

오대산 국립공원지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조¹

박인철² · 류석봉² · 김례화²

Forest Structure in Relation to Altitude and Part of Slope in a Valley Forest at Odaesan National Park¹

In-Hyeop Park², Suk-Bong Ryu², Rye-Hwa Kim²

요 약

오대산 국립공원지역 구곡동-호령봉 계곡부(해발 800~1,500m)의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조를 조사하기 위하여 해발고와 사면부위에 따라 48개 조사구를 설치조사하였다. 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 칠죽꽃 등이었으며 감소하는 수종은 잣나무, 느릅나무, 생강나무 등이었다. 사면하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 수종은 신갈나무, 칠죽꽃 등이었으며 감소하는 수종은 고로쇠나무, 난티나무 등이었다. 해발고가 높아질수록 종다양도는 감소하는 경향을 보였다. 계곡정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 56.3~73.4%, 사면부위별 유사도지수는 61.9~71.8%로써 사면부위보다 해발고에 따른 종구성 상태의 차이가 심한 것으로 나타났다. 수종별 중요치에 의하여 cluster 분석한 결과 계곡 중,하부의 사면 중,하부에 위치하는 잣나무-활엽수군집, 계곡 중,하부의 사면상부와 계곡상부의 사면 중,하부에 위치하는 신갈나무-침엽수군집, 계곡상부의 사면상부와 계곡정부의 신갈나무군집으로 구분되었다.

분류단어: 오대산 국립공원, 산림구조, 해발고, 사면부위

ABSTRACT

The Gugogdong-Horyongbong valley forest in Odaesan National Park area was studied to investigate forest structure in relation to altitude and part of slope. Forty-eight quadrats were set up in the valley forest along altitude of 800m to 1,500m and part of the slope. With increasing elevation the importance values of *Quercus mongolica* and *Rhododendron schlippenbachii* increased, while those of *Abies holophylla*, *Ulmus davidiana* var. *japonica* and *Lindera obtusiloba* decreased. As going from lower part to upper part of the slope, the importance values of *Quercus mongolica* and *Rhododendron schlippenbachii* increased while those of *Acer mono* and *Ulmus laciniata* decreased. Species diversity tended to decreased as increasing elevation. The range of similarity indices between elevation belts, and parts of the slope were 56.3~73.4% and 61.9~71.8%, respectively. According to importance value and cluster analysis, the studied valley forest was classified into tree forest communities of *Abies holophylla*-deciduous tree species community in lower and middle parts of slope at low and

1 접수 1월 25일 Received on Jan. 25, 1996

2 순천대학교 농과대학 College of Agriculture, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Korea

middle elevation belts. *Quercus mongolica*-coniferous tree species community in upper part of slope at low and middle elevation belts and lower and middle parts of slope at high elevation belt and *Quercus mongolica* community in upper part of slope at high elevation belt and the top area.

KER WORDS : ODAESAN NATIONAL PARK, FOREST STRUCTURE, ALTITUDE, PART OF SLOPE

서론

1975년 1월 10일 국립공원으로 지정된 오대산 국립공원은 동경 128° 30′~128° 46′, 북위 37° 41′~37° 51′에 위치하고 있으며 행정구역상으로는 강원도 평창군, 명주군, 홍천군에 걸쳐 위치하고 있다. 태백산맥과 차령산맥이 교차하는 분기점에 위치하고 있는 오대산 국립공원은 국도 6호선을 경계로 서측은 호령봉(1,560m), 비로봉(1,563m), 상왕봉(1,493m), 두로봉(1,422m), 동대산(1,426m) 등이 환상형으로 주축을 이루고 있고 동측은 노인봉(1,338m), 백마봉(1,094m), 황병산(1,407m), 매봉(1,173m), 천마봉(999m) 등이 평행되게 주축을 형성하고 있다(건설부 1987).

Webster(1961), Katagiri와 Tsutsumi(1978)는 해발고, 사면부위가 높아짐에 따라 특히 토양수분이 감소하며, 수종별 내성범위의 차이와 중간경쟁 결과 연속된 산림군집의 구조가 달라진다고 하였다. 따라서 동일 해발고에서도 사면부위에 따라 또는 동일 사면부위에서도 해발고에 따라 군집구조가 달라질 수 있다.

본 연구는 이러한 관점에서 오대산지역의 구곡동에서 호령봉에 이르는 계곡부를 대상으로 해발고와 사면부위에 따른 산림군집 구조를 조사분석함으로써 산림군집의 현황 및 속성을 파악하고 아울러 산림관리에 필요한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사구 설정

본 연구는 오대산지역 구곡동에서 호령봉에 이르는 계곡부(800~1,500m)를 대상으로 실시하였다(그림 1).

해발고와 사면부위를 고려하여 해발 800m지점에서 해발 1,430m지점까지 해발 45m의 등간격으로 우측사면의 사면 상, 중, 하부에 조사구를 1개씩 설치하였다. 계곡정부의 경우 식생상태가 상이한 점을 고려하여 1,500m지점에 3개 조사구를 별도로 설치하였다. 따라서 조사구수는 총 48개 조사구(15해발고×3사면부

위+3조사구)가 된다. 조사구의 크기는 10m×10m로 하였다.

2. 식생조사

식생조사는 각 조사구 내에 출현하는 교목층을 대상으로 교목상, 하층으로 구분하여 수종, 흉고직경등을 조사하였다. 식생층의 구분은 흉고직경 1cm 이상의 수목군을 교목층으로 하였으며 교목층 중에서 상층입관을 이루는 수목군을 교목상층, 상층입관하의 수목군을 교목하층으로 하였다. 흉고직경 1cm 이하의 수목들인 관목층은 조사대상에서 제외하였다.

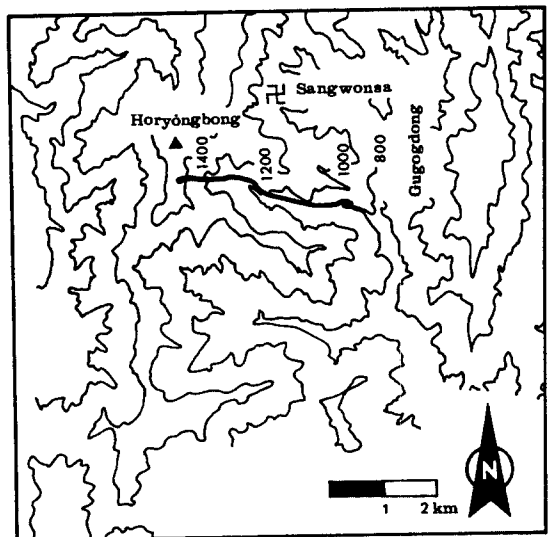


Figure 1. Location map of sample plots and the study area in Odaesan

3. 산림구조분석

산림구조는 해발고와 사면부위를 고려하여 분석하였다. 해발고는 계곡하부(800~980m), 중부(1,025~1,205m), 상부(1,250~1,430m)의 3개 180m 해발고대와 1,500m의 정부로 구분하였다. 따라서 해발고대별 조사구수는 각각 15개 조사구(5해발고×3사면부위)가 되며 정부의 경우 3개 조사구가 된다. 사면부위 즉, 사면 상, 중, 하부별 조사구수는 해발고와 관계없이 각 사면부위에 속하는 조사구 전체로서 각각 15개 조사구(15해발고×1사면부위)로 하였다. 해발고대별, 사면부위별 조사구수는 해발고대별로 사면 상, 중, 하부를 구분하여 각각 5개 조사구(5해발고×1사면부위)로 하였다.

식생조사결과 얻어진 자료에 의하여 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 Curtis와 McIntosh(1951)의 중요치(Importance value, "I.V.")를 적용하였다. 종다양성은 종수, 종다양도(species diversity, H'), 균재도(evenness, J')에 의하여 종합분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Pielou, 1977)을 적용하였다. 조사지간 종구성상의 유사한 정도를 나타내는 척도로서는 Sorensen의 유사도지수(Brower and Zar, 1977)를 사용하였다. Cluster분석은 조사구별 중요치에 의하여 산림군집 구분시 비교적 적합한 것으로 보고되고 있는 flexible strategy를 적용하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

결과 및 고찰

1. 산림개황

표 1에서는 조사지의 해발고대별, 사면부위별 임목 밀도, 평균흉고직경, 흉고단면적 등을 나타냈다.

계곡정부의 경우 임관고가 낮기 때문에 식생층이 구분되지 않는 일반적인 산정부의 식생특성과는 달리 교목상층의 평균흉고직경과 흉고단면적이 크게 나타났으며, 교목상, 하층의 구분이 뚜렷하였다. 계곡정부를 제외할 때 해발고에 따른 교목층 전체의 밀도는 계곡상부에서 가장 낮은 반면 평균흉고직경과 흉고단면적은 가장 높게 나타났다. 이러한 이유는 계곡상부에서 정부로 갈수록 신갈나무 대경목들이 비교적 높은 밀도로 분포하기 때문이었다.

2. 종구성

표 2에서 보이듯이 계곡하부에서는 신갈나무, 잣나무 등의 순으로 중요치가 높았으며, 계곡중부의 경우 잣나무, 까치박달과 음나무, 신갈나무와 당단풍 등의 순으로 중요치가 높게 나타났다. 계곡상부와 정부에서는 신갈나무의 중요치가 각각 34.0, 58.1%로써 단일 우점종을 이루고 있었다. 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 철쭉꽃 등이었으며 감소하는 경향을 보이는 수종은 잣나무, 느릅나무, 생강나무 등이었다. 이러한 결과는 주왕산지역 계곡부에서 해발고가 증가할수록 신갈나무의 중요치가 증가한

Table 1. Dimension summary for the woody species of tree stratum in relation to altitude and part of the slope

	Low elev.				Middle elev.				High elev.				Top
	L*	M*	U*	Total	L	M	U	Total	L	M	U	Total	
Canopy													
Density(trees/ha)	620	720	740	693	660	600	960	740	820	680	480	660	767
Mean DBH(cm)	29.1	27.5	27.1	27.9	27.3	23.8	24.5	25.1	36.0	27.9	35.6	33.1	45.9
Basal area(m ² /ha)	47.58	52.29	47.30	49.06	47.57	30.32	54.00	43.96	107.24	55.90	57.15	73.43	146.30
Understory													
Density(trees/ha)	2,660	1,820	2,320	2,267	1,920	3,400	1,900	2,407	1,900	1,660	2,900	2,135	4,167
Mean DBH(cm)	6.2	6.8	7.2	6.7	7.0	5.4	6.4	6.1	6.2	7.0	6.4	6.5	4.4
Basal area(m ² /ha)	12.78	9.14	15.17	12.54	12.75	13.55	9.65	11.98	8.59	8.91	15.92	11.14	10.19
Total													
Density(trees/ha)	3,280	2,540	3,060	2,960	2,580	4,000	2,860	3,147	2,720	2,340	3,380	2,813	4,933
Mean DBH(cm)	10.5	12.7	12.1	11.7	12.2	8.1	12.4	10.6	15.2	13.1	10.5	12.7	10.9
Basal area(m ² /ha)	60.36	61.43	63.02	61.60	60.32	43.87	63.65	55.59	115.83	64.81	73.07	84.57	156.49

* L, M and U are lower, middle and upper part of the slope, respectively

Table 2. Importance value for the woody species of tree stratum in relation to altitude and part of the slope

Species	Low elev.				Middle elev.				High elev.				Top
	L*	M*	U*	Total	L	M	U	Total	L	M	U	Total	
<i>Acer mono</i>	9.3	4.8	2.4	5.6	5.8	13.8	3.3	7.5	9.2	3.6	1.2	4.8	-
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	12.6	3.0	-	5.2	-	3.8	-	1.3	-	-	-	-	-
<i>Ulmus laciniata</i>	4.4	1.1	0.5	2.0	6.2	0.3	-	2.1	6.9	4.5	-	3.5	0.7
<i>Cornus controversa</i>	1.9	2.9	-	1.6	2.0	2.0	-	1.3	4.0	4.1	3.0	3.6	0.4
<i>Tilia amurensis</i>	5.9	16.8	7.5	9.9	9.5	8.6	14.4	11.0	6.6	11.1	3.9	7.0	2.2
<i>Quercus mongolica</i>	5.7	8.6	25.2	13.3	1.8	8.0	21.6	10.9	30.2	28.8	42.6	34.0	58.1
<i>Kalopanax pictus</i>	2.9	8.2	-	3.6	1.3	1.1	-	0.8	-	1.1	0.7	0.6	-
<i>Abies holophylla</i>	10.9	16.8	11.1	12.7	12.7	15.1	13.3	13.7	1.8	1.7	5.0	2.9	0.8
<i>Populus maximowiczii</i>	13.6	-	-	4.6	3.4	-	-	1.2	-	-	-	-	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	8.2	4.8	6.4	6.5	10.3	13.1	9.5	10.9	5.9	9.5	8.8	7.9	5.7
<i>Carpinus cordata</i>	12.1	5.9	4.6	7.6	22.0	6.0	7.1	11.0	3.2	1.9	1.6	2.4	-
<i>Euonymus sachalinensis</i>	4.0	1.3	0.3	2.0	3.5	2.2	-	1.9	0.4	1.8	0.3	0.7	-
<i>Fraxinus mandshurica</i>	1.0	5.6	2.6	2.9	3.0	-	-	0.9	2.0	0.6	1.4	1.5	-
<i>Phellodendron amurense</i>	-	1.1	0.6	0.5	1.1	-	-	0.4	0.5	5.0	-	1.4	-
<i>Pinus koraiensis</i>	-	3.7	8.7	4.1	3.2	1.2	6.5	3.7	15.2	7.7	11.1	11.9	3.7
<i>Betula schmidtii</i>	-	2.1	9.0	3.7	0.9	0.8	-	0.5	-	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.3	3.6	7.1	4.3	-	0.5	-	0.2	-	-	-	-	-
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	-	-	-	1.2	-	-	0.3	6.0	4.6	0.4	3.4	2.9	-
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	1.2	6.2	2.5	0.4	10.1	12.4	8.1	-	2.7	10.3	4.9	17.0
Other species	5.2	8.5	7.8	7.4	11.7	13.4	11.9	12.3	8.1	11.3	9.7	9.5	8.5
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* L, M and U are the same as Table 1

다는 박 등(1995)의 보고와 유사한 경향이 있다.

표 3에서는 해발고와 관계없이 사면부위별로 산출한 중요치를 나타냈다. 사면 하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 철쭉꽃 등이었으며, 감소하는 경향을 보이는 수종은 고로쇠나무, 난타나무 등이었다. 사면 상, 중, 하부에서 모두 중요치가 가장 높게 나타남으로써 계곡부 전체의 우점종이라고 할 수 있는 신갈나무의 중요치가 사면상부에 비하여 사면 중, 하부에서 낮게 나타난 것은 사면하부의 경우 까치박달, 당단풍, 사면중부의 경우 음나무, 젓나무, 당단풍 등의 중요치가 비교적 높기 때문이었다.

이상을 종합하면 본 조사지인 계곡부 산림군집을 사면부위별로 구분할 때 사면 상, 중, 하부 모두 신갈나무가 제 1의 우점종이었으나, 해발고대에 따라 구분할 경우 계곡하부와 상, 정부에서는 신갈나무, 계곡중부에서는 젓나무가 제 1의 우점종이었다.

3. 종다양성

표 4에서는 해발고대별과 사면부위별 출현종수, 종다양도, 균재도를 나타냈다. 계곡정부를 제외할 때 해발

Table 3. Importance value for the woody species of tree stratum by parts of the slope

Species	Lower	Middle	Upper
<i>Quercus mongolica</i>	16.3	15.7	30.4
<i>Carpinus cordata</i>	11.8	4.3	4.3
<i>Acer mono</i>	8.2	7.3	2.3
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	3.8	2.3	-
<i>Ulmus laciniata</i>	5.4	2.0	0.2
<i>Cornus controversa</i>	2.6	2.9	1.1
<i>Tilia amurensis</i>	7.1	11.9	8.4
<i>Kalopanax pictus</i>	1.2	3.6	0.3
<i>Abies holophylla</i>	7.3	10.7	9.6
<i>Populus maximowiczii</i>	4.7	-	-
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	7.6	9.2	8.2
<i>Euonymus sachalinensis</i>	2.6	1.8	0.2
<i>Pinus koraiensis</i>	7.2	4.4	8.9
<i>Betula schmidtii</i>	0.3	1.0	2.9
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	0.1	5.5	9.6
Other species	13.8	17.4	13.6
Total	100	100	100

Table 4. Various diversity indices of tree stratum in relation to altitude and part of the slope

District	No. of species	Species diversity (H')	Evenness (J')
Elevation			
Low	32	1.294	0.860
Middle	40	1.245	0.777
High	33	1.244	0.819
Top	14	0.882	0.769
Slope			
Lower	37	1.271	0.810
Middle	38	1.312	0.831
Upper	35	1.193	0.773

고대별 종다양도의 범위는 1.244~1.294로 나타났으며 해발고가 높아질수록 종다양도는 감소하는 경향을 보였다. 계곡하부의 종다양도가 가장 높은 것은 중수에 비해 균재도가 높기 때문이었다. 계곡정부의 경우 계곡상, 중, 하부에 비하여 중수, 종다양도, 균재도가 모두 낮게 나타났는데 이러한 경향은 계곡정부의 전형적인 식생특성이라고 할 수 있다. 계곡부에서 해발고대별 종다양도를 조사한 다른 지역과 비교하면 본 조사지는 가야산 계곡부 0.675~1.281(박 등, 1989), 지리산 피아골계곡 및 화엄사계곡 0.903~1.158(박 등, 1991), 주왕산 계곡부 1.073~1.203(박 등, 1995)에 비하여 대체로 높은 수준이었으며, 덕유산 계곡부 1.315~1.375(박 등, 1994)보다는 낮았다.

사면부위별 종다양도의 범위는 1.193~1.312로 나타났다. 중수, 종다양도, 균재도는 모두 사면중부에서 가장 높게 나타났으며, 사면하부에 비하여 상부의 중수, 종다양도, 균재도가 모두 낮게 나타났다. 이러한 경향은 일반적으로 사면하부에 비하여 사면상부의 토양조건 등 환경조건이 불량하며, 사면중부의 경우 사면하부와 상부의 식생이 서로 중첩되기 때문이라고 할 수 있다.

4. 유사도 지수

표 5에서는 해발고대별과 사면부위별 유사도지수를 나타냈다. 해발고와 사면부위에서의 차이가 클수록 유사도지수는 모두 감소하였다. 계곡중부와 상, 하부간의 유사도지수는 각각 56.3, 73.4%, 사면중부와 상, 하부간의 유사도지수는 각각 69.4, 71.8%로써 해발고와 사면부위에서 모두 중부와 상, 하부간의 유사도지수가 상부가 하부에 비하여 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 해발

Table 5. Similarity index(%) between elevation belts and between parts of the slope

Elevation	Low	Middle	High
Middle	73.4		
High	56.8	56.3	
Top	28.3	57.1	56.1
Part of the slope			
Middle	71.8		
Upper	61.9	69.4	

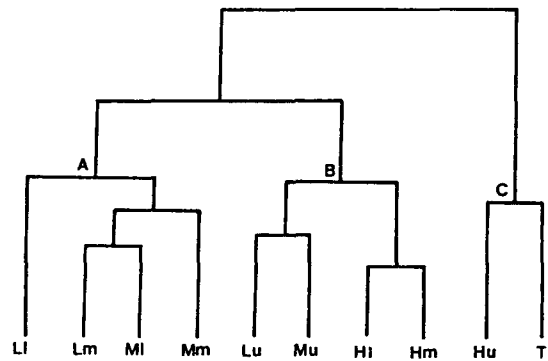


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of ten sites in the studied forest(L, M, H and T are low, middle, high elevation and top of the altitudinal gradient, and l, m and u are lower, middle and upper part of the slope, respectively)

고와 사면부위 모두 상부의 종구성 상태가 중, 하부와는 어느정도 차이가 있음을 시사하고 있다. 환경조건이 상이한 정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 56.3~73.4%의 범위를 보였으며 사면부위간 유사도지수는 61.9~71.8%의 범위를 보였다. 사면부위간 유사도지수의 범위보다 해발고대간 유사도지수의 범위가 더 큰 것은 사면부위보다 해발고에 따른 종구성 상태의 변화가 더 크기 때문이라고 할 수 있다.

5. Cluster 분석

그림 2에서는 해발고대별, 사면부위별의 수종별 중요도에 의하여 cluster분석한 결과를 보였다.

Cluster분석 결과와 해발고대별, 사면부위별 중요치(표 2)를 종합하면 본 조사지는 계곡 중, 하부의 사면 중, 하부에 위치하는 잣나무-활엽수군집(군집 A), 계곡

Table 6. Correlation among the importance values of the major woody species in tree stratum

Species	Am	Ud	Ul	Cc	Ta	Qm	Kp	Ah	Pm	As	Co	Es	Fm	Pa	Pk	Bs	Lo	At	Rs
Ud	.																		
Ul	.	.																	
Cc	.	.	.																
Ta															
Qm	-														
Kp													
Ah	--	.												
Pm	.	.	++											
As										
Co	.	+	.	.	.	--	.	+	++	.									
Es	.	++	.	.	.	-	.	.	++	.	+								
Fm	+	.	.	-	.	.							
Pa						
Pk					
Bs				
Lo	++		
At	--	
Rs	.	.	-

* --, ++: significant at 1% level, -, +: significant at 5% level
 . : not significant at 1%, 5% level

** Am: *Acer mono*, Ud: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, Ul: *Ulmus laciniata*, Cc: *Cornus controversa*, Ta: *Tilia amurensis*, Qm: *Quercus mongolica*, Kp: *Kalopanax pictus*, Ah: *Abies holophylla*, Pm: *Populus maximowiczii*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Co: *Carpinus cordata*, Es: *Euonymus sachalinensis*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Pa: *Phellodendron amurense*, Pk: *Pinus koraiensis*, Bs: *Betula schmidtii*, Lo: *Lindera obtusiloba*, At: *Acer tschonoskii* var. *rubripes*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*

중,하부의 사면상부와 계곡상부의 사면 중,하부에 위치하는 신갈나무-침엽수군집(군집 B), 계곡상부의 사면상부와 계곡정부의 신갈나무군집(군집 C)으로 구분할 수 있다.

6. 종상관

표 6에서는 주요수종의 중요치에 의한 상관관계를 나타냈다. 회나무는 느릅나무, 황철나무와 유의적인 정의 상관을 보였으며 까치박달은 신갈나무와 유의적인 부의 상관을 보인 반면 황철나무와는 유의적인 정의 상관을 보였다. 이것은 까치박달과 황철나무는 사면하부에서 중요치가 높은 반면 신갈나무는 사면상부로 갈수록 중요치가 높아지기 때문이었다. 생강나무는 박달나무와 유의적인 정의 상관, 젓나무는 신갈나무, 시닥나무와 유의적인 부의 상관을 보였다. 이러한 주요 수종간의 상관관계는 수종간 생태적 지위의 동질성 또는 이질성을 추정할 수 있는 자료라고 할 수 있다(Ludwig and Reynolds, 1988).

인 용 문 헌

건설부(1987) 오대산 국립공원계획. 건설부. 253쪽.
 박인협, 문광선, 류석봉(1995) 주왕산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 8(2): 154-159.
 박인협, 문광선, 최영철(1994) 덕유산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 7(2): 181-186.
 박인협, 조재창, 오충현(1989) 가야산지역 계곡부와 능선부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. 응용생태연구 3(1): 42-50.
 박인협, 최영철, 조우(1991) 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골계곡의 삼림 군집구조에 관한 연구. 응용생태연구. 5(1): 42-53.
 박인협 (1986) 백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위 논문. 48쪽.

- Brower, J.E., and J.H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company Publ., Iowa. 194pp.
- Curtis, J.T., and R.R. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Katagiri, S. and T. Tsutsumi(1978) The relationship between site condition and circulation of nutrients in forest ecosystem (V). The difference in nutrient circulation between stands located on upper part of slope and lower part of slope. *J. Jap. For. Soc.* 60: 195-202.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) Statistical ecology. John Wiley & Sons, New York. 337pp.
- Pielou, E.C. (1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York. 385pp.
- Webster, G.L.(1961) The Altitudinal limits of vascular plants. *Ecology* 42(3): 587-590.