

針葉樹有縁膜孔の構造と液体の浸透

貴 島 恒 夫*

Tsuneo KISHIMA* : Review on the Bordered Pit Structure of Coniferous Wood and the Liquid Penetration.

木材組織中への液体の流動浸透 (flow-penetration) — 初期浸透 (initial penetration) — においては細胞相互間に存する膜孔が隘路をなし、液体の浸透はその膜孔膜に存する孔隙・開口の大きさいかんにかかっている。

針葉樹材に液体が浸透する場合には構成要素の大部分を占める仮道管相互間に存する有縁膜孔の構造が問題である。

筆者 (1961)¹⁵⁾ はさきに木材への液体浸透機構を組織・構造の面から解釈し総説を試みたが、それから数年を経過した今日、この分野に関する知見はかなり増加している。ことに有縁膜孔の構造については多くの電子顕微鏡的知見が従来の概念に対して相当の修正を促しているように思えるので、自己の実証的知見はまったく持ちあわせないにかかわらず、この分野の近年の動向をまとめてみたい。

有縁膜孔対の構造 (Structure of bordered pit pair)

ちかごろ有縁膜孔が単膜孔 (Simple pit) に代つて膜孔型の始原的なものと考えられるようになりつつあるのは系統発生的にも当然のことかも知れないが、とにかく膜孔の構造は有縁膜孔においてもつとも複雑である。

針葉樹有縁膜孔対の典型としてWARDROP(1963)¹⁹⁾ が提示している断面図 (Fig. A) は注目に値する。これはもと FREI, PRESTON and RILEY (1953)³⁾ によつたもののようであるが、図中黒く塗られた層一べつに名称は与えられていないが新たに加わっているのと、トールスの部分に細胞間層すなわち middle lamella が消失している点に注目すべきであろう。

これとは別にオランダのJUTTE and SPIT(1963)¹⁴⁾ は Parana pine (*Araucaria angustifolia* O. Ktze) や European spruce (*Picea alba* KARST.) の電顕的知見に示唆を受けて図 (Fig. B) のような断面を提示している。ただし供試材が乾燥材のみであり、さらに精査を要することわつて、この図も仮定的構造を示したものである旨が付記されている。

これは二次膜外層 (S_1) —— 黒く塗られている部

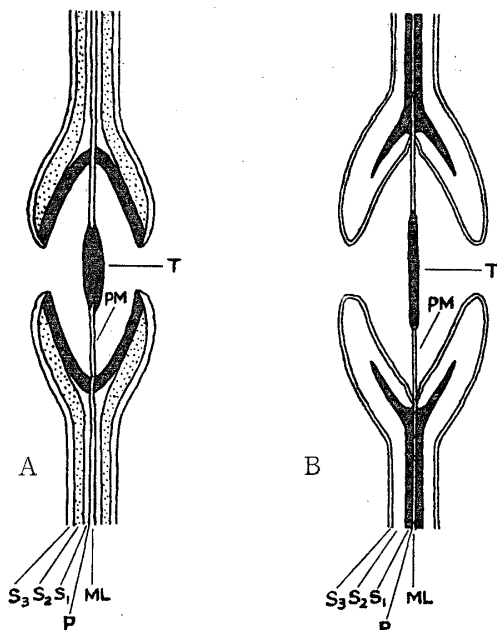


Fig. A, B Bordered pit pairs.
ML : middle lamella
P : primary wall
 S_1 : outer layer
 S_2 : middle layer
 S_3 : inner layer } of secondary wall
T : torus PM : pit membrane

* 木材生物研究部門, Division of Wood Biology

分——をむしろ明瞭に認めた結果のものであつて、もし Fig. A 中の黒色帯が Fig. B のように二次膜中層 (S_2) および内層 (S_3) から成っていることが立証されれば、両図は全く一致することになる。

膜孔膜の組織 (Texture of pit membrane)

FREY-WYSSLING und BOSSHARD⁴⁾ は Fichte (*Picea abies* KARST.) や Tanne (*Abies alba* MILLER) の幼条に電顕的にも孔隙を有しない膜孔膜を発見し、JAYME und HUNGER¹⁰⁾ はパルプ繊維中にわずかにあらい一次膜的組織をもつた膜孔膜を見出しているが、その後 JAYME ら^{11) 12) 13)} が Kiefer (*Pinus silvestris* L.) や Fichte について研究を重ねた結果では、生成当初の膜孔膜はゆるい一次膜的組織をもっており、仮道管から水が退くにあつて膜孔膜はその方向に引きつけられる。と同時に一次膜を構成しているマイクロフィブリルのゆるい組織が中央に絞られる結果、その部分にマイクロフィブリルが同心円的に平行配置した肥厚部分すなわちトールスが形成される。一方トールスのまわりの多数のマイクロフィブリルは一部破断され、残つたものが放射状集束マイクロフィブリルを形成する。

このようにして成熟状態での膜孔膜にはトールスが出来ていて、それが集束マイクロフィブリルによつて保持されている。要するにこれらは2次的にあらわれた構造である。

さらに一旦完全に吸着閉鎖した膜孔膜も水の流れの逆転にあえば開放するが、これらの構造は再び元には戻らない、との見解に達している^{13) 16)}。

CÔTE¹²⁾ もこれらトールスを有する膜孔膜の超薄切片による断面電顕写真から、膜孔膜はトールスから膜孔腔 (pit cavity) の周縁へ放射状にのびているセルロース集束マイクロフィブリルの網状膜であり、マイクロフィブリル間に存する孔隙の大きさは1樹種についてみてもかなりの偏差があつて、数ミクロンないし数オングストローム程度のものであるとなし、トールスは膜孔膜の中央に位する肥厚した円盤で普通は孔隙を有しないと記している。

膜孔の閉鎖 (Pit closure)

GRIFFIN^{6) 7)} 以来、いわゆる膜孔の吸着閉鎖が浸透を支配する因子の1つであることは認められているが、近年の研究では吸着膜孔対 (aspirated pit pair) でも必ずしも完全に液体の流通透過を阻止しうるものではないという実証が目立つ。

たとえば WARDROP and DAVIES (1961)¹⁸⁾ は *Pinus radiata* D. DON 材に COPPICK and FOWLER 試薬を加圧注入したものの電顕的観察から、膜孔が完全に吸着されていてもある程度それを透過しうる物質のあることを認めているし、CÔTE and KRAHMER (1962)²⁰⁾ も eastern white pine (*Pinus strobus* L.) 材に Indian ink を注入して、その濃度が高い場合閉鎖膜孔対を透過することがある事実を電顕的に認めている。さらに KRAHMER and CÔTE (1963)¹⁶⁾ は Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO) 材の超薄切片による鮮かな完全閉鎖膜孔対の断面像と同じく膜孔縁 (pit border) の内面にいぼ状突起 (wart-like projection) を有する western hemlock (*Tsuga heterophylla* (RAF.) SARG.) 材の閉鎖膜孔対の断面像を提示しているが、そのいずれの場合にも完全に液体の透過を妨げうるとはいえないとみている。

膜孔膜の被覆 (Incrustation on pit membrane)

膜孔膜に対するある種の物質の沈着被覆についての電顕的知見には FREY-WYSSLING, BOSSHARD, and MÜHLETHALER⁵⁾, CÔTÉ¹⁾, JAYME und FENGEL¹²⁾, STEMSRUD¹⁷⁾ などのものがあるが, この被覆物質も浸透の阻止に大きい役割を演ずることは十分考えられる¹⁷⁾。原田ら⁸⁾⁹⁾ が有縁膜孔あるいは半縁膜孔の膜孔膜にはそのマイクロフィブリルが“介在物によつて強く包埋されている”ことがあるという表現をなしているのがこれである。

マツ材の放射柔細胞に存する窓状膜孔膜 (window-like pit membrane) は十分な厚みを有し孔隙がない²⁾ にかかわらず案外容易に液体の浸透を許すのは多分拡散 (diffusion) によるものであろう¹⁶⁾。前記 WARDROP and DAVIES¹⁸⁾ も COPPICK and FOWLER 試薬を *Pinus radiata* 材へ加圧注入した際にこれを認めており, この材の放射組織中では放射仮道管よりも放射柔細胞を通つて液体がよく浸透し, 放射柔細胞から垂直仮道管の方へも液体が比較的良好に透過するのは全くこの窓状半縁膜孔対の存在するためであることを認めている。

ところで上記の被覆物質については今までのところ余り明らかにされていないが, KRAHMER and CÔTÉ¹⁶⁾ の見解では, この物質は心材の細胞膜中あるいは細胞間腔中に存する沈着物質同様リグニン状物質 (ligno-complex substance) であつて, 木化・心材化とこの被覆現象とは密接な関係にあるが, ただ心材における膜孔膜の被覆物質は単なる心材抽出物とは異なつて熱水や有機溶媒では除去出来ない, という。

引 用 文 献

- 1) CÔTÉ, W. A., Jr., For. Prod. J., 8, 296~301 (1958).
- 2) CÔTÉ, W. A., Jr. and R. L. KRAHMER, Tappi, 45, 119~122 (1962).
- 3) FREI, E. R., D. PRESTON, and C. W. RILEY, J. Exptl. Bot., 8, 139 (1957).
- 4) FREY-WYSSLING, A. und H. H. BOSSHARD, Holz a. Roh- u. Werkst., 11, 417~420 (1953).
- 5) FREY-WYSSLING, A., H. H. BOSSHARD, and K. MÜHLETHALER, Planta, 47, 115~126 (1956).
- 6) GRIFFIN, G. J., (Am.) Jour. For., 17, 813~822 (1919).
- 7) GRIFFIN, G. J., (Am.) Jour. For., 22, 82~83 (1924).
- 8) 原田 浩, 宮崎幸男, 若島妙子, 林試研報, No. 35, 194~200 (1958).
- 9) 原田 浩, “木材工学”, 56~85 (1961) .
- 10) JAYME, G. und G. HUNGER, Holz a. Roh- u. Werkst., 13, 212~215 (1955).
- 11) JAYME, G. und G. HUNGER, Monatsch. f. Chemie, 86, 8~23 (1956).
- 12) JAYME, G. und D. FENGEL, Holz a. Roh- u. Werkst., 17, 226~230 (1959).
- 13) JAYME, G., G. HUNGER, und D. FENGEL, Holzforschung, 14, 97~105 (1960).
- 14) JUTTE, S. M. and B. J. SPIT, Holzforschung, 17, 168~175 (1963).
- 15) 貴島恒夫, 京大演習林報告, No. 33, 267~274 (1961).
- 16) KRAHMER, R. L. and W. A. CÔTÉ, Jr., Tappi, 46, 42~49 (1963).
- 17) STEMSRUD, F., Holzforschung, 10, 69~75 (1956).
- 18) WARDROP, A. B. and G. W. DAVIES, Holzforschung, 15, 129~141 (1961).
- 19) WARDROP, A. B., Svensk Papperstidning, 66, 1~17 (1963).