

## TWINSPAN과 DCCA에 의한 金剛소나무 및 春陽木소나무 群集과 環境의 相關關係 分析<sup>1\*</sup>

宋鎬京<sup>2</sup> · 金聖德<sup>3</sup> · 張圭寬<sup>4</sup>

### An Analysis of Vegetation-Environment Relationships of *Pinus densiflora* for. *erecta* and Chunyang-type of *Pinus densiflora* Communities by TWINSPAN and DCCA<sup>1\*</sup>

Ho Kyung Song<sup>2</sup>, Seong Deog Kim<sup>3</sup> and Kyu Kwan Jang<sup>4</sup>

#### 要 約

本 研究는 金剛소나무와 春陽木소나무의 森林 植生과 環境 要因과의 關係를 究明하기 위하여 62個의 調查區를 設置하여 植生 調査를 실시하였으며, TWINSPAN과 DCCA 方法을 使用하여 分析한 結果는 다음과 같다.

金剛소나무 群集에서 重要值가 높은 種은 金剛소나무, 신갈나무, 굴참나무, 생강나무, 물푸레나무, 개울나무 등의 順이고, 춘양목소나무 群集에서 重要值가 높은 種은 소나무, 굴참나무, 신갈나무, 쇠물푸레나무, 쪽동백나무, 졸참나무 등의 順이다.

소나무의 森林群集은 *Quercus variabilis* - *Styrax obassia*, *Quercus variabilis*, *Quercus variabilis* - *Quercus mongolica*, *Quercus mongolica*의 4그룹으로 나누어진다.

金剛소나무 群集이 春陽木소나무 群集보다 pH, 全窒素, 有機物含量,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , cation exchange capacity에서 양호하였으며, 春陽木소나무 群集은 有效磷酸에서만 良好하였다.

소나무 群集에서 群集과 環境要因들과의 關係로 보면 신갈나무 群集은 海拔高가 높고, 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 많은 곳에 주로 分布하고 있는데, 굴참나무 群集은 이와 반대로 海拔高가 낮고, 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 적은 곳에 주로 分布하고 있다. 굴참나무 - 쪽동백 群集과 굴참나무 - 신갈나무 群集은 신갈나무와 굴참나무 群集의 中間 部分에 주로 分布하고 있다.

#### ABSTRACT

Vegetational data from 62 quadrats of *Pinus densiflora* for. *erecta* and Chunyang -type of *Pinus densiflora* forests were analyzed by using two multivariate methods : TWo -way INDicator SPecies ANalysis(TWINSPAN) for classification and Detrended Canonical Correspondence Analysis(DCCA) for ordination.

The dominant tree species of *Pinus densiflora* for. *erecta* communities were found in the order of *Pinus densiflora* for. *erecta*, *Quercus mongolica*, *Quercus variabilis*, *Lindera obtusiloba*, *Fraxinus*

<sup>1</sup> 接受 1995年 4月 17日 Received on April 17, 1995.

<sup>2</sup> 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon, Korea.

<sup>3</sup> 忠南大學校 自然科學大學 College of Natural Science, Chungnam National University, Taejon, Korea.

<sup>4</sup> 圓光大學校 農科大學 College of Agriculture, Wonkwang University, Iri, Korea.

\* 本 研究는 1991 - 1992年度 韓國學術振興財團의 研究費 支援으로 遂行된 研究 內容의 一部分.

*rhynchophylla*, and *Rhus trichocarpa*. The dominant tree species of Chunyang-type of *Pinus densiflora* communities were *Quercus variabilis*, *Quercus mongolica*, *Fraxinus sieboldiana*, *Styrax obassia*, and *Quercus serrata*.

The forest vegetation of *Pinus densiflora* was classified into *Quercus variabilis*-*Styrax obassia*, *Quercus variabilis*, *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica*, and *Quercus mongolica* communities according to TWINSPAN.

*Pinus densiflora* for. *erecta* community was distributed in the good nutrition area of total nitrogen, organic matter,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , and cation exchange capacity, while Chunyang type of *Pinus densiflora* community in the good nutrition area of  $P_2O_5$ .

The relationship between the distribution of dominant communities for forest vegetation and soil condition in *Pinus densiflora* communities was investigated by analysing the elevation and soil nutrition gradients. *Quercus mongolica* community was distributed in the high elevation and good nutrition area of total nitrogen, organic matter, and cation exchange capacity, while *Quercus variabilis* community was distributed in the low elevation and poor nutrition area of total nitrogen, organic matter, and cation exchange capacity. *Quercus variabilis*-*Styrax obassia* and *Quercus variabilis*-*Quercus mongolica* community was distributed in the medium elevation and medium nutrition area.

**Key words:** *Pinus densiflora* for. *erecta*, Chunyang type of *Pinus densiflora*, TWINSPAN, DCCA.

### 縮 論

소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)는 濟州道에서 咸鏡北道에 이르기까지 溫帶林 地域에 많은 부분을 차지하고 있으며, 垂直的으로는 海拔 10m에서 최고 1300m까지 分布하고 있어(정태현과 이우철, 1965) 우리나라 森林의 가장 많은 面積을 차지하고 있다(이영노, 1986).

지금까지 소나무에 관한 生態學的 研究로는 임경민 등(1980), 趙胤信과 吳桂七(1987), 이우철과 이철환(1989), 金俊鎬 등(1990) 등이며, 이들은 주로 소나무林的 構造와 分類에 관하여 報告하였다.

Uyeki(1928)는 우리나라의 소나무를 中南部高地型, 中南部平地型, 워봉형, 東北型, 安康型, 金剛型的 여섯가지 型으로 분류하고 이중 太白山脈을 中心으로 자라는 소나무를 金강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta*)라고 命名하고 林業上 가치있는 品種이라고 하였다. 또한 春陽木이라고 부르는 慶北 北部 地方의 소나무는 樹幹이 곧고 樹冠이 비교적 좁으며 枝下高가 높고 材質이 치밀하여, 金강소나무와 比較해도 손색이 없을 정도이다(손두식 등, 1989).

이와같이 우리나라에 널리 分布하고 있는 소나무도 자라는 地域에 따라 소나무의 形態가 일반 소나무와는 판이하게 다른 모습을 볼 수 있다. 이런 差異점은 遺傳因子에 의한 差異도 있겠지만

環境因자의 影響도 遺傳因子에 의한 影響 못지 않게 重要한 因子라 思料되며, 이와 關聯된 環境因자를 밝히기 위해서는 生態學的 基礎 調査가 필수적으로 究明되어야 한다.

따라서 본 研究는 우리나라 소나무 중 그 形質이 뛰어난 金강소나무와 春陽木소나무의 天然林을 對象으로 ordination方法(Ter Braak, 1987a)을 適用하여 生態的 特性을 밝혀 이들 資源의 보다 效率的인 利用 管理 및 保全을 위한 生態的 基礎를 樹立하는 데에 研究의 目的을 두고자 한다.

Whittaker(1956, 1967, 1978)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(1978a, 1978b)와 Gauch(1982)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 排列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(Ter Braak, 1986, 1987b, 1988). (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 調査하기 위하여 使用되었다(宋鎬京, 1990a, 1990b; 兪在殷과 宋鎬京, 1989).

本 研究는 金강소나무와 春陽木소나무의 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.

調查 및 分析 方法

1. 調查地의 概況

調查 地域은 江原道 麟蹄郡 寒溪嶺, 平昌郡 五臺山 月精寺 附近, 大關嶺, 中旺山, 東海市 青玉山과 慶尙北道 蔚珍郡 西面일대 等이며, 이 地域의 氣候는 中央氣象臺의 氣象 資料에 의하면 인지가 年平均 氣溫 10.5℃, 年平均 降水量 1,021 mm, 양양이 年平均 氣溫 12.3℃, 年平均 降水量 1,132mm, 大關嶺이 年平均 氣溫은 6.2℃, 年平均 降水量은 1,639mm, 강릉이 年平均 氣溫 12.1℃, 年平均 降水量 1,282mm, 平昌이 年平均 氣溫은 10.3℃, 年平均 降水量은 1,082mm, 삼척이 年平均 氣溫 12.6℃, 年平均 降水量 1,103mm, 榮州가 年平均 氣溫 11.6℃, 年平均 降水量 994mm, 蔚珍이 年平均 氣溫 12.8℃, 年平均 降水量 975mm로 climate diagram을 보면 冷溫帶 落葉 廣葉樹林帶의 氣候의 特性을 나타내고 있다(Yim과 Kim, 1983).

2. 植生 및 土壤 環境 調査

本 調査는 1992年 6月부터 8月 사이에 quadrat method에 의하여 金剛소나무가 分布하고 있는 江原道 麟蹄郡 寒溪嶺에서 8個所, 平昌郡 五臺山에서 8個所, 大關嶺에서 6個所, 中旺山에서 9個所, 東海市 青玉山中에서 5個所 등 36個所를 選定하고, 春陽木소나무가 分布하고 있는 慶尙北道 蔚珍郡 西面일대에서 26個所를 選定하여 植生 調査를 實施하였다(Fig. 1).

方形區는 15m x 15m의 크기로 設置하고, 胸高 直徑 3cm 以上の 樹木을 對象으로 每木 調査를 實施하였다.

土壤 環境 要因으로는 調查地의 方位, 傾斜와 海拔高를 測定하였다. 方位는 나침반을 使用하여 8個 方位로 區分하였고, 傾斜度는 Blume-Leiss의 傾斜測定器를 利用하여 測定하였다. 그리고 土壤 試料는 各 方形區에서 1個所씩 A層에서 2kg의 試料를 採取하였다.

3. 土壤 分析

土壤 酸度는 土壤 試料와 蒸溜水를 1:5의 比率로 섞어 測定하였고, 모든 化學 分析은 Allen 등(1986)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<sup>++</sup>와 Mg<sup>++</sup>는 原子吸光分光 分析法을, K<sup>+</sup>는 炎光 分光 分析法을 使用하였고, C.E.C.는 Brown法에 의거하였다.

4. 種의 優占度 및 多樣性 分析

植生 調査에서 얻은 資料를 Curtis & McIntosh (1951) 方法에 따라 重要值(IV)를 算出하였다. 그리고 한 調査區 내의 種 構成 狀態의 多樣性을 나타내는 測度로서 Shannon의 種 多樣度 지수(H')를 算出하였다.

5. Ordination 分析

植生 調査의 資料로부터 各種의 合成值 X<sub>ij</sub>를 다음과 같이 구하였다.

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

X<sub>ij</sub>는 j調査區에서 種 i의 合成值이며, d<sub>ij</sub>는 相對密度, D<sub>ij</sub>는 相對被度를 나타낸다.

合成值 X<sub>ij</sub>를 가지고 各 調査區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.

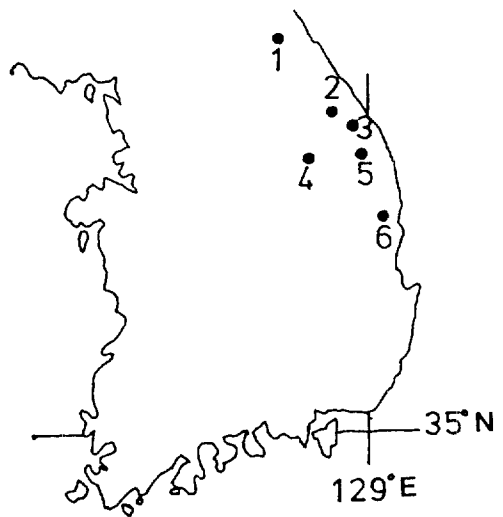


Fig. 1. Location map of the communities studied.

- 1. Hangyelyong ; 2. Mt. Odae ;
- 3. Taegwallyong ; 4. Mt. Jungwang ;
- 5. Mt. Chongok ; 6. Uljin-gun Seo-myon.

**Table 1.** The importance value of major tree species of *Pinus densiflora* community.

Species	IV
<i>Pinus densiflora</i>	152.29
<i>Quercus mongolica</i>	38.93
<i>Quercus variabilis</i>	21.18
<i>Rhus trichocarpa</i>	7.28
<i>Lindera obtusiloba</i>	7.09
<i>Styrax obassia</i>	6.63
<i>Quercus serrata</i>	6.10
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	6.10
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	4.95
<i>Prunus sargentii</i>	3.89
<i>Quercus dentata</i>	3.13
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	3.12
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.98
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	2.97
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	2.27
<i>Betula schmidtii</i>	2.11

**Table 2.** The importance value of major tree species of *Pinus densiflora* for. *erecta* community.

Species	IV
<i>Pinus densiflora</i>	142.32
<i>Quercus mongolica</i>	48.13
<i>Quercus variabilis</i>	12.94
<i>Lindera obtusiloba</i>	8.02
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	7.82
<i>Rhus trichocarpa</i>	7.81
<i>Quercus dentata</i>	5.06
<i>Styrax obassia</i>	5.05
<i>Quercus serrata</i>	5.00
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	4.09
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	3.57
<i>Prunus sargentii</i>	3.46
<i>Betula schmidtii</i>	3.36
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	3.28
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	2.92
<i>Actinidia arguta</i>	2.69
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.53
<i>Kalopanax pictus</i>	2.22
<i>Betula costata</i>	2.15

Classification은 Hill(1979b)의 TWINSpan (Two-way Indicator Species Analysis)을 이용하였으며, 얻어진 자료는 0%, 1%, 3%, 6%, 12%, 25%의 cut level이 사용되었다. 각 조사區에서 25% 이상의 중요値는 그 조사區의 優占種으로 간주되었다.

**Table 3.** The importance value of major tree species of Chunyang-type of *Pinus densiflora* community.

Species	IV
<i>Pinus densiflora</i>	167.80
<i>Quercus variabilis</i>	34.43
<i>Quercus mongolica</i>	26.42
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	11.76
<i>Styrax obassia</i>	9.58
<i>Quercus serrata</i>	7.86
<i>Rhus trichocarpa</i>	6.33
<i>Lindera obtusiloba</i>	5.53
<i>Prunus sargentii</i>	4.73
<i>Lespedeza bicolor</i>	4.50
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	3.80
<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	2.46
<i>Pyrus ussuriensis</i>	2.35

Ordination은 DCA(Detrended Correspondence Analysis)의 확장인 DCCA(Detrended Canonical Correspondence Analysis)를 사용하였으며(Hill, 1979a; Hill과 Gauch, 1980), 이 방법은 多變量의 直接 勾配 分析 方法으로(Ter Braak, 1986, 1987b, 1988) DCCA는 ordination 軸 위에 植生과 環境과의 相關關係를 가장 잘 보여주며, Ter Braak(1987a)의 CANOCO를 사용하여 分析하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 重要値와 多樣性 分析

調査된 62個의 plot에서 出現한 種 數는 61種이었으며, ordination에 使用한 43種 중에서 重要値가 높은 種은 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 개울나무, 생강나무, 쪽동백나무, 졸참나무 등의 順이다(Table 1).

Table 1에서 소나무의 重要値가 152.59라는 것은 소나무의 優占度가 매우 높다는 것을 알 수 있으며, 그 다음으로 重要値가 높은 種은 신갈나무, 굴참나무로 重要値가 각각 38.93, 21.18이다. 이것은 소나무의 下層 植生이 참나무류이기 때문이라고 생각된다.

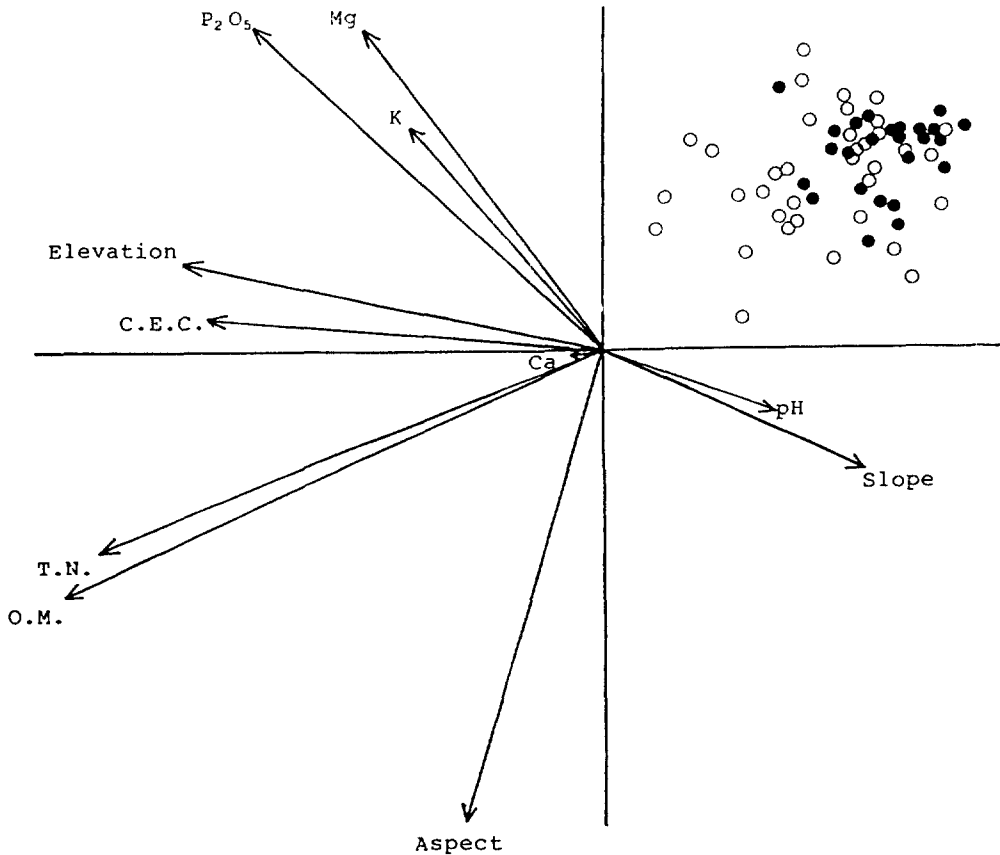
금강소나무가 優占하고 있는 36個所를 중심으로 重要値가 높은 種을 보면, 금강소나무, 신갈나무, 굴참나무, 생강나무, 물푸레나무, 개울나무 등의 順이며(Table 2), 春陽木소나무가 優占하고 있는 26個所를 중심으로 重要値가 높은 種

**Table 4.** Species diversity(H') and dominance of each communities.

Communities	Species diversity(H')	Dominance(D')
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	1.3655	0.3477
Chunyang -type of <i>Pinus densiflora</i>	1.0749	0.4549

**Table 5.** Soil characteristics of each communities.

Communities	pH	Total nitrogen (%)	Organic matter (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable cation			C.E.C. (me/100g)
					K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> (me/100g)	Mg <sup>--</sup>	
<i>Pinus densiflora</i> for. <i>erecta</i>	5.4	0.27	7.55	22	0.53	5.1	1.3	11.2
Chunyang -type of <i>P. densiflora</i>	5.2	0.19	5.68	28	0.36	2.2	0.8	8.7
Mean	5.3	0.24	6.77	25	0.46	3.9	1.1	10.2



**Fig. 2.** *Pinus densiflora* community vegetation data: DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(○,●) and environmental variables(arrow). The plots are : ○=*Pinus densiflora* for. *erecta* ; ●=Chunyang -type of *Pinus densiflora*. The environmental variables are : T.N.=total nitrogen ; O.M.=organic matter ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=available phosphorus concentration ; C.E.C.=cation exchange capacity ; K=potassium concentration ; Ca=calcium concentration ; Mg=magnesium concentration.

을 보면, 소나무, 굴참나무, 신갈나무, 쇠물푸레나무, 쪽동백나무, 졸참나무 등의 順이다(Table 3).

금강소나무 群集에서 重要值가 높은 2위와 3위가 신갈나무와 굴참나무인데, 春陽木소나무에서는 굴참나무와 신갈나무로 2위와 3위의 順序가 바뀌었는데, 이것은 春陽木소나무의 調査 區域이 불영계곡 周邊으로 암반이 많은 곳에서 調査가 이루어진 것도 하나의 原因이 되겠지만, 또 하나의 原因은 금강소나무의 調査 區域이 주로 江原道 地方으로 이곳은 森林帶로 볼때, 冷溫帶 落葉 廣葉樹林帶로 주로 신갈나무가 優占하는 地域이기 때문이라고 思料된다.

群集에 따라 種 多樣性和 優占度를 分析한 것은 Table 4와 같으며, Table 4에서 보는 바와 같이 금강소나무 群集이 春陽木소나무 群集보다 種多樣性이 높은 것은 금강소나무 群集이 全窒素, 有機物含量 등이 春陽木소나무 群集보다 높아 소나무 群集이 下層 植生에서 遷移가 이루어지기 시작하여 참나무류가 많이 나타났기 때문이라고 思料된다. 그리고 春陽木소나무 群集이 금강소나무 群集보다 優占度가 높은 것은 春陽木소나무 群集이 불영계곡 주변 암석이 많은 곳이라서 遷移의 進行이 더디기 때문이라고 생각된다.

2. 森林 土壤 分析

소나무 群集의 土壤 分析 結果를 보면(Table 5), pH는 5.2 -5.4, 全窒素는 0.19% -0.27%, 有機物含量은 5.68% -7.55%, 有效磷酸은 22ppm -28ppm, K<sup>-</sup>는 0.36(me/100g) -0.53(me/100g), Ca<sup>++</sup>는 2.2(me/100g) -5.1(me/100g), Mg<sup>++</sup>는 0.8(me/100g) -1.3(me/100g), cation exchange capacity는 8.7(me/100g) -11.2(me/100g)이다. 本 結果와 이우철과 이철환(1989)이 설악산, 태백산, 속리산, 지리산, 대둔산의 소나무 群集의 土壤에서 pH, 全窒素, 有機物含量, 有效磷酸이 각각 4.1 -5.0, 0.59% -0.89%, 2.2% -7.6%, 66ppm -144ppm이라고 報告한 것과 比較할때, 本 調査 結果가 pH와 有機物含量에서 良好한 것을 알 수 있으며, 全窒素가 平均 0.72%라고 한 것은 李와 李가 調査한 地域이 遷移가 상당히 進展된 곳으로 喬木層에 졸참나무가 分布하기 때문이라고 思料된다.

金剛소나무와 春陽木소나무에 따라 養料 狀態를 比較해 보면, 金剛소나무 群集이 春陽木소

나무 群集보다 pH, 全窒素, 有機物含量, K<sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, cation exchange capacity에서 양호한 것을 볼 수 있으며, 有效磷酸에서만 春陽木소나무 群集이 良好하였다. 이것은 春陽木소나무 群集이 岩石이 많은 불영溪谷 周邊에 치우쳤기 때문이라고 思料된다.

3. Ordination 分析

금강소나무 36個所와 春陽木소나무 26個所 총 62個所에 대하여 DCCA 分析을 실시한 結果는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 금강소나무 群集은 春陽木소나무 群集보다 넓은 分布 地域을 가지고 있는 것을 볼 수 있으며, 春陽木소나무 群集보다 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 많은 곳에 주로 分布하고 있음을 알 수 있다.

소나무 群集 62個所에 대하여 TWINSPLAN을 利用하여 分析한 結果는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 소나무의 森林 群集은 下層 植生에 따라서 *Quercus variabilis* - *Styrax obassia*, *Quercus variabilis*, *Quercus variabilis* - *Quercus mongolica*, *Quercus mongolica*의 4그룹으로 나누어지는 것을 볼 수 있

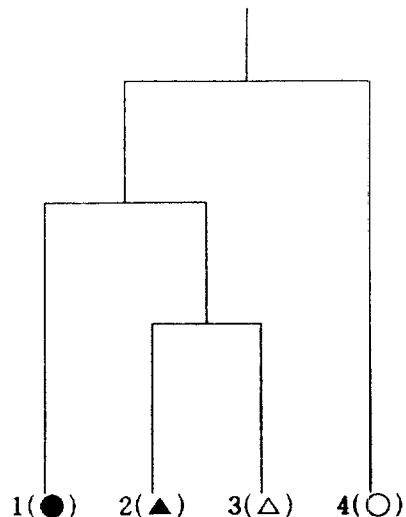


Fig. 3. The pathway of sub-division into groupings of *Pinus densiflora* community vegetation using TWINSPLAN. Dominants: 1. *Quercus variabilis* - *Styrax obassia*; 2. *Quercus variabilis*; 3. *Quercus variabilis* - *Quercus mongolica*; 4. *Quercus mongolica*.

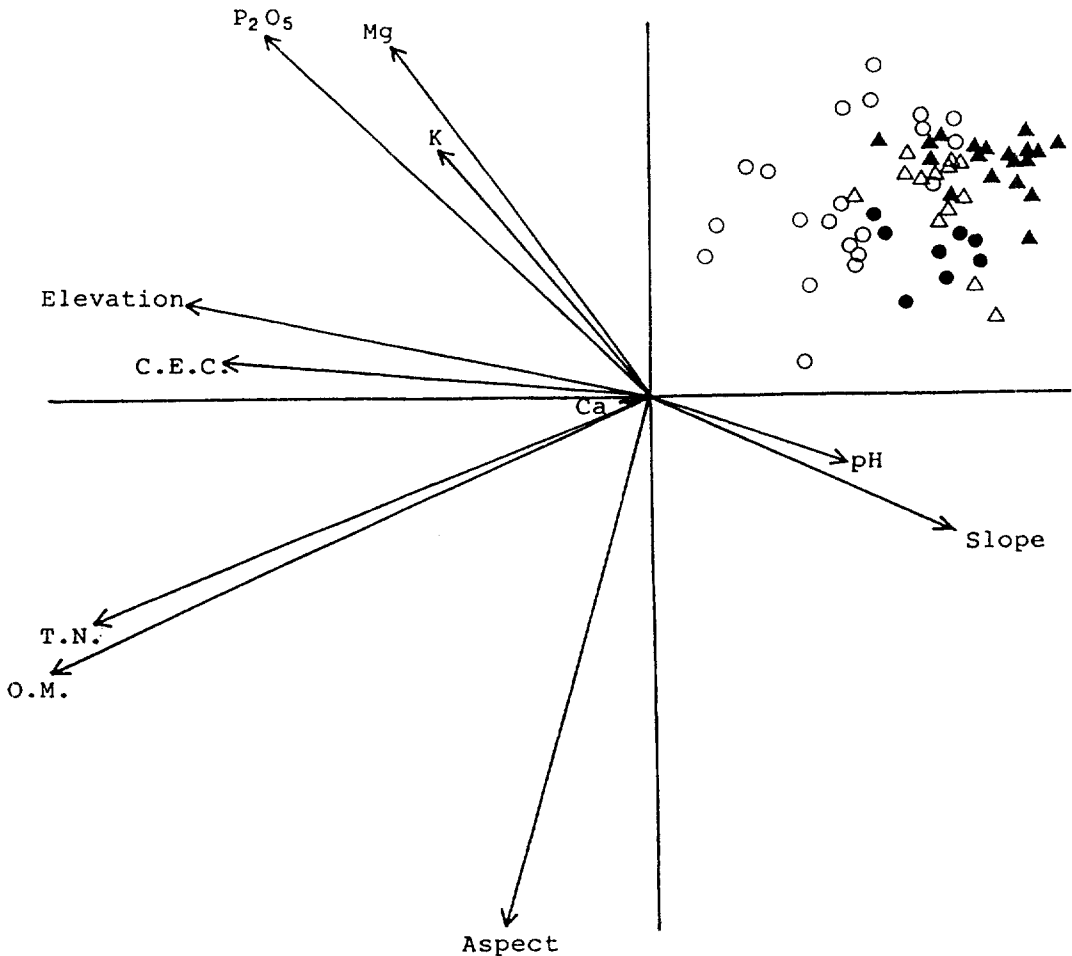


Fig. 4. *Pinus densiflora* community vegetation data : DCCA(detrended canonical correspondence analysis) ordination diagram with plots(●,▲,△,○) and environmental variables(arrow). The plots are : ●=*Quercus variabilis* - *Styrax obassia* ; ▲=*Quercus variabilis* ; △=*Quercus variabilis* - *Quercus mongolica* ; ○=*Quercus mongolica*. The environmental variables are : T.N.=total nitrogen ; O.M.=organic matter ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=available phosphorus concentration ; C.E.C.=cation exchange capacity ; K=potassium concentration ; Ca=calcium concentration ; Mg=magnesium concentration.

며, *Quercus mongolica* 群集은 金剛소나무 群集에서 주로 出現하고 있으며, *Quercus variabilis* 群集은 春陽木소나무 群集에서, 그리고 *Quercus variabilis* - *Styrax obassia*와 *Quercus variabilis* - *Quercus mongolica* 群集은 金剛소나무 群集과 春陽木소나무 群集에서 出現하는 것을 볼 수 있다.

Fig. 4는 Fig. 3에 의하여 選定된 主要 群集들과 11個의 環境要因들을 DCCA ordination 結果 最初 1, 2軸에 의한 I/II 平面에 나타난 것이다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 主要 群集들은 11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 6), 여러 環境要因들이 主要 群集들의 分布와 깊은 相關關係가 있으며, 第一軸에서는 全窒素, 有機物含量 등이, 第二軸에서는 方位와 높은 相關關係를 보여주고 있다. 이런 結果는 宋鎬京(1990a, 1990b), 宋鎬京 等(1992), 俞在殷과 宋鎬京(1989) 등이 群集들의 分布와 깊은 相關關係가 있는 環境要因이 海拔高라고 한 것과는 다른 結果를 보

**Table 6.** *Pinus densiflora* community vegetation data from Fig. 4: 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. 4 legend.

Variables	Canonical coefficients		Correlation coefficients	
	1	2	1	2
Total nitrogen	-0.054	0.016	-0.350**	-0.141
Organic matter	-0.103	-0.078	-0.380**	-0.171
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.055	0.063	-0.243	0.231
C.E.C.	0.018	-0.104	-0.272*	0.021
K <sup>+</sup>	-0.032	-0.030	-0.133	0.157
Ca <sup>++</sup>	-0.076	0.022	-0.017	-0.003
Mg <sup>++</sup>	-0.035	0.125	-0.165	0.226
pH	0.054	0.028	0.124	-0.044
Elevation	-0.120	0.061	-0.296*	0.061
Aspect	-0.036	-0.098	-0.094	-0.334**
Slope	0.037	-0.029	0.185	-0.084
Eigenvalue	0.136	0.079		

\* p<0.05 ; \*\* p<0.01.

여주고 있는데, 이것은 위의 報告는 여러 群集들을 對象으로 한데 반하여 本 調査에서는 소나무 群集만을 對象으로 하였기 때문이라고 思料된다.

主要 群集들과 環境 要因들과의 關係로 보면 신갈나무 群集은 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 많고, 海拔高가 높은 곳에 주로 分布하고 있는데, 굴참나무 群集은 이와 반대로 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 적고, 海拔高가 낮은 곳에 주로 分布하고 있다. 굴참나무 - 쪽동백 群集과 굴참나무 - 신갈나무 群集은 신갈나무 群集과 굴참나무 群集의 中間 部分에 주로 分布하고 있다. 또한 Fig. 2와 Fig. 4에서 보면 금강소나무 群集은 주로 신갈나무 群集으로, 춘양목소나무 群集은 주로 굴참나무 群集으로 構成된 것을 볼 수 있다.

이런 結果로 볼때 금강소나무 群集은 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 많은 곳에 주로 分布하고 있는데 반하여, 춘양목소나무 群集은 全窒素, 有機物含量, C.E.C. 등의 養料가 적은 곳에 주로 分布하고 있다고 할 수 있다.

**引用 文 獻**

1. 金俊鎬 · 文炯泰 · 郭永世, 1990. 石灰岩 地域 소나무群集의 構造와 土壤의 物理 · 化學的 性質. 韓國生態학회지 46 : 285 - 295.  
 2. 손두식 · 홍성천 · 여진기 · 류장발, 1989. 경

북지방 소나무 및 곰솔 집단의 동위효소에 의한 유전 변이. 韓國임학회지 78(4) : 345 - 359.

3. 宋鎬京, 1990a. 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.  
 4. 宋鎬京, 1990b. DCCA에 의한 신갈나무群集과 環境의 相關關係 分析. 忠南大學校 環境研究報告 8 : 1 - 5.  
 5. 宋鎬京 · 權琦遠 · 李敦求 · 張圭寬 · 禹仁植, 1992. TWINSpan과 DCCA에 의한 中旺山の 森林群集과 環境의 相關關係 分析. 韓國林學會誌 81(3) : 247 - 254.  
 6. 兪在殷 · 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.  
 7. 이영노, 1986. 韓國의 송백류. 이화여자대학교 출판부.  
 8. 이우철 · 이철환, 1989. 韓國산 소나무림의 식물사회학적 연구. 韓國생태학회지 12(4) : 257 - 284.  
 9. 임경빈 · 박인협 · 이경재, 1980. 경기도 지방적송림의 식물사회학적 연구. 韓國임학회지 50 : 56 - 71.  
 10. 정태현 · 이우철, 1965. 韓國 삼림 식물대 및 적지적수론. 성대논문집 10 : 329 - 435.  
 11. 趙胤信 · 吳桂七, 1987. 서울근교 자연생 소



- 나무林에 대한 Ordination 방법의 적용. 한국생태학회지 10(2) : 63 - 80.
12. 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.
  13. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476 - 496.
  14. Gauch, H.G. Jr. 1982. Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge : Cambridge University Press.
  15. Hill, M.O. 1979a. DECORANA - A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
  16. Hill, M.O. 1979b. TWINSpan - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two - way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, N.Y. Cornell Univ. Press.
  17. Hill, M.O. and H.G. Jr. Gauch. 1980. Detrended Correspondence Analysis, an improved ordination technique. Vegetatio 42 : 47 - 58.
  18. Peet, R.K. 1978a. Latitudinal variation in southern Rocky Mountain forests. J. Biogeogr. 5 : 275 - 289.
  19. Peet, R.K. 1978b. Forest vegetation of the Colorado Front Range : patterns of species diversity. Vegetatio 37 : 65 - 78.
  20. Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67 : 1167 - 1179.
  21. Ter Braak, C.J.F. 1987a. 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.
  22. Ter Braak, C.J.F. 1987b. The analysis of vegetation - environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetatio 69 : 69 - 77.
  23. Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO - an extension of DECORANA to analyze species - environmental relationships. Vegetatio 75 : 159 - 160.
  24. Ter Braak, C.J.F. and I.C. Prentice. 1988. A theory of gradient analysis. Advances in Ecological Research 18 : 271 - 317.
  25. Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Korea and silvicultural treatment for its improvement. Bull. Agri. & For. Coll. Suwon, Chosen 3. 263pp.
  26. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecology Monogr. 26 : 1 - 80.
  27. Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. Biol. Rev. 42 : 207 - 264.
  28. 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.
  29. Yim, Y.J. and S.D. Kim. 1983. Climate - diagram map of Korea. Korean J. Ecology 6 : 261 - 272.