응용생태연구 9(1) : 30~43, 1995

불갑산 상록활엽수림의 식물군집구조[1*]

오구균[2] . 지용기[3]

Plant Community Structure of Evergreen Broad-Leaved Forest in (Mt.)Pulgapsan, Korea[1*]

Koo-Kyoon Oh[2], Yong-Gi Jee[3]

요 약

불갑산지역의 상록활엽수림에 대한 식생구조를 분석하기 위하여 40개 조사구에 대한 TWINSPAN과 DCA Ordination 기법을 적용한 결과 5개 식물군집유형 즉 푸조나무군집, 참식나무-푸조나무-비자나무군집, 낙엽활엽수 혼효림군, 갈참나무군집, 굴참나무-갈참나무군집으로 분리되었다. 그러나 불갑산 식생은 천이도중상의 불안정한 식생구조라고 판단된다. 상록활엽수림대에서 극상수종으로 판단되는 참식나무는 푸조나무와 정의 상관관계를, 개서어나무, 굴참나무, 갈참나무와 부의 상관관계를 나타냈다.

주요어: 불갑산, 상록활엽수림, 식생구조, 참식나무

ABSTRACT

Vegetational structure were investigated for evergreen broad-leaved forest in (Mt.)Pulgapsan. Forty plots were classified into five groups, which were *Aphananthe aspera* community, *Neolitesea sericea* - *Aphananthe aspera* - *Torreya nucifera* community, deciduous broad-leaved forest group, *Quercus aliena* community, *Quercus aliena* - *Quercus variabilis* community by the TWINSPAN and DCA ordination techniques. But the vegetation of (Mt.)Pulgapsan was seem to be unstable structure of seral stage. *Neolitsea sericea* showed positive correlation to *Aphananthe aspera* and negative correlation to *Quercus aliena, Quercus variabilis, Carpinus tschonoskii.*

KEY WORDS : (Mt.)PULGAPSAN, EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST, VEGETATIONAL STRUCTURE, NEOLITESEA SERICEA

서 론

본 연구는 보존 상태가 양호한 상록활엽수림의 식물군집구조분석의 일환으로 수행되었으며, 앞서 발표된 보고 (오와 최, 1993)의 후속연구이다. 본 연구의 목적은 전라남도 영광군 불갑산지역의 상록활엽수림 지역을 대상으로 정량적인 식생구조를 분석하여 국토자원관리의 기초자료를 제공하는 데 있다.

* 이 논문은 1992년 교육부지원 학술진흥재단 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.
1 접수 8월 15일, Received on Aug. 15, 1995
2 호남대학교 공과대학 College of Engineering, Honam Univ., Kwangju 506-090, Korea
3 서울시립대학교 환경생태연구실, Lab. of Environmental Ecology, Seoul City Univ., Seoul 130-743, Korea

조사지 설정 및 연구방법

조사대상지인 전라남도 영광군 불갑면 불갑산의 불갑사주변을 중심으로 1992년에 총 40개소의 조사구를 그림 1과 같이 설정하였다. 조사구 크기와 수관층위별 식생 및 입지 환경조사방법, 그리고 분석방법은 앞서 발표한 보고(오와 최, 1993)와 같으며, 상대우점치(Curtis and McIntosh, 1951)와 평균상대우점치, Shannon의 종다양도(Pielou, 1975), Classification (Hill, 1979b), DCA ordination (Hill, 1979a), 흉고직경급 분포 등을 분석하였다.

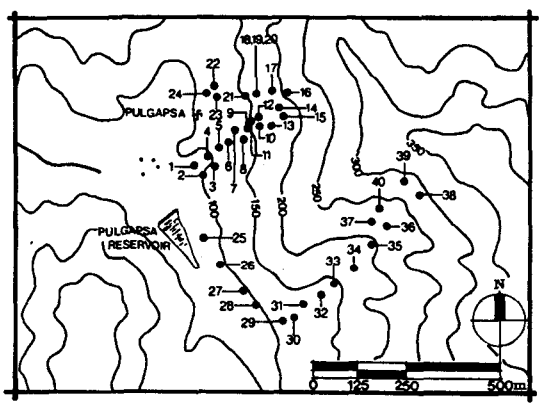

Figure 1. Location of survey plots in (Mt.) Pulgapsan

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

불갑산은 한반도 노령산맥의 한 지맥으로 영광군 불갑면 삼학리에서 함평군 사이(E 126°32′~35′,N 35°11′~13′)에 위치하며, 남서쪽에는 모악산, 운무산, 동북쪽에는 월암산이 위치하고 있다. 불갑사 전의암 주위의 참식나무군락(27,796m2)이 1962년 천연기념물 112호로 지정되어 있다. 기후는 함평관측소의 20년간 자료(기상청, 1991)를 참고할 때, 연평균기온 12.7℃, 월평균최고기온 24.1℃, 월평균최저기온 1.6℃, 한랭지수 -11.4℃로서 냉온대 남부기후대에 속하지만 난온대 경계부에 위치하고 있어(임, 1970) 난온대와 온대 남부 식생대의 추이대로서의 입지적 특성을 나타내고 있다. 연평균강수량은 1,343mm로서 중남부 내륙지방의 특징인 겨울철 대륙성기후, 여름철 해양성 기후 영향을 받는 온난다우기후대에 속한다.

불갑산 주변의 식물상에 대해서는 52과, 114속, 186종, 19변종, 2품종 총 207종류의 목본식물과 참식나무군락과 동백나무군락, 굴참나무군락, 개서어나무군락, 떡갈나무군락이 생육하고 있다는 보고(김, 1987)가 있다. 한편 1989년 환경처가 실시한 전국자연생태계 조사에서는(김, 1989) 94과, 225속, 339종류의 식물이 생육하는 것으로 보고되었다. 식생천이계열상 후기수종으로 추정되는 참식나무는 이미 1940년에 천연기념물로 지정된 바(임, 1993) 있어 현재까지 보존되었다면 약 100여년생 이상의 참식나무가 생육하고 있었을 것이다. 그러나 불갑사-전의암간 곡간부, 전석지대에 국지적으로 생육하고 있는 참식나무군락은 30cm 미만의 흉고직경과 50년 이하의 수령, 주변 소나무와 참나무류의 수령을 고려할 때 1950년경 대규모 벌채 후 발달된 2차림으로 추정된다.

불갑산 주변의 식물상은 1992년 총 40여개 조사구(12,000m²)에서 113종류의 목본 식물이 출현함으로써 홍도, 진도, 두륜산의 상록활엽수림지역보다(오와 최, 1993; 오와 조, 1994; 오와 조, 1994) 상대적으로 종 수는 많았으나 상록활엽수종은 5종으로 홍도지역 30종(오와 조, 1994), 진도지역(오와 최, 1993)의 23종, 두륜산지역의 17종(오, 1994)에 비하여 적게 나타나는 추이대적 특성을 나타냈다.

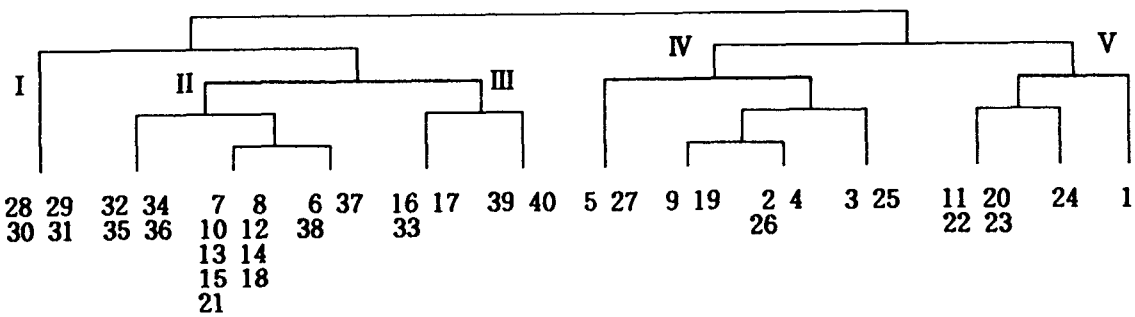

Figure 2. Dendrogram of TWINSPAN stand classification of each plot in (Mt.)Pulgapsan

2. 식물군집구조

TWINSPAN분석을 통한 40개 조사구의 분류 결과는 그림 2와 같다. 주요 수종의 평균상대우점치 값에 따라 제 1 Division에서 나뉘어진 2개의 그룹 중 제 1 그룹은 3개의 식물군으로 분리할 수 있었고, 제 2그룹은 2개의 식물군으로 분리되어 총 5개의 식물군으로 나뉘었다. 분리된 5개 식물군은 푸조나무군집(I), 참식나무 - 푸조나무 - 비자나무군집(Ⅱ), 낙엽활엽수혼효림(Ⅲ), 갈참나무군집(Ⅳ), 굴참나무-갈참나무군집(V)이었다.

40개의 조사구의 DCA Ordination분석은 Figure 3과 같이 뚜렷한 분리현상을 나타내지 않았으며,

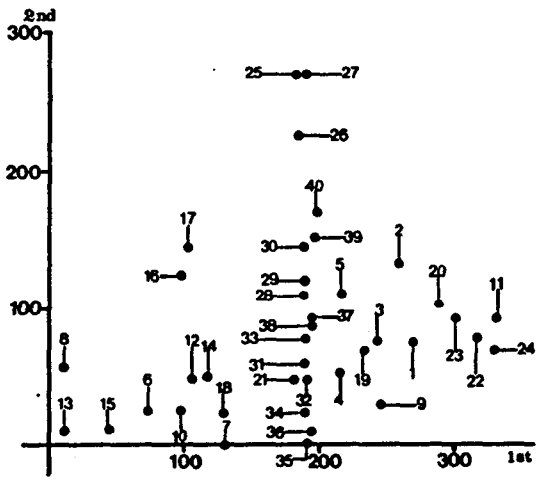

Figure 3. DCA ordination of survey plots in (Mt.)Pulgapsan

TWINSPAN에 의한 Classfication결과와는 일치하지 않았다. 대체적으로 TWINSPAN결과에서 유별한 조사구군중 굴참나무-갈참나무군집(V)의 조사구군만이 다른 조사구군들과 뚜렷이 분리되었다.

TWINSPAN에서 분리된 조사구군 별로 각 조사구의 입지환경과 특성을 나타낸 것이 Table 1 이고, 3개 수관층위에서 상대우점치가 10% 이상되는 수종들의 평균상대우점치를 나타낸 것이 Table 2 이다. 불갑산 지역 토양의 양료수준은 우리나라 산림토양(이수욱, 1981; 이경재 등, 1990)보다 높게 나타났으며 토양산도는 국지적으로 pH 5.0이하의 약산성을 나타냈다.

불갑산의 대표적 상록수종인 참식나무, 비자나무, 동백나무가 출현하는 조사구군 I은 4개 조사구가 포함되는 푸조나무군집으로 서향사면에 위치하고 있다. 경사도는 11°~13°수준으로 완만한 경사지에 위치하고 있으며, 단위면적당(300m²) 종다양도지수는 0.6~0.9로 나타났다.

조사구군 Ⅱ는 참식나무, 푸조나무가 우점하는 가운데 개서어나무, 굴참나무 및 갈참나무와 경쟁하고 있는 식물군집으로 16개 조사구가 포함되어 있다. 교목하층에서는 참식나무, 비자나무가 우세하게 분포하고 방위는 서향사면, 경사도는 11°~30°로 완만한 경사지에 위치하고 있다. 단위면적당(300m²) 종다양도지수는 0.3~1.0으로 조사구간의 변동폭이 크게 나타났다.

조사구군 Ⅲ은 5개 조사구가 포함되어 있는 낙엽활엽수혼효림으로 팽나무, 굴참나무, 개서어나무, 느티나무가 우세하게 분포하고 있다. 5개 조사구중 2개 조사구에서 참식나무가 13%~14%의 평균상대우점치를 나타내고 있으며, 교목하층에서는 단풍나무가 우세하게 분포하고 있다. 단위면적당(300m²) 종다양도지수는 0.2~1.2로 변동폭이 매우 크게 나타났다.

조사구군 Ⅳ는 9개의 조사구로 이루어져 있는 갈참나무군집으로 교목하층에서의 평균상대우점치는 비자나무, 단풍나무가 개서어나무, 참나무류보다 높게 나타났고, 관목층에서는 마삭줄, 자금우가 우점하고 있었다. 경사도는 12~28°로 완만했으며 종다양도지수는 0.4~1.4로 조사구군 I, Ⅱ, Ⅲ과 마찬가지로 변동폭이 컸다.

조사구군 V는 6개의 조사구가 포함되어 있는 굴참나무-갈참나무군집으로 교목 상 · 하층 수관층에서 개서어나무의 평균상대우점치가 비교적 높게 나타나 개서어나무로의 식생천이가 진행되는 것으로 판단된다. 관목층에서는 마삭줄이 우세하게 분포하였으며, 참식나무와 비자나무는 출현하지 않고 있다. 경사도는 18°~28°로 비교적 높은 편이고, 종다양도지수는 0.2~1.2로 다른 조사구군과 마찬가지로 변동폭이 매우 컸다.

이상의 식물군집구조분석결과 불갑사 주변의 식물군집은 푸조나무군집(I), 참식나무, 비자나무가 낙엽활엽수와 경쟁적관계에 있는 활엽수혼효림(Ⅱ), 낙엽활엽수혼효림(Ⅲ), 개서어나무로 식생천이가 진행중인 갈참나무-굴참나무군집(Ⅳ,V)으로 대별되었다. 그러나 불갑사 주변의 식물군집구조는 1950년 전후의 인간의 교란 이후 종간경쟁이 활발히 진행되는 단계로서 국지적으로 심한 변이를 나타내는 불안정한 상태를 나타내고 있다. 특히 난 · 냉온대 추이대에서 참식나무와 비자나무의 활착능과 상대우점치 변동은 장기적인 모니터링이 필요하다.

3. 주요 수종들의 직경급 분포

Classification분석에 의한 5개 식물군집에서 교목 및 교목하층에서의 상대우점치가 10%이상인 상록활엽

Table 1. General description of physical features, soil and vegetation of each plot classified by TWINSPAN in (Mt.)Pulgapsan

Community	I				II															
\Plot Number	28	29	30	31	6	7	8	10	12	13	14	15	18	21	32	34	35	36	37	38
Altitude(m)	100	110	115	130	120	130	130	150	170	165	175	180	170	160	138	170	200	220	220	280
Aspect	SW	W	NW	NW	SW	SW	SW	NW	SW	SW	NW	NW	SW	SW	SW	W	SW	SW	W	NW
Slope(°)	12	11	12	13	18	20	20	25	27	22	25	25	30	22	11	12	12	13	12	13
Soil pH	5.80	-	5.10	-	5.80	4.50	-	4.80	5.50	-	-	5.80	5.20	6.10	5.45	-	5.40	-	6.10	5.80
EC (mS/cm)*	0.113	-	0.078	-	0.128	0.079	-	0.101	0.105	-	-	0.126	0.081	0.140	0.118	-	0.094	-	0.104	0.110
Organic matter(%)	9.14	-	7.60	-	16.00	7.81	-	7.86	5.38	-	-	9.14	8.64	8.10	10.76	-	9.83	-	9.00	9.52
Avail. P_2O_5(m.e./100g)	25.0	-	24.0	-	32.0	32.0	-	64.0	26.0	-	-	44.0	27.0	25.0	31.0	-	30.0	-	22.0	59.0
CEC(m.e./100g)**	13.10	-	10.98	-	16.11	10.11	-	11.87	12.52	-	-	14.44	13.12	10.28	15.44	-	14.08	-	14.07	14.29
K^+(m.e./100g)	0.30	-	0.35	-	0.47	0.28	-	0.41	0.63	-	-	0.51	0.50	0.33	0.54	-	0.40	-	0.58	0.52
Ca^{++}(m.e./100g)	5.63	-	2.30	-	8.73	1.00	-	2.25	5.73	-	-	7.88	4.50	2.36	5.81	-	5.49	-	8.28	5.87
Mg^{++}(m.e./100g)	2.32	-	1.28	-	2.52	0.68	-	1.29	1.54	-	-	2.07	1.52	0.99	2.27	-	1.80	-	1.91	2.41
Na^+(m.e./100g)	0.248	-	0.149	-	0.248	0.125	-	0.165	0.147	-	-	0.172	0.130	0.159	0.194	-	0.174	-	0.151	0.229
Total Nitrogen(%)	0.46	-	0.38	-	0.80	0.39	-	0.39	0.27	-	-	0.46	0.43	0.41	0.54	-	0.49	-	0.45	0.48
Number of species($300m^2$)	43	29	19	20	20	23	11	14	30	12	14	13	23	18	16	16	13	14	25	25
Shannon's diversity(H)	0.9606	0.8309	0.6473	0.6495	0.6985	0.5589	0.3770	0.4354	0.4813	0.4661	0.8254	0.5176	0.6792	1.0457	0.4719	0.2677	0.4497	0.4419	0.3138	0.4725

* : Electron Exchange Capacity, ** :Cation Exchange Capacity

(Table 1. Continued)

Community	Ⅱ					Ⅳ									Ⅴ					
\Plot Number	16	17	33	39	40	2	3	4	5	9	19	25	26	27	1	11	20	22	23	24
Altitude(m)	180	220	150	280	240	100	110	100	110	140	170	90	100	100	95	150	170	130	135	110
Aspect	NW	SW	SW	SW	SW	NW	SW	SW	SW	W	SW	SW	SW	SW	NW	SW	SW	SW	SW	SE
Slope(°)	29	23	11	15	33	18	15	24	16	25	28	12	13	12	18	25	25	18	28	24
Soil pH	5.80	-	5.15	5.70	-	5.30	-	5.30	-	-	5.40	4.80	-	-	-	-	-	4.95	-	4.80
EC (mS/cm)*	0.113	-	0.121	0.088	-	0.068	-	0.088	-	-	0.063	0.072	-	-	-	-	-	0.091	-	0.058
Organic matter(%)	9.31	-	13.14	8.48	-	8.79	-	8.95	-	-	6.34	9.93	-	-	-	-	-	8.10	-	9.62
Avail. P_2O_5(m.e./100g)	34.0	-	49.0	24.0	-	105.0	-	32.0	-	-	18.0	43.0	-	-	-	-	-	25.0	-	20.0
CEC(m.e./100g)**	16.88	-	16.63	13.39	-	12.80	-	14.15	-	-	10.70	12.14	-	-	-	-	-	10.28	-	10.10
K^+(m.e./100g)	0.76	-	0.45	0.40	-	0.38	-	0.47	-	-	0.41	0.22	-	-	-	-	-	0.33	-	0.31
Ca^{++}(m.e./100g)	8.62	-	5.61	5.96	-	3.42	-	5.23	-	-	3.22	1.64	-	-	-	-	-	2.36	-	0.85
Mg^{++}(m.e./100g)	2.43	-	2.19	1.76	-	1.75	-	1.85	-	-	1.35	1.48	-	-	-	-	-	0.99	-	0.58
Na^+(m.e./100g)	0.162	-	0.249	0.171	-	0.161	-	0.150	-	-	0.125	0.173	-	-	-	-	-	0.159	-	0.119
Total Nitrogen(%)	0.47	-	0.66	0.42	-	0.44	-	0.45	-	-	0.32	0.50	-	-	-	-	-	0.41	-	0.48
Number of species(300m2)	25	31	28	31	35	27	28	30	38	29	34	43	33	39	32	34	34	36	48	33
Shannon's diversity(H')	0.7587	0.7887	0.4675	1.2416	0.2703	0.4059	0.5130	0.4889	0.7874	0.9925	0.4398	1.4338	1.3144	1.2699	0.2432	1.2796	0.4957	1.0239	0.5531	0.6873

* : Electron Exchange Capacity, ** : Cation Exchange Capacity

Table 2. Mean importance values of major woody species at each plot classified by TWINSPAN in (Mt.)Pulgapsan

Community	I				II															
Species name \ Plot Number	28	29	30	31	6	7	8	10	12	13	14	15	18	21	32	34	35	36	37	38
Carpinus tschonoskii	-	-	17.58	-	-	18.66	-	20.87	-	-	20.65	9.02	-	17.28	-	-	-	-	-	6.46
Quercus variabilis	-	-	-	-	-	8.19	-	-	14.13	-	8.12	-	15.99	-	-	-	-	-	-	4.81
Quercus aliena	8.93	5.40	13.27	-	-	-	-	5.23	-	-	-	-	-	18.71	5.81	-	-	-	-	-
Ulmus davidiana var.*japonica*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinus densiflora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--	-
Zelkoba serrata	-	-	14.28	13.68	20.53	-	-	-	-	-	-	-	6.92	-	11.44	9.95	-	-	-	18.83
Torreya nucifera	15.30	-	-	3.46	30.64	15.97	10.90	15.21	22.64	5.73	6.04	19.57	38.58	8.59	3.83	3.64	-	-	7.58	-
Neolitsea sericea	-	-	6.23	18.10	23.95	20.75	45.06	38.21	11.53	47.18	13.77	47.03	6.79	13.57	30.21	42.87	42.51	43.27	12.53	9.95
Celtis sinensis	9.69	-	3.71	-	-	-	7.85	-	-	4.75	-	-	-	-	-	-	-	-	3.43	-
Aphananthe aspera	20.88	7.16	-	20.16	-	-	13.82	5.42	11.13	5.40	18.94	8.64	9.66	-	16.36	10.59	39.91	15.87	14.31	15.88
Acer okamotoanum	-	-	-	6.08	-	-	7.70	-	-	-	-	-	-	-	7.94	-	-	-	-	- -
Cornus macrophylla	-	-	-	-	-	-	-	5.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quercus serrata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.96	-	-	-	-	8.89	-
Cornus controversa	-	-	-	-	-	-	-	-	7.57	6.20	6.25	-	-	-	-	-	-	9.56	-	-
Gleditsia japonica var.*koraiensis*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mallotus japonica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cornus walteri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diospyros lotus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acer palmatum	-	-	3.78	4.21	-	3.75	-	4.92	-	-	15.25	-	-	12.57	-	-	-	4.94	8.38	11.81
Picrasma quassioides	7.30	10.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lindera erythrocarpa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zanthoxylum ailanthoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.78	-
Albizzia julidrissin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prunus sargentii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Styrax japonica	-	3.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viburnum erosum	-	1.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapium japonicum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliosma myriantha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camellia japonica	-	9.54	8.86	10.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callicarpa mollis	-	4.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliosma oldhami	-	-	3.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachelospermum asiaticum	4.32	-	-	-	7.54	11.96	-	-	11.34	6.53	-	-	1.77	-	-	-	-	-	-	-
Ardisia japonica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stephanandra incisa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.45	-	-	-	-	-	-
Orixa japonica	-	2.22	4.64	2.07	1.68	-	-	2.62	-	-	-	-	-	-	-	-	3.36	4.78	3.16	-
Ligustrum obtusifolium	-	-	-	-	-	-	2.94	-	-	-	-	-	-	2.57	-	-	-	-	-	-
Lespedeza maximowiczii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hedera rhombea	3.11	5.85	7.07	3.67	-	-	-	-	-	4.79	-	6.21	4.83	-	6.53	-	-	4.14	12.04	12.05
Cephalotaxus koreana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staphylea bumalda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Akebia quinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euonymus oxyphyllus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lonicera maackii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zanthoxylum piperitum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alangium platanifolium var.*macrophylla*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Platycaryastrobilacea	-	13.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chionanthus retusus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.03	-	-	-	-

(Table 2. Continued)

Community	Ⅲ					Ⅳ										Ⅴ				
Species name \ Plot Number	16	17	33	39	40	2	3	4	5	9	19	25	26	27	1	11	20	22	23	24
Carpinus tschonoskii	-	-	-	21.99	9.22	-	-	16.18	-	26.47	15.47	-	-	12.99	19.82	-	9.93	3.74	-	10.88
Quercus variabilis	-	5.11	4.75	7.24	17.01	5.80	-	-	-	33.36	17.87	-	-	-	8.83	28.31	17.49	15.07	23.69	20.52
Quercus aliena	-	-	-	-	-	42.87	33.70	23.26	20.51	6.97	21.88	51.41	34.49	54.55	27.47	14.23	33.54	14.77	23.81	-
Ulmus davidiana var. *japonica*	-	-	-	-	-	3.20	-	5.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinus densiflora	-	-	-	-	-	-	-	-	9.06	-	-	-	-	-	-	12.24	-	-	7.27	24.25
Zelkoba serrata	-	26.46	10.99	-	5.96	-	-	-	13.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Torreya nucifera	7.22	-	5.90	-	-	-	16.80	17.32	13.96	-	3.28	3.33	5.35	-	-	-	-	-	-	-
Neolitsea sericea	13.06	-	14.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Celtis sinensis	-	-	-	17.13	6.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aphananthe aspera	8.48	20.19	23.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acer okamotoanum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cornus macrophylla	-	-	-	-	-	6.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quercus serrata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.38	3.82	20.34	-	10.94
Cornus controversa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gleditsia japonica var.*koraiensis*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mallotus japonica	8.79	7.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cornus walteri	11.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diospyros lotus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.10	-	-	6.70	-
Acer palmatum	13.78	8.38	4.13	5.03	6.44	14.31	5.17	6.39	6.82	4.32	5.74	-	21.39	5.67	-	-	-	3.66	5.51	-
Picrasma quassioides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lindera erythrocarpa	-	-	9.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zanthoxylum ailanthoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Albizzia julidrissin	-	-	-	-	5.68	-	-	-	-	-	-	11.03	-	-	-	-	-	-	-	-
Prunus sargentii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.32	-	-	-	5.19	-	-	-	-	-
Styrax japonica	5.93	-	-	5.13	-	-	-	-	-	-	-	-	3.80	-	4.66	6.72	-	-	-	-
Viburnum erosum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.36	-	-	-	-	-	9.40	-	5.81	-	-
Sapium japonicum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliosma myriantha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.17	-	-	-	-	-	-	-	-
Camellia japonica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callicarpa mollis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meliosma oldhami	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachelospermum asiaticum	-	5.03	-	-	13.21	-	8.85	10.68	8.40	6.58	11.05	-	-	-	2.73	-	11.32	4.79	10.09	8.76
Ardisia japonica	2.48	-	-	-	-	8.54	5.06	-	-	-	-	-	-	-	10.43	-	-	-	-	-
Stephanandra incisa	-	-	-	-	-	1.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orixa japonica	-	-	-	-	-	-	-	3.10	-	-	-	2.39	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligustrum obtusifolium	2.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lespedeza maximowiczii	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.70	-	-	-	1.62
Hedera rhombea	3.51	5.87	9.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cephalotaxus koreana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staphylea bumalda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.22	-	-	-	-	-	-	-
Akebia quinata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.32	-	-	-	-	-	-
Euonymus oxyphyllus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.17	-	-	-	-	-	-
Lonicera maackii	-	-	-	2.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zanthoxylum piperitum	-	-	-	1.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alangium platanifolium var.*macrophylla*	-	-	-	2.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Platycarya strobilacea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chionanthus retusus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

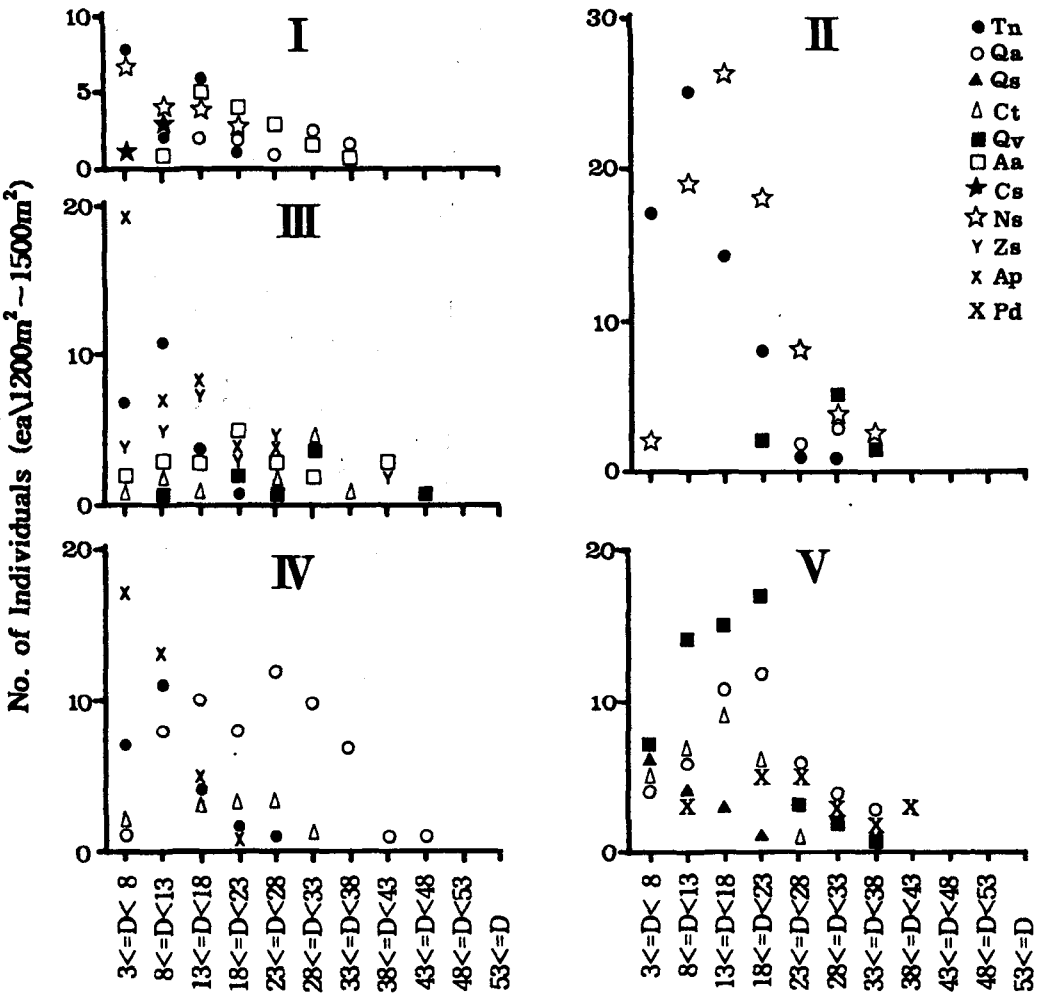

Figure 4. DBH class distribution of major woody species in five plant communities classified by TWINSPAN in (Mt.)Pulgapsan(Aa:*Aphananthe aspera*, Ap:*Acer palmatum*, Cs:*Celtis sinensis*, Ct:*Carpinus tschonoskii*, Ns:*Neolitsea sericea*, Pd:*Pinus densiflora*, Ql:*Quercus aliena*, Qs:*Quercus serrata*, Qv:*Quercus variabilis*, Tn:*Torreya nucifera*, Zs:*Zelkova serrata*)

수종과 평균상대우점치가 10%이상인 낙엽활엽수종,총 11개종을 대상으로 단위면적당(1,200m²~1,500m²) 흉고직경급 개체수변동을 나타낸 것이 Figure 4이다.

조사구군 I에서는 푸조나무가 우점한 가운데 교목하층에 참식나무, 비자나무, 동백나무가 우세하게 분포하고 있다. 조사구군 Ⅱ에서는 참식나무와 비자나무가 우점한 가운데 갈참나무, 굴참나무는 쇠퇴하는 것으로 나타났다. 푸조나무, 굴참나무, 느티나무, 개서어나무가 혼효하면서 종간경쟁을 하고 있는 조사구군 Ⅲ에서는 교목하층에서 단풍나무가 우점한 가운데 비자나무가 출현하고 있다. 그리고 갈참나무가 우점하는 조사구군 IV에서는 개서어나무가 우세하게 나타나 개서어나무로의 식생천이가 예상되며, 교목하층에는 단풍나무와 비자나무가 우세하게 출현하고 있다. 조사구군 V에서는 갈참나무와 굴참나무가 우점하는 가운데 소나무는 쇠퇴하고, 교목하층에서는 졸참나무와 개서어나무가 우세하게 출현하면서 종간 경쟁관계를 나타내고 있다.

4.주요 수종들의 Classification 및 Ordination 분석

전체 40개 조사구에서 5회 이상 출현빈도를 나타내

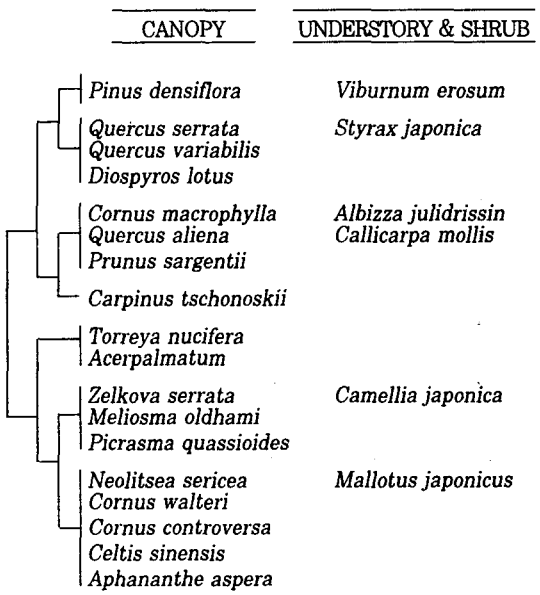

Figure 5. Dendrogram of TWINSPAN species classification of major woody species in (Mt.)Pulgapsan

는 수종 중 교목 상 · 하층과 지피층을 제외한 관목층에서 10% 이상의 상대우점치를 나타낸 24수종을 대상으로 TWINSPAN에 의한 Classification과 DCA Ordination분석을 실시한 결과는 Figure 5, 6과 같다.

주요 출현 수종들의 TWINSPAN 분석결과 크게 4개 수종군으로 분리되었다. 교목상층군은 소나무-굴참나무-졸참나무-고욤나무군, 곰의말채-갈참나무-산벚나무-개서어나무군, 비자나무-단풍나무군, 느티나무-합다리나무-소태나무-참식나무-말채나무-층층나무-푸조나무-팽나무군으로 분리되었고, 교목하층 및 관목층군은 덜꿩나무-때죽나무군, 자귀나무-작살나무군, 동백나무-예덕나무군으로 분리되었다.

주요 출현수종들의 DCA Ordination 결과는 대체적으로 TWINSPAN분석과 유사하게 분리되었으며, 교목상층군에서는 참식나무, 층층나무 그리과 비자나무, 개서어나무가 다른 수종들과 분리되었다. 불갑산의 대표적인 상록수종인 참식나무, 비자나무, 동백나무는 두륜산(오, 1994)에서와 같이 각각 제 1, 2축에서의 좌표를 다르게 하는 것으로 나타났다.

5. 주요 수종들의 환경입지 특성과 상관관계

불갑산의 대표적인 상록활엽수종인 참식나무는 염농

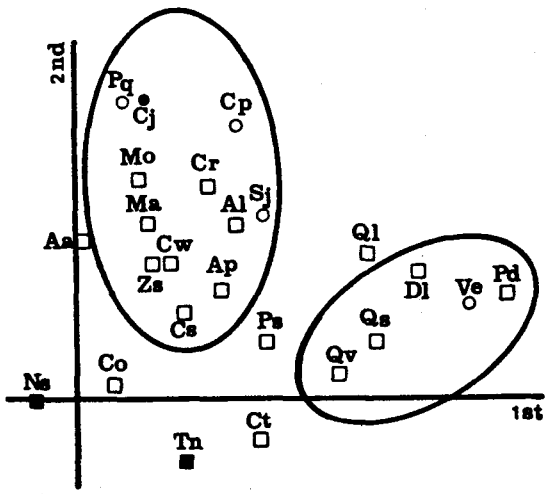

Figure 6. Species ordination 5 major woody species on the first two axes,using DCA(Aa:*Aphananthe aspera*, Al:*bizzia julidrissin* Ap:*Acer palmatum*, Co:*Cornus controversa*, Cj:*Camellia japonica*,Cm:*Callica-rpa mollis*, Cr:*Cornus macrophylla*, Cs:*Celtis sinensis*, Ct :*Carpinus tschonoskii*, Cw:*Cornus walteri*, Dl:*Diospyros lotus*, Ma:*Mallotus japonicus*, Mo:*Meliosma oldhami*, Ns:*Neolitsea sericea*, Pd:*Pinus densiflora*, Pq:*Picrasma quassioi-des*, Ps:*Prunus sargentii*, Ql:*Quercus aliena*, Qs:*Quercus serrata*, Qv:*Quercus variabilis*, Sj:*Styrax japonica*, Tn:*Torreya nucifera*, Ve:*Viburnum erosum*, Zs:*Zelkova serrata*)

도(EC)간에만 1%수준에서 유의한 상관관계를 나타냈고, 비자나무는 경사도간에서만 5% 수준에서 유의한 상관관계를 나타냈다. 그리고 동백나무는 토양 및 입지환경요인과의 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 불갑산지역에서 상록활엽수종과 토양 및 입지 환경요인과의 낮은 상관관계는 홍도지역(오와 조, 1994), 두륜산지역(오, 1994)에서의 결과와 매우 상이하였으며, 이러한 결과는 기후대 특성 또는 불안정한 식생구조 때문으로 생각된다.

건조, 척박지에 생육하는 굴참나무는 고도를 제외한 입지환경에서 정(+)의 상관관계를, 대부분 토양양료인자들과는 부(-)의 상관관계를 나타냈다. 그리고 갈참나무는 P_2O_5와 정(+)의 상관관계를, EC, K^+, Ca^{++}와 부(-)의 상관관계를 나타냈고, 입지환경과의 관계에서는 고도와 부(-)의 상관관계를 나타냈을뿐 나머지 인자와는 유의한 상관관계가 없었다. 참나무류로 천이가 예

상되는 소나무는 토양 pH, EC, C.E.C., Ca^{++}, Mg^{++}과 부(-)의 상관관계를, 입지환경과의 관계에서는 남사면과 정(+)의 상관관계를 나타냈고, 나머지 인자와는 유의한 상관관계가 없었다.

냉온대 남부 극상수종으로 추정되는 개서어나무는 토양내 유기물과 양이온치환용량, Mg^{++}, 전질소와 부(-)의 상관관계를 나타냈고, 입지환경인자와의 관계에서는 지형과 정(+)의 상관관계를 나타냈을뿐 나머지 인자와는 유의한 상관관계가 없었다. 그러나 느티나무, 단풍나무는 대부분의 토양양료와 정(+)의 상관관계를 나타냈으며, 말채나무는 양이온치환용량, K^{+}, Ca^{++}와 정(+)의 상관관계를 나타냈고, 입지환경인자 중 남사면과 부(-)의 상관관계를 나타냈을뿐 그밖의 인자와는 유의한 상관관계가 없었다.

이상의 결과를 종합해 볼때, 참식나무와, 동백나무는 비옥한 토양에서 높은 상대우점치를 나타낸 두류산(오,1994)과 홍도(오와 조, 1994)의 선행연구결과와는 달리 토양과의 유의한 상관관계를 나타내고 있지 않았으며, 느티나무, 단풍나무, 말채나무는 토양의 비옥도와 상관성이 높게 나타났다. 그러나 비옥하고 습윤한 토양환경에서 종간경쟁력이 높은 것으로 추정되는 개서어나무, 갈참나무, 졸참나무는 토양양료와 부(-)의 상관관계를 나타내거나 유의성이 없었는데 이러한 결과는 비옥토양조건에서 푸조나무, 느티나무, 단풍나무 등의 상대우점치가 높았기 때문으로 판단된다.

본조사지에서 출현하는 주요수종의 평균상대우점치에 의한 수종간 상관관계를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

참식나무는 푸조나무와 정(+)의 상관관계를 나타내어 동백나무, 식나무 및 센달나무와 정(+)의 상관관계를 나타낸 홍도(오와 조, 1994)와는 차이가 있었으며, 굴참나무, 갈참나무 및 소나무, 산벚나무, 때죽나무와는 부(-)의 상관관계를 나타냈다. 그리고 비자나무는 때죽나무와 부(-)의 상관관계를 나타냈을뿐 다른 종들과는 유의한 상관관계가 없었다. 동백나무는 모든 수종들과 유의한 관계를 나타내지 않아, 개서어나무, 졸참나무와 부(-)의 상관관계를 나타낸 두류산(오, 1994)과는 차이가 있었다. 참나무류로 천이가 예상되는 소나무는 굴참나무, 졸참나무와 정(+)의 상관관계를 푸조나무, 참식나무, 단풍나무와는 부(-)의 상관관계를 나타냈다. 또 온대남부 극상수종으로 추정되는 개서어나무는 굴참나무와 정(+)의 상관관계를, 느티나무, 푸조나무와 부(-)의 상관관계를 나타냈다.

이상으로 상대우점치에 의한 수종간 상관관계를 볼

Table 3. Correlation between major species and environmental variables including soil characteristics in (Mt.)Pulgapsan

Species name	Soil Characteristics										Alt.	Asp.	Slo.	land.
	pH	EC	OM	P_2O_5	CEC	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	T.N.				
Quercus aliena	.	−	.	+	.	−−	−	.	.	.	−−−	.	.	.
Carpinus tschonoskii	.	.	−	.	−	.	.	−	.	−	.	.	.	+
Quercus variabilis	.	−−	−	.	−−	.	−	−−	−−	−	.	+++	++	+
Zelkova serrata	.	+	++	.	+	.	.	+	+	++	.	.	−	.
Acer palmatum	+	.	.	++	+	++	+	+	.	.	.	−	.	.
Camellia japonica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Styrax japonica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	−	.	.
Cornus walteri	.	.	.	.	+	++	+	.	.	.	.	−	.	.
Torreya nucifera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Prunus sargentii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
Pinus densiflora	−	−	.	.	−	.	−	−−	.	.	.	+	.	.
Quercus serrata	.	.	.	.	.	.	.	−	.	.	.	.	.	.
Neolitsea sericea	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Aphananthe aspera	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	−	−−

*. +++ : P < 0.001, ++ : P < 0.01, + : P < 0.05, −−− : (negative) P < 0.01, −− : (negative) P < 0.01, − : (negative) P < 0.05

Table 4. Correlation between the major species by importance value in (Mt.)Pulgapsan

	Tn	Pd	Ct	Qv	Qa	Qs	Zs	Aa	Ns	Ps	Ap	Cj	Cw
Pd	.												
Ct	.	.											
Qv	.	++	+										
Qa	.	.	.	.									
Qs	.	+++	.	+	.								
Zs	.	.	-	-	-	-							
Aa	.	-	--	-	---	-	+						
Ns	.	-	.	-----		.	.	++					
Ps	.	.	.	.	.	.	.	.	-				
Ap	.	-	.	.	.	.	.	.	.	.			
Cj	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Cw	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	
Sj	--	.	.	.	.	.	.	.	--	.	.	.	+++

*. +++ : P<0.001, ++ : P<0.01, + : P<0.05, --- : (negative) P<0.01, -- : (negative) P<0.01, - : (negative) P<0.05

** Aa: *Aphananthe aspera*, Ap: Acer palmatum, Cj: *Camellia japonica*, Ct: *Corpinus tschonoskii*, Cw: *Cornus walteri*, Ns: *Neolitsea sericea*, Pd: *Pinus densiflora*, Ps: *Prunus sargentii*, Qa: *Quercus aliena*, Qs: *Q. serrata*, Qv: *Q variabilis*, Sj: *Styrax japonica*, Tn: *Torreya nucifera*, Zs: *Zelkova serrata*

때, 천이단계에 있는 불갑산 주변의 식생구조는 상관관계가 높은 수종들간에 종간 경쟁관계가 활발하리라 예상된다. 특히, 상록활엽수종인 참식나무는 느티나무, 푸조나무와 활발한 종간 경쟁이 예상되며, 참식나무의 강한 내음성과 치수 활착능을 고려할 때(오와 최, 1993) 그 세력이 확장되리라 예상된다.

인 용 문 헌

기상청 (1991) 한국의 기후표(II). 418쪽.

김광호 (1987) 불갑산 삼림군락의 식물사회학적 연구. 전남대학교 교육대학원 석사학위논문. 31쪽.

김경식 (1989) 광주직할시.나주시.무안군.나주군.함평군.영광군의 녹지자연도도(환경처, ''89 자연생태계 전국조사(I-2), 11-38쪽), 환경처, 서울.

농촌진흥청 (1988) 토양화학분석법. 농촌진흥청 농업기술연구소. 450쪽.

박인협, 최영철, 조우(1991) 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골 계곡의 삼림군집구조에 관한 연구- Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석 -. 응용생태연구 5(1):42-53.

오구균 (1994) 두륜산 상록활엽수림의 식물군집구조. 응용생태연구 9(1) : 43-57.

오구균, 조우 (1994) 홍도 상록활엽수림의 식물군집구조. 응용생태연구 8(1) : 27-42.

오구균, 최송현 (1993) 난온대 상록수림지역의 식생구조와 천이계열. 한국생태학회지 16(4):459-476.

이경재, 조재창, 이봉수, 이도석 (1990) 광릉 삼림의 식물군집구조 (I). - Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉지역의 삼림군집구조분석 -. 한국임학회지 79(2):173-186.

이수욱 (1981) 한국의 삼림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54:25-35.

임경빈 (1993) 천연기념물 - 식물편 -. 대원사. 542쪽.

임양재 (1970) 한반도의 기후조건과 수종의 분포와의 관계에 관한 연구. 인천교육대학 논문집 5:315-336.

Curtis J.T. and R.P. McIntosh (1951) An upland forest continuum in the prairie - forest border region of Wisconsin. Ecology 32:476-496.

Hill, M.O. (1979a) DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York, 52pp.

Hill, M.O. (1979b) TWINSPAN-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two way by classification of the individuals and attributes. Ecology and systematics, CorneII Univ., Ithaca, New York, 99pp.

Pielou, E.C.(1975) Ecologycal diversity. John Wiley and Sons, New York, 165pp.