

木材の改質処理技術の開発

西沢美代子^{*1}、福田聡史^{*1}、太田幸伸^{*2}、稲村元則^{*1}

Development of Wood Reforming Processing Technology

Miyoko NISHIZAWA^{*1}, Satoshi FUKUTA^{*1}, Yukinobu OTA^{*2}
and Motonori INAMURA^{*1}

Industrial Technology Division, AITEC^{*1*2}

木材への機能付与のため、樹種や部位を限定することなく均質な薬剤処理が可能となる技術の開発を目指し、難注入性の木材であるスギの薬剤浸透性を向上させるための改質処理条件について検討した。スギ供試木材に十分な量の改質処理剤を含浸するための減圧および加圧条件を調べ、1.2MPa、24h 加圧保持することにより、3h 加圧保持の場合と比べて注入量が約2倍増加し、長時間の加圧保持が必要であると分かった。また、最適な減圧加圧条件で改質処理した供試木材は、未改質処理材と比べて浸潤長が長く、浸透性の向上が確認された。

1. はじめに

CO₂ 排出量増加対策および石油資源枯渇対策のため、持続的利用可能な木材の普及が期待されており、難燃性、耐朽性等の機能を付与する薬剤処理が近年改めて注目されている。しかし、心材や伐採され乾燥した木材は、水分通導を担う壁孔が閉塞している¹⁾ため、木材内部へ均一に薬剤等の水溶液を浸透させることは容易ではない。そのため、二次加工が限定的な薄板材の薬剤処理が主として行われているが、薬剤浸透が可能な樹種や材料の厚さ、部位等が限定されるといった問題があり、製品化を困難にしている。そこで本研究では、難注入性の厚板材においても心材、辺材の部位を限定することなく中心部まで薬剤浸透可能な改質処理条件について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試木材

供試木材は、針葉樹植林木のスギ材 100mm (幅) × 100mm (厚さ) × 950mm (長さ) の気乾材とし、心材および辺材の部位の違いは区別せず、共に含む材料を用いた。長尺材料と想定するため、供試木材の木口の一端をエポキシ樹脂にてシールし、シールした木口面をシール側、未シールの木口面を木口側とした。また、供試木材は、木材水分計 HM-520 ((株)ケツト科学研究所製) により水分管理し、含水率 10~15%の範囲とした。

2.2 木材改質処理工程

木材の改質処理工程を図1に示す。改質処理は目的とする薬剤処理の前処理として行い、改質処理剤の含浸工

程と乾燥工程からなる。改質処理剤は、断りがない限り、カチオン化剤 SY-GTA80 (阪本薬品工業(株)製) 2wt%と炭酸ナトリウム水溶液 0.2wt%の混合溶液とした。改質処理後の薬剤処理は、視覚的に浸透性の確認を行うため、あらかじめ酸性染料と酢酸コバルトを混合し、キレート化させた酸性コバルト媒染染料黒 2wt% (以下、コバルト染料という) を用いた。改質処理剤およびコバルト染料の含浸は、真空加圧含浸装置 ((株)ヤスジマ製) にて行い、含浸前後の供試木材の質量差から、供試木材 1m³ 当たりの薬剤注入量を算出した。

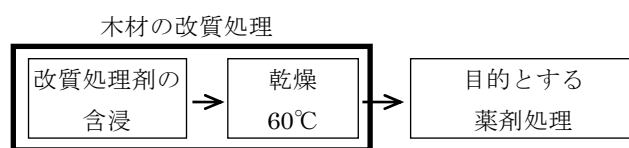


図1 木材改質処理工程

改質処理効果は、改質処理剤を浸透させ、乾燥を兼ねて温度をかけることにより、閉塞している壁孔周囲の沈着物が可溶化し、水分通導が容易になると考えられる。そのため浸透性向上を図るには、第一に改質処理剤が中心部まで拡散浸透し、壁孔に作用することが必要不可欠である。そこで、事前に以下の2点について検討した。

2.2.1 改質処理剤の減圧加圧含浸条件の検討

木材の薬剤処理は、一般的に減圧加圧含浸法で行われ、木材内の空気を排気するための減圧後、加圧する²⁾ことで行う。減圧および加圧の圧力と保持時間は、樹種、材の形状・寸法、目的含浸量などに応じて適宜選定³⁾する必要があるため、心材、辺材を含む難注入性のスギ中心

*1 工業技術部 応用技術室 (現工業技術部 環境材料室)

*2 工業技術部 応用技術室 (現産業労働部 新産業課)

部まで改質処理剤を拡散浸透させるために有効な減圧加圧含浸条件について、それぞれ表1および表2に示すとおり含浸を行い、改質処理剤の薬剤注入量を求めた。また、表2の加圧条件のプログラムを図2に示す。

表1 減圧条件の検討

試料	減圧条件		加圧条件	
	圧力 (mmHg)	保持時間 (h)	圧力 (MPa)	保持時間 (h)
減圧 1h	35	1	1.2	3
減圧 5h	35	5	1.2	3

表2 加圧条件の検討

試料	減圧条件		加圧条件	
	圧力 (mmHg)	保持時間 (h)	加圧方法、圧力	保持時間合計 (h)
①	35	1	1.2MPa まで一気に加圧し、3h 保持	3
②	35	1	0.4MPa 加圧、1h 保持する操作を3段階に分け、1.2MPa まで	3
③	35	1	0.4MPa ずつ加圧上昇させ、1h 保持後、大気圧に戻す操作を3段階に分け、1.2MPa まで	3
④	35	1	1.2MPa まで一気に加圧し、24h 保持	24

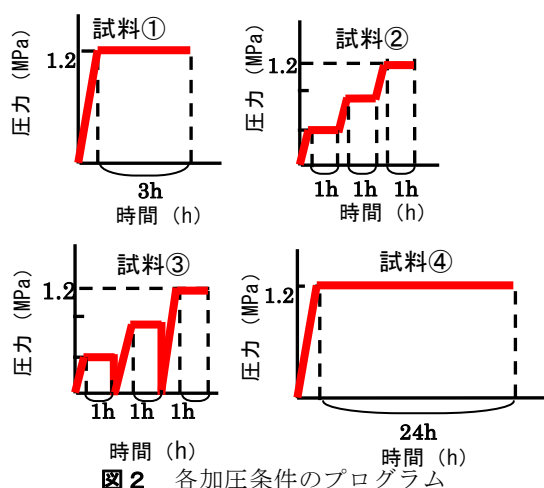


図2 各加圧条件のプログラム

2.2.2 改質処理剤濃度の検討

木材の心材部分は、心材化に伴って壁孔が閉塞し、さらに心材物質で被覆され、完全に閉塞状態となっている¹⁾。そのため、心材は辺材と比べて水分通導させることがより困難と考えられる。そのため、心材に改質処理剤を浸透させ強力に壁孔に作用させるため、高濃度の改

質処理剤による改質処理を行った。表3に検討に用いた改質処理剤濃度を示す。含浸条件は、減圧 35mmHg・1h 保持後、加圧 1.2MPa・24h 保持とした。

表3 改質処理剤濃度の検討

試料	配合割合
改質処理剤 1	(カチオン性イオン改質剤 2wt% + 炭酸ナトリウム水溶液 0.2wt%) 混合溶液
改質処理剤 2	(カチオン性イオン改質剤 4wt% + 炭酸ナトリウム水溶液 0.4wt%) 混合溶液
改質処理剤 3	(カチオン性イオン改質剤 10wt% + 炭酸ナトリウム水溶液 1wt%) 混合溶液

2.3 改質処理による薬剤浸透性の評価

改質処理後、コバルト染料を含ました供試木材を図3に示すように235mm間隔で繊維方向に垂直に4等分し、木口側からシール側に向かって断面A~断面Eとして、浸透性の評価に用いた。各断面の断面積を100%としたとき、染料が浸透した部分の面積割合をそれぞれ算出し、薬剤浸透性を評価した。染料が浸透した部分の面積は、それぞれの断面部分を撮影し、画像解析ソフトで2値化処理することにより算出した。

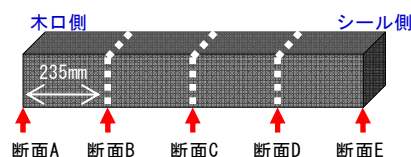
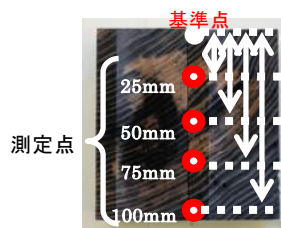


図3 供試木材の浸透性評価試験片

2.4 改質処理による薬剤の均質状態の評価

改質処理による薬剤の均質状態を確認するため、コバルト染料を含ました供試木材断面内の色差を求めた。図4に示すように断面の側面表層の幅1/2を基準点として、その基準点から反対側の側面に向かって25mmごとに測色測定を行った。測色測定は、簡易型分光色差計NF333(日本電色工業(株)製)を用いた。木材は均質な材料ではなく、また、木目があり木質感を損なうことがないように処理しているため、色差は木目を考慮し、印象としては同色とされる色差⁴⁾の2倍で、別の色と判断される色差⁴⁾の $\Delta E^*ab > 13$ を超えない、 $\Delta E^*ab < 12$ を目標値とした。



(供試木材断面)

図4 測色測定の測定位置

3. 実験結果および考察

3.1 難注入材の減圧加圧含浸条件

表 1 に示す減圧条件および表 2 に示す加圧条件にて含浸を行った際の改質処理剤の薬剤注入量を **図 5** および **図 6** に示す。図 5 より、両試料はほぼ同量の注入量であり、減圧保持時間による注入量に及ぼす影響はあまり差がなかった。そのため、減圧は 1h 保持が適当と考えられ、以降の含浸時の減圧条件を 35mmHg・1h 保持に統一した。

次に、図 6 より、加圧方法が異なる試料①～③の注入量はほぼ同量で、加圧方法の違いは注入量にほとんど影響しなかった。しかし、24h 加圧保持した試料④は、試料①～③と比較して約 2 倍の注入量であり、長時間の加圧保持は注入量に大きく影響することが分かった。そのため加圧条件は、加圧方法によらず 24h 以上の保持が適当と考えられ、難注入材であるスギに適する減圧加圧含浸条件を減圧 35mmHg・1h 保持後、一気に加圧し、1.2MPa・24h 保持することとした。

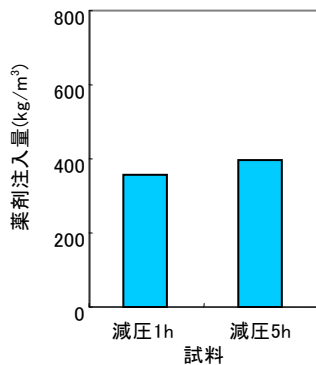


図 5 減圧保持時間の長短による薬剤注入量

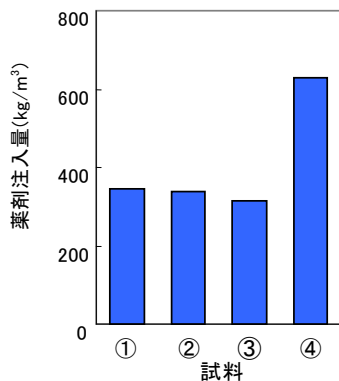


図 6 加圧条件の違いによる薬剤注入量

3.2 改質処理による薬剤浸透性の確認

未改質処理の供試木材（以下、未処理材とする）および試料④をコバルト染料にて処理したときの断面 A～E の染料浸透部分の面積割合を **図 7** に示す。両試料とも供試木材全体を処理するには至らなかったが、試料④は、供試木材の木口側から約 705mm 離れた位置にあたる断面 D まで断面の 50%以上の範囲に染料浸透があり、木

口側から最も遠い断面 E においても、未処理材と比較して染料の浸透範囲が大きい結果となった。また、染料含浸後の未処理材および試料④の表層と繊維方向に 1/2 に切断したときの断面（以下、1/2 切断面とする）を **図 8** に示す。これより、試料④は未処理材と比較して浸潤長が長く、一部でシール側までの染料の浸透が見られた。よって、木材中へ改質処理剤が多量に注入され、広範囲の壁孔に作用することにより、目的とする薬剤浸透性の向上が確認された。

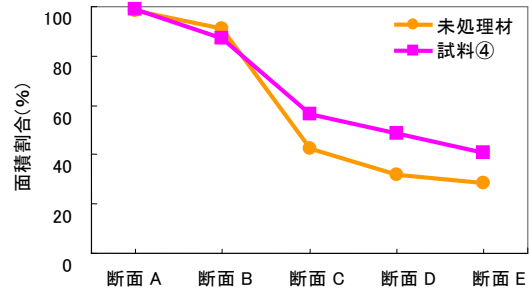


図 7 断面 A～E の染料が浸透した部分の面積割合

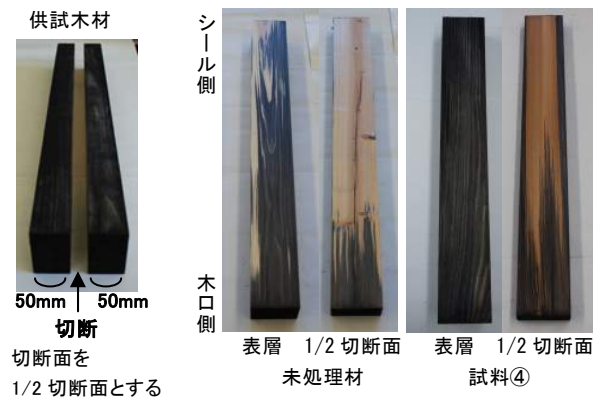


図 8 未処理材および試料④における染料の浸透状態

3.3 薬剤処理の均質状態の確認

改質処理により染料の浸透性が良好であった試料④について、均質に染料浸透ができた範囲とその均質状態を確認した。図 7 より、断面 B よりシール側では染料が未浸透の部分が存在するため、試料④の最も木口側の 1/4 供試木材（断面 A～B 間の供試木材）を用いて確認を行った。**図 9** に示すように木口側（断面 A）から 50mm 間隔で切断し、断面位置 50～200 として、各断面について 2.3 および 2.4 節と同様に染料浸透の面積割合および色差 ΔE^*ab を求めた。その面積割合および色差を **図 10**、**図 11** に示す。図 10 より、断面位置 100～150 つまり木口側から 100～150mm まで、面積割合にしてほぼ 100%の染料浸透が認められた。また、図 11 の色差においても、断面位置 150 までは各測定点において $\Delta E^*ab < 12$ であった。よって、木口側より 150mm まで心材、辺材の部位を問わず、均質に薬剤処理できたことが確認

された。断面位置 200 および断面 B の $\Delta E^*_{ab} > 12$ については、目視検査により心材と見られる。このように心材では木口側から浸透した薬剤が 150~200mm 程度で滞っている部分も一部あることから、心材部分の浸透性を向上させるためには、より強力な改質処理剤を用い、心材における改質処理剤の浸透を促進させることが必要と考えられる。

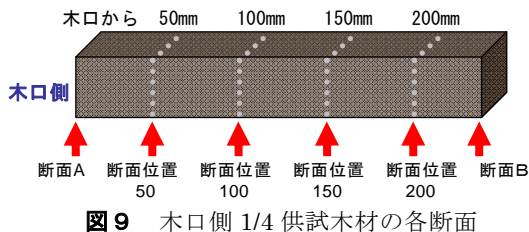


図 9 木口側 1/4 供試木材の各断面

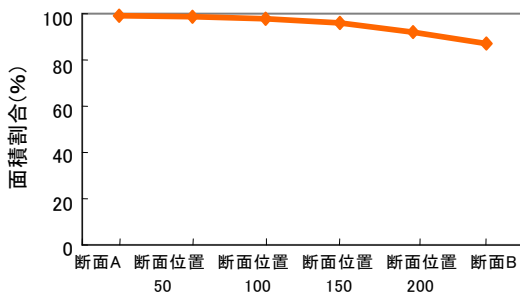


図 10 試料④の木口側 1/4 供試木材の染料浸透部分の面積割合

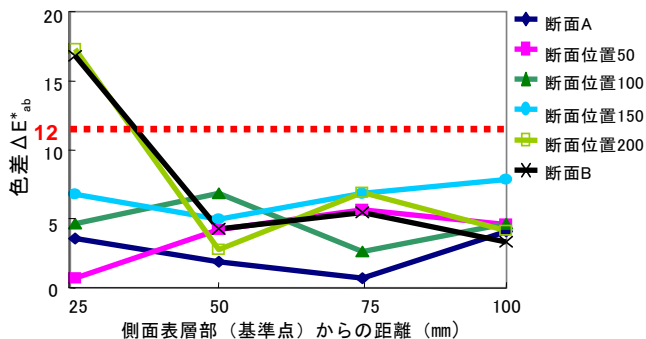


図 11 試料④側面表層部と断面内各測定点との色差

3.4 改質処理剤の濃度

表 3 に示す改質処理剤を用いて改質処理したときの注入量と、改質処理後、染料にて処理したときの注入量を図 12 に示す。改質処理剤濃度が高濃度になるのに伴い、改質処理剤自体の注入量が増加し、染料についても最も高濃度な改質処理剤 3 における注入量が最も多かった。改質処理剤に比べて染料の注入量が少ないことについては、溶液中の染料の分散状況や粘度等の問題と考えられ、今後改善の余地がある。改質処理剤 1~3 は、同一の染料を使用しており、染料処理は同じ傾向を示すことが考えられる。無色透明の改質処理剤は、含浸後には赤茶色に着色し、濃度が高くなるのに伴い色が濃くなる傾向があった。この着色の原因は、改質処理によって

スギ心材に含まれるフェノール類等の抽出成分が溶け出したものと考えられ、濃度を高くすることにより可溶化が促進されていると推測される。そのため、薬剤浸透が困難な心材においても浸透性向上が期待できると考えられる。

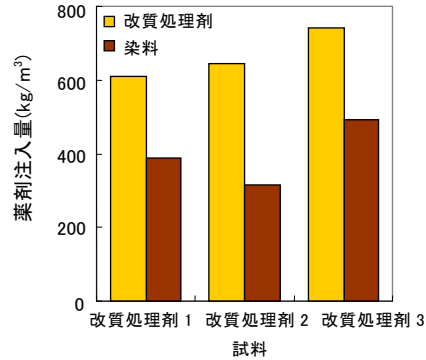


図 12 各改質処理剤濃度による薬剤注入量

4. 結び

難注入性の木材であるスギの薬剤浸透性を向上させるための改質処理条件について検討した。スギ供試木材に十分な量の改質処理剤を含浸するための減圧および加圧条件を調べ、加圧力 1.2MPa、24h 加圧保持することにより、3h 加圧保持の場合と比べて注入量が約 2 倍増加し、長時間の加圧保持が効果的で、最適な処理条件の設定が図られた。また、最適な減圧加圧条件で改質処理した供試木材は、未改質処理材と比べて浸潤長が長く、浸透性の向上が確認された。

付記

本研究は、平成 22 年度 JST 研究成果最適展開支援事業探索タイプで実施した成果の一部である。

文献

- 1) 木材活用事典編集委員会：木材活用事典，P31(1994)，株式会社産業調査会
- 2) 木材活用事典編集委員会：木材活用事典，P451(1994)，株式会社産業調査会
- 3) 今村博之、安江保民、岡本一、横田徳郎、後藤輝男、善本知孝：木材利用の化学，P308(1986)，共立出版株式会社
- 4) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック 第 2 版，P288(1998)，財団法人東京大学出版会