

# 道産材を用いた難燃薬剤処理木材の白華抑制効果の実証試験

性能部 保存グループ 河原崎 政行

## ■はじめに

平成22年の公共建築物等木材利用促進法の施行により、中大規模建築物に国産木材が利用される事例が全国的に増加しました。そして、同法は令和3年に改正され、カーボンニュートラルへの社会的要請を踏まえ、対象が公共建築物から民間建築物を含む建築物一般に拡大されました。このことから、今後中大規模建築物への木材利用は更に増えることが予想されます。

中大規模建築物における内装への木材利用は、目に触れる場所であるため、来館した一般市民に国産木材利用の意義を意識づけ、住宅等への利用促進が期待できます。更に、内装材への木材利用は、非木造建築物や既存建築物にも適用できるメリットがあります。

しかし、中大規模建築物は、火災時における在館者の安全性確保のため、内装に防火上の制限が適用されることが多くなります。防火上の制限が適用される内装では、法令の防火上の基準性能を有する防火材料の使用が求められます。防火材料は、性能の高い順に不燃材料、準不燃材料、難燃材料の3種類があり、対象部分の火災時の危険度に応じて使用する種類が指定されています。木材は可燃物であるため、そのままの状態では防火制限を受ける内装部分に使用することが困難です。そのような場合、難燃剤の注入処理により木材の燃焼を抑制し、基準の防火性能を付与した難燃薬剤処理木材が使用されます。今後の中大規模建築物への国産木材の利用促進の中では、難燃薬剤処理木材の需要増加が予想されます。

## ■難燃薬剤処理木材に生じる白華の問題

公共建築物等木材利用促進法が施行された平成22年当時は、多くの難燃薬剤処理木材は吸湿性の高い難燃剤を使用していました。そのため、梅雨等で室内が高温高湿度になると、処理木材内の難燃剤が吸湿して表面に浸み出し、乾燥に伴い白く結晶化する「白華」といわれる現象(写真1)が生じ、問題になっていました。(公財)日本住宅・木材技術センターの報告書<sup>1)</sup>では、調査した難燃薬剤処理木材が内装に施工された67カ所のうち、目立たないものを含めて52カ所に白華が生じていたとしています。公

共建築物等の内装に難燃薬剤処理木材を安心して使用するには、白華抑制の技術開発が必須でした。



写真1 難燃薬剤処理木材に発生した白華の一例

## ■林産試験場での難燃薬剤処理木材の開発

北海道の人工林の主要樹種であるトドマツ及びカラマツは、薬液の注入性が低い特徴があります。同一条件の注入処理により得られる薬液注入量では、それら2樹種は本州の人工林の主要樹種であるスギの1/2以下です(図1)。

防火材料では、2番目に高い性能の準不燃材料であれば、防火制限が適用される内装部分のほとんどに使用できます。しかし、トドマツ材とカラマツ材は、準不燃材料の性能付与に必要な薬液量の注入が困難なため、道内企業で製品化されていませんでした。そこで、林産試験場では、2011年から道産カラマツ材及びトドマツ材を用い、準不燃材料の性能を有する難燃薬剤処理木材の開発を行いました。研究では、2樹種の板材に適した注入処理方法を検討するとともに、白華抑制の技術開発を行いました。

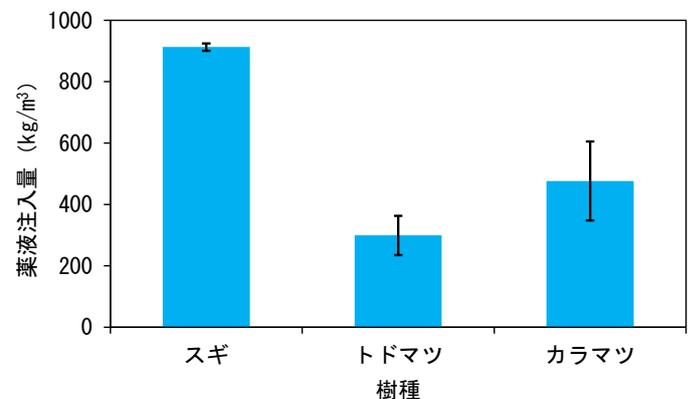


図1 樹種間の薬液注入量の差異(心材)

値：平均値、エラーバー：標準偏差、板材の寸法：長さ280×幅140×厚さ60mm、試験体数：4体、薬液濃度：20～25%、注入処理条件：減圧8kPa(絶対圧)30分間、加圧1.3MPa(絶対圧)2時間

トドマツ材及びカラマツ材の薬液の注入性は、処理に用いる板材の厚さを通常よりも薄くすることで改善し、それらを厚さ方向に接着することで準不燃材料の性能付与を可能にしました。また、裏板の薬剤固形分量は、低減しても防火性能に影響がないことを明らかにしました<sup>2)</sup>。

難燃剤の白華抑制については、その当時白華抑制に効果がある低吸湿性の薬剤が販売され始めていたことから、難燃剤の選定による対策を試みました。試験では、薬剤の種類及び薬剤の注入量を変えた処理木材を製造し、温度30℃・湿度70, 80, 90%RHの高湿度雰囲気下に放置し、白華の発生と関係する吸湿量及び表面への水滴の発生状況(写真2)を基に白華発生の可能性を評価しました。白華抑制は、ヨーロッパの難燃薬剤処理木材の品質基準<sup>3)</sup>を参考に、温度30℃・湿度90%RHにおいて発生しないことを目標に設定しました。

試験の結果、低吸湿性薬剤は、従来の薬剤よりも処理木材の白華発生を抑制できることが分かりました。しかし、処理木材の白華は、薬剤固形分量の増加とともに発生しやすくなる傾向があり、準不燃材料相当の薬剤固形分量では低吸湿性薬剤でも目標レベルを達成できませんでした。それらの試験結果については、筆者の報告<sup>4)</sup>をご参照下さい。そこで、白華抑制効果を向上させるため、処理木材の吸湿速度の低減を期待して油性ウレタン樹脂系塗料による塗装を行ったところ、目標レベルを達成することができました。以上の研究で得られた、トドマツ材及びカラマツ材を用いた準不燃材料の難燃薬剤処理木材の基本仕様を表1に、外観を写真3に示します。

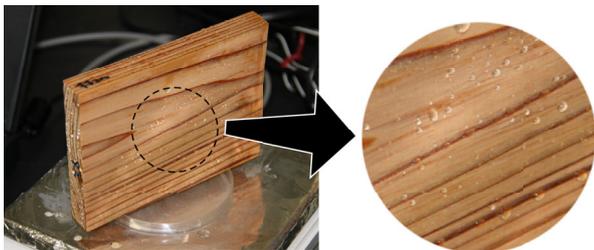


写真2 高湿度環境下で表面に水滴を生じた処理木材

表1 開発した難燃薬剤処理木材の仕様(準不燃材料)

		仕様
塗 装		油性ウレタン樹脂系
処理木材	表板	厚さ：8.5mm以上 難燃剤：リン酸グアニジン系(低吸湿性) 薬剤固形分量：カラマツ120kg/m <sup>3</sup> 以上 トドマツ150kg/m <sup>3</sup> 以上
	裏板	厚さ：6.5mm以上 難燃剤：リン酸グアニジン系(低吸湿性) 薬剤固形分量：50kg/m <sup>3</sup> 以上



写真3 開発した難燃薬剤処理木材の外観(準不燃材料仕様)

### ■白華抑制効果の実証試験

以上の研究により、道産トドマツ及びカラマツを用いた準不燃材料の難燃薬剤処理木材について基本仕様を得ることができました。しかし、開発製品の白華抑制効果は、実際の使用環境下で実証されていません。製品が使用される室内の温湿度は、試験の評価状態とは異なり、季節により変動し、更に一日の中でも変動します。開発製品の白華抑制効果を確かなものにするには、実際の室内において立証する必要があります。そこで、研究で得られた基本仕様を基にモデル試験体を作成し、表2に示す5地点において10年間の屋内暴露試験を計画しました。

表2 屋内暴露試験の暴露地点

暴露地点	住 所	暴露開始日
旭川市	上川総合振興局3階 産業振興部林務課林産係 居室 旭川市永山6条19丁目1-1	平成25年 11月11日
浜中町	厚浜木材加工協同組合 研修センターハウス森の学舎 厚岸郡浜中町茶内旭3丁目1番	平成25年 12月3日
森 町	(株)ハルキ 事務所 茅部郡森町字姫川11番13	平成25年 11月14日
札幌市	道庁本館1階ロビー (令和4年4月から 11階水産林務部林業木材課居室) 札幌市中央区北3条西6丁目	平成25年 11月15日
東京都	(株)昭和木材東京支店 事務所 東京都江東区辰巳3-20-21	平成25年 11月15日

モデル試験体に用いた処理木材は、準不燃材料の基本仕様を基にしました。また、基本仕様の処理木材は、表板と裏板の薬剤固形分量が異なるため、表裏の収縮挙動の差異に起因する変形が懸念されます。このことを確認するため、モデル試験体では、裏板の薬剤固形分量を4水準とした処理木材を用いました。試験体に使用した処理木材の仕様を表3に示します。また、札幌市に設置したモデル試験体の処理木材の配置と外観を図2に示します。

表3 モデル試験体に用いた処理木材の一例  
(札幌市・ドマツ)

暴露地点	処理板材の種類		薬剤固形分量 (kg/m <sup>2</sup> )		処理木材の寸法
			表板 (8.5mm)	裏板 (8.5mm)	
札幌市	0kg	1	141	0	長さ 900mm 幅 105mm 厚さ 17mm
		2	200	0	
	50kg	1	190	85	
		2	146	81	
	95kg	1	176	128	
		2	156	105	
	140kg	1	168	195	
		2	159	170	

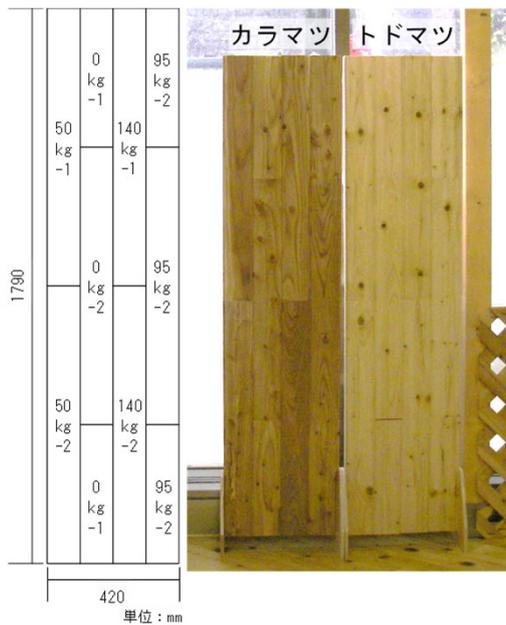


図2 モデル試験体の処理木材の配置と外観  
(札幌市)

モデル試験体は、暴露中の周囲の温湿度を把握するため、裏側にデータロガー（おんどとり，(株)ティアンドデイ社製）を取り付け、1時間間隔で記録しています。ただし、温湿度の測定値は、これまで測定の失敗等により一部が欠落しています。参考までに、記録した各地点の温湿度について、1日の平均値と測定値をまとめて表4に示します。日平均については、暴露期間内の推移を図3に示します。

各モデル試験体は、1年に1回程度、写真又は実際に観察して、状態を確認しています。試験体の暴露は、令和4年11月1日の時点でおおよそ9年間が経過しましたが、全地点で白華の発生が見られていません。また、処理木材には、使用上問題になるような狂いや反り等の変形も生じていません。これまでの結果では、研究で得られたカラマツ材及びドマツ材を用いた準不燃材料の処理木材の仕様は、実際の使用環境下でも製品として十分な性能を示しています。

表4 暴露地点の温湿度の履歴

測定期間	旭川市		浜中町		札幌市		森町		東京都		
	温度 (°C)	湿度 (%RH)	温度 (°C)	湿度 (%RH)	温度 (°C)	湿度 (%RH)	温度 (°C)	湿度 (%RH)	温度 (°C)	湿度 (%RH)	
2013. 11. 14 ~ 2022. 3. 16	2013. 12. 6 ~ 2022. 4. 10	2013. 11. 18 ~ 2022. 3. 7	2013. 11. 21 ~ 2022. 3. 11	2013. 12. 17 ~ 2022. 3. 7							
日数	2649	2837	2685	2206	2523						
日平均	最大	29.8	68	26.9	86	28.8	75	31.4	72	33.1	81
	最小	11.6	19	-2.0	32	4.3	13	3.3	8	10.0	10
	点数	63654	68174	64507	53005	60621					
測定値	最大	35.3	78	30.3	89	31.8	85	35.9	88	35.4	88
	最小	10.8	8	-4.8	21	1.7	8	0.5	7	8.7	6

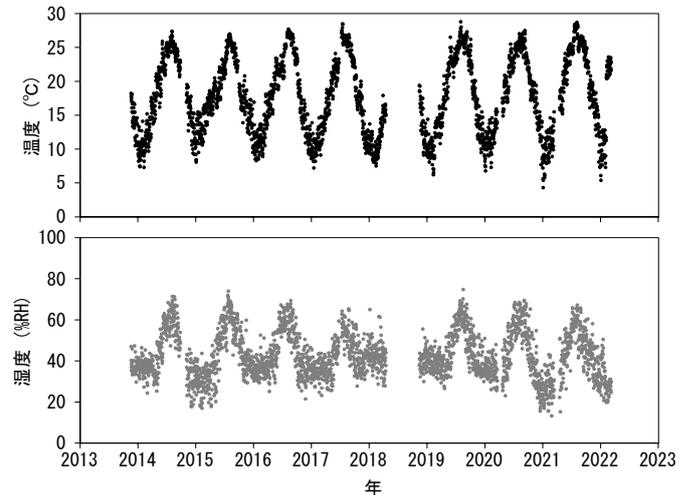


図3 温湿度の日平均の推移の一例（札幌市）

2018年4月15日～11月11日のデータは、測定の失敗により欠落した。

■おわりに

現在実施している屋内暴露試験は、令和5年11～12月に予定した10年間の暴露期間が終了します。それまでに得られた結果は、白華抑制効果を証明するデータとして、今後の道産木材を使用した準不燃木材の製品化に活かす予定です。また、暴露が終了したモデル試験体は、取り付けた処理板材から試験体採取して燃焼試験を行い、燃焼抑制作用の経年劣化の有無を確認する予定です。

■参考文献

- 1) (公財)日本住宅・木材技術センター：難燃処理木材の品質管理基準等の検討事業報告書，2018年3月(2018)。
- 2) 河原崎政行：2層構成の薬剤処理木材の防火性能。日本建築学会学術講演梗概集，防火，2013，pp.13-14 (2013)。
- 3) EN16755: Durability of reaction to fire performance-Classes of fire-retardant treated wood products in interior and exterior end use applications. European committee for standardization (2017)。
- 4) 河原崎政行，平林靖：難燃処理木材における白華の発生要因の検討，木材保存，40(1)，pp.17-24 (2014)。