

## 설악산 분비나무림의 군집구조와 생육변동에 관한 연구\*

전영문\*\* · 홍문표\*\*\* · 권재환\*\*\*\* · 이재석\*\*\*\*\* · 정홍락\*\*\*\*\* · 이승호\*\*\*\*\*

### A Study on Community Structure and Growth Variation of *Abies nephrolepis* Forest in Mt. Seorak\*

Young-Moon Chun\*\* · Moon-Pyo Hong\*\*\* · Jae-Hwan Kwon\*\*\*\* · Jae-Seok Lee\*\*\*\*\* · Heung-Lak Choung\*\*\*\*\* · Seungho Lee\*\*\*\*\*

**요약 :** 본 연구는 설악산 아고산대인 귀폐기청봉(1,510m)과 관모능선(1,660m), 설악폭포(1,060m)지역을 대상으로 분비나무림의 군집구조, 개체군구조, 연륜 및 생육 상태를 조사하여 분석하였다. 귀폐기청봉과 관모능선 지점의 분비나무림은 교목층이 없는 3층 구조이고, 설악폭포지에서는 4층 구조가 발달하였다. 분비나무의 개체군 구조는 귀폐기청봉 지점에서는 역 J자형이며, 관모능선 지점에서는 J자형으로 중경목 개체의 분포비가 높다. 그리고 설악폭포 지점에서는 흉고 직경의 분포가 다양한 안정된 종형이다. 수령은 귀폐기청봉과 관모능선 지점에서 20~60년생의 성숙목 개체가 주축인 반면, 설악폭포 지점의 경우 치수집단과 성숙목 집단을 중심으로 쌍봉형의 안정된 군락 양상을 나타내었다. 각 조사지점의 연륜생장 연 편차변화는 최근 20~30년 동안에 20~40% 범위의 생장 감소 추세를 보였다.

**주요어 :** 개체군구조, 군락구조, 분비나무, 설악산, 생육변동, 수령, 아고산대

**Abstract :** This study analyzed the characteristics of community structure and the growth variation of *Abies nephrolepis* in the subalpine zone of the Mountain Seorak. The sampling sites were Gwittegi-cheongbong (1,510m above sea level), Gwanmoneungseon (1,660m above sea level), and Seorak Falls (1,060m above sea level) in the Mountain Seorak. The contents of survey are community structure and population structure, tree ring, and the status of growth. The vertical structure of *Abies nephrolepis* consists of three layer without a tree layer in Gwittegi-cheongbong and Gwanmoneungseon site, while consisting of four layers in Seorak Falls area. Population structure takes a reverse J-shape at Gwittegi-cheongbong, J-shape with high distribution ratio of medium size in diameter classes at Gwanmoneungseon, and stable bell-shape with diameters in the breast height being various at Seorak Falls site. With regard to tree age, the main group of trees are 20 to 60 years old adult trees at Gwittegi-cheongbong and Gwanmoneungseon site, while there was found a type of stable community with extreme divisions of saplings and adult groups at the Seorak Falls site. Annual change in deviation of the radial growth of *Abies nephrolepis* population at each of research sites shows decreasing trend in growth by approximately 20~40% during the last 20 to 30 years.

**Key Words :** *Abies nephrolepis*, community structure, growth variation, Mt. Seorak, population structure, subalpine zone, tree age

\* 이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2008-4505)의 지원으로 수행되었습니다.

\*\* 건국대학교 기후연구소(Climate Research Institute, Konkuk University, ymchun@sunchon.ac.kr)

\*\*\* 강릉대학교 환경문제연구소(Environmental Science and Engineering Institute, Kangnung National University, camillus@hanmail.net)

\*\*\*\* 덕유산국립공원사무소(Deogyusan National Park, conqqq@hanmail.net)

\*\*\*\*\* 건국대학교 기후연구소(Climate Research Institute, Konkuk University, jaeseok@konkuk.ac.kr)

\*\*\*\*\* (주)에코탐부설 자연환경연구소(Natural Environment Institute, migang1961@chol.com)

\*\*\*\*\* 교신저자, 건국대학교 기후연구소(Climate Research Institute, Konkuk University, leesh@konkuk.ac.kr)

## I. 서론

전나무속(*Abies*)은 20세기 후반에 들어와서 생장이 현저하게 둔화될 뿐만 아니라 전 세계적으로 그 분포가 축소되고 있는 것으로 보고되었다(Crawford, 1989). 전나무속은 아시아를 포함하여 유럽, 북미대륙 등 주로 북반구에 자생하는 소나무과(Pinaceae) 식물로 (Willis, 1973), 우리나라에도 전나무, 구상나무, 분비나무 등이 한라산, 설악산, 지리산, 덕유산 등 아고산대에 국지적으로 분포한다(강상준, 1984).

한반도에서 아고산대 식생의 연구는 주로 한라산과 지리산을 중심으로 구상나무에 대한 군집구조와 동태(강상준, 1984; 김문홍과 남정현, 1985; 박재홍, 1989; 김갑태 외, 1991; 이창석과 조현제, 1993; 이윤원과 홍성천, 1995; 정재민 외, 1996; Kang *et al.* 1997; 김갑태 외, 1997; 김갑태 외, 1998; 김갑태와 추갑철, 1999; 오규균 외, 2000), 기후변화의 영향(박원규, 1993; 김은식, 1994; 박원규와 서정옥, 1999; 구경아 외, 2001; 임종환 외, 2006; 김갑태 외, 2007)과 복원(김갑태 외, 2001), 그리고 아고산대 식생의 지리적 분포와 환경요인(유용한, 2002) 등에 관한 내용들이 진행되어 왔다.

한편 분비나무는 러시아와 몽골, 중국, 한반도에 분포하며, 한반도에서는 북부 차유산에서 지리산에 이르기까지 해발 700~2540m의 고도에 주로 분포하는 아고산형 식물이다(정태현과 이우철, 1965; 공우석, 2004). 분비나무에 대한 연구는 형질 분석과 분류학적 연구(전승훈, 1988; 장진성 외, 1997; 송중호 외, 2008)를 제외하고는 주로 식생의 군락 분류와 구조적인 측면(이경재 외, 1991; 김갑태 외, 1996; 길봉섭 외, 1997; 길봉섭 외, 1998; 홍문표 2004; 송연희와 윤충원, 2006)이 조사되었다.

이 중에서 김갑태 등(1996)은 오대산의 두노봉과 상왕봉 지역에 분포하는 분비나무림의 군집구조뿐만 아니라 생육 현황을 조사하여 분비나무가 생육최퇴 징후를 보이고 있는 것을 밝힌 바 있다. 또한 홍문표(2004)는 설악산의 서북능선에서 분비나무 군락의 식생을 조사하면서 분비나무 개체군의 고사를 언급하였

다. 이와 같이 분비나무의 쇠퇴 징후가 설악산과 오대산 지역에서 보고된 바 있었으나 아직 이에 대한 관심과 기초조사는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 설악산의 분비나무림을 대상으로 식생 구조와 군집의 쇠퇴 여부를 파악하기 위하여 입지에 따른 개체군 구조와 생육 변동 상태를 분석하고자 하였다.

## II. 연구 자료 및 방법

### 1. 조사지 개황

1982년 UNESCO의 생물권보전지역으로 지정된 설악산은 북방계와 남방계의 종조성이 공존하는 다양한 생물상을 포함하고 있으며, 낙엽활엽수림뿐만 아니라 고산과 아고산 식생을 포함하는 한반도 중부의 생태계 보고이다(임양재와 백순달, 1985; Kong and Watts, 1993). 본 연구에서는 귀떼기청봉(해발 1,510m)과 관모능선(해발 1,660m), 설악폭포(해발 1,060m) 주변 지역을 조사지점으로 선정하였다(Fig. 1).

설악산국립공원은 북위 38° 05' 25" ~ 38° 12' 36", 동경 128° 18' 03" ~ 128° 26' 43"의 범위에 있으며, 면적은 354.6 km<sup>2</sup>에 달한다. 설악산에서 가장 인접한 속초의 연평균 기온은 12.1°C, 연평균 강수량은 1,342.4mm이다(Fig. 2). 귀떼기청봉 조사지점의 주된 바람은 북서풍이다. 토양은 주로 암괴와 암괴 사이, 그리고 기반암 위에 빈약하게 분포하였다.

분비나무는 주로 신갈나무림에서 산발적으로 분포하나 주 분포지는 신갈나무 군락의 윗부분인 아고산대이며 암괴원 가장자리를 중심으로 군락을 형성하고 있다(임양재와 백순달, 1985; 홍문표, 2004). 분비나무림의 식생조사는 2008년 7월부터 9월까지 실시하였다. 각 조사지별 분비나무군락의 입지는, 바람에 의한 피해로 편형수가 분포하는 귀떼기청봉(Fig. 3A, B)이 서북능선의 남서사면 상부에, 관모능선(Fig. 3C)은 대청봉에서 관모산에 이르는 능선 남서사면 상부에, 그리고 설악폭포지역(Fig. 3D)은 설악폭포의 좌측 남동

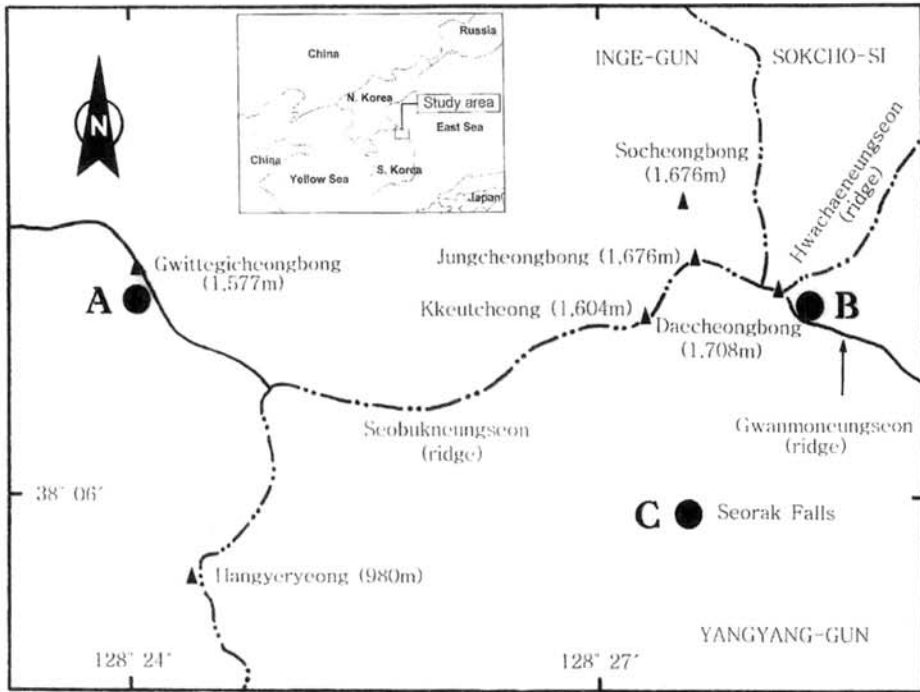


Fig. 1. A map of the study sites in Mt. Seorak, South Korea (A. Gwittegicheongbong, B. Gwanmoneungseon(ridge), C. Seorak Falls)

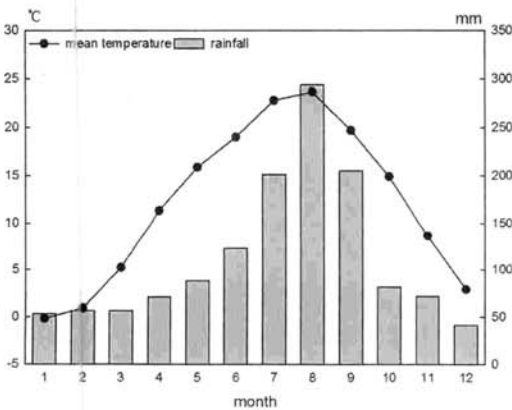


Fig. 2. The climate chart of Sokcho near the study area (1971-2000)

사면에 각각 분포하고 있다.

## 2. 식생조사와 분석

조사지역 내의 방형구 설치는 식분이 비교적 균질한 지점을 선정하였으며, 방형구의 크기는 수고를 고려하여 10×10m, 15×15m로 적절히 설정하였다. 식생

조사는 Braun-Blanquet(1964)의 식물사회학적 방법에 따랐다. 방형구내 출현하는 모든 분비나무 개체의 매목 조사를 실시하였으며, 고정 방형구는 귀떼기청봉 일대에 8개, 관모능선부에 2개, 설악폭포 지역에 5개 등 총 15개를 설치하였다.

연륜 생장을 분석하기 위해 성장추(SUUNTO, Finland)를 이용하여 지상 1.2m 높이에서 성장편(연륜시료)을 채취하였으며 실험실에서 연륜성장측정기(CORIM Maxi, Germany)를 사용하여 시료의 0.01mm 단위까지 성장 상태를 측정하였다. 분비나무의 연령은 성장추를 이용하여 채취한 시료의 연륜 성장에서 구한 자료를 토대로 회귀식을 구하여 추정하였으며 1.2m까지 자라는데 걸리는 연령을 보정하였다.

각 입지별 분포종의 계층별 우점도를 파악하기 위하여 출현한 식물종의 양적(피도), 질적(빈도)인 측면을 고려하여 정량화된 합성지수(Kim and Manyko, 1994)인 상대기여도(r-NCD)를 이용하였다. 분비나무 개체군의 건전도는 수목에 달려 있는 엽량을 토대로



Fig. 3. Each general view of *Abies nephrolepis* populations according to the vitality degree at the three habitats (A: The Gwittegicheongbong site with a heavy declining condition, B: The Gwittegicheongbong site with a light declining condition, C: The Gwanmoneungseon site with a healthy condition, D: The Seorak Falls site with a healthy condition) in Mt. Seorak, Korea.

구분, 판정하였으며 그 기준은 다음과 같다(임종환 외, 2006). 식물의 동정과 학명의 기재는 이우철(1996)의 한국식물명고에 따랐다.

- ㉠ 활력도 1 : 거의 고사(식물체에 달린 잎의 양이 10% 미만)
- ㉡ 활력도 2 : 매우 병약한 상태(식물체에 달린 잎의 양이 10~40%)
- ㉢ 활력도 3 : 병약한 상태(식물체에 달린 잎의 양이 40~60%)
- ㉣ 활력도 4 : 왕성한 상태(식물체에 달린 잎의 양이 60~90%)
- ㉤ 활력도 5 : 매우 왕성한 상태(식물체에 달린 잎의 양이 90% 이상)

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 군락 구조

Table 1은 조사지점별 입지 환경과 층상 구조, 출현 종수, 그리고 분비나무 개체의 고사율을 나타낸 것이다. 조사지점의 고도는 산의 능선부에 자리하는 귀떼기청봉과 관모능선 조사구는 1,500~1,700m 범위이며, 설악폭포 조사구는 1,050m 내외이다. 각 방형구당 평균출현 종수는 관모능선지역에서 29.5종으로 가장 높고, 흉고직경 2cm 이상의 분비나무개체 고사율은 귀떼기청봉 지역에서 58.6%로 타 지역에 비하여 매우 높다. 층상 구조는 귀떼기청봉과 관모능선 지역에서는 교목층이 없는 3층 구조이며, 설악폭포 지역에서는 4층 구조를 이루고 있다. 평균 수고는 교목층이

Table 1. Physiognomy for site conditions and vegetation structure of *Abies nephrolepis* communities at the three habitats in Mt. Seorak, Korea. Each characteristic is expressed as a mean ( $\pm$  SE)

Parameter	Declining site (Gwittegiheongbong, n=8)	Healthy site (Gwanmoneungseon, n=2)	Healthy site (Seorak Falls, n=5)
Altitude (m)	1,503(2.1)	1,661(1.4)	1,045(5.1)
Aspect (°)	131.5(2.6)	168.0(8.5)	189.8(10.5)
Slope (°)	17.9(0.7)	17.5(0.7)	25.8(1.7)
Species richness	13.3(0.9)	29.5(0.7)	21.0(1.5)
Death rate (%)	58.6(9.7)	3.0(4.2)	8.0(4.9)
Tree height (m)	-	-	13.2(0.4)
Tree cover (%)	-	-	89.0(2.4)
Subtree height (m)	3.8(0.1)	4.4(0.8)	5.2(0.3)
Subtree cover (%)	20.0(4.6)	85.0	35.0(6.9)
Shrub height (m)	1.5(0.1)	1.6(0.1)	1.5(0.1)
Shrub cover (%)	89.4(1.1)	42.5(3.5)	39.0(10.2)
Herb height (m)	0.5(0.1)	0.4(0.1)	0.3
Herb cover (%)	14.4(1.1)	45.0(21.2)	63.0(6.6)

a: *Abies nephrolepis* populations with more than 2 cm DBH.

13.2m, 아교목층이 3.8~5.2m 범위이다. 평균 식피율은 아교목층의 경우 관모능선 지역에서 85%, 관목층의 경우 귀떼기청봉 지역에서 89.4%이며, 초본층의 경우는 설악폭포 지역에서 63.0%로 각각 가장 높게 나타났다.

본 연구에서 조사된 설악산 분비나무군락의 각 계층별 주요 분포종을 보면, 교목층은 분비나무가, 아교목층은 분비나무와 당단풍이, 관목층은 털진달래와 철쭉꽃이, 초본층에서는 실새풀, 미역줄나무, 눈썹백, 산거울, 털진달래 등이다. 한편 각 조사 지역별 계층 분포는 귀떼기청봉 지역에서 아교목층에 분비나무와 사스래나무, 관목층에서는 털진달래, 초본층에서는 눈썹백과 털진달래가 나타난 반면, 설악폭포 지역에서는 교목층에 분비나무, 아교목층에 당단풍, 분비나무, 잣나무, 신갈나무 등이, 관목층에서는 철쭉꽃, 생강나무, 당단풍 등이, 초본층에서는 실새풀과 산거울이 분포하는 것으로 조사되었다(Table 2). 해발고가 높은 귀떼기청봉 지역의 경우 주로 아고산대 삼림에서 분포하는 수종(사스래나무, 털진달래, 눈썹백, 홍피불나무, 참조팝나무 등)(Song 1991, 1992; 홍문표, 2004)이, 상대적으로 해발고가 낮은 설악폭포 지역의 경우는

산지대 낙엽활엽수림대의 신갈나무림에서 주요 구성종으로 분포하는 수종(신갈나무, 당단풍, 생강나무, 철쭉꽃 등이) 특징적으로 나타나는 경향을 보였다(임양재와 백순달, 1985; Kim 1992, 1991; 홍문표, 2004). 한편 관모능선 지역의 경우 귀떼기청봉과 설악폭포 지역에 분포하는 종들이 혼효하여 나타났다.

## 2. 개체군 구조

각 조사지역별 분비나무 개체군의 흉고 직경 분포도는 Fig. 4와 같다. 귀떼기청봉 지역에서는 2cm 이하의 유묘와 유목 집단, 2.1~10cm 범위의 소경목 집단, 10.1cm 이상의 중경목 집단으로 구분되었으며, 전체적인 직경급의 형태는 역 J자형의 분포 유형을 나타내었다. 주로 5.1~10cm 범위의 직경급의 빈도가 가장 높게 분포하며 평균 흉고 직경은 7.8cm이다. 이와 같이 본 조사지에서 평균 흉고 직경이 낮은 것은 일차적으로 입지 환경이 열악한 측면이 크게 작용하지만, 다른 측면에서는 10cm 내외의 중소경목 개체의 고사율(62.2%)이 높은 것에 기인한다고 생각된다(Table 3).

관모능선 지점의 경우는 개체군 구조가 J자형으로 중경목 개체의 분포비가 높지만 치수의 공급은 매우

Table 2. Appearance frequency and relative net contribution degree (r-NCD) of major species (>20% appearance frequency) according to each stratification in *Abies nephrolepis* communities at three habitats in Mt. Seorak, Korea

Scientific name	AF <sup>a</sup> (%)	r-NCD			
		Site 1 <sup>b</sup>	Site 2 <sup>c</sup>	Site 3 <sup>d</sup>	Total
<b>Tree layer</b>					
<i>Abies nephrolepis</i>	100.0	.	.	100.0	100.0
<i>Abies hollophylla</i>	40.0	.	.	9.6	9.6
<i>Quercus mongolica</i>	40.0	.	.	5.9	5.9
<i>Pinus koraiensis</i>	60.0	.	.	4.3	4.3
<i>Tilia amurensis</i>	20.0	.	.	2.4	2.4
<i>Betula schmidtii</i>	20.0	.	.	1.2	1.2
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	40.0	.	.	1.0	1.0
<i>Betula costata</i>	40.0	.	.	0.8	0.8
<i>Maackia amurensis</i>	20.0	.	.	0.3	0.3
<b>Subtree layer</b>					
<i>Abies nephrolepis</i>	100.0	100.0	100.0	26.2	75.4
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	46.7	0.3	3.5	100.0	34.6
<i>Betula ermanii</i>	60.0	15.5	15.1	.	10.2
<i>Quercus mongolica</i>	26.7	.	11.0	8.1	6.4
<i>Pinus koraiensis</i>	26.7	0.1	.	10.3	3.5
<i>Sorbus commixta</i>	20.0	2.4	.	.	0.8
<b>Shrub layer</b>					
<i>Rhododendron mucronulatum</i> for. <i>ciliatum</i>	66.7	100.0	100.0	.	66.7
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	40.0	.	35.1	100.0	45.0
<i>Lindera obtusiloba</i>	20.0	.	.	33.7	11.2
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	40.0	.	0.9	21.7	7.5
<i>Tripterygium regelii</i>	26.7	0.9	10.6	0.3	3.9
<i>Abies nephrolepis</i>	66.7	2.5	5.5	2.5	3.5
<i>Lonicera maximowiczii</i>	60.0	5.7	2.0	.	2.5
<i>Acer tschonoskii</i>	33.3	M	7.1	0.3	2.5
<i>Syringa wolfii</i>	26.7	0.1	7.1	.	2.4
<i>Spiraea fritschiana</i>	60.0	1.5	.	5.1	2.2
<i>Thuja koraiensis</i>	40.0	4.5	.	.	1.5
<i>Betula ermanii</i>	33.3	1.8	.	.	0.6
<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>emphyllocalyx</i>	46.7	1.7	.	.	0.6
<i>Syringa velutina</i> var. <i>kamibayashii</i>	40.0	0.7	.	0.6	0.4
<i>Weigela florida</i>	20.0	0.1	0.9	.	0.3
<i>Sorbus commixta</i>	33.3	0.8	0.1	.	0.3
<i>Euonymus macropterus</i>	20.0	0.3	.	.	0.1
<i>Pinus koraiensis</i>	26.7	M	0.1	.	0.0
<b>Herb layer</b>					
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	60.0	3.7	100.0	100.0	67.9
<i>Tripterygium regelii</i>	46.7	4.0	100.0	2.7	35.6
<i>Thuja koraiensis</i>	40.0	100.0	.	.	33.3
<i>Carex humilis</i>	33.3	.	.	100.0	33.3
<i>Rhododendron mucronulatum</i> for. <i>ciliatum</i>	66.7	98.2	.	0.5	32.9
<i>Spiraea fritschiana</i>	66.7	36.8	.	0.9	12.6
<i>Lonicera maximowiczii</i>	53.3	32.5	2.3	.	11.6
<i>Abies nephrolepis</i>	66.7	29.4	.	2.3	10.6
<i>Carex siderosticta</i>	40.0	.	18.3	7.2	8.5
<i>Euonymus macropterus</i>	40.0	11.6	.	.	3.9
<i>Vaccinium birtum</i> var. <i>koreanum</i>	33.3	0.5	9.2	0.5	3.4
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	26.7	.	9.2	0.9	3.4
<i>Acer tschonoskii</i>	26.7	.	9.2	M	3.1
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	26.7	5.7	.	.	1.9
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	26.7	.	5.0	0.3	1.8

Table 2. Continued

Scientific name	AF <sup>a</sup> (%)	r-NCD			
		Site 1 <sup>b</sup>	Site 2 <sup>c</sup>	Site 3 <sup>d</sup>	Total
<i>Lonicera caerulea</i> var. <i>emphylocalyx</i>	26.7	2.9	2.3	.	1.7
<i>Weigela florida</i>	26.7	2.9	2.3	.	1.7
<i>Lepisorus ussuriensis</i>	40.0	0.5	2.3	1.8	1.5
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	33.3	.	2.3	1.8	1.4
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	33.3	0.5	2.3	1.0	1.3
<i>Pinus koraiensis</i>	33.3	.	2.3	1.0	1.1
<i>Lindera obtusiloba</i>	20.0	.	.	3.1	1.0
<i>Syringa wolfii</i>	20.0	0.2	2.3	.	0.8
<i>Euonymus sachalinensis</i>	20.0	.	.	2.4	0.8
<i>Syringa velutina</i> var. <i>kamibayashii</i>	26.7	1.8	.	0.3	0.7
<i>Tilia amurensis</i>	20.0	.	.	0.7	0.2
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>	20.0	.	0.2	0.5	0.2
<i>Abies bollophylla</i>	20.0	.	0.2	0.3	0.2

a: Appearance frequency

b. Gwittegiheongbong, c. Gwanmoneungseon, d. Seorak Falls

M: Minute r-NCD value

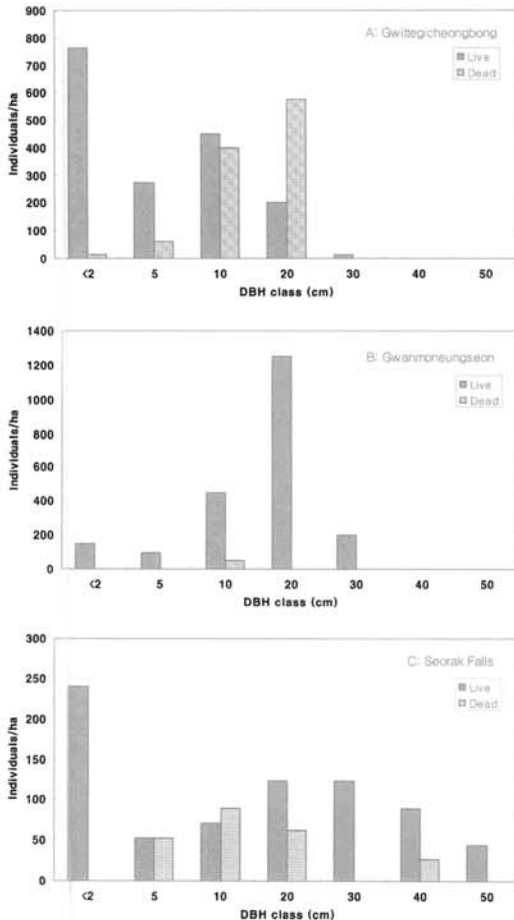


Fig. 4. Size-frequency distribution of *Abies nephrolepis* populations in the three habitats at Mt. Seorak

제한적이었다. 이러한 유묘와 유목의 낮은 밀도는 상층부의 높은 피도(85%)에 의한 것으로 해석된다(정재민 외, 1996). 한편 이윤원과 홍성천(1995)은 직경급 분포가 역 J자형의 분포 패턴과 다른 유형을 보이고 있는 한라산, 지리산, 덕유산 지역의 구상나무림의 경우 기존에 산불, 벌채 등의 재해로 인한 교란 요인의 개입을 시사하였는데, 본 조사지의 경우도 고사목이 거의 없고 중경목 집단의 성숙목이 높게 나타난 점으로 보아 현 입지가 교란된 후 비교적 새롭게 형성된 신생군락인 것으로 추정된다.

설악폭포지에서는 DBH(diameter at breast height, 흉고직경) 2cm 이하의 치수의 공급이 원활하게 이루어지고 있으며 흉고 직경급이 50cm까지 폭넓게 형성되어 있는 안정된 중형의 분포 유형으로 나타났다. 한편 본 조사지에서 출현한 유묘의 81.5%는 고사목에 의해 형성된 gap 주변부(15번 방형구)에 집중 분포하고 있어, 유묘의 정착이 교란에 의해 형성된 canopy gap에 의존하고 있는 것으로 나타났다(Boemer *et al.*, 1988; Foster and Reiners, 1983; Nicholas *et al.*, 1992; Cho, 1994; 강상준, 1984; 이창석과 조현재, 1993). 주로 5.1~10cm 범위 내외를 중심으로 분포하고 있는 고사목의 비율은 30.9%로 높은 편이며, 이는 대부분 수고 6m 이내, 평균 흉고직경 10.9cm에 해당하는 아교목상

Table 3. Conditions of *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Mt. Seorak, Korea

Parameter	Declining site (Gwittegiyeongbong)	Healthy site (Gwanmoneungseon)	Healthy site (Seorak Falls)
No. of live trees <sup>a</sup> (ind./ha)	1,688	2,150	747
No. of sapling <sup>b</sup> (ind./ha)	763	100	240
Average DBH <sup>c</sup> (cm)	7.8	11.7	21.3
Basal area of live trees <sup>d</sup> (cm <sup>2</sup> /ha)	54,561	255,967	246,010
No. of dead trees <sup>e</sup> (ind./ha)	1,050	50	231
Mean DBH of dead trees <sup>f</sup> (cm)	10.4	7.3	10.9
Basal area of dead trees <sup>g</sup> (cm <sup>2</sup> /ha)	98,617	2,070	37,183
Death rate (%)	62.2	2.3	30.9

\* a and h includes all alive *Abies nephrolepis* populations

\*\* b: *Abies nephrolepis* populations with 2 cm DBH or less

\*\*\* c, d, e, f and g: *Abies nephrolepis* populations with more than 2 cm DBH.

의 개체로서 수관층의 높은 식피율(89.0%)로 인한 수광량 감소와 관련이 있는 것으로 생각된다. 아고산대 *Abies*속의 군집 연구에서 김갑태 등(1996)은 오대산에서 분비나무의 고사(10.9%)가 DBH 25cm 이상의 개체들에서 진행되었음을 보고한 바 있으며, 구상나무림에 대해서는 지리산(김갑태 외, 1991; 김갑태 외, 1997), 한라산(김갑태 외, 1998; 김갑태 외, 2007), 덕유산(김갑태와 추갑철, 1999)지역 등에서 전반적으로 구상나무의 활력이 저조하며 중경목(10~30cm) 이상의 개체가 고사(6.44~18.18%)하여 산림 쇠퇴의 징후가 있는 것으로 연구된 바 있다.

한편 귀떼기청봉 조사지점에서 고사율은 62.2%로서 위에 언급한 기존의 연구에 비하여 높을 뿐만 아니라 활력이 매우 쇠약한 상태이다(Tables 3, 5). 추후 이러한 높은 고사율 진행의 시기와 양상, 그리고 군락의 갱신과 천이과정을 추정하기 위해서는 추가적인 연구와 지속적인 모니터링 작업이 필요할 것으로 생각된다. 본 조사지에서 평균 흉고 직경은 21.3cm로 타 지역에 비하여 큰 개체가 분포한다. 고사목의 개체수는 귀떼기청봉 지역에서 1,050개체/ha로 조사지역 중 빈도가 가장 높았으며, 고사목의 평균 흉고 직경은 10.4cm로서 수관층을 형성하고 있는 아교목상의 개체가 주로 고사하는 것으로 나타났다. 이 결과 고사목의 기저 면적 합계가 생존 개체 기저 면적 합계

의 약 2배에 달하는 98,617 cm<sup>2</sup>/ha로 나타났다. 또한 흉고 직경 2cm 이하의 치수에 있어서도 763개체/ha로 가장 많이 공급되었다. 한편 설악폭포 지점의 경우는 생존 개체수가 747개체/ha로 조사지역 중 밀도가 가장 적은 반면 기저 면적의 합계는 관모능선 지점과 비슷한 246,010 cm<sup>2</sup>/ha로 높게 나타났다.

### 3. 연령 분포

조사지점별 분비나무 개체군(귀떼기청봉 지점의 경우 고사목 개체군도 포함)의 연령 분포도는 Fig. 5와 같다. 귀떼기청봉 지점에서 생존 개체의 연령 분포는 직경급 분포도와 유사하게 역 J자형이다. 치수 공급원으로서 20년 이하의 유령목이 전체의 50.4%로 가장 높은 빈도이며 20~60년 범위의 개체들이 성목의 주축을 이루고 있다. 귀떼기청봉 지점에서 고사 개체의 연령 분포는 21~120년 이상의 범위에 걸쳐 폭 넓게 분포하며, 40~80년 범위에서 개체 분포비가 높다. 특히 연령이 60~100년 범위에 분포하는 고사 개체들의 수는 조사 군 중 가장 높다. 이는 직경급 분포와 연동하여 보면 수령이 높은 개체의 고사율이 높은 것으로 추정해 볼 수 있다. 특히 설악폭포 지점에 비하여 상대적으로 고사 개체의 빈도가 높은 것은 일부 입지 환경에 기인한 쇠퇴 측면이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

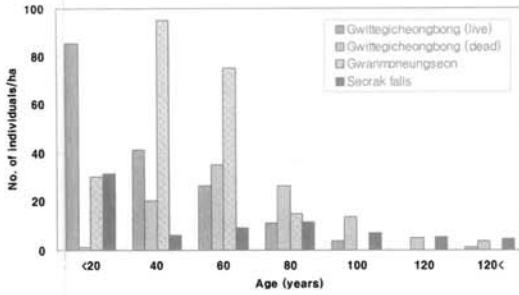


Fig. 5. Age distribution of *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Mt. Seorak, Korea

관모능선 지점의 경우 최대 수령 분포가 80년 이내 인 점과 직경급이 큰 개체의 고사목이 없었던 점으로 보아 현 입지에 분비나무가 정착한 시기는 최대 80년 이내인 것으로 추정되며, 주로 20~60년생의 개체가 170개체/ha로 전체의 79.1%를 차지하였다. 설악폭포 지점에는 20년 이하의 치수 집단이 31개체/ha로 전체 개체수의 41.7%를 차지하여 가장 높은 분포비를 나타냈다. 또한 성숙목 집단의 경우 연령별 분포가 21~120년 이상까지 폭넓게 분포하여 분비나무의 치수 공급과 정착이 안정적으로 진행되어 온 것으로 추정된다.

이렇게 치수 집단과 성숙목 집단으로 대별된 연령 분포는 지리산(강상준, 1984)과 가야산(이창석과 조현재, 1993)의 아고산대 구상나무림에서 극상림의 전형적인 양상으로 조사된 바 있다.

#### 4. 생육 변동

조사지점별 연평균 연륜 성장량(Table 4)은 관모능선과 설악폭포 지역에서 2.94~3.13mm로서 귀떼기청봉 지역의 1.78mm에 비하여 상당히 양호한 성장을 보였다. 또한 현재 생존한 개체가 달려있는 엽량의 분포(Table 5)를 보면, 설악폭포와 관모능선 지점의 경우 잎의 잔존율이 60~90%로 양호한 반면, 귀떼기청봉 지점의 경우는 잎의 잔존율이 60% 이내로 쇠약한 개체가 주로 분포하여 성장과 연관성이 있음을 시사한다. 이와 같이 귀떼기청봉 지점에서 연간 연륜 생장이 저조하고 잔존 엽량이 적은 것은 바람의 영향을 많이 받는 지리적 위치의 영향에 기인한 바가 큰 것으로 추정된다. 또 다른 측면에서 보면, 이러한 영향이 기후변화에 의한 풍속의 증가와 기온의 상승에 따른 증발량의 증가에 의해 성장 쇠퇴가 진행되었다고 추정

Table 4. Annual mean radial growth and linear regression model for age estimation on *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Mt. Seorak, Korea

Parameter	Declining site (Gwittegi-cheongbong)		Healthy site (Gwanmoneungseon, n=16)	Healthy site (Seorak Falls, n=31)
	Live(n=38)	Dead(n=30)		
Annual mean radial growth(mm/year)	1.78	1.89	2.94	3.13
Linear regression model	$y=2.45+5.26x$ ( $r=0.96$ )	$y=0.41+5.82x$ ( $r=0.95$ )	$y=3.72+3.02x$ ( $r=0.95$ )	$y=4.40+2.91x$ ( $r=0.97$ )

Table 5. Vitality degree using the amount of alive leaves for *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Mt. Seorak, Korea.

Vitality grade	Declining site (Gwittegi-cheongbong, n=74)	Healthy site (Gwanmoneungseon n=41)	Healthy site (Seorak Falls, n=57)
1	4 ( 5.4%)	0	0
2	29 (39.2%)	0	2 ( 3.5%)
3	20 (27.0%)	0	2 ( 3.5%)
4	19 (25.7%)	41 (100.0%)	52 (91.2%)
5	2 ( 2.7%)	0	1 ( 1.8%)
Mean	2.81	4.00	3.91

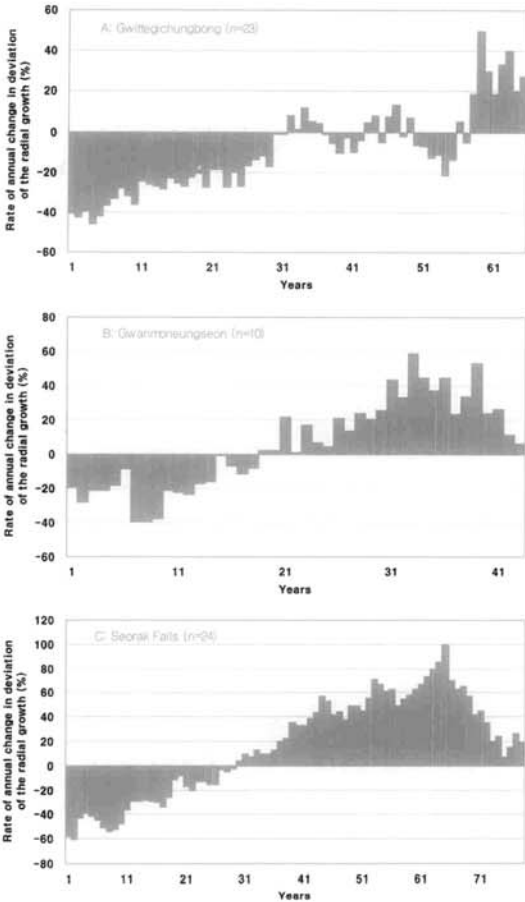


Fig. 6. Rate of annual change in deviation of the radial growth of *Abies nephrolepis* populations at the three habitats in Mt. Seorak, Korea.

할 수 있다. 그러나 기후변화와의 관련성은 향후 추가적인 보완 연구가 필요하다. 한편 공우석(2000)은 설악산의 분비나무가 전형적인 편형수형 왜성변형수로서 바람, 눈, 건조와 한냉 피해 등이 복합적으로 작용한 결과의 산물로 조사 보고한 바 있다.

Fig. 6은 각 조사 지역별로 측정된 연륜폭의 성장량을 토대로 작성한 연륜 성장의 연 편차 변화를 나타낸 그림이다. 각 조사지별로 성장기 이후에 진행된 성장 변동 내용을 보면, 귀떼기청봉 지점(Fig. 6A)과 설악폭포 지점(Fig. 6C)에서는 30년경 전부터 최근까지 각각 20~40%와 20~60%범위까지, 그리고 관모능선 지점(Fig. 6B)에서는 20년경 전부터 최근까지 20~40%

범위의 성장 감소가 있었던 것으로 파악되었다.

귀떼기청봉 지점의 경우 최근 30년경 전부터 50~60년 범위까지 파형의 성장 변동이 나타났다. 이는 조사 개체별 수령 차이, 열악한 입지 환경과 기후적 요인에 따른 성장량의 변화 차이에 기인한 것으로 생각된다. 각 지역별로 차이는 있으나 본 연구의 조사에서 나타난 설악산 분비나무 개체군의 성장 쇠퇴는 약 30년 전부터 진행되어 온 것으로 산정되었다. 구경아 등(2001)은 한라산 구상나무의 연륜분석을 통하여 1978년 이후 지속적인 성장 쇠퇴현상이 있었음을 보고한 바 있어 쇠퇴 시기가 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다.

#### IV. 결론

본 연구는 설악산 아고산대에 분포하고 있는 분비나무림 중 쇠퇴지인 귀떼기청봉과 관모능선, 설악폭포 지역을 대상으로 군집구조, 개체군구조, 연륜 측정을 통한 연령 분포 및 생육변동 등을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

군락의 총상구조는 고도가 높은 귀떼기청봉 지점과 관모능선 지점에서는 교목층이 없는 3층 구조가, 상대적으로 고도가 낮은 설악폭포 지점에서는 4층 구조를 형성하였다. 각 계층별 주요 우점종으로는 교목층에서 분비나무, 아교목층에서는 분비나무와 당단풍이, 관목층에서는 털진달래와 철쭉꽃이, 초본층에서는 실새풀, 미역줄나무, 눈썹백, 산거울, 털진달래 등이 각각 나타났다.

분비나무의 개체군 구조는 귀떼기청봉지의 경우 역 J자형으로 흉고 직경 2cm 이하의 치수가 763개체/ha로 가장 활발하게 공급되고 있으나, 10cm 내외의 중소경목 개체의 고사율이 62.2%로 높아 고사 개체의 면적 합계가 생존 개체의 기저 면적 합계의 2배에 달하는 98,617 cm<sup>2</sup>/ha로 나타났다. 관모능선 지점에서 개체군 빈도 분포는 J자형으로 중경목 개체의 분포비가 높지만 치수의 공급은 제한적이었다. 그리고 설악

폭포 지점에서는 치수가 원활하게 공급되며 흉고 직경 분포가 폭넓게 형성되어 있는 안정된 종형의 분포 유형이다.

연령 분포의 경우, 귀떼기청봉과 관모능선 지점에서는 20~60년생 범위의 성숙목 개체가 주축을 이룬 반면, 설악폭포 지점의 경우 치수 집단과 성숙목 집단의 쌍봉형으로 안정된 군락 양상 나타내었다.

조사지점별 연평균 연륜 성장량과 잎의 잔존물은 귀떼기청봉 지점에서 설악폭포와 관모능선 지점에 비하여 저조하였는데, 이는 바람의 영향을 많이 받는 지리적 위치에 기인한 것으로 추정된다.

본 연구에서 나타난 결과는 쇠퇴지에서의 천이 방향과 재생 과정, 그리고 군집의 쇠퇴와 기후변화와의 관련성을 연구하기 위한 기초적인 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다. 분비나무 군락의 생장 쇠퇴가 기후변화와 관련되어 있을 것으로 추정할 수 있으나, 주변 지역에서 기후 관측의 역사가 짧아서 그것을 뒷받침할 만한 관련 근거를 찾기 어렵다. 그러므로 기후변화와의 관련성을 밝히기 위하여 차후 장기간의 기상 관측 등을 포함한 심층적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 사 사

본 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2008-4505)의 지원으로 수행되었습니다. 야외조사에 많은 도움을 준 정승광, 백창욱 군에게 감사를 드립니다.

## 文 獻

강상준, 1984, "지리산 아고산대 침엽수림의 갱신," 한국생태학회지 7: 185-193.  
공우석, 2000, "설악산 아고산대 식생과 경관의 지생태," 대한지리학회지 35: 177-187.

공우석, 2004, "한반도에 자생하는 침엽수의 종 구성과 분포," 대한지리학회지 39: 528-543.  
구경아·박원규·공우석, 2001, "한라산 구상나무(*Abies koreana* W.)의 연륜연대학적 연구 -기후변화에 따른 생장변동 분석-, " 한국생태학회지 24: 281-288.  
기상청, 2001, 한국기후표(1971-2000).  
길봉섭·김창환·김영식·유현경, 1997, 방태산 남사면 일대의 식생, 한국자연보존협회조사 연구보고서 37: 43-76.  
길봉섭·김창환·김영식·유현경·김병삼, 1998, 오대산국립공원 일대의 식생, 한국자연보존협회조사 연구보고서 38: 47-91.  
김갑태·김준선·추갑철, 1991, "반야봉지역 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-, " 응용생태연구 5: 25-31.  
김갑태·추갑철, 1999, "덕유산 아고산지대의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-, " 한국환경생태학회지 13: 70-77.  
김갑태·추갑철·고정근, 2001, "한라산 구상나무림 복원을 위한 모목식재시험," 한국환경생태학회지 15: 207-212.  
김갑태·추갑철·백길진, 1998, "한라산 아고산지대의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-, " 한국임학회지 87: 366-371.  
김갑태·추갑철·엄태원, 1996, "오대산 국립공원 두노봉-상왕봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구 -분비나무림과 주목림-, " 한국환경생태학회지 10: 160-168.  
김갑태·추갑철·엄태원, 1997, "지리산 천왕봉-덕평봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구 -구상나무림-, " 한국임학회지 86: 146-157.  
김갑태·추갑철·엄태원, 2007, "한라산 아고산대 구상나무림 군집구조에 관한 연구," 한국환경생태학회지 21: 161-167.  
김문홍·남정현, 1985, 한라산 구상나무림의 식물사회학적 연구, 한라산 학술조사보고서: 299-309.

- 김은식, 1994, 환경변화와 고산지대 수목생장 쇠퇴현상과 상관성 해석, 한국과학재단 연구보고서 KOSEF 921-1500-018-2, p89.
- 박 경, 2003, "설악산국립공원지역 아고산대의 암피원의 기원과 연대에 관한 고찰," 대한지리학회지 38: 921-934.
- 박원규, 1993, "대기중 이산화탄소 증가와 한국산 아고산 침엽수류의 성장동향 -연륜연대학적 분석-", 한국임학회지 82: 17-25.
- 박원규 · 서정욱, 1999, "지리산 천왕봉지역 구상나무의 연륜기후학적 해석," 한국제4기학회지 13: 25-33.
- 박재홍, 1989, 지리산 반야봉 구상나무림의 식물사회학적 연구, 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 송연희 · 윤충원, 2006, "설악산 아고산대 산림의 식생구조," 한국환경생물학회지 24: 268-274.
- 송중호 · 이정주 · 강규석, 2008, "분비, 구상나무 천연 집단의 구과, 종자, 포침 특성 변이," 한국임학회지 97: 465-469.
- 오구균 · 지용기 · 박석곤, 2000, "지리산국립공원 구상나무개체군 동태 -지리산국립공원 동부 지역을 중심으로-", 한국환경생태학회지 13: 330-339.
- 유용한, 2002, 상록침엽수의 지리적 분포와 환경요인 -한라산 구상나무를 중심으로-, 경희대학교 대학원 석사논문, 서울.
- 이경재 · 류창희 · 최송현, 1991, "지리산 아고산대 신갈나무-분비나무림 식물군집 구조분석," 응용생태연구 5: 32-41.
- 이도영, 1999, 한국의 지질, 시그마프레스, 서울.
- 이우철, 1996, 한국식물명고, 아카데미서적, 서울.
- 이윤원 · 홍성천, 1995, "구상나무림의 군락생태학적 연구," 한국임학회지 84: 247-257.
- 이창석 · 조현제, 1993, "가야산 구상나무 군락의 구조 및 동태," 한국생태학회지 16: 75-91.
- 임양재 · 백순달, 1985, 설악산의 식생, 중앙대학교 출판부, 서울.
- 임중환 · 우수영 · 권미정 · 천정화 · 신준환, 2006, "한라산 구상나무 건전개체와 쇠약개체의 온도변화에 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, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 서울.
- 정재민 · 이수원 · 이강령, 1996, "지리산 구상나무 임분의 식생구조와 치수 발생 및 생육 동태," 한국임학회지 85: 34-43.
- 정태현 · 이우철, 1965, 한국삼림식물대 및 적지적수론, 성균관대 논문집 10: 329-435.
- 홍문표, 2004, 설악산 삼림식생의 생태학적 연구, 건국대학교 대학원 박사학위논문, 서울.
- Boemer, R. E. J., Runge, S. D., Cho, D. S., and Kooser, J. G. 1988. Localized ice storm damage in an Appalachian Plateau watershed. *Amer Midl Nat* 119: 199-208.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*, 3rd ed. Springer-Verlag. Wien.
- 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.
- Crawford, R. M. M. 1989. *Studies in Plant Survival: Ecological case stories of plant adaptation to adversity*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Foster, J. R. and Reiners, W. A. 1983. Vegetation patterns in a virgin subalpine forest at Crawford Notch, White Mountains, New Hampshire, *Bull Torrey Bot Club* 110: 141-153.
- Kang, S. J., Kwak, A. K., and Kikuchi, T. 1997. A

- phytosociological description of the *Abies koreana* forest on Mt. Halla in Cheju Island, Korea, *Korean Journal of Ecology* 20: 293-298.
- Kim, J. W. 1991. A syntaxonomic scheme for the deciduous oak forests of South Korea. *Abstracta Botanica* 14: 51-81.
- Kim, J. W. 1992. Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forests, Ph D thesis, Wien University, Wien.
- Kim, J. W. and Manyko, Y. I. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East, *Korean Journal of Ecology* 17: 391-413.
- Kong, W. S. and Watts, D. 1993. The plant geography of Korea. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nicholas, N. S., Zedaker, S. M., Eagar, C., and Bonner, F. T. 1992. A comparison of overstory community structure in three southern Appalachian spruce-fir forests, *Bull Torrey Bot Club* 119: 316-332.
- Samuels, M. L. and Witmer, J. A. 2003. Statistics for the life sciences, Prentice Hall, New Jersey.
- Song, J. S. 1991. Phytosociology of subalpine coniferous forests in Korea I. Syntaxonomical interpretation, *Ecological Research* 6: 1-19.
- Song, J. S. 1992. A comparative phytosociological study of the subalpine coniferous forests in northeastern Asia, *Vegetatio* 98: 175-186.
- Willis, J. C. 1973, A dictionary of the flowering plants and ferns. 8th eds. Cambridge, London.

(접수 2009년 2월 15일 심사완료 2009년 4월 25일)