

アカマツ材における樹脂の顕微鏡的確認*

木材生物第1研究室 貴島 恒夫・林 昭三

Tsuneo KISHIMA and Syôzô HAYASHI : The Microscopical Confirmation of Resin Existing in AKAMATSU (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) Wood.

緒 言

針葉樹材中の樹脂は一般に柔細胞，すなわち樹脂溝の溝周細胞や垂直要素としての樹脂細胞あるいは髄線柔細胞，によつて生成され，樹脂溝に貯蔵されると解されている¹⁻⁴⁾。従来わが国において樹脂採取の対象となつているアカマツ，クロマツでは樹脂溝大きく，樹脂がそのなかに存在することは周知の事実である。のみならず，佐藤⁵⁾は叩打刺戟を加えると垂直樹脂溝や髄線の容積が増大して生松脂渗出量が増加することを指摘している。

柔細胞に生成された樹脂は空気に触れないかぎり粘度低く流動性に富んでいるので，木部組織中における樹脂の存在位置を的確に捉えることは案外容易でない。ことに常法によつて調製された永久プレパラートを使つては樹脂溝に樹脂の充満している状態がほとんど観察できない。

本報はアカマツの正常材と採脂材とについて，とくに周到に樹脂の存在個所を検証した結果のものである。これが含脂針葉樹材の諸性質，採脂の機構などの究明に役立つならば幸である。

なお大阪営林局提供にかかる好個の材料の与えられたのが本研究の動機であり，その使用を快諾され，直接供与下さつたのは満久教授，後藤助教授である。記して御好意に深く感謝する。

実 験 材 料

福山営林署管内（広島県神石郡高柴山国有林）でかつて松脂を採取したアカマツ（*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.）3本，および同林分からの対照正常木3本を伐採，そのおのこのについて地上 1 m および 3.5 m の高さから厚さ 10 cm の試料円板を切り取つた。樹脂採取は斜溝切付法で行われたものであるが，その斜溝は地上 1 m 附近に上下約 50 cm にわたつて，また東南方向を中心に北から西にわたつて，切り付けられていた。したがつて 1 m 個所の円板試料は斜溝の中央部から採取したことになる。採取した試料は乾燥を防ぎつつ実験開始まで 5°C に保存した。

Figure のごとく各円板の南方位の辺材から 2 個所，心材から 3 個所，鏡検試片をとり，1 m

* 本報の概略は第10回木材学会大会（旭川）において口述発表した（1960-10-2）。（同大会研究発表要旨：17～18 p.）

個所の円板ではさらにその上下に隣接する試片をとって物理的性質の測定にあてた。鏡検試片は $1 \times 1 \times 2$ (cm) の正しい二方柱に仕上げ、空気の除去と樹脂の匍匐防止の目的で、軽く吸水させた後、これをスライディング・ミクロトームにかけ、厚さ 30μ の3断面切片を得た。

切片切削にあたってはミクロトーム・ナイフを常に水で潤しておいて、切片上での樹脂の匍匐を極力防止した。切片はスダンⅢあるいはⅣ（染料1gを70%アルコール100ccに溶かし、これにグリセリン100ccを加えたもの）で染色、グリセリンで封入した臨時プレパラートで鏡検した。

樹脂の染色には、もちろん他の染料についても検討してみたが、適格なものが見出せないの、最も広く用いられているものとしてスダンⅢ・Ⅳを採用した。スダン染料にアルコールを加えると樹脂を溶解させる心配があつたが、なるべく必要以上の染料溶液を用いないようにして、大体目的を達成することができた。

また一方、プレパラートによる観察結果を確かめる意味で、ブロックのままの試片の3断面について、同じくスダン染色（溶液適用後、直ちに風乾をはかる）、反射光による鏡検を行い、必要に応じて鏡下に顕微解剖的な操作（触針による流動性樹脂の確認）をも併用した。

なお各供試木、地上1mの円板について求めた諸数値はTableのとおりである。

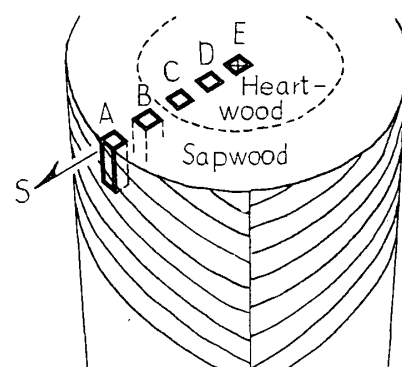


Figure. Sampling Position.

Table. Physical Properties of the Material Wood.

Tree No.	Annual Ring Number	Radius (cm)	Heartwood Proportion (%)	Annual Ring Width (mm)		Specific Gravity	
				Sapwood	Heartwood	Sapwood	Heartwood
1 N.*	60	20.9	28.4	2.3	7.0	0.48	0.53
2 N.	73	18.9	33.2	1.9	3.5	0.46	0.51
3 N.	73	16.1	18.2	1.9	2.6	0.50	0.51
4 R.*	74	17.1	41.3	1.3	4.4	0.53	0.49
5 R.	73	17.6	30.3	1.7	3.5	0.57	0.62
6 R.	76	18.2	33.3	1.7	3.5	0.53	—

* N : Normal Tree

R : Resin-tapped Tree

比重は全乾重量と生材容積とから求めた。採脂材において辺材の比重が大きいのは、樹脂採取のための斜溝附近の木部に樹脂が多く含まれていたからである。また斜溝面では切付け以後肥大生長をみないが、ほかの部分から推定してその個所の年輪数を表記した。

観 察 結 果 お よ び 考 察

採脂材の斜溝面から数年輪の辺材、Figure 中A試片には極めて多くの樹脂が含まれていた

以外, B, C, D, E試片ともに, それぞれその正常材と採脂材との間に含脂状態の差異なく, また樹高の影響も認められなかつたので, 以下樹心から外周に向つて, 順次含脂状態観察の結果をまとめて記述する。

1. 樹 心 部

髓を構成する球形柔細胞は多少とも内容物を持ち, 樹脂を含むものもある (Photo 1)。また細胞間隙も多く, ここにも樹脂の存在する場合がある。これらの樹脂は多分髓線を通つて浸入してきたものであろう。

髓に接した心材には概して樹脂溝の数が多い。しかもその樹脂溝には樹脂が多く, 中には溝周細胞が膨大して填充様体 (Tylosoid) となり樹脂を充しているものがある。髓線柔細胞にも樹脂が存在する。垂直仮導管にも樹脂がかなり多く見られる。

これらの樹脂はスダン染料で赤く染色され, 写真では黒く見えるが, その染色の程度にはいろいろの段階がある。スダンⅢおよびⅣはともに脂質 (Lipid) 検出に用いられる色素である⁶⁾ が, 脂肪, 脂肪油, 樹脂, 蠟, 精油, クチクラ, コルク化した細胞膜をも紅染する⁷⁾ とい

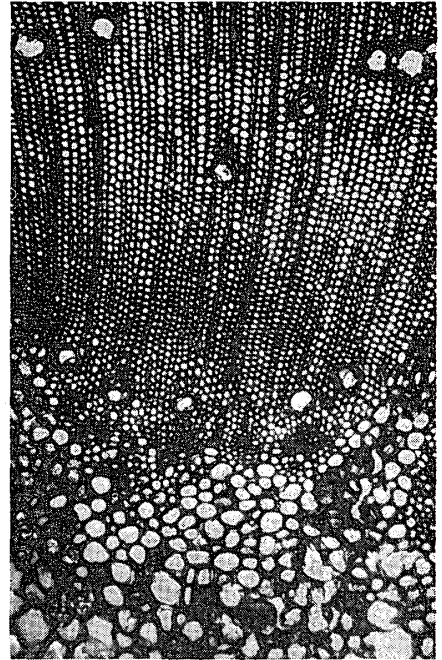


Photo 1. Centre portion existing resin in some pith cells, intercellular spaces, ray cells, axial resin canals, and tracheids. (Heart wood of tapped tree, $\times 50$)

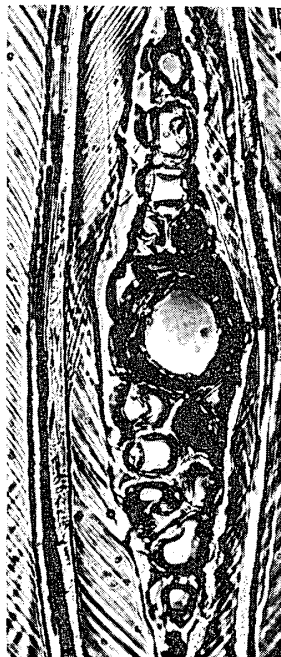


Photo 2. Radial resin canal having resinous epithelium and spiral cracks on tracheid walls characterizing compression wood. (Centre portion, heartwood of normal tree, $\times 330$)



Photo 3. Similar to Photo 2, except for epithelium forming resinous tylosoids. (Sim. to Photo 2, $\times 330$)



Photo 4. Axial resin canal with tylosoids, resin exists in the tylosoids' surrounding parenchyma cells, and some of tracheids.
(Compression heartwood of tapped tree, $\times 320$)

い、樹脂は単純な物質ではないため、このように染色差が生じるものと思われる。

髓に近い心材には生長の初期にできた小さい節が多く、その仮導管細胞は比較的細いが樹脂に富んでいる。

樹心から2年輪ほどにはあてが目につく。Photo 2, 3の仮導管膜の紋様は螺旋状裂隙で、あての特徴であるが、樹脂の在り方には特記すべきものはない。髓線仮導管以外にはどの要素にも樹脂が存在している。(Photo 2,3,4)

2. 心 材

心材試片CおよびD相互間の鏡検結果に差異はない。したがって次にのべる含脂状態は心材一般に通ずるものである。

樹脂は垂直樹脂溝、水平樹脂溝とその溝周細胞に多量に存在する。すなわち填充様体の発達なくして樹脂溝に樹脂が充満しているもの、溝周細胞が膨大して填充様体となり樹脂溝を埋めているもの (Photo 5)、樹脂が樹脂溝の断面の一部を占有しているに過ぎないもの (Photo 6) がある。Photo 7, 8 は縦断面についてこれを実証している。ただし、流動状の樹脂はスダン溶液には殆ど染まらないので、Photo 8 の樹脂溝内に

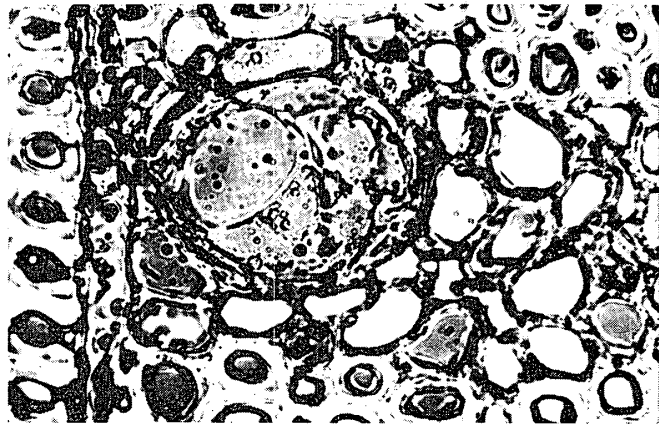


Photo 5. Axial resin canal filled up with resinous tylosoids,
(Heartwood of tapped tree, $\times 310$)

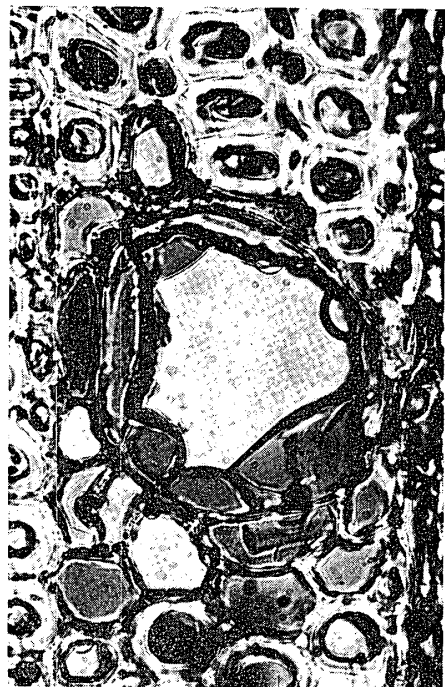


Photo 6. Axial resin canal partly holding resin. Besides, resin exists in epithelium, wood parenchyma cells, and some tracheids.
(Heartwood of normal tree, $\times 320$)



Photo 7. Axial resin canal with resinous epithelium.
(Heartwood of tapped tree, r , $95\times$)



Photo 8. Similar to Photo 7, but surface view of a portion filled up with resin. Black spots indicate the well stained, solid and amorphous resin.
(Heartwood of tapped tree, r , $95\times$)

充滿しているそれは顕微解剖的な触針観察によつて始めて確認することができた。なおこの写真でよく染まっているのは固形樹脂である。スギ、ヒノキに見る孤立的樹脂細胞はアカマツには見られないが、垂直樹脂溝溝周細胞の周囲には木柔組織ストランド (Wood parenchyma strand) の群があつて樹脂を多く含んでいる (Photo 5, 6)。その他仮導管にも樹脂の一杯つまつたものが多数認められる。

春材と秋材とでは概して後者に樹脂が多い。試片木口をブロックのままで観察していると、新しい切削面ことに秋材部分から樹脂が溢出して来るのを見るのが常である (Photo 9)。

水平樹脂溝は垂直樹脂溝に比して細いが、その溝周細胞が填充様体を形成することには変りはない。もちろん採脂材、正常材の別も認められない (Photo 10, 11, 12)。Photo 12 では4個の填充様体が樹脂溝を全く鎖している。なおこれらの写真でも明らかなように、比較的厚膜の髓線柔細胞はたいてい樹脂を含むが、薄膜の髓線仮導管は樹脂を含まない。

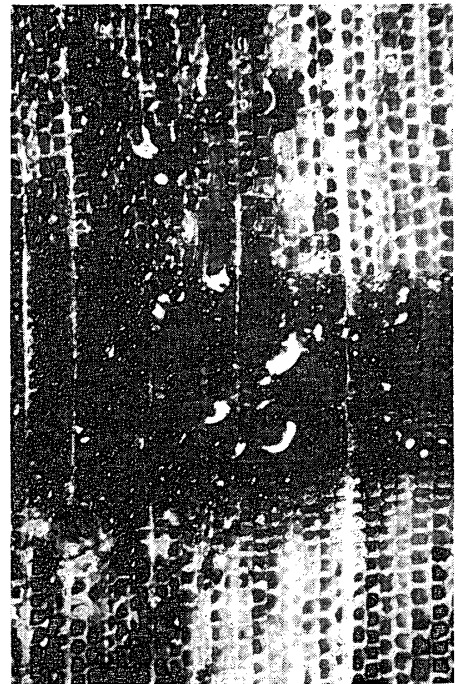


Photo 9. Liquid resin exuded from fresh cut surface.
(Heartwood of tapped tree, x , $40\times$)



Photo 10. Fusiform ray with resin canal having resinous tyloids and paranchyma cells. (Heartwood of tapped tree, *t*, 370 $\times$)



Photo 11. Similar to Photo 10. (Heartwood of tapped tree, *t*, 430 $\times$)



Photo 12. Similar to Photo 10. (Heartwood of normal tree, *t*, 320 $\times$)

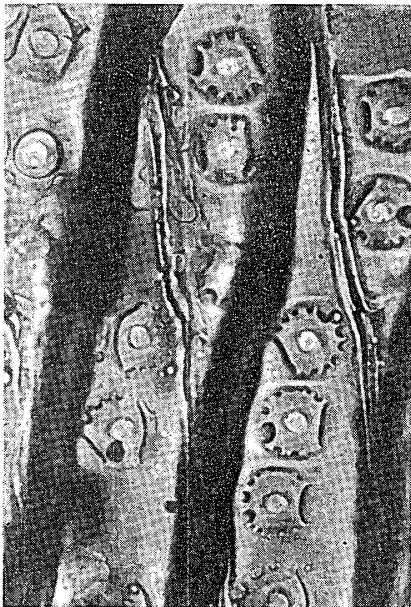


Photo 13. Resin existing in the margins of bordered pit chambers. (Heartwood of tapped tree, *r*, 450 $\times$)



Photo 14. [Resin crystals, unstained, in tracheids. (Heartwood of tapped tree, *t*, 440 $\times$)

心材の垂直仮導管には一般に樹脂が存在している。これはアカマツの分野紋孔がとくに大きいため、隣接髄線柔細胞からの樹脂が、心材化に伴う水分の減少に従って、浸入してきたものと考えられる。また仮導管自身の重紋孔も多少流動浸透に役立っているであろうし (Photo 13), 長時間のうちには仮導管膜壁を通しての拡散浸透もおこっているであろうが、確証を得るには至っていない。

このようにして仮導管内に浸入した樹脂はときに結晶を析出する (Photo 14)。同様の結晶は樹脂溝中にも認められた (Photo 15) が、この結晶の大きさにはいろいろあり、スダンでは染まらないが顕微鏡下で輝いて見える。

3. 辺 材

正常材においては形成層に近い辺材 (A試片) でも、心材に近い辺材 (B試片) でも、観察結果には差異がない。しかし辺材において心材と明らかにことなる点は垂直仮導管に殆ど全く樹脂を含まない点である。樹脂を含

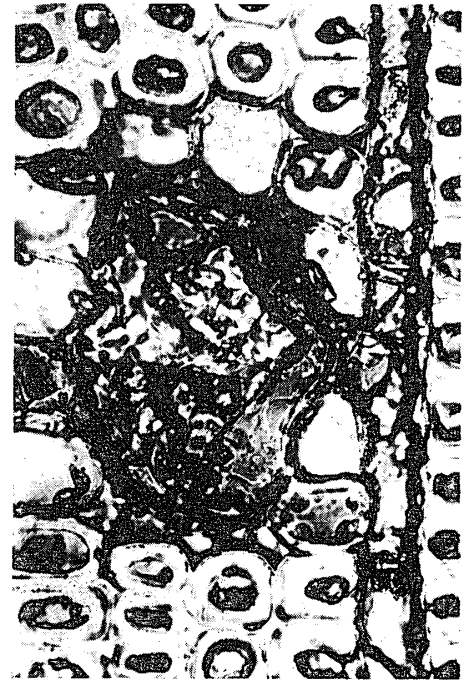


Photo 15. Resin crystals, unstained, in axial resin canal. (Heartwood of tapped tree. $\times$, 280 $\times$)



Photo 16. Axial and radial resin canal touching each other and filled up with resin. Surface view. (Heartwood of tapped tree, r , 90 $\times$)

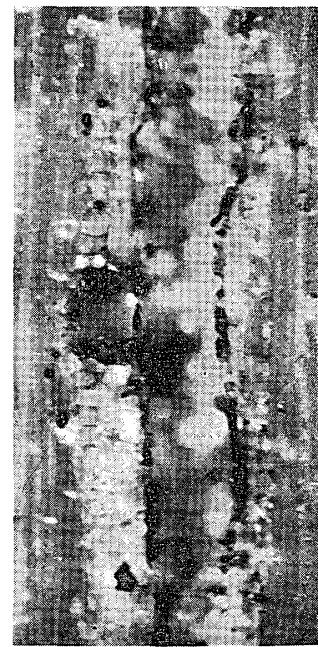


Photo 17. Similar to Photo 16, but both resin canals are merely lined with resin. Surface view. (Sapwood of tapped tree, t , 100 $\times$)

むのは樹脂溝とその周囲の柔細胞および髄線柔細胞のみである。

このことは有機溶剤抽出物の量が心材に多い⁸⁾ こと、および辺材が心材に移行する際水分の減少につれて樹脂が浸入する⁹⁾ こと、を示唆していると考えられる。

Photo 16 の垂直樹脂溝には樹脂が充満しているが、樹脂溝の内壁に附着した程度のものも多い (Photo 17)。この写真では両者の別が充分明らかではないがいずれも材面の反射観察にあたつて触針によつて樹脂の存在程度を確かめた結果である。

これらの写真 (Photo 16, 17) で明らかなように、垂直樹脂溝と水平樹脂溝とは随所に相接する部分があり、樹幹が外傷を受けた場合などその部分へ、かなり遠いところから、縦横に樹脂溝を通つて、多量の樹脂が移動、集中する可能性を与えている。ただし垂直・水平樹脂溝が完全に貫通交叉している場合には遭遇しなかつた。

なお髄線仮導管には心材のそれと同様に樹脂は認められなかつたが、元来髄線仮導管は形成層から分裂した後、短期間でその内容物を失ひ、放射方向に水分を通導するので、辺材の垂直仮導管と同様に樹脂を含まないのがむしろ当然であろう。一方髄線柔細胞は長くその内容物を保有し生活機能を持つている。したがつてこの場合樹脂とそれ以外の内容物とを判別する必要があるが、たとえば Photo 18 の髄線柔細胞中の物質はその様相から樹脂ではなくほかの内容物であることがわかる。

4. 採脂部の辺材

採脂材においてはその斜溝附近の辺材数年輪が樹脂で充満している。切付面では肥大生長が止まる (Photo 19)。樹高3.5mの円板では斜溝切付面からは遠く離れているにもかかわらず、切付け以後の肥大生長が、各供試木とも、極めて悪く、採脂の影響が明らかに認められる。この部分でも樹脂の存在個所には一般の辺材と変りがない。

斜溝切付個所ならびにその附近にカルスの形成された跡は見られなかつた。ただ辺材であるにかかわらず、垂直仮導管にも極めて多量の樹

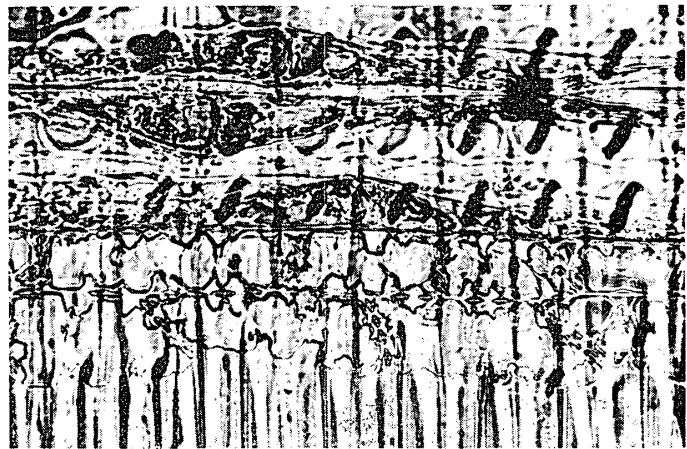


Photo 18. Ray parenchyma cells have their contents, protoplasmic debris but resin. (Sapwood of normal tree, r , 330 $\times$)



Photo 19. Growth comparison of tapped region (right) with untapped one (left). (Outermost portion, sapwood of tapped tree, x , 2.5 $\times$)

脂を含み、この部分はいわゆる肥松状に樹脂による半透明化が起つている。

樹脂溝やそれを取り巻く木柔細胞にはもちろん、髄線柔細胞にも樹脂が多量に存在し、溝周細胞は心材同様填充様体を形成し樹脂に満ちている (Photo 20)。

これらの樹脂は生成されたときには精油を含み、粘度が低く、流動性に富んでいる。そのため、樹体が斜溝切付けなどの外傷を受けた場合、その部分へ転流し、外部に露出した樹脂溝端から滲出する。また時間の経過とともに精油部分が揮発し、樹脂酸の結晶を析出して次第に粘度を高め、ついには固化して露出した樹脂溝を塞ぐ。そこで内部の樹脂溝に集積した樹脂が、あるいは分野紋孔から、あるいは重紋孔を通つて、また一部は膜壁を拡散浸透して、ついには仮導管組織にも浸入するし、時間とともにその一部は結晶する (Photo 21, 22)。

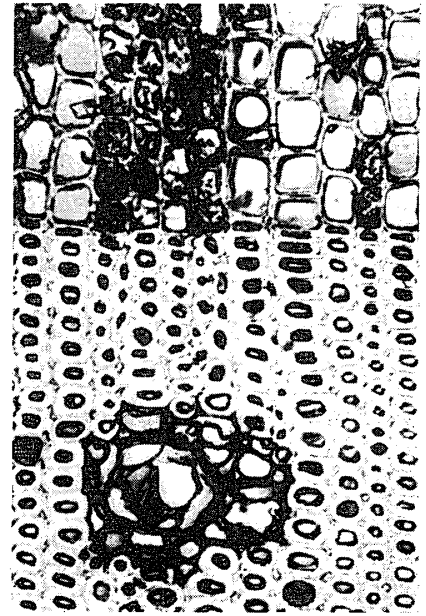


Photo 20. The resin existence near the tapped region.
(Sapwood of tapped tree, *t*, 120×)



Photo 21. Tracheids near the tapped, wounded portion filled with solid, crystalline or liquid resin.
(Sapwood of tapped tree, *t*, 100×)



Photo 22. Similar to Photo 21.
(Sapwood of tapped tree, *t*, 350×)

以上の観察結果ならびにそれに基づいて推量される樹脂の様態の変化と移動の経路は、別に在来の一般的概念と矛盾するものではないが、ただ、この実験観察を通じて認識をあらたにした点は、柔細胞中に生成されたばかりの樹脂が極めて流動性の高いもので、早晚その粘度は高

まるものの、材中にあつてはなかなか固化し難く、生材ことにその心材には依然流動状樹脂が案外多量に保有されている事実であり、いわゆる樹脂は組成のはなはだ複雑なものであつて、各成分の挙動についての明確な理解がなければ、上述の樹脂の様態、浸透経路の一層立ち入った観察は期待できないことである。少なくともスダンⅢあるいはⅣによる染色差、すなわち固形かつ非晶形の樹脂のみが強く染まり、結晶または流動性の高い樹脂が染まらない点などに対しては、各成分に適合した染料を見出すという途のあることを痛感する。

結 論

以上、採脂木と正常木とについて、組織学的かつ顕微鏡的に樹脂の存在を観察し確認し得た結果では、

1) 採脂木を正常木に比較して差異の認められるのは、斜溝切付け部分のみであつて、そのほかの部分では殆ど両者を区別することはできない。

2) 地上高との関係についても、採脂木における斜溝切付け以後の肥大生長以外には、樹脂の存在に関する両者の差異など認められない。

したがつて樹脂の在り方に関する限り樹心から外周に向つての変異を考えればよい。すなわち、

3) 髄を含む樹心部については、髄の中にもかなりの樹脂を認め、それを取り囲む1～2年輪にはとくに樹脂溝の密度が高い。

4) 心材は一般に辺材より多くの樹脂を含んでいる。基礎組織である仮導管、ことに秋材のそれには多分に樹脂が浸透している。

5) 辺材では仮導管までは樹脂の浸透が及んでいない。したがつて辺材は心材ほどには樹脂を含んでいない。

6) 斜溝切付部すなわち受傷部分には極めて多量の樹脂の集積ないし凝固が見られ、辺材であるにもかかわらず仮導管組織にまで樹脂がほぼ充満している。

なお以上各部位を通じて、

7) 樹脂溝溝周細胞、樹脂細胞はもちろん、木柔組織ストランド、髄線柔細胞にも均しく樹脂の存在が認められるところから、柔細胞は一般に樹脂生成の場であると考えられるが、樹脂運搬の路とは見なし得ない。

8) 樹脂流動の路あるいは貯蔵の場としては垂直・水平樹脂溝がもつぱらこれに当るとみてよい。事実樹脂溝には大抵樹脂が存在し、充満している場合も多い。

9) 垂直仮導管、髄線仮導管は樹液、水分の通導器官としての働らきを失つて始めて樹脂の浸透を許すけれども、樹脂通導の路としての価値は殆ど認められない。

Résumé

AKAMATSU (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) is a typical species for tapping resin in Japan. Taking advantage of an opportunity whereby we are given the most suitable materials of this wood from already tapped and intact trees, histological and microscopical observations were carried out to ascertain the occurrence,

i.e. *position and state, of resin* in the wood tissues of the above materials by the following *experimental methods* :

a) Staining resin in tissues by Sudan III or IV, in consideration of a fairly wide variation of the stained colour-tones caused by the complicated constitution of resin (i.e. oleoresin). But, the crystalline or liquid resin is almost unstained by this stain.

b) The ordinary, microscopical observation of the material preparations by the penetrative illumination, in careful attention especially to avoid the erroneous recognition of the existing positions of resin which is easy to crawl elsewhere on the cutting surfaces of sections.

c) The complementary, microscopical observation on the surfaces of block samples by the reflective illumination, to confirm the results obtained from the above observation. The needle-point touching examination for resin existence is, if necessary, used together also under the microscope.

As the results of these investigations, the following *conclusions* are obtained in comparison of the tapped wood materials with the untapped ones, concerning the local differences of existing resin and its movable paths or behaviour in the wood tissues appreciated from that differences.

1) There are conspicuous differences about the resin existence only in *wounded portions* of the tapped trees compared with corresponding unwounded portions of the normal trees, but in other portions these differences are hardly discernible between both trees.

2) Concerning the *situation heights* of the materials, the differences of resin existence and others are hardly discernible between both trees, with exception of the difference of diameter growths produced after tapping.

Therefore, as far as the resin existence, the local variation from pith to outward of trunk becomes the only subject of question, that is :

3) As to the *centre portion* of trunk including pith, the pith itself contains a considerable amount of resin, and the portion between 1~2 annual growths surrounding it have particularly high density of occurring resin canals.

4) Generally *heartwood* has a higher resin content than that of sapwood, since its tracheids which is the chief member of fundamental tissue in heartwood allow penetration of resin in plenty.

5) In *sapwood* the resin penetration does not reach to its tracheids, therefore sapwood does not generally contain such an amount of resin as does heartwood.

6) In the *wounded portion* for tapping resin, an extremely abundant amount of resin is accumulated and partly coagulated so that even tracheids become almost entirely resinous.

And, the followings are also concluded throughout the all portions above mentioned :

7) From the point that resin exists not only in epithelial cells of resin canals and so-called resin cells, but also in wood parenchyma strands and ray parenchyma cells, all kinds of *parenchymatous cells* are possibly considered as the origins of producing resin, but are not to be regarded as the paths of transporting it.

8) For the flowing paths or reserving spaces of resin, it seems natural that all *axial or radial resin canals* should play a chief role, since almost all resin canals, in fact, keep resin in plenty and they are frequently filled up with it.

9) *Axial or ray tracheids* do not permit the resin penetration instead of their sap and water before they lose their tracheary function, therefore they are scarcely recognized as the resin paths.

文 献

- 1) H. P. Brown, A. J. Panshin, and C. C. Forsaith : "Textbook of Wood Technology", Vol. 1, 160 (1949).
- 2) P. J. Kramer, and T. T. Kozeowski : "Physiology of Trees", 140-169 (1960).
- 3) 奥貫一男 : "植物生理学", 638, (1954).
- 4) S. J. Record : "Identification of the Timbers of Temperate North America", 74 (1934).
- 5) 佐藤敬二 : 林試彙報, No. 42, 1~12 (1937).
- 6) H. J. Conn : "Biological Stains", 6. ed., 86-87 (1953).
- 7) 木島正夫 : "植物形態学の実験法", 66, (1956).
- 8) 西田屹二 : "木材化学工業", 上巻, 398, (1946).
- 9) 宇野昌一 : 日林誌, 12, 400~401, (1930).