

韓國產 참나무과 樹種의 導管構造에 關한 研究(Ⅱ) －導管壁의 修飾構造－

李成宰* · 李元用**

A Study on the Vessel Structure of Fagaceae Species in Korea (Ⅱ) —Micromorphology of Vessel Wall Sculpture— Sung Jae Lee* · Won Yong Lee**

SUMMARY

This study was carried out to investigate the micromorphology of vessel wall sculpture such as shape of perforation plate, perforation rim, steepness of perforation plate, occurrence of vestured pit, warty layer and ray-vessel pitting on 13 species of Fagaceae in Korea.

The results were summarized as follows:

1. In the species examined, all sample species except *Fagus crenata* var. *multinervis* have simple perforation plate. But *Fagus crenata* var. *multinervis* has simple and scalariform perforation plate (it was called to combination perforation plate) in a tree stem.
2. The shapes of perforation rim could be classified into five types: Type A without tail, Type B with small tail on both sides, Type C with long tail on both sides, Type D with tail only one side and Type E with the very short interval between perforations. Among five types, Type B and C have higher frequency of distribution than the others.
3. The steepness of perforation plate measured was about 20 degree on pore zone and 43 degree on outside parts of pore zone.
4. Species with vestured pit were *Q. aliena*, *Q. dentata*, *Q. variabilis*, *Fagus crenata* var. *multinervis*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, and *Q. glauca*. But the extent of vesturing was very slight and vestured pits were observed mainly in ray-vessel pit of some vessel elements.
5. Species with warty layer on the inner surface wall of all vessel elements were *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, *Q. glauca*, *Fagus crenata* var. *multinervis* and species with warty layer of some vessel elements were *Q. aliena*, *Q. dentata*, *Q. variabilis*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*.
6. Species with palisade ray-vessel pit were *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, *Q. glauca*, *Castanea crenata*, *Castanea bungeana*, *Q. aliena*, *Q. serrata*, *Q. mongolica*, and species with scalariform ray-vessel pit was *Fagus crenata* var. *multinervis* and species with oval ray-vessel pit were *Q. dentata*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*.

* 江原大學校 大學院 林產加工學科 : Dept. of Wood Science and Technology, Graduate School,
Kangweon Nat'l. Univ.,

** 江原大學校 林科大學 林產加工學科 教授 : Dept. of Wood Science and Technology, College of Forestry, Kangweon Nat'l. Univ.,

1. 緒 言

참나무科의 樹種은 全世界的으로 6屬 600種이 兩半球의 亞熱帶로부터 溫帶까지 넓게 分布되고 있는데 우리나라에는 4屬 15種이 生育되고 있는 것으로 알려져 있다. 그런데 *Fagus*屬은 울릉도에만 국한되어 있고, *Castanopsis*屬은 주로 南部地方에서 生育되고 있으며 *Castanea*屬과 *Quercus*屬은 全國的으로 分布되어 있다. 이 가운데 *Quercus*屬은 우리나라 天然 開葉樹材의 約 70%를 占有하고 있는 가장 重要한 樹種으로서 育種, 繁殖, 利用등에 關한 참나무資源의 綜合的 利用 開發에 많은 관심을 기울이고

있다.¹²⁾

특히 *Quercus*屬의 樹種은 그 生產量이 많고 그 材質이 비교적 硬固하며 強度가 크고 材面은 重厚한 觸感을 주고 있어 여러用途에 많이 使用되고 있다. 즉 器具材를 비롯한 農機具材, 枕木, 車輪材, 船舶材, 運動具材, 薪炭材, 亞고골목 등으로 使用되고 있다. 더욱이 이 樹種은 組織的으로 放射組織이 매우 발달되어 있어 (廣放射組織), 放射斷面에서는 아름다운 虎班紋理가 出現되고 있으므로 內裝材나 壁面材등의 무늬 목으로 愛用되고 있다. 특히 이 樹種은 導管內에 Tylosis가 발달되어 있어 外國에서는 포도酒나 洋酒를 製造하여 長期間 貯藏하는 tank用材

Table 1. Characteristics of materials examined.

Scientific name	Korean name	D.B.H(cm)	Age (years)	Locality
<i>Quercus mongolica</i> Fischer	신갈나무	28	35	163 Dukduweon Chunsunggun, Kangweondo
<i>Quercus aliena</i> Blume	갈참나무	27	37	2 Bongmyung Chunsunggun, Kangweondo
<i>Quercus dentata</i> Thunb	떡갈나무	31	38	163 Dukduweon Chunsunggun, Kangweondo
<i>Quercus serrata</i> Thunb	졸참나무	25	37	163 Dukduweon Chunsunggun, Kangweondo
<i>Quercus variabilis</i> Blume	굴참나무	29	41	163 Dukduweon Chunsunggun, Kangweondo
<i>Quercus acutissima</i> Carruthers	상수리나무	28	35	163 Dukduweon Chunsunggun, Kangweondo
<i>Fagus crenata</i> var. <i>maltinervis</i> (NAK) T Lee	너도밤나무	—	—	Wood sample room
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc	밤나무	28	21	Sanongdong chunchun, Kangweondo
<i>Castanea bungeana</i> Blume	약밤나무	—	—	Wood sample room
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i> Naka	구실잣밤나무	—	—	Wood sample room
<i>Quercus acuta</i> Thunb	붉가시나무	—	—	Wood sample room
<i>Quercus stenophylla</i> Makino	참가시나무	—	—	Wood sample room
<i>Quercus glauca</i> Thunb	종가시나무	—	—	Wood sample room

로 아주 각광을 받고 있으며 독일에서는 開葉樹材의 대표적인 樹種으로서 樹幹도 針葉樹材와 거의 똑같이 通直하게 撫育되고 있다.

따라서 本 研究에서는 우리나라의 有用闊葉樹材중 가장 重要한 참나무科 樹種에 대한 合理的인 利用과 또한 樹種間 識別을 도모하기 위한 基礎資料를 얻기위하여 주로 導管構造에 關하여 調査하였으며 本 報에서는 前報(I)에 이어 穿孔板의 構造, 穿孔緣의 形態, 穿孔板의 傾斜度등을 測定하였으며 導管壁의 微細構造인 vestured pit, warty layer 그리고 導管放射組織間 壁孔 등 導管壁 修飾構造에 대하여 調査研究하였다.

2. 材料 및 方法

1. 供試木

本 研究를 實시하기 위한 供試木은 강원도 춘성군 서면 덕두원리 163번지와 本 大學校 演習林에서 採取 하였으며 供試木의 概要는 Table 1과 같다.

2. 供試片 製作

1) 供試片

採取한 樹種들의 圓板을 깨끗하게 포삭하고 年輪이 비교적 安定된 部位에서 $1.5 \times 1.5 \times 2.0$ cm의 block을 製作하였으며, 製作된 block을 물과 glycerin(2:1)과의 混合液에 넣고 自動溫度 調節裝置가 附着된 電氣加熱式 oil bath로 $135 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 加熱하여 밤나무, 너도밤나무, 가시나무亞屬은 6시간 上수리나무類와 졸참나무類는 8시간 軟化處理한후 蒸溜水에 2일간 浸漬시켜 두었다. 이 供試片들을 sliding microtom

을 사용하여 $9 \times 9 \times 15$ mm되게 trimming한후 $8 \times 8 \times 5 \sim 6$ mm로 SEM用 試片을 製作하였다. 이 試片을 알콜계열로 脱水한후 먼지가 묻지 않도록 plastic box에 넣고 氣乾狀態에서 乾燥 시켰다.

2) 切片의 蒸着

일반적으로 유리, 纖維 또는 高分子材料나 식물의 대부분은 非導電性이기 때문에 그대로 SEM으로 觀察하려고 하여도 帶電現象(charge up)에 의한 像의 장애가 일어나 觀察하기가 어렵다.

따라서 本 研究에서는 上記와 같은 方法으로 製作된 切片을 SEM用 시료대에 導電性接着濟로 接着시킨 다음 ion sputter coater를 사용하여 金으로 蒸着시켰다. 이때 사용한 ion sputter coater는 SEM auto coating unit E 5200으로서 18mA의 電流로 約 2分間 蒸着하여 蒸着膜의 두께가 約 360\AA 이 되도록 調節하였다.

3. 測定 方法

1) 光學顯微鏡을 利用한 觀察 및 測定

導管要素의 穿孔板 및 穿孔緣의 形態를 調査하기 위해 各 樹種에 대해 孔圈部와 孔圈外의 部分으로 區分하여 解離시킨 導管要素들을 일시 präparat을 만들어 光學顯微鏡(200X)으로 觀察 조사하였으며 穿孔板의 傾斜度는 解離시킨 導管要素들을 光學顯微鏡을 이용하여 寫眞을 摄影하고 導管要素의 直角方向과 穿孔板 緣邊部分의 傾斜方向과의 角度를 測定하여 穿孔板의 傾斜度로 나타내었다.

2) 走査 電子顯微鏡을 利用한 觀察

金으로 蒸着된 試片을 SEM(Cambridge Stereoscan 200)으로 檢鏡하면서 導管放射組

織間 壁孔, warty layer, vested pit 等과 같은 導管壁의 修飾構造에 대하여 觀察 調査하였다.

3. 結果 및 考察

1. 穿孔板의 形態

穿孔板은 導管要素 이외의 開葉樹材 構成要素에는 존재하지 않는 構造로서 開葉樹材가 가지고 있는 중요한 要素中의 하나이다. 國際木材解剖用語集에 의하면 穿孔板은 導管內에 있어서의 두개의 導管要素가 서로 유합하는 細胞壁面에 대한 편의상의 用語로 定義 되어 있다.

따라서 本 研究의 참나무科 樹種에 대한 穿孔板의 形態를 觀察한 結果는 Fig. 4과 같이 참나무屬, 밤나무屬, 및 구실잣밤나무屬 등의 樹種에서는 모두 單穿孔으로서 上, 下의 穿孔이 완전히 對를 形成하고 있다. 그러나 너도밤나무에 있어서는 同一個體內에서 單穿孔으로 出現할 때도 있으며 달리 階段穿孔 (Fig. 5)으로 出現할 때도 있다. Meylan Butterfield 그리고 Ohtani⁸⁾와 Ishida에 依하면 상대하고 있는 두 개의 穿孔의 形態가 크기가 다르며 對를 形成하지 않고 위의 穿孔은 單穿孔이며 아래쪽의 穿孔은 階段穿孔으로 출현하는 것을 combination perforation plate 이라 부르고 있다. 또한 이 너도밤나무의 階段穿孔은 경우에 따라서는 階段의 形態가 매우 불안정하게 나타나는 경우가 있으며 (Fig. 6) 보기에 따라서는 網狀穿孔이 점차 발달되어 階段穿孔을 이루고 있는 것 처럼 생각되고 있다.

한편 Ohtani⁸⁾가 日本產 樹種을 調査한 바에

依하면 너도밤나무屬에서는 單穿孔과 그리고 階段穿孔 등이 모두 觀察되었으며 밤나무屬과 구실잣밤나무屬에서도 單穿孔과 階段穿孔이 모두 出現하는 것으로 報告한 바 있다.

2. 穿孔緣의 形態

紡錘形 始原細胞의 分裂에 의하여 形成된 導管要素는 그 成熟過程의 후반기에 導管要素의 上, 下에 接合되어 있던 壁의 전부 또는 일부가 消失되어 穿孔이 形成된다. 이때 單穿孔이 생길 때에는 穿孔板에 남아있는 緣의 部分이 생기는 데 이것을 보통 穿孔緣(perforation rim)이라 부르고 있다. 그런데 이 穿孔緣의 形態는 多樣 하며 樹種에 따라 다르다.

따라서 Panshin 과 Zeeuw¹⁰⁾는 그 形態를 尖銳한 형태(slender tail), 舌狀의 形態 및 폭이 넓은 形態(broad tail)의 3種類로 區分하고 있으며 또한 朴¹¹⁾等은 위의 3개의 形態 이외에 穿孔緣이 거의 없는 것 등으로 分類하며 研究한 바 있다.

그러나 本 研究에서는 참나무科 樹種의 種, 屬間의 形態的 特性을 좀더 확실히 區分하여 보기 위하여 다음의 5種類의 形態(Fig. 1)로 나누어 屬間의 特性를 考察하였다.

Type A : 上, 下에 모두 거의 緣이 존재하지 않는 것.

Type B : 上, 下 양쪽에 존재하되 緣이 대단히 작은 것.

Type C : 上, 下 양쪽에 존재하되 緣이 길거나 넓은 것.

Type D : 한쪽에만 緣이 존재하는 것.

Type E : 穿孔과 穿孔사이가 짧고, 緣이 길며 폭이 넓고 양쪽에 다 있는 것.

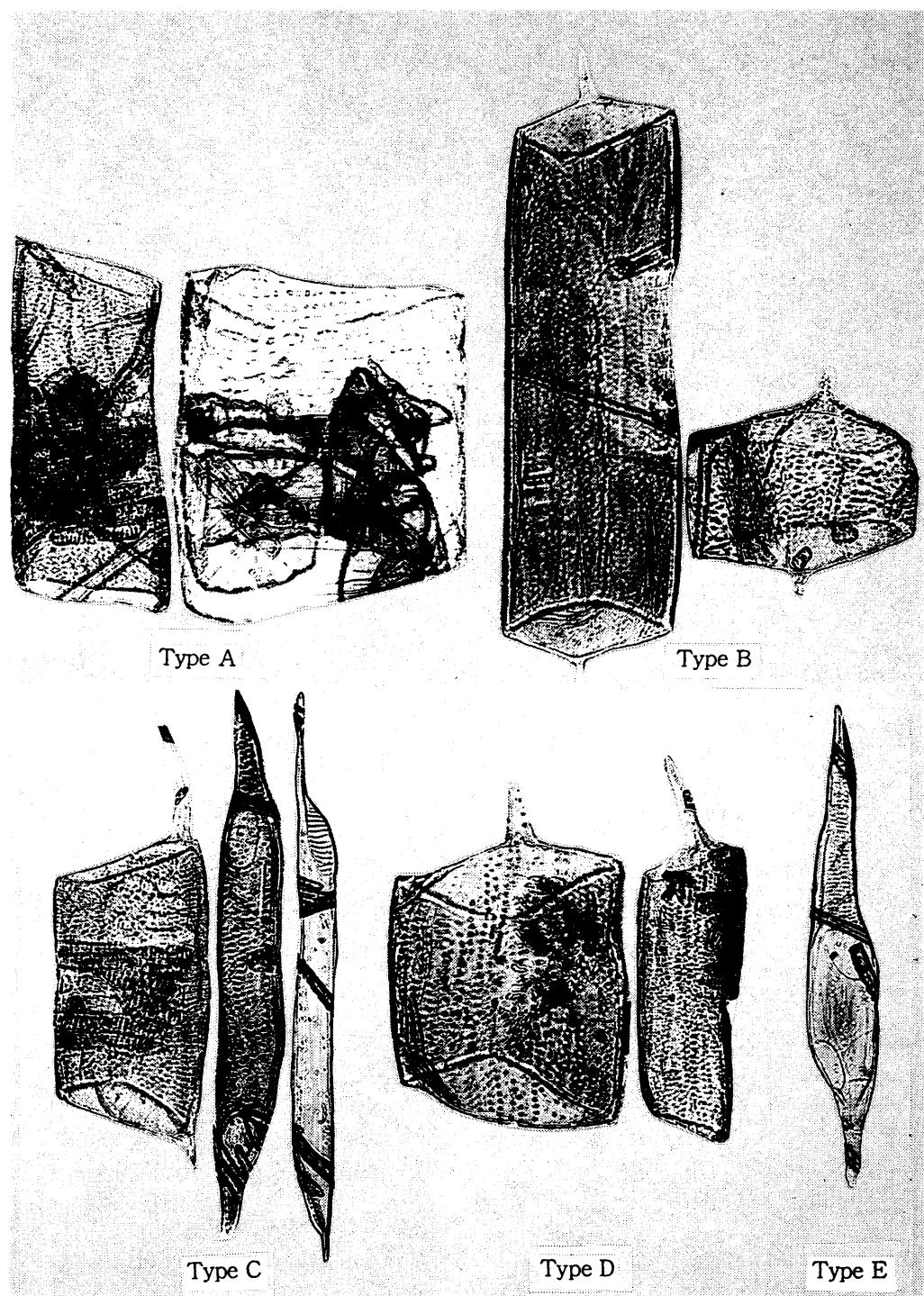


Fig. 1. Types of the perforation rims.

以上과 같은 方法으로 本 研究의 供試材에 대하여 穿孔緣의 分布狀況을 整理한 結果는 Table 2 및 Fig. 2 과 같다. 이 結果를 考察하여 보면 Type B와 Type C의 出現分布가 가장 많으며 Type E의 출현분포가 가장 적음을 알수 있다.

또한 이 穿孔緣의 出現狀態를 樹種別로 나누어 생각하여 보면 먼저 *Quercus*屬中의 상수리

Table 2. Distribution of perforation rim on all sample trees.

Species	Type of perforation rim				
	A(%)	B(%)	C(%)	D(%)	E(%)
<i>Quercus mongolica</i>	8.1	35.1	40.5	16.2	—
<i>Quercus aliena</i>	5.5	30.6	36.1	25.0	2.8
<i>Quercus dentata</i>	6.1	21.2	51.5	21.2	—
<i>Quercus serrata</i>	5.9	35.3	44.1	11.8	2.9
<i>Quercus variabilis</i>	18.2	36.4	15.2	30.3	—
<i>Quercus acutissima</i>	12.2	38.7	22.5	25.8	—
<i>Fagus crenata</i> var. <i>maltinervis</i>	6.7	11.7	53.3	25.0	3.3
<i>Castanea crenata</i>	13.8	31.0	29.3	22.4	3.4
<i>Castanea bungeana</i>	4.9	26.8	51.2	17.1	—
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	10.6	44.7	23.4	19.1	2.1
<i>Quercus acuta</i>	16.2	40.5	10.8	32.4	—
<i>Quercus stenophylla</i>	13.5	56.8	8.1	21.6	—
<i>Quercus glauca</i>	17.6	52.9	5.9	23.5	—

나무類는 穿孔緣이 길게 나타나는 Type C를 나타내는 경향이 대단히 강하였으며 줄참나무類는 穿孔緣이 비교적 작은 Type B의 傾向이 매우 강하였다.

다음 *Fagus*屬인 너도밤나무는 주로 Type C 그리고 *Castanopsis*屬과 가시나무亞屬은 Type B로 나타나는 경향이 많았으며 *Castanea*屬은 좀 일정하지가 못한 느낌이 있었다.

3. 穿孔板의 傾斜度

各 供試 樹種에 대하여 導管要素를 解離한 다음 穿孔板의 傾斜度를 測定한 結果는 Table 3

과 같이 孔圈部 導管要素의 穿孔板의 傾斜度는 平均 22° 정도이다. 그런데 이 傾斜度를 各 樹種別로 考察하여 보면 *Castanea* 屬인 밤나무가 가장 완만하며 그 다음이 참나무屬으로 생각되고 있고 散孔材에 해당하는 *Fagus* 屬이 가장 傾斜度가 급하게 나타나고 있다. 그리고 孔圈外의 導管要素의 傾斜度는 平均 43°로 생각되고

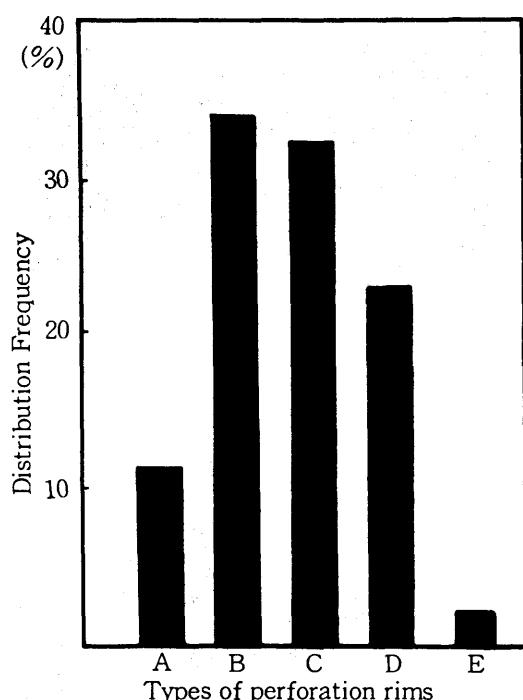


Fig. 2. Distribution frequency of perforation rim types.

있으며 樹種別로 보면 가시나무 亞屬이 가장 완만하고 그 다음이 참나무屬으로 생각되고 있고 *Fagus* 屬이 가장 급경사를 나타내고 있다. 또한 孔圈外의 導管要素의 穿孔板의 傾斜度는 어느 供試木에 있어서나 孔圈部 보다는 비교적 급하며 樹種別로 그 차이를 살펴보면 너두밤나무屬과 가시나무亞屬이 가장 차이가 적으며 *Castanea* 屬에서 가장 현저한 차이를 나타내고

있다.

Table 3. Steepness of perforation plate on all sample trees.

Species	Early wood	Late wood	L/E
<i>Quercus mongolica</i>	21	42	2.0
<i>Quercus aliena</i>	19	40	2.1
<i>Quercus dentata</i>	12	35	2.8
<i>Quercus serrata</i>	18	40	2.2
<i>Quercus variabilis</i>	23	45	1.9
<i>Quercus acutissima</i>	20	42	2.1
<i>Fagus crenata</i> var. <i>maltinervis</i>	39	60	1.5
<i>Castanea crenata</i>	15	48	3.2
<i>Castanea bungeana</i>	21	62	2.9
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>Sieboldii</i>	25	58	2.3
<i>Quercus acuta</i>	20	23	1.2
<i>Quercus stenophylla</i>	29	34	1.2
<i>Quercus glauca</i>	21	28	1.3

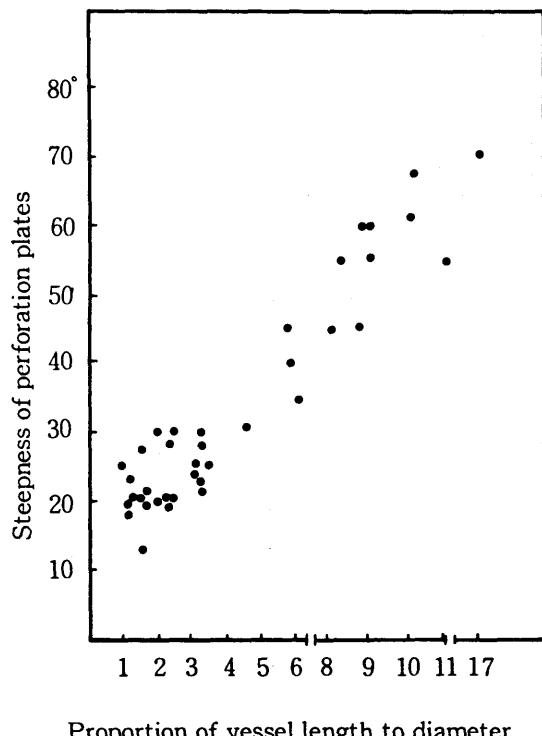


Fig. 3. Relation between steepness of perforation and proportion of vessel length to diameter on all sample trees.

다음 導管要素의 長徑比(導管要素의 直徑에 대한 길이와의 比)와 穿孔板의 傾斜度와의 관계를 調査한 結果는 Fig. 3와 같다. 이 結果에 依하면 導管要素의 長徑比가 클수록, 다시 말하면 導管要素의 直徑은 가늘고 길이가 길수록 穿孔板의 傾斜度는 增加되어 비교적 傾斜度가 급하게 되는 傾向을 나타내고 있다. 일반적으로 導管要素의 길이가 긴 傾向을 나타내는 樹種에 있어서는 穿孔板의 傾斜가 급하게 되는 것이 보통이며 孔圈外의 부분에서 管孔의 直徑은 작고 導管要素의 길이가 길어지는 傾向이 있기 때문에 穿孔板의 傾斜度는 점차 증가되는 것으로 생각되고 있다.

4. Vestured pit의 出現

Vestured pit는 어떤 特異한 形態의 有緣壁孔인데 가장 典型的인 것은 導管要素의 有緣壁孔에 둘기물이 壁孔腔이나 孔口에 둘출되어 있는 壁孔을 말한다. 따라서 本 實驗에서 調査觀察한 結果는 Fig. 7, 8, 9, 10, 및 Table 4와 같이 너도밤나무, 구실잣밤나무, 가시나무亞屬 그리고 참나무屬 가운데 떡갈나무, 굴참나무 및 갈참나무의 樹種에는 Vestured pit가 약간씩이 나마 出現되고 있으며 導管放射組織間 壁孔에 出現하는 頻度가 매우 높다. 더욱이 本 研究의 樹種中 떡갈나무에서는 Vestured pit의 出現이 더욱 뚜렷하였다.

5. Warty layer의 出現

warty layer는 소나무의 假導管 内壁에 그리고 間葉樹에서는 導管要素 또는 木纖維의 内壁

에 생긴 작은 돌기물들을 말한다. 또한 어떤一部學者는 돌기된 크기의 程度, 또는 形態에 따라 程度가 큰것을 vesture라 부르기도 한다.⁸⁾

Table 4. Species with vestured pits on the inner surface wall of some vessel elements.

Species	Extent of vesturing in pit	
	V-V pit	V-R pit
<i>Quercus aliena</i>	1	1
<i>Quercus dentata</i>		1
<i>Quercus variabilis</i>		1
<i>Fagus crenata</i>		1
var. <i>maltinervis</i>		
<i>Castanopsis cuspidata</i>		1
var. <i>Sieboldii</i>		
<i>Quercus acuta</i>		1
<i>Quercus stenophylla</i>	1	1
<i>Quercus glauca</i>		1

* 1. Slight vesturing in the vestured pits.

本 實驗에서 調査된 warty layer의 존재 樹種 및 形態는 Table 5 및 Fig 11, 12, 13, 14와 같이 warty layer가 모든 導管에 있는 樹種과 일부 導管에만 존재하는 樹種, 그리고 존재하지 않는 樹種으로 區分할수 있었다. 그런데 모든 導管內壁에 존재하는 樹種은 가시나무亞屬인 黃가시, 참가시, 종가시나무와 너도밤나무이며 일부 導管에만 존재하는 樹種은 구실잣밤나무, 굴참, 갈참, 떡갈나무등이다.

이 結果에 依하면 warty layer가 존재하는 樹種은 *Quercus*屬中의 갈참나무, 떡갈나무, 굴참나무와 너도밤나무, 구실잣밤나무 그리고 가시나무亞屬의 黃가시나무, 참가시나무 및 종가시나무 등 이었으며 더욱이 가시나무亞屬에서는 모든 導管의 內腔에 존재하고 있고 또한 그 分布가 매우 현저하였다. 그러나 上述한 참나무屬의 樹種과 구실잣밤나무屬의 樹種은 일부의 導

管에만 出現하는 傾向이 강하였다. 한편 종가시나무와 黃가시나무에 있어서는 Fig 14에서 觀察되는 바와같이 導管要素의 內腔에 線狀으로 길게 集合되어 配列되고 있는 構造가 觀察되고 있는데 이것은 매우 紅美 있는 일로서 이것이 warty layer 인지는 今後 더 研究하여 볼 필요가 있는 것으로 생각되고 있다.

Table 5. Species with warty layers on the inner surface wall of vessel elements.

Species	Extent of warty layer on the inner surface wall of vessel	
	All vessel	Some vessel
<i>Quercus aliena</i>		3
<i>Quercus dentata</i>		2
<i>Quercus variabilis</i>		1
<i>Fagus crenata</i>		1
var. <i>maltinervis</i>		
<i>Castanopsis cuspidata</i>		1
var. <i>Sieboldii</i>		
<i>Quercus acuta</i>	3	
<i>Quercus stenophylla</i>	3	
<i>Quercus glauca</i>	3	

- * 3. Warty layers are densely present
- * 2. Warty layers are moderately present
- * 1. Warty layers are scarcely present

6. 導管 放射組織間의 壁孔

導管要素와 放射 柔細胞가 서로 接触하여 생기는 部分에 나타나는 壁孔對를 導管放射組織間 壁孔이라 하는데 本 實驗에서 電子顯微鏡을 利用하여 觀察調査한 結果는 Fig. 15, 16, 17, 18, 및 19 와 같이 3가지 形態 즉, 栅狀形, 階段狀, 圓形 및 楕圓形으로 區分하였다. 이 結果에 依하면 Table 6과 같다. 여기서 가시나무亞屬에 속하는 黃가시, 참가시, 종가시나무와 밤나무 그리고 상수리나무는 전형적인 栅狀形을 나타내고 있고, 굴참, 갈참, 졸참, 신갈, 약밤나무

는 불완전한 栅狀形을 나타내고 있으며, 너도밤나무는 전형적인 階段狀을 나타내고 있다.

또한 떡갈나무, 구실잣밤나무는 圓形 또는 橢圓形을 나타내고 있다.

Table 6. Grouping of species according to ray-vessel pit types.

Types	Species
Palisade	<i>Q. acuta</i> , <i>Q. stenophylla</i> , <i>Q. glauca</i> , <i>Q. acutissima</i> , <i>Q. variabilis</i> , <i>Castanea crenata</i> , <i>Castanea bungeana</i> , <i>Q. aliena</i> , <i>Q. serrata</i> , <i>Q. mongolica</i>
Scalariform	<i>Fagus crenata</i> var. <i>multinervis</i>
Oval	<i>Q. dentata</i> , <i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>

4. 結論

우리나라 產 참나무科樹種의 合理的인 利用을 圖謀하고 相互間의 識別을 위한 보다 더 좋은 基礎資料를 얻기 위하여 前報(I)에서 報告한 導管率과 導管치수의 出現狀態와 變異에 이어 本報에서는 穿孔緣의 形態와 穿孔板의 傾斜度 및 形態 그리고 vestured pit, warty layer, 導管放射組織間壁孔과 같은 導管壁의 修飾構造에 대하여 調査研究하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 참나무科樹種들은 散孔材인 너도밤나무를 除外하고는 모두 單穿孔 이었다. 너도밤나무에서는 單穿孔, 階段穿孔 및 網狀穿孔에서 階段穿孔으로 變化하는 過程인 불안정한 階段穿孔이 존재하였다.

2. 穿孔緣의 出現狀態는 樹種에 따라 뚜렷한 차이가 있으며 *Quercus* 屬中의 상수리나무類는 Type C가, 출참나무類에서는 Type B가

강하게 出現되고 있으며 *Fagus*屬은 Type C, *Castanopsis* 屬과 가시나무亞屬은 Type B로 나타나는 傾向이 많았다. 참나무科全樹種에 있어서는 Type B와 C의 出現分布가 가장 많았으며 Type A와 Type E는 매우 적었다.

3. 孔圈部의 導管要素의 穿孔板 傾斜角은 平均 22° 이고 孔圈外部에서는 43° 을 나타내어 각樹種 모두 孔圈外部에 있는 導管要素의 穿孔板 傾斜角이 孔圈部에 있는 導管要素의 傾斜角 보다 급경사를 이루고 있다. 한편 孔圈部導管의 穿孔板 傾斜角과 孔圈外部의 傾斜角과 차이는 너도밤나무屬과 가시나무亞屬이 가장적고 *Castanea*屬이 가장 차이가 현저했다. 또한 導管要素의 長徑比(長/徑)가 클수록 傾斜角이 증가하였다.
4. Vestured pit가 出現한 樹種은 *Q. aliena*, *Q. dentata*, *Q. variabilis*, *Fagus crenata* var. *multinervis*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, *Q. glauca*였으며 vesturing의 정도는 모두 약한 정도였다.
5. Warty layer가 出現하는 樹種은 *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, *Q. glauca*, *Fagus crenata* var. *multinervis*, *Q. dentata*, *Q. aliena*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, *Q. variabilis*였으며 특히 가시나무아속에서 더욱 현저하였다.
6. 導管放射組織間壁孔中에서 栅狀形에 속하는 樹種은 *Q. acuta*, *Q. stenophylla*, *Q. glauca*, *Castanea crenata*, *Castanea bungeana*, *Q. aliena*, *Q. serrata*, *Q. mongolica*이며 階段狀에 속하는 樹種은 *Fagus crenata* var. *multinervis*, 그리고 圓形 또는 橢圓形에 속하는 樹種은 *Q. dentata*, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*, 였다.

5. 參考文獻

- 1) BUTTERFIELD, B.G. and MEYLAN, B.A. Perforation plates. Observations using Scanning electron microscopy. N. Z.J. For. Sci. 1. P. 116-124. 1971
- 2) BUTTERFIELD, B.G. and MEYLAN, B.A. Scalariform perforation plate development in *Laurelia novaezelandiae* A. Cunn. A scanning electron microscopy study. Aust.J.Bot., 20. P. 253-9. 1972
- 3) BUTTERFIELD, B.G. and MEYLAN, B.A. Vestured scalariform perforation plate openings in *Neomyrtus pedunculata*. Aust.J.Bot., 22. P. 425-427. 1974.
- 4) BUTTERFIELD, B.G. and MEYLAN, B.A. Simple to scalariform combination perforation plates in *Vitex lucens* KIRK (Verbenaceae) and *Brachylottis repanda* J. R. et G.FORST(Compositae). IAWA Bull. 3. P. 39-42. 1975.
- 5) BUTTERFIELD, B.G. and MEYLAN, B.A. Three dimensional structure of wood. An ultrastructural approach. 2nd Ed. Chapman and Hall. New York. 1980
- 6) COTE, W.A.JR. and DAY,A.C. Vestured pits-fine structure and apparent relationship with warts. Tappi, 45. P. 906-910. 1962.
- 7) ISHIDA, S. and OHTANI, J. An observation of scalariform perforation plate of the vessel in some hardwoods using scanning electron microscopy. Res. Bull. exp. For. Hokkaido Univ., 31(1). P. 79-86. 1974.
- 8) OHTANI, J. SEM investigation on the micromorphology of vessel wall sculptures. Research Bulletins of the College Experiment Forest, Hokkaido University. Vol. XXXX No. 2. P. 323-386. 1983.
- 9) OHTANI, J. and ISHIDA, S. An observation of the sculptures of the vessel wall of *Fagus crenata* BL. using scanning electron microscopy. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 30. P. 125-144. 1973.
- 10) PANSHIN, A.J and C.D. ZEEUW. Textbook of wood technology. Vol.1, 4th. McGraw-Hill Book Co. P. 68-200, 250-285. 1980.
- 11) 朴柄岱, 朴相珍. 韓國產 主要散孔材의 導管要素 形態變異. 木材工學. 15(3), P. 1-13. 1987.
- 12) 山林廳. 참나무 資源의 綜合利用開發에 關한 研究(Ⅱ). 1989.
- 13) 吳 晉, 大谷 謹 深澤和三. 雲南 廣葉樹材のせん孔板の SEM觀察. 日本 木材學會 北海道 支部 講演集, 19. 17~20. 1987.
- 14) 吳 晉, 大谷 謹 深澤和三, 肖紹瓊. 雲南產主要廣葉樹材の導管のらせん肥厚の SEM觀察. 第39回 日本 木材學會 大會(旭川)研究發表要旨集, P. 444. 1988.

Explanation of photographs



Fig. 4. Simple perforation plate. *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* (718X). SEM.

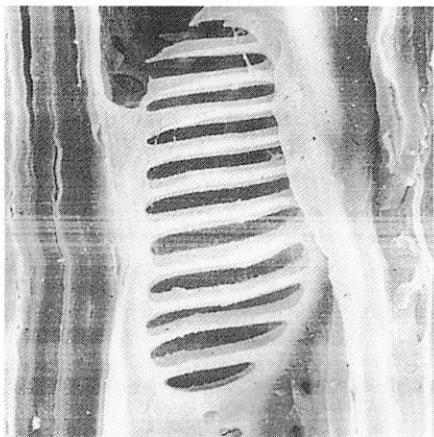


Fig. 5. Scalariform perforation plate. *Fagus crenata* var. *multinervis*. (1050X). SEM.

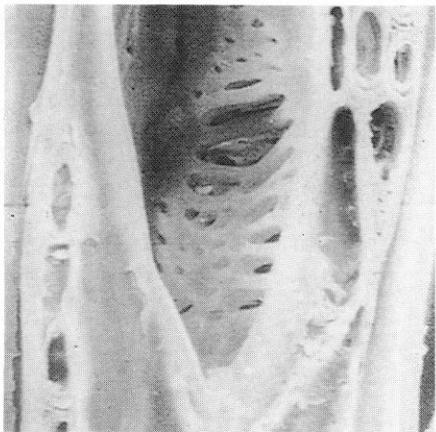


Fig. 6. Reticulate and scalariform perforation. *Fagus crenata* var. *multinervis* (992X). SEM.

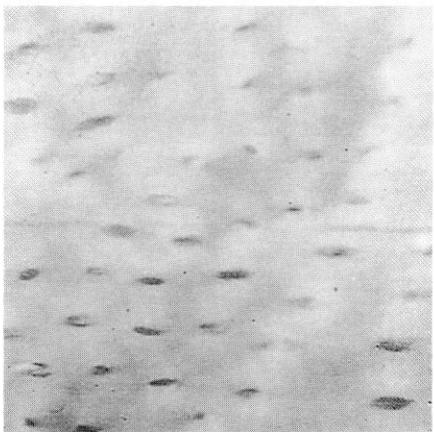


Fig. 7. Vestured pit within intervacular pitting. *Q. aliena* (992X). SEM.

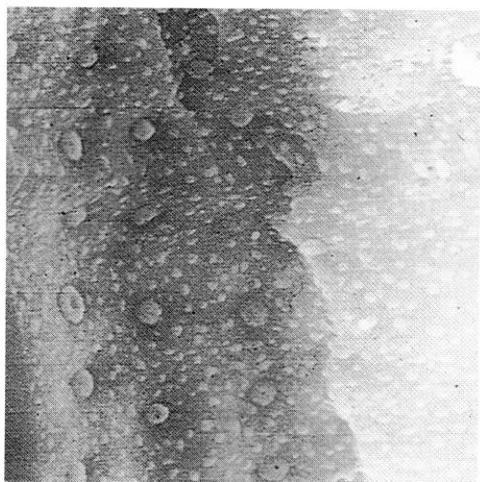


Fig. 8. Vestured pit within intervacular pitting *Q. Stenophylla*(2010X). SEM.

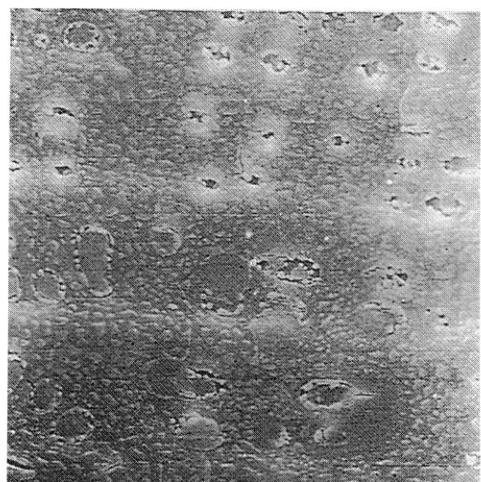


Fig. 9. Vestured pit within ray-vessel pitting. *Q. dentata*(856X). SEM.

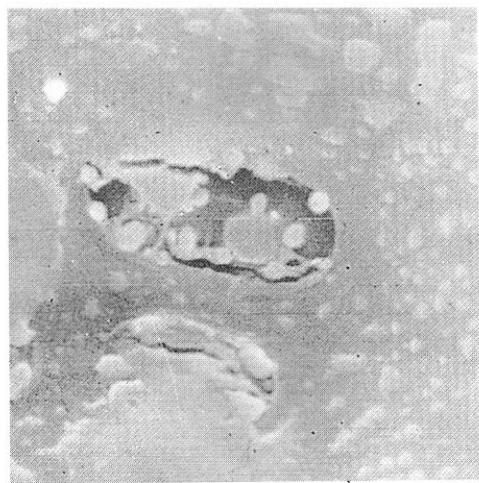


Fig. 10. Vestured pit within ray-vessel pitting. *Q. dentata* (3370X). SEM.

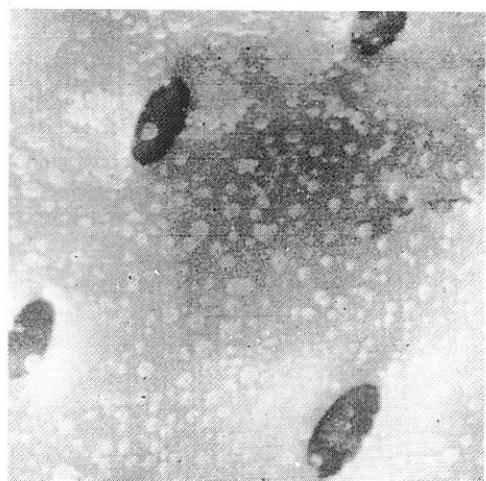


Fig. 11. Warty layer. *Q. aliena*(3920X). SEM.

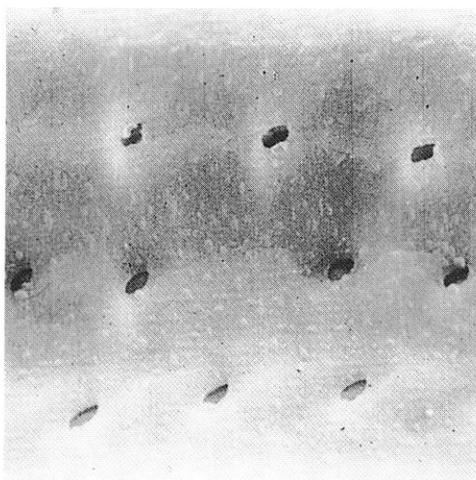


Fig. 12. Warty layer. *Castanopsis cuspidata* Var. *sieboldii* (2120X). SEM.

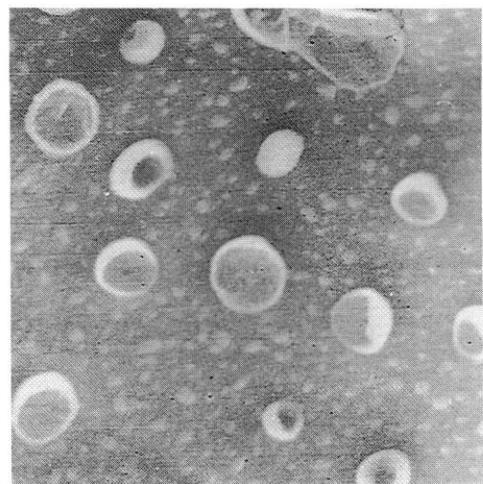


Fig. 13. Warty layer. *Q. glauca* (2870X). SEM.

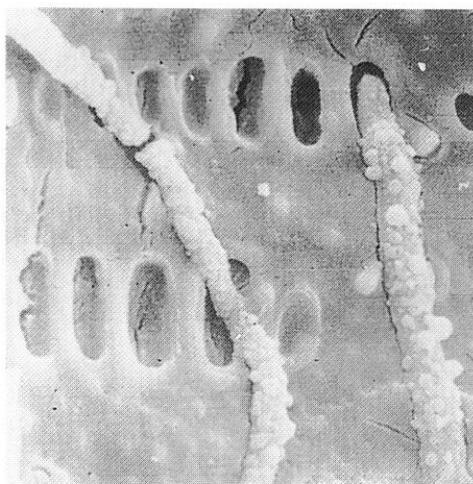


Fig. 14 Warty layer. *Q. stenophylla* (1810X). SEM.



Fig. 15. Palisade ray-vessel pitting. *Q. stenophylla* (578X). SEM.

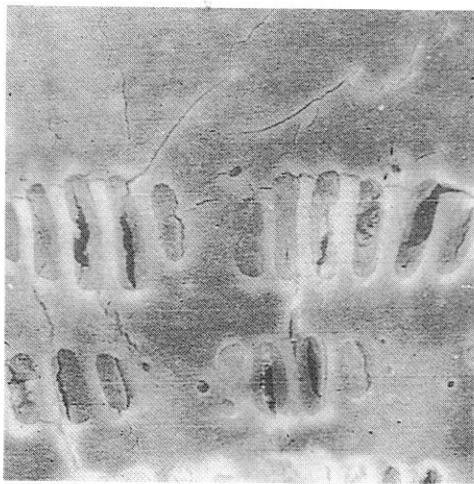


Fig. 16. Palisade ray-vessel pitting. *Q. glauca* (973X). SEM.

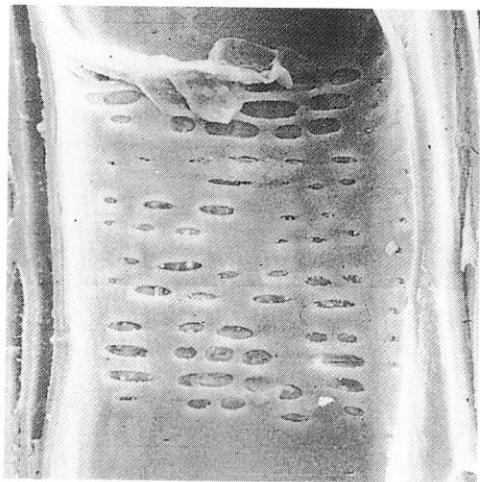


Fig. 17. Scalariform ray-vessel pitting. *Fagus crenata* var. *multinervis*. (598X). SEM.

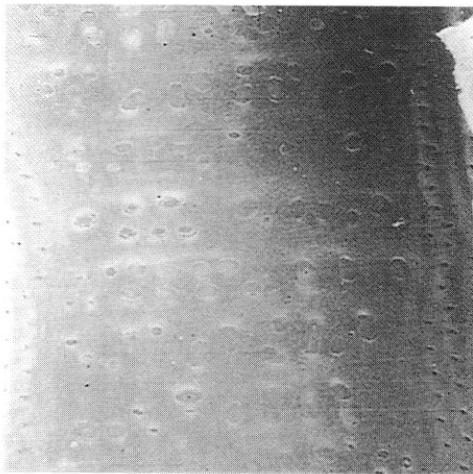


Fig. 18. Oval ray-vessel pitting. *Q. dentata* (425X). SEM

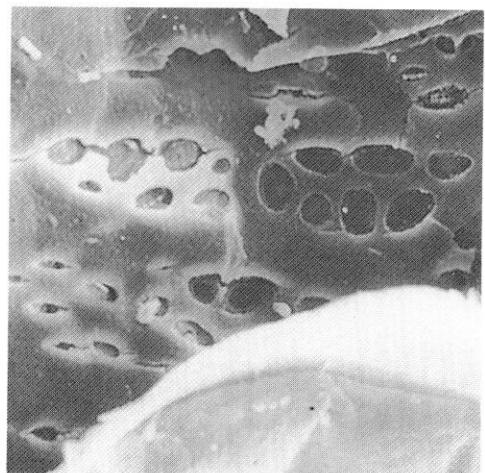


Fig. 19. Oval ray-vessel pitting. *Q. dentata* (860X). SEM