環境に優しい水性塗料用紫外線吸収剤に関する研究（第４報）

―バイオマス由来 UVA と合成 UVA の併用による耐光性向上効果―

材料環境部
久間俊平　田栗有樹　帆秋圭司
矢野昌之
大阪公立大学大学院工学研究科
小畠誠也

近年，気候変動等の環境問題を背景に，カーボンニュートラルの実現と産業競争力の強化が同時に求められている．このような中，県内の家具・木工，建築，塗料分野では，環境負荷が低く，木質感を損なわない水性クリア塗料が求められており，耐候性の向上と環境負荷の低減が必要である．本研究では，バイオマス資源に含有され紫外線吸収能を有するルチンを活用するため，合成 UVA との併用技術を検討した．その結果，ルチンを単独利用する場合と比較し，塗膜の耐光性をさらに向上できることを確認した．

1. はじめに

近年，気候変動や地球温暖化等の環境問題から，カーボンニュートラルの達成と同時に産業競争力を高める取組みが重要になってきている．国においては「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定されており，佐賀県においても，GX（グリーントランスフォーメーション）の推進に取り組んでいる．

このような中，県内の家具・木工，建築，塗料業界では，低環境負荷でありながら，木質感を損なわない塗料が求められている．水性クリア塗料は，木質感を損なわず VOC（揮発性有機化合物）排出量も少ないため低環境負荷であるが，耐候性に課題がある．また，持続可能なバイオマス資源由来材料の利用等, より一層の環境負荷低減に対する要求がある．

木材用水性塗料の耐候劣化の原因は，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．特にクリア塗料は紫外線を透過させるため基材の木質部まで劣化するため，塗装物の耐候性に対し更に影響を与える [1].

当センターでは環境に優しい木材用水性塗料の耐候性向上を目指して研究を行っており, これまでに, 木材用水性塗料の機能性添加剤の中で，撥水度と初期の保色性に対して紫外線吸収剤（UVA）の影響が大きいことを明らかにした [2]．また，水性塗料の更なる環境負荷の低減を実現するため，柑橘類やアスパラガス等，県内において未利用のバイオマス資源に含有され，紫外線吸収能を有する芳香族化合物であるルチン [3]を微粒子化し分散した塗料の耐候性について検討を行った結果，耐候性試験初期において変色抑制効果を有することを明らかにした [4].

本報では，ルチンをより効果的に活用する方法として，光の透過波長が異なる合成 UVA と組み合わせる手法を検討した．ルチンと合成 UVA の透過波長が異なるため，ルチンだけでは紫外線遮蔽が不十分な波長域を合成 UVA が補い，変色抑制効果の更なる向上が期待できる．今回は，耐候劣化の主因である紫外線に対する耐光性を詳しく評価するため，水噴霧を伴わない促進耐光性試験を実施した．

2. 実験方法

2.1 試薬

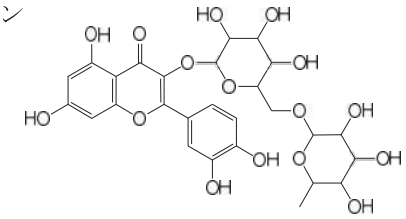
バイオマス由来 UVA としてルチン（富士フイルム和光純薬製，濃度 90%以上）を多検体粉砕機（ヴァーダー・サイエンティフィック製, MM 500 VARIO）にて微細化（平均粒径：260 nm）して使用した．また，ルチンと光透過波長が異なる合成 UVA としてトリアジン系 UVA（BASF 製，Tinuvin 479 DW，UVA 濃度 20wt%）を用いた．バイオマス由来の樹脂成分及び水分散剤としてキチンナノファイバー[5]（以下キチン NF，スギノマシン製，BiNFi-s，SFo-20002，濃度 2%）及びセルロースナノファイバー[6]（以下 CNF，中越パルプ工業製，nanoforest-S B-SB1，竹原料，濃度 1.02%）を選定した．ここで，ルチン，キチン NF を構成するキチン及び CNF を構成するセルロースの構造式を図 1 に示す．その他，希釈溶剤はイオン交換水（以下，IEW）を使用した．

2.2 塗料の調製

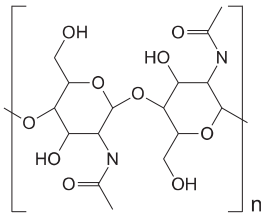
樹脂成分，UVA，IEW のうち，3 種以上を混合振

盪し，種々の水性塗料を調製した．それらの組成を表 1 に記載する．なお，CNF 及びキチン NF 分散液は水を多量に含有しているため，塗料の固形分濃度は 1.5%程度である．

(a)　ルチン



(b)　キチン



(c)　セルロース

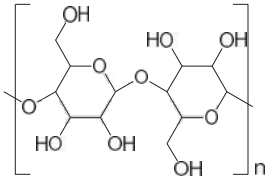


図 1　構造式

表 1　塗料の組成（wt%）

試料名	キチン NF 分散液	CNF 分散液	ルチン	合成 UVA	IEW
塗料①	50.0	-	0.5	-	49.5
塗料②	50.0	-	-	0.5	49.5
塗料③	50.0	-	0.5	0.5	49.0
塗料④	-	98.0	0.5	-	1.5
塗料⑤	-	98.0	0.5	0.5	1.0

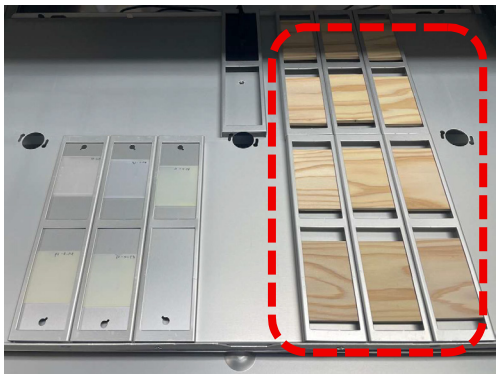


図 2　試験片の設置状況（赤枠内）

2.3 試験片

塗膜の透過率変化を計測するため，50 mm×50 mm の石英ガラス（厚さ1mm）に，バーコーター（松尾産業製，Select-Roller　L60，OSP-120）を用いて，塗料を 1回塗布し乾燥させた．

また，促進耐光性試験による色差変化を計測するため，75mm×50mmのスギ板（板目，厚さ5mm，研磨紙＃240で研磨）に，塗料を片面のみに1回塗布（刷毛，塗布量100g/m^2 ）し乾燥させた．

2.4 光透過率測定

塗膜の光透過率測定には，紫外可視分光光度計（島津製作所製，UV-3600）及び積分球（島津製作所製，ISR-3100）を用いた．ここで，紫外線領域（300-400 nm）での光透過率が低いほど，塗膜が紫外線を遮蔽するため塗装物の耐光性は向上する．

2.5 促進耐光性試験

促進耐候性試験機（Q-Lab 製，Q-SUN Xe-3-HSE）を用いて促進耐光性試験を行った．試験条件は，JIS K 5600-7-7（キセノンランプ法，サイクル C）に基づき，光学フィルタをウィンドウフィルター（Q-Lab 製，Window-Q），放射照度を 50 W/m^2（300-400 nm），ブラックパネル温度を 63 ℃，試験槽空気温度を 38 ℃，相対湿度を 50%に設定して実施した．試験槽内への試験片の設置状況を図 2 に示す．耐光性の評価として試験開始前，50 時間，100 時間，200 時間経過時の色差変化を測定した．

2.6 色差測定

色差（ΔE^*ab）の評価のために，$L^*a^*b^*$色空間における明度 L^*，色度 a^*，b^*について，試験片毎に 4 か所ずつ測色計（コニカミノルタジャパン製，CM-700d）により測定し，平均値を計算に用いた．それぞれの塗装後の木材試験片を基準に，促進耐光性試験を実施した後の試験片の変化量$\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$を求め，計算式(1)から色差を算出した．色差（$\Delta E^*ab$）は値が小さいほど色変化が小さい．

$$\Delta E^*ab = [\,(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\,]^{1/2} \quad \cdots (1)$$

3. 結果及び考察

3.1 光透過率の評価

ルチンを含む塗料①，合成 UVA を含む塗料②，そして両方を含む塗料③の透過率を図 3 に示す．

紫外線領域（300-400 nm）において，塗料①（ルチンを含有）は，320 nm 付近で最も高い透過率を示す一方，塗料②（合成 UVA を含有）は 320 nm 付近で紫外線を最も強く遮蔽する特性を示した．そし

て，塗料③（ルチンと合成 UVA 併用）は塗料①及び塗料②に比べ光透過率が最も低い．

この結果から，ルチンを単独で使用する場合と比べて，ルチンと合成 UVA を併用することで紫外線遮蔽が強化され，より高い耐光性が期待できる．

3.2 色差の評価

促進耐光性試験における塗装試験片（スギ材）の色差変化を図 4 に示す．樹脂成分をキチン NF とした塗料①（ルチンを含有）を塗布した試験片，塗装していない試験片と比較して色差は低下した．さらに，塗料③（ルチンと合成 UVA 併用）では，塗料①よりも色差は低下した．

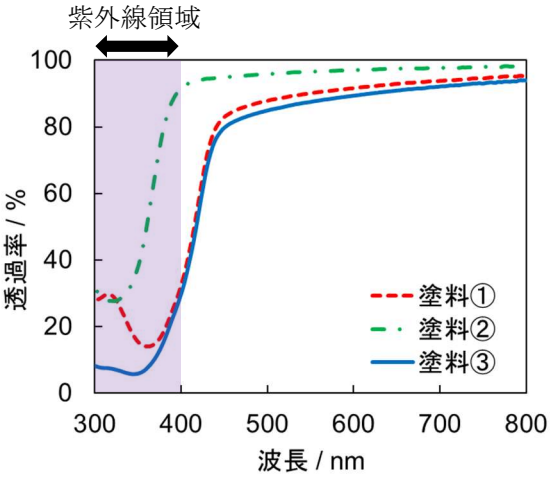


図 3　塗料の光透過率

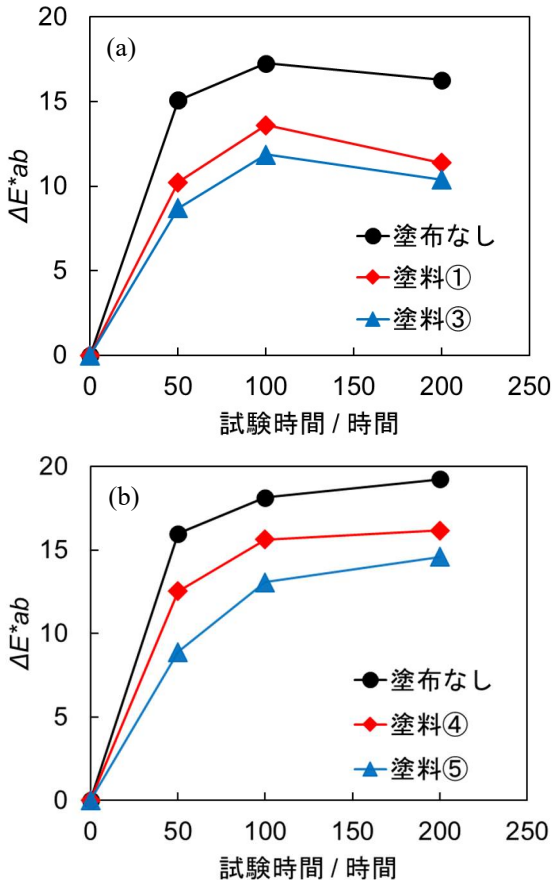


図 4　促進耐光性試験による色差変化
(a) キチン NF，(b) CNF

樹脂成分を CNF とした場合でも同様の傾向が見られ，塗料④（ルチンを含有）と，塗料⑤（ルチンと合成 UVA 併用）を塗布すると色差は大きく低下し，特に塗料⑤でより低くなった．

これらの結果から，樹脂成分が異なってもルチンと合成 UVA を併用することで色差が低下することが確認でき，耐光性試験による色変化をより効果的に抑制できることが明らかとなった．

4. おわりに

本研究ではルチンの効果的な利用技術として，ルチンと光透過率が異なる合成 UVA との併用について検討した結果，紫外線領域で塗膜の光透過率を低下させることができた．また，促進耐光性試験を実施した結果，さらに木材の変色が抑制され，耐光性向上につながる効果が確認できた．

今後は，更なる低環境負荷を目指すため，合成 UVA を代替した塗料の開発を目指す．また，市販用の下塗り塗料としての耐候性向上効果については，促進耐候（光）性試験に加えて，屋外暴露試験により検証する．

本研究を実施するにあたって使用した多検体粉砕機，紫外可視分光光度計，促進耐候性試験機は電源立地地域対策交付金により導入した．

参考文献

1) 木口実，改訂版木材の塗装，木材塗装研究会編，海青社, 235-237 (2010).
2) 久間俊平，田栗有樹，帆秋圭司，平井智紀，矢野昌之，福元豊，佐賀県工業技術センター研究報告書, No.29, 41-45 (2021).
3) Yongfang Qian, Mengjie Qi, Laijiu Zheng, Martin W. King, Lihua Lv, Fang Ye, Materials, Vol.9, No.7, 504 (2016).
4) 久間俊平，帆秋圭司，矢野昌之，田栗有樹，佐賀県工業技術センター研究報告書，No.33，55-59 (2025).
5) 伊福伸介，工業材料, Vol.65, No.8, 52-56 (2017)
6) (a) 矢野浩之，今井友也，工業材料，Vol.65，No.8，18-23 (2017). (b) 近藤哲男，工業材料，Vol.65，No.8, 40-45 (2017).