

# 白頭山の 植生帶에 關하여

任 良 宰 · 沈 載 國

중앙대학교 자연과학대학 생명과학과

## On the Vegetation Zone of Mt. Paektu

Yim, Yang-Jai and Jae-Kuk Shim

Department of Life Science, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

### ABSTRACT

Mt. Paektu(2,749.6 m), the biggest mountain in Northeast Asia, located on the border line of Korea and China is characterized as an aspite with broad gentle mountain area and rich biota. However, it seems that the study of forest vegetational feature or vegetation zones in the whole area of this mountain is not yet sufficient in spite of contribution by many investigators.

In this paper thermal climatic approach was carried out for the determination of vegetation zones of the mountain with the meteorological data of four stations including Cheonji(天池氣象站) and various vegetational data. The application of Warmth Index and/or Coldness Index(Kira 1977) for the determination of forest vegetation boundary was useful also here, and their boundaries largely coincided with those of thermal indices obtained in the Korean Peninsula(Yim and Kira, 1975), including the lapse rate of air temperature along increasing elevation. However, in the mountain the boundary of vegetation zones is not clear like those of mountains in Korea. It may be due to the topographic differences between this area and the Korean Peninsula. Besides, the broad ecotones between different vegetations in this area support the vegetation continuum concept rather than the unit concept, and the limit of timber line or tree line reflects various hypothesis(Steven and Fox 1991). Therefore, for the explanation of vegetation zone of this area should be considered topography or soil condition, for example, as known the hierarchy of ecological units (zonobiomes, orobiomes and pedobiomes, Walter, 1973).

Key words : Vegetation zone, Mt. Paektu.

### 緒 論

白頭山 (2,749.6 m)은 東北아시아 最高峰의 巨大한 楯狀火山 (aspite)으로서, 그 秀麗한 景觀과 豊富한 資源, 그리고 自然과 人文環境의 變遷史의 重要性 때문에, 일찍부터 世人의 注目を 받아왔다. 그러나 白頭山이 아시아의 關心을 넘어서 世界의 耳目을 끌게 된 것은 1886년과 1894~95년의 E. Younghusband 一行의 踏査에 이어 E. Ahnert, V. L. Komalov, N. G. Wolkoff의 博物學的 調查가 알려지면서부터 일 것이다. 1900년대

에 들어서면서, 今川唯市の 森林調査 (1905), 森爲三 (1913), 中井猛之進 (1914) 一行의 植物調査, 朝鮮教育會의 森爲三, 石戶谷勉, 崔南善, 元洪九, 孟元永, 趙福成 등의 綜合學術調査 (1926), H. Lautensach, 石宙明 등의 調査 (1929~33), 長白縣 主催의 北川政夫 등의 綜合學術調査 (1940)등이 잇달았다 (이영노 1991).

1940년대와 1950년대는 太平洋戰爭과 韓國動亂으로 이 地域의 學術調査도 制限을 받았었다. 1980年代 以後 國際情勢의 好轉으로 이 地域에 對한 學術活動이 活氣를 띠게 되었지만, 아직도 各國의 研究者들 사이의 學術交流가 원만치 못하여 이 地域에 對한 研究는 斷片的일

수밖에 없다.

1990年代에 들어서면서, 韓國의 研究者들의 白頭山學術調查가 相當히 활발해졌지만, 그 範圍는 中國側 白頭山에 局限되었고, 植物相的 調查가 주류를 이루었다. 生態學 分野에서는 忠南大學校 (1992)와 韓國生態學會의 白頭山生態系調查 (1997) 등의 學術活動들이 특히 注目된다.

白頭山の 植生帶에 對한 論議는 森 (1918), 植木과 佐方 (1939), 周와 李 (1964), 鄭과 李 (1965), 任 (1970, 1974), 임 (1994), 趙 (1980), 錢과 張 (1990), 錢 (1979), 張等 (1990), 이 (1991), 吉良 (1995) 등에 나타난다. 그러나 이들의 植生帶 區分은 發表者에 따라 若干씩 차이가 있다. 이것은 各 研究者의 關心이나 取扱對象에 差異가 있을 뿐더러 情報交流가 원활치 못한데도 原因이 있는 것으로 보인다. 이런 點을 고려하여 여기에서는 주로 植生帶의 區分 問題를 論議하고자 한다.

物理的 環境

氣候

氣候條件은 생태계의 주요 構成要素의 하나이며, 생태계의 특성 결정에는 기후가 일차적 요인으로 작용한다. 北半球의 3大陸을 비교하면, 東아시아는 西유럽과 北東美洲보다도 緯度增加에 따른 연평균기온의 下降이 두드러지는 특성을 갖고 있다. 백두산지역의 北緯 42° 부근에서는 연평균기온이 西유럽에 비하여 약 8~9℃, 北東美洲에 비하여는 약 4℃ 낮다(Fig. 1).

백두산의 북쪽사면의 표고 2,623.5 m에는 1958년 7월 吉林省氣象部門에 의해 長白山 天文峰 東側에 天池氣象站이 설치되어 있고, 또한 岳樞賓館 부근에도 氣象站이 있다. 그러나 현재 상세한 기후자료를 입수하기는 어려우므로 여러 문헌들로부터 얻은 백두산과 백두산 주위 몇 지점의 기후자료를 살펴본다(Table 1).

백두산 정상으로부터 和龍은 北東東 방향으로 약 98 km, 茂山은 동쪽으로 약 98 km, 三水는 남쪽으로 약

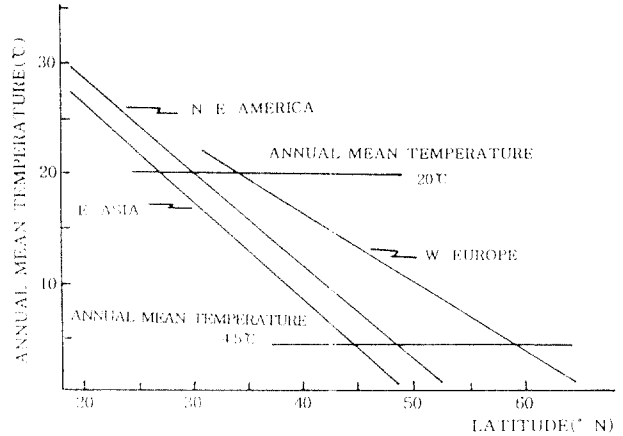


Fig. 1. Comparison of thermal environment between the continents. Three oblique lines stand for annual mean temperature along changing altitude in E. Asia, NE. America and W. Europe, respectively, from Yim (1983).

73 km의 거리에 있다. 따라서 백두산만의 기후 또는 기후와 관련된 문제를 논하기에는 이들 3지점이 너무 멀기 때문에 표고 2,623.5m의 天池氣象站에서의 측정치가 가장 유용할 것으로 판단된다.

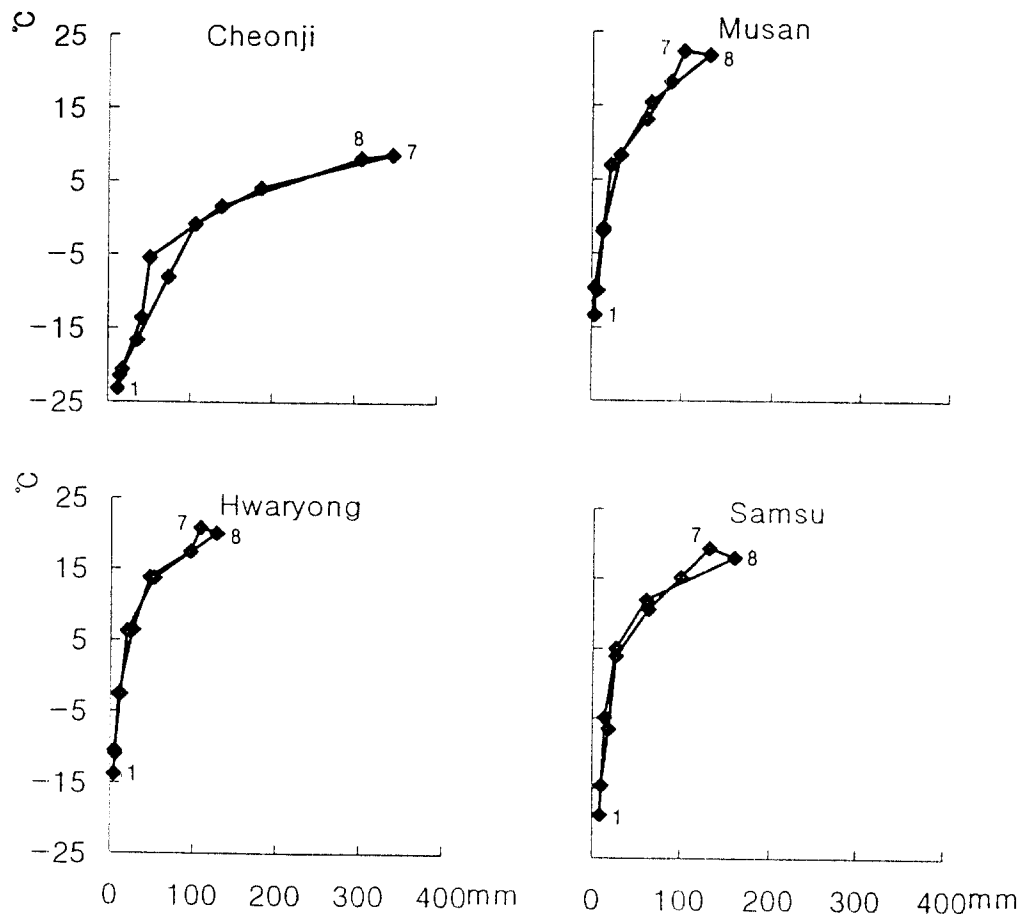
위 4지점의 월평균기온과 강수량은 Table 2에 나타난 바와 같다. 이를 바탕으로 작성된 hythergraph (Fig. 2)와 Walter et al. (1975)의 climate diagram (Fig. 3)은 茂山, 和龍, 三水가 대체로 비슷한 樣相을 나타낸다. 3곳 모두 7월이 最暖月이고, 1월이 最寒月이 있다. 연중강수량은 7월과 8월에 각각 100 mm 이상으로 서 연강수량의 45%가 이 기간에 집중되고 있다. 和龍과 茂山은 두만강을 사이에 둔 인접 지점으로서 평균기온과 강수의 분포가 거의 같으나 三水是 이들보다 緯度上으로 남쪽에 위치하지만 1월의 평균기온이 和龍이나 茂山보다 약 5℃ 낮고, 7월의 평균기온도 和龍보다는 1.4℃, 무산보다는 3℃ 낮다. 天池氣象站에서 측정된 월평균기온과 강수량을 李等 (1993)의 報文을 引用하여 백두산 북사면에서의 표고에 따른 기온변화

Table 1. Warmth index(WI) and coldness index(CI) at four meteorological stations, Mt. Paektu area

Meteorological station	Cheonji	Hwaryong	Musan	Samsu
Altitude (m)	2,623	475.6	470	1,025
Annual mean air temperature (°C)	-7.3	4.8	5.7	2.1
Mean annual precipitation (mm)	1,332.6	517.6	536.5	628.5
WI (°C · month)	6.7	63.3	72.0	50.2
CI (°C · month)	-154.5	-65.4	-61.7	-85.5

**Table 2.** Monthly mean air temperature and precipitation at four meteorological stations

Month (normal)	Cheonji		Hwaryong		Musan		Samsu	
	Air temp. (°C)	Precipita- -tion(mm)	Air temp. (°C)	Precipita- -tion(mm)	Air temp. (°C)	Precipita- -tion(mm)	Air temp. (°C)	Precipita- -tion(mm)
1	-23.2	12.7	-13.8	4.7	-13.4	3.4	-18.8	8.5
2	-21.5	14.5	-10.9	5.9	-9.7	3.7	-14.6	10.0
3	-16.6	36.0	-2.6	9.7	-2.0	11.8	-6.5	18.5
4	-8.1	73.2	6.4	26.9	6.9	20.6	3.9	25.9
5	-0.9	106.5	13.8	47.0	13.1	60.5	10.6	63.6
6	4.0	186.7	17.4	96.5	18.2	87.8	15.2	99.5
7	8.6	346.2	20.8	108.3	22.4	101.8	19.4	131.8
8	8.1	307.3	20.0	127.7	21.9	130.4	18.0	160.2
9	1.5	138.6	13.7	52.8	15.5	65.5	12.0	60.7
10	-5.5	51.2	6.2	19.9	8.3	31.7	5.0	26.0
11	-13.6	41.5	-2.6	12.4	-1.6	13.1	-4.9	13.9
12	-20.6	18.3	-10.5	5.6	-10.0	6.2	-14.6	9.9
annual	-7.3	1332.6	4.8	517.6	5.7	536.5	2.1	628.5



**Fig. 2.** Hythergraphs of four localities, Mt. Paektu area.

를 보면 Table 3과 같다. 1월의 평균기온은  $-23.2^{\circ}\text{C}$ , 7월의 평균기온은  $8.6^{\circ}\text{C}$ 로서 약  $32^{\circ}\text{C}$ 의 年較差가 있다.

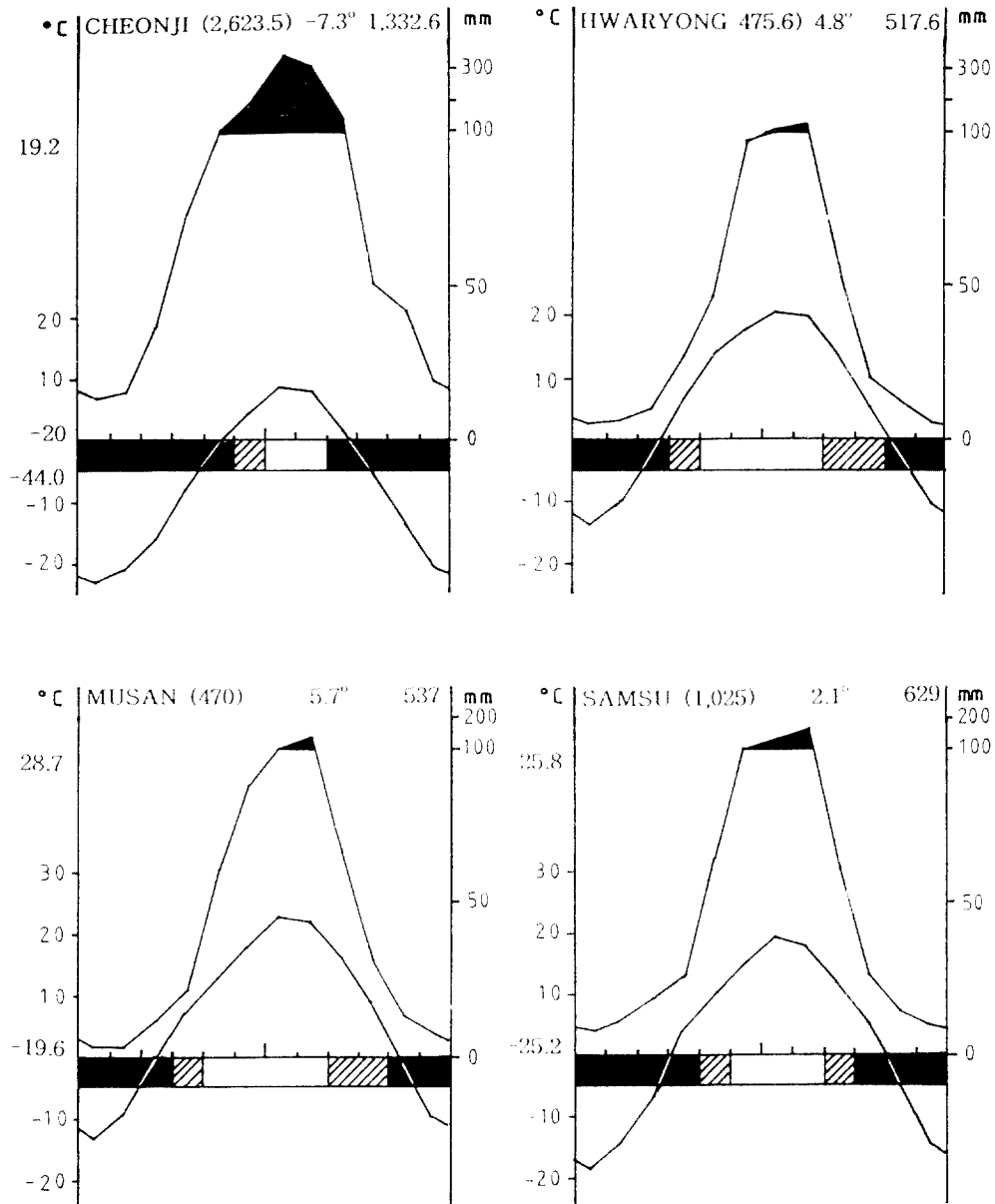


Fig. 3. Climate diagrams of four localities, Mt. Paektu area.

강수량은 1월에 평균 12.7 mm로서 연중 가장 작은 값을 보였으며, 5월부터 9월에 집중되어 있다. 이 기간에 연강수량의 81%가 분포하고, 7월과 8월 사이에는 연강수량의 절반이 온다.

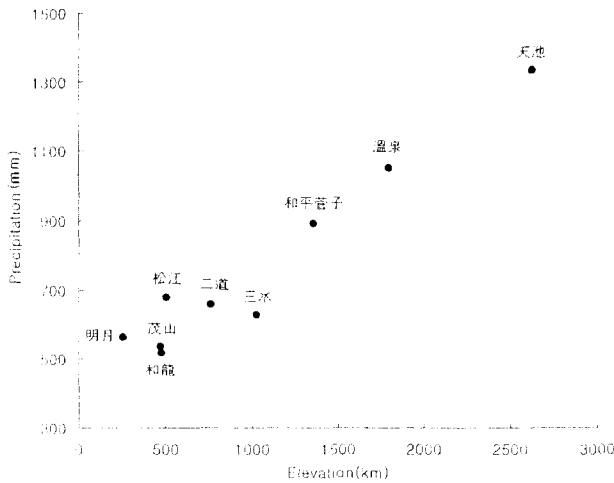
한편, 김 (1992)의 data와 和龍, 茂山, 三水의 기상자료로부터 판단하면 백두산에서는 標고의 증가와 강수량의 증가 사이에는 거의 직선적 상관관계가 있다 (Fig. 4).

#### 地形과 地質

백두산은 최초의 火山活動이 시작된 新第3紀 (약 2,840萬年前)로 부터 現世 (약 200萬年前)까지 數十회에 달하는 一連의 火山활동 결과 생겼다 (정과 김 1992). 현재의 백두산은 第3紀 漸新世의 玄武岩 噴出과 第3紀末의 알칼리성 火山岩 (알칼리粗面岩)의 噴出이 일어나

**Table 3.** Monthly mean air temperature of July and January at different elevation in northern slope of Mt. Paektu

Altitude (m)	Annual mean air temp.(°C)	Mean air temp. of July(°C)	Mean air temp. of January(°C)	Maximum air temp.(°C)	Minimum air temp.(°C)
300~600	2.2~4.8	19.8~22.2	-13.8~-18.5	36.7	-42.6
1100	-0.3	16.8	-19.6	30.2	-43.0
1700	-2.9	13.7	-20.9	26.1	-43.6
2000	-4.4	12.0	-21.7	23.8	-43.6
2624	-7.3	8.6	-23.2	19.2	-44



**Fig. 4.** Changes of precipitation along increasing elevation in Mt. Paektu area.

이 지역의 隆起가 발달했으며 第4紀의 初期 洪積世 (Diluvial age)에 수차에 걸친 裂罅噴出에 의해 대규모의 溶岩이 噴出되어 현재와 같은 백두산지역이 형성되었다고 한다 (이 1991). 즉 起伏이 적은 고위의 노년기 지형을 비교적 새로운 지질시대에 분출한 玄武岩이 다시 土壤化시켜 현무암의 용암에 의해 臺地地形이 생겼다 (Fig. 5, 6, 7, 8).

백두산은 북동에서 서남방향으로 약 600 km 가량 되는 장백산맥의 중앙부에 위치하며, 최고봉은 2,749.6 m이고, 中國側에서는 포장도로(一部)를 따라 天池氣象站을 거쳐 天文峰 (2,670m)에 이를 수 있다.

白頭山은 新第3紀 이후의 地質作用 즉, 火山活動, 水河作用, 流水作用에 의하여 현재의 地形을 갖추게 되었기 때문에 그 주위는 완만한 경사를 이루고 있고, 天池 칼데라湖와 水河浸蝕에 의한 U字계곡 및 流水에 의한 초기단계의 河道가 곳곳에 생겼다. 따라서 이 지역은 高原에 해당하는 溶岩地帶, 山麓傾斜地, 火山錐體의 3가지 지형으로 특징지어진다 (정과 김 1992).

溶岩地帶 (標高 600~1,000 m)는 傾斜 1° 미만인 지역으로서 粘性이 낮은 玄武岩質 溶岩臺地이고, 山麓傾斜地 (1,000~1,800 m)는 白頭山 火山錐體를 약 20 km 폭으로 둘러싸고 있는 傾斜度 3° 내외의 지역으로서 구성암은 火山礫凝灰岩이 대부분이며 溶岩臺地の 구성암이 노출되거나 후기용암으로 덮힌 곳이 있고, 老房子火山群, 椅子山火山群등 寄生火山이 있다. 火山錐體 (標高 1,800 m 이상)는 天池를 중심으로 8~13 km 범위이며, 傾斜度는 약 12° (곳에 따라서는 30°~40°)로서 주로 粗面岩으로 되어 있으며, 頂上으로 올라감에 따라 溶岩의 粘性이 큰 黑曜石流紋岩, 浮石, 凝灰岩 등이 分布한다 (정과 김 1992).

天池는 마그마의 噴出로 인한 地表의 침하로 생긴 칼데라호로서 16개의 標高 2,500 m 이상의 봉우리를 포함한 外輪山이 이 칼데라를 둘러싸고 있다.

二道白河로 부터 天池사이의 地質은 第3紀末부터 第4紀에 걸쳐 분출한 각종 火山岩으로 구성되어 있다. 하부에는 軍艦山玄武岩이며 白山火山礫凝灰岩, 白頭山流紋岩, 氣象臺黑曜石流紋岩과 天文峰 浮石-凝灰岩 및 火山재로 구성된 沖積層의 순서로 구성된 알칼리岩系列의 것들이다 (Fig. 8).

### 植生帶 區分

백두산 植生帶의 수직분포에 대하여는 森 (1918), 鄭과 李 (1965), Yim (1977), 趙 (1980), 徐와 林 (1981), 張등 (1990), 이 (1991), 金 (1992), 임 (1993), 吉良 (1995) 등의 연구가 있으나 대부분은 제한된 사면에서 관찰 또는 제한된 지역의 식물사회학적 조사 등이어서 백두산 전역의 植生帶를 과학적 사실에 근거하여 개관한 연구는 거의 없는 듯하다.

이제까지 발표된 白頭山의 植生帶의 수직분포에 대한 몇몇 연구자들의 견해를 종합하면 Table 4와 같다 (金 1992).

山麓帶는 대체로 闊葉樹와 針葉樹가 혼합되어 있는

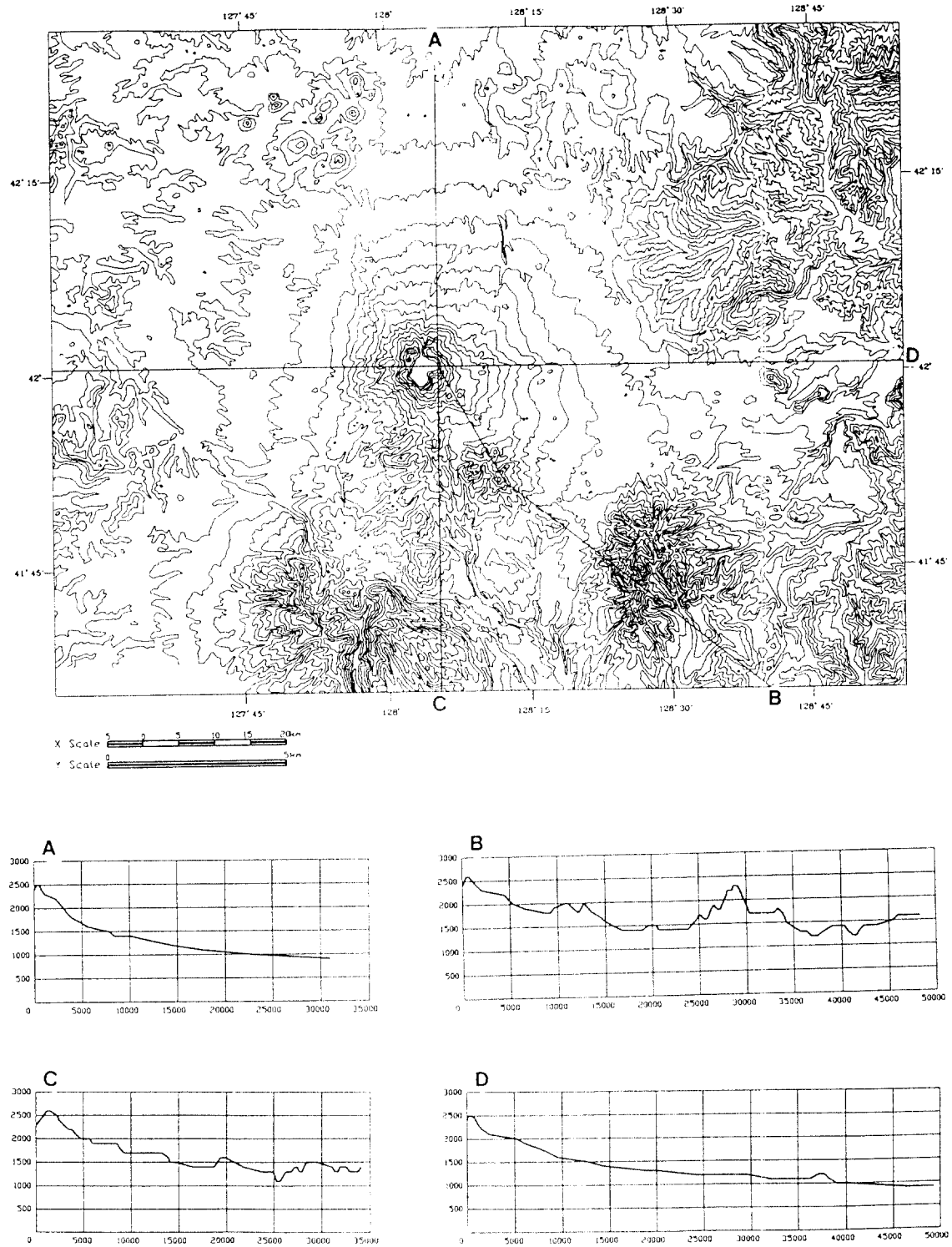


Fig. 5. Topographic map of Mt. Paektu area.

표고 1,000 m에서 1,200 m까지 이고, 針葉樹林帶와 高山植物帶 또는 高山涼原帶와의 경계는 표고 2,000 m에

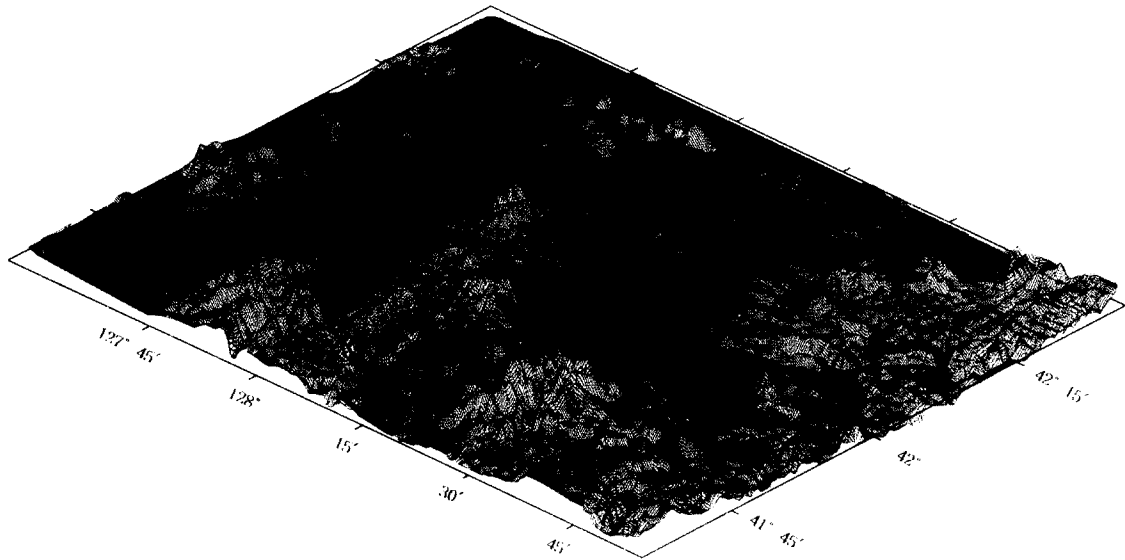


Fig. 6. Topography of Mt. Paektu area.



Fig. 7. Topography of Mt. Paektu.

서 2,150 m 사이에 있다. 이러한 植生帶의 구분은 사면에 따라 표고에 차이가 있다 (趙 1980, 이 1988). 趙 (1980)에 의하면 서북사면과 서남사면에서는 동북사면에서보다 산록지대는 약 100 m, 사스레나무帶와 고산식물대의 경계는 약 50m 더 높은 곳에 있으나 針葉樹林帶와 사스레나무帶의 경계는 동북사면에서 약 150 m 더 높다.

趙 (1980)와 錢 (1979)의 백두산 植生帶의 구분은 국내 학자들에 의해 가장 많이 인용되고 있다. 한편 錢

(1979)은 針闊混合林帶, 針葉樹林帶, 高山涼原帶로 크게 3개의 植生帶를 구분하고 또 각각의 하위단위를 구분하였고, 岳樺林을 針葉樹林帶에 포함시키고 있으나, 趙 (1980)는 山麓地帶, 針葉樹林帶, 사스레나무帶, 高山植物帶로 4분하고 있다. 이 두 구분을 보면 針闊混合林帶 및 山麓地帶와 針葉樹林帶의 경계는 서로 일치하나 高山涼原帶 또는 高山植物帶와 針葉樹林帶 또는 사스레나무帶와의 경계에는 서로 차이가 있다. 錢 (1979)과 趙 (1980)의 침엽수림대와 사스레나무帶의 경계는 북사면에

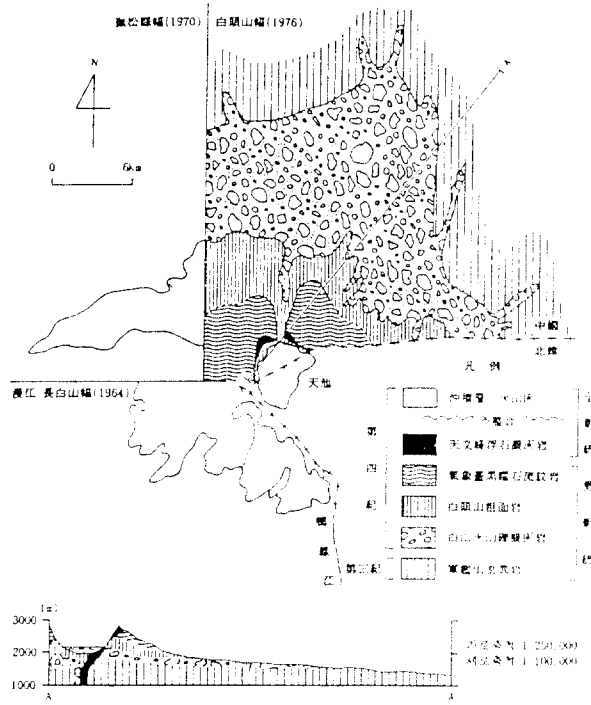


Fig. 8. Geology of northern slope of Mt. Paektu (Cheong and Kim 1992).

서는 그 경계가 일치하나 趙 (1980)는 서북, 서남사면에서 그 경계를 錢 (1979)의 그것보다 약 150 m 아래에 두고 있다. 또한 사스레나무帶와 高山涼原帶의 경계를 錢 (1979)은 2,000 m로 보고 있고, 趙 (1980)는 동북사면에서 2,100 m, 서북, 서남사면에서는 2,150 m로 보고 있다.

한편, 金 (1992)은 식물사회학적 조사를 바탕으로 冷溫帶闊葉樹林帶와 亞高山針葉樹林帶 그리고 高山tundra帶의 3개의 植生帶로 구분하였고, 표고 550 m까지를 冷溫帶落葉闊葉樹林帶, 2,000 m 까지를 亞高山針葉樹林帶, 2,000 m 이상을 高山 tundra帶로 나누었다.

白頭山의 溫度氣候의 特性

온도기후와 식생 구분과의 관계에 관한 많은 연구 중에서 특히 Yim & Kira (1975)가 지적인 積算溫量의 중요성이 주목된다. 溫量指數 (warmth index, WI)와 寒冷指數 (coldness index, CI)의 분포는 한반도의 植生分佈에 중요한 要因임이 밝혀져 있다. 이 두 指數 중에서 CI의 값이 동북아시아 고위도에서 植生型 결정에 어떻게 적용하고 있는지는 분명치 않다. 그러나 적어도 한반

Table 4. Vegetation zone of Mt. Paektu proposed by different investigators. After from Kim(1992)

500		1000		1500		2000		2500 (m)		
		底山帶	下部	中部	上部	高山帶				竹內亮, 1957
		亞高山帶								
次生落葉闊葉林亞帶(原生針闊混交林帶)	上部針闊混交林亞帶	紅松-云杉林帶	云杉-杉林亞帶	柵柵林	高山落葉闊葉林亞帶	高山平流原亞帶				錢家駒, 1979
針闊混交林帶		針葉樹林帶		高山涼原帶						
		東 北 部								
山麓地帶		針葉樹林帶	사스레나무帶	高山植物帶						趙人昌, 1980
		西 北, 西 南 部								
山麓地帶		針葉樹林帶	사스레나무帶	高山植物帶						
Scrub	pine hard wood	coniferous		subalpine birch	alpine tundra				Zhu & Rowe, 1987	
蒙古柵柵林帶	紅松闊葉混交林帶	云杉林帶	亞高山柵柵林帶	高山涼原帶						金, 1992
冷溫帶落葉闊葉樹林帶	亞高山針葉樹林帶		高山平流原帶						金, 1992	
溫帶		亞寒帶		草甸帶						鄭, 李, 1965
溫帶		亞寒帶		帶						Eyeki, 1973



도에서는 冷溫帶林과 亞寒帶林의 경계로는  $WI=55^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$  또는 Lautensach의 植生圖로 보면  $40^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 와 일치한다고 보고 있고, 森林限界線은  $WI=15^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 가 의미있다고 보고 있다 (Kira 1974, Yim 1977). 또 식생분포와 깊은 관계가 있는 최대증발산량 (potential evapotranspiration, PE)은 온도의 함수로서 한반도에서는  $PE=4.30WI+299$ 의 관계가 성립하며, 한반도에 관한 植生帶의 구분은 溫度 依存的임이 밝혀졌다 (Yim and Kira 1975).

白頭山의 氣候의 特性은 標高의 증가에 따라 기온은 체감하고 역으로 강수량은 증가하고 있다. 따라서 氣候 極相이라는 견지에서는 植生帶의 垂直分布에 대한 制限 要因은 溫度氣候의 분제로 압축된다.

현재까지 국내에서는 白頭山 정상으로부터 약 70 km 이상 이격되어 있는 茂山이나 三水의 자료를 많이 써왔으나 白頭山의 온도기후를 論함에 있어 현재 유용한 기상자료는 전미한 4개 측후소의 자료가 유용할 것이다. 天池氣象站의 data와 李 등 (1993)의 기술을 근거로 한 백두산의 標高別 年평균기온과 最暖月 (7월)과 最寒月 (1월)의 평균기온으로부터 氣溫遞減率을 비교해 보면 Fig. 9와 같다.

고도의 변화에 따른 각 기간의 평균기온의 遞減은 다음 式으로 나타낼 수 있다.

$$\text{年평균기온 } (^{\circ}\text{C}) = -0.00466 \times \text{標高} + 4.83$$

$$7\text{월의 평균기온 } (^{\circ}\text{C}) = -0.00549 \times \text{標高} + 22.78$$

$$1\text{월의 평균기온 } (^{\circ}\text{C}) = -0.00242 \times \text{標高} - 16.94$$

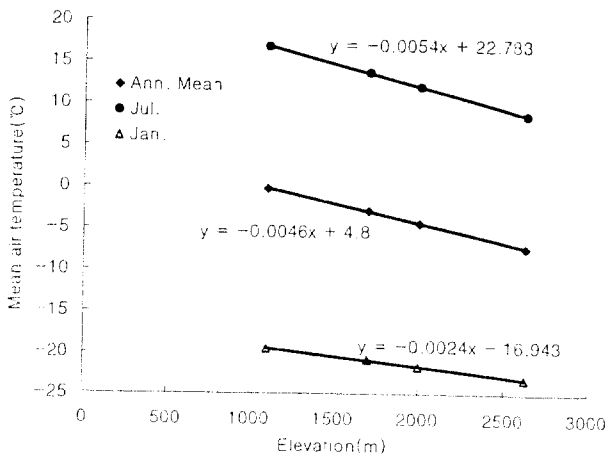


Fig. 9. Lapse rate of annual, July and January mean air temperature along increasing elevation in Mt. Paektu.

7월의 기온체감율은  $5.49^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이고, 1월의 氣溫遞減率은  $2.32^{\circ}\text{C}/\text{km}$ , 그리고 年평균기온의 체감율은  $4.66^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 이었다. 이러한 결과는 습윤단열팽창과 건조단열팽창의 결과로서 건조기인 동계에는 그 遞減率이 하계보다 적은 것으로 판단된다. 한편 식물생육에 미치는 溫量의 개념으로 보면 생육기인 여름철의 氣溫遞減이 실지 식물분포에 영향을 미친다고 보았을 때 7월의 氣溫遞減率  $5.49^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 는 Yim & Kira (1975)가 한반도의 均계 (formation) 분포에 적용한  $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 와 거의 일치한다.

이 遞減率로 計算된 白頭山의 中國側과 北韓側의 고도별 溫量指數 (WI)와 寒冷指數 (CI)는 Table 5와 같다.

Table 5와 Fig. 10에서 보는 바와 같이 WI는 茂山과 三水에서 비슷한 값을 보였으며, 和龍은 이보다 낮고, 天池氣象站에서는 가장 낮은 값을 보였다. 그러나 CI의 경우에는 茂山에서 보다 天池, 和龍, 三水에서 큰 값을 나타내었다. 三水 ( $41^{\circ}14' \text{ N}$ )는 그보다 위도가 높은 茂山 ( $42^{\circ}11' \text{ N}$ )과 和龍 ( $42^{\circ}30' \text{ N}$ )의 중간값 즉, 茂山보다는 낮고 和龍보다는 높은 WI를 보였다. 백두산 天池氣象站에서의 기온 측정치로부터 산출한 WI와 비슷한 값을 나타낸 곳은 和龍이었다. 사실 이들 지점은 白頭山 頂上으로부터 和龍은 北東東방향으로 약 98 km, 茂山은 동쪽으로 약 98 km, 그리고 三水是 남쪽으로 약 73 km 離隔되어 있는 곳이다. 따라서 백두산만의 植生分布와 溫度氣候와의 상관은 天池氣象站의 기상 측정치가 가장 유용할 것으로 판단된다.

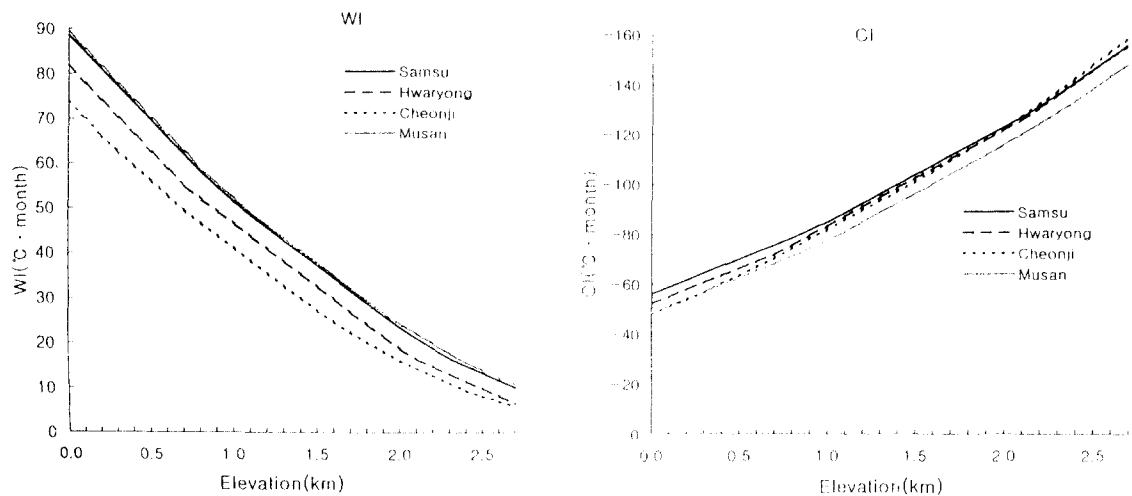
### 植生の 垂直分布와 溫度氣候와의 關係

Yim (1977)에 의하면 대부분의 植生圖에 나타내진 韓半島의 冷溫帶林과 亞寒帶林의 경계는  $WI=55^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 와 대체로 일치하고, Lautensach의 植生圖에서는  $WI=40^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 가 의미 있는 것으로 나타난다. 天池氣象站과 和龍에서  $WI=55^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 는 標高 527 m와 693 m에 해당하고,  $WI=40^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 의 등치선은 각각 1,035 m와 1,229 m에 해당한다 (Fig. 11). 鄭·李 (1965)는 이 線을, 白頭山에서는 900m, 金剛山에서는 1,200m, 漢拏山에서는 1,500 m로 잡고 있다 (Fig. 12).

天池氣象站의 자료에서 얻은  $WI=55^{\circ}\text{C}\cdot\text{month}$ 의 등치선인 標高 527 m는 Table 4에서 錢 (1979)의 次生落葉闊葉林亞帶의 上限 (標高 600 m), 趙 (1980)의 山麓帶 下限 (475 m), 金 (1992)의 冷溫帶落葉闊葉樹林帶의

**Table 5.** Distribution of WI and CI along increasing elevation in Mt. Paektu

Elevation (m)	Cheonji (2,623.5 m)		Hwaryong (475.6)		Musan (470 m)		Samsu (1,025 m)	
	WI	CI	WI	CI	WI	CI	WI	CI
(470.0)					(71.23)	(-61.75)		
(475.6)			(63.30)	(-65.54)				
500	55.88	-63.52	62.39	-66.18	70.11	-62.55	69.33	-69.95
600	52.58	-66.82	58.54	-68.93	66.26	-65.30	65.48	-72.70
700	49.28	-70.12	54.72	-71.71	62.41	-68.05	61.63	-75.45
800	46.45	-73.89	51.80	-75.39	58.56	-70.80	57.78	-78.20
900	43.70	-77.74	49.05	-79.24	55.18	-74.02	54.34	-81.36
1000	40.95	-81.59	46.30	-83.09	51.88	-77.32	51.04	-84.66
(1025)							(50.20)	(-85.20)
1100	38.20	-85.44	43.55	-86.94	48.75	-80.79	48.15	-88.37
1200	35.45	-89.29	40.80	-90.79	46.00	-84.64	45.40	-92.22
1300	32.70	-93.14	38.05	-94.64	43.25	-88.49	42.65	-96.07
1400	29.95	-96.99	35.30	-98.49	40.50	-92.34	39.90	-99.92
1500	27.20	-100.84	32.55	-102.34	37.75	-96.19	37.15	-103.77
1600	24.72	-104.96	29.80	-106.19	35.00	-100.04	34.40	-107.62
1700	22.52	-109.36	27.05	-110.04	32.25	-103.89	31.65	-111.47
1800	20.32	-113.76	24.30	-113.89	29.50	-107.74	28.90	-115.32
1900	18.12	-118.16	21.55	-117.74	26.75	-111.59	26.15	-119.17
2000	15.99	-122.63	18.80	-121.59	24.32	-115.76	23.40	-123.02
2100	14.34	-127.58	16.41	-125.80	22.12	-120.16	20.96	-127.18
2200	12.69	-132.53	14.76	-130.75	19.92	-124.56	18.76	-131.58
2300	11.04	-137.48	13.11	-135.70	17.72	-128.96	16.57	-135.99
2400	9.39	-142.43	11.46	-140.65	15.64	-133.48	14.92	-140.94
2500	8.06	-147.70	9.81	-145.60	13.99	-138.43	13.27	-145.89
2600	6.96	-153.20	8.16	-150.55	12.34	-143.38	11.62	-150.84
(2623.5)	(6.70)	(-154.50)						
2700	5.86	-158.70	6.51	-155.50	10.69	-148.33	9.97	-155.79

**Fig. 10.** Lapse rate curve of WI and CI along increasing elevation, obtained at four stations.

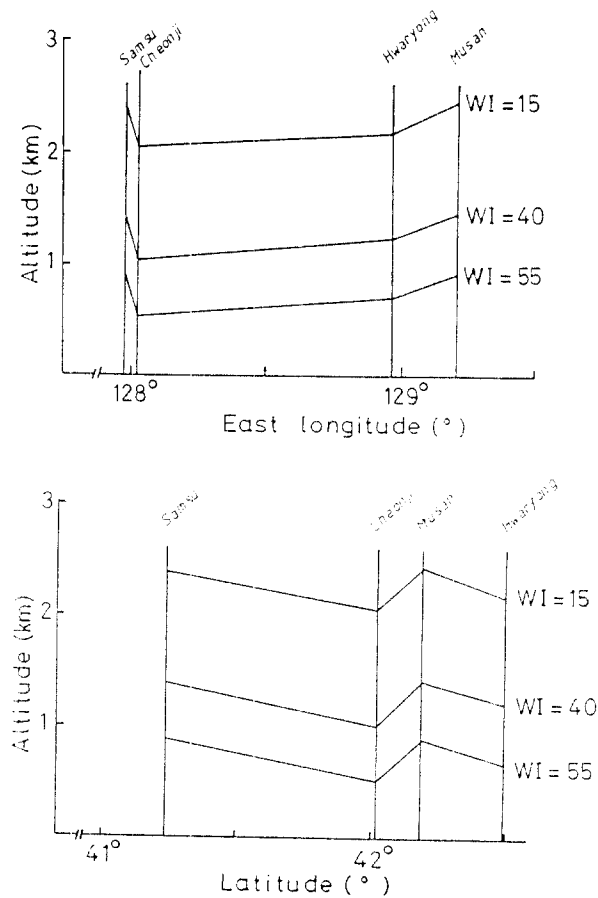


Fig. 11. Isopleth of WI = 15, 40, and 55°C · month along increasing elevation, obtained at four stations.

上限 (550 m)과 거의 일치하며, 和龍의 기상자료에서 얻은 WI=55°C · month의 등치선 표고 693 m는 Zhu & Rowe (1987)의 scrub와 pine-hardwood의 경계와 그리고 Uyeki (1933)의 溫帶와 亞寒帶의 경계와 일치한다. 茂山과 三水의 기후자료에서 얻은 WI=55°C · month의 등치선 표고 905 m와 880 m는 鄭과 李 (1965)의 溫帶와 亞寒帶의 경계와 일치한다.

WI=40°C · month의 등치선은 天池氣象站에서는 1,035 m, 和龍에서는 1,229 m이다. 이 범위에는 竹內 (1957)의 아고산대 하한 (1,000 m), 錢 (1979)의 침엽수림대 하한 (1,150 m), 趙 (1980)의 침엽수림대 하한 (동북사면, 1,100 m; 서부, 서남사면, 1,200 m), Zhu & Rowe (1987)의 coniferous 하한과 일치하여 백두산에서의 표고 1,000 m~1,200 m 범위는 針闊葉混合林帶가 針葉樹林帶로의 이행하는 점이대로 여겨진다.

WI=15°C · month의 등치선은 天池氣象站이 표고 2,

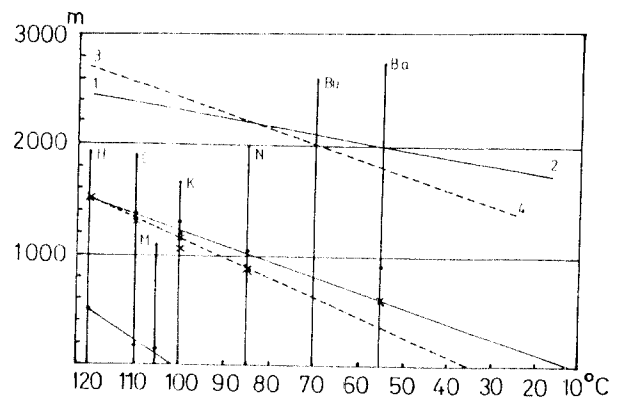


Fig. 12. Comparison of vertical distribution of major mountains in Korea (from Yim, 1970). H, Mt. Halla; C, Mt. Chiyi; M, Mt. Mudeung; K, Mt. Kumgang; N, Mt. Nangrim; Ba, Mt. Paektu; Bu, Mt. Bujeon (plateau). Point •, by Chung and Lee (1965); Point x, by Ueki (1933). Line 1, 2 and 3, 4: estimated forest zone by Yim (1970).

060 m에 해당한다. 이 표고는 竹內 (1957)의 고산대, Zhu & Rowe (1987)의 alpine tundra 하한보다 각각 40 m 낮고, 趙 (1980)의 동북부 그리고 서부, 서남부 고산식물대 하한보다 60m 낮으며, 錢 (1979)의 高山涼原帶, 金 (1992)의 고산툰드라대와 鄭과 李 (1965)의 준초본대 하한보다는 60 m 높다.

한편 錢 (1979), 趙 (1980), Zhu & Rowe (1987)의 사스레나무대 분포하한은 1,700~1,800 m 사이이며, 서북, 서남사면에서는 1,650 m (趙 1980)이다. 이의 분포 하한은 天池氣象站에서 WI=20°C · month, 화룡에서 WI=25.5°C · month, 茂山과 三水에서는 WI=29°C · month의 등치선에 해당한다.

참고로 Uyeki (1933)의 赴戰高原의 垂直分布를 보면 분비나무, 잎갈나무는 1,400~2,000 m, 가문비나무屬은 1,500~2,100m로서 1,400~2,100 m의 針葉樹林帶를 나타내는데 이는 三水와 茂山の WI=40°C · month의 등치선인 표고 1,396 m와 1,418 m는 針葉樹林帶 下限과 일치한다. 또한 赴戰高原의 자작나무 分布帶 1,800~2,300 m는 그 上限이 WI =15°C · month인 표고 2,395 m, 2,439 m와 거의 일치한다.

따라서 WI=55°C · month의 등치선은 冷溫帶落葉闊葉樹林帶 상한에 해당하며, WI=40°C · month의 등치선은 針葉樹林帶로의 전이지대, WI=15°C · month의 등치선은 高山植物帶 또는 高山tundra帶로의 점이대로 볼 수 있을 것이다.

각 식생대의 境界線을 어디에 잡느냐는 多分히 主觀이 作用하는 문제이지만, 다른 地域의 植生帶區分을 포함한 一般性을 위해서는 現在로서는 標高 550 m 까지를 *Q. mongolica* forest zone, 500~1,150 m를 *Pinus koraiensis-Betula platyphylla* forest zone, 1,150~1,800 m를 *Picea jezoensis-Abies nephrolepsis* forest zone, 1,800~2,050 m를 *Betula ermanii* forest zone, 2,050 m 이상을 alpine tundra zone으로 잡는 것이 합리적인 것이다.

### 冷溫帶落葉闊葉樹林帶와 針葉闊葉混合林帶

韓半島, 中國東北部의 東部 우스리地方에 걸친 冷溫帶林은 신갈나무와 잣나무를 代表樹種으로 하는 東아시아 落葉闊葉樹林의 중심을 이루고 있다 (吉良 1995, 1966). 그런데 Zhao (趙大昌 1980)의 白頭山 北斜面의 vegetation profile을 보면 *Quercus mongolica* forest zone은 標高 550 m까지, *Pinus koraiensis-Betula platyphylla* zone은 550~1,150 m로 되어 있다.

한편, 二道白河斜面에서는 標高 880 m와 1,000 m 地點이 *Quercus mongolica* forest zone에 온다 (金 1992). 宋 (1992)의 調査結果도 이를 뒷받침한다. 또 白頭山의 북사면에서  $WI=55^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 와 일치하는 標高 550 m까지는 Yim (1977)의 韓半島의 冷溫帶林과 亞寒帶林의 境界가 大部分의 植生圖에서  $WI=55^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 와 일치한다는 點으로 보거나, 金 (1992)의 식물사회학적 植生帶 구분으로 보거나 신갈나무林帶인 冷溫帶落葉闊葉樹林 上限으로 볼 수 있다.

趙 (1980)의 標高 1,150 m까지의 *Pinus koraiensis-Betula platyphylla* zone은 온도기후적으로는 Lautensach의 식생도에서의  $WI=40^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 에 일치하는 標高이다. 이곳은 竹內 (1957)의 활엽수가 많은 混交림으로서의 아고산대 하부와 침엽수가 주인 混交림으로서의 아고산대 중부의 경계에 해당하며, 錢 (1979)의 針闊混交林帶의 上部針闊混交林亞帶 (1,200 m 까지)와 침엽수림대의 紅松云涼林亞帶 (1,100 m부터)의 접이저대에 해당한다. 또한 Zhu & Rowe (1987)의 pine-hardwood와 corniferous의 경계 (1,100 m)인 곳이다 (Table 4).

따라서 標高 550 m~1150 m의 범위는 針葉闊葉混合林帶로 볼 수 있고, 넓게는 냉온대활엽수림대와 아고산 또는 아한대의 침엽수림대와 접이대로 볼 수 있다.

백두산의 신갈나무림대 즉 냉온대활엽수림대의 상한과 針闊混交林帶의 경계가 되는 標高 550m는

$WI=55^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 와 일치하고, 냉온대낙엽활엽수림대와 침엽수림대의 접이대로 볼 수 있는 針闊混交林帶上限과 침엽수림대의 하한 (標高 1,150m)은  $WI=40^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ 의 등치선에 분명하게 일치하고 있다.

宋 (1992)은 趙 (1980)와 이 (1988)를 참고로 하여 이곳을 *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *A. holophylla*, *Pinus densiflora* var. *sylvestriformis*, *Fraxinus mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Taxus cuspidata*이 우점한다고 하고 있다.

Yang & Wu (1986)에 의하면, 이곳의 활엽수와 잣나무 混交림 (標高 740 m)은 基底面積으로 본 樹種의 構成比가 *Pinus koraiensis* (30.2%), *Tilia amurensis* (23.4%), *Quercus mongolica* (18.7%), *Fraxinus mandshurica* (14.8), *Acer mono* (6.3%), *Ulmus propinqua* (4.0%), *Betula costata* (1.2%), *Populus* spp. (1.4%)의 順이며, 이들 수종의 내음성 (shade-tolerance)은 *Q. mongolica*, *F. mandshurica*, *P. koraiensis*, *U. propinqua*, *T. amurensis*, *A. mono*의 順으로 온다. 또 이들 樹種들의 재생형 (regeneration type)은 *P. koraiensis*와 *Q. mongolica*의 경우에는 불연속적 재생형이고, *T. amurensis*, *A. mono*, *U. propinqua*는 연속적 재생형을 나타낸다.

金 (1992)은 標高 550 m 이하의 냉온대활엽수림대를 신갈나무림대 (*Quercetea mongolicae*)에 속하는 것으로 보았으나 남한지역의 신갈나무림에 나타나는 질쭉꽃이 관목층에 없음을 지적하였다 (Table 6). 여기에서 신갈나무군락, 들메나무군락, 가래나무군락, 버드나무군락 등을 기록하였다.

### 針葉樹林帶와 사스레나무帶

Zhao (1980)의 vegetation profile은 *Pinus koraiensis-Betula platyphylla* forest zone은 *Quercus mongolica* forest zone과 *Betula ermanii* forest zone사이의 一種의 漸移帶임을 示唆한다. 이 地帶는 大氣候條件 아래에서

**Table 6.** Differential species of *Q. mongolica* community in Mt. Paektu by Kim(1992)

정관작 구분종	신갈나무
군락구분종군 I	나뭇나무, 참개암나무, 오미자, 두릅나무, 당단풍, 속새, 민박쥐나무, 개면마, 참나무
군락구분종군 II	시달나무, 무개꽃나무, 청시달나무, 산겨릅나무, 피나무, 고로쇠, 화북나무

**Table 7.** Physiognomy and differential species of *Pinus koraiensis*-*Betula platyphylla* forest zone recognized by Kim(1992)

군락명	상관적 구분종	군락구분종군	군락구분종군
만주자작나무-잣나무군락	만주자작나무, 잣나무	(II) 시달나무, 부케꽃나무, 청시달나무, 산겨릅나무, 피나무, 고로쇠, 회복나무	(IV) 당마가목, 린네풀, 생얼귀나무, 까막까지밥나무, 풀산딸나무, 쌍잎난초, 쥐털이슬
가문비-분비나무군락	가문비나무, 분비나무	(III) 왕죽대아재비, 노란만병초, 흰맛팔기, 가는돌쩌기, 설령쥐오줌풀, 나도옥잠화, 곱향나무, 새잎종명굴, 월굴, 부전쥐손이, 씨눈바위취, 들쭉나무, 부전반디, 큰오이풀, 금매화, 산석송	(IV) 린네풀, 당마가목, 생얼귀나무, 까막까지밥나무, 풀산딸나무, 쌍잎난초, 쥐털이슬
만주잎갈나무군락	만주잎갈나무	(III) 왕죽대아재비의 15종	(IV) 린네풀의 6종
사스레나무군락	사스레나무	(III) 왕죽대아재비의 12종	
황철나무군락	황철나무, 덩불오리나무	(III) 흰맛팔기의 7종	
덩불오리나무군락	덩불오리나무		

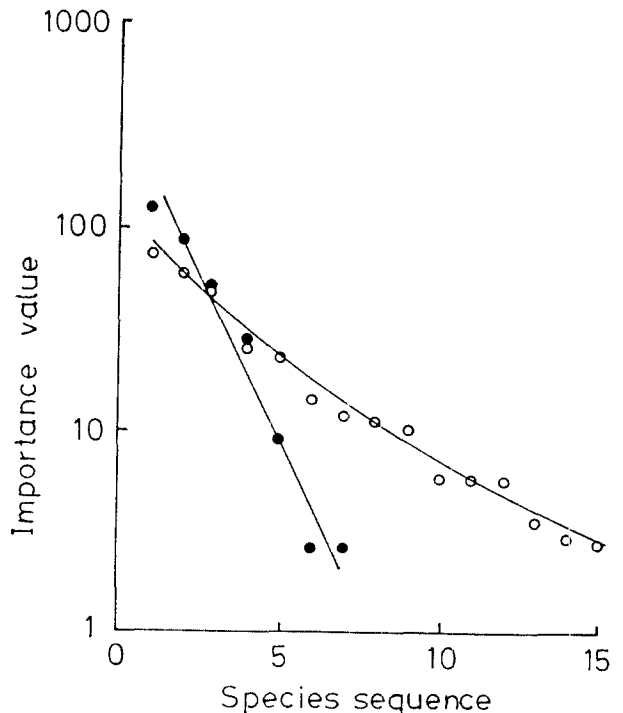
地形, 土壤 또는 遷移段階에 따라 局所的으로 種組成이 多樣하게 나타날 수 있음을 豫想케 한다. 또 傾斜가 매우 완만한 地帶이므로 環境傾度가 완만하여 植生帶의 境界가 不分明하여 오히려 Continuum concept를 뒷받침하는 듯한 느낌을 준다.

宋 (1992)은 이곳 針葉樹林帶의 주요 구성 樹種은 *Picea jeoensis*, *Picea koraiensis*, *Abies nephrolepis*임을 지적했다. 金 (1992)은 식물사회학적 방법으로 만주자작나무-잣나무군락과 만주잎갈나무아군락, 잣나무아군락, 가문비나무-분비나무군락, 만주잎갈나무군락, 사스레나무군락, 황철나무군락, 덩불오리나무군락을 식별하고, 월굴-가문비나무활라스 (*Vaccinio-Picetea*)에 속한다고 보고 있다. 또 이들 각 群落의 區分種을 다음과 같이 제시하고 있다 (Table 7).

한편 사스레나무帶는 竹内 (1957)의 경우 亞高山帶의 일부로, 錢 (1979)은 針葉樹林帶의 일부로, 金 (1992)은 아고산침엽수림대의 일부로 보고 있으며 鄭과 李 (1965)는 亞寒帶로서 두 植生帶를 묶고 있다. 宋 (1992)은 사스레나무帶의 우점종으로 *Betula ermani*, *Rhododendron aureum*를 들고 있고, 金 (1992)은 사스레나무帶의 群落 區分種으로는 왕죽대아재비의 12종을 들고 있다.

宋 (1992)이 표고 1,300~1,500 m와 1,700~1,950 m 구간에서 각각 15개와 6개의 releve로부터 얻은 중요치를 중요치곡선 (importance value curve)으로 비교해 보면, 전형적인 針葉樹林 구간에서 보다 사스레나무림이 분포하는 상위 고도에서 구성종의 수도 적을 뿐만 아니라 곡선의 기울기가 급하여 훨씬 가혹한 환경임을 나타내고 있다 (Fig. 13).

針葉樹林帶와 사스레나무帶의 경계 (1,800 m)는 온도기후적으로는  $WI=20^{\circ}C \cdot month$ 과 대략 일치하고 있으며, 사스레나무帶의 上限은 통상 2,000 m~2,100 m로 보고 있다. 사실 이곳이 白頭山에서는 樹木限界線에 해당한다. 이 樹木限界線은  $WI=15^{\circ}C \cdot month$ 와 깨끗하게



**Fig. 13.** Importance value curves in the zones of 1,300~1,500 m (○), and 1,700~1,950 m (●) in elevation, northeastern slope of Mt. Paektu. Data from Song (1992).

일치하고 있다.

저자는 1997년 여름 *Betula* sp.와 *Acer mono*가 간혹 섞여 있는 二道白河 沿道에 있는 침엽수림 (地下森林, 표고 약 1,650 m)에서 *Betula* sp. 1개체 (d.b.h. 34.7 cm)의 倒木으로 생긴 gap 중앙으로 부터 반경 10 m 내의 수목과 조분층을 조사하였다. gap 주위의 *Picea*의 d.b.h.가 30 cm에서 60 cm에 달하고 樹高는 약 25 m 되는 수목들이었고, gap내에는 d.b.h.가 1.0~10.8 cm의 *Picea*의 幼木 (sapling)들이 자라고 있었으며, *Betula* sp.의 幼木은 없었다. 조분층에는 박쥐나뭇잎과 원종, 누름머 꽃이 우점하고 있었다. gap 내외에서의 *Picea*의 d.b.h. 頻度分布 (Fig. 14)로 판단하면, *Betula*가 *Picea*보다 耐陰性이 약해 후계목이 될 seedling을 준비하지 못하기 때문에 *Picea*군락으로 전이가 진행되는 것으로 보인다.

樹木限界線 부근 (표고 약 1,900 m)에서의 사스레나무의 d.b.h. class 頻度分布는 Fig. 15와 같다. 사스레나무의

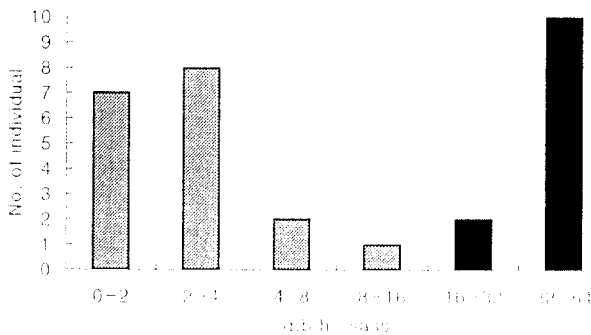


Fig. 14. D.B.H. class histograms of *Picea* within (▨), and around (■) of the gap of *Picea* forest at 1,500 m in elevation, northeastern slope of Mt. Paektu.

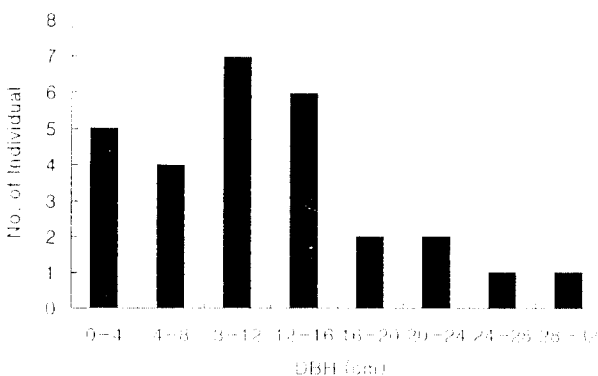


Fig. 15. D.B.H. class histogram of *Betula platyphylla* community near timber line, 1,900m in elevation, northern slope of Mt. Paektu.

수의 密度는 28개체/100 m<sup>2</sup>, 基底面積은 4,025 cm<sup>2</sup>/100 m<sup>2</sup>이었다. 樹高는 약 8 m 있으며, 키가 60~80 cm인 박새와 오이풀이 우점하는 조분층의 被度는 100%였다. 사스레나무림이 전개된 1970년에는 만주잎갈나무의 seedling이 많이 나왔는 것으로 볼 때 만주잎갈나무의 耐陰性이 사스레나무보다 작은 것으로 판단된다.

### 高山tundra帶

樹木限界線의 氣候關聯理論 : 이곳의 삼림한계선은 寒冷 樹木限界線 (cold treeline)과 거의 같은 뜻으로 해석할 수 있다. 이 限界線 說明에는, 從來 많이 主張되어온 樹木이 非樹木에 대하여 寒冷한 氣候에 不利하기 때문에 생긴다는 樹木의 分布와 기후와의 相關을 主張하는 假說을 採用할 수 있을 것 같다. 이러한 假說 中의 하나는 雪原에 불어치는 強風이 雪原위의 植物器官의 乾燥라는 打擊을 준다는 冬季乾燥假說이 있다. 골짜기 숲이 자라는 수목에는 地面 가까운 空間을 利用하는 작은 植物에 比하여 훨씬 不利하다는 것이 樹高關聯假說이다. 樹高는 물이 적은 地域에서도 草本들에 比하여 不利한 條件이 된다. 바람의 負荷는 큰 나무에게 草本보다 더 깊고 蓬치 있는 根系을 要求하며, 이에 應하기에 不適當한 地盤에서는 樹木에 打擊이 될 수밖에 없다.

또 수목이 크게 자라려면 여러 季節에 긴친 組織의 蓄積이 必要하며, 이들 樹木의 accumulating modular growth는 樹木이 成長함에 따라 相對的으로 光合成組織의 減少를 招來하여 草本 등 키가 작은 植物보다 不利하고 炭素固定이 制限因子가 되면 樹木限界線을 넘어서 나무가 자랄 수 없게 된다. Carbon balance 假說은 溫度에 따른 光合成率의 감소를 重視한다. Seasonal compression假說 또한 炭素制限을 強調한다. 이러한 假說들은 나무의 直立성과 蓄積成長習性을 根底에 깔고 있는 理論이다. 地面이 고르지 않아 供給한 資源濃度가 patch를 이루면 큰 수목은 準備된 資源을 利用하게 되지만 작은 植物들은 patch 內에서 各其 다른 水準의 資源을 利用하게 될 것이다 (Stevens and Fox 1991).

白頭山 頂上部가 그 中腹이나 山麓帶처럼 비교적 완만한 傾斜이고 地盤이 比較的 均質하다면 東西南北斜면에 따라 風向이나 日照差異 등에 依한 氣候의 差異는 있을 양상, 그 樹木限界線의 前線은 波狀보다는 平평할 것이고, 또 大體로 生育期間의 溫도인 積算溫度에 의하여 制限될 것이다. 그러나 實際 白頭山 頂上部는 매우 傾斜가 急하고 局所的으로 砂礫의 流動程度에 基한 差

높기 있다. 따라서 樹木限界線 附近의 樹木의 着生이 곳에 따라 큰 差異를 나타내고 있다. 이 때문에 積算溫量으로 본 限界線과 實際의 分布限界線을 區別하여 논의하는 것이 백두산의 樹木限界線을 分析的으로 理解하는데 도움이 될 것이다.

**白頭山의 樹木限界線** : 白頭山에서의 樹木限界線을 북반구에서 위도변화에 따른 樹木限界線의 높이와의 관계 (Fig. 16)에서 보면 白頭山은 그의 위도 범위 41°55' N ~ 42°05' N으로 볼 때 白頭山의 樹木限界線의 標高는 2,615 m ~ 2,630 m 사이에 해당하나 실지로는 2,000 ~ 2,100 m로서 북반구의 平均 樹木限界線보다 약 500 ~ 600 m 낮다. 이것은 동북아시아의 기후적 특성 때문이다.

그러나 종래 樹木限界線으로 잡고 있는  $WI=15^{\circ}C \cdot month$ 의 등치선은 天池氣象站이 標高 2,060 m에 해당한다. 이 標高는 竹内 (1957)의 高山帶, Zhu & Rowe (1987)의 alpine tundra 下限보다 각각 40 m 낮고, 趙 (1980)의 동북부 그리고 서북, 서남부 고산식물대 下限보다 60 m 낮으며, 錢 (1979)의 高山涼原帶, 金 (1992)의 高山tundra帶와 鄭과 李 (1965)의 準草原帶 下限보다 60m 높다.

Machida *et al.* (1986)이 Koyama (1943), Asano (1948), Takahashi (1963), Zhao (1980)을 종합하여 제시한 북한측의 白頭山의 樹木限界線인 北 2,000m (東側)와 1,900m (南側)는 天池氣象站의  $WI=15^{\circ}C \cdot month$ 의 등치선 보다는 다소 낮다 (Fig. 17).

그러나 이 (1991)는 樹木限界線의 平均標高는 2,020 m이며, 지형에 따라 2,080 m까지 올라갈 수 있고, 남동쪽 골짜기에서는 2,100 m까지 올라간다고 하였으며, 張 등 (1990)은 平均 樹木限界線을 2,060 m로 보고, Zhu & Rowe를 따라 2,000 m 이상을 alpine tundra로 보았

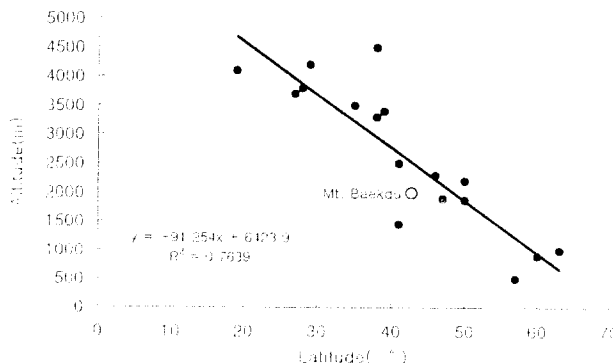


Fig. 16. Timber lines in various regions of northern hemisphere.

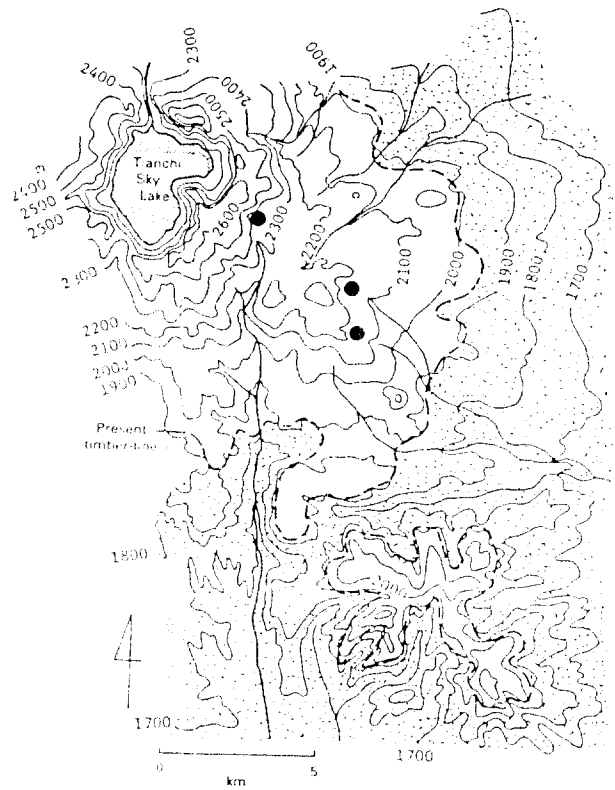


Fig. 17. Timber line of Mt. Paektu in North Korean territory by Machida *et al.* (1986).

나. 直接比較는 되지 않지만, 코발알프스에서는 2,400 ~ 2,650 m 선이 樹木限界로 알려져 있다. 白頭山의 樹木限界線을 北 2,000 m, 2,100 m 또는 2,150 m 등으로 잡은 것은 局所的으로 다른 地點에 根據했거나 觀察基準의 差異에 기인한 것으로 보인다.

白頭山의 樹木限界線 이상인 高山植物帶 또는 高山 툰드라에서는 *Vaccinium uliginosum*, *Rhododendron aureum*, *Dryas octopetala var. asiatica*가 우점하고 있다 (宋 1992)

植木·佐方 (1939)에 의하면 눈잣나무 (*Pinus pumila* Regel)는 靑戰高原에서는 2,520 m까지 난다. 任 (1974)에 의하면  $WI=15^{\circ}C \cdot month$ 를 上限으로 하는 樹種에는 백산자, 기제수나무, 썩빵나무, 사스래나무, 가문비나무, 분비나무, 산괴불나무, 잎갈나무 등이 있다. 그런데 文獻에 의하면 白頭山 頂上部에서는 눈잣나무가 발견되지 않는다.



Fig. 18. Coniferous forest dominated by *Picea jezoensis* at 1,500-1,700m above the sea level at Mt. Paektu.



Fig. 19. The distributional upper limit of *B. ermanii* form a timberline at the slope of Mt. Paektu.



Fig. 20. *Larix olgensis* community and the perspective of alpine vegetation of Mt. Paektu.

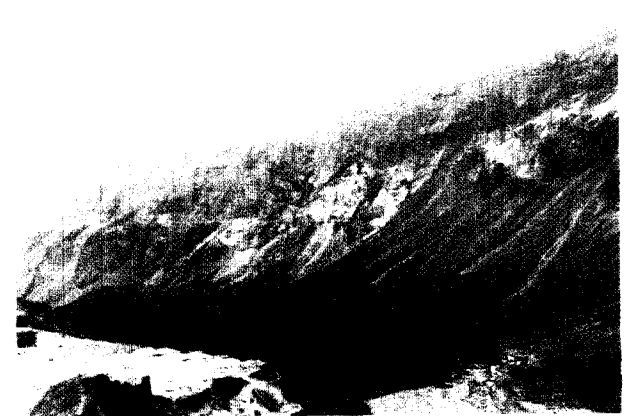


Fig. 21. Vegetation at the valley of Mt. Paektu. At the valley, the timberline located at the higher level than the averaged timberline level of Mt. Paektu.

## 結 論

白頭山은 東北亞 最高峰의 巨大한 楯狀火山으로서 豊富な 資源과 文化遺跡을 지니고 있으나 韓中 兩國의 國境線에 걸쳐 있어 아직 그 全貌를 이해할 만한 生態學的 研究가 없다. 따라서 이 지역의 植生帶 區分이나 現存植生의 把握은 單元的인 資料를 수집하여 理論的으로 推定할 수 밖에 없으므로 地形的, 地質的, 그리고 氣候的

特性 위에 여러 斷片的인 植生資料를 統合하여 森林植生의 특성을 파악하는데 注力하였다.

本 研究에서는 이제까지 分明치 않았던 좀더 仔細한 白頭山 全域의 地形의 特性和 東北 및 東南斜面의 植生을 浮刻시키고 中國側의 北斜面에 대한 一方의인 植生的 知見을 統合해서 氣候論的 見地에서 植生帶를 全體的으로 再檢討하였다. 大體的으로 보아 韓半島에서 밝혀진 理論들의 延長線上에서 白頭山의 植生帶를 把握할 수 있다. 그러나 白頭山은 地域 全體가 完滿한 地形이



며, 植生 漸移帶가 넓어 植生單位觀보다는 植生連續體觀이 더 부합되는 傾向이므로 植生帶 구분에는 Walter (1973)의 生態的 單位體系를 考慮할 필요가 있고 樹木限界線 設定에는 Steven과 Fox(1991)가 요약한 여러 假說을 곳에 따라 適用시켜 考察할 필요가 있다고 본다. 끝으로 이 論文을 作成하는데 (株)장해환경의 이영주양과 임환철씨의 수고에 깊은 感謝의 뜻을 表한다.

## 引用 文 獻

- 吉良龍夫. 1995. 44年めの長白山. 梅棹忠夫, 藤田和夫 編. 白頭山の青春, 朝日新聞社, 東京, pp. 203-250.
- 吉良龍夫. 1996. 中國の植生とところどころ. (I)淮河以北. 京都園藝 91: 9-19.
- 金聖德. 1992. 白頭山森林群落的 植物社會學的 研究. 忠南大學校 白頭山 學術調查報告書, pp. 157-220.
- 金泰基. 1992. 白頭山の 氣象과 水利. 忠南大學校 白頭山 學術調查報告書, pp. 123-155.
- 竹内 亮. 1957. 錢家駒(1979)에 의함.
- 森 爲三. 1918. 白頭山の森林分布の大要について. 朝鮮彙報 1月號
- 徐文鋒, 林長清. 1981. 長白山植被垂直分布熱量指數關係의 初步研究. 森林生態系統研究. 中國科學院 長白山 森林生態系統定位站. 中國 沈陽. pp. 88-98.
- 宋鎬京. 1992. 白頭山の 森林生態. 忠南大學校 白頭山 學術調查報告書, pp. 221-242.
- 植木秀幹, 佐方敏男. 1939. 赴戰高原の植物. 警見 林窓 10號
- 李立志, 都福江, 姚文貴, 李方正. 1993. 關東第一山 長白山. 地震出版社. 中國 北京.
- 이영노. 1991. 白頭山の 꽃. 한길사, 서울 317p.
- 任良宰. 1974. 韓半島樹種의 垂直分布에 關한 氣候學的 研究. 中央大學校 論文集 19: 159-178.
- 任良宰. 1970. 韓半島의 氣候條件과 樹種의 分布와의 關係에 關한 研究. 仁川教育大學 論文集 19: 159-178.
- 임양재. 1993. 북한의 육상생태계에 관한 연구. 북한지역의 생태계보호관리실태. 한국자연보존협회 창립30주년 집포지엽. 91-128.
- 張楠基, 俞海美, 魚銀珠. 1990. 韓國에 있어서 白頭山の 高山툰드라帶와 高山과 亞高山帶의 툰드라植物相의 比較. 韓國生態學會誌 13(3): 237-245.
- 장지곤, 김원사. 1992. 白頭山の 地質. 忠南大學校 白頭山 學術調查報告書, pp. 57-121.
- 鄭台鉉, 李愚喆. 1965. 韓國森林帶 및 適地適樹論. 成均館大學校 論文集 10: 329-434.
- 趙大昌. 1980. 長白山植被垂直分布帶. 森林生態系統研究. 中國科學院 長白山森林生態 系統定位站. 中國 沈陽. pp. 65-70.
- 錢家駒. 1979. 長白山北坡垂直的的典型植被群落調查報告書. 錢家駒, 張文中. 1980. 長白山高山凍原植物的調查研究簡報. 1. 森林生態系統研究. 中國科學院 長白山森林生態系統定位站. 中國 沈陽. pp. 51-64.
- 周以郎, 李景文. 1964. 中國東北部山地主要植被類型的特征及其分布規律. after 徐文鋒, 林長清(1981) 忠南大學校. 1992. 白頭山自然生態綜合學術調查報告書. 410p.
- Asano 1948. after Machida et al. 1986.
- Fang, Jing-Yun. 1988. Climate and distribution of vegetation. Osaka City Univ., PhD thesis. 172pp.
- Kim, Jong-Won. 1992. Vegetation of Northeast Asia on the syntaxonomy and syngelography of the oak and beech forest. Universitat Wien PhD thesis.
- Kira, T. 1977. A climatological interpretation of Japanese vegetation zones. In: Miyawaki A. & R. T xen (eds.) Vegetation Science and environmental Protection, Maruzen Co., Ltd. pp. 21-30.
- Koyama 1943. after Machida et al. 1986.
- Machida, H., H. Moriwaki and F. Arai. 1986. Historical eruptions of the Changbai volcano resulting in large-scale forest devastation (deduced from widespread tephra). In: Yang, H., Z. Wang, J. N. R. Jeffers and P. A. Ward (eds.) The temperate forest ecosystem. ITE symposium No. 20. pp. 23-26.
- Stevens, G. C. and F. J. Fox. 1991. The causes of treeline. Annual Review of Ecology and Systematics 22: 177-191.
- Takahashi 1963. after Machida et al. 1863.
- Walter, H., E. Harnickell and D. Mueller-Dombois. 1975. Climate-diagram maps. Springer-Verlag.
- Walter, H. 1973. Vegetation of the Earth and Ecological System of the Geo-biosphere 2nd ed. Springer-Verlag, New York. 274p.
- Yang, H. and Y. Wu. 1986. Tree composition, age structure and regeneration strategy of the mixed

- broadleaved/*Pinus koraiensis* (Korean pine) forest in Changbai Mountain Reserve. In: Yang, H., Z. Wang, J. N. R. Jeffers and P. A. Ward(eds.) The temperate forest ecosystem. ITE symposium No. 20. pp. 12-20.
- Yim, Y. J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula, I. Distribution of some indices of thermal climate. Japn. J. Ecol. 25: 77-88.
- Yim, Y. J. 1977. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula, IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. Japn. J. Ecol. 27: 269-278.
- Yim, Y. J. and S. D. Kim. 1983. Climate diagram map of Korea. Korean J. Ecology 6: 261-272.
- Zhu, T. E. and J. S. Rowe. 1987. A comparison of alpine tundra floras : N. E. America. Linzer Biol. Beitr. 19: 29-41

(1998년 6월 22일 접수)