

경주국립공원 토함산습지 주변 지역의 현존식생과 식물군락구조¹

이상철² · 강현미² · 최송현^{3*} · 홍석환³ · 이수동⁴ · 조우⁵ · 김지석⁶

Actual Vegetation and Plant Community Structure of Tohamsan (Mt.) Wetland Area of the Surroundings in Gyeongju National Park, Korea¹

Sang-Cheol Lee², Hyun-Mi Kang², Song-Hyun Choi^{3*}, Suk-Hwan Hong³, Soo-Dong Lee⁴, Woo Cho⁵, Ji-Suk Kim⁶

요약

본 연구는 토함산습지 주변의 산림식생구조에 대해 알아보고자 토함산습지 주변을 지형적 관점에서 유역권을 설정하고 현존식생도를 작성하였다. 현존식생도를 바탕으로 대표되는 8개 군락, 즉, 소나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락, 졸참나무군락, 신갈나무-졸참나무군락, 굴참나무-신갈나무-졸참나무군락, 층층나무군락, 버드나무군락에 대해 식생구조를 조사분석하였다. 토함산 습지는 해발고 490m에 위치하고 있었으며 유역권의 면적은 약 236,272m²이었다. 토함산 습지 유역권내 산림의 현존식생유형은 총 16개 유형으로 분류되었으며, 전체면적 중 신갈나무림이 78,209.2m²로 전체 면적의 33.10%를 차지하고 있었다. 8개 군락의 구조를 알아보기 위해 조사구(10m×10m) 32개소를 설치하여 조사분석하였고, 각 군락별로 식생구조를 밝혔다. 본 조사지역의 산림식생 임령은 30~50년으로 추정되었으며, 토양산도(pH)는 4.89, 유기물함량은 4.46%로 조사되었다.

주요어: 유역권, 산지습지, 토함산지구

ABSTRACT

The purpose of this study was to provide basic information and investigate a vegetation structure around Tohamsan (Mt.) Wetland. Actual vegetation map was made on the basis of watershed around that. Vegetation structure survey was carried out for 8 representative communities of actual vegetation which were *Pinus densiflora* community, *Quercus variabilis* community, *Cornus controversa* community, *Q. serrata* community, *Q. mongolica*-*Q. serrata* community, *Salix koreensis* community, *Q. mongolica* community, *Q. variabilis*-*Q. mongolica*-*Q. serrata* community. Tohamsan (Mt.) Wetland is located on 490m above sea level and the area of watershed was 236,272m². Vegetation type were divided into 16 types, and the ratio of *Q. mongolica* community was 33.1% (78,209.2m²). In order to turn out the structure of 8 representative communities, 32 plots were set up and unit area of plot was 100m². The estimated age of forest is 30~50-years-old, and in the results of soil analysis, acidity was pH 4.89 and organic matter was 4.46%.

KEY WORDS: WATERSHED, MOUNTAIN WETLAND, TOHAMSAN (Mt.) DISTRICT

1 접수 2013년 11월 19일, 수정(1차: 2014년 2월 11일), 게재확정 2014년 2월 12일

Received 19 November 2013; Revised (1st: 11 February 2014); Accepted 12 February 2014

2 부산대학교 대학원 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Pusan Nat'l Univ., Miryang 627-706, Korea

3 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan Nat'l Univ., Miryang 627-706, Korea

4 경남과학기술대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam Nat'l Univ. of Science and Technology, Gyeongnam 660-758, Korea

5 상지대학교 관광학부 Dept. of Tourism Development, Sangji Univ., Wonju 220-702, Korea

6 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan Nat'l Univ., Miryang 627-706, Korea

* 교신저자 Corresponding author: songchoi@pusan.ac.kr

서론

우리나라 국립공원은 지리산국립공원(1967년 12월 29일 지정)을 시작으로 무등산국립공원(2012년 3월 4일 지정)까지 총 21개의 국립공원이 지정되어 있으며(Korea National Park Service, 2013), 대부분의 국립공원은 육상 및 해상환경 중심의 자연자원을 바탕으로 지정되어 있다(Kang *et al.*, 2012). 경주국립공원은 우리나라에서 유일한 사적형 공원으로 지리산에 이어 두 번째로 1968년 12월 31일 지정되었다(Korea National Park Service, 2013). 국립공원지정 이후 사적형 국립공원의 특성을 고려하여 경주시에서 관리하여 왔으나 2008년부터 국가관리체제로 전환되어 국립공원관리공단에서 관리하고 있다.

국립공원관리공단은 경주국립공원의 관리를 시작한 2009년부터 현재까지 지속적으로 공원자원모니터링을 실시하고 있다(Korea National Park Service, 2013). 하지만 역사적인 문화유산에 가려 자연자원에 대한 중요도는 상대적으로 낮게 인식되어 20여 년간 전문적인 관리가 이루어진 여타 공원과 비교하여 보았을 때 자연자원의 정밀조사는 거의 이루어지지 않은 실정이다(Hong *et al.*, 2012).

경주국립공원의 자연자원과 생태에 대한 연구를 살펴보면, 국립공원 전체를 대상으로 한 연구와 지구별 연구로 구분할 수 있다. 먼저 경주국립공원 전체를 대상으로 한 연구로는 경주국립공원 생태계연구(National Science Museum, 1997), 경주국립공원 자연자원 조사(Korea National Park Research Institute, 2008) 등이 있고, 지구별 연구로는 남산 일대 식생 및 식물군집구조, 식생관리 및 식생보존방안(Lim *et al.*, 2000; Yi and Choi, 2000; Lim, 2002; Choi, 2002), 남산과 토함산의 식생분류(Kim, 2007) 등 남산지구 위주의 연구가 주를 이루어 왔다. 최근에 들어서야 남산, 토함산, 단석산을 중심으로 한 관속식물상, 화랑지구의 관속식물상과 관리방안(Yoon *et al.*, 2013; You *et al.*, 2011), 토함산 암곡습지에 대한 연구(Kim *et al.*, 2013) 등 전반적인 경주국립공원의 자연조사를 토대로 관리방안을 위한 기초자료가 구축되고 있다. 산지형 습지인 토함산습지와 암곡습지는 2010년에 확인되었으며, 국립공원관리공단 자원보전처에서 토함산 습지를 대상으로 1차 조사를 실시한 결과, 약 100여종의 식물이 분포하는 것을 확인하였다(KNPS Gyeongju National Park Office, 2011).

불국사와 석굴암이 소재하는 토함산은 경주관광의 핵심 지역이며(Yi, 2008) 해발 745.1m로 일명 동악이라고 불린다. 불교의 성지로 신라 다섯 명산 중의 하나로 경주에서 가장 높은 산이며 면적은 80.3km²이다(Kim, 2007). 또한 토함산 일대는 경주를 대표하는 산림으로 2011년 1월부터 국

립공원 내륙습지로 지정되어 보호받고 있는 토함산습지, 암곡습지(Kim *et al.*, 2013) 등이 있어 자연성이 뛰어난 곳이지만 상세한 조사가 이뤄지지 않아 체계적인 관리계획의 수립이 필요한 실정이다.

또한 ‘자연의 콩팥’이라 불리는 습지는 산림 내 기후의 급격한 변화와 온실효과, 홍수 등을 예방할 뿐 아니라 야생동식물의 서식처로도 중요한 역할을 담당하고 있으나, 우리나라의 경우에는 습지에 대한 인식이 매우 뒤늦게 시작되었다(Korea Forest Service, 2007). 최근에 들어서야 습지의 유형분류에 관한 연구(Ministry of Environment, 2008)와 위성정보와 지리정보를 이용한 산림습지 가능지 연구(Ku and Seo, 2007), 습지지형에 관한 연구(Nam, 2011) 등의 습지에 대한 연구가 각 학계에서 수행되고 있다.

이에 본 연구는 급증하는 관광객 및 등산객들에 의한 인위적 훼손과 산불과 집중호우 등의 자연 재해로 인해 훼손되어지는 경주국립공원 내 산림지역 중 비교적 대표성 및 자연성이 양호한 토함산습지를 중심으로 습지 및 습지형성의 기반이 되는 유역권을 설정하고, 식생현황 및 구조를 파악하여 토함산습지 주변부 계곡일대의 식물군락의 가치 파악 및 관리방안 마련의 기초자료를 구축하고자 하였다.

연구방법

1. 연구 대상지

산림 보전지역을 설정하는데 있어 국립산림과학원에서는 “유역권확장방식”을 국토연구원에서는 “지선연결방식”이 연구되었다(KFCM, 2005). Yi(2008)는 유역권 내지 유역이라고 하는 개념은 학문분야 또는 논의의 관점에 따라 다양한 스펙트럼을 가지고 있지만, 하천수 제어에 필요 내지 유용한 토지를 널리 「유역」이라 정의하고 있다. 또한 Lee(2002)는 유역내의 구성인자와 이들 인자간의 상호작용에 대한 종합적 이해로써 유역계획은 최근 생태적 원칙이 강조되고 있는 자연자원관리에서 가장 중요한 주제 중 하나라고 하였다. 이에 본 연구는 토함산습지의 주변지역을 지형적 관점에서 “유역권확장방식”을 중심으로 1차 유역권의 조사 대상지를 우선 설정하였다.

2. 조사 및 분석 방법

1) 유역권의 도면화

도면화 방법은 1/5,000 수치지도와 위성영상을 바탕으로 우선 추출하고 현장에서 GPS(Magellan Triton 1500)를 활용하여 습지식생의 분포여부에 따라 습지구역을 도면화하였다. 이를 토대로 토함산습지의 1차 유역권을 Arc View 3.2의

Hydrologic Modelling v1.1 도구를 통하여 분석하였다.

2) 현존식생

도면화 된 토함산습지 및 유역권을 중심으로 위성영상을 바탕으로 교목층 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy) 유형을 우선 분류하였으며, 현장에서 식생 유형과 토지이용 유형별로 구획하고 속성을 기록하였다. 조사된 자료를 바탕으로 실내에서 AutoCAD Map 2004와 ArcView GIS 3.2 프로그램을 이용하여 도면화하였고, 현존식생 유형별 면적과 비율을 산출하였다. 현존식생을 2011년 7월에 조사한 후 대표적인 식생유형을 추출하여 2011년 8월에 식물군락구조를 조사하였다.

3) 식물군락구조

본 연구에서는 현존식생도를 바탕으로 각 유형별 식물군락구조 특성을 파악하기 위해 10m×10m(100m²) 크기의 조사구 32개소를 설정하였다. 식물군락구조 조사는 Monk *et al.*(1969)의 방법을 참고하여 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어(Park, 1985) 수관층위별로 조사를 실시하였다. 상층수관을 이루는 수목을 교목층으로, 수고 2.0m이하의 수목을 관목층으로, 그 외의 수목은 아교목층으로 구분하였다. 교목과 아교목층에서는 수고와 흉고직경을, 관목층에서는 수고와 수관폭(장변×단변)을 조사하였다. 각 조사지의 환경요인은 고도, 방향, 경사도, 식피율, 종수 등을 조사하였다.

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도+상대빈도수)/3으로 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. 수령 및 임분동태의 간접적인 표현으로 산림천이 양상을 추정할 수 있는 흉고직경급별 분포(Harcomb and Marks, 1978)를 분석하였다.

조사구에서 우점종 중 평균흉고직경에 해당하는 수목 혹은 대표적이거나 특징적인 수목을 선정하여 연륜 및 성장량을 조사하였다. 선정된 수목을 지상으로부터 1.2m 높이에서 성장추를 이용하여 목편을 추출하였고 추출된 목편을 분석하여 수목의 수령 및 성장량을 파악하였다.

4) 토양분석

토함산습지 주변 토양의 이화학적 특성을 알아보기 위해 14개 주요 식생조사구(100m²) 내에서 임의의 지점을 골라

A₀층을 걷어내고 표층으로부터 토양을 채취·혼합하여 음건하였다. 분석용 토양을 김해농업기술센터에 의뢰하여 토양 및 식물체 분석법(Rural Development Administration, 2000)에 의한 pH, EC, 유기물함량, 유효인산과 치환성양이온의 함량 등을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 유역권 설정 및 도면화

토함산습지의 유역권 설정 및 도면화 결과(Figure 1), 토함산습지는 해발 490m에 위치(N 35° 51' 29.6", E 129° 22' 24.9")하고 있으며, 면적은 약 3,959.6m²이었다. 우리나라 산림습지는 계곡형 습지가 많이 출현하는데(Kang, 2012), 토함산습지의 경우에도 습지유형분류(Ministry of Environment, 2008) 중 내륙/산지/수로습원/산지계곡습지로 판단된다. 지형학적 관점에서 ArcView 3.2의 Hydrologic Modelling v1.1을 통하여 분석한 결과 유역권의 면적은 236,272m²이고, 북측과 동측의 계곡부에서 물이 유입되어 서측의 계곡으로 물이 유출되고 있었다.

2. 현존식생도

경주국립공원 토함산습지 유역권의 현존식생을 조사한

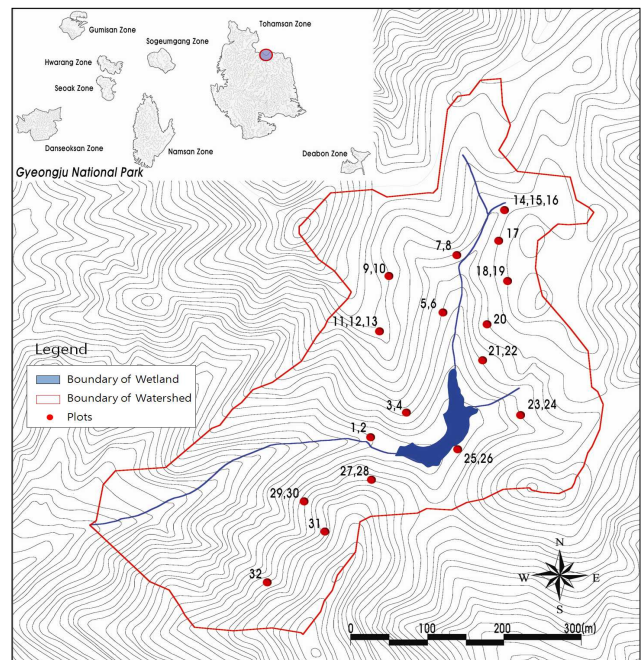


Figure 1. The boundary of watershed and location of surveyed plots around Tohamsan (Mt.) Wetland in Gyeongju National Park, Korea

석한 결과(Figure 2, Table 1), 습지 주변 계곡의 산림식생 13개 유형과 모지, 습지식생, 개방수면 등 총 16개의 유형으로 분류되었다. Figure 2에서 습지식생과 개방수면 분류 시 식별이 어려워 통합으로 나타내었으며, 분할된 면적은 Table 1에 나타내었다. 현존식생 유형별로 면적비율과 분포 특성을 살펴보면, 신갈나무림(No. 8)이 78,209.2m²로 전체면적의 33.10%를 차지하고 있었다. 이차천이 발달 초기단계로 추정되는 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등 참나무류가 우점하는 산림지역의 면적은 177,995.9m²(75.32%)로 소나무가 우점하는 산림지역(43,238.5m²)과 소나무가 우점하며 다른 수종과 중간 경쟁을 하고 있는 유형(No. 6, 7)의 합(47,799.8m²)보다 높게 나타났다. 따라서 토함산습지 주변 계곡은 이차천이 발달 초기단계로 추정된다.

습지식생으로는 버드나무(824.1m², 0.35%), 샷갓사초-갈대(784.2m², 0.33%), 갈대-습싸리(598.0m², 0.25%), 갈대-진퍼리새(583.2m², 0.25%) 등이 나타났으며, 식물로 피복되지 않고 개방된 수면은 104.4m²로 전체면적의 0.04%이었다.

3. 조사구의 일반적 개황

32개 조사구의 일반적 개황을 살펴보면(Table 2), 해발고는 446~508m, 주향은 남서향이였다. 조사구별 종수는 2~18종으로 나타났으며, 교목층은 평균수고 12~28m, 평균 흉고직경 12.5~30.4cm, 식피율은 70~95%이었다. 아교목층은 평균수고 5~10m, 평균흉고직경 3.6~9.5cm, 식피율 20~90%이였고, 관목층은 평균수고 1~2.5m, 식피율은 5~100%이었다. 조사구의 일반적 개황을 종합해 보면, 토함산습지의 해발고가 490m임을 고려하였을 때, 습지와 유역권의 고도 차

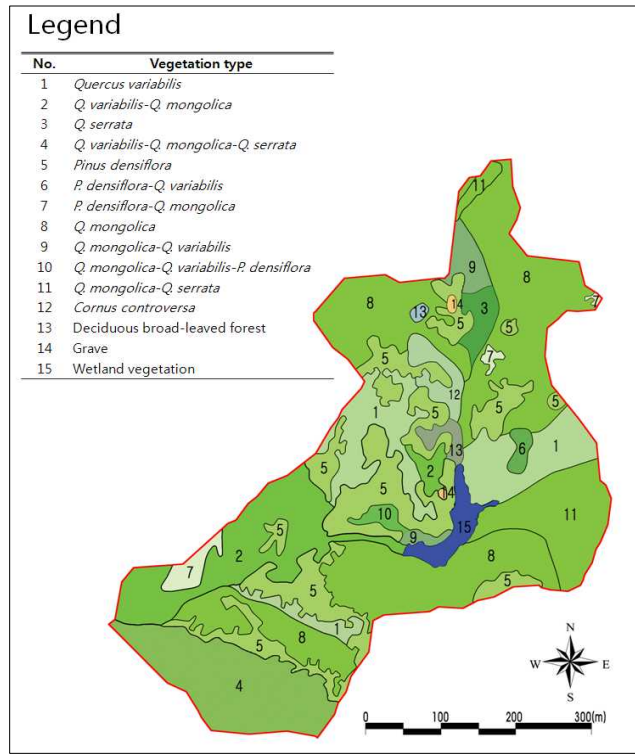


Figure 2. Actual vegetation map of Tohamsan (Mt.) Wetland, Gyeongju National Park, Korea (The legends of actual vegetation map referred from Table 1)

이는 -44~+90m로 습지를 중심으로 저구릉 형태의 산림이였으며, 교목층에서는 중대경목의 수목이 생육하고, 아교목층, 관목층으로 대부분 다층구조를 형성하고 있었다.

Table 1. States of actual vegetation coverage of Tohamsan (Mt.) Wetland, Gyeongju National Park, Korea

No.	Vegetation type	Area (m ²)	Ratio (%)
1	<i>Quercus variabilis</i>	23,192.0	9.82
2	<i>Q. variabilis-Q. mongolica</i>	27,430.0	11.61
3	<i>Q. variabilis-Q. serrata</i>	3170.3	1.34
4	<i>Q. variabilis-Q. mongolica-Q. serrata</i>	24,443.3	10.35
5	<i>Pinus densiflora</i>	43,238.5	18.30
6	<i>P. densiflora-Q. variabilis</i>	1,369.7	0.58
7	<i>P. densiflora-Q. mongolica</i>	3,191.6	1.35
8	<i>Q. mongolica</i>	78,209.2	33.10
9	<i>Q. mongolica-Q. variabilis</i>	4,330.3	1.83
10	<i>Q. mongolica-Q. variabilis-P. densiflora</i>	1,436.9	0.61
11	<i>Q. mongolica-Q. serrata</i>	15,783.9	6.68
12	<i>Cornus controversa</i>	4,386.9	1.86
13	Deciduous broad-leaved forest	1,746.6	0.74
14	Grave	383.0	0.16
15	Wetland vegetation	3,855.2	1.63
16	Surface of the water	104.4	0.04
Total		236,272.0	100.00

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

Community*		I								II		
Plot number		1	2	9	10	17	20	29	30	3	4	11
Altitude (m)		502	502	529	529	557	551	486	486	526	526	550
Aspect		S30W	S30W	S	S	N60W	W	S30W	S30W	S60W	S60W	S30W
Slope (°)		32	32	25	25	10	17	30	30	10	10	20
Number of species		10	8	7	9	5	8	11	11	8	10	9
Canopy	Height (m)	13	13	25	25	20	16	17	17	23	23	28
	Mean DBH (cm)	17.2	15.8	23.7	28.3	14.5	12.5	17.8	18.1	24.6	30.4	29.0
	Coverage (%)	80	80	90	90	95	85	90	90	90	90	90
Understory	Height (m)	8	8	10	10	7	7	10	10	10	10	8
	Mean DBH (cm)	5.4	4.8	3.9	9.5	7.3	6.0	5.9	7.0	4.2	5.9	5.3
	Coverage (%)	80	80	60	60	10	50	20	20	20	20	70
Shrub	Height (m)	<2.0	<2.0	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<1.0	<1.0	<1.0
	Coverage (%)	40	40	5	5	100	70	90	90	20	20	5

(Table 2. Continued)

Community*		II					III		IV		V	
Plot number		12	13	21	22	31	5	6	7	8	23	24
Altitude (m)		550	550	500	500	446	580	580	537	537	505	505
Aspect		S30W	S30W	S45W	S45W	S30W	S30E	S30E	S	S	S60W	S60W
Slope (°)		20	20	15	15	15	25	25	22	22	10	10
Number of species		7	7	11	9	14	4	4	10	12	7	5
Canopy	Height (m)	28	28	25	25	17	25	25	22	22	17	17
	Mean DBH (cm)	29.6	26.3	21.4	27.8	17.1	22.9	27.0	32.6	26.1	16.7	18.1
	Coverage (%)	90	90	80	80	90	95	95	95	95	80	80
Understory	Height (m)	8	8	10	10	10	10	10	10	10	5	5
	Mean DBH (cm)	6.2	7.2	5.5	4.9	4.0	4.5	9.4	3.9	7.9	5.7	7.4
	Coverage (%)	70	70	40	40	20	30	30	40	40	70	70
Shrub	Height (m)	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<2.0	<1.5	<1.5	<2.0	<2.0	<1.0	<1.0
	Coverage (%)	5	5	30	30	90	20	20	30	30	20	20

(Table 2. Continued)

Community*		VI					VII				VIII	
Plot number		25	26	14	15	16	18	19	27	28	32	
Altitude (m)		502	502	550	550	550	549	549	490	490	446	
Aspect		-	-	S30W	N10E	N10E	W	W	N60W	N60W	S30W	
Slope (°)		-	-	20	12	12	16	16	-	-	15	
Number of species		2	4	5	9	4	6	5	7	10	18	
Canopy	Height (m)	12	12	28	15	15	20	20	12	12	17	
	Mean DBH (cm)	18.3	15.2	26.3	17.0	11.9	16.5	17.1	17.2	12.8	20.9	
	Coverage (%)	70	70	90	80	80	80	80	95	95	90	
Understory	Height (m)	-	-	8	8	8	7	7	5	5	10	
	Mean DBH (cm)	-	-	6.1	5.1	3.6	5.5	4.5	8.5	5.0	5.3	
	Coverage (%)	-	-	70	90	90	50	50	20	20	20	
Shrub	Height (m)	<1.5	<1.5	<1.0	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<1.2	<1.2	<2.0	
	Coverage (%)	30	30	5	10	10	80	80	30	30	90	

* I: *Pinus densiflora* com., II: *Quercus variabilis* com., III: *Cornus controversa* com., IV: *Q. serrata* com., V: *Q. mongolica* - *Q. serrata* com., VI: *Salix koreensis* com., VII: *Q. mongolica* com., VIII: *Q. mongolica* - *Q. variabilis* - *Q. serrata* com.

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

Com. *	Species	Layer **				Species	Layer **			
		C	U	S	M		C	U	S	M
I	<i>Pinus densiflora</i>	94.07	17.77	0.00	52.96	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	2.03	6.66	1.79
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.00	7.58	53.78	11.49	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	0.54	8.07	1.53
	<i>Quercus mongolica</i>	1.83	23.70	1.09	9.00	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	6.52	1.09
	<i>Styrax obassia</i>	0.00	15.28	7.32	6.31	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	1.23	0.71	0.53
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	10.35	13.99	5.78	<i>Tilia amurensis</i>	0.00	0.52	0.00	0.17
	<i>Quercus variabilis</i>	1.99	10.57	0.00	4.52	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	0.00	0.75	0.13
	<i>Quercus serrata</i>	2.12	5.10	0.00	2.76	<i>Viburnum wrightii</i>	0.00	0.00	0.38	0.06
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	5.33	0.72	1.90					
II	<i>Quercus variabilis</i>	80.93	4.99	2.52	42.55	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	2.31	2.75	1.23
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	26.27	24.13	12.78	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.00	2.26	2.52	1.17
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.02	18.16	11.29	8.45	<i>Tilia amurensis</i>	0.00	2.34	0.00	0.78
	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	8.37	17.60	5.72	<i>Castanea crenata</i>	1.44	0.00	0.00	0.72
	<i>Quercus mongolica</i>	10.27	0.58	0.00	5.33	<i>Styrax obassia</i>	0.00	1.85	0.58	0.71
	<i>Quercus serrata</i>	6.34	5.92	0.00	5.14	<i>Ilex macropoda</i>	0.00	0.94	0.00	0.31
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	8.83	11.16	4.80	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	0.00	0.80	0.00	0.27
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	4.70	14.91	4.05	<i>Smilax china</i>	0.00	0.00	1.15	0.19
	<i>Pinus koraiensis</i>	0.00	8.15	0.00	2.72	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.00	0.00	1.04	0.17
	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	3.08	2.63	1.47	<i>Prunus sargentii</i>	0.00	0.44	0.00	0.15
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	7.71	1.29					
III	<i>Cornus controversa</i>	90.43	28.01	0.00	54.55	<i>Styrax obassia</i>	0.00	23.13	0.00	7.71
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	48.85	0.00	16.28	<i>Quercus mongolica</i>	9.58	0.00	0.00	4.79
	<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	0.00	0.00	73.33	12.22	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	26.67	4.45
	<i>Quercus serrata</i>	70.64	6.89	0.00	37.62	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.00	19.10	3.18
IV	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	24.23	27.07	12.59	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	17.80	2.97
	<i>Quercus variabilis</i>	7.43	17.24	0.00	9.46	<i>Castanea crenata</i>	5.63	0.00	0.00	2.82
	<i>Styrax obassia</i>	0.00	18.35	14.80	8.58	<i>Quercus aliena</i>	4.44	0.00	0.00	2.22
	<i>Pinus densiflora</i>	11.85	0.00	0.00	5.93	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	0.00	12.88	2.15
	<i>Cornus controversa</i>	0.00	12.95	0.00	4.32	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.00	4.54	0.76
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	10.28	1.69	3.71	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	2.12	0.35
	<i>Quercus mongolica</i>	0.00	10.06	0.00	3.35					
V	<i>Quercus mongolica</i>	43.65	16.44	0.00	27.31	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	9.16	18.01	6.06
	<i>Quercus serrata</i>	49.18	3.54	0.00	25.77	<i>Quercus variabilis</i>	7.17	0.00	0.00	3.59
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.00	40.56	34.67	19.30	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	3.83	0.00	1.28
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	23.39	47.32	15.68	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	3.08	0.00	1.03
VI	<i>Salix koreensis</i>	96.58	0.00	7.92	49.61	<i>Alnus sibirica</i>	3.42	0.00	0.00	1.71
	<i>Weigela subsessilis</i>	0.00	0.00	53.13	8.86	<i>Styrax obassia</i>	0.00	0.00	7.19	1.20
VII	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	31.77	5.30					
	<i>Quercus mongolica</i>	79.72	14.13	0.76	44.70	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.00	0.00	11.60	1.93
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	25.30	16.39	11.17	<i>Ilex macropoda</i>	2.95	0.00	0.00	1.48
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.00	20.18	23.79	10.69	<i>Tilia amurensis</i>	0.00	3.76	0.00	1.25
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	18.90	20.99	9.80	<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.00	5.73	0.96
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	12.21	8.25	5.45	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	5.44	0.91
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.91	4.10	0.00	2.82	<i>Sorbus alnifolia</i>	1.27	0.54	0.00	0.82
	<i>Quercus serrata</i>	4.19	0.46	2.48	2.66	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.00	1.43	0.24
	<i>Pinus densiflora</i>	4.20	0.00	2.48	2.51	<i>Corylus heterophylla</i>	0.00	0.41	0.00	0.14
	<i>Quercus variabilis</i>	4.75	0.00	0.65	2.48					
VIII	<i>Quercus variabilis</i>	41.62	0.00	1.97	21.14	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	0.00	6.31	0.00	2.10
	<i>Quercus mongolica</i>	35.26	9.01	0.00	20.63	<i>Corylus sieboldiana</i>	0.00	6.05	0.00	2.02
	<i>Quercus serrata</i>	23.13	23.93	0.00	19.54	<i>Rhus trichocarpa</i>	0.00	3.12	2.50	1.46
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	19.13	0.00	6.38	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	0.00	0.00	7.49	1.25
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.00	14.54	8.56	6.27	<i>Viburnum erosum</i>	0.00	3.47	0.00	1.16
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.00	0.00	33.87	5.65	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	0.00	5.35	0.89
	<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	4.93	17.28	4.52	<i>Maackia amurensis</i>	0.00	0.00	2.50	0.42
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	9.52	0.00	3.17	<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.00	2.50	0.42
	<i>Styrax obassia</i>	0.00	0.00	16.03	2.67	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.00	0.00	1.97	0.33

*The names of communities are referred to footnote of Table 2

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

4. 상대우점치 분석

군락별 상대우점치 분석 결과를 살펴보면(Table 3), 소나무군락은 8개 조사구(1, 2, 9, 10, 17, 20, 29, 30)가 해당하였으며, 교목층에서는 소나무(I.P.: 94.07%)가 우점종이었고, 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등이 출현하였다. 아교목층에서는 신갈나무(I.P.: 24.7%)가 우점종이었고, 소나무, 쪽동백나무, 쇠물푸레나무, 굴참나무 등이 출현하였다. 관목층에서는 철쭉(I.P.: 53.78%)의 우점도가 높았고, 쇠물푸레나무, 진달래, 쪽동백나무, 신갈나무, 당단풍나무 등이 출현하였다. 소나무군락은 소나무가 우점하는 군락으로서, 아교목층에서는 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무 등의 참나무류(I.P.: 39.37%)의 세력이 소나무(I.P.: 17.77%)보다 높게 나타났고, 관목층에서는 철쭉이 우점하여 소나무의 차세대가 형성되지 않았다.

굴참나무군락에는 8개 조사구(3, 4, 11, 12, 13, 21, 22, 31)를 설치하였으며, 교목층에서는 굴참나무(I.P.: 80.93%)가 우점종이었고, 신갈나무(I.P.: 10.27%), 졸참나무(I.P.: 6.34%) 등이 나타났다. 아교목층에서는 당단풍나무(I.P.: 26.27%)와 물푸레나무(I.P.: 18.16%)가 참나무류(I.P.: 0.58~5.92%)보다 비교적 높게 나타났으며, 관목층에서도 당단풍나무(I.P.: 24.13%)가 우점했고, 노린재나무, 비목나무, 물푸레나무, 생강나무 등이 나타났다. 굴참나무군락은 교목층에서는 굴참나무(I.P.: 80.93%)를 비롯한 신갈나무, 졸참나무 등이 우점하였으나, 아교목층, 관목층에서는 이들의 세력보다 당단풍나무, 물푸레나무 등의 우점도가 높게 나타났다.

층층나무군락은 2개 조사구(5, 6)를 설치하였으며, 교목층에서는 층층나무(I.P.: 90.43%)가 우점하는 상태에서 신갈나무(I.P.: 9.58%)가 나타났다. 아교목층에서는 당단풍나무(I.P.: 48.85%)가 우점하며 층층나무(I.P.: 28.01%), 쪽동백나무(I.P.: 23.13%) 등이 출현하였고, 관목층에서는 산수국(I.P.: 73.33%)이 우점하며, 비목나무(I.P.: 26.67%)가 출현하였다. 층층나무군락으로 교목층, 아교목층에서 층층나무가 출현함에 따라 향후 층층나무의 세력이 유지될 것으로 판단된다.

졸참나무군락은 2개 조사구 (7, 8)를 설치하였으며, 교목층에서는 졸참나무(I.P.: 70.64%)가 우점하였으며, 소나무(I.P.: 11.85%), 굴참나무(I.P.: 7.43%), 밤나무(I.P.: 5.63%), 갈참나무(I.P.: 4.44%) 등이 출현하였다. 아교목층에서는 생강나무(I.P.: 24.23%)가 우점하는 가운데 쪽동백나무(I.P.: 18.35%), 굴참나무(I.P.: 17.24%), 층층나무(I.P.: 12.95%), 당단풍나무(I.P.: 10.28%), 신갈나무(I.P.: 10.06%) 등의 경쟁관계에 있었다. 관목층에서는 생강나무(I.P.: 24.23%)가 우점하고, 노린재나무, 조록싸리, 쪽동백나무, 쇠물푸레나무 등이

출현하였다. 졸참나무군락은 교목층에서는 졸참나무가 우점하나 아교목층에서는 다수의 수종들이 경쟁관계에 있었다.

신갈나무-졸참나무군락은 2개 조사구(23, 24)를 설치하였으며, 교목층에서는 신갈나무(I.P.: 43.65%)와 졸참나무(I.P.: 49.18%)가 경쟁하고 있었으며, 아교목층에서는 철쭉(I.P.: 40.56%)이 우점하며 당단풍나무(I.P.: 23.39%), 신갈나무(I.P.: 16.44%) 등이 출현했다. 관목층에서는 당단풍나무(I.P.: 47.32%), 철쭉(I.P.: 34.67%), 쇠물푸레나무(I.P.: 18.01%)등이 나타났다. 이 군락은 신갈나무와 졸참나무가 교목층에서 경쟁관계에 있었고, 아교목층에서는 신갈나무(I.P.: 16.44%)가 졸참나무(I.P.: 3.54%)보다 다소 높게 나타났다.

버드나무군락은 2개 조사구(25, 26)를 설치하였으며, 교목층에서 버드나무(I.P.: 96.58%)가 우점하며 물오리나무(I.P.: 3.42%)가 출현하였고 아교목층은 나타나지 않았다. 또한 관목층에서는 병꽃나무(I.P.: 53.13%)가 우점하며 비목나무(I.P.: 31.77%), 버드나무(I.P.: 7.92%), 쪽동백나무(I.P.: 7.19%) 등이 출현하였다. 이 군락은 습지 주변부로서 습윤한 땅을 좋아하는 버드나무, 물오리나무 등이 출현하고 있었다.

신갈나무군락은 7개 조사구(14, 15, 16, 18, 19, 27, 28)가 해당하였으며, 교목층에서는 신갈나무(I.P.: 79.72%)가 우점하는 가운데 굴참나무, 졸참나무, 소나무 등이 출현하였다. 아교목층에서는 쇠물푸레나무(I.P.: 25.30%), 철쭉(I.P.: 20.18%) 등이 나타났다, 관목층에서는 철쭉(I.P.: 23.79%), 진달래(I.P.: 20.99%), 쇠물푸레나무(I.P.: 16.39%), 조록싸리(I.P.: 11.60%) 등이 출현하였다.

참나무류를 중심으로 혼효된 굴참나무-신갈나무-졸참나무군락은 1개 조사구(32)를 설치하였으며, 교목층에서 굴참나무(I.P.: 41.62%), 신갈나무(I.P.: 35.26%), 졸참나무(I.P.: 23.13%)가 경쟁관계에 있었다. 아교목층에서는 졸참나무(I.P.: 23.93%)가 우점하는 가운데 물푸레나무(I.P.: 19.13%), 쇠물푸레나무(I.P.: 14.54%) 등이 출현하였고, 관목층에서는 비목나무(I.P.: 33.87%)를 비롯한 생강나무(I.P.: 17.28%), 쪽동백나무(I.P.: 16.03%) 등이 출현하였다.

Kang(2013)은 호남 서남부 지역의 산림 습지를 대상으로 한 식생특성 분석 결과로 습지 주변으로 곰솔군락, 소나무군락, 버드나무군락, 리기다소나무군락, 밤나무군락, 황철나무군락 등을 확인하였으며, Lee(2009)의 경우 전북지역 국유림을 중심으로 산림 습지 주변 식생특성을 분석한 결과 굴참나무군락, 졸참나무군락, 소나무군락, 버드나무군락 등을 파악하였다. 이를 통해 주변 조림지로 인한 습지의 육상화 과정의 특성과 습지 형성시기에 따른 습지 식물의 출현율 저조 현상을 볼 수 있었고, 또한 다수의 국내 산림 습지가 여러 영향에 의해 순환천이가 이루어지지 않고 버드나무 등의 목본식생 유입이 일어나는 등 육지화 되어가는 추세를 보이고 있는 상태이다(Lee *et al.*, 2012; Lee and

Nam, 2008). 본 연구대상지의 경우에도 습지 지역 주변으로 버드나무군락이 존재하고 있어, 산지습지지역에 건조초지 식생이 이입되어 교란이 발생하는 것도 배재할 수 없기에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

5. 종수 및 개체수 분석

8개 군락 32개의 조사구를 대상으로 단위면적(100m²)당 평균 출현 개체수 및 종수 분석을 각 조사구의 층위별(Table 4), 각 군락의 층위별(Tabe 5)로 실시하였다.

층위별 평균 출현 개체수 분석결과, 교목층에서는 9.69±4.13 개체, 아교목층에서는 14.72±9.95개체가 출현하였고, 전체적으로 각 조사구당 출현 개체수는 82.78±37.57개체였다. 층위별 평균 출현 종수 분석결과, 교목층에서는 1.94±1.01 종, 아교목층에서는 4.59±2.23종으로 전체적으로는 8.00±3.33 종이 출현하였다.

각 군락의 층위별 평균 개체수 분석결과, 교목층에서는 신갈나무-졸참나무군락이 13.50±4.95개체로 가장 많이 출현하였으며, 아교목층에서는 신갈나무군락이 19.86±13.68 개체로 가장 많이 출현한 군락으로 조사되었다. 전체적으로 단위면적당 가장 많은 개체수가 출현한 군락은 굴참나무-신갈나무-졸참나무군락으로 141.00±0.00개체가 출현하고 있는데, 이것은 관목층(112.00±0.00)의 영향이 크게 작용하고 있는 것을 알 수 있다. 각 군락의 층위별 평균 종수는 굴참나무-신갈나무-졸참나무군락에서 가장 많이 출현하였고, 버드나무군락에서 가장 낮았다.

전체적인 출현 종수 분석결과 본 연구대상지와 인접지역인 불국사 지역에서 나타나고 있는 10.67±3.96종(Kang *et al.*, 2012)보다 낮게 나타났는데, 이는 습지 근처의 층층나무군락과 버드나무군락의 출현종수가 상대적으로 적기 때문이다.

6. 흉고직경급별 분포

군락별 주요 수종의 흉고직경급별 분포를 살펴보면(Table 4), 소나무군락의 경우, 소나무 DBH 분포범위는 7~42cm로 12~17cm에서 출현빈도가 가장 높았으며 관목층에서는 출현하지 않았다. 반면, 2~7cm에서 신갈나무가 세력이 컸으며, 관목층에서는 쇠물푸레나무, 철쭉 등이 출현하였다. Kim(2007)은 남산-토함산 일대의 소나무군락이 낙엽활엽수림과의 식생경쟁으로 인하여 소나무가 점점 쇠퇴한다 하였는데, 본 연구 결과에서도 소나무군락은 DBH 7cm 이상에서는 소나무가 우점하고 있으나 차세대 세력 형성이 미약하여 장기적으로 볼 때, 신갈나무를 중심으로 한 낙엽활엽수림으로 천이가 진행될 것으로 보인다.

굴참나무군락의 경우, 굴참나무 DBH 분포범위는 2~52cm로 전범위에서 고르게 형성되어 22~27cm 범위에서 가장 세력이 컸다. 졸참나무도 7~32cm 범위에서 나타났으며, 2~7cm 범위에서는 당단풍나무, 생강나무, 물푸레나무, 노린재나무, 비목나무 등이 주요 출현 수종이었다. 굴참나무의 DBH 분포범위는 2~52cm로 향후 굴참나무를 중심으로 한 낙엽활엽수림 세력이 유지될 것으로 사료된다.

Table 4. Descriptive analysis of the number of species and individuals by layer in Tohamsan (Mt.) Wetland (Unit: 100 m²)

Descriptive analysis	No. of Individual				No. of Species			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
Mean	9.69±4.13	14.72±9.95	58.38±34.75	82.78±37.57	1.94±1.01	4.59±2.23	4.53±2.29	8.00±3.33
Median	9.50	12.50	54.00	78.00	2.00	4.50	5.00	8.00
Mode	10.00	10.00	68.00	71.00	1.00	4.00	5.00	7.00
Maximum	21.00	36.00	140.00	168.00	5.00	10.00	11.00	18.00
Minimum	4.00	0.00	0.00	14.00	1.00	0.00	0.00	2.00

Table 5. Descriptive analysis of the number of species and individuals by each community in Tohamsan (Mt.) Wetland (Unit: 100 m²)

Community*	No. of Individual				No. of Species			
	Tree	Understory	Shrub	Total	Tree	Understory	Shrub	Total
I	13.00±4.81	14.25±11.16	70.50±24.37	97.75±29.75	1.50±0.53	5.25±2.12	5.50±1.51	8.63±2.07
II	7.13±2.47	17.50±3.55	76.50±33.90	101.13±34.03	2.00±1.41	5.75±1.28	5.25±1.67	9.38±2.33
III	5.00±1.41	7.00±4.24	6.00±8.49	18.00±5.66	1.50±0.71	2.50±0.71	1.00±1.41	4.00±0.00
IV	7.50±2.12	7.50±3.54	88.00±50.91	103.00±45.25	3.00±0.00	4.50±2.12	6.00±0.00	11.00±1.41
V	13.50±4.95	15.50±6.36	26.00±19.80	55.00±8.49	2.50±0.71	4.50±0.71	2.00±0.00	6.00±1.41
VI	12.00±2.83	0.00±0.00	16.00±11.31	28.00±8.49	1.50±0.71	0.00±0.00	2.00±0.00	3.00±1.41
VII	8.86±2.73	19.86±13.68	44.00±12.86	72.71±17.75	2.29±1.11	3.71±0.95	3.71±1.38	6.57±2.23
VIII	11.00±0.00	18.00±0.00	112.00±0.00	141.00±0.00	1.00±0.00	10.00±0.00	11.00±0.00	18.00±0.00

*The names of communities are referred to footnote of Table 2

Table 6. The DBH distribution of major woody species for each community in Tohamsan (Mt.) Wetland

Com.*	Unit (m ²)	Species	Shrub	D1**	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
I	800	<i>Pinus densiflora</i>	0	0	0	24	40	18	19	5	2	3	0	0	0
		<i>Quercus variabilis</i>	0	0	1	8	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus mongolica</i>	12	0	17	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	0	0	6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Lindera obtusiloba</i>	72	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer pseudosieboldianum</i>	8	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Tilia amurensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	52	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	100	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Styrax obassia</i>	76	0	6	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	152	0	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Others	92	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
II	800	<i>Quercus variabilis</i>	24	0	1	2	6	10	13	7	5	2	0	2	0
		<i>Quercus mongolica</i>	0	0	1	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0
		<i>Quercus serrata</i>	0	0	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0
		<i>Lindera obtusiloba</i>	76	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	88	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Acer pseudosieboldianum</i>	112	0	24	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	64	0	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	88	0	17	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
		Others	160	0	25	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
III	200	<i>Quercus mongolica</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Cornus controversa</i>	0	0	1	1	1	2	1	4	0	0	0	0	
<i>Styrax obassia</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
IV	200	<i>Quercus serrata</i>	0	0	0	1	0	0	5	1	3	0	1	0	
		<i>Lindera obtusiloba</i>	32	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Lespedeza maximowiczii</i>	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Cornus controversa</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Others	56	0	2	3	1	2	1	0	2	0	0	0			
V	200	<i>Quercus mongolica</i>	0	0	0	3	4	6	2	0	0	0	0	0	
		<i>Quercus serrata</i>	0	0	0	1	9	2	3	0	0	0	0	0	
		<i>Acer pseudosieboldianum</i>	28	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	8	1	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	16	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Others	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0			
VI	200	<i>Salix koreensis</i>	4	0	0	1	10	8	4	0	0	0	0	0	
		<i>Alnus sibirica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Styrax obassia</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Weigela subsessilis</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VII	700	<i>Pinus densiflora</i>	12	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
		<i>Quercus variabilis</i>	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	
		<i>Quercus mongolica</i>	4	0	2	18	21	8	7	2	0	1	0	0	
		<i>Quercus serrata</i>	8	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
		<i>Lespedeza maximowiczii</i>	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Rhododendron mucronulatum</i>	28	0	35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	48	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	96	1	30	7	0	0	0	0	0	0	0	0			
Others	52	0	8	9	1	0	0	1	0	0	0	0			
VIII	100	<i>Quercus variabilis</i>	4	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	
		<i>Quercus mongolica</i>	0	0	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	
		<i>Quercus serrata</i>	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	
		<i>Lindera obtusiloba</i>	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Lindera erythrocarpa</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Clerodendrum trichotomum</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Others	28	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

*The names of communities are referred to footnote of Table 2

**D1<2(cm), 2≤D2<7, 7≤D3<12, 12≤D4<17, 17≤D5<22, 22≤D6<27, 27≤D7<32, 32≤D8<37, 37≤D9<42, 42≤D10<47, 47≤D11<52, 52≤D12

층층나무군락에서, 층층나무 DBH 분포범위는 2~37cm로 나타났으며, 2~12cm 범위에서 당단풍나무, 쪽동백나무가 출현하였으며, 관목층에서는 산수국, 비목나무 등이 나타났는데, 외부적 교란이 발생하지 않는다면 층층나무의 세력이 유지될 것으로 판단된다.

줄참나무군락에서 줄참나무는 7~4cm의 DBH 분포범위를 보이고 있으며, 22~27cm에서 가장 세력이 컸다. 12cm미만에서는 층층나무와 생강나무가 세력을 형성하고 있었으며, 관목층에서는 조록싸리, 생강나무, 쇠물푸레나무 등이 주요 출현종이었다.

신갈나무-줄참나무군락에서 신갈나무의 DBH 분포범위는 7~27cm, 줄참나무의 경우에도 7~27cm였다. 신갈나무는 17~22cm 범위에서 가장 세력이 컸고, 줄참나무는 12~17cm 범위에서 가장 세력이 컸다. 2~7cm 범위에서 철쭉이 세력을 형성하고 있었으며, 관목층에서는 당단풍나무, 쇠물푸레나무, 철쭉 등이 출현하였다. 신갈나무-줄참나무 군락은 향후에도 두 종간의 경쟁관계를 유지할 것으로 보인다.

버드나무군락에서 버드나무 DBH 분포범위는 7~27cm였다. 12~17cm에서 버드나무의 세력이 컸으며, 물오리나무도 출현하였다. 관목층에서는 버드나무, 비목나무, 쪽동백나무, 병꽃나무 등이 출현하였다. 군락 VI의 경우 습지의 주변부로서 아교목층은 나타나지 않았으며, 교목층에서 습윤한 토양에서 잘 자라는 버드나무와 물오리나무가 출현하였다.

신갈나무군락의 경우, 신갈나무 DBH 분포범위는 2~42cm로 12~17cm에서 그 세력이 가장 컸다. DBH 12cm 이상의

주요 수종은 신갈나무, 소나무, 굴참나무, 줄참나무, 물푸레나무 등이었으며, 2~7cm 범위에서는 진달래, 철쭉, 쇠물푸레나무가 세력을 형성하고 있었다. 관목층의 주요 수종은 쇠물푸레, 철쭉, 진달래, 조록싸리 등이었다. 군락 VII은 신갈나무가 우점하는 군락으로 향후 그 세력을 유지할 것으로 보인다.

굴참나무-신갈나무-줄참나무군락의 경우, 굴참나무 12~27cm, 신갈나무 7~32cm, 줄참나무 2~37cm의 DBH 분포범위를 보이고 있었다. 물푸레나무, 쇠물푸레나무는 2~7cm 범위에서 세력을 형성하고 있으며, 관목층에서는 비목나무, 생강나무, 쇠물푸레나무, 누리장나무 등이 주요 출현종이었다. 이 군락은 굴참나무, 신갈나무, 줄참나무를 중심으로 낙엽활엽수림의 세력이 유지될 것으로 판단된다.

7. 연륜 및 성장량 분석

전체 32개 조사구에서 주요 수종에 대해 목편을 채취하고 수목의 연륜 및 성장량 분석을 실시하였고, 전체 표본 중 대표성을 지닌 것을 추출하여 분석결과를 나타내었다(Table 5).

소나무군락에서 추출된 소나무의 수령은 약 29~43년으로 나타났으며, 굴참나무군락에서 추출된 굴참나무의 수령은 약 38~51년으로 나타났다. 층층나무군락의 층층나무 수령은 약 34년, 줄참나무군락과 신갈나무-줄참나무군락의 줄참나무 수령은 48~52년, 버드나무군락의 버드나무의 수령은 약 32~37년으로 나타났다. 신갈나무군락의 신갈나무는 연평균 성장량이 1.33~2.47로 약 47~52년의 수령을 가

Table 7. The estimated age of major woody species in Tohamsan (Mt.) Wetland, Gyeongju National Park, Korea

Community *	Plot no.	Species	Height (m)	DBH (cm)	Expected age (Year)	Mean annual growth (mm)
I	2	<i>Pinus densiflora</i>	9	21	30	4.11
	10	<i>Pinus densiflora</i>	17	37	43	4.12
	10	<i>Pinus densiflora</i>	13	22	28	4.11
	17	<i>Pinus densiflora</i>	8	15.5	29	2.73
	30	<i>Pinus densiflora</i>	14	20	33	2.40
II	3	<i>Quercus variabilis</i>	17	31.5	50	2.48
	3	<i>Quercus variabilis</i>	18	24	38	1.73
	13	<i>Quercus variabilis</i>	18	23	49	1.73
	21	<i>Quercus variabilis</i>	18	23	51	1.89
	31	<i>Quercus serrata</i>	18	13	40	1.61
III	6	<i>Cornus controversa</i>	16	22.5	34	4.50
IV	8	<i>Quercus serrata</i>	20	26	48	2.52
V	24	<i>Quercus serrata</i>	17	20	52	1.81
VI	25	<i>Salix koreensis</i>	8	19	32	2.84
	26	<i>Salix koreensis</i>	10	20	37	3.02
VII	14	<i>Quercus mongolica</i>	18	36.5	50	2.47
	15	<i>Quercus mongolica</i>	13	17	47	1.36
	18	<i>Quercus mongolica</i>	9	15	49	1.33
	27	<i>Quercus mongolica</i>	9	16	52	1.63
VIII	32	<i>Quercus serrata</i>	19	26.5	36	2.81

* The names of communities are referred to footnote of Table 2.

Table 8. The chemical properties of Tohamsan (Mt.) Wetland soil by plots

Plot number	pH (1:5)	EC (ds/m)	OM (%)	Ca ⁺⁺ (cmol/kg)	Mg ⁺⁺ (cmol/kg)	K ⁺ (cmol/kg)	AVP ₂ O ₅ (ppm)
2	4.7	0.3	4.2	0.2	0.1	0.17	15
3	4.6	0.4	8.8	0.2	0.1	0.12	26
7	5.0	0.2	4.5	0.2	0.2	0.25	0
9	4.7	0.3	6.3	0.4	0.4	0.14	18
11	4.8	0.2	4.8	0.1	0.1	0.13	2
16	5.0	0.2	4.7	0.2	0.2	0.15	0
17	4.8	0.3	2.1	1.0	1.0	0.14	23
19	5.1	0.2	4.6	0.3	0.3	0.16	1
20	4.7	0.3	3.3	0.2	0.2	0.09	9
22	5.1	0.2	4.9	0.3	0.3	0.13	8
23	5.1	0.2	3.0	0.3	0.3	0.15	1
27	4.9	0.2	3.0	0.1	0.1	0.11	9
30	4.9	0.3	3.2	0.1	0.1	0.11	4
32	5.1	0.2	5.0	0.6	0.6	0.36	24
Mean	4.89	0.25	4.46	0.3	0.28	0.16	10.0
Gyeongbuk Mean*	5.41	-	3.70	2.27	1.27	0.24	19.3

*Jeong *et al.* (2002)

진 것으로 분석되었다. 연륜 분석 결과, 토함산습지 주변 계곡의 식물군락의 전체적인 임령은 약 30~50년으로 추정되었다.

8. 토양 이화학적 특성

경주국립공원 토함산습지 주변의 14개의 조사구에 대하여 토양을 채취하여 분석한 결과(Table 8), 평균 수소이온농도(pH)는 4.89였다. 수소이온농도(pH)는 수목생장에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로(Rhyu and Kim, 1994) 본 연구의 수소이온농도는 경북 평균 pH 5.41(Jeong *et al.*, 2002)과 전국 평균 pH 5.5(Lee, 1981)보다 낮게 나타났다. 토양 수소이온농도(pH)에 영향을 주는 인자는 부식층의 발달이나 모암, 토양의 질산화율의 정도, 식생에 의한 양이온 흡수, 최근 증가되고 있는 황산화물이나 질소산화물 등과 같은 환경오염물질 등에 의해 시·공간적으로 변화를 보이기 때문에 직접적인 비교는 어려우나, 산림지역에서 pH 5.0이하의 강산성토양 분포비율의 증가는 환경오염물질에 의한 토양산성화물질의 기여도가 높을 가능성을 시사한다(Lee and Park, 2001).

유기물함량의 평균은 4.46%로 이는 논토양의 평균 유기물함량 2.6%, 밭토양 2.4%에 비해서는 높은 편이다(Jung *et al.*, 2001). 유효인산(AvP₂O₅)은 토양의 타 화학적 성질에 비해 편차가 매우 크게 나타났고, 수소이온농도(pH)나 유기물함량과의 뚜렷한 관계가 나타나고 있지 않고 있으며, Lee(1981)도 동일한 산림지역에서도 유효인산의 변이가 매우 크게 나타나는 것으로 보고하고 있다.

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

Choi, J.Y.(2002) A Study on the preservation of a National Park Mt. Namsan's plan in Kyongju. Journal of the Korea Construction and Environment Association 1(4): 157-169. (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.

Gyeongju City(2005) The Management Plan in Gyeongju National Park. Gyeongju City, 443pp. (in Korean)

Harcomb, P.A. and R.H. Marks(1978) Tree diameter distribution and replacement processes in southeast Texas forests. For. Sci, 24(2): 153-166.

Jeong, J.H., K.S. Koo, C.H. Lee and C.S. Kim(2002) Physico-chemical properties of Korean forest soils by regions. Jour. Kor. For. Soc. 91(6): 694-700. (in Korean with English abstract)

Jung, B.G., J.W. Choi, E.S. Yun, J.H. Yoon and Y.H. Kim(2001) Monitoring on chemical properties of bench marked upland soils in Korea. Kor. Jour. Soil Sci. Fert. 34(5): 326-332.

Kang, H.M., S.H. Choi, S.D. Lee, H.S. Cho and J.S. Kim(2012) Vegetation structure of the Bulguksa Buddhist temple forest in the Gyeongju National Park. Kor. J. Env. Eco. 26(5): 787-800. (in Korean with English abstract)

Kang, K.R., D.P. Kim and J.B. Beak(2012) Comparative study on monetary estimates of natural environment and cultural relics in Gyeongju National Park. Kor. J. Env. Eco. 26(2): 273-282. (in Korean with English abstract)

KFCM(2005) A Study on Establishing Protected Area and Magerial Boundary of the Baekdu-daegan. KFCM, pp. 78-79. (in Korean)

Kim, J.S., S.H. Choi, S.H. Hong, H.M. Kang and J.N. Bae(2013)

LITERATURE CITED

- The characteristics of the vegetation of 'Amgok' wetland, Gyeongju National Park, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 27(3): 381-395. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W. and S.U. Han(2005) Moor vegetation of Mt. Shinbul in Yangsan. *Korean Journal of Ecology* 28(2): 85-92. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W., J.H. Kim, J.C. Jegal, Y.K. Lee, K.R. Choi, K.H. Ahn and S.U. Han(2005) Vegetation of Mujechi Moor in Ulsan: Actual vegetation map and *Alnus japonica* population. *Korean Journal of Ecology* 28(2): 99-103. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.W.(2007) Forest Vegetation Classification around Mt. Nam and Mt. Toham in Gyeongju City. MS Thesis, Kyungpook National Univ., Korea, 55pp. (in Korean with English abstract)
- KNPS Gyeongju National Park(2009) Resource Monitoring in Gyeongju National Park: 1st year. KNPS, 387pp. (in Korean)
- KNPS Gyeongju National Park(2010) Resource Monitoring in Gyeongju National Park: 2nd year. KNPS, 293pp. (in Korean)
- KNPS Gyeongju National Park(2011) Resource Monitoring in Gyeongju National Park: 3rd year. KNPS, 391pp. (in Korean)
- KNPS Gyeongju National Park(2012) Resource Monitoring in Gyeongju National Park: 4th year. KNPS, 251pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2007) Report of Wetlands Research. Korea Forest Service, 493pp. (in Korea)
- Korea National Park Research Institute(2008) Investigation on Natural Resource of the Gyeongju National Park. Korea National Park Research Institute, 649pp. (in Korea)
- Korea National Park Service(2013) <http://knps.or.kr/>
- Ku, C.Y. and J.C. Seo(2007) Extraction of the potential mountainous wetlands using geographic information and satellite image. *Jour. Kor. Geo. Ass.* 14(1): 53-65. (in Korean with English abstract)
- Lee, G.C. and J.C. Nam(2008) Management program and ecological characteristics of forest wetlands located at Sinbul Mountain. *Journal of Korean Wetlands Society* 10(2): 1-14. (in Korean with English abstract)
- Lee, M.K.(2009) A Study on Vegetation Characteristic of Forest Wetlands - A Case Study of the National Forest in Jeollabukdo -. Master's Thesis, Chonbuk National Univ. Graduate School, 144pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D., S.H. Kim and J.S. Kim(2012) Analysis actual conditions of arid progress and prevention management of Hwaem Wetland in Yangsansi. *Korean Journal of Environment and Ecology* 26(4): 498-511. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J.(2002) A Study on Environmental Management and basin Establishment of Wonjuchon. Master's Thesis, Yonsei Univ. Graduate School, 8pp. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.W. and G.S. Park(2001) Experimental assessment of forest soil sensitivity to acidification - Application of prediction models for acid neutralization responses -. *Jour. Kor. For. Soc.* 90(1): 133-138. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.W.(1981) Studies on forest soils in Korea(II). *Jour. Kor. For. Soc.* 54: 25-35. (in Korean with English abstract)
- Lim, W.H.(2002) The ecological vegetation management plan of Mt. Nam-san in Kyongju. *The Journal of Kyongju Research* 11: 13-30. (in Korean with English abstract)
- Lim, W.H., K.H. Kang and D.C. Kim(2000) A study on the plants community structure analysis of the Namsan in Kyongju. *Jour. Con. Env. Res. Ins.* 3: 1-14. (in Korean with English abstract)
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified Oak-Hickory community. *Ecology* 50(3): 468-470.
- Nam, S.J.(2011) Geomorphic Characteristics of Hill Wetlands in Sungnam Region. Master's Thesis, Seoul National Univ., 64pp. (in Korean with English abstract)
- National Science Museum(1997) Study on the biota of the Kyongju National Park in Korea. National Science Museum, 144pp. (in Korea)
- Park, I.H.(1985) A Study on Forest Structure and Biomass in Baegwoonsan Natural Ecosystem. Graduate School Dissertation for the Degree of Master, Seoul National Univ., 46pp. (in Korean with English abstract)
- Rhyu, T.C. and J.H. Kim(1994) Growth Decline of Pitch Pine Caused by Soil Acidification in Seoul Metropolitan Area. *Kor. J. Ecol.* 17(3): 287-297. (in Korean with English abstract)
- Rural Development Administration(2000) Soil and Plant Analysis. Rural Development Administration, 202pp. (in Korean)
- Yi, S.T.(2008) Research on Legislation Concerning the Integrated River Basin Management. Korea Legislation Research Institute, 159pp. (in Korean with English abstract)
- Yi, Y.K. and S.H. Choi(2000) Vegetation structure analysis of urban forest - The case of Namsan in Kyongju -. *Jour. of Kor. Ins. of Landscape Architecture* 28(3): 13-24. (in Korean with English abstract)
- Yi, Y.K.(2008) Evaluation of use satisfaction for Tohamsan and Namsan National Park in Kyongju -Focused on Importance-Performance Analysis-. *Jour. Kor. Env. Imp. Ass.* 17(3): 153-165. (in Korean with English abstract)
- Yoon, J.W., Y.S. Kim, H.T. Shin, G.S. Kim, J.W. Sung, S.H. Lee, K.H. Park and M.H. Yi(2013) Vascular Flora of Gyeongju National Park - Focused on Mt. Nam, Mt. Toham, Mt. Danseok - *Kor. J. Env. Eco.* 27(2): 170-195. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., K.H. Park, S.G. Jung, K.T. Kim and W.S. Lee(2009) Flora and Restoration Plan of Sandeul Wetland in Mt. Jaeyak, Miryang-si, Korea. *Korea Society of Environmental Technology* 12(1): 13-31. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., S.J. Mun and W.S. Lee(2011) Management plant and vascular plant of the Hwarang District in Gyeongju National Park. *Jour. Kor. Env. Res. Tech.* 14(5): 17-35. (in Korean with English abstract)