

# 소백산국립공원 천동계곡의 식물군집구조분석<sup>1</sup>

이경재<sup>2</sup> · 조 우<sup>3</sup> · 조재창<sup>4</sup>

## Analysis on the Plant Community Structure of Chundong Valley in Sobaeksan National Park<sup>1</sup>

Kyong-Jae Lee<sup>2</sup> · Woo Cho<sup>3</sup> · Jae-Chang Jo<sup>4</sup>

### 요 약

소백산 천동계곡 삼림의 식물군집구조분석을 위하여 20개소에 조사구(1개조사구당 20×25m)를 설정하고 식생 조사를 실시하여 얻은 자료에 대하여 TWINSpan에 의한 classification과 DCA ordination기법을 적용하여 분석하였고 환경인자와 식생과의 관계를 CCA기법으로 분석하였다. TWINSpan 과 DCA에 의하여 4개 군집인 소나무군집, 굴참나무-신갈나무-소나무군집, 신갈나무군집, 물푸레나무군집으로 분리되었다. 교목상층군의 천이는 소나무→신갈나무, 굴참나무→물푸레나무로 추정되었다. CCA에 의한 ordination분석에서는 토양내의 pH, 유기물함량, Ca<sup>++</sup>함량, Mg<sup>++</sup>함량과 제 1, 2축과의 상관성이 인정되었고, 유기물, Mg<sup>++</sup>함량과 물푸레나무군집 그리고 pH와 소나무군집과의 상관관계가 인정되었다. 그러나 환경인자와 수종과의 관계는 명료하지 않았다.

### ABSTRACT

A survey of the Chundong valley forest in Mt. Sobaek was conducted using 20 sample plots of 500m<sup>2</sup> size. The classification by TWINSpan and DCA, CCA ordination techniques were applied to the study area in order to classify them into several groups based on woody plants and environmental variables. By TWINSpan techniques, the plant community were divided into four groups. The dividing groups are *Pinus densiflora* community, *Quercus variabilis* - *Q. mongolica* - *P. densiflora* community, *Fraxinus rhynchophylla* community. The successional trends of tree species by DCA ordination techniques and DBH class distribution analysis seems to be from *P. densiflora* through *Q. mongolica*, *Q. variabilis* to *F. rhynchophylla*. The correlation between the score of first two axes and soil pH, soil humus, soil calcium concentration, soil magnesium concentration was significantly positive in CCA ordination. The positive correlation between the score of first two axes of *F. rhynchophylla* community and soil humus, soil magnesium concen-

1 접수 12월 20일 Received on Dec. 20, 1992

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

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Univ., Seoul, 130-743, Korea

4 서울대학교 대학원 Graduate School, Seoul National Univ., Suwon, 440-774, Korea

tration and between ones of *P. densiflora* community and soil pH were calculated. But there is no correlation between species and environmental variables.

*Key Words* : TWINSPAN, DCA, CCA, Plant community structure, Environmental variables

## 서 론

소백산은 1987년 12월 14일 18번째로 지정된 국립공원으로써 동경 128° 20' ~ 128° 45', 북위 36° 50' ~ 37° 7'에 걸쳐 위치하고 있으며 행정구역상으로는 경상북도와 충청북도의 2도 3군 9읍면에 걸쳐있는, 산악형국립공원중 지리산, 설악산 다음으로 우리나라에서는 세번째로 면적이 넓다( 320. 5km<sup>2</sup>). 소백산의 주맥은 주봉인 비로봉(1,439m)을 중심으로 동북측으로 국망봉(1,421m), 신선봉(1,380m), 형제봉(1,177m)이 뻗어있고 서남측으로는 제 1연화봉(1,394m), 제 2연화봉(1,357m)에 이르는 고산준령을 이루고 있다.

특히 비로봉의 주목군락은 1970년 6월 천연기념물 제 244호로 지정되었으며, 연화봉주변 능선의 철쭉군락, 산솨다리군락과 모데미풀, 금강초롱 등 우리나라에서는 멸종위기에 있는 식물이 분포하고 있으며, 총 86과 481종의 식물상이 보고(건설부, 1987) 되어, 그 면적과 지형조건상 자연생태계에 대한 자원이 풍부할 것으로 추정되나 아직까지 식물상 조사 이외의 종합적인 연구가 이루어지지 않아 소백산 삼림생태계에 대한 정보가 빈약한 실정이다. 또한 본 조사지역인 천동계곡지구는 국유림지가 대부분으로 국유림내 임목의 대부분이 1959년 농림부에서 영양산업자에게 매각하여 벌채된 곳(건설부, 1987)으로 원식생은 남아있지 않으나 벌채후 2차천이가 일어나 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 물푸레나무 등의 식생이 주수종을 이루고 있다.

본 연구는 생물다양성확보측면에서 그 가치가 높은 소백산국립공원지역중 벌채후 30여년이 지난 천동계곡의 식물군집상태를 파악하고 앞으로의 생태적천이를 예측함으로써 국립공원자원관리의 기초자료 제공을 목적으로 하여 수행하였다.

## 조사지설정 및 방법

### 1. 조사지 설정

해발 450m지점의 소백산국립공원 북부관리사무소에서 시작하여 해발 760m에 이르는 천동계곡의 등산로 주변에 조사지를 Figure 1과 같이 20개소를 설정하였

다.

각 조사지에 20m × 25m 방형구 1개씩을 설치하여 그 면적을 500m<sup>2</sup>로 하였으며 조사 시기는 1992년 8월이었다.

### 2. 환경요인조사

각 조사구의 환경요인은 일반적개황과 토양의 이화학적성질을 조사·분석하였다. 일반적인 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 교목상층군의 평균수고, 평균흉고직경 및 울폐도를 측정하였다. 토양의 이화학적성질은 조사구별로 3개소를 택하여 Ao층을 건어내고 표층으로부터 15cm정도의 깊이에서 토양을 채취·혼합하여 음건시킨 후 실험실에서 토양산도, 유기물함량, 수분함량, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>함량을 분석하였다. 이상의 분석은 농업기술연구소(1988)의 방법에 준하였다.

### 3. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구내에 있는 DBH 2cm이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종 및 DBH를 측정하였으며(박, 1985), 층위는 교목상층, 교목하층, 관목층으로 구분하였다. 측정된 자료는 Curtis & McIntosh(1951), Pielou(1975)의 방법으로 상대우점치와 종다양도를 구하였다. 식생자료를 통해 얻은 합성치로 classification은 TWINSPAN(Hill, 1979b), ordination은 DCA방법(Hill, 1979a)을 이용하였고, 식생과 환경과의 상관관계분석에는 Ter Braak(1987)의 CANOCO를 사용하였다. 이상의 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 PDAP와 SPSS/PC<sup>+</sup>를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 조사지 개황

소백산국립공원의 정상부근에 위치한 천문관측소(1,383m)에서 측정한 1991년의 기상자료에 의하면 연평균기온은 4.5°C이며 온량지수는 45.2°C, 한랭지

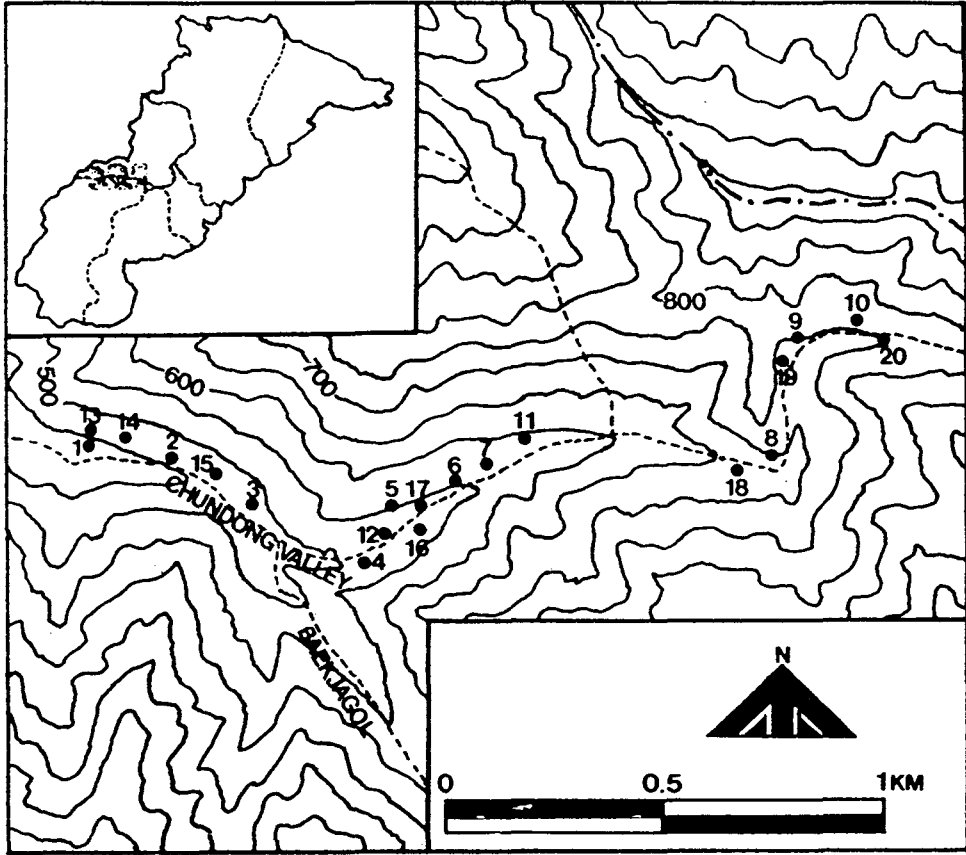


Figure 1. Location of the survey area in Chundong valley, Mt. Sobaek.

수는  $-56.7^{\circ}\text{C}$ 로 해발고가 100m올라감에 따라 기온은  $0.55^{\circ}\text{C}$  감소한다는 이론에 의하면 본 조사지역은 연평균기온이 약  $7.8\sim 9.8^{\circ}\text{C}$ 에 이른다. 따라서 소백산은 임(1989)이 구분한 수평적삼림대구분에 의하면 온대중부림에 해당하여 소나무, 참나무류, 서어나무, 층층나무, 물푸레나무 등이 주요수종으로 나타나는 지역이다. TWINS PAN에 의해 분리된 군집의 각 조사구의 일반적개황을 나타낸 것은 Table 1이다. 군집 A는 해발 540~630m에 위치하는 조사구들로 교목상층군의 평균수고는 7~10m이고 평균 DBH는 17~20cm이며 500m<sup>2</sup>당 출현하는 평균수종수는 23종이었다. 군집 B는 해발 450~700m에 이르며 교목상층군의 평균수고는 8~14m, 평균 DBH는 12~20cm이었고 500m<sup>2</sup>당 출현하는 평균수종수는 23종이었다. 군집 C는 해발고도가 비교적 높은 조사구들로 해발 660~760m에 조사구가 위치하고 있다. 교목상층군의 평균수고는 10~18m, 평균 DBH는 15~20cm이었고

500m<sup>2</sup>당 출현하는 수종수는 22종이었다. 군집 D의 조사구들은 해발 465~750m에 위치하며 교목상층군의 평균수고는 9~18m에 이르고 평균 DBH는 10~15cm이며 500m<sup>2</sup>당 출현하는 평균수종은 16종으로 가장 적었다. 전체적으로 살펴보면 본 조사구들은 비교적 계곡폭이 좁은 천동계곡의 남서사면에 위치하며 조사구들의 해발고차는 심하지 않았다.

## 2. 조사구들의 classification과 ordination 분석

20개 조사구에 대하여 TWINS PAN에 의한 classification 분석을 실시한 것은 Figure 2이며, TWINS PAN에 의해 분리된 조사구별로 주요수종에 대한 평균 I. V.를 정리한 Table 2이다. Classification의 분석결과를 살펴보면 제 2 division에서는 4개의 그룹으로 나뉘었는데 이는 소나무가 우점종인 군집(군집 A)

Table 1. Description of the physical feature and the stratum of each plot by TWINSpan in Chundong valley, Mt. Sobaek.

Community	A				B				C				D								
	5	7	11	12	8	1	6	2	3	15	13	10	16	9	17	18	4	14	19	20	
Altitude(m)	540	570	600	630	700	450	560	460	460	460	450	760	652	750	600	670	520	465	720	750	
Aspect	SW	SW	SE	SW	NW	SW	SE	SW	SW	SE	SW	SE	NW	SE	SW	SW	NW	SW	SW	S	
Slope(°)		5	10	10	5	5	15	5	10	5	60	20	10	45	10	15	20	5	25	12	12
Height of tree layer(m)	7	10	9	9	10	12	13	10	8	11	14	10	18	10	15	13	9	12	18	16	
Mean DBH of tree layer(cm)	17	20	20	20	20	20	20	15	10	12	15	15	20	15	15	17	10	11	15	15	
Height of subtree layer(m)	6	8	7	6	8	8	8	6	6	7	7	6	9	6	8	7	6	3	15	14	
Cover of subtree layer(%)	60	50	60	40	50	50	50	70	60	30	50	90	40	90	60	70	60	20	50	30	
Height of shrub layer(m)	4	4	4	4	4	3	4	3	3	1.5	0.9	4	1.5	4	1	0.7	3	1	0.7	1	
Cover of subtree layer(%)	40	50	40	40	40	50	40	40	40	20	20	50	20	50	30	30	40	10	20	15	
Number of woody species	18	17	25	23	17	24	25	28	29	21	19	24	18	25	25	19	22	15	14	12	

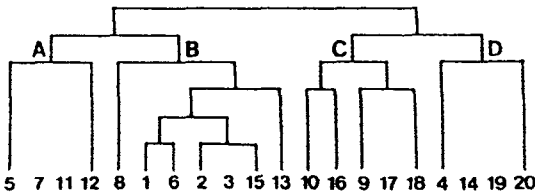


Figure 2. Dendrogram of TWINSpan stand classification of twenty plots in Chundong valley, Mt. Sobaek.

과 소나무와 굴참나무, 신갈나무가 경쟁하는 굴참나무-신갈나무-소나무군집(군집 B)으로써 천이단계상 2차천이 초기의 상태를 보이는 군집으로 분리되었고, 또한 신갈나무군집(군집 C), 물푸레나무군집(군집 D)으로 나뉘어졌다.

일반적으로 TWINSpan에 의해 군집이 분리될 때 환경인자가 작용을 하게 되는데 이중 토양습도(Hung and Moral, 1988; Taylor et al, 1987; 이 등, 1990a), 토양습도와 해발고(이 등, 1989; 이 등, 1990b; 이 등, 1991a), 사면(이 등, 1990b), 산불(Allen and Partridge, 1988) 등이 환경인자로서 classification에 영향을 주어 군집이 분리가 되는 것으로 보고되었으나 본 조사지에서는 벌채후 30여년 밖에 지나지 않았고 식생의 입지조건이 유사한 관계로 인해 환경인자에 의한 군집분리가 명확하지 않았다.

Table 2에 의하면 군집 A는 4개의 조사구가 포함되며 교목상층군에서 소나무의 평균 I.V.는 40.49%로써 소나무가 우점종인 군집이고 물푸레나무(평균 I.V. 15.19%)가 부수종을 이루고 있다. 일반적으로 소나무는 척박하고 건조한 토양조건에서, 물푸레나무는

습윤지에서 생육하고 있는 생태적 niche가 서로 다른 것으로 알려져 있는데(이 등, 1989), 군집 A에서 이 두 수종의 평균 I.V. 값이 높게 나타나는 것은 본 조사 지역이 계곡을 가까이 끼고 있는 관계로 토양의 습윤 정도는 높았으나 2차천이의 역사가 짧아 종의 분리현상이 두드러지지 않은 것으로 생각된다. 군집 B는 7개의 조사구가 포함되는 군집으로 교목상층군에서는 굴참나무(평균 I.V. 16.76%), 신갈나무(평균 I.V. 14.37%), 소나무(평균 I.V. 14.36%)가 우점종이며 교목하층군에서는 쪽동백나무의 평균 I.V.가 8.80%로써 주요 수종이었다. 군집 C는 5개의 조사구가 포함되며 신갈나무의 교목상층과 교목하층에서의 I.V.는 각각 38.46%, 15.98%이고 평균 I.V.는 29.47%로써 우점종이며 소나무와 물푸레나무의 교목상층 I.V.는 각각 16.92%, 8.77%, 교목하층의 I.V.는 각각 0.17%, 26.36%로써 신갈나무가 전체적으로 우점종이었고 교목하층에서는 물푸레나무가 우점수종이었다. 군집 D는 4개의 조사구가 포함되며 교목상층군에서는 물푸레나무의 평균 I.V.가 25.30%로써 우점종이었고 신갈나무(평균 I.V. 15.91%), 고로쇠나무(평균 I.V. 13.81%)가 부수종이었고, 교목하층군에서는 함박꽃나무(평균 I.V. 9.29%)가 우점종이었다. 20개 조사구에 대하여 DCA에 의한 ordination방법을 적용하여 분석한 내용을 그림으로 나타낸 것이 Figure 3이다. DCA분석결과 제 1축과 제 2축의 eigenvalue는 각각 47.7%, 27.0%로써 total valance에 대한 집중률이 높아 DCA기법 이용의 타당성이 인정되었다. Figure 3에 의하면 본 조사지는 classification분석과 유사하게 군집이 분리되어 왼쪽부터 신갈나무군집, 물푸레나무군집, 굴참나무-신갈나무-소나무군집, 소나무군집이 위치하고 있고 DCA 제 2축의 상단부에 다른 군집

Table 2. Importance values of major woody species in each plot for classification type TWINSpan.

Community	A				B						C					D				
	5	7	11	12	8	1	6	2	3	15	13	10	16	9	17	18	4	14	19	20
<i>Pinus densiflora</i>	56.49	30.72	12.61	41.57	36.24	0.52	26.02		12.13	19.09	2.81	3.77	22.01		4.26	13.94				
<i>Quercus variabilis</i>			0.27	1.03	2.38	25.42	3.40	25.40	13.95	24.29	23.59	10.01		0.60	0.47				1.15	12.45
<i>Q. mongolica</i>	0.94	0.68		1.72	6.83	23.40	8.08	1.28	34.22	4.82	4.65	46.90	34.86	28.41	9.28	17.92	16.48	9.23	21.32	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	13.11	37.43	4.74	5.71	10.83	16.37	14.89	14.62	7.71	15.39	21.15	3.23	2.02	0.90	3.42	17.95	19.26	40.58	11.51	37.99
<i>F. mandshurica</i>		0.98	2.52			2.65	6.22							0.15			1.93			
<i>F. sieboldianum</i>				2.14				0.27	0.57			3.44	5.64	0.15						
<i>Cornus controversa</i>	2.71	16.27	16.64	0.50	5.28		0.18		1.72	1.78		0.17	2.51	0.92	4.97				5.01	
<i>Ulmus macrocarpa</i>	6.92	2.53	8.71	5.48	2.06	0.68	2.42	7.84	0.17	4.86	3.28	1.76	1.57	5.35	12.60	14.68	10.49	11.13	5.47	6.70
<i>Prunus sargentii</i>	2.25		8.15	2.82		1.16	12.07	13.61	1.26	8.05		1.71	5.34	1.41	2.78	4.34	3.26	0.48		
<i>Acer mono</i>			4.19	16.15		0.28	0.38	0.19	0.24	0.62		2.23	1.06	7.07	8.19	3.96	15.19	10.62	19.66	11.22
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>								3.06		0.47		5.11	5.21		0.33		1.27	4.96	7.73	
<i>Styrax obassia</i>	1.05	0.85		1.82	17.72	6.17	1.31	4.65	15.26	4.53	14.51	8.52	2.02	39.77	20.33	2.44	1.63	7.31		
<i>Magnolia sieboldii</i>								1.87	2.98	2.61					4.58		16.12		9.18	9.90
<i>Lindera obtusiloba</i>			3.12	0.67			2.91	6.23		0.62	1.37	1.39	4.64	0.50	1.92	8.66	1.02	2.10	5.40	3.99
<i>Rhus tricarpa</i>	0.19			0.46	2.57	0.28	0.43	0.60	2.97	0.72		0.17	2.42	0.40	1.48	1.24	2.49			
<i>Lespedeza maximowiczii</i>		0.21	0.66	2.01	2.08	0.97	0.36	0.58	0.96			1.76	4.53	4.58	0.92	0.37	0.27			
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	1.69	0.33	0.64	4.06		1.19	0.48	1.98	0.34	0.99	3.67	0.24		0.89			0.61			

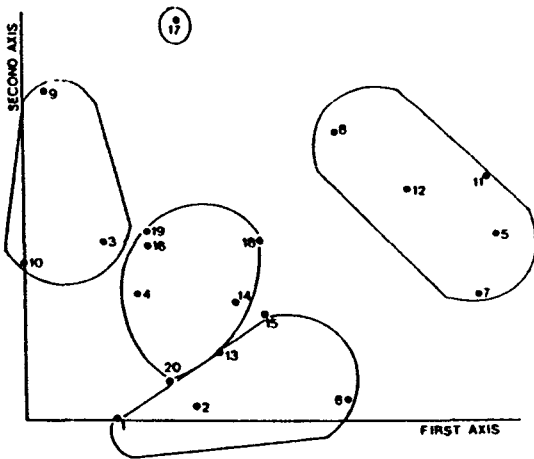


Figure 3. DCA ordination of sample plots in Chundong valley, Mt. Sobaek.

과 동떨어져 쪽동백나무-거제수나무군집이 위치하는 것이 TWINSpan의 내용과 다른 부분이었다.

환경구배에 따른 인접한 두 군집사이에 있어서 종구성의 변이로써 정의되는 beta diversity(Kimmins, 1987)의 측면에서 살펴보면 본 조사지의 ordination 제 1축과 제 2축의 S.D.(standard deviation)는 각각 2.1과 1.83으로써 그 값이 낮았는데, Gauch & Whittaker(1972)는 S.D. 값이 4.0에 접근할수록 군집간

에 공통종이 없는 종의 분화가 완전히 이루어져 천이의 경향을 확실히 예측할 수 있으나 S.D. 값이 2.0과 비슷할 때는 종의 구성이 유사하여 천이의 경향이 불확실하게 나타난다고 보고하였다. 따라서 본 조사지는 벌채후 삼림천이의 역사가 짧아 군집간 종구성이 유사하게 나타난 결과로 천이의 경향을 확실히 예측하기는 힘들 것으로 보인다. 그러나 기존의 연구에서 밝혀진 천이의 경향과 본 조사지의 ordination결과를 종합해 살펴보면 소나무군집→굴참나무-신갈나무-소나무군집→신갈나무군집→물푸레나무군집단계까지 식생천이의 경향을 예측해 볼 수 있겠다.

### 3. 각 군집의 흉고직경급별 빈도분포와 종다양성

TWINSpan에 의해 분리된 4개의 군집별로 4개씩의 조사구(단위면적 2,000m<sup>2</sup>)를 추출하여 흉고직경급별빈도분포를 나타낸 것이 Figure 4이다. 기왕의 연구결과에서는 흉고직경급별 빈도분포로 생태적 천이과정을 추론할 수 있다고 하였는데(박, 1985; 이 등, 1989, 1990a, 1990b, 1990c, 1991b) 본 조사지에서의 흉고직경급별 빈도분포를 살펴보면 다음과 같다.

군집 A에서는 소나무가 DBH 2~7cm 에서 18주로서 물푸레나무(156주)보다 작을 뿐 모든 직경급별에서 가장 많은 개체수를 나타내고 있다. 따라서 당분간은 계속해서 소나무군집으로 지속되리라 보여지며 이

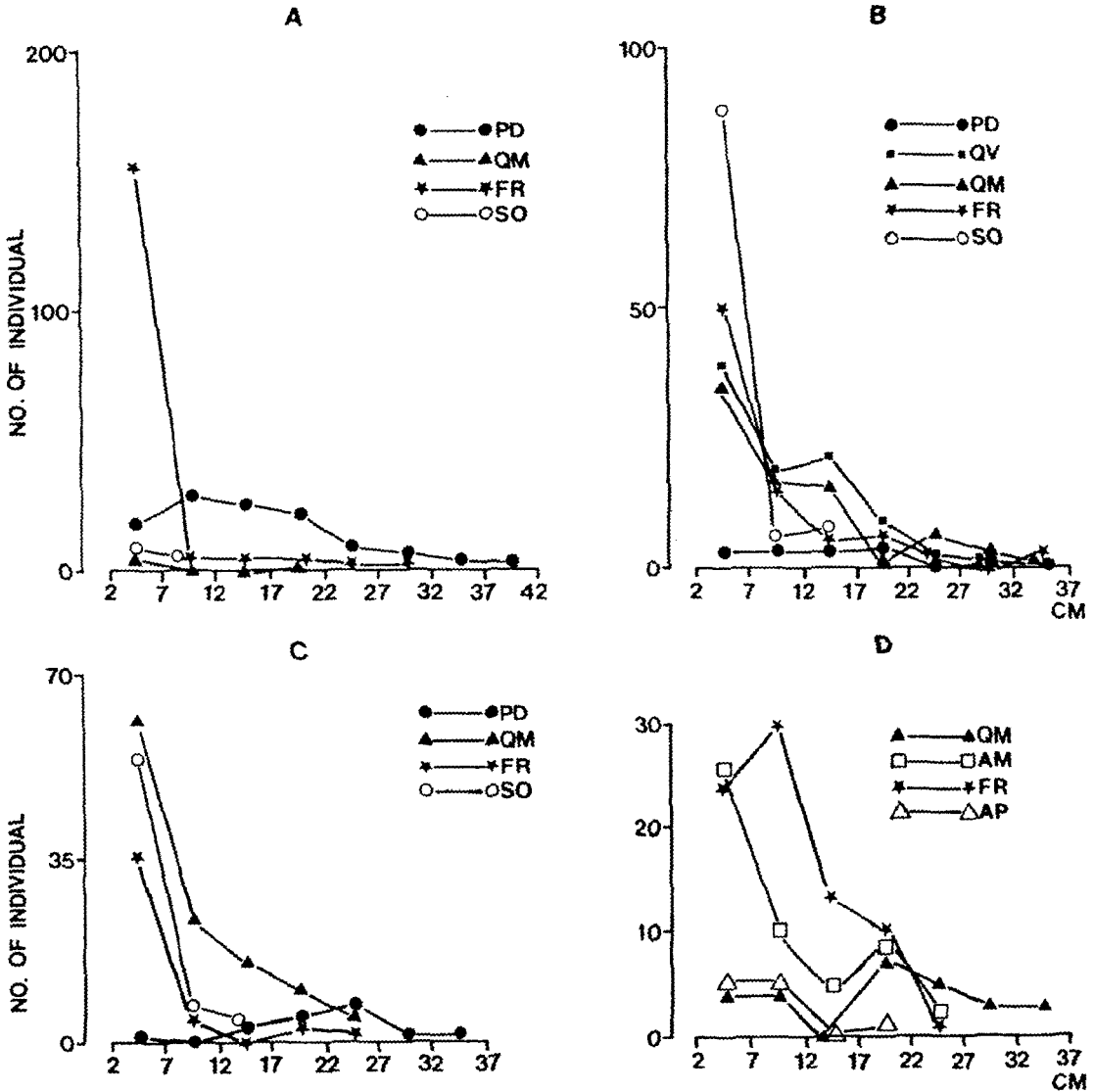


Figure 4. DBH class distribution of major woody species in each community for classified by TWINSPAN. (PD: *Pinus densiflora*, QM: *Quercus mongolica*, QV: *Q. variabilis*, FR: *Fraxirus rhynchophylla*, SO: *Styrax obassia*, AM: *Acer mono*, AP: *A. pseudo-sieboldianum*)

와함께 물푸레나무가 주요경쟁 수종으로 등장할 것으로 보인다. 군집 B는 굴참나무와 신갈나무가 각 직경 급별에서 골고루 높은 개체수를 보이고 있고 소나무는 그 세력이 약화되고 있다. 또한 군집 A에서와 같이 물푸레나무가 DBH 2~7cm, 7~12cm에서 높은 개체수로 출현하고 있으며, DBH 2~7cm에서 쪽동백나무가 가장 많이 출현하고 있으나 수목성상상 군집의 우점수종을 차지하기 힘들 것이므로 굴참나무와 신갈나무

집종의 군집은 물푸레나무 우점종의 군집으로 변화되리라 생각된다. 군집 C는 신갈나무가 전 직경급에서 높은 출현율을 보이고 있으며 소나무는 거의 도태된 상태이었고 물푸레나무는 DBH 2~7cm에서 높은 출현율을 보이고 있다. 군집 D는 DBH 2~7cm에서 고로쇠나무의 개체수가 가장 많고 DBH 7~22cm에서는 물푸레나무의 개체수가 가장 많이 나타나고 있다. 신갈나무는 DBH 22cm 이상경급에서 가장 많은 개체

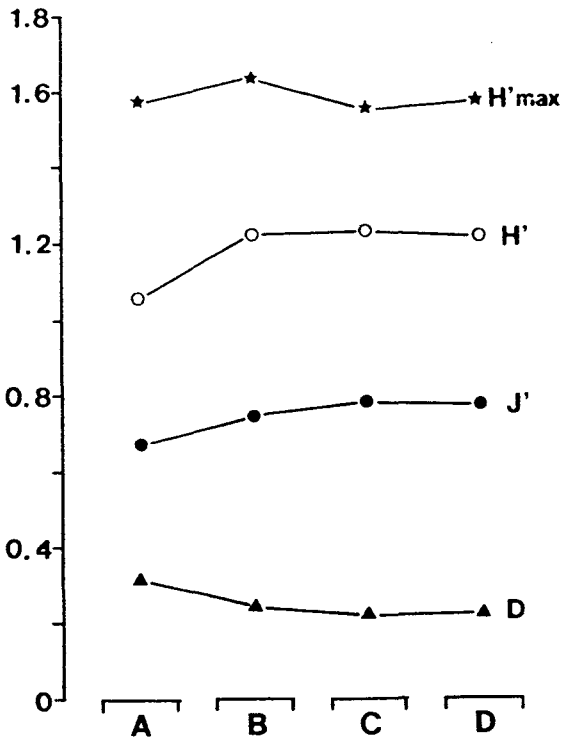


Figure 5. Values of various diversity in each community for classified type by TWINSpan. (H' : species diversity, H' max : maximum of species diversity, J' : evenness, D : dominance)

수이나 그 이하에서는 물푸레나무보다 출현율이 적어 물푸레나무우점종인 군집으로 계속 유지될 것으로 보인다. 또한 타군집과 달리 물푸레나무와 함께 고로쇠나무의 출현 개체수가 높은 것으로 보아 물푸레나무와 고로쇠나무는 동일 생태적지위를 가지는 수종이었다.

Figure 5는 각 군집별(단위면적 2,000m<sup>2</sup>)종다양성을 계산한 것이다. 군집 A의 종다양도(H')가 1.06으

로써 가장 낮은 값을 나타내었고 군집 B, C, D는 1.21~1.22의 범위를 보여 서로 유사한 값을 보였다. 우점도(D)에 있어서는 0.22~0.33으로써 낮은 수치이었는데 특별히 군집구조를 지배하는 수종이 없는 각 군집에서 수종간의 경쟁이 심하기 때문이다. 최대종다양도(H' max)에 대한 종다양도(H')의 값이 높을수록 안정상태에 도달된 숲이라 하였는데(이 등, 1990a, 1990b) 본 조사지에서는 그 값이 군집 A에서 가장 낮았고 군집 C에서 가장 높았다. 그러나 군집 A를 제외하고는 군집 B, C, D의 값은 유사하여 아직까지 천이 진행이 계속되고 있는 안정상태에 이르지 못한 삼림으로 판단된다.

#### 4. 수종의 classification 및 ordination 분석

각 조사구에서 출현한 수종중 출현빈도가 5회이상 되는 주요수종에 대한 TWINSpan에 의한 classification 및 DCA ordination 분석 내용을 Figure 6, 7과 같이 도시하였다. 교목상층은 classification 분석에서 고로쇠나무, 신갈나무, 물푸레나무, 소나무, 굴참나무 등이 각각 독립적으로 분리되었으며 ordination에서는 제 1축이 신갈나무와 굴참나무의 group, 물푸레나무, 들메나무, 고로쇠나무, 층층나무의 group 그리고 소나무의 group으로 분리되었으며 제 2축에서는 다시 물푸레나무와 들메나무의 group과 고로쇠나무, 층층나무의 group으로 분리되어 ordination에 의한 수종 분리가 더 명확하였다. 따라서 조사구에 의한 군집 분석, 군집별 직경급에 따른 주수분포와 종합해서 살펴 보건데 본 조사지는 교목상층에서 소나무→신갈나무, 굴참나무→물푸레나무로의 천이를 예측할 수 있겠다.

이같은 결과는 박 등(1987)이 밝힌 북한산삼림의 천이과정이 교목상층에서 소나무→굴참나무, 팔배나무, 산벚나무→신갈나무→들메나무, 물푸레나무 순

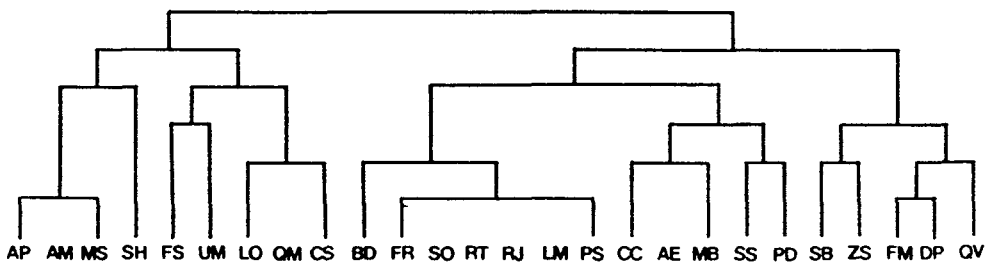


Figure 6. Dendrogram of TWINSpan species classification of twenty-six woody species. (Legends of woody trees referred Figure 7.)

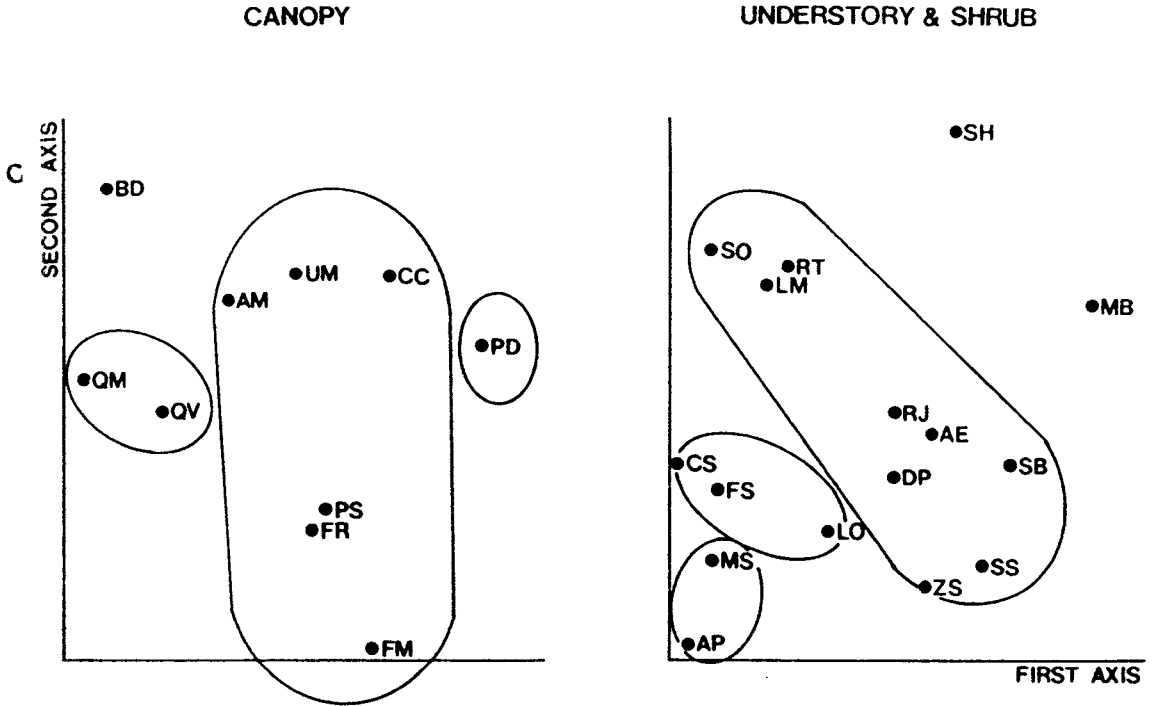


Figure 7. Species ordination on the first two axes, using DCA.

(PD : *Pirus densiflora*, SH : *Salix hullenii*, BD : *Betula davurica*, CS : *Corylus sieboldiana*, QV : *Quercus variabilis*, QM : *Q. mongolica*, UM : *Ulmus macrocarpa*, MB : *Morus bombysis*, MS : *Magnolia sieboldii*, LO : *Lindera obtusiloba*, DP : *Deutzia prunifolia*, PS : *Prunus sargentii*, LM : *Lespedeza maximowiczii*, ZS : *Zanthoxylum schinifolium*, SS : *Securinega suffruticosa*, RJ : *Rhus japonica*, RT : *R. tricarpha*, SB : *Staphylea bumalda*, AM : *Acer mono*, AP : *A. pseudo-sieboldianum*, AE : *Aratia elata*, CC : *Cornus controversa*, SO : *Styrax obassia*, FM : *Fraxinus mandshurica*, FR : *F. rhynchophylla*, FS : *F. sieboldiana*)

으로 진행된다는 것과 유사하였으나 그동안 연구되어 온 우리나라 자연림에 대한 천이진행의 단계가 소나무 → 참나무류(졸참나무, 갈참나무 등) → 서어나무 → 까치박달나무로 추정된 (강과 오, 1982; 박 등, 1988, 1991; 이 등, 1989, 1990a, 1990b, 1990c) 것과는 다른 결과인데 앞으로 계속적인 조사를 하여 상호비교를 해야 할 것이다.

교목하층 및 관목층에서의 천이계열추정은 2차천이 초기에 나타나는 수종들인 개울나무, 붉나무, 참개암나무, 두릅나무, 산초나무, 조록싸리의 group → 참개암나무, 쇠물푸레나무, 생강나무의 group → 함박꽃나무와 당단풍나무의 group으로 추정되었다.

Table 3은 본 조사지에서 출현한 주요수종의 상대우점치에 의한 상관관계를 계산한 것이다. 교목상층군에서는 물박달나무-물푸레나무, 왕느릅나무-충충나무가 1%수준에서 정의 상관성이, 왕느릅나무-산벚나무, 들박달나무-산벚나무가 5%수준에서 정의

상관성이 인정되었다. 교목하층 및 관목층에서는 함박꽃나무-생강나무, 붉나무-광대싸리가 1%수준에서, 붉나무-산초가 5%수준에서 정의 상관성이 인정되었다. 쪽동백나무와 개울나무는 5%수준에서 부의 상관성이 인정되었다.

### 5. 환경인자의 분석

각 조사구의 종조성변화에 관련되는 환경요소를 판단하기 위하여 6개 환경인자의 분석치를 5단계로 나누어(Table 4) DCA기법을 이용하여 제 1, 2축에 도시한 것이 Figure 8이고 각 환경인자의 값과 DCA의 제 1, 2축 score와의 상관관계를 나타낸 것이 Table 5이다.

Figure 8에 따르면 소나무군집, 신갈나무군집, 굴참나무-신갈나무-소나무군집, 신갈나무군집 등은 토양내 유기물함량, Ca<sup>++</sup>함량, Mg<sup>++</sup>함량 등의 양로



Table 3. Correlation among the major woody species of importance values in Chundong valley, Mt. Sobaek.

	PD	BD	QV	QM	UM	MS	LO	PS	LM	ZS	SS	RJ	RT	AM	AP	AE	CC	SO	FR	
BD	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
QV	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
QM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
UM	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LO	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PS	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
LM	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ZS	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
RJ	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
RT	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
AM	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
AP	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
AE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CC	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SO	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
FR	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.
FS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+

1.1-tailed signifi. -, + : 5%, --, ++ : 1% level

2.PD : *Pinus densiflora*, BD : *Betula davurica*, QV : *Quercus variabilis*, QM : *Q. mongolica*, UM : *Ulmus macrocarpa*, MS : *Magnolia sieboldii*, LO : *Lindera obtusiloba*, PS : *Prunus sargentii*, LM : *Lespedeza maximowiczii*, ZS : *Zanthoxylum schinifolium*, SS : *Securinega suffruticosa*, RJ : *Rhus japonica*, RT : *R. tricolorpa*, AM : *Acer mono*, AP : *A. pseudo-sieboldianum*, AE : *Aralia elata*, CC : *Cornus controversa*, SO : *Styrax obassia*, FR : *F. rhynchophylla*, FS : *F. sieboldiana*

Table 4. Ratings of representing ranges of environmental variables.

Rating	Soil moisture(%)	Soil humus(%)	Soil pH	Exch. cations(m.e. /100g) in soil		
				K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
1	<16.33	<4.36	<5.44	<1.66	< 9.73	<0.24
2	16.33-24.47	4.36-5.88	5.44-5.67	1.66-2.20	9.73-16.96	0.24-0.34
3	24.48-32.61	5.89-7.40	5.68-5.90	2.21-2.74	16.97-24.19	0.35-0.44
4	32.62-40.75	7.41-8.92	5.91-6.13	2.75-3.28	24.20-31.42	0.45-0.54
5	40.76<	8.93<	6.14<	3.29<	31.43<	0.55<

가 비교적 적은 지위에 주로 분포하고 있으며 물푸레 나무군집은 이들 양료가 많은 지위에 분포하였다.

환경요인의 값과 DCA제 1, 2축의 score간에는 토양 pH와 DCA제 1축에서 정의 상관성이 인정되어 국내의 자연삼림에서 소나무→참나무류→서어나무 등으로 천이가 진행될수록 토양 pH가 증가된다고 발표(강과 오, 1982; 이 등, 1990b, 1991a)된 것과는 상충되는데, 이런 현상은 본 조사지역이 2차천이의 역사가 짧기 때문에 토양의 성질변화도 크지 않기 때문일 것이다.

Ter Braak(1988)은 식생과 환경요인과의 상관관계 분석에는 환경변화에 따라 종을 배열하여 군집구성

과 환경요인에 대한 자료를 분석하는 CCA(canonical correspondence analysis)가 가장 유용하다고 하였는데 CCA를 이용하여 6개의 환경요인과 각 식물군집, 주요수종과의 관계를 나타낸 것은 Figure 9, 10이다.

Figure 9는 각 식물군집과 환경요인들과의 CCA ordination을 제 1, 2축에 나타낸 것으로 제 1축은 토양 pH, 제 2축은 토양내 유기물함량, Mg<sup>++</sup>함량, Ca<sup>++</sup>함량과 높은 상관관계를 보이고 있다. 각군집과 환경요인과의 관계를 살펴보면 토양 pH는 소나무군집에서만 상관성이 인정되고 있는데 소나무군집은 토양 pH가 낮은 곳에 위치하고 있다. 또한 유기물함량,

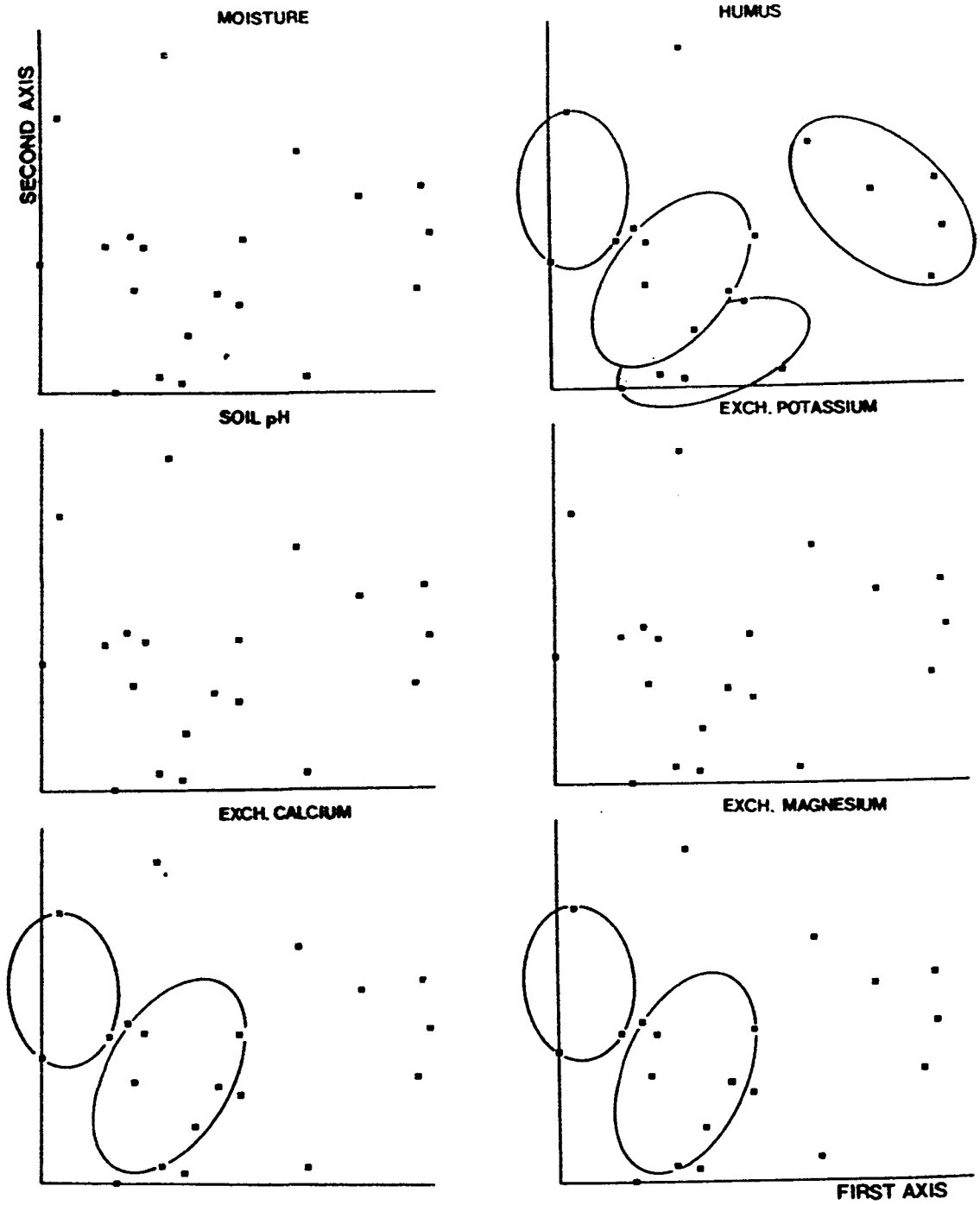


Figure 8. Distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination.

Table 5. Correlation between environmental variables and DCA stand scores of the first and second axes.

	1st axis	2nd axis
Soil moisture	.2123	-.2390
Soil humus	-.2309	.2438
Soil pH	.4504*	.3204
Exchangeable potassium	-.0866	.0488
Exchangeable calcium	-.0197	.3359
Exchangeable magnesium	-.1526	.2772

1-tailed signifi. \* : 5% level

Mg<sup>++</sup>함량은 물푸레나무군집과 상관관계가 인정되고 있으며 타군집과는 환경요인에 따른 관련성이 거의 없는 상태이다.

Figure 10은 주요수종과 환경요인들을 CCA ordination에 의해 제 1, 2축에 배열한 것이다. 각 수종들은 원점을 중심으로 모여있어 환경요인들과 그 상관성이 인정되지 않고 있다.

이상을 종합해 보았을 때 본 조사지는 천이진행의 역사가 짧아 아직 환경인자가 각 군집 및 수종의 입지요인으로 작용하고 있지 못하고 있는 것으로 판단된다.

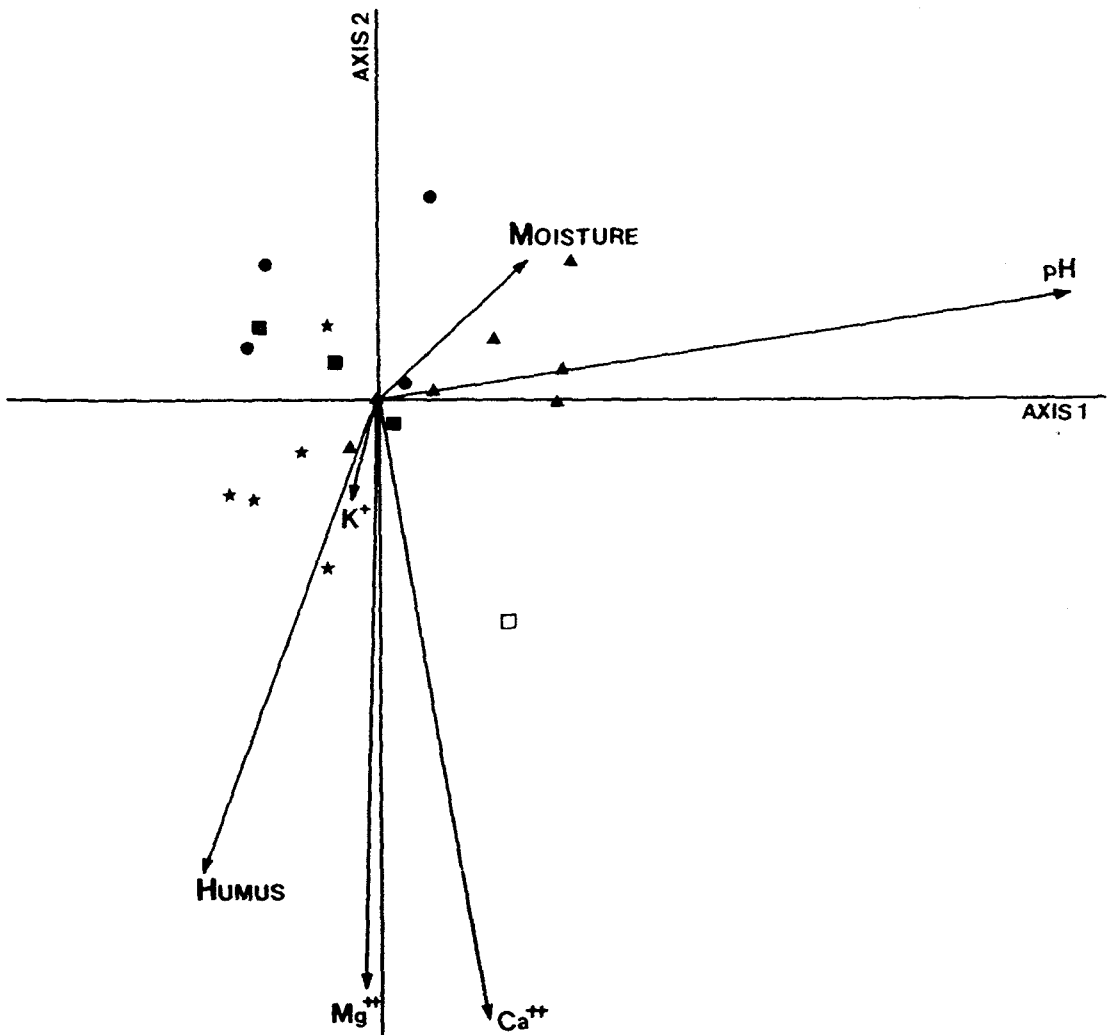


Figure 9. CCA ordination diagram with community(▲, ★, ■, ●, □) and environmental variables(arrows) in Chungdong valley, Mt. Sobaek.  
 (▲: *Pinus densiflora* comm., ★: *Fraxinus rhynchophylla* comm., ■: *Q. monolica* comm., ●: *Q. variabilis*-*Q. mongolica*-*P. densiflora* comm., □: *Styrax obassia* *Betula costata* comm.)

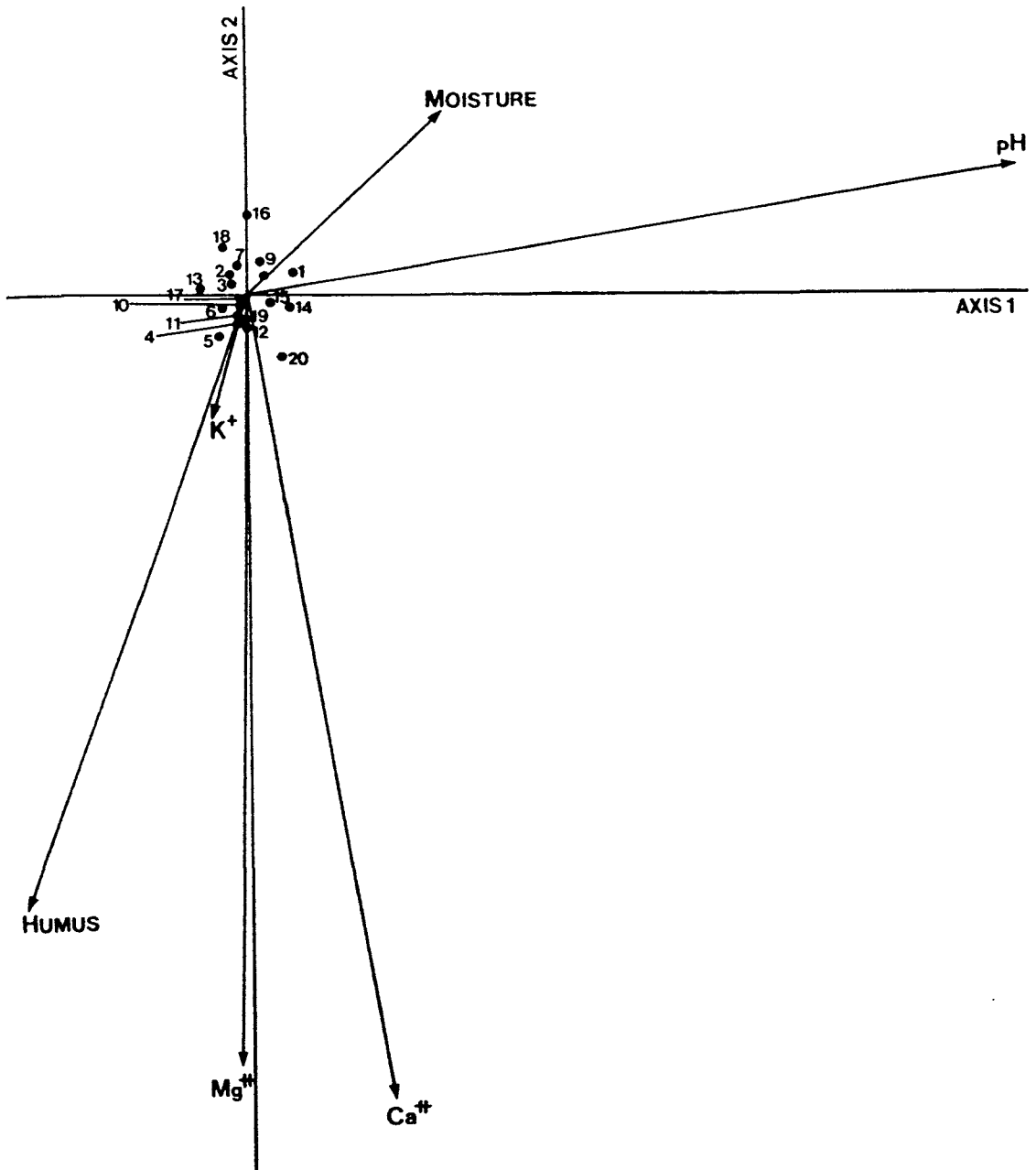


Figure 10. CCA ordination diagram with major woody species(latters) and environmental variables(arrows) in Chungdong valley, Mt. Sobaek.

(1: *Pinus densiflora*, 2: *Quercus variabilis*, 3: *Q. mongolica*, 4: *Ulmus macrocarpa*, 5: *Magnolia sieboldii*, 6: *Lindera obtusiloba*, 7: *Prunus sargentii*, 8: *Lespedeza maximowiczii*, 9: *Zanthoxylum schinifolium*, 10: *Rhus japonica*, 11: *R. tricarpa*, 12: *Acer mono*, 13: *A. pseudo-sieblodianum*, 14: *Cornus controversa*, 15: *Styrax obassia*, 16: *Fraxinus mandshurica*, 17: *F. rhynchophylla*, 18: *F. sieboldiana*, 19: *Betula davurica*, 20: *Salix hultenii*)

## 인용 문헌

1. 강운순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물학회지 25(2) : 83-99.
2. 건설부. 1987. 소백산국립공원후보지 조사 및 공원계획. 건설부. 421쪽.
3. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. - 토양 · 식물체 · 토양미생물 -. 농촌진흥청. 84쪽.
4. 박인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 48쪽.
5. 박인협, 이경재, 조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1) : 1-23.
6. 박인협, 이경재, 조재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조. -구룡사-비로봉지역을 중심으로 -. 응용생태연구 2(1) : 1-9.
7. 박인협, 최영철, 조 우. 1991. 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골계곡의 삼림군집구조에 관한 연구. - Classification 및 Ordination방법에 의한 식생분석 -. 응용생태연구 5(1) : 42-53.
8. 이경재, 조재창, 우종서. 1989. Classification 및 Ordination방법에 의한 가야산 지구의 식물군집구조분석. 응용생태연구 3(1) : 28-41.
9. 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석. 1990a. 광릉삼림의 식물군집구조분석(I) -Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉지역의 식생분석 -. 한국임학회지 79(2) : 173-186.
10. 이경재, 조재창, 류창희. 1990b. Classification 및 Ordination방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집구조분석. 한국식물학회지 33(3) : 173-182.
11. 이경재, 박인협, 조재창, 오충현. 1990c. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(II). -Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석 -. 응용생태연구 4(1) : 33-43.
12. 이경재, 구관효, 최재식, 조현서. 1991a. Classification 및 Ordination 방법에 의한 지리산 대원계곡의 삼림군집구조 분석. 응용생태연구 5(1) : 54-67.
13. 이경재, 류창희, 최송현. 1991b. 지리산아고산대 신갈나무-분비나무림 식물군집 구조분석. 응용생태연구 5(1)32-41.
14. 임경빈. 1989. 신고조림학원론. 향문사. 서울. 491쪽.
15. Allen, R. B. and T. R. Partridge. 1988. Effects of spring and autumn fires on the composition of *Chionochlora rigida* tussock, New Zealand. Vegetatio 76 : 37-44.
16. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
17. Gauch Jr, H. G. and R. H. Whittaker. 1972. Comparison of ordination techniques. Ecology 53 : 868-875.
18. Hill, M. O. 1979a. DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 52pp.
19. 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 Univ., Ithaca, New York, 99pp.
20. Hung, C. and R. Moral. 1988. Plant-environment relationships on the Montlake Wildlife area, Seattle, Washington, U. S. A. Vegetatio 75 : 103-113.
21. Kimmins, J. P. 1987. Forest ecology. N. Y., Macmillan Publishing Company. 531pp.
22. Pieou, E. C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, N. Y., 165pp.
23. Taylor, S. J., T. J. Carleton and P. Adams. 1987. Understory vegetation changes in a *Picea mariana* chronosequence. Vegetatio 73 : 63-72.
24. Ter Braak, C. J. F. 1987. CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2. 1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department Wageningen. 95pp.
25. Ter Braak, C. J. F. 1988. CANOCO-an extension of DECORANA to analyze species-environmental relationships. Vegetatio 75 : 159-160.