

TWINSPAN과 DCCA Ordination에 의한 白頭山 森林群集의 分析¹

宋鎭京² · 金聖德³

The Analysis on the Forest Community in Mt. Paekdu by Two-Way Indicator Species Analysis and Detrended Canonical Correspondence Analysis Ordination¹

Ho Kyung Song² and Seong Deog Kim³

要 約

白頭山 森林群集의 構造 및 種 組成과 立地와의 關係를 究明하기 위하여 TWINSPAN과 DCCA를 使用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

重要值가 높은 種은 海拔 1,700m-1,950m 帶에서 *Betula ermanii*, *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *Picea jezoensis* 등의 順이고, 海拔 1,300-1,500m 帶에서 *Abies nephrolepis*, *Pinus koraiensis*, *Larix olgensis*, *Betula mandshurica*, *Picea jezoensis* 등의 順이다.

森林土壤은 有效磷酸量에서 7ppm-1,153ppm으로 과대치를 보이고 있다.

白頭山의 森林群集과 海拔高와의 關係를 살펴보면, 海拔高가 높은 곳에서 낮은 곳으로 덩불오리나무, 사스래나무, 만주잎갈나무, 분비나무, 가문비나무, 잣나무, 신갈나무群集 등의 順으로 分布하고 있다.

사스래나무群集이 優占한 곳을 中心으로 사스래나무, 만주잎갈나무, 분비나무 사이의 關係를 살펴 보면, 사스래나무群集은 海拔高가 가장 높은 곳에, 사스래나무-만주잎갈나무群集은 有機物含量과 K^+ 의 含量이 많은 곳에, 분비나무群集은 Mg^{++} 와 Ca^{++} 의 含量이 많은 곳에 주로 分布하고 있다.

群集 分布에 影響을 미치는 主要 環境要因은 海拔高이다.

ABSTRACT

Vegetational data obtained from 24 quadrats of Mt. Paekdu area were analysed by applying two multivariate methods : two-way indicator species analysis(TWINSPAN) for classification and detrended canonical correspondence analysis(DCCA) for ordination. DCCA technique allowed to extract the ordination axes that could be related to 9 environmental factors.

The dominant tree species distributed in the region between 1,700-1,950m from sea level were *Betula ermanii*, *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, and *Picea jezoensis* in descending order. The dominant tree species distributed in the region between 1,300-1,500m were *Abies nephrolepis*, *Pinus koraiensis*, *Larix olgensis*, *Betula mandshurica*, and *Picea jezoensis* in descending order.

¹ 接受 1992年 4月 3日 Recieved on April 3, 1992.

² College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon, Korea.

³ College of Natural Sciences, Chungnam National University, Taejon, Korea.

The available phosphorus content in forest soil ranged from 7 to 1,153ppm.

The distribution of the major communities showed a close relationship with elevation gradient. From high to low elevation, the communities of *Alnus fruticosa* var. *mandshurica*, *Betula ermanii*, *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *Picea jezoensis*, *Pinus koraiensis*, and *Quercus mongolica* were found in descending order.

At the communities where *Betula ermanii* was dominant, *Betula ermanii* forest was distributed in the high elevation area, *Betula ermanii*-*Larix olgensis* forest in the good nutrition of organic matter and K^+ , and *Abies nephrolepis* forest in the good nutrition of Mg^{++} and Ca^{++} .

The most dominant factor influencing community distribution was elevation.

Key words : Mt. Paekdu, Structure, Forest soil, TWINSpan, DCCA, Direct gradient analysis

結 論

지금까지 白頭山의 植物에 관한 研究는 주로 種 目錄 및 分布에 관한 것^{6,22,25,26,27})이 많았고, 生態에 관한 研究로는 中國科學院 長白山 森林生態系統定位站⁵⁾의 森林 生態 系統 研究들이다. 그러나 이들 研究도 森林 植生の 構造에 관한 것이며, 森林 植生の 構造를 分析하고, 植生과 環境 要因과의 構造를 究명한 研究는 없는 실정이다.

森林 群集은 環境 要因에 따라 그 構造가 달라지며, 群集 構造를 分析하는데 있어 環境 要因과의 關係를 分析하는 데에는 ordination 方法이 널리 利用되고 있다. Ordination은 植生들을 한개 또는 그 이상의 生態學的 句配에 排列하는 過程으로^{4,13,14)}, 多變量 data set에서 類型을 찾는 分析 方法이라고 말할 수 있다.

Greig-Smith¹⁵⁾, Ter Braak^{35,37)}는 ordination의 目的은 群集의 構造를 밝히고 群集에서 植生과 環境과의 相互作用에 대한 假定을 類推해 내는 것이라고 하였다.

Andersson⁹⁾, Gibson & Greig-Smith¹²⁾, Hill^{16,17,18)}, Hill & Gauch¹⁹⁾, Huang & del Moral²⁰⁾, Hukushima & Kershaw²¹⁾, Lahti & Väisänen²³⁾, Walker & Peet⁴⁰⁾, Whittaker⁴⁵⁾ 등은 polar ordination보다 개선된 reciprocal averaging과 detrended correspondence analysis (DCA)를 使用하였고, DCA 方法은 새로운 ordination 方法으로 報告되었다^{11,39)}.

Whittaker^{42,43,44)}는 環境的인 ordination 方法에 接近하는데 直接的인 句配分析 方法을 처음으로 使用하였고, Peet^{30,31)}와 Gauch¹¹⁾는 環境 因子에 따른 種의 分布 傾向을 보여주었다.

(Detrended) canonical correspondence analysis는 weighted averaging ordination의 확장으로 環境 變異에 따라 種을 配列하는 方法으로, 群集 構成과 環境 變異에 대한 資料를 分析하는데 더 알맞는 方法이다^{35,37,38)}. (D)CCA는 種과 環境과의 相關 關係를 밝히고 環境 變異에 따른 種의 反應에 대한 特別한 問題들을 分析하기 위하여 使用되었다^{1,8,10,28,32)}.

本 研究는 白頭山 地域의 森林 植生과 環境 要因과의 關係를 究明하기 위하여 ordination 方法을 使用하여 分析하였다.

調査 및 方法

1. 調査地의 概況

白頭山은 海拔 2,749.6m로 동경 128° 6', 북위 42° 7' 附近에 위치하고 있으며, 東南部는 韓國에, 北部는 만주의 안도현에, 南部는 장백현에, 西部는 무송현에 속하고 있다.

이 地域의 氣候는 海拔 2623.5m에 위치하고 있는 天地 氣象站에 의하면 年平均 氣溫은 -7.3°C, 年平均 降水量은 1,332.6mm이며¹¹⁾, climate diagram을 보면(Fig. 1) 寒帶林의 氣候의 特性을 나타내고 있다⁴⁶⁾.

이곳의 植物 垂直 分布를 보면 東北部 海拔 450-1,100m, 西北과 西南部 450-1,200m 帶는 山麓地帶로서 年平均 氣溫이 3.1°C, 降水量 674.9mm이고 *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *Abies holophylla*, *Pinus densiflora* var. *sylvestriformis*, *Fraxinus mandshurica*, *Quercus mongolica*, *Taxus cuspidata* 등이 優占하고 있다. 東北部 海拔 1,100-1,800m, 서남부 1,200-1,650m 帶는 針葉樹林帶로서, *Picea jezoen-*

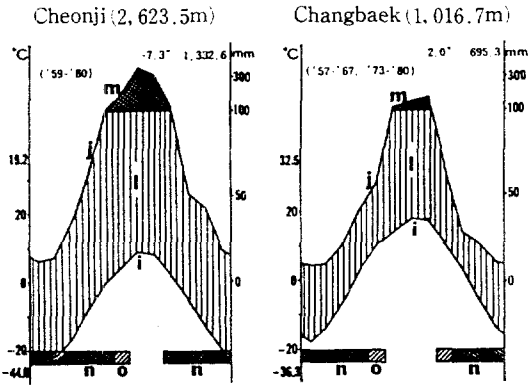


Fig. 1. Climate diagram of Cheonji and Changbaek near Mt. Paekdu.

sis, *Pinus koraiensis*, *Abies nephrolepis* 등이 優占하고 있고, 東北部 海拔 1,800-2,100m, 西南部 1,650-2,150m 帶는 사스래나무帶로서 *Betula ermanii*, *Rhododendron aureum* 등이 優占하고 있으며, 東北部 海拔 2,100m 以上 西쪽과 南部 2,150m 以上은 高山植物帶로서, *Vaccinium uliginosum*, *Rhododendron aureum*, *Dryas octopetala* var. *asiatica* 등이 優占하고 있다.^{7,25)}

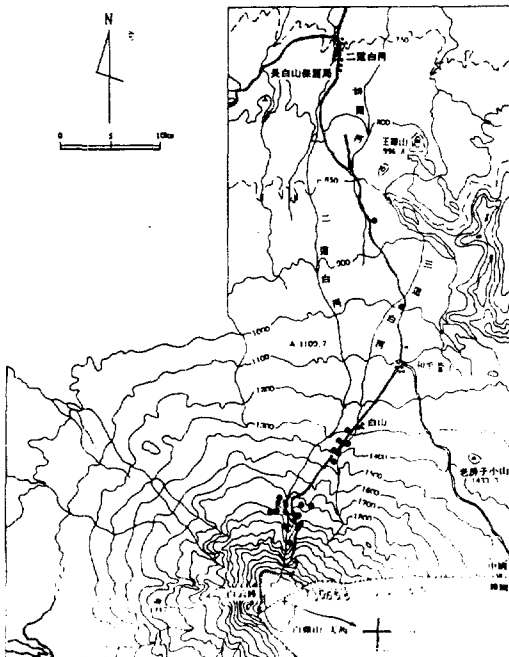


Fig. 2. Sample plots in Mt. Paekdu.

2. 植生 調査

1991年 7月 24日부터 8月 13日 사이에 Braun-Blanquet에 基礎를 둔 Mueller-Dombois & Ellenberg²⁹⁾의 relevé method에 의하여 白頭山 中國쪽 北斜面 地域 海拔 2,000m 帶에서 1個所, 海拔 1,700-1,950m 帶에서 15個所, 海拔 1,300-1,500m 帶에서 6個所, 海拔 800-1,000m 帶에서 2個所 등 總 24個所를 選定하여 植生 調査를 實施하였다(Fig. 2).

方形區는 10m×10m의 크기로 設置하고, 胸高 直徑 3cm 以上의 樹木을 對象으로 每木 調査를 實施하였다.

3. 土壤 調査

土壤 試料는 各 方形區에서 1個所씩 A層에서 2kg의 試料를 採取하였다. 土壤 酸度는 土壤 試料와 蒸溜水를 1:5의 比率로 섞어 測定하였으며, 모든 化學 分析은 Allen et al.²⁾의 方法에 의하여 全窒素는 micro-Kjeldahl法, 有機物含量은 Tyurin法, 有效磷酸은 Lancaster法으로 定量하였다. 置換性 Ca⁺⁺와 Mg⁺⁺는 原子吸光分光 分析法을, K⁺는 炎光分光 分析法을 使用하였고, C.E.C.는 Brown法에 의거하였다.

4. 重要值 및 胸高直徑級 分析

植生 調査에서 얻은 資料를 Curtis & McIntosh⁹⁾의 方法에 따라 重要值(IV)를 產出하고, 胸高直徑級을 分析하였다.

IV = 相對密度(RD) + 相對被度(RC) + 相對頻度(RF)

$$RD = \frac{\text{어떤 種의 總 個體數}}{\text{全體 種의 總 個體數}} \times 100(\%)$$

$$RC = \frac{\text{어떤 種의 胸高斷面積}}{\text{全體 種의 胸高斷面積}} \times 100(\%)$$

$$RF = \frac{\text{어떤 種의 出現 頻度}}{\text{全體 種의 出現 頻度の 合}} \times 100(\%)$$

5. Ordination 分析

植生 調査의 資料로부터 各 種의 合成值 X_{ij}를 다음과 같이 구하였다.

$$X_{ij} = (d_{ij} + D_{ij}) / 2$$

X_{ij}는 j調查區에서 種 i의 合成值이며, d_{ij}는 相對密度, D_{ij}는 相對被度を 나타낸다.

合成值 X_{ij}를 가지고 各 調查區에 따른 種組成

을 나타내는 vegetational data matrix를作成하였으며, 또한 野外 調査와 實驗室 測定 結果 얻어진 環境 要因들을 利用하여 environmental data matrix를作成하였다.

Classification은 Hill¹⁸⁾의 TWINSpan (Two-way Indicator SPecies ANalysis)을 利用하였으며, 얻어진 資料는 0%, 1%, 3%, 6%, 12%, 25%의 cut level이 使用되었다. 各 調査區에서 25% 以上の 重要値는 그 調査區의 優占種으로 간주되었다.

Ordination은 DCA(Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 使用하였으며^{18,19)}, 이 方法은 多變量의 直接句配分析 方法으로^{35,37,38)} DCCA는 ordination軸 위에 植生과 環境과의 相關 關係를 가장 잘 보여주며, Ter Braak³⁶⁾의 CANOCO를 使用하여 分析하였다.

結果 및 考察

1. 優占種 및 胸高直徑級 分布

調査된 24個의 plot에서 出現한 總 種 數는 27種으로 이 중 重要値가 높은 種은 *Betula ermanii*, *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *Picea jezoensis* 등의 順이다(Table 1). 그러나 이 順位는 plot가 海拔 1,700m-1,950m 帶에 重複되어 있어 白頭山 全體의 順位라고 말할 수 없다.

海拔 2,000m 帶는 1個所이고 長白瀑布 近處로 出現 種 數는 2種이며, 樹高 2-3m의 *Alnus fruticosa* var. *mandshurica*가 優占하고 있다. 海拔 1,700m-1,950m 帶는 15個所로 出現 種 數는 7種이고 重要値는 Table 2에서 보는 바와 같이 *Betula ermanii*가 121.22로 가장 높고, *Larix olgensis*, *Abies nephrolepis*, *Picea jezoensis* 등

Table 1. The importance value of major tree species in Mt. Paekdu.

Species	RD	RC	RF	IV
<i>Betula ermanii</i>	29.19	24.55	15.09	68.83
<i>Larix olgensis</i>	16.77	29.91	14.16	60.84
<i>Abies nephrolepis</i>	23.33	11.03	13.21	47.57
<i>Picea jezoensis</i>	8.61	8.39	7.56	24.56
<i>Pinus koraiensis</i>	3.52	9.16	7.56	20.24
<i>Alnus fruticosa</i> var. <i>mandshurica</i>	4.14	4.02	1.89	10.05
<i>Quercus mongolica</i>	1.42	3.97	1.89	7.28
<i>Betula mandshurica</i>	2.64	2.63	3.77	9.04
<i>Pinus densiflora</i> var. <i>sylvestriiformis</i>	0.17	2.73	0.94	3.84
<i>Tilia amurensis</i>	1.75	0.65	3.77	6.17
<i>Abies holophylla</i>	1.23	0.71	0.94	2.88
<i>Acer mono</i>	1.17	0.65	1.89	3.71
<i>Sorbus amurensis</i>	1.09	0.15	3.77	5.01
<i>Acer tegmentosum</i>	0.92	0.15	3.77	4.84
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.56	0.18	1.89	2.63
<i>Acer barbinerve</i>	0.70	0.03	2.83	3.56
<i>Carpinus cordata</i>	0.66	0.05	0.94	1.65
<i>Maackia amurensis</i>	0.62	0.04	0.94	1.60
<i>Acer ukurunduense</i>	0.52	0.06	3.77	4.35
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.09	0.40	0.94	1.43
<i>Populus maximowiczii</i>	0.12	0.17	0.94	1.23
<i>Ulmus laciniata</i>	0.09	0.20	0.94	1.23
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	0.21	0.06	1.89	2.16
<i>Acer truncatum</i>	0.21	0.04	1.89	2.14
<i>Juglans mandshurica</i>	0.09	0.04	0.94	1.07
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.09	0.03	0.94	1.06
<i>Actinidia arguta</i>	0.09	0.00	0.94	1.03
Total	100	100	100	300

Table 2. The importance value of major tree species distributed in the region between 1,700-1,950m of Mt. Paekdu.

Species	RD	RC	RF	IV
<i>Betula ermanii</i>	46.49	39.02	35.71	121.22
<i>Larix olgensis</i>	22.14	36.91	26.20	85.25
<i>Abies nephrolepis</i>	19.05	11.50	21.43	51.98
<i>Picea jezoensis</i>	10.33	12.31	4.76	27.40
<i>Sorbus amurensis</i>	1.61	0.22	7.14	8.97
<i>Pinus koraiensis</i>	0.20	0.01	2.38	2.59
<i>Alnus fruticosa</i> var. <i>mandshurica</i>	0.18	0.03	2.38	2.59
Total	100	100	100	300

Table 3. The importance value of major tree species distributed in the region between 1,300-1,500m of Mt. Paekdu.

Species	RD	RC	RF	IV
<i>Abies nephrolepis</i>	45.68	15.40	11.62	72.70
<i>Pinus koraiensis</i>	12.80	31.70	13.95	58.45
<i>Larix olgensis</i>	11.72	27.34	9.30	48.36
<i>Betula mandshurica</i>	9.16	9.49	6.98	25.63
<i>Picea jezoensis</i>	8.25	2.79	11.62	22.66
<i>Pinus densiflora</i> var. <i>sylvestriiformis</i>	0.67	10.94	2.33	13.94
<i>Acer ukurunduense</i>	2.07	0.24	9.30	11.61
<i>Acer tegmentosum</i>	3.31	0.60	6.98	10.89
<i>Acer barbinerve</i>	2.78	0.12	6.98	9.88
<i>Acer truncatum</i>	0.86	0.14	4.65	5.65
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	0.75	0.22	4.65	5.62
<i>Tilia amurensis</i>	0.80	0.06	4.65	5.51
<i>Populus maximowiczii</i>	0.49	0.67	2.33	3.49
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	0.33	0.23	2.33	2.89
<i>Sorbus amurensis</i>	0.33	0.06	2.33	2.72
Total	100	100	100	300

의 順이다. 海拔 1,300m-1,500m帶는 6個所로 出現 種數는 15種이고 重要値는 Table 3과 같다. Table 3에서 보는 바와 같이 *Abies nephrolepis*의 重要値가 72.72로 가장 높으며, *Pinus koraiensis*, *Larix olgensis*, *Betula mandshurica*, *Picea jezoensis* 등의 順이다. 海拔 800m-1,000m帶는 2個所로 出現 種數는 16種이고 *Quercus mongolica*, *Tilia amurensis*, *Abies holophylla*, *Acer mono*, *Pinus koraiensis* 등이 優占하고 있다. 이상에서 보는 바와 같이 海拔高가 높아짐에 따라 種數가 줄어들고 어느 한 種의 重要値가 커지는 것을 볼 수 있는데, 이는 海拔高가 높아짐에 따라 氣溫이 낮아지고 周邊 環境이 열악해지기 때문이라고 생각된다.

胸高直徑級은 TWINSPAN에 의하여 區分된 Fig. 4 사스래나무 *Betula ermanii* 群落을 中心으로 實施하였다 (Fig. 3).

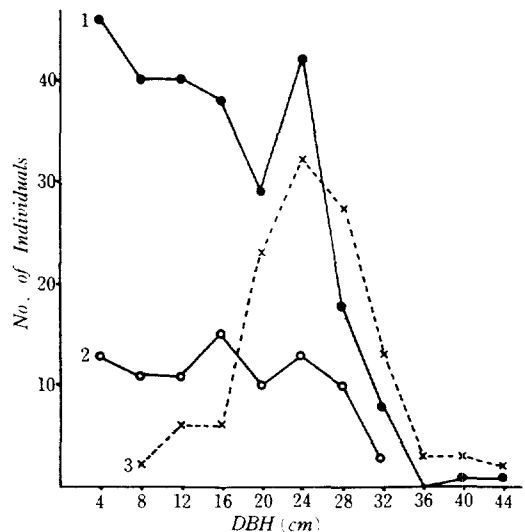
**Fig. 3.** DBH class distribution of major tree species for *Betula ermanii* community. 1: *Betula ermanii*; 2: *Abies nephrolepis*; 3: *Larix olgensis*.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 *Betula ermanii*는 胸高直徑 4cm에서 24cm까지가 大部分을 차지하고 있으며 胸高直徑 28cm부터 個體數가 급격히 減少되고 있음을 볼 수 있다. *Larix olgensis*는 胸高直徑 24cm를 中心으로 正規 分布를 하고 있으며, 胸高直徑 28cm부터는 *Betula ermanii*보다 個體 數가 더 많은 것을 볼 수 있다. *Abies nephrolepis*는 胸高直徑級에서 個體數가 모두 *Betula ermanii*보다 적은 것을 볼 수 있다.

2. 森林 土壤

白頭山 地域의 森林 土壤 分析은 調查된 總 24 個所 中 15個所이며, 이들의 分析 結果는 Table 4와 같다. Table 4에서 보는 바와 같이 pH는 4.5-6.2, 全窒素는 0.12%-0.54%, 有機物 含量은 1.1%-9.9%, 有效磷酸은 7ppm-1,153ppm, K⁺는 0.49(me/100g)-1.84(me/100g), Ca⁺⁺는 2.1(me/100g)-9.7(me/100g), Mg⁺⁺는 0.5(me/100g)-1.6(me/100g), cation exchange capacity는 5.0(me/100g)-17.8(me/100g)이다. 本 結果와 李²⁴⁾가 花崗岩이 母材인 森林 土壤에서 pH, 有機物 含量, 有效磷酸, K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺의 平均 含量이 各各 5.3±0.3, 3.67±2.39(%), 22.0±28.3ppm, 0.15±0.08(me/100g), 1.49±1.72(me/100g), 0.94±0.70(me/100g)이라고 報告한 것과 比較할 때, 有效磷酸, K⁺, Ca⁺⁺에서 큰 차이를 볼 수 있다. 특히 10, 11, 12번 plot

에서 볼수 있는 有效磷酸量은 976-1,153ppm으로 이들 plot에 優占하고 있는 森林群集을 보던 잣나무인데, 有效磷酸量이 잣나무의 影響에 의한 것이라고는 推定되지 않으며, 本 調查 地域이 火山 活動에 의한 熔岩 噴出 地域이기 때문이라고 여겨진다.

3. Ordination 分析에 의한 主要 森林群集

TWINSPAN과 DCCA에 의하여 分析한 結果는 Fig. 4, Fig. 5와 같다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 白頭山의 森林 群集은 *Quercus mongolica*, *Betula mandshurica*, *Pinus densiflora* var. *sylvestriflora*, *Pinus*

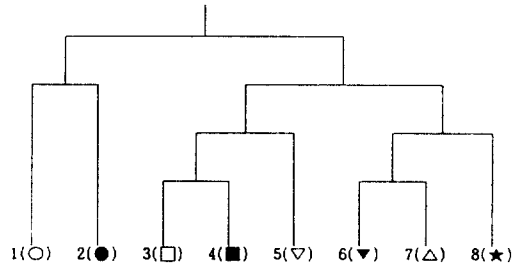


Fig. 4. The pathway of sub-division into groupings of Mt. Paekdu vegetation using TWINSPAN. Dominants: 1. *Quercus mongolica*; 2. *Betula mandshurica*; 3. *Pinus densiflora* var. *sylvestriflora*; 4. *Pinus koraiensis*; 5. *Picea jezoensis*; 6. *Abies nephrolepis*; 7. *Betula ermanii*; 8. *Alnus fruticosa* var. *mandshurica*.

Table 4. Soil characteristics and elevation for each of the sample plots.

Plot No.	pH	Total nitrogen (%)	Organic matter (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation			C.E.C. (me/100g)	Elevation (m)
					K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
1	5.9	0.39	6.5	11	0.69	5.4	1.3	14.5	1,880
2	4.9	0.36	9.9	49	0.62	3.6	1.0	15.3	1,790
3	6.2	0.28	5.1	29	0.55	6.0	1.2	13.2	1,760
4	5.5	0.53	9.7	31	0.59	4.0	1.0	12.0	1,750
5	4.5	0.28	8.8	28	0.65	2.5	0.5	12.8	1,850
6	5.2	0.28	6.0	409	0.58	3.3	1.0	16.0	1,840
7	5.0	0.27	6.6	17	0.69	2.1	0.8	9.4	1,800
8	5.5	0.54	7.3	56	0.81	6.6	1.2	11.0	1,790
9	5.9	0.18	4.0	548	0.49	6.3	1.0	9.0	1,300
10	5.4	0.28	6.5	976	0.57	5.7	1.0	13.0	1,350
11	5.8	0.34	7.2	1125	0.62	8.2	1.6	13.8	1,350
12	5.3	0.29	6.0	1153	0.99	9.7	1.6	11.2	1,400
13	5.5	0.32	7.9	12	0.57	7.1	1.2	16.0	1,400
14	5.7	0.32	7.0	7	0.60	8.9	1.2	17.8	1,450
15	5.4	0.12	1.1	21	1.84	3.3	0.5	5.0	2,000

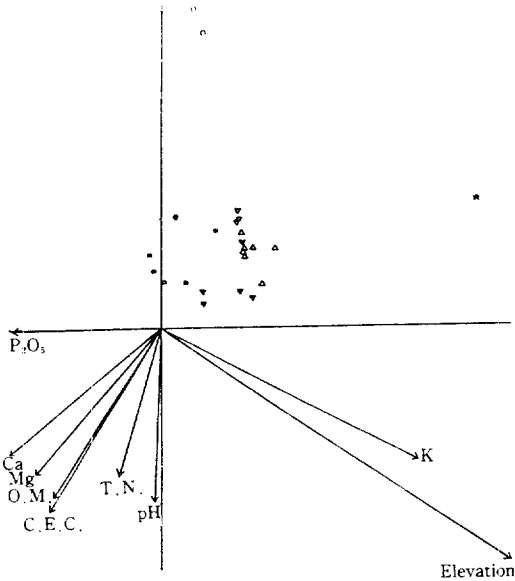


Fig. 5. Mt. Paekdu vegetation data : DCCA (detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots (○, ●, □, ■, ▽, ▼, △, ★) and environmental variables (arrow). The plots are : ○ = *Quercus mongolica* forest ; ● = *Betula manshurica* forest ; □ = *Pinus densiflora* var. *sylvestriiformis* forest ; ■ = *Pinus koraiensis* forest ; ▽ = *Picea jezoensis* forest ; ▼ = *Abies nephrolepis* forest ; △ = *Betula ermanii* forest ; ★ = *Alnus fruticosa* var. *mandshurica* forest. The environmental variables are : T.N. = total nitrogen ; O.M. = organic matter ; P₂O₅ = available phosphorus concentration ; C.E.C. = cation exchange capacity ; K = potassium concentration ; Ca = calcium concentration ; Mg = magnesium concentration.

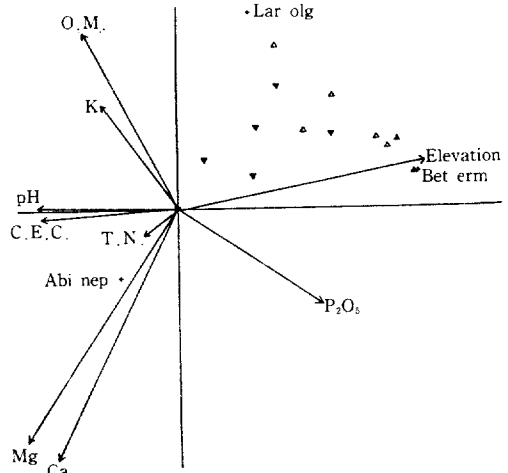


Fig. 6. *Betula ermanii* community vegetation data : DCCA (detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with 3 species (+), 13 plots (△, ▲, ▼), and 9 environmental variables (arrows). The species are : Bet erm = *Betula ermanii* ; Lar olg = *Larix olgensis* ; Abi nep = *Abies nephrolepis*. The plots are : △ = *Betula ermanii* forest ; ▲ = *Betula ermanii*-*Larix olgensis* forest ; ▼ = *Abies nephrolepis* forest. For a description of environmental variables, see Fig. 5 legend.

koraiensis, *Picea jezoensis*, *Abies nephrolepis*, *Betula ermanii*, *Alnus fruticosa* var. *mandshurica*의 8 group으로 나누어지는 것을 볼수 있다.

Fig. 5는 Fig. 4에 의하여 選定된 8 group의 主要 優占種과 9個의 環境要因들을 DCCA

Table 5. Mt. Paekdu vegetation data from Fig. 5 : canonical coefficients and the inter set correlation of environmental variables with the first two axes of detrended canonical correspondence analysis. For a description of variables, see Fig. 5 legend.

Variables	Axis	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
		1	2	1	2
Total nitrogen		0.71	0.58	-0.136	-0.462*
Organic matter		-0.74	-0.62	-0.260	-0.504*
P ₂ O ₅		0.14	0.10	-0.308	-0.155
C.E.C.		0.29	-0.01	-0.273	-0.524**
K ⁺		0.65	0.30	0.446*	-0.300
Ca ⁺⁺		-0.34	-0.60	-0.335	-0.405*
Mg ⁺⁺		-0.66	-0.03	-0.299	-0.471*
pH		0.05	-0.03	0.060	-0.463*
Elevation		0.14	-0.77	0.571**	-0.583**
Eigenvalue		0.892	0.587		

*p < .05 ; **p < .01.

ordination 結果 最初 1, 2軸에 의한 I/II 平面에 나타낸 것이다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 白頭山の 森林 群集은 9個의 環境 要因에 따라 分布하고 있으며, 이들 環境 要因들과 DCCA ordination 結果에 의한 第一, 第二軸과 相關關係를 살펴보면 (Table 5), 여러 環境 要因들이 群集의 分布와 깊은 相關關係가 있으며, 第一軸에서는 海拔高와 K^+ 가, 第二軸에서는 海拔高와 C.E.C., 有機物 含量, Mg^{++} , pH, 全窒素, Ca^{++} 등의 養料가 높은 相關關係를 보여주고 있다.

海拔高는 第一軸과 第二軸 모두에서 가장높은 相關關係를 보여주고 있어 群集의 分布에 影響을 미치는 環境 要因들 중 第一 要因은 海拔高라는 것을 알 수 있으며, 이러한 結果는 宋^{33,34)}, 俞와 宋⁴⁷⁾이 俗離山에서 調査한 結果와도 一致한다. 또한 主要 群集들과 環境 要因들과의 關係로 보면 海拔高가 높은 곳에 덩불오리나무, 사스래나무, 만주잎갈나무, 분비나무, 가문비나무, 잣나무, 신갈나무群集 등의 順으로 分布하며, *Alnus fruticosa* var. *mandshurica* 群集은 海拔高가 높고 Ca^{++} , Mg^{++} , C.E.C., 有機物 含量, 全窒素 등의 養料가 적은 부분에 주로 分布하고 있다. *Quercus mongolica* 群集은 海拔高가 낮고 養料도 적은 부분에 주로 分布하고 있으나, 調査 plot 數가 적어 신갈나무 群集의 生態의 地位라고 생각되지 않는다. 이외에 *Larix olgensis* 群集, *Pinus densiflora* var. *sylvestriflora* 群集, *Picea jezoensis* 群集 등도 調査 plot 數가 1個所 내지 2個所로서 正確한 生態의 地位로 判斷하기 어려우며, *Pinus koraiensis* 群集은 海拔高는 中間 部分에, 養料는 많은 部分에 주로 分布하고 있다.

Betula ermanii 群集과 *Abies nephrolepis* 群集은 海拔高가 높고, 養料는 中間 部分에 주로 分布하고 있으며, 이들 種 사이의 環境 要因을 알기 위하여 *Betula ermanii* 群落이 優占하고 있는 13個所만을 對象으로 DCCA ordination 分析을 實施한 것은 Fig. 6과 같다. 이들 사이의 生態의 位置를 보면, Fig. 6에서 보는 바와 같이 사스래나무 群集은 海拔高가 가장 높은 곳에, 사스래나무-만주잎갈나무 群集은 有機物 含量과 K^+ 가 가장 많은 곳에, 분비나무 群集은 Mg^{++} 와 Ca^{++} 가 가장 많은 곳에 주로 分布하고 있다.

인 용 문 헌

1. Allen, Rob. 1988. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. Ph.D. thesis, The University of North Carolina.
2. Allen, S.E., H.M. Grimshaw and A.P. Rowland. 1986. Chemical analysis. Pages 285-344 in Moore, P.D. and S.B. Chapman, ed. Methods in plant ecology. 2nd ed. Blackwell Scientific Pub. Oxford.
3. Andersson, Per-Arne. 1988. Ordination and classification of operational geographic units in Southwest Sweden. *Vegetatio* 74 : 95-106.
4. Austin, M.P. 1976. Performance of four ordination techniques assuming three different non-linear species response models. *Vegetatio* 33 : 43-49.
5. 中國科學院. 1980. 森林生態系統研究 I.
6. 中國科學院. 1982. 長白山植物名錄.
7. 趙大昌. 1980. 長白山의 植被 垂直 分布帶. 森林生態系統研究 I : 65-70.
8. Cramer, W. and H. Hyttborn. 1987. The separation of fluctuation and long-term change in vegetation dynamics of a rising seashore. *Vegetatio* 69 : 157-167.
9. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32 : 476-496.
10. Fängström, I. and E. Willén. 1987. Clustering and canonical correspondence analysis of phytoplankton and environmental variables in Swedish lakes. *Vegetatio* 71 : 87-95.
11. Gauch, H.G. Jr. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge : Cambridge University Press.
12. Gibson, D.J. and P. Greig-Smith. 1986. Community pattern analysis : A method for quantifying community mosaic structure. *Vegetatio* 66 : 41-46.
13. Goodall, D.W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Aust. J. Bot.* 2 : 304-324.
14. Goodall, D.W. 1963. The continuum and the

- individualistic association. *Vegetatio* 11 : 297-316.
15. Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd ed. Blackwell, Oxford.
 16. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61 : 237-249.
 17. Hill, M.O. 1974. Correspondence analysis : A neglected multivariate method. *J.R. Stat. Soc. Ser. C.* 23 : 340-354.
 18. Hill, M.O. 1979. DECORANA-A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N. Y. Cornell Univ. Press.
 19. Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42 : 47-58.
 20. Huang, C.L. and R. del Moral. 1988. Plant-environment relationships on the Montlake wildlife area, Seattle, Washington, USA. *Vegetatio* 75 : 103-113.
 21. Hukusima, T. and K.A. Kershaw. 1987. The impact on the Sejogahara ecosystem of extreme run-off events from the River Sakasagawa, Nikko, National Park. II. The correlation of vegetation and environmental disturbance using TWINSPAN and DCA ordination techniques. *Ecol. Res.* 2 : 85-96.
 22. 金潤植. 1989. 白頭山の 自然. *식물분류학회지* 19(4) : 303-321.
 23. Lahti, T. and R.A. Väisänen. 1987. Ecological gradients of boreal forests in South Finland : an ordination test of Cajander's forest site type theory. *Vegetatio* 68 : 145-156.
 24. 李壽煜. 1981. 韓國의 森林 土壤에 關한 研究(II). *韓國林學會誌* 54 : 25-35.
 25. 李永魯. 1988. 白頭山の 꽃피는 植物. *植物分類學會誌* 18 : 325-332.
 26. 李永魯 編. 1991. 白頭山の 꽃. 한길사.
 27. 李愚喆. 1989. 白頭山 植物相의 再檢討. *植物分類學會誌* 19 : 241-248.
 28. Machena, C. 1987. Zonation of submerged macrophyte vegetation in Lake Kariba, Zimbabwe and its ecological interpretation. *Vegetatio* 73 : 111-119.
 29. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, Inc.
 30. Peet, R.K. 1978. Latitudinal vegetation in southern Rocky Mountain forests. *J. Biogeogr.* 5 : 275-289.
 31. Peet, R.K. 1978. Forest vegetation of the Colorado Front Range : patterns of species diversity. *Vegetatio* 37 : 65-78.
 32. Skarpe, C. 1986. Plant community structure in relation to grazing and environmental changes along a north-south transect in the western Kalahari. *Vegetatio* 68 : 3-18.
 33. 宋鎬京. 1990. DCCA에 의한 鷄龍山과 德裕山の 森林 群集과 環境의 相關關係 分析. *韓國林學會誌* 79(2) : 216-221.
 34. 宋鎬京. 1990. DCCA에 의한 신갈나무群落과 環境의 相關關係 分析. 忠南大學校 環境研究報告 8 : 1-5.
 35. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 : 1167-1179.
 36. Ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO-a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis(version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science, Statistics Department, Wageningen, The Netherlands.
 37. Ter Braak, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69 : 69-77.
 38. Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO-an extension of DECORANA to analyze species-environmental relationships. *Vegetatio* 75 : 159-160.
 39. Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18 : 271-317.
 40. Walker, J. and R.K. Peet. 1983. Composition and species diversity of pine-wiregrass savanas of the Green Swamp, North Carolina. *Vegetatio* 55 : 163-179.
 41. 王季平 編. 1989. 長白山志. 吉林文史出版社.
 42. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great

- Smoky Mountains. Ecology Monogr. 26 : 1-80.
43. Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation, Biol. Rev. 42 : 207-264.
 44. Whittaker, R.H. 1978. Direct gradient analysis. Pages 7-50 *in* Whittaker, R.H. ed. Ordination of Plant Communities, Handbook of Vegetation Science, No. 5. The Hague : Junk. 2nd ed.
 45. Whittaker, R.J. 1987. An application of detrended correspondence analysis and non-metric multidimensional scaling to the identification and analysis of environmental factor complexes and vegetation structures. J. Ecol. 75 : 363-376.
 46. Yim, Y.J. and S.D. Kim. 1983. Climate-diagram map of Korea. Korean J. Ecology 6 : 261-272.
 47. 俞在殷·宋鎬京. 1989. Classification과 Ordination에 의한 俗離山 森林 群集의 分析. 忠南大學校 環境研究報告 7 : 1-8.