

경상북도 춘양지방 금강소나무림의 식생구조 및 생육밀도¹

이경재² · 김정호³ · 한봉호²

Plant Community Structure and Ecological Density of *Pinus densiflora* for. *erecta* Community in Chunyang, Kyeongsangbuk-do¹

Kyong-Jae Lee², Jeong-Ho Kim³, Bong-Ho Han²

요 약

본 연구는 경상북도 춘양지방 금강소나무림(이하 춘양목소나무림)의 식생구조 및 생육밀도를 밝히기 위하여 36개 조사구(단위면적: 100m²)를 설치하고 식생조사를 실시하였다. 36개 조사구는 교목층의 흉고직경의 크기에 따라 군집을 분류한 결과, 군집 I(대경목), 군집 II(대경목), 군집 III(중경목), 군집 IV(소경목)의 4개 소나무군집으로 분리되었고, 교목층은 소나무, 아교목층은 쇠물푸레와 신갈나무, 관목층은 철쭉꽃과 진달래가 우점하였다. 4개 군집의 종다양도는 0.4320~0.9487(단위면적: 400m²)로 낮은 상태이었으며, 군집간 유사성이 높았다. 생육밀도 분석결과 흉고단면적은 평균흉고직경이 작은 군집일수록 낮았으며, 평균흉고직경, 개체수, 최단거리간의 회귀분석결과 생육거리(m) = 0.0934 × 흉고직경(cm) + 0.6117, 개체수 = 242.47 × 흉고직경(cm)^{-1.1009}, 생육거리 = 9.643 × 개체수^{-0.7016}이었다. 아울러 본 군집들은 수령 30~50년생, 낙엽층 두께 0.5~2.5cm, 관목피도율 20% 정도로 송이생육에 적합한 것으로 판단되었다.

주요어 : 종다양도, 흉고단면적, 생육거리

ABSTRACT

Thirty-six plots(each size 100m²) have been set up and surveyed to investigate the plant community structure and the ecological density of *Pinus densiflora* for. *erecta*(Chunyang-type) community in Seobyeok-ri, Chunyang-myeon, Bonghwa-gun, Kyeongsangbuk-do. Four communities, Community I (large DBH class), Community II (large DBH class), Community III (middle DBH class), Community IV (small DBH class), were classified into by mean DBH and mean height. *Pinus densiflora* for. *erecta* dominate in canopy layer, *Fraxinus sieboldiana* and *Quercus mongolica* dominate in understory layer, *Rhododendron schlippenbachii* and *R. mucronulatum* dominate in shrub layer. It turned out that the four communities had low species diversity(0.4320~0.9487:

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15. 2001

2 서울시립대학교 도시과학대학 College of Urban Sciences, Univ. of Seoul, 130-743, Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul, 130-743, Korea(hoya1209@freechal.com)

unit: 400m²) and high similarity. By the result of ecological density analysis, the mean basal area was proportionated to mean DBH(cm) size. By the result of simple regression analysis between mean DBH(cm), mean distance(m), and the number of individual were as follow: Ecological distance(m)=0.0934×DBH(cm)+0.6117, Number of individual=242.47×DBH(cm)^{-1.009}, Ecological distance=9.643×No. of individual^{-0.7016}. In addition to four communities were suitable to the growth of *Tricholoma matsutake* because average species were about 30~50 years old, litter layer was 0.5~2.5cm and the ratio of coverage shrub was 20%.

KEY WORDS : SPECIES DIVERSITY, BASAL AREA, ECOLOGICAL DISTANCE

서론

경상북도 봉화군은 동국여지승람에 의하면 신라 35대 경덕왕대(724~764년)까지 고구려의 고사마현(古斯馬縣)이라 칭하였다고 기록되어 있으며, 조선 26대 고종에 이르러 전국의 행정구역(23부 321군)을 개편할 때 봉화군으로 개칭되었다(환경부, 1998). 봉화군은 경위도상 N 36° 44' 6" ~ 37° 05' 7", E 128° 38' 3" ~ 129° 11' 3" 이고, 전체면적(1,199.7km²) 중 산림면적은 996.4km²(82.9%)이며, 경상북도의 최북단에 위치하고 있다.

본 조사대상지가 속한 춘양면 서벽리일대는 백두대간의 줄기인 옥돌봉(1,242m)-도래기재(780m)-우구치임도(900m)-구룡산(1,346m)구간의 남쪽에 위치한다. 이 지역의 주요 식생으로는 해발고가 높은 곳은 신갈나무가 우점하고, 해발고가 낮은 지역은 소나무가 우점하고 있다(환경부, 1998). 특히 소나무군집의 경우 Uyeki(1928)가 분류한 6가지 生態型(중남부고지형, 중남부평지형, 위봉형, 동북형, 안강형, 금강형) 중 태백산을 중심으로 한 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta*)에 해당한다(손두식, 1989; 임경빈, 1985). 춘양목소나무라 함은 금강소나무 중 수간이 곧고, 수관이 좁으며, 지하고가 높고, 재질이 치밀한 것을 명명한 것이다(임경빈과 이경재, 1978; 손두식 등, 1989). 아울러 과거 경상북도 북부지방에서 생산되는 금강형 소나무가 춘양역을 거쳐 반출되어 불허진 이름으로 알려져 있다.

일반적 소나무군집에 대한 생태학적 연구로는 송호경 등(1995), 임경빈 등(1980), 이경재 등(1998), 이우철과 이철환(1989) 등에 의하여 수행되었으며, 특히 송호경 등(1995)은 금강소나무와 경상북도 울진군에 분포하는 춘양목소나무의 식생구조를 파악하였다. 봉화군 내에 분포하는 춘양목소나무는 전체 산림면적 중 4.46km²이며, 이 중 춘양면에

포함된 면적은 약 0.2km² 정도이다(김용식, 1997). 춘양목소나무의 지형상 분포는 대부분 사면을 따라 능선부근에 생육하고 있다. 이는 과거 목재로 이용하기 위해 이 지역의 춘양목소나무 벌채가 많이 이루어졌기 때문이다. 봉화군은 춘양목소나무와 더불어 송이버섯의 생산지로 유명한데, 동국여지승람에 기록된 송이버섯 생산지역 93개소에 포함되어 있고, 우리나라 전체 송이버섯 생산량의 약 7.0%를 차지하고 있다(임업연구원, 1999).

본 연구는 춘양지방 금강소나무림(이하 춘양목소나무림)의 식생구조 및 흉고직경급별 생육밀도, 생육거리 등을 분석하여 군집의 생태학적 특징과 더불어 송이버섯 생육 가능성을 파악하고, 향후 춘양목소나무림 보전 및 관리의 기초자료제공을 목적으로 하였다.

조사지 설정 및 연구방법

1. 조사지 설정

경상북도 봉화군 서벽리 일대의 춘양목으로 널리 알려진 금강소나무림을 중심으로 해발 600~800m 사이에 10m×10m(100m²)의 조사구 36개를 설정하였다. 조사구 1~28은 백두대간의 한 줄기인 구룡산 저지대, 조사구 29~36은 문수산자락에 설정하였다. 야외조사는 2001년 10월에 실시하였다.

2. 환경요인 조사

본 조사대상지에 대한 환경요인 조사로 조사구의 일반적 개황 조사를 실시하였다. 조사구의 일반적 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사와 층위별 수목의 평균수고, 평균흉고직경 및 평균울폐도를 조사하였다. 아울러 기상개황은 기상청(2001)의 자료들 이

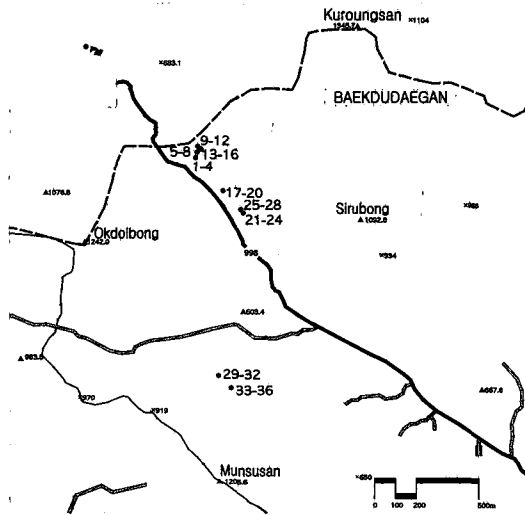


Figure 1. The location map of the survey plots in Seobyok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

용하여 연평균기온과 강수량을 파악하였다.

3. 식생구조 조사 및 분석

식생조사는 조사구별로 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 흉고직경 2cm 이상은 교목과 아교목으로 구분하여 흉고직경, 수관폭, 수고를 측정하였고, 흉고직경 2cm 미만의 관목은 수관폭과 수고를

측정하였다(박인협, 1985). 아울러 측정된 자료는 Curtis and McIntosh(1951)의 방법을 응용한 박인협 등(1987)의 방법으로 상대우점치(I.V.: importance value), Pielou(1977)의 방법으로 종다양성지수를 분석하였으며, Whittaker(1956)의 방법에 따라 유사도지수를 분석하였다. 또한 36개 조사구의 평균흉고직경과 평균수고를 고려하여 군집을 분류하였다. 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태발전연구실에서 개발한 PDAP(plant data analysis package)를 이용하였다.

4. 군집별 생육밀도 분석

(1) 군집유형별 생육밀도 및 수령

식생조사자료를 이용하여 36개 조사지의 교목층과 아교목층은 흉고단면적을, 관목층은 수관투영면적을 산정하였다. 아울러 군집별로 평균흉고직경의 소나무를 선정하여 목편을 채취하여 실내에서 수령을 측정하였다.

(2) 군집내 소나무 생육거리 및 수관분포도면

조사구별로 10m×10m(100m²)의 방형구를 설정하여 식생조사와 더불어 수목의 위치를 조사하였다. 각 군집을 대표할 만한 조사구를 선정하여 교목층의 평균흉고직경을 산출하였으며, 최단생육거리를 측정하였다. 아울러 평균흉고직경, 생육거리, 개체수와의 회귀분석을 실시하여 회귀식을 구하였다. 이상의 통계분석은 SPSS 8.0 For Window를 사용하였다.

Table 1. Description of the physical features of each plot in Seobyok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community Plot No.	I								II			
	29	30	31	32	33	34	35	36	13	14	15	16
Aspect	N75E	N75E	N75E	N75E	N35E	N35E	N35E	N35E	S40W	S40W	S40W	S40W
Slope(°)	18	18	18	18	18	18	18	18	22	22	22	22
Height of tree layer(m)	18	18	18	18	18	18	18	18	14	14	14	14
Mean DBH of tree layer(cm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cover of tree layer(%)	70	70	70	70	70	70	70	70	75	75	75	75
Height of subtree layer(m)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mean DBH of subtree layer(cm)	4	4	4	4	6	6	6	6	4	4	4	4
Cover of subtree layer(%)	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50
Height of shrub layer(m)	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3
Cover of shrub layer(%)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Height of herb layer(m)	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<
Cover of herb layer(%)	50	50	50	50	40	40	40	40	20	20	20	20

Table 1. (Continued)

Community Plot No.	Ⅲ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aspect	S35W	S35W	S35W	S35W	S35W	S35W	S35W	S35W	S05W	S05W	S05W	S05W
Slope(°)	15	15	15	15	12	12	12	12	17	17	17	17
Height of tree layer(m)	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Mean DBH of tree layer(cm)	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20	20	20
Cover of tree layer(%)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Height of subtree layer(m)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mean DBH of subtree layer(cm)	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	3~5	4	4	4	4
Cover of subtree layer(%)	30	30	30	30	40	40	40	40	50	50	50	50
Height of shrub layer(m)	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3
Cover of shrub layer(%)	85	85	85	85	85	85	85	85	80	80	80	80
Height of herb layer(m)	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<
Cover of herb layer(%)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Table 1. (Continued)

Community Plot No.	Ⅳ											
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Aspect	S50W	S50W	S50W	S50W	S40W	S40W	S40W	S40W	S50W	S50W	S50W	S50W
Slope(°)	12	12	12	12	33	33	33	33	33	33	33	33
Height of tree layer(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mean DBH of tree layer(cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Cover of tree layer(%)	85	85	85	85	80	80	80	80	80	80	80	80
Height of subtree layer(m)	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Mean DBH of subtree layer(cm)	3~5	3~5	3~5	3~5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cover of subtree layer(%)	50	50	50	50	60	60	60	60	50	50	50	50
Height of shrub layer(m)	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3
Cover of shrub layer(%)	70	70	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60
Height of herb layer(m)	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<	1.0<
Cover of herb layer(%)	20	20	20	20	50	50	50	50	60	60	60	60

Table 2. Classification community by mean DBH and mean height in the canopy layer

Community	Plot No.	Mean DBH (cm)	Mean height (m)
I	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36	41.7±4.8	18
II	13, 14, 15, 16	37.3±7.0	14
III	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	27.0±7.4	13
IV	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28	15.3±6.1	9

결과 및 고찰

1. 조사지의 일반적 개황

봉화군 춘양면 서벽리가 속한 춘양측후소의 최근 30년 간(1971~2000)의 기록에 따르면, 연평균기온이 10.0℃, 연평균강수량은 1,178.7mm로서(기상청, 2001) 우리 나라 온대중부 산림대(임경빈과 이경준, 1999)에 해당되었다.

조사구 36개의 일반적 개황을 정리한 것이 Table 1이다. 조사구는 교목층의 평균흉고직경을 중심으로 군집을 분류하였다. 36개 조사구는 해발고 600~800m에 위치하고 있으며, 경사 12~33°, 방위 남서

향과 동북향이었다.

식생개황으로는 군집 I (조사구 29~36)과 군집 II (조사구 13~16)는 수고 18~22m, 흉고직경 40cm 내외의 대경목 소나무군집이었고, 군집 III은 평균수고 13m, 흉고직경 20~25cm가 주를 이루는 중경목 소나무군집이었고, 군집 IV는 평균수고 9m, 평균흉고직경 15cm의 소경목 소나무군집이었다.

2. 식생구조 분석

(1) 군집분류

본 연구는 춘양목소나무림의 생육밀도를 분석하기 위해 교목층 소나무의 평균흉고직경과 평균수고를

Table 3. Importance value(%) of each community in Seobyek-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community Species name	I				II			
	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	100.0	-	-	50.0	100.0	-	-	50.0
<i>lmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	-	0.3	-	0.1	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	1.1	0.2	-	-	-	-
<i>Betula schmidtii</i>	-	0.4	-	0.1	-	-	-	-
<i>Betula davurica</i>	-	0.4	-	0.1	-	-	-	-
<i>Corylus sieboldiana</i>	-	0.7	-	0.3	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	-	28.0	9.2	10.9	-	26.4	8.1	10.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.6	3.6	0.8	-	-	0.6	0.1
<i>Deutzia coreana</i>	-	-	1.5	0.3	-	-	-	-
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	0.6	1.7	0.5	-	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	1.7	0.3	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	0.3	0.1	-	0.7	-	0.2
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	19.5	7.8	7.8	-	1.4	2.7	0.9
<i>Acer mono</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-
<i>Actinidia polygama</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	6.0	20.1	5.3	-	-	18.7	3.1
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	1.5	23.7	4.5	-	1.3	6.3	1.5
<i>Vaccinium oldhami</i>	-	-	11.6	1.9	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	0.4	2.1	0.5	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	3.1	-	1.1	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	-	0.2	0.1	-	-	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	38.7	12.7	15.0	-	70.1	63.6	34.0
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	0.8	0.1	-	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-

* C: Importance value in canopy layer, U: Importance value in understory layer, S: Importance value in shrub layer, M: Mean importance value

고려하여 군집을 구분하였다(Table 2). 36개 조사구는 4개 군집으로 구분되었으며, 군집 I은 평균흉고직경이 41.7 ± 4.8 cm, 평균수고 18m로 조사구 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36(이상 8개 조사구)이 포함되었다. 군집 II는 평균흉고직경 37.3 ± 7.0 cm, 평균수고 14m인 조사구 13, 14, 15, 16(이상 4개 조사구)이 포함되었으며, 조사구 III은 평균흉고직경 27.0 ± 7.4 cm, 평균수고 13m으로 조

사구 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10(이상 10개 조사구)이 포함되었다. 조사구 IV는 평균흉고직경 15.3 ± 6.1 cm, 평균수고 9m으로 조사구 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28(이상 12개 조사구)이 포함되었다.

(2) 상대우점치 분석

Table 3는 평균흉고직경과 평균수고에 의해 분류

Table 3. (Continued)

Community name Species name	III				IV			
	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	100.0	10.4	-	53.5	98.8	29.6	-	59.3
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	0.1
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	-	-	-	2.5	24.1	4.9
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	7.5	1.0	2.7
<i>Quercus variabilis</i>	-	1.6	0.6	0.6	0.4	6.9	1.6	2.8
<i>Quercus aliena</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.1
<i>Quercus mongolica</i>	-	28.6	5.3	10.4	0.8	19.9	19.3	10.3
<i>Quercus serrata</i>	-	-	0.2	0.1	-	1.8	6.7	1.7
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	0.2	0.1	-	-	0.2	0.1
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	0.5	0.1	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	0.3	0.2	0.1
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	1.3	0.2	-	1.6	2.5	0.9
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	-	-	-	-	-	2.9	0.2	1.0
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	3.4	2.9	1.6	-	5.4	2.8	2.3
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	1.6	2.4	0.9	-	3.9	4.4	2.0
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.1
<i>Ampelopsis heterophylla</i> for. <i>citrulloides</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	0.2	0.1	-	-	0.2	0.1
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	2.5	7.6	2.1	-	-	2.0	0.3
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	1.2	28.9	5.2	-	5.5	20.3	5.2
<i>Diospyros lotus</i>	-	-	-	-	-	0.3	0.5	0.2
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	0.2	0.1	-	0.3	5.2	1.0
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	0.2	-	0.1	-	0.3	0.2	0.1
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	50.6	48.7	25.0	-	11.5	4.9	4.6
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.2	0.1	-	-	-	-
<i>Lonicera subhispidata</i>	-	-	0.2	0.1	-	-	-	-
<i>Smilax sieboldii</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	1.6	0.3

* C: Importance value in canopy layer, U: Importance value in understory layer, S: Importance value in shrub layer, M: Mean importance value

된 4개의 춘양목소나무림의 층위별 상대우점치를 나타낸 것이다. 상대우점치 분석은 출현종간의 세력을 정량적으로 비교하여 천이 경향 및 군집의 구조를 파악하는 기법이다(한봉호 등, 2001).

군집 I은 흉고직경 40cm 이상의 소나무군집(대경목)으로 교목층에서는 소나무(I.V.: 100.0%)가 우점하였고, 아교목층은 쇠물푸레(I.V.: 38.7%)와 신갈나무(I.V.: 28.0%)가 우점종이었다. 관목층에서는 진달래(I.V.: 20.1%), 철쭉꽃(I.V.: 23.7%)이 주요 출현수종이었다. 본 군집은 춘양목소나무림의 전형적 식생구조이지만, 임경빈 등(1978)의 서벽리를 대상으로 한 춘양목 조사결과, 아교목층과 관목층에서 수고 1.5~4m 정도의 소나무 치수가 많이 분포한다는 연구와 미루어 보면, 아교목층과 관목층의 식생구조가 상이하다고 볼 수 있다. 본 대상지의 소나무 보호를 위하여 아교목층과 관목층의 소나무를 인위적으로 관리하여 아교목성상과 관목성상의 수종들의 출현빈도가 높아진 것으로 판단할 수 있었다.

군집 II는 흉고직경 30~40cm인 소나무군집(준대경목)으로 교목층은 소나무(I.V.: 100.0%)가 우

점하였고, 아교목층에서는 쇠물푸레(I.V.: 70.2%)가 우점하면서 신갈나무(I.V.: 26.4%) 등이 일부 출현하고 있었다. 관목층에서는 군집 I과 마찬가지로 소나무 치수의 출현은 없었으며, 쇠물푸레(I.V.: 63.6%)가 우점하였다. 본 군집은 소나무, 쇠물푸레, 신갈나무의 상대우점치가 높게 나타나 송호경 등(1995)의 춘양목소나무림 연구에서 밝혀진 소나무, 굴참나무, 신갈나무, 쇠물푸레와 높은 상관성을 가진다는 연구와 유사한 경향이었다.

군집 III은 흉고직경이 20~30cm인 소나무군집(중경목)으로 교목층은 소나무(I.V.: 100.0%)가 우점하였고, 아교목층은 쇠물푸레(I.V.: 50.6%)와 신갈나무의 출현빈도가 높았다. 관목층에서도 쇠물푸레가 우점하면서, 철쭉꽃 등이 주요 출현종이었다. 소나무군집 III도 군집 I, II와 유사한 식생구조이었다.

군집 IV는 흉고직경 9~15cm의 소나무군집(소경목)으로 교목층에서는 소나무(I.V.: 98.8%)가 우점하면서 굴참나무, 신갈나무가 출현하였다. 아교목층은 소나무(I.V.: 29.6%), 신갈나무(19.9%)가

Table 4. The DBH distribution of major species for each community in Seobyeok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do (Unit: 400m²)

Community	Species name	Shrub	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂
I	<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	17	2	0
	<i>Quercus mongolica</i>	84	0	53	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	192	0	109	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II	<i>P. densiflora</i> for. <i>erecta</i>	0	0	0	0	0	0	1	4	1	6	3	2	0
	<i>Q. mongolica</i>	24	0	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>F. sieboldiana</i>	264	0	83	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	<i>P. densiflora</i> for. <i>erecta</i>	0	0	0	2	9	9	20	15	17	2	0	1	1
	<i>Q. variabilis</i>	4	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Q. mongolica</i>	84	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	<i>Q. serrata</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>F. sieboldiana</i>	920	0	248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>P. densiflora</i> for. <i>erecta</i>	0	0	21	48	57	28	10	10	1	0	0	0	0
	<i>Q. variabilis</i>	24	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Q. aliena</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	<i>Q. mongolica</i>	212	0	60	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Q. serrata</i>	80	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>F. sieboldiana</i>	68	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* D₁: D < 2(cm), D₂: 2 ≤ D < 7, D₃: 7 ≤ D < 12, D₄: 12 ≤ D < 17, D₅: 17 ≤ D < 22, D₆: 22 ≤ D < 27, D₇: 27 ≤ D < 32, D₈: 32 ≤ D < 37, D₉: 37 ≤ D < 42, D₁₀: 42 ≤ D < 47, D₁₁: 47 ≤ D < 52, D₁₂: D ≥ 52

우점하였고, 관목층은 난티잎개암나무(I.V.: 24.1%), 철쭉꽃(I.V.: 20.3%), 신갈나무(I.V.: 19.3%) 등이 주요 출현수종이었다. 본 군집은 다른 군집들과 출현종의 차이가 없었으나, 다른 군집보다 아교목층과 관목층에서 소나무의 세력이 크게 나타났다.

이상의 상대우점치 분석결과 4개 군집 모두 교목층은 소나무가 우점종이며, 아교목층에서는 쇠물푸레와 신갈나무, 관목층에서는 쇠물푸레, 신갈나무와 철쭉꽃, 진달래 등이 주요 출현수종으로 유사한 구조이었다. 단 소나무군집 IV(소경목)는 아교목층에서 소나무가 우점하는 것이 특징적이었으며, 향후 식생이 발달하면서 아교목층의 소나무가 교목층으로 성장하여 군집 I, 군집 II, 군집 III과 동일한 구조를 이룰 것으로 판단되었다.

(3) 흉고직경급별 분포

Table 4는 군집별 교목층과 아교목층 주요 수종의 흉고직경별 분포를 나타낸 것이다. 흉고직경별 분포는 군집구조의 이해와 생태적 천이를 추정하는 데 유용한 방법이다(이경재 등, 1990).

군집 I은 소나무가 흉고직경 32cm에서 52cm 미만에서 주로 분포하고 있으며, 대부분 흉고직경이 45cm 정도의 대경목이었다. 군집 II는 소나무가 흉고직경 22cm에서 52cm 범위에 출현하며, 대부분

흉고직경 40cm 정도의 대경목이었다.

군집 III은 소나무가 흉고직경 7cm에서 52cm까지 다양하게 분포하고 있었지만, 흉고직경 22~32cm에서 주로 분포하였다. 아교목층은 쇠물푸레와 신갈나무가 2~7cm 범위에서 다수 분포하였다.

군집 IV는 소나무가 흉고직경 2cm부터 37cm까지 다양하게 분포하나 주로 흉고직경 20cm 전후에서 다수 출현하고 있다. 아교목층에서는 신갈나무와 쇠물푸레가 흉고직경 2cm에서 7cm 범위에서 다수 분포하였다.

이상의 분석결과 춘양목소나무림은 대경목과 중경목에서 소나무가 다수 분포하고, 신갈나무와 쇠물푸레는 소경목에서 분포하여 당분간 소나무군집으로 유지될 것으로 보이며, 장기적으로 신갈나무로 천이가 예상된다.

(4) 종수 및 개체수

Table 5는 4개 군집별 단위면적(100m²)당 종수 및 개체수를 비교한 것이다. 단위면적당(100m²) 교목층 개체수는 흉고직경 32~52cm인 군집 I은 3.6개체, 흉고직경이 22~52cm인 군집 II는 4.3개체이며, 흉고직경이 주로 22~32cm인 군집 III은 5.8개체, 흉고직경이 20cm 내외의 군집 IV는 11.9개체로 소경목 군집일수록 단위면적당 출현하는 교목층의 개체수가 많아 이경재 등(1998)이 설악산지역에서

Table 5. Descriptive analysis of number of species and individuals of each community in Seobyek-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do (Unit: 100m²)

Community	No. of individual				No. of species			
	Canopy	Understory	Shrub	Total	Canopy	Understory	Shrub	Total
I	3.6	31.6	122.6	166.8	1.0	5.1	8.3	10.1
II	4.3	30.3	85.0	119.5	1.0	2.8	3.5	5.3
III	5.8	37.3	112.3	155.4	1.0	4.8	5.3	7.8
IV	11.9	20.4	84.0	116.3	1.2	6.0	7.8	10.5

Table 6. Species diversity of each group in the four communities by mean DBH in Seobyek-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do. (Unit: 400m²)

Community	H'(Shannon)	Simpson'	P.I.E.	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
I	0.9345	6.4119	0.8441	0.7183	0.2817	1.3010
II	0.4320	1.8125	0.4483	0.4783	0.5217	0.9031
III	0.5066	1.8188	0.4502	0.4207	0.5793	1.2041
IV	0.9489	6.7021	0.8508	0.7559	0.2441	1.2553

* P.I.E. = the Probability of Interspecific Encounter

* Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

소나무군집을 대경목(흉고직경 35~75cm)과 소경목(흉고직경 9~26.5cm)으로 나누어 개체수를 연구한 결과 대경목 소나무군집의 단위면적당(100m²) 교목층 출현개체수는 2.68±0.75개체, 소경목군집의 단위면적당(100m²) 교목층 출현개체수는 9.20±5.53개체와 유사하였다. 즉 단위면적당 교목층의 개체수는 소나무의 생육거리와 관계가 있다. 출현종수는 교목층 1~1.2종, 아교목층 2.8~6.0종, 관목층 3.5~8.3종으로 4개 군집 모두 교목층에서 소나무 1종이 우점하는 소나무군집이었다.

(5) 종다양도 및 유사도지수

Table 6은 단위면적 400m²에 대한 4개 군집의 종다양도를 나타낸 것이다. Shanon의 종다양도지수(H')는 4개 군집이 0.4320~0.9489이며, 이 중에서 소경목인 군집 IV가 가장 높았으나, 설악산(1.4247), 치악산(1.3252), 북한산(1.1670)의 소나무군집과 비교할 때 낮은 상태이었다(이경재 등, 1998; 박인협 등, 1987; 1988).

군집 I과 군집 II는 흉고직경급이 유사한 대경목이지만 군집 I 지역의 종다양도가 높은 것은 소나무 보호를 위해 일부 하예작업을 시행하여 아교목층과 관목층에 다양한 종들이 출현하였기 때문으로 판단되었다.

Table 7은 4개 군집의 유사도지수를 나타낸 것이다. 일반적으로 두 군집간의 유사도지수가 80% 이상일 때는 두 집단이 동질적인 것으로, 20% 미만일 때는 이질적인 것으로 판단하는데(Cox, 1976; 이경재

등, 1997), 군집 I, II, III은 유사도지수 80% 이상으로 거의 동질한 군집으로 판단되었으며, 소경목인 군집 IV는 유사도지수가 다른 군집보다 비교적 낮은 상태이었다.

3. 생육밀도 분석

(1) 군집유형별 생육밀도 및 수령측정

Table 8은 봉화군 서벽리 춘양목소나무림 대경목(조사구 12개), 중경목(조사구 12개), 소경목(조사구 12개)에 대하여 교목층·아교목층은 흉고단면적을, 관목층은 수관투영면적을 비교한 것이다. 교목층의 흉고단면적은 군집 I (5.02±1.06m²/100m²), 군집 II (4.83±1.66m²/100m²), 군집 III (3.60±1.39m²/100m²), 군집 IV (2.53±1.30m²/100m²)의 순으로 나타나고 있어, 설악산 지역의 소나무림과 유사한 경향이었다(이경재 등, 1998). 이는 임경빈(1985)이 제안한 동일환경조건에서 단위면적에 대한 흉고단면적은 일정하다는 것과는 다소 차이가 있다. 이는 춘양목소나무군집의 수령이 군집 I은 75년생, 군집 II는 80년생, 군집 III은 34~47년생, 군집 IV는 23~30년생으로 소경목 군집의 식생발달이 늦기 때문으로 판단되었다.

(2) 군집 내 소나무생육거리 및 수관분포현황도

Table 10은 주요 조사구(100m²)의 평균흉고직경, 평균생육거리, 개체수를 나타낸 것이다. 이를 각각 변수로 하여 단순회귀분석결과, 평균흉고직경과

Table 7. Similarity index between communities in Seobyek-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community	I	II	III
II	80.83	-	-
III	83.41	89.88	-
IV	72.89	67.79	77.58

Table 8. Basal area and coverage in the four communities by mean DBH in the Seobyok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community	Basal area(m ² /100m ²)		Coverage(m ² /100m ²)
	Canopy	Understory	Shrub
I	5.02±1.06	0.37±0.16	27.23±11.54
II	4.83±1.66	0.43±0.11	19.64±16.13
III	3.60±1.39	0.38±0.14	19.40±13.57
IV	2.53±1.30	0.29±0.21	27.3±15.68

Table 9. The estimated age of *Pinus densiflora* for. *erecta* by communities in Seobyeok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community	Plot No.	DBH(cm)	H(m)	Estimated age
I	32	42.0	19.0	75
II	16	39.0	15.0	80
	1	23.0	14.0	39
III	5	33.5	14.0	47
	6	19.5	13.0	34
	9	28.0	14.0	35
	20	15.5	12.0	28
	20	21.5	14.0	27
IV	21	11.0	15.0	31
	24	16.0	10.0	30
	25	15.5	9.0	23
	26	15.0	7.5	26
	28	18.0	12.0	32

Table 10. Mean DBH, mean distribution distance and no. of individual of a major plot in Seobyeok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do (Unit: 100m²)

Plot	DBH(cm)	Distribution distance(m)	No. of individual
1	30.7	3.3	5
2	31.5	1.4	7
3	28.8	2.7	5
4	32.0	4.0	7
13	44.2	5.0	3
14	33.5	4.8	4
15	30.9	3.2	5
16	42.8	3.1	5
17	17.3	1.8	8
18	15.1	1.9	7
19	19.5	1.6	18
20	19.6	2.7	7
21	17.2	1.7	11
22	11.9	1.2	20
23	13.9	1.7	14
24	18.4	1.6	12

Table 11. Ecological distance of *Pinus densiflora* for. *erecta* on canopy each community Seobyeok-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do

Community	Distance(m)	Valid case
II (large DBH class)	3.86±2.46	17
III (middle DBH class)	2.75±1.22	24
IV (small DBH class)	1.65±0.93	97

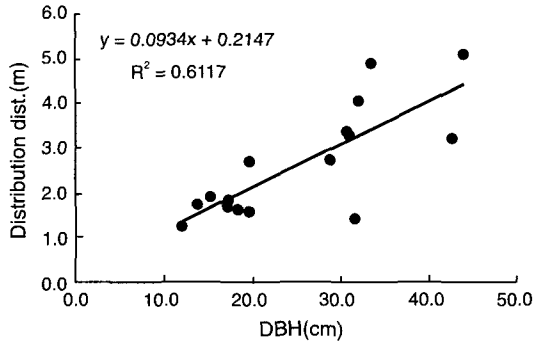


Figure 2. Regression equation between DBH(X) and distribution distance(Y) of *Pinus densiflora* for. *erecta* canopy (Unit: 100m²)

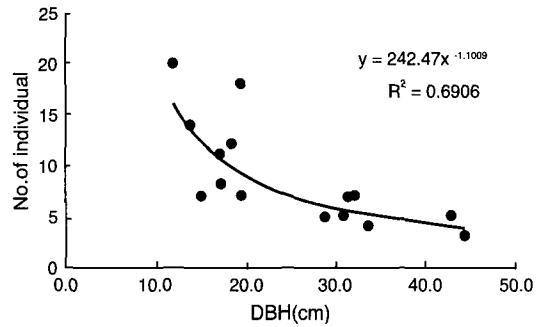


Figure 3. Regression equation between DBH(X) and the number of individual(Y) of *Pinus densiflora* for. *erecta* canopy (Unit: 100m²)

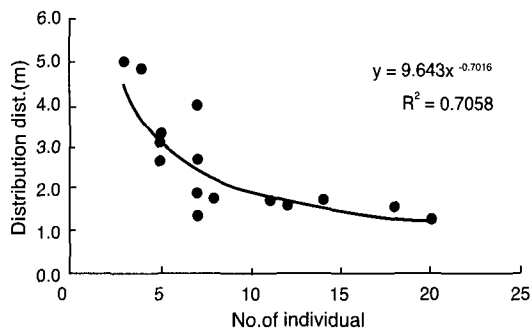


Figure 4. Regression equation between the number of individual(X) and distribution (Y) of *Pinus densiflora* for. *erecta* canopy (Unit: 100m²)

평균생육거리는 유의수준 1% 이내에서 인정되었으며, 결정계수는 $R^2=0.6117$ 이었다. 회귀식은 생육거리(m) = $0.0934 \times \text{DBH}(\text{cm}) + 0.2147$ 로서 임경빈(1985)의 강원도 소나무군집에 대한 연구결과인 생육거리(m) = $0.08 \times \text{DBH}(\text{cm}) + 1.024$ 와 유사한 경향이었다.

흉고직경과 개체수간의 단순회귀분석결과 개체수 = $242.47 \times \text{DBH}(\text{cm})^{-1.1069}$ 이었다(Figure 3). 이때 결정계수는 $R^2=0.6906$ 이며, 유의수준 1% 이내에서 인정되었다.

개체수와 평균생육거리간의 단순회귀분석결과, 회귀식은 생육거리 = $9.643 \times \text{개체수}^{-0.7016}$ 이었고

(Figure 4), 유의수준 1% 이내에서 인정되었다. 이러한 경향은 한려해상국립공원의 소나무군집의 생육밀도 및 적정생육거리에 관한 연구(이경재 등, 1999)와 유사한 경향이었다.

Table 11은 군집별 최단생육거리이며, 흉고직경이 큰 군집 Ⅱ는 $3.86 \pm 2.46\text{m}$, 중경목인 군집 Ⅲ은 $2.75 \pm 1.22\text{m}$, 소경목인 군집 Ⅳ는 $1.65 \pm 0.23\text{m}$ 로 흉고직경이 작을수록 최단생육거리는 가까웠다.

Figure 5는 대경목 소나무군집의 400m²의 수관투영도 및 층위구조를 나타낸 것이고, Figure 6은 흉고직경 22~32cm 범위의 소나무가 많이 분포하는 중경목 소나무군집의 수관투영도 및 층위구조도이다. Figures 7, 8은 흉고직경 7~22cm 범위의 소나무가 다수 분포하는 소경목 소나무군집의 수관투영도 및 층위구조도이다.

이상의 결과는 춘양목소나무림의 관리 및 복원에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

4. 춘양지방 금강소나무림과 송이버섯 생육

(1) 밀도와와의 관계

송이버섯(*Tricholoma matsutake*)은 소나무림에서 발생하지만(이경준 등, 1986), 특이한 환경이나 식생구조를 갖추어야 한다. 우리나라 송이버섯의 면적은 1988년의 경우 61,196ha로 전체 소나무림(1,790,000ha) 중 약 3%에 해당하며, 지역별로는 경상북도가 38%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있다. 송이버섯 생산은 1989년과 1990년에 약 1,000톤에 가까운 송이가 생산된 후 점차 감소되고 있다

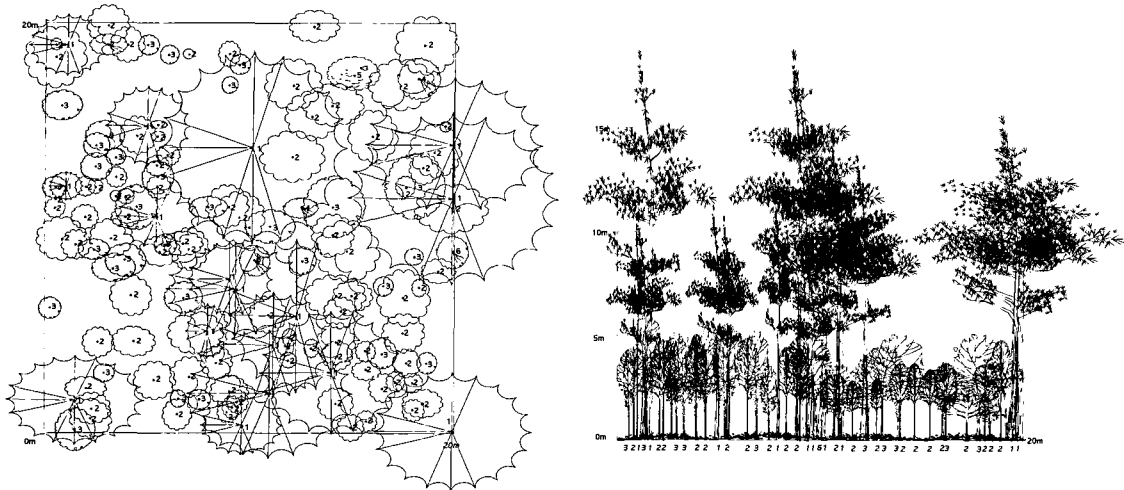


Figure 5. Crown projection and bisect of canopy layer in community II (large DBH class)(Unit: 400m²)(Plot No. 13~16)

- *1. *Pinus densiflora* for. *erecta* 2. *Fraxinus sieboldiana* 3. *Quercus mongolica*
4. *Rhododendron schlippenbachii* 5. *Zanthoxylum schinifolium* 6. *Rhus trichocarpa*

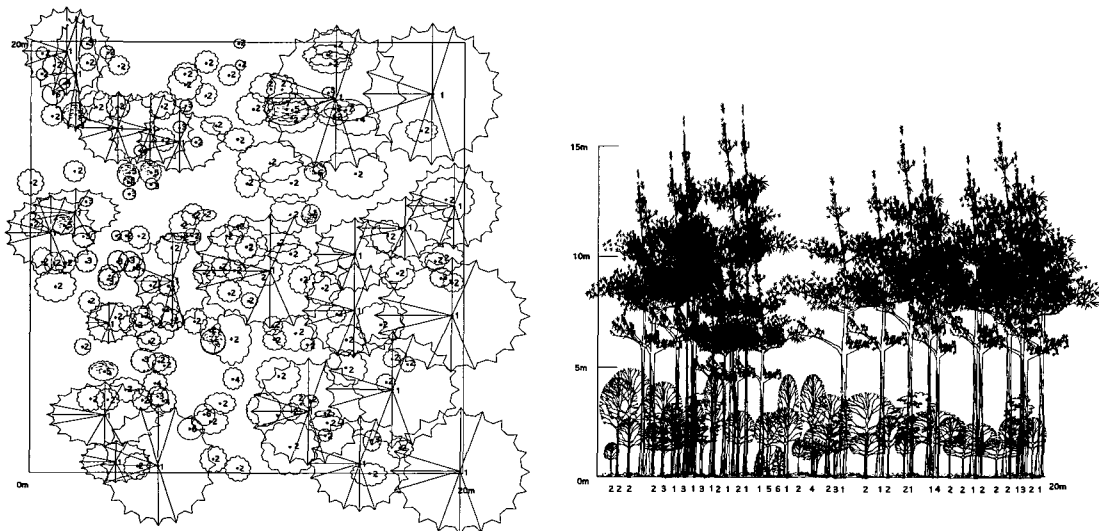


Figure 6. Crown projection and bisect of canopy layer in community III (middle DBH class)(Unit: 400 m²)(Plot No. 1~4)

- *1. *Pinus densiflora* for. *erecta* 2. *Fraxinus sieboldiana* 3. *Quercus mongolica* 4. *Rhus trichocarpa*
5. *Zanthoxylum schinifolium* 6. *Rhododendron mucronulatum* 7. *R. yedoense* var. *poukhanense*

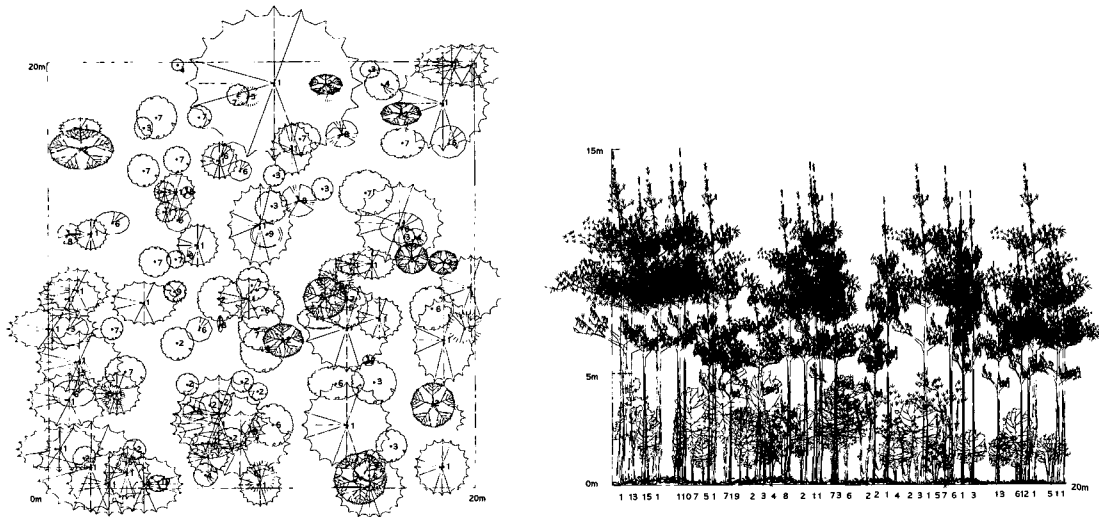


Figure 7. Crown projection and bisect of canopy layer in community IV (small DBH class)(Unit: 400 m²)(Plot No.: 17~20)

- *1. *Pinus densiflora* for. *erecta* 2. *Quercus mongolica* 3. *Diospyros lotus* 4. *Lespedeza cyrtobotrya*
 5. *Zanthoxylum schinifolium* 6. *Corylus heterophylla* 7. *Castanea crenata* 8. *Rhus trichocarpa*
 9. *Prunus sargentii* 10. *Fraxinus rhynchophylla* 11. *F. sieboldiana*

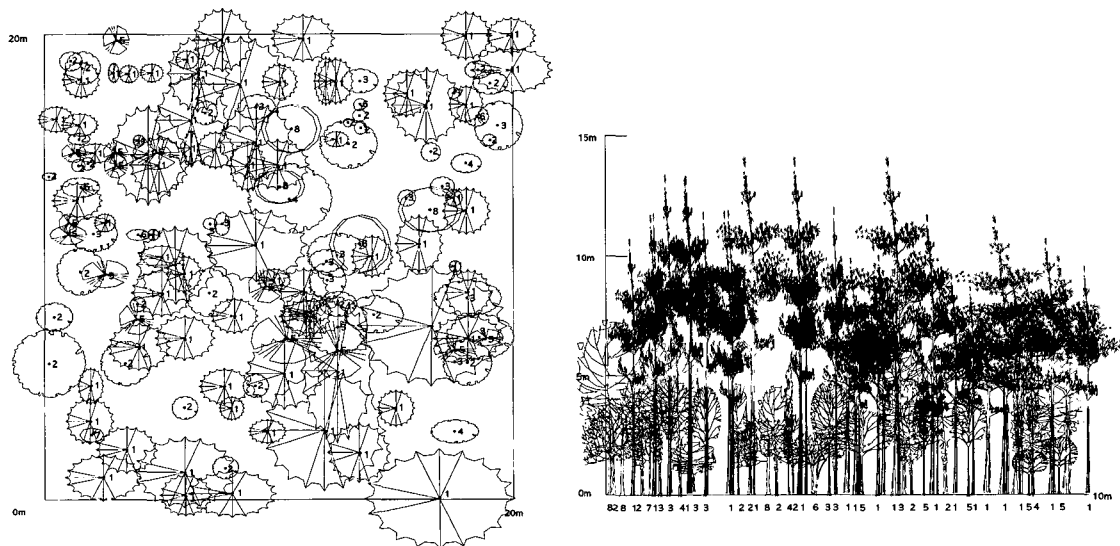


Figure 8. Crown projection and bisect of canopy layer in community IV (small DBH class)(Unit: 400 m²)(Plot No.: 21~24)

- *1. *Pinus densiflora* for. *erecta* 2. *Quercus mongolica* 3. *Q. variabilis* 4. *Q. serrata* 5. *Fraxinus sieboldiana*
 6. *Rhododendron schlippenbachii* 7. *Rhus trichocarpa* 8. *Zanthoxylum schinifolium*

Table 12. Soil profile in communities in Seobyek-ri, Chunyang-myeon, Kyeongsangbuk-do. (Unit: cm)

Community	Soil Profile Plot No.	A ₀			A	B
		Litter	Fermentation	Humus		
I	29, 30, 31, 32	2.0	3.0	3.0	14.0	35.0
II	13, 14, 15, 16	2.0	5.0	2.5	5.0	7.0
	1, 2, 3, 4	0.5	2.0	3.5	5.0	13.0
III	5, 6, 7, 8	1.5	2.0	2.0	5.0	4.0
	9, 10, 11, 12	2.0	3.5	1.0	3.5	8.0
IV	17, 18, 19, 20	1.0	3.0	1.0	10.0	25.0
	21, 22, 23, 24	2.5	2.0	1.0	5.0	12.0
	25, 26, 27, 28	1.0	1.5	1.0	17.0	15.0

(임업연구원, 1999). 주요 지역별로는 경상북도 울진이 19.1%, 강원도 양양이 13.3%, 경상북도 봉화는 약 7%를 차지하고 있었다.

일본에서는 송이버섯 생산을 위해 소나무림의 유형을 소나무지배형, 이단림형, 활엽수침입형, 활엽수지배형으로 구분하였고(임업연구원, 1999), 일반적으로 송이버섯이 출현하는 소나무림은 소나무의 생장도 양호한 임분이며, 생장불량의 저밀도 소나무림에서는 송이버섯의 발생량이 적었다(小川眞, 1981). 송이버섯과 수목밀도와의 관계는 밀도의 높고 낮음은 시로의 형성에 영향을 주므로 대단히 중요하다(이태수 등, 1983).

송이 발생 소나무림의 수령은 20~90년으로 다양하나, 많이 발생하는 수령은 30~60년이고, 임목 밀도는 ha당 1,000~2,000본이었다. 특히 평균 임령이 40년생인 봉화지역은 ha당 임목본수가 1,500±400본이었다(임업연구원, 1999).

본 조사지는 수령이 30~50년생이며 교목층 밀도가 다양하고, 관목층의 식생이 19.90±13.51~27.23±11.54(m²/100m²)이었다. 주요 관목 출현수종은 신갈나무, 진달래, 쇠물푸레 등이다. 송이버섯은 교목층 수종의 밀도보다는 관목층의 수관유효도가 높지 않은 곳과 진달래, 신갈나무, 철쭉꽃 분포지에서 자주 발생한다는 임업연구원(1999)의 연구와 비슷한 상황으로, 본 조사지역도 수목의 밀도에 의한 송이버섯의 생육에 적합한 상태이었다.

(2) 토양 및 기상인자와의 관계

소나무군집 내에 생육하는 송이버섯의 발생은 수관의 밀도, 토성 및 토양층위구조, 9월의 기상인자에 크게 좌우된다(조덕현과 이경준, 1994; 小川眞, 1981). 송이버섯 생육지의 토성은 일반적으로 사토,

사양토, 역질양토이나 대부분이 사양토지역이었다(임업연구원, 1999). 아울러 A층과 B층을 합한 유효토심의 경우 15cm 이하가 20%, 15~30cm가 40% 내외로 가장 많았고, 30~45cm도 25% 정도이었다(임업연구원, 1999). 송이버섯은 9월의 강수량 및 평균온도와 정의 상관관계가 있다(조덕현과 이경준, 1994).

본 조사지역은 토성이 사양토이고, 유효토심 9~49cm, 낙엽층 두께 0.5~2.5cm이었으며, 월평균온도가 18~19℃로 송이버섯의 생육에 적합한 상태이었다.

인용 문헌

- 기상청(2001) 한국기후표(1971-2000). 기상청, 632쪽.
- 김용식(1997) 금강소나무 분포 정밀조사-경북 내륙지역 중심으로-. 환경부, 48쪽.
- 박인협(1985) 백운산지역 천연림 생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 48쪽.
- 박인협, 이경제, 조재창(1987) 북한산지역의 삼림군집 구조에 관한 연구. 응용생태연구회지 1(1): 1-23.
- 박인협, 이경제, 조재창(1988) 치악산국립공원의 삼림군집 구조-구룡사~비로봉지역을 중심으로-. 응용생태연구회지 2(1): 1-8.
- 손두식, 송성천, 여진기, 류장발(1989) 경북지방 소나무 및 곰솔집단의 동위효소에 의한 유전변이. 한국임학회지 78(4): 345-359.
- 송호경, 김성덕, 강규관(1995) TWINSPLAN과 DCCA에 의한 금강소나무 및 춘양목소나무군집과 환경의

- 상관관계 분석. 한국임학회지 84(2): 266-274.
- 이경재, 임경빈, 조재창, 류창희(1990) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(I) -소나무림 보존계획-. 응용생태연구회지 4(1): 23-32.
- 이경재, 조현서, 한봉호(1997) 설악산국립공원 저항력계곡 식물군집구조. 한국환경생태학회지 10(2): 251-269.
- 이경재, 한봉호, 이육하(1998) 설악산국립공원 자양천 지역 소나무림 군집구조 및 생육거리 한국환경생태학회지 11(4): 493-505.
- 이경재, 한봉호, 김중엽(1999) 한려해상국립공원 거제도지구 곰솔-소나무림의 식물군집구조와 분포밀도. 한국환경생태학회지 12(4): 361-372.
- 이경준, 김양섭, 이태수, 김교수(1986) 송이 발생림과 미발생림의 버섯분포에 관한 비교 연구. 한국임학회지 72(별책): 27-31.
- 이우철, 이철환(1989) 한국산 소나무림의 식물사회학적 연구. 한국생태학회지 12(4): 257-284.
- 이태수, 김영륜, 조명재, 이지열, 小川眞(1983) 한국의 송이 발생 송림의 현황에 관한 조사 연구. 한국군학회지 11(1): 39-49.
- 임경빈(1985) 신고 조림학원론. 향문사, 491쪽.
- 임경빈, 박인협, 이경재(1980) 경기도 지방 적송림의 식물사회학적 연구. 한국임학회지 50: 56-71.
- 임경빈, 이경재(1978) 소나무 천연집단의 변이에 관한 연구(VII) -임산, 봉화, 양주집단의 침엽 및 재질형질-. 한국임학회지 40: 1-8.
- 임경빈, 이경준(1999) 임학개론. 향문사, 393쪽.
- 임업연구원(1999) 송이증수 및 인공재배 연구. 임업연구원, 276쪽.
- 조덕현, 이경준(1994) 송이 발생림의 기상조건과 송이 발생량과의 상관관계에 대한 연구. 하계총회 학술발표회, 35~36쪽.
- 최송현(2001) 계룡산국립공원 동월계곡의 삼림군집구조 분석. 한국환경생태학회지 15(3): 237-246.
- 한봉호, 조우, 이수동(2001) 계룡산국립공원 동학사 계곡의 식물군집구조. 한국환경생태학회지 14(4): 238-251.
- 환경부(1998) 제2차 전국자연환경조사 -봉화·영월의 자연환경-. 환경부.
- 小川眞(1981) 한국의 소나무림과 송이. 한국군학회지 9(4): 223-224.
- Cox, G. W.(1976) Laboratory manual of general ecology. Wn. C. Brown Co., 232pp.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.
- Hill, M. O.(1979a) DECORANA - a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, N. Y.
- Hill, M. O.(1979b) TWINSpan - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attribute. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, N. Y.
- Pielou, E. C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, N. Y.
- Uyeki, H.(1928) On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Korea and silvicultural treatment for its improvement. Bulletin of Agriculture and Forestry College of Suwon, Korea. No. 3. 263pp.
- Whittaker, R. H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogr. 26: 1-80.