

ORIGINAL ARTICLE

한라산 영실지역 구상나무림의 식생구조 연구

송국만 · 강영제*

국립산림과학원 난대아열대산림연구소

A Study on the Vegetation Structure of *Abies koreana* Forest in Yeongsil Area of Hallasan Mountain

Kuk-Man Song, Young-Je Kang*

Warm-Temperate and Subtropical Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jeju 679-050, Korea

Abstract

This study's purpose was to provide basic data for the monitoring of ecological changes caused by change of vegetation structure of *Abies koreana* forest in a study site susceptible to climatic change in Yeongsil area of Hallasan Mountain, Jeju Island. Surveys revealed this: in Yeongsil area of Hallasan Mountain, per 1 ha of *A. koreana* forests, total number 1,781, and *A. koreana* number 989, accounting for 55.5% of the total number of trees. 190 *A. koreana* or 19.2% were found to be dead. For the number of individual trees by DBH, trees standing 5 cm -10 cm tall formed the largest portion at 39.9%, and in the case of other trees except *A. koreana*, the number of individual trees below 5 cm accounted for 23.5% of the total number of trees. The survey of importance by height revealed this: at the top level, the importance of *A. koreana* was the highest at 106.23, but the sum of importance of temperate deciduous broad-leaved trees (*Prunus maximowiczii*, *Quercus mongolica*, and *Taxus cuspidata*) was higher at 142.84 than that of *A. koreana*. The analysis of species diversity revealed 0.645 species diversity for the tree layer and 0.817 for the shrub layer; for evenness, 0.549 for the tree layer and 0.664 for the shrub layer; for dominance value; 0.451 for the tree layer and 0.336 for the shrub layer. The analysis of tree vitality revealed that for the *A. koreana* forests in Yeongsil, the composition ratio of *A. koreana* by type is AS type>AL type>DS type >DB type, and that of the other trees is AL type>AS type>AF type>AB type. Compared with the forests in other areas, the *A. koreana* forests in the Yeongsil area have a very high occurrence rate of dead trees, and a high importance of trees is shown in the deciduous broad-leaved tree forests. Compared with the *A. koreana* forests in the Jindallaebat area, with the same level above sea, the vegetation structures are fast changing. Also, due to dryness and other non-physical environmental changes caused by a lack of rainwater and dry winds in winter, dead trees are fast increasing in number. Environmental changes such as climate change diversely affect the maintenance of *A. koreana* in individual areas, and if environmental changes are fast and continue long, of the *A. koreana* forest areas in the Hallasan Mountain, the *A. koreana* forests in the Yeongsil area will decrease fastest in number and will experience changes in the vegetation structure. Thus, it is necessary to survey the vegetation changes in *A. koreana* forests, which are distributed in all directions but are centered on Hallasan Mountain, and to thus conduct long-term monitoring and research.

Key words : *Abies koreana*, Importance values, Vegetation structure

Received 8 July, 2015; Revised 30 October, 2015;

Accepted 5 January, 2016

*Corresponding author : Young-Je Kang, Warm-Temperate and Subtropical Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jeju 679-050, Korea
Phone: +82-64-732-8222
E-mail: yjkang@korea.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

한반도는 경우 평년(1971-2000년) 대비 21세기말 기온은 4℃ 상승하고, 강수량은 17% 증가 하며, 태백산맥과 소백산맥 산지를 제외한 서해안과 동해안의 중부까지 아열대 기후가 형성될 것으로 전망되고 있다(National Institute of Meteorological Research, 2007). 최근 한국도 기후변화에 따른 생태계 변화 현상을 지역별로 중장기적으로 관찰하여 생물종 감소 및 생태계 변화관련 기초 자료를 확보하고 생태계 보호, 생물종 복원 및 멸종방지 대책에 활용하기 위해 2004년 이후 장기생태연구가 이루어지고 있다. 장기생태연구는 산림생태계의 현상태와 향후 추세를 평가, 분석, 예측하여 그것의 자연성과 다양성을 회복하고 지속시키며 기후 변화에 능동적으로 대응하기 위한 중요한 기초 자료가 될 수 있다(Cho et al., 2006).

전 세계적으로 고산지역에 분포하는 *Abies*속 식물은 기후가 변화 할 경우 생장이 저조하거나 쉽게 이동하여 살아남을 피난처를 찾지 못하고 위기에 처할 것으로 예측되고 있다(Antos et al., 2008). 우리나라의 저위도 지역에 위치한 제주도 한라산 고산식물의 경우도 심각한 위기에 처할 것으로 보는 견해가 많다(Kong, 1999; Lee et al., 2008; Yun et al., 2010). 그 중 구상나무 숲은 생장환경의 변화와 함께 이종 침입, 질병 발생 등으로 쇠퇴하고 있다(Kim and Lee, 2013). 한라산의 구상나무를 대상으로 한 주요 연구로는 외부 형태적 특성에 대한 연구(Kim, 2006; Song et al., 2007; Song et al., 2008), 생리적 특성 구명을 위한 연구(Lim et al., 2006; Lim et al., 2007; Oh et al., 2001), 그리고 식생구조 특성을 밝힌 생태학적 연구가 있다(Kim and Choo, 2000; Song

et al., 2009). 하지만 기후변화가 구상나무에 미치는 영향에 대한 연구는 Koo et al.(2001)의 연륜연대학적 관점에 의한 과거와 미래 기후의 분석을 통한 연구 등이 있지만 장기적인 모니터링 연구를 위한 기초 연구는 매우 빈약한 실정이다. 특히 KMA(2012), National Institute of Meteorological Research(2010), Song(2011) 등은 봄철 건조한 편서풍의 영향을 직접 받는 서부지역(영실)이 최근 상대습도가 가장 큰 폭으로 감소했으며, 강수량의 편차와 강우 일수의 감소, 풍속의 증가 등의 기상 환경의 변화가 가장 심각함을 밝히고 있다. 따라서 본 연구에서는 한라산 영실지역에서 구상나무림의 주요 층위의 식생구조를 파악하여 생태계 변화 모니터링을 위한 기초 자료를 얻기 위해 실시하였다.

2. 조사지 및 조사방법

2.1. 조사지

조사지역은 한라산의 백록담을 기준으로 서쪽 사면에 위치하고 있으며, 지리적 위치는 N33° 21' 22", E126° 30' 36"를 중심으로 해발고도는 약 1,650 m 지점에 위치하고 있다(Fig. 1). 조사지의 대부분은 북사면으로 사면 경사는 10° 이하의 완만한 경사를 갖는다. 초본층의 우점종은 제주조릿대(*Sasa palmate* (Bean) E.G. Camus)로 피도가 매우 높고 임관층 수고는 2.4 m~6 m로 이루어져 있다(Table 1).

2.2. 조사방법

조사지역에 100 m×100 m(1 ha)의 구상나무(*Abies koreana* E. H. Wilson) 고정 조사구를 설치하고, 여기에 20 m×20 m의 소조사구 25개를 세분화하여 설치하였다(Fig. 1). 초본층을 제외한 상층과 하층의 현장 조사

Table 1. Characteristics for the study site in Yeongsil area of Hallasan Mountain

| Characteristic | | Forest status | |
|----------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------|
| GPS coordinate | N 33°21' 22" | Ratio of gravel (%) | <1 |
| | E 126°30' 36" | | |
| Altitude (m) | 1,650 (1,641~1,656) | Coverage of <i>Sasa palmate</i> (%) | 0~95 |
| Aspect (°) | Northwest~Northeast | Total vegetation coverage (%) | 60~98 |
| Slope (°) | 0~10 | Height(m)/Coverage of upper layer (%) | 2.4~6/0~80 |
| Topography | Middle Slope | Height(m)/Coverage of lower layer (%) | 1.2~2.4/25~70 |
| Coverage of rock (%) | 10~90 | Height(m)/Coverage of herb layer (%) | 0.2~1.2/30~90 |

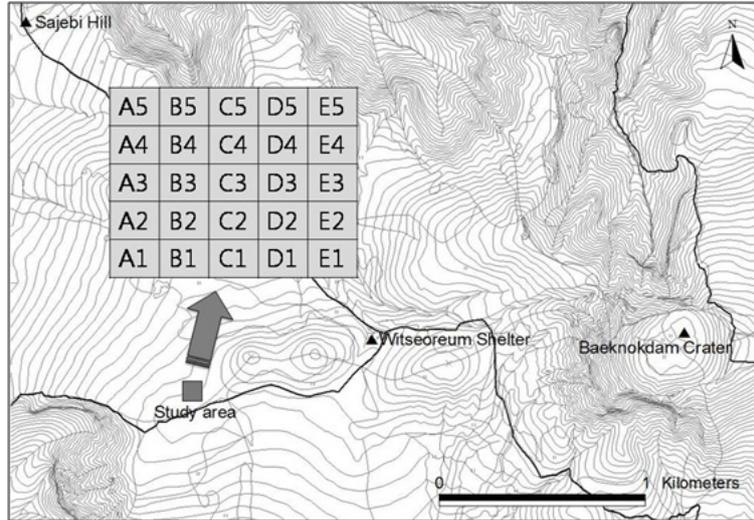


Fig. 1. Location map of study site and small quadrat numbers in 1 ha permanent quadrat of *Abies koreana* forest on Yeongsil area in Hallasan Mountain.

는 209년부터 단계적으로 이루어 졌으며, 초본층 조사와 미기상을 파악하기 위한 기상자료 수집은 2012년까지 조사 및 수집을 완료하였다.

모든 조사구에 출현하는 목본 식물 중에 흉고직경 (DBH, H 1.3 m)을 측정 할 수 있는 개체를 대상으로 흉고직경, 수고, 수관폭, 지하고, 주간형태 등을 조사하였으며, 구체적인 조사와 분석방법은 국가장기생태연구 모니터링 프로토콜(Lim, 2004)의 방법을 인용하였다. 조사 결과를 이용해 다음과 같이 각 종의 중요도지수와 종다양도지수(Shannon-Weaver index: H'), 최대종다양도 (H'max), 균등도(Evenness, J'), 우점도(Dominant, D')를 산출하였다.

$$H' = -\sum p \log p, \quad p_i = n_i/N_i$$

(종 i에 나타난 수와 총개체 수와의 비) (1)

$$H'max = \log S, \quad S = \text{종수} \quad (2)$$

$$J' = H'/H'max \quad (3)$$

$$D' = 1 - J' \quad (4)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 입목 현황

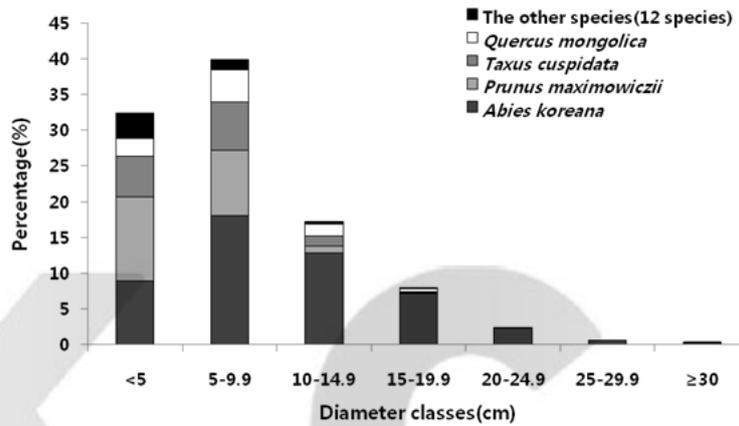
한라산 영실 지역 구상나무림 1 ha당 수고 1.3 m 이상

의 목본식물은 고사된 개체를 제외하고 1,781개체였다. 그 중 구상나무는 989개체였고 구상나무를 제외한 종은 992개체였다(Table 2). 이것은 소방형구(400 m²)당 구상나무가 39.6개체가 있는 것으로서, 지리산과 덕유산에서 각각 26.6개체와 3.4개체가 생존하는 것과 비교해 볼 때 한라산 지역이 구상나무의 밀도가 가장 높은 것이다 (Chung et al., 1996; Kim and Choo, 2000). 진달래밭 지역이 68.4개체(Kim and Lee, 2013)로서 구상나무의 밀도가 가장 높았지만 영실 지역은 구상나무를 제외한 종의 개체수가 매우 높게 나타났다. 이 같은 타수종의 이입은 구상나무림의 식생 구조를 빠르게 변화시키는 원인으로 작용한다. 전체 구상나무의 개체 중에서 19.2%인 190개체는 고사된 개체로 확인되었다. 구상나무의 고사율은 Kim and Choo(2000)의 덕유산 18.9%와는 유사하였으나 지리산 12.3% 보다 훨씬 높게 나타나고 있으며, 한라산 지역은 8.1%로 보고하였으나 본 조사결과 급격하게 증가하였음을 알 수 있다.

영실 구상나무림에서 전체 출현 종의 흉고직경급별 개체수는 흉고직경 5 cm 이상 10 cm 미만인 39.9%로 가장 많았다(Fig. 2). 이 구간의 구상나무를 제외한 종의 경우 흉고직경 5 cm 미만에서 전체 개체수의 23.5%를 차지하여 지리산(National Institute of Environmental

Table 2. Distribution status of *Abies koreana* and the other species in study site (/ha) *Abies koreana* forest in Yeongsil area of Hallasan Mountain

| Species | Height Max/Mean (m) | Density(/ha) | | Greatest Tree DBH (cm) | Basal Area (m ²) | | Average of DBH (cm) | |
|----------------------|---------------------------|--------------|-------|------------------------------|------------------------------|----------|---------------------|------|
| | | Alive | Death | | Alive | Death | <10 | ≥10 |
| <i>Abies koreana</i> | 5.85/3.07 | 799 | 190 | 34 | 81,662.6 | 19,969.9 | 5.4 | 12.9 |
| The other species | 4.83/2.53 | 982 | 10 | 33 | 32,284.5 | 1,284.9 | 4.7 | 8.5 |
| Total | | 1,781 | 200 | 34 | 113,947.1 | 21,254.9 | 5.0 | 10.7 |

**Fig. 2.** Distribution of DBH (cm) classes of major 4 species in Yeongsil area of Hallasan Mountain.

Research, 2009)의 약 10% 미만에 비하여 크기가 작거나 구상나무를 제외한 낙엽활엽수종의 개체수가 많았다. 이 같은 결과는 하층부에 형성되는 구상나무 개체가 감소하고 새롭게 이입된 종의 개체수가 빠르게 증가하게 되어 현재의 구상나무가 우점하고 있는 식생구조를 빠르게 변화시킬 것으로 판단된다.

3.2. 식생 구조와 종조성 특성

영실지역 구상나무림 출현종의 층위별 중요도는 Table 3과 같았다. 상층부는 구상나무의 중요도가 106.23으로 가장 높았지만 다음으로 높은 종들인 산개벚나무(*Prunus maximowiczii* Rupr.), 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), 주목(*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.) 등 3종의 중요도 합이 142.84로 구상나무의 중요도보다 높게 조사되었다. 이 결과는 지리산(Choo et al., 2009; National Institute of Environmental Research, 2009)과 한라산의 진달래밭(Song, 2011)의 구상나무림 상층부 구상나무 중요도가 각각 86.7과 158.72이고 주

요 낙엽활엽수종 3종의 중요도 각각 65.7과 80.33으로 구상나무의 중요도가 높게 나타나고 있지만, 영실지역 구상나무림은 온대낙엽활엽수 종의 이입과 구상나무림의 개체수 감소로 인해 아고산대 구상나무림의 식생구조에서 온대 낙엽활엽수림대의 식생구조로 변화하고 있음을 보여준다(Lee et al., 2010). 특히 식생구조의 유지에 필요한 개체 공급원으로서 하층부의 구상나무의 어린 개체가 지리산 구상나무림(Choo et al., 2009)에서는 다른 종에 비해 81.0으로 높은 중요도를 보이는 반면, 영실 지역에서는 주목의 중요도가 92.76으로 구상나무 38.76보다 매우 높은 비중을 차지하고 있기 때문에 우점종의 변화가 빠르게 발생할 것으로 판단된다.

Table 4는 종다양도, 최대종다양도, 균재도, 우점도를 조사한 결과이다. 출현종수는 영실 지역이 20종, 종다양도는 상층부 0.645, 하층부 0.817, 균재도는 상층부 0.549, 하층부 0.664, 우점도는 상층부 0.451, 하층부 0.336으로 조사되었다. 한라산을 중심으로 동일한 해발

Table 3. Importance values (IV) [relative density (RD) + relative frequency (RF) + relative basal area (RB)] of tree upper and lower layer in Yeongsil area of Hallasan Mountain

| Layer | Scientific name | RD | RF | RB | IV |
|---|---|-------|-------|-------|--------|
| The upper layer | <i>Abies koreana</i> | 42.96 | 15.31 | 47.96 | 106.23 |
| | <i>Prunus maximowiczii</i> | 20.28 | 15.31 | 21.12 | 56.71 |
| | <i>Quercus mongolica</i> | 19.41 | 15.31 | 10.53 | 45.24 |
| | <i>Taxus cuspidata</i> | 11.11 | 15.31 | 14.47 | 40.89 |
| | <i>Betula ermanii</i> | 2.79 | 9.18 | 1.12 | 13.09 |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>villosa</i> | 1.20 | 7.14 | 1.58 | 9.92 |
| | <i>Weigela florida</i> | 0.27 | 5.10 | 0.86 | 6.23 |
| | <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> | 0.39 | 4.08 | 0.66 | 5.13 |
| | <i>Sorbus commixta</i> | 0.70 | 3.06 | 0.66 | 4.42 |
| | <i>Magnolia sieboldii</i> | 0.26 | 3.06 | 0.26 | 3.58 |
| | <i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> | 0.15 | 2.04 | 0.26 | 2.46 |
| | <i>Euonymus hamiltonianus</i> var. <i>hamiltonianus</i> | 0.18 | 2.04 | 0.20 | 2.42 |
| | <i>Rhododendron yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> | 0.11 | 1.02 | 0.13 | 1.26 |
| | <i>Acer pseudosieboldianum</i> | 0.08 | 1.02 | 0.13 | 1.23 |
| | <i>Sorbus alnifolia</i> | 0.10 | 1.02 | 0.07 | 1.18 |
| | Total | 100 | 100 | 100 | 300 |
| The lower layer | <i>Taxus cuspidata</i> | 44.55 | 12.00 | 36.21 | 92.76 |
| | <i>Abies koreana</i> | 7.32 | 12.00 | 19.45 | 38.76 |
| | <i>Weigela florida</i> | 10.89 | 11.20 | 13.91 | 36.01 |
| | <i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i> | 10.08 | 8.80 | 10.98 | 29.86 |
| | <i>R. yedoense</i> for. <i>poukhanense</i> | 9.80 | 8.00 | 8.21 | 26.01 |
| | <i>Magnolia sieboldii</i> | 9.50 | 9.60 | 4.02 | 23.12 |
| | <i>Prunus maximowiczii</i> | 1.46 | 6.40 | 1.42 | 9.29 |
| | <i>Juniperus chinensis</i> var. <i>sargentii</i> | 1.68 | 4.80 | 1.68 | 8.15 |
| | <i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>villosa</i> | 0.46 | 5.60 | 0.59 | 6.65 |
| | <i>Berberis amurensis</i> var. <i>quelpaertensis</i> | 0.38 | 4.80 | 0.67 | 5.85 |
| | <i>Viburnum furcatum</i> | 0.78 | 4.00 | 0.84 | 5.62 |
| | <i>Empetrum nigrum</i> var. <i>japonicum</i> | 0.93 | 4.00 | 0.42 | 5.35 |
| | <i>Quercus mongolica</i> | 0.73 | 3.20 | 0.34 | 4.26 |
| | <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> | 0.79 | 2.40 | 0.67 | 3.86 |
| | <i>Sorbus commixta</i> | 0.14 | 1.60 | 0.17 | 1.91 |
| <i>Lonicera maackii</i> | 0.43 | 0.80 | 0.34 | 1.56 | |
| <i>Euonymus hamiltonianus</i> var. <i>hamiltonianus</i> | 0.10 | 0.80 | 0.08 | 0.98 | |
| | Total | 100 | 100 | 100 | 300 |

Table 4. Diversity indices for each layer of *Abies koreana* forest in Yeongsil area of Hallasan Mountain

| Layer | No. of Species | Species diversity (H') | H' Max | Evenness (J') | Dominance (D') |
|-----------------|----------------|------------------------|--------|---------------|----------------|
| The upper layer | 15 | 0.645 | 1.176 | 0.549 | 0.451 |
| The lower layer | 17 | 0.817 | 1.230 | 0.664 | 0.336 |

고도에서 반대 방향에 위치한 진달래밭(Song, 2011)보다 출현종수는 상층부에서는 큰 차이가 없었지만 하층부의 경우 23종으로서 하층부의 균재도가 약 두배 높게 나타났고, 구상나무를 제외한 다양한 종들이 영실 지역에서 고르게 분포하고 있어 식생 구조가 빠르게 변화된다는 결과를 뒷받침하고 있다(Antos et al., 2008; Lim and Lee, 1991; Song, 2011).

3.3. 수목 주간형태 분석

Fig. 3은 영실 구상나무림에서 구상나무와 기타 수종의 주간형태를 9개 유형으로 구분하여 유형별 개체수를 나타낸 것이다. 구상나무 개체는 수직으로 자라고 있는 개체(AS)가 약 661개체로 가장 많았으며, 기울어져서 자라는 개체(AL)와 곧바로 서서 고사한 개체(DS)가 각각 125개체와 97개체 순으로 조사되었다(AS형>AL형>DS형>DB형). 구상나무를 제외한 기타 종의 경우 산개벚치나무와 주목은 기울어서 자라는 개체(AL)가 527개체로 가장 많았고, 곧바로 서서 자라는(AS) 개체가 다

음을 차지하였다(AL형>AS형>AF형>AB형). 고사한 구상나무개체는 총 190개체로 이중 곧바로 서서 죽은 개체(DS)가 97개체로 가장 많았으며, 부러져서 죽은 개체(DB), 기울어진 채로 죽은 개체(DL), 땅에 쓰러져서 죽은 개체(DF) 순으로 조사되었다. 일반적으로 온대지역의 신갈나무나 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* L.)가 우점하는 낙엽활엽수림 지역과 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.)가 우점하는 침엽수림에서는 대부분 곧바로 서서 자라는 개체(AS)가 높은 개체수를 유지하는 것이 일반적이다(National Institute of Environmental Research, 2009). 하지만 한라산과 같이 아고산 지역의 경우 일정한 방향에서 지속적이고 강하게 부는 바람에 의해 편형수(Wind-shaped tree)나 왜성편형수림(Krummholz)이 나타나고, 수림이 연속적으로 자라지 못해 드문드문 모여 자라는 수목섬(Tree island)이 나타나고 있다(Yoo, 2002). 이 처럼 식생 구조는 기온, 강수량 등의 환경 변화에 의해 오랫동안 영향을 받아 다양한

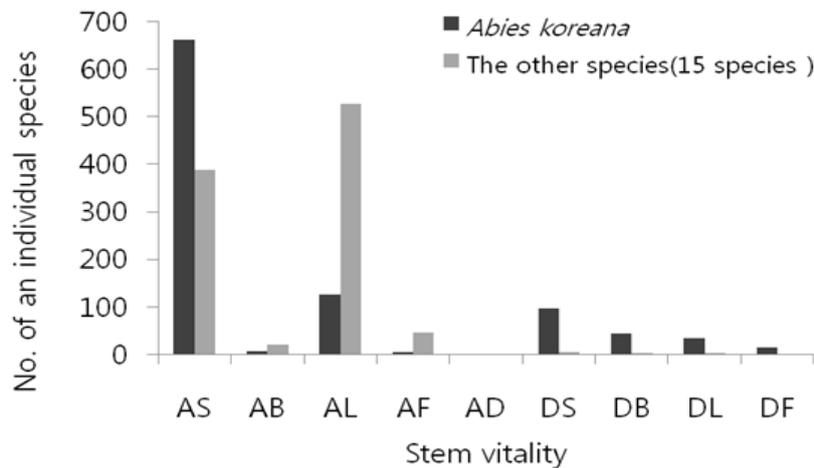


Fig. 3. Number of an individual species of stem vitality [AS (standing alive), AB (broken alive), AL (leaning alive), AF (fallen/prone alive), AD (standing alive dead top), DS (standing dead), DB (broken dead), DL (leaning dead), DF (fallen/prone dead)] of woody plants appeared in *Abies koreana* forest in Yeongsil area of Hallasan Mountain.

모양으로 나타나게 되는데(Thomas and Robert, 2011), 한라산 지역은 태풍의 강도와 빈도의 증가(Seol, 2010), 강설량의 증가(KMA, 2012)로 인해 지역별로 다양한 형태의 생육상태를 보이고 있으며, 한라산 남사면의 경우 기울어지거나 쓰러져 죽은 개체가 많은 것은(Song, 2011) 강한 태풍 또는 많은 적설로 인해 줄기가 기울어 지거나 부러지는 원인에 의해 발생하는 것으로 추정되는 반면, 영실 지역은 곧바로 서서 죽은 개체가 많아 자연 고사 또는 생리 대사에 영향을 끼칠 수 있는 수분 부족, 건조 등의 비 물리적 요인이 구상나무를 고사 시키고 있는 원인으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 기후 변화에 취약한 한라산 영실지역을 대상으로 구상나무림의 식생구조를 파악하여 기후 변화에 따른 생태계 변화 모니터링을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다. 조사결과 한라산 영실지역 구상나무림 1 ha 당 목본식물은 1,781개체이고, 그 중 구상나무는 989개체, 구상나무를 제외한 종은 992개체였다. 전체 구상나무 중에서 19.2%인 190개체는 고사된 것으로 확인되었다. 흉고직경급별 개체수는 흉고직경 5 cm 이상 10 cm 미만인 39.9%로 가장 많고, 구상나무를 제외한 기타 수종의 경우 5 cm 미만에서 전체 개체수의 23.5%를 차지하였다. 층위별 중요도 조사결과 상층부는 구상나무의 중요도가 106.23으로 가장 높았지만 다음으로 높은 종들인 산개벚나무, 신갈나무, 주목 등 3종의 중요도 합이 142.84로서 구상나무의 중요도보다 높게 조사되었다. 종다양도 분석결과 상층부 0.645, 하층부 0.817, 군재도는 상층부 0.549, 하층부 0.664, 우점도는 상층부 0.451, 하층부 0.336으로 조사되었다. 주간형태 분석결과 영실 구상나무림에서 구상나무의 유형별 구성비율을 보면 AS형>AL형>DS형>DB형의 순으로 나타났고, 기타 수종은 AL형>AS형>AF형>AB형의 순으로 나타났다. 영실 지역 구상나무림은 다른 지역에 비해 고사목의 발생량이 매우 높고, 온대 낙엽활엽수림대의 수종이 높은 중요도를 차지하고 있다. 다른 지역의 구상나무림보다 식생 구조의 변화가 빠르게 진행되고 있으며, 강수량 부족과 겨울철 건조한 바람의 영향으로 인한 건조 등의 비물리적 환경 변화로 인해 곧바로 서서 죽은 개체의 고사목이 빠

르게 증가하고 있다. 기후 등의 환경변화가 빠르게 지속 되면 한라산 아고산 지역의 구상나무림 분포지역 중에서 영실 지역의 구상나무림이 가장 빠른 개체수 감소와 식생 구조의 변화가 일어날 것이다. 따라서 한라산을 중심으로 각 방위별로 분포하고 있는 구상나무림의 식생 변화 조사와 이를 활용한 장기적인 생태 모니터링 연구가 필요하다.

REFERENCES

- Antos, J. A., Parish, R., 2002, Dynamics of an old-growth, fire-initiated, subalpine forest in southern interior British Columbia: tree size, age, and spatial structure, Canada J. Forest Resources, 32, 1935-1946.
- Antos, J. A., Parish, R., Nigh, G. D., 2008, Growth patterns prior to mortality of mature *Abies lasiocarpa* in old-growth subalpine forests of southern British Columbia, Forest Ecology and Management, 255, 1568-1574.
- Cho, H. J., Lee, J. H., Bae, K. H., 2006, Composition and structure of the major forest stands in Mt. Worak, Korea: On the National Long-Term Ecological Research Sites. J. Ecology and Field Biology, 29(6), 531-537.
- Choi, Y. E., Oh, J. G., Kim, C. H., 2013, Community distribution on forest vegetation of the hyang-jeokbong in the Deogyusan National Park, Korean J. Ecology and Environment, 46(2), 289-300.
- Choo, G. C., An, H. C., Cho, H. S., Kim, I. K., Park, E. H., Park, S. B., 2009, Vegetation structure of the Chilseon Valley in the Jirisan National Park, Korean J. Environment and Ecology, 23(1), 22-29.
- Chung, J. M., Lee, S. W., Lee, K. Y., 1996, Vegetation structure, regeneration niche, and dynamics of the saplings in *Abies koreana* forest of the Mt. Chiri, J. Korean Forestry Society, 85(1), 34-43.
- Kang, S. J., Kwak, A. K., Kikuchi, T., 1997, A phytosociological description of the *Abies koreana* forest on Mt. Halla in Cheju Island, Korea, The Korean J. Ecology, 20(2), 293-298.
- Kim, C. S., 2006, Distribution and taxonomic characteristics of *Abies Koreana*, Investigation Report of Hallasan Natural Reserve., Jeju Special Self

- Governing Province, 451-471.
- Kim, C. S., Koh, J. G., Moon, M. O., Song, G. P., Hyun, H. J., Song, K. M., Kim, N. H., 2007, Flora and life form spectrum of Hallasan Natural Reserve., Korea, J. Environmental Science International, 16(11), 1257-1269.
- Kim, G. T., Choo, G. C., Baek, G. J., 2000, Studies on the structure of forest community at Myungsun-bong, Tokp'yongbong area in Chirisan national Park-*Abies koreana* forest, Korean J. Environment and Ecology, 13(4), 299-308.
- Kim, G. T., Choo, G. C., 2000, Comparison of growth condition of *Abies Koreana* Wilson by districts, Korean J. Environment and Ecology, 14(1), 80-87.
- Kim, H. S., Lee, S. M., Song, H. K., 2011, Actual vegetation distribution status and ecological succession in the Deogyusan National Park, Korean J. Environment and Ecology, 25(1), 037-046.
- Kim, N. S., Lee, H. C., 2013, A study on changes and distributions of korean fir in Sub-Alpine Zone, J. Korea Society of Environmental Restoration Technology, 16(5), 49-57.
- Kong, W. S., 1999, The vertical distribution of air temperature and thermal amplitude of Alpine Plants on Mt. Halla, Cheju Island, Korea, J. Korean Geographical Society, 34(4), 385-393.
- Koo, K. A., Park, W. K., Kong, W. S., 2001, Dendrochronological analysis of *Abies koreana* W. at Mt. Halla, Korea: Effects of climate change on the growths, The Korean J. Ecology, 24(5), 281-288.
- KMA, 2012, The Korea Climate Change Prospect Report. 151.
- Lee, S. C., Choi, S. H., Kang, H. M., Cho, H. S., Cho, J. W., 2010, The change and structure of altitudinal vegetation on the east side of Hallasan National Park, Korean J. Environment and Ecology, 24(1), 026-036.
- Lee, S. H., Heo, I. H., Lee, K. M., Kim, S. Y., Lee, Y. S., Kwon, W. T., 2008, Impacts of climate change on phenology and growth of crops : In the case of Naju. J. Korean Geographical Society, 43(1), 20-35.
- Lim, B. S., 2004, Pilot projects for national long-term ecological research: Protocols and Guidelines. Ministry of Environment, 404.
- Lim, J. H., Woo, S. Y., Kwon, M. J., Kim, Y. K., 2007, Antioxidant enzyme activities and soil properties of healthy and declining *Abies koreana* (Wils.) in Mt. Halla. J. Korean Forestry Society, 96(1), 14-20.
- Lim, J. H., Woo, S. Y., Kwon, M. J., Chun, J. H., Shin, J. H., 2006, Photosynthetic capacity and water use efficiency under different temperature regimes on healthy and declining korean fir in Mt. Halla, J. Korean Forestry Society, 95(6), 705-710.
- Lim, Y. J., Lee, J. H., 1991, On the dominance-diversity in the forest vegetation of Mt. Halla National Park, The Korean J. ecology, 14(3), 257-271.
- National Institute of Environmental Research, 2009, National long-Term Ecological Research Project (II), Ministry of Environment, 1, 855.
- National Institute of Meteorological Research, 2007, The Application of Regional Climate Chang Scenario for the National Climate Chang Report (III). Korea Meteorological Administration, 559.
- National Institute of Meteorological Research, 2010, See the Climate Change VI-Climat Change of Jeju. 63.
- Oh, S. J., Koh, J. G., Kim, E. S., Oh, M. Y., Koh, S. C., 2001, Diurnal and seasonal variation of chlorophyll fluorescence from korean fir plants on Mt. Halla, Korean J. Environmental Biology, 19(1), 43-48.
- Research Institute of Hallasan, 2007, Korean Fir in Mt. Halla. Jeju Special Self-Governing Province,
- Rim, C. S., 2009, Spatial distribution of precipitation trends according to geographical and topographical conditions, J. Korea Water Resources Association, 42(5), 385-396.
- Seol, D. I., 2010, Global warming and trends of typhoon variation, J. Navigation and Port Research, 34(6), 453-458.
- Song, J. H., Lee, J. J., Kang, K. S., 2008, Variation in cone, seed, and bract morphology of *abies nephrolepis* (Trautv.)Maxim. and *A. koreana* Wilson in Native Forests, J. Korean Forestry Society, 97(6), 565-569.
- Song, J. H., Lee, J. J., Lee, K. Y., Lee, J. C., Kim, Y. Y., 2007, Variation in needle morphology of natural populations of *Abies nephrolepis* Maxim. and *A. koreana* Wilson in Korea, J. Korean Forestry Society, 96(4), 387-392.

- Song, K. M., 2011, Vegetation structure and dynamics of *Abies koreana* Forests on Mt. Halla. Ph. D. Dissertation, Jeju National University, Jeju, Korea.
- Song, K. M., Kim, C. S., Koh, J. G., Kang C. H., Kim, M. H., 2010, Vegetation structure and distribution characteristics of *Abies koreana* Forest in Mt. Halla, J. Environmental Science International, 19(4), 415-425.
- Yun, J. H., Kim, J. H., Oh, K. H., Lee, B. Y., 2010, Vertical distribution of vascular plants in Jungsanri, Mt. Jiri by temperature gradient, Korean J. Environment and Ecology, 24, 680-707.
- Thomas, M. S., Robert, L. S., 2011, Elements of ecology (7th Edition). Life science, Seoul.

K C I