

부산광역시 금정산 소나무림 식생구조 연구¹

이경재² · 곽정인^{3*} · 곽남현⁴ · 장종수⁴

Plant Community Structure of *Pinus densiflora* S. et Z. Forest in the Geumjeongsan (Mt.), Busan Metropolitan City¹

Kyoung-Jae Lee², Jeong-In Kwak^{3*}, Nam-Hyun Kwak⁴, Jong-Soo Jang⁴

요약

본 연구는 부산광역시 금정산 소나무림의 식생구조 특성을 분석하여 문화경관림으로서의 소나무림 보전을 위한 기초자료 구축을 목적으로 수행하였다. 금정산 소나무 식생구조 분석을 위해 산성을 기준으로 내부 소나무림에 10개소, 외부 소나무림에 8개소, 총 18개소의 조사구(단위면적: 400m²)를 설정하였다. TWINSpan 분석결과 총 6개의 군집으로 구분되었다. 6개의 군집은 졸참나무-소나무군집, 소나무군집, 소나무-졸참나무군집, 곰솔-소나무군집, 소나무-곰솔-상수리나무군집, 소나무-굴피나무군집이었다. 각 군집의 층위별 상대우점치 및 주요 수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 각각의 소나무군집은 졸참나무 또는 개서어나무군집으로 천이될 것으로 예측되었다. 수령분석결과 산성내부 군집은 32~37년생, 산성외부 소나무군집은 44~57년생이었다. Shannon의 종다양도지수는 0.4826~1.2499이었다. 소나무와 주요 수종간 상관관계는 때죽나무와 부의 상관관계를 보였다. 이상의 결과 산성내부는 소나무군집에서 졸참나무군집으로의 천이가 예측되었으며 산성외부는 소나무-곰솔군집에서 개서어나무-졸참나무군집으로의 천이가 예측되었다. 소나무 경관림 관리방안으로 아교목층과 관목층의 참나무류 및 교목성상의 낙엽활엽수 간벌과 소나무와 경쟁중인 낙엽활엽수의 수관전정 등의 관리가 필요하였다.

주요어: 문화경관림, TWINSpan, 평균상대우점치, 생태적 천이, 개서어나무

ABSTRACT

This study was carried out to provide a basic data for preservation of *Pinus densiflora* forest as cultural landscape forest by analyzing characteristics of plant community of *P. densiflora* forest in Geumjeongsan(mountain) in Busan city. In order to analyze plant community of *P. densiflora* in Geumjeongsan, we set up 10 study plots inside and 8 plots outside of Geumjeongsansung(mountain fortress, hereinafter ‘Sansung’)(unit area: 400m²), a total of 18 plots. TWINSpan analysis divided these 18 study plots into 6 communities which are *Quercus serrata*-*P. densiflora* community, *P. densiflora* community, *P. densiflora*-*Q. serrata* community, *P. thunbergii*-*P. densiflora* community, *P. densiflora*-*P. thunbergii*-*Q. acutissima* community, and *P. densiflora*-*Platycarya strobilacea* community. Importance Percentage (I.P.) of each area and DBH class distribution of main species showed that *P. densiflora* community would succeed to

1 접수 2013년 2월 26일, 수정 (1차: 2013년 8월 28일, 2차: 2013년 8월 30일), 게재확정 2013년 8월 31일

Received 26 February 2013; Revised (1st: 28 August 2013, 2nd: 30 August 2013); Accepted 31 August 2013

2 서울시립대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Univ. of Seoul, 163 Siripdaero, Dongdaemun-gu, Seoul 130-743, Korea

3 (재)환경생태연구재단 Environmental Ecosystem Research Foundation, Bang-i-dong, Songpa-gu, Seoul 138-052, Korea

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

* 교신저자 Corresponding author: kkwark@uos.ac.kr

Q. serrata community or *C. tschonoskii* community. Analysis on tree age found out that communities in the Sansung were 32~37 years old and those outside the Sansung were 44~57 years old. Shannon's species diversity index ranged from 0.4826 to 1.2499. Regarding correlation between species, *P. densiflora* had negative correlation with *Styrax japonica*. Based on abovementioned result we expected ecological succession from *P. densiflora* community to *Q. serrata* community inside of the Sansung. Outside the Sansung, succession from *P. densiflora*-*P. thunbergii* community to *C. tschonoskii*-*Q. serrata* community was expected. In order to manage *P. densiflora* forest as cultural landscape forest, *Q. spp* in the understory and shrub layer and deciduous broad-leaved arboreal trees should be managed. Tree crown management of deciduous broad-leaved trees in competition with *P. densiflora*, is also required.

KEY WORDS: CULTURAL LANDSCAPE FOREST, TWINSpan, MEAN IMPORTANCE VALUE, ECOLOGICAL SUCCESSION, *Carpinus tschonoskii*

서론

금정산은 행정구역상 부산시 동래구, 금정구, 북구 및 경남의 양산군 동면에 걸쳐 있으며(Kim *et al.*, 1997) 부산시민에게 심리적, 물리적, 경관적으로 중요한 역할을 해온 도시림으로 보전하여 후손들에게 물려주어야 할 공간이다(Kim, 2010). 금정산은 29종의 희귀 및 위기식물, 18종류의 고산식물, 11종류의 한국 특산식물이 있어(Kim *et al.*, 2004) 보존가치가 높은 지역으로 주로 식물상을 중심으로 한 식물분류와 식생현황에 대한 조사 및 연구가 진행되었으며(Kim *et al.*, 1993; Ahn, 2010; Kim *et al.*, 1997) Kim *et al.*(2004)은 금정산의 식생구조 및 식생변화 분석연구에서 1994년과 2003년의 식생조사결과를 비교하여 현존식생의 정량적 분석을 통해 천이과정을 추정하고 식생구조 변화를 분석하여 별목, 인공조림, 등산객의 이용밀도가 식생 천이에 영향을 주고 있음을 밝혔다.

또한, 금정산은 생태적 가치뿐만 아니라 면적 6,544,739 m²로 국내 최대 규모의 산성과 함께 서벽, 성문 등 많은 유적이 분포하고 있어(Kim *et al.*, 2004) 역사문화적 가치가 높은 지역으로서 이러한 역사·문화적 경관에 부합하는 양호한 소나무림이 금정산성 내외부에 현재까지 넓은 면적으로 남아있다. 소나무는 우리 민족의 삶, 역사, 문화와 더불어 청림, 인내, 절개, 의지 등을 상징하며 전통사찰 및 문화재 등의 건축재료 및 주요한 경관요소로서 문화경관을 형성해 왔다(Cho, 2009). 소나무림에 대한 연구는 주로 자연지역과 도시지역에 분포하는 소나무림을 대상으로 생태적 천이에 대한 연구가 주를 이루었으며 대부분 소나무림에서 졸참나무, 신갈나무 등 참나무류를 거쳐 서어나무 등 극상림으로 진행됨을 밝혔다(Lee *et al.*, 1990; Jo *et al.*, 1995;

Lee *et al.*, 1996). 소나무림을 문화적 측면에서 경관자원으로 접근한 연구는 주로 국립공원을 대상으로 진행되었는데 식물군집구조 조사 및 분석을 통해 천이계열을 밝히고 우량형질의 소나무 경관 보전·관리를 위한 방해극상적 관리방안을 제시하였다(Jo, 1987; Lee *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2009). Cho(2009)는 서울시의 내사산 중 하나인 인왕산을 대상으로 과거와 현재의 소나무림 경관변화와 분포현황 등을 밝히고 소나무림 보전을 위한 관리방안과 복원모형을 제시하였다. 선행연구에서 밝힌 바와 같이 소나무는 우리나라 국민이 가장 선호하는 수종으로 많은 관심을 갖고 보호·관리해 왔으나 소나무는 우리나라 온대림 자연상태에서는 천이계열상 초기단계에 속해 궁극적으로 낙엽활엽수림으로 변해갈 것이므로 소나무림 경관은 점차 소멸될 것이다(Jo, 1987).

이에 본 연구는 금정산의 문화경관적 가치가 우수한 소나무림과 자연식생군락을 대상으로 식물군집구조를 분석하여 식생구조의 특성과 천이계열을 밝히고 향후 금정산의 각종 문화자원과 어울리는 아름다운 경관 유지 및 관리를 위한 기초자료 구축을 목적으로 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

금정산은 부산시 동래구, 금정구, 북구 및 경남의 양산시 동면에 걸쳐 있으며 총 면적은 51.7km²이다. 이중 연구대상지는 금정산 금정산성 내외에 분포하는 소나무림을 대상으로 하였다. 조사구는 10m×10m 크기의 방형구 4개(400m²)를 1개소로 하여 금정산 산성 내부 북문 남측의 소나무림과 산성 외부 동측의 소나무림에 설정하였다. 조사구는 총 18

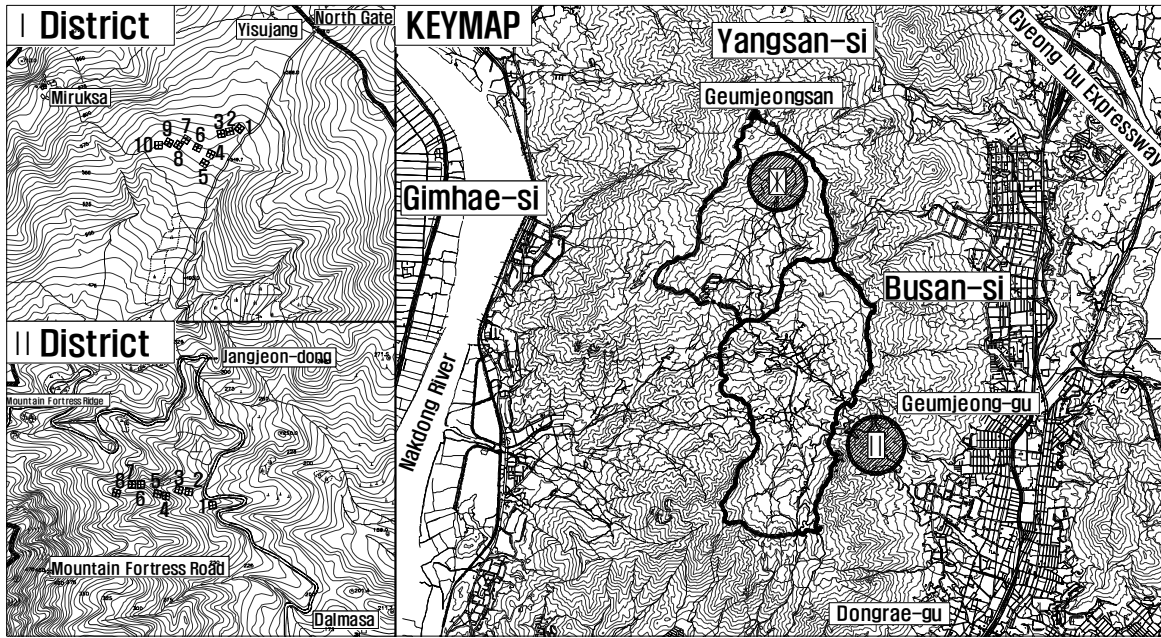


Figure 1. The location map of the survey plots in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

개소를 설정하였으며 2009년 11월에 조사하였다. 조사구 위치도는 Figure 1과 같다.

2. 조사분석 방법

1) 식생구조 조사

식생조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참조하여 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 수관층위별로 실시하였다. 교목층과 아교목층은 10m×10m 크기의 방형구에서 수목의 수고, 지하고, 흉고직경, 수관폭(장변×단변)을, 관목층은 각 방형구에서 5m×5m 크기로 중첩해서 설치한 소형 방형구 1개소에서 수목의 수고, 지하고, 수관폭(장변×단변)을 조사하였다.

2) 식물군집구조 분석

20m×20m(400m²) 방형구에서 실시한 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 부여한 {(교목층 I.P.×3)+(아교목층 I.P.×2)+(관목층 I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.)를 구하였다

(Park *et al.*, 1987). 군집의 분류는 상대우점치 분석자료를 토대로 TWINSPAN에 의한 classification 분석(Hill, 1979)을 실시하였으며 교목층 상대우점치를 바탕으로 각 군집명을 설정하였다. 각 군집의 조사구별 평균 흉고직경에 해당하는 개체목을 선정하여 성장추를 이용하여 목편을 추출한 후 목편의 나이테를 통해 수령을 분석하였고 조사구내 소나무와 경쟁상태의 수목을 선정하여 두 수종의 수령을 비교하였다. 또한 구분된 식물군집별 Shannon의 종다양도지수(Pielou, 1975) 및 균재도(J)를 분석하였으며 평균상대우점치를 이용하여 Pearson의 방법으로 소나무와 다른 출현종간의 상관관계 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 조사구 일반적 개황

Table 1은 금정산의 금정산성을 기준으로 내외곽에 설정한 조사구별 일반적 개황을 제시한 것이다. 금정산성 내부에 설정한 조사구 1~10은 서남향에서 남동향으로 경사도 15°미만의 완경사지에 주로 분포하였고 교목층 평균 수고 7~12m, 평균 흉고직경 14~22cm, 식생피도는 90~95%이었으며 아교목 피도는 10~50%이었다. 금정산성 외곽에 설정한 조사구 11~18은 남서향에서 북동향으로 동향과 남동향이 주로 분포하였고 경사도는 5~45°로 일부 급경사면에 조사구를 설정하였다. 교목층 수고는 20~24m로 산성 내부에

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Community		I		II				III				IV	V				VI		
Plots number		9	10	2	4	5	7	1	3	6	8	11	12	13	14	16	15	17	18
Aspect		W42S S32W		S28W E32S		E38S W42S		S20E S28W S30W W34S				S	S45W E		E S20E		N45E S20E S10E		
Slope(°)		4	7	15	18	15	6	14	8	5	6	30	5	10	15	30	20	40	45
Plot area(m ²)		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Canopy	Height(m)	8	8	12	9	9	11	7	10	7	11	22	23	24	24	24	20	24	20
	Mean DBH(cm)	16	18	22	18	15	18	14	18	15	18	30	30	30	30	30	35	40	40
	Cover(%)	90	90	90	95	95	90	90	90	90	90	80	70	80	70	80	80	80	70
Under story	Height(m)	4	3	5	5	5	3	3	4	4	3	11	7	10	10	10	10	8	9
	Mean DBH(cm)	4	5	8	4	5	4	5	5	4	5	4	10	13	10	10	10	12	10
	Cover(%)	40	50	30	10	10	20	10	50	30	30	40	10	30	40	20	40	20	30
Shrub	Height(m)	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2
	Cover(%)	30	30	50	70	70	40	40	50	30	30	30	20	10	5	1	5	1	10

설정된 소나무림에 비해 수고가 높았으며 평균 흉고직경도 30~40cm로 주로 대경목이 분포하였으며 식생피도는 70~80%로 산성 내부 소나무림에 비해 낮았다. 아교목층 피도는 10~40%로 산성내부와 유사하였다.

2. 군집분류

금정산에 소나무림에 설정한 18개 조사구별 종조성을 분석하고자 Classification 분석 중 TWINSpan 분석을 실시하여 군집을 분류하였다. 군집분류는 많은 식생에 대하여 식생자료를 바탕으로 식별종(Differential species)에 의해 구분되는 것으로 분석결과 제 1division에서는 왼쪽으로 진달래가 식별종이었으며 제 2division에서는 왼쪽으로 굴피나무, 제 3division에서는 오른쪽으로 굴피나무가 식별종이

었다. 제 5division에서는 왼쪽으로 때죽나무가 식별종이었으며 제 6division에서는 느티나무에 의해 군집이 분류되었다. 군집은 총 6개로, 제 1division에서 진달래에 의해 산성 내부와 산성 외부에 설정한 조사구가 크게 구분되었으며 산성 내부 군집 3개, 산성 외부 군집 3개로 각각 분류되었다.

Table 2는 구분된 6개 군집의 특성을 분석하기 위해 조사구별 주요 수종의 평균상대우점치를 제시한 것이다. 군집 I(조사구 9, 10)은 졸참나무와 상수리나무 등 참나무류와 때죽나무의 우점도가 높아 소나무의 세력이 낮은 군집이었고 군집 II(조사구 2, 4, 5, 7)는 소나무가 우점하면서 졸참나무와 경쟁하는 군집이었다. 군집 III(1, 3, 6, 8)은 졸참나무와 소나무가 경쟁하는 군집이었으며 때죽나무의 상대우점치가 높았다. 군집 IV(조사구 11)는 곰솔과 소나무가 우점하는 군집이었으며 군집 V(조사구 12, 13, 14, 16)는 소

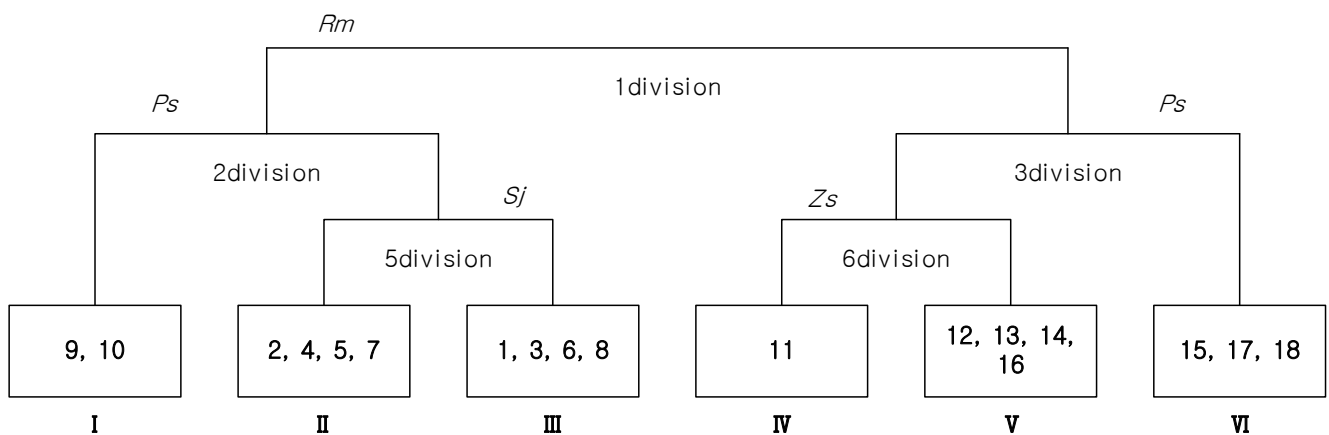


Figure 2. Dendrogram of classification by TWINSpan using eighteen plots in the *Pinus densiflora* in Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city(Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Ps: *Platycarya strobilacea*, Sj: *Styrax japonica*, Zs: *Zelkova serrata*)

Table 2. Mean importance percentage of the woody plants by the stratum in six community types classified by TWINSpan in Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

Species name	Community type I		Community type II				Community type III			
	9	10	2	4	5	7	1	3	6	8
<i>Pinus densiflora</i>	9.6	9.7	34.4	69.3	70.5	49.4	16.7	24.5	10.6	38.1
<i>Pinus thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-
<i>Quercus serrata</i>	17.7	24.0	18.6	4.8	8.9	12.2	38.8	28.1	25.7	23.4
<i>Quercus acutissima</i>	13.4	4.1	16.6	2.5	1.2	2.3	4.2	1.2	4.9	4.8
<i>Carpinus tschonoskii</i>	9.8	3.8	-	-	-	0.4	-	-	-	0.5
<i>Platycarya strobilacea</i>	1.8	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	27.7	24.3	6.3	5.4	4.0	7.5	23.7	13.1	20.5	12.3
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	1.3	2.2	5.5	8.3	6.6	2.9	4.6	3.3	5.7	1.1
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	5.4	4.5	3.5	2.2	2.3	6.5	4.0	8.8	11.2	6.8
Other species	13.3	25.8	15.2	7.5	6.6	18.7	6.5	21.1	21.5	12.9

(Table 2. Continued)

Species name	Community type IV		Community type V				Community type VI	
	11	12	13	14	16	15	17	18
<i>Pinus densiflora</i>	20.0	28.2	19.8	4.8	25.3	31.3	20.4	26.3
<i>Pinus thunbergii</i>	35.1	10.4	24.2	5.0	3.0	3.9	-	3.5
<i>Quercus serrata</i>	8.5	2.5	0.6	10.5	6.1	7.5	-	8.3
<i>Quercus acutissima</i>	0.3	25.6	3.1	5.4	9.6	0.4	-	0.5
<i>Carpinus tschonoskii</i>	6.4	3.3	-	11.2	15.3	-	26.8	1.6
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	0.2	-	-	-	2.3	10.2	18.0
<i>Styrax japonica</i>	6.3	16.1	27.3	34.7	18.4	28.0	16.2	14.7
<i>Zelkova serrata</i>	0.8	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.9	3.4	3.9	13.1	1.8	4.3	3.6	0.9
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.3	0.9	0.7	0.6	1.5	0.6	-	-
Other species	21.5	9.6	20.4	14.9	19.0	21.7	22.9	25.0

나무와 곰솔이 우점하면서 때죽나무의 평균상대우점치가 높은 군집이었다. 군집 VI은 소나무가 우점하면서 개서어나무와 굴피나무 등 낙엽활엽수와 경쟁하는 군집이었다. 크게 산성 내부(군집 I, II, III)와 산성 외부(군집 IV, V, VI)의 차이를 비교해 보면 대체로 산성 내부의 소나무군집에서 진달래의 상대우점치가 높았으며 졸참나무, 상수리나무 등 참나무류의 상대우점치가 높고 개서어나무, 굴피나무 등의 상대우점치는 상대적으로 낮았다. 산성외부는 대체로 진달래의 상대우점치 낮았고 소나무 외에도 곰솔의 상대우점치가 높았으며 개서어나무, 굴피나무 등이 참나무류에 비해 높은 상대우점치를 나타내었다. 금정산성 소나무림의 군집은 최종 졸참나무-소나무군집(군집 I), 소나무군집(군집 II), 소나무-졸참나무군집(군집 III), 곰솔-소나무군집(군집 IV), 소나무-곰솔-상수리나무군집(군집 V), 소나무-굴피나무군집(군집VI)으로 분류되었다.

3. 군집별 식생구조 특성

1) 군집별 상대우점치 및 흉고직경급별 분포

Table 3은 금정산 소나무림 각 군집의 층위별 상대우점치를 제시한 것이다. 군집 I은 산성 내부에 위치한 군집으로 교목층에서 졸참나무(I.P.: 37.9%)가 우점하면서 소나무(I.P.: 19.1%)가 경쟁하였으며 상수리나무(I.P.: 13.9%), 때죽나무(I.P.: 12.3%)의 우점도가 높았다. 아교목층에서는 때죽나무가 우점종이었으며 관목층에서는 진달래, 노린재나무가 주요 출현수종이었다. 주요 수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 주로 흉고직경 27cm미만에 수목이 주로 분포하였으며 특히 흉고직경 12~17cm 졸참나무가 상대적으로 많았고 소나무는 대경목이 주로 분포하였으나 개체수가 적어 향후 졸참나무림으로의 천이가 예측되었다. 군집II는 산성 내부에 위치한 군집으로 교목층에서 소나무(I.P.: 82.8%)

가 우점하였으며 졸참나무(I.P.: 8.1%)와 상수리나무(I.P.: 3.0%)가 함께 출현하였다. 아교목층에서도 소나무의 상대 우점치가 높았으며 졸참나무, 상수리나무, 때죽나무가 함께 출현하였다. 관목층에서는 비목나무와 진달래가 주요 출현수종이었다. 주요 수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 흉고 22cm미만의 소나무가 대부분이었으며 졸참나무와 상수리 나무의 개체수가 적어 당분간 현재의 군집이 유지될 것으로 판단되었다. 군집Ⅲ은 산성 내부에 위치한 군집으로 교목층에서 소나무(I.P.: 43.4%)가 우점하였으나 졸참나무(I.P.: 40.2%)와 경쟁하였고 아교목층에서는 때죽나무와 함께 졸참나무의 상대우점치가 높았다. 관목층에서는 진달래와 비목나무가 주요 출현수종이었다. 주요 수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 흉고직경 2~22cm의 졸참나무가 다수 분포하고 있어 졸참나무림으로의 천이가 예측되었다.

군집 IV는 산성 외부 동측사면에 위치한 군집으로 교목

층에서 곰솔(I.P.: 53.2%)와 소나무(I.P.: 40.0%)가 우점하였으며 개서어나무가 일부 출현하였고 아교목층에서는 곰솔과 산벚나무가 우점종이었다. 관목층에서는 졸참나무가 주요 출현수종이었다. 주요 출현수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 대체로 흉고직경 12~42cm의 수목이 분포하였으며 곰솔과 소나무가 대부분이었으며 흉고직경 2~7cm의 개서어나무와 졸참나무가 분포하였으나 개체수가 적어 현재의 군집이 유지될 것으로 판단되었다. 군집 V는 산성 외부 동측 사면에 위치한 군집으로 교목층에서 소나무(I.P.: 34.7%)와 곰솔(I.P.: 21.2%)이 우점하면서 상수리나무, 개서어나무와 경쟁하였으며 아교목층에서는 때죽나무의 상대우점치가 높았다. 관목층 주요 출현수종은 비목나무와 때죽나무이었다. 주요 출현수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 흉고직경 12~37cm의 수목이 주로 분포하였으며 대부분 대경목으로 개체수가 적었으며 차대를 형성할 소경목은 개서어나무와

Table 3. Importance percentage of the woody plants by the stratum in six *P. densiflora* community types classified by TWINSpan in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

Species name	Community type				I*				II*				III*			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>P. densiflora</i>	19.1	-	-	9.5	82.8	46.8	-	57.0	43.4	4.2	-	23.1				
<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	0.2				
<i>Q. serrata</i>	37.9	4.3	-	20.4	8.1	12.9	13.6	10.6	40.2	21.5	10.9	29.1				
<i>Q. acutissima</i>	13.9	2.7	-	7.9	3.0	11.1	1.3	5.4	5.9	2.0	1.4	3.8				
<i>Q. variabilis</i>	-	1.2	-	0.4	0.7	0.7	-	0.6	2.5	1.2	0.9	1.8				
<i>C. tschonoskii</i>	7.3	6.5	-	5.8	0.2	-	-	0.1	-	0.5	-	0.2				
<i>P. strobilacea</i>	-	-	9.7	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>S. obassia</i>	-	-	1.2	0.2	-	1.8	4.3	1.3	-	0.3	0.3	0.2				
<i>S. japonica</i>	12.3	65.4	4.5	28.7	3.4	10.4	3.8	5.8	5.5	41.0	2.7	16.9				
<i>Sapium japonicum</i>	1.3	6.5	3.5	3.4	0.4	-	0.7	0.3	-	4.7	0.3	1.6				
<i>Ilex macropoda</i>	-	-	0.6	0.1	0.2	1.4	0.5	0.6	-	2.3	1.3	1.0				
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	1.7	3.5	1.1	0.2	3.0	3.1	1.6	-	2.6	1.9	1.2				
<i>Sorbus alnifolia</i> var. <i>macrophylla</i>	-	2.1	0.6	0.8	0.2	2.0	-	0.8	-	3.4	-	1.1				
<i>Prunus sargentii</i>	1.3	1.3	-	1.1	-	-	-	-	1.1	1.3	1.0	1.1				
<i>L. erythrocarpa</i>	0.9	0.5	7.5	1.9	-	1.4	33.3	6.0	0.9	4.1	14.7	4.3				
<i>Carpinus coreana</i> var. <i>multiflora</i>	1.8	1.9	-	1.5	-	1.4	0.6	0.6	-	2.1	-	0.7				
<i>R. mucronulatum</i>	-	-	29.0	4.8	-	-	19.5	3.2	-	-	41.4	6.9				
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.7	3.0	0.7	-	0.6	3.7	0.8	-	-	3.6	0.6				
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	0.2	0.9	-	0.4	-	-	-	-				
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	5.3	0.9	-	-	-	-	-	-	1.9	0.3				
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.3	4.1	10.3	3.7	-	0.5	4.5	0.9	-	0.6	2.5	0.6				
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	-	-	-	-	1.2	0.2	-	-	1.8	0.3				
Others	<i>Smilax china</i> var. <i>microphylla</i> , <i>Rhus succedanea</i> etc. (Total species: 38)				<i>Quercus dentata</i> , <i>Acer pseudo-sieboldianum</i> etc. (Total species: 31)				<i>Quercus dentata</i> , <i>Viburnum erosum</i> etc. (Total species: 38)							

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

(Table 3. Continued)

Species name	Community type				IV*				V*				VI*				
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	
<i>P. densiflora</i>	40.0	-	-	20.0	34.7	6.7	-	19.6	53.1	-	-	26.6					
<i>P. thunbergii</i>	53.2	25.6	-	35.1	21.2	1.7	-	11.2	2.7	5.1	-	3.0					
<i>Q. serrata</i>	-	11.9	27.1	8.5	2.2	5.3	1.3	3.1	7.5	3.7	0.7	5.1					
<i>Q. acutissima</i>	-	-	1.8	0.3	18.7	3.5	2.3	10.9	-	-	2.3	0.4					
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1					
<i>C. tschonoskii</i>	5.2	10.8	1.0	6.4	11.5	1.0	2.5	6.5	7.6	16.5	-	9.3					
<i>P. strobilacea</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	0.1	17.6	1.8	4.3	10.1					
<i>S. obassia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
<i>S. japonica</i>	-	18.9	-	6.3	1.5	68.1	20.2	26.8	-	54.2	10.1	19.8					
<i>Sapium japonicum</i>	-	-	-	-	-	-	3.7	0.6	-	5.2	-	1.7					
<i>Ilex macropoda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	-	0.7	2.8	0.7					
<i>Sorbus alnifolia</i> var. <i>macrophylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
<i>Prunus sargentii</i>	-	26.4	7.6	10.1	1.8	1.0	1.6	1.5	3.1	-	-	1.5					
<i>L. erythrocarpa</i>	-	-	5.3	0.9	-	2.6	27.9	5.5	-	-	17.7	3.0					
<i>Carpinus coreana</i> var. <i>multiflora</i>	-	-	1.0	0.2	1.1	-	-	0.6	-	-	-	-					
<i>R. mucronulatum</i>	-	-	1.8	0.3	-	-	5.7	1.0	-	-	1.2	0.2					
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	1.0	0.2	-	3.0	9.7	2.6	-	0.8	10.3	2.0					
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	1.8	-	-	0.9	8.5	3.2	-	5.3					
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	-	-	26.2	4.4					
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	1.4	0.2	-	-	-	-					
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	19.2	3.2	-	-	3.7	0.6	-	-	-	-					
Others	<i>Zanthoxylum planispinum</i> , <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> etc. total species: 21				<i>Alnus firma</i> , <i>Lindera glauca</i> etc. total species: 35				<i>Rhus trichocarpa</i> , <i>Rhus succedanea</i> etc. total species: 34								

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

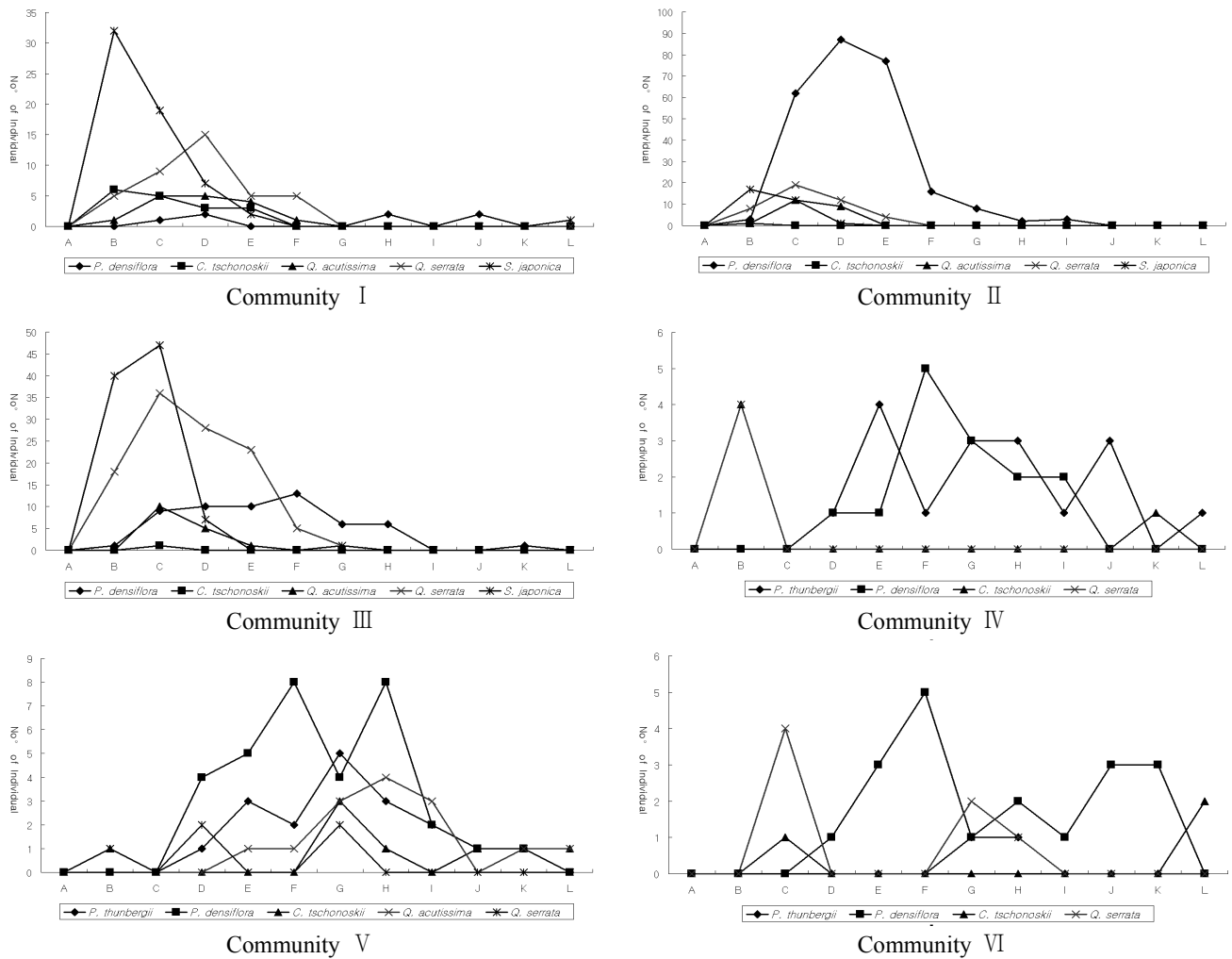
졸참나무가 소규모 개체가 분포하여 현재의 경쟁상태를 유지할 것으로 판단되나 장기적으로는 소나무 도태 후 졸참나무-개서어나무군집으로의 천이가 예측되었다. 군집VI은 산성 외부 동측사면에 위치한 군집으로 교목층에서 소나무(I.P.: 53.1%)가 우점하면서 굴피나무(I.P.: 17.6%), 개서어나무(I.P.: 7.6%)와 경쟁하였으며 아교목층에서는 때죽나무와 개서어나무의 상대우점치가 높았다. 관목층에서는 국수나무와 생강나무가 주요 출현수종이었다. 주요 출현수종의 흉고직경급별 분포 분석결과 흉고직경 22~52cm의 수목이 주로 분포하였으며 대경목으로 개체수는 적은 상태였다. 흉고직경 17cm이하의 수목은 주로 졸참나무와 개서어나무로 개체수는 적었으나 장기적으로 소나무 도태 이후에 졸참나무-개서어나무군집으로의 천이가 예측되었다.

금정산의 소나무군집별 상대우점치 및 흉고직경급 분포 분석결과 산성내부와 산성외부의 군집구조가 상이하였는데, 산성내부의 소나무군집 I~III은 대체로 향후 졸참나무로의 천이가 예측되었으며 산성 외부의 소나무군집 IV~VI

은 졸참나무-개서어나무로의 천이가 예측되었다. 두 지역의 군집별 천이방향에는 차이가 있었으나 선행연구에서와 같이 참나무류를 거쳐 서어나무가 우점하는 군집으로의 천이가 예측되어(Jo, 1987; Lee *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2009) 소나무림 보전을 위해서는 지속적인 관리가 필요하였다.

2) 군집별 표본목 수령

군집별 주요 표본목의 수령분석결과 산성내부 군집 I~III의 경우 소나무와 졸참나무, 개서어나무의 수령이 32~37년생으로 유사하였으며 산성외부 군집 IV~VI은 44~57년생으로 소나무와 개서어나무의 수령에 큰 차이가 없었다. 그러나 산성 내부와 외부의 소나무림을 비교해보면 수령이 10년 정도의 차이를 보였다. 이는 산성 내부 소나무림의 경우 산성 내부에 형성된 마을지역과 인접해 있어 화석연료가 보편화되기 전까지 산림을 지속적으로 이용하였기 때문인 것으로 판단되었다.



* A: DBH<2, B: 2≤DBH<7, C: 7≤DBH<12, D: 12≤DBH<17, E: 17≤DBH<22, F: 22≤DBH<27, G: 27≤DBH<32, H: 32≤DBH<37, I: 37≤DBH<42, J: 42≤DBH<47, K: 47≤DBH<52, L: DBH≥52

Figure 3. The distribution of the major woody species' diameter of breast height in six *P. densiflora* community types in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

Table 4. Age analysis of the six *P. densiflora* community types in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

Community type	Species name	Height(m)	DBH(cm)	Age(year)
I	<i>C. tschonoskii</i>	9	20	33
	<i>Q. serrata</i>	9	19	32
II	<i>P. densiflora</i>	11	21	33
	<i>P. densiflora</i>	11	23	37
III	<i>Q. serrata</i>	12	18	37
	<i>P. densiflora</i>	12	15	36
IV	<i>C. tschonoskii</i>	24	37	49
	<i>P. densiflora</i>	22	29	44
V	<i>C. tschonoskii</i>	23	42	46
	<i>P. densiflora</i>	24	41	54
VI	<i>P. densiflora</i>	24	44	54
	<i>P. densiflora</i>	16	34	57

3) Shannon의 종다양도지수

금정산 소나무군집의 단위면적 400m²당 종다양도지수 분석결과 0.4826~1.2499로 군집 I의 종다양도지수가 다소 높았고 군집 V의 종다양도지수가 낮은 값을 나타내었으나 군집 II, III, IV, VI은 유사하였다. 종다양도지수가 낮은 군집 V의 조사구 14의 경우 전체적인 출현종수가 다른 조사구에 비해 현저히 적었으며 관목층에서 비목나무가 높은 밀도로 출현하여 균재도가 0.4333으로 낮아 전체적인 Shannon의 종다양도지수가 최대종다양도지수에 비해 크게 낮은 값을 나타내었다. 소나무림을 대상으로한 선행연구 결과와 비교해보면 치악산국립공원 1.3252(Park et al., 1988)보다 다소 낮았으며, 가야산국립공원 1.1644(Lee et al., 1989), 속리산국립공원 1.0041(Lee et al., 1990)보다 높은 값을 나타내었다. 특히, 도시와 인접한 산림으로서의 특성이 유사한 서울시 소나무림 0.6650~1.2547(Lee et al., 2009)과 유사하였다.

4) 소나무와 주요 수종 간 상관관계 분석

Table 6은 금정산 소나무림에 설정한 18개 조사구의 조사구별 주요 수종 평균상대우점치 자료에 의하여 소나무와 주요 수종들의 분포간 상관성을 Pearson의 방법으로 분석한 결과이다. 식물군집 내에서 수종간 상관관계는 이들 수종이 서로 같은 생육지를 선택하거나 같은 유기 및 무기환경을 요구하게 될 때 생긴다(Ludwing and Reynolds, 1988). 분석결과 교목층 일부와 아교목층에서 주로 생육하는 때죽나무는 소나무와 부의 상관관계가 인정되었다. 소나무와 경쟁하여 천이가 진행될 것으로 예측된 졸참나무, 개서어나무

는 부의 상관성은 보였으나 유의성은 인정되지 않았는데, 이는 산성외부 조사구에서 소나무와 유사한 생태적 지위를 갖는 곰솔의 상대우점치가 높아 소나무와의 상관관계가 명확히 나타나지 않은 것으로 판단되었다. 그러나 소나무와 같은 성상의 졸참나무, 개서어나무는 선행연구(Lee et al., 2006; Choi et al., 2009) 및 본 연구 분석결과 소나무림 보전을 위해 관리가 필요한 수종이었다. 특이한 점은 일반적으로 소나무와 다른 층위를 형성하는 때죽나무와의 부의 상관관계가 높은 유의성을 보였는데, 이는 산성 내부 소나무림의 경우 계곡부 전석지에 주로 분포하고 있어 평균 수고가 낮아 교목층에서 때죽나무와의 경쟁관계를 갖는 지역이 일부 분포하였기 때문이었다.

4. 식생천이 예측 및 관리방안

금정산 소나무군집 식물군집구조 분석결과를 종합하여 소나무군집의 생태적 천이를 예측해본 결과 산성내부의 경우 소나무군집에서 소나무-졸참나무군집, 졸참나무-소나무군집을 거쳐 졸참나무군집으로 천이될 것으로 예측되며 산성외부의 경우 소나무군집에서 소나무(곰솔)-졸참나무-개서어나무군집, 개서어나무-졸참나무-소나무(곰솔)군집에서 개서어나무-졸참나무군집으로 천이될 것으로 판단되었다. 산성 내부와 외부의 식생구조 및 천이의 차이는 10년 정도의 수령차 및 산성 내부 계곡부와 산성외곽 사면지역의 환경요인 차이에 의한 것으로 판단되나 대체로 참나무류를 거쳐 개서어나무로 천이되는 기존 연구결과(Jo, 1987; Lee et al., 1990; Kwon, 2003; Lee et al., 2006; Choi et al., 2009)와 유사하였다.

Table 5. Various species diverse of the six *P. densiflora* community types in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city (Unit: 400 m²)

Community type	H'(Shannon)*	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
I	1.1508~1.1949	0.8089~0.8232	0.1768~0.1911	1.4771~1.3979
II	0.8306~1.1010	0.6617~0.7977	0.2023~0.3383	1.2553~1.3802
III	0.8720~1.0537	0.6702~0.7969	0.2031~0.3298	1.3010~1.3617
IV	1.0477	0.7924	0.2076	1.3222
V	0.4826~1.2499	0.4333~0.8941	0.1059~0.5667	1.1139~1.3979
VI	0.8260~1.2571	0.6860~0.7969	0.1007~0.3140	1.2041~1.3979

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

Table 6. Correlation between the importance values of *P. densiflora* and the major woody species in *P. densiflora* community in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

	<i>S. japonica</i>	<i>C. tschonoskii</i>	<i>Q. serrata</i>	<i>P. strobilacea</i>
<i>P. densiflora</i>	-.742*	-.353	-.275	.114

*: Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 7. Prediction of ecological succession and management plan for *P. densiflora* forest community in the Geumjeongsan(Mt.), Busan metropolitan city

	Division	Main contents
Prediction of ecological succession in Geumjeongsan(Mt.)	Inside of the mountain fortress wall	▪ <i>P. densiflora</i> forest community→ <i>P. densiflora</i> - <i>Q. serrata</i> forest community→ <i>Q. serrata</i> - <i>P. densiflora</i> forest community→ <i>Q. serrata</i> forest community
	Outside of the mountain fortress wall	▪ <i>P. densiflora</i> (<i>P. thunbergi</i>) forest community→ <i>P. densiflora</i> (<i>P. thunbergi</i>)- <i>Q. serrata</i> - <i>C. tschonoskii</i> forest community→ <i>C. tschonoskii</i> - <i>Q. serrata</i> - <i>P. densiflora</i> (<i>P. thunbergi</i>) forest community→ <i>C. tschonoskii</i> - <i>Q. serrata</i> forest community
Management plan	Maintenance of <i>P. densiflora</i> forest community	▪Felling <i>Q. spp</i> and <i>C. tschonoskii</i> in under canopy layer and shrub layer
	Potential succession to <i>Q. spp</i> and <i>C. tschonoskii</i> forest community	▪Triming crown of <i>Q. spp</i> and <i>C. tschonoskii</i> ▪Felling <i>Q. spp</i> and <i>C. tschonoskii</i> in under canopy layer and shrub layer
	Succession to <i>Q. spp</i> and <i>C. tschonoskii</i> forest community	▪Induction of ecological succession

따라서 금정산의 다양한 역사문화적 요소에 부합하는 소나무 문화경관 보전을 위해서는 소나무 하층의 경쟁종의 지속적인 간벌을 통한 방해극상적 관리와 소나무경쟁림의 교목층 낙엽활엽수 수관 축소를 위한 전정관리 등을 통해 소나무림을 유지해야 할 것이다. 다만 군집 I 과 같이 천이가 많이 진행된 경우 소나무림 복원을 위해서는 많은 관리비용과 소나무림 복원을 위한 별도의 사업이 요구되기 때문에 생태적 천이가 진행되도록 하는 것이 합리적이라 판단된다. 이러한 관리방안은 군집구조 조사결과에 근거한 개략적인 방법으로서 구체적인 대상지 및 상세한 관리방법은 후속 연구를 통해 소나무군집의 유형을 다양화하고 정밀한 분포도면을 작성하여야 할 것이다.

Classification of the Individuals and Attribute. Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, NY, 99pp.

Jo, J.C.(1987) Studies on the Conservation of *Pinus densiflora* Community in the Nature Park - Case Study of Hongru Dong Ravine, Mt. Gaya National Park -. Thesis for the Degree of Master, Graduate school, University of Seoul, 56pp. (in Korean with English abstract)

Jo, J.C., W. Cho and B.H. Han(1995) The plant community structure of *Pinus densiflorain* forest in Chuwangsans national park. Kor. J. Env. Eco. 8(2): 121-134. (in Korean with English abstract)

Kwon, J.O.(2003) A Study on the Application of the Ecological Evaluation for the Nature-friendly Residential Site Development Planning. University of Seoul Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor, 281pp. (in Korean with English abstract)

Kim, M.K., H.Y. Lee and J.W. Kim(1993) Ecological studies of eastern valley vegetation in Mt. Kumjung(Pusan). J. of the Korean Environmental Sciences Society 2(1): 1-8. (in Korean with English abstract)

Kim, M.K., C.H. Bae and J.W. Kim(1996) Floristic study on Mt. Kumjung. J. of the Korean Environmental Sciences Society 6(2): 165-171. (in Korean with English abstract)

Kim, S.K., W.I. Jang and J.C. Nam(2004) Analysis of vegetation structure and phytosociological change of Mt. Geumjung. Research Work of Donga University 28(1): 15-31. (in Korean with English abstract)

Kim, M.K., C.H. Bae and J.W. Kim(1997) Character analysis of the flora of Mt. Kumjung. J. of the Korean Environmental Sciences Society 6(1): 89-94. (in Korean with English abstract)

Kim, S.K.(2010) Restoration plan and ecological characteristics of vegetation in the area adjacent to Geumjeong mountain

LITERATURE CITED

Ahn, S.G.(2001) A Study on Change in Floras of the Mt. Keumjung. Thesis for the Degree of Master, Graduate School, Dong-A University, 52pp. (in Korean with English abstract)

Brower, J.E. and J.H. Zar(1997) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.

Cho, J.S.(2009) A Study on Restoration Plan of Cultural Landscape Forest and Change of *Pinus densiflora* Forest in Inwangsans, Seoul. Thesis for the Degree of Master, Graduate school of Urban Science, Univ. of Seoul, 164pp. (in Korean with English abstract)

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

Hill, M.O.(1979) TWINSpan- a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two Way Table by

- fortress. J. of the Environmental Impact Assessment 19(3): 231-245. (in Korean with English abstract)
- Kwon, J.O.(2003) A Study on the Application of the Ecological Evaluation for the Nature-friendly Residential Site Development Planning. University of Seoul Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor, 281pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.C. Jo and J.S. Woo(1989) Analysis of the plant community structure in Gayasan national park by the ordination and classification technique. Kor. J. Env. Eco. 3(1): 28-41. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., K.B. Yim, J.C. Jo and C.H. Ryu(1990) Studies on the structure of the forest community in Mt. Sokri(I) - The conservation planning of *Pinus densiflora* community -. Kor. J. Env. Eco. 4(1): 23-32. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., W. Cho and B.H. Han(1996) Restoration and status of urban ecosystem in Seoul - Plant community structure in forest area -. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 113-127. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.J., J.W. Choi, W.K. Choi and B.H. Han(2006) Ecological characteristics and change for fifteen years(1989~2004) of plant community structure of the *Pinus densiflora* S. et Z. forest in Hongrudong valley, Gayasan national park. Kor. J. Env. Eco. 20(2): 188-199. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., K.J. Lee and C.J. Woo(2009) Management plan to consider ecological characteristic of *Pinus densiflora* community in Seoul. Kor. J. Env. Eco. 23(3): 258-271. (in Korean with English abstract)
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) Statistical ecology - A primer on methods and computing -. John Wiley and Sons Publication, NY, 337pp.
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Park, I.H, K.J. Lee and J.C. Jo(1987) Forest community structure of Mt. Bukhan area. Kor. J. Env. Eco. 1: 1-24. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H, K.J. Lee and J.C. Jo(1988) Structure of forest communities in Chiak mountain national park - Case study of Guryong temple-Birobong area -. Kor. J. Env. Eco. 2(1): 1-9. (in Korean with English abstract)
- Pielou, E.C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley and Sons, NY, 385pp.
- Yim, K.B., K.J. Lee and I.H. Park(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)