

F26 長時間の遮炎性・遮熱性を有する 防火設備の告示化及び性能評価方法の検討

令和5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

調査の背景・目的

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（一定時間）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防火区画を構成する開口設備にも長時間の遮熱性能が求められることになる。しかしながら長時間の遮炎性能・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

過去の基準整備促進事業などの結果などから、限定されながらも長時間性能を有する仕様・構造方法が見いだされるとともに、多くの課題が明確となっている。本調査研究では、より現実的な構造方法での性能確保を目的として、調査・実験を行う。

調査の内容

- (イ) ニーズの調査、仕様案の検討
これまでの知見及びニーズを踏まえ、長時間の遮炎性・遮熱性能を有する可能性がある防火設備の仕様及び性能評価方法を検討する。
- (ロ) 加熱試験等の実施
遮炎試験等を実施し、長時間の遮炎性・遮熱性等を有する防火設備の仕様を特定するとともに、(イ)で提案された性能評価方法の妥当性を確認するために実験等を行う。
- (ハ) 基準化の検討
(イ)及び(ロ)の検証内容を踏まえ、技術的資料をまとめる。

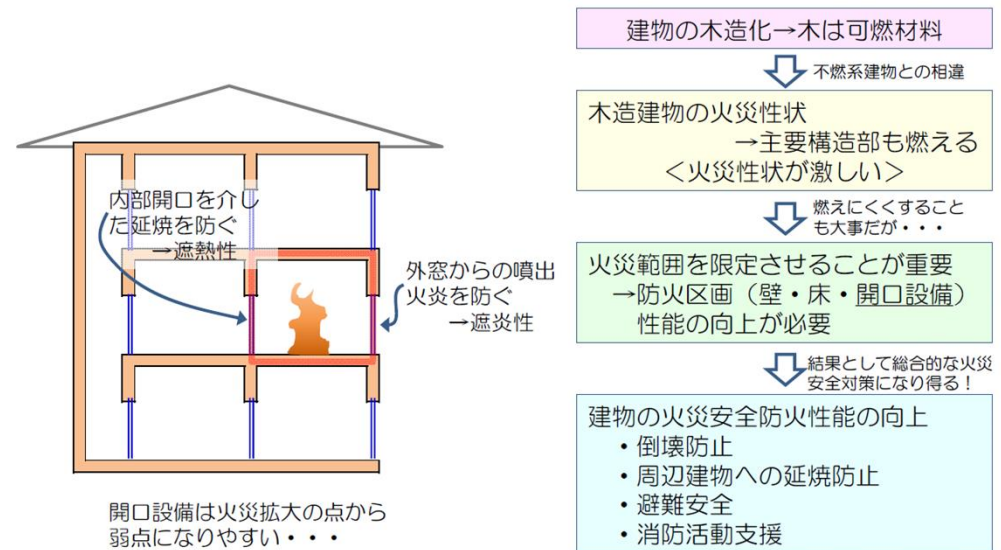


図 木造建築物における開口設備の役割イメージ

①長時間遮熱性能を有する内部建具

関連事業の成果と課題（F22新たな基準に対応した防火設備の告示化及び評価方法の検討）

成果・課題

- 既に90分の遮熱性能を有する扉仕様（壁等）が定められているものの、被覆材が表面を覆う仕様であり、実用性が高いものとは言えない
- これを受けて、F22ではフラッシュ扉の試験を下表の通り行ったが、加熱時の熱変形の制御が困難であることがわかった
- 開閉機構が扉に限定されており、大開口に対応する設備が無い
- 遮熱性能判定の考え方（準遮熱性能）の整理と測定方法の確立
- 扉の軽量化とともに実用性を考慮して框扉での検討を行う。框部分の枠への固定方法を工夫することによって変形を制御する。→ F22等で実施したガラス框扉試験体を参考に試験体を検討
- 変形制御のための固定方法 → 固定点（箇所数）と変形量の関係について過去実験を整理し、有効な固定方法を提案。シャッターなど、大面積開口設備への展開も可能。
- 長時間の遮熱性能を確保する仕様の提案。→ 二重扉構造
- 枠と障子の取り合い部分の強化 → 加熱発泡材の評価
- 遮熱性能評価方法の検討として、試験実施時に準遮熱性能を評価するための性能水準の確定（例えば〇〇cm 離隔した杉板の着火の有無）と関連する物理量の測定方法と数値について検討する。

表 関連事業で実施した試験体一覧

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
3	両開き	W1800×H2100			表
4					裏

① 長時間遮熱性能を有する内部建具

関連事業の成果と課題（F22新たな基準に対応した防火設備の告示化及び評価方法の検討）

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、一方でその機能から周囲の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)が**周辺の可燃物を着火に至らしめないレベル**であること※。

- ① 防火設備に接する部分(壁の枠材等)とその近傍(周囲15cm)については、不燃化の制限をする。
- ② 防火設備の非加熱面の許容上限温度(特定非加熱面温度)を380℃とする。
→耐火試験において、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、要件を満たしていることを確認。

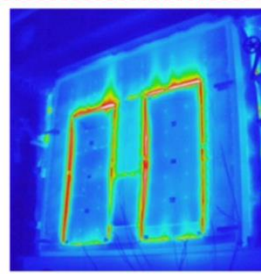
※令第109条の8第二号ロ
令和6年国土交通省告示第229号



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



②長時間遮炎性能を有する外部窓

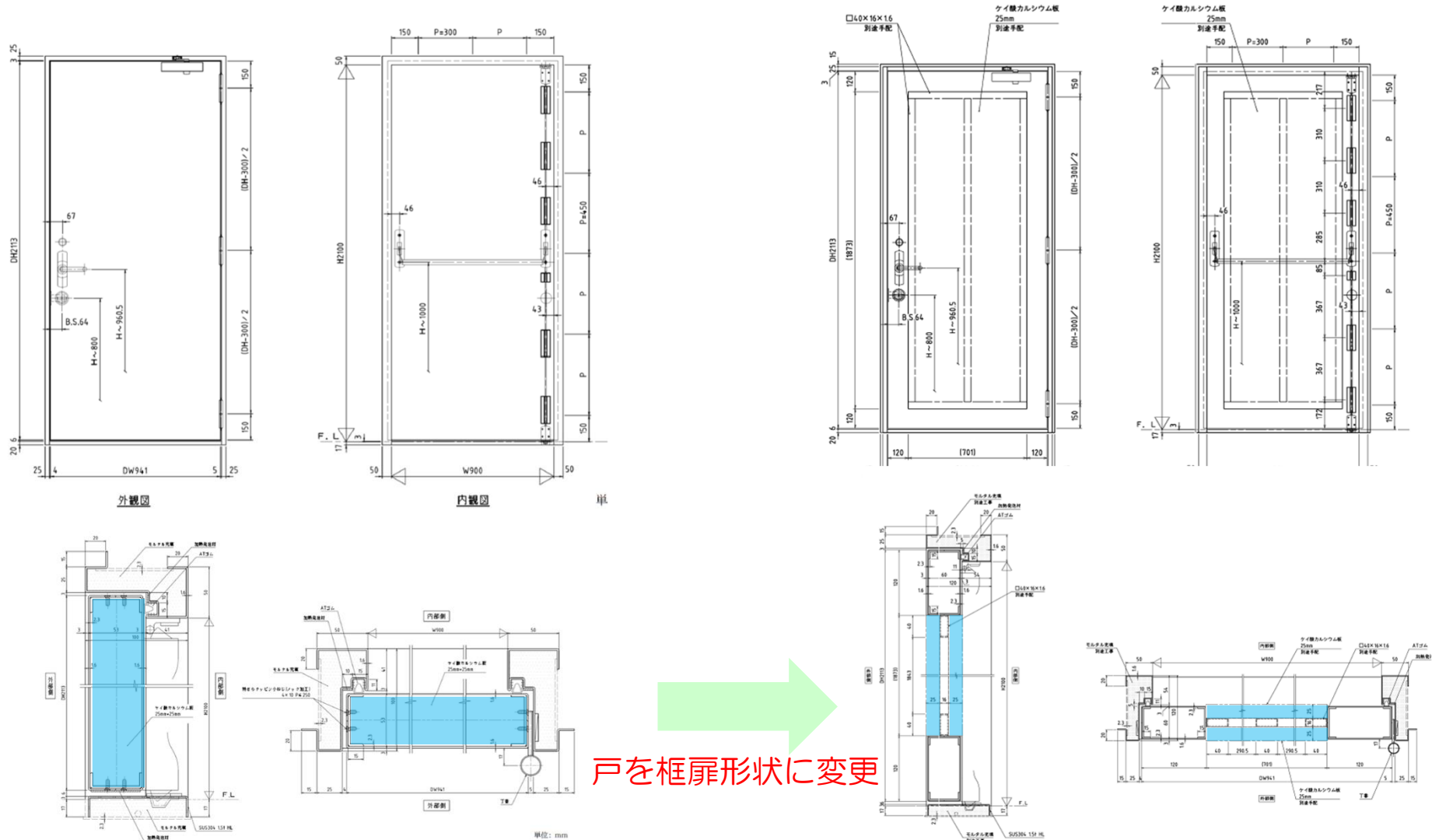
建築基準法第21条、第27条及び第61条の規制がかかる建築物、特に木造系の建築物においては、上階延焼防止などの観点から、外壁開口部に設置される防火設備の遮炎性能（一定時間）が当該建築物の主要構造部の要求耐火性能を左右する。これまでの関連事業において、様々な枠種とガラスの組み合わせで、20分間を超える長時間性能を有する防火設備の仕様について検討し、告示化に至っているところである。上記の事業で得られた成果と課題は以下のようにまとめられる。

成果・課題

- 様々な枠種（木、アルプラ、アルミ、鉄）とガラスの組合せで、20分間を超える遮炎性能（時間）を有する仕様が告示化されている
- 省エネ性能など、防火性能以外の性能との両立は検討が完了していない
- 防火設備を構成する副部材（加熱発泡材など）の評価方法が確立していない
- 一般利用に際し、開口設備に付加されるパーツが防火性能に与える影響について、告示では整理できていない
- 加熱発泡材の評価方法の検討
- 飛散防止フィルム、スマートロックなど、扉に設置することが期待されるパーツについてニーズを確認し、一方で現状の性能評価での取り扱いについて調査を行う

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)

- ・加熱による変形抑制及び戸自体の軽量化を行うため框扉形状を採用



戸を框扉形状に変更

図 別事業の試験体図
(F22 防火設備の告示仕様等に係る検討)

■ : けい酸カルシウム板

図 本年度のシングルドア試験体図

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)

- ・長時間の準遮熱性能の確保が困難なことから扉を2枚重ねたダブルドアの検討

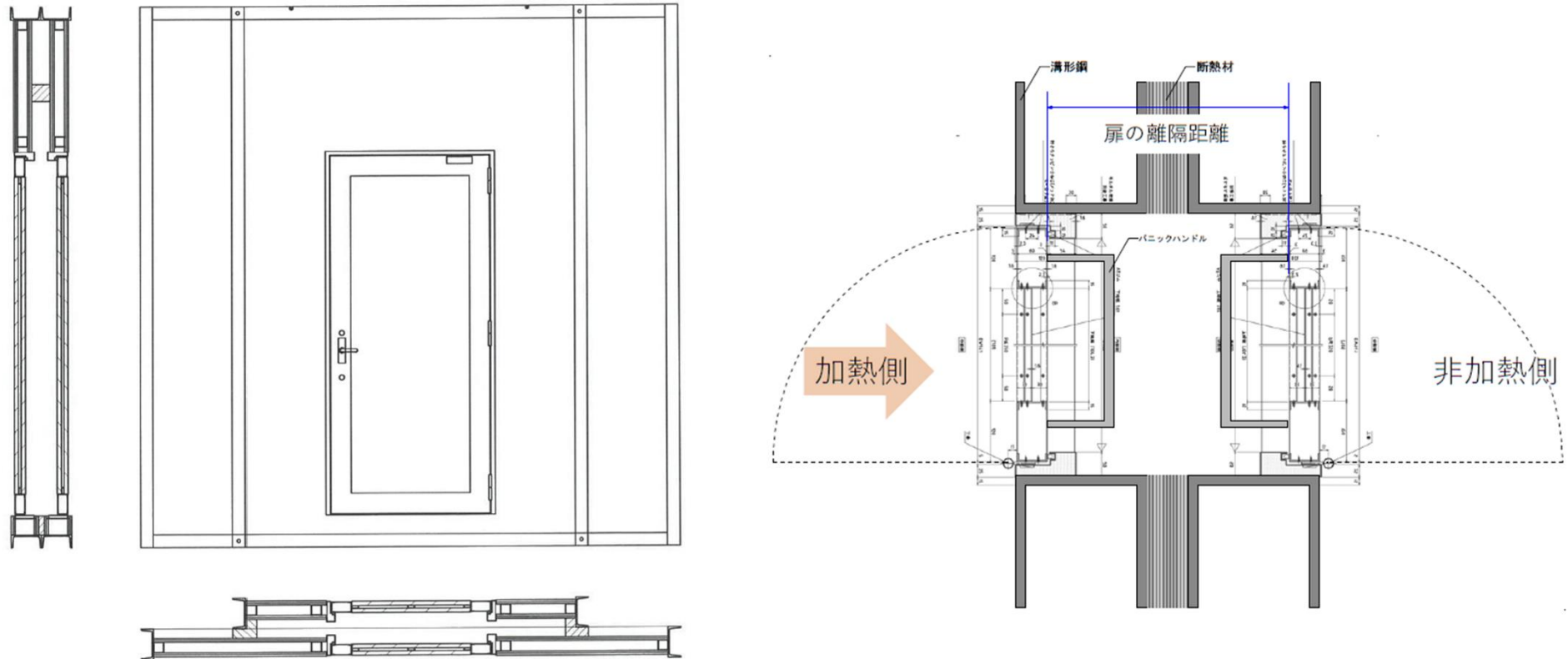


図 ダブルドア試験体図

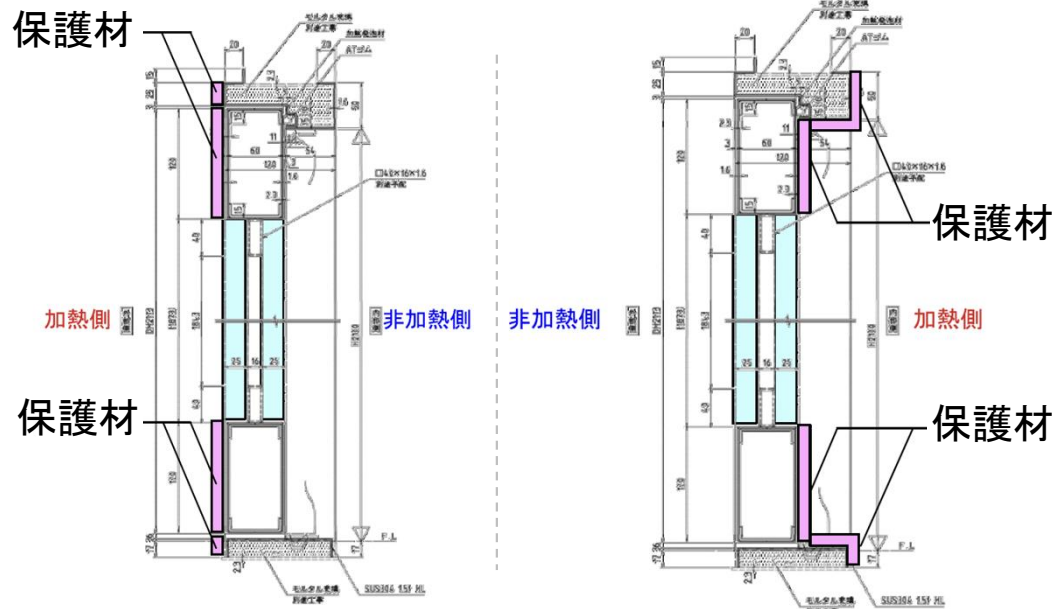
長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)

表 試験体一覧

	扉タイプ	枠・框被覆			戸のケイカル		扉枚数	扉から扉までの距離	加熱方向	目標耐火時間
		種類	固定方法	厚み	固定方法	厚み				
No.1	シングルドア	ケイカル	ビス留め	12mm	ビス留め	50mm (25mm×2)	1枚	-	枠側加熱	90分
No.2							1枚	-	戸側加熱	
No.3		耐火シート	接着材	3mm (1.5mm×2)			1枚	-	戸側加熱	
No.4			接着材+ビス留め				1枚	-	枠側加熱	
No.5	ダブルドア	無し			ケイカル周囲を軽く固定	24mm (12mm×2)	2枚	30cm	-	120分
No.6	シングルドア	無し			ケイカル周囲を軽く固定	24mm (12mm×2)	1枚	-	枠側加熱	60分
No.7							1枚	-	戸側加熱	

※No.8~12は令和6年度実施予定

No.8	ダブルドア	無し			ケイカル周囲を軽く固定	24mm	2枚	30cm	-	90分
No.9						50mm (25mm×2)	2枚	15cm	-	120分
No.10						50mm (25mm×2)	2枚	100cm	-	
No.11	シングルドア	ケイカル	ビス留め	12mm	ケイカル周囲を軽く固定	50mm (25mm×2)	1枚	-	枠側加熱	90分
No.12							1枚	-	戸側加熱	



※加熱面のみ保護材施行

図 枠・框被覆(加熱方向による保護材の位置の違い)

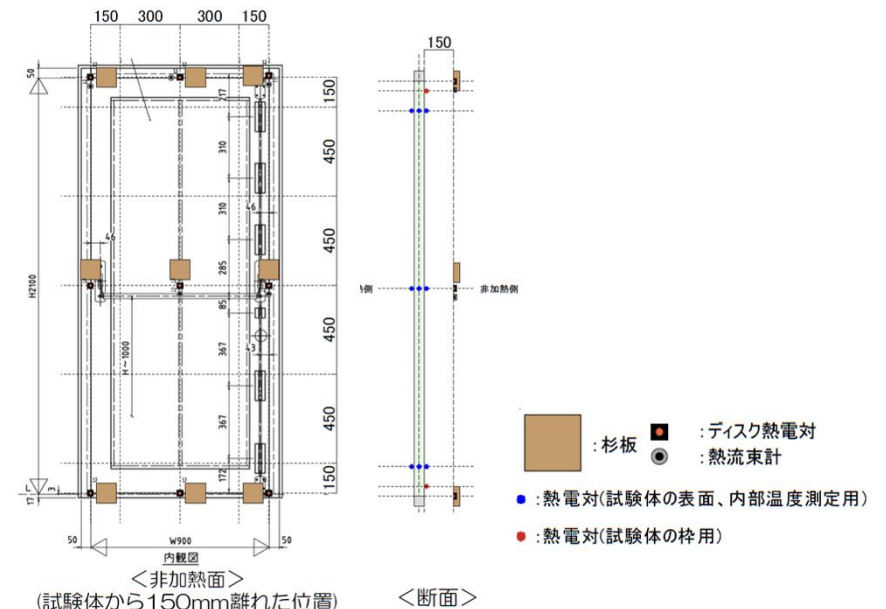
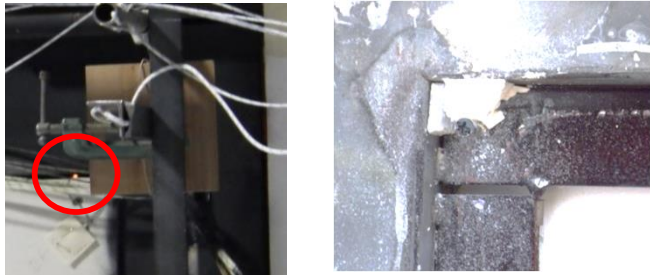
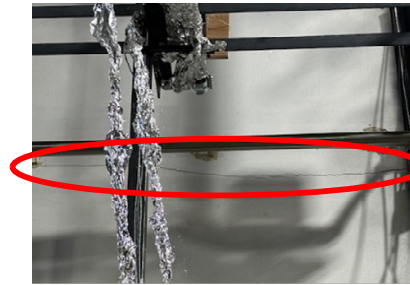


図 測定点

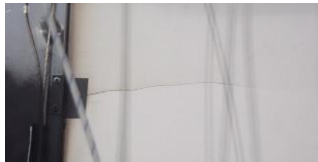
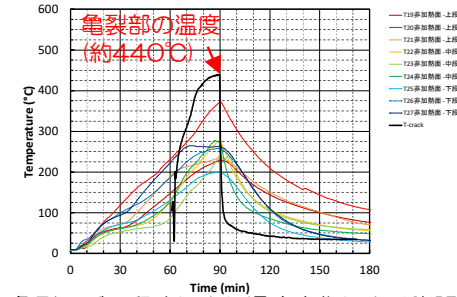
長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)



① 試験体No.1 枠とケイカル隙間で赤熱確認→溶接間隔が原因



② 試験体No.2 非加熱面の戸のけい酸カルシウム板に亀裂→ビス留めにより温度変化による膨張が原因

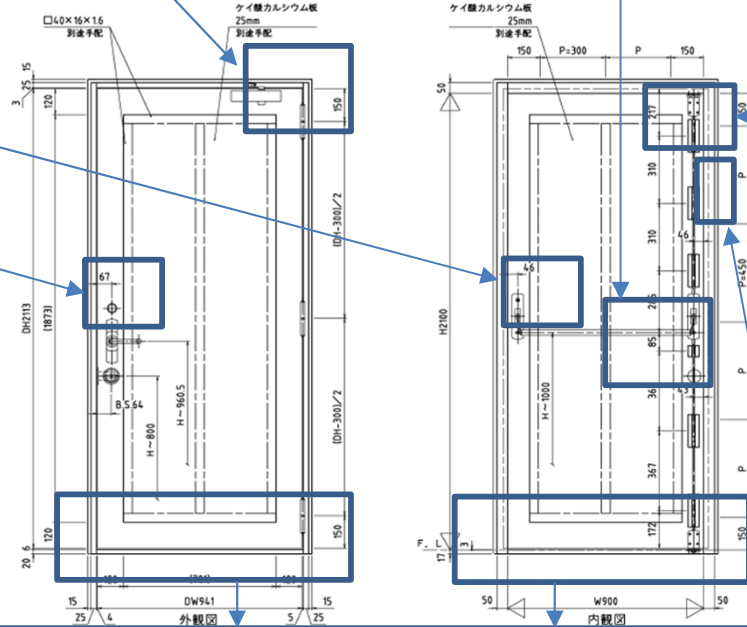


試験体No.6



試験体No.7

⑦ ビス留めからけい酸カルシウム板の周囲を軽く固定に変更しても非加熱面の戸のけい酸カルシウム板に亀裂



③ 試験体No.7 非加熱面の戸のけい酸カルシウム板と枠の隙間で赤熱確認→ビス留めから押さえ金物で周囲を軽く固定する程度に変更したことで、固定度が弱くなり変形が発生し枠との間に隙間が発生したこと、及び、保護材なしとしたことが原因



試験体No.3

⑥ 試験体No.3 杉板の変色→加熱面側の耐火シートの剥離が原因



試験体No.3



試験体No.4

⑤ 耐火シートが加熱により剥離→接着剤のみでは端部から剥離するがビス留めを追加することで加熱終了後も剥離しなかった



④ 試験体No.7 枠と枠の隙間から火炎確認→保護材を無しとしたことが原因

【シングルドア】

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)

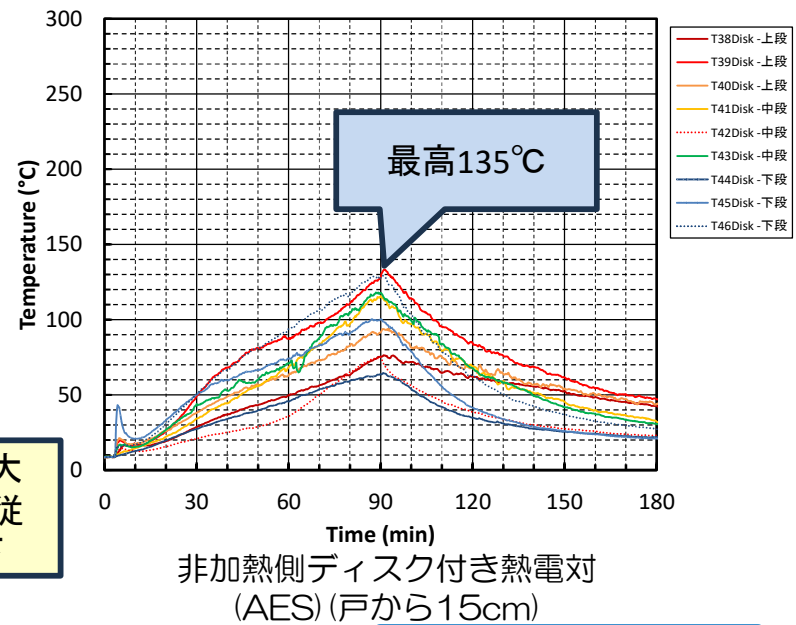
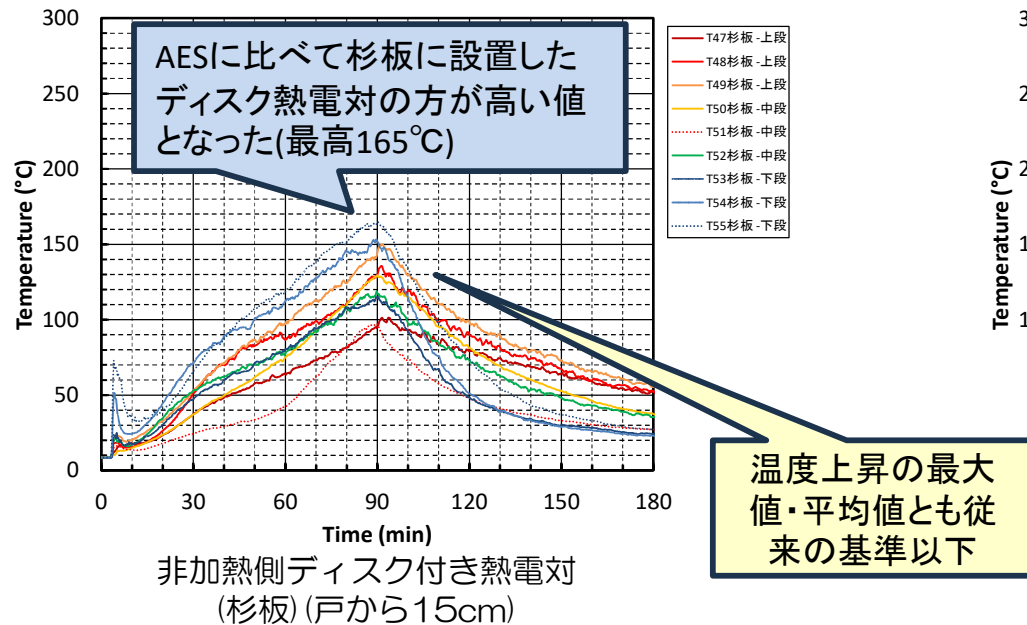
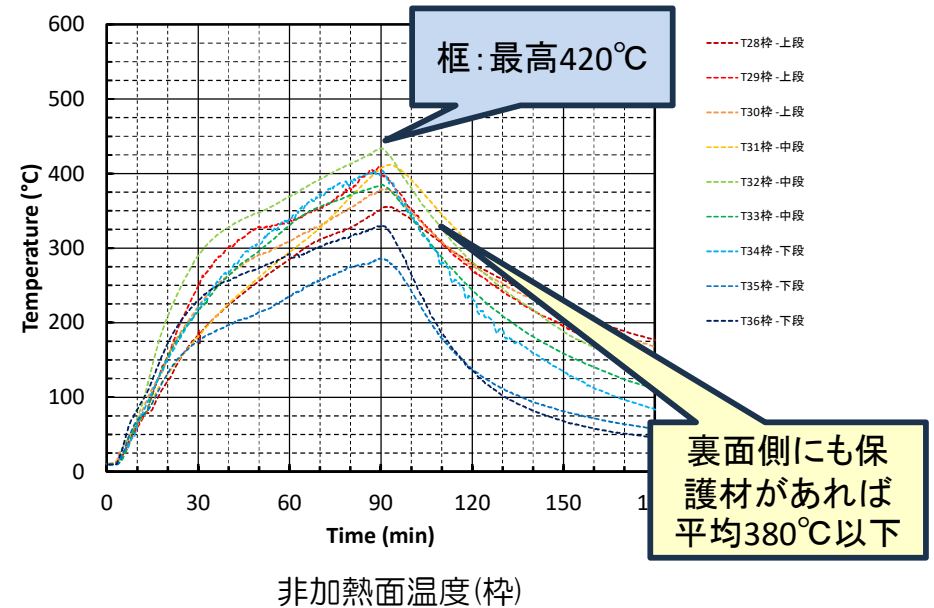
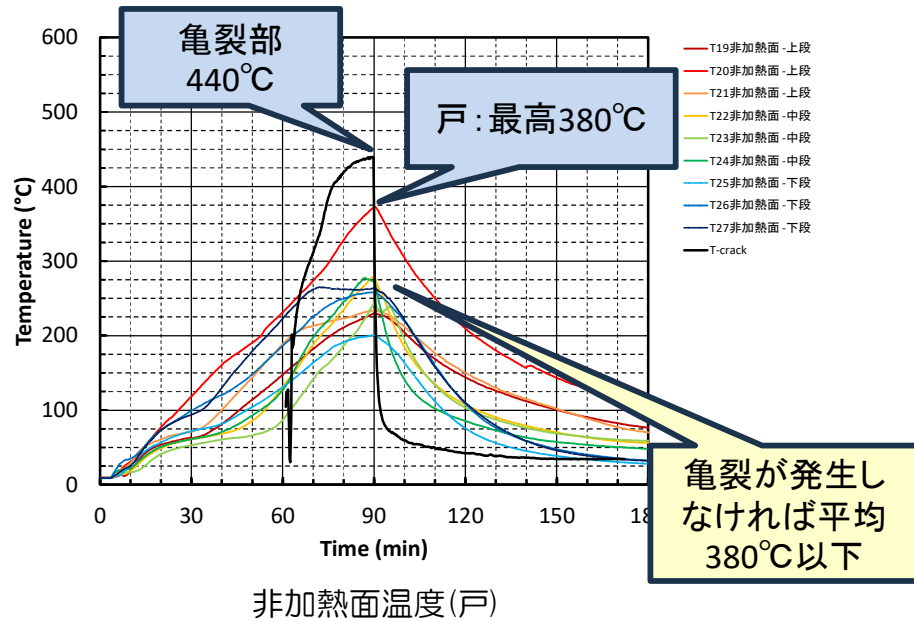
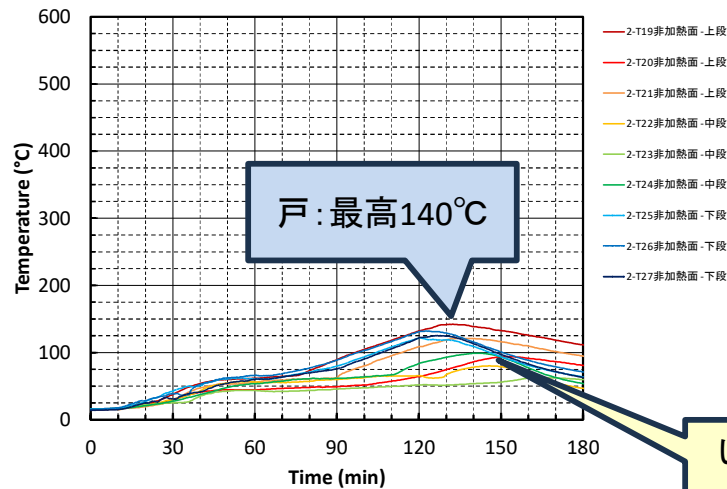


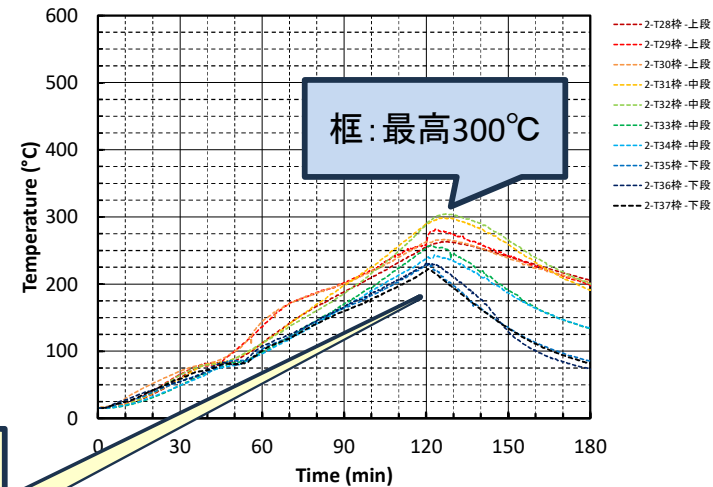
図 試験体No.2(保護材: けい酸カルシウム板)

【シングルドア】

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性を有するドアの性能試験)

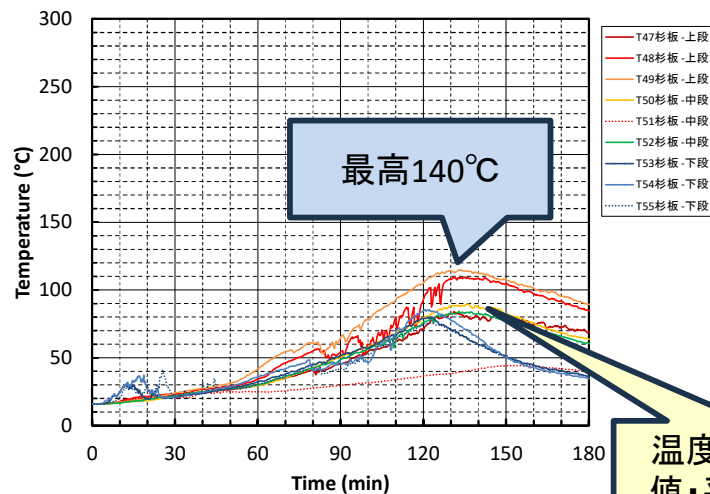


非加熱面温度(2枚目: 戸)



非加熱面温度(2枚目: 枠)

いずれも平均
380°C以下



非加熱側ディスク付き熱電対
(杉板)(戸から15cm)

けい酸カルシ
ウム板の中央
部で亀裂

温度上昇の最大
値・平均値とも従
来の基準以下



1枚目
写真



2枚目
加熱後の非加熱面

図 試験体No.5

【ダブルドア】

長時間遮熱性能を有する内部建具の検討(遮熱性確保のための要素実験)

框、枠部分の表面に被覆部材を施工し、長時間加熱を実施した。試験終了時に被覆部材は脱落しており、脱落した部分においては非加熱側の温度が上昇し、準遮熱性能を満たさない結果となった。そのため、框、枠部分における被覆部材が長時間加熱に対して形状を維持し、準遮熱性能を有する材料の選定、及び、施工方法について要素実験を用いて検討をする。

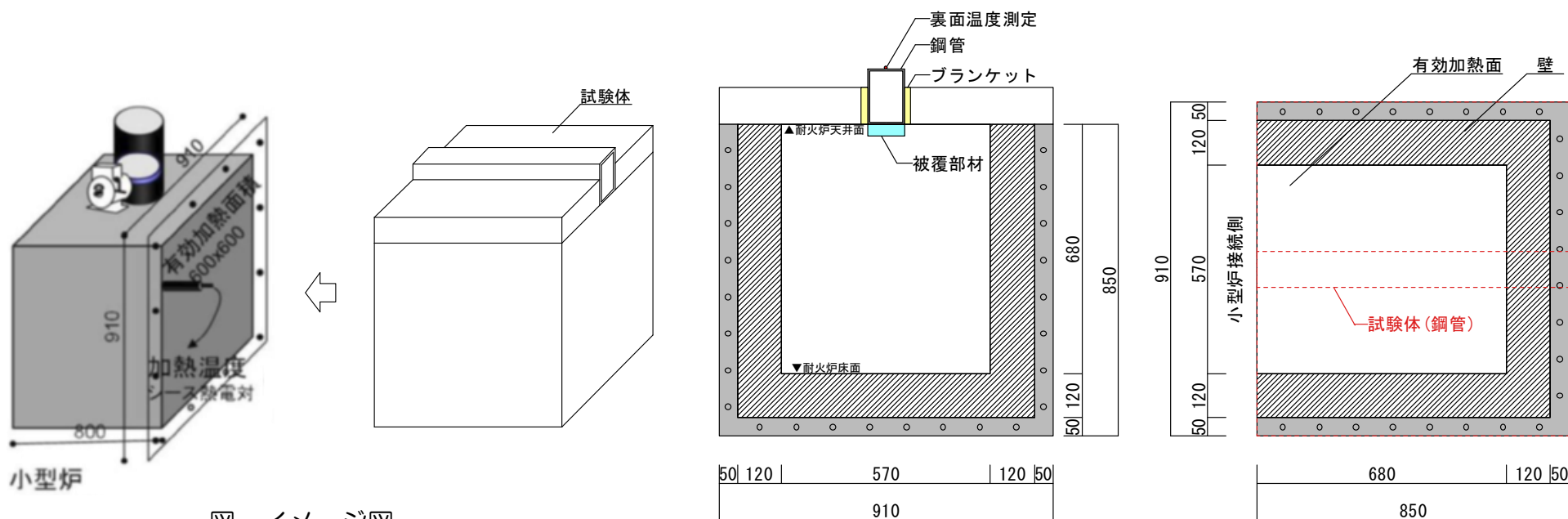


図 イメージ図

図 試験体図

被覆部材(10種類)

- ケイ酸カルシウム板：6mm、12mm
- 耐火シート：1枚貼り、2枚貼り、3枚貼り
- 耐火塗料：2種類
- 木：2種類
- 不燃木

防火設備の性能向上及び性能維持のための検討(加熱発泡材の材料試験方法の検討)

防火設備などの開口部は、可動域の操作性を担保するために、**枠と障子の間に若干の隙間**を要する場合が多い。この隙間部は、熱を透過しやすく割れやすいガラス部と並んで、火災加熱に対する弱点部となりやすい。そのため同隙間部には、日常の使用環境では反応しないものの、火災による温度上昇に反応して発泡することで、**火炎が貫通する隙間を塞いだり、断熱層を形成して、周囲に存在するガスケット材等の可燃性材料に熱を伝えないようにする材料**—加熱発泡材が使用されている。

加熱発泡材は他にも、配管や電線が壁体を貫通する部分など、施工時にはクリアランスを確保し、火災時には閉塞させたい箇所に用いられている。この区画貫通部の評価時には、当該材料が、主要構成材料であるのは間違いないが、防火設備としての評価時には、使用量的にも、費用的にも当該材料が占める割合は小さく、**副構成部材**として捉えられているが、遮炎性能の確保という観点からは、前述のとおり、非常に重要な役割を果たしている。

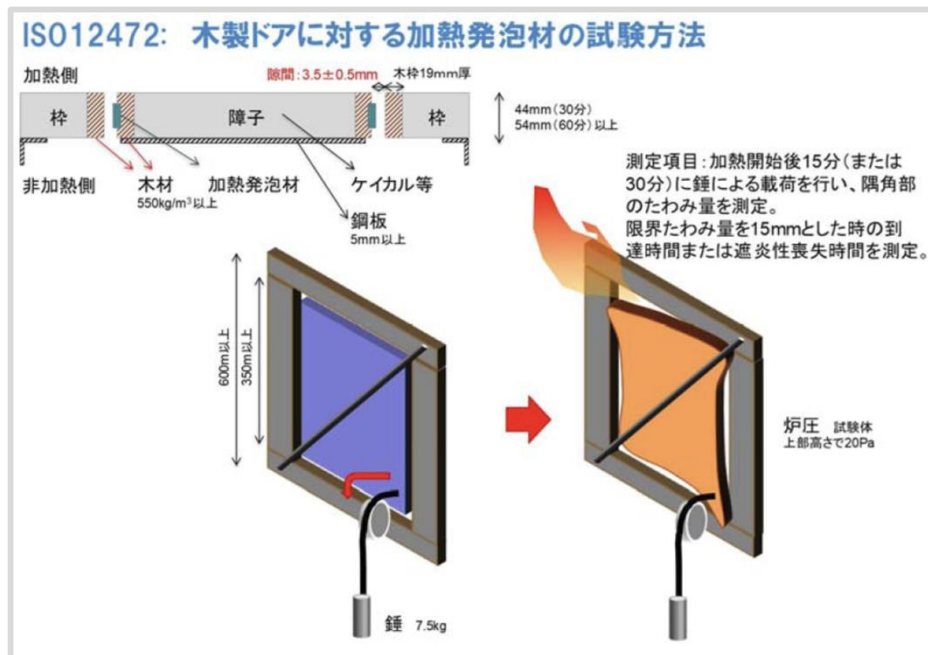
近年、材料調達的面から、耐火試験で確認した材料以外の製品を用いたいというニーズや、製品開発が進んで、後継品へと移行したいというニーズが見られたが、その防耐火性能に果たす役割の大きさと、次に述べる加熱発泡材特有の事情により、試験なしの評価で包含することは認められてこなかった。

それは、**加熱発泡材には、発泡体となる材料の種類や、母材に留め付けるための接着剤として、異なる材料が用いられた複数のものが存在すること。また添加物によって、反応させる温度や、発泡によって形成される断熱層の厚みや密度を変化させることも可能であり、使用される環境、空間のボリューム、密閉度などを事前に考慮して、あるいは実際に使用された製品の不具合を改善する、チューニングが絶えず行われること。**その自由度の一方で、これらのノウハウは企業秘密とされ、また業界団体は結成されておらず、JISなどの工業規格が存在しないこと。これらの事情から、耐火試験時に性能評価機関側が、製品の特性や優劣を独自に把握することが難しく、包括評価の対象とされてこなかったのが現状である。

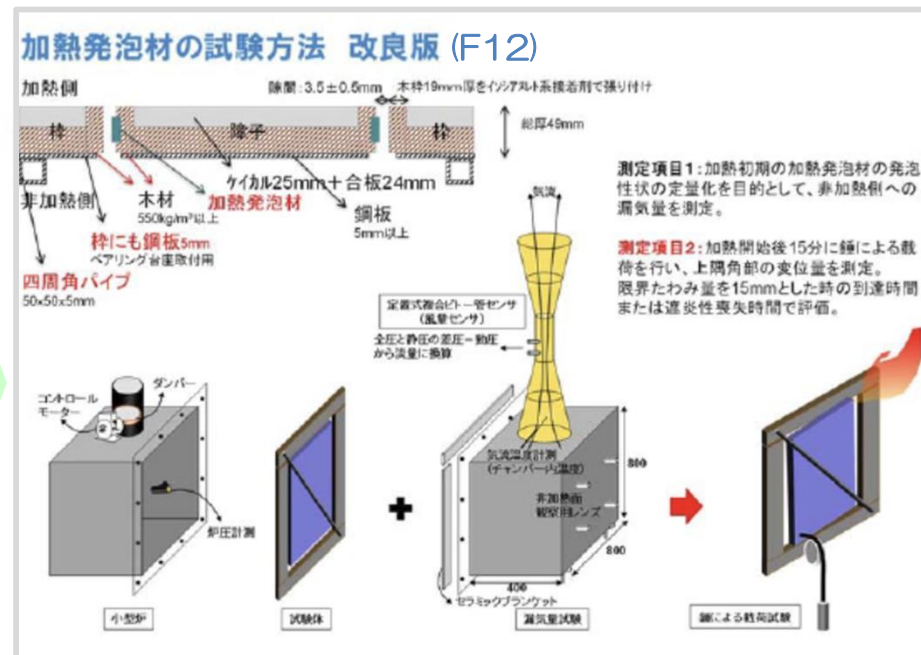
そこで本事業では、**防火設備での使用を念頭に、加熱発泡材の材料特性の内、抑えるべき項目は何か、またそれらを簡易に測定する手法について検討を行う。**

防火設備の性能向上及び性能維持のための検討(加熱発泡材の材料試験方法の検討)

・ISO試験方法及び関連事業(F12)における試験方法



改良



・改良点

- ①ISO12472で規定する加熱開始15分時に載荷した後、遮炎性喪失までの時間または上隅角部の変位量制限値15mmに達するまでの時間を計測した。
- ②加えて、新たに加熱初期の加熱発泡材の発泡性状の評価を目的として、非加熱側の上隅角部での温度上昇と、非加熱側への漏気量を評価の対象とした。

・試験方法 (F12 改良版) の問題点

- 発泡温度→同じ試験体を用いても発泡温度にばらつきが大きかった
- 発泡倍率→発砲により隙間をふさぐことは確認できても発泡倍率の測定は不可
- 剪断抵抗力→発砲後の剪断抵抗力に差が出ることは確認できるが同じ試験体を用いても結果に大きなばらつきがみられた

防火設備の性能向上及び性能維持のための検討(加熱発泡材の材料試験方法の検討)

・加熱発泡材単体の試験方法(F26)

- ・発泡温度→電気炉の制御により加熱温度を調整
- ・発泡倍率→上面を解放した加熱ポッドを用意し時間変化で計測可能とした
- ・剪断抵抗力→加熱ポッド内部で発泡して膨らんだ試験体を、上面から押し込み、一定の体積に圧縮するために必要な力を測定

- ①母材として幅50×奥行50×厚み1.6mmの鋼板(約30g)を2枚重ねて用いることとし、1枚には全面に加熱発泡材を貼り付け、もう1枚にはφ1mmのK型熱電対を带状プレートを用いて溶接する。
- ②加熱発泡材を下面に向けて、加熱ポッド底面に設置し、その上部に熱電対が非加熱側になるように、隙間なくもう1枚の鋼板を重ねる。(母材寸法は熱による膨張も考慮して、加熱ポッド内寸より-1mmずつ縮小)
- ③発泡する加熱発泡材が、マドレーヌ状に中央部が盛り上がり、プレートが水平にせりあがらずに傾いてしまわないよう、非加熱側の鋼板にガイド棒を溶接して、保護管に挿入する。
- ④ガイド棒上部にフックを取り付けておき、巻取り式変位計で上方変位を測定する。このとき、巻き取るバネの力あるいは鋼板の重さで、加熱発泡材の発泡性状を阻害しないよう、バネの引き上げ力と同等の錘を変位計のワイヤー側に取り付けておく。
⇒精度が荒いため非接触式のレーザー変位計に代替する。
- ⑤約15~30℃/分(0.25~0.5℃/s)で20分間加熱し、出煙の状況などを観察しつつ、加熱ポッド底面温度、試験体母材鋼板温度、変位の測定を行う。
- ⑥加熱終了後、25分放冷した後、変位計、ガイド棒を外し、所定の体積まで圧縮するのに必要な力を測定する。
- ⑦試験終了後、発泡後の試験体残渣の質量を測定する。
⇒膨張過程での密度変化をみるためにロードセルを用いた加熱中の質量測定に代替する。

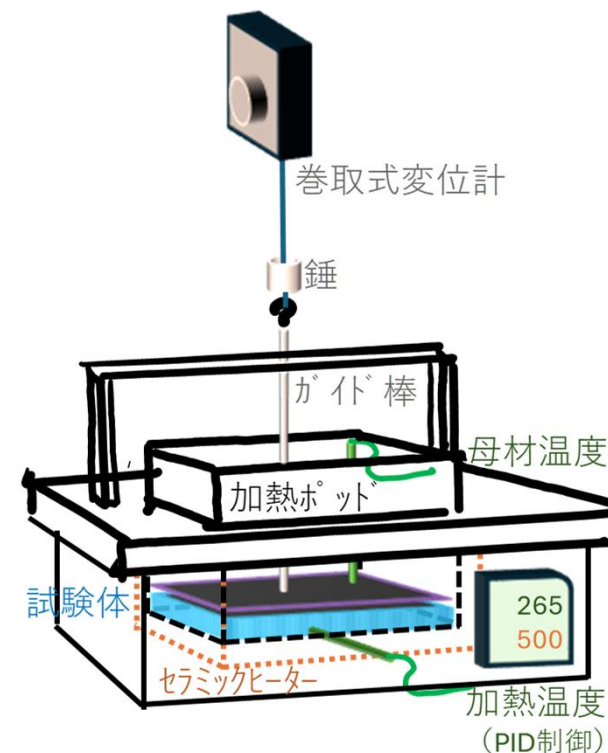


図 加熱発泡材単体の材料試験方法

防火設備の性能向上及び性能維持のための検討(加熱発泡材の材料試験方法の検討)

・加熱発泡材単体の試験方法(F26)

表 実験条件および試験結果一覧

試験体番号	種類	形状 (mm)	発泡倍率 (倍)		発泡時		母材厚 (mm)
			平面	山なり	加熱温度 (°C)	母材温度 (°C)	
5-0	グラファイト系	幅20/厚2	20.5	28	251.7	171.3	1.6
5-1			17	22	299.6	189.7	3.2
5-2			17	22	299.6	189.7	3.2
3	グラファイト系	幅10/厚2	9.5	13	265.8	164	3.2
1	グラファイト系 ブチル	幅10/厚2	16	16	255.9	170.1	3.2
2	グラファイト系	幅10/厚1.5	25	25	258.4	166.1	3.2
6	パーミキュライト 系	幅10/厚2	4	4	不明	不明	3.2
4	グラファイト系エ ポキシ	幅10/厚1.7	16	16	262	175.8	3.2

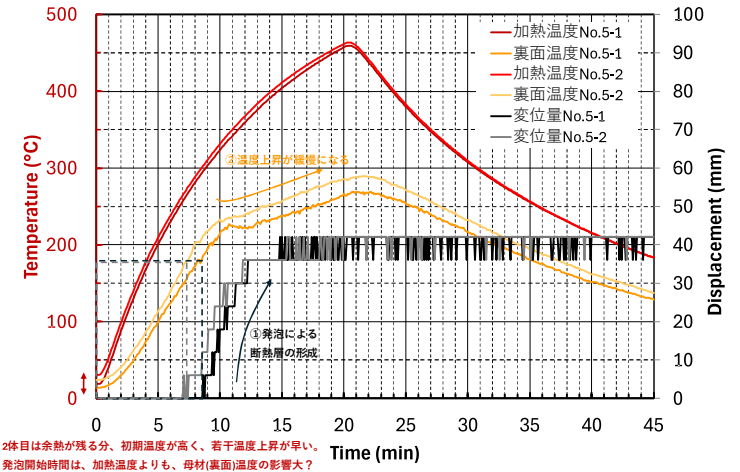


図 No.5-1, No.5-2 (N=2体の比較)



写真 加熱発泡材No.2(加熱後)



写真 加熱発泡材No.4(加熱後)

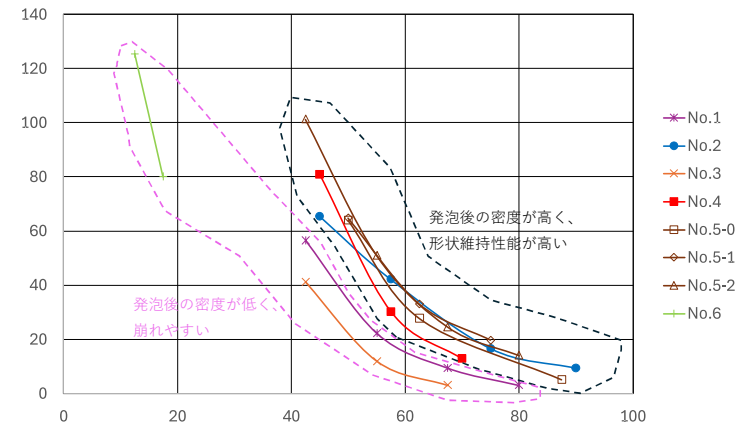


図 体積-圧縮応力測定結果

- ・ N=2体での再現性は高い
- ・ 発砲後の温度上昇、形状、性質などについて観察可能

防火設備の性能向上及び性能維持のための検討(防火設備性能維持のための対応について)

近年、防火設備に限らず、建物や室の入り口に設けられる扉やシャッターにおいては、本来の目的となる開口を開閉する機能のほかに、様々な性能を求められている。代表的なものとしては、各種のサインの表示や装飾などであるが、防火設備に関していえば、防火性能を維持するために、可燃物の貼付などは原則禁止されているのが現状である。しかしながら、上記のサイン・装飾だけでなく、防犯機能、建物・居室への入退出管理機能、ガラスなどを補強する機能など（防犯フィルム、スマートロック、飛散防止フィルムなど）が求められることも多く、防火機能を損なわない条件を明示することが必要となっている。

このような背景から、ここでは防火設備の性能を維持しながら付加的な機能追加の可能性について検討し、その前段として現状の取扱いについて調査する。

性能協 火 防設 第2号

2019年10月31日

防犯フィルム（フィルム厚さ：325～375 μ m）の貼付仕様の包含について

（一社）カーテンウォール・防火開口部協会からの提案を受けて、認定試験に合格した防火設備について、防犯フィルムの貼付仕様の包含を了承した。その適用範囲と仕様について以下に示す。

【適用範囲】

・ガラス仕様

：複層ガラス（網入板ガラス、耐熱強化ガラスまたは耐熱結晶化ガラス（以下、「防火ガラス」とする）を用いた仕様）及び単板ガラス（防火ガラスを用いた仕様）

※防犯フィルムを貼付するガラスは、防犯の観点から5mm以上とする

・フィルムの貼付位置

：ガラスの屋内面であつ、枠及び框へののみ込み部分を除く部分とする

・フィルムの貼付条件

：試験において、防火ガラスの脱落がないものとする

【防犯フィルムの仕様】

構成：①及び②

①フィルム

材質：ポリエチレンテレフタレート系

組成(質量%)：

ポリエチレンテレフタレート 98～100

添加剤・充填剤等 0～2

厚さ：325(-33)～375(+38) μ m

②粘着材

材質：アクリル樹脂系

組成(質量%)：

アクリル系樹脂 80～100

その他添加剤 0～20

質量：10(-2)～30(+15)g/m²

以上

まとめ

F26 長時間の遮炎性・遮熱性を有する防火設備の告示化及び性能評価方法の検討

- 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、60～120分以上の準遮熱性能を有する仕様について検討を行った
- 関連事業(F22)において課題としていた「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」については障子の構成をフラッシュ扉から変更して、鋼管で枠組みを作り、中央部をケイカルのみで構成させることで変形がなくなった
- 枠、框からの放射の影響については加熱側を保護することで準遮熱性能を有することが分かった
- 加熱発泡剤単体での試験方法について評価できなかった項目について観測が可能となった

今後の課題

- ① 扉の枠、框に施工する保護材の固定方法、及び材料の選定
- ② 戸のケイ酸カルシウム板の亀裂防止対策
- ③ 防火設備(シャッター)の長時間遮熱性能の検討