

## 강원지역 산림유존목의 분포, 동태 및 생육임분의 구성적 특성<sup>1a</sup>

신준환<sup>2</sup> · 이철호<sup>3</sup> · 배관호<sup>4</sup> · 조용찬<sup>3</sup> · 김준수<sup>5</sup> · 조준희<sup>5</sup> · 조현재<sup>5\*</sup>

### A Study on the Distribution and Dynamics of Relict Forest Trees and Structural Characteristics of Forest Stands in Gangwon Province, Korea<sup>1a</sup>

Joon-Hwan Shin<sup>2</sup>, Cheol-Ho Lee<sup>3</sup>, Kwan-Ho Bae<sup>4</sup>, Yong-Chan Cho<sup>3</sup>, Jun-Soo Kim<sup>5</sup>, Jun-Hee Cho<sup>5</sup>, Hyun-Je Cho<sup>5\*</sup>

#### 요 약

이 연구는 강원지역 산지에 자연적으로 성립하여 잔존하고 있는 산림유존목(가슴둘레 300cm 이상)의 체계적 보전 및 관리를 위한 기초자료(분포실태와 성장특성 그리고 생육임분의 구성적 특성 등)를 제공하는데 그 목적이 있다. 급번 조사에서는 강원지역 산지에서 모두 19종 434개체(침엽수 4종 228개체, 활엽수 15종 206개체)의 산림유존목이 분포하고 있음을 확인하였고, 주목이 전체의 약 46.7%인 203개체로 가장 많은 것으로 나타났다. 줄기둘레는 평균 404cm(침엽수 373cm, 활엽수 421cm)이었고, 설악산 피나무 복간목이 1,113cm로 가장 크게 났다. 수고와 수관폭은 각각 평균 15.4m, 10.0m이었다. 입지특성은 수종별로 다소 차이가 있지만 해발고도는 대개 1,000m 이상, 사면경사도는 25° 이상, 사면방위는 북향, 미세지형은 사면상부 등에서 상대적 출현빈도가 높은 경향이였다. 산림유존목 생육임분의 단위면적당(100m<sup>2</sup>) 구성적 특성을 보면, 총피도는 평균 294%(최대 475%), 출현종수는 평균 36종(최대 60종), 종다양성 지수(H') 평균 2.560(최대 3.593), 그리고 수관올폐도는 평균 84.8%(최대 94.6%), 그리고 흉고단면적(ha)은 평균 52.7m<sup>2</sup>(최대 116.4m<sup>2</sup>; 산림유존목 개체 30.0m<sup>2</sup>, 기타 교목성 개체 22.7m<sup>2</sup>)로 나타났다. 한편, 강원지역 산림유존목 개체의 동태 유형을 추정된 결과, 생육환경과 교란강도에 따라 다소 차이는 있으나 “후계수가 낮은 밀도이지만 지속적으로 공급되는 유형(신갈나무, 전나무, 피나무, 산돌배)”, “후계수가 완전히 단절된 유형(소나무)”, “후계수가 최근 또는 상당기간 단절된 유형(분비나무, 굴참나무, 박달나무)”, 그리고 “후계수가 주기적으로 단절과 공급이 반복되는 유형(호랑버들, 졸참나무)” 등 크게 4가지 유형으로 구분되었다.

주요어: 줄기둘레, 입지특성, 총피도, 수관올폐도, 흉고단면적

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to provide the basic data such as distribution status, growth characteristics, and the structural characteristics of forest stands for the systematic conservation and management of relict forest trees (stem girth of 300cm or larger) established naturally in Gangwon Province, Korea. The survey showed that

1 접수 2018년 1월 19일, 수정 (1차: 2018년 2월 23일), 게재확정 2018년 2월 23일

Received 19 January 2018; Revised (1st: 23 February 2018); Accepted 23 February 2018

2 동양대학교 대학원 산림비즈니스전공 Department of Forest Business, Dongyang Univ., Yeongju 36040, Korea

3 국립수목원 산림자원보존과 Plant Conservation Division, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Korea

4 경북대학교 생태환경시스템학부 School of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

5 자연과숲연구소 Nature and Forest Research Institute, Daegu 41478, Korea

a 본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S111515L040120)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

\* 교신저자 corresponding author Tel: +82-53-959-4550, Fax: +82-53-959-4551, E-mail: jhj132@chol.com

434 individuals of 19 species (conifers: 228 individuals of 4 species, broad-leaved trees: 206 individuals of 15 species) were distributed in Gangwon Province, and *Taxus cuspidata* was the most abundant among them with 203 individuals or about 46.7% of the total. The stem girth was average of 404cm (conifers: 373cm, broad-leaves: 421cm), and *Tilia amurensis* with multi-stemmed growing on Sorak mountain range had the largest stem girth at 1,113cm. The average height and the crown width of relict forest trees were 15.4m and 10.0m, respectively. Although the environments of relict forest trees showed a slight difference by species, the relative appearance frequencies of most trees were high in the environments where the altitude was higher than 1,000 m, slope degree was greater than 25°, the slope faced north, and microtopography was at the upper of slopes. Regarding the stand characteristics of relict forest trees per unit area (/100m<sup>2</sup>), the average total coverage was 294% (max. 475%), the total average number of species was 36 species (max. 60 species), the average species diversity index ( $H'$ ) was 2.560 (max. 3.593), the average canopy closure was 84.8% (max. 94.6%), and the average basal area (/ha) was 52.7m<sup>2</sup> (max. 116.4m<sup>2</sup>, relict trees 30.0m<sup>2</sup>, and other trees 22.7m<sup>2</sup>). The analysis of the dynamics of the forest stands where relict forest trees were growing showed four types of the maintenance mechanisms of relict forest trees depending on the supply pattern of succeeding trees: "Low-density but persistent type (*Quercus mongolica*, *Abies holophylla*, *Tilia amurensis*, and *Pyrus ussuriensis*)," "Long ago stopped type (*Pinus densiflora*)," "Recently stopped type (*Abies nephrolepis*, *Quercus variabilis*, and *Betula schmidtii*)," and "Periodically repeated types of supply and stop (*Salix caprea* and *Quercus serrata*)."

**KEY WORDS : STEM GIRTH, LOCATION ENVIRONMENT, TOTAL COVERAGE, CANOPY CLOSURE, BASAL AREA**

## 서론

일반적으로 크고 오래된 나무의 정의는 생태계, 수종, 그리고 환경조건 등에 따라 그 기준이 다르다. 북미와 유럽에서는 크고 오래된 나무를 "Big Trees", "Ancient Trees", 그리고 "Veteran Trees"라 부르고 있으며 대개 수령 150년 이상 또는 가슴높이 줄기둘레 300cm 이상을 기준으로 하고 있다(Franklin, 2012; Douglas, 2012). 본 연구에서 사용된 산림유존목(relict forest trees)의 정의는 국내에서 아직 학술적 용어로 정립되어 있지는 않지만 대개 생활권 주변에 인위적으로 성립하여 잔존하고 있는 크고 오래된 나무를 지칭하는 '노거수'와는 달리, 산림 지역에서 자연적으로 성립하여 잔존하고 있는 흉고둘레 300cm 이상이 되는 큰나무를 일컫는다(Korea Forest Service, 2016; Cho *et al.*, 2016). 산림유존목과 같은 크고 오래된 나무는 지구상에서 가장 큰 유기체 중 하나로 보다 어리거나 작은 나무들이 제공하지 않는 독특한 생태적 역할을 수행하고 있다. 즉 이들은 수백~수천년 동안 변화하는 환경조건에 대처하여 숲의 갱신이나 산림천이에 영향을 주는 등 산림생태계의 구조, 동태, 그리고 기능을 지배하는 아주 중요한 생물체이자 하나의 소생태계로서(Keeton and Franklin, 2005; Chao *et al.*, 2009; Larson and Franklin, 2010; van Wagtenonk and

Moore, 2010; Remm and Löhmus, 2011; Laurance, 2012; Lutz *et al.*, 2012), 생육지 주변 생태환경의 골격을 이루는 수문체계와 양료순환 등 무기환경을 개선하고 유지함과 아울러 탄소격리, 미기후 조절, 야생생물 서식지 제공 등 다양한 생태적 역할을 하고 있으며(Brown *et al.*, 1995; Clark and Clark, 1996; Martin *et al.*, 2001; Meyer *et al.*, 2005; Sillett and Van Pelt, 2007; Rambo and North, 2009; Blicharska and Mikusiński 2014; Stagoll *et al.*, 2012), 산림생태계의 고유성, 자연성, 역사성, 다양성 등을 담보하는 잠재유전자원의 급원으로서 평가 받기도 하다(Petit *et al.*, 2005; Phillips *et al.*, 2008; Lindenmayer *et al.*, 2012a; Cecile *et al.*, 2013; Stephenson *et al.*, 2014; Fedrigoa *et al.*, 2014; Mattias, 2016). 또한, 이들은 죽은 후에도 서있거나 도복된 상태를 아주 오랫동안 지속하여 설치류, 조류, 곤충류, 그리고 미생물 등 다양한 야생생물에게 추가적인 서식지를 제공함과 아울러 수많은 다른 기능적 역할도 수행한다(Harmon *et al.*, 1987; Harmon *et al.*, 2008). 미국 요세미티국립공원의 한 임지에서 구성목의 1%에 불과한 큰 나무(가슴높이 지름 1m 이상)가 그 임지 전체 바이오매스의 50% 이상을 차지하고 있고(Lindenmayer *et al.*, 2012b), 남부 호주의 유칼립투스(*Eucalyptus regnans*) 큰 나무의 경우에는 무려 40종이 넘는 야생동물에게 서식공간을 제공해

주고 있다(Laurance, 2012)는 연구결과가 산림유존목과 같은 크고 오래된 나무의 기능적 중요성을 인식시켜 주고 있다.

그러나 오늘날 산림유존목과 같은 크고 오래된 나무와 그 개체군은 인위적 및 환경적 영향으로 전 세계적으로 급속히 감소하여 생태계의 온전성과 생물다양성에 심각한 영향을 미치고 있다. 이에 최근 IUCN, CBD, FAO, CI, WWF 등 국제기구 및 단체들은 지구적 및 지역적 수준에서 산림 생태계의 온전성(integrity) 및 생물다양성(biodiversity) 보전에 적극적인 노력을 기울일 것을 촉구하고 있으며, 미국, 영국, 호주, 일본 등에서는 국가수준에서 그 실태를 파악하여 지속적으로 보전하려는 연구는 물론 제도를 개발하여 시행중에 있기도 하다(Lindenmayer, 2016; Lindenmayer and Laurance, 2016). 우리나라의 경우, 생활권주변 노거수는 국가 또는 지자체에서 보호수로 지정하여 적극 관리하고 있지만, 산림유존목에 대해서는 그 기능적 중요성에 대한 인식 부족으로 대부분 방치되어 있는 상태로 그 관리 및 보전대책 수립을 위한 전면적 실태조사가 시급한 실정이다.

산림유존목과 같은 크고 오래된 나무와 관련된 국내외 연구동향을 보면, 국외에서는 위성정보를 활용한 탐색기술, 생물다양성 보전 기능 평가, 유지기작 규명, 기후변화 대응 탄소저장고로서의 기능 평가, 유존목 보전 및 관리 기술, 생태계 및 생물다양성 측면에서의 기능 및 가치 평가, 그리고 사회적 및 문화적 가치 평가 등에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Harvey and Harber, 1998; Julio Camarero, J. et al., 2005; Georg Miehe, et al., 2008; Blicharska and Mikusinski, 2014; Maharramova, 2015; Lindenmayer and

Laurance, 2016)”. 국내에서는 최근들어 “산림유존목 조사 연구를 통한 보전 관리 기술 개발(Korea Forest Service, 2016)”과 “한국 산림유존목의 다양성, 공간분포 및 생태 특성(Cho et al., 2016)”등이 보고된 바 있으며, 이것을 제외하면 관련 학술 연구 및 관련 정책에 관한 보고는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 우리나라에서 산림유존목 개체의 잠재적 풍부성이 다른 지역에 비해 상대적으로 높다고 생각되는 강원지역 산지에 분포하는 산림유존목의 실태를 파악함과 아울러 그 생육임분의 구성적 특성을 분석하여, 향후 강원 지역 산림생태계의 온전성과 유전적 다양성을 지속적으로 담보하기 위한 급원으로서 그 체계적 보전 및 관리를 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구수행과정

본 연구는 2015년 6월에서 2017년 10월까지 강원지역의 산지에서 자연적으로 성립하여 생육하고 있는 산림유존목을 대상으로 “영상정보, 청문정보, 문헌정보, 그리고 웹정보”등을 이용하여 잠재분포지를 탐색하고 위치정보 등을 수집한 후, 산림유존목 선정기준과 조사야장(Korea Forest Service, 2016)에 의거하여 현지조사를 통하여 수행하였다(Figure 1).

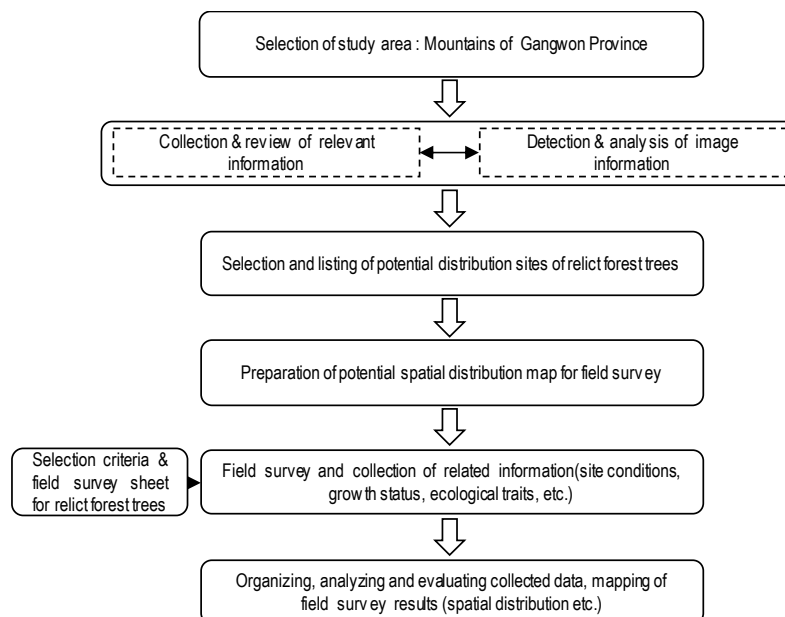


Fig 1. A schematic diagram of survey research for relict forest trees and their growing stands

## 2. 연구방법

현지조사에서 조사 대상 산림유존목의 선정은 지상부 줄기가 하나인 ‘단간목(single stem tree)’과 여러 개인 복간목(multi-stem tree)으로 구분한 후, 단간목은 가슴높이(지상 1.3 m) 줄기 둘레가 300cm 이상(단, 가슴높이에서 분지된 경우, 분지된 바로 아래에서 가장 좁은 부분의 줄기둘레가 300cm 이상), 복간목은 가장 굵은 줄기의 가슴높이 둘레가 200cm 이상이고 나머지 줄기와 가슴높이 줄기둘레의 합이 300cm 이상인 개체목을 기준으로 하였으며, 현지 조사는 산림유존목 조사야장(Korea Forest Service, 2016)에 의거 ‘기본정보(수종명, 지리적 위치(GPS 경위도 좌표), 입지환경(미세지형, 해발고, 사면방위각, 사면경사각, 노압율, 낙엽층 두께 등), ‘생장정보(줄기유형: 단간 또는 복간, 줄기둘레: 가슴높이 및 밑동부분, 수고, 수관폭: 장폭 및 단폭, 생장상태, 피해정도, 피해원인 등)’ 그리고 ‘생태정보(산림유존목 생육입분의 층위구조, 층위별 총피도, 층위별 우점종, 층위별 출현종수, 산림유존목에 의존하여 살아가는 착생식물, 덩굴식물 등 의존식물종 유무 등)’ 등 크게 3 부분으로 구분 조사하였다. 흉고에서 줄기가 비정상적으로 발달한 산림유존목의 줄기둘레 산정은 대상 부분의 위와 아래의 줄기둘레 측정값을 평균하여 산정하였다. 생태정보 수집은 산림유존목 생육입분의 식생 특성을 식물사회학적 조사방법(Braun-Blanquet, 1964)으로 수행하였다. 수집된 모든 현장조사 정보는 범용스프레드시트인 Excel을 이용하여 소표(raw table)화한 후, 그 분포 특성, 생장 특성, 그리고 생태 특성 등을 분석함과 아울러, QGIS ver. 2.12.2 프로그램(Qgis Development Team, 2015)을 이용하여 Geo-DB화하고 강원지역 산림유존목의 공간분포도를 작성하였다. 분포 실태 기술에서 중심산명은 산림유존목과 인접 주봉과의 거리를 고려하여 상대적으로 가까운 곳의 산이름에 계를 붙여 적용하였다. 한편, 조사 대상 산림유존목 개체 중에서 ‘산’, ‘입지’, ‘수종’, ‘생장상태’, ‘고유성’, ‘특이성’, ‘다양성’ 등을 종합 고려하여 보전 가치가 높아 장기모니터링이 필요할 것으로 판단되는 43개 지소의 산림유존목 생육입분을 대상으로 20m × 20m 크기의 정방형 고정조사구를 개설하고 입분내 흉고직경 5cm 이상의 모든 교목성 개체목을 대상으로 매목조사를 수행하여 산림유존목 개체와 기타 교목성 개체의 흉고단면적 구성비와 직경급 빈도분포 경향을 파악하였다. 식물의 동정은 Lee(2003) 및 Kim and Kim(2011)을 이용하였으며, 그 학명과 국명은 국가표준식물목록(Korea Forest Service, 2017)을 따랐다.

## 결과 및 고찰

### 1. 분포 실태

강원지역 산지에 분포하는 산림유존목은 금번 조사에서 모두 19종 434개체가 발굴되었으며, 중심산별로는 설악산이 11종 76개체로 가장 많았고, 다음으로 계방산 3종 63개체, 점봉산 8종 42개체 등의 순으로 많았다. 강원권 산림유존목 개체의 생육상관별, 수종별, 그리고 줄기유형별 구성 실태를 보면, 생육상관별로는 침엽수와 활엽수가 각각 53.1%(228개체), 46.4%(206개체)로 나타났다. 수종별로는 주목이 전체 산림유존목의 약 46.7%(203개체)로 가장 많았고, 다음으로 신갈나무 29.5%(123개체), 피나무 9.2%(40개체), 그리고 전나무 4.1%(18개체) 등의 순으로 많았다. 줄기유형별로는 단간목과 복간목이 각각 76.7%(333개체), 23.3%(101개체)로 나타나 강원권 산림유존목의 대부분이 단간목의 형태를 갖고 있음을 알 수 있었으며, 복간목은 대부분 신갈나무와 피나무 등 맹아력이 강한 낙엽활엽수이었다. Figure 2는 강원지역 산림유존목의 공간분포 경향을 나타낸 것이다.

### 2. 생장 특성

강원지역 산림유존목의 생장 특성을 “줄기둘레(stem girth), 수고(tree height), 그리고 수관폭(crown width) 등” 3개 지표로 파악하였다(Table 1). 줄기둘레는 평균 404cm이었고, 복간목(평균 493cm)이 단간목(평균 364cm)에 비하여 평균 129cm정도 더 크게 나타났으며, 생육상관별로는 활엽수(421cm)가 침엽수(373cm)에 비하여 평균 48cm정도 더 크게 나타났다. 수종별로는 피나무가 평균 517cm로 가장 크게 나타났고, 다음으로 고로쇠나무 471cm, 호랑버들 455cm, 굴참나무 426cm, 신갈나무 411cm 등의 순으로 크게 나타났다. 최대목의 줄기둘레는 설악산 피나무 복간목이 1,113cm로 가장 크게 나타났고, 다음으로 설악산 신갈나무 복간목 715cm, 계방산 주목 567cm, 자병산 굴참나무 558cm, 설악산 사스래나무 복간목 498cm 등의 순으로 크게 나타났다. 한편, 산림유존목 줄기둘레 범주(50cm 구간)별 구성 경향을 보면, 350cm이하가 전체의 37.0%로 가장 높게 나타났고 다음으로 350~400cm(24.8%), 400~450cm(13.9%), 450~500cm(9.2%), 500~550cm(5.9%) 등의 순이었으며 700cm 이상은 약 2.0%에 불과하였다.

산림유존목의 평균 수고는 15.4m이었으며, 단간목과 복간목이 각각 15.6m, 15.4m로 거의 유사한 경향이었으며, 생육상관별로는 침엽수와 활엽수가 각각 16.1m 15.0m이었다. 수종별로는 분비나무가 33.0m로 가장 크게 나타났고,

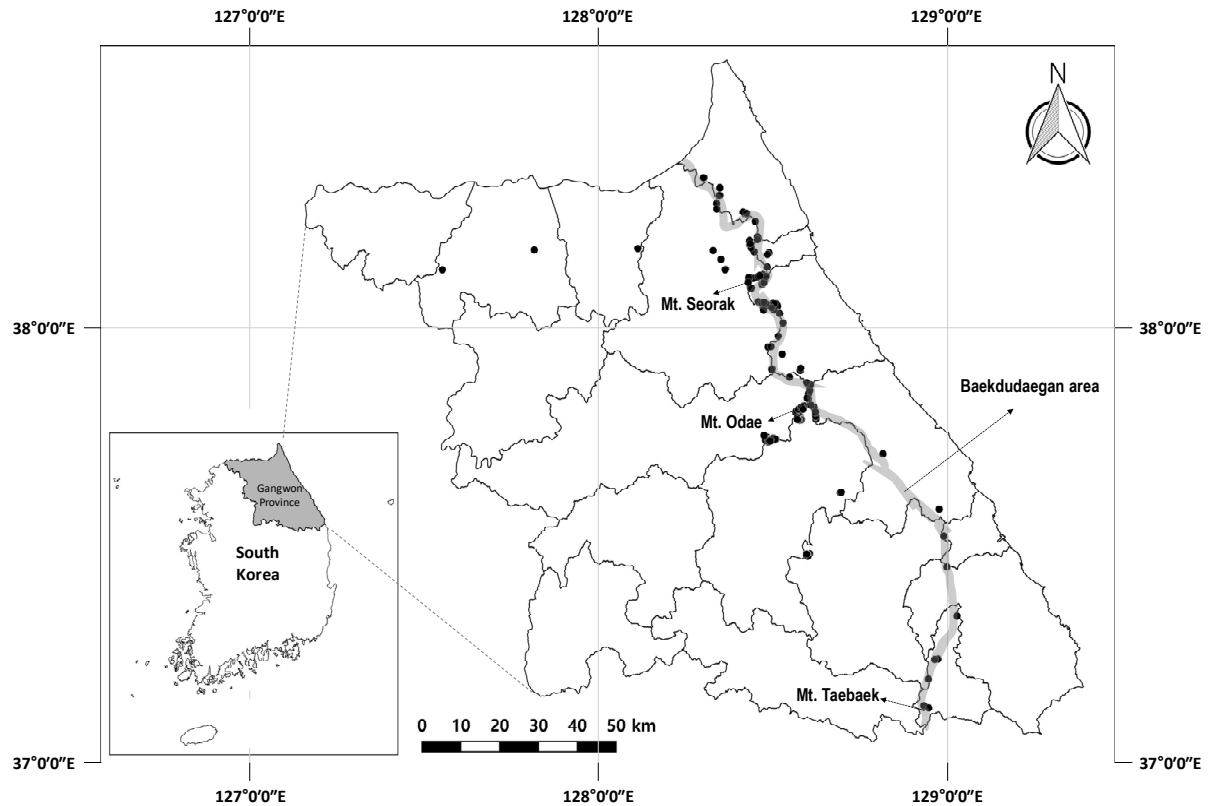


Fig 2. Spatial distribution of the relict forest trees(black dot) in Gangwon Province, Korea

Table 1. No. of individuals and growth characteristics of the relict forest trees in the mountainous region of Gangwon Province, Korea

Relict forest trees	Single stemmed (S)						Multi stemmed (M)						Total (S+M)								
	No. of individuals	Tree girth (cm)		Tree height (m)		Crwon width (m)		No. of individuals	Tree girth (cm)		Tree height (m)		Crwon width (m)		No. of individuals	Tree girth (cm)		Tree height (m)		Crwon width (m)	
		Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.		Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.		Avg.	Max.	Avg.	Max.	Avg.	Max.
ABNE	5	327.4	396	33.0	38	10.6	13							5	327.4	396	33.0	38	10.6	13	
PIDE	2	338.9	349	18.5	25	9.0	11							2	338.9	349	18.5	25	9.0	11	
ABHO	18	341.6	390	32.0	38	10.7	15							18	341.6	390	32.0	38	10.7	15	
TACU	203	386.8	567	11.5	20	7.9	13							203	386.8	567	11.5	20	7.9	13	
APSM								1	471.0		22.0		16.0	1	471.0			22.0		16.0	
QUVA	5	426.1	558	24.2	30	18.7	24							5	426.1	558	24.2	30	18.7	24	
ULLA	1	310.0		30.0		15.0								1	310.0		30.0		15.0		
FRRH	2	323.2	345	18.0	28	8.5	11	2	366.3	415	11.8	13	11.3	12	4	344.7	415	14.9	28	9.9	12
BESC	1	413.0		15.0		13.5		1	333.5		12.0		10.0	2	373.3	413	13.5	15	11.8	14	
BEER	2	310.0	314	8.0	8	4.3	6	1	498.0		13.0		16.0	3	372.7	498	9.7	13	8.2	16	
PYUS	5	308.5	320	9.0	11	8.5	9	4		427		15	14	9	308.5	427	9.0	15	8.5	14	
QUMO	76	358.0	645	14.1	29	9.7	18	52	486.6	715	13.9	25	10.6	19	128	409.7	715	14.0	29	10.1	19
MABA	2	359.5	367	8.0	8	6.5	7	2	359.5	367	8.0	8	6.5	7	2	359.5	367	8.0	8	6.5	7
KASE	5	310.0	312	21.3	24	12.8	15	1	383.0		16.0		11.0	4	328.3	383	20.0	24	12.3	15	
QUSE	3	337.3	394	18.7	23	14.5	18							3	337.3	394	18.7	23	14.5	18	
SAMA	1	307.0	307	16.0	16	10.5	11							1	307.0		16.0		10.5		
TIAM	5	380.9	440	15.0	19	12.9	16	35	525.4	1,113	17.4	29	12.7	21	40	508.1	1,113	17.2	29	12.7	21
SAHU	1	455.0		16.0		13.0								1	455.0		16.0		13.0		
POKO	1	367.0		17.0		10.0								1	367.0		17.0		10.0		
Conifers	228	375.7	567	16.1	38	8.5	15							228	375.7	567	16.1	38	8.5	15	
Broadleaves	110	356.9	645	15.0	30	10.4	24	96	491.7	1,113	15.0	29	11.5	21	206	415.4	1,113	15.0	30	10.9	24
Total (19 species)	337	366.9	645	15.6	38	9.4	24	97	491.7	1,113	15.0	29	11.5	21	434	399.8	1,113	15.4	38	10.0	24

Note: APSM *Acer pictum* subsp. *mono*; QUVA *Quercus variabilis*; ULLA *Ulmus laciniata*; FRRH *Fraxinus rhynchophylla*; BESC *Betula schmidtii*; ABNE *Abies nephrolepis*; BEER *Betula ermanii*; PYUS *Pyrus ussuriensis*; PIDE *Pinus densiflora*; QUMO *Quercus mongolica*; MABA *Malus baccata*; KASE *Kalopanax septemlobus*; ABHO *Abies holophylla*; QUSE *Quercus serrata*; TACU *Taxus cuspidata*; SAMA *Salix maximowiczii*; TIAM *Tilia amurensis*; SAHU *Salix hulteni*; POKO *Populus koreana*.

다음으로 전나무 32.0m, 난티나무 30.0m, 신갈나무 29.0cm, 물푸레나무 28.0cm, 굴참나무 24.2m, 고로쇠나무 22.0m, 음나무 20.0m 등의 순으로 크게 나타났다. 수고 범주(5m 구간)별 구성 경향을 보면, 10~15m가 전체의 40.2%로 가장 높게 나타났고 다음으로 15~20m가 21.9%, <10m가 16.7% 등의 순이었다. 산림유존목의 평균 수관폭은 10.0m이었으며, 북간목(11.5m)이 단간목( 9.4m)에 비하여 다소 크게 나타났다. 수종별로는 굴참나무가 18.7m로 가장 크게 나타났고, 다음으로 고로쇠나무 16.0m, 난티나무 15.0m, 졸참나무 14.5m, 호랑버들 13.0m, 음나무 12.3m 등의 순으로 크게 나타났다. 최대 수고는 설악산의 분비나무와 응봉산의 전나무가 모두 38.0m로 가장 크게 나타났고, 다음으로 설악산 난티나무와 자병산 굴참나무가 모두 30.0m, 설악산 신갈나무 29.0m 등의 순이었으며, 최대 수관폭은 자병산의 굴참나무가 23.5m로 가장 크게 나타났고, 다음으로 오대산의 신갈나무가 19.0m, 설악산의 피나무가 18.0m, 졸참나무 17.5m

등의 순이었다.

### 3. 입지 특성

강원권 산림유존목 분포지의 입지 특성을 “해발고(m), 사면경사도(°), 사면방위(8방위), 미세지형(7개 유형) 등” 4개 지표로 파악하였다(Table 2, Figure 3). 해발고는 평균 1,095m로 나타났고, 분포 범위는 최저 250m, 최고 1,580m 이었다. 평균 해발고가 1,000m이상으로 나타난 산림유존목 수종은 사스래나무, 주목, 야광나무, 돌배나무, 난티나무, 신갈나무, 피나무 등 7종이었으며 이 중 사스래나무가 1,566m로 가장 높게 나타났다. 생육상관별로는 침엽수 유존목(평균 1,226m)이 활엽수 유존목(평균 981m)에 비하여 평균 250m정도 더 높게 나타났다. 사면경사도는 평균 25°이었으며, 25°이상의 험준지와 절험지에 분포하는 산림유존목은 전체의 약 45.9%이었으며 수종은 주목, 전나무, 소나무,

Table 2. Site characteristics of the relict forest trees in Gangwon province, Korea

Relict forest trees	Altitude (m)			Slope degree (°)			Slope direction (%)							Microtopography (%)						
	Avg.	Min.	Max.	Avg.	Min.	Max.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	V	LS	MS	US	R	T
QUVA	293	250	465	16	10	40					20.0			80.0		80.0	20.0			
QUSE	323	305	334	17	5	40		66.7		33.3					66.7	33.3				
APSM	703			35							100.0						100.0			
SAHU	737			5									100.0	100.0						
KASE	751	286	910	19	11	29		25.0		50.0				25.0		25.0		25.0	50.0	
PIDE	754	632	876	26	20	32					50.0		50.0			50.0	50.0			
SAMA	793			5							100.0				100.0					
BESC	833	751	914	30	30	30	50.0			50.0							100.0			
POKO	862			5									100.0	100.0						
ABHO	887	703	1,162	27	10	40	11.1	11.1	11.1	27.8	16.7	11.1	5.6	5.6	16.7	38.9	27.8	11.1	5.6	
ABNE	903	884	908	24	20	25						20.0		80.0	20.0			80.0		
FRRH	909	270	1,243	12	4	20			50.0	25.0			25.0		25.0	25.0	25.0	25.0		
QUMO	1,087	749	1,461	23	2	35	19.8	14.9	10.7	9.9	25.6	7.4	6.6	5.0	5.0	29.8	36.4	28.1	0.8	
TIAM	1,118	720	1,520	24	5	40	13.5	13.5	10.8	21.6	18.9	10.8		10.8	2.7	32.4	24.3	40.5		
ULLA	1,141			15											100.0					
MABA	1,318	1,311	1,324	15	12	18					100.0								100.0	
TACU	1,341	1,210	1,518	30	15	50	39.8	28.9	12.0	1.2	3.6		1.2	13.3	4.8	41.0	43.4	10.8		
PYUS	1,374	1,213	1,515	17	5	30		22.2	11.1	22.2	33.3	11.1					33.3	66.7		
BEER	1,566	1,539	1,580	20	20	20				33.3	33.3		33.3				100.0			
Total	1,125	250	1,580	25	2	50	21.5	17.8	10.9	11.2	17.8	5.6	4.6	10.6	3.6	8.3	30.7	34.3	22.8	0.3

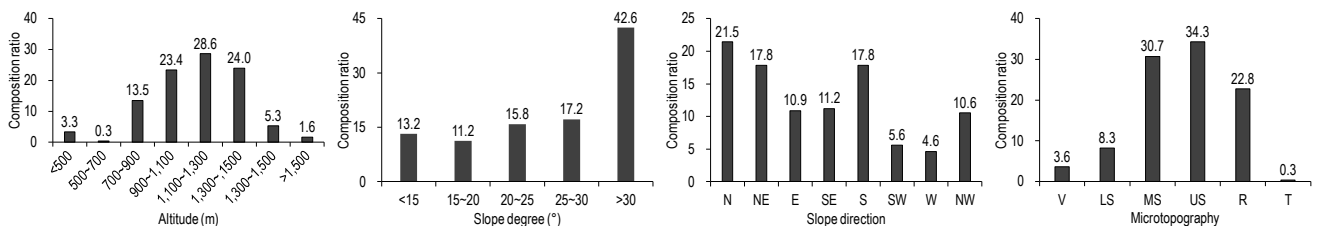


Fig 3. Composition ratio according to site characteristics of relict forest trees in Gangwon province, Korea

피나무, 박달나무, 고로쇠나무 등 6개 수종이었다. 생육상관별로는 침엽수 유존목(평균 29°)이 활엽수 유존목(평균 22°)에 비하여 사면경사가 더 급한 경향이였다. 사면방위별 분포 경향을 보면, 북향(N)이 23.2%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 남향(S) 20.1%, 북동향(NE) 14.7%, 북서향(NW) 12.4%, 남동향 10.0% 등의 순이었으며 남서향(SW)과 서향(W)이 모두 5.4%로 가장 낮은 경향이였다. 생육상관별로는 침엽수 유존목은 대개 북향, 활엽수 유존목은 대개 남향에서 상대적으로 더 높게 나타났다. 이와 같은 산림유존목 분포지에 대한 입지 특성 자료가 더 많이 축적되면 향후 우리나라 산림유존목 잠재분포지 예측에 있어서 보다 생력적인 접근이 가능할 것으로 판단된다.

#### 4. 생육 임분의 구조적 특성

강원지역 산림유존목 개체의 생육임분의 구조적 특성을 파악하기 위하여 산림유존목 수종과 개체수를 고려하여 대표적인 12개 수종 39개체가 생육하고 있는 임분을 대상으로 매목조사(가슴높이지름 5cm이상 교목성 개체)를 수행하여 단위면적당(400m<sup>2</sup>) ‘총피도(total coverage)’, ‘출현종수(number of species)’, ‘종다양성(species diversity)’, ‘수관 유효도(crown closure)’, 그리고 ‘흉고단면적(basal area)’등을 파악하였다(Table 3). 먼저 총피도의 경우, 설악산의 분비나무 유존목 생육임분(Plot no. 7)이 482%로 가장 높았고, 오대산의 산돌배 유존목 생육임분(Plot no. 3)이 149%로 가장 낮게 나타났으며, 주로 관목층과 초본층 피도의 영

Table 3. Species composition and structural characteristics by vegetation strata of 39 forest stands with relict forest trees in Gangwon Province, Korea

Plot no.	Relict forest trees	Total coverage(%)					Number of species					Species diversity index (H')					Crown closure (%)	Basal area (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )		
		T	ST	S	H	Sum	T	ST	S	H	Total	T	ST	S	H	Total		Relict forest trees (%)	Other trees (%)	Total
1	QUVA	93	88	15	31	227	5	4	5	27	31	1.080	0.781	0.798	1.646	2.098	90.7±2.7	31.1(40.2)	46.2(59.8)	77.3
2	PYUS	33	65	33	56	186	3	6	6	25	38	1.010	1.703	1.063	1.843	2.687	52.7±1.1	18.9(41.1)	27.1(58.9)	46.0
3	PYUS	48	40	30	31	149	5	4	7	25	37	1.534	1.303	1.439	1.641	2.606	56.6±6.5	18.8(49.7)	19.0(50.3)	37.8
4	PYUS	73	38	23	39	173	7	6	9	31	45	1.860	1.624	1.237	1.859	2.745	68.4±2.8	20.5(39.3)	31.6(60.7)	52.1
5	FRRH	108	78	23	1	209	3	3	7	7	13	0.868	0.625	1.192	1.946	1.661	94.6±1.4	18.9(47.0)	21.3(53.0)	40.2
6	BESC	105	70	70	18	263	2	4	9	12	23	0.451	1.160	2.030	0.199	2.158	92.9±2.3	48.9(87.2)	7.2(12.8)	56.1
7	ABNE	85	85	161	152	482	6	10	26	32	59	1.543	2.253	2.985	2.654	3.593	91.0±1.3	31.2(48.1)	33.6(51.9)	64.8
8	PIDE	58	40	86	80	263	5	4	14	28	45	1.521	1.303	1.601	1.547	2.762	84.2±3.1	24.2(58.0)	17.5(42.0)	41.7
9	QUMO	95	63	70	121	349	4	5	3	25	30	0.988	0.938	0.351	0.941	2.013	91.6±0.9	18.8(55.0)	15.4(45.0)	34.2
10	QUMO	98	115	148	9	369	8	6	14	12	27	1.839	1.551	2.373	0.641	2.736	90.9±2.0	21.8(58.8)	15.3(41.2)	37.1
11	QUMO	78	48	178	60	362	5	5	15	27	43	1.365	1.534	2.334	1.729	2.964	81.9±4.4	18.9(38.7)	29.9(61.3)	48.8
12	QUMO	88	55	60	104	306	3	2	4	20	24	0.773	0.625	1.074	1.814	2.287	91.1±2.7	18.9(57.6)	13.9(42.4)	32.8
13	QUMO	88	78	23	79	267	3	5	4	27	31	0.773	1.365	1.122	1.506	2.188	94.0±0.9	28.2(79.2)	7.4(20.8)	35.6
14	QUMO	115	-	140	185	440	10	-	12	37	50	2.076	-	2.284	2.605	3.222	85.0±0.2	19.1(38.6)	30.4(61.4)	49.5
15	QUMO	118	115	53	102	388	4	6	5	40	48	0.990	1.689	0.821	1.977	2.641	75.3±1.2	32.2(56.1)	25.2(43.9)	57.4
16	QUMO	95	33	88	128	343	4	3	10	37	42	0.988	1.010	2.124	1.770	2.608	83.7±0.8	44.4(72.5)	16.8(27.5)	61.2
17	QUMO	70	33	118	109	330	2	3	8	27	33	0.340	1.010	1.503	1.518	2.265	89.9±2.8	22.6(43.0)	29.9(57.0)	52.5
18	KASE	70	63	55	97	284	4	3	6	27	32	1.160	0.917	1.723	1.700	2.473	80.5±3.8	18.8(31.5)	40.9(68.5)	59.7
19	KASE	70	25	55	130	280	4	2	6	33	35	1.160	0.611	1.723	1.175	2.235	89.4±1.6	21.2(37.4)	35.5(62.6)	56.7
20	ABHO	70	93	130	24	317	8	7	16	20	38	2.022	1.700	2.292	1.457	2.799	90.7±2.3	15.2(49.8)	15.3(50.2)	30.5
21	ABHO	83	80	90	62	315	7	4	9	29	38	1.666	1.242	1.822	2.253	2.725	90.6±2.7	25.2(52.1)	23.2(47.9)	48.4
22	ABHO	85	90	115	41	331	6	8	16	15	28	1.543	1.991	2.611	1.456	2.938	90.4±1.5	26.5(42.7)	35.6(57.3)	62.1
23	ABHO	73	50	40	54	217	3	4	8	19	29	1.027	1.304	1.360	0.958	2.373	77.5±2.5	23.3(63.3)	13.5(36.7)	36.8
24	ABHO	85	45	15	61	206	4	3	5	17	21	0.869	0.465	0.798	1.155	1.894	76.1±1.6	23.1(49.8)	23.3(50.2)	46.4
25	QUSE	98	43	35	23	199	3	3	5	12	17	0.902	1.037	0.746	1.285	1.785	91.8±4.2	30.9(63.7)	17.6(36.3)	48.5
26	TACU	100	48	51	134	333	4	10	13	35	50	1.235	1.592	1.409	1.822	2.677	86.1±1.4	64.0(55.0)	52.4(45.0)	116.4
27	TACU	80	85	43	104	312	4	6	4	21	32	1.242	1.543	1.051	1.270	2.506	91.8±1.1	34.8(68.1)	16.3(31.9)	51.1
28	TACU	93	40	38	116	287	3	4	4	24	33	1.047	1.303	0.055	1.142	2.141	83.3±4.7	50.8(79.1)	13.4(20.9)	64.2
29	TACU	88	68	41	104	300	6	7	9	27	37	1.435	1.556	1.374	2.403	2.854	92.9±2.3	70.2(85.6)	11.8(14.4)	82.0
30	TACU	78	68	15	111	272	5	6	5	26	37	1.365	1.312	0.798	1.948	2.711	89.4±1.7	35.0(67.4)	16.9(32.6)	51.9
31	TACU	78	75	78	76	306	5	6	5	18	29	1.365	1.498	0.644	1.796	2.481	88.7±1.7	31.7(59.0)	22.0(41.0)	53.7
32	TACU	15	50	33	108	206	2	4	5	13	23	0.693	1.304	1.045	1.435	2.449	91.3±2.3	71.2(89.2)	8.6(10.8)	79.8
33	SAMA	98	78	50	99	325	3	5	8	35	46	0.902	1.365	1.351	2.045	2.664	80.9±1.8	18.8(56.0)	14.8(44.0)	33.6
34	TIAM	85	65	110	79	340	4	6	14	28	45	0.869	1.703	2.426	2.276	2.967	86.0±3.7	38.5(71.6)	15.3(28.4)	53.8
35	TIAM	88	63	33	91	274	3	3	3	20	25	0.773	0.917	1.010	2.056	2.414	92.8±2.3	35.4(61.7)	22.0(38.3)	57.4
36	TIAM	70	58	40	47	215	4	5	6	43	54	1.160	1.521	1.332	2.008	2.715	67.1±1.5	23.2(58.0)	16.8(42.0)	40.0
37	TIAM	130	88	41	217	475	7	7	10	47	60	1.496	1.443	1.387	2.788	3.149	71.1±1.8	31.7(43.1)	41.8(56.9)	73.5
38	TIAM	70	18	115	112	315	4	1	10	31	36	1.160	-	2.076	1.984	2.695	90.7±2.4	15.0(33.3)	30.1(66.7)	45.1
39	POKO	75	71	69	50	264	6	13	21	29	54	1.498	2.061	2.290	1.776	2.976	93.8±1.7	26.9(69.9)	11.6(30.1)	38.5

Note: T, ST, S, and H represent Trees, Subtrees, Shrubs and Herbs, respectively.

향을 많이 받는 경향이였다. 총출현종수는 점봉산의 피나무 유존목 생육임분(Plot no. 37)이 60종으로 가장 풍부하였고, 설악산의 물푸레나무 유존목 생육임분(Plot no. 5)이 13종으로 가장 단순하였다. 종다양성 지수(H')는 설악산의 분비나무 유존목 생육임분(Plot no. 7)이 3.593으로 가장 높았고, 같은 설악산의 물푸레나무 유존목 생육임분(Plot no. 5)이 1.661로 가장 낮게 나타났다. 수관유효도에 있어서는 설악산의 물푸레나무 유존목 생육임분(Plot no. 5)이 약 95%로 가장 높게 나타났고, 오대산의 산돌배 유존목 생육임분(Plot no. 3)이 약 53%로 가장 낮게 나타났다. 산림유존목 개체의 흉고단면적에 있어서는 오대산의 주목이 71.2m<sup>2</sup>/ha로 가장 크게 나타났고, 다음으로 계방산의 주목이 각각 70.2m<sup>2</sup>/ha, 64.0m<sup>2</sup>/ha, 그리고 50.8m<sup>2</sup>/ha 등의 순으로 높게 나타났다. 산림유존목 개체의 흉고단면적과 그 생육임분내 다른 모든 교목성 개체의 흉고단면적합 간의 상대적 점유비를 보면, 산림유존목 개체의 흉고단면적 점유비는 평균 56.3%이었

으며, 이 중 오대산의 주목 유존목이 89.2%로 가장 높았고, 다음으로 복주산의 박달나무 87.2%, 계방산의 주목 85.6% 등의 순으로 높게 나타났다. 한편, 강원지역 산림유존목의 동태를 생육임분별 산림유존목 개체와 기타 교목성 개체의 흉고직경급 빈도분포 경향으로 추정하여 보면, 미세환경, 주변식생 그리고 교란정도 등에 따라 다소 차이는 있으나 “후계수가 낮은 밀도이지만 지속적으로 공급되는 유형(A 신갈나무, B 전나무, C 피나무, F 산돌배)”, “후계수가 완전히 단절된 유형(G 소나무)”, “후계수가 최근 또는 상당기간 단절된 유형(H 분비나무, I 굴참나무, J 박달나무)”, 그리고 “후계수가 주기적으로 단절과 공급이 반복되는 유형(K 호랑버들, L 졸참나무)”등 크게 4가지 유형으로 구분되었다 (Figure 3). 그러나 이러한 결과는 강원지역 일부 산림유존목 개체를 대상으로 한 사례이어서, 전체 강원지역 산지 또는 우리나라 산지에 분포하는 산림유존목 개체의 동태 유형으로 규정하기에는 다소 문제가 있을 것으로 판단되며,

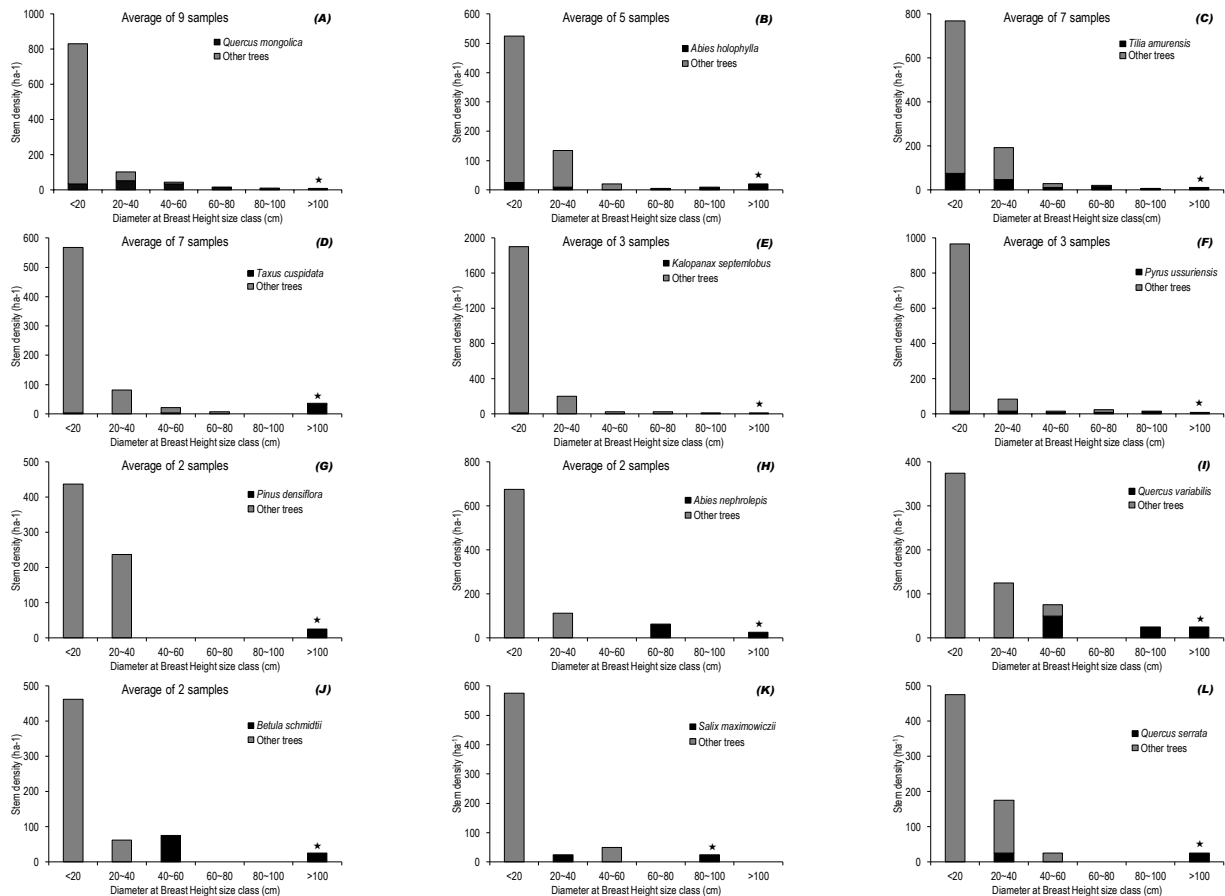


Fig 4. DBH size class distribution of forest stand with relict forest trees(A~L). (A) *Quercus mongolica*; (B) *Abies holophylla*; (C) *Tilia amurensis*; (D) *Taxus cuspidata*; (E) *Kalopanax septemlobus*; (F) *Pyrus ussuriensis*; (G) *Pinus densiflora*; (H) *Abies nephrolepis*; (I) *Quercus variabilis*; (J) *Betula schmidtii*; (K) *Salix maximowiczii*; (L) *Quercus serrata*. The star symbol(★) represents an individual corresponding to the relict forest trees.



추후 보다 많은 산림유존목 개체를 대상으로 한 후속연구가 진행되면 보다 객관적인 결과가 도출될 것으로 사료된다.

## 종합고찰

산림유존목과 같은 크고 오래된 나무는 지구상에서 가장 크고 오래 살아있는 유기체 중 하나이며 인간의 정신에서 존경받는 위치를 차지하고, 도상학(iconography), 미술, 서적, 영화 및 기타 문화적 표현에 자주 등장하고 있다(Blicharska & Mikusinski 2014). 이들은 또한 생육 임지에서 수많은 주요한 생태적 역할을 하고 수문학적 체계, 양료 순환, 교란체계 그리고 그들 자신과 다른 종들의 개체수 분포와 수도에 중요한 영향을 미치고 있다(Lindenmayer et al. 2014b). 이와 같은 산림유존목의 가치와 기능을 지속적으로 담보하기 위해서는 무엇보다도 현재 우리나라 산림지역에 남아 있는 모든 산림유존목의 잔존 실태를 객관적으로 파악하여 적절한 보호대책을 수립하는 것이다. 본 연구는 우리나라 산림유존목의 체계적 보전 및 관리를 위한 기초자료 수집을 위하여 다른 지역에 비하여 산세가 비교적 복잡하게 발달되어 있고 접근성이 좋지 않아 산림유존목의 잠재적 수도(abundance)가 상대적으로 풍부할 것으로 판단되는 강원지역 산림을 대상으로 산림유존목의 분포 실태와 입지 특성 그리고 그 생육 임분의 구성적 특성을 파악하였다. 그 결과, 금번조사에서는 강원지역 산림에서 모두 19종 434개체가 분포하고 있음을 확인하였으며, 이들의 가슴높이 줄기둘레는 평균 404cm이었고, 최대목은 설악산 피나무 복간목으로 줄기둘레가 1,113cm로 나타났다. 또한 산림유존목 분포지의 입지특성은 수종별로 다소 차이가 있지만 해발고도는 대개 1,000m 이상, 사면경사도는 25° 이상, 사면방위는 북향, 그리고 미세지형은 사면상부 등으로 나타나 비교적 인간 활동의 강도와 접근성이 낮고, 수분 스트레스가 상대적으로 적은 북사면에서 풍부하게 나타나고 있었다. 한편, 산림유존목 개체의 동태를 파악하기 위하여 그 생육임분내 교목성 개체(흉고지름 5cm 이상)에 대한 매목조사를 수행하였다. Franklin et al.(2002)은 산림유존목과 같은 크고 오래된 나무의 동태는 대부분 개체 수준이어서 그 성립 및 잔존 과정은 “정착 단계, 밀도 조절 단계, 성숙 단계, 그리고 노령 단계”와 같은 일반적인 임분 발달 과정과 다른 양상으로 진행된다고 하였다. 강원지역 산림유존목 개체의 동태는 ‘후계수가 낮은 밀도이지만 지속적으로 공급되는 유형(신갈나무, 전나무, 피나무, 그리고 산돌배)’, ‘후계수가 완전히 단절된 유형(소나무)’, ‘후계수가 최근 또는 상당 기간 단절된 유형(분비나무, 굴참나무, 박달나무)’, 그리고 ‘후계수가 주기적으로 단절과 공급이 반복되는 유형(줄참나무, 호랑버

들) 등 크게 4가지 유형으로 추정할 수 있었다. 그러나 산림유존목 개체의 유지기작 유형에 대한 보다 객관적인 구분을 위해서는 산림유존목 개체와 그 생육임분에 대한 입지특성, 교란요인 및 교란정도 등에 대한 추가 정보 수집이 필요하다고 생각된다. 또한, 본 연구의 수행을 통하여 강원지역 산림유존목의 분포 실태, 생장 특성 및 생육 특성을 파악할 수 있었다. 모든 조사정보는 Geo-DB화하여 향후 지속적 보전 및 관리의 기반 정보로 활용할 수 있도록 하였다. 그러나 금번 조사는 강원지역 산림에 분포하는 산림유존목의 실태를 파악하는 기초적인 연구로 향후 기후변화 대응과 생물다양성 유지에 있어서 잠재자원적 가치와 그 기능적 역할과 아울러 현지내 보전에 대한 보다 체계적인 후속연구가 필요할 것으로 보인다. 또한 생활권 주변 노거수를 포함하여 국가적 수준에서 우리나라 유존목을 지속적으로 보전하기 위한 관련 정책을 시급히 마련해야 할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Blicharska, M. and G. Mikusinski(2014) Incorporating social and cultural significance of large old trees in conservation policy. *Conservation Biology* 28: 1558-1567.
- Braun-Blanquet, J.(1964) *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*(3rd ed.). Springer-Verlag, Wien, 865pp.
- Brown, I.F., L.A. Martinelli, W.W. Thomas, M.Z. Moreira, C.A.C. Ferreira and R.A. Victoria(1995) Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management* 75(1-3): 175-189.
- Camarero, J.J., E. Gutiérrez, M.-J. Fortin, E. Ribbens(2005) Spatial patterns of tree recruitment in a relict population of *Pinus uncinata*: forest expansion through stratified diffusion. *Journal of Biogeography* 32 (11): 1979-1992.
- Cecile, J., L.R. Silva and M. Anand(2013) Old trees: large and small. *Science* 339(6122): 904-905.
- Chao, K.-J., O.L. Phillips, A. Monteagudo, A. Torres-Lezama and R.V. Martínez(2009) How do trees die? Mode of death in northern Amazonia. *Journal of Vegetation Science* 20: 260-268.
- Cho, H.J., C.H. Lee, J.H. Shin, K.H. Bae, Y.C. Cho and J.S. Kim(2016) Diversity, Spatial Distribution and Ecological Characteristics of Relict Forest Trees in South Korea. *Journal of Korean Forest Society* 105(4): 401-413. (in Korean with English abstract)
- Clark, D.B. and D.A. Clark(1996) Abundance, growth and mortality of very large trees in Neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and Management* 80: 235-244.
- Douglas, M.(2012) Big, old trees in decline worldwide. <http://>

- www.livescience.com/25310-big-trees-in-decline.html(2016. 8. 15.).
- Fedrigoa, M., S. Kasela, L.T. Bennettb, S.H. Roxburghc and C.R. Nitschkea(2014) Carbon stocks in temperate forests of south-eastern Australia reflect large tree distribution and edaphic conditions. *Forest Ecology and Management* 334(15): 129-143.
- Franklin, J.F.(2012) The importance of Big, Old Trees. [https://www.americanforests.org/blog/the-importance-of-big-oldtrees/\(2017.10.15.\)](https://www.americanforests.org/blog/the-importance-of-big-oldtrees/(2017.10.15.)).
- Harmon, M.E., K. Cromack and B.G. Smith(1987) Coarse woody debris in mixedconifer forests, Sequoia National Park, California. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 1265-1272.
- Harmon, M.E., C.W. Woodall, B. Fasth and J. Sexton(2008) Woody detritus density and density reduction factors for tree species in the United States: a synthesis. General Technical Report NRS-29, Northern Research Station, USDA Forest Service. 84pp.
- Harvey, C.A. and W.A. Haber(1988) Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44(1): 37-68.
- Keeton, W.S. and J.F. Franklin(2005) Do remnant old-growth trees accelerate rates of succession in mature Douglas-fir forests? *Ecological Monographs* 75: 103-118.
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2011) Woody Plants of Korean Peninsula. Dolbegae, Paju. (In Korean)
- Korea Forest Service(2017) Korean Plant Names Index. <http://www.nature.go.kr/kpni/SubIndex.do> (2017.12.1.). (In Korean)
- Korea Forest Service(2016) Conservation and management technique for forest relict trees(I). Research and Development Project of forestry technology. 1 st Research Report. 55pp. (in Korean with English abstract)
- Larson, A.J. and J.F. Franklin(2010) The tree mortality regime in temperate old-growth coniferous forests: the role of physical damage. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 2091-2103.
- Lee, T.B.(2003) Coloured flora of Korea, Hyangmunsa press, Seoul, 910pp. (in Korean)
- Laurance, W.(2012) How the mighty are fallen. *New Scientist* 213: 39-41.
- Lindenmayer, D.B., W. Blanchard, L. McBurney, D. Blair, S. Banks, G.E. Likens, J.F. Franklin, W.F. Laurance, J.A. Stein and P. Gibbons(2012a) Interacting factors driving a major loss of large trees with cavities in a forest ecosystem. *PLoS One* 7(10): e41864.
- Lindenmayer, D.B., W.F. Laurance and J.F. Franklin(2012b) Global decline in large old trees. *Science* 338: 1305-1306.
- Lindenmayer, D.B., W. Laurance, W.F. Franklin, G.E. Likens, S.C. Banks, W. Blanchard, P. Gibbons, K. Ikin, D. Blair, L. McBurney, A.D. Manning and J.A.R. Stein(2014b) New policies for old trees: averting a global crisis in a keystone ecological structure. *Conservation Letters* 7: 61-69.
- Lindenmayer, D.B.(2016) The importance of managing and conserving large old trees: a case study from Victorian Mountain Ash Forests. *The Royal Society of Victoria* 128: 64-70. 10.1071/RS16006.
- Lindenmayer, D.B. and W.F. Laurance(2016) The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews* 92(3): 1434-1458. doi: 10.1111/brv.12290.
- Lutz, J.A., A.J. Larson, M.E. Swanson and J.A. Freund(2012) Ecological Importance of Large-Diameter Trees in a Temperate Mixed-Conifer Forest. *PLoS ONE* 7(5): e36131.
- Martin, T.A., K.J. Brown, J. Kučera, F.C. Meinzer, D.G. Sprugel and T.M. Hinckley(2001) Control of transpiration in a 220-year old *Abies amabilis* forest. *Forest Ecology and Management* 152: 211-224.
- Maharramova, E.(2015) Genetic diversity and population structure of the relict forest trees *Zelkova carpinifolia* (Ulmaceae) and *Pterocarya fraxinifolia* (Juglandaceae) in the South Caucasus. Freie Universität Berlin. Doctoral thesis, 123pp.
- Mattias, E., E. Anna-Maria and V. Marc-André(2016) The importance of large-tree retention for the persistence of old-growth epiphytic bryophyte *Neckera pennata* in selection harvest systems. *Forest Ecology and Management* 372: 143-148.
- Meyer, M.D., D.A. Kelt and M.P. North(2005) Nest trees of northern flying squirrels in the Sierra Nevada. *Journal of Mammalogy* 86: 275-280.
- Miehe, G., S. Miehe, M. Will, L. Opgenoorth, L. Duo, T. Dorgeh and J. Liu(2008) An inventory of forest relicts in the pastures of Southern Tibet (Xizang A.R., China). *Plant Ecology* 194(2): 157-177.
- Petit, R.J., A. Hampe and R. Cheddadi(2005) Climate change and tree phylogeography in the Mediterranean. *Taxonomy* 54: 877-885.
- Phillips, N.G., T.N. Buckley and D.T. Tissue(2008) Capacity of old trees to respond to environmental change. *Journal of Integrative Plant Biology* 50: 1355-1364.
- Qgis Development Team(2015) Qgis ver. 2.18.4 program. [http://qgis.org/ko/site/\(2017.1.7.\)](http://qgis.org/ko/site/(2017.1.7.))
- Rambo, T. and M. North(2009) Canopy microclimate response to pattern and density of thinning in a Sierra Nevada forest. *Forest Ecology and Management* 257: 435-442.
- Remm, J. and A. Löhmus(2011) Tree cavities in forests - the broad distribution pattern of a keystone structure for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 262: 579-585.
- Sillett, S.C. and R. Van Pelt(2007) Trunk reiteration promotes epiphytes and water storage in an old-growth redwood forest

canopy. *Ecological Monographs* 77: 335-359.

Stalgoll, K., D.B. Lindenmayer, E. Knight, J. Fischer and A.D. Manning(2012) Large trees are keystone structures in urban parks. *Conservation Letters* 5:115-122.

Stephenson, N.L., A.J. Das, R. Condit, S.E. Russo, P.J. Baker, N.G. Beckman, D.A. Coomes, E.R. Lines, W.K. Morris, N. Rüger, E. Álvarez, C. Blundo, S. Bunyavejchewin, G. Chuyong, S.J. Davies, A. Duque, C.N. Ewango, O. Flores, J.F. Franklin, H.R. Grau, Z. Hao, M.E. Harmon, S.P. Hubbell, D. Kenfack, Y. Lin, J.R. Makana, A. Malizia, L.R. Malizia, R.J. Pabst, N. Pongpattananurak, S.H. Su, I-F. Sun, S. Tan, D. Thomas, P.J. van Mantgem, X. Wang, S.K. Wisser and M.A. Zavala(2014) Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature* 507: 90-93.

van Wagtenonk, J.W. and P.E. Moore(2010) Fuel deposition rates of montane and subalpine conifers in the central Sierra Nevada, California, USA. *Forest Ecology and Management* 259: 2122-2132.