

木材材質の森林生物学的研究 (第7報)

トドマツに於ける樹皮の形態的特徴による 材質診断の可能性

Takeshi KANO and Zisuke KABURAGI:

Forest-biological studies on the wood quality. (Report 7)

Possibility of diagnosing the wood quality by the formal
characteristics of bark of Todo-fir.

加 納 孟*
蕪 木 自 輔**

目 次

I 緒 言	57
II トドマツに於ける木材の性状と樹皮の形態的特徴	58
III トドマツ樹皮の外観的变化	60
IV 韌皮組織の生長の経過	62
V 樹皮の外観的特徴と韌皮組織の形態的变化の例	63
VI 樹皮の外観の形態とその内包する瑕疵の例	65
VII 要 約	68
参考文献	69
Résumé	70

I 緒 言

北海道に於ける林木の蓄積はおよそ 15 億石で針葉樹材はその 46% にあたるといわれているが、トドマツ材はそのうち 3 億 7 千万石で全樹種別蓄積の主位を占めている。また人工林は全体の 1% にもみえずほとんどが天然林であつて、その大部分はほぼ完全な自然的環境のなかに生育しており、林分や単木のなりたちやかたちに複雑な相貌をあたえている。トドマツ材はエゾマツ材とともに北海道に於ける木材利用上重要な位置にあるわけであるが、もし立木の樹皮が木材の生産過程と関連的にその形状をしめすものであるならば、樹皮の形態を材質の総合的指標の一部としてある限度まではとりあげることができるだろうという考え方は、この錯雑せる林地の相貌のなかでの木材利用のうえに、かなり実用的な資料を与えるかもしれない。

* 札幌支場材質研究室長 ** 同室員

筆者等はほとんど北海道の全域にわたつて主要なトドマツ産地について相当数の試料をえたが（試料採取地は Fig. 1 参照），その樹皮と材部の性状に関して若干の観察を行つた。皮部

と材部との質的関連性についてはまだ体系づけられたものはないが，ここにその二，三の観察結果を記載的に報告することとした。

なお，この実験の施行にあつて種々御便宜と御指導を与えられた林業試験場札幌支場長林行五氏，林業試験場木材部長斎藤美鶯氏に深甚なる謝意を表するとともに，実験中，顕微鏡切片の作製に協力をえた技官中川伸策また写真撮影に協力をえた技官辻完司の両氏に併せて厚く感謝の意を表する。

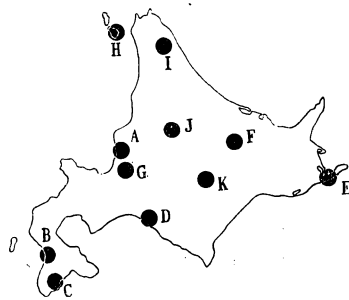


Fig. 1 試料採取地

記号	営林局	営林署	経営区
A	札幌	札幌	厚田
B	函館	江差	檜山
C	"	木古内	知内
D	札幌	厚賀	門別
E	帯広	根室	温根塘
F	北見	置戸	置戸
G	札幌	札幌	野幌
H	旭川	稚内	利尻
I	"	中頓別	頓別
J	"	上川	層雲峡
K	帯広	上士幌	音更

Ⅱ トドマツに於ける木材の性状と

樹皮の形態的特徴

肥大生長によつて新生される木材細胞は遺伝的な種別と生育する環境によつてその形態を変異し，それらが堆積して形成される年輪にいちじるしい量的な変化を与えるのみならず，年輪の構成状態にも明瞭な変異がみとめられるものである。したがつて，これらの材質の変異を解明して箇々の材質を判定することは木材

構成要素の組織学的な研究とそれらの変化を樹幹生長の経過に展開してのみ求めえられるべきものである。

立木は自然の生育環境の中で一般にいちじるしく形態を異にした生活型をしめすものであり，それらの形態的な特徴として，従来，樹幹の径級・彎曲および完満の度合・樹冠および枝条着生の状態・樹皮生長の量的な変化等がみとめられており，これらはいずれも立木伐採後材料收穫にたいする量的な規準をしめすものとして林業的に用いられているが，またいちじるしい異常材として区別されるようなものはそれらの形態的な特徴によつてもなお経験的に類推されるものも少くない。

これらのうち，樹皮形成の経過についてみれば，韌皮組織の生長は肥大生長における形成層細胞の分裂によつて木材生長とまったく連帶的な生長経過をしめし，しかも，木材細胞にくらべていちじるしく長い生活能力を維持して生育環境に応じて二次的な変化をなすこともすでにみとめられている。したがつて，樹皮の形態的な特徴によつてこれとまったく連帶的な木材生長の経過を類推し，それによつて木材々料の材質との関連をみちびこうとすることは，木材の材質判定にたいする実用的な指標として役立つものと考えられる。木材と樹皮における細胞組

成の類似性は、トドマツ材のような簡単な構造をもつ針葉樹材に特にいちじるしく、したがって、皮部組織による木材構造の類推もまたこのような場合に比較的よく適合される。

また、材部の肥大生長過程において発生し内包されていくいわゆる瑕瑾は、生育条件の変化にたいする生理的な反応としてしめされるものであり、その度合には広範な差異はあるがその出現の頻度はおどろくべき数にたつする (Fig. 2 および Table 1 参照)。これらの局所的な生長の異常は多かれすくなかれ木材利用上その材料的性質に欠陥をあたえるものであるが、またその生活型の全般もしくは一部に異常をもたらし、樹体の内的および外的条件の関連性のなかで瑕瑾の程度に応じてあるいは直接的にあるいは二次的に樹皮または樹幹における形態的变化をもたらすと考えられる。

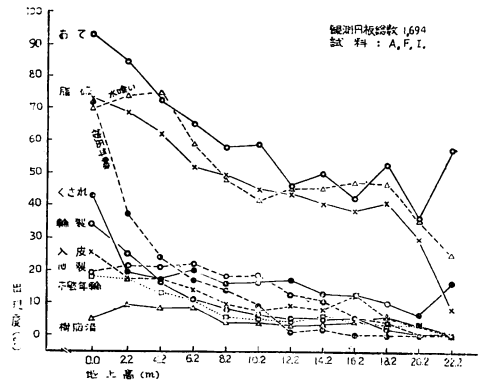


Fig. 2 地上高にたいする瑕瑾の出現度

Table 1 トドマツ材に於ける主要な瑕瑾の樹齢および地上高別出現度

試料: A, F, I. 観測総数: 1,694

地上高 (m)		0.0	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	14.2	16.2	18.2	20.2	22.2
輪 裂	<60	11.1	11.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	61~80	23.4	8.5	2.1	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	81~100	41.1	14.3	8.9	5.5	4.0	0	0	0	6.3	0	0	0
	101~120	25.9	20.4	9.3	9.1	2.0	4.7	2.9	7.7	0	10.0	0	0
	合計	49.0	56.4	41.8	23.6	25.5	16.7	11.8	9.3	8.1	0	0	0
放射裂	<60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	61~80	6.4	0	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	81~100	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	101~120	7.4	3.7	0	0	2.3	0	0	0	0	0	0	0
	合計	11.8	7.3	3.6	3.6	1.8	0	2.0	0	0	0	0	0
心 裂	<60	6.9	2.7	0.9	1.4	0.5	0.6	0.7	0	0	0	0	0
	61~80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	81~100	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	101~120	7.4	3.7	0	0	2.3	0	0	0	0	0	0	0
	合計	11.8	7.3	3.6	3.6	1.8	0	2.0	0	0	0	0	0
髓心裂	<60	33.3	0	25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	61~80	8.5	21.3	19.1	10.1	6.8	10.8	3.4	0	0	0	0	0
	81~100	17.9	25.0	17.9	16.4	12.0	13.5	11.1	4.8	0	0	0	0
	101~120	18.5	20.4	18.5	25.5	13.7	16.3	17.6	15.4	7.1	0	0	0
	合計	27.5	21.8	27.3	36.4	38.2	27.8	15.7	16.3	8.1	7.1	0	0
くされ	<60	18.9	21.3	20.9	22.0	18.0	17.7	12.4	10.3	5.0	3.9	0	0
	61~80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	81~100	4.3	10.6	14.9	14.9	6.8	5.4	3.4	4.5	0	0	0	0
	101~120	1.8	7.1	12.5	10.9	2.0	5.4	11.1	4.8	6.3	0	0	0
	合計	3.7	11.1	9.3	1.8	7.8	4.7	8.8	3.8	21.4	10.0	0	0
樹齢階	<60	3.9	12.7	10.9	16.4	7.3	11.1	13.7	11.6	2.7	7.1	14.3	0
	61~80	3.2	10.0	11.4	10.6	5.8	6.9	9.7	6.9	6.3	5.9	6.7	0
	81~100	2.2	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	101~120	31.9	6.4	8.5	2.1	4.5	0	0	0	0	0	0	0
	合計	26.8	12.5	10.7	23.6	6.0	13.5	7.4	9.5	12.5	0	0	0
樹齢階	<60	31.5	11.1	7.4	16.4	9.8	14.0	11.8	7.7	0	0	0	0
	61~80	83.6	49.1	38.2	38.2	41.8	33.3	37.3	25.6	21.6	17.9	14.3	33.3
	81~100	43.0	19.5	16.4	20.2	16.0	16.6	17.2	12.9	12.5	9.8	6.7	16.7
	101~120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	167.1	128.7	102.0	116.6	107.6	93.9	92.4	64.1	44.1	27.7	14.3	50.0

Table 1 トドマツ材に於ける主要な瑕疵の樹令および地上高別出現度 (続)

地上高(m)		0.0	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	14.2	16.2	18.2	20.2	22.2
入 皮	<60	33.3	33.3	12.5	0	0	0	0	0	0			
	61~80	29.8	14.9	12.8	4.3	4.5	8.1	0	0	0	0	0	0
	81~100	25.0	17.9	26.8	9.1	10.0	2.7	7.4	9.5	12.5	11.1	0	0
	101~120	22.2	5.6	13.0	20.0	3.9	7.0	5.9	3.8	21.4	10.0	0	0
	121<	23.5	29.1	12.7	23.6	18.2	13.0	17.6	14.0	13.5	3.6	7.1	0
	合計	25.3	17.6	16.4	14.2	9.2	8.0	9.0	7.8	12.5	5.9	3.3	0
樹脂溝	<60	0	11.1	0	0	0	0	0	0	0			
	61~80	6.4	2.1	2.1	4.3	2.3	0	0	4.5	0	0	0	0
	81~100	3.6	12.5	12.5	10.9	0	2.7	0	4.8	6.3	11.1	0	0
	101~120	9.3	14.8	11.1	14.5	5.9	7.0	8.8	3.8	14.3	10.0	14.3	0
	121<	2.0	7.3	9.1	5.5	7.4	5.6	3.9	2.3	0	3.5	0	0
	合計	5.1	9.5	8.6	8.7	3.9	4.0	3.4	3.4	3.8	5.9	3.3	0
脂 条	<60	44.4	55.6	50.0	66.7	33.3	100.0	100.0	100.0	100.0			
	61~80	76.6	70.2	59.6	55.3	52.3	51.4	48.3	31.8	33.3	28.6	50.0	0
	81~100	64.3	57.1	50.0	27.3	36.0	27.0	25.9	28.6	36.3	33.3	40.0	0
	101~120	68.5	66.7	59.3	50.9	39.2	30.2	32.4	23.1	7.1	20.0	0	0
	121<	88.2	81.8	81.8	72.7	70.9	61.1	54.9	55.8	54.1	50.0	35.7	16.7
	合計	72.8	68.3	62.3	51.8	49.5	45.1	44.1	40.5	38.8	41.2	30.0	8.3
不整年輪	<60	11.1	11.1	0	0	0	0	0	0	0			
	61~80	17.0	6.4	6.4	6.4	2.3	0	0	0	0	0	0	0
	81~100	17.9	19.6	16.1	5.5	0	2.7	3.7	0	6.3	0	0	0
	101~120	14.8	14.8	16.6	18.2	3.9	7.0	5.9	3.8	14.3	10.0	14.3	0
	121<	23.5	27.3	14.5	14.5	14.5	9.3	5.9	13.9	0	0	0	0
	合計	18.0	17.2	13.2	11.0	5.3	5.1	4.1	6.0	3.8	2.0	3.3	0
水喰い	<60	66.7	44.4	62.5	16.7	0	0	0	0	0			
	61~80	65.9	70.2	57.4	57.4	36.4	21.6	27.6	27.3	41.6	42.8	0	0
	81~100	69.6	73.2	69.6	45.5	38.0	29.7	40.7	38.1	37.5	22.2	20.0	0
	101~120	63.0	70.4	79.6	58.2	43.1	46.5	41.2	21.7	57.1	60.0	71.4	33.3
	121<	84.3	87.3	92.7	80.0	80.0	64.8	66.7	60.4	51.4	46.4	35.7	33.3
	合計	70.5	74.2	75.0	59.2	49.0	42.3	46.2	45.6	47.5	47.1	36.7	25.0
あ て	<60	88.9	77.8	75.0	50.0	33.3	25.0	0	25.0	0			
	61~80	95.7	76.6	76.6	72.3	56.8	48.6	34.5	22.7	16.7	28.6	25.0	0
	81~100	98.2	87.5	67.9	69.1	52.0	64.9	55.6	57.1	50.0	77.8	40.0	0
	101~120	96.3	77.8	59.3	36.4	45.1	41.9	26.5	38.5	35.7	20.0	28.6	66.7
	121<	82.4	96.4	87.3	85.5	80.0	77.8	64.7	69.8	51.4	57.1	42.8	83.3
	合計	93.1	84.6	72.7	65.1	58.3	58.8	46.2	50.0	42.5	52.9	36.7	58.3
被圧年輪	<60	62.5	12.5	0	0	0	0	0	0	0			
	61~80	57.1	11.9	7.1	2.4	2.6	2.9	0	0	0	0	0	0
	81~100	62.9	22.9	20.0	11.8	9.7	4.8	0	0	0	0	0	0
	101~120	68.4	42.1	5.3	0	5.6	0	0	7.7	0	0	0	0
	121<	93.6	70.6	51.0	41.2	29.4	18.0	2.1	2.4	0	0	0	0
	合計	71.5	37.4	24.0	17.2	13.9	8.7	0.9	2.1	0	0	0	0

註： 1. 出現度は各級総観測度数に対する百分率にてしめす。
 2. 瑕疵の量的変化については本表に取扱っていない。

Ⅲ トドマツ樹皮の外観的变化

トドマツ樹皮は一般に平滑で灰青色 (*Abies Mayriana* MIYABE et KUDŌ) ないしは灰白色 (*Abies nemorensis* MIYABE et KUDŌ) を呈し、幼時2~3年生の枝条においては赤褐色ないしは黒褐色で同色の短剛毛を有するとされている。これらの正常なトドマツ樹皮の外観は、しかし、老齡幼若あるいは生育環境の変化等によつてかなり明瞭な変異をしめしている。北海道における主要なトドマツの産地について観察された数多くの資料からトドマツ樹皮の外

観的な変化としてまとめられた類型は次のようであつた。

- (i) 灰白色ないしは灰(黒)青色で樹皮の表面に脂囊による小隆起を生ずるほかほとんど平滑である。
- (ii) 黒褐色にして縦横の小裂を生じ、あるいは鱗片状に剝離していちじるしく粗鬆となり、一見エゾマツ樹皮状を呈する。
- (iii) 灰白色ないしは灰(黒)青色で縦縞状の襷ないしは縞模様を発達している。
- (iv) 灰白色ないしは灰(黒)青色で樹幹の一側面に横縞状の襷を発達している。
- (v) 灰白色ないしは灰(黒)青色で樹皮表面に枝痕による凹凸隆起が比較的多く、また樹幹の全面に縦縞状の小裂をのこし、一見セン・タモに見られる広葉樹樹皮状を呈する。
- (vi) その他、傷痕組織として局部的に裂れ・瘤ないしは傷痕癒着組織を発達するもの。

さらにこれらの樹皮の肌を粗滑の度合に関して、粗鬆なるもの・平滑なるものおよびその中間的な度合のものの三種に大別して出現率をみると Fig. 3 のようで地上高にも関連し、また樹齢にも関係して変化しており (Table 2)、樹皮肌の粗滑の程度は樹体の生長過程に対応して時間的因果関係をももつがごとくであつた。

Table 2 トドマツ樹皮における粗滑の樹齢および地上高別変化

試料: A, F, I. 観測総数: 1,694

地上高 (m)		0.0	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	14.2	16.2	18.2	20.2	22.2
樹齢 <60	粗	44.4	0	0	0	0	0	0	0	0			
	中	22.2	11.1	12.5	0	16.6	0	0	0	0			
	滑	33.3	88.9	87.5	100.0	83.3	100.0	100.0	100.0	100.0			
樹齢 61~80	粗	40.4	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	40.4	27.7	8.5	4.3	2.3	2.7	0	0	0	0	0	0
	滑	19.2	70.2	91.5	95.7	97.7	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
樹齢 81~100	粗	48.2	10.7	7.1	3.6	6.0	2.7	3.7	0	6.3	0	0	0
	中	28.6	42.9	23.2	12.7	12.0	10.8	3.7	4.8	6.3	11.1	0	0
	滑	23.2	46.4	69.6	83.6	82.0	86.4	92.6	95.2	87.5	83.9	100.0	100.0
樹齢 101~120	粗	55.6	14.8	9.3	3.6	9.8	9.3	5.9	3.8	7.1	0	0	0
	中	35.2	31.5	37.0	21.8	11.8	18.6	14.7	15.4	21.4	20.0	0	0
	滑	9.2	53.7	53.7	74.5	78.4	72.1	79.4	80.8	71.5	80.0	100.0	100.0
樹齢 120<	粗	94.1	36.4	23.6	23.6	14.5	13.0	5.9	11.6	2.7	3.6	0	0
	中	2.0	41.8	38.2	27.3	25.5	18.5	23.5	16.3	13.5	10.7	21.4	33.3
	滑	3.9	21.8	38.2	49.1	60.0	68.5	70.6	72.1	83.8	85.7	78.5	66.7
合 計	粗	59.0	15.8	10.0	7.8	7.8	6.9	4.1	5.2	3.8	1.9	0	0
	中	26.3	35.3	26.8	16.5	13.6	13.1	12.4	10.3	11.3	11.1	10.0	16.7
	滑	14.7	48.9	63.2	75.7	78.6	80.0	83.4	84.5	85.0	87.0	90.0	83.3

* 粗: 粗鬆, 中: 中程度, 滑: 平滑

** 地上高別出現率 (%)

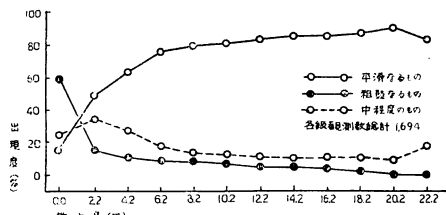


Fig. 3 地上高と樹皮粗滑の度合

Ⅳ 韌皮組織の生長の経過

トドマツ樹皮の形成は次のような経過によつて生長し、各段階にいちじるしく錯そうした変化を発達させている (Fig. 4 a~d)。

(i) 篩管の生長

形成層細胞の分裂によつてほぼ同一の半径列に紡錘形状の木部細胞と皮部細胞を分離し、その半径壁には前者では重紋孔、後者では篩管紋孔が形成される。これらの新しく生長した細胞はそれぞれ水分通導と同化通導の機能をもつ木部仮導管と篩部細胞に発達する。篩管の生長は後述する篩部柔細胞生長の週期性とともな韌皮部の年輪構成に錯雑した状態の変化がみとめられる。

(ii) 篩部柔細胞生長の週期性と髓線の発達

形成層細胞の年々の生長期の終りに生長する篩部細胞は細胞内容物を維持し、貯蔵機能を有して切線方向に相連続して配列し、明瞭な柔細胞列をつくる。また、形成層細胞の分裂には髓線イニシャルが発達し、半径方向に生長して木部髓線と皮部髓線とに発達する。新しい生長期の初めにおいては旺盛な切線方向の細胞分裂によつて髓線は階段状に屈曲して生長する。このような皮部髓線の屈曲の状態、髓線の肥厚、髓線の貫通に沿つた半径裂れの発達等は韌皮組織の明瞭な形態的特徴として認められるようである。

(iii) 篩部柔細胞の膨脹と石細胞の形成

韌皮組織発達の期間中、篩部柔細胞の生長は継続し形成層細胞の分裂後およそ数年にして柔細胞はいちじるしく膨脹し、その中に単一ないしは群団状に累出する石細胞が形成される。これらの石細胞の形成は通常相となれる二髓線間に発達するが、その出現の様態はいちじるしく変化し、老齡にして粗鬆な樹皮においては篩部柔細胞の膨脹の経過さえもみとめられないものもあり、それぞれ特異な形態的特徴として認められるようである。

(iv) 篩管の崩潰と石細胞の分散

韌皮組織形成の過程において篩部柔細胞の膨脹によつて篩管は圧縮され、いちじるしく皺曲し、韌皮形成の後期においてはほとんどその形態が判明しがたいまでに圧縮され、漸次崩潰して不規則な空隙に発達し、組織は次第に粗鬆となり石細胞は分散する。これらの空隙のうちには局部的に切線方向に長い椭圆形に発達して樹脂を填充するものもある。

(v) 半径方向の裂れの生長

肥大生長による木部細胞の堆積と篩部細胞の生長とによつて韌皮組織はたえず切線方向の引張り応力をうけ、遂に半径方向の裂れに発達する。この裂れは韌皮組織形成の初期においては篩部髓線にそつて屈曲して生長し、その後、柔細胞の膨脹・篩管の崩潰等によつて漸次拡大し

て不規則な半径裂れとしてみとめられる。

(vi) 木栓層の形成

靱皮組織形成の末期に木栓形成層が出現し、これの分裂によつて木栓層が形成され古い靱皮組織は生活末から分離して死滅する。木栓層は正常なものでは薄く（およそ2～3年輪）靱皮部の年輪にほぼ平行して断続的にあらわれるが、被圧木等ではかえつて厚く（およそ数十年におよぶものもある）しばしば連続せる皮層の形成がみとめられる。

V 樹皮の外観的特徴と靱皮組織の形態的变化の例

〔例 1〕 地上高による樹皮の変化 (Fig. 5 a～f)

幹足部附近に現われる粗鬆な樹皮とその皮部組織 (D 3 IE)*

外観：樹心部心ぐされのため樹齢は不詳であるが約180年で根株部には傷痕多く樹皮は縦横に裂断してエゾマツ樹皮状を呈する (Fig. 5 a)。

皮部組織：靱皮組織はいちじるしく厚く、篩部細胞はすべて押し潰されて半径方向の配列も不規則であり、篩部細胞の配列による年輪構成も全く不明である。髄線はいちじるしく皺曲して貫通し、縦断面にみとめられるごとく篩部細胞内に結晶状小粒子が連鎖状に出現し、横断面においては組織のほとんど全面にわたつて結晶状小粒子の散在がみとめられるが、細胞の膨脹や石細胞の形成の経過はまつたくみとめられない。厚い靱皮組織形成の後期に木栓層が重畳して鱗片状に出現するまで、靱皮組織内の篩管の崩潰、切線方向の伸長生長による組織の膨脹または離生等の経過もまつたくみとめられない (Fig. 5 b, c)。

枝下附近に現われる平滑な樹皮とその皮部組織 (D 3 IW)

外観：枝下附近から樹皮は平滑となり灰白色の典型的なトドマツ樹皮を形成する (Fig. 5 d)。

皮部組織：靱皮組織形成の初期においては篩部細胞はいちじるしく皺曲して発達し、その年輪構成はやや不明である。篩部細胞の膨脹と石細胞の形成は相となれる髄線間に切線方向に連続して現われ、さらに石細胞の形成された髄線間にS字状の空隙が発達している。靱皮組織形成の後期においては篩管の崩潰と石細胞の分散の経過がみとめられ、局部的には樹脂を填充する空隙の発達も認められる (Fig. 5 e, f)。

〔例 2〕 風衝木等に現われる樹皮の変化 (Fig. 6 a～h)

縦縞状の襞が発達した樹皮とその皮部組織 (I 73 II S)

外観：樹皮は全周にわたつて地上高2.5m附近まで縦縞状の襞が発達している (Fig. 6 a)。

材部：材部では全周にわたつて年輪幅にたいする秋材率が大であり連年約30%以上にたつている (Fig. 6 b)。

皮部組織：靱皮組織形成の初期において篩部細胞はいちじるしく皺曲し髄線もまた皺曲して

* 試料の原位置をしめし、産地記号、供試木番号、地上高、方位の順に標記する。地上高は I : 0.0, II : 2.2, III : 4.2 メートル……以下2メートル間隔にてしめす。

発達し、その年輪構成はやや不明となる。篩部柔細胞の膨脹と石細胞の形成は相となれる髄線間に多少不規則に発達し、そのかたちもやや小さい。篩部髄線は石細胞の形成がみとめられる附近から拡大して開口し、同時に局部的に現われる篩管の崩潰と合併してかなり大きな空隙に発達している。靱皮組織形成の中期から後期にはいちじるしい篩管の崩潰、石細胞の分散、柔組織の増加等の経過がみとめられる。木材部仮導管はその縦断面で秋材細胞膜にあきらかな裂罅が現われるほか形態的な変化はみとめられない (Fig. 6 c, d)。

縦縞状の模様が見られる樹皮とその皮部組織 (I 73 III W)

外観：樹皮は地上高約 4 m. 附近で部分的な剥も消失してほぼ平滑となるが、縦縞状の模様をのこして瓜肌状を呈する (Fig. 6 e)。

材部：材部では全周にわたつて年輪幅にたいする秋材率が大きく連年およそ 30% 以上にたつする (Fig. 6 f)。

皮部組織：靱皮組織形成の初期において篩部細胞はいちじるしく皺曲し、髄線もまた皺曲して発達し、その年輪構成はやや不明となる。篩部柔細胞の膨脹と石細胞の形成は相となれる髄線間に不規則に発達し、篩部髄線は石細胞の形成がみとめられる附近から拡大して開口し半径方向に彎曲した縞状の空隙を発達している。靱皮形成の中期から後期には篩管の崩潰、石細胞の分散、柔組織の増加の経過がみとめられる。木材部仮導管はその縦断面で秋材細胞膜にあきらかな裂罅があらわれるほか形態的な変化はみとめられない (Fig. 6 g, h)。

〔例 3〕 偏心生長にともなうアテを生ずる樹皮の変化 (Fig. 7 a~g)

生長被圧側に生ずる樹皮とその皮部組織 (I 48 I NW)

外観および材部：NW側では生長被圧しアテの形成はみとめられず、樹皮は咬痕による小凹凸のほかほとんど平滑であり横縞状の皺曲はない (Fig. 7 a, b)。

皮部組織：靱皮組織形成の初期に於いては篩部柔細胞の切線方向の規則的な配列と髄線の半径方向の発達によつてあきらかな年輪構成がみとめられる。篩部柔細胞の膨脹と石細胞の形成は相となれる髄線間に切線および半径方向に接触して群団状にあらわれるほか単一の柔細胞の膨脹経過もみとめられる。靱皮組織形成の中期から後期にわたつて石細胞の分散はいちじるしいが篩管の崩潰は比較的すくない (Fig. 7 c, d)。

生長肥大側に生ずる樹皮とその皮部組織 (I 48 I SE)

外観および材部：E側に肥大生長偏倚いちじるしくSE側に外側より0~80年におよぶアテが形成され、樹皮には横縞状の皺が発達している (Fig. 7 a, e)。

皮部組織：靱皮組織形成の初期において篩部細胞は皺曲し髄線もまた皺曲して発達するが年輪の構成はあきらかにみとめられる。篩部柔細胞の膨脹と石細胞の形成は相となれる髄線間に切線および半径方向に接触して群団状にあらわれる。靱皮組織形成の中期から後期にいちじるしい篩管の崩潰と石細胞の分散、柔組織の増加等の経過がみとめられ、また局部的には篩管の

崩潰によるかなりおおきな空溝も発達している (Fig. 7 f, g)。

〔例 4〕 被圧木に現われる樹皮の変化 (Fig. 8 a~h)

被圧木における樹皮とその皮部組織 (F 71 Ⅱ N)

外觀および材部：樹皮は地上高約3メートルまで全周に小縦裂痕が帯状に累積し、一見広葉樹種 (セン・タモ) の樹皮状を呈し枝痕はほとんど包藏されず (Fig. 8 a, b), 樹幹の横断面ではその全周に厚い木栓層が断続して発達している。その際形成された木材はまたほとんど全周にわたって秋材率が異状に増加しており, 風衝地等に生育した樹幹にみられるごとき状態を呈している (Fig. 8 c, d)。

皮部組織：韌皮組織形成の初期において篩管は皺曲して発達し篩部柔細胞は切線方向に連続して配列し, 髄線は柔細胞の列間を屈曲して貫通し髄線と篩部柔細胞の配列は網状構造を呈する。柔細胞の配列は縦断面においても繊維方向に節状に連続して発達している。その後は篩管の崩潰がいちじるしく髄線および篩部柔細胞の切線方向の発達と石細胞の累出がみとめられるのみである (Fig. 8 e, f)。韌皮組織形成の後期に, ほとんど全面にわたって厚い木栓層の出現がみとめられ (Fig. 8 d, g), 局部的に木栓層のV字型の裂断が認められる (Fig. 8 d, h)。

Ⅱ 樹皮の外觀的形態とその内包する瑕疵の例

〔例 5〕 凍裂 (Fig. 9 a~h)

樹皮：凍裂は厳寒時樹幹の下部に縦方向に樹皮から木部にかけて深く生ずる裂れで冬季発生した裂れ目は春季癒着されるが翌冬ふたたび裂ける傾向多く, 新たに発生した凍裂は平滑な肌に細い新鮮な裂れをしめすこともすくないが (Fig. 9 a), たびかさなる凍裂の暴発による場合は樹皮には大小の縦裂痕をのこす (Fig. 9 b)。凍裂により生じた樹皮の縦裂は春季樹脂溢出して裂れを癒着し (Fig. 9 c), 癒着組織は縦裂をつつんで霜腫れ状に隆起し (Fig. 9 d), さらにまた裂れを中心に樹皮が大小の裂断をしめして一見エゾマツ樹皮状を呈する場合もある (Fig. 9 e)。

材部：凍裂は水喰い材 (〔例 14〕 参照) に多く発生し, 材部には輪裂 (〔例 6〕 参照), 水喰いが連関的に発達し数ヶの半径裂れを生じ年輪は霜腫れ状に隆起し (Fig. 9 f), 裂れをつつんで癒着組織の脂条 (〔例 10〕 参照) と不整年輪の生長がみとめられ, 入皮 (〔例 9〕 参照) をのこす場合もあり (Fig. 9 g), 腐朽の進行をたすけて心ぬけ状を呈するに至るものもある (Fig. 9 h)。

〔例 6〕 輪裂 (Fig. 10 a~e)

樹皮：樹幹内において内外の木材層が年輪にそつて分離するために生ずる裂れ目で, 強風による樹幹の動揺や樹幹内の不均一な収縮および凍裂のために生ずるものとされており, 凍裂によつて輪裂の発達したものは樹皮に不規則な螺旋状の傷痕をのこし (Fig. 10 a), また小縦裂

等を併起して樹皮はいちじるしく粗鬆となる (Fig. 10 b)。

材部：凍裂によるものは年輪は春材部に輪裂を生じ、これを中心として数年輪に輪状の水喰いが発達しており (Fig. 10 c)，また樹心部においては年輪被圧部と正常部との境界近くに輪裂が発達することおおく、この場合には年輪被圧部に小脂条が多く散在し (Fig. 10 d)，年輪内春材部に樹脂溝が連鎖状に発生して脂条となり、これにそつて輪裂が発生する場合はその年輪内側に発達して、春秋材の年輪境界に発生する脂条には輪裂を併起することがすくないようである (Fig. 10 e)。

〔例 7〕 アテ (Fig. 11 a~c)

樹皮：アテは斜立した樹幹や傾斜地に生育する樹幹等の偏心生長をした生長肥大側にみとめられる異常組織であつて、樹皮は特異な性状をしめすが (〔例 3〕 参照)，斜立した樹幹の基部に強度のアテの発達したものでは樹皮に軸方向の縦裂が発達しさらに樹幹の傾斜下面では横縞状の襞が顕著にあらわれる (Fig. 11 a)。

材部：典型的なアテ材はいちじろしい偏心生長とアテ分化とを伴い、アテ部と正常部の境界あるいはアテ部内に輪裂とそれに誘発される半径方向のアテわれを生じ (Fig. 11 b)，またアテの分化せる仮導管細胞膜は著しく肥厚して横断面は円形となり細胞間隙は増大しその木化度高く螺旋状の裂罅を有し、形質ともにいちじろしく正常材と異なる (Fig. 11 c)。

〔例 8〕 くされ (Fig. 12 a~d)

樹皮：トドマツ材の腐朽は菌の種類によつてそれぞれ特徴があらわれ、ぞくに 白くされ 赤くされ 根くされ 溝くされ 根上り ふけ 等に分類されているが、生立木に寄生して材を腐朽させている多くは樹幹根株部が根上り状を呈し、根際に縦裂痕おおく樹皮はいちじろしく粗鬆となるのが普通である (Fig. 12 a)。

材部：材部は一般にくされのため実質を失ひ溝状に年輪を欠除し入皮をともない凹痕をのこし (Fig. 12 b)，あるいは心裂 (〔例 13〕 参照)・輪裂をともなつて心ぬけ状となり (Fig. 12 c)，また局所的なくされが散在しても全周におよぶ脂条が発達する (Fig. 12 d)。

〔例 9〕 入皮 (Fig. 13 a~d)

樹皮：外傷をうけた部分の形成層と木材部の細胞が死ぬとその周囲の形成層細胞はこの傷をつつんで癒着組織に発達する。その際樹皮の一部を巻きこむことが普通であり、トドマツ材のような樹脂溝を有しない樹種の傷癒癒着組織に傷癒樹脂溝とともにもつとも多くあらわれるものであつて、樹皮の表面に隆起または凹痕をとどめるものもあり (Fig. 13 a, b)，完全に内包されてしまつて樹皮に痕跡をとどめない場合もおおい。

材部：傷癒癒着組織にともなつて入皮を包藏する材部はいちじろしい年輪の不整をしめし、いわゆる猿喰み状の異常生長をなし (Fig. 13 c) また枝節を内包するに際しても入皮をともなつてその部分に著しく脂条を 発達し輪状あるいは放射状の水喰いが併起されることが多い

(Fig. 13 d)。

〔例 10〕 傷痕樹脂溝, 脂条 (Fig. 14 a~d)

樹皮: 発達程度のひくいものあるいは完全に内包されたものは樹皮の表面に直接的な特徴をのこさないが, 入皮とともに外傷による傷痕癒着組織にともなつて現われるものであつて, 樹皮に傷痕をとどめまたは他の瑕疵と相随伴して出現する場合も多い (〔例 5,6,8,9〕 参照)。

材部: 年輪の被圧部には小脂条が散在することとおおく脂条の発達は春材形成の初期に多くあらわれ当該年輪では秋材細胞の形成を欠除することもある (Fig. 14 a)。傷痕部の異常年輪では同一生長期にある春材細胞が圧潰し, 細胞の半径方向生長列は不連続となり, 髄線は彎曲ないしは裂断して水平樹脂溝が形成され, 仮導管細胞は樹脂を充溢して樹脂細胞として変形する。年輪形成の終期において仮導管細胞は扁平となり秋材細胞状をしめすが細胞膜の肥厚はいちじるしくない (Fig. 14 b)。また直接傷痕をうけない断面においても, 同一生長期における傷痕癒着組織の影響をうけて, 春材形成の初期に垂直樹脂溝が年輪にそつて連鎖状に出現するが髄線の彎曲, 水平樹脂溝の出現等はみとめられない (Fig. 14 c)。垂直樹脂溝ではこれをかこんで仮導管細胞は樹脂を充満し変形して樹脂細胞となり空溝内に樹脂を溢出している (Fig. 14 d)。

〔例 11〕 被圧年輪 (Fig. 15 a~c)

樹皮: 被圧木の樹皮はまた特異な形態をしめし枝痕の包藏されないものが多いが (〔例 4〕 参照), 枝痕の包藏された場合も包藏部はいちじるしく隆起し樹幹は瘤状となり枝痕周辺部に小縦裂が発達する (Fig. 15 a)。

材部: 年輪被圧部には小脂条が散在し心材部は全面に水喰いが発達して暗黄褐色に着色し, 年輪内に占める秋材比率はむしろ増加し硬重な材部を形成して一見全面にアテが形成されているごとくみえ (Fig. 15 b), またいちじるしい被圧年輪は半径方向の細胞生長数が2~数ケにとどまり, 春材細胞の形態は正常な年輪におけるものからかなり偏異している (Fig. 15 c)。

〔例 12〕 二又, 二重心 (Fig. 16 a~d)

樹皮: 二又の樹幹は普通針葉樹では幼樹の梢が損傷をうけ側枝の発達がいちじるしくなつたもので, 峰筋等の風衝地, 択伐林等におおくあらわれ, 用材価値を減ずるほか二又の分岐点から材中に水が侵入し水喰い, しみわれ, 腐朽等を併起していちじるしくその材質をそこなうものであるが, 樹皮は癒着部では異常組織をしめすとともに併発する他種の瑕疵による症状をも現わし, 林相もまた異様な相貌を呈して一般には枝下ひくく枯枝もほとんど脱落せず枝痕もいちじるしくひくい (Fig. 16 a)。

材部: 枝を癒着する初期では枝と幹の接触部は両者とも年輪を欠除しその接触の両端にいちじるしい肥大生長をなし, 樹心部には幹・枝とも接触部位まで顕著な水喰いが発達している (Fig. 16 b)。中期ではいちじるしい脂条の発達や入皮をともない年輪はいよいよ不整となり

(Fig. 16 c), 終期では完全な癒着をしめすが入皮・不整年輪と樹皮に凹痕をのこしており, また樹心部には腐朽の進行をみとめるものがおおい (Fig. 16 d)。

〔例 13〕 心裂 (Fig. 17 a~c)

樹皮：心裂は髓心から半径方向に発達する裂れであつて通常伐倒時に発生するものとされているが, まだしばしば立木時にも生じており, この立木時に発生する心裂は心材部の収縮にともなう内部応力の不均衡が細胞組織の破壊を生ぜしめるものとされ, 裂れの癒着にあたつてはしばしば入皮をともしない傷痕組織をつくることもあるが, 外観上は樹皮に顕著な形態的特徴をしめさない場合が多く, 他の取壊と連帯的にあらわれるときは樹皮に形態的な変化や粗鬆化をもたらすこともある。

材部：正常材の樹心部にあらわれる心裂は伐倒時の衝撃によるものごとくであるが (Fig. 14 a), 老齢木では樹心部に多数の心裂と輪裂が生じ部分的には腐朽が進行して裂れを発達させており (Fig. 17 b), 心裂の癒着にあたつては心裂をかこんで仮導管は樹脂細胞となり, 裂れの先端部に水平・垂直樹脂溝が発生して癒着組織をつくるが, 次年度の年輪は繊維走向不整となり春材形成の終期にふたたび垂直樹脂溝が年輪にそつて連鎖状に発達し, 秋材細胞形成の後, 裂れは完全に癒着するもさらに次の春材形成に際してもなお局部的に樹脂細胞の発生がみとめられる (Fig. 17 c)。

〔例 14〕 水喰い (Fig. 18 a~c)

樹皮：水喰いは木口面にやや暗色の湿つぽいかんじのする箇所が心材全面にあるいは散在状にまた連続して不規則な形で存在する状態で, ぬれ みずがま 等ともいわれ, 乾燥すると消失するが干割れが生じやすくまた冬季厳寒時に水喰い材中の遊離水分が凍結して凍裂を生ずる原因となるとされているものであり, これが原因となつて他の形態的な破壊をもたらした場合には外観的にも変化をしめすが, 通常の状態では樹皮表面には顕著な形態的特徴はあらわれない (〔例 5, 6, 9, 11, 12〕 参照)。

材部：水喰いはその成因によつて根水喰い・枝水喰い等にわけられているが, またその形態的な特徴から, 心裂・枝痕などに伴う放射状水喰い (Fig. 18 a), 輪裂にともなう輪状水喰い (Fig. 18 b), および心材部全面水喰い (Fig. 18 c) 等に分けられるようであり, それらの多くは裂れを随伴する可能性がおおきい。

Ⅶ 要 約

本報は北海道における主要な針葉樹材である トドマツ 材について数多いサンプリングの結果, その樹皮の外観にかなりいちじるしい変化のあることを観察したものである。すなわち正常な生長をしている灰青 (白) 色でほとんど平滑な樹皮の外観を呈するものから, 立枯れもしくは枯損木等に見られる黒褐色で縦横に裂断しいちじるしく粗鬆な一見エゾマツ樹皮にみられ

るとき外観を呈するものに至るまでに数種類の全く特徴的な樹皮の外観上の変化をみとめることができた。

これらの樹皮の外観上の変化についてはそれぞれ同一横断面に形成された木材にもその材質の性状に全くいちじるしい特徴的な変化のあることを観察した。

正常な生長をしたトドマツ材について靱皮組織形成の経過を確め、これと多くの試料の顕微鏡下における比較から、その形態的な変異をそれぞれそれらの樹幹生長の経過を考慮したうえで樹皮組織の特徴であるとかんがえた。一連の観察結果から、樹皮の外観および木材生長経過と連带的であると考えられた靱皮組織の形態的な要素は

- (1) 篩管生長の経過、とくに靱皮部における年輪の広狭、明瞭さ。
- (2) 篩部柔細胞の配列、髓線の屈曲と発達の状態。
- (3) 篩部柔細胞の膨脹、石細胞の形成によるその配列・分布等の状態。
- (4) 篩管の崩潰と石細胞の分散による組織内の裂れ・空隙の発達および組織の粗鬆化の程度。

(5) 木栓層の形態的な特徴

等であつた。したがつて、樹皮の外観とその組織的な特徴からこれとまつたく連带的な生長経過をしめす木材の性状を類推する可能性が求められるようであり、これに関する代表的な例として、樹皮の外観、その組織上の特徴、木材の性状に関する特徴等についての記載とそれらの写真を Fig. 4~8 に示した。

また種々な材部の瑕瑾も樹体の生活型との相関的関連性のもとに樹皮に外観的および組織的变化を与えるものとかがえ、その主なものについて例示した (Fig. 9~18)。

参 考 文 献

- 1) 三好・島倉：樹皮の構造に関する二、三の考察 日本林学会誌 17 卷 1935
- 2) Holdheide, W. u. Huber, B.: Ähnlichkeiten und Unterschiede im Feinbau von Holz und Rinde. Holz als Roh-u. Werkstoff, 10 Jg., Heft 7, 1952.

Résumé

In the present paper we describe our observations that the external appearance of the bark had remarkable varieties as the result of experimentation on a large number of Todo-fir (*Abies* sp.), one of the main coniferous trees in Hokkaidō. We found several kinds of external appearance each of which had distinctive feature of bark, ranging from grey-blue (white) and smooth ones which appeared on the normal growing trees to dark-brown, and very rough ones, with horizontal and vertical cracks looking very much like the bark of Yezo-spruce (*Picea* sp.) which appeared on the damped-off or dead standing trees.

These various groups of external appearance of bark were accompanied with remarkable characteristic variation of wood substance growing on the same cross section.

We studied the process of the bast tissue formation of Todo-fir of normal growth, in comparison with many other samples microscopically. In connection with the growth process of stem, we regarded the variation in the formation of bast tissue as their characteristics.

As the result of these observations, the elements in the form of bast tissue considered as closely related with the external appearance of the bark and the growth process of wood substance are as follows:

1. Growing process of sieve tube, especially the degree of width and distinctiveness of annual ring in bast tissue.
2. Arrangement of phloem parenchymatous cells and figure of winding or development of medullary ray.
3. Expansion of phloem parenchymatous cells, formation of stone cells, and condition of their arrangement, distribution, etc.
4. Development of cracks or vacant spaces and degree of roughness of tissue caused by the disintegration of sieve tube and the dispersion of stone cells.
5. Formal characteristics of cork tissue and cork cortex.

Thus, it is likely to be possible to analogize the wood quality of a growing tree based upon the characteristics of external appearance of bark and the bast tissue, and some typical examples are shown in the present paper. Fig. 4~8 are their photographs.

Considering also various defects of wood substance as the element to cause variations of external appearance of bark and bast tissue in connection with the life form of tree, barks and wood qualities are illustrated on several main examples of defect (Fig. 9~18).

Explanation of figures.

Fig. 4: The process of growth of bast tissue. a: Bast tissue of Todo-fir, $\times 20$. b: Part A of a, $\times 90$. c: Part B of a, $\times 90$. d: Part C of a, $\times 90$.

Fig. 5: Variation of bark according to the height of stem above the ground. a: Rough bark of lower part of stem. b: Cross section of bast tissue of a, $\times 80$. c: Radial section of bast tissue of a, $\times 50$. d: Sleek bark of upper part (near the top of clear length) of stem. e: Cross section of bast tissue of d, $\times 50$. f: Radial section of bast tissue of d, $\times 50$.

Fig. 6: Variation of bark of the wind-pressed trees. a: Bark having longitudinal striped folds. b: Wood of a. c: Cross section of bast tissue of a, $\times 50$. d: Radial section of bast tissue of a, $\times 50$. e: Bark having longitudinal striped pattern. f: Wood of e. g: Cross section of bast tissue of e, $\times 50$. h: Radial section of bast tissue of e, $\times 50$.

Fig. 7: Variation of bark of the compression wood accompanied with eccentric growth in thickness. a: Disk of compression wood with eccentric growth. b: Bark of the side having narrower radius increment of a. c: Cross section of bast tissue of b, $\times 50$. d: Radial section of bast tissue of b, $\times 50$. e: Bark of the side having wider radius increment of a. f: Cross section of bast tissue of e, $\times 50$. g: Radial section of bast tissue of e, $\times 50$.

Fig. 8: Variation of bark of the suppressed tree. a: Shape of stem of suppressed tree. b: Bark of a. c: Disk of b. d: Enlarged bark cross section of c. e: Cross section of bast tissue of d, $\times 50$. f: Radial section of bast tissue of d, $\times 50$. g: Cross section of cork tissue of d, $\times 50$. h: Cross section of bast tissue of d, showing the crack of cork tissue, $\times 20$.

Fig. 9: Frost-shake. a: Bark of the tree with new frost-shake (breast-height). b: Wound of bark by explosion of frost-shake (clear length). c: Bark healed frost-shake up (breast-height). d: Frost-rib of bark by callus of frost-shake (0~4 m height). e: Rough bark by frost-shake (0~1.2 m height). f: Frost-shake, frost-rib and wet-heartwood. g: Fusion of frost-shake, frost-rib and ingrown bark. h: Frost-shake, wet-heartwood and heart-rot.

Fig. 10: Ring-shake. a: Wound of bark by ring-shake. b: Wound and roughness of bark of ring-shake. c: Ring-shake occurred by frost-shake. d: Ring-shake at the part of suppressed rings. e: Ring-shake accompanied by resin ducts line, $\times 60$.

Fig. 11: Compression wood. a: Cracks and longitudinal striped fold of bark at the lower part of inclined stem of compression wood. b: Disk of compression wood and its crack. c: Abnormal growth of cells in compression wood, $\times 1,000$.

Fig. 12: Decay. a: Exposed root and ditch-rot. b: Ditch-rot. c: Heart-rot. d: Scattered-rot.

Fig. 13: Ingrown bark. a: Ingrown bark at callus of radial crack. b: Ingrown bark at callus of wound tissue. c: Ingrown bark and irregular annual rings. d: Ingrown bark at knot.

Fig. 14: Wound resin duct. a: Small resin ducts line at the suppressed annual rings. b: Resin cell and horizontal resin duct at abnormal annual rings, $\times 140$. c: Resin ducts line, $\times 125$. d: Enlarged vertical resin duct, $\times 500$.

Fig. 15: Suppressed annual rings. a: Small cracks and protuberance of knots of the bark of suppressed tree. b: Suppressed annual rings, resin ducts line, large summerwood percent and coloured heart-wood. c: Enlarged annual rings of suppressed tree. $\times 900$.

Fig. 16: Forked tree. a: Stand abundant in forked tree. b: Form of beginning period in adhesion of branch. c: Form of middle period in adhesion of branch. d: Form of last period

of adhesion of branch.

Fig. 17: Heart-shak. a: Heart-shake of normal tree. b: Heart-shake in central part of old-aged tree. c: Heart-shake and its callus, $\times 60$.

Fig. 18: Wet-heartwood. a: Radial wet-heartwood. b: Annular wet-heartwood. c: Entire wet-heartwood.

Fig. 4 a~d 韌皮組織の生長の経過

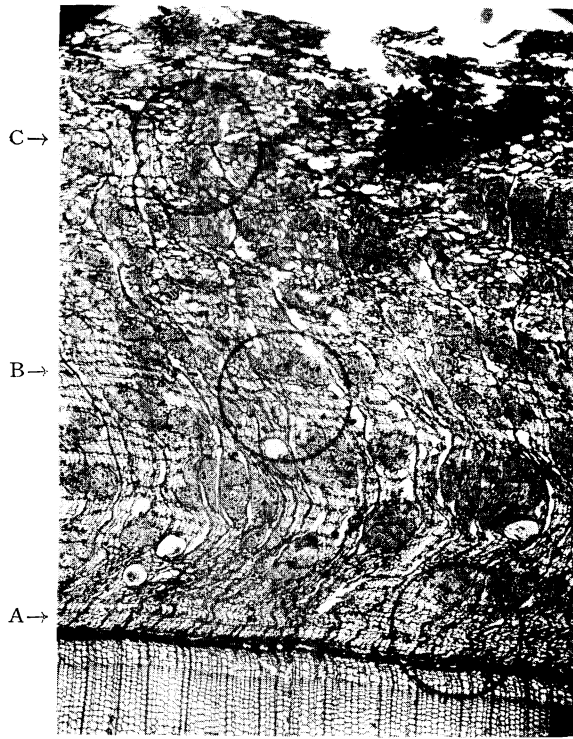


Fig. 4 a 樹皮の組織 G4 I S $\times 20$



Fig. 4 b aのA部分拡大 $\times 90$



Fig. 4 c aのB部分拡大 $\times 90$



Fig. 4 d aのC部分拡大 $\times 90$

Fig. 5 a~f 地上高による樹皮の変化



Fig. 5 a 幹足部附近に現われる粗鬆な樹皮 D31 E

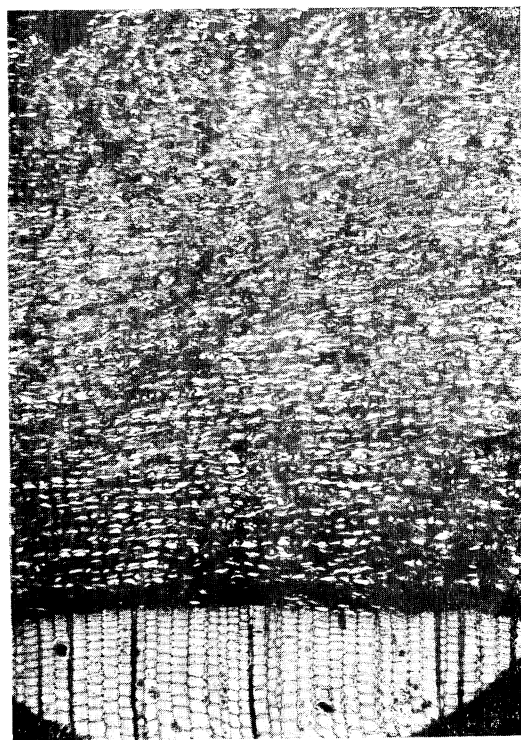


Fig. 5 b aの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 5 c aの皮部組織 柁目面 ×50



Fig. 5 d. 枝下附近に現われる平滑な樹皮 D3 IX W



Fig. 5 e dの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 5 f dの皮部組織 胚目面 ×50

Fig. 6 a~h 風衝木等に現われる樹皮の変化



Fig. 6 a 縦縞状の襞が発達した樹皮 173II S

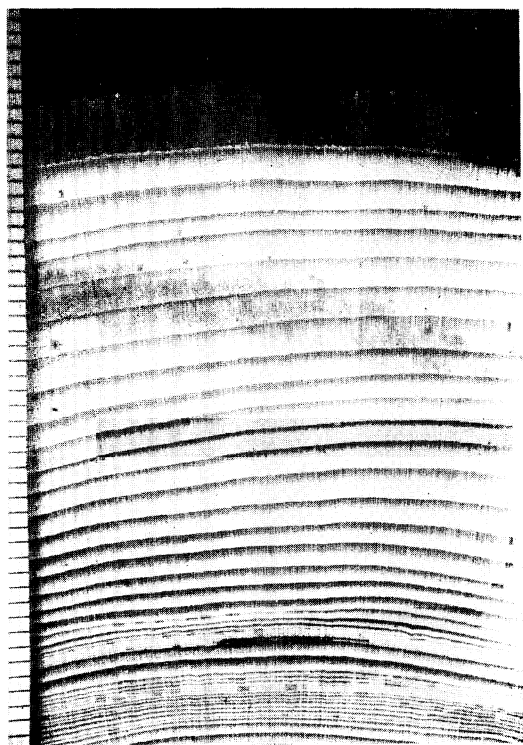


Fig. 6 b aの材部



Fig. 6 c aの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 6 d a の皮部組織 柎目面 $\times 50$

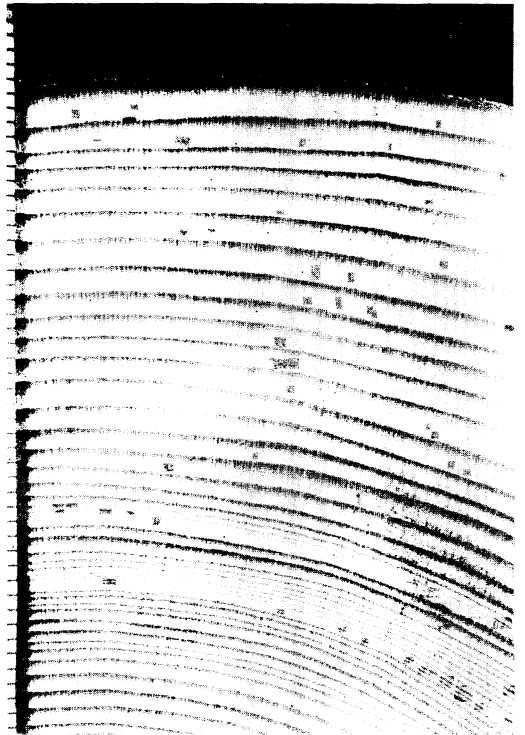


Fig. 6 f e の材部



Fig. 6 e 縦縞状の模様が見られる樹皮 I 73 III W



Fig. 6 g eの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 6 h eの皮部組織 杵目面 ×50

Fig. 7 a~g 偏心生長にともなうアテを生ずる樹皮の変化



Fig. 7 a 偏心生長とアテの発達した材部 I 48 I

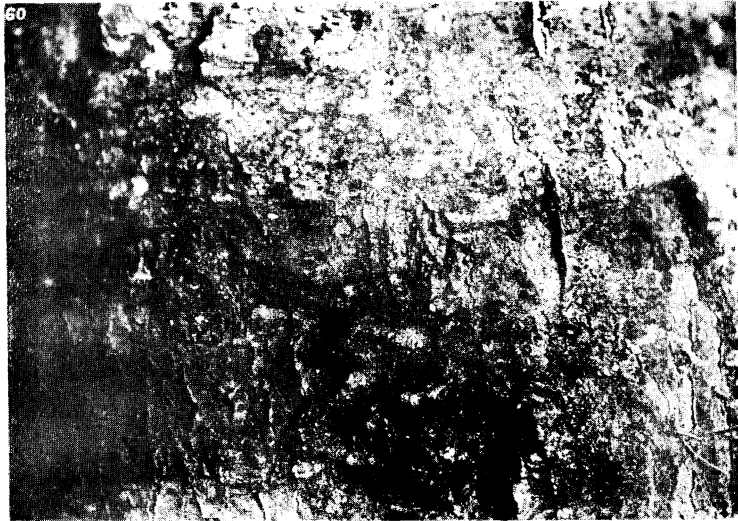


Fig. 7 b aの生長被圧側の樹皮 I 48 I NW



Fig. 7 c bの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 7 d bの皮部組織 柾目面 ×50



Fig. 7 e a の生長肥大側の樹皮 I 48 I SE

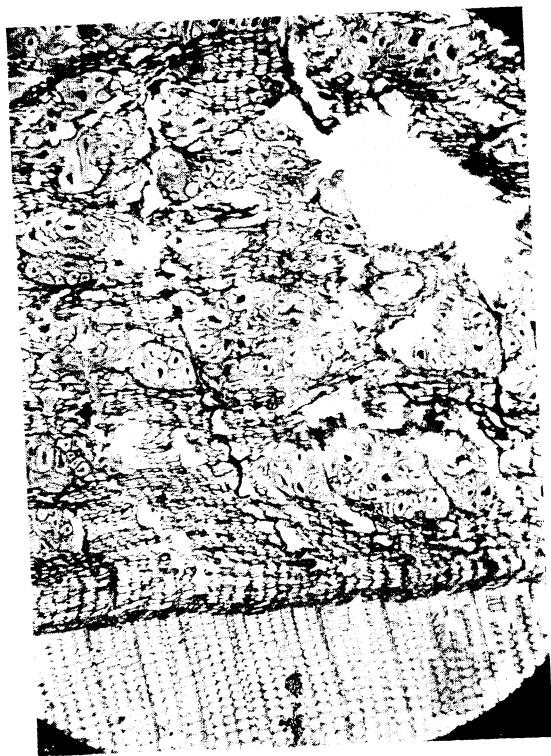


Fig. 7 f e の皮部組織 木口面 $\times 50$



Fig. 7 g e の皮部組織 柁目面 $\times 50$

Fig. 8 a~h 被圧木に現われる樹皮の変化



Fig. 8 a 被圧木の樹幹形態 F 71



Fig. 8 b aの樹皮 F71IINE



Fig. 8 c b部横断面 材部

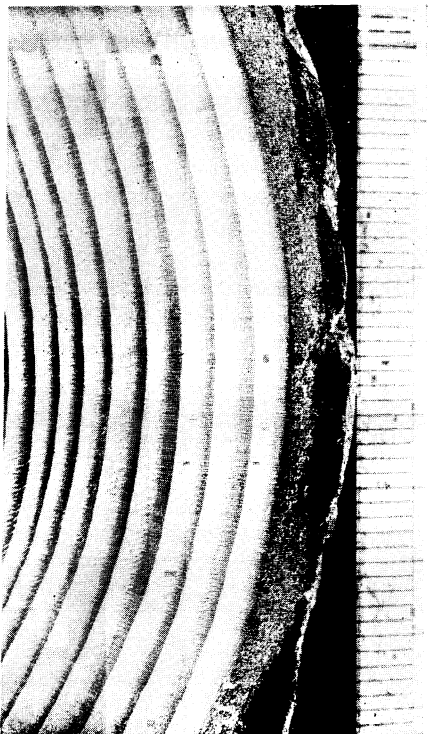


Fig. 8 d cの樹皮横断面拡大 F7111N



Fig. 8 e dの皮部組織 木口面 ×50



Fig. 8 f dの皮部組織 柾目面 ×50



Fig. 8 g dの皮部組織 木栓層 木口面 ×50



Fig. 8 h dの皮部組織 木栓層の裂断 木口面 ×20

Fig. 9 a~h 凍 裂



Fig. 9 a 凍裂の発生した樹皮 A8N 胸高



Fig. 9 b 凍裂の暴斧による樹皮の傷痕
I 16 枝下部位



Fig. 9 d 凍裂の癒着による樹皮の霜腫れ状隆起
I 53 地上高 0~4 m



Fig. 9 c 凍裂の癒着した樹皮 J 3 胸高



Fig. 9 e 凍裂による樹皮の粗鬆化 F 37 胸高



Fig. 9 g 凍裂の癒着部, 霜腫れと入皮 A 51



Fig. 9 f 凍裂による霜腫れと水喰い、F 47 III



Fig. 9 h 凍裂と水喰いと心ぐされ F 39 I

Fig. 10 a～e 輪 裂



Fig. 10 a 輪裂による樹皮の傷痕 I 160



Fig. 10 b 輪裂による樹皮の粗鬆化 F 35

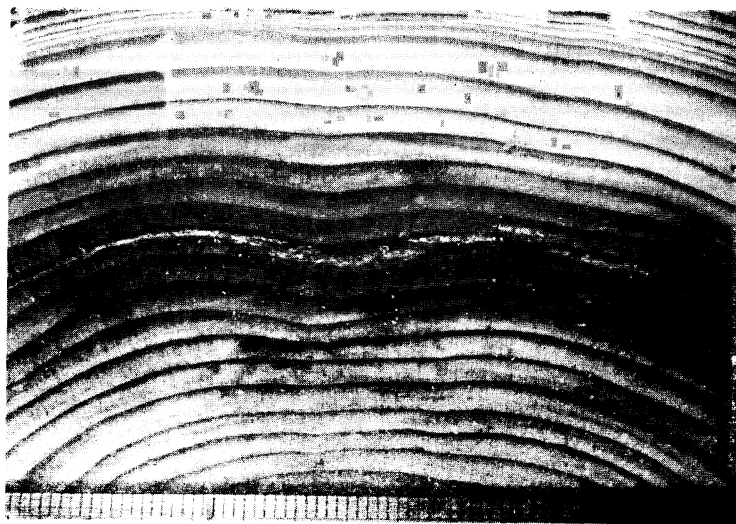


Fig. 10 c 凍裂による輪裂 A 27 IV

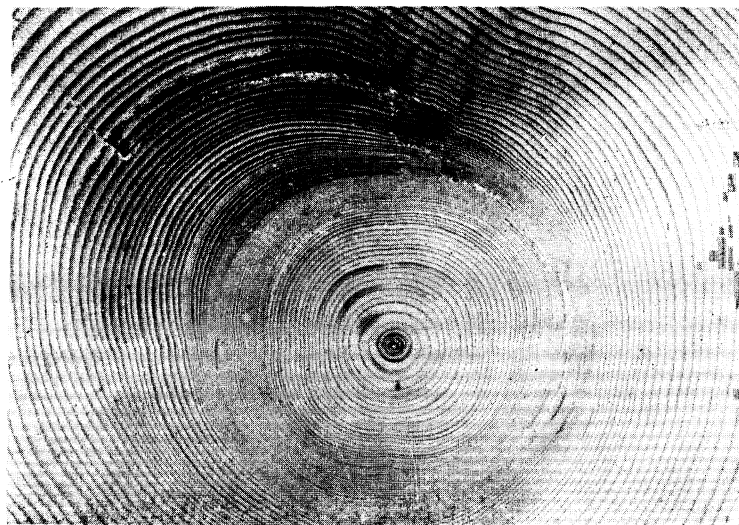


Fig. 10 d 年輪被圧部に現われる輪裂 A 49 II

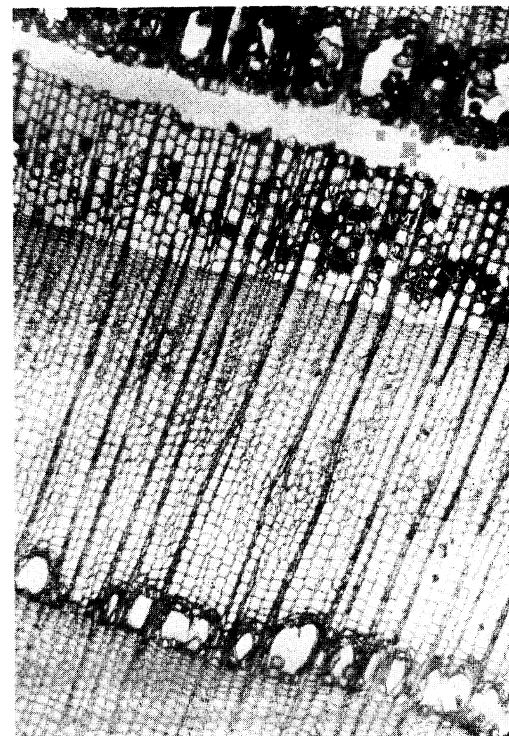


Fig. 10 e 脂条にともなつて発生する輪裂 A 20 II E
×60

Fig. 11 a~c ア テ



Fig. 11 a 斜立した樹幹の基部にみとめられるアテわれと樹皮の横縞状の壁 B2S

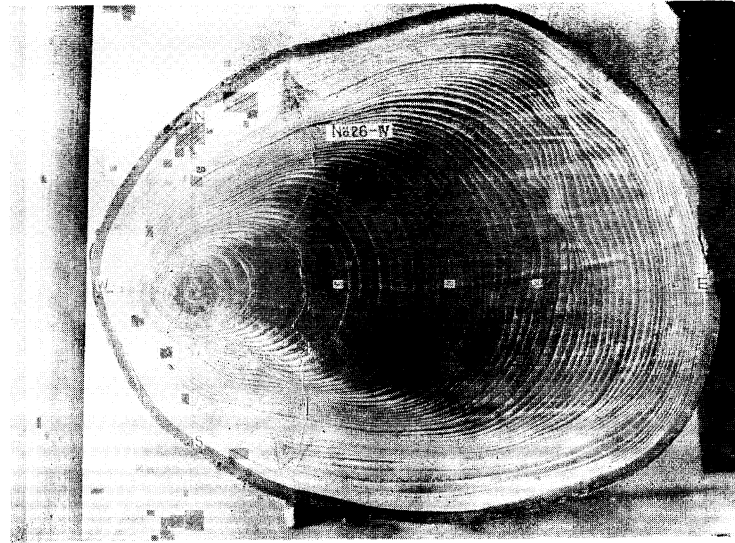


Fig. 11 b アテの発達とアテわれ A 26 IV

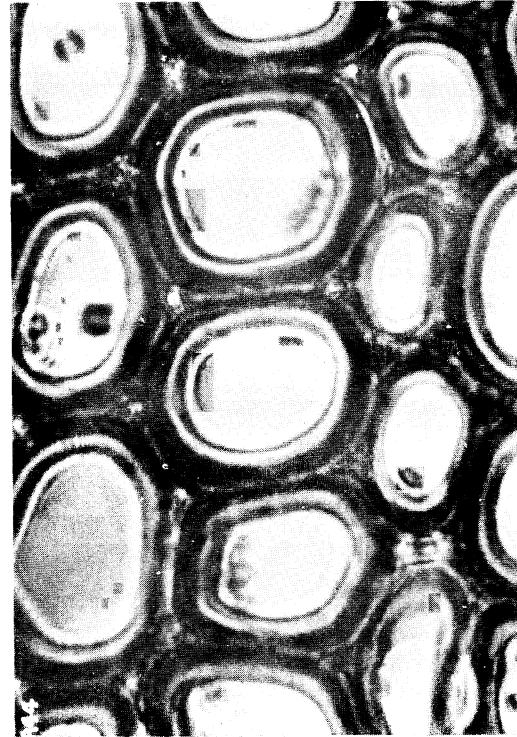


Fig 11 c アテ細胞の異常生長 A 26 IV $\times 1,000$

Fig. 12 a~d く さ れ



Fig. 12 a 根上りとみぞぐされ A 20



Fig. 12 b みぞぐされ F 87 II

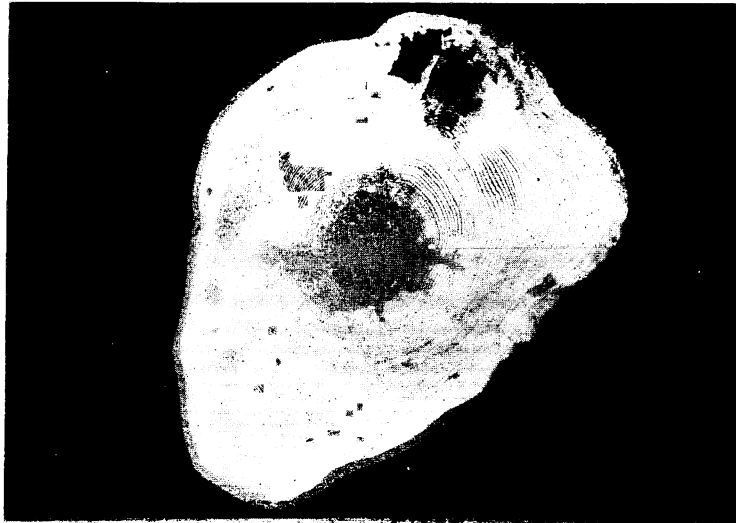


Fig. 12 c 心ぐされ J 197 I

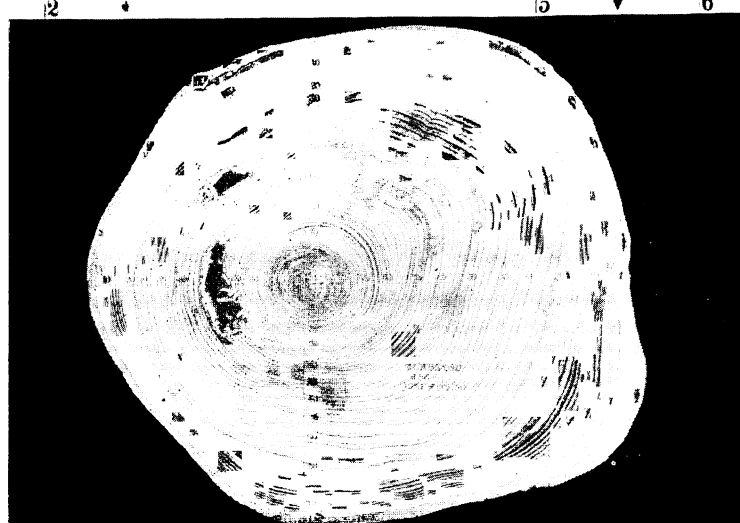


Fig. 12 d とびぐされ I 86 I



Fig. 13 a 半径われの癒着部に包蔵される入皮 A 44 I



Fig. 13 b 傷痕部の癒着組織に包蔵される入皮 A 49 I W

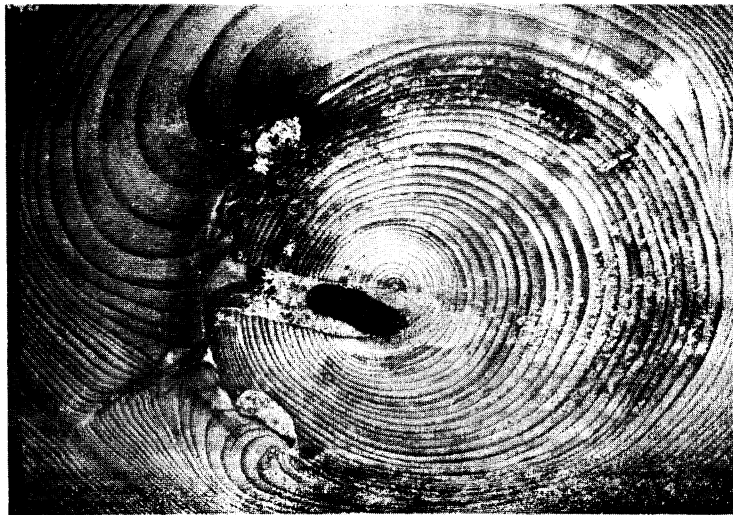


Fig. 13 c 入皮と狼喰み状不整年輪 A 55 I



Fig. 13 d 枝痕の包蔵による入皮 B 2 II

Fig. 14 a~d 傷痕樹脂溝, 脂条

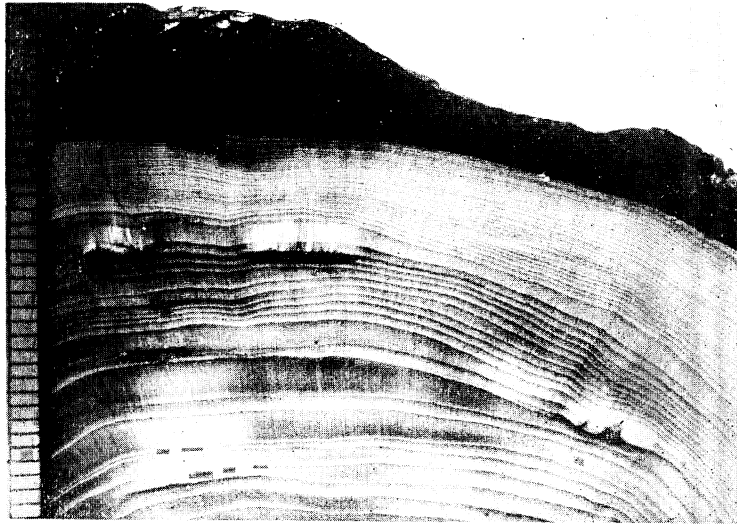


Fig. 14 a 被圧部に現われる小脂条 A 16 I

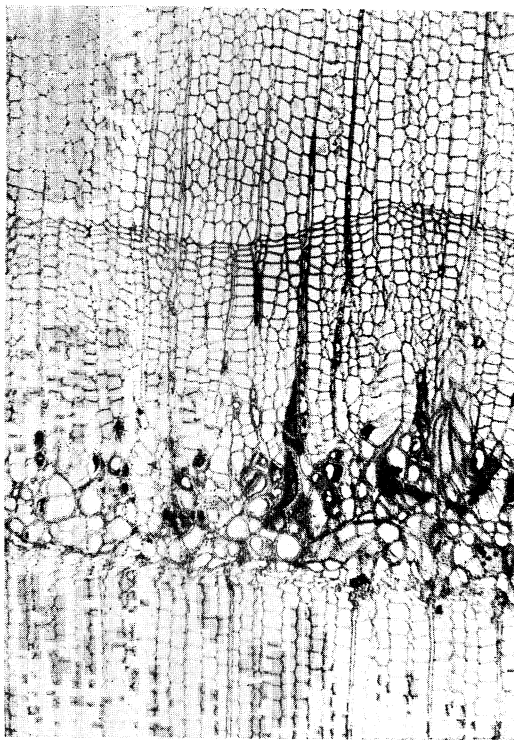


Fig. 14 b 異常年輪における樹脂細胞と水平樹脂溝
A 49 VIII ×140

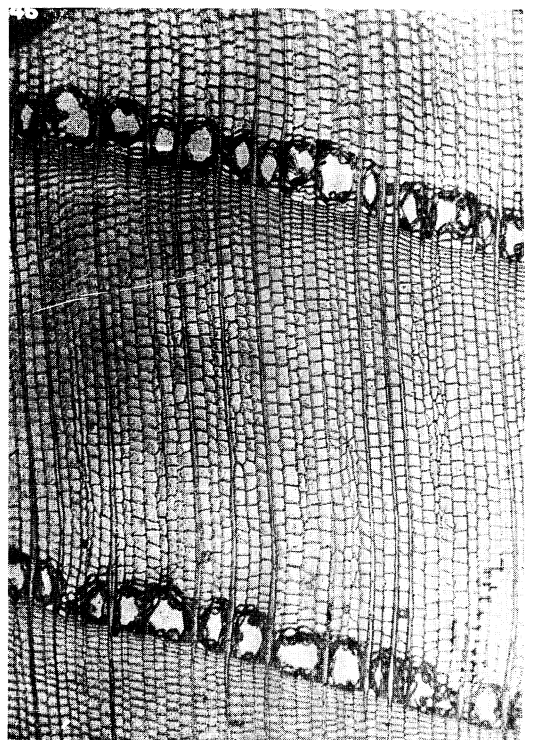


Fig. 14 c 脂条の発達 A 49 VI ×125

Fig. 15 a~c 被 圧 年 輪



Fig. 14 d 垂直樹脂溝 (cを拡大) ×500



Fig. 15 a 被圧木樹皮の小裂と枝痕の隆起 J27



Fig. 15 b 年輪の被圧と脂条, 秋材率の増加と心材着色 A 16 I

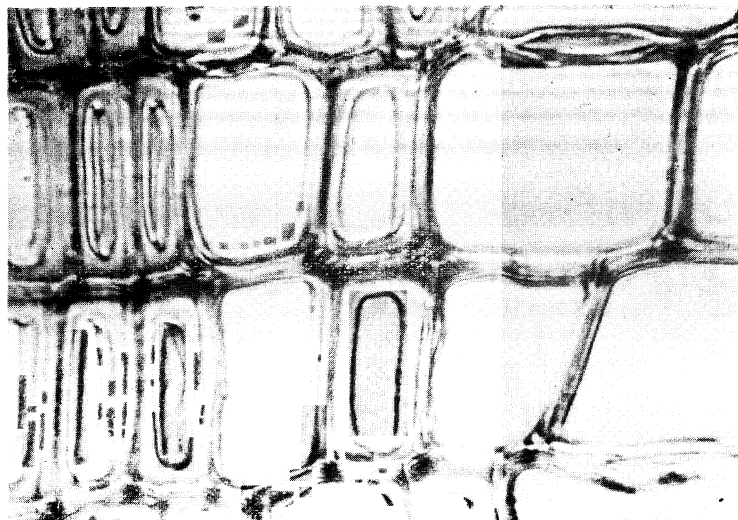


Fig. 15 c 被圧年輪の細胞 A 12 IE $\times 900$

Fig. 16 a~d 二又, 二重心

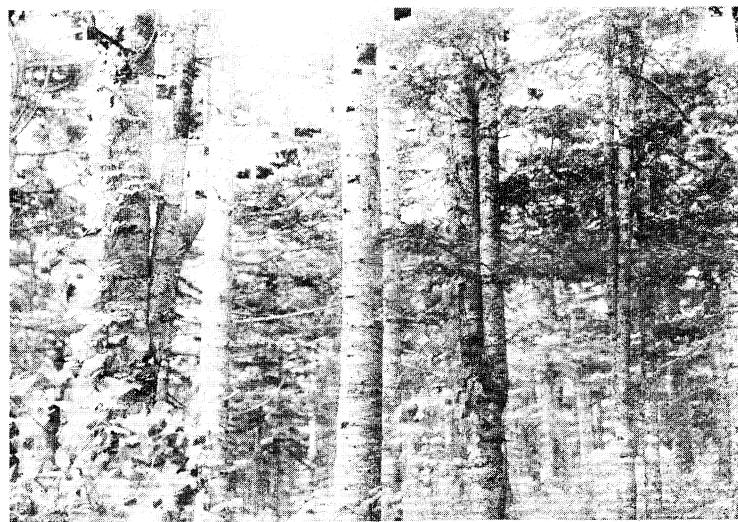


Fig. 16 a 二又木の現われる林相 H

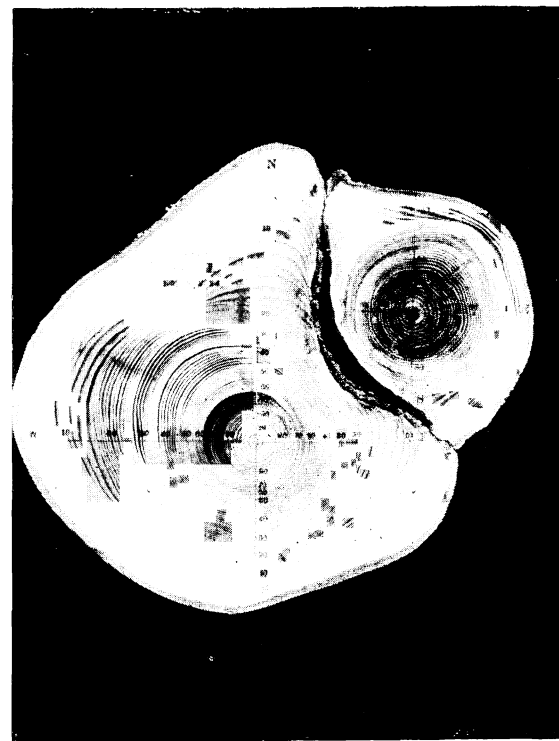


Fig.16 b 枝を癒着する初期の形態 F 40 IV

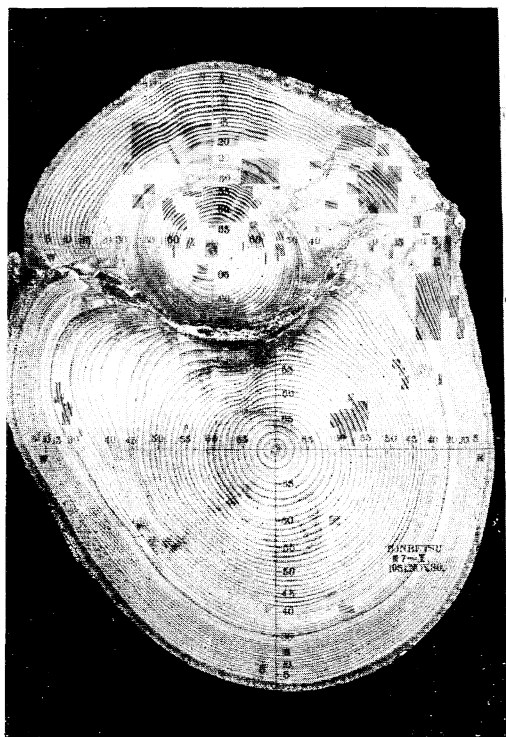


Fig. 16 c 枝を癒着する中期の形態 17 III

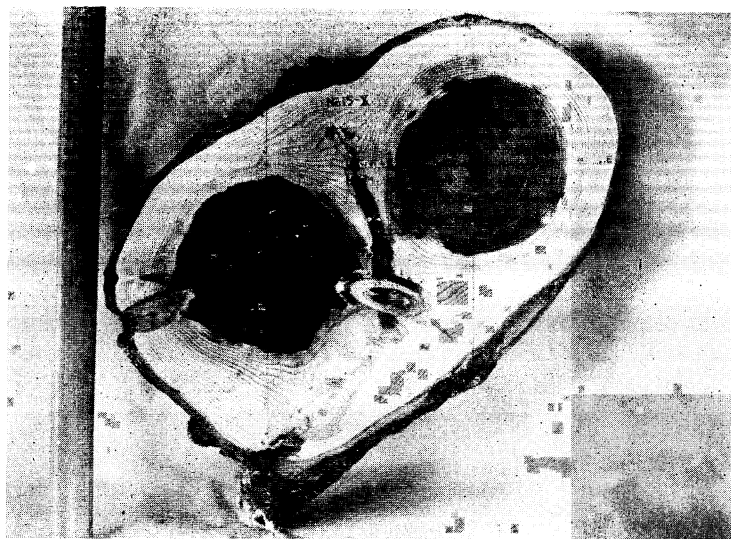


Fig. 16 d 枝を癒着する終期の形態 A 15 X

Fig. 17 a~c 心 裂

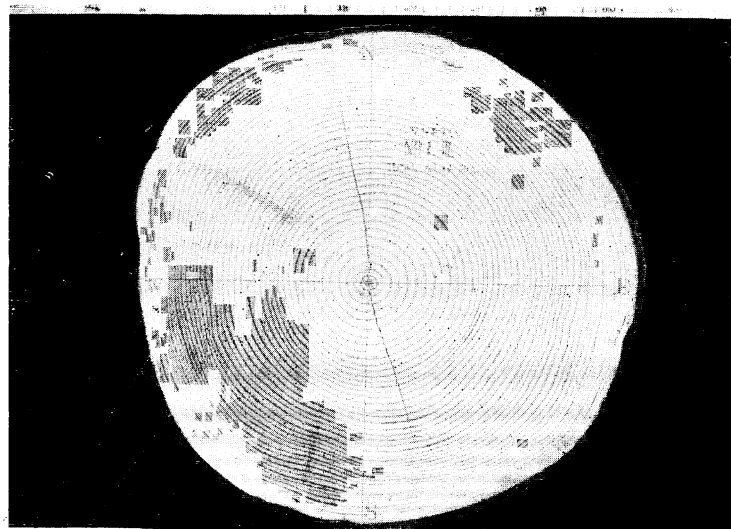


Fig. 17 a 正常材に現われる心裂 E 1 III

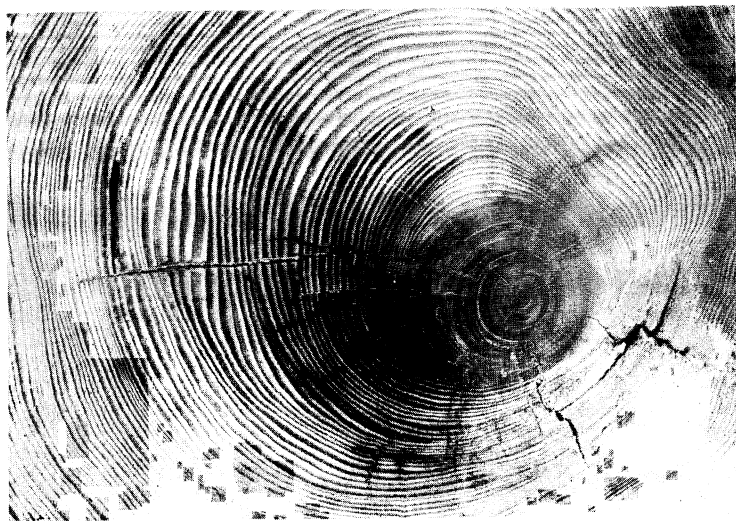


Fig. 17 b 老齢木の樹心部に現われる心裂 A 49 II

Fig. 18 a~c 水喰い

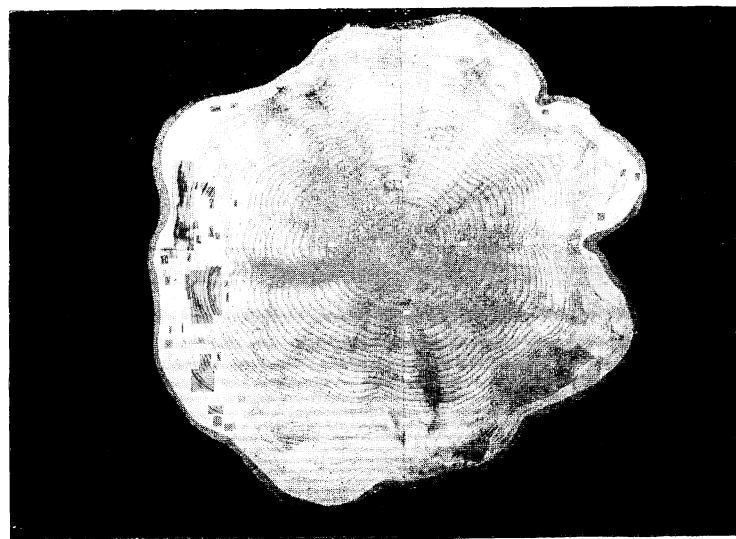


Fig. 18 a 放射状水喰い、E 2 I

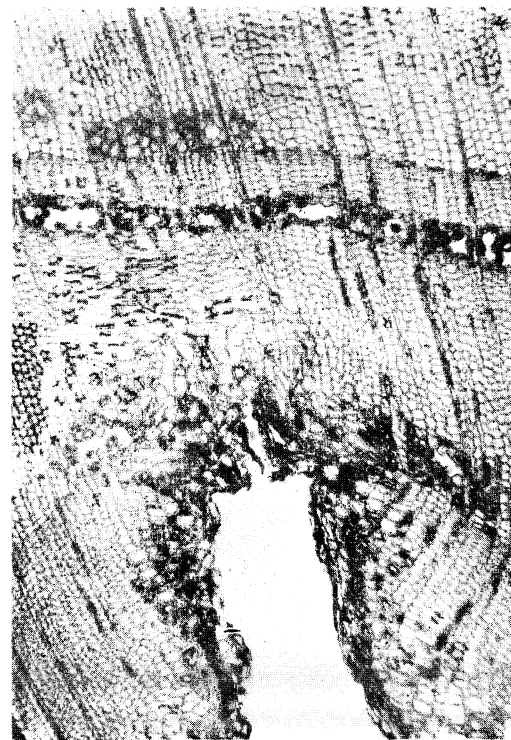


Fig. 17 c 心裂の癒着 A 31 × 60

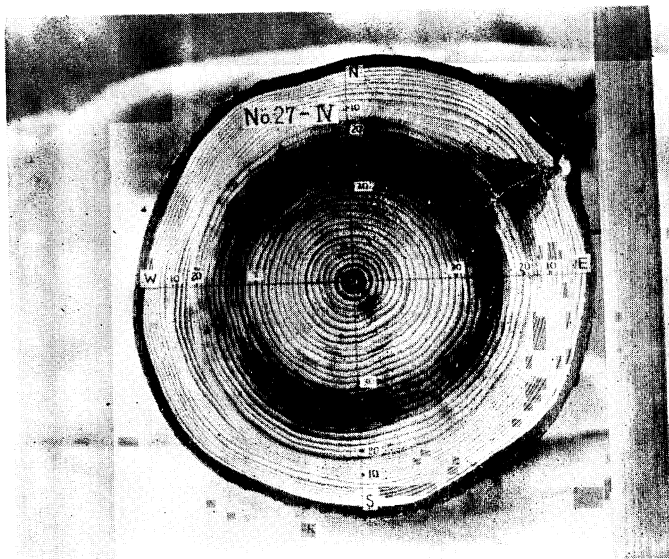


Fig. 18 b 輪状水喰い A 27 IV

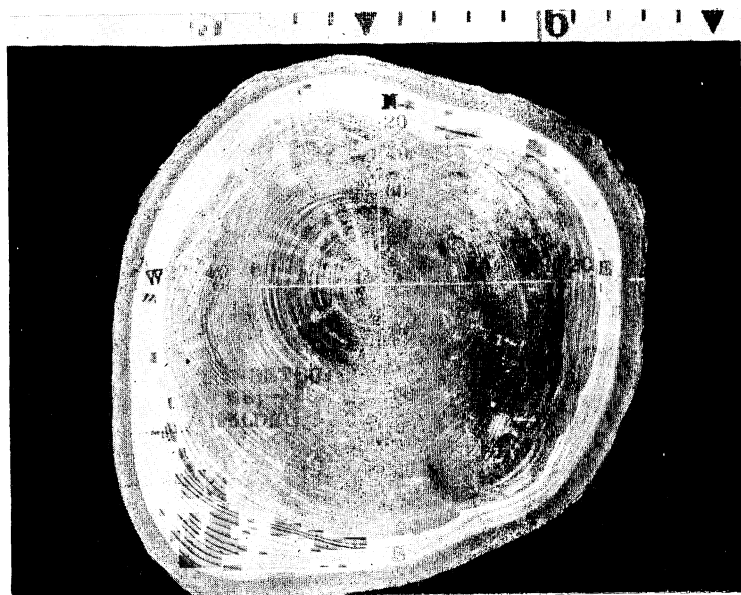


Fig. 18 c 心材部全面水喰い 181 I