

樹皮の構造に関する研究 (第4報)

マツ属樹皮の顕微鏡的構造 (2)

重松 頼生

YORIO SHIGEMATSU: Studies on the structure of bark. IV.
Microscopic structure of the bark of Pines. (2)

緒 言

樹皮の顕微鏡的構造は樹種識別の拠点としても価値があるが、研究者によつてそれによる識別可能の程度が異なっている^{2), 4)}。そこで、樹皮の顕微鏡的構造によつてどの程度まで樹種識別ができるか、すなわち同一属の樹種間においては樹皮の顕微鏡的構造にどのような相違があるか、について検討することにした。そして、先づ前報⁹⁾においてはマツ属数樹種の樹皮構造を検鏡した。この結果、マツ属数樹種における樹皮の顕微鏡的構造は類似しているところが多く、樹種間の相違はきわめて僅かであるが、これらにおいても2, 3の識別拠点を知ることができた。そして、その識別拠点は、内樹皮において、(1)篩管および柔細胞の排列様式、(2)射出線の形状、(3)木栓皮層の細胞形状、また外樹皮において、(1)篩管および柔細胞の排列様式、(2)

木栓組織の排列様式 等であり、木部において識別拠点とされている射出仮導管の鋸歯状肥厚および溝周細胞数は樹皮において樹種識別の拠点とすることができない等が知られた。

引き続き本報においては、得られた識別拠点にもとづきマツ属数樹種の識別を試みた。またマツ属の針葉数による樹皮構造の相違についても併せて検討した。

本研究を行うに当り、終始懇切なる御導を賜つた本学教授中戸莞二博士に対し、深甚の謝意を表する次第である。

I 材料および検鏡方法

供試木はマツ属の2針葉松から6樹種、3針葉松から5樹種、5針葉松から5樹種、計16樹種であり、これら供試木の詳細は Table 1 の通りである。なお供試木の樹令は測定できなかつたが、供試木が植栽され

Table 1 Materials used for this experiments

Species No.	Species	Leaves number	Height of tree (m)	Diameter of breast height (m)
1	* <i>Pinus densiflora</i> SIEB. et ZUCC.	2	12.5	23
2	<i>P. edulis</i> ENGELM.		8.5	18
3	* <i>P. Thunbergii</i> PARL.		22.0	22
4	* <i>P. luchuensis</i> MAYR.		8.0	24
5	* <i>P. tabulaeformis</i> CARR.		5.5	15
6	* <i>P. sylvestris</i> LINN.		9.0	13
7	<i>P. contorta</i> DOUGL.	3	7.0	14
8	* <i>P. palustris</i> MILL.		16.5	47
9	* <i>P. rigida</i> MILL.		13.5	34
10	* <i>P. Bungeana</i> ZUCC.	5	6.0	14
11	<i>P. Taeda</i> LINN.		13.5	37
12	<i>P. koraiensis</i> SEIB. et ZUCC.		8.0	11
13	* <i>P. pentphylla</i> MAYER.		7.5	13
14	* <i>P. excelsa</i> WALL.		7.0	12
15	* <i>P. parviflora</i> SEIB. et ZUCC.		6.5	15
16	* <i>P. Strobus</i> LINN.		10.0	22

These trees are planted at the Kyoto prefectural botanical garden. *These species are selected trees more than two and the dimension of smaller tree are shown in Table 1.

ていた京都府立植物園ができてから約50年になり、これらの樹木も約30～50年以上の樹令のものと思われる。つぎに、検鏡試料は前報⁹⁾のものと同じであり、これらの詳細については前報で述べた通りである。

検鏡にはオリンパス製 UEC-Ⅲ号を使用し、倍率30～1200倍の範囲で行った。また、構成要素の大きさは投影顕微鏡で600倍にした像について1/2mm目盛の物指で測定した。

II 検鏡結果および考察

マツ属16樹種の樹皮構造における各識別拠点を検鏡すると、各識別拠点は樹種間において Phot. 1～6 (ただし Phot. 2 は除く) に示すように区分された。これらそれぞれの区分における樹皮構造の相違点はつぎの通りである。

I 内 樹 皮 系

1. 篩管の排列様式

A. Phot. 1—A: 同一篩管層においては、半径方向に同数の細胞が並び、略等厚の層となる。

B. Phot. 1—B: 半径方向に並ぶ細胞数は、同一篩管層においても部分によつて異なり、不等厚の層となる。

C. Phot. 1—C: 篩管は層をなさず、細胞が数個群集して、それが散在する。

2. 柔細胞の排列様式

A. Phot. 1—A: 細胞は単列で略等厚の層となる。

B. Phot. 1—B: 2～3個の細胞が半径方向に並び、多列で不等厚の層となる。

C. Phot. 1—C: 細胞は散在する。

なお、篩管および柔細胞の排列様式は、内樹皮厚さを3等分した内樹皮内、中部において上述のように3区分できるが、内樹皮外部においては各樹種とも略同じような排列様式となつている (Phot. 2—A, B, C 参照)。

3. 射出線の形状

1. 射出線の巾

A. Phot. 3—A: 樹皮における射出線の巾が、木部におけるその約1～2倍である。

B. Phot. 3—B: 樹皮における射出線の巾が、木部におけるその約3～4倍である。

C. Phot. 3—C: 樹皮における射出線の巾が、木部におけるその約5～6倍である。

2. 横断面における射出線の走行型

A. Phot. 3—B, C: 彎曲型

B. Phot. 3—A: 屈曲型

4. 木栓皮層の最内部 (形成層に近い部分) における細胞形状

A. Phot. 4—A: 切線長さ/半径長さ >1

B. Phot. 4—B: 切線長さ/半径長さ $=1$

C. Phot. 4—C: 切線長さ/半径長さ <1

II 外 樹 皮 系

1. 篩管の細胞形状および排列様式

A. (Phot. 5—A): 篩管は半径方向に押し潰されて帯状の組織となり、かつ細胞腔をもつ篩管細胞がほとんど残存しない。

B. (Phot. 5—B): 篩管は半径方向に押し潰されて帯状の組織となるが、未だ細胞腔をもつ篩管細胞が層状となつて残存する。

C. (Phot. 5—C): 篩管は半径方向に押し狭められるが、未だ細胞腔をもつ篩管細胞が層状となるか、または数個群集したものが散在状となつて残存する。

2. 柔細胞の排列様式

木栓組織に隣接した部分における柔細胞の排列は内樹皮の内、中部における柔細胞の排列と同じ様式が認められるので、外樹皮における柔細胞の排列様式の区分とこの区分における構造の相違は内樹皮におけるそれらと同じである。ただし、その他の外樹皮における柔細胞の排列様式は供試マツ属16樹種において総べて散在している。

3. 木栓組織の排列様式

A. (Phot. 6—A): 細胞は径、切両方向に整然と並ぶ。

B. (Phot. 6—B): 細胞は半径方向に整然と並び、切線方向に雑然と並ぶ。

C. (Phot. 6—C): 細胞は径、切両方向に雑然と並ぶ。

つぎに、Table 1 に示したマツ属16樹種について、上述の各識別拠点における樹皮構造を検鏡した結果は Table 2 の通りである。

Table 2 の検鏡結果を通覧するとき、2, 3および5針葉松による樹皮構造の相違は、内樹皮の篩管および柔細胞の排列様式と木栓皮層の最内部における細胞の形状にみられる。それらの構造を表わす記号は2針葉松においてBおよびC, 3針葉松においてBおよびA, 5針葉松においてA, でそれぞれ示されている。そして、横断面における内樹皮構造が最も整然としているのは5針葉松である。すなわち、5針葉松の内樹皮において、篩管の層は半径方向に7～10 (*P. pentaphylla*) から14～18 (*P. koraiensis*) 個の細胞が並びそれぞれの同一篩管層は略等厚であり、また柔細胞は単列で略等厚の層となつている。そして、これら両者

Table 2 Type and formation of arrangements of the bark elements in cross section

Species No. *	Inner bark				Outer bark			
	Seive tube	Parenchyma	Phell-derm	Ray Width	Running state	Seive tube	Parenchyma	Phellem
1	B (7-10)**	B	C	C	A	B	C	B (3-5)**
2	Bc (9-14)	Bc	C	A	B	B	C	C (1-4)
3	B (7-15)	B	B	B	A	B	C	B (4-6)
4	C	C	C	A	A	A	B	C (2-5)
5	Cb (10-18)	Cb	B	B	B	A	B	B (3-6)
6	B (7-11)	B	C	A	B	B	C	B (2-5)
7	B (7-10)	B	B	B	A	A	C	B (2-3)
8	B (15-20)	B	B	A	B	C	C	B (2-4)
9	B (4-7)	B	A	A	B	B	C	B (3-7)
10	B (4-7)	B	B	B	A	B	C	B (2-5)
11	B (4-10)	B	A	A	A	C	B	B (2-5)
12	A (14-18)	A	A	A	A	B	A	A (4-8)
13	A (7-10)	A	A	A	A	A	A	A (7-9)
14	A (7-12)	A	A	C	B	C	C	B (3-5)
15	A (17-22)	A	A	B	B	A	A	A (7-6)
16	A (7-13)	A	A	A	B	B	C	B (3-5)

Attention : See the mark and the explanation on Plate (1~2).

* Species : Showing each species.

** Values in parentheses : Showing cell number which were heaped radial direction in its tissues.

が半径方向に交互に並んでいる (Phot. 1-A 参照). 5針葉松の木栓皮層は薄く, その最内部における細胞の形状は 切線長さ/半径長さ >1 である (Phot. 4-A 参照). 3針葉松の内樹皮構造は篩管および柔細胞の排列様式がB, 木栓皮層の最内部における細胞の形状がAおよびBでそれぞれ示されている. すなわち, この篩管層は半径方向に4~7 (*P. rigida*, *P. Bungeana*) から15~30 (*P. palustoris*) 個の細胞が並びそれぞれの同一篩管層は不等厚であり, また柔細胞は多列で不等厚の層となつている. そして, これらの両者が半径方向に交互に並び, 篩管層の凹が柔細胞層の凸に接し, また, 篩管層の凸が柔細胞層の凹に接している (Phot. 1-B 参照). 3針葉松の木栓皮層は5針葉松のそれと同じ形状のもの (*P. rigida*, *P. taeda*) と, 5針葉松の木栓皮層より発達した厚い層で, 最内部の細胞形状が 半径長さ/切線長さ ≈ 1 であるもの (*P. contorta*, *P. palustaris*, *P. Bungeana*) の2種類がある. 2針葉松の内樹皮における篩管, 柔細胞の排列はいちじるしく乱れており, 篩管は層をなさず, 柔細胞は散在するもの (*P. luchuensis*, *P. tabulaeformis*) と, 篩管および柔細胞の排列様式が3針葉松のそれと同じであるもの (*P. densiflora*, *P. edulis*, *P. Thunbergii*, *P. sylvestris*) の2種類がある. 2針葉松の

木栓皮層はよく発達した厚い層で, 最内部における細胞形状が 半径長さ/切線長さ <1 であるもの (*P. densiflora*, *P. edulis*, *P. luchuensis*, *P. sylvestris*) と, 3針葉松のそれと同じ形状のもの (*P. Thunbergii*, *P. tabulaeformis*) の2種類がある. そこで, 2針葉松の *P. thunbergii* のみは3針葉松の内樹皮構造と一致している. しかし, 一般にマツ属16樹種における針葉数と樹皮構造の関係は, 針葉数が少ない樹種ほど内樹皮における篩管および柔細胞の排列様式が不規則に乱れており, かつ木栓皮層が次第に発達して厚い層となる. また *Haploxyylon* と *Diploxyylon* による樹皮構造の相違は, 針葉および材におけるそれらによる構造の相違³⁾ と同じように明瞭である.

つぎに, 外樹皮における篩管および柔細胞は, 内樹皮外部における篩管が半径方向に押し潰され, 切線方向に引き伸ばされた形状に, また, 柔細胞が四周に引き伸ばされた形状にそれぞれ変化し, これら細胞膜は褐色に着色し, かつ肥厚している (Phot. 2 および Phot. 5 参照). そして, とともに識別拠点である篩管および柔細胞の排列様式は内樹皮と外樹皮において関連がない. 例えば, 内樹皮において篩管が層をなさず, 柔細胞が散在している *P. luchuensis* において, 外樹皮の篩管は半径方向に押し潰されて帯状の組織と

なり、かつ、細胞腔をもつ篩管細胞がほとんど残存せず、この柔細胞は単列で略等厚の層となる。また、内樹皮において篩管が略等厚の層となり、柔細胞が単列

で略等厚の層となつている *P. Strobus* においても、外樹皮の篩管は半径方向に押し狭められた組織となり、細皮腔をもつ篩管細胞が層状となるか、または数

Table 3 Special materials which were occurred in bark tissue

Speices No. *	Black corn in phloem parenchyma	Whitely angular materials in phloem parenchyma	Black grain in phelloderm
1	+	-	++
2	++	-	+
3	+	-	+
4	+	+	-
5	+	-	+
6	+	+	-
7	+	+	+
8	+	-	+
9	+	+	+
10	-	+	-
11	-	+	+
12	+	-	+
13	++	-	+
14	-	+	-
15	++	-	+
16	+	+	+

* Species No. : Showing each species.

++, + and - : Showing the degree of occurrence.

Table 4 Diameter of the bark elements (microns units)

Species No. *	Inner bark				Outer bark	
	Sieve tube**		Phloem parenchyma		Phelloderm	
	Min. Tan. : Rad.	Max. Tan. : Rad.	Min. Tan. : Rad.	Max. Tan. : Rad.	Min. Tan. : Rad.	Max. Tan. : Rad.
1	25 : 24	30 : 26	31 : 23	37 : 23	25 : 20	33 : 26
2	20 : 10	27 : 17	24 : 17	34 : 33	30 : 20	60 : 44
3	20 : 14	28 : 17	36 : 23	43 : 30	27 : 14	30 : 24
4	20 : 10	24 : 14	20 : 24	27 : 30	24 : 20	40 : 30
5	17 : 10	24 : 17	27 : 20	37 : 34	27 : 14	37 : 27
6	20 : 10	34 : 17	24 : 17	34 : 34	27 : 14	50 : 24
7	14 : 14	20 : 17	27 : 27	34 : 30	27 : 27	37 : 30
8	24 : 10	34 : 17	27 : 17	37 : 24	37 : 17	71 : 27
9	27 : 17	34 : 24	50 : 34	60 : 40	34 : 24	50 : 34
10	14 : 10	24 : 17	34 : 27	50 : 44		
11	20 : 10	34 : 17	30 : 17	37 : 24	37 : 10	64 : 20
12	17 : 14	27 : 20	20 : 20	27 : 27	24 : 17	34 : 24
13	23 : 17	30 : 23	30 : 26	36 : 33	40 : 15	46 : 20
14	27 : 10	33 : 18	35 : 40	40 : 46	44 : 24	50 : 34
15	17 : 14	27 : 30	20 : 20	27 : 27	24 : 17	34 : 24
16	24 : 14	30 : 20	32 : 30	39 : 39	47 : 29	54 : 35

* Species No. : Showing each species.

** The diameter of sieve tube and phloem parenchyma are measured in inner part of inner bark.

個 群集したものが散在状となつて残存し、柔細胞は散在している。そこで Table 2 において外樹皮の篩管、柔細胞の排列様式および木栓組織の排列様式と内樹皮の射出線の中および走行型を通覧するとき、*P. sylvestris*, *P. rigida*, *P. Strobilus* の3樹種は、それらの構造を示す記号が同じである。しかし、*P. sylvestris*, *P. ridida*, *P. Strobilus* の内樹皮構造は上述のように著しく異なっている。その他の各樹種間にはそれぞれ樹皮構造の相違がみられる。

以上のことから内、外樹皮の構造を検鏡することにより、これらマツ属16樹種は識別可能とみられる。しかし、Table 2 の結果は各識別拠点について2~3区分されたことにより、その区分の限界附近で類似している構造をもつ樹種間においても、その構造を表わす記号が異なる場合がある。それゆえ、識別拠点の相違が1~2であり、かつその記号が相隣るものはきわめてよく類似した構造である。その類似している樹種は *P. pentphylla* と *P. parviflora*, *P. densiflora* と *P. Thunbergii*, *P. contorta* と *P. Bunzlana*, *P. Palustris* と *P. rigida* 等である。そこで附加される相違点はつぎのものである。すなわち、*P. contorta* と *P. Bungeana*, *P. palustoris* と *P. rigida* におけるそれぞれの相違は篩管および柔細胞の細胞腔内に存在する特殊な結晶の有無 (Table 3), 各要素の大きさの相違 (Table 3: 篩管および柔細胞の大きさは形成層から木栓形成層に近づくにしたがつて変化する⁵⁾ ので、形成層附近におけるそれらの大きさを示した) および篩管、木栓組織の半径方向に並ぶ細胞数 (Table 2) 等である。さらに、*P. Bungeana* の木栓皮層には多数の葉緑素が含まれている。*P. densiflora* と *P. Thunbergii*, *P. pentphylla* と *P. parviflora* の相違とにく後者の組合せの相違は Table 2~4 においてもみられ難い。ただ、外樹皮における篩管、柔細胞および木栓皮層の細胞腔内に充滿している樹脂状物質の色が、*P. densiflora* より *P. Thunbergii* において

濃い。また、内樹皮における篩管の半径方向に並ぶ細胞数が、*P. pentphylla* より *P. parviflora* において多い。このように、樹皮の顕微鏡的構造において、これら同一属間の樹種の相違は異属間の樹種^{1) 5)} より顕著でない。しかし、内、外樹皮の構造における各識別拠点を通覧するとき、ある程度の樹種識別ができる。

要 約

以上要するに、マツ属15樹種の樹皮の顕微鏡的構造において、

(1) 同一属間の樹種の相違は、異属間の樹種の相違^{1) 5)} より顕著でない。しかし、内、外樹皮の各識別拠点を通覧するとき、ある程度の樹種識別ができる。ただし、*P. pentphylla* と *P. parviflora* の識別は困難である。

(2) 針葉数と樹皮構造の関係は、針葉数が少ない樹種ほど内樹皮の篩管および柔細胞の排列様式が乱れた形状となり、かつ木栓皮層が次第に発達して厚い層となる。また Haploxyton と Diploxyton による樹皮構造の相違は、Haploxyton と Diploxyton による針葉および材の構造の相違と同じように明瞭である。

引用文献

- 1) CHANG, Y.: Tappi Monograph Series, 14, 1~241, (1954)
- 2) CHATTAWAY, M.: Australian journal of botany, 1, 3, 1~402, (1953)
- 3) 岩田利治・草下正夫: 邦産松柏類図説, 146, (1952)
- 4) METCALFE, C.R. & CHALK, L.: The anatomy of the dicotyledons. (1950)
- 5) 重松頼生: 西京大学報・農, 10, 61~67, (1958)
- 6) _____: 西京大農演習林報, 4, 13~20, (1959)

Explanation of Plate 1~2

Phot. 1 Arranging type of sieve tube and phloem parenchyma in inner part of inner bark.

A—*P. excelsa*: Sieve tube forms layer of equally thickness, phloem parenchyma forms circumference of a cell line.

B—*P. Bungeana*: Sieve tube forms layer of not equally thickness, phloem parenchyma forms circumference in a few cell line of not equally thickness.

C—*P. tabulaeformis*: No sieve tube forms layer, phloem parenchyma are scattered.

Phot. 2 Arranging tupe of sieve tube and phloem parenchyma in outer part of inner bark.

A—*P. pentphylla*, B—*P. rigida* and C—*p. Thunbergii*: No sieve tube forms layer, phloem parenchyma are scattered.

Phot. 3 Running state of phloem ray and expanding degree in tangential direction of its in

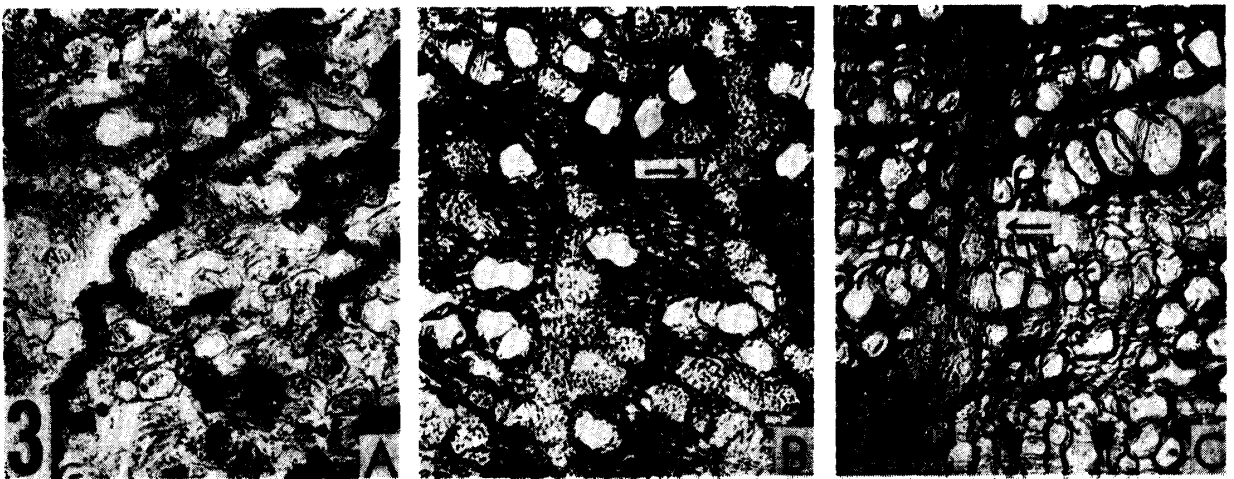
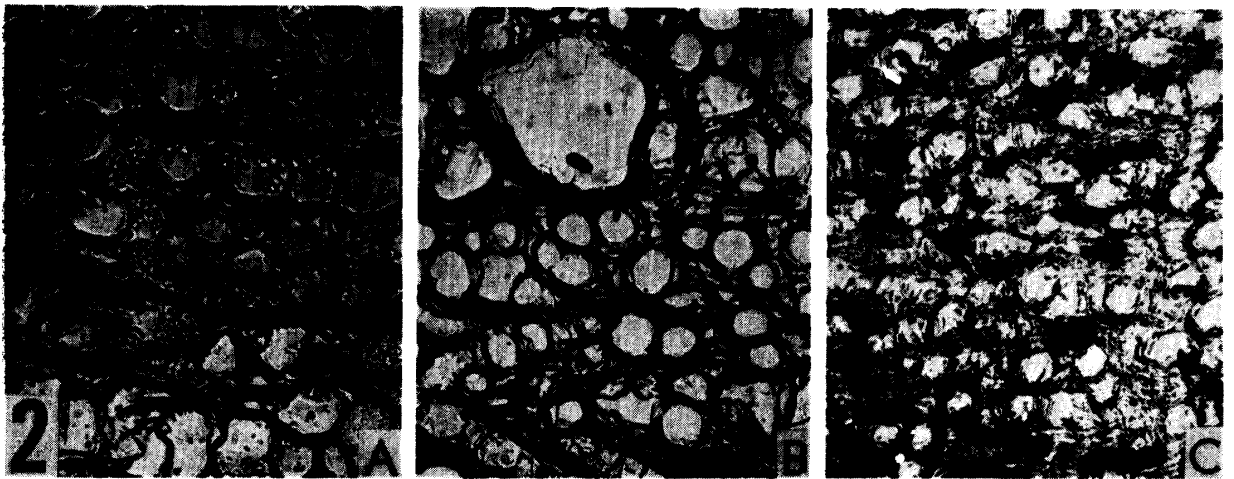
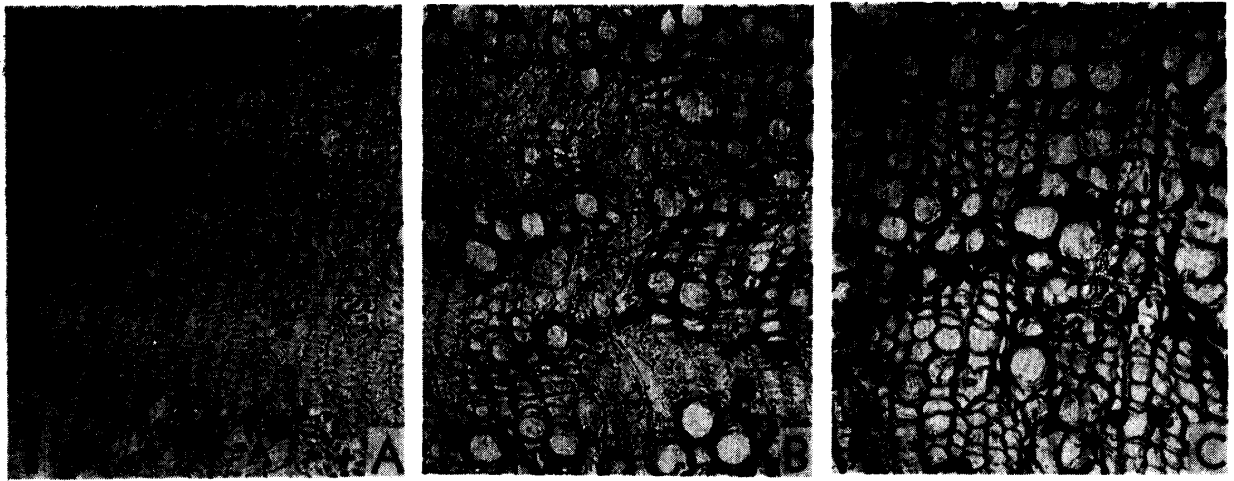
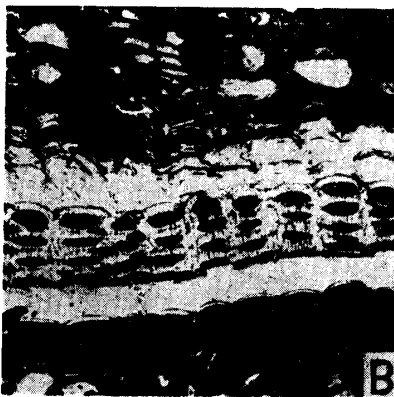
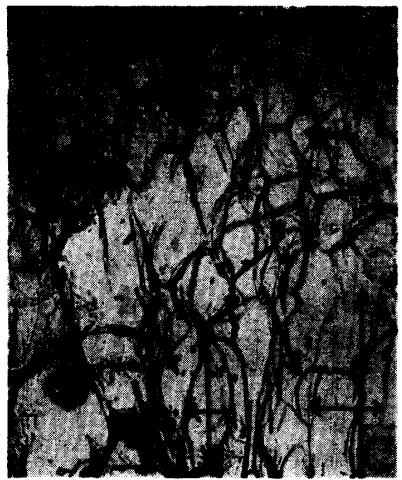
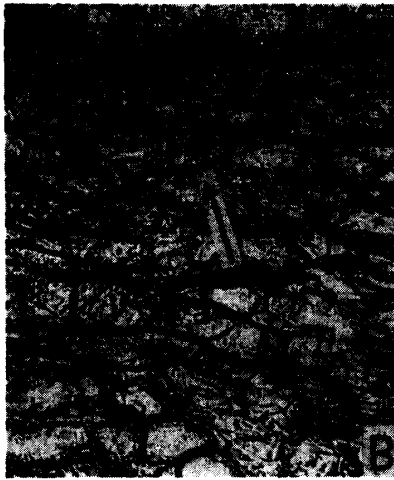


Plate II



inner bark.

A—*P. parviflora* : width of phloem ray are narrow, it is crooked.

B—*P. Bungeana* : Width of phloem ray are intermediate, it is carved.

C—*P. densiflora* : Width of phloem ray are wide, it is carved.

Phot. 4 Cell type in inner part of phelloderm.

A—*P. parviflora* : Tangential length/Radial length < 1.

B—*P. rigida* : Tangential length/Radial length = 1.

C—*P. densiflora* : Tangential length/Radial length > 1.

Phot 5 Arranging type of siebe tube and their cell type in outer bark.

A—*P. contorta* : Sieve tube which have lumina are absent.

B—*P. rigida* : Sieve tube which have lumina are remain in layer of sieve tube.

C—*P. excelsa* : Sieve tube which have lumina are exist as groups.

Phot. 6 Arranging type of phellm.

A—*P. parvijlra* : Cell are arranged regularly.

B—*P. taeda* : Cell are arranged slight regularly.

C—*P. rigida* : Cell are arranged iregularly.

All photographs are copy in cross section, ×170.

Summary

The present paper deals with the results of experiment on the identification with the microscopic structure of bark in 16 species of ginus *Pinus* which are shown in table 1. The results are summerized as follow :

1. It is found that following key is useful for identification between above 16 species using bark:

A. In inner bark, (1) the arrangements of sieve tube and phloem parenchyma (2) the ranning state and expanding degree to tangential direction of phloem ray (3) the degree of development of phelloderm and its cell type (cf. Table 2 and Phot. 1~4).

B. In outer bark, (1) the degree of transform of sieve tube and phloem parenchyma, as well as its arrangement (2) the number of cell arranging to radial direction of phellem and its arrangements

(cf. Table 2 and Phot. 5~6).

C. Special materials which are occurred in bark tissue (cf. Table 3).

D. Diameter of the bark elements (cf. Table 4).

2. These 16 species of genus *Pinus* are able to identification in Table 2~4, but the identification of *P. pentaphylla* and *P. parviflaura* is very truble so that the difference of bark structure obsurved slightly (cf. Table 2 and Phot. 1~2).

3. Variation with needle number of the bark structure were easy appeared in Table 2. According to decrease needle number, arranging type of sieve tube and phloem parenchyma disordered irregularly and phelloderm thicken as result that phelloderm cell is elongated to radial direction (cf. Phot. 1 and 4).