

계룡산국립공원 계곡부의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조¹

박인협² · 서영권²

Forest Structure in Relation to Slope Aspect and Altitude in Valley Forests at Kyeryongsan National Park¹

In-Hyeop Park², Young-Kwon Seo²

요 약

계룡산국립공원의 연천봉고개(해발 700m)를 중심으로 남향사면인 신원사~연천봉고개와 북향사면인 감사~연천봉고개를 대상으로 사면방향과 해발고에 따른 교목층과 아교목층의 산림구조를 조사분석하였다. 남향사면은 북향사면에 비하여 교목층의 밀도는 높은 반면 평균흉고직경은 작았다. 특수한 지형인 주능선부에 위치하는 정부를 제외하면, 해발고가 높아짐에 따라 교목층과 아교목층 전체의 평균흉고직경과 흉고단면적은 남향사면에서는 감소하는 경향을 보였다. 북향사면은 남향사면에 비하여 교목층과 아교목층 전체의 종다양도와 균재도가 높았다. 남향사면에서 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 수종은 느티나무, 졸참나무, 까치박달, 신갈나무 등이었으며, 중요치가 감소하는 수종은 굴참나무, 서어나무, 때죽나무 등이었다. 북향사면의 경우 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 수종은 까치박달, 쪽동백나무 등이며, 중요치가 감소하는 수종은 때죽나무, 졸참나무 등이었다. Cluster 분석결과 남향사면 중, 하부의 굴참나무-낙엽활엽수군집, 남향사면 상부와 북향사면 상, 중부의 신갈나무-낙엽활엽수군집, 북향사면 하부와 정부의 신갈나무-소나무군집 등 3개 군집으로 구분되었다. 굴참나무, 산벚나무, 밤나무 등 3개 수종간에는 유의적인 정의 상관관계가 있었으며, 유의적인 정의 상관관계를 보인 굴참나무, 산벚나무, 밤나무 등 3개 수종은 당단풍과 유의적인 부의 상관관계가 있었다.

주요어 : 중요치, 종다양성, CLUSTER 분석, 종상관

ABSTRACT

The valley forests in Kyeryongsan National Park area were studied to investigate forest structure of tree and subtree layers in relation to aspect and altitude of the slope. Density of the tree layer in south-facing slope was greater than that in north-facing slope, while mean DBH of the tree layer in south-facing slope was smaller than that in north-facing slope. Excepting the main ridge area which has typical environmental condition, with increasing elevation mean DBH and basal area of the tree and subtree layers decreased in south-facing slope. Species diversity and evenness of north-facing slope were greater than those of south-facing slope. In south-facing slope the importance values of *Zelkova serrata*, *Quercus serrata*, *Carpinus cordata* and *Quercus*

1 접수 12월 15일 Received on Dec. 15, 2000

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

mongolica increased with increasing elevation while those of *Quercus variabilis*, *Carpinus laxiflora* and *Styrax japonicus* decreased. In north-facing slope the importance values of *Carpinus cordata* and *Styrax obassia* increased with increasing elevation while those of *Styrax japonicus* and *Quercus serrata* decreased. According to importance values and cluster analysis the studied forests were classified into *Quercus variabilis*-broadleaved tree species community at the low and middle elevation belts of the south-facing slope, *Quercus mongolica*-broadleaved tree species community at the high elevation belts of the south-facing slope and the middle and high elevation belts of the north-facing slope, and *Quercus mongolica*-*Pinus densiflora* community at the low elevation belt of the north-facing slope and at the top area. There were significantly positive correlations among *Quercus variabilis*, *Carpinus cordata* and *Castanea crenata*. *Acer pseudo-sieboldianum* was significantly and negatively correlated with *Quercus variabilis*, *Carpinus cordata* and *Castanea crenata*.

KEY WORDS : IMPORTANCE VALUE, SPECIES DIVERSITY, CLUSTER ANALYSIS, SPECIES CORRELATION

서론

1968년 12월 31일에 우리 나라 두 번째 국립공원으로 지정된 계룡산국립공원은 북위 36° 18' ~ 36° 23', 동경 127° 11' ~ 127° 17' 에 위치하고 있으며, 행정구역상으로는 대전광역시, 공주시, 논산시에 걸쳐있다. 계룡산은 차령산맥과 노령산맥 사이에서 이룩된 산지로 총면적이 61.1km²에 달하며 천황봉(845m)을 주봉으로 연천봉(739m), 수정봉(675m), 삼불봉(225m) 등으로 이루어져 있다. 지질은 대체로 중생대 쥐라기, 백악기에 형성된 화강암으로 구성되어 있으며, 차령산맥이 금강에 의하여 침식되면서 형성된 잔구성 산지이다. 주요 계류로는 노성천, 구곡천, 갑천, 용수천 등이 발원하여 금강으로 흘러 든다. 계룡산국립공원은 중부지방의 기후특성상 비교적 온화하고 뚜렷한 계절성을 지닌 지역이다. 연평균기온은 11℃ 내외, 연강우량은 1,280mm이며 6~9월에 강우량의 90%가 집중된다. 강설 및 결빙기는 11월 초부터 4월 초까지 계속되며 충남 전역과 비교할 때 맑은 날이 연평균 93일로 매우 맑고, 습도는 연평균 68%로서 이들 지역에 비해 3~4% 정도가 높은 편이다(심정기 등, 1998). 계룡산국립공원의 관속식물은 114과 411속 742종 1아종 106변종 11품종으로 총 860종이 분포하고 있는 것으로 보고되었다(내무부, 1993).

식물종들의 자연분포에 영향을 미치는 주요 환경요인은 기후, 토양조건 등이며, 이는 동일 산지 내에서도 해발고, 사면방향 등에 따라 다르다(Daubenmire, 1966). 따라서 동일 사면에서도 해

발고에 따라 또는 동일 해발고에서도 사면방향에 따라 군집구조가 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 관점에서 계룡산국립공원의 연천봉고개를 중심으로 남향사면인 신원사~연천봉고개지역과 북향사면인 갑사~연천봉고개지역의 사면방향 및 해발고에 따른 산림군집구조의 속성을 파악하고 합리적인 산림관리에 필요한 기초자료를 제공하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사구 설정

본 연구는 계룡산국립공원의 연천봉고개(해발 700m)를 중심으로 남향사면인 신원사~연천봉고개 계곡부와 북향사면인 갑사~연천봉고개 계곡부를 대상으로 실시하였다(Figure 1). 조사구는 2개 사면 지역 모두 인위적인 교란을 고려하여 해발 240m 지점에서 계곡 정부인 연천봉고개를 향하여 해발 30m의 등간격으로 설정하였다. 계곡 정부의 경우 식생상태가 상이한 점을 고려하여 4개의 조사구를 별도로 설정하였다. 따라서 조사구는 남, 북향사면별 15개씩 30개와 정부의 4개로 총 34개가 된다. 각 조사구의 크기는 10m×10m로 하였다.

2. 식생조사

각 조사구 내에 출현하는 목본식물을 대상으로 교목층과 아교목층으로 구분하여 수종, 흉고직경 등을

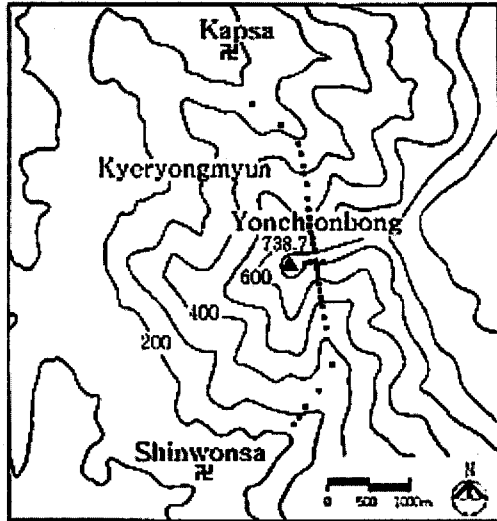


Figure 1. The location map of the study plots (■) in Kyerongsan National Park

조사하였다. 식생층의 구분은 Monk 등(1969)의 방법을 참조하여 흉고직경 2cm 이상의 수목을 대상으로 상층임관을 이루는 수목군을 교목층, 상층임관하의 수목군을 아교목층으로 하였다. 흉고직경 2cm 미만의 수목들인 관목층은 조사대상에서 제외하였다.

3. 산림구조 분석

산림구조는 사면방향과 해발고를 고려하여 분석하

였다. 해발고는 2개 사면 모두 하부(240~390m), 중부(390~540m), 상부(540~690m)의 3개 지역과 150m 해발고대, 700m의 정부로 구분하였다. 정부의 경우 2개 사면이 이어지는 정점인 점을 고려하여 사면 구분없이 통합하여 별도로 분석하였다. 따라서 산림구조의 분석단위는 총 7개 단위(2사면×3해발고대+1정부)가 되며, 분석단위별 조사구수는 사면별, 해발고대별은 각각 5개 조사구, 정부의 경우 4개 조사구가 된다. 식생조사 결과 얻어진 자료에 의하여 각 종의 상대적인 중요도를 나타내는 척도로서 Curtis & McIntosh(1951)의 중요치(I.V.: Importance Value)를 적용하였다. 종다양성은 종수, 종다양도, 균재도에 의하여 종합분석하였으며 일반적으로 사용되고 있는 Shannon의 수식(Pielou, 1977)을 적용하였다. 종구성의 유사한 정도를 나타내는 척도로서는 Sørensen의 유사도지수(Brower and Zar, 1977)를 사용하였다. Cluster 분석은 조사구별 중요치에 의하여 산림군집 구분시 비교적 적합한 것으로 보고된 flexible strategy를 적용하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

결과 및 고찰

1. 산림개황

사면별, 해발고대별 산림개황은 Table 1과 같다. 상층임관을 이루는 교목층에서 북향사면이 남향사면

Table 1. Dimension summary of tree and subtree layers in relation to aspect and altitude of the slope

	South-facing slope				North-facing slope				Top
	Low elev.*	Mid. elev.*	High elev.*	Total	Low elev.*	Mid. elev.*	High elev.*	Total	
Tree layer									
Density(trees/ha)	880	700	1,280	953	500	540	1,100	713	2,150
Mean DBH(cm)	21.5	18.7	12.9	17.0	22.2	21.2	15.3	18.4	11.8
Basal area(m ² /ha)	33.82	21.00	18.84	24.55	22.40	22.34	22.30	22.34	28.28
Subtree layer									
Density(trees/ha)	2,320	2,560	2,400	2,427	1,740	1,460	1,760	1,653	3,400
Mean DBH(cm)	4.9	5.1	5.2	5.0	5.5	5.6	4.9	5.3	3.9
Basal area(m ² /ha)	5.94	7.31	6.26	6.51	5.19	5.29	4.23	4.90	4.88
Total									
Density(trees/ha)	3,200	3,260	3,680	3,380	2,240	2,000	2,860	2,367	5,550
Mean DBH(cm)	9.4	8.0	7.8	8.4	9.2	9.8	8.9	9.3	6.9
Basal area(m ² /ha)	39.76	28.31	25.10	31.06	27.59	27.63	26.53	27.25	33.16

* Low elev.: 240~390m, Mid. elev.: 390~540m, High elev.: 540~690m, Top: 700m

갈나무, 까치박달, 쪽동백나무 등의 순으로 중요치가 높았다. 남향사면과 북향사면이 이어지는 정부에서는 신갈나무, 소나무, 쇠물푸레 등의 순으로 중요치가 높았다. 남향사면에서 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 수종은 느티나무, 졸참나무, 까치박달, 신갈나무 등이었으며, 중요치가 감소하는 수종은 굴참나무, 서어나무, 때죽나무 등이었다. 북향사면의 경우 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 수종은 까치박달, 쪽동백나무 등이었으며, 중요치가 감소하는 수종은 때죽나무, 졸참나무 등이었다.

이 남향사면에 비하여 토양수분 등의 토양조건이 양호해서 생태적 지위의 안정성이 높기 때문이라고 판단된다. 한편, 집단시설지구와 주등산로가 위치하고 있는 북향사면이 남향사면에 비하여 흉고단면적이 낮거나 유사하였으나 종다양도가 높은 것은, 인간의 간섭에 의한 영향이 북향사면과 남향사면의 근본적인 생태적 지위가 전환될 만큼 크지는 않았기 때문이라고 추정된다. 남향사면과 북향사면이 이어지는 정부의 경우 출현종수, 종다양도, 균재도가 모두 낮은 산 정부의 전형적인 식생특성(박인협, 1986)을 보였다.

3. 종다양성

북향사면의 종다양도는 1.186~1.204로서 남향사면의 종다양도 1.138~1.198보다 높았다(Table 3). 이것은 북향사면이 남향사면에 비하여 출현종수는 다소 적은 경향인 반면, 균재도가 비교적 높기 때문이었다. 북향사면이 남향사면보다 종다양도가 높은 것은 설악산지역(박인협 등, 1998), 지리산지역(박인협 등, 2000)과 동일한 결과로서, 일반적으로 북향사면

4. 유사도지수와 Cluster 분석

사면별, 해발고대별 조사지간 유사도지수는 Table 4와 같다. 남향사면과 북향사면 모두 해발고의 차이가 클수록 유사도지수가 낮아지는 일정한 경향을 보임으로써, 중구성상태가 해발고에 따라 연속적으로 변화하는 것으로 나타났다. 남향사면의 해발고대간 유사도지수는 33.7~59.4%의 범위를 보였으며 북향사면의 해발고대간 유사도지수는 52.5~63.2%의

Table 3. Various diversity indices of the tree and subtree layers in relation to aspect and altitude of the slope

District	No. of species	Species diversity(H')	Evenness(J')
South-facing slope			
Low elev.	26	1.138	0.804
Mid. elev.	25	1.198	0.857
High elev.	21	1.151	0.871
North-facing slope			
Low elev.	21	1.186	0.897
Mid. elev.	23	1.204	0.884
High elev.	23	1.198	0.880
Top	20	0.946	0.727

Table 4. Similarity index(%) among elevation belts of the slope aspects

	South-facing slope			North-facing slope		
	Low elev.	Mid. elev.	High elev.	Low elev.	Mid. elev.	High elev.
South-facing slope						
Mid. elev.	59.4					
High elev.	33.7	49.6				
North-facing slope						
Low elev.	28.7	46.6	41.9			
Mid. elev.	32.3	57.0	45.1	63.2		
High elev.	24.4	88.3	58.1	52.5	61.7	
Top	14.7	18.7	20.2	35.3	23.0	35.6

범위를 보임으로써, 해발고대간 종구성상태의 차이는 남향사면이 북향사면보다 큰 것으로 나타났다. 남향사면과 북향사면의 동일 해발고대간 유사도지수는 사면 하부 28.7%, 중부 57.0%, 상부 58.1%이었다. 남향사면의 해발 중부와 북향사면의 해발 상부간 유사도지수는 88.3%로 종구성상태가 유사한 것으로 나타났다.

사면별, 해발고대별의 수종별 중요치에 의한 Cluster 분석 결과는 Figure 2와 같다. Cluster 분석 결과와 사면별, 해발고대별 중요치(Table 2)를 종합하면, 본 조사지는 남향사면 중, 하부의 굴참나무-낙엽활엽수군집, 남향사면 상부와 북향사면 상, 중부의 신갈나무-낙엽활엽수군집, 북향사면 하부와 정부의 신갈나무-소나무군집 등 3개 군집으로 구분되었다.

5. 종상관

Table 5에서는 주요 수종의 사면별, 해발고대별 중요치에 의한 상관관계를 나타냈다. 굴참나무, 산벚나무, 밤나무 등 3개 수종간, 회나무, 쪽동백나무, 까치박달 등 3개 수종간, 신갈나무, 쇠물푸레, 산철쭉 등 3개 수종간에는 유의적인 정의 상관성이 있었다. 이것은 이들 수종간에 서로 친화력이 높고 동질적인 생태적 지위를 갖기 때문이라고 할 수 있다(Ludwig and Reynolds, 1988). 유의적인 정의 상관을 보인 굴참나무, 산벚나무, 밤나무 등 3개 수종은 당단풍과 유의적인 부의 상관성이 있었다.

Table 5. Correlation among the importance values of the major woody species

Species	Qv	Qd	Cl	Ps	Zs	Le	Am	So	Sj	Cc	Qs	Saj	Cac	Pd	Fs	Fr	Cs	Em	Qm	Ap	Rs	
Qd	.	.																				
Cl	.	.	.																			
Ps	+	.	.	.																		
Zs																	
Le																
Am															
So														
Sj													
Cc	++	.	.	+												
Qs											
Saj										
Cac	++									
Pd								
Fs	+						
Fr	+	.	+					
Cs	+	+				
Em	+	++	.	.	+	.	.				
Qm	+	.	.				
Ap
Rs
Ry	++	.	.	.	+	.	+

* --, ++: significant at 1% level; -, +: significant at 5% level; .: not significant at 5% level
 ** Qv: *Quercus variabilis*, Qd: *Quercus dentata*, Cl: *Carpinus laxiflora*, Ps: *Prunus serrulata* var. *spontanea*, Zs: *Zelkova serrata*, Le: *Lindera erythrocarpa*, Am: *Acer mono*, So: *Styrax obassia*, Sj: *Styrax japonicus*, Cc: *Castanea crenata*, Qs: *Quercus serrata*, Saj: *Sapium japonicum*, Cac: *Carpinus cordata*, Pd: *Pinus densiflora*, Fs: *Fraxinus sieboldiana*, Fr: *Fraxinus rhynchophylla*, Cs: *Celtis sinensis*, Em: *Euonymus macroptera*, Qm: *Quercus mongolica*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Rs: *Rhododendron schlippenbachii*, Ry: *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*

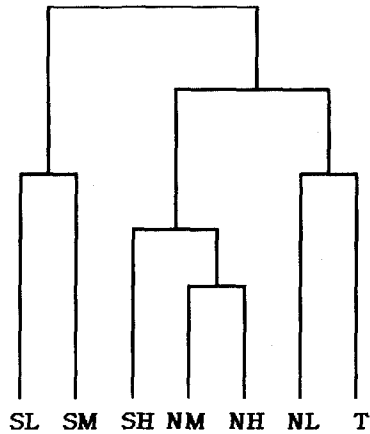


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of seven sites in the studied forests(S and N are south facing slope and northfacing slope. L, M, H and T are low, middle, high elevation belts and top of altitudinal gradient, respectively.)

인용문헌

- 내무부(1993) 국립공원자연자원조사 -계룡산국립공원-. 내무부보고서. 164쪽.
- 박인협, 임도형, 문광선(2000) 지리산국립공원 계곡부의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조. 환경생태학회지 14(1): 11-17.
- 박인협, 류석봉, 최영철(1998) 설악산국립공원 오색-대

- 청봉-신흥사지역의 사면방향과 해발고에 따른 산림구조. 환경생태학회지 11(4): 486-492.
- 박인협(1986) 백운산지역 천연림생태의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대 박사학위논문, 49쪽.
- 심정기, 태경환, 임인택, 윤창영, 김동갑, 김주환(1998) 계룡산 남사면 일대 식물상에 관한 연구. 한국생물상연구지 3: 281-300.
- 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.
- Day, F. P. and C. D. Monk(1974) Vegetation pattern on a southern Appalachian Watershed. Ecology 55(5): 1064-1067.
- Daubenmire, R.(1966) Vegetation: Identification of typical communities. Science 151: 291-298.
- Lucks, O. L., A. R. Ek, W. C. Jonson and R. A. Monserud(1981) Growth, aging and succession. In: D. A. Reichle(ed.), Dynamic properties of forest ecosystems, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 37-84.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds(1988) Statistical ecology. John Wiley & Sons, New York, 337pp.
- Monk, C. D., G. I. Child and S. A. Nicholson(1969) Species diversity of a stratified oak-hickory community. Ecology 50(3): 468-470.
- Pielou, E. C.(1977) Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York, 385pp.