

# 거제도 천장산 일대 상록활엽수림의 식물군집구조 특성<sup>1a</sup>

이광규<sup>2</sup> · 이수동<sup>3\*</sup> · 김지석<sup>4</sup> · 조봉교<sup>5</sup>

## Plant Community Structure Characteristic of the Evergreen Forest, Cheonjangsan(Mt.) at GeoJae<sup>1a</sup>

Gyounggyu Lee<sup>2</sup>, Soo-Dong Lee<sup>3\*</sup>, Ji-Suk Kim<sup>4</sup>, Bong-Gyo Cho<sup>5</sup>

### 요약

본 연구는 거제도에 분포하는 난대림대의 식물군집구조 특성을 파악하기 위하여, 교목층, 아교목층, 관목층에 상록활엽수가 우점하거나 분포하는 천장산 북동사면을 대상으로 조사구를 설정하였다. 조사구는 상록활엽수가 분포하는 능선, 계곡, 경사지 등 천장산을 대표할 수 있는 식생군락과 입지환경의 변화가 있는 지역을 대상으로 31개소의 방형구를 설치하였다. TWINSpan에 의한 군락분류 결과, 참식나무-굴피나무, 참식나무-매죽나무, 참식나무-참회나무, 곰솔-참식나무, 참식나무-졸참나무, 굴참나무-굴피나무 6개 군락으로 구분되었다. 난대림의 천이경향에 의하면, 곰솔, 낙엽활엽수를 거쳐 상록활엽수로 진행된다라는 연구결과를 반영한다면, 곰솔군락 뿐만 아니라 졸참나무, 굴피나무, 굴참나무 등 낙엽활엽수가 우점하거나 경쟁하는 지역도 참식나무가 우점하는 상록활엽수로 천이가 진행될 것이다. 환경요인과 식생분포간의 관계를 살펴보면, 경사도, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, 전기전도도, 물리적 특성 중 점토(clay) 등이 식생분포에 직간접적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

주요어: 환경요인, 천이계열, 참식나무, 경쟁

### ABSTRACT

This study was conducted to understand the plant community structure characteristics of warm-temperate forest in Geoje Island. Survey sites were set up on ridges, valleys, and slopes where evergreen broad-leaved trees predominated or distributed in canopy, sub-canopy, or shrub layers at Chunjangsan(Mt.). Thirty-one sites were located in the areas, such as vegetation community, ridges, valleys, and slopes, to observe vegetation structure and location changes. The community classification with TWINSpan identified six groups: *Neolitsea sericea-Platycarya strobilacea*, *N. sericea-Styrax japonicus*, *N. sericea-Euonymus oxyphyllus*, *Pinus thunbergii-N. sericea*, *N. sericea-Quercus serrata*, and *Q. variabilis-P. strobilacea*. Considering the results of

1 접수 2019년 9월 17일, 수정 (1차: 2019년 10월 29일), 게재확정 2019년 11월 6일

Received 17 September 2019; Revised (1st: 29 October 2019); Accepted 6 November 2019

2 경남과학기술대학교 대학원 조경학과 석사과정 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Gyeongnam National University of Science and Technology, 52725, Korea (zy2376el@naver.com)

3 경남과학기술대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National University of Science and Technology, 52725, Korea (ecoplan@gntech.ac.kr)

4 서울특별시 중부공원녹지사업소 공원여가과 Jungbo Parks & Landscape Management Office, 04628, Korea (gstone1@hanmail.net)

5 경남과학기술대학교 대학원 조경학과 석사 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Gyeongnam National University of Science and Technology, 52725, Korea (bonggyo1@naver.com)

a 이 논문은 2018년도 경남과학기술대학교 기성회연구비로 수행된 연구임

\* 교신저자 Corresponding author: ecoplan@gntech.ac.kr

previous studies that reported that the successional pattern of the warm temperate forests progressed from deciduous to evergreen forests, the regions predominated by deciduous communities such as *P. thunbergii*, *Q. serrata*, *P. strobilacea*, *Zelkova serrata*, and *Q. variabilis*, is likely to transform into the evergreen forest predominated by *N. sericea*. The relationship between the impact of the environmental factors and the vegetation distribution showed that slope, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, electrical conductivity, and clay among physical properties had direct or indirect effects on vegetation distribution.

**KEY WORDS: ENVIRONMENTAL FACTOR, SUCCESSION SERE, NEOLITSEA SERICEA, COMPETITION**

## 서론

상록활엽수는 동아시아의 저지대에서 고지대까지 광범위하게 분포하였으나, 지구온난화, 인간의 침입, 토지이용 변화와 같은 여러 요인에 의한 교란된 상태이다(Nakao *et al.*, 2011; Tagawa, 1995). 우리나라는 16세기를 전후하여 섬에 거주하는 인구 증가와 취사, 난방용 연료채취 등으로 훼손이 시작되었고 19세기 말과 1940~1960년대 일제강점기와 전쟁을 겪으면서 심화되었다고 한다(Oh and Choi, 1993, Lee *et al.*, 2010). 중국 또한 인간의 교란으로 질적인 저하를 겪고 있는데 과거 50년 동안 10년에 한번 꼴로 교란이 있었으며 이로 인해 낙엽활엽수림으로 재편되었다고 하였다(Song *et al.*, 2011). 상록활엽수림대의 거주민은 전통적으로 생계를 위한 목재, 음식, 의약 식물 등 임산물에 의존해서 살아왔기 때문에 인구압이 커지면서 도로, 주택, 산불 등과 같은 교란에 의해 산림이 파편화되고 훼손되어 왔다(Riswan and Hartanti, 1995). 특히, 교란으로 인한 파편화는 생물의 분산 제한, 서식지 변동 등에 영향을 미쳐 야생조류, 양서류, 포유류 등 종다양성 감소를 초래할 수 있다고 밝힌 바 있다(Pattanavibool and Dearden, 2002; Nguyen *et al.*, 2018). 상록활엽수림 교란의 가장 큰 문제점은 회복을 위한 시간을 갖지 못하는 것 뿐만 아니라 교란에 대한 반응이 입지에 따라 다르기 때문에 원상태로 복원하기 어렵다는 것이다(Devi and Yadava, 2006, Ibáñez *et al.*, 2010). 또한, 과거의 영향에 따른 효과가 현재와 미래의 상태에 영향을 미치기 때문에(Geldenhuys and Murray, 1993) 숲의 보전, 복원 및 관리를 위해서는 훼손의 원인과 식생의 원형을 파악하는 것이 필요하다. 우리나라의 경우 상록활엽수가 남해안과 도서 지역에 생육하는 것으로 알려져 있으나 분포 환경, 식생 구조 등에 대한 연구는 부족한 실정임으로 보전 및 관리를 위한 기초조사는 필수적이라는 판단이다.

상록활엽수는 고도가 높아질수록 분포 확률이 낮아지는데 남부 해안의 저지대를 중심으로 해발 400m 이하, 구릉지 및 산악지의 3부 능선 이상의 계곡부가 주요 분포 적지라고 하였다(Yoo *et al.*, 2016). 하지만 온도가 상승함에 따라 고위도와 고산지로 이동하는 경향을 보이며 지형적인 영향을 받을 수는 있으나 온대지역에서는 연간 0.08km 이동하는 것으로 연구된

바 있다(Loarie *et al.*, 2009). 한반도의 경우, 연평균 기온이 0.5℃ 상승하면 서해안과 동해안에서는 약 80km 정도 북상할 것이며, 평균 기온이 5℃ 이상 상승하면 기존 입지보다 해발고도 약 70~140m까지 확산될 것으로 예측한 바 있다(Park *et al.*, 2010). 또한 최한월 최저기온이 상승함에 따라 후박나무, 동백나무 등 난대성 상록활엽수 9종의 분포는 북상할 것으로 예상하였는데 단기적인 영향이라기보다는 누적된 기온 상승의 결과라고 하였다(Park *et al.*, 2016). 남부 해안림의 경우 소나무, 곰솔 등이 우점하고 있지만 기후변화, 간섭, 천이 등 환경변화로 인해 상록활엽수로의 변화를 예상하였다(Cho *et al.*, 2017). Kim *et al.*(2016b, 2018)의 연구에서도 교란이 없는 한 남쪽 해안에 분포하는 상록침엽수와 낙엽활엽수는 경쟁을 거쳐 후박나무, 참식나무 등으로 천이가 진행된다고 하였으므로 난대림대의 훼손지 복원 또는 산림 관리를 위해서는 천이계열을 고려할 필요가 있겠다.

한편, 양호한 상록활엽수림은 생태계 서비스 측면에서 거주민에게 임산자원, 연료, 의약품 등 다양한 물질을 공급할 뿐만 아니라 자연환경의 유지 및 보호에 실질적인 역할을 수행하고 있다(Riswan and Hartanti, 1995). 하지만 우리나라는 일제강점기, 전쟁을 거치면서 훼손된 이후, 관광 활성화라는 명분으로 개발이 진행되면서 교란이 가속화된 측면이 있다. 이러한 식생의 변화는 다른 생물종에도 영향을 미칠 수 있기 때문에(Schowalter, 2006) 정밀한 훼손 실태 조사 및 분석이 요구된다. 하지만 거제도를 대상으로 한 식물군집구조 연구는 천연기념물 제233호 동백나무림 연구(Han *et al.*, 1999)와 한려해상국립공원 거제도지구의 식생천이 계열을 분석한 연구만(Lee *et al.*, 1999a; 1999b) 진행된 바 있다. 따라서, 북병산, 노자산, 가라산, 망산을 연결하는 산림의 동측에 분포하는 상록활엽수림의 식생 특성을 대표하기에는 부족할 뿐만 아니라 식생의 발달 과정은 입지에 따라 다르기 때문에 천이 과정에 있는 식생의 변화 경향을 예측하고 복원을 위한 기초자료로 활용하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다는 판단이다. 이에 본 연구는 거제도에 분포하는 난대림의 실태 파악과 더불어 복원 및 관리 시 기초자료를 제공하고자 천장산 상록활엽수림의 식물군집구조 특성을 조사·분석하고자 진행하였다.

## 연구내용 및 방법

본 연구는 난대림대에 속하는 거제도에 분포하는 식물군집구조 특성을 파악하기 위하여, 교목층, 아교목층, 관목층에 상록활엽수가 우점하거나 출현하는 천장산 북동사면을 대상으로 조사구를 설정하였다. 조사구는 상록활엽수가 분포하는 능선, 계곡, 경사지 등 천장산을 대표할 수 있는 식생군락과 입지환경의 변화가 있는 지역에 31개소의 방형구를 설치하였다(Figure 1). 각 조사구는 10m×10m(100m<sup>2</sup>) 방형구를 기본으로 1~4개소를 함께 설치한 후 주요 환경인자 및 식생구조를 조사하였다. 난대림이라는 입지조건을 확인하고자 한국기후표를 바탕으로 온량지수와 최한월 기온을 파악하였다. 미세지형의 변화가 다양한 입지에서는 상대적으로 길고 좁은 형태의 조사구가 더 효율적이라는 견해를 제시한 연구자도 있으나(Laurance *et al.*, 1998) 정방형과 직사각형은 크게 차이가 없는 것으로 확인됨에 따라 가능한 균질한 군집을 대상으로 정방형의 조사구를 설정한 후(Linares-Palomino *et al.*, 2008), 방형구법(Quadrat Method)을 적용하여 식생구조를 조사하였다. 일반적으로 상록활엽수림 중 불안정한 곳과 방해받지 않는 곳 모두 3개의 층위로 구성되는 것으로 확인된 바 있어(Lalzarzovil and Lalnuntluanga, 2017), 각 방형구내에 출현하는 수종을 대상으로 수관의 위치에 따라 햇빛을 직접 받는 교목층, 중간층의 아교목층, 수고 2m 이하인 관목층으로 구분하여 수종명과 규격을 측정하여 기록하였다. 규격은 흉고직경(DBH) 2cm 이상인 교목 및 아교목층에 대해서는 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭을, 수고 2m 이하인 관목층은 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다. 토양 이화학적 특성을 분석하기 위한 시료는 유기물층을 걷어내고 B층에 해당하는 토양층에서 채취하였다. 토양 pH는 pH meter(MP220, Mettler Toledo, Switzerland)로 측정하는 초자전극법을, 유기물함량은 Walkley-Black법에 따라 정량하였고, 양이온치환능력 1N 초산 암모니아법에 따라 수행하였다. 유효인산은 자외선-가시광선분광광도계(Specord 200plus, Germany)를 이용하여 720nm에서 흡광도를 측정하였고, 전기전도도는 EC Meter(MC226, Mettler Toledo, Switzerland), 토성은 micro-pipette법을 이용하여 분석하였다(National Academy of Agricultural Science, 2000).

식생 조사 자료를 토대로 각 조사구의 수종별 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Percentage: I.P.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치를 수관층위별로 분석하였다(Brower *et al.*, 1977). 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)는 각 종별(상대밀도+상대피도)/2로 계산하였고 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 {(교목층 I.P.×3)+(아교목층 I.P.×2)+(관목층 I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(M.I.P.)를 산정하였다(Park, 1985). 식생조사자료를 바탕으로 군락을 분류하고자

TWINSPAN classification 분석을 실시하였다(Hill, 1979). 종 구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 적용하여 종다양도(Species diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D')를 종합적으로 비교하였으며 Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 유사도지수(Similarity index)를 분석하였다. 또한 각 수목의 세력변화를 비교하고자 흉고직경급별 분포 분석을 실시하였으며 천이 경향에 대해서는 상대우점치, 흉고직경급별 분포 분석 등을 종합적으로 판단하였다. 군락별 종수 및 개체수는 100m<sup>2</sup>를 기준으로 산출하였으며, 다수의 조사구가 설정된 군집은 각 조사구별 평균값을 통하여 비교하였다. 또한 식생 분포와 토양 pH, 전기전도도(EC), 유효인산, 유기물함량(OM), 양이온치환용량(Ca, Mg, K, Na), 경사, 토성 등 14개 환경요인과의 관계를 규명하고자 DCCA를 실시하였다. Ordination방법 중 DCCA는 DCA와 마찬가지로 CCA기법에서 제2축의 왜곡현상을 개선할 수 있다고 하여(Lee *et al.*, 2014) MVSP(Multi-Variate Statistical Package) 3.2 program을 활용하였다.

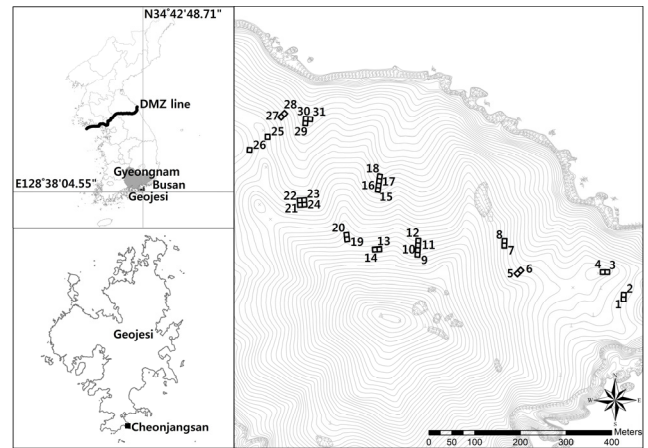


Figure 1. The location map of study site at Cheonjangsan(Mt.), GeoJae.

## 결과 및 고찰

### 1. 기상 개황

우리나라의 상록활엽수 분포는 기온과 한랭지수를 연관하여 설명하고 있는데(Yim and Kira, 1975, 1976; Yim, 1977a, 1977b; Kil and Kim, 1999) 한랭지수는 0~10(Yim, 1977b) 또는 -5.1~7.7(Kil and Kim, 1999)의 범위라고 하였다. 기온과 관련해서는 최한월인 1월 평균기온 -4℃ 이상(Koo *et al.*, 2001) 또는 최저기온 -5.95℃ 이상인 지역(Yun *et al.*, 2011)을 적지로 판단하고 있는데, 남쪽 해안에 한정된다는 것이 공통

적인 견해이다. 1961~1990, 1971~2000, 1981~2010의 기상 특성을 분석한 결과, 1월 평균기온이 1.9~3.5℃로 Koo *et al.*(2001)와 Yun *et al.*(2011)이 상록활엽수 분포 적지로 제시한 최한월 평균기온 -1.7℃ 보다 높았다. 한편, 한랭지수, 강수량, 연평균기온은 각각 2.2~5.0, 1727.8~2007.3mm, 13.9~16.6℃로 나타나 Yim(1977b), Kil and Kim(1999), Federici and Pignatti(1991)가 제시한 강수량 1,500~2,000mm, 겨울온도 0℃이상, 여름온도 22℃ 이상인 상록활엽수 분포지역에 해당하였다. 또한 천장산은 해발고 275m로 Yoo *et al.*(2016)이 분포 범위로 제시한 해발고 400m 이하인 지역과도 일치하였다.

무군락으로 구분되었다. 이상 TWINSpan과 DCA에 의한 군락 분류 결과를 종합해보면, 상록활엽수가 우점하는 참식나무-굴피나무군락, 참식나무-때죽나무군락, 참식나무-참회나무군락과 곰솔, 낙엽활엽수가 참식나무와 경쟁하는 곰솔-참식나무군락, 참식나무-졸참나무군락, 굴참나무-굴피나무군락으로 유형화되었다. 한려해상국립공원의 식물군집구조 연구를 바탕으로 천이를 예측한 결과(Han *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 1999a; 1999b), 상록침엽수와 낙엽활엽수림은 참식나무, 생달나무 중심으로 상록활엽수로 진행된다고 하였는데 유사한 단계인 것으로 판단되었다.

2. Classification 분석

전체 조사구를 대상으로 TWINSpan과 DCA에 의한 군락 분류 결과, 우점종에 따라 상록활엽수가 우점하는 군과 낙엽활엽수와 상록활엽수가 경쟁하는 군으로 그룹 지어졌으나 세부 군락은 다소 차이가 있었다. 우선, DCA에 의하면(Figure 2) 좌측으로부터 참식나무가 우점하는 군, 참식나무와 교목성상의 낙엽활엽수가 경쟁하는 군으로 크게 구분되었다. TWINSpan에 의해서는(Figure 3) 참식나무가 우점하는 군, 참식나무와 곰솔, 졸참나무 등 낙엽활엽수가 경쟁하는 군으로 구분되어 DCA와 유사하였으나 표징종에 따라 세분되었다라는 차이점은 있었다. 즉, 제 I Division에서는 곰솔, 쇠물푸레나무가 출현하는 군과 출현하지 않는 군으로 분리되었는데 제 II Division에서는 광나무가 출현하지 않는 참식나무-굴피나무군락과 그렇지 않는 군으로 구분되었다. 후자는 참회나무, 곰의말채가 출현하는 참식나무-참회나무군락과 출현하지 않는 참식나무-때죽나무군락으로 구분되었다. 곰솔, 쇠물푸레나무가 출현한 군은 굴피나무가 표징종인 굴참나무-굴피나무군락과 출현하지 않는 군으로 구분되었다. 굴피나무가 출현하지 않는 군은 새덕이가 출현하지 않는 곰솔-참식나무군락과 그렇지 않은 참식나무-졸참나무

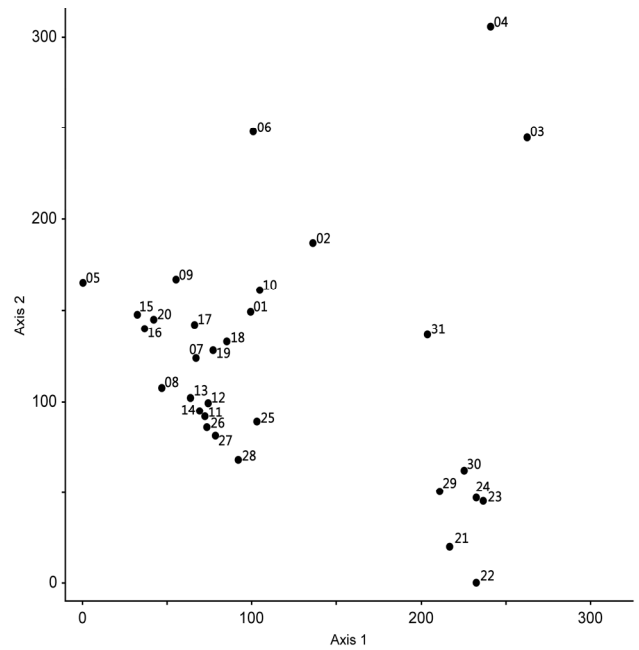


Figure 2. Dendrogram of 31 sites classified by DCA classification.

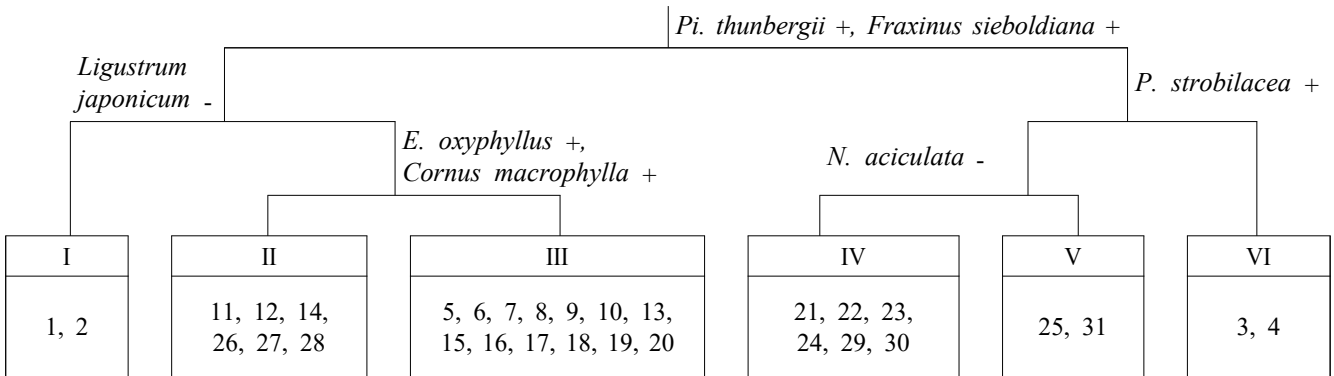


Figure 3. Dendrogram of 31 sites classified by TWINSpan Ordination.

### 3. 일반적 개황

Table 1은 참식나무-굴피나무, 참식나무-때죽나무, 참식나무-참회나무, 곰솔-참식나무, 참식나무-졸참나무, 굴참나무-굴피나무 등 6개 군락의 일반적 개황을 나타낸 것이다. 참식나무-굴피나무군락은 해발고 87m, 경사도 31°인 북동사면에 출현하였는데 해풍의 영향을 직접 받는 급경사지대에 입지하였다. 교목층은 식피율 80%로 참식나무, 굴피나무가, 하층의 식피율은 아교목층 40%, 관목층 30%로 참식나무, 후박나무가 우점하였다. 하층에서 후박나무가 우점종인 본 군락은 Kang *et al.*(2014) 등이 후박나무 적지라고 제시한 해발고 100m 이하, 경사도 15~30°와 유사한 입지였다. 참식나무-때죽나무군락은 해발 83~176m, 경사도 24~30°인 북사면의 계곡부를 중심으로 분포하였다. 교목층은 식피율 80%로 참식나무가, 아교목층은 30~40%로 참식나무, 때죽나무가, 관목층은 10%로 참식나무와 만경목인 마삭줄이 주요 출현종이었다. 참식나무-참회나무군락은 해발 95~176m, 경사도 24~32°인 주로 고지대와 계곡부를 중심으로 분포하였는데 교목층은 식피율 80%로 참식나무, 곰의말채, 졸참나무가, 아교목층은 30~50%로 조사구별로 차이는 있었으나 참식나무, 사람주나무, 참회나무 등이 출현하였다. 관목층은 5~20%로 생달나무, 참식나무, 마삭줄이 우점하였다. 천장산의 최고 해발고는 275m로 상록활엽수림의 분포한계인 해발 400~600m (Yim *et al.*, 1990; Yoo *et al.*, 2016) 이하에 포함되었다. 북동사면에 분포하는 상록활엽수림의 상층은 평균수고 15m 내외인 참식나무의 밀도가 높은 반면에, 관목층은 다소 빈약하였는데 이는 상록활엽수에 의한 피압

이 다른 종을 억제한다라고 한 Kim *et al.*(1984)의 연구와 유사한 결과이었다.

곰솔-참식나무군락은 해발고 61~113m, 경사도 8~30°인 능선부와 계곡의 완만한 지역에 분포하였다. 교목층은 식피율 70~80%로 곰솔이, 아교목층은 30~50%로 참식나무, 사스레피나무 등이, 관목층은 30~40%로 참식나무, 새덕이 등 상록활엽수가 우점종이었다. 참식나무-졸참나무군락은 해발고 61~112m, 경사도 22~30°인 북사면에 설치한 것으로 교목층은 식피율 80%로, 아교목층은 30~50%로, 관목층은 50%이었다. 교목, 아교목, 관목층에서 참식나무가 우점하였고 관목층에서는 백서향나무, 새덕이 등이 출현하였다. 굴참나무-굴피나무군락은 해발고 107m, 경사도 40°인 능선부와 계곡부 급경사지에 분포하였다. 교목층은 식피율 80%로 굴참나무, 굴피나무가, 아교목층은 50%로 소사나무, 쇠물푸레나무가, 관목층은 40%로 상록활엽수인 참식나무와 진달래, 작살나무가 우점종이었다. 천장산 일대에 설치한 조사구 대부분에서 참식나무가 상층과 하층에서 우점하는 것으로 조사되었을 뿐만 아니라 관목층의 피도가 낮은 것으로 나타나(Nakao *et al.*, 2011) 상록활엽수의 천이가 진행 중인 것으로 판단되었다.

### 4. 식물군집구조

#### 1) 상대우점치

Table 2는 군락별 주요 출현종의 상대우점치 및 평균상대우점치를 나타낸 것이다. 참식나무-굴피나무군락의 교목층에서는 참식나무(I.P.: 46.6%)와 굴피나무(I.P.: 21.7%)가 우점종이었

Table 1. General description of the physical and vegetation of the surveyed site

Community name	<i>N. sericea</i>	<i>N. sericea</i>	<i>N. sericea</i>	<i>Pi. thunbergii</i>	<i>N. sericea</i>	<i>Q. variabilis</i>	
	- <i>P. strobilacea</i>	- <i>S. japonicus</i>	- <i>E. oxyphyllus</i>	- <i>N. sericea</i>	- <i>Q. serrata</i>	- <i>P. strobilacea</i>	
Altitude(m)	87	83, 111, 163, 176	95, 103, 118, 125, 172, 165, 176	61, 112, 113	61, 112	107	
Aspect	N50E	N26E, N76E	N4E, N5E, N26E, N10W	N30W, N75E, N30W	N76E, N35E	S85E	
Slope(°)	31	24, 30	24, 27, 30, 32	8, 10, 30	22, 30	40	
Height(m)	14(12~15)	15(14~17)	16(13~18)	16(14~20)	16(14~18)	12(10~14)	
Canopy	Coverage(%)	80	80	80	70, 80	80	80
	DBH(cm)	16(15~20)	18(15~25)	20(13~25)	24(15~25)	22(15~30)	14(12~17)
	Height(m)	7(4~10)	9(5~12)	7(3~12)	8(2~10)	10(5~15)	6(4~7)
Sub-canopy	Coverage(%)	40	30, 40	30, 40, 50	30, 40, 50	30, 50	50
	DBH(cm)	7(3~8)	7(2~8)	6(2~8)	7(2~10)	11(2~20)	6(3~8)
	Height(m)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Shrub	Coverage(%)	30	10	5, 10, 20	30, 40	10, 30	40

Table 2. Importance percentage of major woody plants by the stratum in 6 communities

Scientific Name	<i>N. sericea</i> - <i>P. strobilacea</i>				<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>				<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>			
	UIV	MIV	LIV	MIV	UIV	MIV	LIV	MIV	UIV	MIV	LIV	MIV
<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-	1.3
<i>Acer mono</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	2.0	0.1	1.1
<i>C. macrophylla</i>	6.3	-	-	3.1	-	-	-	-	10.8	1.4	-	5.8
<i>L. japonicum</i>	-	6.9	-	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. variabilis</i>	6.6	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. strobilacea</i>	21.7	-	-	10.9	-	-	-	-	4.9	0.6	0.2	2.7
<i>Litsea japonica</i>	-	-	7.1	1.2	-	-	0.9	0.2	-	0.2	0.3	0.1
<i>Meliosma myriantha</i>	4.0	11.7	-	5.9	-	-	-	-	-	5.6	4.3	2.6
<i>Z. serrata</i>	-	1.3	-	0.4	4.5	-	-	2.3	7.6	5.4	-	5.6
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	-	5.5	1.1	2.0	-	-	-	-	-	5.6	-	1.9
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	3.9	1.0
<i>S. japonicus</i>	14.8	3.8	-	8.7	7.7	14.9	-	8.8	5.3	8.4	-	5.5
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	-	-	6.0	1.0	-	3.9	3.3	1.8	-	0.5	6.6	1.3
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	1.6	0.1	1.7
<i>Eurya japonica</i>	-	3.5	-	1.2	-	-	-	-	-	0.5	-	0.2
<i>C. kousa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	-	1.4
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	0.1	1.9	1.9	0.4	1.7
<i>Cinnamomum japonicum</i>	-	18.2	8.5	7.5	-	-	0.5	0.1	-	0.2	1.2	0.3
<i>Mallotus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	2.0	-	2.1
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	5.6	-	-	2.8
<i>N. sericea</i>	46.6	23.8	75.2	43.7	86.6	71.6	89.2	82.0	55.5	25.5	66.4	47.3
<i>E. oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	0.9	-	0.3	-	14.7	5.7	5.8
<i>M. oldhamii</i>	-	7.6	-	2.5	-	-	-	-	-	2.5	-	0.8
<i>Machilus thunbergii</i>	-	16.9	-	5.6	-	3.1	-	1.0	-	3.7	4.2	1.9
<i>Ne. aciculata</i>	-	-	-	-	-	2.3	2.9	1.2	-	-	-	-
Etc.(M.I.P <1.0)	<i>Hedera rhombea</i> , <i>Ficus erecta</i> , <i>Smilax china</i> (0.7)				<i>Actinidia arguta</i> , <i>Daphne kiusiana</i> , <i>Akebia quinata</i> , <i>Celtis sinensis</i> (2.2)				<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>Celastrus orbiculatus</i> , <i>Ac. arguta</i> , <i>Stauntonia hexaphylla</i> , <i>Alangium platanifolium</i> var. <i>macro-phyllum</i> , <i>D. kiusiana</i> , <i>Weigela subsessilis</i> Bailey, <i>Elaeagnus glabra</i> , <i>Sapium japonicum</i> , <i>Morus bombycis</i> , <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> , <i>Ak. quinata</i> , <i>Albizia julibrissin</i> , <i>Ardisia japonica</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Fi. erecta</i> , <i>Sm. china</i> , <i>Zanthoxylum piperitum</i> , <i>Sorbus alnifolia</i> , <i>Ce. sinensis</i> , <i>Aphananthe aspera</i> , <i>E. alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i> , <i>Corylus sieboldiana</i> (5.5)			

(Table 2. continued)

Scientific Name	<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>				<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>				<i>Q. variabilis</i> - <i>P. strobilacea</i>			
	UIV	MIV	LIV	MIV	UIV	MIV	LIV	MIV	UIV	MIV	LIV	MIV
<i>W. hortensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	4.3	1.9
<i>Pi. thunbergii</i>	84.8	2.1	-	43.1	13.0	-	-	6.5	-	-	-	-
<i>L. japonicum</i>	-	0.9	-	0.3	-	5.4	2.3	2.2	-	-	-	-
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	13.0	-	-	6.5	35.0	-	-	17.5
<i>P. strobilacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	31.3	3.3	0.7	16.9
<i>Li. japonica</i>	-	-	0.9	0.2	-	-	8.5	1.4	-	-	-	-
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	-	3.4	-	1.1	-	-	-	-	-	6.2	-	2.1
<i>V. erosum</i>	-	1.3	1.3	0.6	-	-	-	-	-	2.5	3.8	1.5
<i>S. japonicus</i>	1.4	4.2	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	-	-	2.4	0.4	-	-	-	-	-	-	8.2	1.4
<i>Sa. japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.3	-	1.5
<i>Eu. japonica</i>	-	5.4	-	1.8	-	5.7	10.6	3.7	-	2.8	4.7	1.7
<i>Pr. sargentii</i>	-	2.5	-	0.9	4.9	11.5	0.4	6.3	4.3	7.2	-	4.6
<i>Lin. obtusiloba</i>	-	0.6	-	0.2	-	-	-	-	-	2.6	3.4	1.4
<i>Ci. japonicum</i>	-	4.0	2.9	1.8	-	2.8	10.6	2.7	-	1.5	0.6	0.6
<i>Pi. densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	12.8	-	-	6.4
<i>Car. coreana</i>	-	1.2	-	0.4	-	-	-	-	7.9	20.7	-	10.8
<i>F. sieboldiana</i>	-	6.4	1.0	2.3	-	-	-	-	-	22.7	-	7.6
<i>Ca. japonica</i>	-	0.7	1.9	0.5	-	-	-	-	-	1.0	5.5	1.3
<i>Q. serrata</i>	8.1	5.1	0.2	5.8	15.7	-	-	7.9	8.8	6.4	-	6.5
<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.7	1.5
<i>N. sericea</i>	5.8	38.7	60.5	25.9	49.6	69.3	65.7	58.8	-	7.4	41.4	9.4
<i>So. alnifolia</i>	-	11.1	0.2	3.7	-	-	-	-	-	3.1	-	1.0
<i>Ce. sinensis</i>	-	-	-	-	4.0	-	-	2.0	-	0.8	-	0.3
<i>Ne. aciculata</i>	-	6.3	15.2	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Etc.(M.I.P <1.0)	<i>Ma. thunbergii</i> , <i>Ampelopsis heterophylla</i> for. <i>citralloides</i> , <i>Am. heterophylla</i> , <i>Stephanandra incisa</i> , <i>M. myriantha</i> , <i>Z. serrata</i> , <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , <i>Ilex macropoda</i> , <i>Camellia japonica</i> , <i>D. kiusiana</i> , <i>El. glabra</i> , <i>Lin. erythrocarpa</i> , <i>Pourthiaea villosa</i> , <i>Co. sieboldiana</i> , <i>E. oxyphyllus</i> , <i>Sm. china</i> , <i>Za. piperitum</i> , <i>Mo. bombycis</i> , <i>Ce. aurantiaca</i> (4.3)				<i>Ma. thunbergii</i> , <i>D. kiusiana</i> , <i>Ak. quinata</i> , <i>Mo. bombycis</i> (2.2)				<i>St. incisa</i> , <i>Kadsura japonica</i> , <i>Sy. chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>I. macropoda</i> , <i>Cam. japonica</i> , <i>Lin. glauca</i> , <i>Rhus sylvestris</i> , <i>Rubus crataegifolius</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , <i>Rosa multiflora</i> , <i>E. oxyphyllus</i> , <i>Sm. china</i> , <i>Za. piperitum</i> (4.6)			

다. 아교목층은 참식나무(I.P.: 23.8%), 생달나무(18.2%), 후박나무(16.9%), 나도밤나무(I.P.: 11.7%), 관목층은 참식나무(I.P.: 75.2%)가 우점하였다. 참식나무-매죽나무군락의 교목층, 아교목층, 관목층에서는 참식나무가 상대우점치(I.P.) 86.6%,

71.6%, 89.2%로 순군락을 형성하고 있었다. 교목층와 아교목층의 동반종은 매죽나무(I.P.: 7.7%, 14.9%)였으나 세력은 미미하였다. 본 군락은 이미 참식나무로의 천이가 진행되었으므로, 교란이 없다면 현상태가 유지될 것으로 판단되었다. 저지대

에 분포하면서 참회나무가 표징종인 참식나무-참회나무군락의 교목층에서는 참식나무(I.P.: 55.5%), 곰의말채(I.P.: 10.8)가, 아교목층은 참식나무(I.P.: 25.5%)가 우점종이었고 교목성상의 느티나무(I.P.: 5.4%), 아교목성상의 당단풍나무, 때죽나무, 참회나무 등이 주요 출현종이었다. 참식나무 우점군락은 토양층위가 발달할 수 있는 정상부의 완경사지를 중심으로 분포하였는데 하층에 참식나무를 포함한 다양한 상록활엽수종이 혼효되어 있는 것이 특징이라고 한 Kim *et al.*(2005)의 연구 결과와 일치하는 특성이었다.

곰솔-참식나무군락은 교목층에서는 곰솔(I.P.: 84.8%)이, 아교목층에서는 참식나무(I.P.: 38.7%), 팔배나무(I.P.: 11.1%), 관목층에서는 참식나무(I.P.: 60.5%)가 우점종이었다. 본 군락은 완만한 계곡 지형에 분포하였는데 교목층에서는 졸참나무, 참식나무 등이 1~2개체 출현하였으나 아교목층과 관목층에서는 참식나무를 제외하면 다른 수종의 출현은 미미하였다. 남부해안지역은 교란 이후 곰솔, 소나무 등이 우점하고 있었으나 기후변화와 천이 과정에 의해 상록활엽수로의 변화를 예측한 바 있다(Cho *et al.*, 2017; Lee and Ahn, 2013). 대산지에서도 곰솔이 우점하고 있으나 하층에서의 세력이 약화되는 반면에 참식나무, 생달나무 등 상록활엽수의 세력이 우세해지고 있었는데 이는 천이가 진행되는 과정인 것으로 판단되었다. 참식나무-졸참나무군락의 교목층에서는 참식나무(I.P.: 49.6%), 곰솔(I.P.: 13.0%), 굴참나무(I.P.: 13.0%), 졸참나무(I.P.: 15.7%) 등이 혼재되어 있었다. 아교목층과 관목층에서는 참식나무가 상대우점치(I.P.) 69.3%, 65.7%로 우점종이었고 산벚나무, 생달나무, 사람주나무, 까마귀쪽나무 등이 주요 출현종이었다. 저지대에 분포하는 굴참나무-굴피나무군락의 교목층에서는 굴참나무(I.P.: 35.0%), 굴피나무(I.P.: 31.3%)가, 아교목층은 소나무(I.P.: 20.7%), 쇠물푸레나무(I.P.: 22.7%)가 우점종이었다. 관목층에서는 참식나무(I.P.: 41.4%)가 우점종이었고 쥐똥나무, 작살나무 등이 주요 동반종이었다. 낙엽활엽수군락 중 굴피나무군락은 상록활엽수인 참식나무에 의해, 졸참나무-낙엽활엽수군락은 상호경쟁에 의해 식생의 변화가 예상되었다. 일반적으로 상록활엽수가 주를 이루는 곳을 난대로 정의(Jung and Lee, 1965)하는 경우도 있는데 이들 난대림대의 도서지역은 잠재식생인 상록활엽수로 천이가 진행될 수 있다라는 Kim *et al.*(1984)의 연구 결과를 반영한다면 졸참나무, 굴피나무, 굴참나무 등 낙엽활엽수가 우점하거나 경쟁하는 지역도 시간이 경과함에 따라 참식나무가 우점하는 상록활엽수로 천이가 진행될 것으로 판단되었다.

## 2) 흉고직경급별 분포

군락별 주요 출현종의 흉고직경급별 분포를 살펴보면 (Table 3) 참식나무-굴피나무군락에서는 참식나무가 DBH 2~27cm 사이에 각 등급별로 1~6개체가 출현하였으며 관목층

에서는 188개체가 출현하여 참식나무가 우점하는 안정적인 군락이 형성된 것으로 판단되었다. 이 외에 생달나무와 후박나무가 DBH 2~17cm 구간에 각각 12개체, 10개체, 관목층에서는 생달나무 20개체가 출현하였다. 참식나무-때죽나무군락에서는 참식나무가 DBH 22cm 미만에서는 각 등급별로 약 20개체, 이상에서는 1~9개체, 관목층에서는 904개체 출현하였다. 때죽나무는 DBH 7~22cm 구간내에 8개체 이하가 출현하였으나 아교목성상으로 경쟁은 없을 것이다. 참식나무-참회나무군락에서는 참식나무가 DBH 7~37cm 구간내에 4~18개체씩 분포하였고 이 외에 고로쇠나무, 곰의말채, 굴피나무, 느티나무 등이 출현하였으나 하층으로 갈수록 개체수는 적어져 참식나무가 우점하는 현상태를 유지할 것이다. 난대림의 식생천이 계열은 낙엽활엽수에서 참식나무, 후박나무 등 상록활엽수로의 진행을 예측하고 있어(Oh and Cho, 1994) 교란이 없는 한 참식나무가 우점하는 현상태가 지속될 것이다. 곰솔-참식나무군락에서 곰솔은 DBH 12cm 이상에서 등급별로 1~8개체씩 출현하였으나 DBH 12cm 미만과 관목에서는 출현하지 않았다. 반면, 참식나무는 DBH 32cm 이상에서는 출현하지 않았으나 DBH 22cm 이하에서는 등급별로 5~49개체씩 출현하였고 관목층에서는 672개체가 출현하여 장기적으로는 참식나무가 우점하는 군락으로 변화할 것이다. 지심도, 비진도의 경우에도 상록활엽수림이 분포하였으나 인간의 간섭에 의해 파괴된 후 곰솔이 침입하여 우점하였던 것이, 간섭이 중단되면서 참식나무, 후박나무, 구실잣밤나무 등 상록활엽수림으로 천이가 진행된 것으로 예측한 바 있다(Kim *et al.*, 1984; Lee *et al.*, 2016). 또한 곰솔의 경우 상록활엽수와 경쟁에서 도태된다고 하였으므로 (Lee *et al.*, 2010) 향후 참식나무로의 천이가 진행될 것이다. 참식나무-졸참나무군락에서는 참식나무가 DBH 2~52cm 사이에 각 등급별로 1~6개체, 관목층에 568개체가 출현하였다. 졸참나무는 DBH 2~17cm에 1~2개체가 관찰되었을 뿐만 아니라 Oh and Cho(1994), Lee *et al.*(2016) 등이 예측한 천이계열에 있어서도 상록활엽수가 우점하는 식생은 그 상태를 유지한다고 하였으므로 현상태를 유지할 것이다. 굴참나무-굴피나무군락에서는 굴참나무가 DBH 27cm 이상에서 각각 5개체, 1개체가, 굴피나무는 DBH 22cm 이하에서 등급별로 1~3개체가 관찰되었다. 반면에 참식나무는 DBH 2~7cm에서 7개체, 관목층에서는 160개체가 관찰되어 당분간은 현상태를 유지하겠다. 다만, 상록활엽수가 우점하는 지역은 교란으로 장수하는 활엽수 위주의 숲으로 재편되는 경향이 있으나(Song *et al.*, 2011) 외부 요인이 제거되면 다시 원래대로 회복되는 것으로 밝힌 바 있어(Oh and Cho, 1994; Cho *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018) 장기적으로는 상층부와 하층부에서 세력이 우세한 참식나무로의 천이가 예상되었다. 밀도가 높은 참식나무, 후박나무 등 상록활엽수림은 현재의 식생구조에서 급격한 변화를 기대하기는 어렵기 때문에(Han *et al.*, 2007; Lee and Ahn, 2013)



Table 3. The distribution of major woody species' DBH by 6 communities

SITE	Scientific Name	SH	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
1	Ci. japonicum	20	7	4	1	-	-	-	-	-	-	-
	N. sericea	188	17	2	6	2	1	-	-	-	-	-
	Ma. thunbergii	-	4	5	1	-	-	-	-	-	-	-
2	Z. serrata	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-
	N. sericea	904	21	14	21	20	9	4	1	-	-	-
	S. japonicus	-	-	2	8	1	-	-	-	-	-	-
3	A. mono	4	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-
	C. macrophylla	-	-	3	7	3	2	-	-	-	-	-
	P. strobilacea	4	-	1	-	2	1	-	1	-	-	-
	Z. serrata	-	1	7	6	2	-	1	-	-	-	-
	Ci. japonicum	24	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Q. serrata	-	-	1	3	3	-	-	-	-	-	-
4	N. sericea	1428	36	14	8	18	15	7	4	-	1	-
	Pi. thunbergii	-	-	-	5	5	7	8	3	4	3	1
	Q. serrata	4	1	4	3	2	1	-	-	-	-	-
	N. sericea	672	49	11	5	5	-	1	-	-	-	-
	Ne. aciculata	164	5	2	2	-	-	-	-	-	-	-
5	Q. serrata	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-
	N. sericea	568	6	2	3	2	3	3	-	1	-	-
6	Q. variabilis	-	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-
	P. strobilacea	4	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-
	Q. serrata	-	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-
	N. sericea	160	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*\* SH:Shrub, D2:2<=ba<7, D3:7<=ba<12, D4:12<=ba<17, D5:17<=ba<22, D6:22<=ba<27, D7:27<=ba<32, D8:32<=ba<37, D9:37<=ba<42, D10:42<=ba<47, D11:47<=ba<52

다음 단계의 천이 경향을 파악하기 위해서는 장기간의 관찰이 필요한 것으로 판단되었다.

### 3) 종다양도 및 유사도지수

군락별 종다양도를 살펴보면(Table 4) 굴참나무-굴피나무(1.1253), 곰솔-참식나무군락(0.8457), 참식나무-참회나무군락(0.6516), 참식나무-굴피나무군락(0.6403)이 높은 반면에, 참식나무군락, 참식나무-졸참나무군락은 각각 0.1920, 0.2346으로 낮았다. 곰솔-참식나무군락, 굴참나무-굴피나무군락에서 높은 것은 천이 진행 단계에서는 종다양도가 높아진다고 한 Kwak *et al.*(2013)의 연구결과와 일치하였다. 낙엽활엽수군락의 종다양성이 높은 것은 상록활엽수로의 천이가 진행되는 과정으로 하층에 참식나무, 후박나무 등 다양한 종이 출현한 것이 그 원인으로 사료되었다(Oh and Jee, 1995). 종다양도가 낮은 참식

나무-매죽나무군락, 참식나무-졸참나무군락은 종수도 적었을 뿐만 아니라 교목층 상록활엽수인 참식나무의 밀도가 높아 그늘로 인해 하층식생의 생육이 불량한 것이 그 원인으로 분석되었다.

군락간 유사도지수(Table 5)는 참식나무-굴피나무군락과 참식나무-참회나무군락, 참식나무-매죽나무군락과 참식나무-졸참나무군락이 각각 64.54%, 60.43%로 가장 유사성이 높았다. 그 외에 참식나무-굴피나무군락과 참식나무-매죽나무군락, 참식나무-졸참나무군락, 참식나무-매죽나무군락과 참식나무-참회나무군락, 참식나무-참회나무군락과 참식나무-졸참나무군락 간에 50% 이상으로 유사하였다. 반면에 굴참나무-굴피나무군락과 다른 군락과의 유사도는 30%미만으로 분석되어 이질적인 것으로 나타났다. 이는 현상태의 군락들이 천이가 진행되어 특화된 군락으로 발달된 것이 그 원인으로 판단되었다. 특히, 낙엽활엽수가 우점하는 굴참나무-굴피나무군락과 상록활엽수인 참

Table 4. 6 communities' species diversity indices

(units : 100m<sup>2</sup>)

Community name	H'(shannon)	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
<i>N. sericea</i> - <i>P. strobilacea</i>	0.6403	0.5101	0.4899	1.2553
<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>	0.1920	0.1675	0.8325	1.1461
<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>	0.6516	0.3941	0.6059	1.6532
<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>	0.8457	0.5393	0.4607	1.5682
<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>	0.2346	0.2047	0.7953	1.1461
<i>Q. variabilis</i> - <i>P. strobilacea</i>	1.1253	0.7411	0.2589	1.5185

Table 5. Similarity index among 6 communities

Community name	<i>N. sericea</i> - <i>P. strobilacea</i>	<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>	<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>	<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>	<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>
<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>	55.09	-	-	-	-
<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>	64.54	58.66	-	-	-
<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>	33.86	30.85	37.32	-	-
<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>	54.39	60.43	53.34	43.89	-
<i>Q. variabilis</i> - <i>P. strobilacea</i>	28.48	11.50	24.11	26.38	29.50

식나무가 우점하는 군락과의 유사도는 20% 미만으로 이질적인 정도를 넘어서서 공존가능성이 없는 것으로 나타났는데, 이는 종간 상호경쟁으로 인한 배타성과 능선부 또는 계곡부의 입지적인 차이 때문인 것으로 사료되었다.

#### 4) 종수 및 개체수

조사구별 출현 종수는 2~28종이었고 군락별 평균 출현 종수는 5~25종이었으며 굴참나무-굴피나무군락, 곰솔-참식나무군락, 참식나무-굴피나무군락의 경우 비교적 다양한 종이 출현하였다(Table 6). 군락별 전체 출현 종수와 평균 출현 종수의 차이가 큰 것은 설정된 조사구의 수가 많고 비교적 다양한 환경

Table 6. Mean analysis of the number of 6 communities' species and individuals

(units : 100m<sup>2</sup>)

Community name	<i>N. sericea</i> - <i>P. strobilacea</i>	<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>	<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>	<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>	<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>	<i>Q. variabilis</i> - <i>P. strobilacea</i>
Plot	1, 2	11, 12, 14, 26, 27, 28	5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20	21, 22, 23, 24, 29, 30	25, 31	3, 4
Total	165.5(146.0~185.0)	179.5(106.0~232.0)	167.0(69.0~384.0)	225.3(152.0~287.0)	326.0(201.0~451.0)	222.0(204.0~240.0)
Canopy	8.5(5.0~12.0)	9.7(7.0~12.0)	7.6(5.0~14.0)	7.2(3.0~10.0)	8.0(5.0~11.0)	8.0(7.0~9.0)
Understory	33.0(32.0~34.0)	9.8(7.0~13.0)	18.5(8.0~33.0)	29.5(12.0~44.0)	10.0(6.0~14.0)	34.0(25.0~43.0)
Shrub	124.0(100.0~148.0)	160.0(88.0~212.0)	140.9(40.0~356.0)	188.7(132.0~244.0)	308.0(184.0~432.0)	180.0(152.0~208.0)
Species No.	14.0(12.0~16.0)	4.7(2.0~7.0)	14.4(8.0~21.0)	17.2(12.0~22.0)	9.5(8.0~11.0)	25.0(22.0~28.0)

조건의 지역에 고르게 분포하고 있어 아교목층 및 관목층을 형성하는 수목의 구성이 다르게 나타났기 때문인 것으로 보인다.

군락별 100m<sup>2</sup>당 출현 개체수는 교목층 7.2~9.7개체, 아교목층 9.8~34.0개체, 관목층 124.0~308.0개체이었다. 참식나무-때죽나무에서 교목층이 9.7개체로 가장 많았고 참식나무-굴피나무군락, 참식나무-졸참나무군락, 굴참나무-굴피나무군락이 8개체 이상이었다. 아교목층은 굴참나무-굴피나무군락과 참식나무-굴피나무군락, 곰솔-참식나무군락에서 약 30개체 이상이 출현하였으나 참식나무-졸참나무군락, 참식나무-때죽나무군락은 10개체 이하로 나타났다. 관목층은 참식나무-졸참나무군락이 308개체로 가장 많았고 타 군락은 약 100개체가 출현하였다. 교목층에 다양한 수종이 출현하여 경쟁하는 낙엽활엽수군락, 참식나무-낙엽활엽수군락의 경우 개체수가 많았는데 참식나무로 천이가 진행된 군락의 경우 적었다. 상록활엽수는 낙엽활엽수의 생장을 제한하는 요인으로 작용하는데(Nakao *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 1984) 참식나무가 상층과 하층에서 우점하는 대부분의 조사구에서 관목층의 피도가 낮은 것에서 짐작컨대, 이들 수종으로 천이가 진행되었거나 진행 중인 것으로 예측할 수 있겠다.

5) 토양의 이화학적 특성

군락별 토양이화학적 특성을 살펴보면(Table 7) 토양산도(pH)는 4.36~5.55로 나타났으나 참식나무-졸참나무(5.55), 곰솔-참식나무(5.38), 참식나무-때죽나무(5.3)로 약산성인 것으로 분석되었다. Kim *et al.*(2013)이 조사한 상록활엽수 분포지

역의 pH 6.0 보다 낮았는데 이는 상록활엽수가 분포하는 입지 자체가 다소 급경사인 것이 원인으로 판단되었다. 전기전도도는 평균 0.069~0.086dS/m로 전 조사구에서 낮았고 군락별로는 참식나무-참회나무군락 0.086dS/m, 참식나무-때죽나무군락 0.082dS/m, 참식나무-졸참나무군락 0.076dS/m 등으로 편차는 크지 않았다. 유기물함량은 평균 4.12~7.00%이었으며, 참식나무-굴피나무 7.00%, 참식나무-참회나무 6.55%로 높았던 반면, 나머지 군락은 4.12~4.69%로 낮았다. 참식나무는 비옥한 토양에서, 졸참나무는 토양 양료와 부의 상관관계를 나타낸다는 연구결과와 일치하였다(Oh, 1994). 해안에 분포하는 상록활엽수림의 유기물 함량 5.13~6.12%(Kim *et al.*, 2013), 9.3~17.2%(Lee *et al.*, 2016)와 비교하면 낮은 것으로 나타났다. 토성은 참식나무-굴피나무군락과 참식나무-참회나무군락의 모래성분이 50% 이상이었고 그 외 군락은 실트성분이 높았다.

6) 환경요인과의 관계 분석

31개 조사구의 산림식생을 6개 군락으로 분류하여 해발고, 경사 등 지형적 특성과 토양의 이화학적 특성 등 14개의 환경요인과 DCCA ordination을 분석한 결과, eigen value 값이 80% 이상인 1축과 2축을 선정하여 도식화 하였다(Figure 4). 그 결과, 경사도, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, 전기전도도, 물리적 특성 중 점토(clay) 등이 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 나타났다. 제 1축에서 경사도 외에 전기전도도, 점토 등이 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 제 2축에서는 뚜렷하지 않았다. 참식나무-참회나무군락과 굴참나무-굴피나무군락은 경사도가 급한 지

Table 7. Soil physics and chemistry characteristics of 6 communities

Community name	pH	EC (dS/m)	Avail-P (mg/kg)	T-N	OM (%)	Ca	Mg (cmol/kg)	K	Na	Sand	Silt	Clay
<i>N. sericea</i> - <i>P. strobilacea</i>	4.36	0.072	1.26	0.44	7.00	0.154	0.05	0.098	0.097	61.0	34.8	4.2
<i>N. sericea</i> - <i>S. japonicus</i>	5.30 (5.03 ~5.42)	0.082 (0.075 ~0.102)	2.32 (1.05 ~3.37)	0.25 (0.17 ~0.40)	4.36 (3.81 ~6.35)	0.230 (0.148 ~0.355)	0.048 (0.037 ~0.070)	0.104 (0.101 ~0.116)	0.099 (0.097 ~0.099)	40.4 (34.1 ~54.6)	53.2 (36.8 ~59.9)	6.6 (6.1 ~8.2)
<i>N. sericea</i> - <i>E. oxyphyllus</i>	5.16 (4.36 ~5.52)	0.086 (0.064 ~0.105)	3.48 (1.05 ~6.25)	0.41 (0.26 ~0.54)	6.55 (3.53 ~10.67)	0.286 (0.095 ~0.523)	0.059 (0.014 ~0.079)	0.110 (0.098 ~0.117)	0.102 (0.096 ~0.121)	51.6 (36.9 ~61)	43.9 (34.8 ~57.8)	4.5 (3.3 ~8.6)
<i>Pi. thunbergii</i> - <i>N. sericea</i>	5.38 (5.18 ~5.79)	0.069 (0.065 ~0.076)	1.26 (0.21 ~3.37)	0.31 (0.3 ~0.32)	4.39 (4.37 ~4.43)	0.236 (0.157 ~0.393)	0.053 (0.046 ~0.068)	0.099 (0.099 ~0.099)	0.092 (0.091 ~0.093)	48.1 (46.6 ~51.1)	44.6 (40.5 ~46.7)	7.2 (6.7 ~8.3)
<i>N. sericea</i> - <i>Q. serrata</i>	5.55 (5.31 ~5.79)	0.076 (0.075 ~0.076)	2.71 (2.04 ~3.37)	0.25 (0.17 ~0.32)	4.12 (3.81 ~4.43)	0.283 (0.173 ~0.393)	0.053 (0.037 ~0.068)	0.100 (0.099 ~0.101)	0.095 (0.091 ~0.099)	42.6 (34.1 ~51.1)	50.2 (40.5 ~59.9)	7.2 (6.1 ~8.3)
<i>Q. variabilis</i> - <i>P. strobilacea</i>	5.25	0.075	1.96	0.30	4.69	0.186	0.064	0.109	0.101	36.9	57.8	5.3

역에, 참식나무-졸참나무군락과 낙엽활엽수 우점군락은 점토가 풍부한 지역에서 출현하였다. 환경요인과 식생분포간의 관계를 종합해보면, 경사도, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, 전기전도도, 물리적 특성 중 점토(clay) 등이 식생분포에 직간접적인 영향을 미친다는 결과를 확인하였다. 다만, 상록활엽수의 분포에 영향을 미치는 환경요인에 대해서는 심화 연구가 필요한 것으로 사료되었다.

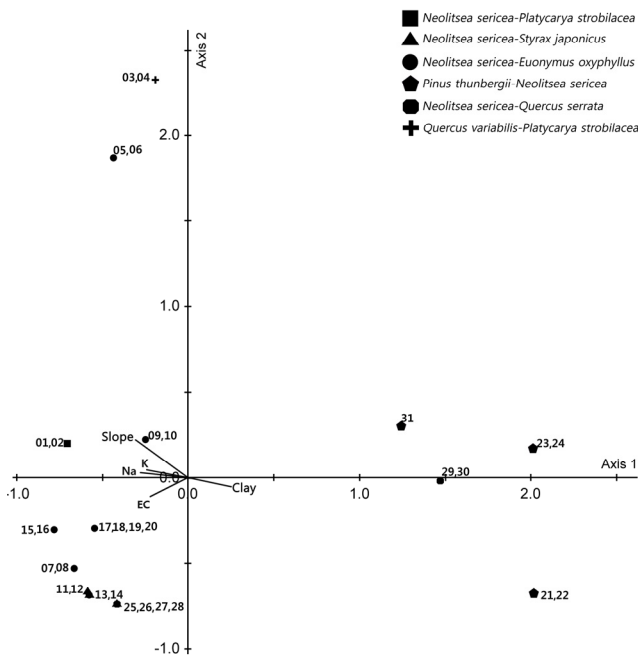


Figure 4. A DCCA ordination diagram of vegetation communities respect to environmental variables at Chunjangsan(Mt.).

## REFERENCES

- Brower, J.E., J.H. Zar, and C. von Ende(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company.
- Cho, Y.J., H.S. Kim, H.H. Myeong, J.W. Park, and J.G. Oh(2017) The Vegetation Structure of Evergreen Broad-leaved Forest of Daehuksan Island in the Dadohaesang National Park. The Journal of Korean Island 29(1): 217-237. (in Korean with English summary)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. Ecology 32: 476-498
- Devi, L.S. and P.S. Yadava(2006) Floristic diversity assessment and vegetation analysis of tropical semievergreen forest of Manipur, north east India. Tropical Ecology 47(1): 89-98.
- Federici, F. and S. Pignatti(1991) The warmth index of Kira for the interpretation of vegetation belts in Italy and SW. Australia two regions with mediterranean type bioclimates. Vegetatio 93(2): 91-99.
- Geldenhuys, C.J. and B. Murray(1993) Floristic and structural composition of Hanglip forest in the South Pansberg, Northern Transvaal. South African Forestry Journal 165: 9-20.
- Han, B.H., H.S. Cho and K.S. Song(1999) Vegetation Management Planning and Plant Community Structure of Camellia Japonica Forest at Hakdong, Kojeido, Hallyo-Haesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(4): 345-360. (in Korean with English summary)
- Han, B.H., J.Y. Kim, I.T. Choi and K.J. Lee(2007) Vegetation structure of evergreen broad-leaved forest in Dongbaekdongsan (Mt.), Jeju-do, Korea. Kor. J. Env. Eco. 21(4): 336-346. (in Korean with English summary)
- Harrington, R., I. Woiwood and T.H. Sparks(1999) Climate change and trophic interactions. Trends in Ecol. Evol. 14: 146-150.
- Hill, M.O.(1979) TWINSPLAN-A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, NY: Ecology and Systematics, Cornell University, 90pp.
- Ibáñez, I., R.B. Primack, A.J. Miller-Rushing, E. Ellwood, H. Higuchi, S.D. Lee, H. Kobori and J.A. Silander(2010) Forecasting phenology under global warming. Phil. Trans. R. Soc. B (2010) 365: 3247-3260.
- Jung, T.H. and W.C. Lee(1965) The Korean forest vegetation zone and theory of the suitable tree on a site tree. Jour. of SungKyunKwan University, pp. 329-435. (in Korean with English summary)
- Kang, J.T., Y.M. Son, H. Kim and H. Park(2014) Developing optimal site prediction model for evergreen broad leaved trees, Machilus thunbergii in warm temperate zone of the Korean peninsula. Journal of Agriculture & Life Science 48(6): 39-54. (in Korean with English summary)
- Kil, B.S. and J.U. Kim(1999) Syntaxonomy of evergreen broad-leaved forests in Korea. Korean J. Environ. Biol. 17(3): 233-247. (in Korean with English summary)
- Kim, H.D., J.H. Lee, H.L. Kim and E.H. Lee(2013) Soil Characteristics of Some Evergreen Forest Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31 (SUPPL. II): 142-143. (in Korean with English summary)
- Kim, H.J., J.K. Shin, C.H. Lee and C.W. Yun(2018) Phytosociological Community Type Classification and Stand Structure in the Forest Vegetation of Hongdo Island, Jeollanam-do Province. J. Korean Soc. For. Sci. 107(3): 245-257. (in Korean with English summary)
- Kim, I.T., T.H. Park and J.E. Choi(2005) An Ecological study on the vegetation of Bijin and Yongcho islets. Korea. Kor. J. Env. Eco.

- 28(4): 223-230. (in Korean with English summary)
- Kim, J.H., D.S. Cho, K.J. Cho and B.M. Min(1984) An ecological study on the evergreen broadleaved forest of Jisimdo. Korean Journal of Botany 27(2): 51-60. (in Korean with English summary)
- Kim, J.S., C.H. Jeon, S.C. Jung, C.S. Kim, H.G. Won, J.H. Cho and H.J. Cho(2016) A Comparison of species composition and stand structure of the forest vegetation between inhabited and uninhabited Island in the South Sea, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 30(4): 771-782. (in Korean with English abstract)
- Koo, K.A., W.S. Kong and C.K. Kim(2001) Distribution of evergreen broad-leaved plants and climatic factors. Journal of the Korean Geographical Society 36(3): 247-257. (in Korean with English summary)
- Kwak, J.I., K.J. Lee, B.H. Han, J.H. Song and J.S. Jang(2013) A study on the vegetation structure of evergreen broad-leaved forest Dongbaekdongsan(Mt.) in Jejudo, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 27(2): 241-252. (in Korean with English summary)
- Lalzarzovi1, S.T. and Lalnunluanga(2017) Plant Community Structure of Tropical Semi-Evergreen Forest of Reiek in Mamit District of Mizoram. Science and Technology Journal 5(1): 58-62.
- Laurance, W.F., L.V. Ferreira, J.M. Rankin de Merona and R.W. Hutchings(1998) Influence of plot shape on estimates of tree diversity and community composition in Central Amazonia. Biotropica 30: 662-665.
- Lee, J.H., H.J. Kwon, Y. Hwang, M.Y. Kim, C.H. Lee and H.K. Song(2010) Vegetation Structures of Warm Temperate Evergreen Broad-leaved Forest in Gageodo, Korea. J. Korean Env. Res. Tech. 13(6): 75-86. (in Korean with English summary)
- Lee, K.J., B.H. Han and J.Y. Kim(1999b) Plant Community Structure & Distribution Density of Pinus thunbergii-Pinus densiflora Forest in Kojedo District, Hallyo-Haesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(4): 331-344. (in Korean with English summary)
- Lee, K.J., B.H. Kim and D.W. Kim(1999a) Vegetation Structure and Ecological Succession of Kojedo District, Hallyo-Haesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(4): 331-344. (in Korean with English summary)
- Lee, S.C., H.M. Kang, J.S. Kim, C.Y. Yu and S.H. Choi(2014) A Study on the Correlation between Plant Community and Environmental Factors of Tongdosa(Temple) Area, Gajisan(Mt.) Provincial Park. Korean J. Environ. Ecol. 28(6): 715-724. (in Korean with English summary)
- Lee, S.D., J.S. Kim, M.J. Kim and H.K. Kang(2016) Plant Community Structure Characteristic of the Evergreen Forest, Bijindo. Korean J. Environ. Ecol. 30(2): 228-242. (in Korean with English summary)
- Lee, S.J. and Y.H. Ahn(2013) Change Prediction for Vegetation Structure, Species Diversity and Life-form of Evergreen Broad-leaved Forest by Climate Change in Gageo-Do Island, Korea. Journal of Environmental Science International 22(8): 979-997. (in Korean with English summary)
- Linares-Palomino, R., V. Cardona, D. Soto, S.K. Herzog and M. Kessler(2008) Tree community patterns along a deciduous to evergreen forest gradient in central Bolivia. Ecología en Bolivia 43(2): 79-98.
- Loarie, S.R., P.B. Duffy, H. Hamilton, G.P. Asner, C.B. Field and D.D. Ackerly(2009) The velocity of climate change. Nature 462: 1052-1055.
- Nakao, K., T. Matsui, M. Horikawa, I. Tsuyama and N. Tanaka(2011) Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of Quercus acuta in Japan. Plant Ecology 212(2): 229-243.
- National Academy of Agricultural Science(2000) Analysis Method Soil and Plants. Rural Development Administration, 202pp. (in Korean)
- Nguyen, H.H., Y. Erfanifard, V.D. Pham, X.T. Le, T.D. Bui and I.C. Petritan(2018) Spatial Association and Diversity of Dominant Tree Species in Tropical Rainforest, Vietnam. Forests 9: 615, doi:10.3390/f9100615.
- Oh, K.K. and S.H. Choi(1993) Vegetational structure and successional sere of warm temperate evergreen forest region, Korea. Korean J. Ecol. 16(4): 459-476. (in Korean with English summary)
- Oh, K.K. and W. Cho(1994) Plant community structure of warm temperate evergreen broad-leaved forest in Hongdo, Korea. Kor. J. Env. Eco. 80(1): 27-42. (in Korean with English summary)
- Oh, K.K. and Y.G. Jee(1995) Plant community structure of evergreen broad-leaved forest in Mt. Turyunsan, Korea. Kor. J. Env. Eco. 9(1): 30-43. (in Korean with English summary)
- Oh, K.K.(1994) Plant community structure of evergreen broad-leaved forest in (Mt.) Pulgapsan, Korea. Korea. Kor. J. Env. Eco. 8(1): 30-43. (in Korean with English summary)
- Park, I.H.(1985) A study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Seoul National University Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, 42pp. (in Korean with English summary)
- Park, J.C., K.C. Yang, and D.H. Jang(2010) The movement of evergreen broad-leaved forest zone in the warm temperate region due to climate change in South Korea. Journal of Climate Research 5(1): 29-41. (in Korean with English summary)
- Park, S.U., K.A. Koo and W.S. Kong(2016) Potential Impact of Climate Change on Distribution of Warm Temperate Evergreen Broad-leaved Trees in the Korean Peninsula.

- Journal of the Korean Geographical Society 51(2): 201-217. (in Korean with English summary)
- Pattanavibool, A. and P. Dearden(2002) Fragmentation and wildlife in montane evergreen forests, northern Thailand. *Biological Conservation* 107: 155-164.
- Pielou, E. C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, N.Y., 385pp.
- Riswan, S. and L. Hartanti(1995) Human impacts on tropical forest dynamics. *Vegetatio* 121(1/2): 41-52.
- Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig and J.A. Pounds(2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Schowalter, T.D.(2006) *Insect ecology: An ecosystem approach*. MA, USA, Elsevier.
- Song, K., Q. Yu, K. Shang, T. Yang and L. Da(2011) The spatio-temporal pattern of historical disturbances of an evergreen broadleaved forest in East China: A dendroecological analysis. *Plant Ecology* 212(8): 1313-1325. (in Korean with English summary)
- Tagawa, H.(1995) Distribution of lucidophyll oak-laurel forest formation in Asia and other areas. *Tropics* 5: 1-40.
- Whittaker, R.H.(1956) *Vegetation of the Great Smoky Mountains*. *Ecol. Monogra.* 26: 1-80.
- Wiensczyk, A., D. Gayton, T. Redding, J. Leach, K. Swift, S. Ran, A. Krishnaswamy, E. Simmons, L. Joseph, P.L. Almedo and D. Cuzner(2012) Climate-induced changes to natural disturbance regimes and management responses in British Columbia: Impacts on natural and human systems. FORREX Forum for Research and Extension in Natural Resources, Kamloops, B.C. FORREX Series 28. URL: [http://www.forrex.org/sites/default/files/forrex\\_series/FS28-Chapter-1-Introduction.pdf](http://www.forrex.org/sites/default/files/forrex_series/FS28-Chapter-1-Introduction.pdf)
- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of forest vegetation and climate in the Korea peninsula; II. Distribution of some indices of thermal climate. *Jpn. J. Ecol.* 25: 77-88.
- Yim, Y.J. and T. Kira(1976) Distribution of forest vegetation and climate in the Korea peninsula; II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Jpn. J. Ecol.* 26: 157-164.
- Yim, Y.J.(1977a) Distribution of forest vegetation and climate in the Korea peninsula; III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Jpn. J. Ecol.* 27: 177-189.
- Yim, Y.J.(1977b) Distribution of forest vegetation and climate in the Korea peninsula; IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal gradient. *Jpn. J. Ecol.* 27: 269-278.
- Yim, Y.J., J.U. Kim, N.J. Lee, Y.B. Kim and K.S. Paek(1990) Phytosociological classification of plant communities on Mt. Halla National Park, Korea. *Korean J. Ecol.* 13(2): 101-130. (in English with Korean summary)
- Yoo, B.O., J.H. Park, Y.B. Park, S.Y. Jung and K.S. Lee(2016) Assessment of the Distributional Probability for Evergreen Broad-Leaved Forests(EBLFs) Using a Logistic Regression Model. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 19(1): 94-105. (in Korean with English summary)
- Yun, J.H., J.H. Kim, K.H. Oh and B.Y. Lee(2011) Distributional Change and Climate Condition of Warm-temperate Evergreen Broad-leaved Trees in Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 25(1): 47-56. (in Korean with English summary)