

한려해상국립공원 거제도지구 곰솔-소나무림의 식물군집구조와 분포밀도¹

이경재² · 한봉호³ · 김종엽³

Plant Community Structure & Distribution Density of *Pinus thunbergii*-*Pinus densiflora* Forest in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park¹

Kyong-Jae Lee², Bong-Ho Han³, Jong-Yeop Kim³

요 약

한려해상국립공원내 거제도지구 곰솔-소나무림의 식물군집구조와 분포밀도를 규명하기 위해 32개 조사구(10m×10m)를 설정하였다. DCA분석 결과 곰솔군집, 곰솔-소나무군집, 소나무군집으로 분리되었고, 각 군집의 천이경향은 불명확하였다. 조사구별 교목층의 곰솔과 소나무의 분포밀도 현황에 대해 단순회귀분석을 실시한 결과는 다음과 같았다. 분포거리(m) = 0.094 × 흉고직경(cm) - 0.1248, 개체수 = 1,820.1 × 흉고직경(cm)^{-1.6734}, 분포거리(m) = 6.6805 × 개체수^{-0.5425}.

주요어 : 생태적 배식기법, 복원

ABSTRACT

Thirty-two plots have been set up and surveyed to investigate the plant community structure and distribution density of *Pinus thunbergii*-*P. densiflora* forest in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park. By DCA ordination technique *P. thunbergii*-*P. densiflora* forest was classified into *P. thunbergii* community, *P. thunbergii*-*P. densiflora* community, and *P. densiflora* community. The trend of plant community succession was invalid. The results of simple regression analysis between mean DBH(cm), mean distribution distance(m), and number of individual of *P. thunbergii* and *P. densiflora* were as follows: Distribution distance(m) = 0.094 × DBH(cm) - 0.1248, Number of individual = 1,820.1 × DBH(cm)^{-1.6734}, Distribution distance(m) = 6.6805 × Number of individual^{-0.5425}.

KEY WORDS : ECOLOGICAL PLANTING, RESTORATION

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15, 1998

2 서울시립대학교 도시과학대학 건축도시조경학부 College of Urban Science, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea(ecology@lacomi.uos.ac.kr)

3 서울시립대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

서 론

우리 나라는 1970년대 이후 급속한 경제발전으로 물질적 풍요와 생활의 편의를 누리게 되었으나, 생태계 파괴와 환경오염 악화라는 대가를 치르게 되었다. 최근 환경보전의 중요성을 자각하면서 생태계 복원과 도시환경개선을 위한 대책 마련이 시급해졌다. 이와 관련하여 각종 개발로 파괴된 산림생태계를 복원하고 도시를 녹화하기 위해 수목을 식재하고 있으나 효과적이지 못한 상태이다. 그 대안으로 수목식재 방법에 있어서 자생수종과 자연의 식생구조를 이용한 생태적인 배식기법이 절실히 요구되고 있으나 관련 기초자료가 부족한 실정이다.

생태적 배식기법과 관련된 기존 연구를 살펴보면, 오규균(1986)은 우리 나라 중부지방 자연식생구조를 이용한 생태적 배식설계기준을 제시하였고, 龜山(1997)은 그 지역의 자연식생을 구성하는 식물을 이용하는 것을 원칙으로 하는 에콜로지 녹화기법을 제시하였으며, 권전오(1997)는 중부지방 자연식생을 분석하여 식재가능한 수종선정 및 층위별 식재거리를 산정하였다. 그리고, 이경재 등(1998)은 소나무림 관리와 중부지방 소나무림 복원을 위해 설악산국립공원 자양천계곡 지역에 분포하는 소나무림의 식생구조와 수종간 생육거리를 밝힌 바 있으며, 도시 지역 산림을 생태적으로 관리하는 방법과 관련하여 이경재와 한봉호(1998)는 부천시 아까시나무림을 자생식생으로 유도하는 생태적 관리방법을 제시하였다.

본 연구대상지인 한려해상국립공원(면적 510.3km²)은 1968년 12월 우리 나라 국립공원으로서 네 번째 지정된 곳이며, 해상공원으로서는 처음으로 지정되었다. 이곳은 우리 나라 식물구계학적으로 중일 구계역 중 한일 난대구에 속하므로 상록활엽수림이 주종을 이루는 지역이나, 오랜 세월이 걸쳐 인위적인 피해로 말미암아 해송 순림과 낙엽활엽수림이 대부분 분포하고 있다(국립공원관리공단, 1994; 1997).

본 연구는 한려해상국립공원내 거제도지구 곰솔-소나무림의 식물군집구조를 파악하여 국립공원의 효율적인 관리에 필요한 기초자료를 제공함과 동시에, 난대기후대 지방에서 곰솔 및 소나무림의 천이계열에 있는 산림생태계를 복원하거나 도시지역에 곰솔 및 소나무림을 인위적으로 조성할 때 필요한 생태적 배식기법의 기초자료를 제시하고자 수행되었다.

조사지 설정 및 연구방법

1. 조사지 설정

한려해상국립공원내 거제도지구 중 운면(運面) 지역과 동부면의 학동리 지역의 곰솔-소나무림을 대상으로 Figure 1과 같이 10m×10m(100m²) 방형구 32개를 설정하고 식생조사를 실시하였다. 조사시기는 1998년 11월이었다.

2. 환경요인조사

본 조사지의 환경요인으로서 조사구별 해발고도, 방위, 경사도, 수관층위별 평균수고, 평균흉고직경, 율폐도를 조사하였고, 조사구별로 교목층의 표본목에서 생장추로 추출한 목편의 연륜수를 측정하여 평균수령을 파악하였다.

3. 식물군집구조 분석

식생조사는 각 조사구에서 출현하는 목본수종 중 흉고직경(DBH) 2cm 이상을 교목층·아교목층, 그 이하를 관목층으로 구분하여 교목층과 아교목층은 흉고직경을, 관목층은 수관투영면적을 조사하였다.

식생조사에서 얻은 자료를 바탕으로 DCA에 의한 ordination 분석(Hill, 1979a) 및 TWINSpan에 의한 classification 분석(Hill, 1979b)을 실시하여 군집을 분류하였고, 식생 층위별 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 측도로서 Curtis & McIntosh (1951) 방법으로 상대우점치(importance value: I.V.)를 구하였으며, 전체 식생층의 수종별 상대우점치는 수고를 고려하여 평균상대우점치(mean importance value: M.I.V.)로 나타냈다.

종구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양성은 Shannon의 종다양도(species diversity, H'), 최대종다양도(maximum possible species diversity, H' max), 균재도(evenness, J') 우점도(dominance, D)(Pielou, 1975) 등을 분석하였다. 그리고, 수종별 생태적 지위 관계를 파악하기 위해 주요 출현수종의 상관관계를 분석하였다.

이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 PDAP(plant data analysis package)와 SPSS/PC+를 사용하여 수행되었다.

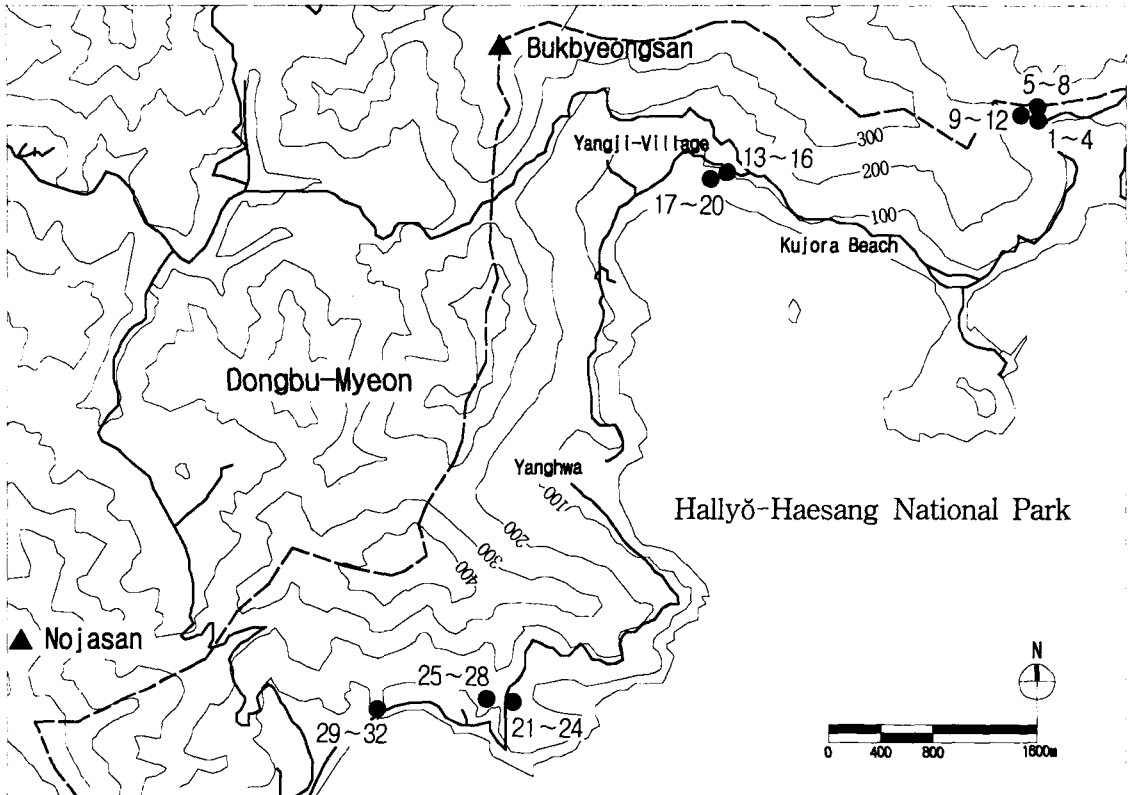


Figure 1. The survey location map of thirty-two plots in Kŏjedo District, Hallyŏ-Haesang National Park (---: Boundary of National Park, —: Road)

4. 분포밀도 분석

조사구별로 10m×10m(100m²)의 방형구를 설치하여 식생조사와 더불어 수목의 분포위치를 조사하였다. 식생조사자료에서 각 조사구별 교목층의 평균 흉고직경, 개체수를 산출하였으며, 수목분포현황 조사야장에서 교목층의 곰솔 및 소나무를 대상으로 개체목 간의 최단분포거리를 측정한 뒤 평균치를 계산하였다. 이를 이용하여 평균흉고직경, 평균분포거리, 개체수 각각의 관계를 단순회귀분석하였다. 통계분석은 SPSS 8.0 For Windows를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

한려해상국립공원은 경위도상 동경 128°45′(거

제군 지심도)~127°46′(여수 오동도), 북위 34°49′(거제군 가조도)~34°46′(통영군 옥지도)에 위치하고 있으며, 행정구역상 2道(경상남도, 전라남도), 2市(충무시, 삼천포시), 4郡(통영군, 거제군, 남해군, 하동군), 11개 면에 걸쳐 분포하고 있다. 지세는 전반적으로 낮고 평탄하며 평균적으로 표고 100~500m가 가장 많다(국립공원관리공단, 1994).

1961~1990년 평년 기상현황을 살펴보면 연평균 기온 13.4℃, 월 최저기온 1.6℃, 월 최고기온 25.8℃, 한랭지수-6.1℃·month, 연평균 강수량 1,879.0mm이다(기상청, 1991).

Table 1은 한려해상국립공원 거제도지구 곰솔-소나무림 32개 조사구의 일반적인 개황이다. 표고는 30~100m였고, 주향은 남향이였으며, 경사도는 7~27°였다. 교목층의 평균수고는 10~17m, 평균흉고 직경은 11~38cm였고, 울폐도는 75~85%로 수관을 거의 점유하고 있었다. 표본목의 수령은 21~51

Table 1. Description of the physical features and the stratum of each plot in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park

Community	I											
	Plot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Altitude(m)		80	80	80	80	100	100	100	100	100	100	100
Aspect		S10W	S10W	S10W	S10W	S30E	S30E	S30E	S30E	N60W	N60W	N60W
Slope(°)		7	7	7	7	10	10	10	10	12	12	12
Mean height of canopy layer(m)		12	12	12	12	10	10	10	10	11	11	11
Mean DBH of canopy layer(cm)		18	20	21	19	11	11	11	14	16	15	16
Mean age of sample tree		35	36	37	34	27	22	21	30	36	36	40
Cover of canopy layer(%)		85	85	85	85	85	85	85	85	80	80	80
Mean height of understory layer(m)		8	8	8	8	6	6	6	6	7	7	7
Mean DBH of understory layer(cm)		4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6
Cover of understory layer(%)		40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50
Mean height of shrub layer(m)		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Cover of shrub layer(%)		40	40	40	40	20	20	20	20	30	30	30

Table 1. (Continued)

Community	I											
	Plot	12	13	14	15	16	17	19	20	21	23	25
Altitude(m)		100	40	40	40	40	30	30	30	100	100	75
Aspect		N60W	N80W	N80W	N80W	N80W	S65W	S65W	S65W	N45W	N45W	S
Slope(°)		12	27	27	27	27	14	14	14	23	23	24
Mean height of canopy layer(m)		11	15	15	15	15	16	16	16	15	15	17
Mean DBH of canopy layer(cm)		16	33	30	38	31	23	21	23	28	21	26
Mean age of sample tree		44	43	43	46	50	49	50	51	35	48	41
Cover of canopy layer(%)		80	75	75	75	75	80	80	80	80	80	80
Mean height of understory layer(m)		7	8	8	8	8	5	5	5	8	8	3.5
Mean DBH of understory layer(cm)		6	10	10	10	10	5	5	5	6	6	4
Cover of understory layer(%)		50	40	40	40	40	20	20	20	40	40	40
Mean height of shrub layer(m)		1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.5
Cover of shrub layer(%)		30	40	40	40	40	60	60	60	40	40	10

Table 1. (Continued)

Community	I			II				III			
	Plot	26	27	28	18	22	24	31	29	30	32
Altitude(m)		75	75	75	30	100	100	30	30	30	30
Aspect		S	S	S	S65W	N45W	N45W	S20E	S20E	S20E	S20E
Slope(°)		24	24	24	14	23	23	22	22	22	22
Mean height of canopy layer(m)		17	17	17	16	15	15	17	17	17	17
Mean DBH of canopy layer(cm)		27	25	24	26	20	27	21	22	26	28
Mean age of sample tree		41	41	41	49	35	36	41	41	41	41
Cover of canopy layer(%)		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Mean height of understory layer(m)		3.5	3.5	3.5	5	8	8	4	4	4	4
Mean DBH of understory layer(cm)		4	4	4	5	6	6	3.5	3.5	3.5	3.5
Cover of understory layer(%)		40	40	40	20	40	40	40	40	40	40
Mean height of shrub layer(m)		1.5	1.5	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5
Cover of shrub layer(%)		10	10	10	60	40	40	10	10	10	10

년생이었다. 아교목층은 평균수고 3.5~8m, 평균흉고직경 3.5~10cm, 울폐도 20~50%였고, 관목층은 평균수고 1.8m 이하, 울폐도 10~60%였다.

2. 식물군집구조 분석

(1) 조사구의 classification 및 ordination 분석

Table 2는 32개 조사구 중 5개 조사구 이상 출현한 종의 조사구별 평균상대우점치(mean importance value: M.I.V.)이다. 이를 이용하여 32개 조사구에 대해 DCA분석한 것이 Figure 2이다. DCA 분석에서, 제 1 축의 eigenvalue는 0.419, 제 2 축은 0.106이었으며, 제 1~4 축의 eigenvalue 합계는 0.622였다. 제 1 축과 제 2 축의 eigen-

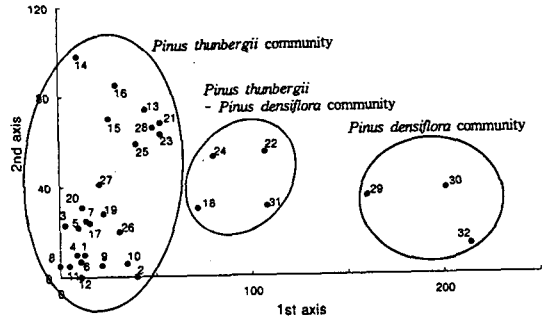


Figure 2. Dendrogram of DCA ordination of each plot in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park

Table 2. Mean importance value of major woody plant species of thirty-two plots in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park

Community	I										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pinus thunbergii</i>	58.1	44.7	60.7	46.3	68.6	62.9	67.4	58.7	52.5	54.8	58.2
<i>Pinus densiflora</i>	-	8.0	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-
<i>Platycarya strobilacea</i>	0.9	2.8	3.3	-	-	-	-	1.5	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	7.2	8.9	15.6	13.1	6.7	15.7	5.5	19.4	11.4	3.5	15.5
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera glauca</i>	0.5	-	-	-	-	0.7	-	3.4	0.7	4.2	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	0.2	0.6	-	-	0.6	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	0.4	-	-	-	2.5	-	-	-	1.5
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	3.9	0.3	2.0	1.3	-	-	2.6	1.5	0.8	-	1.8
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	4.3	3.6	1.0	1.0	6.6	6.3	3.1	1.7	8.0	5.8	5.3
<i>Euscaphis japonica</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Meliosma oldhamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurya japonica</i>	-	-	-	4.2	-	-	-	-	-	-	1.6
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.7	1.7	-	0.3	-	-	-	-	-	1.3	-
<i>Symplocos paniculata</i>	-	-	-	2.3	-	0.7	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	15.4	13.7	8.5	14.8	8.0	8.9	8.3	8.2	20.3	19.8	15.1
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.4	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	0.8	-	1.3	-	-	-	-	1.4	-
<i>Smilax china</i>	2.2	5.2	2.0	1.8	4.4	-	9.1	3.5	6.4	1.0	0.6

Table 2. (Continued)

Community Species name	I										
	12	13	14	15	16	17	19	20	21	23	25
<i>Pinus thunbergii</i>	50.0	47.5	50.0	56.7	53.6	50.0	64.0	73.2	55.1	53.7	45.2
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	3.3	-	-	3.5	4.9
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	3.2	-	3.3	2.5	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	9.0	-	3.1	-	5.5	0.8	0.6	-	-	0.9
<i>Quercus serrata</i>	12.8	2.6	4.1	-	0.6	19.6	8.3	7.5	0.4	2.0	6.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.8	-	-	3.3	-	1.2	-	-	1.0	2.2
<i>Lindera glauca</i>	0.8	-	-	1.2	-	-	1.5	0.3	0.6	0.5	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	1.0	4.2	14.7	3.0	7.6	-	0.4	-	0.7	0.9	1.0
<i>Stephanandra incisa</i>	1.7	-	-	-	-	-	1.7	-	8.9	1.0	0.5
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	2.4	2.4	4.3	-	-	-	-	8.4
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	1.9	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	2.8	-	1.7	-	0.6	0.6	-	-	-	2.9	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	7.6	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3	0.4	4.3
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	1.0	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	0.7
<i>Rhus trichocarpa</i>	8.1	1.3	-	0.7	2.5	1.3	2.7	1.1	-	-	-
<i>Euscaphis japonica</i>	-	0.8	-	-	1.1	-	-	-	7.5	-	-
<i>Meliosma oldhamii</i>	-	2.5	0.8	-	-	-	-	-	4.0	4.0	4.0
<i>Eurya japonica</i>	0.7	-	0.8	-	1.9	5.7	2.0	1.4	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Symplocos paniculata</i>	0.7	-	10.2	-	1.2	-	-	-	-	-	2.7
<i>Styrax japonica</i>	12.0	15.4	12.1	15.5	8.6	10.2	9.8	9.0	9.4	14.6	8.4
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	4.4	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	6.6	-	0.6	4.4	-	0.5	-	0.7	6.2	2.1
<i>Viburnum erosum</i>	-	0.7	-	0.6	2.8	-	-	-	6.7	4.7	1.1
<i>Smilax china</i>	-	1.1	3.0	1.6	0.9	1.7	1.8	1.8	0.7	0.7	-

value 합은 0.525이며, 4개축 전체 합의 84%로서 total variance에 대한 집중율이 높았다. 이에 제 1축과 제 2축을 기준으로 ordination 분석한 결과 본 조사대상지는 곰솔군집(군집 I), 곰솔-소나무군집(군집 II), 소나무군집(군집 III)으로 분리되었다.

TWINSPAN을 사용한 classificaion 분석 결과는 다음과 같다. 제 1 division에서는 졸참나무의 상대우점치가 높은 조사구는 우측(+)에 위치하였고, 소나무, 작살나무, 말오줌때, 덜꿩나무의 상대우점치가 높은 조사구는 좌측(-)에 위치하여 크게 두 그룹으로 나누어졌으나 군집의 분리경향은 뚜렷하지 않았다.

유사한 속성을 갖는 조사구를 분리하고자 할 때는 classification을 많이 이용하지만(Gauch, 1982), 일부 수종이 모든 조사구에서 우점종일 경우에는 사

용하기 어려운 경향이 있어 본 연구에서는 TWINSPAN보다 DCA에 의한 군집분류가 보다 명확하였다.

(2) 상대우점치 분석

Table 3은 총 32개 조사구에서 10회 이상 출현한 수종들의 층위별 상대우점치(importance value: I.V.) 및 평균상대우점치(mean importance value: M.I.V.)를 군집별로 제시한 것이다. 군집 I은 곰솔군집으로 교목층에서는 곰솔(I.V.: 96.5%)이 우점종이었고, 아교목층에서는 때죽나무(I.V.: 31.1%)와 곰솔(I.V.: 26.0%)이 경쟁하고 있었으며, 관목층에서는 졸참나무(I.V.: 23.8%)가 우점종이었다. 본 군집은 교목층에서 곰솔의 우점도가 높고, 아교목층의 때죽나무는 천이를 주도할 수 없으므로

Table 2. (Continued)

Community Species name	I			II				III		
	26	27	28	18	22	24	31	29	30	32
<i>Pinus thunbergii</i>	50.0	63.2	46.9	45.2	31.0	46.0	31.6	14.8	-	-
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	3.1	18.8	18.0	14.9	17.5	33.2	50.0	62.1
<i>Platycarya strobilacea</i>	1.2	0.8	0.8	-	-	0.7	-	-	1.0	0.5
<i>Quercus variabilis</i>	1.9	2.0	-	0.6	4.1	-	5.9	2.0	0.2	1.5
<i>Quercus serrata</i>	5.1	2.1	1.4	6.1	1.0	-	-	1.3	0.3	0.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	3.5	1.3	1.9	-	-	-	-	1.3	-	1.2
<i>Lindera glauca</i>	0.4	0.7	1.1	-	1.2	-	2.8	1.2	1.6	1.3
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.3	-	0.5	0.4	1.0	-	-	0.3	0.7	-
<i>Stephanandra incisa</i>	-	2.1	3.3	-	5.0	3.5	1.6	5.2	-	1.8
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	1.3	11.0	0.4	1.2	-	-	1.0	1.9	-
<i>Rosa multiflora</i>	-	0.4	-	-	-	-	0.3	0.3	-	0.2
<i>Prunus sargentii</i>	-	1.4	1.7	-	-	0.7	0.8	1.8	-	1.0
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	4.4	5.3	-	-	0.6	0.4	0.4	1.0	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	1.5	0.4	-	-	-	-	1.0	-	-	0.2
<i>Rhus trichocarpa</i>	4.1	3.4	1.2	-	1.5	-	4.0	3.8	-	3.6
<i>Euscaphis japonica</i>	-	1.0	-	-	6.0	2.0	2.6	15.2	4.4	1.3
<i>Meliosma oldhamii</i>	-	-	-	-	1.6	3.0	-	1.0	-	1.7
<i>Eurya japonica</i>	1.2	2.2	0.8	1.5	-	-	-	2.1	5.7	0.7
<i>Symplocos chinensis</i> for. pilosa	5.8	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-
<i>Symplocos paniculata</i>	-	0.4	1.6	-	-	-	-	-	0.6	-
<i>Styrax japonica</i>	13.1	3.2	12.0	23.1	16.4	13.9	11.3	6.3	13.1	9.0
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	1.8	1.0	3.2	3.8
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	-	0.5	0.3	1.4	0.3
<i>Callicarpa japonica</i>	2.3	1.6	0.5	0.4	5.6	-	3.3	1.4	3.7	0.5
<i>Viburnum erosum</i>	4.7	-	2.3	-	4.0	3.2	1.8	-	1.5	-
<i>Smilax china</i>	-	1.0	1.5	1.7	-	0.4	2.5	0.8	5.2	2.7

당분간 곰솔이 우점종인 군집으로 유지될 것이다.

군집 II는 곰솔-소나무군집으로 교목층에서 곰솔(I.V.: 64.9%)과 소나무(I.V.: 30.7%)가 우점종이었으며, 아교목층과 관목층에서는 군집 I과 동일한 경향으로 곰솔과 소나무가 우점종인 군집으로 유지될 것이다. 군집 III은 소나무군집으로 교목층에 소나무(I.V.: 86.6%)의 세력이 강하여 현상태로 유지할 것으로 보인다.

오구균과 김용식(1996)은 난대 상록활엽수림 지역에서의 식생 천이는 소나무, 곰솔, 개서어나무, 졸참나무 등에서 구실잣밤나무, 붉가시나무, 종가시나무 등을 거쳐 육박나무로 진행될 것으로 추정한다. 그러나, 거제도지구 곰솔-소나무림은 출현수종과 수종별 상대우점치를 종합해 볼 때, 뚜렷한 천이

경향을 밝힐 수 없었으며 현상태로 유지될 것으로 판단되었다.

(3) 종다양도 분석

Table 4는 DCA로 분리된 3개 군집의 종다양도를 면적 100m² 기준으로 비교한 것이다. Shannon의 종다양도는 3개 군집이 0.9400~1.1487이었으며, 이 중 군집 III(소나무군집)이 1.1489로서 가장 높았고, 북한산국립공원(1.1670), 내장산국립공원(1.3291), 치악산국립공원(1.3252), 설악산국립공원(1.4247)과 비교할 때 다소 낮은 수치였다(이경재 등, 1998). 최대종다양도(H' max)도 군집 III이 1.3585로 가장 높아 Shannon의 종다양도와 동일한 경향이었다.

Table 3. Importance value of major woody plant species by the stratum of each community for classified type by DCA in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park

Community \ Species	I				II				III			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Pinus thunbergii</i>	96.5	25.9	0.1	56.9	64.9	14.7	1.1	37.5	11.8	-	-	5.9
<i>Pinus densiflora</i>	1.9	0.7	-	1.2	30.7	8.3	-	18.1	86.6	27.1	-	52.3
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	3.1	-	1.0	-	0.7	-	0.2	-	1.5	-	0.5
<i>Quercus variabilis</i>	0.5	1.9	0.9	1.0	4.4	-	1.7	2.5	1.7	3.0	0.5	1.9
<i>Quercus serrata</i>	0.7	12.4	23.8	8.4	-	-	20.9	3.5	-	-	2.7	0.4
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.6	2.5	0.6	-	-	-	-	-	0.8	2.9	0.7
<i>Lindera glauca</i>	-	0.7	1.9	0.5	-	0.6	4.0	0.9	-	-	8.3	1.4
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	3.6	2.0	1.6	-	-	1.8	0.3	-	-	1.8	0.3
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	5.9	1.0	-	-	9.6	1.6	-	-	11.7	2.0
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	2.1	1.2	0.9	-	-	1.9	0.3	-	1.4	1.5	0.7
<i>Prunus sargentii</i>	-	1.7	-	0.6	-	1.4	-	0.5	-	1.9	1.0	0.8
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	0.9	6.1	1.3	-	-	1.5	0.3	-	0.7	-	0.2
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	3.4	7.2	2.3	-	3.5	1.8	1.5	-	6.5	2.4	2.5
<i>Euscaphis japonica</i>	-	1.2	0.2	0.4	-	9.0	-	3.0	-	11.8	2.8	4.4
<i>Eurya japonica</i>	-	1.5	2.0	0.8	-	-	3.5	0.6	-	4.8	1.4	1.8
<i>Styrax japonica</i>	-	31.1	4.4	11.1	-	40.8	11.7	15.6	-	23.7	2.6	8.3
<i>Callicarpa japonica</i>	-	0.3	7.8	1.4	-	1.5	7.7	1.8	-	2.5	4.1	1.5
<i>Viburnum erosum</i>	-	1.9	2.5	1.0	-	6.0	1.3	2.2	-	1.7	2.6	1.0
<i>Smilax china</i>	-	-	10.2	1.7	-	-	7.9	1.3	-	-	18.0	3.0

* C: Canopy layer, U: Understory layer, S: Shrub layer, M: Mean importance value

Table 4. Species diversity indices of three communities classified by DCA in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park (Area unit: 100m²)

Community	H' (Shannon)*	H' max	J' (evenness)	D(dominance)
I	0.9400	1.1288	0.8281	0.1719
II	1.0706	1.2345	0.8670	0.1331
III	1.1489	1.3585	0.8474	0.1526

* : Shannon's diversity index uses logarithms to base 10.

(4) 주요 수종간 상관관계

Table 5은 본 연구대상지에서 출현한 총 74개 수종 중 출현빈도가 5회 이상인 26개 주요 수종간 상관관계 분석 결과이다. 식물군집내에서 수종간 상관관계는 이들 수종이 서로 같은 생육지를 선택하거나 같은 유기 및 무기환경을 요구하게 될 때 생긴다 (Ludwig & Reynolds, 1988). 즉, 수종간 상관관계에서 정의 상관관계이면 생태적 지위(niche)가 동일하며 이때 동일한 층위일 경우에는 경쟁관계, 다른 층위일 경우에는 공생관계임을 함축하고, 부의 상관관계이면 생태적 지위가 다르며 서로 공생하지 않음을 의미한다.

곰솔은 1% 유의수준에서 백동백나무와 부의 상관관계가 인정되었으며, 5% 유의수준에서 소나무와 부의 상관관계가 인정되었다. 그리고, 소나무는 5% 유의수준에서 백동백나무와 정의 상관관계가 인정되었다. 따라서, 곰솔림을 조성할 때에는 소나무와 백동백나무를 혼식하지 않도록 해야하며, 소나무와 백동백나무는 정의 상관관계이면서 층위도 다르므로 소나무림 조성시에는 혼식이 가능하다고 할 수 있다.

3. 분포밀도 분석

Table 6은 조사구(100m²)별 평균흉고직경, 평균

Table 5. Correlation between the importance values of the major woody species in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
2	-																									
3	.	.																								
4	.	.	.	-																						
5																					
6																				
7	--	+																			
8																		
9	--	.	.	.																	
10																
11															
12														
13	++													
14	-	-	.										
15	++											
16	++										
17	.	.	-	++										
18	+									
19	.	.	+	-	-	.							
20	.	.	+	--	--	.	+							
21
22
23	++	.
24
25
26	+	++

* 1-tailed signifi. / +, - : p≤0.05, ++, -- : p≤0.01

** 1: *Pinus thunbergii*, 2: *P. densiflora*, 3: *Platycarya strobilacea*, 4: *Quercus variabilis*, 5: *Q. serrata*, 6: *Lindera obtusiloba*, 7: *L. glauca*, 8: *L. erythrocarpa*, 9: *Stephanandra incisa*, 10: *Sorbus alnifolia*, 11: *Rosa multiflora*, 12: *Prunus sargentii*, 13: *Lespedeza maximowiczii*, 14: *Le. cyrtobotrya*, 15: *Rhus trichocarpa*, 16: *Euscaphis japonica*, 17: *Meliosma oldhamii*, 18: *Eurya japonica*, 19: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, 20: *S. paniculata*, 21: *Styrax japonica*, 22: *Fraxinus sieboldiana*, 23: *Ligustrum obtusifolium*, 24: *Callicarpa japonica*, 25: *Viburnum erosum*, 26: *Smilax china*

분포거리, 개체수이다. 이를 각각 변수로 하여 단순 회귀분석한 결과는 다음과 같다.

Figure 3은 각 조사구에서 출현한 교목층의 곰솔 또는 소나무의 평균흉고직경과 평균분포거리 간에 단순회귀분석한 결과이다. 다음 회귀식은 1% 유의수준에서 인정되었으며, 결정계수 R²=0.5884이었다.

$$\text{분포거리(m)} = 0.094 \times \text{DBH(cm)} - 0.1248 \quad \text{①}$$

Figure 4는 평균흉고직경과 개체수 간에 단순회

귀분석한 결과이다. 다음 회귀식은 1% 유의수준에서 인정되었으며, 결정계수 R²=0.7704이었다.

$$\text{개체수} = 1,820.1 \times \text{DBH(cm)}^{-1.6734}$$

Figure 5는 개체수와 평균분포거리 간에 단순회귀분석한 결과이다. 다음 회귀식은 1% 유의수준에서 인정되었으며, 결정계수 R²=0.7317이었다.

$$\text{분포거리(m)} = 6.6805 \times \text{개체수}^{-0.5425}$$

Table 6. Mean DBH, mean distribution distance, and no. of individual of each plot in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park (Unit : 100m²)

Plot	DBH (cm)	Distribution distance(m)	No. of individual
1	18.43	1.80	14
2	20.46	1.72	12
3	20.50	1.72	9
4	19.45	2.19	10
5	10.55	0.90	36
6	10.76	0.85	49
7	10.94	0.98	33
8	13.84	1.57	17
9	16.09	1.49	16
10	15.14	1.45	21
11	16.29	1.54	19
12	16.15	1.20	20
13	33.18	2.93	4
14	29.75	4.00	4
15	38.25	4.33	4
16	31.11	1.30	9
17	22.67	2.07	9
18	25.91	1.56	11
19	20.79	1.89	14
20	23.29	2.04	7
21	27.80	2.82	5
22	19.70	1.69	10
23	20.60	2.18	5
24	27.33	2.82	9
25	25.89	2.16	9
26	26.78	1.76	9
27	24.50	2.68	8
28	23.63	1.74	12
29	21.84	1.55	16
30	26.18	1.65	13
31	20.78	1.09	9
32	27.76	2.75	8

Figure 6은 전체 조사구 중 교목층의 분포밀도가 가장 높은 조사구 6의 교목층·아교목층의 수관투영도와 층위구조도이다. 조사구 6의 교목층에서는 곰솔과 소나무가 출현했으며, 100m² 단위면적에 대한 교목층 수목의 흉고직경이 5.5~23cm, 수고 8~11m, 총 49개체였다. 조사구 6 교목층의 평균흉고직경 10.8cm를 회귀식 ①에 대입하면 분포거리는 0.8m이다.

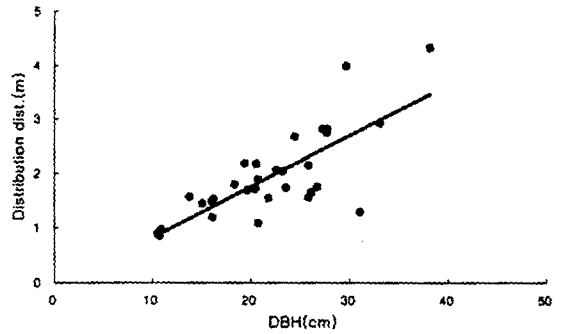


Figure 3. Regression equation between DBH(X) and distribution distance(Y)

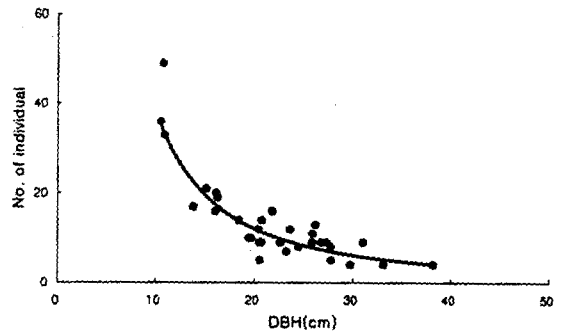


Figure 4. Regression equation between DBH(X) and the number of individual(Y)

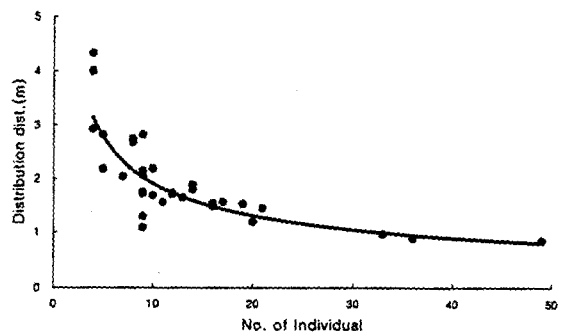
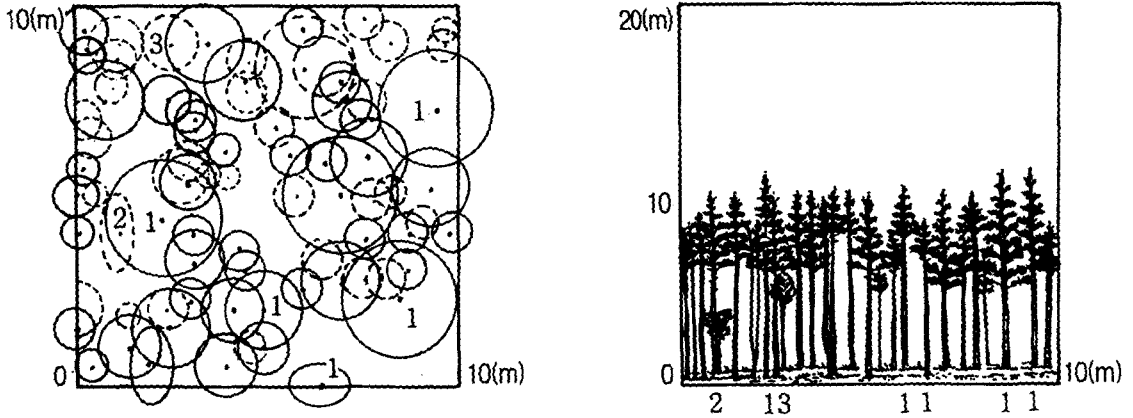


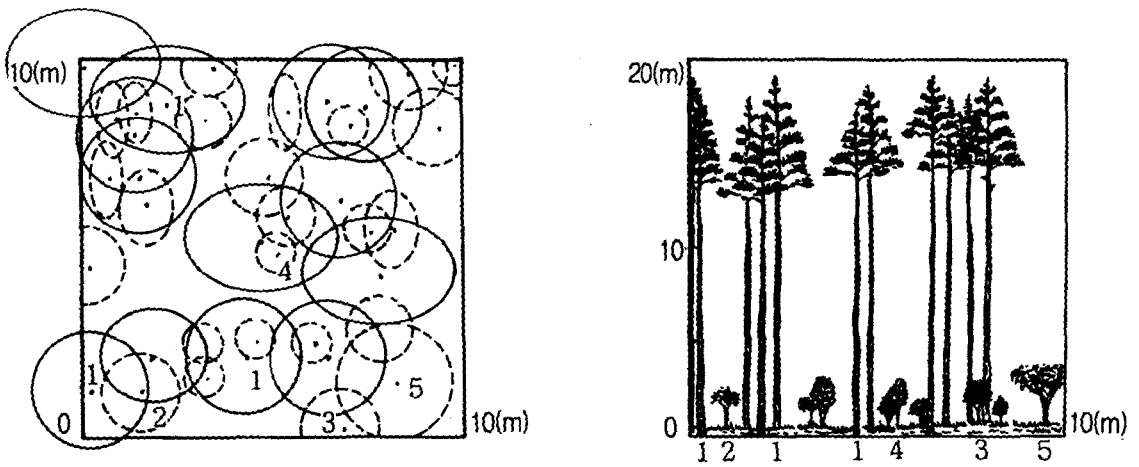
Figure 5. Regression equation between number of individual(X) and distribution distance(Y)

Figure 7은 전체 조사구 중 교목층의 분포밀도가 중간적인 조사구 30의 교목층·아교목층의 수관투영도와 층위구조도이다. 조사구 30의 교목층에서는 소나무가 출현했으며, 100m² 단위면적에 대한 교목층 수목의 흉고직경이 21~31cm, 수고 17~19m, 총 13개체였다. 조사구 30 교목층의 평균흉고직경



1. *Pinus thunbergii* 2. *Styrax japonica* 3. *Quercus serrata*

Figure 6. Crown projection and bisect of canopy layer in case of plot 6



1. *Pinus densiflora* 2. *Platycarya strobilacea* 3. *Styrax japonica*
4. *Sorbus alnifolia* 5. *Callicarpa japonica*

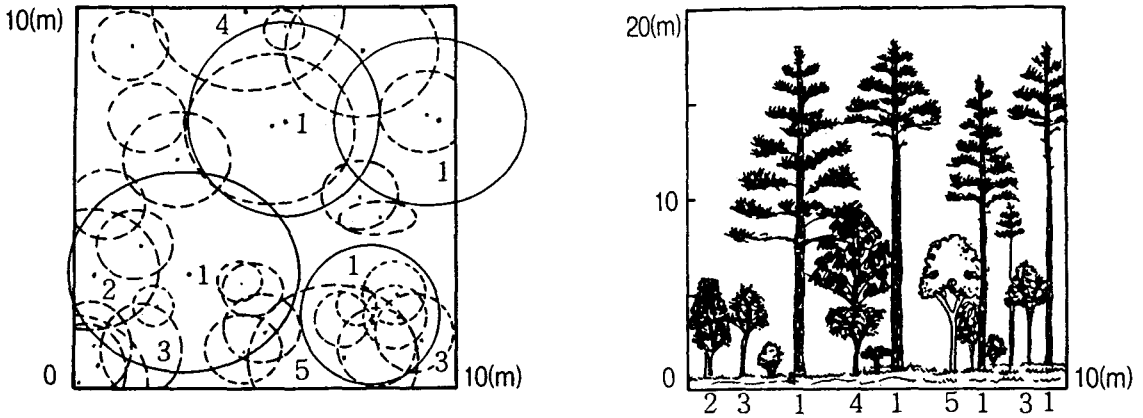
Figure 7. Crown projection and bisect of canopy layer in case of plot 30

26.2cm를 회귀식 ①에 대입하면 분포거리는 2.3m이다.

Figure 8은 전체 조사구 중 교목층의 분포밀도가 가장 낮은 조사구 15의 교목층·아교목층의 수관투영도와 층위구조도이다. 조사구 15의 교목층에서는 곰솔이 출현했으며, 100m² 단위면적에 대한 교목층 수목의 흉고직경이 25~47cm, 수고 16~18m, 총 4개체였다. 조사구 15 교목층의 평균흉고직경

38.3cm를 회귀식 ①에 대입하면 분포거리는 3.5m이다.

이상 한려해상국립공원 거제도지구 곰솔-소나무림의 분포밀도 연구결과는 향후 우리 나라 남부지역과 본 조사지와 천이계열이 유사한 산림생태계를 복원하기 위해 군락식재하거나 환경조건이 유사한 도시지역에서 인위적으로 곰솔 및 소나무림을 조성하고자 할 때 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.



1. *Pinus thunbergii* 2. *Morus bombycis* 3. *Styrax japonica*
 4. *Platycarya strobilacea* 5. *Quercus variabilis*

Figure 8. Crown projection and bisect of canopy layer in case of plot 15

인용문헌

국립공원관리공단(1994) 국립공원 자연자원조사 -한려해상국립공원-. 국립공원관리공단, 341쪽.
 국립공원관리공단(1997) '97 국립공원제도 도입 30주년 한국의 국립공원. 국립공원관리공단, 26~31쪽.
 권전오(1997) 중부지방 자연식생분석을 통한 생태적 배식모델 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문, 116쪽.
 기상청(1991) 한국 기후표 제 III 권 -월 평년값-(1961-1990). 418쪽.
 오구균(1986) 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식 설계 기준에 관한 연구 -창덕궁후원 자연식생분석을 통하여-. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 159쪽.
 오구균, 김용식(1996) 난대 기후대의 상록활엽수림 복원 모형(1) -식생구조-. 환경생태학회지 10(1): 87-102.
 이경재, 한봉호(1998) 부천시 산림지역 아까시나무림 식물군집구조를 고려한 식생 관리 모델. 한국조경학회지 26(2): 28-37.
 이경재, 한봉호, 이옥하(1998) 설악산국립공원 자양천 지역 소나무림 군집구조 및 생육거리. 환경생태학회지 11(4): 493-505.
 龜山 章 等(1989) 最先端の緑化技術-Frontier

Techniques of Revegetation-. (株)ソフトサイエンス, 東京, 360pp.
 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 Univ. Press, England, 298pp.
 Hill, M.O.(1979a) DECORANA - a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, N. Y., 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, Ithaca, N. Y., 99pp.
 Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) Statistical ecology - a primer on methods and computing. John Wiley & Sons Publication, N. Y., 337pp.
 Pielou, E.C.(1975) Ecological diversity. John Wiley & Sons Inc., New York, 165pp.