

2019年度  
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業  
戦略的基盤技術高度化支援事業

「低潮解性難燃剤とその難燃剤均質注入・非破壊分布測定技術及び  
内装・外装に適する塗装技術による“全数・全部位防火材料基準”  
を満たす不燃木材の開発」

研究開発成果等報告書

令和2年5月

担当局 九州経済産業局  
補助事業者 公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団

## 目 次

### 第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1-2 研究体制	7
1-3 成果概要	7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	10

### 第2章 本論

【1】低潮解性難燃剤の開発	10
【2】多段階加圧注入技術の確立	11
【3】難燃剤分布可視化技術の開発	14
【4】浸透造膜型塗装技術の開発	15
【4-1】内装用不燃木材の開発	15
【4-2】外装用不燃木材の開発	16

### 第3章 全体総括

3-1 総括	18
3-2 事業化の方針	19
1. 内装用・外装用不燃木材	19
2. 不燃木材非破壊検査装置	19

# 第1章 研究開発の概要

## 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

### 【研究開発の背景】

戦後植林されたスギ、ヒノキを中心とした国産材が利用期を迎えており、需要拡大が求められている。そのため国土交通省は「建築基準法」を改正し、林野庁は「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」を制定した。建築基準法では、不特定多数の人が集まる特殊建築物の内装材料は木材に難燃剤を注入した不燃木材を用いなければならない、その不燃木材は、表1に示す国土交通省不燃材料の基準をクリアし、大臣認定を取得したものでなければならない、と定められている。

表1. 不燃材料基準

加熱時間	加熱時間内で満たすべき防火材料としての基準	試験前		試験後 (合格品)	変形・き裂 なし
20分間	<b>1. コーンカロリーメーターによる発熱性試験:</b> ・総発熱量: 8 MJ/m <sup>2</sup> 以下 ・発熱速度: 10秒以上継続して200 kW/m <sup>2</sup> を超えないこと <b>2. 「有害な変形」、「溶融」、「き裂その他の損傷」がない</b> <b>3. 全数、全部位で1. と2. をみたす</b> (製品の両端及び中央の3ヶ所実測)				

※参考: 準不燃材料は加熱時間10分、難燃材料は加熱時間5分

平成12年の認定開始から平成20年までの間、不燃材料認定を取得した不燃木材は約50件と順調に増加していた。しかし平成19年から23年にかけて国交省の耐火建材の認定に関する不正受験、不燃木材サンプリング調査における認定仕様の不一致と性能不足の発覚などが社会問題となった。このことを受け、認定に必要な基準が厳格化され、平成25年以降不燃材料の認定取得は非常に厳しく、合格数は5件(平成20年度までの10%)にとどまっている。さらに、この厳しい認定を受けた不燃木材であっても、内装材は設置から2年を持たずに難燃剤が木材から滲み出しベタついてクレームに発展する、難燃剤の注入場所が不均質であり、その製品検査も重量増加測定だけであるため注入場所が不明、高コストの割には耐久性が低いため、再塗装費用が発生し、かつ耐久性がなく外装用には使用できない、など多くの課題がある。

このため建築材料の提案・選択を行う設計会社や建築会社等の川下企業は、施主からの「木材を使った意匠性のある建築物を造りたい」という強い要望に対し、従来の不燃木材を使うことに不安を抱いている(川下企業ニーズ)。

そこで本研究では、1. 新規難燃剤を開発し、滲み出しを防止、2. 新たな難燃剤注入技術の開発により、難燃剤を均質に木材に注入、かつ、3. 非破壊の難燃剤分布測定法を開発し全数全部位非破壊検査を行う。そして、4. 新たな塗装技術の開発により、内装材の耐久性を半永久的に向上(外装材は耐久性10年)させる。このことにより、性能基準合格率100%の不燃木材を市場に低コストで提供、川下企業ニーズに応える。

## 【技術的背景と課題】

不燃木材を生産するにあたっては、図1に示す工程を経る必要がある。

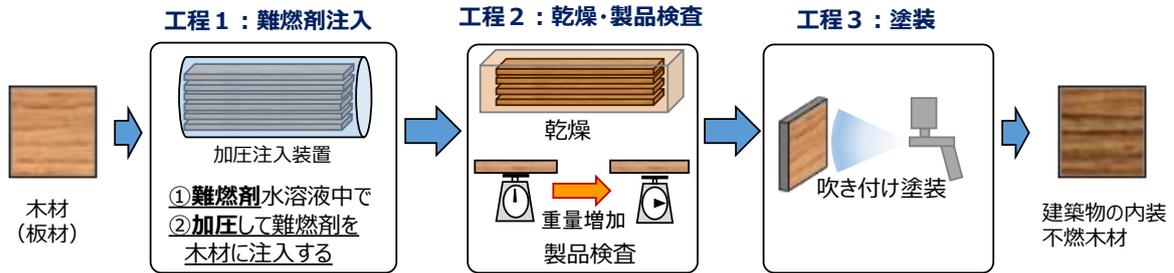
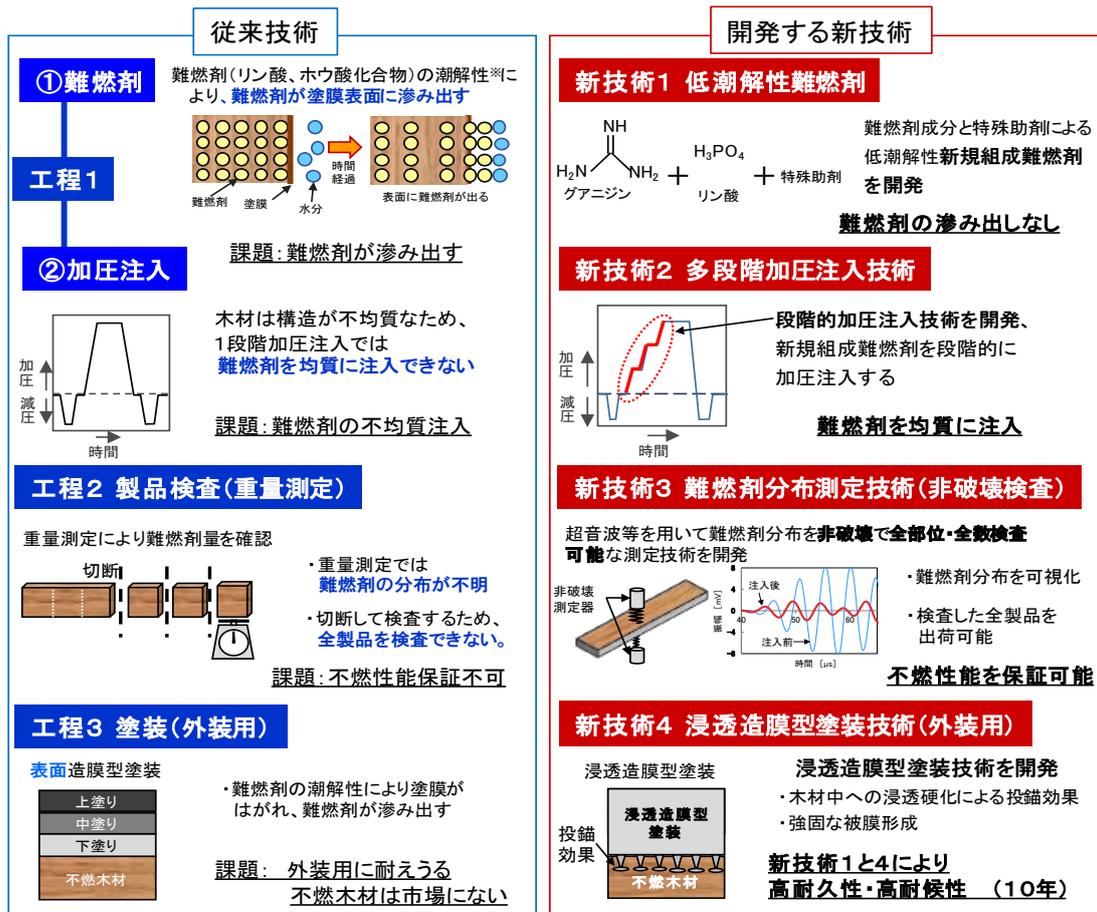


図1. 不燃木材の製造工程

- 工程1： 難燃剤水溶液で満たした加压注入装置内に木材を設置、加压して難燃剤を注入
- 工程2： 木材を乾燥し、注入前後の乾燥した重量を測定することで難燃剤注入の有無を検査
- 工程3： 木材の表面に塗装を施し、耐久性を高める

図2に従来技術と開発する新技術の比較を示す。これらのすべての工程において課題があり、本提案ではそれぞれに新技術を開発することで解決、これまでになく新規不燃木材の上市を狙う。



※潮解=空気中の水(水蒸気)を取り込み、自発的に液状となる現象

図2 従来技術と開発する新技術

### 【図 1 工程 1】 ① 難燃剤に関する課題

難燃剤の成分は、木材を傷めることがないように水溶性のリン酸系・ホウ酸系化合物が用いられている。しかし、リン酸系、ホウ酸系化合物は空気中の水分を吸収して自発的に液状となる「潮解性」がある。すなわち、不燃木材が温湿度の変化を受けると難燃剤が空気中の水分と反応し、木材表面に滲み出し、ベタつきの原因となる。この課題に対し、本提案ではグアニジン系の難燃剤を用いた新規難燃剤の開発を行う【新技術 1】。

### 【図 1 工程 1】 ② 難燃剤の加圧注入に関する課題

木材に難燃剤を注入する方法には、図 1 の通り加圧注入法が用いられる。加圧注入に必要な要件は、どの部分でも性能を発揮するよう、木材に対し均質に難燃剤を注入することである。従来の加圧方法は、目的の圧力まで1 段階で加圧するものである。この方法は低コストかつ短時間で処理できる利点はあるが、難燃剤の分布が不均質になり、不燃性能の低下につながってしまう。そこで本提案では、目的圧力まで段階的に加圧注入する方法（多段階加圧注入法）を開発する【新技術 2】。

### 【図 1 工程 2】 製品検査に関する課題

従来の検査法は難燃剤注入前後の板材の重量差を求め、認定基準以上の重量差＝注入量を満たしていれば合格とするものである。しかし、重量の差を求めるだけでは、難燃剤の注入部位がわからず、表 1 における「全数・全部位で基準を満たすこと」が検査できない。また、既往の重量測定技術では、検査のために不燃木材を細かく切断する必要があるため、検査した不燃木材そのものは出荷できないという課題がある。そこで、本提案では超音波等を用いて木材内の難燃剤の分布を非破壊で全部位測定できる技術を開発する【新技術 3】。

### 【図 1 工程 3】 塗装に関する課題

従来、内装用不燃木材の表面にはウレタン塗装が用いられてきた。ウレタン塗装では難燃剤の滲み出しを防止するために塗膜を厚くしなければならず、厚みの増加はコスト増・意匠性低下の要因となっていた。加えて、塗膜を厚くしたにもかかわらず、現状では 2 年足らずで塗膜がはがれてしまう。これにより、内装用よりも高い耐久性が必要になる外装用には不燃木材を用いることができなかった。本提案における内装用不燃木材は、【新技術 1】で開発した「低潮解性難燃剤」を、【新技術 2】で「均質に注入」する。そのため一般的なウレタン塗装を用いても、難燃材の低潮解性かつ均質注入により高耐久性を保持し、かつ塗膜を薄くできることで低コストな内装用不燃木材の開発が期待できる。加えて、この低潮解性難

燃剤を利用すれば外装用不燃木材への応用も期待できる。外装用は、内装用よりも高い耐久性が求められるため、従来のウレタン塗装では十分な耐久性を得ることができない。そこで、新しい塗装方法として浸透造膜型塗装法を開発する【新技術4】。

## 【研究開発の高度化目標及び技術的目標値】

(九) 複合・新機能材料に係る技術に関する事項

1 複合・新機能材料に係る技術において達成すべき高度化目標

(3) 川下分野横断的な共通の事項

① 川下製造業者等の共通の課題及びニーズ ア. 高機能化

表2 各サブテーマにおける目標値一覧表

サブテーマ	目標値	目標値の根拠
【1】低潮解性難燃剤の開発	低潮解性難燃剤を開発する。板材の発熱性試験で不燃材料基準を達成、乾湿繰り返し試験10回後、吸湿性試験後で難燃剤の滲み出しなし	不燃材料基準※、意匠性(アドバイザー企業が求める製品基準) ※建築基準法施行令第108条の2
【2】多段階加圧注入技術の確立	新規開発難燃剤の多段階加圧注入方法を確立。長さ4,000mmの板材において発熱性試験で不燃材料基準を達成	不燃材料の大臣認定に必要な条件(全部位不燃性能)
【3】難燃剤分布可視化技術の開発	不燃木材内の難燃剤分布を、非破壊検査装置を用いて可視化する技術を確立する。	不燃木材製造時の品質管理基準(全数・全部位不燃性能を確認)
【4】浸透造膜型塗装技術の開発	【4-1】内装用不燃木材の開発	不燃材料基準、意匠性、耐久性(アドバイザー企業が求める製品基準)
	【4-2】外装用不燃木材の開発	

## 1-2 研究体制

図3に研究体制を示す。

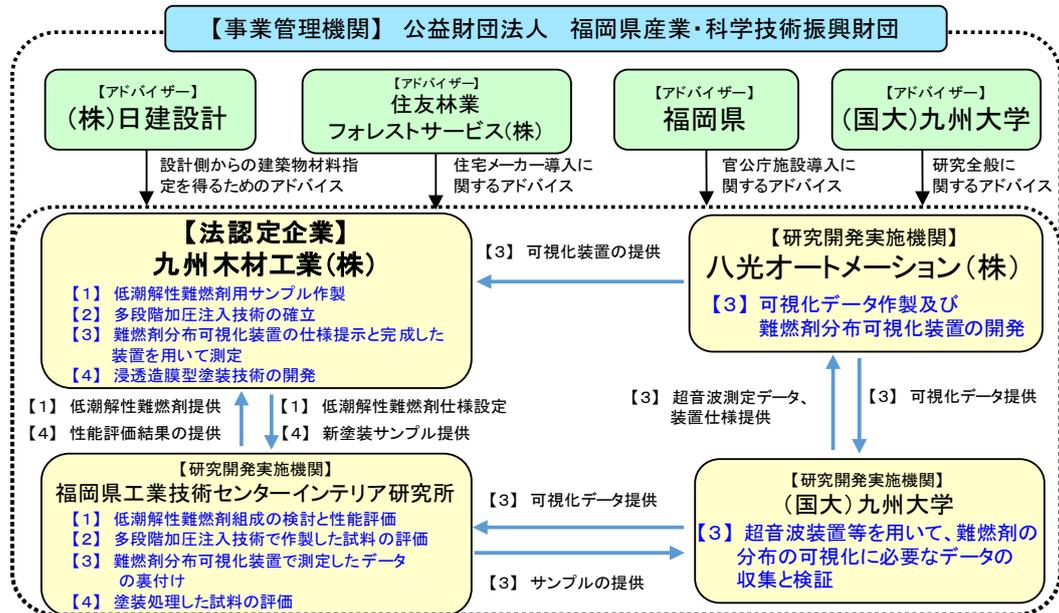


図3. 研究体制

## 1-3 成果概要

### 【1】低潮解性難燃剤の開発

(平成29年度)

・複数の難燃剤候補を作製し、木材に注入しない状態で吸湿性試験を行い、吸湿率25%以下及び潮解しない難燃剤候補を11種類開発した。そのうち最も吸湿性が低かった2種を最終候補として選定した。

(平成30年度)

・多段階加圧注入で処理したスギ材小片で、不燃材料基準達成、乾湿繰り返し試験10回及び吸湿性試験において滲み出しなしを達成した。

・平成29年度に選定した候補2種から、最終的に1種に絞り込むことができた。

・並行して開発した難燃剤の技術動向調査を行い、特許出願のための準備を行った。

(2019年度)

・開発した難燃剤の特許出願を行った。

・開発によって生じたその他の課題として低潮解性のメカニズムを調査した。

## 【2】多段階加圧注入技術の確立

### （平成29年度）

- ・長さ 1,000mm スギ板材サンプルに対して多段階加圧注入の基礎条件（圧力、時間、段階）を確立した。
- ・長さ 2,000mm や 4,000mm の実大材スギ板材を試験するための真空・加圧含浸装置試験機を導入し、試運転においてサンプルを用いた多段階加圧注入基礎条件を確立した。

### （平成30年度）

- ・平成29年度に得られた多段階加圧注入の基礎条件をもとに注入し、2000mm スギ板材に対しても同様に均質な注入状態を得た。
- ・不燃材料基準を満たす注入量下限値を見つけるため、下限に近いと想定される注入量の試験材を製作し、発熱性試験を行った結果、不燃性能を満たすものと満たさないものが混在していたことから、難燃剤の絶対量を増やす必要があることがわかった。
- ・難燃剤が均質注入されているかについて電子顕微鏡等を用いた評価を九州大学に依頼した。

### （2019年度）

- ・平成30年度の結果を踏まえて長さ 4,000mm までのスギ板材に対する多段階加圧注入方法を確立し、同様の発熱性試験で不燃材料基準を達成した。
- ・同時に、平成30年度サブテーマ【3】で導入した不燃木材非破壊検査装置（以下、「非破壊検査装置」と記述）を用いて難燃剤分布を調査し、均質注入を確認できた。
- ・発熱性試験結果との関連性を調べながら不燃材料基準を満たす難燃剤注入量の下限値を決定した。

## 【3】難燃剤分布可視化技術の開発

### （平成29年度）

- ・材料条件が異なる木材小片を用いて、超音波等による測定を行い非破壊検査装置の仕様に関するデータの収集と検証を行った。
- ・予想される難燃剤量と一致するデータが得られ、難燃剤分布を可視化するのに最適な手法を選定できた。

### （平成30年度）

- ・自動測定システムを導入して不燃木材の連続測定が可能となり、得られた非破壊データの検証を行った。

- ・難燃剤量との関係を検量線として作成した。
- ・長さ 2,000mm や 4,000mm の実大材スギ板材を測定できる非破壊検査装置を試作した。

#### (2019 年度)

- ・平成 30 年度に作成した難燃剤注入前後の非破壊データから難燃剤量との相関を導き検量線を確立した。
- ・不燃木材中の難燃剤の分布を、前年度導入した非破壊検査装置を用いて可視化する技術を確立した。

### **【4】浸透造膜型技術の開発**

#### **【4-1】内装用不燃木材の開発**

##### (平成 30 年度)

- ・サブテーマ【1】の結果より難燃剤のしみ出しがないことから、従来 3 回塗りするウレタン塗装を 1 回塗りに抑え、低コスト化を図った試験ピースを完成させた。
- ・建材試験センターに相談し、国交省認定申請を進めるための準備を行った。

##### (2019 年度)

- ・平成 30 年度の塗装方法をもとに作製した内装用不燃木材の乾湿繰り返し試験、吸湿性試験を行い、難燃剤のしみ出しがないことを確認できた。
- ・内装用不燃木材の発熱性試験を行い、不燃材料基準を達成した。
- ・完成した内装用不燃木材の技術資料を作成し、国交省認定取得に向けて建材試験センターと打合せを進めた。

#### **【4-2】外装用不燃木材の開発**

##### (平成 30 年度)

- ・耐候性および難燃性に優れている樹脂を選定し、塗装コストを最小限とするため 1 回塗りで試験ピースを完成させた。

##### (2019 年度)

- ・平成 30 年度の塗装方法をもとに作製した外装用不燃木材に対して 10 年間の日射量に相当する 2,000 時間の促進耐候性試験を行った。
- ・促進耐候性試験後の外装用不燃木材の発熱性試験を行ったところ、不燃材料基準は達成できなかった（促進耐候性試験をしないものは不燃材料基準を達成できた）。

## 1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属・氏名：九州木材工業株式会社 内倉清隆・原田矩行

電話番号：0942-53-2174

FAX 番号：0942-52-5158

E-mail：[kmkk@kyumoku.co.jp](mailto:kmkk@kyumoku.co.jp)

## 第2章 本論

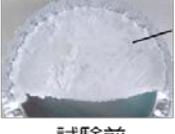
### 【1. 低潮解性難燃剤の開発】

最終目標値：板材の発熱性試験で不燃材料基準を達成、乾湿繰り返し試験 10 回及び吸湿性試験においてしみ出しなしを達成する。

平成 29 年度

難燃剤の材料物質（グアニジン、リン酸、特殊助剤）の配合比が異なる 16 種類を難燃剤候補（難燃剤 1～16）とした。これらについて木材に注入しない状態で、吸湿性試験（40℃、90%RH、168 時間）を行い、低潮解性を示す難燃剤候補の絞り込みを行った（表 3）。その結果、吸湿率 25%以下及び潮解しない難燃剤候補を 11 種類開発した。その後、もっとも吸湿性が低かった候補 2 種類（難燃剤 6、難燃剤 7）を最終候補として選定した。

表 3 吸湿性試験の評価

判定	状態	試験結果の例	
合格	「吸湿率25%以下」 かつ 「外観変化なし」	難燃剤 7  試験前	吸湿率：9.9%  試験後
不合格	「吸湿率25%を超える」 または 「潮解あり、濡れ色変化」	難燃剤 15  試験前	吸湿率：30.9%  試験後

平成 30 年度

平成 29 年度に選定した最終候補 2 種類（難燃剤 6、難燃剤 7）について、木材（スギ材）に注入した状態で、発熱性試験、乾湿繰り返し試験（40℃・90%RH、24 時間⇄60℃、24 時間）及び吸湿性試験（40℃・90%RH、168 時間）を行った。その結果、最終候補 2 種類から、すべての試験をクリアした 1 種類（難燃剤 6）に決定することができた

(表 4)。このことにより、最終目標値である“板材の発熱性試験で不燃材料基準を達成、乾湿繰り返し試験 10 回及び、吸湿性試験において難燃剤のしみ出しなし”を達成した。

表 4 評価結果のまとめ

評価項目	難燃剤 6	難燃剤 7
吸湿性試験 (吸湿率 25%以下)	合格 (吸湿率：14.4%、しみ出しなし)	合格 (吸湿率：20.2%、しみ出しなし)
乾湿繰り返し試験 (繰り返し 10 回)	合格 (しみ出しなし、白華なし)	合格 (しみ出し、白華なし)
発熱性試験	合格 (20 分間の総発熱量： 8MJ/m <sup>2</sup> 以下をクリア)	不合格 (20 分間の総発熱量： 8MJ/m <sup>2</sup> 以上)

## 2019 年度

最終目標値は前年度達成済みであるので、その他の課題として難燃剤 6 の低潮解性メカニズムの解明を検討した。具体的には TG-DTA (熱重量・示差熱同時測定)、X 線回析及び FT-IR (フーリエ変換赤外分光光度計) 等を用いて、結晶構造等について他の難燃剤候補との比較を行った。その結果、難燃剤 6 は一部の難燃剤候補とは異なる結晶構造であり、それがより湿度に安定な構造を取るのではないかと推察された。さらに他の難燃剤候補では余剰の材料物質が確認され、このような余剰がないことが難燃剤 6 の低潮解性に起因しているのではないかと考えられた。

## 【2. 多段階加圧注入技術の確立】

**最終目標値：長さ 4,000mm の板材において発熱性試験で不燃材料基準を達成する。**

### 平成 29 年度

小型の注入試験機 (長さ 1,200mm、直径 200mm) を用いて長さ 1,000mm×15mm×105mm のスギ板材サンプルを試験注入し、サブテーマ【1】で選定した難燃剤をスギ板材へ均質に注入するため基本的な多段階加圧注入条件 (圧力、時間、段階等) を一段階加圧注入と比較検討し確立した (図 4)。同時に、2,000mm や 4,000mm の実大材スギ板材に難燃剤を注入するための真空・加圧含浸装置 (長さ 6,000mm、直径 1,200mm) を導入した。導入後確立した基本的な多段階加圧注入条件を踏まえて試運転を行った。それによってサンプルを用いた多段階加圧注入基礎条件を確立できた。

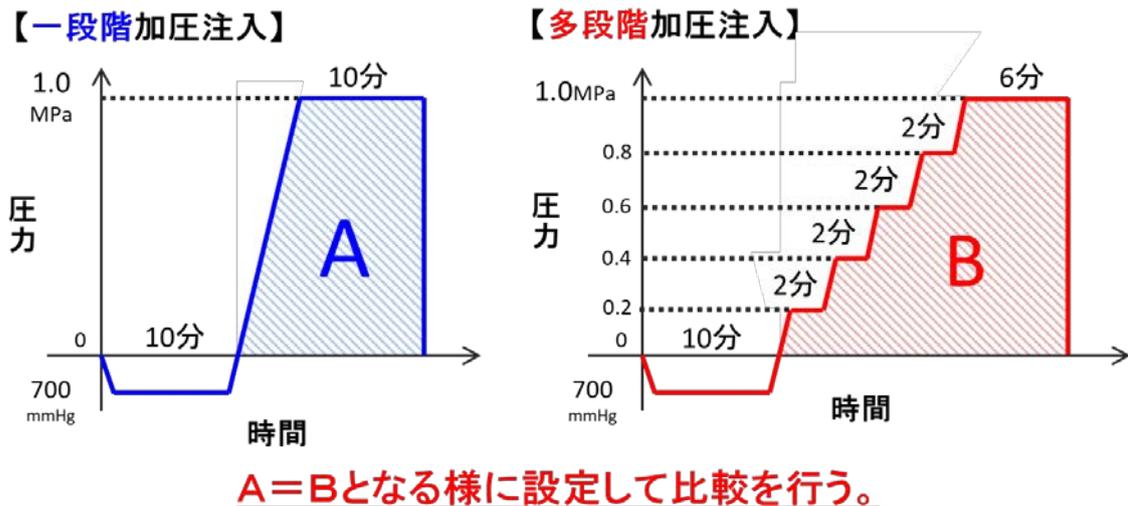


図4 一段階加圧注入および多段階加圧注入プログラム（基礎条件）

#### 平成30年度

長さ 2,000mm×15mm×105mm のスギ板材に対し、サブテーマ【1】にて開発した難燃剤の注入試験を行った。この注入試験においては、平成29年度に得られた基本的な多段階加圧注入条件を利用して注入した結果、2000mm スギ板材に対しても同様に均質な注入状態が得られたことから、多段階加圧注入技術については、その有効性を示すことができた。加えて、本評価において難燃剤の均一注入効果については、時間による効果か、多段階による効果かも同時に評価し、多段階の効果を確認した。また、不燃材料基準を満たす注入量下限値を見つける必要があるため、まず平均注入固形量 165kg/m<sup>3</sup>のスギ材小片（幅 100mm×長さ 100mm×厚さ 15mm）を製作し、コーンカロリメーターによる発熱性試験を行った結果、不燃性能を満たすものと満たさないものが混在していたことから、さらに難燃剤の絶対量を増やす必要があることがわかった。加えて、注入後の不燃木材から連続的に小片を切り出し、サブテーマ【1】に用いる乾湿繰り返し試験のサンプルとした。さらに、難燃剤が均質注入されているかについて電子顕微鏡等を用いた評価を九州大学に依頼した（図5）。

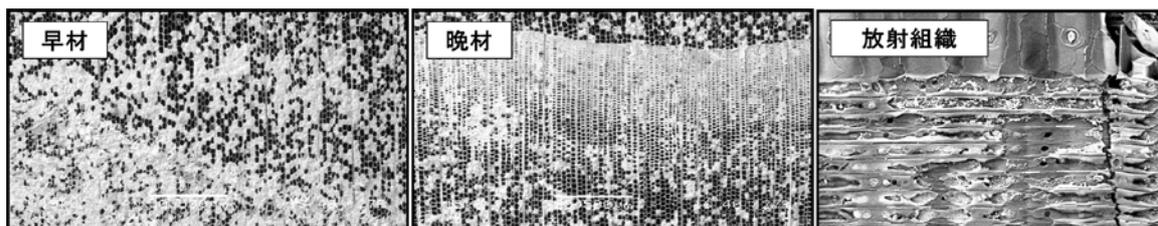


図5 電子顕微鏡による不燃木材中の難燃剤均質注入状況写真

## 2019年度

長さ 4,000mm×15mm×105mm のスギ板材に対して、前年度の結果を踏まえて難燃剤量を多く、かつ均質に注入できる加圧プログラムを検討し注入試験を行った。具体的には、一段階加圧注入および多段階加圧注入した難燃剤処理後のスギ板材を平成 30 年度サブテーマ【3】で導入した非破壊検査装置試作機で難燃剤分布を調べた上で、長さ 100mm の連続片を作製し、それぞれの難燃剤固形量分布を比較することで均質注入を評価した。その結果、多段階加圧の方が一段階加圧よりも均質に注入できていることを確認でき（図6）、新規開発した難燃剤をスギ板材に均質注入するための多段階加圧注入法を確立できた。次に、不燃材料基準を満たす難燃剤固形量を探るために、あらかじめ非破壊検査装置試作機で分布のわかっている不燃木材切片を作製し、難燃剤固形量と発熱性試験結果の関係性を調べた。結果として、難燃剤固形量  $200\text{kg}/\text{m}^3$  以上であれば不燃材料基準を満たすことが分かった（図7）。

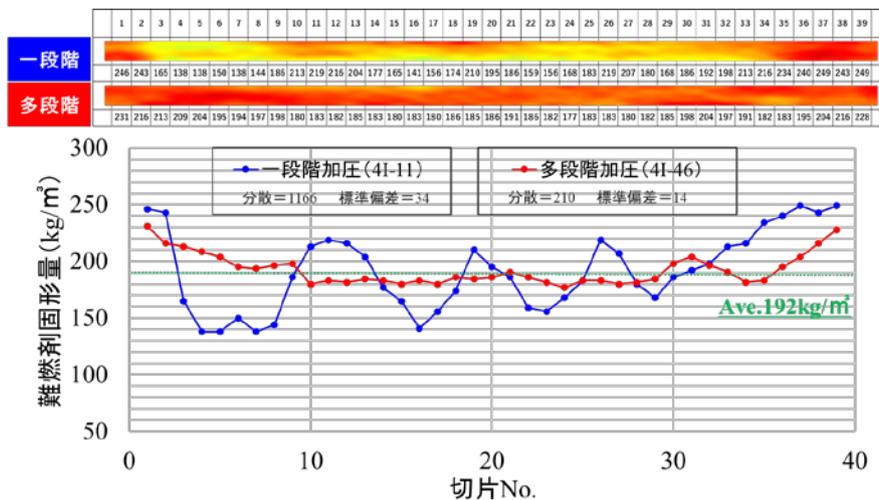


図6 一段階加圧及び多段階加圧における難燃剤固形量とその難燃剤分布図

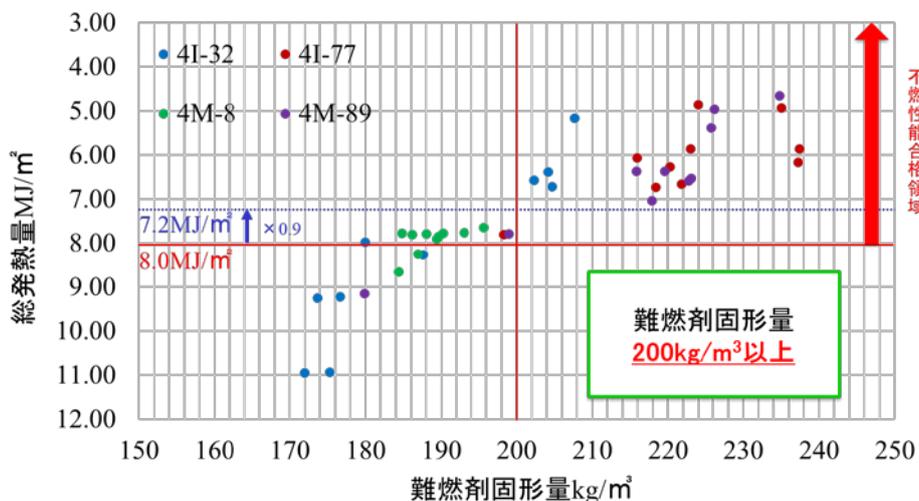


図7 難燃剤固形量と総発熱量の関係

### 【3. 難燃剤分布可視化技術の開発】

最終目標値：不燃木材内の難燃剤分布を超音波測定装置等を用いて可視化する技術を確立する。

#### 平成29年度

開発予定の非破壊検査装置の仕様に関するデータの収集と検証を行った。新しい非破壊実験装置を導入し、板材（幅 100mm×長さ 150mm×厚さ 20mm）、材料条件（木目3種類、木1種類）で測定した。導入した非破壊実験装置により得られる分布図は設定した材料条件にかかわらず、予想される難燃剤量の分布図と一致することが確認できた。

#### 平成30年度

平成 29 年度導入した非破壊実験装置に自動測定システムを付与することで、連続測定によるデータ収集を可能にした。サブテーマ【1】で決定した難燃剤6を用いて難燃処理を行ったサンプル（幅 100mm × 長さ 350mm × 厚さ11mm）で測定を試みた。非破壊検査装置の仕様を決定する有用な非破壊データが得られ、難燃剤量を推定する検量線が作成できた。また、難燃剤注入後のサンプルの発熱性試験をコーンカロリメーターで行い、難燃剤量と燃焼性能の関係を明らかにすることで、不燃性能に対する難燃剤量の検出下限値を決定した。以上の研究成果をもとに非破壊検査装置を試作した。

#### 2019年度

平成 30 年度試作した非破壊検査装置を用いて、実大サイズ（長さ 4000mm）の不燃木材の連続測定を行い、仕様を検証した。また、連続測定後のサンプルからコーンカロリメーター用のサンプルを切り出し、発熱性試験を行った。板全体の難燃剤量分布は本装置の使用により連続的に可視化できた（図8）。さらに、発熱性試験の結果から不燃性能に関する難燃剤量の検出下限値を実大サイズに併せて調整することで、製造工程で利用可能な解析プログラムを開発した。このことより最終目標である”不燃木材内の難燃剤分布を可視化する技術を確立する”を達成した。

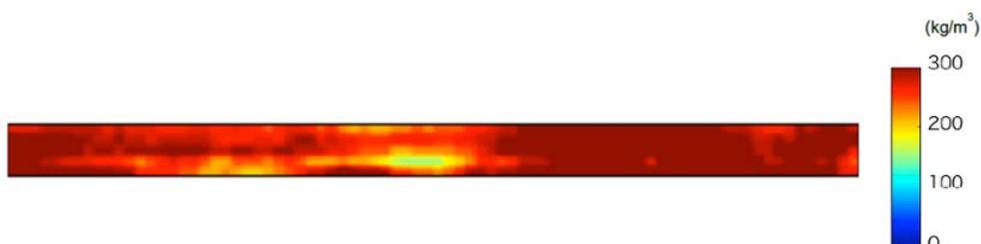


図8 難燃剤量の分布図

#### 【4. 浸透造膜型塗装技術の開発】

##### 【4-1】 内装用不燃木材の開発

最終目標値：内装用塗装方法を開発、乾湿繰り返し試験及び吸湿性試験において難燃剤の滲み出しがないことを確認後、発熱性試験で不燃材料基準を達成する。

平成30年度

サブテーマ【2】において得られた多段階加圧注入後の不燃木材試験サンプルに対し、ウレタン塗料による塗装方法(下塗り、中塗り、上塗り塗料の選択、構成、塗装回数)の検討を行った。従来は下塗り2回、上塗り1回の計3回の塗装を必要としていたが、サブテーマ【1】の結果より難燃剤の滲み出しがないことから、塗装を下塗り1回とし、低コスト化を図った試験ピースを完成させた(図9)。

また事業化に向けて国交省認定を取得するために、平成30年9月に建材試験センターに相談し、国交省認定申請を進めるための準備を行った。加えて、防耐火等の制度・技術の動向調査については、必要に応じて森林総研等の外部有識者から情報を得た。



#### ウレタン樹脂

従来	新規
①下地研磨	①下地研磨
②下塗り1回目	②下塗り(完成)
③下塗り2回目	—
④上塗り(完成)	—

図9 内装用不燃木材試験ピース

2019年度

平成30年度の塗装方法をもとに、サブテーマ【2】で作製した多段階加圧注入した不燃木材を用いてウレタン塗装を行い内装用不燃木材を作製し、サブテーマ【1】と同様の乾湿繰り返し試験(40℃・90%RH、24時間⇔60℃、24時間)及び吸湿性試験(40℃・90%RH、168時間)を行い、難燃剤の滲み出しがないことを確認できた(図10)。その後、発熱性試験を行い不燃材料基準を達成したことにより、“内装用塗装方法を開発、乾湿繰り返し試験及び吸湿性試験終了後の難燃剤の滲み出しがないことを確認後、発熱性試験で不燃材料基準を達成”という最終目標値を達成できた。

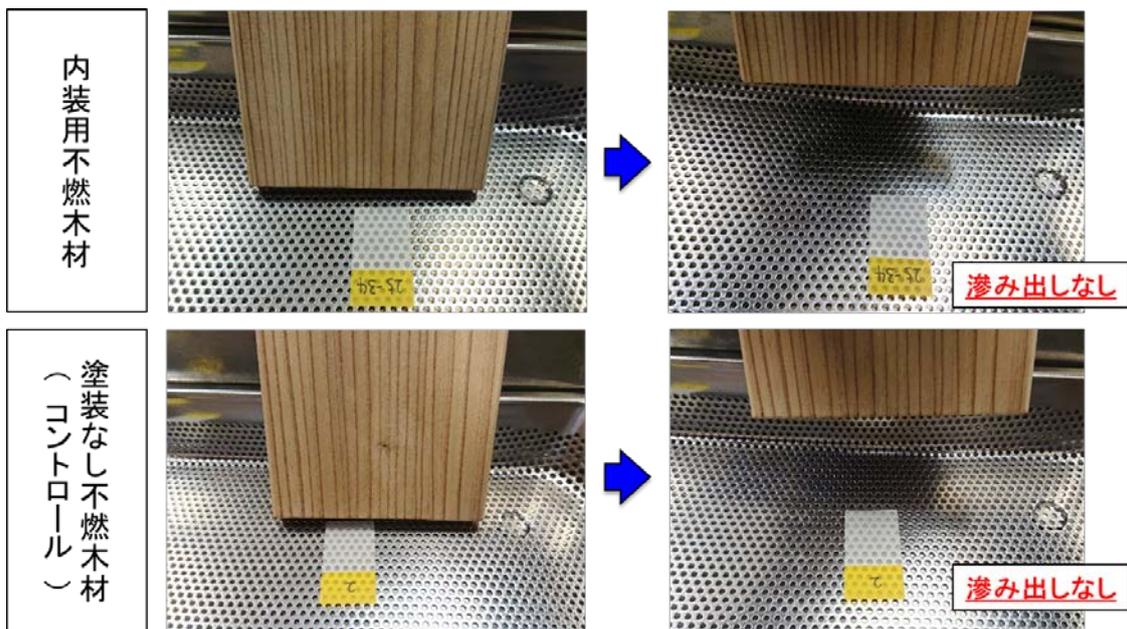


図 10 乾湿繰り返し試験および吸湿性試験後の不燃木材

#### 【4-2】 外装用不燃木材の開発

**最終目標値：外装用塗装方法を開発、促進耐候性試験後に難燃剤がしみ出ししないことを確認後、発熱性試験で不燃材料基準を達成する。**

平成30年度

サブテーマ【2】において得られた多段階加圧注入後の不燃木材試験サンプルに対し、耐候性および難燃性に優れている塗料を選定し、塗装コストを最小限とするため1回塗りで試験ピースを完成させた(図11)。



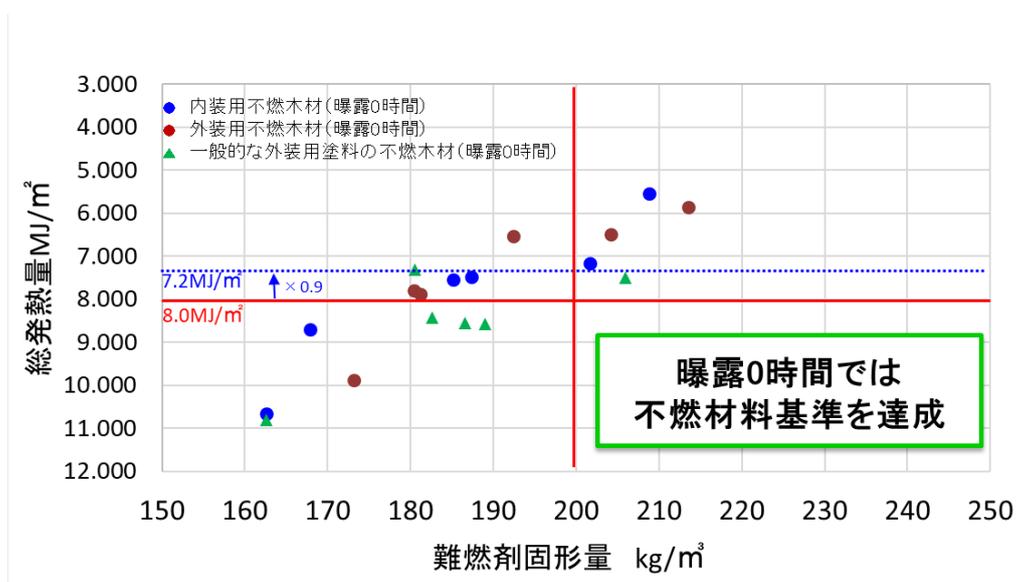
#### 外装用の浸透造膜型塗料

従来	新規
使用実績なし (外装用不燃木材 は市場にない)	①下地研磨
	②1回塗り(完成)

図 11 外装用不燃木材試験ピース

2019年度

平成 30 年度の塗装方法をもとに作製した外装用不燃木材と、一般的に木材保護塗料として使用されている耐候性の高い造膜型塗料で作製した外装用不燃木材およびコントロール用の塗装なし不燃木材の3種を用いて 10 年間の日射量に相当する 2,000 時間の促進耐候性試験を行った。その後、それぞれ発熱性試験を行ったところ、不燃材料基準は達成できなかった（5 分間の総発熱量については難燃性能をクリアしていた）。また、促進耐候性試験をしない曝露0時間のものでは不燃材料基準を達成できた（図 12）。



	曝露0時間	曝露2,000時間
不燃木材	○ 不燃材料基準達成	× 不燃材料基準未達成 (難燃性能はクリア)
内装用不燃木材	○ 不燃材料基準達成	---
外装用不燃木材 (浸透造膜型塗料)	○ 不燃材料基準達成	× 不燃材料基準未達成 (難燃性能はクリア)
外装用不燃木材 (一般的な外装用塗料)	○ 不燃材料基準達成	× 不燃材料基準未達成 (難燃性能はクリア)

図 12 不燃木材、内装用不燃木材、外装用不燃木材の発熱性試験結果まとめ

## 第3章 全体総括

### 3-1 総括

3年の事業期間における各サブテーマの研究成果をまとめると、表5の通りとなる。

表5 各サブテーマ技術目標値達成状況

サブテーマ	目標値	達成度	達成根拠	達成に係るコメント
【1】 低潮解性難燃剤の開発	低潮解性難燃剤を開発。板材の発熱性試験で不燃材料基準を達成、乾湿繰り返し試験10回及び、吸湿性試験において難燃剤の滲み出しなし	100%	低潮解性難燃剤の <u>配合比を決定</u> 。 発熱性試験で <u>不燃材料基準を達成</u> 。 乾湿繰り返し試験 <u>25回の滲み出しなし達成</u> 。 吸湿性試験で <u>滲み出しなし達成</u>	目標値を達成。
【2】 多段階加圧注入技術の確立	新規開発難燃剤の多段階加圧注入方法の確立。 長さ4,000mmまでのスギ板材に難燃剤を注入し、発熱性試験を行い、不燃材料基準を達成。	100%	一段階加圧と多段階加圧の比較検討試験により <u>多段階加圧注入方法を確立</u> 。 多段階加圧注入した長さ4,000mmの不燃木材の <u>連続小片の発熱性試験で不燃材料基準を達成</u> 。 難燃剤の <u>注入下限値を決定</u> 。	目標値を達成。 事業化するために不燃木材の国交省大臣認定取得を急ぐ。
【3】 難燃剤分布可視化技術の開発	不燃木材内の難燃剤分布を、非破壊検査装置を用いて可視化する技術を確立する。	100%	導入した非破壊検査装置により不燃木材内の <u>難燃剤分布の可視化技術確立</u> 。 (発熱性試験結果と照合しながら <u>難燃剤量と誘電率の相関を検証</u> した)	目標値を達成。 事業化するために販売体制を整えるとともに標準化に向けて取り組む。
【4】 浸透造膜型技術の開発  【4-1】 内装用不燃木材の開発  【4-2】 外装用不燃木材の開発	【内装用不燃木材】 内装用塗装方法を開発。乾湿繰り返し試験、吸湿性試験後の難燃剤滲み出しなし。発熱性試験で不燃材料基準を達成。 【外装用不燃木材】 外装用塗装方法を開発。2,000時間の促進耐候性試験後難燃剤の滲み出しなし。発熱性試験で不燃材料基準を達成。	(100%)	【内装用不燃木材】 塗膜を薄く（一回塗り）した塗装方法にて乾湿繰り返し試験、吸湿性試験後の <u>滲み出しなし達成</u> 、 発熱性試験で <u>不燃材料基準を達成</u> 。 【外装用不燃木材】 促進耐候性試験なし（曝露0時間）であれば不燃材料基準を達成。 <u>促進耐候性試験2,000時間後の発熱性試験では不燃材料基準未達成（難燃性能5分迄であった）</u> 。	【内装用不燃木材】 目標値を達成。 事業化するために不燃木材の国交省大臣認定取得を急ぐ。 【外装用不燃木材】 <u>補完研究</u> にて屋外での耐候性に実績のある浸透造膜型塗料を用いることで促進耐候性試験2,000時間（屋外で10年相当）を達成できることから、これを用いれば発熱性試験での不燃材料基準を達成することが可能である（100%）

## 3-2 事業化の方針

### 1. 内装用・外装用不燃木材

不燃木材を販売するにあたり国交省大臣認定を取得する必要がある。3年間の研究結果を反映させた技術資料を作成し、建材試験センターに試験申請を進める。国交省大臣認定の取得には試験内容 2019 年 4 月より、より精密な内容を求められるようになったことから最低でも 1 年程の時間を要するため申請を急いでいる状況である。本事業の開発において内装用不燃木材（塗装なし、塗装あり）については目標値をすべて達成できたため、認定取得にあたり研究結果を反映させた技術資料を作成し、建材試験センターと打合せをしながら認定取得に向けて取り組んでいる。

外装用不燃木材については検討した塗料では最終目標値である促進耐候性試験 2,000 時間後の発熱性試験において不燃材料基準を達成しなかったため、外装用塗料及びその塗装方法の再検討を行う。具体的には、まず新たな浸透造膜型塗料（保存処理木材に塗装し、促進耐候性試験約 15 年分をクリアしたもの）を塗装した状態（促進耐候性試験なし）の塗装試験片を作製し、発熱性試験を行い不燃材料基準の達成を確認する。その後、不燃材料基準を達成した塗装試験片を再度作製し、促進耐候性試験 2,000 時間（約 10 年分）後の発熱性試験で不燃材料基準の達成（100%）を目指すことが十分に可能である。

また、本事業のアドバイザー（川下企業）には、開発した不燃木材の販売が始まり次第、物件等に折り込むことを視野に入れて取り組んでいただいております、事業化に向けた販路の展開も進めている。

### 2. 不燃木材非破壊検査装置

知財に関して、3年間の研究で開発した新規難燃剤及び非破壊検査装置は特許を出願中である。標準化に関して、非破壊検査装置を用いた検査方法を標準化するために日本規格協会の標準化セミナーや相談会に参加し、標準化戦略を検討中である。開発した不燃木材は九州木材工業で製造販売していくが、不燃木材を各地で普及拡大していくため、賛同していただける企業があればノウハウを開示し、弊社の製造システムを導入したオープンイノベーション戦略を考えている。そのための仕組みや体制づくりは現在検討中である。