

光陵 森林의 植物群集構造(I)¹

—Classification 및 Ordination 방법에 의한 蘇利峯지역의 植生分析—

李景宰² · 趙在昌³ · 李鳳洙⁴ · 李道錫¹

The Structure of Plant Community in Kwangnung Forest(I)¹

—Analysis on the Forest Community of Soribong Area by the Classification and Ordination Techniques—

Kyong Jae Lee², Jae Chang Jo³, Bong Su Lee⁴ and Do Suck Lee¹

要 約

光陵 蘇利峯지역 삼림의 植物群集構造分析을 위하여 46개소에 조사지(1개조사지당 10x10m 方形區 5개씩 설치)를 설정하고 식생조사를 실시하여 얻은 자료에 대하여 TWINSpan에 의한 classification방법과 4종류의 ordination(PO, PCA, RA, DCA) 방법을 적용하였다. Classification에 의하여 갈참나무-서어나무군집, 서어나무-갈참나무-소나무군집, 갈참나무-서어나무-까치박달나무군집, 까치박달-갈참나무군집 등 4개의 group으로 조사지가 분리되었다. Ordination에 의한 조사지분석에서는 DCA가 가장 효과적이며 4개의 group으로 분리되었다. 종에 대한 두 기법분석에 의해 추정된 遷移過程은 喬木上層에서 소나무→신갈나무, 줄참나무, 갈참나무, 서어나무, 팔배나무→까치박달나무, 물푸레나무, 층층나무의 순이었고, 喬木下層 및 灌木層은 진달래, 개울나무, 참싸리, 병꽃나무→참개암나무, 생강나무→고추나무, 작살나무, 괴불나무의 순이었다. 環境因子の ordination분석에 의하면 소나무군집에서 까치박달나무군집으로 갈수록 토양산도, 유기물함량, 전질소함량, 치환성양이온함량등의 토양성질들이 양호하여졌다. 서어나무, 갈참나무, 신갈나무등은 까치박달나무, 층층나무와 상이한 niche에 존재함이 나타났다.

ABSTRACT

To investigate the structure of the plant community of Soribong area in Kwangnung forest, forty-six plots were set up by the clumped sampling method. The classification by TWINSpan and four kinds of multivariate ordination(PO, PCA, RA, DCA) were applied to the study area in order to classify them into several groups based on woody plants and environmental variables. The classification had been successfully overlaid on an ordination of the same data using DCA. The plots can be classified into four groups by TWINSpan and DCA. The successional trends of tree species by both techniques seem to be from *Pinus densiflora* through *Quercus mongolica*, *Q. serrata*, *Q. aliena*, *Carpinus laxiflora*, *Sorbus a'nifolia* to *C. cordata*, *Fraxinus rhynchophylla*, *Cornus controversa* in the canopy layer, and from *Rhododendron mucronulatum*, *Rhus trichocarpa*, *Lespedeza cyrtobotrya*, *Weigela subsessilis* through *Corylus sieboldiana*, *Lindera obtusiloba* to *Staphylea bumalda*, *Callicarpa japonica*, *Lonicera maackii* in the understory layer. As a result of the analysis for the relationship between the stand scores of DCA and

¹ 接受 1990年 3月 22日 Received on March 22, 1990.

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

³ 서울대학교 대학원 Graduate School, Seoul National Univ., Suwon, 440-744, Korea.

⁴ 국립연구원 중부임업시험장 Jungbo Forest Experimental Station, Forestry Research Institute, Pocheon, 487-820, Korea

environmental variables, they had a tendency to increase significantly from the *P. densiflora* community to *C. cordata* community that was soil pH and the amount of humus, total nitrogen and exchangeable cations.

Key words : vegetation structure ; TWINSpan ; ordination ; successional trend.

緒 論

植物群集은 환경요인의 차이에 따라 그 구조가 달라지며 구조의 분석방법은 대체로 定性的인 방법과 定量的인 방법을 나눌 수 있다(Gauch, 1982 ; Austin & Greig-Smith, 1968). 식물군집 구조는 수 많은 環境因子가 작용하여 이루어진 것이므로 이러한 인자들을 동시에 처리하기 위해서는 정량적인 방법이 적합하며, 최근 컴퓨터의 발달로 이 방법은 많은 발전을 해왔다.

대표적인 정량적인 植物分析은 ordination, classification, gradient analysis 등이 있다. Ordination은 조사구나 종을 좁은 공간에 표현하는 방법으로 유사한 조사구나 종이 인접되므로 그러하지 않은 것들과 분리가 된다(Gauch, 1982). Classification은 유사한 속성을 갖는 조사구를 분리하는 방법으로 ordination 방법과 상호 보완적으로 이용된다(Gauch, 1982). Ordination 방법은 우리나라에서는 姜과 吳(1982), 宋과 辛(1985), 趙와 吳(1987), 李 等(1987, 1989)이 polar ordination(PO), principal component analysis(PCA), reciprocal averaging(RA), detrended correspondence analysis(DCA)의 기법을 이용하여 식생군집을 분석하였다. Classification에 의한 식물군집구조분석은 이미 외국에서 여러 학자들에 의해 수행되었으나(Daniels, 1978 ; Hill 1979b ; Westman, 1982 ; Hukushima & Kershaw, 1987), 국내에서는 趙와 吳(1987)에 의해 처음으로 시도되었다.

光陵의 山林은 조선조 제7대 世祖(1460년경) 陵의 산림으로 지정되어 500년간 보호되어 왔으며, 1911년에는 시험림으로 지정되었고 해방이후 중부 임업시험장의 시험림으로 관리되고 있다. 본 산림은 中井猛之進(1939)에 의해 植物相이 처음으로 보고되었는데 총 106과 356속 624종 25변종으로 발표되었다. 이후 1984년 임업시험장의 趙와 金은 1939년보다 246종이 추가되었음을 보고하였는데,

이러한 조사들은 식물상에 국한되었고, 植物群集의 構造分析은 姜과 吳(1982)에 의해 처음으로 실시되었으며 이때는 PO, PCA, RA의 3방법만을 적용하였다.

본 논문은 ordination 방법중 PO, PCA, RA, DCA의 기법과 TWINSpan에 의한 classification 방법을 적용하여 광릉소리봉지역삼림의 식물군집구조를 밝히고 아울러 생태적 천이계열을 추정하는 것을 그 목적으로 하였다.

調查地 設定 및 方法

1. 調查地設定

광릉삼림중 蘇利峯(해발 536.8m)과 龍岩山(해발 477.7m)일대의 자연림에 Figure 1과 같이 임의로 46개소에 調查地(Plot)를 설정하였다. 각 조사지에 10x10m의 方形區(Quadrat) 5개씩을 설치하여 면적을 500m²로 하였으며 본조사는 1988년 6월에 실시하였다.

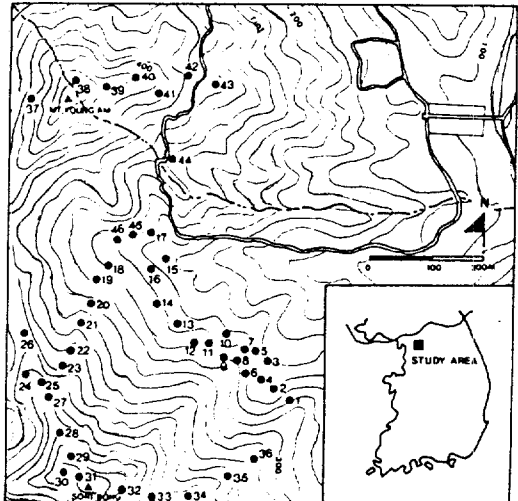


Fig. 1. Location of the study area in Kwangnang forest.

2. 環境調査

환경조사는 조사지의 일반적 개황과 토양성질을 조사·분석하였다. 일반적 개황은 조사지별로 해

밭고, 방위, 경사도, 교목상층군의 평균수고, 흉고직경, 울폐도, 교목하층군의 평균수고와 울폐도, 관목층군의 평균수고와 울폐도를 조사하였다.

토양분석을 위해 조사지별로 3장소를 택하여 지피층을 걷어내고 표층으로부터 15cm깊이에서 토양을 채취, 함께 혼합하여 1kg정도의 시료를 채취하여 실험실로 운반하였다. 시료일부는 oven에서 105°C로 24시간 건조시켜 수분함량을 측정하고 나머지는 음건하여 분석용시료로 사용하였다. 분석은 農村振興廳(1988)의 방법에 준하였으며 내용은 토양산도, 총유기물함량, 전질소함량, 유효인산함량, 치환성염기량, 양이온치환용량이였다.

3. 植物群集構造

(1) 植生調査

설치된 조사지에 출현하는 흉고직경(DBH) 2cm이상의 목본식물을 대상으로 수종명 및 DBH를 조사하고, 層位는 喬木上·下層으로 구분하였다(朴, 1985).

(2) 植物群集構造 分析

식생조사에서 얻어진 자료로 Curtis & McIntosh(1951)의 방법에 따라 重要值(importance value, IV)를 산출하였다. 種多樣性은 種多樣度(species diversity : H'), 均在度(evenness : J), 優占度(dominance : D), 最大種多樣度(maximum of species diversity : H'max)에 의하여 분석하였으며 Pielou(1977)의 방법을 이용하였다. 또한 Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 類以度指數(similarity index)를 구하였다.

(3) Classification 및 Ordination 分析

식생자료중에서 classification 및 ordination에

필요한 합성치를 각각 Hill(1979b), Gauch(1982)의 방법에 따라 구하였다. Classification은 Hill(1979b)의 TWINSpan에 의하여 계산하였고, ordination 분석은 4방법을 사용한 바, PO(polar ordination)는 Bray & Curtis(1957), PCA(principal component analysis)는 Gauch(1977), RA(reciprocal averaging)와 DCA(detrended correspondence analysis)는 Hill(1973, 1979a)의 방법을 이용하였다. 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 plant data analysis package(PDAP)와 SAS package를 프로그램으로 이용하였고, 컴퓨터는 IBM-PC와 VAX/780을 사용하였다.

結果 및 考察

1. 調査地 概況

光陵林業試驗場에서 조사한 22년간(1962-1983)의 평균기상자료에 의하면 연평균기온 11.36°C, 연간강수량 1395.5mm로서 任(1985)이 구분한 水平的 森林帶에 의하면 溫帶中部林에 해당되며 소나무, 서어나무류, 졸참나무, 때죽나무, 싸리나무류가 優占種으로 출현할 수 있는 지역이다.

Table 1은 각 조사지의 일반적 개황을 나타낸 것으로 4개의 군집 A, B, C, D는 classification에서 분리된 것을 적용한 것이다. 모든 조사지는 해발 200-520m에 위치하며 46개 조사지중 35개 조사지가 북사면에 자리하고 있다. 喬木上層群의 평균수고 및 평균흉고직경은 각각 17m내외, 30-40cm로서 대형목이 주를 이루며, 喬木下層群의 평균수고는 대체로 6-8m이었다. 500m²당 출현하는 수종

Table 1. Description of the physical features and the stratum of each plot.

Community Plot Number	A												
	39	41	21	24	42	43	38	40	18	19	20	37	16
Altitude(m)	440	400	335	420	360	330	450	420	255	260	305	440	230
Aspect	SE	SW	SE	NW	E	NE	NE	NE	SE	SE	SE	NW	NE
Slope(°)	15	15	30	35	20	35	40	40	30	20	20	45	15
Height of tree layer(m)	21	7	12	15	20	18	22	20	23	25	17	15	18
Mean DBH of tree layer(cm)	30	8	10	30	35	35	30	27	50	35	25	25	35
Cover of tree layer(%)	70	80	90	80	70	80	80	70	50	80	80	70	80
Height of subtree layer(m)	6	4	5	4	5	10	4	6	8	8	10	4	8
Cover of subtree layer(%)	60	40	50	50	20	30	40	30	100	60	60	60	50
Height of shrub layer(m)	2.5	2.5	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2	2	2.5	2
Cover of shrub layer(%)	50	30	40	50	80	60	50	60	40	60	40	50	80
Number of species	22	19	8	14	12	10	14	13	16	17	15	16	12

Table 1. Continued.

Community	B										
Plot Number	25	32	4	29	35	11	30	34	1	6	7
Altitude(m)	420	480	220	480	370	240	500	400	260	240	240
Aspect	NE	NE	NE	NE	NE	N	NW	NE	NE	N	N
Slope(°)	30	20	10	30	15	10	30	15	10	10	20
Height of tree layer(m)	16	12	20	13	20	20	13	20	20	17	16
Mean DBH of tree layer(cm)	30	40	30	20	40	30	20	35	30	30	40
Cover of tree layer(%)	80	80	90	80	80	80	70	80	90	90	80
Height of subtree layer(m)	5	8	8	7	10	8	7	10	8	8	8
Cover of subtree layer(%)	60	60	60	60	60	40	60	60	70	60	60
Height of shrub layer(m)	2.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub layer(%)	30	40	60	40	40	30	40	40	80	40	40
Number of species	16	18	20	18	23	19	15	23	22	16	24

Community	C												
Plot Number	15	17	26	44	14	28	36	45	46	22	33	27	31
Altitude(m)	205	240	390	290	240	460	330	260	250	360	440	440	520
Aspect	NE	SW	NE	SE	NE	NE	NE	SE	NE	SE	NE	NE	N
Slope(°)	15	20	45	15	5	10	10	15	15	30	20	40	30
Height of tree layer(m)	17	18	23	20	20	8	20	20	20	26	15	16	12
Mean DBH of tree layer(cm)	35	35	40	45	40	10	40	30	35	55	35	40	25
Cover of tree layer(%)	80	80	80	80	80	90	80	80	80	70	80	60	80
Height of subtree layer(m)	7	8	6	6	8	5	8	8	8	4	8	8	8
Cover of subtree layer(%)	40	40	50	40	60	60	60	70	60	40	60	60	60
Height of shrub layer(m)	2	2.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.5	2
Cover of shrub layer(%)	80	80	40	50	40	50	40	40	40	40	40	40	40
Number of species	15	14	16	17	16	16	20	17	20	12	18	10	24

Community	D									
Plot Number	3	23	2	5	10	8	9	12	13	
Altitude(m)	200	380	240	220	220	250	260	240	240	
Aspect	NE	NE	NE	NE	N	N	N	N	N	
Slope(°)	10	20	10	10	10	15	15	5	10	
Height of tree layer(m)	20	25	18	20	20	18	20	20	20	
Mean DBH of tree layer(cm)	40	40	40	30	30	30	30	30	25	
Cover of tree layer(%)	90	60	90	90	80	80	80	80	80	
Height of tree layer(m)	8	6	8	8	8	8	8	8	8	
Cover of subtree layer(%)	60	70	60	60	40	60	60	10	40	
Height of shrub layer(m)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Cover of shrub layer(%)	60	30	60	60	40	40	40	30	30	
Number of species	20	14	22	27	27	19	19	25	21	

수는 15종정도이었다.

2. 調査地の classification 및 ordination 分析

46개 조사지에 대하여 TWINSPAN에 의한 classification 분석을 실시한 것이 Figure 2이다. 첫번째 division에서는 건조형과 습윤형의 2개의 group으로 분리되었고, 두번째 division에서는 4개 group으로 분리되었다. 즉 A는 갈참나무-서어나무군집, B는 서어나무-갈참나무-소나무군집, C는 갈참나무-서어나무-까치박달나무군집, D는 까치박달-갈참나무군집이었다. 일반적으로 classifi-

cation 분석의 제3 division에서는 8개의 군집으로 분리되는 것이 보통이나(Hukusima & Kershaw, 1987; 趙 및 吳, 1987; 이 및 조, 1989), 본 조사지에서는 음수인 서어나무와 까치박달나무의 우점치가 높은 조사지가 많기 때문에 조사지간의 분리가 4개의 group으로만 나타난 것으로 생각된다. 각 조사지를 classification에 의하여 분리된 차례로 배열하고 4개의 군집으로 표시한 것이 Table 2이다. 군집 A는 12개의 조사지가 포함되며 전 조사지에 대한 갈참나무 및 서어나무의 IV의 평균치가 교목상층이 각각 38.5, 28.

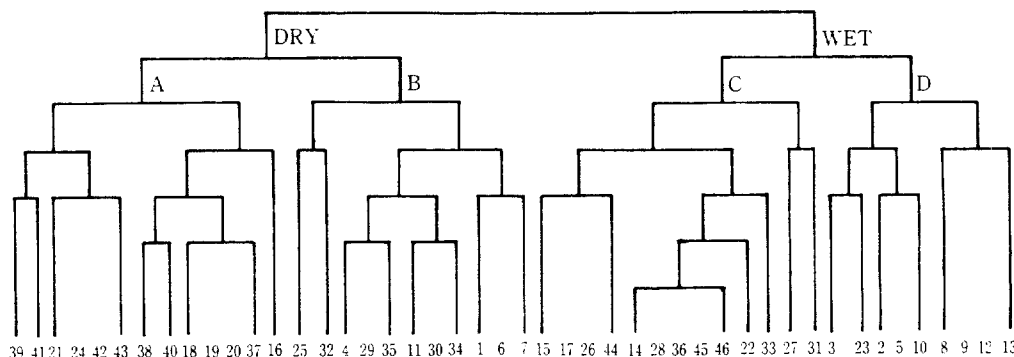


Fig. 2. Dendrogram of TWINSpan stand classification of forty-six plots of Soribong area in Kwangnung forest.

Table 2. Importance value of each plot for classified type by TWINSpan.

Community	A												
Plot Number	39	41	21	24	42	43	38	40	18	19	20	37	16
<i>Pinus densiflora</i>		3.7	4.6										
<i>P. koraiensis</i>	0.5	4.8		5.3	0.8	6.6	0.9						
<i>Quercus aliena</i>	16.6	7.8	5.7	12.8	17.2	16.2	31.7	31.7	38.2	48.2	33.3	27.2	32.8
<i>Q. mongolica</i>	11.3	19.3	50.0	3.8	7.5	8.9	28.3	6.8	1.1		5.8	21.8	
<i>Q. serrata</i>	13.8	2.7			1.3	5.7	3.1	17.7	1.4	8.2	3.7	6.6	12.8
<i>Q. variabilis</i>	26.1	22.6	2.1						11.6		3.3	5.5	
<i>Q. acutissima</i>		10.0											
<i>Carpinus laxiflora</i>	11.4	15.4	31.9	56.3	53.6	51.5	13.4	20.6	35.2	12.5	32.8	15.1	27.1
<i>C. cordata</i>	1.4							1.8	0.8	7.8	4.0	1.6	10.8
<i>Cornus controversa</i>		0.7									0.6	0.8	
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	2.6			1.6	3.4	1.2				0.4	1.2	0.9	1.1
<i>A. mono</i>								0.8					
<i>Styrax obassia</i>	4.1	0.6		1.1	0.8		2.8	2.1	1.8	1.4	5.6	4.2	0.9
<i>S. japonica</i>	0.7			1.1			1.0	2.0		1.0			
<i>Sorbus alnifolia</i>		3.6	1.2	3.0			3.5		0.4	1.1		1.9	0.9
<i>Cornus kousa</i>	2.4	1.1			2.0		0.6		0.8	5.0	0.7	1.6	

Community	B										
Plot Number	25	32	4	29	35	11	30	34	1	6	7
<i>Pinus densiflora</i>	23.2	23.5	3.2		19.7	3.2		2.5	13.6		16.7
<i>P. koraiensis</i>			3.4		3.6	0.4		0.8	5.8	13.7	11.2
<i>Quercus aliena</i>	10.7		7.6	6.9	10.1	21.8	15.7	11.2	20.3	35.4	13.7
<i>Q. mongolica</i>		22.9	8.9	29.3	17.9		12.3	5.7	14.2		6.6
<i>Q. serrata</i>	14.3	3.8		2.2	10.6	10.1			1.8		1.8
<i>Q. variabilis</i>											
<i>Q. acutissima</i>											
<i>Carpinus laxiflora</i>	25.3	17.3	30.9	26.8	7.4	33.5	31.2	44.9	18.8	20.0	20.2
<i>C. cordata</i>	0.9		11.3	3.2		0.4	7.0	1.8		5.2	0.5
<i>Cornus controversa</i>			2.3	1.2	0.7			0.8			
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.7	3.2	5.2	3.4	5.3	2.6	2.9	2.0	6.8	3.9	2.4
<i>A. mono</i>		1.6									
<i>Styrax obassia</i>	8.2	5.3	1.6	6.0	3.9	3.1	2.2	3.8	0.7	2.0	1.4
<i>S. japonica</i>	1.6		0.6			0.4	0.9	0.4	2.3		0.4
<i>Sorbus alnifolia</i>	1.2	0.5	3.9	1.2	1.3	5.7	0.7	0.5	2.1	1.6	3.4
<i>Cornus kousa</i>	2.7	2.1	1.5	2.2	1.0	2.0	3.3	2.5		2.2	0.7

Table 2. Continued.

Community Plot Number	C												
	15	17	26	44	14	28	36	45	46	22	33	27	31
<i>Pinus densiflora</i>											3.2		2.8
<i>P. koraiensis</i>													
<i>Quercus aliena</i>	35.8	43.6	42.8	7.9	5.5	14.0	9.9	20.8	15.8	41.6	2.7	19.4	
<i>Q. mongolica</i>			6.7	6.0		26.7	14.0	6.6	7.6		4.2	24.0	41.8
<i>Q. serrata</i>	3.7		2.9	29.3					8.8		3.1		
<i>Q. variabilis</i>													2.7
<i>Q. acutissima</i>													
<i>Carpinus laxiflora</i>	22.3	32.3	3.7	10.5	21.0	26.4	17.5	24.2	15.6	3.9	42.5	1.1	5.6
<i>C. cordata</i>	10.0	4.4	16.5	16.9	32.2	6.5	8.5	14.9	13.1	22.0	6.5	27.8	4.2
<i>Cornus controversa</i>					8.8		2.8	3.2	4.8		1.8		
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>		2.0	1.8	3.2	4.3	3.0	5.2	6.2	3.8	2.7	7.0	1.2	5.9
<i>A. mono</i>			2.9	10.1	2.5	0.4				1.0		3.9	3.1
<i>Styrax obassia</i>	2.8	1.8	2.5		1.6	3.7	9.6	3.1	6.3	12.6	2.4	7.9	4.9
<i>S. japonica</i>	3.7		1.9		2.0	2.5	1.5	0.5					0.9
<i>Sorbus ainifolia</i>		0.7	1.8		1.0	3.0	1.0	2.4	3.0	1.4	1.4		4.1
<i>Cornus kousa</i>	1.9	2.0	2.0	2.4		4.2	2.6	1.2	2.7		6.4	4.3	2.9

Community Plot Number	D									
	3	23	2	5	10	8	9	12	13	
<i>Pinus densiflora</i>	4.9									
<i>P. koraiensis</i>										
<i>Quercus aliena</i>	24.7	45.6	17.9	14.7	14.7		2.9	24.0	0.6	
<i>Q. mongolica</i>	4.3	3.7								
<i>Q. serrata</i>					32.9				5.0	
<i>Q. variabilis</i>										
<i>Q. acutissima</i>										
<i>Carpinus laxiflora</i>	1.5	6.6	6.5	8.9	4.8	7.4	1.7	5.3	37.9	
<i>C. cordata</i>	20.0	22.0	22.3	27.0	6.3	29.2	20.6	31.3	13.9	
<i>Cornus controversa</i>	2.4	10.1	7.2	3.5	3.4	7.2	33.8	7.8	6.6	
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	8.1	1.4	4.1	4.9	2.2	0.7		2.1	2.0	
<i>A. mono</i>				0.5	0.4	6.8		3.5		
<i>Styrax obassia</i>	5.1		8.4	3.6	10.5	17.2	3.9	1.5	3.3	
<i>S. japonica</i>	2.7		6.3	2.1				1.1	2.3	
<i>Sorbus ainifolia</i>	1.8	1.1	1.9	2.3	4.7	8.4	0.6	0.4	9.0	
<i>Cornus kousa</i>	6.5	1.1		4.4	2.7	2.8	3.7	3.1	2.9	

2%, 교목하층이 각각 7.2, 31.8%로서 전체평균치는 갈참나무 21.7%, 서어나무 24.7%이었다. 특히 조사지 24, 42, 43의 서어나무 평균 IV는 50%를 넘고 있어 우점치가 집중되고 있었다. 군집 B는 11개의 조사지가 포함되며 전조사지에 대한 서어나무, 갈참나무 및 소나무의 IV평균치는 교목상층이 각각 33.7, 24.0, 15.4%, 교목하층이 15.0, 3.3, 0%이었고 전체평균치는 각각 21.9, 13.1, 7.7%이었다. 본 군집에서는 교목상층에서는 세력이 강한 갈참나무와 소나무가 교목하층에서는 서어나무와의 경쟁에서 밀려나고 있었다. 군집 C는 13개의 조사지가 포함되며 전조사지에 대한 갈참나무, 서어나무의 IV평균치는 교목상층이 각각 28.0, 21.3%, 교목하층이 각각 5.8, 1.9%이고 전체

평균치는 각각 14.7, 12.6%로서 양수층의 세력이 비슷하였다. 한편 교목상층에서는 평균 IV가 8.7%이던 까치박달나무가 교목하층에서는 19.7%, 전체평균치는 10.9%에 달하여 앞으로 까치박달나무의 중요치가 계속 증가될 것으로 생각된다. 군집 D는 9개의 조사지가 포함되며 전조사지에 대한 갈참나무 및 까치박달나무의 평균 IV는 교목상층에서 각각 26.8, 22.0%, 교목하층에서 각각 0.2, 19.8%, 전체평균치는 각각 13.5, 17.6%로서 까치박달나무의 세력이 계속 증가될 것으로 추론된다. 서어나무의 IV는 교목상층, 교목하층, 전체평균치가 각각 10.4, 5.0, 6.9%로서 까치박달나무와의 경쟁에서 뒤지고 있었다.

Figure 3은 4개 군집의 중요수층에 대한 높고직

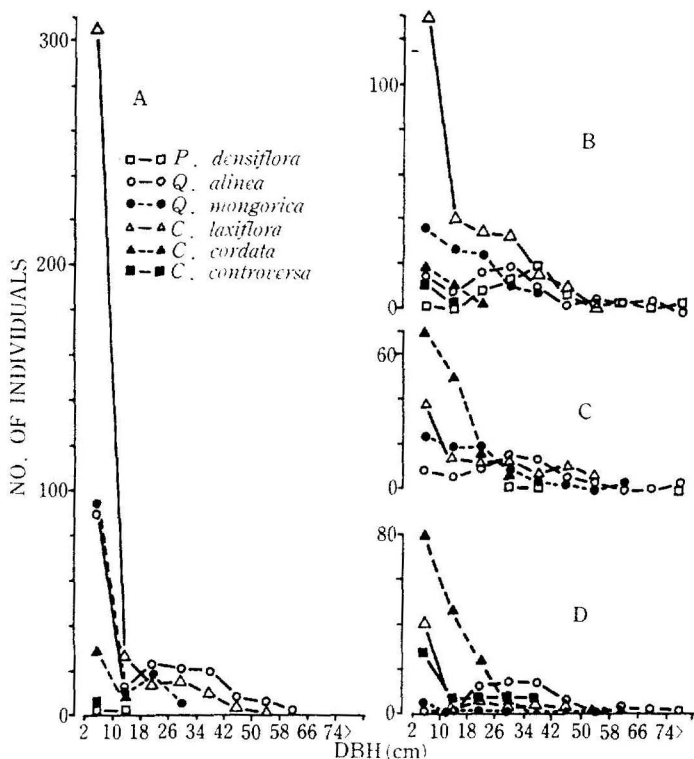


Fig. 3. DBH class distribution of major tree species for each community.

경급별 빈도분포를 보인 것이다. 군집 A에서는 갈참나무의 주수가 서어나무의 것보다 DBH 18 cm 이상 경급에서는 많았으나 18cm 미만, 특히 10cm 미만에서 서어나무의 세력이 갈참나무보다 절대적으로 우위를 차지하고 있었다. 군집 B에서는 소나무와 갈참나무가 DBH 34cm 이상급에서는 거의 비슷하게 다른 수종보다 세력이 강하였으나 34cm 미만급에서는 서어나무의 주수가 상당히 증가하였다. 군집 C에서는 DBH 26cm 이상의 경급에서는 서어나무와 갈참나무의 주수가 다른 수종보다 컸으나 26cm 미만에서 까치박달의 세력이 다른 수종보다 상당히 강하였다.

4개의 군집별로 種多樣性을 계산한 것을 Table

3에 나타냈다. 군집 A의 種多樣度와 均在度가 4개의 군집에서 가장 낮았는데 이것은 갈참나무의 세력이 다른 수종보다 높은 것으로 보아 아직 種의 分化가 활발하게 진행되지 않았기 때문이고 군집 D는 종다양성의 값이 가장 높아 양호한 토양조건등으로 동일 niche에 공존하는 종수가 많음을 보여 주고 있다.

46개 조사지에 대한 4종류의 ordination 기법에 의해 분리현상을 도시화한 것이 Figure 4이다. non-PCA의 제1, 2축에서의 total variance의 집중율은 66%, centered PCA와 centered-standardized PCA는 각각 57, 64%이고 RA와 DCA는 각각 53, 49%로서 대부분이 50% 이상의 값을 나타냈기

Table 3. Values of various diversity of each community for classified type by TWINSpan.

Community	Species diversity (H')	H'max	Evenness (J')	Dominance (D)
A	0.9886	1.4314	0.6907	0.3093
B	1.1550	1.5441	0.7480	0.2520
C	1.1221	1.5911	0.7053	0.2947
D	1.2539	1.6721	0.7499	0.2501

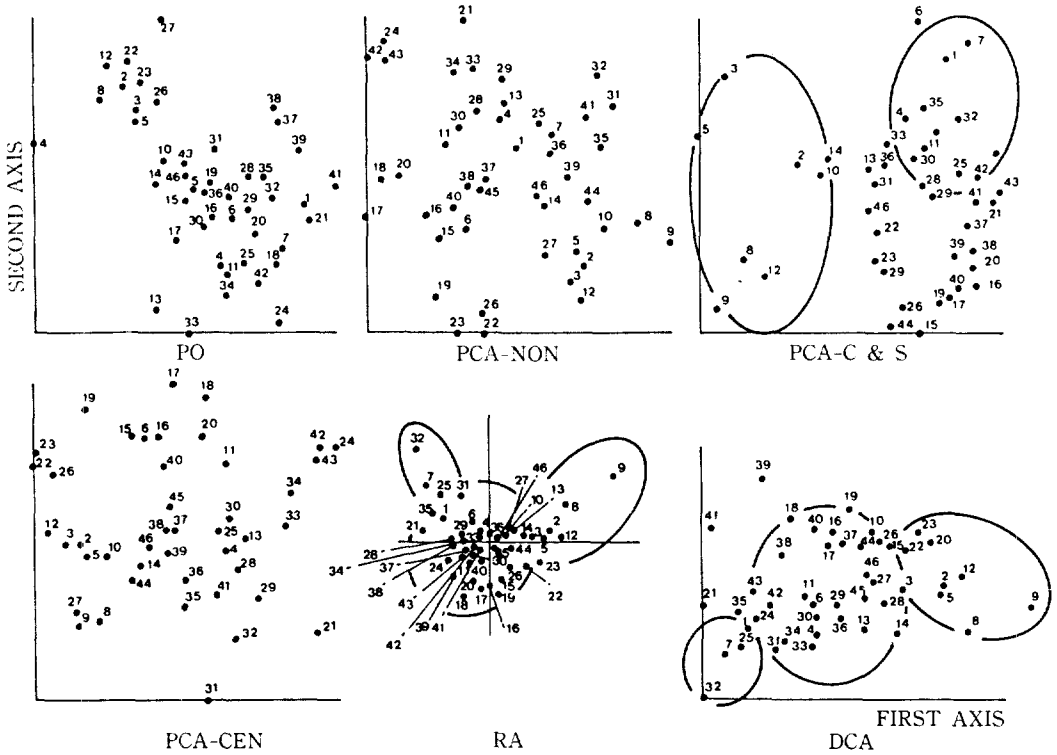


Fig. 4. Ordination of forty-six plots of study area by four techniques.

때문에 total variance의 집중율이 높을 수록 ordination결과의 분석이 용이함을 생각하여 (Austin & Greig-Smith, 1968) PO만 제외하고 data를 변형하지 않고 분석하였다. Ordination 방법중 환경구배의 오차를 줄일 수 있는 것이 RA이며 (Gauch, 1982), 또한 RA의 제2축의 표현방법을 개선한 것이 DCA인바 (Hill, 1979a) 우선 두 방법을 비교하였다. 본 조사에서는 RA가 중앙에 대부분의 조사지가 집중되어 있었고, DCA는 제 1, 2축에 전조사지가 고르게 분포되어 있었다. DCA 제1, 2축에 나타난 분리현상을 살펴보면 왼쪽에서 오른쪽으로 갈참나무-소나무-서어나무집단, 서어나무-갈참나무집단, 갈참나무-까치박달나무집단, 까치박달-갈참나무집단의 4개 group으로 분리되어 대체로 classification에 의한 분리현상과 일치하였다. 우리나라의 다른지역 (宋과 쑤, 1985; 박 등, 1987, 1988; 이 등, 1987, 1989)에서는 서어나무군집이 極相林이라고 보고한 점과 다르게 본 조사지역에서는 서어나무군집이 DCA의 중간에 위치하였는데 이는 光陵森林을 대상으로 PO, PCA, RA기법을 적용한 姜과 吳(1982)

의 결과와 일치하고 있었다. 이상의 결과를 볼 때 우리나라 溫帶中部林에서의 森林群集遷移過程에서 토양의 조건이 양호한 곳에서는 서어나무군집보다 까치박달나무군집이 극상림에 가까운 것으로 추론할 수 있겠다. 나머지의 ordination기법, 즉 PO, PCA에서는 군집간의 분리현상이 명확하지를 않아 본 조사에서는 적용하기가 곤란하였다.

우리나라 자연림인 북한산(박 등, 1987), 치악산(박 등, 1988), 내장산(이 등, 1988a), 가야산(이 등, 1989b)에서는 DCA방법이 가장 효율적이었나 환경의 제한요소가 강력하게 영향을 미치는 공단주위 (국립환경연구원, 1988)에서는 RA, DCA 보다는 오히려 PCA가 더 효율적이라고 보고 되어 앞으로 이방면에 좀더 많은 자료의 축적이 필요하겠다.

3. 樹種의 Classification 및 Ordination 分析

본조사지에서 출현된 수종 중 頻度가 5회이상되는 주요종에 대한 classification 및 ordination 분석의 내용을 Figure 5, 6과 같이 도시하였다. 교목상층은 양 분석에서 거의 동일한 경향을 나타냈는

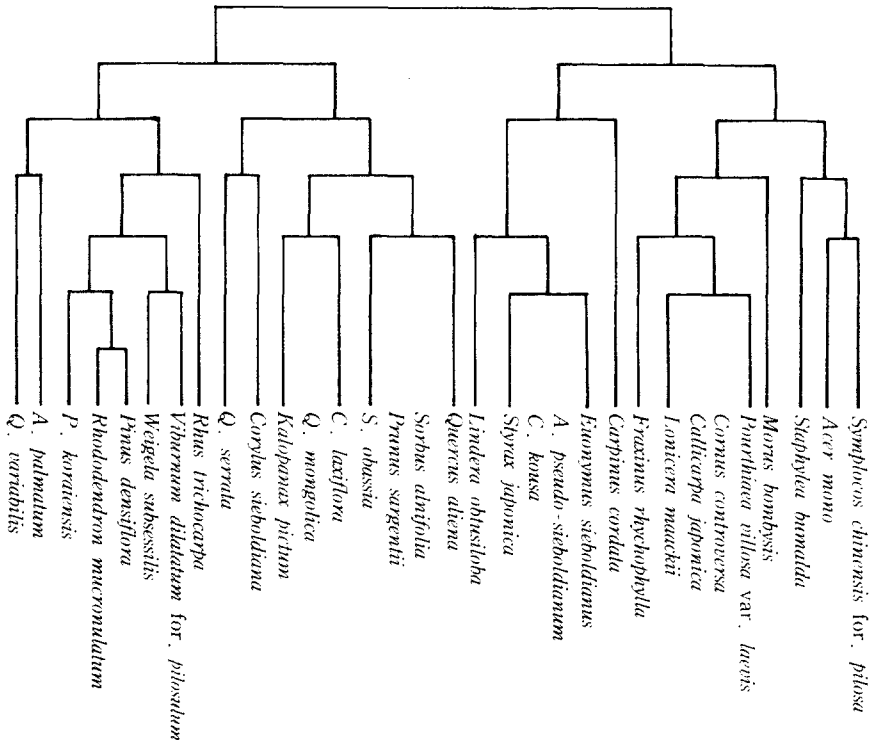


Fig. 5. Dendrogram of TWINSpan species classification of thirty-two woody species of Soribong area in Kwangnung forest.

데, 이중 우리나라의 다른지역에서는 極相樹種 (climax species)으로 알려진 서어나무(宋과 辛, 1985: 박 등, 1987: 이 등, 1987a, 1989b)가 신갈나무, 갈참나무등과 혼효되어 있는 것이 특이하며 본 조사에서의 극상수종으로는 까치박달, 층층나무등으로 추론되었다. 본 蘇利峯지역은 1920년대이후부터 천이활엽수가 우점종으로서 1982년에 조사된 바로는 서어나무 30%, 줄참나무 20%, 갈참나무 10%, 신갈나무 10%의 면적비율이 보고된 바 있고(趙와 金, 1984), 姜과 吳(1982년)는 광릉 전지역(소리봉, 형제봉, 죽엽산 등)에 32개의 조사지를 설치하고 PO, PCA, RA 기법을 적용한 수종에 대한 ordination 분석에서 교목층의 천이계열을 소나무-신갈나무, 줄참나무, 갈참나무-서어나무-까치박달로 추정하였는데, 서어나무가 참나무류와 분리되어 본 연구결과와는 다소 차이가 나는데, 본 조사는 거의 극상림에 도달된 소리봉을 조사대상지로 국한한 것과의 차이에 기인할 것이다. 朴(1985)은 全南 白雲山地域의 낙엽활엽수림의 군집구조 및 biomass분석에서 극상수종이

서어나무이나 이와 경쟁수종인 까치박달나무로의 진행이 계속될지는 의심스럽다고 보고하였는데, 이는 백운산지역에서는 천이진행이 소리봉지역보다 미성숙되어 대경목의 까치박달나무가 출현하지 않았기에 그런 결론을 내렸을 것이다.

喬木下層 및 灌木層에서는 classification과 ordination 분석에 있어서 수종의 배열순서가 약간 상이하였다. 즉 ordination 분석에서는 분리배열순서의 중간에 위치하였던 붉나무와 병꽃나무가 classification 분석에서는 배열순서의 앞부분을 차지하고 있었다. 이러한 현상은 ordination 계산은 相對被度, 相對密度, 相對頻度에 의한 우점치에 근거를 두었고 classification은 相對被度만을 Braun-Blanquet값으로 환산하여 계산한 것에 의한 차이로 생겼을 것으로 생각된다.

이상의 양 분석에 의해 소리봉지역삼림의 生態的 遷移過程을 정리한 것이 Table 4이다. 喬木上層에서의 천이과정은 소나무→신갈나무, 줄참나무, 갈참나무, 서어나무, 팔배나무→까치박달나무, 물푸레나무, 층층나무이었다. 喬木下層 및 灌木層에서는 진달래, 개웃나무, 참싸리, 병꽃나무→참개암나무,

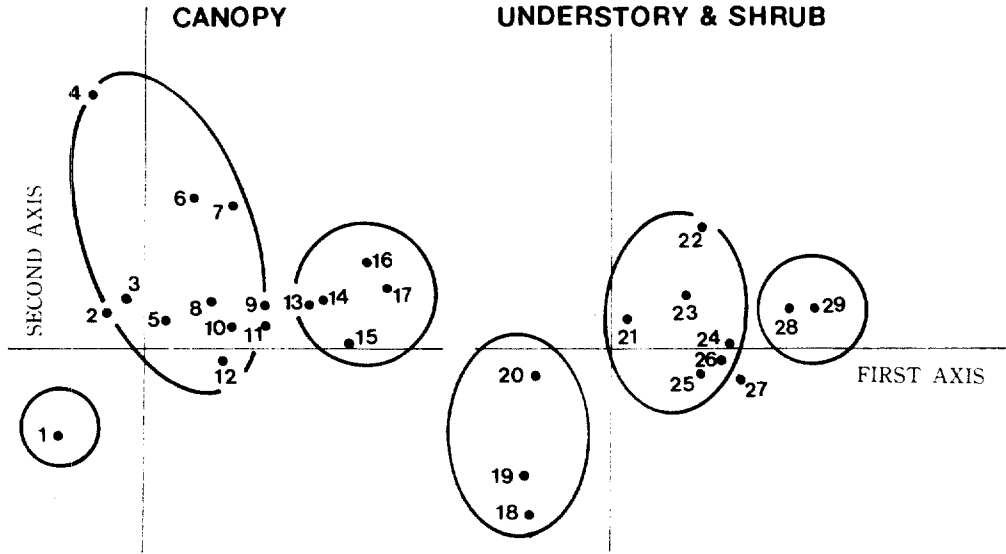


Fig. 6. Species ordination on the first two axes, using DCA.

- | | | |
|------------------------------|--|---|
| 1. <i>Pinus densiflora</i> | 11. <i>Cornus kousa</i> | 21. <i>Rhus trichocarpa</i> |
| 2. <i>P. koraiensis</i> | 12. <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> | 22. <i>Corylus sieboldiana</i> |
| 3. <i>Quercus mongolica</i> | 13. <i>A. mono</i> | 23. <i>Lindera obtusiloba</i> |
| 4. <i>Q. variabilis</i> | 14. <i>C. cordata</i> | 24. <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> |
| 5. <i>Carpinus laxiflora</i> | 15. <i>Fraxinus mandshurica</i> | 25. <i>Weigela subsessilis</i> |
| 6. <i>Q. serrata</i> | 16. <i>F. rhynchophylla</i> | 26. <i>Euonymus sieboldianus</i> |
| 7. <i>Q. aliena</i> | 17. <i>C. controversa</i> | 27. <i>L. erythrocarpa</i> |
| 8. <i>Prnus sargentii</i> | 18. <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> | 28. <i>Staphylea bumalda</i> |
| 9. <i>Styrax obassia</i> | 19. <i>R. mucronulatum</i> | 29. <i>Callicarpa japonica</i> |
| 10. <i>Sorbus alnifolia</i> | 20. <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> | |

Table 4. Successional trends of the major species

Canopy layer	Understory & shrub layer
<i>Pinus densiflora</i>	<i>Rhododendron mucronulatum</i>
↓	<i>Rhus trichocarpa</i>
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>
<i>Quercus mongolica</i>	<i>Weigela subsessilis</i>
<i>Q. serrata</i>	↓
<i>Q. aliena</i>	<i>Corylus sieboldiana</i>
<i>Carpinus laxiflora</i>	<i>Lindera obtusiloba</i>
<i>Sorbus alnifolia</i>	↓
↓	<i>Staphylea bumalda</i>
<i>Carpinus cordata</i>	<i>Callicarpa japonica</i>
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	<i>Lonicera maackii</i>
<i>Cornus controversa</i>	

Table 5. Correlation among the major species of important value.

	Cc	Cl	Qa	Lo	Sa	Ap	Coc	So
Cl	--							
Qa	.	-						
Lo	.	.	.					
Sa	.	.	.	++				
Ap	.	.	-	.	.			
Coc		-	
So	.	-	.	.	.		-	
Sj	++	++

¹ 2-tailed signifi. ; -, + : 5%, --, ++ : 1%

² Cc : *Carpinus cordata* Cl : *C. laxiflora* Qa : *Quercus aliena* Lo : *Lindera obtusiloba* Sa : *Sorbus alnifolia* Ap : *Acer pseudo-sieboldianum* Coc : *Cornus controversa* So : *Styrax obassia* Sj : *S. japonica*

생강나무→고추나무, 작살나무, 괴불나무의 순으로 추정되었다.

Table 5는 몇 수종의 중요치에 대한 相關關係를 계산한 것이다. 까치박달나무는 서어나무와는

고도의 負의 상관성, 서어나무의 갈참나무와도 負의 상관성이 각각 인정되어 각기 두 수종이 한 niche에서 공존할 수 없음을 보여주고 있어 앞에

서 제식한 천이계열의 추정을 뒷받침하여 주고 있다.

4. 環境因자의 Ordination 分析

46개 조사지에 대한 classification 분석의 두번째 division에서 분리된 4개의 군집에 대한 토양인자에 대한 화학적 분석치를 평균한 것이 Tabel 6이다. 유효인산성분치를 제외하고 C, D군집의 각 인자의 값이 A, B군집의 값보다 높게 나타나 토양의 조건이 극상림에 가까울수록 양호하여 졌음을 알 수 있었다. 유효인산함량에서 A, B군집이 C, D군집보다 높은 것은 천이계열의 초기단계인 A, B군집의 관목층에서 콩과식물인 싸리류의 출현율이 높은 것에 기인될 것으로 추론된다.

각 조사지의 종조성 변화에 관련되는 환경요인을 판단하기 위하여 8개의 환경요인들은 5단계로 나누어 (Table 7) DCA기법을 이용하여 제 1, 2축에 표시한 것이 Figure 7이다. 유효인산과 치환성 나트륨인자를 제외하고는 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 즉 소나무군집에서 까치박달나무군집으로 갈수록 토양성분들이 양호하여짐을 알 수 있었다. Ordination 분석목적은 환경구배에 의한 식생분포를 밝히는 것이므로 (Bernard et. al., 1983) 환경인자와 DCA의 제 1, 2축의 score와의 상관관계를 Table 8과 같이 구하였다. DCA의 제 1축의 분리는 환경구배에 의한 것임을 알 수 있다. DCA의

제 1축과 해발고와는 고도의 負의 相關關係가 인정되었는데 이런 현상은 해발고가 높아감에 따라 토양성질이 악화되어감을 뜻한다. 토양수분에 의한 구배는 Peet & Loucks(1977), Chang & Gauch(1986), Malanson & Trabaud(1987), Schmelz & Lindsey(1970), Risser & Rice(1971), 박 등(1987, 1988)도 밝힌 바 있다. 姜과 吳(1982)는 광릉삼림에서 침엽수림에서 활엽수림으로 갈수록 토양공극량, 치환성양이온함량, 토양산도, 전질소량 등은 매우 유의하게 증가한다고 보고하였다.

Table 9는 각 수종의 IV와 환경인자간의 상관관계를 나타낸 것이다. 喬木上層中 서어나무, 갈참나무, 신갈나무 등의 IV와 환경인자간에 고도의

Table 8. Correlation between environmental variables and DCA stand scores of the first and second axes.

	1st Axis	2nd Axis
Soil pH	.580**	.181
Humus	.641**	.351**
Total nitrogen	.792**	.273*
Available phosphate	-.234	.104
Exchangeable potassium	.424*	.316*
Exchangeable sodium	.746**	.375**
Exchangeable calcium	.655**	.359**
Exchangeable magnesium	.633**	.305*
Altitude	-.452**	-.113

* 1-tailed signifi. ; -, - : 5%, --, -- : 1%

Table 6. Soil characteristics of each community for classified type by TWINSPAN.

Community	Soil pH	Humus (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphate (ppm)	C.E.C. (m.e./100g)	Exchangeable cations(m.e./100g)			
						K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
A	5.13	5.49	0.22	64.35	14.59	0.33	0.32	0.46	0.19
B	4.97	5.23	0.17	57.74	13.26	0.35	0.35	0.58	0.20
Mean	5.06	5.37	0.20	61.32	13.98	0.34	0.33	0.52	0.19
C	5.45	6.67	0.30	54.26	15.67	0.53	0.46	2.38	0.49
D	5.46	8.87	0.42	43.87	16.33	0.46	0.53	2.95	0.57
Mean	5.45	7.57	0.35	50.01	15.94	0.50	0.49	2.62	0.52

Table 7. Ratings of representing ranges of environmental variables.

	Soil pH	Humus (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphate (ppm)	Exchangeable potassium (m.e./100g)	Exchangeable sodium (m.e./100g)	Exchangeable calcium (m.e./100g)	Exchangeable magnesium (m.e./100g)
1	>4.86	>4.43	>0.18	>51.64	>0.25	>0.34	>1.68	>0.31
2	4.87-5.27	4.44-6.36	0.19-0.29	51.65-86.18	0.26-0.39	0.35-0.44	1.69-3.20	0.32-0.57
3	5.28-5.58	6.37-8.29	0.30-0.39	86.19-120.71	0.40-0.53	0.45-0.54	3.21-4.73	0.58-0.83
4	5.59-5.94	8.30-10.22	0.40-0.50	120.72-155.24	0.54-0.67	0.55-0.64	4.74-6.25	0.84-1.09
5	5.95>	10.23>	0.51>	155.25>	0.68>	0.65>	6.26>	1.10>

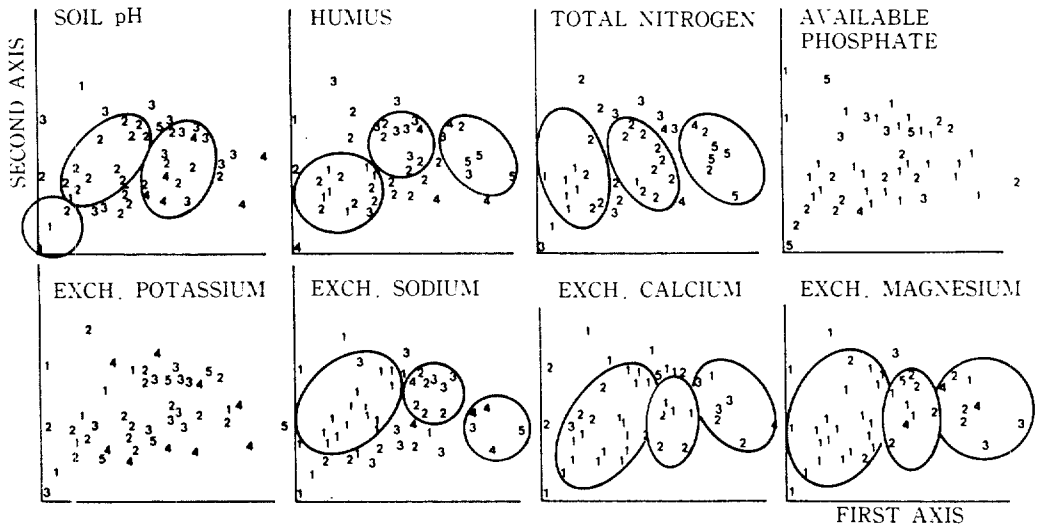


Fig. 7. Distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination. (The ratings for range of environmental variables should be referred to Table 7.)

Table 9. Correlation among the major species of important value and environmental variables.

Species	diversity (H')	H'max	Soil pH	Humus	Total nitrogen	Available phosphate	Exchange-able potassium	Ex. sodium	Ex. calcium	Ex. magnesium
Pd			--							
Cc			++	++	++	-		++	++	++
Cl	--	--		--	--			-	--	--
Qa		-								
Qm	-	-		-	-			-	-	-
Lo			++	+	+		++	++	++	++
Ap	--	++								
Coc			-	++	--		+	++	++	+
So			--				+	-	+	
Sj				-	--			+	++	
Ca	+			++	++			-	++	++

1. 1-tailed signifi. : -, - : 5%, --, -- : 1%

2. Pd : *Pinus densiflora*, Cc : *Carpinus cordata*, Cl : *C. laxiflora*, Qa : *Quercus aliena*, Qm : *Q. mongolica*, Lo : *Lindera obtusiloba*, Ap : *Acer pseudo-sieboldianum*, Coc : *Cornus controversa*, So : *Styrax obassia*, Sj : *Styrax japonica*, Ca : *Callicarpa japonica*

負의 상관관계가 인정되나, 까치박달나무, 층층나무 등은 이와 반대로 고도의 正의 상관관계가 나타났다. 그러므로 서어나무, 갈참나무, 신갈나무는 동일한 niche에 존재할 수 있으나 까치박달나무, 층층나무와는 이질적인 niche에 존재하기에 두 집단 수종들은 상호간에 경쟁을 하게 되어 천이가 진행될 것이다. 이 등(1989)은 가야산의 홍류동계곡에서 스나무와 굴참나무의 환경에 대한 요구도가 동일한 niche에 존재한다고 밝혔는데, 본 조사 대상지는 천이계열상 안정기에 도달되어(姜과 吳, 1982) 위와 같은 현상은 나타나지 않았다.

引用 文 獻

1. Austin, M. P. and P. Greig-Smith. 1968. The application of quantitative methods to vegetation survey II. Some methodological problems of data from rain forest. *J. Ecology* 56 : 827-844.
2. Bernard, J. M., F. K. Seischab and H. G. Gauch. 1983. Gradient analysis of the vegetation of the Byron-Bergen swamp, a rich fen in Western New York. *Vegetatio* 53 : 85-91.

3. Bray, J. R. and J. T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 37 : 325-349.
4. Chang, D. H. S. and H. G. Gauch, Jr. 1986. Multivariate analysis of plant communities and environmental factors in Ngari, Tibet. *Ecology* 67(6) : 1568-1575.
5. Curtis, J. T. and R. R. McIntosh, 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32 : 476-496.
6. Daniels, R. E. 1978. Floristic analysis of British mires and more communities. *J. of Ecology*. 66 : 773-802.
7. Gauch, H. G. 1977. ORDIFLEX a flexible computer program for four ordination techniques : weighted averages, polar ordination, principal components analysis and reciprocal averaging. Release B. Cornell University, New York, 1985pp.
8. _____. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, England. 298pp.
9. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : An eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61 : 237-249.
10. _____. 1979a. DECORANA- a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, New York, 52pp.
11. _____. 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, New York, 99pp.
12. Hukusima, T. and K. A. Kershaw. 1987. The impact on the Senjogahara ecosystem of extreme run-off events from the River Sakasagawa, Nikko National Park. II. The correlation of vegetation and environmental disturbance using TWINSpan and DCA ordination techniques. *Ecol. Res.* 2 : 85-86.
13. 趙武珩, 金鐘元. 1984. 天然林 撫育에 관한 연구. 山林廳林業試驗場 試驗研究報告書. 林業試驗場, 서울. pp.277-306.
14. 趙胤信, 吳桂七. 1987. 서울근교 자연생 소나무林에 대한 ordination 방법의 적용. *한국생태학회지* 10(2) : 63-80.
15. 姜倫淳, 吳桂七. 1982. 光陵森林群集에 대한 ordination 방법의 적용. *韓國植物學會誌* 25(2) : 83-99.
16. 國立環境研究院. 1988. 環境汚染生物指標法の開發研究(II). 科學技術處, 서울. 177pp.
17. 李景宰, 吳求均, 趙在昌. 1987. 內藏山國立公園의 植物群集 및 利用行態에 관한 연구 (II) - Ordination 방법에 의한 植生構造分析 -. *韓國林學會誌* 77(2) : 166-177.
18. 이경재, 조재창, 우중서. 1989. Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산자구의 식물군집구조분석. *응용생태연구* 3(1) : 28-41.
19. Malanson, G. P. and L. Trabaud. 1987. Ordination analysis of components of resilience of *Quercus coccifera* Garrigue. *Ecology* 68(3) : 463-472.
20. 農村振興廳. 1988. 土壤化學分析法. 農村振興廳 農業技術研究所, 水原. 450pp.
21. 中井猛之進. 1939. 光陵試驗林 一斑. 林業試驗場, 170pp.
22. 朴仁協. 1985. 白雲山地域 天然林生態系의 森林構造 및 物質生産에 관한 연구. 서울大學校 大學院 博士學位論文, 48pp.
23. 朴인협, 이경재, 조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. *응용생태연구* 1(1) : 1-23.
24. _____. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조 -구룡사- 비로봉지역을 중심으로. *응용생태연구* 2(1) : 1-9.
25. Peet, P. K. and O. L. Loucks. 1977. A gradient analysis of southern Wisconsin forests. *Ecology* 58 : 485-499.
26. Pielou, E. C. 1977. *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, New York. 385pp.
27. Risser, P. G. and E. L. Rice. 1971. Phytosociological analysis of Oklahoma upland forest species. *Ecology* 52 : 940-949.

28. Schmelz, D. V. and A. A. Lindsey. 1970. Relationship among the forest types of Indiana. *Ecology* 51 : 620-629.
29. 宋鎬京, 辛昌男. 1985. 鷄籠山森林群集形과 그의 構造에 관한 연구. 忠南大學校 環境研究報告書 3(1) : 19-58.
30. Westman, W.E. 1982. Xeric Mediterranean-type shrubland associations of Alta and Baja California and the community/continuum debate. *Vegetatio* 52 : 3-19.
31. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monogra.* 26 : 1-80.
32. 任慶彬. 1985. 新稿造林學原論. 鄉文社, 서울. pp.213-216.