

## 第 5 章 高性能準耐火壁

## 5.1 目標性能の設定

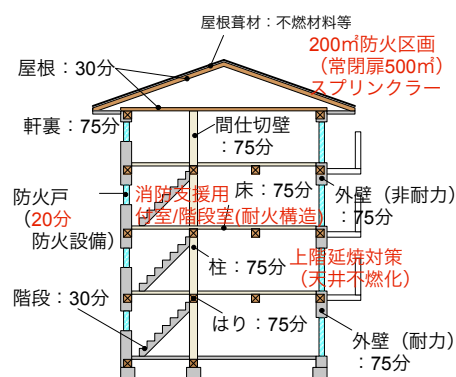
2019年6月の改正建築基準法の施行により法21条、法27条、法61条が性能規定化されたことで、従来、建物の規模や用途により耐火構造または耐火建築物が要求される建物を、消防活動支援措置や避難安全措置、延焼防止装置等を強化することにより準耐火構造等で設計することが可能となった。具体的に1時間を超える準耐火構造を用いて設計が可能ないくつかの建物例を下記に示す。改正建築基準法の施行時に制定された令和元年国土交通省告示第193号や194号では、主要構造部の75分準耐火構造や90分準耐火構造の仕様が例示されているが、従来の1時間準耐火構造や45分準耐火構造と比較すると、仕様が限定的である。

そこで本事業では、既往の高倍率・高階高耐力壁の検証仕様<sup>1)~3)</sup>および既往の防耐火に関する研究成果<sup>2)~4)</sup>に引き続き、1時間を超える準耐火性能を有する軸組構法による木造壁の仕様を検証する。また、実験の試験体仕様の検討においては、1時間を超える準耐火性能のうち75分準耐火構造が、防火地域・準防火地域以外での4階建てや、防火地域内の3階建てなど、直近での実現性および汎用性が高いこと、また内部の間仕切壁には1時間準耐火構造が有効に活用できることから、目標性能を75分準耐火構造および1時間準耐火構造に設定した。

### 75分準耐火構造・90分準耐火構造を用いて設計が可能な建物例

#### [防火地域・準防火地域 以外]

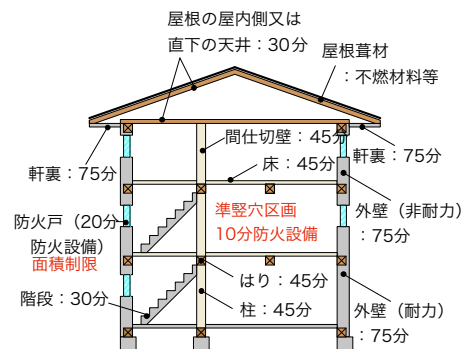
- ・ 規模：階数4階建て以下
  - ・ 用途：3階以上に特殊建築物<sup>※</sup>を配置しない場合
- ※ 耐火建築物等を要する用途（法27条，法別表第一）



#### [防火地域・準防火地域]

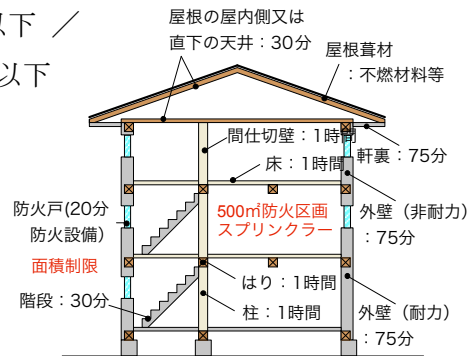
##### パターン①

- ・ 地域：防火地域
- ・ 規模：3階建て以下，延べ面積100㎡超え200㎡以下
- ・ 用途：住宅



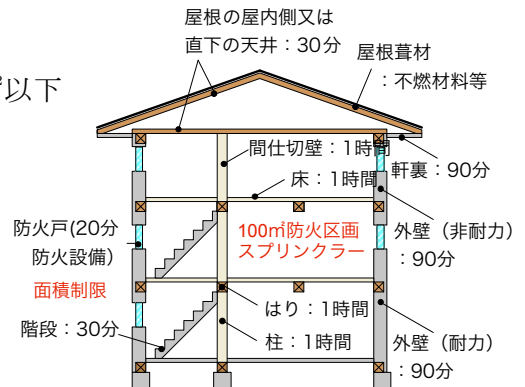
## パターン②

- ・ 地域：防火地域，準防火地域
- ・ 規模：3階建て以下，防火地域 → 延べ面積 3,000 m<sup>2</sup>以下 /  
準防火地域 → 延べ面積 1,500 m<sup>2</sup>を超え 3,000 m<sup>2</sup>以下
- ・ 用途：事務所，学校等，共同住宅，寮



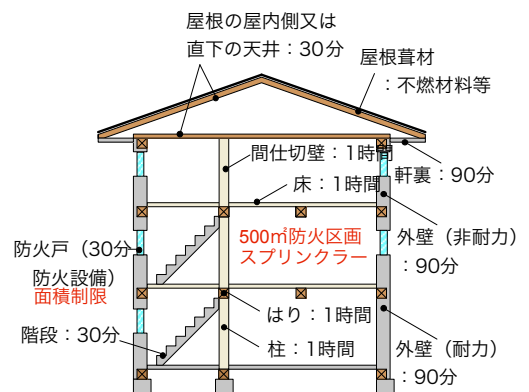
## パターン③

- ・ 地域：防火地域，準防火地域
- ・ 規模：2階建て以下，  
防火地域 → 延べ面積 3,000 m<sup>2</sup>以下 /  
準防火地域 → 延べ面積 1,500 m<sup>2</sup>を超え 3,000 m<sup>2</sup>以下
- ・ 用途：共同住宅，保育園，ホテル



## パターン④

- ・ 地域：防火地域，準防火地域
- ・ 規模：2階建て以下，  
防火地域 → 延べ面積 3,000 m<sup>2</sup>以下 /  
準防火地域 → 延べ面積 1,500 m<sup>2</sup>を超え 3,000 m<sup>2</sup>以下
- ・ 用途：店舗  
(物販以外の店舗は 90 分準耐火構造)



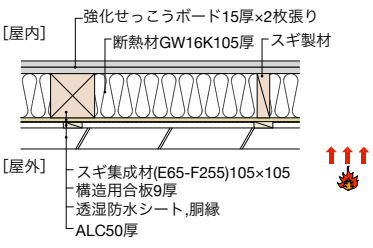
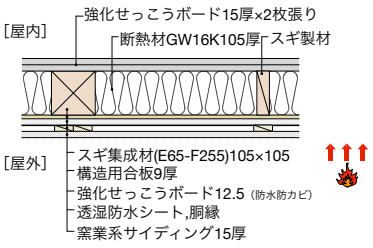
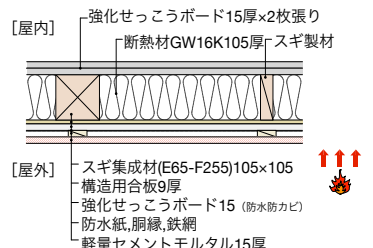
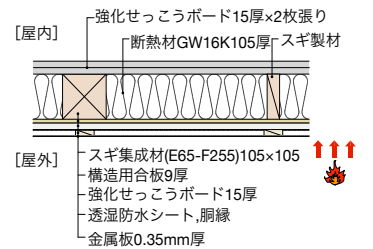
## 5.2 比較実験

### 5.2.1 試験計画

#### (1) 既往の事業成果<sup>2)~4)</sup>

2020年度および2021年度の「非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物及び高性能防火壁の開発検討」事業では、1時間を超える準耐火性能を有する外壁及び間仕切壁の仕様を明確にした。既往の事業（特定非営利活動法人建築技術支援協会で実施された実験結果）とあわせて、木造軸組構法における実験結果の概要を表5.2.1-1に示す。

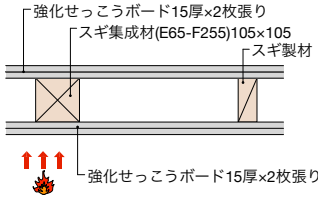
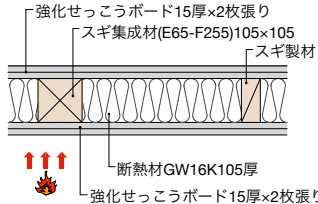
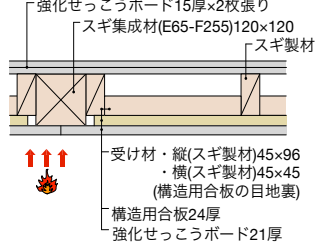
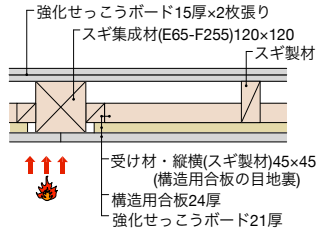
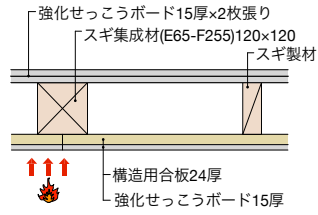
表 5.2.1-1 既往事業の試験体仕様・結果の概要

部位	仕様の概要 [mm]	防耐火時間※ (加熱時間)	実験終了時の様子	実験日 実験場所
外壁	 <p>[屋内] 強化せっこうボード15厚×2枚張り 断熱材GW16K105厚 スギ製材</p> <p>[屋外] スギ集成材(E65-F255)105×105 構造用合板9厚 透湿防水シート, 胴縁 ALC50厚</p>	100分 (120分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2019.12.05 BL ☆
	 <p>[屋内] 強化せっこうボード15厚×2枚張り 断熱材GW16K105厚 スギ製材</p> <p>[屋外] スギ集成材(E65-F255)105×105 構造用合板9厚 強化せっこうボード12.5 (防水防カビ) 透湿防水シート, 胴縁 窯業系サイディング15厚</p>	91分 (110分)	目標性能を確認完了により実験終了	2020.11.08 住木センター
	 <p>[屋内] 強化せっこうボード15厚×2枚張り 断熱材GW16K105厚 スギ製材</p> <p>[屋外] スギ集成材(E65-F255)105×105 構造用合板9厚 強化せっこうボード15 (防水防カビ) 防水紙, 胴縁, 鉄網 軽量セメントモルタル15厚</p>	66分* (90分)	試験体-耐火炉取合部の不具合により 80分時に載荷終了し、90分まで加熱 を継続し実験を終了した。 (火炎貫通なし)	2020.10.21 住木センター
	 <p>[屋内] 強化せっこうボード15厚×2枚張り 断熱材GW16K105厚 スギ製材</p> <p>[屋外] スギ集成材(E65-F255)105×105 構造用合板9厚 強化せっこうボード15厚 透湿防水シート, 胴縁 金属板0.35mm厚</p>	77分 (93分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2021.10.14 住木センター

※ 防耐火時間は、加熱時間を1.2で除した値を示す（端数を切り捨て）。

☆ 林野庁平成30年度技術開発支援事業（事業主体；建築技術支援協会）にて実施

表 5.2.1-1 既往事業の試験体仕様・結果の概要（つづき）

部位	仕様の概要 [mm]	防耐火時間※ (加熱時間)	実験終了時の様子	実験日 実験場所
間仕切壁	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材(E65-F255)105×105 スギ製材 強化せっこうボード15厚×2枚張り</p>	82分 (99分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2019.11.20 BL ☆
	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材(E65-F255)105×105 スギ製材 断熱材GW16K105厚 強化せっこうボード15厚×2枚張り</p>	83分 (100分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2019.11.25 BL ☆
	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材(E65-F255)120×120 スギ製材 受け材・縦(スギ製材)45×96 横(スギ製材)45×45 (構造用合板の目地裏) 構造用合板24厚 強化せっこうボード21厚</p>	84分 (101分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2020.10.22 住木センター
	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材(E65-F255)120×120 スギ製材 受け材・縦横(スギ製材)45×45 (構造用合板の目地裏) 構造用合板24厚 強化せっこうボード21厚</p>	83分 (100分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2021.10.15 住木センター
	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材(E65-F255)120×120 スギ製材 構造用合板24厚 強化せっこうボード15厚</p>	71分 (86分)	荷重支持能力低下により終了 (火炎貫通なし)	2021.11.24 住木センター

※ 防耐火時間は、加熱時間を 1.2 で除した値を示す（端数を切り捨て）。

☆ 林野庁平成 30 年度技術開発支援事業（事業主体；建築技術支援協会）にて実施

## (2) 試験体仕様の設計

上記の検証結果を踏まえ、高倍率の壁に用いられる構造用面材に防火被覆としての役割を期待し、準耐火性能を有する壁において、強化せっこうボード等の一般的な防火被覆（不燃材料）の低減可能性を検証する。本事業では、まず1時間準耐火性能、75分準耐火性能を有する壁の仕様を明らかにするため、小型試験体による比較実験を実施した。試験体の仕様は、既往の事業（2019年度-2021年度）での構造検証の仕様を踏まえ、高倍率の構造用面材として用いられる「パーティクルボード18mm厚」、「MDF18mm厚」、「構造用合板24mm厚」の3種の木質系構造用面材（大壁納まり）と、強化せっこうボード12.5mm厚、15mm厚の組み合わせにより、1時間以上の加熱を受ける際の防火被覆の性能を比較検証する。試験体図等の詳細は、6.5の試験報告書を参照されたい。実験は、下図のように仕様ごとに面材の脱落を抑制しない程度の大きさを確保して、非加熱の加熱実験にて実施する。

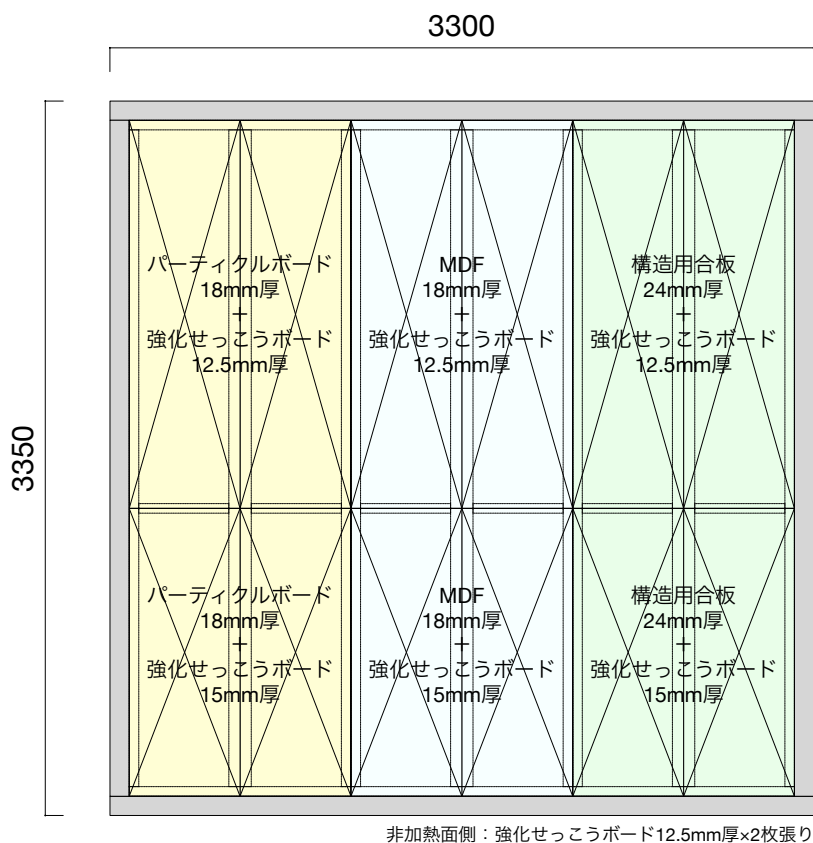


図 5. 2. 1-1 比較実験の試験体概要

### (3) 試験方法・試験場所

- 1) 日時：2022年11月21日（月）
- 2) 場所：公益財団法人 日本住宅・木材技術センター  
壁炉（非載荷加熱）・H=3.3m×W3.55m

### 3) 実験方法

#### ・検証性能：1時間準耐火性能／75分準耐火構造

実験中、遮熱性を壁の裏面温度（1点/仕様×6仕様）より、遮炎性を目視観測により判断した。またより詳細な壁の燃焼状況を観測するため、試験体の内部温度（24点）を計測し、実験後は柱の炭化状況を観察した。

#### ・加熱方法

JIS A 1304の標準加熱曲線A（ISO834の標準加熱曲線）に準じて、安全上、支障のない範囲にて90分間（75分準耐火性能）を目標とし90分まで加熱を継続した場合には、加熱終了として、脱炉・解体を実施した。

#### ・載荷方法

本実験は、小型試験体による比較実験のため、非載荷とした。

## 5.2.2 試験結果・考察

各仕様の結果一覧および考察について、以下に示す。1時間準耐火性能を目標とする仕様1,3,5は、非損傷性については、柱表面の温度が、仕様1（パーティクルボード18mm厚+強化PB-F(V)12.5mm厚）では加熱開始45分、仕様3（MDF18mm厚+強化PB-F(V)12.5mm厚）では50分、仕様5（構造用合板24mm厚+強化PB-F(V)12.5mm厚）は55分頃に木材の炭化温度とされる260℃に達し柱が炭化し始めたと考えられる。また、遮熱性・遮炎性については、加熱時間1時間の時点で、三仕様ともに裏面温度が100℃未満であり、非加熱面への火炎貫通が見られなかった。なお、いずれの仕様においても構造用面材表面または裏面の温度が上昇する過程で、一度温度低下または停滞しており、これは非加熱側せっこうボードからの水分移動等による要因が考えられる。

一方75分準耐火性能（90分加熱）を目標とする仕様2,4,6については、非損傷性に関しては、仕様2（パーティクルボード18mm厚+強化PB-F(V)15mm厚）および仕様4（MDF18mm厚+強化PB-F(V)15mm厚）は加熱開始55分、仕様6（構造用合板24mm厚+強化PB-F(V)15mm厚）は57分頃に260℃に達し柱が炭化し始めたと考えられる。ただし、柱の表面温度が260℃到達した後の柱の温度上昇や構造合板裏面の温度上昇については、仕様6が最も早く、実験後の105mm角の柱の炭化深さは、仕様2,4,6それぞれ、加熱側正面で20mm、25mm、25mm、側面で5mm、10mm、5mm程度確認された。なお、遮熱性・遮炎性については、いずれの仕様も加熱時間90分時点にて、裏面温度が100℃未満であり、非加熱面への火炎貫通が見られなかった。



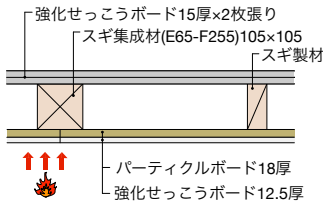
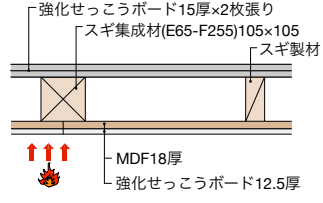
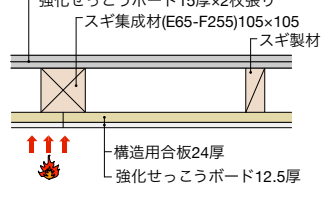
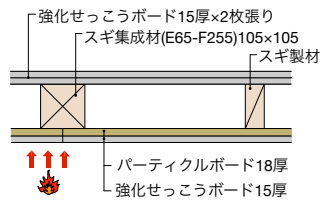
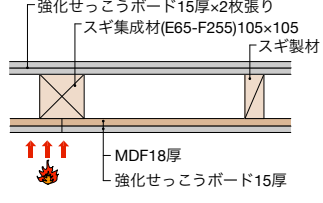
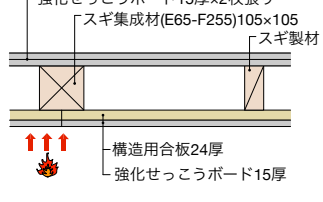
写真 5.2.2-1 実験前  
(加熱面・屋外側)



写真 5.2.2-2 実験後  
(加熱面・屋外側)



表 5. 2. 2-1 試験結果の概要

試験体仕様		実験結果		
NO.	断面構成 [mm]	非損傷性	遮熱性	遮炎性
		柱の燃焼開始時間*1	最大裏面温度 [°C]	火炎貫通
試験体上段 (1時間準耐火性能目標)	仕様1 	45分45秒 (柱正面) (1番)	85	なし
	仕様3 	50分45秒 (柱正面) (9番)	83	なし
	仕様5 	54分15秒 (柱正面) (17番)	72	なし
試験体下段 (75分準耐火性能目標)	仕様2 	55分15秒 (柱正面) (5番)	72	なし
	仕様4 	54分30秒 (柱正面) (13番)	74	なし
	仕様6 	58分 (柱正面) (21番)	73	なし

\*1 柱の表面温度が260°Cを超えた時間・箇所を示す

・各部の計測結果

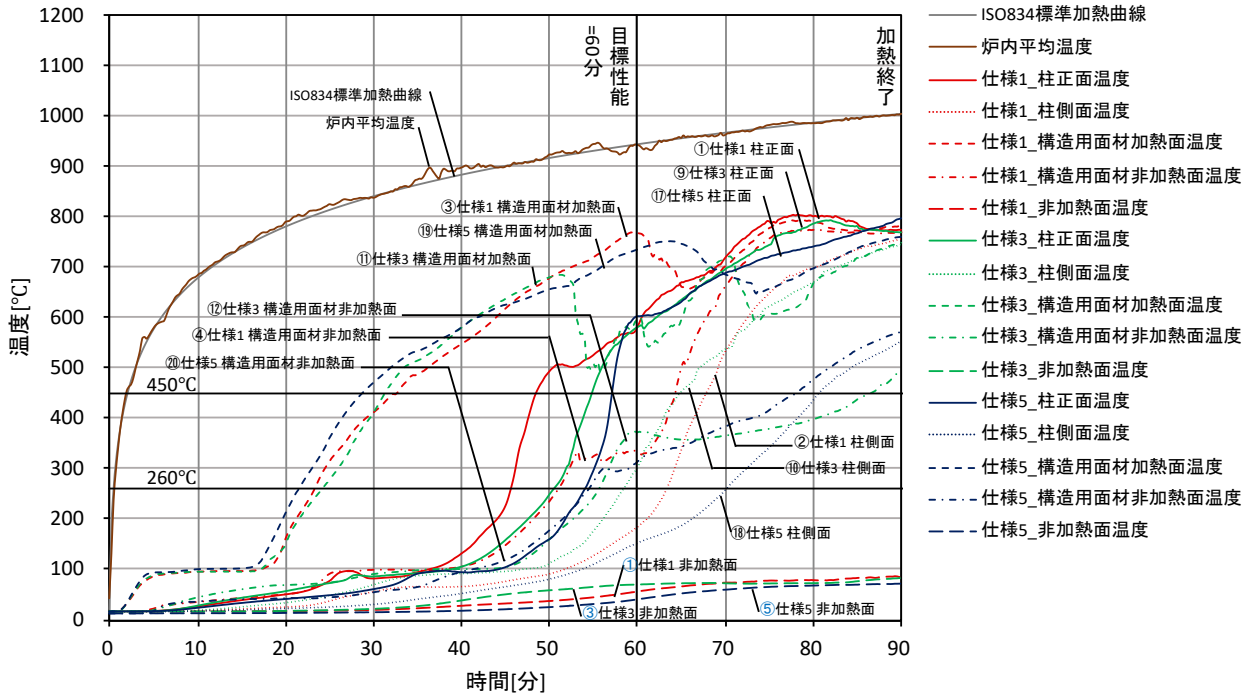


図 5.2.2-1 仕様 1, 3, 5 (1 時間準耐火構造目標) の内部温度推移

- 仕様 1 : パーティクルボード 18mm 厚 + 強化石膏ボード 12.5mm 厚
- 仕様 3 : MDF18mm 厚 + 強化石膏ボード 12.5mm 厚
- 仕様 5 : 構造用合板 18mm 厚 + 強化石膏ボード 12.5mm 厚

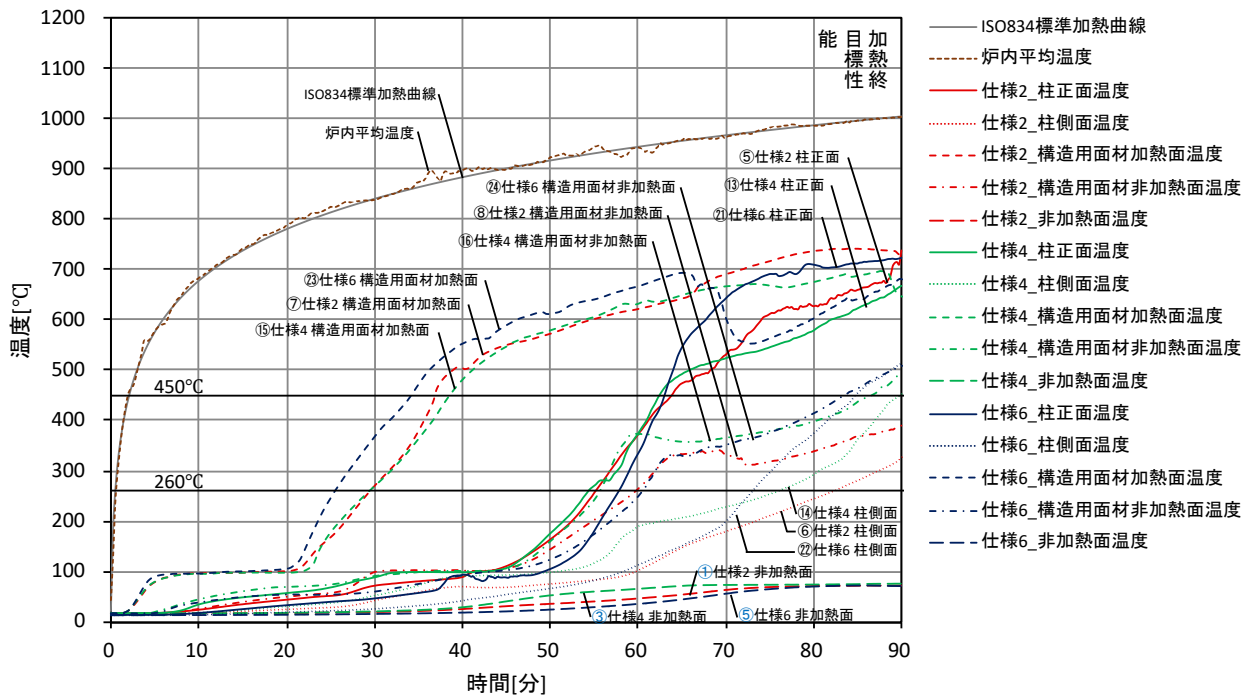


図 5.2.2-2 仕様 2, 4, 6 (75 分準耐火構造目標) の内部温度推移

- 仕様 2 : パーティクルボード 18mm 厚 + 強化石膏ボード 15mm 厚
- 仕様 4 : MDF18mm 厚 + 強化石膏ボード 15mm 厚
- 仕様 6 : 構造用合板 18mm 厚 + 強化石膏ボード 15mm 厚

・ 試験経過観察

実験中の観察記録を表 5.2.2-2 に、実験中の写真 5.2.2-3～20 に示す。

表 5.2.2-2 観察記録

実験名：小型試験体による比較実験（非載荷）

試験場所：日本住宅・木材技術センター

日付：2022年11月21日（月） 13時20分～

気温：17℃

時刻	内容（加熱面・炉内）	内容（非加熱面・計測状況）
0:00:00	着火（加熱開始）	
0:15:00	強化せっこうボードの原紙燃焼（浮きや脱落なし）	特に変化無し
0:17:00	強化せっこうボードの表面に縦の亀裂が入り始める	
	強化せっこうボードの裏面温度が1100℃前後まで上昇	
0:23:00	試験体上部（仕様1,3,5）は強化せっこうボード表面に	
	大きな亀裂（縦）が入り浮き始める	
	試験体下部（仕様2,4,6）は浮き・亀裂なし	
0:30:00	構造用面材の燃焼による炉内の火炎で目視しづらくなる	特に変化無し
0:38:00	炉内の目視観測再開	
	（試験体下部（仕様2,4,6）は浮き・亀裂なし）	
0:46:00	仕様1の柱表面温度（熱電対①）が260℃を超える	
0:50:00	仕様2の柱表面温度（熱電対⑥）が260℃を超える	
0:53:00	炉内が再び火炎で見づらくなる	試験体上部（炉との取り合い部）から白煙が発生する
0:55:00	試験体上部（仕様1,3,5）の強化せっこうボードの浮き	
	が大きくなる	
1:00:00	6仕様全てで柱表面の温度が260℃を超える	強化せっこうボードの縦目地から発煙
1:12:00	試験体上下とも強化せっこうボードの浮きが大きくなる	
1:15:00	6仕様全てで柱側面の温度が260℃を超える	強化せっこうボードの横目地から少量の白煙が発生する
1:18:00	仕様1,2の境のブランケットが脱落する	
1:30:00	加熱終了・脱炉作業開始	
1:34:00	消火開始	
1:50:00	消火終了	

・試験写真（比較実験）



写真 5. 2. 2-3 実験前の加熱面



写真 5. 2. 2-4 加熱開始時（非加熱面）



写真 5. 2. 2-5 加熱開始 15 分後



写真 5. 2. 2-6 加熱開始 30 分後



写真 5. 2. 2-7 加熱開始 45 分後



写真 5. 2. 2-8 加熱開始 60 分後

つづく



写真 5. 2. 2-9 加熱開始 75 分後



写真 5. 2. 2-10 加熱開始 90 分後  
(加熱終了時)



写真 5. 2. 2-11 脱炉直後の加熱面



写真 5. 2. 2-12 消火後の試験体内部



写真 5. 2. 2-13 仕様 1, 3, 5 の柱断面  
(左から仕様 1, 仕様 3, 仕様 5)



写真 5. 2. 2-14 仕様 2, 4, 6 の柱断面  
(左から仕様 2, 仕様 4, 仕様 6)



写真 5. 2. 2-15 仕様 1 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)



写真 5. 2. 2-16 仕様 2 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)



写真 5. 2. 2-17 仕様 3 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)

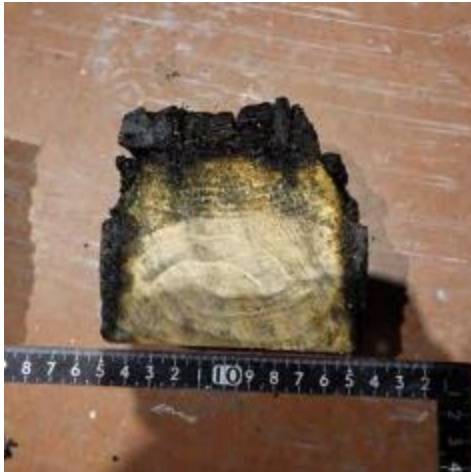


写真 5. 2. 2-18 仕様 4 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)



写真 5. 2. 2-19 仕様 5 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)



写真 5. 2. 2-20 仕様 6 の柱断面  
(熱電対設置位置/見下げ)

## 5.1 実大試験

### 5.3.1 試験計画

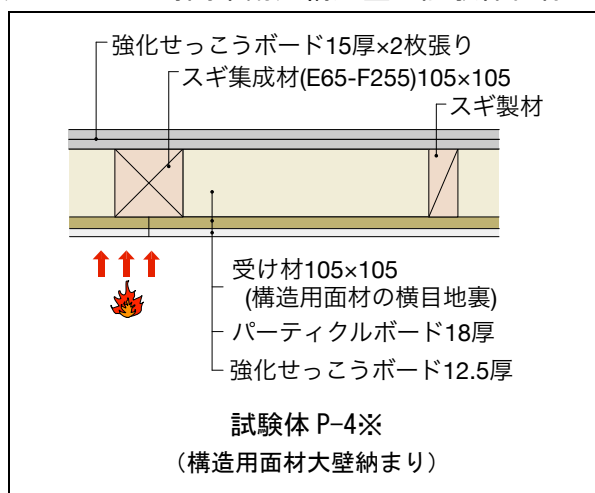
#### (1) 1時間準耐火構造壁の試験体設計

前項の比較実験の結果から、遮熱性・遮炎性についてはいずれの仕様も同等であったことから、柱表面温度が 260°C に達した時間から、非損傷性に影響する柱の断面減少が最も早かったと考えられる仕様 1 (パーティクルボード 18mm 厚+強化 PB-F(V) 12.5mm 厚) を実大実験の検証仕様とした。ただし、先の比較実験では、構造用面材表面または裏面の温度上昇については、仕様 3 (MDF18mm 厚+強化 PB-F(V) 12.5mm 厚) の方が 10 分ほど早いことから、本検証では、加熱 1 時間後も安全上支障のない範囲にて、目標性能に対する余力を確認するため、载荷加熱を延長することとした。なお、試験体図等の詳細は、6.5 の試験報告書を参照されたい。

#### 間仕切壁(試験体 P-4)

柱は 105mm 角のスギ集成材とし、加熱面側加熱側の耐火被覆は、構造用面材にパーティクルボード 18mm 厚+強化せっこうボード (GB-F(V)) 12.5mm 厚とした。構造用面材の横目地には受材 105mm 角のスギ集成材を設けた。非加熱面側は、既往の知見<sup>4)</sup>に基づき、強化せっこうボード (GB-F(V)) 15mm 厚の 2 枚張りとし、断熱材はなしとした。

表 5.3.1-1 1時間準耐火構造壁の試験体仕様の概要

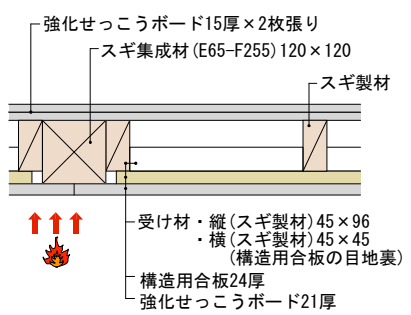
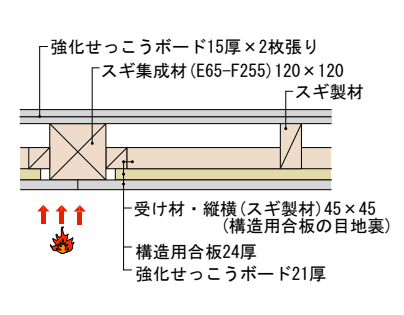
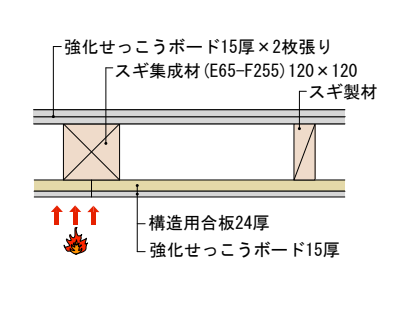


注：試験体 No. は昨年度の事業からの通し番号とする。

## (2)75 時間準耐火構造壁の試験体設計

昨年度までの「非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討」事業にて実験を実施した 75 分準耐火構造の仕様および結果を下記に示す。本事業では、これらの成果と前項の比較実験の結果を踏まえ、昨年度の間仕切壁 P-3 の仕様に構造用合板横目地部に受材を設けた仕様を実大実験の試験体仕様とした。

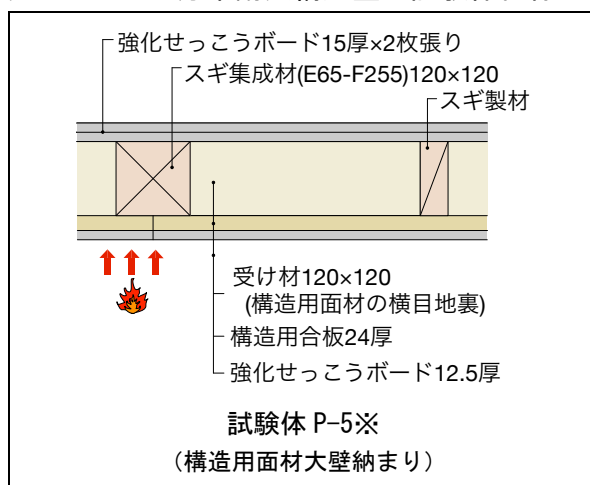
表 5.3.1-2 既往の試験体仕様・結果の概要

 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材 (E65-F255) 120×120 スギ製材</p> <p>↑↑↑ 受け材・縦(スギ製材)45×96 ・横(スギ製材)45×45 (構造用合板の目地裏) 構造用合板24厚 強化せっこうボード21厚</p> <p><b>試験体 P-1</b> (構造用面材真壁納まり①) 75 分準耐火性能◎ (93 分加熱)</p>	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材 (E65-F255) 120×120 スギ製材</p> <p>↑↑↑ 受け材・縦横(スギ製材)45×45 (構造用合板の目地裏) 構造用合板24厚 強化せっこうボード21厚</p> <p><b>試験体 P-2</b> (構造用面材真壁納まり②) 75 分準耐火性能◎ (100 分加熱)</p>	 <p>強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材 (E65-F255) 120×120 スギ製材</p> <p>↑↑↑ 構造用合板24厚 強化せっこうボード15厚</p> <p><b>試験体 P-3</b> (構造用面材大壁納まり) 75 分準耐火性能× (87 分加熱)</p>
--	---	--

## 間仕切壁(試験体 P-5)

柱は 120mm 角のスギ集成材とし、加熱面側加熱側の耐火被覆は、構造用面材に構造用合板 24mm 厚+強化せっこうボード (GB-F(V)) 15mm 厚とした。構造用面材の横目地には受材 120mm 角のスギ集成材を設けた。非加熱面側は、既往の知見<sup>4)</sup>に基づき、強化せっこうボード (GB-F(V)) 15mm 厚の 2 枚張りとし、断熱材はなしとした。

表 5.3.1-3 75 分準耐火構造壁の試験体仕様の概要



注：試験体 No. は昨年度の事業からの通し番号とする。



### (3)試験方法・試験場所

- 1) 日時：2023年1月10日（火） 間仕切壁・試験体 P-4  
2023年1月13日（金） 間仕切壁・試験体 P-5

- 2) 場所：公益財団法人 日本住宅・木材技術センター  
壁炉（載荷加熱）・H=3.0m×W3.5m

### 3) 実験方法

#### ・検証性能：1時間耐火構造 / 75分準耐火構造

性能評価は、性能評価機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書（準耐火等性能試験方法）」に則し、非損傷性を柱の軸方向の変位量及び速度より、遮熱性を壁の裏面温度より、遮炎性を目視観測により判断した。またより詳細な燃焼状況を観測するため、試験体の内部温度（24点）を計測した。

防耐火性能試験・評価業務方法書

<https://www.howtec.or.jp/relays/download/141/369/304/3018/?file=/files/libs/3018/201911071911496173.pdf>

#### ・加熱方法

JIS A 1304 の標準加熱曲線 A（ISO834 の標準加熱曲線）に準じて、間仕切壁 P-4 は1時間（1時間準耐火性能）、90分間（75分準耐火性能）を目標として、安全上、支障のない範囲にて延長が可能な場合には、目標時間以降も加熱時間の延長を実施した。

#### ・載荷方法

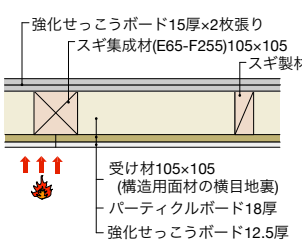
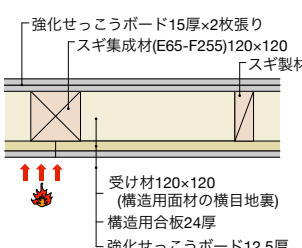
本試験は、油圧ジャッキを用いて鉛直荷重を加えた。試験体の荷重は、試験体中央の柱（間仕切壁 P-4 は、105mm 角、間仕切壁 P-5 は 120mm 角）に長期許容応力度が発生する荷重を載荷した。なお載荷荷重は、柱の強度等級規格である同一等級構成 E65-F255 の基準強度（20.6 N/mm<sup>2</sup>）を用いて算定した。

### 5.3.2 試験結果・考察

間仕切壁 P-4 については、試験体仕様にて 1 時間準耐火性能の見通しが得られた。また、間仕切壁 P-5 についても、実験結果より 75 分準耐火性能の確保に向けた改良点が得られた。各仕様の結果一覧および考察について、以下に示す。

なお、各実験における試験体図および詳細な計測結果（グラフ）等については、6.5 の試験報告書を参照されたい。

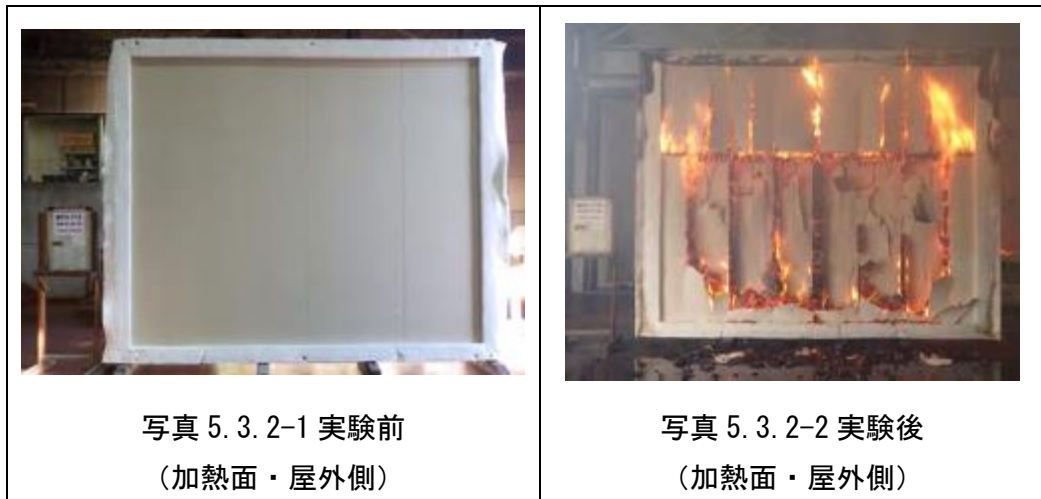
表 5.3.2-1 試験結果の概要

試験体仕様		試験荷重 *2 [kN]	実験結果				
NO. *1	断面構成 [mm]		実験終了 時間*3	非損傷性*4		遮熱性	遮炎性
				①軸方向収縮量 ②軸方向収縮速度 ③面外方向変位量	柱の燃焼 開始時間*5	最大 表面温度 [°C]	火炎 貫通
P-4		25.6	69.5分 (71分)	① 4.63 [mm] ② 4.48 [mm/分] ③ 54.2 [mm] (非加熱側に凸)	-※	89	なし
P-5		46.8	72分 (73分)	① 0.83 [mm] ② 15.93 [mm/分] ③ 45.6 [mm] (非加熱側に凸)	52分 (柱側面) (4番)	92	あり (73分)

- \*1 2021年度事業（試験体P-1, 2）からの通し番号
- \*2 試験体中央の柱（荷重支持部材）に長期許容応力度が発生する荷重
- \*3 試験体（柱）の荷重支持能力を低下した時間（ ）内はその後加熱を停止した時間
- \*4 ①～③は載荷時間内の実験計測結果の最大値を示す
- \*5 柱の表面温度が260°C超えた時間・箇所を示す（試験体P-4は熱電対の通電不良により計測値なし）

・間仕切壁 試験体 P-4

目標とする 60 分加熱に耐え、1 時間準耐火性能（非損傷性、遮炎性、遮熱性）を確保した。その後、加熱開始 69 分 30 秒に柱の荷重支持能力が低下したため、加熱開始 71 分で実験を終了した。実験中は、加熱開始 36 分頃より耐火被覆（強化せっこうボード(GB-F(V))12.5mm 厚）が剥離・脱落し始めたが、構造用面材（パーティクルボード 18mm 厚）の横目地裏の受け材が壁内への火炎貫通を遅らせ、また構造用面材は加熱開始 60 分頃まで脱落しなかったことが、性能確保に寄与と考えられる。



・各部計測値

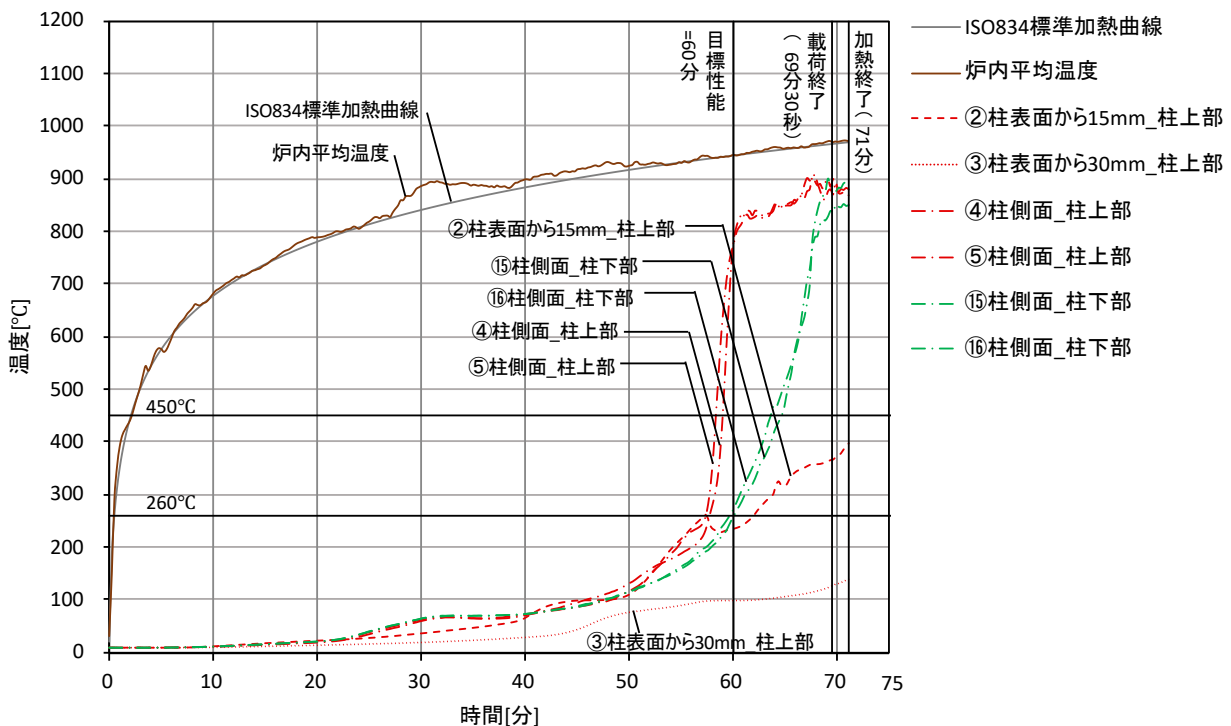


図 5.3.2-1 柱（荷重支持部材）の温度推移

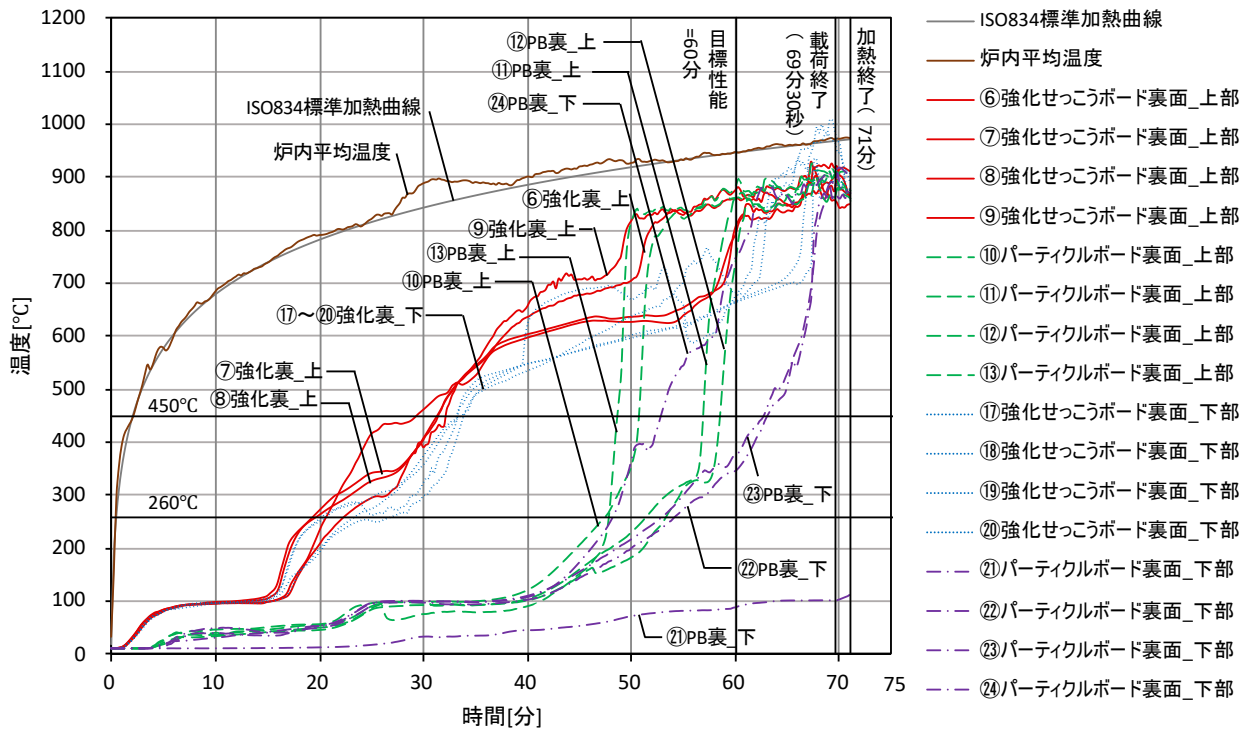


図 5.3.2-2 加熱側面材裏の温度推移

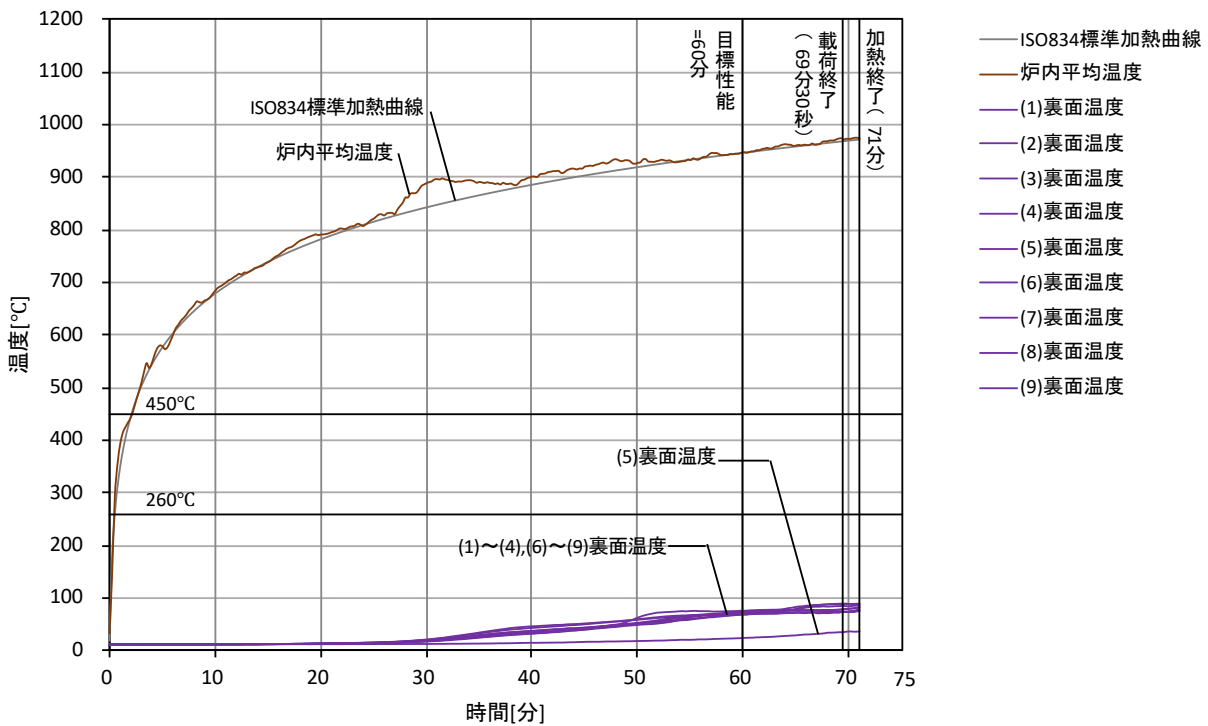


図 5.3.2-3 裏面温度推移

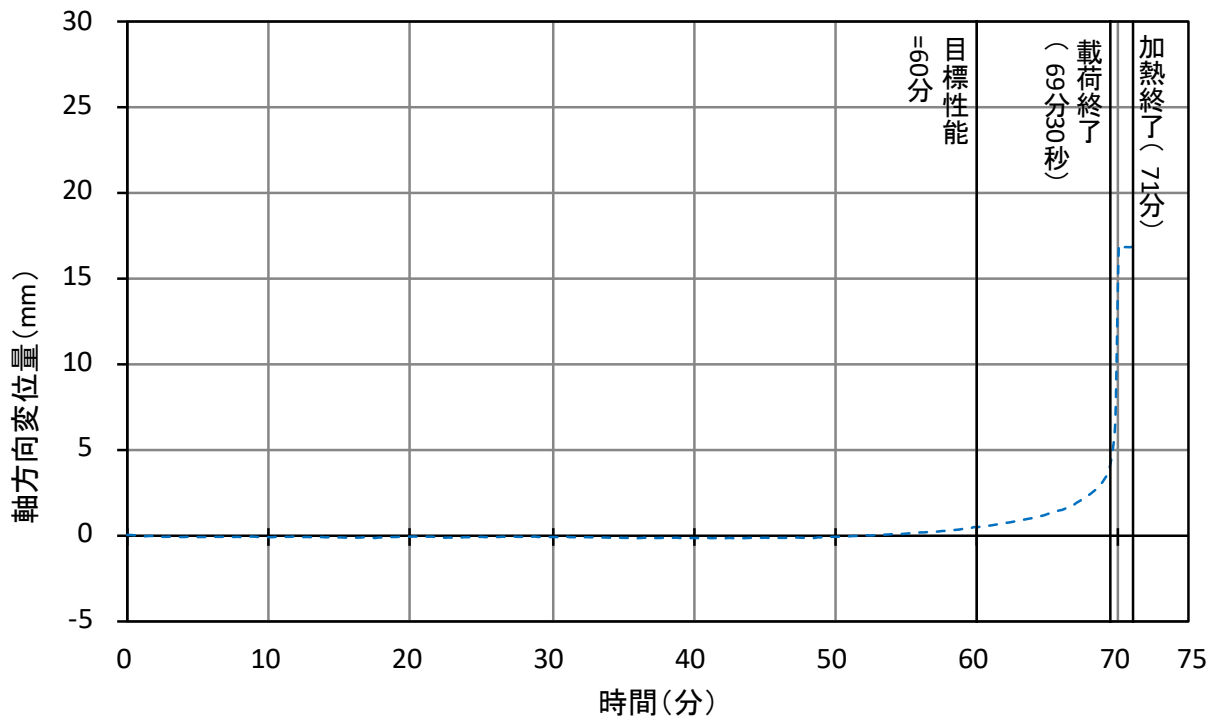


図 5.3.2-4 平均軸方向収縮量の推移

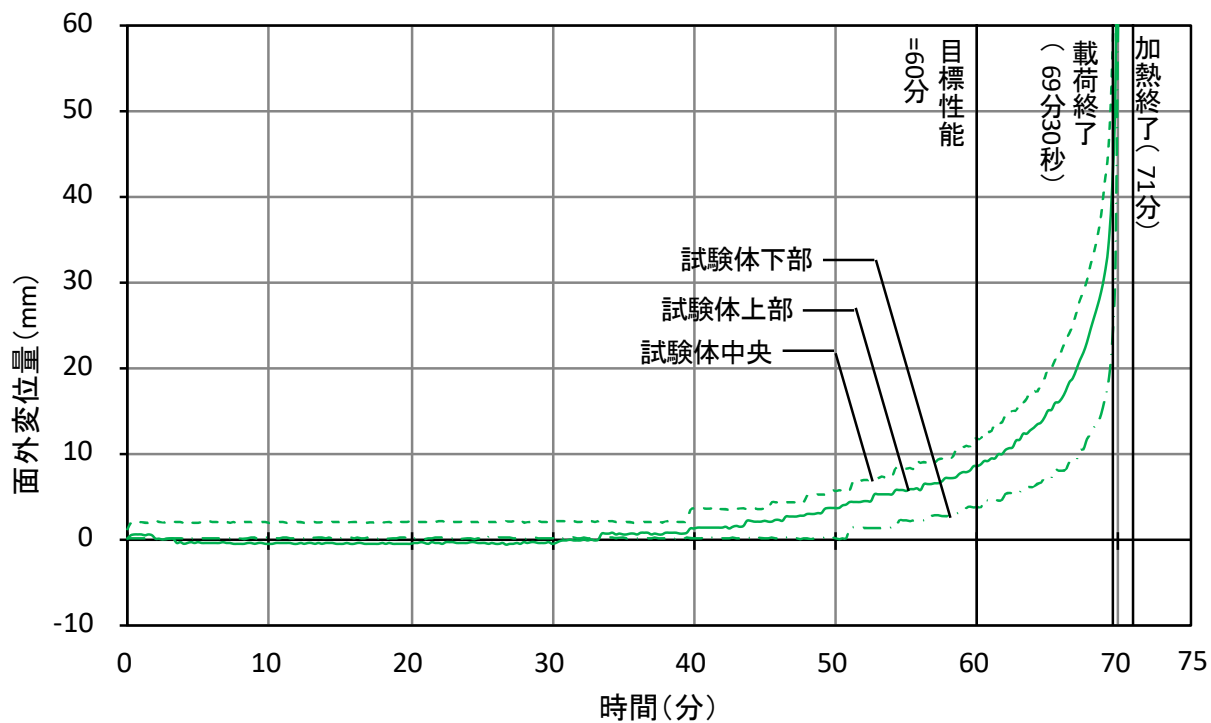


図 5.3.2-5 平均面外方向変位量の推移

・試験経過観察

実験中の観察記録を表 5.3.2-2 に、実験中の写真 5.3.2-3～18 に示す。

表 5.3.2-2 観察記録（間仕切壁 P-4）

実験名：実大壁・1時間準耐火性能目標（载荷加熱）

試験場所：日本住宅・木材技術センター

日付：2023年1月10日（月） 10時26分～

気温：10℃

時刻	内容（加熱面・炉内）	内容（非加熱面・計測状況）
0:00:00	着火（加熱開始）	
0:15:00	強化せっこうボード12.5の目地が波打ち始める	特に変化無し
0:22:00	強化せっこうボード12.5に縦亀裂が入り浮き始める	
0:26:00	強化せっこうボード12.5の目地から火炎噴出	
	（パーティクルボードが燃焼する）	
0:30:00	耐火炉の観察窓周辺にて強い燃焼臭がする	特に変化無し
0:35:00		熱電対の配線部より白煙が発生する
0:36:00	強化せっこうボード12.5（割付下段）が部分的に脱落し始める	
0:40:00	強化せっこうボード12.5（割付下段）が断続的に脱落する	
0:45:00	柱表面から15mmの温度（熱電対②）が100℃を超える	特に変化無し
0:46:00	パーティクルボードが部分的に脱落し始める	
0:48:00		せっこうボードの横目地付近の原紙が変色し始める
0:53:00		試験体上部（炉との取り合い部）から白煙が発生する
0:57:00	強化せっこうボード12.5の大部分が脱落	
1:00:00	目標性能達成（1時間準耐火構造）・载荷加熱を継続する	
1:08:00		強化せっこうボードの縦目地から発煙
1:10:00	荷重支持能力低下（载荷荷重低減）を確認	
1:11:00	载荷加熱終了・脱炉作業開始	
	脱炉移動時に強化せっこうボードの一部脱落	
1:14:20	消火開始	
1:30:00	消火終了	
	（解体時に熱電対①と⑩の被覆損傷による通電不良を確認）	

・試験写真 (間仕切壁 P-4)



写真 5.3.2-3 実験前の加熱面



写真 5.3.2-4 加熱開始時 (非加熱面)



写真 5.3.2-5 加熱開始 15 分後



写真 5.3.2-6 加熱開始 30 分後



写真 5.3.2-7 加熱開始 45 分後



写真 5.3.2-8 加熱開始 60 分後



写真 5.3.2-9 加熱開始 70 分後  
(加熱終了時)



写真 5.3.2-10 加熱開始 90 分後  
(炉内の様子)



写真 5. 3. 2-11 脱炉直後の加熱面



写真 5. 3. 2-12 消火後の試験体内部



写真 5. 3. 2-13 柱の座屈箇所  
(非加熱面／柱中央から 150mm 上)

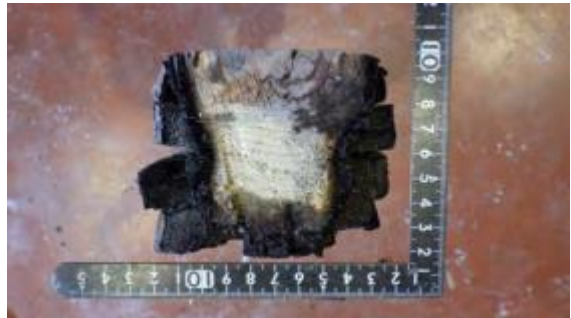


写真 5. 3. 2-14 柱の座屈箇所 (見上げ)



写真 5. 3. 2-15 柱上端から 750mm  
(熱電対設置位置／見下げ)



写真 5. 3. 2-16 柱下端から 750mm  
(熱電対設置位置／見上げ)



写真 5. 3. 2-17 受け材①  
(右：加熱側, 左：非加熱側)

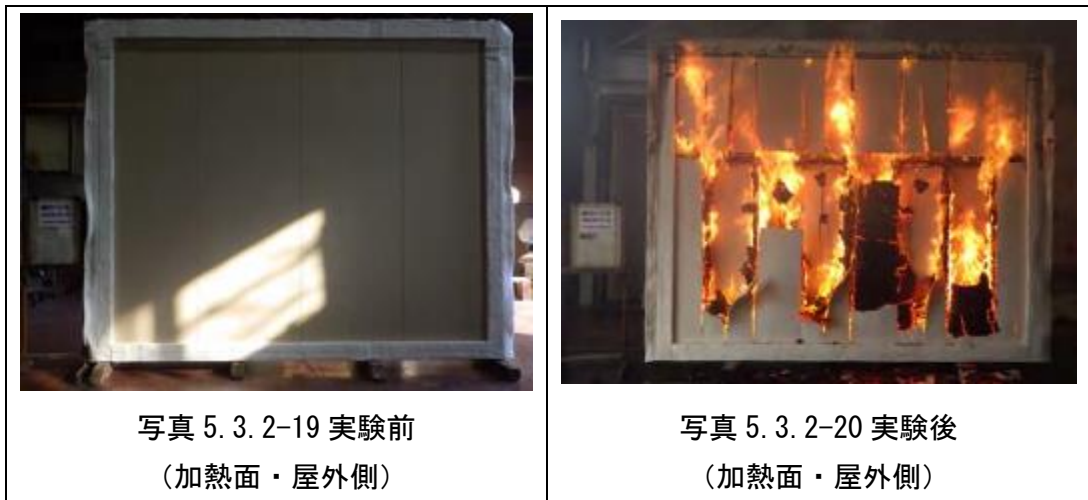


写真 5. 3. 2-18 受け材②  
(右：加熱側, 左：非加熱側)



・間仕切壁 試験体 P-5

目標とする 75 分準耐火性能（90 分加熱）に対し、加熱開始 65 分を過ぎた頃から軸方向変形量が急増しはじめ、72 分に柱の荷重支持能力が低下したため、73 分にて実験を終了した。実験中、加熱開始 37 分頃より強化せっこうボード 15mm 厚が部分的に剥離し始め、その後 52 分頃より柱の表面温度が 260℃を超え、60 分頃には構造用合板 24mm 厚も脱落し始めた。実験後の柱（スギ集成材 120mm 角）では、受け材芯より 100mm 下の位置で座屈しており、炭化深さは、正面で 30mm、側面で 35mm、隅角部で 45mm 程度であった。昨年度の試験体 P-3 の仕様に比べ、耐火被覆である強化せっこうボード 15mm 厚の脱落や柱の燃焼（260℃到達時間）が 10 分程早く進んだことで目標よりも早く座屈に至ったと考えられる。



・各部計測値

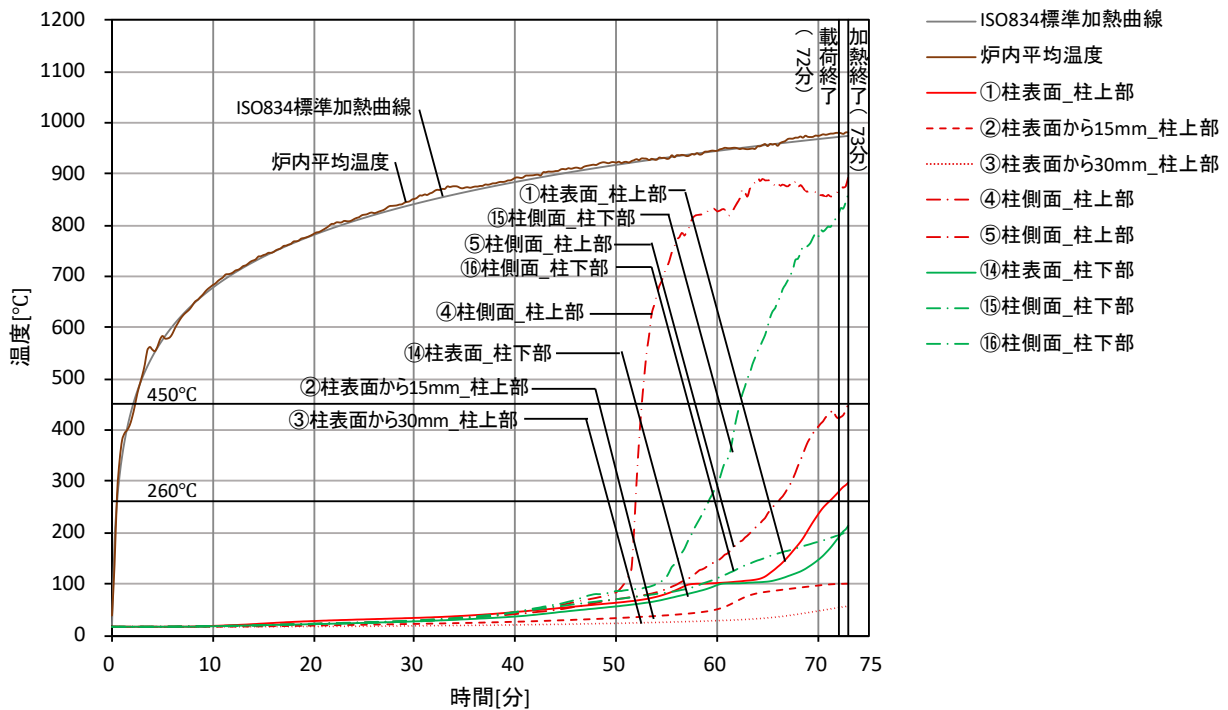


図 5. 3. 2-6 柱（荷重支持部材）の温度推移

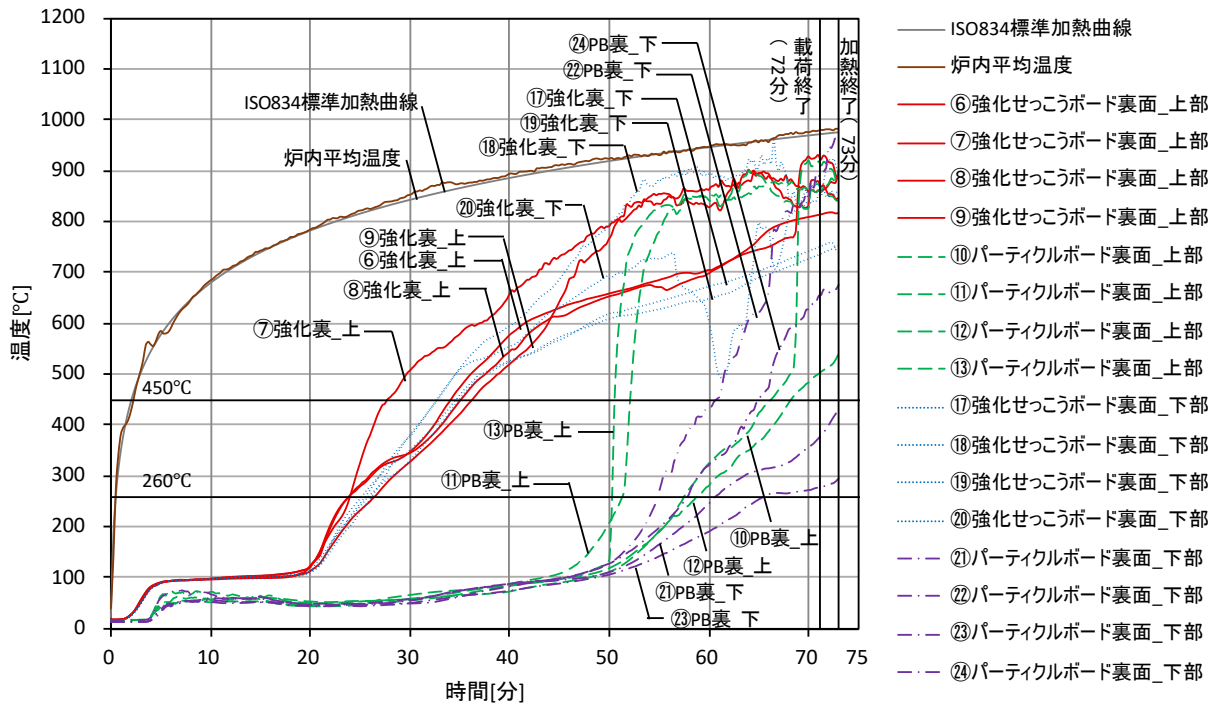


図 5.3.2-7 加熱側面材裏の温度推移

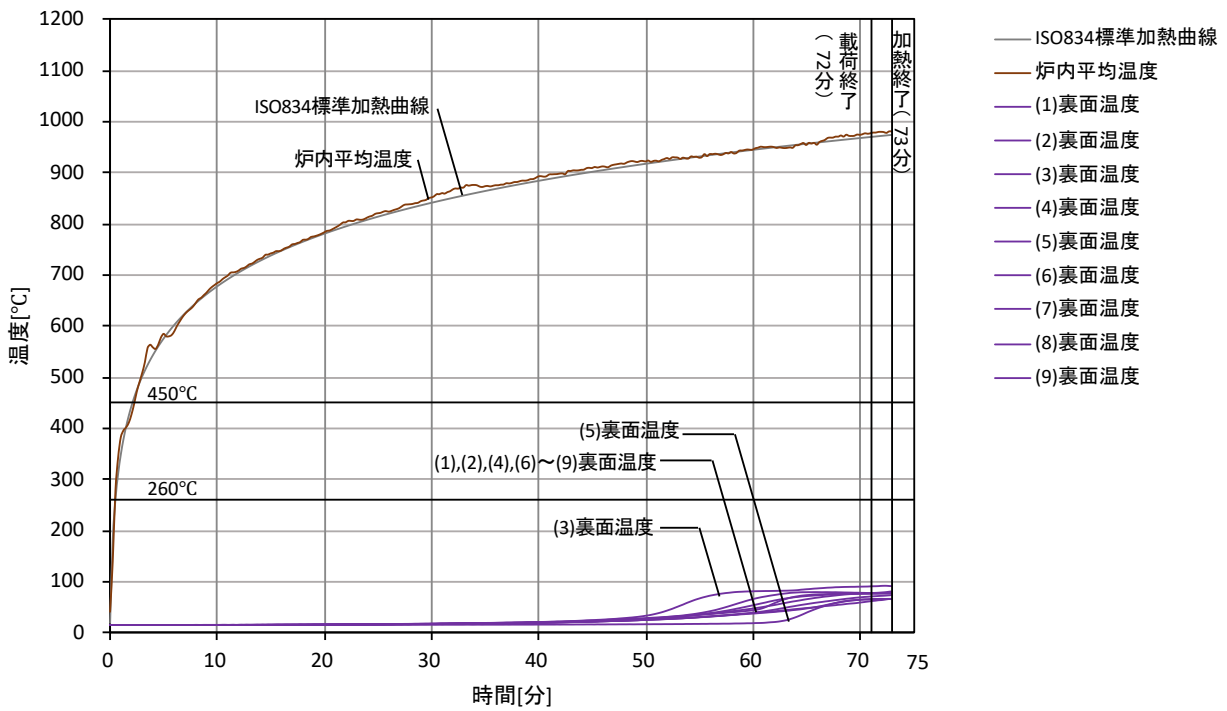


図 5.3.2-8 裏面温度推移

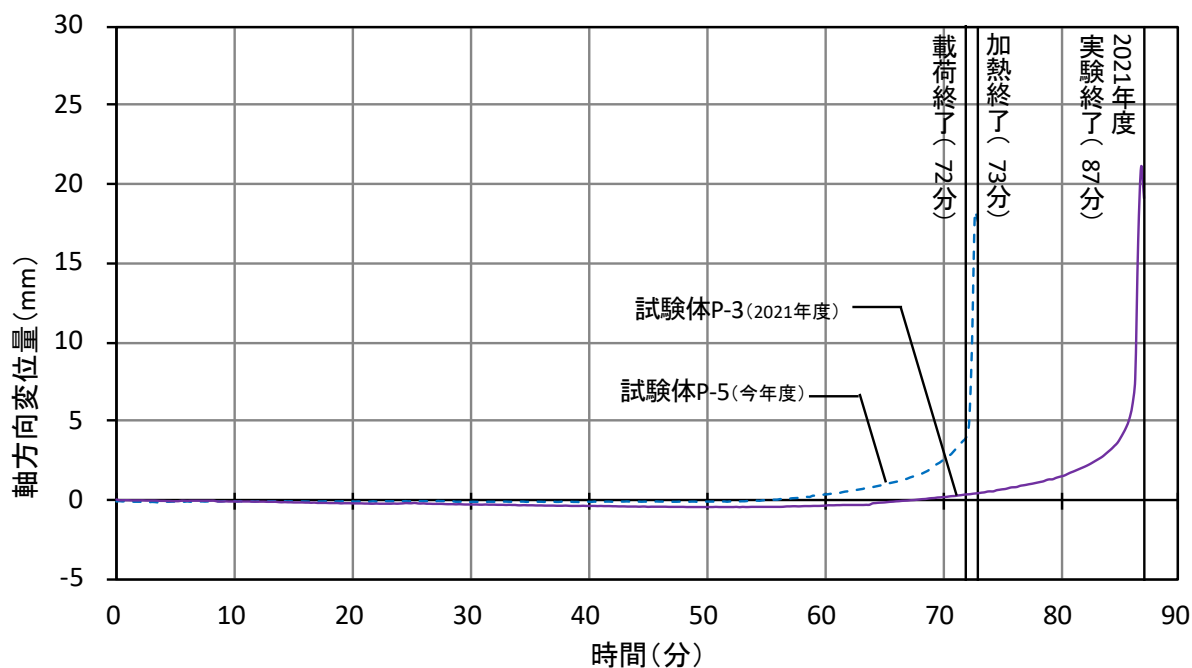


図 5.3.2-9 平均軸方向収縮量の推移※  
 ※昨年度事業の間仕切壁 P-3 の結果を併記する。

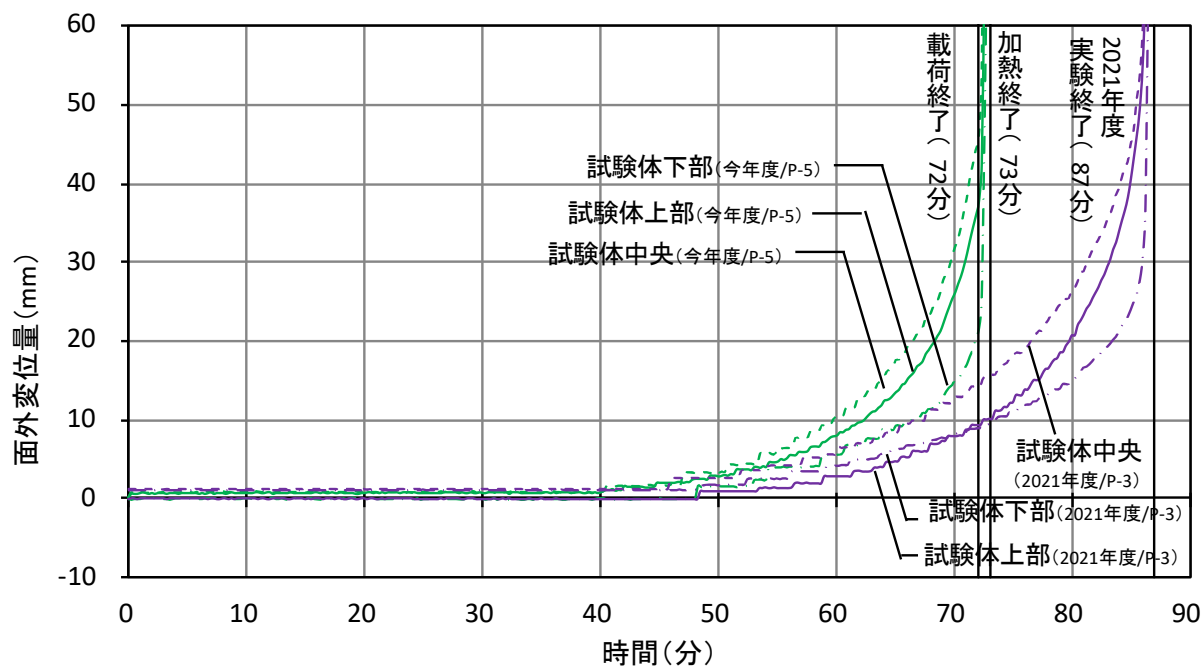


図 5.3.2-10 平均面外方向変位量の推移※  
 ※昨年度事業の間仕切壁 P-3 の結果を併記する。

・試験経過観察

実験中の観察記録を表 5.3.2-3 に、実験中の写真 5.3.2-21～36 に示す。

表 5.3.2-3 観察記録（間仕切壁 P-5）

実験名：実大壁・75分準耐火性能目標（載荷加熱）

試験場所：日本住宅・木材技術センター

日付：2023年1月13日（金） 10時19分～

気温：14℃

時刻	内容（加熱面・炉内）	内容（非加熱面・計測状況）
0:00:00	着火（加熱開始）	
0:15:00	強化せっこうボード15の目地が波打ち始め、縦に大きく亀裂が入る	特に変化無し
0:28:00	強化せっこうボード15の亀裂から火炎噴出 構造用合板の表面温度が260℃を超える	
0:30:00		特に変化無し
0:37:00	強化せっこうボード15が脱落し始める	
0:45:00	強化せっこうボード15が断続的に脱落する	特に変化無し
1:00:00	構造用面材が脱落し始める 柱の表面温度が100℃を超える	強化せっこうボード横目地付近での面外変位が目視可 試験体側部（炉との取り合い部）から白煙が発生する
1:08:00		せっこうボードの横目から発煙 面外変位5mm程度になり、変位速度が速くなる
1:10:00		面外変位30mm程度まで増加
1:12:00	荷重支持能力低下（載荷荷重低減）を確認	
1:13:00	載荷加熱終了・脱炉作業開始	
	脱炉移動時に強化せっこうボードの一部脱落	
1:17:34	消火開始	
1:35:00	消火終了	

・ 試験写真（間仕切壁 P-5）



写真 5. 3. 2-21 実験前の加熱面



写真 5. 3. 2-22 加熱開始時（非加熱面）



写真 5. 3. 2-23 加熱開始 15 分後



写真 5. 3. 2-24 加熱開始 30 分後



写真 5. 3. 2-25 加熱開始 45 分後



写真 5. 3. 2-26 加熱開始 60 分後



写真 5. 3. 2-27 加熱開始 72 分後  
（荷重支持能力低下）



写真 5. 3. 2-28 加熱開始 72 分 45 秒後  
（火炎貫通・加熱終了時）



写真 5. 3. 2-29 脱炉直後の加熱面



写真 5. 3. 2-30 消火後の試験体内部



写真 5. 3. 2-31 柱の座屈箇所  
(非加熱面／受け材芯から 100mm 下)



写真 5. 3. 2-32 柱の座屈箇所  
(見上げ／上：加熱面, 下：非加熱面)



写真 5. 3. 2-33 柱上端から 750mm  
(熱電対設置位置／見下げ)



写真 5. 3. 2-34 柱下端から 750mm  
(熱電対設置位置／見上げ)



写真 5. 3. 2-35 受け材①  
(上：加熱側, 下：非加熱側)



写真 5. 3. 2-36 受け材②  
(上：加熱側, 下：非加熱側)

## 5.4 まとめ

### 5.4.1 試験結果のまとめ

本事業においては、防耐火に関して下記の成果が得られた。

- ・ 表 5.4.1-1 に示す小型試験体による比較実験により、仕様 1,3,5 および仕様 2,4,6 の組み合わせにおいて、燃焼性状および仕様の同等性を確認した。
- ・ 表 5.4.1-2 に示す間仕切壁 P-4 においては、目標性能が確認され、大臣認定仕様の開発における見通しが得られた。また、間仕切壁 P-5 においては、75 分準耐火性能の確保に向けた改良点を明らかにした。

表 5.4.1-1 試験体概要の一覧

間仕切壁 (1 時間準耐火性能目標)		
<p><b>仕様 1</b></p>	<p><b>仕様 3</b></p>	<p><b>仕様 5</b></p>
間仕切壁 (75 分準耐火性能目標)		
<p><b>仕様 2</b></p>	<p><b>仕様 4</b></p>	<p><b>仕様 5</b></p>

表 5.4.1-2 試験体概要の一覧

間仕切壁	
<p>[○] 試験体 P-4 (1 時間準耐火性能目標)</p>	<p>[×] 試験体 P-5 (75 分準耐火性能目標)</p>

## 5.4.2 事業成果の概要

### (1) 比較実験

加熱中の構造用面材や柱などの温度上昇の経過、また 90 分間の加熱後の柱の炭化状況などを勘案して、実大実験の加熱側下張りの仕様を以下に決定した。

- ・1 時間準耐火目標性能仕様では、パーティクルボード 18mm（裏面温度上昇は MDF18mm の方が早い、さほど差が見られなかったため）
- ・75 分間準耐火目標性能仕様では、構造用合板 24mm（裏面温度上昇は MDF18mm の方が早い、さほど差が見られなかったため）

### (2) 実大実験

加熱終了時の状況を、表 5.4.2-1 に示す。1 時間準耐火目標性能仕様の試験体は、受材の座屈抑制等もあり、目標の 1 時間準耐火性能を得た。75 分間準耐火目標性能仕様の試験体は、昨年度の試験では目標性能時間には若干達せず、柱と同寸の中棧を加熱側下張り・上張りの横目地に当たるよう設けたが、強化せっこうボードの亀裂の発生や脱落等がより早期に発生し、目標の 75 分間準耐火性能は得られなかった。

表 5.4.2-1 試験結果の一覧

試験体記号		加熱時間	性能時間	加熱終了時の状況 (加熱炉からの火熱を直接受ける材料の状況)
間仕切壁	1 時間準耐火目標性能仕様	71 分間	60 分間	69 分 30 秒、壁の座屈及び非加熱面縦目地に赤熱確認〔間柱の一部炭化消失のため〕（加熱中に強化せっこうボードの脱落（崩落）、構造用面材の炭化消失あり）
	75 分間準耐火目標性能仕様	73 分間	60 分間	72 分に壁の座屈と、72 分 45 秒に座屈に伴う非加熱面横目地からの火炎出現（加熱中に強化せっこうボードの脱落（崩落）、構造用面材の炭化消失あり）

表中、（準耐火）性能（を有する）時間は、①加熱開始から 60 分迄に座屈・燃え抜け等に至った場合はその時間、②60 分超 72 分迄に至った場合は 60 分間、③72 分超に至った場合は、その時間を 1.2 で除した時間とした。



### 5.4.3 各仕様の防火性能における留意点について

本事業にて載荷加熱実験を実施した試験体の仕様について、防耐火性能における考え方を下記に整理する。

#### (1) 強化せっこうボードについて

本事業では、強化せっこうボードはひる石いり（GB-F(V)）を用いて性能を確認した。そのため、性能評価試験などへ展開においても同様のひる石いり（GB-F(V)）を用いる必要がある。

#### (2) 構造用面材について

本事業は構造用面材に木質系ボードの「パーティクルボード」、「MDF（中密度繊維板）」、「構造用合板」を用いて実験を行っている。性能評価試験に際しては、構造用合板を試験体仕様とすることで、下記面材の種類のもものが、防耐火性能上同等性があるものと評価される。なお、厚み及び密度については、性能を確認したものを非損傷性上不利となる最小として、より厚くなる場合またはより密度が増す場合には、防耐火性能上影響はないものと考え得る。

- ・木質系ボード  
構造用合板／構造用パネル／パーティクルボード／単板積層材(LVL)／直交集成板(CLT)／繊維板
- ・セメント板  
硬質木片セメント板／パルプセメント板／けい酸カルシウム板
- ・火山性ガラス質複層板

#### (3) 留付材および間隔について

本事業の試験体仕様に用いた留付材の寸法（径,長さ）は、非損傷性上不利となる最小として、より径が太く長さが長い場合には、防耐火性能上影響はないものと考え得る。

また留付間隔については、非損傷性上不利となる最大として、より間隔が狭くなる場合には、防耐火性能上影響はないものと考え得る。

## 5.5 今後の課題

今年度の事業では、間仕切壁 2 仕様で 1 時間準耐火性能が見込める結果を得たものの、75 分間準耐火性能が見込める結果は強化せつこうボード 15 mm 張りでは得られなかった。今後の主な検討課題を、以下に示す。

- ・木質系面材を考慮した防火被覆のスリム化の可能性の追求、施工性
- ・1 時間及び 75 分間準耐火性能仕様のニーズ

## 5.6 試験報告書（依 R04-57）

本章に記載される 3 体の壁実験に関する試験報告書（(公財)日本住宅・木材技術センター発行）は、第 6 章 上階延焼抑制防火設備の 6.5 試験報告書（高性能準耐火壁の準耐火性能試験等）に掲載する。

### [参考文献]

- 1) 一般社団法人 木を活かす推進協議会，平成 30 年度(補正)非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討 事業報告書，令和 2 年 2 月
- 2) 一般社団法人 木を活かす推進協議会，令和元年度(補正)非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物及び高性能防火壁の開発検討 事業報告書，令和 3 年 2 月
- 3) 一般社団法人 木を活かす推進協議会，令和 2 年度(補正)非住宅・中大規模木造建築用の高耐力壁及び高性能準耐火壁の開発検討 事業報告書，令和 4 年 2 月
- 4) 特定非営利活動法人 建築技術支援協会，平成 30 年度 木質建築における新たな防耐火仕様の研究開発 事業報告書，令和 2 年 3 月