

두륜산도립공원 상록활엽수림의 식생 특성^{1a}

-대흥사 일대를 중심으로-

강현미^{2*}

Vegetation Characteristics of Evergreen Broad-Leaved Forest in the Duryunsan Provincial Park^{1a}

-Focusing on the Daeheungsa(Temple) Area-

Hyun-Mi Kang^{2*}

요약

본 연구는 낙엽활엽수와 상록활엽수가 혼효하는 곳으로 식물학적 가치가 높은 두륜산도립공원 일대의 상록활엽수림을 대상으로 식생 특성을 파악하고자 진행하였다. 식생 특성을 알아보기 위해 100m² 크기의 조사구 40개소를 설치하여 조사 분석하였다. 두륜산도립공원이 위치한 해남군은 난대림지역으로 40년간의 기상자료를 분석한 결과, 한랭지수 -8℃·월, 온량지수 109.2℃·월, 연평균강수량 1,310.5mm로 상록활엽수림의 분포적지라 할 수 있다. TWINSpan에 의한 군락분류 결과, 붉가시나무군락- I, 붉가시나무군락- II, 참식나무-푸조나무군락 총3개 군락으로 분리되었다. 두륜산도립공원 내 상록활엽수림은 교목층에 우점하고 있는 붉가시나무가 아교목층에서도 세력을 넓혀가고 있으며, 붉가시나무 외에 교목성상의 상록활엽수인 참식나무와 생달나무 등이 전 층위에서 확인되고 있는 형태로 굴참나무, 졸참나무, 개서어나무 등의 낙엽활엽수가 도태되고 상록활엽수인 붉가시나무군락으로의 천이가 진행되고 있으며, 국지적으로 참식나무군락이 출현하고 있었다. 종다양도는 붉가시나무군락- I (1.3208), 붉가시나무군락- II (1.4916)에 비해 참식나무-푸조나무군락(1.0798)이 낮게 나타났다.

주요어: 난대림, TWINSpan, 붉가시나무, 참식나무

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate vegetation characteristics of evergreen broad-leaved forests in the area of Duryunsan Provincial Park, where the deciduous broad-leaved trees and evergreen broad-leaved trees are mixed and thus had a high botanical value. To investigate the vegetation characteristics, we installed 40 quadrats with an area of 100 m² each for survey and analysis. Haenam-gun, where the Duryunsan Provincial Park is located, is a warm-temperate forest region. The meteorological data for the past 40 years showed a coldness index of -8℃, a monthly warmth index of 109.2℃, and annual mean precipitation of 1,310.5mm, indicating it is an ideal habitat for the distribution of evergreen broad-leaved forest. The results of community classification based on TWINSpan showed three categories of vegetation communities in the surveyed region: *Quercus acuta* community- I, *Q. acuta* community- II, and *Neolitsea sericea-Aphananthe aspera* community. In the evergreen broad-leaved forest in the Duryunsan Provincial Park, *Q. acuta* dominant in the canopy were

1 접수 2019년 7월 10일, 수정 (1차: 2019년 8월 22일), 게재확정 2019년 9월 10일

Received 10 July 2019; Revised (1st: 22 August 2019); Accepted 10 September 2019

2 목포대학교 조경학과 조교수 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National Univ., Muan 58554, Republic of Korea

a 본 논문은 2018학년도 목포대학교 교내연구과제 지원에 의하여 연구되었음

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-61-450-2361, Fax: +82-61-450-2369, E-mail: kang@mokpo.ac.kr

expanding their presence in the understory. In addition to the *Q. acuta*, *N. sericea* and *Cinnamomum yabunikkei*, which are evergreen broad-leaved trees of the canopy, were found in all layers. The deciduous broad-leaved trees such as *Q. variabilis*, *Q. serrata*, and *Carpinus tschonoskii* were culled, and the transition to *Q. acuta* evergreen broad-leaved trees was ongoing. *N. sericea* community appeared locally. The species diversity index of *N. sericea*-*A. aspera* community was lower at 1.0798 than that of *Q. acuta* Community- I at 1.3208 and *Q. acuta* Community- II at 1.4916.

KEY WORDS: WARM-TEMPERATE FOREST, TWINSPAN, *Quercus acuta*, *Neolitsea sericea*

서론

두륜산도립공원은 1979년 도립공원으로 지정되었으며, 지면적 34.64km²로 한반도의 남쪽 끝에 위치해있다. 두륜산은 해발 703m로 대둔산(672m), 두륜봉(630m), 고계봉(638m), 노승봉(685m), 혈망봉(378m), 향로봉(469m), 연화봉(613m) 등 8개의 봉우리가 능선을 이루고 있으며, 그 중심부에 대흥사가 위치해 있다. 대흥사는 다양한 보물(제48호 대흥사북미륵암 마애여래좌상, 제301호 대흥사북미륵암삼층석탑, 제320호 대흥사웅진전삼층석탑)을 가지고 있는 불교유적이며, 천연기념물 제173호인 대둔산 왕벚나무 자생지가 대흥사 뒤편 산기슭에 위치하고 있다.

두륜산도립공원은 한반도 최남단 땅 끝에 자리 잡은 전라남도 해남군에 위치해 있으며, 3면이 바다인 반도(Haenam-gun, 2019)이며, 두륜산 일대는 따뜻하고 습한 바람에 실려 올라온 난대성 상록활엽수가 숲을 이루는 곳(Shin *et al.*, 2016; Haenam-gun, 2019)으로 식물분포구계로 볼 때 남해안아구 속하며 붉가시나무, 동백나무 등의 상록활엽수와 졸참나무, 소사나무, 신갈나무 등 낙엽활엽수 그리고 소나무, 곰솔 등 침엽수가 함께 혼재한 다양한 식생구조(Choi and Na, 2005)를 나타내고 있어 식물의 분포연구에 중요한 가치를 지닌 곳이다. 이처럼 식물적 가치가 높은 두륜산지역의 식물사회학적 연구를 살펴보면, 1971년 두륜산의 식물자원(Toh and Park, 1971) 연구를 시작으로 두륜산의 자생 왕벚나무에 관한 연구(Lee *et al.*, 1978), 두륜산 상록활엽수림의 식물군집구조(Oh, 1994), 두륜산 천연림의 군집분류 및 임분구조(Lee *et al.*, 1994), 해남군 두륜산의 현존식생과 식물사회학적 식생 유형(Shin *et al.*, 2016) 등에 관한 연구가 진행되었다. 두륜산은 식물 분포에 중요한 지역으로 인식되어지고 있으나 도립공원으로 지정된 기간이 40년인 것을 고려했을 때 여전히 부족한 상태이다.

두륜산 일대 대표적인 상록활엽수인 붉가시나무는 우리나라 도서 해안 및 남부지방을 중심으로 분포되어 있는 난대상록활엽수를 대표하는 수종(Lee *et al.*, 2005)으로 난대성 상록활엽수종 중에서도 내한성이 비교적 강한 수종으로 난대수종의 분포 북한계선에 인접한 내륙이나 난대지역의 고산지대에서 자랄

수 있으며, 기후 온난화로 인한 난대림의 북상 시 가장 높은 위도까지 분포할 수 있는 수종으로 알려져 있다(Oh and Kim, 1996; Yeo, 2005; Park *et al.*, 2014b). 이 때문에 붉가시나무에 대한 연구는 임학, 농학, 지리학적인 측면에서도 다양한 연구가 진행되고 있다. 식물사회학적 측면에서 붉가시나무에 대한 연구는 대부분 완도(Kim *et al.*, 2002; Park *et al.*, 2014a; Park *et al.*, 2016; An *et al.*, 2017)와 보길도(Kim *et al.*, 2000)를 중심으로 이루어져 왔으며, 두륜산지역의 붉가시나무만을 대상으로 한 연구는 전남지역 붉가시나무 3개 임분의 산림구조(Park *et al.*, 2013)에서 일부 대상지를 두륜산도립공원 내 붉가시나무림으로 선정하여 진행한 연구만이 확인되었다. 한반도의 상록활엽수림은 지극히 협소하게 남아 있고 지리적으로 격리되어 있다(Park *et al.*, 2018). 한반도 난온대 상록활엽수림을 대표하는 상록의 참나무림 가운데 하나인 붉가시나무림(Oh, 1995; Choi, 2013)의 경우 기후변화에 따른 난대림의 형성으로 앞으로 연구적 가치가 충분히 있다고 판단(Lee *et al.*, 2005)되며 기후변화로 인해 활용 가능성 또한 늘어날 것으로 예상되는 종으로 기존의 우수한 붉가시나무림에 대한 자료의 축적이 중요하다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 두륜산도립공원 상록활엽수림을 대상으로 식생 특성을 조사분석하고 정확한 실태를 파악하여 한반도 난온대 상록활엽수림의 변화에 대한 기초자료를 구축하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지 선정

두륜산지역은 온대 남부 식물대와 난온대 식물대 수종들이 생육하는 곳(Park and Park, 1973)으로 낙엽활엽수와 상록활엽수가 혼효하고 있는 곳(Oh, 1994)으로 알려져 있다. 이에 본 연구는 난대림에 속하는 두륜산도립공원에 분포하고 있는 상록활엽수림의 특성을 파악하기 위해 두륜산도립공원 내 상록활엽수림지역을 연구대상지로 선정하였다. 두륜산도립공원 내 상록활엽수림의 분포지역은 산림공간정보서비스(FGIS, 2018)

의 임상도자료를 토대로 확인하였으며 이를 통해 현장에서 일부 수정보완하였다. 두륜산도립공원 내 전체 상록활엽수림은 붉가시나무를 위주한 2차림(Oh and Choi, 1993)으로 대흥사를 중심으로 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 붉가시나무 우점림은 기온과 강수의 계절적 편차가 심한 한국의 대륙성기후에 가장 잘 적응한 형태의 상록활엽수림(Choi, 2013)으로 난온대 상록활엽수림을 대표하는 상록의 참나무림 가운데 하나이다(Oh, 1995; Choi, 2013). 대흥사 주변 붉가시나무림의 경우 과거에 주변 사찰로부터의 인위적인 간섭 영향이 존재하였다고 사료(Lee and Ahn, 2011)되나 시간이 지나면서 종교적 또는 방재 목적상 보호되어 온 상록활엽수림(Oh and Choi, 1993)으로 판단된다. 이를 토대로 두륜산도립공원 내 상록활엽수림의 특성을 파악하기 위해 대흥사 주변 상록활엽수림을 대상으로 식물군집구조 조사구를 설치하였다.

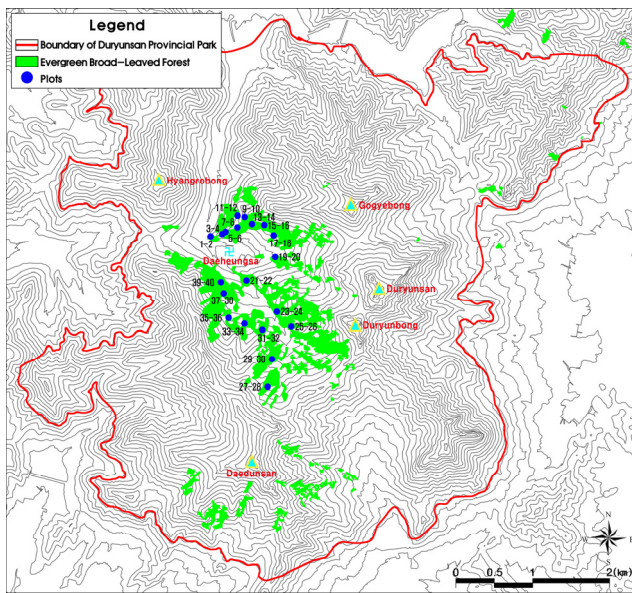


Figure 1. Map of the surveyed sites.

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

식생조사는 방형구법(quadrat method)으로 임내에 방형구를 설치하여 수관의 위치에 따라 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 2m 미만의 수목을 관목층, 기타 위치의 수목을 아교목층으로 구분하여 측정하였다. 교목층과 아교목층의 방형구는 10m×10m로 설정하였으며, 관목층의 방형구는 교목층과 아교목층의 방형구 내에 가장자리 좌우측에 크기 5m×5m의 소방형구 1개소를 설치하는 방식으로 방형구 내의 목본수종 전체를 대상으로 수종명과 규격을 측정하였다. 교목층과 아교목층은

출현하는 수목의 흉고직경을 기준으로 측정하였으며, 관목층은 수관폭(장변×단변)을 기준으로 조사하였다. 그 외 층위별 평균 수고와 평균식피율을 조사하였으며, 각 조사지의 환경요인을 파악하기 위해 해발고, 사면방향, 경사도 등을 조사하였다.

2) 식물군집구조 조사

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며, 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P.)를 구하였다(Park, 1985). 식생조사 자료를 바탕으로 식물군락별 특성을 알아보기 위해 40개 조사구를 TWINSpan에 의한 군집분석(classification analysis)(Hill, 1979b)을 통해 3개의 식물군락으로 그룹화하여 식생구조를 파악하였으며, 그룹화된 군락의 분포 특성을 알아보기 위해 DCA ordination(Hill, 1979a)분석을 함께 실시하였다. 식생자료를 토대로 유사도를 비교 분석하였고, 흉고직경 분석을 통해 식생의 수령 및 임분동태를 파악하여 산림식생천이의 양상을 추정하였다(Harcombe and Marks, 1978). 그룹화된 조사지별로 종구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균제도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 계산했고, 단위면적당(100m²) 종수 및 개체수를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 기후개황

상록활엽수림은 난온대지역을 대표하는 식생으로 우리나라에서 상록활엽수림의 분포는 남쪽 해안에 한정되어 있으며 그 면적이 넓지 않다. 어떤 지역에서의 생물의 분포는 그 지역에서의 환경조건에 의존하고 있으며(Woodward, 1987), 한반도에서의 상록활엽수의 분포는 온도의 계절적 변화와 관련이 있을 수 있다(Park *et al.*, 2005). 생물기후학적 관점에서 상록활엽수의 분포는 온도조건인 연평균 기온, 온량지수, 한랭지수와 관련성이 있다고 알려져 있으며(Kil and Kim, 1999), 우리나라에서 상록활엽수의 분포는 기온과 한랭지수를 연관하여 설명하고 있다(Yim and Kira, 1975, 1976; Yim, 1977a, 1977b). 한랭지수와 관련된 상록활엽수의 분포는 한랭지수 0~10℃·월(Yim, 1977b) 범위라고 하였고, 기온과 관련해서는 최대한월

인 1월 평균기온 -4°C 이상(Koo *et al.*, 2001)인 지역이 분포 적지로 판단하고 있다. 또한 난온대 상록활엽수림은 온량지수 (WI) $85\sim 240^{\circ}\text{C}\cdot\text{월}$, 강수량 $900\sim 1,500\text{mm}$ 정도의 범위에 분포 (Park *et al.*, 2018)한다고 알려져 있다.

본 연구대상지인 두륜산도립공원은 상록활엽수림이 나타나고 있는 지역으로 기후조건을 통해 분포적지인지 확인하였다. 이를 위해 두륜산도립공원이 위치한 해남의 기상관측자료를 활용하여 40년(1978~2017)간의 기상자료(Korea Meteorological Administration, 2019)를 분석하였다(Table 1). 그 결과, 두륜산도립공원이 위치한 해남군은 한랭지수 $-8.0^{\circ}\text{C}\cdot\text{월}$, 온량지수 $109.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{월}$, 연평균강수량 $1,310.5\text{mm}$ 로 기존 연구의 상록활엽수림 분포적지 기준에 속하는 것으로 확인되었다.

2. 조사지 개황

Table 2는 조사구의 일반적 개황을 나타낸 것으로, 조사구는 해발 $140\sim 410\text{m}$, 경사도 $10\sim 35^{\circ}$ 에 입지하였다. 교목층 수고는 $12\sim 20\text{m}$ 로 대부분의 조사구가 15m 이상이며, 식피율은 $70\sim 90\%$, 평균흉고직경은 $18.9\sim 61.7\text{cm}$ 로 2개 조사구(15, 16)를 제외한 모든 조사구가 붉가시나무를 우점종으로 포함하고 있는 것으로 확인되었다. 아교목층은 수고 $4\sim 9\text{m}$, 식피율 $20\sim 80\%$, 평균흉고직경 $3.7\sim 15.5\text{cm}$ 로 모든 조사구가 동백나무를 우점종으로 포함하는 가운데 몇몇 조사구에서 붉가시나무, 사스레피나무, 참식나무 등이 우점종으로 확인되었다. 관목층의 수고는 2m 미만으로 식피율은 $10\sim 80\%$ 로 조릿대, 동백나무, 생달나무, 참식나무, 자금우 등이 우점종으로 출현하였다.

Table 1. Climate characteristics of Haenam-gun in recent 40 years(1978~2017)

Annual mean temperature($^{\circ}\text{C}$)	13.4	Warmth index($^{\circ}\text{C}$)	109.2
Mean maximum temperature($^{\circ}\text{C}$)	18.8	Coldness index($^{\circ}\text{C}$)	-8.0
Mean minimum temperature($^{\circ}\text{C}$)	8.5	Annual mean precipitation(mm)	1,310.5
Coldest month mean temperature($^{\circ}\text{C}$)	1.0	Maximum precipitation(mm)	2,107.9(1985)
January mean temperature($^{\circ}\text{C}$)	1.2	Minimum precipitation(mm)	725.3(2017)

Table 2. General description of the physical and vegetation of the surveyed plots

Plot number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Altitude(m)	140	140	185	185	195	195	235	235	280	280	250	250	265	265	275	275	245	245	215	215	
Aspect($^{\circ}$)	210	210	180	180	160	160	125	125	315	315	280	280	190	190	210	210	220	220	300	300	
Slope($^{\circ}$)	30	30	25	25	20	25	15	15	30	30	35	35	20	20	25	25	10	10	10	10	
Number of species	10	13	11	14	6	6	14	10	9	9	9	13	5	6	6	8	5	8	9	13	
Height(m)	16	16	16	16	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	18	18	15	15	
Mean DBH(cm)	35.3	61.7	45.8	33.8	48.3	40.5	41.8	31.1	20.2	26.5	46.3	40.4	41.3	44.3	43.0	34.6	47.0	35.7	28.3	30.3	
Coverage(%)	80	80	70	70	80	80	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	70	70	70	70	
Dominant species*	<i>Qv, Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa, Qv</i>	<i>Qv, Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa, Ct</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa, Qv</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Ns, As</i>	<i>Ns, As, Mo</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qs, Qa</i>	<i>Qa, Ct, Mm</i>
Height(m)	6	6	5	5	5	4	4	4	8	8	7	7	8	8	4	4	6	6	8	8	
Mean DBH(cm)	7.0	5.7	5.1	5.0	4.1	3.7	5.5	5.6	7.4	6.2	7.3	5.5	6.9	8.6	10.2	15.5	6.7	4.9	7.7	8.7	
Coverage(%)	80	80	50	50	80	90	70	70	60	60	80	80	50	50	20	20	70	70	80	80	
Dominant species*	<i>Cj</i>	<i>Cj, Mt, Qa</i>	<i>Ct, Fs, Cj</i>	<i>Cj, Ct, Ps</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj, Ns</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj, Ej</i>	<i>Cj</i>
Height(m)	2.0<	2.0<	1.5	1.5	1.8	1.5	1.8	1.8	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	
Coverage(%)	50	50	80	80	50	40	50	50	20	20	30	30	30	30	40	40	50	50	10	10	
Dominant species*	<i>Sb</i>	<i>Cm</i>	<i>Sb</i>	<i>Sb</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Sb, Cj</i>	<i>Sb, Cj</i>	<i>Cj, Sb</i>	<i>Sb</i>	<i>Sb</i>	<i>Sb, Cm, Cy</i>	<i>Cy, Cj</i>	<i>Ns</i>	<i>Cy</i>	<i>Cy</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Sb</i>	<i>Sb, Cj, Aj</i>	

Table 2. (Continued)

Plot number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Altitude(m)	185	185	255	255	305	305	410	410	355	355	295	295	265	265	265	265	220	220	195	195	
Aspect(°)	220	220	240	240	240	240	60	60	120	120	5	5	25	25	65	65	75	75	30	30	
Slope(°)	20	20	18	18	10	10	25	25	20	20	20	20	15	15	15	15	10	10	10	10	
Number of species	11	9	10	12	10	13	8	11	8	7	9	7	3	5	11	8	6	8	8	13	
Canopy	Height(m)	15	15	12	12	15	15	13	13	15	15	16	16	20	20	18	18	16	16	18	18
	Mean DBH(cm)	30.8	29.5	25.2	18.9	31.0	19.3	28.4	37.4	21.3	19.9	22.2	21.1	29.1	45.0	29.9	22.2	27.6	24.7	31.6	33.2
	Coverage(%)	80	80	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	70	70	80	80	90	90
	Dominant species*	Qa	Qa	Qa	Qa, Qs	Qa	Qa	Qa, Ct	Qa, Qs	Qa	Qa	Qa, Ct	Qa, Qs	Qa	Qa, Qs	Qa	Qa, Ct	Qa	Qa	Qa, Pst, Cma, Cy	Qa, Dm
Understory	Height(m)	8	8	6	6	7	7	7	7	8	8	7	7	8	8	8	6	7	7	9	9
	Mean DBH(cm)	4.5	3.7	6.5	7.5	6.1	4.9	5.6	7.5	5.8	5.1	5.7	5.3	6.3	6.5	8.1	6.8	5.6	6.7	6.6	8.8
	Coverage(%)	80	80	60	60	80	80	70	70	80	80	70	70	60	60	60	60	60	60	60	60
	Dominant species*	Cj, Qa	Cj	Qa, Cj	Qa, Cj	Cj	Cj	Qa, Cj	Cj, Qa	Cj, Qa, Ej	Ej, Cj, Qa	Cj, Ej	Cj, Ej	Cj, Qa	Cj, Qa	Cj	Cj, Qa	Cj, Qa	Dm, Cj	Cj	Cj
Shrub	Height(m)	2.0<	2.0<	1.5	1.5	2.0<	2.0<	2.0<	2.0<	1.5	1.5	1.2	1.2	1.5	1.5	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5
	Coverage(%)	70	70	20	20	50	50	60	60	30	30	30	30	30	30	20	30	20	20	30	30
	Dominant species*	Cj, Aj	Cj, Aj	Ej, Cy, Qa	Cj, Rm, Aj	Aj, Lj, Cj, Ta	Cj, Aj	Sb, Aj	Sb, Aj	Aj, Cm	Cj, Aj, Ej	Cj, Aj	Aj, Cj	Cj	Cj	Cj, Cm, Aj	Cj	Cj	Cj	Cj	Cj, Aj, Cy, Sb, Cj

* Qv: *Quercus variabilis*, Qa: *Quercus acuta*, Ct: *Carpinus tschonoskii*, Ns: *Neolitsea sericea*, Aa: *Aphananthe aspera*, Mo: *Meliosma oldhamii*, Qs: *Quercus serrata*, Mm: *Meliosma myriantha*, Cj: *Camellia japonica*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Ps: *Prunus* spp., Ej: *Eurya japonica*, Sb: *Sasa borealis*, Cm: *Callicarpa mollis*, Cy: *Cinnamomum yabunikkei*, Aj: *Ardisia japonica*, Pst: *Platycarya strobilacea*, Cma: *Cornus macrophylla*, Dm: *Dendropanax morbiferus*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Lj: *Ligustrum japonicum*, Ta: *Trachelospermum asiaticum*

3. 식물군락구조

1) 군락분류

전체 40개 조사구에 대해 classification 분석 중 식별종을 중심으로 군락을 분류하는 TWINSpan 기법을 적용하여 조사구별 종조성을 나타내고(Table 3), 이를 통해 군락을 유형화

하였다(Figure 2). 첫 번째 단계에서는 푸조나무(+)의 출현 유무에 따라 그룹이 분리되어 푸조나무가 출현하는 그룹이 군락 III으로 분리되었다. 푸조나무의 경우 전체 조사구를 중심으로 군락 III으로 분류된 조사구 외의 조사구에서는 확인되지 않아 군락을 구분하는 식별종으로 작용한 것으로 보인다. 또한 이러한 특징은 출현빈도가 다른 그룹보다 2배 이상일 때 식별종이

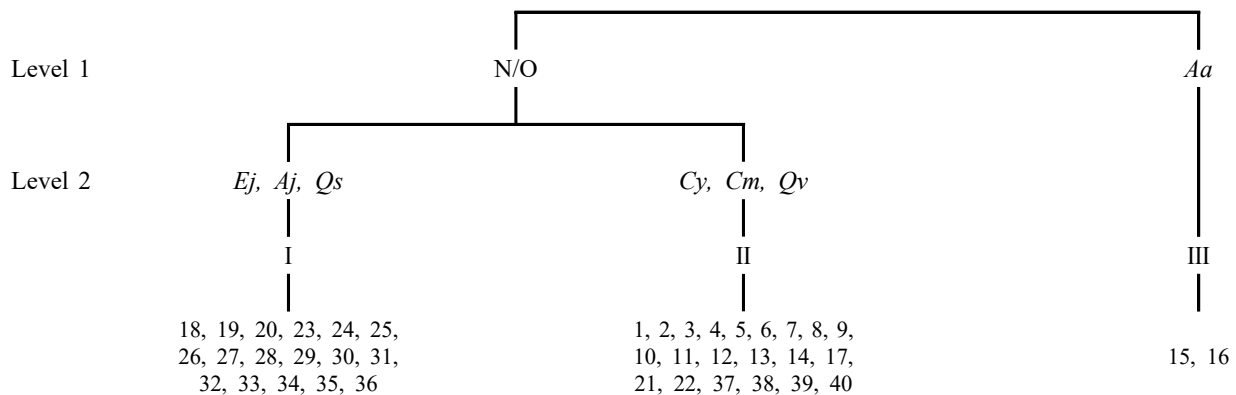


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan(Aa: *Aphananthe aspera*, Ej: *Eurya japonica*, Aj: *Ardisia japonica*, Qs: *Quercus serrata*, Cy: *Cinnamomum yabunikkei*, Cm: *Callicarpa mollis*, Qv: *Quercus variabilis*).

비율이 높아 유형별 특징이 뚜렷하게 나타나지 않을 때는 1단계(Lavel 1)를 기준으로 유형화 할 수 있으나 본 연구에서는 2단계(Lavel 2)에서 졸참나무, 굴참나무, 생달나무, 사스레피나무 등 추후 군락에 영향을 미칠 수 있는 수종들을 식별종으로 갖는 것을 고려하여 2단계(Lavel 2)까지 구분하여 유형화하였다.

Classification 분석과 상호보완적인 방법으로 군락의 분포를 알아보기 위해서 조사구 간의 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는 ordination 분석(Orloci, 1978)방법 중 DCA 기법을 적용하여 분석하였다(Figure 3). 분석결과 DCA 축의 eigenvalue는 각각 제1축 0.410, 제2축 0.205, 제3축 0.086으로 제1축과 제2축의 집중율이 높게 나타나고 있어 두 축을 바탕으로 배치하였으며, 조사구는 TWINSpan 기법으로 분류된 3개 군락의 조사구를 기준으로 구분하여 작성하였다. 참식나무와 푸조나무를 교목층의 우점종으로 갖는 군락 Ⅲ은 붉가시나무를 교목층의 우점종으로 갖는 군락 I, 군락 II와 제1축을 기준으로 명확히 구분되어 불연속성을 보였다. 군락 I과 군락 II의 경우 제1축을 기준으로 연속적으로 분포하는 것처럼 보이나 제2축을 기준으로 다시 살펴보면 일부 연속성을 보이기는 하나 졸참나무, 굴참나무, 생달나무, 사스레피나무 등을 통해 불연속적으로 분포하는 조사구도 함께 확인되었다. DCA 기법은 제1축과 제2축을 중심으로 식물군락 분포경향을 통해 환경요인간의 상호관계 파악이 가능(Shim *et al.*, 2019)한데 푸조나무는 낙엽활엽수로 난온대가 분포중심지(Kim, 2013)이며 붉가시나무와 참식나무 또한 난온대지역을 대표하는 상록활엽수로 식생지리를 기준으

로 볼 때 큰 차이를 나타내지 않고 있어 환경요인에 의한 파악은 어려운 것으로 판단된다.

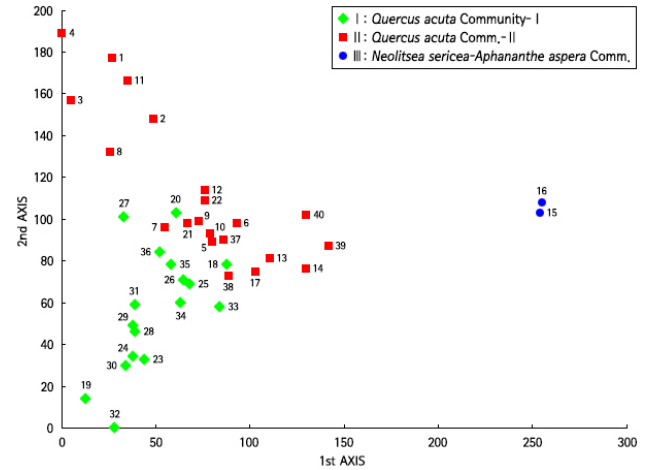


Figure 3. DCA(detrended correspondence analysis) ordination.

2) 상대우점치

두륜산도립공원 상록활엽수림 3개 식물군락의 각 군락별 상대우점치(I.P.) 및 평균상대우점치(M.I.P.)를 분석하였다(Table 4). 군락 I은 붉가시나무군락-I로 교목층에서는 붉가시나무(I.P. 73.74%)가 우점하는 가운데 졸참나무(I.P. 12.25%),

Table 4. Importance percentage of major woody species by the stratum for each communities

Comm.*	Species	Layer				Species	Layer			
		C ¹	U	S	M		C ¹	U	S	M
I	<i>Quercus acuta</i>	73.74	20.51	1.70	43.99	<i>Eurya japonica</i>	-	10.81	2.90	4.09
	<i>Camellia japonica</i>	-	55.27	33.04	23.93	<i>Sasa borealis</i>	-	-	14.73	2.46
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	10.95	3.96	0.12	6.82	<i>Ligustrum japonicum</i>	-	0.88	5.17	1.16
	<i>Quercus serrata</i>	12.25	-	0.09	6.14	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	-	-	6.13	1.02
	<i>Ardisia japonica</i>	-	-	28.71	4.79	Others	3.04	8.60	7.40	5.65
II	<i>Quercus acuta</i>	73.14	7.74	1.85	39.46	<i>Callicarpa mollis</i>	-	0.48	10.49	1.91
	<i>Camellia japonica</i>	-	65.89	36.89	28.11	<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	0.58	0.66	6.95	1.67
	<i>Quercus variabilis</i>	13.55	-	0.66	6.89	<i>Dendropanax morbiferus</i>	0.76	1.95	0.51	1.12
	<i>Sasa borealis</i>	-	-	25.63	4.27	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	2.18	-	-	1.09
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	3.44	3.58	-	2.91	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	2.46	1.31	1.04
	<i>Machilus thunbergii</i>	-	5.76	0.48	2.00	Others	6.39	8.82	10.21	7.86
III	<i>Neolitsea sericea</i>	58.99	19.62	9.46	37.61	<i>Quercus acuta</i>	6.19	-	-	3.10
	<i>Camellia japonica</i>	-	64.03	-	21.34	<i>Actinodaphne lancifolia</i>	-	7.98	2.12	3.01
	<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	-	8.38	85.57	17.06	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	1.42	0.24
	<i>Aphananthe aspera</i>	25.31	-	-	12.66	<i>Machilus thunbergii</i>	-	-	1.42	0.24
	<i>Meliosma oldhamii</i>	9.52	-	-	4.76					

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

* I: *Quercus acuta* Community-I, II: *Quercus acuta* Comm.-II, III: *Neolitsea sericea*-*Aphananthe aspera* Comm.

개서어나무(I.P. 10.95%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 동백나무(I.P. 55.27%)가 우점하는 가운데 붉가시나무(I.P. 20.51%), 사스레피나무(I.P. 10.81%) 등이 확인되었으며, 관목층에서는 동백나무(I.P. 33.04%)와 자금우(I.P. 28.71%), 조릿대(I.P. 14.73%) 등이 높은 비율로 확인되었다.

군락 II (붉가시나무군락- II) 또한 붉가시나무가 우점하는 군락으로 교목층에서 붉가시나무(I.P. 73.14%)가 우점하는 가운데 굴참나무(I.P. 13.55%) 등이 확인되었으며, 아교목층에서는 동백나무가 상대우점치 65.89%로 가장 높게 확인되었다. 관목층에서는 동백나무(I.P. 36.89%), 조릿대(I.P. 25.63%), 새비나무(I.P. 10.49%) 등이 우점하였다.

군락 III은 참식나무-푸조나무군락으로 교목층에서는 상록성인 참식나무(I.P. 58.99%)와 낙엽성인 푸조나무(I.P. 25.31%)가 우점종으로 확인된 가운데 합다리나무, 붉가시나무가 확인되었다. 아교목층에서는 동백나무(I.P. 64.03%)가 우점하는 가운데 참식나무(I.P. 19.62%), 생달나무(I.P. 8.38%), 육박나무

(I.P. 7.98%)가 확인되었는데 모두 상록활엽수였다. 관목층에서는 생달나무(I.P. 85.57%)가 가장 우점하였다.

두륜산도립공원 상록활엽수림 전체에 대한 상대우점치(I.P.) 및 평균상대우점치(M.I.P.) 분석결과(Table 5), 두륜산도립공원 내 상록활엽수림은 붉가시나무군락으로 확인되었다. 교목층에서 붉가시나무가 상대우점치 70.11%로 가장 우점하고 있으며, 그 외 굴참나무(I.P. 6.80%), 개서어나무(I.P. 6.76%), 졸참나무(I.P. 6.04%) 등의 낙엽활엽수가 확인되었으며, 붉가시나무를 제외한 교목성상의 상록활엽수로 참식나무, 생달나무, 황칠나무가 출현하고 있다. 아교목층에서는 동백나무가 상대우점치 61.89%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 교목층의 우점종인 붉가시나무가 상대우점치 12.44%로 확인되었다. 관목층에서는 아교목층의 최우점종인 동백나무(I.P. 31.88%)가 우점하는 가운데 뒤를 이어 자금우(I.P. 19.25%), 조릿대(I.P. 17.81%) 등 지표면을 피복하는 종의 비율이 높게 나타났다.

Table 5. Importance percentage of major woody species

Species	Layer				Species	Layer			
	C ¹	U	S	M		C ¹	U	S	M
<i>Quercus acuta</i>	70.11	12.44	1.61	39.47	<i>Ilex macropoda</i>	0.52	0.17	-	0.32
<i>Camellia japonica</i>	-	61.89	31.88	25.94	<i>Cornus kousa</i>	0.23	0.46	-	0.27
<i>Carpinus tschonoskii</i>	6.76	3.53	0.07	4.57	<i>Cornus macrophylla</i>	0.28	0.38	-	0.27
<i>Quercus variabilis</i>	6.80	-	0.22	3.44	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	0.82	-	0.27
<i>Ardisia japonica</i>	-	-	19.25	3.21	<i>Pinus densiflora</i>	0.40	-	-	0.20
<i>Quercus serrata</i>	6.04	0.27	0.05	3.12	<i>Actinodaphne lancifolia</i>	-	0.37	0.41	0.19
<i>Sasa borealis</i>	-	-	17.81	2.97	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.13	0.79	0.18
<i>Neolitsea sericea</i>	2.85	1.55	1.86	2.25	<i>Quercus dentata</i>	0.29	-	-	0.15
<i>Eurya japonica</i>	-	4.47	1.14	1.68	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	0.26	-	-	0.13
<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	0.26	0.75	7.39	1.61	<i>Torreya nucifera</i>	-	0.20	0.29	0.12
<i>Machilus thunbergii</i>	-	3.30	0.37	1.16	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	0.71	0.12
<i>Callicarpa mollis</i>	-	0.27	5.93	1.08	<i>Cephalotaxus koreana</i>	-	0.25	0.14	0.11
<i>Ligustrum japonicum</i>	-	1.15	3.09	0.90	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	-	0.20	0.21	0.10
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	2.19	0.68	0.84	<i>Viburnum erosum</i>	-	0.13	0.35	0.10
<i>Trachelospermum asiaticum</i>	-	-	4.01	0.67	<i>Smilax china</i>	-	-	0.36	0.06
<i>Aphananthe aspera</i>	1.28	-	-	0.64	<i>Lindera glauca</i>	-	-	0.29	0.05
<i>Dendropanax morbiferus</i>	0.37	1.13	0.26	0.61	<i>Sorbus alnifolia</i>	-	0.14	-	0.05
<i>Meliosma myriantha</i>	0.51	1.02	-	0.60	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	0.28	0.05
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1.04	-	-	0.52	<i>Kadsura japonica</i>	-	-	0.17	0.03
<i>Sapium japonicum</i>	-	1.16	0.10	0.40	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	-	0.09	-	0.03
<i>Meliosma oldhamii</i>	0.80	-	-	0.40	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	0.10	-	0.03
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.76	-	-	0.38	<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.18	0.03
<i>Prunus</i> spp.	0.25	0.73	-	0.37	<i>Hedera rhombea</i>	-	-	0.05	0.01
<i>Styrax japonicus</i>	0.22	0.75	-	0.36	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	-	-	0.07	0.01

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

현재 교목층에서 우점하고 있는 붉가시나무는 아교목층에서도 세력을 넓혀가고 있으며, 붉가시나무 외에 교목성상의 상록활엽수인 참식나무와 생달나무 등이 높은 비율은 아니지만 전 층위에서 확인되고 있다. 이를 통해 현재 굴참나무, 개서어나무, 졸참나무 등의 낙엽활엽수가 상록활엽수인 붉가시나무와의 경쟁에서 도태되고 있는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열 연구에서 두륜산지역은 굴참나무, 졸참나무, 개서어나무가 도태되어 가고, 붉가시나무, 동백나무나 기타 상록활엽수로 식생천이가 예상된다(Oh and Choi,1993)는 결과와 두륜산 상록활엽수림 연구에서 개서어나무와 졸참나무는 붉가시나무, 동백나무, 참식나무 및 후박나무와 경쟁적 관계에 있다고 판단(Oh, 1994)하고 있는 것과 유사한 특성을 보였다. 기존 연구와 비교했을 때, 동일한 지역을 연구대상지로 하는 Oh(1994)의 연구결과와 유사한 결과를 보이고 있으나 굴참나무, 졸참나무, 개서어나무의 상대우점치 비율은 낮아지고 붉가시나무의 상대우점치 비율이 높아진 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이는 조사지점의 차이로도 나타날 수 있는 결과로 25년간의 변화에 대해서는 명확하게 확인 할 수 없었다.

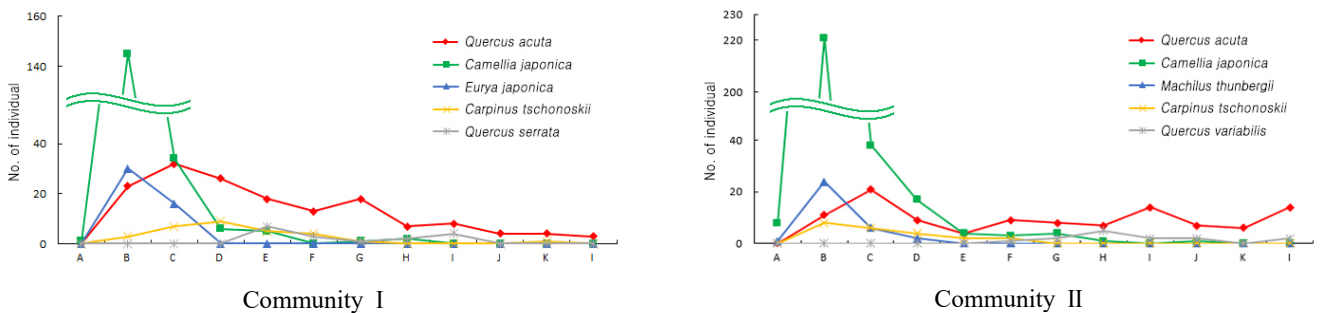
난온대 상록활엽수림의 식생천이에 관한 연구는 1990년대부터 꾸준히 이루어져 왔으며, 1996년 실시된 Oh and Kim의 연구에서는 소나무, 곰솔, 개서어나무, 졸참나무 등에서 구실잣밤나무, 붉가시나무, 종가시나무 등을 거쳐 육박나무로 예상되며 국지적으로 후박나무, 생달나무, 황칠나무, 참식나무군락이 발달하리라 예상하고 있으며, 2018년 실시된 Park et al.의 연구에서는 곰솔, 소나무, 졸참나무 등(초기단계)→후박나무, 생달나무, 참식나무, 육박나무 등(중간단계)→구실잣밤나무, 붉가시나무, 참가시나무 등(극상단계)의 순으로 2차천이가 진행될 것으로 추정하고 있다. 두 연구는 난온대림의 식생이 소나무, 곰솔, 졸참나무, 개서어나무 등의 초기단계에서 상록활엽수를 우점종으로 하는 극상단계로의 변화를 예상하고 있으나 변화의 과정 속에서 중간단계와 극상단계에서 출현하는 수종의 차이를 나타내고 있다. 이러한 결과를 종합하여 두륜산도립공원 상록활

엽수림의 변화를 예측한 결과, 상대우점치를 통해 굴참나무, 졸참나무, 개서어나무가 붉가시나무로 변화하고 있는 것을 확인할 수 있으며, 현재 교목층에서는 확인되고 있지 않으나 아교목층과 관목층에서 Oh and Kim(1996)이 극상단계의 수종으로 예상하고 있는 육박나무가 확인되고 있고, 국지적 출현 군락으로 예상하고 있는 참식나무군락이 출현하며, 국지적 출현 군락의 또 다른 종인 후박나무와 생달나무가 확인되고 있어 두륜산도립공원 상록활엽수림은 Oh and Kim(1996)의 연구에서 밝히 단계를 거쳐 극상단계에 이를 것으로 판단된다. 이는 붉가시나무가 난대지역의 소나무림, 낙엽성 참나무림 등이 상록활엽수림으로 천이가 진행될 때 초기단계의 수종으로(Park, 2012) 양수성의 곰솔보다 음수성인 육박나무, 참식나무 등의 상록활엽수종이 생태적 지위가 높아 점차 상록활엽수림으로 더 발달될 것(Park et al., 2018)으로 예상되며, 붉가시나무와 참식나무, 육박나무가 동일한 생태적 적소를 갖는 것으로 판단(Oh, 1994)한 기존의 연구결과들을 통해서도 예상할 수 있다.

3) 흉고직경급별 분포

군락별 주요 우점종에 대한 식생의 수령 및 임분동태를 파악하기 위해 흉고직경급별 분석을 실시하였으며(Table 6), 군락 I, II의 경우 흉고직경별 분포특성을 좀 더 쉽게 파악할 수 있도록 하였다(Figure 4). 군락 I (붉가시나무군락-I)에서 붉가시나무는 관목층에서부터 흉고직경(DBH) 52cm 이상의 대경목에 해당하는 구간까지 고르게 분포하고 있었으며, DBH 12cm 이하의 소경목 구간에서는 동백나무가 가장 많이 확인되었고, 뒤를 이어 사스레피나무가 확인되었다. 관목층에서는 자금우의 개체수가 가장 많이 확인되었으며, 뒤를 이어 동백나무와 마사줄, 조릿대 등이 높은 개체수를 보이는 것으로 확인되었다.

군락 II (붉가시나무군락-II) 또한 군락 I 과 동일한 군락유형으로 붉가시나무는 관목층에서부터 흉고직경(DBH) 52cm 이상의 대경목에 해당하는 구간까지 고르게 분포하고 있었다. 동백나무의 경우 관목층에서 중경목에 이르는 구간까지 고르게



* A: DBH<2, B: 2≤DBH<7, C: 7≤DBH<12, D: 12≤DBH<17, E: 17≤DBH<22, F: 22≤DBH<27, G: 27≤DBH<32, H: 32≤DBH<37, I: 37 ≤DBH<42, J: 42 ≤DBH<47, K: 47≤DBH<52, L: DBH≥52

Figure 4. The DBH distribution of major woody species in community I, II.

Table 6. The DBH distribution of major woody species for each communities

Comm.*	Unit (m ²)	Species	Shrub	D ₁ ^a	D ₂ ^b	D ₃ ^c	D ₄ ^d	D ₅ ^e	D ₆ ^f	D ₇ ^g	D ₈ ^h	D ₉ ⁱ	D ₁₀ ^j	D ₁₁ ^k	D ₁₂ ^l
I	1,700	<i>Ardisia japonica</i>	1,328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Carpinus tschonoskii</i>	4	-	3	7	9	5	4	1	-	-	-	1	-
		<i>Quercus serrata</i>	4	-	-	-	-	7	3	1	2	4	-	-	-
		<i>Quercus acuta</i>	52	-	23	32	26	18	13	18	7	8	4	4	3
		<i>Camellia japonica</i>	468	1	145	34	6	5	-	1	2	-	-	-	-
		<i>Eurya japonica</i>	16	-	30	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Trachelospermum asiaticum</i>	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Sasa borealis</i>	188	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Others	124	-	26	11	3	1	2	-	-	-	-	-	-
II	2,100	<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	8	6	4	2	2	-	-	-	-	-	
		<i>Quercus variabilis</i>	16	-	-	-	-	-	1	2	5	2	2	-	2
		<i>Quercus acuta</i>	36	-	11	21	9	4	9	8	7	14	7	6	14
		<i>Callicarpa mollis</i>	96	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	92	-	5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
		<i>Machilus thunbergii</i>	8	1	24	6	2	-	-	-	-	-	-	-	
		<i>Camellia japonica</i>	408	8	221	38	17	4	3	4	1	-	1	-	
		<i>Sasa borealis</i>	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Others	248	2	51	13	6	4	2	2	6	1	-	-	
III	200	<i>Quercus acuta</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-		
		<i>Aphananthe aspera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
		<i>Actinodaphne lancifolia</i>	4	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-		
		<i>Cinnamomum yabunikkei</i>	116	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-		
		<i>Neolitsea sericea</i>	28	-	2	1	2	-	1	2	-	-	2	1	
		<i>Camellia japonica</i>	-	-	1	3	2	2	-	2	-	-	-		
		Others	8	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		

^a: D₁<2(cm), ^b: 2≤D₂<7, ^c: 7≤D₃<12, ^d: 12≤D₄<17, ^e: 17≤D₅<22, ^f: 22≤D₆<27, ^g: 27≤D₇<32, ^h: 32≤D₈<37, ⁱ: 37≤D₉<42, ^j: 42≤D₁₀<47, ^k: 47≤D₁₁<52, ^l: 52≥D₁₂

* I: *Quercus acuta* Community- I, II: *Quercus acuta* Comm.- II, III: *Neolitsea sericea*-*Aphananthe aspera* Comm.

분포하고 있었으나 DBH 17cm 이하의 소경목 구간에 집중적으로 분포하고 있었다. 관목층 또한 소경목 구간에서 가장 많은 개체가 출현한 동백나무가 408개체로 가장 많이 확인되었다.

군락 I (붉가시나무군락- I)과 군락 II (붉가시나무군락- II)는 모두 붉가시나무가 우점하는 군락으로 군락의 단위면적 차이는 있으나 군락 I 이 소중경목 구간에서 많이 확인되어지고 있는데 비해 군락 II 는 중대경목 구간에서 많은 개체가 확인되고 있다.

참식나무-푸조나무군락인 군락 III의 경우 참식나무와 푸조나무 모두 DBH 52cm 이상의 대경목이 각각 1개체씩 출현하고 있으며, 소경목 구간에서는 동백나무가 관목층에서는 생달나

무가 가장 많이 확인되었다.

4) 유사도지수 및 종다양도

군락간 유사도지수(Table 7)는 붉가시나무를 교목층의 우점종으로 갖는 군락 I 과 군락 II 가 74.20%로 높은 유사성을 보였으며, 군락 III(참식나무-푸조나무군락)은 군락 I 과 24.77%, 군락 II 와 28.02%로 낮은 유사성을 보였다. 이는 아교목층의 우점종은 동백나무로 다른 조사구와 큰 차이를 보이지 않고 있어 교목층 우점종의 차이가 가장 큰 영향을 미친 것으로 보여지며, 관목층의 우점종 또한 일부 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

Table 7. Similarity index among three communities

Community	(I) <i>Quercus acuta</i> -I	(II) <i>Quercus acuta</i> -II
(II) <i>Quercus acuta</i> -II	74.20	
(III) <i>Neolitsea sericea</i> - <i>Aphananthe aspera</i>	24.77	28.02

군락별 종다양도를 살펴보면(Table 8), 군락 II (붉가시나무군락-II)가 1.4916으로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 군락 I (붉가시나무군락-I)이 1.3208로 붉가시나무군락의 경우 두륜산도립공원 상록활엽수림의 평균 종다양도에 가까운 수치를 나타내고 있다. 가장 낮은 종다양도 지수는 참식나무-푸조나무군락(군락 III)으로 1.0798로 평균 종다양도에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

기존에 연구된 상록활엽수림 중 우점종이 유사한 군락을 중심으로 종다양도를 비교하였다. 지리적으로 인접해 있는 완도지역의 붉가시나무군락과 비교한 결과, 완도 백운봉 상록활엽수림의 산림군집구조 연구에서 붉가시나무를 우점종으로 하는 군락의 종다양도는 0.687~1.018(단위면적: 300m²)로 붉가시나무군락 0.687, 붉가시나무-동백나무군락 0.866, 붉가시나무-낙엽활엽수군락 0.933, 붉가시나무-상록낙엽활엽수군락 0.966, 붉가시나무-개서어나무군락 1.018(Bae and Park, 2001)로 단위면적과 수관층위(흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 층위를 구분)의 구분 차이를 보이고 있긴 하나 두륜산도립공원 내 붉가시나무를 우점종으로 하는 1.3208~1.4916에 비해 낮게 나타났다. 또한, Kim *et al.*(2002)에 의해 실시된 완도난대림수목원 지역 붉가시나무림의 삼림군집구조 조사에서도 0.8748~1.2429(단위면적: 300~900m²)로 단위면적 및 수

관층위(0.8m 이상의 수목을 관목층으로 구분)에 차이를 보이고 있으나 본 연구 대상지에 비해 다소 낮게 나타났다. 이는 완도의 붉가시나무군락에 비해 두륜산도립공원 내 붉가시나무군락이 협소한 패치(Patch)의 형태로 나타나면서 주변 낙엽활엽수군락의 영향에 의한 것으로 판단된다. 지리적으로 인접하지는 않으나 경상남도 비진도 상록활엽수림을 대상으로 한 연구의 참식나무-동백나무군락의 종다양도는 0.7645(Lee *et al.*, 2016)로 두륜산도립공원 상록활엽수림의 참식나무-푸조나무군락에 비해 종다양도가 낮은 것을 볼 수 있다. 종다양도의 경우 하층식생이 종다양도에 중요한 역할을 한다고 볼 수 있는데 비진도 참식나무-동백나무군락의 경우 상층의 평균식피율이 80%(70~90%, Lee *et al.*, 2016)로 모두 상록활엽수가 우점종으로 상층수관이 닫혀있어 하층식생의 생육불량이 원인으로 판단된다. 이러한 결과를 토대로 볼 때, 두륜산도립공원 내 상록활엽수림의 대부분을 차지하고 있는 붉가시나무군락의 종다양도가 타 지역에 비해 다소 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

5) 종수 및 개체수

종수 및 개체수 분석은 각각의 군락에 대해 단위면적(100 m²)을 기준으로 분석하였다(Table 9). 두륜산도립공원 상록활엽수림의 평균 출현 종수는 9.00±2.79종이었으며, 평균 출현

Table 8. Species diversity indices in each communities

(Unit: 100m²)

Community	H'(Shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
(I) <i>Quercus acuta</i> -I	1.3208	0.6121	0.3879	2.1369
(II) <i>Quercus acuta</i> -II	1.4916	0.6785	0.3215	2.1709
(III) <i>Neolitsea sericea</i> - <i>Aphananthe aspera</i>	1.0798	0.5578	0.4422	1.9356
Average	1.3984	0.6443	0.3557	2.1447

Table 9. Analysis of the number of species and individuals in each communities

(Unit: 100m²)

Community*	No. of species				No. of individual			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
I	2.35±1.00	4.88±1.54	4.53±1.62	8.94±2.68	8.29±3.65	20.29±6.70	143.76±133.64	172.35±134.94
II	2.33±0.97	5.29±1.59	4.29±1.87	9.24±2.98	5.29±2.61	22.00±6.84	58.19±25.92	86.52±25.80
III	3.00	3.50±0.71	3.00±2.83	7.00±1.41	5.00	37.00±32.53	78.00±59.40	93.00±53.74
Average	2.38±0.95	5.03±1.56	4.33±1.79	9.00±2.79	6.55±3.35	22.03±9.07	95.55±97.69	123.33±98.54

* I: *Quercus acuta* Community-I, II: *Quercus acuta* Comm.-II, III: *Neolitsea sericea*-*Aphananthe aspera* Comm.

개체수는 123.33 ± 98.54 개체였다. 층위별로 살펴보면, 종수의 경우 교목층은 군락 III이 3.00종, 아교목층은 군락 II가 5.29 ± 1.59 종, 관목층은 군락 II가 9.24 ± 2.96 종으로 가장 많은 종이 확인되었으며, 개체수의 경우 교목층은 군락 I이 8.29 ± 3.65 개체, 아교목층은 군락 III이 37.00 ± 32.53 개체, 관목층은 군락 I이 143.76 ± 133.64 개체로 조사되었다.

REFERENCES

- An, J.S., H.S. Shin, S.H. Han, S.A. Choi, S.H. Lee, J.H. Lee and C.W. Yun(2017) Vegetation Community Structure and Moth (Insecta: Lepidoptera) Diversity in *Quercus acuta* on Sanghwangbong, Wandogun. The Journal of Korean Island 29(1): 239-251. (in Korean with English abstract)
- Bae, H.G. and M.S. Park(2001) Structure of Evergreen Broad-leaved Forest Community at Baegunbong Area in Wando. Journal of Korean Society of Forest Science 90(6): 756-766. (in Korean with English abstract)
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, B.G.(2013) Syntaxonomy and Syngeography of Warm-Temperate Evergreen Broad-leaved Forests in Korea, Doctor's thesis, Keimyung Univ., 148pp. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.W. and S.D. Na(2005) Diversity and Faunal Changes of the Macrolepidoptera in Mt. Duryunsan and Its Neighboring Area, Jeonnam, Korea. Journal of Ecology and Environment 28(2): 79-83. (in Korean with English abstract)
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32:476-496.
- Forest Geospatial Information System(2018) <http://map.forest.go.kr>
- Haenam-gun(2019) <http://www.haenam.go.kr>
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks(1978) Tree Diameter Distribution and Replacement Processes in Southeast Texas Forests. For Sci. 24(2): 153-166.
- Hill, M.O.(1979a) TWINSpan - a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 99pp.
- Hill, M.O.(1979b) DECORANA - a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 52pp.
- 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 J.W.(2013) The Plant Book of Korea Vol. 1. Plants Living Close to the Village. Nature & Ecology, Seoul, 1,199pp. (in Korean)
- Kim, C.Y., J.S. Lee, K.I. Oh, S.K. Jang and J.H. Park(2000) Community Ecological Study on the *Quercus acuta* Forests in Bogildo - Island. Journal of Korean Forestry Society 89(5): 618-629. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.O., S.C. Chin and C.J. Oh(2002) The Community Structure of *Quercus acuta* Forest at Wando Warm-Temperate Forest Arboretum. Journal of Korean Society of Forest Science 91(6): 781-792. (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)
- Korea Meteorological Administration(2019) <http://www.weather.go.kr>
- Lee, B.C., S.W. Lee, K.J. Lee, J.H. Shin and H.J. Cho(1994) Community Classification and Stand Structure Analysis of Durunan Natural Forest. Journal of Korean Forest Society Scholarship Collection of Dissertations, 26-27. (in Korean)
- Lee, B.K., H.B. Park and S.J. Lee(1978) Studies on the Wild *P. yedoensis* in Mt. Duryun. Journal of Agriculture & Life Science 9: 20-25. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., J.S. Kim, M.J. Kim and H.K. Kang(2016) Plant Community Structure Characteristic of the Evergreen Forest, Bijind. Korean Journal of Environment and Ecology 30(2): 228-242. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J. and Y.H. Ahn(2011) Studies of Vegetation Structure Analysis and Anticipation of Vegetation Change due to Global Warming on Secondary Forest in Ecotone. Korean Journal of Environment and Ecology 25(3): 365-377. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.T., Y.M. Son, K.J. Lee, J.H. Hwang, J.C. Choi, H.C. Shin and N.C. Park(2005) Aboveground Carbon Storage of *Quercus acuta* Stands by Thinning Intensity. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 7(4): 282-288. (in Korean with English abstract)
- Oh, J.G.(1995) Comparative Studies on Evergreen Broad-leaved Forests of Dadohae National Marine Park in Korea and Nagasaki in Japan. Doctor's thesis, Mokpo National Univ., 181pp. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and S.H. Choi(1993) Vegetational Structure and Successional Sere of Warm Temperate Evergreen Forest Region Korea. Journal of Ecology and Environment 16(4): 459-476. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1996) Restoration Model of Evergreen Broad-leaved Forests in Warm Temperate Region(I) -Vegetational Structure-. Korean Journal of Environment and

- Ecology 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K.(1994) Plant community Structure of Evergreen broad-Leaved Forest in Mt. Turyunsan, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 8(1): 43-57. (in Korean with English abstract)
- Orloci, L.(1978) Multivariate Analysis in vegetation research(2nd edition). Junk Publishing, The Hague, 468pp.
- Park, B.J., Y.S. Park and Y.M. Park(2005) Comparative Water Relations of *Quercus acuta* and *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* in Early Winter. Korean Journal of Ecology 28(4): 231-235. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H.(1985) A Study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Seoul Natinal Univ. Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H.(2012) Structure and Dynamics of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests in Wando island. Korean Journal of Environment and Ecology 26(3): 406-411. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., K.S. Chae, S.D. Kim and J.W. Park(2013) Forest Structure of Three *Quercus acuta* Stands in Jeollanam-do. Proceeding of Korean Society of Environment and Ecology Conference 23(2): 71-72. (in Korean)
- Park, I.H., S.D. Kim and J.W. Park(2014) Heterogeneity of Community Structure in a *Quercus acuta* Forest at Wando Island. Proceeding of Korean Society of Forest Science Conference 2014: 95. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., S.D. Kim, J.W. Park, K.S. Chae, G.T. Kim and T.W. Um(2014) Flowering Characteristics and Acorn Production of *Quercus acuta* Thunb. in Wando Island, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 128(3): 326-330. (in Korean with English abstract)
- Park, J.H., N.G. Ju, B.O. Yoo, K.S. Lee, S.B. Yoo and S.Y. Jung(2016) Development of Vegetation Structure by Thinning Intensity of *Quercus acuta* Stands in Wando Region. Journal of Agriculture & Life Science 50(1): 73-81. (in Korean with English abstract)
- Park, M.K. and H.D. Park(1973) Flora of Daedunsan in Haenam. The Korean Association for Conservation of Nature. General Research Report of Daedunsan in Haenam 6: 151-178. (in Korean)
- 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 Journal of Environment and Ecology 32(1): 77-96. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, N.Y., 385pp.
- Sasaki, T., A. Koyama, T. Koyanagi, T. Furukawa and K. Uchida(2015) Data Analysis of Plant Community Structure and Diversity. Handbook of Methods in Ecological Research 3. Kyritsu Publishing Co., 208pp. (in Japanese)
- Shim, H.Y., S.G. Park, S.H. Choi, S.C. Lee, C.Y. Yu and C.Y. Sung(2019) The Characteristics of *Cinnamomum japonicum* Community in Japan's Special Natural Monument Area. Korean Journal of Environment and Ecology 33(1): 52-63. (in Korean with English abstract)
- Shin, H.S., J.H. Lim and C.W. Yun(2016) Actual Vegetation and Phytosociological Forest Vegetation in Haenamgun Mt. Duryunsan. Journal of Agriculture & Life Science 50(3): 55-67. (in Korean with English abstract)
- Sin, H.C., N.C. Park and J.H. Hwang(2006) Warm Temperate Tree Species in Korea. Korea Forest Research Institute, Seoul, 218pp. (in Korean)
- Toh, S.H. and S.H. Park(1971) Plant Resources of Mt. Du Ryun. Korean Journal of Pharmacognosy 2(2): 99-118. (in Korean with English abstract)
- Woodward, F.I.(1987) Climate and Plant Distribution. Cambridge University Press, Cambridge, 174pp.
- Yeo, U.S.(2005) Natural Regeneration Patterns and Strategies of *Quercus acuta* in Wando, Korea. Ph. D. Dissertation, Seoul National Univ., 108pp. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of Forest Vegetation and Climate in the Korea Peninsula: I. Distribution of Some Indices of Thermal Climate. Japanese Journal of Ecology 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. Japanese Journal of Ecology 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. Japanese Journal of Ecology 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. Japanese Journal of Ecology 27: 269-278.