

韓國產 散孔材의 解剖學的 特性에 관한 比較研究(I)^{*1}

- 單純相關과 主成分 分析에 의한 特性 -

정 연 집^{*2} · 이 필 우^{*2}

Comparative Anatomy of Diffuse-Porous Woods Grown in Korea (I)^{*1}

-Characteristics by Simple Correlation and
Principal Component Analysis-

Youn-Jib Chung¹ · Phil-Woo Lee²

ABSTRACT

The anatomy of Korean diffuse-porous woods, 36 families, 75 genera, 145 species, 215 specimens was described and analyzed. Sixteen wood anatomical characters, habit and phenology factors were determined by simple correlation and principal component analysis.

Strong positive correlations were found between vessel element length and fiber length, ray width and ray height, simple pits of fiber wall and paratracheal parenchyma distribution.

The results of principal component analysis (PCA) disclose the primitive characteristics and the direction of xylem evolution of Korean diffuse-porous woods. The xylem evolution scenario for Korean dicotyledonous woods is considered to be developed in the direction of decreasing trends of vessel frequency, vessel element length, and length/diameter(L/D) ratio of vessel element but increasing trends of vessel diameter, fiber length/vessel element length(F/V) ratio, libriform wood fibers, simple perforation, and homogeneous ray composition.

Increase of vessel diameter and decrease of vessel frequency seem to be related to the improvement of conductive efficiency, and increase of the vessel element length and occurrence of scalariform perforation in vessel element may be related to enhanced of conductive safety. Also the libriform wood fibers and ray features appear to have relationship with mechanical support and nutrient metabolism, respectively.

Keywords : Korean diffuse-porous woods, habit, phenology, xylem evolution, conductive efficiency, conductive safety, mechanical support, nutrient metabolism

*1 접수 1995年 7月 12日 Received July 12, 1995

*2 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea

1. 緒 論

闊葉樹材의 해부학적 특성과 계통간 유연관계 그리고 생태학적 특성에 관한 연구는 최근에 이르러 다양한 방법으로 진행되고 있다. 이러한 연구의 理論的背景은 木部組織의 進化에 관한 假說로 베일리 모델(Baileyan model, Bailey & Tupper 1918; Frost, 1930a·b; Kribs, 1935·1937; Tippe, 1938)을 들 수 있다. 이는 통도기능면에서 보면 導管要素의 穿孔은 階段狀 穿孔에서 單穿孔으로 進化하며 지지기능면에서 본다면 木纖維의 壁孔은 壁孔緣이 감소하여 單壁孔을 이루게 되어 점점 眞正木纖維化하고, 放射組織의 構成은 異性型에서 同性型으로, 軸方向 柔組織의 배열은 散在狀 獨立柔組織에서 隨伴型 또는 帶狀으로 배열한다는 推論으로 제기되었다. 근래 Carlquist(1988)는 紡錘形 始原細胞의 길이감소를 進化의 特長으로 보고 木纖維의 길이 對 導管要素의 길이의 比(F/V ratio)의 증가, 導管複合의 顯著, 導管直徑의 증가가 더욱 進化한 木部植物에서 나타난다고 하였고, 通導效率 및 安全性과 관련되는 것으로 여겨지는 導管直徑, 導管의 길이, 導管頻度 등의 증가, 年輪界, 螺旋肥厚, 베스처드(vestured) 壁孔, 周圍狀 및 導管狀 假導管의 존재 등은 생태학적 요인에 기인한 특성으로 제안한 바, 木部進化와 生態解剖學의 특성간에는 서로 깊은 관련이 있으므로 木部進化를 단순한 進化적 측면에서 볼 것이 아니라 생태학적 요인과 복합적 발현에 의한 것으로 보고 있다. 이러한 연구추세는 최근 木部の 組織의 特性和 生態의 特性間의 관련성에 관한 연구로 진행되어 수분 유용성, 해발고도, 위도, 온도 등과 木部の 해부학적 특성간에는 상관관계가 높으며(Carlquist 1975·1988; Baas, 1986), 지질학적인 화석연구의 자료가 많이 제공되는 최근에 이르러 進化적 측면에서 베일리 모델의 적합성이 검토된 바 있어(Wheeler & Baas, 1991), 被子植物의 木部進化에 관해 새로운 方向性이 組織學的으로 提示되었다.

한편, 우리나라에서는 Yamabayashi(1938)의 “朝鮮産 木材의 識別”에 관한 연구 이래 識別的 側面과 系統發生學的 側面 및 組織變異의 側面에서 枝葉의인 연구가 일부 보고 되었으나(朴·蘇, 1984; 金, 1985; 蘇·朴, 1985; 蘇·韓, 1985ab; 蘇·宣, 1986; 韓, 1986; Lee·Eom, 1987; Lee *et al.*, 1987; Eom, 1990·1992·1993; 金等, 1994; 李, 1994) 종합적인 연구가 미흡한 상태에 있으며 특히 해부학적 연구방법의 발전에 따라 IAWA(1989)의 규정에 의거한 연구는 아직 활발

하지 못한 실정에 있다. 그러므로 韓國産 闊葉樹材의 包括的인 연구와 더불어 類緣關係 및 한반도의 생태적 특성과 관련된 進化 시나리오를 木材解剖學의 側面에서 접근하는 研究의 必要性은 絶실하다고 본다. 그렇지만 한반도의 지리적 여건은 현재 세계적으로 연구되고 있는 방법인 온도, 위도, 해발고도의 변이를 적용하기에는 좁은 분포역을 지니고 있으며, 한반도라는 좁은 범위에서는 식물 분포역 역시 이들 인자에 복합적으로 영향받는다고 알려져 있다(정·이, 1965; Yim & Kira, 1975·1976; Yim, 1977ab). 그러므로 뚜렷한 사계절이 존재하고 특히 생장정지기라고 할 수 있는 겨울이 존재하는 한반도는 通導的 安全性이 매우 중요한 인자라 할 수 있고, 생장초기 건조한 기후조건과 여름철의 집중호우 등에 따른 通導效率 문제, 식물 분포역은 온도인자인 溫暖指數에 따라 구분되는 등 韓國産 闊葉樹材는 또다른 관점에서 접근해야 하는 특성을 지니고 있다. 그러므로 이러한 생태적 조건에 進化적 측면에서 볼 때 극단적으로 적응한 環孔材를 제외한 散孔材는 通導의 特性이나 養分貯藏과 移動에 相關된 柔組織 및 放射組織 특성들은 상당히 다르게 기여하게 될 것이고 그것에 대한 해석도 다른 관점에서 시도되어야 한다고 본다.

따라서 본 연구는 韓國産 闊葉樹材의 해부학적 특성에 관하여 최근 IAWA(1989)의 규정에 따라 散孔材의 특성을 체계적으로 조사한 후 각 해부학적 특성인자들을 相關分析하고 고찰하여 通導安全性 및 通導效率에 따른 導管의 通導的 特性, 支持機能에 있어서 木纖維의 특성, 養分代謝에 關여하는 軸方向 柔組織 및 放射組織의 특성을 규명하고, 상관계수행렬을 이용, 主成分分析을 실시하여 韓國産 散孔材가 가지고 있는 해부학적 특성을 進化 및 生態學的 側面으로 要約하는데 目的이 있다.

2. 材料 및 方法

2.1 實驗材料

본 연구의 실험재료는 韓國産 散孔材로 하고 근래에 도입된 導入樹種과 紋樣孔材를 除外한 36科 75屬 145種으로 試材는 총 215個體였다. 研究用 材鑑은 서울大學校 農業生命科學大學 林産工學科 木材解剖學 研究室에 소장되어 있는 材鑑을 사용하였고, 재감이 없는 일부 수종은 產地에서 직접 채취하여 실험재료로 사용하였다.

2.2 연구슬라이드 製作 및 組織解離

광학현미경용 永久슬라이드는 試材의 개체별로 최외각 부위가 포함되도록 목편을 채취하여 軟化한 후 일반적인

슬라이드 제작방법에 따라 절편을 절삭하고 사프란인으로 염색한 후 알코올계열로脫水하였다. 그후 자이렌으로 치환하고 캐나다 발삼으로 封入하여 永久슬라이드를 製作하였다.

試片의 解離는 公事재감의 最외각으로부터 해리용 軸木을 채취하여 Schultze액으로 해리하고 일시슬라이드를 제작한 후 組織的 및 數量的 特性을 調査하였다.

2.3 解剖學的 特性 調査

조사항목은 IAWA(1989)의 항목으로 하고 habit은 灌木, 小喬木, 喬木으로, phenology는 常綠性과 落葉性으로 구분하여 文獻(李, 1985; 山林廳, 1987)을 통해 조사하였으며, 數量的 特性조사는 橫斷面으로부터 導管頻度, 導管의 接線方向 直徑을, 接線斷面으로부터 放射組織의 높이와 폭을, 해리된 구성요소로부터 導管要素의 길이, 木纖維의 길이를 IAWA(1989)의 방법에 따라 측정하였고 孤立導管率과 導管要素의 길이 對 直徑의 比(L/D ratio), 木纖維의 길이 對 導管要素 길이의 比(F/V ratio)를 구하였다.

組織的 特性의 조사는 IAWA(1989)의 분류에 따라 橫斷面에서 軸方向 柔組織의 종류를, 放射斷面에서는 放射組織 構成細胞의 種類, 導管要素 上下間 穿孔의 형태, 導管相互間 壁孔, 螺旋肥厚, 結晶의 존재여부, 木纖維의 壁孔形態를 조사하여 분석의 자료로 하였다.

組織的 特性中 韓國産 散孔材의 解剖學的 特性을 分析하기 위해 導管相互間 壁孔은 階段狀과 對狀, 對狀과 交互狀, 交互狀으로 大別하였고, 穿孔은 單穿孔, 單穿孔과 階段狀 穿孔, 階段狀 穿孔으로, 軸方向 柔組織은 散在狀型(散在狀, 短接線狀, 隨伴散在狀 포함), 帶狀型, 隨伴柔組織型(周圍狀, 翼狀, 聯合翼狀 포함)으로, 放射組織의 構成은 同性型, 中間型(同性型+Kribs의 異性 III型), 異性型(Kribs의 異性 II型+III型)으로 분류하여 분석하였다.

2.4 資料分析

資料分析을 위해 조사된 16개의 해부학적 특성과 문헌 조사를 통해 구한 habit 및 phenology 등 18인자들의 상호관련성을 규명하기 위해 상관분석을 실시하여 단순상관계수를 구하였고 相關係數 行列을 이용하여 多變量 分析法인 主成分 分析(principal component analysis)을 SAS 통계분석 프로그램으로 분석하여 주성분을 구해 자료의 要約과 解析을 실시하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 單純相關分析에 따른 散孔材의 解剖學的 特性

본 연구에서 고찰된 인자 18개의 각 변수간 單純相關係數는 Table 1에 나타내었다. Habit 및 phenology와 해부학적 특성간의 상관관계에 있어 habit(X_1)은 導管頻度(Y_1), L/D ratio(Y_5), 木纖維의 壁孔形態(Y_8)와 負의 상관관계를 나타내었고, 導管의 接線方向 直徑(Y_3)과는 正의 상관관계를 나타내어 상당한 관련성이 인정되었다. 즉 灌木에서 喬木으로 移行해 감에 따라 導管頻도와 L/D ratio는 감소하고 木纖維의 壁孔은 점점 單壁孔化하는 반면, 導管의 接線方向 直徑은 증가하는 경향을 나타내었다. 하지만 phenology와의 관계에 있어서는 상관계수가 작아 약간의 관련성은 일부 인정되지만 대체적으로 큰 경향은 나타나지 않아 常綠性과 落葉性에 따른 해부학적 특성 차이는 단순상관분석으로는 인정되지 않았다.

각 해부학적 특성 상호간 상관관계를 고찰하면 導管頻度(Y_1)는 導管의 接線方向 直徑(Y_3), 軸方向 柔組織(Y_{12})과는 負의 상관관계를, L/D ratio(Y_5), 木纖維의 壁孔(Y_8), 螺旋肥厚(Y_{11})와는 正의 상관관계를 나타내어 導管의 分布數가 많아지면 導管直徑은 작아지고 軸方向 柔組織도 散在狀으로 분포하는 경향이 많아지고 L/D ratio도 커지며 木纖維의 壁孔은 점점 有緣壁孔化하고 螺旋肥厚의 出現頻도가 증가하는 경향을 나타냄을 의미한다고 할 수 있다. 孤立導管率(Y_2)은 木纖維 壁孔(Y_8)과 正의 상관관계를 나타내어 孤立導管率이 증가하면 木纖維의 壁孔은 有緣壁孔化하는 경향이 커짐을 알 수 있었다. 導管의 接線方向 直徑(Y_3)은 導管頻度(Y_1), L/D ratio(Y_5), 木纖維의 壁孔(Y_8)과는 負의 상관계수를, 軸方向 柔組織과는 正의 상관관계를 나타내어 도관의 직경이 커질수록 導管頻도와 L/D ratio가 작아지고 木纖維의 壁孔도 單壁孔化하는 반면 軸方向 柔組織은 隨伴型化하는 경향을 나타내었다. 導管要素의 길이(Y_4)는 導管相互間 壁孔(Y_6) 및 F/V ratio(Y_9)와는 負의 상관관계를, L/D ratio, 목섬유의 길이(Y_7), 穿孔(Y_{10})과는 正의 상관관계를 나타내어 導管要素의 길이가 길어지면 導管相互間 壁孔은 對狀 및 階段狀化하는 경향이 크고 F/V ratio가 감소하는 반면 L/D ratio는 커지고 목섬유의 길이도 증가하며 穿孔板의 형태에 있어 階段狀 穿孔이 나타나는 경향이 커진다는 것을 의미한다.

L/D ratio(Y_5)는 導管의 接線方向 直徑(Y_3), 導管相互間 壁孔(Y_6), F/V ratio(Y_9), 軸方向 柔組織(Y_{12})

과는 負의 상관관계를, 導管頻度(Y_1), 木纖維 壁孔(Y_8), 穿孔(Y_{10})과는 正의 상관관계를 나타내어 L/D ratio가 증가하면 導管의 接線方向 直徑과 F/V ratio가 감소하고 導管相互間 壁孔은 對狀 및 階段狀化하고 軸方向 柔組織은 散在狀 配列을 하는 경향이 강한 반면 導管頻度는 증가하고 木纖維의 壁孔은 有緣壁孔化, 穿孔板은 階段狀化한다는 것을 알 수 있었다. 導管相互間 壁孔(Y_6)은 導管要素의 길이(Y_4), L/D ratio(Y_5), 목섬유의 길이(Y_7), 穿孔(Y_{10})과 負의 상관관계를 나타내어 導管相互間 壁孔이 階段狀에서 交互狀으로 배열경향이 전개되어감에 따라 導管要素의 길이, L/D ratio, 목섬유의 길이가 감소하는 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 목섬유의 길이(Y_7)는 導管相互間 壁孔(Y_6)과는 負의 상관관계를, 導管要素의 길이(Y_4)와 F/V ratio(Y_9)와는 正의 상관관계를 나타내어 목섬유의 길이가 증가하면 導管相互間 壁孔은 對狀 및 階段狀化하는 반면 導管要素의 길이와 F/V ratio는 증가하는 경향을 나타내었다.

木纖維의 壁孔(Y_8)은 導管의 接線方向 直徑(Y_3), 軸方向 柔組織(Y_{12})과는 負의 상관관계를, 導管頻度(Y_1), 孤立導管率(Y_2), L/D ratio(Y_5), 放射組織 構成(Y_{13})과는 正의 상관관계를 나타내어 木纖維의 壁孔이 점점 有緣壁孔化하면 導管의 接線方向 直徑은 감소하고 軸方向 柔組織은 散在狀을 나타내는 반면 導管頻度, 孤立導管率, L/D ratio는 증가하고 放射組織은 異性化하는 경향을 나타내었다. F/V ratio(Y_9)는 導管要素의 길이(Y_4), L/D ratio(Y_5), 穿孔(Y_{10})과 負의 상관관계를 나타내어 F/V ratio가 증가는 목섬유의 길이보다는 導管要素의 길이감소가 더 크게 영향하며 F/V ratio의 증가는 L/D ratio의 감소와 穿孔板의 형태가 單穿孔化하는 경향이 크다는 것을 알 수 있었다. 穿孔(Y_{10})은 導管相互間 壁孔(Y_6), F/V ratio(Y_9)와는 負의 상관관계를 나타내었고 導管要素의 길이(Y_4), L/D ratio(Y_5), 목섬유의 길이(Y_7)와는 正의 상관관계를 나타내어 穿孔이 單穿孔에서 階段狀 穿孔으로 감에 따라 導管相互間 壁孔은 對狀 및 階段狀의 出現率이 높고 F/V ratio가 감소하는 경향을 나타내는 반면 導管要素의 길이, L/D ratio, 목섬유의 길이가 증가하는 경향을 나타내었다. 導管內壁의 螺旋肥厚의 存在(Y_{11})는 導管頻도와 正의 상관관계를 나타내어 螺旋肥厚의 出現은 導管頻도의 증가와 관련있음을 알 수 있었다. 軸方向 柔細胞의 배열(Y_{12})은 導管頻도(Y_1), L/D ratio(Y_5), 木纖維의 壁孔(Y_8)과는 負의 상관관계를, 導管의 接線方向 直徑(Y_3)과는 正의 상관관계를 나타내어 軸方向 柔組織이 散在狀에서 帶狀 또는 隨伴柔組織으로 감에 따라 導管頻도와 L/D ratio는 감

소하고 木纖維의 壁孔은 單壁孔化하는 반면 導管의 接線方向 直徑은 증가하는 경향을 보였다. 放射組織의 폭(Y_{13})은 放射組織의 높이(Y_{14})와 큰 正의 상관관계를 나타내어 폭이 넓을수록 높이가 높은 경향을 나타내었다. 放射組織의 構成(Y_{13})은 木纖維의 壁孔(Y_8)과 正의 상관관계를 나타내어 放射組織이 異性型에서 同性型으로 감에 따라 木纖維의 壁孔은 單壁孔化하는 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

이들 상관관계 중 특히 강한 상관관계를 나타내는 성분은 導管要素의 길이(Y_4)와 목섬유의 길이(Y_7), 放射組織의 폭(Y_{13})과 放射組織의 높이(Y_{14}) 간에 매우 강한 正의 상관관계를 나타내었고 목섬유의 壁孔形態(Y_8)와 軸方向 柔組織의 배열(Y_{12})간에는 매우 강한 負의 상관관계를 나타내었다. 따라서 한국산 산공재의 이러한 특성은 導管要素의 길이가 길면 목섬유의 길이가 길고, 放射組織의 폭이 넓으면 放射組織의 높이도 커지며, 木纖維의 壁孔이 單壁孔化할수록 軸方向 柔組織은 隨伴柔組織化하는 경향이 큼을 알 수 있었다.

단순상관분석의 결과로부터 한국산 산공재는 灌木으로부터 喬木으로 그 크기가 증가함에 따라 導管直徑이 증가하고 導管頻도와 L/D ratio가 감소하며 木纖維는 점점 眞正木纖維化하는 경향을 나타내었다. 그렇지만 導管頻도와 導管直徑間, L/D ratio와 導管直徑間에 負의 상관관계가 존재하므로 habit에 따른 상관분석의 결과는 導管의 接線方向 直徑증가와 眞正木纖維化로 要約할 수 있다. 導管直徑의 증가는 결국 통도효율을 높이고, 진정 목섬유화는 지지기능에 효율적이므로 두 因子를 habit에 따른 特性이라고 생각되었다.

3.2 主成分 分析에 의한 散孔材의 解剖學的 特性

해부학적 특성 16개 인자에 대한 주성분 분석의 결과가 Table 2에 나타나 있으며, 주성분 분석결과 자료가 요약된 제1주성분에서 제5주성분에 이르기까지의 5개 주성분은 총 변동비율의 약 76%를 설명하고 있다.

제1주성분은 총 변동비율의 약 29%를 설명하며 導管直徑, F/V ratio, 導管相互間 壁孔 및 軸方向 柔組織에陰의 값이 적재되어 있고 導管頻도, 導管要素의 길이, L/D ratio, 木纖維의 壁孔, 穿孔板 및 放射組織 構成에陽의 값이 비교적 골고루 적재되어 있다.

이는 木部進化的 側面에 있어 散孔材가 처해있는 위치에 대한 要約說明으로서 數量的 特性에서 導管直徑과 F/V ratio가 작은 쪽에 위치하여 있고 導管頻도, 導管要素의 길이, L/D ratio는 큰 쪽에 위치하고 있으며, 組織的 特性으로서 導管相互間 壁孔은 階段狀이나 對狀,

Table 1. Correlation coefficient matrix between 18 Parameters.

	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	Y ₁₆	
X ₁	1.0000**																		
X ₂	0.1195	1.0000**																	
Y ₁	-0.4420**	0.0561	1.0000**																
Y ₂	-0.3835**	-0.2092**	0.3162**	1.0000**															
Y ₃	0.6048**	0.0358	-0.6059**	-0.2454**	1.0000**														
Y ₄	0.0475	-0.1953**	-0.0911	0.0555	0.0421	1.0000**													
Y ₅	-0.4066**	-0.3092**	0.4403**	0.3294**	-0.2454**	1.0000**													
Y ₆	0.2850**	0.2171**	-0.0504	-0.2154**	0.2077**	-0.5658**	-0.5750**	1.0000**											
Y ₇	0.2304**	-0.1570**	-0.3425**	-0.0318	0.2968**	0.8351**	0.3966**	-0.4483**	1.0000**										
Y ₈	-0.5680**	-0.1331	0.5354**	0.4021**	-0.5884**	0.1686*	0.5212**	-0.3644**	-0.0008	1.0000**									
Y ₉	0.2244**	0.1769**	-0.3053**	-0.1210	0.2686**	0.6211**	-0.6332**	0.3596**	-0.1574*	-0.2929**	1.0000**								
Y ₁₀	-0.1006	-0.1848**	-0.0301	0.0681	-0.0949	0.6556**	0.5066**	-0.6491**	0.5013**	0.1431*	-0.4964**	1.0000**							
Y ₁₁	-0.1921*	-0.0389	0.4024**	0.0949	-0.3977**	-0.2265**	0.1314	0.0420	-0.3067**	0.3304**	0.0716	-0.2121**	1.0000**						
Y ₁₂	0.3575**	0.0539	-0.4691**	-0.2853**	0.4461**	-0.2458	-0.4767**	0.2949**	-0.0418	-0.7849**	0.3688**	-0.13738	-0.2746**	1.0000**					
Y ₁₃	0.0745	-0.2115**	-0.1238	0.1915**	0.3037**	-0.0941	-0.1910**	0.0214	0.0205	-0.0194	0.1599**	-0.0941	-0.1030	0.0128	1.0000**				
Y ₁₄	0.0299	-0.3281**	-0.1865	0.1426*	0.2863**	0.0861	-0.0581	-0.1327	0.1605*	-0.0553	0.0130	0.0554	-0.1694*	0.0435	0.7411**	1.0000**			
Y ₁₅	-0.3016**	-0.1465*	-0.0046	0.0422	-0.1873**	0.1851**	0.2160**	-0.3760**	0.1461*	0.4280**	-0.1087	0.3220**	0.0491	-0.2993**	-0.0501	-0.0018	1.0000**		
Y ₁₆	0.0290	-0.1270	-0.0033	0.1757**	0.0298	-0.1060	-0.0708	0.1392*	-0.0822	-0.0506	0.0451	-0.2216**	0.2944**	0.0318	0.1895**	0.1048	-0.0772	1.0000**	

1. *, ** : correlation coefficients are significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

2. X₁: Habit, X₂: Phenology, Y₁: Vessel frequency, Y₂: Percentage of solitary vessels, Y₃: Tangential vessel diameter, Y₄: Vessel element length,

Y₅: L/D ratio, Y₆: Intervessel pit distribution, Y₇: Fiber length, Y₈: Fiber pits, Y₉: F/V ratio, Y₁₀: Perforations, Y₁₁: Helical vessel wall thickening,

Y₁₂: Longitudinal parenchyma distribution, Y₁₃: Ray width, Y₁₄: Ray height, Y₁₅: Ray composition, Y₁₆: Crystals.

Table 2. Principal component analysis of anatomical variables and loading values in Korean diffuse-porous woods.

	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5
Y ₁	0.212961	-0.375267	0.043686	-0.014031	-0.283678
Y ₂	0.174097	-0.112150	0.315012	-0.404984	-0.242447
Y ₃	-0.261549	0.350001	0.087149	0.021334	0.019604
Y ₄	0.313353	0.353808	-0.077250	0.186113	-0.128798
Y ₅	0.413755	0.013701	-0.034517	0.119573	-0.206958
Y ₆	-0.325521	-0.191518	-0.062427	0.034772	-0.178667
Y ₇	0.172779	0.427961	-0.025221	0.142690	0.064133
Y ₈	0.332890	-0.240504	0.187210	-0.074609	0.220922
Y ₉	-0.314242	-0.072288	0.082808	-0.152981	0.371041
Y ₁₀	0.290822	0.289521	-0.096435	-0.042779	0.038340
Y ₁₁	0.064629	-0.362848	0.059524	0.359656	0.152141
Y ₁₂	-0.312491	0.192589	-0.164875	-0.014085	-0.122696
Y ₁₃	-0.089783	0.111449	0.644066	0.008210	-0.050023
Y ₁₄	-0.033318	0.207230	0.590491	0.017418	-0.077333
Y ₁₅	0.198974	0.026568	0.044895	-0.097766	0.726828
Y ₁₆	-0.077457	-0.084784	0.179230	0.771071	0.044677
% of explained variance	29%	20%	12%	8%	7%
accumulative %	29%	49%	61%	69%	76%

Legends: see Table 1

木纖維의 壁孔은 有緣壁孔, 穿孔板은 階段狀 穿孔, 放射組織은 異性型이 나타나는 경향이 큰 쪽에 위치하고 있어, 原始的의 木部特性을 나타내고 있다고 要約할 수 있다. 이는 베일리 모델의 원시적 특성으로 제1주성분이 요약하는 해부학적 특성은 산공재를 시발점으로 보았을 때 그들의 역방향 즉, 數量的의 特性에서 導管直徑과 F/V ratio가 증가하는 방향과, 導管頻度, 導管要素의 길이, L/D ratio가 감소하는 방향이, 組織的의 特性에서는 木纖維의 壁孔이 單壁孔化하여 점점 眞正木纖維化하는 방향, 穿孔은 單穿孔으로, 放射組織은 同性型으로 향하는 방향이 韓國産 闊葉樹材의 木部進化 方向이란 것을 의미하고 있음을 알 수 있었다.

제2주성분 역시 총 변동비율의 약 20%를 설명하는 주성분으로서 導管頻度, 導管相互間 壁孔, 木纖維의 壁孔, 螺旋肥厚에 陰의 값이 적재되어 있고 導管直徑, 導管要素의 길이, 木纖維의 길이, 穿孔板, 放射組織의 높이에 陽의 값이 적재되어 있다. 이는 수량적 특성과 조직적 특성에서 導管直徑의 증가, 導管頻度の 감소, 木纖維의 眞正木纖維化, 放射組織의 높이 증가 등 진화 및 생태적 측면에서 정(正)의 방향으로 진전된 특성을 나타내지만 아

직 導管要素와 木纖維의 길이가 길고 穿孔은 階段狀 穿孔, 導管相互間 壁孔이 階段狀 및 對狀에 머무르는 특성에서 진화가 진행중인 散孔材의 중간단계가 공존하고 있다고 설명할 수 있다. 제3주성분은 放射組織의 폭과 높이에 큰 양의 적재값이 부하되어 있어 放射組織의 크기가 증가하는 특성으로 요약될 수 있으며, 제4주성분은 孤立導管率의 저하, 結晶과 螺旋肥厚의 존재에, 제5주성분은 導管頻度和 孤立導管率, L/D ratio가 감소하고 放射組織의 同性化, F/V ratio의 증가 등으로 자료를 요약할 수 있었다.

解剖學的의 特性因子들에 대한 多變量 分析法인 主成分分析에 의한 자료의 축소와 해석은 Zhang(1992)의 장미과에 대한 분석에서와 같이 각 주성분의 설명비율이 그리 높지는 않지만 한국산 산공재의 광범위한 자료해석에는 매우 효과적이라는 결론을 얻을 수 있었다. 주성분 분석을 통하여 要約된 한국산 산공재의 중요한 해부학적 특성인자들을 간략히 설명하면 수량적 특성으로서는 導管頻度, 接線方向 直徑, 길이, L/D ratio, F/V ratio, 조직적 특성으로서는 穿孔, 導管相互間 壁孔, 木纖維 壁孔, 軸方向 柔組織의 배열형태 등이 매우 중요한 인자가

된다고 할 수 있다. 하지만 식별적 가치가 높다고 알려진 放射組織의 수량적 특성이나 螺旋肥厚 및 結晶의 존재여부는 상대적으로 설명력이 약하다는 것도 아울러 알 수 있었다. 이러한 특성은 도관배열 구분 특성에 있어 산공재가 가지고 있는 특성으로 試材를 環孔材까지 확대하면 한반도 목본식물의 목부진화적 특성과 방향이 구체적으로 정립될 것이라 예상되었다.

4. 結 論

韓國產 散孔材 36科 75屬 145種 215個體로부터 解剖學的 特性을 調査하여 단순상관과 주성분 분석의 結果로부터 한국산 散孔材의 해부학적 특성을 결론지으면 다음과 같다.

단순상관분석의 결과로부터 散孔材의 해부학적 특성은 조사항목간 상호관련성에 있어 導管要素의 길이가 길면 木纖維의 길이가 길고, 放射組織의 폭이 넓으면 放射組織의 높이도 커지며, 木纖維의 壁孔이 單壁孔化할수록 軸方向 柔組織은 隨伴柔組織化함을 알 수 있었다.

또한 灌木으로부터 喬木으로 habit이 변함에 따라 導管直徑이 증가하고 木纖維는 眞正木纖維化한다는 특성을 알 수 있었다. 이는 habit에 따라 통도효율을 높이고, 지지기능에 효율적인 면으로 진화해 나간 산공재의 해부학적 특성이라고 여겨졌다.

주성분 분석에 의한 散孔材의 해부학적 특성을 要約하면 木部進化的 側面에 있어 散孔材의 위치는 수량적 특성에서 導管直徑과 F/V ratio가 작은 쪽에 위치하고 導管頻度, 導管要素의 길이와 L/D ratio는 큰 쪽에 위치하고 있으며, 조직적 특성으로서 導管相互間 壁孔은 階段狀이나 對狀, 木纖維의 壁孔은 有緣壁孔, 導管要素의 穿孔板은 階段狀 穿孔, 放射組織은 異性型이 나타나는 경향이 큰 쪽에 위치하고 있어, 해부학적으로 原始的인 木部特性을 나타내었다.

따라서 散孔材는 進化的 단계상 원시적인 위치에 있으며, 그들이 나타내고 있는 방향의 역방향 즉, 수량적 특성에서 導管直徑과 F/V ratio가 증가하는 방향과, 導管頻度, 導管要素의 길이와 L/D ratio가 감소하는 방향이 그리고 조직적 특성에서 木纖維의 壁孔이 單壁孔化하여 점점 眞正木纖維化하는 방향, 穿孔은 單穿孔으로, 放射組織은 同性型으로 향하는 방향이 散孔材가 나타내고 있는 韓國產 闊葉樹材의 木部進化 方向이란 것을 알 수 있었다.

또한 導管直徑의 증가, 導管頻度の 감소, 木纖維의 眞正木纖維化, 放射組織의 높이 증가 등 진화적 측면에서

진전된 특성을 나타내지만 아직 導管要素와 木纖維의 길이가 길고 穿孔은 階段狀 穿孔, 導管相互間 壁孔은 階段狀 및 對狀을 나타내는 특성에서 목부의 진화가 여러 방향에서 진행중이며, 각각의 해부학적 특성에 있어 차이가 존재하는 것으로 여겨졌다.

그러므로 導管直徑의 증가와 導管頻度の 감소를 通導效率性面으로, 導管要素의 길이 증가 및 階段狀 穿孔을 通導安全性에 기인하는 특성으로, 眞正木纖維化를 支持機能面에서, 放射組織의 특성을 養分代謝에 따른 목부의 진화 및 생태적 원인에 의한 韓國產 散孔材의 解剖學的 特性이라는 結論을 얻을 수 있었다.

參 考 文 獻

1. Baas, P. 1986. Ecological patterns in xylem anatomy. In: T. J. Givnish (ed.) On the economy of plant form and function. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 327~34
2. Bailey, I. W. and W. W. Tupper. 1918. Size variation in trachery cells. I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms and angiosperms. Proc. Amer. Acad. Arts. & Sciences 54: 149~204
3. Carlquist, S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. Univ. California Press, Berkeley
4. Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag, Berlin
5. Eom, Y.G. 1990. Morphological classification of tyloses in vessel elements of Korean hardwoods. *Forest & Humanity* 3: 71~81
6. Eom, Y.G. 1992. Morphological classification of vessel-ray pitting in Korean hardwoods. *Forest & Humanity* 5: 83~92
7. Eom, Y.G. 1993. Taxonomic implications of ray width, aggregate rays, ray height, and rays of two distinct sizes in Korean hardwoods. *Forest & Humanity* 6: 109~123
8. Frost, F.H. 1930a. Specialization in secondary xylem in dicotyledons. I. Origin of vessels. *Bot. Gaz.* 89: 67~94
9. Frost, F.H. 1930b. Specialization in secondary xylem in dicotyledons. II. Evolution

- of end wall of vessel segment. *Bot. Gaz.* 89 : 198~212
10. IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n.s.* 10(3) : 219~332
 11. Kribs, D.A. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Bot. Gaz.* 9 : 547~55
 12. Kribs, D.A. 1937. Salient lines of structural specialization in the wood parenchyma of dicotyledons. *Bull. Torrey Bot. Club* 64: 177~187
 13. Lee, P. W. and Y. G. Eom. 1987. Wood Identification of the veneer species that grow in Korea. II. Wood characteristics and identification by the microscopic features. *Mokchae Konghak* 15(1): 22~55
 14. Lee, P. W., Y. G. Eom and Y. J. Chung. 1987. The distribution and shape of crystals in the xylem of Korean hardwoods. *Mokchae Konghak* 15(4): 1~11
 15. Tippo, O. 1938. Comparative anatomy of the Moraceae and their presumed allies. *Bot. Gaz.* 100: 1~99
 16. Wheeler, E. A. and P. Baas. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *AWA Bull. n.s.* 12(3): 275~332.
 17. Yamabayashi, N. 1938. Identification of Korean woods. Gov.-Gen. Chosun. Bull. For. Exp. Sta.
 18. Yim, Y. J. 1977a. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Japan J. Ecol.* 27: 177~189
 19. Yim, Y. J. 1977b. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate. *Japan J. Ecol.* 27: 269~278
 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. *Japan J. Ecol.* 25: 77~88.
 21. Yim, Y. J. and T. Kira. 1976. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. II. Distribution of climatic humidity/aridity. *Japan J. Ecol.* 26: 157~164
 22. Zhang, S. Y. 1992. Wood anatomy of the Rosaceae. Ph.D. Thesis. Leiden University, The Netherlands.
 23. 金在慶. 1985. 韓國產 闊葉樹材의 放射組織에 關한 研究. 慶尙大學校 大學院 博士學位 論文
 24. 김재우, 김유정, 박상진. 1994. 국산 활엽수재 나선 비후의 분포특성. 목재공학 22(3): 39~44
 25. 朴相珍, 蘇雄永. 1984. 韓國產 木本植物에 對한 系統分類學의 研究. - 녹나무科 樹幹의 木材解剖 -. 식물학회지 27(2): 81~94
 26. 山林廳 林業研究院. 1987. 韓國樹木圖鑑. 林業研究院
 27. 蘇雄永, 朴相珍. 1985. 韓國產 木本植物에 對한 系統分類學의 研究. - 목련科, 붓순나무科 및 오미자科의 比較木部解剖 -. 식물학회지 28(4) : 271~284
 28. 蘇雄永, 官炳燾. 1986. 韓國產 木本植物에 對한 系統分類學의 研究. - 차나무科의 木材比較解剖 -. 식물학회지 29(4): 317~327
 29. 蘇雄永, 韓京植. 1985a. 數種의 韓國產 자작나무科 植物에 있어서 뿌리와 줄기의 二期木部の 比較解剖. 식물학회지 28(2): 127~140
 30. 蘇雄永, 韓京植. 1985b. 물오리나무와 사방오리나무에 있어서 導管要素 및 纖維의 寸數 變異. 식물학회지 28(1): 9~20
 31. 李弼宇. 1994. 韓國產 木材의 構造. - 顯微鏡의 解剖 -. 正民社, 서울
 32. 李昌福. 1985. 大韓植物圖鑑. 鄉文社, 서울
 33. 정태현, 이우철. 1965. 한국삼림식물대 및 적지적수론. 성균관대학 논문집 10: 329~435
 34. 韓哲洙. 1986. 主要散孔材 構成要素의 放射方向 變動에 關한 研究. 全南大學校 大學院 博士學位 論文