

한라산 소나무림의 분포와 변화

송국만* · 김찬수¹⁾ · 문명옥 · 김문홍

제주대학교 생물학과, ¹⁾국립산림과학원 난대산림연구소
(2011년 8월 24일 접수; 2011년 11월 10일 수정; 2011년 12월 22일 채택)

A Change and Distribution in *Pinus densiflora* Forest of Mt. Hallasan

Kuk-Man Song*, Chan-Soo Kim¹⁾, Myong-Ok Moon, Moon-Hong Kim

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

¹⁾Warm-Temperate Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jeju 697-050, Korea

(Manuscript received 24 August, 2011; revised 10 November, 2011; accepted 22 December, 2011)

Abstract

This study was carried out to investigate the distribution and their change of *Pinus densiflora* forests by climate change in Mt. Hallasan. The results showed that the areas of *P. densiflora* forests of Mt. Hallasan varied by region, with a total area of 1,324.3 ha, concentrated mostly in the region 1,000 m - 1,400 m above sea level. The temperate coniferous forest zone are distributed in the upper part of temperate forest zone composed of deciduous broad-leaved trees. Most of the *P. densiflora* forests in the lower parts were found not to be spreading because they are located close to the deciduous broad-leaved trees. However, the *P. densiflora* forests in the Sajebi and Pyeonggwae regions composed of the grasslands and shrub forests were found to be spreading. In addition, the altitude of the *P. densiflora* forests distribution increased by about 50 m and 90 m in the Sajebi and Pyeonggwae regions, respectively. The spread rate is expected to become faster than in the past due to the rate of climate change. The structure of the vegetation in Mt. Hallasan and the changes in the vegetation due to various factors need to be investigated from a long-term point of view.

Key Words : *Pinus densiflora*, Distribution, Hallasan, Temperate coniferous forest zone

1. 서론

한반도에 자생하는 침엽수 중에서 소나무속(*Pinus*) 식물은 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.)를 비롯해 잣나무, 섬잣나무, 눈잣나무, 곰솔 등 총 5 분류군이 분포한다(공, 2004). 소나무는 우리나라의 국민성을 대표할 뿐만 아니라, 일상 생활이나 문화와 역

사적 관점에서 매우 중요한 요소로 인식되고 있다(이, 2006; 허, 2004). 소나무는 한반도를 중심으로 중국의 만주의 동남부와 산둥 반도의 일부와 일본의 혼슈와 큐슈, 홋카이도의 남단지역에 만 분포하고 있으며, 한반도에서는 해발고도가 약 1,250 m 이하에서만 분포한다(공, 2005; Critchfield와 Little, 1966; Toyohara, 1973, 1984).

우리나라의 산림 중에서 소나무가 포함된 침엽수림 면적은 전체 산림면적의 약 41.9%에 해당한다(통계청, 2009). 이중 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 것이 소나무림이다(공, 2004; 이, 1986; 이와 이, 1989).

*Corresponding author : Kuk-Man Song, Department of Biology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
Phone: +82-64-754-3525
E-mail: kukman@empas.com

제주도의 경우 곰솔림과 침엽수 조림지, 한라산의 소나무림과 구상나무림을 포함하여 23,967 ha의 침엽수림이 분포하며, 도내 산림 면적의 약 36.9%를 차지하고 있다(통계청, 2009).

소나무의 분포에 대한 연구는 식물사회학적 연구와 일부 소나무과 식물의 분포연구를 통해 일부 언급되고 있지만(김 등, 1981; 이와 이, 1989; 전, 2001; 전 등, 2007), 해발고도에 따른 식물 분포 범위가 뚜렷한 한라산(엄, 1962; 이 등, 1993; 차, 1969)에서 소나무림의 분포에 관한 연구는 미비한 실정이다. 또한 한라산의 식생 조사를 통한 소나무림 분포를 정과 이(1965)는 1,200 m ~ 1,800 m, 신 등(1982)은 650 m ~ 1,450 m, 엄(1962)은 1,100 m ~ 1,800 m, 차(1969)는 1,200 m ~ 1,700 m 구간에 분포하는 것으로 보고하였다. 또한 이 등(1993)은 한라산 성판악을 제외한 어리목, 영실, 돈내코 지역의 등반로를 중심으로 8.3%가 소나무 군집이 분포하고 있는 것으로 보고하였다. 따라서, 본 연구는 한라산 소나무림의 분포와 면적을 밝히고, 분포의 변화가 가장 활발히 일어나고 있는 일부 지역의 변화를 조사하여 한라산 고산 지역의 식생연구를 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

제주도 지역의 침엽수림은 저지대 산발적으로 분포하고 있는 곰솔림과 편백, 삼나무 등의 조림지가 대부분이며, 한라산 고지대의 구상나무림과 중산간 지역 이상에 분포하고 있는 낙엽활엽수림과 구상나무림 사이에 분포하고 있는 소나무림이 백록담을 중심으로 각 사면에 분포하고 있다(김 등, 1982). 한라산 600 m 이상의 중산간 지역은 온대 기후대가 분포하고 있으며, 한라산 고지대 지역은 아고산 기후대가 나타난다(공, 1998; 차, 1969). 한라산 소나무림은 온대지역에 대부분 분포하고 있지만 구상나무림과 관목림과 고산 초지대가 분포하고 있는 한라산 아고산 지역까지 분포 면적이 확대되고 있다(엄, 1962; 차, 1969).

2.2. 분석 방법

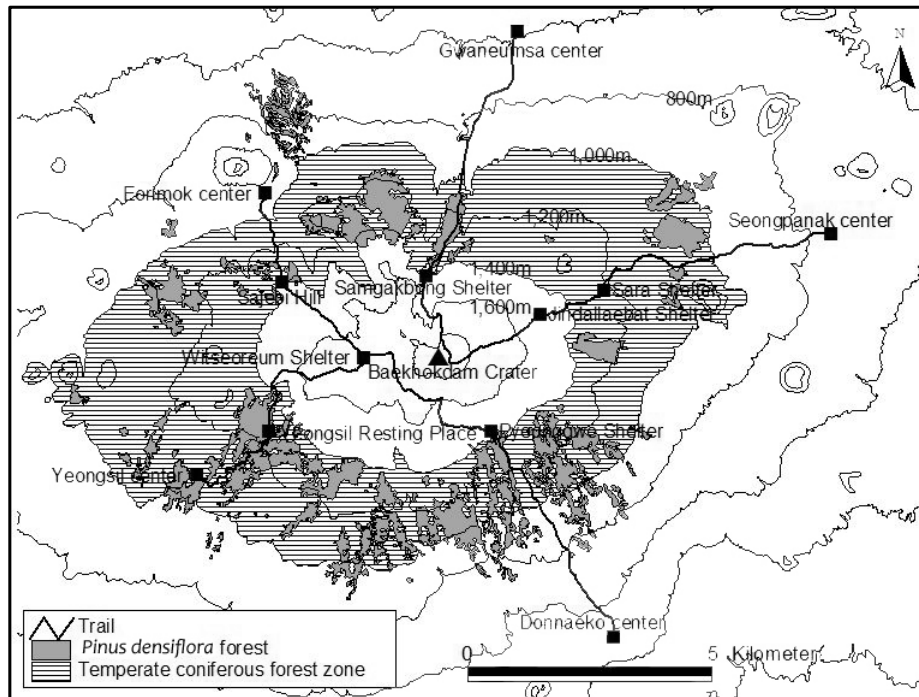
한라산 소나무림의 분포 조사를 위해 국립지리원

의 수치지형도를 이용해 2009년 2월과 9월에 촬영된 항공영상을 정사보정 하였다. 일반적인 1/25,000 지형도를 이용한 공공측량 평면 정확도가 17.5m(건설교통부고시 제2002-177호에 제시된 정확도)인 점을 감안하고, 1/5,000의 수치지형도를 이용해 정사보정 된 본 영상은 약 4m 미만의 RMSE_{xy} 값을 가지고 있고, 사용된 항공사진의 해상도가 1m의 해상도를 갖는 IKONOS 위성영상 일부(국립산림과학원)와 25cm의 해상도를 갖는 항공영상(지자체)과 해상도 1800dpi, 촬영축척 1/37,500의 고해상도 다시기 영상(국립지리원)을 활용함으로써 보다 정확한 경계를 추출하였다. Arcview GIS 3.2a(ESRI Inc.)를 이용해 육안 분석을 실시하였으며, 분포도를 작성하여 각각의 면적을 산출하였다. 소나무림의 분포 변화는 국립지리원의 항공사진을 이용하였으며, 약 40년 동안의 식생변화를 확인하기 위해 1967년의 항공사진을 이용하여 과거와 현재의 소나무림 분포 변화를 비교하였다. 일반적인 낙엽활엽수림 지역에 분포하고 있는 침엽수는 겨울철에도 잎을 가지고 있기 때문에 계절에 따른 영상을 육안 분석을 위한 RGB432 조합을 이용하면 경계를 쉽게 추출할 수 있다(이 등, 2004). 한라산의 소나무림은 대부분 낙엽활엽수림과 경계를 이루고 있어 오랫동안 수림의 경계가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 변화 조사는 현장 조사와 분포 조사 결과를 바탕으로 소나무림 확산 가능성이 높은 지역을 대상으로 1967년과 2008년의 항공영상을 이용해 분포 면적 변화를 산출하고 그 특징을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 한라산 소나무림의 분포

한라산 소나무림의 면적은 전체 1,324.3 ha가 분포한다(Fig. 1). 백록담을 중심으로 각 지역별로 지형적인 특징과 지리적 격리로 인해 독립된 소나무 군락을 형성하고 있으며, 각 소나무 분포지역의 지형 특성도 각각 다양한 특성을 보이고 있다. 백록담을 중심으로 동쪽의 성판악 지역, 북쪽의 개미등 지역, 서쪽의 천백도로 지역, 남서쪽의 영실 지역, 남동쪽의 돈내코 지역, 가장 해발고도가 낮은 어승생악 동쪽의 아흔아홉골 지역으로 크게 구분할 수 있다(Table 1).

Fig. 1. Distribution of *Pinus densiflora* forests on Mt. Halla.Table 1. Geographical characteristic and area of *Pinus densiflora* forests on each region

Region	Area(ha)	Geographical characteristic	Range of altitude(m)
Seongpanak	148.7	Development on a slope, Very low of inclination angle	960 - 1,380
Gaemideung	213.4	Development on a slope, Very high of inclination angle	1,080 - 1,500
1,100-Road	111.3	A gentle inclination angle, Lie scattered <i>Pinus densiflora</i> forests	860 - 1,430
Yeongsil	314.9	A varied geography, A varied vegetation structure	880 - 1,470
Donnaeko	472.7	A well-developed on valley, A gentle inclination angle,	700 - 1,450
99-Valley	63.3	A well-developed on valley, Very high of inclination angle	640 - 1,100
Total	1,324.3		

성판악 지역은 148.7 ha의 소나무림이 분포한다. 이 지역은 경사도가 비교적 편평하고, 산림의 경계 지역은 모두 낙엽활엽수림과 접해 있고 산림의 경계 구분이 매우 뚜렷하게 나타난다. 개미등 지역은 213.4 ha의 소나무림이 분포한다. 탐라계곡과 Y계곡의 능선 지역과 큰두레왓 지역에 분포하고 있으며, 경사도가 높은 오름 사면에 분포하고 있다. 해발고도 약 1,500 m의 일부 지역은 구상나무림과 혼재되어 분포하기 때문에 현장 조사를 통한 경계 구분이 이루어졌다. 천백

도로 지역은 111.3 ha가 분포한다. 이 지역은 천백고지 휴게소 북쪽에 위치하고 있으며, 도로를 중심으로 동쪽과 서쪽으로 작은 규모의 군락들이 산재되어 분포하고 있다. 대부분 지역이 편평한 지형 특성을 보이고 있으며, 주변에 삼나무 등의 조림지역과 대부분 낙엽활엽수림이 접해 있다. 영실 지역은 314.9 ha가 분포한다. 영실 매표소와 대피소의 등반로를 중심으로 넓은 면적에 산재되어 분포하고 있고 경사도가 비교적 높고 경계 지역 대부분이 낙엽활엽수림과 접해있

으며, 식생 구조가 다양한 군락이 등반로 주변에 분포하고 있다. 돈내코 지역은 돈내코 등반로를 중심으로 동쪽과 서쪽에 넓은 지역에 472.7 ha가 분포한다. 이 지역은 남북으로 하천이 비교적 다양하게 발달되어 있어 하천과 하천 사이의 능선부에 선형으로 분포하고 있다. 북쪽을 제외하고 낙엽활엽수림과 경계를 이루고 있으며, 북쪽은 산철쭉, 털진달래, 시로미 등의 우점하고 있는 관목림과 제주조릿대가 우점하는 초지대와 경계를 이루고 있다. 아흔아홉골 지역은 해발고도가 가장 낮은 지역에 분포하고 있으며, 63.3 ha가 분포한다. 이 지역은 좁은 지역에 계곡 지형이 매우 잘 발달되어 있고 매우 좁은 능선의 정상부에만 분포하고 있다.

제주도에 산림면적의 36.9%를 차지하고 있는 침엽수림은 저지대의 곰솔림과 중산간 이상의 삼나무, 편백 조림지가 대부분을 차지하고 있다(통계청, 2009). 또한 한라산 1,300 m 이상에서 분포하고 있는 구상나무림과 한라산국립공원 내에 분포하고 있는 소나무림으로 구분할 수 있다.

소나무림은 제주도 침엽수림의 약 5.5%로 비교적 적은 비중을 차지하고 있다. 하지만 소나무림이 주로 분포하고 있는 해발고도 약 1,000 m에서 1,400 m 구간에서 소나무림은 전체 소나무림의 82.7%를 차지하고 있으며, 해당 구간 면적의 약 16.5%를 차지하고 있다. 소나무림 대부분이 낙엽활엽수림과 경계를 이루고 있어 면적 확대가 이루어지지 않고 있으며, 우리나라 중부지방의 소나무림에 비해 서어나무, 팽팍나무, 제주조릿대의 피도가 매우 높게 나타나는 것이 특징이다. 하층에 발달한 서어나무에 의해 천이가 진행되면 대부분 소나무림은 서어나무 군락으로 변하게 될 것으로 판단된다(김 등, 1982; 이 등, 1992; 전, 2001). 또한 김 등(1982)은 소나무림의 분포중심을 해발 1,200 m에 있는 것으로 보고하였으며, 공(2004)은 한

반도의 소나무림 분포를 해발고도 1,250 m 이하에 분포하는 것으로 보고하였다. 하지만 한라산의 소나무림은 한반도의 가장 저위도 지역임에도 불구하고 가장 높은 해발고도에 분포하고 있는 것으로 조사되었다.

植木(1933), 김(1991), 차(1969)의 수직분포에 의해 식생대 구분 결과 소나무림이 분포하고 있는 구간은 낙엽활엽수림 지역으로서 개서어나무, 졸참나무 등의 온대림지역이다. 또한 엄(1962)은 한라산의 기후대를 난대, 온대, 아한대로 구분하면서 온대기후대를 낙엽활엽수림대로서 해발 600 m에서부터 1,450 m까지 구분하였다. 하지만 한라산 정상부에 가까워질수록 소나무가 자라기 어려운 계곡 지형이 상대적으로 많이 나타나고 있어 이를 감안하면 이 구간에서 소나무림의 분포는 식생대를 구분하는데 있어 주요한 역할을 하게 될 것이다. 따라서 한반도 온대림의 대표종인 소나무가 백록담을 중심으로 각 사면에서 분포가 확인되고 있는 것으로 보아 낙엽활엽수림과 함께 소나무가 우점하는 온대침엽수림대(Temperate coniferous forest zone)가 분포(Fig. 1)하고 있다.

소나무림이 분포하고 있는 지역 중 대부분 낙엽활엽수림과 경계를 이루고 있기 때문에 오랫동안 소나무림 확산이 일어나지 않고 있다. 하지만, 소나무림 경계지역이 제주조릿대, 시로미, 눈향나무 등이 우점하고 있는 초지나 관목림이 형성된 사제비동산, 개미등, 평괴대피소 주면은 소나무림 확산 가능성이 매우 높을 것으로 추정되며, 관찰 결과 소나무의 치수가 높은 밀도로 발견되고 있는 것으로 조사되었다.

3.2. 한라산 소나무림의 확산과 미래

소나무림 확산 가능성이 매우 높은 지역중에서 1967년과 2009년의 소나무림 분포지역 변화의 수치가 매우 높은 개미등 지역, 사제비동산 지역, 평괴대피소 지역에서 소나무림의 분포 변화를 조사하였다(Table 2).

Table 2. Geographical characteristic on Gaemideung, Sajebi and Pyeonggwe

Region	Gaemideung	Sajebi	Pyeonggwe
Range of inclination angle(°)	10 - 20	0 - 30	10 - 20
Range of direction angle(°)	North - East	West - Northwest	South - Southwest
Range of altitude(m)	1,070 - 1,500	1,320 - 1,450	1,200 - 1,500

Table 3. A change of area(ha) on Gaemideung, Sajebi and Pyeonggwe

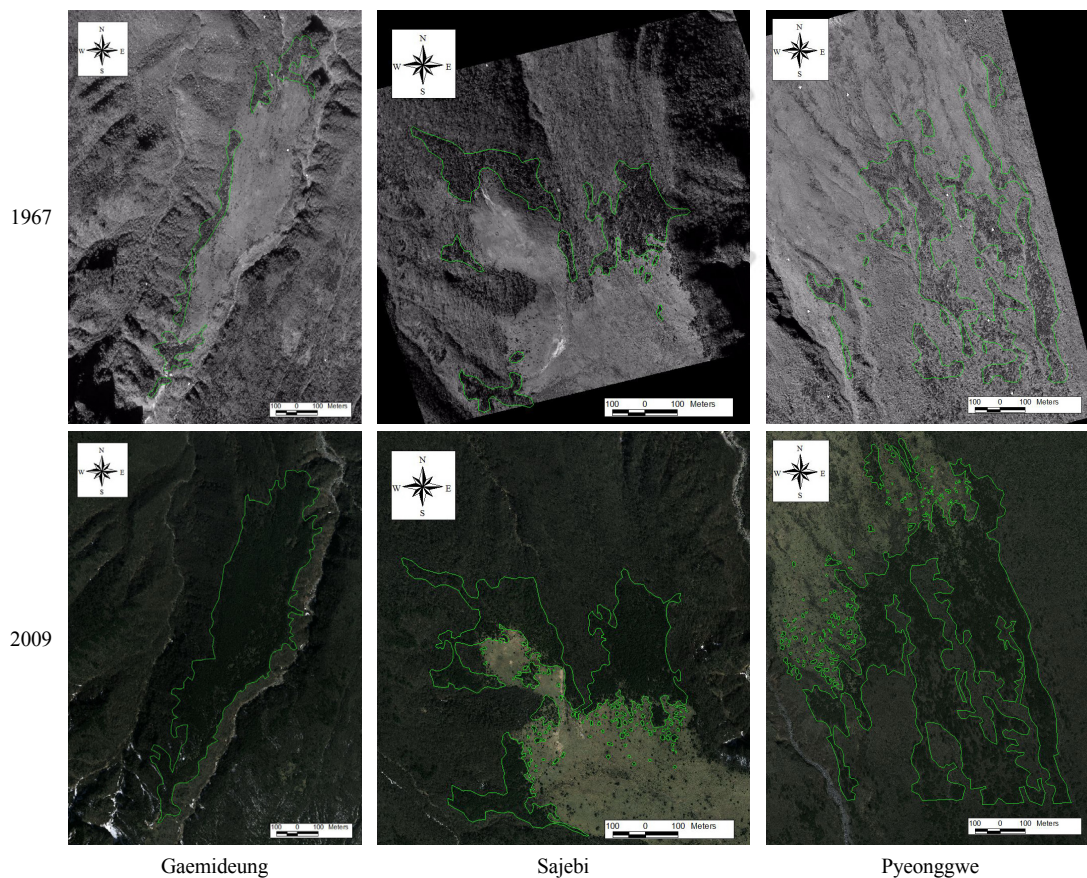
Year \ Region	Gaemideung	Sajebi	Pyeonggwe
1967	10.3	11.6	29.3
2009	44.3	19.9	56.4
Variation	33.0(430.0% ↑)	8.3(171.6% ↑)	27.1(192.5% ↑)

사제비 동산의 일부 지역을 제외하고 대부분 20° 미만의 경사도 분포를 보이고 있으며, 한라산 정상을 기준으로 각 지역의 위치에 따라 방위도 다양하게 나타나고 있다. 각 지역에서 최저와 최고 해발고도간의 차이는 개미등 지역에서 430 m, 사제비동산 지역은 130 m, 평괴대피소 지역은 300 m의 해발고도 차이를 보인다.

각 지역의 1967년과 2009년의 소나무림 분포 면적의 차이는 Table 3과 같다. 개미등 지역은 1967년에

비해 약 33.0 ha의 소나무림이 증가하였으며, 사제비 동산 지역은 8.3 ha, 평괴대피소 지역은 27.1 ha의 소나무림이 증가하였다.

1967년에 세 지역 모두 주변 지역에 소나무의 확산이 용이한 초지나 관목림 지역이 분포하고 있다(Fig 2). 개미등 지역은 해발고도가 가장 많이 나타나고 있지만, 가장 빠른 소나무림의 확산이 이루어졌다. 이 지역은 주변 큰두레왓 지역의 소나무림에 의해 종자산

**Fig. 2.** A change of *Pinus densiflora* forests by aerial photograph of 1967 and 2009 on each region.

포가 해발고도가 낮은 개미등 지역으로 급속히 확산된 것으로 판단된다. 하지만 주변 지역이 경사가 급한 계곡 사면으로 이루어져 있고 대부분 낙엽활엽수림 지역과 경계를 이루고 있기 때문에 소나무림의 확산은 더 이상 불가능 할 것으로 판단된다. 사제비동산 지역은 남쪽 방향의 고지대 지역의 제주조릿대가 우점하고 있는 지역으로 소나무림이 확산되고 있으며, 가장 느린 소나무림 확산 속도를 보이고 있다. 돈내코 지역은 북쪽 방향의 고지대 지역과 하천의 능선의 관목림 지역으로 소나무림이 확산되어 있으며, 비교적 편평한 경사도 분포를 보이고 있는 북쪽의 초지대 지역으로 빠르게 확산될 것으로 판단된다.

개미등 지역은 1967년에 계곡 능선부에 선형으로 소나무림이 분포하고 있었기 때문에 2009년 소나무림의 가장 높은 해발고도와는 차이가 없었으며, 사제비동산 지역은 어리목 등반로 지역을 중심으로 소나무림 분포지가 약 50 m가 상승하였고, 평괴대피소 지역은 돈내코 등반로 주변을 중심으로 약 90 m가 상승하여 분포한다(Table 4).

Table 4. A change of maximum altitude(m) by distribution of *Pinus densiflora* forests on Gaemideung, Sajebi and Pyeonggwae

Region	Gaemideung	Sajebi	Pyeonggwae
Year			
1967	1,490	1,390	1,400
2009	1,490	1,440	1,490
Variation	Non.	50 ↑	90 ↑

한라산 소나무림은 사제비동산과 평괴대피소 지역의 초지대와 관목림 지역에서 급속히 확산되고 있다. 최근 기후 변화의 속도가 증가와 함께 식생 변화의 속도도 급격히 진행될 것으로 판단된다. 기상청(2009)에 의하면 우리나라의 기온은 지난 100년간 약 1.5℃ 상승 하였으며, 21세기말의 한반도는 현재보다 기온은 4℃가 상승할 것으로 예측한다. 소나무림이 확산될 수 있는 공간이 확보된다면, 앞으로 소나무림은 더 빠른 확산 속도를 보이게 될 것이며, 초지대와 관목림이 형성되어 있는 한라산 고지대 지역은 소나무림의 확산될 가능성이 매우 높다.

4. 결 론

본 연구는 한라산 소나무림의 분포와 변화를 조사하여 기후 변화 연구의 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 조사결과, 한라산의 소나무림은 전체 1,324.3 ha가 분포하고 있으며, 주로 약 1,000 m부터 1,400 m의 구간에 집중 분포하고 있다. 한라산 해발고도에 의한 식생대 중에서 낙엽활엽수림이 형성되어 있는 온대림 지역의 고지대 지역은 온대침엽수림대가 분포하고 있다. 대부분의 소나무림은 낙엽활엽수림에 접해 있어 확산이 일어나고 있지 않지만, 사제비동산 지역과 평괴대피소 지역의 소나무림은 한라산 고지대의 초지와 관목림 지역으로 확산되고 있으며, 사제비동산 지역은 해발고도가 약 50 m, 평괴대피소 지역은 약 90 m의 소나무림 분포 해발고도가 증가하였다. 그 확산 속도는 기후 변화의 속도와 함께 과거보다 미래에 더 빠르게 진행될 것이다. 한라산 소나무림의 다양한 식생구조 연구와 다양한 요인에 의한 식생 변화연구의 장기적인 관점에서의 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 제주지역환경기술개발센터의 ‘기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반 구축 연구’의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 강상준, 1989, 한라산 구상나무 숲의 재생에 대하여. 대한민국학술원, 국제학술대회논문집, 17, 21-50.
- 공우석, 1998, 한라산 고산식물의 분포 특성, 대한지리학회지, 33(2), 191-208.
- 공우석, 2004, 한반도에 자생하는 침엽수의 종 구성과 분포, 대한지리학회지, 39(4), 528-543.
- 공우석, 2006, 한반도에 자생하는 소나무과 나무의 생물지리. 대한지리학회지, 41(1), 73-93.
- 기상청, 2009, 쉽게 이해하고 간편하게 활용하는 Climate Change Handbook, 기상청, 32-33.
- 김문홍, 신현구, 한갑준, 1982, 제주도 삼림식생의 식물사회학적 연구: 1. 소나무의 자연림에 대하여, 제주대학교 논문집, 14, 129-138.
- 김문홍, 1991, 제주도 식생의 식물사회학적 연구1-구실

- 잣밤나무와 후박나무의 자연림, 한국생태학회지, 14(1), 39-48.
- 김윤식, 고성철, 최병열, 1981, 한국식물의 분포도에 관한 연구 IV-소나무과의 분포도, 한국식물분류학회지, 11(1,2), 53-75.
- 신현구, 김문홍, 한갑준, 1982, 제주도 삼림식생의 식물 사회학적 연구(1. 소나무의 자연림에 대하여), 제주대학교 논문집, 14, 129-138.
- 엄규백, 1962, 송백류의 분포를 중심으로 하는 한라산의 수직분포대, 한국식물학회지, 5(2), 17-20.
- 이경재, 류창희, 최송현, 1993, 한라산 어리목, 영실, 돈대코 지역의 식물군집구조, 한국환경생태학회지, 6(1), 25-43.
- 이승호, 조현국, 최상일, 2004, 다시기 고해상도 위성영상을 이용한 임상구분(제주난대림을 중심으로), 2004 학술연구발표논문집, 한국임학회지, 2004(2), 67-69.
- 이영노, 1986, 한국의 송백류, 이화여자대학교 출판부, 341.
- 이우철, 이철환, 1989, 한국산 소나무림의 식물사회학적 연구, 한국생태학회지, 12(4), 257-284.
- 이정호, 2006, 한국의 소나무 문화, 한국환경사회연구지, 10(1), 226-233.
- 전영문, 이호준, Ichiroku Hayashi, 2007, 한국 소나무림의 군락분류와 군락지리, 한국환경생태학회지, 21(3), 257-277.
- 전영문, 2001, 한국 소나무림의 식물사회학적 연구, 박사학위논문, 건국대학교.
- 정태현, 이우철, 1965, 한국삼림식물대 및 적지적수론, 성균대학교 논문집, 10, 329-366.
- 차종환, 1969, 한라산 식물의 수직분포, 한국식물학회지, 12(4), 19-29.
- 통계청, 2009, 주제별 통계, <http://kosis.kr/nsikor/view/stat10.do>.
- 허 군, 2004, 우리 민속과 소나무, 우리 겨레의 삶과 소나무, 2004, 23-33.
- 植木秀幹, 1933, 朝鮮森林植物帶, 식물분류지리, 2(2), 73-85.
- Cooper, C. F., 1961, Pattern in ponderosa pine forests. Ecological Society of America, 42(3), 493-499.
- Critchfield, W. B., Little, E. L., 1966, Geographic distribution of the pines of the world, US Dept. Agri., Forest Serv. Micellaneous Publ. No. 991.
- Toyohara, G., 1973, Pine forests, In: Y. Sasaki (ed.), Seitaiagakukoza 4, Plant Sociology, Kyoritsu-shuppan, Tokyo, 48-53.
- Toyohara, G., 1984, A phytosociological study and a tentative draft on vegetation mapping of the secondary forests in Hiroshima Prefecture with special reference to pine forests, Journal of Science of the Hiroshima University, 19, 131-170.

КСІ