

木質建材へのアクリルシリコン系透明保護塗材仕上げによる耐久性向上技術に関する研究

DB19092 河内萌音

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一方で、建材としての木材には、紫外線による老朽化、雨水による糖類等の溶出、物資の腐朽など様々な欠点も存在している。本研究では静的荷重が生じた木質部位を想定し、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。また、木材に含まれる水の放出、大気中の水分吸収によって引き起こるひび割れ現象も透明保護塗膜を施すことで経年変化の抑制が可能かの検討を行う。

2. 透明保護塗材仕上げの研究概要（研究 1,2,3,4）

2.1 使用材料

表 1 に研究の使用材料と試験体の曝露条件を示す。試験体は柾目、追い柾、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柾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 1~4 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・調査を行い検討する。静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。研究 4 では、無垢材のひび割れ傾向を確認するとともに木口部分からのひび割れ抑制効果を検討する。

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	45° 90° 180°	
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)	180°	
10				カチオン水系下塗り材(ASc)		
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	杉(S) 100×100×(19,40) 2021年11月～	木表(s) 木裏(b)	未塗装	180°	
15				アクリルシリコン系透明保護塗料(AS)		
16				AS厚膜造膜型(A)		
17				無溶剤系ウレタン塗料(U)		
18	4	杉(S) 100×100×40 2022年8月～	木口(e)	未塗装	180°	
19				アクリルシリコン系透明保護塗料(AS)		
20				アクリル系水性木材保護塗料(ASW)		
21				アルキド樹脂系油性木材保護塗料(ASO)		

表 2 実験項目と方法

実験要因	測定項目
色彩測定	L*, a*, b*, ΔC*ab=√((Δa*) ² + (Δb*) 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、ひび割れ面積率
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)
	冬目の広さ: 細い(標準)、広い
作用外力	静荷重: 図1に記載
施工法	塗り方: 未塗装、1面、3面、6面、両面(木板板目面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、薄膜造膜型アクリル系水性木材保護塗料、アルキド樹脂系油性木材保護塗料

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 170 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 170 週目時点においても数値の低下が進行している。塗装を施した試験体は曝露開始から 150 週目頃から 0° において数値の減少が確認できた。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、 $0^\circ, 45^\circ$ 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なかったが、140 週目頃から数値のばらつきが確認できた。これらより、曝露 170 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)

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を確認できた。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、構造物としての利用が期待できる。

5. 静的荷重によるひずみ抑制効果試験検討 (研究 3)

図 5 にひずみ変化率の検証結果を示す。X 軸に屋外曝露の

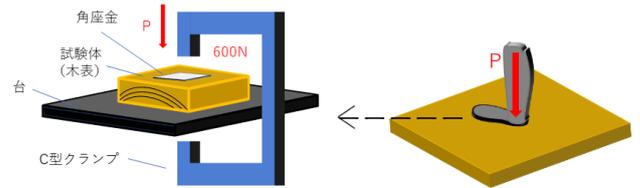


図 1 動きのある木質部位想定試験体の荷重方法 (研究 3)

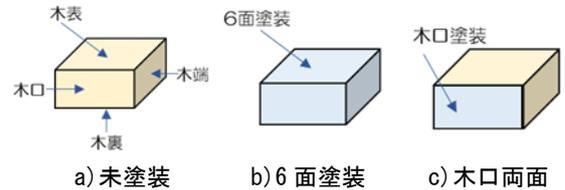
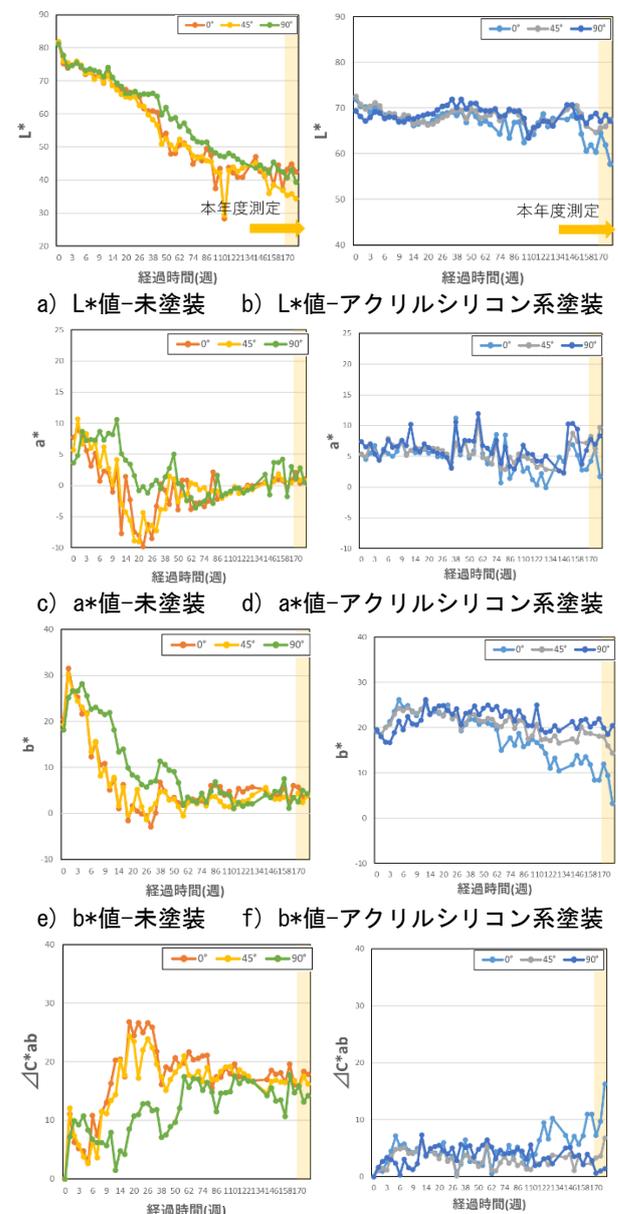


図 2 ひび割れ抑制効果検討試験体塗装例 100×100×40mm (研究 4)



g) ΔC^*ab 値-未塗装 h) ΔC^*ab 値-アクリルシリコン系塗装
図 3 仕上材塗装条件別色彩値 (研究 1)

経過時間(日)、Y軸にそれぞれの収縮ひずみ(μ)をとる。最初は、塗布後一定の期間保管をしたが、室内乾燥であったため残存水分があり、秋時期の初期段階では未塗装と1面塗りに収縮が見られた。屋外で暴露試験を継続した結果、降雨の影響等による膨張や乾燥が継続することによる大幅な収縮が生じることが分かり、1面塗りは未塗装の場合と同様の变形となる傾向がある。裏面の方は表面よりと収縮ひずみが大きい傾向がある。なお、6面塗りの静荷重時の収縮ひずみは木表・木裏ともに大きく変化しないと考えられる。

6. 無荷重による木質建材への透明保護塗材仕上げひび割れ抑制効果検討 (研究4)

6.1 暴露試験体によるひび割れ抑制効果の検討

2021年度の研究3「動きのある外装木製部材・部位への検討試験」にて、暴露試験を行ったところ、木口部分のひび割れを確認した。ひび割れは無塗装にて多く発生し、全面塗装した試験体ではまだ見られていない。また、暴露面のみを1面塗装した試験体では、塗装面周辺において、ひび割れが抑制されているように見えた。以上より、木質建材への透明保護塗材における木口のひび割れ抑制効果が期待できると考えた。

6.2 暴露試験体による木口部ひび割れ面積率の測定結果

図6に測定結果を示す。X軸は経過日数(日)、Y軸に木口部分のひび割れ面積率(%)をとる。表2a)~f)を評価面とする木口はよりひび割れ面積率が高い方とした。また、木口片面

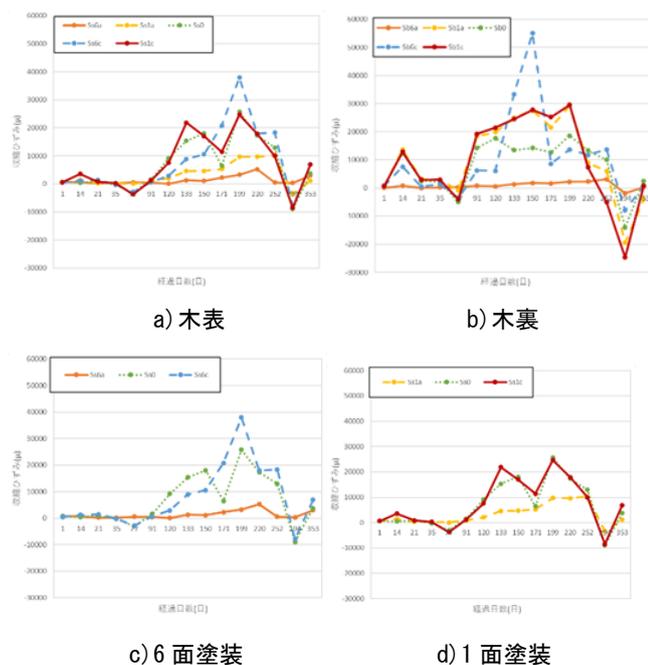


図5 静荷重時木材ひずみ変化(研究3)

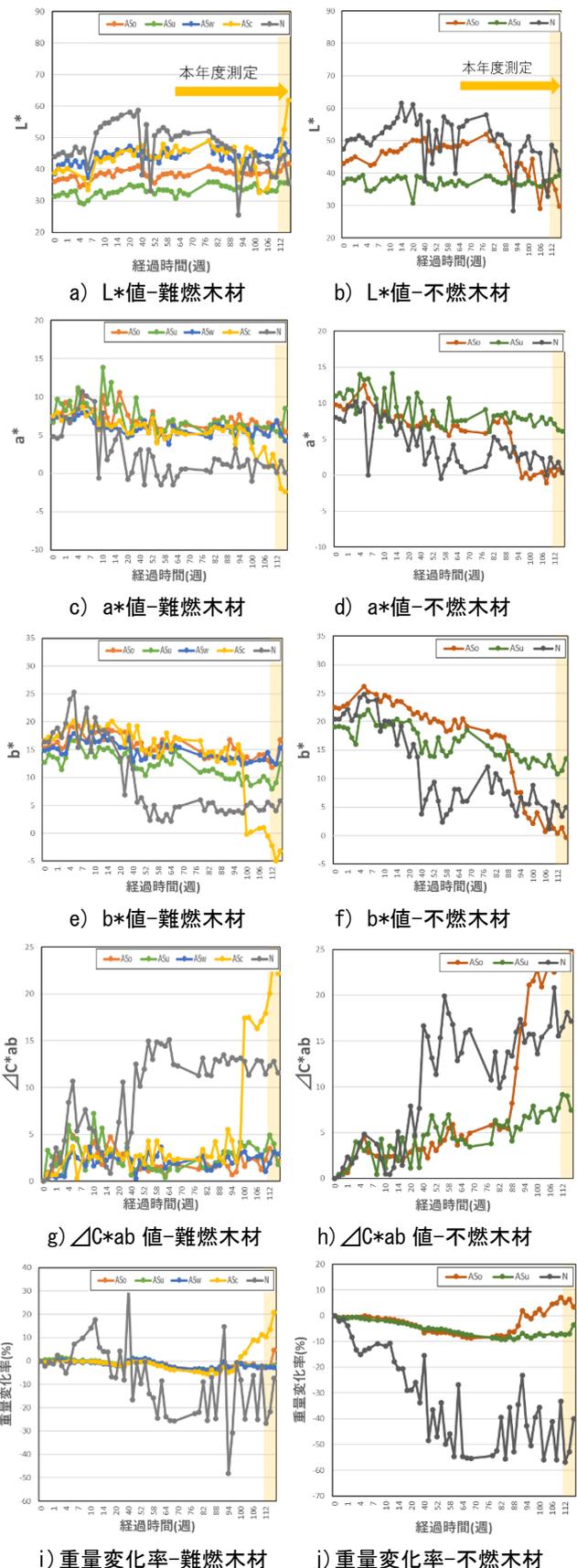


図4 難燃・不燃剤を含浸させた構造木材の色彩・重量変化(研究2)

塗装の試験体では塗装面を評価面とした。まず、各塗材による6面塗装はアクリルシリコン系透明保護塗料と油性木材保護塗料ではひび割れは見られなかった。各塗材による木口両面塗装では、アクリルシリコン系透明保護塗料のみひび割れが見られなかった。以上より、アクリルシリコン系塗材は、塗布部のひび割れを大幅に抑制可能とするが、部位により水分の飽和を遮断するため、ひび割れ部を局所化する弊害があることも確認された。

5. 木材に塗材を施工した際の吸湿性と放湿性の検討(研究5)

図7に試験結果を示す。X軸に経過時間(h) Y軸に重量変化率(%)をとる。試験体は吸湿・放湿試験ともに一辺45mmの立方体で行った。試験面に各塗材を塗装し、試験面以外はエポキシ樹脂等でコーティングする。吸湿試験において木口を各塗材により比較すると、アクリルシリコン系透明保護塗料で抑制効果が見られた。その他の塗材では無垢材との重量変化率に大きな差異は見られなかった。

放湿試験において木口を各塗材により比較すると、アクリルシリコン系透明保護塗料を施工することで放湿を抑制していることが確認できた。反対にその他の塗材では、重量変化率が無垢材と同程度であり抑制効果は確認できなかった。以上より、アクリルシリコン系塗材は、他の市販塗材と比べて木口において吸放湿量を抑制し、ひび割れ発生量を調整する効果がある。

7. 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。
- 3) 静的荷重において6面塗りは、収縮ひずみによる大きい変化がなく、季節変動を抑制できる可能性がある。
- 4) 木口部のひび割れは、アクリルシリコン系透明保護塗料による6面塗装・木口両面塗装で抑制効果の可能性はある。
- 5) アクリルシリコン系透明保護塗料を施工することで、木材の吸湿・放湿を抑制する効果に有効である。

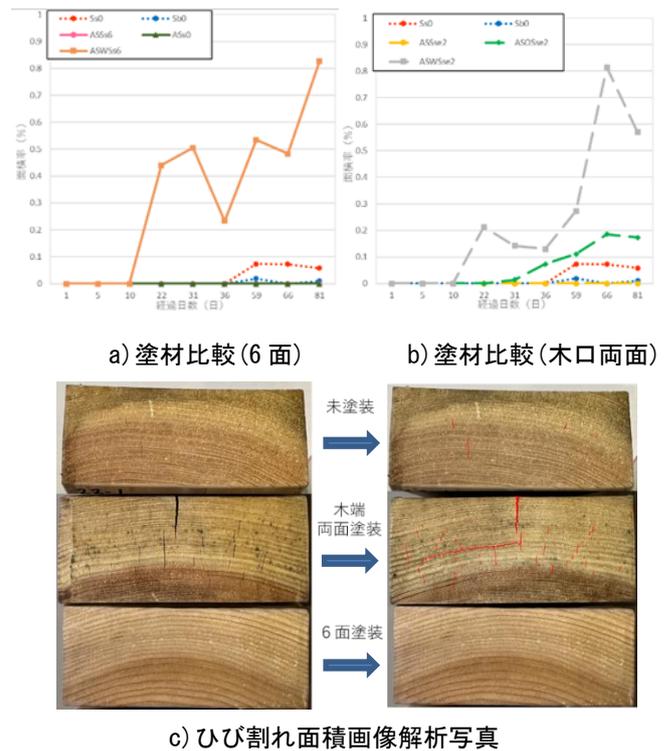


図6 暴露試験体木口部分ひび割れ面積率
(100×100×40mm, 研究4)

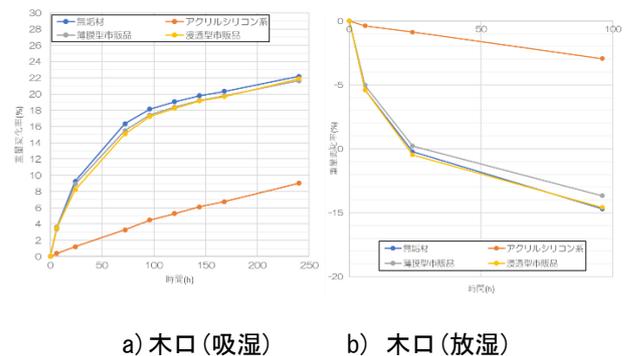


図7 木材に塗材を施工した吸湿・放湿試験
(45×45×45mm, 研究5)

参考文献

- 1) 白井一輝ら, 動きのある木質部位への透明保護塗材仕上げに関する経年劣化抑制技術の検討, 2021年度 日本建築学会関東支部研究報告集
- 2) 小山桃華ら, 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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、株式会社エプ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、田村研究室卒業生白井一輝様に感謝の意を表します。