

韓國產 散孔材의 解剖學的 特性에 관한 比較研究(Ⅱ)*¹

—Habit과 Phenology에 따른 特性—

정 연 집 · 이 필 우²

Comparative Anatomy of Diffuse-Porous Woods Grown in Korea(Ⅱ)*¹

—Characteristics by Habit and Phenology—

Youn-Jib Chung · Phil-Woo Lee²

ABSTRACT

The frequency distribution diagrams of Korean diffuse-porous woods, 36 families, 75 genera, 145 species, 215 specimens in relation to habit and phenology were analyzed.

As the habit character changes from shrub to tree, such quantitative features as vessel frequency, percentage of solitary vessels, length/diameter(L/D) ratio of vessel element decreased but tangential vessel diameter, fiber length/vessel element length(F/V) ratio increased. Qualitative features such as helical vessel wall thickening, diffuse distribution of longitudinal parenchyma, heterogeneous ray composition decreased, while alternate intervessel pits, libriform wood fiber, simple perforations increase.

As the phenology character changes from evergreen to deciduous species, such quantitative features as percentage of solitary vessels, vessel element length and L/D ratio decreased but tangential vessel diameter, F/V ratio increased. Diffuse distribution of longitudinal parenchyma, heterogeneous ray composition, and crystals in qualitative features decreased, while alternate intervessel pits, libriform wood fiber, simple perforation of vessel element, ray width and ray height increased.

Keywords : Korean diffuse-porous woods, habit, phenology, quantitative features, qualitative features

1. 緒 論

單純相關과 主成分 分析에 의한 韓國產 散孔材의 解剖學的 特性에 관한 第 1報(鄭·李, 1995)에 이어 第 2

報에서는 habit과 phenology에 따른 特性을 규명하고자 하였다. 解剖學的 特性調査는 第 1報에 나타난 바와 같으며 資料分析은 16개의 解剖學的 特性因子들의 度數를 구하여 相對度數 分布特性을 分析하였다.

*1 접수 1995년 7월 12일 Received July 12, 1995

*2 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

2. 結果 및 考察

2.1 導管頻度

Habit에 따른 導管頻度는 灌木에서 喬木으로 감에 따라 감소하는 경향을 보였지만(Fig. 1) phenology에 따른 관계는 미미하여 일정한 경향을 나타내지는 않았다(Fig. 2). Zimmermann(1978), Baas 등(1983) 그리고 Carlquist(1988)의 단위면적당 도관 수의 증가는 中濕性 植生(mesophyte)보다는 乾性 植生(xerophyte)의 특성이며 안전성에 있어 훨씬 유리한 면을 지니고 있다는 결과로 볼 때 한국산 산공재는 habit, 즉 개체의 크기가 증가함에 따라 導管頻度는 작아지므로 통도 안전성 면에서 본다면 灌木이 훨씬 안전한 통도체제를 갖추고 있다고 볼 수 있다.

2.2 孤立導管率

孤立導管率은 Fig. 3과 4에서와 같이 habit이 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 常綠性에서 落葉性으로 감에

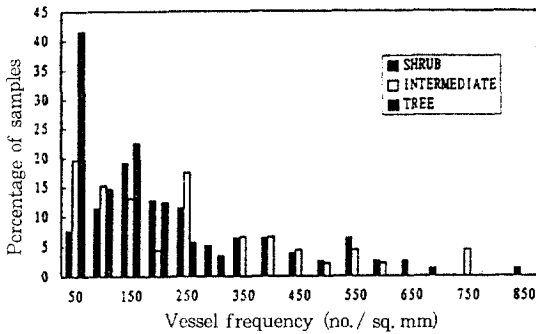


Fig. 1. Habit and vessel frequency

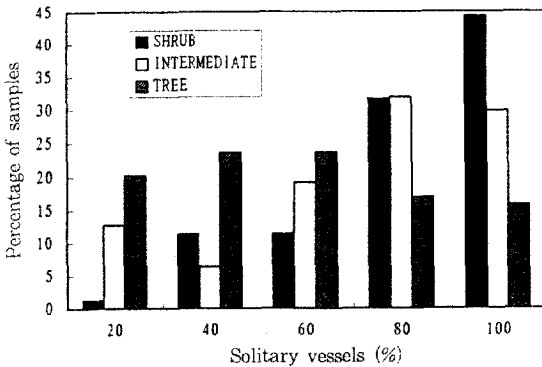


Fig. 3. Habit and percentage of solitary vessels.

따라 孤立導管率이 감소함을 보여주고 있다. 複合導管의 出現率과 거시 기후인자 및 수분 유용성간에는 별다른 상관관계가 없는 것으로 보고된 바 있지만(Van der Graaff & Baas, 1974; Baas & Schweingruber, 1987) 孤立導管은 複合導管보다 생태적으로 불안정하며 複合도관은 통도 안전성면에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려지고 있는데(Carlquist, 1988), 孤立導管率이 증가한다는 것은 複合도관의 수가 감소함을 의미하고 있으므로 喬木이 灌木보다, 落葉性이 常綠性보다 더 안전하다는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 孤立導管率은 식별적 가치가 인정되어 해부학적 특성조사에서 반드시 측정하도록 IAWA(1989)의 목록에 포함되어 있지만 생태학적 목적 해부에서는 Carlquist(1988)의 複合지수(index of vessel grouping)가 권장되고 있는 바 이러한 자료로부터 생태학적 특성을 해석하면 孤立導管率보다는 좋은 결과로 해석되리라 예상된다.

2.3 導管의 接線方向 直徑

導管의 接線方向 直徑은 灌木에서 喬木으로 감에 따라 증가하는 경향을 나타내었고(Fig. 5), phenology에

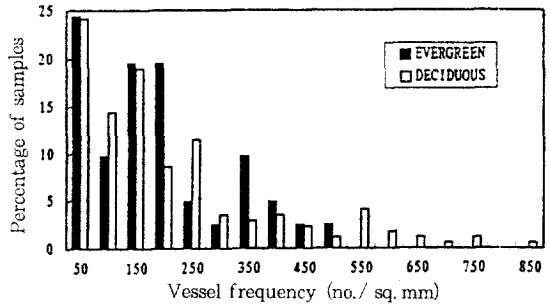


Fig. 2. Phenology and vessel frequency.

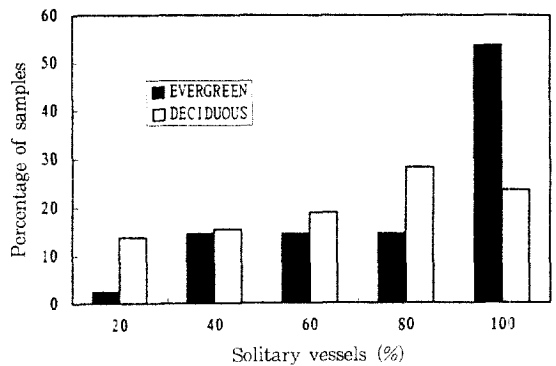


Fig. 4. Phenology and percentage of solitary vessels.

따라서 160 μm 계급구간에 일부 존재하는 常綠性의 가시나무류를 제외한다면 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 도관의 직경은 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 6). 일반적으로 도관의 직경은 통도효율에 있어 매우 중요한 인자로 인식되고 있는데 통도성은 반경의 4제곱에 비례하는 것으로 알려져 있다(Zimmermann, 1983; Gibson *et al.*, 1985). 통도효율과 안전성은 서로 상반되는 현상으로 통도효율의 극대화는 안전성의 취약을 초래하지만 직경이 좁은 도관은 air embolism을 방지하는데 효과적이므로(Zimmermann & Brown, 1971; Ellmore & Ewers, 1985; Ewers, 1985) 직경 증가만을 절대적으로 평가할 수 없으며 환공재를 제외한 본 연구에서 산공재의 접선방향 직경변화가 큰 편이 아니므로 직경증가의 효율성만으로 해석이 가능하다고 생각되었다.

2.4 導管要素의 길이

Habit에 따른 導管要素의 길이변화는 특별한 경향을 나타내지는 않았으나(Fig. 7) phenology에 있어서는 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 미약하지만 導管要素

의 길이가 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 8). 이러한 결과는 캘리포니아산 목본식물은 灌木에서 喬木으로 크기가 증가함에 따라 導管要素의 길이가 짧아진다는 Carlquist와 Hoekman(1985)의 보고와는 상이한 결과를 나타냈으나 본 연구에서는 試材를 散孔材로 한정하였기 때문에 변이가 인정되지 않는 것으로 여겨졌다. Zimmermann(1978, 1983)은 길이에 따른 통도효율과 안전성은 導管要素의 길이가 아니라 導管의 길이이며, 긴 도관일수록 통도효율이 높고 짧은 도관일수록 안전성이 크다는 결과를 발표하였지만 中濕性 植生(mesophyte)에서 乾性 植生(xerophyte)으로 감에 따라 導管要素의 길이가 감소한다는 Dickison 등(1978)과 Baas 등(1983)의 보고와 위도가 증가하면 導管要素의 길이가 감소한다는 Oever 등(1981)과 Dickison과 Phend(1985)의 보고에서와 같이 導管要素의 길이는 생태적으로 차이가 인정되지만 한국산 산공재는 별다른 특성을 나타내지는 않았다. 이는 한반도의 온대기후와 생장이 정지되는 겨울철의 극단적인 생태인자로 인해 導管要素의 길이변화는 크지 않다고 생각되었다.

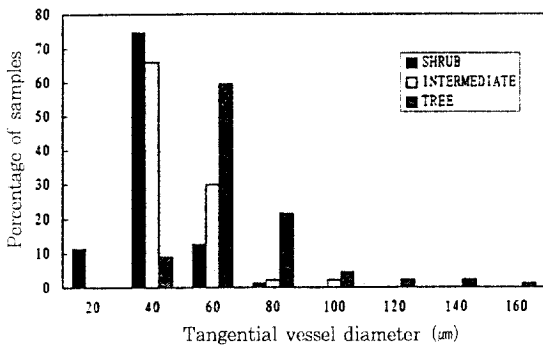


Fig. 5. Habit and tangential vessel diameter.

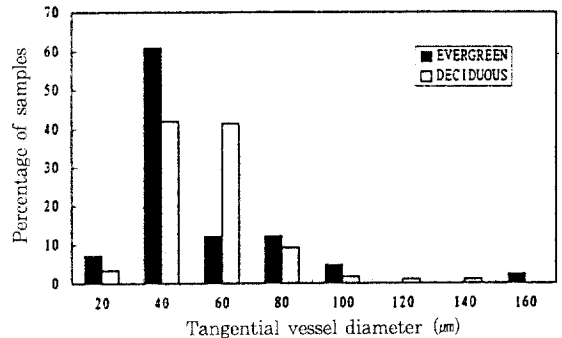


Fig. 6. Phenology and tangential vessel diameter.

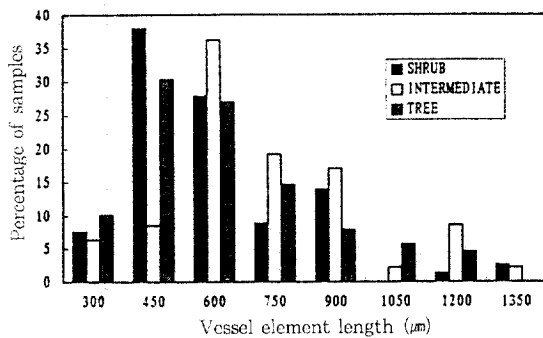


Fig. 7. Habit and vessel element length.

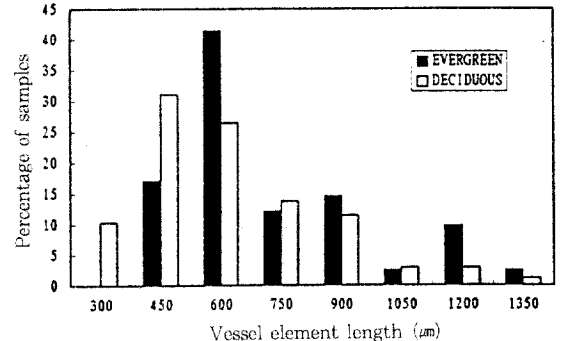


Fig. 8. Phenology and vessel element length.

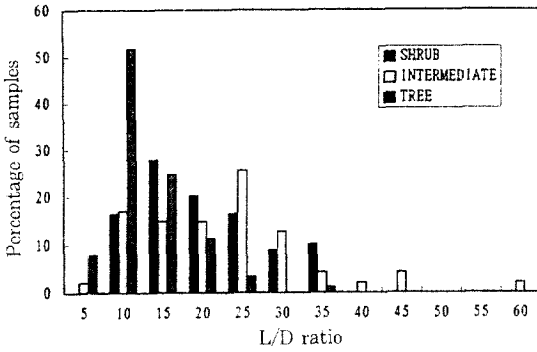


Fig. 9. Habit and L/D ratio.

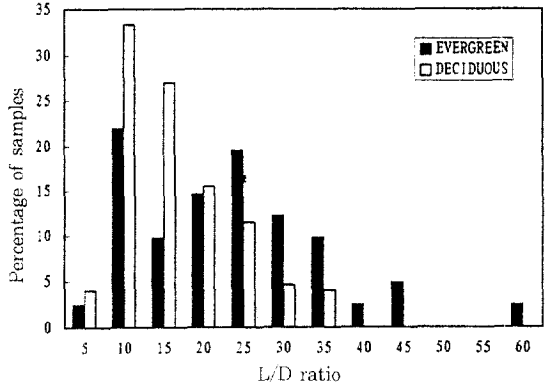


Fig. 10. Phenology and L/D ratio.

2.5 導管要素의 길이 對 直徑의 比(L/D ratio)

L/D ratio는 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나 habit보다는 phenology에 의한 경향이 더 강하였다 (Fig. 9, 10). 생태학적 측면에서 L/D ratio에 대한 연구결과는 혼치 않지만 이러한 결과는 장미과에서 별다른 경향을 보이지 않는다는 Zhang(1992)의 결과와는 상이하고 中濕性 植生(mesophyte)의 喬木과 灌木의 L/D ratio는 乾性 植生(xerophyte)에 비해 크다는 Rury(1985)의 결과로 보면 habit에서 보다 phenology에 있어, 落葉性이 常綠性보다 더 乾性 植生(xerophyte)이라고 여겨졌다.

2.6 導管相互間 壁孔

導管相互間 壁孔은 階段狀과 對狀이 混在하는 형, 對狀과 交互狀이 混在하는 형(對狀만으로 존재하는 형 포함), 交互狀인 것의 세가지형으로 분류하여 경향을 분석하였으며 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 또한 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 交互狀 壁孔은 증가하고 層階

狀 및 對狀壁孔은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 11, 12). 이러한 결과는 신생대 제 3기보다 중생대 백악기의 化石木材에 階段狀 및 對狀 導管相互間 壁孔의 출현이 높고 이러한 경향이 진화와 관련된 생태적 특성으로 간주한 베일리 모델(Wheeler & Baas, 1991)로 볼 때 喬木이 灌木보다, 落葉性이 常綠性보다 생태적으로 더 진화한 형태라 생각되었다.

2.7 木纖維의 길이

Habit과 phenology에 따른 木纖維의 길이변화는 일정한 경향을 나타내지는 않았다. 일반적으로 활엽수재의 木纖維는 支持機能을 전담하고 있으나 그 길이는 habit과 phenology에 의해 영향받는 특성이 아님을 알 수 있었다. 그러므로 지지기능의 변이는 길이에 의한 특성이 아니라고 생각되었다.

2.8 木纖維의 壁孔

木纖維의 壁孔은 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 또한

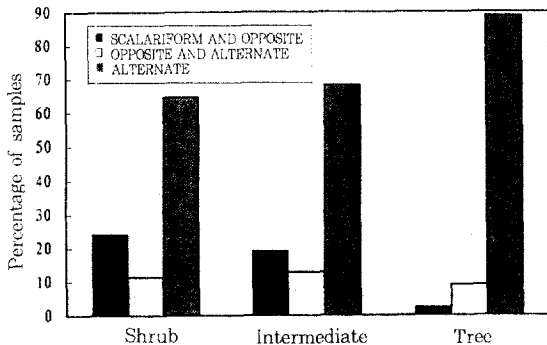


Fig. 11. Habit and intervesSEL pit distribution.

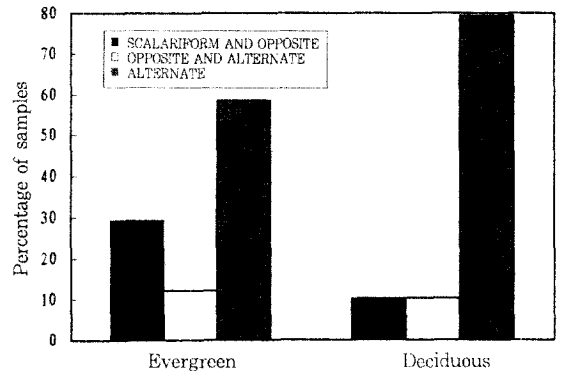


Fig. 12. Phenology and intervesSEL pit distribution.

常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 有緣壁孔은 줄어들고 單壁孔은 증가하여 점점 眞正木纖維化하는 경향을 나타내었다(Fig. 13, 14). 이러한 결과는 진화의 한단계로서 목섬유는 점점 진정목섬유화한다는 베일리 모델(Wheeler & Baas, 1991)과 일치하는 특성으로 한국산 散孔材는 灌木보다 喬木이, 常綠性보다는 落葉性이 더 진화된 樹種이라고 여겨졌다.

2.9 木纖維의 길이對 導管要素 길이의 比(F/V ratio)

F/V ratio는 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 15, 16). Carlquist(1988)는 紡錘形 始原細胞의 길이감소를 진화로 해석하고 F/V ratio의 증가를 木部 進化의 척도로 보았으며, 더욱 진화한 수종일수록 F/V ratio는 크다고 하였다. 또한 대부분의 활엽수재는 F/V ratio가 2.0 내외라고 하였지만 본 연구의 시재인 한국산 散孔材는 1.1에서 4.1까지의 범주에 있었으며 대부분 2.0~3.0 내에 존재하였다. 한반도의 생태적 여건으로 보면 散孔材가 環孔材보다 덜 진화한 것이지만 F/V ratio

는 Carlquist(1988)의 결과에 비해 큰 편에 속한다고 할 수 있었다. 따라서 F/V ratio의 측면에서 보면 한국산 산공재는 喬木이 灌木보다 그리고 落葉性이 常綠性보다 더 진화한 것으로 생각되었다.

2.10 穿孔

穿孔形態는 單穿孔만이 나타나는 형, 單穿孔과 階段狀이 混在하는 형, 階段狀만이 나타나는 형의 3가지로 大別하여 分析하였으며 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 階段狀은 감소하고 單穿孔은 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 17, 18). 穿孔板의 형태에 관해서는 進化的 側面과 生態的 側面에서 많은 연구보고가 있었고(Baas, 1976·1982·1986; Carlquist, 1988). 통도 안전성면에서 階段狀 穿孔은 air embolism을 잡는 기능을 하여 인접한 다른 導管要素로 전이되지 않게 한다는 假說도 제기되었다(Schmid & Baas, 1984). 또한 최근에 이르러 Wheeler와 Baas(1991)는 중생대 백악기에서부터 현재에 이르기까지 화석목재와 현존하는 목재의 연구결과와 穿孔形態의 진화에 있어 베

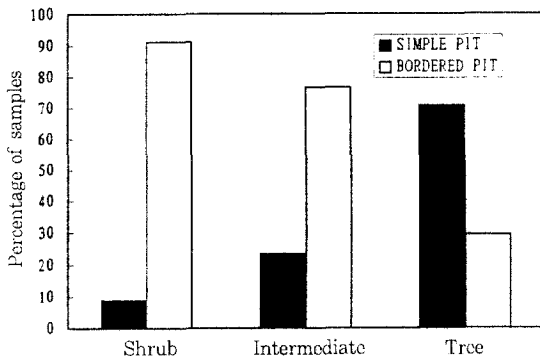


Fig. 13. Habit and fiber pit.

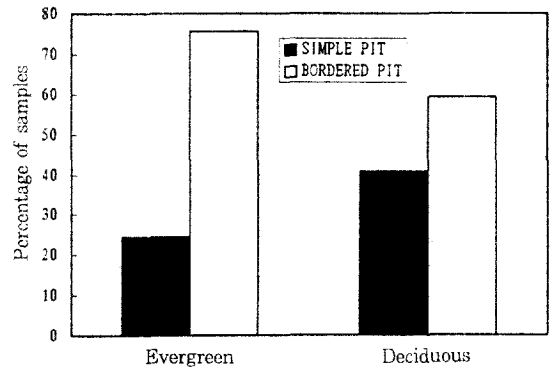


Fig. 14. Phenology and fiber pit.

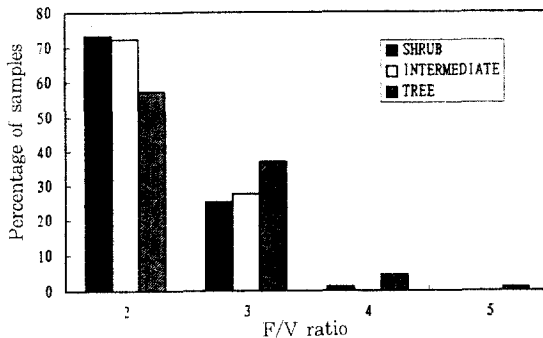


Fig. 15. Habit and F/V ratio.

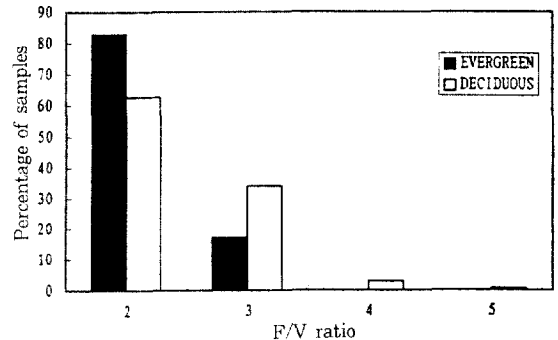


Fig. 16. Phenology and F/V ratio.

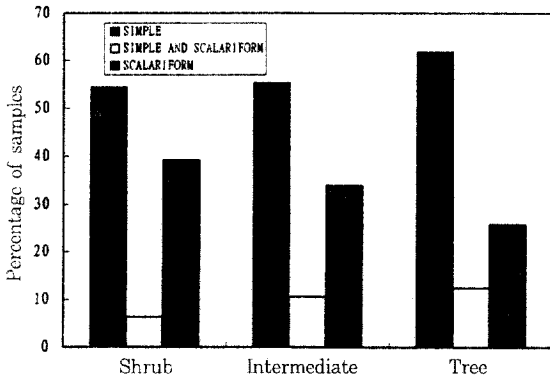


Fig. 17. Habit and perforation.

일리 모델의 타당성을 입증한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 試材가 散孔材로 한정되었다는 점을 감안하면 穿孔板의 형태는 進化的 側面에서 뿐만 아니라 通導의 安全性面에서 고찰되어야 하며 Fig. 17과 18에서와 같이 천공형태가 habit인자나 phenology인자에 의해 3가지 형태중 어느 하나가 소멸하는 것이 아니라 다만 그 구성이 변하는 것으로 보아 habit은 進化的 側面으로, phenology는 安全性 側面으로 解析하는 것이 타당하다고 思考된다.

2.11 螺旋肥厚

導管要素의 螺旋肥厚 존재는 灌木에서 喬木으로 감에 따라, 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 出現率이 감소하는 경향을 나타내었지만 phenology에 따라서는 그 차이가 미미하였다(Fig. 19, 20). 이러한 螺旋肥厚에 관해서는 거시기후인자와 수분이용성과 같은 생태학적 특성으로 많은 연구가 진행되었고(Baas *et al.*, 1983 ;

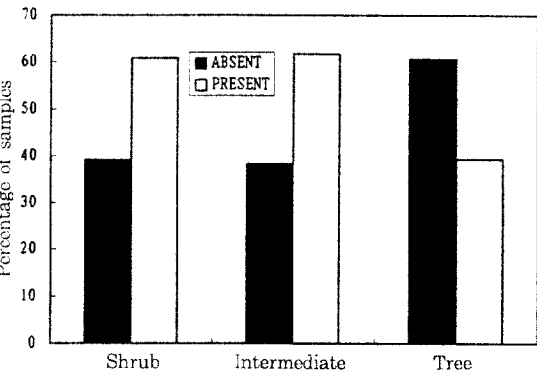


Fig. 19. Habit and helical vessel wall thickening.

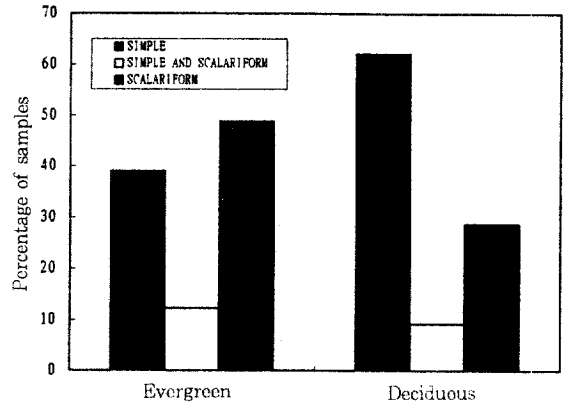


Fig. 18. Phenology and perforation.

Carlquist, 1988 ; Graaff & Baas, 1974 ; Oever *et al.*, 1981 ; Wheeler & Baas, 1991) habit에 관해서는 아무런 상관관계가 존재하지 않는다는 보고도 있지만(Baas & Schweingruber, 1987), 乾性 植生(xerophyte)으로 감에 따라 出現빈도가 많은 점(Carlquist & Hoekman, 1985), 導管要素 內腔의 表面積이 증대되어 수분과의 결합을 증대시킨다는 가설(Carlquist, 1983)과 螺旋肥厚의 존재가 통도성을 증진시킨다는 가설(Jeje & Zimmermann, 1979)을 토대로 할 때 螺旋肥厚의 일반적 존재특성과는 상이한 것으로 보여졌다. 하지만 溫帶産材의 導管要素 內壁에 螺旋肥厚의 존재가 흔히 발견되고 국산재 중에도 그 出現율이 40% 정도로 비교적 높은 점(金等, 1994) 그리고 第1報의 相關分析(鄭·李, 1995)에서 螺旋肥厚는 導管頻度を 제외하고는 相關關係가 존재하지 않는 결과로 보아 散孔材의 螺旋肥厚 存在特性은 habit과 phenology에 따른 특성으로는 생각되지 않았다.

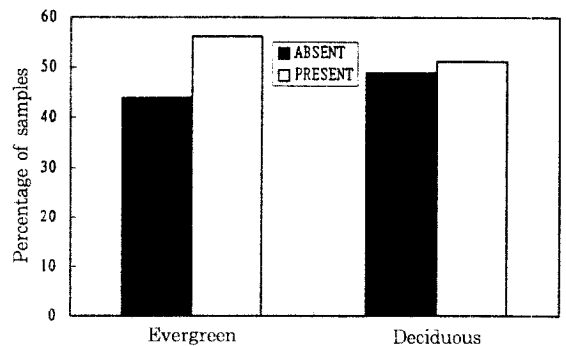


Fig. 20. Phenology and helical vessel wall thickening.

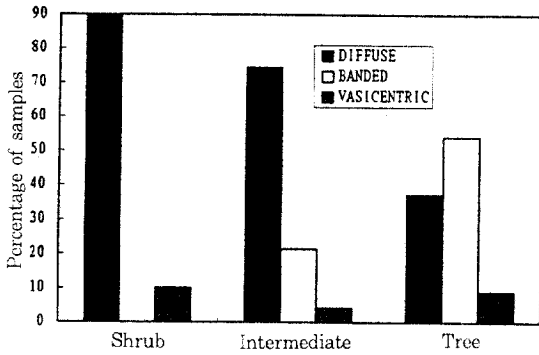


Fig. 21. Habit and longitudinal parenchyma distribution.

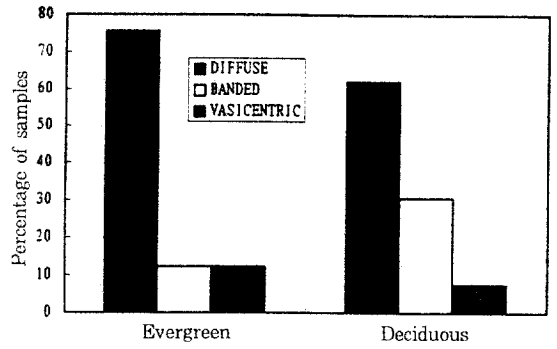


Fig. 22. Phenology and longitudinal parenchyma distribution.

2. 12 軸方向 柔組織

軸方向 柔組織은 獨立柔組織으로서 散在狀, 短接線狀, 隨伴柔組織으로서 隨伴散在狀, 周圍狀, 翼狀, 聯合翼狀, 帶狀 柔組織으로서 帶狀 및 終末狀으로 분류되나 (IAWA, 1989) 한국산 산공재는 산재상과 수반산재상이 혼재하는 경우가 많으므로 산재상과 수반산재상을 散在狀型에, 익상과 연합익상은 周圍狀型에 그리고 대상과 종말상을 帶狀型으로 각각 大別하여 분석하였다. Habit에 있어 灌木에서 喬木으로 감에 따라 대상형은 증가하지만 산재상형은 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났고(Fig. 21) phenology에 있어서도 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 대상형은 증가하고 산재상형은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 22).

이러한 결과는 베일리 모델에서 軸方向 柔組織은 獨立柔組織에서 隨伴柔組織 또는 帶狀柔組織으로 진화해 간다는 가설과 온대보다는 열대 및 아열대지역의 수종이 隨伴柔組織이 발달하는 進化的 特性을 보인다는 Braun(1984)의 연구결과와 중생대 백악기보다는 신생대 제 3기에서 익상과 연합익상 유조직의 출현빈도가 높다는 화석목재

의 연구결과(Wheeler & Baas, 1991)의 관점에서 보면 散孔材는 下等的 柔組織 體系를 가지고 있으나 habit과 phenology에 따라 그 구성정도에 진화적 특성이 가미된 것으로 喬木이 灌木보다, 落葉性이 常綠性보다 좀더 진화된 특성을 보이는 것으로 여겨졌다.

2. 13 放射組織의 폭과 높이

放射組織의 폭과 높이에 있어 habit에 따른 특성은 인정되지 않았으나 phenology에 있어 常綠性에서 落葉性으로 감에 따라 폭과 높이가 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 23~26). 생태학적 목재해부가 주로 導管要素의 특성에 주안점을 둔 통도적 특성규명에 주력해 왔던 바 양분대사에 영향받을 것으로 예견되는 放射組織의 특성에 관한 연구는 상대적으로 미약했지만 Graaff와 Baas(1974) 및 Oever 등(1981)은 위도가 증가함에 따라 放射組織의 높이가 감소하는데 그 이유를 위도증가에 따른 식물의 크기가 감소하기 때문이라고 하였다. 그러나 한국산 散孔材는 habit에 따른 放射組織의 폭과 높이의 변화는 나타나지 않았고 다만 phenology에 따라 차이가 인정되었는

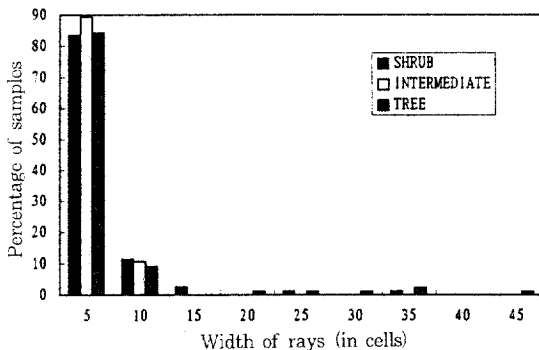


Fig. 23. Habit and width of rays.

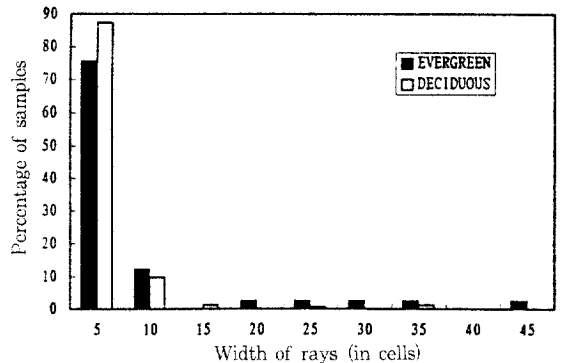


Fig. 24. Phenology and width of rays.

데 이는 常綠性이 落葉性보다 生長기간이 길기 때문에 養分代謝期間이 길어져 나타나는 현상이라고 생각되었으며 이러한 양분대사와 放射組織間 特性糾明에 좀 더 연구가 필요하다고 여겨졌다.

2. 14 放射組織의 構成

放射組織의 構成特性 分析에는 크게 異性型和 同性型으로 구분하고 同性型에 異性 III型이 가미된 中間型을 포함하여 3가지로 분류하여 분석하였다. Habit과 phe-

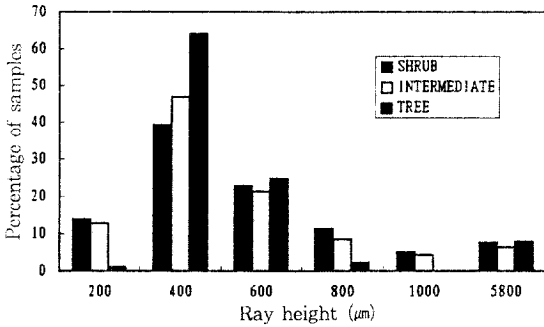


Fig. 25. Habit and ray height.

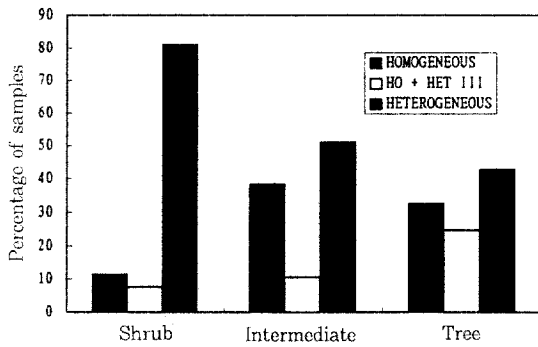


Fig. 27. Habit and ray composition.

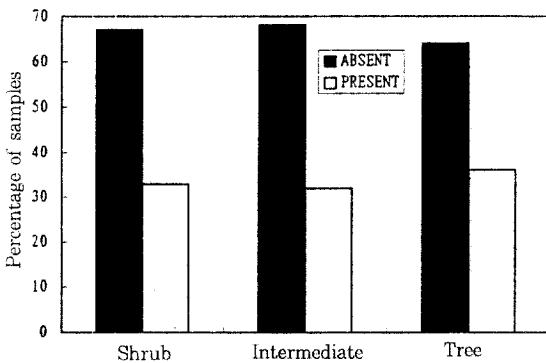


Fig. 29. Habit and crystals.

nology에 따른 放射組織의 構成은 灌木에서 喬木으로 habit이 변해감에 따라 異性型은 감소하였고 常綠性에서 落葉性으로 phenology가 변해감에 따라 同性型은 증가하고 異性型은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 27, 28). 일반적으로 베일리 모델에 있어 放射組織은 異性型에서 同性型으로 진화해 나가는 것으로 간주되었지만

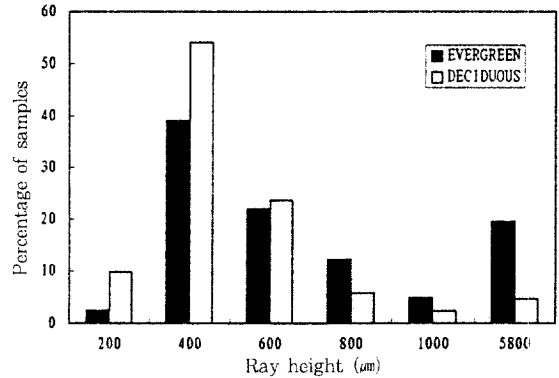


Fig. 26. Phenology and ray height.

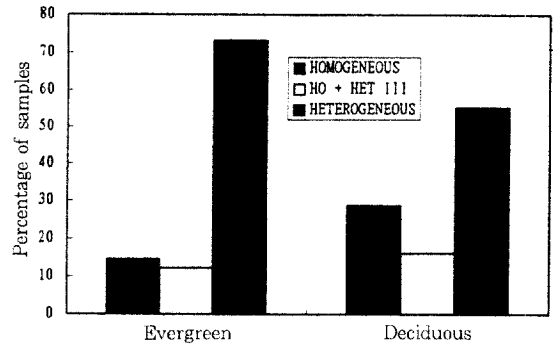


Fig. 28. Phenology and ray composition.

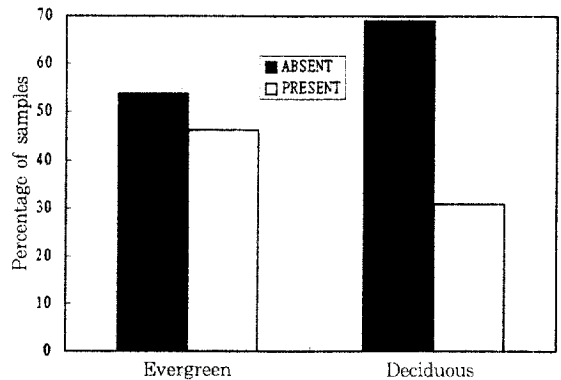


Fig. 30. Phenology and crystals.

Wheeler와 Baas(1991)는 지질시대에 따라서 또한 열대에서 온대로 거시기후인자가 변함에 따라서도 뚜렷한 경향은 나타나지 않는 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 habit과 phenology에 따라 異性型이 감소하는 경향을 나타내어 어느정도 베일리 모델에 적합한 특성을 나타내는 것으로 간주되었다.

2.15 結 晶

Habit에 따른 결정존재의 특성은 나타나지 않았으나 (Fig. 29), 常綠性에서 落葉性으로 phenology가 변함에 따라 結晶이 존재하는 경향이 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 30). 終末狀 柔組織의 스트랜드 柔細胞내에 鎖狀結晶이 존재하는데 있어 年輪內의 성장상태와 연관이 있다는 보고(Gourlay & Kanowski, 1991)와 온대에서 난대로 감에 따라 結晶이 자주 관찰된다는 결과와 생태학적 특성간의 상관관계가 비록 인정된다 하더라도(Zhang, 1992), 그 기작이나 가설은 아직 연구보통된 바 없으므로 結晶과 생태적 특성간의 관계는 좀 더 연구가 필요한 것으로 여겨졌다.

3. 結 論

韓國産 散孔材 36科 75屬 145種 215個體로부터 解剖學的 特性을 調査하여 habit과 phenology에 따라 分析한 結果로부터 한국산 散孔材의 해부학적 特性을 결론지으면 다음과 같다.

灌木에서 喬木으로 habit이 변함에 따라 수량적으로 導管頻度, 孤立導管率 및 導管要素의 길이 對 直徑의 比(L/D ratio)는 감소하지만 導管의 接線方向 直徑, 木纖維의 길이 對 導管要素 길이의 比(F/V ratio)는 증가하는 경향을, 조직적으로는 螺旋肥厚, 散在狀型 軸方向 柔組織, 異性型 方射組織은 감소하고 導管相互間 交互狀 壁孔, 眞正木纖維, 單穿孔이 증가하는 경향을 나타내었다.

또한 常綠性에서 落葉性으로 phenology가 변함에 따라 수량적으로 孤立導管率, 導管要素의 길이, L/D ratio는 감소하지만, 接線方向 導管直徑, F/V ratio는 증가하고 조직적으로 散在狀型 軸方向 柔組織, 異性型 放射組織, 結晶은 감소하는 반면, 導管相互間 交互狀 壁孔, 眞正木纖維, 單穿孔, 放射組織의 폭과 높이가 증가하는 특성을 나타내었다.

Habit과 phenology에 따른 散孔材의 解剖學的 特性은 서로 유사한 경향을 나타내어 교목이 관목보다, 落葉性이 常綠性보다 더욱 진화된 木部進化的 特性과 生態解

剖學的으로 잘 적응된 特性을 보였다. 하지만 habit에 있어 導管頻度 및 螺旋肥厚의 出現減少와 phenology에 있어 導管要素의 길이와 結晶의 出現減少에서 서로 다른 特性을 나타내어 habit과 phenology에 따라 차이가 존재함을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. Baas, P. 1976. Some functional and adaptive aspects of vessel member morphology. *In*: P. Baas, A. J. Bolton and D. M. Catling (eds.), Wood structure in biological and technological research. Leiden Botanical Series No. 3. Leiden Univ. Press. Leiden : 157~181
2. Baas, P. 1982. Systematic, phylogenetic, and ecological wood anatomy. -History and perspectives-. *In*: P. Baas (ed.), New perspectives in wood anatomy. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, The Hague : 23~58
3. 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 : 327~349
4. Baas, P., E. Werker and A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull. n.s.* 4(2~3) : 141~159
5. Baas, P. and F. H. Schweingruber. 1987. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *IAWA Bull. n.s.* 8(3) : 245~274
6. Braun, H. J. 1984. The significance of the accessory tissues of the hydrosystem for osmotic water shifting as the second principle of water ascent. with some thoughts concerning the evolution of trees. *IAWA Bull. n.s.* 5(4) : 275~294
7. Carlquist, S. 1983. Wood anatomy of Onagraceae: Further species: root anatomy: significance of vested pits and allied structures in dicotyledons. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 69 : 755~769
8. Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag. Berlin

9. Carlquist, S. and D. A. Hoekman. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. *IAWA Bull. n.s.* 6(4) : 319~347
10. Dickison, W. C. and K. D. Phend. 1985. Wood anatomy of the Styracaceae: Evolutionary and ecological considerations. *IAWA Bull. n.s.* 6(1) : 3~22
11. Dickison, W. C., P. M. Rury and G. L. Stebbins. 1978. Xylem anatomy of Hibbertia (Dilleniaceae) in relation to ecology and evolution. *J. Arnold Arboretum* 59(1) : 32~49
12. Ellmore, G.S. and F.W. Ewers. 1985. Hydraulic conductivity in trunk xylem of elm, *Ulmus americana*. *IAWA Bull. n.s.* 6 : 303~307
13. Ewers, F. W. 1985. Xylem structure and water conduction in conifer trees, dicot trees, lianas. *IAWA Bull. n.s.* 6 : 309~317
14. Gibson, A. C., H. W. Calkin and P. S. Nobel. 1985. Hydraulic conductance and xylem structure in tracheid-bearing plants. *IAWA Bull. n.s.* 6 : 293~302
15. Gourlay, I. D. and P. J. Kanowski. 1991. Marginal parenchyma bands and crystalliferous chains as indicator of age in African *Acacia* species. *IAWA Bull. n.s.* 12(2) : 187~194
16. Graaff, N. A. van der and P. Baas. 1974. Wood structure in relation to latitudinal and altitudinal distribution. *Blumea* 22 : 101~121
17. IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n.s.* 10(3) : 219~332
18. Jeje, A. A. and M. H. Zimmermann. 1979. Resistance to water flow in vessels. *J. Exp. Bot.* 30 : 817~827
19. Oever, L. van den, P. Baas and M. Zandee. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. *IAWA Bull. n.s.* 2 : 3~24
20. Rury, P. M. 1985. Systematic and ecological wood anatomy of the Erythroxylaceae. *IAWA Bull. n.s.* 6(4) : 365~397
21. Schmid, R. and P. Baas. 1984. The occurrence of scalariform perforation plates and helical vessel wall thickening in wood of Myrtaceae. *IAWA Bull. n.s.* 5(3) : 197~215
22. 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. *IAWA Bull. n.s.* 12(3) : 275~332
23. Zhang, S. Y. 1992. Wood anatomy of the Rosaceae. Ph.D. Thesis. Leiden University, Netherlands
24. Zimmermann, M. H. 1978. Structural requirements for optimal water conduction in tree stems. In : Tomlinson P. B. and M. H. Zimmermann. (eds.), *Tropical trees as living systems*. Cambridge Univ. Press : 517~532
25. Zimmermann, M. H. 1983. Xylem structure and the ascent of sap. Springer-Verlag, Berlin
26. Zimmermann, M. H. and C. L. Brown. 1971. *Trees : Structure and function*. Springer-Verlag, Berlin
27. 김재우, 김유정, 박상진. 1994. 국산 활엽수재 나선 비후의 분포특성. *목재공학* 22(3) : 39~44
28. 정연집, 이필우. 1995. 韓國産 散孔材의 解剖學的 特性에 관한 比較研究(1). - 單純相關과 主成分 分析에 의한 特性 -. *목재공학* 23(4) : 46~53