

## 光陵 森林의 植物群集構造(II)<sup>1</sup>

— Classification 및 Ordination방법에 의한 竹葉山地域의 植生分析 —

李景宰<sup>2</sup> · 崔松鉉<sup>3</sup> · 趙在昌<sup>4</sup>

## The Structure of Plant Community in Kwangnung Forest (II)<sup>1</sup>

— Analysis on the Forest Community in Mt. Jookyup  
by the Classification and Ordination Techniques —

Kyong Jae Lee<sup>2</sup>, Song Hyun Choi<sup>3</sup> and Jae Chang Jo<sup>4</sup>

### 要 約

京畿道 光陵 竹葉山 森林의 植物群集構造分析을 위하여 37개소에 調査地(1개 조사지당 10m×10m 方形區 5개씩을 설치)를 설정하고 植生調査를 실시하여 얻어진 자료에 대해 TWINSpan에 의한 classification과 2종류의 ordination(RA, DCA) 방법을 적용하였다. Classification에 의하면 소나무 군집, 소나무-서어나무 군집, 신갈나무-서어나무, 신갈나무-서어나무-갈참나무 군집, 混淆林 군집의 5개 집단으로 조사지가 분리되었다. Ordination에 의한 조사지 분석에서는 DCA가 RA보다 효과적이었으며 5개 집단으로 분리되었다. 종에 대한 두 기법분석에 의해 추정된 遷移過程은 喬木上層에서 소나무→서어나무와 소나무→신갈나무→서어나무의 2가지로 추정되었으며, 喬木下層 및 灌木層은 진달래→생강나무, 노린재나무, 덜꿩나무, 쪽동백나무→회나무, 팔배나무 순이었다. 環境因자의 ordination분석에 의하면 소나무 군집에서 신갈나무, 참나무류 군집으로 갈수록 토양산도, 전질소함량, 치환성 칼륨, 칼슘, 나트륨, 마그네슘 등의 土壤性質들이 양호하여졌다. 소나무와 서어나무는 신갈나무, 갈참나무와 相異한 niche에 존재하였다.

### ABSTRACT

To investigate the structure of the plant community of Mt. Jookyup area in Kwangnung forest, thirty-seven plots were set up by the clumped sampling method. The classification by TWINSpan and two kinds of multivariate ordination (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 have been successfully overlaid on an ordination of the same data using DCA. The plots can be classified into five groups by TWINSpan and DCA. The successional trends of tree species by both techniques seem to be expected two ways in the canopy layer. The first is from *Pinus densiflora* to *Carpinus laxiflora* and the second is from *Pinus densiflora* through *Quercus mongolica* to *Carpinus laxiflora*. In the understory layer, it was expected that *Rhododendron mucronulatum*→*Lindera obtusiloba*, *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, *Viburnum erosum*, *Styrax obassia*→*Euonymus sachalinensis*, *Sorbus alnifolia*. As the result of the analysis for the relationship between the stand scores of DCA and

<sup>1</sup> 接受 1992年 2月 18日 Received on February 18, 1992.

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

<sup>3</sup> 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Univ., Seoul 130-743, Korea.

<sup>4</sup> 서울대학교 대학원 Graduate School, Seoul National Univ., Sewon 440-744, Korea.

environmental variables, they had a tendency to increase significantly from the *P. densiflora* community to *Quercus spp.* community that was soil pH, total nitrogen, available phosphate and exchangeable potassium, sodium, calcium and magnesium.

*Key words* : Vegetation structure ; TWINSpan ; DCA ; successional trend

議 論

본 연구는 기왕에 발표된 光陵森林의 蘇利峯(海拔 537m)과 龍巖山(해발 478m)地域의 연구보고(李等, 1990a)에 이어 竹葉山地域의 植生群集構造分析을 내용으로 하였다.

본 논문은 ordination技法중 reciprocal averaging(RA), detrended correspondence analysis(DCA; Hill, 1979) 그리고 TWINSpan에 의한 classification을 이용하여 光陵竹葉山森林의 群集構造를 밝히는 것을 그 목적으로 하였다.

調査地 設定 및 方法

조사대상지 竹葉山(해발 601m)일대 자연림에 Fig. 1과 같이 임의로 37개소에 조사지를 설정하였다. 각 조차지에 10×10m의 方形區(quadrat) 5개씩을 설치(박; 1986)하여 면적을 500m<sup>2</sup>로 하였다. 조사지의 環境調査, 植物群集構造 그리고

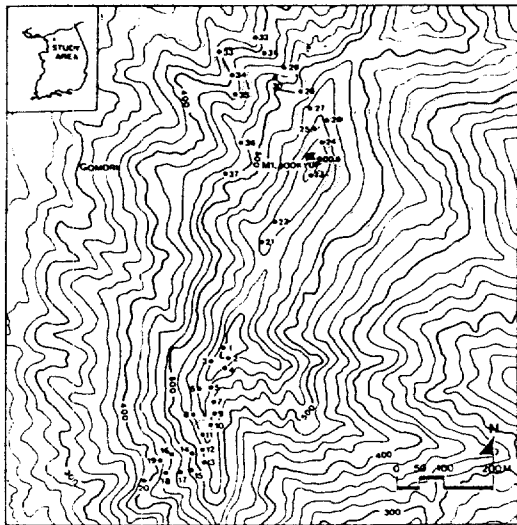


Fig. 1. Location of the study area in Kwangnung forest.

계산에 적용된 수식 등은 前報(李等, 1990a)에 기술한 바와 같으며, 본 조사는 1989년 10월에 실시하였다.

結果 및 考察

1. 調査地 概況

光陵 林業試驗場에서 조사한 22년간(1962~1983)의 平均氣象資料에 의하면 年平均氣溫 11.36°C, 年間降水量 1395.5mm로서 任(1985)이 구분한 水平的 森林帶에 의하면 溫帶中部林에 해당되며 소나무류, 서어나무류, 줄참나무, 때죽나무, 싸리나무가 優占種으로 출현할 수 있는 지역이다. Table 1은 각 조사지의 一般的 概況을 나타낸 것으로 5개의 群集 I, II, III, IV, V는 classification에서 분리된 것을 적용한 것이다.

모든 조사지는 해발 400~600m에 위치하며 喬木上層群의 平均樹高 및 平均胸高直徑은 각각 14 m 내외, 20~30cm이며, 喬木下層群의 平均樹高는 대체로 5m내외였다. 500m<sup>2</sup>당 출현하는 樹種數는 19종 정도이었다.

2. 調査地의 classification 및 ordination分析

37개 조사지에 대해 TWINSpan에 의한 classification분석을 실시한 것이 Fig. 2이다. 보통 classification분석에서 제 1 division에서는 2개의 群, 제 2 division에서는 4개의 群, 제 3 division에서는 8개의 群으로 분리된다(Hill, 1979; Hukusima & Kershaw, 1987; Kent & Ballard, 1988; 이 등, 1989, 1990a, 1990b, 1990d). 그러나 본 조사에서는 제 2 division에서 4개의 群, 제 3 division에서 6개의 群으로 분리되었다. 따라서 제 2 division에서 분리된 A, B군집을 제 3 division에서 각각 군집 I, II와 군집 III, IV로 나누고, 기타 군집을 군집 V로 묶어 5개의 군으로 분리하는 것이 본 연구에서는 타당하겠다.

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

Community	I					II					III					IV					V								
	29	30	33	34	37	1	22	23	25	28	11	31	3	4	6	7	8	15	18	9	10	17	12	13	14	16	19	20	35
Plot Number	450	480	410	400	400	600	560	540	550	500	580	570	520	540	440	580	570	520	490	430	540	540	520	490	470	410	580	440	
Altitude (m)	S	SW	W	W	W	NE	NE	N	NE	W	SE	NE	SE	SW	SE	SE	NE	SE	SW	SE	NE	SE	SE	SW	SE	SW	SE	N	
Slope (°)	30	30	15	15	15	20	25	20	15	30	20	30	20	25	20	15	35	30	25	25	20	25	20	15	15	15	15	20	30
Height of tree layer (m)	10	15	10	15	15	13	12	12	13	15	12	13	12	13	15	12	13	13	13	13	13	13	18	18	18	18	18	18	13
Mean DBH of tree layer (cm)	35	25	25	25	30	35	27	25	35	25	20	30	27	22	18	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	23
Cover of tree layer (%)	95	95	60	95	80	80	90	80	90	80	70	80	90	80	85	80	85	80	80	85	85	85	85	85	85	85	85	90	70
Height of subtree layer (m)	3.5	3.5	3	7	4	6	5	4	3	4	2	4	8	2.5	5	4	6	5	5	5	7	6	5	7	7	7	7	7	3
Cover of subtree layer (%)	40	30	60	80	30	60	70	20	10	70	40	40	40	40	50	60	70	60	50	40	50	50	40	40	40	50	50	40	60
Height of shrub layer (m)	0.5	1	0.5	0.3	0.7	2	2	1.2	0.8	1	0.8	1.1	1.5	2	1.8	0.7	1.2	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cover of shrub layer (%)	10	5	5	10	5	50	80	10	5	5	20	20	30	10	10	10	20	5	80	80	80	80	80	80	80	80	80	70	40
Number of species	23	17	16	23	23	16	16	22	15	20	16	16	22	15	11	19	21	17	20	23	16	17	23	14	20	16	23	31	25

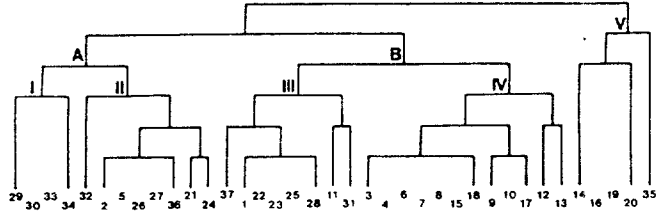


Fig. 2. Dendrogram of TWINSpan stand classification of thirty-seven plots of Mt. Jookyup area in Kwangnung forest.

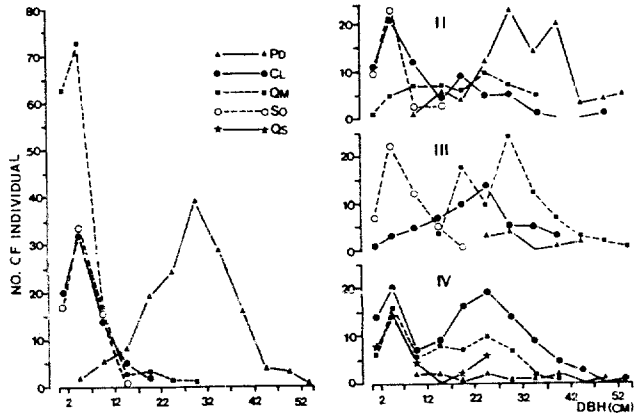


Fig. 3. DBH class distribution of major tree species for each community. (Pd: *Pinus densiflora*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Qm: *Quercus mongolica*, So: *Stylax obsassia*, Qs: *Q. serrata*)

37개 조사지에 대한 ordination기법의 분리현상을 도시화한 것이 Fig. 4이다. 제 1, 2축에서의 total variance의 집중율은 RA 57.4%, DCA 47.7%로서 50%내외의 값을 나타내었다. Total variance의 집중율이 높을 수록 ordination결과의 이용이 용이한데(Austin & Greig-Smith, 1968) total variance 값이 비교적 낮지만 본 연구에서는 data를 변형하지 않고 분석하였다. 본 조사에서 環境勾配의 오차를 줄일 수 있는 RA (박 등; 1987)는 중앙에 대부분의 조사지가 집중되었으며, RA의 표현방법을 개선한 DCA는 제 1, 2축에 전조사지가 고르게 분포하였다. DCA 1, 2축에 나타난 분리현상을 종합하면 소나무군집, 소나무-서어나무군집, 신갈나무-서어나무군집, 신갈나무-서어나무-갈참나무군집, 참나무류 혼효림군집으로 구분할 수 있는데 이는 classification에 의한 분리현상과 일치한다. 前報(이 등, 1990a)의 연구결과와 비교하면 소리봉이 죽



엽산보다 군집구조가 더 안정상태를 이루어(강 및 오, 1982; 이 등, 1990a) 소리봉 지역에 소나무세력은 거의 약화되었고, 서어나무와 까치박달나무의 세력이 주를 이루고 있으며, 소리봉지역에 우점종인 갈참나무대신 죽엽산에서는 신갈나무가 우점종인 것이 차이가 있다. Kent and Ballard(1988)에 의하면 1960년대 이후 ordination과 classification기법의 연구가 독립적으로 발달되었으나 1980년대 이후부터 양기법이 함께 이용되고 있어 상호보완적인 역할을 한다고 보고되었다. 우리나라에서도姜과 뭇(1982)가 ordination기법을 도입한 후 한동안 이용되다가 최근에는 ordination과 classification기법을 함께 사용하고 있다(이 등, 1989, 1990a, 1990b, 1990c, 1990d).

각 조사지를 classification에 의하면 분리된 차례로 배열하고 5개의 군집으로 표시한 것이 Table 2이다. 5개의 군으로 분리된 조사지의 구성종을 살펴보면 군집 I에서는 소나무의 平均優占種(M.I.V.)가 55.92%로서 소나무가 優占種인 군집이며, 그 외에 신갈나무 11.35%, 서어나무 6.66%로서 부수종을 이루나 아직 서어나무와 경쟁단계의 수종은 아니다. 군집 II에서 소나무, 서어나무의 평균우점치가 각각 44.53%, 13.26%로서 소나무가 우점종이나 중층의 相對被度 및 相對密度가 table에서는 제시되지 않았으나 소나무는 각각 1.57%, 0.27%이었고 서어나무는 27.17%, 17.39%이었던 것을 고려할 때 서어나무가 소나무의 경쟁상대로 성장할 것으로 생각된다.

한편 조사구 5, 21, 24는 신갈나무의 평균 I.V.가 10%이상이나 고목하층에서는 서어나무의 값이 신갈나무의 값보다 크기때문에 신갈나무는 서어나무의 경쟁상대는 되지 못할 것이다. 군집 III의 전조사구에 대한 평균우점치는 신갈나무 31.89%, 서어나무 17.03%, 회나무 13.44%이고 군집 IV는 신갈나무 19.0%, 서어나무 18.89%, 갈참나무 10.29%로서 양 군집의 構成種이 유사하나 군집 III은 신갈나무의 세력이 군집 IV보다 강하고, 군집 IV에서는 졸참나무 및 갈참나무의 I.V.가 높게 나타나고 있는 것이 차이가 났다. 군집 V는 5개 조사구가 포함되며 전조사구에 대한 평균우점치가 당단풍 9.41%, 서어나무 8.33%, 고로쇠나무 7.7%, 신갈나무 7.68%, 회나무 7.6%, 졸참나무 7.14%, 갈참나무 6.5%, 느티나무 6.3%로서 여러종의 우점종이 출현하는 混濶林이다.

Fig. 3은 우점종이 여러종인 군집 V를 제외한 4개군집의 중요 수종에 대한 흉고직경급별 빈도 분포를 나타낸 것이다. 군집 I에서는 DBH 12cm이상의 빈도수는 소나무가 단연 높으나 12cm 미만에서는 서어나무와 신갈나무의 빈도수가 소나무를 앞서고 있어 앞으로 서어나무와 신갈나무의 세력이 소나무를 제압할 것으로 생각되는데, 이런 현상은 군집 II에서도 DBH 22cm를 기준으로 동일하게 추정된다. 특히 군집 II의 소나무의 최대 DBH는 56cm까지 측정되었다. 군집 III과 IV에서는 소나무의 주수가 매우 적으며, 군집 III은 DBH 17cm이상에서는 신갈나무의 주수가

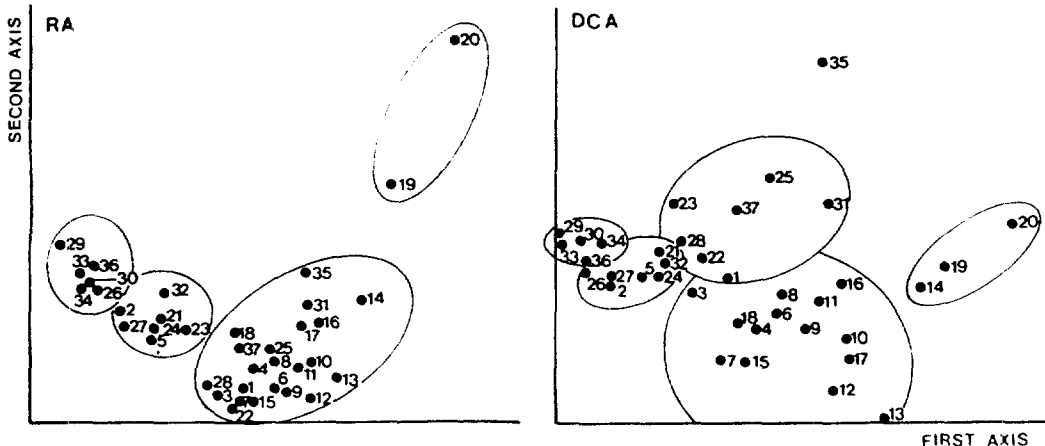


Fig. 4. Ordination of thirty-seven plots of study area by two techniques.

**Table 3.** Similarity indices between community for classified type by TWINSpan (%).

	I	II	III	IV
II	78.31			
III	42.94	55.95		
IV	38.56	55.28	71.03	
V	31.85	41.77	49.86	56.94

서어나무보다 많고 17cm미만에서는 서어나무의 주수가 신갈나무보다 많기때문에 시간이 흐를 수록 서어나무의 세력이 확장될 것이다. 군집 IV에서는 서어나무의 주수가 거의 모든 경급에서 가장 많아 서어나무가 우점종인 안정된 상태임을 알 수 있다. 또한 군집 IV에는 교목하층에서 졸참나무의 세력이 형성되고 있는 것이 특이하다.

TWINSpan에 의한 5개 군집의 類似度指數를 Table 3과 같이 계산하였다. Whittaker(1956)에 의하면 유사도지수가 20%이하 일때 군집간의 유사도지수는 서로 이질적이라고 하였는데, 본 조사지에서 군집간 유사도지수는 모두 31%를 넘고 있다. 군집 I과 II, III과 IV는 모두 70%를 넘고 있어 다른 군집간보다 동질적임을 알 수 있다.

Table 4에서는 군집별 목본류의 種多樣性을 나타낸 것이다. 소나무 순림에 가까운 군집 I은 最大種多樣度(H'max)가 1.5051로 제일 낮으나, 種多樣度(H')는 신갈나무-서어나무군집 III의 1.0250보다 높은 1.1061을 기록했다. 한 군집내에서 최대종다양도에 대한 종다양도의 값이 근접할 수록 군집구조가 안정상태를 이루고, 값이 멀어질수록 구조가 불안정한데(Pielou, 1975), 본 조사대상지에서는 군집 III이 최대종다양도는 군집 V를 제외하고 가장 높으나 종다양도는 가장 낮아 종간경쟁이 다른 군집보다 치열함을 알 수 있다. 군집 V는 종다양도 1.3612, 최대종다양도 1.6335로 가장 높은 수치를 나타냈다. 均在度(J')도 0.8333으로서 가장 안정상태의 군집이다.

광릉소리봉지역은 4개군집으로 분리되어 H'는 각각 갈참나무-서어나무군집 0.9886, 서어나무-갈참나무-소나무군집 1.1550, 갈참나무-서어나무-까치박달나무군집 1.1221, 까치박달-갈참나무군집 1.2539로서(이 등, 1990a) 본 연구결과와 큰 차이가 없었다.

**3. 樹種의 Classification과 Ordination 分析**

본 조사지에서 출현한 수종중 頻度가 5회 이상 되는 主要性에 대한 classification 및 ordination 분석의 내용을 Fig. 5, 6과 같이 도시하였다.

TWINSpan의 분류에서는 소나무, 서어나무, 굴참나무-갈참나무-졸참나무, 까치박달나무로 분리되었으며 DCA에서는 소나무, 서어나무, 굴참나무-졸참나무-갈참나무-다릅나무-상수리나무, 까치박달나무로 분리되어 교목상층에서 ordination과 TWINSpan 양분석이 거의 동일하게 분리되었다. 또한 교목하층 및 관목층에서도 유사한 경향을 보였다.

Classification과 ordination결과에 의해 천이계열을 직접 추정하는 것은 곤란하나, 이러한 생태계내의 환경요인의 勾配에 의해 서로 다른 군집을 분리하는 것이므로(Hill, 1973; Hukusima and Kershaw, 1987; 姜과 吳, 1982) 양기법의 결과, 층위별 I.V., DBH계급의 빈도분포 등을 종합하면 천이계열을 추정할 수가 있다. 그리하여 죽엽산 지역의 森林生態的 遷移過程을 추정·정리한 것이 Table 5이다. 교목상층에서 천이과정은 소나무→서어나무와 소나무→신갈나무→서어나무의 2가지로 추측되며 교목하층 및 관목층은 진달래→생강나무, 노린재나무, 덜꿩나무, 쪽동백나무→회나무, 팔배나무 순으로 추정되었다. 1990년에 실시한 광릉 소리봉지역은 삼림천이 계열이 소나무→신갈나무, 졸참나무, 갈참나무, 서어나무, 팔배나무→까치박달나무, 물푸레나무, 층층나무 순이었는데 인접한 죽엽산

**Table 4.** Values of various diversity in each community for classified by TWINSpan.

Community	Species diversity (H')	Evenness	Dominance	H'max
I	1.1061	0.7349	0.2651	1.5051
II	1.0874	0.8042	0.2958	1.5441
III	1.0250	0.6398	0.3602	1.6021
IV	1.1683	0.7629	0.2371	1.5315
V	1.3612	0.8333	0.1667	1.6335

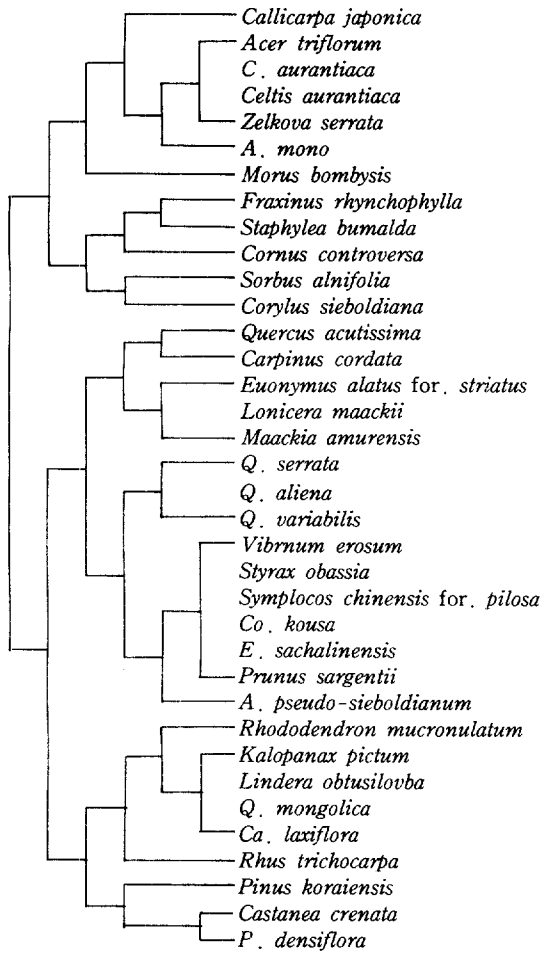


Fig. 5. Dendrogram of TWINSPLAN species classification of thirty-seven woody species of Jookyup area in Kwangnung forest.

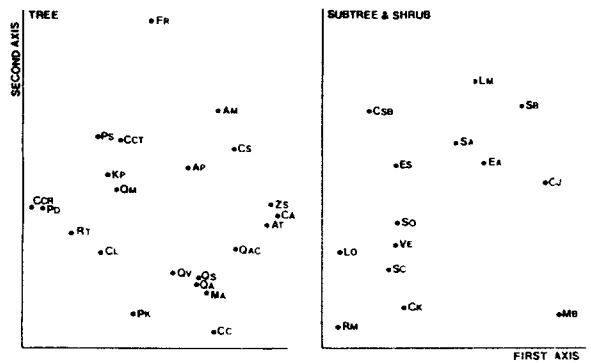


Fig. 6. Species ordination on the first two axis, using DCA.

(TREE-Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Ps: *Prunus sargentii*, Cct: *Cornus controversa*, Am: *Acer mono*, Kp: *Kalopanax pictum*, Qm: *Quercus mongolica*, Ap: *A. pseudo-sieboldianum*, Cs: *Celtis sinensis*, Cct: *Castanea crenata*, Pd: *Pinus densiflora*, Rt: *Rhus trichocarpa*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Pk: *P. koraiensis*, Qv: *Q. variabilis*, Qs: *Q. serrata*, Qa: *Q. aliena*, Ma: *Maackia amurensis*, Qac: *Q. acutissima*, Zs: *Zelkova serrata*, Ca: *Celtis aurantiaca*, At: *Acer triflorum*, Cc: *Ca. cordata*;  
 SUBTREE & SHRUB-Lm: *Lonicera maackii*, Sb: *Staphylea bumalda*, Csb: *Corylus sieboldiana*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Es: *Euonymus sachalinensis*, Ea: *E. alatus* for. *striatus*, Cj: *Callicarpa japonica*, So: *Styrax obassia*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Ve: *Viburnum erosum*, Sc: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, Ck: *C. kousa*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Mb: *bombysis*)

Table 5. Successional trends of the major species.

Canopy layer	Understory & shrub layer
<i>Pinus densiflora</i>	<i>Rhododendron mucronulatum</i>
↓	↓
<i>Carpinus laxiflora</i> <i>Quercus mongolica</i>	<i>Lindera obtusiloba</i>
↓	↓
<i>C. laxiflora</i>	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>
	↓
	<i>Viburnum erosum</i>
	↓
	<i>Styrax obassia</i>
	↓
	<i>Euonymus sachalinensis</i>
	↓
	<i>Sorbus alnifolia</i>

지역의 천이가 까치박달나무에서 極相林을 이룰 지는 시간을 두고 연구해 볼 일이다. Table 6은 몇 수종의 중요치에 대한 상관관계를 계산한 것

이다. 소나무와 신갈나무, 졸참나무, 갈참나무는 고도의 負의 상관성이 인정되어 각기 두 종이 한 niche에 共存할 수 없음을 알 수 있고, 졸참나무

**Table 6.** Correlation among the major species of importance value.

	Pd	Cl	Qm	Qs	Qa	Lo	Es
Cl	.						
Qm	-	.					
Qs	--	.	.				
Qa	--	.	.	++			
Lo	.	.	.	.	.		
Es	-	.	++	.	.	.	
Sa	.	--	.	.	.	-	.

1. 1-tailed signifi. ; -, + : %, --, ++ : 1%  
 2. Pd : *Pinus densiflora*, Qm : *Quercus mongolica*,  
 Qs : *Q. serrata*, Qa : *Q. aliena*, Lo : *Lindera obtusiloba*, Es : *Euonymus sachalinensis*, Sa : *Sorbus alnifolia*

와 갈참나무는 고도의 正의 상관성으로 한 niche 에 공존이 가능함을 보여줌으로서 앞의 천이계열 추정을 뒷받침하고 있다.

**4. 環境因子의 Ordination 分析**

전조사구에 대한 classification 분석에서 분리된 5개 군집의 土壤因子에 대한 化學的分析值를 평균한 것이 Table 7이다. 활엽수 혼효림인 군집 V가 다른 군집보다 토양의 화학적 성질이 양호하였고, 또한 군집 III, IV의 치환성 양이온함량 평균치가 군집 I, II의 평균치보다 높았는데, 이는 군집 I, II는 침엽수인 소나무의 우점치가 높았으나 군집 III, IV에서는 낮은 것에 기인 될

것이다. 이 등(1990a)은 광릉 소리봉지역에서 토양조건이 極相林에 가까울 수록 良好하여졌다고 보고하였다.

각 조사지의 종조성 변화에 관련되는 環境要因 들을 5段階로 나누어 (Table 8) DCA기법을 이용하여 제 1, 2축에 도시한 것이 Fig. 7이다. 유효인산을 제외하고 왼쪽에서 오른쪽으로 갈 수록 즉, 소나무군집에서 서어나무나 참나무류군집으로 갈 수록 토양성분들이 良好해짐을 알 수 있었다.

Table 9는 환경인자와 DCA의 제 1, 2축의 score와의 相關關係를 구한 것으로 ordination 분석의 목적은 環境勾配에 따른 식생분포를 밝히는 것이다 (Bernard et al., 1983). 이 등(1990a)과 박 등(1988)은 DCA의 1축과 환경구배가 유의적인 상관성이 있음을 보고하였는 바 죽엽산의 DCA와 환경요인의 상관관계도 유의적인 상관관계를 보였다.

Table 10은 각 수종의 I.V.가 환경인자간의 상관관계를 나타낸 것이다. 교목상층중 소나무, 서어나무 등의 I.V.와 환경인자간에 고도의 負의 상관관계가 인정되나 신갈나무, 졸참나무, 갈참나무 등은 이와 반대로 고도의 正의 상관관계가 나타났다. 그러므로 소나무, 서어나무와 신갈나무, 졸참나무, 갈참나무는 동일한 niche에 존재할 수 없으며 상호경쟁하게 되어 천이가 진행

**Table 7.** Soil characteristic of each community for classified type by TWINSpan.

Community	Moisture (%)	Soil pH	Humus (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphate (ppm)	C.E.C. (m.e./100g)	Exchangeable cations (m.e./100g)			
							K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
I	12.37	4.24	3.29	0.31	167.3	16.45	0.11	0.07	0.57	0.12
II	11.37	4.24	2.96	0.29	175.0	16.28	0.12	0.10	0.79	0.12
mean	11.87	4.24	3.13	0.30	171.2	16.37	0.12	0.09	0.68	0.12
III	13.20	4.27	3.66	0.40	121.0	16.69	0.27	0.14	1.43	0.32
IV	10.54	4.42	2.41	0.29	84.4	15.05	0.24	0.13	1.23	0.21
mean	11.60	4.36	2.91	0.33	99.0	15.71	0.25	0.13	1.31	0.25
V	14.92	4.50	3.21	0.50	103.2	18.00	0.44	0.17	2.13	0.35

**Table 8.** Ratings of representing ranges of environmental variables.

	Soil pH	Humus (%)	Moisture (%)	Total nitrogen (%)	Available Phosphate (ppm)	C.E.C. (m.e./100g)	Exchangeable (m.e./100g)			
							Potassium	Sodium	Calcium	Magnesium
1	<4.21	<1.92	<7.05	<0.26	<109	<14.08	<0.18	<0.01	<1.35	<0.18
2	4.21-4.35	1.92-2.80	7.05-11.72	0.26-0.35	109-165	14.08-15.40	0.18-0.30	0.10-0.14	1.35-2.20	0.18-0.30
3	4.36-4.49	2.81-3.69	11.76-16.44	0.36-0.45	166-221	15.41-16.72	0.31-0.43	0.15-0.18	2.21-3.06	0.31-0.43
4	4.50-4.63	3.70-4.57	16.45-21.14	0.46-0.54	222-277	16.73-18.04	0.44-0.55	0.19-0.22	3.07-3.91	0.44-0.55
5	4.63<	4.57<	21.14<	0.54<	277<	18.04<	0.55<	0.22<	3.91<	0.55<



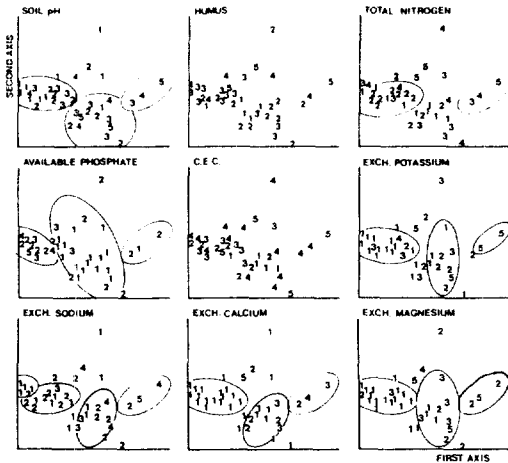


Fig. 7. Distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination. (The ratings for range of environmental variables should be referred to Table 8.)

Table 9. Correlation between environmental variables and DCA stand scores of the first and second axes.

	1st Axis	2nd Axis
Soil pH	.41**	-.24
Humus	.02	.43**
Moisture	.14	.30
Total nitrogen	.40**	.33*
Available phosphate	-.52**	.19
C.E.C.	.13	.32
Exchangeable potassium	.56**	.09
Exchangeable sodium	.53**	-.09
Exchangeable calcium	.50**	.01
Exchangeable magnesium	.39**	.12
Altitude	-.21	-.21

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

Table 10. Correlation among the major species of importance value and environmental variables.

	Moisture	Humus	Soil/ pH	Total/ nitrogen	Available/ phosphate	C.E.C.	/K <sup>+</sup>	/Na <sup>+</sup>	/Ca <sup>++</sup>	/Mg <sup>++</sup>
Pd	.	--	.	--	.	--	.	.	.	.
Cl	.	.	.	-	+	.	--	-	-	.
Qm	.	.	+	++	.	++	++	++	++	+
Qs	++	++	.	+	.	+	.	.	.	.
Qa	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Lo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Es	.	.	.	+	.	+	.	+	+	++
Sa	++	.	.	++	.	.	++	.	++	+

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

2. Pd : *Pinus densiflora*, Cl : *Carpinus laxiflora*, Qm : *Quercus mongolica*, Qs : *Q. serrata*, Qa : *Q. aliena*, Lo : *Lindera obtusiloba*, Es : *Euonymus sachalinensis*, Sa : *Sorbus alnifolia*

될 것이다. 이 등(1990a)은 광릉 소리봉지역에서 까치박달나무와 층층나무가 고도의 정의 상관관계를 나타내었다고 하였는데 죽엽산지역에서는 현재 천이가 계속 진행 중으로서 까치박달나무와 층층나무가 하층에 출현하고 있다.

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. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : An eigenvector method or ordination. *J. Ecol.* 61 : 237-249.
4. Hill, M.O. 1979. DECORANA-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.
5. 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.

6. 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) : 82-99.
7. Kent, M. and J. Ballard. 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. Vegetatio 78 : 109-124.
8. 이경재·조재창·우중서. 1989. Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산지구의 식물군집구조분석. 응용생태연구 3(1) : 28-41.
9. 李景宰·趙在昌·李鳳洙·李道錫. 1990a. 光陵 森林의 群集構造(I) — Classification 및 Ordination 方法에 의한 蘇利峯地域의 植生 分析 —. 한국임학회지 79(2) : 173-186.
10. 이경재·임경빈·조재창·류창희. 1990b. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(I) — Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석 —. 응용생태연구 4(1) : 23-32.
11. 이경재·박인협·조재창·오충현. 1990c. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(II) — Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석 —. 응용생태연구 4(1) : 33-43.
12. 이경재·조재창·류창희. 1990d. Classification 및 Ordination 방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집 구조분석. 식물학회지 33(3) : 173-182.
13. 박인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 48pp.
14. 박인협·이경재·조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1) : 1-23.
15. 박인협·이경재·조재창(1988) 치악산국립공원의 삼림군집구조 — 구룡사 비로봉지역을 중심으로 —. 응용생태연구 2(1) : 1-9.
16. Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 165pp.
17. 任慶彬. 1985. 新橋造林學原論. 鄉文社. 서울. pp213-216.
18. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogra. 26 : 1-80.