

氏名	大越誠 おおこし まこと
学位の種類	農学博士
学位記番号	農博第375号
学位授与の日付	昭和57年11月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科林産工学専攻
学位論文題目	針葉樹材中の流体流動における有縁壁孔膜小孔の機能

論文調査委員 (主査) 教授 中戸莞二 教授 原田 浩 教授 西本孝一

論文内容の要旨

針葉樹材中の流体流動における主要な通路は、仮道管の細胞内こうと有縁壁孔対からなる直列の空隙系である。有縁壁孔対の空隙、特に壁孔膜小孔は細胞内こうに比べて狭く、流動のあい路である。本論文は、このような有縁壁孔膜小孔に着目し、それが流動に対して果たす役割を明らかにし、木材中における流体流動の機構の解明をはかったものである。

第1章では、流体の流動理論および壁孔膜小孔の定量に関する既往の研究結果を考察し、次の点を指摘している。すなわち、壁孔膜小孔の定量化を試みた既往の流動実験は、(1)定常流動状態が得られていない、(2)仮道管内こうの抵抗を無視し、壁孔膜小孔を円筒形と仮定している、(3)広い分布を持つ小孔の大きさを平均半径などの等価値で評価している、などいくつかの問題を含み、流動理論の適用が必ずしも妥当でない。

第2章では、壁孔膜小孔の定常流動に対する阻害機能と、乱流発生機能について述べている。針葉樹材の流動通路に対応する孔径を持つ2種のグラスフィルターを組合わせた模型、厚さの異なるヒノキ木口試験体における水の流動実験から、次の結果を得ている。(1)針葉樹材でしばしば認められた時間の経過に伴う流動体積の低下は、液体中に混入している固体微粒子、および壁孔膜小孔を通過した直後の急激な圧力低下によって発生する気泡が壁孔膜小孔を閉鎖することが主要な原因である。(2)孔径 $0.01 \mu\text{m}$ のメンブランフィルターで流動水をあらかじめろ過し、水の溶解空気量が小さい水頭法で、低い両端圧力差 ΔP を通路にかけた場合、流動体積は経過時間および流動方向の反転にかかわらず一定であり、 ΔP に比例する。すなわち、木材の流動通路の定量および透水性の測定に適した定常流動となる。

また、ヒノキ全乾試験体の乾燥空気の種類条件下における流動を、Adzumi 式などから誘導した理論式、Reynolds 数 Re に比例すると考えられる通路にかかる平均圧力 \bar{p} の逆数と実際の流動体積の積などとの関連において検討し、次の結果を得ている。(1)ヒノキ辺材および心材の樹軸方向における乾燥空気の流動は、壁孔膜小孔において分子流を生じ、全流量に占める分子流の比率は \bar{p} が低いほど大きい。(2)辺材樹軸方向の場合、 ΔP が3および5 cmHg で $\bar{p} > 1$ 気圧の条件下で、乱流の発生による流量の低下がみられる。

(3) Re の層流と乱流の臨界値が現われる流量は、細胞内この場合に比べて壁孔膜小孔が著しく小さく、壁孔膜小孔において乱流が容易に発生することを示す。

第3章では、壁孔膜小孔の画像解析法による定量的評価と、粒子懸たく水の定常流動実験による流動体積分布について述べ、流動に対する壁孔膜小孔の寄与を示している。

ヒノキ、スギ2樹種の早材および晩材部から得た飽水試料を凍結乾燥し、その半径面のダイレクト・カーボン・レプリカを TEM 観察し、倍率約 18,000 の壁孔膜の写真を画像解析に供した。解析対象となった小孔数は両樹種とも早材約 29,000、晩材約 18,000 であり、これらについて次の結果を得ている。(1) 壁孔膜小孔の形状は多様であるが、2 樹種および早・晩材間で差がなく、最頻形状は長方形またはひし形に近い多角形である。(2) 四つの直径モードで評価した壁孔膜小孔の大きさは $0.01 \sim 1.0 \mu\text{m}$ のオーダーにわたり、対数正規分布に近い広い分布を示す。

粒径が均一な 5 段階の球状ラテックス微粒子懸たく水の定常流動実験によって、次の結果を得ている。(1) ヒノキおよびスギの壁孔膜小孔における流動体積分布はそれぞれ孔径 $D0.14 \sim 0.17$ および $0.10 \sim 0.13 \mu\text{m}$ にピークを持つ曲線で示され、流動実験に用いた最小粒径 ($0.087 \mu\text{m}$) 以上の径をもつ 1 壁孔あたり 300 個前後の小孔における流動が、全流動体積の約 80~90% に相当する。(2) 画像解析から得た水力平均深さの 4 倍値 (4 hmd) と懸たく液流動実験で得た D との対比において、全小孔数のほぼ 17% に相当する僅かな小孔が樹軸方向の流動に対して支配的に寄与することを認めた。

論文審査の結果の要旨

木材中の物質移動は木材の乾燥、材質改良および保存処理などの基礎として重要である。他方、木材は多孔体であり、拡散に先立ち流動や浸透による物質移動が問題となるため、これらに関する研究が多くみられるが、木材の空隙構造の複雑さに阻まれていまだ解明されていないところが多い。組織構造が比較的単純な針葉樹材についても、主要な流動通路である仮道管内こうと有縁壁孔対の直列空隙系において、流動のあい路と考えられる壁孔膜小孔の定量的情報を欠き、流動に対するその役割が明らかにされていない現状である。

本論文は、このような有縁壁孔膜小孔が針葉樹材中の流体流動に対して果たす役割を、流動体積の経時的低下、乱流の発生などの非正常性との関連、および流動に対する寄与について明らかにしたものである。

最初に、木材の液体流動実験において従来しばしば観察された非正常流動の主要な原因が、流動液体に含まれる固体微粒子、および小孔通過直後の圧力低下で発生する気泡による壁孔膜小孔の閉鎖であることを明らかにし、流動通路の定量的評価と透水性の比較に耐えうる実験条件を確立したことは、この分野で有効な研究手段の基盤を得たものとして高く評価できる。さらにこの成果を、数種の一定粒径の微粒子によって粒径に相当する大きさ以下の壁孔膜小孔を閉鎖する粒子懸たく液の流動実験に発展させたことは、この実験によって始めて得た壁孔膜小孔の流動体積分布の成果と併せて大変興味深いものがある。

また、乾燥空気の流動における分子流の発生、および流体流動における乱流の発生と壁孔膜小孔との関連を明らかにした結果は貴重である。さらに、画像解析法による壁孔膜小孔の形状および大きさの定量的評価はこの論文においてはじめて得られた成果であり、この成果と上述の流動体積分布との対比によって

得た樹軸方向の流動に対する壁孔膜小孔の支配的寄与の結果とともに高く評価できる。

以上の成果は、従来明確でなかった木材中の流動機構に関して多くの新知見と考え方を示したものであり、木材工学および木材保存学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は農学博士の学位論文として価値あるものと認める。