

F27. 主要構造部の防耐火性能に関する 合理的な性能評価等に係る検討

事業主体	一般社団法人	建築性能基準推進協会
	地方独立行政法人	北海道立総合研究機構
共同研究	国立研究開発法人	建築研究所

- ・ 現行の大臣認定制度に基づく防耐火構造の性能評価では、原則として、異なる仕様ごとに試験実施および認定取得が必要であるため、認定取得者の負担が大きいとの指摘がある。
- ・ 次の2つを対象に、性能評価方法の合理化並びに告示化等のための仕様案の提案に向けた調査・検討を行った。

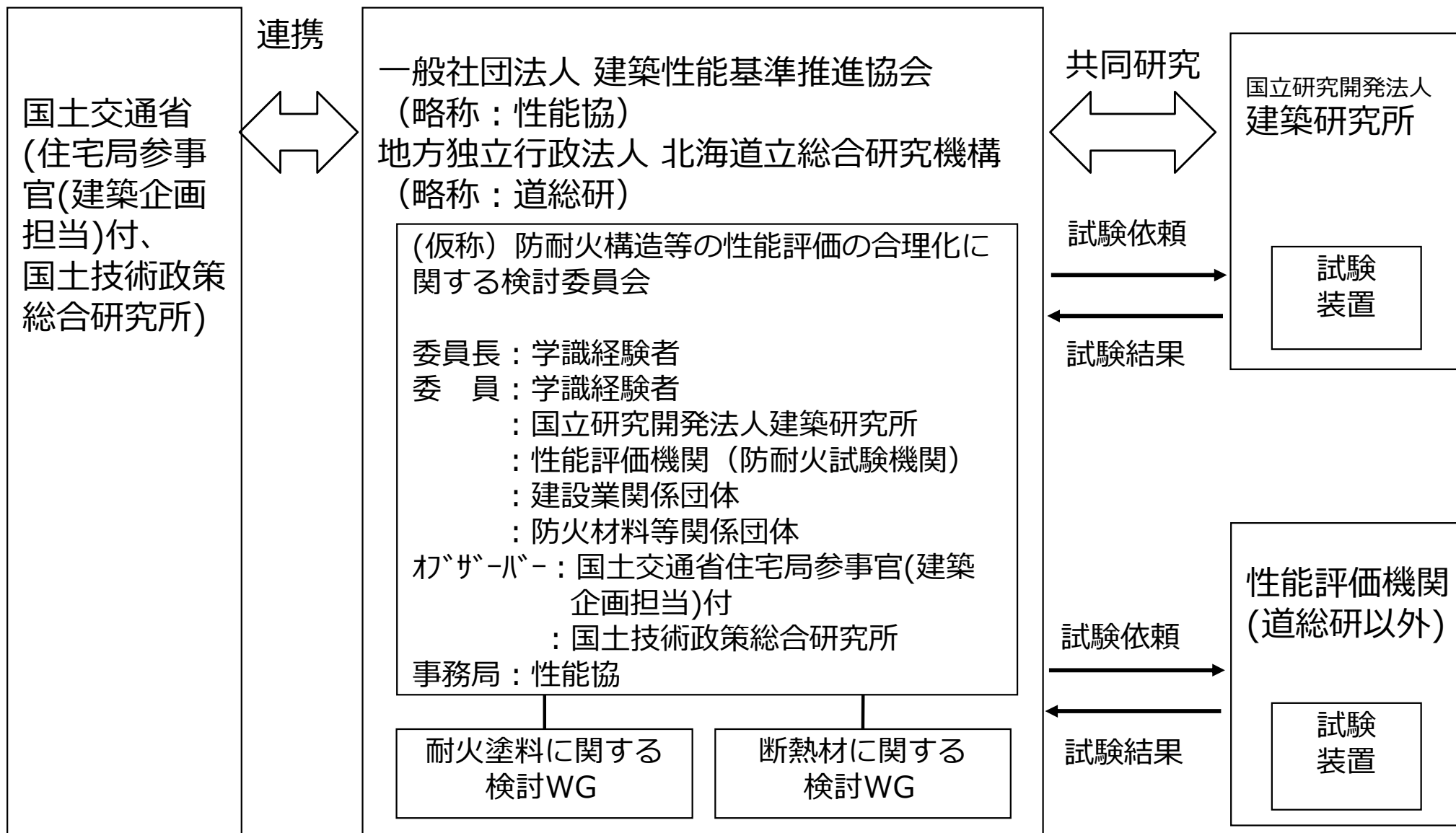
①耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁

- ・ 耐火塗料等を対象に、鋼材厚さと耐火被覆厚さに基づき、包括的な性能評価を行うパッケージ試験の適用条件・評価法等を検討し、性能評価業務で運用できる評価方法案を提案する。
なお、梁にあっては耐火塗料以外も対象となる。

②断熱材を用いた防火構造の外壁

- ・ 充填断熱工法の木造外壁および不燃性断熱材を用いた外張・付加断熱工法の木造外壁を対象に、要求される防火性能に対する余裕度の考え方を整理し、これまで検討されてきた外壁の仕様条件を前提に、上階延焼を防ぐ処置方法を検討して、防火性能が確保される仕様案を提案する。

事業の実施体制



性能協：事業の統括，委員会の運営，試験体製作等の発注

耐火塗料に関する検討（WG運営，課題検討，実験の計画・実施，取り纏め）

道総研：断熱材に関する検討（WG運営，課題検討，実験の計画・実施，取り纏め）

主要構造部の防耐火性能に関する合理的な性能評価等に係る検討委員会

委員長 : 河野守 東京理科大学
委員 : 安井昇 早稲田大学
尾崎文宣 名古屋大学
福田俊之 (一財)建材試験センター
馬場重彰 (一社)日本建設業連合会
坂口晴一 (一社)住宅生産団体連合会
井上照郷 防火材料等関係団体協議会
布井洋二 断熱建材協会
成瀬友宏 (国研)建築研究所
鈴木淳一 (国研)建築研究所
水上点晴 (国研)建築研究所
糸毛治 (地独)北海道立総合研究機構
木島裕行 (公財)日本住宅・木材技術センター
四元順也 (一財)日本建築総合試験所
野中峻平 (一財)ベターリビング
小國勝男 (一社)建築性能基準推進協会
協力委員 : 出口嘉一 国土交通省 国土技術政策総合研究所
石井宏典 国土交通省 住宅局
渡邊 碧 国土交通省 住宅局

事務局

大竹亮 (一社)建築性能基準推進協会
佐藤正巳 (一社)建築性能基準推進協会
西本俊郎 (一社)建築性能基準推進協会
網代千鶴子 (一社)建築性能基準推進協会
林昌宏 (地独)北海道立総合研究機構

耐火塗料WG

主査 : 鈴木淳一 (国研)建築研究所
幹事 : 四元順也 (一財)日本建築総合試験所
野中峻平 (一財)ベターリビング

断熱構造WG

主査 : 成瀬友宏 (国研)建築研究所
幹事 : 糸毛治 (地独)北海道立総合研究機構
木島裕行 (公財)日本住宅・木材技術センター

事業進捗状況

令和5年度
建築基準整備促進事業成果報告会
F27. 主要構造部の防耐火性能に関する
合理的な性能評価等に係る検討

令和5年度	工程 (令和5年4月～令和6年3月)												備考
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
委員会					第1回委員			第2回委員会			第3回委員会		WG・SWG(幹事会)は適宜開催
WG・SWG(幹事会) ①耐火塗料					①8/31	①9/7、21	①10/11	①11/8	①12/22		①2/2		
②断熱構造			②7/26			②9/25	②10/13	②11/2,22	②12/14	②1/15～19	②2/2, 7		
事務局	委員委嘱依頼 委員会・WG開催案内			試験体製作・管理					報告書のとりまとめ				委員会開催・試験体製作管理
①WG (耐火塗料)	・大臣認定仕様の検討 (断面形状・耐火塗料) ・耐火シート試験体の検討			・試験体仕様の検討 ・パッケージ型性能評価方法・耐火構造 (柱・はり) の簡易評価方法の検討					・試験体製作・試験実施 (BRI 12月～2月) ・耐火性能評価方法の検討				試験体製作 試験実施 性能評価方法の検討
②WG (断熱構造)	・窯業系サイディングを用いた充填断熱工法・外張断熱工法の壁体内延焼の検討 ・上階延焼防止仕様の検討・外張断熱工法の外装下地材の検討				試験体仕様の検討			小型・大型試験体製作・試験実施 (HRO 11月～2月)					試験体製作 試験実施 防火構造仕様案の検討
令和6年度	令和6年度 実施予定 工程 (令和6年4月～令和7年3月)												備考
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
①WG (耐火塗料)	①R5年度の試験結果の検討・再試験・追加試験の実施 ②パッケージ型性能評価方法及び非反応系・反応系耐火被覆のはりのパッケージ型評価方法の検討												R5年度の試験結果を確認し、検証試験を実施
	耐火塗料：試験方法及び評価方法案の提						まとめ・報告書作成						
②WG (断熱構造)	①外張断熱工法のファイヤーストップ材の有効性の検証 ②外張断熱工法の準耐火構造の性能確認の検討			外張断熱：防火構造外壁の仕様案の提案					まとめ・報告書作成				

検討目的と内容

① 反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

- ・ 実大試験体の載荷加熱試験と中規模試験体の加熱試験の組み合わせによる評価方法(パッケージ型評価試験)の適用範囲を反応系耐火被覆に拡張するため、実験データの蓄積と性能評価方法についてのケーススタディを実施した。

② 1.5 時間、2.5 時間耐火構造用(柱・梁)の簡易評価方法

- ・ 既認定の評価試験データの活用または必要に応じて熱容量試験による検証を組み合わせた試験無し評価の運用を目的として、仕様拡張に関する基本方針を示すとともに、柱および梁における大臣認定を取得した耐火被覆材の実績調査を行い、課題点の整理を行った。

③ 非反応系・反応系耐火被覆梁のパッケージ型評価方法の構築に関する検討

- ・ パッケージ型評価試験の適用範囲を梁にも拡張することを目的として、基本方針、課題等について整理した。

①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

これまでの経緯

1. 建築基準整備促進事業F6 (H27-H28)

- ・ 検討対象は「鋼柱」, 「非反応系材料」, 「単体被覆」, 「耐火構造」
- ・ ISO834 Part10,(11)「鋼構造部材の耐火被覆の評価試験方法(評価)に関する特定要求事項」に沿って、耐火被覆された鋼部材の耐火性能評価方法の合理化を検討
- ・ 鋼柱の断面形状係数と火災加熱時の温度上昇特性, 高温時耐力の関係を把握
- ・ 鋼柱の断面形状に応じて、耐火性能(1時間~3時間)を満足する鋼材厚さと被覆厚さを一括して求める方法を提案



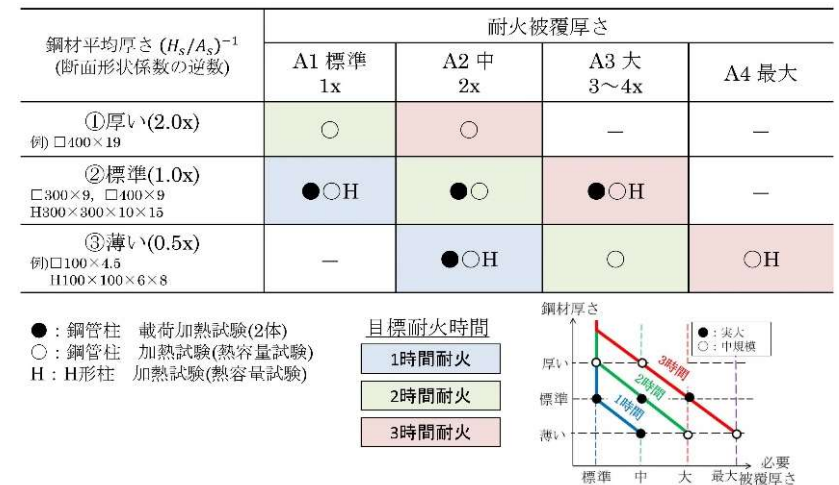
2. (一社) 建築性能基準推進協会「防耐火構造・材料部会 鋼部材評価法WG」(H29)

- ・ 基整促F6の成果をもとに、日本における耐火設計・耐火性能評価の現状に則した形で「パッケージ型評価試験法」を制定
- ・ 「パッケージ型評価試験法」は、全国の性能評価機関で、防耐火構造性能評価の中で運用開始



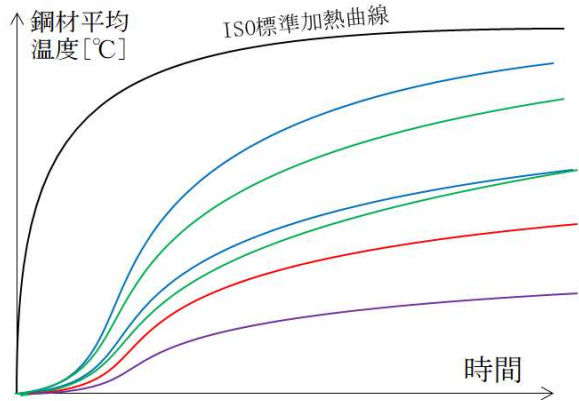
3. 【本事業】建築基準整備促進事業F27 (R5-R6)

- ・ 「パッケージ型評価試験法」の適用範囲を拡張するための検討を行う。
 - ①「柱」→「柱」・「梁」
 - ②「非反応系材料」→「反応系材料(耐火塗料)」



①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討 パッケージ型評価の流れ

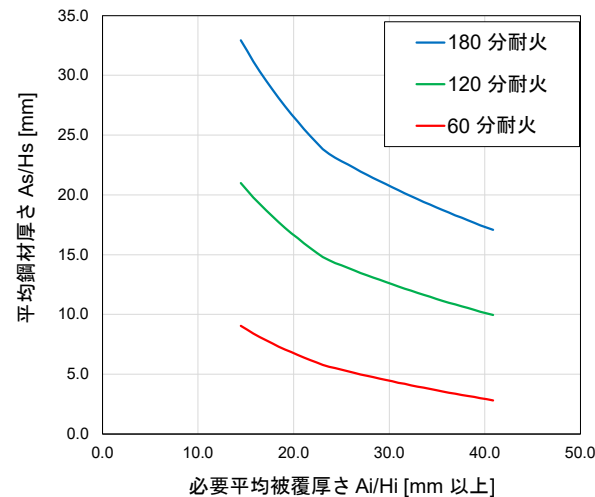
鋼材温度データ取得



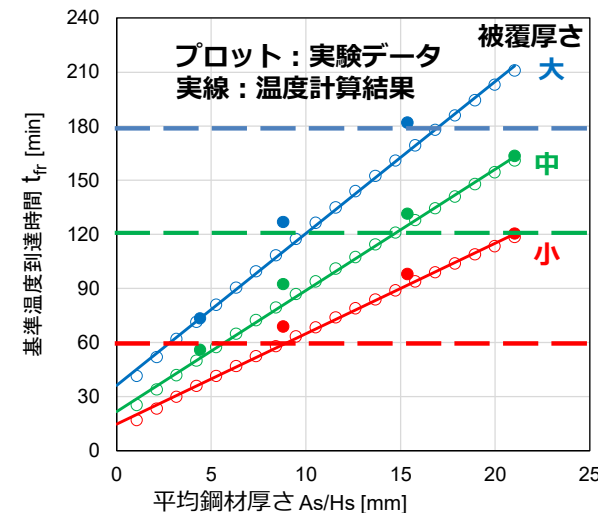
熱物性値同定

- ・非反応系材料
→耐火性能検証法に基づく方法
- ・**反応系材料**
→加熱中に刻々と断熱性能が変化
昇温の仕方等によっても発泡性状が変化
→検証法をそのまま準用するのは困難
→**今回検討する**

評価 所定の耐火時間を満足する 鋼材厚さと被覆厚さの関係を求める



温度計算



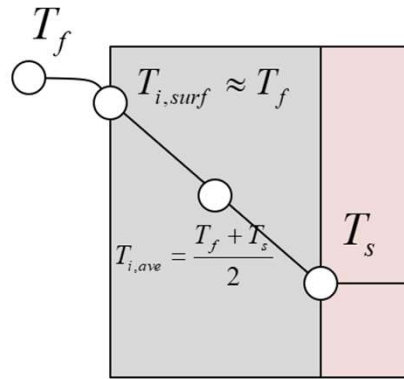
耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

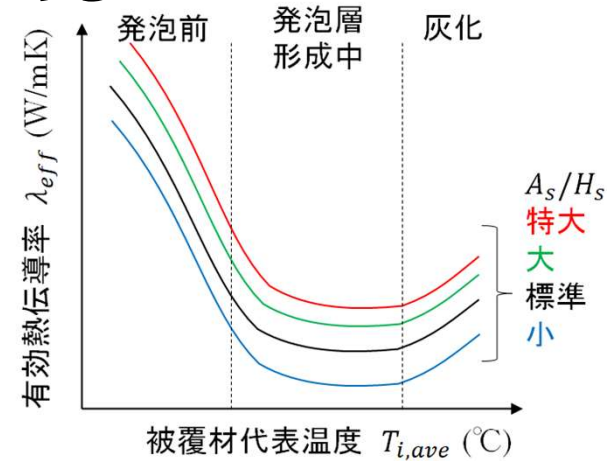
反応系材料で用いる温度計算モデルの案

仮定する伝熱モデル

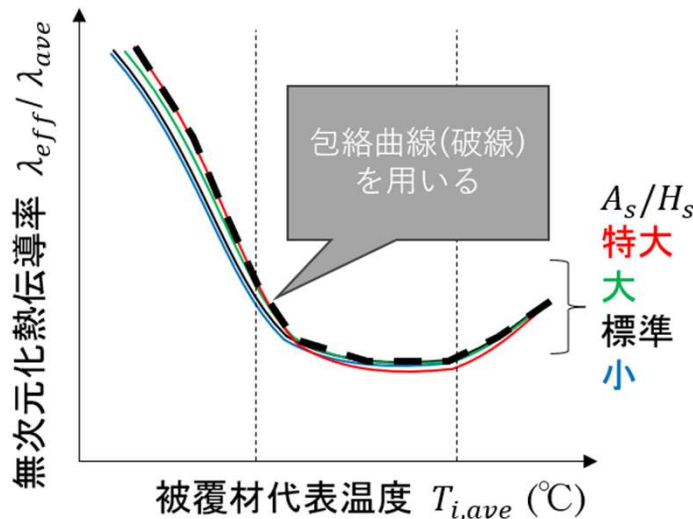
$$\rho_s c_s A_s \frac{\Delta T_s}{\Delta t} = H_s \frac{\lambda_{eff}}{DFT} (T_f - T_s)$$



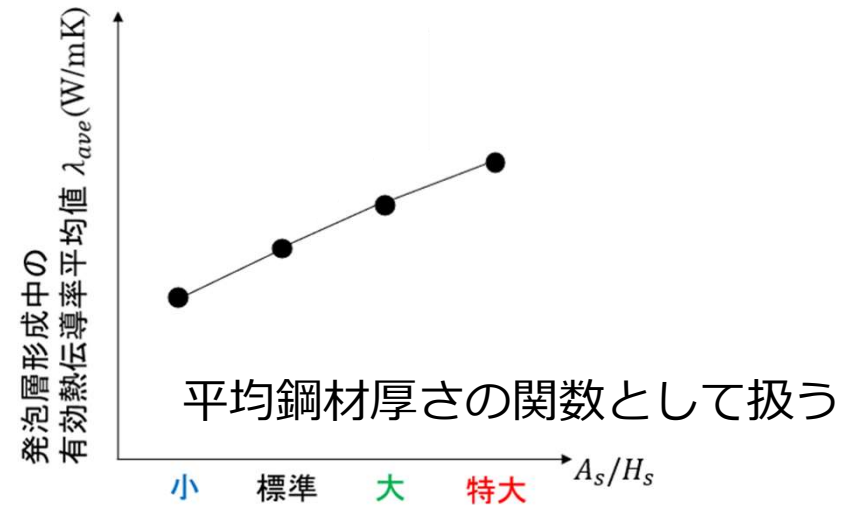
試験データより有効熱伝導率 λ_{eff} と $T_{i,ave}$ の
関係を求める



無次元化伝導率 $\lambda_{eff}/\lambda_{ave}$ を求め
最大値となる包絡曲線を代表値とする



平均熱伝導率 λ_{ave} (400~800°C間の平均値)を求める



耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

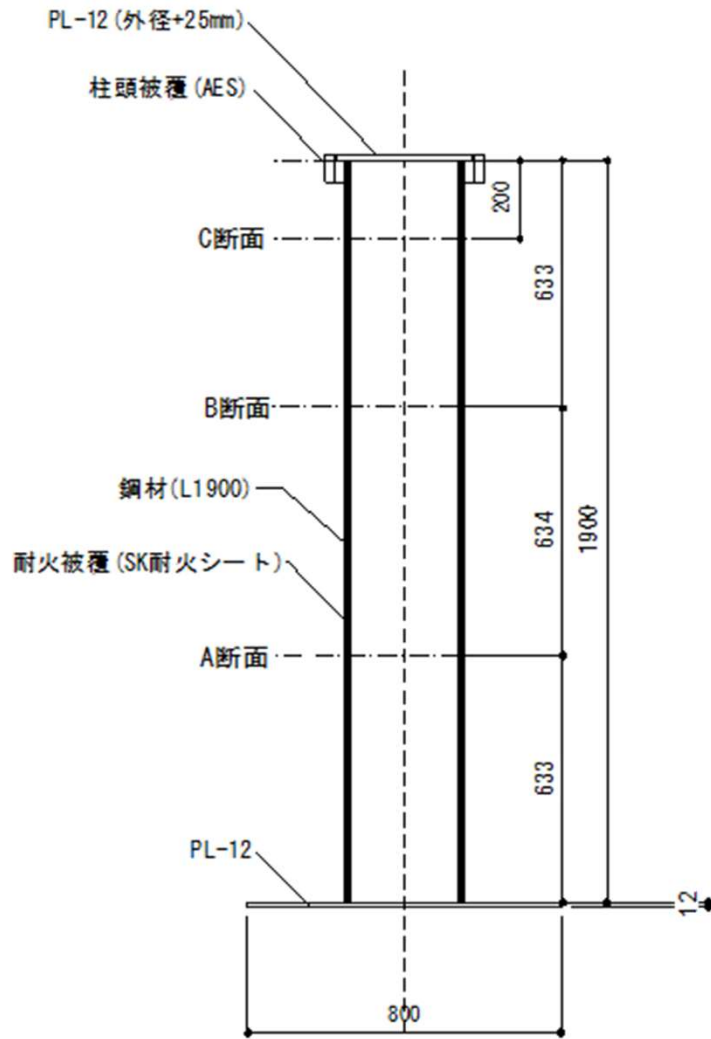
①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討 検証実験の実験変数

被覆厚さ 鋼材平均厚さAs/Hs	A0 1.0mm	A1 標準 1.5mm	A2 3.0mm	A3 4.5mm
B2 (19mmクラス) □-400x19 (19mm) ○406.4x19 (19mm) H-458x417x30x50(21.26mm)	□OH (1h耐火相当)	□OH (2h耐火相当)	□OH (3h耐火相当)	
B1 (9mmクラス) 標準 □-300x9 (9mm) ○318.5x9 (9mm) H-400x400x13x21(9.3mm)	□OH (0.5h耐火相当)	□OH (1h耐火相当)	□OH (1.5h耐火相当)	□OH (2h耐火相当)
B0 (4.5mmクラス) □-150x4.5 ○114.3x4.5 H-300x300x10x15 (6.6mm)		□OH (0.5h耐火相当)	□OH (1h耐火相当)	□OH (1.5h耐火相当)

- ・ 実験に用いる反応系被覆材には、施工精度、塗厚の不均一性、養生条件等の影響が生じにくいものとして、SKタイカシート(エスケー化研株)を選定した。
- ・ 非載荷の加熱試験を実施。
- ・ 全鋼材温度が600℃に達するまで加熱を継続した。

①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

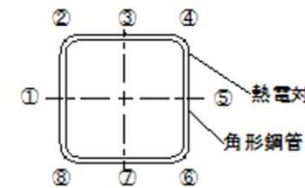
検証実験の試験体 全30体



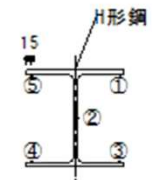
鉛直断面図



熱電対設置位置
A断面: 1~8
B断面: 9~16
C断面: 17~24



熱電対設置位置
A断面: 1~8
B断面: 9~16
C断面: 17~24



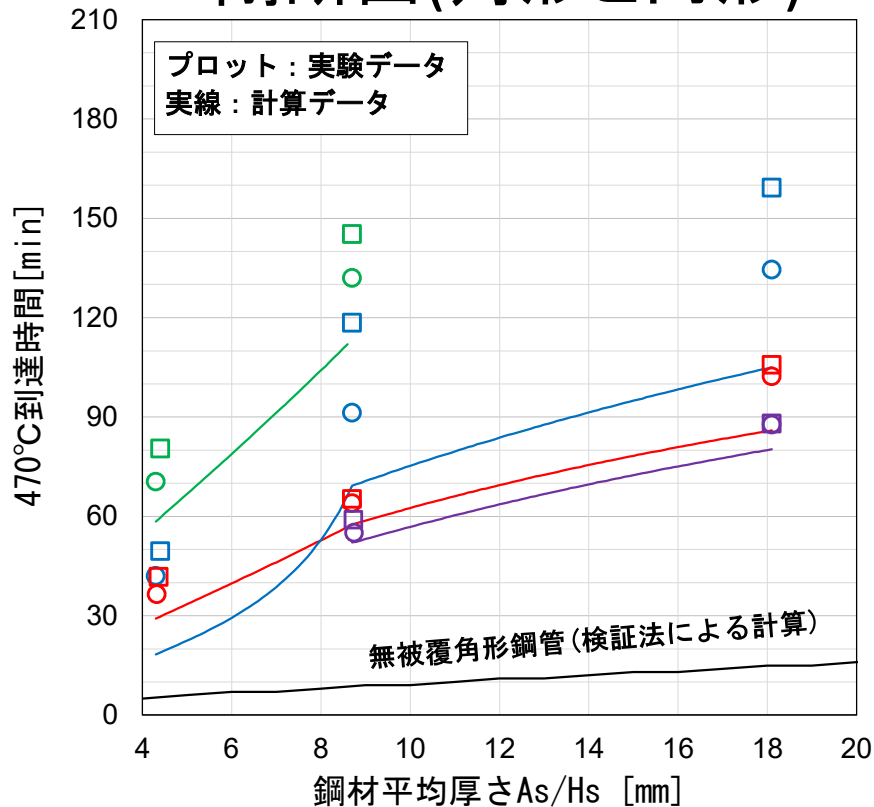
熱電対設置位置
A断面: 1~5
B断面: 6~10
C断面: 11~15

耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

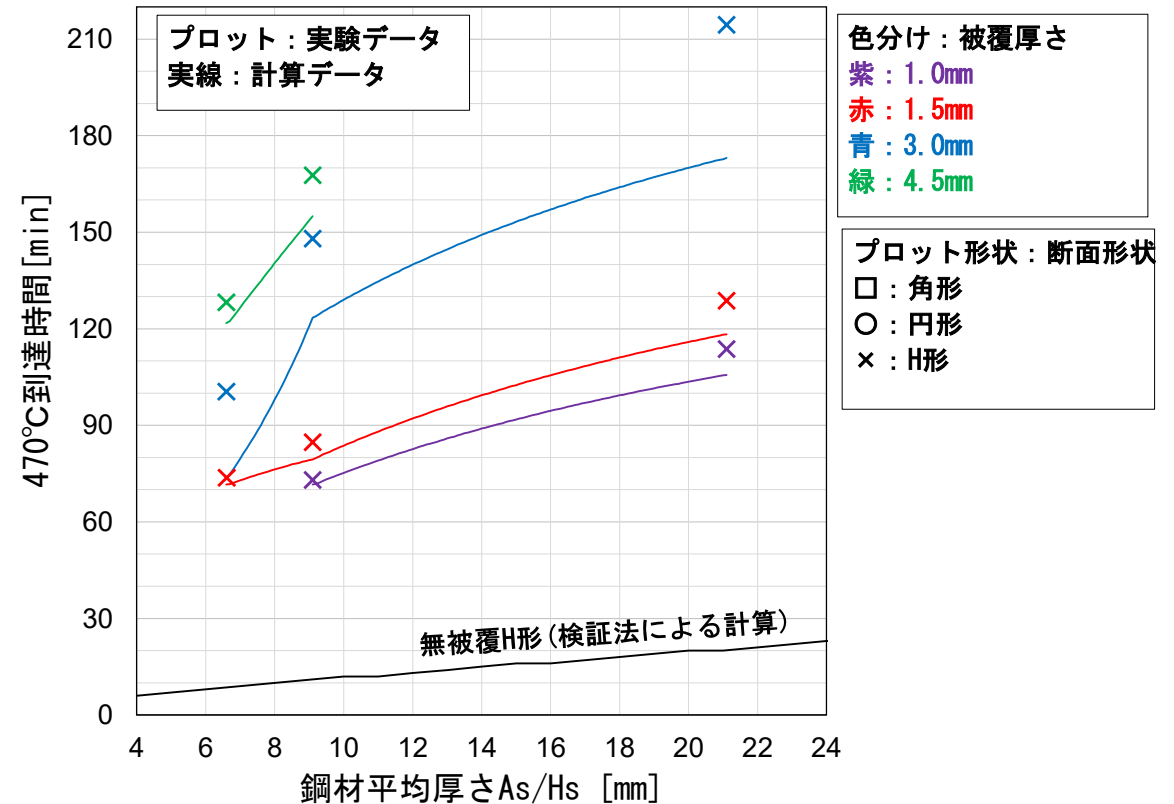
①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

検証実験を用いた耐火性能評価のケーススタディ

閉断面(角形と円形)



開断面(H形)



- ①発泡層の垂れ下がりによる異常値が含まれる被覆厚3mmシリーズでは、無次元化熱伝導率の代表値を求める際に異常値の影響が多分に含まれてしまうことにより、実験データに比べて非常に保守的な計算結果となった。(最大誤差50分以上)
- ②異常値の少ない他シリーズでは、最大誤差約35分、精度が良い例の誤差は10分以下となった。
- ③本温度計算方法に基づく基準温度到達時間と鋼材平均厚さの関係は、緩やかに上側凸の非線形形状となった。

耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

①反応系耐火被覆の柱のパッケージ型性能評価方法構築のための検討

まとめ

パッケージ型評価の適用範囲を反応系材料に拡張するための実験データの蓄積と性能評価方法についてのケースを実施した。一定のデータ取得とケーススタディによる適用性について確認された。実験データに意図しないばらつきが生じることもあり、改良を要することがわかった。

来年度は、実験データの補充と評価方法の構築に向けた検討を進めることとする。

2024年度の方針

実験データの補充と評価方法の構築に向けた検討を進めることとする。

耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

② 1.5 時間、2.5 時間耐火構造用(柱・梁)の簡易評価方法

耐火被覆材の実績調査

調査項目：材料名、耐火時間、被覆厚さ、鋼材断面寸法、その他

(一例)柱

No.	種別	材料名(主材)	被覆方法	要求耐火時間 (h)						備考欄		
				1		2		3				
A2	柱	発泡性アクリル系樹脂	塗装	2.0mm		4.5mm				①□-300x300x9 (共通)		
				FP-060CN-0047		FP-120CN-0224				②		
										③		
B4	柱	ポリリン酸アンモニウム混入発泡性酢酸ビニル・アクリル樹脂系塗料被覆	塗装	1.00~5.00mm		4.0mm				①1h鋼材サイズ H100*50*5*7以上、□40*40*2.3以上 厚みは別途『柱の厚み一覧KS』参照 2h鋼材サイズ H400*400*13*21~H1000*1000*40*50 □300*300*19~1000*1000*40		
				FP060CN-9401		FP120CN-0382 (鋼管柱) FP120CN-0387 (H柱)		-		-		②
												③かさ比重、比熱は不明
C1	柱	けい酸カルシウム板 (JIS A 5430 タイプ3 0.5TK)	箱張	20mm		50mm				①H-300x300x10x15 (共通)		
				0.35以上 0.7未満	0.24 kcal/(kg・°C)	0.35以上 0.7未満	0.24 kcal/(kg・°C)			②試験体被覆厚：2時間 40mm、1時間20mm、クリアランス40 (共通)		
				平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)		平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)				③2時間非載荷・基整促F3、F10実験データ。 1時間載荷(総プロデータ IIIA-99-18による)		
C2	柱	けい酸カルシウム板 (JIS A 5430 タイプ3 0.5TK)	箱張	20mm		50mm				①□-300x300x9 (共通)		
				0.35以上 0.7未満	0.24 kcal/(kg・°C)	0.35以上 0.7未満	0.24 kcal/(kg・°C)			②試験体被覆厚：2時間 40mmクリアランス40、20mmクリアランス20mm		
				平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)		平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)				③2時間非載荷・基整促F3、F10実験データ。 載荷試験(総プロデータ IIIA-99-53による)		
C3	柱	けい酸カルシウム板 (JIS A 5430 タイプ3 0.2TK)	箱張	27mm		55mm				①H-300x300x10x15 (共通)、クリアランス40		
				0.15以上 0.35未満	0.24 kcal/(kg・°C)	0.15以上 0.35未満	0.24 kcal/(kg・°C)			②試験体被覆厚：2時間 45mm、1時間 25mm		
				平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)		平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)				③2時間非載荷・1時間非載荷：基整促F3、F10実験データ		
C4	柱	けい酸カルシウム板 (JIS A 5430 タイプ3 0.2TK)	箱張	27mm		55mm				①□-300x300x9 (共通)、クリアランス40		
				0.15以上 0.35未満	0.24 kcal/(kg・°C)	0.15以上 0.35未満	0.24 kcal/(kg・°C)			②試験体被覆厚：2時間 45mm、1時間 25mm		
				平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)		平成12年5月30日建設省告示第1399号(改正平成30年3月22日国交省告示第472号)				③2時間非載荷・1時間非載荷：基整促F3、F10実験データ		
D2	柱	無機繊維フェルト	巻き付け	20mm		40mm		65mm		①□-300x300x9 (1h)、□-300x300x12 (2h)、□-300x300x16 (3h)		
				80kg/m ²		80kg/m ²		90kg/m ²		②梁長さ方向の被覆材(900mm)留め付け箇所 1,2h：4か所、3h：5か所		
				FP-CN-0081		FP-CN-0157-1		FP-CN-0408-1		③		

- 耐火時間毎に鋼材断面寸法が異なる事例がみられた
- 一部、試験時の最高鋼材温度が崩壊温度よりもかなり低く、余裕度が大きい仕様もある。

耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

② 1.5 時間、2.5 時間耐火構造用(柱・梁)の簡易評価方法

基本方針案

- ①既認定に対して、耐火被覆の厚さのみを変更することで、新たな耐火構造の仕様として評価して認定する。
- ②原則として、計算・解析等による評価とする。ただし、既存試験データがばらついている場合は中規模試験又は載荷加熱試験等を追加する。
- ③重ね張り等で枚数や厚さが変化するものは、詳細に検討する必要がある。被覆材厚さによって留め付け間隔が異なるものは、留め付け1箇所あたりの負担重量等を用いて内挿するような合理化を図る。
- ④反応系材料の場合、被覆材厚さが限定とする。ただし、最小・最大厚の評価試験の検証が済んでいれば、最大厚さまでの範囲を認めてもよいと考えられる。
- ⑤耐火時間によって鋼材断面寸法範囲が異なる場合、共通する断面寸法を認める。
- ⑥耐火時間は内挿するものとし、1時間以内毎の2水準のデータを用いて評価する。そのため、不足する場合は、中規模試験又は載荷加熱試験を追加する。
- ⑦鋼材の断面形状係数(Hs/As)による拡張はしない。→(パッケージ型試験で対応)

耐火塗料を用いた耐火構造の柱・梁に関する検討

② 1.5 時間、2.5 時間耐火構造用(柱・梁)の簡易評価方法

まとめ

既認定データの活用または必要に応じて熱容量試験による検証を組み合わせた試験無し評価の運用を目的として、仕様拡張に関する基本方針を示すとともに、柱および梁における大臣認定を取得した耐火被覆材の実績調査を行い、課題点の整理を行った。1.5時間耐火構造等の仕様について、完全に被覆厚さのみで補完可能な試験結果が整わない可能性もあり、既存データの補正方法等についても検討が必要であることがわかった。

2024年度の方針

2023年度に整理された課題点を踏まえ、既存データを用いたケーススタディ等を追加し、簡易評価方法を策定する。

③非反応系・反応系耐火被覆梁のパッケージ型評価方法の構築に関する検討

原則として柱と同様の評価方法を踏襲するが、梁特有の課題点がある。
2023年度は梁特有の課題点を整理した。詳細は2024年度に検討する。

課題点の整理

亀裂、脱落性

載荷加熱時のたわみ変形による亀裂等の発生や、
特に反応系材料では下フランジ部での部分的な脱落が生じやすい。
必要に応じて、脱落性を確認するための拡大断面試験が必要となる可能性がある。

基準温度の設定方法

梁断面内に温度分布が生じるため、耐火時間を決定する基準温度の設定の際に
どのような温度分布を想定するかの詳細検討が必要である。
また、局所的な目地の開き等により、等曲げ区間外に温度の高い断面が生じた
場合の取り扱いも検討を要する。

有孔梁への適用

まずは標準的な梁に関する評価方法の構築を優先する。
現時点では有孔梁は対象とせず、将来的な課題とする。

断熱材を用いた防火構造の外壁

調査内容

対象：断熱材を用いた防火構造の木造外壁

- ・充填断熱工法の木造外壁（R5年度）
- ・不燃性断熱材を用いた外張・付加断熱工法の木造外壁（R6年度）

（イ）防火上安全性の高い工法や性能評価のあり方の検討

- ・現行の性能評価業務の取り扱い※に規定する
「防火性能に対する断熱材の序列」および
「防火性能が損なわれない外壁の仕様条件」を前提とする
※「性能協火防構第6号『防耐火構造の性能評価業務における木造壁体の充填断熱材に関する取扱い』」
- ・要求される防火性能に対する余裕度の考え方を整理
- ・防火上安全性の高い工法として「上階延焼を防ぐ処置方法」を検討

（ロ）試験方法等の技術的検証を行うための耐火試験の実施

- ・（イ）の検討結果を、実験により検証
- ・防火上安全性の高い工法の妥当性を明確化

（ハ）合理的な性能評価方法の確認

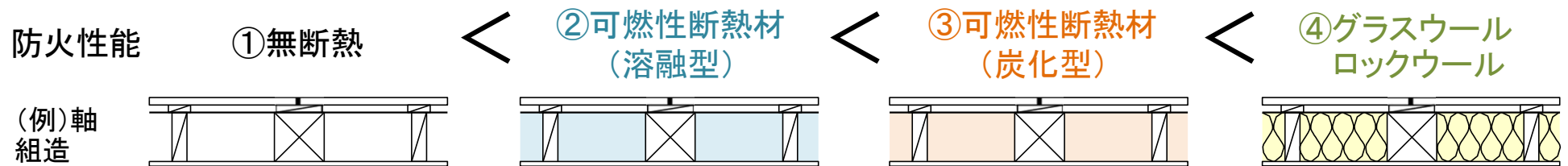
- ・（ロ）の結果を踏まえて、告示化等に向けた仕様案を提案

検討の前提条件

(1) 防火性能が損なわれない外壁の仕様条件

- ・外装材等の保持性能
- ・可燃性断熱材の難燃性
- ・防火性能の余裕度の設定
- ・火災時、外装材を脱落させずに断熱材を被覆した状態を保持できること
- ・JISに規定する難燃性を満たすこと
- ・安全率を設定すること

(2) 防火性能に対する断熱材の序列(上記、仕様条件を満たす場合)



②可燃性断熱材(溶融型)

発泡プラスチック断熱材

- ・押出法ポリスチレンフォーム
- ・ビーズ法ポリスチレンフォーム有機繊維断熱材
- ・ポリエステル繊維断熱材※

③可燃性断熱材(炭化型)

発泡プラスチック断熱材

- ・硬質ウレタンフォーム
- ・吹付け用硬質ウレタンフォーム
- ・フェノールフォーム有機繊維断熱材
- ・吹込み用セルローズファイバー
- ・木質繊維断熱材

④グラスウール・ロックウール

人造鉱物繊維断熱材

- ・グラスウール
- ・吹込み用グラスウール
- ・ロックウール
- ・吹込み用ロックウール

※ポリエステル繊維断熱材

- ・2022年に改訂されたJIS A 9521に定められた新規の断熱材
- ・本研究内で、外壁内での熱分解性状を確認のうえ、「可燃性断熱材(溶融型)」に分類

検討対象とする外壁の構造・構成材料

防火性能	<ul style="list-style-type: none"> ・防火構造（建築基準法第2条第8号） ・準防火性能を有する外壁（建築基準法第23条） 	
構造	<ul style="list-style-type: none"> ・木造外壁（大壁のみ、間柱又は下地を木材とする）、例）木造軸組工法、枠組壁工法等 	
外装材	<ul style="list-style-type: none"> ・建築基準法で定める準不燃性能を有し、かつ防火性を有する材料 <ul style="list-style-type: none"> ・窯業系サイディング ・軽量セメントモルタル ・セメントモルタル ・ALC 	
構造用面材	<ul style="list-style-type: none"> ・（一社）建築性能基準推進協会 防耐火構造・材料部会 防耐火構造WG 「性能協 火 防構 第3号 構造用面材及び下張材リスト」に記載される次の各種材料 <ul style="list-style-type: none"> ・木質系ボード ・セメント系ボード ・せっこうボード ・火山性ガラス質複合板 	
内装材	<ul style="list-style-type: none"> ・せっこうボード ・強化せっこうボード 	
断熱材	充填断熱材	外張断熱材（付加断熱材）
	<ul style="list-style-type: none"> ・人造鉱物繊維断熱材 <ul style="list-style-type: none"> ・グラスウール断熱材（吹込み用含む） ・ロックウール断熱材（吹込み用含む） 	<ul style="list-style-type: none"> ・人造鉱物繊維断熱材 <ul style="list-style-type: none"> ・グラスウール断熱材（吹込み用含む） ・ロックウール断熱材（吹込み用含む）
	<ul style="list-style-type: none"> ・発泡プラスチック断熱材 <ul style="list-style-type: none"> ・押出法ポリスチレンフォーム断熱材 ・ビーズ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（吹付け用含む） ・フェノールフォーム断熱材 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・有機繊維断熱材 <ul style="list-style-type: none"> ・吹込み用セルローズファイバー断熱材 ・木質繊維断熱材 ・ポリエステル繊維断熱材 	

本研究では、防火上不利となる材料として、次の材料で代表させて検討

・外装材：「窯業系サイディング」

・構造用面材：「合板」

・人造鉱物繊維断熱材：「グラスウール断熱材」

本研究で提案する仕様案

木造外壁・防火構造・充填断熱工法（外装材：窯業系サイディング）

充填断熱材の種類（名称） 例： 木造軸組工法	無断熱壁体 （試験上の最不利壁体）	不燃性断熱材 （標準壁体）	可燃性断熱材（溶融型・炭化型） （本検討での対象壁体）※提案仕様
位置づけ	H12 建設省告示第 1359 号		本検討にて、告示等に向けた仕様提案
外装材	・厚さ 15 mm 以上の窯業系サイディング（中空の場合、厚さ 18 mm 以上、中空部を除き厚さ 7 mm 以上）		・厚さ 15 mm 以上の窯業系サイディング（中空の場合、厚さ 18 mm 以上、中空部を除き厚さ 7 mm 以上）
構造用面材	—		・厚さ 9 mm 以上の合板、その他面材 ※面材は、見附方向から見て、隙間がないこと
充填断熱材 被覆材の性能を期待しない材料	—	—	・発泡プラスチック断熱材（JIS に定める最小厚さ以上） ・有機繊維断熱材（JIS に定める最小厚さ以上）
充填断熱材 被覆材の性能を期待する材料	—	・厚さ 50 mm 以上のグラスウール（かさ比重 0.01 以上）又は厚さ 55 mm 以上のロックウール（かさ比重 0.03 以上）	—
内装材	・厚さ 9 mm 以上のせっこうボード		・厚さ 9 mm 以上のせっこうボード
防火処置	—	・不燃性断熱材による荷重支持部材の炭化抑制	・木材以外からの可燃性ガスの拡散抑制 ・燃焼ガスの建築物内部への炎侵入を有効に防止できる構造とする。

※緑地は屋外側被覆、黄地は屋内側被覆をそれぞれ示す。

防火性能に対する余裕度の考え方

可燃性断熱材を用いる場合に対応すべき課題

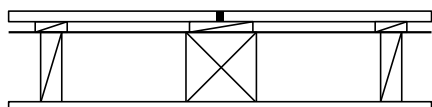
- ・屋外側被覆が早期に脱落すると、次の危険性がある。
 - ・可燃性断熱材等の燃焼により防火性能の損失
 - ・急激な火災拡大および上階延焼

対応策 ・求められる防火性能に対し、一定の余裕度を付与しておく。

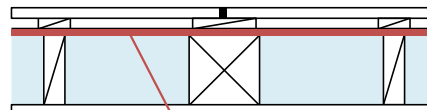
対応方法 ・構造用面材※(厚さ9mm以上の合板、その他面材)を設置

- ・屋外側被覆が脱落しても、可燃性断熱材を暴露されない。
- ・屋外側火災に対する被覆性能を補強する。＝余裕度の付与

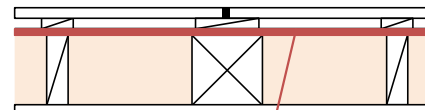
①無断熱



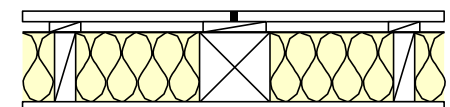
②可燃性断熱材
(溶融型)



③可燃性断熱材
(炭化型)



④グラスウール
ロックウール



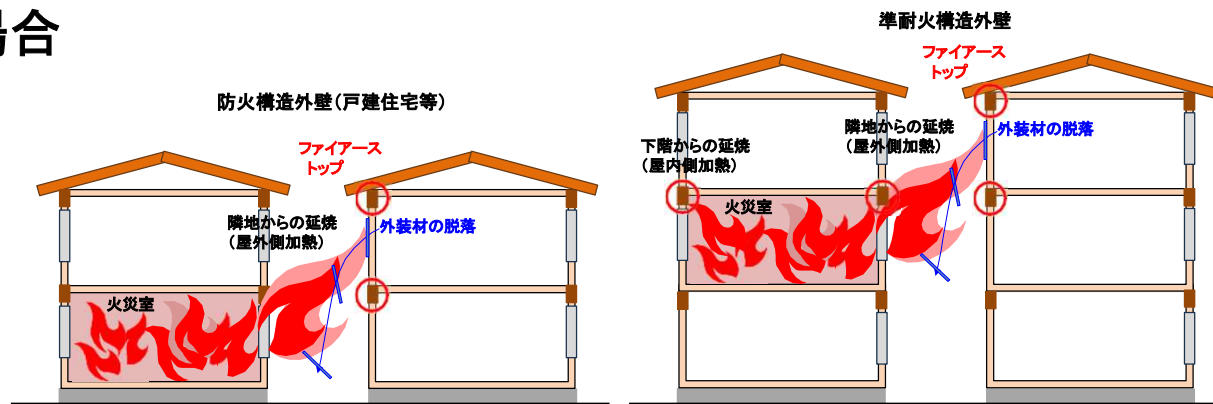
可燃性断熱材を用いる場合は、構造用面材を設置

※構造用面材 :地震力に抵抗する耐力壁とするため、木造軸組工法や枠組壁工法等の外壁躯体部に直接、留付けられる面材

上階延焼防止策の検討

告示に新たに構造方法を追加する場合

「建築物の内部への炎の侵入を有効に防止できる構造」とする



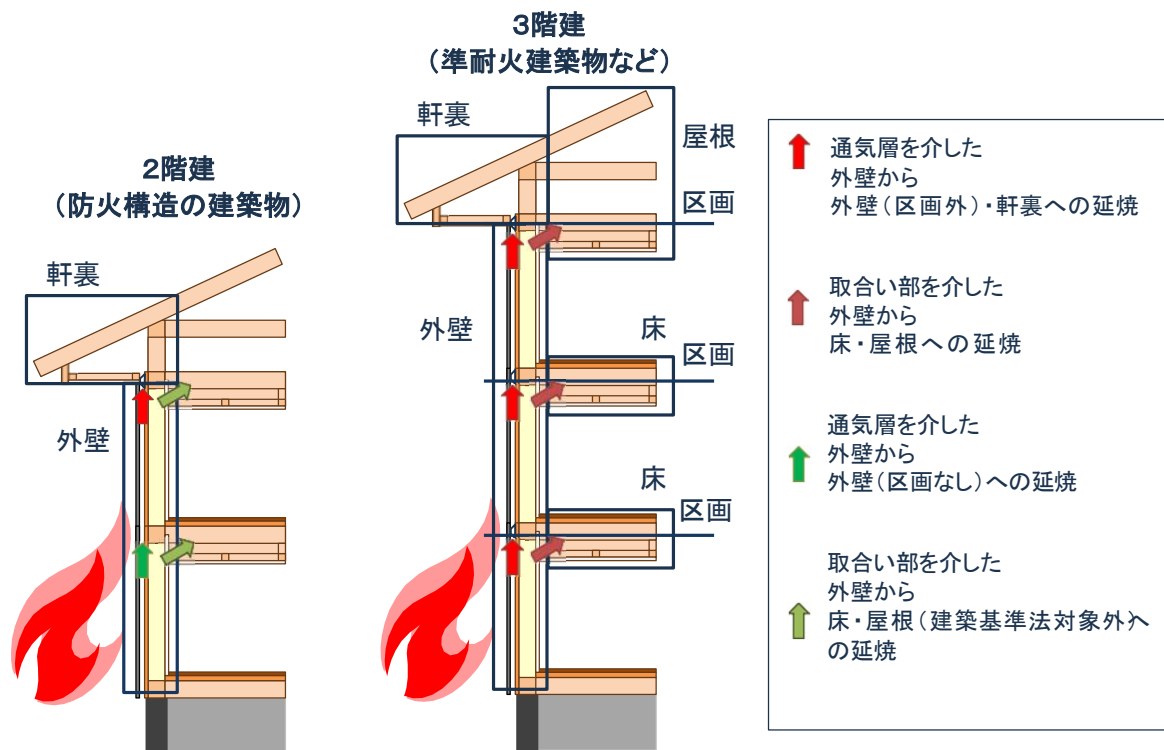
3階建(準耐火建築物など)

- ・外壁と床の取り合い部
- ・外壁と軒裏との取り合い部
- ・外壁から軒裏へ通じる通気層
- ・外壁の階間に位置する通気層

2階建(防火構造の建築物)

- ・外壁と軒裏との取り合い部
- ・外壁から軒裏へ通じる通気層

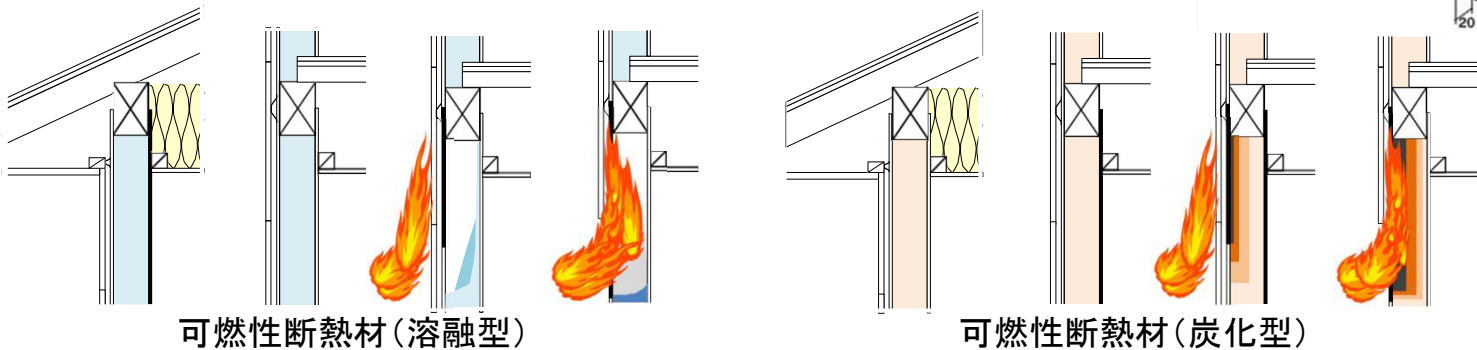
※取り合い部FSは、従来通り
木材・断熱材を設置し対応
→本研究では通気層FSを検討



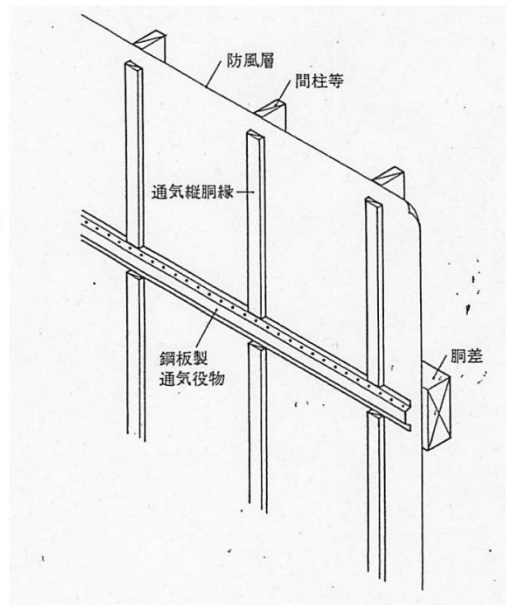
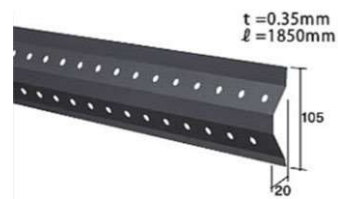
上階延焼防止策の検討

想定される炎侵入防止材 (Fire-Stop, 以下 FS)

・有孔の鋼板製通気役物 (○遮炎性, ×遮熱性)

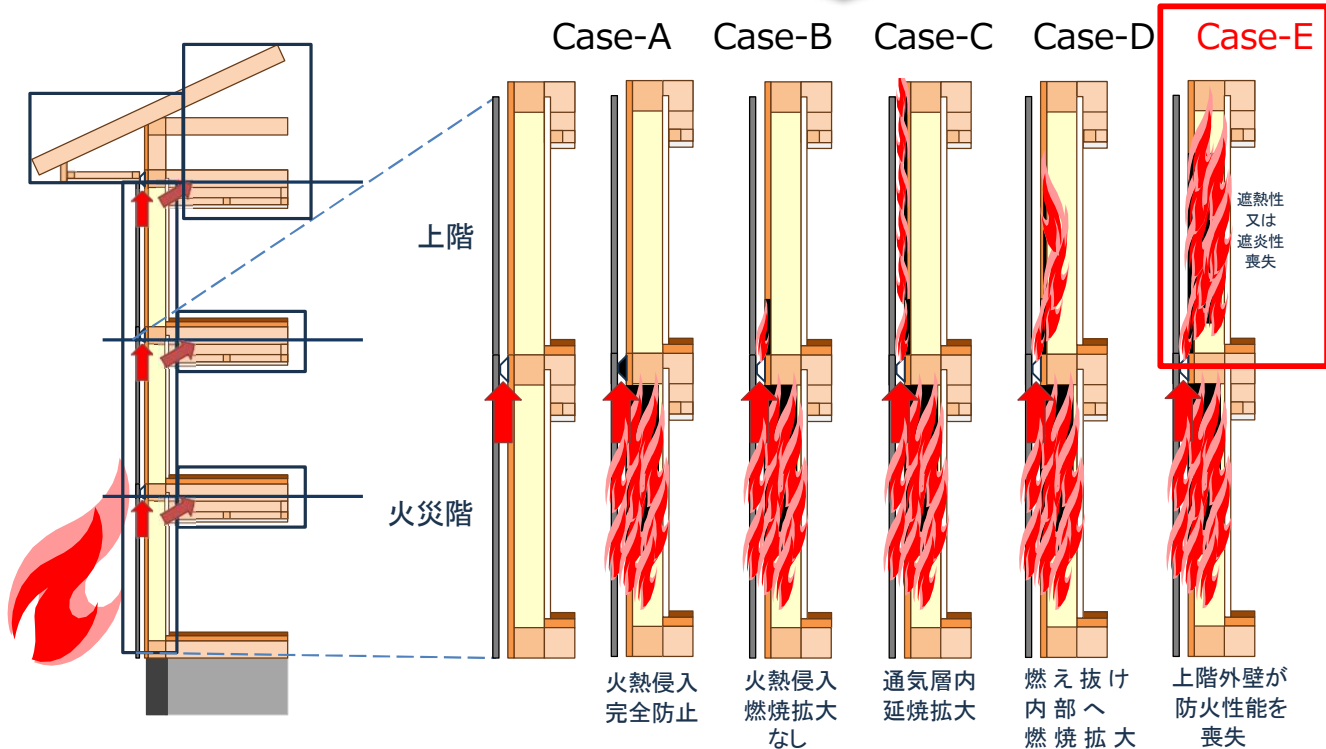


令和5年度
建築基準整備促進事業成果報告会
F27. 主要構造部の防耐火性能に関する
合理的な性能評価等に係る検討



準耐火設計指針 (平成4年)

出典: (一財)日本建築センター:平成5年6月25日施行
改正 建築基準法 準耐火建築物の防火設計指針, (一財)日本建築センター発行, 1994年6月



火災階からの上階への延焼

×避けるべき事態: Case-E

建築基準法で定める
火災継続時間内で、
上階部の防火性能が
損なわれる事態

小型試験体を用いたFS効果の把握

小型実験

- ・下階部にISO834-1加熱
検討パラメータ
- ・FSの仕様
- ・上階部の充填断熱仕様

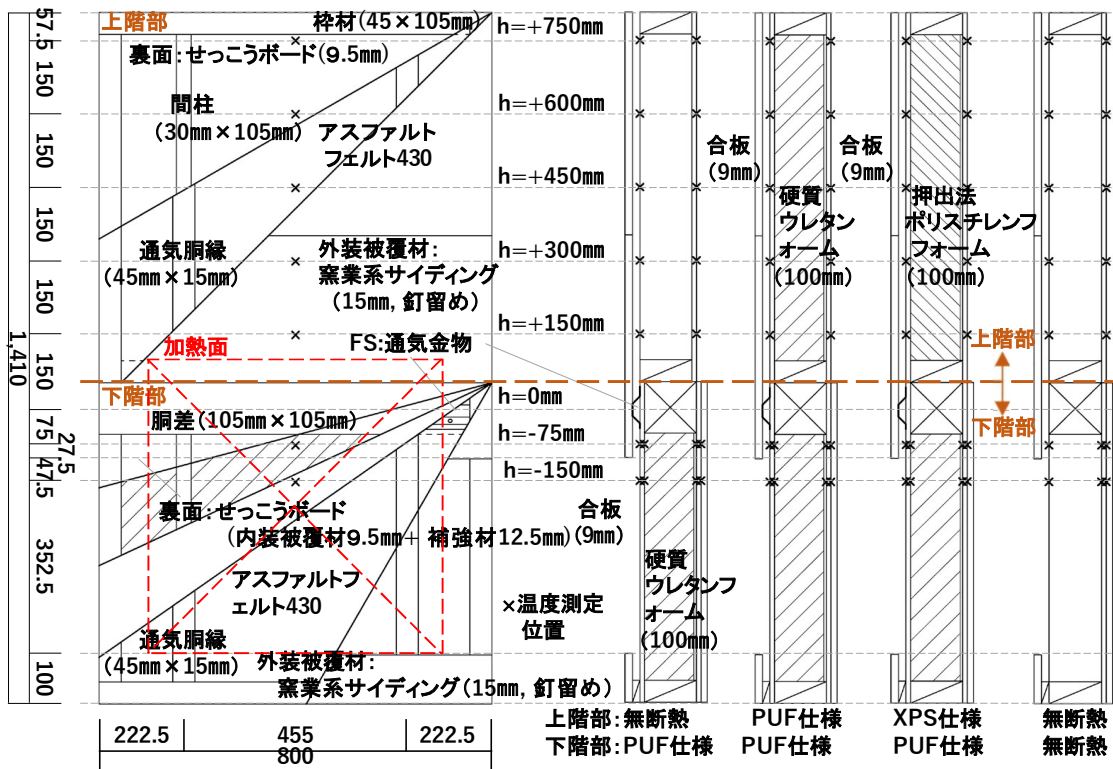


通気金物

加熱発泡材

試験体 No.	各部の仕様		
	上階部	FS	下階 (火災階) 部
S1	無断熱仕様	なし	PUF仕様 (合板 + PUF)
S3		通気金物	
S5		通気金物 + 加熱発泡材	
S2	PUF仕様 (合板 + PUF)	なし	PUF仕様 (合板 + PUF)
S4		通気金物	
S6		通気金物 + 加熱発泡材	
S7	XPS仕様 (合板 + XPS)	通気金物 + 加熱発泡材	PUF仕様 (合板 + PUF)
S8	無断熱仕様	なし	無断熱仕様

※ PUF: 硬質ウレタンフォーム, XPS: 押出法ポリスチレンフォーム



小型試験体を用いたFS効果の把握

- FS:なし、上階部:無断熱
- FS:通気金物
- FS:通気金物+加熱発泡材

上階部は遮熱性を45分間は保持できず。
火炎侵入は防止。熱気流の侵入は防げず。
火熱を侵入させず45分間上階延焼を防止。

S1
FS:なし
上階部:無断熱



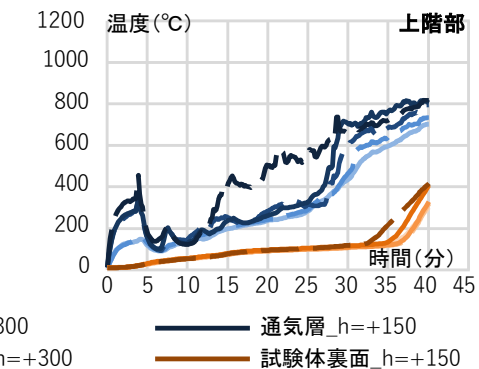
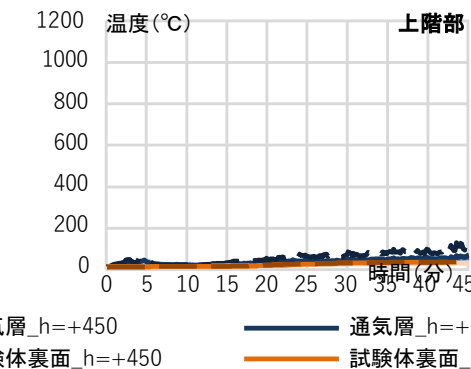
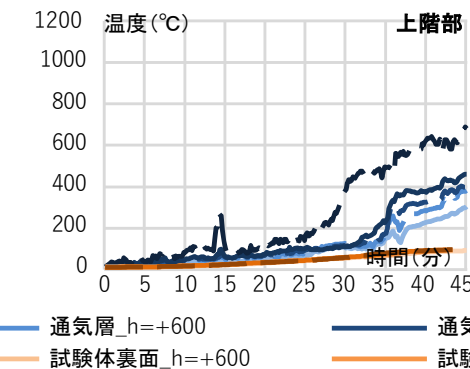
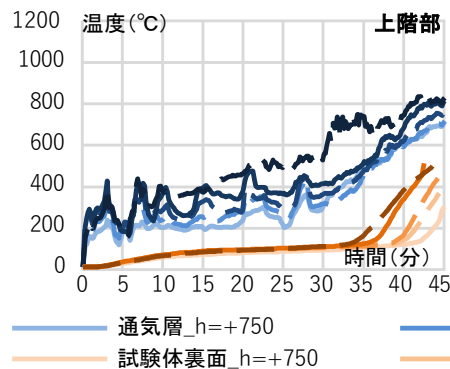
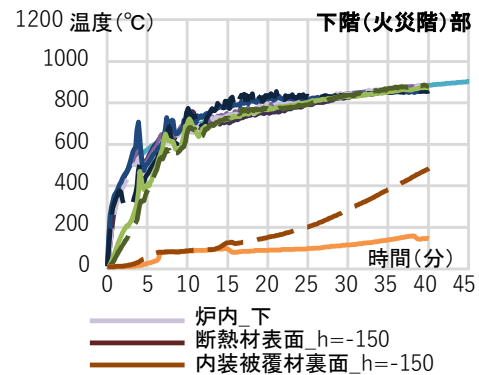
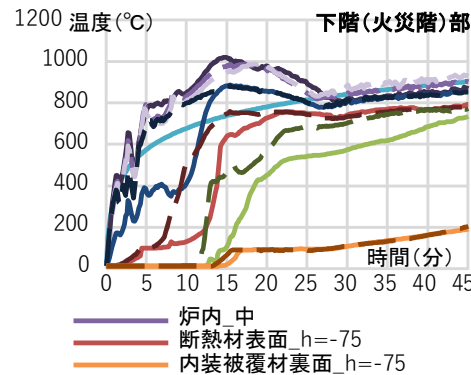
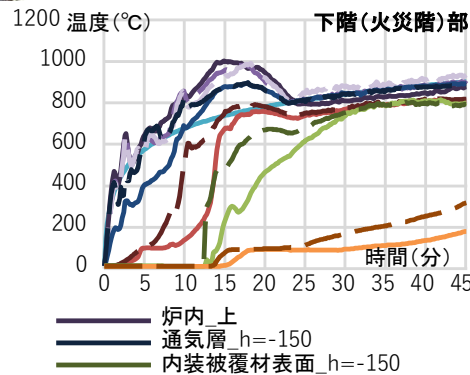
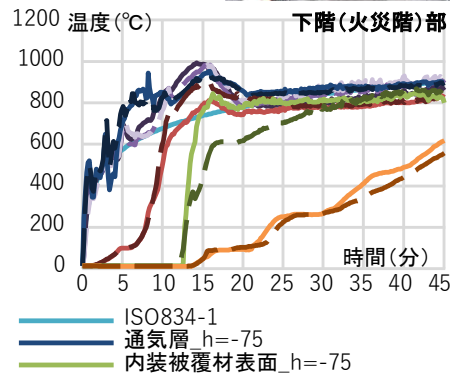
S3
FS:
通気金物
上階部:無断熱



S5
FS:通気
金物+加
熱発泡材
上階部:無断熱



S8
FS:
なし
上下階:
無断熱



小型試験体を用いたFS効果の把握

- FS:なし、上階部:無断熱
- FS:通気金物
- FS:通気金物+加熱発泡材

上階部は遮熱性を45分間は保持できず。
火炎侵入は防止。熱気流の侵入は防げず。
火熱を侵入させず45分間上階延焼を防止。

S2
FS:なし
し上階
: PUF



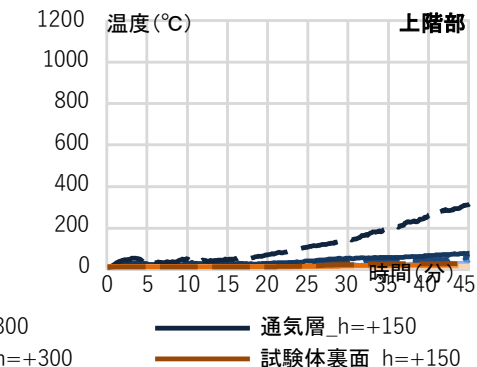
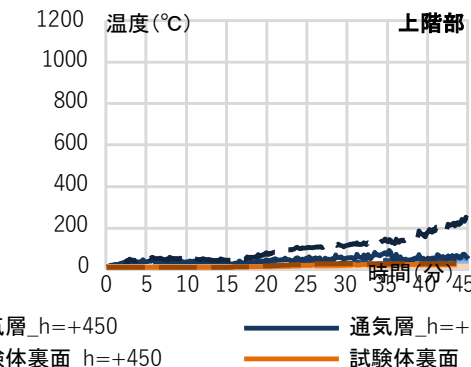
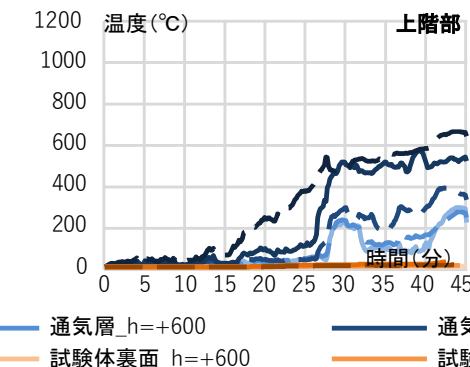
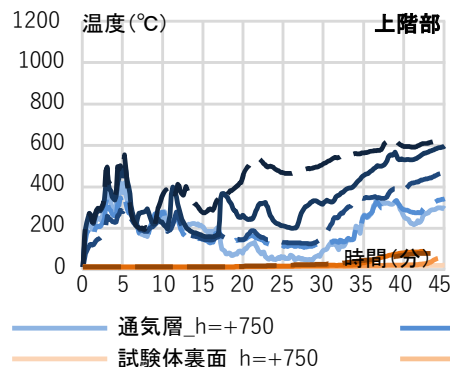
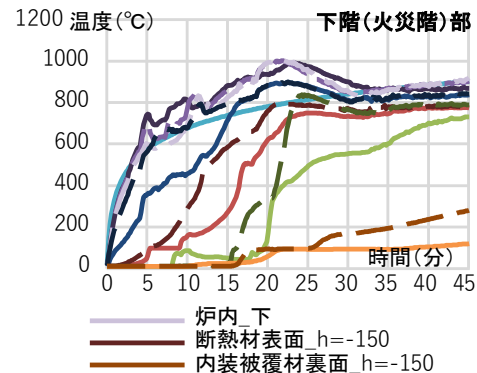
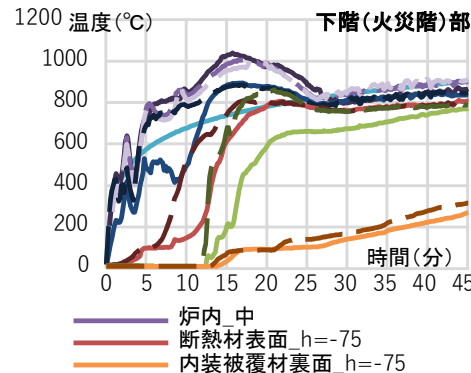
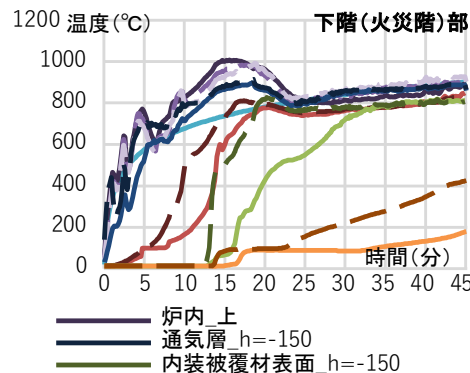
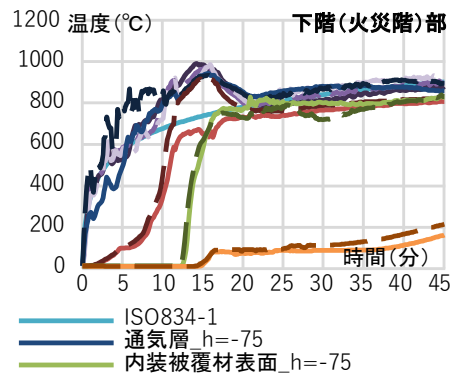
S4
FS:
通気金物
上階:
PUF



S6
FS:通気
金物+加
熱発泡材
上階:
PUF



S7
FS:通気
金物+加
熱発泡材
上階:
XPS



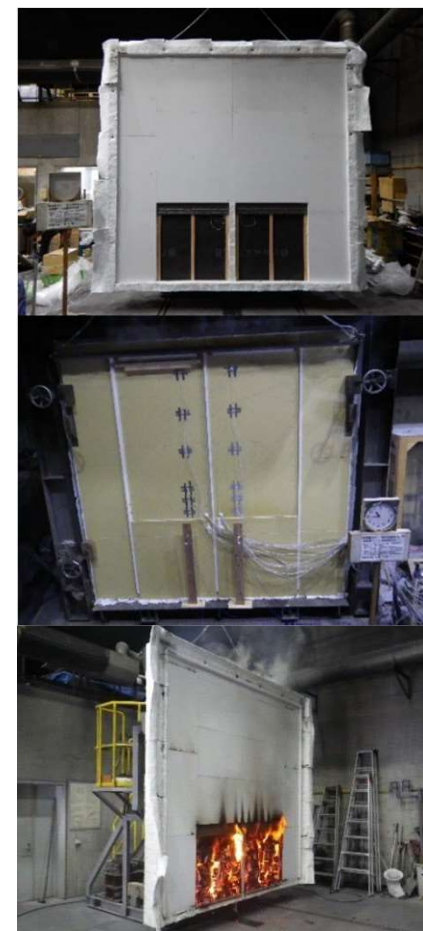
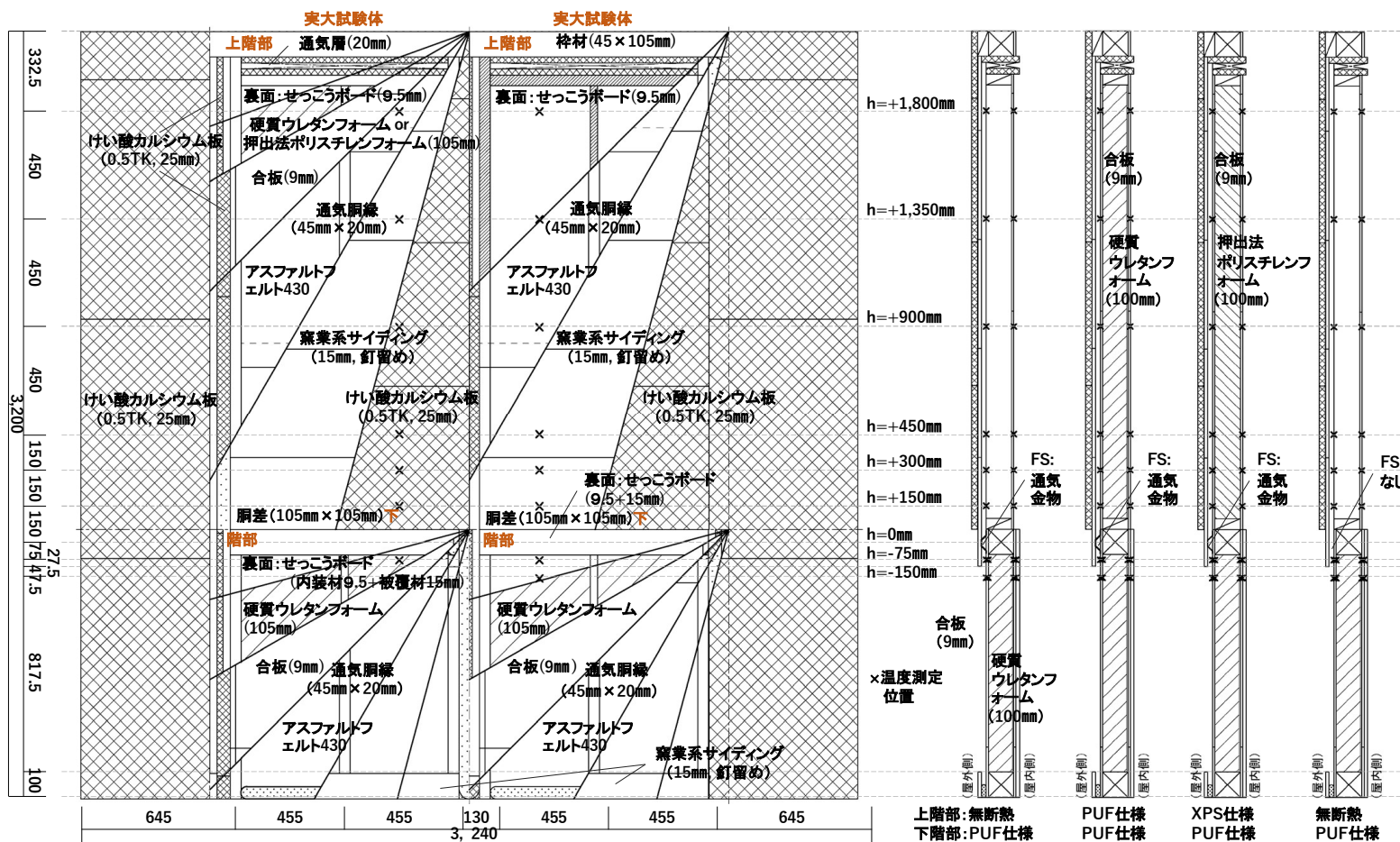
実大試験体による検証

実大実験

- ・ ISO834-1加熱
 - ・ 炉圧：下階部で正圧
- ## 検討パラメータ
- ・ FSの仕様
 - ・ 上階部の充填断熱仕様

試験体 No.	各部の仕様		
	上階部	FS	下階 (火災階) 部
R4	無断熱仕様	なし	PUF仕様 (合板+PUF)
R1		通気金物+加熱発泡材	
R2	PUF仕様 (合板+PUF)	通気金物+加熱発泡材	PUF仕様 (合板+PUF)
R3	XPS仕様 (合板+XPS)	通気金物+加熱発泡材	PUF仕様 (合板+PUF)

※ PUF: 硬質ウレタンフォーム, XPS: 押出法ポリスチレンフォーム



実大試験体による検証

- FS: 通気金物+加熱発泡材 火熱を侵入させず45分間上階延焼を防止。
- FS: なし、上階部: 無断熱 上階部は遮熱性を45分間は保持できず。
- 小型実験は実大実験の傾向を再現 小型実験でFSの仕様検討は可能。

R1

FS: 通気
金物+加
熱発泡材
上階:
無断熱



R2

FS: 通気
金物+加
熱発泡材
上階:
PUF



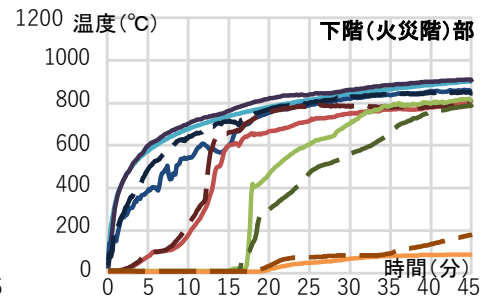
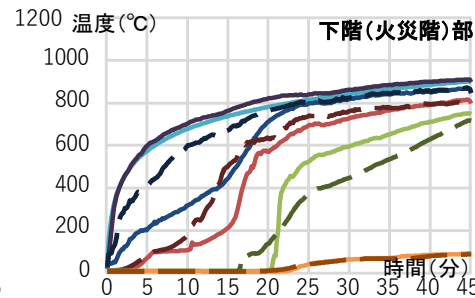
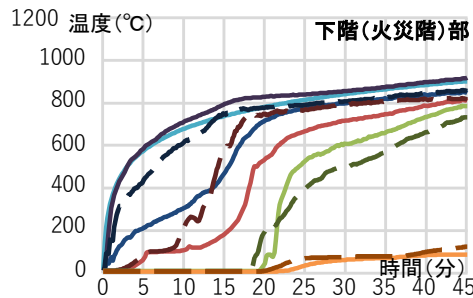
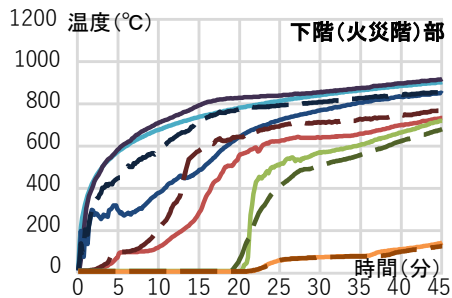
R3

FS: 通気
金物+加
熱発泡材
上階:
XPS



R4

FS:
なし
上階:
無断熱



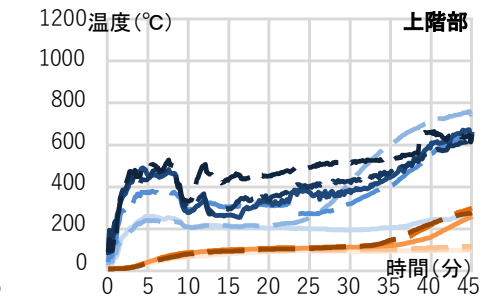
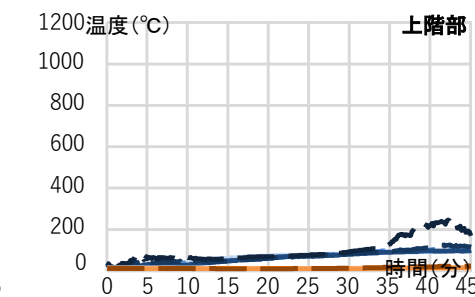
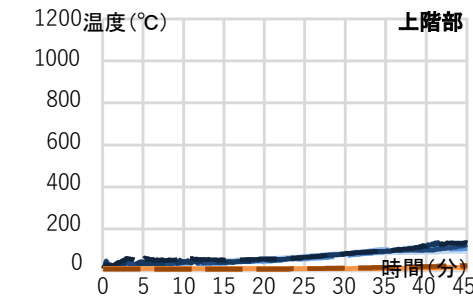
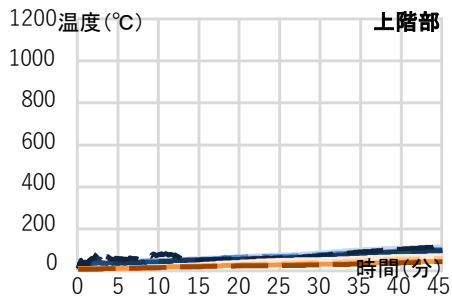
ISO834-1
断熱材表面_h=-150

炉内_平均
内装被覆材表面_h=-75

通気層_h=-75
内装被覆材表面_h=-150

通気層_h=-150
内装被覆材裏面_h=-75

断熱材表面_h=-75
内装被覆材裏面_h=-150



通気層_h=+1820
通気層_h=+300
試験体裏面_h=+900

通気層_h=+1350
通気層_h=+150
試験体裏面_h=+450

通気層_h=+900
試験体裏面_h=+1820
試験体裏面_h=+300

通気層_h=+450
試験体裏面_h=+1350
試験体裏面_h=+150

本研究で提案する仕様案

木造外壁・防火構造・外張(付加)断熱工法 (外装材：窯業系サイディング)

	無断熱, 充填断熱工法	外張断熱工法	付加断熱工法	
断熱工法の種類 (名称) 例： 木造軸組工法				
位置づけ	H12 建設省告示第 1359 号	本検討にて、告示等に向けた仕様提案		
外装材	・厚さ 15 mm 以上の窯業系サイディング (中空の場合、厚さ 18 mm 以上、中空部を除き厚さ 7 mm 以上)	・厚さ 15 mm 以上の窯業系サイディング (中空の場合、厚さ 18 mm 以上、中空部を除き厚さ 7 mm 以上)		
外張断熱材	—	・厚さ 20 mm 以上のグラスウール (かさ比重 0.01 以上) 又は厚さ 20 mm 以上のロックウール (かさ比重 0.03 以上)		
外張断熱層 栈木	—	・幅 30 mm 以上の木材を外張断熱用ビスで留付ける。		
構造用面材	—	—	—	・厚さ 9 mm 以上の合板、 その他面材
充填断熱材 被覆材の性能を 期待しない材料	—	—	—	・各種発泡プラスチック断熱材 (JIS に定める最小厚さ以上) ・各種有機繊維断熱材 (JIS に定める最小厚さ以上)
充填断熱材 被覆材の性能を 期待する材料	・なし ・厚さ 50 mm 以上のグラスウール (かさ比重 0.01 以上) 又は厚さ 55 mm 以上のロックウール (かさ比重 0.03 以上)	—	・厚さ 50 mm 以上のグラスウール (かさ比重 0.01 以上) 又は厚さ 55 mm 以上のロックウール (かさ比重 0.03 以上)	—
内装材	・厚さ 9 mm 以上のせっこうボード	・厚さ 9 mm 以上のせっこうボード		
防火処置	—	・外装材の脱落防止措置 (栈木の設置、留付材などの仕様) ・建築物の内部への炎の侵入を有効に防止できる構造とする。		

※緑地は屋外側被覆、黄地は屋内側被覆をそれぞれ示す。

外張断熱工法 外装下地の脆弱性の影響

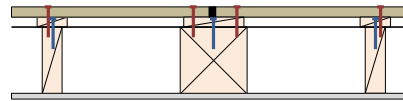
・外張断熱層・通気胴縁が直交すると、外装材は通気胴縁のみで支持



・屋外側被覆が早期に
脱落する危険性 大

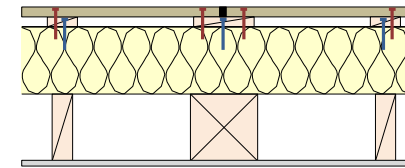
外装材の釘足は、胴縁、
柱・間柱に達する。
下地は胴縁、柱・間柱

(例) 軸組造



胴縁
柱・間柱
外装材

外装材の釘足は
胴縁のみに達する。
下地は胴縁のみ。



胴縁
柱・間柱
外装材

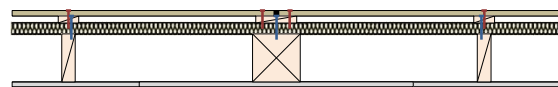
実大実験による脆弱性検証

- ・ ISO834-1加熱
- ・ F14 で実施した
無断熱壁体と
同じ条件で比較



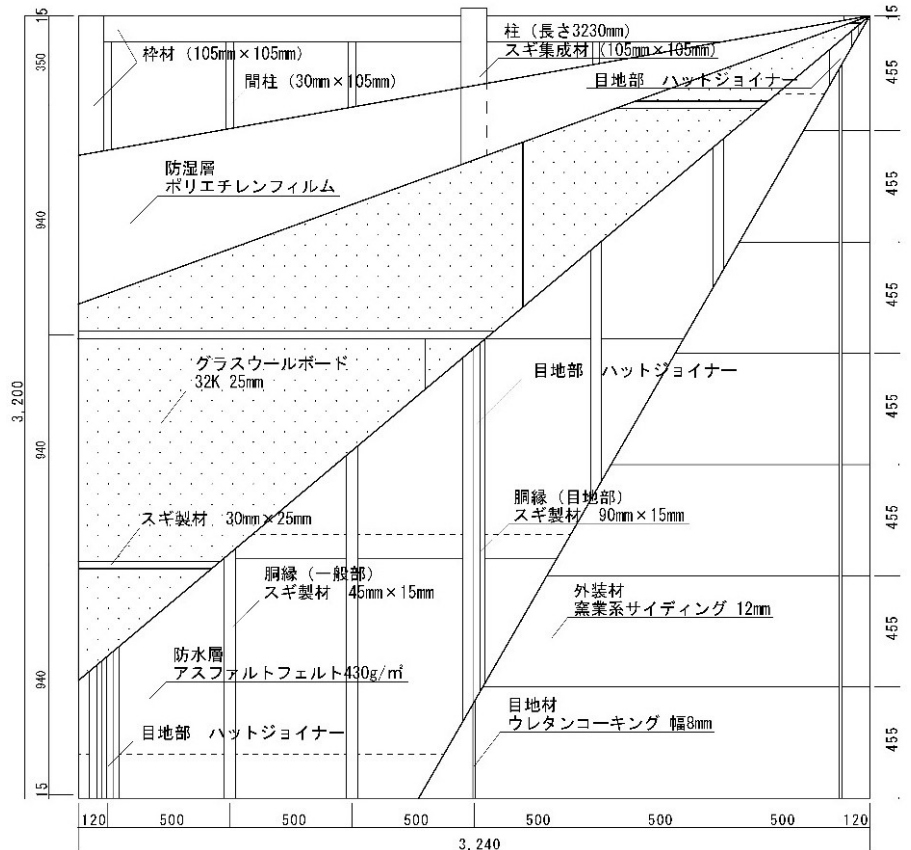
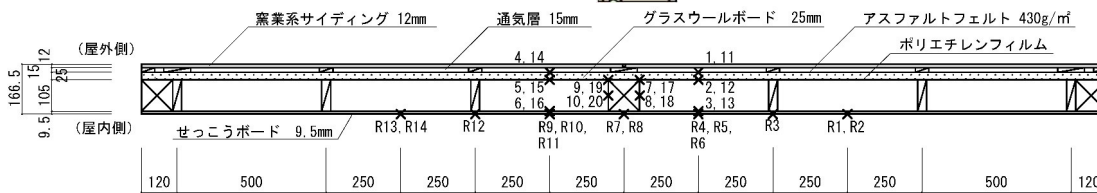
試験体

- ・熱ごもりあり(グラスウール外張)
- ・通気胴縁 最小断面+3面加熱
- ・最も薄い外張断熱材



試験体の構成

- ・窯業系サイディング (12mm, 釘留め)
- ・通気層 (15mm)
- ・グラスウールボード (32K25mm)
- ・外張断熱層下地材 (30mm×25mm)
- ・柱 (105mm角)・間柱 (30mm×105mm)
- ・せっこうボード (9.5mm)



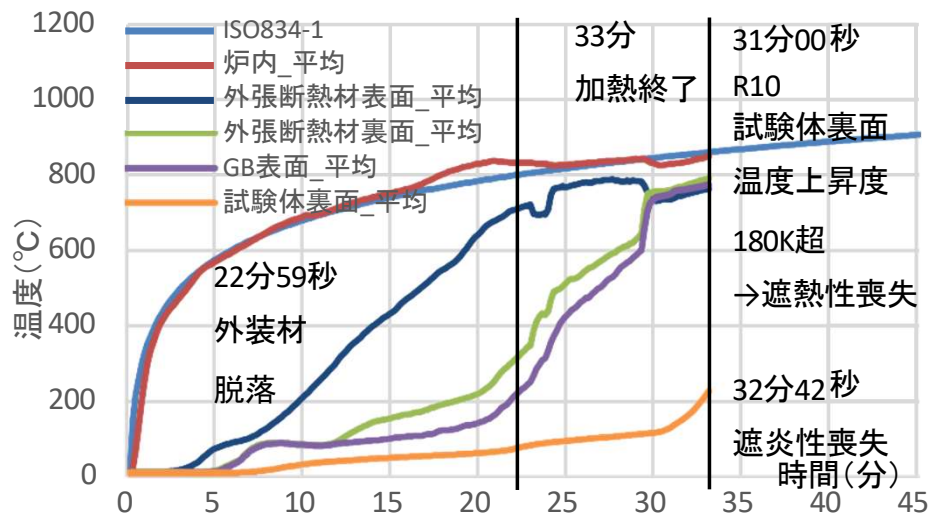
※内部温度の測定は、試験体下端から高さ1,600mm(1~10)および2,400mm(11~20)の位置でそれぞれ測定

外張断熱工法 外装下地の脆弱性の影響

- ・外張断熱工法において、外装材の脱落時間が早まることを確認
要因：①外装下地の脆弱性 ②グラスウールによる熱ごもり
- ・要求される30分防火構造の防火性能を喪失するまでには至らず。
- ・脱落時間が早まることで、FSの重要性がより高くなる(R6検討事項)。

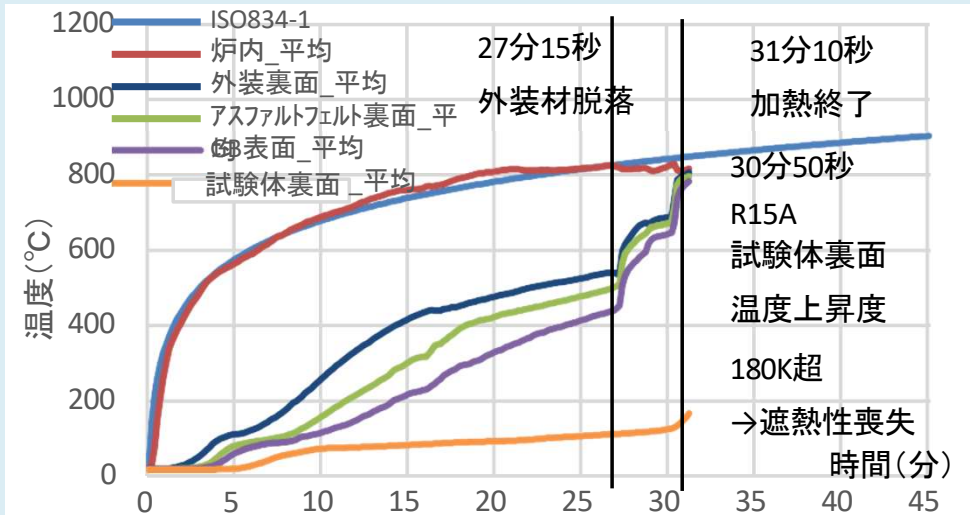
外張断熱壁体(本研究)

- ・充填断熱材 なし
- ・外張断熱材 グラスウール32K25mm
- ・屋外側被覆 **22分59秒 脱落**
- ・防火性能 **31分00秒 ×遮熱性**
32分42秒 ×遮炎性



無断熱壁体(基整備F14)

- ・充填断熱材 なし
- ・外張断熱材 なし
- ・屋外側被覆 **27分15秒 脱落**
- ・防火性能 **30分50秒 ×遮熱性**



まとめ

(1) 充填断熱工法の木造外壁

対象とする断熱材：可燃性断熱材を含む代表的な断熱材

- ・次の点を明らかにし、防火構造の外壁について告示化等に向けた仕様案を提案した。
 - ・防火性能に対する余裕度の考え方
 - ・上階延焼防止策

(2) 外張・付加断熱工法の木造外壁

対象とする断熱材：不燃性断熱材

- ・外装下地が脆弱となる工法上の懸念は、防火性能を喪失するまでには至らないことを確認した。
- ・但し、屋外側被覆の脱落が早まり、FSの重要性は高くなる。
- ・今後、防火構造の外壁について告示化等に向けた仕様案の提案に向けて、「上階延焼防止策」を検討。