

# 거제도 학동 및 해금강 일대에 분포하는 난대림 식생의 생태적 특성 연구<sup>1a</sup>

이수동<sup>2\*</sup>

## Ecological Characteristic of Warm Temperate Vegetation Distributed around Hakdong and Haegeumgang at Geojae Island<sup>1a</sup>

Soo-Dong Lee<sup>2\*</sup>

### 요약

본 연구는 거제도 학동 일대에 분포하는 상록활엽수림의 식물군집구조 특성을 파악하기 위하여 진행하였다. 조사구는 교목층, 아교목층, 관목층에 생달나무, 참식나무, 후박나무 등이 우점하거나 출현하는 식생군락 또는 입지환경의 변화가 있는 지역을 대상으로 52개의 방형구를 설정하였다. TWINSpan에 의한 군락 분류 결과, 참식나무-생달나무군락, 생달나무-동백나무군락, 동백나무군락, 굴참나무-동백나무군락, 동백나무-생달나무군락, 구실잣밤나무군락, 곰솔군락, 굴피나무-예덕나무군락으로 구분되었다. 잠재자연식생을 반영한 난대림의 천이계열은 상록침엽수와 낙엽활엽수는 상록활엽수로 이행된다라는 연구 결과를 반영한다면, 곰솔, 굴피나무, 굴참나무 등이 우점하는 군락은 생달나무, 참식나무 등의 상록활엽수림으로 진행될 것으로 추정되었다. 교목층과 아교목층에서 생달나무, 참식나무, 구실잣밤나무의 세력이 우세한 지역은 인위적인 교란이 없다면 현상태를 유지할 것이다. 환경요인과 식생분포간의 관계를 살펴보면, 토양의 물리적 특성 중 점토가 직간접적으로 영향을 미쳤는데 이는 급경사지에 입지하였기 때문인 것으로 판단되었다. 그 외에 토양산도(pH) 5~5.84, 전기전도도 0.047~0.139dS/m, 유기물함량 3.32~12.06%로 군락별 차이는 있었으나 전반적으로 낮았다.

주요어: 상록활엽수림, 천이계열, 잠재자연식생, 환경요인

### ABSTRACT

This study was conducted to identify structural characteristics of the evergreen broad-leaved forests distributed in Hak-dong, Geojae island. For a survey, 52 sites were set up in areas with changes in the vegetation community or location environment where *Cinnamomum yabunikkei*, *Neolitsea sericea*, and *Machilus thunbergii* dominated or appeared in the canopy, sub-canopy, or shrub layer. The community classification with TWINSpan identified the following communities: *N. sericea*-*C. yabunikkei*, *C. yabunikkei*-*Camellia japonica*, *Ca. japonica*, *Quercus variabilis*-*Ca. japonica*, *Pinus thunbergii*-*Ca. japonica*, *Castanopsis sieboldii*, *P. thunbergii*, and *Platycarya strobilacea*-*Mallotus japonicus*. Considering the result of the study that succession

1 접수 2021년 12월 12일, 수정 (1차: 2022년 1월 30일), 게재확정 2022년 2월 4일

Received 12 December 2021; Revised (1st: 30 January 2022); Accepted 4 February 2022

2 경상국립대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongsang National University, 52725, Korea (ecoplan@gnu.ac.kr)

a 2020~2021년 경상국립대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

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

series of warm-temperate forest reflecting the latent natural vegetation is the transition of conifers and deciduous broad-leaved forest to evergreen broad-leaved forest, the communities predominated by the communities predominated by the communities predominated by *P. thunbergii*, *Q. variabilis*, and *Pl. strobilacea* are likely to transform into the evergreen forest predominated by *N. sericea* and *C. yabunikkei*. The sites where *C. yabunikkei*, *N. sericea*, and *Castanopsis sieboldii* are dominant in the canopy and sub-canopy layers are likely to maintain the status quo if there is no artificial disturbance. The relationship between the impact of the environmental factors and the vegetation distribution showed silt among the physical properties of the soil directly or indirectly affected it, which was judged to be due to the fact that it was located on a steep slope. The soil acidity (pH) was 5-5.84, electrical conductivity 0.047-0.139 dS/m, and organic matter content was 3.32-12.06%. Although there were differences by the colony, they were generally low.

**KEY WORDS: EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST, SUCCESSION SERE, POTENTIAL NATURAL VEGETATION, ENVIRONMENTAL FACTOR**

## 서론

20세기 동안 지구의 평균 기온은 약 0.7℃, 평균 강수량은 2% 증가한 것으로 추정하고 있는데 이는 지구의 기후에 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다(IPCC, 2004). 국제자연보전연맹(IUCN)은 이로 인해 전체 종 중 약 33%가 서식지 이동 및 변화의 위협에 처할 수 있는데, 29%는 극한 기온으로, 28%는 가뭄 때문이라고 예측한 바 있다. 기후변화의 속도와 규모는 현재 생존해 있는 종이 새로운 환경 조건에 적응할 수 있는 능력을 초과할 것이기 때문에 멸종률은 증가할 것이다(Reed, 2012). 한편, 생물다양성은 생태학적으로 필수적인 서비스를 제공하는데, 세계 경제의 최소 40%는 생물자원에서 직접 파생되는 것으로 파악되고 있으나(Patil *et al.*, 2021) 서식지 변경, 남획, 기후 변화, 침입종, 멸종의 연쇄적인 반응이 생물다양성을 위협하는 가장 핵심적인 요인이므로 관리가 필요한 상태이다(Brook *et al.*, 2008; Guo *et al.*, 2017). 상록활엽수림은 대체할 수 없는 음식자원, 연료 및 물질을 제공할 뿐만 아니라 자연환경 유지 및 보호 측면에서도 실질적인 역할을 수행하고 있다(Riswan and Hartanti, 1995). 이러한 상록활엽수림을 보호하기 위한 지역 사회의 생태학적 과제는 환경변화에 따른 식생의 반응을 평가할 수 있는 다양한 시공간적 규모의 기준을 확보할 필요가 있다고 하였다(Luna-Kamyshev *et al.*, 2020). 또한, 기후변화가 생물다양성에 미치는 영향을 정확하게 예측하기 위해서는 특정 정의 선택, 모델에 대한 평가, 변화 유발 요인 설명 등이 필요하다고 하였는데(Botkin *et al.*, 2007), 실제 변화를 예측하기 위해서는 정밀한 분포 현황 조사와 더불어 장기적인 모니터링 체계 수립이 필요하다는 판단이다.

상록활엽수는 아열대 산림의 우점종으로 알려져 있으며, 상대적으로 높은 종풍부도와 복잡한 군집 구조로 인해 지역민을 위한 지탱 가능한 발전과 생물다양성을 보전 및 유지하는데 중요한 역할을 수행해 왔지만(Wang *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2007; Yu *et al.*, 2020), 긴 시간 동안 개발압력에 노출되어 면적은 축소되고 있는 실정이다(Zhang *et al.*, 2021). 열대우림의 경우 절반 이상 소실된 것으로 판단하고 있는데(Myers, 1991; WRI, 2001), 인구가 증가함에 따라 발생하는 개간, 벌채, 임산물 채취 등이 핵심적인 훼손 요인이라고 하였다(Dale *et al.*, 2001; Devi and Yadava, 2006). 이와 함께 지구온난화는 생리적인 반응의 변화와 군집 구조에 직간접적으로 영향을 미치는 것으로 밝혀진 바 있다(Nakao *et al.*, 2011; Wiensczyk *et al.*, 2012). 우리나라에서 상록활엽수림은 남부 해안 저지대를 중심으로 분포하는 것이 확인되었는데(Yoo *et al.*, 2016) 19세기 말, 일제강점기, 전쟁으로 인해 심각한 훼손을 입은 이후에 복원이 진행되고 있다고 하였다(Oh and Choi, 1993, Lee *et al.*, 2010). 교란은 상록활엽수림대의 식생을 낙엽활엽수로 재편되게 할 수 있기 때문에(Song *et al.*, 2011) 교란 방지, 복원지역 유지, 훼손지 복원 등 보전을 위한 계획이 필요하다.

생물다양성은 지구상에 존재하는 생물들 사이에서 관찰되는 다양함과 변동성을 의미하는데(Patil *et al.*, 2021), 상록활엽수림대에서 벌어지는 도로, 주택, 산불 등과 같은 교란으로 인한 생물의 분산 제한, 서식지 변동 및 파편화 등은 야생조류, 포유류 등의 종다양성 감소를 초래할 수 있다고 하였다(Pattanavibool and Dearden, 2002; Nguyen *et al.*, 2018). 이 외에 단편화되고 훼손된 상록활엽수림의 문제점은 미지형, 미기후 등에 따라 교란에 대한 반응이 달라지기 때문에 복원도 어렵다는 것이다(Devi and Yadava, 2006,

Ibáñez *et al.*, 2010). 결과적으로 생물다양성은 생산성 향상, 토양 형성, 오염 물질 분해, 기후 안정성 향상 등에 도움이 되기 때문에(Patil *et al.*, 2021) 훼손된 숲을 원상태로 되돌리기 위한 노력은 필수적이다. 다만, 숲의 안정적인 복원을 위해서는 잔존하는 녹지 패치 자체의 온전성과 다양성을 유지하는 것과 더불어 입지조건, 훼손 원인, 잔존 상록활엽수림의 식생 구조를 파악하는 것도 필요하다(Geldenhuis and Murray, 1993). 그 외에 지구온난화는 육상환경에서 동식물이 10년에 0.011km의 속도로 더 높은 고도로, 16.9km의 속도로 더 높은 위도로 이동하게 할 수 있기 때문에(Groffman *et al.*, 2014) 향후 숲 복원에 대비할 필요가 있다. 이에 대비하기 위해서는 식생의 공간별 분포와 군락별 식물군집구조를 파악하는 것은 향후 복원 대책을 수립하기 위해 필수적인 과정이다.

군집생태학의 기본적인 목표는 공간에서 종과 다양성의 패턴을 형성하는 생태적 과정을 이해하는 것이다(Nguyen *et al.*, 2018). 다만, 현재의 기후변화는 상록활엽수림의 복원을 예측하고 있어(Park *et al.*, 2010; 2016) 훼손된 식생의 복원 및 새로운 숲의 조성을 위해서라도 잔존하는 상록활엽수림의 구조를 파악하는 것은 필수적이다. Schowalter(2006)는 숲을 복원하기 위해서는 과거와 현재, 즉, 훼손 요인과 식생 구조의 분석을 통해 미래를 예측할 수 있다고 하였다. 또한 식생의 변화는 다른 생물종에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 정밀한 현황 조사 및 분석이 요구된다. 따라서 본 연구는 지구온난화에 따른 상록활엽수림의 변화 경향 뿐만 아니라 복원, 관리를 위한 기초자료로 제공하고자 거제도 학동 일대의 상록활엽수가 분포하는 산림을 대상으로 식물군집구조 특성을 조사·분석하였다.

## 연구내용 및 방법

본 연구는 거제도 학동에서 해금강으로 이어지는 동사면 저지대에 분포하는 상록활엽수림의 식물군집구조 특성을 파악하기 위하여, 교목층, 아교목층, 관목층에 상록활엽수가 출현하는 위치에 방형구를 설정하였다. 상록활엽수는 14번 국도를 중심으로 동쪽 해안 대부분과 서쪽으로는 도로와 접한 계곡부를 따라 선형으로 분포하고 있어 미지형을 고려하여 능선, 계곡, 경사지 등 입지환경의 변화가 있는 곳의 식생군락을 대상으로 52개의 방형구를 설정하였다(Figure 1). 각 조사구는 10m×10m(100m<sup>2</sup>) 규격을 기본으로 2개 또는 4개소를 동일한 지점에 설치한 후 층위별 식생구조와 주요 환경인자를 파악하였다. 조사구 설정에 있어서, 미세지형의 변화가 심한 입지에서는 길고 좁은 형태의 방형구가 효율적이라는 견해도 있으나 결과를 해석하는데 있어 정방형 또는

장방형의 형태는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인됨에 따라(Laurance *et al.*, 1998; Linares-Palomino *et al.*, 2008) 현존식생이 유사한 지점을 대상으로 정방형의 조사구를 설정한 후, 방형구법(Quadrat Method)을 적용하여 층위별 종명 및 규격을 측정하였다. 층위와 관련해서는 불안정하거나 온전하게 보전된 곳에 분포하는 상록활엽수림은 대부분 3개로 구성되는 것이 일반적이라고 하여(Lalzarzovi and Tluanga, 2017), 각 방형구내에 출현하는 수종을 대상으로 수관의 위치에 따라 햇빛을 직접 받는 교목층, 중간인 아교목층, 수고 2m 이하인 관목층으로 각각 구분하여 수종명과 규격을 확인한 후 기록하였다. 규격은 흉고직경(DBH) 2cm 이상인 교목 및 아교목층에 대해서는 흉고직경을, 수고 2m 이하인 관목층은 수관폭을 각각 기록하였다. 토양 이화학적 특성을 분석하기 위한 시료는 유기물층을 걷어내고 B층에 해당하는 토양층에서 채취하였으며 토양 pH, 유기물함량, 양이온치환능력, 유효인산, 전기전도도 등을 분석하였다(National Academy of Agricultural Science, 2000).

조사구별 출현 수종의 상대적인 우세를 비교하고자 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 각 개체목의 상대적인 높이를 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 TWINSPLAN에 의한 classification 분석을 실시하였다(Hill, 1979). 종 구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는

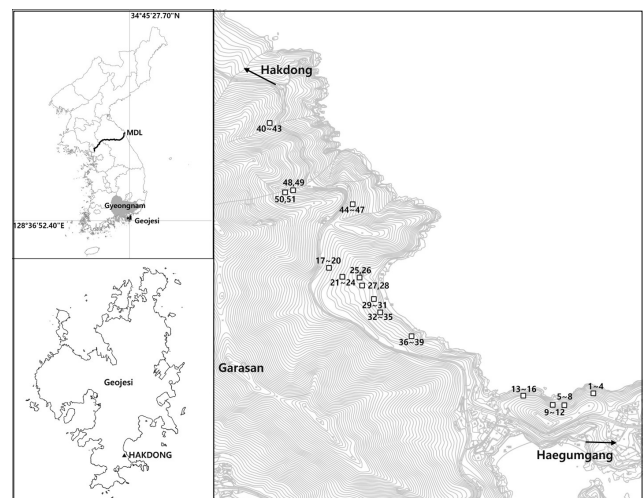


Figure 1. The location map of study site at Hakdong and Haegumgang, GeoJae Island.

Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 적용하여 종다양도(Species diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D')를 종합적으로 비교하였고, 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 식생과 환경요인과의 관계를 규명하고자 하였는데 DCCA는 DCA와 마찬가지로 CCA기법에서 제2축의 왜곡 현상을 개선할 수 있다고 하여(Lee *et al.*, 2014) MVSP (Multi-Variate Statistical Package) 3.2 program으로 ordination 방법 중 DCCA를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Classification 분석

전체 조사구를 대상으로 TWINSpan과 DCA에 의한 군락 분류 결과, 상록활엽수 우점군, 상록침엽수 우점군, 낙엽활엽수 혼효군 등으로 그룹 지어졌으나 세부적으로는 차이가 있었다. 우선, DCA에 의하면(Figure 2) 좌측 상단부에는 굴피나무, 예덕나무 등 낙엽활엽수가 우점하는 군(I), 좌측 하단부에는 참식나무, 생달나무가 경쟁하는 군(II), 중앙 상단부에는 구실잣밤나무가 우점하는 군(III), 중앙 하단부에는 생달나무, 굴참나무가 우점하는 군(IV), 우측에는 곰솔이

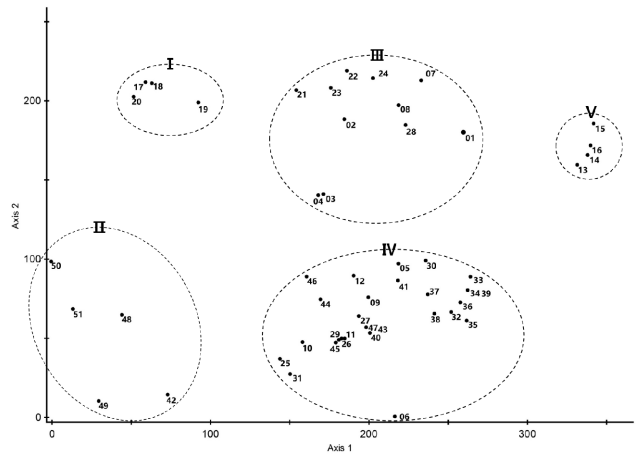


Figure 2. Dendrogram of 52 sites classified by DCA classification.

우점하는 군(V)으로 구분되었다.

TWINSpan에 의해서는(Figure 3) 참식나무가 우점하는 상록활엽수, 상록침엽수 간에 또는 상록활엽수와 낙엽활엽수가 경쟁하는 군, 곰솔, 구실잣밤나무 등 한 종의 우점도가 높은 군, 낙엽활엽수가 경쟁하는 군으로 구분되어 DCA와 유사하였으나 지표종에 따라 세분되었다라는 차이점은 있었다. 즉, 제 I Division에서는 동백나무가 출현하는 군과 졸참나무, 때죽나무, 굴피나무, 나도밤나무가 출현하는 8번 군락으로 분리되었다. 제 II Division에서는 참식나무가 출현하는 군과 출현하지 않는 군으로 구분되었는데, 전자는 후박나무가 출현하지 않는 1번 군락과 출현하는 2번 군락으로 나누어졌다. 후자는 곰솔, 구실잣밤나무가 출현하는 군과 그렇지 않은 군으로 구분되었다. 그렇지 않은 군은

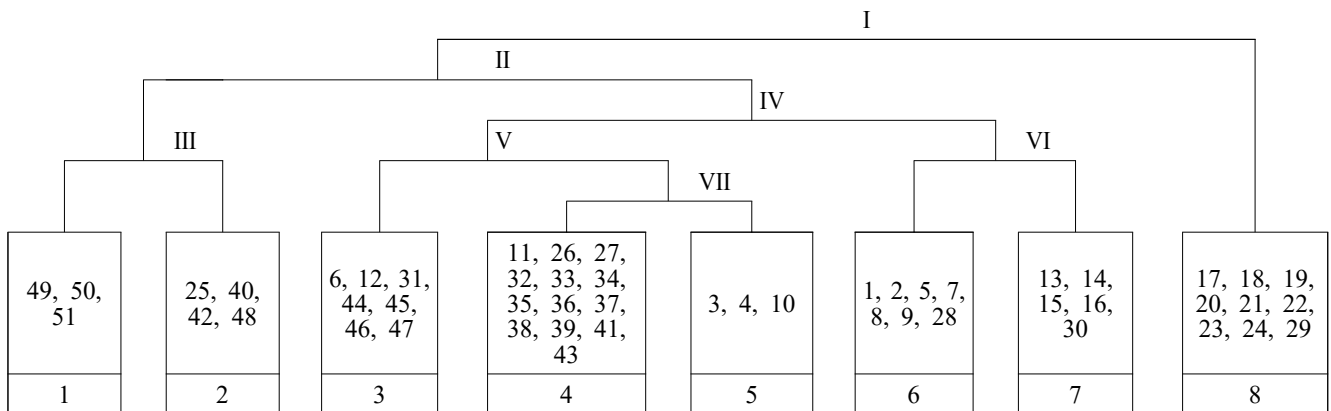


Figure 3. Dendrogram of 52 sites classified by TWINSpan Ordination.

Indicator species - I: *Camellia japonica* / *Quercus serrata*, *Styrax japonicus*, *Platycarya strobilacea*, *Meliosma myriantha*, II: *Neolitsea sericea* / -, III: - / *Machilus thunbergii*, IV: - / *Pinus thunbergii*, *Castanopsis sieboldii*, V: *Philadelphus schrenkii*, *Actinodaphne lancifolia*, *Styrax japonicus* / -, VI: *Pinus thunbergii* / *Litsea japonica*, *Eurya japonica*, VII: - / *Prunus sargentii*, *Philadelphus schrenkii*, *Quercus variabilis*

지표종이 광나무, 육박나무, 때죽나무인 3번 군락, 산벚나무, 광나무, 굴참나무인 5번 군락, 비출현군인 4번 군락으로 분류되었다. 곰솔, 구실잣밤나무가 출현하는 군은 지표종이 곰솔인 7번 군락, 까마귀쪽나무, 사스레피나무 등 상록활엽수인 6번 군락으로 구분되었다. 식생의 변화 경향은 명확하지 않았으나 생달나무, 구실잣밤나무, 후박나무 등이 전 층위에서 우점하고 있었는데 이는 상록침엽수와 낙엽활엽수를 거쳐 참식나무, 생달나무 등의 상록활엽수로 천이가 진행되고 있는 것으로 예측한 바 있는 거제도 산림을 대상으로 한 연구 결과(Lee et al., 2019; Lee et al., 1999a; 1999b)와 일치하였다.

## 2. 일반적 개황

우리나라에서 상록활엽수가 분포할 수 있는 환경의 내성 범위를 살펴보면, 한랭지수는 0~15°(Yang and Kim, 1972; Yim, 1977b; Kil and Kim, 1999), 입지는 위도 34.7° 이남, 온도는 최한월평균기온 1.7°C 이상인 지역에 주로 생육하는 것으로 제시한 바 있는데(Sung et al., 2021), 이를 적용하면 주로 섬과 남쪽 해안에 한정된다는 것을 확인할 수 있다. 그리고 상록활엽수 분포는 온량지수의 영향을 받기도 하나 저온에 대한 식물의 저항력에는 한계가 있기 때문에 분포는 한랭지수에 의해 제한을 받는 것으로 보는 견해가 우세하였다(Yim and Kira, 1975, 1976; Yim, 1977a, 1977b; Kil and Kim, 1999). 연구대상지가 속한 거제도의 한랭지수, 강수량, 연평균기온은 각각 -5.0~-2.2, 1930.3mm, 2.6~24.8°C로 Federici and Pignatti(1991)가 제시한 강수량 1,500~2,000mm, 겨울온도 0°C 이상, 여름온도 22°C 이상인 상록활엽수 분포지역에 해당하는 것으로 나타났다. 1991~2020년의 기상특성에서도 1월 평균기온이 2.6°C(data.kma.go.kr)로 분포 적지라고 제시된 최한월 평균기온 -1.7°C

(Koo et al., 2001; Yun et al., 2011) 또는 -5.95~-4°C(Koo et al., 2001; Yun et al., 2011)보다 높은 것이 확인되었다. 군집구조 조사는 노자산(557.1m) 동사면을 대상으로 실시하였으나 전체 방형구를 해발 165m 이하에 설치하여 Yoo et al.(2016)이 400m 이하라고 한 분포 범위와도 일치하였다.

Table 1은 참식나무-생달나무군락, 생달나무-동백나무군락, 동백나무군락, 굴참나무-동백나무군락, 곰솔-동백나무군락, 구실잣밤나무군락, 곰솔군락, 굴피나무-예덕나무군락의 일반적 개황을 나타낸 것이다. 참식나무-생달나무군락은 해발고 40~165m, 경사도 21~30°인 북동사면에 주로 출현하였는데 해풍의 영향을 직접 받는 급경사지로 자갈이 포함된 토양조건을 가지고 있었다. 현재 기후에서 참식나무의 생육지지는 제주도, 울릉도, 남해안 지역으로 분석한 바 있고(Yun et al., 2014), 분포는 해발 200m 이하인 급경사 지역이라고 하였는데 유사한 입지였다(Lee et al., 2019). 교목층은 식피율 80%로 참식나무, 생달나무가, 하층의 식피율은 아교목층 45%, 관목층 25%로 생달나무, 동백나무, 마삭줄 등이 우점하였다. 생달나무-동백나무군락은 해발 32~93m, 경사도 10~30°인 북사면의 계곡부 전석지대를 중심으로 분포하였다. 교목층은 식피율 70%로 생달나무가, 아교목층은 30~70%로 동백나무가, 관목층은 25%로 상록활엽수인 생달나무, 참식나무가 주요 출현종이었다. 동백나무군락은 해발 32~129m, 경사도 10~30°인 북동사면의 건조한 환경사지와 계곡부가 이어지는 전석지대에 주로 분포하였는데 교목층과 아교목층의 식피율은 각각 75%, 40%로 동백나무가, 관목층은 10~40%로 상록활엽수인 생달나무, 참식나무의 밀도가 높았다. 굴참나무-동백나무군락은 해안지역에 가까운 계곡부와 경사도 30°인 급경사 사면의 전석지대에 분포해 있었는데 해발고 16~32m이었다. 교목층은 식피율 65%로 굴참나무가, 아교목층은 60%로 동백나무가, 관목층은 10%로 상록활엽수인 생달나무가 우점종이

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

Community Name	<i>N. sericea</i> - <i>C. yabunikkei</i>	<i>C. yabunikkei</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Ca. japonica</i>	<i>Q. variabilis</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>P. thunbergii</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Cas. sieboldii</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>Pl. strobilacea</i> - <i>Mallotus japonicus</i>
Altitude(m)	102.5(40~165)	62.5(32~93)	80.5(32~129)	24(16~32)	28(16~40)	53(15~91)	75.5(60~91)	63.5(36~91)
Aspect	N12E, N35E, N75E, S25E, N12E	N80E, N20W, N20E, S30E	N35E, N75E, N65E, N15E, S25E	N46E, N35E	N46E, N20W, N35E, N75E	N20E, S80E, N80E	S80E, S60E	S80E
Slop(°)	17.5(21~30)	20(10~30)	20(10~30)	30	30	20(10~30)	25(20~30)	20(10~30)
Heighr(m)	15(13~17)	15(8~22)	11.5(2~23)	16(12~20)	17(12~22)	15(10~20)	18.5(15~22)	15(10~20)
Canopy Coverage(%)	80	70(60~80)	75(60~90)	65(60~70)	70(60~80)	70(60~80)	70(60~80)	80
DBH(cm)	20(15~20)	25(10~40)	15.5(2~31)	27.5(15~40)	27.5(15~40)	17.5(10~25)	25(15~25)	17.5(10~25)
Heighr(m)	6(2~10)	6.5(2~13)	13(3~10)	9.5(6~13)	10.5(6~15)	7.5(3~10)	6.5(3~10)	6.5(3~10)
Understory Coverage(%)	45(30~60)	50(30~70)	40(10~70)	60(50~70)	50(30~70)	60	60	60
DBH(m)	8.5(2~15)	6.5(3~10)	9(3~15)	8.5(2~15)	8.5(2~15)	6.5(3~10)	6.5(3~10)	6.5(3~10)
Shrub Heighr(m)	<1.5(1.0~2.0)	<1.5(1.0~2.0)	<1.3(0.5~2.0)	<1.0	<1.0	<1.5(1.0~2.0)	<2.0	<1.5(1.0~2.0)
Shrub Coverage(%)	25(10~40)	25(10~40)	25(10~40)	10	10	30(20~40)	35(30~40)	35(30~40)

었다. 곱솔-동백나무군락은 해발고 16~40m, 경사도 30°인 북동사면의 건조한 전석지대에 분포하였는데, 교목층은 식피율 70%로, 아교목층은 50%로, 관목층은 10%이었다. 층위별로 곱솔, 동백나무, 생달나무가 각각 우점하였다. 천연기념물로 지정된 동백나무 숲에 대한 연구 결과(Oh and Shim, 2006; Lee, 2013) 대부분 해발 25~200m 사이의 급경사지에 분포하여 열악한 환경이라는 공통점이 있었다. 구실잣밤나무군락은 해금강으로 진입하는 해발 15~91m, 경사도 20°인 북동과 남동사면 전석지대와 암반이 없는 완만한 지역에 주로 분포하였는데, 내부에는 어업 또는 어군 현장을 관찰하는 망루 외에는 훼손요인은 없었다. 이는 경사도가 21~25°인 지역에서 주로 출현하는 것으로 제시한 Kang *et al.*(2016)과 일치하였으나 해발고에서는 차이가 있었다. 교목층은 식피율 70%로 구실잣밤나무가, 하층의 식피율은 아교목층 60%, 관목층 30%로 동백나무가 주요 출현종이었다. 곱솔군락은 남동사면의 능선부에 분포해 있었는데 해발고 60~91m, 경사도 25°인 지역으로 토양 상태는 양호하나 암반이 부분적으로 분포하였다. 교목층은 식피율 60~80%로 곱솔이, 아교목층은 30~50%로 동백나무, 때죽나무, 말오줌때 등이, 관목층은 30~40%로 생달나무, 동백나무 등 하층으로 갈수록 상록활엽수가 우점종이었다. 굴피나무-예덕나무군락은 능선부와 계곡의 완만한 지역에 분포해 있었는데 해발 36~91m, 경사도 20°인 건조한 환경사 지역을 조사하였다. 교목층은 식피율 80%로 굴피나무, 예덕나무, 합다리나무가, 아교목층은 60%로 때죽나무가, 관목층은 35%로 상록활엽수인 참식나무, 생달나무가 우점종이었다.

노자산과 가라산을 잇는 능선부의 최고 해발고는 557.1m 이나 방형구의 해발은 15~165m로 Yim *et al.*(1990), Yoo *et al.*(2016)가 분포한계라고 제시한 해발 400~600m 이하로 상록활엽수 생육 범위 내에 포함되었다. 또한 식생조사 결과, 생달나무, 참식나무가 우점하는 군락 뿐만 아니라 곱솔, 교목성 낙엽활엽수가 우점하는 전 지역의 하층에서 생달나무, 참식나무, 후박나무 등이 출현한 것은 상록활엽수로의 천이가 진행되고 있는 것으로 판단되었다. 식생 분포는 온량지수, 한랭지수 외에도 건조지수를 통해서도 예측할 수 있는데, Yang and Kim(1972)에 의하면 우리나라 남해안은 전 지역이 건조지수 10 이상이기 때문에 우점종의 차이가 없을 것이라고 하였고 이는 학동 일대에 출현하는 상록활엽수의 우점종이 유사한 것과는 관련이 있는 것으로 추정되었다. 동백나무가 우점하는 조사구에서 하층의 피도가 나타났는데 이는 열악한 환경 조건과 더불어 교목층의 피도가 높아서 나타난 변화인 것으로 판단되었다(Kim *et al.*, 1984; Nakao *et al.*, 2011).

### 3. 식물군집구조

#### 1) 상대우점치

Table 2는 classification에 의한 TWINSpan을 고려하여 분류한 군락별 주요 출현종의 상대우점치 및 평균상대우점치를 나타낸 것이다. 참식나무-생달나무군락의 교목층은 참식나무(I.P.: 56.33%), 아교목층은 생달나무(I.P.: 35.39%), 동백나무(I.P.: 23.62%), 참식나무(I.P.: 20.36%), 관목층은 교목성상인 생달나무(I.P.: 43.91%)와 참식나무(I.P.: 21.43%), 만경목인 마삭줄(I.P.: 23.91%)이 우점하였다. 참식나무가 우점하는 군락은 환경사지를 중심으로 발달하는데, 토양 층위 발달과 다양한 상록활엽수종의 출현이 주요 특징이라고 제시한 Kim *et al.*(2005)의 분석과 일치하였다. 생달나무-동백나무군락의 교목층에서는 생달나무(I.P.: 29.72%)가, 아교목층에서는 동백나무(I.P.: 42.3%), 생달나무(I.P.: 20.42%)가, 관목층은 생달나무(I.P.: 38.24%), 참식나무(I.P.: 28.22%) 등이 우세하였다. 동백나무군락의 교목층, 아교목층에서는 동백나무가 각각 상대우점치(I.P.) 87.56%, 73.03%로 순군락을 형성하였고 관목층은 생달나무(I.P.: 69.83%)가 우점하였다. 본 군락은 이미 동백나무가 우점할 뿐만 아니라 밀도가 높아 인위적인 간섭에 의한 교란이 없다면 당분간 현상태를 유지할 것으로 판단되었다. 급경사 사면지역에 분포하는 굴참나무-동백나무군락의 교목층에서는 굴참나무(I.P.: 56.93%)가, 아교목층은 동백나무(I.P.: 62.34%), 생달나무(I.P.: 12.89%), 관목층에서는 생달나무(I.P.: 70.24%)가 우점종이었다. 곱솔-동백나무군락은 교목층에서는 곱솔(I.P.: 61.34%)이, 아교목층에서는 동백나무(I.P.: 58.3%), 관목층에서는 동백나무(I.P.: 35.74%), 생달나무(I.P.: 31.87%)가 우점종이었다. 본 군락은 전석지대를 중심으로 분포하였는데 교목층을 제외한 아교목층과 관목층에서 생달나무, 참식나무 등 상록활엽수의 출현이 활발하였다. 구실잣밤나무군락의 교목층에서는 구실잣밤나무(I.P.: 72.45%), 아교목층과 관목층에서는 동백나무가 각각 49.22%, 20.78%로 우점종이었고 관목층에서는 구실잣밤나무(I.P.: 16.62%), 생달나무(I.P.: 12.41%), 후박나무(I.P.: 10.15%)가 동반 출현하였다. 제주도 동백동산에서는 구실잣밤나무가 우점하는 군락의 아교목층에 동백나무의 세력이 우세하였는데(Han *et al.*, 2007) 거제도의 경우에도 유사한 경향이였다. 토양상태는 양호하나 암반이 입지한 곳에 분포하는 곱솔군락의 교목층에서는 곱솔(I.P.: 79.12%)이 우점하는 반면에, 아교목층에는 동백나무(I.P.: 19.48%), 후박나무(I.P.: 12.04%)가, 관목층에서는 생달나무(I.P.: 48.85%), 동백나무(I.P.: 15.81%), 참식나무(I.P.: 11.54%) 등 교목성상의 상록활엽수가 우점하였다. 굴피나무-예덕나무군락은 교목층에서는 굴피나무(I.P.: 22.03%), 예덕나무(I.P.: 20.56%), 합다리나무(I.P.: 11.81%)로 경쟁상태

이었다. 아교목층에서는 때죽나무(I.P.: 16.74%), 관목층에서는 생달나무(I.P.: 22.31%), 참식나무(I.P.: 20.76%) 등 교목성상의 상록활엽수가 우점하였다.

남부 해안지역은 교란 이후 곰솔, 소나무 등이 우점하였으나 원래의 기후 조건에 의한 잠재자연식생, 천이 과정에 의해 상록활엽수로의 변화를 예측하였다(Cho *et al.*, 2017; Lee and Ahn, 2013). 대상지에서도 곰솔이 우점하고 있으나 하층으로 갈수록 세력이 약화된 반면에, 생달나무, 참식나무 등 상록활엽수의 세력이 우세해지는 것은 천이가 진행

되는 과정인 것으로 판단되었다. 일반적으로 잠재자연식생은 특정한 환경조건에서 인간의 영향이 배제되었을 경우 형성되는 성숙한 식생인데(Chiarucci *et al.*, 2010), 난대림의 경우 상록활엽수가 우점인 지역으로 정의내리고 있다(Jung and Lee, 1965). 따라서 기후와 환경 조건이 안정되면 난대림대의 도서 지역은 잠재자연식생인 상록활엽수로 천이가 진행될 수 있다라는 연구 결과를 반영한다면(Kim *et al.*, 1984; Lee and Ahn, 2013; Cho *et al.*, 2017) 상층과 하층에 참식나무, 생달나무, 후박나무, 구실잣밤나무가 우점

Table 2. Importance percentage of major woody plants by the stratum in 8 communities

Scientific Name	<i>N. sericea</i> - <i>C. yabunikkei</i>				<i>C. yabunikkei</i> - <i>Ca. japonica</i>				<i>Ca. japonica</i>				<i>Q. variabilis</i> - <i>Ca. japonica</i>			
	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P
<i>Rhus succedanea</i>	-	-	-	-	2.78	1.75	-	1.97	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	12.43	-	-	6.22	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus macrophylla</i>	7.42	-	-	3.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ligustrum japonicum</i>	-	2.83	4.95	1.77	2.88	13.26	0.96	6.02	-	-	0.12	0.02	-	4.11	-	1.37
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	3.61	-	-	1.81	-	-	-	-	56.93	3.02	-	29.47
<i>Pl. strobilacea</i>	1.61	1.9	-	1.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Litsea japonica</i>	-	-	-	0.22	0.6	0.17	-	3.39	3.16	1.66	-	2.27	17.7	3.71	-	-
<i>Kadsura japonica</i>	-	0.91	0.41	0.37	-	-	1.89	0.32	-	3.19	2.45	1.47	-	-	-	-
<i>Ca. japonica</i>	9.93	23.62	1.81	13.14	11.43	42.3	2.84	20.29	87.56	73.03	2.87	68.6	-	62.34	12.07	22.79
<i>Styrax japonicus</i>	-	0.67	2.59	-	1.2	-	2.2	-	0.73	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelospermum asiaticum</i>	-	1.16	23.19	4.25	-	-	1.12	0.19	-	-	1.03	0.17	-	-	-	-
<i>Cornus walteri</i>	-	4.08	-	1.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	3.99	1.39	-	2.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurya japonica</i>	-	-	0.22	0.04	-	4.2	1.95	1.73	-	-	-	-	-	1.3	-	0.43
<i>Prunus sargentii</i>	3.38	3.71	-	2.93	6.51	0.63	-	3.47	0.46	-	-	0.23	21.8	1.3	-	11.33
<i>C. yabunikkei</i>	12.04	35.39	43.91	25.14	29.72	20.42	38.24	28.04	5.74	11.11	69.83	18.21	3.36	12.89	70.24	17.68
<i>Mallotus japonicus</i>	-	2.13	0.74	0.22	1.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ac. lancifolia</i>	-	0.58	-	0.19	6.86	0.77	9.37	5.25	-	-	0.76	0.13	-	0.79	-	0.26
<i>N. sericea</i>	56.33	20.36	21.43	38.52	2.73	-	28.22	6.07	0.59	1.2	10.99	2.53	-	-	-	-
<i>Ficus erecta</i>	-	0.42	0.41	0.21	-	2.56	-	0.85	1.21	1.28	-	1.03	-	-	-	-
<i>Meliosm oldhamii</i>	-	-	-	-	0.92	-	-	0.46	3.22	0.79	-	1.87	-	-	-	-
<i>Ma. thunbergii</i>	-	2.74	0.41	0.98	4.31	2.47	2.79	3.44	2.46	2.09	6.69	3.04	-	7.87	-	2.62
Etc.(M.I.P < 1.0)	<i>Cephalotaxus koreana</i> , <i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Carpinus cordata</i> , <i>M. myriantha</i> , <i>Celastrus orbiculatus</i> , <i>Zelkova serrata</i> , <i>A. pseudosieboldianum</i> , <i>Viburnum erosum</i> , <i>Pittosporum tobira</i> , <i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> , <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , <i>Stauntonia hexaphylla</i> , <i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> , <i>Elaeagnus macrophylla</i> , <i>Elaeagnus glabra</i> , <i>Cryptomeria japonica</i> , <i>Hedera rhombea</i> , <i>Distylium racemosum</i> , <i>Sambucus williamsii</i> var. <i>corean</i> , <i>Euscaphis japonica</i> , <i>Stauntonia hexaphylla</i> , <i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> , <i>R. sylvestris</i> , <i>Morus bombycis</i> , <i>Celtis aurantiaca</i> , <i>Q. acutissima</i> , <i>Picrasma quassoides</i> , <i>Hedera rhombea</i> , <i>Fraxinus sieboldiana</i> , <i>Albizia julibrissin</i> , <i>Ardisia japonica</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Q. serrata</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Corylus sieboldiana</i> , <i>Euonymus oxyphyllus</i> , <i>Smilax china</i> , <i>Corylopsis gotoana</i> var. <i>coreana</i> , <i>M. myriantha</i> , <i>Actinidia arguta</i> , <i>Cocculus trilobus</i> , <i>Stauntonia hexaphylla</i> , <i>Daphne kiusiana</i> , <i>Elaeagnus glabra</i> , <i>Rhus sylvestris</i> , <i>Ma. japonica</i> , <i>Q. serrata</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Smilax china</i> , <i>Pueraria lobata</i> , <i>N. aciculata</i> , <i>Neolitsea aciculata</i> , <i>P. densiflora</i> , <i>Sorbus alnifolia</i>															

Table 2. (continued)

Scientific Name	<i>P. thunbergii</i> - <i>Ca. japonica</i>				<i>Cas. sieboldii</i>				<i>P. thunbergii</i>				<i>Pl. strobilacea</i> - <i>Mallotus japonicus</i>			
	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P	C.I.P	U.I.P	S.I.P	M.I.P
<i>P. thunbergii</i>	61.34	-	-	30.67	5.14	-	-	2.57	79.12	-	-	39.56	10	4.06	-	6.35
<i>Cornus macrophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.91	-	-	1.46
<i>Ligustrum japonicum</i>	-	5.46	-	1.82	-	9.96	4.21	4.02	-	7.49	-	2.5	-	6.4	1.15	2.33
<i>Cas. sieboldii</i>	5.54	10.57	3.81	6.93	72.45	7.49	16.62	41.49	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. variabilis</i>	10.27	-	-	5.14	2.08	-	-	1.04	-	1.19	-	0.4	9.7	-	-	4.85
<i>Pl. strobilacea</i>	-	-	-	-	2.55	-	-	1.28	13.94	4.29	-	8.4	22.03	1.71	-	11.59
<i>Litsea japonica</i>	-	-	11.94	1.99	-	0.38	5.15	0.99	-	0.65	0.58	0.31	-	-	0.31	0.05
<i>Carpinus cordata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. myriantha</i>	-	-	-	-	-	1.5	-	0.5	-	4.1	-	1.37	-	3.49	-	1.16
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	0.66	2.14	0.58	-	1.37	6.1	1.47	-	3.12	10.36	2.77
<i>Ca. japonica</i>	1.71	58.3	35.74	26.25	4.53	49.22	20.78	22.14	-	19.48	15.81	9.13	-	9.66	8.12	4.57
<i>Styrax japonicus</i>	-	-	-	-	0.91	1.24	-	0.87	-	11.55	-	3.85	6.29	16.74	0.53	8.81
<i>Trachelospermum asiaticum</i>	-	1.05	7.41	1.59	-	-	8.64	1.44	-	-	8.76	1.46	-	-	4.84	0.81
<i>Euscaphis japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.73	2.09	-	3.06
<i>Z. ailanthoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.54	-	-	2.27
<i>Eurya japonica</i>	-	2.46	-	0.82	1.16	11.15	3.71	4.92	-	2.43	-	0.81	-	6.26	4.65	2.86
<i>Rhus sylvestris</i>	-	-	-	-	-	0.77	0.25	0.3	-	-	-	-	3.74	0.61	-	2.07
<i>Prunus sargentii</i>	4.78	-	-	2.39	-	-	-	-	2.63	2.61	-	2.19	-	-	-	-
<i>C. yabunikkei</i>	14.4	8.43	31.87	15.32	4.67	2.53	12.41	5.25	-	8.67	48.85	11.03	-	5.25	22.31	5.47
<i>Picrasma quassioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.71	-	1.57
<i>Mallotus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.56	1.8	0.31	10.93
<i>Ac. lancifolia</i>	-	5	-	1.67	-	2.53	2.97	1.34	-	6.43	2.03	2.48	-	-	8.34	1.39
<i>N. sericea</i>	-	2.14	6.29	1.76	1.25	-	2.05	0.97	2.04	3.01	11.54	3.95	-	2.09	20.76	4.16
<i>M. oldhamii</i>	-	-	-	-	-	0.46	-	0.15	-	2.77	-	0.92	11.81	8.59	-	8.77
<i>Ma. thunbergii</i>	-	5.07	1.67	1.97	1.02	4.12	10.15	3.58	-	12.04	4.37	4.74	-	5.17	-	1.72
Etc.(M.I.P < 1.0)																

*Bidens tripartita*, *Cephalotaxus koreana*, *A. pictum* subsp. *mono*, *Staphylea bumalda*, *Zelkova serrata*, *A. pseudosieboldianum*, *Pittosporum tobira*, *Sambucus williamsii* var. *coreana*, *Stauntonia hexaphylla*, *Elaeagnus glabra*, *Sapium japonicum*, *Cornus kousa*, *Zanthoxylum schinifolium*, *Ma. japonica*, *Q. mongolica*, *Akebia quinata*, *Albizia julibrissin*, *Ardisia japonica*, *Ligustrum obtusifolium*, *Euonymus oxyphyllus*, *Ficus erecta*, *Smilax china*, *Sorbus alnifolia*

*Cephalotaxus koreana*, *A. pictum* subsp. *mono*, *Staphylea bumalda*, *Stephanandra incisa*, *Kadsura japonica*, *Symplocos chinensis*, *Zelkova serrata*, *Alnus maximowiczii*, *Stauntonia hexaphylla*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Sapium japonicum*, *Carpinus turczanowii*, *Callicarpa japonica*, *Ligustrum obtusifolium*, *Styrax obassia*, *Corylus sieboldiana*, *Smilax china*, *Zanthoxylum piperitum*, *Fatsia japonica*, *Sorbus alnifolia*, *Rosa multiflora*

하거나 세력을 확장해가고 있는 식생은 시간이 경과함에 따라 상록활엽수군락으로 천이가 진행될 것으로 예상되었다.

## 2) 흉고직경급별 분포

군락별 주요 출현종의 흉고직경급별 분포를 살펴보면 (Table 3) 참식나무-생달나무군락에서는 참식나무가 DBH 2~37cm 사이에 각 등급별로 2~16개체가, 관목층에서는 308개체가 출현하여 참식나무가 우점하는 안정적인 군락이 형성된 것으로 판단되었다. 이 외에 생달나무와 동백나무가

DBH 2~27cm 사이에 각각 2~6개체가, 관목층에서는 각각 324개체, 32개체가 관찰되었으나 세력은 미미하였다. 생달나무-동백나무군락에서는 생달나무와 동백나무가 DBH 12cm 미만에서는 각 등급별로 약 22~61개체가, 이상에서는 10개체 이하, 관목층에서는 생달나무가 484개체 출현하였다. 동백나무군락에서는 동백나무가 DBH 22cm 미만에서는 각 등급별로 약 36~101개체가, 이상에서는 10개체 미만, 관목층에서는 100개체가 나타났다. 그 외에 생달나무가 38개체, 관목층에 1664개체가 출현하여 동백나무가 우점하는



Table 3. The distribution of major woody species' DBH by 8 communities

Community Name	Scientific Name	SH	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	10D	11D
<i>N. sericea</i> - <i>C. yabunikkei</i>	<i>C. yabunikkei</i>	324	56	4	6	3	1	-	-	-	-	-
	<i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i>	-	-	1	2	2	-	1	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	32	4	6	3	2	3	2	-	-	-	-
	<i>N. sericea</i>	308	16	10	4	9	8	4	2	-	-	-
<i>C. yabunikkei</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Ma. thunbergii</i>	32	4	3	2	1	-	-	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	36	61	32	7	4	3	-	-	-	-	-
	<i>C. yabunikkei</i>	484	55	22	10	3	2	1	-	-	-	-
	<i>Ac. lancifolia</i>	116	3	-	1	1	-	-	-	-	1	-
<i>Ca. japonica</i>	<i>N. sericea</i>	288	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	<i>C. yabunikkei</i>	1664	25	4	4	4	1	-	-	-	-	-
	<i>Ma. thunbergii</i>	72	6	-	-	-	3	-	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	100	33	101	84	36	9	2	2	1	-	-
<i>Q. variabilis</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>C. yabunikkei</i>	260	3	4	3	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	24	12	16	8	4	-	-	-	-	-	-
	<i>Q. variabilis</i>	-	-	2	5	7	3	-	-	-	-	-
	<i>Prunus sargentii</i>	-	-	1	-	1	1	2	-	-	-	-
<i>P. thunbergii</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Ca. japonica</i>	128	53	33	15	5	-	-	-	-	-	-
	<i>C. yabunikkei</i>	156	4	5	3	5	-	1	-	-	-	-
	<i>Cas. sieboldii</i>	4	1	1	3	2	2	1	-	-	-	-
	<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	2	1	6	1	4	2	1
<i>Cas. sieboldii</i>	<i>Ma. thunbergii</i>	120	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	96	78	10	2	2	-	-	-	-	-	-
	<i>C. yabunikkei</i>	124	6	-	1	1	-	1	-	-	-	-
	<i>Cas. sieboldii</i>	148	1	3	8	14	16	4	1	-	-	-
<i>P. thunbergii</i>	<i>C. yabunikkei</i>	184	23	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>N. sericea</i>	72	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ma. thunbergii</i>	16	12	5	2	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ca. japonica</i>	80	21	2	2	1	1	-	-	-	-	-
<i>Pl. strobilacea</i> - <i>Mallotus japonicus</i>	<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	3	8	7	2	1	1	-
	<i>N. sericea</i>	188	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Ac. lancifolia</i>	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>M. oldhamii</i>	-	6	2	2	2	-	-	-	-	-	-
	<i>Pl. strobilacea</i>	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-

\*\*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

현상태를 유지하겠으나 장기적으로는 생달나무로의 천이가 예상되었다. 굴참나무-동백나무군락에서 굴참나무는 DBH 7~27cm 구간내에 2~7개체씩 분포하였고 하층에는 동백나무와 생달나무가 3~16개체씩, 관목에서는 각각 24, 260개체가 확인되었으나 굴참나무는 7cm 미만에서는 나타나지 않아 장기적으로는 교목성 상록활엽수로의 천이가 예측되었다. 난대림의 식생천이 계열은 곶술, 소나무, 졸참나무 등을 거쳐 생달나무, 참식나무, 후박나무 등 상록활엽수로의 진행을 예측하고 있어(Oh and Cho, 1994; Park *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2019) 교란이 없다면 상록활엽수 우점 지역은 현상태를 유지하겠으나 곶술, 굴피나무 등은 생달나무, 참식나무 등이 우점하는 군락으로의 천이가 예상되었다.

곶술-동백나무군락 중 곶술은 DBH 17cm 이상에서 등급별로 1~6개체씩 출현하였으나 DBH 17cm 미만과 관목에서는 관찰되지 않았다. 반면, 동백나무와 생달나무는 DBH 22cm 이상에서는 없었으나 이하에서는 등급별로 5~53개체씩 출현했을 뿐만 아니라 관목층에서도 각각 128개체, 156개체가 출현하여 장차 이들 종의 세력이 우세해질 것이다. 구실잣밤나무군락에서는 구실잣밤나무가 DBH 2~37cm 사이에 각 등급별로 1~16개체가, 관목층에서는 148개체가 출현하여 현상태의 안정적인 군락이 유지될 것이다. 이 외에 동백나무, 생달나무, 후박나무가 DBH 2~32cm 사이에 각각 1~78개체가, 관목층에서는 각각 96개체, 124개체, 120개체가 확인되었다. 하층에서 상록활엽수의 출현이 활발하나 구

실갯밤나무는 천이계열상 극상단계(Park *et al.*, 2018)에 속하는 종이기 때문에 현상태를 유지할 것이다. 곰솔군락 중 곰솔은 DBH 17cm 이상에서 등급별로 1~8개체씩 출현하였으나 DBH 17cm 미만과 관목에서는 관찰되지 않았다. 반면, 동백나무, 생달나무, 후박나무는 DBH 27cm 이상에서는 확인되지 않았으나 이하에서는 등급별로 1~23개체씩, 관목층에서는 각각 80개체, 184개체, 16개체가 출현하여 향후 상록활엽수가 우점하는 군락으로 변화할 것이다. 지심도, 비진도 등과 같은 도서지역은 인간의 간섭에 의해 파괴된 후 곰솔이 군락을 형성한 이후, 간섭이 중단되면서 상록활엽수림으로 천이가 진행된 것으로 예측한 바 있고(Lee *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2019), 곰솔과 같은 상록침엽수는 상록활엽수와 경쟁에서 도태된다고 하였으므로(Lee *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2018) 향후 생달나무 또는 참식나무로의 천이가 예상된다. 굴피나무-예덕나무군락에서는 굴피나무가 DBH 7cm 이상에서 등급별로 1개체가, 합다리나무는 DBH 2~22cm에서 등급별로 2~6개체가 관찰되었다.

난대림대에서는 곰솔, 소나무, 낙엽활엽수에서 상록활엽수로 천이가 진행된다는 것에서는 일치된 견해를 보이고 있으나(Cho *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2018; Park *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2019) 극상단계에서 우점할 수 있는 종에 대해서는 이견이 있는 것으로 파악되었다. 다만, 중간단계에서는 후박나무, 생달나무, 참식나무 등의 세력이 우세해지는 것으로 제시한 바 있어(Park *et al.*, 2018) 거제도 학동 일대의 해안지역에 분포하는 상록침엽수와 낙엽활엽수 군락은 이들 종으로 천이가 진행될 것이나 생달나무, 구실갯밤나무 등이 우점하는 군락은 현상태에서 급격한 식생변화를 기대하기는 어려울 것으로 판단되어 장기 모니터링이 필요한 것으로 사료되었다.

### 3) 종다양도 및 유사도지수

군락별 종다양도를 살펴보면(Table 4) 곰솔(0.8913), 구실갯밤나무군락(0.8772), 굴피나무-예덕나무군락(0.8665)

이 높은 반면에, 동백나무군락, 굴참나무-동백나무군락, 참식나무-생달나무군락은 각각 0.4611, 0.4975, 0.5904로 낮았다. 제주도 동백동산 1.0268~1.0717(Kwak *et al.*, 2013), 거제도 노자산 0.9075~1.1951(Lee *et al.*, 1999b) 보다는 낮았으나 천장산 0.1920~1.1253(Lee *et al.*, 2019)과는 유사하게 나타났는데 학동 일대의 경우 급경사지, 전석지대 등으로 분포지 자체의 환경이 열악했기 때문으로 사료되었다. 곰솔군락, 굴피나무-예덕나무군락의 종다양성이 상대적으로 높았는데 이는 천이 초기 단계에서 출현하는 종의 상호 경쟁 때문인 것으로 판단되었다(Kwak *et al.*, 2013). 유사한 입지인 천장산의 식생군락에서도 경쟁하거나 낙엽활엽수가 우점하는 군락이 높았던 것은(Lee *et al.*, 2019) 본 연구결과와도 일치하였다. 특히, 참식나무-생달나무군락에서 낮은 것은 상층과 하층에서 상록활엽수의 밀도가 높은 경우 나타날 수 있다는 현상이라고 하였는데(Lee, 2013) 참식나무-생달나무군락, 동백나무군락, 굴참나무-동백나무군락에서는 참식나무, 생달나무, 동백나무의 우점도가 높아 그들로 인해 하층 식생의 생육이 불량한 것이 그 원인으로 분석되었다.

군락간 유사도지수(Table 5)는 참식나무-생달나무군락과 생달나무-동백나무군락, 곰솔-동백나무군락과 생달나무-동백나무군락 및 굴참나무-생달나무군락 그리고 곰솔군락이 50%로 이상으로 유사성이 높은 것으로 나타났다. 반면, 구실갯밤나무군락, 굴피나무-예덕나무군락과 다른 군락과의 유사도는 30% 내외로 분석되어 이질적인 것으로 확인되었다. 이는 현상태의 군락들이 이미 천이가 진행되어 특화된 군락으로 발달된 것이 그 원인으로 판단되었다. Whittaker (1956)는 이질성과 유사성의 기준으로 20%, 80%를 제시한 바 있는데, 낙엽활엽수가 우점하는 굴피나무-예덕나무군락과 상록활엽수인 동백나무군락, 굴참나무-생달나무군락과의 유사도는 21.19~21.41%로 이질적인 정도를 넘어서서 공존가능성이 없는 것으로 나타났다. 이는 중간 상호경쟁으로 인한 배타성과 능선부 또는 계곡부의 입지적인 차이인

Table 4. 8 communities' species diversity indices

Community Name	H'(shannon)	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
<i>N. sericea-C. yabunikkei</i>	0.5904	0.6732	0.3268	0.8770
<i>C. yabunikkei-Ca. japonica</i>	0.7269	0.5224	0.3348	1.0280
<i>Ca. japonica</i>	0.4611	0.6205	0.3795	0.7648
<i>Q. variabilis-Ca. japonica</i>	0.4975	0.5345	0.4655	0.9161
<i>P. thunbergii-Ca. japonica</i>	0.6311	0.6883	0.3117	0.9106
<i>Cas. sieboldii</i>	0.8772	0.7614	0.2386	1.1438
<i>P. thunbergii</i>	0.8913	0.7279	0.2721	1.2249
<i>Pl. strobilacea-Mallotus japonicus</i>	0.8665	0.6856	0.3144	1.2166

Table 5. Similarity index among 8 communities

Comm. Name	1	2	3	4	5	6	7
2	51.51	-	-	-	-	-	-
3	36.1	47.66	-	-	-	-	-
4	36.33	48.1	45.59	-	-	-	-
5	37.18	55.25	47.83	52.35	-	-	-
6	25.5	45.35	34.8	35.13	48.84	-	-
7	32.34	46.5	28.56	28.66	64.4	34.35	-
8	21.41	39.23	17.06	21.19	30.99	30.29	47.02

\* 1. *N. sericea*-*C. yabunikkei*, 2. *C. yabunikkei*-*Ca. japonica*, 3. *Ca. japonica*, 4. *Q. variabilis*-*Ca. japonica*, 5. *P. thunbergii*-*Ca. japonica*, 6. *Cas. sieboldii*, 7. *P. thunbergii*, 8. *Pl. strobilacea*-*M. japonicus*

것으로 판단되었다.

#### 4) 종수 및 개체수

조사구별 출현 종수는 2~31종이었고 군락별 평균 출현 종수는 6.5~27.5종이었으며 굴피나무-예덕나무군락, 생달나무-동백나무군락, 곰솔군락의 경우 비교적 다양한 종이 출현하였다(Table 6). 군락별 전체 출현 종수와 평균 출현 종수의 차이가 큰 것은 설정된 조사구의 수가 많고 비교적 다양한 환경조건인 지역에 고르게 분포하여 아교목층 및 관목층을 형성하는 수목의 구성이 각각 다르게 나타났기 때문인 것으로 보인다.

군락별 100m<sup>2</sup>당 출현 개체수는 교목층 5~16개체, 아교목층 9.5~37.5개체, 관목층 52~286개체이었다. 동백나무군락에서 교목층이 16개체로 가장 많았고 생달나무-동백나무군락, 구실잣밤나무군락, 굴피나무-예덕나무군락이 10개체 이상이었다. 아교목층은 생달나무-동백나무군락, 구실잣밤나무군락, 곰솔군락, 굴피나무-예덕나무군락이 30개체 이상이 출현하였으나 동백나무군락, 참식나무-생달나무군락은 10개체 내외로 나타났다. 관목층은 동백나무군락, 굴피나무-예덕나무군락에서 200개체 이상으로 많았고 타 군락은 평균 100여개체 이상 출현하였다. 대상지에서 굴피나무-나도밤나무군락에서 개체수가 많았는데 이는 경쟁하는 군락의 특징으로 사료되었다. 한편, 상층과 하층에서 상록활엽수의 밀도가 높은 경우 개체수가 적을 수 있다고 하였는

데(Lee, 2013) 참식나무-생달나무군락, 동백나무군락, 굴피나무-동백나무군락내 하층 식생의 개체수가 적었던 것은 상층의 영향으로 판단되었다.

#### 5) 토양의 이화학적 특성

군락별 토양이화학적 특성을 살펴보면(Table 7) 토양산도(pH)는 5~5.84로 나타났으나 굴피나무-동백나무군락(5), 곰솔군락(5.25), 굴피나무-예덕나무군락(5.3)은 약산성인 것으로 분석되었다. 이는 남해안 도서지역인 거제도 천장상과 비진도에 분포하는 상록활엽수군락은 pH 4.72~5.55로 유사하였다(Lee *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2019). 전기전도도는 평균 0.047~0.139dS/m로 전 조사구에서 낮았고 군락별로는 굴피나무-예덕나무군락 0.047dS/m, 구실잣밤나무군락 0.055dS/m, 곰솔군락, 굴피나무-동백나무군락이 0.061dS/m 등으로 낮았다. 유기물함량은 평균 3.32~12.06%이었으며, 참식나무-생달나무 12.06%, 동백나무군락 9.56%로 높았던 반면, 구실잣밤나무군락, 곰솔군락, 굴피나무-예덕나무군락은 4% 미만이었다. 참식나무가 우점하는 군락은 비옥한 토양에서 출현한다는 연구 결과(Kim *et al.*, 2013)와 유사하였다. 해안에 분포하는 상록활엽수림의 유기물 함량은 지역에 따라 5.13~17.2%(Kim *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2016)로 범위가 넓었던 것은 다양한 지형에 분포하면서 나타나는 현상으로 판단되었다. 우리나라 산지토양(Yoo *et al.*, 1995)과 비교해 보면 토양산도와 유기물함량은 높은 수치를 나타냈으나 유효

Table 6. Mean analysis of the number of 8 communities' species and individuals(units : 100m<sup>2</sup>)

Comm. Name	<i>N. sericea</i> - <i>C. yabunikkei</i>	<i>C. yabunikkei</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Ca. japonica</i>	<i>Q. variabilis</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>P. thunbergii</i> - <i>Ca. japonica</i>	<i>Cas. sieboldii</i>	<i>P. thunbergii</i>	<i>Pl. strobilacea</i> - <i>M. japonicus</i>
Canopy	7.5(4~11)	13.5(5~27)	16(4~28)	7(4~10)	5(1~9)	10.5(9~12)	8(3~13)	12.5(5~20)
Understory	17(11~23)	37.5(25~50)	9.5(0~19)	22(13~31)	25(17~33)	31.5(14~49)	31.5(16~47)	31(26~36)
Shurb	172(40~604)	122(0~244)	286(48~524)	118(56~180)	52(4~100)	158(68~248)	98(56~140)	228(144~312)
Total	199(64~334)	172(52~292)	309(72~546)	153(91~215)	85(32~138)	183(95~271)	143(93~193)	270.5(183~358)
Species No.	7(5~9)	17(9~25)	6.5(2~11)	9(8~10)	8.5(5~12)	13.5(9~18)	17(16~18)	27.5(24~31)

Table 7. Soil physics and chemistry characteristics of 8 communities

Community Name	pH	EC(ds/m)	Avail-P(mg/kg)	T-N(%)	OM(%)	Ca(cmol/kg)	Mg(cmol/kg)	K(cmol/kg)	Na(cmol/kg)
<i>N. sericea-C. yabunikkei</i>	5.84 (5.81~5.87)	0.138 (0.095~0.181)	1.69 (0.77~2.60)	0.65 (0.27~1.02)	12.06 (6.54~17.57)	0.345 (0.450~0.239)	0.121 (0.064~0.177)	0.135 (0.122~0.147)	0.104 (0.099~0.109)
<i>C. yabunikkei-Ca. japonica</i>	5.37 (5.07~5.67)	0.093 (0.065~0.120)	2.07 (1.05~3.09)	0.29 (0.12~0.45)	5.34 (3.30~7.38)	0.277 (0.117~0.437)	0.059 (0.025~0.092)	0.113 (0.104~0.122)	0.099 (0.095~0.102)
<i>Ca. japonica</i>	5.62 (5.07~6.17)	0.139 (0.091~0.186)	1.69 (0.77~2.60)	0.49 (0.27~0.70)	9.56 (6.0~13.11)	0.502 (0.117~0.886)	0.080 (0.029~0.130)	0.129 (0.105~0.152)	0.101 (0.099~0.102)
<i>Q. variabilis-Ca. japonica</i>	5 (4.93~5.07)	0.061 (0.03~0.091)	1.58 (1.05~2.11)	0.43 (0.41~0.45)	7.69 (7.38~8.00)	0.204 (0.117~0.290)	0.052 (0.029~0.075)	0.103 (0.101~0.105)	0.21 (0.102~0.108)
<i>P. thunbergii-Ca. japonica</i>	5.35 (4.93~5.77)	0.070 (0.030~0.109)	1.83 (1.05~2.60)	0.29 (0.12~0.45)	5.65 (3.30~8.00)	0.219 (0.117~0.321)	0.053 (0.025~0.080)	0.110 (0.101~0.118)	0.104 (0.099~0.108)
<i>Cas. sieboldii</i>	5.15 (5~5.3)	0.055 (0.047~0.062)	1.16 (1.05~1.26)	0.18 (0.17~0.19)	3.78 (3.32~4.24)	0.128 (0.087~0.168)	0.026 (0.016~0.035)	0.099 (0.092~0.106)	0.105 (0.103~0.106)
<i>P. thunbergii</i>	5.25 (5.2~5.3)	0.061 (0.047~0.075)	1.40 (1.26~1.54)	0.20 (0.19~0.21)	3.63 (3.32~3.94)	0.160 (0.151~0.168)	0.032 (0.029~0.035)	0.112 (0.106~0.118)	0.102 (0.097~0.106)
<i>Pl. strobilacea-M. japonicus</i>	5.3	0.047	1.26	0.19	3.32	0.168	0.035	0.106	0.106
Uncultivated mountainous soil(Yoo et al., 1995)	4.8	-	5.6	-	6.4	0.7	0.25	2.27	-

인산과 치환성양이온용량은 부족한 것으로 나타났다.

6) 환경요인과의 관계 분석

52개 조사구의 산림식생을 8개 군락으로 분류하여 지형적 특성인 해발고, 경사, 향과 토양 이화학적 특성인 pH, EC, Avail-P, T-N, OM, Ca, Mg, K, Na, 토성 등 13개의 환경요인과 DCCA ordination 분석한 결과, eigen value 값이 80% 이상인 1축과 2축을 선정하여 도식화하였다(Figure 4). 그 결과, 물리적 특성 중 점토가 식생분포에 영향을 미치는 환경인자로 나타났다. 제 1축에서 점토와 비교적 높은 상관관계를 보였으며, 제 2축에서는 상관관계가 뚜렷하게

나타나지 않았다. 구실잣밤나무군락, 곰솔군락, 낙엽활엽수가 우점하는 군락 등은 점토가 풍부한 지역에서 출현하였다. 유사한 지역인 거제도천장산의 상록활엽수림 분포에는 경사도, Na+, K+, 전기전도도, 물리적 특성 중 점토(clay)가 영향을 미친다고 하였으나(Lee et al., 2019) 대상지에서는 점토만 식생 분포에 직간접적으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 학동에서 해금강까지의 지형조건이 대부분 급경사 사면과 암반으로 구성된 유사한 조건이었기 때문에 다른 환경요인보다는 생육 기반을 제공할 수 있는 점토만 상록활엽수의 분포에 영향을 미친 것으로 판단되었다.

REFERENCES

Botkin, D.B., H. Saxe, M.B. Araújo, R. Betts, R.H.W. Bradshaw, T. Cedhagen, P. Chesson, T.P. Dawson, J.R. Etterson, D.P. Faith, S. Ferrier, A. Guisan, A.S. Hansen, D.W. Hilbert, C. Loehle, C. Margules, M. New, M.J. Sobel and D.R.B. Stockwell(2007) Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *BioScience* 57(3): 227-236.

Brook, B.W., N.S. Sodhi and C.J.A. Bradshaw(2008) Synergies among Extinction Drivers under Global Change. *Trends Ecol Evol.* 23: 453-460.

Brower, J.E., J.H. Zar and C. Von Ende(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company.

Chiarucci, A., M.B. Araújo, G. Decocq, C. Beierkuhnlein and J.M. Fernández-Palacios(2010) The concept of Potential Natural Vegetation. *Journal of Vegetation Science* 21(6): 1172-1178.

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

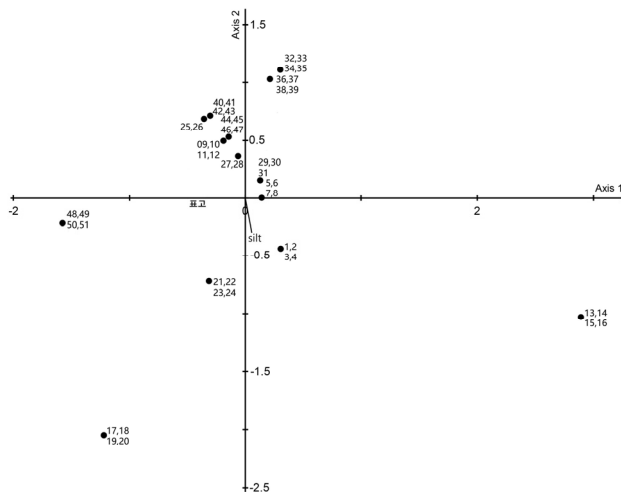


Figure 4. DCCA ordination diagram of vegetation communities respect to environmental variables at Hakdong and Haegeumgang, GeoJae Island.

- Daehuksan Island in the Dadohaehaesang National Park. The Journal of Korean Island 29(1): 217-237.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest boarder region of Wisconsin. Ecology 32: 476-498.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, K.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swanson, B.J. Stocks and B.M. Wotton(2001) Climate change and forest disturbances. BioScience 51(9): 723-734.
- 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.
- Groffman, P.M., P. Kareiva, S. Carter, N.B. Grimm, J. Lawler, M. Mack, V. Matzek, and H. Tallis(2014) Ecosystems, Biodiversity, and Ecosystem Services. In: J.M. Melillo, T. (T.C.) Richmond and G.W. Yohe(eds.), Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, U.S. Global Change Research Program 200-201.
- Guo, D., P.G. Desmet and L.W. Powrie(2017) Impact of the Future Changing Climate on the Southern Africa Biomes, and the Importance of Geology. J Geo Environ Prot. 5: 1-9.
- 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 abstract)
- Hill, M.O.(1979) TWINSPAN-A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, NY.
- Huang, J., X. Wang and E. Yan(2007) Leaf nutrient concentration, nutrient resorption and litter decomposition in an evergreen broad-leaved forest in eastern China. Forest Ecology and Management 239(1-3): 150-158.
- 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. 365: 3247-3260.
- IPCC(2014) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. In: T. Hiraishi, T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda and T.G. Troxler(eds.), IPCC, Switzerland.
- 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., J.H. Jeon and Y.M. Son(2016) The Prediction of the Optimal Growth Site and Estimation of Carbon Stocks for Castanopsis Sieboldii(Makino) Hatus in Warm Temperate Zone by Climate Change-Focused on Wando island-. The Journal of Korean Island 28(2): 273-294. (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)
- 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)
- Korea Meteorological Administration(KMA). data.kma.go.kr
- 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 Jeju-do, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 27(2): 241-252. (in Korean with English summary)
- Lalzarzovi, S.T. and L. Tluanga(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, G.G., S.D. Lee, J.S. Kim and B.G. Cho(2019) Plant Community Structure Characteristic of the Evergreen Forest, Cheonjangsan(Mt.) at GeoJae. Korean J. Environ. Ecol. 33(6): 708-721. (in Korean with English summary)

- 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(1999) 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(1999) 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.
- Lee, W.H.(2013) An analysis of growth status and soil environment in *Camellia japonica* L. forest at Jeolla-province Natural Monuments. *Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* 31(3): 1-11. (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.
- Luna-Kamyshev, N.M., J.O. Lopez-Martínez, B. Vargas-Larreta, G.A. Islebe, T.F. Villalobos-Guerrero, A.V. De la Rosa, O.F. Reyes-Mendoza and E. Treviño-Garza(2020) Floristic Composition, Diversity, and Biomass of a Protected Tropical Evergreen Forest Belize. *Tropical Conservation Science* 13: 1-13.
- Myers, N.(1991) Deforestation Rates in Tropical Forests and their Climatic Implications. *Friends of the Earth*, London, UK.
- 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. (in Korean)
- Nguyen, H.H., Y. Erfanfard, V.D. Pham, X.T. Le, T.D. Bui and I.C. Petrutan(2018) Spatial Association and Diversity of Dominant Tree Species in Tropical Rainforest, Vietnam. *Forests* 2018(9): 615.
- Oh, K.K. and H.Y. Shim(2006) Distribution and population structure of evergreen broad-leaved forest in the Weolchulsan National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 20(2): 81-93. (in Korean with English summary)
- 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.(1994) Plant community structure of evergreen broad-leaved forest in (Mt.) Pulgapsan, 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. Ph.D. dissertation, Seoul National University Graduate School. (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.G., S.H. Choi and S.C. Lee(2018) A Review of Vegetation Succession in Warm-Temperate Evergreen Broad-Leaved Forests-Focusing on *Actinodaphne lancifolia* Community-. *Korean J. Environ. Ecol.* 32(1): 77-96. (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)
- Patil, J.R., P.P. Sharma and K.J. Mhatre(2021) Global warming Induced Stress and its Impact on Biodiversity. *Journal of Science and Technology* 6(3): 21-29.
- 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.
- Reed, D.H.(2012) Impact of Climate Change on Biodiversity. In: W.Y. Chen, J. Seiner, T. Suzuki and M. Lackner(eds.), *Handbook of Climate Change Mitigation*. Springer, New York, NY.
- Riswan, S. and L. Hartanti(1995) Human impacts on tropical forest dynamics. *Vegetatio* 121(1/2): 41-52.
- 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.
- Sung, C.Y., H.M. Kang and S.G. Park(2021) Predicting Suitable Restoration Areas for Warm-Temperate Evergreen Broad-Leaved Forests of the Islands of Jeollanamdo. *Korean J. Environ. Ecol.* 35(5): 558-568. (in Korean with English summary)
- Wang, X.H., M. Kent and X.F. Fang(2007) Evergreen broad-leaved forest in Eastern China: Its ecology and conservation and the importance of resprouting in forest restoration. *Forest Ecology and Management* 245(1-3): 76-87.
- 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)
- World Resources Institute(2001) WRI study reports deforestation may be higher than FAO estimates. News Releases (12 March, 2001) <http://www.wri.org/press/faoJraS.html>
- Yang, I.S. and W. Kim(1972) Conspectus relation between the distribution of evergreen broad-leaved trees and the climatic factor in Southern area of Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* 4(1): 11-18. (in Korean with English summary)
- 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.
- Yoo, S.H., K.H. Kim and J.Y. Yun(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. *Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 28(1): 33-40.
- Yu, S.B., B.D. Kim, H.T. Shin and S.J. Kim(2020) Habitat Climate Characteristics of Lauraceae Evergreen Broad-leaved Trees and Distribution Change according to Climate Change. *Korean J. Environ. Ecol.* 34(6): 503-514. (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)
- Yun, J.H., K. Nakao, J.H. Kim, S.Y. Kim, C.H. Park and B.Y. Lee(2014) Habitat prediction and impact assessment of *N. sericea* (Blume) Koidz. under Climate Change in Korea. *Journal of Environmental Impact Assessment* 23(2): 101-111.
- Zhang, H., Q. Yang, D. Zhou, W. Xu, J. Gao and Z. Wang(2021) How evergreen and deciduous trees coexist during secondary forest succession: Insights into forest restoration mechanisms in Chinese subtropical forest. *Global Ecology and Conservation* 25: e01418.