

식생형을 고려한 소나무 임분의 조림적 고찰¹

이광수^{2*} · 이종효³ · 김석권² · 배상원² · 정문호⁴

Consideration of Silvicultural Practice by Taking Community Type of *Pinus densiflora* Stand¹

Kwang-Soo Lee^{2*}, Jung-Hyo Lee³, Suk-Kwon Kim², Sang-Won Bae², Mun-Ho Jung⁴

요약

한국에서 소나무는 문화적, 역사적, 정서적으로 중요한 위치에 있으며, 목재자원 생산이 가능한 수종이다. 소나무의 점유면적은 점차 줄어드는 반면, 참나무류를 비롯한 활엽수림이 증가하는 추세이므로 소나무림 유지를 위한 갱신과 시업법에 관한 연구가 요구된다. 본 연구는 중부지역을 대상으로 소나무에 대한 임분유형 및 구조분석을 통하여 생육환경과 천이과정을 파악함으로써, 안정적이며 지속적인 경영림으로서의 발달과 천연갱신 유도에 그 목적이 있다. 중부지역 소나무림은 당단풍나무군락, 상수리나무군락, 비목군락, 전형군락으로 분류되었으며, 지역에 따라 유형별 다른 특성을 보이고 있었다. 상층에는 소나무가 높게 나타나고 있으나, 중층에서는 참나무류 등 활엽 교목성 수종의 중요치가 높았으며, 하층에서 소나무 출현은 빈약하였다. 따라서 상관적으로 소나무가 생태적 영향력이 높은 것처럼 나타나고 있지만, 차후 자연 상태에서 교목층의 소나무가 고사하면 아교목층 이하 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류가 우점할 것으로 사료되었다. 소나무림의 형질과 성장패턴은 임분유형에 따라 지역별 차이를 보이고 있어 소나무림에 대한 시업도 차별 적용되어야 할 것으로 사료되었다.

주요어 : 임분구조, 천연갱신, 산림자원

ABSTRACT

In Korea, Red pine(*Pinus densiflora*) stands at a very important place, historically, culturally, and emotionally and it is one of the tree species that can produce domestic timber as forest resources economically. The growing space for Red pine forest in Korea is gradually reducing while the space for deciduous tree forests including oak series is gradually increasing. Thus, it is required that the research work should be done on renewal for pine forest retention and its related forest management practices. This research aims at developing stable, sustainable management forests and inducing nature renewal by grasping growth environment and succession process through the pattern of stand and structure analysis of the red pine(*Pinus densiflora*) for central region. The pine forests in central region were classified into four communities, such as *Acer pseudo-sibolium*, *Quercus acutissima*, *Lindera erythrocarpa*, and *Pinus densiflora* and they are showing different characteristics

1 접수 2008년 10월 31일, 수정(1차 : 2009년 1월 30일, 2차 : 2009년 2월 18일), 게재확정 2009년 2월 25일

Received 31 October 2008; Revised(1st : 30 January 2009, 2nd : 18 February 2009); Accepted 25 February 2009

2 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute Cheongyangni, Dondaemun-gu, Seoul(130-712), Korea

3 국립환경과학원 National Institute of Environmental Research, Environmental Research Complex, Kyungseo-Dong, Seo-Gu, Incheon(404-708), Korea

4 광해방지사업단 기술연구센터 Technology Research Center, Mine Reclamation Corporation Coal Center 6 Floor, Seoul (110-727), Korea

* 교신저자 Corresponding author(beldel660@forest.go.kr)

by pattern according to their growing district. There appeared a lot of red pines in the upper layer, but there existed high weight of broad-leaved forest tree species, such as oak series in the middle layer and the appearance of the red pine was meager in the lower layer. Therefore, it appears that the red pine has a high influential ecological strength in terms of correlativity; however, if the red pine in tree layer is dead by aging in nature state with the lapse of time, it is considered that oak species, such as *Quercus mongolica*, *Quercus variabilis*, and *Quercus serrata* will be dominant below sub-tree layer. In addition, there appear differences in characteristics and growth pattern of the red pine forest depending on stand pattern, so it is considered that a differential application method should be employed in the pine forest management.

KEY WORDS : STAND STRUCTURE, NATURAL REGENERATION, FOREST RESOURCES

서론

우리나라에서 자연을 대표하는 산림은 국토면적의 64.2% (6,394천ha)로서 소나무림의 면적은 전체 산림면적의 약 23.6%(1,507천ha)이다(Forest Service, 2006). 세계적으로 소나무 분포는 한국과 만주 및 일본에 걸쳐 분포하며, 제주도 한라산(북위 33° 20')에서 함경북도 은성군 증산(북위 43° 20')에 이르기까지 전국의 고산지대를 제외한 우리나라 대부분 지역에서 분포하며 단일 수종으로서는 최대면적을 차지하는 대표적인 경제수종이다(Mirov, 1967; Yang, 2002). 그러나 최근 들어 소나무림은 소나무재선충과 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 산불 등으로 많은 피해를 받고 있으며, 대체연료 개발 등과 같이 사회여건의 변화, 기후온난화로 인한 경쟁수종의 번성으로 적기에 후계림 조성이 이루어지지 않아 소나무림의 면적이 점차 감소하고 있는 실정이다(Lee and Hong, 2004). 이러한 현상과 더불어 최근 들어 소나무림의 지속적인 보전과 관리의 필요성이 대두되어 여러 지역에서 소나무림에 대한 연구가 지속적으로 시행되고 있다(Yun and Hong, 2000; Chun, 2001; Yang, 2002; Lee and Hong, 2004; Korea Forest Research Institute, 2005; Ministry for Agriculture and Forestry, 2000; 2006; Lee et al., 2006; Chun et al., 2007). 하지만 임분유형과 임분특성 해석에 의한 소나무림 시업법에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 중서부지역에 분포하고 있는 소나무림에 대하여 종조성에 기초한 식생유형을 분석하고 식생유형에 따른 상·하층의 임분구조와 생장 및 임목형질 특성을 분석하여 생태적·경제적으로 가치있는 소나무림 보전을 위한 기초적 연구 자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구 조사대상지는 우리나라의 중부지방에 속하는 충청남도 예산, 서산, 공주, 보령, 태안 등, 5개 시·군 지역으로 대상지역 총 면적은 3,295km²였다. 기후상으로는 사계절이 뚜렷하고, 기온이 온화한 중위도 온대 계절풍 기후대에 속하고 있다. 연평균 기온은 11.9°C, 최고온도 35.0°C 최저온도 -16.1°C였으며, 연강수량은 1375.9mm였다(Korea Meteorological Administration, 2006).

2. 조사 및 분석방법

소나무림의 군락유형을 구분하기 위하여 총 46개소의 조사구(10×10m)에 대하여 입지환경요인, 조사구내 전 출현종의 우점도(dominance)와 군도(sociability)를 Braun-Blanquet (1964)법에 의해 계층별로 조사하였다. 야외 조사자료 분석은 군락유형과 임분구조 분석에 의하여 수행하였다. 전자는 Ellenberg(1956)의 표조작법(tabulation method)으로 수행하였고, 후자는 23개소의 조사구 대하여 매목조사 자료를 이용하였다. 각 조사구에 대한 다양성, 우점도 등을 분석하기 위하여 Shannon의 종다양도지수(H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(J'), 우점도(1-J')를 분석하였다(Shannon and Wiener, 1949; Brower and Zar, 1977). 임분구조를 분석하기 위하여 식물사회학적 방법으로 조사된 우점도 계급을 우점도 범위의 중앙치로 환산하여 상대우점도를 계산하였고(Dierssen, 1990), 또한 상대빈도를 계산하여 식생단위에 따른 층위별 구성종의 중요치를 구하였다. 그들의 생태적, 생장특성과 형질에 의한 시업법을 적용하기 위하여 주요 수종의 생육환경 파악(Forest Service, 2003), 연륜해석에 의한 생장량 분석은 생장추를 이용하여 표준목에 대하여 목편을 2방향에서 추출하여 WinDEND를 이용 0.1mm단위로 측정하였다. 수간에 대한 임목의 형질을 파악하기 위하여 Heck의 형질급(3계급)을 이용하여 상층 소나무에 대하여 조사분석하였다(Heck, 1931).

Table 1. Distribution of *Pinus densiflora* forest in the Central Western Region

	Community type	Area(number of research site)
<i>Acer pseudo-sibolium</i> community	<i>Cornus kousa</i> group (I - A type)	Boryeong-si(1), Gongju-si(1)
	Typical group (I - B type)	Yesan-gun(1), Gongju-si(2)
<i>Quercus acutissima</i> community (II type)		Seosan-si(1)
<i>Lindera erythrocarpa</i> community (III type)		Taeon-gun(1), Yesan-gun(1)
	pure forest (IV-a type)	Taeon-gun(1), Seosan-si(1)
	double layer forest (IV-b type)	Yesan-gun(1), Taeon-gun(1) Seosan-si(2), Boryeong-si(3)
	double layer-mixed forest (IV-c type)	Yesan-gun(1), Taeon-gun(1) Hongseong-gun(1), Boryeong-si(2) Gongju-si(1)

식물사회학적 조사법에 의해 구분되어진 식생형에 대한 임분구조를 분석하기 위해 총 23개 조사구에 대하여 매목조사를 실시하였다(Table 1). 당단풍군락의 하위단위인 산딸나무군은 보령시와 공주시에서 각각 1개소씩, 당단풍전형군은 예산군 1개, 공주시 2개소가 조사되었으며, 상수리나무군락은 서산시, 소나무전형군락은 단순림, 이단림, 이단혼효림으로 구분하였는데, 단순림은 태안군과 서산시에서 각각 1개소씩, 이단림은 예산시 1개소, 태안군 1개소, 서산시 2개소, 보령시 3개소, 이단혼효림은 예산시 1개소, 태안군 1개소, 홍성군 1개소, 보령군 2개소, 공주시 1개소가 조사되었다.

결과 및 고찰

1. 소나무림의 종조성

조사 대상지에 분포하는 소나무림은 청미래덩굴, 줄참나무, 애기나리, 진달래의 상재도와 우점도가 높게 나타나고 있다. 군락유형은 크게 당단풍나무군락, 상수리나무군락, 비목나무군락, 소나무전형군락으로 구분되며, 이 중 당단풍나무군락은 산딸나무군과 전형군으로 나누어졌다. 따라서 4개 군락, 2개 군으로 총 5개 식생단위로 구분되었다(Table 2).

1) 당단풍나무군락(*Acer pseudo-sibolium* community)

당단풍나무와 쪽동백나무의 상대도와 우점도가 비교적 높게 나타나 구분되어진 군락으로, 산딸나무군(*Cornus kousa* group)과 당단풍나무전형군(*Acer pseudo-sibolium* typical group)은 산딸나무의 식별종에 의해서 세분되었다. 산딸나무군의 특징은 상위군락인 당단풍나무군락에서 산딸나무의 상재도와 우점도가 비교적 높게 나타나 구분된 군이다. 지형은 사면하부에서 상부에 걸쳐 나타났으며, 해

발은 194.2-194.2m였다. 사면경사는 $19.2 \pm 7.4^\circ$ 로 비교적 완만한 경사를 나타내었고, 노암율은 $10.0 \pm 24.5\%$ 이었다. 본 식생단위에서 종군 2를 제외하고 상재도가 III 이상인 수종으로는 굴참나무, 생강나무, 때죽나무, 덩덩이덩굴, 노린재나무, 개벗나무, 개웃나무, 서어나무, 팔배나무, 덜꿩나무, 신갈나무, 국수나무, 개암나무 등이 출현하였다.

당단풍나무전형군은 상위군락인 당단풍나무군락에서 종군 2의 산딸나무가 출현하지 않은 군이다. 지형은 사면하부에서 사면중부에 나타났으며, 해발은 51.3~217.1m로 비교적 낮은 해발에 분포하였다. 사면경사는 $20.0 \pm 9.4^\circ$, 노암율은 0%였는데, 본 식생단위에서 해당종군을 제외하고 상재도가 III 이상인 수종으로는 굴참나무, 때죽나무, 고사리, 주름조개풀, 노린재나무, 개벗나무, 개웃나무, 물푸레나무, 큰기름새, 비비추 등이 출현하였다.

2) 상수리나무군락(*Quercus acutissima* community)

소나무림에서 종군 3의 상수리나무의 상재도와 우점도가 높게 나타난 군락으로, 사면하부에서 사면상부에 걸쳐 분포하였다. 해발은 78.5~516.5m, 사면경사는 $35.0 \pm 16.0^\circ$ 로 기타 식생단위보다 해발과 사면경사가 높았으며, 노암율은 $3.3 \pm 11.5\%$ 였다. 출현 수종 중, 굴참나무, 덩덩이덩굴, 고사리, 주름조개풀, 노린재나무, 개벗나무, 개웃나무, 굴피나무, 큰기름새, 참취, 싸리, 노간주나무, 떡갈나무, 붉나무, 쥐똥나무, 오이풀, 그늘사초, 미역취, 자귀나무 등이 상재도가 III 이상이었다.

3) 비목나무군락(*Lindera erythrocarpa* community)

소나무림에서 종군 4의 비목나무의 상재도와 우점도가 높은 군락이었다. 분포지형은 사면하부에서 사면상부였으며, 해발 48.6~410.4m, 사면경사 $20.0 \pm 12.7^\circ$, 노암율 0%였다. 본 식생단위에서 해당종군을 제외하고 상재도가 III

Table 2. Differentiated table of natural *Pinus densiflora* forest in the study area

Community Group Vegetation units Topography Altitude(m) Slope degree(°) Rock rate(%) Coverage(%) of Tree layer Subtree layer Shrub layer Herb layer Number of releves	I		II	III	IV
	A	B			
	1	2	3	4	5
	LS-US	LS-MS	LS-US	LS-US	LS-US
	194.2-348.8	51.3-217.1	78.5-516.5	48.6-410.4	80.6-241.8
	19.2±7.4	20.0±9.4	35±16.0	20.0±12.7	23.3±7.9
	10.0±24.5	0	3.3±11.5	0	0
	85.8±2.0	84.0±8.2	82.9±6.2	87.2±6.2	84.5±7.3
	74.2±3.8	66.3±11.1	44.2±10.2	69.0±11.9	60.8±19.1
	55.8±17.4	75.0±18.4	64.5±15.7	75.0±16.0	57.3±23.6
	36.0±29.0	40.0±25	34.4±5.3	26.0±16.7	50.6±16.3
	6	5	12	14	9

differential taxa :

<i>1. Acer pseudo-sibolianum</i> (AP)	II 11	IV 12	-	I 11	-
<i>Styrax obassia</i>	I 11	V+2	I ++	I ++	-
<i>2. Cornus kousa</i> (CK)	V 12	-	-	-	-
<i>3. Quercus acutissima</i>	I ++	II+1	V+2	I ++	-
<i>4. Lindera erythrocarpa</i> (LE)	IV+2	-	I 11	V+3	II++
companions :					
<i>Pinus densiflora</i> (PD)	V 45	V 35	V 45	V 35	V 45
<i>Smilax china</i>	Vr+	V+1	V+1	V+2	V++
<i>Quercus serrata</i> (QS)	V 12	V+3	III 12	IV+3	IV+4
<i>Quercus variabilis</i> (QV)	IV+2	IV+2	III+2	II++	V+3
<i>Disporum smilacinum</i>	V+3	V+2	II+1	IV+3	III+2
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	II+1	IV+2	IV+2	III+3	Vr3
<i>Quercus variabilis</i>	IV+2	IV+2	III+2	II++	V+3
<i>Lindera obtusiloba</i>	V+1	II++	II+2	IV+1	IV++
<i>Styrax japonica</i>	V 13	IV+1	II+1	IV+3	III+1
<i>Cocculus trilobus</i>	III++	I ++	IV+1	III++	III++
<i>Pteridium aquilinum var. latiusculum</i>	II++	III+1	V+1	II+1	III+1
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	II+1	III+1	IIIr3	IVr3	IIIr+
<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i>	III+1	III++	III+1	III+2	II+2
<i>Prunus leveilleana</i> (PL)	III+1	III+1	III++	IIIr2	III+1
<i>Rhus trichocarpa</i>	III 12	IV+1	III+1	III+1	III+2
<i>Carpinus laxiflora</i> (CL)	III 12	III+3	I 11	I ++	I ++
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	II+1	III+1	IIr1	III+1	III++
<i>Platycarya strobilacea</i> (PS)	II 12	-	IIIr2	II+3	IV+2
<i>Sorbus alnifolia</i> (SA)	III 11	II+1	I ++	III+1	III+2
<i>Spodiopogon sibiricus</i>	III++	III++	IIIr+	II+1	II+2
<i>Viburnum erosum</i>	V+1	I ++	I ++	II+1	III+1
<i>Atractylodes japonica</i>	-	I ++	IVr+	I r+	IIIr+

<i>Parthenocissua tricuspidata</i>	III++	-	II12	III+2	II11
<i>Stephanandra incisa</i>	III+1	II+1	III++	II++	II14
<i>Quercus mongolica</i>	III+2	II+2	II++	III+2	I++
<i>Aster scaber</i>	-	IIr+	III++	II++	II++
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	II++	II+1	IIr1	III++
<i>Carex humilis</i>	III+1	-	I11	II+1	III+2
<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>	I++	-	IIr+	III++	IIr+
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	I++	IIr+	II+1	II+1	II+1
<i>Lespedeza bicolor</i>	-	I++	IV+1	II++	I++
Others(omitted 150spp.)					

※ Topography: T(top), R(ridge), US(upper slope), MS(middle slop), LS(lower slope), V(valley)/ Constancy class: V(81~100%), IV(61~80%), III(41~60%), II(21~40%), I(5~20%), r(<5%)/ The abbreviation of scientific name: AJ(*Albizzia julibrissin*)

이상인 수종으로는 생강나무, 때죽나무, 땡땡이덩굴, 주름조개풀, 노린재나무, 개벚나무, 개웃나무, 물푸레나무, 팔배나무, 담쟁이덩굴 등이 출현하였다.

4) 소나무전형군락(*Pinus densiflora* typical community)

조사대상 임분인 소나무림에서 종군 1, 2, 3와 4가 출현하지 않거나 낮은 빈도와 우점도를 나타내어 구분되어진 군락으로 사면하부에서 사면상부에 걸쳐 분포하였다. 해발은 80.6~241.8m, 사면경사는 23.3±7.9°, 노암율은 0%였다.

출현수종 중, 굴참나무, 생강나무, 때죽나무, 땡땡이덩굴, 고사리, 주름조개풀, 개벚나무, 개웃나무, 물푸레나무, 굴피나무, 팔배나무, 삼주, 산겨울 등이 본 식생단위에서 해당종군을 제외하고 상재도가 III 이상인 수종이었다.

기존의 소나무림의 군락분류에 관한 연구를 살펴보면, Cho and Hong(1990)은 팔공산의 식생분류에서 소나무림에 대한 군락분류를 신갈나무군락과 담쟁이덩굴군락으로 분류하였고, Lee et al.(1998)은 남산자연공원의 식물군락분류를 통해, 소나무군락을 신갈나무하위군락과 국수나무

Table 3. Species diversity according to vegetation unit in *Pinus densiflora* forest in the study area

Vegetation unit 1 <i>Acer pseudo-sibolianum</i> community <i>Cornus kousa</i> group						Vegetation unit 2 <i>Acer pseudo-sibolianum</i> community Typical group					
Layer	H'	H'max	J'	1-J'	R	Layer	H'	H'max	J'	1-J'	R
T	0.487	1.609	0.302	0.698	5	T	0.178	0.693	0.257	0.743	2
T2	2.095	2.639	0.794	0.206	14	T2	1.078	1.609	0.670	0.330	5
S	2.794	3.367	0.830	0.170	29	S	2.303	3.401	0.677	0.323	30
H	0.886	1.386	0.639	0.361	4	H	2.782	3.829	0.727	0.273	46
Vegetation unit 3 <i>Quercus acutissima</i> community						Vegetation unit 4 <i>Lindera erythrocarpa</i> community					
Layer	H'	H'max	J'	1-J'	R	Layer	H'	H'max	J'	1-J'	R
T	0.384	2.303	0.167	0.833	10	T	0.206	2.197	0.094	0.906	9
T2	1.844	1.946	0.948	0.052	7	T2	1.209	1.946	0.621	0.379	7
S	3.169	4.043	0.784	0.216	57	S	2.966	4.078	0.727	0.273	59
H	2.074	2.303	0.901	0.099	10	H	2.387	2.996	0.797	0.203	20
Vegetation unit 5 <i>Pinus densiflora</i> typical community											
Layer	H'	H'max	J'	1-J'	R						
T	0.346	1.609	0.215	0.785	5						
T2	1.487	1.946	0.764	0.236	7						
S	2.491	3.761	0.662	0.338	43						
H	2.524	2.639	0.956	0.044	14						

※ Layer: T(tree layer), T2(subtree layer), S(shrub layer), H(herb layer)

하위군락으로 분류하였으며, Yun and Hong(2000)은 강원도와 경상북도의 금강송림의 군락분류를 산앵도나무군락, 꼬리진달래군락, 떡갈나무군락, 당단풍군락과 전형군락으로 분류한 바 있다. 본 연구결과를 이들 결과와 비교하면 우리나라 중서부 소나무림에 비목나무의 우점도가 높은 것이 특징적이었다.

2. 다양도 분석

조사지역의 식생단위별 종다양도를 Table 3에 나타냈다.

식생단위 1인 당단풍나무군락-산딸나무군에서는 관목층과 아교목층에서 다양도 지수가 각각 2.794, 2.095로 각각 높게 나타났다. 군재도에서는 아교목층과 관목층에서 여러 종이 일정비율로 분포함을 알 수 있었다. 교목층과 초본층은 우점종이 2~3종이었던 것에 비해, 아교목층과 관목층은 우점도 값이 0.3 이하로 다수의 종이 우점하고 있었다. 출현종수는 관목층이 29종으로 가장 풍부하였으며 초본층에서 4종으로 종풍부도가 가장 낮았다. 당단풍나무전형군인 식생단위 2에서는 관목층과 초본층에서 다양도 지수가 각각 2.303, 2.782로 높았다. 교목층은 한두 수종이 우점하고 있

Table 4. Stand structure of *Pinus densiflora* forest(an abbreviation refer to a differentiated table 1)

Community type	Layer	Species	No. of tree/ha	Average DBH (cm)	Average height (m)	Volume (m ³ /ha)	Age class
I -A type	Upper	PD	348	32.57	14.09	178.38	III ~ IV
		Subtotal	348	-	-	178.38	
	Under	PD	149	19.00	8.23	16.24	
		CL+QS+QV+PL+CK+AP	848	11.82	7.52	58.80	
		Subtotal	997	15.41	7.88	75.04	
Total	1,345	-	-	224.44			
I -B type	Upper	PD	647	23.00	12.60	153.98	III ~ VIII
		Subtotal	647	-	-	153.98	
	Under	PD	249	15.00	9.20	20.20	
		PL+QV+AP	299	10.80	6.24	8.73	
		Subtotal	548	-	-	28.93	
Total	1,195	-	-	182.91			
II type	Upper	PD	386	30.27	14.47	174.95	V ~ VI
		Subtotal	386	-	-	174.95	
	Under	PD	100	26.50	9.90	23.69	
		QA+AJ	114	7.50	4.30	1.06	
		Subtotal	213	-	-	24.75	
Total	599	-	-	199.70			
III type	Upper	PD	348	27.64	13.06	126.01	VIII ~ IX
		QS+PS	150	17.33	10.65	13.86	
		Subtotal	498	-	-	139.87	
	Under	QS+SJ+PS+LE	546	7.60	5.45	8.46	
		Subtotal	546	-	-	8.46	
Total	1,044	-	-	148.34			
IV-a type	Upper	PD	448	26.33	13.28	139.61	
	Total	448	-	-	139.61		
IV-b type	Upper	PD	299	30.67	14.97	138.77	III ~ VIII
		Subtotal	299	-	-	138.77	
	Under	PD	199	21.25	11.83	39.67	
		Subtotal	199	-	-	39.67	
		Total	498	-	-	178.44	
IV-c type	Upper	PD	746	19.77	11.29	130.13	III ~ VIII
		QV	100	21.50	12.70	18.54	
		Subtotal	846	19.97	11.45	148.67	
	Under	PD	249	12.10	8.80	13.01	
		QV+SA+QS	249	7.39	5.06	3.00	
		Subtotal	498	9.90	6.89	16.01	
Total	1,344	16.24	9.76	164.68			

었으나, 아교목층과 관목층은 2~3종이, 초본층에서는 다수의 종이 우점하고 있었다. 종풍부도에서 초본층은 46종이 많은 종이 분포하였으나, 교목층은 2종만 분포하고 있었다. 식생단위 3은 상수리나무군락으로 관목층과 초본층에서 다양도 지수가 각각 3.169, 2.074로 높았으며, 균재도와 우점도에 의하면 아교목층, 관목층, 초본층에서는 다수의 종이, 교목층에서는 한두 수종이 우점하고 있었다. 종풍부도에서는 관목층이 57종으로 가장 높았다. 식생단위 4는 비목나무군락으로 관목층과 초본층에서 다양도 지수가 각각 2.966, 2.387로 높았다. 우점도에서 교목층은 0.9정도로 한 수종이 우점하고 있으며 관목층과 초본층은 0.3 이하로 다수의 종이 우점하고 있었다. 종풍부도에서 관목층이 59종으로 가장 높았으며, 초본층에서는 20종으로 나타났다. 소나무전형군락인 식생단위 5는 종다양도가 관목층과 초본층이 각각 2.491, 2.524로 높게 나타나 다른 식생단위와 유사하였으나, 교목층에서는 0.346으로 낮았다. 균재도와 우점도에서 교목층에서는 한두수종이 우점하고 반면에 아교목층과 초본층에서는 다수의 종이, 관목층에서는 2~3종의 우점하였다.

3. 임분구조 분석

Table 4는 소나무림에 생육하는 주요수종들의 개체목, 흉고직경, 수고, 재적의 임분구조를 분석한 것이다. 식생단위 1에서는 III~IV영급으로 상층을 우점하는 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 32.57cm와 14.09m인 개체목이 348본/ha으로 178.38m³/ha의 재적을 나타내었고, 하층에서 서어나무를 비롯한 활엽수인 졸참나무, 굴참나무, 산딸나무, 개벚나무, 당단풍나무 등과 소나무와의 경쟁이 발생하고 있는 것으로 나타났다.

식생단위 2는 III~VIII영급으로 상층 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 23.00cm와 12.60m인 개체목이 647본/ha으로 153.98m³/ha의 재적을 나타냈고, 하층에서 소나무와 함께 활엽수인 개벚나무가 굴참나무, 당단풍나무 등이 분포하였다.

식생단위 3은 V~VI영급으로 상층 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 30.27cm와 14.47m인 개체목이 386본/ha으로 174.95m³/ha의 재적을 나타내었고, 하층에서 소나무, 상수리나무, 자귀나무가 주요 수종으로 분포하나 소나무의 우세도가 강하게 나타났다.

식생단위 4는 VIII~IX영급으로 상층 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 27.64cm와 13.06m인 개체목이 349본/ha으로 126.01m³/ha의 재적을 나타내었고, 흉고직경과 수고가 각각 17.33cm와 10.65m인 졸참나무와 굴피나무가 나타났고, 하층에서 졸참나무 등의 활엽수종들의 우세도가 강하게

나타났다.

식생단위 5는 III~VIII영급을 나타내었으며, 5-a에서 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 26.33cm와 13.28m인 개체목이 448본/ha으로 139.61m³/ha의 재적을 나타내었다.

5-b에서 상층 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 30.67cm와 14.97m인 개체목이 299본/ha으로 138.77m³/ha의 재적을 나타내었고, 하층의 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 21.25cm와 11.83m인 개체목이 199본/ha으로 39.67m³/ha의 재적을 나타내었다.

5-c에서 상층 소나무의 흉고직경과 수고가 각각 19.77cm와 11.29m인 개체목이 74.6본/ha으로 120.13m³/ha의 재적을 나타내었고, 하층에서 소나무는 굴참나무, 졸참나무, 팔배나무 등의 활엽수종들과 경쟁관계에 있는 것으로 나타났다.

4. 중요치 분석

Figure 1은 식생단위에 따른 층위별 중요치를 분석한 결과이다. 소나무는 교목층에서는 모든 식생단위에서 높은 우점도를 보였으며, 아교목층에서는 식생단위 3에서만 출현하지 않았다. 반면, 관목층에서는 거의 출현하지 않아 소나무천연림으로의 유지가 어려울 것으로 판단된다. 교목층과 아교목층에서 소나무와 경쟁관계에 있는 활엽수종으로는 굴참나무, 개벚나무, 졸참나무, 서어나무, 산딸나무, 상수리나무, 굴피나무, 등이었으며, 관목층에서는 때죽나무, 졸참나무, 진달래, 국수나무, 쪽동백나무 등이 주로 우점하고 있었다. 특히 졸참나무는 식생단위 3, 4, 5의 관목층과 아교목층에서 높은 중요치를 보였는데, 이는 Lee *et al.*(1993)이 가야산의 산림식생 중 소나무군락의 관목층에서 졸참나무의 중요치가 높게 나타난 결과와도 유사하였으며, 소나무림 다음 천이단계가 참나무류 군락이라는 예측을 뒷받침하는 결과였다.

5. 임목형질분석

Table 5는 유형별 출현하는 소나무의 임목형질을 분석한 것이다. 식생단위 5는 a, b, c의 3개의 type으로 구분되었다. 소나무의 지하율은 61.9~72.9%로 식생단위 2에서 가장 높은 지하율을 나타내었으며, 고사지율은 23.0~64.2%로 식생단위 1에서 높은 비율을 나타내었다. 고사지 마디수는 1~6마디로 식생단위3에서 6마디, 식생단위 5-a에서는 1마디를 나타내었다. 표준화한 Heck의 형질급을 상층 소나무에 대하여 분석한 결과 지역 및 식생형에 따라 차이는 있으나, 평균 1.6~2.2의 범위에 해당되었다. 따라서 양질의 우량한 임목의 지속적 생산을 위해서는 이러한 고사지 관리를

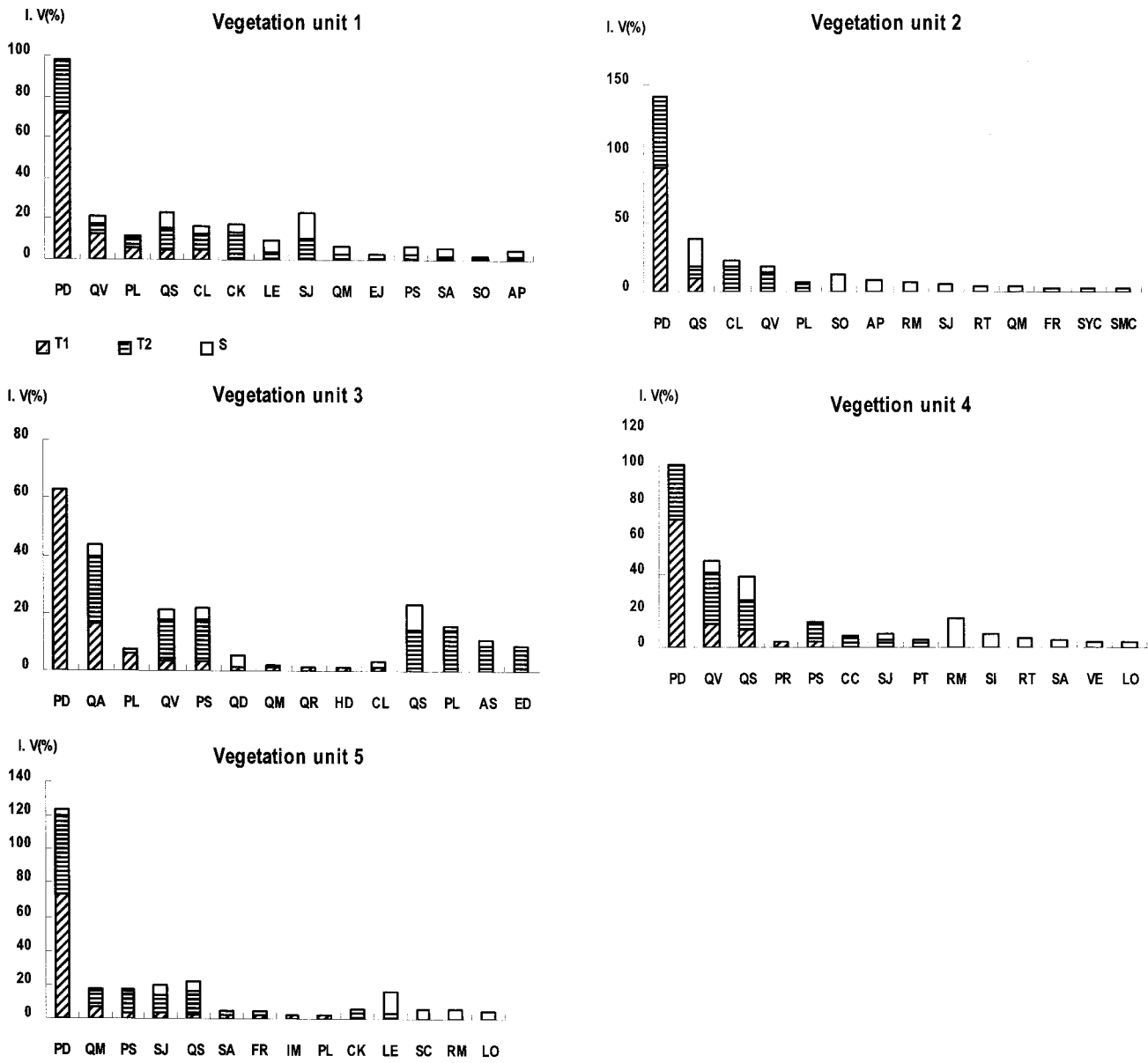


Figure 1. Important Value(I. V.) of major species according to vegetation unit(T1: tree layer, T2: subtree layer, S: shrub layer)

Table 5. Growth characteristics of *Pinus densiflora*

Community type	Clear length ratio (%)		Knot(no.) of dead branch	h/d	Tree form class heck(%)
	Live branch	Dead branch			
Unit 1	70.4	64.2	3	43.3	2.0
Unit 2	72.9	59.4	3	58.0	2.1
Unit 3	61.9	49.1	6	50.8	2.1
Unit 4	64.9	38.8	5	51.5	1.6
Unit 5-a	67.4	23.0	1	51.2	2.0
Unit 5-b	66.5	55.1	3	53.4	1.8
Unit 5-c	71.2	48.8	5	64.3	2.2

위하여 생육단계에 따른 밀도조절과 가지치기 등에 많은 연구를 하여야 할 것으로 사료되었다.

6. 연륜생장 특성

Figure 2와 3은 조사대상지의 식생단위별 소나무와 활엽수류에 대하여 연륜을 분석한 결과 식생단위 1의 41년생 소나무 연평균 성장량은 2.9mm, 전체적으로 연간 1.5~4.5 mm 정도의 성장을 보였다. 식생단위 2의 51년생 소나무는 4.8mm 연간 0.5~10.3mm의 성장을 하고 있었으며, 활엽수류인 굴참나무는 0.7~4.1mm로 나타났다. 식생단위 3의 53년생 소나무는 평균 2.5mm 연간 0.6~6.4mm로 나타났다. 식생단위 4의 41년생 소나무의 성장량은 2.6mm, 35년생 졸참나무는 3.8mm로 소나무의 직경성장보다 양호한 것으로 나타났으며, 소나무는 최근에 성장초기 보다 생장이 감소하는 경향을 보이고 있었다. 졸참나무는 전체적으로 0.7~9.3mm 범위에서 지속적 성장을 하고 있는 것으로 나타났다. 식생단위 5-a의 79년생 소나무의 성장량은 1.8mm, 5-b 48년생은 1.7mm, 5-c의 41년생은 2.6mm로 나타났다.

연륜생장을 종합 분석한 결과 소나무는 식생단위 2의 당단풍전형군에서 초기 성장량 보다 최근 성장량이 더 양호하게 나타났는데 이는 당단풍전형군의 입지가 사면하부에 위치하고 임분의 교란으로 경쟁 수종이 제거됨으로서 최근 수년간 성장량이 크게 증가하였으나 차츰 다시 감소하는 추세를 보이고 있었다. 나머지 식생단위에서는 시간이 경과함에 따라 생장이 다소 떨어지는 경향을 보여 주었다. 활엽수의 경우 4단위에서 졸참나무의 초기생장이 급속히 상승한 것을 제외하면 초기생장에 비하여 최근 성장량이 양호하거나 일정하게 나타났는데 이러한 결과는 수종간의 차이도 인정되지만 소나무와 참나무류의 수령차이, 두 수종간의 고유의 성장패턴의 차이에 기인된 결과로 판단된다.

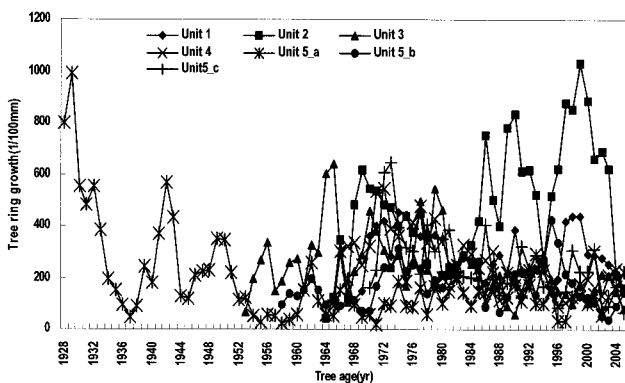


Figure 2. Tree ring growth of *Pinus densiflora* by vegetation units

7. 시업적 접근

현재 소나무림은 다양한 입지적 조건, 임분유형, 임분밀도, 임목형질을 가진 복잡한 형태의 이차림으로 이루어져 있으며, 식생단위 1과 식생단위 4의 생장이 다른 type과 비교하여 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났으며, 식생단위 2와 식생단위 5의 생장이 비교적 양호한 것으로 조사되었다. 하지만 대부분 임분의 영급이 III~IV로 편중되어있으며, 대부분의 유형에서 상층은 소나무가 높은 점유율을 나타내며, 하층에서는 소나무와 활엽수종들이 경쟁관계에 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 하층에서 소나무의 분포율이 낮아 지속적으로 건전한 소나무림을 유도하기 위해서는 하층 활엽수의 적절한 밀도조절로 소나무를 육성시킬 필요가 있을 것이다. 뿐만 아니라 높은 임분 밀도와 상층 임분구조의 단순성으로 인하여 임내에 발생하는 고사목과 더불어 생존해있는 나무의 형질도 매우 낮은 상태이기 때문에 소나무의 경쟁력과 부가가치를 높이기 위한 노력과 양질의 우량한 임목의 지속적 생산을 위해서는 고사지 관리에 많은 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

식생유형에 따라 식생단위별 임분구조, 임목형질과 성장특성을 종합한 결과 주요 시업적 접근으로 식생단위 1은 밀도조절(↓), 중하층 활엽수 조절, 천연림개량, 식생단위 2는 우량대경재시업, 하층관리, 형질개선, 갱신 상 조성, 식생단위 3은 하층관리, 혼효율조절, 성장촉진, 속아베기, 식생단위 4는 유용활엽수 보육, 가지치기, 천연림개량, 밀도조절(↑), 식생단위 5-a는 소나무 단순 단층림으로서 지면굴기에 의한 소나무 치수 발생, 상층밀도조절에 의한 하층식생유입, 5-b는 상층 형질불량목 제거 및 하층 형질무량목 보육, 5-c는 하층 활엽수 밀도조절 등의 무육기법이 소나무림의 관리를 위하여 우선 필요할 것으로 판단되며, 전체적으로 임분밀도와 성장특성, 임목형질, 후계림조성 등을 고려한

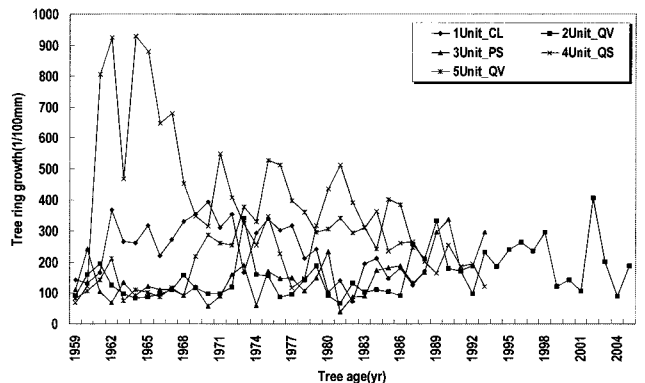


Figure 3. Tree ring growth of deciduous broad-leaved by vegetation units

생태적으로 안정된 시업적 기법을 적용하여야 할 것으로 사료되었다.

인용문헌

- Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie Grundzuges der Vegetation 3. Auf, Springer-Verlag, Wien, New York, 865pp.
- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. W.M. C. Brown Co. Publ. Dubuque, Iowa, 194pp.
- Cho, H.J. and S.C. Hong(1990) A Phytosociological Study of the Forest Communities in Mt. Palgong (I) -*Pinus densiflora* Forests-. Journal of Korean Forest Society 79(2): 144-161.
- Chun, Y.M.(2001) Phytosociological Study of of Korean Red Pine(*Pinus densiflora*) Forests in Korea. Ph. D. dissertation, Graduate School, Konkuk University, 171pp.
- Chun, Y.M., H.J. Lee, and I. Hayashi(2007) Syntaxonomy and Syngeography of Korean Red Pine(*Pinus densiflora*) Forests in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 20(3): 257-277.
- Dierrsen, K.(1990) Einführung Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin, 241pp.
- Ellenberg, H.(1956) Grundlagen der Vegetationsgliederung, I. Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: Walter, H.(Hrsg.) Einführung in die Phytologies IV. Stuttgart, 136pp.
- Forest Service(2006) Statistical yearbook of forestry 2006. 482pp.
- Forest Service(2003) Korean plant names index. <http://152.99.197.75:9090/>.
- Heck, C.R.(1931) Handbuch der freien Durchforstung mit beirägen zum forstlichen Versuchswesen. Schweizerbart, Stuttgart, 348 pp.
- Korea Forest Research Institute(2005) The survey of natural pine forest in Kwangnung experimental forest. 259pp.
- Korea Meteorological Administration(2006) Annual climatological report, 2005. 297pp.
- Lee, H.J., D.W. Byun, W.S. Kim, J.S. Lee, and C.H. Kim(1993) Phytosociological Study on the Forest Vegetation of Mt. Kaya. Korean Journal of Ecology 16(3): 287-303.
- Lee, H.J., Y.M. Chun, H.L. Chung, J.H. Kil, M.P. Hong, Y.O. Kim, and I.D. Jang(1998) Syntaxonomy and Soil Condition of Mt. Nam Nature Park. Korean Journal of Ecology 21(5-3): 633-648.
- Lee, J.H. and S.C. Hong(2004) Community Types and Population Structures of *Pinus densiflora* Forest around the Bulyeongsa Valley in Uljin-gun Southeastern Korea. Journal of Korean Forest Society 93(1): 59-66.
- Lee, K.J., J.W. Choi, W.K. Choi, and B.H. Han(2006) Ecological Characteristics and Change for Fifteen Years(1989~2004) of Plant Community Structure of the *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in Hongrudong Valley, Gayasan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 20(2): 188-199.
- Ministry for Agriculture and Forestry(2006) Studies on the development of ecospecies in *Pinus densiflora* for. erecta Uyeki forest. 286pp.
- Ministry for Agriculture and Forestry(2006) The development of laborsaving natural regeneration method for *Pinus densiflora* forest. 220pp.
- Mirov, N.T.(1967) The genus Pinus. The Ronald Press Company, New York.
- Shannon, C.E. and W. Wiener(1949) The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Yang, H.S.(2002) Phytosociological studies of *Pinus densiflora* Forest in Islets of Southwestern Coast, Korea. Korean Journal of Ecology 25(2): 127-134.
- Yun, C.W. and S.C. Hong(2000) Classification of Vegetaion Types in *Pinus densiflora* for. erecta Forest. Journal of Korean Forest Society 89(3): 310-322.