

難燃薬剤処理木質材料の性能に関する研究

—各種耐候性試験における美観性の評価—

日大生産工(学部) ○中菌 聖子
日大生産工 永井 香織

1. 目的

木材は2000年の建築基準法改正により、一定の性能基準を満たせば「不燃材料」として大臣認定されるようになった。加えて、2010年の「公共建築物等木材利用促進法」の制定により、日本で木材を利用して公共建築を建てる動きが強まった。さらに、本年2021年6月には「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」¹⁾が公布され、木材の利用の促進に取り組む対象が、公共建築物等から民間建築物を含む建築物一般に拡大された。

しかし、2018年に1都6県25施設のうち、19施設で難燃処理木質材料(以下難燃処理材と示す)が白華現象の影響により耐火性が低下しているデータが公益財団法人日本住宅・木材技術センターより発表された。主に屋内と屋外で使用されている木材に白華現象がみられ、屋外の雨にさらされる場所で木材が使用されると薬剤の流失により防火性能が屋内より不足する可能性がある²⁾と示されている。本来、屋内用の不燃・準不燃木材が屋外で使用されると、想定以上の劣化が起これ耐火性、美観性に影響を与えると想定される。

本研究では、大臣認定を受けた不燃・準不燃木材を使用し、難燃処理材を外装材として用いる場合の美観性の低下の把握を目的とし実施している。本報告は、促進耐候性試験および浸漬試験を行い評価した結果を述べる。

2. 試験体概要

試験体形状を図1に、試験体概要を表1に示す。

表1 試験体概要

記号	薬剤	含浸方法	塗装	樹種	寸法(mm)	n数	試験体数(個)
A	リン酸アミノ樹脂系 無	加圧減圧注入	無				
B	リン酸窒素系単層積層材 無	加圧減圧注入	ウレタン樹脂系塗装 無	スギ	100×100×15	3	54
C	含水ホウ酸塩・無機リン酸系 無	真空加圧注入	無				
D	ホウ素系 無	温煮沸処理	無				

試験体寸法は表面の変化を十分に確認できる大きさの100×100×15mmとした。

3. 試験方法

3.1 耐候性試験

3.1.1 促進耐候性試験

試験は、JIS5600(7-7)に準拠し、屋外の環境条件(温度、湿度、雨)を人工的に再現し、劣化を促進する促進耐候性試験機(S社スーパーキセノンウェザーメーター)を用いて行う。1週間ごとの寸法の変化、色彩を計測する。試験期間は4週間とした。本試験期間は屋外での8ヶ月に相当する³⁾。

3.1.2 浸漬試験

試験は、難燃薬剤ごとに水を容器(260×385×150mm)に7L準備し試験体を浸漬させた。試験体は各6体とした。試験期間は1ヶ月とし、1週間ごとに試験体を取り出し評価を行った。

3.2 評価項目

3.2.1 目視観察

表面劣化は、白華、退色、変色、変形について目視観察にて行った。白華については、白華の有無、発生時期、発生箇所、発生割合(%)を確認した。美観性については、退色、表面の汚れ、表面の荒れについて確認した。

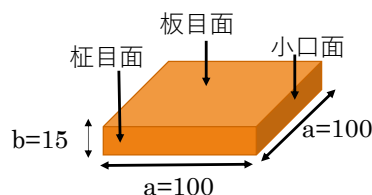


図1 試験体形状

Research on the performance of flame retardant-treated wood-based materials.
— Evaluation of aesthetics in various weather resistance tests. —

Seiko NAKAZONO and Kaori NAGAI

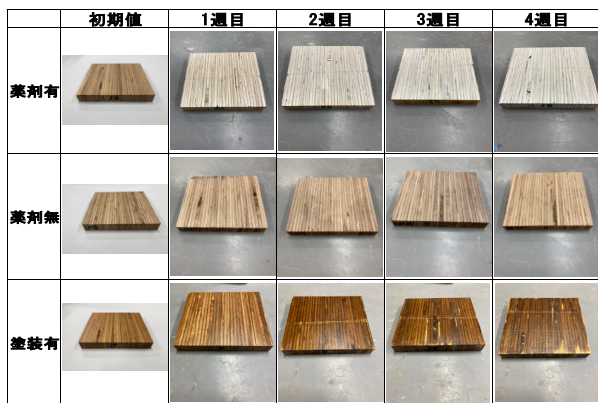


図3 促進耐候性試験 B 社試験体経過図

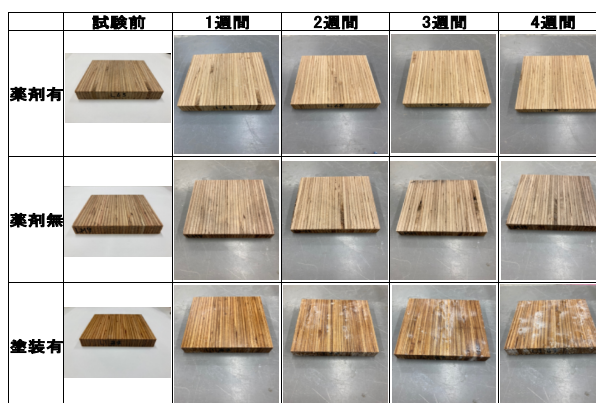


図4 浸漬試験 B 社試験体経過図

表2 促進耐候性試験目視観察

		薬剤A	薬剤B		薬剤C	薬剤D
		有	有(塗装無)	有(塗装有)	有	有
白華	有無	有	有り	有り	有り	有り
	時期	1週目～	3週目～	1週目～	2週目～	1週目～
	箇所	小口面と板目面	小口面	小口面	板目面	小口面と板目面
		ごく薄く	ごく少量	薄く年輪に沿って	ごく薄く	表面に薄く
割合 (%)	10%	5%	15%	5%	35%	

表3 浸漬試験目視観察

		薬剤A	薬剤B		薬剤C	薬剤D
		有	有(塗装無)	有(塗装有)	有	有
白華	有無	有	有り	有り	有り	有り
	時期	1週目～	3週目～	1週目～	3週目～	試験前から有り
	箇所	小口面と板目面	小口面	小口面と板目面	小口面	小口面と板目面
		表面に薄く	ごく薄く	つぶ状	ごく薄く	全体的に薄く
割合 (%)	10%	5%	80%	5%	90%	

3.2.2 寸法測定

耐候性試験の前後での寸法変化は、JIS A 1003に準拠してデジタルノギスを用いて測定した。

3.2.3 色差測定

色差測定は、色彩色差計 (CR-400 C社) を用いて行い、L*a*b 表色系で測定を行った。色差 ΔE^*ab はJIS Z 8730に準拠し(1)式より求めた。

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

E: 色差 L: 明度 a, b: 色度

なお、測定箇所は、図2に示す9箇所とし、その平均を求めた。色彩計の測定面は $\phi 7\text{mm}$ で、試験体の木目を避けるように測定した。

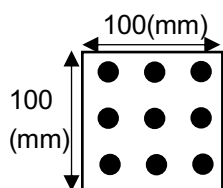


図2 色差測定箇所

4. 試験結果

4.1 目視観察

4.1.1 促進耐候性試験

目視による白華の観察結果を表2に、試験経過写真を図3に示す。表面状態は全ての試験体が薬剤の有無に関係なく退色した。退色は、紫外線による影響で木材に含まれる色素成分が分解される現象⁴⁾である。また変形は、光酸化反応によって木表面のリグニンが分解され、表面強度が低下し変形が発生した⁴⁾と考える。

白華の状況について写真1に示す。薬剤有りの全ての試験体で1週目から小口面と板目面から始まり薄く発生した。特に薬剤Dに多く見られた。薄く表面に広がる粉のような白華の形状が目視で確認できた。

4.1.2 浸漬試験

目視による白華の観察結果を表3に試験経過写真を図4に示す。促進耐候性試験に比べ全体的に表面の汚れ、白華が多く確認できた。薬剤無しの試験体よりも、薬剤有りの試験体の方

が水による退色の影響が少ないことが分かった。

白華の状況について写真 2 に示す。薬剤 B の塗装有りでは、0.5mm ほどの粒状での白華が確認できた。また、板目面よりも小口面からの白華発生時期が早く、発生量が多く確認された。全ての薬剤有り試験体で白華が確認できたが、塗装を行ったものは特に白華量が多かった。塗装木質建材を行うと白華が抑制できる⁹⁾という報告があるが、過酷な環境下では、小口もしくは塗膜劣化などの要因で白華が発生する結果となった。

4.2 寸法変化

4.2.1 促進耐候性試験

寸法変化を図 5 に示す。薬剤有りの試験体は薬剤無しの試験体に比べ収縮しており、試験の前後で最大で約 3% 変化している。特にホウ酸系の変化率が高い傾向を示した。これは紫外線により表面の強度が落ち、反り割れの影響で収縮したと推測される。

4.2.2 浸漬試験

寸法変化を図 6 に示す。促進耐候性試験同様、薬剤有りの試験体は薬剤無しの試験体に比べ収縮しており、試験の前後で最大で約 5% 変化している。促進耐候性試験と同様に特にホウ酸系で変化率が大きいことが確認できた。

4.3 色差測定

4.3.1 促進耐候性試験

各薬剤の色差変化量を図 7 に示す。全ての試験体で、促進期間が長くなると色差が大きくなり、浸漬試験に比べて変化量大きい傾向を示した。薬剤有りの試験体は色の変化が認識できるほどで、雨水と紫外線および乾湿を繰り返すことにより浸漬試験よりも退色の進行が進んだと考える。

4.3.2 浸漬試験

各薬剤の色差変化量を図 8 に示す。表面の色差の変化量は、紫外線の影響がないため、小さい値であった。薬剤の有無で変化量を比較すると薬剤有りが少ない傾向を示した。これは薬剤で表面の色の変化を抑えられたためと考えられる。

本試験において白華量が少なく、色差変化量が無垢材と比べ小さい値を示したのは、薬剤 C であった。他の評価項目ではホウ酸系薬剤が美観性に影響を与えているが、浸漬試験においては、水中で多くの薬剤が流出したため白華量が少なくなったと考えられる。



写真 1 促進耐候性試験(B 塗装有り)
4 週目の白華の結晶

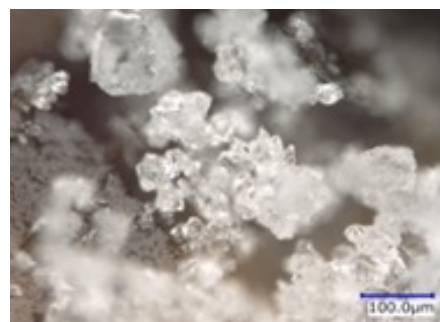


写真 2 浸漬試験(B 塗装有り)
4 週目の白華の結晶

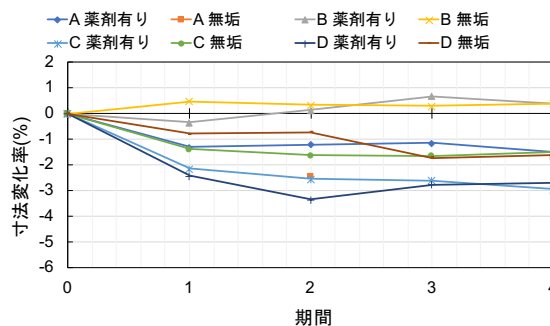


図 5 促進耐候性試験質量変化率

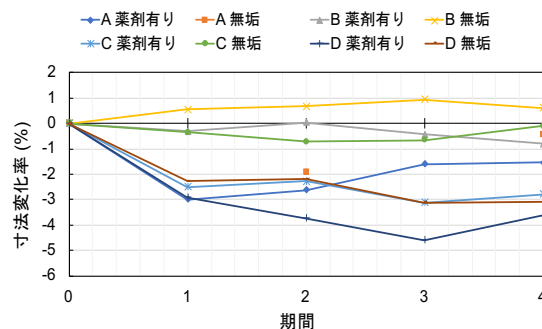


図 6 浸漬試験質量変化率

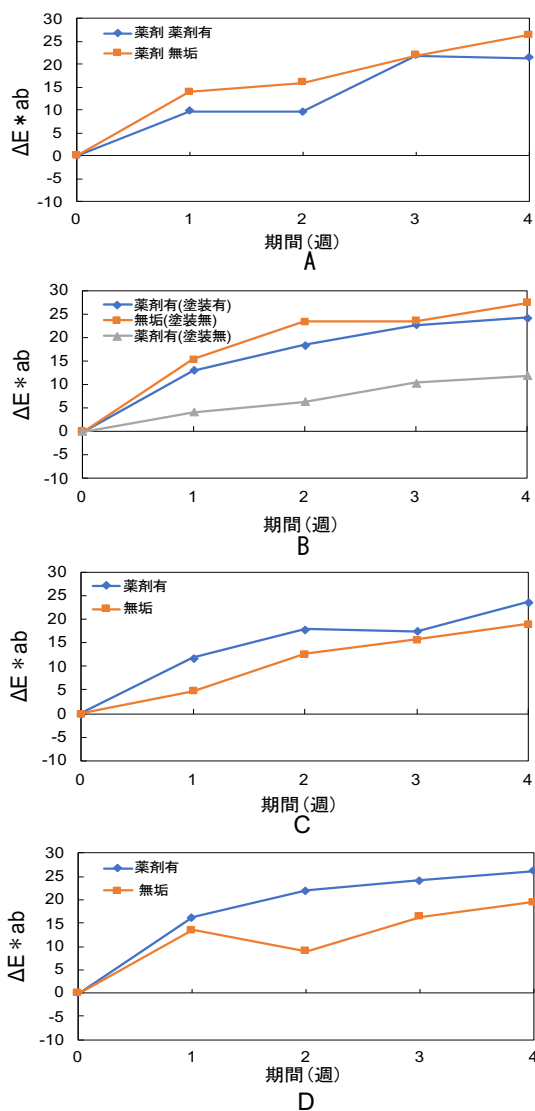


図7 促進耐候性試験色差結果

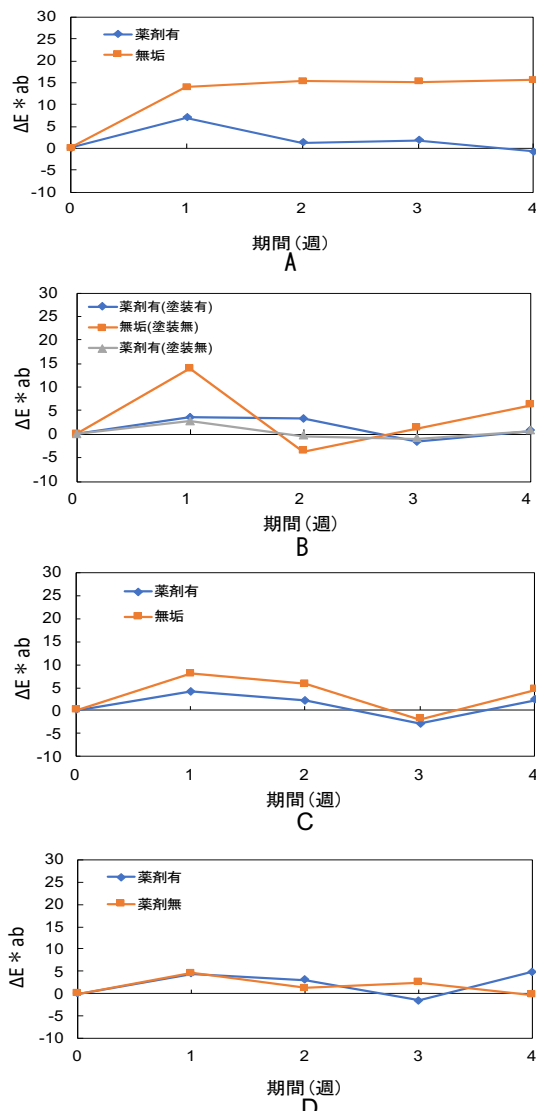


図8 浸漬試験色差結果

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。
 (1)白華の発生状況は、難燃処理材の薬剤の種類にかかわらず全ての試験体で発生した。
 (2)寸法変化については、いずれの試験でも薬剤有りの試験体は薬剤無しの試験体よりも大きく収縮し、特にホウ素系薬剤は寸法変化率が大きい値を示した。
 (3)色差変化量(ΔE^*ab)は、促進耐候性試験では薬剤の有無に関わらず、変化量が大きく、浸漬試験では薬剤の種類により変化が異なった。

【参考文献】

(1)林野庁:木材の利用の促進について改正公共建築物等木材利用促進法,2021
<https://www.rinva.maff.go.jp>, 2021-10-1

2)都市防災不燃化協会:「液だれ、白華現象」に関して, 2018, <https://faudp.com>, 2020-12
 3)石川敦子ら:塗装木材に関する屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関,木材保存,Vol.40 No.2,pp55-63,2014
 4)片岡厚:木材の気象劣化と表面保護—気象劣化のメカニズム—, 木材保存, Vol.43, No.2, pp.58-68, 2017
 5) 矢部政実ら:各種耐候性試験における塗膜の劣化メカニズムの解析,塗料の研究 No.146,2006
 6)木口実:優良木質建材認証(AQ)「塗装木質建材-白華抑制 塗装木質建材」について ,木材保存,Vol 40(5), pp212-215,2014
 7) 木口実:木材の気象劣化と耐候処理1.木材の劣化気象因子と劣化機構, 木材保存, Vol.19, No.6, pp.262-270, 1993