

# 주왕산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조<sup>1</sup>

박인협<sup>2</sup> · 문광선<sup>2</sup> · 류석봉<sup>2</sup>

## Forest Structure in Relation to Altitude and Part of Slope in a Valley Forest at Chuwangsan Area<sup>1</sup>

In-Hyeop Park<sup>2</sup>, Gwang-Sun Moon<sup>2</sup>, Suk-Bong Ryu<sup>2</sup>

### 요 약

주왕산지역 금은광이-주왕계곡에 이르는 계곡부(해발 470~780m)의 해발고와 사면부위에 따른 산림구조를 조사하기 위하여 해발고와 사면부위에 따라 48개 조사구를 설치조사하였다. 해발고가 높아질수록 교목층 밀도와 흉고단면적이 감소하는 경향을 보였다. 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 물푸레나무 등이었으며 감소하는 수종은 소나무, 생강나무 등이었다. 사면하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 수종은 굴참나무, 생강나무 등이었으며 감소하는 수종은 물푸레나무, 고로쇠나무 등이었다. 종다양도는 계곡상부와 사면하부에서 높게 나타났다. 계곡정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 74.4~84.2%, 사면부위별 유사도지수는 68.0~96.3%로써 해발고보다 사면부위에 따른 종구성 상태의 차이가 심한 것으로 나타났다. 수종별 중요치에 의하여 cluster 분석한 결과 사면하부의 소나무-낙엽활엽수군집, 사면중, 상부의 소나무-굴참나무군집, 계곡정부의 소나무군집으로 구분되었다.

분류단어: 주왕산, 산림구조, 해발고, 사면부위

### ABSTRACT

The Chuwang valley-Kŭmŭnkwangi valley forest in Chuwangsan 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 470m to 780m and part of the slope. Density and basal area of trees in tree strata decreased as increasing elevation. With increasing elevation the importance values of *Quercus mongolica*, *Fraxinus rhynchophylla* increased, while those of *Pinus densiflora*, *Lindera obtusiloba* decreased. As going from lower part to upper part of the slope, the importance values of *Quercus variabilis* and *Lindera obtusiloba* increased while those of *Fraxinus rhynchophylla*, *Acer mono* decreased. Species diversity tended to decreased as going to upper parts of the slope. The range of similarity indices between elevation belts, and parts of the slope were 74.4~84.2% and 68.0~96.3%, respectively. According to importance value and cluster analysis, the studied valley forest was classified into three forest communities of *Pinus den-*

1 접수 1월 15일 Recieved on Jan. 15, 1995

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

*siflora*-deciduous tree species community of lower part of slope, *Pinus densiflora*-*Quercus variabilis* community of middle and upper part of slope, *Pinus densiflora* community of the top area.

**KEY WORDS : CHUWANGSAN, FOREST STRUCTURE, ALTITUDE, PART OF SLOPE**

## 서 론

1976년 3월 30일 국립공원으로 지정된 주왕산국립공원은 동경 129° 4' ~ 129° 14' 과 북위 36° 19' ~ 36° 27' 에 위치하고 행정구역상으로는 경상북도 청송군과 영덕군에 위치하고 있다. 태백산맥에서 파생되어 북측으로는 태행산(933.1m), 대둔산(905m), 남측으로는 벽구동(846.2m), 옥거암(907.4m), 대관령(740m), 별바위(745.2m) 등이 연봉을 형성하고 있다(전설부 1987).

주왕산에 대한 식생연구는 이 등(1985)에 의해 총 96과 290속 491종의 식물이 분포한다고 보고되어 있다. Webster(1961), Katagiri와 Tsutsumi(1978)는 해발고, 사면부위가 높아짐에 따라 특히 토양수분이 감소하며, 수종별 내성범위의 차이와 중간경쟁 결과 연속된 산림군집의 구조가 달라진다고 하였다. 따라서 동일해발고에서도 사면부위에 따라 또는 동일사면부위에서도 해발고에 따라 군집구조가 달라질 수 있다. 본 연구는 이러한 관점에서 주왕산지역의 금은광이에서 주왕계곡에 이르는 계곡부를 대상으로 해발고와 사면부위에 따른 산림군집 구조를 조사분석함으로써 산림군집의 현황 및 속성을 파악하고 아울러 관리개선방안에 필요한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

## 조사 방법

### 1. 조사구 설정

본 연구는 주왕산지역 금은광이에서 주왕계곡으로 내려오는 계곡부(470~780m)를 대상으로 실시되었다(그림 1).

해발고와 사면부위를 고려하여 해발 470m지점에서 해발 750m지점까지 해발 20m의 등간격으로 우측사면의 사면 상, 중, 하부에 조사구를 1개씩 설치하였다. 계곡정부의 경우 식생상태가 상이한 점을 고려하여 780m지점에 3개조사구를 별도로 설치하였다. 따라서 조사구수는 총

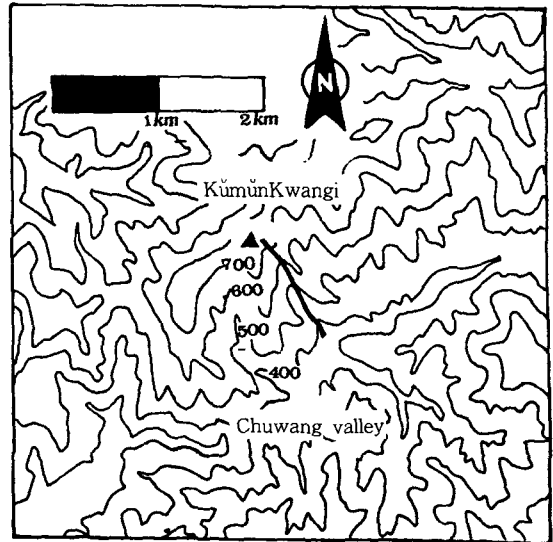


Figure 1. Location map of the sample plots and the study area in Chuwangsan.

48개 조사구(15해발고×3사면부위+3조사구)가 된다. 조사구의 크기는 10m×10m로 하였다.

### 2. 식생조사

식생조사는 조사구내에 출현하는 흉고직경 1cm이상의 교목층을 대상으로 교목 상, 하층으로 구분하여 수종명, 흉고직경등을 조사하였다. 식생층의 구분은 흉고직경 1cm 이상의 수목군을 교목층으로 하여 교목층 중에서 상층임관을 이루는 수목군을 교목상층, 상층임관하의 수목군을 교목하층으로 하였다. 흉고직경 1cm 이하의 수목들인 관목층은 조사대상에서 제외하였다.

### 3. 산림구조분석

산림구조는 해발고와 사면부위를 고려하여 분석하였다. 해발고는 계곡하부(470~550m), 중부(570~650m), 상부(670~750m)의 3개 100m 해발고대와 780m의 정부로 구분하였다.

따라서 해발고대별 조사구수는 각각 15개 조사구(5해발고×3사면부위×1조사구)가 되며 정부의 경우 3개 조사구가 된다. 사면부위(상, 중, 하부)별 조사구수는 해발고와 관계없이 각 사면부위에 속하는 조사구 전체로서 각각 15개 조사구(15해발고×1조사구)로 하였다. 해발고대별, 사면부위별 조사구수는 해발고대별로 사면 상, 중, 하부를 구분하여 각각 5개 조사구(5해발고×1조사구)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. 조사시간 중구성상의 유사한 정도를 나타내는 척도로서는 Sørensen의 유사도지수(Brower and Zar, 1977)를 사용하였다. Cluster분석은 조사구별 중요치에 의하여 산림군집구분시 비교적 적합한 것으로 보고되고 있는 flexible strategy를 적용하였다(Ludwig and Reynolds, 1988).

## 결과 및 고찰

### 1. 산림개황

표 1에는 조사지의 해발고대별, 사면부위별의 식생층별 임목밀도, 평균흉고직경과 흉고단면적을 나타냈다. 계

곡정부의 경우 수고가 낮아서 식생층이 구분되지 않는 일반적인 산정부의 식생특성이 아닌 계곡 상·중·하부와 같은 식생구조를 보이고 있으며 밀도, 평균흉고직경 그리고 흉고단면적이 높게 나타났다. 정부를 제외할 때 해발고가 높아짐에 따라 교목층 전체의 밀도, 흉고단면적 그리고 평균흉고직경은 감소하는 경향을 보였다. Day와 Monk (1974)는 해발고가 증가함에 따라 일반적으로 토양조건 등이 나빠지기 때문에 교목층전체의 경우 흉고단면적과 밀도는 감소한다고 하였다. 본 연구에서는 위의 연구와 같은 경향을 보였다. 계곡정부의 밀도와 평균흉고직경 그리고 흉고단면적이 높은 것은 해발고의 영향을 받을 만큼 높은 지대가 아니고 주왕산지역 소나무보호정책의 결과로 추정된다.

### 2. 중구성

표 2에서 보이듯이 소나무는 계곡 하·중·상부에서 모두 중요치가 가장 높게 나타남으로서 계곡부전체를 볼 때 우점종이었다. 계곡정부를 제외할 때 해발고가 높아짐에 따라 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 신갈나무, 물푸레나무 등이었으며 감소하는 경향을 보이는 수종은 소나무, 생강나무 등이었다. 이러한 결과는 덕유산지역 계곡부에서 해발고가 증가할수록 신갈나무의 중요치가 증가한다는 박 등(1994)의 보고와 유사한 경향이 있다.

표 3에서는 해발고와는 관계없이 사면부위별로 산출한 상대우점치를 나타냈다. 사면 하부에서 상부로 갈수록 중요치가 증가하는 경향을 보이는 수종은 굴참나무, 생강나

Table 1. Dimension summary of 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)	740	1,340	1,040	1,040	1,120	1,060	1,140	1,107	860	760	700	773	1,333
Mean DBH(cm)	18.7	22.1	30.6	23.8	16.6	24.2	27.2	22.6	17.1	24.9	27.4	23.2	26.1
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	24.85	69.04	88.14	60.67	33.65	60.79	82.14	58.86	25.6	49.51	49.65	41.60	87.33
Understory													
Density(trees/ha)	1,580	2,080	3,000	2,220	1,300	2,280	2,560	2,047	1,580	2,000	3,000	2,193	2,166
Mean DBH(cm)	4.2	3.1	4.2	3.8	3.2	3.1	5.0	3.8	3.6	5.2	4.5	4.4	5.7
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	3.71	2.44	6.04	4.06	1.48	2.49	8.01	4.00	2.05	5.48	6.97	4.83	7.22
Total													
Density(trees/ha)	2,320	3,420	4,040	3,260	2,420	3,340	3,000	3,153	2,440	2,760	3,700	2,967	3,499
Mean DBH(cm)	8.8	10.5	10.9	10.1	9.4	9.8	11.9	10.3	8.4	10.6	8.9	9.3	13.5
Basal area(m <sup>2</sup> /ha)	28.55	71.48	94.18	64.74	35.14	63.28	90.16	62.85	27.67	54.99	56.62	46.43	94.55

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

Table 2. Importance values of 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>Pinus densiflora</i>	20.6	47.5	53.4	45.9	31.0	53.9	41.2	43.5	25.1	45.9	37.9	38.2	57.9
<i>Quercus variabilis</i>	11.4	20.3	13.0	14.9	24.9	12.9	25.6	21.0	16.2	19.5	20.6	18.8	0.8
<i>Quercus serrata</i>		0.3	1.1	0.6		0.6	1.9	1.0		1.6		0.5	
<i>Quercus mongolica</i>	0.8	1.7		0.8	1.8	1.1	2.8	2.0	6.6	1.5	4.8	4.0	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	8.3	0.9	3.9	3.5	9.7	8.6	3.7	6.9	7.2	6.6	8.7	7.5	12.3
<i>Prunus sargentii</i>	0.5	0.6	1.0	0.7	4.3	3.3	2.7	3.3	1.5	2.7	2.2	2.2	0.5
<i>Euonymus alatus</i>													
for. <i>ciliato-dentatus</i>	1.8	0.3		0.5									
<i>Staphylea bumalda</i>	4.1			0.9	0.4			0.1	0.4				0.1
<i>Corylus heterophylla</i>	4.2	2.6		1.9	0.5	0.9	0.6	0.7	0.5	1.8	0.6	1.0	
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	2.3	2.4	3.3	2.8	0.4	0.6	2.2	1.2	1.3	1.2	2.9	1.9	4.0
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.6		0.5	0.3			0.3	0.1	2.8	0.4	0.6	1.1	
<i>Styrax obassia</i>	14.2	6.5	6.2	7.8		0.9	1.7	1.0	1.7	1.6	2.9	2.2	4.2
<i>Carpinus laxiflora</i>	0.5	0.9	1.5	1.1					2.3	2.8	1.2	2.0	
<i>Kalopanax pictus</i>	1.6			0.3	2.5			0.5					
<i>Platycarya strobilacea</i>							1.5	0.6		3.0	3.0		
<i>Lespedeza bicolor</i>					5.0		0.5	1.5	1.7			0.5	
<i>Rhus verniciflua</i>			0.5	0.2		2.1	1.4	1.3	0.8	1.1	3.3	2.0	1.0
<i>Cornus controversa</i>		0.6	1.8	1.0		3.2	2.5	2.1	17.8	2.0	1.8	5.6	16.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.8	9.8	8.8	7.7	2.2	6.4	7.4	5.7	3.6	2.3	3.2	3.0	2.0
<i>Zelkova serrata</i>	8.2	0.6	1.3	2.3	10.5	1.5	2.0	3.6	5.0	0.7	0.6	1.7	
Other Species	18.1	5.0	3.7	14.9	6.9	4.0	2.0	3.9	5.5	5.3	8.9	5.3	1.1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

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

무 등이었으며 감소하는 경향을 보이는 수종은 물푸레나무, 고로쇠나무 등이었다. 계곡부 전체의 우점종인 소나무의 중요치가 사면 중, 상부에 비하여 사면하부에서 낮게 나타난 것은 사면하부의 경우 물푸레나무, 고로쇠나무 등의 중요치가 비교적 높기 때문이었다.

이상을 종합하면 본조사지의 경우 계곡부 산림군집을 해발고대(표1)와 사면부위별(표2)로 구분할 경우 모두 소나무가 단일우점종이었으나 사면부위별로 구분하였을 때 사면하부에서의 중요치의 비율이 사면중, 상부와 뚜렷한 차이를 보임으로써 해발고의 차이가 심하지 않은 연속된 계곡부의 종구성 상태는 해발고보다 사면부위에 따른 차이가 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 경향은 박 등(1991)의 보고와 일치하고 있다.

### 3. 종다양성

표 4에는 해발고대별과 사면부위별 출현종수, 종다양도, 균계도를 나타냈다. 계곡정부를 제외할 때 해발고대별 종다양도의 범위는 1.073~1.149이었으며 계곡중부의 종수, 종다양도가 가장 낮게 나타났다. 계곡상부의 종다양도가 가장 높은 것은 종수에 비해 균계도가 높기 때문

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

Species	Lower	Middle	Upper
<i>Pinus densiflora</i>	25.9	49.2	44.9
<i>Quercus variabilis</i>	17.8	17.6	19.2
<i>Quercus mongolica</i>	3.0	1.4	2.4
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	8.4	5.3	5.4
<i>Quercus serrata</i>		0.8	1.0
<i>Prunus sargentii</i>	2.1	2.2	1.9
<i>Corylus heterophylla</i>	1.7	1.8	0.4
<i>Lindera obtusiloba</i>	2.9	6.5	6.5
<i>Rhus verniciflua</i>	0.3	1.1	1.7
<i>Cornus controversa</i>	5.7	1.9	2.0
<i>Acer mono</i>	6.8	1.8	1.9
<i>Styrax obassia</i>	5.1	3.2	3.7
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	1.3	1.4	2.8
<i>Zelkova serrata</i>	8.0	1.0	1.3
Other species	11.0	4.8	4.9
Total	100	100	100

이었다. 계곡정부의 경우 계곡 상·중·하부에 비하여 종수, 종다양도, 균계도가 모두 낮게 나타났는데 이러한 경

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 ( $J'$ )
<b>Elevation</b>			
Low	33	1.149	0.757
Middle	23	1.073	0.788
High	29	1.203	0.823
Top	11	0.785	0.753
<b>Slope</b>			
Lower	30	1.248	0.845
Middle	28	1.107	0.765
Upper	23	1.119	0.822

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

Elevation	Low	Middle	High
Middle	79.8		
High	74.4	84.2	
Top	61.4	59.5	60.2
<b>Part of the slope</b>			
	Lower	Middle	
Middle	68.0		
Upper	69.0	96.3	

향은 계곡정부의 전형적인 식생특성이라고 할 수 있다. 계곡부에서 해발고대별 종다양도를 조사한 다른 지역을 보면 가야산 계곡부 0.675~1.281(박 등, 1989), 지리산 피아골계곡 및 화엄사계곡 0.903~1.158(박 등, 1991), 덕유산 계곡부 1.315~1.375(박 등, 1994)인 것으로 보고된 바 있다.

사면부위별 종다양도의 범위는 1.107~1.248로 나타났다. 중수, 종다양도와 균재도는 사면하부에서 가장 높게 나타났으며 사면상부에 비하여 중부의 종다양도, 균재도가 낮았다.

#### 4. 유사도 지수

표 5에는 해발고대별과 사면부위별 유사도 지수를 나타냈다. 해발고의 차이가 커질수록 유사도지수가 감소하였다. 사면하부와 중부, 하부와 상부, 중부와 상부의 유사도지수는 각각 68.0, 69.0, 96.3%로 사면하부와 중부보다 사면중부와 상부의 유사도지수가 높게 나타났다. 이러한 이유는 사면하부의 토양습도 등의 환경조건이 사면상, 중

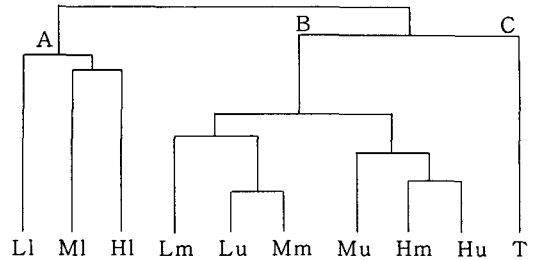


Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of ten sites in the studied forest. L, M, H and T are low, middle, high elevation and top of the altitudinal gradient, and l, m and u are lower, middle and upper part of the slope, respectively.

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

Species	Pd	Qv	Qm	Fr	So	Lb	Cc	Lo
Qv	.							
Qm	.	.						
Fr	.	.	.					
So	.	.	.	.				
Lb	.	.	.	.	.			
Cc	.	.	.	.	.	.		
Lo	.	.	.	--	.	.	.	
Zs	--	.	.	.	.	++	.	.

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

Pd: *Pinus densiflora* Qv: *Quercus variabilis*  
 Qm: *Quercus mongolica* Fr: *Fraxinus rhynchophylla*  
 So: *Styrax obassia* Lb: *Lespedeza bicolor*  
 Cc: *Cornus controversa* Lo: *Lindera obtusiloba*  
 Zs: *Zelkova serrata*

부와 차이가 크기 때문이라고 할 수 있다. 환경조건이 상이한 정부를 제외한 해발고대간 유사도지수는 74.4~84.2%의 범위를 보였으며 사면부위간 유사도지수는 68.0~96.3%의 범위를 보였다. 해발고대간 유사도지수의 범위보다 사면부위간 유사도지수의 범위가 더 큰 것은 해발고보다 사면부위에 따른 중구성 상태의 변화가 더 크다는 사실을 뒷받침하고 있다.

#### 5. Cluster 분석

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

Cluster분석결과와 해발고대별, 사면부위별 중요치(표 2)를 종합하면 본 조사지는 사면하부의 소나무-활엽수군

집(군집 A), 사면중, 상부의 소나무-굴참나무군집(군집 B), 계곡정부의 소나무군집(군집 C)으로 구분할 수 있다.

## 6. 종상관

표 6에서는 주요수종의 중요치에 의한 상관관계를 나타냈다. 느티나무는 싸리나무와 유의적인 정의상관, 소나무와 유의적인 부의상관을 보였다. 생강나무는 물푸레나무와 유의적인 부의상관을 보였다. 이것은 느티나무와 물푸레나무는 사면하부에서 중요치가 높은 반면 소나무와 생강나무는 사면중, 상부로 갈수록 중요치가 높아지기 때문이었다.

## 인 용 문 헌

- 건설부 (1987) 주왕산국립공원계획. 건설부. 270쪽.
- 박인협, 문광선, 최영철 (1994) 덕유산지역 계곡부의 해발고와 사면부위에 따른 삼림구조. *응용생태연구* 7(2):181-186.
- 박인협, 조재창, 오충현 (1989) 가야산지역 계곡부와 능선부의 해발고와 사면부 위에 따른 삼림구조. *응용생태연구* 3(1):42-50.
- 박인협, 최영철, 조우 (1991) 지리산국립공원 화엄사계곡 및 피아골 계곡의 삼림 군집구조에 관한 연구. *응용생태연구* 5(1):42-53.
- 이영로, 오용자 (1985) 주왕산국립공원일대 식물 (한국자연보존협회, '자연보존연구보고서' 23:37-61), 서울.
- 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 patterns on a southern Appalachian watershed. *Ecology* 55(5): 1064-1074.
- 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.