

부산광역시 태종대 산림생태계의 현존식생 및 식물군집구조^{1a}

김종엽^{2*}

Actual Vegetation and Structure of Plant Community of Forest Ecosystem in Taejongdae, Busan City, Korea^{1a}

Jong-Yup Kim^{2*}

요 약

본 연구에서는 난온대 기후대에 위치한 부산광역시 태종대 해안 산림생태계의 현존식생, 식물군집구조, 천이계열을 규명하여 태종대의 관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다. 현존식생은 총 35개 유형으로 분류되었고, 조사면적 1,750,461m² 중 곰솔이 우점하는 식생은 1,413,274m²로 80.7%이었고, 참나무류림은 5.0%, 개서어나무가 우점하는 식생은 0.4%이었다. 조사구(20m×20m) 18개소를 설정하였으며, DCA 분석결과, 군집 I (곰솔군집), 군집 II (곰솔-졸참나무군집), 군집 III (졸참나무-곰솔군집), 군집 IV (개서어나무-곰솔군집) 등 네 개의 식물군집으로 분리되었다. 표본목 수령은 군집 I 은 38~59년생, 군집 II 는 35~71년생, 군집 III 은 37~53년생, 군집 IV 는 50~72년생으로 전체적으로 38~72년의 산림이었다. 태종대는 난온대 기후대 천이계열 초기단계에 있는 것으로 추정되었으며, 교목층에서는 곰솔에서 졸참나무 또는 개서어나무가 우점하는 식생으로 천이가 진행될 것으로 예측되었고, 아교목층에서는 사스레피나무가 우점하고 관목층에서는 사스레피나무와 마삭줄이 우점하는 식생으로 유지할 것으로 예측되었다. 단위 면적 400m²의 샤논의 종다양도지수 분석결과, 군집 I 은 0.8640~1.3986, 군집 II 는 0.1731~1.1885, 군집 III 은 0.8250~1.0042, 군집 IV 는 0.3436~0.6986이었다.

주요어: 난온대 기후대, 천이계열, 사스레피나무, 샤논의 종다양도지수

ABSTRACT

This study was carried out to investigate actual vegetation, the structure of plant community, and ecological succession sere of coastal forest ecosystem in warm temperate climate zone, Taejongdae, Busan City, Korea to provide the basic data for planning of the forest management. As a result of analysis of actual vegetation, vegetation types divided into 35 types, and the area of survey site was 1,750,461 m². The ratio of vegetation type dominated by *Pinus thunbergii* was 80.7%, dominated by *Quercus* spp. was just 5.0%, and dominated by *Carpinus tschonoskii* was just 0.4%. Eighteen plots (size is 20m×20m) were set up and the results analyzed by DCA which is one of the ordination technique showed that the plant communities were divided into four groups which are community I (*P. thunbergii* community), community II (*P. thunbergii-Quercus serrata* community), community III (*Q. serrata-P. thunbergii* community), and community IV (*Carpinus tschonoskii -P. thunbergii* community). The age of community I was from 38 to 59 years old, that of community II was

1 접수 2012년 6월 6일, 수정(1차: 2012년 6월 23일), 게재확정 2012년 6월 24일

Received 6 June 2012; Revised(1st: 23 June 2012); Accepted 24 June 2012

2 도시생태학연구센터 Urban Ecology Research Center, 124-22 Bang-i-dong, Songpa-gu, Seoul(138-830), Korea

a 이 논문은 본 학회 학술대회 제20권 1호 발표(Lee et al., 2010) 후 본 학회의 심사를 거쳐 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author(jongykim72@hanmail.net)

from 35 to 71 years old, that of community III was from 37 to 53 years old, that of community IV was from 50 to 72 years old, thus we supposed that the age of the study site is about from 38 to 72 years old. We supposed that the successional sere of the study site is in the early stage of ecological succession in the warm temperate climate zone. The dominant species will be changed from *P. thunbergii* to *Q. serrata* or *Carpinus tschonoskii* in the canopy layer, on the other hand, *Eurya japonica* will be dominant species in the understory layer, and *E. japonica* and *Trachelospermum asiaticum* var. *intermedium* will be dominant species in the shrub layer for a while. According to the index of Shnnon's diversity (unit: 400m²), community I ranged from 0.8640 to 1.3986, community II was from 0.1731 to 1.1885, community III was from 0.8250 to 1.0042, and community IV was from 0.3436 to 0.6986.

KEY WORDS: WARM TEMPERATE CLIMATE ZONE, SUCCESSIONAL SERE, *Eurya japonica*, INDEX OF SHANNON'S DIVERSITY

서론

한반도의 식물대는 아고산림, 냉온대림, 난온대림, 한대림 등의 네 가지로 구분할 수 있고(Yim and Kira, 1975; 1976) 난온대 기후대는 연평균기온이 14℃ 이상, 한랭지수 -10℃·월 이하, 강수량 900~1,500mm, 동쪽의 북위 35°30'과 서쪽의 북위 35°를 연결하는 선의 남쪽이고 남해안 및 도서지방, 제주도(해발 500m), 울릉도(해발 600m 이하) 지역이 해당된다. 우리나라 난온대 상록활엽수림은 인위적 교란으로 낙엽활엽수림 혹은 곰솔수림대로 퇴행천이하면서 원형이 많이 상실되었으며 접근이 어려운 도서지방 등에 국지적으로 상록활엽수림이 잔존하고 있어 세계적으로 관심이 고조되고 있는 생물종 자원 및 서식지 보존 측면에서 중요성을 가지고 있다(Oh and Choi, 1993; Oh and Cho, 1994; Oh *et al.*, 2007).

난온대 및 난대 기후대의 식생구조 특성 규명에 관한 연구를 살펴보면, 전남 해남군 두륜산, 영광군 불갑산, 도서지방인 진도 침찰산, 신안군 홍도에서의 식물군집구조와 토양 환경과 주요 식물의 상관관계 연구(Oh and Choi, 1993), 홍도 상록활엽수림 지역의 식생구조와 천이계열 분석 연구(Oh and Cho, 1994), 남해안 도서지방 중 15개 상록활엽수림을 대상 식생구조와 천이계열을 규명한 연구(Oh and Kim, 1999)와 완도수목원 고정시험구에서 상록활엽수림 식생구조 변화를 모니터링한 연구(Oh and Kim) 등이 이루어져 왔다. 그 외 한려해상국립공원 거제도지구의 곰솔-소나무림의 식물군집구조와 분포밀도 연구(Lee *et al.*, 1999), 28~52년생의 제주도 동백동산 상록활엽수림의 식생구조 연구(Han *et al.*, 2007), 다도해해상국립공원 상록활엽수림의 3년 간 모니터링 연구(Oh and Choi, 2007) 등이 이루어져 왔다. 한편, 부산광역시의 해안림 중 태종대, 이기대, 몰

온대, 암남공원 4개소에서 10m×10m(100m²) 크기의 조사구를 총 25개소를 설정하고 해안림의 교목층에서 곰솔이 주요 우점종이었고, 아교목층의 경우 몰운대와 태종대에서는 사스레피나무, 이기대에서는 천선과나무, 암남공원에서는 사스레피나무와 산벚나무가 우점종임(Kim and Choi, 2007)을 밝힌 바 있으나, 태종대의 전반적인 현존식생과 식물군집구조를 밝힌 연구는 수행되지 않았다.

부산광역시 영도구에 위치한 태종대(太宗臺)는 1972년 6월 26일 부산기념물 제28호로 지정되었다가 2005년 11월 1일 국가 지정 문화재 명승 제17호로 지정되었다. 태종대는 남해안에 면한 해발고도 200m 이하의 구릉지역으로 현재는 유원지로 이용되고 있으며, 해안의 영향을 직접적으로 받아 독특한 해안성 목본 식생군락이 형성된 지역으로서 해안성 생태계 보전지구로 설정하고 하계 해수욕장 관광객들과 시민들이 이용하는 방문로와 생태탐방로를 구분 설치, 장기적으로 정밀 현존식생도 작성 및 모니터링을 통한 체계적인 관리가 필요하다(Oh and Kim, 2006). 본 연구에서는 난온대 기후대에 위치한 부산광역시 태종대 해안 산림생태계의 현존식생, 식물군집구조, 천이계열을 규명하여 태종대의 관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

연구방법

1. 기후특성 및 현존식생

연구대상지의 기후 특성은 부산광역시의 최근 30년간(1971~2000년) 기후자료를 활용하여 연평균기온, 연평균 강수량, 한랭지수(coldness index)를 분석하였다. 현존식생은 크게 산림지역과 도시화지역으로 구분하여 조사분석하

였는데, 현존식생 유형은 산림지역의 경우 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)과 지피식생 및 암반 지역의 지표층 형태를 기준으로 분류하였으며, 산림을 개발한 도시화지역은 토지이용 현황을 기준으로 분류하였다. 현존식생도를 작성하기 위해 1/1,000 수치지형도를 이용하여 현장에서 식생 유형과 토지이용 유형별로 블록으로 구획하고 속성을 기록한 후, 실내에서 Autocad Map 2004와 ArcView GIS 3.3 프로그램을 이용하여 도면화하였고, 현존식생 유형별 면적과 비율을 산출하였다. 현존식생을 2009년 11월 20일에 조사한 후 대표적인 식생유형을 추출하여 2009년 11월 21일에 식물군집구조를 조사하였다.

2. 식물군집구조

본 연구에서는 식물군집구조 특성을 파악하기 위해 20m×20m(400m²) 크기의 조사구 18개소를 설정하였다(Figure 1). 식물군집구조 조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참고하여 조사구 내 출현하는 목본 수종을 대상으로 교목층과 아교목층은 흉고직경 2cm 이상인 수목의 흉고직경, 수고 및 지하고, 수관폭을 조사하였으며, 관목층은 흉고직경 2cm 이하 또는 수고 2m 이하인 수목의 수관폭을 조사하였다. 식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(importance value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(importance percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 수관피도는 흉고단면적을 기준으로 하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여

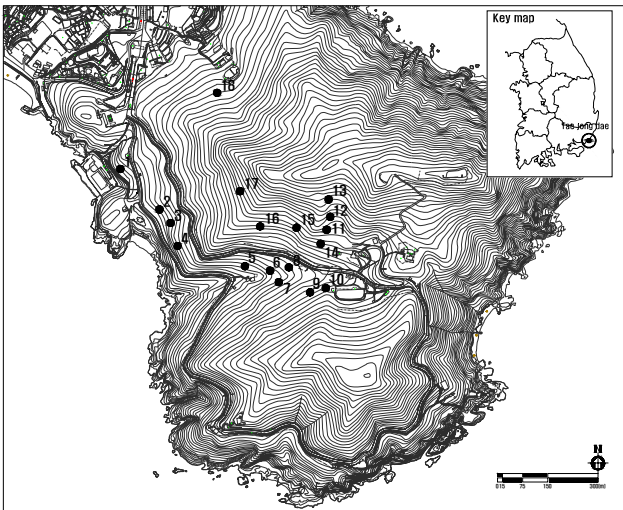


Figure 1. The location map of the study plots in Taejongdae, Busan City, Korea

한 $\{(교목층I.P.\times 3)+(아교목층I.P.\times 2)+(관목층I.P.\times 1)\}/6$ 으로 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.)를 구하였다(Yim *et al.*, 1980; Park *et al.*, 1987; Oh and Park, 2002). 군집분류는 TWINSpan에 의한 classification 분석(Hill, 1979b)과 DCA에 의한 ordination (Hill, 1979a) 분석을 실시하였고, 층위별 상대우점치에 의한 종조성 특성을 고려하여 분류하였다. 수령 및 임분동태의 간접적인 표현으로 산림천이 양상을 추정할 수 있는 흉고직경급별 분포(Harcomb and Marks, 1978)를 분석하였다. 조사구별로 표본목을 선정하여 지상으로부터 1.2m 높이에서 생장추(increment borer)를 이용하여 목편을 추출한 후 수령을 분석하여 군집별 생성의 역사성을 파악하였다. 군집별 Shannon의 종다양도지수(H') (Pielou, 1975), 균재도(J'), 우점도(D), 최대종다양도(H'max)를 분석하였고, 군집 간 유사성의 정도를 측정하기 위한 유사도지수(Sørensen, 1948)를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 기후특성 및 현존식생

부산광역시의 최근 30년간(1971~2000년) 연평균기온은 15.0°C, 연평균강수량은 1,168mm, 한랭지수는 8.5°C·월(KMA, 2008)로 태종대는 난온대 기후대에 해당되었다. 태종대의 현존식생을 조사분석한 결과(Table 1, Figure 2), 조사면적은 1,750,461m²이었고, 현존식생 유형은 총 35개로 분류되었다. 현존식생 유형별로 면적비율과 분포 특성을 살펴보면, 곰솔림(No. 1)은 1,138,163m²(65.0%)이었고, 곰솔이 우점하면서 다른 수종과 중간 경쟁하고 있는 유형(No. 2~10)은 275,111m²(15.7%)로 곰솔이 교목층에서 우점하고 있는 산림지역은 면적 1,413,274m²로 전체면적의 80.7%를 차지하고 있었다. 곰솔이 우점하는 식생은 교목층에서는 곰솔이 우점하고 있었으나 천이발달로 개설도로를 기준으로 남쪽 산림지역은 아교목층에 사스레피나무, 북쪽 해안선과 인접한 산림지역은 아교목층에 녹나무와 졸참나무가 우점하고 있었다.

이차천이 발달 초기단계로 추정되는 졸참나무, 굴참나무 등 참나무류가 우점하는 유형(No. 11~13)은 87,533m²로 5.0%에 불과하였으며, 북쪽산림 북서사면에 갭(Gap) 형태로 졸참나무-곰솔림(No. 11)이 분포하고 있었다. 개서어나무가 우점하고 있는 유형(No. 14~15)은 6,004m²로 0.4%에 불과하였으며, 계곡부를 따라 개서어나무-곰솔림(No. 14)이 분포하고 있었다. 그 외 해안선을 따라 암반노출지(No. 22)가 54,406m²(3.1%)이었고, 도시화지역에서는 주차장(No. 30) 20,982m²(3.1%), 공사현장 29,102m²(1.7%), 산책

Table 1. States of Actual vegetation of Taejongdae, Busan City, Korea

No.	Vegetation type	Area(m ²)	Ratio(%)	No.	Vegetation type	Area(m ²)	Ratio(%)
1	<i>Pinus thunbergii</i> forest	1,138,163	65.0	19	Planted area	7,416	0.4
2	<i>P. thunbergii-Quercus serrata</i> forest	15,948	0.9	20	Grassland	842	0.1
3	<i>P. thunbergii-Q. serrata-Q. variabilis</i> forest	2,527	0.1	21	Field	14,713	0.8
4	<i>P. thunbergii-Q. serrata-Prunus sargentii</i> forest	11,232	0.6	22	Rock	54,406	3.1
5	<i>P. thunbergii-Q. variabilis</i> forest	139,946	8.0	23	Gravel	4,872	0.3
6	<i>P. thunbergii-Q. acutissima</i> forest	3,223	0.2	24	Commercial area	7,511	0.4
7	<i>P. thunbergii-Quercus spp.</i> forest	48,167	2.8	25	Religion area	8,885	0.5
8	<i>P. thunbergii-Prunus sargentii</i> forest	126	0.0	26	Observatory	638	0.0
9	<i>P. thunbergii-Carpinus tshonoskii</i> forest	10,552	0.6	27	Restroom	209	0.0
10	<i>P. thunbergii-Sorbus alnifolia-Zelkova serrata</i> forest	43,390	2.5	28	Lighthouse	512	0.0
11	<i>Q. serrata-P. thunbergii</i> forest	82,225	4.7	29	Sports grounds	2,876	0.2
12	<i>Q. serrata-Q. variabilis-Carpinus tshonoskii</i> forest	1,155	0.1	30	Parking lot	20,982	1.2
13	<i>Q. variabilis-Q. serrata</i> forest	4,153	0.2	31	Construction area	29,102	1.7
14	<i>Carpinus tshonoskii-P. thunbergii</i> forest	4,412	0.3	32	Stockyard	225	0.0
15	<i>Carpinus tshonoskii-Prunus sargentii</i> forest	1,592	0.1	33	Military facilities	23,436	1.3
16	Deciduous broad-leaved forest	794	0.1	34	Etc.	379	0.0
17	<i>Alnus firma-P. thunbergii</i> forest	702	0.1	35	Road	54,525	3.1
18	Shrub	10,625	0.6		Total	1,750,461	100.0

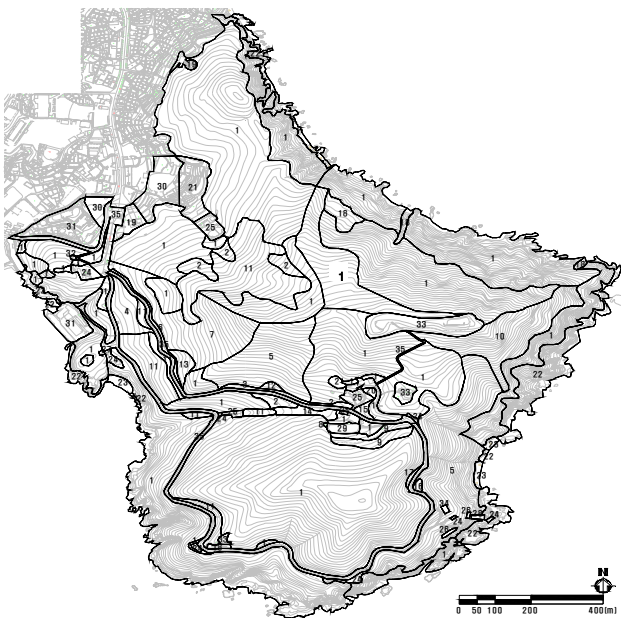


Figure 2. Actual vegetation map of Taejongdae, Busan City, Korea (The legends of actual vegetation map referred from Table 1)

로가 있는 도로(No. 35) 54,525m²(3.1%)가 대표적인 유형이었다.

현존식생을 종합해 보면, 태종대는 약 81%가 곰솔림이 분포하고 있으나 야고목층에 사스레피나무, 녹나무, 졸참나무 등이 이차천이 발달로 생육하고 있었고, 졸참나무와 개서어나무가 북사면이나 계곡부에서 이차천이로 갭 형태로 분포하는 것이 특징이었다. 이러한 공간정보 데이터인 현존식생 자료와 함께 식물군집구조 분석자료는 태종대 산림식생경관 관리, 생물종다양성보전 및 복원, 태종대 숲길 자연탐방로 프로그램 개발 등 도시산림생태계의 보전과 현명한 이용(wise use)을 위한 효율적인 관리방안 계획 수립에 적극적으로 활용되어야 할 것이다.

2. 조사구의 일반적 개황

18개 조사구의 일반적 개황을 살펴보면(Table 2), 해발고는 30~175m, 경사도는 7~25°, 주향은 남서향이였다. 교목층은 평균수고 15~17m, 평균흉고직경 18~40cm, 식피율 60~85%로 우점종은 곰솔, 졸참나무, 개서어나무이었으며,

Table 2. General description of the physical features and vegetation structure of the surveyed plots

Plot number		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altitude(m)		30	47	50	60	50	80	85	90	105
Aspect		S35W	S45W	S70W	S75W	S0E	S45W	N15W	S85W	N0W
Slope(°)		22	12	10	7	17	25	20	13	12
Canopy layer	Mean height(m)	17	15	15	15	15	16	16	16	17
	Mean DBH(cm)	25	25	20	20	30	18	20	20	25
	Coverage(%)	60	75	75	80	75	75	75	80	85
Understory layer	Mean height(m)	5	6	7	7	7	7	7	7	7
	Mean DBH(cm)	8	10	10	10	10	10	10	10	8
	Coverage(%)	85	85	85	70	60	50	50	40	40
Shrub layer	Height(m)	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3
	Coverage(%)	30	30	35	25	30	40	30	30	30

(Table 2. Continued)

Plot number		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Altitude(m)		115	150	160	175	142	146	135	150	85
Aspect		N5W	S5W	S5E	S5E	S15E	S60W	S5W	S75W	N0W
Slope(°)		25	8	10	8	15	15	12	15	12
Canopy layer	Mean height(m)	17	17	17	17	17	16	15	16	15
	Mean DBH(cm)	25	25	25	20	40	30	25	25	20
	Coverage(%)	85	80	80	80	70	80	60	70	75
Understory layer	Mean height(m)	7	7	7	7	8	7	7	7	8
	Mean DBH(cm)	8	10	10	10	10	10	10	10	10
	Coverage(%)	60	40	40	40	40	50	80	50	50
Shrub layer	Mean height(m)	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3	1~3
	Coverage(%)	40	40	40	40	30	40	40	30	40

아교목층은 평균수고 5~8m, 평균흉고직경 8~10cm, 식피율 40~85%로 우점종은 소경목의 사스레피나무이었고, 관목층은 평균수고 1~3m, 식피율 25~40%이었다. 조사구의 일반적 개황을 종합해 보면, 해발고도 차이는 약 140m로 태종대는 해안에 인접한 저구릉 형태의 산림이었으며, 교목층에는 중대경목의 수목이 생육하면서 식피율 약 80%, 아교목층에는 소경목의 사스레피나무가 우점하면서 식피율이 약

60%, 관목층에는 식피율이 약 40%로서 대부분 다층구조를 형성한 상태이었다.

3. 조사구의 classification 및 ordination

18개 조사구에 대하여 TWINSpan에 의한 classification 분석을 실시하였다. 제1단계(level 1) 제1division에서는 개

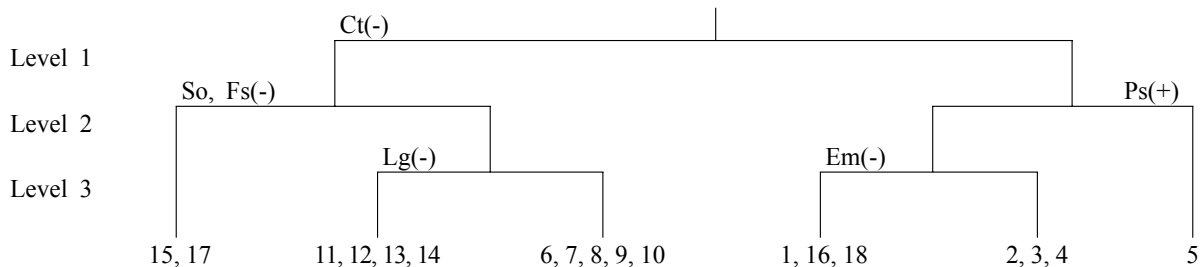


Figure 3. The dendrogram of classification by TWINSpan using eighteen plots in Taejongdae, Busan City, Korea

(Ct: *Carpinus tschonoskii*, So: *Styrax obassia*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Ps: *Platycarya strobilacea*, Lg: *Lindera glauca*, Em: *Elaeagnus macrophylla*)

서어나무(-) 유무에 의해 크게 두 개 그룹으로 나누어졌으며, 제2단계(level 2) 제2division에서는 쪽동백나무(-), 쇠물푸레(-), 제3division에서는 굴피나무(+) 유무에 의해 다시 크게 두 개 그룹으로 나누어졌다. 제3단계(level 3) 제5division에서는 백동백나무(-), 제6division에서는 보리밥나무(-) 유무에 의해 나누어져 전체적으로 6개의 군집으로 분류되었다. 그룹 1은 조사구 15, 17, 그룹 2는 조사구 11, 12, 13, 14, 그룹 3은 조사구 6, 7, 8, 그룹 4는 조사구 1, 16, 18, 그룹 5는 조사구 2, 3, 4, 그룹 6은 조사구 5로 분류되었으나, 그룹별 속성이 명확하게 분류되지 않았다(Figure 3).

조사구 간의 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는 ordination 분석(Orloci, 1978) 결과 왼쪽에서부터 곰솔군집(I), 곰솔-줄참나무군집(II), 줄참나무-곰솔군집(III), 개서어나무-곰솔군집(IV) 등 4개 군집으로 분류되었다. DCA 제1축과 제2축의 eigenvalue가 각각 0.337, 0.103으로서 4개 축 전체 합 0.521의 84.5%에 해당하여 total variance에 대한 집중률이 높았다(Figure 4).

조사구별 종조성과 평균상대우점치를 고려하였을 때 TWINSpan에 의한 군집분류는 명확하지 않았으나, DCA에 의한 군집분류가 보다 명확하여 본 연구에서는 DCA 기법에 의하여 군집을 분류하였다.

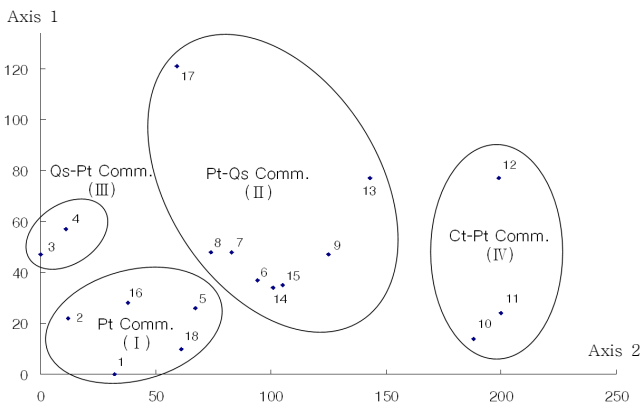


Figure 4. DCA ordination of eighteen plots in Taejongdae, Busan City, Korea
(Pt: *Pinus thunbergii*, Qs: *Quercus serrata*, Ct: *Carpinus tschonoskii*)

4. 상대우점치 분석

군집별로 상대우점치 분석 결과를 살펴보면(Table 3), 군집 I(곰솔군집)은 5개 조사구(1, 2, 5, 16, 18)가 포함되었으며, 교목층에서는 곰솔(I.P.: 87.0%)이 우점종이었고, 줄참나무(I.P.: 10.7%)가 출현하였다. 아교목층에서는 사스레

피나무(I.P.: 58.7%)가 우점종이었고, 줄참나무(I.P.: 9.4%), 때죽나무(I.P.: 9.7%), 팔배나무(I.P.: 6.5%), 곰솔(I.P.: 6.2%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 마삭줄(I.P.: 41.0%)의 우점도가 높았고, 사스레피나무(I.P.: 12.5%), 자금우(I.P.: 10.5%), 광나무(I.P.: 8.1%) 등이 출현하였다. 군집 I은 교목층에서 곰솔이 우점하는 군집으로서, 아교목층에서는 곰솔의 세력이 미약하고 관목층에서는 곰솔의 차세대가 형성되지 않았으며, 사스레피나무가 아교목층과 관목층에서 우점하고 있었다.

군집 II(곰솔-줄참나무군집)는 8개 조사구(6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 17)가 포함되었으며, 교목층에서는 곰솔(I.P.: 64.1%)이 우점종이었고, 줄참나무(I.P.: 19.4%)가 곰솔과 다소 경쟁관계에 있었다. 아교목층에서는 사스레피나무(I.P.: 21.5%), 팔배나무(I.P.: 20.0%), 때죽나무(I.P.: 13.3%)가 주요 출현수종이었고, 줄참나무(I.P.: 9.1%), 개서어나무(I.P.: 7.7%), 곰솔(I.P.: 6.3%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 마삭줄(I.P.: 41.0%)이 피도가 높아 우점종이었고, 사스레피나무(I.P.: 1.8%), 산벚나무(I.P.: 1.8%) 등이 출현하였다. 군집 II는 교목층에서 곰솔과 줄참나무 사이의 중간경쟁 초기 단계로 판단되었으며, 아교목층에서는 사스레피나무, 관목층에서는 마삭줄이 상대적으로 세력이 높았다.

군집 III(줄참나무-곰솔군집)은 2개 조사구(3, 4)가 포함되었으며, 교목층에서는 줄참나무(I.P.: 47.7%)와 곰솔(I.P.: 50.5%)이 중간 경쟁관계에 있었다. 아교목층에서는 사스레피나무(I.P.: 72.1%)가 우점종이었고, 줄참나무(I.P.: 11.0%)와 팔배나무(I.P.: 8.9%)가 주요 출현수종이었으며, 곰솔(I.P.: 2.1%)은 세력이 미약하였다. 관목층에서는 자금우(I.P.: 31.9%)와 사스레피나무(I.P.: 28.8%)가 우점종이었다. 군집 III은 교목층과 아교목층에서 우세한 세력을 가진 줄참나무와 교목층에서만 세력을 유지하고 있는 곰솔이 서로 경쟁하고 있었으며, 평균상대우점치는 줄참나무(M.I.P.: 27.6%)가 곰솔(M.I.P.: 25.9%)보다 다소 세력이 컸으며, 아교목층과 관목층에서는 사스레피나무가 우점하고 있었다.

군집 IV(개서어나무-곰솔군집)는 3개 조사구(10, 11, 12)가 포함되었으며, 교목층에서는 개서어나무(I.P.: 42.7%)와 곰솔(I.P.: 39.9%)이 경쟁관계에 있었으며, 줄참나무(I.P.: 4.3%), 느티나무(I.P.: 2.1%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 곰솔은 출현하지 않았고 개서어나무(I.P.: 18.5%), 팔배나무(I.P.: 15.3%), 산벚나무(I.P.: 14.3%)가 주요 출현수종이었고, 때죽나무, 느티나무, 팽나무, 비목, 말오줌때, 사스레피나무, 팔손이 등이 출현하였다. 관목층에서도 곰솔은 출현하지 않았고 마삭줄(I.P.: 61.7%)이 우점종이었다. 군집 IV는 교목층과 아교목층에서 우세한 세력을 가진 개서어나무와 교목층에서만 세력을 유지하고 있는 곰솔이 경쟁하는 군집이었고, 관목층에서는 마삭줄의 피도가 높았다.

Table 3. Importance percentage of woody species by the stratum in each community of Taejongdae, Busan City, Korea

Scientific name	Community I ¹				Community II ¹				Community III ¹				Community IV ¹			
	C ²	U ²	S ²	M ²	C ²	U ²	S ²	M ²	C ²	U ²	S ²	M ²	C ²	U ²	S ²	M ²
<i>Pinus thunbergii</i>	87.0	6.2	-	45.6	64.1	6.3	-	34.1	50.5	2.1	-	25.9	39.9	-	-	20.0
<i>Smilax china</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	1.3	2.5	-	1.4	-	-	-	-	7.0	1.3	-	4.0
<i>Carpinus tschonoskii</i>	-	-	-	-	4.0	7.7	0.4	4.6	-	-	-	-	42.7	18.5	0.4	27.6
<i>Carpinus turczaninowii</i>	-	-	-	-	-	1.8	0.1	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	0.6	0.5	-	0.5	2.5	1.8	0.1	1.9	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus aliena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	-	-	0.9	-	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	10.7	9.4	0.6	8.6	19.4	9.1	0.4	12.8	47.7	11.0	0.5	27.6	4.3	-	0.5	2.2
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	2.7	3.2	0.2	2.4	-	-	-	-	2.1	3.0	1.4	2.3
<i>Celtis choseniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-	0.5
<i>Celtis sinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-	1.1
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.2	0.6
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.8	4.5	4.4	3.1
<i>Cinnamomum japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	2.4	1.1
<i>Prunus sargentii</i>	0.6	1.2	-	0.7	2.7	2.9	1.2	2.5	-	-	-	-	-	14.3	0.8	4.9
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.4	6.5	0.7	2.5	3.2	20.0	0.6	8.4	-	8.9	1.4	3.2	-	15.3	0.9	5.2
<i>Rhus sylvestris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	2.6	0.7	-	-	-	-
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	0.3	0.6
<i>Euscaphis japonica</i>	-	0.3	2.2	0.5	-	1.3	1.4	0.7	-	-	-	-	-	2.7	0.8	1.0
<i>Meliosma oldhamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	1.1
<i>Eurya japonica</i>	-	58.7	12.5	21.6	-	21.5	1.8	7.5	-	72.1	28.8	28.8	-	3.7	1.4	1.5
<i>Elaeagnus glabra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.1	0.5
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4	1.0	0.6
<i>Hedera rhombea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.4	0.7
<i>Fatsia japonica</i>	-	0.4	2.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.3	3.0	2.6
<i>Ardisia japonica</i>	-	-	10.5	1.8	-	-	4.7	0.8	-	-	31.9	5.3	-	-	-	-
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	2.8	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	9.7	0.1	3.2	0.3	13.3	0.8	4.7	-	4.2	-	1.4	-	9.1	0.7	3.1
<i>Fraxinus mandshurica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-	0.7
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5	-	-	-	-
<i>Ligustrum japonicum</i>	-	2.2	8.1	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	0.8	0.6
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	-	-	41.0	6.8	-	-	73.0	12.2	-	-	-	-	-	-	61.7	10.3
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	2.5	0.6
<i>Viburnum wrightii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5	-	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	-	0.1	2.5	0.5	-	-	-	-	-	-	6.4	1.1	-	-	-	-
Others	0.7	4.9	20.0	5.2	-	5.9	15.4	4.5	-	1.0	17.7	3.3	-	4.4	12.5	3.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

¹ Community I: *Pinus thunbergii* community, Comm. II: *P. thunbergii-Quercus serrata* comm., Comm. III: *Q. serrata-P. thunbergii* comm., Comm. IV: *Carpinus tschonoskii-P. thunbergii* comm.

² C: importance percentage in canopy layer U: importance percentage in understory layer, S: importance percentage in shrub layer, M: mean importance percentage

5. 흉고직경급별 분포 및 표본목 수령

군집별로 주요 수종의 흉고직경급별 분포를 살펴보면 (Table 4), 군집 I (곰솔군집)의 경우, 곰솔 DBH 분포범위는 2~46cm, DBH 12~26cm에서 출현빈도가 가장 높았으며 관목층에서는 출현하지 않은 반면, DBH 2~11cm에서는 사스레피나무의 세력이 컸으며 졸참나무, 때죽나무, 팔배나무가 주요 출현수종이었다.

군집 II (곰솔-졸참나무군집)의 경우, 곰솔은 DBH 분포범위가 7~52cm이었고 DBH 22~46cm에서 출현빈도가 높았으며 관목층에서는 출현하지 않은 반면, DBH 7~26cm에서는 졸참나무의 세력이 컸으며 개서어나무, 팔배나무가 주요 출현수종이었고, DBH 2~6cm에서는 사스레피나무의 세력이 컸다.

군집 III (졸참나무-곰솔군집)의 경우, 곰솔 DBH 분포범위는 7~51cm, 졸참나무 DBH 분포범위는 2~36cm이었고, DBH 7~31cm에서 졸참나무와 곰솔의 출현빈도가 가장 높은 가운데 졸참나무의 세력이 우세하였으며, 사스레피나무 DBH 분포범위는 2~17cm, DBH 2~11cm에서 세력이 컸다.

군집 IV (개서어나무-곰솔군집)의 경우, 곰솔 DBH 분포범위는 17~52cm, DBH 37~52cm 대경목 범위에서 출현빈도가 상대적으로 높았고, 개서어나무 DBH 분포범위는 2~46cm, DBH 17~36cm에서 세력이 컸다.

군집별로 표본목의 수령 분석 결과를 살펴보면 (Table 5), 군집 I (곰솔군집)에서는 곰솔은 흉고직경(DBH) 18~26cm, 수령 38~55년생이었고, 졸참나무는 DBH 12~24cm, 수령 30~59년생이었다. 군집 II (곰솔-졸참나무군집)에서는 곰솔은 DBH 21~43cm, 수령 35~71년생이었고, 졸참나무는 DBH 26cm, 수령 55년생, 개서어나무는 DBH 30cm, 수령 53년생이었다. 군집 III (졸참나무-곰솔군집)에서는 졸참나무는 DBH 25cm, 수령 37~53년생, 곰솔은 DBH 26cm, 수령 45년생이었다. 군집 IV (개서어나무-곰솔군집)에서는 곰솔은 DBH 31~44cm, 수령 60~72년생, 개서어나무는 DBH 26cm, 수령 50년생이었다. 이상 표본목의 수령 분석결과를 종합해 보면, 군집 I (곰솔군집)은 38~59년생, 군집 II (곰솔-졸참나무군집)는 35~71년생, 군집 III (졸참나무-곰솔군집)은 37~53년생, 군집 IV (개서어나무-곰솔군집)는 50~72년생으로 전체적으로 보면 38~72년생의 산림이었으며, 곰솔군집보다 천이가 진행된 곰솔-졸참나무군집과 개서어나

Table 4. DBH class distribution of major woody species of four communities by DCA in Taejongdae, Busan City, Korea

Comm.	Species name	SH	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	Total
I	<i>Pinus thunbergii</i>	0	0	1	15	35	35	38	7	6	2	2	0	0	141
	<i>Quercus serrata</i>	24	0	14	14	10	3	5	0	2	1	0	0	0	73
	<i>Eurya japonica</i>	252	1	173	95	17	3	0	0	0	0	0	0	0	541
	<i>Sorbus alnifolia</i>	16	0	13	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	48
	<i>Styrax japonica</i>	4	0	9	14	8	1	0	0	0	0	0	0	0	36
II	<i>Pinus thunbergii</i>	0	0	0	1	7	9	15	22	15	10	10	6	4	99
	<i>Quercus serrata</i>	100	0	1	6	6	12	11	5	6	2	2	0	0	151
	<i>Eurya japonica</i>	104	1	86	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	210
	<i>Sorbus alnifolia</i>	32	0	7	20	20	11	2	0	0	0	0	0	0	92
	<i>Styrax japonica</i>	44	0	13	25	8	1	0	0	0	0	0	0	0	91
III	<i>Quercus serrata</i>	8	0	1	6	6	13	8	3	1	0	0	0	0	46
	<i>Pinus thunbergii</i>	0	0	0	4	2	3	8	2	2	3	0	1	0	25
	<i>Eurya japonica</i>	132	1	80	55	7	1	0	0	0	0	0	0	0	276
	<i>Sorbus alnifolia</i>	12	0	6	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	26
IV	<i>Carpinus tschonoskii</i>	8	0	3	4	1	5	5	3	3	1	2	0	0	35
	<i>Pinus thunbergii</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	2	11
	<i>Sorbus alnifolia</i>	24	0	3	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	32
	<i>Prunus sargentii</i>	16	2	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	21
	<i>Platycarya strobilacea</i>	4	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	9

* D1: <2cm, D2: 2~6cm, D3: 7~11cm, D4: 12~16cm, D5: 17~21cm, D6: 22~26cm, D7: 27~31cm, D8: 32~36cm, D9: 37~41cm, D10: 42~46cm, D11: 47~51cm, D12: 52cm>

* Plant community names are referred from Table 3

무-곰솔군집에서 생육하고 있는 곰솔의 수령이 최대 71, 72년생으로 생육역사가 더 오래된 것으로 판단되었다.

Table 5. Age of the four plant communities in Taejongdae, Busan City, Korea

Comm.	Scientific name	DBH (cm)	Height (m)	Age (year)
I	<i>Pinus thunbergii</i>	26	18	38
	<i>P. thunbergii</i>	18	15	41
	<i>P. thunbergii</i>	25	15	55
	<i>Quercus serrata</i>	12	9	30
	<i>Q. serrata</i>	24	15	59
II	<i>P. thunbergii</i>	23	17	35
	<i>P. thunbergii</i>	21	15	55
	<i>P. thunbergii</i>	22	17	59
	<i>P. thunbergii</i>	43	17	71
	<i>Q. serrata</i>	26	16	55
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	30	15	53
III	<i>Q. serrata</i>	25	15	37
	<i>Q. serrata</i>	25	15	53
	<i>P. thunbergii</i>	26	15	45
IV	<i>P. thunbergii</i>	31	15	60
	<i>P. thunbergii</i>	44	18	72
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	26	15	50

* Plant community names are referred from Table 3

난온대 상록활엽수림 지역에서의 식생천이계열은 소나무, 곰솔, 졸참나무, 개서어나무 → 구실잣밤나무, 붉가시나무, 종가시나무 → 육박나무로 진행될 것으로 추정하고 국지적으로 후박나무, 생달나무, 황칠나무, 참식나무를 토지적 극상수종으로 추정할 바 있으며(Oh and Kim, 1996), 교목하층 및 관목층에서는 사스레피나무, 자금우, 팥나무, 다정큼나무 → 마삭줄, 남오미자, 까마귀쪽나무, 동백나무 → 식나무, 말오줌때, 천선과나무로 추정되고 있다(Oh and Cho, 1994). 기존 연구와 본 연구의 군집별 상대우점치와 흉고직경급별 분포, 표본목의 수령 분석 결과를 종합해 보면, 남해안에 인접한 태종대 산림생태계는 난온대 상록활엽수림 천이계열 초기단계에 있는 것으로 판단되었으며, 교목층에서는 곰솔에서 졸참나무 또는 개서어나무가 우점하는 식생으로 천이가 진행될 것으로 예측되었으며, 아교목층에서는 사스레피나무가 우점하고 관목층에서는 사스레피나무와 마삭줄이 우점하는 식생으로 유지할 것으로 예측되었다.

6. 유사도지수

유사도지수는 군집 간 20% 미만일 때 서로 이질적인 집단

이고, 80%이상일 때 서로 동질적인 집단으로서(Whittaker, 1956) 생태적으로 종 분포가 비슷할수록 유사도지수는 높게 나타난다(Cox, 1976). 군집 간 유사도지수를 살펴보면 (Table 5), 군집 I 과 군집 II 는 68.33%, 군집 I 과 군집 III 은 65.50%로 비교적 동질한 편이었고, 나머지 군집 I 과 군집 IV 40.00%, 군집 II 와 군집 III 54.04%, 군집 II 와 군집 IV 56.84%, 군집 III 과 군집 IV 31.24%로 이질적이었다(Table 5). 즉, 군집 I (곰솔군집)과 군집 II (곰솔-졸참나무군집)는 곰솔이 우점하는 군집으로 비교적 동질한 것으로 판단되었으며, 군집 IV(개서어나무-곰솔군집)는 계곡부 등에서 개서어나무가 우점하는 군집으로 군집 I (곰솔군집) 과 가장 이질적인 것으로 판단되었다. 전반적으로 군집 간 유사도지수가 54% 정도 다소 낮게 나타난 것은 군집 간 서로 이질적인 것으로 군집분류가 타당하였음을 반증한 것이라고 판단되었다.

Table 5. Similarity index(%) between communities by DCA in Taejongdae, Busan City, Korea

Community	I	II	III
II	68.3		
III	65.5	54.0	
IV	40.0	56.8	31.2

* Plant community names are referred from Table 3

7. 종다양도지수

단위면적 400m² 당 샤논(Shannon)의 종다양도지수를 각 군집의 조사구별로 살펴보면(Table 6), 군집 I (곰솔군집)은 0.8640~1.3986로 한려해상국립공원 거제도지구 곰솔군집의 종다양도(100m²) 0.9400(Lee et al., 1999)와 유사한 수준이었고, 조사구 18이 1.3986으로 종다양도지수가 가장 높았다. 군집 II (곰솔-졸참나무군집)는 0.1731~1.1885로 전석지대에 설정한 조사구의 경우 0.1731로 분석되었으며, 천이가 진행되는 조사구 14와 17의 종다양도지수는 비교적 높았다. 군집 III (졸참나무-곰솔군집)은 0.8250~1.0042이었으며, 군집 IV(개서어나무-곰솔군집)는 0.3436~0.6986으로 전석지대 또는 지피층에서 마삭줄의 피도가 높았기 때문에 종다양도지수가 다소 낮은 것으로 판단되었다(Table 6). 샤논의 종다양도지수를 종합해 보면, 계곡부 전석지대에 분포하는 군집 IV(개서어나무-곰솔군집)과 조사구 6, 7, 8, 9, 13의 종다양도지수가 상대적으로 낮았으며, 그 외 조사구의 종다양도지수는 대동소이하였다.

Table 6. Species diversity of each plot of community classified by DCA in Taejongdae, Busan City, Korea (Unit: 400 m²)

Community	Plot	H'(Shannon)	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
I	1	0.9657	0.7693	0.2307	1.2553
	2	0.8943	0.5839	0.4161	1.5315
	5	1.0051	0.6509	0.3491	1.5441
	16	0.8640	0.6181	0.3819	1.3979
	18	1.3986	0.8987	0.1013	1.5563
II	6	0.3821	0.2586	0.7414	1.4771
	7	0.1731	0.1330	0.8670	1.3010
	8	0.4961	0.3392	0.6608	1.4624
	9	0.2575	0.1761	0.8239	1.4624
	13	0.2077	0.1420	0.8580	1.4624
	14	1.1374	0.9061	0.0939	1.2553
	15	0.5221	0.3468	0.6532	1.5051
III	3	0.8250	0.5764	0.4236	1.4314
	4	1.0042	0.7718	0.2282	1.3010
IV	10	0.6986	0.4730	0.5270	1.4771
	11	0.3834	0.2445	0.7555	1.5682
	12	0.3436	0.2225	0.7775	1.5441

* Plant community names are referred from Table 3

인용문헌

Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.

Cox, G.W.(1976) Laboratory Manual of General Ecology. Wn.C. Brown Co., 232pp.

Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An Upland Forest Continuum in the Prairie-forest Border Region of Wisconsin. Ecology 32: 476-496.

Han, B.H., J.Y. Kim, I.T. Choi and K.J. Lee(2007) Vegetation Structure of Evergreen Broad-Leaved Forests in Dongbaekdongsan(Mt.), Jeju-do, Korea. Kor. J. Env. Eco. 21(4) : 336-346. (in Korean with English abstract)

Harcomb, P.A. and R.H. Marks(1978) Tree Diameter Distribution and Replacement Processes in Southeast Texas Forests. For. Sci. 24(2): 153-166.

Hill M.O.(1979a) DECORANA - a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York : 52.

Hill M.O.(1979b) TWINSpan - a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an ordered Two-way Table by Classification of the Individuals and Attributes. Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, New York : 99.

Kim, S.H. and S.H. Choi(2007) The Structure and Ecological

Characteristics of Coastal Forest in Busan Metropolitan City. Kor. J. Env. Eco. 21(1): 67-73. (in Korean with English abstract)

KMA(2008) Annual Climatological Report. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea, 304pp. (in Korean)

Lee, K.J., B.H. Han and J.Y. Kim(1999) Plant Community Structure and Distribution Density of *Pinus thunbergii*-*Pinus densiflora* Forest in Kōjedo District, Hallyō-Haesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(4): 361-372. (in Korean with English abstract)

Lee, K.J., J.Y. Kim, S.H. Min and M.O. Seo(2010) Structure of Plant Community and Ecological Succession in Taejongdae, Busan City, Korea. Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con. 20(1) : 198-201. (in Korean)

Monk C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified Oak-Hickory community. Ecology 50(3): 468-470.

Oh, D.H. and J.W. Kim(2006) Establishment of Action Plan for the Preservation and Enhancement of the Green Environment and Ecosystem in Busan, Korea - Focus on the Designation of Ecosystem and Landscape Preservation Area in City and Region -. Busan Development Institute, 99pp. (in Korean)

Oh, K.K. and S.H. Choi(1993) Vegetational Structure and Successional Sere of Warm Temperate Evergreen Forest Region, Korea. Korean J. Ecol. 16(4): 459-476. (in Korean with English abstract)

- Oh, K.K. and W. Cho(1994) Plant Community Structure of Warm Temperate Evergreen Broad-leaved Forests in Hongdo, Korea. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and W.K. Choi(2007) Monitoring on Evergreen Broad-Leaved Forest Restoration in Dadohaehaesang National Park. Kor. J. Env. Eco. 21(5): 449-455. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1996) Restoration Model of Evergreen Broad-leaved Forests in Warm Temperate Region(Ⅰ) - Vegetational Structure -. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K., J.G. Koh and T.H. Kim(2007) Altitudinal Distribution of Plant Communities at Donnaeko Valley in the Mt. Hallasan. Kor. J. Env. Eco. 21(2): 141-148. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.L. and B.H. Kim(1998) Monitoring Restoration of Evergreen Broad-leaved Forests in Warm Temperate Region(Ⅰ). Kor. J. Env. Eco. 12(3): 279-289. (in Korean with English abstract)
- Orloci, L.(1978) Multivariate Analysis in Vegetation Research, 2nd ed. W. Junk, The Hague, 468pp.
- Park, I.H., K.J. Lee and J.C. Jo(1987) Forest community structure of Mt. Bukhan area. Journal of Korean applied ecology 1(1): 1-23. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Ecological Diversity. John Wiley & Sons Inc. New York, 165pp.
- Sørensen, T.A.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter 5(4): 1-34.
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the Great Smokey Mountains. Ecol. Monographs 26: 1-80.
- Yim, K.B., I.H. Park and K.J. Lee(1980) Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area. Journal of Korean Forestry 50: 56-71. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of Forest Vegetation and Climate in Korea Peninsula I. Distribution of Some Indices of Thermal Climate. Japan J. Ecol. 25: 77-88.
- Yim, Y.J. and T. Kira(1976) Distribution of Forest Vegetation and Climate in Korea Peninsula II. Distribution of Some Indices of Thermal Climate. Japan J. Ecol. 26: 157-164.