

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

DB16111 北 島 佳 鈴

1. はじめに

日本は国土面積の 3 分の 2 以上を森林が占め、世界でも 有数の森林国である。現在では、「木育」など木材の利用の 促進に関する取り組みが行われている。また、建築物においても CLT などの利用により木質建築物の幅が広がっている。このような、木材に付加価値を与え、より耐久性に優れた木材の開発が進められ、需要も高まっている。また、木材の耐火性の問題が挙げられる中、木材に不燃剤を注入し基準となる燃焼時間を満たすことで難燃材料・不燃材料として使用が可能となる。一方でこれらの木材は経時的な水分の影響により溶出物の析出や白華の発生がみられ、これらは耐火性の低下だけでなく意匠面にも影響を及ぼす。解決策として木材の表面に保護塗料を塗装し、外気 との水分移動を抑える方法が存在する。

本研究は難燃剤を注入した木材の表面保護塗装による耐久性向上を目的とし、研究 1 としてアクリルシリコン系クリア塗装を用いた木材退色評価、研究 2 として難燃・不燃木材における湿度環境や評価面別の重量変化率の推移の比較、研究 3 として画像解析による木材表面に析出する溶出物の割合の推移の比較、研究 4 として難燃・不燃木材の表面透明保護処理による白華の抑制技術の検証を行い、その中で、木材や難燃・不燃木材における表面透明保護処理による耐久性の向上技術を確認する。

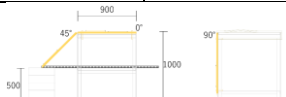
2. アクリルシリコン系クリア塗装を用いた木材退色防止の検証(研究 1)

2. 1 使用材料と試験概要

表 2 に研究 1 の使用材料と試験体の曝露条件を、表 3 に実験要因と水準を示す。試験体には実際に外装材として使用される場面を想定して柃目、追い柃、板目の水準を設け、色の比較のため辺材、心材と分けた。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。

表 1 試験体測定項目 (研究 1, 2, 3, 4)

実験要因	測定項目
色彩計測定	$L^*, a^*, b^*, \Delta C^*ab = \sqrt{((\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$
質量測定, 質量変化	質量(g), 質量変化率(%)
外観検査	画像解析, 写真撮影



曝露試験台東側立面図 (寸法: mm)

曝露試験台写真

表 2 使用材料と湿度条件、塗装条件 (研究 1, 2, 3, 4)

No.	湿度環境条件/ 曝露角度	塗装条件		試験体の 種類	寸法 (mm)	評価 面
1	0° 45° 90°	未塗装		杉板	300×60×14	辺材 心材
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				
5		アクリル シリコン系 透明保護塗料	UV 吸収剤 0.3%			
6			UV 吸収剤 0%			
7			UV 吸収剤 1%			
8			防腐・防カビ 材添加			
9			防水材無し			
10		未塗装				
11	下塗り材なし (ASn)	アクリルシリ コン系 透明保護 塗料				
12	弱溶剤系アクリル シリコン下塗り材 (ASo)					
13	水系下塗り材 (ASw)					
14			ウレタン下塗り材 (ASu)			
15	低湿度環境	未塗装		無処理/ 難燃/不燃	50×60×14	木表
16				難燃/ 不燃		
17	無処理/ 難燃/不燃				50×60×14	
18				乾湿繰返し 環境	14×60×14	
19				高湿度環境	50×60×14	木表
20					14×60×14	
21					50×60×14	木表
22					14×60×14	
23					50×60×14	木表
24					14×60×14	
25		50×60×14	木表			
26	14×60×14	木口				
27	アクリルシリ コン系透明 保護塗料		水系 下塗り材		無処理/ 難燃/不燃	50×60×14
28						
29						
30						
31						

表 3 実験の要因と水準

項目	実験要因	実験水準
研究 1 木材退色防止の 検証	材種	杉板
	曝露期間	76 週
	塗装条件	未塗装, 市販木材保護塗料, アルキド樹脂塗料, アクリルシリコン系透明保護塗料 (UV 吸収剤 0.3%, 0%, 1%, 防霉・防カビ材添加, 防水材なし)
	曝露角度	0°, 45°, 90°
研究 2 湿度・評価面別 重量変化率	材種	熱処理木材 (無処理, 難燃処理, 不燃処理)
	湿度条件	高湿度 (85%), 乾燥 (33%), 乾湿線返し
	評価面	木表, 木口
研究 3 画像解析による 溶出物の割合	材種	サーモウッド処理木材 (難燃処理, 不燃処理)
	湿度条件	高湿度 (85%), 乾湿線返し
	評価面	木表
研究 4 白華発生の抑制 技術の検証	材種	サーモウッド処理木材 (無処理, 難燃処理, 不燃処理), 一般木材
	曝露期間	12 週
	塗装条件	未塗装, アクリル シリコン系透明保護塗料 (水系下塗り 材, アクリルシリコン下塗り材, ウレタン下塗り材, 下塗り材なし, 水系下塗り材)
	曝露角度	0°, 45°, 90
	評価面	木表, 木口

2. 2 実験内容与方法

表 1 に試験体の測定項目を示す。研究 1 の試験項目は、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*)にて評価する¹⁾²⁾。その際、重量も共に計測する。本研究の実験は 1 年半の曝露試験にて行い、定期的に試験体の色彩値、試験体重量の測定を測定する。今回は試験体辺材と心材それぞれ三カ所の色彩値の平均を算出し、評価を行う。

2. 3 色彩値からみる経過時間における退色確認

図 1 に曝露 76 週目における未塗装とアクリルシリコンコンクリート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。ここでは表 3 に示した 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。

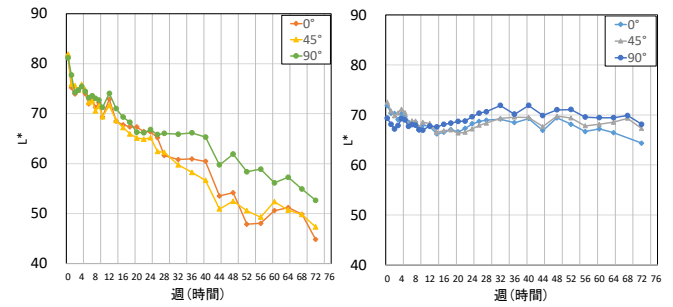
はじめに図 1a),b)より L*値に着目すると、塗装を施した試験体は未塗装のものと比較すると、曝露 76 週目においても大きな変化は見られない。また、未塗装の試験体の曝露時間が長くなるにつれて、曝露角度 0°、45°における数値の変化が 90°と比較して大きくなることわかる。図 1g),h)より ΔC^*ab に着目すると、未塗装の試験体は変化量に変動がみられながらも、0°、45°において約 24 週目に最も変化量が大きくなり次第に初期値との色彩の変化量が小さくなる。一方で塗装した試験体は、曝露経過時間における変化量にあまり変動がみられず、初期値と比較し色彩の変化が小さいことがわかる。

これらより、曝露 76 週目において、塗装を施した試験体が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分かる。また、塗装を施した試験体は色彩値の変動が小さいことから曝露初期と比較し、色味に変化が見られないことがわかる。

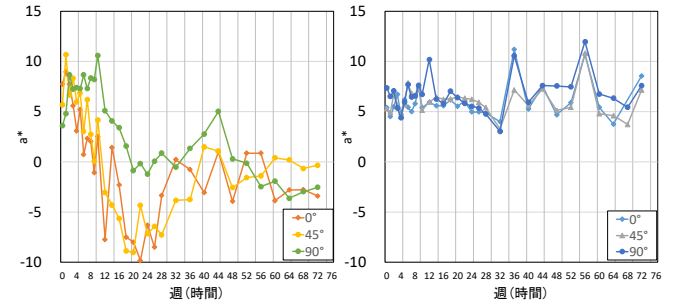
3. 難燃・不燃処理木材において湿度環境や評価面別の重量変化率の推移の比較 (研究 2)

3. 1 使用材料と試験概要

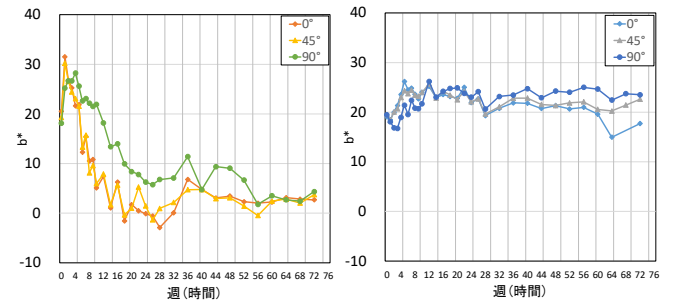
試験体には、軽量化、寸法安定性の向上が挙げられるサーモウッド処理木材を使用する。試験体は、表 3 に示す未処理木材、難燃木材、不燃木材の 3 種類を用い、表 4 に示す湿度環境条件別の比較、図 4 の d)に示す木口面と木表面を用いた湿度環境条件別の比較・評価を行う。さらに、溶出物の析出が最も見られた高湿度環境下で表面透明保護塗膜処理を施した際の試験体表面における溶出物の発生の違いに着目し、評価を行う。評価面以外はエポキシ樹脂系接着剤の塗布により、外部からの水分移動を遮断した。高湿度環境では塩化カリウム、低湿度環境では塩化マグネシウム六水和物による飽和塩法を用いて湿度条件をそろえる³⁾。ここでは湿度環境や、評価面ごとの試験体の重量変化について比較・検証を行う。



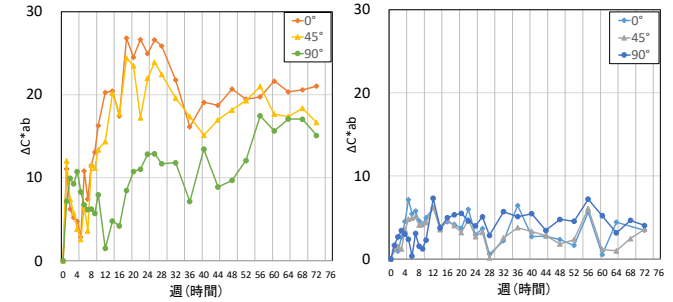
a) L*値-未塗装 b) L*値-アクリルシリコン系塗装



c) a*値-未塗装 d) a*値-アクリルシリコン系塗装



e) b*値-未塗装 f) b*値-アクリルシリコン系塗装



g) ΔC^*ab 値-未塗装 h) ΔC^*ab 値-アクリルシリコン系塗装

図 1 未塗装・アクリルシリコン塗装試験体色彩値 (研究 1)

表 4 試験方法 (研究 2)

項目	実験要因	実験水準			
		湿度条件	温度	湿度	継続時間
研究 2	保管試験	高湿度環境	40℃	85%	24 時間
		低湿度環境	10~25℃	33%	24 時間
		乾湿繰返し環境	40℃	85%	18 時間
			10~25℃	33%	6 時間

3. 2 試験方法

試験体を図 2 の b) に示すように、密封容器内に水平に静置し、表 4 に示す実験方法により、溶出物の発生を 3 つの湿度条件下で行った。乾湿繰り返し環境では、高湿度環境(40℃/85%/18 時間)、低湿度環境(10~30℃/33%/6 時間)を 1 サイクルとして 10 サイクル測定を行う。1 サイクルごとにそれぞれの湿度条件における試験体の写真撮影および重量変化率の算出を行う。また、経時による溶出物析出の割合を確認するため、重量測定時に試験体表面に析出した溶出物の拭取りを行う。

3. 3 実験結果に基づく湿度条件別の重量の推移

図 3 に湿度条件別の質量変化率の推移の特性を示す。x 軸に経過時間(日)、y 軸に重量変化率(%)をとる。はじめに、a), b) より、高湿度環境における重量変化率は低湿度環境と比較して大きく、低湿度環境では重量の変化が殆どみられないことがわかる。また、a), c) より、高湿度環境・繰り返し環境では、難燃木材における重量変化率が無処理木材・不燃木材と比較し大きくなる。このことから、難燃・不燃木材は湿度が高いほど重量に影響が及びやすく、難燃木材は無処理木材・不燃木材と比較し、重量変化率が大きい傾向にあることがわかる。また、図 4 に、経過時間(日)における木表と木口の重量の変化率(%)を示しており、a), b), c) より木口は木表と比較して重量変化率が大きく、難燃木材における重量の増加が最も大きくなる。

4. 画像解析による木材表面における溶出物の割合の推移の比較(研究 3)

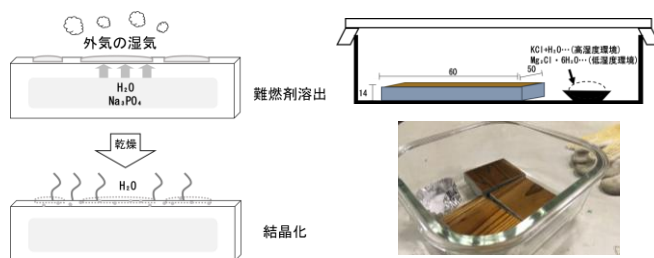
4. 1 使用材料と試験概要

表 3 に使用材料を示す。本試験では、研究 2 で確認された高湿度環境下・繰り返し環境下における溶出物を power point を用いてスケッチし、LIA for Win32 を用いて画像解析を行い、試験体の溶出物の析出割合及び累積率を算定する。析出した溶出物の面積を試験体表面の面積で除したものを溶出物割合として算出する。

4. 2 実験結果に基づく湿度条件別の溶出物の比重

図 6 に湿度環境別の発生した溶出物の析出割合と累積率の推移のグラフを示す。x 軸に経過時間(日)、y 軸に試験体表面に対する溶出物析出割合(%)と累積率(%)をとる。

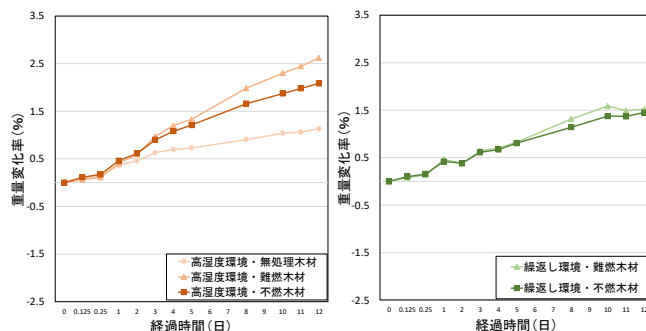
図 6a), b) より、高湿度環境、乾湿繰り返し環境双方において、難燃木材の木材表面に対する溶出物の占める割合が大きい。また、高湿度環境、乾湿繰り返し環境共に、難燃木材が 短い時間で溶出物の析出がみられた。



a) 白華現象

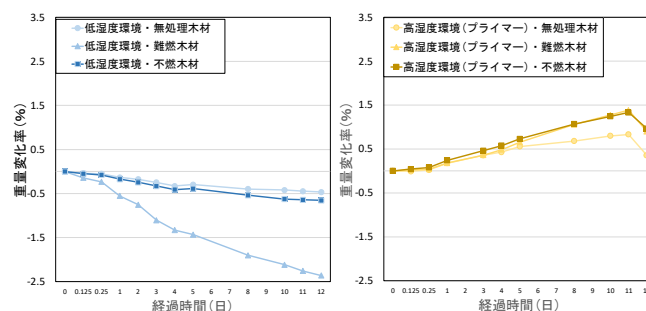
b) 保管試験の条件

図 2 白華現象のメカニズム・保管試験の条件



a) 高湿度環境

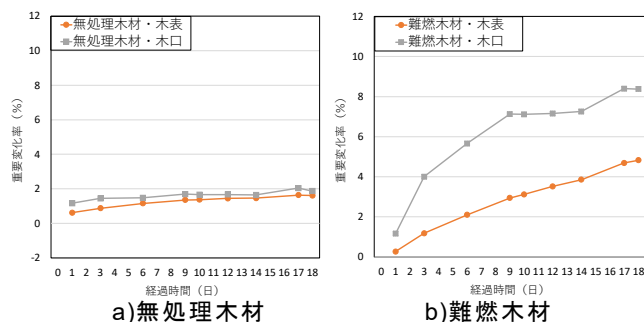
b) 低湿度環境



c) 繰り返し環境

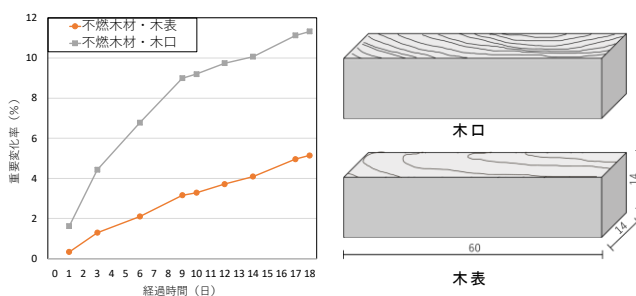
d) 高湿度環境(プライマー塗装)

図 3 湿度条件別の重量変化率の推移(研究 2)



a) 無処理木材

b) 難燃木材



c) 不燃木材

d) 評価面(寸法: mm)

図 4 評価面別の重量変化率の推移(研究 2)

5. 難燃・不燃木材の表面透明保護処理による白華の発生 の抑制技術 (研究 4)

5. 1 使用材料と試験概要

表 3 に研究 4 の使用材料と試験体の曝露条件を示す。研究 2 において、難燃木材における重量変化率が大きいことから、難燃木材における塗装条件に下塗り材なしアクリルシリコン、水系アクリルシリコンの 2 つの要素を追加し 0° の角度にて経過を観察する。評価面は木口面と木表面の 1 面とし、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の進行に着目し、比較・評価を行う。

5. 2 試験内容与方法

表 1 に試験体の測定項目を示す。研究 4 の試験項目は、継続的な屋外曝露により試験体表面における白華の発生の進行を観察するため写真撮影を行い、評価する。その際、重量計測も共に行う。さらに、継続的な屋外曝露により色彩値にどのような変化がみられるかを観察するため、色差計を用いて計測を行い、色彩値にて評価する。また、研究 2 で木口面の重量変化率が大きいことから木口からの水分移動が多いと考え、研究 1 において退色の進行が早かった 0° の角度において、写真撮影および重量測定を行う。本研究の実験は 2 カ月の曝露試験にて、比較・評価を行う。

5. 3 実験結果に基づく経過時間毎の重量変化率の比較

図 7 に塗装条件別の重量変化率の比較を示す。これらのグラフより、下塗り材に弱溶剤処理のアクリルシリコンを用いた試験体はウレタン下塗り材を用いた場合と比較し、初期段階における重量変化率は大きく変わらない。

6. まとめ

表面透明保護処理による木材・難燃・不燃木材の経年変化の抑制技術の試験により、以下の知見が得られた。

- 1) アクリルシリコン系クリア塗装を杉板表面に施すことにより退色劣化への防止策として有効である。
- 2) 各種下地処理を施した透明保護により、温湿度環境によって不燃剤の析出に違いがみられる。
- 3) 難燃化・不燃化した木材の長期曝露試験を開始し、弱溶剤系の下塗り材で重量変化が抑えられ白華析出が抑えられる可能性がある。

参考文献

- 1) 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
- 2) JIS Z 8729 色の表示方法・L*a*b*表色系及び L*u*v*表色系
- 3) JIS A 1470 湿度変動による吸放湿試験方法

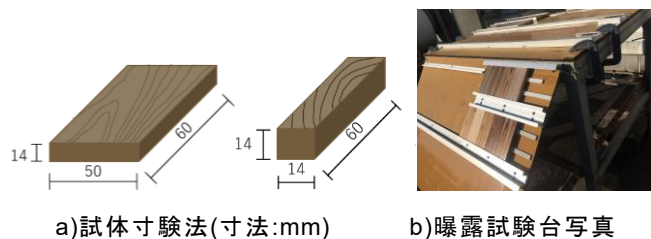


図 5 試験体概要

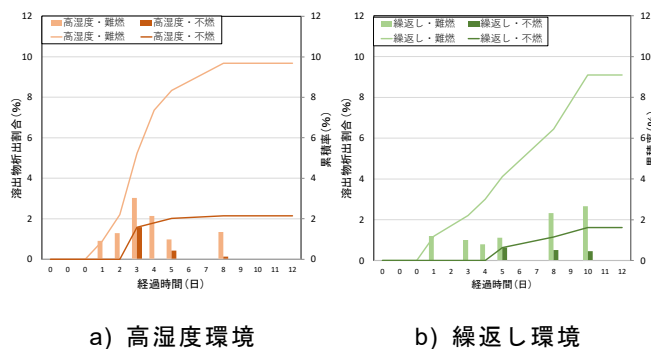


図 6 湿度条件別の溶出物析出割合と累積率 (研究 3)

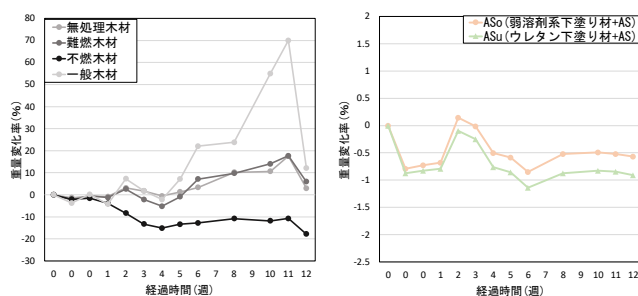


図 7 塗装条件別の重量変化率の推移 (研究 4)

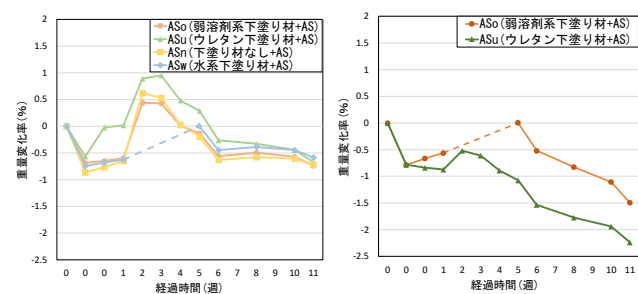


図 7 塗装条件別の重量変化率の推移 (研究 4)

謝辞

本研究は、2019 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のご協力いただいた島袋省三氏、下地啓太氏、本学 3 年小山桃華さんに、感謝の意を表します。