

경주국립공원 서어나무군락 식생구조 특성 연구^{1a}

홍석환² · 조재우² · 김지석^{3*} · 이수동³ · 최송현²

Characteristics of the *Carpinus laxiflora* Community in the Gyeongju National Park^{1a}

Suk Hwan Hong², Ji Suk Kim³, Song Hyun Choi², Jae Woo Cho²

요 약

본 연구는 경주국립공원 토함산지구 무장사지계곡의 서어나무 출현지역을 대상으로 서어나무군락의 식생구조를 밝히고 천이 극상림으로서 군락의 유지가능성을 살펴보고자 서어나무가 출현하는 지역에 한해서 서어나무의 우점도를 고려하여 10m×10m(100m²) 조사구 16개소를 설치하여 조사하였다. TWINSpan에 의한 군락분류 결과 5개 군락으로 유형화되었는데, 아우점종의 중구성에 다소 차이가 있는 서어나무군락이 3개 유형이었으며 졸참나무군락, 졸참나무-서어나무군락이 각각 1개 유형이었다. 서어나무군락은 호흡성 낙엽활엽수가 함께 나타나는 군락과 졸참나무가 함께 나타나는 군락, 여타의 낙엽활엽수가 함께 나타나는 군락으로 구분할 수 있었다. 종다양도지수는 0.4899~0.9490으로 나타났다. 군락별로 살펴보면 서어나무가 우점하는 군락은 서어나무군락으로의 지속이 예측되었으나, 서어나무와 졸참나무가 경쟁하고 있는 군락의 경우에는 서어나무의 세력이 현 상태를 유지하거나 축소될 것으로 판단되었다. 본 연구결과 우리나라 온대중부지방에서 서어나무림을 극상림으로 판단하기 위해서는 보다 많은 조사자료의 분석이 필요한 것으로 판단되었다.

주요어: 졸참나무, 천이, 극상, TWINSpan

ABSTRACT

This study was carried out to serve the structure of *Carpinus laxiflora* community in the Moojangsa valley, Tohamasan district, Gyeongju National Park. We designated 16 quadrats (10m×10m(100m²)) for looking at the continuation of *Carpinus laxiflora* community as the climax forest community. As a result of TWINSpan, plant community was classified into 5 different communities. 3 communities are *Carpinus laxiflora* community which have a little different subdominant species; 1) with ombrophilous broadleaf species, 2) with *Quercus serrata*, 3) with others. Species diversity index was ranged from 0.4899 to 0.9490. *Carpinus laxiflora* communities were expected to continue as the *Carpinus laxiflora* community, but *Carpinus laxiflora* - *Quercus serrata* communities were expected continue or shrink up of the *Carpinus laxiflora*. As this study, if we insist the *Carpinus laxiflora* community as the climax in the temperate zone in Korea then should be analyze more survey data in various area.

KEY WORDS: *Quercus serrata*, SUCCESSION, CLIMAX, TWINSpan

1 접수 2012년 11월 30일, 수정(1차: 2012년 12월 13일, 2차: 2012년 12월 23일), 게재확정 2012년 12월 24일

Received 30 November 2012; Revised(1st: 13 December 2012, 2nd: 23 December 2012); Accepted 24 December 2012

2 부산대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea

3 부산대학교 바이오환경에너지학과 Dept. of Bio Environmental Energy, Pusan National Univ., Miryang(627-706), Korea

4 경남과학기술대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National Univ. of Science and Technology, Gyeongnam(660-758), Korea(ecoplan@gntech.ac.kr)

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

* 교신저자 Corresponding author(gstone1@empal.com)

서론

산림생태계는 해당 산림의 구조와 종조성에 의하여 특징을 결정하거나 평가하게 되며(Peet, 1992) 그 구조와 종조성은 시간이 지남에 따라 변화하게 된다. 일반적으로 천이에 관한 연구는 생태학의 가장 기초적인 개념으로 보고 있다(Maarel, 2004). 우리나라에서도 산림지역 식생천이에 관한 연구는 생태학이 도입된 이후부터 현재까지 많은 생태학자들에 의해 수행되어 왔으며, 그동안 산림식생구조를 바탕으로 천이를 예측하고 극상림을 이루는 수종과 그 구조를 구명하고자 하는 연구가 지속되었다.

지금까지 진행된 연구를 살펴보면 우리나라 온대 산림대에서 천이극상을 이루는 대표수종으로는 서어나무림을 제시하는 연구결과들과(Choi *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1996; Ryou *et al.*, 1996; Park *et al.*, 1991) 신갈나무림을 제시하는 연구결과(Kim, 1992; Kim *et al.*, 2011; Pavel *et al.*, 2006)가 양립하고 있다. 서어나무림을 온대중부지방의 극상림으로 제시하는 연구들은 일반적으로 우리나라 온대중부지방 산림의 2차 천이계열을 소나무림에서 참나무림을 거쳐 서어나무림이나 까치박달나무림의 극상림으로 변화한다는 기후극상설을 제시하면서 현재 참나무림이 우점하고 있는 우리나라 산림을 천이의 중간단계라고 제시하고 있다(Choi *et al.*, 1997; Park *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1996). 반면 신갈나무림을 극상림으로 제시하는 연구에서 서어나무림은 해발고가 비교적 낮고 경사가 급한 지역에 지역적으로 분포하는 종으로 제시하고 있으며, 이러한 국지적 지형에서도 극상림으로 서어나무림이 아닌 들메나무군락을 제시하는 연구도 있다(Kim *et al.*, 2011).

우리나라는 일제시대 산림자원의 무분별한 수탈과 한국전쟁에 의한 훼손, 전쟁이후 오랜 시간동안 이어진 난방재료로의 남획으로 인해 천이극상의 표본림이 남아있지 않은 상태로 볼 수 있는데, 경기도 광릉의 죽엽산 일대는 조선시대부터 200년 이상 보전된 수림대로 알려지고 있어 산림식생 천이연구가 다양하게 진행된 지역이다. 이 지역의 경우 서어나무 대경목 우점지역이 넓게 분포하고 있어 이 지역을 대상으로 한 천이계열의 연구(Lee *et al.*, 1992; Ryou *et al.*, 1996)는 대부분 서어나무림을 극상림으로 규정하고 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 우리나라는 역사적 혼란기를 거치면서 심각한 산림훼손으로 인해 극상림으로 판단되는 수림대가 넓게 분포하는 지역은 거의 없는 실정이다. 이에 서어나무림이 대규모로 보전된 산림 또한 매우 드문 상태로 서어나무림만을 대상으로 한 연구는 거의 진행되지 못하고 있다. 광릉지역을 제외하고 서어나무림만을 대상으로 한 식생구조 연구는 서울지역 서어나무림을 대상으로 한 Park *et al.*(2009), Lee *et al.*(1996)의 연구가 있는데,

이들 지역 또한 국지적으로 나타나는 서어나무 대경목 군락이라 할 수 있다. 이에 특정 지역에서 나타나는 서어나무림을 대상으로 한 국지적 연구만으로 우리나라 온대중부지방 극상림을 서어나무림으로 판단하는 것은 논란이 있을 수 있어 다양한 지역 및 구역, 서어나무의 우점 정도에 따른 다각도의 서어나무림 연구를 진행하여 자료를 축적할 필요성이 있는데 현재까지 서어나무림만을 대상으로 한 연구는 매우 부족하다 하겠다.

이에 본 연구에서는 경주국립공원 토함산지구 무장사지 계곡 일대 서어나무림이 우점하는 군락을 대상으로 서어나무림 식생구조특성을 분석하여 이 일대 서어나무림의 식생구조 자료를 제공하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

경주국립공원은 우리나라에서 지리산에 이어 두 번째로 1968년 12월 31일 국립공원으로 지정된 후 보전적 관리가 이루어지고 있어 국립공원에 포함된 문화재뿐만 아니라 산림지역 또한 양호한 보전관리가 이루어져 왔다. 그러나 사

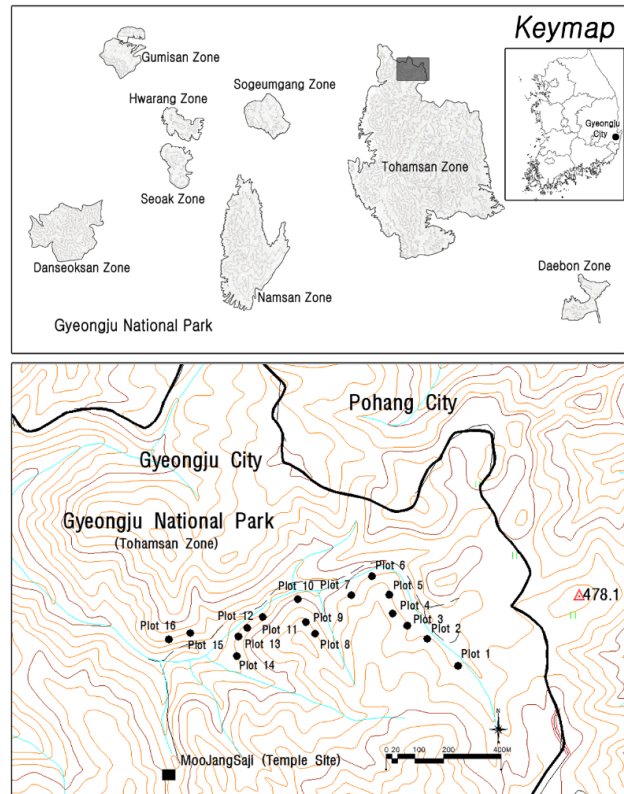


Figure 1. The location of survey site

적형 국립공원이라는 특성에 의해 자연자원에 대한 중요도는 상대적으로 낮게 인식되었으며, 국립공원 지정 이후 2008년까지 40여 년 동안 경주시에서 관리해 온 관계로 국립공원관리공단에 의해 20여 년간 전문적으로 관리된 다른 국립공원과 비교하였을 때 산림지역의 조사결과는 매우 미미한 상태이다.

조사대상지는 경주국립공원지역에서 서어나무림이 발달한 지역을 선정하여 실시하였다. 조사대상지 선정은 2010년 경주국립공원 전체 지역을 대상으로 한 정밀 현존식생조사결과를 바탕으로 하였다. 경주국립공원 서어나무림은 토함산지구에 서 주로 출현하였는데, 대부분 소규모 면적으로 산재하는 것으로 조사된 바 있다. 이들 지역 중 서어나무림이 계곡을 따라 넓은 면적으로 출현하고 있는 것으로 조사된 토함산지구의 북측 경계부의 주요 계곡부를 대상으로 예비조사를 실시한 후 최종 대상지를 선정하였다. 예비조사는 2011년 봄철(4월과 5월) 2회에 걸쳐 사전답사를 실시한 후, 최종적으로 서어나무림이 우점하는 무장사지계곡 일대를 선정하여 2011년 10월 본조사를 실시하였다. 각 조사구는 10m×10m(100m²) 방형구를 기본으로 입지환경 및 서어나무림의 규격 및 우점정도의 변화가 있는 지역에 총 16개소를 설정하여 주요 환경인자 및 식생구조를 조사하였다.

2. 조사분석 방법

식생구조는 방형구법(quadrat method)으로 조사하였으며 각 조사구내에 출현하는 수종을 대상으로 수관의 위치에 따라 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 수종명과 규격을 측정하여 기록하였다. 흉고직경(DBH) 2cm 이상인 교목 및 아교목층은 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭을, 수고 2m 이하인 관목층은 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다.

조사자료를 토대로 각 조사구의 수종별 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(Importance Value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Importance Percentage: I.P.)를 수관층위별로 분석하였다(Brower and Zar, 1977). 상대우점치(I.P.)는 각 종별(상대밀도+상대피도)/2로 계산하였고 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 {(교목층 I.P.×3)+(아교목층 I.P.×2)+(관목층 I.P.×1)}/6으로 평균상대우점치(M.I.P.)를 산정하였다(Park, 1985). 식생조사자료를 바탕으로 군락을 분류하고자 TWINSpan classification 분석을 실시하였다(Hill, 1979). 종 구성의 다양한 정도를 나타내는 척도인 종다양도는 Shannon의 수식(Shannon and Weaver, 1949)을 적용하여 종다양도(Species diversity, H'), 균제도(Evenness, J'), 우점도(Dominance, D)를 종합적으로 비교하였으며 Sørensen(1948)의 수식을 이용하여 유사도지수

(Similarity index)를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. Classification 분석

경주국립공원 토함산지구 무장사지계곡 일대 서어나무가 출현하고 있는 군락 16개 조사구를 대상으로 한 TWINSpan 분석결과 5개 유형으로 구분되었다(Figure 2). 제1Division에서는 고로쇠나무가 식별종으로 출현하는 군과 출현하지 않는 군으로 분리되었다. 고로쇠나무가 출현하지 않는 군은 제2Division에서 다시 산뽕나무를 식별종으로 군이 구분되어 여기에서 산뽕나무가 출현하지 않는 조사구 1이 별도의 군락으로 구분되었다. 제3Division에서는 국수나무가 출현하는 군과 출현하지 않는 군으로 2개의 군락이 구분되었다. 제4Division은 당단풍나무가 출현하는 군락과 식물푸레나무가 출현하는 군락으로 최종 구분되었다.

이상 서어나무 출현군락에 대한 TWINSpan에 의한 군락분류 결과 5개 군락으로 유형화되었다. 제 I 군락은 졸참나무군락이며, V 군락은 졸참나무-서어나무군락이었다. 제 II 군락과 제 III, IV 군락은 모두 서어나무군락으로 볼 수 있는데, 군락 III은 군락 II에 비해 오리나무, 고로쇠나무 등 호습성 낙엽활엽수가 아우점종을 형성하는 군락이었으며, 제 IV 군락은 졸참나무가 아우점종을 형성하는 군락이었다.

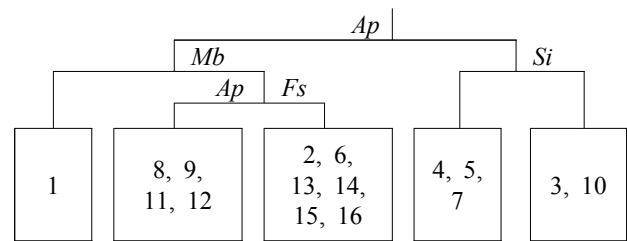


Figure 2. Dendrogram of sixteen sites classified by TWINSpan classification

(Ap: *Acer pictum* subsp. *mono*, Mb: *Morus bombycis*, Si: *Stephanandra incisa*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*)

2. 일반적 개황

경주국립공원 무장사지계곡 일대 서어나무림을 대상으로 한 TWINSpan 분석에 의한 5개 군락의 일반적 개황을 살펴보았다(Table 1). 군락 I은 해발고 440m, 경사도 15°의 산복사면에 위치하였으며 교목층 식피율 95%, 평균수고 15m로 양호하였다. 아교목층과 관목층은 각각 30%, 20%의 식피율을 보였다. 군락 II는 해발고 375~445m사이이었

Table 1. General description of the physical and vegetation of the survey site

Community	I					II					III					IV			V	
Plot	1	8	9	11	12	2	6	13	14	15	16	4	5	7	3	10				
Altitude(m)	440	445	440	375	375	435	430	370	370	370	360	430	425	425	430	409				
Topography	Hillside	Hillside	Hillside	Valleyside	Valleyside	Hillside	Hillside	Valleyside	Valleyside	Valleyside	Valleyside	Hillside	Hillside	Hillside	Hillside	Valleyside				
Slope(°)	15	36	38	34	32	18	33	32	34	24	22	13	15	35	15	32				
Aspect	N	N30E	N30E	N30W	N30W	N	N	N30W	N30W	S40E	S30E	N60E	N60E	N	N60E	N				
Canopy	Coverage(%)	95	90	80	90	95	85	95	90	90	95	95	95	90	95	95				
	Height(m)	15	15	16	20	22	14	20	22	20	20	16	15	20	16	22				
Under story	Coverage(%)	30	30	30	20	30	30	40	40	30	20	35	40	30	25	20				
	Height(m)	7	7	7	10	10	7	7	7	8	5	7	7	7	7	10				
Shrub	Coverage(%)	20	0	5	5	10	15	10	20	10	20	30	20	10	5	20				
	Height(m)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2				

으며 경사도는 32~38°로 급경사지에 분포하는 것이 특징이었다. 2개 조사구는 산복사면에, 2개 조사구는 계곡사면에 위치하였으며 경사향은 북서에서 북동사이로 북사면에 위치하였다. 식피율은 교목층이 80~95%, 아교목층이 20~30%이었으며 교목층 평균수고는 15~22m이었다. 군락 III은 해발고 360~435m에 위치하였는데, 경사는 18~34°로 다양하였고 경사향도 동향에서 북서향까지로 계곡사면 하단부에서 사면상단부까지 고르게 입지하고 있었다. 식생피도는 교목층 85~95%, 아교목층은 20~40%이었다. 군락 IV는 해발고 425~430m 사이에 위치하였으며 경사도는 13~35°로 다양하였고 경사향은 북향에서 동향사이이었다. 대상지는 산복사면부에 위치하였으며 식생피도는 교목층 90~95%, 아교목층은 30~40%이었고 교목층 평균수고는 15~20m이었다. 군락 V는 해발고 409~430m에 분포하였고, 경사도는 15~32°이었고 경사향은 북향에서 동향사이이었다. 식생피도는 교목층 95%로 발달해 있었으며 아교목층은 20~25%이었다.

경주국립공원의 서어나무 출현지역의 일반적 개황을 살펴본 결과, 해발고가 비교적 낮고 경사가 급한 지역에 지엽적으로 분포한다는(Kim *et al.*, 2011) 기존의 연구결과와 유사한 분포경향을 보이는 것으로 나타났다. 군락별로 살펴봤을 때도 서어나무의 우점도가 높은 군락(군락 II, III, IV)이 낮은 군락(군락 I, V)에 비해 높은 경사도를 보였다. 단 본 대상지의 경사분포 및 해발고 분포가 다양하지 않아 통계적 경향치는 나타나지 않았다. 향후 다양한 환경조건의 조사구에 대한 보완이 필요하였다.

3. 식물군락구조

1) 상대우점치

5개 군락에 대한 조사구별 주요 종의 상대우점치를 나타낸 것이 Table 2인데, 평균상대우점치가 2%를 넘는 수종에 대해서 각 층위별 상대우점치와 평균상대우점치를 제시하였으며 평균상대우점치 2%미만 수종의 경우에는 별도로 표기하지 않았다. 군락별 상대우점치를 살펴보면 제 I 군락

은 졸참나무군락으로 교목층에서 졸참나무(I.P.: 52.0%)만이 출현하였으며 서어나무(I.P.: 2.3%)는 아교목층에서 일부 출현하는 군락이었다. 이 지역의 경우 아교목층에서 쪽동백나무(I.P.: 18.6%)의 출현비율이 매우 높았으며 졸참나무와 서어나무를 포함하여 교목성상 수종 중에서는 특별한 우점종은 없었다. 제 II 군락과 제 III 군락은 교목층과 아교목층 모두 서어나무의 우점도가 높은 군락이었다. 아교목층에서는 제 II 군락의 경우에는 쪽동백나무(I.P.: 6.1%)와 쇠물푸레나무(I.P.: 2.5%), 졸참나무(I.P.: 3.1%)가 아우점종으로 출현하고 있었는데, 아교목성상의 쪽동백나무를 제외하고 교목성상 수종의 우점도는 미미하였으며 제 III 군락은 아교목층에서 서어나무(I.P.: 61.5%) 이외에 아교목성상의 수종인 쪽동백나무(I.P.: 4.9%)와 당단풍나무(I.P.: 7.4%)가 아우점종으로 출현하고 있어 두 군락 모두 서어나무군락이 지속할 것으로 사료되었다. 제 IV 군락은 교목층에서 서어나무(I.P.: 43.2%)의 우점도가 73.6%로 매우 높았으나 아교목층에서는 19.0%로 낮게 나타났다. 아교목층 우점종으로는 당단풍나무(I.P.: 12.4%)와 쪽동백나무(I.P.: 6.6%), 고로쇠나무(I.P.: 4.9%)가 서어나무와 경쟁하는 관계로 볼 수 있었다. 본 군락은 교목층에 비해 아교목층에서 서어나무의 우점도가 급격히 낮아지는 역이나, 교목성상 수종 중 여타의 수종 또한 우점도가 뚜렷하게 높지는 않은 상태이었는데, 교목층에 출현하지 않은 쇠물푸레나무와 고로쇠나무가 아교목층에서 서어나무와 경쟁하고 있었다. 제 V 군락은 교목층에서 층층나무(I.P.: 25.4%)와 졸참나무(I.P.: 18.3%), 서어나무(I.P.: 5.9%)가 경쟁관계에 있는 군락으로 볼 수 있는데, 아교목층에서 서어나무의 출현은 없는 상태이었고 교목성상의 수종으로는 고로쇠나무와 산벚나무, 졸참나무의 우점도가 비교적 높았다. 이에 본 군락에서는 서어나무의 세력이 축소될 것으로 예측되었다.

서어나무군락은 Jang and Yim(1985)이 지리산 피아골을 대상으로 한 연구와 Kim *et al.*(2009)의 덕유산국립공원을 대상으로 한 연구에서 하층식생으로 쪽동백나무가 우점한다고 하였고, 졸참나무군락에서도 쪽동백나무가 아교목층에서 우점하는 것으로 보고되었는데, 본 연구에서도 이와

Table 2. Importance percentage of major woody plants by the stratum in five communities

Community Scientific name	I				II				III				IV				V			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.0	7.0	0.0	2.3	78.0	67.1	0.0	61.4	78.0	65.6	3.7	61.5	73.6	19.0	0.0	43.2	11.9	0.0	0.0	5.9
<i>Quercus serrata</i>	100.0	6.1	0.0	52.0	2.7	4.9	0.8	3.1	8.6	1.9	0.8	5.1	10.8	0.0	0.5	5.5	32.7	5.9	0.0	18.3
<i>Quercus variabilis</i>					1.5	0.0	0.0	0.8	2.3	0.0	0.4	1.2								
<i>Quercus mongolica</i>					3.7	0.0	0.0	1.9	3.1	1.5	0.0	2.0								
<i>Prunus sargentii</i>					8.0	2.1	0.0	4.7	2.0	0.0	0.0	1.0					0.0	9.0	0.0	3.0
<i>Betula schmidtii</i>					2.8	0.0	0.0	1.4												
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>									0.0	0.0	3.7	0.6	0.0	13.9	1.5	4.9	4.7	16.0	0.0	7.7
<i>Alnus japonica</i>									6.1	1.3	0.0	3.5								
<i>Cornus controversa</i>													8.1	2.0	0.0	4.7	44.8	9.0	0.0	25.4
<i>Styrax obassia</i>	0.0	52.4	6.5	18.6	0.0	12.5	11.6	6.1	0.0	10.7	8.0	4.9	0.0	19.4	0.7	6.6	0.0	19.4	0.0	6.5
<i>Lindera erythrocarpa</i>	0.0	0.0	14.5	2.4	0.0	0.0	53.8	9.0	0.0	0.0	26.6	4.4	7.5	3.2	59.6	14.8	6.0	0.0	34.5	8.8
<i>Acer pseudosieboldianum</i>					0.0	4.1	0.0	1.4	0.0	14.0	16.4	7.4	0.0	27.9	18.7	12.4	0.0	21.5	9.9	8.8
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.0	0.0	40.6	6.8					0.0	0.6	15.3	2.7								
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.0	0.0	32.4	5.4					0.0	0.5	0.0	0.2								
<i>Viburnum erosum</i>					0.0	0.0	12.7	2.1	0.0	0.0	12.8	2.1	0.0	0.0	1.0	0.2				
<i>Morus bombycis</i>	0.0	12.8	0.0	4.3													0.0	6.8	0.0	2.3
<i>Stephanandra incisa</i>									0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	1.9	0.3				
<i>Fraxinus sieboldiana</i>					0.0	6.5	2.2	2.5	0.0	0.5	0.0	0.2	0.0	6.1	0.0	2.0				
Others	0.0	21.7	6.0	8.2	3.3	2.7	18.9	5.7	0.0	3.5	12.0	3.2	0.0	8.6	16.1	5.5	0.0	12.5	55.6	13.4

C: canopy, U: understory, S: shrub, M: mean

같은 결과를 얻을 수 있었다.

각 군락의 상대우점치 분석결과 교목층에서 서어나무가 우점하는 군락은 서어나무군락으로 유지가 지속될 것으로 예측되었으나 서어나무와 졸참나무가 경쟁관계에 있는 군락의 경우 예측이 어렵거나 서어나무의 세력 축소가 예측되었다. 이러한 특성으로 봤을 때 서어나무를 천이계열의 극상림으로 판단하기 위해서는 다양한 지역에서 보다 많은 자료의 축적이 필요하다고 판단된다.

2) 흉고직경급별 분포

각 군락에서 출현한 교목층과 아교목층의 교목성상 수목을 대상으로 크기별 분포를 살펴보았다(Table 3). 군락 I에서는 졸참나무가 고른 규격으로 분포하고 있었으며 서어나무는 1개체가 출현하였다. 군락 II에서는 서어나무가 흉고직경 12cm 이상 22cm 미만의 중경목이 대부분을 차지하고 있었으며 유사규격으로 산벚나무와 졸참나무가 일부 출현하고 있었다. 군락 III은 군락 II와 유사한 분포를 보였으나 서어나무의 흉고직경이 상대적으로 큰 상태이었으며 여타의 출현수종은 미미하였다. 군락 II와 III에서 흉고직경 12cm 미만의 소경목 구간에서 서어나무 이외의 출현종의 우점도는 극히 미미하였다. 군락 IV에 출현하는 서어나무는 소경목에서 대경목까지 고르게 분포하고 있는 것이 특징이었고 고로쇠나무와 졸참나무가 소경목 구간에서 증가하는 경향을 보였다. 본 군락은 아교목층에서 서어나무와 고로쇠나무 등 낙엽활엽수가 경쟁관계에 있는 것으로 나타났는데,

현재 출현개체수가 많은 고로쇠나무가 본 군락에서 세력을 형성하기에는 규격이 작은 상태로 향후 서어나무의 세력을 잠식할 수 있을 가능성은 판단이 어려웠다. 졸참나무에 비해 군락 V는 층층나무와 졸참나무가 규격별로 고른 분포를 보였으며 서어나무의 출현은 중경목 구간에서만 나타났다.

교목성상 수종의 흉고직경급별 분포를 살펴본 결과에서도 상대우점치 분석결과와 유사하게 군락 II와 III은 서어나

Table 3. The distribution of major woody species' DBH by 5 communities

Comm.	Species name	SH	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
I	<i>Carpinus laxiflora</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Quercus serrata</i>	-	1	1	3	2	2	-	-	-	-
II	<i>C. laxiflora</i>	-	-	77	41	26	3	-	-	-	-
	<i>Prunus sargentii</i>	-	-	1	3	2	1	-	-	-	-
III	<i>Q. serrata</i>	4	-	-	3	2	-	-	-	-	-
	<i>C. laxiflora</i>	8	-	31	31	25	21	7	1	-	-
	<i>Q. mongolica</i>	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-
IV	<i>Alnus japonica</i>	-	-	-	1	4	3	-	-	-	-
	<i>C. laxiflora</i>	-	-	11	1	1	5	3	1	1	1
	<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	4	-	8	1	-	-	-	-	-	-
V	<i>Q. serrata</i>	4	-	-	-	-	1	1	-	-	-
	<i>C. laxiflora</i>	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
	<i>Cornus controversa</i>	-	-	1	2	2	2	1	-	1	-
	<i>Q. serrata</i>	-	-	-	1	2	1	-	2	-	-

*SH: Shrub, D2: 2cm ≤ ba < 7cm, D3: 7cm ≤ ba < 12cm, D4: 12cm ≤ ba < 17cm, D5: 17cm ≤ ba < 22cm, D6: 22cm ≤ ba < 27cm, D7: 27cm ≤ ba < 32cm, D8: 32cm ≤ ba < 37cm, D9: 37cm ≤ ba < 42cm, D10: 42cm ≤ ba

무군락으로 유지될 것으로 예측되며, 나머지 군락의 경우 서어나무의 세력확대는 당분간 어려운 것으로 예측되었다. 군락 IV는 소경목구간에서 고로쇠나무 개체가 증가하는 경향을 보이고 있었으나 흉고직경 17cm 이상의 중대경목 구간에서는 서어나무만이 출현하였고 아교목층에서도 서어나무가 고르게 출현하고 있어 당분간은 서어나무가 우점하는 상태로 유지될 것이다.

3) 종다양도 및 유사도지수

군락별 종다양도지수 분석결과 0.4899(군락 IV)~0.9490(군락 III)의 지수를 보였는데, 군락 IV를 제외하면 모두 0.8 이상의 종다양도지수를 보였다. 최대종다양도는 1.0000(군락 I)~1.3970(군락 III)의 분포를 보였는데 군락별 종다양도지수와 차이가 크지 않았다. 일반적으로 한 군락 내에서 종다양도지수가 최대종다양도에 근접할수록 안정된 숲으로 볼 수 있는데(Pielou, 1977), 이를 기준으로 할 경우 졸참나무군락인 군락 I의 안정성이 상대적으로 가장 낮았다. 이를 기준으로 하였을 때 졸참나무군락은 여타의 군락으로 천이가 진행될 가능성이 높다고 판단할 수 있었다. 아울러 산림이 극상림으로 안정화가 진행될 경우에는 우점도가 높아지고 종다양도가 낮아지는 것으로 알려져 있는데(Choi et al., 1997), 이에 따르면 본 대상지에서는 서어나무군락으로 유지될 것으로 예측된 군락 II와 III, IV의 안정화 정도가 상대적으로 다른 군락에 비해 안정된 상태이다. 반면 서어나무가 아우점종을 형성하고 있는 졸참나무군락과(군락 I) 졸참나무-서어나무군락(군락 V)의 경우 서어나무군락에 비해 안정성이 떨어지는 것으로 판단되는데 이는 다른 군락으로의 천이가능성이 있음을 나타낸다.

Table 4. Five communities' species diversity indices in Gyeongju National Park

Comm.	H' (Shannon)	J' (evenness)	D (dominance)	H'max	Unit (m ²)
I	0.8707	0.8707	0.1293	1.0000	100
II	0.8234	0.6439	0.3561	1.2788	400
III	0.9490	0.6789	0.3211	1.3979	600
IV	0.4899	0.4274	0.5726	1.1461	300
V	0.8756	0.6975	0.3025	1.2553	200

군락별 유사도지수를 살펴보면 서어나무군락의 현 상태가 유지될 것으로 예측되는 군락 II와 군락 III, 군락 IV는 유사도지수가 높게 나타났다. 특히 군락 II와 군락 III은 유사도지수가 82.70으로 매우 높았다. 반면 서어나무의 세력이 미미한 군락 I은 다른 군락과의 유사도지수(15.20~32.11)가 매우 낮았다.

Table 5. Similarity index among 5 communities in Gyeongju National Park

Comm.	I	II	III	IV
II	15.20	-	-	-
III	18.87	82.70	-	-
IV	16.81	65.28	66.63	-
V	32.11	29.27	30.05	48.42

지금까지 진행된 서어나무리 연구는 주로 서울과 경기도 광릉숲을 대상으로 하고 있어 연구 대상지 범위의 폭이 좁은 상태로 볼 수 있었다. 본 연구는 그동안 사적국립공원으로 자연생태 연구가 미진했던 경주국립공원의 서어나무리를 대상으로 하였는데, 군락을 분류하여 살펴본 결과 일부는 서어나무리가 지속될 것으로 예측되었으나 서어나무의 지속을 예상하기 어려운 군락이나 서어나무의 우점도가 높아지지 않을 것으로 예상되는 군락이 존재하였다. 이러한 특성으로 미루어 볼 때 경주국립공원의 서어나무군락이 다른 낙엽활엽수군락으로 변화되지는 않을 것으로 예상되어 서어나무가 우점하는 군락의 경우 당분간 현 상태를 유지할 가능성이 높았으나 반대로 서어나무의 우점도가 상대적으로 낮은 경쟁군락에서 서어나무의 세력확대 또한 나타나지 않고 있어 서어나무 우점군락의 면적이 확대될 가능성 또한 낮았다.

본 연구 또한 경주국립공원의 특정 지역 서어나무리만을 대상으로 하였고 서어나무리의 식생천이를 규명하기 위한 충분한 조사구를 설정하지는 못하였기 때문에 우리나라 서어나무리의 천이경향을 전체적으로 결론내지는 못한 한계를 안고 있다. Kim et al.(2009)은 덕유산국립공원을 대상으로 한 낙엽활엽수림의 식생연구에서 저지대 전질소 및 유기물함량이 높은 지역에 국지적으로 나타나는 서어나무군락이 지속적으로 그 상태를 유지할 것으로 예측한 바 있으며, Kim et al.(2011)은 덕유산국립공원을 대상으로 국지적으로 서어나무 유령목의 개체가 많이 나타남을 근거로 일부 지역에서 서어나무의 세력 확대를 예측한 바 있다. Park et al.(2009)은 서울시의 서어나무리 연구를 통해 향후 서어나무군락의 존립자체가 어려울 것으로 예측한 바 있었는데 이에 대해 정상적인 천이단계를 설명하지는 않았으며, 도시화로 인한 토양조건의 변화와 외래식물의 이입, 병해충에의 노출 등을 쇠퇴요인으로 판단한 바 있다.

현재까지 서어나무군락의 연구는 대부분 지역에서 전반적인 식생군락 연구에 의해 일부 지역에 분포하고 있어 부분적으로 언급되는 것이 일반적이며 서어나무리를 중심으로 연구된 바는 많지 않은 실정이다. 이들 연구는 일반적으로 서어나무리의 세력 확대에 대해 기술하고 있으나(Jand and Yim, 1985; kim et al., 2011) 명확하게 천이 극상림으

로 규정하지는 못하는 실정이다. 본 연구에서도 현재 서어나무가 안정적으로 우점하는 군락의 경우에는 군락이 안정된 상태로 지속적으로 서어나무리의 유지가 예측되었으나 서어나무가 아우점종을 형성하고 있는 군락은 향후 서어나무리의 발달 또는 쇠퇴를 예측하기 어려운 것으로 판단하였다.

향후 우리나라의 극상수종으로 제시되고 있는 서어나무리의 연구가 다양한 지역에서 보다 많은 샘플을 바탕으로 진행된다면 서어나무리의 쇠퇴 또는 확장에 대한 보다 객관적인 검증이 가능할 것으로 판단되는바 앞으로 다양한 지역의 자료축적이 요구되었다. 아울러 이들 산재한 자료를 종합하여 분석할 필요성이 있었다.

인용문헌

- Brower, J.E. and J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company, 194pp.
- Choi, S.H., K.J. Song and K.J. Lee(1997) The vegetation structure of *fraxinus mandshurica* community in Mt. Minjuji, Youngdong-gun, Chungcheongbuk-do. Korean Journal of Environment and Ecology 11(2): 166-176. (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 classification of the individuals and attributes. Ithaca, NY: Ecology and Systematics, Cornell University, 90pp.
- Jang, Y.S. and Y.J. Yim(1985) Vegetation types and their structures of the Piagol, Mt. Chiri. Korean Journal of Plant Biology 28(2): 165-175. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., S.M. Lee and H.K. Song(2011) Actual vegetation distribution status and ecological succession in the Deogyusan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology 25(1): 37-46. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., S.M. Lee, H.L. Chung and H.K. Song(2009) A study of the vegetation in the Deogyusan National Park - focused on the deciduous forest at Namdeogyu area -. Korean Journal of Environment and Ecology 23(5): 471-484. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.W.(1992) Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forests. Ph.D. Thesis, Wien University, 314pp.
- Lee, K.J., S.H. Choi and J.C. Cho(1992) The plants community of Kwangnung forest(Ⅱ) - Analysis of vegetation in Soribong area -. Journal of Korean Forest Society 81(3): 214-223. (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 -. Korean Journal of Environment and Ecology 10(1): 113-127. (in Korean with English abstract)
- Maarel, E.(2004) Vegetation science. John Wiley & Sons, 408pp.
- Park, B.C., C.H. Oh and C.W. Cho(2009) Community structure analysis of *Carpinus laxiflora* communities in Seoul. Korean Journal of Environment and Ecology 23(4): 333-345. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H.(1985) Forest Structure, biomass, and net production in a Natural forest ecosystem at Mt. Baekun area. Seoul National University Graduate School Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. 42pp. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., Y.C. Choi and W. Cho(1991) Forest structure of the Hwaomsa valley and the Piagol valley in the Chirisan National Park - Forest community analysis by the classification and ordination techniques -. Korean Journal of Environment and Ecology 5(1): 42-53. (in Korean with English abstract)
- Pavel, V.K., J.S. Song, Y. Nakamura and V.P. Verkholat(2006) A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. Phytocoenologia 36: 77-150.
- Peet, R.K.(1992) Community structure and function. In: Glenn-Lewin, D.C., R.K. Peet, and T.T. Veblen(Eds.) Plant succession, theory and prediction. Chapman and Hall, pp. 103-151.
- Pielou, E.C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, N.Y., 165pp.
- Ryou, Y.H., S.T. Park, C.S. Lee and J.H. Kim(1996) The modeling of succession for Kwangnung forest by GAP model, Journal of Korean Ecology Society 19(6): 499-506.
- Shannon, C.E. and W. Weaver(1949) The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Sørensen T.A.(1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. K dan Vidensk Selsk Biol Skr 5: 1-34.