

## 지리산 구상나무림의 종조성 및 식생구조<sup>1a</sup>

이진수<sup>2</sup> · 신동빈<sup>3</sup> · 이아림<sup>2</sup> · 이승재<sup>2</sup> · 김준수<sup>4</sup> · 변준기<sup>5</sup> · 오승환<sup>6\*</sup>

### Species Composition and Vegetation Structure of *Abies koreana* Forest in Mt. Jiri<sup>1a</sup>

Jin-Soo Lee<sup>2</sup>, Dong-Bin Shin<sup>3</sup>, A-Rim Lee<sup>2</sup>, Seung-Jae Lee<sup>2</sup>, Jun-Soo Kim<sup>4</sup>, Jun-Gi Byeon<sup>5</sup>, Seung-Hwan Oh<sup>6\*</sup>

#### 요약

지리산 국립공원 내 구상나무림의 종조성과 식생구조를 파악하기 위하여 구상나무 자생지역에 약 400m<sup>2</sup> 면적의 조사구 49개소를 설정하여, 식물사회학적 방법에 따라 현장조사를 실시하고, 이원지표중분석(TWINSPAN)과 표조작법을 병용하여 군집 분류를 실시했다. 그 후 군집 유형별 중요치를 활용한 종조성 분석, 종다양도 분석, 흉고직경급 분석, 치수 분석 및 유사도 분석을 시행하였다. 군집 분류 결과, 지리산의 구상나무림은 A, B, C, D, E 등 총 5개의 군집으로 분류되었다. 관중-함박꽃나무-조릿대와 미역취-사스래나무-실새풀에 의하여 2개의 군집으로 구분되며, 전자는 층층나무-산수국에 의하여 A, B 유형으로 구분되었다. 후자는 마가목-진달래 군집과 전형군집인 E 유형으로 구분되고, 가문비나무-곰취와 단풍취에 의하여 C, D 유형으로 구분되었다. 식생 분석을 통해 지리산 구상나무림은 구상나무, 신갈나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무 등의 중요치가 높게 나타났으며, 종다양도의 경우 선행 연구에서 나타난 지리산 구상나무림의 종다양도와 유사한 결과를 나타내었다. 흉고직경급 분석 결과 전 층위에서 구상나무가 우점하며 치수 성장도 양호하여 당분간 구상나무의 우점이 유지될 것으로 판단하나, 추후 증가할 것으로 예상되는 생물다양성의 가치와 기후변화로 인한 위협을 고려하였을 때, 지속적인 모니터링을 실시하여 각종 위협에 대응하는 체계적인 보전 및 관리가 요구된다.

주요어: TWINSPAN, 표조작법, 군집 분석, 식물사회학, 중요치

#### ABSTRACT

This study set up 49 survey areas with an area of about 400 square meters in *Abies koreana* natural habitat to identify the species composition and vegetation structure of the *A. koreana* forest in the Mt. Jiri Nation Park, conducted field surveys using phytosociological methods, and performed the cluster analysis using the Two-Way Indicator Species Analysis (TWINSPAN) and Table manipulation. Subsequently, species

1 접수 2023년 4월 21일, 수정 (1차: 2023년 7월 26일), 게재확정 2023년 8월 2일

Received 21 April 2023; Revised (1st: 26 July 2023); Accepted 2 August 2023

2 경북대학교 대학원 임학과 석사과정 Dept. of Forestry, Kyungpook National Univ., Daegu 41566, Korea

3 경북대학교 대학원 임학과 박사과정 Dept. of Forestry, Kyungpook National Univ., Daegu 41566, Korea

4 자연과숲연구소 Nature and Forest Research Institute, Daegu 41475, Korea (junsoo1379@hanmail.net)

5 국립백두대간수목원 산림자원보전실 Division of Forest Conservation, Baekdudaegan National Arboretum, Bonghwa 36209, Korea

6 경북대학교 산림과학조경학부 임학전공 교수 Dept. of Forestry, School of Forest Sciences and Landscape Architecture, Kyungpook National Univ., Daegu 41566, Korea

a 이 논문은 국립백두대간수목원 ‘멸종위기 고산지역 침엽수종 모니터링 및 정밀조사’ 연구과제(2022-KS-OB-02-01-03)와 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(FTIS 2019149C10-2323-0301)의 지원에 의하여 연구되었음.

\* 교신저자 Corresponding author: oshwan@knu.ac.kr

composition analysis using the importance value, species diversity analysis, DBH analysis, sapling analysis, and similarity analysis was conducted by each cluster type. The cluster analysis classified the *A. koreana* forest in Mt. Jiri into five clusters, A, B, C, D, and E. The forest was divided into two clusters, *Magnolia sieboldii-Dryopteris crassirhizoma-Sasa borealis* and *Betula ermanii-Solidago virgaurea-Calamagrostis arundinacea*. The former was classified as type A and B by *Cornus controversa-Hydrangea macrophylla*, and the latter was classified as type E, a typical community, and a *Sorbus commixta-Rhododendron mucronulatum* cluster. And the *S. commixta-R. mucronulatum* cluster was divided into C type and D type by *Picea jezoensis-Ligularia fischeri and Ainsliaea acerifolia*. Through vegetation analysis, the importance value of *A. koreana*, *Quercus mongolica*, *Acer pseudosieboldianum*, *Fraxinus sieboldiana*, and *B. ermanii* was highly expressed in the *A. koreana* forest in Mt. Jiri. Regarding species diversity, the results were similar to those reported in other studies of *A. koreana* forests in Mt. Jiri. The analysis of diameter at breast height (DBH) showed that *A. koreana* dominated all layers, and the growth of saplings was also good, indicating that the dominance of *A. koreana* is expected to continue for a while. However, when considering the value of biodiversity that is expected to increase and threats caused by climate change, systematic preservation and management are required to respond to various threats based on continuous monitoring.

**KEY WORDS: TWINSPLAN, TABLE MANIPULATION, PHYTOSOCIOLOGY, COMMUNITY ANALYSIS, IMPORTANCE VALUE**

## 서론

2010년 생물다양성 전략계획은 20개의 아이치 생물다양성 목표를 개발했고, 생물다양성협약 당사국들은 이를 공식적으로 채택하여, 전 지구적 체제로 개발한 바 있다. 그러나 10년이 지난 2010년 기준 20개의 목표 중 어느 하나도 완전히 달성되지 못하였다(Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2020). 이러한 점을 보완하기 위하여 최근 제15차 생물다양성협약 당사국총회에서 ‘쿤밍-몬트리올 글로벌 생물다양성 프레임워크(GBF)’를 채택하였다. 해당 프레임워크는 육상 및 해양의 최소 30%를 보호지역 등으로 보전 및 관리하는 실천목표와 생물다양성 손실을 멈추기 위해 경제적인 지원을 하는 등의 내용이 포함되었다(CBD, 2022). 새로운 프레임워크의 등장에 따라 산림의 역할이 매우 중요해질 것으로 전망된다.

산림이 가지는 생물다양성의 중요성이 제고됨에 따라, 산림이 가지는 생물다양성 가치를 다룬 연구도 활발하게 진행되고 있다. 2018년 기준 산림의 생물다양성보전기능의 가치는 10.2조 원으로 평가되었으며(NIFoS, 2020), 선행 연구에서는 국내 바이오산업 시장을 통하여 산림생명자원을 활용한 소재 시장의 규모를 2019년 기준 약 5,108억 원으로 추정했다(Min, 2022).

산림의 식생은 다양한 환경요인과 상호작용을 이루면서 형성되는데, 특히 기후와 식생 분포는 높은 상관관계를 가진다고

알려져 있다(Kim, 2016). 최근 기후변화가 가속화되고 있다는 연구 결과가 지속적으로 제기되고 있으며, 전세계적으로는 2006~2015년의 10년 동안 관측된 전 지구 표면 온도(GMST)는 1850~1900년의 평균보다 0.87℃ 높았다. 또한 2030년에서 2052년 사이에 산업화 이전 수준 대비 1.5℃ 높은 수준에 도달할 가능성이 높게 나타났다(IPCC, 2018). 국내의 경우에는 2010년대(2011~2017)의 연평균기온이 13.0℃로 이전에 비해 가장 높은 값을 나타냈으며, 기후변화 시나리오(RCP)를 대입한 결과 2℃~4℃ 이상의 기온 상승을 나타낼 것으로 전망된다(Korean Meteorological Administration, 2020).

이러한 기후변화에 대비하여, 기후변화가 산림 식생에 미치는 영향에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 원격탐사 및 GIS 공간분석을 통해 국립공원 산림생태계의 기후변화 민감성을 분석한 연구에서 지리산 국립공원이 기후변화에 가장 민감성이 높은 것으로 제시되었다(Song et al., 2018). 기후변화는 온도, 습도 등 환경변화를 유발하여 식생분포에도 영향을 주는 것으로 보고되고 있어(Eom, 2019, Zhang et al., 2010) 현재의 식생현황을 파악하여 앞으로 변화하는 환경에 맞는 산림 보전 방안이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 국내 산림 중 지리산 내 구상나무림 식생을 분석하고자 한다. 지리산은 1967년 국내 최초로 국립공원으로 지정되어 관리 중이며 지리산 내 구상나무림의 식생에 대한 연구도 최근까지 보고되는 지역이다. Chun 등(2021)은 2009년부터 2018년도까지 지리산의 구상나무 개체군을 모니터링

했으며, 조민기 등(2015), 노일 등(2018), 김창환 등(2012)과 김갑태 등(1991)은 세석 지역의 구상나무림, 거림계곡-세석대 피소 탐방로 구간의 구상나무림, 반야봉 지역의 구상나무림 등 지리산 내의 다양한 지역의 구상나무림을 대상으로 연구를 수행했다. 이 외에도 덕유산, 한라산 등 다른 구상나무 자생 지역을 대상으로 한 연구도 이루어졌다(Hong and Lee, 1995; Kim and Choo, 2000; Song et al., 2021). 그러나 기존 연구들은 지리산 내 특정 지역에 집중하여 연구를 수행했거나, 덕유산, 한라산 등 다양한 지역의 구상나무림을 포함하여 연구가 진행되어 지리산 국립공원에 분포하는 구상나무림에 대한 종합적인 식생분류 연구가 필요하다고 판단된다. 본 연구는 지리산 국립공원의 구상나무림을 대상으로 종조성 및 식생 구조를 분석하여 생물다양성 보전의 기초 자료를 제공하기 위하여 실시되었다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지

본 연구는 지리산 국립공원 지역 내 49개소의 임분을 대상으로 진행하였으며, 행정구역상 전라남도 구례군, 전라북도 남원시, 경상남도 하동군, 경상남도 함양군, 경상남도 산청군이 포함되어 있다(Figure 1). 지리산 국립공원 지역 내에 위치한 지리산 기상관측소의 2018년부터 2022년까지의 기상관측 값을 살펴보면, 평균 기온은 약 9.9°C이고, 평균 최고기온은 약 14.5°C, 평균 최저기온은 약 6.1°C이다. 평균 강수량합은 2,532.3 mm이다(KMA, 2022; Table 1).

조사지의 고도 분포는 최저 1,111m에서 최고 1,875m로 조사되었으며, 평균 고도는 약 1,479m이다. 조사지의 경사도는 최저 8°에서 최고 39°로 조사되었으며, 평균 경사도는 약 24.2°이다. 49개소 중 32개소가 북사면에 위치하였고, 17개가 남사면에 위치하였다. 조사지의 지형은 평평한 지형, 오목한

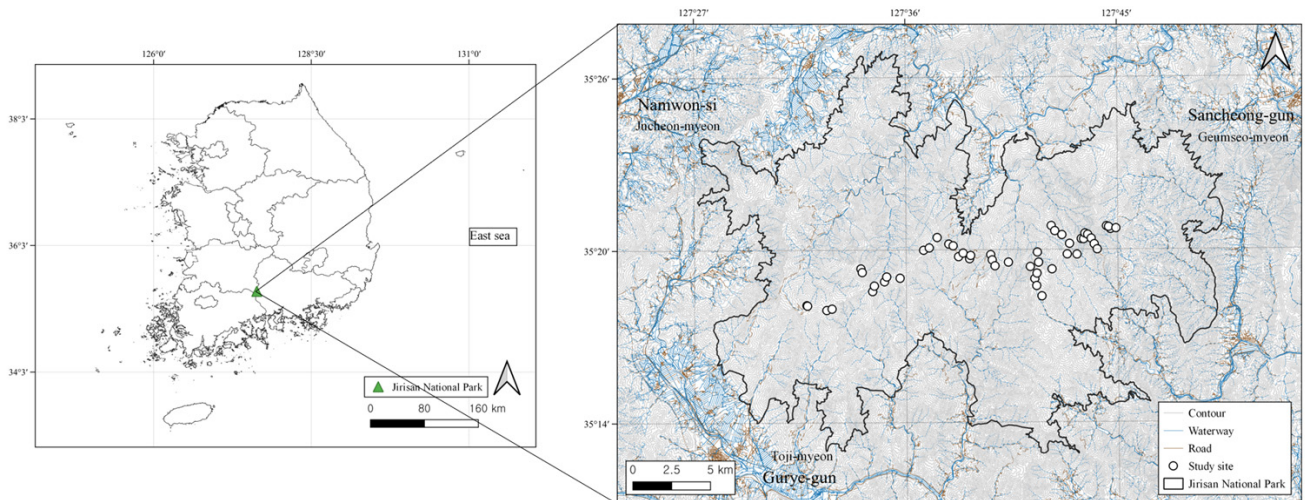


Figure 1. The location of study site in Mt. Jiri.

Table 1. Meteorological data of the Mt. Jiri

Year	Average Annual Temperature(°C)	Average Maximum Temperature(°C)	Average Minimum Temperature(°C)	Sum of precipitation(mm)
2018	9.6	14.1	5.7	2,663.5
2019	10.1	14.6	6.2	2,778.0
2020	9.8	14.3	6.1	3,488.0
2021	10.3	14.8	6.4	2,181.5
2022	9.9	14.6	6.0	1,550.5
Total Average	9.9	14.5	6.1	2,532.3

지형, 볼록한 지형으로 구분하였고, 연구 조사지는 볼록한 지형이 총 31개소로 가장 많았으며, 오목한 지형이 16개소, 평평한 지형이 2개소로 구분되었다. 조사지의 암석노출도는 10% 이하, 11-30%, 31-50%, 51-75%로 구분하였고, 49개소 중 0-10%가 3개소, 11-30%가 9개소, 31-50%가 22개소, 51-75%가 15개소로 나타났다. 조사지가 위치한 사면 위치는 산정, 산복, 산록, 계곡으로 구분하였고, 약 60%에 달하는 28개소가 산정에 위치하였으며, 20개소가 산복, 1개소가 계곡에 위치하였다. 구상나무의 생육 특성 중 높은 고도에 생육하는 점, 암석노출도가 높은 지형에 위치한다는 점과 산정에 위치한다는 점이 일치하였으며(KNA, 2015), 전체 임분에서 출현한 식물종의 수는 총 170분류군으로 조사되었다.

## 2. 조사분석

지리산 국립공원 내 구상나무림 49개소의 현장 조사는 2022년 8월에 진행되었다. 각 조사구는 반경 11.3m의 원형방형구로, 각 면적은 0.04ha이다. 조사구의 선정은 항공사진, 생육분포도, 현지 대조 등을 통하여 이루어졌으며, 각 조사지의 매목 조사는 원형방형구 내 흉고직경 6cm 이상의 모든 임목을 조사하여 흉고직경을 측정하였다. 식생은 Z-M 학파의 식물사회학적 방법에 따라 조사구 내 출현하는 종의 피도를 측정하고, 교목-아교목-관목-초본의 층위별로 구분하여 조사하였다.

현장 조사를 통해 얻은 데이터는 추후 내업을 통하여, 정리 및 가공하였다. 가공된 데이터를 이용하여 TWINSpan을 실시하였고, 표조작법을 병용하여 군집을 구분하였다. TWINSpan은 식물 종과 임분과의 연관성을 고려하여 군집 유형을 분류하는 프로그램(Hill, 1979)으로, 식물사회학적 방법을 이용한 군집 분류와 유사한 결과를 도출해낸다고 알려져 있다(Lee, 2001). 구분된 군집 유형과 조사한 데이터를 토대로, 해당 임분 내에 있는 모든 흉고직경 6cm 이상인 목본성 수종을 대상으로 상대피도, 상대피도, 상대빈도를 구한 후, 그를 이용하여 중요치를 산출하였다. 또한 구분된 군집 유형별 종풍부도(Species Richness Index; S), 샤논 종다양도 지수(Shannon's Species Diversity Index; H'), 심슨 지수(Simpson's index; D), 균재도(Species Evenness Index; E) 및 최대 종다양도(Maximum Species Diversity Index; H' max)를 산출하였고, 이를 통하여 군집 유형별 종다양도를 분석하였다(Shannon and Claude E, 1948; Simpson and Edward H, 1949). 다음으로 전체 조사지에서 중요치가 가장 높은 주요 수종들을 대상으로 흉고직경급 분석을 실시하여 각 유형의 식생 구조를 분석했으며, 군집 유형별 구상나무 치수 출현 개체 수를 정리하여 각 유형의 동태를 파악하였다. 마지막으로 분류된 군집 간의 차이를 비교하기 위하여 Sorenson's coefficient를 사용하여 유사도를 분석하였다.

현장 조사 시 조사지의 GPS 정보는 Garmin사의 Handheld

GPS 64S를 이용하여 조사했으며, 해당 조사지의 경사도는 Suunto Clinometer를 사용하여 조사하였다. 원형방형구의 중심점과 임목 간의 거리는 Haglof Vertex Hypsometer를 사용하여 11.3m 내의 임목을 선별했으며, 임목의 흉고직경은 Diameter tape를 이용하여 측정하였다. 현장에서의 식물 동정 시에는 원색대한식물도감(Lee, 2003), 한국의 나무(Kim and Kim, 2018) 등을 이용하였으며, 국가표준식물목록(KNA, 2021)에 의거하여 국명 및 학명을 표기하였다. 현장에서 수기로 기록한 데이터는 후에 Ms-Excel 2016을 이용하여 정리 및 가공하였으며, TWINSpan과 종풍부도, 종다양도 2종, 균재도 및 종다양도는 Pc-ord7(McCUNE and Bruce, 1986)을 통해 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 군집 분류

지리산 국립공원 내 49개소의 임분을 조사하여 얻은 데이터를 TWINSpan과 표조작법을 병행하여 분석 및 가공한 결과, 1차적으로는 함박꽃나무-관중-조릿대와 사스래나무-미역취-실새풀에 의하여 2개의 군집(구상나무-함박꽃나무 군집, 구상나무-사스래나무 군집)으로 구분되었고, 구상나무-함박꽃나무 군집은 다시 층층나무-산수국에 의하여 2개(구상나무-함박꽃나무 전형아군집, 층층나무 아군집)로 구분되었다. 구상나무-사스래나무 군집은 마가목-진달래에 의해 2개(마가목 아군집, 구상나무-사스래나무 전형아군집)로 구분되었으며, 마가목 아군집은 다시 가문비나무-곰취와 단풍취에 의하여 2개(가문비나무 변군집, 단풍취 변군집)로 구분되어, 최종적으로는 총 5개의 군집 유형(A, B, C, D, E)으로 구분하였다(Figure 2; Table 2). 구분된 유형에 따라 환경인자를 이용하여 임분 특성을 분석하였다(Table 3).

#### 1) A 유형(구상나무-함박꽃나무 전형아군집,

##### *A. koreana-Magnolia sieboldii* typical subcommunity)

A 군집 유형은 49개소 중 7개소로 구분되었으며, 조사지의 고도 범위는 1,129-1,360m이고, 평균 고도는 1,280m이다. 조사지의 경사도는 18-38°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 23°이다. 7개소 중 3개소는 북사면에 위치하고, 4개소는 남사면에 위치하여, 비교적 남사면에 많이 위치하였다. 암석노출도는 7개소 중 4개소가 31-50%이고, 3개소가 51-75%인 것으로 조사되어, 타 유형에 비하여 암석노출도가 높은 것으로 확인되었다. 미소지형은 7개소 중 5개소는 볼록한 지형이며, 2개소는 오목한 지형이다. 7개소 중 3개소는 산정에 위치하였고, 4개소는 산복에 위치하였다. 해당 군집 유형에 출몰한 식물종의 수는

총 71분류군이다.

2) B 유형(층층나무 아군집,

*Cornus controversa* subcommunity)

B 군집 유형은 49개소 중 7개소로 구분되었으며, 조사지의 고도 범위는 1,111-1,435m이고, 평균 고도는 약 1,264m이다. 해당 유형은 평균 고도 기준, 5개 유형 중 가장 저고도에 위치하는 유형이다. 조사지의 경사도는 13-39°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 26°이다. 조사구 7개소 중 6개소가 북사면에 위치하였고, 남사면에 1개소가 위치하여 비교적 북사면에 많이 위치하였다. 암석노출도의 경우 51-75%가 4개소로 가장 많았고, 31-50%가 1개소, 11-30%가 2개소로 조사되었다. 미소지형은 볼록한 지형이 4개소로 가장 많았고, 오목한 지형은 3개소이다. 사면 위치는 4개소가 산정에 위치하였고, 2개소가 산복에 위치하였고, 1개소가 계곡부에 위치하였다. 해당 군집 유형에 출몰한 식물종의 수는 총 66분류군이다.

3) C 유형(가문비나무 변군집, *Picea jezoensis* variant)

C 군집 유형은 49개소 중 8개소로 구분되었으며, 조사지의 고도 범위는 1,610-1,875m이고, 평균 고도는 약 1,727m이다. 해당 유형은 평균 고도 기준, 5개 유형 중 가장 높은 고도에 위치하는 유형이다. 조사지의 경사도는 11-38°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 30°로 가장 경사가 급한 지형에 위치하는 것으로 확인되었다. 8개소 중 5개소가 북사면에 위치하였으며,

남사면에 3개소가 위치하였다. 암석노출도의 경우 31-50%가 5개소로 가장 많았고, 51-75%가 2개소, 11-30%가 1개소로 조사되었다. 미소지형은 볼록한 지형이 6개소로 가장 많았고, 오목한 지형은 1개소, 평평한 지형은 1개소이다. 사면 위치는 6개소가 산정에 위치하였고, 2개소가 산복에 위치하여, 5개 유형 중 산정에 가장 많이 분포하는 것으로 조사되었다. 해당 군집 유형에 출몰한 식물종의 수는 총 70분류군이다.

4) D 유형(단풍취 변군집, *Ainsliaea acerifolia* variant)

D 군집 유형은 49개소 중 14개소로 구분되었고, 조사지의 고도는 1,345-1,700m이며, 평균 고도는 약 1,547m이다. 조사지의 경사도는 10-39°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 25°이다. 14개소 중 11개소가 북사면에 위치하였으며, 남사면에 3개소가 위치하였다. 암석노출도의 경우 31-50%가 6개소로 가장 많았고, 51-75%와 11-30%에 각각 3개소가 위치하였고, 0-10%에 2개소가 위치하는 것으로 조사되었다. 미소지형은 볼록한 지형이 12개소로 가장 많았고, 오목한 지형은 1개소, 평평한 지형은 1개소이다. 사면 위치는 8개소가 산복에 위치했고, 6개소가 산정에 위치하였다. 해당 군집 유형에 출몰한 식물종의 수는 총 97분류군이다.

5) E 유형(구상나무-사스래나무 전형아군집,

*A. koreana*-*Betula ermanii* typical subcommunity)

E 군집 유형은 49개소 중 13개소로 구분되었으며, 조사지의

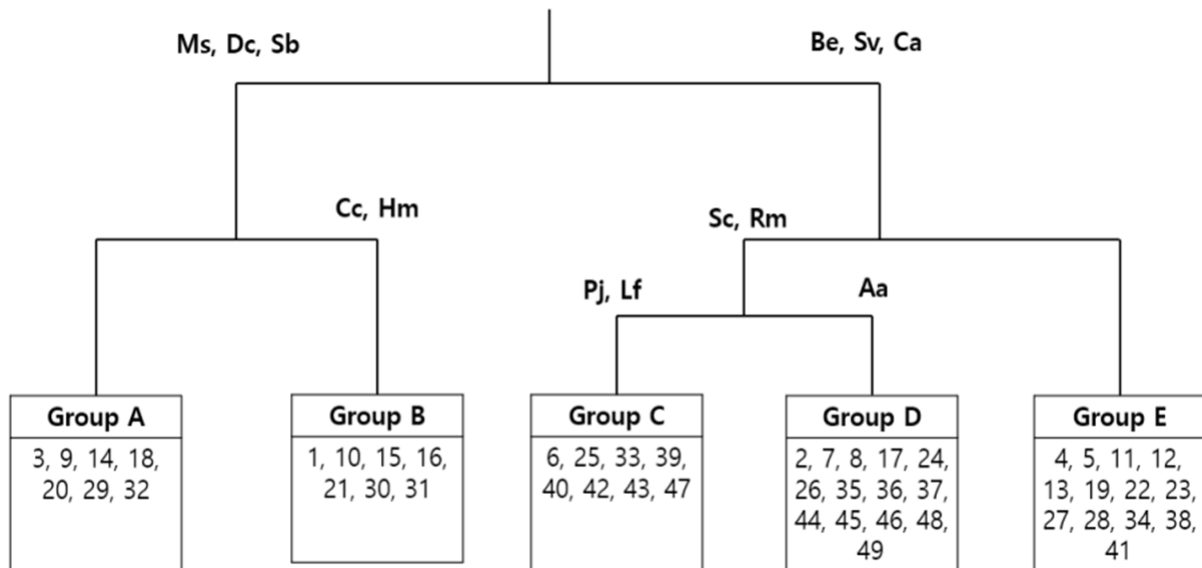


Figure 2. The *Abies koreana* stands divided by species composition using TWINSpan.

\*Bc : *Betula ermanii*, Sv : *Solidago virgaurea*, Ca : *Calamagrostis arundinacea*, Ms : *Magnolia sieboldii*, Dc : *Dryopteris crassirhizoma*, Sb : *Sasa borealis*, Cc : *Cornus controversa*, Hm : *Hydrangea macrophylla*, Sc : *Sorbus commixta*, Rm : *Rhododendron mucronulatum*, Pj : *Picea jezoensis*, Lf : *Ligularia fischeri*, Aa : *Ainsliaea acerifolia*

Table 2. A summary table that indicates community types and vegetation units with constancy. Roman numerals(including ‘r’) indicate constancy classes, while Arabic numerals(including ‘r’ and ‘+’) indicate coverage classes. 170 species were found in the study site, and differential species whose constancy below 30% were not shown on this table.

I. <i>A. koreana</i> - <i>Magnolia sieboldii</i> community						
I-1. <i>A. koreana</i> - <i>Magnolia sieboldii</i> typical subcommunity						
I-2. <i>Cornus controversa</i> subcommunity						
II. <i>A. koreana</i> - <i>Betula ermanii</i> Community						
II-1. <i>Sorbus commixta</i> Subcommunity						
II-1-a. <i>Picea jezoensis</i> variant						
II-1-b. <i>Ainsliaea acerifolia</i> variant						
II-2. <i>A. koreana</i> - <i>Betula ermanii</i> typical subcommunity						
Community Type	Community	I		II		
	Subcommunity	I-1	I-2	II-1	II-2	
	Variant			II-1-a	II-1-b	
The number of stands		7	7	8	14	13
Vegetation Unit		A	B	C	D	E
<i>Abies koreana</i>		V <sub>2-4</sub>	V <sub>2-4</sub>	V <sub>+2</sub>	V <sub>2-4</sub>	V <sub>+4</sub>
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		V <sub>1-2</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>+3</sub>
<i>Pinus koraiensis</i>		V <sub>r-1</sub>	V <sub>r-1</sub>	V <sub>r-2</sub>	V <sub>r-2</sub>	V <sub>+2</sub>
<i>Acer pseudosieboldianum</i>		V <sub>r-2</sub>	IV <sub>1-2</sub>	IV <sub>r-3</sub>	V <sub>+3</sub>	V <sub>+3</sub>
<i>Tripterygium regelii</i>		III <sub>+2</sub>	V <sub>+2</sub>	V <sub>1-3</sub>	V <sub>r-3</sub>	IV <sub>+3</sub>
<i>Fraxinus sieboldiana</i>		V <sub>+1</sub>	V <sub>+3</sub>	I <sub>2</sub>	IV <sub>1-3</sub>	V <sub>+3</sub>
<i>Acer komarovii</i>		III <sub>+2</sub>	III <sub>+2</sub>	IV <sub>+3</sub>	III <sub>1-3</sub>	III <sub>+1</sub>
<i>Dryopteris expansa</i>		IV <sub>+2</sub>	III <sub>+1</sub>	IV <sub>+2</sub>	III <sub>r-2</sub>	III <sub>+1</sub>
<i>Quercus mongolica</i>		V <sub>1-3</sub>	III <sub>1-3</sub>	II <sub>+2</sub>	V <sub>1-4</sub>	IV <sub>r-5</sub>
<b>Species group 1. DS of the <i>Abies koreana</i>-<i>Magnolia sieboldii</i> community</b>						
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>		III <sub>r-1</sub>	V <sub>+2</sub>	-	III <sub>+1</sub>	II <sub>r+</sub>
<i>Magnolia sieboldii</i>		IV <sub>+1</sub>	V <sub>+2</sub>	-	II <sub>1-2</sub>	II <sub>+1</sub>
<i>Sasa borealis</i>		IV <sub>+5</sub>	III <sub>+3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>+4</sub>	II <sub>1-4</sub>
<b>Species group 2. DS of the <i>Cornus controversa</i> subcommunity</b>						
<i>Cornus controversa</i>		-	III <sub>+1</sub>	-	I <sub>+</sub>	II <sub>1-2</sub>
<i>Hydrangea macrophylla</i>		-	V <sub>+2</sub>	-	I <sub>+</sub>	I <sub>+</sub>
<b>Species group 3. DS of the <i>Abies koreana</i>-<i>Betula ermanii</i> Community</b>						
<i>Solidago virgaurea</i>		I <sub>1</sub>	-	V <sub>r-1</sub>	IV <sub>+1</sub>	V <sub>r-3</sub>
<i>Betula ermanii</i>		-	III <sub>+1</sub>	V <sub>r-2</sub>	IV <sub>1-2</sub>	IV <sub>1-3</sub>
<i>Calamagrostis arundinacea</i>		-	-	IV <sub>2-5</sub>	V <sub>r-4</sub>	V <sub>+4</sub>
<b>Species group 4. DS of the <i>Sorbus commixta</i> Subcommunity</b>						
<i>Sorbus commixta</i>		III <sub>+1</sub>	III <sub>+1</sub>	IV <sub>+1</sub>	V <sub>+2</sub>	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		I <sub>2</sub>	I <sub>+</sub>	IV <sub>+3</sub>	III <sub>+3</sub>	I <sub>2</sub>
<b>Species group 5. DS of the <i>Picea jezoensis</i> variant</b>						

Table 2. Continued

<i>Picea jezoensis</i>	-	-	V <sub>1-3</sub>	I <sub>1</sub>	-
<i>Ligularia fischeri</i>	-	-	IV <sub>r-1</sub>	-	I <sub>+</sub>
<b>Species group 6. DS of the <i>Ainsliaea acerifolia</i> variant</b>					
<i>Ainsliaea acerifolia</i>	I <sub>1</sub>	II <sub>2-3</sub>	I <sub>1</sub>	IV <sub>+3</sub>	III <sub>+4</sub>
<b>companion species</b>					
<i>Asarum sieboldii</i>	II <sub>r+</sub>	I <sub>+</sub>	II <sub>r+</sub>	III <sub>r-1</sub>	IV <sub>r-2</sub>
<i>Euonymus macropterus</i>	II <sub>1</sub>	II <sub>+</sub>	IV <sub>r-1</sub>	II <sub>r-2</sub>	III <sub>+1</sub>
<i>Astilbe chinensis</i>	I <sub>+</sub>	I <sub>+</sub>	IV <sub>+</sub>	III <sub>r-1</sub>	II <sub>+1</sub>
<i>Athyrium yokoscense</i>	I <sub>1</sub>	III <sub>+</sub>	IV <sub>+2</sub>	III <sub>r+</sub>	I <sub>+1</sub>
<i>Weigela florida</i>	I <sub>+</sub>	III <sub>+1</sub>	III <sub>+2</sub>	II <sub>+1</sub>	II <sub>+1</sub>
<i>Tilia amurensis</i>	III <sub>+2</sub>	III <sub>1</sub>	-	II <sub>1</sub>	III <sub>+2</sub>
Other 142 species were omitted					

\*DS : Differential species

Table 3. The general features of the respective groups

Group		A	B	C	D	E	ALL
Elevation(m)	min	1,129	1,111	1,610	1,345	1,232	1,111
	max	1,360	1,435	1,875	1,700	1,721	1,875
	mean	1,280	1,264	1,727	1,547	1,476	1,479
Slope(°)	min	18	13	23	10	8	8
	max	38	39	38	39	36	39
	mean	23	26	30	25	19	24
Azimuth(°)	N	3	6	5	11	7	32
	S	4	1	3	3	6	17
Bare Lock(%)	0-10	0	0	0	2	1	3
	11-30	0	2	1	3	3	9
	31-50	4	1	5	6	6	22
	51-75	3	4	2	3	3	15
Micro-Topography	Fl	0	0	1	1	0	2
	Cc	2	3	1	1	9	16
	Cv	5	4	6	12	4	31
Topography	U	3	4	6	6	9	28
	M	4	2	2	8	4	20
	L	0	0	0	0	0	0
	V	0	1	0	0	0	1
The number of species		71	66	70	97	101	170

\*Fl : Flat, Cc : Concave, Cv : Convex, U : Upper, M : Middle, L : Lower, V : Valley

고도는 1,232-1,721m이며, 평균 고도는 약 1,476m이다. 조사지의 경사도는 8-36°로 나타났으며, 평균 경사도는 약 19°이

다. 13개소 중 7개소가 북사면에 위치하였으며, 남사면에 6개소가 위치하였다. 암석노출도의 경우 31-50%가 6개소로 가장

많았고, 51-75%와 11-30%에 각각 3개소, 0-10%에 1개소가 위치하는 것으로 조사되었다. 미소지형은 오목한 지형이 9개소로 가장 많았고, 볼록한 지형은 4개소로 조사되어, 타 유형에 비하여 오목한 지형에 많이 분포하는 것으로 나타났다. 사면 위치는 9개소가 산정에 위치했고, 4개소가 산복에 위치하였다. 해당 군집 유형에 출몰한 식물종의 수는 총 101분류군이다.

## 2. 군집 분석

### 1) 중요치 분석

조사 지역 내에서 조사된 종간의 상대적인 생태적 지위를 파악하기 위하여 중요치 분석을 실시하였다. 중요치는 조사구 내에서 조사된 흉고직경 6cm 이상의 목본성 수종을 대상으로 실시되었으며, 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 구하여 산출하였다(Curtis and McIntosh, 1951, Table 4).

전체 임분에서는 구상나무(21.79), 신갈나무(13.76), 당단풍나무(10.74), 쇠물푸레나무(9.05), 사스래나무(6.35) 순으로 중요치가 높게 나타났으며, 지리산 국립공원 내 구상나무 개체군의 종조성을 분석한 선행 연구에서 주요 수종으로 보고된 결과와 유사하다(Kim et al., 2018; Chun et al., 2021; Song et al., 2021). Group A의 경우 구상나무(27.81), 신갈나무(16.51), 쇠물푸레나무(14.04), 당단풍나무(7.45), 대팻집나무(4.31) 등의 순으로 중요치가 높게 나타났으며, 구상나무의 중요치가 5개 유형 중 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 구상나무-신갈나무 군집의 주요 수종과 유사하다(Kim et al., 1997). Group B의 경우 구상나무(18.31), 신갈나무(11.64), 쇠물푸레나무(11.13), 당단풍나무(10.60), 들메나무(8.56) 등의 순으로 높게 나타났으며, 들메나무가 주요 수종으로 포함된 점에서 다른 군집과 구별된다. Group C의 경우 구상나무(16.28), 가문비나무(16.09), 사스래나무(14.30), 잣나무(12.68), 시달나무(11.20) 등의 순으로 높게 나타났으며, 구상나무와 가문비나무가 모두 높은 중요치를 나타낸 것이 특징이다. 해당 결과는 지리산 천왕봉 지역의 가문비나무림의 주요 수종과 유사하며(An et al., 2010), 지리산 천왕봉 지역의 구상나무림 중 가문비나무-사스래나무 군집과 유사한 종조성을 나타냈다(Kim et al., 1997). Group D의 경우 구상나무(22.63), 신갈나무(16.17), 당단풍나무(12.12), 쇠물푸레나무(8.94), 사스래나무(8.67) 등의 순으로 높게 나타났으며, Group E의 경우 구상나무(24.78), 신갈나무(14.28), 당단풍나무(11.16), 쇠물푸레나무(8.57), 잣나무(6.37) 등의 순으로 높게 나타나 D 유형과 유사한 결과를 나타냈다. D 유형과 E 유형은 지리산 반야봉 지역의 구상나무림을 분류한 선행 연구에서 보고된 신갈나무-구상나무 군집의 종조성과 유사하다(Kim et al., 1991).

### 2) 종다양도 분석

지리산 국립공원 내 조사 지역의 종다양성을 군집 유형별로 구분하여, 종 풍부도, 균제도, 사는 종다양도, 심슨 지수 및 최대 종다양도 등의 5가지 지수로 나타냈다(Table 5).

종풍부도의 경우 1차적으로 분류된 A, B 유형과 C, D, E 유형 중 A, B 유형에서 비교적 작게 나타났고, C, D, E 유형 중 특히 E 유형에서 가장 높게 나타났다.

균제도와 종다양성 지수 분석에서는 A 유형을 제외한 나머지 유형은 매우 유사한 결과로 분석되었으며, A 유형은 가장 낮은 균제도와 종다양성지수로 나타났다. 조사 대상지 전체의 종다양성은 2.42-2.71로, 지리산 반야봉 지역의 구상나무림 1.98-2.75(Kim et al., 1991), 지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 구상나무림 1.66-2.78(Kim et al., 1997), 지리산의 구상나무림 2.52(Song et al., 2021) 등 지리산 내 구상나무림을 연구한 결과들과 유사하게 분석되었다. 다만 이번 연구 결과에서는 선행 연구에 비해 종다양성의 범위가 좁고 유형 간에 비교적 균일하게 분석되었다.

### 3) 흉고직경급 분석

임분 내 주요 목본성 수종의 흉고직경급 분포를 분석하여, 해당 임분을 이루는 산림 식생 구조를 추론할 수 있으며, 각 직경급별 식생의 출현 빈도를 분석하여 식생천이의 양상을 추측할 수 있다(Harcombe and Marks, 1978 ; Lee et al., 1998 ; Song et al., 2003). 따라서 전체 조사지 내의 목본성 수종 중 중요도가 높게 나타난 교목성 수종 7종(구상나무, 신갈나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무, 잣나무, 마가목)을 대상으로 각각의 흉고직경급 분포도를 나타내고, 지리산 국립공원 내 구상나무림의 식생구조를 분석했다.

전체 조사지에서는 전 층위에서 구상나무가 다수 발견되었으며, 하층에 가장 많고 상층으로 갈수록 점점 감소하는 역 J자형 분포 형태를 나타내고 있다. 신갈나무 또한 역 J자형 분포를 나타내고 있으나, 구상나무에 비해 현저히 적은 수의 개체가 관찰되었다. 역 J자형 분포를 통해 후에도 구상나무의 우점이 지속될 것이라 추론되는 안정적인 분포를 띠고 있는 것을 확인할 수 있다(Schmelz, Damian V. and Alton A., 1965; Song and Jang, 1997). 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무, 마가목의 경우 주로 하층(6-15cm 직경급)에서 발견되었으며, 잣나무는 전 층위에 걸쳐서 간헐적으로 출현했다.

Group A의 경우 총 7개의 조사지로 분류되어, 구상나무, 신갈나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 잣나무, 마가목만이 출현하였다. 구상나무의 경우 전체 조사지와 유사하게 역 J자형 분포를 나타냈고, 5개 유형 중 임분당 구상나무 개체수가 가장 높게 나타났다. 신갈나무는 비교적 적은 수의 개체가 하층과 상층을 봉우리로 하는 쌍봉 형태로 분포하여, 상층(30cm 이상 직경급)에서 구상나무와의 경쟁을 하고 있는 것을 확인했다.



Table 4. Importance value(IV) of woody plants for 5 vegetation units classified in the study area

Vegetation Unit	ALL	A	B	C	D	E
Importance Value of woody plants(%)						
<i>Abies koreana</i>	21.79	27.81	18.31	16.28	22.63	24.78
<i>Quercus mongolica</i>	13.76	16.51	11.64	1.56	16.17	14.28
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	10.74	7.45	10.60	8.90	12.12	11.16
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	9.05	14.04	11.13	0.87	8.94	8.57
<i>Betula ermanii</i>	6.35	0.82	0.89	14.30	8.67	6.26
<i>Pinus koraiensis</i>	6.21	1.96	3.69	12.68	6.93	6.37
<i>Sorbus commixta</i>	4.19	2.87	3.08	8.57	6.39	1.24
<i>Acer komarovii</i>	3.88	1.00	0.84	11.20	3.91	4.15
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.90	3.51	2.02	2.41	3.06	3.07
<i>Tilia amurensis</i>	2.07	2.06	3.07	-	1.44	3.05
<i>Picea jezoensis</i>	1.84	-	-	16.09	-	0.45
<i>Fraxinus chiisanensis</i>	1.57	2.30	4.26	-	1.21	0.64
<i>Ilex macropoda</i>	1.56	4.31	2.49	-	0.32	1.48
<i>Fraxinus mandshurica</i>	1.49	-	8.56	-	0.46	-
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.32	2.02	3.88	-	-	1.66
<i>Malus baccata</i>	1.28	1.45	-	4.68	0.42	1.44
<i>Stewartia koreana</i>	1.17	4.00	-	-	0.65	1.34
<i>Taxus cuspidata</i>	1.03	0.89	1.43	-	-	2.31
<i>Cornus controversa</i>	1.02	1.38	2.39	-	0.33	1.26
<i>Alnus incana</i>	1.00	-	1.14	-	2.28	0.49
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i>	0.90	0.68	1.49	0.71	0.33	1.32
<i>Acer ukurunduense</i>	0.82	0.79	1.62	0.87	1.15	-
<i>Prunus sargentii</i>	0.77	-	1.44	-	-	1.88
<i>Salix caprea</i>	0.60	-	-	0.87	1.33	0.37
<i>Carpinus cordata</i>	0.39	1.37	0.73	-	0.37	0.34
<i>Betula costata</i>	0.36	-	1.58	-	-	0.40
<i>Maackia amurensis</i>	0.23	-	1.44	-	-	-
<i>Kalopanax septemlobus</i>	0.22	0.64	-	-	-	0.45
<i>Aria alnifolia</i>	0.19	0.65	0.61	-	-	-
<i>Aralia elata</i>	0.19	0.63	-	-	-	0.34
<i>Pinus densiflora</i>	0.16	-	-	-	-	0.57
<i>Prunus padus</i>	0.16	-	-	-	0.54	-
<i>Carpinus tschonoskii</i>	0.14	-	0.91	-	-	-
<i>Acer mandshuricum</i>	0.13	0.87	-	-	-	-
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.12	-	0.76	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.11	-	-	-	0.36	-
<i>Acer barbinerve</i>	0.09	-	-	-	-	0.34

Table 5. Species diversity indices of 5 Vegetation units

Vegetation unit	S	E	H'	D	H'max
A	21.14	0.81	2.42	0.86	3.00
B	21.86	0.86	2.63	0.90	3.06
C	23.75	0.84	2.66	0.90	3.14
D	23.50	0.86	2.68	0.91	3.13
E	25.23	0.85	2.71	0.90	3.20

\* S : Species Richness Index, H' : Shannon's Species Diversity Index, D : Simpson's index, E : Species Evenness Index, H' max : Maximum Species Diversity Index

당단풍나무와 쇠물푸레나무의 경우 대부분의 개체들이 하층(6-15cm 직경급)에 분포하였고, 잣나무와 마가목의 경우 매우 적은 개체들이 관찰되었다. 이를 통해 A 유형의 임분은 한동안은 구상나무의 우점이 지속될 것이라 판단된다.

Group B의 경우 총 7개의 조사지로 분류되어, 7종 모두 관찰되었다. 구상나무의 경우 6-10cm 직경급과, 20-30cm 직경급을 봉우리로 하는 쌍봉형태로 분포하였다. 전체 조사지와 유사하게 당단풍나무와 쇠물푸레나무는 임분의 하층을 구성하고 있으며, 신갈나무, 사스래나무, 잣나무, 마가목 등 4종은 매우 적은 개체만이 확인되었다.

Group C의 경우 총 8개의 조사지로 분류되어, 구상나무, 당단풍나무, 사스래나무, 잣나무, 마가목만이 조사되었다. 구상나무의 경우 역 J자형 분포를 나타내며, 비교적 적은 수가 확인되었다. 당단풍나무는 모두 하층에 분포하였고, 사스래나무, 잣나무, 마가목은 매우 적은 수의 개체가 조사되었다. 해당 유형은 주요 수종 7종의 개체수가 비교적 적게 확인되었는데, 가문비나무가 구상나무와 동시에 우점종으로 존재하여 주요 수종들의 생육이 불리하기 때문이라고 판단하였다.

Group D의 경우 총 14개의 조사지로 분류되어, 구상나무, 신갈나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무, 마가목 등이 관찰되었다. 구상나무는 15-20cm를 봉우리로 하는 단봉 형태로 분포하였고, 신갈나무는 역 J자형 분포를 나타내며, 추후 시간이 흐르면서 중요치가 상승할 것으로 추측된다(Song and Jang, 1997). 당단풍나무, 사스래나무, 마가목은 모두 6-15cm 직경급 내에 분포하여, 임분의 하층을 구성하고 있다. 해당 유형의 경우 시간이 흐르면서 구상나무와 신갈나무의 경쟁이 예상되므로, 지속적인 모니터링이 요구된다.

Group E의 경우 총 13개의 조사지로 분류되어, 구상나무, 신갈나무, 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 사스래나무, 잣나무 등이 출현하였다. 구상나무는 역 J자형의 안정적인 분포 형태를 나타냈으며, 신갈나무는 6-25cm 직경급에 고르게 분포하였다. 당단풍나무와 쇠물푸레나무는 대부분이 하층에 분포하였고, 잣나무의 경우 중층(15-30cm 직경급)에 주로 분포하는 것으로 조사되었다. 해당 유형도 D 유형과 유사한 흉고직경급 분포를

나타내며, 비교적 하층에 신갈나무가 적게 분포하여 당분간은 구상나무의 우점이 지속될 것으로 판단된다.

#### 4) 치수 출현

각 조사지에서 출현한 구상나무 치수의 수를 군집 유형별로 구분하여 나타내었다(Table 6). 구상나무 치수는 흉고직경 6cm 미만의 모든 구상나무 개체를 이르며, 해당 개체들을 수고 10cm 미만, 10cm 이상 50cm 미만, 50cm 이상 등 3구간으로 구분하여 기록하였다. 또한 각 군집 유형 별 치수 출현 빈도를 비교하기 위하여 각 조사지당 출현한 치수의 수를 평균값을 구하여 나타내었다.

전체 조사지에서는 평균적으로 각 조사지당 약 15.37본의 치수가 발견되었고, 발견된 치수 중 약 48%가 수고 50cm 이상의 비교적 성숙한 치수로 조사되었다. 따라서 구상나무 치수의 지속적인 상층으로의 진입이 이루어질 것이라 판단된다. 평균 구상나무의 치수가 가장 높게 나타난 군집 유형은 E 유형으로 평균 약 21.77본이 조사되었으며, B, D 유형에서 약 14.86본이 발견되었고, C, A 유형 순으로 높게 나타났다. A 유형은 중요치 분석에서 구상나무 중요치가 가장 높은 것으로 분석되었으나 치수 출현은 가장 적은 것으로 분석되었다. A 유형의 구상나무 군집은 빈약한 구상나무 치수 출현 빈도가 군집 우점종 변화에까지 연결될 것인지에 대해 지속적인 모니터링이 필요하다. A 유형을 제외한 4개의 유형에서는 중요치의 순위와 평균 치수의 숫자에 의한 순위가 유사하게 나타났다.

#### 5) 유사도 분석

두 군집 간의 차이, 즉 군집 간의 유사도를 구하는 데에는 Sorensen 계수를 사용하였다(Sorensen, 1948). Sorensen 계수는 0과 1 사이로 계산되며, 완전히 이질적일 경우 0이고, 유사도가 높을수록 1에 가까워지는 특징을 가진다. 유사도 지수가 0.2 이하일 때는 이질적이고, 0.65 이상일 경우 비교적 동질적이며, 0.8 이상일 때는 동질적이라고 판단할 수 있다(Whittaker, 1965; Shin and Oh, 2022).

유사도 지수를 계산한 결과(Table 7), 대체적으로 각 식생

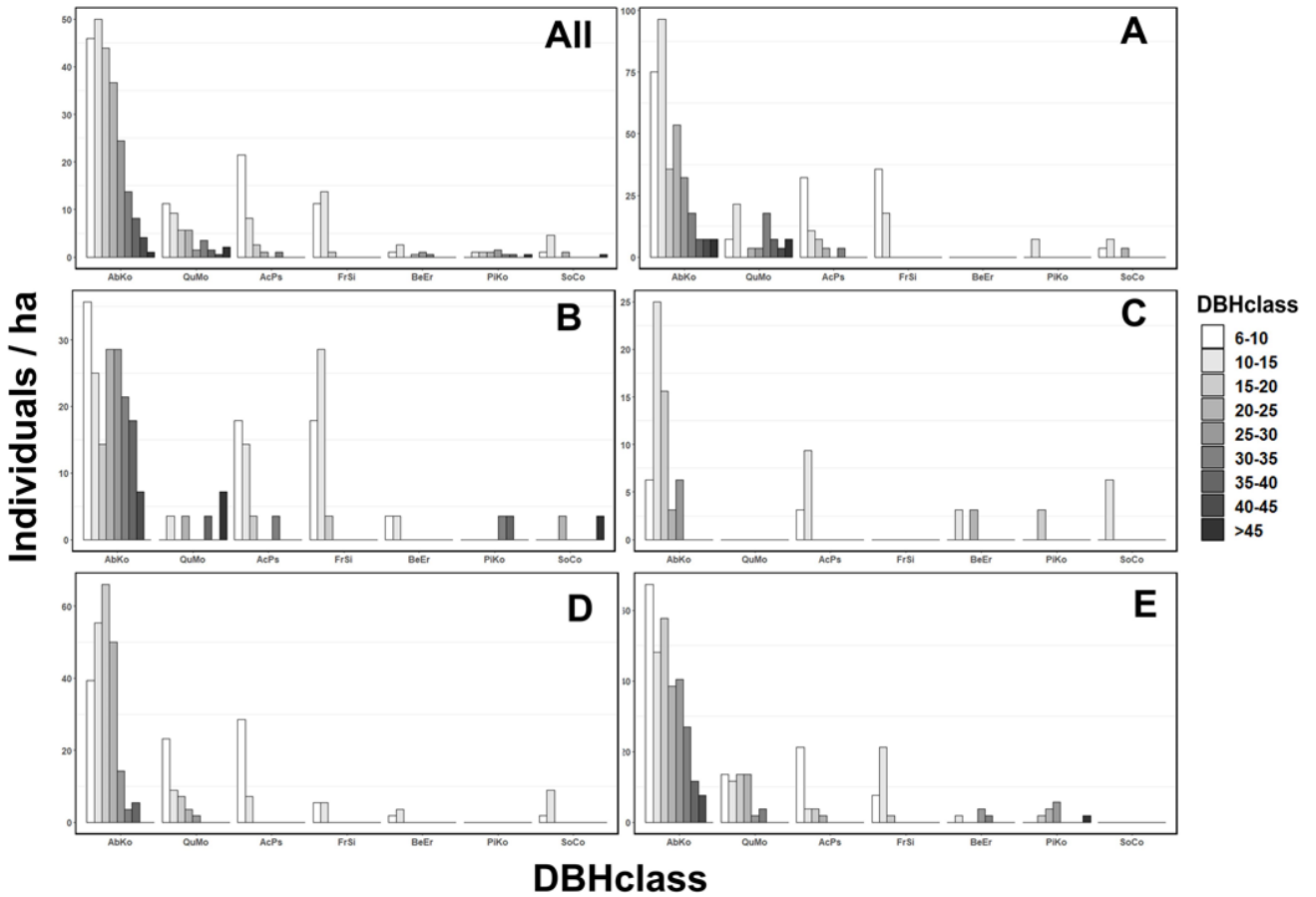


Figure 3. DBH class distribution of 7 major trees in each group of the study area.

\**Abies koreana*(AbKo), *Quercus mongolica*(QuMo), *Acer pseudosieboldianum*(AcPs), *Fraxinus sieboldiana*(FrSi), *Betula ermanii*(BeEr), *Pinus koraiensis*(PiKo), *Sorbus commixta*(SoCo)

Table 6. The number of *A. koreana* seedling classified by height class

Vegetation unit	A	B	C	D	E	Sum
h<10cm	13	20	23	14	107	177
10 cm ≤ h < 50 cm	15	36	39	48	75	213
50 cm ≤ h	34	48	34	146	101	363
Mean number	8.86	14.86	12.00	14.86	21.77	15.37

유형이 동질적이라고 판단하기에는 낮은 수치를 보였다. 가장 유사도가 높은 군집 유형은 D와 E(0.70)이며, 사스래나무-미역취-실새풀 군집의 하위 군집으로 분류되는 C, D, E 유형 간의 유사도지수가 타 유형들보다 높게 나타났다. 또한 C 유형의 경우 A, B 유형과 비교적 낮은 유사도를 나타낸 것으로 확인됐다.

### 3. 종합고찰

지리산 국립공원 내 구상나무림의 식생을 TWINSpan 기법과 표조작법을 병용하여 분석한 결과, 5가지의 군집 유형으로 분류하였다. 각 유형별로 임분 특성 조사, 중요치를 활용한 종조성 분석, 종다양도 분석, 흉고직경급 분석, 치수 분석 및 유사도 분석을 실시하였고, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었

Table 7. Similarity Index of 5 vegetation units

Vegetation Unit	A	B	C	D	E
A	-				
B	0.56	-			
C	0.42	0.42	-		
D	0.57	0.52	0.64	-	
E	0.58	0.55	0.60	0.70	-

다. A 유형의 경우 남사면에 더 많이 위치하였으며, 치수의 발생량이 가장 적게 나타났다. 구상나무는 상대 습도가 높은 장소에서 생장이 양호하며(Jeon, 2004), 성목의 쇠퇴도와 치수량이 상호 관련이 있으므로(Park et al., 2022), 구상나무의 쇠퇴에 관해 지속적인 관찰이 필요하다고 판단된다. B 유형은 산수국-층층나무에 의하여 분류되었으며, 주로 북사면에 위치한다는 특성을 보였다. 이는 산수국의 생육 특성 중 북사면에 분포하며, 층층나무와 동반하여 출현하는 점이 일치한다(Kim et al., 2017). 또한 중요치가 높게 나타난 들메나무와 산수국이 습한 지역을 선호하므로(Kim et al., 2009), 해당 유형이 타 유형에 비하여 보다 습한 지역에 위치할 것이라 판단된다. C 유형의 경우 5개의 유형 중 가장 높은 고도에 위치하는 특성을 보이며, 가문비나무와 구상나무의 공존이 관찰된다. 고도가 높은 지역에서 가문비나무의 중요치가 높게 나오는 결과는 지리산 아고산대 지역의 종조성에 대해 다룬 선행 연구와 유사하다(Kim et al., 2018). 해당 유형은 5개 유형 중 종조성 측면에서 가장 이질적이었으며, 특히 A, B 유형과 낮은 유사도를 보였다. D 유형은 주로 북사면과 볼록한 지형에 위치했으며, 마가목-진달래 아군집의 하위 군집으로 단풍취 변군집에 속하여 선행 연구에서 밝힌 지리산의 구상나무림의 생태적 특성과 유사하다(Jeon, 2004). 그러나 신갈나무의 중요치가 높고, 흉고직경급 분포에서 역 J자형 분포를 나타내므로 신갈나무림으로의 천이 가능성이 있다고 여겨진다. 따라서 구상나무의 보전을 위해서는 추가적인 모니터링 및 보전 활동이 필요하다고 판단된다. E 유형과 D 유형은 종조성 및 임분 구조가 유사한 것으로 분석되었으나, E 유형은 대부분 오목한 지형에 분포하여 D 유형에 비하여 보다 습할 것으로 판단되며(Kim and Kwon, 2014), 가장 많은 치수가 분포하고 있다. 또한 구상나무의 중요치가 5개 유형 중 2번째로 높게 나타났으며, 흉고직경급 분포에서도 타 유형에 비하여 가장 안정적인 역 J자형을 나타내었다. 이에 더하여 가장 높은 수준의 종다양도를 나타내고 북사면에 주로 위치한다. 습한 지역에서 생장이 양호한 구상나무의 특성을 고려하면, 5개의 군집 유형 중 구상나무의 우점이 가장 안정적으로 유지될 것으로 판단된다.

본 연구는 지리산 구상나무림 군집을 분류하고, 중요치 분석, 종다양도 분석, 흉고직경급 분석, 치수 분석 및 유사도 분석을

통하여, 지리산 국립공원 내 구상나무림의 식생 구조에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다. 또한 본 연구를 통하여 상층, 중층, 하층 모두에서 구상나무의 우점을 확인했고, 모든 유형에서 치수를 관찰했다. 따라서 추후 다양한 교란으로 인해 구상나무가 고사 및 소실되더라도 치수들의 성장을 통해 자연적인 갱신이 이루어져, 한동안은 구상나무의 우점이 지속될 것이라 판단하였다. 그러나 일부 유형에서 타 수종과의 경쟁이 확인되었고, 최근 기후변화와 같이 고산지대의 산림이 위협을 받고 있다는 연구 결과가 보고된(Kim et al., 2019) 점들을 고려하면, 지리산의 생물다양성을 보전하기 위해 지속적인 모니터링을 통해 구상나무림의 천이 양상을 살펴보아야 한다고 판단된다. 또한 지리산 국립공원 전체에 대한 군집 분류 연구가 다소 부족한 점을 고려하여, 추후 지리산 구상나무림의 표준적인 분류 기준을 수립하기 위한 사후 연구가 필요하며, 그러한 모니터링 및 연구를 토대로 보전 가치가 있는 국내 산림에 대한 체계적인 보전 및 관리가 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국립백두대간수목원 ‘멸종위기 고산지역 침엽수 종 모니터링 및 정밀조사’ 연구과제(2022-KS-OB-02-01-03)와 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(FTIS 2019149C10-2323-0301)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

## REFERENCES

- An, H.C., G.T. Kim, G.C. Choo, T.W. Um, S.B. Park and E.H. Park(2010) A study on the structure of forest community of picea jezoensis stands at Cheonwangbong Area, Jirisan (Mt.). Journal of Korean Forestry Society 99(4): 590-596.
- Cho, M.G., J.M. Chung, T.W. Kim, C.Y. Kim, I. Noh and H.S. Moon(2015) Ecological characteristics of abies koreana forest on Seseok in Mt. Jiri. Journal of Climate Change Research 6(4): 379-388.

- Chun, Y., S. Kim, E. Park, S. Park, H. Lee and J. Kim(2021) Monitoring on the vegetation structure and dynamics of abies koreana populations in Jirisan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 35(4): 408-423.
- Convention on Biological Diversity(2022) Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity. pp.4-15.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.
- Eom, B.C.(2019) Climatically potential natural vegetation and phytoclimatic map of Korea. Keimyung Univ., 100pp.
- Harcombe, P. and P. Marks(1978) Tree diameter distributions and replacement processes in southeast Texas forests. Forest Science 24(2): 153-166.
- Hill, M.(1979) TWINSPAN-a FORTRAN program for multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics.
- IPCC(2018) Summary for policymakers. In: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pean, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield(eds.), Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp.3-24.
- Jeon, S.H.(2004). Korean native tree species-Abies koreana. 造景樹 78(1): 16-18.
- Kim, B.D.(2016) Distributional changes of forest vegetation zones and broad-leaved evergreen species of Lauraceae due to climate change in Korea. Ph.D. Dissertation, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea.
- Kim, C.H., M.G. Cho, J.K. Kim and H.S. Moon(2012) Vegetation organization characteristics by altitude of abies koreana forest in Mt. Jiri National Park-The case of trail in Georim valley ~ Sesuk shelter-. A Collection of Joint Academic Presentations by Korean Society of Forest Science 2012: 406-409.
- Kim, E., J. Lee, G. Park and J. Lim(2019) Change of subalpine coniferous forest area over the last 20 years. Journal of Korean Forestry Society 108(1): 10-20.
- Kim, G.T. and G.C. Choo(1999) Studies on the structure of forest community in subalpine zone of Togyusan-Abies koreana Forest-. Korean Journal of Environment and Ecology 13(1): 70-77.
- Kim, G.T., G.C. Choo and T.W. Um(1997) Articles: Studies on the structure of forest community at Cheonwangbong-Deokpyungbong Area in Chirisan National Park-Abies koreana Forest-. Journal of Korean Forestry Society 86(2): 146-157.
- Kim, G.T., J.S. Kim and G.C. Choo(1991) Studies on the structure of forest community at Banyabong Area-Abies koreana Forest-. Korean Journal of Environment and Ecology 5(1): 25-31.
- Kim, H.S., S.M. Lee, H.L. Chung and H.K. Song(2009) A study of the vegetation in the Deogyusan National Park-Focused on the deciduous forest at Namdeogyu area-. Korean Journal of Environment and Ecology 23(5): 471-484.
- Kim, H.S., S.M. Lee, J. Lee and G.S. Park(2017) Distribution, vegetation and soil analysis of the Hydrangea serrata for. acuminata (S. et Z.) Wils. A Collection of Academic Presentations by Korean Society of Environment and Ecology 2017(2): 53-53.
- Kim, J.D., G.E. Park, J. Lim and C.W. Yun(2018) The change of seedling emergence of abies koreana and altitudinal species composition in the subalpine area of Mt. Jiri over Short-Term(2015-2017). Korean Journal of Environment and Ecology 32(3): 313-322.
- Kim, T.S., and D.H. Kwon(2014) Factors of forming Doline wetland in Korea. Journal of the Geomorphological Association of Korea 21(2): 83-96.
- Korea Meteorological Administration(2022) <https://data.kma.go.kr/> (in Korean)
- Korea National Arboretum(2015) Forest of Korea(I)-Conservation of Korean fir(*Abies koreana*) in a changing environment. Pocheon, Korea, pp.100-103. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2021) Checklist of vascular plants in Korea.
- Korean Meteorological Administration(2020) Korean climate change assessment report 2020 summary. pp.30-33.
- Lee, K., J. Kim and D. Kim(1998) Plant community structure of Paekdam-Valley in Soraksan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 11(4): 450-461.
- Lee, Y.W. and S.C. Hong(1995) Articles: Ecological studies on the vegetational characteristics of the abies koreana forest. Journal of Korean Forestry Society 84(2): 247-257.
- McCUNE, B.(1986) PC-ORD: An integrated system for multivariate analysis of ecological data. Abstracta Botanica 10(2): 221-225.
- Min, K.(2022) The status analysis of using forest bioresource in the Korean bioindustry. Korean Journal of Forest Economics 29(1): 37-49.
- National Institute of Forest Science(2020) Results and implications of the evaluation of public benefits of forests as of 2018. 17pp.
- Noh, I., J.M. Chung, T.W. Kim, S. Tamirat and H.S. Moon(2018)

- The ecological characteristics by slope of an abies koreana forest in Seseok of Jirisan National Park. *Journal of Climate Change Research* 9(3): 293-302.
- Park, G.E., E. Kim, S. Jung, C. Yun, J. Kim, J. Kim, J. Kim and J. Lim(2022) Distribution and stand dynamics of subalpine conifer species (*Abies nephrolepis*, *A. koreana*, and *Picea jezoensis*) in Baekdudaegan Protected Area. *Journal of Korean Forestry Society* 111(1): 61-71.
- Schmelz, D.V. and A.A. Lindsey(1965) Size-class structure of old-growth forests in Indiana. *Forest Science* 11(3): 258-264.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity(2020) Global biodiversity outlook 5. Montreal, pp.12-17.
- Shannon, C.E.(1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27(3): 379-423.
- Shin, D. and S. Oh(2022) Vegetation structure and characteristics analysis of abies nephrolepis forest in Southern Region of Gangwon-do, Korea. *Journal of Korean Forestry Society* 111(2): 224-233.
- Simpson, E.H.(1949) Measurement of diversity. *Nature* 163(4148): 688-688.
- Song, B. and K. Park(2018) Analysis of climate change sensitivity of forest ecosystem using MODIS imagery and climate information. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21(3): 1-18.
- Song, H., M. Lee, H. Kim, Y. Ji and O. Kwon(2003) Vegetation structures and ecological niche of *Quercus mongolica* forests. *Journal of Korean Forestry Society* 92(4): 409-420.
- Song, H.K. and K.K. Jang(1997) Study on the DBH analysis and forest succession of *pinus densiflora* and *quercus mongolica* forests. *Journal of Korean Forestry Society* 86(2): 223-232.
- Song, J.H., S.H. Han, S.H. Lee and C.W. Yun(2021) Ecological characteristic of abies koreana stand structure of Mt. Jirisan and Mt. Hallasan. *Journal of Korean Forestry Society* 110(4): 590-600.
- Sorensen, T.A.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skar* 5: 1-34.
- Whittaker, R.H.(1965) Dominance and diversity in land plant communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science* 147(3655): 250-260.
- Yee, S., M.J. Lee and H.K. Song(2000) Study on classification of forest vegetation of songinbong and taeharyong in Ullungdo-With a special reference to TWINSpan and Phytosociological method-. *Korean Journal of Environment and Ecology* 14(1): 57-66.
- Zhang, L., T. Luo, X. Liu and G. Kong(2010) Altitudinal variations in seedling and sapling density and age structure of timberline tree species in the Sergyemla Mountains, southeast Tibet. *Acta Ecologica Sinica* 30(2): 76-80.