

PLANT&FOREST

Vegetation community composition and changes of Jinaksan (Mt.) in Korea

Seungah Yang^{1,†}, Mira Lee^{1,†}, Badamtsetseg Bazarragchaa², Hyoun Sook Kim³, Sang Myong Lee³, Joongku Lee^{1*}

¹Department of Environment and Forest Resources, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Department of Scientific Research, Natural History Museum, Ulaanbaatar 15141, Mongolia

³Institute of Agricultural Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34143, Korea

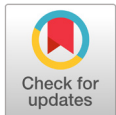
[†]These authors equally contributed to this study as first author.

*Corresponding author: joongku@cnu.ac.kr

Abstract

This study investigated 62 nested quadrat plots of Jinaksan to identify community classification and changes of the vegetation by using the phytosocial method and analyzed importance values. Vegetation types were classified into 8 communities: *Quercus mongolica* community, *Q. variableis* community, *Q. aliena* community, *Pinus densiflora*, *Q. acutissima*, *Zelkova serrata*, *Carpinus laxiflora*, and *C. tschonoskii*. The significance value was highest in *Q. mongolica* (62.75) followed by *P. densiflora* (55.16), *Q. variabilis* community (25.03), *Z. serrata* (22.17), *Q. aliena* (18.30), *Prunus serrulata var. pubescens* (16.86), *C. laxiflora* (13.25), *Q. acutissima* (10.72), *C. tschonoskii* (10.08), *Q. serrata* (8.02), *Fraxinus sieboldiana* (6.93), *Acer pseudosieboldianum* (6.73), and *Styrax obassis* (5.73). *Quercus mongolica* displayed a stable distribution pattern, presenting a reverse J-shaped curve from the diameter at breast height (DBH) analysis, and it was judged that current state would be maintained for a certain period. In addition, *P. densiflora* is expected to dominate for the time being and *Quercus* species are expected to gradually decrease.

Key words: DBH (diameter at breast height), important value, phytosociological, vegetation community



OPEN ACCESS

Citation: Yang S, Lee M, Bazarragchaa B, Kim HS, Lee SM, Lee J. Vegetation community composition and changes of Jinaksan (Mt.) in Korea. Korean Journal of Agricultural Science 50:165-180. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20230013>

Received: February 23, 2023

Revised: Marh 20, 2023

Accepted: Marh 31, 2023

Copyright: © 2023 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

식생은 한 지역의 식물생활사를 포함하는 일반적 용어이며, 생물, 지리, 화학적 순환의 흐름을 조절하여 균형을 유지하는 중요한 인자이다. 또한, 식생은 식물 종 간뿐만 아니라, 토양, 지형, 기후 등 다양한 환경 요인들과 상관관계가 있으며, 식생 연구로 기후 및 환경 변화뿐만 아니라 식생대의 천이를 예측할 수 있다. 식물군락은 특정 지역의 식물종을 모두 포함하는 집단으로써 군락의 이해를 통하여 그 지역의 환경, 생태 특성, 입지조건 등을 알 수 있다. 식생 조사는 국가의 전반적인 식생현황을 파악하여 환경의 변화와 생태학적으로 보전 가치가 있는 식생자원을 찾는 데 필요하며(Hong and Lee, 2018), 산지의 임도 개설에 따른 절토면의 식피율과 근접사면의 식물천이에 활용도 가능하다(Lee et al., 2018).

진악산은 충청남도 금산군 금산읍 남이면에 있는 산으로, 서대산, 계룡산에 이어 충청남도에서 세번째로 높은 산(732 m)이다(Geumsan, 2023). 진악산에는 고찰인 영천암, 영천약수, 관음굴, 원효암, 원효폭포를 비롯한 역사 깊은 명소가 많으며, 보석사 입구에는 전나무 숲과 수령이 약 1,000년인 은행나무(천연기념물 제365호)와 함께 금산 10경의 하나인 개삼터를 포함하고 있다. 또한, 화강암이 주를 이루는 능선의 기암괴석의 경관이 아름다우며, 비교적 가파른 낭떠러지를 이루는 지형적 특성을 가지고 있다. 진악산 일대에는 보전 가치가 높은 지형들이 다수 분포하고 있어 보전의 대책 마련이 필요하다(Park and Kim, 2017).

금산지역의 식물상과 식생에 대한 연구로는 대둔산의 식물상(Cho and Kil, 1987; Kim et al., 1994; Lee et al., 1999a; 1999b; Park et al., 2018) 및 식생(Kim et al., 1998; Kim et al., 2007; Kim and Jung, 2010; Yu et al., 2018), 서대산의 식물상(Kim et al., 2006a) 및 식생(Ji and Song, 2004; You and Han, 2010; Oh and Bong, 2017), 천태산의 식생(You and Han, 2010; Oh and Bong, 2017), 인대산의 식생(Kim and Jung, 2010; Oh and Bong, 2017), 금성산의 식물상(Jang et al., 2017), 만인산의 식물상(Kim et al., 2006b) 및 식생(You and Han, 2010), 진악산의 식물상(Lee et al., 2008; Seo and Choi, 2010; Yoon and Yoon, 2017; Yang, 2021) 및 식생(Ji et al., 2003)이 있다.

진악산의 산림에 관한 연구는 진악산의 식생연구(Ji et al., 2003)를 통하여 참나무류와 소나무 및 벗나무가 대부분을 차지하고 있다고 보고되었다. 이후로 3차, 4차 전국자연환경조사를 통하여 진악산의 대표적인 수종이 신갈나무, 굴참나무, 소나무 등이 우점하며, 주요 지점별 우점종에 대하여 보고하였다(Pyoo and Lee, 2010; Hong and Lee, 2018). 진악산의 식물상 연구는 Lee 등(2008)이 총 65과 181속 238분류군을 보고한 이후, 2010년에 65과 132속 131종 3아종 31변종 2품종으로 총 167분류군이 보고되었고(Seo and Choi, 2010), 2017년에는 71과 147속 172종 21변종 6아종 3품종으로 총 202분류군이 보고되었다(Yoon and Yoon, 2017). 이들 결과를 종합해보면 조사 연도별 분류군의 차이가 많아 체계적인 조사의 필요성이 제기되었으며, 본 식생 조사 중에 진행된 식물상 조사에서는 112과 275속 387종 38변종 9아종 6품종으로 총 440분류군으로 조사되었다(Yang, 2021).

과거에 비해 환경의 변화가 가속화되고 있어 생태적 특성을 밝히고 종 다양성 보전을 위해 과거의 식생을 이해하고 현재 식생의 변화에 관한 자료의 축적이 필요하다. 따라서, 본 연구는 진악산을 대상으로 식물사회학적 방법을 이용하여 식생의 유형 및 식생 분포양상을 분석하고, 기존의 식생연구를 기반으로 하여 식물군락의 종 구조가 시간의 흐름에 따라 변화하는 과정을 살피고자 연구를 진행하였으며 과거의 식생자료와 비교를 통하여 식생 천이의 경향성을 파악하고 나아가 생태계의 보전 및 생물다양성 관리에 필요한 기초자료를 구축하고 제공하는데 목적이 있다.

Materials and Methods

조사지개황

진악산은 지리학적으로 북위 36°7'30" - 36°0'0", 동경 127°22'30" - 127°30'0" 사이에 위치하며 행정구역상으로는 충청남도 금산군의 금산읍과 남이면 경계에 자리 잡고 있다(Fig. 1). 금산군은 중앙부의 고도가 낮고 주변으로 산악 지대가 둘러싸고 있는 분지 지형이며(KMA, 2016), 경사가 급하고 대부분이 암석지대로 이루어져 있다. 금산 지역의 토양은 옥천계 수성암층과 화강암이 모암을 이루고 있으며 침식작용에 의한 정적토가 많은 곳이다(MST, 1995).

식생과 밀접한 관련이 있는 기후자료 검토를 위하여 금산의 최근 10년간(2009 - 2019년)의 기후자료를 종합하여 기후도를 작성하였다(Fig. 2). 지난 10년간 금산의 연평균기온은 11.9°C, 연 누적강수량은 1,222 mm로 조사되었다. 금산군의 기후는 한반도 남단의 가장 내륙지역에 위치하여 남부내륙형으로 분류되며, 산악군이 발달하는 입지환경으로 인해 한서의 차가 심하다(Jang and Shim, 2001). 기후적 특성으로는 냉온대 낙엽활엽수림을 나타내고(Yim and Kim, 1983), 식물지리학적으로는 중일 식물구계(Sino-Japanese region)의 한국구, 중부아구에 속한다(Seo and Choi, 2010).

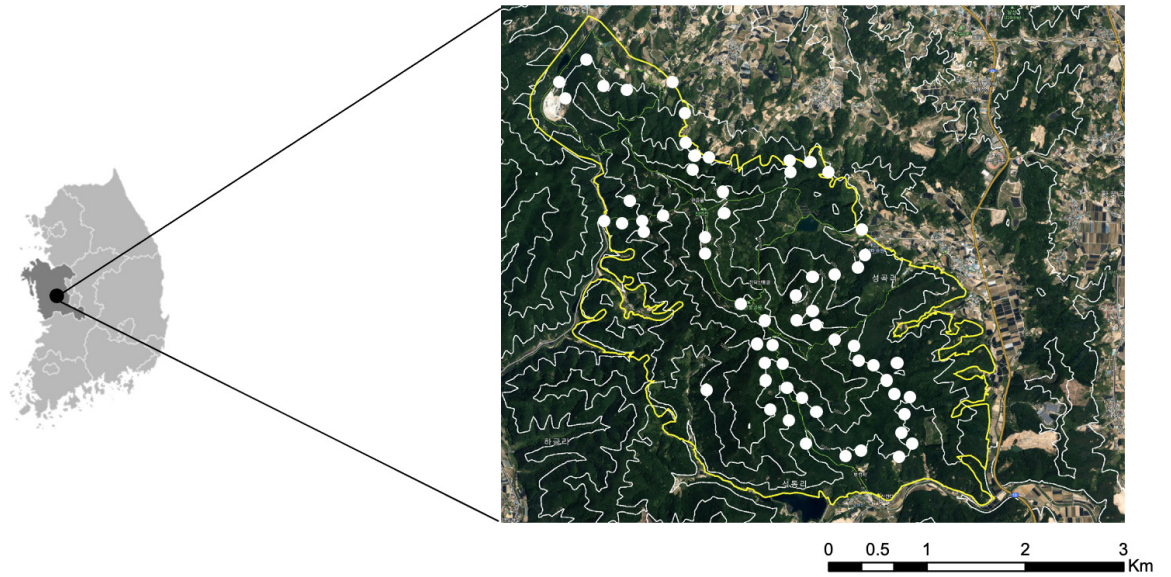


Fig. 1. Map of the investigated vegetation sites and boundary in Jinaksan (Mt.).

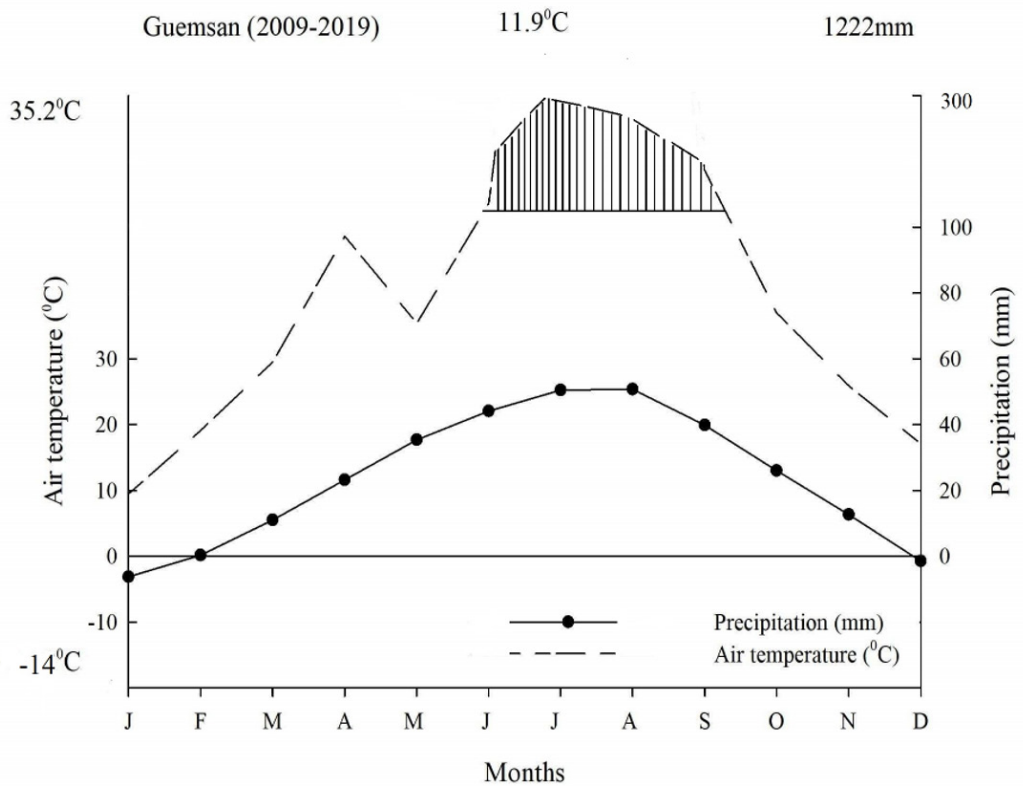


Fig. 2. Climate diagram of Geumsan from 2009 to 2019.

식생조사

진악산의 산림 식생분포 및 구조를 분석하기 위하여 2020년 05월부터 09월까지 총 62개의 조사구를 설치하여 Braun-Blanquet (1964)의 방법에 따라 조사하였다. 선행 연구(Ji et al., 2003)에서 임도를 따라 25개소의 방형구를 조사한 것과 같이 식생의 변화를 비교하고 살피기 위해 비슷한 위치에 방형구를 설치하여 조사하였고, 뿐만 아니라 자연식생을 고려하여 산지의 모든 방면을 고르게 조사하기 위해 추가조사 하였다(Fig. 1). 식생에 관한 기초자료는 모두 현장조사로부터 확보되었으며 조사구의 선정은 사전조사를 통하여 식물군락의 유형 및 생육환경을 파악한 후 식생이 고르게 분포하고 있고 비교적 인위적 간섭을 적게 받은 곳을 대상으로 선정하였다.

산림근집 구조를 조사하기 위한 표본 조사법으로 방형구법(Brower and Zar, 1977)을 사용했으며, 방형구의 면적은 종수-면적 곡선에 따라 최소면적인 15 m × 15 m의 방형구를 설치하여 조사하였다.

방형구 내의 출현 종은 식물사회학적 조사방법에 따라 교목층, 아교목층, 관목층, 초본층 등 계층별로 나누어 기록하였고, 교목층의 평균 높이와 계층별 피도를 작성하였다. 입지환경의 조사는 국립수목원 식생 조사를 참고하여 해발고, 방위, 경사, 좌표, 지형, 토양, 노암율, 바람, 일광을 조사하였다. 출현종의 우점도는 Braun-Blanquet (1964)의 7단계 구분을 세분화한 Dierssen (1990)의 9단계에 따라 구분하여 기록하였다.

각 군락의 출현한 식물종은 원색대한식물도감(Lee, 2014), 새로운 한국식물도감(Lee, 2006), 한국의 나무(Kim and Kim, 2018), 한국의 들꽃(Kim et al., 2018b)을 참고하여 분류 및 동정을 하였고, 학명 및 국명은 국가표준식물목록(KNA, 2017)을 참고하였다.

임분특성분석

군락분류

현장에서 조사된 데이터를 Mueller-Dombois와 Ellenberg (1974)의 표 작성법에 따라 소표(raw table), 부분표(partial table)의 순서를 통해 각 군락단위를 분류하기 위한 총합 상재도표(constancy table)를 작성하였고, 군락간의 종 조성을 비교하였다.

중요치 분석

각 조사구에서 출현하는 종을 대상으로 흉고직경 2 cm 이상의 수목을 대상으로 매목조사를 실시하였다. 진악산 산림구조의 특징을 보다 더 정확하게 분석하기 위해 매목조사를 통해 얻어진 자료를 Curtis와 McIntosh (1951)의 방법에 따라 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 합하여 상대 중요치를 계산하였다. Ji 등(2003)의 중요치 결과와 현재를 비교하여 변화와 천이의 경향을 알아보기 위해 전체 중요치와 군락별 중요치 수치를 비교 분석하였다.

Results and Discussion

군락분류

진악산의 총 62개 조사구를 Mueller-Dombois와 Ellenberg (1974)의 표 작성법에 따라 상재도표를 작성하여 산림구조를 분류한 결과, 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community), 소나무군락(*Pinus densiflora* community), 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community), 갈참나무군락(*Quercus aliena* community), 느티나무군락(*Zelkova serrata* community), 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community), 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community), 개서어나무군락(*Carpinus tschonoskii* community)으로 총 8개의 군락으로 분류되었다(Table 1). 군락별 분포는 신갈나무군락은 주로 해발고가 높은 위치에 있었고, 북쪽 사면에 분포하고 있었다. 소나무군락은 정상부의 남사면에 주로 분포하며, 갈참나무군락은 비교적 경사가 완만한 곳에 분포하고 개서어나무군락은 산지사면 하부 계곡부쪽에 분포하고 있었다.

Table 1. Synthesis table of forest community in Jinaksan (Mt.). (continued)

Community type	A	B	C	D	E	F	G	H
Number of relevé	19	14	6	6	6	4	4	3
Altitude (m)	559	564	436	379	322	492	401	488
Slope degree (°)	29	25	27	21	24	26	29	32
Height of tree layer (m)	11	10	14	14	13	14	15	15
Coverage of upper tree (T1) layer (%)	90	86	86	91	89	87	93	97
Coverage of sub tree (T2) layer (%)	45	36	30	57	60	40	37	45
Coverage of shrub (S) layer (%)	54	51	18	39	25	50	18	20
Coverage of herb (H) layer (%)	21	28	10	31	34	26	8	9
Number of species	22	22	24	33	32	30	21	23
Differential species of <i>Quercus mongolica</i> community								
<i>Quercus mongolica</i>	V	I	II	.	I	.	1	2
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	III	I	.	.	.	1	1	.
<i>Ilex macropoda</i>	II	I	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia stolonifera</i>	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tripterygium regelii</i>	II	.	.	.	.	.	.	.
Differential species of <i>Pinus densiflora</i> community								
<i>Pinus densiflora</i>	I	V	I	I	.	2	1	2
<i>Spiraea blumei</i>	I	III	.	.	.	.	.	.
<i>Chrysanthemum zawadskii</i>	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Rhus chinensis</i>	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Iris ruthenica</i>	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Patrinia scabiosifolia</i>	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Styrax japonicus</i>	.	I	.	.	.	.	.	.
Differential species of <i>Quercus variabilis</i> community								
<i>Quercus variabilis</i>	I	II	V	II	I	1	2	.
<i>Neoshirakia japonica</i>	.	.	I	.	.	.	.	.
Differential species of <i>Quercus aliena</i> community								
<i>Quercus aliena</i> Blume	.	.	I	V	I	1	2	.
<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	.	.	.	IV	.	.	.	.
<i>Ulmus davidiana</i>	.	.	.	II	.	.	.	.
<i>Acer palmatum</i>	.	.	.	II	.	.	.	.
<i>Carpinus cordata</i>	.	.	.	II	.	.	.	.
Differential species of <i>Zelkova serrata</i> community								
<i>Zelkova serrata</i>	.	.	.	I	V	.	.	1
<i>Akebia quinata</i>	.	.	.	I	IV	.	.	.
<i>Cornus controversa</i>	.	.	I	I	IV	.	.	.
<i>Philadelphus schrenkii</i>	.	.	.	I	IV	.	.	.
<i>Staphylea bumalda</i>	.	.	.	I	III	.	.	.
<i>Alangium platanifolium</i>	.	.	.	I	III	.	.	.
<i>Hylodesmum podocarpum</i>	.	.	.	.	III	.	.	.
<i>Liriope muscari</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Clerodendrum trichotomum</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Celtis sinensis</i>	.	.	.	.	III	.	.	.
<i>Circaea mollis</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Ageratina altissima</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Angelica decursiva</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Cornus walteri</i>	.	.	.	.	II	.	.	.
<i>Cryptotaenia japonica</i>	.	.	.	.	II	.	.	.

Table 1. Synthesis table of forest community in Jinaksan (Mt.). (continued)

Community type	A	B	C	D	E	F	G	H
Differential species of <i>Quercus acutissima</i> community								
<i>Quercus acutissima</i>	.	.	I	.	.	4	2	.
<i>Chloranthus japonicus</i>	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Artemisia keiskeana</i>	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Asparagus schoberioides</i>	.	.	.	.	.	2	.	.
<i>Picrasma quassioides</i>	.	.	.	.	.	2	.	.
Differential species of <i>Carpinus laxiflora</i> community								
<i>Carpinus laxiflora</i>	.	.	I	I	I	1	4	.
<i>Athyrium iseanum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.
Differential species of <i>Carpinus tschonoskii</i> community								
<i>Carpinus tschonoskii</i>	I	.	.	.	.	.	.	3
<i>Hydrangea macrophylla</i>	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Iris rossii</i>	.	.	.	.	.	.	.	1
Companions								
<i>Lindera obtusiloba</i>	V	IV	V	V	IV	3	4	3
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	III	III	.	I	.	.	1	1
<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	IV	III	II	.	.	1	1	1
<i>Lindera glauca</i>	I	II	V	III	I	4	2	.
<i>Juniperus rigida</i>	II	IV	I	.	.	1	.	.
<i>Lindera erythrocarpa</i>	III	I	IV	V	V	2	1	2
<i>Carex humilis</i>	IV	V	III	II	II	4	3	2
<i>Miscanthus sinensis</i>	III	V	II	I	.	4	.	1
<i>Viola orientalis</i>	III	III	.	IV	.	.	.	2
<i>Lespedeza bicolor</i>	II	IV	I	.	.	1	.	.
<i>Prunus serrulata</i>	III	III	V	IV	II	3	3	2
<i>Styrax obassis</i>	I	I	II	IV	IV	.	2	.
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	IV	IV	.	.	.	1	.	2
<i>Polygonatum odoratum</i>	III	IV	II	III	.	.	1	.
<i>Iris sanguinea</i>	II	II	II	I	I	.	2	.
<i>Atractylodes ovata</i>	II	III	I	II	I	.	1	1
<i>Acer pictum</i>	I	I	II	I	III	.	1	1
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	III	.	.	II	III	.	.	1
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	I	III	III	I	.	1	1	1
<i>Quercus serrata</i>	I	III	IV	II	I	3	2	1
<i>Quercus dentata</i>	I	.	II	.	.	2	.	.
<i>Smilax china</i>	IV	II	IV	II	II	2	4	3
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	I	I	I	I	II	1	1	1
<i>Carex siderosticta</i> Hance	II	I	II	I	.	.	1	1
<i>Cocculus orbiculatus</i>	II	III	IV	I	I	.	1	1
<i>Disporum smilacinum</i>	III	II	I	III	.	.	1	1
<i>Arundinella hirta</i>	II	II	II	II	IV	3	.	1
<i>Pteridium aquilinum</i>	II	III	I	.	.	2	.	.
<i>Paederia foetida</i>	.	.	IV	III	I	2	1	.
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	I	I	II	IV	II	1	2	2
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i>	I	I	II	III	.	1	2	1
<i>Callicarpa japonica</i>	II	I	II	I	II	1	1	2
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	II	II	V	IV	I	4	2	1
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	I	I	I	IV	IV	2	.	.

Table 1. Synthesis table of forest community in Jinaksan (Mt.).

Community type	A	B	C	D	E	F	G	H
Companions								
<i>Indigofera kirilowii</i>	I	II	I	.	.	1	1	.
<i>Phryma leptostachya</i>	II	I	I	III	IV	1	1	.
<i>Securinega suffruticosa</i>	I	I	I	I	II	2	.	1
<i>Smilax sieboldii</i>	II	II	I	I	II	3	.	1
<i>Hemerocallis fulva</i>	II	II	I	.	.	1	.	.
<i>Smilax nipponica</i>	II	I	I	I	.	.	2	.
<i>Dictamnus dasycarpus</i>	I	I	II	II	.	2	1	.
<i>Asarum sieboldi</i>	I	.	.	I	.	1	1	1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	.	.	IV	II	III	1	.	.
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	.	I	.	III	V	3	.	.
<i>Pinus koraiensis</i>	II	II	II	.	.	.	1	.

A, *Quercus mongolica* community; B, *Pinus densiflora* community; C, *Quercus variabilis* community; D, *Quercus aliena* community; E, *Zelkova serrata* community; F, *Quercus acutissima* community; G, *Carpinus laxiflora* community; H, *Carpinus tschonoskii* community.

진악산의 군락은 선행 연구(Ji et al., 2003)에서 신갈나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 소나무군락 등 4개 군락으로 보고되었는데, 본 연구에서는 느티나무군락, 상수리나무군락, 서어나무군락, 개서어나무군락 등이 추가되어 총 8개 군락으로 확인되었다. 이는 20년 전 초본 및 관목층을 이루는 식생이었기 때문에 군락으로 보지 못했으나 본 조사에서 아교목이나 교목으로 군집을 이루고 있어 군락이 다양화되었다.

A: 신갈나무군락(*Quercus mongolica* community)

신갈나무군락은 62개의 조사구 중 19개로 가장 넓은 부분을 차지하고 있었다. 일반적으로 신갈나무군락은 높은 위도에서는 해발고도가 낮은 지역까지 분포하고, 낮은 위도에서는 해발고도가 높은 곳까지 분포하는 군락으로 위도에 따라 출현되는 고도가 다르게 나타난다(Kim, 2010). 위도가 높은 설악산에서는 표고 약 200 m 이상(Yim and Baek, 1985)에서 분포하는 것으로 보고되었고, 위도가 낮은 진악산에서는 평균 표고 559 m에 위치하였고 비슷한 위도의 계룡산국립공원에서는 685 m에 분포하고 있다(Song et al., 2001). 평균 경사는 29°이며 교목층의 평균수고는 11 m로 조사된 군락 중 2번째로 낮았다. 다른 군락과 비교했을 때 관목층의 식피율이 가장 높게 나왔는데(Fig. 3), 관목층의 식피율이 높은 이유는 진달래와 철쭉 등 관목의 우점도가 높게 나타났기 때문으로 Ji 등(2003)의 신갈나무군락의 결과와 일치하였다. 신갈나무군락의 주요 구분 종으로는 신갈나무, 철쭉, 대팻집나무, 넓은외잎쭉, 미역줄나무이었으며 평균 출현 종수는 22분류군으로 나타났다.

B: 소나무군락(*Pinus densiflora* community)

소나무군락은 한반도에 가장 광범위하게 분포하며, 산악지역뿐 아니라 도시근교의 이차림에서도 대표적인 군락이라 할 수 있다(Choi et al., 1990; Lee et al., 1993; Oh and Lee, 1993; Lee and Oh, 1995; Oh, 1997). 진악산의 소나무군락 구분에 이용된 조사구는 14개이며 소나무군락은 주로 남동-남서 사면에 출현하고 있었고, 평균 표고는 564 m에 분포하고 있었다. 평균 경사는 25°이고 교목층의 평균 수고는 10 m로 가장 낮은 수고를 보였다. 소나무군락의 평균 수고가 가장 낮은 것은(Fig. 3) 소나무가 척박지에서 생육하기 때문인 것으로 사료된다. 주요 구분 종으로는 소나무, 산조팝나무, 구절초, 붉나무, 솔밭꽃, 미역취, 때죽나무이며 평균 출현종수는 22분류군으로 나타났다.

C: 굴참나무군락(*Quercus variabilis* community)

굴참나무군락 구분에 이용된 조사구는 총 6개이며 평균 표고 436 m에 분포하고 있었다. 경사는 평균 27°이고 교목의 평균수고는 14 m로 높은 편에 속한다. 평균 출현 종수는 24분류군이다. 굴참나무군락 구분종은 사람주나무이었다. 층위 구조의 평균 식피율은 교목층 86%로 굴참나무가 우점하고 있었으며, 신갈나무, 소나무, 갈참나무, 서어나무 등이 혼생 하였다. 아교목층은 30%로 잔털벗나무, 졸참나무, 굴참나무 등이 혼생 하였다. 관목층은 18%로 생강나무, 조록싸리, 감태나무, 느티나무 등이 혼생 하였고, 초본층은 31%로 청미래덩굴, 담쟁이덩굴, 그늘사초, 굴참나무, 감태나무 등이 혼생 하고 있었다.

충남 보련산의 굴참나무 군락은 보련산에서 고도 200 - 600 m의 건조한 사면에 분포하였다(Song et al., 2009). Oh 등(2018)의 연구에서도 주왕산국립공원에서 조사된 굴참나무군락은 고도 700 m 이하의 건조한 환경에서 주로 분포하는 것으로 보고되었고, 이 지역에서는 계곡식생의 주요 종인 층층나무, 오미자, 십자고사리, 노루귀 등이 전혀 출현하지 않았다. 진악산의 굴참나무 군락 또한 건조한 사면에 분포하여 고사리류 등과 같은 식물종이 전혀 출현하지 않아 일치하는 연구결과를 보였다.

D: 갈참나무군락(*Quercus aliena* community)

갈참나무군락의 조사구는 총 6개이고, 평균 표고 379 m에 분포하고 있었으며 경사는 평균 21°로 다른 군락과 비교했을 때 가장 완만한 경사지에 분포하고 있었다. 방형구 내의 평균 출현 종수는 33종으로 다른 군락과 비교했을 때 가장 많았다. 주요 구분 종으로는 핑의다리, 느릅나무, 단풍나무, 까치박달 등이 출현하였다.

E: 느티나무군락(*Zelkova serrata* community)

느티나무군락은 평균 표고 322 m로 조사된 군락 중에 가장 낮은 고도에 분포하고 있었다. 경사는 평균 24°이고 방형구 내 평균 출현 종수는 32종이었다. 주요 구분 종으로는 으름덩굴, 층층나무, 고광나무, 고추나무, 단풍박쥐나무, 도둑놈의갈고리, 맥문동, 누리장나무 등이 출현하였다.

F: 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community)

상수리나무군락으로 구분된 조사구는 4개이고 평균 표고 492 m에 분포하고 있었다. 경사는 평균 26°이고 교목의 평균 수고는 14 m이었다. 주요 구분 종으로는 홀아비꽃대, 맑은대쭉, 비짜루, 소태나무 등이 출현하였다.

G: 서어나무군락(*Carpinus laxiflora* community)

본 군락은 평균 표고 401 m에 분포하였으며, 군락 구분에 이용된 조사구는 4개이었다. 경사는 평균 29°로 높은 편에 속하며 교목의 평균수고는 15 m로 다른 군락과 비교했을 때 가장 높게 나타났다. 초본층은 다른 군락과 비교했을 때 현저히 적은 식피율을 보였는데(Fig. 3) 진악산에서 서어나무 군락의 식피율이 현저히 낮은 이유는 서어나무가 음수림이기 때문으로 판단된다.

서어나무는 온대 지역의 온대림과 이차림의 주요한 종으로 알려져 있으며(Hori and Tsuge, 1993) 여러 학자에 의해 우리나라 온대중부지방 산림의 2차 천이계열은 소나무림에서 참나무림을 거쳐 서어나무에 의한 극상림으로 변화하며(Park et al., 1989; Lee et al., 1991; Park et al., 1991; Lee et al., 1996; Park et al., 2009; Kwak, 2011; Hong et al., 2012), 최근의 연구에서도 서어나무가 우리나라 온대림의 천이에 극상을 이루는 대표적인 수종으로 보고되었다(Byeon and Yun, 2018). 선행 연구 결과와 비교해 볼 때, 진악산에서 서어나무와 개서어나무의 중요치가 점차 높아지고 있는 것으로 보아 천이 초기단계로 판단되며 향후 양수림에서 음수림으로 변해가는 천이의 경향이 예상되었다.

H: 개서어나무(*Carpinus tschonoskii* community)

개서어나무군락에 이용된 조사구는 3개로 가장 적었으며 평균 표고는 488 m에 분포해 있고 경사는 평균 32°로 군락 중 가장 급경사에 위치하였다. 교목의 평균 수고는 15 m로 서어나무군락과 함께 가장 높은 것으로 조사되었다. 특히, 초본층은 서어나무 군락과 비슷하게 평균 피도 9%로 현저히 적은 식피율을 보였다(Fig. 3). 이는 교목층의 평균 피도가 97%로 높아 임내로 투과되는 광선의 양이 적기 때문이라고 판단된다. 주요 구분종은 산수국과 각시붓꽃으로 토양수분을 많이 필요로 하는 종들이 출현하였다.

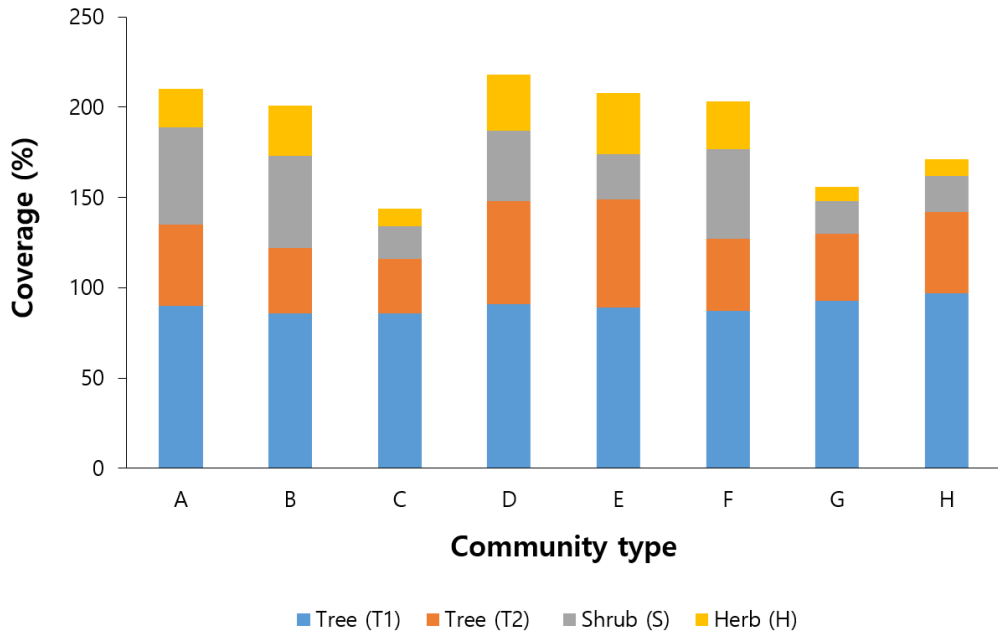


Fig. 3. Coverage distribution according to stratification of the Jinaksan (Mt.) forest communities. A, *Quercus mongolica* community; B, *Pinus densiflora* community; C, *Quercus variabilis* community; D, *Quercus aliena* community; E, *Zelkova serrata* community; F, *Quercus acutissima* community; G, *Carpinus laxiflora* community; H, *Carpinus tschonoskii* community.

중요치와 우점도

전체 중요치 분석

전체 중요치는 식생의 우점도를 알 수 있고 생태적 중요도를 나타내는 척도이다. 진악산에서 중요치를 분석한 결과 신갈나무(62.75), 소나무(55.16), 굴참나무(25.03), 느티나무(22.17) 등의 순으로 나타났다(Table 2).

신갈나무는 중요치가 가장 높은 우점종으로 나타났으며, 이는 우리나라 산림 식생이 전체적으로 신갈나무군락 형으로 대표된다는 Yun 등(2011)의 연구결과와 일치하였다. 또한, 전체 중요치에서 신갈나무와 소나무의 중요치가 높게 나온 것은 일치하였으며(Ji et al., 2003), 최근 20년간 진악산의 식생은 인간의 간섭 없이 식생 구조를 유지하고 있는 것으로 보인다. 선행연구와 비교하여 중요치의 변화를 살펴봤을 때, 느티나무가 가장 많이 증가하였고, 신갈나무, 소나무, 서어나무, 쇠물푸레나무, 당단풍나무, 쪽동백나무의 순으로 증가하였다. 한편 굴참나무의 중요치는 가장 많이 감소하였으며, 갈참나무의 순으로 감소하여 앞으로 참나무류는 줄어들 것으로 예상된다. 개서어나무군락은 추가로 조사되었고 떡갈나무군락은 중요치 값에 포함되지 않았다(Fig. 4).

Table 2. Importance value of each for classified type in Jinaksan (Mt.).

Species	A		B		C		D		E		F		G		H		Total	
	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR	IV	OR
<i>Quercus mongolica</i>	173.9	1	33.6	2	11.7	7	-	-	2.6	20	4.1	16	7.0	9	28.6	2	62.75	1
<i>Pinus densiflora</i>	26.6	2	194.0	1	11.6	8	5.8	11	-	-	22.0	3	9.6	8	18.1	3	55.16	2
<i>Quercus variabilis</i>	7.9	6	10.9	5	147.3	1	13.3	5	7.4	9	7.2	9	51.5	2	-	-	25.03	3
<i>Zelkova serata</i>	1.1	21	-	-	13.0	6	34.5	2	147.7	1	4.1	17	15.6	5	15.1	4	22.17	4
<i>Quercus aliena</i>	-	-	1.8	12	10.6	9	137.3	1	10.2	6	8.3	8	21.1	4	-	-	18.30	5
<i>Prunus semulata</i> var. <i>pubescens</i>	22.7	3	14.5	4	18.4	2	14.4	4	5.5	13	23.1	2	25.0	3	6.6	10	16.86	6
<i>Carpinus laxiflora</i>	1.2	16	-	-	17.2	3	6.7	9	10.1	7	6.8	11	133.4	1	-	-	13.25	7
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	6.3	11	-	-	-	-	139.8	1	12.4	6	-	-	10.72	8
<i>Carpinus tschonoskii</i>	1.5	14	-	-	-	-	6.7	10	-	-	-	-	-	-	183.4	1	10.08	9
<i>Quercus serata</i>	4.5	9	8.0	6	15.2	4	5.2	13	4.6	17	19.9	4	10.1	7	8.4	5	8.02	10
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	14.9	4	15.2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.93	11
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	13.1	5	-	-	-	-	9.1	7	16.0	3	-	-	-	-	6.6	9	6.73	12
<i>Styrax obasis</i>	3.5	10	1.9	11	8.5	10	16.8	3	12.3	4	-	-	4.5	12	-	-	5.79	13
<i>Platycarya strobilacea</i>	3.1	12	3.4	9	-	-	7.8	8	-	-	4.3	14	4.9	10	6.6	11	3.35	14
<i>Acer pictum</i>	2.3	13	-	-	3.8	15	2.6	20	10.7	5	-	-	-	-	6.7	8	2.92	15
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	5.6	12	5.0	14	5.7	11	8.9	7	-	-	6.9	6	2.86	16
<i>Cornus controversa</i>	-	-	-	-	5.0	14	9.6	6	8.9	8	-	-	-	-	-	-	2.67	17
<i>Quercus dentata</i>	1.1	25	-	-	13.9	5	-	-	-	-	11.5	5	-	-	-	-	2.61	18
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.2	17	-	-	3.2	16	3.5	17	-	-	5.9	12	4.9	11	6.2	12	2.17	19
<i>Ilex macropoda</i>	4.7	8	3.5	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.96	20
<i>Celtis sinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	2	-	-	-	-	-	-	1.89	21
<i>Juniperus rigida</i>	1.2	19	6.4	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.52	22
<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	5.0	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.38	23
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	-	3.5	18	2.7	19	6.9	10	-	-	-	-	1.22	24
<i>Lindera obtusiloba</i>	1.2	18	-	-	-	-	3.6	16	2.8	18	-	-	-	-	-	-	1.06	25
<i>Morus alba</i>	1.1	22	-	-	-	-	-	-	5.9	10	-	-	-	-	-	-	0.98	26
<i>Lindera glauca</i>	1.2	20	-	-	5.5	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	27
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.2	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90	28
<i>Ulmus davidiana</i>	-	-	-	-	-	-	5.2	12	-	-	4.0	18	-	-	-	-	0.89	29
<i>Picrasma quassioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.6	6	-	-	-	-	0.72	30
<i>Diospyros lotus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	21	5.5	13	-	-	-	-	0.70	31
<i>Maackia amurensis</i>	1.1	23	-	-	-	-	2.9	19	-	-	-	-	-	-	-	-	0.66	32
<i>Cornus walteri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5	12	-	-	-	-	-	-	0.64	33
<i>Morus australis</i>	-	-	-	-	-	-	2.5	21	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	34
<i>Crataegus maximowiczii</i>	-	-	1.7	13	-	-	-	-	-	-	4.0	19	-	-	-	-	0.61	35
<i>Sorbus alniifolia</i>	-	-	3.4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.60	36
<i>Abies holophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5	14	-	-	-	-	-	-	0.58	37
<i>Salix pierotii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4	15	-	-	-	-	-	-	0.57	38
<i>Diospyros kaki</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	16	-	-	-	-	-	-	0.54	39
<i>Acer palmatum</i>	-	-	-	-	-	-	4.0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.45	40
<i>Betula davurica</i>	1.4	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	41
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	-	-	3.1	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	42
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.1	15	-	-	-	-	0.32	43
<i>Symplocos sawafutagi</i>	1.1	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	44
<i>Alnus incana</i>	-	-	1.7	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	45
<i>Magnolia sieboldii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	22	-	-	-	-	-	-	0.29	46
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	23	-	-	-	-	-	-	0.29	47

A, *Quercus mongolica* community; B, *Pinus densiflora* community; C, *Quercus variabilis* community; D, *Quercus aliena* community; E, *Zelkova serata* community; F, *Quercus acutissima* community; G, *Carpinus laxiflora* community; H, *Carpinus tschonoskii* community; IV, importance value; OR, order.

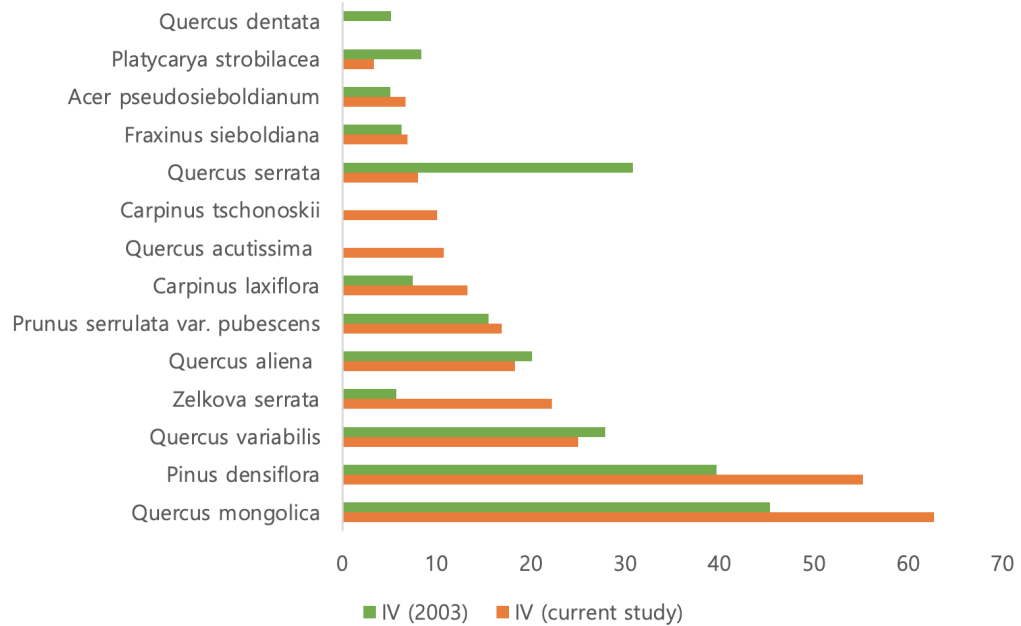


Fig. 4. Important values (IV) comparison of Ji et al. (2003) and current study (2020).

군락별 중요치 분석

진악산에서 출현한 흉고직경 2 cm 이상의 수목을 대상으로 군락별 중요치를 분석하였다. 그 결과 신갈나무군락에서는 신갈나무(173.9), 소나무(26.5), 잔털벗나무(22.7)의 순서로, 소나무군락에서는 소나무(194), 신갈나무(33.5), 쇠물푸레나무(15.1)의 순서로 소나무에서 신갈나무로의 천이 경향성을 보였다. 갈참나무군락에서는 갈참나무(137.3), 느티나무(34.4), 쪽동백(16.7)의 순서로, 굴참나무군락에서는 굴참나무(147.3), 잔털벗나무(18.4), 서어나무(17.2)의 순서로, 느티나무군락에서는 느티나무(147.7), 팽나무(18), 당단풍나무(16)의 순서로, 상수리나무군락에서는 상수리나무(139.8) 잔털벗나무(23.1), 소나무(22)의 순서로, 서어나무군락에서는 서어나무(133.4), 굴참나무(51.5), 잔털벗나무(25)의 순서로, 개서어나무군락에서는 개서어나무(183.4), 신갈나무(28.6), 소나무(18.1)의 순서로 나타났다(Table 2).

진악산에서 느티나무군락의 중요치 값이 높게 나왔는데 느티나무군락이 출현한 남해금산과 덕산도립공원의 경우 중요치가 낮았고(Kim et al., 2016; 2018a), 계룡산국립공원 사찰림의 식생(Song et al., 2019)에서는 느티나무의 중요치가 높았다. 이러한 조사 결과는 진악산의 사찰 주변 느티나무의 보존 관리가 잘 되었기 때문으로 판단된다. 특히 느티나무군락에서 고욤나무의 중요치가 3번째로 높게 나왔으며, 다른 군락에서는 거의 출현하지 않았다. 진악산에서 느티나무와 고욤나무는 주로 사찰 주변에서 관찰되었기 때문에 인간의 이동과 밀접한 관련이 있어 중요치가 높게 나타난 것으로 보인다.

Ji 등(2003)의 연구와 본 연구의 군락별 중요치를 비교해 보면 신갈나무군락에서 신갈나무, 졸참나무, 소나무의 순으로 나왔고, 본 연구에서는 신갈나무, 소나무, 잔털벗나무 등으로 나왔으며 졸참나무의 중요치는 9번째에 속해 있었다. 소나무군락의 중요치는 소나무, 리기다소나무, 굴피나무의 순서로 나왔지만 본 연구에서는 소나무, 신갈나무, 쇠물푸레의 순서로 중요치가 높게 나온 것으로 보아 앞으로 신갈나무의 군락으로 천이가 일어날 것으로 예상된다. Ji 등(2003)의 연구결과 굴참나무군락의 중요치는 굴참나무, 졸참나무, 서어나무의 순으로 나왔고 본 연구에서는 굴참나무, 잔털벗나무, 서어나무의 순으로 나와 이들 수종에 의한 경쟁이 진행될 것으로 사료된다.

흉고직경급 분석

흉고직경급별 분석은 수령 및 임분구조의 간접적인 표현으로 식생천이의 양상을 추론할 수 있으며(Harcombe and Marks, 1978), 흉고직경급의 분포도를 통해 개체군의 지속적 유지 가능성 여부를 판단하는 데 있어 중요한 정보를 제공해 준다(Barbour et al., 1987). 식생 조사를 실시하여 얻어진 자료를 기초로 하여 중요치가 가장 높게 나온 9종을 대상으로 흉고직경급을 분석하였다(Fig. 5).

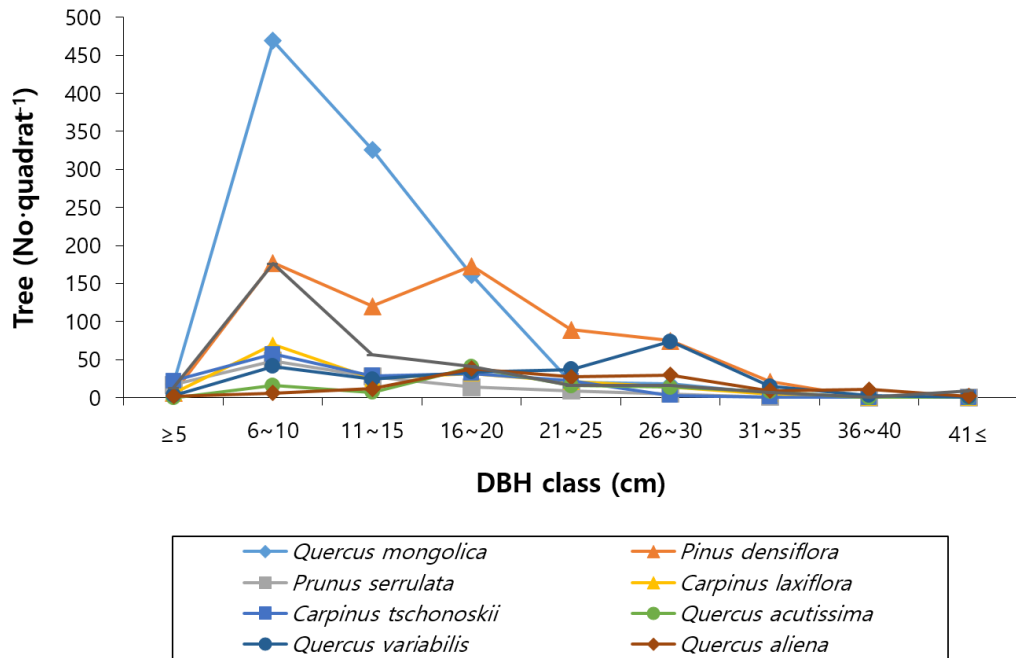


Fig. 5. Diameter at breast height (DBH) class distribution of major tree species in Jinaksan (Mt.).

중요치가 높은 신갈나무, 소나무, 잔털벚나무, 서어나무, 개서어나무, 상수리나무, 굴참나무, 갈참나무, 느티나무에 대한 흉고직경급을 분석한 결과 어린 개체가 많고 큰 개체로 갈수록 개체수가 적어지는 신갈나무의 경우 역J자형의 분포양상을 보이고 있었다. 안정된 임분 상태를 나타내며, 현 상태가 일정 기간 지속해서 유지될 것으로 판단된다. 선행연구(Ji et al., 2003)에서 신갈나무는 어린 개체와 큰 개체가 적었는데 현재 어린 개체가 늘어난 것으로 보아 보존 관리가 잘 되고 있는 것으로 보인다.

소나무 6-10 cm의 어린 개체는 많았으나, 11-15 cm의 개체는 적었고, 16-20 cm의 중간개체 수는 증가하였으며, 선행연구(Ji et al., 2003)와 비교했을 때 소나무는 큰 개체수의 비율이 더 늘어난 것으로 조사되어 일정기간 우점할 것으로 판단된다.

굴참나무와 갈참나무는 흉고직경 5 cm 이하 수종과 중간 개체의 6-15 cm 수종이 적었고, 16-30 cm의 큰 개체 수가 많았다. Ji 등(2003)의 연구는 어린개체와 큰 개체는 적고 중간개체가 많아 당분간 우점될 것이라고 밝혔는데, 시간의 흐름에 따라 중간개체 보다 큰 개체의 수가 많아진 것을 볼 수 있다. 따라서 어린 개체수가 거의 없고 큰 개체가 가장 많아 굴참나무와 갈참나무의 우점도가 점차 낮아질 것으로 예상된다.

서어나무, 개서어나무, 느티나무는 어린 개체수의 밀도가 높고 하층에서 중층, 상층으로 갈수록 개체수가 감소하는 하향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 장차 하층에서 밀도가 높은 잔털벚나무, 서어나무, 개서어나무의 중요치는 계속해서 증가할 것으로 판단된다.

현재 우점종 및 식생 구조는 자연재해, 인간의 간섭, 병해충의 요인 등과 같이 특수한 변화가 일어나지 않는 이상 유지될 것으로 보인다.

Conclusion

총 62개 조사구를 설치하여 진악산의 모든 군락을 분류한 결과 총 8개의 군락, 신갈나무군락, 소나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 느티나무군락, 상수리나무군락, 서어나무군락, 개서어나무군락으로 분류되었다.

전체 중요치는 신갈나무, 소나무, 굴참나무, 느티나무, 갈참나무, 잔털벗나무, 서어나무, 상수리나무, 개서어나무, 졸참나무, 쇠물푸레나무, 당단풍나무 및 쪽동백나무 등의 순서로 나타났고, 신갈나무가 우점종으로 나타났다. 20년전의 진악산 식생 연구 결과와 비교했을 때 동일하게 신갈나무와 소나무의 중요치가 높게 나온 것은 그동안 인위적이나 자연적 간섭의 요인은 없었던 것으로 판단되었으며 졸참나무의 중요치는 가장 많이 감소하였고 굴참나무, 갈참나무의 순으로 감소하는 양상을 보여 앞으로 참나무류의 세력은 약해질 것으로 예상된다.

중요치가 높은 8분류군에 대한 흉고직경급 분석 결과에서 신갈나무는 역자형의 그래프로 안정된 임분 상태를 나타내어 일정기간 이상 신갈나무군집은 유지될 것으로 보이며, 소나무 또한 중간개체가 많아 당분간 우점이 예상된다. 참나무류 중에서 굴참나무와 갈참나무는 큰 개체가 많아 우점도는 점차 낮아질 것으로 보이며, Ji 등(2003)의 연구에서는 중간개체가 많아 당분간 우점이 예상된다고 하였는데, 시간의 흐름에 따라 개체의 성숙도가 증가했기 때문으로 판단된다.

서어나무, 개서어나무, 느티나무, 잔털벗나무는 중층, 상층으로 갈수록 하향식 곡선형의 분포도를 나타내고 있어 향후 증가할 것으로 사료된다. 특히 서어나무는 극상림의 대표 수종으로 진악산의 식생구조 변화에 중요하다고 판단된다. 진악산의 식생변이의 양상은 과거와 비슷하게 유지되고 있는 식생도 있었지만 점진적인 천이의 변화를 보이고 있는 식생 군집도 있었다.

본 연구는 진악산의 식생 군집 구조 분류와 시간 변화에 따른 식생 변화의 동태를 살피고 식생 천이의 경향성을 파악하여 생태계의 보전 및 생물다양성 관리에 필요한 기초자료의 구축과 활용에 목적을 두었다. 자연적인 식생 변이와 천이가 진행되고 있는 진악산에 대한 지속적인 모니터링을 통하여 식생 동태를 살피고, 종 다양성이 증가될 수 있는 보존 방안을 모색하며, 인위적 요인들을 최소화하고 보전 대책을 마련하여 개선하는 관리가 필요한 것으로 보인다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

이 논문은 2021년도 정부(과기정통부)의 재원으로 한국연구재단 바이오·의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2017M3A9A5070202).

Authors Information

Seungah Yang, <https://orcid.org/0000-0003-0528-2556>

Mira Lee, <https://orcid.org/0009-0009-3853-5020>

Badamsetseg Bazarragchaa, <https://orcid.org/0000-0001-6114-4313>

Hyouon Sook Kim, <https://orcid.org/0000-0001-8663-8352>

Sang Myong Lee, <https://orcid.org/0009-0009-0379-6706>

Joongku Lee, <https://orcid.org/0000-0001-6250-3138>

References

- Barbour MG, Burk JH, Pitts WD. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. pp. 155-229. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, USA.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. grundzüge der vegetationskunde. p. 631. Springer-Verlag, New York, USA. [in German]
- Brower JE, Zar JH. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. p. 194. William C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, USA.
- Byeon SY, Yun CW. 2018. Community structure and vegetation succession of *Carpinus laxiflora* forest stands in South Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 32:185-202. [in Korean]
- Cho JB, Kil BS. 1987. Floristic composition and vertical distribution of Mt. Daedun. Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 10:53-62. [in Korean]
- Choi MB, Oh KK, Lee KW. 1990. Vegetation structure and management planning of the Sansung Nature Park, Cheonju. Journal of Landscape Architecture in Asia 18:41-51. [in Korean]
- Curtis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32:476-496.
- Dierssen K. 1990. Einführung in die Pflanzensoziologie. p. 241. Akademie-Verlag, Berlin, Germany. [in German]
- Geumsan. 2023. Tourism. Accessed in <http://geumsan.go.kr/tour/html/sub02/020417.html> on 12 February 2023. [in Korean]
- Harcombe PA, Marks PH. 1978. Tree diameter distribution and replacement process in southeast Texas forest. Forest Science 24:153-166.
- Hong SH, Cho JW, Kim JS, Lee SD, Choi SH. 2012. Characteristics of the *Carpinus laxiflora* community in the Gyeongju National Park. Korean Society of Environment and Ecology 26:934-940. [in Korean]
- Hong YS, Lee JK. 2018. The vegetation of Geumsan and Yeongdong. The Fourth National Ecosystem Survey: Geumsan, Yeongdong. Ministry of Environment, Sejong, Korea. [in Korean]
- Hori Y, Tsuge H. 1993. Photosynthesis of bract and its contribution to seed maturity in *Carpinus laxiflora*. Ecological Research 8:81-83.
- Jang IS, Shim MH. 2001. The Vegetation of Myeongdeokbong peak and nearby mountains (Geumsan·Wanju). The Second National Ecosystem Survey: Geumsan, Wanju. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. [in Korean]
- Jang KS, Kim JH, Lee BY, Hwang KR, Ryu SN. 2017. A floristic study of Geumseongsan Mt. (Geumsan-gun·Chungnam) in Korea. Korean Journal of Plant Resources 30:489-506. [in Korean]
- Ji YE, Lee MJ, Kim HJ, Lee KS, Lee S, Song HK. 2003. Classification and analysis of community structure of Jinaksan Forest in Geumsan, Korea. Korean Journal of Environmental Biology 21:262-270. [in Korean]
- Ji YU, Song HK. 2004. Classification and characteristics of forest community in Seodaesan, Geumsan. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 7:38-46. [in Korean]
- Kim HJ, Tae KH, Kim DK, Tho JH, Youn CY, Kim JH. 2006a. A floristic study of Seodaesan (Chungcheongnamdo). Korean Journal of Environmental Biology 24:314-328. [in Korean]
- Kim HJ, Tae KH, Kim YH, Hwang SH, Kim JM, Lee JK, Kim JH. 2006b. A floristic study on the economic plants of Maninsan (Chungnam·Daejeon). Korean Journal of Plant Resources 19:537-554. [in Korean]
- Kim HS, Ji YE, Gwon JH, Lee SM, Song HG. 2007. An analysis of the forest vegetation on the Daedunsan Provincial Park. pp. 37-40. In Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference. [in Korean]
- Kim HS, Park GS, Lee SM, Lee J, Kim J. 2018a. Analysis of forest vegetation in Chungcheongnam-do Provincial Park of Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 32:513-531. [in Korean]
- Kim HS, Park GS, Lee SM, Lee SJ, Lee HG, Park HW, Park DY, Lee CH, Kim JH, Lee JK. 2016. A study on the vegetation structure of the Geumsan in Namhae-gun of Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 30:214-227. [in Korean]
- Kim HS. 2010. A study on ecological characteristic of forest vegetation in Deogyusan National Park. Ph.D. dissertation, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [in Korean]

- Kim JH, Shin JS, Chun YM, Park MS. 1994. Ecological study on the flora of Mt. Duleun and Mt. Daedun. Suncheon National University Bull 13:107-139. [in Korean]
- Kim JS, Kim JH, Kim JH. 2018b. Herbaceous plants of Korean Peninsula I -plants living in sea sides, rivers, wetlands and cities. p. 660. Dolbegae, Paju, Korea. [in Korean]
- Kim JU, Yim YJ, Kil BS. 1998. Classification and pattern analysis of the forest vegetation in Daedunsan Provincial Park, Korea. Korean Journal of Ecology and Environment 11:109-122. [in Korean]
- Kim KD, Jung TY. 2010. The vegetation of Nonsan and Geumsan. The Third National Ecosystem Survey: Nonsan, Geumsan. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. [in Korean]
- Kim TY, Kim JS. 2018. Woody plants of Korean Peninsula. p. 715. Dolbegae, Paju, Korea. [in Korean]
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2016. Detailed analysis report on climate change in Geumsan-gun, Chungcheongnam-do. p. 62. KMA, Seoul, Korea. [in Korean]
- KNA (Korea National Arboretum). 2017. Checklist of vascular plants in Korea. p. 1,000. KNA, Pocheon, Korea. [in Korean]
- Kwak JI. 2011. A study on vegetation structure characteristics and ecological succession trends of Seoul urban forest, Korea. Ph.D. dissertation, University of Seoul, Seoul, Korea. [in Korean]
- Lee KJ, Cho W, Han BH. 1996. Restoration and status of urban ecosystem in Seoul-Plant community structure in forest area-. Korean Journal of Environment and Ecology 10:113-127. [in Korean]
- Lee KJ, Cho W, Ryu CH. 1993. A study on the ecological management planning of urban forest. Journal of Landscape Architecture in Asia 20:1-11. [in Korean]
- Lee KJ, Goo GH, Choi JS, Cho HS. 1991. Analysis on the forest community of Daewon valley in Mt. Chiri by the classification and ordination techniques. Korean Society of Environment and Ecology 5:54-67. [in Korean]
- Lee KW, Oh KK. 1995. Actual vegetation and plant community structure of urban forest in Kwangju metropolitan city. Journal of Korea Institute of Landscape Architecture 23:148-156. [in Korean]
- Lee MK, Lee JW, Choi SM, Kim HS. 2018. Soil displacement from frost heave on forest road cut-slopes. Korean Journal of Agricultural Science 45:177-184. [in Korean]
- Lee MS, Lee YW, Yang KJ. 1999b. Phytosociological study of resource plants in Surak valley, Chungnam. Korean Journal of Plant Resources 12:176-179. [in Korean]
- Lee TB. 2014. Coloured flora of Korea. Hayangmunsa, Seoul, Korea. [in Korean]
- Lee YM, Choi HJ, Jo DG, Park SH, Choi HS. 2008. Flora of vascular plant of Jakseongsan, Dongsan, Budaesan, Bonghwangsan, Sinseonbong, Songnisan, Cheontaesan, Anmyeondo, Geumgangsán, Palbongsan, Dogosan, Gaejuksan, Museungsan, Jinaksan in Chungcheong-do, Korea. Journal of Korean Nature 1:183-203.
- Lee YN. 2006. New flora of Korea. Kyohaksa, Seoul, Korea. [in Korean]
- Lee YW, Lee MS, Yang KJ. 1999a. Phytosociological study of resource plants in Mt. Deadun. Korean Journal of Plant Resources 12:172-175. [in Korean]
- MST (Ministry of Science and Technology). 1995. Geology and mineral deposits on the Ogcheon group. KR-95(B)-4. pp. 1-52. MST, Sejong, Korea. [in Korean]
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. p. 547. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Oh CH, Lee KJ. 1993. Studies on urban green open space establishment and management of ecological approach -A case study of Ansan urban nature park in Seoul-. Journal of Landscape Architecture in Asia 21:125-137. [in Korean]
- Oh HS, Lee GY, Kim JW. 2018. Syntaxonomical and synecological description on the forest vegetation of Juwangsan National Park, South Korea. Korea Journal of Environment and Ecology 32:118-131. [in Korean]
- Oh KK. 1997. The present condition of urban vegetation and it' ecological management proposal. Korean Journal of Environment and Ecology 11:230-239. [in Korean]
- Oh YJ, Bong JM. 2017. The vegetation of Geumsan and Okcheon. The Fourth National Ecosystem Survey: Geumsan, Okcheon. National Institute of Ecology, Seocheon, Korea. [in Korean]
- Park BC, Oh CH, Cho CW. 2009. Community structure analysis of *Carpinus laxiflora* communities in Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 23:333-345. [in Korean]

- Park CS, Kim YJ. 2017. The topography of Geumsan map. The Fourth National Ecosystem Survey: Topography: Geumsan. National Institute of Ecology, Seocheon, Korea. [in Korean]
- Park IH, Choi YC, Cho W. 1991. Forest structure of the Hwaomsa valley and the Piagol valley in the Chirisan National Park-Forest community analysis by the classification and ordination techniques. *Korean Journal of Environment and Ecology* 5:42-53. [in Korean]
- Park IH, Jo JC, Oh CH. 1989. Forest structure in relation to altitude and part of slope in a valley and a ridge forest at Mt. Gaya area. *Journal of Basic Science* 3:52-50. [in Korean]
- Park JS, Kim SJ, Jung SY, Hwang HS, Bak GP, Shin HT, Yoon JW, Lee JW, Heo TI, An JB. 2018. The vascular plants in Mt. Daedun provincial park area, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 32:445-468. [in Korean]
- Pyo JH, Lee SH. 2010. The vegetation of Jinan and Geumsan The Third National Ecosystem Survey: Jinan, Geumsan. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. [in Korean]
- Seo JS, Choi JM. 2010. The flora of the Geumsan area-Jinaksan. The Third National Ecosystem Survey: Geumsan (367144). Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. [in Korean]
- Song HK, Lee KS, Yee S, Kim HJ, Lee MJ, Ji YU. 2001. Forest vegetation of military protective sector in Kyeryongsan National Park. *Korea Journal of Environment and Ecology* 14:332-340. [in Korean]
- Song JH, Kwon SS, Kim HJ, Lee JE, Yun IS, Siswo S, Kim HS, Yun CW. 2019. Temple forest vegetation structure of cultural heritage site in Mt. Gyeryongsan National Park-focused on Donghaksa, Gapsa and Sinwonsa-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 33:722-733. [in Korean]
- Song JS, Sin DG, Lee JS, Kim HK, Eom GH. 2009. Synecological study of the forest vegetation on Mt. Boryeonsan, Chungcheongbuk Province. *Korea Journal of Environment and Ecology* 23:66-77. [in Korean]
- Yang S. 2021. Flora and vegetation of Mt. Jinaksan. M.S. dissertation, Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [in Korean]
- Yim YJ, Baek SD. 1985. The vegetation of Mt. Seorak. p. 199. Chung-Ang University, Seoul, Korea. [in Korean]
- Yim YJ, Kim SD. 1983. Climate-diagram map of Korea. *Korean Journal of Ecology* 6:261-272. [in Korean]
- Yoon NR, Yoon SH. 2017. The flora of Geumsan. The Fourth National Ecosystem Survey: Geumsan (367144). National Institute of Ecology, Seocheon, Korea. [in Korean]
- You YH, Han SJ. 2010. The vegetation of Geumsan and Okcheon. The Third National Ecosystem Survey: Geumsan, Okcheon. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea. [in Korean]
- Yu SB, Choi SH, Park SG, Kang HM, Lee SC, Shim HY, Song KS. 2018. Ecological characteristics and vegetation structure of Mt. Daedun Provincial Park-focusing on Ansim temple area. *Korea Journal of Environment and Ecology* 32:646-657. [in Korean]
- Yun CW, Kim HJ, Lee BC, Shin JH, Yang HM, Lim JH. 2011. Characteristic community type classification of forest vegetation in South Korea. *Journal of Korean Society of Forest Science* 100:504-521. [in Korean]