56	2.2~2.7
<i>Aphananthe aspera</i>	3	25~36	51~87	2.1~3.6
<i>Zelkova serrata</i>	3	20~47.5	52~55	2.0~6.8
<i>Cornus controversa</i>	1	37.5	38	5.3
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	1	23	68	1.7

가 함께 출현하고 있어 난온대림 및 온대 남부 식생대의 산림천이를 관찰하기 위해 모니터링 등을 통한 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구는 불갑산도립공원의 전반적인 식생관리와 더불어 참식나무 자생 북한지의 보전과 체계적인 관리를 위해 필요한 기초자료로 다양한 측면에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Brower, J. E. and J. H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm.C. Brown Company. 194pp.
- CBIS(Climature-sensitive Biological Indicator Species)(2010) <http://www.me.go.kr/>
- Chang, S.M.(1990) Ecological study of forest plantation in Jogyesan. Ph.D. dissertation, Chonnam National Univ. Graduate School, 74pp. (in Korean with English abstract)
- Chang, S.M.(1991) Ecological studies on the forest vegetation in the Mt. Joghe. Journal of Korean For. Soc. 80(1): 54-71. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.M.(2019) Floristic study of Mt. Jogye. Master's degree, Chonnam National Univ. Graduate School, 38pp. (in Korean with English abstract)
- Chung, Y.H. and H. Kim(1986) Degree of green naturalness and flora of Mt. Chogye district. Korean J. Environ. Biol. 4(2): 27-43. (in Korean with English abstract)
- Cultural Heritage Administration(2023) <http://www.heritage.go.kr>
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- FGIS(Forest Geospatial Information Services)(2022) <https://map.forest.go.kr>
- Han, B.H., J.W. Choi, T.H. Noh and J.Y. Hur(2014) The structure of plant community of the Woonsooam valley in Jogyesan (Mt.), Suncheon. Korean J. of Environ. Ecol. 28(1): 45-54. (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) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 99pp.
- Hill, M.O.(1979b) DECORANA - a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 52pp.
- Im, D.O., D.H. Choi and H.G. Yun(2015) Distribution characteristics and dynamics of the *Lindera sericea* population at Mt. Mudeung, Mt. Cheonbong and Mt. Chogye. Korean J. of Environ. Ecol. 29(4): 570-579. (in Korean with English abstract)
- Jeonnam Provincial Government(2019) <https://jeonnam.go.kr>
- Jeonnam Provincial Government(2022) <https://jeonnam.go.kr>
- Kang, H.M.(2019) Vegetation characteristics of evergreen broad-leaved forest in the Duryunsan Provincial Park: Focusing on the Daeheungsa(Temple) area. Korean J. of Environ. Ecol. 33(5): 552-564. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M., S.G. Park, J.S. Kim, S.C. Lee and S.H. Choi(2019) Vegetation characteristics of ridge in the Seonunsan Provincial Park. Korean J. of Environ. Ecol. 33(1): 74-84. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M., S.H. Choi and S.G. Park(2013) Vegetation structure of the Paryeongsan (Mt.) Zone in Dadohaecheongsang National Park. Korean J. of Environ. Ecol. 27(4): 473-486. (in Korean with English abstract)
- Kang, J.W. and H.M. Kang(2023) Vegetation characteristics in Cheongwansan Provincial Park. Korean J. of Environ. Ecol. 37(2): 163-178. (in Korean with English abstract)
- Kil, B.S. and J.U. Kim(1999) Syntaxonomy of evergreen broad-leaved forests in Korea. Korean J. Environ. Biol. 17(3): 233-247.
- Kim, D.C. and Y.J. Chung(2011) The flora of Mt. Cheongwan. Korean J. of Environ. Ecol. 25(3): 253-266. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.E.(2002) Analysis of the spatial distribution pattern of forest vegetation in Mt. Jogye by extraction of geomorphic environmental factors using digital elevation mode. Ph.D. dissertation, Suncheon National Univ. Graduate School, 190pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H. and S.M. Chang(1982) A study on the flora of the Mt. Joghesean. Journal of Ecology and Environment 5(1): 63-88. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H.(1997) Structure and dynamics of *Lindera sericea* community in Mt. Chogye, Korea. Journal of Ecology and Environment 20(1): 15-25. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W.(2006) Vegetation ecology. Worldscience Publications, Seoul. 340pp.(in Korean)
- Kim, J.Y.(2012) The structure of the plant community in Seonamsagol (Valley), Jogyesan(Mt.) Provincial Park, Suncheon city. Korean J. of Environ. Ecol. 26(4): 593-603. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.B.(1985) Phytosociological changes of the forest communities in Mt. Joghe area. Master's degree, Chonnam National Univ. Graduate School, 44pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, T.U.(1987) A phytosociological study of natural forest

- communities at Mt. Jogye Area. J. Korean For. Soc. 76(4): 418-424. (in Korean with English abstract)
- Korea Cultural Heritage Administration(2024) <https://www.heritage.go.kr>
- Korea Meteorological Administration(2023) <https://www.weather.go.kr>
- Korea National Arboretum(2024) <http://www.nature.go.kr>
- Kwag, K.H., E.I. Kim, C.Y. Kim and K.W. An(2016) The stand management of forest genetic resource reserve in the south-western region of Korea: Focused on Mt. Cheongwan forest genetic resource reserve. The Journal of Korean Island 28(4): 173-191. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.M.(1991) Forest community structure according to elevation and slope of Jogyesan Valley (Seonamsa-Gulmokchi). Master's degree, Sunchon National Univ. Graduate School, 38pp. (in Korean with English abstract)
- Lim, D.O. and H.T. Im(2003) Vascular plants of Mt. Cheon-gwan. Korean J. of Environ. Ecol. 16(3): 296-308. (in Korean with English abstract)
- Lim, D.O.(2002) Vascular plants and specific plants of Bulgapsan. Korean J. of Environ. Ecol. 16(1): 68-86. (in Korean with English abstract)
- Ministry of Government Legislation(2024) <https://www.law.go.kr>
- Oh, K.K. and Y.G. Jee(1995) Plant community structure of evergreen broad-leaved forest in (Mt.) Pulgapsan, Korea. Korean J. of Environ. Ecol. 9(1): 30-41. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K.(1994) Plant community structure of evergreen broad-leaved forest in Mt. Turyunsan, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 8(1): 43-57. (in Korean with English abstract)
- Orloci, L.(1978) Multivariate analysis in vegetation research(2nd ed.). Junk Publishing, The Hague, 468pp.
- Park, I.H.(1985) A study on forest structure and biomass in Baegwoonsan natural ecosystem. Ph.D. dissertation, Seoul Natinal Univ. Graduate School, 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, M.S.(2007) Vegetaion structure and growth environment of *Torreya nucifera* forest in Mt. Gaecheon. Journal of the Korean Institute of Forest Recreation 11(1): 15-25. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G., S.H. Choi and S.C. Lee(2018) A review of vegetation succession in warm-temperate evergreen broad-leaved forests: Focusing on *Actinodaphne lancifolia* Community. Korean Journal of Environment and Ecology 32(1): 77-96. (in Korean with English abstract)
- Park, S.H.(2003) A floristic study of Mt. Joghe. Master's degree, Sunchon National Univ. Graduate School, 146pp. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, N.Y., 385pp.
- Sun, E.M., S.M. Choi, B.A. Kim, H.D. Son, H.H. Hong and H.T. Im(2018) Floristic study of Jogyesan Mt. Korean J. Pl. Taxon. 48(4): 331-356. (in Korean with English abstract)
- Toh, S.H. and S.H. Park(1971) Plant resources of Mt. Du Ryun. Korean Journal of Pharmacognosy 2(2): 99-118. (in Korean with English abstract)
- Yun, J.H., K. Nakao, J.H. Kim, S.Y. Kim, C.H. Park and B.Y. Lee(2014) Habitat prediction and impact assessment of *Neolitsea sericea* (Blume) Koidz. under Climate Change in Korea. J. Environ. Impact Assess. 23(2): 101-111. (in Korean with English abstract)