

木材用水性塗料の耐候性向上に関する研究

久間俊平, 矢野昌之, 平井智紀, 帆秋圭司, 田栗有樹
佐賀県工業技術センター

1. はじめに

地球温暖化や環境汚染、生態系の破壊等は世界的に大きな問題となっており、持続可能な社会を実現するため、社会全体として低環境負荷の材料や製造プロセスが必要とされている。また、国内では「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」や「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」により、建築産業では木造建築物の普及拡大が期待されている。

佐賀県内には、特色ある地域産業として家具産業等があり、技術力の高い企業が数多く立地している¹⁾。県内の家具・木工産業や建築産業では、木材の保護・美観・機能性付与のために木材用塗料が使用されており、木質感や高耐候性等の品質と共に低環境負荷であることが求められている。そのため、県内塗料メーカーにおいて、これらの要求を満たす塗料の開発が行われているが、木材表面に厚い塗膜を形成せず、木質感を損なわない透明系半造膜型水性塗料については、十分な耐候性を有すると言えない状況である。

木材用塗料の耐候性について、塗膜劣化の主因は、紫外線や熱及び水による分解、水分吸収に伴う木材の寸法変化による塗膜剥離や割れ等が考えられる。また木材用塗料の耐候性について、半造膜型塗料は最初の劣化が発生してからの進行が早いことが知られている²⁾。しかし、塗膜自体は高分子材料であることから、徐々に経時変化していると考えられる。そのため、塗膜表面・断面の微細構造について、より詳細に分析し、劣化要因を明らかにすることは、塗料の開発指針を得るために重要と考えられる。

そこで本研究では、市販の透明系半造膜型水性塗料について耐候性試験を実施し、放射光 X 線によるマイクロ CT 観察をはじめとした様々な分析手法を活用することで、初期の塗膜劣化挙動の把握について検討を行った³⁾。

2. 実験

2-1 試料

(1) 試験片

塗布木材として、75 mm×50 mm のスギ材（板目、厚さ 5 mm）を塗装前に 180 番の研磨紙で研磨したものをを用いた。透明系半造膜型水性塗料として、市販の木材保護塗料（JASS 18M-307 適合品）を用い、耐候性試験による劣化を加速させるために、片面のみ刷毛により塗布量 100 g/m² で 2 回塗布した。

2-2 実験方法

(1) 耐候性試験

試験片を佐賀市において南向き傾斜 28 度の条件で 8 月～翌 2 月の 6 ヶ月間屋外曝露した。

(2) 撥水度

塗膜の保護機能を確認するために、撥水度を測定した。森林総研法⁴⁾により塗装面に約 1 g の脱イオン水を滴下し、1 分後に拭き取り、試験片に浸透しなかった脱イオン水の質量百分率とした。数値が高いほど撥水度は高くなる。

(3) 樹脂構造解析

塗膜表面の樹脂構造解析には、赤外分光分析装置（サーモフィッシャーサイエンティフィック製、iS50）を用い、全反射測定法（ATR 法）にて赤外吸収スペクトルを測定した。

(4) 元素分析

塗膜断面の元素分析には、走査型電子顕微鏡（日本電子製、JSM-7500F）及び付属のエネルギー分散型 X 線分析装置（Oxford Instruments 製、X-Max）を用い、マップ分析を実施した。

(5) 非破壊断面観察

放射光は、一般的な X 線源に比べて高輝度・高指向性・連続スペクトル等の特徴を有しており、放射光を利用する事で、高精細・高速・高密度分解なマイクロ CT 観察が可能である。そこで、九州シンクロトロン光研究センター-BL07 にて、放射光 X 線によるマイクロ CT 観察を行った。試料は、試験片の測定径が直径 2 mm となる様に切断加工し、樹脂チューブ内に固定した。さらに、この樹脂チューブを試料台に固定し、測定した (図 1)。画像解析には、ImageJ を利用した。

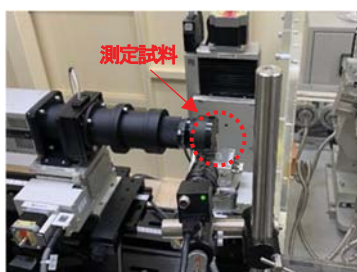


図 1 実験装置

3. 結果及び考察

3-1 塗膜表面分析

木材用塗料の効果として、撥水度等の木材保護性能の持続性が期待されている。耐候性試験による撥水度変化を図 2 に示す。塗装を行った試験片では、耐候性試験期間中においてほぼ 100% であり、劣化は確認できなかった。一方で、塗装をしていない試験片は、耐候性試験を行うことにより急激に劣化し、2 カ月目以降は亀裂の発生により正確な計測が出来なかった。

さらに、塗膜表面の樹脂構造解析及び表面観察を行った。塗膜構造の変化について、赤外分光分析結果を図 3 に示す。耐候性試験による、塗膜有機成分の酸化による C=O 及び O-H 結合ピークの増加量は小さいことから、塗膜樹脂構造の劣化は小さいと考えられる。

3-2 塗膜断面分析

表面分析結果から、耐候性試験により、塗膜表面の樹脂構造に大きな変化がないことを確認した。しかし、塗膜内部の元素成分等、塗膜内部の構造までは不明で

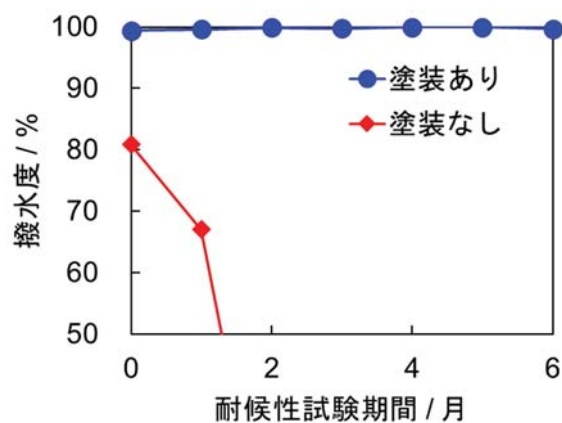


図 2 撥水度の経時変化

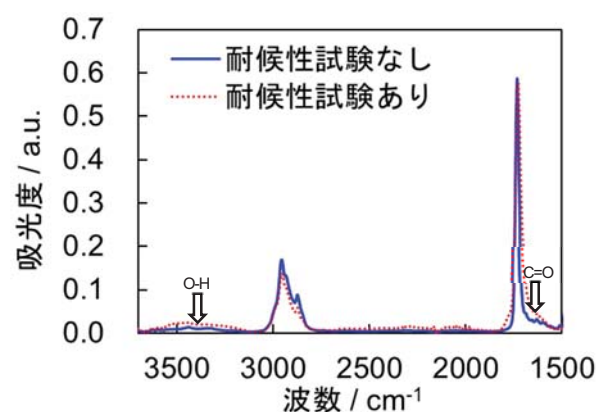


図 3 赤外分光分析による樹脂構造解析

ある。そこで、塗膜切断面の元素分析及び非破壊断面観察を実施することで塗膜内部構造を明らかにすることを旨とした。塗膜断面の元素分布状態について、分析結果を表 1 に示す。添加剤由来の元素①等が確認された。元素①については、艶消し剤由来と考えられ、耐候性試験の有無により大きな変化は確認されなかった。

塗膜断面観察について、一般的には試料の目的箇所を切断することで行う。しかし、生物試料であり多孔質である木材表面に形成された微小な塗膜欠陥について、周辺組織を破壊せずに断面をピンポイントで観察することは非常に困難である。そこで、塗膜断面を非破壊で観察するため、放射光 X 線によるマイクロ CT 観察を実施した。結果を図 4 に示す。(a)耐候性試験を実施していない試験片は、表面に滑らかな塗膜を形成しており、塗料の一部は木材内部まで浸透していることが確認できた。一方で、(b)耐候性試験を実施した試験片の観察結果より、微小な塗膜割れが発生し、

木材まで到達していることが確認された。このとき、塗膜剥離までは確認できなかった。塗膜の割れが発生すると、その部分から生物劣化や気象劣化の促進につながる。このことから、微小な塗膜割れの有無は耐候性向上に重要な要因の一つであり、対策とその効果検

証は重要と考えられる。

4. まとめ

本研究では、市販の透明系半造膜型水性塗料について、撥水度・樹脂構造解析・元素分析・非破壊断面観察等を複合的に活用することで、塗膜断面における耐候性試験初期の塗膜劣化挙動を詳細に分析した。

その結果、撥水度等での劣化が明らかになる前に、微小な塗膜割れが発生していることが明らかとなった。塗膜割れは、劣化を促進するため、透明系半造膜型水性塗料において、耐候性試験初期での塗膜割れ防止は耐候性向上に特に重要な要因であると考えられる。

また、放射光 X 線によるマイクロ CT を利用して塗膜断面を直接観察することにより、間接的に評価する撥水度による評価手法よりも、より早く塗膜の劣化を確認できた。本手法による塗膜評価を行うことで、より短期間での耐候性評価が可能になると考えられる。

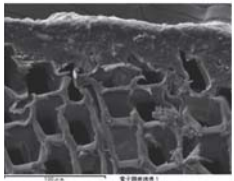
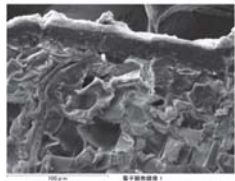
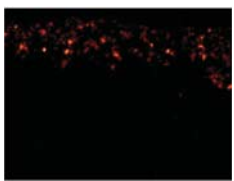
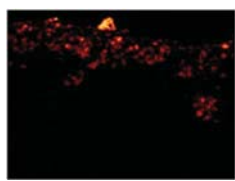
今後は、塗膜割れ防止につながる様々な機能性添加剤を検討し、本分析手法により塗膜構造を解析することで、木材用水性塗料の耐候性を向上させたい。

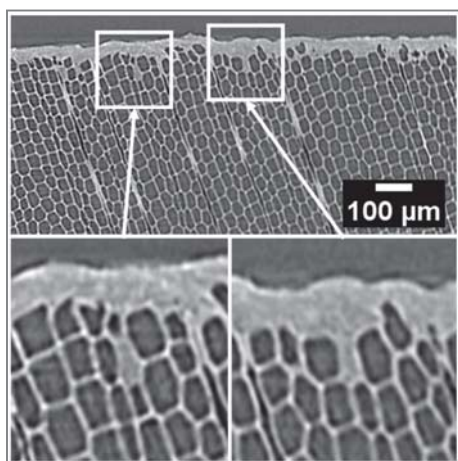
最後に、放射光 X 線によるマイクロ CT 観察は九州シンクロトン光研究センター (SAGA-LS) の具有ビームラインである BL07 にて実施した (課題番号: 2111134P/BL07)。測定に際してご支援いただいた九州シンクロトン光研究センターの米山明男氏に深く感謝致します。

参考文献

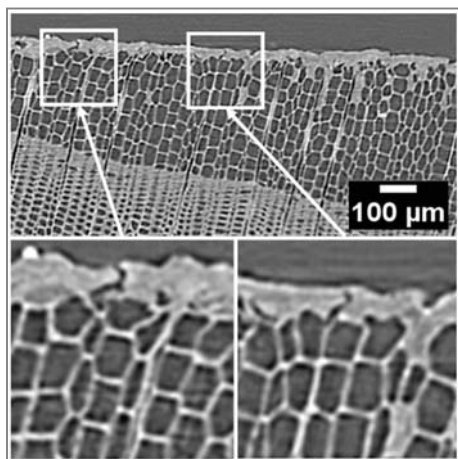
- [1] -佐賀県総合計画 2019- 人を大切に、世界に誇れる佐賀づくりプラン。
- [2] 小林勝志, 改訂版木材の塗装, 木材塗装研究会編, 海青社, 181-185 (2010).
- [3] 久間俊平, 矢野昌之, 平井智紀, 帆秋圭司, 田栗有樹, “木材用水性塗料の耐候性向上に関する研究 (第 2 報)” 令和 3 年度佐賀県工業技術センター研究報告書, **30**, in press (2022).
- [4] (財)日本住宅・木材技術センター: マニュアル作成事業報告書 (木材保護着色塗料品質評価) (1998).

表 1 電子顕微鏡による塗膜断面分析

	耐候性試験なし	耐候性試験あり
SEM 画像		
元素 ①		



(a) 耐候性試験なし



(b) 耐候性試験あり

図 4 塗膜断面のマイクロ CT 観察