

# 가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림의 생태적 특성 및 15년간(1989년~2004년) 식생구조 변화분석<sup>1</sup>

이경재<sup>2\*</sup> · 최진우<sup>3</sup> · 최윤규<sup>4</sup> · 한봉호<sup>2</sup>

## 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<sup>1</sup>

Kyong-Jae Lee<sup>2\*</sup>, Jin-Woo Choi<sup>3</sup>, Woon-Kyoo Choi<sup>4</sup>, Bong-Ho Han<sup>2</sup>

### 요약

본 연구는 가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림의 생태적 특성 및 기존 소나무림에 대한 15년간 식생구조 변화 실태를 분석하여 소나무림 보전관리방안의 기초자료 제공을 목적으로 하였다. 소나무림내에 20개 조사지(단위면적: 500m<sup>2</sup>)를 설정하여 TWINSPAN 분석결과 7개 군집유형으로 구분되었으며 교목층에서는 소나무, 아교목층에서는 서어나무, 굴참나무, 졸참나무, 관목층에서는 조릿대, 진달래, 개웃나무 등이 우점종이었다. 샤논의 종다양도는 0.6803~1.2559이었고 출현종수는 27~40종이었다. 15년간 식생구조 변화 분석결과 상대우점치는 아교목층에서 서어나무, 졸참나무, 굴참나무의 세력이 증대되었다. 샤논의 종다양도는 0.2608~1.0124에서 0.5547~1.2567로 출현종수는 14~26종에서 26~34종으로 증가하였다.

주요어 : 천이, 상대우점치, 샤논의 종다양도

### ABSTRACT

The purpose of this study was to provide data for conservation management of *Pinus densiflora* forest by analyzing ecological characteristics and the change of *Pinus densiflora* community structure for fifteen years in Gayasan National Park. According to the results of TWINSPAN analysis of *Pinus densiflora* forest, there were twenty plots(unit: 500m<sup>2</sup>) and it was classified into seven community types. The dominant species were *Pinus densiflora* in canopy layer, *Carpinus laxiflora*, *Quercus variabilis*, *Quercus serrata* in the understory layer and *Sasa borealis*, *Rhododendron mucronulatum*, *Rhus trichocarpa* in the shrub layer. The index of shannon's diversity was from 0.6803 to 1.2559 per 500m<sup>2</sup> and the range of species number was

1 접수 3월 30일 Received on Mar. 30, 2006

2 서울시립대학교 도시과학대학 Collage of Urban Sciences, Univ. of Seoul (130-743), Korea (ecology@uos.ac.kr)

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul (130-743), Korea

4 국립공원관리공단 속리산사무소

\* 교신저자, Corresponding author

from twenty-seven to forty. As a result of the change of *Pinus densiflora* forest structure, the importance percentage(I.P.) of *Carpinus laxiflora*, *Quercus variabilis*, *Quercus serrata* in the understory layer were increased for fifteen years. The index of shannon's diversity changed 0.2608~1.0124 into 0.5547~1.2567 per 500m<sup>2</sup> and species number changed 14~26 into 26~34 for fifteen year.

**KEY WORDS : SUCCESSION, IMPORTANCE PERCENTAGE, SHANNON'S DIVERSITY**

## 서론

산림청이 2001년에 실시한 산림에 대한 국민의식조사 결과 우리 국민들이 가장 선호하는 나무는 소나무이었다(한국갯벌조사연구소, 2001). 예전부터 오늘날까지 소나무는 우리 민족의 삶, 역사, 문화와 더불어 청렴, 인내, 절개, 의지 등을 상징하며 전통사찰 및 문화재 등의 건축재료 및 주요한 경관요소로서 고유한 문화경관을 형성해왔다. 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)는 한반도, 일본, 중국의 산둥반도, 백두산 동북부 지역에 분포하는 침엽(針葉)수종으로서 수평적으로 북위 30° 20' ~ 46° 사이의 온대 및 아한대지역에 분포한다(이창복, 1980). 우리나라는 전국적으로 소나무림이 지속적으로 감소하고 있는 추세인데 국립산림과학원의 조사결과에 따르면 2002년도 소나무림 면적은 1,613,448ha로 1980년도 3,649,000ha와 비교해 볼 때 약 56%정도가 감소한 상태이었다. 소나무림 감소 원인은 천이에 의한 도태, 인위적 벌채, 산불 등이 있으나, 신갈나무 등의 낙엽활엽수 세력 확대에 따른 소나무 도태가 주된 이유이다.

가야산국립공원은 북위 약 35° 소백산 지맥에 위치하며 온대기후가 105.8°C(1971~2000년)으로서 온대남부림의 식생기후대를 지니고 있다. 가야산국립공원에는 해발 500~900m사이에 소나무군집이 주로 분포하고 계곡부, 능선부, 암석지 등에 다양하게 나타난다(국립공원관리공단 가야산사무소, 1997). 또한 해인사가 위치한 홍류동 계곡의 소나무림은 문화자원과 조화를 이루며 보존상태가 양호하여 경관적 보존가치가 우수한 지역으로 손꼽히고 있다. 이경재 등(1989)은 15년 전 홍류동 계곡 소나무림의 천이계열 추정연구에서 소나무림에서 졸참나무, 굴참나무 등의 참나무림과 서어나무림으로 발달할 것으로 예측한 바 있다.

본 연구는 가야산국립공원의 절경 중 하나로 홍류동 계곡의 소나무림을 대상으로 식물군집구조를 규명하고 15년간의 식생구조 변화를 비교·분석하여 효율적인 소나무림의 보전관리방안 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사범위 및 시기

조사구는 10m×10m 크기의 방형구 5개(500m<sup>2</sup>)를 1개소로 하여 계곡변 양측사면에 총 20개소를 설정하여 2004년 7월에 조사하였다. 조사구 20개소 중에서는 15년간 소나무림 식생구조변화를 파악하기 위해 과거 이경재 등(1989)이 연구한 가야산지구의 식물군집구조 조사구와 동일한 지역에 7개소(조사구 5, 6, 7, 9, 15, 17, 19)를 설정하였다. 조사지 위치도는 Figure 1과 같다.

### 2. 조사분석 방법

#### 1) 식생조사 및 조사지 개황

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

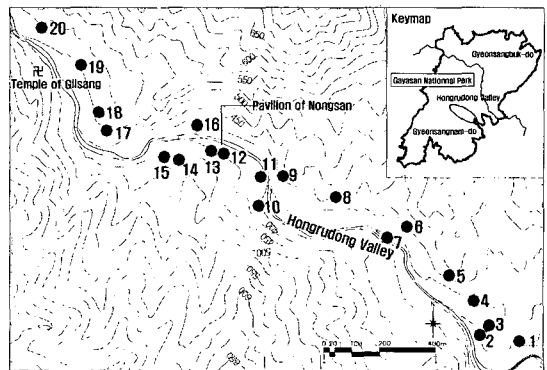


Figure 1. The location map of the survey plots in Hongrudong Valley, Gayasan National Park

의 개황으로 사면방향, 고도, 경사도, 율폐도, 수고 등을 조사하였고, 식생과 토양환경과의 상관성을 파악하기 위해 유기물층 깊이, 토심, 산도, 유기물함량을 조사하였다.

2) 식물군집구조 특성 및 15년간(1989~2004년) 변화

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis & 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 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.

군집의 분류는 상대우점치 분석자료를 토대로 TWINSPLAN에 의한 classification 분석(Hill, 1979)을 실시하였다. 구분된 식물군집별 종수 및 개체수, Shannon의 종다양도(Pielou, 1975) 및 균제도(J)를 분석하였다. 또한 조사구별 평균흉고직경에 해당하는 개체목을 선정하여 수령을 분석하였고 조사구내 소나무와 경쟁상태 수목을 선정하여 두 수종간 연간 성장량(mm)을 비교하였다.

15년간 소나무림 식생구조 변화는 동일한 지역에 설정한 7개 조사구(단위면적: 500m<sup>2</sup>)의 상대우점치, 종다양도, 종수 변화경향을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 연구대상지 및 조사지 개황

Table 1은 가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림 분포지역에 설정한 20개 조사지에 대해 TWINSPLAN 분석으로 구분된 군집별 일반적 개황을 나타낸 것이다. 7개 군집 모두 소나무가 우점종이며 부수종에서 차이를 보이고 있었다. 군집유형 I은 아교목층에서 굴참나무가 우점하는 소나무군집으로 경사도는 12°, O층 깊이 2cm, pH 5.02, 유기물함량 9.19%이었고 교목층 평균흉고직경은 50cm 이었다. 군집유형 II는 아교목층에서 생강나무와 개울나무가 우점하는 소나무군집으로 경사도는 9~26°, O층 깊이는 1~3cm pH 4.63~4.97, 유기물함량 2.04~21.44%이었고 교목층 평균흉고직경은 45~50cm 이었다. 군집유형 III은 아교목층에서 잣나무가 식재된 소나무군집으로 경사도는 38°, O층 깊이는 1cm, pH 4.22, 유기물함량 18.03%이었고 교목층 평균흉고직경은 40cm 이었다. 군집유형 IV는 아교목층에서 소나무와 참나무류가 경쟁중인 소나무군집으로 경사도는 5~37°, O층 깊이는 1~2cm, pH 4.22~5.18, 유기물함량 13.0~16.5%이었고 교목층 평균흉고직경은 23~40cm 이었다. 군집유형 V와 VI는 아교목층에서 소나무와 서어나무, 졸참나무가 경쟁하는 소나무군집으로 경사도는 7~35°, O층 깊이는 1~3cm, pH 4.60~5.08, 유기물함량 1.36~4.36%이었고 교목층 평균흉고직경은 30~50cm 이었다. 군집유형 VII는 아교목층에서 쇠물푸레나무가 우점하는 소나무군집으로 경사도는 6°, O층 깊이 1

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

Community	I			II			III			IV	
	Plots number			Plots number			Plots number			Plots number	
	16	7	10	12	13	15	14	9	17	18	
Aspect	S15W	S15W	N60E	N46E	N46E	N25E	N10W	S32W	S10W	S65W	
Slope(°)	12	15	26	25	25	9	38	37	7	12	
Organic matter depth(cm)	2	1	1	3	3	1	1	2	1.5	1	
Mineral soil depth(cm)	15.0	11.5	12.0	21.0	22.5	12.5	12.5	16.5	14.5	14.5	
Soil pH	5.02	4.97	4.82	4.84	4.63	4.69	4.22	5.18	4.74	4.79	
Soil organic matter(%)	9.19	3.20	21.44	2.04	4.83	7.49	18.03	2.11	5.78	4.22	
Canopy											
Height(m)	18	16	17	20	20	22	20	13	17	14	
Mean DBH(cm)	50	50	45	45	40	50	40	30	30	23	
Cover(%)	70	80	70	80	80	70	30	80	80	80	
Understory											
Height(m)	13	10	7	5	6	7	7	6	8	7	
Mean DBH(cm)	18	10	11	7	6	9	10	6	10	10	
Cover(%)	70	70	70	85	85	80	90	40	60	70	
Shrub											
Height(m)	0.6	1.2	1	1.5	0.8	1.2	1.2	1.6	0.8	0.6	
Cover(%)	25	80	70	80	80	60	80	70	30	70	

Table 1. (continued)

Community	IV		V			VI				VII
	19	20	4	5	6	1	2	3	8	11
Plots number	S55W	S30W	S40W	S15W	S55W	S05W	S20W	S10W	S25E	S10E
Aspect	12	5	7	35	17	17	23	7	31	6
Slope(°)	1	1	1	1	2	3	1.5	1	3	1
Organic matter depth(cm)	13.0	15.0	13.0	14.0	15.0	20.0	11.0	10.5	16.0	12.5
Mineral soil depth(cm)	4.65	4.67	4.71	4.78	4.78	4.6	4.74	5.08	4.66	5.05
Soil pH	13.27	5.24	4.36	2.31	2.72	1.36	5.10	2.99	1.84	6.47
Soil organic matter(%)										
Canopy	Height(m)	17	17	16	16	16	14	16	16	17
	Mean DBH(cm)	40	35	50	50	50	30	45	50	40
	Cover(%)	80	80	80	80	80	85	80	80	70
Understory	Height(m)	8	8	10	10	8	9	10	10	7
	Mean DBH(cm)	10	8	10	10	10	12	15	10	10
	Cover(%)	50	50	70	70	70	50	60	60	70
Shrub	Height(m)	1.2	0.8	1.2	0.8	0.6	1	1.2	1.6	1.5
	Cover(%)	70	70	50	30	40	40	40	40	30
										90

cm, pH 5.05, 유기물함량 6.47%이었고 교목층 평균흉고 직경은 40cm 이었다.

2. 식물군집구조

1) 식물군집 분류

가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림 지역을 대상으로 설정한 20개 조사구별 종조성을 분석하고자 Classification 분석중 TWINSpan 분석을 실시하여 군집을 분류하였다. 군집분류는 많은 식분(stand)에 대하

여 식생자료를 바탕으로 식별종(differential species)에 의해 구분하는 것이다. 분석결과 제 1division에서는 왼쪽으로 노린재나무, 오른쪽으로 난티잎개암나무, 밤나무가 식별종이었다. 제 2division에서는 왼쪽으로 서어나무, 개머루, 생강나무, 제 3division에서는 오른쪽으로 참느릅나무에 의해 구분되었다. 제 4division에서는 왼쪽으로 개다래, 제 5division에서는 왼쪽으로 전나무, 제 6division에서는 왼쪽으로 땀땀이덩굴이 식별종이었다. 전체적으로 총 7개 군집유형으로 분류되었으며 분류결과 7개 모두 소나무가 우점하는 군집으로 아교목층과 관

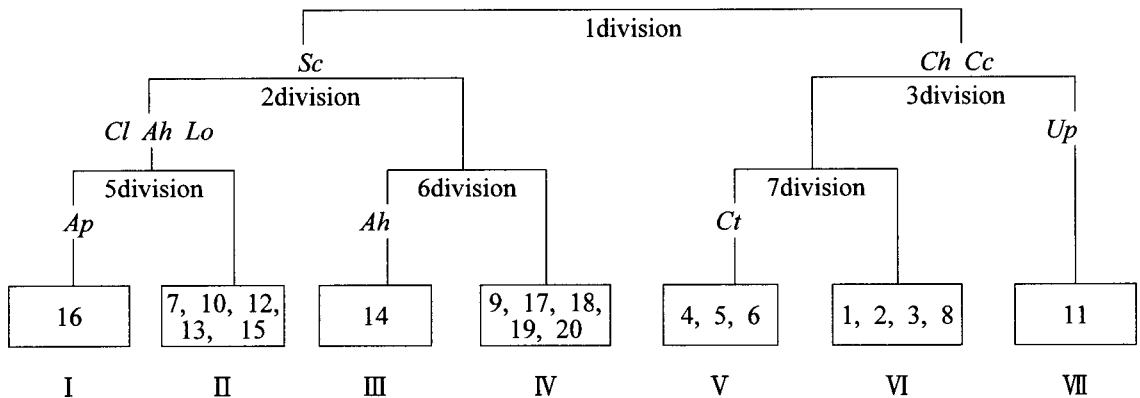


Figure 3. Dendrogram of classification by TWINSpan using twenty plots in the *Pinus densiflora* in Hongrudong Valley, Gayasan National Park(Sc: *Symplocos chinensis* var. *leucocarpa*, Cc: *Castanea crenata*, Ch: *Corylus heterophylla*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Ah: *Ampelopsis heterophylla*, Lo: *Lindera obtusiloba*, Up: *Ulmus parvifolia*, Ap: *Actinidia polygama*, Ah: *Abeis holophylla*, Ct: *Cocculus triobus*)

Table 2. Importance percentage of the woody plants by the stratum in seven community types classified by TWINSpan

Species name	Community type I				Community type II				Community type III				Community type IV			
	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>
<i>Pinus densiflora</i>	78.36	1.60	-	39.71	98.93	1.56	-	49.99	100	-	-	50.00	85.89	34.15	-	54.3
<i>Quercus variabilis</i>	17.10	47.74	-	24.46	-	5.88	0.28	2.01	-	-	-	-	6.2	11.53	2.34	7.33
<i>Quercus serrata</i>	-	11.92	-	3.96	-	6.67	1.19	2.42	-	13.88	-	4.60	0.88	5.13	1.73	2.44
<i>Quercus mongolica</i>	-	5.60	-	1.87	-	5.24	0.28	1.77	-	6.71	-	2.24	1.62	6.29	1.97	3.24
<i>Quercus aliena</i>	-	-	-	-	-	2.09	-	0.70	-	-	-	-	-	0.71	0.73	0.36
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.66	1.63	0.04	2.89
<i>Carpinus laxiflora</i>	-	15.56	-	5.19	-	9.05	0.06	3.03	-	2.15	1.75	1.01	-	2.99	1.71	1.28
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	-	-	-	0.53	4.00	0.70	1.72	-	0.92	-	0.31	-	0.84	0.51	0.37
<i>Larix leptolepis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	0.60	-	0.58
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	5.19	42.89	8.88	-	11.03	5.54	4.60	-	4.97	1.79	1.96	-	1.84	6.42	1.68
<i>Cornus controversa</i>	4.54	0.74	-	2.52	-	2.85	-	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	1.93	8.27	2.02	-	5.02	0.94	1.83	-	-	0.21	0.04	-	0.64	3.34	0.77
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	2.25	7.32	1.97	-	11.4	0.81	3.94	-	3.28	3.61	1.70	-	6.74	3.92	2.90
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	0.70	3.71	0.85	-	6.94	2.47	2.73	-	1.83	0.50	0.69	-	1.90	15.12	3.15
<i>Ilex macropoda</i>	-	1.41	2.09	0.82	-	1.19	0.19	0.43	-	2.30	-	0.77	-	7.52	0.76	2.63
<i>Pinus koraiensis</i>	-	1.49	0.60	0.60	-	0.28	0.10	0.11	-	35.69	-	11.9	-	4.16	0.45	1.46
<i>Acer mono</i>	-	1.52	-	0.51	-	0.52	-	0.17	-	-	-	-	-	-	0.10	0.02
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	0.81	0.05	0.28	-	2.36	-	0.79	-	1.27	1.04	0.60
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	0.48	-	0.16	-	0.90	-	0.30	-	1.54	1.59	0.78
<i>Styrax obassia</i>	-	-	2.78	0.46	-	1.53	0.29	0.56	-	0.99	-	0.33	-	4.12	3.45	1.95
<i>Sapium japonicum</i>	-	-	-	-	-	2.57	1.16	1.05	-	5.38	-	1.79	-	-	-	-
<i>Stewartia koreana</i>	-	-	-	-	-	10.59	0.46	3.61	-	3.65	-	1.22	-	2.02	-	0.67
<i>Abies holophylla</i>	-	-	-	-	-	1.24	-	0.41	-	13.44	-	4.48	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	0.90	0.15	-	0.70	4.62	1.00	-	-	3.66	0.61	-	0.55	15.17	2.71
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.86	0.14	-	0.58	4.01	0.86	-	-	-	-	-	-	0.10	0.02
<i>Euonymus oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	0.82	0.08	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i>	-	-	0.82	0.14	-	0.13	0.62	0.15	-	-	-	-	-	-	0.08	0.01
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	0.86	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.03
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	0.75	0.13	-	0.20	0.44	0.14	-	-	3.49	0.58	-	0.71	3.46	0.81
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	-	-	0.56	0.09	-	-	0.38	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sasa borealis</i>	-	-	-	-	-	-	56.04	9.34	-	-	72.37	12.06	-	-	4.42	0.73
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	-	-	-	1.96	6.78	1.77	-	-	6.80	1.13	-	0.47	17.9	3.14
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	17.48	2.91	-	-	6.66	1.11	-	-	2.74	0.46	-	-	2.74	0.46
<i>Vaccinium oldhami</i>	-	-	-	-	-	-	0.19	0.03	-	-	0.54	0.09	-	0.41	2.67	0.58
<i>Smilax china</i>	-	-	3.72	0.62	-	-	0.40	0.07	-	-	0.22	0.04	-	-	2.97	0.50
Others	<i>Lindera glauca</i> , <i>Zelkova serrata</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> etc. total 8 species				<i>Zelkova serrata</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> , <i>Celtis sinensis</i> etc. total 21 species				<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> , <i>Stephanandra incisa</i> , <i>Acer palmatum</i> etc. total 4 species				<i>Maackia amurensis</i> , <i>Fraxinus rhynchophylla</i> , <i>Smilax sieboldii</i> etc. total 18 species			

\* a: importance percentage in Canopy layer, b: importance percentage in Understory layer, c: importance percentage in Shrub layer, d: Mean importance percentage

Table 2. (continued)

Community type Species name	V				VI				VII			
	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>
<i>Pinus densiflora</i>	96.73	14.65	0.11	53.27	98.02	16.97	0.37	54.73	100	21.21	0.91	57.22
<i>Carpinus laxiflora</i>	3.27	19.12	2.42	8.36	-	18.51	2.56	6.59	-	6.35	-	2.12
<i>Quercus serrata</i>	-	16.66	11.17	7.42	0.47	19.12	10.57	8.37	-	4.58	0.42	1.60
<i>Quercus variabilis</i>	-	7.94	0.89	2.80	-	3.73	1.20	1.44	-	1.86	0.46	0.70
<i>Quercus mongolica</i>	-	3.41	-	1.14	-	1.38	0.09	0.48	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	9.25	3.1	3.60	-	10.03	9.44	4.92	-	8.83	2.26	3.32
<i>Styrax obassia</i>	-	3.74	11.03	3.09	-	0.90	2.69	0.75	-	-	0.42	0.07
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	3.65	1.61	1.49	-	-	0.35	0.06	-	3.42	6.20	2.17
<i>Pinus koraiensis</i>	-	4.25	0.10	1.43	-	0.21	0.16	0.10	-	-	-	-
<i>Lindera glauca</i>	-	-	0.21	0.04	-	4.03	0.88	1.49	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	-	0.10	0.02	-	4.20	2.76	1.86	-	1.92	-	0.64
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	-	2.33	-	0.78	-	-	-	-
<i>Prunus sargentii</i>	-	3.71	0.21	1.27	0.6	1.51	1.26	1.01	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	0.57	5.02	1.03	-	1.42	3.25	1.02	-	-	1.72	0.29
<i>Ilex macropoda</i>	-	2.51	0.25	0.88	-	1.43	0.62	0.58	-	2.18	-	0.73
<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	0.31	1.87	0.42	-	2.67	4.64	1.66	-	-	0.2	0.03
<i>Stewartia koreana</i>	-	1.17	-	0.39	-	-	-	-	-	3.43	1.37	1.37
<i>Acer mono</i>	-	0.51	-	0.17	0.47	0.38	0.75	0.49	-	-	-	-
<i>Acer triflorum</i>	-	0.51	-	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornus controversa</i>	-	0.34	-	0.11	-	0.55	-	0.18	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	0.44	-	-	0.22	-	4.03	-	1.34
<i>Sasa borealis</i>	-	-	1.63	0.27	-	-	-	-	-	-	37.24	6.19
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	0.60	21.12	3.72	-	-	2.47	0.41	-	-	4.45	0.74
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	1.24	0.21	-	2.82	-	0.94
<i>Rhus chinensis</i>	-	2.38	0.39	0.86	-	-	0.14	0.02	-	-	-	-
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	1.74	-	0.58	-	0.84	1.68	0.56	-	33.31	13.44	13.34
<i>Corylus sieboldiana</i>	-	-	3.34	0.56	-	1.94	1.83	0.95	-	-	-	-
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	0.98	0.16	-	1.58	2.96	1.02	-	-	0.28	0.05
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	0.84	0.14	-	-	0.39	0.07	-	-	0.3	0.05
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	9.98	1.66	-	-	8.25	1.38	-	-	13.56	2.26
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.45	0.08	-	0.19	5.57	0.99	-	-	0.64	0.11
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	-	-	-	-	0.23	2.28	0.46	-	3.85	4.22	1.99
<i>Smilax china</i>	-	-	3.53	0.59	-	-	4.13	0.69	-	-	0.37	0.06
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	-	-	12.41	2.07	-	-	12.47	2.08	-	-	5.31	0.89
Others	<i>Viburnum erosum</i> , <i>Juniperus rigida</i> , <i>Cocculus triobus</i> , <i>Castanea crenata</i> etc. total 17 species				<i>Viburnum erosum</i> , <i>Juniperus rigida</i> , <i>Quercus acutissima</i> , <i>Castanea crenata</i> etc. total 31 species				<i>Ulmus parvifolia</i> , <i>Quercus aliena</i> , <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukha-nense</i> , <i>Stephanandra incisa</i> etc. total 16 species			

\* a: importance percentage in Canopy layer, b: importance percentage in Understory layer, c: importance percentage in Shurb layer, d: Mean importance percentage

목층의 출현종 및 밀도에 의해 구분되었다.

2) 상대우점치

군집유형 I 은 아교목층에서 굴참나무가 우점하는 소나무군집(조사구 16)이다. 교목층에서는 소나무가 상

대우점치 78.36%로 우점하면서 굴참나무(I.P.: 17.10%)가 출현하였고 아교목층에서는 소나무(I.P.: 1.60%)보다 굴참나무(I.P.: 47.74%), 서어나무(I.P.: 15.56%), 졸참나무(I.P.: 11.94%)의 우점치가 높아 향후 소나무가 도

태되고 굴참나무림으로의 천이가 예측되었다.

군집유형 II는 아교목층에서 생강나무와 개울나무가 우점하는 소나무군집으로 총 5개 조사지(조사지 7, 10, 12, 13, 15)가 포함되었다. 교목층에서는 소나무가 상대우점치 98.93%로 우점하였고 아교목층에서는 개울나무(I.P.: 11.40%), 노각나무(10.59%), 서어나무(I.P.: 9.05%)의 우점치가 높은 상태였으며 관목층에서는 조릿대(I.P.: 56.04%)가 주요 출현수종이었다. 본 군집은 아교목층에 우점종인 생강나무, 개울나무가 아교목성상이므로 계속 소나무군집으로 유지할 것으로 판단되었다.

농산정 남쪽 건너편 산책로 주변에 위치한 군집유형 III(조사구 14)은 아교목층에 잣나무가 식재된 소나무군집이다. 교목층에서는 소나무가 상대우점치 100.00%로 우점하였고 아교목층에서는 잣나무(I.P.: 35.69%), 전나무(13.44%), 서어나무(13.94%)의 우점도가 높았고 관목층에서는 조릿대(I.P.: 72.37%)가 높은 밀도로 분포하고 있었다. 군집유형 III은 기존 소나무림내 잣나무, 전나무 등 침엽수를 식재하여 소나무군집이 교란된 유형으로 1980년 전후 소나무 솔잎혹파리 피해시 식재된 것이다.

군집유형 IV는 총 5개 조사구(조사구 9, 17, 18, 19, 20)가 포함되며 아교목층에서 소나무와 참나무류가 경쟁하는 소나무군집이다. 층위별 상대우점치 분석결과 교목층에서는 소나무(I.P.: 85.89%)가 우점하면서 굴참나무(I.P.: 6.20%), 상수리나무(I.P.: 4.67%), 신갈나무, 졸참나무 등이 출현수종이었고 아교목층에는 소나무(I.P.: 34.15%)와 굴참나무(I.P.: 11.53%), 신갈나무(I.P.: 6.29%), 졸참나무(I.P.: 5.13%) 등 참나무류와 경쟁하고 있었다. 관목층에서는 철쭉꽃(I.P.: 17.90%), 쇠물푸레(I.P.: 15.12%), 진달래(I.P.: 15.17%)가 주요 출현종이었다. 본 군집은 교목층과 아교목층에 소나무가 우점하고 있으며 아교목층에 참나무류의 세력이 아직 약하여 천이진행은 시간이 소요될 것으로 판단되었다.

군집유형 V는 아교목층에서 소나무와 서어나무, 졸참나무가 경쟁하는 소나무군집으로 총 3개 조사구(조사구 4, 5, 6)가 포함되었다. 교목층에서는 소나무(I.P.: 96.73%)가 우점하면서 서어나무 등이 일부 출현하였고 아교목층에는 소나무가 상대우점치 14.65%인 가운데 서어나무(I.P.: 19.12%), 졸참나무(I.P.: 16.66%)와 경쟁하고 있었다. 관목층에서는 진달래(I.P.: 21.12%), 졸참나무(I.P.: 11.17%), 쪽동백나무(I.P.: 11.03%)가 주요 출현종이었다. 본 군집은 교목층에 소나무가 우점하나 아교목층에서 소나무보다 서어나무, 졸참나무의 세력이 우세하여 향후 소나무가 도태되고 서어나무림으로의 천이가 예측되었다.

군집유형 VI은 아교목층에서 소나무와 졸참나무, 서어나무가 경쟁하는 소나무군집으로 총 4개 조사구(조사구 1, 2, 3, 8)가 포함되었다. 교목층에서는 소나무가 상대우점치 98.02%로 우점하였고 아교목층에는 소나무가 상대우점치 16.97%인 가운데 졸참나무(I.P.: 19.12%), 서어나무(I.P.: 18.49%)와 경쟁하고 있었다. 관목층에서는 담쟁이덩굴(I.P.: 12.47%), 졸참나무(I.P.: 10.57%), 개울나무, 비목나무 등이 주요 출현종이었다. 본 군집은 교목층에 소나무가 우점하나 아교목층에서 소나무보다 졸참나무, 서어나무의 세력이 우세하여 향후 소나무가 도태되고 졸참나무, 서어나무림으로의 천이가 예측되었다.

군집유형 VII은 아교목층에서 쇠물푸레가 우점하는 소나무군집(조사구 11)이다. 교목층에서는 소나무가 상대우점치 100.00%로 우점하였고 아교목층에서는 쇠물푸레(I.P.: 33.31%)가 우점종이며 소나무(I.P.: 21.21%), 개울나무, 서어나무 등이 출현하였다. 관목층에서는 조릿대(I.P.: 37.28%), 쇠물푸레(I.P.: 13.44%)가 주요 출현수종이었다. 본 군집은 교목층에서 소나무가 우점하고 아교목층 우점종인 쇠물푸레는 아교목성상으로 발달하므로 계속 소나무군집으로 유지할 것으로 예측되었다.

군집유형별 상대우점치 결과를 통한 향후 식생발달

Table 3. Various species diverse of the seven *Pinus densiflora* community types in Hongrudong Valley, Gayasan National Park (Unit: 500m<sup>2</sup>)

Community type	H'(shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
I	1.1343	0.7756	0.2244	1.4624
II	1.0914	0.7251	0.2749	1.5051
III	0.6803	0.4701	0.5299	1.4472
IV	1.1485	0.8117	0.1883	1.4150
V	1.2044	0.7931	0.2069	1.5185
VI	1.2559	0.8421	0.1579	1.4914
VII	0.9809	0.6123	0.3877	1.6021

Table 4. Analysis of the number of species and individuals of the seven *Pinus densiflora* community types in Hongrudong Valley, Gayasan National Park(Unit: 500m<sup>2</sup>)

Community type	No. of individual				No. of Species			
	Canopy	Understory	Shrub	Total	Canopy	Understory	Shrub	Total
I	13	73	380	466	3	16	19	29
II	26	55	1,628	1,709	1	21	21	32
III	3	125	968	1,096	1	17	15	28
IV	32	69	684	785	3	16	23	27
V	17	90	552	659	2	19	23	33
VI	15	61	524	600	1	14	24	31
VII	21	56	1,140	1,217	1	15	33	40

예측을 종합하면 크게 소나무군집으로 유지되는 군집(군집 II, VII), 굴참나무림으로 천이가 예측되는 군집(군집 I, IV), 서어나무·졸참나무림으로 천이가 예측되는 군집(군집 V, VI), 소나무림 하부에 잣나무를 식재하여 교란된 군집(군집 III)으로 구분되었다.

3) 종다양도

7개 군집유형별 단위면적 500m<sup>2</sup>를 기준으로 종다양도 지수를 분석하였다(Table 3). 군집유형 VI에서 샬논의 종다양도지수가 1.2559로 가장 높았으며 군집유형 I, IV, V에서 1.0914~1.2044로 유사한 경향을 보였고 군집유형 II, III, VII은 관목층 조릿대의 높은 밀도로 인해 종다양도가 각각 0.6803~1.0914로 낮은 상태이었다. 이는 우리나라 국립공원내 대표적인 소나무군집인 설악산국립공원 자양천지역 소나무림의 종다양도가 1.2978~1.4247(이경재 등, 1998), 주왕산국립공원 소나무림에서 0.8842~1.2232(조재창 등, 1995), 속리산국립공원 소나무림에서 0.7805~1.2292(이경재 등, 1990)로 종다양도가 유사하였다.

4) 종수 및 개체수

7개 군집유형별 종수 및 개체수를 분석하기 위해 각 유형내 대표적 조사지(단위면적 500m<sup>2</sup>)를 설정하여 분

석하였다(Table 4). 단위면적별 전체 출현종수는 29~40종이었고 층위별로 살펴보면 교목층에서 1~3종, 아교목층에서 14~21종, 관목층에서 15~33종이었다. 단위면적별 전체 출현개체수는 466~1,709개체가었고 층위별로 살펴보면 교목층에서 3~32개체, 아교목층에서 55~125개체, 관목층에서 380~1,709개체이었다. 개체수의 차이는 교목층과 아교목층에 분포하는 수목의 흉고직경 차이에 의한 개체밀도의 차이가 주요한 원인이었고 군집유형 III은 교란된 유형으로 단위면적 500m<sup>2</sup>내 교목층에서 소나무가 3개체만 남아있으며 아교목층에서 식재된 잣나무, 전나무를 중심으로 125개체가 분포하고 있었다. 또한 관목층 개체수의 차이는 군집유형 II, III, VII에서 조릿대의 높은 밀도가 주요한 원인으로 판단되었다.

5) 연륜 및 생장

Table 5는 군집유형별 주요 수종의 표본목 규격 및 수령을 나타낸 것이다. 소나무는 총 30주를 분석하였는데 분석결과 평균 수령은 83년생이었고 최대값 115년생, 최소값 40년생, 최빈값 84년생이었다. 소나무림내 소나무와 경쟁상태이거나 향후 경쟁이 예상되는 수종들의 수령을 분석해 본 결과 서어나무 10주는 평균수령 33년생이었고 최대값 36년생, 최소값 30년생, 최빈값 33년생

Table 5. Analysis of age of the seven *Pinus densiflora* community types in Hongrudong Valley, Gayasan National Park

Division		Size			Age(year)			
		Indi.*	Height(m)	DBH(cm)	Max	Min	Mode	Mean
<i>Pinus densiflora</i>		30	11~20	23~59	115	40	84	83
Others species	<i>Carpinus laxiflora</i>	10	7~12	12~20	36	30	33	33
	<i>Quercus variabilis</i>	6	9~10	13~20	33	23	31	29
	<i>Pinus koraiensis</i>	1	8	15	25	25	25	25

\* Indi.: No. of individual



Table 6. Analysis of annual growth of competitive condition tree for last two decades

Community type	Plot number	Species	Size		Age (year)	Annual growth(mm)
			Height(m)	DBH(cm)		
1	16	<i>Pinus densiflora</i>	20	83	41	0.6
		<i>Quercus variabilis</i>	10	31	20	2.4
2	7	<i>Pinus densiflora</i>	17	89	39	1.0
		<i>Carpinus laxiflora</i>	9	30	16	2.5
	10	<i>Pinus densiflora</i>	16	94	47	1.3
		<i>Quercus variabilis</i>	9	34	18	2.2
5	5	<i>Pinus densiflora</i>	16	81	38	1.3
		<i>Carpinus laxiflora</i>	7	36	16	2.6
	6	<i>Pinus densiflora</i>	16	93	40	1.0
6	8	<i>Carpinus laxiflora</i>	9	30	17+8	2.4
		<i>Pinus densiflora</i>	11	86	38	0.8
	2	<i>Quercus variabilis</i>	10	23	13	2.5
		<i>Pinus densiflora</i>	18	80	43	1.4
-		<i>Carpinus laxiflora</i>	10	33	20	3.0
		<i>Pinus densiflora</i>	11~20	23~59	40~115	1.8

이었고 굴참나무 6주는 평균수령 29.0년생이었고 최대값 33년생, 최소값 23년생, 최빈값 31년생이었다. 또한 군집 III에 식재된 잣나무의 수령은 25년생이었다.

군집유형별 주요 조사구내 소나무와 낙엽활엽수간 경쟁에 의한 수목 성장량을 비교하기 위해 조사구내 경쟁상태에 있는 두 수목을 선정하여 최근 20년간 연간성장량을 분석하였다(Table 6). 전체적으로 살펴보면 주변 낙엽활엽수와 경쟁하지 않은 소나무 개체의 최근 20년간 평균 연간성장량은 1.8mm이었는데 주변 낙엽활엽수와 경쟁하고 있는 소나무 개체는 0.6~1.4mm로 성장량이 낮은 상태이었다. 또한 소나무와 경쟁하고 있는 낙엽활엽수 개체의 20년간 평균성장량은 2.2~3.0mm이었다. 이는 소나무의 성장보다 경쟁중인 낙엽활엽수의 생장이 양호함을 의미하므로 장차 소나무는 세력감소에 따른 도태가 예상되었다.

#### 4. 15년간(1990~2004년) 식생구조 변화

##### 1) 상대우점치

가야산국립공원 홍류동 계곡 소나무림내 설정한 20개 조사구중 7개소를 대상으로 15년간 상대우점치 변화를 분석하였다(Table 7). 조사구 5에서는 아교목층에서 소나무(I.P.: 91.03→0.00%)가 도태되고 서어나무(I.P.: 0.97→18.68%), 굴참나무(I.P.: 0.82→15.76%), 팔배나무(I.P.: 0.00→10.34%)의 상대우점치가 증가하였다. 조사구 6에서는 아교목층에서 소나무(I.P.: 67.80→4.76%)의 세력이 감소하고 서어나무(I.P.: 1.95→

23.97%), 졸참나무(I.P.: 2.33→27.27%)의 세력이 증대하였다. 조사구 7에서는 관목층에서 소나무가 도태하고 아교목층에서 서어나무(I.P.: 1.82→9.60%), 졸참나무(I.P.: 2.57→8.15%)의 상대우점치가 증가하였다. 조사구 9에서는 아교목층에서 소나무(I.P.: 78.38→15.77%)가 도태되고 굴참나무(I.P.: 4.09→15.60%), 잣나무(I.P.: 4.99→26.49%)의 상대우점치가 증가하였다. 조사구 15에서는 아교목층과 관목층에서 소나무가 도태되고 아교목층에서 신갈나무(I.P.: 5.38→12.53%), 당단풍(I.P.: 4.64→12.55%)이 증가하였다. 조사구 5, 6, 7, 9, 15는 아교목층에서 소나무가 도태하고 서어나무, 졸참나무 등 낙엽활엽수로 천이가 진행되어 점차 교목층으로 발달할 것으로 판단되었다.

소나무군집의 세력이 유지되고 있는 조사구 17에서는 교목층에서 소나무(I.P.: 100.00→95.12%)의 상대우점치가 조금 낮아지고 굴참나무, 졸참나무 등이 일부 출현하였고 아교목층에서는 관목층 소나무 발달로 인해 오히려 상대우점치가 44.27%에서 53.37%로 증가하였다.

조사구 19는 교목층과 아교목층에서 낙엽활엽수의 세력이 증대된 지역으로 교목층에서 소나무(I.P.: 73.18→47.14%)의 상대우점치가 감소하고 상수리나무(I.P.: 0.00→24.71%), 굴참나무(I.P.: 4.54→24.84%)가 증가하였고 아교목층에서도 소나무(I.P.: 53.77→16.47%)가 감소하고 굴참나무(I.P.: 2.01→14.67%)의 상대우점치가 증가하였다.

Table 7. Change of importance percentage of five plots for fifteen years in Hongrudong Valley, Gayasan National Park

Plot number	Year Species name	1989				2004			
		C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>	C <sup>a</sup>	U <sup>b</sup>	S <sup>c</sup>	M <sup>d</sup>
5	<i>Pinus densiflora</i>	94.91	<b>91.03</b>	90.56	92.89	91.52	-	-	45.76
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	<b>0.97</b>	0.93	0.48	8.48	<b>18.68</b>	3.75	11.09
	<i>Quercus variabilis</i>	5.10	<b>0.82</b>	1.49	3.07	-	<b>15.76</b>	1.53	5.51
	<i>Quercus mongolica</i>	-	-	-	-	-	4.52	-	1.51
	<i>Quercus serrata</i>	-	15.38	2.41	5.53	-	11.15	3.52	4.30
	<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	-	-	<b>10.34</b>	5.31	4.33
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	0.33	0.32	0.16	-	8.91	2.26	3.35
6	<i>Pinus densiflora</i>	100.00	<b>67.80</b>	75.80	85.23	96.48	<b>4.76</b>	0.43	49.90
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	<b>1.95</b>	1.12	0.83	3.52	<b>23.97</b>	4.37	10.48
	<i>Quercus variabilis</i>	-	1.70	1.38	0.80	-	2.64	1.67	1.16
	<i>Quercus mongolica</i>	-	0.71	0.51	0.32	-	4.14	-	1.38
	<i>Quercus serrata</i>	-	<b>2.33</b>	1.86	1.09	-	<b>27.27</b>	10.28	10.80
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	5.86	3.89	2.60	-	11.64	4.12	4.57
7	<i>Pinus densiflora</i>	100.00	-	60.01	60.00	100.00	6.82	-	52.27
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	<b>1.82</b>	0.66	0.71	-	<b>9.60</b>	-	3.20
	<i>Quercus variabilis</i>	-	3.39	2.03	1.47	-	7.87	0.88	2.77
	<i>Quercus mongolica</i>	-	-	-	-	-	3.03	-	1.01
	<i>Quercus serrata</i>	-	<b>2.57</b>	1.55	1.11	-	<b>8.15</b>	3.74	3.34
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	13.72	8.78	6.04	-	12.45	2.34	4.54
	<i>Rhus chinensis</i>	-	<b>43.94</b>	4.65	15.42	-	<b>1.34</b>	0.21	0.48
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	7.35	4.82	3.25	-	13.36	0.14	4.48
<i>Cornus controversa</i>	-	0.75	0.49	0.33	-	12.17	-	4.06	
9	<i>Pinus koraiensis</i>	-	<b>4.99</b>	1.60	1.93	-	<b>26.49</b>	0.39	8.90
	<i>Pinus densiflora</i>	100.00	<b>78.38</b>	82.37	89.86	100.00	<b>15.77</b>	-	55.26
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	2.08	1.81	0.99	-	6.99	3.26	2.87
	<i>Quercus variabilis</i>	-	<b>4.09</b>	3.47	1.94	-	<b>15.60</b>	5.34	6.09
	<i>Quercus aliena</i>	-	0.21	0.23	0.11	-	4.31	1.94	1.76
	<i>Quercus mongolica</i>	-	1.09	1.05	0.54	-	3.00	2.22	1.37
	<i>Quercus serrata</i>	-	0.22	0.24	0.11	-	4.49	2.59	1.93
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	4.19	4.07	2.07	-	7.56	4.68	3.30	
15	<i>Pinus densiflora</i>	98.56	0.55	50.65	57.90	93.69	-	-	46.85
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	0.90	0.37	0.36	-	8.75	-	2.92
	<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	-	6.87	-	2.29
	<i>Quercus mongolica</i>	-	<b>5.38</b>	2.74	2.25	-	<b>12.53</b>	1.36	4.40
	<i>Quercus serrata</i>	-	-	-	-	-	5.33	-	1.78
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	<b>26.77</b>	11.63	10.86	-	<b>4.18</b>	1.31	1.61
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	-	<b>4.64</b>	2.11	1.90	3.14	<b>12.55</b>	1.48	6.00
	<i>Stewartia koreana</i>	-	7.46	1.99	2.82	-	19.12	-	6.37
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	<b>23.58</b>	13.79	10.16	-	<b>4.78</b>	1.64	1.87	
17	<i>Pinus densiflora</i>	100.00	<b>44.27</b>	54.27	73.80	95.12	<b>53.37</b>	-	65.35
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	-	-	-	-	2.03	2.13	1.03
	<i>Quercus variabilis</i>	-	2.21	0.74	0.86	2.39	4.73	1.55	3.03
	<i>Quercus mongolica</i>	-	2.13	1.71	1.00	-	2.70	-	0.90
	<i>Quercus serrata</i>	-	2.05	1.10	0.86	2.48	4.25	3.21	3.19
	<i>Ilex macropoda</i>	-	3.70	1.43	1.47	-	9.31	2.49	3.52
19	<i>Pinus densiflora</i>	<b>73.18</b>	<b>53.77</b>	53.74	63.47	<b>47.14</b>	<b>16.47</b>	-	29.06
	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	1.26	1.05	0.59	-	2.02	0.49	0.76
	<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	<b>24.71</b>	<b>3.79</b>	0.36	13.68
	<i>Quercus variabilis</i>	<b>4.54</b>	<b>2.01</b>	2.69	3.38	<b>24.84</b>	<b>14.67</b>	0.36	17.37
	<i>Quercus mongolica</i>	4.61	6.55	6.66	5.60	3.32	12.91	0.49	6.05
	<i>Quercus serrata</i>	-	-	-	-	-	1.96	2.24	1.03
	<i>Lindera obtusiloba</i>	-	3.20	2.96	1.56	-	4.57	12.40	3.59
	<i>Rhus trichocarpa</i>	-	7.89	6.52	3.72	-	9.43	6.38	4.21
	<i>Ilex macropoda</i>	5.82	6.59	6.52	6.19	-	11.91	0.36	4.03
<i>Styrax obassia</i>	-	4.61	3.39	2.10	-	9.66	2.70	3.67	

\* a: importance percentage in Canopy layer, b: importance percentage in Understory layer, c: importance percentage in Shrub layer, d: Mean importance percentage

Table 8. Change of diverse, species and individual of seven plots for fifteen years in Hongrudong Vally, Gayasan National Park (Unit: 500m<sup>2</sup>)

Plot number	H'(shannon)		No. of Species	
	1989year	2004year	1989year	2004year
5	0.2608	1.2373	14	33
6	0.7492	1.2044	22	33
7	1.0428	0.5547	25	32
9	0.4413	1.0723	19	28
15	1.0124	1.1393	19	34
17	0.9906	1.2567	22	27
19	1.0017	1.1485	26	26

Table 9. Ecological characteristics of seven plots for fifteen years in Hongrudong Vally, Gayasan National Park (Unit: 500m<sup>2</sup>)

Plot number	Ecological characteristics of plant community structure	
	1989year	2004year
5	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to the <i>Quercus variabilis</i> or <i>Carpinus laxiflora</i> community
6	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to the <i>Quercus variabilis</i> or <i>Carpinus laxiflora</i> community
7	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to the <i>Carpinus laxiflora</i> or <i>Quercus serrata</i> community
9	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to the <i>Quercus variabilis</i> community
15	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to <i>Quercus variabilis</i> or <i>Carpinus laxiflora</i> community
17	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Maintain the <i>Pinus densiflora</i> community
19	<i>Pinus densiflora</i> community	▪ Predict sucession to the <i>Pinus densiflora-Quercus acutissima-Quercus variabilis</i> community

## 2) 종수 및 종다양도

7개 조사구(단위면적 500m<sup>2</sup>)의 15년간 종다양도 및 종수 변화를 비교하였다(Table 8). 샤논의 종다양도를 비교하면 1989년 당시 0.2608~1.0124에서 2004년에는 0.5547~1.2567로 증가하였다. 출현종수를 비교하면 1989년 당시 14~26종에서 2004년에는 26~34종으로 증가하였다. 조사구별로 비교해도 대부분의 조사구에서 샤논의 종다양도와 출현종수가 증가하였다. 다만 조사구 7에서 종수는 증가하였으나 조릿대의 높은 밀도로 인해 종다양도는 낮아진 상태이었다. 전반적으로 15년간 천이가 진행되어 아교목층과 관목층의 출현종수가 증가하여 종다양도는 높아진 것으로 판단되었다.

## 3) 15년간 식생변화에 따른 천이경향 예측

7개 조사구를 대상으로 15년간 식생구조 변화상태를 분석한 결과 조사구 17만 소나무군집으로 유지되고 있었고 대부분 아교목층을 중심으로 서어나무, 굴참나무, 졸참나무로 천이가 진행되고 있었다. 홍류동 소나무림의 천이경향은 소나무림→굴참나무, 졸참나무→서어나무림으로 예측되며 1989년 보다 빠른 속도로 천이

가 진행되고 있었다(Table 9). 따라서 계속적인 방치관리시 천이에 의해 소나무 세력의 도태로 문화경관적 가치가 우수한 홍류동 소나무림 경관이 사라질 우려가 있다. 그러므로 국립공원내 소나무 문화경관의 지속적인 보존을 위해 소나무와 경쟁이 예상되는 낙엽활엽수의 관리가 필요할 것으로 사료된다.

## 인용문헌

- 국립공원관리공단 가야산관리사무소(1997) 가야산국립공원 자연생태계 보전계획. 국립공원관리공단, 131쪽.
- 이경재, 한봉호, 이옥하(1998) 설악산국립공원 자양천지역 소나무림 군집구조 및 생육거리. 한국환경생태학회지 11(4): 493-505.
- 이경재, 임경빈, 조재창, 류창희(1990) 속리산 삼림군집구조에 관한 연구(I) -소나무림 보전계획-. 응용생태연구 4(1): 23-32.
- 이경재, 조재창, 우종서(1989) Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산지구의 식물군집구조분석. 응용생태연구 3(1): 28-41.
- 이창복(1980) 대한식물도감. 향문사, 990쪽.

- 조재창, 조우, 한봉호(1995) 주왕산국립공원의 소나무림 군집구조. 응용생태연구 8(2): 121-134.
- 한국궤림조사연구소(2001) 산림에 대한 국민의식조사 보고서. 산림청, 36쪽.
- Brower, J. E and J. H. Zar(1997) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company. 194pp.
- Curtis J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32: 376-496
- Hill, M. O.(1979) TWINSpan-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N. Y. Cornell Univ. Press, 99pp.
- Monk, C. D., G. I. Child and S. A. Nicholson(1969) Species Diversity of a Stratified Oak-hickory Community. Ecology, 50(3): 468-470.
- Pielou, E. C.(1975) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.