

研究論文

針葉樹植林木染色技術の開発

柴田美代子^{*1}、福田聡史^{*1}、太田幸伸^{*1}、寺井剛^{*2}

Development of Dyeing Technique for a Planation Conifer

Miyoko SHIBATA^{*1}, Satoshi FUKUTA^{*1}, Yukinobu OTA^{*1} and Takeshi TERAI^{*2}Industrial Technology Division, AITEC^{*1*2}

針葉樹植林木の厚板材を均一に染色し、かつ、堅ろう度の高い染色を得るため、染料と熱硬化性樹脂を混合含浸する木材染色加工法を検討した。樹脂の熱硬化を兼ねた圧密加工（熱プレス加工）を行うことにより、クリア塗装などの塗装工程に悪影響を及ぼすことのない染料の固着性が得られ、同時に表面硬さの向上を図ることができた。さらに、耐光性試験前と 60 時間試験後の色差が ΔE^*_{ab} =約 3.7 となり、日光に対する変退色の少ない高染色堅ろう度な染色が得られた。この加工法により、従来法より工程数が少なく、省エネルギーな染色加工が可能となった。

1. はじめに

木目や色調に優れ、家具材として人気の高い広葉樹大径木は、森林の枯渇や伐採量規制により、近年特に入手困難となっている。この問題を解決するため、早急に代替可能な材料開発が必要とされている。そこで、持続的利用が可能な針葉樹植林木を集成することで幅広い板材ができることに着目し、加工性に富む厚板材を広葉樹大径木特有の色合いに染色する試みを行った。従来の木材染色は、染料の染み出しによる汚染や色の耐光性等の問題で材料としての利用は限定的であり、また、効率的な生産方法を確立することが求められている。本研究では、幅広い製品に使用可能な材料で堅ろう度の高い染色を達成するための木材染色加工法を検討した。

2. 実験方法

2.1 供試木材

供試木材として、生長が早く、大規模に植林されている¹⁾針葉樹のラジアタマツを用いた。寸法は、表 1 のとおりとした。

表 1 供試木材の寸法

	寸法
幅（接線方向）	150mm
厚み（半径方向）	22mm
長さ（繊維方向）	680mm

2.2 木材染色加工法

本研究では、染料と熱硬化性樹脂の混合溶液を含浸する染色加工法の検討を行った。図 1 に従来法と本研究で検討した木材染色加工工程の比較を示す。本研究の染色加工法は、含浸工程が染料・樹脂混合含浸の 1 回のみであり、含浸工程 2 回の従来法と比べて工程数が少なく、かつ、堅ろう度の高い染色が得られることを特徴としている。含浸工程は、真空加圧含浸装置（(株)ヤスジマ製）にて減圧約 30mmHg・30 分間保持、その後加圧 1MPa・30 分間保持の条件で実施した。溶液含浸前後の供試木材の重量差から、供試木材 1m³ 当たりの薬剤注入量を算出し、溶液の浸透性の確認を行った。含浸した供試木材を 60℃の温度で乾燥した後、熱硬化性樹脂の硬化のための

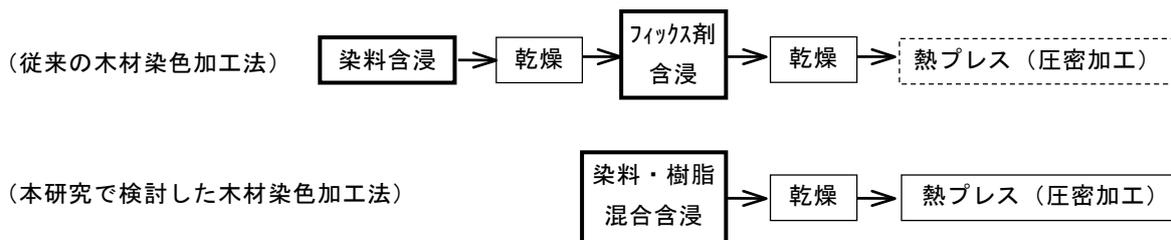


図 1 木材染色加工工程の比較

*1 工業技術部 応用技術室 *2 工業技術部 応用技術室（現瀬戸産業技術センター 応用技術室）

加熱を兼ねて、熱プレスにて圧密加工を行った。圧密加工条件は、樹脂の硬化温度により 145～155℃、プレス時間 60 分間、圧縮率 30%とし、熱プレス上盤・下盤に鏡面ステンレス板を使用した。

熱硬化性樹脂は染料と混合したときに沈殿が生じないものを選定し、低ホルムアルデヒドタイプのフェノール樹脂（以下、A 樹脂という）およびグリオキザール樹脂（以下、B 樹脂という）を用いた。また、染料はあらかじめ酸性染料と酢酸コバルトとを混合し、キレートさせた酸性コバルト媒染染料 Black（以下、コバルト染料という）を用いた。染料と熱硬化性樹脂の混合溶液は、熱硬化性樹脂 20wt%、コバルト染料 2wt%になるよう調整し、それぞれ樹脂 A 混合液、樹脂 B 混合液とした。その混合液をそれぞれ含浸し、所定の温度で乾燥・熱硬化させた供試木材を樹脂 A 材、樹脂 B 材とした。

2.3 染料の固着性評価

樹脂 A 材および樹脂 B 材に加え、図 1 の従来法でコバルト染料 2wt%の染色を行った木材（以下、染料単体材という）の 3 種類の試料について、JIS L 0849 摩擦に対する染色堅ろう度試験方法に準じ、摩擦による汚染の程度を確認した。なお、摩擦用白綿布は十分に水を含ませた湿潤状態とし、摩擦面は供試木材の中心部から切り出した摩擦に対する染色堅ろう度試験用試験片の板目面とした。

また、大きさを統一した上記 3 種類の試料を常温の水に 60 分間浸せきし、水への染料の溶出状況も確認した。

2.4 耐光性評価

フェードメータ（スガ試験機(株)製）にて 63℃、計 60 時間紫外線照射した。なお、試料は分光測色機 CM-3600d（コニカミノルタ製）にて 20 時間毎に測色測定を行い、色差を求めた。

2.5 物性評価

強度物性の評価として、JIS Z 2101 木材の試験方法 21 表面硬さ（ブリネル硬さ）の測定に準じ、精密万能試験機（梶島津製作所製 AG-100kNE）を用いて表面硬さを求めた。また、JIS K 5600-4-7 塗料一般試験方法—第 4 部：塗膜の視覚特性—第 7 節：鏡面光沢度に準じ、光沢計（スガ試験機(株)製 UGV-6P）を用いて表面の鏡面光沢度試験を行った。なお、試験時の入射光角度を 60° とした。

3. 実験結果および考察

3.1 薬剤注入量および染色状況

図 2 にコバルト染料単体、樹脂 A 混合液および樹脂 B 混合液の供試木材含浸時の薬剤注入量を示す。3 試料の薬剤注入量はほぼ同量であり、樹脂 A、B 共に染料と混

合含浸した場合でも十分な注入量が得られることが分かった。

また、図 3 にコントロールおよび上記 3 試料の板目面と試料を図中の点線で切断したときの木口面の染色状態を示す。木口面より、上記 3 試料はいずれも内部深くまでの染料の浸透が確認され、22mm の厚板材を染色することが可能であることが分かった。また、木材の着色として望ましいと言われている、木質感のある均一な²⁾染色ができた。

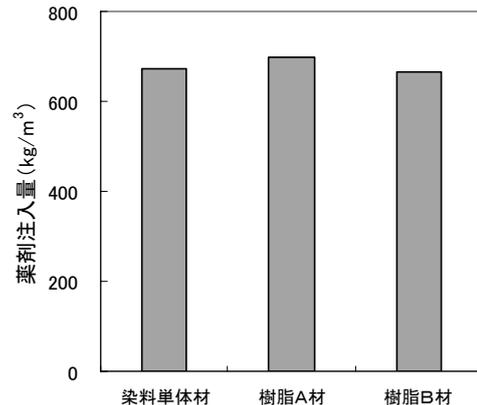


図 2 染料単体および樹脂混合溶液含浸時の薬剤注入量

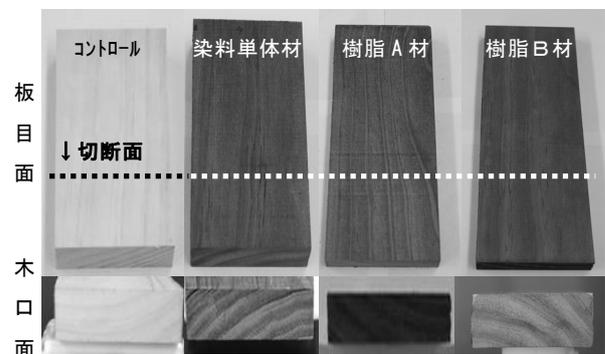


図 3 樹脂 A および B 混合液の染色状態

3.2 染料の固着性

図 4 に湿潤摩擦に対する染色堅ろう度試験後の摩擦用白綿布の汚染状態および表 2 にその汚染等級を示す。図 4 より、染料単体材の汚染状態と比べて、樹脂を混合含浸した試料の汚染の色が薄く、樹脂の熱硬化により、染料の溶出を防止する効果が確認された。特に、樹脂 A 材は汚染等級が 2-3 級であり、水へ一定時間浸せきした場合においても唯一染料の溶出が見られなかった。これにより、染料のにじみが問題となるクリア塗装などの最終塗装工程に影響を及ぼすことのない固着性が得られたことが確認され、樹脂 A は染料の溶出を防止する効果が高いことが分かった。



図4 湿潤摩擦による摩擦用白綿布の汚染状態

表2 湿潤摩擦に対する染色堅ろう度試験による汚染の等級

試料	汚染の等級
染料単体材	1 級
樹脂 A 材	2-3 級
樹脂 B 材	1-2 級

3.3 日光に対する染色堅ろう度

材料を染料等の色材で着色する場合には、色材の混色として(1)式の Duncan の理論式³⁾⁴⁾が成り立つ。なお、染着濃度 K/S 値は、それぞれ対象となる材料の分光反射率 R から(2)式の Kubelka-Munk 関数³⁾⁴⁾を用いて求められる。この(1)式から、染色した木材の色は木材自体の色と色材との混色によるものであり、着色する材料自体の色も考慮する必要があることが分かる。

※材料を染料等の色材で着色した場合

$$K/S_{mix(\lambda)} = K/S_{1(\lambda)} + K/S_{2(\lambda)} + \dots + K/S_{w(\lambda)} \dots (1)$$

$K/S_{mix(\lambda)}$: 色材を混合した後の K/S 値

$K/S_{1(\lambda)}$ 、 $K/S_{2(\lambda)}$: 色材個々の K/S 値

$K/S_{w(\lambda)}$: 材料自体の K/S 値

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \dots (2)$$

R : 対象物の分光反射率

木材は光によって変色することが分かっており⁵⁾、光による木材自体の変色が耐光性に大きく影響すると考えられる。そこで、樹脂 A および樹脂 B を単体で含浸した木材の耐光性試験を実施し、素地となる木材自体の変色を調べた。樹脂 A および樹脂 B を含浸した木材ならびにコントロールの色差変化を図5に示す。3試料の色差変化は、試験開始から20時間試験後ではほとんど差はないものの、40時間以降の変化が大きくなり、60時間試験後には、色差変化が著しいコントロールに比べて樹脂 A および樹脂 B の色差変化が 1/2 近く小さいことが分かった。このことから、樹脂を含浸することにより、素地である木材自体の光による変色を抑えることができると考えられる。

次に、図6にコントロール、染料単体材、樹脂 A 材お

よび B 材の4種類の試料の耐光性試験による色差変化を示す。試験開始から60時間試験後の色差変化は、染料単体材および樹脂 B 材が $\Delta E^*_{ab} = 6.0$ 付近であったが、樹脂 A 材は $\Delta E^*_{ab} = \text{約 } 3.7$ と色差変化が小さかった。これは、樹脂を含浸することにより素地の木材自体の光による変色が抑えられ、その結果、染色した木材を全体で見た場合においても光による変退色を十分抑制できることが分かった。

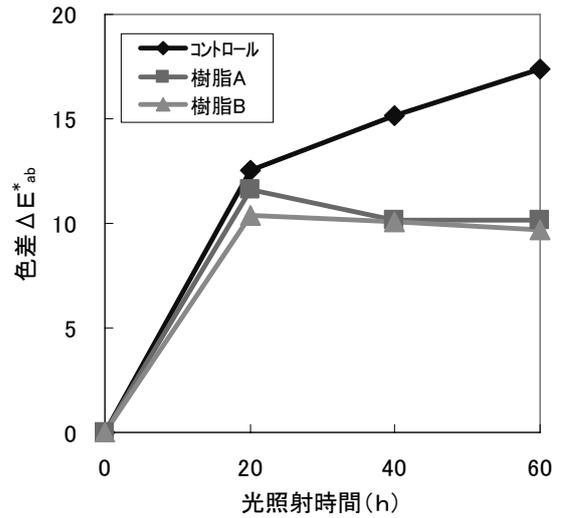


図5 樹脂単体での耐光性試験による色差変化

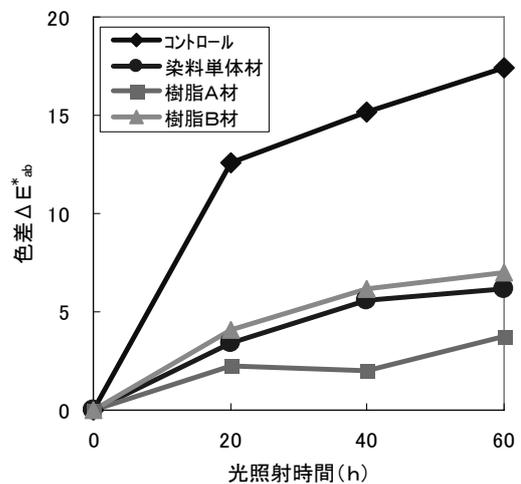


図6 染料単体および樹脂混合含浸試料の耐光性試験による色差変化

3.4 圧密加工後の強度物性ならびに鏡面光沢度

図7にコントロール、樹脂 A 材および樹脂 B 材の圧密加工の有無による表面硬さを示す。図より、圧密加工を施して熱硬化させた樹脂 A 材の表面硬さが顕著に高く、家具部材として利用されることの多い広葉樹のブナの表面硬さ平均値 $17.5N^6)$ を大きく上回る値となった。これ

は、樹脂の熱硬化による強度向上と木材の高密度化による表面硬さの向上であり、また同時に変形固定を図ることができた。一方樹脂 B 材の表面硬さは、圧密加工の有無に関わらずブナの表面硬さと同程度であった。樹脂成分の酸により木材が加水分解し、木材細胞自体の劣化が起きたためと考えられる⁷⁾。

図 8 に圧密加工の有無による試料表面の鏡面光沢度を示す。全ての試料において、圧密加工することにより若干の光沢が発現しているが、圧密加工を施した樹脂 A 材の鏡面光沢度の向上が顕著であり、鏡面光沢度 50 を超えることを見出した。この光沢の発現により、下塗り等の省略が可能となり、製品化する上では更なる工程の短縮や効率化が期待できる。

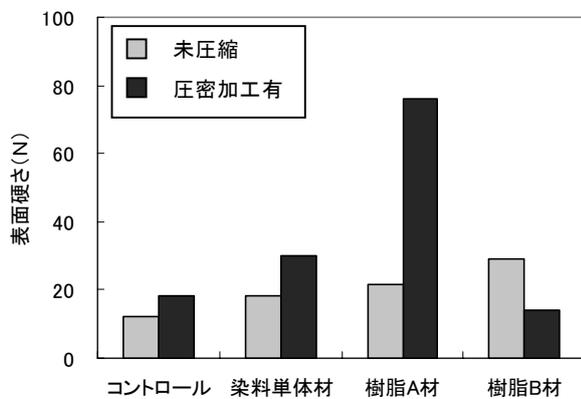


図 7 圧密加工の有無による表面硬さ

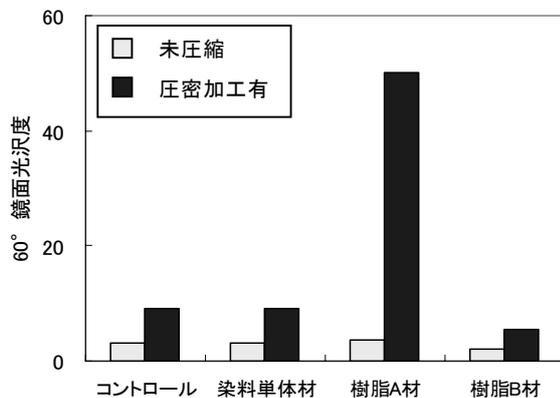


図 8 圧密加工の有無による鏡面光沢度

4. 結び

針葉樹植林木材の厚板材を均一に染色し、かつ、堅ろう度の高い染色を得るため、染料と熱硬化性樹脂の混合溶液を含浸する染色加工法の検討を行った。樹脂 A (フェノール樹脂) および樹脂 B (グリオキザール樹脂) の 2 種類の熱硬化性樹脂を用いて、樹脂と染料の混合含浸ならびに染色堅ろう度および物性評価を行い、比較検討した。

樹脂 A 材および樹脂 B 材は共に厚板材内部深くまで木質感のある染色を施すことが可能であった。熱硬化を兼ねた圧密加工を施すことにより、塗装工程に影響を及ぼすことのない固着性が得られ、表面硬さの向上および光沢が発現した。耐光性試験を計 60 時間行った結果、日光に対する変退色が小さい高染色堅ろう度な染色が達成された。また、従来の染色加工法より工程数が少なく、省エネルギーな染色が可能となった。

付記

本研究は、地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発推進プログラム「地域ニーズ即応型」により、尾州木材工業(株)と共同で行った研究の一部である。

文献

- 1) 独立行政法人森林総合研究所：木材工業ハンドブック，P31 (2004)，丸善株式会社
- 2) 基太村洋子：森林総合研究所研究報，**367**，3 (1994)
- 3) 日本色彩学会：新編色彩科学ハンドブック，P505 (1980)，財団法人東京大学出版会
- 4) 堀田好幸：愛産研ニュース，**69**，3 (2007)
- 5) 原口隆英，寺島典二他：木材の化学，P179 (1985)，文永堂出版株式会社
- 6) 独立行政法人森林総合研究所：木材工業ハンドブック，P195 (2004)，丸善株式会社
- 7) 高橋諭：岩手大学工学系技術室報告，**10**，61 (2007)