

한라산 구상나무림의 식생구조와 분포 특성

송국만¹⁾ · 김찬수²⁾ · 고정근³⁾ · 강창훈¹⁾ · 김문홍^{1)*}

¹⁾제주대학교 생물학과, ²⁾국립산림과학원 난대산림연구소, ³⁾제주특별자치도 환경자원연구원
(2009년 6월 23일 접수; 2009년 7월 21일 수정; 2010년 2월 22일 채택)

Vegetation Structure and Distributional Characteristics of *Abies koreana* Forests in Mt. Halla

Kuk-Man Song¹⁾, Chan-Soo Kim²⁾, Jung-Goon Koh³⁾,
Chang-Hun Kang¹⁾, Moon-Hong Kim^{1)*}

¹⁾Department of Biology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

²⁾Warm-Temperate Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jeju 697-050, Korea

³⁾Institute of Environmental Resource Research, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju 690-200, Korea

(Manuscript received 23 June, 2009; revised 21 July, 2009; accepted 2 February, 2010)

Abstract

The purpose of the present study was to analyze the vegetation structure and distributional characteristics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla, and to provide basic data for an ecological study on *Abies koreana* in Mt. Halla. The results of the analysis showed that the mean importance percentage(M.I.P.) of *Abies koreana* in the Youngsil and Bangaoreum and the Azalea field were 28.3%, 23.6%, and 46.4%, respectively. The ratios of DBH (diameter at breast height) to height were similar in all region, except in the Azalea field, where *Abies koreana* of various ages, both young and old, were found. The species diversity (H) of the upper and lower layers in the Youngsil and Bangaoreum and in the Azalea field were 0.625 and 0.810, 0.731 and 0.848, and 0.342 and 0.757, respectively. A total of 52 community were distributed at locations higher than 1,300m above sea level. The proportions of each community in the whole *Abies koreana* forest were 56.5%(Azalea field), 11.0%(Youngsil trail at 1,550-1,650 m above sea level), and 8.1%(Janggumok and Kundurewat region). The total area of the *Abies koreana* forest was calculated to be 795.3ha by combining all the areas of each community. An *Abies koreana* forest with the largest area was found at locations 1,500-1,600 m above sea level, taking up 38.8% of the total *Abies koreana* forest area. For the slopes of the distributional area of *Abies koreana*, 46.1%(highest proportion) of the total area was 10~25°, and for the azimuth of the distributional area, 17.4%(the highest proportion) of the total area was 0-45°. The vegetation structure showed large differences between areas. It was found, however, that the distribution was mostly in the areas with a relatively gentle slope. It is suggested that research be done to forecast the possible changes in the differences in the vegetation structures between different areas caused by climate changes. In addition, there is a need to monitor the *Abies koreana* and alpine plants in the subalpine zones of Mt. Halla, which are sensitive to climate change, to obtain the basic data that are necessary for the protection and maintenance of the ecosystem.

Key Words : Vegetation structure, Distribution characteristics, *Abies koreana*, Importance value

*Corresponding Author : Moon-Hong Kim, Department of
Biology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Phone: +82-64-754-3525
E-mail: moonhong@cheju.ac.kr

1. 서론

구상나무(*Abies koreana* E. H. Wilson)는 1920년에 우리나라의 특산종으로 발표된 수종으로서 분포 범위가 전라북도 덕유산 이남의 해발 1,000 m 이상의 고산지대에 주로 생육한다. 그러나 한라산을 제외하고는 대부분 숲을 형성하지 못하고 있을 뿐만 아니라 소규모 면적이거나 소수의 개체만이 드물게 분포되어 있다. 한라산에는 광대한 면적의 순림을 형성하는 세계에서 유일한 구상나무림이 분포한다(김 등, 2007).

한라산의 구상나무는 최근까지 분류학적으로나 생태학적으로 다양한 연구가 진행되고 있다(공, 1998; 김과 현, 2000; 김 등, 2007; 김 등, 1998; 송 등, 2008; 이와 흥, 1995). 또한 지구온난화 등 기후 변화에 따른 구상나무의 미래에 대한 동태 연구도 활발히 이루어지고 있는 대표적인 수종이다(강 등, 1997; 고 등, 1996; 구 등, 2001; 김 등, 1998).

한라산의 구상나무림은 산림청의 임상도와 환경부의 현존식생도에 나타나는데, 각각 제3차 전국산림자원조사(1986년~1992년)와 제2차 전국자연환경조사(1997년~2003년)의 결과로 작성되었으며, 현지 조사의 현실성과 효율성을 고려하여 조사보고서 및 학술발표 자료, 위성영상, 항공사진 등의 자료를 활용하여 작

성하고 있다(환경부, 2009).

그러나 한라산과 같이 임상의 형태가 복잡하고, 접근이 용이하지 못한 지역은 정밀한 조사가 현실적으로 힘들기 때문에 수종 및 분포 경계가 정확하지 않은 실정이다(이와 김, 2008; 허 등, 2001). 또한 각종 개발 사업에서 임상도와 생태·자연도가 식생 평가의 기준으로 사용되기 때문에 정확한 식생 구분과 분포지역 확인은 중요한 자료가 되고 있다. 그러므로 한라산 구상나무림의 특성을 연구하고, 최근 활발히 이루어지고 있는 기후변화에 따른 식생 동태 연구 등의 기초 자료로 활용하기 위한 구상나무림의 면적 및 분포특성 등에 대한 구명이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 한라산 현지에서 조사된 식생 구조를 바탕으로, 구상나무림 분포지역을 조사하여 분포 지역의 식생구조와 유형별 분포 특성을 분석하고 한라산에서 이루어지고 있는 구상나무 등의 생태 연구의 기초 자료로 활용하기 위해 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

각 조사구의 임지환경은 Table 1과 같다. 모든 조사구는 해발 10 m의 범위에서 비고의 차이가 적었으며,

Table 1. Description of physical features and vegetation of each plot in Mt. Halla

Plot number*	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	B6	B7	B8
Altitude(m)	1655	1653	1653	1650	1656	1545	1544	1539
Azimuth(°)	N350	N40	N35	N350	N350	N45	N80	N45
Slope(°)	3	5	3	2	2	5	6	5
Coverage of <i>Sasa</i> sp.(%)	15	5	5	15	15	95	85	45
Height of tree layer(m)	6	6	5	5	4.5	7	8	7
Coverage of tree layer(%)	30	50	60	60	65	20	45	40
Height of shrub layer(m)	3	3	3	2.5	1.5	3	2.5	2.5
Coverage of shrub layer(%)	70	40	40	40	25	40	50	30
No. of species	11	14	11	13	7	11	13	14

Plot number*	B9	B10	A11	A12	A13	A14	A15
Altitude(m)	1539	1539	1544	1543	1543	1540	1545
Azimuth(°)	N60	N45	N145	N115	N110	N100	N140
Slope(°)	4	6	5	4	4	5	7
Coverage of <i>Sasa</i> sp.(%)	45	45	95	95	95	95	95
Height of tree layer(m)	7	6	7	6.5	6.5	6	7
Coverage of tree layer(%)	50	50	55	20	50	30	50
Height of shrub layer(m)	2	3	3	2.5	3	3	3
Coverage of shrub layer(%)	40	40	30	30	25	40	30
No. of species	14	12	10	11	7	9	9

* Y: Youngsil, B: Bangaeoreum, A: Azalea field.

경사는 2°에서 7°로서 비교적 경사가 급하지 않은 완만하고 편평한 지역에 위치하고 있다. 각 지역의 방위는 한라산의 정상 중심을 중심으로 동쪽 사면에 위치한 진달래밭 지역이 N100°~N145°, 북쪽 사면에 위치한 영실 지역은 N40°~N350°, 남쪽 사면에 위치한 방아오름 지역은 오름의 북서쪽 사면에 위치한 이유로 N45°~N60°의 범위를 나타내고 있다. 모든 지역에서 수관을 형성하고 있는 교목층이 평균 수고가 약 6.3m로서 식피율이 낮은 곳이 20%이고 높은 곳은 65%로 평균 약 40%로서 교목층 수관의 식피율이 낮은 것으로 조사되었다. 추 등(2009)은 조사구에서 출현하는 종수와 개체의 수는 조릿대의 밀도와 높은 관계가 있는 것으로 판단하고 있다. 본 조사구에서도 제주조릿대의 식피율이 높은 지역인 진달래밭 지역에서 비교적 낮은 출현 종수를 보이고 있는 것으로 조사되어 제주조릿대는 구상나무림에서 출현하는 식물의 개체수와 구상나무림의 종다양성에 영향을 크게 미치는 것으로 판단된다.

2.2. 식생조사지 설정

한라산국립공원 전 지역을 대상으로 2008년 4월 중에 예비 조사를 실시하였고, 본 조사는 2008년 6월부터 10월까지 식생조사를 실시하였다. 분포조사는 2008년 4월부터 2009년 3월까지 실시하였다. 비교적 집단의 크기가 크고, 주변의 식생에 비해 순림으로 판단된 영실, 방아오름, 진달래밭의 3개 지역에 조사지를 Fig. 1과 같이 설정하였다.

2.3. 식생조사 방법

각 조사지에서 산림의 주연부를 포함하는 20 m × 20 m(400 m²)의 조사구를 각각 5개씩을 설치하고 식생조사를 실시하였다. 식생조사는 각 조사구내에 흉고직경을 실측할 수 있는 목본 식물이 존재하는 상층과 흉고직경 측정이 불가능한 하층으로 구분하여 상층에서는 수종, 수고, 흉고 직경, 수관폭을 측정하여 기록하였고, 하층은 수종과 수고, 수관폭을 측정하여 식생조사표에 기록하였다.

2.4. 식생 구조 분석

식생조사 결과 각 수종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로써 Curtis와 McIntosh(1951)의 상대우점치(Importance percentage: I.P.)를 구하였으며, 각 층의 개체의 크기를 고려한 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.=상층 I.P. × 2 + 하층 I.P. × 1)/3))를 산출하여 비교하였다. 종 구성의 다양한 정도를 나타내는 종다양성은 Shannon의 수식을 이용한 종다양도(Species diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D')를 산출하여 비교하였다.

2.5. 구상나무림의 분포

한라산국립공원 전 지역을 대상으로 현지에서 조사된 식생조사 결과를 바탕으로 구상나무를 우점종으로 하는 산림의 경계를 현지에서 확인하였다. 접근이 어려운 지역은 산림청의 임상도와 환경부의 현존식생도

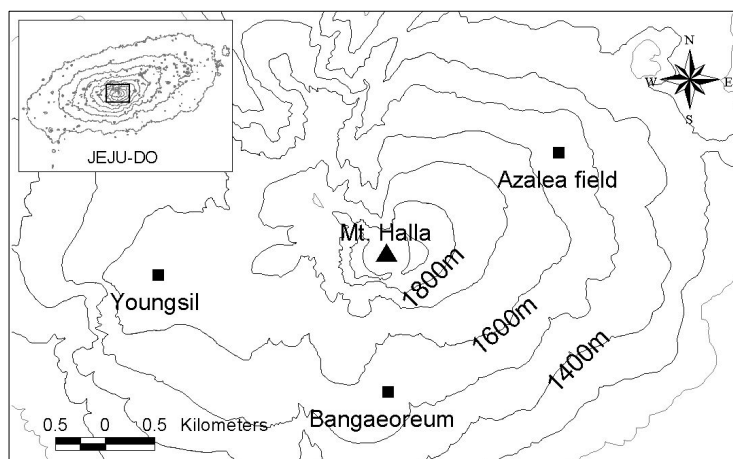


Fig. 1. The location map of the survey sites in Mt. Halla.

의 경계를 일부 사용하였으며, 이를 정확히 하기 위해 항공사진과 위성영상을 이용한 육안판독을 실시하였다. 한라산에서 확인 가능한 소나무와 구상나무 등의 침엽수는 겨울에도 잎을 가지고 있기 때문에 겨울철 촬영된 영상의 RGB 432조합을 이용해 경계를 쉽게 추출할 수 있다(이 등, 2004).

2.6. 분포 지역 지형 특성

한라산 구상나무림의 분포 특성을 알아보기 위해 구상나무림이 출현하는 1,300 m에서부터 100 m의 간격을 두고 해당 구간에서 구상나무림이 분포 면적을 산출하였으며, 경사도(slope)와 방위각(azimuth)에 따른 면적 분석은 1/5,000 축척의 수치지형도를 ESRI ArcView

GIS 3.2a를 이용해 3D Layer 형태의 수치표고모델을 생성하였다. 생성된 수치표고모델에서 경사도와 방위각은 Derive 과정을 통해 분석에 사용될 셀의 최소 크기를 10 m×10 m(100 m²)로 하여 경사는 10°간격, 방위는 45°의 간격으로 해당 구간의 면적을 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 구상나무림의 식생구조

3.1.1. 상대우점치 분석

구상나무림의 각 지역별 주요 수종에 대한 상대우점치(I.P.)와 각 층의 개체의 크기를 고려하여 계산된 평균상대우점치(M.I.P.)를 정리하여 Table 2에 정리하였

Table 2. Importance percentage(I.P.) and mean importance percentage(M.I.P.) of major wood species for each region in Mt. Halla

Region Species name	Youngsil			Bangaeoreum			Azalea field		
	U*	L*	M.I.P.*	U*	L*	M.I.P.*	U*	L*	M.I.P.*
<i>Abies koreana</i>	34.7	15.3	28.3	32.6	5.6	23.6	59.5	20.1	46.4
<i>Taxus cuspidata</i>	11.9	27.4	17.0	14.5	34.4	21.2	9.2	22.4	13.6
<i>Prunus maximowiczii</i>	18.4	4.2	13.7	15.5	3.4	11.5	10.2	-	6.8
<i>Quercus mongolica</i>	18.5	3.4	13.5	-	-	-	-	-	-
<i>Weigela subsessilis</i>	2.7	10.4	5.2	-	5.9	2.0	-	-	-
<i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i>	-	12.1	4.0	-	14.5	4.8	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	1.3	9.5	4.0	-	9.4	3.1	-	21.0	7.0
<i>Pourthiaea villosa</i>	4.2	1.8	3.4	6.4	8.5	7.1	2.6	-	1.7
<i>Betula ermani</i>	5.0	-	3.3	-	-	-	-	-	-
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.1	4.7	2.3	-	-	-	-	-	-
<i>Sorbus commixta</i>	1.2	0.9	1.1	12.6	2.0	9.1	6.8	3.0	5.5
<i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i>	-	3.0	1.0	-	-	-	-	-	-
<i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i>	-	2.8	0.9	-	-	-	-	9.3	3.1
<i>Viburnum furcatum</i>	-	2.7	0.9	1.9	1.7	1.8	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.1	-	0.7	-	-	-	-	-	-
<i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpaertensis</i>	-	1.7	0.6	-	4.1	1.4	-	5.0	1.7
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	5.6	-	3.7	2.8	-	1.9
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	-	-	3.1	1.3	2.5	1.6	-	1.1
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	-	1.8	1.8	1.8	2.1	-	1.4
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	1.1	1.7	1.3	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	0.9	1.8	1.2	1.3	-	0.9
<i>Malus sieboldii</i>	-	-	-	1.1	1.0	1.1	2.6	-	1.7
<i>Kalopanax septemlobus</i>	-	-	-	1.0	-	0.7	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	1.9	0.6	-	-	-
<i>Euonymus hamiltonianus</i> var. <i>hamiltonianus</i>	-	-	-	0.9	-	0.6	1.3	-	0.9
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	0.9	-	0.6	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	1.0	0.3	-	-	-
<i>Ilex crenata</i> var. <i>crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	14.9	5.0
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.3	1.4

* U: Upper layer, L: Lower layer, M.I.P.: Mean importance percentage.

다. 구상나무의 평균상대우점치는 영실 지역에서 28.3%, 방아오름 지역에서는 23.6%, 진달래밭 지역에서는 46.4%로 모든 지역에서 가장 높게 나타났다. 다음으로 각 지역에서 주목이 17.0%, 21.2%, 13.6%로 조사되어 진달래밭 지역에서 다른 지역에 비해 구상나무와 높은 차이를 보였지만 영실과 방아오름에서는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 조사되어 진달래밭 지역이 구상나무 순림에 비교적 가까운 식생 구조를 보이는 것으로 판단된다.

층위별 상대우점치는 영실 지역의 경우 상층에서 구상나무가 34.7%로 가장 높았으며, 다음은 산개벚나무와 신갈나무가 각각 18.4%와 18.5%로 높게 나타났다. 하층에서는 주목이 27.4%로 가장 높았으며, 다음은 구상나무는 15.3%로 높게 나타났다. 영실 지역은 상층부의 구상나무의 세력이 산개벚나무와 신갈나무의 세력과 큰 차이가 없고, 하층에서는 주목이 우점수종으로 성장하고 있지만 당분간 구상나무가 우점하는 숲이 지속될 것으로 판단된다. 방아오름은 상층에

서 구상나무가 32.6%로 가장 높았으며, 다음은 산개벚나무가 15.5%로 높게 나타났다. 하층에서는 주목이 34.4%로 가장 높았고 구상나무는 5.6%로 매우 낮게 나타났다. 방아오름 지역은 현재 구상나무의 생장보다는 주목 등에 의한 구상나무의 상층부 우점종 유지에 큰 영향 미치게 될 것으로 판단된다. 진달래밭 지역은 상층에서는 구상나무가 59.5%로 가장 높았으며, 다음은 산개벚나무가 10.2%로 높게 나타났다. 하층에서는 주목이 22.4%로 가장 높았지만 구상나무도 20.1%로 큰 차이가 나지 않고 있다. 현재 진달래밭 지역은 하층에서는 구상나무와 주목이 심한 경쟁이 이루어질 것으로 판단된다. 하지만 영실 지역과 방아오름 지역에 비해 상층의 우점종으로 성장할 수 있는 산개벚나무와 신갈나무 등이 없어 다른 지역에 비해 구상나무가 상층의 우점종으로 상당 기간 유지될 것으로 판단된다.

3.1.2. 수고와 흉고직경 분석

각 지역의 상층부 우점종 중에서 영실지역에서만 분포하는 신갈나무를 제외한 공통 수종인 구상나무, 주

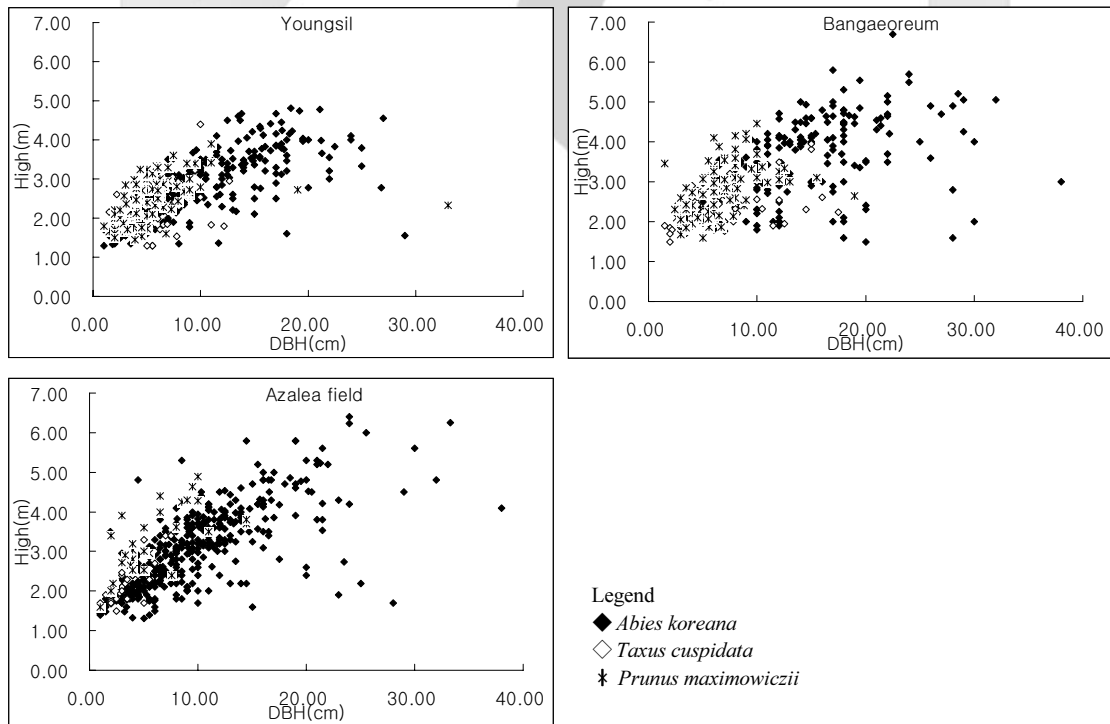


Fig. 2. Distributional comparison of DBH(cm) and Height(m) of major wood species for each region.

목, 산개벗지나무를 대상으로 수고와 흉고직경의 분포 특징을 분석했다(Fig. 2). 흉고직경 분포와 주요 수종을 비교함으로써 해당 지역의 식생발달 과정을 예측할 수 있게 된다(이 등, 1998).

영실 지역은 구상나무가 주목과 산개벗지나무와 유사한 흉고직경 분포와 수고의 분포 경향을 보이고 있어 심한 경쟁이 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 방아오름은 구상나무의 흉고직경과 수고의 다양한 분포 경향을 보이고 있지만 주목과 산개벗지나무가 구상나무와 흉고직경이 작고 수고가 낮은 어린 개체에서는 더 심한 경쟁 관계가 있는 것으로 판단된다. 진달래밭 지역의 경우는 구상나무의 어린 개체부터 오래된 개체까지 분포가 고르게 나타나고 있고, 주목과 산개벗지나무는 흉고직경과 수고의 분포의 폭이 비교적 좁게 나타나 영실과 방아오름에 비해 구상나무림이 유지 될 것으로 판단된다.

3.1.3. 종다양성 분석

영실 지역에서 상층부와 하층부의 종다양도(H')는 각각 0.625와 0.810, 균재도(J')는 0.412와 0.487, 우점도(D')는 0.588과 0.513으로 조사되었으며, 방아오름 지역의 종다양도(H')는 각각 0.731과 0.848, 균재도(J')는 0.450과 0.507, 우점도(D')는 0.550과 0.493, 진달래밭 지역의 종다양도(H')는 각각 0.342와 0.757, 균재도(J')는 0.234와 0.518, 우점도(D')는 0.766과 0.482로 조사되었다(Table 3). 진달래밭 지역의 상층부의 종다양도(H')가 낮은 것은 상층부의 출현종수가 적고 구상나무가 상대적으로 중요치가 높게 나타난 것과 일치하는 결과를 보이고 있어 다른 지역에 비해 독특한 식생 구조를 보이고 있는 것으로 판단된다.

하지만 임과 이(1991)는 한라산국립공원을 대상으로 구상나무림 등으로 군락을 구분한 결과 구상나무림

의 출현종은 4종, 종다양도(H')는 0.170, 우점도(D')는 0.826으로 조사되어 이번 결과와는 큰 차이를 보이고 있다. 이번 조사는 조사구 설정에 있어 구상나무림의 주변부를 포함하고 있으나 임과 이(1991)의 연구에서는 구상나무림 내부의 비교적 순림의 형태를 이루는 지역에서 조사가 이루어진 결과로 판단된다.

3.2. 구상나무림의 분포

항공영상과 위성영상 및 현지조사를 통해 한라산 구상나무림의 분포도를 작성한 결과, 해발 1,300 m 이상 지역에 모두 52개 군락이 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이 중 백록담에서 동북사면을 중심으로 성판악 등산로 진달래밭 군락이 전체 구상나무림 면적의 56.5%를 차지하여 가장 넓은 크기로 조사되었으며, 백록담에서 서사면을 중심으로 영실 등산로 해발 1,550 m에서 1,650 m에 위치한 군락이 11.0%, 백록담에서 북사면을 중심으로 장구목과 큰두레왓 일원의 군락이 8.1%의 순으로 분포하였다. 이들 3개의 군락은 한라산 전체 구상나무림의 75.6%를 차지하는 것으로 나타났으며, 나머지 작은 규모의 군락은 한라산 중심에서 각 방향으로 흐르는 하천의 사면에 선형으로 분포하고 있었다.

한라산 구상나무림의 분포도를 기준으로 산출된 면적은 총 795.3 ha로 나타났다(Table 4). 이는 임상도를 기준으로 분석된 구상나무림의 면적인 665.7 ha와는 129.6 ha가 넓게 나타났고, 현존식생도에서 분석된 면적인 661.5 ha와는 133.8 ha가 넓게 나타나 많은 차이를 보였다. 또한 최근 보고된 김(2006)의 결과와도 192.0 ha의 차이를 보였다.

임상도와 현존식생도에 나타난 구상나무의 분포와 이번 조사된 구상나무의 분포를 Fig. 4에 나타냈다. 임상도와 현존식생도에서는 해발 1,200 m 이하의 한라

Table 3. Species diversity indices of each region

Region	Layer	No. of Species	Species Diversity (H')	Evenness (J')	Dominance (D')
Youngsil	Upper layer	11	0.625	0.412	0.588
	Lower layer	14	0.810	0.487	0.513
Bangaoreum	Upper layer	15	0.731	0.450	0.550
	Lower layer	17	0.848	0.507	0.493
Azalea field	Upper layer	11	0.342	0.234	0.766
	Lower layer	8	0.757	0.518	0.482

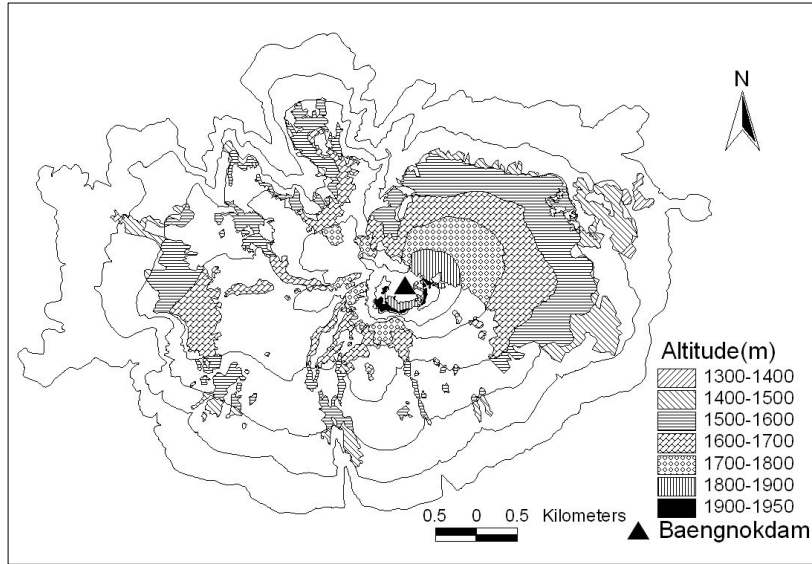


Fig. 3. Distribution of *Abies koreana* forests in Mt. Halla.

Table 4. The total area of *A. koreana* forests in Mt. Halla

	This study	Forest type map	Actual vegetation map	Kim ¹⁹⁾
Area (ha)	795.3	665.7	661.5	603.3

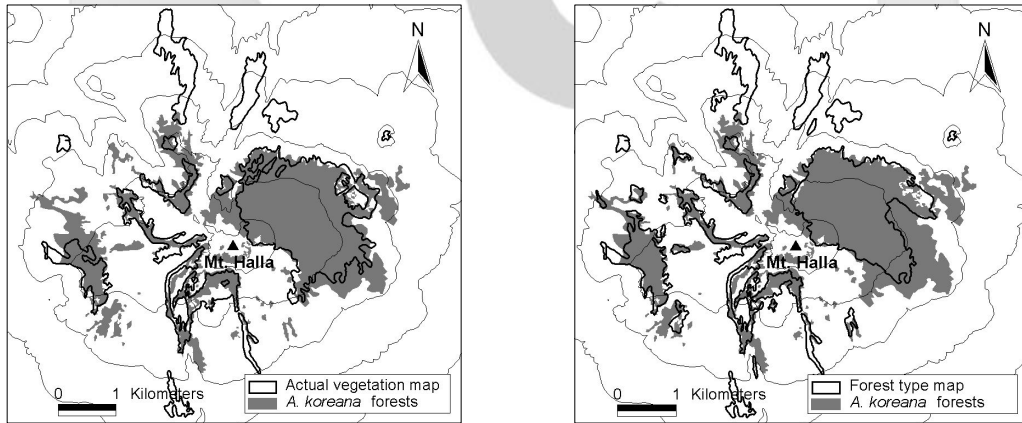


Fig. 4. Difference of distribution of between *Abies koreana* forests and forest type map and actual vegetation map in Mt. Halla.

산 북쪽의 개미등과 큰두레왓, 남쪽의 방아오름 주변의 일부 하천 주변에 공통적으로 구상나무를 잘못 표기하고 있으며, 한라산 동쪽의 성판악의 제일 큰 군락의 주변부와 서쪽의 영실 군락의 일부 지역에서 임상도와 현존식생도에서는 누락된 구상나무림이 조사되

었다.

한라산 구상나무림의 분포면적이 차이를 보이는 것은 임상도와 현존식생도 등에 나타난 임상 경계가 현지에서 조사된 임상의 경계와 많은 차이가 나타났기 때문인 것으로 조사되었다.

임상도(김 등, 2008)는 1986년부터 1992년까지 제 3차 전국산림자원조사와 1992년에 촬영된 항공영상 등을 함께 이용하여 제작된 것으로서 구상나무 분포 지역이 C code로 구분되어 있지만 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.)림으로 잘못 표기한 부분도 있고, 구상나무 임상이 미포함 되어 있는 등 현재 현지조

사에서 파악된 구상나무림의 경계와 면적과는 상당한 차이를 보였다(Fig. 5).

또한 환경부의 현존식생도(환경부, 2009)는 1997년부터 2003년까지 제 2차 전국자연환경조사의 결과를 이용해 제작된 것으로 현지조사 결과를 기초로 하여 작성하게 되는데 임상도에 나타난 산림경계를 기준으

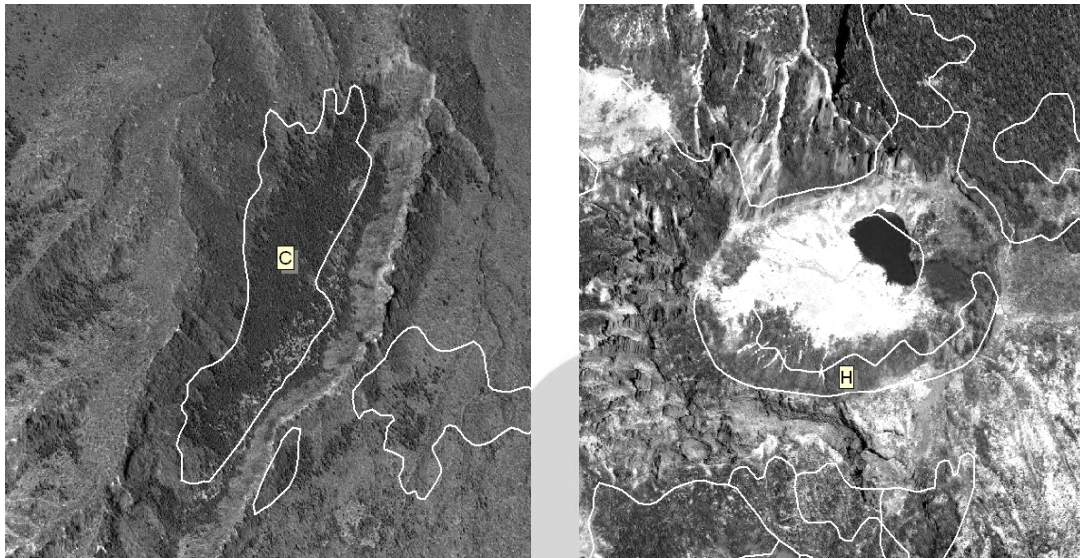


Fig. 5. Locations mistaken *Pinus densiflora* forests for the *A. koreana* forests(C code, left) and *A. koreana* forests for the broadleaf tree(H code, right) in forest type map of Mt. Halla.

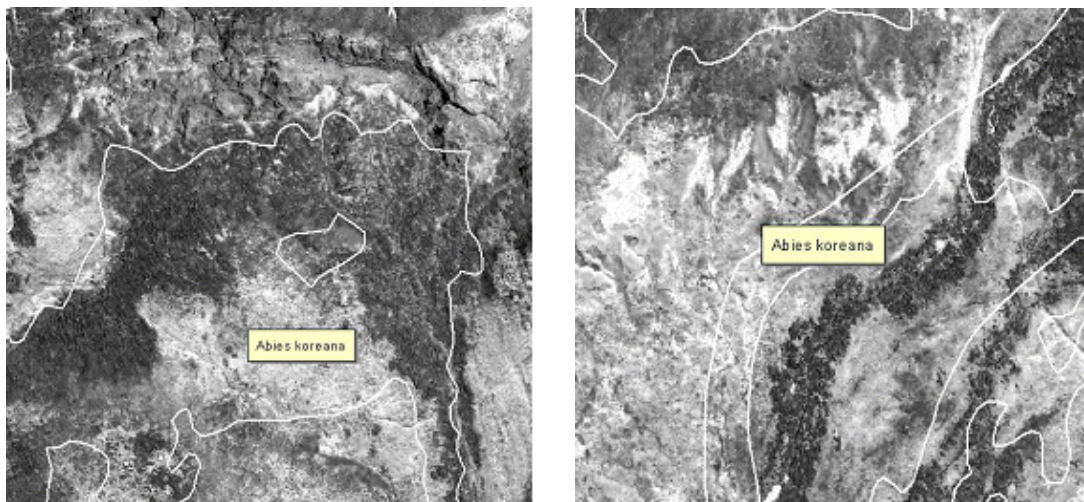


Fig. 6. Locations mistaken forest type(left) and forest boundary(right) in actual vegetation map of Mt. Halla.

로 많은 부분이 작성됨으로써 임상도에서의 오류가 많은 부분에서 반영된 것으로 나타났다. 현재 제주조릿대 (*Sasa quelpaertensis* Nakai) 및 털진달래(*Rhododendron mucronulatum* Turcz. var. *ciliatum* Nakai) 등의 관목 형태의 임상이 임상도에서는 침활·혼효림으로 표기 되었으나 현존식생도에서는 구상나무림으로 잘못 표기된 곳뿐만 아니라 하천의 구상나무림 경계가 잘못 표기된 부분 등 많은 곳에서 산림의 경계와 면적이 현황과 다르게 나타나고 있었다(Fig. 6).

3.3. 구상나무림의 분포특성

3.3.1. 해발별 구상나무의 분포

한라산 구상나무림이 분포하는 해발 1,300 m 이상부터 정상까지 해발 100 m 간격으로 분포 면적을 조사한 결과 1,500 m부터 1,600 m까지 구상나무림 전체 면적의 38.8%로 가장 높은 분포비율을 보였다(Table 5). 그리고 해발 1,600 m부터 1,700 m 사이가 30.8%로 비교적 높은 분포 비율을 보였으며, 해발 1,400 m부터 1,500 m까지는 13.5%, 1,700 m부터 1,800 m까지는 12.1%의 순으로 분석되었다. 한라산 해발 1,500 m부터 1,700 m 사이의 구상나무림이 전체의 69.6%가 분포하고 있는데, 이들 지역에는 제일 넓은 면적을 차지한 균락이 위치하고 있는 곳이다. 또한 해발 1,900 m 이상의 지역은 백록담 내부의 동쪽과 서쪽 사면, 백록담 서쪽 정상 능선에서만 협소하게 분포하고 있었다.

Table 5. Area of *A. koreana* forests classified by altitude in Mt. Halla

Altitude(m)	Area (m ²)	Ratio (%)
1,300~1,400	9.6	1.2
1,400~1,500	107.0	13.5
1,500~1,600	308.9	38.8
1,600~1,700	244.9	30.8
1,700~1,800	95.9	12.1
1,800~1,900	25.1	3.2
1,900~1,950	3.9	0.5
Total	795.3	100.0

3.3.2. 경사(slope) 및 방위(azimuth)에 따른 구상나무의 분포

한라산 구상나무림 분포지역의 경사 즉, 100 m²의 구상나무림이 분포하는 면의 경사를 10°로 구분하여 분포 비율을 산출한 결과, 경사가 10°~20°에서 46.1%로 제일 넓었으며, 0°~10°에서 21.7%, 20°~30°에서 19.6%의 순이었다(Fig. 7). 이에 반해 70°~90°의 계곡의 절벽, 정상 일부의 암벽지대의 급격한 경사를 보이는 지역에서 0.1%의 매우 적은 면적을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

방위는 100 m²의 구상나무림이 분포하는 면의 방위 각도 즉, 어떤 방향으로 위치하고 있는가에 대한 의미를 갖는 것으로 45°씩 팔방위로 나누어 각 방위에 해당하는 구상나무림 분포지역의 면적 비율을 조사하였다.

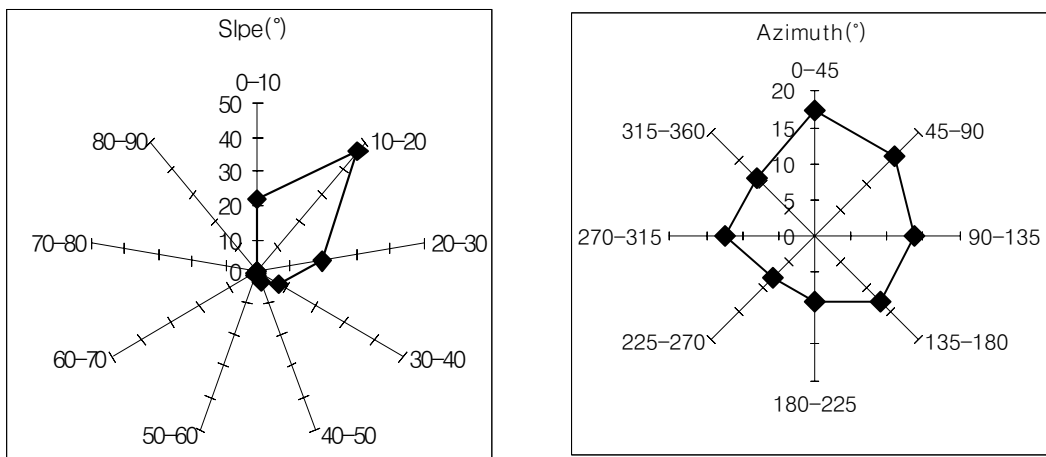


Fig. 7. Distribution ratio of *A. koreana* forests classified by slope and azimuth in Mt. Halla.

그 결과 방위는 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 의 범위가 17.4%로 제일 넓은 면적으로 나타났고, $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 의 범위가 15.7%, $90^{\circ} \sim 135^{\circ}$ 의 범위가 13.7%, $135^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 의 범위가 12.6%, $270^{\circ} \sim 315^{\circ}$ 의 범위가 12.5% 등의 순으로 산출되었다 (Fig. 7).

이 같은 결과는 한라산의 구상나무림은 경사 20° 미만과 방위 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 범위에서 주로 분포하고 있어, 평탄지형보다 계곡지형의 수분 증발량이 높아 임목생장에는 수분 증발량이 낮은 평탄지역에서 양호한 생육 상태를 보이게 된다는 보고(신 등, 2008)와 유사한 결과를 보이고 있다.

이처럼 한라산의 구상나무림이 동사면과 북사면에 대부분 분포하고 서사면이나 남사면에서도 일조량이 적은 지역이거나 수분이 충분히 유지되는 지역에 한정하여 분포하는 것은 한라산 구상나무림의 형성이 수분 조건과 연관이 높다는 연구 결과(김, 2006)와 유사한 경향을 보여준다. 식물은 온도, 강수량, 상대습도, 일조량, 일사량 등 기후적인 환경의 변화에 민감하게 작용하게 되는데 지표면의 방향은 일조시간 등의 차이를 가져오게 된다(신 등, 2008). 따라서 구상나무림의 분포지역에 대한 식물지리학적인 연구 즉, 미소지형에서 일조량, 일사량, 온도, 강수량 등이 구상나무림의 분포에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 한라산 현지에서 조사된 식생 구조를 바탕으로, 구상나무림 분포 지역을 조사하여 식생구조와 유형별 분포 특성을 분석하고 한라산에서 이루어지고 있는 구상나무 등의 생태 연구의 기초 자료로 활용하기 위해 실시하였다. 구상나무의 평균상대우점치(M.I.P.)는 영실 지역에서 28.3%, 방아오름 지역에서는 23.6%, 진달래밭 지역에서는 46.4%로 가장 높게 나타났다. 흉고직경에 대한 수고의 분포는 모든 지역에서 유사한 분포를 보이고 있으나, 진달래밭 지역에서 비교적 구상나무의 어린 개체부터 오래된 개체까지 다양한 분포 양상을 보인다. 영실 지역에서 상층부와 하층부의 종 다양도(H')는 각각 0.625와 0.810, 방아오름 지역은 0.731과 0.848, 진달래밭 지역은 0.342와 0.757로 조사

되었다. 구상나무는 해발 1,300 m 이상 지역에 모두 52개 군락이 분포하며, 진달래밭 지역의 군락이 전체 구상나무림 면적의 56.5%, 영실 등산로 해발 1,550 m에서 1,650 m에 위치한 군락이 11.0%, 장구목과 큰두레왓 일원의 군락이 8.1%의 순이었다. 이들 52개 군락의 면적을 종합한 결과 한라산의 구상나무림은 총 795.3 ha로 산출되었다. 구상나무림 분포지에서 해발 100 m 간격으로 각 구간별 면적을 조사한 결과 1,500 m부터 1,600 m까지 구상나무림 전체 면적의 38.8%로 가장 높은 분포비율을 보였다. 구상나무림 분포지의 경사는 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 에서 46.1%로 가장 넓은 면적을 차지했으며, 방위는 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 의 범위가 17.4%로 가장 넓은 면적을 가지고 있었다. 한라산 구상나무림의 식생 구조는 지역 간의 차이가 높게 나타났으며, 비교적 경사가 완만한 지역에 분포하고 있는 것으로 조사되었다. 이런 지역 간의 식생구조의 차이를 기후 변화에 의한 미래 동태 변화 예측을 위한 추가 조사가 이루어져야 할 것으로 사료되며, 기후 변화에 민감한 한라산의 아고산 지역에서 구상나무와 고산성 수종들의 장기적인 모니터링을 실시하여 생태계 보호와 유지에 필요한 기초 자료를 마련해야 한다.

감사의 글

이 논문의 일부는 2008년 환경부의 국가장기생태연구사업의 지원에 의하여 연구되었으며 (2004000000000-11-L1-0-008-0-0-2008), 이에 진심으로 감사드립니다.

참고 문헌

- 강상준, 곽애경, Takao K., 1997, 한라산 구상나무림에 대한 식물사회학적 연구, 한국생태학회지, 20(2), 293-298.
- 고정균, 김대신, 고석찬, 김문홍, 1996, 한라산 구상나무림의 동태, 제주도연구, 13, 223-241.
- 공우석, 1998, 한라산 고산식물의 분포특성, 대한지리학회지, 33(2), 191-208.
- 구경아, 박원규, 공우석, 2001, 한라산 구상나무(*Abies koreana* Wilson)의 연륜연대학적 연구-기후변화에 따른 생장변동분석, 한국생태학회지, 24(5), 281-288.
- 김갑태, 추갑철, 백길전, 1998, 한라산 아고산지대의 삼림 군집구조에 관한 연구(구상나무림), 한국임학회지,

- 87(3), 336-371.
- 김경민, 김철민, 전은진, 공지수, 2008, 수치임상도(1:25,000) 표준 제작체계, 국립산림과학원, 259.
- 김인식, 한정오, 2000, RAPD 분석에 의한 구상나무 천연 집단의 유전적 다양성, 한국육종학회지, 32, 12-18.
- 김찬수, 2006, 구상나무의 분포 및 분류학적 특성, 한라산 천연보호구역 학술조사보고서, 제주특별자치도 한라산연구소, 451-471.
- 김찬수, 고정근, 문명옥, 송관필, 현화자, 송국만, 김문홍, 2007, 한라산 천연보호구역의 식물상과 생활형, 한국환경과학회지, 16(11), 1257-1269.
- 김찬수, 이석우, 고정근, 2007, 한라산의 구상나무, 제주특별자치도 한라산연구소, 제주, 184.
- 송정호, 이정주, 강규석, 2008, 분비·구상나무 천연집단의 구과, 종자, 포침 특성 변이, 한국임학회지, 97(6), 565-569.
- 신만용, 정상영, 한원성, 이돈구, 2008, 입지유형별 미기후가 천연 활엽수림의 임목 생장에 미치는 영향, 한국농림기상학회지, 10(1), 9-16.
- 이경재, 김종엽, 김동완, 1998, 설악산국립공원 백담계곡 식물군집구조, 한국환경생태학회지, 11(4), 450-461.
- 이수동, 김정호, 2008, 소규모 개발 사업지의 정밀 임상도 (영급) 작성 방안 연구, 한국환경생태학회지, 22(4), 396-408.
- 이승호, 조현국, 최상일, 2004, 다시기 고해상도 위성영상을 이용한 임상구분(제주난대림을 중심으로), 2004 학술연구 발표논문집, 한국임학회지, 2004(2), 67-69.
- 이운원, 홍석천, 1995, 구상나무림의 군락생태학적 연구, 한국임학회지, 84(2), 247-257.
- 임양재, 이진화, 1991, 한라산 국립공원 삼림식생의 우점도 - 다양성에 관하여, 한국생태학회지, 14(3), 257-271.
- 추갑철, 안현철, 조현서, 김임규, 박은희, 박상봉, 2009, 지리산국립공원 칠선계곡지역의 식생구조, 한국환경생태학회지, 23(1), 22-29.
- 허승녕, 최정호, 권기원, 서병기, 이규석, 2001, 도시근린공원의 식생도 작성에 관한 연구, 한국환경영향평가학회지, 10(2), 147-155.
- 환경부, 2009, 자연환경보전법 시행규칙, [http:// www.me.go.kr](http://www.me.go.kr).
- Curtis, J. T., R. R. McIntosh, 1951, An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, Ecology, 32, 476-796.

к с і