

부산광역시 해안림 곰솔군락의 식생구조 및 생태적 특성^{1a}

신해선² · 이상철³ · 최송현^{4*} · 강현미⁵

Ecological Characteristic and Vegetation Structure of *Pinus thunbergii* Community in Coastal Forest of Busan Metropolitan City, Korea^{1a}

Hae-Seon Shin², Sang-Cheol Lee³, Song-Hyun Choi^{4*}, Hyun-Mi Kang⁵

요약

본 연구는 부산광역시 해안림 곰솔군락의 식생구조 및 생태적 특성을 파악하여 해안림의 식생구조를 파악하고 향후 부산광역시 해안림 관리방안을 위한 기초자료를 구축하고자 수행하였다. 부산광역시 해안림 지역에 100m² 크기의 조사구 97개를 설치하여 조사 분석하였다. TWINSpan과 DAC기법을 사용하여 군락을 분리한 결과, 곰솔-졸참나무 군락, 곰솔-사스레피나무(1)군락, 곰솔-사스레피나무(2)군락, 곰솔-갈참나무군락, 곰솔-동백나무(1)군락, 곰솔-동백나무(2)군락, 곰솔-사스레피나무-동백나무군락으로 분리되었다. 조사결과 부산광역시 해안림 곰솔군락의 교목층에서는 곰솔이 주요 우점종으로 나타났으며, 하층식생에서 사스레피나무와 동백나무가 우점하였다. 곰솔-졸참나무군락에서 졸참나무가 일부 교목층과 아교목층에서 곰솔과 경쟁관계를 이루고 있으며 변화를 살피기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것이다. 해안림의 환경 특성상 곰솔을 비롯한 내염성이 강한 수종들이 군락을 이루고 있기 때문에 곰솔-졸참나무 군락을 제외한 군락들은 급격한 환경변화가 발생하지 않으면 현 상태의 군락 구조를 당분간 유지할 것으로 예상된다.

주요어: TWINSpan, DCA, 해안식생

ABSTRACT

The purpose of this study is to understand the vegetation structure and ecological characteristics of the coastal forest *Pinus thunbergii* community in Busan Metropolitan City (BMC) and to establish reference information for the management of the coastal forest in BMC in the future. We set up 97 plots with an area of 100 m² each for the analysis and investigation of the vegetation characteristics. The analysis using the TWINSpan and DCA techniques found seven community groups: *Pinus thunbergii*-*Quercus aliena* community, *Pinus thunbergii*-*Eurya japonica*(1) community, *Pinus thunbergii*-*Eurya japonica*(2) community, *Pinus thunbergii*-*Quercus serrata* community, *Pinus thunbergii*-*Camellia japonica*(1) community, *Pinus thunbergii*-*Camellia japonica*(2) community, and *Pinus thunbergii*-*Eurya japonica*-*Camellia japonica* community. According to the analysis of

1 접수 2019년 6월 12일, 수정 (1차: 2019년 8월 27일), 게재확정 2019년 9월 6일

Received 12 June 2019; Revised (1st: 27 August 2019); Accepted 6 September 2019

2 부산대학교 대학원 조경학과 석사과정 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Pusan National Univ., Miryang 50463, Republic of Korea

3 부산대학교 조경학과 박사후연구원 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang 50436, Republic of Korea

4 부산대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang 50436, Republic of Korea

5 목포대학교 조경학과 조교수 Dept. of Landscape Architecture, Mokpo National Univ., Muan 58554, Republic of Korea

a 이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-055-350-5401, Fax: +82-055-350-5409, E-mail: songchoi@pusan.ac.kr

vegetation structure, *Pinus thunbergii* was a main dominant species at the canopy layer in all sites while *Eurya japonica* and *Camellia japonica* were dominant species at the understory layer. *Pinus thunbergii*-*Quercus serrata* community is predicted in the forest succession because of the competition between *Pinus thunbergii* and *Quercus serrata* in the canopy layer and the understory layer. As such, it is necessary to observe changes by continually monitoring this community. Tree species with strong salinity tolerance, including *Pinus thunbergii*, have formed community groups because of the environmental characteristics of coastal forests, strong with salinity tolerance species are forming community groups. Therefore, all community groups except for the *Pinus thunbergii*-*Quercus serrata* community will maintain the current vegetation structure unless drastic environmental changes occur.

KEY WORDS: TWINSpan, DCA, COASTAL VEGETATION

서론

해안림이란 바닷가에 인접한 숲으로서 해안의 파도, 염분, 바람 등의 환경에 여러 생물들이 적응하며 어우러진 숲이다. 또한 바다와 내륙에 위치한 생태학적 전이지대로서 독특한 환경구조와 생물서식처로 내륙 산지보다 단위면적 당 생물 다양성이나 자원집약도가 높으며, 생물 이동통로로서 중요한 공간이다(Kim and Kim, 2015). 해안림은 기술적·사회문화적 측면에서 국민에게 질 높은 여가 및 휴양적 가치를 제공하고 있다. 특히 항구도시인 부산광역시시는 지역(市域)의 절반이상이 해안선을 끼고 있는 지리적 특징을 가지며 남해안과 동해안이 만나는 접경지로 긴 해안선을 이루고 있다(Kim and Choi, 2007).

곰솔(*Pinus thunbergii*)은 우리나라 및 일본의 해안선을 따라 분포하는 수종으로서 서해, 동해, 남해안 지역과 제주, 울릉도에서 자생하는 해안림의 대표 수종이다. 곰솔은 주로 높은 염분과 태풍 등에 강하여 휴양림으로서의 기능뿐만 아니라 방풍 및 비사방지 등의 해안방재 기능을 가지고 있으며 풍치림으로서 가치가 크다(Cheon *et al.*, 2012). 그러나 곰솔과 같이 해안림을 형성하는 수목은 한 지역에서 오랫동안 생육하여 왔기 때문에 식물생리학적으로 매우 취약한 상태에 놓여 있다(Korea Forest Service, 2004). 최근 곰솔해안림은 병해충 및 인간의 무차별적인 개발로 인하여 급속히 훼손되고 있다. 특히 남부산림권역의 경우 해안림이 파편화 되어 생태축이 단절되어 있으며 인위적 교란, 생물적 교란(솔껍질깍지벌레, 소나무재선충병, 솔잎혹파리), 산불과 같은 교란에 의해 끊임없는 피해를 받아오고 있다. 따라서 이들 자원에 대한 기능 유지 및 증진을 위한 체계적인 관리방안이 요구되고 있는 실정이다(Korea Forest Research Institute, 2013).

해안림에 관한 선행연구로는 해안림 조성고 식물상 및 식생구조(Kwon *et al.*, 2004; Cheon *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2016)에 대한 연구가 주를 이루어 왔다.

해안림과 관련된 식물상 및 임분구조에 관한 조사는 각 지역에 대한 연구만 진행되었을 뿐 비교연구가 이루어지지 않았으나 2009년에 동해안과 서해안지역 해안림의 식물상을 비교하는 연구(Choi *et al.*, 2009)가 진행되었다. 또한 해안림의 주요 기능 중의 하나인 방풍기능과 관련한 연구(Im *et al.*, 2009)에서 해안림의 수목에 의한 풍속 저감 효과가 커지는 연구 결과를 밝혀 해안림의 긍정적인 측면을 더하였지만 해안림 조성이 사구 토양의 양분변화에 미치는 영향(Kim and Choi, 2015)에서는 해안림 조성이 사구의 자연특성을 훼손하여 사구생태계에 중대한 변화를 야기하므로 무분별한 해안림 조성을 방지해야 한다는 연구 결과를 나타내었다. 일본에서는 쓰나미와 같은 자연재해로 인한 피해가 빈번하여 해안림에 관한 연구가 활발하게 진행되었지만 우리나라에서는 지정학적으로 비교적 안정하다고 여겨져 연구가 미비하였다. 그러나 일본 홋카이도 부근에서 쓰나미가 발생할 경우, 우리나라 동해안 지역이 입을 피해특성과 해안림 조성이 쓰나미 피해경감에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되면서 해안림의 가치를 재인식하고 국내에서도 해안림에 관한 연구가 이루어졌으나 부분적으로 연구가 진행되었을 뿐 체계적인 연구는 진행되지 못하였다(Chun *et al.*, 2005). 최근 해안림은 환경보전에 적극적인 참여로 육성, 보존되어 왔지만 지자체의 개발로 인해 점차적으로 훼손되고 있는 실정이며 최근에는 개발과 훼손 및 기상이변에 따른 자연재해의 증가로 인해 해안방재림의 합리적인 조성, 보전 및 관리방안을 위한 연구(Kim *et al.*, 2012)가 이루어지고 있다.

부산광역시 해안림에 관한 연구로는 부산광역시 동백섬 문화경관림의 식생구조 특성 연구(Kwon *et al.*, 2014)에서 부산시 해운대구 중동에 위치한 동백섬의 식생구조를 동백나무가 관리되고 있는 유형 I, 미관리되고 있는 사스레피나무 유형 II, 미관리되고 있는 험준지에 위치한 사스레피나무 유형 III 세 가지로 분류하여 문화경관림으로서 동백섬의 식생관리 방안을 제시하였다. 또한 부산광역시 태종대 산림생태계의 현존식생

및 식물군집구조에 관한 연구(Kim, 2012)를 통해 태종대를 네 개의 식물군집(곰솔군집, 곰솔-줄참나무 군집, 줄참나무-곰솔군집, 개서어나무-곰솔군집)으로 분리하였으며 태종대가 난온대 기후대 천이계열 초기단계에 있는 것으로 추정하였다. 이는 부산의 중요한 기념물의 관리방안에 대한 기초자료로서 활용되나, 부산시 내에서도 특정 지역에 대한 연구이므로 부산광역시의 식생구조를 대표하는 데에는 한계를 보였다. 부산광역시의 곰솔림에 관한 연구는 (Kim and Choi, 2007)가 부산의 해안림의 식생구조를 분석한 바 있지만 자료가 10년 이상 경과되었고 부산광역시 해안림 중에서도 특정한 4개 지역으로 국한되어 25개의 비교적 적은 조사구로 결과를 도출하였기 때문에 부산광역시 전역에 대한 관리를 위한 참고자료로서 한계를 보였다. 따라서 광역적 범위에서 부산광역시 해안림 일대를 재조사 할 필요성이 요구되었다.

이에 본 연구는 광역적 범위에서 부산광역시 해안림의 유형과 구조를 밝힘으로서 해안림 보호방안 및 관리방향을 수립하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

1. 연구대상지 선정 및 개황

부산광역시의 최근 30년간(1989~2018) 기상자료를 살펴보면(KMA, 2019), 연평균기온은 14.9℃로 전국 평균값 12.7℃보다 높게 나타났으며 최저평균기온은 2011년에 -12.8℃, 최고평균기온은 2016년에 37.3℃로 나타났다. 연평균강수량은 1547.3mm로 전국 평균값 1351.4mm보다 높게 나타났다. 연구대상지의 수평적 산림대는 위도 35°이남, 연평균기온 14℃이상인 난대림에 속한다(www.forest.go.kr).

본 연구대상지는 부산광역시 해안가 일대(Figure 1)로 자연재해 및 병충해 피해가 없는 건전한 곰솔 우점림에 총 97개소의 조사구를 설치하여 식생조사를 실시하였다. 현지조사는 2016년 6월부터 2018년 6월에 걸쳐 수행되었고 2018년 9월 27일부터 10월 9일 사이에 보완조사를 수행하였다.

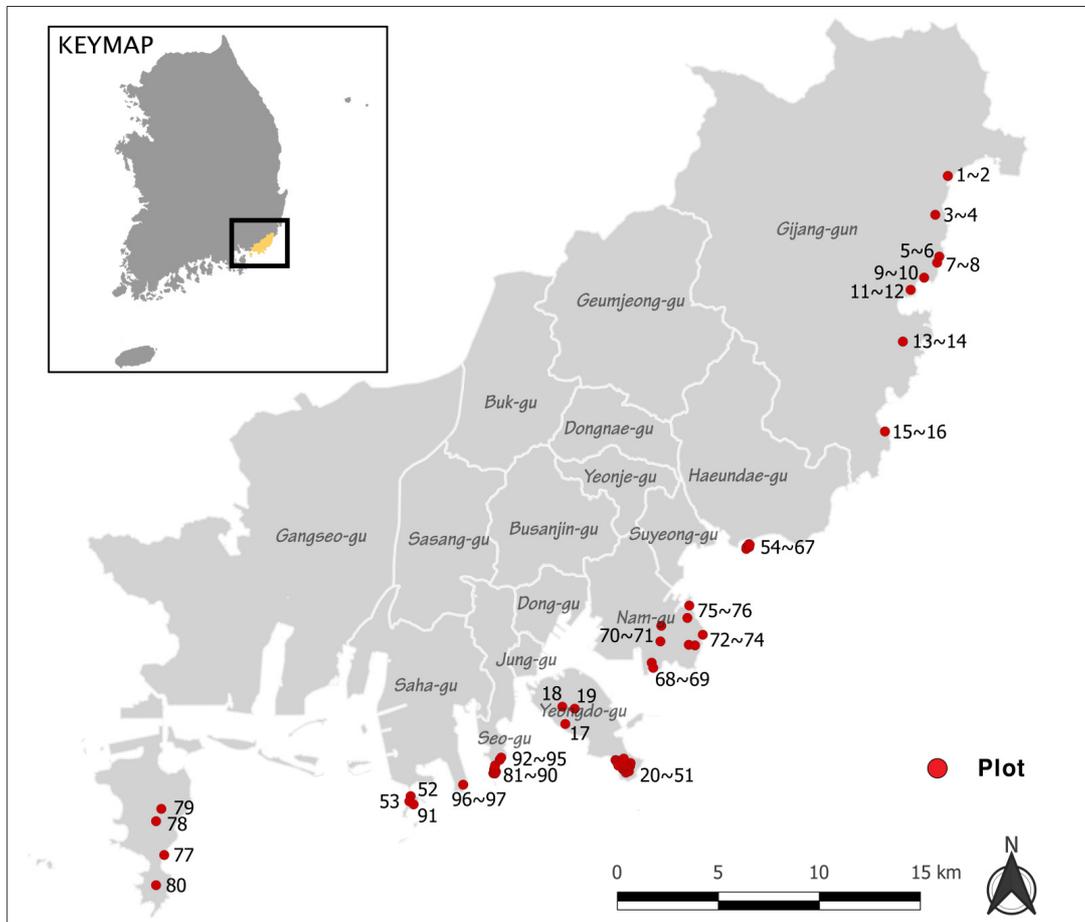


Figure 1. Map of the survey sites in the Busan Metropolitan City.

2. 조사 및 분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

조사구는 곰솔림이 우점하는 군락을 대상으로 층위구조 발달 여부와 입지환경을 고려하여 설정하였다. 식생조사는 임내에 방형구10m×10m(100m²)를 설치하고 교목층, 아교목층, 관목층으로 층위를 나누어 수관층위별로 매목조사를 실시하였다(Park, 1985). 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 수고 2m 이상 교목층 이하 수목을 아교목층, 수고 2m이하 0.5m이상의 수목을 관목층으로 구분하였다. 방형구(10m×10m)내 출현한 교목층과 아교목층에 대해 흉고직경을 측정하였다. 관목층은 방형구의 가장자리 좌우측에 크기 5m×5m의 소방형구 1개소를 설치하여, 소방형구 내에 출현한 수목의 수관폭(장변×단변)을 조사하였다. 각 조사지의 환경요인으로 해발고는 GPS 장비(Montana 650)를 통하여 측정하였으며, 경사계(Suunto Clinometer)를 이용하여 경사도를 측정하였다.

2) 식물군락구조 조사

식생조사 자료를 토대로 부산광역시 해안림의 군락별 특성을 파악하였다. 각 수준의 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, 개체 간 크기

를 고려, 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6의 식을 사용하여 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P.)를 구하였다(Park, 1985). TWINSpan에 의한 군락분석(classification analysis)(Hill, 1979b)을 통해 7개의 식물군락으로 그룹화하여 식생구조를 파악하였으며, DCA에 의한 ordination(Hill, 1979a)분석을 통해 군락의 분포특성을 파악하였다. 분류된 군락 간 유사도를 알아보기 위해 분류된 군락 간 유사도지수(Sørensen, 1948)를 분석하였다. 분류된 군락별로 종구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균재도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 계산했고, 단위면적(100m²)당 종수 및 개체수를 분석하였다. 또한, 주요 종을 중심으로 한 흉고직경급별 분석을 통해 산림식생천이의 양상을 추정하였다(Harcombe and Marks, 1978).

결과 및 고찰

1. 군락분류 및 유사도지수 분석

전체 97개 조사구에 대해 Classification분석 중 TWINSpan 기법을 적용하여 지표종(indicator species)을 중심으로 군락을 분류하였다(Figure 2). 군락분류는 각 조사구에 출현하는

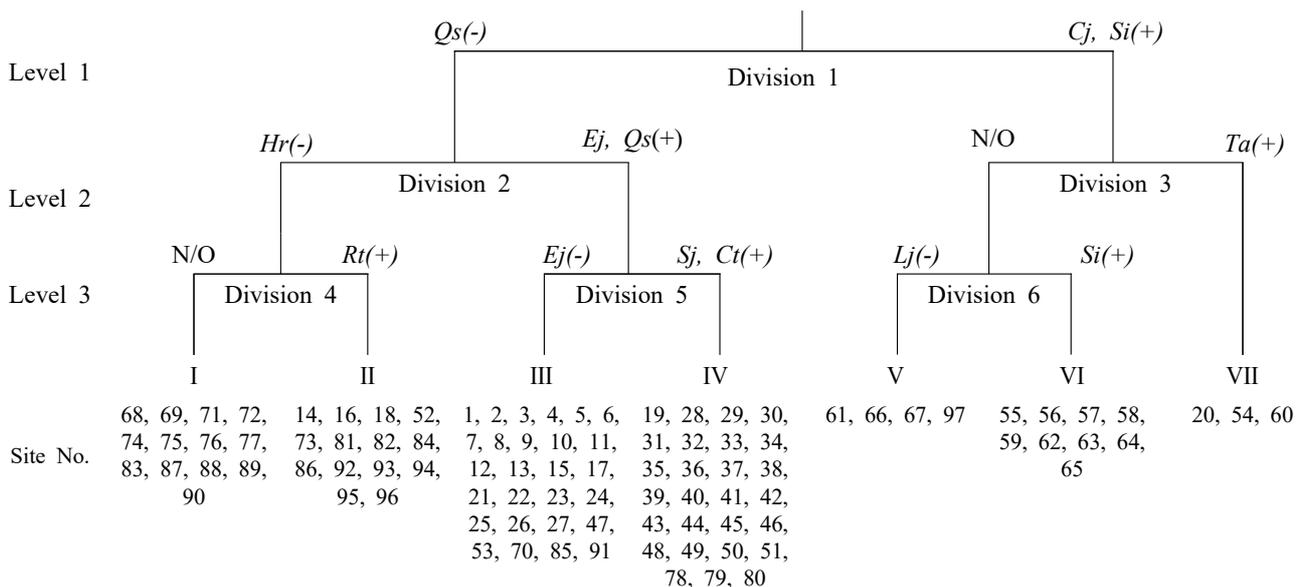


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSpan (*Cj*: *Camellia japonica*, *Ct*: *Carpinus tschonoskii*, *Eu*: *Eurya japonica*, *Hr*: *Hedera rhombea*, *Lj*: *Ligustrum japonicum*, *Qs*: *Quercus serrata*, *Rt*: *Rhus trichocarpa*, *Si*: *Stephanandra incisa*, *Sj*: *Styrax japonicus*, *Ta*: *Trachelospermum asiaticum*, N/O: Non observation).

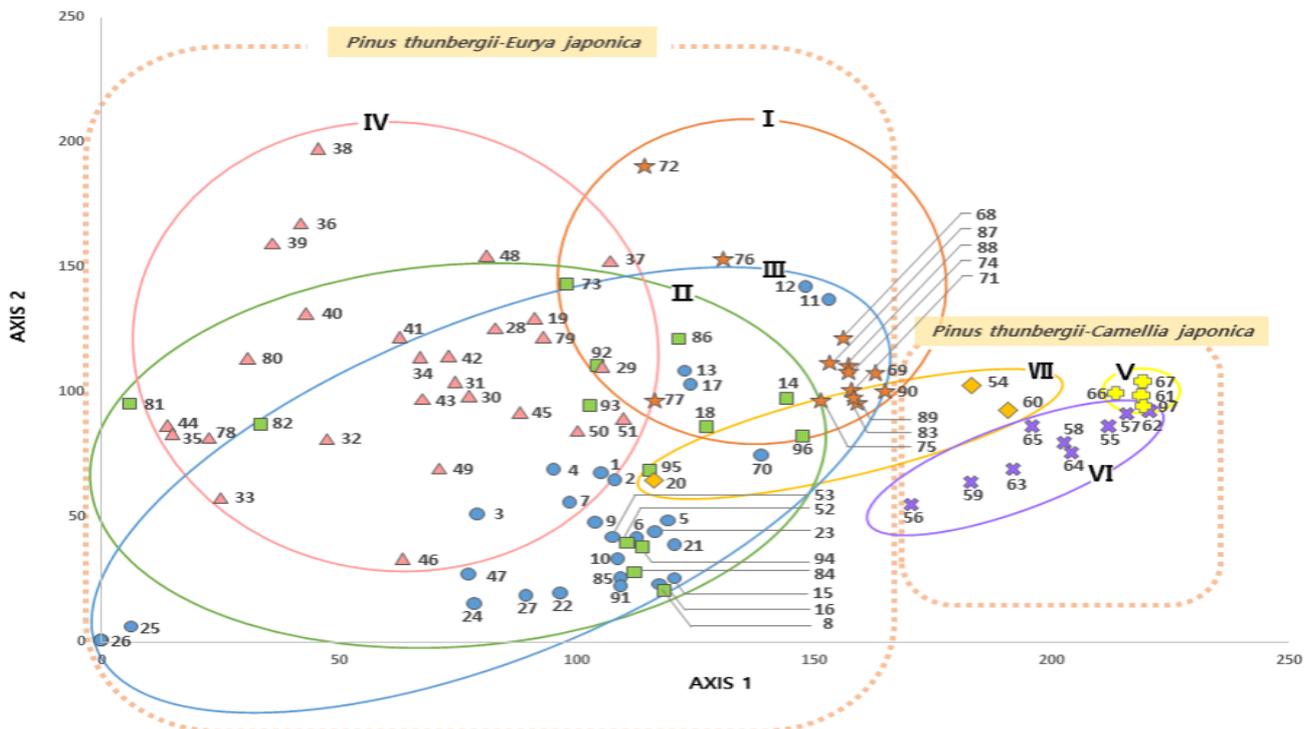
수종들 중 환경요인을 간접적으로 반영하는 지표종에 의해 이루어진다(Lee *et al.*, 1994).

Division 1은 졸참나무(-)와 국수나무(+), 동백나무(+),가 출현하는 그룹으로 분리되었다. Division 2에서 졸참나무(-)가 출현하는 그룹은 송악(-)과 졸참나무(+), 사스레피나무(+),를 지표종으로 갖는 그룹으로, Division 3에서 국수나무(+), 동백나무(+),가 출현하는 그룹은 마삭줄(+),의 출현 유무에 따라 그룹이 분리되었다. Division 4는 개옷나무(+), 사스레피나무(+), Division 5는 사스레피나무(-)와 개서어나무(+), 때죽나무(+), Division 6는 광나무(-)와 국수나무(+), 사스레피나무(+),에 의해 구분되었다.

TWINSPAN기법에 의해 분류된 7개의 군락을 Ordination분석 중 DCA 기법을 통해 1축과 2축을 기준으로 조사구를 배치한 후 군락의 분포특성을 분석하였다(Figure 3). Ordination분석의 주목적은 자료 요약화이고 표본이 좌표의 위치에 근거하여 내재되어 있는 인자를 찾는 기법이며 이를 통해 각 조사구간의 분포 거리에 따라 상이성 및 유사성을 확인 할 수 있었다(Orloci, 1978; Ludwig and Reynolds, 1988; Kang *et al.*, 2019).

DCA분석 결과 제1축과 2축의 eigenvalue가 각각 0.36, 0.188로 4개축 전체 합 0.752의 72.8%에 해당하여 total variance에 대한 집중률이 높은 편으로 나타났다.

조사구별 입지환경과 종 구성을 살펴보았을 때 군락 I, II, III, IV와 군락 V, VI이 각각 밀집하여 분포하는 특성을 보였고 군락 VII이 앞선 군락들을 사이에 두고 분포하는 것으로 나타났다. 제 1축에서는 곰솔과 친화력이 강한 사스레피나무와 동백나무의 출현유무에 따라 분리된 것으로 판단되며 두 수종은 서로 상이한 생육환경을 가지는 것으로 판단된다. 제 2축에서는 군락 간 배열이 뚜렷하지 않았다. 7개 군락 간 구분이 명확하지 않은 이유는 97개의 조사지가 모두 곰솔군락으로 상층에서 곰솔이 우점하고 하층의 식생 차이에 의해서 군락이 나누어짐에 따라 전반적으로 군락이 서로 비슷한 환경요인을 가지기 때문으로 추측한다. 이와 같은 분석결과 부산시 해안림 곰솔군락은 군락 간 유사성이(Table 1) 높은 연속적 분포를 하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 TWINSPAN분석과 DCA분석 결과를 바탕으로 군락 I 은 곰솔-갈참나무군락, 군락 II는 곰솔-사스레피나무(1)군락, 군락 III은 곰솔-사스레피나무(2)군락, 군락 IV는



(I : ★, II : ■, III : ●, IV : ▲, V : ◻, VI : ✕, VII : ◆)
 * I : *Pinus thunbergii-Quercus aliena* community, II : *Pinus thunbergii-Eurya japonica*(1) community,
 III : *Pinus thunbergii-Eurya japonica*(2) community, IV : *Pinus thunbergii-Quercus serrata* community,
 V : *Pinus thunbergii-Camellia japonica*(1) community, VI : *Pinus thunbergii-Camellia japonica*(2) community,
 VII : *Pinus thunbergii-Eurya japonica-Camellia japonica* community

Figure 3. The result of DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination of 97 plots.

곰솔-졸참나무군락, 군락 V는 곰솔-동백나무(1)군락, 군락 VI는 곰솔-동백나무(2)군락, 군락 VII는 곰솔-사스레피나무-동백나무군락으로 총 7개 군락으로 유형화되었다. 군락 II와 군락 III, 군락 V와 군락VI은 그룹별 속성이 명확하지 않았다.

분리된 7개 군락 간의 종 조성 차이를 알아보기 위해 유사도 지수를 분석하였다(Table 1). 생태적으로 종 분포가 비슷할수록 유사도지수는 높게 나타난다(Cox, 1976). 유사도지수를 살펴보면 군락 간 유사도가 모두 40% 이상으로 대체로 높은 편이었다. 군락 V와 군락VI 간에 84.56%의 가장 높은 유사도가 나타났다. 군락 V는 곰솔-동백나무(1)군락, 군락 VI는 곰솔-동백나무(2)군락으로 두 군락 모두 교목층과 아교목층에서 출현하는 종이 곰솔과 동백나무로 같기 때문에 유사도지수가 높은 것으로 나타났다. 유사도지수가 두 번째로 높은 군락 II와 군락

III은 곰솔-사스레피나무(1)군락과 곰솔-사스레피나무(2)군락으로 마찬가지로 교목층에서 곰솔, 아교목층에서 사스레피나무의 출현빈도가 서로 유사하기 때문에 두 군락 간 유사도지수가 높은 결과를 나타내었다. 군락 IV와 군락 V는 가장 낮은 유사도지수를 나타내었다. 이는 군락 IV와 군락 V에서 곰솔을 제외하고 군락을 이루고 있는 부수종이 서로 상이한 결과이다.

2. 대상지 개황

Classification 분석 중 TWINSPAN과 Ordination 분석 중 DCA를 적용하여 본 연구에서는 총 7개의 군락으로 분류하였다. 분류된 7개 군락의 식생개황을 살펴보면(Table 2), 군락 I은 곰솔-갈참나무군락으로 13개의 조사구를 가지고 있으며

Table 1 . Similarity index among seven communities classified by TWINSPAN

(unit: %)

| Community | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|-----------|-------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|-----|
| II | 56.71 | | | | | | |
| III | 51.20 | 74.99 | | | | | |
| IV | 44.21 | 61.01 | 65.97 | | | | |
| V | 53.49 | 49.00 | 50.02 | 40.58 | | | |
| VI | 51.04 | 52.06 | 54.16 | 46.16 | 84.56 | | |
| VII | 50.84 | 63.95 | 64.52 | 54.95 | 69.83 | 74.14 | |

*Community: I: *Pinus thunbergii-Quercus aliena* community, II: *Pinus thunbergii-Eurya japonica*(1) community, III: *Pinus thunbergii-Eurya japonica*(2) community, IV: *Pinus thunbergii-Quercus serrata* community, V: *Pinus thunbergii-Camellia japonica*(1) community, VI: *Pinus thunbergii-Camellia japonica*(2) community, VII: *Pinus thunbergii-Eurya japonica-Camellia japonica* community

Table 2. General description of the physical and vegetation of the seven communities

| Community* | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|-------------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|
| Site No. | 13 | 14 | 27 | 27 | 4 | 9 | 3 |
| Altitude(m) | 40~153 | 19~240 | 14~165 | 60~310 | 35~70 | 30~42 | 34~35 |
| Slope(°) | 5~48 | 10~44 | 2~24 | 8~26 | 16~20 | 16~22 | 20~22 |
| Number of species | 11.5(6~18)** | 13.2(7~20) | 12.2(5~20) | 14.6(7~21) | 6.5(5~8) | 9.8(8~13) | 7.7(7~8) |
| Height(m) | 8~20 | 13~15 | 12~22 | 12~20 | 14~23 | 22~23 | 17~23 |
| Canopy | | | | | | | |
| Mean DBH(cm) | 27.8 | 28.5 | 25.2 | 30.6 | 35.8 | 37.8 | 25.4 |
| (Minimum~Maximum) | (15.3~60) | (21.9~42.4) | (38.1~16.2) | (18.1~50) | (27.5~50.7) | (21.5~57) | (15.1~31) |
| Coverage(%) | 24.5~85 | 50~80 | 60~90 | 60~90 | 50~60 | 50~70 | 60 |
| Understory | | | | | | | |
| Height(m) | 4~7 | 3.2~13 | 3.2~10 | 7~10 | 5~7 | 7~8 | 5~8 |
| Mean DBH(cm) | 5.7 | 7.9 | 5.2 | 9.3 | 8.7 | 8.9 | 7.8 |
| | (3.7~11.8) | (4.1~17) | (2.3~10.6) | (4.9~16) | (7.6~9.2) | (7.3~10.3) | (6.9~8.5) |
| Coverage(%) | 10~90 | 20~95 | 20~90 | 30~80 | 85~95 | 85~100 | 85 |
| Shrub | | | | | | | |
| Coverage(%) | 20~100 | 10~70 | 10~90 | 10~70 | 10~20 | 10~70 | 20~30 |

* Community: The name of communities are referred to footnote of Table 1.

** Mean value (Minimum value ~ Maximum value)

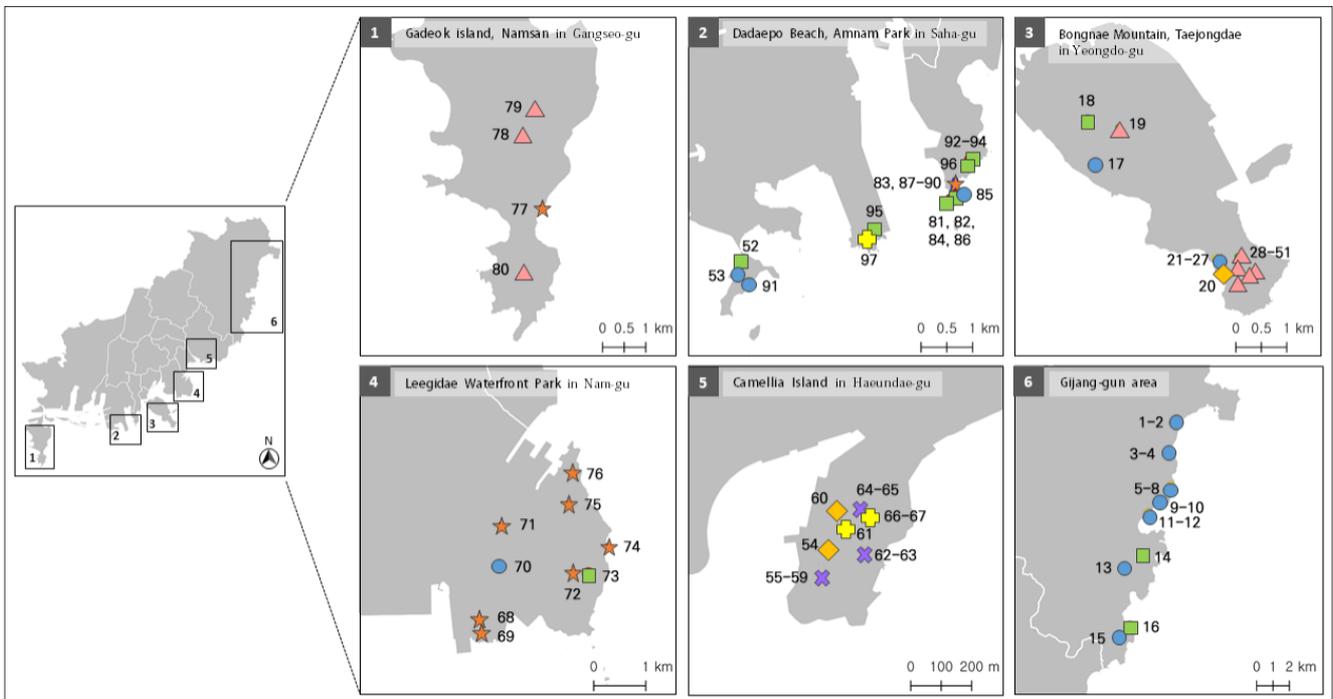
해발 40~153m, 경사 5~48° 로 다양한 해발에 분포하는 것으로 나타났다. 군락 II 는 곰솔-사스레피나무(1)군락으로 14개의 조사구를 가지며 해발 19~240m, 경사 10~44° 로 군락 I 과 마찬가지로 다양한 해발고도와 경사를 가진다. 군락 III 은 곰솔-사스레피나무(2)군락으로 27개의 조사구를 가지며 해발 14~165m, 경사 2~24° 에 위치하고 있다. 군락 IV 는 27개의 조사구를 가진 곰솔-줄참나무군락으로 최고 해발 310m로 가장 높은 곳까지 위치하고 있으며 조사구당 출현 종수가 가장 많은 조사구(21종)를 포함하고 있다. 군락 V 는 곰솔-동백나무(1)군락으로 4개의 조사구를 가지며 해발 35~70m, 경사 16~20° 에 분포하고 있다. 군락 VI 는 9개의 조사구를 포함하는 곰솔-동백나무(2)군락으로 해발 30~42m, 경사 16~22° 에 분포하며 교목층의 평균 흉고직경이 37.8cm로 가장 크게 확인되었다. 군락 VII 는 곰솔-사스레피나무-동백나무군락으로 가장 적은 조사구(3개소)를 가지며 해발 34~35m, 경사 20~22° 에 위치하고 있다. 조사구가 해안에서 멀어질수록 해발고도는 높아졌지만 군락을 나눔에 있어서는 반영되지 않았으며, 곰솔이 수직적으로 폭넓게 분포하는 특성에 따라 군락 I 에서 군락 IV (81개소)는 군락 간 해발고도의 편차가 크게 나타난 것으로 사료된다. 또한 군락 V 에서 군락 VIII(16개소)은 조사지가 해안

에 인접한 해운대구 동백섬에 밀집하여 있어 저구릉 형태의 동백섬의 해발고도에 영향을 받은 것으로 판단된다.

7개의 군락으로 유형화 된 부산광역시 해안림 곰솔군락의 군락별 위치 분포를 나타낸 결과(Figure 4), 부산시 영도구에 위치한 태종대에 군락 IV 가 밀집하였고 해운대에 위치한 동백섬에 군락 V, 군락 VI, 군락 VII 이 밀집하였다. 군락 I, 군락 II, 군락 III 은 특정한 지역에 집중하지 않고 다양한 지점에서 출현하였다. 따라서 같은 군락이 밀집하는 지역은 일부 나타났지만 해안림 곰솔군락이 국소적인 환경으로 인해 특정 지점만 나타나고 다양한 곳에서 나타난 것으로 보아 군락 간 뚜렷한 지역적인 특성을 보이지 않은 것으로 사료되며, 향후 부산광역시 해안림의 지역에 따른 식생구조에 관한 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

3. 식생구조 분석

분류된 군락에 대해 층위별 상대우점치(I.P.) 및 평균상대우점치(M.I.P.)를 분석하고 높은 상대우점치를 가진 우점종을 중심으로 군락구조를 분석하였다(Table 3).



* Seven community groups (I : ★, II : ■, III : ●, IV : ▲, V : ⊕, VI : ⊗, VII : ◆), The name of communities are referred to footnote of Figure 3.

Figure 4. Locality distribution of 97 plots in the Busan Metropolitan City.

Table 3 . Importance percentage of major woody species by the stratum in each community in the Busan Metropolitan City

| Communi- ty* | Species | Layer | | | | Species | Layer | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------|--------------|-------------|-------|-------------------------------------------|----------------|------|------|------|
| | | C ¹ | U | S | M | | C ¹ | U | S | M |
| I (13 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 98.0 | 0.6 | - | 49.2 | <i>Ficus erecta</i> var. <i>sieboldii</i> | - | 1.2 | 9.3 | 1.9 |
| | <i>Quercus aliena</i> | - | 38.4 | 0.8 | 12.9 | <i>Mallotus japonicus</i> | - | 3.2 | 4.9 | 1.9 |
| | <i>Pittosporum tobira</i> | - | 23.9 | 2.2 | 8.3 | <i>Morus bombycis</i> | - | 0.4 | 9.7 | 1.7 |
| | <i>Carpinus turczaninowii</i> | - | 13.9 | 0.4 | 4.7 | <i>Hedera rhombea</i> | - | 0.0 | 7.9 | 1.3 |
| | <i>Quercus dentata</i> | 2.0 | 5.8 | 1.4 | 3.1 | <i>Rubus trifidus</i> | - | 0.0 | 7.3 | 1.2 |
| | <i>Pueraria lobata</i> | - | 0.0 | 17.3 | 2.9 | Others | - | 12.6 | 38.9 | 10.7 |
| II (14 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 90.2 | 1.1 | 0.0 | 45.5 | <i>Rhus trichocarpa</i> | - | 6.8 | 6.5 | 3.4 |
| | <i>Eurya japonica</i> | - | 44.8 | 5.3 | 15.8 | <i>Celtis sinensis</i> | 1.6 | 4.3 | 0.1 | 2.2 |
| | <i>Hedera rhombea</i> | - | 0.0 | 52.6 | 8.8 | <i>Ficus erecta</i> | - | 4.4 | 4.2 | 2.2 |
| | <i>Quercus serrata</i> | 5.8 | 5.7 | 0.6 | 4.9 | <i>Morus bombycis</i> | - | 0.7 | 6.2 | 1.3 |
| | <i>Sorbus alnifolia</i> | - | 11.2 | 0.7 | 3.8 | <i>Quercus acutissima</i> | - | 2.9 | 0.0 | 1.0 |
| | <i>Prunus sargentii</i> | 2.4 | 7.1 | 0.2 | 3.6 | Others | - | 11.1 | 23.5 | 7.6 |
| III (27 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 89.6 | 2.4 | - | 45.6 | <i>Rhus sylvestris</i> | - | 5.3 | 1.5 | 2.0 |
| | <i>Eurya japonica</i> | - | 56.2 | 17.1 | 21.6 | <i>Quercus variabilis</i> | 0.7 | 2.4 | 0.2 | 1.2 |
| | <i>Quercus serrata</i> | 7.5 | 9.6 | 6.5 | 8.1 | <i>Smilax china</i> | - | - | 7.1 | 1.2 |
| | <i>Ligustrum japonicum</i> | - | 5.3 | 5.0 | 2.6 | <i>Rhododendron mucronulatum</i> | - | - | 6.0 | 1.0 |
| | <i>Prunus sargentii</i> | - | 7.4 | 0.4 | 2.5 | <i>Styrax japonicus</i> | - | 2.3 | 1.1 | 1.0 |
| | <i>Ardisia japonica</i> | - | - | 13.5 | 2.3 | Others | 2.1 | 9.2 | 41.7 | 11.2 |
| IV (27 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 73.1 | 3.5 | - | 37.7 | <i>Styrax japonicus</i> | - | 14.0 | 2.3 | 5.1 |
| | <i>Quercus serrata</i> | 9.3 | 11.1 | 1.1 | 8.6 | <i>Prunus sargentii</i> | 1.4 | 5.3 | 0.5 | 2.6 |
| | <i>Sorbus alnifolia</i> | 2.1 | 20.1 | 0.8 | 7.9 | <i>Ardisia japonica</i> | - | - | 11.9 | 2.0 |
| | <i>Trachelospermum asiaticum</i> | - | - | 43.6 | 7.3 | <i>Platycarya strobilacea</i> | 2.2 | 1.7 | 0.1 | 1.7 |
| | <i>Eurya japonica</i> | - | 19.1 | 3.6 | 7.0 | <i>Quercus variabilis</i> | 2.4 | 0.7 | 0.2 | 1.5 |
| | <i>Carpinus tschonoskii</i> | 6.9 | 5.5 | - | 5.3 | Others | 2.7 | 18.8 | 35.9 | 13.7 |
| V (4 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 100.0 | - | - | 50.0 | <i>Fatsia japonica</i> | - | - | 2.8 | 0.5 |
| | <i>Camellia japonica</i> | - | 100.0 | 39.8 | 40.0 | <i>Eurya japonica</i> | - | - | 2.4 | 0.4 |
| | <i>Ligustrum japonicum</i> | - | - | 23.4 | 3.9 | <i>Symplocos tanakana</i> | - | - | 1.7 | 0.3 |
| | <i>Hedera rhombea</i> | - | - | 11.7 | 2.0 | <i>Paederia scandens</i> | - | - | 1.2 | 0.2 |
| | <i>Pueraria lobata</i> | - | - | 8.5 | 1.4 | <i>Celtis choseniana</i> | - | - | 0.8 | 0.1 |
| | <i>Smilax china</i> | - | - | 4.9 | 0.8 | Others | - | - | 2.8 | 0.5 |
| VI (9 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 100.0 | - | - | 50.0 | <i>Pueraria lobata</i> | - | - | 2.9 | 0.5 |
| | <i>Camellia japonica</i> | - | 90.26 | 5.18 | 30.95 | <i>Diospyros kaki</i> | - | 0.7 | - | 0.2 |
| | <i>Stephanandra incisa</i> | - | - | 46.6 | 7.8 | <i>Robinia pseudoacacia</i> | - | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| | <i>Eurya japonica</i> | - | 8.6 | 15.8 | 5.5 | <i>Symplocos tanakana</i> | - | - | 1.1 | 0.2 |
| | <i>Trachelospermum asiaticum</i> | - | - | 6.2 | 1.0 | <i>Machilus thunbergii</i> | - | - | 0.8 | 0.1 |
| | <i>Fatsia japonica</i> | - | - | 5.2 | 0.9 | Others | - | - | 6.1 | 1.1 |
| VII (3 plots) | <i>Pinus thunbergii</i> | 97.2 | 5.3 | - | 50.4 | <i>Fatsia japonica</i> | - | - | 18.5 | 3.1 |
| | <i>Eurya japonica</i> | - | 40.9 | 6.1 | 14.7 | <i>Sorbus alnifolia</i> | 2.8 | 4.0 | - | 2.7 |
| | <i>Camellia japonica</i> | - | 37.2 | 11.8 | 14.3 | <i>Stephanandra incisa</i> | - | - | 2.3 | 0.4 |
| | <i>Trachelospermum asiaticum</i> | - | - | 33.2 | 5.5 | <i>Hedera rhombea</i> | - | - | 2.3 | 0.4 |
| | <i>Ligustrum japonicum</i> | - | 0.8 | 24.4 | 4.3 | <i>Pueraria lobata</i> | - | - | 1.5 | 0.3 |
| | <i>Camellia sasanqua</i> | - | 11.8 | - | 3.9 | - | - | - | - | - |

¹ C: Importance percentage in canopy layer, U: Importance percentage in understory layer, S: Importance percentage in shrub layer, M: Mean importance percentage

* Community: The name of communities are referred to footnote of Table 1.

군락 I 은 곰솔-갈참나무 군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 98.0%)이 가장 우점하고 아교목층에서는 갈참나무(I.P. 38.4%), 돈나무(I.P. 23.9%), 소사나무(I.P. 13.9%), 떡갈나무(I.P. 5.8%) 등이 출현하였다. 관목층에서는 칩(I.P. 17.3%)이 우점하였다. 군락 II 는 곰솔-사스레피나무(1)군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 90.2%)이 우점하고 아교목층에서는 사스레피나무(I.P. 44.8%)가 가장 우점하였으며, 관목층에서는 송악(I.P. 52.6%)이 가장 우점하였다. 군락 III 은 곰솔-사스레피나무(2)군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 89.6%)이 우점하고 있으며 아교목층과 관목층에서는 사스레피나무가 각각 56.2%와 17.1%로 상대우점치를 나타냈다. 군락 IV 는 곰솔-졸참나무 군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 73.1%)이 가장 우점하고 아교목층과 관목층은 각각 팔배나무(I.P. 20.1%)와 마삭줄(I.P. 43.6%)이 우점하였다. 군락 V 는 곰솔-동백나무(1)군락으로 교목층과 아교목층은 곰솔과 동백나무가 100%의 상대우점치를 가지고 관목층 역시 동백나무(I.P. 39.8%)가 우점하였다. 군락 VI 곰솔-동백나무(2)군락으로 교목층은 곰솔이 100%로 우점하고 아교목층은 동백나무가 90.26%의 높은 상대우점치를 나타냈다. 관목층은 국수나무(I.P. 46.6%)가 가장 우점하였다. 군락 VII 은 곰솔-사스레피나무-동백나무로 교목층은 곰솔(I.P. 97.2%)이 가장 우점하고 아교목층은 사스레피나무(I.P. 40.9%)와 동백나무(I.P. 37.2%)가 비슷하게 우점하였다. 관목층은 마삭줄(I.P. 33.2%)이 가장 우점하였다.

이상 부산 해안림에 분포한 곰솔군락의 식생구조를 조사한 결과는 다음과 같다. 7개 군락 모두 교목층에서 곰솔이 높은 우점치를 나타냈다. 이는 내염성이 강한 곰솔이 해안림에서 생장을 잘하는 반면 곰솔의 타감작용 및 햇빛 차단으로 인해 다양한 수종의 발달을 억제한 것이 원인으로 판단된다. 아교목층에서 동백나무와 사스레피나무가 주요 우점종으로 출현한 것으로 보아 곰솔과 친화력이 높은 수종인 것으로 사료된다. 과거 연구

된 부산광역시 해안림의 구조와 생태적 특성(Kim and Choi 2007)에서 태종대 일대 곰솔군락에 출현한 졸참나무와 군락 IV의 졸참나무 평균상대우점치를 비교하였을 때 약 12년 전에는 때죽나무와 사스레피나무가 아교목층에서 우점하였으나 현재는 졸참나무가 곰솔 다음으로 우점하는 차이를 나타냈다. 이것은 졸참나무의 세력이 커졌으며 곰솔과 졸참나무가 활발한 경쟁관계에 있음을 나타낸다. 따라서 군락 IV는 향후 졸참나무의 세력이 지속적으로 증가 할 것으로 판단한다. 군락 V와 군락 VI은 아교목층에서 동백나무를 제외한 다른 수종이 거의 출현하지 않은 것으로 보아 동백섬의 경관을 유지하기 위한 인위적인 관리가 이루어지고 있음을 나타낸다.

동해안과 서해안 해안림 곰솔군락의 식생구조와 비교하였을 때 동해안은 곰솔이 우점하며 일부 교목층과 아교목층에서 소나무, 아까시나무, 졸참나무 등이 우점하고 있었으며(Cheon *et al.*, 2012), 서해안 곰솔림은 소나무, 아까시나무, 팽나무가 아교목층에서 우점하였다(Kim *et al.*, 2016). 따라서 해안림의 식생구조는 교목층에서 곰솔이 우점하는 공통점이 있지만 아교목층과 관목층에서 지역에 따라 차이가 있다는 사실을 확인하였다.

4. 종수 및 개체 수, 종다양도 분석

7개 군락의 단위면적(100m²)당 평균 출현 개체수 및 종수 분석을 층위별로 실시하였다(Table 4). 다수의 조사구가 설정된 군락의 경우 포함된 조사구의 평균값을 산출하였다.

층위별 평균 출현 종수 분석결과 교목층 1.51±0.86종, 아교목층 3.95±1.97종, 관목층 8.82±3.24종으로 전체적으로는 조사구당 12.31±3.81종이 출현하였다. 군락별 출현 종수는 군락 IV인 곰솔-졸참나무군락에서 다른 군락에 비해 높은 종수가 나타났다. 이는 졸참나무가 교목층에 곰솔 다음으로 우점함에 따라 아교목층과 관목층에서 졸참나무와 친화력이 높은 개어서

Table 4. Descriptive analysis of the number of species and individuals in each communities

(Unit: 100m²)

| Comm-unity* | No. of Species | | | | No. of Individual | | | |
|-------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| | Tree | Understory | Shrub | Total | Tree | Understory | Shrub | Total |
| Mean | 1.51±0.86 | 3.95±1.97 | 8.82±3.24 | 12.31±3.81 | 5.90±3.14 | 15.02±9.36 | 217.90±723.82 | 238.81±722.97 |
| I | 1.08±0.28 | 3.46±2.33 | 8.23±2.65 | 11.46±3.50 | 6.62±3.18 | 10.69±10.82 | 129.23±40.94 | 146.54±41.59 |
| II | 1.36±0.74 | 3.79±1.63 | 10.57±4.20 | 13.21±4.44 | 6.79±2.75 | 12.14±7.25 | 729.43±1861.46 | 748.36±1859.55 |
| III | 1.41±0.84 | 4.33±1.78 | 8.78±2.83 | 12.19±3.19 | 7.44±3.66 | 21.59±10.91 | 117.63±83.81 | 146.67±88.12 |
| IV | 2.15±0.99 | 5.19±1.42 | 9.41±3.33 | 14.59±3.20 | 4.89±2.01 | 10.59±4.60 | 137.33±148.16 | 152.81±147.98 |
| V | 1.00 | 1.00 | 5.25±0.96 | 6.50±1.29 | 3.00±1.41 | 18.00±3.56 | 157.00±194.58 | 178.00±196.70 |
| VI | 1.00 | 1.67±0.71 | 8.11±2.32 | 9.78±2.05 | 2.78±1.48 | 15.56±5.59 | 166.22±82.25 | 184.56±77.75 |
| VII | 1.33±0.58 | 3.00 | 5.33±1.15 | 7.67±0.58 | 7.00±2.65 | 22.33±8.39 | 80.00±13.86 | 109.33±24.85 |

* Community: The name of communities are referred to footnote of Table 1.

나무와 팔배나무 등 다양한 수종이 출현한 결과로 사료된다. 군락 V는 곶솔-동백나무(1)군락으로 다른 군락보다 평균 종수가 낮게 나왔다. 이는 군락 내에서 교목층은 곶솔, 아교목층은 동백나무가 유일한 출현 수종으로 조사된 결과이다.

층위별 평균 출현 개체 수 분석결과, 교목층 5.90±3.14개체, 아교목층15.02±9.36개체, 관목층 217.90±723.82개체로 평균 238.81±722.97개체가 출현하였다. 특히, 군락 II의 경우 관목의 평균 개체수가 상대적으로 많이 관찰되고 있는데 이는 관목층에 마삭줄과 송악의 개체수를 반영하여 나타난 결과이다.

7개의 군락의 Shannon의 종다양도지수(H'), 균재도(J'), 우점도(D), 최대종다양도지수(H' max)를 분석하였다(Table 5). 각 군락별 종 다양도 지수는 단위면적(100m²)을 기준으로 산출하였으며, 다수의 조사구가 설정된 군락의 경우 각 조사구별 종다양도 지수의 평균값을 산출하였다. 종 다양도지수는 군락 I이 1.4346의 수치를 보여 가장 높게 나타났다.

각 분류군의 개체수 분포정도를 의미하는 균재도는 그 값이 1에 가까울수록 종별 개체수가 균일한 상태를 나타내는데, 군락 I은 균재도 0.8488로 안정된 개체수분포를 나타내고 있다. 반면, 군락 II의 경우 0.2822의 균재도를 나타내며 균일하지 못한 개체수 분포를 나타내고 있는데, 이는 관목층에서 많은 개체수의 마삭줄과 송악이 포함되어 개체수가 균일하지 못한 결과로 사료된다.

종의 우점정도를 나타내는 우점도는 그 값이 0.9이상일 때는 한 종이 강하게 우점하고, 0.3~0.7에서는 한 종이 약하게 우점하거나 두 종이 나누어 우점하고, 0.1~0.3에서는 다수의 종이 종에 의해 우점도가 나누어진다(Whittaker, 1965). 군락 II가 0.7178로 높은 우점도를 보였는데, 군락 II의 경우 곶솔과 사스레피나무가 강하게 우점하여 나타난 결과로 판단된다.

5. 흉고직경급별 분석

군락별 주요 출현종을 중심으로 흉고직경급 분석을 실시하였다(Table 6). 흉고직경급별 분석은 수령 및 임분동태의 간접

적인 표현으로 삼림천이의 양상을 추정할 수 있다(Harcombe and Marks, 1978). 본 연구에서는 국가산림자원조사 현지조사지침서의 내용을 참고하여 흉고직경 6cm미만의 수종을 치수, 6~18cm를 소경목, 18~30cm를 중경목, 30cm이상을 대경목으로 표현하였다.

7개의 군락 모두 곶솔 우점종으로 치수에서 대경목까지 고루 분포하였으며 특히 DBH 12~27cm 사이에서 가장 많이 분포하였다.

군락 I은 곶솔-갈참나무 군락으로 부수종을 이루는 소나무, 떡갈나무, 돈나무가 각각 23개체, 14개체, 55개체가 DBH 2~32cm 사이에서 조사되었다. 갈참나무는 치수 1개체, DBH 52cm 이상의 대경목 1개체가 나타나 군락 I에서의 갈참나무 개체는 2개체이지만 대경목 1개체로 인하여 곶솔 다음으로 평균상대우점치가 높게 나온 것으로 나타났다.

군락 II는 곶솔-사스레피나무(1) 군락으로 우점하고 있는 곶솔 아래 부수종인 사스레피나무가 79개체로 DBH 2~17cm 사이에 분포하였고 팔배나무가 치수와 소교목에서 14개체, 중경목에서 1개체 출현하였다.

군락 III은 곶솔-사스레피나무(2) 군락으로 곶솔이 DBH 7~47cm 이하에서 우점하였고, 부수종으로 가장 많은 수종인 사스레피나무 348개체가 DBH 2~17cm 사이에 분포하였다. 그 외 부수종으로 졸참나무 70개체가 DBH 2~42cm 사이에서 분포하였고 특히 DBH 2~7cm 사이에서 36개체가 집중적으로 분포하였다.

군락 IV는 곶솔-졸참나무 군락으로 상층식생인 곶솔이 DBH 7~52cm 이하에서 골고루 분포하였다. 부수종인 졸참나무는 DBH 2~47cm 이하에서 35개체가 나타났고 개서어나무, 굴참나무는 DBH 2~27cm 사이에서 각각 23개체, 6개체가 나타났다.

군락 V는 곶솔-동백나무(1) 군락으로 우점하고 있는 곶솔은 치수와 소교목에서는 나타나지 않았고 중·대교목에서 12개체가 DBH 17~52cm 이하에서 출현하였다. 부수종으로 동백나무 72개체가 DBH 2~27cm 사이에서 나타났다.

Table 5. Various species diversity indices(H'), evenness(J'), dominance(D) in each communities (Unit: 100 m²)

| Community* | H' (Shannon) | J' (evenness) | D(dominance) | H' max |
|------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|
| I | 1.4346 | 0.8488 | 0.1512 | 1.6902 |
| II | 0.4865 | 0.2822 | 0.7178 | 1.7243 |
| III | 1.3702 | 0.6994 | 0.3006 | 1.9590 |
| IV | 1.2583 | 0.6843 | 0.3157 | 1.8388 |
| V | 0.5506 | 0.4573 | 0.5427 | 1.2041 |
| VI | 0.8255 | 0.5834 | 0.4166 | 1.4150 |
| VII | 0.8475 | 0.8138 | 0.1862 | 1.0414 |

*Community: The name of communities are referred to footnote of Table 1.

Table 6. The DBH distribution of major woody species in surveyed areas

| Community* | Unit (m ²) | Species | Shrub | D ₁ ^a | D ₂ ^b | D ₃ ^c | D ₄ ^d | D ₅ ^e | D ₆ ^f | D ₇ ^g | D ₈ ^h | D ₉ ⁱ | D ₁₀ ^j | D ₁₁ ^k | D ₁₂ ^l |
|------------|------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| I | 1,300 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | 1 | 14 | 19 | 26 | 8 | 7 | 6 | 3 | 1 | - |
| | | <i>Carpinus turczaninowii</i> | 4 | - | 6 | 8 | 5 | 1 | 1 | 2 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Quercus dentata</i> | 40 | - | 3 | 6 | 2 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Pittosporum tobira</i> | 68 | - | 28 | 22 | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Quercus aliena</i> | 20 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| II | 1,400 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | - | 7 | 24 | 17 | 12 | 15 | 8 | 4 | 1 | - |
| | | <i>Sorbus alnifolia</i> | 16 | - | 7 | 4 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Eurya japonica</i> | 152 | - | 62 | 25 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Rhus trichocarpa</i> | 256 | - | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| III | 2,700 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | 10 | 30 | 34 | 46 | 35 | 16 | 9 | 4 | - | - |
| | | <i>Quercus serrata</i> | 196 | - | 36 | 14 | 6 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 | - | - | - |
| | | <i>Eurya japonica</i> | 400 | 1 | 241 | 95 | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Sorbus alnifolia</i> | 20 | - | 2 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Alnus firma</i> | - | - | 4 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Quercus aliena</i> | 16 | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IV | 2,700 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | 3 | 6 | 12 | 27 | 11 | 15 | 5 | 5 | 8 | 4 |
| | | <i>Quercus serrata</i> | 72 | - | 3 | 8 | 4 | 9 | 7 | 1 | 2 | - | 1 | - | - |
| | | <i>Carpinus tschonoskii</i> | - | - | 5 | 5 | 6 | 3 | 3 | 1 | - | - | 2 | - | - |
| | | <i>Quercus variabilis</i> | 12 | - | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Styrax japonicus</i> | 36 | - | 4 | 15 | 11 | 3 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Platycarya strobilacea</i> | 4 | - | 1 | 1 | 2 | 2 | - | - | - | - | 1 | - | - |
| | | <i>Eurya japonica</i> | 120 | - | 56 | 13 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| V | 400 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | - | - | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | - | 1 | 1 |
| | | <i>Camellia japonica</i> | 416 | - | 19 | 43 | 6 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| VI | 900 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | - | - | - | 3 | 2 | 6 | 2 | 5 | 3 | 2 | 2 |
| | | <i>Camellia japonica</i> | 116 | - | 38 | 71 | 19 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Eurya japonica</i> | 244 | - | - | 4 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| VII | 300 | <i>Pinus thunbergii</i> | - | - | 1 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | - | - | - |
| | | <i>Camellia japonica</i> | 36 | - | 11 | 12 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Eurya japonica</i> | 8 | - | 9 | 14 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Camellia sasanqua</i> | - | - | 2 | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |

a: D₁<2(cm), b: 2≤D₂<7, c: 7≤D₃<12, d: 12≤D₄<17, e: 17≤D₅<22, f: 22≤D₆<27, g: 27≤D₇<32, h: 32≤D₈<37, i: 37≤D₉<42, j: 42≤D₁₀<47, k: 47≤D₁₁<52, l: 52≥D₁₂

*Community: The name of communities are referred to footnote of Table 1.

군락 VI은 곰솔-동백나무(2) 군락으로 군락 V와 마찬가지로 우점하고 있는 곰솔은 치수와 소교목에서는 나타나지 않았고 중-대교목에서 25개체수가 DBH 17~52cm 이하에서 출현하였다. 부수종으로 동백나무 129개체가 DBH 2~22cm 사이에서,

사스레피나무 9개체가 DBH 7~17cm 사이에서 나타났다.

군락 VII은 곰솔-사스레피나무-동백나무 군락으로 우점하고 있는 곰솔은 DBH 2~42cm 사이에서 24개체가 출현하였다. 부수종으로 동백나무와 사스레피나무가 DBH 2~17cm 사이

에서 각각 25개체, 26개체가 나타났다. 애기동백나무는 총 7개체가 DBH 2~17cm 사이에 분포하였다.

이상의 결과를 종합하면 다음과 같다. 군락 I 은 곰솔과 친화종인 소사나무, 떡갈나무, 돈나무가 아교목층에서 우점을 하고 있으므로 경쟁종 없이 세력을 유지할 것으로 판단된다. 군락 II와 군락 III 은 곰솔과 사스레피나무의 세력이 강하기 때문에 곰솔군락의 지속적인 유지가 예상된다. 하지만 곰솔이 관목과 치수와 같은 어린 수목은 발견되지 않았다. 이에 향후 급격한 환경변화로 인하여 곰솔이 도태되어 곰솔-사스레피나무 군락이 상쇄됨을 대비하여 곰솔과 친화력이 높은 다양한 수종을 식재하는 등 지속적인 관리가 필요한 것으로 사료된다. 군락 IV는 곰솔이 더 이상 치수와 소교목이 자라지 않고 경쟁관계인 졸참나무의 관목과 치수 출현 비율이 높은 것으로 보아 곰솔-졸참나무군락은 졸참나무 군락으로 천이가 진행 될 것으로 사료된다. 군락 V, 군락 VI과 군락 VII은 부산광역시 해운대 동백섬에 조사구가 위치하여 곰솔과 친화종인 동백나무의 출현 빈도가 높았고 일부 사스레피나무가 출현하였다. 따라서 동백나무와 경쟁수종인 사스레피나무를 제거하는 등의 관리를 통해 동백섬이라는 장소성을 지닌 동백나무 식재지가 안정화 될 수 있도록 관리가 필요하다.

6. 종합고찰

부산광역시 해안림 97개의 조사구를 다양한 입지별로 선정하여 조사 및 분석을 실시하였다. 부산광역시 해안림의 식생분류결과 곰솔-갈참나무 군락, 곰솔-사스레피나무(1) 군락, 곰솔-사스레피나무(2) 군락, 곰솔-졸참나무 군락, 곰솔-동백나무(1) 군락, 곰솔-동백나무(2) 군락, 곰솔-사스레피나무-동백나무 군락 등 7개의 군락으로 분리되었다.

곰솔-졸참나무 군락은 상층의 곰솔과 졸참나무가 활발한 경쟁상태에 놓여있고 졸참나무가 세력을 넓혀감에 따라 향후 졸참나무 군락으로 천이가 예상된다. 곰솔-졸참나무군락을 제외한 6개 군락은 인간의 간섭 및 병해충 발생과 같은 급격한 환경변화가 발생하지 않는 이상 현재의 우점종이 지속될 것으로 판단된다. 하지만 한반도 남동부지역의 부산일대 곰솔림은 밀도가 높아 하층식생의 발달을 불량하게 하고 곰솔이 교목층에서 우점하고 있는 단순한 구조로 되어 있어 소나무재선충병과 같은 환경변화에 대해 대체가능한 교목이 부족함이 현실이다. 이에 따른 다른 교목 하층식생 연구에 대한 보완과 함께 곰솔림의 장기적인 모니터링을 통한 체계적인 관리가 필요할 것이다.

본 연구에서 밝힌 부산광역시 해안림 곰솔군락의 식생구조를 통해 식생구조 유형 판단이 가능하며 타 지역 해안림과 비교하여 지역적으로 수종의 분포 특성을 파악하였다. 따라서 향후 해안림 관리를 위한 기초자료로서 의미가 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Cheon, K.I., S.C. Jung, H.J. Youn, J.G. Byeon and S.H. Joo(2012) Community Structure of *Pinus thunbergii* Stand in the Eastern Coast of Gyeongsangbuk-do. Journal of Agriculture & Life Science 46(4): 57-68. (in Korean with English abstract)
- Choi, H.J., Y.S. Kim, H.J. Shon, H.B. Lee, H.K. Kim, H.B. Lee and W.K.(2009) Park Research in Flora of the Eastern and Western Coast on the Same Latitude. Proceeding of Korean Forest Society 2009(0): 212-215. (in Korean with English abstract)
- Chun, K.W., S.W. Kim, K.N. Kim, N. Yuhki and E. Tsugio(2005) Coastal Forest Construction and Non-Structural Measures for Preventing Tsunami Damage: In Case of Japan. Journal of Korean Forest Society 94(3): 197-204. (in Korean with English abstract)
- 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.
- Harcombe, P.A. and P.H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement process in southeast Texas forest. 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, 520pp.
- 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, 990pp.
- Im, S.J., S.H. Kim, D.Y. Kim and Y.J. Hong(2009) Numerical Simulation of the Wind Speed Reduction by Coastal Forest Belts. Journal of Korean Env. Res. Tech. 12(3): 98-105. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.M., S.G. Park, J.S. Kim and S.H. Choi(2019) Vegetation Characteristics of Ridge in the Seonunsan Provincial Park. Korean Journal of Environment and Ecology 33(1): 75-85. (in Korean with English abstract)
- Kim, D.G. and Y.S. Kim(2015) Study on the actual status and conservation considerations of the coastal forests in Korean Peninsula. Proceeding of Korean Society of Environment & Ecology 25(2): 41-42. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.P., H.H. Lee and J.H. Lee(2012) Study on the Characteristics of Growth of *Pinus thunbergii* planted in a Coastal Sand Zone. Journal of Korean Forest Society 101(4): 656-662. (in Korean with English abstract)

- Kim, J.Y.(2012) Actual Vegetation and Structure of Plant Community of Forest Ecosystem in Taejongdae, Busan City, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(3): 426-436. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.W., K.J. Lee, J.W. Choi, J.H. Yeum and I.S. Ahn(2014) A Study on Vegetation Structure of Cultural Landscape Forest of Dongbaek Island, Busan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28(2): 205-214. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.H., C.M. Park and K.K. Jang(2016) Vegetation Structure and Flora of *Pinus thunbergii* Forests in Western Coast of Korea: Focusing Gijipo, Chunjangdae, Janghang and Goosipo. *Korean Journal of Environment and Ecology* 30(2): 199-213. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.H. and S.H. Choi(2007) The Structure and Ecological Characteristics of coastal Forest in Busan Metropolitan City. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(1): 67-73. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.M. and K.H. Choi(2015) Disturbance of Soil Characteristics in Coastal Dunes by Planting Trees along the West Coast of Korea. *Journal of The Korean Geomorphological Association* 22(4): 1-11. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Research Institute(2013) The Study on *Pinus thunbergii* Resources and Forest Management in the Southern Forest. Korea Forest Research Institute, 1pp. (in Korea)
- Korea Forest Service(2004) The Study on Continuous Conservation Management Practice of Artificial Coastal Forest in Korea. Korea Forest Service, 2pp. (in Korea)
- Kwon, J.O., K.J. Lee and S.H. Jang(2004) The Planting Models of Maritime Forest by the Plant Community Structure Analysis in the Seaside, Incheon: A Case Study on *Pinus thunbergii* Community and *P. densiflora* Community. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 31(6): 53-63. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., S.H. Choi, H.S. Cho and Y.W. Lee(1994) The Analysis of the Forest Community Structure of Tokyusan National Park : Case Study of Paekkryunsa-Kumpotan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 7(2): 135-154. (in Korean with English abstract)
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, 337pp.
- Orloci, L.(1978) *Multivariate Analysis in Vegetation research*(2nd ed). W. Junk, The Hague., 468pp.
- Park, I.H.(1985) A Study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Seoul National Univ. Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, J.H., K.S. Lee, B.O. Yoo, Y.J. Kang, S.B. Ryu, S.Y. Jung and E.J. Bae(2013) Vegetation Structure and Growth Characteristics of *Pinus thunbergii* Stands in Korea. *Journal of Agriculture & Life Science* 47(5): 135-145. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) *Mathematical ecology*. John wiley & Sons, N.Y., 385pp.
- 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. *K dan Vidensk Selsk Biol Skr* 5: 1-34.
- Whittaker, R.H.(1956) *Vegetation of the Great Smokey Mountains*. *Ecol. Monographs* 26: 1-80.