

# 樹皮の構造に関する研究 (第2報)

## 樹皮の肥厚と顕微鏡的構造

重 松 頼 生

YORIO SHIGEMATSU : Studies on the structure of bark. II On the relationships between the thickening growth and the microscopic structure of bark.

### 緒 言

本報においては、前報<sup>1)</sup>で樹皮の厚さを測定した樹皮組織を検鏡し、樹皮組織の増加および構成要素の大きさの変化とさきに報告した樹皮の肥厚成長との関係について検討した。

本研究に対し、始終懇切なる御指導と助言を賜った本学農学部中戸莞二助教授ならびに京都大学木材研究所貴島恒夫教授に対し深甚の謝意を表する次第である。

### I 材料および検鏡方法

供試木は前報<sup>1)</sup>のものと同じであり、その詳細はさきに述べた。前報における樹皮厚さの測定が終了後、直ちにそれらの部分から少量の木部を附けた樹皮試料を採取し、プレパラートをつぎの方法によつて作った。

採取された試料を水・グリセリン (3:1) 混液で煮沸軟化した。その処理時間はこれら試料において樹種および採取された地上高によつて相違し、スギは 4~10時間、アカマツは 10~18時間、ヤマザクラは 0~5時間であり、また樹梢部よりも地際部に近い試料ほど長い処理時間が必要であつた。ただし、クヌギには内、外樹皮とも淡黄色の硬い結晶塊が多く含まれているため、数週間の軟化処理をしても切片が得られなかつた。軟化された試料のうちスギ、アカマツは外樹皮が剝離し易く、内樹皮は特に軟かいのでグリセリン・ゼエラチンおよびセロイジンで包埋し、サクラはそのままで切片を得た。

切片はユンク型のスライディング・マイクロトームでつくられ、横断面と半径断面 (樹皮厚さを測定した線を含む垂直断面) の 2 種類である。

つぎに、樹皮組織の検鏡は倍率 50~1200 の範囲で行

い、その測定は投影顕微鏡で 500 倍にされた像について 1/2mm まで可読の物差しで行つた。

### II 検鏡結果および考察

#### 1 樹皮組織の構成要素

前報における試料のうち、クヌギの樹皮分片が得られなかつたので、スギ、アカマツおよびヤマザクラの樹皮組織について検鏡した。これらの樹皮組織の概観は写真 1~4 に示した通りであり、その主な構成要素はつぎのものであつた。

	スギ	アカマツ	ヤマザクラ
内樹皮系	射出線 節管	射出線 節管	射出線 節管 (伴細胞を含む)
	柔細胞 織維	柔細胞 —	柔細胞 織維
	木栓皮層	木栓皮層	木栓皮層
外樹皮系	木栓形成層	木栓形成層	木栓形成層
	木栓組織	木栓組織	木栓組織
	射出線	射出線	—
	節管	節管	—
	柔細胞 織維	柔細胞 —	—
	木栓皮層	木栓皮層	— (癒傷組織)

スギ、アカマツにおいては内樹皮厚さが一定以上に肥厚するとき、内樹皮組織のなかに新しく木栓形成層ができ、その内側に木栓皮層、外側に木栓組織をつくる。その周皮の外側にある内樹皮組織は外樹皮組織となり木栓化される。このように、内樹皮組織が外樹皮組織になるので、内樹皮構成要素が外樹皮に認められる。また、このことはスギ、アカマツにおいて内樹皮厚さが地上高によつて変化しない既述の事実一致す

る。なお、アカマツには繊維が認められない。また、ヤマザクラの外樹皮は、部分的に存在する癒傷組織をのぞいて木栓組織のみであつて、内樹皮要素はみられない。

つぎに、スギ樹皮の横断面（写真2），において各要素は円周状に規則正しく並んだそれぞれの細胞列層をつくり、それぞれの細胞列層が半径方向に規則的に積み重ねられている。また、外樹皮組織はそれら細胞列層と共に、周皮が存在する。その周皮の厚さは柔細胞の半径長さの2~3倍に相当する。しかしながら、周皮は完全に円周状のものでなく、他の外樹皮組織を包み皿状を呈した組織（本報ではこの組織を皿状組織と仮称する）をつくっている。この皿状組織の厚さ（半径方向）は0.1~0.3mmであり、巾（切線方向）および長さ（幹軸方向）については、本検鏡のプレパラートで測定できなかつた。ただ、2, 3のものについては、巾：5~20mm、長さ50~100mmであつた。ここで、半径方向における各要素の排列（写真5，第1図）をみると、樹梢部をのぞいた内樹皮においては円周方向に並んだ繊維列の間の篩管，柔細胞列が介在しており、その介在する細胞列数は多くの場合19, 15, 11ヶである。また、排列様式は第1図A, Bの2つがある。外樹皮におけるその数は9, 7, 5ヶであり、第1図C, Dの2様式である。そこで、内樹皮組織が外樹皮化されると、内樹皮の一部の細胞が押潰されて、両端の切線膜がくつき、あたかも細胞が失われたように見える。この場合、どの細胞が押潰されるかについて、厳密に判定し難い。その理由は内樹皮の柔細胞の形態および極く淡く着色物着を含むことで篩管との区別ができるが、外樹皮の両者については区別できない。しかし、つぎの2つの事実によつて内樹皮が外樹皮化するとき、押潰される細胞は柔細胞に隣接する篩管であろうと推察する。その根拠は（1）内樹皮について、柔細胞に隣接した篩管が隣接しないそれよりも、形成層から木栓形成層に近づくにつれて、その半径長さが小さくなつていくのが屢々見られる、（2）外樹皮の相隣る繊維列間に介在する周皮以外の細胞の半径膜厚さが略同じであるである。このような推察にもとづいて、相隣る繊維の間に介在する細胞の数については内樹皮において19, 15, 11ヶのものが、外樹皮において9, 7および5になるという事実が説明しうるであろう。また、樹梢部は幼令でその組織は下部に比べて異なるものであり<sup>2) 3)</sup>、スギ（写真5）においては著るしく巨大な繊維をもち、射出線は切線方向に著るしく拡がり、それら要素の排列はみだれている。

アカマツ樹皮組織（写真1, 3および7）はスギの

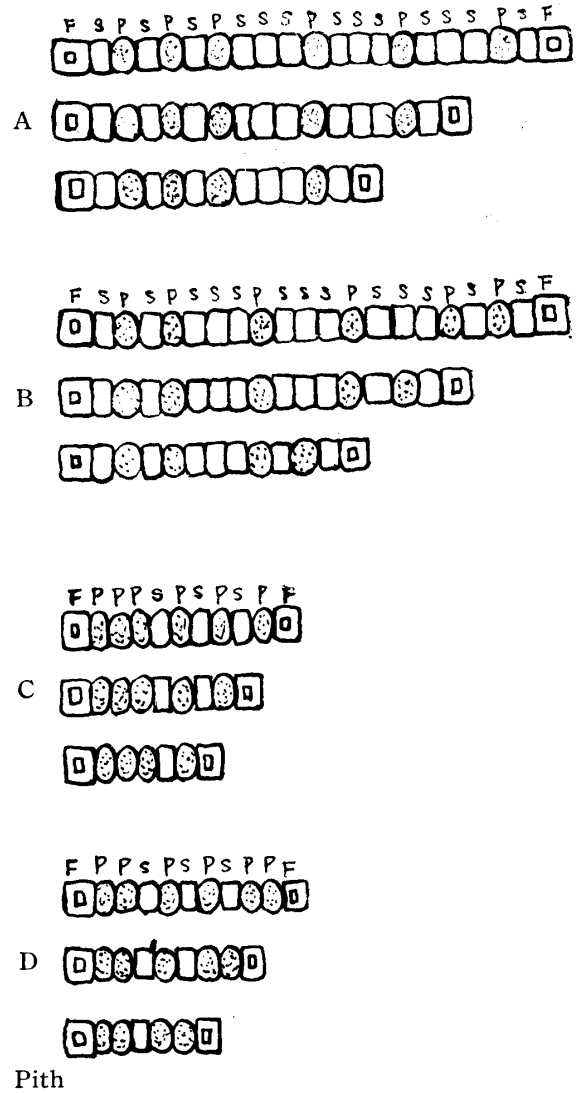


Fig. 1 Schematic diagrams illustrating various arrangements of elements in the Sugi-bark

A and B : inner bark C and D :  
outer bark  
F : phloem fiber S : sieve tube  
P : phloem parenchyma

それと著るしい相違がある。アカマツにおいて、柔細胞は篩管より遙かに大きく、横断面で略円形を呈す。また、形成層から木栓形成層に近づくにつれて柔細胞の半径長さは次第に大きくなり、篩管のそれは写真7, Aのように逆に小さくなる。木栓形成層によつてつくられた内樹皮における木栓皮層はスギのそれよりも遙かに厚い層をつくり、その薄膜の柔細胞は木栓形成層から遠ざかるにつれて径、切面方向に次第に大きくなる。木栓組織（写真7, B）は4~6ヶの細胞が重なつた層である。また、アカマツにおける周皮はスギと同じように皿状組織をつくり、この皿状組織（写真1）の大きさは厚さ1~3mm、巾および長さが略同じく10~20mmである。また、樹梢部の組織（写真8）はそれより下部に比べて特に異つている。

ヤマザクラの樹皮組織（写真4および9~13）はス

ギ, アカマツのそれに比べて更に著しい相違を示す。横断面(写真9)において, 円形の繊維が15~30ヶ群集し, その細胞群が数多く点在している。しかし, 樹梢部において, 繊維は薄膜で, 細胞内腔が大きく, 同じ部分の繊維の大きさの相違も甚だしい。地際附近においては密集した繊維が互いに押し合つて多角形となり, 柔細胞, 篩管および射出線は不規則に変形している。このようにヤマザクラの内樹皮組織は樹梢部から地際部に向つて順次変形し, 各地上高によつてその形態が異なる。なお, 射出線は著しい屈曲があるので半径断面においても射出線組織の切線断面が現れている(写真10)。また, 木栓皮層(写真11)には繊維が不規則な形で混入している。外樹皮は木栓組織のみであるが, その組織は3層(写真12)に区分できる。この3層は(1)内部: 白色の組織, 完全な細胞形態を示す, (2)中部: 褐色の組織, 細胞は押潰されている, (3)外部: 黒褐色の組織, 細胞は更に押潰され, その細胞形態が全く認められないである。

つぎに構成要素の大きさの変化をみると, 内樹皮厚さが地上高によつて変化の認められなかつたスギ, アカマツにおいても半径方向に略直線的な変化を示した。そこで, この直線式( $y=ax+b$ ,  $y$ : 横断面における細胞の大きさ,  $x$ : 形成層(要素が略完全に形成された部分)から測定された細胞までの距離, 但し木栓皮層までの範囲である)の常数  $a$  および  $b$  の樹高に

よる変化を第1, 2表に示した。スギ要素の大きさの形成層から木栓皮層に近づくにつれての変化の傾向について, 篩管の  $b$  は径, 切面方向ともに地際から樹皮に向つて規則的に小さくなる,  $a$  は半径方向に各地上高とも減少を示し, その程度は地際部で最大で, 上部に向つて小さくなり, 樹梢部では逆にやゝ大きくなる。切線方向において, 樹高の中頃までは変化がないが, それより上部では増加を示す。柔細胞について  $b$  は半径方向において樹木下部より樹木上部の方がやゝ大きく, 切線方向において地際から樹梢に向つて小さくなる。  $a$  は各地上高とも径, 切面方向に増加を示し, その程度は地際より上部に向つて小さくなり, 樹梢部においてやゝ大きくなる。繊維については, 半径方向における細胞の大きさの変化が認められず, また半径方向の  $b$  も各地上高において略同じであり, 切線方向の  $b$  のみが地際から樹梢に向つて小さくなる。アカマツ要素の変化はスギにおける変化よりも遙かに大きい。また, 篩管の半径方向の  $a$  が各地上高において増加を示し, スギのそれと大きい相違がある。その他は地上高によつて規則的な変化が認められず, 略スギのそれぞれの変化の傾向と大差がない。また, これらスギ, アカマツ樹皮における射出線は本部におけるような半径方向に水平な直線状の組織でなく, 半径断面において, 古い射出線組織, すなわち外部のものほど下方に向つたものがみられ, 横断面においても左右に弯

Table 1 Relations of the constants ( $a$  and  $b$ )\* to the height above ground about the inner bark of Sugi

Height of above ground m	Sieve tube		Phloem parenchyma				Phloem fiber			
	Radial direction		Tangential direction		Rad. direction		Tang. direction			
	$a$ $\times 10^{-2}$	$b$ $\mu$	$a$ $\times 10^{-2}$	$b$ $\mu$	$a$ $\times 10^{-2}$	$b$ $\mu$	$\mu$ $b$	$b$ $\mu$		
0.3	-1.0	20	-0.4	31	+0.3	13	+1.9	29	19	29
1.3	-1.3	18	0.0	26	+0.3	10	+1.5	24	13	26
2.3	-0.7	18	0.0	22	-0.3	10	+0.9	26	16	25
4.3	-0.5	14	-0.2	24	+0.1	10	+0.8	20	17	27
5.3	-0.4	11	0.0	23	+0.1	13	+0.5	23	16	23
10.3	-0.4	10	+0.4	24	+0.1	17	-0.1	25	21	25
12.3	-0.6	10	+0.3	20	+0.3	13	0.	21	18	21
14.3	-0.6	7	+0.6	20	+0.3	15	+1.3	21	18	19

\* The constant ( $a$  and  $b$ ) in the linear relations ( $y=ax+b$ ) of the size ( $y$ ) of inner bark elements vs. the distance ( $x$ ) between cambium and measured position in transverse section.

曲しているの、その変化の傾向が測定できなかつたが、この組織も形成層から木栓皮層に近い部分ほど切線方向に拡がっている。外樹皮における各要素の大きさの規則的な変形はみられなかつた。このように前報で考えられた樹皮組織の構成要素の大きさの変化は上述のように認められた。

以上の要素の変形から、樹木の肥大成長による樹皮組織の円周方向における不足分は、内樹皮において柔細胞、篩管および射出線などの切線長さが大きくなつて補われ、外樹皮においては亀裂する。この亀裂は外樹皮組織が木栓化されて硬くなつて変形し難くなるので、最も弱い部分に起るのである。すなわち、木栓形成層および木栓皮層の部分は極めて薄膜で、最も弱い組織と見受けられ、これらの樹種における亀裂を生じる部分は、スギにおいて木栓組織と木栓皮層の間、あるいは繊維と柔細胞の間、アカマツにおいて木栓組織と木栓皮層の間であり、ヤマザクラはスギ、アカマツと異なり木栓組織の外部が円周状に亀裂し、剝離する。また、その内側に癒傷組織(写真13)がみられる場合がある。なお、スギ、アカマツの樹皮の鱗片は皿状組織を1ないし数ヶ含むものである。

つぎに、樹皮の亀裂および外樹皮の剝落は木栓組織の構造と密接な関係があり、本報における樹皮の外観上の形態とその組織の構造は共に樹種によつて著しく異り、この両者は関連があると推察される。また、樹皮の外観上の形態は樹種によつて異なるものであり、樹皮組織の構造も樹種によつて相違がみられ、これによつて樹種の識別ができると思われる。これに関して、CHATTAWAY, M. M<sup>1)</sup> は *Eucalyptus* 属について樹皮組織の構造による樹種の識別をしているが、その根拠の一つとして柔細胞の大きさおよび形状がある。しかし、本試料における柔細胞は上述のように同一樹木においても部位によつて、その大きさおよび形状の相違がある。

## 2. 樹皮の肥厚と顕微鏡的構造

スギの内樹皮を各要素が占める割合は、各地上高とも写真2, 5および第1図に示されるように篩管が最大で柔細胞、繊維、木栓皮層の順である。また、外樹

**Table 2** Relations of the constants (a and b)\* to the height above ground about the inner bark of Akamatsu

Height of above ground m	Sieve tube				Phloem Parenchyma			
	Radial direction		Tangential direction		Rad. direction		Tang. direction	
	a ×10 <sup>-2</sup>	b μ	a ×10 <sup>-2</sup>	b μ	a ×10 <sup>-2</sup>	b μ	a ×10 <sup>-2</sup>	b μ
0.1	-1.7	28	+0.9	36	+2.5	27	+5.4	37
2.1	-1.8	26	+1.4	31	+1.5	36	+3.0	35
4.1	-1.0	24	+0.2	35	+0.3	30	+2.7	31
6.1	-1.4	21	+1.8	21	+2.0	23	+5.8	35
8.1	—	—	—	—	+1.0	19	+7.8	31

\* The constant (a and b) in the linear relations ( $y=ax+b$ ) of the size (y) of inner bark elements vs. the distance (x) between cambium and measured position in transverse section.

皮の厚さにおいては、篩管が多く押潰されて柔細胞、周皮、繊維、篩管の順となり、外樹皮の肥厚は柔細胞、篩管を挟む繊維細胞列と周皮と増加によるもの、すなわち皿状組織の累加である。アカマツ内樹皮においては地際部と樹梢部とをのぞいてスギと同様に、その厚さが地上高によつて変化せず<sup>6)</sup>、略一定であるが、内樹皮における木栓皮層の厚さは第3表にみられるように地上高によつて異なっている。そのため、樹木下部においては、内樹皮を各要素が占める割合は、柔細胞が最大で篩管、木栓皮層の順であるが、樹木上部においては木栓皮層、柔細胞、篩管の順になる。また、外樹皮においては外樹皮化した木栓皮層が写真3および第3表でみられるように、外樹皮厚さの半分以上を占める。(前報における第2図参照)また、アカマツ外樹皮の肥厚もスギと同様に皿状組織の増加であり、各地上高におけるその数は第3表に示した。そこで、外樹皮における各要素の占める割合は写真1, 3, 7および第3表に示されるように、木栓皮層が最大で柔細胞、木栓組織、篩管の順である。ヤマザクラの内樹皮は形式層によつてつくられた組織(篩管、柔細胞、繊維、射出線)の層と木栓皮層に区分される。これらの2層と外樹皮の木栓組織における木栓化の程度を異にする3層について、それぞれの層の厚さと地上高の関係を第2図に示した。これら各層の厚さは地上高によつて変化し、年数の増加と共に肥厚する。しかし、第2図における3の層の厚さは樹梢部から下方に向つて逆に小さくなつていく。つぎに、以上の関係において樹皮厚さの年数による増加は細胞の増加のみでなく、細胞が形成した後にその半径長さの減少あるいは増加およ

**Table 3 Relations of phellderem-thickness to height of above ground**

Height of above ground m	Thickness of phellderem in inner bark ×10 mm	Thickness of phellderem in outer bark ×10 mm	Number of sarajyo tissue
0.1	1.2-2.9-7.3**	30.7-47.3-52.7* (5-7)	8-11
2.1	1.2-1.3-1.5	17.3-21.7-28.7 (3-5)	4-6
4.1	1.0-1.1-1.2	7.0-10.3-15.3 (1-2)	2-3
6.1	1.3-2.9-4.3	0. - 0.7- 3.0 (0-1)	0-1
8.1	4.1-4.6-5.3	0	0

\* The values in parentheses are number of sarajyo tissue (cf. Phet. 1) which are mesured the phellderem-thickness

\*\* These values shows average, minimum and maximum of each tissue-thickness of 4 (E. S. W. and N.) directions

び組織の剝落を含むものである。

**要 約**

1. 樹皮構造は木部のそれに比べて複雑であり、また樹種によつて樹皮要素の種類、形状、大きさならびに排列様式が著しく異つている(写真および第1図参照)。

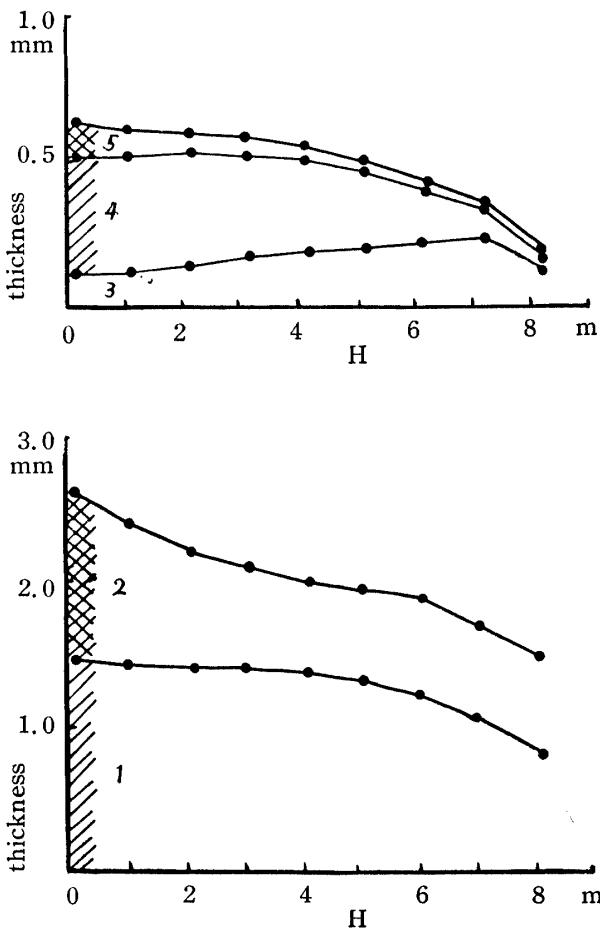
2. 樹皮要素の形状および大きさは厚さ方向および地上高によつて変化する(

写真9および第1, 2表参照)。また、樹木の肥大成長にもとづく切線方向における樹皮の不足は、内樹皮において柔細胞、篩管、射出線および木栓皮層等の細胞が切線方向に長くなることによつて補われ、他方外樹皮においては亀裂を招来している。

3. スギ、アカマツ樹皮の肥厚は内樹要素が周皮に囲まれた皿状組織の累加であり(写真1~3および第3表参照)、ヤマザクラにおいては内、外樹皮における各組織の年数による増加である(第2図参照)また、前報<sup>9)</sup>における樹皮厚さの年数による増加の関係は細胞の増加のみでなく、細胞が形成した後の半径長さの変化および組織の剝落をも示す。

**引 用 文 献**

- 1) CHATTAWAY, M. M. : The anatomy of bark I. The genus eucalyptus, Australian journal of botany, Vol. 1, No.3, p. 402, 1953.
- 2) EAMES, A. & MACDANIELS, L. H. : An introduction to plant anatomy. Second edition, Chapter 5 The primary body, p.123, 1947.
- 3) FRITSCH, F. E. & SALISBURY, S. E. : Plant form and Function. Chapter13 The structure of the young stem, Chapter14 The epidermis, P.134, 148, 1953.
- 4) 三好東一, 島倉己三郎: 樹皮の構造に関する二三の考察. 日本林学会誌, 第11巻, 第11号, 27頁, 1935.
- 5) SCHWANKL, A. : Die Rinde das Gesicht des Baume. -Bark : translated and edited by EDLIN, H. L. 1956.



**Fig. 2** Relations of thickness of various tissues to height above ground(H)for the Yamazakura-bark. Ib: inner bark thickness Ob : outer bark thickness 1 : sieve tube (including companion cell), phloem fiber and phloem parenchyma 2: phellderem 3: white part in phellem 4 : brown part in phellem 5 : black part in phellem

## 6) 重松頼生:樹皮の構造に関する研究(第1報).

西京大学々術報告, 農学, No. 10, 1958.

この論文の概要は第6回日本木材学会大会において発表した。

### Explanation of plate

Phot. 1 Akamatsu (*Pinus densiflora* SIEB. et Zucc.), x12 a and c : cross section b : radial section a and c : height of above ground is 6.1m b is 2.1m lb]: inner bark ob : outer bark S : sarajyo tissue (inner bark elements covered by Periderm)

Phot. 2 Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.), x40 a : cross section b : radial section, height of above ground is 1.3m

Phot. 3 Akamatsu, x40 a, b and c : cross section d : radial section, height of above ground is 2.1m

Phot. 4 Yamazakura (*Prunus serruta* LINDL. var. *spontanea* MAKINO), x40 a and b : cross section c : radial section, height above ground is 1.2m

Phot. 5 Arrangements of Sugi-bark elements in cross section a : x100 b : x180, inner bark c : x180 d : x250, outer bark

Phot. 6 Sugi-cross section, X250 : height of above ground is 14.3m

Phot. 7 Akamatsu-cross section a : sieve tube (St) and phloem parenchyma (Pp) in the inner bark, x450 b : periderm (including phellodirm (Pd), phellogen (Pg) and phellem (Pl), x250

Phot. 8 Akamatsu-cross section, x250 height of above ground is 8.1m,

Phot. 9 Phloem fiber (Pf) of Yamazakura inner bark-cross section a : x130, height of above ground is 4.2m b : x250, is 0.2m c : x250, is 8.2m

Phot. 10 Phloem ray (Pr) of Yamazakura

inner bark-radial section, x 250

Phot. 11 Phellodirm (Pd) of Yamazakura inner bark-cross section, x250

Pf : phloem fiber

Phot. 12 Phellodirm of Yamazakura outer bark, x250 a : cross section b and c : radial section 1 : white part 2 : brown part 3 : black part

Phot. 13 Complementary cell of YAMAZAKURA outer bark-cross section, x250

### Summary

The purpose of this study is to investigate the relationships between the microscopic structure of bark and its thickness which are reported in the first thesis<sup>6)</sup>.

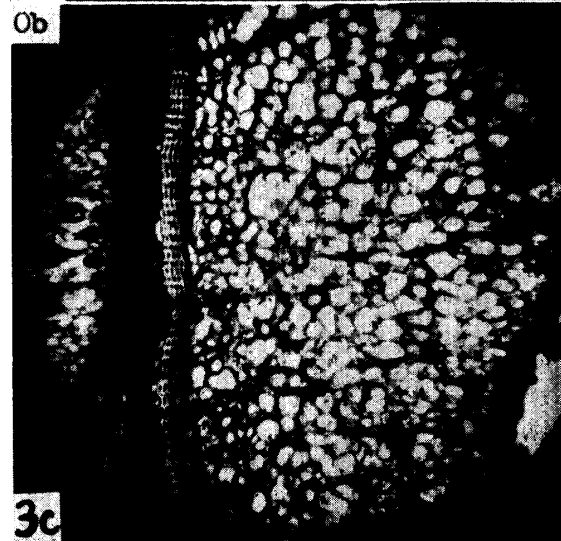
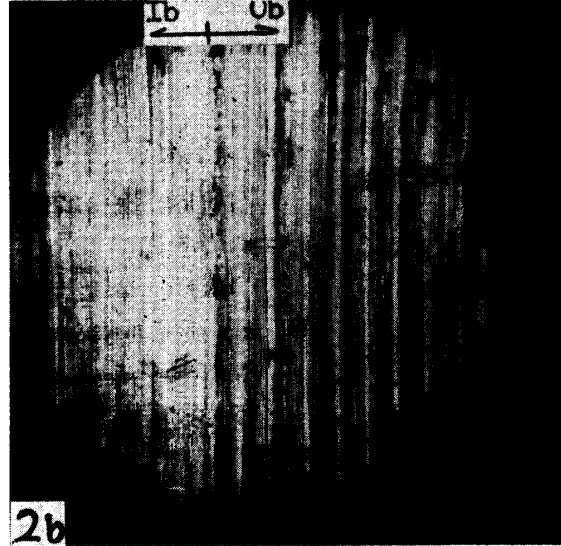
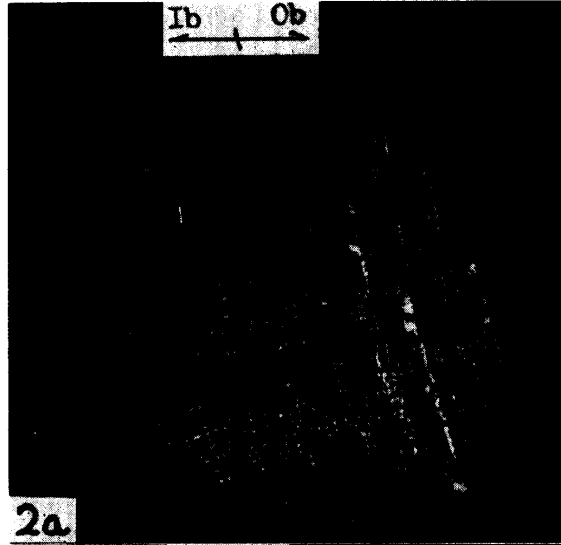
The results obtained by this experiment are as follows:

1) The microscopic structure of bark is much complicated than one of the xylen. The elements of bark tissue are varied in thier kind, the size, type and formation according to these trees. (cf, Phot. all and Fig. 1)

2) The size of bark elments in the cross section varied to radial and vertical direction. (cf. Phot. 9 and Table 1,2), The shortage in circumference direction for growth of the tree is filled up by tangential extension of cell of parenchyma, sieve tube, ray and phelloderm in inner bark. But in outer bark, there is no such regular extention fenomenan like inner bark and bring the crack on it.

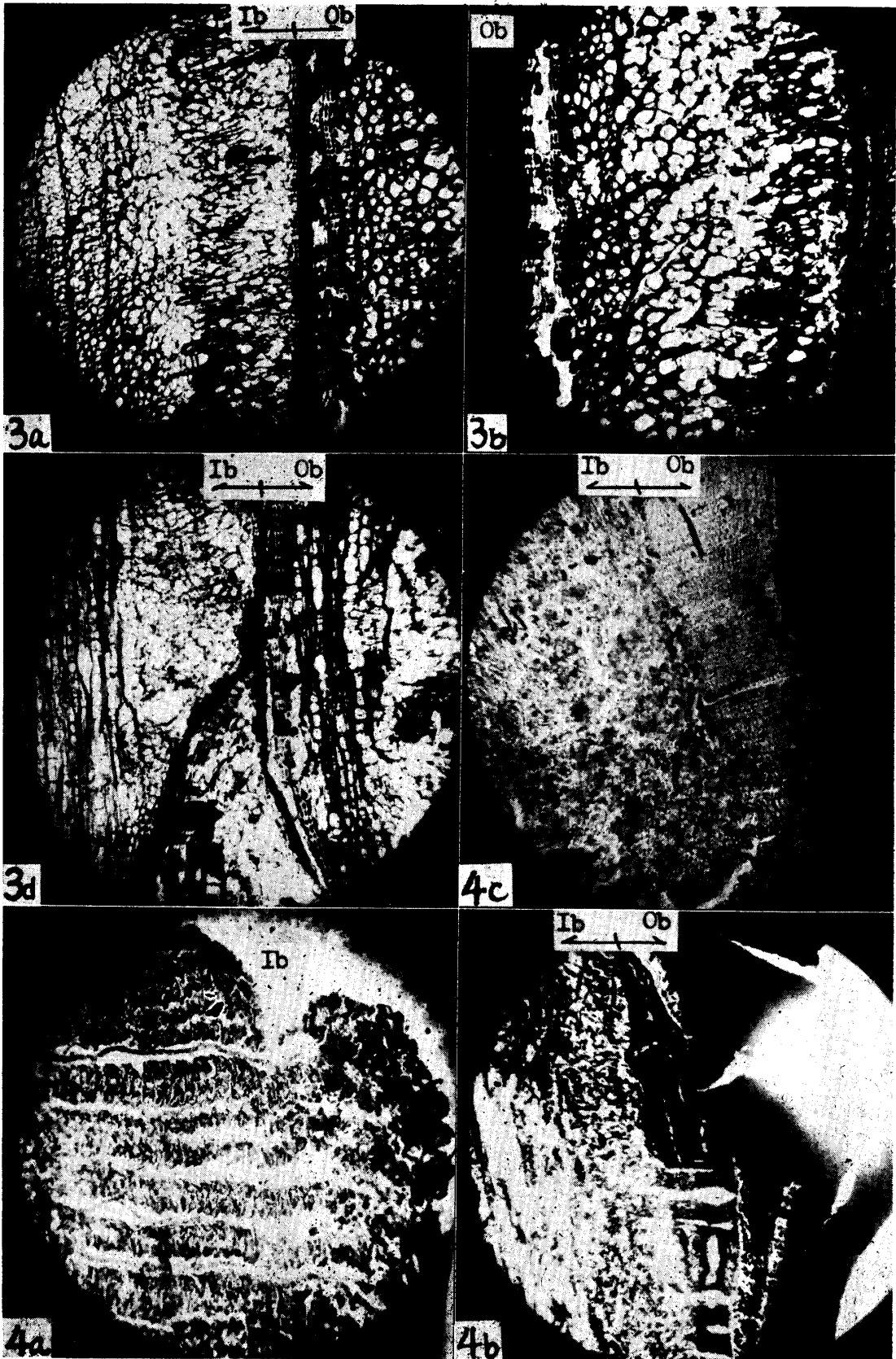
3) The increase of outer bark thickness in Sugi and Akamatsu is due to addition of sarajyo tissue which is inner bark elements covered completely by periderm. (cf. phot. 1—3 and Table 3). In Yamazakura, the increase bark thickness is due to growth of each tissue in bark. (cf. Fig. 2).

4) The bark elements of these tree are shown in table 4.

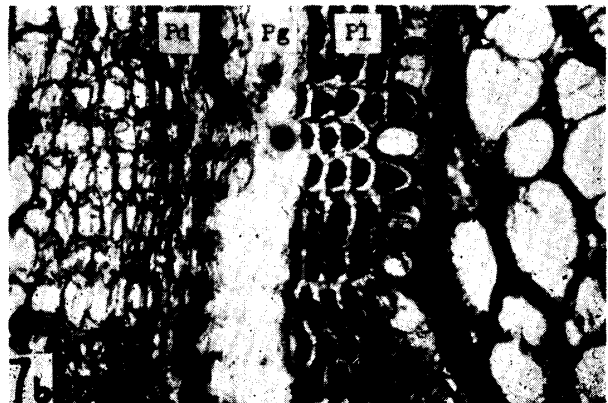
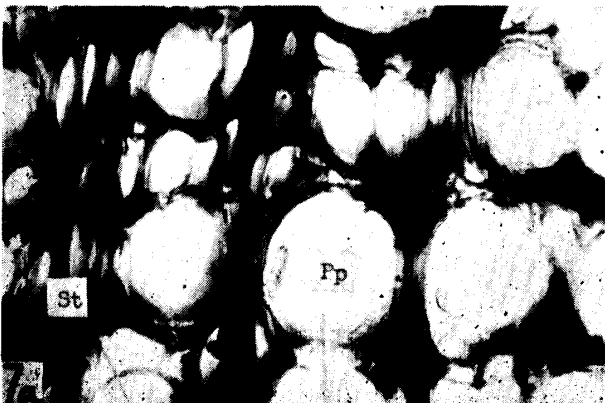
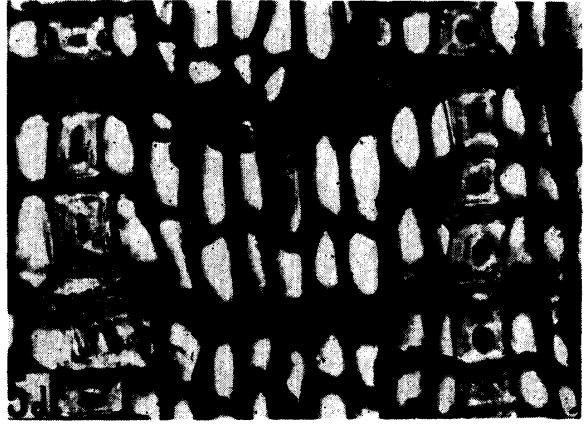
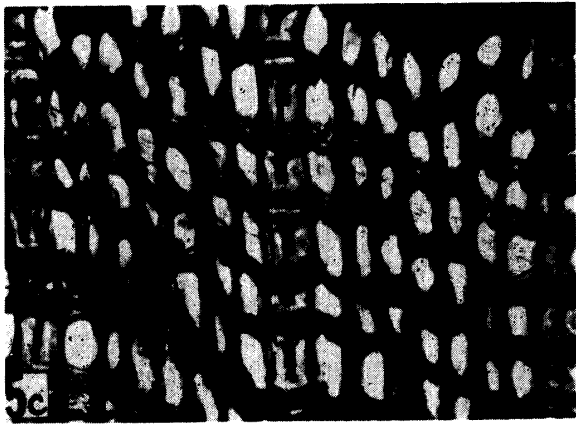
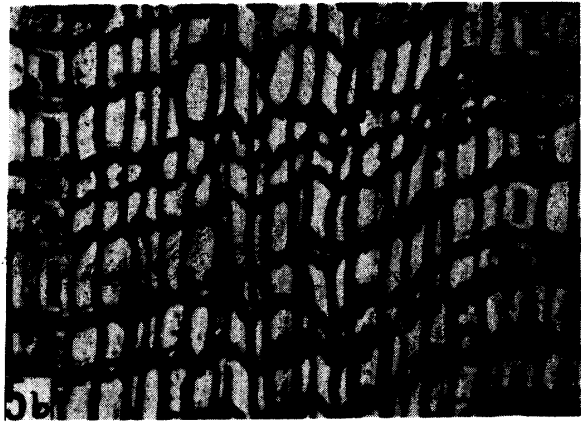
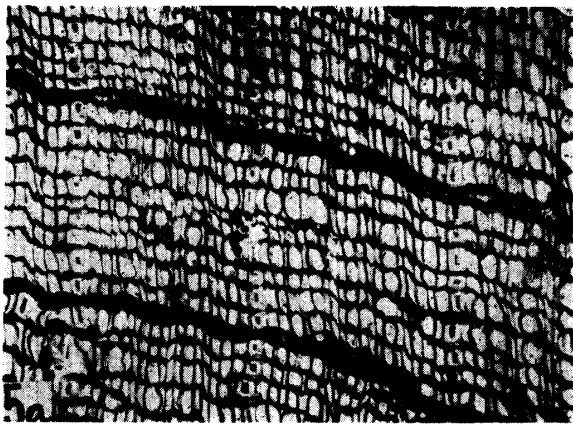


← Pith

↑







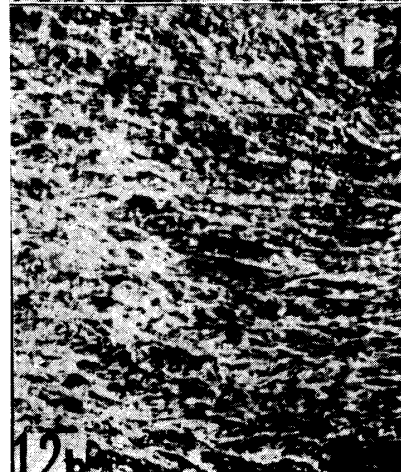
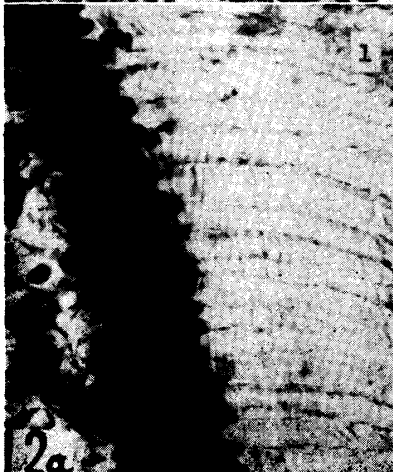
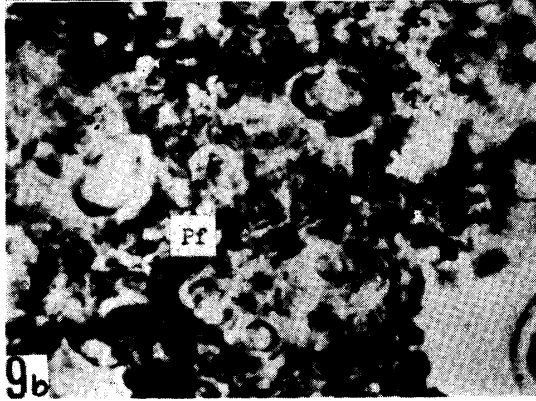
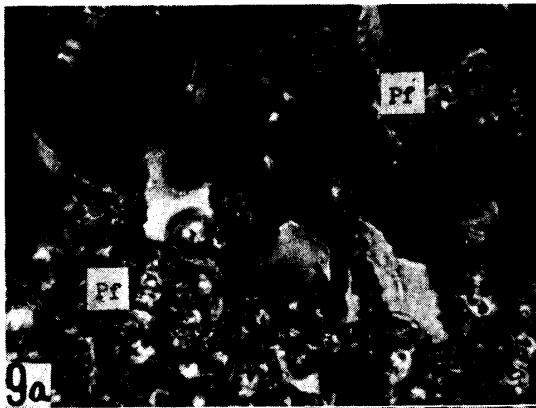


Table. 4

	Sugi	Akamatsu	Kunugi
inner bark	ray (phloem)	ray (phloem)	ray (phloem)
	seive tube	seive tube	seive tube
	parenchyma (phloem)	parenchyma (phloem)	parenchym (aphloem)
	fiber (phloem)	—	fiber (phloem)
	phellem	phellem	phellem
	phellogen	phellogen	phellogen
	phelloderm	phelloderm	phelloderm
outer bark	ray	ray	—
	seive tube	seive tube	—
	parenchyma	parenchyma	—
	fiber	—	—
	phellem	phellem	—
			(complementary cell)