

# 최근 5년 동안 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화

고정균\*, 김대신, 고윤정, 김종갑  
제주특별자치도 세계유산·한라산연구원

## 요 약

본 연구는 장기생태연구를 위해 구축된 한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무림의 생태적 특성을 밝히기 위해 최근 5년 동안의 종 조성, 흉고직경 및 수고 계급의 빈도분포변화에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 19종이었으며, 상층에서는 소나무의 상대우점도가 90.9%로 월등히 높았고, 중층에서는 서어나무와 신갈나무의 상대우점도가 각각 19.3%, 19.2%로 높게 나타났다. 이러한 결과는 지난 5년 동안 종구성이나 종별 상대우점도에 있어 큰 변화는 없는 것으로 나타난 것이다. 이 지역에 출현하는 목본식물은 총 1,767본이며, 이 중 27.1%인 478본이 고사목으로 분포되었는데, 지난 5년 동안에 살아있는 나무는 141본이 감소한 반면 고사목은 218본이 증가한 것으로 분석되었다. 살아있는 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 519,640.5cm<sup>2</sup>로 분석되었는데, 5년 동안 1,012.3cm<sup>2</sup>가 증가하였다. 이는 살아있는 나무의 개체수는 감소되었지만 지속적인 흉고성장이 활발히 진행되고 있음을 의미한다. 그리고 출현수목의 흉고 직경은 5.1~10.0cm 범위에 있는 개체수가 전체의 21.6%를 차지하여 높게 나타났으며, 수고는 10.1~12.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 25.1%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였다. 이는 지난 5년 전과 비교할 때, 흉고직경급이 다소 높게 이동된 것을 제외하고는 유사한 분포경향을 보이는 것이다.

수목활력도는 71.9%가 수목들이 곧추서서 건강하게 자라는 유형(AS)을 보였지만, 지난 5년 동안 AS유형은 감소한 반면 기운형태로 자라는 유형, 쓰러져서 고사한 유형 및 본 가지가 부러졌지만 건강하게 자라는 유형이 증가된 것은 특이할 만 하다. 이와 같이 속밭일대 소나무림은 상층에는 소나무가 매우 발달하며, 중층에는 소나무뿐만 아니라 때죽나무, 층층나무 및 서어나무 등의 발달이 이루어지고 있어 산림 중층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다.

## 서론

식물군집의 동태변화를 연구하는 방법 중 하나가 장기생태연구(long term ecological research)인데, 이는 특정한 장소에 영구방형구를 설치하여 시간경과에 따른 변화를 장기간 관찰하여 결론을 내리는 연속관찰법이다. 이러한 특정군집이나 생물다양성 등이 높은 장소에서 이루어지는 장기생태연구는 환경변화에 대한 개체군, 군집 그리고 생태계의 상대적인 반응을 분석할 수 있게 한다. 나아가, 장기생태연구결과의 종합분석과 모델링 등은 지구의 환경변화에 대한 긍정적인 또는 부정적인 예측을 가능하게 한다. 현재까지 산림군집의 동태 변화의 원인과 기작에 대한 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 일반적이고 체계적이며 정확성을 갖춘 이론이 부재한 것은 세계적으로 장기생태 모니터링에 기초한 자료가 부족하기 때문이라 할 수 있다.

최근 세계적으로 다양한 장기생태연구가 이루어지고 있는데, 우리나라에서도 이러한 추세를 반영하여 북부, 중부 및 남부지역을 대표하여 점봉산, 월악산 및 지리산을 장기생태연구 장소로 지정하여 생태적 현상을 모니터링하고 있다(이창석 등, 2006; 조현제 등, 2006). 그리고 제주지역에서도 장기생태연구를 위한 기반구축이 이루어지고 있다(고정균 등, 2009; 고정균 등, 2010; 고정균 등, 2012).

소나무는 한반도 전역, 중국의 산둥반도 및 만주 그리고 일본 열도에 분포한다(Critchfield와 Little, 1966). 한라산에서 소나무는 해발 1,500m 이하의 산

록의 양지나 산복의 약간 건조한 지역에 분포하며, 해발 1,100~1,200m 부근에 높은 출현빈도를 나타낸다(임양제 등, 1993). 또한 소나무는 영실 해발 1,000~1,300m 부근과 관음사등산로 해발 1,200~1,300m 부근에서는 낙엽활엽수인 신갈나무, 서어나무, 졸참나무 등과 혼재하고 있으며 천이에 의한 산림이 발달하며 그 분포역은 감소할 가능성이 높은 것으로 알려져 있다(임양제 등, 1993).

한편 최근 제주지역에서는 한라산 고지대의 식생을 중심으로 다양한 식생 구조의 변화가 이루어질 것으로 예상되고 있다(고정균, 2007). 특히, 온대의 대표적인 침엽수인 소나무는 점차 고지대로 이동이 예상되고 있다. 이러한 변화는 지구온난화와 같은 환경변화에 의해 그 속도가 더욱 두드러질 것으로 예측되고 있다.

따라서 본 연구는 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 성판악등산로 속밭일대 소나무림 내 종 조성 및 흉고직경, 수고 계급의 빈도분포 등 생육상황에 대한 최근 5년 동안의 변화를 제공하고자 하였다.

## 조사지역 및 방법

### 1. 조사장소 및 조사구의 설치

한라산 소나무림 장기생태연구를 위한 조사구는 제주시 조천읍 성판악등산로 주변에 설치하였다(그림 1). 성판악등산로 속밭일대에 설치된 장기생태연구지는 N 33° 22' 28.3", E 126° 35' 17.3"에 위치하며, 해발고도 1,000m일대로 부분적으로 평지에서 10°까지 완만한 경사를 이루고 있다. 장기생태연구지는 1.0ha(100×100m) 크기로 설치한 후 400m<sup>2</sup>(20×20m) 크기의 방형구 25개를 각각 구분하였다.

### 2. 산림군집 조사 및 분석

산림군집 구조를 알아보기 위한 조사는 방형구법을 이용하였다. 각 방형구의 크기는 20×20m(400m<sup>2</sup>)로 하였다. 식생조사는 수목층위를 상층과 중층을 구분하여

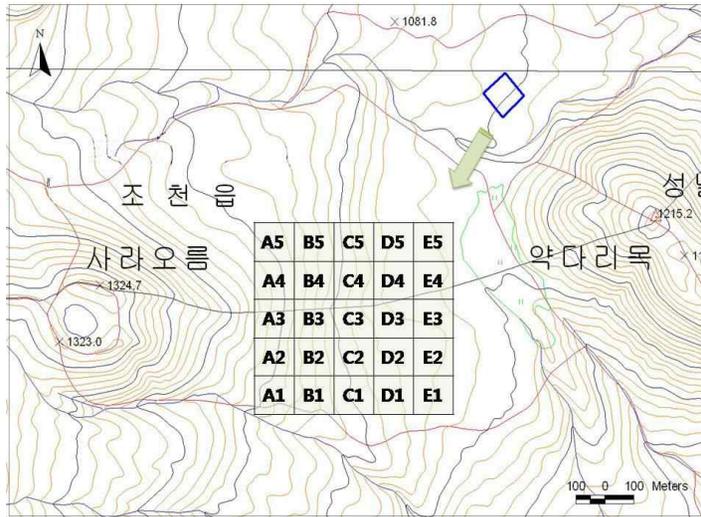


그림 1. 한라산 성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지 (□, 100×100m) 위치도  
A1~E5: 장기생태연구지내 방형구를 의미함

수종명, 흉고직경, 수고, 수관 폭을 2015년 4월에 조사하였다. 조사된 자료는 Curtis와 Mcintosh(1951)의 방법에 기초하여 상대우점도(Importance Percentage; IP)를 분석하였다. 즉, 상대밀도(Relative Density, %) = 어느 한 수종의 밀도/전체 수종의 밀도 × 100, 상대피도(Relative Coverage, %) = 어느 한 수종의 피도/전체 수종의 피도 × 100, 상대우점도(IP, %) = 상대밀도+상대피도/2로 계산하였다.

### 3. 목본식물의 동태조사

장기생태연구지내 목본식물에 대한 흉고직경은 직경 테이프를 이용하였으며, 수고는 측고기 등을 이용하여 측정하였다. 목본식물의 흉고직경은 지표면으로부터 약 1.5m을 기준으로 측정하였으며 1.0ha 영구방형구내에 출현하는 수목의 동태변화를 파악하기 위하여 흉고직경 2.0cm 이상의 모든 목본에 대하여 조사를 실시하였다. 흉고측정위치는 지난 2011년 조사와 동일하게 장기적인 모니터링을 위해 고유 번호표가 부착되었고, 이때 멍아로 발생하여 같은

뿌리를 갖는 여러 줄기가 있을 경우 가장 굵은 줄기를 선택한 위치에서 실시하였다. 또한 수관 폭은 개체별 동-서 및 남-북의 수관 폭을 측정하여 산출하였다. 목본들의 건강상태는 국가장기생태연구사업단(2005) 기준에 따라 구분하여 조사하였다.

조사결과를 이용한 수목의 밀도, 흉고단면적을 계산하였으며, 현존식생의 지속적인 유지 가능성 및 천이 경향을 예측하기 위하여 수종별 흉고직경 및 수고의 계급별 빈도 분포도를 작성하였다. 빈도 분포도의 흉고직경계급은 조사 대상 수목 중 가장 작은 개체와 큰 개체 사이의 직경을 5.0cm 간격으로 9개 계급으로 구분하였고, 수고는 2.0m 간격으로 8개 계급으로 구분하였다.

#### 4. 수목특성변화 분석

장기생태연구지내 수목특성변화는 지난 2011년 조사를 통해 얻어진 결과(고정균 등, 2012년)를 토대로 동일한 자료처리를 통해 비교 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산림군집구조

한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무(*Pinus densiflora*)림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 19종으로 나타났는데, 산림군집구조는 전체적으로 소나무의 상대우점도가 54.1%로 월등히 높게 나타났다(표 1). 그리고 신갈나무(*Quercus mongolica*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 층층나무(*Cornus controversa*), 때죽나무(*Styrax japonicus*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*) 순으로 상대우점도가 높게 나타났고, 이외의 수종은 상대우점도가 1.0% 이하로 임분의 종 구성에서 차지하는 밀도나 피도가 매우 낮았다. 그러나 이들 상대우점도는 전체 수목의 평균 수고를 고려하여 10.0m을 기준으로 상층과 중층으로 구분하면 층위에 따라 큰 차이를 보였다. 즉, 상층에서는 소나무의 상대우점도 90.9%로 대부분을 차지하였고, 이외 수종의 상대우점도는 신갈나무가 4.6%, 층층나무가 1.4%, 산벚나무가 1.0% 순으로 극히 낮게 나

타났다. 이에 반해 중층에서는 서어나무와 신갈나무가 각각 19.3%, 19.2%로 가장 높게 나타났으며, 때죽나무가 18.5%, 층층나무가 18.1%로 비교적 높은 상대우점도를 보였다. 그리고 소나무가 9.6%, 산벚나무가 6.0%, 비목나무가 2.0%, 단풍나무(*Acer palmatum*)와 팔배나무(*Aria alnifolia*)가 1.6% 순으로 나타났으며, 이외의 수종은 1.0% 이하로 낮게 나타났다.

표 1. 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 임분의 종 구성

수종	전체			상층			중층		
	RD <sup>1)</sup>	RC	IP	RD	RC	IP	RD	RC	IP
소나무	56.1	52.1	54.1	94.4	87.5	90.9	11.1	8.0	9.6
때죽나무	8.4	9.2	8.8	0.6	1.1	0.9	17.6	19.4	18.5
서어나무	10.1	8.1	9.1	0.3	0.9	0.6	21.6	17.1	19.3
신갈나무	9.3	13.1	11.2	2.2	7.0	4.6	17.7	20.7	19.2
층층나무	7.8	10.1	9.0	1.3	1.5	1.4	15.5	20.7	18.1
산벚나무	2.9	3.5	3.2	0.6	1.3	1.0	5.7	6.3	6.0
비목나무	1.2	1.0	1.1	0.4	0.4	0.4	2.2	1.8	2.0
단풍나무	1.0	0.4	0.7	-	-	-	2.2	1.0	1.6
팔배나무	0.9	0.7	0.8	0.1	0.1	0.1	1.9	1.4	1.6
솔비나무	0.4	0.3	0.3	-	-	-	0.8	0.6	0.7
산딸나무	0.3	0.5	0.4	-	-	-	0.7	1.0	0.8
마가목	0.3	0.3	0.3	-	-	-	0.7	0.7	0.7
노린재나무	0.4	0.3	0.3	-	-	-	0.9	0.7	0.8
고로쇠나무	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1
굴거리나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.1	0.1
주목	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.2	0.2
윤노리나무	0.2	0.0	0.1	-	-	-	0.5	0.1	0.3
합다리나무	0.1	0.0	0.1	-	-	-	0.1	0.0	0.1
아그배나무	0.2	0.1	0.2	-	-	-	0.3	0.2	0.3
소계	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>RD: 상대밀도(Relative Density, %), RC: 상대피도(Relative Coverage, %), IP: 상대우점도(Importance Percentage)

이들 결과를 2011년과 비교하면, 전체적으로 종 구성 및 상대우점도는 유사한 것으로 나타났다. 더욱이, 중층에서도 소나무의 상대우점도 7.3% 증가한 것으로 나타났는데, 이는 소나무림의 발달시기가 비교적 짧은 상황으로 상층 뿐만 아니라 중층에서도 소나무의 생장이 다른 수종에 비해 상대적으로 잘 이루어지는 것으로 판단된다.

## 2. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포

한라산 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 19종으로 전체 개체수는 1,767본으로 조사되었다(표 2). 이중 살아있는 개체목은 19종 1,289본으로 전체에 72.9%를 차지하였다. 이에 반해 고사된 개체수는 9종의 478본으로 전체 개체수의 27.1%로 나타났다. 이들 고사목은 당해연도에 고사된 개체뿐만 아니라 오래전부터 고사되어 장기생태연구지에 남아있는 모든 개체들을 확인한 결과이며, 2011년 조사에서 나타난 개체 중에 2015년 조사에서 확인이 안 된 204본을 포함한 것이다. 이들 결과는 2011년에 비해 생목은 141본이 감소하고, 고사목은 218본이 증가한 것이다.

표 2. 최근 7년 동안 성판악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

년도	출현종수			밀도(개체수/ha)			기저면적(cm <sup>2</sup> /ha)		
	계	생목	사목	계	생목	사목	계	생목	사목
2015	19	19	9	1,767 (100%)	1,289 (72.9%)	478 <sup>1)</sup> (27.1%)	561,973.7 (100%)	519,640.5 (92.5%)	42,333.2 (7.6%)
2011	19	19	9	1,690 (100%)	1,430 (84.6%)	260 (15.4%)	565,953.5 (100%)	518,628.2 (91.6%)	47,325.3 (8.4%)

<sup>1)</sup>2011년 조사된 수목 중 확인이 안 된 204본 포함

한편, 고사목을 포함한 모든 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 561,937.7cm<sup>2</sup>로 분석되었는데, 이중 살아있는 나무는 519,640.5cm<sup>2</sup>로서 전체의 92.5%를 차지한다. 이는 2011년에 비해 전체적으로 3,979.8cm<sup>2</sup>가 감소한 결과이

지만, 살아있는 나무를 기준으로 하면 증가한 결과이다. 이는 고사목의 증가로 인해 전체 살아있는 나무의 개체수는 감소하였지만 살아있는 나무의 지속적인 성장으로 인해 발생된 것으로 해석된다. 이들 지역의 수목밀도는 영실 소나무림의 1,086본에 비해 18.7% 정도 높은 것으로 나타났다(고정균 등, 2013). 이에 반해 살아있는 수목의 흉고를 기준으로 하는 기저면적은 영실 소나무림의 550,938.4cm<sup>2</sup> 보다는 31,297.9cm<sup>2</sup> 적게 나타났다. 이는 성관악등산로 속밭일대의 소나무림이 영실일대 소나무림 보다 숲의 형성기간이 상대적으로 짧은 것으로 해석할 수 있다.

### 3. 수목의 흉고 및 수고 직경급별 분포

한라산 성관악등산로 속밭일대 장기생태연구지 내에 출현하는 전체 수목 중 살아있는 1,289본의 수고 및 흉고직경을 기준으로 산포도를 작성하여 보면 다양한 수목의 수고가 지속적으로 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다(그림 2). 이 지역은 명확한 산림 층위구분은 이루어지지 않고 있으며, 다양한 수종의 성숙목과 어린나무들의 지속적인 성장 단계로 볼 수 있다.

성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 흉고는 전체적으로 20.1(±10.5)cm인데, 출현빈도가 높은 100본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 27.1cm로 높게 나타났으며 신갈나무가 13.2cm, 층층나무가 13.0cm, 때죽나무가 10.8cm, 서어나무가 8.3cm 순으로 나타났다(표 3). 이들 수종은 2011년에 비해 대부분 흉고직경이 성장된 것으로 소나무가 평균 1.4cm, 때죽나무가 1.2cm, 층층나무가 1.1cm, 서어나무가 0.9cm, 신갈나무가 0.2cm 순으로 증가한 것이다. 이 지역에서 흉고 직경급의 분포를 보면 흉고직경 5.1~10.0cm 범위에 있는 개체수가 전체의 21.6%를 차지하여 높게 나타났다. 다음으로 25.1~30.0cm, 20.1~25.0cm, 10.1~15.0cm, 30.1~35.0cm 범위에 있는 순으로 수목밀도가 높게 차지하는 경향을 보였다. 그러나 이러한 경향은 수종 간에는 많은 차이를 보였는데, 소나무는 20.1~30.0cm 범위의 개체수가 전체 소나무의 57.8%를 차지하여 가장 높은 출현빈도를 보였다. 더욱이, 소나무는 전체 출현 개체수의 98.1%가 10.0cm 이상 범위에 포함되고 있어 어린나무가 거의 출현하지 않는 것으로 판단된다. 이에 반해 때죽나무, 서어나무, 신갈나무, 층층

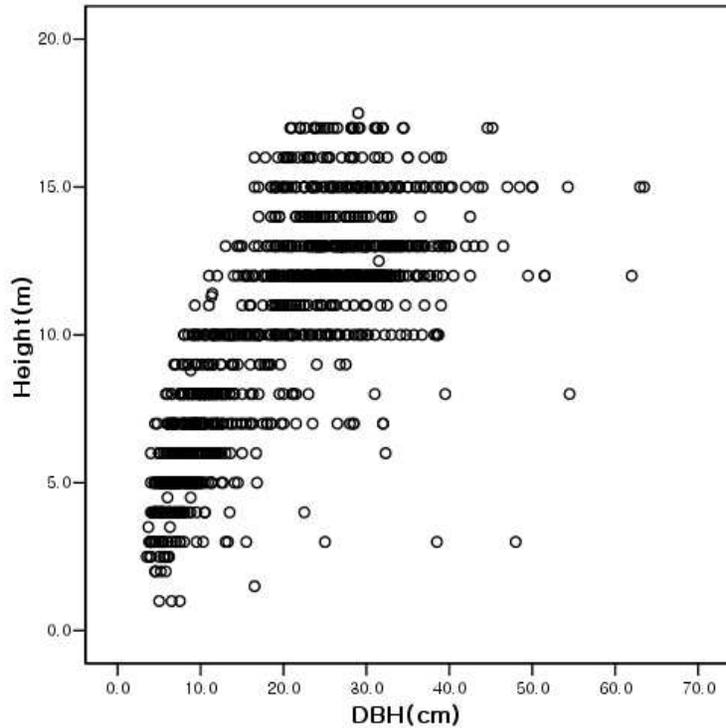


그림 2. 성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목의 개체별 수고 및 흉고의 분포도

나무 등 대부분의 활엽수종은 일부 개체만을 제외하고 흉고직경 20cm 이하의 범위에 대부분 포함하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 2011년과 비교할 때 대부분 수종별로 흉고 직경급의 상향으로 이동된 것으로 제외하고는 유사한 경향을 보였다.

성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 수고는 전체적으로 10.2(±3.7)m인데, 비교적 출현빈도가 높은 100본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 12.8m로 가장 높게 나타났으며 층층나무가 8.0m, 신갈나무가 7.3m, 때죽나무가 6.7m, 서어나무가 6.1m 순으로 나타났다(표 4). 2011년과 비교하면 대부분의 수종에서 평균 수고성장은 거의 이루어지지 않은 것으로 분석되었다. 이는 살아있는 나무 중에서 곧추서서 자라는

표 3. 성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 흉고직경급별 분포

수종	평균 흉고 (cm)	흉고 직경급(cm)									전체
		≤5.0	5.1 ~ 10.0	10.1 ~ 15.0	15.1 ~ 20.0	20.1 ~ 25.0	25.1 ~ 30.0	30.1 ~ 35.0	35.1 ~ 40.0	40.1 ≤	
소나무	27.1(±7.0)	1	4	9	84	200	218	134	50	23	723
때죽나무	10.8(±4.9)	8	50	32	14	3	1	-	-	-	108
서어나무	8.3(±5.7)	20	87	20	-	1	-	-	-	2	130
신갈나무	13.2(±9.2)	7	59	23	6	9	10	3	2	1	120
층층나무	13.0(±4.7)	1	28	43	23	4	2	-	-	-	101
산벚나무	12.4(±6.3)	2	16	11	2	7	-	-	-	-	38
비목나무	9.4(±2.8)	1	8	7	-	-	-	-	-	-	16
단풍나무	8.3(±2.7)	1	10	2	-	-	-	-	-	-	13
팔배나무	10.7(±7.4)	2	6	2	1	-	-	1	-	-	12
솔비나무	7.4(±3.0)	-	4	1	-	-	-	-	-	-	5
산딸나무	10.3(±4.6)	-	2	1	1	-	-	-	-	-	4
마가목	11.4(±3.0)	-	1	3	-	-	-	-	-	-	4
노린재나무	4.8(±0.8)	4	1	-	-	-	-	-	-	-	5
고로쇠나무	24.6(±28.4)	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
굴거리나무	8.5(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
주목	7.5(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
윤노리나무	4.4(±0.7)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
합다리나무	5.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
아그배나무	7.6(±0.6)	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
소계	20.1(±10.5)	52	278	154	131	224	231	138	52	27	1,289

나무의 상대밀도가 낮아졌고(그림 3 ; 고정균 등, 2012), 수고측정의 어려움으로 인한 일부 측정값의 오류에 의해 발생된 것으로 해석된다. 이 지역에서 출현수목의 수고급별 분포를 보면 수고 10.1~12.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 25.1%를 차지하여 가장 높은 분포비율을 보였으며, 다음으로 12.1~14.0m 범위의

표 4. 성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 수고급별 분포

수종	평균 수고 (m)	수고급(cm)								전체
		≤4.0	4.1 ~ 6.0	6.1 ~ 8.0	8.1 ~ 10.0	10.1 ~ 12.0	12.1 ~ 14.0	14.1 ~ 16.0	16.1 ≤	
소나무	12.8(±2.0)	5	4	8	49	295	208	123	31	723
매죽나무	6.7(±2.1)	16	32	42	14	4	-	-	-	108
서어나무	6.1(±2.1)	24	63	27	14	-	1	1	-	130
신갈나무	7.3(±3.0)	19	34	35	17	9	3	3	-	120
층층나무	8.0(±2.1)	5	24	29	34	8	1	-	-	101
산벚나무	7.0(±2.9)	9	10	4	11	4	-	-	-	38
비목나무	7.5(±3.0)	2	5	2	4	2	1	-	-	16
단풍나무	6.5(±2.5)	2	4	5	2	-	-	-	-	13
팔배나무	5.8(±2.7)	3	4	4	-	1	-	-	-	12
솔비나무	5.2(±1.6)	3	-	2	-	-	-	-	-	5
산딸나무	4.3(±1.0)	2	2	-	-	-	-	-	-	4
마가목	6.0(±2.5)	1	1	2	-	-	-	-	-	4
노린재나무	5.0(±2.1)	2	1	2	-	-	-	-	-	5
고로쇠나무	10.5(±9.2)	1	-	-	-	-	-	-	1	2
굴거리나무	4.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
주목	3.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
윤노리나무	2.5(±1.3)	3	-	-	-	-	-	-	-	3
합다리나무	6.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
아그배나무	3.5(±0.7)	2	-	-	-	-	-	-	-	2
소계	10.2(±3.7)	101	185	162	145	323	214	127	32	1,289

수목들은 16.6%를 차지하였다. 수종에 따라 수고급별 분포를 보면 흉고직경급의 분포양상과 유사한 경향을 보였는데, 10.0m 이상으로 상층을 형성하고 있는 수종은 소나무가 대부분을 차지하였으며, 신갈나무, 층층나무 및 산벚나무의 일부도 분포하였다. 소나무를 제외한 대부분의 출현수종은 10.0m 이하의 중층에 분포하는 것으로 나타났다.

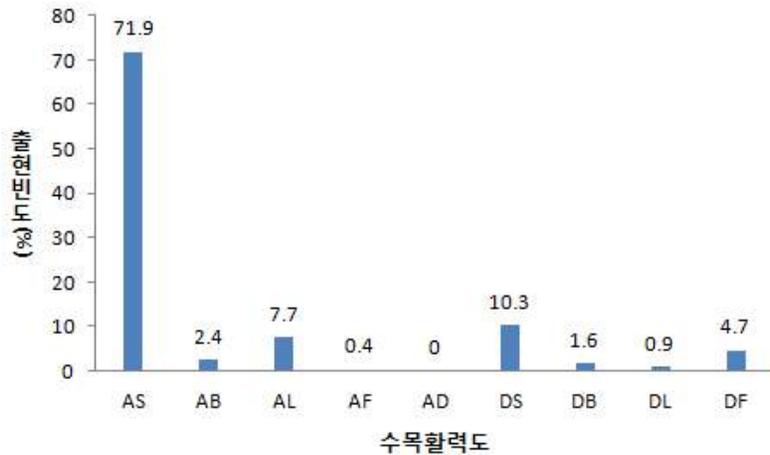


그림 3. 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목활력도의 출현빈도 비교  
**AS**(standing alive): 건강하고 곧추섬, **AB**(broken alive): 본 가지가 부러졌지만 건강함, **AL**(leaning alive): 기운형태로 자람, **AF**(fallen/prone alive): 쓰러져서 지표면에 붙어서 자람, **AD**(standing alive dead top): 정상부가 죽은 채 곧추서서 자람, **DS**(standing dead): 곧추선 채로 사망함, **DB**(broken dead): 본 줄기가 부러져서 사망함, **DL**(leaning dead): 기울어진 채로 사망함, **DF**(fallen/prone dead): 쓰러져서 사망함

#### 4. 수목활력도

성관악등산로 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 건강하게 곧추서서 자라는 AS(standing alive)형이 71.9%로 매우 높게 나타났다(그림 3). 그리고 곧추선 채로 고사된 DB(broken dead)형이 10.3%로 나타났고, 기운형태로 자라는 AL(leaning alive)형이 7.7%, 쓰러져 고사한 DF(fallen/prone dead)형이 4.7%, 본 가지가 부러졌지만 건강한 AB(broken alive)형이 2.4%였으며, 나머지 수목활력도 유형은 1.0% 이하의 비율을 보였다. 이러한 수목의 활력도는 2011년과 비교하면 AS형이 감소한 반면 AL형이 6.4%, DF형이 4.5%, AB형이 1.9%가 증가한 것이 특이할 만하다. 이처럼 소나무림 장기생태연구지내 대부분의 수목은 곧추서서 자라는 형태의 양호한 생육

상황을 보이는 것으로 나타났지만, 최근 5년 동안 본줄기가 부러지거나 쓰러져 살아있거나 죽어버린 개체들이 상당부분 증가한 경향을 보이고 있다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 속밭 일대 소나무림은 상층인 경우 소나무 군락을 형성한 후 중층에 때죽나무, 서어나무, 신갈나무, 층층나무, 산벚나무 등의 발달이 이루어지는 숲의 형태를 지닌 것으로 판단된다. 특히, 중층에서는 특정 수종이 우점 하는 형태의 산림이 아닌 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 한라산 소나무림의 천이기작이나 기후변화 등의 의한 중간 성장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

# Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the *Pinus densiflora* Forest around Sokbat in Mt. Hallasan as a Long Term Ecological Research Site for the Last 5 Years

Koh Jung-Goon\*, Kim Dae-Shin, Ko Yoon-Jeong and Kim Jong-Kab  
World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute,  
Jeju Special Self-Governing Province

## Summary

Changes of plant species composition, spatial distribution of woody plant species, diameter and height classes distribution, and species diversity for the past 5 years were analyzed in the permanent quadrat of *Pinus densiflora* forests, which are designed for long term ecological research(LTER) around Sokbat in Mt. Hallasan, Jeju Island.

The number of woody plant species at the permanent quadrat of *Pinus densiflora* forest in Mt. Hallasan for LTER were 19 taxa, *Pinus densiflora* have a very high importance percentage(IP) with 90.9% in the upper layer, *Carpinus laxiflora* and *Quercus mongolica* with 19.3% and 19.2% in the middle layer, respectively. These results indicated that there are no large changes in the species composition and IP in the last 5 years. Individuals of woody plants are total of 1,767, of which 478 individuals accounting for 27.1% of all are dead trees. Living trees were reduced 141 during the past 5 years, while dead trees were increased to 218. Basal areas of living wood plants occupied the dimension of 519,640.5cm<sup>2</sup>, which was increased to

1,012.3cm<sup>2</sup> during the past 5 years. This mean that number of living trees were decreased but diameter at breast high(DBH) growth of other living trees have been actively made. Individuals of woody plants with 5.1~10.0cm in DBH accounted for 21.6%, 10.1~12.0m in high accounted for 25.1%. This class has been moved DBH upwards when compared to before the last 5 years and showed a similar distribution pattern. Also, standing alive(AS) type of woody plants in LTER sites appeared high rate with 71.9%, AS type of wood plants during past 5 years is reduced but unusually increased leaning alive type, fallen dead type and broken alive type. On the whole, there are show that *Pinus densiflora* developed in the upper layer, *Carpinus laxiflora* and *Quercus mongolica* in the middle layer, but there is indistinguishable from the middle layer of *Pinus densiflora* forest in Mt. Hallasan. Expecially, there are continuous growth of various woody plant species in the middle layer.

## 인용문헌

- 고정군. 2007. 지구온난화와 한라산의 식생. 한라산연구소 조사연구보고서 제6호:3~17.
- 고정군, 이창흡, 김철수. 2009. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제1권:202~214.
- 고정군, 이창흡, 김철수. 2010. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 낙엽활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제2권:135~151.
- 고정군, 김권수, 김철수. 2012. 한라산 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제11호:17~30.
- 고정군, 김권수, 한태완. 2013. 최근 5년 동안 한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성변화. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제12호:3~16.
- 국가장기생태연구사업단. 2005. 국가장기생태연구프로토콜. 350pp.
- 이창석, 조용찬, 신현철, 이충화, 이선미, 설은실, 오우석, 박성애. 2006. 국가장기생태연구장소로서 구축된 남산 소나무림의 생태적 특성. 한국생태학회지 29(6):593~602.
- 임양재, 백광수, 이남주. 1990. 한라산의 식생. 중앙대학교. 291pp.
- 조현제, 이중효, 배관호. 2006. 월악산 주요 임분의 종조성과 구조: 국가장기생태연구지소를 중심으로. 한국생태학회지 29(6):531~537.
- 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.