

속리산 삼림군집구조에 관한 연구(I)¹

—소나무림 보존계획—

이경재² · 임경빈³ · 조재창⁴ · 류창희²

Studies on the Structure of the Forest Community in Mt. Sokri(I)¹

—The Conservation Planning of *Pinus
densiflora* Community—

Kyong-Jae Lee², Kyong-Bin Yim³, Jae-Chang Jo⁴, Chang-Hee Ryu²

요 약

속리산지역 소나무림의 식물군집구조분석 및 보존대책을 위하여 20개소에 조사구(1개 조사구당 10×10m 방형구 5개씩 설치)를 설정하고 식생조사를 실시하여 얻은 자료에 대하여 TWINSPAN에 의한 classification 방법과 DCA ordination방법을 적용하였다. 본 조사에서는 classification과 DCA ordination방법에 의한 군집분리가 명확하지 않았다. 추정된 천이과정은 교목상층에서는 소나무 → 졸참나무, 쇠물푸레나무, 갈참나무, 팔배나무, 산벚나무 → 서어나무, 까치박달나무의 순이었고, 교목하층에서는 개웃나무, 생강나무 → 쪽동백, 당단풍, 노린재나무 → 비목나무, 덩펍나무의 순이었다. 속리산지역 소나무림을 보존하기 위해서는 방해극상적인 생태적 관리방법에 의해 교목하층에 자라고 있는 활엽수를 제거하여야 한다.

ABSTRACT

To investigate the structure of the pine forest community and the conservation of pine forest in Mt. Sokri, twenty plots of 500m² size set up by the clumped sampling method. The classification by TWINSPAN and DCA ordination were applied to the study area in order to classify them into several groups based on environmental variables. The plant community was not classified into several groups by above methods in this study area. The successional trends of tree species by both techniques seem to be from *Pinus densiflora* through *Quercus serrata*, *Fraxinus sieboldiana*, *Q. aliena*, *Sorbus alnifolia*, *Prunus sargentii* to

1. 접수 11월 30일 Received on Nov. 30, 1990.

2. 서울시립대학교 문리과대학 College of Liberal Arts and Science, Seoul City Univ., Seoul, 130-743, Korea.

3. 원광대학교 농과대학 College of Agriculture, Wongkwang Univ., Iri, 570-749, Korea.

4. 서울대학교 대학원 Graduate School, Seoul National Univ., Suwon, 440-744, Korea.

Carpinus laxiflora, *C. cordata* in the canopy layer, and from *Rhus trichocarpa*, *Lindera obtusiloba* through *Styrax obassia*, *Acer pseudosieboldiana*, *Symplocos chinensis* for, *pilosa* to *L. erythrocarpa*, *Viburnum erosum* in the understory layer. *Pinus densiflora* community shall be conserved by the disclimax method, i. e. the broadleaf vegetation in the underlayer of the pine community should be cleared out.

서 론

우리나라의 소나무림은 솔잎혹파리발생 이전에는 삼림식물 중 소나무가 우점종이었으나 (임경빈 등, 1980) 솔잎혹파리피해 이후 그 면적이 차츰 줄어가고 있다. 특히 소나무는 풍수지리상 중요한 위치에 심겨지는 나무로서 조선시대까지는 왕릉이나 유명사찰주위에 식재하거나 자연생소나무를 보호하였다(이병훈 역, 1973). 그러나 1910년 한일합방이후 혼란기를 거치는 동안 보호를 받아 오던 우량형질의 소나무가 우리전통의 공간에서 훼손되고 또한 1970년 이후 솔잎혹파리피해에 의해 많은 소나무가 잘려나가 이제는 소나무순림을 찾아 보기가 힘들게 되었다.

속리산지역의 소나무에 관한 연구는 알려진 것이 별로 없다. 다만 1962년 10월 3일에 천연기념물 제103호로 지정된 정이품송은 1464년 세조대왕때 대왕이 법주사로 행차할 무렵 여가가 이 소나무의 아랫가지에 걸릴까 염려하여 “연(蠶) 걸린다” 말씀하시자 이 소나무는 가지를 위로 들어 여가를 무사히 통과하게 하여 “연걸이 소나무”라는 별명을 얻었고 이러한 사연으로 정이품이라는 벼슬을 얻게 되었다는 전설이 전해지고 있다(임경빈, 1990). 정이품송의 수령은 600년 정도로 추정되고 있으나 수세가 최근에 쇠약해져 여러가지의 대책에 관한 연구 및 처치가 취해지고 있다. 이외의 속리산지역 소나무에 관한 연구는 임경빈과 이경재(1979)가 우리나라 소나무의 변이에 관한 연구를 위해 법주사입구 집단시설지구근처의 소나무림에 조사구를 설치, 소나무에 대한 외형적 특성을 조사한 적이 있다. 또한 1980년 솔잎혹파리피해에 의한 소나무림의 생태학적인 연구에서 속리산인근 청원군의 소나무림을 무피해지로 설정하였는데(임경빈 등, 1981) 당시는 속리산일대는 솔잎혹파리피해에 의한 피해가 없었던 것이다. 이후 솔잎혹파리의 피해가 속리산에 발생하여 1984년에는 방제실적이 1,360ha에 달해 최대에 이르렀고, 그 이후는 차츰 감소하다가 1988년에는 다시 피해면적이 늘어났다(임경빈, 1990).

속리산지역의 소나무림은 솔잎혹파리의 피해와 인간에 의한 관리부재로 면적이 감소되어 1985년에는 해발 400~800m의 복천암-상고암에 이르는 지역이

소나무가 우점종이었으나(건설부, 1985), 현재는 해발 350~450m에 이르는 사내리-법주사인근에만 소나무가 우점종으로 남아 있을 뿐이다. 특히 오리숲인근인 속리산국립공원 주차장에서 속리산에 이르는 도로 서쪽엔 형질이 좋은 소나무가 서 있어 이 지역의 보존대책이 요구된다.

본 논문은 속리산지역의 소나무림에 대한 군집구조를 분석하고 아울러 보존대책을 밝히는 것을 목적으로 하였다.

조사지 설정 및 방법

1. 조사지 설정

속리산삼림의 현존식생종 해발 500m미만지역인 법주사인근까지 소나무가 우점종으로 출현한다. 그러므로 본 연구에서는 소나무가 우점종인 지역중 정2품송이 위치하는 에밀레박물관인근부터 탈골암근처까지의 지역에 Figure 1과 같이 20개의 조사구(plot)를 설

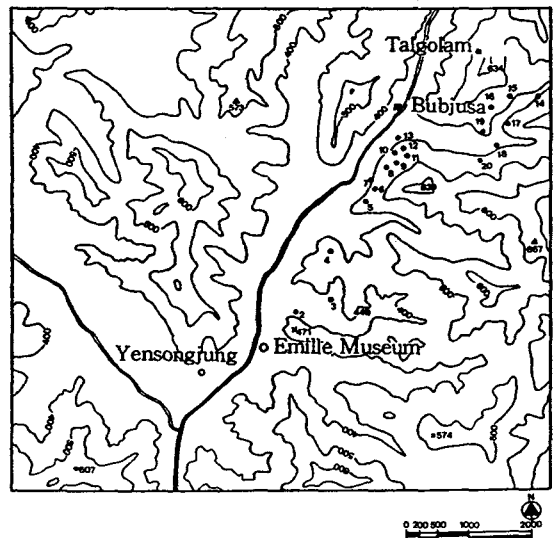


Figure 1. Location of the study area in Mt. Sokri.

정하였다. 각 조사구는 10×10m의 방형구 5개씩을 설치하여 면적을 500m²로 하였으며 조사시기는 1989년 10월이었다.

2. 환경요인조사

조사구의 환경요인은 일반적 개황과 토양성질을 조사·분석하였다. 일반적인 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 교목상층군의 평균수고, 평균흉고 직경 및 평균올폐도, 교목하층군의 평균수고 및 평균올폐도, 관목층군의 평균수고 및 평균올폐도, 조사구에 출현하는 목본종수를 측정·조사하였다. 토양분석을 위해 조사구별로 3개소를 택하여 A₀층을 걷어내고 표층으로부터 15cm정도의 깊이에서 토양을 채취·혼합하여 1kg정도의 시료를 실험실로 운반하여 토양산도, 수분함량, 유기물함량을 측정하였다. 토양산도는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 유리전극으로 측정하였고, 수분함량은 건조기에서 105℃로 24시간 건조시켜 측정하였으며, 유기물함량은 회화토에서 800℃로 4시간 회화후 평량·계산하였다.

3. 소나무림 구조분석

식생조사는 방형구내에서 출현하는 흉고직경(DBH)2cm이상의 목본식물을 대상으로 교목상층과 교목하층의 층위로 구분하여 층위별로 수종명 및 DBH를 측정하였다(박, 1985). 식생조사에서 측정된 자료로 Curtis and McIntosh(1951)의 방법에 따라 중요치(importance value; IV)를 계산하였다. 종다양성은 Pilou(1977)의 방법에 의해 종다양도(species diversity; H'), 균계도(evenness; J'), 우점도(dominance; D), 최대종다양도(maximum of species diversity; H'max)를 계산하였다. 식생자료중에서 classification 및 ordination분석에 필요한 합성치를 각각 Hill(1979b), Gauch(1982)의 방법에 따라 정리하였다. Classification은 TWINSpan(Hill, 1979b)에 의하여 계산하였고, ordination은 DCA(detrended correspondence analysis)방법을 이용하였다(Hill, 1979a). 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 Plant data analysis package(PDAP)와 SAS package를 프로그램으로 이용하였고, 컴퓨터는 IBM-PC와 VAX/780을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

중앙기상대 청주측후소에서 측정한 기상자료(1951~1980년의 평균치)에 의하면 연평균 기온 11.4℃, 연평균 최고기온 17.1℃, 연평균 최저기온 6.5℃, 온량지수 98.6℃, 한랭지수 -21.6℃이고 연간강수량은 1,209mm이다. 본 조사지역은 청주 측후소로부터 33km 떨어져 있어 위도차이에 의한 기상요소의 변화는 무시할 수 있으나, 청주측후소는 해발 59m에 위치하나 본 조사지역의 평균 해발고는 400~440m이므로 해발고 차이에 따른 기온변화를 고려해야만 한다. 100m의 해발고 상승에 따라 0.6℃의 온도하강을 고려하면 본 조사지역의 연평균기온은 9.0℃로서 임경빈(1985)이 구분한 수평적 삼림대에 의하면 온대중부림에 해당되며 소나무, 신갈나무, 서어나무등이 우점종으로 출현하는 지역이다. 기상요소가 우리나라 명산에서도 측정이 되지 않아 생태적인 분석에 장애요소가 되고 있으니 이에 대한 시설투자가 시급하겠다.

Table 1은 각 조사구의 일반적인 개황을 나타낸 것이다. 조사구들은 해발고 360~460m에 위치하나 조사구 5, 18을 제외하고는 모든 조사구가 400~440m이어서 조사구들의 수직적인 분포차이로 인한 식물군집의 종조성차이는 배제할 수 있을 것이다. 모든 조사구를 북사면에서 설정하여 사면에 따른 오차를 줄이도록 하였으며 경사도는 10~20°이었다. 교목상층군의 우점종은 소나무인데 본 조사지의 교목상층군의 평균수고 및 평균 DBH는 각각 15~20m, 30~40cm로서 대형목이었다. 1979년도에 측정된 본 조사지역의 소나무의 평균수령은 60년생, 평균수고 및 평균 DBH는 각각 18.8m, 41.7cm이었던바(임경빈과 이경재; 1979), 10년이 지난 현재 성장하고 있는 소나무림의 외형적인 크기와는 차이가 없었다. 교목하층군의 평균수고 및 올폐도는 각각 5~8m와 40~80%이었고 관목층의 값은 각각 1.5~2.0m와 40~90%로서 교목하층군과 관목층에서의 수종간의 경쟁이 활발한 것으로 생각되는데, 500m²당 출현하는 15~20종의 수종수에 의해서도 판단할 수가 있었다.

2. 조사구의 Classification 및 Ordination 분석

20개 조사구에 대하여 TWINSpan에 의한 classi-

Table 1. Description of the physical features and the stratum of each plot for classified type by TWINS PAN in Mt. Sekri.

Plot Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altitude (m)	420	420	430	430	360	420	400	420	420	420
Aspect	N10W	N15E	N10E	N20E	N15E	N60W	N70W	N15W	N5W	N20W
Slope (°)	20	15	20	15	20	10	10	10	15	15
Height of tree layer (m)	10	16	20	20	15	20	20	20	20	20
Mean DBH of tree layer (cm)	20	30	30	40	27	40	40	40	40	40
Cover of tree layer (%)	80	70	80	80	70	85	85	85	80	75
Height of subtree layer (m)	4	5	3.5	5	3.5	3	3	5	5	3
Cover of subtree layer (%)	30	30	30	60	45	45	60	60	60	70
Height of shrub layer (m)	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5
Cover of shrub layer (%)	95	95	95	70	90	90	90	90	90	60
Number of species	14	27	12	23	16	20	26	33	18	23

Plot Number	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Altitude (m)	460	420	400	400	440	440	400	380	400	420
Aspect	N15W	N5W	N15W	N30W	N60E	N80E	N60E	N60E	N50E	N20E
Slope (°)	10	10	10	5	15	5	10	10	15	15
Height of tree layer (m)	20	18	18	17	16	16	18	16	16	18
Mean DBH of tree layer (cm)	40	35	35	20	20	30	40	30	35	40
Cover of tree layer (%)	75	80	75	85	85	70	70	70	80	75
Height of subtree layer (m)	3	5	5	5	7	7	8	4	8	5
Cover of subtree layer (%)	80	70	80	40	80	60	80	80	60	80
Height of shrub layer (m)	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cover of shrub layer (%)	40	50	40	40	40	70	90	90	80	50
Number of species	20	14	22	20	17	22	19	19	15	18

fication 분석을 한 내용은 Figure 2이다. 보통 classification 분석에서 제1division에서는 2개의 군, 제2division에서는 4개의 군, 제3division에서는 8개의 군으로 분리된다(Hill, 1979b; Hukusima & Kershaw, 1988; Kent & Ballard, 1988; 이경재 등, 1989; 이경재 등, 1990a, 1990b).

그러나 본 조사에서는 제2division에서는 3개의 군, 제3division에서는 5개의 군으로 분리되었으나 1개의 군에 1개의 조사구만이 포함되는 경우가 많아 TWINS PAN에 의한 분석은 본 조사에서는 부적당함을 알 수 있었다. 유사한 속성을 갖는 조사구를 분리하고자 할 때는 classification을 많이 이용하지만(Gauch, 1982), 본 조사와 같이 한 수종이 모든 조사구에서 우점종일 경우는 이용할 수가 없겠다.

각 조사구를 classification에 따라 분리된 3개의 군 집으로 나누어 정리한 것이 Table 2이다. 14개의 조사구는 교목상층에서 소나무가 상대우점치(IV)가 80% 이상인 우점종이나, 조사구 8은 소나무의 IV 45%, 졸참나무 27%, 조사구 6은 소나무의 IV 60%, 졸참나무 24%, 조사구 7은 소나무 63%, 졸참나무 32%, 조사구 12는 소나무 57%, 신갈나무 17%, 졸참나무 17%, 조사구 15는 소나무 64%, 졸참나무 19%, 굴참나무 17%, 조사구 14는 소나무 44%, 졸참나무 14%, 서어나무 12%, 신갈나무 11%로서 소나무가 우점종이고 졸참나무 및 신갈나무가 부수종인 군집이었다. 앞에서 언급한 바와 같이 본 조사지역에서는 classification에 의한 군집간의 분리가 명확하지는 않으나 제 2 division에서 분리된 3개의 군에 대한 구성종을 살

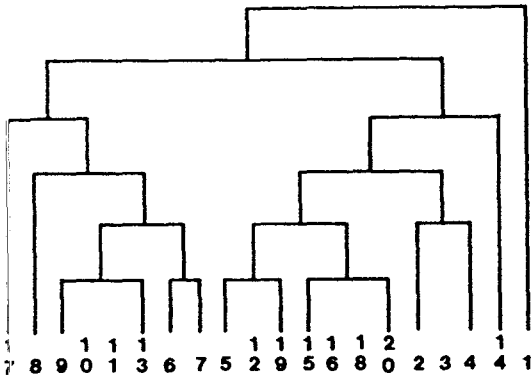


Figure 2. Dendrogram of TWINSpan stand classification of twenty plots of pine forest in Mt. Sokri.

해보면 군집 A에서는 졸참나무, 당단풍나무, 매죽나무의 IV가 다른 수종보다 높았다. 군집B에서는 신갈나무, 졸참나무, 물푸레나무의 IV가 두드러졌고 군집 C에서는 1개의 조사구로서 아카시나무가 교목하층군에서 IV가 18.1%로 높게 나타나 평균IV가 6.0%로 다른군집에 속하지 않고 독립적으로 분리가 된 것이다.

20개 조사구에 대하여 Ordination기법중 국내에서 가장 효율적인 기법인 DCA방법(이경재등, 1989; 이경재등, 1990a, 1990b)을 이용하여 분석한 것이 Figure 3이다.

제1축과 제2축의 eigen value가 각각 16.7%, 8.6%로서 total variance의 집중율이 낮아 본 조사지역에서는 classification방법과 마찬가지로 DCA기법도 군

Table 2. Importance values of tree species in each plot for classified type by TWINSpan

Community	A										B					C				
	17	8	9	10	11	13	6	7	5	12	19	15	16	18	20	2	3	4	14	1
<i>Pinus densiflora</i>	42.9	22.7	42.2	50.0	47.9	52.7	30.2	31.7	50.0	29.4	50.0	33.0	39.4	51.4	50.0	48.9	50.0	50.0	21.8	55.3
<i>Carpinus cordata</i>		1.5	1.7	0.7		0.8		2.9												4.8
<i>C. laxiflora</i>			0.7					1.3				0.4	0.4							12.9
<i>Quercus variabilis</i>									0.5	1.3	11.6	0.5			0.3	0.7				2.6
<i>Q. aliena</i>	1.0	4.1	2.5	2.6		1.9	3.7	2.6	1.8	3.9	2.0		2.9	3.7	0.8	1.6	0.3			4.7
<i>Q. mongolica</i>				0.7	1.2	0.9	4.7		6.0	14.5	3.1	2.0	1.2	2.4	1.0	4.3	3.4	1.8	5.5	1.8
<i>Q. serrata</i>	18.0	13.4	5.9	2.5	2.3	2.4	12.0	15.8	1.5	5.2	6.8	16.4	21.3	6.0	4.0	4.0	4.6	1.3	7.2	5.0
<i>Zelkova serrata</i>		3.0						0.9												3.9
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.6	4.9	1.6	1.1	4.1	0.8	0.4	1.1	1.5	0.7	2.7	0.4	0.7				0.8	0.3		0.6
<i>Prunus sargentii</i>	1.2	1.6	1.6	2.7	7.2	4.6	4.3	2.2	2.8	1.2		1.0	1.2	2.2	4.5	5.4	9.4	9.8		4.7
<i>Rhus trichocarpa</i>	2.0	1.9	9.0	10.5	3.0	5.5	3.0	3.9	4.4	6.3	3.8	1.4	2.3	4.2	3.2	9.7	6.7	8.6		5.0
<i>Rex macropoda</i>		0.9		0.3		2.6		0.3		7.0		0.6	0.4		3.2					0.8
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	6.2	10.4	7.6	4.3	6.2	4.1	10.8	6.7	6.0	5.7	4.4	4.1	4.6	4.0	3.1	0.3			1.7	6.4
<i>Syrax obassia</i>	2.2	2.0	2.1	0.4	0.9	0.7	2.6	1.7	3.0	2.2		3.8	1.0	1.1	3.2	1.4				1.2
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	1.4	1.5	1.4	1.5	2.1				2.9	2.5	1.0	1.8	3.5	2.3	1.6	0.3	4.0	1.1		0.6
<i>Robinia pseudoacacia</i>																				6.0

집의 분리에 좋은 결과가 도출되지 않았다. 그림에 의하면 대체로 4개의 group으로 분리되는데 상층군의 소나무의 IV에 의해 나누어졌다. 크게 나누어 소나무의 평균IV가 40%이상의 group(조사구 2, 3, 4, 5, 9, 11, 13, 18, 19, 20)과 40% 미만의 group(조사구 6, 7, 8, 15, 16)으로 나누어졌고, 조사구 1은 아카시나무의 IV, 조사구 14는 서어나무의 IV가 큰 관계로 위의 두 group과 별개로 분리가 되었다.

3. 수종의 classification 및 ordination 분석

본 조사지의 출현수종중 출현빈도가 5회이상되는 주요종에 대한 classification 및 ordination의 분석내용을 Figure 4, 5와 같이 작성하였다. 교목상층은 양 분석에서 각기 3개씩의 group으로 분리되었으나 분리된 group을 구성하는 수종은 약간의 차이가 있었다.

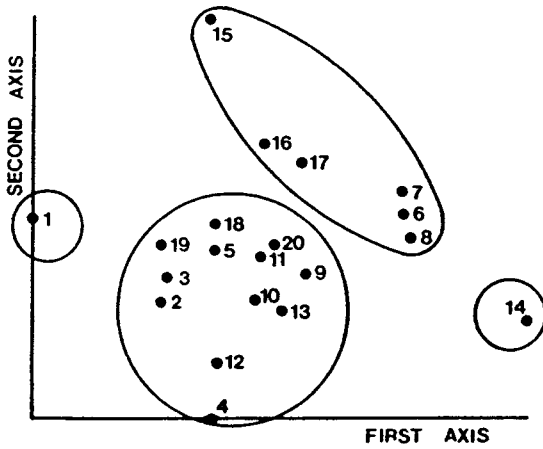


Figure 3. DCA ordination of the sample plots in Mt. Sokri forest.

즉 TWINSpan 분석에서 I group은 소나무, 졸참나무, 신갈나무, 쇠물푸레나무, II group은 갈참나무, 팔배나무, 까치박달나무, III group은 물푸레나무가 속하였고, DCA 분석에서 I group은 소나무, 신갈나무, 쇠물푸레나무, II group은 졸참나무, 팔배나무, 갈참나무, 산벚나무, III group은 서어나무, 까치박달나무가 속하였다.

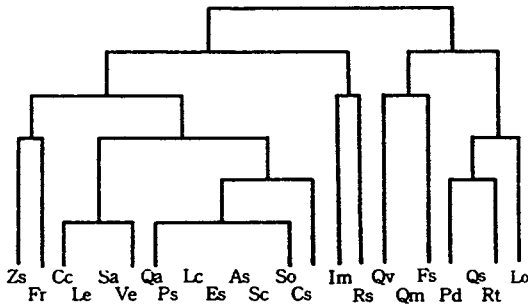


Figure 4. Dendrogram of TWINSpan species classification of twenty-three woody species of pine forest in Mt. Sokri.

(Zs : *Zanthoxylum schniifolium*, Fr : *Fraxinus rhynchophylla*, Cc : *Carpinus cordata*, Le : *Lindera erythrocarpa*, Sa : *Sorbus alnifolia*, Ve : *Viburnum erosum*, Qa : *Quercus aliena*, Ps : *Prunus sargentii*, Lc : *Lespedeza cyrtobotrya*, Es : *Euonymus sieboldianus*, As : *Acer pseudosieboldianus*, Sc : *Symplocos chinensis for. pilosa*, So : *Styrax obassia*, Cs : *Corylus sieboldiana*, Im : *Ilex macropoda*, Rs : *Rhododendron schlippenbachii*, Qv : *Q. variabilis*, Qm : *Q. mogolica*, Fs : *F. sieboldiana*, Pd : *Pinus densiflora*, Qs : *Q. serrata*, Rt : *Rhus trichocarpa*, Lo : *L. obtusiloba*)

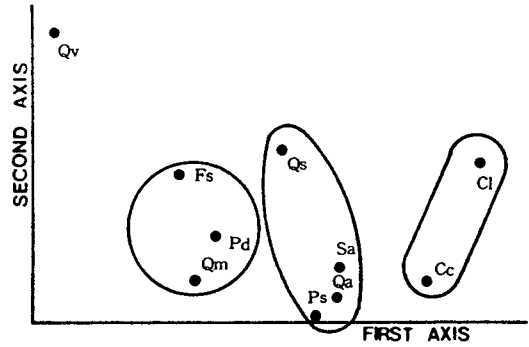


Figure 5. Tree species ordination on the first two axes, using DCA.

(Qv : *Quercus variabilis*, Fs : *Fraxinus sieboldiana*, Pd : *Pinus densiflora*, Qm : *Q. mogolica*, Qs : *Q. serrata*, Sa : *Sorbus alnifolia*, Qa : *Q. aliena*, Ps : *Prunus sargentii*, Cl : *Carpinus laxiflora*, Cc : *C. cordata*)

교목하층에서는 TWINSpan에 의한 분석만이 가능하여 실시한바 3개의 group으로 분리되었는데, I group에는 개웃나무, 생강나무, II group에는 쪽동백, 당단풍, 노린재나무, III group에는 덜꿩나무, 비목나무가 속하였다.

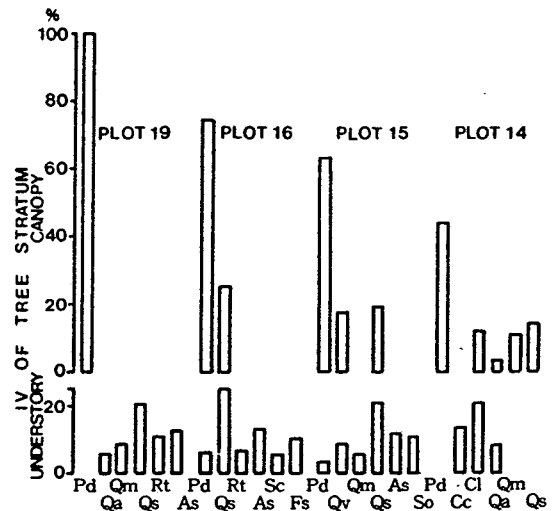


Figure 6. Important values of major species for each plot by the tree stratum.

(Pd : *Pinus densiflora*, Qa : *Quercus aliena*, Qm : *Q. mogolica*, Qs : *Q. serrata*, Rt : *Rhus trichocarpa*, As : *Acer pseudosieboldianus*, Sc : *Symplocos chinensis for. pilosa*, Fs : *Fraxinus sieboldiana*, Qv : *Q. variabilis*, So : *Styrax obassia*, Cc : *Carpinus cordata*, Cl : *C. laxiflora*)

Figure 6은 소나무의 평균IV가 큰 조사구부터 작은 조사구에 이르기까지 대표적으로 4개의 조사구를 선정, 교목상·하층의 수종간의 IV변화를 분석한 것이다. 조사구 19의 교목상층에서는 소나무만이 출현하나 교목하층에서는 소나무가 전혀 출현하지 않고, 졸참나무의 IV가 21%, 당단풍나무 13%, 개웃나무 11%, 신갈나무 9%로서 다음세대에서는 소나무가 우점종을 차지할 확율이 매우 희박하다. 조사구 16의 교목상층에서는 소나무와 졸참나무의 IV가 각각 75%, 26%로서 혼효림의 초기 단계이다. 교목하층에서는 소나무의 IV가 6.5%로 IV가 25%인 졸참나무, 13.5%인 당단풍나무, 11%인 쇠물푸레에 비해 중요도가 낮아서, 양수인 소나무는 계속 도태될 수 밖에 없다. 조사구 15에서 교목상층의 소나무 IV는 63%로 졸참나무(19%), 굴참나무(17%)보다 세력이 강하나, 교목하층에서는 소나무의 세력이 졸참나무, 당단풍, 굴참나무, 신갈나무, 쪽동백나무보다 미약하므로 소나무의 우점치가 계속 유지될 수가 없겠다. 조사구 14는 소나무-활엽수혼효림으로 교목상층에서 소나무의 IV는 44%, 졸참나무 14%, 서어나무 12%, 신갈나무 11%등이고, 교목하층에서는 소나무는 출현하지 않았으며 서어나무 21%, 까치박달나무 14%, 갈참나무 8.5%로서 이미 천이발달이 상당히 진행된 것으로 판단되어, 소나무의 세력이 활엽수에 의해 매우 약화된 것으로 나타났다.

이상의 결과를 고찰하면 현재 속리산지역의 소나무를 생태적으로 관리를 하지 않을 경우 교목상층에서는 소나무 → 졸참나무, 쇠물푸레나무, 갈참나무, 팔배나무, 산벚나무 → 서어나무, 까치박달나무로 천이가 진행될 것으로 추정되었고, 교목하층에서는 개웃나무, 생강나무 → 쪽동백, 당단풍, 노린재나무 → 비목나무, 털팽나무로 천이진행이 예측되었다. 이러한 천이예측은 우리나라 온대중부림에서의 삼림군집의 천이진행은 소나무 → 졸참나무, 갈참나무 → 서어나무, 까치박달나무로 예측된다는 보고(강윤순, 오제철, 1982; 박인협등, 1987, 1988; 이경재등, 1989, 1990a, 1990b)와 일치된다.

우리나라 온대중부림에서 소나무자연림을 관리하지 않고 방치하면 생태적 천이가 진행되어 결국에는 음수의 활엽수가 우점종인 숲으로 변하고 소나무는 도태된다. 이러한 현상은 조선시대에 조성된 창덕궁후원(오구균, 1986), 조선시대의 왕릉(이경재등, 1988, 1990)에서 찾아볼 수 있다. 즉 이러한 시설물을 조성할 당시는 소나무에 의한 식생경관을 유지시키기 위하여 생태적 천이계열중 방해극상(disclimax)의 관리방법에 의해 소나무만 존치시키고 활엽수를 계속

조선시대에는 제거했을 것이나, 한일합방이후 일정시대부터 이러한 방해극상적인 생태적 관리가 시도되지 않자 삼림군집이 생태적 천이가 진행되어 지금은 창덕궁후원의 소나무는 모두 도태되고 갈참나무와 졸참나무가 우점종인 숲이 되었으며, 동구릉의 숲도 소나무는 산생할 정도이고 갈참나무, 졸참나무가 우점종을 이루고 있다. 속리산지역의 소나무림은 현재 교목상층에서 소나무가 우점종이나 교목하층과 관목층에서는 소나무가 활엽수에 의해 도태되었고, 교목하층의 활엽수의 평균수고가 5~8m씩이나 되어 앞으로 10~20년후에는 교목상층의 소나무의 평균수고인 18~20m까지 성장하여 소나무와 경쟁을 하게 될 것이다. 그리하면 소나무는 거의 도태되고 활엽수가 우점종인 극상림으로 천이가 진행되어 현재와 같은 소나무위주의 자연경관은 사라질 것이다. 법주사인근의 소나무림은 생태적 천이에 의해 서어나무가 우점종인 숲으로 변화되는 것은 당연한 자연현상이지만 우리조상들이 방해극상의 수법을 동원하여 목재이용과 특수한 자연경관을 유지시키기 위해 소나무림을 보호하여 온 것이다. 이러한 맥락에서 생태적 천이에 의해 모든 2차림이 극상림으로 천이진행이 되도록 보존하는 것도 중요하나 몇백년동안 인간의 힘에 의해 보호해온 방해극상의 소나무림의 보호도 매우 중요한 의미를 내포하는 것이다. 현재의 상태로서는 소나무림의 천이진행이 상당히 진척되었으나 더 늦기전에 소나무림의 보호를 위해 방해극상의 수법을 다시 동원해야 할 것이다.

4. 환경인자의 DCA 분석

각 조사구의 종조성변화에 관련된 환경요소를 판단하기 위하여 토양함수량, 토양산도, 토양유기물 등 3개의 환경요인 측정값을 5단계로 나누어(Table 3)

Table 3. Ratings of representing ranges of environmental variables

	Soil moisture (%)	Soil pH	Soil humus (%)
1	>6.54	>4.25	>2.54
2	6.55 - 8.56	4.26 - 4.46	2.55 - 3.54
3	8.57 - 10.58	4.47 - 4.67	3.55 - 4.54
4	10.59 - 12.60	4.68 - 4.88	4.55 - 5.54
5	12.61 >	4.89 >	5.55 >

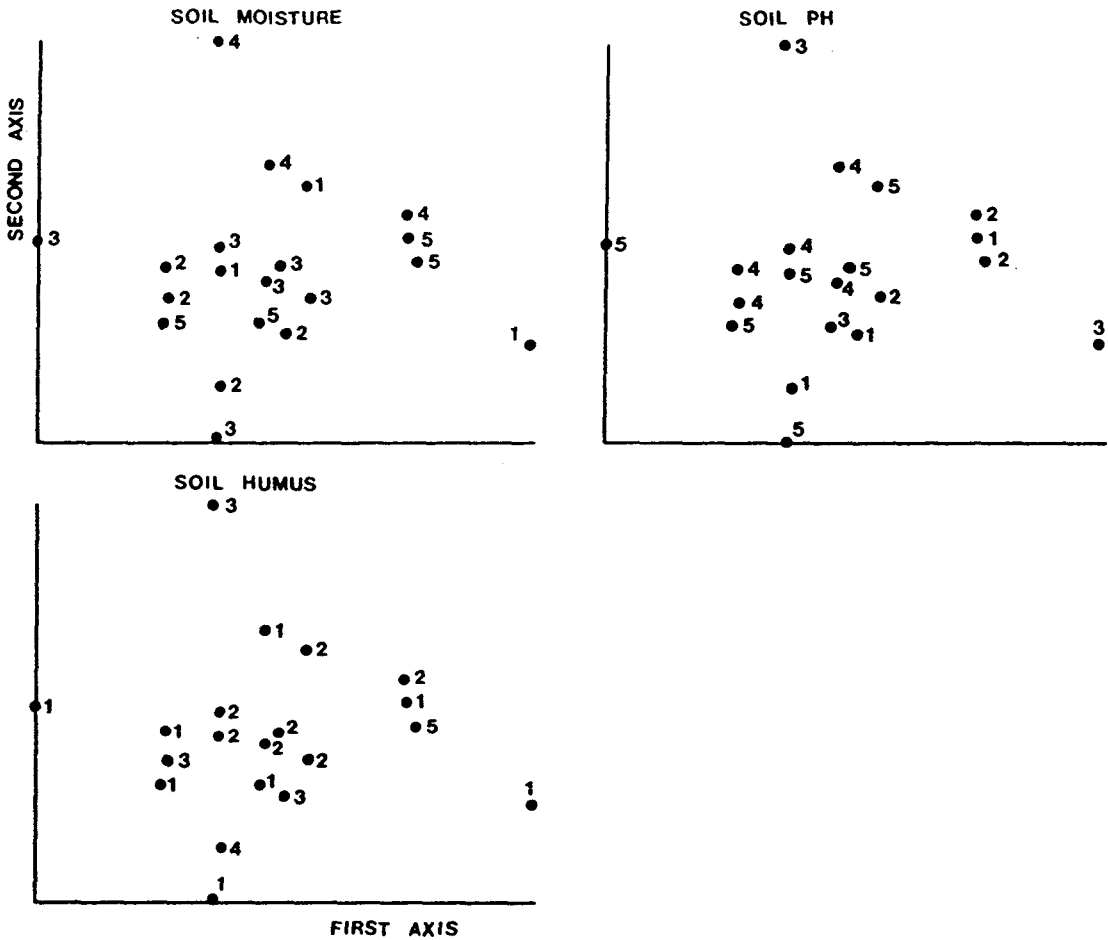


Figure 7. Distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination. The ratings for range of environmental variables should be referred to Table 3.

DCA기법을 이용하여 제1, 2축에 도시한 것이 Figure 7이며, 각 환경인자의 값과 DCA의 제1, 2축 score와의 상관관계를 나타낸 것이 Table 4이다. 각 환경인자의 값과 DCA의 제 1, 2축 score간에는 상관성이 인정되지 않았다. 이것은 본 연구에서 전체 조사구가 소나무가 우점종이므로 천이단계의 발전에 따른 토양의

변화가 아직 측정될 수 있을 정도로 진전되지 않았음을 암시하는 것이다. 토양산도는 DCA의 제1축의 score와는 상관성이 인정되지 않았으나 상관계수가 높아 몇년간 천이발전이 진행된다면 상관관계가 성립될 것이다. 국내에서도 침엽수림에서 활엽수림으로 천이가 진행될 수록 토양산도, 유기물함량, 치환성칼슘, 치환성나트륨함량이 증가된다고 발표되었다(강윤순과 오계철, 1982; 이등, 1990b).

Table 4. Correlation between environmental variables and DCA stand scores of the first and second axes.

	1st Axis	2nd Axis
Soil moisture	.095	.101
Soil pH	-.440	.091
Soil humus	.89	-.053

1-tailed signif. : * : 5%, ** : 1% level

5. 종다양성

Table 5는 조사구별의 종다양성 지수를 나타낸 것이다. 종다양도(species diversity; H')는 0.7805~1.2292의 범위로서 20개 조사구의 평균치는 1.0041로서 소나무가 우점종인 지역에 대한 조사가 발표된 북

Table 5. Values of various diversity indices for each plot.

Plot	H'	J'	D	H'max
1	.7805	.6809	.3191	1.1461
2	.9479	.6622	.3378	1.4314
3	.8623	.7991	.2009	1.0792
4	.9173	.6736	.3264	1.3617
5	1.0101	.8389	.1611	1.2041
6	.9539	.7332	.2668	1.3010
7	1.1653	.8236	.1764	1.4150
8	1.2292	.8095	.1905	1.5185
9	.9435	.7517	.2483	1.2553
10	1.0059	.7387	.2613	1.3617
11	1.0710	.8232	.1768	1.3010
12	.9382	.8186	.1814	1.1461
13	1.0931	.8143	.1857	1.3424
14	1.0947	.8414	.1586	1.3010
15	1.0495	.8529	.1471	1.2304
16	1.0600	.7784	.2216	1.3617
17	.9496	.7426	.2574	1.2788
18	1.0503	.8214	.1786	1.2788
19	.8825	.7504	.2496	1.1761
20	1.0771	.8581	.1419	1.2553

한산의 1.167(박인협등, 1987), 내장산 1.3291(이경재 등, 1987), 치악산 1.3252(박인협등, 1988), 치악산 1.644(이경재등, 1989)등과 비교할때 본 조사지역의 종 다양성은 다른 지역에 비해 다소 낮아 종조성이 아직은 다양하지 않음을 알 수 있다. 그러나 조사구8과 같이 종다양도가 1.2292로서 비교적 높은 수준에 도달되어 소나무림에서의 활엽수림으로서 천이발달이 빠른 속도로 진행될 수 있을 것이다.

인용 문헌

- Curtis, J. T. and R. R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32 : 476-496.
- Gauch, H. G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, England, 298pp.
- Hill, M. O. 1979a. DFCORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, N. Y., 52pp.
- Hill, M. O. 1979b. TWINSpan-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, N. Y., 99pp.
- Hukusima, T. and K. A. Kershaw. 1988. The ecology of a beech forest on Mt. Sanpoiwadake, Hukusan National Park, Japan. I. Braun-Blanquet, TWINSpan and DCA analysis. *Ecological Research* 3 : 89-100.
- Kent, M. and J. Ballard. 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. *Vegetatio* 78 : 109-124.
- Pielou, E. C. 1977. *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, N. Y., 385pp.
- 강운순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. *한국식물학회지* 25(2) : 83-99.
- 건설부. 1985. 속리산국립공원계획. 건설부, 서울, 341pp.
- 박인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 48pp.
- 박인협, 이경재, 조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. *응용생태연구* 1(1) : 1-23.
- 박인협, 이경재, 조재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조 -구룡사-비로봉 지역을 중심으로 -. *응용생태연구* 2(1) : 1-9.
- 오구균. 1986. 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식설계기준에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 서울, 159pp.
- 이경재, 오구균, 김용식, 조재창. 1987. 내장산국립공원 내장사지구의 자연보호관리대책에 관한 연구. 서울시립대학교 연구보고서, 서울, 100pp.
- 이경재, 오구균, 전용준. 1988. 왕릉의 식생경관구조 및 관리대책에 관한 연구(I). *동구릉식물군집의 천이*. *한국조경학회지* 16(1) : 13-26.
- 이경재, 조재창, 우중서. 1989. Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산지구의 식물군집 구조분석. *응용생태연구* 3(1) : 28-41.

17. 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석. 1990a. 광릉삼림의 식물군집구조(I) - Classification 및 ordination 방법에 의한 소리봉지역의 식생분석 -. 한국임학회지 79(2) : 173-186.
18. 이경재, 조재창, 류창희. 1990b. Classification 및 ordination 방법에 의한 용문산삼림의 식물군집 구조분석. 식물학회지 33(3) : 173-182.
19. 이경재, 오구균, 우종서, 송근준. 1990. 왕릉의 식생경관 구조 및 관리대책에 관한 연구(II). 현인릉 식물군집의 천이. 한국조경학회지 17(3) : 35-47.
20. 이병훈역. 1973. 양화소록. 을유문화사, 서울, 193pp.
21. 임경빈, 이경재. 1979. 소나무 천연집단의 변이에 관한 연구(IX) - 광주, 제천, 보은, 무주, 구례, 제주집단의 침엽 및 재질형질 -. 한국임학회지 44 : 1-25.
22. 임경빈. 1985. 신고조림학원론. 향문사, 서울, pp. 213-216.
23. 임경빈, 박인협, 이경재. 1980. 경기도지방 피해해충 적송림의 식물사회학적 연구. 한국임학회지 50 : 56-71.
24. 임경빈, 이경재, 박인협. 1981. 솔잎혹파리 피해적송림의 생태학적연구(II). 한국임학회지 54 : 49-59.
25. 임경빈. 1989. 정이품송 수세 및 향후보호대책. 문화재관리 22 : 204-231.