

塗装した難燃薬剤処理木材の燃焼について

性能部 保存グループ 川合 慶拓

■はじめに

国内では、戦後に造林された人工林が資源としての利用期を迎えており、木材を建築物に利用することは、炭素の固定化による地球温暖化の抑制及び国内の持続的な林業経営などに繋がると期待されます。そこで、国は将来的な木材需要の創出が期待される公共建築物を対象に、木材の利用を推し進める「公共建築物等木材利用促進法」を平成22年に施行しました。更に、同法は令和3年に「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（通称：都市（まち）の木造化推進法）」に改正され、対象が公共建築物から建築物一般へ広がりました。

このような背景から、近年では中大規模建築物の内装（写真1）や外装（写真2）を木質化した事例が増えています。これらは人目に触れる場所であるため、利用者に木材を用いた建築物という印象を与えると共に、木材独特の色合いや温もりを提供することができます。しかし、不特定多数の人に利用される中大規模建築物は、火災時の安全性を担保するため、法令によって防火上の制限が適用されるケースが多く、内装には防火材料の使用が求められます。このような場所の木質化には、燃焼を抑制する難燃薬剤の注入処理により、防火材料としての基準性能を満たした難燃薬剤処理木材（以下、処理木材）が使用されます。



■防火材料と性能評価試験

防火材料とは、法令で定めるⅠ「燃焼しないものであること」、Ⅱ「防火上有害な変形、熔融、き裂その他の損傷を生じさせないものであること」、Ⅲ「避難

上有害な煙又はガスを発生しないものであること」の3点の性能を有する材料のことです。防火材料には、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、制限を受ける箇所の火災時の危険度に応じて、使用できる種類が決まっています。

防火材料は国土交通大臣の認定材料であり、新規に認定を取得するには指定性能評価機関で実施する試験に合格する必要があります。大臣認定は、製品の仕様の認定であり、材質、寸法、塗料の種類及び塗布量などが定められます。模式的に示すと図1のようになります。

指定性能評価機関で実施する試験では、上記Ⅰ～Ⅲの性能を材料が保有しているかを確認します。ⅠとⅡは、主にコーンカロリメータを用いた発熱性試験（写真3）、Ⅲはガス有害性試験で評価されます。発熱性試験における判定基準を表1に示します。項目は3点あり、①と②でⅠ、③でⅡを評価し、防火材料の種類によって、これらの項目の要求時間が異なります。試験や性能評価の詳細は、国土交通大臣の定める性能評価機関の業務方法書¹⁾に記されています。

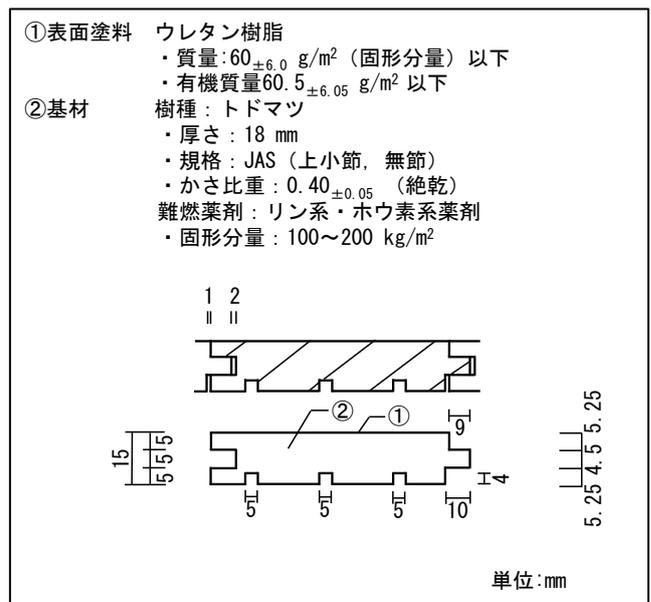


図1 防火材料の認定仕様の模式図



写真3 発熱性試験装置の外観

表1 発熱性試験の判定基準

判定項目	①総発熱量が8MJ/m ² 以下 ②発熱速度が10秒以上継続して200kW/m ² を越えない ③表面に貫通する亀裂・穴がない		
防火材料の種類	難燃材料	準不燃材料	不燃材料
要求時間	5分	10分	20分

■難燃薬剤処理木材と塗装

先述の通り、難燃薬剤の注入処理によって燃焼を抑制された処理木材は、防火材料の認定取得が可能であるため、防火上の制限を受ける建築物の内装に使用することができます。処理木材には、通常、美観や耐候性付与を目的として塗装が行われます。木材の塗装に用いられる塗料には屋内用・屋外用ごとに様々な種類があり、メーカーによって塗装工程（下塗り～上塗り）や各工程での塗布量も様々です。また、塗料には可燃性成分が含まれるため、塗装した処理木材の燃焼は無塗装とは異なる状態になります。防火材料の性能評価試験は、塗装を含めた製品の燃えやすさを評価するため、塗膜の発熱量を考慮した製品の設計が必要になります。しかし、処理木材の塗膜の発熱量は、塗料の種類や塗布量の影響を受け、一定ではありません。塗装した処理木材の開発には、塗装仕様を選定するための指標が求められています。

そこで本稿では、様々な塗料を用いて塗装した処理木材を作製し、それらの燃焼を発熱性試験で評価した結果について紹介します。なお、2025年度日本建築学会大会では、本研究をより詳細に発表しております²⁾。ご興味のある方はそちらもご覧下さい。

■塗装処理木材の製作と発熱性試験の実施

試験体の概要を表2及び表3に示します。木材は厚さ18mmの道産のスギを使用しました。難燃薬剤は、リン酸グアニジンを主成分とする市販の薬剤で、注入量は固形分換算（以下、薬剤固形分量）で内装材とし

て需要の多い準不燃材料相当の範囲である113～143kg/m³としました。

塗料は、屋内用及び屋外用の木材に使われる市販の3種類としました。塗布量は各塗料メーカーの仕様書に示されている標準塗布量に基づく値(L)、塗装量を標準の1.7～2.0倍(M)及び2.3～3.0倍(H)とした3水準としました。塗布量は、スプレー塗布前後の処理木材の重量差と、塗布面積から求めました。更に、JIS K5601-1-2³⁾の塗料成分試験方法による加熱残分から塗料の固形分量を算出しました。試験体数は各条件で2体としました。試験体は塗装完了後に温度20°C・湿度50%RHの雰囲気下で平衡状態となるまで養生しました。

試験は発熱性試験装置によって実施し、加熱強度を50kW/m²として、10分間実施しました。

表2 処理木材の概要

木材 (全乾密度)	薬剤	薬剤固形分量 (kg/m ³)
スギ (270～351kg/m ³)	リン酸グアニジン	113～143

表3 試験体の塗装仕様

仕様	塗料	塗布水準	塗布量(g/m ²)	固形分量 (g/m ²)
無塗装	無し			
塗料A	ウレタン樹脂系塗料 (一般、溶剤系)	L	180	50
		M	300	79
		H	420	108
塗料B	アルキド樹脂系塗料 (油性)	L	200	108
		M	330	189
		H	460	270
塗料C	アクリル樹脂系塗料 (水性)	L	160	60
		M	320	120
		H	480	180

■塗装処理木材の燃焼について

試験結果を表4に、発熱速度の推移の一例として、塗料Bの処理木材（各条件2体）を図2に示します。なお、発熱速度とは単位時間当たり発生した1m²当たりの熱量です。1分間総発熱量とは、試験開始から1分間までの発熱速度を累積した値を示します。一般的には、発熱速度及び総発熱量の値が大きいほど、燃えやすいことを意味します。

無塗装の試験体では、試験中に有炎燃焼が発生することはありませんでした。そのため、発熱速度は最高値でも10kW/m²程度となりました。

塗装した試験体では、試験を開始して15秒ほどで塗膜の有炎燃焼が発生し、約30秒間続きました。特

に塗料 B を用いた塗布量の多い条件では激しい有炎燃焼が見られ、発熱速度は大きなピークを示しました。全ての試験体は、塗膜の燃焼終了後、再度着火することはありませんでした。そこで、試験開始から1分間の総発熱量を求め、これを塗装の燃焼量と判断し、考察を進めました。

無塗装の試験体では、1分間の総発熱量は0.1 MJ/m² となりました。塗装した試験体では、塗膜の有炎燃焼が発生し、塗装仕様によって総発熱量が0.7~6.1 MJ/m² と大きく変動しました。塗料で比較すると、塗料 B>C>A の順に高い値となり、塗布量の多い水準ほど増大する傾向でした。

塗布量と1分間の総発熱量の関係を図3に示します。種類によって傾きは異なるものの、どの塗料も塗布量に比例して総発熱量が増大する傾向が示されました。なお、図の数値は決定係数を示し、数値が高いほど関係性が高いことを示します。更に、塗料の塗布量を固形分量に変更すると、総発熱量は、塗料の種類を問わず直線的に変化することが分かりました(図4)。この結果から、燃焼時に発生する塗膜の総発熱量は、使用する塗料の固形分量を基に推定できると考えられました。そして、処理木材の総発熱量と試験の判定値(8MJ/m²)との差から、防火性能を損なわないような塗装仕様(塗料及び塗布量)を推定できる可能性が示されました。

表4 試験結果

塗装仕様	塗布水準	最高発熱速度 (kW/m ²)	1分間総発熱量 (MJ/m ²)
無塗装		11	0.1
塗料A	L	53	0.7
	M	84	1.3
	H	126	1.9
塗料B	L	178	2.5
	M	314	4.6
	H	352	6.1
塗料C	L	104	1.3
	M	162	2.6
	H	184	3.4

※表の数値は試験体2体の平均値を示しています。

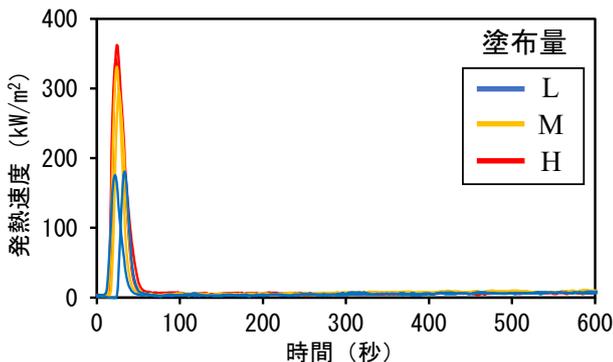


図2 発熱速度の推移(塗料B)

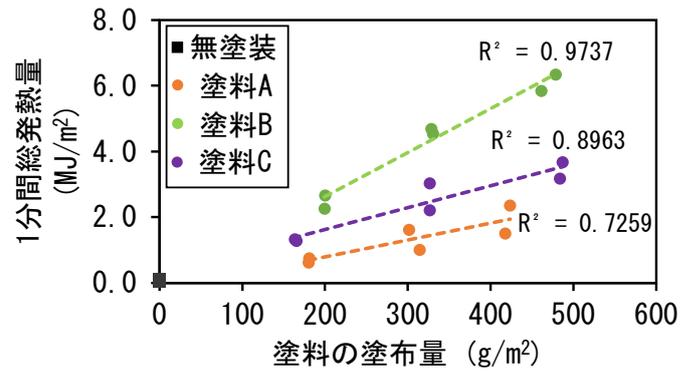


図3 塗布量と1分間総発熱量の関係

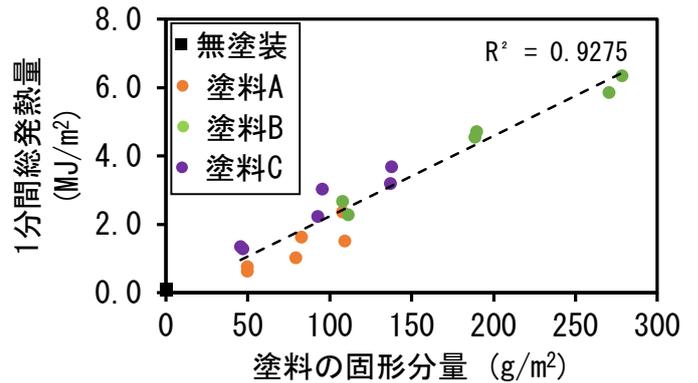


図4 塗料の固形分量と1分間総発熱量の関係

■おわりに

中大規模建築物の木造・木質化により、今後は主に難燃薬剤処理木材の重要性が大きくなると予想されます。本研究で得られた結果は、難燃薬剤処理木材を製品開発する際に、塗装仕様を決定するための資料として活用することを検討しています。

■参考文献

- 例えば，“防耐火性能試験・評価業務方法書（平成12年6月1日制定，令和6年6月11日変更）”，（一財）日本建築総合試験所：
https://www.gbrc.or.jp/assets/documents/center/8A-103-01.pdf.2025年8月29日参照。
- 川合慶拓，河原崎政行，伊佐治信一，難燃薬剤処理木材の燃焼性状に与える塗装仕様の影響．日本建築学会学術講演梗概集，防火，2025，pp.263-264.
- JIS K5601-1-2：塗料成分試験方法—第1部：通則—第2節：加熱残分．日本規格協会（2008）．