

천관산도립공원 식생보전을 위한 식물사회네트워크 분석^{1a}

강지우² · 이상철³ · 강현미^{4*}

Analysis of Plants Social Network for Vegetation Conservation on Cheongwansan Provincial Park in Jeollanam-do^{1a}

Ji-Woo Kang², Sang-Cheol Lee³, Hyun-Mi Kang^{4*}

요약

본 연구는 천관산도립공원의 식물사회 특성을 파악하고 지속가능한 식생관리와 도립공원 연구에 필요한 기초자료를 구축하기 위해 수행되었다. 천관산도립공원을 대상으로 126개의 방형구를 설치하여 출현한 목본수종을 조사하였고 희소종을 제외한 종을 중심으로 종간결합분석을 실시하였다. 그 결과를 Gephi 0.10 프로그램을 이용하여 소시오그램으로 작성하였으며, 인접한 노드 간 그룹을 나누어주는 모듈화 분석과 네트워크 중심성 및 구조분석을 실시하였다. 분석 결과, 조사된 방형구 내 출현빈도는 청미래덩굴이 가장 높게 나타났고, 졸참나무, 사스레피나무, 때죽나무, 조릿대 등의 순으로 높게 나타났다. 희소종을 제외한 69종에 대해 종간결합분석을 실시하였고, 양성결합을 토대로 식물사회네트워크를 시각화하였다. 식물사회네트워크는 69개의 노드와 396개의 연결선으로 구성되어 있으며, 한 수종이 평균 약 17.9종과 종간결합을 맺으며 2.3단계 만에 서로 간 연결되었다. 69종은 모듈화 분석을 통해 3개의 그룹으로 나뉘었으며, 1그룹은 주로 상록활엽수 및 난온대 지역에서 출현하는 수종으로 이루어졌으며, 2그룹은 낙엽활엽수 위주로 이루어졌다. 3그룹은 주로 햇빛이 잘 들고 건조한 양지에서 잘 자라는 수종으로 나뉘었다.

주요어: 식물사회, 중심성, 소시오그램

ABSTRACT

This study was conducted to understand the characteristics of the plant society in Cheongwansan Provincial Park, which lacks research on plants, and to establish basic data necessary for sustainable vegetation management and provincial park research. This study set up 126 quadrats were installed in Cheongwansan Provincial Park to investigate the species that emerged, and interspecies association analysis was conducted focusing on species excluding rare species. The results were written in a sociogram using the Gephi 0.10

1 접수 2023년 4월 14일, 수정 (1차: 2023년 8월 12일, 2차: 2023년 10월 10일), 게재확정 2023년 10월 12일

Received 14 April 2023; Revised (1st: 12 August 2023, 2nd: 10 October 2023); Accepted 12 October 2023

2 국립수목원 정원식물자원과 석사급연구원 Garden and Plant Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Republic of Korea (wo902@naver.com)

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

4 국립목포대학교 조경학과 부교수 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National Univ., Muan 58554, Republic of Korea (kang@mokpo.ac.kr)

a 이 논문은 2023년 강지우의 목포대학교 대학원 석사학위논문 일부 발췌, 보완하여 발전시킨 것임

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

program, modular analysis was conducted to distribute groups between adjacent nodes, and network centrality and structure analysis were conducted. As a result of the analysis, the *Smilax china* showed the highest frequency of appearance in the survey area. Next, it was found to be high in the order of *Quercus serrata*, *Eurya japonica*, *Styrax japonicus*, and *Sasa borealis*. Interspecies association analysis was conducted on 69 species excluding rare species, and plant social networks were visualized based on benign binding. The Plant Social Network consists of 69 nodes and 396 connecting lines, and one species formed interspecies bonds with an average of about 17.9 species, connecting each other in 2.3 steps. 69 species were divided into three groups through modular analysis, and the first group consisted mainly of evergreen broad-leaved and trees that appeared in warm-temperate region, and the second group consisted mainly of deciduous broad-leaved. The three groups were mainly divided into trees that grow well in sunny and dry sunlight.

KEY WORDS: PLANT SOCIETY, CENTRALITY, SOCIOGRAM

서론

천관산은 전라남도의 자연생태계 및 경관을 대표하는 지역으로 그 가치를 보전하기 위해 1998년 10월 13일 도립공원으로 지정되었다. 천관산에는 소나무, 노각나무, 동백나무, 비자나무 등이 자생하고 있으며, 특히 동백나무, 비자나무 군락지는 산림유전자원보호구역으로 지정되어 관리되고 있다(Korea Forest Service, 2022). 천관산은 많은 기암괴석과 기봉이 솟아 있는 자연환경을 가지고 있으며, 일부분이 국립자연휴양림으로 지정되어 산림휴양서비스를 제공하고 있다. 다만, 실질적인 관리시스템 체계가 부재하여 공원자원 보전관리가 미흡한 실정이다(Kang and Kang, 2023).

현재 전라남도에 위치한 도립공원은 총 4개소이다. 이 중 조계산도립공원은 희귀식물인 털조장나무가 자생하고 있어 식물과 관련된 연구가 꾸준히 실시되고 있으며, 두륜산도립공원은 상록활엽수인 붉가시나무군락이 남아있고 가장 최근에 지정된 불갑산도립공원은 참식나무 북한계선으로 도립공원의 대부분이 천연기념물로 지정되어 있어 식물과 관련된 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 반면, 천관산도립공원은 지정된 지 20여년이 지났음에도 공원자원에 관한 기초자료 구축이 타 전라남도 도립공원에 비해 미비하다. 산림유전자원보호구역으로 지정된 동백나무 천연림에 대한 일부 연구(Hwang *et al.*, 2005; Kwag *et al.*, 2016)가 진행되었지만, 천관산도립공원 전체를 대상으로 한 공원자원 기초자료 구축 연구는 식물상 연구(Lim and Im, 2003; Kim and Chung, 2011)를 제외하면 자연생태계와 관련한 연구가 부족한 실정이다. 이에 천관산도립공원의 자연보전을 위해 자연생태계와 관련된 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

식물사회네트워크(Plant Social Network)는 식물사회(phytocoenosen; plant society)와 사회연결망(social network)

의 합성어로 다양한 식물종으로 이루어진 복잡한 식물사회에서 관계성에 주목하여 네트워크 구조를 파악하는 것으로 Lee(2018)가 처음 제시한 개념이다. 생태계의 사회적 요소(비생물적·생물적 환경)에 의해 형성되는 식물공동체인 식물사회(Kim, 1995)를 대상으로 하는 식물사회학은 지구에 존재하는 여러 유형의 식생을 통일적으로 파악하고, 종조성의 차이, 계층구조, 군락의 안정성, 입지와와의 대응관계 등을 연구하는 학문분야이다(Whittaker, 1962). 식물사회학 분야에서 각각의 식물 간의 관계를 파악하기 위해서는 표징종 및 식별종을 중심으로 일정 수준 이상의 출현빈도를 보이는 수종들을 선별하여 종간결합분석을 실시해 왔으며 결과는 주로 성좌표로 표현되어왔다(Lee *et al.*, 1998; Kim and Yun, 2009; Byeon and Yun, 2017). 하지만 기존의 성좌표는 많은 양의 종간결합분석 결과를 나타내기엔 한계가 있으며, 빅데이터를 기반으로 한 사회연결망 분석에 관한 개념들이 적용되지 못하여, Lee *et al.*(2020)은 식물사회학적 방법과 사회연결망 분석을 결합한 식물사회네트워크 분석을 통해 식물사회의 종간결합구조를 시각화하였다.

사회연결망(social network)은 사회에 구성되어 있는 연결망이 가지는 관계성에 주목한다(Scott, 2000). 즉 객체(node) 개별의 특성보다 객체 간의 관계적 특성(link)에 주목하여 사회현상을 설명하는 것이다. 사회연결망을 시각적으로 표현하기 위한 그래프 이론(Graph theory)은 수학자 L. Euler의 연구에서 쾨니히스베르크의 다리 문제(Königsberg's bridge problem)에 관한 증명에 노드(node)와 링크(link)라는 개념을 사용함으로써 시작되었고, 이를 시작으로 네트워크 이론에 관한 연구가 발전되었다. 사회연결망 분석(Social Network Analysis, SNA)은 연결망 안의 행위자들의 관계를 수치화, 통계화, 그래프화하여 관계에 대한 해석을 가능하도록 해주며, 사회과학 영역을 넘어 인문과학, 자연과학, 공학 등 다양한

학문분야의 연구에서 사용될 수 있다(Kim and Chang, 2010). 또한 자연생태계 속에서 기능과 구조에 있어 뚜렷한 차이를 보여주는 식물사회(Kim, 1995)가 서로 연결된 관계에 의해 영향을 주고받아 사회적 구조를 형성하고 있어 사회연결망 분석을 통해 식물사회의 구조와 특성을 파악하는 것은 해당 자연생태계를 이해하는데 도움이 된다.

본 연구는 식물과 식물 사이의 연결된 관계적 특성에 대해 설명하는 식물사회네트워크 분석 방법을 통해 자연생태계 분야 연구가 부족한 천관산도립공원의 식물사회를 이해하기 위해 진행되었으며, 연구 결과는 지속가능한 식생관리를 위한 기초자료를 제공과 식물사회네트워크가 새로운 식생 분석방법으로 적용되기 위한 기초 데이터로 사용될 것을 기대한다.

연구방법

1. 연구대상지 선정

본 연구대상지는 전라남도 장흥군 남쪽에 위치하고 있는 천관산도립공원으로 조사구는 산림공간정보서비스의 임상도(National Geographic Information Institute, 2021)자료를 토대로 속성별 비율을 참고해 선인봉~봉황봉~구정봉~천관산으로 이어지는 능선부와 사면부, 계곡부 등의 지형과 상관식생을 고려하여 다양한 식생구조를 보이는 지점을 대상으로 100 m²(10m×10m) 크기의 방형구 126개소를 설치하였다(Figure 1). 설치된 각 방형구(100m²)내 출현하는 목본 수종을 모두 기록하였으며, 현장에서 동정이 불가능한 수종은 사진촬영하여 실내에서 문헌 등을 참고하여 분류하였다. 본 조사는 2021년 6월~8월에 걸쳐 수행되었다.

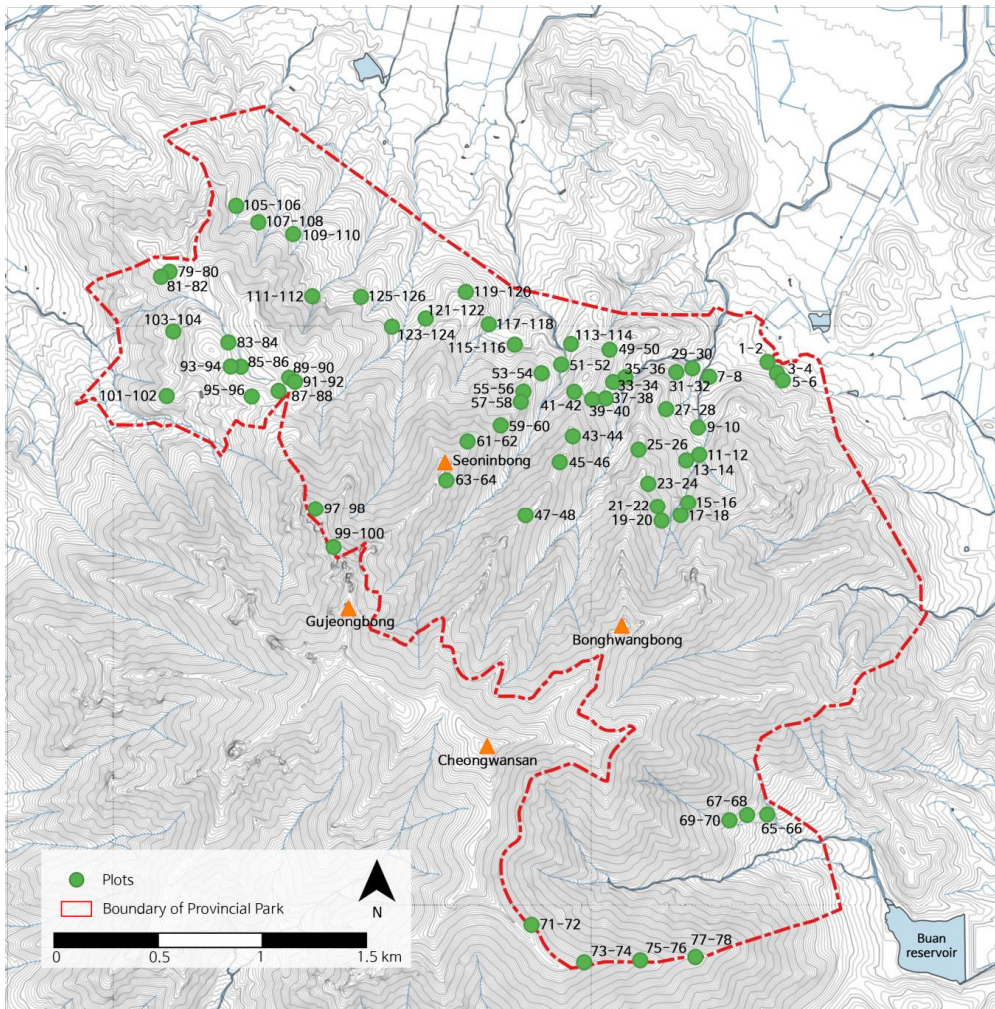


Figure 1. Map of the surveyed plots in Cheongwansan Provincial Park.

2. 조사 및 분석 방법

1) 데이터 전처리

종간결합분석은 식물종간의 연관성을 가장 잘 나타내주며, 유의적인 연관성을 가지는 종들을 도형으로 나타낼 수 있어 종간의 분포상태와 유연성에 대한 이해도를 증진시킬 수 있다(Agnew, 1961; Park and Kim, 1979). 종간결합분석을 실시하기 위해 기존 문헌들(Cole, 1949; Ko *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2020)을 참고하였다.

사회과학에서 사용되는 데이터유형으로는 속성형 데이터(attribute data)와 관계형 데이터(relational data)가 있다(Lee *et al.*, 2022). 본 연구에서 속성형 데이터로 각 수종의 성상(상록/낙엽/반상록), 출현빈도, 연결선 수(degree)를 수집하였으며, 관계형 데이터로 식물사회의 종간 연관성에 대한 2×2 분할표를 작성하여 χ^2 검정(chi-square statistic)을 실시하고(Agnew, 1961; Brower and Zar, 1977), 그 결과를 수집하였다. 이를 위해 126개 조사구에서 출현수종을 조사하였으며, 전체 출현수종 109종 중 출현빈도 5% 미만의 희소종을 제외한 69종을 대상으로 속성형 데이터를 수집하였다.

2×2 분할표(Table 1)에 종 A와 B가 함께 관찰된 방형구수 (a), 종 A만 관찰되고 종 B가 없는 방형구수 (c), 종 B만 관찰되고 종 A가 없는 방형구수 (b), 둘 다 관찰되지 않은 방형구수 (d)를 계산하였다(Cole, 1949).

두 종 사이의 결합을 양성결합(+), 음성결합(-), 무작위결합(0)으로 구분하였으며, 무작위결합을 하는 쌍은 무시하였다. 양성결합 쌍의 χ^2 값이 5% 수준이면 +, 1% 수준이면 ++, 음성결합 쌍이 5% 수준이면 -, 1% 수준이면 --로 표시하였다.

Table 1. 2×2 contingency table for associatic two species, A and B(Cole, 1949)

		Species B		
		Present	Absent	
Species A	Present	a	b	a+b
	Absent	c	d	c+d
		a+c	b+d	n=a+b+c+d









$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{observed} - \text{expected})^2}{\text{expected}} = \frac{n[|ad - bc| - (n/2)]^2}{(a+c)(b+d)(a+b)(c+d)}$$

(Formula 1)

2) 소시오그램 작성 및 네트워크 구조 분석

기존 연구(Lee *et al.*, 2020; Jang *et al.*, 2021; Lee *et al.*, 2022)에 따르면 Gephi 프로그램을 활용한 식물사회네트워크 구현은 종간결합 중 양성결합을 우선적으로 사용한다는 점을 고려해 모든 종에 대한 연관성 분석 결과 중 양성결합(+, ++)의 χ^2 값을 기초로 하여 식물사회네트워크를 시각화하였다(Table 2). 최근 고안된 식물사회네트워크 시각화 및 구조 분석(Lee *et al.*, 2020)은 Gephi 0.10 프로그램을 사용하여 다양한 네트워크 형식 구현이 가능하고 많은 양의 데이터(노드, 링크) 처리를 용이하게 한다(Lee *et al.*, 2022). 수종을 의미하는 노드(Node)의 크기는 빈도를 적용하여 출현빈도가 높을수록 노드의 크기가 커지도록 하였고, 노드의 색은 모듈화를 통해 분류된 각 그룹의 색을 나타내었다. 글자의 크기는 연결중심성을 적용하여 한 수종과 직접적으로 양성결합을 가지는 수종이 많을수록 글자의 크기가 커지도록 하였으며, χ^2 검정 결과 유의수준에 따라 선의 굵기를 다르게 나타내었다.

Table 2. Design for sociogram elements of Plants Social Network

Classification		Content	Data Type
	Node	Species	attribute data
 	Size of node	Frequency of appearance	attribute data
  	Color of node	Modularity (Plant Group)	attribute data
PIDE PIDE	Size of text	Degree	attribute data
 	Line and thickness	Interspecific association (Chi-square statistic; $p < 0.01$, $p < 0.05$)	relational data

소시오그램을 통해 나타난 노드 개수(Node), 연결선 수(Degree), 평균 연결정도(Average Degree), 그래프 밀도(Graph density), 네트워크 크기(Network diameter), 평균 경로 거리(Average path length) 등의 지표로 네트워크 구조 특성을 분석하였다.

3) 중심성 분석

중심성(centrality)지표는 사회네트워크 분석에서 가장 중요하게 쓰이는 방법 중 하나로(Kim, 2015), 중심성은 전체 네트워크에서 한 노드가 차지하고 있는 중심적 위치를 의미한다(Jang, 2016). 즉, 중심성이 높다는 것은 네트워크 내에서 상대적으로 중요한 위치에 있음을 의미한다(Park and Lee, 2014). 중심성의 측정지표로는 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 위세중심성 등이 있다(Freeman, 1978; Bonacich, 1987).

연결중심성(Degree centrality)은 다른 노드와의 연결된 정도를 중심으로 보는 개념으로(Choi, 2012), 한 노드와 직접적으로 연결된 다른 노드들의 개수를 의미하며(Kim *et al.*, 2016), 한 식물과 직접 연결된 다른 식물의 개수를 의미한다. 근접중심성(Closeness centrality)은 한 노드가 얼마나 네트워크의 중앙에 위치하고 있는지를 측정하여 네트워크 전역에서 가장 일반적인 영향력을 가지는 노드가 무엇인지 파악할 수 있도록 해준다(Lee, 2010). 즉 근접중심성이 높은 수종은 네트워크 중앙에 위치해 간접적으로 연결된 수종까지 고려해 다른 수종에 크게 의존하지 않고 영향력을 미칠 수 있다는 것을 의미한다(Jang, 2021). 매개중심성(Betweenness centrality)은 한 노드가 네트워크 내 다른 노드들 사이에 위치하는 정도를 측정하는 것으로 매개중심성이 높은 수종은 구축된 식물사회에서 수종과 수종을 연결 시켜주는 중개자 혹은 다리역할을 수행하는 것을 의미한다(Lee, 2018). 위세중심성(Eigenvector centrality)은 해당 노드의 중심성과 연결된 다른 노드의 중심성 지표를 함께 고려한 것으로 연결중심성은 노드에 연결된 수를 중시하지만 위세중심성은 연결된 상대 노드의 연결중심성에 가중치를 두는 것을 의미한다(Lee, 2018).

결과 및 고찰

1. 대상지 개황 및 출현 수종

천관산도립공원 식물사회네트워크 분석을 위한 126개 조사구의 일반적 개황은 다음과 같다(Table 3, Table 4). 조사구는 평균 고도 289.0±121.1m, 평균 경사 21.7±8.6°에 입지하였으며, 주로 동향과 북동향 사면의 비율이 높게 나타났다. 조사구 내 출현한 목본 수종은 적게는 6종 많게는 31종까지 출현하였으며, 평균 18.9±5.5종이 출현하였다. 층위별 식생특성으로는

교목층이 수고 3.0~20.0m, 식피율 10~80%로 나타났고, 아교목층은 수고 2.2~10.0m, 식피율 5~90%로 나타났다. 관목층은 수고 0.2~1.6m, 식피율 5~100%로 나타났다.

출현한 종에 대한 출현빈도를 분석한 결과(Table 5), 청미래덩굴이 117개의 조사구에서 출현하며 가장 많은 빈도로 나타났다. 이는 청미래덩굴이 남부지방에 흔하게 분포하는 낙엽활엽덩굴성 수종으로 햇빛이 잘 드는 곳에서 빠르게 생장하는 특징(Korea National Arboretum, 2022)이 있으며, 환경내성이 강한 특징(Korea National Arboretum, 2022)이 복합적으로 작용한 것으로 판단된다. 청미래덩굴 다음으로 졸참나무(88개소), 사스레피나무(85개소), 때죽나무(79개소), 조릿대(76개소), 털팽나무(67개소), 뽕나무(63개소), 생강나무(63개소) 등의 순으로 출현하였다.

전체 출현한 109종 중 78.0%인 85종은 낙엽성 수종, 21.1%인 23종은 상록성 수종, 0.9%인 1종은 반상록성 수종으로 출현하였다. 우리나라 자생 목본식물 중 낙엽성 식물이 약 80%, 상록성 식물이 약 20%인 것으로 집계(Kim and Kim, 2018)한

Table 3. General description of physical and vegetation of the surveyed areas

	Min.	Max.	Mean	
Altitude(m)	99	606	289.0±121.1	
Slope(°)	5	40	21.7±8.6	
Number of Species	6	31	18.9±5.5	
Canopy	Height(m)	3.0	20.0	13.7±4.0
	Coverage(%)	10	80	56.7±17.7
Understory	Height(m)	2.2	10.0	5.4±1.9
	Coverage(%)	5	90	50.2±26.2
Shrub	Height(m)	0.2	1.6	0.8±0.3
	Coverage(%)	5	100	56.0±29.8

Table 4. Analysis of the direction of the surveyed areas

Cardinal points	Number of site	Ratio(%)
NE	28	22.2
E	36	28.6
SE	14	11.1
W	-	-
SW	4	3.2
W	8	6.3
NW	16	12.7
N	20	15.9
Total	126	100.0

* Frequency of appearance, ** Evergreen or Deciduous

Table 5. Classification of all species that appeared in the 126 plots surveyed

Species	Label	F.A.*	E.D.**	Species	Label	F.A.*	E.D.**
<i>Acer palmatum</i> (단풍나무)	<i>Acpa</i>	16	D	<i>Lindera obtusiloba</i> (생강나무)	<i>Liob</i>	63	D
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (당단풍나무)	<i>Acps</i>	33	D	<i>Machilus thunbergii</i> (후박나무)	<i>Math</i>	18	E
<i>Acer pictum</i> var. <i>mono</i> (고로쇠나무)	<i>Acpi</i>	1	D	<i>Mallotus japonicus</i> (예덕나무)	<i>Maja</i>	16	D
<i>Actinidia arguta</i> (다래)	<i>Acar</i>	6	D	<i>Meliosma pinnata</i> subsp. <i>arnottiana</i> var. <i>oldhamii</i> (합다라나무)	<i>Mepi</i>	27	D
<i>Albizia julibrissin</i> (자귀나무)	<i>Alju</i>	10	D	<i>Meliosma myriantha</i> (나도밤나무)	<i>Memy</i>	3	D
<i>Alnus firma</i> (사방오리)	<i>Alfi</i>	8	D	<i>Morus bombycis</i> (산뽕나무)	<i>Mobo</i>	3	D
<i>Alnus incana</i> subsp. <i>hirsuta</i> (물오리나무)	<i>Alin</i>	2	D	<i>Neolitsea sericea</i> (참식나무)	<i>Nese</i>	31	E
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i> (개머루)	<i>Amgl</i>	34	D	<i>Neoshirakia japonica</i> (사릅주나무)	<i>Neja</i>	32	D
<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i> f. <i>citralloides</i> (가새잎개머루)	<i>Amglhe</i>	1	D	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (담쟁이덩굴)	<i>Patr</i>	20	D
<i>Aralia elata</i> (두릅나무)	<i>Arel</i>	3	D	<i>Pinus densiflora</i> (소나무)	<i>Pide</i>	47	E
<i>Ardisia japonica</i> (자금우)	<i>Arja</i>	22	E	<i>Pinus rigida</i> (리기다소나무)	<i>Piri</i>	39	E
<i>Aria alnifolia</i> (팔배나무)	<i>Aral</i>	34	D	<i>Pinus thunbergii</i> (곰솔)	<i>Pith</i>	19	E
<i>Callicarpa japonica</i> (작살나무)	<i>Cajapo</i>	10	D	<i>Pittosporum tobira</i> (돈나무)	<i>Pito</i>	1	E
<i>Callicarpa mollis</i> (새비나무)	<i>Camo</i>	51	D	<i>Platycarya strobilacea</i> (굴피나무)	<i>Plst</i>	3	D
<i>Camellia japonica</i> (동백나무)	<i>Caja</i>	28	E	<i>Populus tomentiglandulosa</i> (은사시나무)	<i>Poto</i>	3	D
<i>Camellia sinensis</i> (차나무)	<i>Casi</i>	18	E	<i>Pourthiaea villosa</i> (윤노리나무)	<i>Povi</i>	40	D
<i>Carpinus turczaninowii</i> (소사나무)	<i>Catu</i>	7	D	<i>Prunus</i> spp. (벚나무류)	<i>Pr</i>	63	D
<i>Castanea crenata</i> (밤나무)	<i>Cacr</i>	32	D	<i>Pueraria lobata</i> (취)	<i>Pulo</i>	3	D
<i>Celastrus orbiculatus</i> (노박덩굴)	<i>Cebi</i>	1	D	<i>Quercus acutissima</i> (상수리나무)	<i>Quac</i>	12	D
<i>Celtis sinensis</i> (팽나무)	<i>Cesi</i>	9	D	<i>Quercus aliena</i> (갈참나무)	<i>Qual</i>	1	D
<i>Celtis biondii</i> (쪽나무)	<i>Cebion</i>	3	D	<i>Quercus glauca</i> (종가시나무)	<i>Qugl</i>	2	E
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> (개비자나무)	<i>Ceha</i>	2	E	<i>Quercus mongolica</i> (신갈나무)	<i>Qumo</i>	46	D
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (편백)	<i>Chob</i>	18	E	<i>Quercus serrata</i> (졸참나무)	<i>Quse</i>	88	D
<i>Cinnamomum yabunikkei</i> (생달나무)	<i>Ciya</i>	2	E	<i>Quercus variabilis</i> (굴참나무)	<i>Quva</i>	28	D
<i>Clerodendrum trichotomum</i> (누리장나무)	<i>Cltr</i>	4	D	<i>Rhododendron mucronulatum</i> (진달래)	<i>Rhmu</i>	61	D
<i>Cornus kousa</i> (산딸나무)	<i>Coko</i>	14	D	<i>Rhododendron schlippenbachii</i> (철쭉)	<i>Rhsc</i>	16	D
<i>Cornus controversa</i> (층층나무)	<i>Coco</i>	2	D	<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i> (산철쭉)	<i>Rhye</i>	47	D
<i>Corylopsis coreana</i> (히어리)	<i>Cocore</i>	2	D	<i>Rhus chinensis</i> (붉나무)	<i>Rhch</i>	4	D
<i>Corylus heterophylla</i> (개암나무)	<i>Cohe</i>	9	D	<i>Robinia pseudoacacia</i> (아까시나무)	<i>Rops</i>	4	D
<i>Corylus sieboldiana</i> (참개암나무)	<i>Cosi</i>	3	D	<i>Rosa luciaeae</i> (돌가시나무)	<i>Rolu</i>	2	H
<i>Cryptomeria japonica</i> (삼나무)	<i>Crja</i>	15	E	<i>Rubus corchorifolius</i> (수리딸기)	<i>Ruco</i>	41	D
<i>Cudrania tricuspidata</i> (꾸지뽕나무)	<i>Cutr</i>	2	D	<i>Rubus crataegifolius</i> (산딸기)	<i>Rucr</i>	4	D
<i>Diospyros lotus</i> (고욤나무)	<i>Dilo</i>	12	D	<i>Sambucus williamsii</i> (딱총나무)	<i>Sawi</i>	1	D
<i>Elaeagnus macrophylla</i> (보리밥나무)	<i>Elma</i>	1	E	<i>Sasa borealis</i> (조릿대)	<i>Sabo</i>	76	D
<i>Euonymus alatus</i> (회살나무)	<i>Eual</i>	3	D	<i>Smilax china</i> (청미래덩굴)	<i>Smsch</i>	117	D
<i>Euonymus japonicus</i> (사철나무)	<i>Eujapo</i>	1	E	<i>Smilax sieboldii</i> (청가시덩굴)	<i>Smsi</i>	1	D
<i>Euonymus oxyphyllus</i> (참회나무)	<i>Euox</i>	1	D	<i>Stephanandra incisa</i> (국수나무)	<i>Stin</i>	36	D
<i>Eurya japonica</i> (사스레피나무)	<i>Euja</i>	85	E	<i>Stewartia koreana</i> (노각나무)	<i>Stko</i>	26	D
<i>Euscaphis japonica</i> (말오줌땀)	<i>Euscja</i>	37	D	<i>Styrax japonicus</i> (태죽나무)	<i>Sija</i>	79	D
<i>Ficus erecta</i> (천선과나무)	<i>Fier</i>	1	D	<i>Styrax obassia</i> (쪽동백나무)	<i>Stob</i>	3	D
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (물푸레나무)	<i>Frrh</i>	8	D	<i>Symplocos sawafutagi</i> (노린재나무)	<i>Sysa</i>	12	D
<i>Fraxinus sieboldiana</i> (쇠물푸레나무)	<i>Frsi</i>	62	D	<i>Symplocos tanakana</i> (검노린재나무)	<i>Syta</i>	11	D
<i>Hedera rhombea</i> (송악)	<i>Herh</i>	19	E	<i>Tilia amurensis</i> (피나무)	<i>Tiam</i>	2	D
<i>Ilex macropoda</i> (대팻집나무)	<i>Ilma</i>	40	D	<i>Toxicodendron sylvestri</i> (산검양옻나무)	<i>Tosy</i>	32	D
<i>Ilex cornuta</i> (호랑가시나무)	<i>Ilco</i>	1	E	<i>Toxicodendron trichocarpum</i> (개옻나무)	<i>Totr</i>	13	D
<i>Indigofera kirilowii</i> (땅비싸리)	<i>Inki</i>	31	D	<i>Trachelospermum asiaticum</i> (마삭줄)	<i>Tras</i>	53	E
<i>Juniperus rigida</i> (노간주나무)	<i>Juri</i>	17	E	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>majus</i> (백화등)	<i>Trasmu</i>	1	E
<i>Kalopanax septemlobus</i> (옴나무)	<i>Kase</i>	3	D	<i>Vaccinium oldhamii</i> (청금나무)	<i>Vaol</i>	33	D
<i>Lespedeza bicolor</i> (싸리)	<i>Lebi</i>	24	D	<i>Vaccinium dilatatum</i> (가막살나무)	<i>Vidi</i>	26	D
<i>Lespedeza maximowiczii</i> (조록싸리)	<i>Lema</i>	57	D	<i>Viburnum erosum</i> (틸펡나무)	<i>Vier</i>	67	D
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (참싸리)	<i>Lecy</i>	4	D	<i>Vitis coignetiae</i> (머루)	<i>Vico</i>	17	D
<i>Ligustrum obtusifolium</i> (취뽕나무)	<i>Liobtu</i>	22	D	<i>Weigela subsessilis</i> (병꽃나무)	<i>Wesu</i>	14	D
<i>Ligustrum japonicum</i> (광나무)	<i>Lija</i>	3	E	<i>Zanthoxylum piperitum</i> (초피나무)	<i>Zapi</i>	15	D
<i>Lindera erythrocarpa</i> (비목나무)	<i>Lier</i>	52	D	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> (산초나무)	<i>Zasc</i>	33	D
<i>Lindera glauca</i> (감태나무)	<i>Ligl</i>	43	D	Total: 109, Evergreen: 23(21.1%), Deciduous: 85(78.0%) Half-Evergreen: 1(0.9%)			

* Frequency of appearance, ** Evergreen or Deciduous

되었다(Figure 3).

천관산도립공원의 주요 수종에 대한 모듈화 분석을 실시한 결과, 5% 이상의 출현빈도를 나타내는 69종은 네트워크 내 69개 노드로 표현되었으며, 3개의 그룹으로 나누어졌다. 이는 최근 천관산 식생 특성을 규명하는 연구의 수종별 DCA 분석 결과(Kang and Kang, 2023)와 유사한 것으로 판단된다. 1그룹은 좌측에 보라색으로 표현되었고, 2그룹은 중앙에 주황색으로 표현되었으며, 3그룹은 우측에 연두색으로 표현되었다. 각 그룹의 주요 수종에 대한 중심성 분석을 실시하였다.

1그룹은 마삭줄, 사스레피나무, 참식나무, 송악, 말오줌때, 후박나무 등 주로 상록활엽수 및 난온대 지역에서 출현하는 수종으로 이루어졌다. 1그룹에서 연결중심성과 근접중심성, 위세중심성은 마삭줄이 가장 높게 나타났다. 이는 마삭줄이 다른 여러 수종과 관계를 맺고 있으며, 직접적으로 연결되어 있지 않아도 간접적으로 다른 수종들과 가까이 위치해 네트워크 흐름에 있어 큰 영향력을 가지고 있음을 의미하는데 마삭줄은 상록성 덩굴식물로 음지나 양지에서 생육이 양호하고 맹아력이 강해(Korea National Arboretum, 2022) 여러 수종들과 가까이 지내며 세력을 확장한 것으로 판단된다. 마삭줄 다음으로 담쟁이덩굴의 연결·근접중심성이 높게 나타났으며, 고욤나무가 2그룹의 벗나무류, 수리딸기 등과 3그룹의 곰솔과 연결되어 매개중심성이 높게 나타나고 있다.

2그룹은 벗나무류, 때죽나무, 감태나무, 비목나무 등 주로 낙엽활엽수 위주로 이루어졌다. 2그룹의 근접중심성과 매개중심성은 전국적으로 분포하는 벗나무류가 가장 높게 나타났

며, 1그룹의 마삭줄, 대팻집나무, 말오줌때 등의 수종과 3그룹의 팔배나무와 연결되어 다리 역할을 수행하고 있다. 또한, 2그룹에서 때죽나무가 근접중심성과 위세중심성이 높게 나타났는데 이는 네트워크 중심부에서 여러 수종과 연결되어 있고, 연결중심성이 높은 수종과 연결되어 함께 영향력을 키우고 있음을 의미한다. 수리딸기와 국수나무가 벗나무류 다음으로 매개중심성이 높게 나타났다. 수리딸기는 1그룹의 마삭줄, 고욤나무와 연결되어 있으며, 3그룹의 곰솔, 조록싸리와 연결되어 1그룹과 3그룹의 중개자 역할을 하고 있으며, 국수나무는 3그룹의 조록싸리, 병꽃나무, 진달래, 노각나무와 연결되어 3그룹의 중개자 역할을 하는 것으로 나타났다.

3그룹은 주로 햇빛이 잘 들고 건조한 양지에서 잘 자라는 땅비싸리, 쇠물푸레나무, 산철쭉, 싸리 등으로 이루어져 있다. 3그룹에서 연결중심성은 전국 산지에서 잘 자라며, 맹아력이 강한 산철쭉(Korea National Arboretum, 2022)이 가장 높았으며, 연결중심성이 높은 진달래와 땅비싸리 등과의 연결로 인하여 위세중심성 또한 높게 나타났다. 매개중심성이 가장 높게 나타난 곰솔은 2그룹과 3그룹 중간에 위치하고 있으며, 1그룹의 고욤나무와 2그룹의 수리딸기, 작살나무와 연결되어 다리 역할을 수행하는 것으로 나타났다. 곰솔은 근접중심성 또한 높게 나타났는데 이는 곰솔이 네트워크 중심에 가까이 위치하고 있으며, 매개하는 수종에 의지하지 않고 영향력을 미칠 수 있음을 의미한다.

중심성은 네트워크에서 노드가 얼마나 중심에 위치해 있는가의 정도를 정량화하기 위한 지표(Sohn, 2002; Kim and

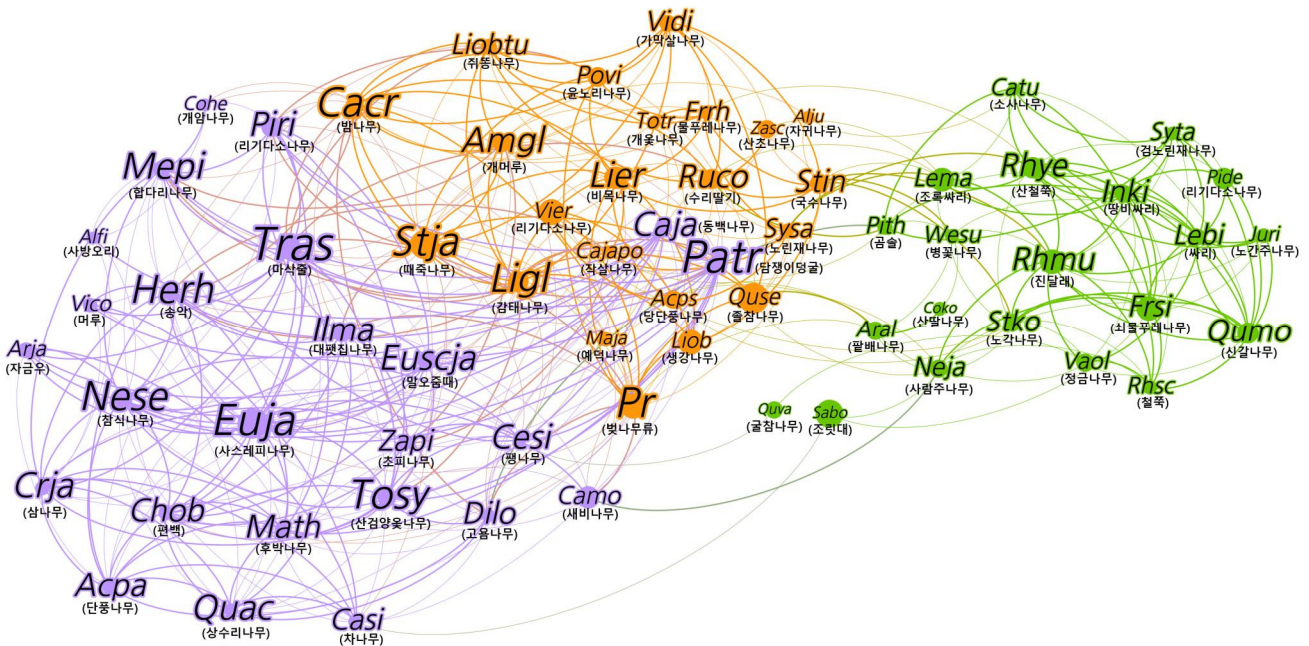


Figure 3. Sociogram of Plant Social Network on Cheongwansan Provincial Park.

Table 6. Analysis of centrality on species that appeared in Cheongwansan Provincial Park

Group	Species*	D**	C	B	E	Group	Species*	D**	C	B	E
1	<i>Tras</i> 마삭줄	24	0.508	99.074	1.000	2	<i>Lier</i> 비목나무	16	0.496	76.034	0.493
	<i>Patr</i> 담쟁이덩굴	23	0.496	91.533	0.200		<i>Ruco</i> 수리딸기	14	0.508	128.746	0.452
	<i>Euja</i> 사스레피나무	22	0.479	40.762	0.931		<i>Stin</i> 국수나무	13	0.482	131.174	0.280
	<i>Tosy</i> 산검양귀나무	20	0.482	27.379	0.857		<i>Vidi</i> 가막살나무	11	0.450	25.294	0.376
	<i>Nese</i> 참식나무	20	0.456	39.412	0.791		<i>Liobtu</i> 쥐똥나무	11	0.462	10.883	0.480
	<i>Herh</i> 송악	19	0.453	35.525	0.806		<i>Sysa</i> 노린재나무	10	0.459	49.986	0.185
	<i>Mepi</i> 합다리나무	17	0.441	38.718	0.691		<i>Frrh</i> 물푸레나무	10	0.465	85.979	0.305
	<i>Euscja</i> 말오줌매	16	0.456	31.465	0.679		<i>Povi</i> 윤노리나무	9	0.450	7.510	0.345
	<i>Crja</i> 삼나무	16	0.409	19.007	0.672		<i>Quse</i> 졸참나무	8	0.462	40.385	0.255
	<i>Quac</i> 상수리나무	16	0.435	14.869	0.656		<i>Rhye</i> 산철쭉	14	0.409	105.490	0.207
	<i>Ilma</i> 대팻집나무	15	0.459	14.790	0.735	<i>Rhmu</i> 진달래	14	0.416	55.729	0.205	
	<i>Piri</i> 라기다소나무	15	0.450	32.600	0.611	<i>Inki</i> 땅비싸리	13	0.385	34.448	0.180	
	<i>Cesi</i> 팽나무	15	0.472	77.794	0.636	<i>Qumo</i> 신갈나무	13	0.381	32.599	0.179	
	<i>Caja</i> 동백나무	15	0.429	23.989	0.015	<i>Frsi</i> 쇠물푸레나무	12	0.392	45.029	0.167	
	<i>Acpa</i> 단풍나무	14	0.416	8.332	0.637	<i>Stko</i> 노각나무	11	0.416	53.646	0.149	
	<i>Chob</i> 편백	14	0.429	8.091	0.669	<i>Lebi</i> 싸리	11	0.376	25.783	0.155	
	<i>Math</i> 후박나무	14	0.450	11.741	0.650	<i>Neja</i> 사람주나무	10	0.438	122.818	0.135	
<i>Dilo</i> 고욤나무	13	0.500	105.898	0.500	<i>Syta</i> 검노란재나무	9	0.370	10.203	0.137		
<i>Casi</i> 차나무	12	0.450	71.268	0.439	<i>Lema</i> 조록싸리	9	0.435	41.183	0.157		
<i>Zapi</i> 초피나무	12	0.432	10.431	0.522	<i>Pith</i> 곶솔	8	0.441	136.378	0.152		
2	<i>Pr</i> 벚나무류	21	0.528	210.138	0.763	<i>Wesu</i> 병꽃나무	8	0.404	37.951	0.110	
	<i>Stja</i> 때죽나무	20	0.511	79.596	0.792	<i>Catu</i> 소사나무	8	0.392	28.058	0.117	
	<i>Cacr</i> 밤나무	20	0.515	88.532	0.751	<i>Vaol</i> 정금나무	8	0.379	37.171	0.110	
	<i>Ligl</i> 감태나무	19	0.504	60.065	0.791	<i>Rhsc</i> 철쭉	8	0.364	4.079	0.127	
	<i>Amgl</i> 개머루	16	0.472	40.433	0.664	<i>Aral</i> 팔배나무	7	0.435	78.544	0.110	

*The species labels are the same as in Table 4.

**D: Degree centrality, C: Closeness centrality, B: Betweenness centrality, E: Eigenvector centrality

Chang; 2010)로 사회네트워크에서 노드가 가지는 권력과 영향력이라는 개념으로 개발되었다. 천관산도립공원의 주요 수종에 대한 중심성 분석을 실시한 결과(Table 6)는 다음과 같다. 연결 중심성은 마삭줄, 담쟁이덩굴, 사스레피나무, 벚나무류 순으로 나타났다. 연결중심성 또는 연결정도 중심성은 해당 수종에 연결된 종의 수가 많을수록 그 값이 높아지게 되는데, 많은 연결을 가진 수종은 선택의 폭이 넓기 때문에 많은 기회를 가진다고 본다. 다시 말해, 다른 종보다 폭넓은 지역 혹은 상관식생에서 서식할 수 있는 많은 기회를 가지고 있다는 것을 의미한다. 근접중심성이 높은 수종은 네트워크 내 다른 모든 수종들과 가장 짧은 연결거리를 가지고 있다는 것으로 대체로 근접 중심성이 높은 수종일수록 네트워크의 중앙에 위치하게 된다. 천관산도립공원 식물사회네트워크 내에서는 벚나무류, 밤나무, 때죽나무, 마삭줄, 수리딸기, 감태나무 등의 순으로 근접중심성 값이 높게 나타났다. 매개중심성은 사이 중심성이라고도 하는데, 매개중심성이 높으면 중개자, 문지기의 역할을 한다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 벚나무류, 곶솔, 국수나무, 수리딸기, 사람주나무 순으로 매개중심성 값이 높게 나타났다. 벚나무류

는 1그룹, 2그룹, 3그룹 모든 그룹의 중개자 혹은 다리 역할을 수행하고 있었다. 곶솔과 국수나무는 2그룹과 3그룹, 수리딸기는 1그룹과 2그룹, 사람주나무는 1그룹과 3그룹의 매개자 역할을 수행하고 있는 것으로 파악되었다.

네트워크 중심성이 높은 수종들은 지속가능한 식생관리 및 식생복원사업 시에도 고려해 볼 수 있다. 현재 자연림을 모델로 한 식생관리모델에서는 우점종을 목표종으로 하여 친화수종이 선택되어 관리되고 있지만, 이러한 중심성이 높은 수종을 기반으로 우선적으로 도입하고 세부 식생환경을 고려하여 주요 교목성 수종을 관리하는 것도 지속가능한 식생보전을 위해서도 필요하다고 판단된다.

4. 네트워크 구조

천관산도립공원 식물사회네트워크의 구조를 분석한 결과 (Table 7), 천관산도립공원에서 출현한 수종은 109종이었지만, 출현빈도 5% 이하인 희소종을 제외한 수종은 69종이었다. 연결선 수는 396개로 나타났으며, 1개의 연결선이 두 종을 연

Table 7. Statistics of Plants Social Network on Cheongwansan Provincial Park

Network Properties	Cheongwansan Provincial Park	Busan Metropolitan City*	Mudeungsan National Park**
Nodes	69	195	63
Degree	96	1,709	189
Average Degree	17.855	17.528	6.000
Graph Density	0.169	0.09	0.097
Network Diameter	5	5	7
Average Path Length	2.336	2.268	2.788

* Lee(2018), ** Jang *et al.*(2021)

결하는 종간결합 관계임을 고려하였을 때 연결선 수의 2배인 792개의 관계망을 형성하고 있었다. 노드(수종)에 연결된 선의 평균 개수는 17.855개로 한 수종이 약 17.9종과 종간결합을 갖는다는 것을 뜻한다.

네트워크의 밀도란 네트워크 내에서 전체 수종이 서로 간에 얼마나 많은 관계를 가지고 있는가를 표현하는 것으로, 네트워크에서 연결될 수 있는 모든 연결선 수에서 실제 연결된 연결선 수의 비율을 의미한다(Kim and Chang, 2010). 천관산도립공원의 네트워크 밀도는 0.169로 기존에 연구되었던 부산시 도시 숲 식물사회네트워크(0.090)(Lee, 2018)와 무등산국립공원 식물사회네트워크(0.097)(Jang *et al.*, 2021)보다 더 높은 수치를 보였다. 밀도가 높다는 것은 실제 연결된 연결선 수가 많다는 것을 의미하며, 이는 더 복잡한 구조로 이루어진 네트워크라는 것을 뜻한다.

네트워크 속성 중 지름은 네트워크 내 노드에서 가장 멀리 떨어져 있는 노드까지 거리를 의미하며, 천관산도립공원은 그 값이 5로 나타났으며, 평균 경로거리는 2.336으로 한 수종이 평균 약 2.3단계만에 서로 간 연결된다는 것을 의미한다.

REFERENCES

- Agnew, A.D.Q.(1961) The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. *Journal of Ecology* 49(1): 83-102.
- Bonacich, P.(1987) Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology* 92: 1170-1182.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Byeon, S.Y. and C.W. Yun(2017) Classification of community type by physiognomy dominant species, floristic composition and interspecific association of forest vegetation in Mt. Oseosan. *J. Korean For. Soc.* 106(2): 169-185. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.E.(2012) An analysis of urban leisure space structure using social network analysis. Ph.D. Dissertation, HanYang Univ., 165pp. (in Korean with English abstract)
- Cole, L.C.(1949) The measurement of interspecific association. *Journal of Ecology* 30(4): 411-424.
- Connor, E.F. and D. Simberloff(1983) Interspecific competition and species' co-occurrence patterns on islands: Null models and the evaluation of evidence. *Oikos* 41(3): 455-465.
- Freeman, L.C.(1978) Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks* 1(3): 215-239.
- Hwang, J.H., S.T. Lee, B.B. Kim, B.S. Kwon, H.C. Shin, K.J. Lee and N.C. Park(2005) Standing biomass and inorganic nutrients distribution for a *Camellia japonica* stand at Mt. Cheongwan(Janghueng-gun, Jeonnam). *Korean J. Ecol.* 28(3): 163-168. (in Korean with English abstract)
- Jang, J.E.(2021) The plant social network through the analysis of the plant community structure and the social network. Master's Thesis, Pusan National Univ., 75pp. (in Korean with English abstract)
- Jang, J.E., S.C. Lee, H.M. Kang, S.B. Yu, H.S. Shin and S.H. Choi(2021) The plants social network through the analysis of the plant community structure and the social network-Conducted in Mudeungdan National Park-. *Korean J. Environ. Ecol.* 35(2): 164-180. (in Korean with English abstract)
- Jang, M.J.(2016) A social network analysis on cooperation network typology of the Changshindong fashion cluster in Seoul. Ph.D. Dissertation, Seoul Univ., 218pp. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M., S.G. Park and S.C. Lee(2016) Characteristics of *Pinus densiflora*-Dominant community on the mountain ridges of the Nakdong-Jeongmaek. *Korean J. Environ. Ecol.* 30(4): 751-761. (in Korean with English abstract)
- Kang, J.W. and H.M. Kang(2023) Vegetation characteristics in Cheongwansan Provincial Park. *Korean J. Environ. Ecol.* 37(2): 163-178. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.C. and Y.J. Chung(2011) The flora of Mt. Cheongwan. *Korean J. Environ. Ecol.* 25(3): 253-266. (in Korean with English abstract)

- Kim, H.J. and C.W. Yun(2009) A study on the forest vegetation classification and analysis of interspecific association in Mt. Munsu and Mt. Okseok. *J. Korean For. Soc.* 98(4): 379-391. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W.(1995) Botanical sociology of the *Quercus* Forest. *Society for Forests & Culture* 3: 115-212. (in Korean)
- Kim, M.M.(2015) Analysis of research trend on R&D performance using social network analysis. Master's Thesis, HanYang Univ., 63pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.H. and R.S. Chang(2010) The study on the research trend of social network analysis and the its applicability to information science. *Journal of the Korean society for Information Management* 27(4): 71-87. (in Korean with English abstract)
- Kim, T.Y. and J.S. Kim(2018) Woody plants of Korean Peninsula. *Dolbegae*, 716pp. (in Korean)
- Kim, Y.J., J.E. Lee and Y.R. Lee(2016) Analysis of properties of fashion trading areas using network analysis technique. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles* 40(2): 203-220. (in Korean with English abstract)
- Ko, S.Y., S.H. Han, W.H. Lee, S.H. Han, H.S. Shin and C.W. Yun(2014) Forest vegetation classification and quantitative analysis of *Picea jezoensis* and *Abies hollophylla* stand in Mt. Gyebang. *Korean J. Environ. Ecol.* 28(2): 182-196. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Service(2022) <https://www.foresttrip.go.kr>
- Korea National Arboretum(2022) <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, H.J., D.W. Byun and C.H. Kim(1998) Analysis of interspecific association and ordination on the forest vegetation of Mt. Odae. *Korean J. Ecol.* 21(3): 291-300. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.Y., H.J. Kim, H.S. Shin, S.H. Han, S.Y. Ko, J.H. Song, J.H. Lee, K.H. Jang and C.W. Yun(2014) Community structure of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* forest in Jochimryeong to Shinbaeryeong of the Baekdudaegan. *J. Korean For. Soc.* 103(3): 339-352. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.C.(2018) A study on ecological planting model based on vegetation structure and plant social network analysis in urban forest. Ph.D. Dissertation, Pusan National Univ., 267pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.C., H.M. Kang, S.G. Park, J.B. Baek, C.Y. Yu, I.C. Hwang and S.H. Choi(2022) Analysis of plants social network for vegetation management on Taejongdae in Busan Metropolitan City. *Korean J. Environ. Ecol.* 36(6): 651-661. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.C., S.H. Choi and W. Cho(2020) A study of visualization and analysis method about plant social network used for planting design-Focusing on forest vegetation area in Busan Metropolitan City-. *Korean J. Environ. Ecol.* 34(3): 260-271. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.S.(2010) A preliminary study on the co-author network analysis of korean library & information science research community. *Journal of Korean Library and Information Science Society* 41(2): 297-315. (in Korean with English abstract)
- Lim, D.O. and H.T. Im(2003) Vascular plants of Mt. Cheon-gwan. *Korean J. Environ. Ecol.* 16(3): 296-308. (in Korean with English abstract)
- National Geographic Information Institute(2021) <https://map.fores.t.go.kr>
- Park, B.G. and N.H. Kim(1979) A study of three htyoscoiological techniques on the structure of plant community. *Journal of Korean Research Institute for Better Living* 23: 69-77. (in Korean with English abstract)
- Park, E.H., J.K. Kim, J.H. Lee, H.S. Cho and J.K. Min(2004) Vegetation of liana dominating in the vicinity of Onsan industrial complex. *Korean J. Environ. Ecol.* 27(6): 335-345. (in Korean with English abstract)
- Park, J.S. and Y.R. Lee(2014) Exploring fashion trends using network analysis. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles* 38(5): 611-626. (in Korean with English abstract)
- Scott, J.(2000) *Social network analysis: A handbook*. SAGE Publications, London, 208pp.
- Sohn, D.W.(2002) *Social network analysis*. Kyungmoonsa Publications, Seoul, 254pp. (in Korean)
- Whittaker, R.H.(1962) Classification of natural communities. *Botanical Review* 28: 1-239.