

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

令和4年度

一般社団法人 建築性能基準推進協会

アイエヌジー株式会社

共同研究：国立研究開発法人建築研究所

調査の提案概要

背景

建築基準法第21条、第27条及び第61条の規制がかかる建築物においては、外壁開口部に設置される防火設備の遮炎性能(時間)が当該建築物の主要構造部の要求耐火性能を左右する。また、建物内の延焼拡大防止の観点から建物内部の防火設備にも一定の遮熱性能が求められる。しかしながら、現状では長時間の遮炎性能・遮熱性能を有する防火設備の仕様が限定されており、設計・計画に支障が生じている。

目的

本調査では、性能確保のための対策・方法について過去の知見に基づき検討し、長時間の性能を有する仕様を提案するとともに、建物の規模・用途に応じて求められる実用性（他の要求性能との関連）についても検討を行う。

調査項目と実施方針

(イ) ニーズの調査、仕様案の検討

建物の規模・用途（住宅系or非住宅系）に応じて求められる性能と必要な遮炎性能との関連を調査し、過去の知見に基づき、適切な仕様を提案する。

(ロ) 加熱試験等の実施

(イ) で提案した仕様に対して加熱試験を実施し遮炎性能を確認する。上記仕様の防火設備を構成する材料については長時間の加熱を受けた際の性状を材料レベルの試験を行って確認する。

(ハ) 基準化の検討

試験・実験の結果、並びに過去の知見も含めて、技術的資料を取りまとめ、基準化に向けた検討を行う。

実施内容

- 長時間遮炎性能を有する外部窓
 - 課題① 遮炎性能を確保できる仕様の確立(非住宅系)
(F16事業、F22事業 令和3年度)
 - 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)
(F22事業 令和3,4年度)
 - 課題③ 木造建物への施工方法の検討(F22事業 令和4年度)
- 長時間遮熱性能を有する内部建具
 - 課題④ 遮熱性能判定基準の検討(F22事業 令和4年度)
 - 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討(F22事業 令和3,4年度)

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓

調査の方針～重点的に検討する項目

ニーズ等の調査から防火設備のあり方検討までを一貫して行う。

		耐火時間→			
枠種↓		30分	45分	60分	90分
居住性能 ↑ 低い ↓ 高い	鉄	○	○	○	○
	アルミ	△	×	×	×
	アルミ樹脂複合	△	×	×	×
	樹脂	△	×	×	×
	木	○	△	×	×

長時間加熱に対する
構成材料の性状確認
が必要

非住宅系は耐火性
能を優先してもよ
い場合がある。

住宅系に適用でき
る高耐火性能サマ
シの検討。

「遮炎性能（○、△、×）」と「居住性能(省エネ性能等)」を同時に確保するのは困難！

- 課題① 遮炎性能を確保できる仕様の確立(非住宅系) (F16事業、F22事業 令和3年度)
- 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)
(F22事業 令和3,4年度)
- 課題③ 木造建物への施工方法の検討(F22事業 令和4年度)

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F16事業、F22事業 令和3年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
- 課題① 遮炎性能を確保できる仕様の確立(非住宅系)

- ・90分以上の遮炎性能を確保できる仕様
 (F16事業、及び、昨年度実施した耐火試験の結果による)

表 鋼製枠を使った90分性能防火設備（窓）の仕様案

開閉方式等	枠			開口部寸法		加熱方向
	鋼材種	厚み	充填材	下限	上限	
FIX	普通鋼	1.2	モルタル	W474×H467	W1274×H2467	屋内・屋外
	SUS304	1.5				
	SUS430					
扉	普通鋼	1.2	モルタル	W490×H487	W980×H2187	屋内・屋外
	SUS304	1.5				
	SUS430					
引き戸+FIX	普通鋼	1.2	モルタル	W2095×H1116	W2095×H2232	屋内・屋外
	SUS304	1.5				
	SUS430					
FIX (2連)	普通鋼	1.2	モルタル	W998×H467	W2050×H2005	屋内・屋外
	SUS304	1.5				
	SUS430					
FIX (3連)	普通鋼	1.2	モルタル	W1497×H467	W3075×H2005	屋内・屋外
	SUS304	1.5				
	SUS430					

表 鋼製枠を使った90分性能防火設備（窓）の仕様案（ガラス部材）

種類	仕様
ガラス品種	耐熱結晶化ガラス5mm 空気層16mm Low-E膜付き耐熱結晶化ガラス5mm 2次シール：ポリサルファイド 耐熱結晶化ガラス：日本電気硝子製 ファイアライト

留意すべき点

- ・変形によって生じた隙間からの遮炎性損失
- ・可燃性の構成部品による遮炎性損失
- ・アルミニウム合金など燃焼はしないものの熔融滴下することにより可燃性材料や窓周囲の可燃物の着火

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
- 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

1) サーマルブレイク材を導入した枠材の加熱実験

表 試験体一覧

A材	B材	S(mm)			
		5	10	15	20
なし(n)	なし(n)	No.1	No.2	No.3	No.4
	不燃ウレタン(u)	No.5	No.6	No.7	No.8
	フェノールフォーム(f)	-	No.9	-	No.10
	ケイ酸カルシウム板(c)	-	No.11	-	No.12
モルタル(m)	不燃ウレタン(u)	-	No.13	-	No.14
	フェノールフォーム(f)	-	No.15	-	No.16
	ケイ酸カルシウム板(c)	-	No.17	-	No.18
不燃ウレタン(u)	不燃ウレタン(u)	-	No.19	-	No.20
	フェノールフォーム(f)	-	No.21	-	No.22
	ケイ酸カルシウム板(c)	-	No.23	-	No.24

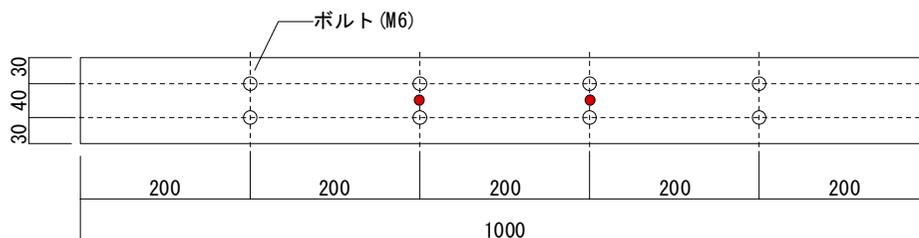
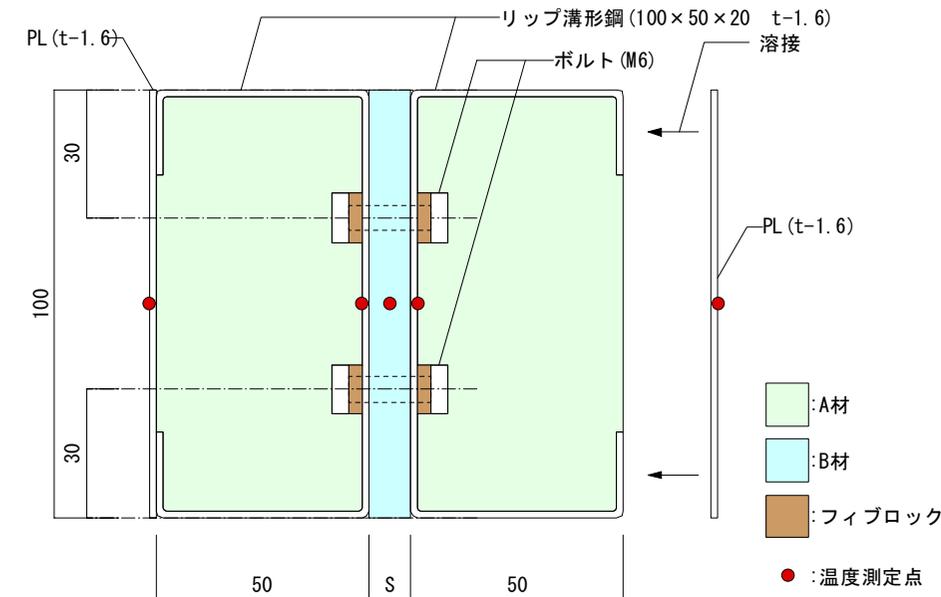


図 試験体(単位: mm)

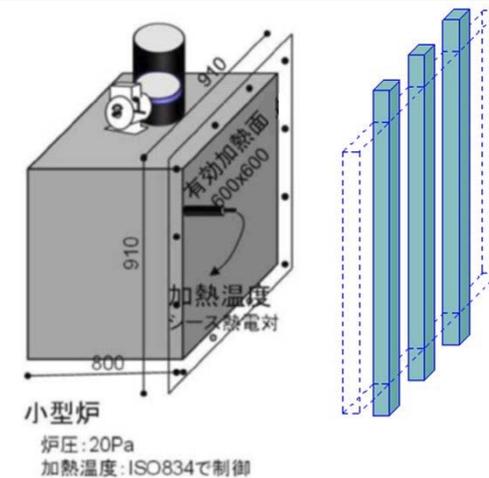


図 試験方法(小型加熱への組み込み)(単位: mm)

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓

→課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

1) サーマルブレイク材を導入した枠材の加熱実験

実験結果(考察)

- ・加熱時の材料の変化
不燃ウレタン→煙の発生量が多い、鉄枠(高温)接触部は痩せて隙間が生じる
フェノールフォーム→加熱終了後の冷却時に劣化が進み脱落
ケイ酸カルシウム板→変化なし
- ・A材部の材料の違い
温度上昇抑制効果は「モルタル>不燃ウレタン>充填無し」の順となった
- ・B材部の材料の違い
温度上昇抑制効果は「ケイカル>フェノールフォーム>不燃ウレタン>充填無し」の順となった
- ・Bの隙間の寸法による違い
隙間が拡大すると非加熱側の温度上昇が緩慢になった

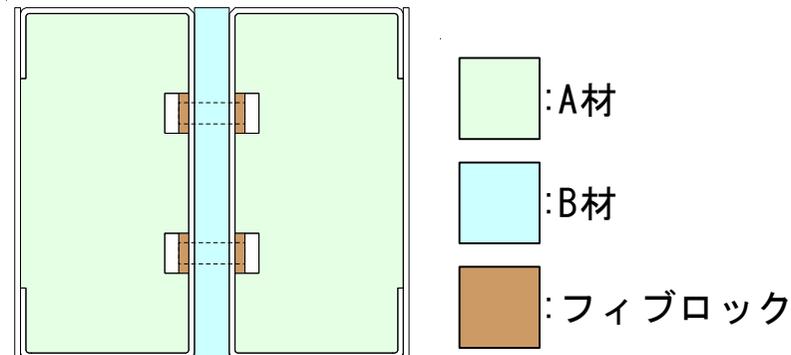


図 試験体

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

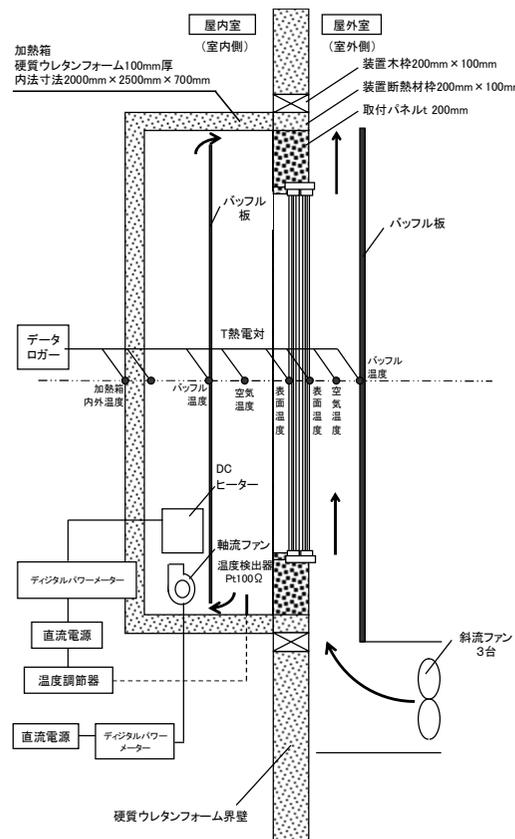
F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
- 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

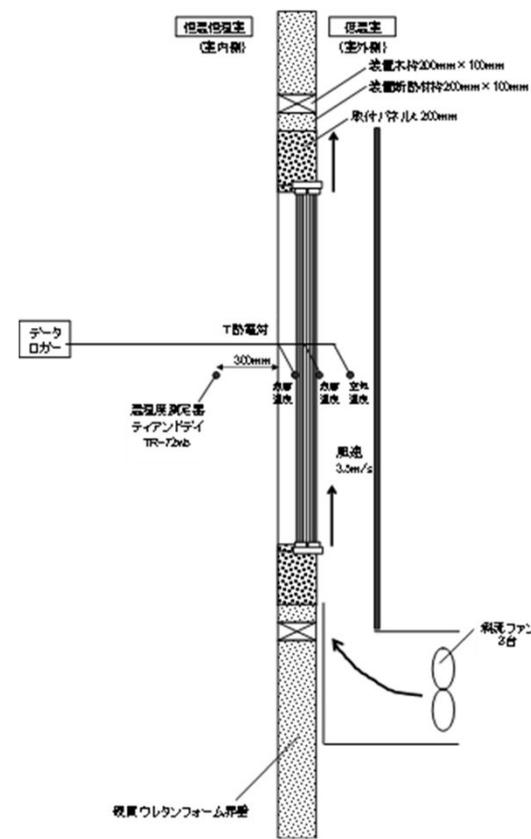
2) サーマルブレイク材を導入した枠材の環境試験

断熱性能試験：JIS A 4710 建具の断熱性試験方法

防露性能試験：JIS A 1514 建具の結露防止性能試験方法



(a) 断熱性能試験



(b) 防露性能試験

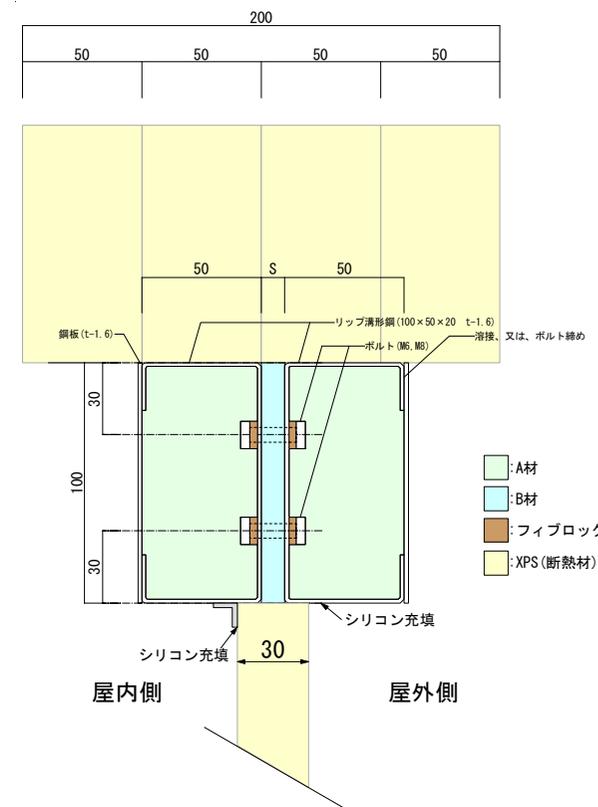
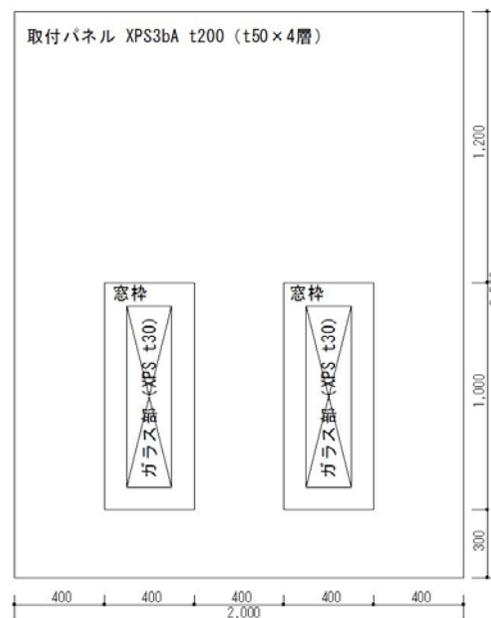
図 試験装置の概要

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
- 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

2) サーマルブレイク材を導入した枠材の環境試験



	A材	B材
試験体①	なし	なし
試験体②	なし	ケイカル板
試験体③	モルタル	ケイカル板

図 試験体(単位:mm)及び試験体一覧

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
- 課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

2) サーマルブレイク材を導入した枠材の環境試験

表 試験体③ 結露観察結果 (低温室設定温度: -10℃)

試験条件		設定値	測定値
低温室	空気温度 θ_c	-10℃	-10.1℃
恒温恒湿室	空気温度 θ_H	20℃	20.0℃
	相対湿度	50%	51.8%

結露性状観察結果 加湿18時間後

■ 小水滴 ▨ 大水滴 ■ 流れ

目視観察で直径約1mm以上と判断できるものを大水滴とし、それ以下のものを小水滴とする。

表 結果まとめ

試験体	番号		①	②	③
		枠内充てん(A材)		無	無
	サーマルブレイク材(B材)		無	ケイカル板	ケイカル板
断熱性能試験	標準化熱貫流率 (W/(m ² ·K))	ガラス部含む	1.93	1.89	2.15
		枠のみ	2.58	2.52	2.94
防露性能試験	結露の発生	低温室5℃	なし	なし	なし
		低温室0℃	なし	なし	なし
		低温室-5℃	なし	なし	あり
		低温室-10℃	あり	あり	あり

- ・試験体①と②の比較からB材部にケイカル板を設置しても断熱性能、防露性能に及ぼす影響は小さい
- ・試験体②と③の比較からA材部にモルタルを充填することで断熱性能、防露性能が低下した

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓

→課題② 遮炎性能・断熱性能・防露性能を確保できる仕様の検討(住宅系)

2) サーマルブレイク材を導入した枠材の環境試験

測定した枠に各種ガラスを取り付けた際の窓の熱貫流率を試算

【計算条件】

- ・窓はFIXで、寸法1,000×2,000(mm)とした。^{*1}
- ・以下のガラス種類を対象とした。

ガラスの種類	ガラスの熱貫流率 ² (W/(m ² ・K))	ガラス、スペーサ及び枠の熱影響の組み合わせによる線熱貫流率 ³ (W/(m・K))
A: FL6+A16+FL6	2.8	0.08
B: FL6+A16+LowE6	1.6	0.11
C: FL6+Ar16(アルゴン)+LowE6	1.4	0.11

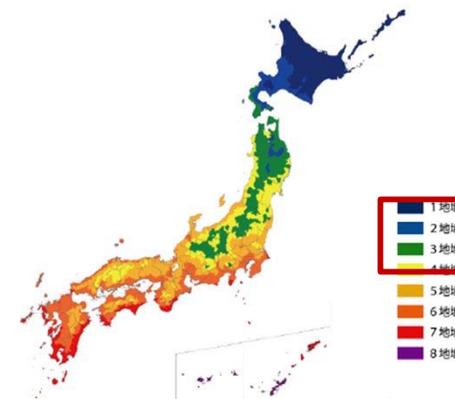
【結果】

枠	枠の熱貫流率(W/(m ² ・K))	ガラスの種類	窓の熱貫流率(W/(m ² ・K))
① 枠内充てん無 サーマルブレイク材無	2.58	A	2.9
		B	2.2
		C	2.0
② 枠内充てん無 サーマルブレイク材ケイカル板	2.52	A	2.9
		B	2.1
		C	2.0
③ 枠内モルタル充てん サーマルブレイク材ケイカル板	2.94	A	3.0
		B	2.3
		C	2.1

【参考】

断熱性能の目安として、建築物省エネ法における仕様基準(省エネ基準・誘導基準)の開
口部熱貫流率の基準値は次のとおり。

地域の区分	省エネ基準(W/(m ² ・K))	誘導基準(W/(m ² ・K))
1～3 地域	2.3	1.9
4 地域	3.5	2.3
5～7 地域	4.7	2.3
8 地域	-	-



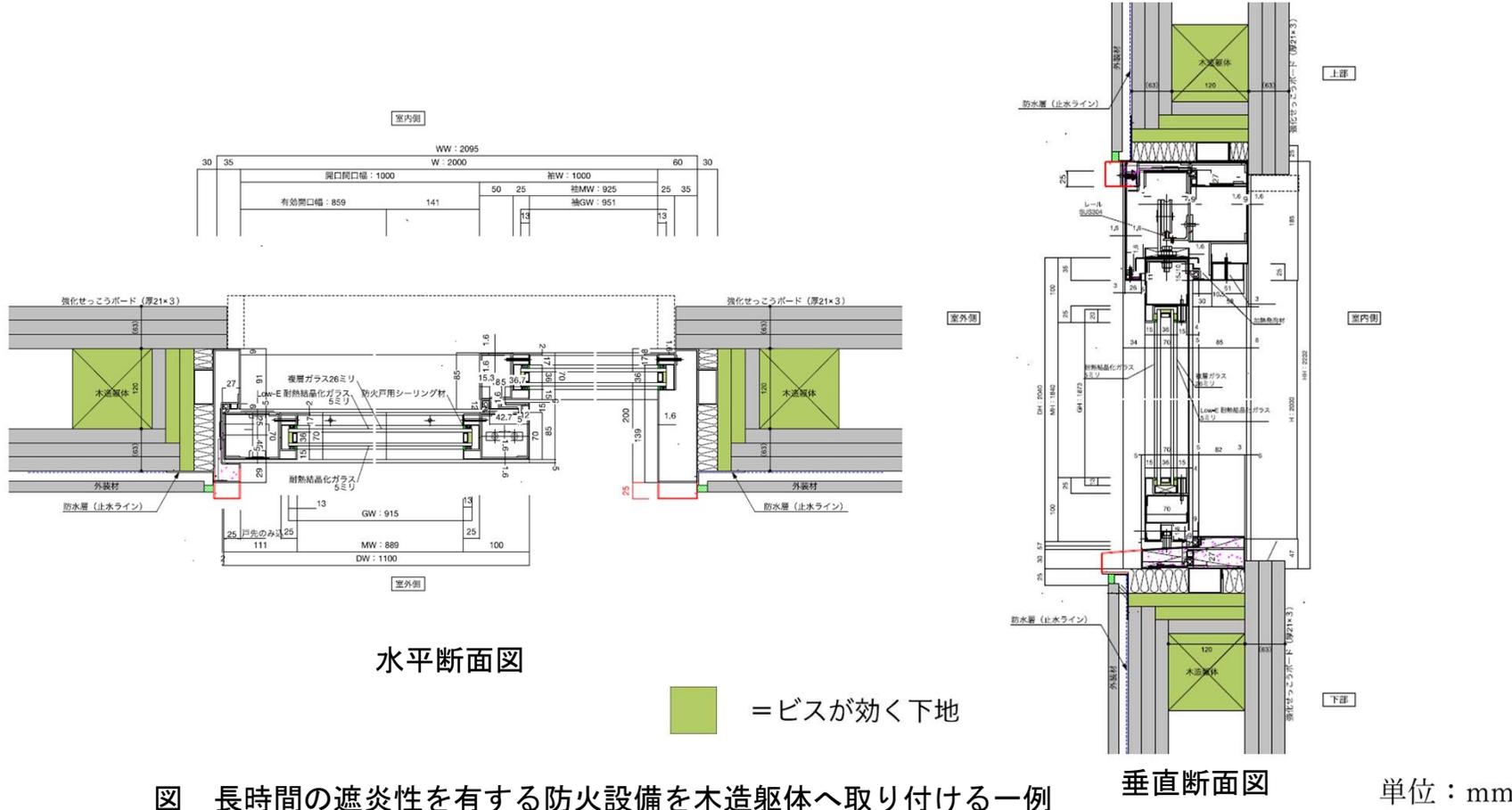
- ・サーマルブレイク材を導入した枠材はガラスとの組み合わせによっては寒冷地(1～3地域)でも使用可能である
⇒サーマルブレイク材等の導入により、環境性能と防火性能の両立が可能である。

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和4年度

- ・長時間遮炎性能を有する外部窓
 →課題③ 木造建物への施工方法の検討

- ・木造躯体への取付方法について防耐火性能確保の視点から検討

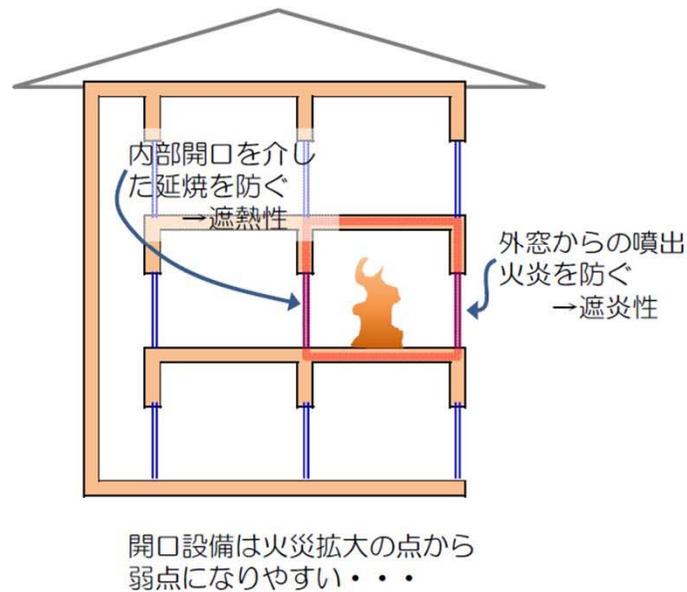


・高度な準耐火構造の外壁小口には、所定の準耐火構造と同等程度の性能を有する被覆が必要となるが、強化せっこうボードにはビス等が効かないため、硬質木片セメント板や木材等を代替被覆として用いる方法が考えられる

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

- ・長時間遮熱性能を有する内部建具

調査の方針～重点的に検討する項目



建物の木造化→木は可燃材料

↓ 不燃系建物との相違

木造建物の火災性状
→主要構造部も燃える
＜火災性状が激しい＞

↓ 燃えにくくすること
も大事だが・・・

火災範囲を限定させることが重要
→防火区画（壁・床・開口設備）
性能の向上が必要

↓ 結果として総合的な火災
安全対策になり得る！

建物の火災安全防火性能の向上

- ・倒壊防止
- ・周辺建物への延焼防止
- ・避難安全
- ・消防活動支援

長時間の遮炎性能・遮熱性能を有する防火設備の仕様が限定されており設計・計画に支障が生じている！

- 課題④ 遮熱性能判定基準の検討(F22事業 令和4年度)
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討(F22事業 令和3,4年度)

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

- ・長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題④ 遮熱性能判定基準の検討

F22事業 令和4年度

防火設備に要求する遮熱水準

防火設備の要求性能等

- 現行の建築基準法で規定される防火区画の開口部に設ける防火設備は一部を除き、20分間または60分間の遮炎性を有することが規定されている。木造建築物等では区画内の可燃物量が増加し、火災継続時間が延びる等の火災被害拡大のリスクが増加することから、火災終了までの遮炎性を確保することに加え、防火設備の昇温を抑制することが重要となる。
- 重要な区画構成部材や法第21条壁等に設ける防火設備には、長時間加熱からの延焼を防止するため、遮熱性能として、非加熱面の温度が可燃物燃焼温度(最高温度 200℃、平均温度160℃)に至らないことを求めているが、これは、可燃性の綿ぼこり(コットン)などが接していたとしても、着火に至らしめない水準の性能である。
- 一方、遮熱性が要求される防火設備は、壁や床と異なり、可動部のクリアランス確保や耐久性や使用性の確保から、壁よりも薄肉で構成し、軽量化することが求められており、防火設備に収納可燃物が直接接触することは少ない。

遮熱水準

- 防火設備に**準遮熱性**を要求することにより、延焼防止性能の向上、防火設備周囲の内装などの制限の合理化を検討する

【準遮熱性】：防火設備の放射発散度(黒体想定)を**周辺の可燃物を着火に至らしめないレベル($\leq 10\text{kW/m}^2(\text{P})$)**とする。
※ 防火設備に接する部分(壁の枠材等)とその近傍(周囲15cm(P))については、不燃化の制限をする。
(防火設備の許容上限温度: 380℃(P)、耐火試験においては、黒体銅板付き熱電対、木材(すぎ板)などを着火マーカとして、判定等を検討)

<遮熱性を有する扉の構造>

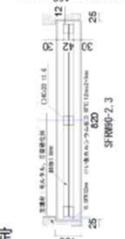
- 90分 けい酸カルシウム板 総厚60mm
- 60分 けい酸カルシウム板 総厚48mm

<準遮熱性を有する扉の構造(イメージ)>

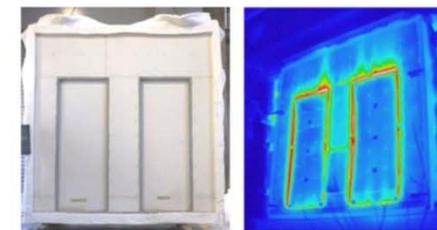
- 180分 けい酸カルシウム板75/55mm(P)
- 90分 けい酸カルシウム板45/40mm(P)
- 60分 けい酸カルシウム板35/30mm(P)

参考：断熱境界でのけい酸カルシウム板の260/400℃到達時間より推定

90分遮熱扉



遮炎性と
内装・下地制限



戸の部分に
遮熱性を有する防火設備

- ・開口設備を構成する材料や構造上の特性から壁や床に求められて来た遮熱性能の判定基準をそのまま用いることは難しいので「準遮熱性」という概念を提案し、壁・床の判定基準とは区別した水準とする

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和4年度

- ・長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題④ 遮熱性能判定基準の検討

- ・遮熱水準の確認 →防火設備から15cm離れた位置の木材が長時間一定の放射熱(10kW/m²・15kW/m²・20kW/m²)を受けた場合において木材が延焼しない放射熱流束を確認する

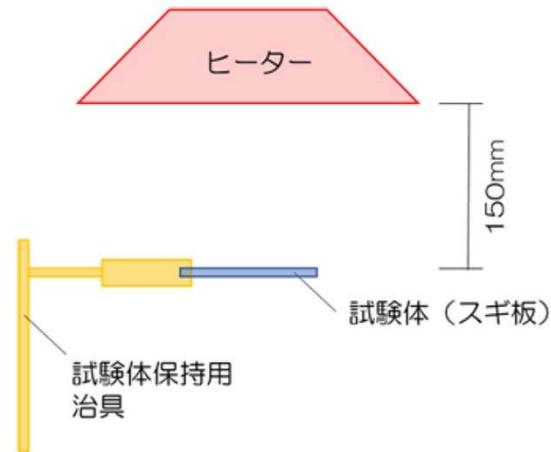


図 試験方法概略図

- ・10kW/m²の放射熱流束ではスギ板は変色するものの120分間着炎・変形はない
- ・15kW/m²および20kW/m²の放射熱流束ではスギ板加熱面の灰化・変形および裏面への燃えぬけが生じた

延焼拡大防止可能な遮熱性基準としては、10kW/m²以下が適切である

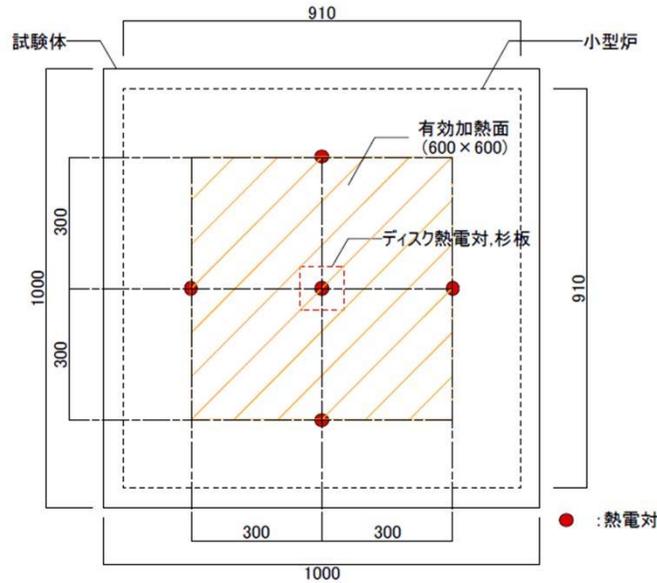
試験時の時間と試験体の変化状況			
	10kW/m ²	15kW/m ²	20kW/m ²
0分時			
10分時			
20分時			
30分時			
40分時			
50分時			
60分時			
120分時			
試験終了後			
試験終了後			

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- 長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討（金物の影響）

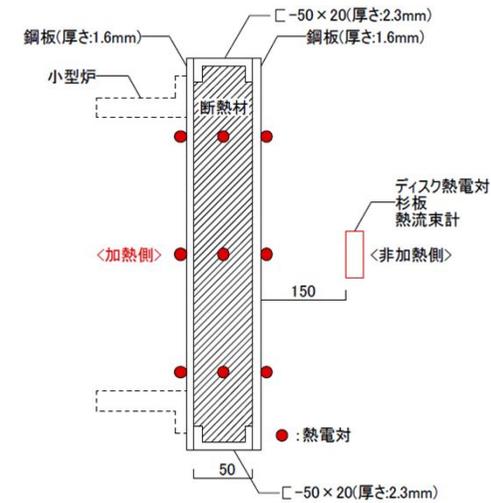
- 遮熱パネル要素実験 → 扉のパネル部分を想定した平板(1m× 1m)で加熱実験を行いパネル部分の準遮熱性能を確認する



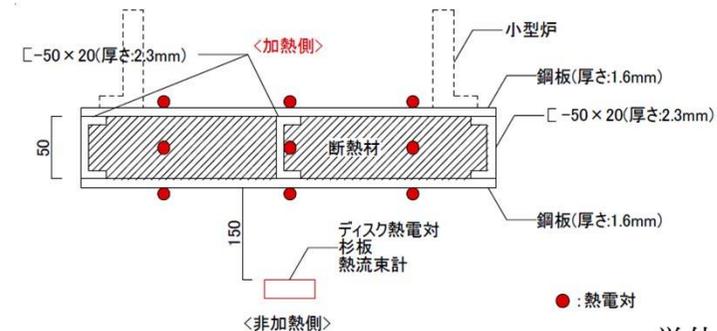
立面図

	断熱材		中骨
	種類	厚み:S[mm]	
No.1	ケイ酸カルシウム板	50	なし
No.2	AES	50	なし
No.3	AES	50	あり

※中骨は扉の面剛性を確保するための部材
試験体一覧



垂直断面図



水平断面図(中骨あり)

単位：mm

図 試験体図および試験体一覧

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- 長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討（金物の影響）

• 遮熱パネル要素実験

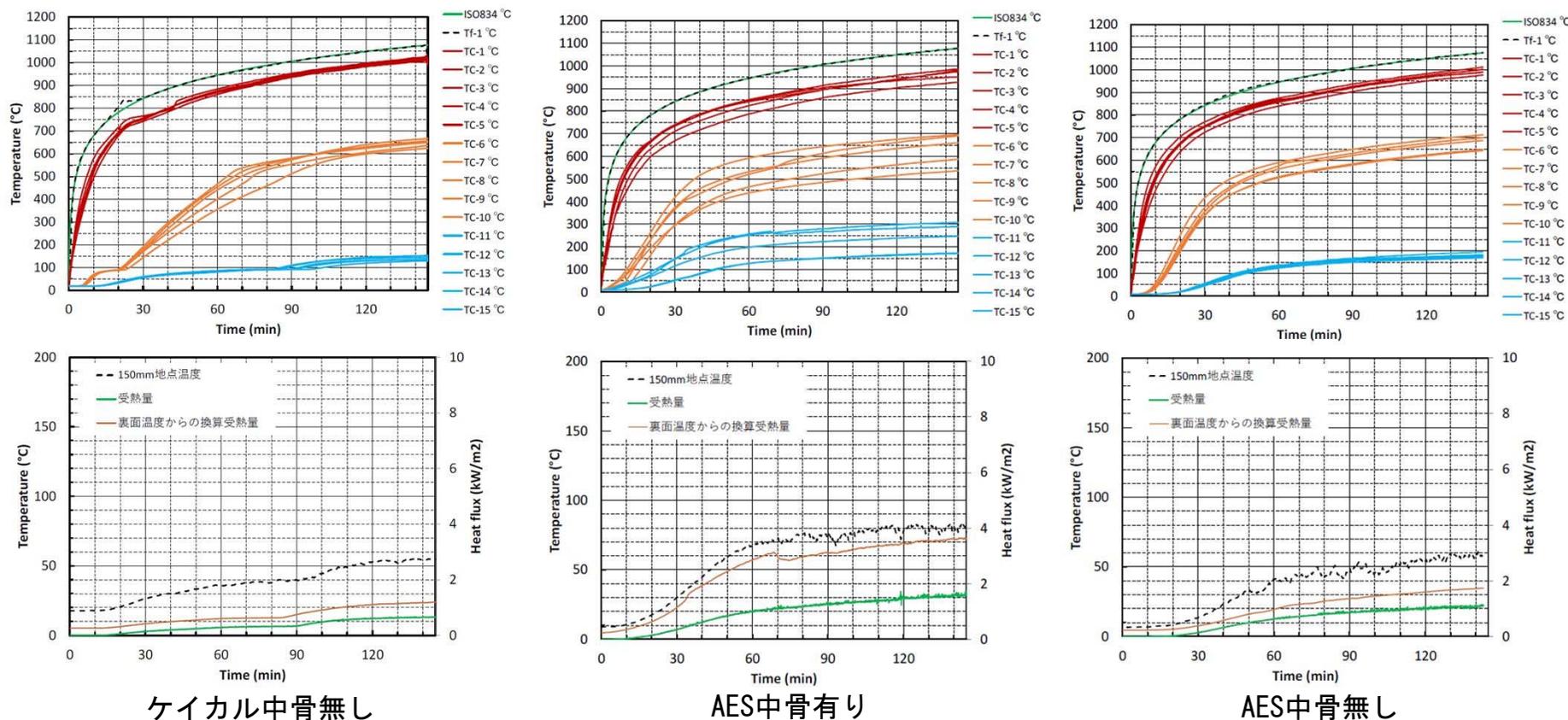


図 上：温度測定結果 下：150mm地点温度および熱流束測定結果

- AESよりケイカルの方が断熱性能が高い
- 中骨は熱橋となり非加熱側の温度は300°C程度
- 150mm離れた地点での受熱量は中骨無しは約1kW/m²、中骨有りは約2kW/m²

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- 長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討（実規模での挙動の確認）

- 実大実験

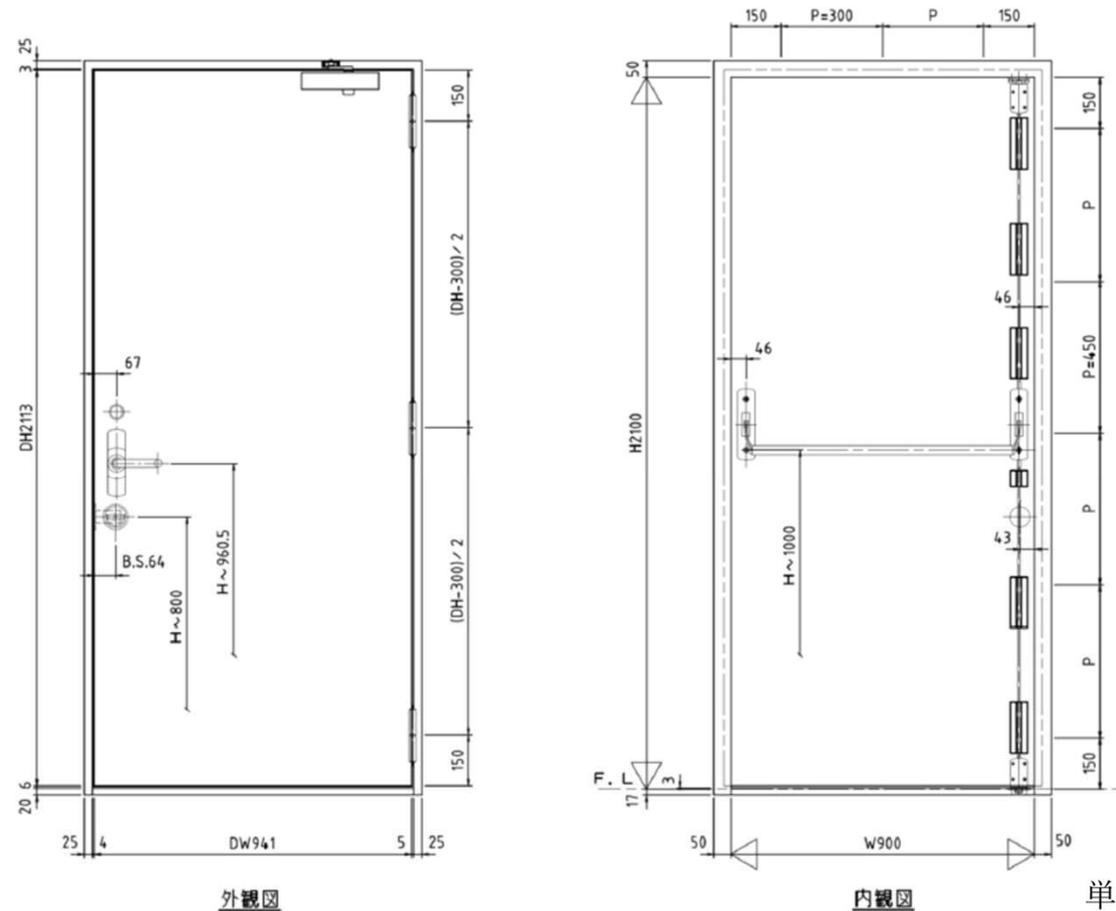


図 試験体図

No	ドアタイプ	(扉) サイズ	ドア構成材	内部断熱材	加熱方向
1	片開き	W900×H2100	普通鋼 厚さ 1.6	ケイ酸カルシウム板	表
2					裏

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討 (実規模での挙動の確認)

- ・実大実験(内部側からの加熱)



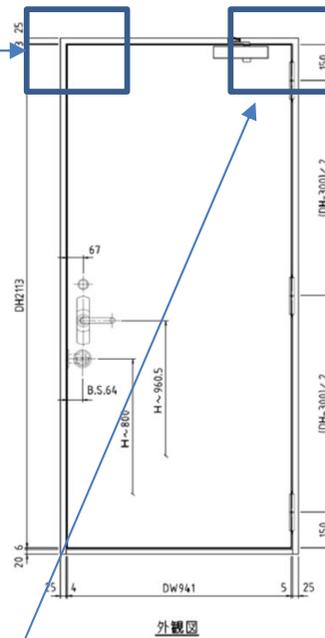
67分 戸先上部の変形状況(内部側)



84分 戸先上部に火炎確認(内部側)



81分 吊元上部に火炎確認(内部側)



加熱後 杉板の状況

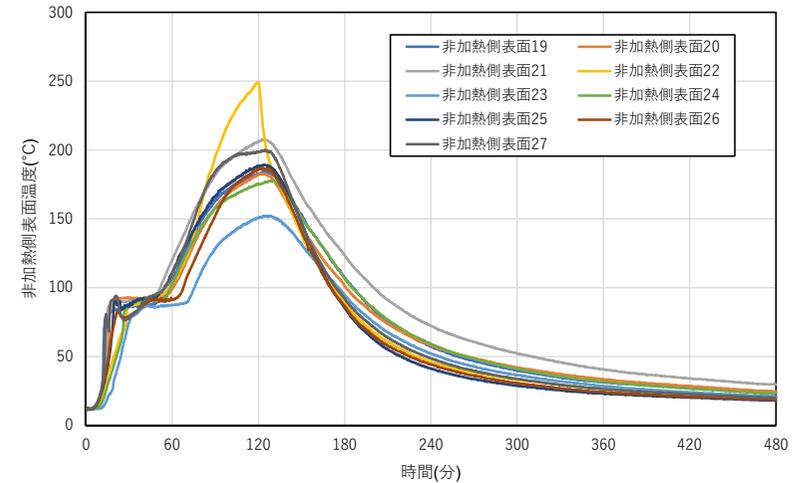


図 非加熱面温度

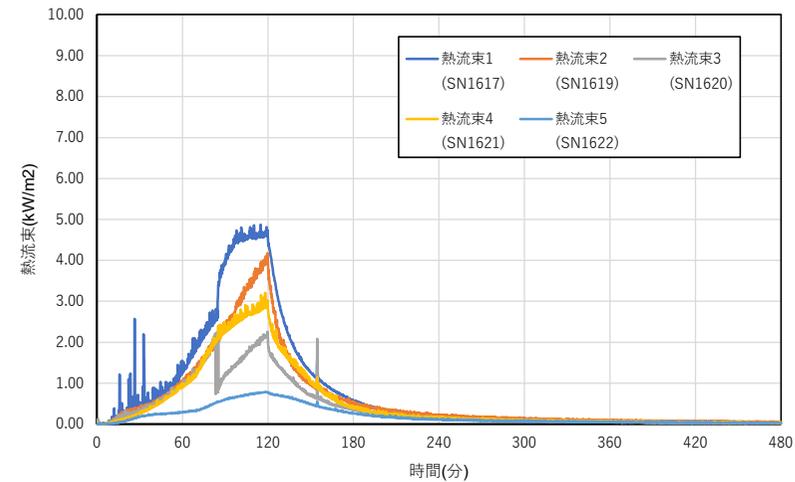


図 熱流束

F22 防火設備の告示仕様等に係る検討

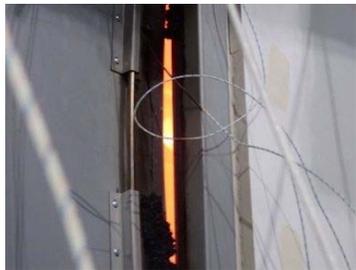
F22事業 令和3,4年度

- ・長時間遮熱性能を有する内部建具
- 課題⑤ 遮熱性能を確保できる仕様の検討 (実規模での挙動の確認)

・実大実験(外部側からの加熱)



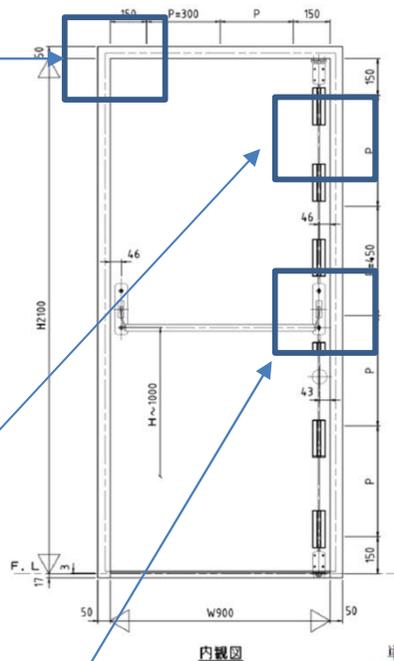
80分 吊元側も炉側に変形(外部側)



67分 戸先中央部の変形状況(外部側)



105分 戸先中央部で火炎確認(外部側)



加熱後 杉板の状況

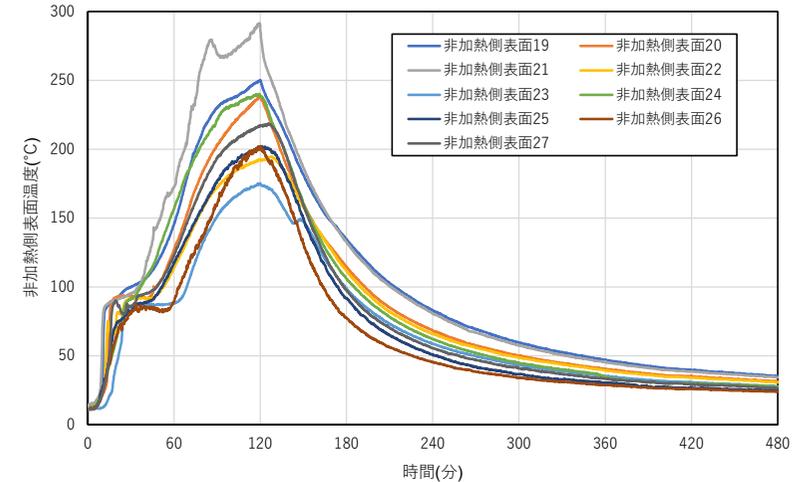


図 非加熱面温度

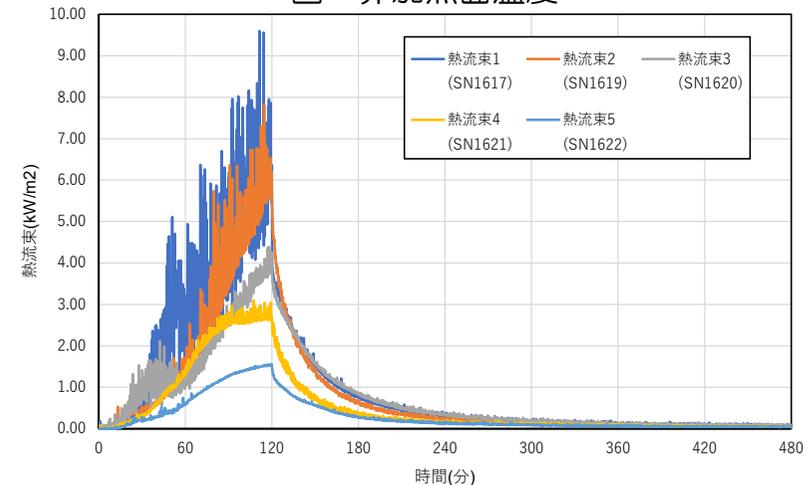


図 熱流束

- ・加熱方向に関わらずドア外周部の変形が大きく比較的早期に遮熱性能を喪失
- ・ドア中央部の裏面温度も従来の遮熱性能を満たさなかった

まとめ

長時間遮炎性能を有する外部窓の検討(F16事業、F22事業 令和3,4年度)

- 近年の建築基準法改正により、遮炎性能を有する時間が20分間を超える防火設備（窓）や遮熱性を有する防火設備を要求対象としていることから、本事業では、今年度、20分間を超える防火設備（窓）について、性能確保のための方策の検討や評価方法の検討、実験等を行った。
- 過去の事業の結果及び本事業における検討成果から、枠を鋼製とした窓について、90分を超える遮炎性能を有する仕様を提案することができた。また、これらの成果は、告示仕様への展開だけでなく、今後の開口設備の製品開発や性能評価手法開発の基礎的な知見となることが期待できる
- 鋼製枠を採用することによって、長時間の遮炎性能を確保する仕様を明示することができたが、環境性能や施工方法については以下のような配慮・検討を行った
 - Low-E膜付きとすることで生じる防火上の問題についても議論した
 - 鋼製枠にサーマルブレイク材を導入し、断熱性能並びに結露防止性能が向上することを確認した
 - 鋼製枠+ペアガラスで構成される窓は重量が大きくなるため、木造建物への取付け方法について検討した

まとめ

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(F22事業 令和3,4年度)

- 法第21条2項に基づいて規定されている「壁等」に用いられる90分遮熱性能を有する防火設備の仕様等を参考として、120分以上の遮熱性能を有する仕様について検討を行った
- 枠やドアノブのような開閉装置など防火設備を金属が貫通する部分、あるいは枠と障子の取合い部分などでは、壁・床と同様の遮熱性能を求めることは物理的に困難である。従って、開口設備の機能を勘案した上で、その近傍を不燃化するとともに床・壁と同等の遮熱性能をみたす条件を評価指標として定める必要があり、本事業でもこの問題を取り上げた
- 試験体を作成し、加熱試験を行ったところ、遮熱性能を向上するために用いた断熱材料の影響でドアを構成する鋼材の変形が大きくなることがわかった。また、この変形のために、非加熱側の温度測定点が想定したポイントからずれる可能性があることも明らかになった

今後の課題

- ① 長時間遮熱性能を確保するためのドア部材の変形防止対策の検討
- ② 他の開放形式の開口設備への展開
- ③ 準遮熱性の評価方法の確立