

10分の防火性能を有する連装ガラスパーティションの開発

岸上昌史 山口純一

Continuous Glass Partition with 10-min Fireproof Performance

Masashi Kishiue Jun-ichi Yamaguchi

Abstract

With the revision of the Building Standards Law in 2019, fire prevention equipment that operate effectively for 10 min have been newly defined. Therefore, we develop a continuous glass partition with 10-min fireproof performance. Herein, we clarify the deformation of a continuous glass partition and the lost of fireproof performance during a fire. It is verified that the fireproof performance can be maintained for 10 min by implementing minor measures that suppress deformation.

概要

2019年の建築基準法の改正によって、十分間防火設備が新たに制定された。今後、当該防火設備は内装制限や排煙設備緩和の代替手法の主流になることが予想される。そこで本論文では、まず十分間防火設備の枠組みを整理した。次に、市販の連装ガラスパーティションが火災時にどのように変形し、遮炎性能を失うかを把握すべく、遮炎性能試験を実施した。この試験結果をもとに火災時の変形メカニズムを明らかにするとともに、変形抑制対策を考案した。そして、対策を講じた仕様で再び遮炎性能試験を行い、10分の防火性能を有することを確認した。さらに、避難安全検証法ルートB2を用いた場合の十分間防火設備の計画例を示した。

1. はじめに

近年、IT機器の発達や働き方改革の推進といった社会的変化に伴い、建築物に求められるニーズも多様化しつつある。オフィス为例にとっても、生産性向上を謳ったオープンスペースのデザインオフィスやシェアオフィス、コワーキングスペース等その計画形態は多岐にわたる。また、オフィスビルを商業施設にコンバージョンするなど用途変更を行い、既存建築ストックの有効活用を図る計画も多々見られるようになってきた。そのため、火災時に火災の拡大を防ぎ、在館者を安全に避難させることを目的とした防火・避難関係規定についても、多様化する建物特性に応じた基準の整備や既存の規定の合理化が求められていた。

また、基準整備促進事業等の官民一体となった研究開発や技術的知見の蓄積¹⁾²⁾が進み、その結果、避難性状や煙性状に係る予測技術も向上した。例えば、非火災室の在館者の避難安全に大きくかかわる項目の一つである火災室から廊下への漏煙量についても、従来は開口仕様のみで決められていたものに対し、火災室の可燃物量、内装仕様、排煙性能等を総合的に評価できるようになった。

こうした社会的情勢を受けて、2019年に建築基準法における防火・避難規定が改正された。その中で、防火設備の枠組みの中に新たに十分間防火設備が位置づけられた。十分間防火設備は、2020年度に新設予定の避難安全検証法ルートB2でも使用可能となる³⁾ことから、今後の防火設備の主流になると期待されている。

そこで、筆者らは十分間防火設備に係る開発を進め、連装の(ガラス間に縦枠がない)ガラスパーティションを

新たに開発した。本報では、まず十分間防火設備の枠組みを整理する。次に開発した連装ガラスパーティションの概要を示すとともに、遮炎性能試験の結果と考察を述べる。さらに、十分間防火設備の適用例を示す。なお、本報で述べる連装ガラスパーティションは、2020年5月に大臣認定(番号:EBN010-0001)を取得済である。

2. 法改正における十分間防火設備の位置づけ

2.1 改正された建築基準法の概要

Table 1に、2019年に改正された建築基準法関係条文をまとめる。十分間防火設備は、令112条第11項の病院等の小規模建築物の堅穴区画の中で定められた。これは、3階建てで200m²未満の病院、診療所(就寝施設あり)、児童福祉施設(寝室あり)は、階段等の堅穴を十分間防火設備で区画すれば耐火建築物(スプリンクラー設備を設置した場合)としなくてよいというものである。

また、十分間防火設備は2020年度に新設予定の避難安全検証法ルートB2でも使用できる。避難安全検証法ルートB2では、排煙設備や内装制限、歩行距離といった緩和できる避難関連規定は従前の避難安全検証法ルートB1と同一である。しかし、Table 2に示すとおり煙発生・避難行動に関するモデルを精緻化したことで、避難安全検証法ルートB1における課題、すなわち100m²以下の小規模居室では検証成立が難しい、堅穴廻りには追加対策が必要、要介助者がいる場合は適用不可といった点を解決した。そのため、中規模から大規模物件、新築からリニューアルまで幅広い適用が可能となり、結果として十分間防火設備も広く運用されることが期待される。

Table 1 建築基準法の改正事項一覧
Amendments of Building Standards Law

改正関係条文	項目	対応
旧法第24条	木造建築物等である特殊建築物の外壁等	削除
旧令第112条第12項	防火区画（法24条に該当する部分の区画）	削除
法第2条第6号	延焼のおそれのある部分	改正
令和2年国土交通省告示第197号	建築物の周囲において発生する通常の火災時における火熱により燃焼するおそれのない部分を定める件	新設
法第21条	大規模の建築物の主要構造部等	改正
令第109条の5	大規模の建築物の主要構造部の性能に関する技術的基準	新設
令第109条の6	延焼防止上有効な空地の技術的基準	新設
令和元年国土交通省告示第193号	建築基準法第21条第1項に規定する主要構造部の構造方法を定める件【ルートA：4階建ての仕様】	新設
令和元年国土交通省告示第193号	建築基準法第21条第1項に規定する主要構造部の構造方法を定める件【ルートB：検証法を追加】	改正
法第26条	防火壁等	改正
令第113条	木造等の建築物の防火壁及び防火床	改正
令和元年国土交通省告示第197号	防火壁及び防火床の構造方法を定める件	新設
法第61条	防火地域及び準防火地域内の建築物	改正
令第136条の2	防火地域又は準防火地域内の建築物の壁、柱、床その他の部分及び防火設備の性能に関する技術的基準	改正
令和元年国土交通省告示第194号	防火地域又は準防火地域内の建築物の部分及び防火設備の構造方法を定める件	新設
旧法第62条	準防火地域内の建築物	削除 (法第61条に統合)
旧法第63条	屋根	法第62条
旧法第64条	外壁の開口部の防火戸	削除 (法第61条に統合)
旧令第136条の2の3	準遮炎性能に関する技術的基準	削除 (法第61条、令第136条の2)
令第137条の10	防火地域及び特定防災街区整備地区関係	改正
令和元年国土交通省告示第196号	20分間防火設備の構造方法を定める件（旧準遮炎性能）	新設（旧H12建告1366号）
法第27条第1項	耐火建築物等としなければならない特殊建築物	改正
平成27年国土交通省告示第255号	建築基準法第27条第1項に規定する特殊建築物の主要構造部の構造方法を定める件【ルートB：検証法を追加】	改正
令第110条	法第27条第1項に規定する特殊建築物の主要構造部の性能に関する技術的基準	改正
令第110条の4	警報設備を設けた場合に耐火建築物等とすることを要しない用途	新設
令第110条の5	警報設備の技術的基準	新設
令和元年国土交通省告示第198号	警報設備の構造方法及び設置方法を定める件	新設
法36条	この章の規定を実施し、又は補足するため必要な技術的基準	新設
令第112条第2項	防火区画（1時間準耐火基準）	新設 (旧令第129条の2の3)
令和元年国土交通省告示第195号	1時間準耐火基準に適合する主要構造部の構造方法を定める件	新設 (旧平成27年国交告示第253号)
令第112条第11項	病院等の小規模建築物の堅穴区画	新設
令和2年国土交通省告示第198号	十分間防火設備の構造方法を定める件	新設
令第112条第12項	病院等以外小規模建築物の堅穴区画	新設
令第112条第14項	小規模建築物の堅穴区画の緩和	新設
令第114条第1項	建築物の界壁、間仕切壁及び隔壁	改正
法第35条	特殊建築物等の避難及び消火に関する技術的基準	改正
令第126条の2第2項	排煙設備の設置基準の合理化 (排煙規定の別棟みなし適用の拡大)	改正
令第128条	敷地内に設けるべき通路の幅員の合理化	改正
令第128条の6	区画避難安全検証法	新設
令第129条	階避難安全検証法の合理化	改正
令第129条の2	全館避難安全検証法の合理化	改正
法第35条の2	特殊建築物の内装	改正
令第111条第1項	窓その他の開口部を有しない居室等	改正
令第128条の5第7項	特殊建築物等の内装制限の合理化	改正
法第36条	この章の規定を実施し、又は補足するため必要な技術的基準	改正
令第112条第3項	吹抜き等の空間を設けた場合における面積区画の合理化	新設
令第112条第18項	異種用途区画の緩和	改正
令第121条第4項	二以上の直通階段を設けなければならない小規模建築物の範囲の合理化	新設
平成12年建設省告示第1399号	耐火構造の構造方法を定める件の一部を改正する件	改正
平成12年建設省告示第1360号 (平成31年国土交通省告示第470号)	防火設備の構造方法を定める件の一部を改正する件	改正
昭和48年建設省告示第2563号 (平成30年国土交通省告示第502号)	防火区画に用いる防火設備等の構造方法を定める件の一部を改正する件	改正

赤字：十分間防火設備に係る項目
青字：避難安全検証法ルートB2に係る項目

2.2 十分間防火設備の技術的要件および構造方法

防火設備の技術的要件および構造方法をTable 3にまとめる。防火設備は、建物の屋内又は周囲で発生した火災に対して、所定の時間、加熱面以外の面に火災を出さない性能(遮炎性能)を有することが要求される。従来は、遮炎時間として20分が定められていたが、2019年の改正で新たに10分という枠組みが新設された。なお、以下では20分の性能を有するものを二十分間防火設備、10分の性能を有するものを十分間防火設備と区別することとする。

これらの仕様は、告示に定められた構造方法に適合している場合(例示仕様)と、告示で示される構造から外れるが、例示仕様と同等の性能を有するものとして国土交通大臣の認定を受ける場合(認定仕様)の2種類がある。Table 3からも分かるとおり、十分間防火設備の方が材料の選択の幅が広い。特にガラスについては、二十分間防火設備では網入りガラスのみだが、十分間防火設備では強化ガラス等も使用できる。このことも、十分間防火設備が主流になると期待される要因の一つである。

なお、認定仕様の場合は防火設備の遮炎性能試験に合格することが必要となる。当該試験は、試験体を壁炉に設置し、炉内温度が式(1)に示すISO834の標準加熱曲線(3.1節参照)となるよう加熱を行う。

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

T : 炉内平均温度[°C]
 t : 試験経過時間[分]

なお、合格の判定基準は、所定の加熱時間の間、

- a) 非加熱側へ10秒を超える火災の噴出がないこと
- b) 非加熱面で10秒を超える発炎がないこと
- c) 火災が通る亀裂等の損傷や隙間を生じないこと

の3項目全てを満足することである。

2.3 防火設備としてのガラスパーティション

ガラスパーティションは、通常網入りではないガラスが採用され、開口面積が幅0.7m×高さ2.1mを超えることから、例示仕様での運用は難しい。そのため、認定仕様となる。認定仕様には、十分間防火設備として大臣認定を取得した製品の事例は未だ存在しないが、二十分間防火設備はすでに製品化されている。Table 4に二十分間防火設備の一般的な構成をまとめる。二十分間防火設備の場合、ガラスは防火ガラス(耐熱強化ガラス)、ガラス間には不燃(金属)の縦枠、シーリング材は防火設備仕様となる。これは、加熱による熱変形を抑制(詳細は3章にて後述)することが必要となるためである。なお、ガラス間には必ず縦枠が必要であるから、連装のガラスパーティションは不可となる。

3. 連装ガラスパーティションの防火上の課題

3.1 課題の抽出

Table 2 避難安全検証法の比較
Comparison of Verification Method for Safety of Escape

項目	設定方法等		
	ルートB1	ルートB2 (新設)	
①在館者の属性	自力避難可能	自力避難可能 自力避難困難	
②設計火源	定常火源	成長火源 のち定常火源	
	煙発生量	火災室 非火災室	火災ブルームモデル
		火災室 非火災室	
(上階への煙侵入不可)			
③避難行動時間	避難開始時間	(火災室) 2√A (非火災室) +3(5)分 (非火災階) +3(5)分	(火災室) 煙拡散時間 (非火災室) +3(5)分 (非火災階) +6(8)分
	避難行動時間	歩行時間 ±出口通過時間	避難対象者全員が出口 を通過する時間
④避難経路の評価	省略 (居室避難の各時間に 相当の安全率をかけて いる)	省略	全経路検証
⑤安全性の判定方法	避難完了時間 ≤煙降下時間	避難完了時点の煙層状態 (高さ、温度)で評価	

赤字：煙発生・避難行動の精緻化に係る部分

Table 3 防火設備の枠組み

Framework of Fire Prevention Equipment

		二十分間防火設備	十分間防火設備 (新設)
技術的基準	要件	加熱面以外の面に火災を出さないこと	
	遮炎時間	20分	10分
	火災の種類	建築物の屋内又は周囲で発生する通常の火災	
(構造示方法様)※1	鉄製	厚さ0.8mm以上1.5mm未満	厚さ0.8mm以上
	ガラスの	・網入りガラス	・網入りガラス ・強化ガラス※2※3 ・耐熱強化ガラス※2※4 ・耐熱結晶化ガラス※2※5

- ※1：本論文と関連のある項目だけ抜粋した。
- ※2：幅0.7m以下、高さ2.1m以下に限る。
- ※3：厚さ5mm以上、表面圧縮応力140MPa以上。
- ※4：厚さ5mm以上、エッジ強度250MPa以上。
- ※5：厚さ5mm以上、線膨張係数 6×10^{-7} 以下。

防火設備ではない市販の連装ガラスパーティション(以下、一般品という。)について遮炎性能試験を実施し、防火上の課題を抽出した。Table 5に試験体の仕様を、Fig. 1に試験体図を示す。ガラスは、強化ガラスで厚さ10mmの3連装とし、開口面積のサイズは幅2642mm×高さ2720mmである。本報ではガラス3辺を周囲の枠で固定されているガラスを端部ガラス、上下2辺を枠で固定されているガラスを中央部ガラスと呼ぶ。ガラス加熱面側にはポリエステル系の飛散防止フィルムを貼付している。なお、一般品の遮炎性能検証を目的としたため、ガラスの強度試験等は実施していない。ガラス間の目地部は一般仕様のシーリング材と防火設備用のシーリング材の2種類で実施した。枠は厚さ1mmの鋼製材を使用した。

試験は、一般財団法人日本建築総合試験所にて日本建築総合試験所制定の「防耐火性能試験・評価業務方法書4.9遮炎・準遮炎性能試験方法」⁴⁾に従い、実施した。加熱

Table 4 各防火設備の比較
Comparison of Fire Prevention Equipment

		二十分間防火設備※1	十分間防火設備 (本開発品)	(参考)一般品	
防火性能保有時間		20分	10分	<10分	
図					
ガラスの熱伸びに起因する変形防止対策	方針	変形させない (加熱前基準の変形量σを0に近づける)	一定量の変形を許容 (ただし、中央部ガラスと端部ガラスの相対変位ξを0に近づける)	なし	
	図			なし	
対応範囲 (芯寸法)	幅	≦1200mm	≦3300mm	—	
	高さ	≦3000mm	≦3200mm	—	
ガラス	仕様	防火ガラス※2	強化ガラス	強化ガラス	
	厚さ	10mm	10mm	10mm	
	飛散防止フィルム	○	○	○	
枠	枠	不燃	不燃	不燃	
	シーリング材	ガラス間	防火仕様	一般仕様	一般仕様
		それ以外	防火仕様	防火仕様	一般仕様

○：有無を選択可能 —：制限なし

※1：一般的な仕様を例示する。

※2：耐熱強化ガラスや耐熱結晶化ガラスとなる。

時間は10分とした。炉内温度は熱電対12点で測定し、加熱状況をビデオカメラで記録した。

一般仕様のシーリング材を用いた試験体の試験時の炉内温度をFig. 2に、代表時間の試験体状況をFig. 3に示す。なお、Fig. 3には目視による観察記録も併せて示す。Fig. 2に示すとおり、炉内温度はおおむね式(1)を満足するよう加熱された。Fig. 3に示すとおり、加熱開始2分後からガラスが炉内側に向かって反り始めた。6分後には飛散防止フィルムが溶融し始め、8分では溶融したフィルムから発生する可燃性ガスが炉内で激しく燃焼していることが分かる。8分40秒で、突然中央部ガラスが炉内側に向かって大きく反り、中央部ガラスと端部ガラスの目地部分で隙間(目視レベルで最大40mm程度)が生じた。結果として、2.2節で述べた判定基準c) 亀裂および隙間を生じないことを満足できず、不合格であった。さらに、シーリング材を防火設備仕様とした場合も

同様の傾向を示し、不合格となった。なお、両試験体とも加熱は10分まで続けたが、いずれのガラスも割れなかった。

3.2 隙間発生メカニズムに関する考察

加熱による熱伸びという観点から隙間が発生したメカニズムを考察する。Fig. 4に示すとおり、単純化して1次元で考えた場合、伸び量ΔLは式(2)で与えられる。

$$\Delta L = \beta \times L \times \Delta T \quad (2)$$

ΔL：伸び量[mm]

β：線膨張率[1/K]

L：代表長さ[mm]

ΔT：温度上昇[K]

強化ガラスの線膨張率 $\beta = 9 \times 10^{-6}$ 、代表長さとして開口高さの $L=2720\text{mm}$ 、温度は(1)式から得られる10分時の最高温度 678°C から初期温度 20°C を引いた値 $\Delta T=658\text{K}$ ($=678-20$) として式(2)に代入すると、伸び量 $\Delta L=16\text{mm}$ となる。しかし、上端・下端ともにシーリング材で固定されていると仮定すると、伸びた分は面外方向へ変形することで解消せざるを得ない。なお、加熱面側が非加熱面側より必ず高温になるため、加熱面側の方が熱伸び量が大きくなり、必ず加熱炉側に向かって変形する。ここで変形後の形状が円弧として扱える (Fig. 4参照) と仮定すれば、前述の伸び量 $\Delta L=16\text{mm}$ のとき、円の弧長、弦長、

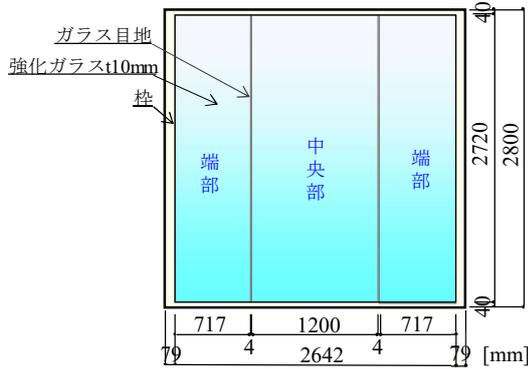


Fig. 1 試験体図 (一般品)
Test Specimen (General Products)

Table 5 試験体の仕様
Specification of Test Specimen

ガラス	仕様		強化ガラス
	サイズ	開口面積 1枚あたり	幅2642mm×2720mm 端部：727mm×2750mm 中央：1200mm×2750mm
ガラス	連装数	3連装	
	飛散防止フィルム	ポリエステル製 (加熱面側に貼付)	
	厚さ	10mm	
枠その他	枠	鉄板1mm以上	
	セッティングブロック	クロロプレンゴム	
	バックアップ材	ガラス繊維フェルト	
シーリング材	ガラス間の目地	試験体1：防火設備仕様 試験体2：一般仕様	
	それ以外	防火設備仕様	

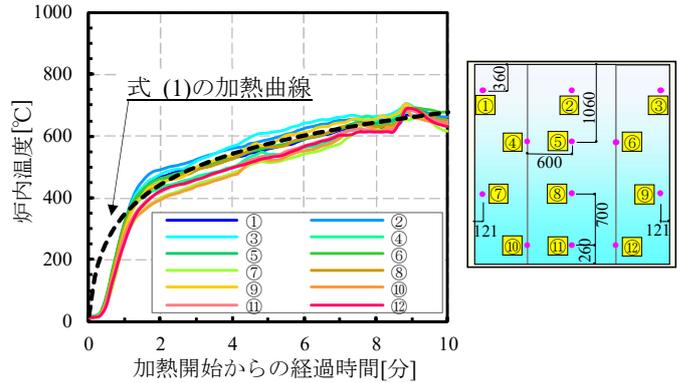


Fig. 2 炉内温度
Inner Temperature of Furnace

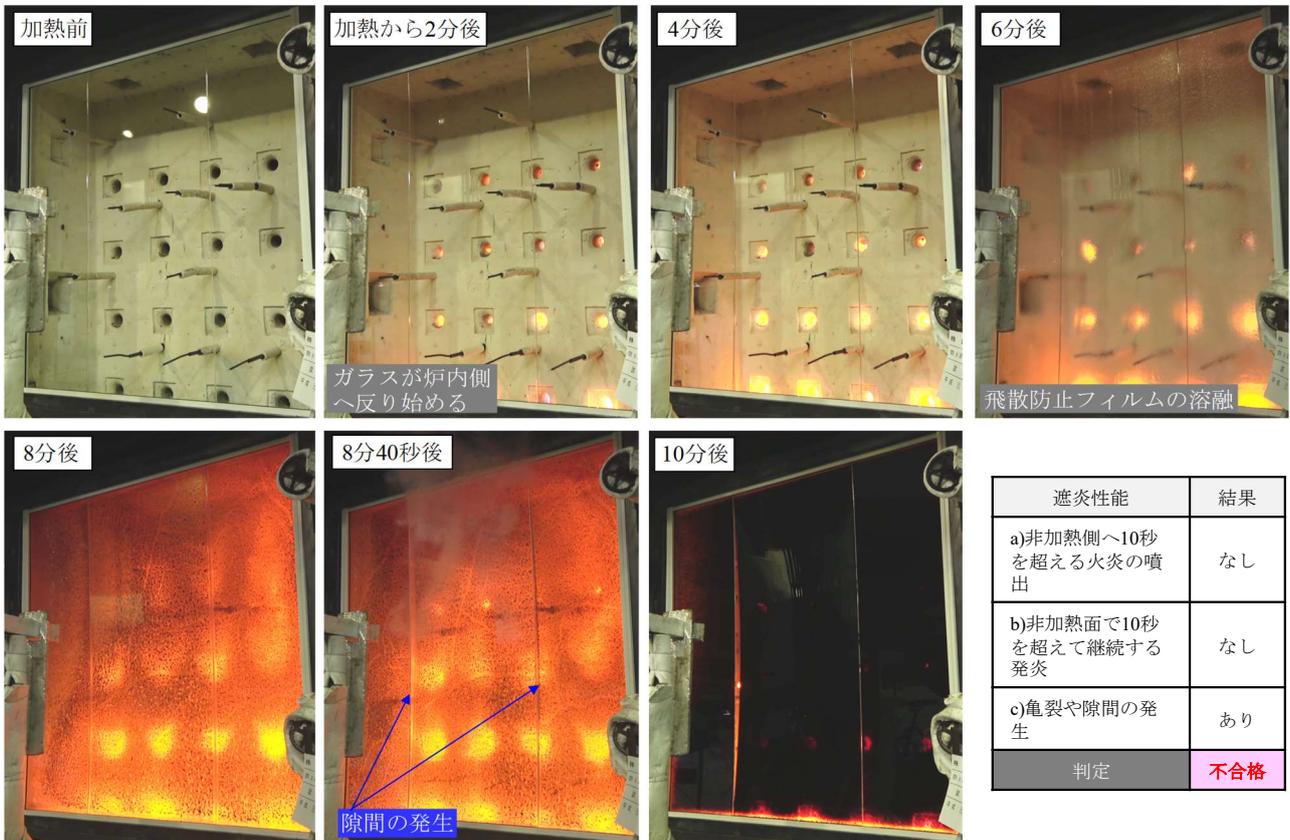


Fig. 3 代表時間の試験体状況(一般品：シーリング材は一般仕様，強化ガラスt10mm)
Test Specimen at Each Representative Time

遮炎性能	結果
a)非加熱側へ10秒を超える火炎の噴出	なし
b)非加熱面で10秒を超えて継続する発炎	なし
c)亀裂や隙間の発生	あり
判定	不合格

矢高の関係をを用いて試験体中央での面外方向への水平変位量 σ を試算すると127mmとなる。

実際のガラスパーティションはFig. 5に示すとおり端部ガラスは上、下、横の3辺を枠で拘束されている一方、中央部ガラスは上、下の2辺を拘束されている。そのため、端部ガラスと中央部ガラスでは面外方向への変形量が異なると考えられる。このとき、シーリング材には剪断力が働くことになるが、シーリング材が加熱によって劣化し、剪断変形に追従できなくなったときに、ガラス間に隙間が生じると考えられる。なお、実際の端部ガラスと中央部ガラスの水平方向の隙間量 ξ は、ガラス表面温度が炉内温度より低いと考えられる点、端部ガラスも3辺を固定されているとはいえ、幾分炉内側へ変形する点を考慮すると127mmより小さくなると考えられる。

3.3 変形メカニズムの検証実験

3.2節で述べた変形メカニズムを検証すべく、加熱時のガラスの面外方向への変形量を計測する試験を実施した。試験体の仕様はTable 5と同一であるが、端部ガラスと中央ガラス間の目地にシーリング材を施していない点のみ異なる。これは加熱初期からガラスの面外変形量を把握する観点から、シーリング材の影響を除外するためである。

試験場所、試験方法、加熱時間は、3.1節と同様とし、測定項目は炉内温度の他に代表点の非加熱側表面温度、面外方向への変位量を測定した(代表点はそれぞれ後述するFig. 6~Fig. 9を参照)。非加熱側表面温度は、ディスク型熱電対をアルミテープと接着剤で貼付けた。変形量は、巻込型変位計を用いて測定した。

炉内温度をFig. 6に、非加熱側のガラス表面温度をFig. 7に、加熱前を基準としたときの水平方向の変位量をFig. 8に、Fig. 8で得られた各点の変位量の差をとることで得られるガラス間に形成された隙間量をFig. 9に示す。なお、Fig. 8の変位は、一部が脱落により加熱途中で計測不可となった。

Fig. 6に示すとおり、炉内温度はおおむね式(1)を満足するよう加熱された。7分で炉内温度が急激に上昇したのは飛散防止フィルムの熱分解により、発生した可燃性ガスが激しく燃焼したためである。3.1節に比べて温度上昇が大きい、この理由として本実験ではシーリング材を施しておらず、隙間から流入した新鮮な空気により局所的に燃焼を激しくしたことが考えられる。

Fig. 7に示すとおり、非加熱側表面温度は炉内温度より遅れて上昇し、炉内温度より100°C以上低い結果となった。Fig. 8に示すとおり、水平方向の変位量は高さと同じ場合には中央部ガラス側が大きい。中央部ガラスでは、高さ方向の中央であるB点が最も大きく、120mm程度炉内側に変形した。次に、E点、G点(下端)の順となり、G点はほぼ変形していない結果となった。一方、端部ガラスもA点(高さ方向の中央)、D点、F点の順で変位量が小さくなった。A点とD点はさほど変わらない結果となった。こ

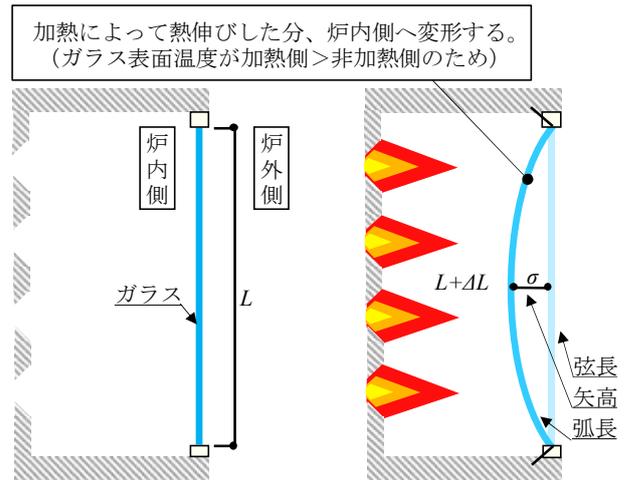


Fig. 4 ガラスの熱伸びによる変形メカニズム
Deformation Mechanism by Thermal Expansion of Glass

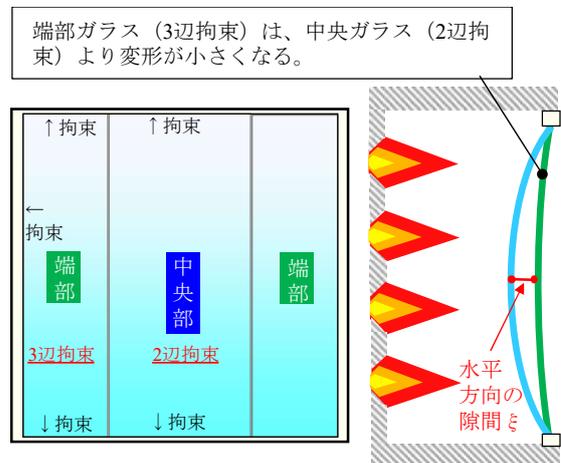


Fig. 5 実際の変形メカニズム
Real Deformation Mechanism

れは前述のとおり端部ガラスは3辺を拘束されており、面外方向への変形が抑制されているためと考えられる。

Fig. 9に示すとおり、高さ方向の中央(A点-B点)、D点-E点、F点-G点の順で隙間量は小さくなった。本実験での最大の隙間量は90mmであった。

以上の結果より、加熱途中で変位計が脱落したもののその時点で炉内温度はISO加熱曲線の10分加熱時の温度以上に達しており、その際のB点の値は120mmであり、3.2節で示した計算値と同等である。このことから3.2節の変形メカニズムは妥当と考えられる。よって、隙間の発生を抑制するためには、端部ガラスと中央部ガラスの変位量の差をどのように解消するかが肝要となる。なお、2.3節で示した従来の考え方は、ガラスを線膨張率の小さい仕様にグレードアップするとともに、枠で四方を拘束することで変形を抑制している。しかし、ガラスのグレードアップはコスト増につながることや、ガラス間に縦枠が入ると意匠性が低下することから別の解決策が望ましいと考えられる。

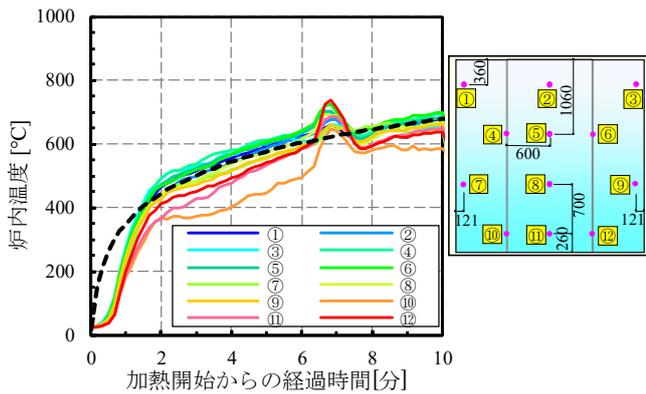


Fig. 6 炉内温度

Inner Temperature of Furnace

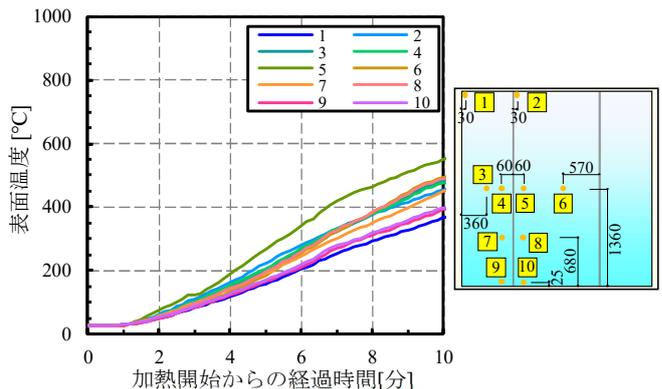


Fig. 7 非加熱側のガラス表面温度

Glass Surface Temperature on the Non-heating Side

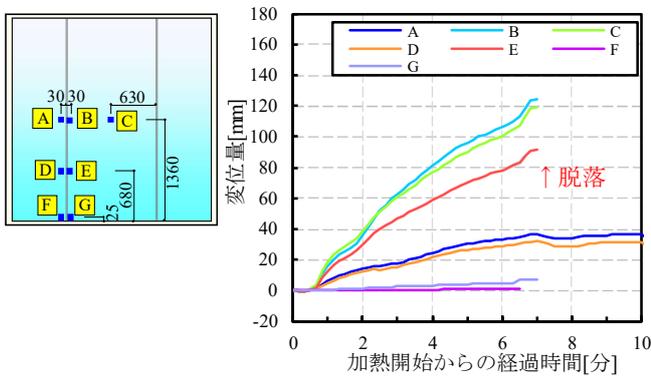


Fig. 8 ガラスの水平方向の変位量(炉内方向を正)

Displacement of the Horizontal Direction

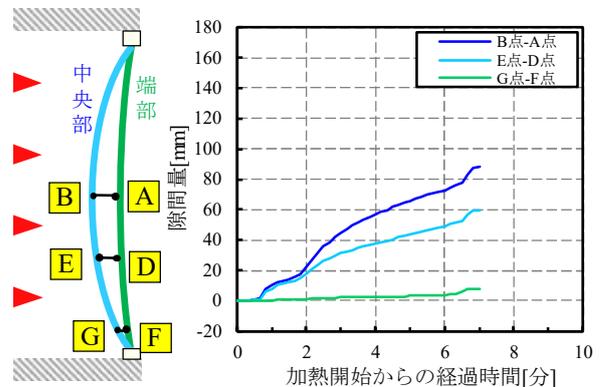


Fig. 9 ガラス間の隙間量

Gap Length between the Glass

4. 10分の遮炎性能を有する連装ガラスパーティションの開発

4.1 開発品の概要

前章までの検討を踏まえ、開発品は強化ガラスのままとする方針とした。端部ガラスと中央部ガラスの変位量の差を解消する対策として、Fig. 10に示すとおり双方のガラスを強制的に緊結する金具(以下では、変形防止対策金具という。)を設けることとした。これにより、部分的ではあるが端部ガラスと中央部ガラスが連結され、面外変形が小さい端部ガラスによって、中央部ガラスの炉内側への変形を防ぐことを期待できる。なお、このとき、当該金具の設置ピッチが重要となるが、ここでは、3章で検討した変形メカニズムの考えを踏まえてピッチを1630mm以下となるよう決定した。

また、シーリング材についても、3章に示したとおりガラス間の目地部に用いる場合には一般仕様と防火設備仕様で遮炎性能にさほど違いが見られなかった。また、一般仕様はFig. 10に示すとおり極めて透明性の高いものがあり、意匠性向上につながると判断したため、一般仕様を用いることとした。

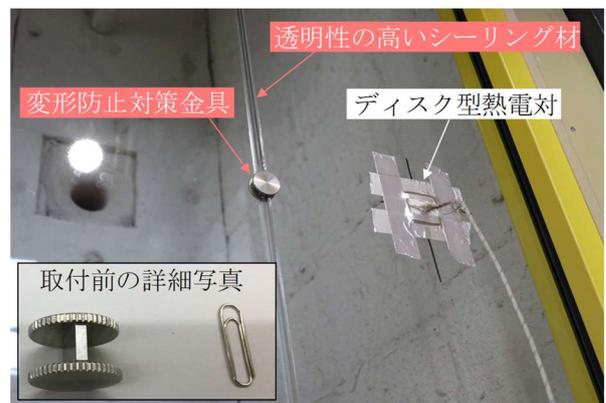


Fig. 10 変形防止対策金具の概要

Outline of Metal Fittings Restraining Transformation

4.2 検証実験

4.1節で述べた試験体仕様について、3.1節と同様の試験を実施した。Table 6に試験体の仕様を、Fig. 11に試験体図を示す。3章の試験体と大きく異なるのは、開口面積を大きくした点とガラスを4連装にした点である。なお、事前にJIS R 3223に準拠した表面圧縮応力測定試験を同一ロットで実施した。当該ガラスの表面圧縮応力は98~110MPaであった。

試験場所、試験方法、加熱時間は、3.1節と同様である。

測定項目は、3.2節と同様、代表点の非加熱側表面温度、面外方向への変位量を測定した(代表点はそれぞれ後述するFig. 12~Fig. 16を参照)。また、試験状況をビデオカメラで記録した。

代表時間の試験体状況をFig. 12に、炉内温度をFig. 13に、非加熱側のガラス表面温度をFig. 14に、各代表点において加熱前を基準としたときのガラスの水平方向の変位量をFig. 15に、ガラス間に形成された隙間量をFig. 16に示す。

Fig. 12より、本実験においては10分間、非加熱面への火炎の噴出、非加熱面での発炎、隙間の発生のいずれも生じず、10分間の遮炎性能を有していることが確認できた。

Fig. 13より、炉内温度は (1)式を満足するよう加熱された。Fig. 14より、非加熱側のガラス表面温度は3.3 節と同様の傾向を示した。

Fig. 15より、水平方向の変位量は中央部のガラス間の目地の高さ方向の中央 (E点、F点) がもっとも大きく、次にG点、H点が大きい。しかし、3.3 節のシーリング材なし (Fig. 8) と比べると、変位量は各点ともに大きく低減されていることが分かる。中央部のガラスと比較すると、シーリング材なしの場合の120mmに対し、本開発品は40mm程度に低減できていることが分かる。また、特筆すべきは同一高さの場合、隣接するガラス同士の変位量がほぼ同一なことである。そのため、Fig. 16に示すとおり隙間量も大幅に低減でき、開発品の隙間量は最大でも

Table 6 試験体の仕様
Specification of Test Specimen

ガラス	仕様	強化ガラス (表面圧縮応力98~110MPa)	
	開口面積	幅3224mm×3125mm	
	1枚あたり	端部：320mm×3150mm 中央：1200mm×3150mm	
	連装数	4連装	
枠その他	飛散防止フィルム	ポリエステル製	
	厚さ	10mm	
	枠	鉄板1mm以上	
	セッティングブロック	クロロプレンゴム	
その他	バックアップ材	ガラス繊維フェルト	
	シーリング材	ガラス間の目地	一般仕様
		それ以外	防火設備仕様
	変形防止対策金具	不燃	

■部分：3章より範囲を拡大させた部分

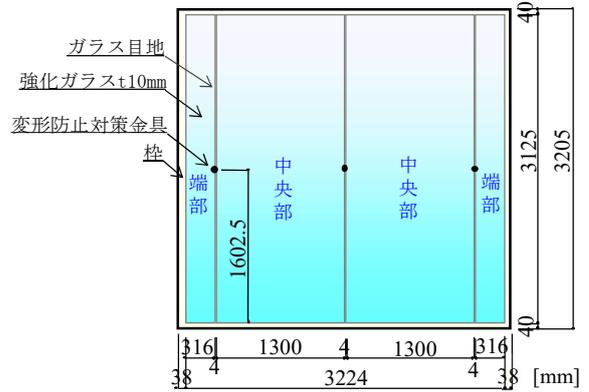


Fig. 11 試験体図面 (開発品)

Test Specimen (Development Product)

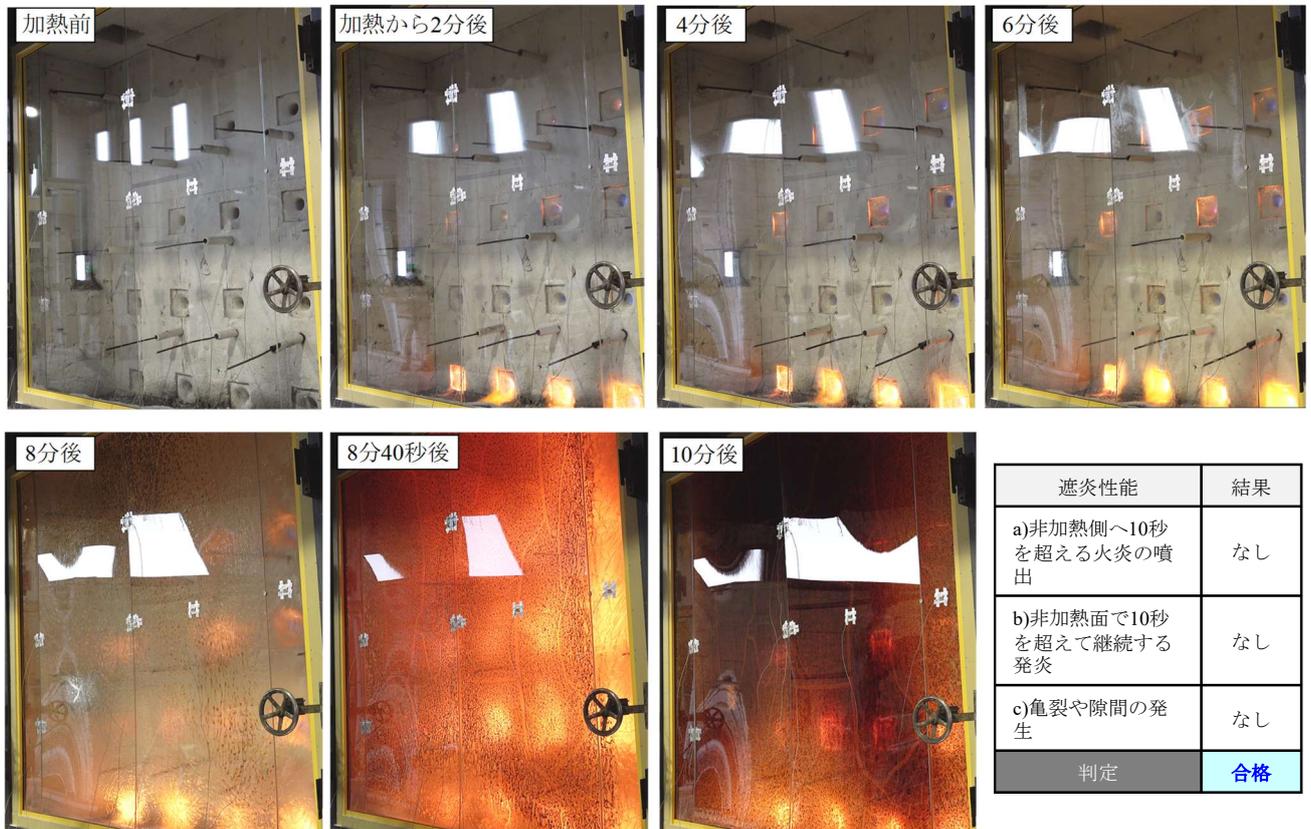


Fig. 12 代表時間の試験体状況 (開発品：シーリング材は一般仕様、強化ガラスt10mm、変形防止対策金具あり)

Test Specimen at Each Representative Time (Development Product)

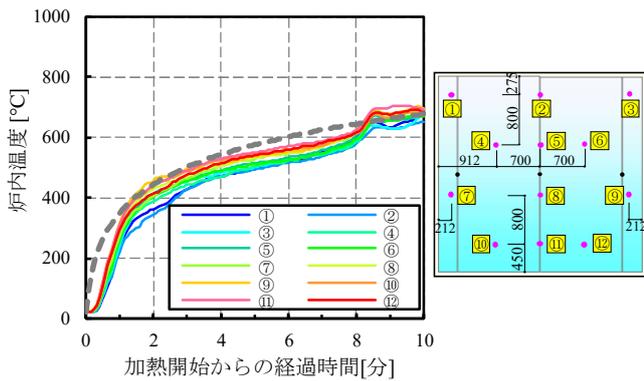


Fig. 13 炉内温度

Inner Temperature of Furnace

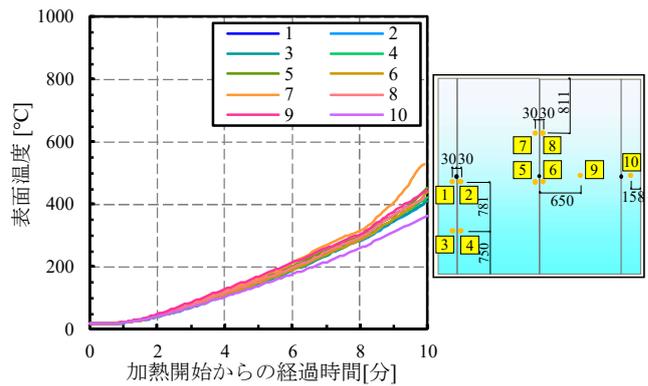


Fig. 14 ガラス表面温度

Glass Surface Temperature on the Non-heating Side

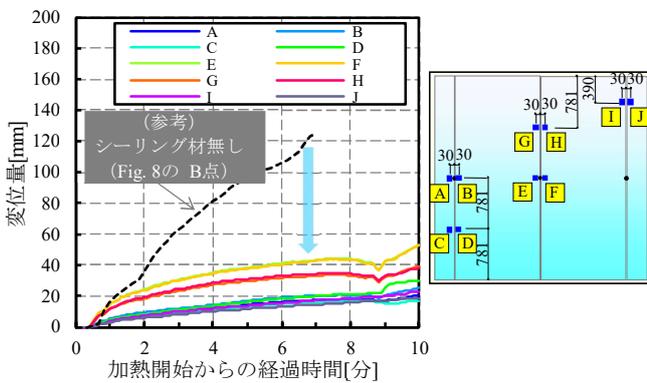


Fig. 15 ガラスの水平方向の変位量 (炉内方向を正)

Displacement of the Horizontal Direction

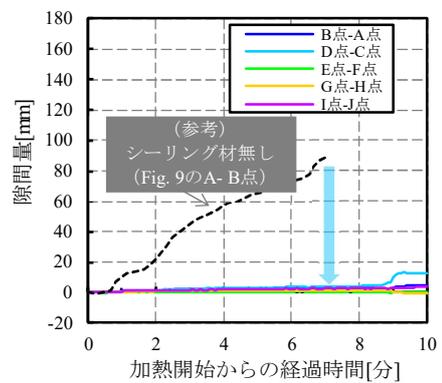


Fig. 16 ガラス間の隙間量

Gap Length between the Glass

10mm程度であった。

以上のことから、変形防止対策が想定通りの作用をもたらした結果、本開発品は10分間の遮炎性能を有することが確認できた。

5. 避難安全検証法ルートB2を用いた計画例

本章では、避難安全検証法ルートB2の特長について述べた後、十分間防火設備の適用例としてケーススタディの結果を示す。

5.1 避難安全検証法ルートB2の特徴

火災時においては、非火災室の在館者が避難経路で煙等に曝されないことが重要である。そのためには、火災室で発生した煙を避難経路である廊下に出さないことが重要である。

Fig. 17は床面積200㎡、天井高さ2.7m、幅0.8m×高さ2.1mの出口1カ所の事務室を想定し、①無対策、②内装制限かつ排煙あり(仕様規定ルートAの場合)、③事務室一廊下間の区画を強化(不燃の壁又は十分間防火設備)した場合の火災発生から5分後の漏煙熱量 Q_d を試算したものである。

Fig. 17より、漏煙熱量 Q_d は①無対策の場合に2.4MWと

なるのに対し、②内装制限+排煙ありでは1.5MWと7割程度に低減される。③区画強化の場合は0.03MWであって、廊下には火災の影響がほとんど及んでいないことが分かる。つまり、火災の影響範囲の限定化には、区画性能の向上がもっとも効果が高い。避難安全検証法ルートB2では、③の区画性能を強化することで火災の影響範囲を限定化するよう誘導しており、その代替としてこれまでの手法より内装制限や排煙設備の緩和範囲の拡大が可能になる。そのため、十分間防火設備が多々使われることになり、本開発品の適用範囲も広がる。

なお、上記試算には避難安全検証法ルートB2に定められた計算方法³⁾を用いた。このように避難安全検証ルートB2では用途(積載可燃物量)、内装の仕上げの種類、排煙性能、区画性能を総合的に評価することができる点も特徴の一つである。

5.2 ケーススタディ

Fig. 18に、避難安全検証法ルートB2³⁾を適用して居室無排煙とした場合のケーススタディ結果を示す。なお、内装は準不燃、天井高さは一律4.0mとした。Fig. 18に示すとおり、居室廻りの避難経路には十分間防火設備の設置が必要となる。

これは、4.1節に示したとおり、非火災室の在館者の避

難安全性確保として避難経路を火災の影響から守るために、避難安全検証法ルートB2が一定の範囲毎に強化防煙区画(不燃の壁又は十分間防火設備)を求めるためである。本報で報告した連装ガラスパーティションは、当該区画で用いることができる。

6. まとめ

2019年の建築基準法改正に伴い、新たに制定された十分間防火設備として、連装ガラスパーティションを開発した。以下に、本論文で得られた成果についてまとめる。

- 1) まず、法改正における十分間防火設備の位置づけを整理した。
- 2) 市販の連装ガラスパーティションを対象に遮炎性能試験を実施した。その結果、およそ8分でガラス間のシーリング目地部分に隙間が生じ、10分の防火性能を有さないことを確認した。なお、強化ガラスは炉内側に大きく変形するものの、破損することはなかった。
- 3) 上記の試験結果を踏まえて、連装ガラスパーティションの防火上の課題を抽出した。また、その対策方法を検討した。
- 4) 対策を講じた仕様で再び遮炎性能試験を実施し、10分の防火性能を有することを確認した。
- 5) 避難安全検証法ルートB2を適用した場合のケーススタディを行い、十分間の防火設備の設置が必要となる箇所を明らかにした。

なお、現状の適用範囲は幅3.22m×高さ3.12m(開口サイズ)までであるが、今後は適用範囲の拡大を図る予定である。

謝辞

本開発の実施にあたり、コクヨ株式会社の大東宏次氏、播磨修二氏より多大なご協力を賜りました。ここにお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 山口純一，他：新しい避難安全検証手法の開発：その1 避難開始時間の設定方法，日本建築学会学術講演梗概集（防火），pp.287-290，2010.07
- 2) 山口純一：建築火災時の避難安全に係る評価技術の開発，大林組技術研究所所報，Vol. 79，2015
- 3) 国土交通省，“建築基準法施行令の一部を改正する政令の施行に伴う避難安全検証法関係告示の改正・改

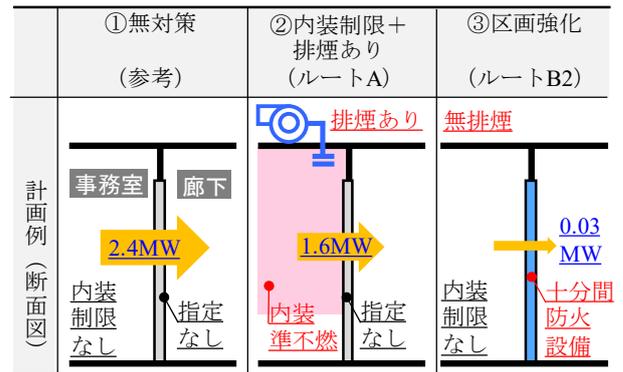


Fig. 17 非火災室への漏煙熱量 Q_d の試算
Amount of Heat that Leaks into the Non-Fire Room

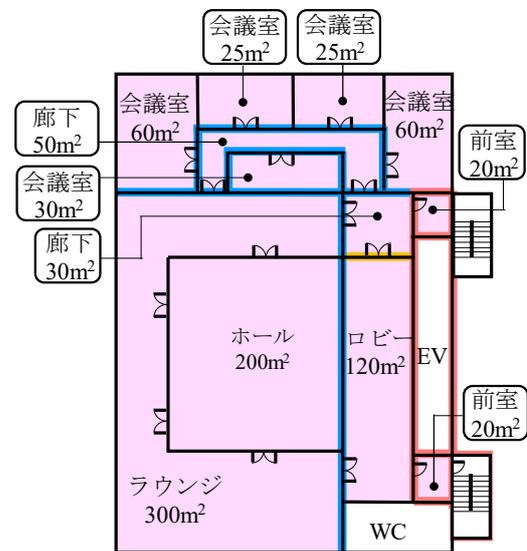


Fig. 18 避難安全検証法ルートB2のケーススタディ
Case Study of Route B2

正案に関する意見募集について”. 国土交通省. 2020-01-28.

<https://search.e-gov.go.jp/servlet/PcmFileDownload?seqNo=0000197496>, (参照 2020-10-30)

- 4) 一般財団法人日本建築総合試験所，“防耐火性能試験・評価業務方法書”. 日本建築総合試験所. 2019-11-06.

<https://www.gbr.or.jp/assets/documents/center/8A-103-01.pdf>, (参照 2020-06-04)