

動きのある木質部位への透明保護塗材仕上げにおける経年劣化抑制技術の検討

Db18138 白井一輝

1. はじめに

2010 年に「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」が制定され、建築物への積極的な木材の利用が進められている。しかし建築物への木材利用の促進を図る一方で、建材としての木材には、様々な欠点が存在している。仕上げ利用木材において、木材の変色化、木材表層における凹凸の発生がみられ、美観性が低下する。構造利用木材において、防火薬剤が大気中の湿気と反応し、木材表面に水滴として溶出する潮解現象、そしてこれが乾燥することにより木材表面に白く結晶化する白華現象は耐久性だけでなく意匠性にも影響を及ぼす。本研究では静的・動的に動きのある木質部位を想定し、木材表面へ透明保護塗膜を施すことで経年変化の抑制が可能かを検討し、耐久性向上により木材利用の促進を目的とし検討を行う。

2. 透明保護塗材仕上げの研究概要（研究 1,2,3）

2.1 使用材料

表 1 に研究 1 の使用材料と試験体の曝露条件を示す。試験体は柃目、追い柃、板目それぞれの木材を用い、色の比較のため辺材と心材を分けて測定を実施する。ここでは未塗装とアクリルシリコン系透明塗装標準仕様の柃目辺材試験体の劣化進行に着目し、比較・評価を行う。

2.2 実験内容と方法

表 2 に研究 1~3 の試験体の測定項目を示す。継続的な屋外曝露により試験体の退色を観察するため、色差計を用いて計測を行い、色彩値(L*, a*, b*, ΔC*ab)にて評価する。物理変化の観察に質量の測定、表面粗さ測定による Ra 値の評価、60 度鏡面光沢度の評価を行う。研究 2 の試験体には、軽量化、寸法安定性の向上が挙げられるサーモウッド処理木材を使用する。未処理木材、難燃木材、不燃木材の 3 種類を用い、木表面と木口面それぞれの評価を行う。ここでは 試験体の塗装条件別の経過時間における白華の発生および劣化の進行に着目し、比較を実施する。また、研究 3 では、ウッドデッキのような静的・動的な動きが継続する部位での試験を行い、木材の動きに対する評価・調査を行うことと併行して塗膜が膨れ

表 1 塗装・実験条件

No.	研究	種類・寸法 (mm) 曝露開始時期	評価面	塗装条件		曝露 角度
1	1	【仕上材】 ¹⁾ 杉板 300×60×14 2018 年 5 月～	辺材 心材	未塗装		0° 45° 90°
2				市販木材保護塗料 (乳白色)		
3				アルキド樹脂塗料 (ブラウン)		
4				アクリルシリ コン系透 明保護塗料	UV 吸収剤 0.3%	
5					UV 吸収剤 0%	
6					UV 吸収剤 1%	
7					防腐・防カ ビ剤添加	
8					防水材無し	
9	2	【構造材】 ²⁾ サーモウッド処理 木材 (未処理/難 燃/不燃) / 一般木 材 150×60×14 /60×14×14 2019 年 10 月～	木表/ 木口	未塗装 (N)		0°
10				カチオン水 系下塗り材 (ASc)	アクリルシリ コン系透 明保護塗料	
11				弱溶剤系下 塗り材 (ASo)		
12				汎用水系下 塗り材 (ASw)		
13				ウレタン下 塗り材 (ASu)		
14				3		
15	無溶剤系ウレタン塗料					
16	厚膜造膜型					
17	アクリルシリコン系 透明保護塗料					

表 2 実験項目と方法

実験要因	測定項目
色彩測定	$L^*, a^*, b^*, \Delta C^*ab = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$
質量測定	質量(g), 質量変化率(%)
表面粗さ測定	算術表面粗さ Ra (μm)
光沢度測定	60 度鏡面光沢度
外観検査	写真撮影による色調変化、ひび割れ
材質	木表・木裏の動き(反り): 木表(標準)、木裏
	木材の厚みの動き: 標準(19mm)、厚い(40mm)
	木材硬度と動きの関連性: 杉(0.38g/cm ³) イペ(0.95g/cm ³)
	年輪数: 広い(2本)、標準(4~6本)、狭い(8本)
作用する外力	冬目の広さ: 細い(標準)、広い
	静荷重・衝撃荷重: 図 1 に記載
施工法	塗り方: 6 面、1 面(木表板目面 100×100mm)
	塗膜厚: 薄い(0.2mm) 標準(0.4mm) 厚い(0.8mm)
塗膜種類	既存品: 水性アクリルシリコン 比較品: 無溶剤系ウレタン塗料、薄膜造膜型



る要因とその対策を検討する。静荷重・衝撃荷重試験体にはひずみ測定としてひずみゲージの取り付けを表裏2カ所ずつ取り付けを行う。本研究の実験は、研究1は2018年5月、研究2は2019年10月、研究3は2021年11月からの屋外曝露にて行う。

3. 無荷重による透明保護塗材仕上げによる退色防止検証 (研究1)

図2に曝露158週目における未塗装とアクリルシリコン系透明保護塗装の色彩値をまとめたグラフを示す。X軸に屋外曝露の経過時間(週)、Y軸にそれぞれの色彩値をとる。 ΔC^*ab は色彩値 a^* と b^* の初期値からの変化量を求めた値である。はじめに図2a),b)より L^* 値に着目すると、未塗装の試験体は曝露開始から158週目時点においても数値の低下が進行しているのに対し、塗装を施した試験体は曝露開始から158週目時点でも数値の減少が抑えられていることが確認できる。図2g),h)より ΔC^*ab に着目すると、未塗装の試験体は、変化量に変動がみられながらも、 0° 、 45° において約24週目に最も変化量が大きくなり、その後一定の値まで低下し安定する。一方で塗装を施した試験体は、曝露経過時間における変化量にあまり変動がみられず、初期値と比較し色彩の変化が小さいことがわかる。これらより、曝露158週目において、塗装を施した試験体は未塗装の試験体と比較し色彩値の変化を未だに抑えられることが確認できた。一般木材において、木材表面に保護塗膜を施すことが退色変化の抑制に有効であることから、仕上げ材への利用にも期待ができる。

4. 無荷重による透明保護塗材難燃・不燃木材の劣化抑制検証 (研究2)

4.1 2年暴露段階の実験結果

難燃不燃木材・木表面・屋外曝露角度 0° の試験体において、図4に色彩値・重量変化率の検証結果を示す。図4a),b)よりNの L^* 値において、曝露期間中頃に数値の低下とばらつきがみられた。紫外線劣化により春材部分の組織が壊れ、難燃不燃薬剤が溶出し、その部分に雨水が入り劣化がさらに進行したことが原因であると考えられる。これにより保護塗料をしていない場合、約24週で薬剤が溶出することが確認できた。彩度差において難燃木材よりも不燃木材の変化量が大きくなることが確認できた。

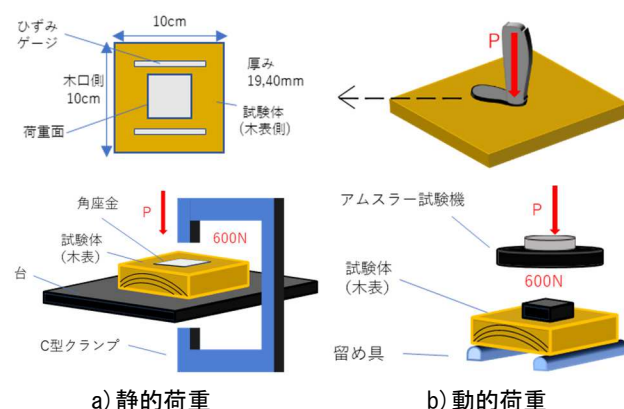


図1 動きのある木質部位想定試験体の荷重方法

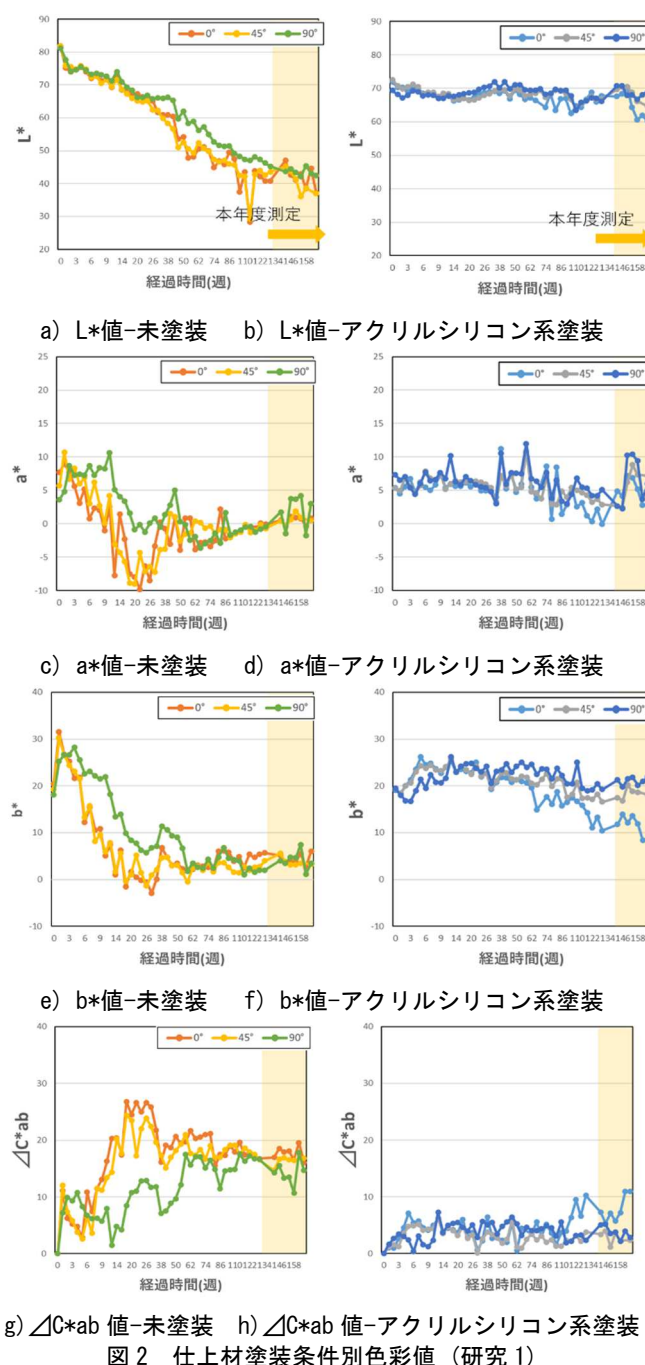


図2 仕上材塗装条件別色彩値 (研究1)

明度・彩度・重量変化率において、未塗装試験体の値のばらつきと変化量が大きく木材の劣化が進んでいることから、表面塗装を施すことで木材の耐久性が向上し、構造材としての利用が期待できる。

4.2 塗膜剥がれによる劣化状況

図3 外観検査より、塗膜膨れが発生している試験体が曝露60週頃3つ確認できた。特徴はいずれも不燃木材で油性下塗り材(ASo)を施している。確定に至ってはいないが、ASoは疎水性のある塗料であるが薄めているため同じ疎水性塗料のウレタン下塗り材(ASu)よりも木との接着が弱く、剥がれている可能性がある。表はどの試験体にも見られる膨れは裏にはほとんど見られないが写真から年輪に沿って剥離していることが確認できた。膨れが発生した試験体にはいずれも上下に細かな傷がついて塗膜が破れており、木口部分の塗膜には浮きがみられる。0°試験体には表面の左下に、45°試験体には左木端の右上と下木口の右下に傷がみられ、90°試験体には目視で確認できる傷は見当たらなかった。木表に発生した大きく膨張した膨れ部分は徐々に萎み水平面の外観検査において平滑に、時間経過とともに剥離部分が広がり表面が薄く白色化し、側面の変化は見られなかった。原因として下塗り材との相性の悪さ、杉の樹脂と油性下塗り材による膨潤、木表に現れた年輪幅の広さと黒色部の広さによる熱変形などが考えられる。これら三種はいずれも不燃薬剤の溶出が確認でき、傷から漏れていることから色彩にも現時点で変化がみられ、今後薬剤の溶出量が増えると共に劣化が加速していくことが考えられる。

白華は0°水性下塗り材(ASc)の一つに塗膜と木材表面の接着境界に見られた。明確な原因が定まらないため、研究3にて条件を分けて評価を行う。

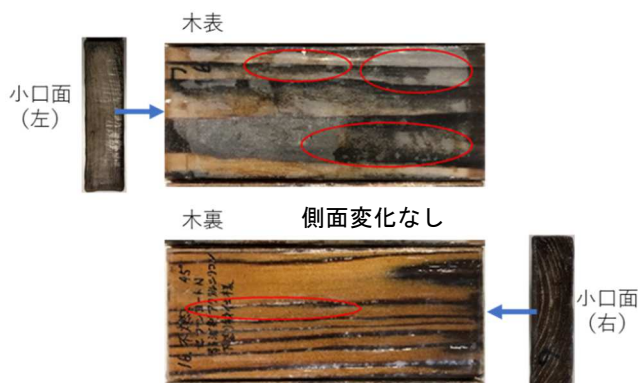


図3 塗膜膨れが発生した不燃木材板目面の外観写真(研究2)

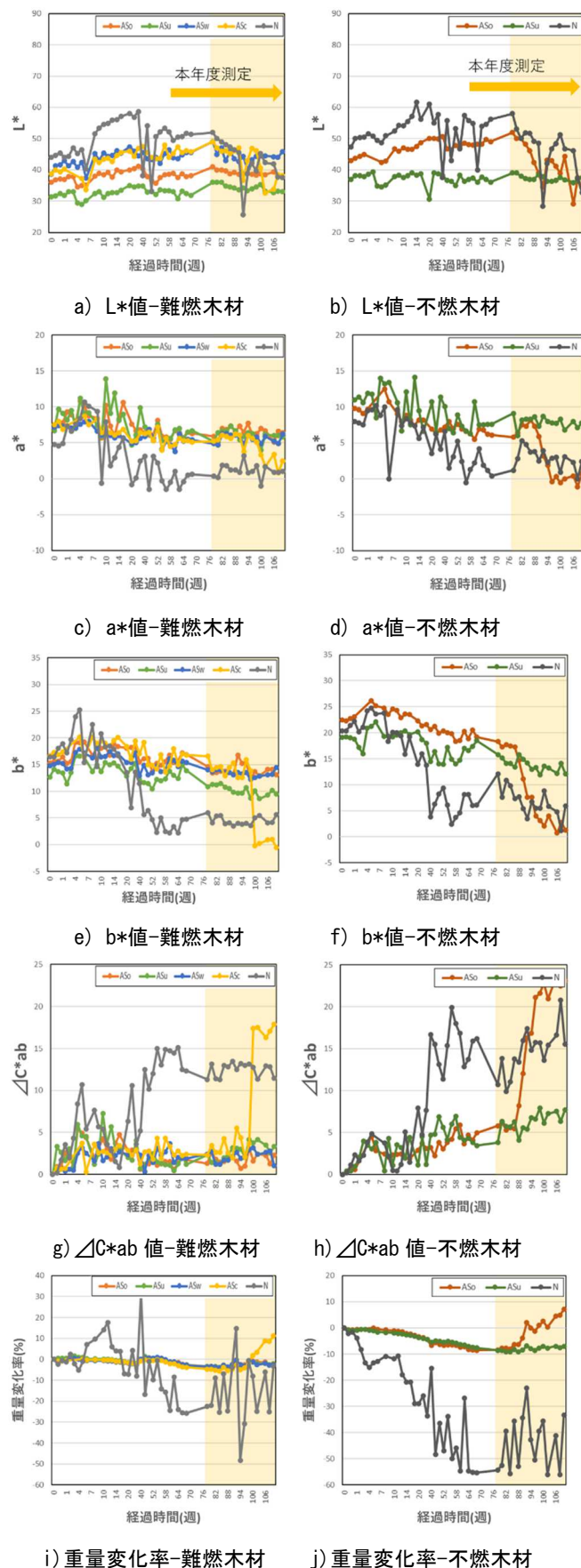


図4 難燃・不燃剤を含浸させた構造木材の色彩・重量変化(2019-2021)(研究2)

5. 静的・動的荷重がある木質部位の表面保護持続性検討(研究3)

5.1 静的荷重を受ける暴露試験体による検討

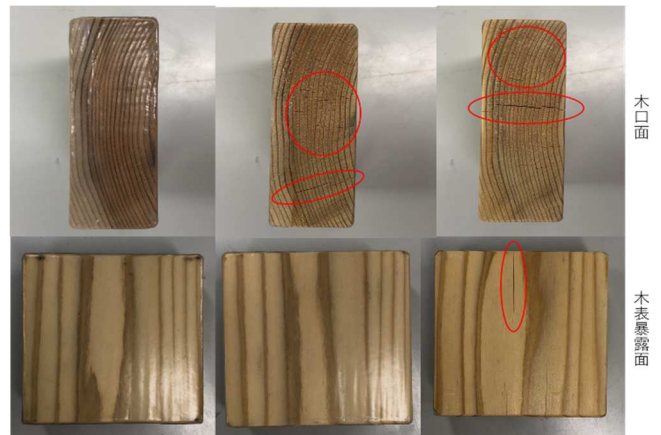
標準暴露試験体において目視によりひび割れを起こしているものが杉の未塗装に多く見られ、図5はその試験体写真である。木口部分から始まり木表側への割れが広がっていく様子が見られ、厚みのある試験体の方が割れが大きく見られた。1面塗り試験体も木口面にひびがある試験体があり、6面塗りでない割れの進行が早いことが分かった。静荷重暴露試験体は木裏側の割れが見られた。また、塗膜厚が厚い試験体は標準に比べて光沢は出るものの汚れの付着がしやすい傾向にあり、塗膜に弾力がある。6面塗り以外の試験体は水分移動の抑制が不十分であるため、木材の反りによる影響を受けやすいと考えられ、現段階での膨れは見られていないため今後も継続して暴露を行う。

5.2 衝撃荷重を受ける暴露試験体による検討

図6にウッドデッキ等での歩行を想定し、アムスラー試験機によって衝撃荷重をかけた試験体の荷重変形曲線を示す。比較項目は塗材の種類と塗り方の違いで評価する。破断するまで荷重をかけた無溶剤系ウレタン塗料と未塗装のデータである。0.6KN $\approx$ 60kgの人が乗ったと仮定した場合の未塗装と比較すると、1面塗りに衝撃荷重が生じた場合の圧縮変形量は、ほぼ同等に変形が進んでいることに対して、6面塗りの場合は、約13.5%圧縮変形量が抑制されていることが分かった。この抑制は、圧縮変形によるひずみが保護膜全体へと分散していることが理由として考えられる。また、この結果はアクリルシリコンでも同様の結果が見られた。

6. まとめ

- 1) アクリルシリコン系透明塗装を木材表面に施すことで、退色・物理的劣化の抑制に有効である。
- 2) 不燃木材油性下塗り材(ASo)は、暴露角度に関係なく木の黒色部(秋材部)に膨れが生じ、木裏より木表に多く、木口面では秋材に沿って見られた。水性下塗り材(ASc)の暴露角度0°木表面において木材と塗膜の間で白華現象が発生した。
- 3) 1面塗装でひび割れは防げず、6面塗りがひび割れや反りなど変形に対して有効である。木表圧縮変形において、未塗装と比較し6面塗りは保護膜全体のひずみが約13.5%抑制され、1面塗りは木表変形への容易な追従がみられた。



a) 6面全面塗布 b) 木表1面塗布 c) 未塗装

図5 保護塗材範囲が相違する試験体のひび割れ性状
(研究3)

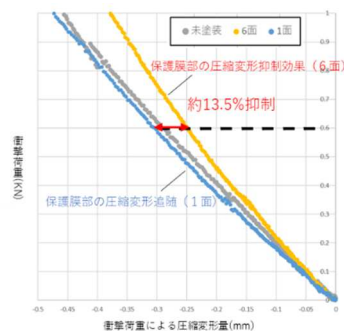


図6 衝撃荷重時の樹脂部圧縮変形特性(研究3)

参考文献

- 1) 小山桃華, 田村雅紀, 奈良利男, 島袋省三, 内藤真弘
各種部位用途の木質材へのアクリルシリコン系保護仕上げにおける変状抑制技術 2020 年度 日本建築学会関東支部研究報告集
- 2) 北畠佳鈴ら, 表面透明保護塗膜を施した不燃処理木材を含む各種木材における経年変化抑制技術 2019 年度 日本建築学会関東支部研究報告集
- 3) 下地啓太ら, 木質建材におけるアクリルシリコン系透明保護塗材を用いた紫外線による退色劣化防止の検証, 2018 年度 日本建築学会関東支部研究報告集
- 4) JIS Z 8729 色の表示方法-L*a*b*表色系 L*u*v*表色系

謝辞

本研究に際し、共同研究者としてご協力いただいた、株式会社セブンケミカルの内藤真弘様、久保田信二様、島袋省三様、奈良研究所の奈良利男様、田村研究室卒業生下地啓太様、北畠佳鈴様、小山桃華様に感謝の意を表します。