

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450250

研究課題名(和文) 木材の表面浸透性が塗装耐候性の発現と向上に及ぼす効果の解明

研究課題名(英文) The effects of wood surface penetrability on the improvement of weatherability of exterior wood coatings

研究代表者

片岡 厚 (Kataoka, Yutaka)

国立研究開発法人 森林総合研究所・木材改質研究領域・室長

研究者番号：80353639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：木材保護塗料の耐候性を向上させるには、木材素地を粗面化し、塗布量を増やすことが効果的であると考えられる。本研究はこの仮説を検証するため、まず、スギ心材を帯鋸製材による粗面化試験に供し、送材速度を調整すれば粗面化の程度と塗布量を増加させられることを明らかにした。次いで、塗装した試片を耐候性試験に供し、塗布量と変色抑制効果の間、及び塗布量と撥水性維持効果の間に、それぞれ高い正の相関を認めた。一方、平滑面に単に厚塗りしただけでは、その効果が得られない場合があった。以上より、木材保護塗料の耐候性向上には、塗布量だけではなく、木材素地の塗料浸透性を高めることが重要であることが示された。

研究成果の概要(英文)：Surface roughening of substrate wood prior to coating may increase the coating weight and thus improve the weatherability of coatings. In this paper, we test this hypothesis and examine the effects of surface roughening on the performance of coatings. Sugi (*Cryptomeria japonica*) heartwood saw-textured (rough-sawn) specimens were prepared by band-saw and coated with a penetrating-type coating. It was found that the surface roughness and coating weight could be increased by controlling the feed speed of band-sawing. The results of accelerated weathering showed that there were positive and high correlations between coating weight and color stability, and between coating weight and water repellency. Such effects, however, were not always observed when thick-coating was applied to smooth-planed surfaces. These results indicate that the weatherability depends not only on the coating weight but also the penetrability of wood by coatings.

研究分野：木質科学、木質材料の耐候性

キーワード：木材 塗料 耐候性 浸透性 粗面化 ラフソ - ン 塗布量

1. 研究開始当初の背景

最近、公共建築物や商業ビル外装など屋外での木材利用が増えており、その耐候性向上が重要なテーマとなっている。木材の耐候性を塗装によって向上させる場合、あらかじめ木材の表面を粗面化して塗料の浸透性を高め、塗布量(単位面積当たりの塗り付け量)を増やすことが効果的であるとされてきた。しかし粗面化の程度と塗布量及び塗装耐候性との関係については、これまで定性的な理解に留まる例が多く、いまだ多くの不明点が残されている。この問題を解決して木材の塗装耐候性を高める必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、木材素地の粗面化の程度と塗装時の塗布量、及び塗装後の耐候性能との関係について理解を深め、木材の塗装耐候性の向上に役立てることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 試片の粗面化

塗装基材であるスギ心材を粗面化させるため帯鋸製材によるラフゾーン(鋸目)仕上げを用いた。送材車付き帯鋸盤を用いて、心去り平角(150×70×2000 mm)を4本、その平角から板材(10×70×2000 mm)を製材した。帯鋸盤は、鋸幅125 mm、鋸厚1.05 mm、あさり幅1.87 mm、歯喉角27°、歯端角43°、歯背角20°、鋸車回転数700 rpmの条件で用い、送材速度は、10、20または30 m/minの3段階とした。板材はラフゾーン仕上げのまま、L方向145 mm毎に細断し、辺材を含まないものを粗面化試片として以下の実験に用いた。一部の試片は、プレーナ処理で表面を平滑化し、対照試片とした。

(2) 表面粗さ分析

試片は塗装前に接触式の表面粗さ測定(小坂研究所:サーフコーダSE3500)に供し、算術平均粗さ(Ra)を計測した。測定条件は、ダイヤモンド針を用い、先端半径2.0 μm、開き角60°、荷重0.75 mN、測定長50 mm、走査1 mm/sとした。走査は試片の中央付近で繊維方向に対して垂直に行った。データはカットオフ値(c)2.5 mmでガウシアンフィルタ処理した(JIS B0601)。

(3) 塗装と塗布量

乾燥後の粗面化試片と平滑化試片は、ブラウン系の油性含浸形の木材保護塗料(JASS 18 M307)を用いて、刷毛塗りによる2回塗り塗装に供した。塗布量は、塗装前と塗装直後(ウェット状態)の試片の質量差を塗布面積で除すことにより算出した。粗面化試片は塗料の吸い込みが大きかったため、試片表面が一定レベルに濡れるまで、塗料を浸み込ませた。具体的には、表面に塗料の液面反射が生じ、その反射が平滑化試片への通常塗り(メーカー推奨量)と同レベルに達するまで塗料を塗

った。一方、平滑化試片については、通常塗り試片に加え、その約2倍の塗布量(粗面化並塗布量)を厚塗りした試片も調製した。塗装後の試片は2週間養生した後、測色や撥水度等の初期値測定に供した。

(4) 耐候性評価

促進耐候性試験

塗装試片の耐候性を評価するため、促進耐候性試験機(アトラス: Ci4000)を用い、キセノンランプ法(JIS K5600-7-7)の方法1(屋外光シミュレーション)標準の放射照度(波長300~400 nmにおいて60 W/m²)、サイクルA(各サイクル120分間のうち脱イオン水噴霧は18分間、ランプは常に点灯)、ブラックスタンダード65±2、槽内38±3の条件で、2500時間までの試験を行った。これはつくば市における南向き傾斜45°による屋外暴露試験の約2年分、南向き垂直の場合の約4年分に相当する。

試験期間中は、下記の方法により変色の大きさを示す色差(JIS K 5600-4-6)と表面の水はじきの程度を示す撥水度(森林総研法)の変化を経時評価した。

変色の評価

簡易型分光色差計(日本電色工業: NF-333)を用い、JIS K5600-4-6に基づき、CIELAB空間におけるL*(明度)、a*(正:赤方向、負:緑方向)、b*(正:黄方向、負:青方向)を測定し、各パラメータの変化量(L*、a*、b*)から色差(E*_{ab})を算出した。測色条件は、光源をD65、視野角を10°、測色部の直径を8 mmとし、定位2箇所における測定値を平均した。

撥水度の評価

試片表面の撥水度は森林総研法により、塗装面の中央部に約1gの脱イオン水を滴下し、1分後にふき取り、試験片に浸透しなかった水質量の百分率を求めた。試験片に水が浸透しなければ撥水度は100%であり、全ての水が浸透すれば撥水度は0%である。

4. 研究成果

(1) 粗面化処理と塗布量の関係

図1に、試片表面の算術平均粗さ(Ra)と塗布量の関係を示す(平滑化試片は通常塗りのデータのみをプロット)。図1において、Raと塗布量の間には高い正の相関(R=0.90)が認められた。Raと塗布量の値はいずれも平滑化試片の通常塗りD(x)で最小であった。ラフゾーンによる粗面化試片ではA(:製材時の送材速度10 m/min)、B(:同20 m/min)、C(:30 m/min)の順に、これらの値が大きくなる傾向が見られた。これは、送材速度を高めたことで、材表面の粗さが増加し、塗料の浸透性も高まったためであると考えられる。

以上の結果は、帯鋸製材の送材速度を調整

することで、粗面化処理の程度と塗料の塗布量とを制御し得ることを示している。

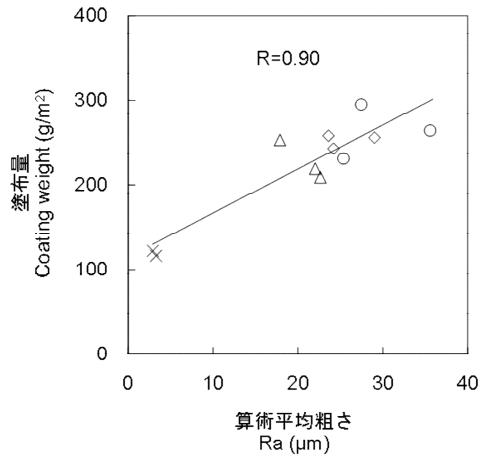


図1．スギ心材試片の算術平均粗さ(Ra)と油性含浸形木材保護塗料の塗布量との関係。

凡例) : 粗面化 A(送材速度 10 m/min)、 : 粗面化 B(同 20 m/min)、 : 粗面化 C(同 30 m/min)、 × : 平滑化 D(通常塗り)

(2) 粗面化処理による変色抑制効果の向上
図2に、促進耐候性試験 2500 時間までの各試片の色差(変色の大きさを示す)を示す。ラフゾーンによる粗面化試片 A() B() C()の色差は 2500 時間後でも 6 程度の比較的小さな値に留まった。一方、平滑化試片の通常塗り D(×)は試験 1500 時間後、厚塗り E(-)は 2500 時間後までに色差 9 を超えるなど、いずれも粗面化試片の塗装と比較して変色抑制効果が劣る結果となった。

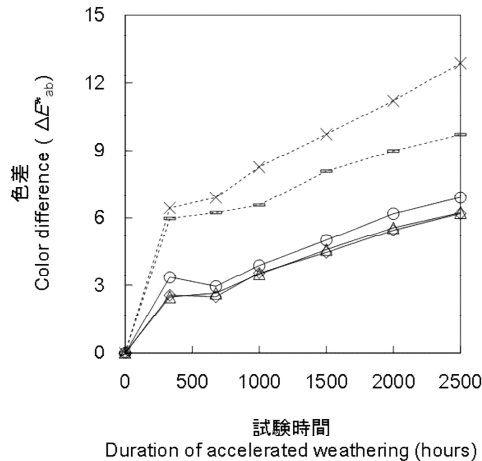


図2．促進耐候性試験 2500 時間までの色差変化。

凡例) : 粗面化 A(送材速度 10 m/min)、 : 粗面化 B(同 20 m/min)、 : 粗面化 C(同 30 m/min)、 × : 平滑化 D(通常塗り)、 - : 平滑化 E(厚塗り)

以上の結果から、ラフゾーンによる粗面化試片では平滑化試片への通常塗りと比較して塗布量が増加し、変色抑制効果が向上した

ことが示された。一方、平滑化試片に厚塗りして粗面化試片並みに塗布量を増やした場合には同様の効果は得られなかった。このことから、性能の向上には塗布量だけではなく、素地の浸透性を高めることが効果的であることが示唆される。

図3に、各試片の塗布量と促進耐候性試験 2500 時間後の色差との関係を示す(平滑化試片は通常塗りのデータのみをプロット)。同図において塗布量と色差には高い負の相関($R = -0.95$)が認められ、塗布量が増えると変色が小さくなる傾向が認められた。このことは、ラフゾーンによる粗面化処理によって木材保護塗料の塗布量を制御できれば、変色抑制効果を制御し得ることを示している。

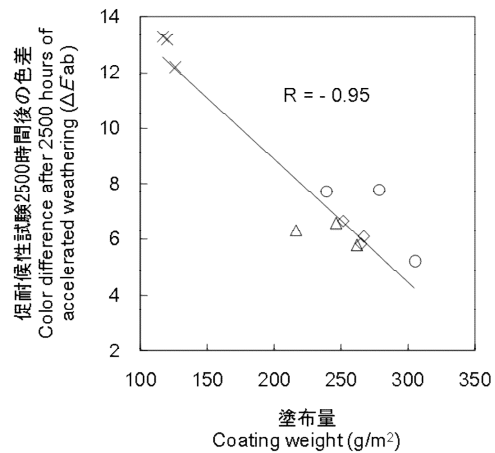


図3．木材保護塗料の塗布量と促進耐候性試験 2500 時間後の色差との関係。

凡例) 図1と同じ

(3) 粗面化処理による撥水度維持効果の向上

図4に、促進耐候性試験 2500 時間までの撥水度(水はじきの程度を示す)の変化を示す。同図においてラフゾーンによる粗面化試片 A() B() C()はいずれも試験 2500 時間後まで 90%以上の比較的高い値を維持した。一方、平滑化試片のうち通常塗り D(×)は試験 1500 時間後まで撥水度 90%以上の値を維持したが、2000 時間以降は急速に低下し、2500 時間後までに塗り替え目安とされる 80%を下回った。これに対し、平滑化試片の厚塗り E(-)では、粗面化試片と同様に比較的高い撥水度が維持されていた。

以上の結果は、変色抑制効果の場合とはやや異なるものであった。変色抑制効果に関しては、粗面化試片と平滑化試片の差が大きく、平滑化試片に厚塗りしても粗面化処理に劣る効果しか得られなかった。しかし、撥水性維持効果に関しては、平滑化試片の厚塗りによって粗面化試片と同等の効果が得られた。

この理由として、平滑面への極端な厚塗りによって、(本来塗膜を形成しない)含浸形塗料に塗膜が形成され、撥水性維持効果が高まった可能性があると考えられる。ただしこ

れは本来の塗料設計にない造膜現象であったため、変色抑制効果にはあまり寄与しなかったと考えられる。

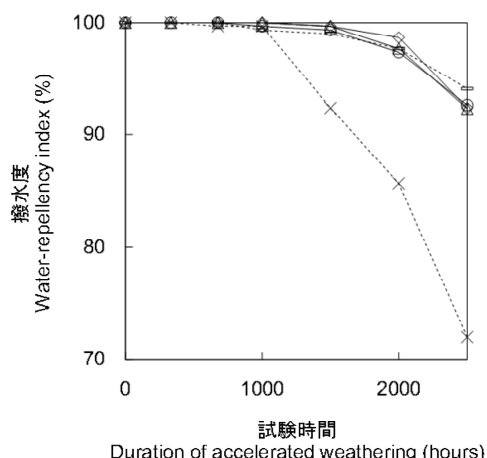


図4．促進耐候性試験 2500 時間までの撥水度変化。

凡例) 図2と同じ

図5に、各試片の塗布量と促進耐候性試験2500時間後の撥水度との関係を示す(平滑化試片は通常塗りのデータのみをプロット)。同図において塗布量と撥水度には高い正の相関($R = 0.91$)が認められ、塗布量が増えるほど撥水性維持効果が高まる傾向が認められた。図1～図3の結果も踏まえれば、ラフゾーンによる粗面化処理で木材保護塗料の塗布量を制御することにより、変色抑制効果に加えて撥水性維持効果も制御し得ると考えられる。

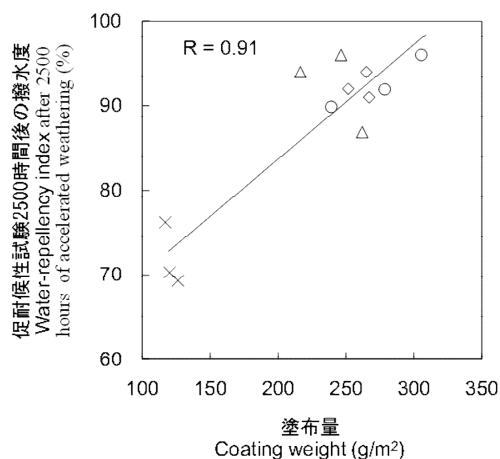


図5．木材保護塗料の塗布量と促進耐候性試験 2500 時間後の撥水度との関係。

凡例) 図1と同じ

(4) 結論

本研究では、木材保護塗料塗りの耐候性能を向上させるため、木材の表面を粗面化して浸透性を高め、その後塗装した際に、塗布量がどのように変化し、性能がどのように向上す

るのか検討した。帯鋸製材によりラフゾーン(粗挽き)仕上げされたスギ心材に含浸形の木材保護塗料塗りを施した結果、製材時の送材速度の制御によって表面の算術平均粗さ(Ra)と塗装時の塗布量を増やせることが明らかになった。

これらの試片を促進耐候性試験に供し、耐候性能に及ぼす粗面化処理と塗布量の影響について検討した結果、塗布量と変色抑制効果の間、及び塗布量と撥水性維持効果の間に高い正の相関が見られた。一方、粗面化処理を行わず、平滑面に厚塗りして単に塗布量を増やした場合には、撥水性維持効果は向上したものの変色抑制効果は向上しなかった。以上の結果から、木材保護塗料の耐候性能を向上させるには、塗布量だけではなく、木材素地の浸透性を高めることが効果的であると考えられる。

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

片岡 厚、石川 敦子、松永 浩史、木口 実(他5名、1,2,6,9番目)、木材保護塗料の耐候性能向上に及ぼす素地粗面化処理の影響、木材保存、査読有、42巻、2016、18-25

DOI: 10.5990/jwpa.42.18

石川 敦子、片岡 厚、木口 実(他4名、1,2,7番目)、木材保護塗料の耐候性能評価 - 市販塗料43種類の屋外暴露4年間の性能変化 -、木材保存、査読有、42巻、2016、72-80

DOI: 10.5990/jwpa.42.72

片岡 厚、石川 敦子、松永 浩史、木口 実(他2名、1,2,5,6番目)、スギ製遮音壁の耐候性 - 保存薬剤注入処理による塗装耐候性向上効果 -、木材保存、査読有、41巻、2015、62-70

DOI: 10.5990/jwpa.41.62

石川 敦子、片岡 厚、木口 実(他3名、1,2,6番目) 塗装木材に関する屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関(II) L^* 、 a^* 、 b^* 値と光沢度の変化、木材保存、査読有、40巻、2014、216-224

DOI: 10.5990/jwpa.40.216

石川 敦子、片岡 厚、木口 実(他3名、1,2,6番目)、塗装木材に関する屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関、木材保存、査読有、40巻、2014、55-63

DOI: 10.5990/jwpa.40.55

[学会発表](計15件)

片岡 厚、木材・木質材料の耐候性能お

よび塗装技術に関する概論、日本木材学会生物劣化研究会春季研究会(招待講演)、2016年3月29日、名古屋大学全学教育棟(愛知県・名古屋市)

石川 敦子、塗装木材の耐候性評価、日本木材学会生物劣化研究会春季研究会(招待講演)、2016年3月29日、名古屋大学(愛知県・名古屋市)

片岡 厚、石川 敦子、松永 浩史、木口 実(他5名、1,2,6,9番目)、木材保護塗料の耐候性能に及ぼす粗面化処理の影響(2) - 促進耐候性試験による長期性能評価 -、日本木材学会大会、2016年3月28日、名古屋大学豊田講堂(愛知県・名古屋市)

石川 敦子、片岡 厚、木口 実(他4名、1,2,7番目)、市販木材保護塗料の気象劣化挙動、日本木材学会大会、2016年3月28日、名古屋大学豊田講堂(愛知県・名古屋市)

片岡 厚、木材の光吸収、変色、及び保護塗装に関する研究動向、日本木材加工技術協会九州支部2015年度講演会(招待講演)、2015年9月17日、九州大学農学部3号館(福岡県・福岡市)

片岡 厚、石川 敦子、松永 浩史、木口 実(他5名、1,2,6,9番目)、木材保護塗料の耐候性能に及ぼす粗面化処理の影響、日本木材学会大会、2015年3月17日、タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

KATAOKA Yutaka、MATSUNAGA Hiroshi、ISHIKAWA Atsuko、KIGUCHI Makoto(他3名、1,2,3,7番目)、Measurement of penetration of wood preservative semi-transparent coatings into wood、International Symposium on Wood Science and Technology 2015、2015年3月16日、タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

ISHIKAWA Atsuko、KATAOKA Yutaka、KIGUCHI Makoto(他3名、1,2,6番目)、Natural and accelerated weathering characteristics of wood finished with wood preservative semi-transparent coatings、International Symposium on Wood Science and Technology 2015、2015年3月16日、タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

片岡 厚、木材の外部用塗装に関する技術動向、日本木材加工技術協会関西支部木質の利用シンポジウム(招待講演)

2015年2月27日、京都府立大学稲盛記念会館(京都府・京都市)

片岡 厚、石川 敦子、松永 浩史、木口 実(他5名、1,2,6,9番目)、木材保護塗料の耐候性能に及ぼす粗面化処理の影響、日本木材学会大会、2014年3月13日、ひめぎんホール(愛媛県・松山市)

〔図書〕(計3件)

片岡 厚、石川 敦子、(株)建築技術、月刊建築技術2015年5月号(特集:中大規模木造建築物を建てるための木質系材料 Q&A・決定版、V.耐久性・経年変化・収縮・塗装:Q.6 木材の屋内外での変色とその対策とは)、2015、131

片岡 厚、(株)建築技術、月刊建築技術2015年5月号(特集:中大規模木造建築物を建てるための木質系材料 Q&A・決定版、V.耐久性・経年変化・収縮・塗装:Q.7 木材を屋外・半屋外で使用するときの保護塗装の特徴とその耐用年数とは)、2015、132

片岡 厚、(一社)木を活かす建築推進協議会、知っておきたい木造建築物の耐久性向上のポイント、2015、25-26

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 厚(KATAOKA、Yutaka)

国立研究開発法人 森林総合研究所・木材改質研究領域・室長

研究者番号: 80353639

(2) 研究分担者

木口 実(KIGUCHI、Makoto)

国立研究開発法人 森林総合研究所・研究コーディネータ・木質バイオマス利用研究担当

研究者番号: 50353660

松永 浩史(MATSUNAGA、Hiroshi)

国立研究開発法人 森林総合研究所・木材改質研究領域・主任研究員

研究者番号: 80391184

石川 敦子(ISHIKAWA、Atsuko)

国立研究開発法人 森林総合研究所・木材改質研究領域・チーム長

研究者番号: 00353574