

오대산국립공원 분비나무군락의 군락구조와 동태*

전영문** · 안재기*** · 홍문표**** · 신정태***** · 원혁재***** · 이승호*****

Structure and Dynamics of *Abies nephrolepis* Community in Odaesan National Park*

Young-Moon Chun** · Jae-Ki Ahn*** · Moon-Pyo Hong**** · Jeong-Tae Shin*****
· Hyeok-Jae Won***** · Seungho Lee*****

요약 : 본 연구는 오대산국립공원 상왕봉, 두로봉, 노인봉지역의 아고산대에 분포하는 분비나무군락의 군락구조와 종 조성, 개체군동태, 연륜생장을 조사, 분석하였다. 각 조사지별 계층구조는 4층구조이나 노인봉조사구는 두로봉과 상왕봉 조사구에 비하여 교목층의 식피율이 빈약하게 분포하였다. 중요치를 통한 주요 분포 수종은 분비나무를 비롯하여 신갈 나무, 잣나무, 사스래나무, 당단풍나무, 피나무 등으로 나타났다. 분비나무의 개체밀도는 두로봉조사구에서 가장 높게 나타났으며, 흉고직경급 빈도 분포는 상왕봉조사구에서 대경목의 개체들이 주로 분포하였다. 유묘와 치수의 개체수는 노인봉조사구에서 가장 높게 나타났으나 후계목의 공급원으로서 유묘의 분포는 전체적으로 매우 낮은 상태이다. 연평균 연륜생장은 두로봉, 상왕봉, 노인봉조사구에서 1.79mm/year, 1.55mm/year, 1.20mm/year의 순으로 각각 나타났다.

주요어 : 분비나무, 연륜생장, 군락구조, 개체군동태, 아고산대

Abstract : This study analyzed the characteristics of community structure, species composition, population conditions and annual mean radial growth of *Abies nephrolepis* in the subalpine zone of the Odaesan National Park. The sampling sites are Sangwangbong, Durobong, and Noinbong in the Odaesan National Park. Stratification structure of each sites had four layers, but tree coverage (%) in Noinbong site was very low compared to those of Durobong and Sangwangbong sites. The major dominant species in the order of importance value were as follows: *Abies nephrolepis*, *Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, *Betula ermanii*, *Acer pseudo-sieboldianum*, and *Tilia amurensis*. The populations density of *Abies nephrolepis* was highest at the Durobong site, and large diameter class was found to be mainly distributed at the Sangwangbong site according to the study of frequency distribution of DBH (diameter at breast height). The populations of seedlings and saplings were found to be the highest at the Noinbong site; however, overall distribution of juvenile as a source for succession tree is very low. Durobong, Sangwangbong, and Noinbong sites showed 1.79mm/year, 1.55mm/year, and 1.20mm/year of annual mean radial growth of *Abies nephrolepis* populations, respectively.

Key Words : *Abies nephrolepis*, annual mean radial growth, community structure, population dynamics, subalpine zone

* 이 연구는 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원 강화사업(RACS 2009-4003)의 지원으로 수행되었습니다.

** 건국대학교 기후연구소(Climate Research Institute, Konkuk University, ymchun31@gmail.com)

*** 송광생태연구소(Songkwang Ecological Research Institute, oyo670@naver.com)

**** 강릉원주대학교 환경문제연구센터(Center for Environmental Research, Gangneung-Wonju National University, camillus718@hanmail.net)

***** 국립공원관리공단 오대산사무소(Odaesan National Park, jtshin97@knps.or.kr)

***** 국립공원관리공단 오대산사무소(Odaesan National Park, juniper1979@knps.or.kr)

***** 교신저자, 건국대학교 지리학과·기후연구소(Department of Geography and Climate Research Institute, Konkuk University, leesh@konkuk.ac.kr)

I. 서론

아고산대는 용재한계선에서 교목한계선에 이르는 생태적 접이대(공우석, 2000)로서 정상부와 능선부는 낮은 기온, 겨울과 이른 봄철의 강한 바람, 무더운 여름의 태양, 적설 등의 환경요인에 의해 왜성변형수와 편형수가 나타난다(공우석, 2007). 특히 아고산대를 포함한 고산대에 분포하는 식물은 여름철 기온의 상승에 의해 수분부족에 따른 증발산량의 증가, 광합성량과 호흡량의 불균형을 겪으면서 생리적인 스트레스를 받고 쇠약해진다(박원규 · 서정욱, 1999; 공우석, 2002, 구경아 등, 2001).

아고산대식생 중 구상나무와 분비나무가 포함되는 전나무(*Abies*)속은 소나무과에서 2번째로 큰 속으로 약 52종이 포함되어 있다(Xiang *et al.*, 2007). 이 중 분비나무는 전세계적으로 러시아, 몽골, 중국, 한반도에 분포하며, 한반도에서는 북부 차유산¹⁾에서 지리산에 이르기까지 해발 700~2,540m의 범위에 주로 분포한다(정태현 · 이우철, 1965; Qian *et al.*, 2003; 공우석, 2004, 2006). 우리나라의 아고산대와 고산대의 식생은 한라산, 지리산, 덕유산, 설악산, 오대산을 중심으로 분비나무, 가문비나무, 눈잣나무, 구상나무, 눈향나무, 주목, 사스래나무 등의 교목과 진달래과에 속하는 관목이 주로 분포한다(공우석, 1998; Kong, 1998; Kong and Watts, 1999; 조현재 등, 2004).

분비나무에 대한 연구는 형질분석과 분류학적 연구(전승훈, 1988; 장진성 등, 1997; 송중호 등, 2008), 설악산(홍문표, 2004; 송연희 · 윤충원, 2006), 오대산(김갑태 등, 1996; 길봉섭 등, 1997), 지리산(이경재 등, 1991)지역에서 군락분류와 구조적인 측면의 연구, 그리고 설악산에서 군락구조와 생육변동, 입지환경과 천이에 대한 연구(전영문 등, 2009, 2010) 등이 이루어졌다. 이들 중 김갑태 등(1996)은 오대산 두로봉과 상왕봉지역에 이르는 분비나무림이 생육쇠퇴 징후를 보이고 있음을 보고한 바 있다. 그리고 전영문 등(2009)은 설악산의 분비나무림을 대상으로 군락구조 및 동태뿐만 아니라 연륜분석을 통해 최근들어 생육

쇠퇴가 진행되고 있음을 밝힌바 있다.

최근 아고산대 침엽수림에 대한 생육쇠퇴 현상은 주로 구상나무림을 중심으로 진행되어 왔으며(김은식, 1994; 김갑태 등, 1998, 2007; 김갑태 · 추갑천, 1999; 구경아 등, 2001; 임종환 등, 2006), 기후변화에 따른 영향으로 알려져 있다. 그러나 이에 대한 정확도를 정확하게 파악하기 위해서는 장기간의 지속적인 조사와 관찰을 토대로 한 자료의 축적과 분석이 필요하다.

오대산지역의 분비나무군락은 설악산지역의 분비나무군락과 함께 생육쇠퇴에 대한 징후가 보고된 바 있었으나 아직 이에 대한 관심과 기초적인 조사는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 오대산 분비나무군락을 대상으로 군락구조와 종조성, 개체군구조와 동태, 연륜생장 등 군락의 기초적인 현황을 파악하는데 주안점을 두고 조사를 실시하였다. 향후 이들 내용을 토대로 기상환경과 생리·생태학적 내용을 포함한 장기적인 모니터링을 실시한다면 분비나무의 생육쇠퇴 진행양상과 원인의 파악이 가능할 것으로 판단된다. 또한 공원의 식생관리를 위한 기초자료로서의 측면에서도 기여도가 클 것으로 기대된다.

II. 연구지역과 방법

1. 연구지역

본 조사지인 오대산국립공원은 북위 37° 41' ~ 37° 51', 동경 128° 30' ~ 128° 46' 의 범위에 걸쳐 있으며, 면적은 287.8km²에 달한다. 행정구역상으로는 강원도의 평창군, 홍천군, 강릉시의 3개 시군에 걸쳐 있으며, 주요 봉우리로는 주봉인 비로봉(1,563m)을 비롯하여 동대산(1,433m), 두로봉(1,421m), 상왕봉(1,491m), 호령봉(1,566m) 등이 병풍처럼 늘어서 있고 노인봉(1,338m)이 동쪽으로 따로 떨어져 자리하고 있다(국립공원관리공단, 2011). 오대산은 수려한 경관과 자연자원의 중요성이 인정되어 1975년 2월 1일 국립공원 제

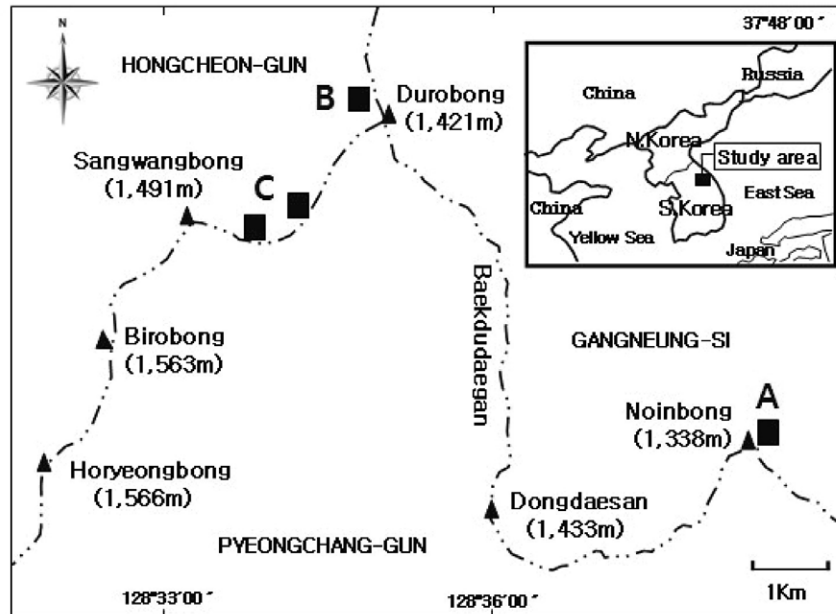


Fig. 1. A map showing the study sites in Odaesan National Park, Korea.

11호로 지정, 관리되고 있다.

오대산은 강원도 동북부의 태백산맥과 차령산맥이 교차하는 분기점으로 온대중부의 아고산대 식생이 분포한다. 이 중 분비나무군락은 정상부근인 상왕봉, 호령봉, 두로봉, 노인봉의 능선아래에 군락단위로 분포하고 있다(김갑태 등, 1996; 길봉섭 등, 1997). 본 연구에서는 선행연구 문헌(김갑태 등, 1996; 길봉섭 등, 1997)과 예비조사를 통해 분비나무가 군락단위로 분포하고 있는 오대산의 노인봉(1,338m), 두로봉(1,421m), 그리고 상왕봉(1,491m)에서 구룡령에 이르는 지역을 조사지로 선정하였다(Fig. 1).

조사지 주변에는 기상청에서 운영하는 자동기상관측소는 구룡령(1,015m)과 진부(541m)에 2개 있다. 그러나 관측기간이 짧아서 자동기상관측소의 자료를 이용하여 기후 특성을 파악하기 어렵다. 조사지와 지리적 특성이 가장 비슷한 기상관측소는 대관령관측소이다. 대관령관측소는 오대산 비로봉에서 남동쪽 방향으로 직선거리 20km정도 떨어져 있다. 대관령 기상관측소의 연평균 기온은 6.6℃로 인접한 해안의 강릉(13.1℃)이나 내륙의 홍천(10.3℃)보다 각각 6.5℃, 3.7

℃가 낮다. 고도상승에 따른 기온체감율(Air temperature lapse rate) $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (임양재 · 백순달, 1985)를 고려한 상왕봉(1,416m), 두로봉(1,395m), 노인봉(1,330m) 조사지의 실질적인 연평균기온은 각각 대략 3.4℃, 3.6℃, 3.9℃에 가까울 것으로 추정된다. 한편 대관령의 연평균 강수량은 1,898.1mm이며 이중 6~8월에 50%가 집중되어 948.6mm가 내렸다. 9월 강수량도 많은 편이어서 6~9월 평균 강수량은 1,255.9mm로 전년 평균의 66.2%이다(Fig. 2). 식물의 생육과 관련된 온도효과를 표현하는 온량지수(Warmth index)는 대관령이 60.2로 홍천(91.6)과 강릉(106.4)에 비하여 차이가 크다. 온량지수에 의하면, 대관령은 북부기후구(온량지수 55~85)에 속하고, 홍천은 중부 기후구(85~100), 강릉은 남부 기후구(100 이상)에 속한다.

오대산 지구는 식물구계지리학상 한반도 온대아구에 속하며, 식생지리학적으로는 신갈나무를 중심으로 참나무류가 우점하는 냉온대 낙엽활수림대에 해당된다(Yim and Kira, 1975; 길봉섭 등, 1997). 한편 본 조사지역을 구성하는 모암은 주로 화강암과 편마암이

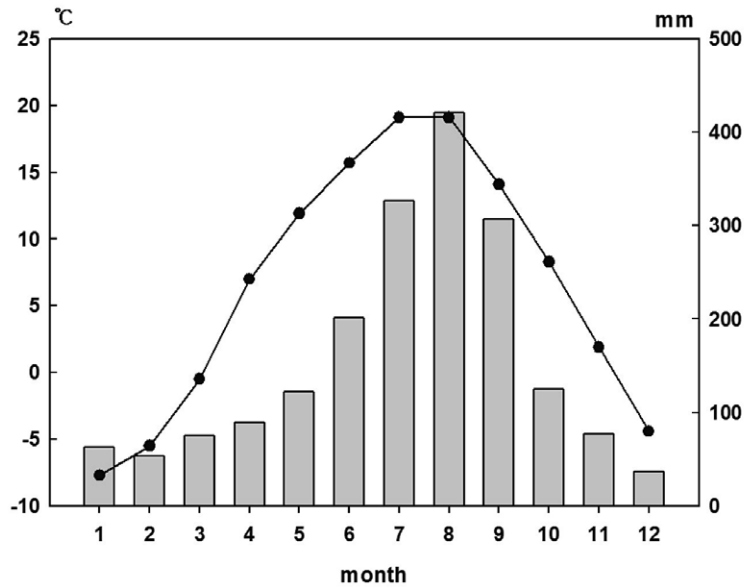


Fig. 2. The climograph of Daegwallyeong station (KMA, 1981-2010).

며(국립지질광물연구소, 1975), 토양은 암석노출지를 제외한 비로봉, 상왕봉, 두로봉, 노인봉 남쪽의 일부 지역에 암쇄토를 주로 한 산성갈색 산림토가, 호령봉 주위에는 암쇄토가 형성되어 있다(농촌진흥청 식물환경연구소, 1971).

2. 식생조사와 분석

조사방형구는 조사지의 식물사회를 대변하는 전형적인 종조성과 생태적 환경을 갖추고 있는 비교적 균질한 지점을 대상으로 식생의 수고를 고려하여 10×10m, 15×15m로 설정하였다. 식생조사는 Braun-Blanquet(1964)의 식물사회학적 방법에 따라 2010년 9월에 수행하였으며, 방형구는 노인봉 일대에 5개, 두로봉 일대에 4개, 상왕봉과 구룡령 구간에 4개 등 총 13개를 설치, 조사하였다. 조사지의 좌표는 노인봉 조사구 37° 46' 47.5" N, 128° 38' 31.0" E, 두로봉 조사구 37° 49' 08.0" ~37° 49' 08.8" N, 128° 35' 06.3" ~128° 35' 07.3" E, 상왕봉 조사구 37° 48' 11.0" ~37° 48' 26.9" N, 128° 33' 28.5" ~128° 34' 21.9" E 이다.

각 조사지내에 분포하는 목본 수종들의 중요성 또

는 영향력을 나타내는 총체적 척도로서 중요치(Importance value, IV)를 구하였다(여천생태연구회, 1997). 중요치(%)는 상대빈도+상대밀도(개체수)+상대피도(흉고단면적)/3으로 평균한 값이다. 연륜 생장을 분석하기 위해 성장추(SUUNTO, Finland)를 이용하여 지상 0.5m 높이에서 줄기의 중심을 관통한 성장편(연륜시료)을 채취하였다. 시료는 각 조사지에서 분포의 중심에 있는 분비나무개체들을 대상으로 노인봉조사구에서 11개, 두로봉 조사구에서 5개, 상왕봉 조사구에서 4개 등 총 20개를 채취하였다. 채취한 시료는 실험실에서 연륜성장측정기(CORIM Maxi, Germany)를 사용하여 줄기의 중심으로부터 표면에 이르기까지 연륜생장을 0.01mm 단위까지 측정하였으며, 연륜생장을 누적하여 분비나무의 연령을 추정하였다. 식물의 동정과 학명의 기재는 이우철(1996)의 한국식물명고에 따랐으며, 또한 이영로(1996)의 원색한국식물도감과 이창복(2006)의 원색대한식물도감을 참조하였다. 한편 분비나무군락내에서 분비나무를 비롯하여 분비나무의 경쟁수종으로 판단되는 신갈나무, 잣나무, 사스레나무 등은 흉고직경 5cm 이하의 개체에 대해서

도 조사를 실시하였으며, 그 기준은 유묘(seedling, 기저직경 < 1.0cm), 치수(sapling, 기저직경 ≥ 1.0cm ~ 흉고직경 < 2.5cm), 유목(juvenile, 흉고직경 ≥ 2.5cm ~ 흉고직경 < 5.0cm)으로 각각 구분하였다(Cho, 1994).

III. 결과 및 고찰

1. 군락구조와 종조성

각 조사지별 입지환경, 계층구조, 그리고 종수는 Table 1과 같다. 조사지들은 대체로 해발 1,300m 이상의 남서~북서사면을 따라서 분포하며 두로봉과 상왕봉의 조사구 평균 경사도(18.5~19.5°)에 비하여 노인봉의 입지(habitat)는 조사구 평균 경사도가 29.2°로 높게 나타났다. 조사구당 평균 출현종수는 경사가 가파르고 암반지가 많은 노인봉조사구가 25종, 두로봉과 상왕봉조사구가 40~42종으로 노인봉조사구에서 구성종이 빈약한 것으로 확인되었다. 금번 조사에서 확인된 오대산지역 분비나무군락의 방형구당 평균 출현종수는 25~42종 범위로 오대산(길봉섭 등, 1997)에서 31종, 설악산(전영문 등, 2009)에서 13~30종과 비교하여 대체로 구성종수가 풍부한 것으로 나타났다. 각 조사지별 계층구조는 전반적으로 4층구조이나 노인봉조사

구는 두로봉과 상왕봉조사구에 비하여 교목층의 식피율이 빈약하게 분포하였다. 조사구의 평균 수고는 교목층 7.9~9.0m, 아교목층 4.8~5.5m, 관목층 1.7~1.8m, 그리고 초본층 0.5~0.6m 범위로 조사되었다. 조사구 평균 식피율은 초본층의 경우 77~89% 범위로 조사지들간에 큰 차이가 없었다. 교목층은 상왕봉과 두로봉 조사구가 각각 66%와 71%를 보였으나 노인봉조사구의 경우는 21%로 타 조사구들에 비하여 낮게 분포하였다. 그러나 아교목층과 관목층은 노인봉조사구의 식피율이 상왕봉과 두로봉조사구에 비하여 높게 나타났다. 이는 노인봉조사구의 층상구조가 전반적으로 교목층의 임목 밀도가 낮은 4층구조로서 아교목층과 관목층으로 비교적 많은 광량이 유입될 수 있는 군락구조의 영향에 기인한 것으로 판단된다.

각 조사지별 목본 수종의 중요치는 Table 2와 같다. 노인봉조사구에서는 분비나무(22.8%)와 신갈나무(21.4%)를 중심으로 잣나무(11.7%), 박달나무(8.6%), 사스래나무(5.8%), 피나무(5.5%), 당단풍나무(5.4%), 시달나무(5.3%), 마가목(5.2%) 등이, 두로봉조사구에서는 분비나무(26.0%)를 비롯하여 신갈나무(16.4%), 사스래나무(14.6%), 피나무(10.5%) 등이 주요 종으로 분포하였으며 그 밖에 마가목(6.8%), 산벚나무(6.4%), 당단풍나무(6.3%) 등이 조사되었다. 한편 상왕봉조사구에서는 분

Table 1. Physiognomy for site conditions and vegetation structure of *Abies nephrolepis* communities at the three habitats in Odaesan National Park, Korea

Parameter	Noinbong(n=5)	Durobong(n=4)	Sangwangbong(n=4)
Altimeter (m)	1,330	1,395	1,416
Aspect (°)	NW320	NW326	SW257
Slope (°)	29.2	18.5	19.5
Species richness	25.2	40.0	41.8
Tree height (m)	8.5	7.9	9.0
Tree coverage (%)	21.0	71.0	66.3
Subtree height (m)	5.5	4.9	4.8
Subtree coverage (%)	85.0	61.3	50.0
Shrub height (m)	1.7	1.8	1.7
Shrub coverage (%)	79.0	41.3	43.8
Herb height (m)	0.5	0.6	0.6
Herb coverage (%)	77.0	88.8	86.3

Table 2. Vegetation structure of the *Abies nephrolepis* community in Odaesan National Park, Korea

Study site	Species	Frequency	Density (Trees/ha)	Basal Area (cm ² /ha)	Importance Value (%)
Noinbong (n=5)	<i>Abies nephrolepis</i>	1.0	880.0	143174	22.8
	<i>Quercus mongolica</i>	1.0	1000.0	95946	21.4
	<i>Pinus koraiensis</i>	0.8	140.0	25192	11.7
	<i>Betula schmidtii</i>	0.6	120.0	13124	8.6
	<i>Betula ermanii</i>	0.4	120.0	5562	5.8
	<i>Tilia amurensis</i>	0.4	80.0	1822	5.5
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.4	60.0	1628	5.4
	<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	0.4	60.0	1392	5.3
	<i>Sorbus commixta</i>	0.4	40.0	1250	5.2
	<i>Magnolia sieboldii</i>	0.2	60.0	1470	2.9
	<i>Prunus sargentii</i>	0.2	20.0	2180	2.7
	<i>Salix caprea</i>	0.2	20.0	736	2.6
		Total	6.0	2600.0	293476
Durobong (n=4)	<i>Abies nephrolepis</i>	1.0	1250.0	257723	26.0
	<i>Quercus mongolica</i>	1.0	425.0	72575	16.4
	<i>Betula ermanii</i>	1.0	375.0	23545	14.6
	<i>Tilia amurensis</i>	0.8	200.0	16403	10.5
	<i>Sorbus commixta</i>	0.5	125.0	4388	6.8
	<i>Prunus sargentii</i>	0.5	50.0	2163	6.4
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.5	50.0	1450	6.3
	<i>Malus baccata</i>	0.3	25.0	7885	3.4
	<i>Pinus koraiensis</i>	0.3	25.0	3185	3.2
	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>manshurica</i>	0.3	25.0	970	3.2
	<i>Cornus controversa</i>	0.3	25.0	498	3.2
	Total	6.3	2575.0	390783	100.0
Sangwangbong (n=4)	<i>Abies nephrolepis</i>	1.0	216.7	126289	16.8
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	1.0	366.7	27664	15.2
	<i>Quercus mongolica</i>	0.8	133.4	84785	12.1
	<i>Tilia amurensis</i>	0.8	183.4	55109	11.6
	<i>Pinus koraiensis</i>	0.8	50.0	38168	9.9
	<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	0.5	83.4	4027	6.4
	<i>Sorbus commixta</i>	0.5	50.0	6213	6.2
	<i>Prunus sargentii</i>	0.5	33.3	7838	6.1
	<i>Syringa reticulata</i> var. <i>manshurica</i>	0.3	50.0	5993	3.4
	<i>Betula ermanii</i>	0.3	33.3	1987	3.1
	<i>Acer truncatum</i>	0.3	33.3	1694	3.1
	<i>Malus baccata</i>	0.3	16.7	5676	3.1
	<i>Cornus controversa</i>	0.3	16.7	3252	3.0
	Total	7.0	1266.9	368695	100.0

비나무(16.8%), 당단풍나무(15.2%), 신갈나무(12.1%), 피나무(11.6%), 잣나무(9.9%) 등이 주요 종으로 분포하였다. 조사지별 목본 수종의 구성과 분포정도는 다소 차이가 있으나 대체로 분비나무를 비롯하여 신갈나무, 잣나무, 사스래나무, 당단풍나무, 피나무 등이 주요 수종인 것으로 나타나, 선행 연구 결과(김갑태 등, 1996; 길봉섭 등, 1997; 전영문 등, 2009)와 대체로 비슷한

분포를 보였다. 한편 본 조사에서는 김갑태 등(1996)과 길봉섭 등(1997)이 오대산 분비나무군락에서 주요 분포 수종 중 하나로 조사, 보고한 주목이 구성종으로 포함되지 않았다. 이는 김갑태 등(1996)이 두로봉지역에서 주목개체가 주로 분포하는 분비나무군락을, 길봉섭 등(1997)은 호령봉-상왕봉, 상왕봉-두로령 구간에서 4개 분비나무군락을 각각 조사구로 선정한 것과 같이,

방형구 선정 목적 및 방형구 설치 장소가 서로 차이를 보이는데서 비롯된 결과로 해석된다.

2. 개체군 동태

3개 조사지에서 출현한 각 목본수종의 개체수, 평균 흉고직경, 흉고단면적 등 군락의 개체군 동태는 Table 3과 같다. 흉고직경 5cm 이하의 분비나무 유묘(seedling), 치수(sapling), 유목(juvenile)의 개체수는 노인봉조사구 1,940개체/ha, 상왕봉조사구 367개체/ha, 두로봉조사구 125개체/ha로 노인봉조사구에서의 개체 분포가 매우 높게 나타났다. 그러나 이 중 대부분은 흉고직경이 2.5cm 이내의 개체들이다. 특히 노인봉조사구에서 흉고직경 2.5cm 이하의 유묘와 치수는 1,900개체/ha로 매우 높은 편이나 실제 후속수(succession tree)로서 유목으로 성장한 개체들은 40개체/ha로 매우 낮았다(Table 3). 노인봉조사구에서 유묘와 치수의 개체 분포가 높게 나타난 것은 초본으로 피복되지 않은 암반지와 나지가 형성되어 있으며, 또한 전반적으로 교목층의 식피가 빈약한 층상구조 하에서 임상으로 유입되는 광량이 증가하여 분비나무의 종자 발아와 유묘의 생장에 비교적 양호한 영향을 미친 것으로 판단된다(Hamao and Osama, 1984; 이창석·조현재, 1993). 한편 두로봉과 상왕봉지역에서 흉고직경 5cm

이하의 유묘와 치수가 없는 것으로 보고한 김갑태 등(1996)의 결과와 달리 본 조사에서는 유묘, 치수, 그리고 유목의 개체수가 125~367개체/ha로 분포하여 많은 차이를 보였다.

흉고직경 5cm 이상 개체의 경우, 분비나무의 개체수는 두로봉조사구가 1,250개체/ha로 가장 높은 밀도를 나타내었으며, 평균 흉고직경에서는 상왕봉조사구가 26.6cm로 대경목의 개체들이 주로 분포하는 것으로 조사되었다. 분비나무의 고사목 동태에서 고사개체는 노인봉조사구에서 300개체/ha로 조사구들 중 가장 높게 나타났다. 그러나 고사개체들의 평균 흉고직경에 있어서는 노인봉과 두로봉조사구의 경우 10cm 이내인데 비하여 상왕봉조사구의 경우는 27.8cm로 대경목에 해당하는 개체들이 고사하였다. 특히 상왕봉지역의 고사목과 관련하여 김갑태 등(1996)도 오대산 두로봉과 상왕봉지역에서 흉고직경 25cm 이상의 대경목개체들이 주로 고사한다는 유사한 내용을 보고한 바 있어 이에 대한 원인 규명의 노력이 필요하리라 생각된다. 한편 김갑태 등(1996)은 두로봉과 상왕봉지역에서 조사한 분비나무개체의 10.9%가 고사목인 것으로 보고한 바 있는데, 본 연구에서 확인한 동일지역내 분비나무개체들의 고사목 비율은 15.0%였다. 이러한 대경목 중심의 고사개체의 증가추세가 자연적인 현상인지 기후

Table 3. Conditions of *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Odaesan National Park, Korea

구 분	Noinbong(n=5)		Durobong(n=4)		Sangwangbong(n=4)	
	An	Others	An	Others	An	Others
No. of seedlings and saplings ^a (ind./ha)	1900	160*	75	125*	350	367*
No. of juvenile ^b (ind./ha)	40	80*	50	100*	17	17*
No. of live trees ^c (ind./ha)	880	1720	1250	1325	217	967
Average dbh of live trees ^c (cm)	13.6	9.9	15.3	8.9	26.6	12.7
Basal area of live trees ^c (cm ² /ha)	143174	150302	257723	133060	126289	242406
No. of dead trees ^c (ind./ha)	300	120	125	50	133	67
Average dbh of dead trees ^c (cm)	6.4	8.5	8.0	12.1	27.8	6.7
Basal area of dead trees ^c (cm ² /ha)	10240	11962	6813	7433	88346	4239

a: seedlings (basal diameter < 1.0cm) and saplings (basal diameter ≥ 1.0cm and DBH < 2.5cm)

b: DBH ≥ 2.5cm and <5.0cm

c: DBH ≥ 5.0cm

An: *Abies nephrolepis*

**Quercus mongolica*, *Pinus koraiensis*, and *Betula ermanii*

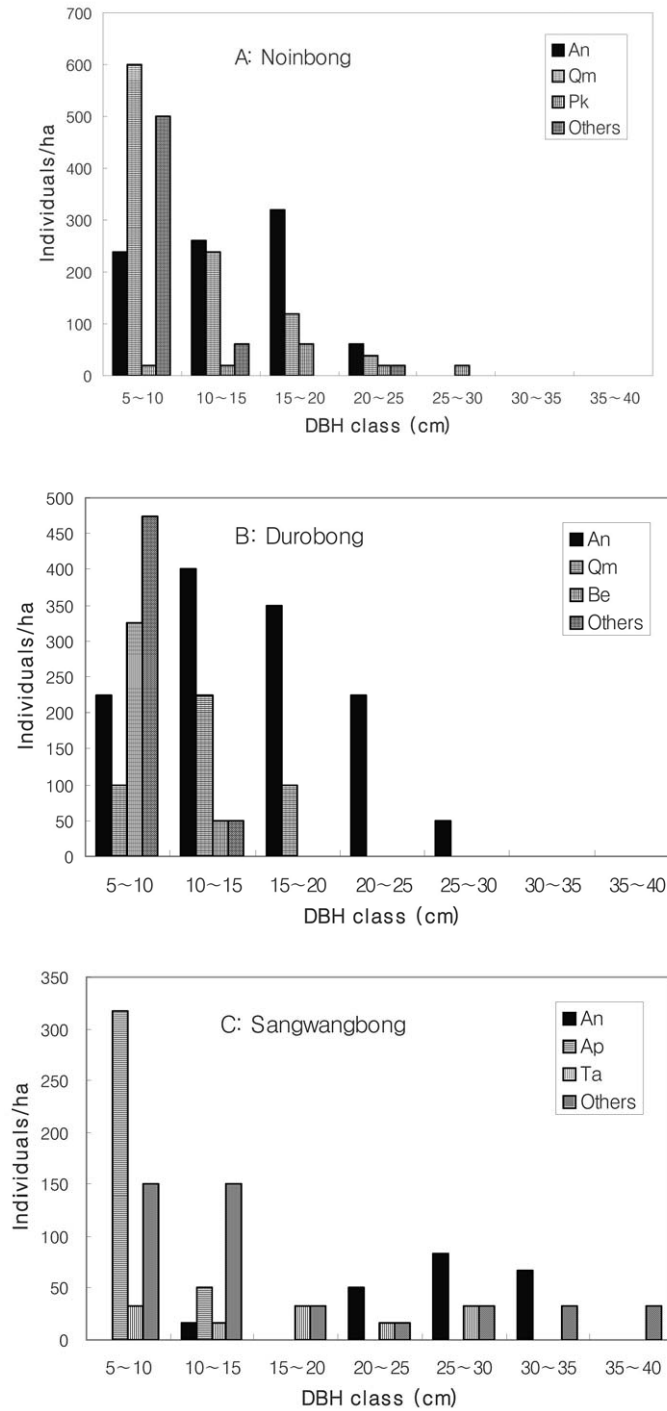


Fig. 3. Frequency distribution of diameter classes of major woody plants in the three habitats at Odaesan National Park, Korea (An: *Abies nephrolepis*, Qm: *Quercus mongolica*, Pk: *Pinus koraiensis*, Be: *Betula ermanii*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Ta: *Tilia amurensis*).

변화에 따른 생장쇠퇴에 기인한 것인지를 밝히기 위해서는 지속적인 모니터링과 보다 심도 있는 연구가 진행되어야 할 필요가 있다. 상왕봉조사구에서 분비나무 고사개체들의 흉고단면적은 88,346cm²/ha로 타 조사구에 비하여 매우 높게 나타났다.

3. 주요 수종의 직경급별 빈도 분포

조사지에 따른 주요 목본수종들의 흉고직경급별 개체 분포는 Fig. 3과 같다. 노인봉조사구에 분포하는 개체들 중 분비나무는 흉고직경 5~20cm 범위의 중·소경목에 해당하는 개체들이 대부분을 차지하고 있다. 분비나무를 제외한 구성종 중 신갈나무는 흉고직경 5~10cm 급의 소경목의 개체수가 매우 높은 것으로 조사되었으며 5~15cm 급을 중심으로 한 역 J자형으로 비교적 안정된 분포 유형을 보이고 있어, 향후 분비나무의 주요한 경쟁수종으로서 본 입지에서 지속적으로 유지될 수 있는 집단으로 추정된다(Barbour *et al.*, 1987). 그리고 잣나무는 개체수는 적지만, 15~20cm 급을 중심으로 소경목에서 대경목에 이르기까지 고르게 분포하고 있다. 그 밖의 기타 수종은 흉고직경 5cm 이내의 유목과 소경목에 해당하는 개체들이 주로 분포하였다.

두로봉조사구에서 분비나무는 10~20cm 급의 중·소경목에 해당하는 개체들을 중심으로 30cm 범위의 대경목까지 분포하고 있다. 흉고직경 2.5cm 이하의 유묘와 치수는 75개체/ha로 조사지들 중 가장 적은 개체가 분포하는 것으로 나타났으나, 흉고직경 2.5~5.0cm 범위에 해당하는 유목의 개체수는 50개체/ha로 조사지들 중 가장 높다(Table 3). 그 밖의 수종으로는 신갈나무가 10~15cm 급을 중심으로, 사스래나무와 기타 수종들은 10cm 이내의 소경목 개체들이

주로 분포하였다.

상왕봉조사구에서 분비나무의 흉고직경 분포역은 대부분 20~35cm 범위로서 대경목에 해당하는 개체들이 주로 분포하고 있으며 중·소경목에 해당하는 개체의 분포비는 낮다. 또한 흉고직경 2.5cm 이하의 유묘와 치수의 분포는 350개체/ha로 비교적 높은 편이나 유목으로 살아남는 개체수는 17개체/ha로 조사지들 중 가장 낮아 후계목의 공급원이 비교적 적은 것으로 확인되었다. 분비나무 이외의 수종으로는 당단풍이 흉고직경 10cm 이내의 소경목집단에서 주요종으로서 63%의 분포비를 나타내었다. 그 밖의 기타 수종에서는 신갈나무와 잣나무가 포함되어 있는 대경목 개체들을 제외하면 대부분 중·소경목의 개체가 분포하는 것으로 나타났다. 본 조사지에서 분비나무의 유묘와 치수의 분포는 두로봉과 상왕봉조사구의 경우 노인봉조사구에 비하여 매우 낮은 것으로 나타났다. 한편 인근 설악산지역에 분포하는 분비나무군락에서 조사된 유묘와 치수의 개체수(전영문 등, 2009)는 관모능선과 설악폭포조사구의 경우는 100~240개체/ha, 귀매기청봉조사구는 763개체/ha로 설악산에서 조사된 유묘와 치수의 전체 평균값은 오대산지역에 비하여 낮은 것으로 나타났다.

4. 연륜생장

Table 4는 각 조사지의 방형구에서 평균적인 흉고직경에 해당하는 개체를 대상으로 나이테를 채취하여 연륜을 분석한 연생장량 값이다. 수령은 상왕봉조사구에서 평균 80년으로 가장 높게 나타났으며 조사개체들의 평균 흉고직경은 26.9cm로 큰 개체들이 주로 분포하였다. 그리고 두로봉조사구와 노인봉조사구에서 조사된 개체들의 평균 흉고직경은 15cm 급으로

Table 4. Annual mean radial growth on *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Odaesan National Park, Korea

Parameter	Noinbong(n=11)	Durobong(n=5)	Sangwangbong(n=4)
Average dbh of trees (cm)	15.9 (12~21)	15.1 (12~19)	26.9 (25~29)
Average age of trees	70 (38~121)	42 (35~48)	80 (62~98)
Annual mean radial growth (mm/year)	1.20	1.79	1.55

대체로 유사하나, 연륜분석 결과 노인봉조사구에서는 두로봉조사구에 비하여 수령이 많은 개체들이 다수 분포하였다. 두로봉조사구의 경우는 조사개체들의 평균 수령이 42년으로 조사지들 중 가장 낮은 것으로 조사되었다. 두로봉 조사지내에 수령이 높은 중·대경목의 생존개체와 고사개체가 없는 것으로 미루어보아 해당 입지가 자연적, 인위적 간섭 과정에 의해서 새롭게 형성된 군락으로 추정된다.

분비나무의 연평균 연륜생장에서는 두로봉, 상왕봉, 노인봉조사구에서 각각 1.79mm/year, 1.55mm/year, 1.20mm/year의 생장을 보이는 것으로 측정되었으며 두로봉조사구에 분포하는 개체들의 생장이 가장 양호한 것으로 나타났다. 노인봉조사구의 연간생장은 상왕봉뿐만 아니라 직경급이 비슷한 두로봉조사구와 비교하여도 상대적으로 저조한 것으로 나타났다. 이는 노인봉조사구의 입지가 두로봉과 상왕봉조사구에 비하여 암괴와 암반지가 많이 분포하는 곳으로 수분과 토양양분의 공급이 상대적으로 열악한데 기인한 것으로 추정된다. 한편 본 조사지에서 측정된 연평균 연륜생장은 인근 설악산지역(전영문 등, 2009)에서 쇠퇴징후가 뚜렷하지 않은 관모능선과 설악폭포조사구에서 측정된 연간생장 1.47mm/year, 1.57mm/year와 비교하여 대체로 비슷한 생장을 보이는 것으로 조사되었다.

IV. 결론

본 연구는 오대산국립공원의 아고산대에 분포하고 있는 분비나무군락을 대상으로 군락구조와 종조성, 개체군동태, 연륜 측정을 통한 연간생장량 등을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

오대산에 분포하는 분비나무군락은 대체로 해발 1,300m 이상의 남서~북서사면을 중심으로 분포하며 방형구당 평균 출현종수는 25~42종 범위이다. 총상구조는 4층구조이나 노인봉조사구는 두로봉과 상왕봉조사구에 비하여 교목층의 식피율이 빈약하게 분포하였다. 목본 수종의 구성과 분포정도는 조사지별로 차

이가 있으나 대체로 분비나무를 비롯하여 신갈나무, 잣나무, 사스래나무, 당단풍, 피나무 등이 주요 수종이었다.

흉고직경 5cm 이상의 개체들을 대상으로 한 분비나무의 개체수는 두로봉조사구에서 1,250개체/ha로 가장 높은 밀도를 나타내었으며, 평균 흉고직경은 상왕봉조사구에서 26.6cm로 대경목의 개체들이 주로 분포하는 것으로 조사되었다. 고사목의 동태에서는 상왕봉조사구의 분비나무개체들은 25cm 이상의 대경목이, 두로봉과 노인봉조사구에서는 10cm 이내의 주로 소경목 개체가 고사한 것으로 나타났다.

분비나무의 직경급 분포는 노인봉조사구의 경우, 주로 흉고직경 5~20cm 범위의 중·소경목에 해당하는 개체가 대부분을 차지하고 있으며, 흉고직경 2.5cm 이하의 유묘와 치수의 분포는 1,900개체/ha로 매우 높은 편이나 실제 유묘로 공급되는 개체들은 40개체/ha로 낮다. 두로봉조사구에서 분비나무는 10~20cm 급의 중·소 경목에 해당하는 개체를 중심으로 30cm 범위의 대경목까지 분포하였다. 상왕봉조사구에서 분비나무는 대부분 대경목 개체가 분포하며 후계목으로서 중·소 경목에 해당하는 개체들의 분포비는 매우 낮은 상태이다.

분비나무의 수령은 상왕봉조사구에서 평균 80년으로 가장 높게 나타났으며, 분비나무의 연평균 연륜생장에서는 두로봉, 상왕봉, 노인봉조사구에서 각각 1.79mm/year, 1.55mm/year, 1.20mm/year의 순으로 측정되어 두로봉조사구에 분포하는 개체들의 생장이 가장 양호한 것으로 나타났다.

본 연구는 최근 기온 상승의 영향으로 분포역의 축소와 생장쇠퇴의 영향을 민감하게 받고 있는 아고산대식생에 대한 내용으로 기후변화와의 관련성을 연구하기 위한 기초적인 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 현재 분비나무와 같은 속(*Abies*)에 속하는 구상나무에 대한 생장쇠퇴에 대한 여러 조사, 연구들이 보고된 바 있어서 분비나무의 경우도 이와 비슷한 생장변동의 변화가 있을 것으로 추정된다. 향후 오대산지역에 분포하고 있는 분비나무군락과 기후변화와

의 관련성을 밝히기 위해서는 연륜 생장과 생리·생태학적 연구, 장기간의 기상 관측을 포함한 보다 심층적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 기상청 기후변화 감시·예측 및 국가정책지원 강화사업(RACS 2009-4003)의 지원으로 수행되었기에 이에 감사드립니다. 그리고 본 논문의 체제와 내용 정리에 많은 도움을 주신 심사위원들께 감사드립니다.

주

- 1) 차유산은 함경북도 무산군 동면에 위치하고 있으며 해발 고도는 1,559m 이다.

문 헌

- 공우석, 1998, “한라산 고산식물의 분포 특성,” 대한지리학회지 33:191-208.
- 공우석, 2000, “설악산 아고산대 식생과 경관의 지생태,” 대한지리학회지 35:177-187.
- 공우석, 2002, “한반도 고산식물의 구성과 분포,” 대한지리학회지 37:357-370.
- 공우석, 2004, “한반도에 자생하는 침엽수의 종 구성과 분포,” 대한지리학회지 39:528-543.
- 공우석, 2006, “한반도에 자생하는 소나무과 나무의 생물지리,” 대한지리학회지 41:73-93.
- 공우석, 2007, 우리식물의 지리와 생태, 서울: 지오북.
- 구경아 · 박원규 · 공우석, 2001, “한라산 구상나무(*Abies koreana* W.)의 연륜연대학적 연구 -기후변화에 따른 생장변동 분석-,” 한국생태학회지 24:281-288.
- 국립공원관리공단, 2011, www.knps.or.kr.
- 국립지질광물연구소, 1975, 한국지질도(오대산 도폭), 서울.
- 기상청, 2001, 한국기후표(1971-2000), 서울.
- 길봉섭 · 김창환 · 김영식 · 유현경 · 김병삼, 1997, “오대산국립공원 일대의 식생,” 한국자연보존협회조사연구보고서 38:47-91.
- 김갑태 · 추갑철, 1999, “덕유산 아고산지대의 삼림군락구조에 관한 연구 -구상나무림-,” 한국환경생태학회지 13:70-77.
- 김갑태 · 추갑철 · 백길전, 1998, “한라산 아고산지대의 삼림군락구조에 관한 연구 -구상나무림-,” 한국임학회지 87:366-371.
- 김갑태 · 추갑철 · 엄태원, 1996, “오대산 국립공원 두노봉-상왕봉 지역의 삼림군락구조에 관한 연구 -분비나무림과 주목림-,” 한국환경생태학회지 10:160-168.
- 김갑태 · 추갑철 · 엄태원, 2007, “한라산 아고산지대 구상나무림 군락구조에 관한 연구,” 한국환경생태학회지 21:161-167.
- 김은식, 1994, 환경변화와 고산지대 수목생장 쇠퇴현상과 상관성 해석, 한국과학재단 연구보고서.
- 농촌진흥청 식물환경연구소, 1971, 개략토양도, 수원.
- 박원규 · 서정욱, 1999, “지리산 천왕봉지역 구상나무의 연륜기후학적 해석,” 한국제4기학회지 13:25-33.
- 송연희 · 윤충원, 2006, “설악산 아고산대 산림의 식생구조,” 한국환경생물학회지 24:268-274.
- 송중호 · 이정주 · 강규석, 2008, “분비, 구상나무 천연집단의 구과, 종자, 포침 특성 변이,” 한국임학회지 97:565-469.
- 여천생태연구회, 1997, 현대생태학실험서, 서울: 교문사.
- 이경재 · 류창희 · 최송현, 1991, “지리산 아고산대 신갈나무-분비나무림 식물군락 구조분석,” 응용생태연구 5:32-41.
- 이영로, 1996, 원색한국식물도감, 서울: 교학사.
- 이우철, 1996, 한국식물명고, 서울: 아카데미서적.

- 이창복, 2006. 원색대한식물도감, 서울: 향문사.
- 이창석 · 조현제, 1993, “가야산 구상나무군락의 구조 및 동태,” 한국생태학회지 16:75-91.
- 임양재 · 백순달, 1985, 설악산의 식생, 서울: 중앙대학교출판부.
- 임종환 · 우수영 · 권미정 · 천정화 · 신준환, 2006, “한라산 구상나무 전진개체와 쇠약개체의 온도 변화에 따른 광합성능력과 수분이용효율,” 한국임학회지 95:705-710.
- 장진성 · 전정일 · 현정오, 1997, “한국산 분비나무와 구상나무의 형질분석과 종간유연관계,” 한국임학회지 86:378-390.
- 전승훈, 1988, Monoterpene 성분에 의한 분비나무와 구상나무의 분류학적 연구, 서울: 서울대학교 석사학위논문.
- 전영문 · 홍문표 · 권재환 · 이재석 · 정홍락 · 이승호, 2009, “설악산 분비나무림의 군락구조와 생육변동에 관한 연구,” 국토지리학회지 43:125-137.
- 전영문 · 권재환 · 홍문표 · 이재석 · 정홍락 · 이승호, 2010, “설악산 분비나무림의 입지환경과 천이,” 국토지리학회지 44:93-102.
- 정태현 · 이우철, 1965, “한국삼림식물대 및 적지적수론,” 성균관대 논문집 10:329-435.
- 조현재 · 배관호 · 이창석 · 이충화, 2004, “아고산 지역 상록침엽수림의 종조성고 구조,” 한국임학회지 93:372-379.
- 홍문표, 2004, 설악산 삼림식생의 생태학적 연구, 서울: 건국대학교 박사학위논문.
- Barbour, M.G., J.H. Burk and W.D. Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Publishing Co.
- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, 3rd eds. Wien: Springer-Verlag.
- Cho, D.S. 1994. Community structure, and size and age distribution of conifers in subalpine Korean fir (*Abies koreana*) forest in Mt. Chiri. *Korean J. Ecol.* 17:415-424.
- Hamao, S. and M. Osama. 1984. Natural regeneration of *Abies marisii* stand in Oze area. *森林立地* 26:20-24.
- Kong, W.S. 1998. The alpine and subalpine geoecology of the Korean Peninsula, *Korean Journal of Ecology* 21:383-387.
- Kong, W.S. and Watts, D. 1999. Distribution of arboreal arctic-alpine plants and environments in NE Asia and Korea. *Geographical Review of Japan* 72:122-134.
- Qian, H., P. Krestov, P.Y. Fu, Q.L. Wang, J.S. Song, and C. Chourmouzis. 2003. Phytogeography of northeast Asia. pp. 51-91. in Kolbek, J., M. Srutek, and E.O. Box (eds.) 2003. Forest vegetation of northeast Asia. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Xiang, X., Cao, M., and Zhou, Z. 2007. Fossil history and modern distribution of the genus *Abies* (Pinaceae). *Frontiers of Forestry in China* 2:355-365.
- Yim, Y.J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula I. Distribution of some indices of thermal climate, *Japan Journal of Ecology* 25:77-88.

접 수 2011년 10월 18일

최종수정 2011년 11월 27일

게재확정 2011년 12월 07일