

지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골계곡의 삼림군집구조에 관한 연구¹ —Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석—

박인협² · 최영철² · 조 우³

Forest Structure of the Hwaomsa Valley and the Piagol Valley in the Chirisan National Park¹ —Forest Community Analysis by the Classification and Ordination Techniques—

In-Hyeop Park², Young-Cheol Choi², Woo Cho³

요 약

지리산 국립공원 화엄사계곡(해발 220-1,200m)과 피아골계곡(해발 500-1,225m)의 삼림군집을 대상으로 TWINSpan에 의한 classification 및 DCA에 의한 ordination 방법을 이용하여 삼림군집구조를 분석비교하고 천이계열을 추정하기 위하여 화엄사계곡 30개 조사구, 피아골계곡 39개 조사구로 총 69개 조사구를 설치하였다. 각 조사구의 크기는 20m×25m로 500m²이었으며 흉고직경이 2cm 이상인 목본류만 대상으로 조사분석하였다. 화엄사계곡은 소나무군집, 서어나무류·졸참나무군집, 졸참나무·서어나무류군집, 신갈나무군집 등의 4개 군집으로 분리되었다. 서어나무류·졸참나무군집은 졸참나무·서어나무류군집과는 달리 소나무가 부차적인 수종이었다. 피아골계곡은 서어나무류군집, 졸참나무·서어나무류군집, 신갈나무군집 등의 3개 군집으로 구분되었다. 군집분리 환경인자는 2개 계곡 모두 해발고가 1차적인 요인이었다. 천이계열은 화엄사계곡에서 소나무 및 신갈나무 → 졸참나무 → 서어나무류, 피아골계곡에서는 신갈나무 → 졸참나무 → 서어나무류로 추정되었다. 화엄사계곡은 피아골계곡보다 인간의 간섭정도가 비교적 심했으며, 극상림으로의 천이진행정도가 비교적 심화되지 않은 것으로 추정되었다.

1 접수 12월 20일 Received on Dec. 20, 1991

2 순천대학교 농과대학 College of Agriculture, Suncheon National Univ., Suncheon, 540-070, Korea

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

ABSTRACT

The Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest in Mt. Chiri were studied to investigate forest structure and succession. Thirty plots in the Hwaomsa valley forest and thirty-nine plots in the Piagol valley forest were set up, and vegetation analysis of TWINSpan classification and DCA ordination was carried out. The size of each plot was 20m×25m, and the trees above 2cm DBH in each plot were measured. The Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest were classified into four communities and three communities by the altitude, respectively. The successional trends of major tree species seem to be from *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* through *Quercus serrata* to *Carpinus* spp. in the Hwaomsa valley forest, and from *Quercus mongolica* through *Quercus serrata* to *Carpinus* spp. in the Piagol valley forest. The Hwaomsa valley is assumed to be interfered by the man more, and develop into the climax less than the Piagol forest.

서 론

1967년 12월 29일 국립공원 제 1호로 지정된 지리산 국립공원은 동경 121° 47' - 127° 38' 과 북위 35° 13' - 35° 25' 에 위치하며 행정구역상으로는 전남 구례군, 전북 남원군, 경남 하동, 산청, 함양군 등의 3개 도 5개 군에 걸쳐 440.485km²의 면적으로 이루어져 있다. 노고단에서 천왕봉까지 동서로 길게 뻗어 있는 지리산은 해발 1,915m인 천왕봉을 주봉으로 반야봉, 노고단 등 해발 1,500m 이상의 산봉우리가 10여개 되며, 남북 방향으로 15개 이상의 주계곡이 형성되어 있는 남한에서 가장 큰 규모의 산악군을 이루고 있다.

지리산의 식물상은 中井 1915년에 470종으로 보고 (Nakai, 1952)한 이래 이(1963) 등에 의하여 꾸준히 조사보고되었으며, 최근의 조사에 의하면 107과 380속 648종으로 알려지고 있다(정, 1988). 식생군집에 관한 연구로서 김(1988)은 해발고가 높아짐에 따라 온대의 소나무, 졸참나무, 서어나무, 신갈나무군집에서 아한대의 분비나무, 구상나무군집으로 이어진다고 하였다. 특히, 인간의 간섭이 비교적 심하지 않았으며 극상림을 이루고 있는 피아골지역을 대상으로 식물상(이와 오, 1983), 군락구조 및 생산성(김 등, 1983), 수분 및 양분의 수지(임 등, 1983), 군락의 생산과 분해(장과 박, 1983), 군집생태학적 연구(오 와 강, 1983) 등 일련의 연구가 보고된 바 있다. 그러나 동일한 군집분석 방법에 의한 주요 계곡간의 비교연구는 거의 보고되지 않고 있다.

본 연구는 비교적 인간의 간섭이 적어서 잘 보존된 피아골계곡과 인간의 간섭이 비교적 심한 화염사계곡을 대상으로 classification 및 ordination 방법 등에 의

하여 삼림군집구조를 분석비교하고 천이계열을 추정하는 데 목적이 있다.

조사지 설정 및 조사방법

1. 조사지 설정

동서로 형성된 주능선의 남쪽 사면에 위치하고 있는 화염사계곡 해발 220-1,200m 지점과 피아골계곡 해발 500-1,225m 지점의 삼림을 대상으로 각각 30, 39 개소에 총 69개의 조사구를 설정하였다(그림 1). 조사구의 크기는 20m×25m 로서 면적이 500m²가 되도록 하였다. 조사 시기는 1991년 8월과 9월이었다.

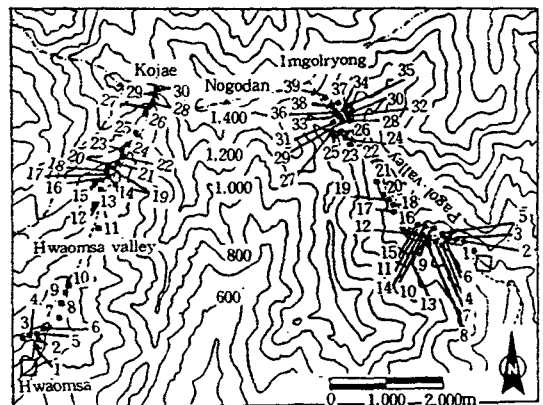


Figure 1. Location map of the sample plots and the study area in Mt. Chiri

2. 일반개황 및 식생조사

일반적인 개황조사로서 조사구별 해발고, 방위, 경사도, 교목상층의 평균수고, 평균흉고직경 및 울폐도, 교목하층의 평균 수고 및 울폐도, 관목층의 울폐도 등을 조사하였다. 식생조사는 조사구내에 출현하는 흉고 직경 2cm 이상의 수목군을 대상으로 수종명 및 흉고직경을 조사 하였다.

3. 삼림구조분석

식생조사결과 얻어진 자료에의하여 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 측도로서 Curtis와 McIntosh (1951)의 중요치(importance value, IV)를 적용하였다. 종다양성은 종수, 종다양도(species diversity, H'), 균재도(evenness, J')에 의하여 종합분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Pielou, 1977)을 적용하였다. 식생자료중에서 classification과 ordination 분석에 필요한 합성치는 각각 Hill(1979b), Gauch(1982)의 방법에 따라 정리하였다. Classification은 TWINSPAN(Hill, 1979b)에 의하여 분석하였으며, ordination은 가장 효율적인 것으로 알려지고 있는 DCA(Hill, 1979a; 박 등, 1988; 이 등, 1989)방법을 적용하였다.

한편 군집분석상의 혼란을 고려하여 본 조사지역의 주요 수종인 서어나무와 개서어나무의 경우 서어나무류로 통합하여 분석하였다.

결 과

1. 조사지 개황

계곡별, 군집별, 조사구별 일반적인 개황 및 식생개황은 표 1과 같다. 계곡별 4개의 군집 A, B, C, D는 TWINSPAN에 의한 조사구 classification 분석결과(그림 2)를 적용한 것이다(표 1).

화엄사계곡의 군집 A에는 해발 240-650m에 위치하는 조사구가 포함되었으며 교목상층의 평균수고는 8-15m, 평균흉고직경은 15-28cm, 울폐도는 85-95%이었다. 군집 B에 속하는 조사구는 해발 330-720m에 위치하며 교목상층의 평균수고는 9-18m, 평균흉고직경은 15-22cm, 울폐도는 80-90%이었다. 군집 C에는 해발 800-1,080m에 위치하는 조사구가 포함되었으며 교목상층의 평균수고는 10-18m, 평균흉고직경은 12-28cm, 울폐도는 80-90%이었다. 군집 D에 속하는 조사구는 해발 1,100-1,200m의 계곡 상부에 위치하며 교목상층의 평

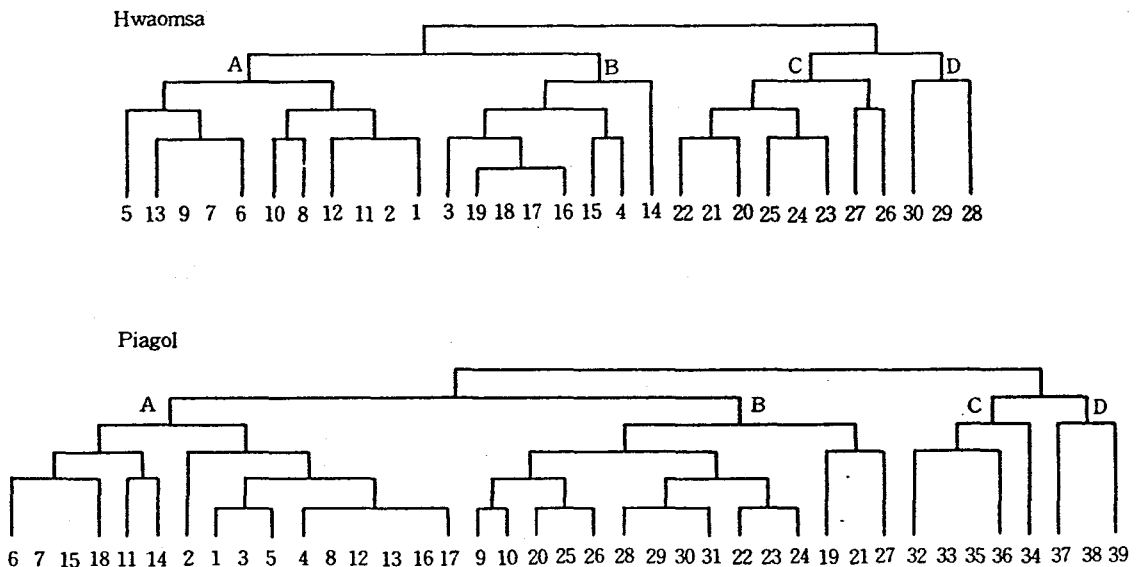


Figure 2. Dendrogram of TWINSPAN stand classification of the plots sampled in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest.

Table 1. General description of the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest classified into four communities by TWINSpan.

(Hwaomsa)

Community	A											B							
	5	13	9	7	6	10	8	12	11	2	1	3	19	18	17	16	15	4	14
Altitude(m)	240	650	230	230	230	220	230	600	550	400	400	350	720	710	700	700	700	330	680
Aspect	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SW	SW	NW	NW	NW	SE	SE	SE	SE	SE	NW	SE
Slope(°)	15	15	15	20	15	15	20	15	15	20	20	10	5	10	20	15	5	15	10
Mean height of tree layer(m)	13	10	10	13	13	10	13	15	11	8	8	13	11	9	8	10	13	18	15
Mean DBH of tree layer(cm)	15	18	15	15	15	15	15	28	28	15	15	20	20	18	16	15	22	20	18
Cover of tree layer(%)	90	95	90	85	90	90	85	90	90	90	90	90	90	90	80	90	90	80	90
Height of subtree layer(m)	8	5	6	6	8	6	6	6	5	5	5	8	4	5	4	5	5	8	5
Cover of subtree layer(%)	60	60	40	40	60	40	40	50	60	50	50	70	70	70	60	80	60	50	30
Cover of shrub layer(%)	60	40	40	40	60	40	40	50	60	80	80	50	70	50	60	50	50	50	60

Community	C							D				
	22	21	20	25	24	23	27	26	30	29	28	
Altitude(m)	800	750	740	900	850	830	1,080	1,050	1,200	1,170	1,100	
Aspect	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	
Slope(°)	15	10	15	30	25	30	30	20	30	30	30	
Mean height of tree layer(m)	13	11	11	13	10	10	11	18	6	8	8	
Mean DBH of tree layer(cm)	28	20	18	20	18	12	25	25	15	18	18	
Cover of tree layer(%)	80	80	90	80	90	90	80	80	80	90	80	
Height of subtree layer(m)	6	4	4	5	5	5	7	7	3	5	5	
Cover of subtree layer(%)	60	60	60	40	60	80	50	50	20	40	50	
Cover of shrub layer(%)	40	30	20	30	60	50	40	20	20	40	30	

(Piagol)

Community	A												B								
	6	7	15	18	11	14	2	1	3	5	4	8	12	13	16	17	9	10	20	25	26
Altitude(m)	520	530	590	640	565	580	505	500	510	515	515	540	570	575	600	625	560	565	675	925	950
Aspect	NE	NE	SW	NE	NE	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE	SW	NE	NE	NE	E	E
Slope(°)	10	15	10	10	5	10	15	10	10	10	15	10	10	10	5	10	15	10	15	30	30
Mean height of tree layer(m)	15	14	16	14	11	14	14	12	16	12	14	13	14	13	13	13	17	16	16	14	14
Mean DBH of tree layer(cm)	15	15	18	18	16	25	15	15	13	10	15	9	15	18	17	20	20	12	28	42	35
Cover of tree layer(%)	90	90	90	95	80	90	95	80	95	80	90	90	90	90	85	95	90	90	85	85	80
Height of subtree layer(m)	5	5	5	6	6	6	5	4	7	7	7	6	5	6	5	5	7	7	5	6	6
Cover of subtree layer(%)	60	60	30	60	50	40	50	80	60	60	40	50	70	50	50	40	60	50	40	85	85
Cover of shrub layer(%)	20	30	30	30	40	20	80	60	5	50	50	30	30	40	15	30	30	30	30	75	80

Community	B									C				D				
Plot number	28	29	30	31	22	23	24	19	21	27	32	33	35	36	34	37	38	39
Altitude(m)	1,005	1,010	1,025	1,040	775	860	910	650	700	975	1,050	1,060	1,075	1,125	1,090	1,165	1,190	1,225
Aspect	SE	SE	S	E	SE	SE	E	NE	NE	E	SE	SE	SW	SE	SE	SE	SE	SE
Slope(°)	45	35	35	35	30	30	30	15	10	30	25	30	30	30	30	30	30	30
Mean height of tree layer(m)	14	14	12	12	14	14	13	13	14	12	14	14	12	12	12	12	10	7
Mean DBH of tree layer(cm)	35	30	30	45	39	30	35	23	27	30	30	35	24	30	24	30	32	25
Cover of tree layer(%)	80	90	90	85	85	85	85	90	95	85	85	85	85	85	80	85	80	85
Height of subtree layer(m)	6	7	6	5	7	7	8	5	6	5	6	6	3	4	3	4	5	4
Cover of subtree layer(%)	80	80	80	80	80	85	70	60	70	80	60	70	60	70	60	70	70	85
Cover of shrub layer(%)	80	85	85	85	70	80	75	10	25	80	80	80	60	80	80	80	80	70

평균고는 6-8m, 평균흉고직경은 15-18cm, 울폐도는 80-90%이었다.

피아골계곡의 군집 A에는 해발 500-625m에 위치하는 조사구가 포함되었으며 교목상층의 평균수고는 12-16m, 평균흉고직경은 9-25cm, 울폐도는 80-95%이었다. 군집 B에 속하는 조사구는 해발 560-1,040m에 위치하며 교목상층의 평균수고는 12-17m, 평균흉고직경은 12-45cm, 울폐도는 80-95%이었다. 군집 C에는 해발 1,050-1,125m에 위치하는 조사구가 포함되었으며 교목상층의 평균수고는 12-14m, 평균흉고직경은 24-35cm, 울폐도는 80-85%이었다. 군집 D에 속하는 조사구는 해발 1,165-1,225m의 계곡상부에 위치하며 교목상층의 평균수고는 7-12m, 평균흉고직경은 25-30cm, 울폐도는 80-85%이었다.

2. 조사구의 classification 및 ordination 분석

계곡별 조사구를 TWINSpan에 의하여 classification 분석한 결과 그림 2와 같이 2개 계곡 모두 제 2 division에서 4개의 군집 A, B, C, D로 구분되었으며 군집 A, B와 C, D는 서로 독립적이었다. 계곡별, 4개 군집별 주요 수종의 중요치는 표 2에 나타났다.

화엄사계곡 전체 조사구 30개중 11개 조사구가 포함되어 있는 군집 A는 평균중요치가 50.2%인 소나무가 우점종인 군집이었으며, 굴참나무, 때죽나무, 서어나

무류의 중요치가 각각 11.4, 5.9, 5.2%로서 부차적인 수종을 이루고 있었다. 군집 B는 8개의 조사구가 포함되어 있었으며 서어나무류와 졸참나무의 평균중요치가 각각 28.7%, 20.4%로서 서어나무류, 졸참나무가 우점종인 군집이었고 소나무, 때죽나무의 평균중요치도 각각 13.7, 10.20%로서 비교적 높은 값을 보였다. 8개의 조사구가 포함되어 있는 군집 C는 졸참나무, 서어나무류의 평균중요치가 각각 16.7, 11.9%로서 졸참나무, 서어나무류 우점군집이었으며 물푸레나무, 까치박달나무, 당단풍나무의 평균중요치도 각각 9.5, 7.2, 6.4%로서 비교적 높은 값을 보였다. 군집 D에는 3개의 조사구가 포함되며 평균중요치가 43.2%인 신갈나무 우점군집이었으며 까치박달, 당단풍나무, 서어나무류, 쇠물푸레나무도 각각 14.6, 11.5, 8.9, 6.3%로서 비교적 높은 값을 보였다.

피아골계곡 전체조사구 39개중 16개 조사구가 포함된 군집 A는 평균중요치가 29.8%인 서어나무류가 우점종인 군집이었으며 졸참나무, 비목, 때죽나무, 노각나무가 각각 11.3, 9.1, 7.5, 6.7%로서 5% 이상의 값을 보였다. 군집 B에는 15개 조사구가 포함되며 서어나무류의 평균중요치가 30.4%로서 서어나무류 우점군집이었으며 졸참나무, 당단풍나무, 쪽동백나무의 평균중요치가 각각 16.7, 6.8, 5.4%로서 5% 이상의 값을 보였다. 5개 조사구가 포함된 군집 C는 졸참나무, 서어나무류의 평균중요치가 각각 25.7, 19.5%로서 졸참나무, 서어나무류 우점군집이었으며 신갈나무, 당단풍나무의 평균중요치도 각각 19.5, 15.6, 5.7%로서 비교적

Table 2. Importance value of major tree species (IV in any of the plots > 10%) in the Hwaomsa forest and the Piagol forest classified into four communities by TWINSpan.

Community	A										B										C										D																																
	5	13	9	7	6	10	8	12	11	2	1	3	19	18	17	16	15	4	14	22	21	20	25	24	23	27	26	30	29	28																																	
<i>Pinus densiflora</i>	2.7	33.7	72.0	44.1	20.0	62.1	52.1	54.1	57.4	69.6	79.8	24.9	9.0	13.7	32.7	6.5	16.4	6.7	0.4																																												
<i>Quercus serrata</i>	4.1	4.4	0.4	14.0										1.1	1.8	2.6	0.5	22.2										23.2	36.1	16.5	14.2	16.4	18.6	15.7	48.6	30.4	16.5	12.4										25.5															
<i>Q. mongolica</i>	0.8										2.5										0.2										1.0	26.9										3.4	0.8	4.9	2.2	67.2	37.1	25.3															
<i>Q. variabilis</i>	65.1	2.0	18.4										28.6	1.7										8.6	1.3	6.4										0.7	0.2	2.0	3.3	1.7																							
<i>Carpinus</i> spp.	1.3	15.8	7.3	7.4	1.0	4.2	13.2	3.5	3.3	0.5	20.5										20.3	28.6	24.1	55.0	16.7	21.7	42.8	3.1	6.7	29.7	5.1	10.1	11.4	16.9	11.9	6.5										20.1																	
<i>Carpinus cordata</i>	0.6										0.5										0.9										2.5										0.7	1.6	0.5	1.6	0.5																		
<i>Acer. pseudo-sieboldianum</i>	0.5										0.6										0.5										0.9										2.5										0.7	1.6	0.5	1.6	0.5								
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.4										0.4										0.8										0.4										0.9										4.6	1.4	0.9	4.6									
<i>F. sieboldiana</i>	0.8										2.6										1.3	1.1	3.8	0.4										0.8	2.1										0.2	3.3	0.9	0.3	7.2	0.9	1.7	3.4	15.4										
<i>Stewartia koreana</i>	0.4										0.8										2.7										0.7										0.9	9.1										1.6										10.4	0.4
<i>Syrax japonica</i>	5.4	14.3	3.5	1.5										2.1	2.6	18.9	12.4	0.5	3.1	4.2	13.4	7.3	4.5	10.4	17.6	7.4	16.8	25.4										17.1	2.9																								

Community	A										B										C										D																														
	6	7	15	18	11	14	2	1	3	5	4	8	12	13	16	17	9	10	20	25	26	28	29	30	31	22	23	24	19	21	27	32	33	35	36	34	37	38	39																						
<i>Quercus serrata</i>	0.4	1.7	7.0	6.4	20.2	50.4	18.2	25.3	21	6.3	13.4	0.7	16.1	12.6	7.7	8.4	5.7	12.6	10.7	43.5	45.0	55.0	21.9	23.2	15.3										1.6	19.2	50.7	12.8	23.0	16.8	7.5																				
<i>Q. mongolica</i>	12.7										21.5	2.4	21.6	49.0	51.5	26.0	7.1	25.2	19.3	48.1	53.7	38.2	55.8	22.0	22.4	23.8	15.2	45.9	21.8	18.8	13.2	12.4	13.8	13.7	42.0	48.3										53.3	28.9	31.5	35.0	13.2	28.0	15.0	6.3								
<i>Carpinus</i> spp.	17.6										17.6	25.4	7.6	0.4										0.8	1.5										4.8	0.3	0.3	5.8										6.3	5.5	2.4											
<i>Acer mono</i>	0.3	0.6	1.0	6.8	0.3	0.7	6.3										3.7	1.3	0.4	2.8	4.8	16.7										8.1	7.1	6.4	10.2	10.3	4.1	16.1	7.6	0.5	3.8	4.9	1.2	4.6										15.4	0.6	1.8	5.5	5.2	6.4	4.6	13.1
<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	9.7	1.6	1.5										4.9	6.8	1.0	19.5	13.9	6.7	15.6	10.3	3.8	11.5	10.5	2.5	1.8										1.2	1.3	4.2	7.0	2.5	3.2	4.8	2.8	3.8	4.4	13.1	14.4	2.1	4.0	1.6												
<i>Syrax japonica</i>	2.8										0.5	10.4										1.7	0.3	10.6										5.2	6.9	24.3	1.8	2.6										0.7										0.5	0.8		
<i>S. obassia</i>	2.8										0.5	10.4										1.7	0.3	10.6										5.2	6.9	24.3	1.8	2.6										0.7										0.5	0.8		
<i>Cornus controversa</i>	4.8	21.3	7.2										2.7	0.5	1.2	3.8	8.5	16.3	11.4	8.3	10.2	1.5	8.7										4.2	2.2	1.2										6.6	13.3	0.2	1.3	2.4												
<i>Stewartia koreana</i>	1.6	8.4	33.0	23.7	2.9										0.8	1.1	3.7	1.1	9.0	7.4	10.8	5.8	35.6	0.4	12.8	1.4	8.5	5.0	0.6	0.8	0.3	14.2										1.0	0.6	4.2	12.7	10.0	1.1										0.5	3.4	0.3		
<i>Lindera erythrocarpa</i>	4.9										5.3	3.4	13.2	3.6										1.0										0.9	4.7	8.2	9.4	0.3	0.3	1.4	6.8										3.2	7.6	7.9	10.1							
<i>Meliosma myriantha</i>	2.9	8.7	3.6	15.7	11.4	2.8										0.3	3.9	1.2	3.7	6.2	11.3	1.6										1.8										3.8																			
<i>Sapium japonicum</i>	2.9										1.6										1.8										3.8																														

높은 값을 보였다. 군집 D는 3개의 조사구가 포함되며 신갈나무의 평균중요치가 55.8%로서 신갈나무 우점 군집이었고 평균중요치가 5%이상인 수종은 당단풍나무이었다.

그림 3에서는 계곡별, 4개 군집별 각조사구의 출현 종수, 종다양도, 균재도에 의한 종다양성을 보였다. 화엄사 계곡의 군집별 출현종수, 종다양도, 균재도는 모두 군집 A, B, C순으로 증가한 후 군집 D가 가장 낮은 경향을 보였다. 각 군집의 평균종다양도는 군집 A 0.

833, 군집 B 0.997, 군집 C 1.158, 군집 D 0.749로 산출된다. 피아골계곡의 경우 화엄사계곡에 비하여 군집 간 큰 차이를 보이지 않았으나 군집 D가 출현종수, 종다양도, 균재도 모두 가장 낮은 경향을 보였다. 각 군집의 평균종다양도를 산출한 결과 군집 A 0.965, 군집 B 0.903, 군집 C 0.917, 군집 D 0.841이었다.

그림 4에서는 DCA방법에 의한 조사구 ordination 결과를 계곡별로 보였는데 2개 계곡 모두 대체로 5개의 군으로 구분할 수 있었다.

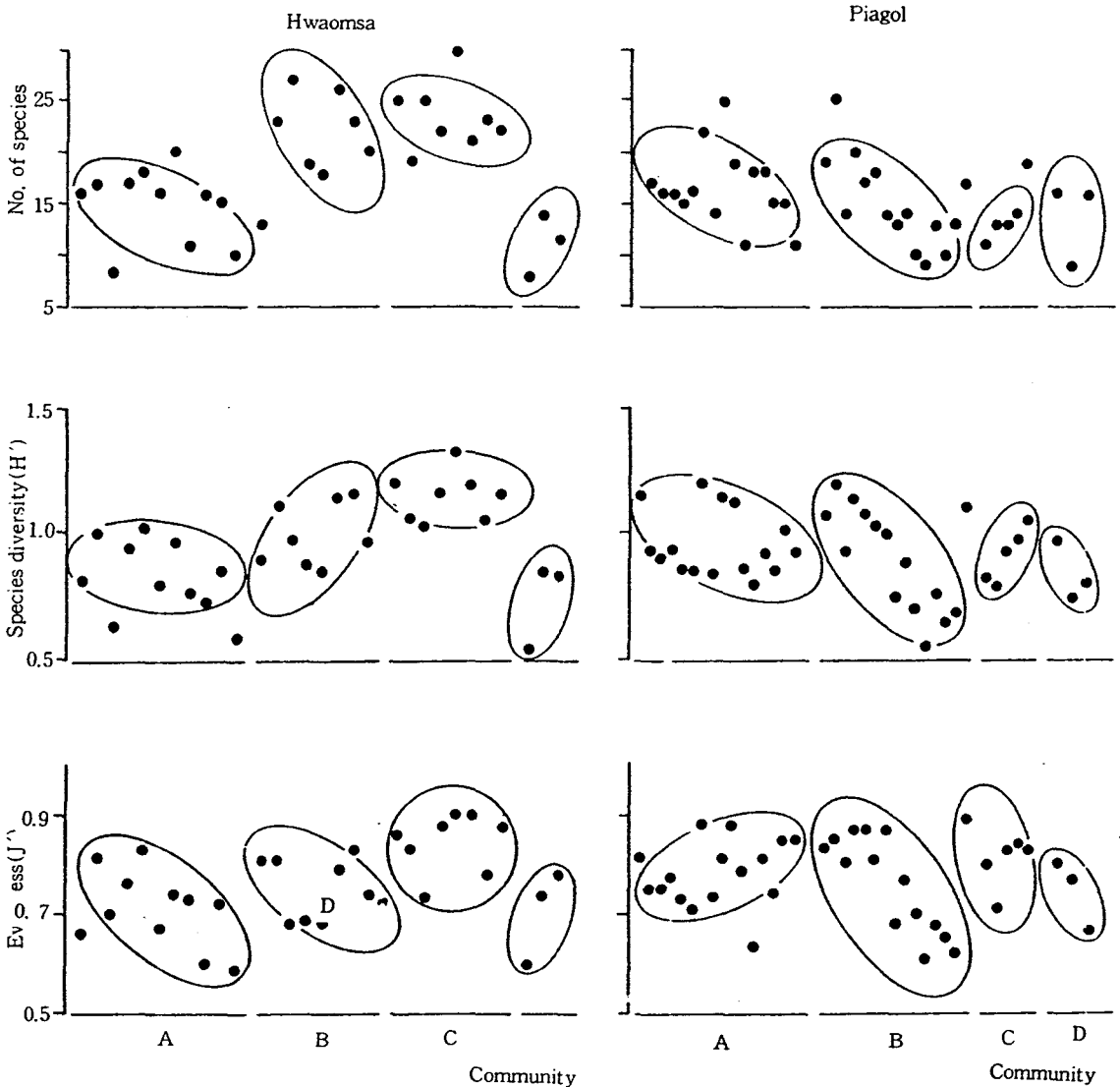


Figure 3. Various diversity indices of the sample plots classified into four communities by TWINSpan in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest.

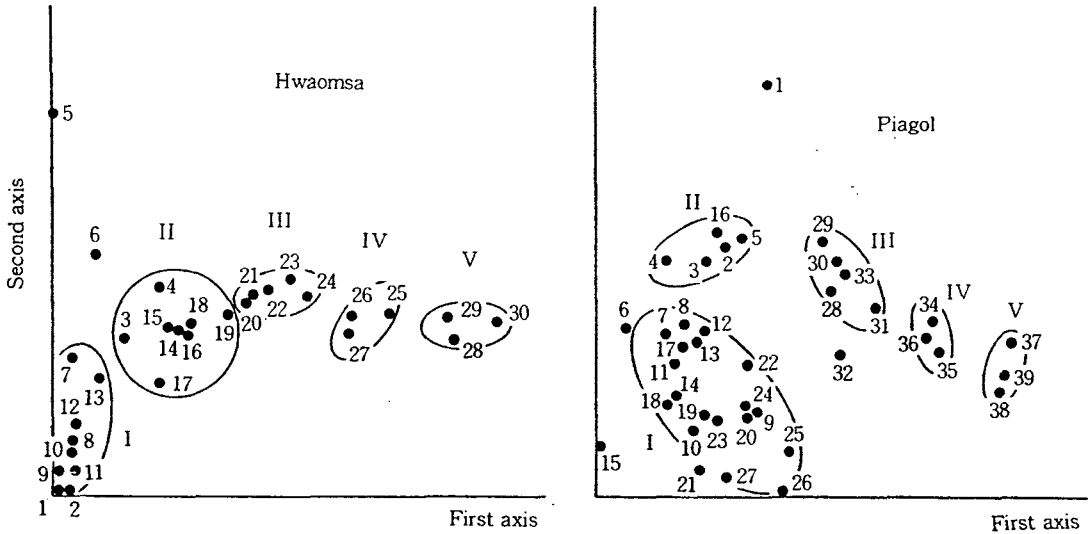


Figure 4. DCA stand ordination of the plots sampled in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest.

화엄사계곡 전체 30개 조사구중 I군에 포함되는 조사구는 모두 19개 조사구로서 classification 분석결과 (그림 2) 군집 A에 속하는 11개 조사구중 조사구 5, 6이 제외된 9개 조사구로서 소나무 우점군집이었다(표 2). 제 2축에서 I군과 분리되는 조사구 5, 6은 굴참나무가 우점종이었다. II군은 classification 분석결과 군집 B에 속했던 8개 조사구로 이루어져있다. III군과 IV군은 classification 분석결과 군집 C에 속하는 8개 조사구가 포함되며 IV군의 경우 졸참나무가 출현하지 않는 군집이었다. V군은 classification 분석결과 군집 D에 속하는 조사구와 동일하였다.

피아골계곡 전체 39개 조사구중 I군에 포함되는 조사구는 모두 19개 조사구로서 classification 분석결과 군집 A에 속했던 16개 조사구중 8개 조사구와 군집 B에 속했던 15개 조사구중 11개 조사구가 포함되며 졸참나무, 고로쇠나무, 때죽나무, 노각나무, 비목 등 다수의 활엽수종과 혼효하고 있는 서어나무류 우점군집이었다. II군은 classification 분석결과 군집 A에 속했던 5개 조사구로 구성되며 I군에 비하여 졸참나무의 중요치가 높은 서어나무류, 졸참나무 우점군집이었다. 제 2축에 의하여 I, II군과 분리되는 조사구 1은 졸참나무가 우점종이었다. III군은 classification 분석결과 군집 B에 속했던 15개 조사구중 I군에 포함되는 11개 조사구를 제외한 4개 조사구와 군집 C에 속했던 조사구 33 등의 5개 조사구로 이루어져 있으며 서어나무류, 당단풍나무 등과 혼효하고 있는 졸참나무 우점군집이었다. IV군은 군집 C에 속했던 5개 조사구중 3개

조사구가 포함되며 신갈나무, 졸참나무, 서어나무류 우점군집이었다. V군은 군집 D와 동일한 군집으로 구성되어 있었다.

3. 수종의 classification 및 ordination 분석

주요 수종의 TWINSpan에 의한 classification과 DCA에 의한 ordination 분석결과는 그림 5와 6에서 보였다. 화엄사계곡은 classification 분석결과 소나무와 굴참나무, 서어나무류와 졸참나무, 신갈나무와 까치박달나무 등의 group으로 구분되었다. Ordination 분석결과에 의하면 제 1축에 의하여 소나무와 굴참나무, 서어나무류와 졸참나무, 까치박달나무, 신갈나무 등으로 구분되며 제 2축에 의하여 소나무는 굴참나무와, 서어나무류는 졸참나무와 재구분되는 것으로 나타났다. 피아골계곡의 경우 classification 분석결과 서어나무류와 졸참나무, 신갈나무 등의 group으로 구분되며 ordination 분석결과 제 1축과 2축에 의하여 서어나무류, 졸참나무, 소나무가 분리되는 경향을 보였다.

표 3은 주요 수종의 중요치에 의한 상관관계를 계곡별로 나타낸 것이다. 화엄사계곡에서는 소나무가 서어나무류, 졸참나무, 까치박달나무 등과 유의적인 부의 상관을 보였다. 소나무가 거의 출현하지 않는 피아골계곡의 경우 서어나무류는 졸참나무와 유의적인 부의 상관을 보였다.

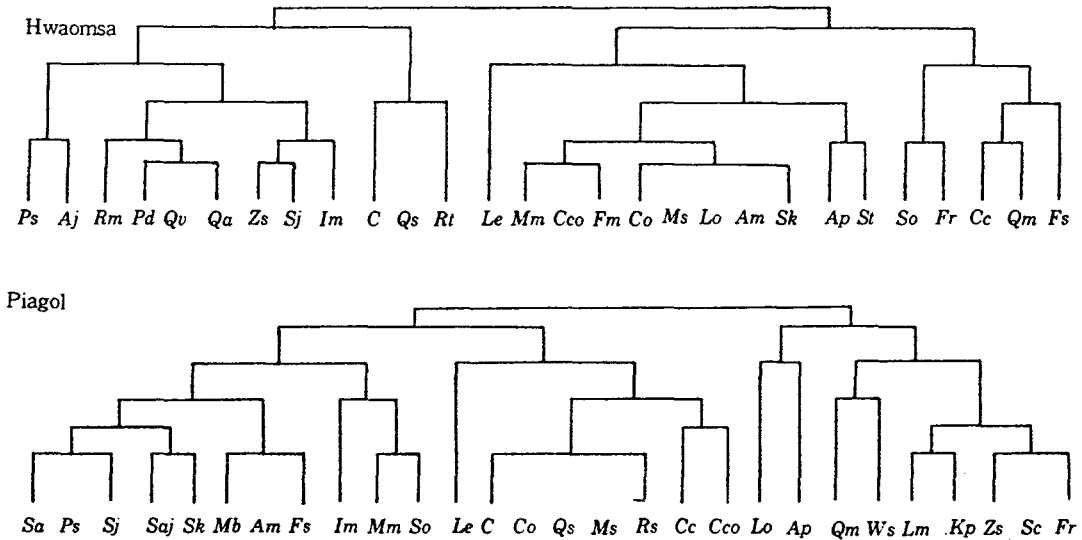


Figure 5. Dendrogram of TWINSPLAN species classification of the major woody species in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest.

Pd; *Pinus densiflora*; *Cc*, *Carpinus cordata*; *C*, *Carpinus* spp.; *Cs*, *Corylus sieboldiana*; *Qv*, *Quercus variabilis*; *Qm*, *Quercus mongolica*; *Qs*, *Quercus serrata*; *Ms*, *Magnolia sieboldii*; *Lo*, *Lindera obtusiloba*; *Ps*, *Prunus sargentii*; *Rt*, *Rhus trichocarpa*; *Am*, *Acer mono*; *Ap*, *Acer pseudo-sieboldianum*; *Mm*, *Meliosma myriantha*; *Cco*, *Cornus controversa*; *Sc*, *Symplocos chinensis* for. *pilosa*; *Sj*, *Styrax japonica*; *Fm*, *Fraxinus mandshurica*; *Fr*, *Fraxinus rhynchophylla*; *Fs*, *Fraxinus sieboldiana*; *Le*, *Lindera erythrocarpa*; *Zs*, *Zanthoxylum schinifolium*; *Saj*, *Sapium japonicum*; *Sk*, *Stewartia koreana*; *Rs*, *Rhododendron schlippenbachii*; *So*, *Styrax obassia*; *Aj*, *Albizia julibrissin*; *Rm*, *Rhododendron mucronulatum*; *Kp*, *Kalopanax pictum*; *Lm*, *Lespedeza maximowichii*; *Qa*, *Quercus aliena*; *Zs*, *Zelkova serrata*; *Im*, *Ilex macropoda*; *Sa*, *Sorbus alnifolia*; *Mb*, *Morus bombycis*; *Ws*, *Weigela subsessilis*

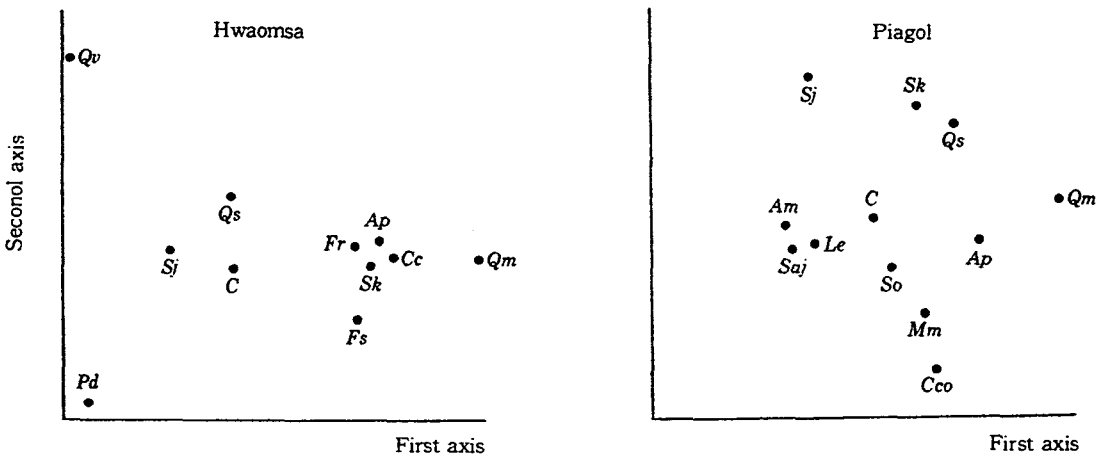


Figure 6. DCA species ordination of the major tree species in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest. *Qm*, *Quercus mongolica*; *Cc*, *Carpinus cordata*; *Ap*, *Acer pseu-sieboldianum*; *C*, *Carpinus* spp.; *Fs*, *Fraxinus sieboldiana*; *Sk*, *Stewartia koreana*; *Sj*, *Styrax japonica*; *Pd*, *Pinus densiflora*; *Qs*, *Quercus serrata*; *Qv*, *Quercus variabilis*; *Am*, *Acer mono*; *So*, *Styrax obassia*; *Le*, *Lindera erythrocarpa*; *Saj*, *Sapium japonicum*; *Cco*, *Cornus controversa*; *Mm*, *Meliosma myriantha*; *Qm*, *Quercus mongolica*

Table 3. Correlation among the importance values of the major woody species in the Hwaomsa valley forest and the Piagol valley forest.

(Hwaomsa)

	Cc	C	Cs	Qv	Qm	Qs	Ms	Lo	Ps	Rt	Am	Ap	Mm	Cco	Sc	Sj	Fm	Fr	Fs
Pd	-	-				-						-	--	--			-	-	
Cc													+					++	++
C																			
Cs						++	+			++	++		++				++		
Qv																			
Qm													++			++			+
Qs										++			+						
Ms												+	++	++					+
Lo											++		+						++
Ps																			
Rt																			
Am											+	++			--	++	++		
Ap																++			
Mm														++				+	
Cco																			
Sc																			
Sj																			
Fm																			++
Fr																			

(Piagol)

	Cs	Qs	Ms	Lo	Le	Zs	Saj	Am	Ap	Mm	Sk	Rs	Sc	So	Fs
C															
Cs													++		
Qs															+
Ms								++							
Lo								++							
Le								++							
Zs													++		
Saj															
Am															
Ap															
Mm															
Sk															+
Rs															
Sc															
So															

¹ 2-tailed significant : -, + : 5%, --, ++ : 1% level

² Pd, *Pinus densiflora*; Cc, *Carpinus cordata*; C, *Carpinus spp.*; Cs, *Corylus sieboldiana*; Qv, *Quercus variabilis*; Qm, *Quercus mongolica*; Qs, *Quercus serrata*; Ms, *Magnolia sieboldii*; Lo, *Lindera obtusiloba*; Ps, *Prunus sargentii*; Rt, *Rhus trichocarpa*; Am, *Acer mono*; Ap, *Acer pseudo-sieboldianum*; Mm, *Meliosma myriantha*; Cco, *Cornus controversa*; Sc, *Symplocos chinensis* for. *pilosa*; Sj, *Styrax japonica*; Fm, *Fraxinus mandshurica*; Fr, *Fraxinus rhynchophylla*; Fs, *Fraxinus sieboldiana*; Le, *Lindera erythrocarpa*; Zs, *Zanthoxylum schinifolium*; Saj, *Sapium japonicum*; Sk, *Stewartia koreana*; Rs, *Rhododendron schlippenbachii*; So, *Styrax obassia*

종합고찰 및 결론

TWINSPAN에 의한 조사구 classification을 분석한 결과 화염사계곡 주변 계곡부(해발 220m)에서 계곡 정부(해발 1,200m)에 이르는 화염사계곡의 삼림군집은 해발 240-650m의 소나무군집, 해발 330-720m의 서어나무류·줄참나무군집, 해발 800-1,080m의 줄참나무·서어나무류군집, 해발 1,100-1,200m의 신갈나무군집 등의 4개 군집으로 구분되었다. 서어나무류·줄참나무군집에서는 소나무의 평균중요치가 13.7%인 반면 줄참나무·서어나무류군집의 경우 소나무가 거의 출현하지 않았으며 물푸레나무, 까치박달, 당단풍나무의 평균중요치가 7-10%의 값을 보임으로서 부차적인 수종을 달리하는 것으로 나타났다. 해발 500m에서 1,225m까지 조사된 피아골계곡은 해발 500-625m의 서어나무류군집 A, 해발 560-1,040m의 서어나무류군집 B, 해발 1,050-1,125m의 줄참나무·서어나무류군집, 해발 1,165-1,225m의 신갈나무군집 등의 4개 군집으로 구분되었다. 서어나무류군집 A에서 평균중요치가 5% 이상으로 비교적 높은 수종은 줄참나무, 비목, 때죽나무 등이었으나 서어나무류군집 B의 경우 줄참나무, 당단풍나무, 쪽동백나무 등으로 부차적인 수종을 달리하는 것으로 나타났다. 그러나 전반적으로 볼 때 서어나무류군집 A와 B는 동일군집에 속한다고 할 수 있다. 한편, 군집구분은 2개 계곡 모두 해발고와 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있으며, 피아골계곡의 경우 소나무군집이 없는 것은 조사구의 최소 해발고가 500m로서 화염사계곡 220m에 비하여 높기 때문이었다.

식생개황을 종합하면 화염사계곡 교목상층의 조사구별 평균흉고직경은 4개 군집간에 큰 차이가 없었으며 15-28cm의 범위를 보였다. 평균수고는 신갈나무군집의 경우 6-8m로서 나머지 3개 군집의 8-18m에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 피아골계곡 교목상층의 조사구별 평균흉고직경은 서어나무류군집 A가 9-25cm로서 조사구 10을 제외한 나머지 3개 군집의 20-45cm에 비하여 작았다. 평균수고는 신갈나무군집이 7-12m로서 나머지 3개 군집 11-17m에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 2개 계곡 모두 계곡 상부에 위치하는 신갈나무군집의 경우 계곡 중, 하부에 위치하는 타군집에 비하여 교목상층의 평균수고가 낮은 것으로 나타났는데, 이러한 이유는 계곡상부의 삼림군집은 바람에 대한 적응 결과 교목상층의 수고가 낮다는 Reiners와 Lang(1979)의 보고에 의하여 설명할 수 있다. 2개 계곡을 비교하면 피아골계곡은 흉고직경이 비교적 작았던 서어나무류군집 A를 제외할때 전반적

으로 화염사계곡에 비하여 평균흉고직경이 큰 것을 알 수 있는데, 이것은 피아골계곡 하부와 화염사계곡의 경우 인간의 간섭이 비교적 심했다는 것을 시사한다고 할 수 있다.

계곡별, 군집별 평균종다양도를 계곡과 관계없이 군집별로 종합하면 신갈나무군집 0.749-0.841, 소나무군집 0.832, 서어나무류군집과 서어나무류·줄참나무군집 및 줄참나무·서어나무류군집 0.903-1.158의 순으로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 양수인 소나무, 신갈나무 등에서 음수인 서어나무 등으로 우점종이 변함에 따라 종다양성이 증가한다는 최(1983)의 학설과 일치한다. 2개 계곡의 주요 군집인 서어나무류군집·서어나무류, 줄참나무군집, 줄참나무·서어나무류군집의 군집별 평균종다양도는 화염사계곡이 0.997-1.158로서 피아골계곡 0.903-0.965보다 높았다. 이러한 이유는 화염사계곡이 피아골계곡에 비하여 균제도는 별 차이가 없었으나 양수인 소나무 등의 출현종수가 많았기 때문이었다(표 2, 그림 3). 이러한 경향과 인간의 간섭이 피아골계곡보다 화염사계곡이 비교적 심했다고 추정된 사실을 고려할 때, 화염사계곡은 피아골계곡보다 극상림으로의 천이 정도가 비교적 심화되어 있지 않다고 할 수 있다.

한편 수종의 classification 결과 화염사계곡은 주요 우점종인 소나무, 서어나무류와 줄참나무, 신갈나무가 명확히 분리되었으며, 소나무가 거의 출현하지 않는 피아골계곡의 경우 서어나무류와 줄참나무, 신갈나무가 명확히 분리되었다. 또한 서어나무류와 줄참나무의 경우 ordination 분석결과 화염사계곡에서 제 1축에서는 구분되지 않았으나 제 2축에서 구분되었으며 종상관 결과 유의적인 상관이 없었다. 그러나 피아골계곡에서는 제 1, 2축에서 모두 구분되었으며 서로 유의적인 부의 상관을 보였다. 이것은 화염사계곡이 피아골계곡에 비하여 극상림으로의 천이 진행 정도가 낮다는 사실을 고려할 때, 서어나무와 줄참나무는 천이가 진행될수록 경쟁관계가 심화된다는 것을 시사한다고 할 수 있다. 또한 2개 계곡 모두 서어나무의 중요치가 상대적으로 높은 서어나무류군집 또는 서어나무류·줄참나무군집이 줄참나무·서어나무류군집보다 비교적 토양조건이 좋고 광조건이 나쁜 해발고가 낮은 곳에 위치하며 일반적으로 서어나무류가 참나무류보다 천이 단계가 높은 수종이라는 사실(박, 1986; 이 등, 1990)을 고려할 때, 화염사계곡은 소나무 및 신갈나무-줄참나무-서어나무, 피아골계곡은 신갈나무-줄참나무-서어나무류로 천이가 진행되는 것으로 추정된다. 한편 특수한 환경조건이 지속되는 계곡 정부의 겨우 국소적인 신갈나무 극상림이 지속될것으로 추정된다.

DCA에 의한 조사구 ordination 분석결과 2개 계곡 모두 5개 군집으로 구분할 수 있었다. 2개 계곡 모두 4개 군집으로 구분된 TWINSpan에 의한 조사구 classification과 비교하면 화엄사계곡에서는 졸참나무가 출현하지 않는 서어나무, 신갈나무, 까치박달나무, 물푸레나무 등의 활엽수혼효림군집이 추가분리되었다. 피아골계곡의 경우 TWINSpan에 의한 classification 분석결과 구분된 서어나무류군집 A, B와 졸참나무, 서어나무류군집 등의 3개 군집이 서어나무류군집, 서어나무류·졸참나무군집, 졸참나무군집, 신갈나무·졸참나무·서어나무류군집 등의 4개 군집으로 세분화되었다. 그러나 표에서는 제시하지 않았으나 DCA에 의한 조사구 ordination 제 1, 2축 모두 해발고와는 유의적인 상관관계를 보이지 않았으며 계곡별 조사구의 수가 각각 30, 39개로서 비교적 적은 것을 고려할 때 지나치게 세분화된 것으로 사료된다.

인용 문헌

- 김준호, 임영덕, 조도순, 고성덕, 민병부. 1983. 피아골 극상림의 군락구조, 식물량 및 1차생산에 관한 연구. 한국자연보존협회 조사보고서 21 : 53-73.
- 김태욱, 1988. 지리산지역의 식생. 환경청연구보고서. p. 113-143.
- 박인협. 1986. 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문. 48pp.
- 박인협, 이경재, 조재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조-구룡사-비로봉지역을 중심으로 -. 응용생태연구 2(1) : 1-9.
- 오계철, 강윤순. 1983. 피아골 제 1차림의 군집생태학적 연구. 한국자연보존협회 조사보고서 21 : 39-52.
- 이경재, 박인협, 조재창, 오충현. 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(II) -Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생 분석. 응용생태연구 4(1) : 33-43.
- 이경재, 조재창, 우종서. 1989. Classification 및 Ordination 방법에 의한 가야산지구의 식물군집구조 분석. 응용생태연구 3(1) : 28-41.
- 이영노, 오용자. 1983. 피아골의 식물상. 한국자연보존협회 조사보고서 21 : 25-37.
- 이창복. 1963. 지리산의 식물자원. 지리산종합개발 조사보고. p. 295-345.
- 임양재, 김성덕, 이창남. 1983. 피아골 극상림의 수분 및 양분의 수지에 관하여. 한국자연보존협회 조사보고서 21 : 87-98.
- 장남기, 박봉규. 1983. 피아골 극상림의 낙엽의 생산과 분해에 관하여. 한국자연보존협회 조사보고서 21 : 75-85.
- 정영철. 1988. 지리산지역의 식물상. 환경청 연구보고서. p. 43-109.
- 최기철. 1983. 기초생태학. 향문사, 서울. 251pp.
- Curtis, J. T. and R. R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
- Gauch, H. G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, England. 298pp.
- Hill, M. O. 1979a. DFCORANA—a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Itacha. 52pp.
- Hill, M. O. 1979b. TWINSpan—a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and attributes. Ecology and Systematics, Cornell University, Itacha. 99pp.
- Nakai, T. 1952. Synoptical sketch of Korean Flora. Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo 31 : 1-152.
- Pielou, E. C. 1977. Mathematical ecology. John Wiley & Sons, N. Y. 385pp.
- Reiners, W. A. and G. E. Lang. 1979. Vegetational patterns and processes in the balsam fir zone, White Mountains, New Hampshire. Ecology 60(2) : 403-417.
- Whittaker, R. H. and W. A. Niering. 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. & Biomass, production, and diversity along the elevation gradient. Ecology 56 (44) : 771-790.