

偏光顕微鏡法による広葉樹材道管二次壁の層構成

岸 恭二・原田 浩・佐伯 浩

Layered Structure of the Secondary Wall in Vessels of Hardwoods by Polarizing Microscopy

Kyoji KISHI, Hiroshi HARADA and Hiroshi SAIKI

要 旨

日本産広葉樹材33種，南洋材9種について，道管二次壁の層構成を2～3 μm 厚の木口切片と傾斜切片を用いて偏光顕微鏡十字ニコル間で観察した。その結果，認められた層構成は(1)典型的な3層を示すもの (Fig. 2)，(2)均一な複屈折を示し3層の区別が明確でないもの (Fig. 3)，(3)多層を示すもの (Fig. 4, 5) である。樹種別の層構成を Table 1, 2 に示したが，日本産広葉樹材において，散孔材で(1)と(2)，環孔材で(1)，(2)および(3)，放射孔材では(3)の層構成をもっていることがわかる。また，南洋材では散孔材のみであるが，(1)と(3)の層構成をもっている。

1. はじめに

道管二次壁の構造に関する研究は仮道管あるいは木繊維のそれに比べて少ない。道管二次壁の層構成について，PRESTONは，若干の樹種における偏光顕微鏡観察から，均一な複屈折を示し3層の区別が明確でないもの，典型的な3層を示すものを報告している。また，山中らは電子顕微鏡観察から，数種の南洋材で多層構造を認めている。

これらの報告から，二次壁の層構成は樹種によって様々であり，多樹種にわたる観察が必要であると思われる。

この報告は，道管二次壁構造の研究の手始めとして，偏光顕微鏡により，層構成を明確に把握するために観察用切片として木口切片と傾斜切片を使用し，道管二次壁の層構成について観察した結果を述べたものである。

なお，研究全般にわたり援助していただいた木材構造学研究室の各位に深く感謝します。

この報告は第27回日本木材学会大会（昭和52年4月，京都）において口頭発表した。

2. 材料と方法

1) 材 料

日本産広葉樹材（環孔材14種，散孔材17種，放射孔材2種），南洋材（散孔材9種）ともに日本木材加工技術協会発行の材鑑から選んだ。なお，日本産広葉樹材において，環孔材では孔圏道管（Eと略記）と孔圏外道管（Lと略記），散孔材，放射孔材では生長の初期に形成された道管（Eと略記）と生長の後期で生長輪界に近い道管（Lと略記）とを区別した。

2) 方 法

材鑑から、まず1 cm 角のブロックを切り出し、次にそれから小片 (1 mm × 1 mm × 2 mm) の包埋用ブロックをつくり、エタノールシリーズで脱水後、エポン包埋した。この包埋ブロックからマイクロトーム (ポータープラム JB-4 型) によって、2~3 μm 厚の薄切片 (木口切片と傾斜切片) を作製し、偏光顕微鏡十字ニコル間で観察した。

傾斜切片として、**Fig. 1** のように木口面から接線方向に約 15°~20° 傾斜させたものを使用した。この傾斜切片を用いれば、木口切片では観察困難な層構成、すなわち二次壁が、マイクロフィブリル傾角に著しい差がなく、かつ helix の異なる 3 層からできているような場合でも、3 層を識別しやすい。

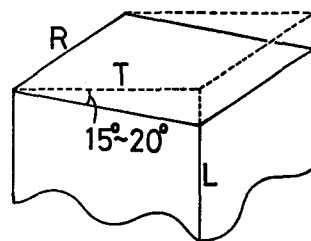


Fig. 1. Diagrammatic representation of oblique sectioning. The section is cut at 15~20° tilt from the transverse to the tangential direction.

3. 結果と考察

観察した道管二次壁の層構成はつぎの 3 種類である。(1)典型的な 3 層を示すもの。一つの例として、**Fig. 2** にアサダの E の傾斜切片で観察したものを示す。これは仮道管で観察されるものに似ており、複屈折の違いはマイクロフィブリル傾角の違いを反映していると考えられる。(2)均一な複屈折を示し、3 層の区別が明確でないもの。**Fig. 3** にヤマグワの E の木口切片で観察したものを示す。これは環孔材の E にのみ観察され、壁全体がほぼ均一に明るく層構造は認められない。(3)多層を示すもの。**Fig. 4** と **Fig. 5** にそれぞれサワグルミの E、アオダモの L の傾斜切片で観察したものを示すが、後者は道管壁が厚く、他のものに比べて特異的である。このように、ここでは多層とは 4 層以上の層構成をいうことにする。

観察した日本産広葉樹材を道管の配列型式によって分類し、その二次壁の層構成を示したのが **Table 1** である。

これによると、散孔材では E、L ともに典型的な 3 層を示すタイプと E、L ともに多層を示すタイプにわけることができる。しかし、前者の方が量的にはるかに多い。

環孔材では、次のタイプにわけることができる。まず、E は均一な複屈折を示し 3 層の区別が明確でなく、L は典型的な 3 層を示すタイプ、E、L ともに典型的な 3 層を示すタイプ、さらに E は典型的な 3 層を示し、L は多層を示すタイプである。アオギリのみ E は均一な複屈折を示し、L は多層を示していた。

PRESTON¹⁾ は環孔材の E について *Fraxinus* 属で典型的な 3 層、*Quercus* 属、*Castanea* 属で均一な複屈折を示し、3 層の区別が明確でないことを報告しており、本実験の結果はこれと一致する。

放射孔材では、2 樹種しか観察していないが、E、L ともに多層を示していた。

南洋材については **Table 2** に示している。観察樹種はすべて散孔材であり、典型的な 3 層を示すものと多層を示すものがある。この結果を、同樹種について電子顕微鏡観察している山中らの報告と比較すると、アピトン、バクチカン、マンガシノロを除いて一致している。この 3 樹種について山中らは層区分が明確でないとしているが、本実験では典型的な 3 層と多層を観察することができた。この違いがいかなる理由によるのかは明らかでなく、さらに検討する必要がある。

偏光顕微鏡によって 3 種の層構成が観察されたが、均一な複屈折を示し、3 層の区別が明確でないものについて、その原因として、1) 壁孔によるマイクロフィブリル配列の乱れ 2) 各壁層間でマイクロフィブリル傾角の差が小さいことがあげられる。そこで、このような層構成、さらに多

Table 1 Layered structure of the secondary wall in vessels of Japanese hardwoods

Species	Type			Species	Type		
	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(3)
Diffuse-porous wood				Ring-porous wood			
<i>Populus maximowiczii</i>	E L	○ ○		<i>Castanea crenata</i>	E L	○ ○	
<i>Juglans ailanthifolia</i>	E L	○ ○		<i>Quercus crispula</i>	E L	○ ○	
<i>Alnus japonica</i>	E L	○ ○		<i>Ulmus davidiana</i>	E L	○ ○	
<i>Betula grossa</i>	E L	○ ○		<i>Zelkova serrata</i>	E L	○ ○	
<i>Betula maximowicziana</i>	E L	○ ○		<i>Morus bombycis</i>	E L	○ ○	
<i>Ostrya japonica</i>	E L	○ ○		<i>Castanopsis cuspidata</i>	E L	○ ○	
<i>Fagus crenata</i>	E L	○ ○		<i>Maackia amurensis</i>	E L	○ ○	
<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	E L	○ ○		<i>Phellodendron amurense</i>	E L	○ ○	
<i>Magnolia obovata</i>	E L	○ ○		<i>Kalopanax pictus</i>	E L	○ ○	
<i>Distylium racemosum</i>	E L	○ ○		<i>Paulownia tomentosa</i>	E L	○ ○	
<i>Prunus jamasakura</i>	E L	○ ○		<i>Firmiana simplex</i>	E L	○ ○	○
<i>Acer mono</i>	E L	○ ○		<i>Fraxinus mandshurica</i>	E L	○ ○	○ ○
<i>Aesculus turbinata</i>	E L	○ ○		<i>Fraxinus lanuginosa</i>	E L	○ ○	○ ○
<i>Tilia japonica</i>	E L	○ ○		<i>Fraxinus spaethiana</i>	E L	○ ○	○ ○
<i>Cinnamomum camphora</i>	E L		○ ○	Radial-porous wood			
<i>Pterocarya rhoifolia</i>	E L		○ ○	<i>Quercus acuta</i>	E L		○ ○
<i>Machilus thunbergii</i>	E L		○ ○	<i>Quercus myrsinaefolia</i>	E L		○ ○

Note

(1): typical three-layered structure

(2): layer showing the uniform birefringence

(3): multi-layered structure

E: vessels in pore zone or early in a growth ring

L: vessels out of pore zone or later in a growth ring

Table 2 Layered structure of the secondary wall in vessels of tropical hardwoods

Species	Type		
	(1)	(2)	(3)
Diffuse-porous wood			
<i>Dipterocarpus grandiflorus</i>	○		
<i>Dryobalanops aromatica</i>	○		
<i>Parashorea malaanonan</i>	○		
<i>Anisoptera thurifera</i>			○
<i>Shorea negrosensis</i>			○
<i>Shorea philippinensis</i>			○
<i>Pentacme contorta</i>			○
<i>Shorea eximia</i>			○
<i>Shorea polysperma</i>			○

(1), (2), (3): see note in Table 1

層を示すものについても電子顕微鏡観察によって詳細に研究する必要がある。

引用文献

- 1) PRESTON, R. D.; Wall structure and growth, 1. Spring vessels in some ring-porous Dicotyledons. *Annals of Bot. New Series* 3, 507, (1939)
- 2) 山中勝次, 原田浩; 数種の南洋材の道管膜の構造. 京大演報. No. 40, 293 (1968)
- 3) 芦田謙二, 原田浩, 佐伯浩; ポプラ道管壁の微細構造, 第25回日本木材学会大会講演要旨集. 43 (1975)
- 4) WARDROP, A. B.; The structure and formation of the cell wall in xylem. In ZIMMERMANN, M. H. (ed.) *The formation of wood in Forest Trees*. Academic Press (1964)

Résumé

In 33 species of Japanese hardwoods and 9 species of tropical hardwoods, the layered structure in the secondary wall of vessels was observed using thin transverse and oblique sections between crossed nicols.

As a result of examinations the layered structure was classified into the three types; (1) the typical three-layered structure (Fig. 2), (2) the structure showing the uniform birefringence, so that the layered structure is not detected (Fig. 3), (3) the multi-layered structure (Figs. 4 and 5)

The layered structure for each species is shown in Table 1 and 2. It is shown that in Japanese hardwoods, the diffuse-porous woods have the types of (1) and (2), ring-porous woods have the types of (1), (2) and (3), and radial-porous woods have the type of (3), and that tropical hardwoods all of which belong to diffuse-porous wood, have the types of (1) and (3).

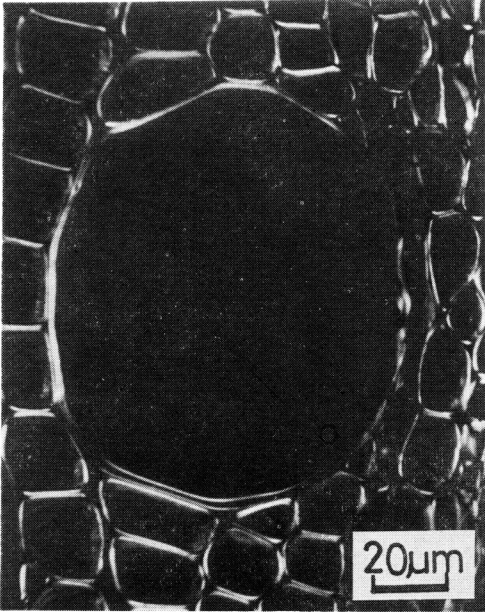


Fig. 2. *Ostrya japonica*; Oblique section showing the typical three-layered structure in the secondary wall of a vessel (E) E, L: See note in Table 1.

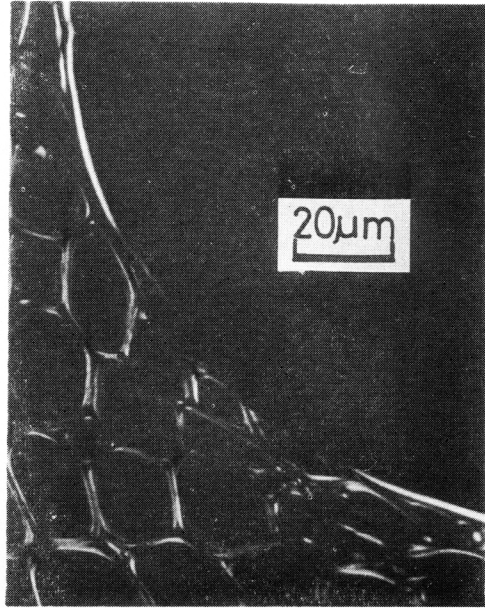


Fig. 3. *Morus bombycis*; Transverse section showing uniform birefringence and no layered structure in the secondary wall of a vessel (E)

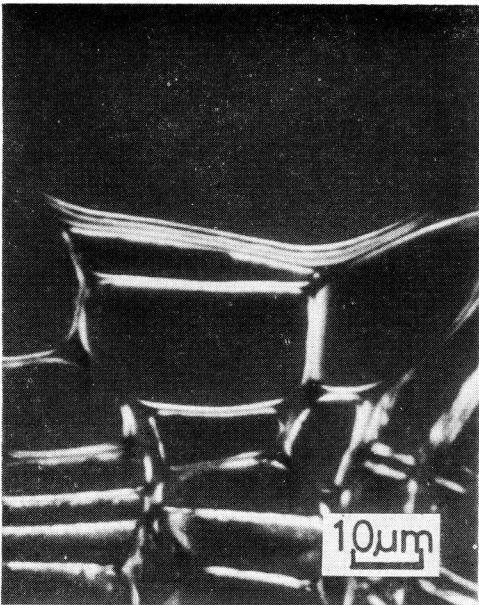


Fig. 4. *Pterocarya rhoilia*; Oblique section showing the multi-layered structure in the thin secondary wall of a vessel (E)

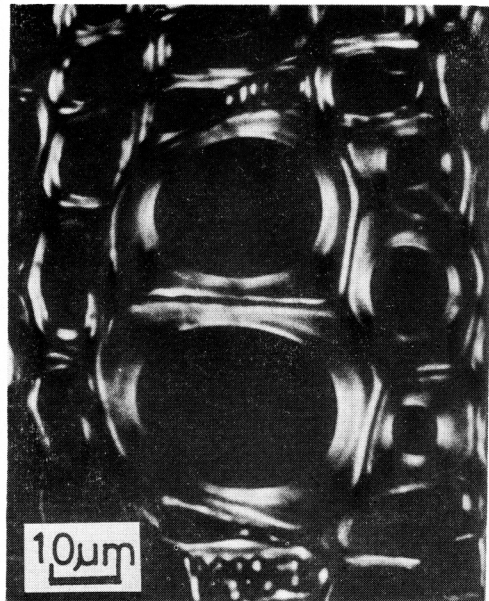


Fig. 5. *Fraxinus lanuginosa*; Oblique section showing the multi-layered structure in the thickened secondary wall of a vessel (L)