

F1 2 防火設備（窓）に関する 構造方法の告示化の検討

一般社団法人 建築性能基準推進協会
共同研究：国立研究開発法人建築研究所

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

本事業の目的

- ① 高い断熱性能を有する防火設備(窓)の告示化
 - ・鉄枠以外の枠(アルミ、アルミ樹脂複合、樹脂、木、など)
 - ・網入りガラス以外のガラス(耐熱強化、耐熱結晶化、など)
 - ・Low-Eガラスとの複層窓
 - ・多様な開閉方式(FIX、すべり出し、引違い、など)
- ② 長時間の防火性能を有するガラス部材の性能の把握
 - ・積層ガラス、耐熱結晶化、・・・
 - ・現行(20分・60分)→30分、90分、・・・

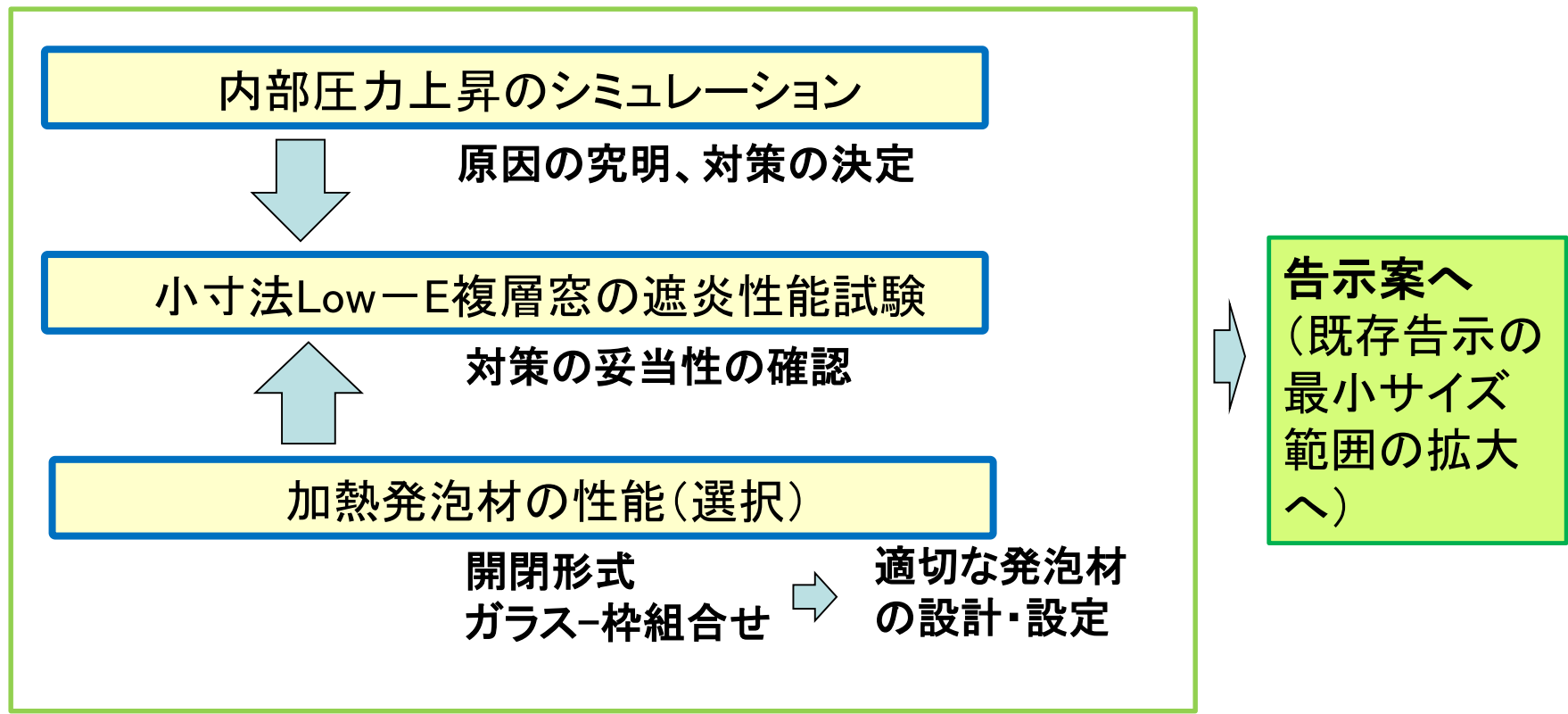
課題

- ① 「高い断熱性能を有する防火設備(窓)の検討」において発生した課題
 - ・複層窓とすることによって生じる問題。
 - Low-Eガラスからの反射によって防火ガラスが「両面」加熱を受ける。
 - 複層窓の内部の温度上昇に伴う圧力上昇によりガラスが破損する。
 - ・引違い窓(木枠)の告示化条件の提示。
- ② 「長時間の防火性能を有する防火設備」仕様を確定するために、その構成部材であり熱的に弱点となるガラスの性能を確認する。

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

課題解決のための検討

- ①「高い断熱性能を有する防火設備(窓)の検討」において発生した課題
 - ・複層窓とすることによって生じる問題。
Low-Eガラスからの反射によって防火ガラスが「両面」加熱を受ける。
複層窓の内部の温度上昇に伴う圧力上昇によりガラスが破損する。

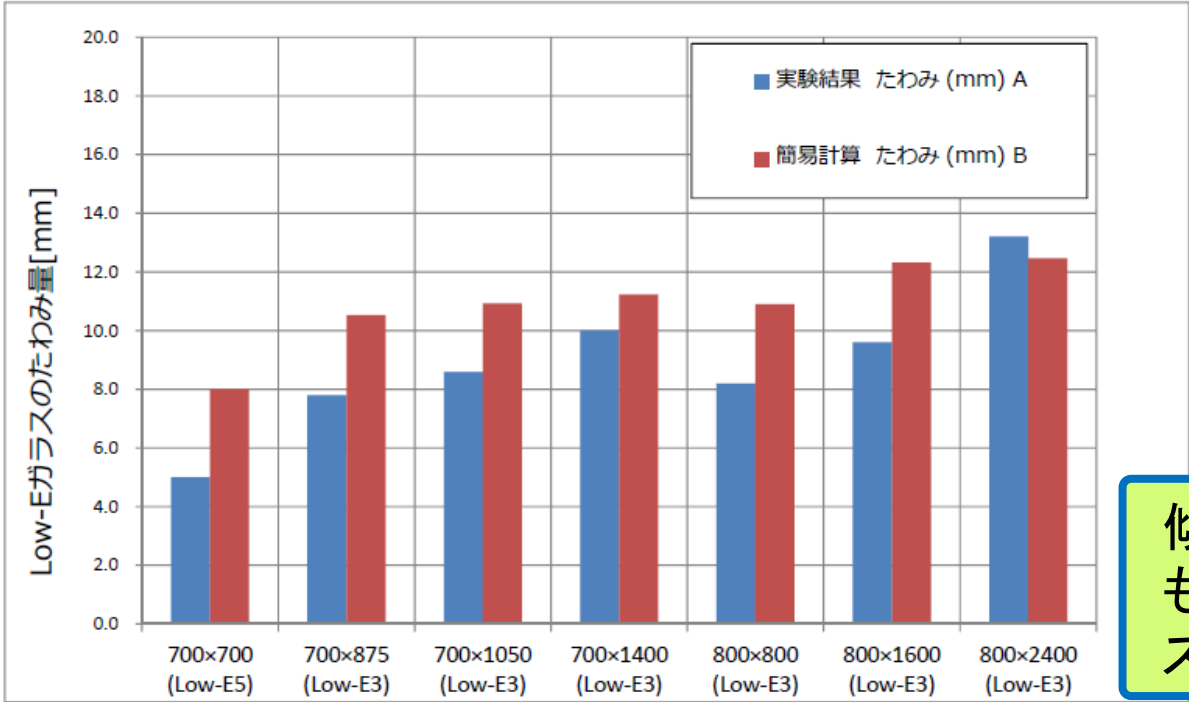


F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

内部圧力上昇のシミュレーション

表1 実験結果と簡易計算の比較 (ガラス構成：加熱⇒耐熱強化ガラス6.5ミリ+A12+Low-E3(or Low-E5))

	700×700 (Low-E5)	700×875 (Low-E3)	700×1050 (Low-E3)	700×1400 (Low-E3)	800×800 (Low-E3)	800×1600 (Low-E3)	800×2400 (Low-E3)
破損の有無	破損無し	破損無し	破損無し	破損無し	破損	破損無し	破損無し
実験結果 たわみ (mm) A	5.0	7.8	8.6	10.0	8.2	9.6	13.2
簡易計算 たわみ (mm) B	8.0	10.5	10.9	11.2	10.9	12.3	12.5
比率 B/A	1.6	1.4	1.3	1.1	1.3	1.3	0.9



傾向はつかめるもののエビデンスとしては不足

図1 実験結果と簡易計算の比較

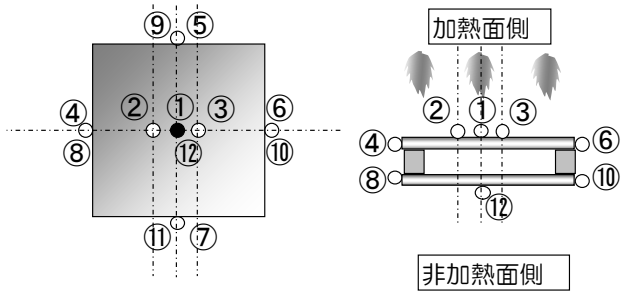
F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

小寸法の複層窓の試験＜目的と期待される成果＞

- ・小寸法のLow-E複層ガラスで、Low-E5ミリのものの内圧による早期割れの有無確認
 - Low-Eガラスの内圧による破損防止は、ガラス板厚を厚くすることが有効となる可能性を把握できる。
- ・サッシ種類毎の複層ガラスの封着材から可燃性ガスによる発炎可能性の比較
 - Low-Eガラスが熱割れした場合の発炎の有無に関して、封着材温度をガラスエッジ温度に代用させることで、サッシ種類による封着材からの可燃性ガス発生の変異を把握できる。

表1 試験体仕様

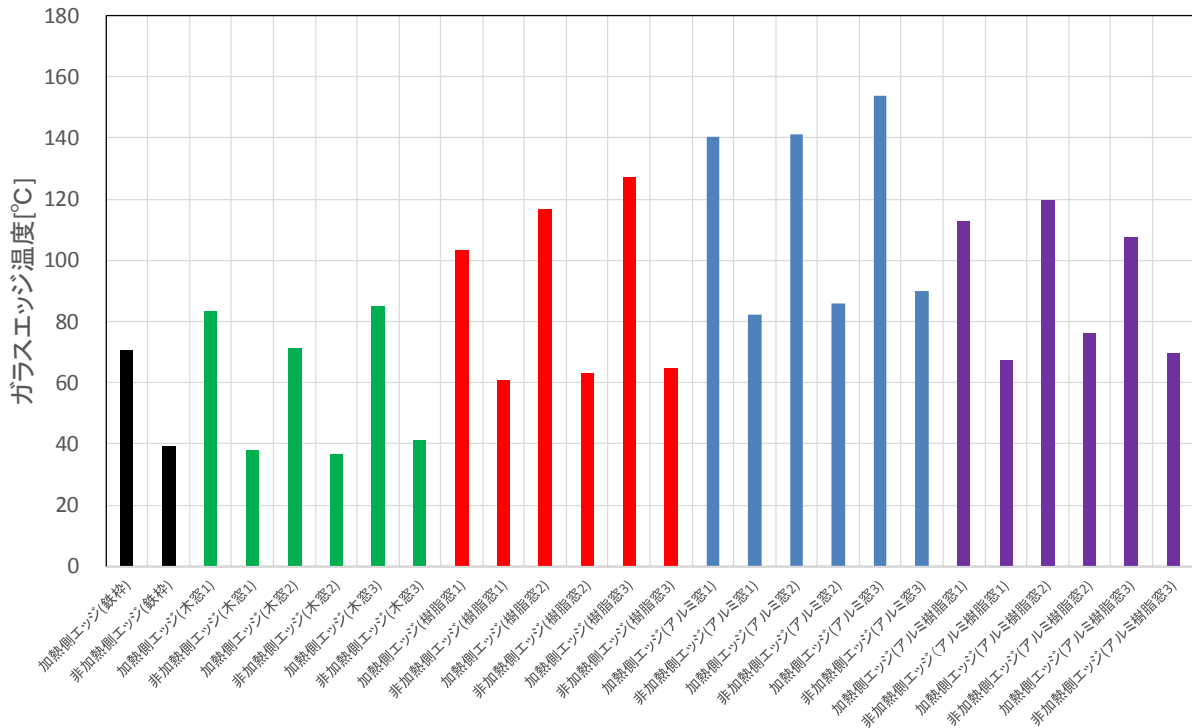
開閉形式	FIX窓
ガラス品種	耐熱結晶化ガラス5+A12+Low-E5
ガラス寸法※	呼び寸法700ミリ×700ミリ
サッシ種類	木窓、樹脂窓、アルミ窓、鉄枠 の4種類
副資材	封着材・加熱発泡材は可能な限り可燃物が少ないもの



F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

小寸法の複層窓の試験<結果>

- ・Low-Eガラスを3ミリから5ミリに板厚を上げることにより、700×700mmサイズの複層窓における内圧上昇による破損を防止することができた。
⇒この結果から、既存告示仕様の最小サイズの範囲の拡大が可能となる。
- ・非加熱側のLow-Eガラスが破損した場合の発炎の有無に関して、可燃性ガスをもたらず複層ガラスの封着材温度の代用特性としてガラスエッジ温度を把握した。実験に用いたサッシ種類中で、木窓と鉄枠が最もガラスエッジ温度が低く推移した。



F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

加熱発泡材の性能試験＜目的＞

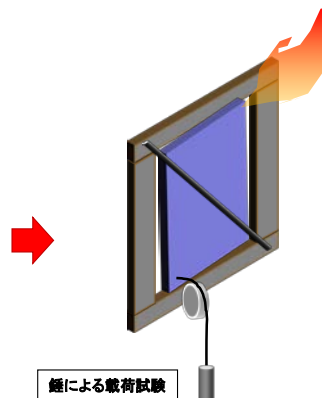
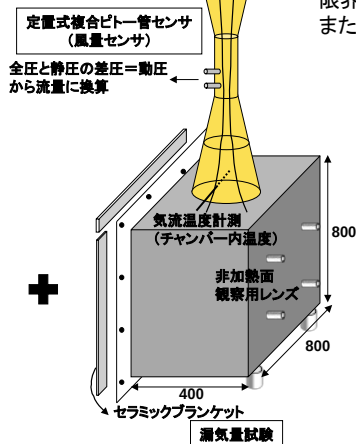
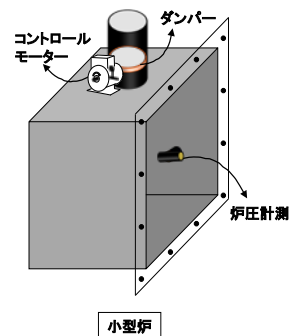
開閉機構に応じた加熱発泡材の適用や、枠や障子の熱変形に対する加熱発泡材の追従性への関心より、以下の項目を検討する。

- ・ISO12472で規定する加熱開始15分時に载荷した後、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、加熱発泡材間の相対評価により同等性を確認することとした。
- ・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。



測定項目1:加熱初期の加熱発泡材の発泡性状の定量化を目的として、非加熱側への漏気量を測定。

測定項目2:加熱開始後15分に錘による载荷を行い、上隅角部の変位量を測定。限界たわみ量を15mmとした時の到達時間または遮炎性喪失時間で評価。

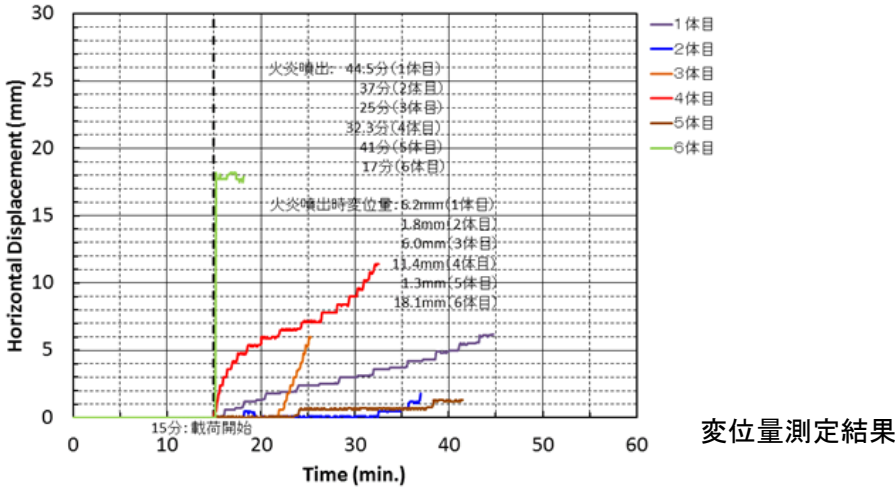
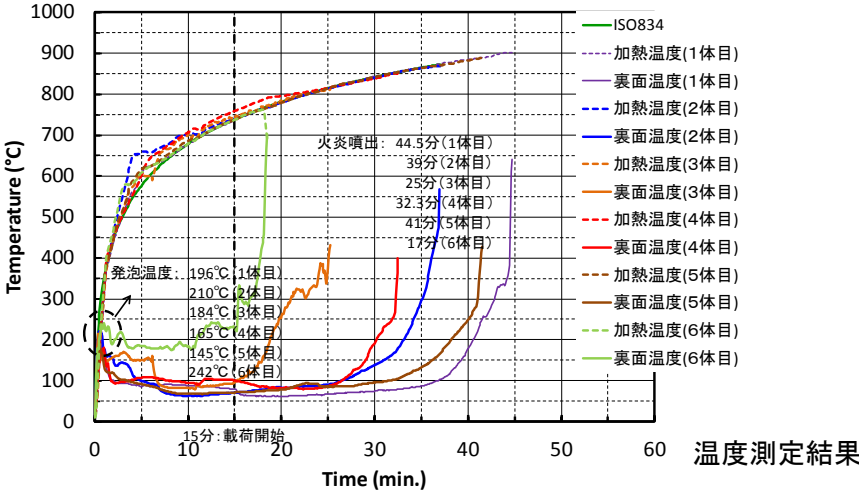
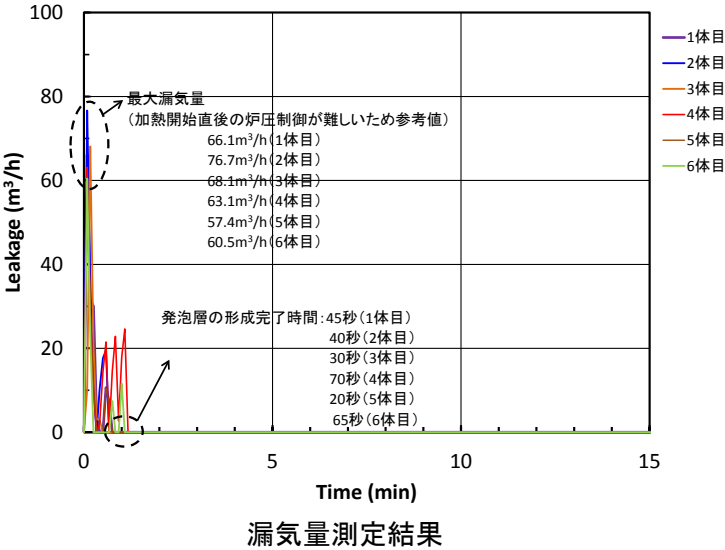


F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

加熱発泡材の性能試験<結果>

試験体一覧

試験体番号	種類	形状 (mm)
1体目	グラファイト系ブチル	幅10／厚2
2体目	グラファイト系	幅10／厚1.5
3体目	グラファイト系	幅10／厚2
4体目	グラファイト系エポキシ	幅10／厚1.7
5体目	グラファイト系	幅20／厚2
6体目	パーミキュライト系	幅10／厚2

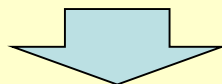


- ・いずれの試験体も加熱開始1分程度で漏気量低下を確認⇒発泡層の形成。
- ・試験体1、4、6は載荷直後より変位開始⇒付着力小
- ・試験体2、5は試験終了まで変位なし。

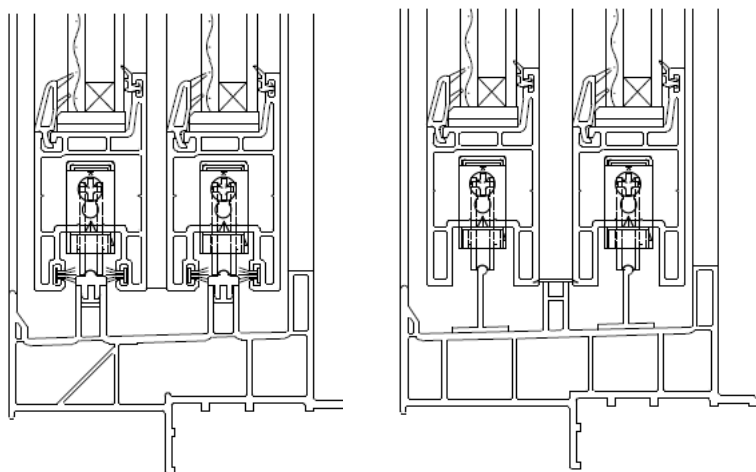
F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

引違い窓の遮炎性能に関する検討

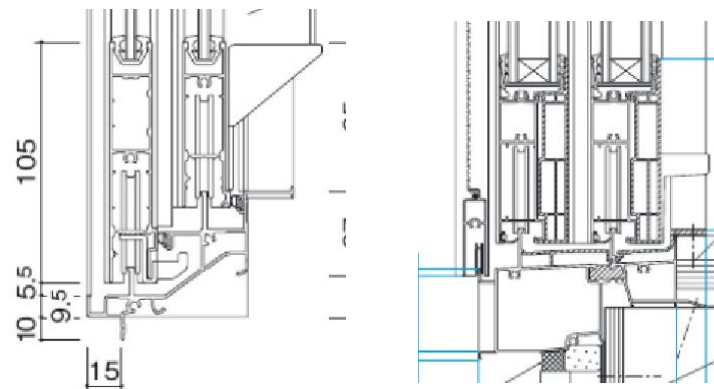
- ・窓の開閉形式の中で引違い窓の使用頻度が高く、この形式の一般化のニーズは高い。
- ・引違い窓は構成が複雑で、かつ、部品が多いことから、一般化は困難(下図)。
- ・他の開閉形式とは異なり、障子(戸)の部分が枠に対して金具などで固定されており、この特徴が防火的な弱点となる。



○比較的構成が単純である木枠引違い窓について、防火性能を有する仕様を定める検討を行う。



障子を支えるレール部の構造が二分
⇒それに応じて補強方法が異なる。



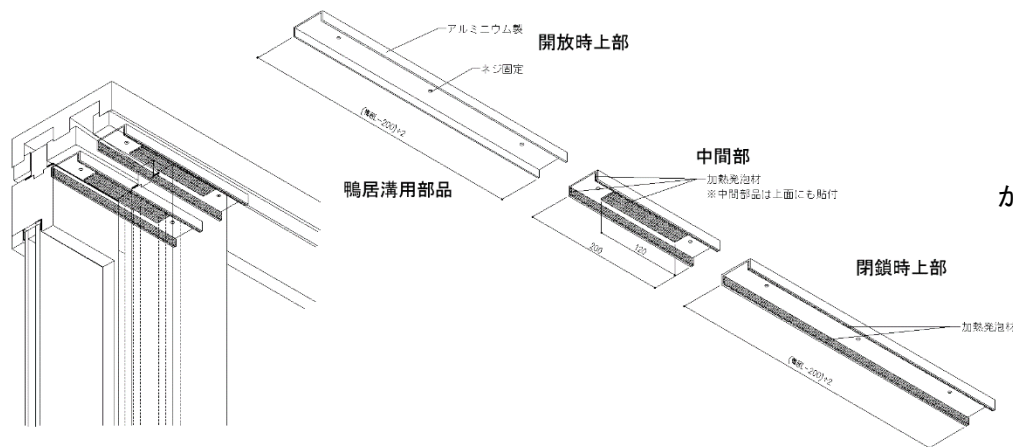
水密性能による構造の変動
⇒部品が多様

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

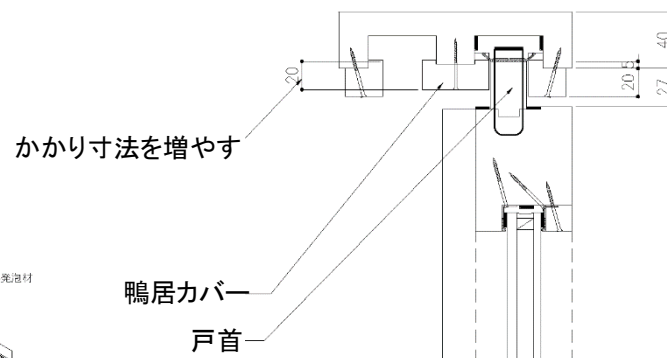
木枠引違い窓の耐火試験

試験体の特徴

- ・引戸下部の形式を「リフトアンドスライド式(ヘーベシーベ)」、上部形式を戸首式とした。
- ・閉鎖時の下部の気密性は高まり、防火上も有効であると考えられる。
- ・一方、上部には隙間が開くことになるため、今回の試験体では以下の対応をとっている。
 - ①鴨居枠周りの加熱発泡材の充填を厳密に行う。
 - ②鴨居枠溝の中に金属製のカバーを設置し、木部の燃え進みを遅らせるとともに、①の加熱発泡材の速やか、かつ、均等な発泡を促す(下左図)。
 - ③鴨居まわりの木部品のサイズを大きくする(下右図)。

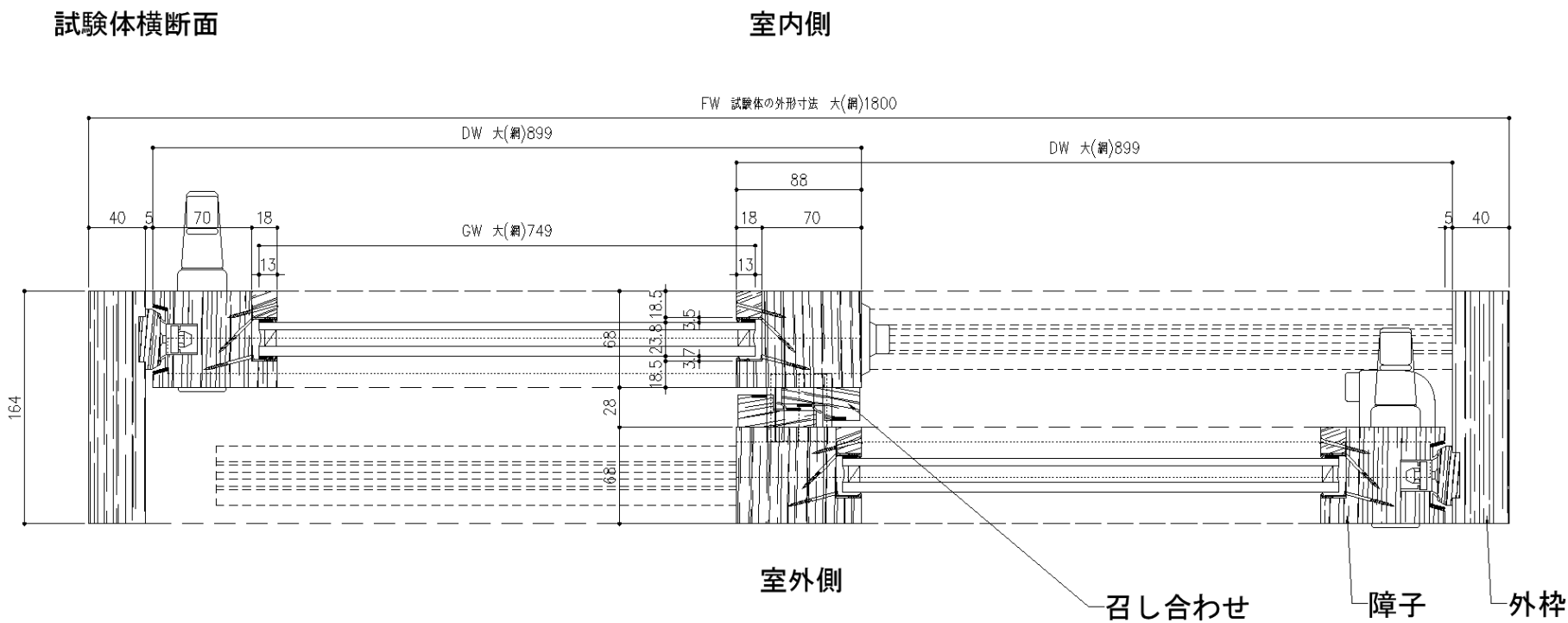


鴨居枠溝の中に金属製カバーを設置する。

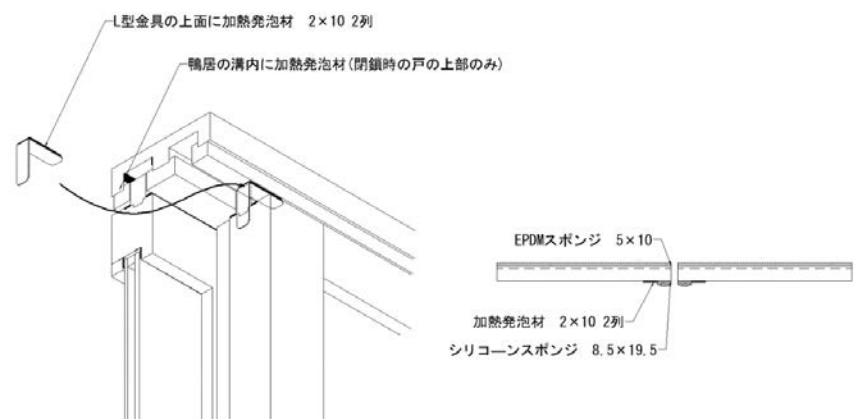
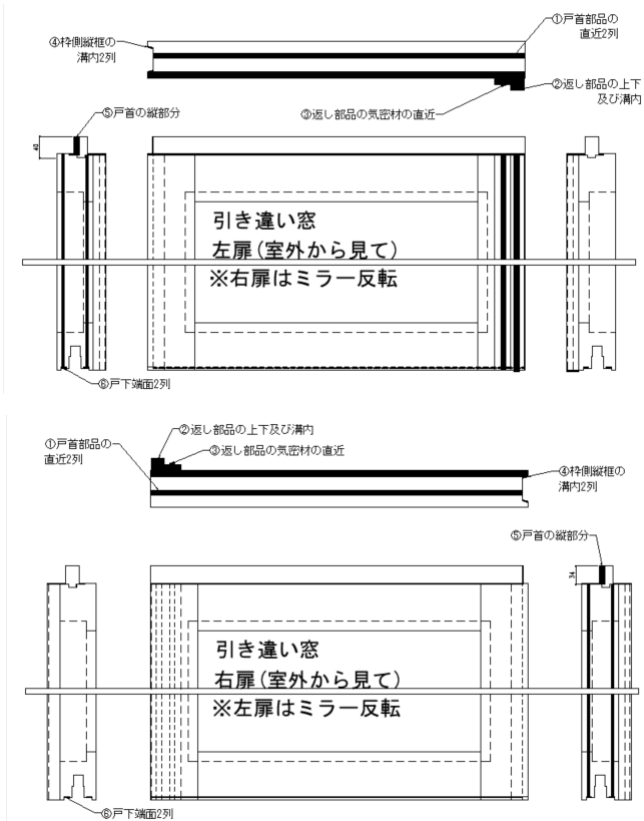
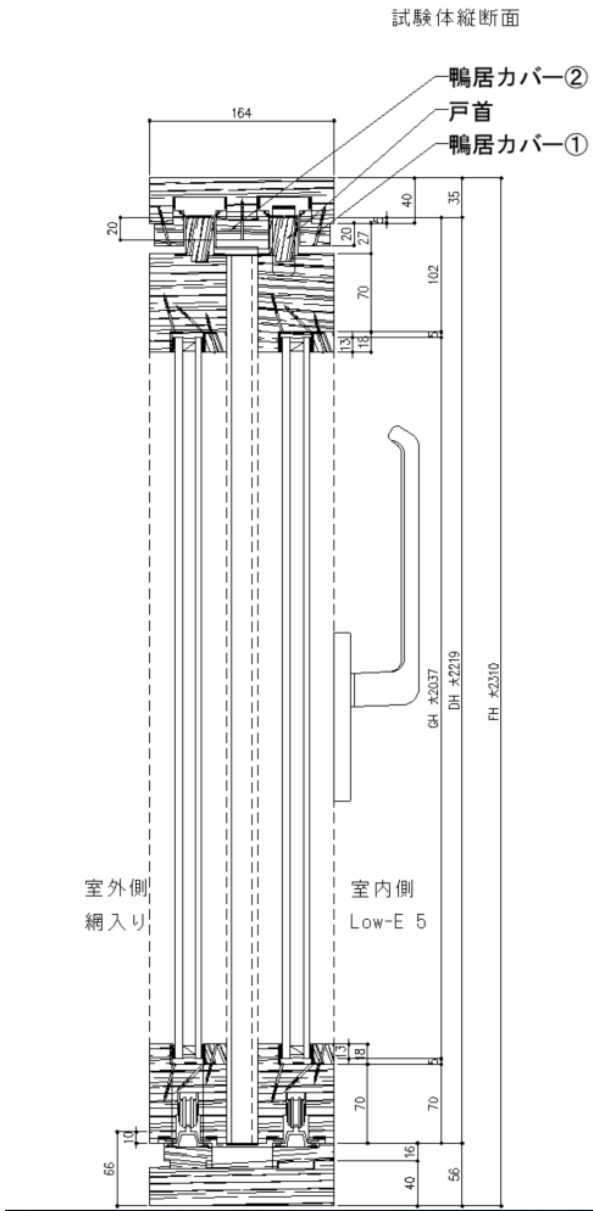


鴨居まわりの木部品の充実

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討



F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討



F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

木枠引違い窓の耐火試験＜結果＞

試験名	ガラスの構成			寸法					かかり		判定	遮炎性喪失時間	経過
	加熱側ガラス	空気層封着材	非加熱側ガラス		呼称寸法(W・H)	枠外(FW・FH)	戸(DW・DH)	ガラス(GW・GH)	木部とガラス	固定部材とガラス			
試験1 対策①②③	6.8mm 網入りガラス	12mm シリコーン	5mm Low-Eガラス 0.05±0.02	W	1720	1800	899	749	13	10	○	20分56秒	1'05" 網入りガラス割れはじめ
													1'30" 炉内側障子周囲より発煙
													7'00" 炉内側障子周囲の発煙が激しい
													10'00" 網入り軟化が目立ち始め
													13'37" 空気層で炎
													16'43" 炉内側障子網入りガラス抜けはじめ
													18'02" 炉内側障子網入りガラス抜け落ち
													19'52" 炉内側障子Low-Eガラスに貫通穴
													20'56" 試験終了
試験2 対策①③	6.8mm 網入りガラス	12mm シリコーン	5mm Low-Eガラス 0.05±0.02	W	1720	1800	899	749	13	10	○	23分28秒	1'19" 網入りガラス割れはじめ
													2'05" ガラスと木部の境から発煙
													9'25" 召し合わせ部から煙、のち炉内発炎
													12'23" 炉内側障子Low-Eクラック
													17'19" 空気層で炎が走る
													17'50" 炉内側障子網入りガラス抜けはじめ
													19'20" 炉内側障子網入りガラス抜け落ち
													19'33" 炉内側障子上端でフラッシュ
													23'28" 炉内側障子Low-Eガラスに貫通穴
													試験終了

※過去の試験データから勘案して、小サイズ(呼称寸法W1320×H994)及びLow-Eガラス側からの加熱に対しては、上記以上の性能を確保と思われる。

- ・いずれの試験体も20分の遮炎性能は確保。
- ・いずれの試験体も遮炎性喪失の事由は網入りガラスの軟化脱落。
⇒20分の遮炎性能は確保されているとはいえ、防火ガラス(網入りガラス)は、いずれの試験でも20分直前に脱落していることから、十分な性能を有した仕様とは言い切れない。
⇒ただし、上記の遮炎性喪失の根本的な原因はガラスのサイズにあることから、過去の試験結果などを参考に最大サイズを検討する余地はある。

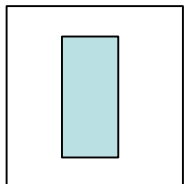
F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

積層ガラス、板厚の厚い耐熱結晶化ガラスを用いたフィックス複層窓の検討

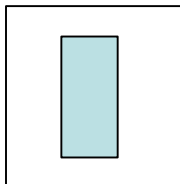
○ 試験の目的と方針

- ・「20分を超える遮炎性能を有するFIX窓(可能な限り、サイズフリー)の仕様の確定」を目的とする。
- ・原則として、省エネに配慮した仕様(複層ガラス、アルプラ等のサッシ)について試験を実施する。
- ・小サイズの試験はF9、F12で見られた小寸法複層ガラス窓の遮炎性能の損失問題を確認するため。
- ・可能な限り多くの試験を実施し、上記目標の達成のみならず、今後の検討(30分の片開き窓、60分のFIX・片開き窓、遮熱性能を有するガラスの間仕切壁)に資するデータを得ておく。

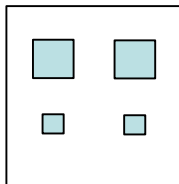
【試験体のイメージ】



【試験1】積層
ガラス
※片面加熱

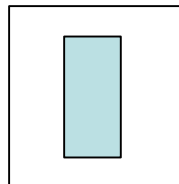


【試験2】積層
ガラス
※試験1と同じ
仕様を反対面
加熱

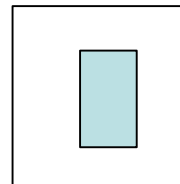


【試験3】積層
ガラス
※両片面加
熱

積層ガラス

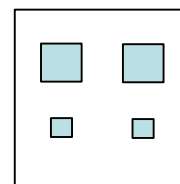


【試験4】耐
熱結晶化
ガラス
10.6mm
※耐熱結晶
化ガラス側
加熱



【試験5】耐
熱結晶化
ガラス
8.6mm
※耐熱結晶
化ガラス側
加熱

耐熱結晶化ガラス

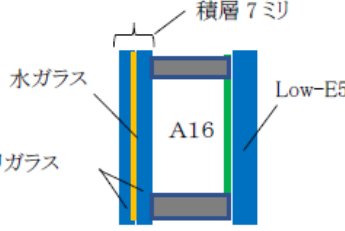
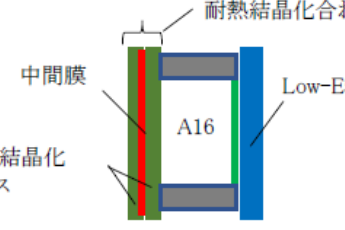


【試験6】耐熱結
晶化
ガラス10.6mmと
8.6mm
※耐熱結晶化ガ
ラス側加熱

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

積層ガラス、板厚の厚い耐熱結晶化ガラスを用いたフィックス複層窓の検討

表 1 試験体仕様

No	ガラス品種 ²⁾			寸法[mm] ¹⁾	ガラス構成	枠仕様
	加熱側	中空層	非加熱側			
1	積層ガラス 7	A16	Low-E5	1,000×2,000		鉄枠
2	積層ガラス 7	A16	Low-E5	700×700 200×200		
3	Low-E5	A16	積層ガラス 7	1,000×2,000		
4	Low-E5	A16	積層ガラス 7	700×700 200×200		
5	耐熱結晶化 8.6	A16	Low-E5	1,226×2,426		
6	耐熱結晶化 10.6	A16	Low-E5	1,226×2,426		
7	耐熱結晶化 8.6	A16	Low-E5	700×700 200×200		
	耐熱結晶化 10.6	A16	Low-E5	700×700 200×200		

1)今回は全てのガラスかかり代を 13mm に設定している。上表は、ガラス寸法を示しており、開口寸法は-26mm とした寸法となる。
2)No.1~4 と No.5~7 のガラス品種によって、ガラス廻りの仕様が若干異なるため、個別試験結果に詳細を示す。

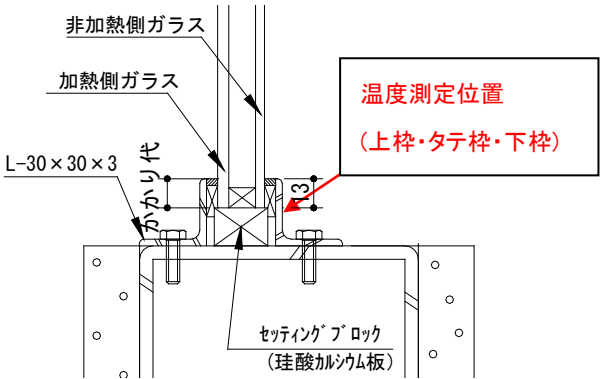


図1 試験体納まりと温度測定位置

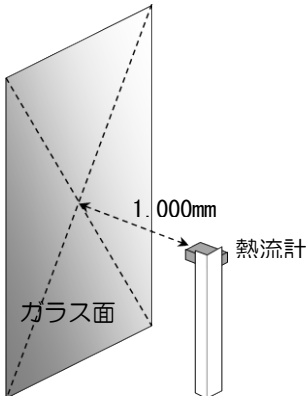


図2 放射熱流束の測定

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

積層ガラス、板厚の厚い耐熱結晶化ガラスを用いたフィックス複層窓の検討



←20分程度で遮炎性能を損失



60分の遮炎性能を確認→

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

積層ガラス、板厚の厚い耐熱結晶化ガラスを用いたフィックス複層窓の検討

本実験で得られた遮炎性能のカテゴリー分け

遮炎性能	試験体No.	ガラス寸法 [mm]	ガラス構成
20分	No.1, No.3 No.7	1000×2000	加熱→積層ガラス7+A16+Low-E5 加熱→Low-E5 +A16+積層ガラス7
		700×700	加熱→耐熱結晶化ガラス10.6+A16+Low-E5
30分	No.2	700×700	加熱→積層ガラス7+A16+Low-E5 加熱→積層ガラス7+A16+Low-E5
45分	No.4	700×700	加熱→Low-E5 +A16+積層ガラス7 加熱→Low-E5 +A16+積層ガラス7
60分	No.2, No.4 No.7	200×200	加熱→積層ガラス7+A16+Low-E5 加熱→積層ガラス7+A16+Low-E5 加熱→Low-E5 +A16+積層ガラス7 加熱→Low-E5 +A16+積層ガラス7 加熱→耐熱結晶化ガラス8.6+A16+Low-E5 加熱→耐熱結晶化ガラス10.6+A16+Low-E5
	No.7	700×700	加熱→耐熱結晶化ガラス8.6+A16+Low-E5
	No.5	1226×2426	加熱→耐熱結晶化ガラス8.6+A16+Low-E5
	No.6	1226×2426	加熱→耐熱結晶化ガラス10.6+A16+Low-E5

- ・耐熱結晶化ガラスの構成は、試験体の多くが60分までの遮炎性能が得られた。
- ・積層ガラスの構成については、多層のバリエーションやガラス構成の見直し等、性能確保のための検討が必要である。

○今後の課題として、30分超のガラス仕様を見出すとともに、省エネの観点からサッシ枠についても評価項目に加え、窓としての遮炎性能を確認する必要がある。

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

防火設備(窓)に関するニーズ調査

○告示化される仕様(特にサイズ)が市場のニーズを反映したものでなければ意味がないことから、メーカー及びユーザーに対して、窓の開閉形式・枠種ごとに使用実績の高いサイズを確認することを目的にアンケート調査を行った。

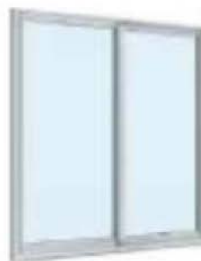
- ・「防火品のみ」とすると、偏りが出る可能性があるので、「一般・防火品」と「防火品のみ」のそれぞれで回答。
- ・開閉形式は下図に示す9種類。



FIX



引違い



片引き



上げ下げ



縦すべり出し



横すべり出し



内倒し (内開き)



外倒し



テラスドア (外開き)

※メーカー側から8回答、ユーザー側から30回答があった。

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

結果:引違い窓の一例を示す。
回答の形式をマトリクス表としたことから、信頼性の高い結果が得られた。

枠種:樹脂

全般(一般、防火品を含めた製品のラインアップと出荷ボリュームゾーン)

引違い	幅												
開口寸法mm	~200	~400	~600	~800	~1000	~1200	~1400	~1600	~1800	~2000	~2200	~2400	2400~
縦	~200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~600	0	0	0	1	2	2	0	0	2	0	0	0	1
~800	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	0	0	1
~1000	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	0	0	1
~1200	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	1
~1400	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1
~1600	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
~1800	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2
~2000	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2
~2200	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
~2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

防火品

引違い	幅												
開口寸法mm	~200	~400	~600	~800	~1000	~1200	~1400	~1600	~1800	~2000	~2200	~2400	2400~
縦	~200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~600	0	0	0	1	2	0	3	0	2	0	0	0	0
~800	0	0	1	2	0	3	0	0	2	0	0	0	0
~1000	0	0	1	2	0	3	0	0	4	0	0	0	0
~1200	0	0	0	2	0	2	0	0	4	0	0	0	0
~1400	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0
~1600	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
~1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

メーカー回答

枠種:樹脂

全般(一般、防火品を含めた製品のラインアップと出荷ボリュームゾーン)

引違い	幅												
開口寸法mm	~200	~400	~600	~800	~1000	~1200	~1400	~1600	~1800	~2000	~2200	~2400	2400~
縦	~200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~600	0	0	0	1	3	0	4	0	2	3	0	0	1
~800	0	0	1	4	0	3	1	1	6	0	0	0	1
~1000	0	0	1	5	3	7	1	4	5	0	0	0	1
~1200	0	0	0	2	1	9	0	5	10	1	1	0	4
~1400	0	0	0	0	2	6	2	3	16	0	1	0	4
~1600	0	0	0	0	0	2	1	2	3	0	1	0	3
~1800	0	0	0	0	0	1	0	4	4	0	1	0	2
~2000	0	0	0	0	0	3	0	8	13	1	2	0	7
~2200	0	0	0	0	0	2	0	5	14	0	3	0	9
~2400	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	1	0	4
2400~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

防火品

引違い	幅												
開口寸法mm	~200	~400	~600	~800	~1000	~1200	~1400	~1600	~1800	~2000	~2200	~2400	2400~
縦	~200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~600	0	0	0	2	7	0	9	0	3	7	0	0	0
~800	0	0	0	3	6	0	5	1	1	6	0	0	0
~1000	0	0	2	7	2	8	1	5	9	0	0	0	0
~1200	0	0	0	5	1	12	1	5	12	0	0	0	0
~1400	0	0	0	0	1	6	0	3	14	0	0	0	0
~1600	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
~1800	0	0	0	0	0	2	0	4	7	0	0	0	3
~2000	0	0	0	0	0	3	0	3	10	1	0	0	2
~2200	0	0	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	2
~2400	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1
2400~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ユーザー回答

考察:(引違い窓、樹脂枠。)
・メーカー側の回答で、販売実績(赤色着色)の間に隙間が生じるのはカタログ等に記載の一般サイズを示したものと考えられる。
・ユーザー側の回答で見られる、サイズの大きな範囲での実績については、複合的に使用しているものと考えられる(この時に開閉形式も同一ではないケースがある)。

F12 防火設備(窓)に関する構造方法の告示化の検討

総括

本事業では、外壁の開口部において、延焼防止を目的に設置が要求される防火設備(窓)について、現状の「鉄及び網入ガラスで造られたもの」以外の、新たな告示仕様を定めるための検討を行った。

今回の一連の検討で、ガラスの熱特性のみならず、構成材料の組合せやサイズによって遮炎性能が大きく変動することが明らかになった。

特にLow-E複層ガラスでは、そもそも複層化の目的を果たすLow-Eガラスが、遮炎性能を低減させる要因となっていると推定された。

この問題を解決するための検討が行われたことは、今後の材料開発にとっても良い指針になったと考える。

○今年度の試験結果から提案される告示化可能な条件

①ガラス部分の形状が700mm×700mmのFIX窓(以下の仕様)

- ・枠種: アルミ枠、アルミ樹脂複合枠、樹脂枠及び木枠
- ・複層窓の構成: 耐熱結晶化ガラス6mm+A12+Low-E5mm

※この結果から、FIX窓の告示化可能範囲を拡張するだけでなく、他の開閉形式の窓に対しても今回の結果を適用することが可能と考える。

②木枠の引違い窓については、ガラスサイズなどの検討が必要である。

○高性能防火設備の仕様確定のための基礎的な実験(ガラス部材の性能確認実験)を行い、今後の検討に引き継ぐ知見を得た。