

# 사스레피나무 군락의 생태적 특성 및 식생구조 분석<sup>1</sup>

-부산광역시를 중심으로-

장정은<sup>2</sup> · 이상철<sup>3</sup> · 최송현<sup>4\*</sup>

## Ecological Characteristics and Vegetation Structure Analysis of *Eurya Japonica* Community<sup>1</sup>

-Focusing on Busan Metropolitan City-

Jung-Eun Jang<sup>2</sup>, Sang-Cheol Lee<sup>3</sup>, Song-Hyun Choi<sup>4\*</sup>

### 요약

부산광역시 내 사스레피나무를 중심으로 한 생태적 특성 및 식생구조 파악을 위하여 사스레피나무가 출현한 조사구(면적 100m<sup>2</sup>) 89개를 설정하여 조사를 실시하였다. TWINSpan 및 DCA 분석을 통해 89개의 조사구는 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락, 곰솔-사스레피나무 군락, 곰솔-동백나무 군락으로 총 3개의 군락으로 나뉘었다. 군락 I 은 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락으로 해발고도가 높은 내륙에 주로 분포하며, 교목층에 졸참나무와 소나무가 경쟁관계인 상태에서 아교목층에 사스레피나무가 우점하였고 극상 수종 중 하나인 개서어나무가 관목부터 교목층까지 균일하게 분포하고 있어 향후 낙엽성 참나무류 또는 개서어나무가 우점하는 식생으로 천이될 것으로 예측되었다. 군락 I 에서 사스레피나무는 다른 상록활엽수에 비해 해발고도가 높은 내륙에 위치하며, 낙엽활엽수림으로 천이되어도 수세를 유지할 것으로 예측되었다. 군락 II 는 곰솔-사스레피나무 군락으로 특별한 교란요인이 없는 한 현 상태를 유지될 것으로 예측되었다. 군락 III 은 동백섬에 위치한 곰솔-동백나무 군락으로 인위적인 관리를 받고 있었다. 교목층에는 곰솔이 단일 수종으로 출현하였고, 아교목층에서 동백나무가 우점하였으며, 비관리지역의 아교목층과 관목층에서 사스레피나무와 다수의 상록활엽수가 각각 출현하였다. 따라서 군락 III 에서는 동백나무를 중심으로 한 지속적인 관리가 없을 경우 사스레피나무가 우점할 것으로 예상되었다. 또한 관목층에 후박나무, 돈나무 등 상록활엽수종들이 다수 출현하고 있는데 기온이 계속해서 상승한다면 향후 곰솔은 쇠퇴하고 상록활엽수림으로 천이될 것으로 예측되었다. 89개의 조사구에서 출현한 수종들과 사스레피나무의 상관관계를 Pearson 상관계수를 통해 분석한 결과, 9가지 수종들과 통계적으로 유의한 관계가 있었다( $p < 0.05$ ). 그중 정(+)의 상관관계를 갖는 수종은 돈나무, 떡갈나무 등 4종이 있었으며, 부(-)의 상관관계를 가지는 수종은 5가지 수종으로 그중 사스레피나무와 동일한 생태적 지위를 갖는 동백나무가 -0.384로 가장 높은 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다.

주요어: Pearson 상관계수, 상록활엽수, TWINSpan, DCA

1 접수 2019년 10월 1일, 수정 (1차: 2020년 2월 18일, 2차: 2020년 3월 5일), 게재확정 2020년 3월 5일

Received 1 October 2019; Revised (1st: 18 February 2020, 2nd: 5 March 2020); Accepted 3 March 2020

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

3 부산대학교 응용생태연구실 박사 후 연구원 Applied Ecology Lab., Pusan Univ. Miryang 50463, Republic of Korea

4 부산대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Univ. Miryang 50463, Republic of Korea

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

## ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the ecological characteristics and vegetation structures of *Eurya japonica* in Busan. As a result of the TWINSpan and DCA analysis, 89 plots of 100m<sup>2</sup> each were divided into 3 communities: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*E. japonica* community, *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, and *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community. Community I consisted of the *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*E. japonica* which was mainly located in the high altitude inland. While *Q. serrata* and *P. densiflora* competed in the tree layer, the dominant species of the understory layer was *E. japonica*. Since *Carpinus tschonoskii*, one of the climax species, was distributed evenly from shrub to tree layers, it was likely that deciduous oak trees or *Carpinus tschonoskii* would become dominant species in community I. In community I, *E. japonica* was found in higher altitude than the other evergreen broad-leaved tree and was expected to maintain their tree vigor even if the vegetation structure is converted into the deciduous forest. Community II, the *P. thunbergii*-*E. japonica* community, was predicted to maintain its tree vigor unless there were unexpected disturbance factors. Community III, consisting of *P. thunbergii*-*C. japonica* and located in Dongbaek Island, was under artificial management. In community III, *P. thunbergii* was the only species in the tree layer, while *C. japonica* was predominant in the understory layer. *E. japonica* and various evergreen broad-leaved tree species were present in the understory layer and shrub layer, which were unmanaged areas. Therefore, it is expected that unless *C. japonica* is continuously managed, *E. japonica* is likely to become the dominant species. There were also various evergreen broad-leaved species, such as *Machilus thunbergii* and *Pittosporum tobira*, present in the shrub layer. If the temperature continues to rise, the habitat is expected to become evergreen broad-leaved forests in the future as *P. thunbergii* community declines. The result of Pearson's correlation coefficient analysis of *E. japonica* and species appearing in 89 plots showed that 9 species were had a statistically significant relationship ( $p < 0.05$ ). Four species, including *P. tobira* and *Q. dentata*, had a positive correlation. Five species had a negative correlation, and *C. japonica*, which had the same ecological position as *E. japonica*, showed the most negative correlation at -0.384.

**KEY WORDS:** PEARSON CORRELATION COEFFICIENT, EVERGREEN BROAD-LEAVED, TWINSpan, DCA

## 서론

사스레피나무(*Eurya japonica* Thunb.)는 중국, 대만, 일본, 인도 등에 분포하며, 우리나라 제주도 해안가와 산지, 남해안 도서 및 남부지역에 흔히 자생하는 상록 활엽 관목 또는 소교목이다(Brickell, 2008). 반음수로 양지에서 천연하중이 잘 되며, 5~8℃ 이상에서 월동하고, 13~21℃에서 잘 자란다. 내한성은 약하나 건조하고 척박한 사질양토에 잘 자라며 내염성, 내조성이 강하고 수분 요구도가 적어 남부 지방의 절개지 혹은 사방지 조립에도 쓰인다. 또한 내공해 수종으로 공원수, 정원수, 생울타리로도 식재된다(Chang *et al.*, 2011). 조경수 및 약용으로 쓰이는 것 외에 사스레피나무는 환경부에서 국가 기후변화 생물지표종으로 지정되어 관리되고 있다(Ministry of Environment, 2010).

한반도의 식물대는 아고산림, 냉온대림, 난온대림, 한대림으로 구분되는데(Yim and Kira, 1975; 1976), 사스레피나무와 같은 상록활엽수가 생육하는 난온대 기후대는 연평균기온이 14℃ 이상, 한랭지수 -10℃·월 이하, 강수량 900~1,500mm로, 동쪽의 북위 35°30'과 서쪽의 북위 35°를 연결하는 선의 남쪽이고 남해안 및 도서지방, 제주도(해발 500m), 울릉도(해발 600m 이하) 지역이 해당된다. 그러나 온실가스 배출량의 급증으로 30년간 연속해서 지구 표면의 온난화가 심화되어 난온대림은 계속해서 북상하고 있다. 식물의 분포 및 생육지의 확대·축소에 영향을 미치는 요인은 개체군 간의 경쟁, 외래종에 의한 침입, 지형의 변화, 인간의 간섭 등 여러 가지가 있으나 대다수 식물이 북상하는 가장 큰 요인은 기후변화이다. 이러한 기후변화는 생물종의 분포 및 서식환경에 영향을 미치고 상록활엽수의 종다양성 및 분포에도 변화를 불러일으킨다(Yun *et al.*,

2011). 상록활엽수의 종다양성은 위도가 증가됨에 따라 감소하는데(Choi, 2013), 이는 위도와 경도에 따라 난대성 상록활엽수 분포에 영향을 주는 최한월최저기온, 겨울철 강수량, 여름철 평균기온, 여름철 강수량 등과 같은 기후요소들이 달라지기 때문이다(Nakao *et al.*, 2014).

우리나라 천연 상록활엽수림 분포 면적은 약 9850ha로 이는 한반도 전체 산림면적의 1.53%로 면적이 협소하며 접근이 어려운 도서지방 등에 국지적으로 잔존하고 있다(Park *et al.*, 2015). 상록활엽수는 진화론적 측면, 지리학적인 경계 구분, 평균기온 예측뿐만 아니라 생물유전자원 및 서식지 보존 측면에서 중요성을 가지고 있다(Oh and Choi, 1993; Oh and Cho, 1994). 이에 따라 Uyeki(1941)는 기후변화에 따른 상록활엽수의 서식환경 및 분포 변화를 예측하기 위해 북방한계선을 설정하였다. 한반도 난온대 상록활엽수의 북방한계선을 설정하기 위해 난온대 상록활엽수 64종을 선정하였는데, Uyeki(1941)가 선정한 한반도 난온대림의 대표 수종으로는 가시나무, 녹나무, 아왜나무, 붓순나무, 육박나무, 사스레피나무 등이 있다. 이 64종의 상록활엽수 분포를 조사하여 대청도-변산영

암-죽도를 잇는 난대성 상록활엽수의 한반도 내 북방한계선을 1941년 지정하였다. 이 중 사스레피나무는 다른 상록활엽수종에 비해 고위도에 분포하고 있다(Uyeki, 1941; Yun *et al.*, 2011). Yun *et al.*(2017)은 종 분포모델 중 CT-Model 분석을 이용하여 기후변화에 따른 사스레피나무의 생육지를 예측하였다. 현재보다 미래 기후에서 사스레피나무의 생육지가 북상할 것이며, 한반도 내륙으로 분화 확대 가능성이 다른 난온대 상록활엽수종에 비해 높을 것이라 예측하였다. 따라서 기후변화에 따른 사스레피나무의 분포지 변화는 식물군락을 구성하는 종조성에도 영향을 미칠 것으로 예측된다.

본 연구 대상지인 부산광역시는 대한민국 동남부 해안에 대한민국 제2의 도시이자 최대의 항구도시이다. 근해의 난류 영향을 받는 해양성 기후로 여름과 겨울의 기온 차가 내륙지역에 비해 비교적 적은 편이다. Lee *et al.*(2007)은 부산이 식물지리 분포상 남해안도서분포선을 잇는 최고 북위 지역으로서 상록활엽수의 생육이 가능한 지역이라 하였다. 부산광역시의 30년 평균기온 평년값이 13.5℃(1910-1939년)에서 14.9℃(1989-2018년)로 1.4℃ 상승하여 상록활엽수의 식생구조 및 북상에

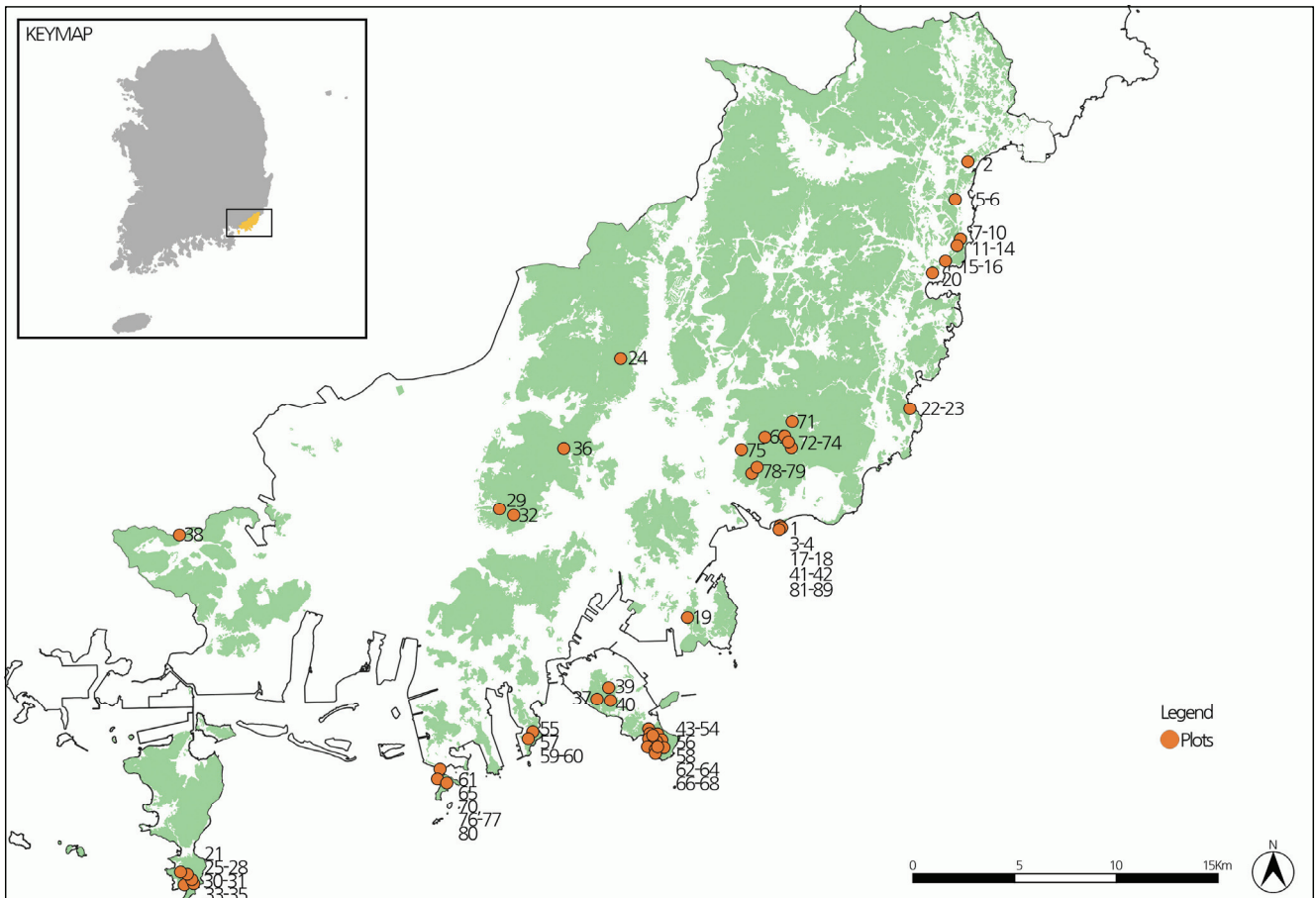


Figure 1. Map of the surveyed plots in Busan Metropolitan City.

변화가 있을 것이라 예측된다.

난온대 상록활엽수림에 관한 선행연구로는 Lee *et al.*(2007)이 부산광역시를 대상으로 현장조사 및 문헌조사를 통해 상록식물의 종조성 및 분포지를 밝혀 학술적·자원적 가치가 있는 종을 보호하기 위한 연구가 있으며, Yun *et al.*(2011)은 식물분포 자료 및 기후자료를 활용하여 CT-Model 분석을 통해 기후변화에 따른 한반도 난온대 상록활엽수 분포 변화 및 분포적지를 밝혔다. Park *et al.*(2018)은 한국, 일본, 중국, 대만을 대상으로 문헌조사 및 식생조사를 하여 CCA 분석을 통해 난온대 상록활엽수림의 천이계열과 극상림을 고찰하였다. 이외에도 난온대 상록활엽수림의 식생구조, 식생천이계열, 분포지 예측, 복원방법 등에 관한 다양한 연구들(Oh and Choi, 1993; Oh and Kim, 1996; Park and Oh, 2002)이 진행되어 왔다. 그러나 난온대 점이지대로서 중요한 가치가 있는 부산광역시를 대상으로 하는 난온대 상록활엽수종에 관한 연구는 부족한 실정이다. 특히 사스레피나무를 중심으로 한 연구 및 식생구조에 관한 상세연구는 전무하다. 이에 본 연구에서는 부산광역시를 대상으로 사스레피나무를 중심으로 세부 식생유형을 분류하여 생태적 특성 및 식생구조 분석을 하고자 한다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지 선정 및 개황

연구 대상지인 부산광역시는 난온대 기후대에 위치하고 있으며, 산지 면적은 353.86km<sup>2</sup>로 전체 면적 769.89km<sup>2</sup>의 약 46%를 차지하고 있다. 부산광역시는 절반 이상 해안선을 끼고 있어 해양성 기후의 영향을 많이 받는다. Yun *et al.*(2011)에 의하면 상록활엽수의 분포를 규정하는 주요 기후요인 중 최한 월최저기온(TMC)이 -5.95℃ 이상을 난온대 상록활엽수의 분포 적지라 하였다. 부산광역시의 2019년 연평균기온은 15.8℃, 강수량 1,778.6mm이며, 최한월평균기온 4.5℃, 최한월최저기온(TMC)은 -4.4℃로 식물지리분포상 최고 북위지 난온대 점이지대로 상록식물의 생육이 적합한 지역이다. 연구대상지 내 조사구는 해안형과 내륙형으로 사스레피나무가 출현하는 곳을 중심으로 총 89개소의 조사구를 설치하여 식생조사를 실시하였다.

### 2. 조사 및 분석 방법

#### 1) 식생 및 환경요인 조사

식생조사는 대상지 내에 10m×10m 크기의 방형구 89개소를 설치하고 교목층, 아교목층, 관목층으로 층위를 구분하여 수관층위별로 매목조사를 실시하였다(Park, 1985). 조사구에

출현하여 상층수관을 이루는 흉고직경(DBH) 2cm 이상의 교목층과 수고 2m 이상, 교목층 이하 수목을 아교목층, 수고 2m 이하의 수목을 관목층으로 구분하였다. 10m×10m 방형구 내 교목층과 아교목층 수목의 흉고직경을 측정하였으며, 관목층은 방형구의 가장자리 5m×5m 소방형구 1개소를 설치하여, 출현한 수목의 수관폭(장변×단변)을 조사하였다. 각 조사지의 환경요인은 해발고, 사면방향, 경사도, 식피율을 조사하였다.

#### 2) 식물군락구조 조사

조사한 식생자료를 바탕으로 식물군락별 특성을 알아보기 위해 89개 조사구의 군락분류는 TWINSpan(Two-way indicator species analysis)에 의한 군락분석(classification analysis)(Hill, 1979b) 및 DCA(Detrended correspondence analysis) ordination(Hill, 1979a)분석을 실시하여 분류하고 군락별 분포특성을 파악하였다. 분류된 군락 간 유사도를 알아보기 위해 유사도지수를 분석하였으며, 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, 평균상대우점치(Mean Importance Percentage; M.I.P.)는 층위별로 개체간 크기(현존량)를 고려하여 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6의 식을 이용하였다(Park, 1985). 분류된 군락별로 Shannon의 수식(Pielou, 1975)을 이용하여 종다양도(Species Diversity, H'), 균제도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 계산했고, 단위면적당(100m<sup>2</sup>) 종수 및 개체수를 분석하였다. 또한, 주요 종을 중심으로 산림천이 양상을 간접적으로 유추할 수 있는 흉고직경급별 분석을 하였다(Harcombe and Marks, 1978).

## 결과 및 고찰

### 1. 군락분류 및 유사도지수 분석

부산광역시 일대를 중심으로 한 89개 조사구에 Classification 분석 중 TWINSpan 분석을 통해 각 조사구에서 출현하는 수종들 중 환경요인을 간접적으로 반영하는 지표종(indicator species)을 중심으로 군락을 분류하였다(Manhas *et al.*, 2009).

제 1단계(level 1) Division 1에서는 졸참나무(-)와 동백나무(+)를 중심으로 분리가 되었으며, 제 2단계(level 2) Division 2에서는 곰솔(+)로 나누어졌으며, 전체적으로 3개의 군락으로 나누어졌다. 군락 I은 24개의 조사구, 군락 II는 49개의 조사구, 군락 III은 16개의 조사구로 나누어졌다(Figure 2).

TWINSPAN에 의한 군락분류를 보완하고, 군락의 분포를 알아보기 위해 조사구 간의 상이성을 바탕으로 조사구를 배치하는(Orloci, 1978) DCA기법을 이용(Choi and Kang, 2006) 하여 전체 89개 조사구에 대해 분석을 실시하였다. DCA분석 결과 제1축과 2축의 eigenvalue가 각각 0.523, 0.317로 4개축 전체 합 1.156의 72.66%에 해당하여 total variance에 대한 집중률이 높은 편으로 나타났다.

TWINSPAN과 DCA 분석 결과와 더불어 조사구별 종 조성과 평균상대우점치를 고려하여 89개소의 조사구는 세 개의 군락으로 나누어졌다. 군락 I은 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락, 군락 II는 곰솔-사스레피나무 군락, 군락 III은 곰솔-동백나무 군락으로 분류되었다(Figure 3).

Ordination 분석과 함께 분리된 3개의 군락에 대해 유사도 지수를 분석하여 백분율로 나타내었다.(Table 1). 유사도지수가 20% 미만일 때, 이질적인 집단이고, 80% 이상일 때 생태적으로 유사한 동질적인 집단이다(Whittaker, 1956). 군락 간 유사도지수는 군락 II와 군락 III이 52.20%로 가장 높게 나타났는데 이는 두 군락의 교목층에서 곰솔의 평균상대우점치가 높게 나타났기 때문인 것으로 사료되었다. 반면에 군락 I과 군락 III은 사스레피나무가 출현하는 군락이지만 13.31%로 가장 낮은 유사성을 나타내는데 이는 군락 III의 교목층과 아교목층의 우점종이 각각 곰솔과 동백나무로 사스레피나무의 평균상대우점치가 다른 두 군락에 비해 상대적으로 낮기 때문인 것으로 사료되었다.

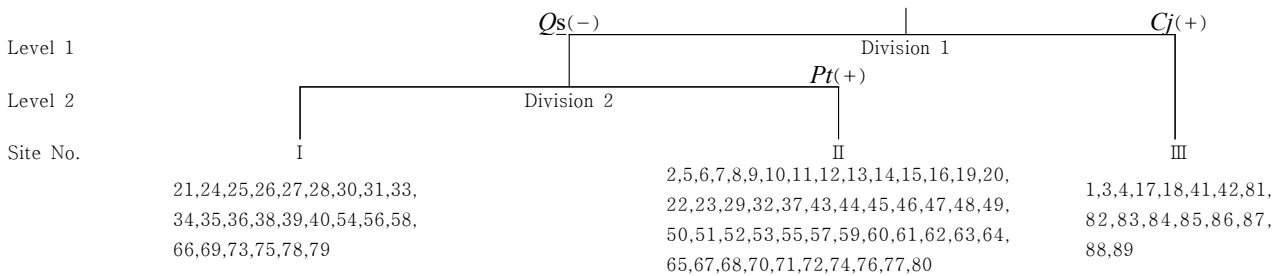


Figure 2. The dendrogram of classification by TWINSPAN. (Cj: *Camellia japonica*, Pt: *Pinus thunbergii*, Qs: *Quercus serrata*)

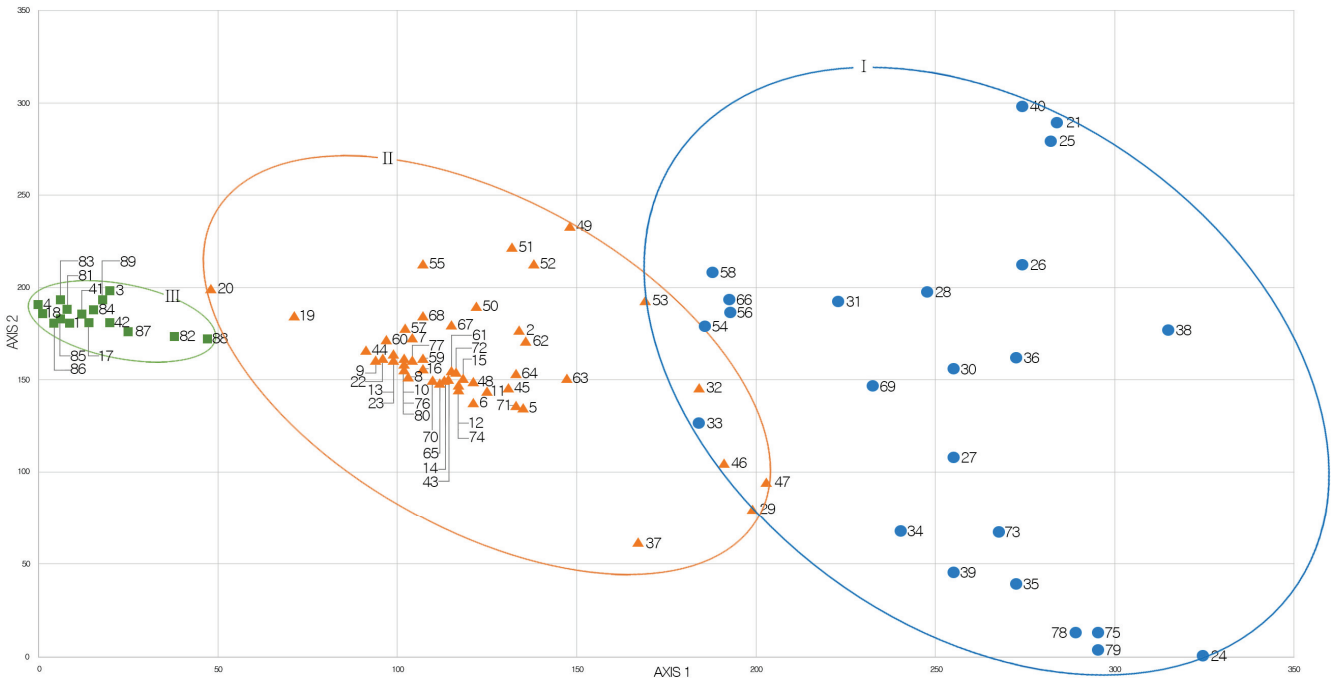


Figure 3. The result of DCA(Detrended Correspondence Analysis) ordination of 89 plots. ( I : *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II : *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community)

Table 1 . Similarity index among three communities

Community*	I	II
II	40.09	
III	13.31	<b>52.20</b>

\* Community: I: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II: *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community

## 2. 군락별 대상지 개황

TWINSPAN과 DCA를 적용한 결과 전체 조사구는 3개 군락으로 분류되었으며, 분류된 3개 군락의 대상지 개황을 나타내었다(Table 2). 주로 해안가에 위치하였으며 해발고도는 17~370m, 주된 사면 향은 남서향, 경사도는 3~34°이다. 군락 III의 경우 해발고도는 낮지만 경사도는 다른 두 군락에 비해 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있는데 이는 해발고도가 낮은 동백섬에 위치하였지만 경사가 20° 정도인 급경사지에 사스레피나무가 주로 분포했기 때문이다. 군락별 식생의 경우 교목층 평균흉고직경은 약 25~35cm, 아교목층의 평균흉고직경은 약 6~8cm, 관목층의 식피율은 20~37%로 나타났다.

## 3. 식생구조 분석

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

군락 I 은 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락으로 교목층에서는 졸참나무(I.P. 26.8%)와 소나무(I.P. 28.4%)가 활발한

경쟁관계인 상태로 출현하고, 아교목층에서 사스레피나무(I.P. 33.5%)가 우점하고 있었다. 소나무는 아교목층과 관목층에서 출현하지 않은 반면에 졸참나무와 굴참나무 등 낙엽성 참나무류가 활발히 출현하였다. 산림천이 양상에서 소나무가 선구수종이라는 점을 감안하였을 때, 향후 참나무류의 세력이 점차 확장될 것이라 판단되며(Cho and Choi, 2002; Oh *et al.*, 2014), 더 나아가 극상수종인 개서어나무(I.P. 12.4%)가 낙엽성 참나무류 다음으로 높게 출현하였기 때문에 낙엽성 참나무류 또는 개서어나무가 우점하는 식생으로 천이될 것으로 사료된다(Kim, 2012).

군락 II 는 곰솔-사스레피나무 군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 85.3%)이 우점하며, 아교목층과 관목층에서는 각각 I.P. 57.9%, 11.2%로 사스레피나무가 우점하고 있었다. 관목층에서 졸참나무, 때죽나무 등 낙엽활엽수류가 출현하고 있었으나 자연재해, 간벌, 밑껍기작업 등의 인위적인 간섭이 이루어지지 않는 이상 곰솔-사스레피나무의 세력이 유지될 것으로 예측되었다.

군락 III 은 곰솔-동백나무 군락으로 교목층에서는 곰솔(I.P. 100.0%)만이 단일 수종으로 나타났으며, 아교목층에서는 동백나무(I.P. 85.1%)가 우점하고 있었다. 이는 군락 III의 조사구가 위치한 대상지가 부산광역시 지정 기념물 제 46호인 동백섬으로 동백나무 보식 등 인위적인 관리가 이루어지고 있었기 때문이다(Kim *et al.*, 2014). 반면, 관리가 이루어지지 않고 경사가 급한 지역에는 사스레피나무가 우세하고 있었다. 군락 III의 아교목층에서 높은 상대우점치를 보이는 동백나무와 사스레피나무는 개체군간 공간적 유전 분포의 패턴이 매우 유사하다(Oh, 1998). 따라서 동일한 생태적 지위를 가지며 경쟁관계인 사스레피나무와 동백나무는 이전과 같은 지속적인 관리가

Table 2. General description of the physical and vegetation of the surveyed areas

Community*	I	II	III
Site number	21,24,25,26,27,28,30,31,33,34,35,36,38,39,40,54,56,58,66,69,73,75,78,79	2,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,19,20,22,23,29,32,37,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,55,57,59,60,61,62,63,64,65,67,68,70,71,72,74,76,77,80	1,3,4,17,18,41,42,81,82,83,84,85,86,87,88,89
Number of plots	24	49	16
Altitude(m)	134.79±75.76	72.31±70.44	34.19±2.93
Aspect(°)	193.75±84.29	201±83.32	316.25±35.00
Slope(°)	19.63±8.21	15.45±7.51	19.25±2.11
Canopy Mean DBH(cm)	25.07±5.63	26.17±5.90	35.90±9.39
Understory Mean DBH(cm)	6.53±3.21	5.66±2.38	8.34±1.07
Shrub Coverage(%)	20.67±18.60	37.04±22.08	30.00±21.29

\*Community: I: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II: *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community

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

Community *	Species	Layer				Species	Layer			
		C <sup>1</sup>	U	S	M		C <sup>1</sup>	U	S	M
I (24 plots)	<i>Quercus serrata</i>	26.8	6.3	0.6	<b>15.6</b>	<i>Sorbus alnifolia</i>	1.0	11.8	-	4.4
	<i>Pinus densiflora</i>	<b>28.4</b>	-	-	14.2	<i>P. thunbergii</i>	8.4	-	-	4.2
	<i>Eurya japonica</i>	-	<b>33.5</b>	<b>5.6</b>	12.1	<i>Platycarya strobilacea</i>	3.9	0.7	0.2	2.2
	<i>Q. variabilis</i>	16.3	0.7	0.1	8.4	<i>Viburnum erosum</i>	-	4.9	1.9	2.0
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	12.4	4.0	0.5	7.6	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	5.4	0.6	1.9
	<i>Styrax japonicus</i>	0.5	11.4	5.0	4.9	Others	2.4	21.4	85.5	22.6
II (49 plots)	<i>P. thunbergii</i>	<b>85.3</b>	1.1	-	<b>43.0</b>	<i>Prunus sargentii</i>	0.2	2.8	0.1	1.1
	<i>E. japonica</i>	-	<b>57.9</b>	<b>11.2</b>	21.2	<i>P. densiflora</i>	1.4	-	-	0.7
	<i>Q. serrata</i>	5.4	7.9	1.7	5.6	<i>Celtis sinensis</i>	0.5	1.1	0.1	0.7
	<i>S. japonicus</i>	-	6.2	5.4	3.0	<i>Q. variabilis</i>	0.7	0.6	-	0.6
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	4.0	-	-	2.0	<i>Q. mongolica</i>	1.1	-	-	0.5
	<i>S. alnifolia</i>	0.5	4.2	0.4	1.7	Others	1.1	18.2	81.1	20.1
III (16 plots)	<i>P. thunbergii</i>	<b>100.0</b>	-	-	<b>50.0</b>	<i>Osmanthus fragrans</i>	-	-	0.8	0.1
	<i>Camellia japonica</i>	-	<b>85.1</b>	9.6	30.0	<i>Euonymus japonicus</i>	-	-	0.6	0.1
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	<b>44.4</b>	7.4	<i>Celtis sinensis</i>	-	0.3	-	0.1
	<i>E. japonica</i>	-	12.3	14.8	6.6	<i>Viburnum odoratissimum var. awabuki</i>	-	-	0.5	0.1
	<i>Ligustrum japonicum</i>	-	1.1	12.5	2.5	<i>Ilex cornuta</i>	-	-	0.3	0.1
	<i>Machilus thunbergii</i>	-	-	1.0	0.2	Others	-	1.2	15.6	3.0

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

\*Community: I: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II: *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community

없을 경우, 배수가 양호하고 토심이 깊은 곳에 자라는 동백나무는 쇠퇴하고, 관리되지 않은 건조하고 척박한 환경에 적응하여 성장하는 사스레피나무가 우점할 것으로 사료되었다. Park *et al.*(2018)은 한국 난온대 지역의 식생천이 중간단계 수종으로 후박나무, 생달나무 등을 꼽았으며, 양수인 곰솔보다 음수성을 띠는 상록활엽수종의 생태적 지위가 높다고 밝혔다. 따라서 군락 III의 관목층에서 동백나무, 사스레피나무와 더불어 후박나무가 자라고 있어 인위적인 간섭이 없을 경우 동백나무가 쇠퇴하고 사스레피나무가 우점하며 더 나아가 난온대상록활엽수림으로 천이가 진행될 것으로 판단되었다.

이상 사스레피나무를 중심으로한 식생구조를 분석한 결과, 다른 두 군락에 비해 해발고도가 높고 대부분의 조사구가 내륙에 위치한 군락 I에서는 교목층에 낙엽성 참나무류가 소나무 경쟁관계인 상태에서 아교목층에 사스레피나무가 우점하였다. 군락 II, 군락 III의 조사구는 해발고도가 낮고 해안가에 인접한 곳에 위치하여 교목층에서 곰솔이 우점하고 아교목층에 사스레피나무가 출현하였다. 사스레피나무는 해발고도가 높은

내륙에서는 식생천이가 진행됨에 따라 낙엽성 참나무류 및 소나무와 함께 출현하고 해발고도가 낮은 해안가에는 곰솔과 함께 출현하였다.

#### 4. 종수 및 개체수, 종다양도 분석

세 개 군락의 단위면적(100m<sup>2</sup>) 당 평균 출현 종수 및 개체수 분석을 층위별로 실시하였다(Table 4). 세 개 군락은 모두 다수의 조사구가 설정되어 포함된 조사구의 평균값을 산출하였다. 전반적인 조사구의 층위별 평균 종수 분석결과 교목층 1.63±0.92종, 아교목층 4.24±2.37종, 관목층 8.04±3.09종으로 전체 조사구당 11.56±3.64종이 출현하였다. 군락 I은 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락으로 교목층 2.42±0.97종, 아교목층 5.33±2.93종으로 다른 두 군락보다 출현 종수가 높게 나타났다. 이는 산림천이 중간단계로 교목층과 아교목층에서 소나무와 낙엽성 참나무류가 활발한 경쟁 상태로 다양한 수종이 출현하기 때문으로 판단되었다. 군락 II는 곰솔-사스레피나

무 군락으로 관목층에서  $8.84 \pm 3.23$ 종으로 세 군락 중 가장 많은 종이 출현하였다. 이는 교목층과 아교목층에서 각각 곰솔과 사스레피나무가 출현하고 있었으나 자연재해 및 병충해 등 다양한 교란요인으로 인해 숲 틈으로 광량이 증가하며 관목층에서 졸참나무, 때죽나무 등 낙엽활엽수가 다수 출현하기 때문으로 사료되었다(Yun *et al.*, 2006). 또한 조사구 개수가 49개로 다른 두 군락에 비해 상대적으로 많아 출현 종수 또한 많은 것으로 사료되었다. 군락 III은 곰솔-동백나무 군락으로 대부분이 인위적인 관리가 이루어지는 지역으로 교목층은 단일수종으로 곰솔이 출현하였고, 아교목층은 동백나무가 우점하는 가운데 일부 비관리지역은 사스레피나무가 출현하였다. 관목층은 사스레피나무를 포함한 후박나무, 사철나무 등 상록활엽수가 다양하게 출현하였다.

전반적인 조사구의 총 평균출현 개체수는  $646.75 \pm 1,893.19$  개체이며, 각 층위별 평균출현 개체수는 교목층  $6.02 \pm 3.17$  개체, 아교목층  $17.19 \pm 11.12$  개체, 관목층에서  $623.73 \pm 1,895.24$  개체가 출현하였다. 총 평균출현 개체수 및 관목층 편차가 큰 이유는 마삭줄 때문으로 마삭줄을 제외한 후 분석하였을 때 관목층 평균출현 개체수는  $136.27 \pm 184.78$  개체, 전체 평균출현 개체수는  $159.29 \pm 183.75$  개체로 나타났다.

3개 군락의 Shannon의 종다양도지수( $H'$ ), 균재도( $J'$ ), 우점도( $D$ )를 분석하였다(Table 5). 각 군락별 종다양도지수는 단위면적( $100\text{m}^2$ )을 기준으로 산출하였으며, 군락 I, II, III 모두

다수의 조사구가 포함되어 있어 조사구별 종다양도지수의 평균값을 산출하였다. 종다양성은 군집의 생태천이 발달과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 군락의 안정도와 성숙도는 생태천이의 진행정도를 보여준다(Yun *et al.*, 2006). 종다양도지수는 군락 I 이 세 군락 중 가장 낮게 나왔는데 이는 군락 내 조사구의 해탈도가 다른 두 군락에 비해 높기 때문인 것으로 판단되었다(Cho and Lee, 2011). 반면, 군락 III이 0.8891로 세 군락 중 가장 높게 나왔다. 인위적인 관리가 이루어져 교목층은 곰솔 단일수종, 아교목층과 관목층 출현 종수가 다른 두 군락에 비해 낮은 편임에도 불구하고 교목층을 제외한 아교목층과 관목층에서 특정 종의 우점도가 낮기 때문으로 사료되었다.

각 군락별 개체수의 분포정도를 나타내는 균재도는 1에 가까울수록 종별 개체수가 균일함을 뜻하는데(Song *et al.*, 2009), 군락 III이 0.6441로 비교적 가장 균일하였다. 반면 군락 I 은 0.1670으로 가장 낮았는데 이는 마삭줄에 의한 결과로 판단되었다.

우점도는 그 값이 0.9 이상일 경우 한 종이 강하게 우세하는 것이며, 0.3~0.7 사이는 한 종이 약하게 우점하거나 두 종으로 나뉘어 우점하고, 0.1~0.3에서는 다수의 중요종에 의해 우점도가 나누어지는 것을 의미한다(Whittaker, 1965). 각 군락별 우점도는 군락 I 이 0.8330으로 가장 높는데 교목층에서 졸참나무와 소나무가 함께 우점하였으며, 군락 III은 교목층에서 곰솔 단일수종이지만 아교목층과 관목층에서 다양한 상록활엽

Table 4. Descriptive analysis of the number of species and individuals in each communities (Unit:  $100\text{m}^2$ )

Comm- unity*	No. of Species				No. of Individuals			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
Total	1.63±0.92	4.24±2.37	8.04±3.09	11.56±3.64	6.02±3.17	17.19±11.12	623.73±1,895.24 (136.27±184.78**)	646.75±1,893.19 (159.29±183.75**)
I	<b>2.42±0.97</b>	<b>5.33±2.93</b>	7.29±2.65	12.42±3.31	6.29±2.60	12.00±7.96	982.00±2,638.1	1,000.30±2,636.80
II	1.45±0.79	4.39±1.97	<b>8.84±3.23</b>	12.06±3.71	6.84±3.21	20.50±12.70	606.53±1,762.2	633.45±1,759.20
III	1.00±0.00	2.13±0.89	6.75±2.67	8.75±2.52	3.13±2.06	15.10±5.54	139.00±85.07	157.19±83.21

\* Community: I: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II: *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community

\*\* : Result of deleting *Trachelospermum asiaticum*

Table 5. Various species diversity indices( $H'$ ), evenness( $J'$ ), dominance( $D$ ) in each communities (Unit:  $100\text{m}^2$ )

Community*	$H'$ (Shannon)	$J'$ (evenness)	$D$ (dominance)	$H'$ max
I	0.3141	0.1670	<b>0.8330</b>	1.8808
II	0.6374	0.3167	0.6833	<b>2.0128</b>
III	<b>0.8891</b>	<b>0.6441</b>	0.3559	1.3802

\*Community: I: *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II: *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community



수종이 출현하여 0.3559로 가장 낮게 나타났다.

부산광역시를 포함하는 경상권역의 전체 종다양도지수는 1.465, 균재도 0.811, 우점도 0.189인데(Park *et al.*, 2013), 이에 비해 군락 I, II, III의 종다양도지수, 균재도는 낮고 곰솔, 사스레피나무, 동백나무 등 특정 종의 우점도가 높은 것을 알 수 있었다. 또 다른 부산광역시를 대상으로 한 본 연구와 유사한 식생구조를 가진 Kim(2012)의 연구에서는 교목층에서 곰솔과 졸참나무가 경쟁 상태이며 아교목층에서 사스레피나무가 우점하는 군락의 종다양도는 0.8250~1.0042인데 반해 군락 I (졸참나무-소나무-사스레피나무 군락)은 0.3141로 낮았다. 또한 교목층에 곰솔, 아교목층에 사스레피나무가 우점하는 군

락의 유사도 또한 Kim(2012)의 연구에서는 0.9657~1.3986이었으나 군락 II (곰솔-사스레피나무 군락)은 0.6374로 비교적 낮은 편에 속했다.

### 5. 흉고직경급별 분석

군락별 주요 출현종을 중심으로 수령 및 임분동태를 간접적으로 알 수 있는 흉고직경급 분석을 실시하였다(Table 6). 본 연구에서는 국가산림자원조사 현지조사지침서의 내용을 참고하여 흉고직경 6cm미만의 수종을 치수, 6~18cm를 소경목, 18~30cm를 중경목, 30cm 이상을 대경목으로 분류하였다.

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

Community*	Unit (m <sup>2</sup> )	Species	Shrub	D <sub>1</sub> <sup>a</sup>	D <sub>2</sub> <sup>b</sup>	D <sub>3</sub> <sup>c</sup>	D <sub>4</sub> <sup>d</sup>	D <sub>5</sub> <sup>e</sup>	D <sub>6</sub> <sup>f</sup>	D <sub>7</sub> <sup>g</sup>	D <sub>8</sub> <sup>h</sup>	D <sub>9</sub> <sup>i</sup>	D <sub>10</sub> <sup>j</sup>	D <sub>11</sub> <sup>k</sup>	D <sub>12</sub> <sup>l</sup>
I	2400	<i>Carpinus tschonoskii</i>	20	-	3	6	3	2	1	3	2	2	-	-	2
		<i>Quercus serrata</i>	64	1	6	5	14	6	7	7	5	2	1	1	-
		<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	2	8	6	12	8	4	2	2	-	-
		<i>Q. variabilis</i>	28	-	1	4	4	6	3	5	4	-	1	-	-
		<i>Pinus thunbergii</i>	-	-	-	-	2	-	3	1	4	-	1	-	-
		<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	20	3	2	2	-	-	1	-	-	-	-
		<i>Eurya japonica</i>	96	1	42	18	5	1	4	1	-	-	-	-	-
		<i>Platycarya strobilacea</i>	4	-	1	1	4	3	1	-	-	-	-	-	-
		<i>Styrax japonicus</i>	36	-	17	13	3	1	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Meliosma myriantha</i>	4	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-
II	4900	<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	10	33	58	79	51	27	16	9	3	-
		<i>Q. mongolica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-
		<i>Q. serrata</i>	316	-	40	16	7	7	7	2	2	1	-	-	-
		<i>Celtis sinensis</i>	12	-	3	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-
		<i>Q. variabilis</i>	8	-	2	3	-	1	-	-	-	1	-	-	-
		<i>Zelkova serrata</i>	12	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-
		<i>Prunus sargentii</i>	24	-	1	5	3	1	-	1	-	-	-	-	-
		<i>P. densiflora</i>	-	-	-	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-
		<i>S. alnifolia</i>	40	-	5	12	7	2	-	-	-	-	-	-	-
		<i>E. japonica</i>	976	3	473	133	20	-	-	-	-	-	-	-	-
III	1600	<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	-	6	5	9	9	9	5	2	5
		<i>Camellia japonica</i>	384	-	70	118	20	2	-	-	-	-	-	-	-
		<i>E. japonica</i>	384	-	2	12	9	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Ligustrum japonicum</i>	316	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Diospyros kaki</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Prunus persica</i>	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Machilus thunbergii</i>	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		<i>Euonymus japonicus</i>	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup>: D<sub>1</sub><2(cm), <sup>b</sup>: 2≤D<sub>2</sub><7, <sup>c</sup>: 7≤D<sub>3</sub><12, <sup>d</sup>: 12≤D<sub>4</sub><17, <sup>e</sup>: 17≤D<sub>5</sub><22, <sup>f</sup>: 22≤D<sub>6</sub><27, <sup>g</sup>: 27≤D<sub>7</sub><32, <sup>h</sup>: 32≤D<sub>8</sub><37, <sup>i</sup>: 37≤D<sub>9</sub><42, <sup>j</sup>: 42≤D<sub>10</sub><47, <sup>k</sup>: 47≤D<sub>11</sub><52, <sup>l</sup>: 52≥D<sub>12</sub>

\*Community: I : *Quercus serrata*-*Pinus densiflora*-*Eurya japonica* community, II : *Pinus thunbergii*-*E. japonica* community, III: *P. thunbergii*-*Camellia japonica* community

군락 I에서 졸참나무는 소경목에서 대경목에 해당하는 DBH 2cm 미만~52cm 구간에 고르게 나타나며 그 중 DBH 12~17cm에서 14개체, 관목층에 64개체가 출현하였으며, 굴참나무는 DBH 2~47cm 사이 및 관목층에 분포하였다. 개서어나무의 경우 DBH 2~52cm 이상의 대경목까지 고르게 출현하였다. 소나무는 DBH 7~47cm에서 나타났으며 곰솔은 DBH 12~47cm에 나타났다. 사스레피나무는 DBH 2~32cm에 고르게 분포하며, DBH 2~7cm 사이에 42개체가 나타났다. 졸참나무와 굴참나무 등 참나무류가 관목층부터 대경목까지 분포한 반면 소나무와 곰솔은 어린 치수목이 없어 산림천이 양상에 따라 곰솔-소나무의 수세는 약해지며 참나무 세력이 확장될 것으로 판단되었다. 더 나아가 치수에서 대경목까지 극상수종 중 하나인 개서어나무가 고르게 출현하고 있어 낙엽활엽수림에서 극상단계의 숲으로 발전할 것으로 예측되었다(Lee *et al.*, 1996; Kim *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2013).

군락 II에서는 곰솔이 DBH 7~52cm로 소경목부터 대경목까지 고르게 분포하였다. 졸참나무는 DBH 2~42cm에 나타났으며, DBH 2~7cm 구간에 40개체, 관목층에 316개체로 치수와 관목층에 가장 많이 분포하였다. 사스레피나무의 경우 치수부터 소경목에 해당하는 2cm 미만부터 17cm 사이에 분포하였으며, DBH 2~7cm, 7~12cm 구간에서 각각 473, 133개체가 출현하였다. 병충해, 자연재해 등의 교란요인이 없는 한 곰솔-사스레피나무의 세력이 지속될 것으로 판단되었다.

군락 III에서 곰솔 DBH 17~52cm 이상의 구간에 분포하였으며, 동백나무와 사스레피나무는 소경목에서 중경목에 해당하는 DBH 2~22cm 구간에 출현하였으며, 두 수종 모두 관목층에 집중적으로 분포하였다. 소경목부터 중경목에 해당하는 구간에 동백나무는 210개체, 사스레피나무는 23개체가 출현하였다. 앞서 언급한 군락 III의 대상지는 동백섬으로 동백나무에 대한 집중적인 관리가 이루어지고 있어 사스레피나무보다 동백나무가 훨씬 더 많이 출현하였다.

## 6. 종간상관관계

사스레피나무가 출현한 전체 89개의 조사구에서 126종이 출현하였다. 이 중 출현빈도 각각 10%, 20% 이상인 수종과 조사구 내 출현하는 126수종 전체를 대상으로 나누어서 SPSS 25를 통해 상관분석을 실시하였다(Table 7).

전체 126수종 중 출현빈도 20% 이상인 수종을 대상으로 사스레피나무와 상관관계 분석을 한 결과, 유의한 값을 가지는 수종은 때죽나무, 광나무, 마삭줄, 팔손이, 동백나무가 있었다. 5개의 수종 모두 유의확률 0.05 이하로 통계적으로 유의한 상관관계이며, 사스레피나무와 모두 부(-)의 상관관계를 이루고 있었다.

전체 126수종 중 출현빈도 10% 이상을 기준으로 사스레피나무와 상관관계 분석을 하였을 때, 출현빈도 20% 이상에서 사스레피나무와 부(-)의 상관관계를 이루는 5개의 수종을 포함하여 정(+)의 상관관계를 이루는 돈나무, 자금우가 추가 되었다.

126수종 전체에서 사스레피나무와 상관관계분석 결과, 유의한 관계를 가지는 수종은 때죽나무, 광나무, 마삭줄, 팔손이, 동백나무, 돈나무, 자금우, 조릿대, 떡갈나무로 총 9 수종이 있었다. 이 중 사스레피나무와 정(+)의 상관관계를 갖는 수종은 돈나무, 자금우, 조릿대, 떡갈나무가 있으며, 부(-)의 상관관계를 갖는 수종은 때죽나무, 광나무, 마삭줄, 팔손이, 동백나무가 있다. 사스레피나무와 부(-)의 상관관계를 갖는 수종은 전부 출현빈도가 20% 이상인 수종이었으며, 아교목층에 주로 분포하여 사스레피나무와 동일한 생태적 지위를 가져 경쟁 상태에 있었다. 이 중 동백나무와의 상관관계수가 -0.384\*\*로 부(-)의 상관관계가 다른 4개의 수종에 비해 높은 것을 알 수 있었다. 이로 인해 군락 III의 경우 인위적인 관리가 없을 경우 아교목층에서 사스레피나무와 동백나무의 경쟁이 있을 것으로 예상되었다.

Table 7. Pearson correlation coefficient by focusing *Eurya japonica*

	<i>E. japonica</i>	<i>S. japonicus</i>	<i>L. japonicum</i>	<i>T. asiaticum</i>	<i>F. japonica</i>	<i>C. japonica</i>	<i>P. tobira</i>	<i>A. japonica</i>	<i>S. borealis</i>
<i>Styrax japonicus</i>	-.229*								
<i>Ligustrum japonicum</i>	-.266*	-.103							
<i>Trachelospermum asiaticum</i>	-.250*	.049	-.028						
<i>Fatsia japonica</i>	-.280**	-.144	.290**	.060					
<i>Camelia japonica</i>	<b>-.384**</b>	-.194	.294**	-.162	.480**				
<i>Pittosporum tobira</i>	.212*	-.095	.011	-.069	.221*	-.107			
<i>Ardisia japonica</i>	<b>.315**</b>	-.101	-.006	-.100	-.040	-.133	.111		
<i>Sasa borealis</i>	.261*	-.067	-.057	-.082	-.065	-.071	-.045	-.043	
<i>Quercus dentata</i>	.222*	-.048	-.041	-.059	-.047	-.051	-.032	-.031	.536**

asterisks indicate statistically significant association (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ )

## 7. 종합고찰

부산광역시의 사스레피나무가 출현하는 89개 조사구를 대상으로 식생조사를 실시하고 분석하였다. TWINSpan과 DCA 분석결과 3개의 군락으로 나누어졌다. 사스레피나무는 기후변화, 토양조건 등에 영향을 받으며 교목층 및 아교목층에 우점하고 있는 수종에 따라서도 차이를 보였다. 대부분의 조사구는 해안가를 따라 위치하였으나 군락 I 은 졸참나무-소나무-사스레피나무 군락으로 다른 군락에 비해 고도가 높은 내륙 곳곳에 많이 분포하였다. 이러한 특징으로 군락 I 내에는 양호한 생태적 적지에서는 다른 수종과의 경쟁에서 밀리고 건조하고 척박한 능선과 같은 곳에 생육하는 소나무가 많이 분포하였다(Cho and Lee, 2011). 군락 I 의 평균상대우점치와 홍고직경급별 분포를 보면 교목층에 졸참나무와 소나무가 경쟁하는 가운데 극상수종에 해당하는 개서어나마가 고르게 분포하고 있어 당분간은 현 상태를 유지할 것으로 예측되나 장기적으로 봤을 때 졸참나무, 개서어나마 등을 포함한 낙엽활엽수림으로 발전할 것으로 예측되었다. 사스레피나무는 졸참나무 및 개서어나마와 유의한 관계가 없었지만 떡갈나무와는 0.222로 정(+)의 상관관계를 가지고 있어 향후 천이가 진행되어도 현 세력을 유지할 것으로 예상되었다. 군락 II 는 곰솔-사스레피나무 군락으로 간혹 내륙에 분포하였지만 해안가를 따라 분포하는 비율이 더 높았다. 교목층에 곰솔이 압도적으로 우점하고 있었으며, 아교목층에는 사스레피나무가 우점하는 전형적인 곰솔-사스레피나무 군락의 형태로 특별한 교란요인이 없는 한 현 상태가 유지 될 것으로 예측되었다. 군락 III 은 곰솔-동백나무 군락으로 조사구는 동백섬에 위치해 있어 동백나무를 중심으로 인위적인 관리가 이뤄지고 있었다. 관리가 이루어지는 곳은 동백나무가 우점하고 있었으나 비관리지역은 사스레피나무가 우점하고 있었다. 사스레피나무는 동일한 생태적 지위를 가진 동백나무와 -0.384 수치로 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 동백나무를 중심으로 한 지속적인 관리가 없을 경우 사스레피나무가 건조하고 척박한 토양 환경에 유리하여 우점할 것으로 예상되었다. 관목층에는 후박나무, 돈나무, 호랑가시나무, 아왜나무 등 다수의 상록활엽수가 출현하고 있는데 그 중 후박나무는 상록활엽수림 식생천이 과정의 수종이며, 계속해서 기온 상승이 이루어진다면 곰솔이 쇠퇴하고 상록활엽수림이 우점하는 식생으로 천이될 것이라 판단되었다(Lee *et al.*, 2016). 또한 군락 III 은 관리로 인해 교목층은 단일수종, 아교목층과 관목층도 두 군락에 비하면 종수가 낮음에도 불구하고 다른 두 군락에 비해 종다양도 및 균재도가 높았다. 이는 곰솔이 단일수종으로 나타난 교목층을 제외하고 아교목층과 관목층에 출현한 종수가 조사구 면적대비 균일하게 분포하며 관리가 미비한 아교목 및 관목층에서 팽나무, 뽕나무, 후박나무 등 다양한 수종들이 출현하였기 때문으로 사료되었다.

기후변화 및 서식환경의 변화에 따라 사스레피나무는 해안림뿐만 아니라 내륙으로 점차 북상할 것으로 예상되며(Yun *et al.*, 2011; Yun *et al.*, 2017), 교목층에 우점하는 종에 따라서도 수세에 차이를 보이므로 이에 따라 국가 기후변화 생물지표종인 사스레피나무를 중심으로 한 부산광역시 상록활엽수림에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Press, Iowa, 194pp.
- Brickell, C.(2008) A-Z encyclopedia of garden plants volume 1: A-J(3rd ed.). Dorling Kindersley Press, London, 441pp.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Cho, H.S. and S.H. Choi(2002) Plant community structure of the Baekcheon valley in Taebaeksan area, the Baekdudaegan. *Korean Journal of Environment and Ecology* 15(4): 368-378. (in Korean with English abstract)
- Choi, S.H. and H.M. Kang(2006) Vegetation structure of the Kumsaenggol in the Wolchulsan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 20(4): 464-472. (in Korean with English abstract)
- Chang, C.S., H. Kim and G.S. Chang(2011) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea, Vol. 43, Woody plants. Ministry of Education, Seoul, Korea, 510pp. (in Korean)
- Cho, H.J. and C.B. Lee(2011) Vegetation types and diversity patterns of *Pinus densiflora* Forests in South Korea. *Journal of Korean Forest Society* 100(1): 118-123. (in Korean with English abstract)
- Choi, B.G.(2013) Syntaxonomy and Syngelography of warm-temperate evergreen broad-leaved forests in Korea. Ph. D. Dissertation, Keimyung University, Daegu, 148pp. (in Korean with English abstract)
- 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.

- Kim, J.H., S.H. Choi, I.T. Choi, S.J. Yang and S.C. Lee(2011) Vegetation structure of deciduous broad-leaved forest at the Beomosa(Temple) Valley in Kumjungsan, Busan. Korean Journal of Environment and Ecology 25(4): 581-589. (in English with Korean 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)
- Lee, K.J., W. Cho. and B.H. Han(1996) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul(1)-Plant community structure in forest area-. Korean Journal of Environment and Ecology 10(1): 113-127. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.H., J.S. Sung and S.G. Moon(2007) Flora and distribution of evergreen plants in Busan. Journal of Environmental Science International 16(11): 1239-1245. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.I. Kwak, N.H. Kwak and J.S. Jang(2013) Plant community structure of *Pinus densiflora* S. et Z. forest in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan City. Korean Journal of Environment and Ecology 27(4): 462-472. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., J.S. Kim, M.J. Kim and H.K. Kang(2016) Plant community structure characteristic of the evergreen forest, Bijindo. Korean Journal of Environment and Ecology 30(2): 228-242. (in Korean with English abstract)
- Manhas, R.K., M.K. Gautam and D. Kumari(2009) Two way indicator species analysis(TWINSpan) of the herbaceous vegetation in an inland wetland ecosystem of Doon valley Himalaya, India. Journal of Wetlands Ecology 3: 23-31.
- Ministry of Environment(2010) 100 species of national climate change biological indicators. 4pp. (in Korean)
- Nakao, K., M. Higa, I. Tsuyama, C.T. Lin, S.T. Sun, J.R. Lin, C.R. Chiou, T.Y. Chen, T. Matsui, and N. Tanaka(2014) Changes in the potential habitats of 10 dominant evergreen broad-leaved tree species in the Taiwan-Japan archipelago. Plant Ecology 215(6): 639-650.
- Orlóci, L.(1978) Ordination by resemblance matrices. In R.H. Whittaker(eds.), Springer Press, Dordrecht, pp. 239-275.
- Oh, K.K. and S.H. Choi(1993) Vegetational structure and successional sere of warm temperate evergreen forest region, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 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 forest in Hongdo, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 8(1): 27-42. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1996) Restoration model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(1)-Vegetational structure-. Korean Journal of Environment and Ecology 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, G.S.(1998) Population genetic structure of *Camellia japonica* L. and *Eurya japonica* Thunb.(Theaceae) in Korea. Ph. D. Dissertation, Kyungnam University, 67pp. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K., H.M. Kang and S.G. Park(2014) Characteristics of vegetation structure on the ridge of the Naknam-Jeongmaek. Korean Journal of Environment and Ecology 28(6): 725-740. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley & Sons Press, New York, 385pp.
- Park, I.H.(1985) A study on forest structure and biomass in Baegwoonsan natural ecosystem. Ph. D. Dissertation, Seoul National Univ., 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, S.G. and K.K. Oh(2002) Conservation status and restoration of the evergreen broad-leaved forests in the warm temperate region, Korea(1)-Distribution of the evergreen broad-leaved forests and category of degraded levels- Kor. J. Env. Eco 16(3): 309-320. (in Korean with English abstract)
- Park, J.H., K.S. Lee, B.O. Yoo, Y.J. Kang, S.B. Rye, 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)
- Park, S.G., Y.J. Myeong, S.G. Ju and G.S. Back(2015) Range analysis of possible planting of evergreen broad-leaved trees for landscape in Korea. Proceedings of Korean Society of Environment and Ecology Congress 25(2): 114-115. (in Korean)
- Park, S.G., S.H. Choi and S.C. Lee(2018) Review of vegetation succession in warm-temperate evergreen broad-leaved forests 1a -Focusing on *Actinodaphne lancifolia* community-. Korean Journal of Environment and Ecology 32(1): 77-96. (in Korean with English abstract)
- Song, J.M., G.Y. Lee and J.S. Yi(2009) Growth environment and vegetation structure of natural habitat of *Polygonatum stenophyllum* Maxim. Journal of Forest Science 25(3): 187-194. (in Korean with English abstract)
- Uyeki, H.(1941) Northern distribution limit of evergreen broadleaved trees. Acta. Phytotax. Geobot. 10(2): 89-93. (in Japanese)
- Whittaker, R.H.(1956) Vegetation of the great smoky mountains. Ecol. Monography 26:1-80.
- Whittaker, R.H.(1965) Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250-260.

- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula: I. Distribution of some indices of thermal climate. Japanese Journal of Ecology 25(2): 77-88.
- Yim, Y.J. and T. Kira(1976) Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula: II. Distribution of climatic humidity/aridity. Japanese Journal of Ecology 26(3): 157-164.
- Yun, S.L., D.J. Seo, J.H. Lee, C.K. Lee and J.K. Kim(2006) Vegetation change at the damage area of pine wilt disease. Agriculture & Life Science 40(4): 5-12. (in Korean with English abstract)
- Yun, J.H., J.H. Kim, K.H. Oh and B.Y. Lee(2011) Distributional change and climate condition of warm-temperate evergreen broad-leaved trees in Korea. Kor J. Env. Eco. 25(1): 47-56. (in Korean with English abstract)
- Yun, J.H., J.S. Park, J.Y. Choi and K. Nakao(2017) Habitat prediction and impact assessment of *Eurya japonica* Thunb. under climate change in Korea. Journal of Environmental Impact Assessment 26(5): 291-302. (in Korean with English abstract)