



Title	トドマツ仮道管における膜孔の数, 分布, 並びにそれらの樹幹内変動
Author(s)	滝沢, 忠昭; 石田, 茂雄
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 29(2), 189-205
Issue Date	1972-12
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20905
Type	bulletin (article)
File Information	29(2)_P189-205.pdf



[Instructions for use](#)

トドマツ仮道管における膜孔の数, 分布, 並びにそれらの樹幹内変動

滝沢忠昭* 石田茂雄*

The Number and Distribution of Pits on one Tracheid,
and their Variation in a Trunk of Todo-Matsu
(*Abies sachalinensis* FR. SCHM.)

By

Tadaaki TAKIZAWA and Shigeo ISHIDA

目 次

I. 緒 言	189
II. 材料および実験方法	191
1. 材料の採取と処理	191
2. 測定方法	191
3. 測定結果の表示法	192
III. 結果と考察	193
1. 一仮道管あたりの膜孔数の年輪内での変化	193
2. 樹幹内各位置における春材部仮道管の膜孔数の変動傾向	194
3. 一仮道管上の膜孔分布	198
IV. 結 論	200
V. 要 約	200
文 献	201
Summary	202
附 表	204

I. 緒 言

植物の水分生理については現在まで多くの研究がなされ, 成果も蓄積されている^{4-6,8)}。

高等植物では, 水は根で吸収され, 茎, 枝を通して葉に行き, そこでほとんどが空気中に蒸発する。

そのため, 樹木のような高等植物の水分代謝は非常に複雑で, 根の吸水系, 根, 幹および

* 北海道大学農学部林産学科 木材理学教室

Laboratory of Wood Physics, Dept. of Forest Products, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

枝の通水系、葉での分泌（蒸散）系等に分けて検討しなければならない。すなわち、樹木の水分生理を明らかにするには、以上の三つの系についての個別的、総合的な観察と検討が必要とされる。とりわけ、樹幹の組織を通して水がその上部にまで達する機構については、種々の説がとなえられているが、いまだに十分な説明がなされていない^{4,7)}。

幹での水の通路として、針葉樹では仮道管、広葉樹では道管がその役割を果していることはすでに明らかにされている。

広葉樹の場合は別として、針葉樹について考えると、針葉樹では、軸方向仮道管がその容積の90%以上を占めている。

これらの仮道管には膜孔があり、それは、生立木の、とくに春材部においては樹液の通導、すなわち生長と生理に大きな役割を担っているものと考えられる。

また、伐採後の木材では、乾燥、吸水、薬液注入などに際して問題になる木材組織を通じた液体の滲透性に一定の役割を担っており、またその存否は仮道管の機械的性質にも大きな影響を持つであろう。

このように、膜孔は多くの機能を果しているが、主として、針葉樹樹幹内での水分上昇の機構を明らかにすることを目標としながら、仮道管から仮道管への水の通路としての膜孔の機能について検討するためには、次のような点が明らかにされなければならない。

すなわち、それは膜孔の大きさ、数、仮道管上での分布¹³⁾、膜孔膜の構造、膜孔膜の挙動、それらの樹幹内での変化等についての定性、定量的な把握である。

本報告では、これらのうち、仮道管上の膜孔の数、分布、およびそれらの樹幹内変動について定量的におこなった検討の結果につき報告する。

なお、膜孔の数、分布に関しての既往の報告には、BANNANとWHALLEY¹⁾が細胞の伸長生長と関連させながら、ヒノキ科の *Chamaecyparis nootkatensis*, *C. thyoides* で、材のまさ目面における仮道管上の膜孔の現われ方について報告しているもの、THOMASとSCHELD¹¹⁾が Eastern hemlock (*Tsuga canadensis* L.) の胸高附近の材部で、髓から遠い年輪における仮道管ほど膜孔数が増すと報告しているものがある。

一方、すでに筆者らは上述のような観点からこれまでにカラマツ (*Larix leptolepis* GORD.) などについて、仮道管上の膜孔の数と分布についての定量的な検討をおこなって来ており、今回はその結果をも考慮しながら考察を進めることにする^{2,9,10)}。

さて、針葉樹の樹軸方向の仮道管の膜孔は、相手細胞の違いにより、二つに分けることが出来、形態も機能もそれぞれ異なっている。

一方は軸方向の仮道管と接するところに存在する有縁膜孔で、他方は放射組織の細胞（放射柔細胞と時には放射仮道管）が接するところに存在する有縁膜孔である。そこで、便宜上、ここでは前者を T-T-膜孔、後者を T-R-膜孔と呼ぶことにする。

II. 材料および実験方法

1. 材料の採取と処理

供試木として、北海道大学苫小牧地方演習林幌内事業区 38 林班から樹齢 36 年、樹高 8.85 m、胸高直径 18 cm の生長良好なトドマツ (*Abies sachalinensis* FR. SCHM.) を一本採取した。

まず、この樹幹の胸高部 (ただし地上高 1.5 m) から上方に向かって 1 m ごとに円板をとった。

各円板の南側材部から、髓から樹皮にいたる半径方向の小材片をとった。膜孔数の年輪内での変化を知るために、胸高部 (上述 1.5 m) よりとられた小材片で、髓から樹皮への 5 年輪ごとの各年輪につき、春材から夏材にわたって厚さ 250 μ の接線面切片を連続してとった。他の地上高 (2.5 m 以上) から取られた小材片からは、髓および樹皮より、それぞれ半径方向 5 年輪ごとに選ばれた各年輪の春材の一番内側、すなわち典型的春材部から厚さ 500 μ の接線面切片を一枚ずつとった。

供試樹幹における試料採取位置は Fig. 1 に示されている。

胸高部を除く他の地上高から得られた小材片につき、各年輪における試料採取の場所として、典型的春材部を選んだ理由は、年輪内で、主にこの部分の膜孔が樹液の通導機能を果していると思われたからであり、また、この部分の半径方向の細胞列では膜孔数の変動が少なく、試料をとるのに適しているからである。

これらの切片を 10% ゼフリー液¹²⁾ (クロム酸と硝酸のそれぞれ 10% 水溶液の当量混合液) で解架し、水洗後、50% グリセリン水溶液でマウントし、プレパラートを作成した。

2. 測定方法

解架した仮道管のマウントされているプレパラートを光学顕微鏡下で観察し、マイクロメーターを用い^{3,12)} 損傷していない通直な仮道管を任意に選び、200 倍の視野でそれぞれの仮道管の一端から他端へと、膜孔の数と位置を順次測定、記録していった。なお、仮道管長についても同時に測定した。

一カ所での測定本数についての予備的検討によれば、Table 1, 2 に示されるように、一カ所 50 本、および 100 本の仮道管を選んで測定した場合、膜孔数、仮道管長ともに、測定値は正規分布に近い形をとり、かつ両者の間の差が小さかった。

そこで今回は、測定は一カ所につき任意に選び出した 50 本についておこなった。

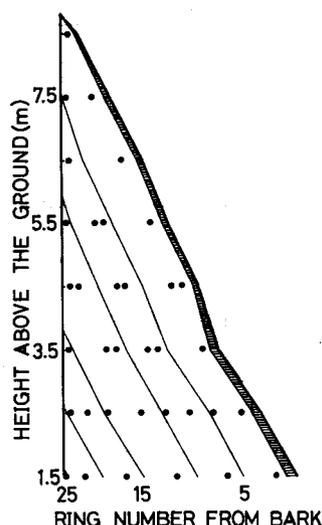


Fig. 1. The location where the specimens were taken out within the trunk of Todo-matsu.

Table 1. The variation of the number of T-T- and T-R-pits obtained from both 50 and 100 tracheids at the same sample.

Number of tracheids	No. of T-T-pits		No. of T-R-pits	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
50	114	16.4	134	26.5
100	116	13.8	132	29.4

\bar{x} : An average value for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid.

σ : A standard deviation for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid.

Table 2. The variation of tracheid length obtained from both 50 and 100 tracheids at the same sample.

Number of tracheids	Annual ring			
	A		B	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
50	2.7	0.30	1.1	0.09
100	2.7	0.31	1.1	0.15

\bar{x} : An average value for tracheid length (mm).

σ : A standard deviation for tracheid length.

3. 測定結果の表示法

膜孔数、仮道管長については上述のごとく測定した50本の仮道管から得られたT-T-膜孔数、T-R-膜孔数、仮道管長についてそれらの平均値を求めた。これらの値を、それぞれ、樹幹内の各測定箇所における一仮道管あたりのT-T-膜孔数、T-R-膜孔数、並びに仮道管長とした。

一仮道管上の膜孔分布については、個々の測定値を次のようにして取り扱っていった。筆者らが採用した実験方法、すなわち、組織を解架し、個々の仮道管をとり出して測定するという方法では、それらの材中での個々の位置、すなわち、仮道管のいずれの先端が根あるいは樹冠に近い側に位置していたかという点、仮道管と仮道管がどのように接していたかという点などが不明になる。一方、仮道管がまぜあわされ、任意にとり出される過程で、上述の二点は無視されうる。そのため、本報告では、一カ所について測定した50本の総体としては、仮道管中央から両端への膜孔分布は対称であると見なした。

そこで、選ばれた仮道管のおのおのについて次のように取りあつかい、さらに全仮道管についての膜孔の平均的な分布傾向を定量化した。

1. 一本の仮道管の全長を20等分し、中央から両端にむかって対称的に1, 2, ..., 10と区分番号を附す。
2. 各区分位置に存在するT-T-膜孔の数、T-R-膜孔の数を数える。
3. 同一区分番号ごとに50本の仮道管全体についてT-T-, およびT-R-膜孔数の合計(n)をそれぞれ求める。
4. これら50本の仮道管上にあるT-T-膜孔の総数、T-R-膜孔の総数(N)をそれぞれ求める。
5. $n/2N \times 100$ (%)を計算する。
6. このような値を各分割部分の全部について求

め、それらをそれぞれの分割部分に存在する T-T-膜孔、T-R-膜孔の存在割合 (出現率) とした。

III. 結果と考察

1. 一仮道管あたりの膜孔数の年輪内での変化

地上高 1.5 m における半径方向 5 年輪ごとの各年輪について、一仮道管あたりの膜孔数の年輪内変化を調べた結果を Fig. 2 に示す。

いずれの年輪の場合も、仮道管の膜孔数は典型的春材部で著しく多く、かつまた、この部分の半径方向の数細胞ではほぼ一定値をとり、以後夏材部に近づくにつれ急激に減少している。例えば、髓から 22 番目の年輪では、春材部で、T-T-膜孔数は 140 個、T-R-膜孔数は 125 個であるが、夏材部では、両膜孔数とも 20 個以下である。また、T-T-膜孔の大きさは春材部から夏材部に向って小さくなる。

すなわち、樹木の生理活動の活発な時期に形成された仮道管は太く、大型の多数の T-T-膜孔をもち、旺盛な樹液流動に対応している。

夏材部で、一仮道管あたりの T-R-膜孔数が少ないのは、放射組織の高さは春材部から夏材部まで一定であるが、夏材部仮道管では放射組織と接している仮道管の半径壁の幅が狭まり、一分野当りの膜孔数が減少するからである。

なお、トドマツについての一仮道管あたりの膜孔数の年輪内での変化傾向はカラマツの場合とよく一致していた^{9,10}。

しかし、カラマツでは、年輪内のいずれの部分でも T-R-膜孔が T-T-膜孔より常にその

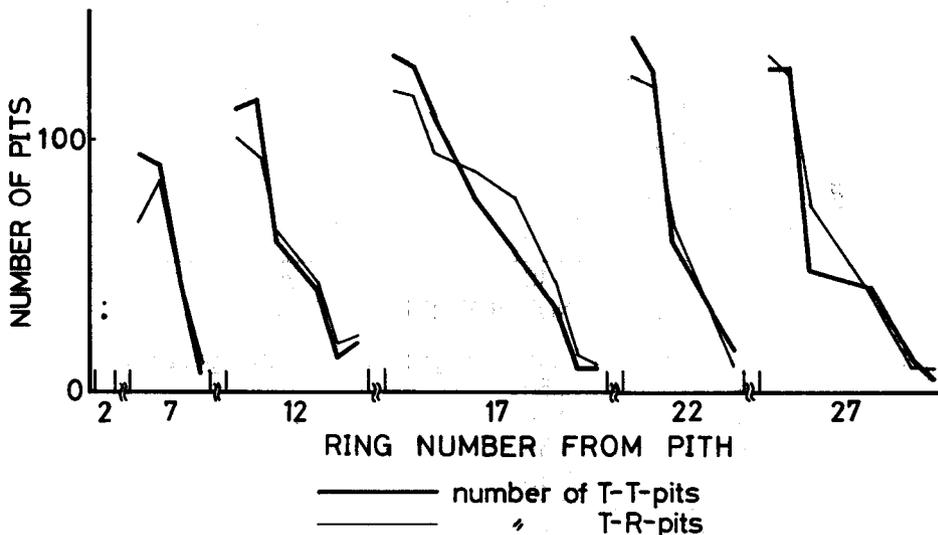


Fig. 2. The variation of the average values for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid within an annual ring at the height of 1.5 m from the ground.

数が多く、T-T-膜孔数に対する T-R-膜孔数の割合は、春材部で約 1.3 であり、夏材部に向うにつれてその値は増加し、2.0 以上にまで達する。ところが、トドマツの場合は、典型的春材部では T-T-膜孔数が T-R-膜孔数とほぼ等しいか、あるいは若干多いかであるが、他の部分では、両者はほぼ等しい。すなわち、両者の樹種特性がはっきりと示された。

2. 樹幹内各位置における春材部仮道管の膜孔数の変動傾向

仮道管長について、地上高をパラメーターとして、髄からの年輪数に関して図示すると Fig. 3 が得られた。同様にして、T-T-膜孔数、および仮道管の単位長さ当りの T-T-膜孔数については Fig. 4, T-R-膜孔数、および仮道管の単位長さ当りの T-R-膜孔数については Fig. 5 がそれぞれ得られた。

図からもわかるように、髄から樹皮への仮道管長、膜孔数、仮道管の単位長さ当りの膜孔数の変化傾向は、三者とも地上高の違いによる大きな差異はない。

仮道管長は、全体として、髄から 10 年輪目ぐらいまでは急な増加傾向を示し、以後その傾向は緩慢になる。地上高による変化をも含めて、いわゆるサニオの法則があてはまっている。

髄から 2 年輪目では、一仮道管上の T-T-膜孔数と T-R-膜孔数はいずれも 30~40 個ではほぼ等しいが、他の外側の年輪では T-T-膜孔の方が T-R-膜孔より約 2 割その数が多い。

ところが、カラマツの場合は、逆に T-R-膜孔の方が T-T-膜孔より約 2 割その数が多い。

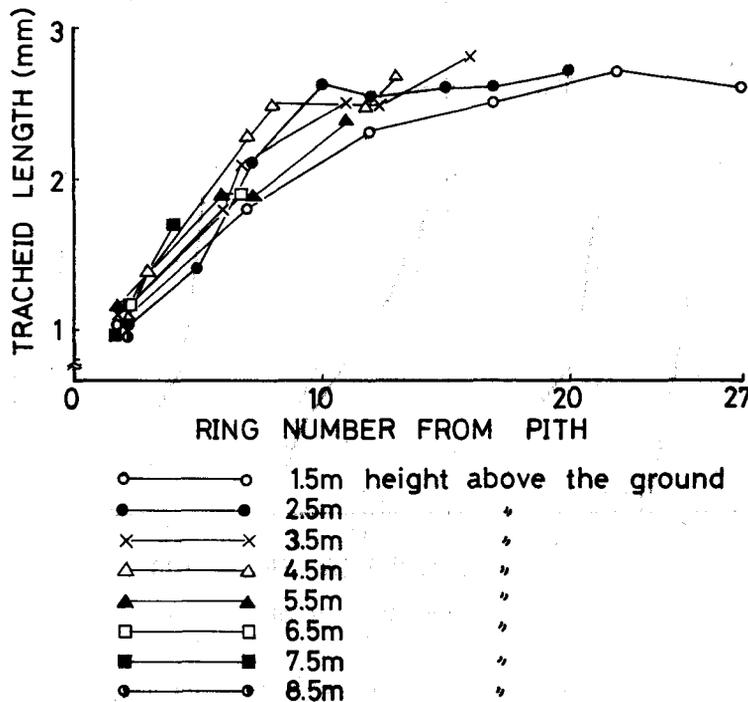


Fig. 3. The variation of the average values for tracheid length in the typical springwood within trunk.

T-T-膜孔数, T-R-膜孔数は各地上高とも髄から樹皮へ増加傾向を示しているが, 8~10年輪目を境にそのカーブの示す傾向が変化する。

すなわち, 膜孔数は髄附近から8~10年輪目までで30~40個から90~100個へと急激に増加する。ところが, これ以降樹皮まででは, 膜孔数は100個から140個へと増加するにすぎず, 膜孔数の増加率において1/2以下になり, 膜孔数の増加曲線はその傾きがなだらかになる。

このように, 髄から樹皮への半径方向の膜孔数変化は, 仮道管長についてのそれとよく似た傾向を示している。

そこで, 仮道管の単位長さ当りの膜孔数を計算してみると, T-T-膜孔数は髄から8年輪目ぐらまでは徐々に増加するが, それ以降樹皮まで, 地上高1.5~5.5mの材部ではほぼ一定

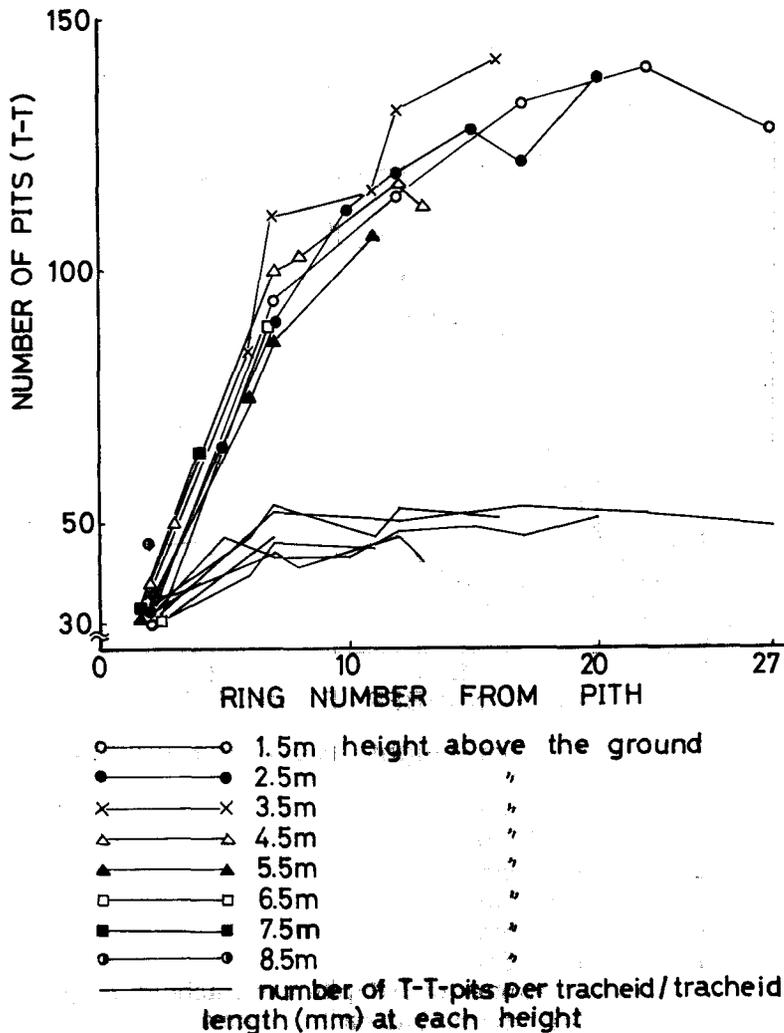


Fig. 4. The variation of the average values for the number of T-T-pits per tracheid in the typical springwood within trunk.

値を示し、この材部では T-T-膜孔数と仮道管長の間には高い相関関係のあることが示された。

仮道管の単位長さ当りの T-T-膜孔数が変動する材部は、髓に近い部分であり、ここでは、T-T-膜孔数が他と比べ極端に少なく、仮道管長も小さく、外側の材部とは区別して考える必要がある。

一方、仮道管の単位長さ当りの T-R-膜孔数は髓から樹皮まではほぼ一定の増加傾向を示している。このことは、髓から樹皮への T-R-膜孔数の増加傾向が T-T-膜孔のそれに比べて、より直線的であることによると思われる。

そして、材の組織構造に即して考えると、このことは放射組織の材中での分布の仮道管上における一つの反映であろう。すなわち、材中で放射組織の分布が均一で、かつ、かなり密な

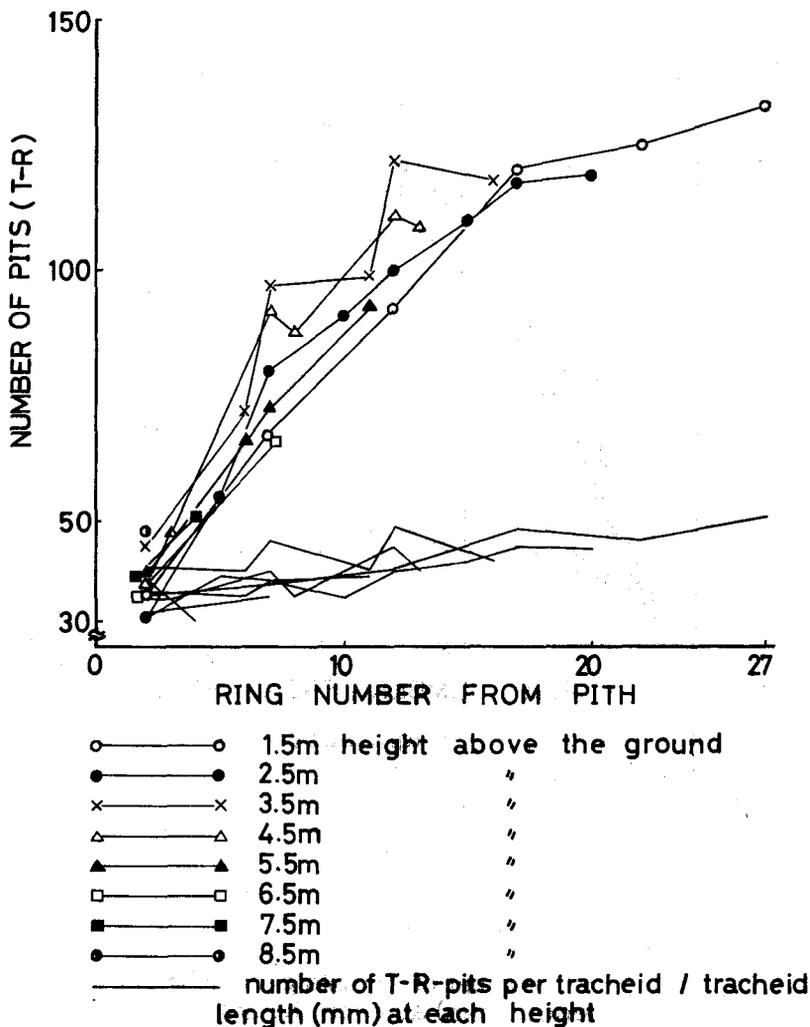


Fig. 5. The variation of the average values for the number of T-R-pits per tracheid in the typical springwood within trunk.

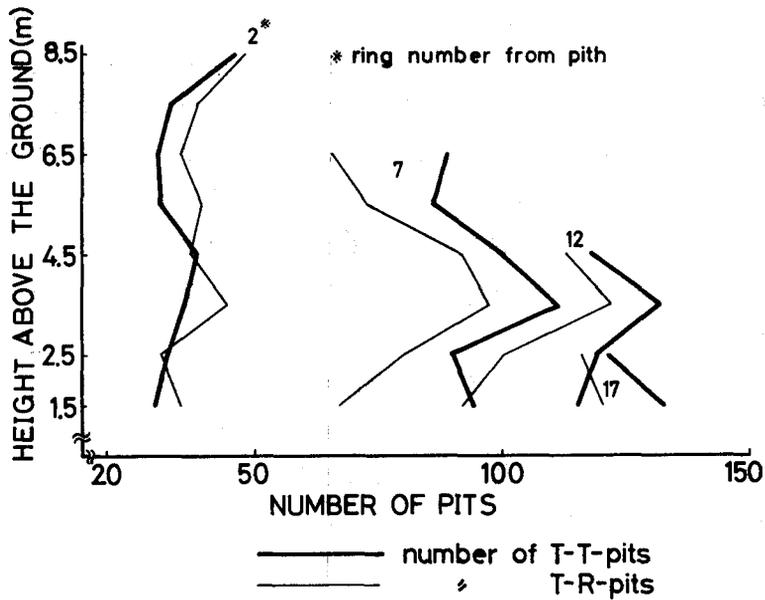


Fig. 6. The variation of the average values for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid in the typical springwood of those annual rings which are sequent vertically within trunk.

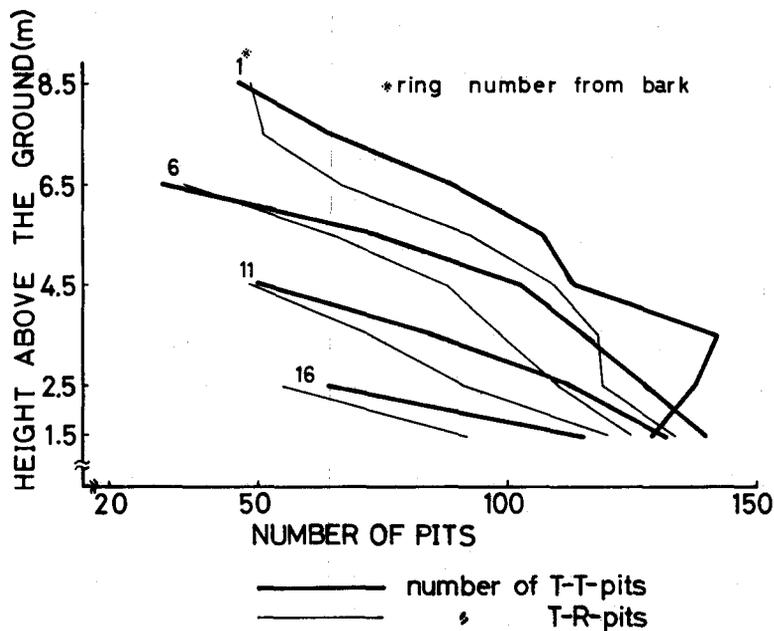


Fig. 7. The variation of the average values for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid in the typical springwood of those annual rings which are sequent obliquely within trunk.

ため、仮道管長が増加するとき、仮道管長の増加割合より、T-R-膜孔数の増加割合の方が大きく、従って、仮道管の単位長さ当たりのT-R-膜孔数が増加の傾向を示すものと思われる。

次に、樹幹内の各地上高で、髄からの年輪数の等しい材部における仮道管の膜孔数を年輪数2, 7, 12, 17の各年輪について比較してみる。すなわち、Fig. 6に示すように2年輪目と7年輪目以降とでは、膜孔数においても、地上高の違いによる変化傾向においてもはっきりした相違が見られる。すなわち、膜孔数は髄からの年輪数が増すにつれて増加する。一方、2年輪目では地上高の違いによる膜孔数の変化はほとんど見られないが、7, 12年輪目では地上高3.5 m附近で膜孔数が最大となっている。

各地上高で、樹皮からの年輪数の等しい材部における膜孔数の変化を Fig. 7 に示す。

樹皮からの年輪数が増すにつれ、膜孔数は減少する。また、第一年輪目の地上高1.5 m から3.5 m までの膜孔数変化を無視すると、同一年に形成された年輪では、仮道管の膜孔数は地上高の増加とともに減少している。

以上の結果を総合すると、樹幹内で、仮道管の膜孔数変化には、仮道管長についての樹幹内変動と類似した一定の法則性が見い出せる。

附表に示すように、樹幹全体として仮道管長(\bar{x})とT-T-膜孔数(\bar{y})、T-R-膜孔数(\bar{z})についての相関係数 r_{xy} 、 r_{xz} を求めると、それぞれ0.973, 0.952と非常に高い数値を示す。一方、T-R-膜孔数の影響の除去された仮道管長とT-T-膜孔数との関係、すなわち、偏相関係数 $r_{xy \cdot z}$ は0.672となる、しかし、 $r_{xz \cdot y}$ は0.060となり仮道管長とT-R-膜孔数は相関関係を持たないことが示された。

このことは、材中の存在様式において、放射組織の仮道管に対する独立性を示すものと考えられ、T-R-膜孔の樹幹内変動を知るには、放射組織の材中における分布密度、仮道管との交差の様子などを考慮し検討してゆく必要があると思われる。

3. 一仮道管上の膜孔分布

II. 3で述べた方法にもとずき、地上高1.5 mにおける各年輪の春材仮道管上の平均的なT-T-膜孔分布、T-R-膜孔分布を求めると、いずれもほぼ同じ傾向を示したので、Fig. 8. 9にこれら6年輪の平均膜孔分布を示した。

T-T-膜孔数は仮道管の両端から1/6のところとその総数の各々1/4がある。一方、T-R-膜孔はこれと対照的で、仮道管の中央部1/3のところとその半数がある。

これらの結果は、仮道管どうしがおのおの両端で接する確率の多いことを示し、この部分と重複しないようにして仮道管と放射組織が接しているようすがわかり、このことは、個々の仮道管上での平均的な膜孔分布の様子をよく示していると考えられる。

一方、附表に示したように、試料をとった樹幹内の年輪において、一カ所で測定した50本の仮道管については、仮道管長(x)、T-T-膜孔数(y)、T-R-膜孔数(z)の間のそれぞれの相関係数(r_{xy} 、 r_{yz} 、 r_{xz})、偏相関係数($r_{xy \cdot z}$ 、 $r_{yz \cdot x}$ 、 $r_{xz \cdot y}$)は必ずしも高くない。このことは、樹

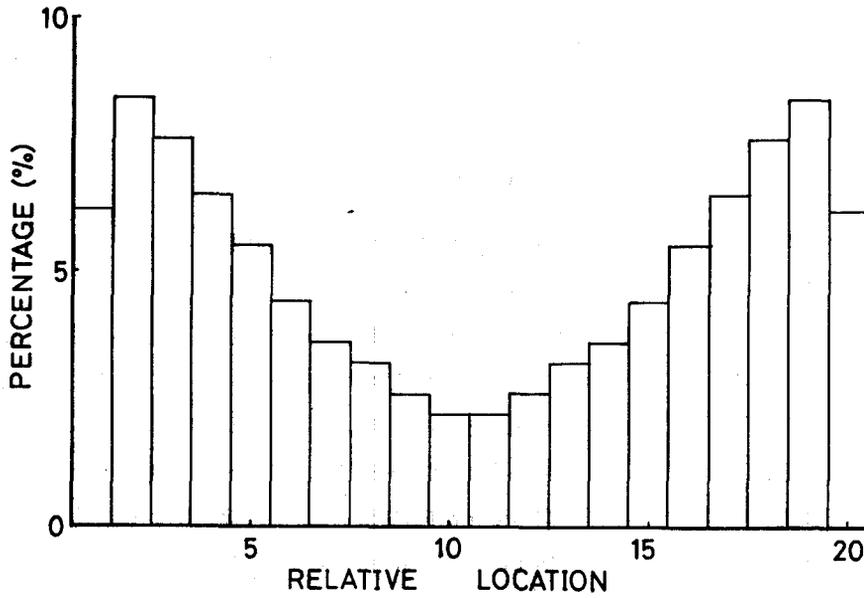


Fig. 8. The distribution of T-T-pit on an individual tracheid. (The figure shows the average percentage of the number of T-T-pits existed at location within 1/20 divided into on an individual tracheid.)

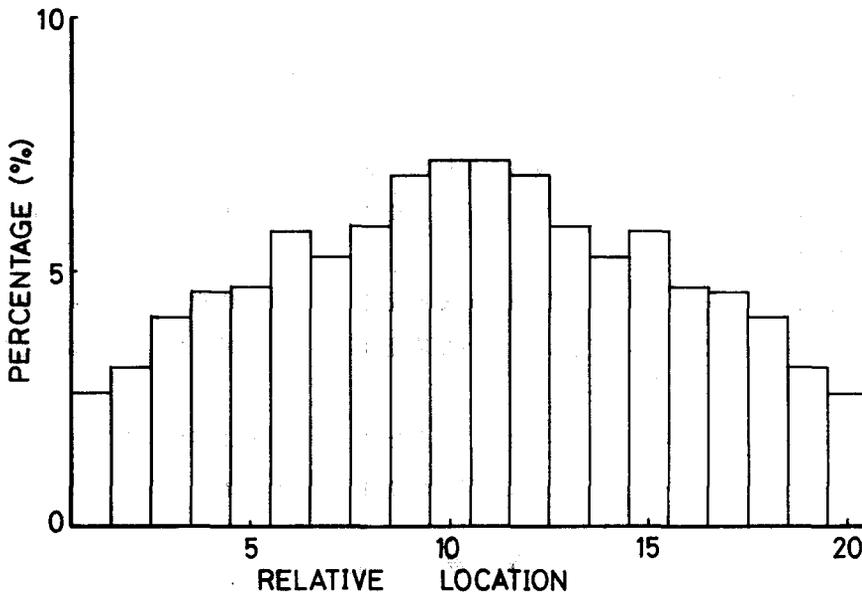


Fig. 9. The distribution of T-R-pit on an individual tracheid. (The figure shows the average percentage of the number of T-R-pits existed at location within 1/20 divided into on an individual tracheid.)

幹内の個々の軸方向仮道管どうし、あるいは、それらと放射組織との接し方にはかなり複雑な関係があるからであると考えられ、新たな実験計画による観察を含めた上での検討が必要と思われる。

IV. 結 論

樹液の通導に大きく関与する針葉樹春材仮道管における膜孔数の樹幹内での変動傾向と一仮道管上での平均的な膜孔分布を明らかにした。

針葉樹の生立木における仮道管の膜孔は水分、養分の通路として重要な役割を果たしているが、本観察から、年輪内の生長の盛んな時期に形成された仮道管に極めて多数の膜孔があり、一方、夏材部仮道管にはごく少数の膜孔があるにすぎないことが定量的に確かめられた。例えば、胸高部の春材部仮道管には、夏材部仮道管にある膜孔数の5~25倍もの膜孔があった。

膜孔数の髓から樹皮への半径方向の変化傾向には、地上高の違いによる差異は認められずいずれの地上高においても、髓から樹皮に向かって膜孔数は始め急激に増加し、以後その増加の割合は小さくなり、さらに樹齢が増せば一定になるであろうことが示された。

この傾向は仮道管長の半径方向の変化傾向とよく似ていた。

仮道管の単位長さ当りのT-T-膜孔数は髓から8年輪目ぐらまでは増加傾向をとるが、それ以降の外側の年輪では、ほぼ一定値を示した。この点については、材の組織構造などに関連してさらに検討してゆきたい。

さらに、樹軸方向では地上高の増加にともない、樹幹中央部まで膜孔数も増加し、以後減少する。

これらのことから、カラマツの場合と同様に、トドマツについても、その典型的春材部仮道管にある膜孔の数は、例えば、胸高部の膜孔の数がわかれば樹幹内のいずれの位置の年輪についても推定できると考えられる。

さらに仮道管において、膜孔が形成される過程で、その数と位置を決定する要因としては遺伝的因子、個体差などもあるが、その時の環境因子による樹幹内の生理現象の果す役割が重要なファクターであると考えられる。

本報告は個々の仮道管に注目して検討してきたが、仮道管および放射細胞の集合である材組織としての膜孔分布を考え、その点での検討が今後に残された大きな課題である。

V. 要 約

針葉樹仮道管の膜孔の形態的観察は多くおこなわれているが、その定量的な研究は少ない。

筆者らは、樹体内における樹液の通導や木材中での液体流動に関して研究する際の基礎資料の一つとして、針葉樹樹幹における仮道管の膜孔のあらわれ方を理解することが重要であると考えた。そこで、一仮道管上の膜孔の数、分布、それらの樹幹内での変動傾向などについて

調査をおこなった。

供試木として北海道に広く成育するトドマツを選び, 昭和46年5月, 北海道大学苫小牧地方演習林において成長良好で, 樹齢36年, 樹高8.85 m, 胸高直径18 cmのものを一本採取した。

胸高部(地上高1.5 m)より樹冠に向って1 mごとに円板を切りとり, 各円板の南側材部で, 髓および樹皮より, それぞれ5年輪ごとに, 各年輪の春材部から厚さ500 μ の接線面切片を一枚ずつとった。地上高1.5 mでは5年輪ごとの各年輪につき, 春材から夏材にわたって, 厚さ250 μ の接線面切片を連続してとった。

これらの切片を10%ゼフリー液で解架し, 水洗後, 50%グリセリン水溶液でマウントしプレパラートを作成し, 光学顕微鏡で観察, 測定をおこなった。

観察結果をまとめると以下のようになる。

1. 胸高部の6年輪につき調査したところ, 一仮道管あたりの膜孔数の年輪内での変化傾向は, いずれの年輪の場合も, 典型的春材部の仮道管で最大であり, かつ, その部分ではほぼ一定値を示し, 以後夏材に近づくにつれ急激に減少する。典型的春材部の膜孔数は夏材部のそれに比べ, 膜孔数の多い髓から遠い年輪ではその数は25倍にも達し, 膜孔数の少ない髓附近の年輪でも数倍はある。
2. 典型的春材部における一仮道管あたりの膜孔数の樹幹内変化は, 仮道管長についてのそれと類似した傾向を示した。
3. 一仮道管上の平均的な膜孔分布については, T-T-膜孔は仮道管の両端部に多く, 両端から各々約1/6のところ, その膜孔総数の1/4ずつがある。一方, T-R-膜孔は仮道管の中央部に集中し, 仮道管中央部約1/3のところ, その半数を占めている。
4. 本報告では, 個々の仮道管に注目して検討を進めてきたが, 仮道管どうし, あるいは仮道管と放射組織が複雑に組みあわされて構成されている針葉樹材組織の実際に即して観察, 検討してゆくことが今後の課題である。

文 献

- 1) BANNAN, M. W. and B. E. WHALLEY: 1950. The Elongation of Fusiform Cambial Cells in *Chamaecyparis*. Can. J. Res. Vol. 28, Sec. C. 341-355.
- 2) 石田茂雄・滝沢忠昭: 1970. カラマツ仮道管における膜孔の分布 (I). 日本木材学会北海道支部講演集, 第2号, 18-20.
- 3) 木島正夫: 1959. 植物形態学の実験法. 広川書店.
- 4) 坂村 徹: 1959. 植物生理学 (下). 裳華房.
- 5) SCHOLANDER, P. F. and others: 1958. Water Relations and Sap Movement. In The Physiology of Forest Trees. 3-153, K. V. THIMANN, W. B. CRITCHFIELD and M. H. ZIMMERMANN, ed., The Ronald Press Co., N. Y.
- 6) SIAU, F. J.: 1971. Flow in Wood. In Syracuse Wood Science Series, 1., W. A. CÔTÉ, JR., ed.,

Syracuse University Press, N. Y.

- 7) STILES, W. and E. C. COCKING: 1969. An Introduction to Principles of Plant Physiology. Third Edition., Methen Co., London.
- 8) SUTCLIFFE, J.: 1968, Plants and Water. In The Institute of Biology's Studies in Biology. No. 14, E. ARNOLD, ed., Edward Arnold Co., London.
- 9) 滝沢忠昭・石田茂雄: 1971. カラマツ仮道管における膜孔の分布 (II). 日本木材学会北海道支部講演集, 第3号, 35-38.
- 10) 滝沢忠昭: 1971. 針葉樹仮道管における膜孔の分布に関する研究. 昭和46年度修士論文, 北海道大学大学院農学研究科.
- 11) THOMAS, R. J. and J. L. SCHELD: 1967. The Distribution and Size of the Inter-Tracheid Pits in an Eastern Hemlock. For. Sci. Vol. 13, 85-89.
- 12) 山林 暹: 1964. 木材組織学. 森北出版社.
- 13) 横田徳郎: 1965. 木材中における水の拡散. 木材工業, Vol. 20, 167-171.

Summary

Many reports have been made of structure of the pit of softwood tracheids, but few have been tried to recognize the nature of it quantitatively.

In this paper, the number and distribution of pits, mainly in the springwood tracheids of a softwood are described.

The material used for the study was taken from a trunk of Todo-matsu, *Abies sachalinensis* FR. SCHM., obtained from the Tomakomai College Experiment Forest, Hokkaido University. The sample tree was 8.85 meters in height, 18 centi-meters in diameter at the breast height above the ground, and 36 years old.

Disks were cut out at 1 meter intervals from the breast height to the top of the trunk, and a radial strip was cut from the southern side of each of the disks.

In the strip taken from the breast height, a tangential section of 250 μ in thickness was cut successively from spring- to summerwood every 5 annual rings from the pith. On the other hand, in the strips from the other height above the ground, a tangential section of 500 μ in thickness was cut only in the typical springwood every 5 annual rings from pith, and also from bark. Figure 1 shows the locations where the test specimens were taken within the trunk.

The sections were macerated with 10% Jeffrey's solution, washed with water and soaked into 50% glycerol-aqua solution. The tracheid macerated was mounted on slides for microscopy.

Tracheid length, number of pits per tracheid and location of pits on an individual tracheid were measured on 50 tracheids picked up at random per each section subjected to maceration.

Average values for tracheid length and the number of pits per tracheid were computed for 50 tracheids tested. Also relative tendency of distribution of the pits on one tracheid was tabulated.

In this paper, the bordered pit between axial tracheids is called T-T-pit, and that between the axial tracheid and ray parenchyma is called T-R-pit.

The results obtained are as follows:

1. It is clear that the average values for the number of T-T- and T-R-pits per

tracheid are remarkably high in the typical springwood, but decrease rapidly toward the summerwood, as shown in Figure 2 which is illustrated with the data obtained from the annual rings tested at the breast height.

2. There was a clear tendency of variation of the average values for the number of T-T- and T-R-pits, as well as tracheid length across the annual rings at any ground level, as shown in Figures 3, 4 and 5. At the breast height, e.g., these values increased rapidly from pith to about the 8th to 10th ring and slowly to bark after that. The average values for the number of T-T- and T-R-pits per tracheid in the typical springwood of those annual rings which are sequent obliquely or vertically within the trunk are shown in Figures 6 and 7.

3. A nearly constant rate of the number of pits per unit length of tracheid was thus obtained in a range of the ring number 8 to 27 from the pith, while before the ring No. 8 there was a little different trend of the rate, as shown in Figures 4 and 5.

4. On an average tracheid, T-T-pit was showed to exist more at the both ends than the middle part of it, while T-R-pit to exist more at the middle part than the ends, as shown in Figures 8 and 9. About $1/2$ of total number of T-R-pits on one tracheid existed within the middle $1/3$ of length of the tracheid. On the other hand, about $1/2$ of the total number of T-T-pits existed within the middle $2/3$ of the length, i.e., the other $1/2$ located on the both ends, being divided equally.

Appendix Average values, standard deviations, correlation coefficients and partial correlation coefficients for the number of pits per tracheid, and for tracheid length in typical springwood in an annual ring.

Height above the ground (m)	Ring number		Distance		\bar{x}	σ_x	\bar{y}	σ_y	\bar{z}	σ_z	r_{xy}	$r_{xy \cdot z}$	r_{xz}	$r_{xz \cdot y}$	r_{yz}	$r_{yz \cdot x}$
	from bark	from pith	from bark (cm)	from pith (cm)												
1.5	1	27	5.5	85.0	2.6	0.29	128.5	26.08	132.8	41.02	0.278	0.287	0.060	-0.140	0.262	0.256
	6	22	25.5	65.0	2.7	0.30	140.0	30.11	125.0	36.71	0.330	0.254	0.321	0.321	0.296	0.189
	11	17	44.5	46.0	2.5	0.30	132.9	27.05	119.9	35.91	0.233	0.032	0.582	0.549	0.358	0.281
	16	12	64.5	26.0	2.3	0.21	115.2	20.01	92.4	30.08	0.351	0.263	0.377	0.306	0.318	0.214
	21	7	81.0	9.5	1.8	0.18	94.1	16.01	67.0	21.56	0.439	0.334	0.565	0.501	0.313	0.091
	26	2	89.5	1.0	1.0	0.13	30.0	8.09	35.0	9.82	0.354	0.314	0.388	0.283	0.323	0.294
2.5	1	20	5.5	71.0	2.7	0.33	138.2	29.21	118.6	38.84	0.390	0.271	0.696	0.661	0.293	0.033
	4	17	17.5	59.0	2.6	0.29	121.2	26.48	116.5	38.44	0.066	0.035	0.562	0.560	0.168	0.159
	6	15	26.0	50.5	2.6	0.29	128.1	27.22	109.8	31.98	0.441	0.445	0.361	0.379	0.048	-0.133
	9	12	36.0	40.5	2.5	0.32	119.0	26.21	99.6	31.04	0.207	0.127	0.241	0.178	0.386	0.354
	11	10	45.0	31.5	2.6	0.25	111.9	20.39	90.7	31.94	-0.161	0.216	0.365	0.390	0.108	0.181
	14	7	58.0	18.5	2.1	0.25	90.0	18.88	79.5	23.41	0.405	0.386	0.280	0.248	0.136	0.026
	16	5	66.0	10.5	1.4	0.14	65.1	21.92	54.6	18.10	0.131	0.027	0.344	0.322	0.312	0.287
	19	2	73.5	3.0	1.0	0.08	31.9	9.04	31.4	10.01	0.015	0.025	0.168	0.169	0.060	0.063
3.5	1	16	5.5	54.5	2.8	0.32	142.0	28.39	118.1	38.58	0.394	0.319	0.342	0.246	0.324	0.219
	5	12	21.5	38.5	2.5	0.23	131.4	24.53	121.9	37.02	0.232	0.198	0.169	0.115	0.261	0.231
	6	11	25.5	34.5	2.5	0.27	116.2	19.60	99.0	32.65	0.354	0.180	0.488	0.396	0.436	0.323
	10	7	37.5	22.5	2.1	0.30	111.1	22.68	96.8	28.91	0.322	0.143	0.449	0.357	0.465	0.379
	11	6	42.0	18.0	1.8	0.29	83.8	22.17	72.3	33.63	0.670	0.529	0.618	0.439	0.502	0.151
	15	2	57.0	3.0	1.1	0.14	35.7	9.87	44.7	18.05	-0.158	0.154	0.146	0.142	-0.036	0.013

4.5	1	13	4.5	48.0	2.7	0.30	112.7	19.86	109.1	36.97	0.427	0.439	0.079	-0.137	0.444	0.455
	2	12	9.5	43.0	2.5	0.33	117.8	36.54	111.3	40.68	0.565	0.336	0.576	0.359	0.599	0.400
	6	8	27.0	25.5	2.5	0.31	102.7	21.78	87.8	34.19	0.256	0.109	0.567	0.532	0.300	0.195
	7	7	30.5	22.0	2.3	0.23	100.0	17.71	91.7	33.30	0.053	0.049	0.133	0.138	0.030	0.023
	11	3	44.5	8.0	1.4	0.14	49.7	12.55	48.2	18.41	0.188	0.128	0.365	0.341	0.194	0.137
	12	2	48.5	4.0	1.1	0.13	37.9	11.27	37.7	15.14	0.113	0.105	0.355	0.353	0.042	0.002
5.5	1	11	6.0	35.5	2.4	0.32	107.4	24.25	93.0	34.85	0.427	0.368	0.659	0.634	0.240	-0.610
	5	7	24.5	17.0	1.9	0.32	86.2	19.36	72.6	25.93	0.505	0.469	0.451	0.408	0.212	-0.020
	6	6	27.5	14.0	1.9	0.25	74.8	15.69	66.4	24.57	0.418	0.364	0.465	0.420	0.223	0.036
	10	2	38.5	3.0	1.1	0.15	30.6	8.85	39.5	13.19	0.058	0.061	0.316	0.317	0.001	-0.018
6.5	1	7	5.5	25.5	1.9	0.22	89.3	19.05	66.4	24.50	0.450	0.453	0.429	0.432	0.100	-0.115
	6	2	28.0	3.0	1.1	0.11	30.4	11.90	35.0	16.89	0.101	0.142	0.041	0.421	-0.068	-0.121
7.5	1	4	5.0	13.5	1.7	0.24	64.2	17.89	50.6	20.03	0.512	0.628	0.661	0.682	0.163	-0.272
	3	2	15.0	3.5	1.0	0.12	33.2	9.07	38.6	17.16	0.057	0.050	0.069	0.069	0.010	0.060
8.5	1	2	2.5	3.5	1.0	0.07	46.1	12.20	48.3	16.05	-0.350	0.369	0.232	0.234	-0.037	0.049

x : Tracheid length (mm).

y : Number of T-T-pits per tracheid.

z : Number of T-R-pits per tracheid.

\bar{x} : An average value for tracheid length (mm).

\bar{y} : An average value for the number of T-T-pits per tracheid.

\bar{z} : An average value for the number of T-R-pits per tracheid.

σ_x : A standard deviation for tracheid length.

σ_y : A standard deviation for the number of T-T-pits per tracheid.

σ_z : A standard deviation for the number of T-R-pits per tracheid.

r_{xy}, r_{xz}, r_{yz} : A correlation coefficient among x, y, z .

$r_{xy \cdot z}, r_{xz \cdot y}, r_{yz \cdot x}$: A partial correlation coefficient among x, y, z .

$r_{\bar{x}\bar{y}}, r_{\bar{x}\bar{z}}, r_{\bar{y}\bar{z}}$: A correlation coefficient among $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$.

$r_{\bar{x}\bar{y} \cdot \bar{z}}, r_{\bar{x}\bar{z} \cdot \bar{y}}, r_{\bar{y}\bar{z} \cdot \bar{x}}$: A partial correlation coefficient among $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$.

$$\begin{array}{l} r_{\bar{x}\bar{y}} \\ =0.973 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_{\bar{x}\bar{y} \cdot \bar{z}} \\ =0.672 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_{\bar{x}\bar{z}} \\ =0.952 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_{\bar{y}\bar{z} \cdot \bar{y}} \\ =0.060 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_{\bar{y}\bar{z}} \\ =0.967 \end{array} \quad \begin{array}{l} r_{\bar{y}\bar{z} \cdot \bar{x}} \\ =0.183 \end{array}$$