

## 한라산 영실 지역 구상나무림의 6년간(2011년과 2017년)의 임분구조 변화

송주현<sup>1</sup> · 한상학<sup>2</sup> · 이상훈<sup>2</sup> · 윤충원<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 산림자원학과, <sup>2</sup>국립생태원 생태기반연구실

### Changes for Stand Structure of *Abies koreana* Forest at the Yeongsil Area of Mt. Hallasan for Six Years (from 2011 to 2017)

Ju Hyeon Song<sup>1</sup>, Sang Hak Han<sup>2</sup>, Sang Hak Han<sup>2</sup> and Chung Weon Yun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resource, Kongju National University, Yesan 32439, Korea

<sup>2</sup>Division of Ecological Basic Research, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Korea

**요 약:** 본 연구는 국립환경과학원에서 실시한 국가 장기 생태 연구를 위해 구축된 한라산 영실 구상나무림 1 ha (100 m×100 m)를 대상으로 흉고직경급 분포, 수간건강상태, 중요치, 종다양도 분석을 통해 6년간(2011~2017)의 임분 구조 및 동태를 비교하기 위하여 실시하였다. 흉고직경급 분포에서 구상나무는 20-25 cm 직경급을 제외하고 모든 직경급에서 개체수의 감소가 나타났으며, 총 개체수의 변화도 780개체에서 655개체로 감소하였다. 수간건강상태에서 구상나무의 곧게 서서 생육하는 개체(AS)의 비율이 652개체(66.1 %)에서 546개체(60.2 %)로 감소한 반면에 곧게 서서 고사한 개체(DS)의 비율은 106개체(10.7 %)에서 126개체(13.9 %)로, 쓰러져 고사한 개체(DF)의 비율은 16개체(1.6 %)에서 47개체(5.2 %)로 각각 증가하였다. 구상나무의 중요치는 2011년 45.9 %에서 2017년 43.5 %로 감소한 것으로 나타났다. 종다양도의 경우, 2011년 0.513에서 2017년 0.519로 증가한 것으로 나타났다. 2011년에서 2017년까지 6년간의 변화를 살펴보았을 때, 한라산 영실 지역에서 구상나무의 세력 약화는 흉고직경급 분포, 수간건강상태, 중요치 등 많은 측면에서 뒷받침 되고 있으며, 앞으로 생태계 변화에 의한 영향을 구명하기 위한 장기적인 모니터링 및 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

**Abstract:** This study was carried out to compare stand structure and dynamics in *Abies koreana* forest in Yeongsil area of Mt. Hallasan between 2011 and 2017 by analysing DBH distribution, tree vitality, importance value (IV) and species diversity through the national long-term ecological research project conducted by National Institute of Environmental Research. As a result of DBH distribution, *A. koreana* decreased in all DBH class except 20-25 cm and the number of individual decreased by 16.3 percent from 780 to 655. As a result of tree vitality of *A. koreana*, the number of standing alive (AS) decreased by 16.2 percent from 652 to 546, while that of standing dead (DS) increased by 15.8 percent from 106 to 126 and that of fallen dead (DF) increased by 193.7 percent from 16 to 47, respectively. Importance value of *A. koreana* decreased by 2.4 percent point from 45.9 % to 43.5 %. Species diversity increased by 0.006 from 0.513 to 0.519. The weakening of the *A. koreana* in the Yeongsil area of Mt. Hallasan could be considerably supported by many aspects such as DBH distribution, tree vitality and importance value. Therefore, Long-term ecological monitoring and continuously research in that area should be conducted to clarify the effects of ecosystem changes.

**Key words:** stand structure, DBH distribution, tree vitality, importance value, species diversity


## 서 론

기후가 변하는 것은 인간을 비롯한 모든 생물들의 현재 서식환경에 변화를 유발하는 것을 의미한다. 서식환경의 변화는 생활 패턴뿐 아니라 개체군 자체의 형태적, 생리적, 유전적 변화에 대한 적응을 요구하고 있다(Kwon and

\* Corresponding author

E-mail: cwyun@kongju.ac.kr

ORCID

Chung Weon Yun  https://orcid.org/0000-0001-7048-6980

Choi, 2009). 기후변화에 따른 생태계의 교란과 변화가 심각해지면서 세계 각국은 기후변화에 대한 생태계의 민감도와 영향을 평가하는 방법을 개발하고 있다. 그러나 우리나라에서는 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 평가하기 위한 생태계 관련 자료와 적용 방법론이 부족한 실정이며 국내에서는 제한적인 자료와 정보를 이용하거나, 생태계 모니터링, 현장 경험 그리고 전문가의 의견을 토대로 기후변화가 생태계에 미치는 영향을 평가하기 위한 기법을 마련하는 등 시작 단계에 머물러 있다(Lee, 2005). 현재까지 합리적인 산림생태계 관리 계획과 실행에 필요한 판단의 근거가 되는 산림생태계의 제반 현상에 대한 이해는 매우 미약한 수준에 있고, 산림생태계를 보다 깊이 이해하기 위한 한국을 비롯한 일부 국가에서 근래에 실행하고 있는 장기 생태계 연구도 초기 단계에 있는 것이 대부분이어서(Son, 1997), 기후변화가 산림생태계에 미치는 영향에 대한 취약성 평가는 향후 악영향을 최소화하고 이에 적응할 수 있는 기반을 마련한다는 측면에서 매우 중요하다(IPCC, 2007).

구상나무(*Abies koreana* E. H. Wilson)는 중생대 백악기 시대에 아시아를 중심으로 출현하였으며 지리산, 한라산, 덕유산, 가야산 등 남부 지방의 해발 1,000 m 이상의 고산지대에 분포하고 있는 한국 특산종이며(Hong and Lee, 1995), 1998년 IUCN 적색목록 평가에서 준위협(NT) 등급에 지정되었지만 2011년에 위기종(EN)으로 위협등급이 상향 수정된 바 있는 멸종위기종이다. 국내에서 구상나무의 최대 분포지역은 2003년을 기준으로 약 617.1 ha를 차지하는 한라산이며, 덕유산과 지리산이 그 다음을 잇고 있고(Kim et al., 2012), 한라산을 제외하고는 대부분 숲을 형성하지 못하고 있을 뿐만 아니라 소규모 면적이거나 소수의 개체만이 드물게 분포한다. 이에 비해 한라산에는 광대한 면적의 순림이 형성되어 있으며, 세계에서 유일한 구상나무림이 분포하고 있다(Kong, 2006; Kim et al., 2007, Song, 2011; Kim et al., 2017). 구상나무 자생지는 대부분 해발 1,000 m 이상의 아고산대에 해당하는데 아고산지역은 기후변화의 영향이 가장 두드러지게 나타나는 곳 중 하나이다(Yoon and Kong, 2011). 이와 같은 구상나무의 국지적인 분포는 유전적 교립에 의한 동계교배의 확률을 높일 뿐만 아니라 그에 따른 유전다양성의 감소와 낮은 적응도를 유발하기 때문에 현재 멸종될 가능성이 매우 높은 수종으로 여겨진다(Kim and Hyun, 2000). 더욱이 최근에는 한라산과 지리산의 구상나무림에서 고사목의 증가와 함께, 구상나무 우점율의 감소가 중하층에서 현저하게 나타나면서 구상나무의 쇠퇴가 확대되고 있고(Kim and Choo, 2000), 특히, Korea Meteorologica Administration(2012), National Institute of

Meteorological Research(2010), Song(2011), Song and Kang(2016) 등은 봄철 건조한 편서풍의 영향을 직접 받는 한라산 서부지역(영실)이 최근 상대습도가 가장 큰 폭으로 감소했으며, 강수량의 편차와 강우 일수의 감소, 풍속의 증가 등의 기상 환경의 변화가 가장 심각함을 밝히고 있어 한라산 영실 지역 구상나무림에 대한 조사와 고찰을 통한 군집 변화 분석이 필요한 시점이다.

구상나무 쇠퇴의 원인 구명에 관련한 연구결과는 겨울 기온의 상승에 따른 수분 공급의 불균형으로 인한 구상나무의 생장저해나 고사(Koo et al., 2001), 겨울의 한랭·건조 기후로 인한 상해 등의 생리적인 요인, 토심이 얇고 척박한 고산지대에서 강한 바람에 의한 풍도목의 발생, 그리고 지구온난화에 따른 가후의 변화와 대기 오염(Kim, 1994), 한라산 구상나무림 내 노루의 식해에 의한 피해 등을 구상나무 쇠퇴의 원인으로 보고되고 있다. 그 외 한라산 구상나무에 관한 연구로는 식물사회학적 연구(Kim, 1986; Song, 1991; Kang et al., 1997), 복원 및 천연갱신에 관한 연구(Kim et al., 2001; Hong et al., 2008), 생장 및 생리에 관한 연구(Oh et al., 2001; Koo et al., 2001; Sim et al., 2009; Jang et al., 2014) 등이 이루어 졌으며, 식생의 군집구조 및 동태에 관한 연구(Koh et al., 1996; Kim et al., 1998; Kim and Choo, 2000; Kim et al., 2007; Lee et al., 2010; Song et al., 2010a; Song et al., 2010b; Song et al., 2014; Song and Kang, 2016; Kim et al., 2017)도 다수 진행되어 왔지만 한 시점에 국한된 연구들이 주를 이루어 동일한 임분의 과거와 현재를 비교하는 연구는 미흡하였다.

따라서 본 연구는 국립환경과학원에서 2011년에 국가 장기 생태 연구를 위해 구축된 한라산 영실 지역 구상나무림의 매목조사 자료를 2017년에 재조사하여 2011년과 2017년의 시간에 따른 임분 구조 변화를 비교하는데 목적이 있을 뿐 아니라 멸종위기종인 구상나무 쇠퇴 원인의 구명과 복원 방법에 관한 기초 자료로 활용하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지 개황

본 연구의 조사지소인 한라산은 우리나라 최남단 제주도의 중앙부에 위치하고 있으며, 해발고도는 남한에서 가장 높은 1,950 m이다. 총 강수량이 4,560 mm에 달하는 국내 최다우지이다(Korea Meteorological Administration, 2013). 지리적으로 아시아대륙의 동안해역에 위치하고 있어 겨울철에는 강한 북서 계절풍, 여름철에는 남서 또는 남동 계절풍이 불어온다. 괴펨의 기후구분에 의하면 대

체로 산간지방을 제외한 전 지역이 겨울철에는 온화하고 강수량이 비교적 고르게 내리는 아열대 습윤기후에 속하고 있으며, 해발 600 m 이상 지역은 한랭 습윤기후구에 속하는데 연평균 기온은 5.3~9.9℃의 분포로 제주도 해안지방의 연평균기온 15.2~16.2℃보다 5.3~9.9℃ 정도 낮고, 정상지역의 평균기온이 -3℃ 이하, 최남일의 평균기온이 10℃ 이상인 아한대 기후대지역에 속하고 있다 (Kang, 2006).

조사지역인 환경부에서 설치한 한라산지역의 구상나무림 방형구는 1 ha (100 m×100 m)의 영구방형구로 N 33° 21' 22", E 126° 30' 36"에 위치하고 있으며, 해발고도는 평균 1,649 m이며 1,641 m에서 1,656 m으로서 15 m의 표고 차이를 보이고 있다. 대부분 평지 지역으로서 최고 10°의 비교적 완만한 경사도 분포를 보이고 있고, 암석노출도는 소방형구마다 다소의 차이가 있지만 대부분 높은 암석노출도를 나타내었다(Ministry of Environment, 2009).

## 2. 야외조사 및 분석방법

한라산 구상나무림 조사지역에 1 ha(100 m×100 m)의 고정조사구를 설치하였다. 목본식물의 동태 파악 중 흉고 직경은 2 cm 이상의 모든 목본에 대하여 매목조사를 실시하였으며, 수간건강상태를 9개의 유형(AS=alive standing; AB=alive broken; AD=alive deadtop; AF=alive fallen; AL=alive leaning; DS=dead standing; DB=dead broken; DL=dead leaning; DF=dead fallen)으로 구분하여 임목의 수간 상태를 조사하였다. 모든 식생자료의 수집 및 분석은 국가장기생태연구 모니터링 프로토콜(Lim, 2004)의 방법을 적용하여 조사하였다. 구성종의 식물분류와 동정은 원색식물도감(Lee, 2003), 원색한국수목도감(Hong et al., 1987), 나무생태도감(Yun, 2016)을 기준으로 하였으며, 학명과 국명은 국가표준목록(Korea National Arboretum, 2014a)과 국가생물종지식정보시스템(Korea National Arboretum, 2014b)을 기준으로 작성하였다.

현존 식생의 지속적 유지 가능성 및 천이 경향을 예측

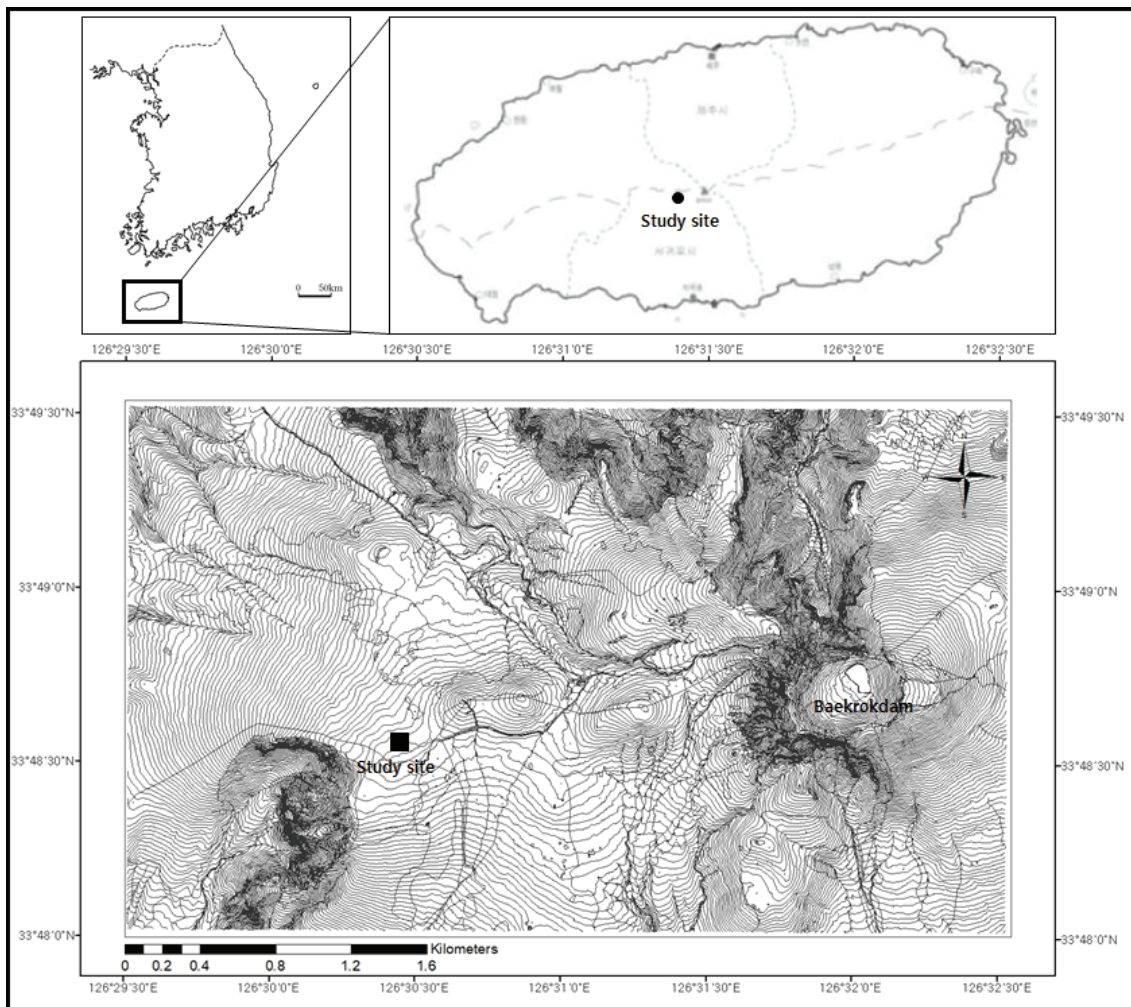


Figure 1. The location of the study site in Mt. Hallasan.

하기 위하여 흉고직경의 계급별 개체수 분포도를 작성하였으며, 그 계급은 조사 대상 식물의 직경을 5 cm 계급별로 구분하였다. 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 일정 면적 내의 종수, 또는 군집 내에서 일정수의 개체를 구성하는 종수를 의미하는 종풍부도와 각 종에 속하는 개체수가 얼마나 고르게 분포하는가를 나타내는 균등도를 동시에 나타내는 척도인 종다양도지수(Shannon, 1949), 최대종다양도지수, 균재도, 우점도를 분석하였다(Herlbert, 1971; Brower and Zar, 1977).

## 결과 및 고찰

### 1. 흉고직경급 분포

각 조사구에서 매목조사를 실시하여 얻어진 자료를 기초로 중요치가 높게 나타난 구상나무, 산개벚치나무, 주목, 신갈나무의 4개 분류군과 그 외 수종을 통합하여 흉고직경급별 분포상태를 비교하였다(Table 1). 산림식생에 있어서 천이의 진행상황은 개체의 크기계급으로 판단하는 정적분석법이 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 역 J자형은 동령림의 경우 경쟁이 일어나고 있음을 의미하

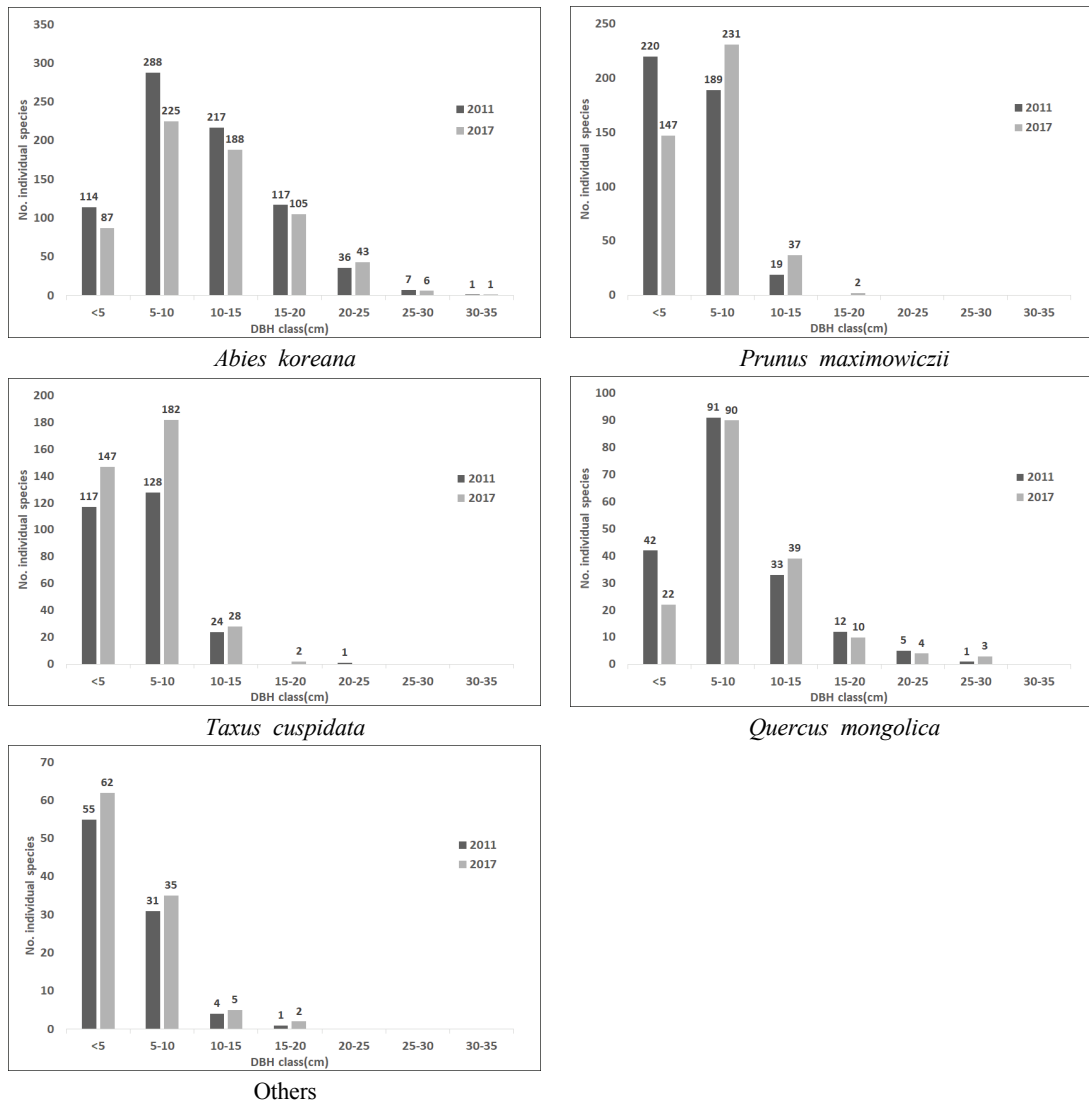


Figure 2. Changes of the distribution of DBH classes for major 4 species and the other species in study site.

며(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).

한라산 구상나무군락의 2011년과 2017년의 직경급 구조 비교 결과, 구상나무는 20-25 cm 직경급을 제외하고 모든 직경급에서 구상나무 개체수의 감소가 나타났으며 총 개체수의 변화도 780개체/ha에서 655개체/ha로 감소하였다. 반면에 주목의 경우, 모든 직경급에서 개체수의 증가가 나타났으며 총 개체수의 변화도 270개체/ha에서 359개체/ha로 크게 증가하였다. 이는 구상나무가 주목보다 낮은 적산온도에서 형성층 활동을 개시하고 동일 수종 내에서는 흉고직경이 큰 개체보다 작은 개체들이 낮은 적산온도에서 형성층 활동을 개시하는 것으로 나타나 (Park et al., 2018), 기후변화가 진행될수록 낮은 적산온도에서 형성층 활동을 개시하는 구상나무의 생육이 점점 어려워질 것으로 예상되는 것도 구상나무 개체수 감소와 주목 개체수 증가를 설명할 수 있는 하나의 원인으로 사료될 수 있다. 산개벚나무는 5 cm 미만의 직경급에서 개체수가 감소하였고 그 외 직경급에서 개체수가 증가한 것으로 나타났으며, 신갈나무 역시 5 cm 미만의 직경급에서 개체수가 감소하였고 개체수의 증가가 나타났지만 그 편차가 크지 않은 것으로 나타났다. 구상나무의 경우, 5 cm 미만의 직경급 즉, 치수의 갱신율이 높지 않아 온전한 역 J자형의 형태를 띄지 않았다. 이는 구상나무림에서 5 cm 미만의 치수의 천연갱신 및 치수발달이 심각한 교란으로 인해 높지 않다는 기존의 연구 결과와도 일치하

였다(Kim et al., 2016). 5 cm 이상의 직경급에서 역 J자형의 형태를 보여 향후 지속적으로 유지될 수 있는 집단의 모습을 띄지만 다른 분류군에서도 같은 형태가 나타났고 개체수 감소의 추세가 뚜렷하여 향후 천이과정에서 지위경쟁에 어려움이 있을 것으로 판단되었다.

## 2. 수간건강상태

한라산 구상나무림 2011년과 2017년의 DBH 2 cm 이상의 구상나무와 그 외 수종을 대상으로 수간의 건강상태를 9개의 유형으로 구분하여 유형별 빈도를 비교하였다(Figure 3). 구상나무의 경우, 곧게 서서 생육하는 개체(AS)의 비율이 652개체/ha(66.1 %)에서 546개체/ha(60.2 %)로 감소한 반면에 곧게 서서 고사한 개체(DS)의 비율은 106개체/ha(10.7 %)에서 126개체/ha(13.9 %)로, 쓰러져 고사한 개체(DF)의 비율은 16 개체/ha(1.6 %)에서 47개체/ha(5.2 %)로 각각 증가하였다. 그 외 수종의 경우, AS의 비율이 386개체/ha(39.0 %)에서 540개체/ha(49.8 %)로 증가하여 구상나무의 수간건강상태는 바르게 생육하지 못하는 형태가 증가한 반면, 그 외 수종에서는 반대의 결과를 나타내었다. 이에 따라 구상나무는 직경급 구조에서 개체수가 감소했을 뿐 아니라 수간건강상태 또한 건강하고 곧추선 개체수가 감소한 것으로 나타났다. 고사된 형태의 개체중에서 DS의 비율이 다른 고사 형태보다 높게 나타났는데 이는 한라산 남사면의 경우 기울어지거나 쓰러져 죽은 개체가 많은 것은 강한 태풍 또는 많은 적설로 인해 줄기가 기울어지거나 부러지는 원인에 의해 발생하는 것으로 추정(Song, 2011)되는 반면, 영실 지역이 곧바로 서서 죽은 개체가 많은 것은 자연 고사 또는 생리 대사에 영향을 끼칠 수 있는 수분 부족, 건조 등의 비물리적 요인이 구상나무를 고사 시키고 있는 원인이라고 판단한 기존 연구의 결과와 일치하였다(Song and Kang, 2016).

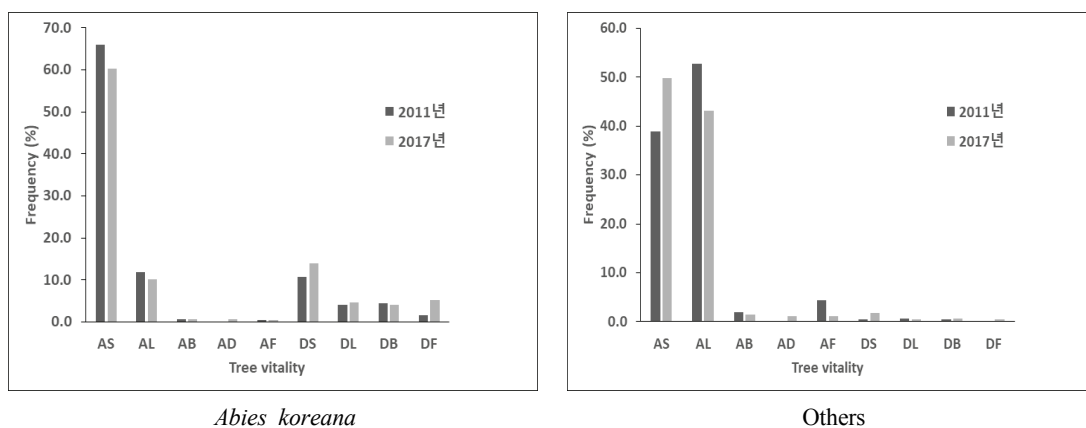


Figure 3. Changes of tree vitality of *Abies koreana* and the other species.

### 3. 중요치

한라산 구상나무림 내 DBH 2 cm 이상 입목의 매목조사된 결과를 바탕으로 Curtis와 McIntosh의 방법을 응용하여 2011년도와 2017년도의 중요치를 산출한 결과는 다음과 같다(Table 1). 구상나무는 상대피도(흉고단면적), 상대밀도(개체수), 상대빈도(출현율)가 모두 감소한 것으로 나타나 중요치가 2011년 45.9 %에서 2017년 43.5 %로 감소하였다. 주요 수종 중에서 산개벚치나무가 16.4 %에서 16.0 %으로, 신갈나무가 12.0 %에서 11.3 %으로 역시 중요치가 감소하였지만 주목은 13.1 %에서 14.4 %로 중요치가 증가한 것으로 나타났다. 2011년과 2017년 모두 구상나무의 중요치가 50 %에 가까운 수치를 보여 상당 기간 유지될 순림에 비교적 가까운 식생 구조를 보이는 것으로 판단되지만 고사목의 증가와 우점종의 감소로 인한 쇠퇴가 확대되고 있는 것으로 판단되어 구상나무 쇠퇴와 관련된 기존 연구를 뒷받침하였다(Koh et al., 1996; Koo et al., 2001; Jang et al., 2014; Cho et al., 2015; Kim et al., 2017).

### 4. 종다양도

한라산 구상나무림 내 DBH 2 cm 이상 입목의 매목조사된 결과를 바탕으로 연구대상지의 성숙도와 안정도 등

의 간접적인 속성을 파악하기 위해 2011년도와 2017년도의 종다양도를 산출한 결과는 다음과 같다(Table 2). 종다양도는 종수와 이질성이라는 제한된 변수만으로 구해지는 한계가 있으나(Krebs, 1985), 임분의 안정도를 나타내는 지표로서 어느 지역의 종다양도가 높다는 것은 종간 경쟁이 심한 것으로 생태적으로는 건강하다는 의미를 가진다. 또한, 산림식생의 안정성을 유추할 수 있고 서로 다른 지역의 종다양성을 같은 척도로 비교할 수 있다는 장점이 있다(Moon, 2001). 구상나무림의 종다양도는 2011년 1.422에서 1.502로 증가한 것으로 나타났으며 최대종다양도지수는 2011년 2.773에서 2017년 2.890으로 증가하였다. 균재도는 2011년 0.513에서 2017년 0.519으로 증가한 것으로 나타났으며, 우점도는 2011년 0.487에서 2017년 0.481로 감소하였다. 한라산국립공원을 대상으로 구상나무림의 종다양도를 산출한 기존 연구 결과(Yim and Lee, 1991)는 출현종 4종, 종다양도 0.170, 우점도 0.826으로 이번 결과와 차이가 크게 나타났는데, 이는 기존 연구의 조사지 선정은 구상나무림 내 10 m × 10 m 크기의 방형구를 여럿 설정하여 많은 종이 나타나지 않은 것과 영실 지역 외의 관음사 지역, 성판악 지역, 어승생 지역, 돈네코 지역 등 여러 지역의 구상나무림을 대상으로 한 결과 때문인 것으로 판단되었다.

Table 1. Comparing importance value between 2011 year and 2017 year in study site.

Species	RC*		RD*		RF*		IV*	
	2011	2017	2011	2017	2011	2017	2011	2017
<i>Abies koreana</i>	70.5	69.3	49.9	45.6	17.3	15.7	45.9	43.5
<i>Prunus maximowiczii</i>	9.1	10.2	22.0	21.5	18.0	16.3	16.4	16.0
<i>Taxus cuspidata</i>	7.5	8.1	13.9	18.6	18.0	16.3	13.1	14.4
<i>Quercus mongolica</i>	11.0	10.3	9.4	8.7	15.8	15.0	12.0	11.3
<i>Betula ermanii</i>	1.1	1.0	0.9	0.9	7.2	5.9	3.1	2.6
<i>Pourthiaea villosa</i>	0.3	0.2	1.3	0.7	5.8	3.9	2.4	1.6
<i>Symplocos chinensis</i> f. <i>pilosa</i>	0.2	0.3	0.6	1.1	3.6	5.2	1.4	2.2
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		0.1		0.7		4.6		1.8
<i>Weigela subsessilis</i>	0.1	0.1	0.7	0.8	3.6	4.6	1.4	1.8
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	0.0	0.0	0.2	0.5	1.4	3.9	0.6	1.5
<i>Sorbus commixta</i>	0.1	0.2	0.5	0.5	2.2	2.0	0.9	0.9
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	2.2	2.0	0.8	0.7
<i>Euonymus hamiltonianus</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	1.4	1.3	0.5	0.5
<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	0.0	0.0	0.2	0.1	1.4	0.7	0.5	0.2
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.0	0.0	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.3
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.3
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	0.0	0.0	0.1	0.1	0.7	0.7	0.3	0.2
<i>Viburnum carlesii</i>		0.0		0.1		0.7		0.2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

RC\* : Relative coverage, RD\* : Relative density, RF\* : Relative frequency, IV\* : Importance vlaue

**Table 2. Comparing species diversity indices between 2011 year and 2017 year.**

Year	H'	Hmax'	J'	1-J'
2011	1.422	2.773	0.513	0.487
2017	1.502	2.890	0.519	0.481

## 감사의 글

본 연구는 국립생태원 연구 과제(“생태계 기후변화 조사 연구”)의 지원으로 수행되었기에 감사드립니다

## References

- Barbour, M.G., Burk, J.H. and Pitts, W.D. 1987. Terrestrial plant ecology 2nd Ed. The Benjamin Cummings Publishing Co. Menlo Park. pp. 604.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. Iowa, U.S.A. pp. 596.
- Cho, S.H., Park, J.Y., Park, J.H., Lee, Y.G., Mun, L.M., Kang, S.H., Kim, G.H. and Yun, J.G. 2015. A study for continue and decline of *Abies koreana* forest using species distribution model. Journal of Korean Society of Forest Science 104(3): 360-367.
- Curtis, J.T. and McIntosh, R.P. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.
- Ford, E.D. 1975. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. Journal of Ecology 63(1): 311-333.
- Harcombe, P.A. and Marks, P.H. 1978. Tree diameter distribution and replacement processes in southern Texas forest. Forest Science 24: 153-166.
- Herlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity; a critique and alternative parameters. Ecology 52: 577-586.
- Hong, S.C., Byen, S.H. and Kim, S.S. 1987. Colored illustrations of trees and shrubs in Korea. Gyemyangsa. Korea. pp. 310.
- Hong, S.C. and Lee, Y.W. 1995. Ecological studies on the vegetational characteristics of the *Abies koreana* forest. Journal of Korean Society of Forest Science 84(2): 247-257.
- Hong, S.G., Kim, J.J. and Cho, H.K. 2008. Studies on natural regeneration of *Abies koreana*. Journal of National Academy of Sciences, Republic of Korea 47(1): 71-84.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate change 2007: mitigation of climate change. pp. 863. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York.
- Jang, R.H., Cho, K.T. and You, Y.H. 2014. Annual biomass production and amount of organic carbon in *Abies koreana* forest of subalpine zone at Mt. Halla. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 28(6): 627-633.
- Kang, S.J., Kwak, A.K. and Kikuchi, Takao. 1997. A phytosociological description of the *Abies koreana* forest on Mt. Halla in Cheju island, Korea. Journal of Ecology and Environment 20(4): 293-298.
- Kang, T.J. 2006. Climate characteristics of protection area in Mt. Hallasan. pp. 33-42. Jeju Special Self-Governing Province World Heritage Center.
- Kim, C.H., Jo, M.G., Kim, J.K., Choi, M.S., Chung, J.M., Kim, J.H. and Moon, H.S. 2012. Vegetation change and growing characteristics of *Abies koreana* population by altitude in Georim valley of Mt. Jiri. Journal of Agriculture and Life Science 46(1): 1-8.
- Kim, E.S. 1994. Decline of tree growth and the changes of environmental factors on high altitude mountains. National Research Foundation, Korea. pp. 88.
- Kim, E.S., Oh, C.H., Park, H.C., Lee, S.H., Choi, J.H., Lee, S.H., Cho, H.B., Lim, W.T., Kim, H.J. and Yoon, Y.K. 2016. Disturbed regeneration of saplings of Korean fir(*Abies koreana* Wilson), an endemic tree species, in Hallasan national park, a UNESCO biosphere reserve, Jeju island, Korea. Journal of Marine and Island Culture 5: 68-78.
- Kim, G.T., Choo, G.C. and Baek, G.J. 1998. Studies on the structure of forest community in subalpine zone of Mt. Halla - *Abies koreana* forest-. Journal of Korean Society of Forest Science 87(3): 366-371.
- Kim, G.T. and Choo, G.C. 2000. Comparison of growth condition of *Abies koreana* Wilson by districts. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 14(1): 80-87.
- Kim, G.T., Choo, G.C. and Koh, J.G. 2001. Experimental planting of the seedling for the restoration of *Abies koreana* forest in Hallasan. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 15(3): 207-212.
- Kim, G.T., Choo, G.C. and Um, T.W. 2007. Studies on the structure of *Abies koreana* community at subalpine zone in Hallasan. Journal of Korean Society of Environment and Ecology 21(2): 161-167.
- Kim, I.S. and Hyun, J.O. 2000. Genetic diversity of *Abies koreana* Wilson based on RAPD analysis. Journal of Korean Society of Breeding Science 32(1): 12-18.
- Kim, J.K., Koh, J.G., Yim, H.T. and Kim, D.S. 2017. Changes of spatial distribution of Korean fir forest in Mt. Hallasan for the past 10 years(2006, 2015). Journal of Korean Society of Environment and Ecology 31(6): 549-556.

- Kim, M.H. 1986. Phytosociological study on the coniferous forests of subalpine zone, Korea. *Journal of Science Education* 3: 25-36.
- Korea Meteorological Administration. 2012. The Korea climate change prospect report. 151pp.
- Kong, W.S. 2006. Biogeography of native Korean *Pinaceae*. *Journal of the Korean Geographical Society* 41(1): 73-93.
- Koh, J.G., Kim, D.S., Koh, S.C. and Kim, M.H. 1996. Dynamics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla. *Journal of Cheju Studies* 13: 223-241.
- Koo, K.A., Park, W.K. and Kong, W.S. 2001. Dendrochronological analysis of *Abies koreana* W. at Mt. Halla, Korea: effects of climate change on the growths. *Journal of Ecology and Environment* 24(5): 281-288.
- Korea Meteorological Administration. 2013. Annual report of automatic weather station data. 25pp.
- 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>.
- Krebs, C.J. 1985. *Ecology*. 3rd Ed. Harper & Low, New York. pp. 800.
- Kwon, Y.H. and Choi, H.G. 2009. The impact of climate on the ecosystem : the case of wetland plants. pp. 15-19. Korea Environment Institute. Korea.
- Lee, C.B. 1970. *Abies koreana* and its new forms discovered. *Journal of Korean Society of Forest Science* 10(1): 5-6.
- Lee, H.W. 2005. A research for establishment of the basic plan for wildlife protection. pp. 368. Korea Environment Institute. Korea.
- Lee, J.H., Cho, H.J., Lee, B.C., Oh, S.H. and Bae, K.H. 2007. Forest vegetation types and growth characteristics of Seonginbong in Ulleung Island, Korea. *Journal of Korean Agricultural and Forest Meteorology* 9(1): 37-48.
- Lee, S.C., Choi, S.H., Kang, H.M., Cho, H.S. and Cho, J.W. 2010. The change and structure of altitudinal vegetation on the east side of Hallasan national park. *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 24(1): 26-36.
- Lee, T.B. 2003. *Coloured flora of Korea*. Hyangmunsa. Korea. pp. 999.
- Lim, B.S. 2004. Pilot projects for national long-term ecological research: protocols and guidelines. Ministry of Environment, Korea. pp. 404.
- Ministry of Environment. 2009. National long term ecological research project. National Institute of Environmental Research, Korea. pp. 1,855.
- Mohler, C.L., Marks, P.L. and Sprugel, D.G. 1978. Stand structure and allometry of tree during self-thinning of pure stands. *Journal of Ecology* 66(2): 599-614.
- Moon, H.S. 2001. Studies on the forest vegetation structure in subalpine zone of Mt. Deokyu national park. *Journal of Agriculture and Life Science* 35: 47-54.
- National Institute of Meteorological Research. 2007. The application of regional climate change scenario for the national climate change report(III). Korea Meteorological Administration. 559pp.
- Oh, K.K., Kim, Y.S., Oh, J.G. and Ki, Y.B. 2008. Dynamics of forest community structure at the valley of Piagol and Daeseonggol in the Jirisan national park( I ). *Journal of Korean Society of Environment and Ecology* 22(5): 514-520.
- Oh, S.J., Koh, J.G., Kim, E.S., Oh, M.Y. and Koh, S.C. 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.
- Park, J.H., Choi, E.B., Kim, Y.J., Seo, J.W. and Park, H.C. 2018. The associations of the cambial activities of *Abies koreana* and *Taxus cuspidata* in different diameter classes at the height of breast in the subalpine zone of Mt. Dukyou with the degree-days. *Journal of Korean Wood Science and Technology* 2018(2): 12-12.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sim, M.Y., Eo, J.K. and Eom, A.H. 2009. Diversity of Ectomycorrhizal fungi of *Abies koreana* at Mt. Halla. *Journal of Korean Society of Mycology* 37(2): 134-138.
- Son, Y.W. 1997. Long-term ecological research: importance and approaches. *Natural Resources Research* 5: 29-42.
- Song, H.K., Lee, M.J., Lee, S., Lee, H.J., Kim, Y., Ji, U. and Kwon, O.W. 2003. Vegetation structures and ecological niche of *Quercus mongolica* forest. *Journal of Korean Society of Forest Science* 92(4): 409-420.
- Song, J.S. 1991. Review of phytosociological vegetation units of *Abies koreana* forest on Mt. Halla. *Journal of Korean Society of Plant Biologists* 34(4): 341-347.
- Song, K.M. 2011. Vegetation structure and dynamics of *Abies koreana* forests on Mt. Halla. Ph. D. Dissertation, Univ. of Jeju National, Jeju-do, Korea. 97pp.
- Song, K.M., Kang, Y.J. and Hyeon, H.J. 2014. Vegetation structure at the slope direction and characteristic of seedling of *Abies koreana* in Hallasan mountain. *Journal of Environmental Science International* 23(1): 39-46.
- Song, K.M. and Kang, Y.J. 2016. A study on the vegetation structure of *Abies koreana* forest in Youngsil area of Hallasan mountain. *Journal of Environmental Science International* 25(1): 57-65.
- Song, K.M., Kim, C.S., Koh, J.G., Kang, C.H. and Kim, M.H. 2010a. Vegetation structure and distributional characteristics of *Abies koreana* forests in Mt. Halla. *Journal of Environmental*



- Science 19(4): 415-425.
- Song, K.M., Kim, C.S., Koh, J.G. and Kim, M.H. 2010b. Composition and structure of *Abies koreana* forest of the national long-term ecological research sites of Youngsil in Mt. Halla. Journal of The Plant Resources Society of Korea 2010: 46-46.
- Yim, Y.J. and Lee, J.H. 1991. On the dominance-diversity in the forest vegetation of Mt. Halla national park. Journal of Ecology and Environment 14(3): 257-271.
- Yoon, K.H., Kong, W.S. 2011. Distribution and climate factors of *Picea jezoensis* in the Korean peninsula. Journal of the Korean Geographical Society 2011: 68-71.
- Yun, C.W. 2016. Field guide to trees and shrubs. Geobook, Korea, pp. 703.
- 
- Manuscript Received : October 5, 2018  
First Revision : December 14, 2018  
Accepted : February 15, 2019