

오대산국립공원 월정사 전나무숲 식생구조 분석¹

이경재^{2*} · 김지석³ · 최진우³ · 한봉호²

Vegetation Structure of *Abies holophylla* Forest near Woljeong Temple in Odaesan National Park¹

Kyong-Jae Lee^{2*}, Ji-Seok Kim³, Jin-Woo Choi³, Bong-Ho Han²

요약

본 연구는 오대산국립공원 월정사 일주문에서 금강교 사이에 분포하는 전나무 숲의 식생구조를 파악하기 위하여 진행되었다. 대상지내 흉고직경(DBH) 20cm 이상 전나무는 총 977주이였으며, 2006년 조사당시 생육이 불량하거나 고사한 수목은 96주로 전체의 9.8%이였다. 전나무 수령은 41~135년(DBH 11~82cm)이였으며, DBH 100cm 이상 대경목은 8주이였고 가장 큰 전나무는 DBH 175cm, 수고 31m이였다. 전나무 밀도는 400m²(20×20m)당 6.1개체가이였으며, DBH 20~70cm까지의 개체가 400m²당 5.1개체로 가장 많았다. TWINSpan을 이용하여 식물군집구조를 분석한 결과 4개의 군집으로 분류되었고 소나무-전나무군집은 전나무군집으로 변화가 예상되었으며 나머지 3개 군집은 전나무 군집으로써 피나무, 고로쇠나무 등 낙엽활엽수와의 경쟁이 예상되었다. 오대산국립공원 월정사 주변 전나무 숲은 지속 가능한 문화경관관광자원으로서 가치가 높기 때문에 보전 및 관리를 위해 전체 전나무 중 생육불량 수목과 고사목 발생 원인을 규명하고 대책을 마련해야 할 것이다. 또한 전나무 숲 내 야교목층 또는 관목층에 출현하는 피나무, 고로쇠나무 등 낙엽활엽수는 전나무와 지속적으로 경쟁할 가능성이 높으므로 제거 등의 적극적 관리를 해야 하며, 발아 후 초기 생장이 매우 느려 주변 수목에 의한 피압 우려가 있는 전나무 치수는 지속적인 관리가 필요하다.

주요어 : 흉고직경, TWINSpan, 보전 및 관리

ABSTRACT

This research was aimed at looking into the vegetation structure of *Abies holophylla* forest distributed between Iljumun of Woljeong Temple and Keumgang bridge in Odaesan National Park. It was found that existed a total of 977 tree of *Abies holophylla* which are more than 20cm in DBH within the target site, and in 2006 when the survey was made, the number of fallen trees and poor growth trees was about 96, accounting for 9.8% of all. The age of *Abies holophylla* ranged from 41 years to 135 years(11~82cm in DBH). The number of *Abies holophylla* over 100cm in DBH was 8 and the largest *Abies holophylla* was 175cm in DBH and 31m in height. Its density was 5.9 individuals per 400m². As a result of the analysis of the plant community structure using the TWINSpan classification, *Abies holophylla* was divided into four community types. Firstly, *Pinus densiflora-Abies holophylla* community was predicted to vary into *Abies holophylla* community. In case of other three other communities, *Abies holophylla* communities were predicted to compete with deciduous broadleaf trees, such as *Tilia amurensis* and *Acer pictum* subsp. *mono*. *Abies holophylla* forest adjacent to

1 접수 2월 28일 Received on Feb. 28, 2008

2 서울시립대학교 도시과학대학 Collage of Urban Sciences, Univ. of Seoul(130-743), Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Univ. of Seoul(130-743), Korea(ecology@uos.ac.kr)

* 교신저자, Corresponding author

Woljeong Temple of Odaesan National Park has a high value as sustainable resources for culture, landscape and tourism. Thus, it is necessary to clarify the reason for the incidence of poor growth trees and fallen trees among all trees of *Abies holophylla* and take counter-measures against it for the preservation and management of *Abies holophylla* forest. In addition, a more aggressive management like getting rid of the deciduous broadleaf trees, such as *Tilia amurensis* and *Acer pictum* subsp. *mono*, which appear mostly on understory layer or shrub layer within *Abies holophylla*, and continuous management is also needed for the young trees of *Abies holophylla* which are feared to be pressurized outside from their neighboring trees because their initial growth after germination is very slow.

KEY WORDS : DBH, TWINSpan, CONSERVATION AND MANAGEMENT

서 론

전나무는 우리나라 온대북부와 아한대림(때로는 한대림)을 연결하는 수종으로 알려져 있으며, 수고 30m에 이르는 거목으로 줄기는 곧고 수관은 비교적 좁으며 위쪽 가지는 상향한다(김창호와 임경빈, 1996). 전나무의 분포는 매우 넓고 남쪽으로는 제주도부터 북쪽의 고산과 고원에 생육하고 대체로 고산지대의 수종으로 보고 있으며 한대림을 구성하는 주요한 수종으로 분비나무와 분포권을 같이 하나 더 낮은 곳에도 나타나고, 곳에 따라서는 잣나무보다 더 낮은 곳에 분포하기도 한다(임경빈 등, 1985). 전나무는 지리산으로부터 함경북도에 이르는 각지에 분포하며, 오대산 월정사의 전나무는 유명하고 각 사찰 주변에 잘 보호되어 있다(임경빈 등, 1991).

월정사가 위치해 있는 오대산국립공원은 1975년 2월 1일 국립공원으로 지정되어 지금까지 생태학 분야에서 많은 연구가 진행되었다. 박봉규(1972), 문화재관리국(1972), 김지홍(1992), 김갑태 등(1996), 박인협 등(1996), 오구균과 권태호(1996), 이경재 등(1996a; 1996b; 1996c), 최송현 등(1996), 이 선(2000), 남성열(2001), 홍경락 등(2001), 유재은 등(2003), 김소영(2006) 등에 의해 식물상이나 식생구조에 대한 연구가 진행되었다. 월정사지역 식생에 대한 연구로는 남성열(2001), 홍경락 등(2001)이 있는데, 남성열(2001)은 월정사지역 전나무림은 참나무류의 신갈나무와 피나무류, 복자기 등의 교목성 수종간 경쟁에 의해 천이가 있을 것으로 판단하였다. 홍경락 등(2001)은 월정사 주변 전나무 성목은 수세가 극히 약화되어 있거나 이미 말라죽은 '입목고사형(전나무 성목의 27%)' 숲 틈 몇 개가 겹쳐져 있는 상태라고 하였으며, 월정사 주변 전나무 이외의 수종은 주로 간벌된 것으로 추정하였다. 1998년 월정사 주변 전나무 1~2년생 치수를 조사한 결과 주변의 대조구나 오대산 전체 평균에 비하여 매우 높았는데, 이는 충분한 수의

천연하중, 초본이나 일부 수종 제거, 중·하층 임관 완전 소거, 상층임관의 일부 제거 등 다른 지역에 비하여 전나무 치수 발생과 생존에 유리한 조건이었기 때문에 추정하였다(홍경락 등, 2001). 즉 오대산국립공원 월정사 주변 전나무 숲은 유리한 치수발생조건과 관리에 의해 현재의 전나무 숲을 유지하고 있는 것으로 판단되었다.

오대산국립공원내 월정사주변 전나무 숲의 전나무 기원은 명확하게 알려져 있지 않다. 월정사에서 발행한 자료(월정사, 미상)에 의하면 전나무의 기원을 아홉 그루의 전나무 '아홉수'에 두고 있으나, 아홉 그루 전나무의 기원이나 이후 관리에 대한 언급은 되지 않았다. 월정사 주변 전나무 숲은 문화유산이자 자연유산으로서 매우 뜻 깊은 의미를 가지고 있지만, 과거 전나무 현황이나 현재 분포 현황에 대하여 구체적으로 언급된 자료는 없다. 이에 본 연구에서는 그동안 구축되지 않았던 자연유산의 자료를 구축하기 위하여 현재 분포하고 있는 월정사 주변 전나무 위치를 항공사진, 수고, 생육상태 등에 따라 도면화하여 문화자원으로서 사찰 전나무 숲의 현황과 특성을 분석하였다. 또한 식생구조 분석을 통하여 문화 및 경관자원으로 지속적으로 보존하기 위한 식생관리방안을 제시하고자 한다.

조사분석 및 방법

1. 대상지 개황

오대산국립공원은 행정구역상 강원도 평창군 진부면, 용평면, 홍천군 내면 및 강릉시 연곡면 일부 등 3개시·군 5개면에 걸쳐 있고, 면적은 298.5km²에 달한다(국립공원관리공단, 2004). 오대산국립공원 지역은 기후인자와 식생과의 관계를 고려할 때 냉온대 낙엽활엽수림대에 속하며(임경빈 등, 1985), 월정사 지구는 동대산(1,432m), 두로봉(1,421m), 상왕봉(1,483m), 곤노봉(1,563m), 호령봉(1,401m)

등에 둘러싸인 지형으로 비교적 완만한 곳에 위치해 있다 (문화재관리국, 1972). 전나무 숲이 있는 월정사지구는 2005년에 오대산국립공원 전체 입장객의 80%에 해당하는 821,212명이 방문할 정도로 탐방객에게 많이 알려진 곳이다. 조사대상지는 봄철 성수기에 오대산국립공원내 가장 많은 탐방객이 찾는(국립공원관리공단, 2004) 월정사지구 주변 전나무 숲으로 하였으며, 조사지 위치는 탐방로 주변 완경사지에 전나무 숲이 위치해 있는 월정사 일주문에서 금강교사이 길이 720m, 폭은 60~220m이었다. 조사는 전나무 숲 현존식생 현황, 전나무 분포현황 및 생육현황조사와 전나무 식생구조조사로 구분하여 실시하였다.

2. 전나무 분포 및 생육현황

전나무 분포 및 생육현황 조사를 위해 100m, 50m 줄자를 이용하여 일주문에서 금강교 구간에 20m×20m의 방형구 166개(6.64ha)를 설정하였다(Figure 1). 조사 대상 전나무는 흉고직경 20cm 이상 전나무 전체를 대상으로 하였으며 1:5,000 축척 수치화 지도를 1:500 축척으로 확대하여 사용하였다. 전나무 수고는 수고측정기 Haga, 흉고직경과 수관

폭은 10m 흉고직경자를 사용하여 조사하였다. 4인 1개조로 하여 전나무 분포위치와 고유번호를 도면에 표시하고 전나무 수고, 흉고직경, 수관폭 등을 조사하였다. 또한 고사한 전나무의 흉고직경과 위치를 도면화하고 생육불량 개체목도 생육불량 상태(편지, 뿌리훼손, 수관훼손, 수피훼손, 정아절단 등)를 기록하고 도면에 표시하였다.

3. 식물군집구조 특성

조사구는 각 조사지에 방형구법(Quadrat method)을 사용하여 20m×20m(400m²) 방형구 30개를 설정하였다(Figure 2). 식생조사는 각 조사구내에 출현하는 목본을 대상으로 하고 교목·아교목층은 DBH 2cm 이상이거나 수고 2m 이상 수종의 흉고직경, 수고, 지하고, 수관폭을, 관목층은 그 이하로 수고, 지하고, 수관폭을 조사하였다. 조사 시기는 2006년 8월 25~27일이었다.

식물군집분류는 평균상대우점치를 매개변수로 Hill(1979)의 TWINSpan(Two-way INdicator SPecies ANalysis)을 이용하였으며, cut level은 0%, 2%, 6%, 12%, 25%를 사용하였다. 각 조사구에서 25% 이상의 평균상대우점치를 갖는

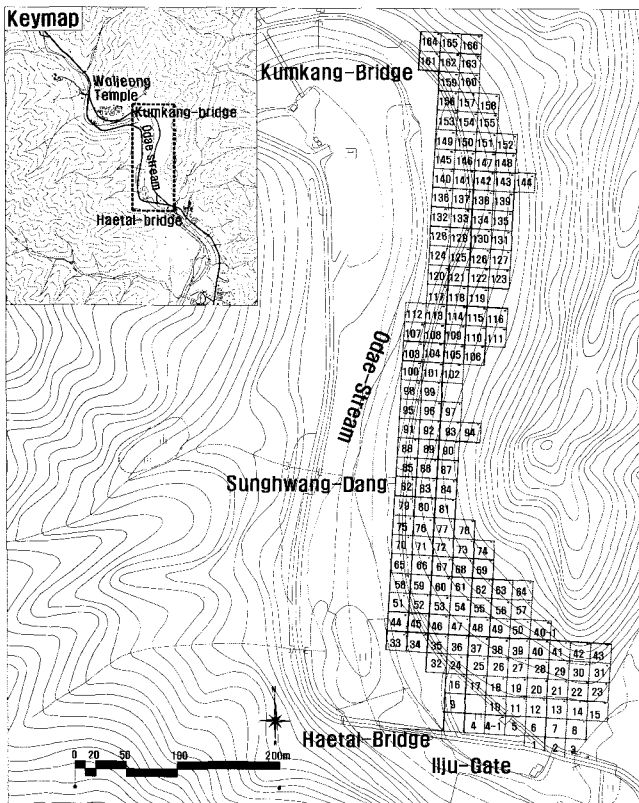


Figure 1. The location of survey plot for distribution of *Abies holophylla*

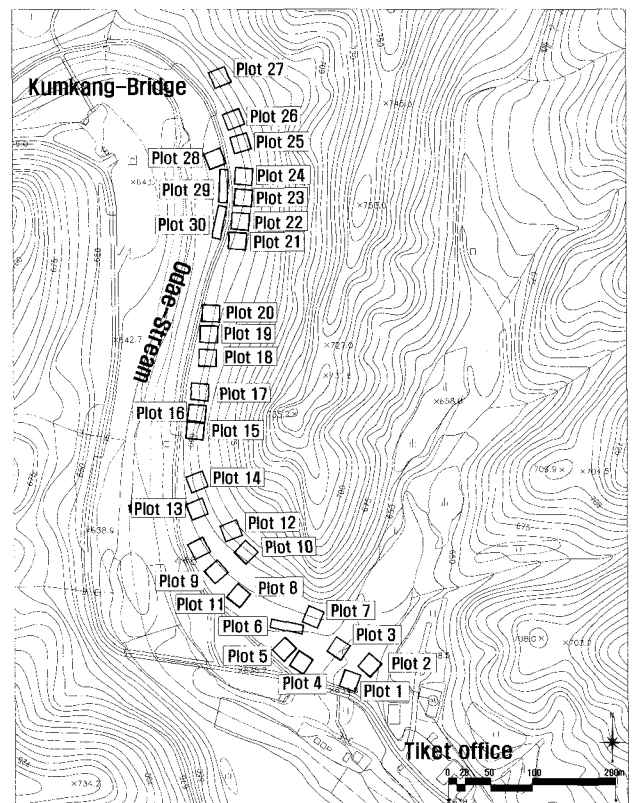


Figure 2. The location of survey plot for vegetation structure

종은 그 조사구의 우점종으로 간주하였다.

각 조사구의 수관층위별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis & McIntosh(1951) 방법으로 상대우점치(I. P.: importance percentage)를 구하고 층위를 고려하여 평균 상대우점치(M. I. P.: mean importance percentage)를 산정하였다.

종구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양성은 Shannon의 종다양도지수(Pielou, 1975)와 최대다양도(H'max), 균재도(J'), 우점도(D')를 구하였다. 또한 Whittaker(1956)의 수식을 이용하여 유사도지수를 계산하였다. 전나무의 수령 및 성장상태를 분석하기 위하여 교목층 우점종을 대상으로 1.2m 높이에서 목편추출기를 사용하여 목편을 추출하고, 추출한 나이테를 측정하여 수령 및 성장상태를 파악하였다.

결과 및 고찰

1. 전나무 분포 및 생육현황

월정사 일주문에서 금강교 사이에 분포하고 있는 전나무 분포도를 작성하였다(Figure 3). 전나무 중 편지가 발생했거나 뿌리훼손, 수관훼손, 수피훼손, 정아절단 등의 현상이 있으면 생육불량한 수목으로 하여 생육양호, 생육불량, 고사목으로 구분하였다. 대상지내 DBH 20cm 이상 전나무는 총 977주 중 생육이 양호한 전나무는 881주로 전체의 90.2%이었으며, 생육불량 52주(5.3%), 고사목 44주(4.5%)이었다. 흉고직경급별 분포를 보면, 100cm 이상의 대경목은 8주로 전체의 0.8%이었으며, 41~50cm가 185주(18.9%)로 가장 많이 분포하였고, 20~30cm 175주(17.9%), 30~40cm 166주(17.0%), 51~60cm 165주(16.9%)의 순이었다. DBH 100cm 이상 전나무 8주 중 2주는 고사목이었다(Table 1).

2. 식물군집구조

1) 식물군집분류

월정사주변 전나무 식생을 TWINSpan을 이용하여 분류한 결과(Figure 4) 제 1 division은 조릿대, 줄딸기, 왕느릅나무, 참회나무에 의해 분류되었으며 이중 줄딸기는 정의 지표종이었고 조릿대, 왕느릅나무, 참회나무는 부의 지표종이었다. 제 2 division은 잣나무로 부의 지표종이었고, 제 3 division은 피나무로 부의 지표종이었다. 조사대상지는 전나무 숲을 대상으로 실시하였기에 3개의 군집(군집 I, II, III)은 전나무가 우점하는 군집으로 분류되었으며 1개 군집은 소나무-전나무가 우점하는 군집(군집 IV)으로 분류되었다. 전나무가 우점하는 군집은 전나무 이외에 교목층과 아교목층에서 상대우점치가 높은 수종들의 차이에 의해 분류된 것이다. 군집 I은 청시닥나무, 고로쇠나무, 당단풍나무가 주요 출현종이었고, 군집 II는 잣나무, 당단풍나무, 신갈나무가 주요 출현종이었고 군집 III은 조릿대, 왕느릅나무, 고로쇠나무가 주요 출현종이었다.

2) 상대우점치 분석

Table 2는 TWINSpan에 의해 분류된 4개 군집의 층위별 상대우점치를 나타낸 것이다. 군집 I은 3개의 조사구(19, 20, 30)가 포함되며 전나무의 교목층 상대우점치가 63.25%로 우점하였고 잣나무, 왕느릅나무, 신갈나무가 주요 출현종이었다. 아교목층은 전나무 상대우점치가 41.46%로 우점하였고 당단풍나무, 굴참나무, 신갈나무가 주요 출현종이었으며, 관목층은 조릿대, 전나무, 당단풍나무가 주를 이루었다. 군집 I은 전나무가 교목층, 아교목층, 관목층에서 우점하고 있어 전나무군집을 유지할 것으로 판단되었다. 군집 II는 13개의 조사구(15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29)가 포함되며, 전나무가 교목층(I.V.: 56.67%), 아교목층(I.V.: 34.10%)에서 모두 우점하고 있었

Table 1. DBH class distribution of *Abies holophylla* near Woljeong Temple in Odaesan National Park

DBH class	Good tree		Poor tree		Fallen tree		Total	
	Indi.	Ratio(%)	Indi.	Ratio(%)	Indi.	Ratio(%)	Indi.	Ratio(%)
20~30cm	164	16.8	6	0.6	5	0.5	175	17.9
30~40cm	151	15.5	4	0.4	11	1.1	166	17.0
41~50cm	168	17.2	11	1.1	6	0.6	185	18.9
51~60cm	146	14.9	9	0.9	10	1.0	165	16.9
61~70cm	143	14.6	9	0.9	4	0.4	156	16.0
71~80cm	57	5.8	8	0.8	5	0.5	70	7.2
81~90cm	41	4.2	3	0.3	2	0.2	46	4.7
91~100cm	5	0.5	1	0.1	0	0.0	6	0.6
more than 100cm	6	0.6	1	0.1	1	0.	8	0.8
Total	881	90.2	52	5.3	44	4.5	977	100.0

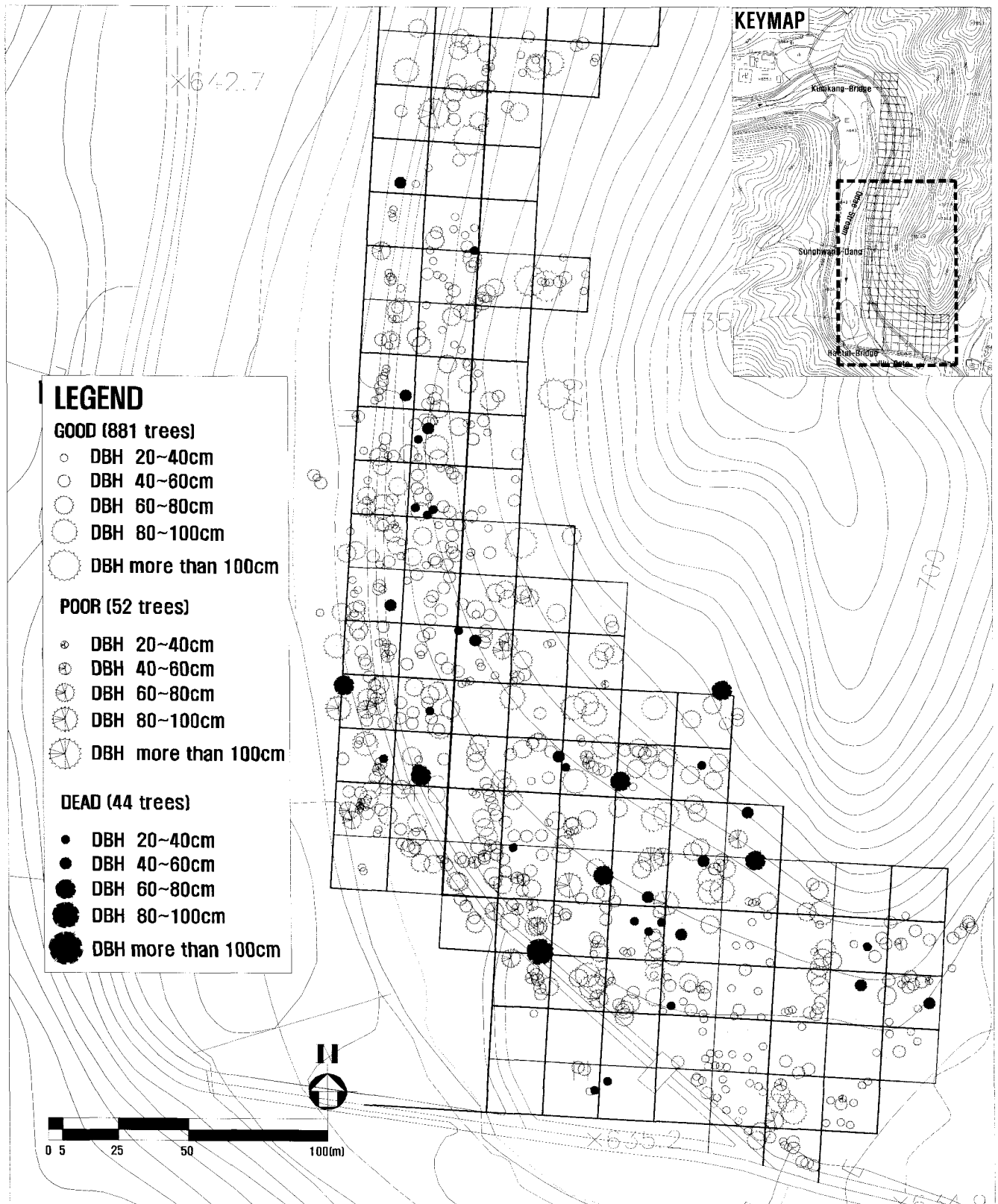


Figure 3. The distribution of *Abies holophylla* near Woljeong Temple in Odaesan National Park

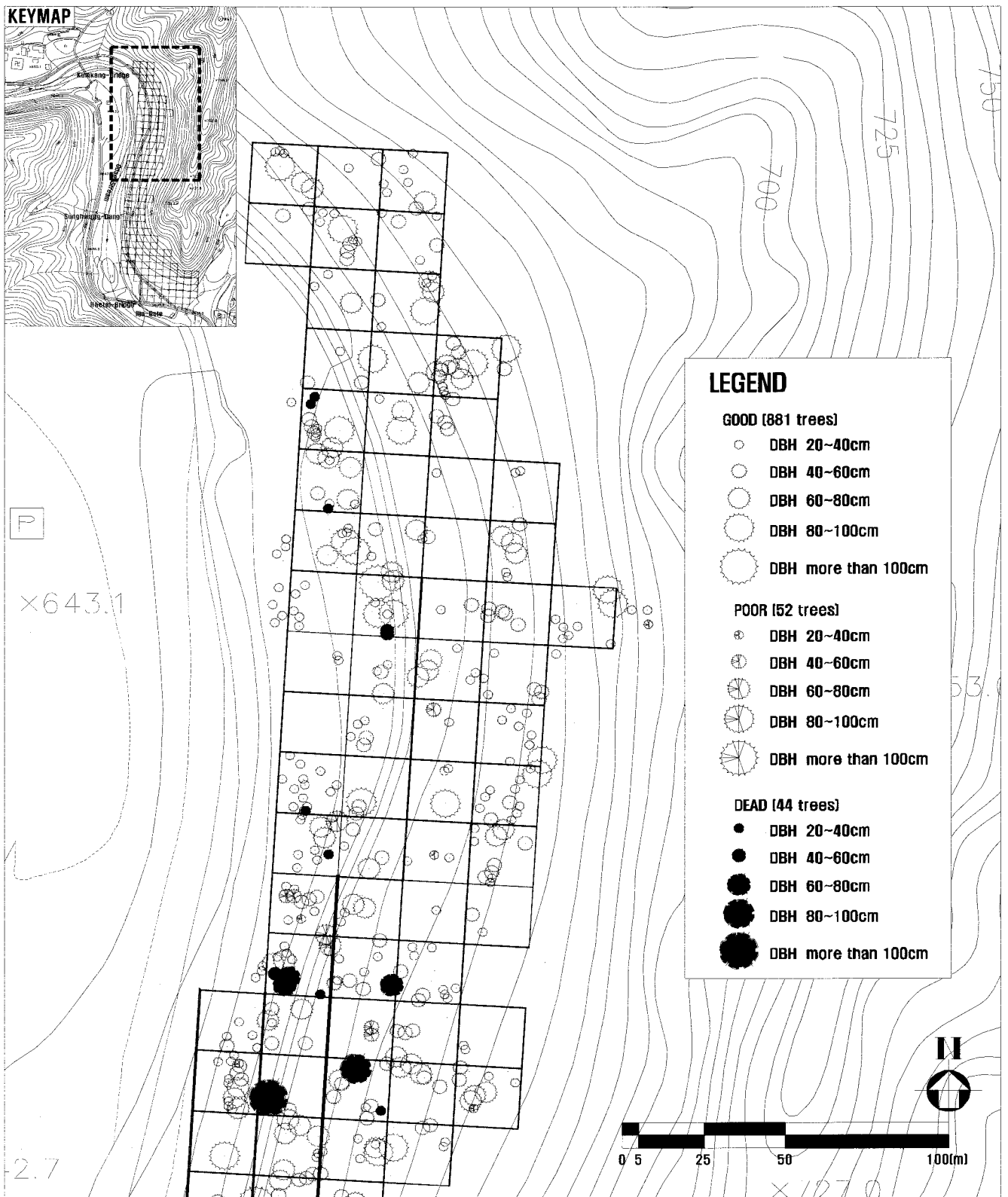


Figure 3. (Continued)

Table 2. Importance percentage of each plot related community groups of Figure 4

Species	I				II				III				IV			
	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
<i>Abies holophylla</i>	63.25	41.46	15.87	48.09	56.67	34.10	3.25	40.24	95.81	23.41	10.58	57.47	23.36	46.57	18.91	30.36
<i>Pinus densiflora</i>	3.01	0.00	0.00	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97	0.00	0.00	0.99	74.61	2.97	0.00	38.3
<i>P. koraiensis</i>	10.34	5.49	0.00	7.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.17
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	0.00	12.85	13.67	6.56	0.00	7.13	7.61	3.65	0.00	8.95	17.72	5.94	0.00	6.08	4.14	2.72
<i>A. pictum subsp. mono</i>	0.00	6.05	0.58	2.11	6.66	13.66	1.16	8.08	1.48	12.87	5.91	6.02	0.00	5.34	1.06	1.96
<i>A. triflorum</i>	2.10	3.66	0.67	2.38	6.50	11.15	0.20	7.00	0.00	3.61	2.13	1.56	0.00	1.43	0.00	0.48
<i>A. barbinerve</i>	0.00	1.18	3.21	0.93	0.00	2.96	3.68	1.60	0.74	13.56	7.51	6.14	0.00	0.22	0.36	0.13
<i>Ulmus macrocarpa</i>	8.85	0.00	0.14	4.45	18.04	1.25	0.93	9.59	0.00	1.32	0.37	0.50	0.00	4.12	0.00	1.37
<i>Quercus mongolica</i>	6.96	6.97	0.00	5.80	3.23	8.31	0.10	4.40	0.00	0.16	1.02	0.22	0.00	0.21	0.06	0.08
<i>Q. serrata</i>	5.50	4.40	0.00	4.22	1.53	0.00	0.18	0.8	0.00	0.00	0.52	0.09	0.00	4.50	0.00	1.50
<i>Q. variabilis</i>	0.00	7.69	0.61	2.67	1.20	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.07
<i>Tilia amurensis</i>	0.00	2.36	0.41	0.86	0.62	5.65	0.31	2.25	0.00	13.27	1.16	4.62	0.00	0.93	0.00	0.31
<i>Cornus controversa</i>	0.00	2.18	1.55	0.99	0.00	1.2	0.53	0.49	0.00	1.23	0.00	0.41	1.07	5.22	0.42	2.35
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.00	4.77	0.80	1.00	0.00	1.10	0.68	0.00	0.81	2.86	0.75	0.00	0.98	1.57	0.59
<i>Staphylea bumalda</i>	0.00	0.00	2.00	0.33	0.00	1.65	3.39	1.12	0.00	0.17	2.73	0.51	0.00	0.41	36.54	6.23
<i>Sasa borealis</i>	0.00	0.00	25.34	4.22	0.00	0.00	61.89	10.32	0.00	0.00	4.05	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Schisandra chinensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	0.20	0.00	0.00	12.71	2.12	0.00	0.00	13.11	2.19
<i>Morus bombycis</i> var. <i>bombycis</i>	0.00	0.00	2.84	0.47	0.00	0.94	0.18	0.34	0.00	2.76	0.88	1.07	0.48	0.91	0.88	0.69
others	0.00	5.71	28.35	6.66	4.51	11.97	14.24	8.67	0.00	17.89	29.88	10.96	0.48	19.44	22.98	10.56

* C: Canopy Importance percentage, U: Understory Importance percentage, S: Shrub Importance percentage, M: Mean Importance percentage

다. 교목층 주요 출현종은 왕느릅나무, 고로쇠나무, 복자기였으며, 아교목층 주요 출현종은 고로쇠나무, 복자기, 신갈나무이었다. 관목층은 조릿대의 상대우점치가 61.89%로

우점하고 있었으며, 당단풍나무, 청시닥나무, 고추나무, 전나무가 주요 출현종이었다. 군집 II는 교목층, 아교목층에서 전나무가 우점하고 있어 전나무군집을 유지할 것으로

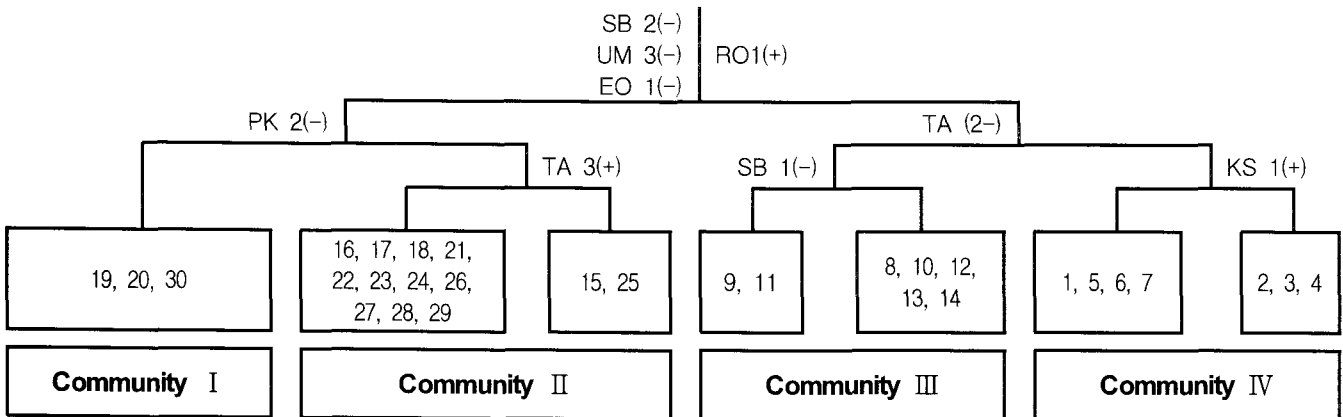


Figure 4. The pathway of sub-division into grouping of *Abies holophylla* forest near Woljeong Temple by TWINSpan

* SB: *Sasa borealis*, UM: *Ulmus macrocarpa*, EO: *Euonymus oxyphyllus*, RO: *Rubus oldhamii*, PK: *Pinus koraiensis*, TA: *Tilia amurensis*, KS: *Kalopanax septemlobus*

보인다.

군집 III은 7개의 조사구(8, 9, 10, 11, 12, 13, 14)가 포함되며, 교목층에서 전나무가 상대우점치 95.81%로 우점하고 있었으며 소나무, 고로쇠나무가 출현하였다. 아교목층에서는 전나무가 우점하였지만, 청시닥나무, 피나무, 고로쇠나무 등 낙엽활엽수들과 경쟁하고 있었으며, 관목층은 당단풍나무가 우점하는 가운데 전나무, 청시닥나무, 고로쇠나무와 경쟁관계를 형성하였다. 군집 III은 전나무 평균 상대우점치가 57.47%로 우점하였고, 아교목층과 관목층에서도 지속적으로 출현하고 있어 당분간 전나무군집을 유지할 것으로 보인다. 하지만, 군집 II와 III은 아교목층과 관목층에서 고로쇠나무, 당단풍나무, 청시닥나무 등의 낙엽활엽수와 전나무가 경쟁관계를 형성하고 있어 장기적으로 경쟁이 있을 것으로 예측된다. 전나무-낙엽활엽수군집에서 고로쇠나무, 피나무는 종자의 정착률은 낮지만, 생존률이 높고(김소영, 2006), 강한 내음성 수종이기에(이경재 등, 1996b; 김소영, 2006) 낙엽활엽수로의 변화가능성도 있다. 또한, 설악산(임양재와 백순달, 1985)과 계룡산(송호경, 1989), 내장산(김정연, 1987) 등은 피나무와 고로쇠나무가 신갈나무군락의 수반종으로 흔히 나타나고 있으며 순군락 상태로 분포하는 경우는 드물다(변두원 등, 1998)고 한 것처럼 낙엽활엽수군집으로 변화하지 않고, 전나무-낙엽활엽수 혼효림으로 유지될 가능성도 있다.

군집 IV는 7개의 조사구(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)가 포함되며, 교목층에서 소나무 상대우점치가 74.61%로 우점하였으며 전나무가 주요 출현종이었다. 아교목층에서는 전나무 상대우점치가 46.57%로 우점하고 있었으며, 당단풍나무, 고로쇠나무, 층층나무 등의 낙엽활엽수가 출현하였다. 관목층은 고추나무가 우점하였으며 전나무, 오미자가 주요출현종이었다. 군집 IV는 현재 소나무가 우점하는 군집이지만 교목층을 비롯하여 아교목층과 관목층에서 세력을 형성하고 있는 전나무로 천이가 진행될 것으로 판단되었다.

3) 전나무 밀도 및 흉고직경급별 분포

Table 3은 20×20m(400m²) 크기의 방형구 30개에서 출현한 전나무와 기타 수종을 교목층, 아교목층, 관목층으로 나누어 400m²당 개체수를 분석한 결과이다. 전나무는 교목층

에서 400m²당 6.1개체, 아교목층 8.0개체, 관목층 77.6개체 이었으며 기타 수종은 교목층에서 5.5개체, 아교목층 21.8개체, 관목층 441.2개체로 전나무에 비하여 기타 수종의 아교목층과 관목층 개체수가 매우 많았다. 임목육종연구소(1997)의 조사결과 교목층 전나무 8.0개체, 기타 수종 2.4개체이었고, 홍경락 등(2001)은 교목층 400m²당 전나무 8.3개체, 기타 수종 2.4개체라고 하였다. 본 연구와 임목육종연구소(1997), 홍경락 등(2001)의 연구를 비교해 보면 전나무 교목층 개체수는 8.0→8.3→6.1개체로 감소하였으며, 아교목층 개체수는 12.4→2.4개체로 크게 감소하여 간벌의 영향을 보여주었으며(홍경락 등, 2001) 이후 2.4개체에서 5.5개체로 증가한 것은 이후로 인위적인 간섭이 과거에 비하여 크게 약화된 것으로 추정된다.

Figure 5는 TWINSpan에 의해 분류된 4개 군집별 주요종의 흉고직경급별 분포이다. 군집 I에서 전나무는 D7~D11에서 다른 수종과 경쟁관계를 형성하였으나 전체적으로 다른 수종에 비하여 많은 개체수를 보이고 있어 당분간 전나무군집을 유지할 것으로 판단되었다. 군집 II에서 전나무는 D5~D10사이에서 왕느릅나무, 고로쇠나무, 복자기 등 낙엽활엽수들과 경쟁하고 있었다. 군집 II는 현재 전나무군집을 유지하고 있으나 장기적으로 전나무-낙엽활엽수군집으로 변화할 가능성도 있다. 군집 III에서 전나무는 D4~D12까지 많은 개체수를 보이고 있으나 D2와 D3에서는 종자 정착률이 낮고 내음성 수종인 피나무, 고로쇠나무(이경재 등, 1996b; 김소영, 2006)의 개체수가 훨씬 많아 전나무군집에서 낙엽활엽수군집으로 변화할 가능성이 있었다. 군집 IV에서 전나무는 역 J자형의 안정적 구조를 보이고 있으나, D10이상에서 개체수가 많은 소나무는 흉고직경급이 줄어들수록 감소하고 있어 시간이 흐르면서 사라질 가능성이 높았다.

군집별 흉고직경급별 분포를 분석한 결과 군집 I은 전나무 세력이 우세하였으나, 군집 II와 III은 전나무와 낙엽활엽수가 경쟁관계를 형성하고 있었으며, 군집 IV는 소나무에서 전나무로 천이가 진행중이었다. 초기 생장이 매우 느린 전나무(임경빈 등, 1991; 정태성, 1996)는 초기에 주변 낙엽활엽수에 의해 피압될 가능성이 높고, 현재 많은 낙엽활엽수들과 경쟁을 하고 있어 전나무 숲을 지속적으로 유지

Table 3. The number of individual of *Abies holophylla* and other species per 400m² near Woljeong Temple in Odaesan National Park

Species	2006			1998	1997
	Canopy	Understroy	Shrub	Canopy	Canopy
<i>Abies holophylla</i>	6.1	8.0	77.6	8.3	8.0
Other species	5.5	21.8	441.2	2.4	12.4

* 1998년 자료: 홍경락 등(2001), 1997년 자료: 임목육종연구소(1997)

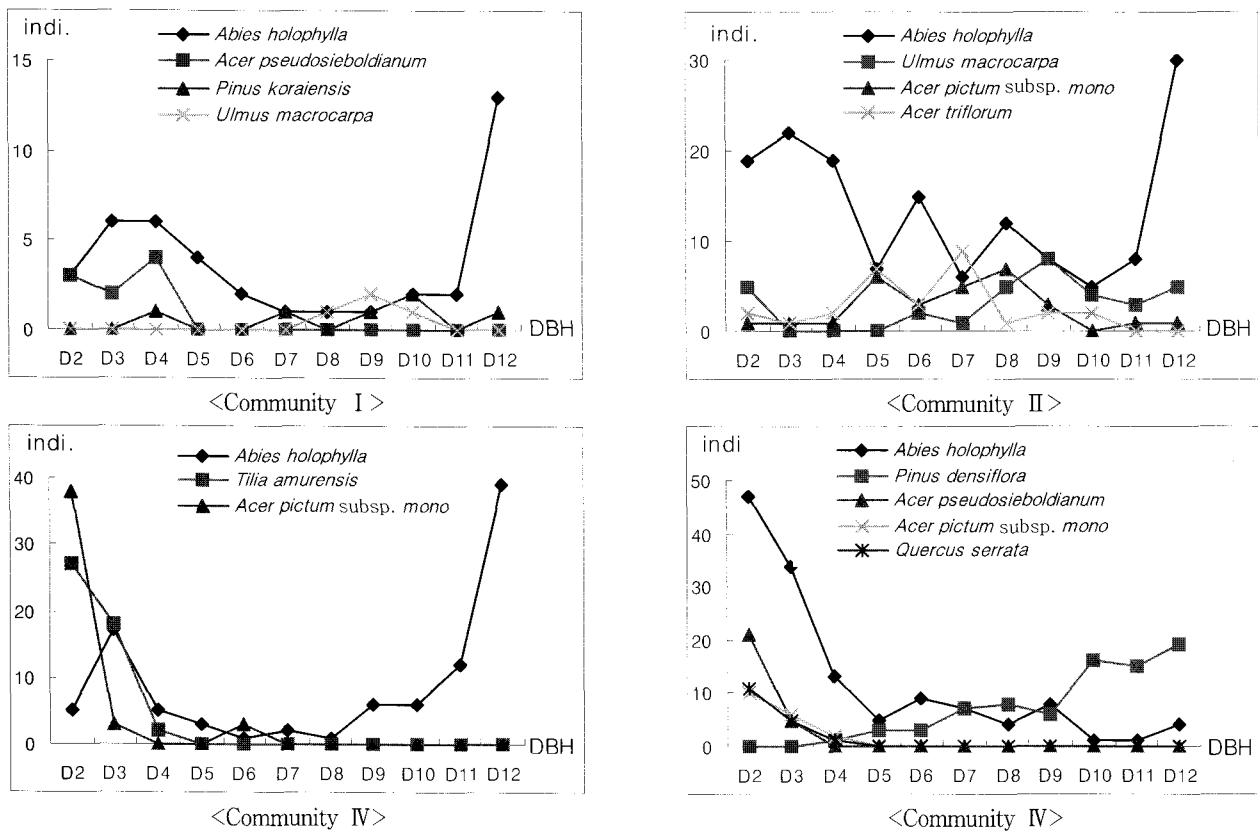


Figure 5. The DBH class distribution of major tree species of four plant communities by TWINSpan

**D2: 2≤DBH<7, D3: 7≤DBH<12, D4: 12≤DBH<17, D5:17≤DBH<22, D6: 22≤DBH<27, D7: 27≤DBH<32, D8: 32≤DBH<37, D9: 37≤DBH<42, D10: 42≤DBH<47, D11: 47≤DBH<52, D12: DBH≥52

Table 4. Various species diversity of four plant communities classified by TWINSpan (unit area: 1,200 m²)

Community	H'(shannon)	Simpson'	P.I.E.	J'(evenness)	D'(dominance)	H'max
I	1.1042	6.1337	0.8370	0.6679	0.3321	1.6532
II	1.1542	6.9648	0.8564	0.6981	0.3019	1.6532
III	1.2651	10.2871	0.9028	0.7652	0.2348	1.6532
IV	1.1092	5.6240	0.8222	0.6373	0.3627	1.7404

* P.I.E. = the Probability of Interspecific Encounter

* Shannon's diversity index uses logarithms to base 10

하기 위해서는 교목성상의 낙엽활엽수에 대한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

4) 종다양도 및 유사도지수

TWINSpan에 의해 분류된 4개 군집별 단위면적을 1,200m²로 하여 종다양성을 분석한 결과는 Table 4이다. 종다양도(H')는 군집 III이 1.2651로 가장 높았고, 군집 I은 1.1042로 가장 낮았다. 이경재 등(1996b)이 조사한 상원사-비로봉지역 자연림 상태의 전나무-낙엽활엽수군집의 종

다양도지수는 전나무-까치박달군집 1.1587, 전나무-신갈나무군집 1.1306으로 본 대상지에서 교목성상의 낙엽활엽수

Table 5. The similarity indices between four plant communities classified by TWINSpan

Community	I	II	III
II	69.12	-	-
III	66.95	61.91	-
IV	44.69	43.19	46.95

의 상대우점치가 비교적 높은 군집 II, III의 종다양도지수가 조금 높았다. 우점도(D')는 군집 III이 0.2348로 낮아 수종간 경쟁관계에 있는 것으로 판단되었으며 군집 I, II는 각각 0.3321과 0.3019로 전나무의 군집점유율이 높음을 알 수 있었고, 군집 IV는 0.3627로 소나무와 전나무의 군집점유율이 매우 높음을 알 수 있다.

Table 5는 4개 군집간 유사도지수를 나타낸 것이다. Whittaker(1967)와 Cox & Lewis(1976)는 군락간 유사도가 20%이하일 때는 이질적이며 80%이상일 때는 동질적이라 하였다. 본 조사지에서 전나무군집 I, II, III은 유사도지수가 61.91~69.12%로 비교적 동질적인 종조성을 보였으며, 소나무-전나무군집은 전나무군집간 유사도지수보다 약간 낮았다.

5) 수령분석

조사대상지내 표본목 8종 70주의 수령을 분석한 결과 (Table 6) 전나무는 41~135년생이었고 교목층에서 전나무

Table 6. The age and the number of standard tree in *Abies holophylla* forest near Woljeong Temple

Community	Indi.	Age(year)	DBH(cm)
<i>Abies holophylla</i>	47	41~135	11~82
<i>Pinus densiflora</i>	9	38~100	17~32
<i>Ulmus macrocarpa</i>	5	32~122	18~24
<i>Tilia amurensis</i>	3	32~97	11~44
<i>Quercus mongolica</i>	2	52, 94	42, 68
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i>	2	54, 94	35, 41
<i>Prunus maackii</i>	1	63	22
<i>Pyrus ussuriensis</i> var. <i>ussuriensis</i>	1	82	41

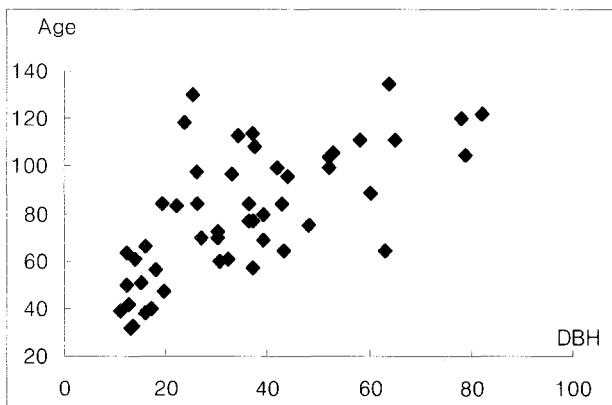


Figure 6. The relationship between Age and DBH of *Abies holophylla*

와 함께 수관을 형성한 소나무는 38~100년생, 왕느릅나무는 32~122년생이었다. 개벚지나무, 피나무, 고로쇠나무, 산돌배나무, 신갈나무 등 기타 낙엽활엽수는 32~97년생으로 소나무와 왕느릅나무는 전나무와 수령이 유사하였으나 기타 낙엽활엽수는 전나무보다 수령이 낮았다.

Figure 6은 전나무의 흉고직경급별 분포에 따른 연령을 나타낸 것이다. 전나무의 흉고직경과 연령을 보면 흉고직경이 증가함에 따라 전체적으로 연령이 증가하는 경향을 보이는 하지만, 100년이상 된 12주의 전나무 흉고직경 분포가 23.5~82.0cm에 있어 분포범위가 매우 넓음을 알 수 있었다. 이는 초기 생장이 매우 느린 전나무의 특성(임경빈 등, 1991; 정태성, 1996)에 따른 결과로 판단된다.

3. 관리방안

오대산국립공원 월정사 주변 전나무 숲은 우리나라 산림 중에서 아름다운 식생경관을 연출하는 가치가 높은 식생이기에 오대산국립공원의 지속가능한 문화·경관·관광자원으로써 후대에게 잘 계승할 수 있도록 보전 및 관리방안을 제시하였다.

첫째, 전체 전나무 중 생육불량 수목과 고사목의 발생 원인을 규명하고 대책을 수립해야 한다. 전나무는 발아 이후 상당히 오랜 기간 다른 수목들에 의해 피압된 상태를 보내게 되는데, 이 때 고사될 확률이 매우 높지만(정태성, 1996), 본 대상지의 전나무 고사목은 흉고직경 30~60cm 사이에 집중 분포하고 있어 경쟁에 의한 자연고사인지 인위적인 간섭에 의한 영향인지에 대한 원인규명이 필요할 것으로 판단된다.

둘째, 전나무 숲 내 낙엽활엽수의 관리가 필요하다. 소나무-전나무군집은 자연스럽게 전나무군집으로 변화할 가능성이 높지만, 대상지내 출현하는 피나무, 고로쇠나무 등 낙엽활엽수 등은 종자 정착률은 낮고 생존률이 높으며 강한 내음성 수종이기에(이경재 등, 1996b; 김소영, 2006) 전나무와의 경쟁이 불가피할 것으로 판단된다. 오대산국립공원 내 전나무-낙엽활엽수군집의 식생구조 연구에서도 전나무가 활엽수와 지속적으로 공존할 것으로 판단하고 있어서(김소영, 2006) 낙엽활엽수에 대한 관리를 해야 할 것이다.

셋째, 전나무 치수관리를 해야 한다. 전나무는 발아 후 초기 생장이 매우 느리지만(임경빈 등, 1991; 정태성, 1996) 이후 왕성한 성장을 하고 임령 100년이 지나도 신장생장을 계속하는 특성이 있어(임경빈 등, 1991) 오대산국립공원 자연림에서 전나무 유령목은 집중분포를 보이다가 종내경쟁을 통해 임의분포로 변화한다(김소영, 2006). 이러한 전나무의 특성상 전나무 발아 후 주변 수목에 의한 피압을 줄이기 위한 관리가 되어야 한다.

인용문헌

- 국립공원관리공단(2004) 오대산국립공원 자연자원조사. 738쪽.
- 김갑태, 추갑철, 엄태원(1996) 오대산 국립공원 동대산, 두노봉, 상왕봉 지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 환경생태학회지 9(2): 147-155.
- 김소영(2006) 오대산 국립공원 내 전나무-활엽수 혼합림의 식생구조와 주요 목본의 공간분포. 강원대학교 대학원 생물학과 석사학위논문, 60쪽.
- 김정연(1987) 분류법과 서열법에 의한 내장산 삼림식생연구. 중앙대학교 대학원 박사학위논문, 125쪽.
- 김지홍(1992) 추이행렬 모델에 의한 오대산 활엽수-전나무속 혼효림의 천이 경향 분석. 한국임학회지 81(4): 325-336.
- 김창호, 임경빈(1996) 오대산 전나무림의 분포형식. 동국논총 자연과학편 35: 135-146.
- 남성열(2001) 오대산국립공원 월정사지역 전나무림의 환경 및 식생구조에 관한 연구. 강원대학교 대학원 임학과 석사학위논문, 28쪽.
- 문화재관리국(1972) 울릉도 종합학술조사보고서-오대산 및 소금강 종합학술예비조사보고서. 문화공보부 문화재관리국, 202쪽.
- 박봉규(1972) 오대산의 삼림식생의 식물사회학적 연구. 한국생활과학연구원 논총 9: 9-19.
- 박인협, 류석봉, 김레화(1996) 오대산 국립공원지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조. 환경생태학회지 9(2): 126-132.
- 변두원, 이호준, 김창호(1998) 오대산 산림식생의 패턴과 천이계열. 한국생태학회지 21(3): 283-290.
- 송호경(1989) 계룡산 삼림군집형과 그의 구조에 관한 연구. 충남대학교 환경연구보고 3: 19-58.
- 오구균, 권태호(1996) 오대산 국립공원의 주연부 식생 구조. 환경생태학회지 9(2): 202-210.
- 월정사(미상). 오대산-월정사-상원사. 140쪽.
- 유재은, 이정호, 권기원(2003) 속리산과 오대산의 해발고에 따른 산림군락 구조분석. 한국농림기상학회지 5(4): 238-246.
- 이 선(2000) 오대산의 산림식생과 입지특성에 관한 연구(II)-동대산 식물군락의 입지특성-. 한국임학회지 89(5): 552-563.
- 이경재, 조우, 한봉호(1996a) 오대산 국립공원 소나무림의 식물군집구조. 환경생태학회지 9(2): 115-125.
- 이경재, 조재창, 최영철(1996b) 오대산 국립공원 상원사-비로봉지역 노령임분의 군집구조. 한국환경생태학회지 9(2): 166-181.
- 이경재, 최송현, 강현경(1996c) 오대산 국립공원 진고개 Eco-bridge 식재계획. 환경생태학회지 9(2): 221-231.
- 임경빈 등(1985) 조림학원론. 향문사, 491쪽.
- 임경빈 등(1991) 조림학본론. 향문사, 340쪽.
- 임목육종연구소(1997) 임목육종연구보고서. 임목육종연구소, 475쪽.
- 임양재, 백순달(1985) 설악산의 식생. 중앙대학교 출판부, 190쪽.
- 정태성(1996) 강원도 평창군 중왕산 지역 전나무의 입분 특성, 생장양상 및 천연 갭신에 영향을 미치는 요인. 서울대학교 대학원 산림자원학과 석사학위논문, 40쪽.
- 최송현, 권전오, 민성환(1996) 오대산 국립공원 노인봉지역 식물군집구조분석. 환경생태학회지 9(2): 156-165.
- 홍경락, 최영철, 강범용, 홍용표(2001) 오대산 전나무림의 숲틈에서 발생된 전나무 치수들의 공간적 유전구조. 한국임학회지 90(4): 565-572.
- Cox, T. F. and T. Lewis(1976) A conditioned distance ratio method for analyzing spatial patterns. *Bilmetrik* 63: 483-491.
- Curtis, J. T. and R. P. MacIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 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 attribute. *Ecology and Systematics*. Cornell University, Ithaca, N. Y., 99pp.
- Pielou, E. C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, New York, 385pp.
- Whittaker, R. H.(1956) *Vegetation of the Great Smoky Mountains*. *Ecol. Monographs* 26(1): 1-80.
- Whittaker, R. H.(1967) *Gradient analysis of vegetation*. *Biol. Rev.* 42: 207-264.