

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：80122

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H06020・19K21159

研究課題名（和文）なぜ油性の薬剤は難浸透性のカラマツ材に浸透することができるのか？

研究課題名（英文）Why does oil-based preservative enable penetration into poorly permeable Larch wood?

研究代表者

渋井 宏美 (SHIBUI, Hiromi)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・森林研究本部 林産試験場・研究職員

研究者番号：50825932

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：難浸透性のカラマツ材において高浸透性油性薬剤が深く浸透することができる要因を明らかにするために、カラマツ材組織内における油性薬剤の浸透経路や、壁孔の開閉が浸透性に与える影響について検討した。油性薬剤は仮道管や放射組織等あらゆる組織内に浸透した。特に、油性薬剤と親和性の高い樹脂が充填された樹脂道を優先的かつ急速に浸透したことが油性薬剤の高い浸透性に寄与すると考えられた。油性薬剤の浸透性は、心材では壁孔閉塞率が低い場合に高くなる傾向が見られたが、辺材では壁厚閉塞率にかかわらず高い浸透を示したため、壁孔の状態以外にも油性薬剤の浸透性に寄与する要因が存在することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高浸透性の油性薬剤が、難浸透性のカラマツ材でも高い浸透が得られる要因として、樹脂道ネットワークを通じて素早く移動することが明らかとなった。さらに、液体の浸透性に深く関わると言われてきた壁孔の開閉以外にも油性薬剤の浸透性に関わる要因が存在することが示唆された。本研究は、これまでほとんど調べられてこなかった油性薬剤の浸透性について木材解剖学的観点から新たに明らかにした点で学術的価値の高いものである。保存処理が困難であったカラマツ材の用途拡大に向けた応用的価値の高いものである。

研究成果の概要（英文）：To clarify why the highly permeable oil-based preservative can penetrate deeply into the hard-to-permeate larch wood, the permeation route of the oil-based preservative in the tissue of the larch wood and the effects of the state (opening and closing) of bordered pit on the penetration were investigated. The oil-based preservative penetrated various tissues including the tracheid and the ray tissue. The resin canal filled with the resin having a high affinity for the oil-based preservative was thought to contribute to its high penetration. The permeability of the oil-based preservative tended to increase when the pores were open in heartwood, but it was suggested that there are other factors that contribute to the permeability of the oil-based preservative in addition to the state of bordered pits.

研究分野：木材保存

キーワード：カラマツ 油性薬剤 浸透性 樹脂道 壁孔

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

北海道ではカラマツの人工林が伐期を迎え、今後供給量が増加する見込みである。カラマツ材は強度に優れ、構造材料として高い性能を有していることから、大型の公共建築物にも用いられるが、防腐、防蟻、防火などの保存処理が極めて難しいという特徴をもつ。構造材料の保存処理方法としては、水を溶媒とする水溶性薬剤の加圧注入処理が一般的である。この手法は、スギでは比較的良好な浸透が認められるが、カラマツでは JAS などの規格を満たす浸透を得るのが極めて困難であるために用途が限定されてしまっていた。

近年、有機溶媒を溶剤とする油溶性薬剤を用いることで、スギだけでなくカラマツでも、水溶性薬剤では実現できないほどの浸透が得られる方法が実用化されている。興味深いことに、ある高浸透性の油溶性薬剤では加圧を行わない吹付処理でも十分な浸透が得られる。

カラマツ等針葉樹の木材組織内を液体が浸透するには、組織の大半を構成する仮道管を通過する必要がある。これまでの木材解剖学的研究では、仮道管間をつなぐ有縁壁孔の閉塞や、壁孔膜上の沈着物存在が水溶性の液体が十分に浸透しない現象の要因となることが示唆されている¹⁾。一方で、液性が水溶性薬剤と異なる油溶性薬剤は、水溶性薬剤とは異なる浸透経路や浸透挙動を示す可能性があるものの、油溶性薬剤の浸透性と木材組織の解剖学的特徴との関係性や、高い浸透性に寄与する要因についてはほとんど調べられていない。カラマツには軸方向樹脂道と放射樹脂道から成る樹脂道ネットワークが発達する。これらの構造は、気体等の物質の浸透を妨げるものであった²⁾が、油溶性薬剤の浸透に関しては、樹脂道ネットワークがその高い浸透性に影響している可能性がある。

保存処理だけでなく、塗装、接着等の液体を介する種々の処理技術の向上や、油溶性薬剤の更なる応用によるカラマツ材の用途拡大を目指すためには、油溶性薬剤の浸透メカニズムに関する知見が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、高浸透性油溶性薬剤の浸透メカニズムを解明するための検討として、カラマツ心材および辺材組織における油溶性薬剤の浸透経路および、各組織の早材・晩材における浸透性と壁孔閉塞率を調べることで、組織レベルにおける油溶性薬剤の浸透性と解剖学的特徴との関係性を明らかにし、さらに油溶性薬剤の含有成分の組織内分布の調査により、詳細な油溶性薬剤の浸透経路を明らかにすることで、カラマツ材における油溶性薬剤の高い浸透性に寄与する要因を特定することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 油溶性薬剤の浸透性と浸透経路

人工乾燥させた北海道産カラマツの心材および辺材で、乾燥前に蒸煮処理したものと蒸煮処理していないものをそれぞれ用意した。1 cm × 1 cm × 2 ~ 3 cm [接線方向(T) × 半径方向(R) × 繊維方向(L)] の試験体を切り出した後、液体が回り込むのを防ぐためにエポキシ樹脂で浸透面の周囲をシーリングし、浸透性試験を行った。浸透させる溶液には、着色した高浸透性の油溶性薬剤(グリコール系溶剤と炭化水素系溶剤を主成分とし、有効成分としてシプロコナゾールとピフエントリンを含む)と、着色した水を用いた。片方の木口面を溶液に浸けた後、一定時間養生・乾燥させ、柎目・板目方向の断面を実体顕微鏡や光学顕微鏡を用いて観察し、さらに早材・晩材における着色部の面積率を測定した。比較のために人工乾燥させた北海道産スギの心材および辺材についても同様に試験した。また、カラマツのヤニツボから得た樹脂を油溶性薬剤に混ぜることで樹脂と油溶性薬剤の親和性を調べた。

(2) 液体の浸透性と仮道管間壁孔閉塞率

人工乾燥や蒸煮処理を経た材の仮道管間壁孔閉塞率を求めるために、(1)と同様のカラマツ・スギの供試材を樹脂包埋して切片を切り出し、光学顕微鏡を用いて壁孔の状態を観察し、早材・晩材における壁孔閉塞率を算出した。得られた壁孔閉塞率と(1)で求めた着色部面積率を比較し、壁孔閉塞率と液体の浸透性の関係性について検討した。

(3) 油溶性薬剤中の有効成分の組織内分布

カラマツ心材の蒸煮材を対象として、各種有効成分濃度の油溶性薬剤を浸透させた木片について、エネルギー分散型 X 線分析装置付き走査型電子顕微鏡(SEM-EDX)を用いて観察・分析を行い、有効成分の組織内マッピングを試みた。

4. 研究成果

(1) カラマツ・スギにおける油溶性薬剤の浸透性と浸透経路

油溶性薬剤は、水溶液よりも非常に高い浸透性を示し、両溶液ともにカラマツよりもスギで高い浸透性を示した。油溶性薬剤の浸透性は、カラマツの蒸煮・未蒸煮材、スギ材いずれも心材よりも辺材で高く、早材よりも晩材で高いことが明らかとなった。カラマツの心材では、蒸煮材、未蒸煮材の間で大きな浸透性の変化はないが、辺材では、早材・晩材ともに蒸煮処理によって着色油溶性薬剤の浸透性が向上することが明らかとなった。

カラマツ、スギともに各溶液が浸透した部位では、細胞内腔に色素が付着している様子が観察されたことから、溶液は少なくとも細胞内腔を通ることが示唆された。カラマツにおいて、水溶液は蒸煮材の早晩材の移行部および晩材部の仮道管においてわずかに浸透した痕跡が観察され

たが、早材部や未蒸煮材ではほとんど浸透していなかったため、常圧下で水溶性の液体をカラマツ材に浸透させることは非常に困難であることが示された。油溶性薬剤は、辺心材や蒸煮処理の有無にかかわらず、仮道管、放射組織、放射仮道管の内腔、および軸方向樹脂道、水平樹脂道の内側に浸透した痕跡が多く観察されたことから、あらゆる組織内を経路として、常圧下でも容易に浸透していくことが明らかとなった。

(2) カラマツ樹脂道と油溶性薬剤

カラマツ材において、油溶性薬剤に浸けた木口面からその反対側の面まで樹脂道が繋がっている部位では、油溶性薬剤に浸けた後わずか10秒程度で反対側まで薬剤溶液が到達する様子が多くみられた。さらに、カラマツ樹脂は室温下で油溶性薬剤に溶解したことから、樹脂と油溶性薬剤の親和性が高いために、樹脂道を浸透経路としてすばやく油溶性薬剤が移動したと考えられる。これまで気体や液体の透過性に負の影響をもたらすと考えられてきた樹脂道の樹脂分が、本研究ではカラマツ材における油溶性薬剤の高い浸透性の要因の1つとして、樹脂道ネットワークという構造的な特徴が関係することが示唆された。

(3) カラマツ・スギ材における液体の浸透性と仮道管間壁孔閉塞率

カラマツにおける仮道管間壁孔の閉塞率は、蒸煮の有無や辺心の差にかかわらず、早材で非常に高く、晩材では早材よりも大幅に低い傾向にあった。また、蒸煮処理による壁孔閉塞率への影響はないか、わずかに低下する程度であった。スギにおける壁孔閉塞率は個体差があるものの、早材は晩材よりもやや高く、辺材が心材よりも高い傾向にあった。従って、油溶性薬剤の浸透性が早材よりも晩材で高いのは、晩材の壁孔閉塞率が低いことが要因の1つと考えられる。しかしながら、辺材と心材における浸透性の差との関係性は見出されなかったため、油溶性薬剤の浸透性には壁孔の開閉以外の要素も影響している可能性が高いことが示された。

(4) カラマツ材における油溶性薬剤中の有効成分の分布

木口面から油溶性薬剤を浸透させたカラマツ心材木片における、薬剤の有効成分(シプロコナゾール、ピフェントリン)分子中の塩素およびフッ素の組織内マッピングをSEM-EDXを用いて試みた。有効成分の濃度を実用されている低濃度から、高濃度のものまで用意して分析を試みたが、濃度不足のために有効成分のマッピングはできなかった。一方で、標識剤として入っている亜鉛化合物は検出することができ、その分布から、浸透部に広く油溶性薬剤中の成分が広がることが示唆された。

参考文献：1) 酒井温子：薬剤処理法による浸透の相違，木材保存，20: 129-135 (1994)

2) 松村ら：カラマツ心材部の気体透過性への水中貯蔵とメタノール抽出の影響，木材学会誌，42: 115-121 (1996)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 渋井 宏美, 宮内 輝久, 茂山 知己, 池田 学, 須貝 与志明
2. 発表標題 カラマツ材における油性保存処理薬剤の浸透経路
3. 学会等名 第69回日本木材学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromi Shibui, Teruhisa Miyauchi, Tomomi Shigeyama, Manabu Ikeda, Yoshiaki Sugai
2. 発表標題 Penetration pathway of oil-based preservative in heartwood of Japanese larch (<i>Larix kaempferi</i>)
3. 学会等名 International Research Group on Wood Protection 50th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinichi Isaji, Hiromi Shibui, Yasushi Hirabayashi
2. 発表標題 Effect of pretreatment of wood surfaces with a copper monoethanolamine solution on the natural weathering performance of semitransparent stains
3. 学会等名 International Research Group on Wood Protection 50th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渋井 宏美, 宮内 輝久, 茂山 知己, 池田 学, 須貝 与志明
2. 発表標題 カラマツ材における油性保存処理薬剤の浸透性と組織学的特徴
3. 学会等名 日本木材保存協会第35回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊佐治信一, 渋井宏美, 平林靖
2. 発表標題 銅アミン水溶液による表面処理が木材保護塗料の耐候性に与える影響
3. 学会等名 日本木材保存協会第35回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渋井 宏美, 宮内 輝久
2. 発表標題 カラマツ材における油溶性保存処理剤の浸透と壁孔閉塞率
3. 学会等名 第70回日本木材学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考