

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

DB17086 小山桃華

1. はじめに

2010 年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の施行が行われ、建築物においても積極的な木材の利用が進められている。外装材への木材利用が広まっているだけでなく、構造材としての利用にも期待が深まっている。しかし木材は経年劣化により、退色や変色、表面の物理変化が起き、美観性が低下する。また、難燃・不燃木材に関して、経時的な水分の影響による白華の発生や、難燃剤溶出がみられ耐火性の低下が起きる。これらは、雨と紫外線による劣化を防ぐこと、そして難燃・不燃木材表面に保護塗料を施し、外気との水分移動を抑えることで、長期利用が可能になる保護性能を持つと考えられる。本研究は木材に対して表面保護塗装をし、劣化を防止することを目的とする。研究 1 としてアクリルシリコン系透明塗装を用いた木材の退色防止の検証¹⁾、研究 2 として難燃・不燃木材にアクリルシリコン系透明塗装を用いた際の経年劣化防止の検証²⁾、研究 3 として材料施工時に発生する木材の大きさや形状のばらつきと塗装仕上がりとの関連性の比較、研究 4 として長期的な木材劣化度の推定を行い、その中で木材や難燃・不燃木材における表面保護処理による耐久性の向上技術を確認する。図 1 に研究の流れを示す。

2. 透明塗装を用いた木材の退色防止の検証(研究 1)

2. 1 使用材料と試験概要

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。

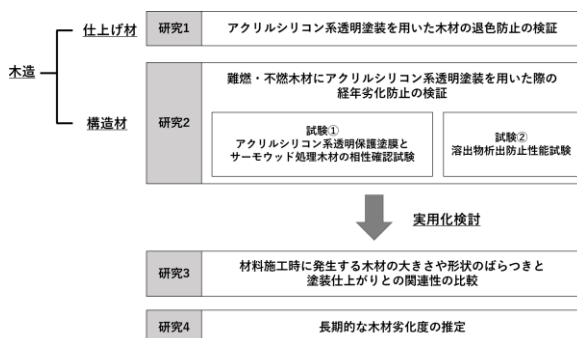


図 1 研究の流れ

表 1 使用材料と塗装条件

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				アクリル シリコン系 透明保護 塗料	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	

表 2 試験体測定項目(研究 1, 2)

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, 質量変化	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
表面積測定	表面積 (mm ²)

表 3 試験体測定項目(研究 4)

実験要因	測定項目
表面粗さ測定	算術表面粗さ Ra (μm)
含水率測定	水分 (%)
質量測定	質量 (g)

表 4 測定箇所とその想定状態(研究 4)

	測定箇所	想定状態	滞留時間
①	45° 裏面	降雨の影響がない初期の木材の状態	短 ↑ ↓ 長
②	90° 表面	下に行くほど水が流れ、軒先に水がたまり続ける状態	
③	45° 表面		
④	0° 表面	雨水がたまり続け、降雨による劣化が激しい状態	

2. 2 実験内容与方法

表2に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。³⁾ 試験体の辺材と心材それぞれ3か所の色彩値の平均を算出し比較を行う。また、降雨や紫外線により、先に木材の色彩が劣化し、後に物理的劣化が起こると考えられる。そこで、物理変化の観察のため、表面粗さ測定によるRa値の評価、60度鏡面光沢度の評価、質量と特定範囲における表面積の測定を行う。表面粗さと光沢度は1つの試験体において5か所の測定を行い、平均を算出する。本研究の実験は2018年5月からの2年半の屋外曝露にて行う。

2. 3 色彩値からみる経過時間における退色確認

図2に曝露118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、図3に柾目試験体の写真を示す。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、塗装を施した試験体は未塗装のものと比較すると、曝露118週目において数値の低下が抑えられていることが確認できた。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° 、 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118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。

3. 難燃不燃木材の透明塗装による劣化防止の検証(研究2)

3. 1 使用材料と試験概要

表1に研究2の使用材料と試験体の曝露条件を示す。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劣化の進行に着目し、比較を実施する。

3. 2 実験内容与方法

表2に試験体の測定項目を示す。色差計を用いて測定を行い、色彩値(L^* , a^* , b^* , ΔC^*ab)にて評価する。また、Ra値・60度鏡面光沢度の評価、質量と特定範囲における表面積を測定する。本研究の実験は2019年からの1年2カ月の屋外曝露にて行う。

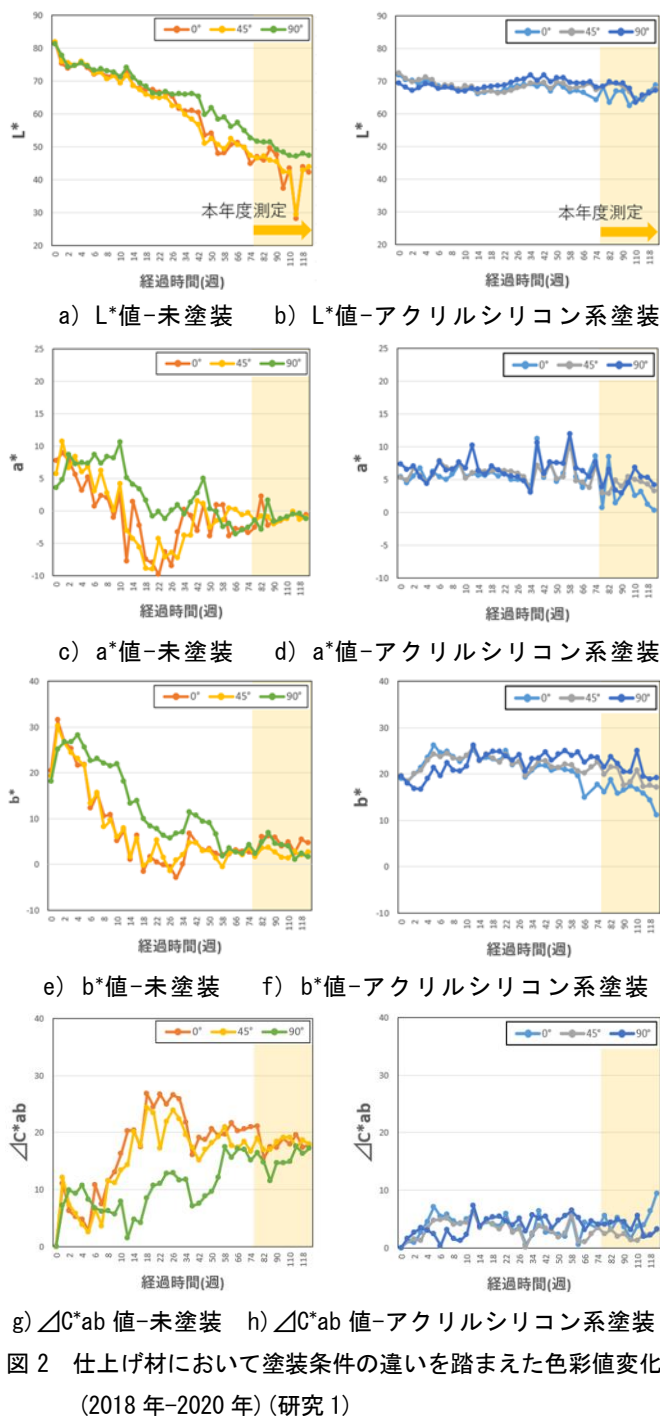


図2 仕上げ材において塗装条件の違いを踏まえた色彩値変化 (2018年-2020年) (研究1)

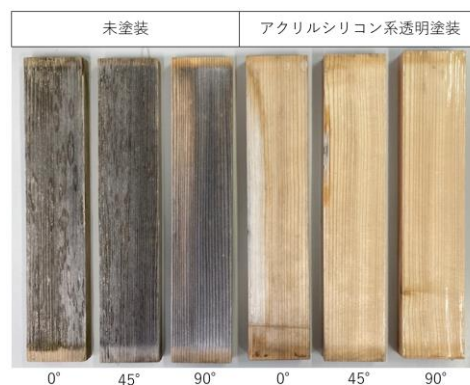


図3 仕上げ材を想定した柾目試験体の色彩劣化の比較 (曝露開始後2年半経過) (研究1)

3. 3 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 に表面粗さ・60 度鏡面光沢度、図 5 に色彩値・重量変化率の検証結果と屋外曝露 1 年 2 カ月経過における未塗装と弱溶剤系下塗り材の試験体外観写真を示す。未塗装試験体において、表面粗さの Ra 値が大きく、また、60 度鏡面光沢度の数値が小さいことが確認できた。さらに図 4a),b)を比較すると、未塗装試験体において不燃木材よりも難燃木材の表面粗さが進んでいる。図 4c)の油性下塗り材(ASo)において、水性下塗り材(ASw,ASc)よりも光沢度の維持が顕著である。図 5a),b)より N の L* 値において、曝露期間後半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。塗装条件別に色彩値の比較をすると、ASo よりも ASu のほうが数値のばらつきが大きく、変状がみられる。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。彩度による色差が大きくなると図 5k)の N のように木材の変状が大きくなる。また図 5i,j)より、木材表面に塗装を施すことで重量変化を抑えられ、外気との水分移動の抑制に有効である。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。白華について現段階では確認できないため継続して評価を行う。

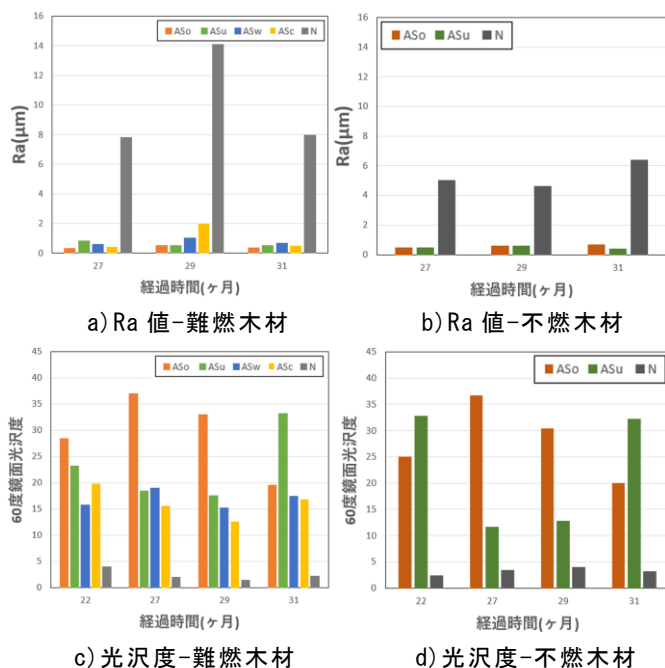


図 4 難燃・不燃剤を含浸させた構造木材の物理変化(研究2)

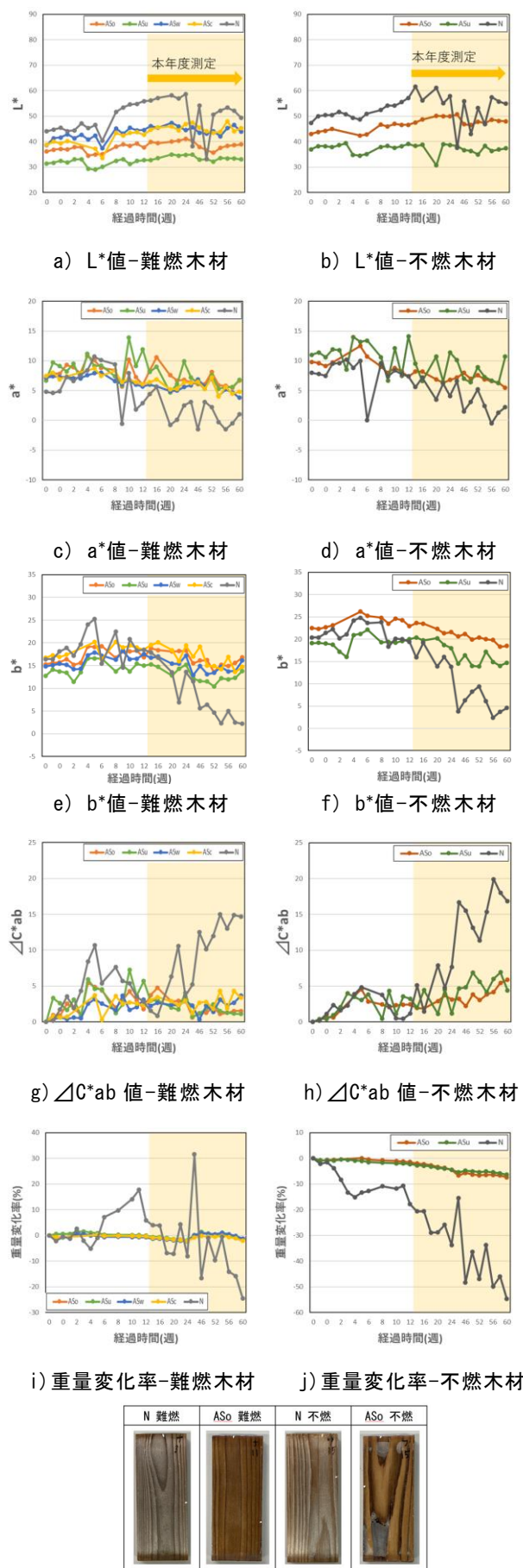


図 5 難燃・不燃剤を含浸させた構造木材の色彩・重量変化(2019 年-2020 年)(研究 2)

4. 実施工木材における塗装仕上りの比較(研究 3)

4. 1 試験概要

実用化に向けての検討のため、長野県飯田市大平宿の屋根に、アクリルシリコン系透明塗装を施した木材を使用し、木材の大きさや形状によって、塗装の仕上がりに違いが生じるか比較を行う。表 1 に研究 3 の使用材料を示す。塗装段階ごとの表面粗さと重量を測定する。また、上塗り終了後の各試験体の平均膜厚を算出する。

4. 2 実験結果

図 6 に塗装段階ごとの木表面と木口面の表面粗さと重量変化率、上塗り後の平均膜厚を示す。図 6(a),b)より、木口面における表面粗さが大きい。しかし、塗装を施すことで表面粗さを小さくできるため、文化財仕様の実施工羽葺き板においても、研究 1,2 のような保護効果が期待できる。また図 6(d)より、形状が悪い木材において、木材表面の凹凸部に塗料が溜まるため平均膜厚がやや大きくなる傾向がある。木材表面の凹凸によって膜厚にばらつきが生じることが確認できた。

5. 長期的な木材劣化度の推定(研究 4)

5. 1 使用材料と試験概要

表 1 に研究 4 の使用材料を示す。表面粗さの数値を用い、外装材として長期利用した際の木材の劣化進行度を推定する。

5. 2 実験内容と方法

表 3 に試験体の測定項目を、表 4 および図 7(c)に木材の測定箇所と測定箇所における想定状態を示す。それぞれの測定箇所は実際の外壁を想定したものとし、①降雨の影響を受けず、何年経過しても降雨による劣化がない状態、②,③上から下へ雨水が流れていき、軒先に水がたまり続ける状態、④雨水がたまり続け、降雨による劣化が起きやすい状態と想定する。それぞれの測定箇所に一定量の水をかけ、5 分ごとに含水率と質量を測定する。測定箇所ごとの含水率と質量が一定の値になるまでの時間を比較し、この時間差を降雨による劣化の速度と仮定する。また、測定箇所ごとに表面粗さを測定する。図 7(a),b)に示すように、縦軸に表面粗さ、横軸に降雨による劣化速度をもとにした想定時間を取り、木材の劣化進行度を推定する。想定時間 25 年において透明塗装を施すことで表面粗さを約 20%抑えることができる。

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) 弱溶剤系下塗り材を難燃・不燃木材に施すことで外気との水分移動を抑制できることから、白華析出が抑えられる可能性がある。

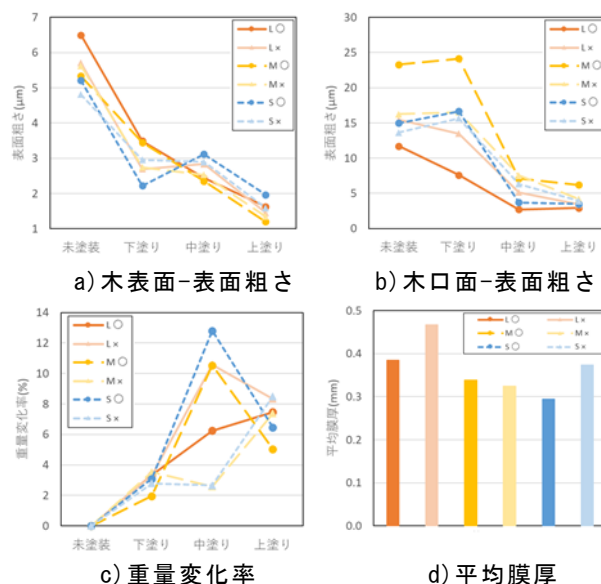


図 6 実施工用羽葺き板における塗装段階ごとの状態

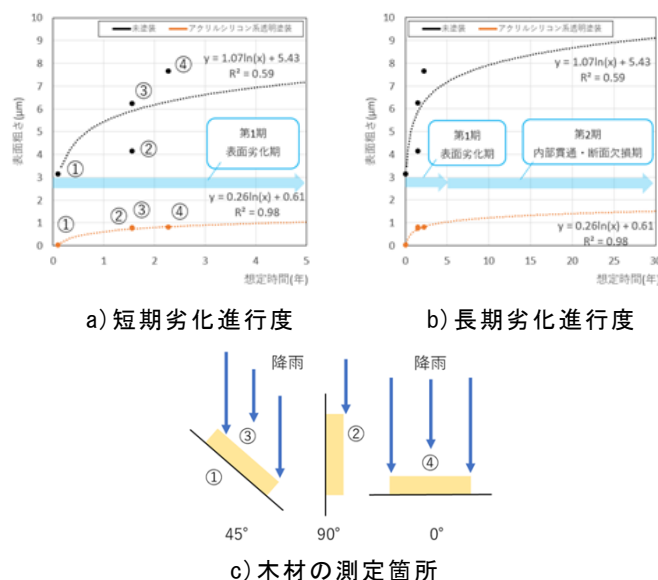


図 7 外装材を想定した劣化進行度

参考文献

- 1)下地啓太、田村雅紀、奈良利男、島袋省三、内藤真弘
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
- 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)JIS Z 8729 色の表示方法-L*a*b*表色系及び L*u*v*表色系

謝辞

本研究は、2020 年度工学院大学私学ブランディング研究に関係し、資材の提供を越井木材に賜り、実験及びデータ処理へご協力いただいた島袋省三氏、下地啓太氏、北畠佳鈴氏に、感謝の意を表します。