

## 울릉도 너도밤나무림의 미세지형별 생태적 특성<sup>1a</sup>

한상학<sup>2</sup> · 윤충원<sup>3</sup> · 송주현<sup>4</sup> · 김호진<sup>4</sup> · 이정은<sup>4</sup> · 윤이슬<sup>4</sup> · 유윤서<sup>4</sup> · 이상훈<sup>5\*</sup>

### The Ecological Characteristics by Micro-Topographies of Beech forest in Ulleung Island<sup>1a</sup>

Sang-Hak Han<sup>2</sup>, Chung-Weon Yun<sup>3</sup>, Ju-Hyeon Song<sup>4</sup>, Ho-Jin Kim<sup>4</sup>, Jeong-Eun Lee<sup>4</sup>, I-Seul Yun<sup>4</sup>, Yoon-Seo Yoo<sup>4</sup>, Sang-Hun Lee<sup>5\*</sup>

#### 요약

본 연구는 울릉도 너도밤나무림의 동태변화를 통한 유지기작을 연구하기 위하여 알봉분지에서 성인봉 사이 소능선부, 사면상부 및 계곡부를 포함한 너도밤나무가 우점하는 임분 1ha(20m×20m, 25개소)를 대상으로 흉고직경급 분포, 중요치, 종조성 분석을 통해 미세지형별 너도밤나무림의 임분구조 특성을 파악하기 위하여 실시하였다. 너도밤나무림 전체에서 흉고직경급 10cm 미만에서는 소능선부와 사면상부가 계곡부에 비하여 개체수가 많이 나타났으며, 흉고직경급 10-25cm에서는 소능선부의 개체수가 가장 많이 나타났고, 흉고직경급 25-45cm에서는 사면상부, 45cm 이상의 계곡부의 개체수가 가장 많이 나타났다. 모든 지형에서 흉고직경급 10cm 미만의 너도밤나무가 다수 분포하고 있는 것은 종자번식이 아닌 영양번식 또는 교란에 의한 맹아갱신인 것으로 판단된다. 지표종 분석결과 소능선부에서는 솔송나무, 만병초, 호자덩굴, 섬벚나무, 마가목, 큰두루미꽃 등 8종이, 계곡부에서는 풍게나무, 관중, 난티나무, 섬노루귀, 말오줌나무, 큰연영초, 공작고사리, 황벽나무 8종이 유이하게 나타났다.

주요어: 식물사회학, 흉고단면적, 흉고직경급, 중요치

#### ABSTRACT

This study was carried out to identify the long-term changes to beech forest due to climate change in Ulleung-do. To study the traits of the stand structure of beech forest with micro-topography, we investigated the distribution of the basal area, important values, and indicated species in a small ridge between Albong basin and Seongin-bong peak, and 1-ha stands (20 m × 20 m, 25 sites) dominated beech species including on the upper slope and valley parts. The result showed that the indicator species characterizing the vegetation communities were *Tsuga sieboldii*, *Rhododendron brachycarpum*, and *Mitchella undulata* in the small ridge and *Celtis jessoensis*, *Dryopteris crassirhizoma*, and *Ulmus laciniata* in the valley part. Moreover, the individuals with the total DBH < 10 cm were more predominant in the small ridge and upper slope than in the valley part, the individuals with DBH = 10 - 25 cm were predominant in the small slope, and individuals with DBH = 25 - 45

1 접수 2019년 11월 1일, 수정 (1차: 2019년 11월 27일), 게재확정 2019년 11월 28일

Received 1 November 2019; Revised (1st: 27 November 2019); Accepted 28 November 2019

2 국립생태원 기후변화연구팀 연구원 Team of Climate Change Rsearch, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea

3 공주대학교 산림자원학과 교수 Dept. of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

4 공주대학교 산림자원학과 박사과정 Dept. of Forest Resources, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

5 국립생태원 기후변화연구팀 책임연구원 Team of Climate Change Rsearch, National Institute of Ecology, Seoecheon 33657, Korea

a 이 논문은 국립생태원 'NIE-기반연구-2019-21'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

\* 교신저자 Corresponding author: sanghunlee@nic.re.kr

cm and DBH > 45 cm were predominant in the upper slope. The reason for the predominant distribution of beech stand with DBH < 10 cm in all terrains is suggested to be germination by nutritional propagation rather than secondary succession caused by artificial disturbances and seed propagation.

**KEY WORDS: PHYTOSOCIOLOGY, BASAL AREA, DBH-CLASS, IMPORTANCE VALUE**

## 서론

식생은 지표면에 생육하고 있는 전체 식물의 집단으로 대개 생육지의 환경과 반응해서 결정된 종들이 모인 집단 즉, 군락형태로 존재하고 있어 예로부터 이의 유형화를 통하여 대상지역 산림 생태계 보전 및 관리를 위한 기본 단위로 활용되고 있다. 산림식생의 유형화와 식생도 작성은 대상 임지를 생태적으로 건전한 상태로 지속적으로 유지하기 위한 계획 수립과 과거의 토지 이용 패턴을 규명하는데 있어 아주 중요한 자료이다. 또한, 대상지역 산림 생태계의 약적, 질적 상태를 평가하고 그 잠재성을 예측하여 효율적, 체계적 보전 관리의 수단을 제공한다는 점에서 세계 여러 나라에서 자국의 산림 보호와 보전 및 관리에 적극적으로 활용되고 있기도 하다(Lee and Hong, 2006).

울릉도는 한국의 갈라파고스라 할 정도로 생화학적 및 생물지리학적 측면에서 육지와 다른 특이한 자연 생태계를 형성하고 있으며, 특히 식물구계학적으로 풍부한 남방계 요소와 화산섬 특유의 입지환경에서 적응 발달한 산림 생태계의 보전적 가치로 인하여 최근 국가적, 국민적 관심 지역으로 대두되고 있다(Lee and Hong, 2006).

울릉도의 산림은 성인봉을 비롯한 고산지역 소능선부와 협준한 해안가 절벽 등을 제외하고는 19세기 중반부터 20세기 초까지 러시아와 일본의 도벌에 의해 느티나무와 섬잣나무, 섬피나무, 향나무, 너도밤나무 등 대경목들이 벌목으로 대부분 훼손되었으며, 그 후 잔존식생도 화전농업과 화목용으로 많은 부분이 교란되었고(Yim and Ahn, 1973), 현재 대부분의 산림식생은 2차 천이에 의해 형성된 산림으로 추정된다(Chung et al., 2010).

기후변화는 지구의 많은 지역에서 생물종이 분포와 다양성, 생물계절학, 서식지 면적, 개체군 동태에 많은 영향을 주고 있다(Mawdsley et al., 2009). 이러한 기후변화는 특히 섬 생물종의 분포와 다양성 및 생태계에도 심각한 영향을 미칠 수 있다(Ingram and Dawson, 2005). 또한 섬에 격리된 특산생물 종은 대체로 내륙 분포종에 비해 유전적 다양성이 낮고 유전적 변이의 감소율이 크기 때문에 소멸되거나 멸종될 가능성이 높다(Frankham, 1996).

울릉도는 해양성 기후로 기후변화에 민감한 지역으로서(Oh, 1978; Lee et al., 2007), 최근 지구온난화로 인한 기후변화 때문에 산림식생의 천이가 급속히 진행됨으로서 식생변화 및

식물 종다양성이 크게 영향을 받을 것으로 추정된다(Chung et al., 2010).

너도밤나무속(*Fagus* sp.)은 참나무과에 속하며 유럽, 아시아 및 북미에 걸쳐 약 10종이 분포하고 있으며 너도밤나무(*Fagus engleriana*)는 Korea National Arboretum(2008)에서 IUCN 기준에 의해 재평가되어 희귀식물 LC등급(약관심종, Least Concerned)으로 평가 되어 울릉도 서면 태하동의 너도밤나무군락은 천연기념물 제 50호로 지정되어 보호받고 있다. 너도밤나무는 울릉도 성인봉을 중심으로 해발 400-900m 까지 분포하며, 토심이 깊고 비옥, 적절한 곳에서 생육이 좋으며, 특히 내음성이 강하고 한그루에서 여러 개의 수간이 발달함으로써 눈사태를 예방하는데도 기여하고 있다(Hong, 2002).

울릉도의 식물상에 관한 연구는 Nakai(1919)에 의해 울릉도의 식물이 보고된 이후 1940년대까지 거의 일본인들에 의해 연구가 이루어졌으며, 1950년대부터 비로서 우리나라 학자들에 의해 본격적인 연구가 시작되었다. Yang et al.(2015, 울릉도 관속식물상, 2015)에 의해 최근에 울릉도의 관속식물은 93과 313속 462종 6아종 52변종 4품종 총 494분류군으로 보고되었다. Lee et al.(2007), Chung et al.(2010), Kim et al.(2011), Cho et al.(2011) 등은 산림식생 및 개체군의 특성 분석 등의 연구를 수행하였다.

본 연구는 기후변화에 따른 울릉도 너도밤나무림의 변화 양상을 장기적으로 파악하기 위하여 1. 너도밤나무림에 대한 장기적인 모니터링 자료를 축적하고, 2. 소능선, 사면상부 및 계곡부의 미세지형에 따른 너도밤나무림의 군집구조의 특성을 제시하여 효율적인 보전 및 관리에 기초자료로 활용하기 위하여 수행되었다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지

울릉도의 식생은 식생지리학적으로 동북아시아 식생형 가운데 섬형에 포함되는 울릉도아형으로 구분되며, 산림식생형은 냉온대활엽수림으로 너도밤나무-섬노루귀군집과 섬잣나무-솔송나무군집으로 울릉도를 대표하는 특산식생이다(Kim and Lee, 2006).

울릉도는 대륙성 기후인 한반도의 내륙과는 달리 해양성 기후로서 연중 온난하고 강우량의 계절이 고루 분포하며 동일 위도상의 다른 지역에 비하여 온난한 것이 특징이다. 지형적 특성을 보면 성인봉을 중심으로 하여 해발 500m 이하가 전체 면적의 78%를 차지하고 사면 경사는 30-50°로 대부분의 지형이 급경사지로 나타났다(Lee et al., 2006).

기후변화에 따른 울릉도 너도밤나무림의 식생변화 양상을 장기적으로 파악하기 위하여 울릉도 알봉분지에서 성인봉 사이 사면부의 너도밤나무가 우점하는 임분으로써 인위적 교란이 적은 위치를 선정하였으나, 원주민의 임산물 생산활동으로 교란이 지속적으로 이루어지고 있으며, 또한 화산지형의 특성으로 다양한 미세지형을 포함하고 있다.

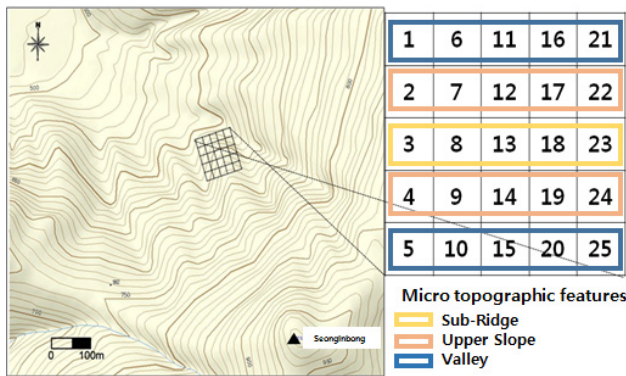


Figure 1. Map showing the micro topographic features of study site in Ulleung Island.

## 2. 야외조사 및 분석방법

울릉도 너도밤나무림 조사지역에 1ha(20m×20m, 25개소)의 고정조사구를 설치하였다. 매목조사는 교목성 수종을 대상으로 2cm 이상의 모든 수종을 대상으로 조사를 실시하였다. 또한 식물사회학적 식생조사법에 따라 조사구내에 출현하는 각 종의 피도(coverage)와 개체수를 조합시킨 우점도(dominance) 계급을 층위별로 구분하여 판정 기록하였고, 생육상태는 종개체의 집합 혹은 이산의 정도에 따른 군도(sociality) 계급을 측정하였다. 구성종의 식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 원색한국식물수목도감(Hong et al., 1987), 나무생태도감(Yun, 2016)을 기준으로 하였으며, 학명과 국명은 국가표준식물목록(Korea National Arboretum, 2014a)과 국가생물종지식정보시스템(Korea National Arboretum, 2014b)을 기준으로 작성하였다. 현존식생의 지속적 유지 가능성 및 천이경향을 예측하기 위하여 흉고직경의 계급별 개체수 분포도를 작성하였으며, 개체목들의 점유정도를 파악하기 위해 조사지 내의 수종을 대상으로 Curtis and McIntosh(1951)의 방법을 이용하여 상대밀도

(RD), 상대빈도(RF), 상대피도(RC)를 합산하여 중요도를 산출하였고, 지표종 선정은 Dufrene and Legendre(1997)의 IndVal(indicator value)방법을 적용하였다. 중요도 분석은 R package “BiodiversityR“ V2.9-2, “importance value”를 R Studio, IndVal 분석에는 PC-ORD 5.17 프로그램(McCune and Mefford, 2011)을 이용하였고, 기타 분석은 범용스프레드시트인 Excel 2013(Microsoft, 2013)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 흉고직경급 구조

산림식생에 있어서 천이의 진행상황은 개체의 크기계급으로 판단하는 정량적분석법이 이용되고 있으며, 직경급 분포도를 보면 그 개체군의 지속적 유지가능성 여부를 판단하는데 있어 중요한 정보를 제공한다(Harcombe and Marks, 1978; Barbour et al., 1987; Song et al., 2003; Lee et al., 2007; Oh et al., 2008). 일반적으로 직경급 분포도에서 역J자형은 동령림의 경우 경쟁이 일어나고 있음을 의미하며(Ford, 1975; Mohler et al., 1978; Lee et al., 2007), 동령림이 아닌 이령림의 경우 침입집단 또는 극상림 집단의 특징으로서 지속적으로 유지될 수 있는 집단을 의미하고 역 J자형 집단과 정규분포형 집단이 공존하고 역 J자형 집단이 정규분포형 집단 보다 작은 개체로 구성된 군락의 경우 정규분포형 집단은 역 J자형 집단에 의해 교체되어 천이가 진행되는 것으로 알려져 있다(Barbour et al., 1987; Lee et al., 2007).

각 조사구에서 매목조사를 실시하여 얻어진 자료를 기초로 너도밤나무림과 지형별(소능선부, 사면상부, 계곡부) 3개의 분류군과 너도밤나무림의 흉고직경급별 분포상태를 비교하였다(Figure 2). 너도밤나무림의 흉고직경급 구조 비교 결과, 흉고 직경급 10cm 미만에서는 소능선부와 사면상부가 계곡부에 비하여 개체수가 많이 나타났으며, 흉고직경급 10-25cm에서는 소능선부의 개체수가 가장 많이 나타났고, 흉고직경급 25-45 cm에서는 사면상부, 45cm 이상에서는 계곡부의 개체수가 가장 많이 나타났다. 너도밤나무(FaEn)는 흉고직경 10cm 미만에서는 소능선부(146개체), 사면상부(214개체) 그리고 계곡부(120개체) 모두 높게 나타났으며, 10cm 이상에서는 소능선부와 사면상부에서는 정규분포형을 하고있으며 계곡부에서는 J자형에 가깝은 형태가 나타났다. 모든 지형에서 10cm 미만의 너도밤나무가 월등하게 많이 분포하고 있는 것은 종자번식이 아닌 영양 번식에 의한 맹아지에 의한 것으로 판단된다. 이는 숲에 일시적으로 일정부분에 대하여 교란이 발생했을 때 너도밤나무와 고로쇠나무와 같이 맹아갱신으로 식물의 왕성한 성장력을 통하여 피해를 완화시킬 수 있는 임분구조를 나타내고 있다(Lee et

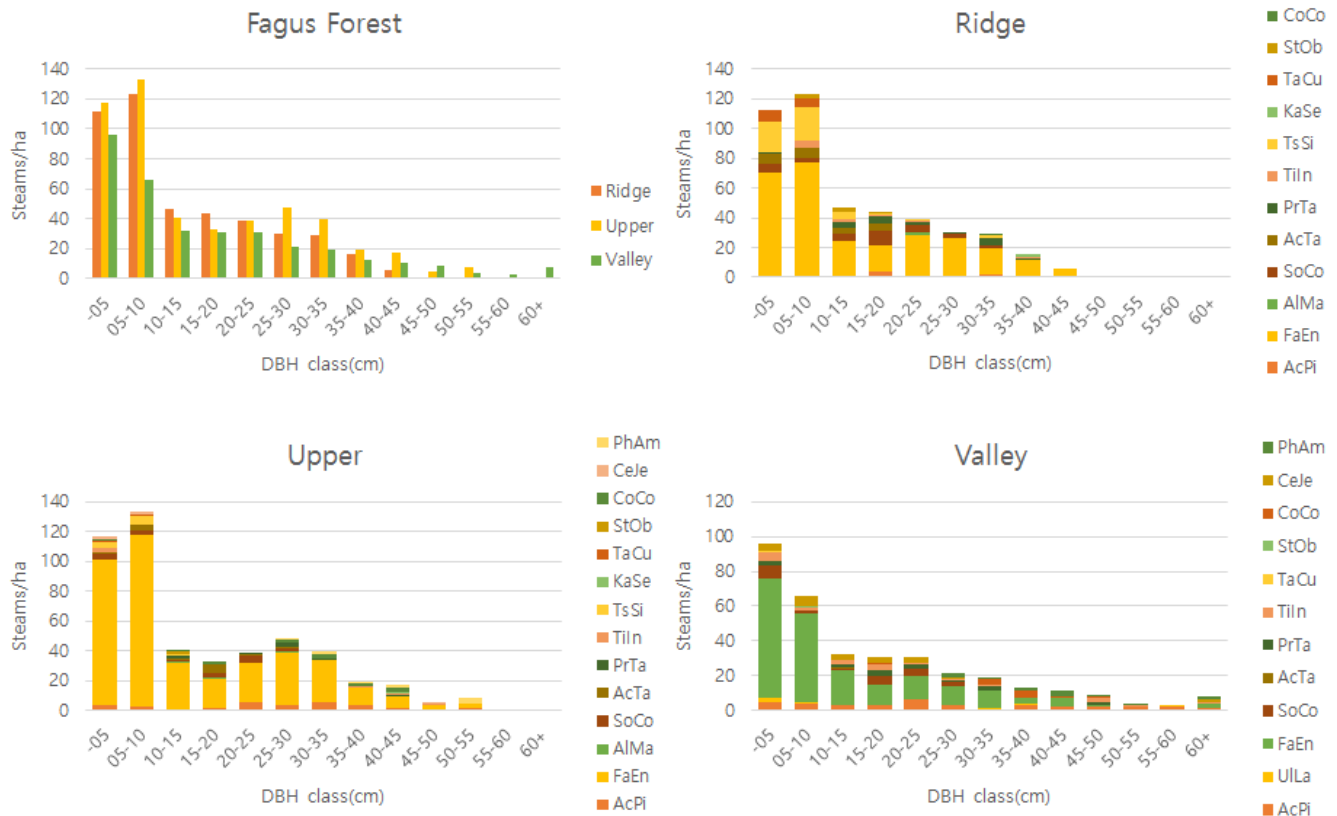


Figure 2. Class distribution of trees with >2cm DBH recorded in the study. AcPi = *Acer pictum* subsp. *mono*, FaEn = *Fagus engleriana*, PrTa = *Prunus takesimensis*, AlMa = *Alnus maximowiczii*, SoCo = *Sorbus commixta*, AcTa = *Acer takesimensis*, StOb = *Styrax obassia*, TiIn = *Tilia insularis*, TsSi = *Tsuga sieboldii*, TaCu = *Taxus cuspidata*, CoCo = *Cornus controversa*, ULLa = *Ulmus laciniata*, CeJe = *Celtis jessoensis*, PhAm = *Phellodendron amurense*, KaSe = *Kalopanax septemlobus*.

al., 2007).

지형에 따른 흉고직경별 특징으로는 소능선부는 솔송나무(TsSi)와 주목(TaCu)이 10cm 미만에서 가장 많이 분포하였고, 계곡부에는 풍계나무(CeJe)와 황벽나무(PhAm)가 가장 많이 분포하였다. 또한 사면상부에서는 너도밤나무가 모든 흉고직경급에서 다른 지형에 비하여 많이 나타났다.

Table 1은 너도밤나무림 내 미세지형별 밀도와 흉고단면적의 분포상태를 비교하였다. 소능선부에서는 너도밤나무(275개체, 7.28m<sup>2</sup>), 마가목(33개체, 0.83m<sup>2</sup>), 섬벚나무(19개체, 0.82m<sup>2</sup>), 사면상부는 너도밤나무(384개체, 10.69m<sup>2</sup>), 고로쇠나무(24개체, 1.53m<sup>2</sup>), 황벽나무(10개체, 1.48m<sup>2</sup>), 층층나무(14개체, 1.10m<sup>2</sup>), 계곡부는 너도밤나무(199개체, 5.75m<sup>2</sup>), 고로쇠나무(36개체, 2.94m<sup>2</sup>), 황벽나무(12개체, 1.94m<sup>2</sup>), 섬피나무(20개체, 1.19m<sup>2</sup>) 등의 순으로 각각 나타났다. 또한 너도밤나무림 전체로는 너도밤나무(858개체, 23.73m<sup>2</sup>), 고로쇠나무(70개체, 5.02m<sup>2</sup>), 황벽나무(22개체, 3.43m<sup>2</sup>), 층층나무(25개체, 2.20m<sup>2</sup>) 등의 순으로 나타났다. 주목의 밀도와 흉고단면적은

미세지형별로는 소능선부, 사면상부, 계곡부의 순으로 나타났으며, 솔송나무는 소능선부에 52개체와 흉고단면적 0.39m<sup>2</sup>으로 집중적인 분포 양상을 보였다. 반면에 황벽나무와 층층나무는 계곡부 사면상부 소능선부의 순으로 밀도와 흉고단면적이 높게 나타났다.

## 2. 중요치

울릉도 너도밤나무림의 지형별 중요치를 산출한 결과는 다음과 같다(Table 2). 너도밤나무림의 중요치는 너도밤나무(136.21%)가 가장 높게 나타났으며 그 다음으로는 고로쇠나무(29.22%), 마가목(21.07%), 섬벚나무(16.18%), 층층나무(15.56%), 황벽나무(15.17%), 섬피나무(14.52%), 섬단풍나무(11.77%), 솔송나무(10.40%)의 순으로 각각 나타났다. 소능선부는 너도밤나무(139.55%), 솔송나무(25.89%), 마가목(25.66%), 섬벚나무(22.47%), 섬단풍나무(17.90%), 고로쇠나무(15.82%)의 순으로 각각 나타났다. 사면상부는 너도밤나무

Table 1. Species density, basal area and their proportion to the contribution of the tree species for three micro topographic features.

Species Name	Ridge		Upper		Valley		Fagus Forest	
	Steam Density (no. of individuals)	Basal Area (m <sup>2</sup> )	Steam Density (no. of individuals)	Basal Area (m <sup>2</sup> )	Steam Density (no. of individuals)	Basal Area (m <sup>2</sup> )	Steam Density (no. of individuals/ha)	Basal Area (m <sup>2</sup> /ha)
<i>Fagus engleriana</i>	275	7.28	384	10.69	199	5.75	858	23.73
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	10	0.55	24	1.53	36	2.94	70	5.02
<i>Phellodendron amurense</i>	-	-	10	1.48	12	1.94	22	3.43
<i>Cornus controversa</i>	1	0.07	14	1.10	10	1.03	25	2.20
<i>Prunus takesimensis</i>	19	0.82	7	0.39	15	0.85	41	2.06
<i>Tilia insularis</i>	10	0.21	6	0.45	20	1.19	36	1.85
<i>Sorbus commixta</i>	33	0.83	18	0.45	20	0.43	71	1.71
<i>Celtis jessoensis</i>	-	-	4	0.19	23	0.93	27	1.12
<i>Acer takesimense</i>	23	0.23	14	0.27	1	0.02	38	0.52
<i>Ulmus laciniata</i>	-	-	-	-	6	0.47	6	0.47
<i>Tsuga sieboldii</i>	52	0.39	11	0.03	-	-	63	0.42
<i>Kalopanax septemlobus</i>	2	0.24	1	0.15	-	-	3	0.39
<i>Alnus maximowiczii</i>	2	0.08	3	0.08	-	-	5	0.16
<i>Styrax obassia</i>	7	0.07	2	0.02	1	0.01	10	0.10
<i>Taxus cuspidata</i>	13	0.04	2	0.003	1	0.001	16	0.04

(156.62%), 고로쇠나무(23.72%), 마가목(21.05%), 층층나무 (20.70%), 섬단풍나무(15.89%), 황벽나무(15.70%), 섬피나무 (10.41%)의 순으로 각각 나타났다. 계곡부는 너도밤나무 (110.97%), 고로쇠나무(45.52%), 황벽나무(25.67%), 풍계나무(25.54%), 섬피나무(21.54%), 층층나무(19.17%), 섬벚나무

(17.86%)의 순으로 각각 나타났다. 모든 지형에서 너도밤나무가 가장 높은 중요치를 보이고 있어 지속적으로 너도밤나무림을 유지할 것으로 사료된다. 이는 Chung et al.(2010)의 나리분지 주변 외륜의 산림이 교목성인 너도밤나무가 높은 중요치로 이 지역 산림의 잠재적 우점으로 판단한다는 결과와 일치 하였다.

Table 2. Relative Frequency(RF), relative density(RD), relative coverage(RC) and importance value index(IVI) and their proportion to the contribution of tree species for three micro topographic features.

Species Name	RF(%)	RD(%)	RC(%)	IVI(%)
Fagus forest				
<i>Fagus engleriana</i>	14.71	65.62	55.89	136.21
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	11.76	5.77	11.68	29.22
<i>Sorbus commixta</i>	11.18	5.77	4.12	21.07
<i>Prunus takesimensis</i>	8.24	3.32	4.62	16.18
<i>Cornus controversa</i>	8.24	2.10	5.22	15.56
<i>Phellodendron amurense</i>	5.29	1.92	7.95	15.17
<i>Tilia insularis</i>	7.65	2.62	4.25	14.52
<i>Acer takesimense</i>	7.65	2.97	1.15	11.77
<i>Tsuga sieboldii</i>	4.71	4.72	0.97	10.40
<i>Celtis jessoensis</i>	5.88	2.01	1.83	9.73
<i>Styrax obassia</i>	4.71	0.87	0.27	5.85

(Table 2. continued)

Species Name	RF(%)	RD(%)	RC(%)	IVI(%)
<i>Taxus cuspidata</i>	3.53	1.14	0.10	4.77
<i>Ulmus laciniata</i>	2.35	0.44	0.78	3.57
<i>Alnus maximowiczii</i>	2.35	0.44	0.43	3.22
<i>Kalopanax septemlobus</i>	1.76	0.26	0.74	2.76
Ridge				
<i>Fagus engleriana</i>	10.64	61.52	67.39	139.55
<i>Tsuga sieboldii</i>	10.64	11.63	3.61	25.89
<i>Sorbus commixta</i>	10.64	7.38	7.64	25.66
<i>Prunus takesimensis</i>	10.64	4.25	7.58	22.47
<i>Acer takesimense</i>	10.64	5.15	2.12	17.90
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	8.51	2.24	5.07	15.82
<i>Styrax obassia</i>	10.64	1.57	0.68	12.89
<i>Tilia insularis</i>	8.51	2.24	1.93	12.68
<i>Taxus cuspidata</i>	8.51	2.91	0.37	11.78
<i>Kalopanax septemlobus</i>	4.26	0.45	2.20	6.90
<i>Alnus maximowiczii</i>	4.26	0.45	0.72	5.42
<i>Cornus controversa</i>	2.13	0.22	0.69	3.04
Upper				
<i>Fagus engleriana</i>	16.39	76.80	63.43	156.62
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	9.84	4.80	9.08	23.72
<i>Sorbus commixta</i>	14.75	3.60	2.70	21.05
<i>Cornus controversa</i>	11.48	2.80	6.50	20.78
<i>Acer takesimense</i>	11.48	2.80	1.61	15.89
<i>Phellodendron amurense</i>	4.92	2.00	8.78	15.70
<i>Tilia insularis</i>	6.56	1.20	2.65	10.41
<i>Prunus takesimensis</i>	6.56	1.40	2.33	10.29
<i>Tsuga sieboldii</i>	4.92	2.20	0.20	7.32
<i>Celtis jessoensis</i>	3.28	0.80	1.15	5.23
<i>Alnus maximowiczii</i>	3.28	0.60	0.50	4.38
<i>Styrax obassia</i>	3.28	0.40	0.13	3.81
<i>Kalopanax septemlobus</i>	1.64	0.20	0.92	2.76
<i>Taxus cuspidata</i>	1.64	0.40	0.02	2.06
Valley				
<i>Fagus engleriana</i>	16.13	57.85	36.99	110.97
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	16.13	10.47	18.93	45.52
<i>Phellodendron amurense</i>	9.68	3.49	12.50	25.67
<i>Celtis jessoensis</i>	12.90	6.69	5.95	25.54
<i>Tilia insularis</i>	8.06	5.81	7.67	21.54
<i>Cornus controversa</i>	9.68	2.91	6.59	19.17
<i>Prunus takesimensis</i>	8.06	4.36	5.44	17.86
<i>Sorbus commixta</i>	8.06	5.81	2.79	16.67
<i>Ulmus laciniata</i>	6.45	1.74	3.00	11.20
<i>Acer takesimense</i>	1.61	0.29	0.10	2.01
<i>Styrax obassia</i>	1.61	0.29	0.04	1.95
<i>Taxus cuspidata</i>	1.61	0.29	0.01	1.91

### 3. 지표종

미세지형에 따른 지표종을 분석하였다(Table 3). 소능선부에서는 솔송나무, 만병초, 호자덩굴, 섬벚나무, 마가목, 큰두루미꽃, 주목, 쪽동백나무의 8종이 지표종으로 분석되었고, 큰두루미꽃 소능선부의 교란 서식처 및 광량이 풍부한 지소 선호하는 출현하는 종(Cho et al., 2011)이며, Lee and Shim(2011)의 만병초는 경사도 30-45° 정도의 비교적 급경사지에 많은 자생지분포 특징은 소능선부의 지표종 특성을 나타내고 있다. 사면상부는 유일한 지표종이 나타나지 않았다. 계곡부에서는 풍계나무, 관중 난티나무, 섬노루귀, 말오줌나무, 큰연영초, 공작고사리, 황벽나무 8종이 유일한 지표종으로 분석되었다.

울릉도 너도밤나무림의 기후변화에 따른 변화 양상을 장기적으로 파악하기 위하여 너도밤나무림에 대한 장기적인 모니터링 자료를 축적하고, 미세지형에 따른 너도밤나무림의 군락구조와 지표종의 특성을 조사 분석하였다.

울릉도 너도밤나무림의 미세지형에 따라 군락구조를 분석한 결과, 흉고직경급 10cm 미만에서는 솔송나무와 주목이 가장 많이 분포하였고, 계곡부에는 풍계나무와 황벽나무가 가장 많이 분포하였다. 또한 사면상부에서는 너도밤나무가 모든 흉고

직경급에서 다른 지형에 비하여 많이 나타났다. 모든 지형에서 10cm 미만의 너도밤나무가 월등하게 많이 분포한 것은 종자번식이 아닌 영양번식에 의한 맹아갱신으로 이는 숲의 교란이 발생했을 때 맹아갱신이 활발하게 이루어지는 너도밤나무와 고로쇠나무 등의 식물의 왕성한 성장력을 통하여 피해를 완화시킬 수 있는 군락구조를 나타내고 있다. 밀도와 흉고단면적의 분포상태는 모든 미세지형에서 너도밤나무의 밀도와 흉고단면적이 가장 높게 나타났으며, 주목의 밀도와 흉고단면적은 미세지형별로는 소능선부, 사면상부, 계곡부의 순으로 나타났으며, 솔송나무는 소능선부에 52개체와 흉고단면적 0.39m<sup>2</sup>으로 집중적인 분포 양상을 보였다. 반면에 황벽나무와 층층나무는 계곡부 사면상부 소능선부의 순으로 밀도와 흉고단면적이 높게 나타났다. 개체목들의 점유정도를 파악하기 위하여 중요치를 비교 분석한 결과 너도밤나무림 전체에서는 너도밤나무, 고로쇠나무, 마가목, 섬벚나무, 층층나무, 섬피나무, 섬단풍나무, 솔송나무의 순으로 중요치가 높게 나타났다. 소능선부는 너도밤나무, 솔송나무, 마가목, 섬벚나무 등의 순으로 높았으며, 사면상부는 너도밤나무, 고로쇠나무, 마가목, 층층나무, 황벽나무, 섬피나무 등의 순으로 높았으며, 계곡부는 너도밤나무, 황벽나무, 풍계나무, 섬피나무, 층층나무 등의 순으로 중요치가 높게

Table 3. Species exhibiting significant associations ( $p < 0.05$ ) with a particular stage of vegetation development, base on indicator species analysis(ISPAN). IV mena maximum indicator values.

Species Name	Group	Value (IV)	p *
<i>Tsuga sieboldii</i>	Ridge	84.4	0.0004
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	Ridge	85.7	0.0010
<i>Mitchella undulata</i>	Ridge	77.8	0.0014
<i>Prunus takesimensis</i>	Ridge	68	0.0084
<i>Sorbus commixta</i>	Ridge	59.9	0.0090
<i>Maianthemum dilatatum</i>	Ridge	62.6	0.0122
<i>Taxus cuspidata</i>	Ridge	53.3	0.0202
<i>Styrax obassia</i>	Ridge	50	0.0448
<i>Viburnum furcatum</i>	Upper	37.5	0.0696
<i>Hedera rhombea</i>	Upper	31.1	0.1332
<i>Celtis jessoensis</i>	Valley	69.8	0.0032
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	Valley	70.6	0.0070
<i>Ulmus laciniata</i>	Valley	50	0.0172
<i>Hepatica maxima</i>	Valley	50	0.0248
<i>Sambucus sieboldiana</i> var. <i>pendula</i>	Valley	48.5	0.0302
<i>Trillium tschonoskii</i>	Valley	48	0.0316
<i>Adiantum pedatum</i>	Valley	49.3	0.0368
<i>Phellodendron amurense</i>	Valley	47.4	0.0586

나타났다. 모든 지형에서 너도밤나무가 월등하게 높은 중요치를 보이고 있어 지속적으로 너도밤나무림으로 유지될 것으로 사료된다. 미세지형에 따른 지표종을 비교 분석한 결과 소능선부는 솔송나무, 만병초, 호자덩굴, 큰두루미꽃, 주목 등 8종이 지표종이며, 계곡부는 풍계나무, 관중, 큰연영초, 공작고사리, 황벽나무 등 8종이 유이한 지표종을 나타냈다.

## REFERENCES

- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts(1987) Terrestrial plant ecology(2nd Ed.). The Benjamin Cummings Publishing Co. Menlo Park, 604pp.
- Cho, Y.C., J.K. Hong, H.J. Cho, K.H. Bae and J.S. Kim(2011) Structure and understory species diversity of *Pinus parviflora* – *Tsuga sieboldii* forest in Ulleung Island. Journal Korean Forest Society 100(1): 34-41. (in Korean with English abstract)
- Chung, J.M., S.M. Hwang, Y.M. Kim, J.K. Shin and M.S. Kim(2010) Stand structure and dynamics in forests around Nari Basin of Ulleung Island, Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 12(1): 23-35. (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.
- Dufrêne, M. and P. Legendre(1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67: 345-366.
- Ford, E.D.(1975) Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. Journal of Ecology 63(1): 311-333.
- Frankham, R.(1996) Do island populations have less genetic variation than mainland populations. Heredity 78: 311-327.
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in Southern Texas forest. Forest Science 24: 153-166.
- Hong, S.C., S.H. Byen and S.S. Kim(1987) Colored illustrations of trees and shrubs in Korea. Gyemyengsa, Korea, 310pp. (in Korean)
- Hong, S.C., Y.W. Kim, J.H. Park, S.H. Oh, J.S. Kim and B.T. Jang(2002) Wild plants of Ulleung Islands. Dongamunhwasa, Daegu, 404pp. (in Korean)
- Ingram, J.C. and T.P. Dawson(2005) Climate change impact and vegetation response on the island of madagascar. Philosophical Transactions of the Royal Society 363: 55-59.
- Kim, H.J., C.W. Yun, H.K. Park, H.S. Shin, S.H. Lee, E.S. Doh, J.P. Chang, M.S. Choi, J.K. Yang, K.H. Bae and H.J. Cho(2011) Forest stand structure and interspecific association in the habitats of *Allium victorialis* var. *platyphyllum*. Journal Korean Forest Society 100(4): 565-576. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W. and Y.K. Lee(2006) Classification and assessment of plant communities. Worldscience, Seoul, 540pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2008) Rare Plants Data Book in Korea. Korea National Arboretum. 332pp. (in Korean)
- Korea National Arboretum(2014a) Korea plant names index committee. <http://www.nature.go.kr>.
- Korea National Arboretum(2014b) Korea biodiversity information system. <http://www.nature.go.kr>.
- Lee B.C. and L.S. Shim(2011) Environmental and ecological characteristics distribution of natural growth region in *Rhododendron brachycarpum*. Journal of the Environmental Sciences 20(10): 1319-1328. (in Korean with English abstract)
- Lee J.H. and S.C. Hong(2006) Forest vegetation types and its life-form composition in Ulleung Island, Korea. Journal Korean Forest Society 95(3): 282-290. (in Korean with English abstract)
- Lee J.H., H.J. Cho, B.C. Lee, S.H. Oh and K.H. Bae(2007) Forest vegetation type and growth characteristics of Seongin-bong in Ulleung Island, Korea. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 9(1): 37-48. (in Korean with English abstract)
- Lee, T.B.(2003) Coloured flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, 999pp. (in Korean)
- Mawdsley, J.R., R.O. Malley and D.S. Ojima(2009) A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. Conservation Biology 23(5):1080-1089.
- McCun, B. and M.J. Mefford(2011) PC-ORD, Multivariate analysis of ecological data Version 6.0. MjM Software Desing, Gleneden Beach, Oregon, 237pp.
- Microsoft(2013) Microsoft Excel 2013. Microsoft Corporation.
- Mohler, C.L., P.L. Marks and D.G. Sprugel(1978) Stand structure and allometry of tree during self-thinning of pure stands. Journal of Ecology 66(2): 599-614.
- Nakai, T.(1919) Report on the vegetation of the Island Ooryongto or Dagelet Island, Corea. The Government of Chosen, Seoul. (in Japanese).
- Oh, S.J., J.G. Koh, E.S. Kim, M.Y. Oh and S.C. Koh(2001) Diurnal and seasonal variation of chlorophyll fluorescence from Korean Fir plants on Mt. Halla. Journal of Korean Society of Environmental Biology 19(1): 43-48. (in Korean with English abstract)
- Oh, S.Y.(1978) Floral studies on the vascular plants of the Dagelet island. Research Review of Kyungpook national University 25:



- 131-201. (in Korean with English abstract)
- Song, H.K., M.J. Lee, S. Lee, H.J. Lee, Y. Kim, U. Ji and O.W. Kwon(2003) Vegetation structures and ecological niche of *Quercus mongolica* forest. *Journal of Korean Society of Forest Science* 92(4): 409-420. (in Korean with English abstract)
- Yang, S.G., H.D. Jang, B.M. Nam, G.Y. Chung, R.Y. Lee, J.H. Lee and B.U. Oh(2015) A floristic study of Ulleungdo Island in Korea. *Korea Journal of Plant Taxonomy* 45(2): 192-212.
- Yim, K.B. and K.Y. Ahn(1973) Red pine (*Pinus densiflora* S. et Z.) population of Dagelet Island in Korea and its importance of ene reservation. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 2: 9-19. (in Korean with English abstract)
- Yun, C.W.(2016) *Field Guide to Trees and Shrubs*. Geobook, Korea, 703pp. (in Korean)