

# 최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포 특성 변화

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

## 요 약

본 연구는 장기생태연구를 위해 구축된 한라산 1100도로일대 침활혼효림의 생태적 특성 변화를 밝히기 위해 최근 5년 동안의 종 조성, 흉고직경 및 수고 계급의 빈도분포의 변화에 대한 정보를 제공하고자 하였다.

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 27종이었으며, 상층에서는 소나무의 상대우점도가 22.8%, 중층에서는 때죽나무의 상대우점도가 19.7%로 가장 높았다. 이는 전체적으로 지난 5년 동안 소나무의 상대우점도는 3.2% 감소한 반면 때죽나무 등 낙엽활엽수는 높아진 것으로 나타났다. 이 지역에 출현하는 목본식물은 총 1,214본이며, 이중 17.7%인 215본이 고사되었는데, 5년 동안 살아있는 개체수가 79본이 감소하였다. 살아있는 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 445,165.5cm<sup>2</sup>로 분석되었는데, 5년 동안 3,858.3cm<sup>2</sup>가 감소하였다. 이러한 기저면적의 감소는 흉고직경급이 높은 소나무의 개체수 감소와 관련 있는 것으로 추측된다. 그리고 출현수목의 흉고직경은 5.1~10.0cm 범위에 있는 개체수가 전체의 32.4%를 차지하여 매우 높게 나타났으며, 수고는 4.0~8.0m 범위에 있는 수목들이 전체의 49.9%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였는데, 지난 5년 동안 흉고직경 5.0cm 미만 및 수고 4.0m 미만의 개체수가 감소한 것으로 나타났다. 수목활력도는 62.4%가 수목들

\* 교신저자 ; 전화: 064-710-6576, e-mail: kjg3839@korea.kr

이 곧추서서 건강하게 자라는 유형을 보였지만, 본 가지가 부러졌지만 건강한 유형, 기운형태로 자라는 유형, 곧추서거나 쓰러진 채로 죽은 유형은 증가한 것으로 나타났다. 이와 같이 1100도로일대 침활혼효림은 상층에는 소나무, 산벚나무, 신갈나무 등이 발달하며, 중층에는 때죽나무, 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무 및 윤노리나무 등의 발달이 이루어지고 있고, 소나무의 우점도가 낮아지고 낙엽활엽수의 발달이 지속적으로 이루어지는 경향을 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 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(고정군 등, 2009; 고정군 등, 2010; 고정군과 김철수, 2011).

한라산에 분포하는 침활혼효림은 소나무 군락이 형성된 후 오랜 시간이 경과하면서 다양한 낙엽활엽수림이 이입되면서 형성된 것으로 볼 수 있다. 이는

현재 한라산내 소나무 군락이 종 조성 및 출현종의 생육특성을 볼 때 천이가 진행됨에 따라 서어나무, 개서어나무, 물참나무 군락으로 바뀌어질 가능성이 높다고 제시되고 있다(고정균 등, 2012; 고정균 등, 2009; 임양제 등, 1991).

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

따라서 본 연구는 한라산 침활혼효림의 장기생태연구를 위해 구축된 1100도로일대 장기생태연구지 내 종 조성 및 흉고직경, 수고 계급의 빈도분포 등 생육상황에 대한 정보를 제공하고자 최근 5년 동안의 수목분포 특성변화를 알아보았다.

## 조사지역 및 방법

### 1. 조사장소 및 조사구의 설치

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구를 위한 조사구는 제주시 해안동 한라산국립공원 내에 설치하였다(그림 1). 1100도로일대에 설치된 장기생태연구지는 N 33° 22' 14.5", E 126° 28' 18.3"에 위치하며, 해발고도 1,050m일대로 부분적으로 평지에서 5°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 수종명, 흉고직경, 수고, 수관 폭을 2015년 5월에 조사하였다. 조사된 자료는 Curtis와 McIntosh(1951)의 방법에 기초하여 상대우점도(Importance Percentage;

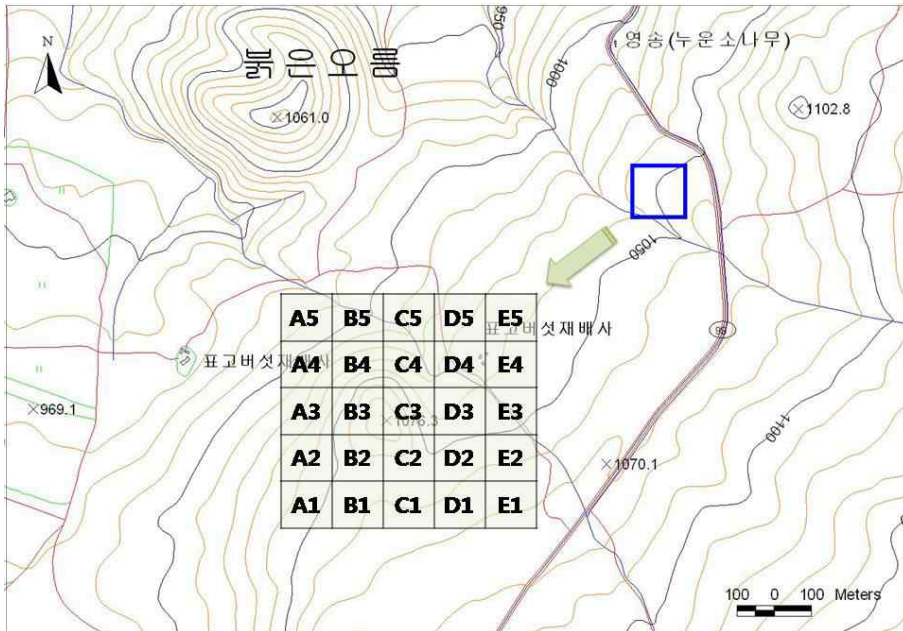


그림 1. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 위치도 (□: 100×100m), A1~E5: 장기생태연구지내 방형구를 의미함)

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 2011년 조사와 동일하게 장기적인 모니터링을 위해 고유 번호표가 부착되었고, 이때 맹아로 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 조사대상 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 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현하는 수목은 총 27종으로 나타났는데, 산림군집구조는 전체적으로 소나무(*Pinus densiflora*)와 때죽나무(*Styrax japonicus*)가 각각 12.9%, 12.2%로 가장 높았으며, 산벚나무(*Prunus sargentii*), 비목나무(*Lindera erythrocarpa*), 신갈나무(*Quercus mongolica*) 및 서어나무(*Carpinus laxiflora*)가 8.0~9.0%의 상대우점도를 보여 비슷하게 나타났다(표 1). 그리고 주목(*Taxus cuspidata*), 단풍나무(*Acer palmatum*), 윤노리나무(*Pourthiaea villosa*), 팔배나무(*Aria alnifolia*) 등의 순으로 점차 상대우점도가 낮아졌다. 그러나 이들 상대우점도는 전체 수목의 평균 수고를 고려하여 10.0m를 기준으로 상층과 중층으로 구분하면 층위에 따라 큰 차이를 보였다. 즉, 상층에서는 소나무의 상대우점도 22.8%로 나타나 가장 높았으며, 산벚나무와 신갈나무가 13.3%, 서어나무가 8.2%, 팔배나무가 8.0%, 졸참나무가 7.2%, 때죽나무와 비목나무가 각각 6.4%, 6.3% 순으로 높게 나타났다. 이외의 수종은

표 1. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 임분의 종 구성

수종	전체			상층			중층		
	RD <sup>1)</sup>	RC	IP	RD	RC	IP	RD	RC	IP
소나무	9.8	16.0	12.9	23.5	22.0	22.8	0.5	1.2	0.9
매죽나무	15.6	8.8	12.2	7.9	4.8	6.4	20.7	18.6	19.7
주목	10.3	4.8	7.5	0.2	0.1	0.1	17.1	16.3	16.7
비목나무	9.7	7.1	8.4	7.7	4.9	6.3	11.1	12.4	11.8
산벚나무	7.9	10.1	9.0	13.9	12.7	13.3	3.9	3.8	3.9
서어나무	7.4	8.7	8.0	7.7	8.7	8.2	7.2	8.6	7.9
윤노리나무	7.3	2.9	5.1	-	-	-	12.3	9.9	11.1
신갈나무	5.5	10.9	8.2	11.9	14.6	13.3	1.2	1.7	1.4
단풍나무	5.4	5.0	5.2	2.7	3.9	3.3	7.2	7.8	7.5
산딸나무	4.8	2.7	3.7	0.7	0.3	0.5	7.6	8.5	8.1
줄참나무	3.4	5.1	4.2	7.4	6.9	7.2	0.7	0.8	0.8
팔배나무	2.8	7.3	5.0	6.0	9.9	8.0	0.7	1.0	0.8
층층나무	2.3	2.3	2.3	3.0	2.1	2.5	1.9	3.0	2.4
솔비나무	0.4	1.0	0.7	0.5	1.3	0.9	0.3	0.3	0.3
곰의말채나무	0.8	0.8	0.8	1.5	1.1	1.3	0.3	0.1	0.2
아그배나무	1.0	0.6	0.8	0.5	0.5	0.5	1.3	0.7	1.0
마가목	0.9	1.2	1.1	0.5	1.2	0.8	1.2	1.3	1.2
읍나무	0.8	0.8	0.8	1.5	1.1	1.3	0.3	0.2	0.3
노린재나무	0.9	0.3	0.6	-	-	-	1.5	1.1	1.3
참빗살나무	0.8	0.5	0.7	0.7	0.4	0.5	0.8	0.8	0.8
고로쇠나무	0.8	0.8	0.8	1.3	1.0	1.1	0.5	0.3	0.4
까치박달나무	0.6	1.8	1.2	0.7	2.3	1.5	0.5	0.3	0.4
참꽃나무	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
굴거리나무	0.2	0.1	0.2	-	-	-	0.3	0.4	0.4
덜꿩나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.3	0.2
나도밤나무	0.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	0.3	0.2
팥팥나무	0.1	0.0	0.1	-	-	-	0.2	0.1	0.1
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)

5.0%이하로 낮은 상대우점도를 보였다. 이에 반해 중층에서는 때죽나무가 19.7%로 가장 높은 상대우점도를 보였고, 주목이 16.7%, 비목나무가 11.8%, 윤노리나무가 11.1%, 산딸나무가 8.1%, 서어나무가 7.9%, 단풍나무가 7.5% 순으로 나타났으며, 이외의 수종은 4.0% 이하로 낮게 나타났다.

이러한 결과는 지난 2011년 조사에서 얻어진 결과(고정균 등, 2012)와 비교할 때, 전체적으로 소나무의 상대우점도가 3.2% 감소한 반면 때죽나무, 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무 및 윤노리나무 등은 상대우점도가 높아진 것으로 나타났다. 더욱이 층위를 구분할 때 상층에서 소나무의 상대우점도는 7.0%로 크게 감소한 반면 3.0% 증가를 보인 때죽나무를 비롯하여 비목나무, 서어나무, 신갈나무, 단풍나무, 팔배나무 등 대부분의 낙엽활엽수가 증가되는 것으로 나타났다. 그러나 중층에서는 주목의 상대우점도 증가를 제외한 대부분의 수종에서 2011년과 유사하거나 다소 감소되는 경향을 보였다. 이처럼 한라산 1100고지일대 조사대상지의 침활혼효림은 특정한 수종이 우점 하는 형태가 아닌 상층에는 소나무가 다소 우점하고 있지만 점차 감소되고 있고, 중층에는 주목 등이 발달하면서 때죽나무 등 소나무를 제외한 다른 활엽수가 발달하는 숲의 형태로 변화되는 것으로 나타났다.

## 2. 임분 구성목의 밀도 및 크기분포

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 내에 출현하는 목본식물은 총 27종으로 전체 개체수는 1,214본으로 조사되었다(표 2). 이중 살아있는 개체목은 27종 999본으로 전체의 82.3%를 차지하였다. 이에 반해 고사된 개체수는 15종 215본으로 전체 개체수의 17.7%로 나타났다. 이들 고사목은 당해연도에 고사된 개체뿐만 아니라 오래전부터 고사되어 장기생태연구지에 남아있는 모든 개체들을 확인한 결과이다.

한편, 고사목을 포함한 모든 나무의 흉고직경을 기준으로 한 기저면적은 473,799.1cm<sup>2</sup>로 분석되었는데, 전체면적 중 94.0%인 445,165.5cm<sup>2</sup>가 살아있는 개체들로 구성되어 있었다. 이는 2011년과 비교할 때 살아있는 개체들의 기저면적이 3,858.3cm<sup>2</sup>가 감소한 것이다. 이러한 기저면적의 감소는 비교적 흉고직경급의 높은 소나무의 살아있는 개체수의 감소와 관련이 있는 것으로 추측된다.

표 2. 최근 5년 동안 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목의 밀도 및 크기의 변화

년도	출현종수			밀도(개체수/ha)			기저면적( $\text{cm}^2/\text{ha}$ )		
	계	생목	사목	계	생목	사목	계	생목	사목
2015	27	27	15	1,214 (100%)	999 (82.3)	215 (17.7%)	473,799.1 (100%)	445,165.5 (94.0%)	28,633.5 (6.0%)
2011	27	27	15	1,191 (100%)	1,078 (90.5%)	113 (9.5%)	466,879.4 (100%)	449,023.8 (96.2%)	17,855.6 (3.8%)

### 3. 수목의 흉고 및 수고 직경급별 분포

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지 내에 출현하는 전체 수목 중 살아있는 999본의 수고 및 흉고직경을 기준으로 산포도를 작성하여 보면 수고에 의한 산림 층위구분이 어려울 뿐만 아니라 지속적으로 다양한 수목이 성장하는 경향의 분포를 보여주고 있다(그림 2). 즉, 특정 수종이 성장하여 우점 하는 형태의 산림이 아닌 성숙목과 어린나무들의 지속적인 성장단계로 볼 수 있다.

1100도로일대 소나무림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 흉고는 전체적으로  $18.4(\pm 15.2)\text{cm}$ 로 나타났다(표 3). 그러나 구성종간에 많은 차이를 보였는데, 비교적 출현빈도가 높은 30본 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균  $49.2\text{cm}$ 로 월등히 높게 나타났으며, 신갈나무가  $29.9\text{cm}$ , 산벚나무가  $27.1\text{cm}$ , 졸참나무가  $24.2\text{cm}$ 로 비교적 크게 나타난 반면 단풍나무, 주목, 윤노리나무 등은 평균  $10.0\text{cm}$  이하로 작게 나타났다. 이 지역에서 흉고 직경급의 분포를 보면 전체적으로 흉고직경  $5.1\sim 10.0\text{cm}$  범위에 있는 개체수가 전체의 32.4%를 차지하여 매우 높게 나타났다. 다음으로  $10.1\sim 15.0\text{cm}$ ,  $40.0\text{cm}$  이상  $15.1\sim 20.0\text{cm}$  범위에 있는 순으로 나타나는 경향을 보였다. 그러나 이러한 경향은 수종 간에는 많은 차이를 보였는데, 소나무의 대부분은 흉고직경이  $20.1\text{cm}$  이상으로 나타났는데, 이 중 78.6%가  $40.1\text{cm}$  이상으로 나타나 장기생태연구지내 흉고직경이 큰 대부분의 수목은 소나무가 차지하는 것으로 분석되었다. 그리고



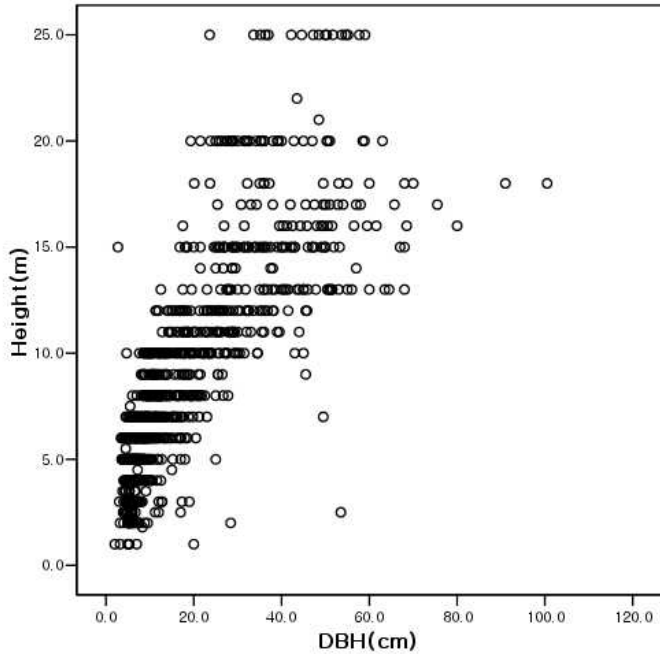


그림 2. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목의 개체별 수고 및 흉고직경의 분포도

산벚나무, 신갈나무, 졸참나무, 팔배나무의 비교적 흉고등급이 높을수록 개체 수비율이 증가하다가 감소되는 특징을 보였다.

이들 결과를 2011년과 비교할 때 전체적으로 살아있는 수목의 흉고는 평균 0.6cm가 증가한 것으로 나타났으며, 흉고등급별 분포는 5.0cm 미만의 개체수가 크게 줄어든 반면 전체적인 분포는 유사하였다.

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 평균 수고는 전체적으로  $9.0(\pm 5.0)$ m인데, 비교적 출현빈도가 높은 30분 이상 출현된 수종을 대상으로 할 때 소나무가 평균 16.3m로 가장 높게 나타났으며 신갈나무가 12.3m, 졸참나무가 12.8m, 산벚나무가 11.9m, 서어나무가 9.7m, 비목나무가 7.9m, 단풍나무가 7.4m, 때죽나무가 7.3m, 산딸나무가 6.7m 순으로 나타났다(표 4). 이 지역에서 출현수목의 수고급별 분포를 보면 수고 4.0m에서 8.0m까지

표 3. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 흉고직  
경급별 분포

수종	평균 흉고 (cm)	흉고 직경급(cm)									
		≤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 ≤	전체
소나무	49.2(±12.4)	-	1	-	-	1	3	1	15	77	98
때죽나무	10.4(±5.2)	9	82	40	17	4	1	1	1	-	155
주목	7.5(±2.9)	15	68	17	3	-	-	-	-	-	103
비목나무	13.9(±6.2)	2	30	28	27	5	3	1	1	-	97
산벚나무	27.1(±14.5)	5	7	2	7	11	24	10	-	13	79
서어나무	16.4(±10.1)	5	21	17	11	4	8	3	3	2	74
윤노리나무	5.4(±1.4)	40	33	-	-	-	-	-	-	-	73
신갈나무	29.9(±10.5)	-	-	4	5	8	11	11	11	5	55
단풍나무	9.6(±4.4)	3	32	14	3	1	1	-	-	-	54
산딸나무	10.9(±4.3)	3	23	14	6	2	-	-	-	-	48
졸참나무	24.2(±8.1)	1	-	3	8	6	8	5	3	-	34
팔배나무	30.4(±13.3)	1	3	1		3	4	3	7	6	28
층층나무	18.9(±10.2)	1	4	4	3	6	3	1	-	1	23
솔비나무	19.5(±1.7)	-	-	-	3	1	-	-	-	-	4
곰의말채나무	24.6(±12.0)	-	2	-	1	-	3	1	-	1	8
아그배나무	14.9(±5.2)	-	2	2	4	2	-	-	-	-	10
마가목	16.4(±7.5)	1	1	1	3	2	1	-	-	-	9
읍나무	28.4(±17.8)	-	2	-	1	1	1	-	-	3	8
노린재나무	6.2(±2.0)	5	4	-	-	-	-	-	-	-	9
참빗살나무	12.2(±5.3)	1	2	3	2	-	-	-	-	-	8
고로쇠나무	17.5(±10.1)	1	1	2	-	1	3	-	-	-	8
까치박달나무	18.4(±13.5)	1	2	-	-	1	-	1	1	-	6
참꽃나무	6.5(±2.0)	1	2	-	-	-	-	-	-	-	3
굴거리나무	13.1(±0.6)	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
덜꿩나무	5.0(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
나도밤나무	8.8(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
팽팡나무	9.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
소계	18.4(±15.2)	96	324	154	104	59	74	38	42	108	999

표 4. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 출현수목의 수고급  
별 분포

수종	평균 수고 (m)	수고급(cm)								
		≤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 ≤	전체
소나무	16.3(±4.2)	1	-	2	5	39	29	10	12	98
매죽나무	7.3(±2.3)	7	53	63	30	2	-	-	-	155
주목	4.0(±1.8)	36	62	4	-	1	-	-	-	103
비목나무	7.9(±3.2)	11	19	36	25	5	1	-	-	97
산벚나무	11.9(±5.0)	3	10	10	22	19	6	8	1	79
서어나무	9.7(±4.4)	-	12	31	19	4	4	2	2	74
윤노리나무	4.5(±1.5)	20	48	5	-	-	-	-	-	73
신갈나무	12.3(±3.0)	-	-	7	28	14	5	1	-	55
단풍나무	7.4(±2.1)	1	21	21	10	1	-	-	-	54
산딸나무	6.7(±1.8)	3	18	24	3	-	-	-	-	48
줄참나무	12.8(±4.3)	-	1	3	18	5	2	4	1	34
팔배나무	14.2(±5.7)	1	2	1	7	9	-	6	2	28
층층나무	10.0(±4.9)	2	3	6	7	2	1	2	-	23
솔비나무	9.3(±1.7)	-	-	2	2	-	-	-	-	4
곰의말채나무	13.8(±5.5)	-	-	2	2	1	-	3	-	8
아그배나무	8.2(±2.9)	-	3	5	1	1	-	-	-	10
마가목	7.0(±5.0)	2	3	2	1	-	1	-	-	9
읍나무	10.4(±3.9)	1	-	1	4	2	-	-	-	8
노린재나무	3.7(±1.2)	4	5	-	-	-	-	-	-	9
참빗살나무	7.8(±3.3)	1	2	2	3	-	-	-	-	8
고로쇠나무	10.6(±5.8)	-	3	-	2	2	-	1	-	8
까치박달나무	12.2(±6.8)	-	3	-	-	-	2	1	-	6
참꽃나무	6.7(±3.5)	1	-	1	1	-	-	-	-	3
굴거리나무	4.5(±2.1)	1	1	-	-	-	-	-	-	2
털팽나무	2.5(±0.0)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
나도밤나무	6.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
꿩꿩나무	4.0(±0.0)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
소계	9.0(±5.0)	96	271	228	190	107	51	38	18	999

범위가 전체의 49.9%를 차지하였으며, 수고가 높을수록 개체수는 감소하는 경향을 보였다. 2011년과 비교할 때 수고 4.0m 미만 개체수의 감소를 제외하고는 유사한 경향을 보였다.

이와 같은 결과로 볼 때, 소나무 군락이 형성된 후 산벚나무, 신갈나무가 먼저 이입되어 성장하면서 졸참나무, 팔배나무가 들어와 성장하고, 마지막으로 때죽나무, 비목나무, 단풍나무 및 층층나무 등의 낙엽활엽수가 성장하면서 현재의 숲을 형성한 것으로 볼 수 있다. 더불어, 소나무의 어린나무의 발생이 전혀 이루어지지 않고 있으며, 개체수 감소가 지속되고 있어 낙엽활엽수로의 발달이 빠르게 진행될 것으로 예측할 수 있다.

#### 4. 수목활력도

한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내에 출현한 각 구성 수목의 활력도를 9개 유형(국가장기생태연구사업단, 2005)으로 구분하여 분석하면 건강하게 곧추서서 자라는 AS(standing alive)형이 62.4%로 나타났다(그림 3). 그리고 기운형태로 자라는 AL(leaning alive)형이 16.9%, 곧추 선채로 고사된 DS(standing dead)형이 8.1%, 쓰러져서 고사된 DF(fallen/prone dead)형이 2.6% 순으로 나타났다. 이처럼 조사대상 침활혼효림에서 수목은 곧추서서 자라는 형태의 양호한 생육상황을 보이는 개체수의 비율이 높게 나타났지만 2011년에 비해서는 상대적으로 12.4%가 감소한 결과이다.

이와 같은 결과를 종합하여 보면 한라산 장기생태연구를 위해 구축된 1100도로일대 침활혼효림은 상층인 경우 소나무가 군락을 형성한 후 교목성인 신갈나무, 졸참나무, 산벚나무, 때죽나무 등이 발달하며, 중층인 경우 주목 등의 발달이 이루어지는 숲의 형태를 지닌 것으로 판단된다. 그리고 특정 수종이 우점 하는 형태의 산림이 아닌 중층을 중심으로 다양한 나무들의 지속적인 성장단계로 볼 수 있다. 그러므로 향후 모니터링을 통해 소나무와 낙엽활엽수가 같이 자라는 침활혼효림이나 소나무림의 천이기작, 기후변화 등의 의한 종간생장특성 등을 밝히는 기초 자료로 활용가치가 높다고 판단된다.

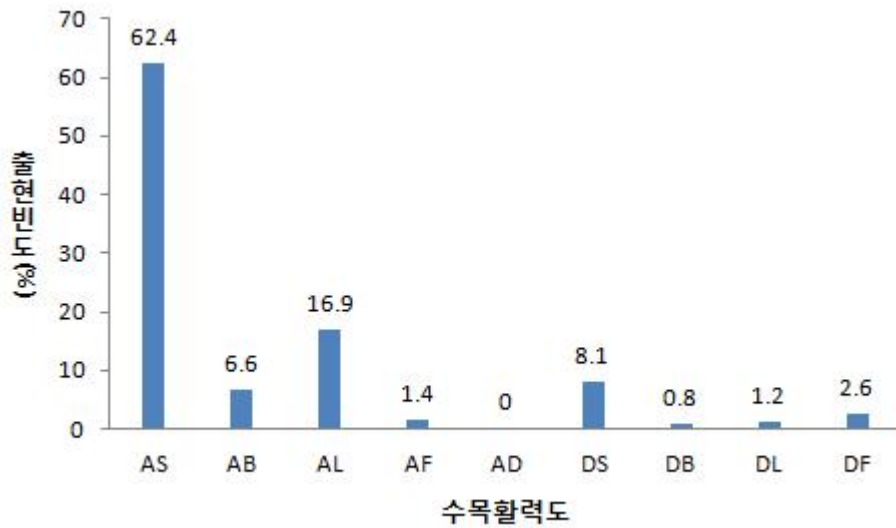


그림 3. 속밭일대 소나무림 장기생태연구지내 수목활력도의 출현빈도 비교

**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

# Changes of Distributional Characteristics of Woody Plants in the Mixed Forest of Soft and Hardwood around 1100 Road in Mt. Hallasan as a Long Term Ecological Research Site for the Last 5 Years

Jung-Goon Koh\*, Dae-Shin Kim, Yoon-Jeong Ko and Jong-Kab Kim  
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 were analyzed in the permanent quadrat of mixed forest of soft and hardwood for the last 5 years, which are designed for long term ecological research(LTER) around 1100 Road in Mt. Hallasan, Jeju Island.

The number of woody plant species at the permanent quadrat of mixed forest of soft and hardwood were 27 taxa, *Pinus densiflorai* have a very high importance percentage(IP) with 22.8% in the upper layer, *Styrax japonicus* with 19.7% in the middle layer. This result was entirely IP of *Pinus densiflora* decreased by 3.2% over the past 5 years, the IP of deciduous trees including *Styrax japonicus* etc. appeared to have been increased. Individuals of woody plants are total of 1,214, of which 215 individuals accounting for 17.7% of all are dead trees, it has 79 living trees reduced during the past 5 years. Basal areas of wood plants occupied the

dimension of 445,165.5cm<sup>2</sup>, which was decreased to 3,858.3cm<sup>2</sup> during the past 5 years. This reduction in the basal area is thought to be related to the reduction of the number of *Pinus densiflora* individuals with high diameter at breast high(DHB) class. Individuals of woody plants with 5.1~10.0cm in DBH accounted for 32.4%, 4.0~8.0m in high accounted for 49.9%, but individuals of wood plants with less than 5.0cm in DBH and 4.0m in high showed significantly decreased for the past 5 years. Also, standing alive type of woody plants in LTER sites appeared high rate with 62.4%, but broken alive type, leaning alive type, standing dead type and fallen dead type of woody plants showed decreased for the past 5 years. On the whole, there are show that *Pinus densiflora*, *Prunus sargentii* and *Quercus mongolica* developed in the upper layer, *Styrax japonicus*, *Taxus cuspidata* and *Lindera erythrocarpa* in the middle layer, but there is indistinguishable from the middle layer of mixed forest of soft and hardwood around 1100 Road in Mt. Hallasan for LTER. And, there are continuous growth of various woody plant species.

## 인용문헌

- 고정균. 2007. 지구온난화와 한라산의 식생. 한라산연구소 조사연구보고서 제6호:3~17.
- 고정균, 이창흡, 김철수. 2009. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 영실일대 소나무림 장기생태연구지내 수목분포특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제1권:202~214.
- 고정균, 이창흡, 김철수. 2010. 기후변화대응 한라산 장기생태연구 -한라산 낙엽활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성-. 제주특별자치도 환경자원연구원보 제2권:135~151.
- 고정균, 김철수. 2011. 동백동산 상록활엽수림 장기생태연구지내 수목분포 특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제10호:41~55.
- 고정균, 김권수, 김철수. 2012년. 한라산 1100도로일대 침활혼효림 장기생태연구지내 수목분포특성. 제주특별자치도 한라산연구소. 조사연구보고서 제11호: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.