

설악산국립공원 자양천지역 소나무림

군집구조 및 생육거리¹

이경재² · 한봉호³ · 이옥하³

Vegetation Structure Analysis and Ecological Distance of *Pinus densiflora* Community in Chayang-chŏn Area, Sŏraksan National Park¹

Kyong-Jae Lee², Bong-Ho Han³, Ok-Ha Lee³

요 약

설악산국립공원 자양천계곡 지역에 분포하는 소나무림의 식생구조와 수종간 생육거리를 밝히기 위해 총 39개의 조사구(10m×10m)를 설정하였다. TWINSpan과 DCA기법으로 분석한 결과 소나무림은 2개의 군집으로 나누어졌다. 군집 I은 흉고직경이 35~70cm, 수고 11~25m, 수령이 60~80년 정도의 소나무가 우점하는 곳으로 낙엽활엽수림으로의 천이가 예상되었다. 군집 II는 흉고직경 9~26.5cm, 수고 9~16m, 수령이 30~50년 정도의 소나무가 우점하였으며 일정시간 이상 소나무림으로 계속 유지될 것으로 판단되었다. Shannon의 종다양도는 군집 II(1.4247)가 군집 I(1.2978)보다 높았다. 수종간 생육거리를 살펴보면, 군집 I에서 교목층은 4.92 ± 2.14 m, 군집 II의 교목층은 2.41 ± 0.97 m이었다. 또한 교목층 흉고직경과 생육거리와의 관계는 $Y(\text{거리}) = 0.06355 \times (\text{DBH}) + 1.51613$ 이었다.

주요어 : DCA, 흉고직경, 종다양도

ABSTRACT

To study vegetation structure and distance between trees of *Pinus densiflora* forest in Chayang-chŏn area, Sŏraksan National Park, thirty-nine plots(10m×10m) were established. They were classified into two communities by TWINSpan and DCA technique. In the Community I, *P. densiflora*(DBH 35~75cm, height 9~16m, age 60~80) dominated in canopy and were predicted to be changed by deciduous broad-leaved trees also. In the Community II, *P. densiflora*(DBH 9~26.5cm, height 9~16m, age 30~50) dominated in canopy. It seemed that the community II would maintain *P. densiflora* community for a long time since *P. densiflora* dominated in both canopy and understory. Shannon's diversity index was higher in the community II(1.4247) than in the community I(1.2978). The distances between canopy trees

1 접수 12월 15일 Received on. Dec. 15, 1997

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

3 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

were $4.92 \pm 2.14\text{m}$ in the community I and $2.41 \pm 0.97\text{m}$ in the community II. The regression between DBH in canopy and ecological distance was $Y(\text{Distance}) = 0.06355 \times (\text{DBH}) + 1.51613$.

KEY WORDS : DCA, DBH, SPECIES DIVERSITY

서 론

금강산과 오대산 사이에 솟아 있는 설악산국립공원은 한반도의 등줄기인 태백산맥의 북쪽에 위치하며, 남한에서는 한라산, 지리산에 이어 세 번째로 높은 산이다. 1965년 11월에 천연기념물 171호인 천연보호구역으로 지정되었고, 1970년 3월에 다섯 번째 국립공원으로 지정되었다. 또한 설악산 일대는 세계적으로 희귀한 생물서식지로서 1982년 유네스코에 의해 한국 유일의 생물권 보존지대로 지정되기도 하였다. 총면적은 373km^2 이며, 행정구역상으로는 강원도 속초시, 양양군, 인제군, 고성군 등 4개 시·군에 걸쳐 있다. 대청봉을 중심으로 미시령과 점봉산을 잇는 설악산의 주능선을 경계로 삼아 동쪽을 외설악, 서쪽을 내설악으로 일컫고 있으며, 외설악의 남쪽인 오색약수터와 장수대지역을 하나로 묶어서 남설악으로도 부른다(임양재와 백순달, 1985).

설악산국립공원 지역은 외설악과 내설악의 기온차가 크고 해발고도에 따라 다양한 식생기후대를 보이는데, 기후인자와 식생인자를 고려할 때 내설악 지역은 온대북부림에 속하며 특징수종은 찰피나무, 박달나무, 신갈나무, 거제수나무, 시닥나무, 잣나무, 전나무 등이다(임경빈, 1985). 한편 기후지수를 가지고 판단할 때, 인제 지역의 연평균기온이 9.8°C , 온난지수(WI: warm index)는 $96.2^\circ\text{C} \cdot \text{month}$, 한랭지수(CI: cold index)는 $-15.6^\circ\text{C} \cdot \text{month}$ 로 냉온대중부림(신갈나무대)에 속한다(임양재와 백순달, 1985).

설악산국립공원에서 신갈나무와 함께 많은 면적을 차지하고 있는 소나무는 국내 수종 중 점유면적이 제일 넓고, 우리나라의 대표적인 수종으로 남으로는 제주도, 동으로는 울릉도에 이르고, 서로는 흉도와 흑산도에까지 분포하고 있으며, 한국산 소나무는 수피가 붉은 색을 띠어 적송(*Pinus densiflora*)이라 불리는데, 설악산국립공원에는 해발 1,200m까지 분포한다(박봉규, 1984).

따라서, 본 연구는 내설악지역 중 소나무림이 양

호하게 보존되어 있는 장수대지역 자양천 주변의 소나무림 식생구조를 밝히고, 흉고직경의 변화에 따른 밀도변화 및 수종간 생태적 생육거리를 밝혀 설악산국립공원 관리를 위한 기초자료를 마련하고, 향후 소나무림의 관리 및 우리 나라 중부지방 소나무림 복원시 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

조사지 설정 및 연구방법

1. 조사지 설정

설악산국립공원 자양천계곡 장수대지역 임간학교 부근에 분포하고 있는 소나무림의 식생구조를 밝히기 위해 총 39개 조사구($10\text{m} \times 10\text{m}$)를 설정하여 1997년 7월에 조사를 실시하였다(Figure 1).

2. 환경요인조사

환경요인 조사에서는 39개 조사구에 대해 일반적 개황과 토양특성을 조사·분석하였는데, 일반적 개황에서는 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 수목의 층위별 평균수고, 평균흉고직경, 울폐도를 조사하였다. 토양특성분석은 낙엽층을 제거하고 표층으로부터 10~15cm 깊이의 토양을 각 조사구별로 1kg정도 채취한 후 실내에서 음건시켜 토양산도(pH)와 유기물함량을 측정하였다. 토양산도는 음건세토와 증류수를 1:5의 비율로 섞어 30분간 진탕한 후 pH meter로 측정하였으며, 유기물은 600°C 에서 4시간 회화하여 중량법에 의해 측정하였다(농업기술연구소, 1988).

3. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구별로 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 흉고직경 2cm이상의 교목, 아교목은 흉고직경과 수관폭, 수고를 측정하고, 흉고직경 2cm 미만의 관목은 수관폭과 수고를 측정하였다(박인협, 1985). 또한 측정된 자료는 Curtis &

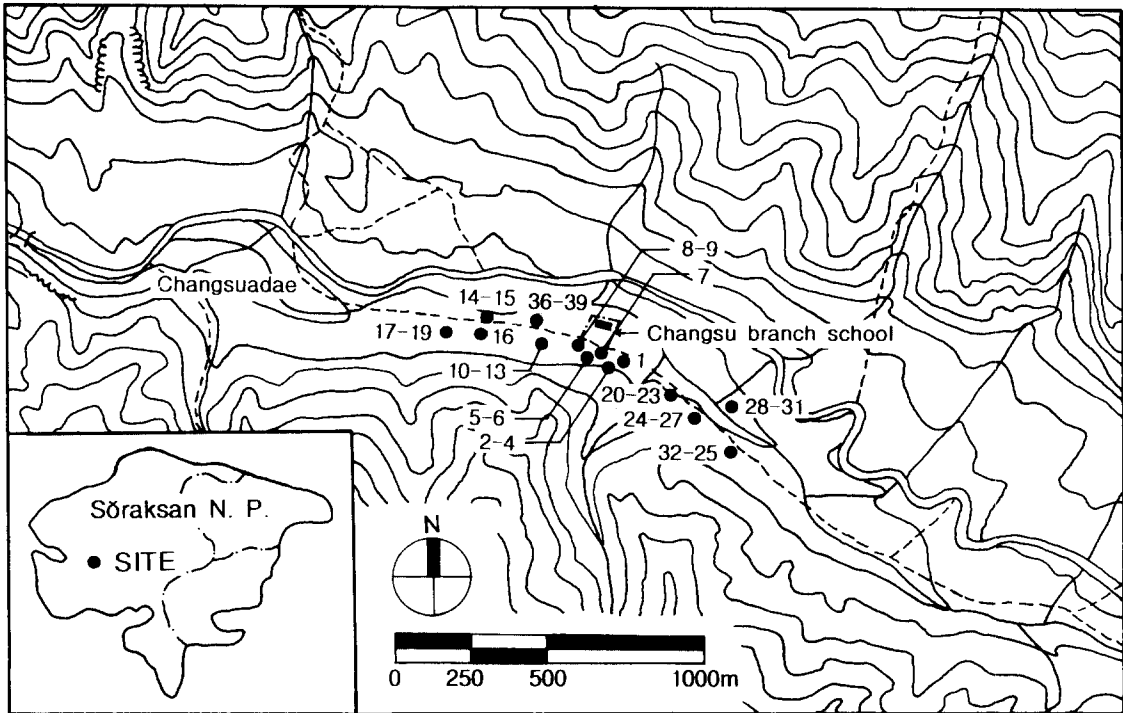


Figure 1. Location map of thirty-nine plots in Chayang-chön area, Söraksan National Park

McIntosh (1951)방법에 의해 상대우점치(I.V.: importance value) 및 평균상대우점치(M.I.V.: mean importance value)를 구하였으며, 주요 수목의 생육간격을 측정하기 위하여 수목분포현황을 도면으로 작성하여 수관투영 및 입면상태를 분석하였다. 그리고 Pielou(1975)의 방법에 따라 종다양도, 최대종다양도, 균제도, 우점도의 지수를 계산하였으며, Simpson(1949)의 종다양도, Herbert의 P.I.E(Cox, 1976), 유사도지수(Whittaker, 1956)를 구하였다. 또한 수종간 상관관계, 흉고직경급별 분포 및 직경생장량을 분석하였다. 식생자료를 바탕으로 DCA에 의한 ordination(Hill, 1979a)과 TWINSpan에 의한 classification 분석(Hill, 1979b)을 하였다. 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실의 PDAP(plant data analysis package)와 SPSS/PC+를 사용하였다.

4. 군집유형별 밀도 비교 및 소나무의 생육거리

(1) 군집유형별 밀도비교

식생조사자료를 이용하여 39개 조사지의 교목층과 아교목층은 흉고단면적, 관목층은 수관투영면

적을 산정하였으며, 또한 층위별 출현종수 및 개체수를 산정하였다. 이상의 자료를 바탕으로 군집별 100m²단위면적당 평균치를 산정하여 비교하였으며, T검정을 실시하였다.

(2) 흉고직경과 생육거리 및 수관분포현황 도면

식생조사자료를 이용하여 각 조사구별 교목층의 평균흉고직경을 산출하였으며, 상세조사야장에서 교목층 수종의 최소생육거리를 측정하였다.

흉고직경과 생육거리의 관계는 회귀분석을 실시하여 회귀식을 구하였다. 이상의 통계분석은 SPSS/PC+를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지의 일반적 개황

전체 39개의 조사구가 해발고도 505~530m에 위치하였으며, 경사는 2~35°로 차이가 심하였다. Table 1은 조사구의 일반적 개황을 나타낸 것으로 전체 조사구에서 교목층 흉고직경은 9~70cm, 수

Table 1. General description of each plot in Chayang-chön area, Söraksan National Park

Community	I													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altitude(m)	530	545	540	540	535	535	520	515	515	505	505	505	505	500
Aspect	N20E	N30E	N30E	N30E	N10E	N10E	N10W	N65W	N65W	S15W	S15W	S15W	S15W	N40W
Slope(°)	5	18	30	30	35	35	23	5	5	3	3	3	3	3
Height of tree layer(m)	17	23	25	25	25	25	5	20	20	25	25	25	25	23
Mean DBH of tree layer(cm)	25	45	60	60	55	55	25	35	35	40	40	40	40	45
Cover of tree layer(%)	90	60	62	62	60	60	60	70	70	50	50	50	50	40
Height of subtree layer(m)	8	10	10	10	10	10	6	6	6	8	8	8	8	6
Mean DBH of subtree(cm)	5	15	15	15	8	8	6	5	5	8	8	8	8	8
Cover of subtree layer(%)	30	15	60	60	80	80	80	70	70	70	70	70	70	70
Height of shrub layer(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub layer(%)	60	15	20	20	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30
Soil pH	5.10	4.76	5.12	5.12	4.74	4.70	5.26	5.21	5.21	5.02	5.02	5.02	5.75	5.96
Organic matter(%)	9.53	19.16	17.25	17.25	15.43	14.35	17.08	24.83	24.83	5.00	5.00	5.00	3.35	1.62

Table 1. (Continued)

Community	I					II							
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Altitude(m)	500	500	500	500	500	520	520	520	520	525	525	525	525
Aspect	N40W	N80W	N85W	N85W	N85W	N10W	N10W	N10W	N10W	N10W	N10W	N10W	N10W
Slope(°)	3	4	3	3	3	4	4	4	4	2	2	2	2
Height of tree layer(m)	23	25	25	25	25	11	11	11	11	12	12	12	12
Mean DBH of tree layer(cm)	45	40	45	45	45	16	16	16	16	20	20	20	20
Cover of tree layer(%)	40	40	60	60	60	50	50	50	50	70	70	70	70
Height of subtree layer(m)	6	9	9	9	9	7	7	7	7	6	6	6	6
Mean DBH of subtree(cm)	8	15	8	8	8	8	8	8	6	8	8	8	8
Cover of subtree layer(%)	70	60	60	60	60	40	40	40	40	40	40	40	40
Height of shrub layer(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub layer(%)	30	10	40	40	40	70	70	70	70	80	80	80	80
Soil pH	5.96	5.41	5.70	5.70	5.70	5.61	5.61	5.61	5.48	5.45	5.45	5.45	5.45
Organic matter(%)	1.62	4.24	2.09	2.09	2.09	4.9	4.9	4.9	2.6	2.2	2.2	2.2	2.2

고는 9~25m 범위를 보이고 있어 유령림에서 장령림까지 고르게 분포하고 있었다. 조사구 중 8개 조사구 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 15는 사면부에, 나머지 31개 지역은 계곡부에 위치하였다. 조사구별 토양의 유기물함량은 1.62~24.83%로 편차가 심하였으며 대체로 계곡부보다 사면부의 토양에서 유기물함량이 많았다. 토양 산도는 pH 4.74~5.96의 범위로 나타나 속리산 소나무림(pH 4.25~4.89), 주왕산 소나무림(pH 5.0~5.2)보다 토양산도가 다소 높았다(조재창 등, 1995; 이경재 등, 1990).

2. Classification 및 ordination

39개 조사구는 TWINSpan과 DCA를 분석한 결과 크게 두 개의 군집으로 나뉘어졌으며, 서로 유사한 군집분리 결과를 보였다(Figure 2, 3). 조사구별 TWINSpan 결과 제 1 division에서 장령림은 군집 I, 유령림은 군집 II로 분리되어 수령이 군집을 분리하는 요인이 되었다. 조사구별 DCA에서는 제 1축의 eigenvalue가 0.260, 제 2축의 eigenvalue가 0.149로 4개축 eigenvalue의 72%

Table 1. (Continued)

Community	II											
	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Plot No.												
Altitude(m)	520	520	520	520	530	530	530	530	505	505	505	505
Aspect	N40E	N40E	N40E	N40E	N40W	N40W	N40W	N40W	N10E	N10E	N10E	N10E
Slope(°)	3	3	3	3	7	7	7	7	3	3	3	3
Height of tree layer(m)	16	16	16	16	13	13	13	13	14	14	14	14
Mean DBH of tree layer(cm)	25	25	25	25	17	17	17	17	20	20	20	20
Cover of tree layer(%)	75	75	75	75	60	60	60	60	70	70	70	70
Height of subtree layer(m)	8	8	8	8	6	6	6	6	7	7	7	7
Mean DBH of subtree(cm)	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
Cover of subtree layer(%)	40	40	40	40	20	20	20	20	40	40	40	40
Height of shrub layer(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub layer(%)	70	70	70	70	30	30	30	30	70	70	70	70
Soil pH	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.10	5.10	5.10	5.10
Organic matter(%)	2.4	2.4	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	2.8	2.8	2.8	2.8

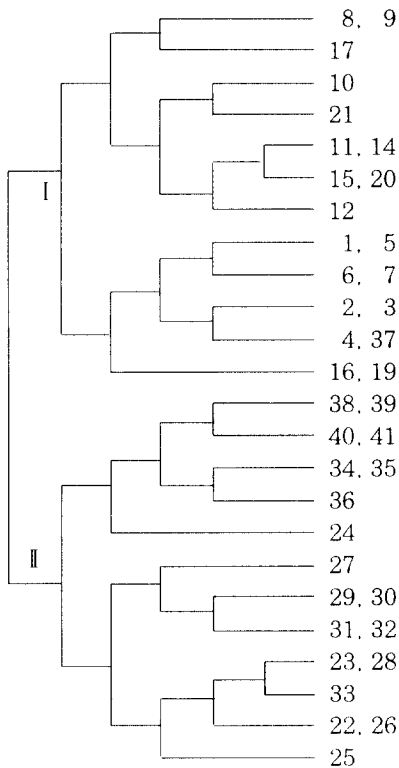


Figure 2. The dendrogram of TWINSpan stand classification of thirty-nine plots in Chayang-chön area, Söraksan National Park

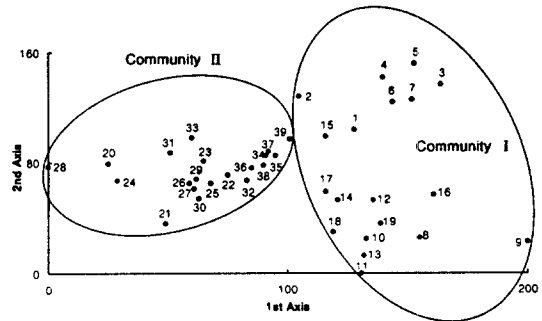


Figure 3. DCA ordination of thirty-nine plots in Chayang-chön area, Söraksan National Park

를 차지해 2개축을 이용한 분석의 타당성이 높았다. DCA분석에서도 TWINSpan과 동일하게 2개의 군집으로 분리되었다. 군집 I은 교목층에서 흉고 직경 35~70cm, 수령이 60~80년 정도의 소나무 대경목이 우점하였으며, 아교목층에서는 낙엽활엽수가 분포하였다. 군집 II는 교목층에서 흉고직경 9.0~26.5cm, 수령 30~50년 정도의 소나무가 분포하였으며 아교목층에서도 소나무가 우점하였다.

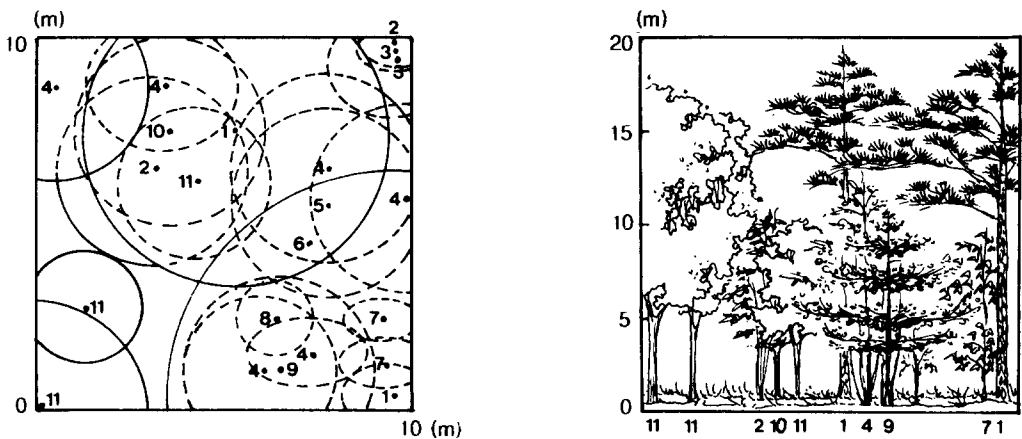
3. 상대우점치분석

각 군집의 층위별 상대우점치를 Table 2에 나타내었다. 두개 군집의 층위별 상대우점치를 살펴보면

Table 2. Importance value of major woody species by stratum in each community for classified type by DCA in Chayang-chŏn area, Sŏraksan National Park

Community	I				II			
	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus densiflora</i>	91.55	1.55	0.00	55.55	91.74	43.05	0.61	72.39
<i>Populus maximowiczii</i>	0.00	0.30	0.00	0.06	5.77	15.83	0.39	9.78
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	2.55	3.85	0.50	3.17	0.00	0.00	0.26	0.05
<i>Juglans mandshurica</i>	1.29	0.65	0.13	1.06	1.82	0.00	0.69	1.23
<i>Betula schmidtii</i>	0.00	5.09	0.00	2.04	0.00	4.57	2.96	2.42
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	1.28	2.56	1.02	0.00	0.00	0.34	0.07
<i>Quercus mongolica</i>	0.00	7.30	0.77	3.07	0.00	0.70	2.62	0.80
<i>Quercus serrata</i>	1.09	3.51	0.72	2.20	0.00	4.96	3.97	2.78
<i>Schisandra chinensis</i>	0.00	0.00	9.30	1.86	0.00	0.00	0.95	0.19
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	6.02	13.73	5.15	0.00	0.00	6.41	0.28
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>	0.00	0.00	3.57	0.71	0.00	0.00	16.09	3.22
<i>Prunus maackii</i>	1.23	3.68	0.00	2.21	0.67	4.51	1.08	2.42
<i>Prunus padus</i>	0.00	10.10	2.61	4.56	0.00	1.63	0.32	0.72
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	2.56	0.51	0.00	1.62	12.81	3.21
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.95	1.73	0.73	0.00	0.75	4.29	1.16
<i>Acer mono</i>	1.25	2.72	1.91	2.22	0.00	0.37	1.47	0.44
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.00	7.45	2.76	3.53	0.00	1.14	1.18	0.69
<i>Styrax obassia</i>	0.00	5.32	1.48	2.42	0.00	0.34	2.02	0.54
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.00	4.04	0.06	1.63	0.00	0.71	0.00	0.28
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.05	7.75	3.86	4.50	0.00	1.81	3.48	1.42

* C: Canopy importance value, U: Understory importance value, S: Shrub importance value, M: Mean importance value.



- | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>Pinus densiflora</i> | 2. <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | 3. <i>Quercus mongolica</i> |
| 4. <i>Fraxinus mandshurica</i> | 5. <i>Rhus trichocarpa</i> | 6. <i>Euonymus oxyphyllus</i> |
| 7. <i>Acer mono</i> | 8. <i>Sorbus alnifolia</i> | 9. <i>Cornus controversa</i> |
| 10. <i>Prunus maackii</i> | 11. <i>Quercus serrata</i> | |

Figure 4. Crown projection and bisect of *Pinus densiflora* community |

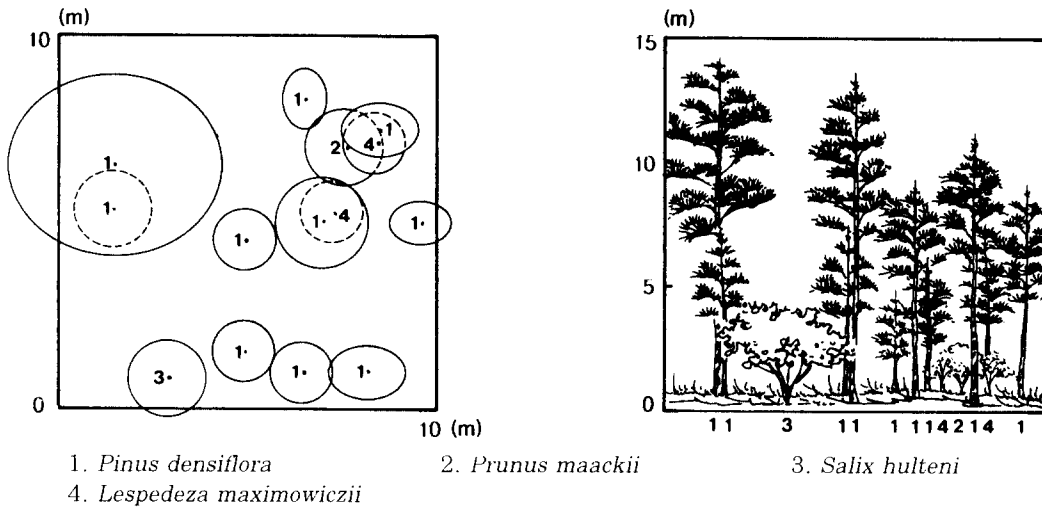


Figure 5. Crown projection and bisect of *Pinus densiflora* community II

군집 I 은 교목층에서 소나무(I.V.: 91.55%)가 우점종인 군집으로 아교목층에서는 귀룽나무(I.V.: 10.10%), 물푸레나무(I.V.: 7.75%), 당단풍(I.V.: 7.45%), 신갈나무(I.V.: 7.30%), 쪽동백나무(I.V.: 5.32%) 등이 출현하였다. 그리고 아교목층과 관목층에 소나무가 출현하지 않아 본 식생군집은 귀룽나무, 물푸레나무, 신갈나무 등의 낙엽활엽수림으로 변할 것으로 판단된다. 군집 II 에서는 소나무가 교목층(I.V.: 91.74%), 아교목층(I.V.: 43.05%)에서 가장 높은 상대우점치를 보였고, 습한 지역에 주로 분포하는 것으로 알려진(임양재와 백순달, 1985; 이경재 등, 1997) 황철나무(I.V.: 15.83%), 그리고 개벚나무(I.V.: 4.51%)가 주요 출현수종이었다. 군집 II 는 교목층과 아교목층에서 소나무의 세력이 커서 일정기간 이상 소나무군집으로 계속 유지될 것으로 판단되었다.

Figure 4, 5는 군집 I 과 II 의 수관투영도와 입면도이다. 군집 I 은 수고가 20m정도의 대경목 소나무가 교목층에 우점하며, 아교목층에는 낙엽활엽수가 주로 출현하고 있었고, 군집 II 는 교목층 소나무가 15m이하이며, 아교목층에서도 소나무가 주를 이루고 있었다.

4. 흉고직경급별 분포

DCA에 의해 분리된 2개 군집에서 교목층, 아교목층에 분포하는 주요 수종의 흉고직경급별 분포는 Table 3과 같다. 흉고직경급별 분포는 군집구조의

이해와 생태적 천이를 추정하는데 유용한 방법이다(이경재 등, 1990; 1997). 군집 I 에서는 소나무가 흉고직경 27cm 이상에서 주로 분포하는데, 대부분 흉고직경 42cm 이상인 소나무 대경목이었다. 낙엽활엽수종인 신갈나무, 졸참나무, 물푸레나무는 흉고직경 22cm 미만에서만 분포하여 소나무 하부에 아교목층을 형성하고 있었으나, 앞으로 생태적 천이가 진행됨에 따라 소나무군집에서 낙엽활엽수림으로 변할 것으로 예상된다. 군집 II 에서는 소나무가 흉고직경 47cm 미만에서 고르게 분포하는데 특히 흉고직경 7~22cm에서 많은 개체수가 출현하였다. 황철나무는 흉고직경 37cm 미만 각 계급에서 고르게 나타나고 있지만 개체수가 소나무에 비해 훨씬 적으므로 군집 II 는 일정기간 이상 소나무림으로 계속 유지될 것으로 판단되었다.

5. 직경 성장률 분석

Figure 6은 군집 I, II 에서 조사한 교목층 소나무의 최근 20년간 평균 성장률을 나타낸 것이다. 군집 I 의 소나무는 수령이 60~80년이며, 군집 II 는 30~50년 정도로 나타났는데 최근 20년간 흉고직경 생장이 완만하게 감소하였다. 성장감소율에 있어서는 군집 II 에 비해 군집 I 에서 상대적으로 완만하였다. 오대산 소나무림의 경우 1~10년의 평균흉고직경 생장이 4.9mm, 11~20년이 3.6mm, 21~30년이 2.9mm, 31~40년이 2.3mm, 40년 이상이 1.6mm로 밝혀져(임경빈과 김진수, 1975) 본

Table 3. DBH class distribution of major woody species in the two communities classified by DCA ordination

Community	Species name	SH	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
I	<i>Pinus densiflora</i>	0	0	1	0	3	0	0	1	2	6	9	9	16
	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	20	1	5	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
	<i>Betula schmidtii</i>	0	0	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0
	<i>Quercus mongolica</i>	44	0	2	8	3	3	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Quercus serrata</i>	32	0	3	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fraxinus mandshurica</i>	4	0	3	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	180	0	21	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
II	<i>Pinus densiflora</i>	32	0	3	95	81	21	7	3	6	3	2	0	0
	<i>Populus maximowiczii</i>	8	0	9	7	8	4	1	0	1	0	0	0	0
	<i>Juglans mandshurica</i>	20	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Betula schmidtii</i>	72	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Quercus mongolica</i>	64	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Quercus serrata</i>	92	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	104	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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

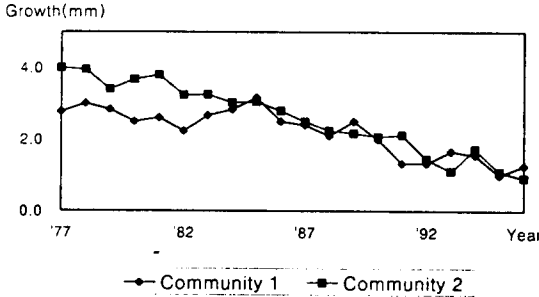


Figure 6. DBH growth of *Pinus densiflora* in the two communities for recent twenty years

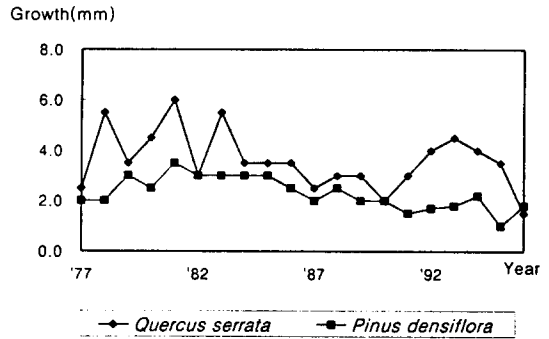


Figure 7. DBH growth of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* in the Community I for recent twenty years

연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

Figure 7은 군집 I에 속한 교목층 소나무와 아교목층 졸참나무의 최근 20년간 흉고직경 성장량을 분석한 것이다. 소나무의 수령은 74년, 졸참나무는 30년이었는데 소나무는 성장량이 1~3mm 범위에 있어 해마다의 성장량 차이가 작은 반면, 졸참나무는 2~6mm의 범위로서 해마다의 성장량 차이가 컸다. 아교목층에 있는 졸참나무의 성장량이 교목층 소나무의 성장량보다 크므로 군집 I이 장차 낙엽활엽수림으로 천이해 갈 가능성이 높다고 판단한 상태

우점치 분석, 흉고직경급별 분포 분석과 동일한 경향이였다.

6. 종다양도 및 유사도지수

Table 4는 면적 500m²에 대한 2개 군집의 종다양도지수를 비교한 것이다. 500m² 면적에서 군집 I은 51종 1238개체, 군집 II는 45종, 1003개체가 출현하였다. Shannon의 종다양도는 군집 II (1.4247)가 군집 I (1.2978)보다 더 높았으며 최

Table 4. Species diversity of each group in the two communities classified by DCA, Chayang-chŏn area, Sŏraksan National Park (Unit: 500m²)

Community	H' (Shannon)	Simpson'	P.I.E.	J' (evenness)	D' (dominance)	H' max
I	1.2978	11.1373	0.9102	0.7601	0.2399	1.7076
II	1.4247	19.1464	0.9478	0.8618	0.1382	1.6532

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

* Shannon's diversity index uses logarithms to base 10

대종다양도(H' max)는 군집 I이 더 높은 값을 보였다. 종수와 개체수는 군집 I이 더 많지만 군집 II가 균재도가 더 높기 때문에 종다양도 지수가 군집 I보다 높았다. 설악산 자양천 지역의 소나무림은 기존 국립공원 조사에서 밝힌 북한산(1.1670), 내장산(1.3291), 치악산(1.3252), 속리산(1.0041), 주왕산(1.0390) 등과 비교할 때 종다양도지수가 다소 높은 상태이었다(이경재 등, 1990; 조재창 등, 1995).

두 군집간의 유사도지수가 80%이상일 때는 두 집단일 동질적인 것으로, 20%미만일 때에는 이질적으로 판단하는데(Cox, 1976; 이경재 등, 1997), 군집 I과 군집 II의 유사도지수는 77.85%로 나타나 거의 동일한 군집임을 알 수 있다.

7. 중간 classification 및 ordination

39개 조사구에 출현한 주요 수종 38종에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 분석과 DCA에 의한 ordination 분석 결과는 Figure 8, 9와 같다. TWINSpan과 DCA에 의해 두 개의 집단으로 나눌 수 있었는데 교목층에서는 들메나무, 신갈나무, 물푸레나무, 층층나무, 고로쇠나무, 까치박달, 산벚나무, 귀룽나무, 느릅나무, 다릅나무군과 소나무, 박달나무, 황철나무, 졸참나무, 음나무, 개벚지나무군으로 분리되었다. 아교목층 및 관목층에서는 참회나무, 쪽동백나무, 생강나무, 참깨암나무, 함박꽃나무, 당단풍, 국수나무, 오미자, 회잎나무, 다래, 산뽕나무군과 왕머루, 미역줄나무, 괴불나무, 울피불나무, 두릅나무, 참싸리, 조록싸리군으로 분리되었다.

8. 수종간 상관관계분석

Table 5는 총 39개 조사지에서 8개 조사구 이상에 출현한 38종의 수목을 대상으로 수종간 상관관계를 분석한 결과이다.

주요 수종을 살펴보면 소나무는 국수나무, 조록싸

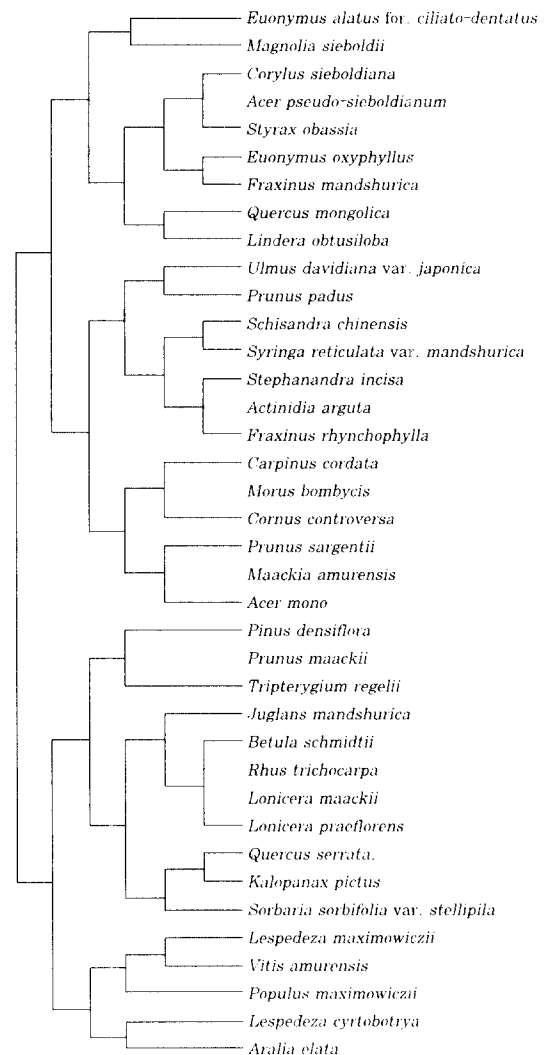


Figure 8. The dendrogram of TWINSpan stand classification of major woody species in Chayang-chŏn area, Sŏraksan National Park

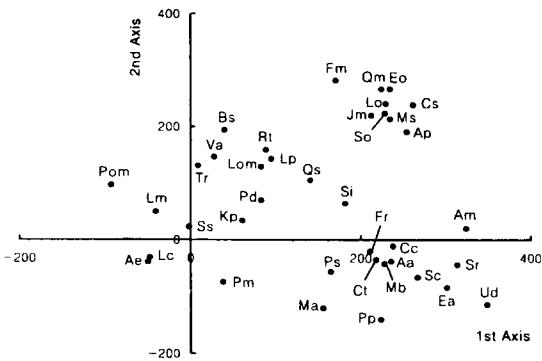


Figure 9. DCA ordination of major woody species in Chayang-chŏn area, Sŏraksan National Park(Aa: *Actinidia arguta*, Ae: *Aralia elata*, Am: *Acer mono*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Bs: *Betula schmidtii*, Ct: *Carpinus cordata*, Cc: *Corylus controversa*, Cs: *Corylus sieboldiana*, Ea: *Euonymus alatus* for. *ciliato-dentatus*, Eo: *Euonymus oxyphyllus*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Jm: *Juglans mandshurica*, Kp: *Kalopanax pictus*, Lc: *Lespedeza cyrtobotrya*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Lom: *Lonicera maackii*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Lp: *Lonicera praeflorens*, Ma: *Maackia amurensis*, Mb: *Morus bombycis*, Ms: *Magnolia sieboldii*, Pd: *Pinus densiflora*, Pm: *Prunus maackii*, Pom: *Populus maximowiczii*, Pp: *Prunus padus*, Ps: *Prunus sargentii*, Qm: *Quercus mongolica*, Qs: *Quercus serrata*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Sc: *Schisandra chinensis*, Si: *Stephanandra incisa*, So: *Styrax obassia*, Sr: *Syringa reticulata* var. *mandshurica*, Ss: *Sorbaria sorbifolia* var. *stellipila*, Tr: *Tripterygium regelii*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Va: *Vitis amurensis*)

리, 개울나무, 괴불나무와 5% 수준에서 정의 상관관계, 느릅나무, 회잎나무와는 1% 수준에서, 오미자, 고로쇠나무, 쪽동백나무, 물푸레나무, 개회나무

와는 5%수준에서 부의 상관관계가 인정되었다. 황철나무는 조록싸리와 1% 수준에서, 개취땅나무와는 5% 수준에서 정의 상관관계를, 신갈나무, 생강나무, 귀룽나무, 당단풍, 물푸레나무와는 5% 수준에서 부의 상관관계를 보였다. 물푸레나무는 산벚나무와 1% 수준에서, 귀룽나무와는 5%수준에서 정의 상관관계, 느릅나무, 조록싸리와는 5% 수준에서 부의 상관관계를 보였다. 아교목층 및 관목층 수종을 살펴보면 쪽동백나무는 가래나무, 참개암나무, 생강나무와 1% 수준에서 정의 상관관계를 보였으며 신갈나무와는 5%수준에서 정의 상관관계를 보였다. 회잎나무는 느릅나무, 까치박달, 고로쇠나무, 당단풍, 다래, 개회나무와는 1% 수준에서 정의 상관관계, 다릅나무와는 5% 수준에서 정의 상관관계가 인정되었다.

9. 군집유형별 밀도 비교 및 소나무의 생육거리

(1) 군집유형별 밀도비교

Table 6은 설악산국립공원 자양천 지역의 대경목 소나무군집 (I : 19개 조사구)과 소경목 소나무군집 (II : 20개 조사구)에 대하여 교목층과 아교목층은 흉고단면적, 관목층은 수관투영면적을 비교한 것이고, Table 7은 단위면적 100m²에 대한 2개 군집간의 종수 및 개체수를 비교한 것이다. 교목층과 아교목층의 흉고단면적은 군집 I (평균 5.88±2.01m²/100m²)이 군집 II (평균 2.52±0.81m²/100m²)보다 높은 상태이었으며, 관목층의 수관투영면적에 있어서는 흉고단면적의 경우와 반대되는 경향으로 군집 II이 군집 I보다 높았다. 결국 이러한 경향은 동일수종은 동일환경조건에서 단위면적에 대한 흉고단면적은 일정하다는 임경빈(1985)의 연구와 부합하는 것으로 판단되었다.

종수 및 개체수를 비교해 보면, 종수에서는 군집 I이 군집 II보다 많았으며, 출현개체수에서는 교목층은 군집 II, 아교목층 및 관목층은 군집 I이 많은 개체수를 보였다.

(2) 흉고직경과 생육거리

Table 8은 군집 I과 군집 II의 교목층에서 출현한 수목의 생육거리를 비교한 것이다. 군집 I에서는 평균 4.92±2.14m의 거리를 유지하고 있어 군집 II에서의 2.49±0.97m보다 먼 거리를 유지하고 있는 것으로 밝혀졌다.

Figure 10은 100m² 면적내 교목층에서 소나무가 2개체 이상 출현한 38개 조사지의 교목층 수목을

Table 5. Correlation between the major woody species in Chayang-chön area, Söraksan National Park

	Pd	Pom	Ud	Jm	Bs	Ct	Cs	Qm	Qs	Mb	Si	Ms	Sc	Lo	Ss	Pm	Pp	Ps	Lm	Lc	Ma	Rt	Eo	Tr	Am	Ap	Va	Aa	Kp	Ae	Cc	So	Fm	Fr	Sr	Lom	Lp	Ea									
Pom	.																																														
Ud	--	.																																													
Jm																																											
Bs																																									
Ct																																								
Cs			
Qm				
Qs			
Mb			
Si	+			
Ms			
Sc	-	.	++			
Lo	.	.	.	+	.	.	++	++			
Ss	.	+			
Pm			
Pp		
Ps		
Lm	+	++			
Lc			
Ma		
Rt	+		
Eo		
Tr	.	.	.	++		
Am	-	.	++		
Ap	+	++	++	++		
Va	
Aa	.	.	++	
Kp	
Ae	++	
Cc	.	.	+	++	.	.	++	
So	-	.	++	.	.	++	+	++	++	
Fm	
Fr	-	++	++	
Sr	-	.	++	++	
Lom	+	
Lp
Ea	--	.	++	.	.	++

* 1-tailed signif., +, -: p≤0.05, ++, --: p≤0.01

** Pd: *Pinus densiflora*, Pom: *Populus maximowiczii*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Jm: *Juglans mandshurica*, Bs: *Betula schmidtii*, Ct: *Carpinus cordata*, Cs: *Corylus sieboldiana*, Qm: *Quercus mongolica*, Qs: *Quercus serrata*, Mb: *Morus bombycis*, Si: *Stephanandra incisa*, Ms: *Magnolia sieboldii*, Sc: *Schisandra chinensis*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Ss: *Sorbaria sorbifolia* var. *stellipila*, Pm: *Prunus maackii*, Pp: *Prunus padus*, Ps: *Prunus sargentii*, Lm: *Lespedeza maximowiczii*, Lc: *Lespedeza cyrtobotrya*, Ma: *Maackia amurensis*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Eo: *Euonymus oxyphyllus*, Tr: *Tripterygium regelii*, Am: *Acer mono*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Va: *Vitis amurensis*, Aa: *Actinidia arguta*, Kp: *Kalopanax pictus*, Ae: *Aralia elata*, Cc: *Cornus controversa*, So: *Styrax obassia*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Sr: *Syringa reticulata* var. *mandshurica*, Lom: *Lonicera maackii*, Lp: *Lonicera praeflorens*, Ea: *Euonymus alatus* for. *ciliato-dentatus*

Table 6. Basal area and coverage in the two communities classified by DCA in Chayang-chön area, Söraksan National Park

Community	Basal area(m ² /100m ²)		Coverage(m ² /100m ²)	
	Canopy	Understory	Total	Shrub
I (19)	4.89±1.94	1.09±0.43	5.88±2.01	28.03±16.26
II (20)	2.15±0.75	0.37±0.29	2.52±0.81	41.60±14.79
T-value	6.03**	6.19**	6.80**	-2.73**

* 2-tailed Prob.: **: 0.01≥p. *: 0.05≥p

Table 7. Number of species and individuals in the two communities classified by DCA in Chayang-chön area, Söraksan National Park (Unit: 100m²)

Community	No. of individuals				No. of species
	Canopy	Understory	Shrub	Total	
I (19)	2.68±0.75	15.58±4.27	203.37±53.22	221.63±52.14	19.95±3.89
II (20)	9.20±5.53	7.75±4.16	136.40±51.94	153.35±52.09	17.05±4.66
T-value	-5.22**	5.79**	3.98**	4.09**	2.10*

* 2-tailed Prob.: **: 0.01≥p. *: 0.05≥p

Table 8. Ecological distance of *Pinus densiflora* on canopy in the two communities classified by DCA in Chayang-chön area, Söraksan National Park (Unit: 100m²)

Community	Distance(m)	T-value	2-Tail Prob.
I	4.92±2.14	4.43	0.00
II	2.49±0.97		

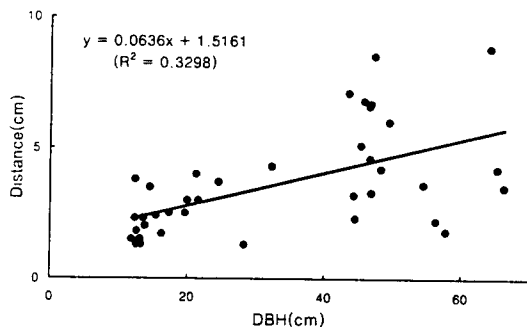


Figure 10. Regression between the ecological distance and DBH of *Pinus densiflora* on canopy in Chayang-chön area, Söraksan National Park (Unit: 100m²)

대상으로 평균흉고직경과 수목생육거리와의 관계를 나타낸 것이다. 평균흉고직경과 수목생육거리와의 관계는 유의수준 1%에서 정의 상관관계($R = 0.5743^{**}$)가 인정되었다. 본 대상지는 수목이 성장함에 따라 생육거리는 증가한다는 것(임경빈, 1985)과 일치하였다.

상관관계를 바탕으로 생육거리와 흉고직경의 관계를 회귀분석한 결과 거리(Y) = $0.06355 \times (\text{DBH}) + 1.51613$ 의 회귀식을 얻었다. 이때 R^2 은 0.3298이며, 본 회귀식은 F검정결과 유의수준 1%($F = 17.71$)내에서 타당한 것으로 인정되었다. 이러한 결과는 임경빈(1985)의 강원도산 소나무림에 대한 연구결과인 거리(Y) = $0.08 \times (\text{DBH}) + 1.0$ 과 권전오(1997)의 우리나라 수도권지역 소나무군집에 있어서 흉고직경과 생육간격과의 수치와 유사한 경향이였다.

이상의 연구결과는 향후 다른지역에서 소나무를

군락식재하거나 본 대상지와 유사한 환경조건인 지역에서 소나무림을 조성하기 위해 식재 및 관리할 때 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 권전오(1997) 중부지방 자연식생 분석을 통한 생태적 배식모델연구. 서울시립대학교 석사학위논문, 116쪽.
- 농업기술연구소(1988) 토양화학분석법-토양·식물체·토양미생물-. 450쪽.
- 박봉규(1984) 설악산의 식물 및 식생조사. 천연보호구역 설악산(설악산 학술조사보고서). 강원도, 48~64쪽.
- 박인협(1985) 백운산지역 천연림 생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 48쪽.
- 이경재, 임경빈, 조재창, 류창희(1990) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(Ⅰ)-소나무림 보존계획-. 응용생태연구 4(1): 23-32.
- 이경재, 조현서, 한봉호(1997) 설악산국립공원 저항력계곡 식물군집구조. 환경생태학회지 10(2): 251-269.
- 임경빈, 김진수(1975) 소나무 천연집단의 변천에 관한 연구(Ⅰ)-주왕산, 안면도, 오대산집단의 침엽 및 재질연구-. 한국임학회지 28: 1-20.
- 임경빈(1985) 신고 조림학원론. 향문사, 419쪽.
- 임양재, 백순달(1985) 자연보호구역 설악산의 식생. 중앙대학교 출판국, 199쪽.
- 조재창, 조우, 한봉호(1995) 주왕산국립공원 소나무림군집구조. 응용생태연구 8(2): 121-134.
- 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 Systematics. Cornell University, Ithaca, N.Y., 52pp.
- Hill, M. O.(1979b) TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics. Cornell University, Ithaca, N.Y., 99pp.
- Pielou, E. C.(1975) Ecological diversity. John Wiley & Sons Inc., New York, 165pp.
- Simpson, E. H.(1949) Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Whittaker, R. H.(1956) Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogra. 26: 1-80.