

木質材料用難燃塗料について

Fire Protection Coating for Wood Materials

塗料事業部門 建築塗料事業部テクニカルサポートグループ 常盤 勇斗
Coating Business Div. Decorative Coating Dept. Technical Support Group
Hayato TOKIWA

1. はじめに

2021年10月に「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」¹⁾が施行され、同日に「建築物における木材の利用の促進に関する基本方針」²⁾が日本政府より発表された。これにより、建築物における木質材料の利用が加速すると予想される。

木質材料を内装に使用する場合、建築物の用途や構造により内装制限が設けられる。内装制限とは、建築基準法における火災の拡大や煙の発生を遅らせるための規則であり、火災時に備えて壁や天井等に国土交通大臣が定める防火性能を有する材料を使用する必要がある³⁾。木質材料の難燃化手法の特長を表1に示す。従来は、ベゼル法（減圧-加圧-減圧とする注入方法）により木質材料に難燃薬剤を注入した不燃木材が使用されてきた。しかし、ベゼル法装置のサイズ以上の大きな木質材料には適用できないことや、注入される薬剤によっては潮解および白華などが発生する課題がある。防火性能を付与できるエナメル塗料は、塗布のみで難燃処理が可能である

ことから、木材の大きさに関わらず適用可能であるが、木質感が消失してしまう。本報では、塗布のみで木材の意匠性を活かしつつ、防火性能を発現可能な透明性を有する木質材料用難燃塗料を開発したため、その性能評価結果について報告する。

2. ベゼル法による木質材料の難燃化

ベゼル法により木質材料に難燃薬剤を注入した不燃木材は、木材から発生する可燃性ガスの抑制、結晶水による温度上昇抑制、表面の被覆効果などにより燃焼発熱を抑えることができるため、木質材料が難燃化される。

一般的に流通している難燃薬剤は、リン酸系とホウ酸系である。リン酸系の難燃薬剤は、加熱によりリン酸に分解してセルロースの水酸基と反応することで脱水やリン酸エステル形成などが進む。セルロースより水が生成して生成した水により熱が奪われ、さらに脱水により炭素の割合が増加し炭化残渣が多くなるため燃焼抑制効果が発現する。

表1 木質材料の難燃化手法の特長

項目	薬剤処理（ベゼル法）	塗装	
		エナメル塗料	開発塗料
方法	難燃薬剤を注入	難燃剤含有塗料を塗布	
適用可能寸法	△装置依存	○	○
外観	意匠性(木質感)	×	○
	白華の発生	△可能性有	○発生しにくい

また、ホウ酸系の難燃薬剤は、加熱によりガラス状になり、木材表面を覆うことで可燃性ガスの放出や酸素との接触を抑制する。さらに、セルロースの水酸基と反応し、脱水炭化作用により炭化残渣を増加させ、炭素のガス化を阻害する⁴⁾。

3. 防火性能

国土交通省が定める防火性能について、発熱性試験による材料区分と基準を表2に示す。内装制限は建物の用途により定められ、内装制限に応じた防火性能が必要となる。防火性能は不燃材料が最も優れるが、建築物の内装制限の要求は準不燃材料以上が最も多い。

表2 発熱性試験による材料区分と基準

材料区分	試験時間	基準
難燃材料	5分	①総発熱量が8 MJ/m ² 以下 ②発熱速度が10秒以上継続して200 kW/m ² を超えない ③防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴がない
準不燃材料	10分	
不燃材料	20分	

4. 木質材料用難燃塗料(開発塗料)の評価

開発した木質材料用難燃塗料について、仕上がり外観（木材の意匠性を活かす透明性）と防火性能の評価を行った。防火性能は、準不燃材料を基準とした。

試験体は、99×99×t36mmの杉のCLT（Cross Laminated Timber）に、開発塗料（主成分：難燃剤、樹脂、顔料）をエアースプレーにて塗布量が0.6kg/m²となるように塗布し、23℃×50%RHにて養生し、試験板を作製した。

4.1 仕上がり外観

仕上がり外観は、23℃×50%RHで24時間乾燥させた試験体を用いて評価した。JIS K 5600-4-6：1999試験体を用いて評価した。JIS K 5600-4-6：1999に準拠し、色座標L*a*b*値を測定し、塗装前後での色差(ΔE)の算出および、目視にて評価を行った。塗装後における仕上がり外観評価結果を表3に示す。開発塗料の塗装前後で、色差(ΔE)は変化したが、目視では木材の意匠性を感じられる仕上がりであった。

表3 塗装前後での仕上がり外観評価結果

	塗装前 (無塗装)	難燃塗料 塗装後
L*	70.8	63.8
a*	10.6	5.5
b*	20.3	9.8
ΔE	-	13.6
写真		

4.2 発熱性試験

発熱性試験は、23℃×50%RHで2週間乾燥させた試験体3体(N=3)を用いて評価した。ISO 5660-1：2002に準拠し、コーンカロリメータ試験機を用いて、準不燃材料の試験時間である10分間の加熱条件で試験を行った。各試験体の発熱性試験結果を表4、総発熱量および発熱速度を図1～図3に示す。10分間の総発熱量は3体全て8.0MJ/m²以下、最大発熱速度は200kW/m²以下であることから、建築基準法上の準不燃材料の防火性能を有することを確認した。

表4 発熱性試験結果

		総発熱量 MJ/m ²	最大発熱速度 kW/m ²
試験体	N1	2.6	53.2
	N2	5.8	56.8
	N3	5.1	65.5

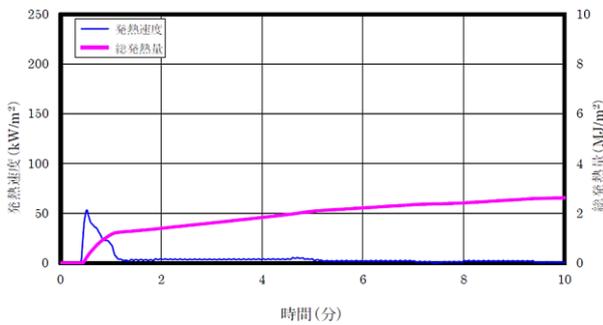


図1 総発熱量および発熱速度 (N1)

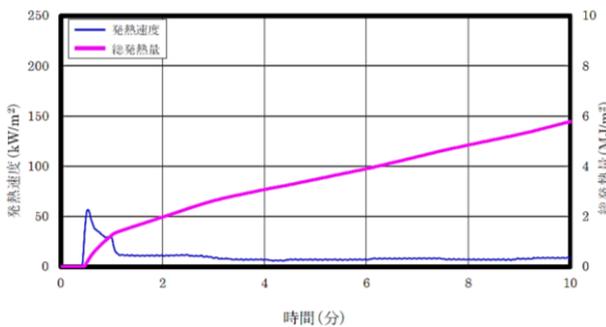


図2 総発熱量および発熱速度 (N2)

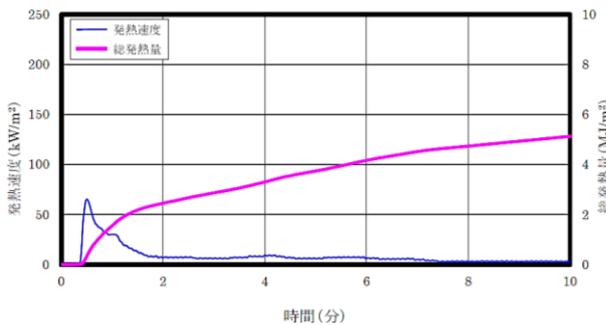


図3 総発熱量および発熱速度 (N3)

5. 防火性能発現のメカニズム

図4に発熱性試験後の試験体の断面図を示す。開発塗料塗布木材では、炭化層の上層に炭化断熱層が形成されていることを確認した。これより、図5に示すようなメカニズムで防火性能が発現したと推定される⁵⁾。

①開発塗料塗布木材が燃焼すると、塗料中の難燃成分により、木材の最表層部に緻密な炭化断熱層が形成される。

②形成された炭化断熱層により、炎からの断熱および木材からの可燃性ガスの供給が抑制され、燃焼の進行が抑制される。

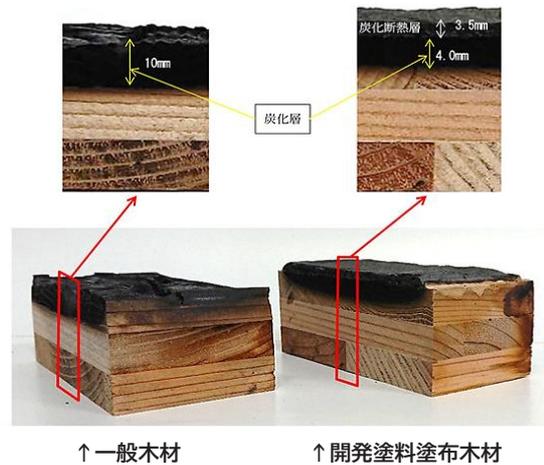


図4 発熱性試験後の試験体断面図



図5 防火性能発現のメカニズム

6. 総括

透明性を有することにより、木質材料の意匠性を活かすことができ、塗布するだけで防火性能を発現可能にする木質材料用難燃塗料「難燃WOOD塗るだけ」を開発した。

現在、スギのCLT 36mm厚で準不燃材料の国土交通大臣認定を取得している。今後、さらに他の木材種でも国土交通大臣認定を取得し、幅広い木質材料への適用を検討する。

7. 謝辞

本検証結果は大成建設株式会社様、信越化学工業株式会社様、越井木材工業株式会社様と当社の共同研究により得た成果です。関係各位のこれまでの精力的な活動に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：脱炭素社会の実現に資する等のたの建築物等における木材の利用の促進に関する法律，平成22年法律第36号 第10条 第7項，2021
- 2) 木材利用促進本部：建築物における木材の利用促進に関する基本方針，2021
- 3) 福田泰孝：木材保存 Vol. 49-1，P. 2-6，2023
- 4) 上川大輔：木材保存 Vol. 48-5，P. 224-228，2022
- 5) 大成建設株式会社：木材の難燃化を実現する塗料「難燃WOOD塗るだけ」

https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2022/220523_8786.html，2022