

소백산 국립공원 희방계곡의 삼림군집구조분석¹

이경재² · 최송현³ · 조현서⁴

The Analysis of the Forest Community Structure of Hūibang Valley in Sobaeksan National Park¹

Kyong-Jae Lee² · Song-Hyun Choi³ · Hyun-Seo Cho⁴

요 약

소백산국립공원 희방계곡의 삼림군집구조분석을 위하여 25개소에 조사구(1개 조사구당 500m²면적)를 설치하고 식생조사를 실시하여 TWINSpan에 의한 classification 분석과 ordination기법의 일종인 DCA와 CCA를 적용하였다. DCA에 의해 군집은 4개로 분리되었고, 나뉘어진 군집은 소나무군집, 신갈나무-소나무군집, 신갈나무-노각나무-서어나무군집, 신갈나무-당단풍군집이었다. 환경인자와 조사지 및 수종과의 관계를 분석한 CCA에서는 토양환경이 변화되지 않은 2차천이 초기단계를 나타내었다. 두 기법에 의해 추정된 천이과정에서 교목상층은 해발 800m이하에서 소나무→신갈나무, 졸참나무→서어나무(노각나무) 순이었고, 교목하층 및 관목층에서는 진달래, 철쭉, 개웃나무→쪽동백나무, 생강나무→합박꽃나무, 참깨암나무 순으로 추정되었다. 환경인자의 ordination분석에서는 천이가 진행될 수록 수분과 유기물의 토양성질들이 양호하여졌다.

ABSTRACT

To investigate the structure of the forest community of Hūibang valley in Sobaeksan National Park, twenty five plots were set up and surveyed. According to the analysis of classification by DCA, community divided 4 groups. The divided groups are *Pinus densiflora* community, *Q. mongolica*-*P. densiflora* community, *Q. mongolica*-*Stewartia koreana*-*Carpinus laxiflora* community, and *Q. mongolica*-*Acer pseudosieboldianum* community. In the analysis by ordination, CCA which points out the relationship among the environmental variables, species and plots indicated primary step of secondary succession. The successional trends of both techniques seem to be from *P. densiflora* through *Q. mongolica*, *Q. serrata* to *C. laxiflora*(or *S. koreana*) in canopy layer below an altitude of 800 meters, and from *Rhododendron*

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

2 서울시립대학교 문리과 대학 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. 진주농림전문대학 임학과 Dept. of Forestry, Jinju National Agricultural and Forestry Junior College, Jinju, Korea

mucronulatum, *Rh. schlippenbachii*, *Rhus trichocarpa* through *Styrax obassia*, *Lindera obtusiloba* to *Magnolia sieboldii*, *Corylus sieboldiana* in subtree and shrub layer. The positive correlation between the stand ordination scores and soil moisture and soil humus were calculated.

Key words : DCA, CCA, Successional trends, *Stewartia koreana*

서론

소백산국립공원의 지리적 위치는 동경 128° 20' ~ 128° 45', 북위 36° 30' ~ 37° 7'에 걸쳐 있으며, 행정구역상으로는 충청북도 단양과 경상북도 영풍, 봉화에 위치하고 있다. 1987년 12월 14일에 18번째 국립공원으로 지정되었으며, 공원면적은 약 320.5km²이다. 주요한 경관자원으로는 산봉우리로서 비로봉(1439m), 국망봉(1421m), 제 1연화봉(1394m), 제 2연화봉(1375m), 도솔봉(1314m), 신선봉(1389m) 등이 있으며, 계곡은 죽계구곡, 희방계곡, 죽령계곡, 어의계곡 등이 있다(건설부, 1987).

한때 철쭉계로도 유명한 소백산국립공원의 연간 탐방객은 88년 47만 4천명, 89년 89만명, 그리고 90년 91만 8천명으로 89년에 큰 증가율을 보인후 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(환경처, 1991).

소백산국립공원의 식물상은 총 86과 481종에 이르고 있으며, 천연기념물 244호인 주목군락을 비롯하여 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 잣나무 등이 분포하고 있다(건설부, 1987). 소백산의 산림은 과거에 매우 울창하였으나, 1959년 이후 대규모 벌채를 단행하여 현재 대부분의 삼림이 2차천이 단계를 거치고 있는 것으로 여겨지고 있으나 이에 대한 관련자료는 거의 전무한 형편이다.

이에 본 연구는 소백산국립공원 중 탐방객의 이용이 가장 활발한 희방계곡을 중심으로 식물군집구조를 밝혀 삼림생태계의 속성을 파악하고 국립공원의 종합적인 관리에 필요한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

조사지 설정 및 방법

1. 조사지 설정

소백산국립공원 희방계곡의 해발 600~800m구간에 Figure 1과 같이 식물군집구조 조사지를 25개 설정하여, 각 조사지에 20×25m 조사구(plot)를 1개씩 설치하였으며 본 조사는 1992년 8월에 실시하였다.

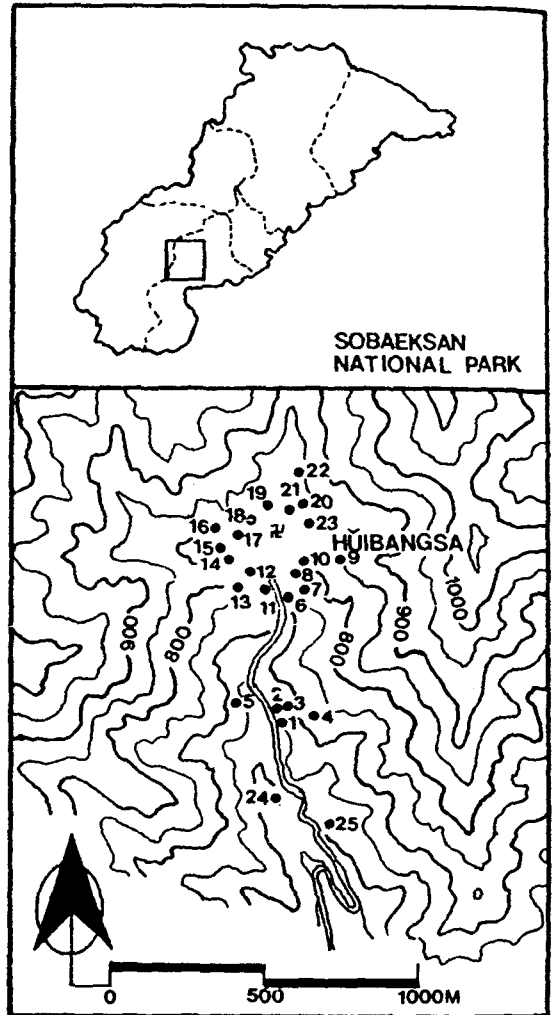


Figure 1. The location map of the survey area of Hujibang valley in Sobaeksan National Park.

2. 환경요인조사

본 조사대상지에 대한 환경요인으로는 일반적 개황과 토양성질을 조사, 분석하였다. 일반적인 개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 수목의 평균수고, 평

균고직경 및 평균올폐도, 조사구에 출현하는 목본종 수를 측정 조사하였다. 토양분석을 위해 각 조사구별로 1kg정도의 시료를 채취, 실험실로 운반하여 토양 산도, 수분함량, 유기물함량, 치환성양이온함량을 측정하였다.

3. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구내에서 흉고직경(DBH) 2cm이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명, DBH를 측정하였으며(박, 1985), 층위는 교목상층, 교목하층, 관목층으로 구분하였다. 측정된 자료는 Curtis & McIntosh(1951), Pielou(1977)의 방법에 따라 상대우점치(importance value : I.V.), 종다양성지수, 유사도지수를 계산하였다. 식생자료를 정리하여 classification은 TWINSPAN(Hill, 1979b), ordination은

DCA(detrended correspondence analysis)방법(Hill, 1979a)과 CCA(canonical correspondence analysis)방법(Ter Braak, 1987)을 이용하였고, 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 PDAP(plant data analysis package)와 SAS package를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

소백산의 연간강우량은 평균 1200mm내외이고 평균기온은 10.4℃이며, 주풍향은 북서풍이다(건설부, 1987). 전체 조사구는 DCA의 군집분리에 의해 4개의 군집으로 분리되었으며, 조사구의 일반적 개황을 Table 1에 나타내었다. 전체조사구가 해발 600~

Table 1. Description of the physical features and the stratum of each plot for classified type by DCA in Mt. Sobaek forest.

Community	I			II								
	25	14	16	3	4	11	12	13	15	23	24	
Plot Number												
Altitude(m)	600	770	800	670	690	770	770	770	780	800	600	
Aspect	S80W	S5W	S30E	S80W	S60W	S20W	S20W	S5W	S10W	N50W	S70W	
Slope(°)	15	10	25	10	10	15	20	10	20	10	10	
Height of tree layer(m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mean DBH of tree layer(cm)	20	30	25	25	20	30	30	20	25	25	30	
Cover of tree layer(%)	85	80	75	85	90	80	75	75	80	80	80	
Height of subtree layer(m)	6	8	6	8	6	7	8	7	8	8	5	
Cover of subtree layer(%)	50	50	40	70	50	50	20	40	50	40	80	
Height of shrub layer(m)	1.5	3	4	3	25	3	3	3	4	4	3	
Cover of shrub layer(%)	50	50	60	70	50	50	70	40	40	30	60	
Number of species	24	17	16	17	12	12	16	10	9	16	17	

Table 1. (Continued)

Community	III										IV			
	1	2	5	6	7	8	9	10	19	21	17	18	20	22
Plot Number														
Altitude(m)	650	660	680	720	760	760	730	730	800	800	800	800	800	800
Aspect	S60W	S80W	S85E	S30E	S40E	S40E	S60E	S60E	S10E	N80W	N70E	N70E	N80W	S10E
Slope(°)	15	15	20	10	5	5	35	20	10	10	15	15	10	20
Height of tree layer(m)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mean DBH of tree layer(cm)	20	20	20	25	30	30	25	20	20	20	20	20	20	20
Cover of tree layer(%)	85	80	90	90	85	90	80	85	80	85	85	70	80	75
Height of subtree layer(m)	6	8	6	8	8	8	6	8	8	7	8	7	7	7
Cover of subtree layer(%)	50	60	50	50	30	40	30	40	50	50	60	60	40	50
Height of shrub layer(m)	1.5	3	25	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4
Cover of shrub layer(%)	50	40	40	40	30	40	20	40	40	40	50	30	40	40
Number of species	24	20	22	28	9	10	9	14	11	16	15	17	13	14

800m사이에 위치하였는데, 군집Ⅳ는 모두 해발고 800m에 위치하였고, 대부분의 조사구가 남사면이었다.

2. 조사구의 classification 및 ordination 분석

25개 조사구에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 분석을 실시한 것이 Figure 2이다. 첫 번째 분리에서 소나무의 유무에 의해 2개의 집단으로 갈라졌고, 소나무가 포함되지 않은 조사구 17, 18, 20, 22는 신갈나무-당단풍군집을 이뤄 더 이상 분리되지 않았다. 나머지 조사구는 두 번째 분리에서 2개의 집단, 세 번째 분리에서 4개의 집단, 네 번째 분리에서 7개의 집단으로 나뉘었다. 조사구 25와 조사구 6은 1개의 조사구가 1개의 집단으로 나뉘는 경우인데 조사구의 속성이 인접조사구와 유사하여 TWINSpan에 의한 분리가 불명확하였다.

Figure 3은 25개 조사구에 대하여 DCA에 의한 ordination 분석을 나타낸 것이다. DCA의 경우 제1축과 제2축의 eigenvalue가 각각 64.0%, 20.3%로서 total variance에 대한 집중율이 높았다. 군집의 분리는 Figure 3과 같이 왼쪽에서부터 소나무군집, 신갈나무-소나무군집, 신갈나무-노각나무-서어나무군집, 신갈나무-당단풍군집의 4개로 나뉘었다. 따라서 본 연구에서는 DCA의 분리가 명확하여 TWINSpan의 분리를 따르지 않고 DCA에 의해 군집 I은 소나무군집, 군집 II는 신갈나무-소나무군집, 군집 III은 신갈나무-노각나무-서어나무군집, 군집 IV는 신갈나무-당단풍군집으로 분리하였다.

DCA에 의해 분리된 조사구별로 주요 수종에 대한 I.V.를 정리한 것이 Table 2이며 Table 3은 층위별 상대우점치를 나타낸 것이다.

군집 I은 조사구 14, 16, 25가 포함되며 주요수종의 평균상대우점치는 소나무가 54.42%, 신갈나무가 24.

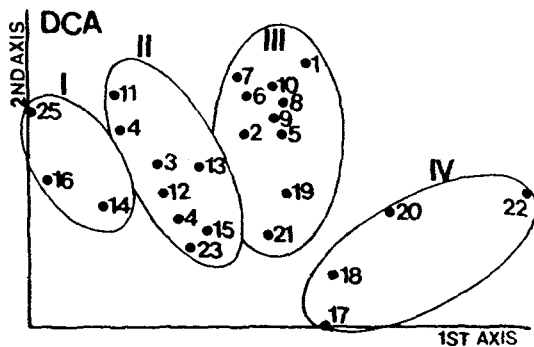


Figure 3. DCA ordination of the sample plots in Hüibang valley of Mt. Sobaek.

51%였다. 층위별로는 상층에서 소나무가 85.55%, 신갈나무가 11.39%로서 소나무 순림이었으나 교목하층에서는 신갈나무 44.20%, 쇠물푸레 16.6%, 소나무 7.73%로 소나무의 세력이 매우 미약하여 신갈나무로 천이가 진행될 것으로 여겨진다.

군집 II는 신갈나무-소나무군집으로서 상층 소나무의 평균상대우점치가 30.03%로 56.76%인 신갈나무에 점차 밀려나고 있다. 교목하층에서도 신갈나무는 23.42%, 소나무 8.92%로 소나무가 도태되어가고 있으며, 쪽동백나무는 17.83%의 값을 보였다. 조사구는 3, 4, 11, 12, 13, 15, 23, 24로 모두 8개가 포함되었다.

군집 III은 신갈나무-노각나무-서어나무군집이며, 조사구 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 21로 10개 속하였다. 주요수종의 평균상대우점치는 신갈나무 26.94%, 노각나무 13.22%, 서어나무 11.43%였다. 군집 I, II와는 달리 서어나무와 노각나무가 세력을 형성하여 신갈나무와 경쟁하고 있다. 층위별로는 상층에서 신갈나무의 우점치가 40.96%로 각각 13.0%, 14.96%인 노각나무, 서어나무보다 단연 우위를 점하고 있으나, 교목하층에서는 노각나무, 서어나무, 신갈나무의 우점치가 각각 13.56, 6.18, 5.9%로 노각나무의 세력이 그 중 강하다. 쪽동백나무와 당단풍이 13.53, 15.75%로

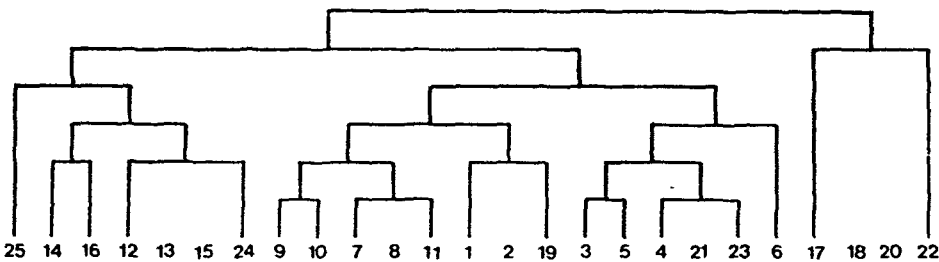


Figure 2. The dendrogram of TWINSpan stand classification of twenty five plots in Hüibang valley of Mt. Sobaek.

Table 2. Importance value of each plot for classified type by DCA in Mt. Sobaek forest.

Community Plot Number	I			II							
	25	14	16	3	4	11	12	13	15	23	24
<i>Pinus densiflora</i>	70.28	35.30	58.20	21.90	13.63	41.04	16.12	2.69	.	18.14	31.43
<i>Carpinus laxiflora</i>	.	.	.	3.96	62.18	13.92	0.39	3.15	.	.	1.95
<i>Quercus mongolica</i>	9.04	38.19	23.47	43.25	1.26	17.19	57.08	57.94	70.77	43.24	31.34
<i>Q. serrata</i>	.	0.28	0.44	1.14	.	6.06	5.53	4.21	8.86	1.57	9.12
<i>Sorbus alnifolia</i>	.	.	.	.	0.52	.	.	.	.	1.59	.
<i>Prunus sargentii</i>	.	2.02	0.30	2.15	0.87	1.61	.	.	0.74	.	0.67
<i>Maackia amurensis</i>	.	0.70	.	0.87	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer mono</i>	1.41	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>A. Pseudo-sieboldianum</i>	.	2.62	1.20	.	.	1.18	.	4.01	1.99	9.78	0.29
<i>Stewartia koreana</i>	0.74	.	.	9.87	3.81	5.65	1.26	0.59	.	0.26	0.58
<i>Fraxinus rhychophylla</i>	1.93	0.21	.	0.26	.	.	.	.	.	.	1.33
<i>Corylus sieboldiana</i>	.	.	.	.	.	.	0.83	.	1.35	0.23	.
<i>Ulmus macrocarpa</i>	.	.	.	.	2.10	.	0.60	.	.	.	.
<i>Magnolia sieboldii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.22	.
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.69	0.49	.	0.55	1.04	1.32	3.44	1.24	2.96	1.07	0.83
<i>Deutzia prunifolia</i>	.	.	.	0.26	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhus trichocarpa</i>	.	0.21	0.19	0.26	0.52	.	0.39	0.83	.	1.59	0.93
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	.	.	.	.	.	0.47	.	.	.	2.84	0.44
<i>Rh. schlippenbachii</i>	.	.	1.30	2.95	7.06	0.85	.	.	.	6.94	1.44
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	.	.	.	0.35	.	.	0.50	.	.	.	.
<i>Styrax obassia</i>	7.62	3.86	0.19	6.30	3.94	6.06	5.42	22.91	1.93	1.91	10.70
<i>F. sieboldiana</i>	1.15	8.22	7.48	4.54	3.07	4.65	2.10	.	4.63	5.86	1.39
OTHERS	7.00	7.89	9.00	1.44	0.00	0.00	6.33	2.69	6.76	5.87	5.80

Table 2. (Continued)

Community Plot Number	III							IV						
	1	2	5	6	7	8	9	10	19	21	17	18	20	22
<i>Pinus densiflora</i>	.	5.05	.	17.96	13.37	.	.	.	.	3.40	.	.	.	.
<i>Carpinus laxiflora</i>	3.79	12.85	21.03	9.73	9.26	18.89	17.07	23.46	43.33	.	.	.	.	.
<i>Quercus mongolica</i>	19.24	29.81	22.75	7.88	20.43	39.05	21.07	26.03	.	47.77	32.35	37.60	28.70	.
<i>Q. serrata</i>	12.99	5.46	0.63	13.60	9.36	4.18	.	.	5.60	.	.	.	.	4.69
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.62	.	0.67	0.21	.	.	.	.	3.31	0.25	4.49	1.22	3.01	.
<i>Prunus sargentii</i>	0.20	.	2.63	0.29	.	.	.	0.76	.	.	.	.	.	.
<i>Maackia amurensis</i>	.	3.28	6.98	2.06	.	.	.	.	.	.	13.93	.	.	.
<i>Acer mono</i>	8.72	.	1.10	2.02	2.26	10.03	.	.	5.54	2.23	.	1.96	8.80	27.79
<i>A. Pseudo-sieboldianum</i>	2.63	0.67	2.08	8.75	8.68	5.64	16.28	6.72	14.23	10.59	23.58	35.51	17.55	25.19
<i>Stewartia koreana</i>	18.24	5.68	12.51	9.62	24.12	9.37	23.77	17.52	9.79	3.58	5.24	.	.	.
<i>Fraxinus rhychophylla</i>	12.25	13.66	3.41	2.98	.	2.23	.	2.22	6.47	8.84	.	2.41	13.79	.
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.63	.	0.27	.	.	.	.	.	.	.	1.08	2.84	0.49	0.48
<i>Ulmus macrocarpa</i>	1.24	0.64	4.30	5.61	.	.	.	1.45	.	1.61	.	.	13.89	22.08
<i>Magnolia sieboldii</i>	1.63	0.74	0.68	.	.	.	.	.	.	1.86	0.77	3.84	5.19	0.52
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.36	4.26	0.61	1.61	4.92	2.09	0.95	6.00	2.21	2.29	0.29	6.39	0.84	4.50
<i>Deutzia prunifolia</i>	0.93	0.64	0.27	.	.	.	.	0.35	.	.	.	0.32	.	.
<i>Rhus trichocarpa</i>	1.00	0.99	0.43	.	.	.	.	.	.	2.10	0.94	0.74	1.44	.
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	.	.	0.61	0.24	.	.	.	.	.	2.13	.	.	.	.
<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.20	4.00	6.83	1.65	.	.	5.28	3.36	0.78	7.98	4.02	1.16	.	.
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	.	.	.	0.21	.	.	.	.	.	0.22	1.09	0.33	.	1.04
<i>Styrax obassia</i>	8.54	3.87	4.82	7.15	7.60	7.56	11.65	5.46	3.70	2.50	2.18	1.25	1.62	1.00
<i>F. sieboldiana</i>	0.60	2.46	1.65	2.52	.	.	2.98	1.87	5.06	2.64	4.28	3.48	4.38	.
OTHERS	4.18	5.95	5.74	5.92	0.00	0.96	0.95	2.80	0.00	0.00	5.77	1.32	0.30	12.72

Table 3. Importance value of tree species by the stratum in each community for classified type by DCA.

	C	U	M		C	U	M
COMMUNITY I				<i>Q. mongolica</i>	56.76	23.42	43.42
				<i>Q. serrata</i>	6.17	2.81	4.83
<i>Pinus densiflora</i>	85.55	7.73	54.42	<i>Ulmus macrocarpa</i>	0.00	0.47	0.19
<i>Larix kaempferi</i>	2.04	0.00	1.22	<i>Magnolia sieboldii</i>	0.00	0.10	0.04
<i>Betula costata</i>	0.00	0.48	0.19	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	3.30	1.32
<i>B. schmidtii</i>	0.00	0.60	0.24	<i>Deutzia prunifolia</i>	0.00	0.09	0.04
<i>B. chinensis</i>	0.00	0.73	0.29	<i>Sorbus alnifolia</i>	0.00	0.30	0.12
<i>B. davurica</i>	0.00	4.00	1.60	<i>Prunus sargentii</i>	0.77	0.69	0.74
<i>Quercus acutissima</i>	0.00	1.40	0.56	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	2.09	0.84
<i>Q. variabilis</i>	0.00	1.98	0.79	<i>Maackia amurensis</i>	0.00	0.32	0.13
<i>Q. aliena</i>	0.00	0.27	0.11	<i>R. trichocarpa</i>	0.00	1.78	0.71
<i>Q. mongolica</i>	11.39	44.20	24.51	<i>Ilex macropoda</i>	0.31	0.17	0.25
<i>Q. serrata</i>	0.00	0.75	0.30	<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.20	0.00	0.12
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.73	0.29	<i>A. pseudosieboldianum</i>	0.29	5.55	2.39
<i>Prunus sargentii</i>	1.02	0.35	0.75	<i>S. koreana</i>	1.12	4.76	2.58
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	1.87	0.75	<i>Cornus controversa</i>	0.00	0.43	0.17
<i>L. cyrtobotrya</i>	0.00	0.84	0.34	<i>Rh. mucronulatum</i>	0.00	1.79	0.71
<i>Maackia amurensis</i>	0.00	0.55	0.22	<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.00	6.45	2.58
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.00	0.27	0.11	<i>S. chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.12	0.05
<i>Securinega suffruticosa</i>	0.00	0.21	0.08	<i>S. obassia</i>	0.48	17.83	7.42
<i>Rhus japonica</i>	0.00	0.42	0.17	<i>F. rhynchophylla</i>	0.00	0.96	0.38
<i>R. trichocarpa</i>	0.00	0.42	0.17	<i>F. sieboldiana</i>	0.61	7.18	3.24
<i>Acer mono</i>	0.00	0.55	0.22	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.10	0.04
<i>A. pseudosieboldianum</i>	0.00	3.58	1.43	<i>W. subsessilis</i>	0.00	0.09	0.04
<i>Stewartia koreana</i>	0.00	0.29	0.12				
<i>Rh. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	0.00	1.72	0.69	COMMUNITY III			
<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.00	1.48	0.59	<i>P. densiflora</i>	7.09	0.00	4.25
<i>Styrax obassia</i>	0.00	6.67	2.67	<i>Salix koreensis</i>	0.00	0.07	0.03
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.94	0.38	<i>B. costata</i>	0.32	0.00	0.19
<i>F. sieboldiana</i>	0.00	16.60	6.64	<i>B. schmidtii</i>	0.37	0.17	0.29
<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.21	0.08	<i>B. davurica</i>	0.00	0.26	0.10
<i>Weigela subsessilis</i>	0.00	0.21	0.08	<i>Carpinus cordata</i>	0.00	0.08	0.03
				<i>C. tschonoskii</i>	0.00	0.20	0.08
COMMUNITY II				<i>C. laxiflora</i>	14.93	6.18	11.43
<i>P. densiflora</i>	30.03	8.92	21.59	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	0.30	0.12
<i>B. costata</i>	0.87	2.58	1.55	<i>Q. variabilis</i>	0.66	0.00	0.40
<i>B. davurica</i>	0.00	0.80	0.32	<i>Q. aliena</i>	0.44	0.00	0.26
<i>Carpinus cordata</i>	0.00	2.02	0.81	<i>Q. mongolica</i>	40.96	5.90	26.94
<i>C. laxiflora</i>	1.86	4.00	2.72	<i>Q. serrata</i>	8.30	1.86	5.72
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	0.56	0.22	<i>Ulmus macrocarpa</i>	1.88	0.69	1.40
<i>Q. variabilis</i>	0.53	0.32	0.45	<i>Morus bombycis</i>	0.00	0.13	0.05

효림 성격을 띠고 있으며, 교목하층에서 당단풍의 I. V. 가 41.02%에 달해 가중치로 분석한 결과 신갈나무-당단풍군집으로 분리되었다. 본 군집에는 조사지 17, 18, 20, 22의 4개가 포함되었으며, 소나무와 서어나무가 출현되지 않고 노각나무의 평균상대우점치는 1.2%의 약세를 보이고 있다. 앞서의 군집 I, II, III과는 달리 본 군집은 서어나무로 천이가 진행되지 않고 신갈나무-당단풍군집에서 안정상을 이룰 것이

다. 이는 해발고가 800m이상되는 곳이어서 다른 군집보다 해발고가 높아 기후조건이 다르기 때문에 신갈나무가 안정을 이루는 것으로 생각된다. 지리산 대원사 계곡(이 등, 1991)에서 해발고 600~1,600m인 지역에서의 생태적 천이는 신갈나무-충충나무로 보고되었는데, 본 조사내용도 이와 비슷하다. 다만 해발 교목하층에서 높은 값을 유지하고는 있으나 생태적 지위상 극상수종이 되기 어려워(박 등, 1987; 최, 1992)

Table 3. (Continued)

	C	U	M		C	U	M
<i>Magnolia sieboldii</i>	0.00	1.76	0.70	<i>Ulmus macrocarpa</i>	14.85	4.32	10.64
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	6.78	2.71	<i>Magnolia sieboldii</i>	0.00	7.01	2.80
<i>Deutzia prunifolia</i>	0.00	0.77	0.31	<i>L. obtusiloba</i>	0.00	7.24	2.90
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.24	0.93	0.52	<i>Deutzia prunifolia</i>	0.00	0.22	0.09
<i>Prunus sargentii</i>	0.37	0.33	0.35	<i>Sorbus alnifolia</i>	1.24	3.56	2.17
<i>Maackia amurensis</i>	1.74	0.31	1.17	<i>Maackia amurensis</i>	2.98	0.51	1.99
<i>R. trichocarpa</i>	0.00	1.65	0.66	<i>R. trichocarpa</i>	0.00	2.05	0.82
<i>Ilex macropoda</i>	0.00	0.55	0.22	<i>Euonymus oxyphyllus</i>	0.00	0.35	0.14
<i>E. oxyphyllus</i>	0.00	0.17	0.07	<i>Euonymus sachalinensis</i>	0.00	0.24	0.10
<i>E. suchalinensis</i>	0.00	0.23	0.09	<i>Euonymus macropterus</i>	0.00	2.16	0.86
<i>E. sieboldianus</i>	0.00	0.07	0.03	<i>A. mono</i>	15.10	5.56	11.28
<i>Staphylea bumalda</i>	0.00	0.07	0.03	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	14.70	41.02	25.23
<i>A. mono</i>	1.39	6.87	3.58	<i>Tilia amurensis</i>	0.00	0.28	0.11
<i>A. pseudosieboldianum</i>	0.00	15.75	6.30	<i>Stewartia koreana</i>	0.00	3.01	1.20
<i>Tilia amurensis</i>	0.00	0.81	0.32	<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.00	3.43	1.37
<i>T. megaphylla</i>	0.00	0.11	0.04	<i>S. chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	1.37	0.55
<i>S. koreana</i>	13.00	13.56	13.22	<i>Styrax obassia</i>	0.00	3.89	1.56
<i>Rh. mucronulatum</i>	0.00	0.94	0.38	<i>F. rhynchophylla</i>	5.91	1.70	4.23
<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.00	7.96	3.18	<i>F. sieboldiana</i>	1.18	6.04	3.12
<i>S. chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.15	0.06	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.26	0.10
<i>S. obassia</i>	0.65	13.53	5.80	<i>S. williamsii</i> var. <i>coreana</i>	0.00	0.65	0.26
<i>F. mandshurica</i>	0.67	0.00	0.40	<i>E. slatus</i> for. <i>striatus</i>	0.00	0.24	0.10
<i>F. rhynchophylla</i>	7.00	5.02	6.21	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	0.00	21.88	8.75
<i>F. sieboldiana</i>	0.00	5.18	2.07	<i>Tilia amurensis</i>	0.00	1.00	0.40
<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.32	0.13	<i>Stewartia koreana</i>	3.87	18.24	9.62
<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.07	0.03	<i>Rh. mucronulatum</i>	0.00	0.59	0.24
COMMUNITY IV				<i>Rh. schlippenbachii</i>	0.00	4.13	1.65
<i>Carpinus cordata</i>	1.04	0.42	0.79	<i>S. chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.53	0.21
<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	3.17	1.27	<i>Styrax obassia</i>	0.00	17.87	7.15
<i>Castanea crenata</i>	3.54	0.00	2.12	<i>F. rhynchophylla</i>	4.21	1.13	2.98
<i>Q. mongolica</i>	37.16	1.02	22.70	<i>F. sieboldiana</i>	0.00	6.29	2.52
<i>Q. serrata</i>	2.29	0.26	1.48	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.75	0.30
				<i>W. subsessilis</i>	0.00	0.59	0.24
				<i>Euonymus slatus</i> for. <i>striatus</i>	0.00	0.61	0.24

C : Canopy, U : Understory, M : Mean importance value

교목하층의 우점수종에 그칠 것이다.

군집Ⅳ는 교목상층에서 신갈나무 37.16%, 고로쇠나무 15.1%, 왕느릅나무 14.85%, 당단풍 14.7%로 혼 800m의 조사구가 4개 밖에 되지 않아 명확한 결론을 내리기 곤란하다.

한편, CCA의 분석결과(Figure 4) eigenvalue 1, 2 축의 값은 73.6%로 높았고, 환경인자들의 화살표가 길어 ordination축과 매우 강한 상관성으로 보였다 (Jongman et al., 1987). 조사구별로 살펴보면 소나무가 우점종인 조사구 25와 16이 pH와 매우 강한 상관성을 나타냈으며, 조사구 14, 11, 24는 중간정도의 상관성 그리고 나머지 대부분의 조사구가 낮은 상관성으로 나타내었다. 기타의 환경인자의 경우에서도 대부분의 조사구가 환경인자와 중간 혹은 낮은 상관성을

보여 천이초기단계에 토양의 환경인자의 질이 개선되지 않은 상태임을 알 수 있었다. 국내에서 연구된 바로 천이가 극상림의 정의 방향으로 진행될 수록 토양의 환경인자가 개선된다는 이론이 다수 발표된 바 있어 (강과 오, 1982 ; 이 등, 1990a ; 이 등, 1990c) 본 연구 대상지는 천이진행에 따른 토양환경인자의 개선을 살펴볼 수 있는 좋은 사례지라 생각된다. 본 연구에서 적용된 DCA와 CCA의 분석결과는 거의 동일하였다.

3. 군집별 흉고직경분포 및 종다양성 분석

천이진행의 양상을 살펴보기 위해 단위면적 1, 500m²에서 군집 I, II, III, IV의 주요수종에 대하여

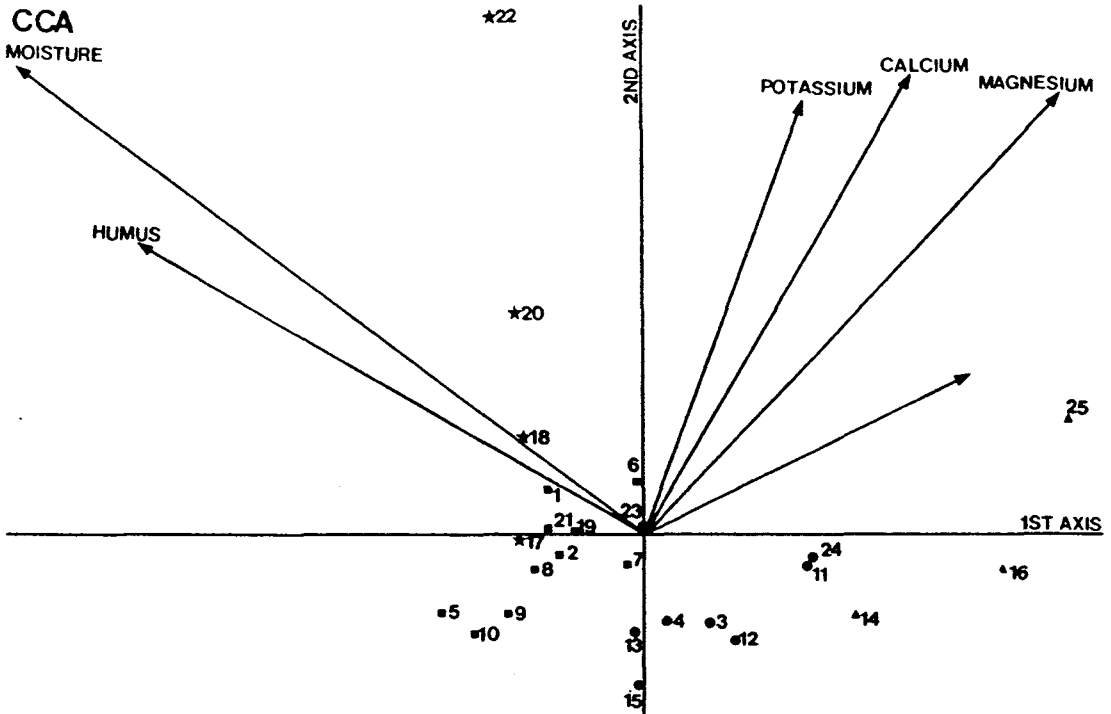


Figure 4. CCA ordination diagram of Hübäng valley vegetation with respect to quantitative environmental variables. Each arrow indicate six environmental variables(moisture, humus, pH and exchangeable potassium, calcium and magnesium) and the communities are : ▲ : *Pinus densiflora* comm., ● : *Q. mongolica*-*P. densiflora* comm., ■ : *Q. mongolica*-*Stewartia koreana*-*Carpinus laxiflora* comm., ★ : *Q. mongolica*-*Acer pseudosieboldianum* comm.

홍고직경급별 빈도분포분석을 실시하여 Figure 5에 나타내었다.

군집 I 은 DBH 12cm이상에서 소나무가 단연 우위를 차지하고 있으나, 그 이하에서는 신갈나무와 쇠물푸레의 개체수가 우세하여 천이가 진행할 수록 신갈나무가 세력을 확장해 나갈 것으로 보인다. 서어나무의 개체는 출현하지 않았고, 노각나무는 DBH 2~7cm 사이에서 1주가 나타났다.

군집 II 는 신갈나무-소나무 우점종으로 소나무가 DBH 32cm이상에서 7주 존재하고 DBH 17cm이하에서는 출현하지 않았다. 신갈나무의 세력은 매우 확장되어 DBH 2~27cm에 걸쳐 우위를 점하고 있다. 서어나무와 노각나무가 교목하층과 관목층에서 개체수가 점차 증가하고 있는 추세이다.

군집 II 보다 천이가 앞선 것이 군집 III 으로 생각된다. 단위조사구에서는 소나무가 완전히 도태되었고 교목상·하층과 관목층에서 고르게 신갈나무가 우점을 이루고 있다. 그러나 노각나무와 서어나무가 서로 경

쟁을 하며 그 세력을 점차 교목상층으로 확장시키고 있다. 서어나무 극상수층에 관한 보고는 다수 발표된 바 있으나(이 등, 1990a ; 이 등, 1992a ; 이 등, 1992 b) 노각나무 극상수층에 관한 연구는 보고된 바가 없어(심 등, 1992) 두 수종중 어느수종이 극상수종이 될지는 예측이 곤란하지만 현재의 양상을 미루어 보면 노각나무가 약간 우위인 것 같다.

군집 IV 에서는 신갈나무 아래 교목하층을 당단풍이 우점하고 있으나 당단풍은 수목성상으로 보아 극상우점수종이 되지 못할 것이다(박 등, 1987 ; 최, 1992). 노각나무는 7cm이하에서 8주 출현하였는데 기후조건이 다른 군집들보다 불량하여 노각나무의 세력이 크게 팽창되지는 않을 것이다.

Table 4는 군집별 종다양성을 계산한 것이다. 소나무림이 우점종인 군집 I 은 Shannon, Simpson, PIE 의 세 종다양성지수에서 낮은 값을 보이고 있으며, 최대종다양도 1.4771, 균제도 0.6176 등으로 낮아 종의 분화가 아직 이루어 지지 않고 있음을 알 수 있다. 반

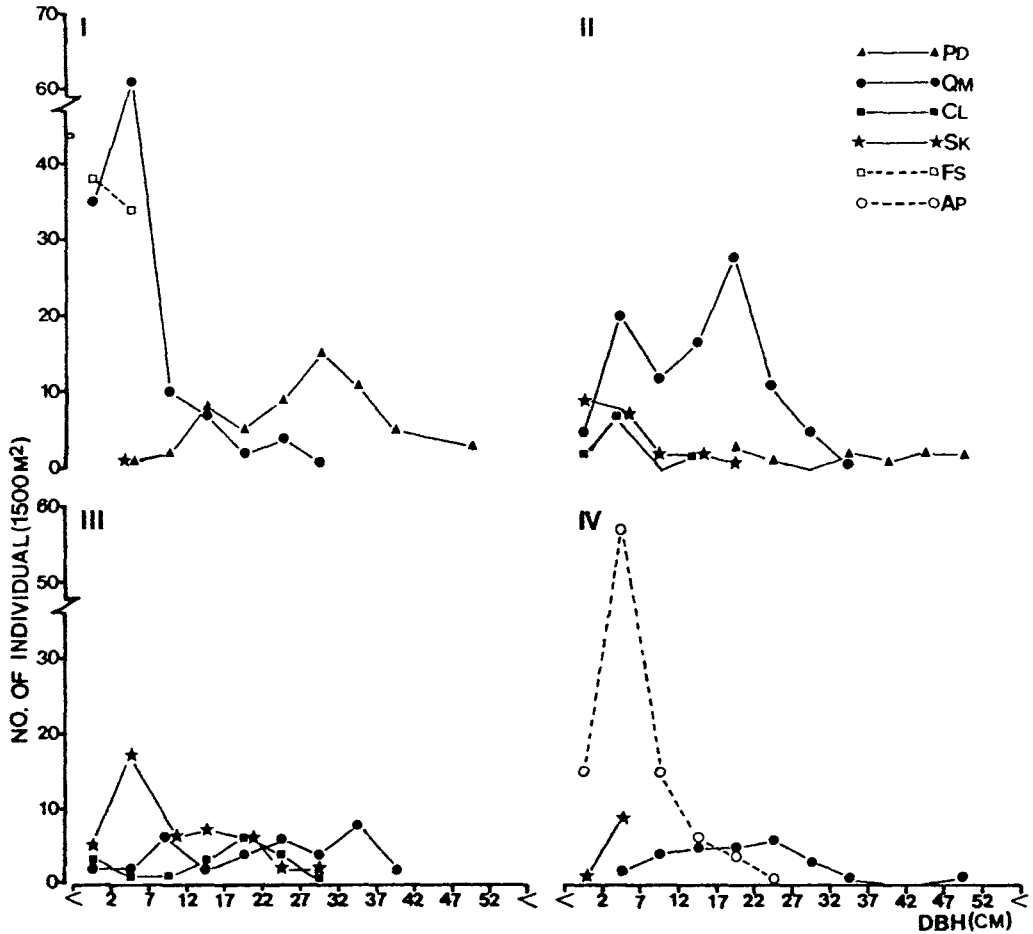


Figure 5. The DBH class distribution of major tree species for 4 Communities (I, II, III, IV). (Pd : *P. densiflora*, Qm : *Q. mongolica*, Cl : *C. laxiflora*, Sk : *S. Koreana*, Fs : *Fraxinus sieboldiana*, Ap : *A. pseudosieboldianum*)

Table 4. Various species diversity of each community classified by DCA.

	H' (shannon)	Simpson	P.I.E.	J' (evenness)	D' (dominance)	H' max
I	0.9123	4.9114	0.7964	0.6176	0.3824	1.4771
II	1.0274	6.2884	0.8409	0.6826	0.3174	1.5051
III	1.1851	11.3529	0.9120	0.7211	0.2789	1.6435
IV	1.0909	6.8577	0.8542	0.7621	0.2379	1.4314

* P.I.E.=the Probability of Interspecific Encounter
 * Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

면 군집Ⅲ은 신갈나무 우점종으로 세 종류의 종다양성 지수에서 제일 높으며 최대종다양성 지수도 1.6435로 가장 높다. 군집Ⅳ는 종간의 경쟁이 심화되어 우점도가 0.2379로 가장 낮음을 알 수 있었다.

4개의 군집간의 유사도 지수분석을 실시한 것이 Table 5이다. 일반적으로 군집 유사도지수는 비슷한 조사구끼리 묶어 분석하므로 연속성이 떨어진다(최, 1992). 따라서 소나무 우점종인 군집과 신갈나무 우점

Table 5. The similarity indices between communities in Mt. Sobaek forest.

	I	II	III
I	57.91		
II	38.72	59.03	
III	31.18	37.91	52.35

종인 군집 III, IV는 각각 38.72, 31.18%의 낮은 유사도 값을 보여 상이함을 나타내고 있다.

4. 수종의 classification 및 ordination 분석

25개 각 조사구에서 출현된 수종 중 출현빈도가 5회 이상되는 종에 대한 TWINSpan과 DCA분석 그리고 수종과 토양환경인자분석내용을 Figure 6, 7, 8과 같이 도시하였다. TWINSpan분석에서 교목상층은 소나무와 산벚, 노각나무와 졸참나무와 서어나무, 물푸레나무와 신갈나무 그리고 고로쇠나무와 당단풍으

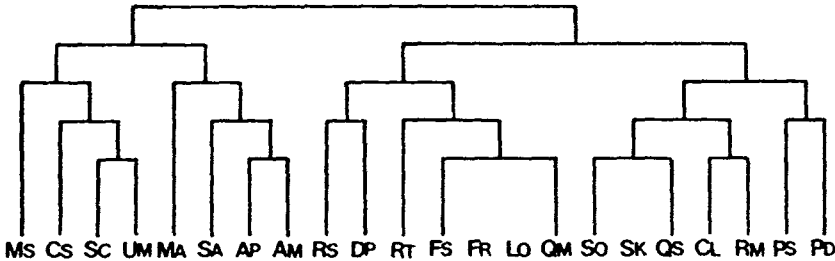


Figure 6. The dendrogram of TWINSpan species classification of twenty two woody species of Hübang valley forest. (Pd : *Pinus densiflora*, Cl : *Carpinus laxiflora*, Cs : *Corylus sieboldiana*, Qv : *Quercus variabilis*, Qa : *Q. alieana*, Qm : *Q. mongolica*, Qs : *Q. serrata*, Um : *Ulmus macrocarpa*, Ms : *Magnolia sieboldii*, Lo : *Lindera obtusiloba*, Dp : *Deutzia prunifolia*, Sa : *Sorbus alnifolia*, Rt : *Rhus trichocarpa*, Rm : *Rhododendron mucronulatum*, Rs : *Rh. schlippenbachii*, Sc : *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, So : *Styrax obassia*, Fr : *Fraxinus rhynchophylla*, Fs : *F. sieboldiana*)

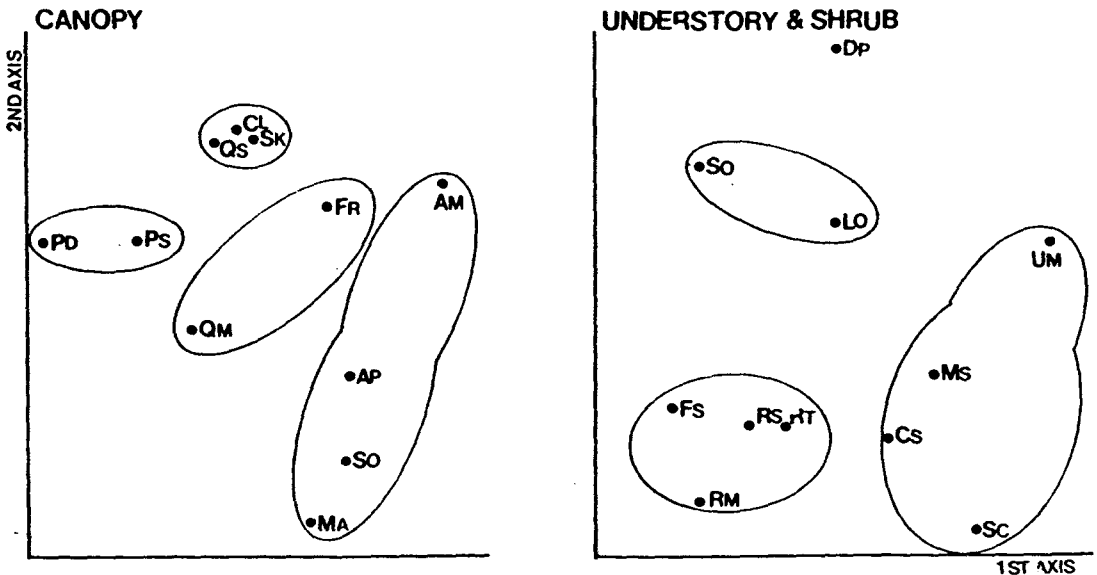


Figure 7. Woody species ordination on the first two axes, using DCA. The species labels are the same as figure 6.

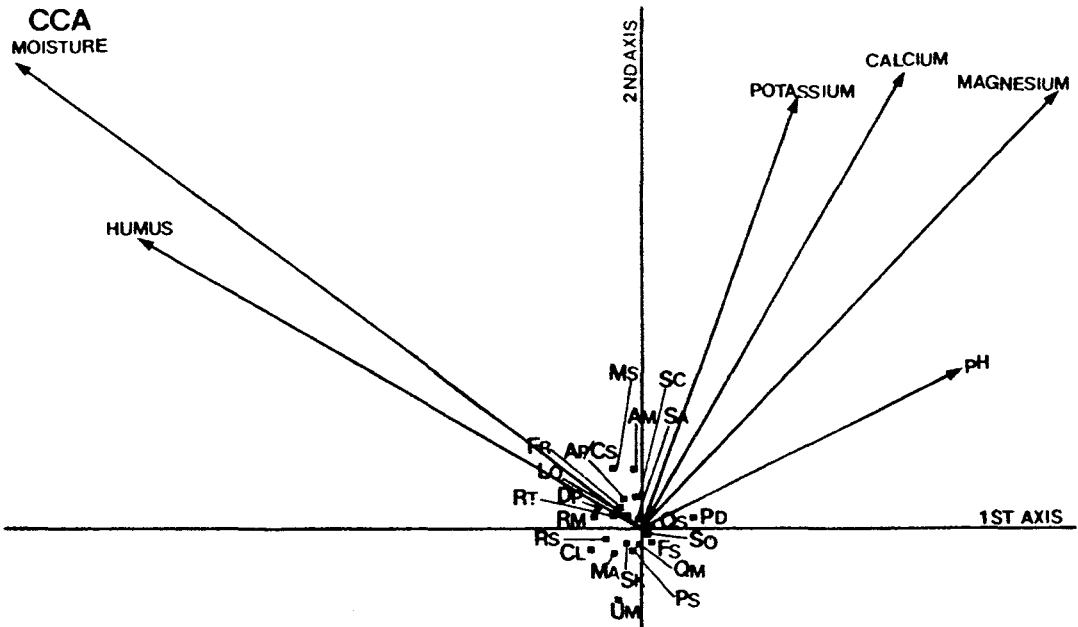


Figure 8. CCA ordination diagram of species and the environmental variables in Hūibang valley forest. The species labels are the same as figure 6.

Table 6. Correlation among the importance values of the major woody species in Hūibang valley forest.

	Pd	Cl	Cs	Qv	Qa	Qm	Qs	Um	Ms	Lo	Dp	Sa	Rt	Am	Ap	Sk	Rm	Rs	Sc	So	Fr
Cl	.																				
Cs	.	.																			
Qv	+	.	.																		
Qa	.	++	.	.																	
Qm																
Qs															
Um	-	.														
Ms	.	.	++	+													
Lo	-	.	+	.	+												
Dp	+										
Sa	+	.	.										
Rt	.	-	++	.	.	.									
Am	-	.	++								
AP	-	.	++	++	+	.	++	.	+							
Sk	.	++					
Rm	++	.	.	.				
Rs	+	.	.	.	++			
Sc	.	.	+	++	.	.	.	+	.	++	++
So
Fr	++	.	++	.	++
FS	.	-	-	-	.	-	.	.	.	-

1. Pd : *Pinus densiflora*, Cl : *Carpinus laxiflora*, Cs : *Corylus sieboldiana*, Qv : *Quercus variabilis*, Qa : *Q. aliena*, Qm : *Q. mongolica*, Qs : *Q. serrata*, Um : *Ulmus macrocarpa*, Ms : *Magnolia sieboldii*, Lo : *Lindera obtusiloba*, Dp : *Deutzia prunifolia*, Sa : *Sorbus alnifolia*, Rt : *Rhus trichocarpa*, Am : *Acer mono*, Ap : *Acer pseudosieboldianum*, Sk : *Stewartia koreana*, Rm : *Rhododendron mucronulatum*, Rs : *Rh. schlippenbachii*, Sc : *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, So : *Styrax obassia*, Fr : *Fraxinus rhynchophylla*, Fs : *F. sieboldiana*.

로 분리되었다. DCA에서도 이와 동일하게 분석되었다. 교목하층 및 관목층에서 DCA는 3개의 집단 즉, 쇠물푸레-철쭉-개웃나무-진달래, 쪽동백-생강나무-바위말발도리, 노린재나무-참개암나무-함박꽃나무-왕느릅나무로 분리되었다. TWINSpan분석에서 철쭉과 진달래가 동일한 천이계열상에서 불명확하게 분리된 것을 제외하면 DCA와 유사한 경향을 보였다. CCA는 조사구와 수종 그리고 환경인자를 종합적으로 요약할 수 있으나, 본 연구에서는 그림의 복잡성을 고려하고 이해도를 높이기 위해 환경인자와 수종만을 도시하였다(Ter Braak, 1986). Figure 8에 나와있는 것처럼 대부분의 수종이 환경인자와 중간 혹은 낮은 상관관계를 보였다. 이는 본 연구대상지의 숲이 2차천이 초기단계에서 토양환경의 절개선이 이루어지지 않음을 나타내는 것이다.

Table 6은 주요 수종의 우점치에 대한 상관관계를

Table 7. Successional trends of the major woody species in Hübang valley forest.

Canopy layer	Understory & Shrub
<i>Pinus densiflora</i>	<i>Rhododendron mucronulatum</i>
	<i>Rh. schlippenbachii</i>
	<i>Rhus trichocarpa</i>
<i>Qercus mongolica</i>	
<i>Q. serrata</i>	<i>Styrax obassia</i>
	<i>Lindera obtusiloba</i>
<i>Carpinus laxiflora</i>	<i>magnolia sieboldii</i>
(<i>Stewartia koreana</i>)	<i>Corylus sieboldiana</i>

계산한 것이다. 소나무와 당단풍은 고도의 부의 상관성이 인정되었고, 서어나무는 갈참나무, 노각나무와 고도의 정의 상관성을 보였다. 당단풍은 천이가 진행되는 과정에서 소나무의 도태이후에 발생하는 수종으로 여겨지며, 서어나무와 노각나무는 경쟁관계로 동일한 niche에 존재하는 것으로 보인다.

이상의 분석을 토대로 하여 예측되는 천이계열은 Table 7과 같이 우선, 교목상층에서 해발 800m이하는 소나무→신갈나무, 졸참나무→서어나무(노각나무), 교목하층 및 관목층에서는 진달래, 철쭉, 개웃나무→쪽동백나무, 생강나무→함박꽃나무, 참개암나무로 추정되었다. 교목상층의 천이계열에서 노각나무가 극상수종이 될 지 혹은 서어나무의 전단계가 될 지는 판단하기 어려우나 현재의 추세로는 서어나무이후의 극상수종이 될 가능성이 농후하므로 시간추이에 따른 꾸준한 관찰이 필요하며 아울러 올바른 연구수행을 위해 목재적 가치로서 노각나무를 베어내는 일이 없도록 보호조치가 뒤따라야 할 것이다.

5. 환경인자의 분석

Classification분석을 이용하여 나는 4개의 군집에 대한 토양인자의 이화학적 분석치를 나타낸 것이 Table 8이다. 유기물과 수분의 토양조건은 삼림의 천이가 진행될 수록 토양환경의 질이 개선되었으나 나머지 토양조건은 토양환경의 변화가 뚜렷하지 않았다.

각 조사지의 종조성 차이에 관련되는 환경요인 변화를 판단하기 위하여 6개의 환경요인을 5단계로 나누어

Table 8. Soil characteristics of each community for classified type by DCA.

Community	Moisture(%)	Humus(%)	pH	Exchangeable Cations(m.e. /100g)		
				Potassium	Calcium	Magnesium
I	11.20	6.35	5.27	2.71	5.50	0.20
II	18.16	8.50	5.09	2.59	6.25	0.18
III	18.96	9.45	5.12	2.51	2.47	0.11
IV	24.79	9.22	5.13	3.01	8.06	0.22

Table 9. Ratings of representing ranges of environmental variables.

Class	Moisture(%)	Humus(%)	pH	Exchangeable Cations(m.e. /100g)		
				Potassium	Calcium	Magnesium
1	<12.69	< 6.58	<4.97	<1.60	<2.36	<0.15
2	12.70-17.18	6.59- 8.59	4.98-5.10	1.61-2.29	2.37-3.48	0.16-0.26
3	17.19-22.66	8.60-10.61	5.11-5.23	2.30-2.99	3.49-4.59	0.27-0.36
4	22.67-26.15	10.62-12.62	5.24-5.36	3.00-3.68	4.60-5.71	0.37-0.47
5	26.16<	12.63<	5.37<	3.69<	5.72<	0.48<

Table 10. Correlation between environmental variables and DCA stand scores of two scores.

Environmental variables	1st AX1	2nd AX2
Moisture	.5149**	-.2873
Humus	.3988*	.2389
pH	-.0814	.3655*
Exchangeable potassium	.0566	-.0552
Exchangeable calcium	.0180	.1796
Exchangeable magnesium	-.0938	-.0250

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

나타내 것이 Table 9이며, DCA기법을 이용하여 제 1, 2축에 표시한 것이 Figure 9이다. 유기물과 수분은 왼쪽에서 오른쪽 즉, 소나무군집에서 신갈나무군집으로 갈수록 토양성분들이 양호하여짐을 알 수 있었다.

Table 10은 환경인자와 DCA의 제 1, 2축의 score 간의 상관관계를 구한 것으로 수분과 유기물이 제 1축과 정의 상관성을 보였으며, 제 2축에서는 pH와 정의 상관성을 나타내었다. 이로써 DCA의 제 1축은 토양수분에 의해 분리되었다. 토양수분에 의한 환경구배는 박 등(1987, 1988), 이 등(1990a)도 국내의 연구에서

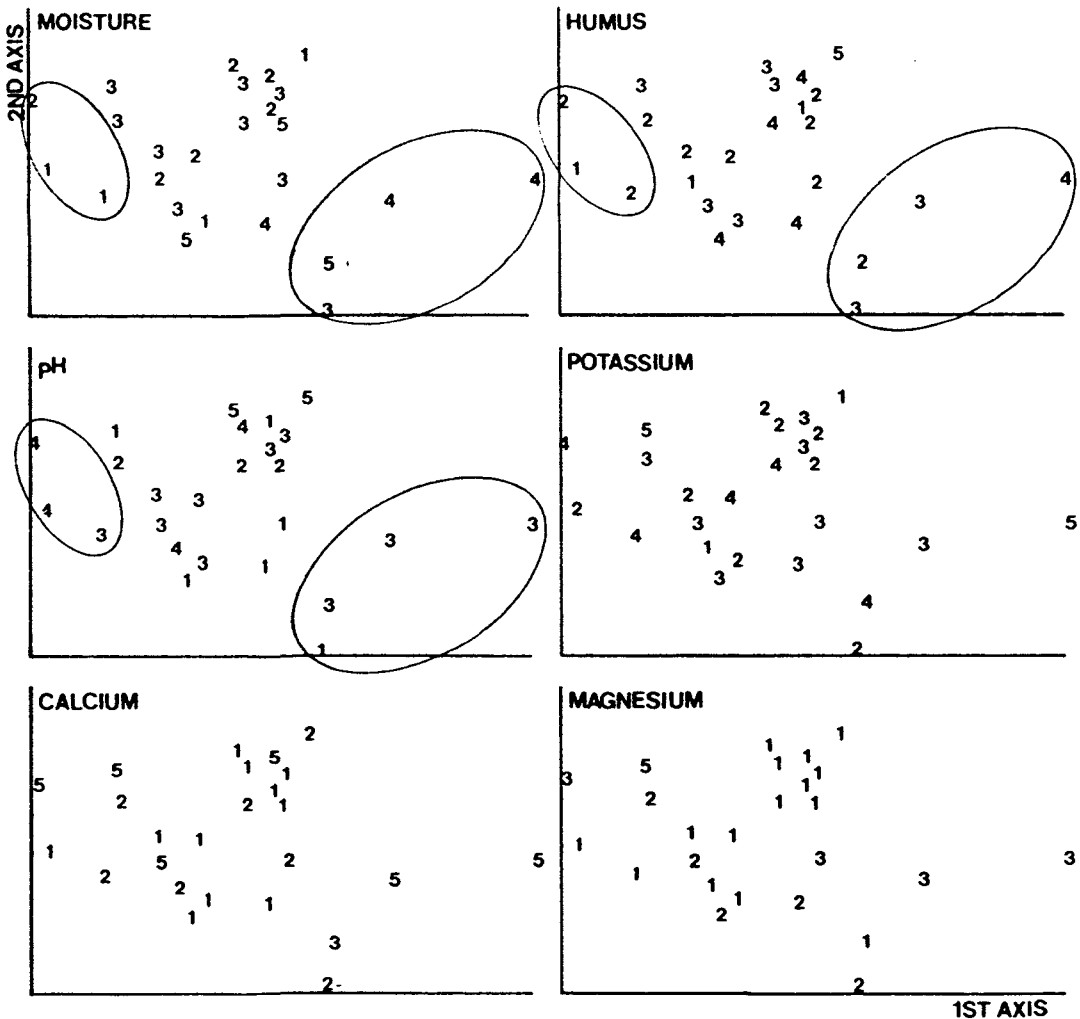


Figure 9. The distribution of environmental variables on the first two axes of DECORANA stand ordination. The ratings for range of environmental variables should be referred to table 8.

밝힌 바 있다.

인용문헌

1. 건설부. 1987. 소백산국립공원후보지 조사 및 공원계획. 421pp.
2. 강윤순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물학회지 25(2) : 82-99.
3. 박인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 48pp.
4. 박인협, 이경재, 조재창. 1987. 북한산 지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1) : 1-23.
5. 박인협, 이경재, 조재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조-구룡사-비로봉지역을 중심으로-. 응용생태연구 2(1) : 1-8.
6. 박인협, 최영철, 조 우. 1991. 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골계곡의 삼림군집구조에 관한 연구- Classification 및 ordination 방법에 의한 식생분석-. 응용생태연구 5(1) : 42-53.
7. 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석. 1990a. 광릉삼림의 식물군집구조(Ⅰ)- Classification 및 ordination 방법에 의한 소리봉지역의 식생분석-. 한국임학회지 79(2) : 173-186.
8. 이경재, 박인협, 조재창, 오충현. 1990b. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(Ⅱ)-Classification 및 ordination 방법에 의한 식생분석-. 응용생태연구 4(1) : 33-43.
9. 이경재, 조재창, 류창희. 1990c. Classification 및 ordination방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집구조분석. 식물학회지 33(3) : 173-182.
10. 이경재, 구관효, 최재식, 조현서. 1991. Classification 및 ordination방법에 의한 지리산 대원계곡의 삼림군집구조 분석. 응용생태연구 5(1) : 54-67.
11. 이경재, 류창희, 최송현. 1992a. 한라산 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조. 응용생태연구 6(1) : 25-43.
12. 이경재, 최송현, 조재창. 1992b. 광릉 삼림의 식물군집구조(Ⅱ) -Classification 및 ordination방법에 의한 죽엽산지역의 식생분석-. 한국임학회지 81(3) : 214-223.
13. 심경구, 서병기, 이규완, 조남훈, 심상철. 1992. 한국자생 노각나무에 관한 연구-. 노각나무 소백산 자생지분포-. 한국원예학회지 33(5) : 413-424.
14. 최송현. 1992. 북한산 정릉계곡의 식물종다양성 변화에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문. 82pp.
15. 환경처. 1991. 한국환경연감 제4호. 548pp.
16. Curtis, J. T. and R.R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
17. Hill, M. O. 1979a. DECORANA- a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology Systematics, Cornell University, Ithaca, N. Y. 52pp.
18. Hill, M. O. 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, N. Y. 99pp.
19. Jongman, R. H., C. J. F. Ter Braak and O. F. R. van Tongeren. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen. 299pp.
20. Pielou, E. C. 1977. Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.
21. Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis; a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67(5) : 1167-1179.
22. 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). ITI-TNO, Wageningen, 95pp.