

告示化に向けた可燃性断熱材を用いた防耐火外壁の 仕様基準の検討

Study on the Specification Standards for Fire Protection
Performance of Outer Walls with Combustible Insulation for
Building Standard Law Notice

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部

Building Research Department

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

目 次

第2編 主要構造部の防火性能に関する検討

3. 可燃性断熱材を用いた外壁構造.....	1
3.1 検討の目的と対象	1
3.2 可燃性断熱材の基本性能の情報収集と整理	2
3.3 可燃性断熱材の燃焼性状	5
3.4 認定された防耐火構造の分類・仕様調査.....	9
3.5 告示化等の基準化に向けた外壁仕様の検討	16
3.6 小型実験による検討.....	20
3.7 実大試験による検証.....	33
3.8 告示化等の基準化に向けて	42

はじめに

本研究は、国土交通省の建築基準整備促進事業「F14.主要構造部の防耐火性能等に関する大臣認定仕様基準の検討」（平成30年度～令和元年度）の検討内容の一部を（一社）建築性能基準推進協会より委託を受けて実施した受託研究である。

本報告書では、この建築基準整備促進事業 F14.の報告書（構成を下記に示す。）のうち、第2章の第3章に記載された内容を抜粋し報告する。

令和元年度 建築基準整備促進事業

F14.主要構造部の防耐火性能等に関する大臣認定仕様基準の検討

第1編 せっこうボード製品の防火性能に関する検討

第2編 主要構造部の防耐火性能に関する検討

1. 窯業系サイディング被覆鉄鋼系外壁防火構造

2. 軽量セメントモルタル被覆木造外壁

3. 可燃性断熱材を用いた外壁構造

4. 金属屋根 30分耐火構造の検討

第3編 まとめ

第4編 付録

3. 可燃性断熱材を用いた外壁構造

3.1 検討の目的と対象

3.1.1 目的

可燃性断熱材は、建築物の省エネルギー性向上が推進される中で、高い断熱性と施工性の観点から普及が進んでいる。一方、2017年のロンドン火災等で見られた外壁面における急激な火災拡大のよ

うに、建築物に可燃性断熱材を用いることには、火災安全性への不安が根強く存在する。
ここでは、省エネルギー等の観点から一般化が望まれる可燃性断熱材を用いた外壁のうち、例示仕様や認定数の多い防火構造、準耐火構造、耐火構造、準防火構造の典型的な仕様を整理し、防火性能の観点から検証を行い、告示化等の基準化に向けて、外壁の防火性能を損なわないための条件や仕様（充填型の断熱材、外装材、内装材等）を明らかにすることを目的とする。

このために行った検討内容と本報告書における節立ては、次の通りである。

なお、下記「Ⅲ 可燃性断熱材を用いた外壁仕様に関する検討」では、30分防火構造、45分準耐火構造、60分準耐火構造を検討対象としているが、実証段階となる「Ⅳ可燃性断熱材を用いた外壁の防火性能に関する検討」では、30分防火構造のみに対象を絞り、検討を進めた。

3. 可燃性断熱材を用いた外壁構造	
I 検討の目的と対象	→ 3.1
II 可燃性断熱材の材料的検討	
①可燃性断熱材の基本性能の情報収集と整理	→ 3.2
②可燃性断熱材の燃焼性状	→ 3.3
III 可燃性断熱材を用いた外壁仕様に関する検討	
①認定された防耐火構造の分類・仕様調査	→ 3.4
②告示化等の仕様基準化に向けた外壁仕様の検討	→ 3.5
IV 可燃性断熱材を用いた外壁の防火性能に関する検討	
①可燃性断熱材の壁体内での挙動 －発泡プラスチック断熱材を用いた既往の小型実験より	→ 3.6
②外装材の被覆条件による検討	→ 3.7
V 告示化等の基準化に向けて	→ 3.8

3.1.2 検討対象

検討対象とする外壁仕様を表 3.3.1 に示す。

外壁は、線形部材で構成された木造および鉄骨造の外壁で、中空層を有し、外装材に窯業系サイディング、セメントモルタル（以下、「モルタル」とする）または軽量セメントモルタル（以下、「軽量モルタル」とする）を、内装材にせっこうボードを用いた外壁を検討対象とする。

断熱工法は、軸間に断熱材を充填する充填断熱工法のみを検討対象とし、躯体の屋外側に断熱材を張る外張断熱工法は対象外とする。

可燃性断熱材は、JIS 品もしくは製品規格、JAS 等の公的規格に適合する可燃性の断熱材を検討対象とする。なお可燃性断熱材は、加熱を受けた時の挙動から、熔融タイプ（熱可塑性）と炭化タイプ（熱硬化性）に大別される。なお、比較のため、不燃性のロックウール断熱材、グラスウール断熱材を含む。

表 3.3.1 検討対象とする外壁仕様

外装材	窯業系サイディング（中実品）、モルタル、軽量モルタル
断熱材	<p>JIS 品もしくは製品規格、JAS 等の公的規格に適合する可燃性の断熱材</p> <p>①熔融タイプ（熱可塑性）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 押出法ポリスチレンフォーム(XPS) ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS) ・ ポリエステル繊維 <p>②炭化タイプ（熱硬化性）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 硬質ウレタンフォーム(PUF) ・ フェノールフォーム (PF) ・ セルローズファイバー ・ 吹付け硬質ウレタンフォーム(SPF) ・ インシュレーションファイバー(WF 木質繊維断熱材) ・ 羊毛断熱材 <p>* 熔融タイプは、木材の炭化前(200℃以下)に熔融、液化して、断熱材の充填箇所が空洞となる。断熱層が失われるため、放熱効果が高い反面、壁内部での火炎伝播が発生する。</p> <p>**炭化タイプは、火災時に炭化層を形成するもので、木材や合板と類似の取り扱いができる可能性があるもの。炭化層として残存することで、壁体内部での火炎伝播等を防止できる。</p>
内装材	せっこうボード
構造形式	<p>木製軸組造***、木製枠組造***、鉄骨造（スチールハウス系、軸組系）</p> <p>***木製軸組造は木造軸組工法、木製枠組造は枠組壁工法を指す。</p>
断熱工法	充填断熱工法

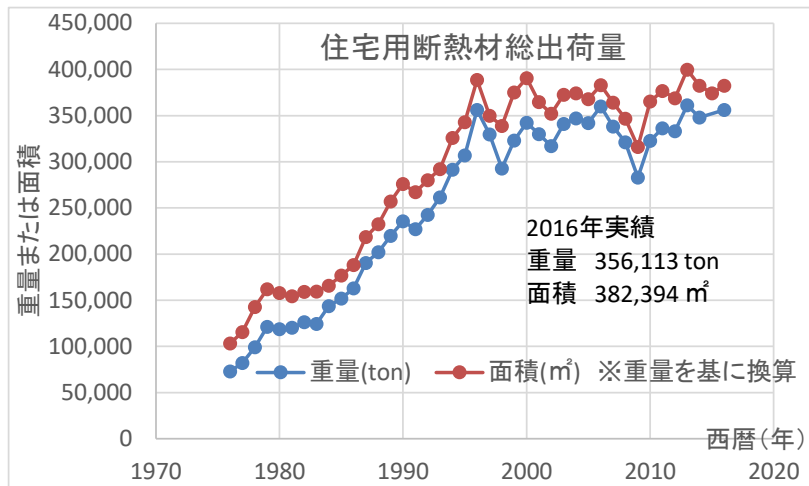
3.2 可燃性断熱材の基本性能の情報収集と整理

可燃性断熱材に関する基本的な情報を把握しておくため、3.2 では、可燃性断熱材に関する基本性能として、断熱材の市場シェア、断熱性能、おおよその価格、規格および熱物性値を収集、整理した。

3.2.1 断熱材の市場シェア

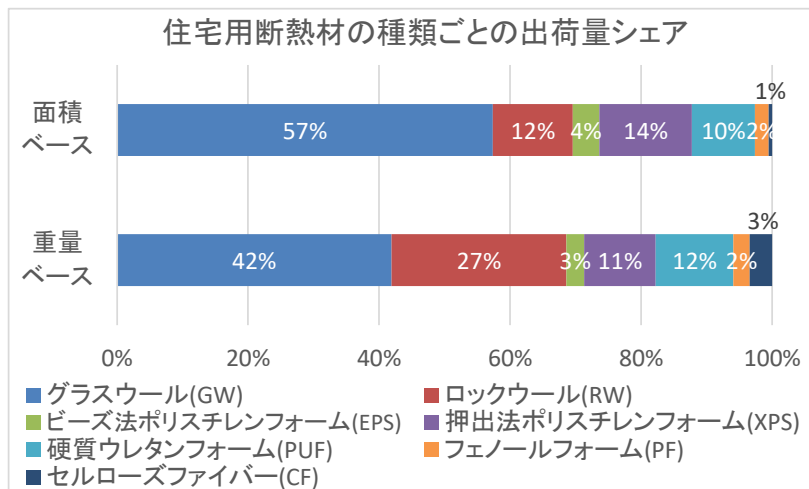
住宅用断熱材総出荷量をみると、住宅用断熱材(不燃性、可燃性を含む)は、1990年代後半以降、ほぼ一定の出荷量を維持している（図 3.3.1）。そのうち、無機繊維断熱材（ロックウール断熱材、グラスウール断熱材）が 69%を占めている。発泡プラスチック断熱材（ビーズ法ポリスチレンフォーム、押出法ポリスチレンフォーム、硬質ウレタンフォーム、フェノールフォーム）は 28～30%、その他（セルローズファイバー）は 1～3%で、可燃性断熱材をあわせて 31%となった（図 3.3.2）。

また 1990 年代後半以降、ほぼ一定の住宅用断熱材総出荷量に対し、無機繊維断熱材、発泡プラスチック断熱材の出荷量もほぼ一定となっており、両者のシェアは、ほとんど変化していない（図 3.3.3）。



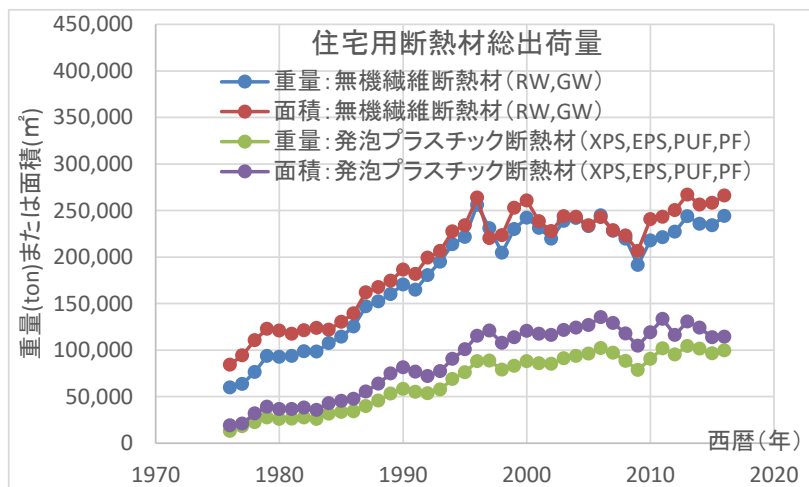
出典：(一社)日本建材・住宅設備産業協会¹⁾

図 3.3.1 住宅用断熱材総出荷量



出典：(一社)日本建材・住宅設備産業協会¹⁾

図 3.3.2 住宅用断熱材の種類ごとの出荷量シェア



出典：(一社)日本建材・住宅設備産業協会¹⁾

図 3.3.3 住宅用断熱材総出荷量（無機繊維断熱材・発泡プラスチック断熱材別）

3.2.2 断熱材の断熱性能・必要厚さとおおよその価格

木造軸組工法の外壁を対象に、厚さ 105 mm のグラスウール断熱材を充填した場合の断熱性能（熱抵抗値 R=2.8）と同等の断熱性能を確保する条件で比較した。断熱材種類ごとに、必要な断熱材厚さとその時の材料費単価および施工費単価を表 3.3.2 に示す。

表 3.3.2 木造軸組工法の住宅の充填工法外壁（R 2.8）の断熱材別比較（作成：断熱建材協議会）

断熱材素材	JISA9521		断熱材			単価	
	種類	製品記号	熱伝導率 λ W/(m·K)	熱抵抗値 R 2.8 (製品厚さでのR)	R2.8計算値 ⇨ 製品厚さ mm	1m ² 当たり断熱材 単価 ¹⁾ 円	1m ² 当たり施 工工事単価 ²⁾ 円
グラスウール	グラスウール断熱材 高性能品	GWHG16-38	0.038	2.8	105	1,090	480
ロックウール	ロックウール断熱材	RWMA	0.038	2.8	105	1,090	480
押出法ポリスチレンフォーム	3種bA	XPS3bA	0.028	(2.9)	78.4 ⇨ 80	2,500	530
ビーズ法ポリスチレンフォーム	1号	EPS1	0.034	(3.0)	95.2 ⇨ 100	引用資料がないため不明	
硬質ウレタンフォーム（ボード品）	2種2号A I	PUF2.2A I	0.024	(2.9)	67.2 ⇨ 75	2,800 ³⁾	530 ⁴⁾
硬質ウレタンフォーム（吹付け品）	A種3	NF3	0.040	(2.6)	105	5,450 ⁵⁾	
フェノールフォーム	1種2号C	PF1.2C	0.020	(3.0)	56 ⇨ 60	2,700	530
セルローズファイバー	吹込み用 セルローズ断熱材	LFCE5040	0.040	(2.6)	105	4,520 ⁵⁾	

- 1) (一財) 経済調査会『積算資料 住宅建築編ポケット版 2018年度版』の調査価格を参考とした。
- 2) (一財) 経済調査会『積算資料 住宅建築編ポケット版 2018年度版』の「断熱工事12、壁・天井、調査価格」を用い、材工共から材料費を減じた値とした。
- 3) (一財) 経済調査会『積算資料 住宅建築編ポケット版 2018年度版』のメーカー公表価格に0.5を乗じた値とした仮定した。
- 4) 他素材の発泡プラスチック断熱材と同じと仮定した。
- 5) (一財) 経済調査会『積算資料 住宅建築編ポケット版 2018年度版』の「断熱工事12、壁・天井、調査価格」を用い、100mm厚のものから推定した。

3.2.3 各種可燃性断熱材の JIS 規格と熱物性値

発泡プラスチック断熱材および有機繊維断熱材の JIS 規格、基材の熱物性値を表 3.3.3 に示す。ポリエステルおよび羊毛断熱材は、製品規格がなく、情報収集ができなかった。

表 3.3.3 各種断熱材の JIS 規格と熱物性値

		発泡プラスチック断熱材 (熱可塑性)		発泡プラスチック断熱材 (熱硬化性)			有機繊維断熱材		
		ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材	押出法ポリスチレンフォーム断熱材	硬質ウレタンフォーム断熱材	吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材	フェノールフォーム断熱材	吹込み用セルローズファイバー断熱材	ウッドファイバー断熱材	
JIS規格	規格番号	JIS A 9521 JIS A 9511	JIS A 9521 JIS A 9511	JIS A 9521 JIS A 9511	JIS A 9526	JIS A 9521 JIS A 9511	JIS A 9523	JIS A 9521	
	製品密度	kg/m ³ 15以上 ~30以上	20以上 ~25以上	25以上 ~35以上	(規定なし)	13以上 ~45以上	壁: 40以上 ~60以上	30以上 ~150以上	
	製品厚さ	mm 10~600	5~160	5~300	(規定なし)	5~300	(規定なし)	10~200	
	燃焼性・ 耐熱性	3秒以内に炎が消えて、残じんがなく、かつ、燃焼限界指示線を超えて燃焼しない		燃焼時間120秒以内で、かつ、燃焼長さが60mm以下 or 規定しない		酸素指数 26以上 ~28以上	壁: 耐着火性 規定しない 壁: 防火性 難燃3級適合	(規定なし)	
基材の熱物性値	変形開始	°C 80		100			150	約100°C	データなし
	ガラス転移点	°C 100		160			200	データなし	データなし
	熔融温度	°C 240		/			/	/	/
	引火点	°C 345		310			240	データなし	250
	発火点	°C 490		415			500	291°C	400
市場品	密度(公称値)	kg/m ³ 15~35	24~42	28~50	7~50	24~52	45~60	40~80	
	厚さ(公称値)	mm 10~600	15~100	10~100	15~105	12~100	90~140	30~140	

3.3 可燃性断熱材の燃焼性状

3.3.1 目的と検討対象

各種可燃性断熱材の燃焼性状を、コーンカロリメータ試験による発熱性試験により把握する。

検討対象である可燃性断熱材のうち、表 3.3.4 に示す通り、既往の試験データを有する断熱材は、その試験データを用い、既往の試験データがない断熱材は、新たにコーンカロリメータ試験を実施した。

表 3.3.4 可燃性断熱材の既往の試験データの有無

既往の試験データを有する断熱材 ^{2),3)}	既往の試験データがない断熱材
①溶融タイプ (熱可塑性) ・ 押出法ポリスチレンフォーム(XPS) ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS) ②炭化タイプ (熱硬化性) ・ 硬質ウレタンフォーム(PUF) ・ 吹付け硬質ウレタンフォーム(SPF) ・ フェノールフォーム (PF)	①溶融タイプ (熱可塑性) ・ ポリエステル繊維 ②炭化タイプ (熱硬化性) ・ インシュレーションファイバー(WF 木質繊維断熱材) ・ セルローズファイバー ・ 羊毛断熱材 ※参考：スギ集成材

3.3.2 試験方法

今回、新たに実施したコーンカロリメータ試験は、(株)東洋精機製作所製のコーンカロリメータ試験装置 (CONE CALORIMETER IV) を用いて、ISO5660-1⁴⁾に定められた試験方法に従って実施した。加熱強度は防火材料の性能評価で使われている 50kW/m²とし、試験時間は 20 分間もしくは燃え尽きて発熱速度が測定されなくなるまで、5 分おきにそれぞれ 5 分～20 分までとした。試験体の大きさは縦横 99 mm角で、厚さを 25 mmに揃え、試験体数は 1 種類あたり 3 体とした。

3.3.3 発熱性試験の結果と燃焼性状

可燃性断熱材の燃焼性状は、発熱速度の推移より、次の3つに大別された（表 3.3.5）。

【Type A】加熱すると熔融、または熔融するような速さで熱分解して、一気に燃え進む。

【Type B】加熱すると熱分解し、炭化層が形成されても燃え止まらず、燃え進んでいく。

【Type C】加熱すると熱分解し、炭化層が形成されて、燃え進みが抑制される。

あわせて、各種可燃性断熱材の発熱速度の推移を表 3.3.6～表 3.3.7 に示す。

溶融タイプ（熱可塑性）は、加熱を受けると、熔融、液化、熱分解、ガス化の過程のなかで着火して、燃え尽きるまで一気に燃焼が進む。そのため、燃焼性状はすべて【Type A】となった。

溶融タイプ（熱可塑性）は、着火をすると一気に燃焼するため、火災安全性上、融けた樹脂への着火をできる限り防ぐことが重要である。そのためには、JIS 規格の燃焼試験や酸素指数の指標に基づき、断熱材に難燃性を高め、自消性を付与することが不可欠と考えられる。

炭化タイプ（熱硬化性）は、加熱を受けると受熱面から順に熱分解が進む。断熱材の熱分解挙動により、燃焼性状は【Type A】～【Type C】の3つに分かれた。

炭化タイプ（熱硬化性）では、壁体内の断熱材が加熱に曝されると、着火を阻止するのは困難であると想定される。樹脂が激しく燃える断熱材の使用を避けて、断熱材の急激な燃焼拡大を防ぐことが重要である。この断熱材の熱分解による急激な燃焼拡大の程度は、発熱性試験で得られる発熱速度の一次ピーク値（最大発熱速度）に対応すると考えられる。

表 3.3.5 燃焼性のタイプと発熱速度の推移

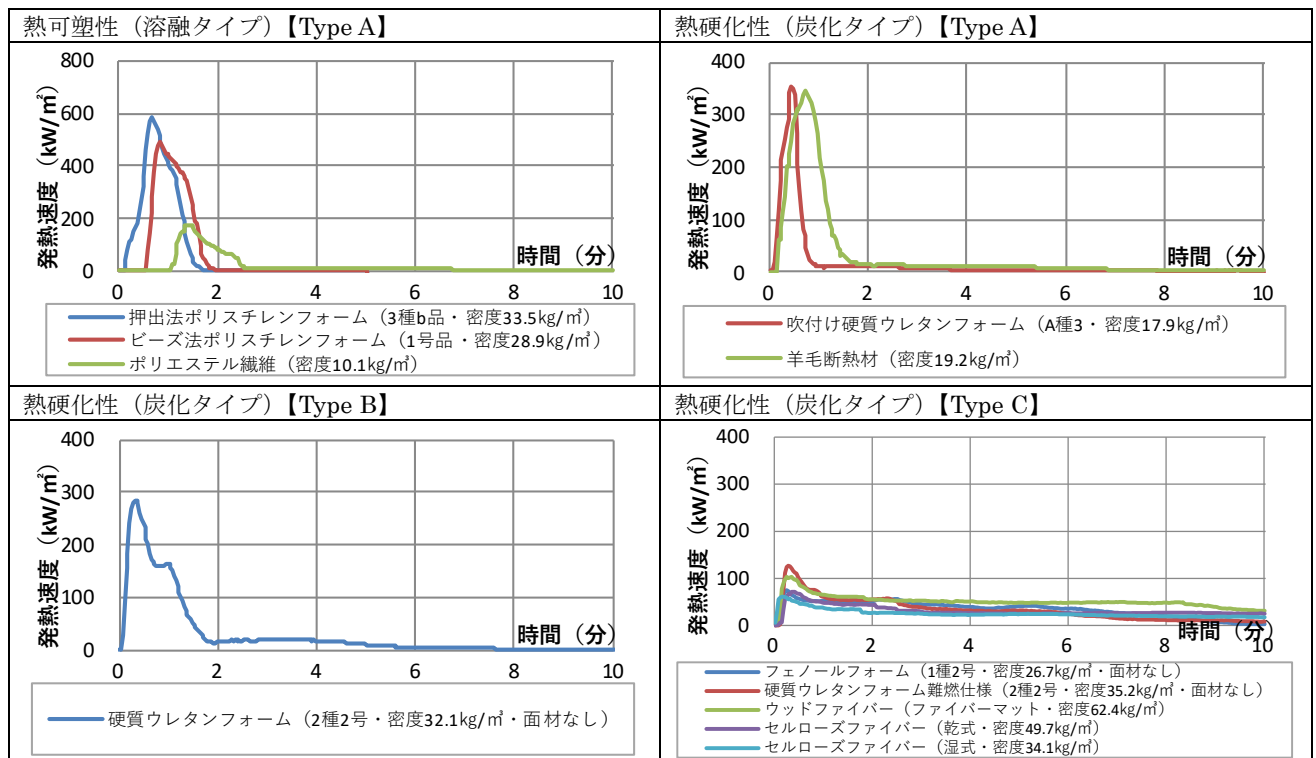


表 3.3.6 断熱材の種類ごとの発熱速度の推移①（発熱性試験の結果）

(1)熱可塑性（溶融タイプ）	
<p>押出法ポリスチレンフォーム（XPS）【Type A】</p>	<p>ビーズ法ポリスチレンフォーム（EPS）【Type A】</p>
XPS・A 社品・3 種 b	EPS・B 社品・1 号品
実測密度(kg/m³)：①33.5, ②33.1, ③33.2	実測密度(kg/m³)：①28.9, ②29.0, ③29.2
総発熱量(MJ/m²)：①26.3, ②26.4, ③25.8	総発熱量(MJ/m²)：①23.2, ②23.2, ③23.3
一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①583.0 (38s), ②672.7 (40s), ③582.2 (36s)	一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①496.4 (48s), ②466.1 (54s), ③537.3 (50s)
(1)熱可塑性（溶融タイプ）	
<p>ポリエステル繊維【Type A】</p>	<p>吹付け硬質ウレタンフォーム（SPF）【Type A】</p>
ポリエステル繊維・G 社品	SPF・C 社品・A 種3, 標準品
実測密度(kg/m³)：①10.1, ②10.0, ③10.0	実測密度(kg/m³)：①17.9, ②17.2, ③16.4
総発熱量(MJ/m²)：①4.4, ②5.8, ③4.7	総発熱量(MJ/m²)：①10.7, ②8.8, ③8.2
一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①166.0(71s), ②176.7 (41s), ③190.3(43s)	一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①353.2 (26s), ②343.1 (26s), ③331.2 (24s)
(2)熱硬化性（炭化タイプ）	
<p>羊毛断熱材【Type A】</p>	<p>硬質ウレタンフォーム（PUF）【Type B】</p>
羊毛断熱材（ポリエステル 20%混紡）・H 社品	PUF・D 社品・A 種2種2号, 標準品, 表面材なし
実測密度(kg/m³)：①19.2, ②18.9, ③18.8	実測密度(kg/m³)：①32.1, ②32.1, ③33.0
総発熱量(MJ/m²)：①10.1, ②9.7, ③10.3	総発熱量(MJ/m²)：①19.1, ②19.9, ③19.0
一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①344.8(21s), ②292.6(23s), ③331.6(20s)	一次ピーク時発熱速度(kW/m²) (時間) ①284.1 (18s), ②305.0 (18s), ③294.7(18s)

表 3.3.7 断熱材の種類ごとの発熱速度の推移②（発熱性試験の結果）

(2)熱硬化性（炭化タイプ）	
硬質ウレタンフォーム（PUF）難燃仕様【Type C】	インシュレーションファイバー（木質繊維断熱材）【Type C】
PUF・E 社品・A 種 2 種 2 号相当，難燃仕様品，表面材なし 実測密度(kg/m³)：①35.2，②35.4，③35.6 総発熱量(MJ/m²)：①22.0，②23.1，③22.6 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①127.0 (16s)，②126.5 (16s)，③123.8 (16s)	インシュレーションファイバー（木質繊維断熱材）・I 社品 実測密度(kg/m³)：①62.4，②62.1，③62.0 総発熱量(MJ/m²)：①32.7，②29.4，③30.5※30 分間 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①103.6 (7s)，②100.3 (10s)，③103.8 (10s)
(2)熱硬化性（炭化タイプ）	
セルローズファイバー・乾式【Type C】	セルローズファイバー・湿式【Type C】
セルローズファイバー・乾式・J 社品 実測密度(kg/m³)：①50.0，②49.5，③49.5 総発熱量(MJ/m²)：①13.2，②12.9，③13.3 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①71.7(12s)，②76.5 (13s)，③75.9 (11s)	セルローズファイバー・湿式・J 社品 実測密度(kg/m³)：①34.3，②34.6，③33.4 総発熱量(MJ/m²)：①9.3，②9.6，③9.5 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①61.3 (4s)，②64.3 (4s)，③65.5 (4s)
(2)熱硬化性（炭化タイプ）	
フェノールフォーム（PF）【Type C】	【参考】 スギ集成材
PF・F 社品・A 種 1 種 2 号，密度 27K 品，表面材なし 実測密度(kg/m³)：①26.7，②26.3，③26.7 総発熱量(MJ/m²)：①21.0，②19.7，③19.6 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①75.0 (14s)，②68.7 (16s)，③73.4 (14s)	スギ集成材 実測密度(kg/m³)：①392.1，②389.3，③387.3 総発熱量(MJ/m²)：①91.7，②101.5，③82.1 ※20 分間 一次ピーク時発熱速度(kW/m²)（時間） ①187.5 (18s)，②207.5 (17s)，③174.8 (24s)

3.4 認定された防耐火構造の分類・仕様調査

3.4.1 目的

3.1.2 において検討対象とした外壁仕様（外装材に窯業系サイディング、モルタル、または軽量モルタル、断熱材に可燃性断熱材を用いた充填断熱外壁）に着目して、防耐火構造の既認定仕様を次に示す区分に従い分類し、認定数を把握する。なお、この調査で分類した防耐火認定の外壁仕様から、次節 3.5 において、告示化等の基準化に向けて外壁仕様を検討する。

- ①認定の種類（旧通則認定・個別認定）
- ②構造（木造・S造・その他）
- ③防火性能（準防火・防火・準耐火・耐火）
- ④耐力壁・非耐力壁
- ⑤断熱材の種類
- ⑥外装材（窯業系サイディング・モルタル・軽量モルタル）

3.4.2 調査方法

調査対象は、国土交通省がHPで公開している「構造方法等の認定に係る帳簿」⁵⁾に掲載されている耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造の外壁（耐力壁・非耐力壁）とした。

集計にあたっては、原則、「構造方法等の認定に係る帳簿」の1欄ごとに1件と数えることとし、同じ認定番号であっても、枝番や括弧書きの認定番号が異なれば、1件とカウントする。但し、同じ認定番号で申請者の氏名ごとに1欄ずつ記載されている場合は、1つの認定番号で1件とカウントした。

充填断熱材に着目して、防耐火構造の仕様を次に示す①～⑥の区分に従い分類し、認定数を集計した。①～⑥の区分ごとに、分類方法を次に示す。

①認定の種類

- ・旧通則認定：平成12年の建築基準法改正に伴い旧認定から移行した認定（認定番号が9千番台）
- ・個別認定：平成12年の建築基準法改正後に、新たに取得された認定（認定番号が9千番台以外）

②構造

- ・木造：木製の線形部材で構成される外壁（木製軸組造、木製枠組造、木質複合パネル造、木製下地など）
- ・S造：鉄・鋼製の線形部材で構成される外壁（鉄骨造、軽量鉄骨造、薄板軽量形鋼製造、鉄製下地など）
- ・他構造：上記の木造，S造に該当しない構造（鉄筋コンクリート造、各種パネル造、丸太組構法外壁など）

③防火性能

- ・防耐火構造の認定区分に従う。

④耐力壁・非耐力壁

- ・防耐火構造の認定区分に従う。

⑤断熱材の種類

- ・構造名に、明記されている充填断熱材の種類により分類し、断熱材の種類とその件数を集計した。
- ・なお、断熱材の種類ごとに分類および件数の集計にあたっては、次の3点に留意した。
 - ・構造名に「〇〇充てん」とあっても、両面の鋼板に断熱材を充填した金属サンドイッチを指す場合があり、充填断熱工法を指さないものは個別に確認し除外した。

- ・旧通則認定では、充填断熱材が構造名に明記されていない仕様であっても、充填断熱材は屋内側被覆の一部または構成材として認定書に示されることがあるため、認定書を個別に確認した。
- ・中空層を持つ外壁のうち、平成20年3月以前の認定は、構造名に充填断熱材も明記がなくても、認定書の中に充填断熱材の仕様が示されている場合がある。そのため認定書を個別に確認し、断熱材の種類とその件数を集計した。

⑥外装材の種類

- ・すべての防耐火構造：すべての外装材（外装材による分類なし）
- ・窯業系サイディング：窯業系サイディング、繊維補強セメントけい酸カルシウム板、木繊維混入セメントけい酸カルシウム板、繊維混入セメントけい酸カルシウム板
- ・モルタル：セメントモルタル（樹脂混入品を除く）
- ・軽量モルタル：軽量セメントモルタル（樹脂混入品を除く）

3.4.3 調査結果① 防火性能ごとの認定数

防火性能（耐力壁・非耐力壁）ごとの認定数の集計結果を表3.3.8～表3.3.10に示す。

個別認定の認定は、30分防火構造（耐力壁）、45分準耐火構造（耐力壁）が、群を抜いて多い。防火構造（耐力壁）および準耐火構造（耐力壁）の認定総数に対し、外装材が窯業系サイディングまたは、モルタル、軽量モルタルである外壁は、約半数以上の割合を占める。木造に限れば、その割合は6割以上と高くなる。

<認定総数に対する外装材が窯業系サイディング、モルタルまたは軽量モルタルである外壁の認定数>

30分防火構造（耐力壁）	2,702／総数 4,760（約 57%）	木造 2,613／総数 4,305（約 61%）
45分準耐火構造（耐力壁）	1,214／総数 1,727（約 70%）	木造 1,163／総数 1,581（約 74%）
60分準耐火構造（耐力壁）	107／総数 224（約 48%）	木造 89／総数 121（約 74%）

表 3.3.8 防火構造・準防火構造の既認定数

防耐火構造認定の種類		旧通則認定				個別認定			
		耐力壁		非耐力壁		耐力壁		非耐力壁	
		防火構造 30分	準防火構造 20分	防火構造 30分	準防火構造 20分	防火構造 30分	準防火構造 20分	防火構造 30分	準防火構造 20分
すべての防耐火認定	総数	556	133	159	42	4,760	114	365	0
	木造	349	47	28	41	4,305	77	5	
	S造	196	0	101	0	283	2	358	
	その他	14	86	30	1	172	35	2	
外装材：窯業系サイディング	総数	61	0	3	0	1,644	15	11	0
	木造	31		0		1,567	13	5	
	S造	25		3		76	2	6	
	その他	5		0		1	0	0	
外装材：モルタル	総数	18	6	13	6	171	2	1	0
	木造	16	6	6	6	167	2	0	
	S造	2	0	5	0	4	0	1	
	その他	0	0	2	0	0	0	0	
外装材：軽量モルタル	総数	19	2	0	0	887	0	0	0
	木造	16	2			879			
	S造	3	0			7			
	その他	3	0			1			

表 3.3.9 準耐火構造の既認定数

防耐火構造認定の種類		旧通則認定					個別認定					
		耐力壁		非耐力壁			耐力壁			非耐力壁		
		準耐火構造		準耐火構造			準耐火構造			準耐火構造		
		60分	45分	60分	45分	30分	60分	45分	60分	45分	30分	
すべての防耐火認定	総数	50	161	1	15	7	224	1,727	8	92	1	
	木造	34	108	0	0	2	121	1,581	1	6	1	
	S造	36	91	0	15	6	23	87	2	85	0	
	その他	0	9	1	0	1	80	59	5	1	0	
外装材：窯業系サイディング	総数	20	24	0	2	0	40	467	0	8	0	
	木造	8	7		0		23	416		6		
	S造	16	16		2		16	51		2		
	その他	0	4		0		1	0		0		
外装材：モルタル	総数	0	6	0	0	0	6	171	0	5	0	
	木造		6				5	171		0		
	S造		1				1	0		5		
	その他		0				0	0		0		
外装材：軽量モルタル	総数	6	17	0	0	0	61	576	0	0	0	
	木造	5	15				61	576				
	S造	6	3				0	0				
	その他	0	2				0	0				

表 3.3.10 耐火構造の既認定数

防耐火構造認定の種類		旧通則認定				個別認定			
		耐力壁		非耐力壁		耐力壁		非耐力壁	
		耐火構造		耐火構造		耐火構造		耐火構造	
		2時間	1時間	1時間	30分	2時間	1時間	1時間	30分
すべての防耐火認定	総数	67	77	256	76	24	236	227	76
	木造	0	0	0	0	11	178	0	0
	S造	0	5	16	4	1	52	166	70
	その他	67	72	240	72	12	6	61	6
外装材：窯業系サイディング	総数	5	9	7	4	0	96	33	9
	木造	0	0	0	0		68	0	0
	S造	0	4	1	0		28	33	9
	その他	5	5	6	4		0	0	0
外装材：モルタル	総数	4	7	9	0	3	15	4	0
	木造	0	0	0		0	14	0	
	S造	0	0	0		0	1	2	
	その他	4	7	9		3	0	2	
外装材：軽量モルタル	総数	1	1	1	0	5	51	2	0
	木造	0	0	0		5	49	0	
	S造	0	0	0		0	0	1	
	その他	1	1	1		0	2	1	

3.4.4 調査結果② 防火性能ごとの充填断熱材の種類と認定数

30分防火構造（耐力壁）、45分準耐火構造（耐力壁）、60分準耐火構造（耐力壁）を対象に、さらに詳細な分析を行う。防火性能ごとの充填断熱材の種類と認定数の集計結果を表 3.3.11～表 3.3.13 に示す。

可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数の大部分は、木造が占めている。

防火構造の木造外壁で構造名に明記された充填断熱材を見ると、今回対象とする可燃性断熱材すべてについて、認定仕様が確認できた。

認定総数に対する可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数を求めると、次の通りとなった。特に防火構造（耐力壁）では、可燃性断熱材を充填断熱材に用いた認定数が約 3 割に達した。

<認定総数に対する可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数>

30分防火構造（耐力壁）	1,479／総数 4,760（約 31%）
45分準耐火構造（耐力壁）	385／総数 1,727（約 22%）
60分準耐火構造（耐力壁）	11／総数 224（約 5%）

次に可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数に対し、外装材が窯業系サイディング、モルタルまたは軽量モルタルである外壁の認定数を求めると次の通りになった。可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数に対し、外装材が窯業系サイディングまたは、モルタル、軽量モルタルである外壁は、3/4 以上の割合を占めている。

<可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数に対する

外装材が窯業系サイディング、モルタルまたは軽量モルタルである外壁の認定数>

30分防火構造（耐力壁）	1,145／総数 1,479（約 77%）
45分準耐火構造（耐力壁）	308／総数 385（80%）
60分準耐火構造（耐力壁）	11／総数 11（100%）

（表 3.3.11～表 3.3.13 の赤地箇所の数字を計算）

表 3.3.11 既認定仕様（30分防火構造・耐力壁）の分類結果

防耐火構造認定の種類	30分防火構造・耐力壁							
	旧通則認定				個別認定			
	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル
木造	349	31	16	16	4,305	1,567	167	879
構造名に充填断熱材の明記あり①	8	3	0	0	3,268	1,250	102	611
構造名に充填断熱材の明記なし②	341	28	16	16	1,037	317	65	268
充填断熱材ありが別認定					687	229	32	167
中空層を持たない壁体の認定					92	24	4	15
中空層を持つ壁体の認定					258	64	29	86
平成20年4月以降					46	5	1	13
平成20年3月以前③					212	59	28	73
構造名に充填断熱材の明記あり①	8	3	0	0	3,268	1,250	102	611
グラスウール断熱材	8	3	0	0	174	9	12	18
ロックウール断熱材	0	0	0	0	18	2	0	2
人造鉱物繊維断熱材	0	0	0	0	1,626	415	53	318
押出法ポリスチレンフォーム					71	53	0	6
ビーズ法ポリスチレンフォーム					41	33	0	4
ポリスチレンフォーム					131	86	7	17
硬質ウレタンフォーム					354	202	0	72
吹付け硬質ウレタンフォーム					436	232	22	100
フェノールフォーム					208	99	1	34
発泡プラスチック断熱材					2	0	0	0
木質繊維断熱材					30	15	1	10
ポリエステル繊維断熱材					52	31	6	2
セルローズファイバー断熱材					86	43	0	26
吹込み繊維断熱材					2	0	0	2
羊毛断熱材（ポリエステル混紡含む）					17	12	0	1
その他					20	18	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	341	28	16	16				
GWまたはRW充填の記載あり	2	0	0	0				
屋内側告示仕様（合板4+GW75）	273	14	15	16				
屋内側告示仕様（合板4+RW75,GB9.5+GW75）	46	14	0	0				
屋内側告示仕様（GB9.5）充填なし	11	0	0	0				
充填断熱材に関する記載なし	9	0	1	0				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					212	59	28	73
GW,RW仕様あり					62	2	8	21
各種発泡プラスチック,GW,RW仕様あり					3	1	0	0
硬質ウレタンフォーム仕様あり					20	20	0	0
押出法ポリスチレンフォーム仕様あり					5	1	0	4
屋内側告示仕様（合板4+GW75）記載					3	2	0	0
充填断熱材に関する記載なし					114	33	18	46
不明					5	0	2	2
S造	196	25	2	3	283	76	4	7
構造名に充填断熱材の明記あり①	28	12	1	0	215	60	4	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	168	13	1	3	68	16	0	7
充填断熱材ありが別認定					15	1	0	0
中空層を持たない壁体の認定					21	6	0	0
中空層を持つ壁体の認定					32	9	0	7
平成20年4月以降					8	0	0	6
平成20年3月以前③					24	9	0	1
構造名に充填断熱材の明記あり①	28	12	1	0	215	60	4	0
グラスウール断熱材	27	12	1	0	36	13	0	0
ロックウール断熱材	1	0	0	0	6	4	0	0
人造鉱物繊維断熱材	0	0	0	0	153	41	4	0
硬質ウレタンフォーム					14	2	0	0
フェノールフォーム					5	0	0	0
ポリエステル繊維断熱材					1	0	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	168	13	1	3				
GWまたはRW充填の記載あり	1	0	0	0				
屋内側告示仕様（合板4+GW75）	143	12	1	3				
屋内側告示仕様（合板4+RW75,GB9.5+GW75）	20	1	0	0				
屋内側告示仕様（GB9.5）充填なし	1	0	0	0				
充填断熱材に関する記載なし	2	0	0	0				
不明	1	0	0	0				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					24	9	0	1
GW,RW仕様あり					16	7	0	0
各種発泡プラスチック,GW,RW仕様あり					1	0	0	0
充填断熱材に関する記載なし					7	2	0	1

表 3.3.12 既認定仕様（45 分準耐火構造・耐力壁）の分類

防耐火構造認定の種類	45 分準耐火構造・耐力壁							
	旧通則認定				個別認定			
	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル
木造	108	7	6	15	1,591	416	171	576
構造名に充填断熱材の明記あり①	10	0	0	2	1,304	331	131	485
構造名に充填断熱材の明記なし②	98	7	6	13	277	85	40	91
充填断熱材ありが別認定					178	60	33	52
中空層を持たない壁体の認定					1	1	0	0
中空層を持つ壁体の認定					98	24	7	39
平成 20 年 4 月以降					36	0	2	22
平成 20 年 3 月以前③					62	24	5	17
構造名に充填断熱材の明記あり①	10	0	0	2	1,304	331	131	485
グラスウール断熱材	8	0	0	2	82	3	11	18
ロックウール断熱材	0	0	0	0	61	6	2	27
人造鉱物繊維断熱材	2	0	0	0	789	145	79	357
押出法ポリスチレンフォーム					41	6	0	8
ビーズ法ポリスチレンフォーム					14	10	0	3
ポリスチレンフォーム					15	9	0	4
硬質ウレタンフォーム					98	56	0	33
吹付け硬質ウレタンフォーム					171	82	38	28
フェノールフォーム					7	4	0	2
木質繊維断熱材					18	7	0	5
ポリエステル繊維断熱材					3	3	0	0
セルローズファイバー断熱材					5	0	1	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	98	7	6	13				
充填断熱材に関する記載なし	98	7	6	13				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					62	24	5	17
GW,RW 仕様あり					27	9	1	11
各種発泡プラスチック,GW,RW 仕様あり					2	0	0	0
押出法ポリスチレンフォーム仕様あり					8	6	0	2
充填断熱材に関する記載なし					23	9	4	4
不明					2	0	0	0
S 造	91	19	1	3	87	57	5	0
構造名に充填断熱材の明記あり①	12	3	0	0	70	43	4	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	79	16	1	3	17	8	1	0
充填断熱材ありが別認定					6	2	0	0
中空層を持たない壁体の認定					0	0	0	0
中空層を持つ壁体の認定					11	6	1	0
平成 20 年 4 月以降					3	3	0	0
平成 20 年 3 月以前③					8	3	1	0
構造名に充填断熱材の明記あり①	12	3	0	0	70	43	4	0
グラスウール断熱材	7	2	0	0	6	0	0	0
ロックウール断熱材	3	1	0	0	27	20	0	0
人造鉱物繊維断熱材	2	0	0	0	34	22	4	0
ポリスチレンフォーム					1	1	0	0
硬質ウレタンフォーム					1	0	0	0
フェノールフォーム					1	0	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	79	16	1	3				
充填断熱材に関する記載なし	79	16	1	3				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					8	3	1	0
GW,RW 仕様あり					2	0	0	0
充填断熱材に関する記載なし					5	2	1	0
不明					1	1	0	0

表 3.3.13 既認定仕様（60分準耐火構造・耐力壁）の分類

防耐火構造認定の種類	60分準耐火構造・耐力壁							
	旧通則認定				個別認定			
	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル	すべての認定	窯業系サイディング	モルタル	軽量モルタル
木造	34	8	0	5	121	23	5	61
構造名に充填断熱材の明記あり①	16	4	0	3	77	16	5	39
構造名に充填断熱材の明記なし②	18	4	0	2	44	7	0	22
充填断熱材ありが別認定					8	6	0	0
中空層を持たない壁体の認定					6	0	0	0
中空層を持つ壁体の認定					30	1	0	22
平成20年4月以降					25	1	0	19
平成20年3月以前③					5	0	0	3
構造名に充填断熱材の明記あり①	16	4	0	3	77	16	5	39
グラスウール断熱材	13	4	0	3	21	1	2	5
ロックウール断熱材	0	0	0	0	1	0	1	0
人造鉱物繊維断熱材	3	0	0	0	44	10	2	28
ポリスチレンフォーム					1	1	0	0
木質繊維断熱材					6	0	0	6
セルローズファイバー断熱材					4	4	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	18	4	0	2				
充填断熱材に関する記載なし	18	4	0	2				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					5	0	0	3
GW,RW仕様あり					5	0	0	3
S造	36	16	0	6	23	16	1	0
構造名に充填断熱材の明記あり①	7	1	0	3	18	12	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	29	15	0	3	5	4	1	0
充填断熱材ありが別認定					1	1	0	0
中空層を持たない壁体の認定					0	0	0	0
中空層を持つ壁体の認定					4	3	1	0
平成20年4月以降					3	3	0	0
平成20年3月以前③					1	0	1	0
構造名に充填断熱材の明記あり①	7	1	0	3	18	12	0	0
グラスウール断熱材	4	1	0	3	0	0	0	0
ロックウール断熱材	0	0	0	0	9	9	0	0
人造鉱物繊維断熱材	3	0	0	0	9	3	0	0
構造名に充填断熱材の明記なし②	29	15	0	3				
充填断熱材に関する記載なし	29	15	0	3				
中空層を持つ壁体 H20.3 以前の認定③					1	0	1	0
充填断熱材に関する記載なし					1	0	1	0

3.5.3 可燃性断熱材の検討

前節 3.4 の調査結果より、防火構造の木造外壁では、今回対象とする可燃性断熱材すべてについて、認定仕様が存在する。従って、建築基準法に求められる防火性能の観点から、外壁の防火性能を満たさなくなるとして対象外となる可燃性断熱材はない。つまり、どの可燃性断熱材であっても、所定の防火性能を満たす外壁仕様を基準化仕様として設定すればよいことになる。

しかしながら、可燃性断熱材は、可燃物として火災安全性の確保を考える必要があり、難燃性の付与および自己消火性の確保が必須であり、品質管理が特に重要となる。

可燃性断熱材を外壁に用いた場合に、火災安全上、満たすべき要件を表 3.3.14 にまとめる。

表 3.3.14 可燃性断熱材が満たすべき要件

1) 断熱材を入れることで防火性能を損なわないこと	→防耐火構造の要求性能の確保
2) 断熱材として十分な使用実績を有していること	→一般的な工法であること
3) 施工要領などが整備され普及していること	→品質及び特殊性を有していないことの確保
4) 現場施工品の施工・品質の管理が適切であること	→施工不良を失くし品質を確保するため
5) 工業会等が組織され、製品の管理機能があること	→断熱材の持続的な品質管理を確保のため
6) JIS 規格等の公的規格が整備されていること	→建材として断熱材が満たすべき安定した品質を確保するため
7) 難燃性・自己消火性の規格・基準を満たすこと	→建材として火災危険性(指定可燃物とならない等)を確認するため

表 3.3.15 に示す内容を踏まえると、可燃性断熱材は、工業会等により JIS 規格および難燃性・自己消火性の規格が整備され、難燃性・自己消火性を有する断熱材が市場に供給されていることが、少なくとも満たすべき条件となる。

この条件に該当する断熱材は、表 3.3.15 に示す通りとなる。JIS 規格が整備されていないポリエステル断熱材、羊毛断熱材は、基準化仕様から除外することが適切であると考えられる。

表 3.3.15 可燃性断熱材と JIS 規格

JIS A 9521 に規定される断熱材	<ul style="list-style-type: none"> ・ 押出法ポリスチレンフォーム(XPS) ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS) ・ 硬質ウレタンフォーム(PUF) ・ フェノールフォーム (PF) ・ インシュレーションファイバー(WF 木質繊維断熱材)
JIS A 9523 に規定される断熱材	<ul style="list-style-type: none"> ・ セルローズファイバー
JIS A 9526 に規定される断熱材	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吹付け硬質ウレタンフォーム(SPF)

3.5.4 外装材・内装材の仕様検討

3.5.1 では、基準化仕様として、外装材に窯業系サイディング、モルタルまたは軽量モルタル、内装材にせっこうボードを用いた外壁であることを示した。

ここでは、告示化等の基準化に向けて、防火性能（30分防火構造、45分準耐火構造、60分準耐火構造）ごとに、外装材および内装材の仕様を検討する。

なお、外装材のうち、モルタルは、防火性能上は熱容量が小さい軽量モルタルに包含されるので、外壁仕様を考えるにあたっては、「窯業系サイディング」と「モルタル・軽量モルタル」を対象とする。

基準化に向けた外壁の要件を考えると、3.5.3 で示した、どの可燃性断熱材であっても、所定の防火性能を満たす外壁仕様であることのほか、①防火性能を満たすための最小限の壁体構成（構成部材が少なく被覆厚さが薄い構成）であること、②特殊な壁体構成ではなく、一般的によく普及している壁体構成であることの2点が挙げられる。

3.4において調査した既認定仕様より、上記の2点の条件を満たす既認定工法として、表3.3.16に示す外壁仕様が挙げられる。

内装材のせっこうボードの仕様は、外装材の種類を問わず、30分防火構造でせっこうボード9.5mm、45分準耐火構造でせっこうボード12.5mm+9.5mm重張またはせっこうボード15mm、60分準耐火構造

表 3.3.16 窯業系サイディングまたはモルタル・軽量モルタルを用いた外壁の既認定仕様

①窯業系サイディングを用いた外壁の既認定仕様		
30分 防火構造	個別認定	認定番号 PC030BE-9201 窯業系サイディング表張/せっこうボード裏張/木造外壁 ・窯業系サイディング(12mm)表張/せっこうボード(9.5mm)裏張/木造外壁
	告示仕様	・窯業系サイディング(15mm)表張/せっこうボード(9.5mm)裏張/木造外壁
45分 準耐火構造	個別認定	認定番号 QF045BE-9226 両面窯業系サイディング張/木造・鉄骨造外壁 ・窯業系サイディング(12mm)表張/せっこうボード(12.5mm+9.5mm)重裏張/木造外壁 ・窯業系サイディング(12mm)表張/せっこうボード(15mm)裏張/木造外壁
	告示仕様	・窯業系サイディング(15mm)表張/強化せっこうボード(16mm)裏張/木造外壁
60分 準耐火構造	個別認定	認定番号 QF060BE-9225 両面窯業系サイディング張/木造・鉄骨造外壁 ・窯業系サイディング(15mm)表張/せっこうボード(12.5mm+12.5mm)重裏張/木造外壁 ・窯業系サイディング(15mm)表張/強化せっこうボード(16mm)裏張/木造外壁
	告示仕様	・窯業系サイディング(15mm)表張/強化せっこうボード(16mm)裏張/木造外壁
②モルタル・軽量モルタルを用いた外壁の既認定仕様		
30分 防火構造	個別認定	認定番号 PC030BE-2668 軽量セメントモルタル塗/せっこうボード裏張/木製軸組造外壁(直張仕様) ・軽量セメントモルタル(15mm)塗/せっこうボード(9.5mm)裏張/木製軸組造外壁
	告示仕様	・鉄網モルタル(20mm)塗/せっこうボード(9.5mm)裏張/木造外壁
45分 準耐火構造	個別認定	認定番号 QF045BE-1210 人造鉱物繊維保温材充てん/軽量セメントモルタル塗/せっこうボード重裏張/木製軸組造外壁(直張仕様) ・グラスウール(50mm)充てん/軽量セメントモルタル(15mm)塗/せっこうボード(12.5mm+9.5mm)重裏張/木製軸組造外壁
	告示仕様	・鉄網モルタル(20mm)塗/せっこうボード(12.5mm+9.5mm)裏張/木造外壁 ・鉄網モルタル(20mm)塗/せっこうボード(15mm)裏張/木造外壁
60分 準耐火構造	個別認定	認定番号 QF060BE-9214 両面軽量セメントモルタル塗/グラスウール充填/木造・鉄骨造外壁 ・グラスウール(50mm)充てん/軽量セメントモルタル(15mm)塗・合板(7.5mm)張/せっこうボード(12.5mm+12.5mm)裏張/木造外壁 ・グラスウール(50mm)充てん/軽量セメントモルタル(15mm)塗・合板(7.5mm)張/強化せっこうボード(16mm)裏張/木造外壁
	告示仕様	・鉄網モルタル(20mm)塗/せっこうボード(12.5mm+12.5mm)裏張/木造外壁 ・鉄網モルタル(20mm)塗/強化せっこうボード(16mm)裏張/木造外壁

でせっこうボード 12.5 mm+12.5 mm重張または強化せっこうボード 16 mmとなっており、いずれも告示仕様の屋内側被覆と一致している。

内装材は告示仕様のせっこうボード被覆とし、外装材に窯業系サイディングとした場合、厚さ 12 mm品を用いて、30 分防火構造、45 分準耐火構造の個別認定を、防火構造外壁の告示仕様にある厚さ 15 mm品を用いて、60 分準耐火構造の個別認定を取得している。

一方、内装材は告示仕様のせっこうボード被覆とし、外装材にモルタル・軽量モルタルを用いた場合は、塗り厚さ 20 mmであれば、告示仕様として 60 分準耐火構造まで用いることができる。個別認定では、外装材に軽量モルタル（厚さ 15 mm）を用いた 30 分防火構造外壁がある。準耐火構造外壁の場合は、外装材を軽量モルタル（厚さ 15 mm）とし、充填断熱材にグラスウール（厚さ 50 mm）や構造用面材に合板（厚さ 7 mm）を加えて、所定の防火性能を確保した認定がある。

これらの既認定仕様をもとに、外装材・内装材の仕様を定め、仕様基準となる外壁（基準仕様）の基本構成を考えると、表 3.3.17 に示す通りになる。

表 3.3.17 告示化等の基準化に向けた外壁仕様案（基準化仕様案）

①窯業系サイディングを用いた外壁の基準仕様（案）	
30 分 防火構造	・窯業系サイディング(12 mm or 15 mm)表張/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木造外壁
45 分 準耐火構造	・窯業系サイディング(12 mm or 15 mm)表張/せっこうボード(12.5 mm+9.5 mm)重裏張/木造外壁
60 分 準耐火構造	・窯業系サイディング(15 mm)表張/せっこうボード(12.5 mm+12.5 mm)重裏張/木造外壁
②モルタル・軽量モルタルを用いた外壁の基準仕様（案）	
30 分 防火構造	・軽量セメントモルタル(15 mm or 20 mm)塗/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木造外壁
45 分 準耐火構造	・軽量セメントモルタル(20 mm)塗/せっこうボード(12.5 mm+9.5 mm)重裏張/木造外壁 または ・軽量セメントモルタル(15 mm)塗・合板(7 mm)/せっこうボード(12.5 mm+9.5 mm)重裏張/木造外壁
60 分 準耐火構造	・軽量セメントモルタル(20 mm)塗/せっこうボード(12.5 mm+12.5 mm)重裏張/木造外壁 または ・軽量セメントモルタル(15 mm)塗・合板(7 mm)/せっこうボード(12.5 mm+12.5 mm)重裏張/木造外壁

3.5.5 まとめ

表 3.3.1 に 3.5.1～3.5.4 の検討結果を反映させて、外壁の基準仕様案を表 3.3.18 に示す。

表 3.3.18 告示化等の基準化に向けた外壁仕様案（基準化仕様案）

外装材	窯業系サイディング（中実品、厚さ 12 mm以上または 15 mm以上）、モルタル、軽量モルタル（厚さ 15 mm以上または 20 mm以上）
断熱材	JIS 品もしくは製品規格、JAS 等の公的規格に適合する可燃性の断熱材 ①溶融タイプ（熱可塑性） ・押出法ポリスチレンフォーム(XPS) ・ビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS) ②炭化タイプ（熱硬化性） ・硬質ウレタンフォーム(PUF) ・吹付け硬質ウレタンフォーム(SPF) ・フェノールフォーム (PF) ・インシュレーションファイバー(WF 木質繊維断熱材) ・セルローズファイバー
内装材	せっこうボード
構造形式	木製軸組造*、木製枠組造* *木製軸組造は木造軸組工法、木製枠組造は枠組壁工法を指す。
断熱工法	充填断熱工法

それぞれ示す。

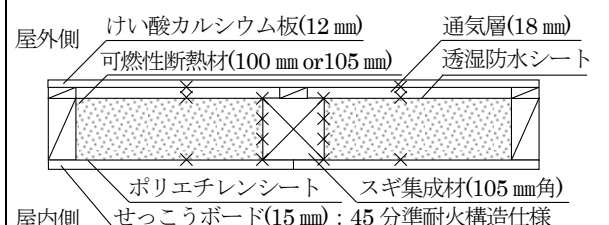
<p>試験体 W800 mm×H800 mm／加熱面 W600 mm H600 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> ・充填断熱壁体 (充填断熱材 厚さ 100 mm or 105 mm) ・試験体の構成図 (×: 温度測定位置) 	<p>外装材 けい酸カルシウム板 (厚さ 12 mm)</p> <p>※「屋根葺き材の飛び火性能実験」の「基準板」</p> <p>外装材 通気胴縁 (厚さ 18 mm)</p> <p>通気層 透湿防水シート (厚さ 0.17 mm)</p> <p>充填 各種可燃性断熱材 (表 3.3.19 参照)</p> <p>断熱材 ※ボード品は厚さ 100 mm、現場施工品は厚さ 105 mm</p> <p>※比較対象：無断熱、ロックウール断熱材</p> <p>防湿層 ポリエチレンシート (厚さ 0.2 mm)</p> <p>内装材 せっこうボード (目地処理なし・突付合わせ) 15 mm</p> <p>柱 スギ集成材 (対称異等級構成集成材 E75-F240)</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図 3.3.4 小型実験の試験体仕様

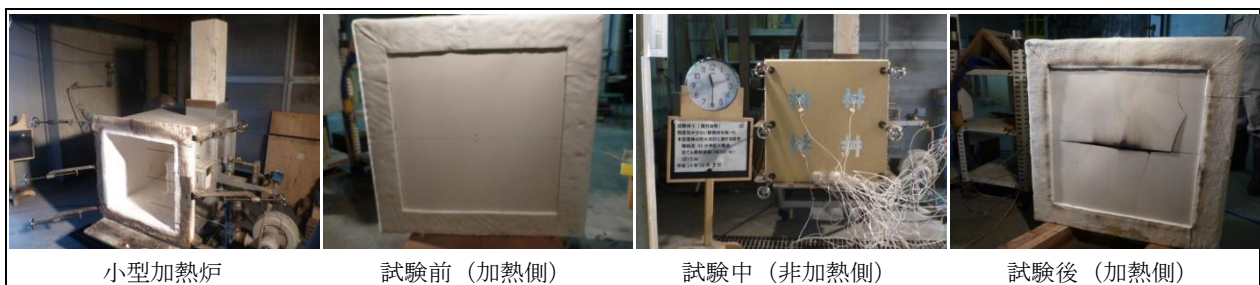


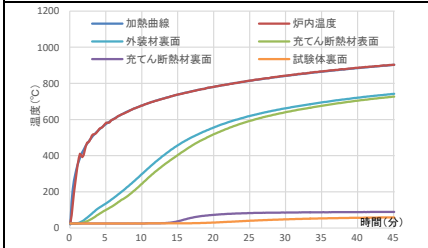
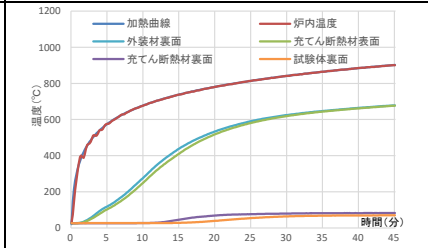
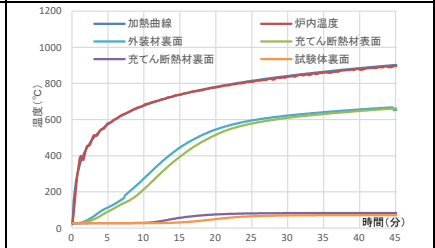



写真 3.3.1 小型実験の様子

3.6.1.3 今回実施した小型実験の結果

今回実施した小型実験の結果一覧を表 3.3.20 に、試験体ごとの詳細を表 3.3.21～表 3.3.23 に示す。

インシュレーションファイバー、セルローズファイバーともに、断熱材表面は加熱を受けて炭化が進んだが、炭化層は表面から 20, 30 mm前後にとどまり、断熱材裏面までには達しなかった。45 分加熱における裏面温度上昇度 (平均) は、インシュレーションファイバーで 34K、セルローズファイバ

表 3.3.22 今回実施した小型実験の結果一覧

インシュレーションファイバー (木質繊維断熱材・密度 40K)	セルローズファイバー (乾式施工・密度 55K)	セルローズファイバー (湿式施工・密度 45K)
<ul style="list-style-type: none"> ・初期温度 25℃ ・裏面温度上昇度 (45 分加熱時) 平均 34K・最高 35K 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期温度 27℃ ・裏面温度上昇度 (45 分加熱時) 平均 43K・最高 45K 	<ul style="list-style-type: none"> ・初期温度 27℃ ・裏面温度上昇度 (45 分加熱時) 平均 44K・最高 45K
		
		

ー（乾式）で43K、セルローズファイバー（湿式）で44Kとなった。

表 3.3.21 小型実験結果①：《屋外側加熱》インシュレーションファイバー（木質繊維断熱材：40K）

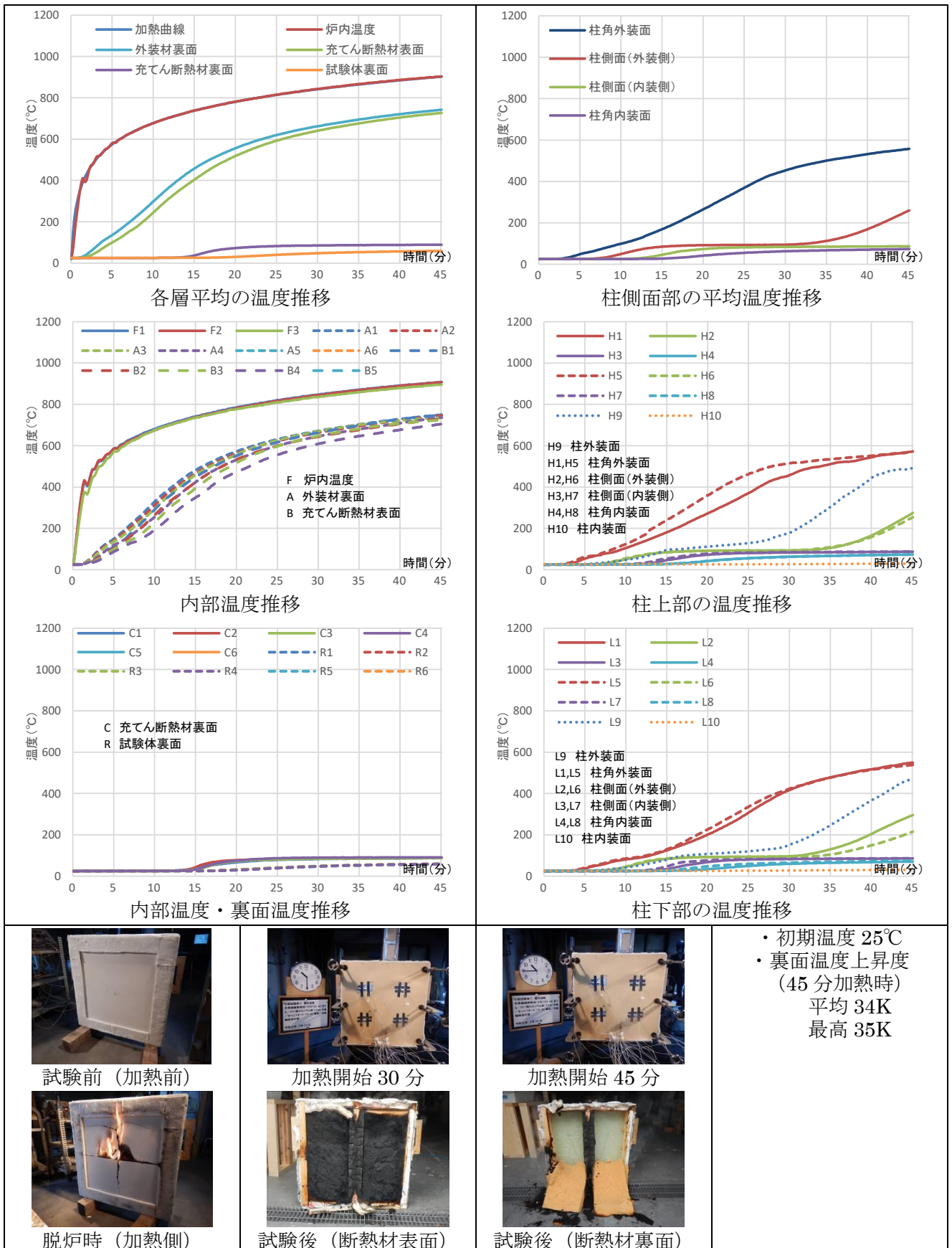


表 3.3.22 小型実験結果②：《屋外側加熱》セルローズファイバー（乾式施工：55K）

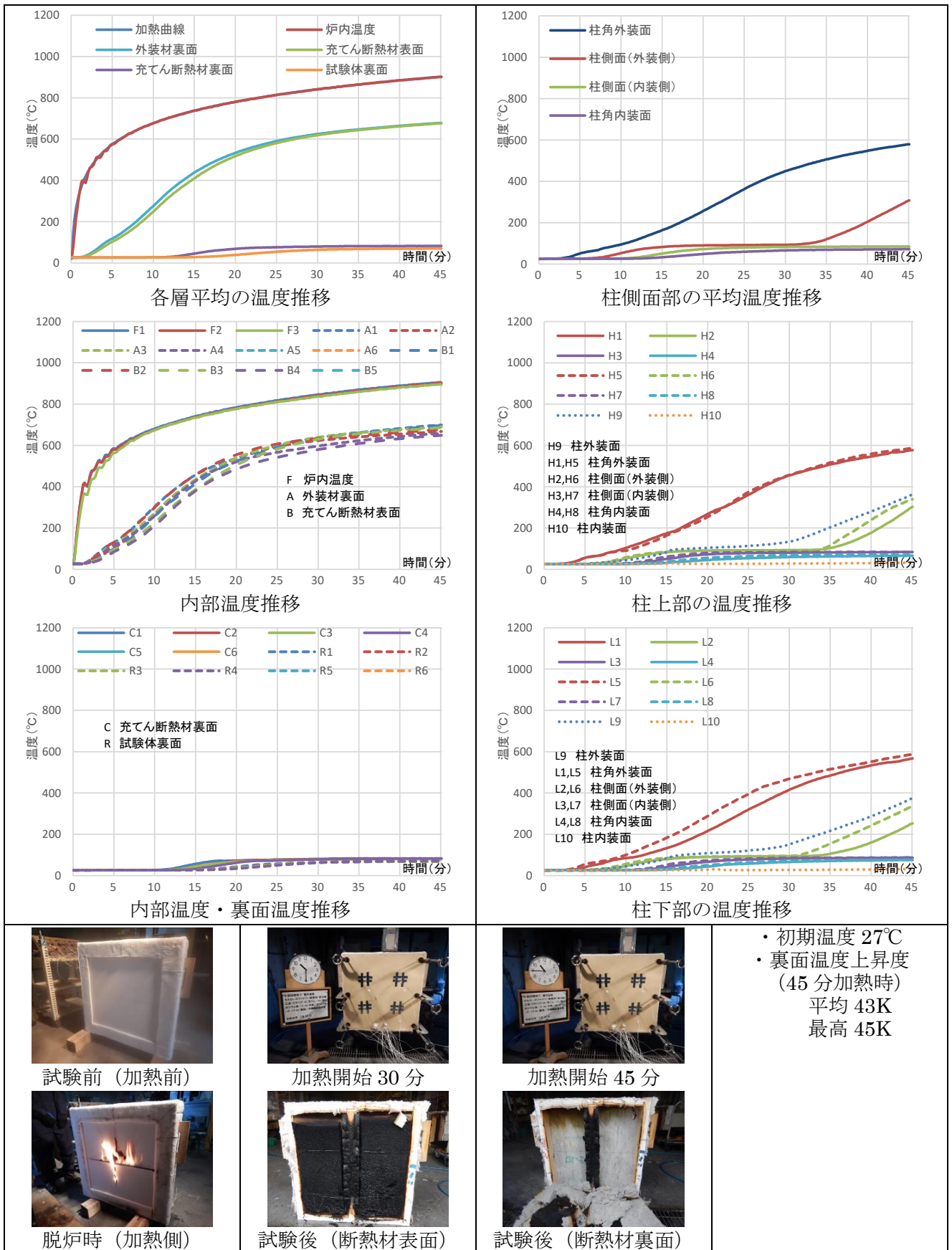
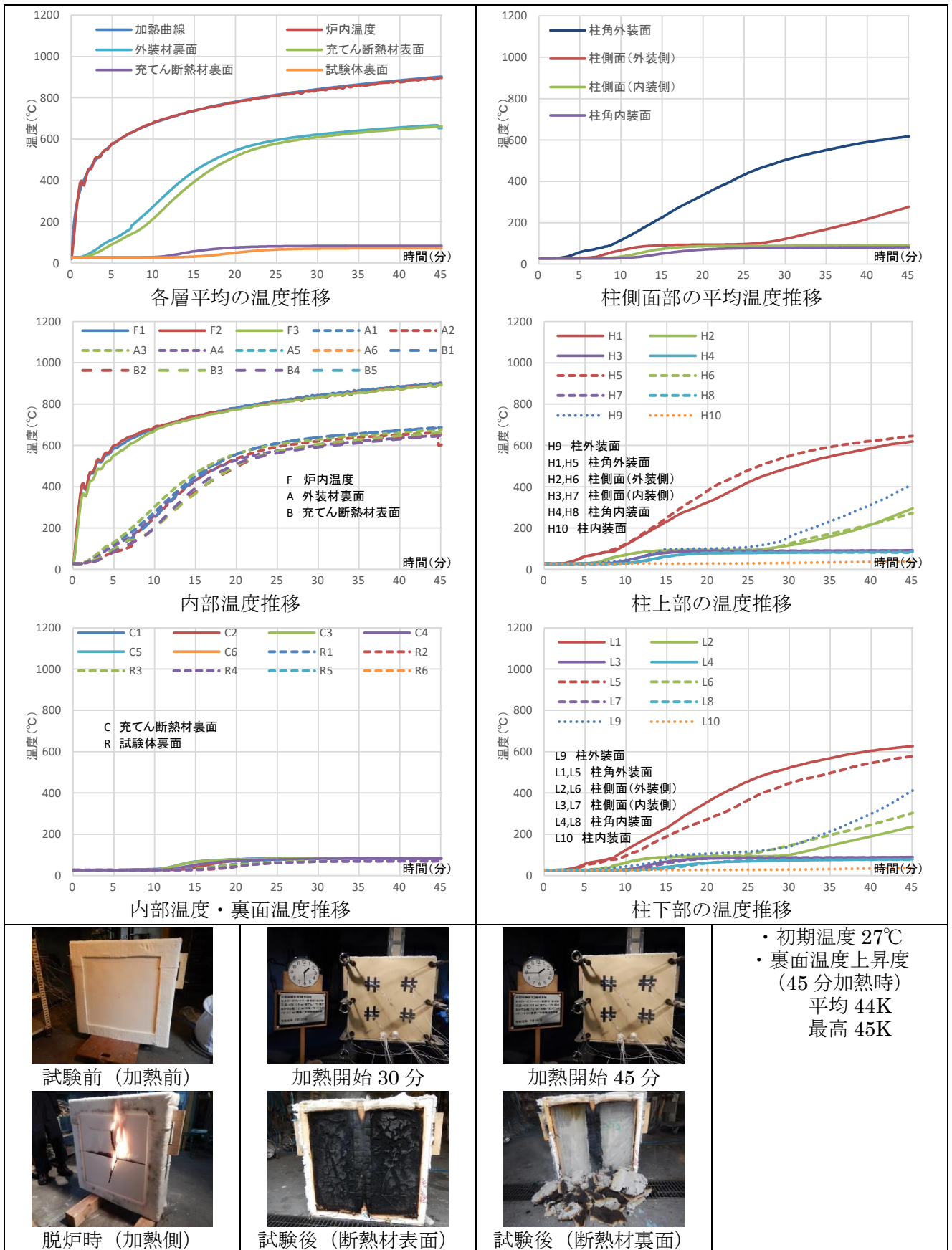


表 3.3.23 小型実験結果③：《屋外側加熱》セルローズファイバー（湿式施工：45K）



3.6.1.4 小型実験結果の考察と壁体内の断熱材の挙動

既往の小型実験データと今回の小型実験の結果をあわせて表 3.3.24、表 3.3.25 に示す。なお表 3.3.24、表 3.3.25 では、表 3.3.24 のグラフ中の充填断熱材裏面温度（紫線）の立ち上がり時間に着目し、この時間が早い試験体仕様から順に並べている。

各層の温度推移より、断熱材の有炎燃焼を示す急激な温度上昇は見られなかった。不燃性面材に被覆された条件下では、壁体内の可燃性断熱材は着火燃焼せず、加熱側から溶融・熱分解が進むと考えられる。そして、外装材越しに火災加熱を受けた際、断熱材の溶融・熱分解が緩やかであるほど、充填断熱材裏面温度および試験体裏面温度の立ち上がり時間が遅く、低い温度で推移するため、外壁の遮熱性は向上する傾向がある。

外壁の遮熱性は、無断熱が最も低く、次いで熱可塑性（溶融タイプ）となり、熱硬化性（炭化タイプ）が最も高くなった。3.3 で実施した発熱性試験においても、加熱を受けた際、断熱材の熱分解が緩やかなほど、着火後の発熱速度ピークが小さくなる傾向がある。今回の小型実験における可燃性断熱材の熱分解の進みややすさの序列は、3.3 の発熱性試験と概ね同じとなった。

また加熱後の柱断面の最小部（以下、柱の最小断面）をみると、断熱材の熱分解の進行が緩やかになる等、外壁の遮熱性が高くなるほど、柱の加熱側正面では柱の損傷が進み、柱側面の損傷は抑制された。充填断熱材により遮熱性が高くなるほど、柱の加熱側正面にあたる充填断熱材の加熱側では温度が高くなり、柱側面では、断熱材により被覆する時間が長く温度上昇が抑制されるためと考えられ

表 3.3.24 小型実験結果（既往データ+追加実験）：屋外加熱時の各層温度の平均推移・裏面温度上昇度

無断熱	可燃性断熱材 熱可塑性（溶融タイプ）【Type A】	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type A】	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type B】	
①無断熱	②押出法ポリスチレンフォーム	③吹付け硬質ウレタンフォーム（A種3）	④吹付け硬質ウレタンフォーム（A種1）	⑤硬質ウレタンフォーム（一般品）
温度（℃） 無断熱	温度（℃）押出法ポリスチレンフォーム	温度（℃）吹付け硬質ウレタンフォーム（A種3）	温度（℃）吹付け硬質ウレタンフォーム（A種1）	温度（℃）硬質ウレタンフォーム
裏面温度上昇度（上段：45分平均値/下段：45分最高値）				
78K 80K	73K 75K	84K 89K	68K 70K	51K 55K
不燃性断熱材	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type C】			
⑥ロックウール	⑦セルローズファイバー（湿式 45K）	⑧セルローズファイバー（乾式 55K）	⑨木質繊維断熱材	⑩フェノールフォーム
温度（℃） ロックウール	温度（℃）セルローズファイバー（湿式）	温度（℃）セルローズファイバー（乾式）	温度（℃）木質繊維断熱材	温度（℃）フェノールフォーム
裏面温度上昇度（上段：45分平均値/下段：45分最高値）				
34K 39K	43K 45K	44K 45K	34K 35K	10K 19K

— 加熱曲線 — 炉内温度 — 外装材裏面 — 充填断熱材表面 — セッコウボード表面 — 試験体裏面

る。この結果、充填断熱材により遮熱性が高くなるほど、残存する柱の断面は、扁平な形状になり、断面二次モーメントは小さくなって非損傷性にとっては不利となる傾向が確認された。但し、充填断熱材と非損傷性の有利不利の関係については、柱断面の断面二次モーメントだけではなく、柱内部の温度推移に基づく力学的物性の変化も考慮する必要があり、今回の小型実験の結果だけでは言及できない。

表 3.3.25 小型実験結果（既往データ+追加実験）：45分屋外加熱後の柱の最小断面と断面性能

無断熱	可燃性断熱材 熱可塑性（溶融タイプ）【Type A】	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type A】	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type B】	可燃性断熱材 熱硬化性（炭化タイプ）【Type B】
①無断熱	②押出法ポリスチレン フォーム	③吹付け硬質ウレタン フォーム（A種3）	④吹付け硬質ウレタン フォーム（A種1）	⑤硬質ウレタンフォーム （一般品）
				
柱の最小断面の断面性能（上段：断面積残存率/下段：断面二次モーメント）				
94.7%	94.6%	92.5%	95.3%	89.4%
$8.8 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$8.7 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$8.5 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$8.9 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$7.8 \times 10^6 \text{ mm}^4$
不燃性断熱材	可燃性断熱材熱硬化性（炭化タイプ）【Type C】			
⑥ロックウール	⑦セルローズファイバー （湿式 45K）	⑧セルローズファイバー （乾式 55K）	⑨木質繊維断熱材	⑩フェノールフォーム
				
柱の最小断面の断面性能（上段：断面積残存率/下段：断面二次モーメント）				
85.2%	87.4%	87.6%	86.9%	88.5%
$6.6 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$6.9 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$7.1 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$6.8 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$7.1 \times 10^6 \text{ mm}^4$

以上より、可燃性断熱材は、外装材等の加熱側面材が保持されていれば、壁体内では着炎燃焼せず、加熱側の内外装材越しに加熱を受けて溶融・熱分解が進む。可燃性断熱材は、溶融タイプ(熱可塑性)と炭化タイプ(熱硬化性)により、壁体内での断熱材の挙動が異なり、図 3.3.5 に示す通りになる。

そして壁体内での断熱材の溶融・熱分解の挙動が穏やかであるほど、外壁の遮熱性を向上させる一方、柱断面の断面性能（断面二次モーメント）が低くなり、非損傷性にとって不利となる傾向があることが確認され、防火性能に支配的な影響を及ぼすことがわかった。

3.5 で整理した基準化仕様案（表 3.3.20）のうち、30分防火構造の外壁仕様の防火性能を考えた場

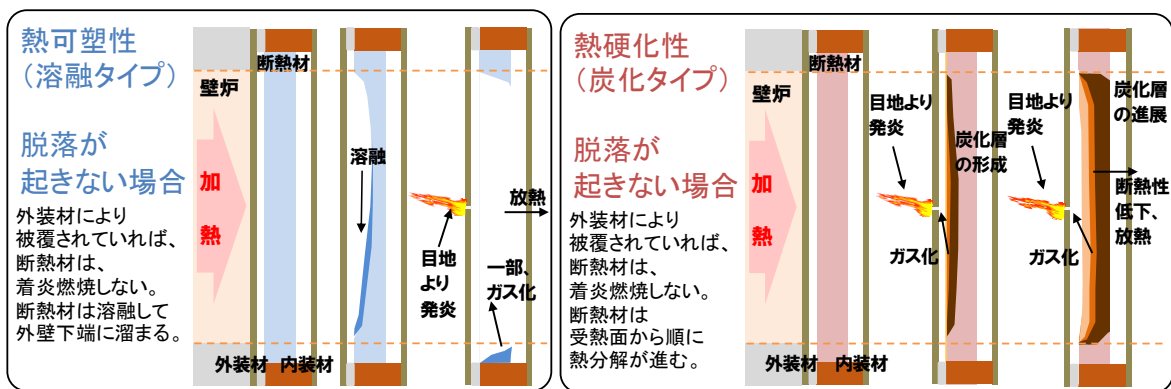


図 3.3.5 防耐火試験時の壁体内の断熱材挙動

合、防火性能は、非損傷性（柱の座屈）よりも、遮熱性（遮炎性）の方が支配的になると推定されるため、外壁に可燃性断熱材を用いても、外装材等の加熱側面材が断熱材を被覆した状態を保持できれば、外壁の防火性能を十分に確保できると考えられる。

3.6.2 加熱側面材の脱落条件に関する検討

3.6.2.1 目的と検討対象

3.6.1 の小型実験では、外装材等の加熱側面材は脱落しない条件下で実施した。ここでは、外装材

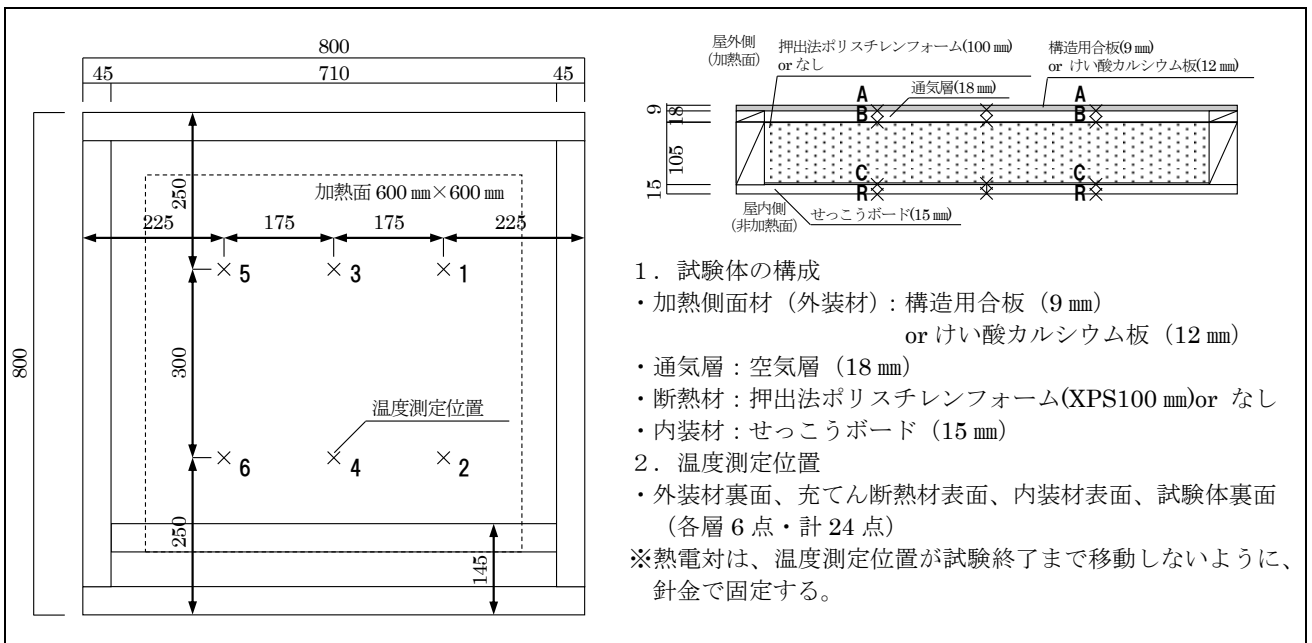


図 3.3.6 小型実験の試験体仕様

加熱側面材：全面けい酸カルシウム板		加熱側面材：上部けい酸カルシウム板、下部合板		加熱側面材：上部合板、下部けい酸カルシウム板	
①XPS 壁体	②無断熱壁体	③XPS 壁体	④無断熱壁体	⑤XPS 壁体	⑥無断熱壁体
<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>145</p>	<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>145</p>	<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>構造用合板 9 mm</p> <p>155</p> <p>145</p>	<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>構造用合板 9 mm</p> <p>155</p> <p>145</p>	<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>構造用合板 9 mm</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>155</p> <p>145</p>	<p>屋外側 (加熱面) / 屋内側 (非加熱面)</p> <p>加熱境界</p> <p>構造用合板 9 mm</p> <p>けい酸カルシウム板 12 mm</p> <p>155</p> <p>145</p>

の一部に可燃性面材（合板）を設置して、火災加熱を受けて燃え抜けることで、火災加熱中に加熱側面材が脱落したと想定して、加熱側面材脱落後の断熱材の燃焼挙動を確認し、防火性能（遮熱性・遮炎性）の低下の可能性を検討する。

3.6.2.2 試験体と実験方法

小型実験の試験体仕様を図 3.3.6～図 3.3.7 に、試験体写真を写真 3.3.2 に示す。

試験体は、四周を木製枠で組み、加熱側に通気層 18 mm をとり、加熱側面材は不燃性面材の部分にけい酸カルシウム板（12 mm）、想定する燃え抜け部には合板 9 mm を施工した。非加熱側には、せっこうボード 15 mm を単板張りとした。試験体の大きさは幅 800 mm × 高さ 800 mm とした。なお、熔融した XPS が流れ落ちて、加熱面外に逃げないように木製枠に横栈材を入れて、加熱面内に液下した XPS の滞留部が位置するようにした。

試験体の外装材の仕様条件は、(1)脱落なし（全面けい酸カルシウム板）、(2)液化溜まり部脱落（上部けい酸カルシウム板・下部合板）、(3)液化後空洞部脱落（上部合板・下部けい酸カルシウム板）の 3 種類とし、(1)～(3)それぞれについて、木枠内を無断熱（中空）とした試験体（以下、無断熱壁体）のと木枠内に熔融タイプである押出法ポリスチレンフォーム（以下、XPS）を充填した試験体（以下、XPS 壁体）の 2 体の実験を実施し、計 6 体の実験を実施した。

実験は、（地独）北海道立総合研究機構建築研究本部の小型加熱炉を用いて実施した。加熱条件は、事前に炉の加熱を一定の出力として ISO834 の標準加熱曲線に近い加熱になるように調整した上で、実験では、その調整した一定の出力のもと、45 分間加熱を行った。出力条件は、炉の制御盤において、実験開始～5 分までを「出力 59」、5 分から加熱終了までを「出力 62」とした。



写真 3.3.2 試験体写真

3.6.2.3 試験結果と考察

外装材の脱落条件と実験結果を表 3.3.26 に示す。また外装材の脱落条件ごとの試験結果の詳細を表 3.3.27～表 3.3.29 に示す。試験結果を整理すると次の(1)～(3)に示す通りとなった。

(1) 脱落なし（全面けい酸カルシウム板）

XPS の燃焼による急激な温度上昇（燃焼拡大）は見られなかった（表 3.3.27）。

(2) 液化溜まり部脱落（上部けい酸カルシウム板・下部合板）

加熱開始約 8 分～約 25 分頃まで、XPS の燃焼により、炉内の温度上昇が確認できた（表 3.3.28）。XPS 壁体の方が、試験時、試験体上部からの発煙量、小型炉の煙突から炎の吹き出しが激しかった。しかし XPS 壁体と無断熱壁体との防火性能（遮熱性・遮炎性）はほぼ同程度となった。

(3) 液化後空洞部脱落（上部合板・下部けい酸カルシウム板）

温度推移を見る限り、XPS 壁体と無断熱壁体の差はあまり見られなかった（表 3.3.29）。しかし試験時、XPS 壁体の方が発煙量は多く、炉内は黒い可燃性ガスが充満し、小型炉内のバーナーにあたってから燃焼し、煙突から炎が吹き出していた。設定した脱落面（合板面）が大きく、合板の可燃物量だけで十分に大きく、炉内は換気支配型の状態となり、XPS による有意差は確認できなかった。防火性能（遮熱性・遮炎性）も XPS 壁体と無断熱壁体でほぼ同程度となった。

以上の試験結果より、不燃性の加熱側面材による被覆が保持できれば、壁体内の XPS への着炎・燃焼は防止でき、防火性能も保持できるが、加熱側面材が脱落し壁内に火炎が侵入すると、防火性能（遮熱性・遮炎性）の低下につながることは確認された。但し、今回の実験結果からは、その原因が XPS（可燃性断熱材）の燃焼によるものと言えなかった。

以上より、可燃性断熱材を木造外壁に用いる場合には、難燃性が高く燃焼が穏やかな断熱材を用いることが望ましいが、それと同等またはそれ以上に、火災加熱終了まで、外装材等の加熱側面材が脱落しないようにすることが、火災安全上、重要であることを確認した。

表 3.3.26 外装材の脱落条件と実験結果

		断熱材の燃焼による防火性能の低下の可能性（× あり・○ なし）		
脱落条件	脱落なし	液化溜まり部脱落	液化後空洞部脱落	
外装材の仕様	全面：けい酸カルシウム板	上部：けい酸カルシウム板 下部：合板	上部：合板 下部：けい酸カルシウム板	
XPS 壁体	○ なし	× あり	× あり	
試験時の様子				
上段試験終了時				
下段脱炉時				

表 3.3.27 小型実験結果 (1)脱落なし (全面けい酸カルシウム板)

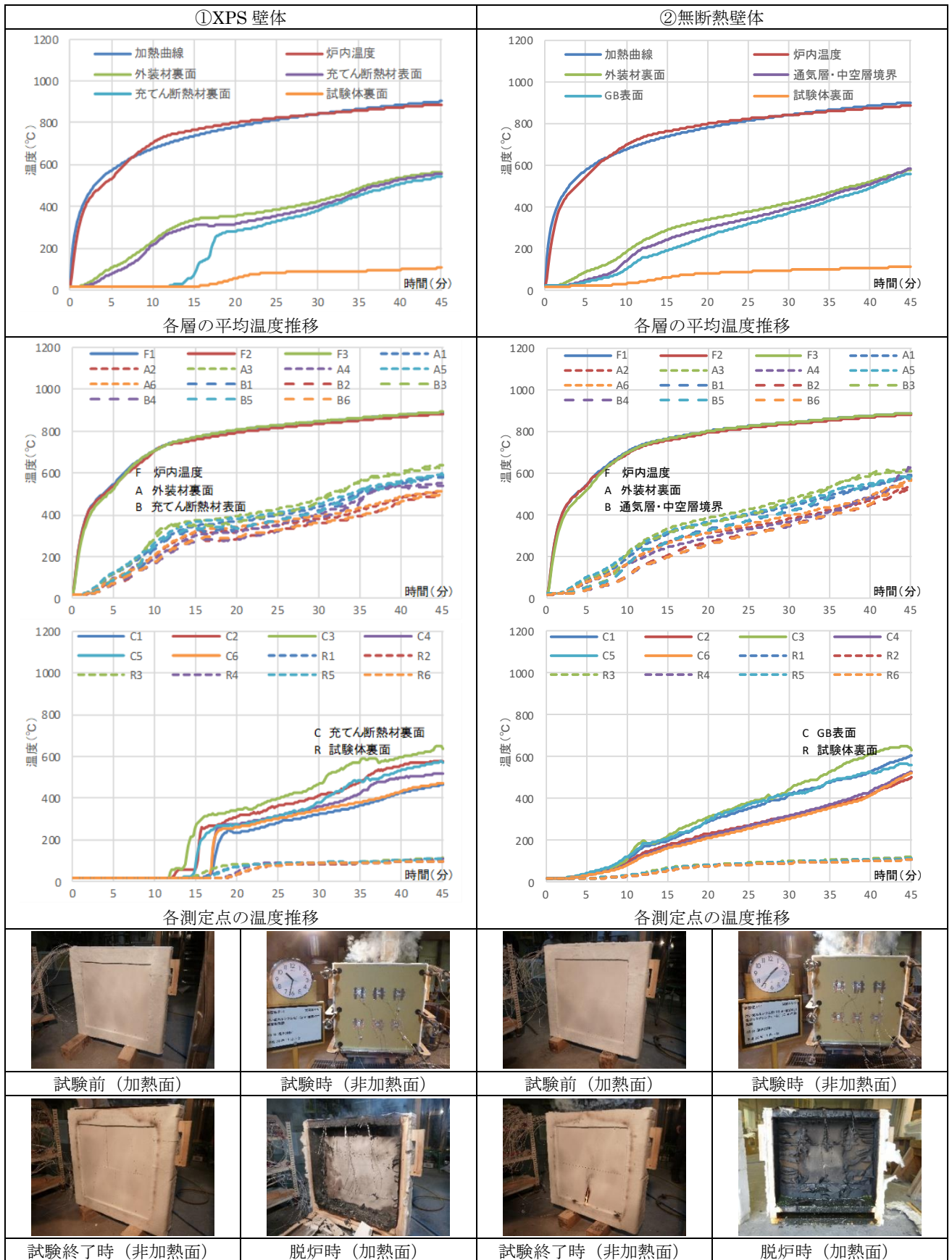


表 3.3.28 実験結果(2) 液化溜まり部脱落 (上部けい酸カルシウム板・下部合板)

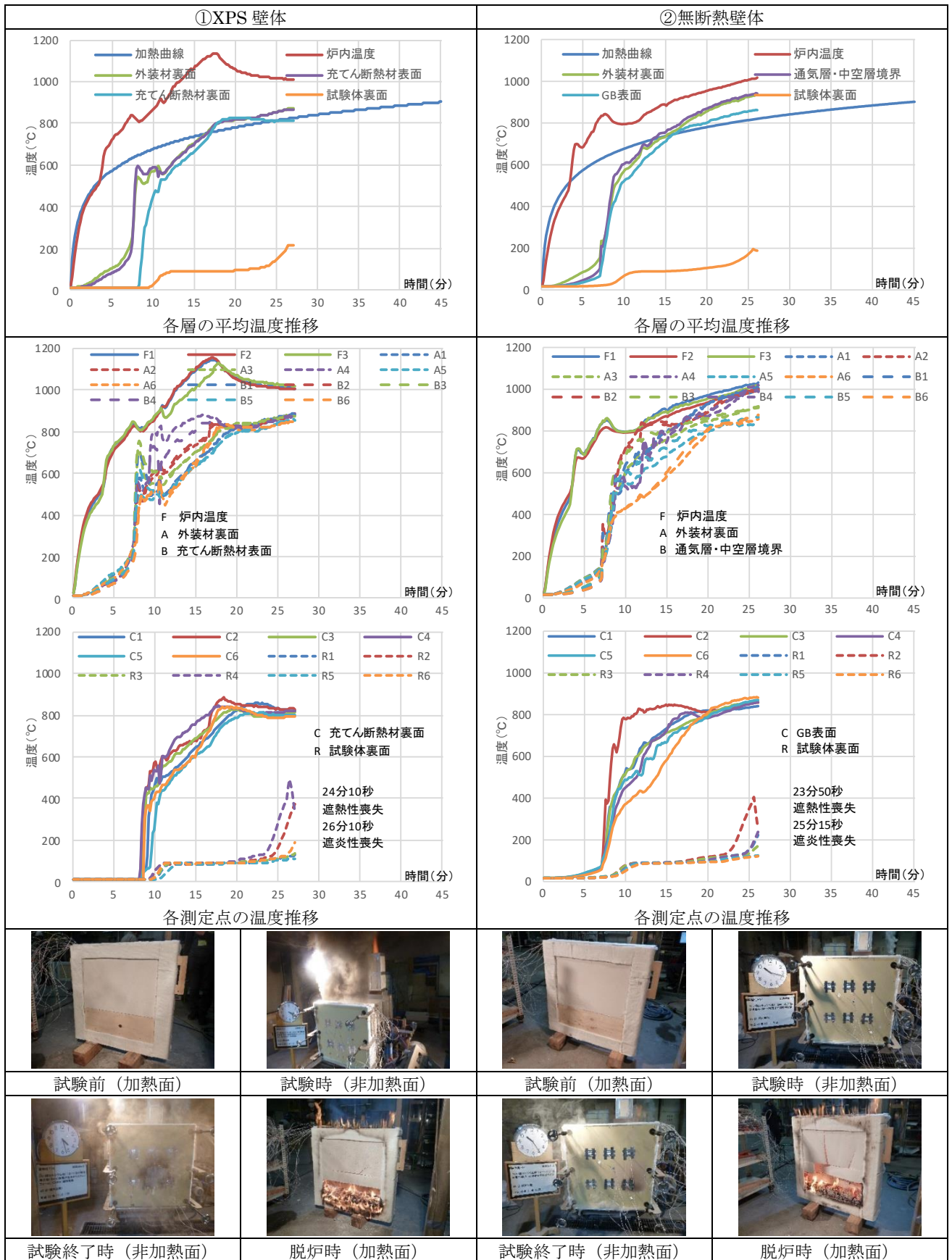
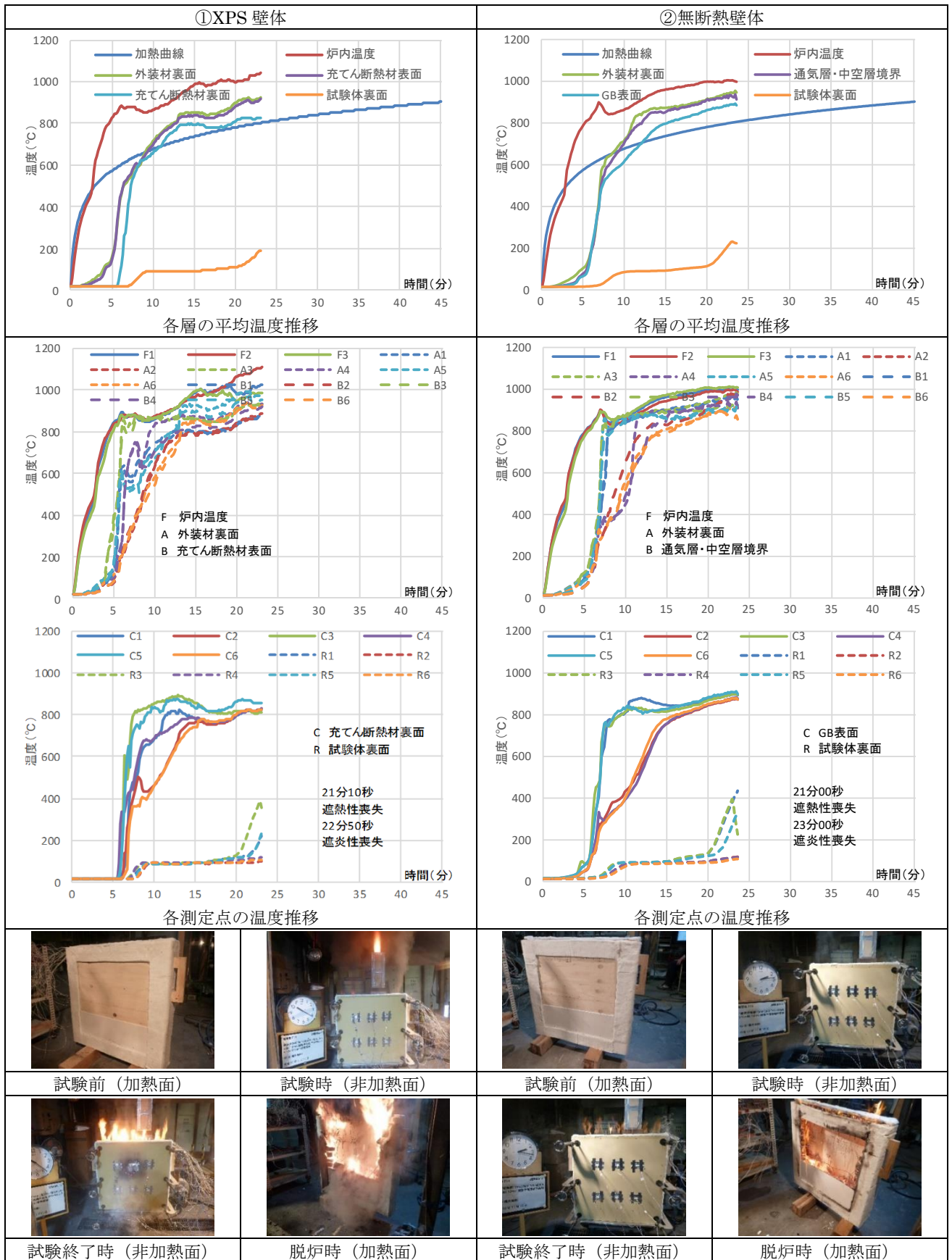


表 3.3.29 実験結果(3) 液化後空洞部脱落 (上部合板・下部けい酸カルシウム板)



3.7 実大試験による検証

3.7.1 目的と検討対象

3.5 で整理した基準化仕様案（表 3.3.17）のうち、防火構造外壁を対象に、可燃性断熱材を充填した際に、30 分防火性能が損なわれないかを、実大規模の試験体を用いた加熱試験（以下、実大試験と称す。）を実施して検証する。

対象となる基準化仕様を表 3.3.30 に示す。なお表 3.3.17 より、次の 3 点を踏まえて、基準化仕様の構成をより明確化した。

- ・外装材の厚さについては、防火上不利となる薄い仕様を採用した。
- ・木造外壁の対象を、木製軸組造外壁および木製枠組造外壁の 2 つとした。
- ・木製枠組造外壁に必ず設置される構造用面材の仕様に、構造用合板(9 mm)を選定した。

表 3.3.30 告示化等の基準化に向けた外壁仕様（基準化仕様）の基本構成：30 分防火構造外壁

①窯業系サイディングを用いた外壁仕様	
30 分 防火構造	・窯業系サイディング(12 mm)表張/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木製軸組造外壁 ・窯業系サイディング(12 mm)・構造用合板(9 mm)表張/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木製枠組造外壁
②モルタル・軽量モルタルを用いた外壁仕様	
30 分 防火構造	・軽量セメントモルタル(15 mm)塗/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木製軸組造外壁 ・軽量セメントモルタル(15 mm)塗・構造用合板(9 mm)表張/せっこうボード(9.5 mm)裏張/木製枠組造外壁

可燃性断熱材については、3.3.3 の発熱性試験の結果および 3.6.1.3 での小型実験の結果より、次に示す断熱材を選定した。

- ・押出法ポリスチレンフォーム（XPS） 密度 36K 品（市場に流通する製品のうち、密度最大品）
（選定理由） 溶融タイプで発熱性試験における発熱速度のピークが最も大きい。
- ・硬質ウレタンフォーム（PUF） 一般品 密度 34K 品（市場に流通する製品のうち、密度最大品）
（選定理由） 炭化タイプで熱分解が進みやすく、発熱性試験における発熱速度のピークが大きい。

また、比較検討用として、グラスウール断熱材を選定した。

- ・グラスウール（GW） 密度 16K 品

3.7.2 試験体と実験方法

試験体は、下記に示す観点より選定し、表 3.3.31 に示す全 7 体とした。

（1）窯業系サイディング外装（釘留め）・木製軸組造外壁

窯業系サイディング外装の木製軸組造外壁を対象に、軸間に XPS を充填した仕様（XPS 充填、No. 1）および PUF を充填した仕様（PUF 充填、No.2）で、30 分の防火性能を有するのか検証を行う。

(2) 窯業系サイディング外装（釘留め）・木製枠組造外壁

(1)の木製軸組造外壁と同じく、窯業系サイディング外装の木製枠組造外壁を対象に、軸間に XPS を充填した仕様（XPS 充填、No.3）および PUF を充填した仕様（PUF 充填、No.4）で、30 分の防火性能を有するのかが検証を行う。なお、(1)と異なり、工法上、構造用面材として合板が設置される。

(3) 窯業系サイディング外装（釘留め）・木製軸組造外壁

防火性能を検証した(1)の比較対象として、軸間に GW を充填した仕様（GW 充填、No.5）と軸間を無断熱とした仕様（無断熱、No.6）で、防火性能を把握する。

(4) 軽量モルタル外装・木製軸組造外壁

(1)～(3)の検討を経て得られた試験体仕様と防火性能の関係性が、外装材を窯業系サイディ

表 3.3.31 実大試験の試験体仕様一覧

(1) 窯業系サイディング外装（釘留め）・XPS 充填／PUF 充填・木製軸組造外壁 2 体	
No.1	押出法ポリスチレンフォーム断熱材（100 mm）充てん／窯業系サイディング（12 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製軸組造外壁
No.2	硬質ウレタンフォーム断熱材（100 mm）充てん／窯業系サイディング（12 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製軸組造外壁
(2) 窯業系サイディング外装（釘留め）・XPS 充填／PUF 充填・木製枠組造外壁 2 体	
No.3	押出法ポリスチレンフォーム断熱材（75 mm）充てん／窯業系サイディング（12 mm）・構造用合板（9 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製枠組造外壁
No.4	硬質ウレタンフォーム断熱材（75 mm）充てん／窯業系サイディング（12 mm）・構造用合板（9 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製枠組造外壁
(3) 窯業系サイディング外装（釘留め）・GW 充填／無断熱・木製軸組造外壁 2 体	
No.5	グラスウール断熱材（100 mm）充てん／窯業系サイディング（12 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製軸組造外壁
No.6	窯業系サイディング（12 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製軸組造外壁
(4) 軽量セメントモルタル外装・無断熱・木製軸組造外壁 1 体	
No.7	軽量セメントモルタル（15 mm）表張／せっこうボード（9.5 mm）裏張／木製軸組造外壁

ングから軽量モルタルに変更しても同様の傾向が言えるのか、無断熱とした仕様（無断熱、No.6）と比較して検討する。そのため、無断熱とした軽量モルタル外装の木製軸組造外壁で、防火性能および火災加熱時の壁内温度の温度分布および推移を検証する。

実大試験の試験体図を、図 3.3.8 に示す。

窯業系サイディング外装の試験体（No.1～No.6）は、防火性能上、より危険側の試験体とするため、窯業系サイディングがより脱落しやすくなるように、①通気層を設けて断面が小さい通気胴縁（15 mm×45 mm）を下地とする、②通気胴縁に掛かる釘足を短くするため釘留めとする、③縦目地

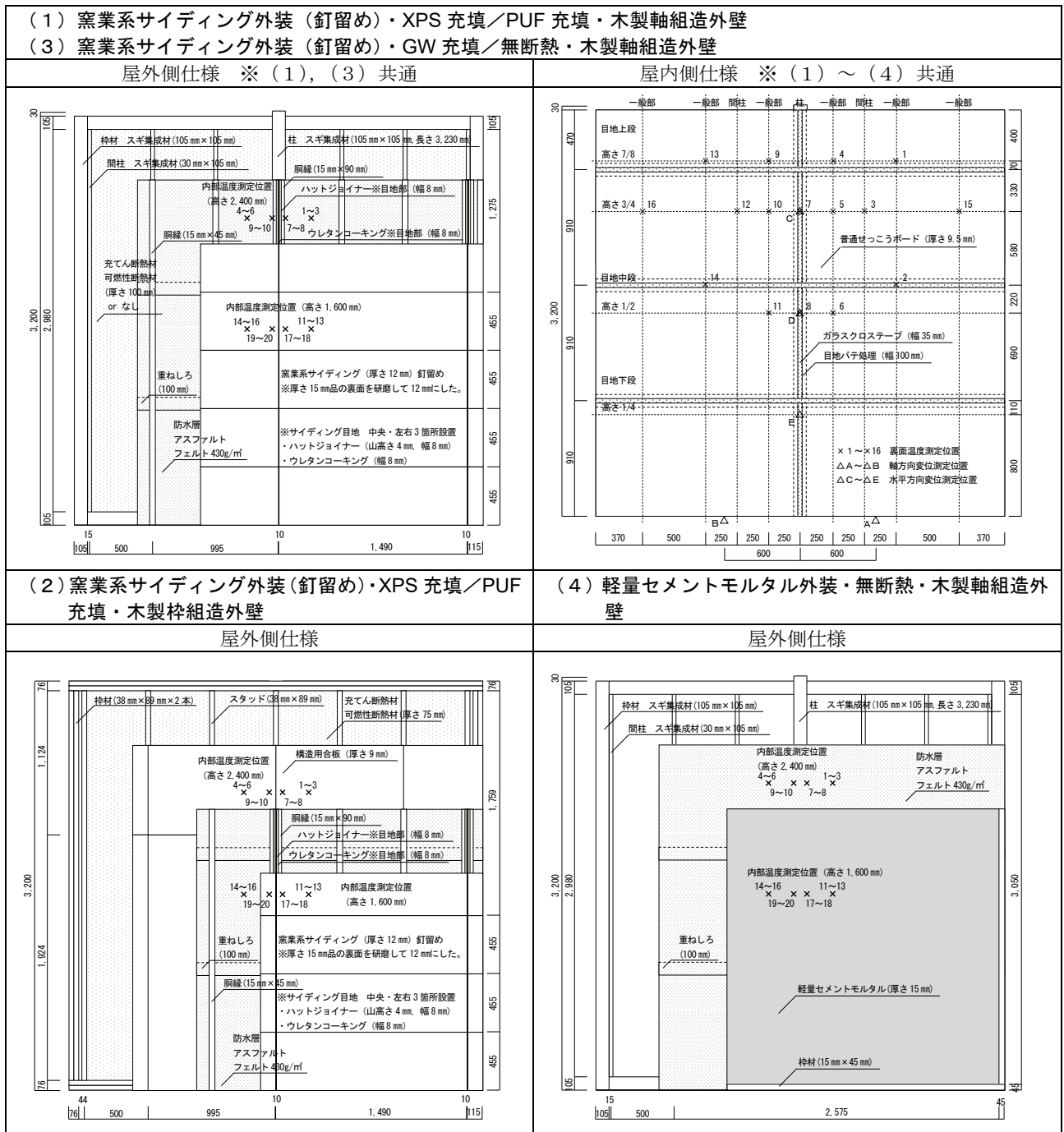


図 3.3.8 実大試験の試験図

を、試験体中央の他に試験体の左右にも設けて、計3箇所とする、の3つの条件を採用した。また屋内側のせっこうボードは横張りとし、目地部にガラスクロステープとパテ処理を施工した。

軽量モルタル外装の試験体 (No.7) は、外装材が脱落するとは考えにくいいため、遮熱性上、より危険側の試験体とするため、通気層を設けず、壁厚が最も薄くなるように設定した。なお、外装材の軽量モルタルについては、施工から試験実施まで5ヶ月弱の期間をとり、気乾で含水率が平衡状態になったことを確認して試験を実施した。なお試験時の軽量モルタルの含水率は、7.1%であった。屋内側のせっこうボードの仕様は、窯業系サイディング外装の試験体に揃えた。

実大試験は、防耐火構造の指定性能評価機関が制定する「防耐火性能試験・評価業務方法書」¹⁾に基づいて実施した。具体的には、(地独)北海道立総合研究機構 建築研究本部の壁炉を用い、柱に長期許容応力度に相当する応力度が生じる荷重を载荷しながら、試験体 (幅 W3,240×高さ H3,230) を ISO834 加熱曲線に合うように加熱し、柱が荷重支持能力を失った、もしくは壁体が遮熱性 (遮炎性) を失って試験続行が危険と判断されるまで行った。

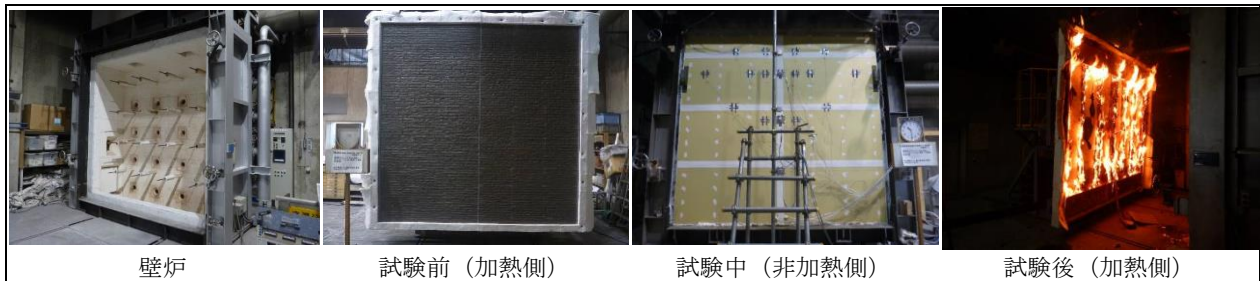


写真 3.3.3 実大試験の様子

3.7.3 試験結果と考察

実大試験の結果一覧を表 3.3.32 に示す。試験体ごとの試験結果の詳細は、表 3.3.33～表 3.3.36 に示す。

今回実施した7体すべての試験体において、試験は、せっこうボード裏面の温度上昇度が、規定温度 (平均 140K、最高 180K) を超え、遮熱性を喪失して終了した。

窯業系サイディング外装の木製軸組造外壁の防火性能は、GW 充填 37 分 40 秒、PUF 充填 35 分 30 秒、XPS 充填 33 分、無断熱 30 分 50 秒であった。防火性能 (遮熱性) は高い順から、GW 充填、PUF 充填、XPS 充填、無断熱の順となった。

窯業系サイディング外装の木製軸組造外壁では、可燃性断熱材を軸間に充填すると、GW には及ばないが、無断熱よりも防火性能 (遮熱性) が高くなった。また充填する可燃性断熱材の種類に着目すると、3.6.1 の小型実験での検討結果と同じく、炭化タイプ (PUF) の方が熔融タイプ (XPS) よりも防火性能 (遮熱性) が高くなる結果が得られた。

窯業系サイディング外装の木製枠組造外壁の防火性能 (遮熱性) は、PUF 充填 47 分、XPS 充填 40 分 30 秒となった。木製枠組造外壁でも、木製軸組造外壁と同じく、炭化タイプ (PUF) の方が熔融タイプ (XPS) よりも防火性能が高くなった。そして、その防火性能 (遮熱性) を喪失する時間は、木製軸組造外壁に比べ、PUF 充填で 11 分 30 秒、XPS 充填 7 分 30 秒ほど長くなった。木製枠組造外壁では、必ず構造用面材 (合板) が設置される分、屋外側加熱に対し防火性能 (遮熱性) が高くな

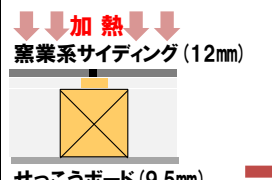
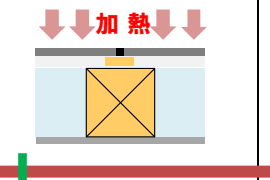
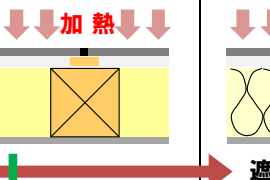
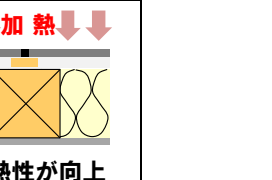
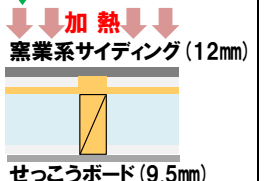
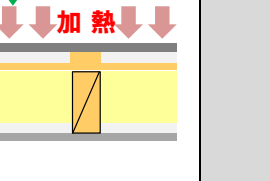
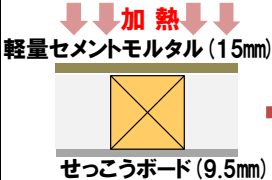
ったとみられる。

軽量モルタル外装の木製軸組造外壁の防火性能（遮熱性）は、無断熱で37分20秒となり、窯業系サイディング外装の無断熱よりも高くなった。この軽量モルタル外装と窯業系サイディング外装の内部温度推移の比較を表3.3.33に示す。

軽量モルタル外装における内部各層の温度推移は、窯業系サイディング外装に比べ、外装材の脱落がなく安定し、かつ熱容量が大きい分、温度上昇が緩やかになったとみられる。軽量モルタル外装の防火性能が遮熱性で決まる点を踏まえると、窯業系サイディングで得られた可燃性断熱材と防火性能の関係は、軽量セメントモルタルでも適用できると考えられる。

以上より、今回、検討対象とした防火構造外壁（外装材に、窯業系サイディングまたは軽量セメントモルタルを用いた木造外壁で、30分の火災加熱に対し、防火性能が遮熱性で決まると考えられる外壁を指す。）では、可燃性断熱材を充填しても、防火性能は低下しないと言える。

表 3.3.32 実大試験結果の一覧

断熱材の種類	無断熱	押出法ポリスチレンフォーム	硬質ウレタンフォーム	グラスウール断熱材
窯業系サイディング 軸組造 (100 mm充填)	30分50秒 ×遮熱性 	33分 ×遮熱性 	35分30秒 ×遮熱性 	37分40秒 ×遮熱性 
窯業系サイディング 枠組造 (75 mm充填)	合板により 遮熱性が向上 火災加熱を受けた際 各層内部温度の 推移は類似の傾向 (表 3.3.33)	40分30秒 ×遮熱性 	47分 ×遮熱性 	
軽量セメントモルタル 軸組造 (100 mm充填)	37分20秒 ×遮熱性 			

→ 遮熱性が向上

→ 同じ傾向と考えられる

→ 遮熱性が向上

表 3.3.33 軽量セメントモルタル外装・無断熱・木製軸組造外壁の実大試験結果

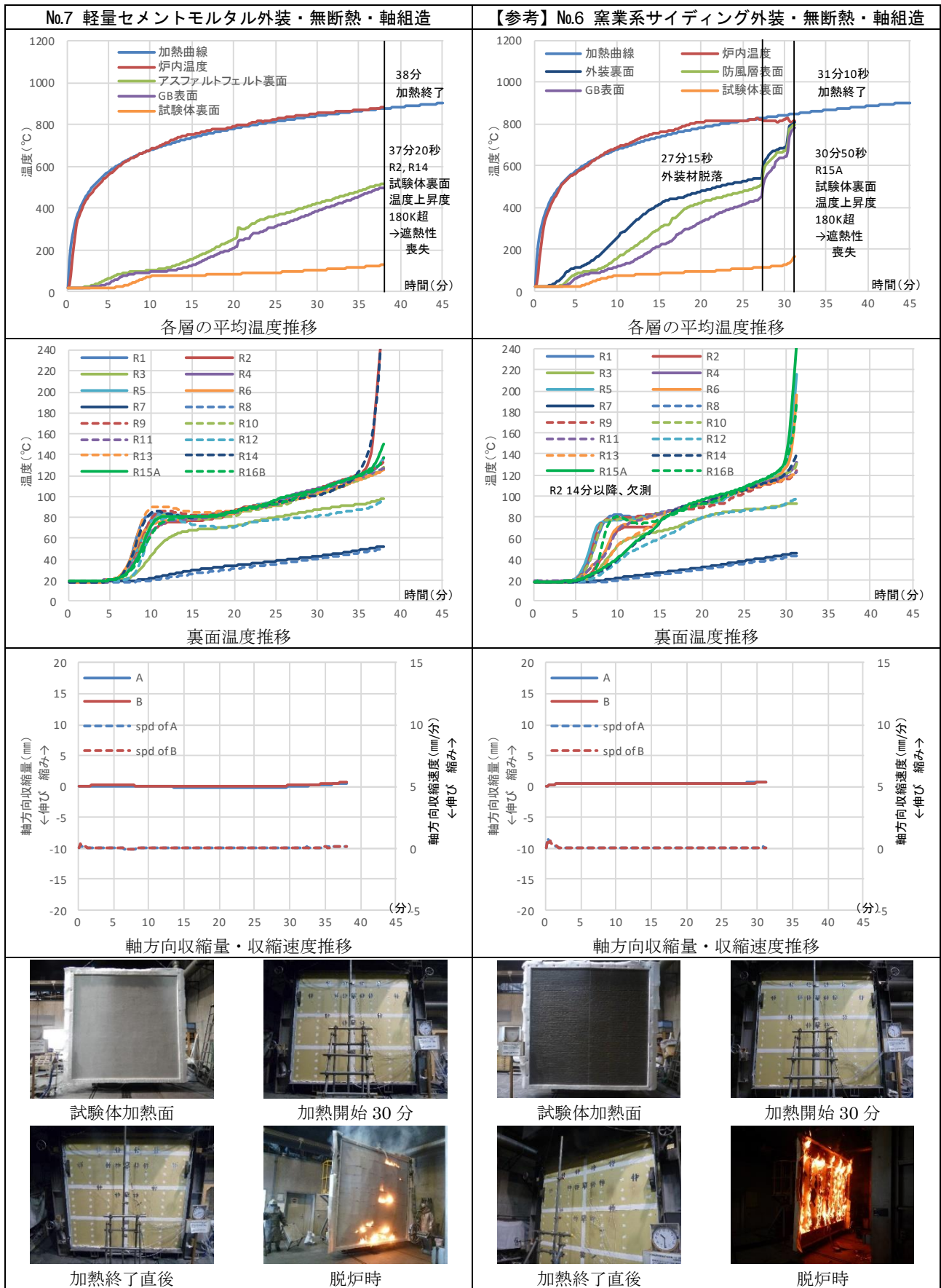


表 3.3.34 窯業系サイディング外装・木製軸組造外壁の実大試験結果①

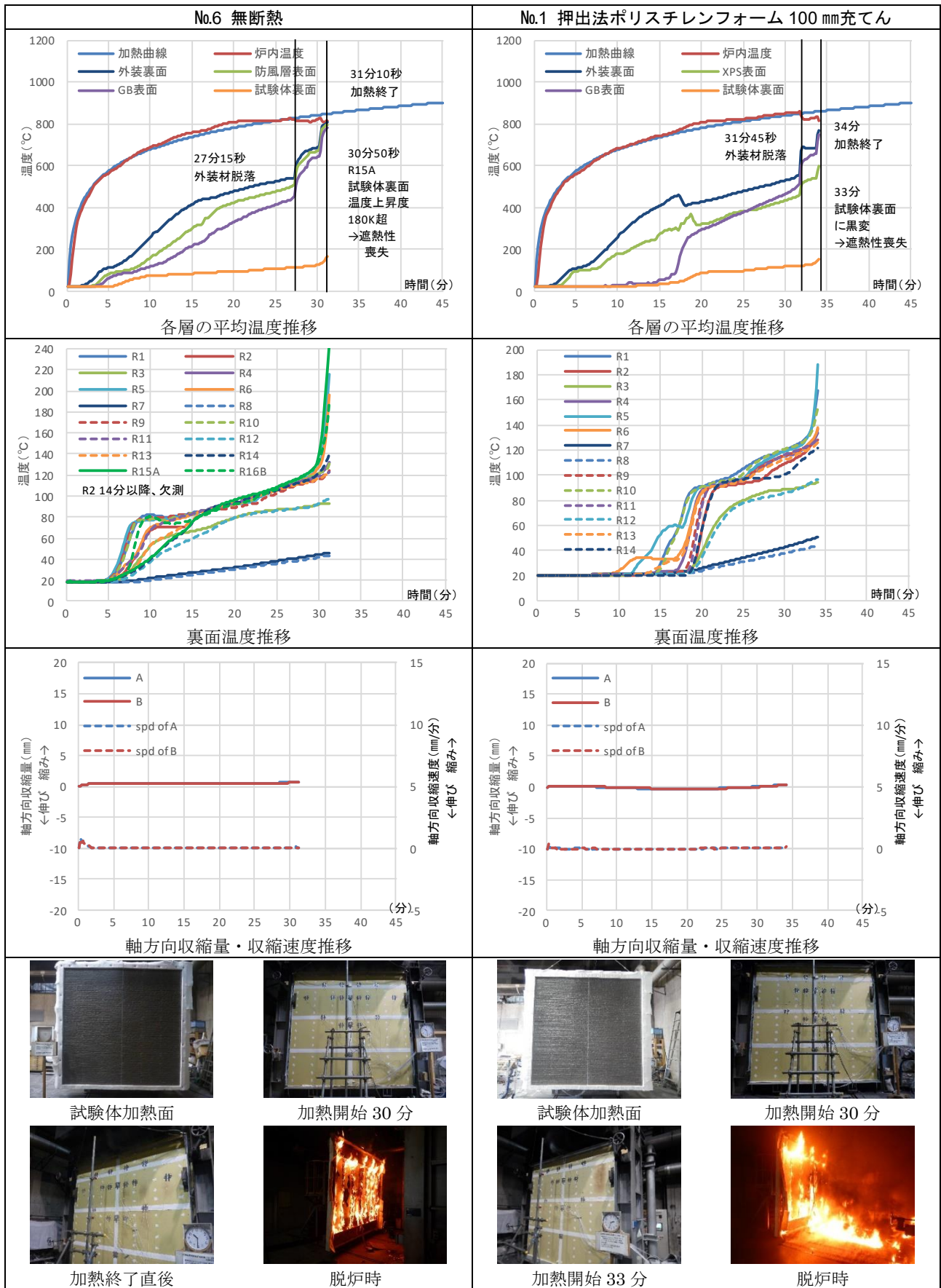


表 3.3.35 窯業サイディング外装・木製軸組造外壁の実大試験結果②

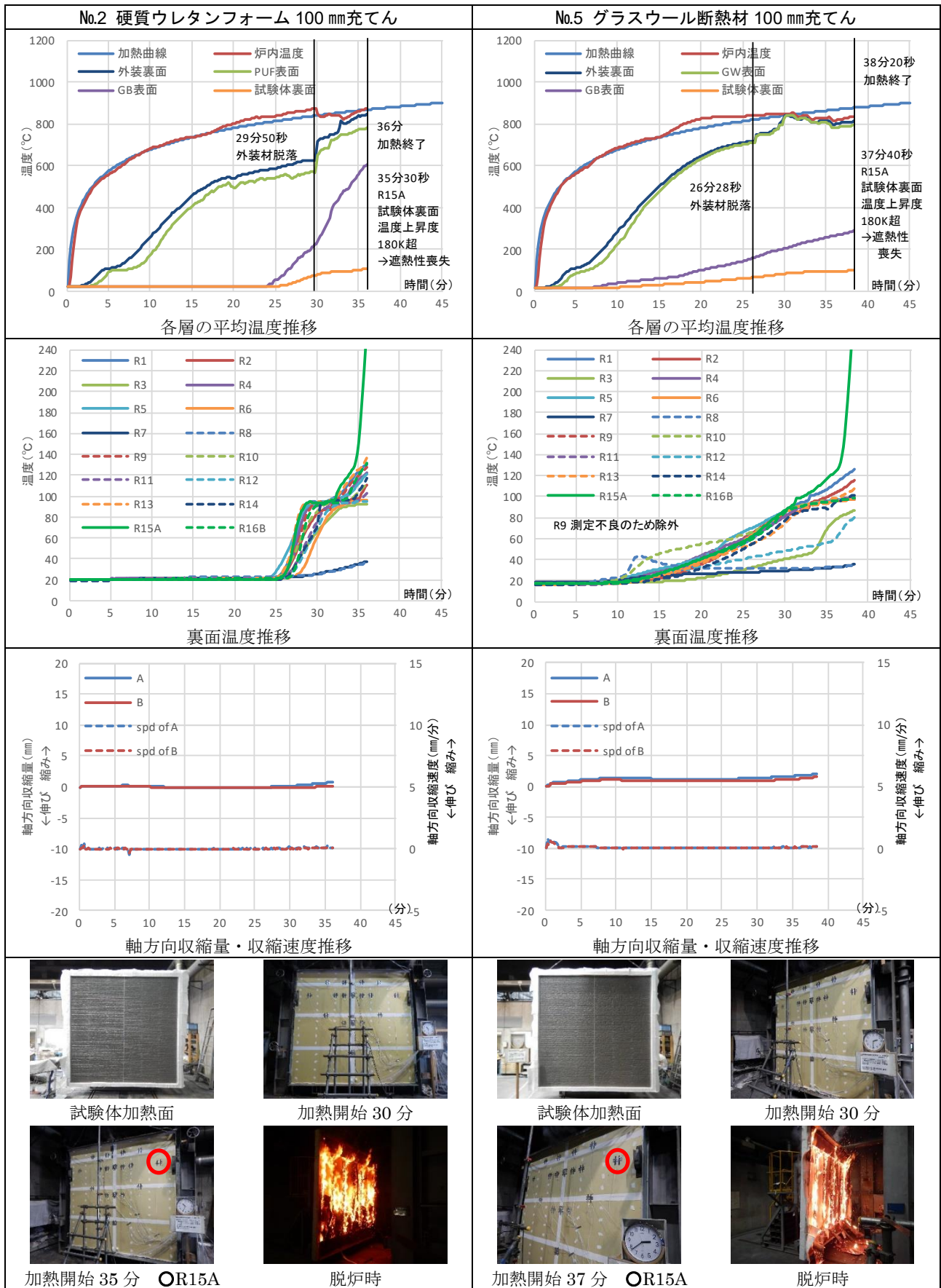
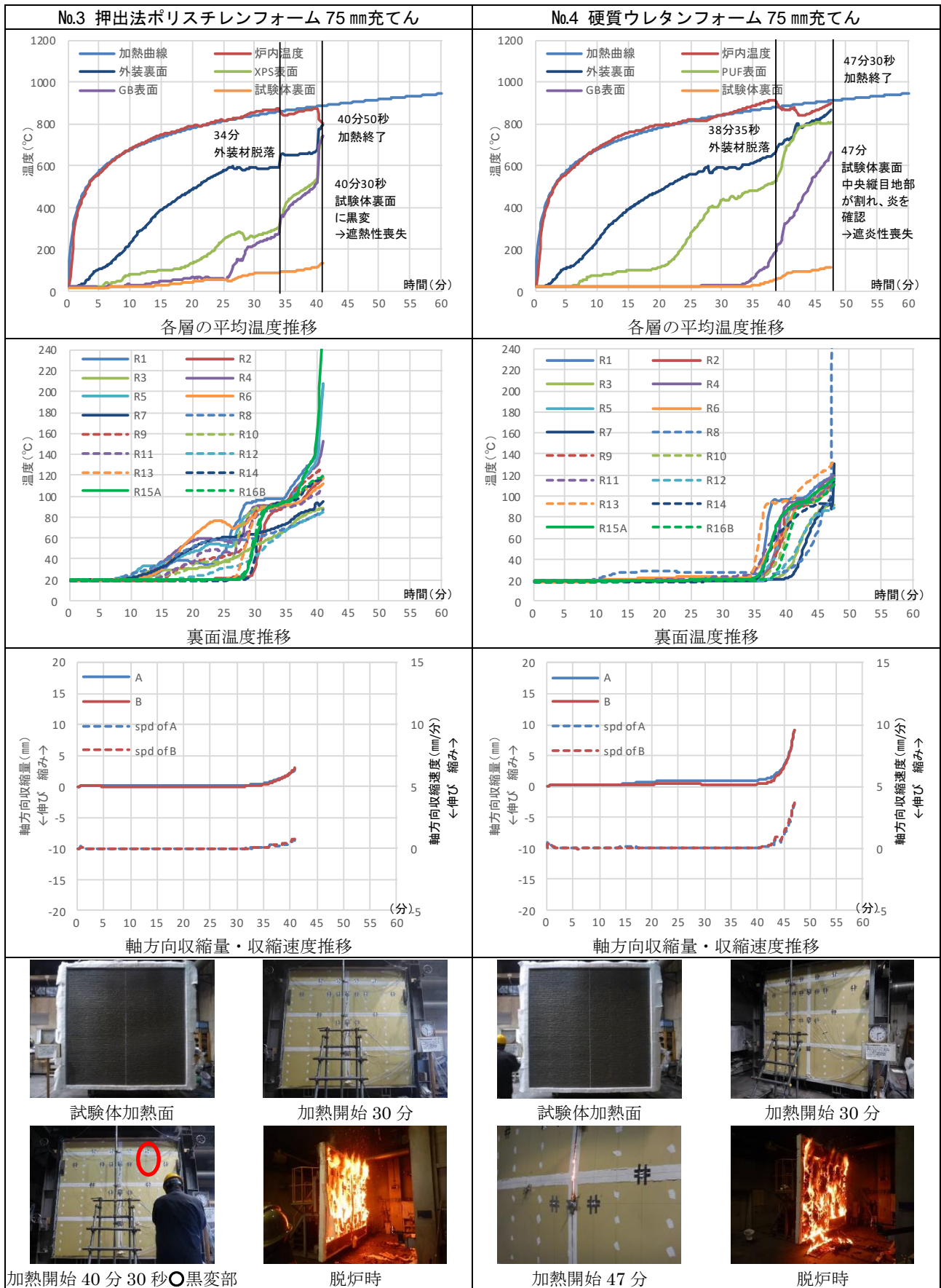


表 3.3.36 窯業系サイディング外装・木製枠組造外壁の実大試験結果



3.8 告示化等の基準化に向けて

3.8.1 これまでの検討のまとめ

本節では、省エネルギー等の観点から一般化が望まれる可燃性断熱材を用いた外壁を、告示化等の基準化に向けて、外壁の防火性能を損なわないための条件や仕様を明かにすることを目的とし、検討を進めてきた。

3.1 では、本節の目的と検討対象を述べた上で、3.2 では可燃性断熱材の材料的な検討として、断熱材の市場シェアや断熱性能に対する必要厚さやおおよその価格等の基本的な情報を収集し、各種可燃性断熱材の JIS 規格と熱物性値を整理した。

3.3 では、各種可燃性断熱材の燃焼性状を把握して、断熱材種類ごとに燃焼性状のタイプ分けを行った。

3.4 では、これまで大臣認定を受けた防耐火構造の分類・仕様調査を行った。可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数は、木造が大部分を占めていることがわかった。特に防火構造（耐力壁）で、今回検討対象とする可燃性断熱材すべてについて認定仕様が確認でき、可燃性断熱材を充填断熱材に用いた外壁の認定数は、認定総数の約 3 割を占め、一定のシェアを有することを明らかにした。

3.5 では、告示化等の基準化に向けた可燃性断熱材を用いた外壁の基準仕様の検討として、対象とすべき構造、断熱材の要件を確認した。そして防火性能（30 分防火構造、45 分準耐火構造、60 分準耐火構造）ごとに、外装材および内装材等の仕様について、例示仕様やこれまでに大臣認定を受けた個別仕様から典型的な仕様を整理し、外壁仕様案を設定した。

3.6 および 3.7 では、3.5 で設定した告示化等の基準化に向けた外壁仕様案のうち、30 分防火構造のみを対象を絞って、実験的検討を行った。

3.6 では、既往の小型実験のデータに、新たな小型実験を追加して、壁体内の可燃性断熱材の挙動を確認した。壁体内の可燃性断熱材は、加熱側の内外装材により被覆されていれば、面材越しに加熱を受けて熔融・熱分解が進むものの、壁体内では着炎燃焼はせず、外壁の防火性能も十分確保できることを示した。なお、防火性能を確保する上では、特に加熱側の外装材が壁内への火炎の侵入を防ぐことが肝要であり、この加熱側の被覆材の重要性についても、小型実験を実施して、あわせて確認した。

3.7 では、外装材に窯業系サイディングまたは軽量セメントモルタルを用いた木造外壁（30 分の火災加熱に対し、防火性能が遮熱性で決まると考えられる外壁）では、可燃性断熱材を充填しても、防火性能は低下しないことを確認した。

3.8.2 性能評価における充填断熱材の取扱いに向けた提案

本節の検討は、告示化等の基準化を見据えて行ってきたが、建築基準整備促進事業F14「主要構造部の防耐火性能等に関する大臣認定仕様基準の検討」における協議の結果、本節の検討結果を防耐火構造の大臣認定制度における性能評価の運用に反映して、性能評価の合理化に活用する方針となった。そこで30分防火構造外壁を対象に、本節の検討結果に基づき、性能評価における充填断熱材の取扱いに向けた提案を取りまとめておく。

3.8.2.1 提案内容（基本的な考え方）

現在の30分防火構造外壁の性能評価では、充填断熱材における防火性能上の優劣の関係は、表3.3.37に示す通り「なし（無断熱）」＜「グラスウール断熱材」＜「ロックウール断熱材」となる。

つまり、「なし（無断熱）」で性能評価試験を行った場合は、「なし（無断熱）」、「グラスウール断熱材」、「ロックウール断熱材」を大臣認定に包含でき、「グラスウール断熱材」で性能評価試験を行った場合は「グラスウール断熱材」および「ロックウール断熱材」を大臣認定に包含できる。

3.7で検討した木造外壁（30分防火構造外壁）では、充てん断熱材における防火性能上の優劣の関係は、表3.3.38に示す通りになり、「なし（無断熱）」＜「可燃性断熱材（溶融タイプ）」＜「可燃性断熱材（炭化タイプ）」＜「グラスウール断熱材」＜「ロックウール断熱材」となる。

そこで、本節で検討した木造外壁（30分防火構造外壁）を対象に、性能評価における充填断熱材の大臣認定範囲について、次に示す運用を提案したい。なお、表3.3.38中の可燃性断熱材のタイプ分けは、表3.3.39中に示す通りである。

表 3.3.37 充てん断熱材における防火性能上の優劣の関係（a.現状）

劣（不利） ←	防火性能（遮熱性）上の優劣		→ 優（有利）
無断熱	グラスウール断熱材		ロックウール断熱材

表 3.3.38 充てん断熱材における防火性能上の優劣の関係（b.提案内容）

劣（不利） ←	防火性能（遮熱性）上の優劣				→ 優（有利）
無断熱	可燃性断熱材 溶融タイプ (熱可塑性)	可燃性断熱材 炭化タイプ (熱硬化性)	グラスウール断熱材		ロックウール断熱材

表 3.3.39 可燃性断熱材のタイプ分け

溶融タイプ（熱可塑性）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 押出法ポリスチレンフォーム断熱材（JIS A 9521） ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材（JIS A 9521）
炭化タイプ（熱硬化性）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 硬質ウレタンフォーム断熱材（JIS A 9521） ・ 吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材（JIS A 9526） ・ フェノールフォーム断熱材（JIS A 9521） ・ インシュレーションファイバー断熱材（木質繊維断熱材）（JIS A 9521） ・ セルローズファイバー断熱材（JIS A 9523）

i) 「なし（無断熱）」で性能評価試験を行った場合

・ 「なし（無断熱）」、「可燃性断熱材（溶融タイプ）」、「可燃性断熱材（炭化タイプ）」、「グラスウール断熱材」および「ロックウール断熱材」のすべてを大臣認定に包含できる。

ii) 「可燃性断熱材（溶融タイプ）」の断熱材で性能評価試験を行った場合

- ・「可燃性断熱材（溶融タイプ）」、「可燃性断熱材（炭化タイプ）」、「グラスウール断熱材」および「ロックウール断熱材」のすべてを大臣認定に包含できる。

iii) 「可燃性断熱材（炭化タイプ）」の断熱材で性能評価試験を行った場合

- ・試験体に用いた「可燃性断熱材（炭化タイプ）」の断熱材、「グラスウール断熱材」および「ロックウール断熱材」を大臣認定に包含できる。
- ※「可燃性断熱材（炭化タイプ）」の断熱材は、断熱材の種類ごとに、防火性能上の優劣を判定するまでには至っていないので、大臣認定は、試験体に用いた断熱材のみに限定する。

iv) 「グラスウール断熱材」で性能評価試験を行った場合

- ・「グラスウール断熱材」および「ロックウール断熱材」を大臣認定に包含できる。※現状通り

3.8.2.2 提案内容（付帯条件）

3.7 で検証した外壁が 30 分の防火性能を保持できている大きな要因の 1 つとして、不燃性の外装材が早期に脱落せず、可燃性断熱材の燃焼を防止できていることが大きい。従って、外装材が正しく施工され、火災時、早期に脱落しないようにする「①外装材の施工」が重要となる。また 3.5.3 の表 3.3.14 に示した可燃性断熱材を外壁に用いた場合に火災安全上満たすべき要件のうち、可燃性断熱材の燃焼による防火性能の低下を招かないためにも、「②可燃性断熱材の難燃性・自己消火性」および「③現場施工の断熱材の施工品質」が重要となる。

そこで、上記①～③の 3 点について、次の通りの付帯条件を設ける。

①外装材の施工

- ・防火性能を保持する上で、外装材の役割が非常に大きいため、外装材は、本節で検討した窯業系サイディングと軽量セメントモルタルに、適用範囲を限定する。
- ・なお、その他の外装材については、本節の検討で実施した防耐火試験と同様の試験を行い、充てん断熱材による防火性能の序列を確認したうえで、適用範囲に追加する方針とする。

②可燃性断熱材の難燃性・自己消火性

- ・充てん断熱材に用いる可燃性断熱材は、JIS 規格および難燃性・自己消火性の規格が整備されていることを前提としているため、適用範囲は、JIS 規格を満たす可燃性断熱材に限定する。

③現場施工の断熱材の施工品質

- ・現場施工品の断熱材を、充てん断熱材の仕様として大臣認定に包含する場合は、必ず構造用面材が設置されていることを必須条件とする。
- ・すなわち、この取り扱いを適用するにあたり、現場施工の断熱材を大臣認定に包含する場合は、「現場施工の断熱材」＋「構造用面材なし」の仕様は、大臣認定に含めないこととする。

【③の理由】

- ・現場施工の断熱材については、現場に施工された断熱材の品質が問題視され、施工不良をなくして品質を担保させようとする考え方がよく取られる。
- ・しかし現場に施工された断熱材の品質をすべて、一つ一つ直接、確認することはできない。
- ・施工不良や規格に満たない品質は決して容認できないが、仮にそのような断熱材があったとしても外壁の防火性能を十分に担保できるようにしておく方が現実的であるとする。
- ・現場施工の断熱材を充てん断熱材として用いる場合、各工業会が示す施工要領書には、構造用面材を設置した上で、断熱材が施工されることが規定もしくは推奨されているものが多く、この点に適合し、大きな支障は生じないと考えられる。

3.8.3 まとめ

3.8.1 では、本節 3.1～3.7 までの検討結果をまとめ、3.8.2 では、本節の検討結果より、30 分防火構造外壁を対象に、性能評価における充填断熱材の取扱いに向けた提案を取りまとめた。

3.8.2 の「性能評価における充填断熱材の取扱いに向けた提案内容」については、今後、速やかに具体的な取扱い案を作成して、(一社)性能協「防耐火構造・材料部会」において性能評価機関内での協議を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) (一社)日本建材・住宅設備産業協会：2017/2018 年版建材・住宅設備統計要覧，日本建材・住宅設備産業協会，2017.11
- 2) 糸毛治，小浦孝次，永井敏彦，長谷見雄二，桂修，鈴木大隆：発泡プラスチック断熱材の防火性評価のための基礎的研究 燃焼性状と相関性の高い材料物性の検討，日本建築学会環境系論文集，No.79，Vol.705，pp.909-918，2014 年 11 月
- 3) 北海道立北方建築総合研究所，調査研究報告「発泡プラスチック系断熱材の燃焼性状と評価技術に関する研究」，2010.3
- 4) International Organization for Standardization：ISO 5660-1 Reaction-to-fire tests -- Heat release, smoke production and mass loss rate -- Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method),2015
- 5) 国土交通省ホームページ，「構造方法等の認定に係る帳簿」，http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000042.html，参照日 2018 年 12 月 20 日
- 6) (地独)北海道立総合研究機構 建築研究本部 北方建築総合研究所，調査研究報告「発泡プラスチック断熱材を用いた木造壁体の断熱工法と防火性能に関する研究」，2014.3
- 7) 糸毛治，長谷見雄二，月館司，鈴木大隆：小型試験体による木造断熱壁体の防火性能予測に関する研究 ロックウール断熱材を用いた各種断熱工法の準耐火性能の予測可能性の検討，日本建築学会環境系論文集，No.82，Vol.733，pp.183-192，2017 年 3 月
- 8) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構：防耐火性能試験・評価業務方法書，2017.3