

# 平成21年度建築基準整備促進補助金事業 15.防火・避難対策等に関する実験的検討

---

平成22年4月15日

## 事業主体

清水建設(株)、(財)ベターリビング、早稲田大学、  
東京理科大学、東京大学、(株)大林組、鹿島建設(株)、  
大成建設(株)、(株)竹中工務店

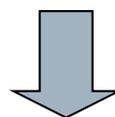
## 共同研究機関

(独)建築研究所

## 調査目的

現行の建築基準法における、  
防火及び避難に関する基準の整備に資する

基準整備に必要な部材・材料等の防耐火性能に関する  
新たな知見を実験・調査によって収集



避難安全・延焼防止・出火防止等について  
技術基準・性能評価法に必要な基礎資料の作成

# 調査内容

---

- 防火区画の壁以外の間仕切壁・戸など
  - 耐火性能(イ)
  - 遮煙性能(ロ)
- 開口部付き壁の熱放射量(ハ)
  - (その1)開口部付き壁の熱放射量
  - (その2)スパンドレル部分開口部における熱放射量
- 建築材料として用いる木材等の耐火性・非着火性(ニ)
- 火気設備の出火防止性能(ホ)

## (イ) 防火区画の壁以外の間仕切壁及び戸等の耐火性能の実験的検討

**【対象】**平成21年度実施しなかった仕様の壁・戸など

**【目的】**間仕切り壁について耐火実験データ整備するとともに、耐火性能の試験法の原案を作成

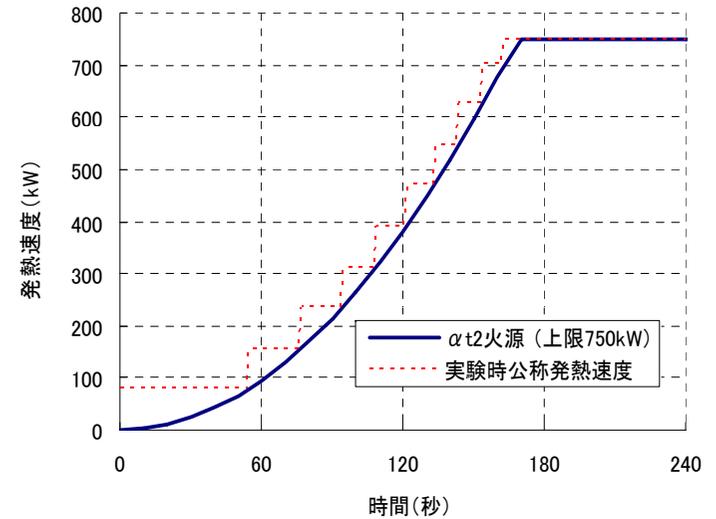
**【実施内容】**・局所加熱実験(主に加熱性状を計測)  
・可燃物燃焼実験

**【成果】**間仕切り壁の実験データを整備するとともに、昨年度実施した局所加熱実験結果をふまえ、耐火性能の試験法(案)を作成した。

在館者が避難するあいだ、  
不燃間仕切り壁等によって  
避難経路（廊下など）が火災  
の影響から守られるのか？

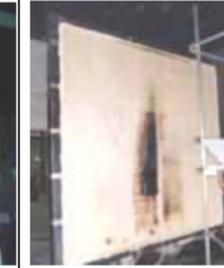


## 昨年度の実験



高さ2.7m×幅2.5mの試験体をバーナー(幅1m、奥行き0.5m)で20分程度加熱

一般的な仕様の間仕切り壁について、局所加熱実験によって耐火性能を調べた。(耐火性が高いと考えられるものは耐火炉による標準耐火加熱実験も実施)

記号	G-1	G-2		G-3	P	S	
加熱方法	局所火災	局所火災	耐火炉	局所火災	局所火災	局所火災	耐火炉
試験体写真							
主な仕様	せっこうボード12.5mm両面貼り、軽量鉄骨下地	せっこうボード12.5mm片面貼り、軽量鉄骨下地		仕様はG-1と同じロックウール吸音板システム天井付	シナベニヤ12mm両面貼り、木下地	表面:スチールパネル0.6mm、せっこうボード裏打12.5mm、アルミニウム合金、プラスチック、ゴム	
火炎貫通時間	—	—	15分	27分	15分47秒	13分	35分 <sup>※1</sup> 5.2 <sup>※2</sup>
裏面最大200℃	—	—	16分18秒	27分56秒	16分06秒	13分08秒	— 4.8
裏面平均160℃	—	—	16分14秒	—	—	10分56秒	— 22.3
加熱時間	20分	13分	21分	28分	16分30秒	22分	40分
加熱終了後の裏面	ほとんど変化なし	ほとんど変化なし					

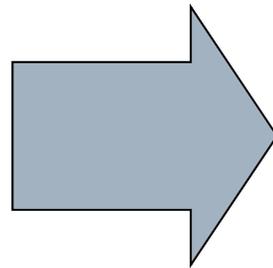
※1 パネル部の評価時間 ※2 エッジ部を含む評価時間(分)

# 実火災により近い状況を再現して、昨年度の加熱条件と比較

昨年度の実験



区画内での実験 大火源(3MW程度)の実験



ソファ、火源の大きさを  
変えた実験

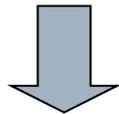
試験体への入射熱、試験体近傍温度の計測、同じ仕様の試験体による耐火時間の比較実験を実施

記号	SO-1	SO-2	HR	B-1	B-2	B-3	SP	SP-1(参考)
実験名	ソファ燃焼①	ソファ燃焼②	発熱計測	入射熱計測①	入射熱計測②	入射熱計測③	スチールパネル	(既往実験)
実験写真								
実験概要	1人掛けソファをケイカル板の壁・天井の区画内で燃焼させて壁への入射熱・発熱速度を計測	3人掛けソファをケイカル板の壁・天井の区画内で燃焼させて壁への入射熱・発熱速度を計測	プロパンガス流量に基づく発熱速度とガス分析に(酸素消費法)に基づく発熱速度を比較	天井・袖壁付ケイカル板の壁試験体をバーナー2個(100×100cm)で加熱して入射熱を計測	天井・袖壁付ケイカル板の壁試験体をバーナー1個(50×100cm)で加熱して入射熱を計測	天井・袖壁付ケイカル板の壁試験体をバーナー1個(50×100cm)で加熱して入射熱を計測	昨年度(右)と同じ仕様の壁試験体に袖壁・天井を付加したものを昨年度と同じ条件で加熱・計測	スチールパネル試験体(芯材:せっこうボード)を加熱し、表面温度・変位、表面からの放射を計測
加熱(点火)方法	ASTM E 1537と同様なバーナーで点火(13ℓ/min)	ASTM E 1537と同様なバーナーで点火(13ℓ/min)	段階的に発熱速度を変化流量ベースで、100kW、500kW、750kW、1MW、1.5MW、2MW、2.5MW、3MWで計測	$\alpha t^2$ 加熱(昨年度の実験のバーナーの奥行きが2倍)点火2分45秒後に流量ベースで750kW、以後750kWを維持	$\alpha t^2$ 加熱(昨年度の実験と同じ加熱条件)点火2分45秒後に流量ベースで750kW、以後750kWを維持	$\alpha t^2$ 加熱(昨年度の実験と同じ加熱条件だが、最大3MW)点火5分40秒後に流量ベースで3MW、以後3MWを維持	$\alpha t^2$ 加熱(昨年度の実験と同じ加熱条件)点火2分45秒後に流量ベースで750kW、以後750kWを維持	バーナー1個(50×100cm) $\alpha t^2$ 加熱 点火2分45秒後に流量ベースで750kW、以後750kWを維持
加熱(燃焼)時間	約20分	約20分	1分30秒(各発熱速度)	20分	20分	15分30秒	46分	21分
実験結果	点火5分後に発熱のピーク(酸素消費法で1.3MW程度) 壁面への入射熱はピークで約15kW/m <sup>2</sup>	点火6分後に発熱のピーク(酸素消費法で2.8MW程度) 壁面への入射熱はピークで約30kW/m <sup>2</sup>	酸素消費法で最大約2.8MW	壁面への入射熱は最大で約44kW/m <sup>2</sup>	壁面への入射熱は最大で約45kW/m <sup>2</sup>	壁面への入射熱は最大で約250kW/m <sup>2</sup> 発熱速度は酸素消費法で最大約2.8MW 袖壁の目地から火炎噴出のため15分30秒後終了	火炎貫通時間:23分 表面温度の最大値 $\geq 200^\circ\text{C}$ :19分2秒 平均表面温度 $\geq 160^\circ\text{C}$ :27分48秒	火炎貫通時間:19分33秒 表面温度の最大値 $\geq 200^\circ\text{C}$ 及び平均表面温度 $\geq 160^\circ\text{C}$ : 加熱時間内では確認できず

## 実験結果概要－1



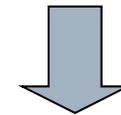
高さ2.7m×幅2.5mの試験体の前面に奥行き2.0mの天井と壁を設置して、**壁と天井の影響を検討**



壁中心軸上への入射熱にほとんど影響しない。



幅1.0m×奥行き0.5m、深さ15cmのバーナーを2台設置して、**火炎の厚みの影響を検討**

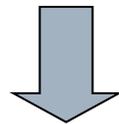


バーナー1台の場合と比べて、壁への入射熱に大差なし。

## 実験結果概要-2



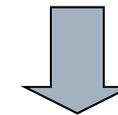
ソファの燃焼実験により壁面への入射熱データを取得し、バーナー火源の発熱速度を検証



壁面への入射熱ピークは3人掛けソファで約 $30\text{kW/m}^2$ 、バーナー火源(750kW)で約 $90\text{kW/m}^2$



昨年度(750kW)より大きい火源(3MW)からの壁への入射熱データの取得



壁面への入射熱ピークは約 $250\text{kW/m}^2$   
→ソファ実験と比べて過大

## 試験法に関する考察

昨年度の試験における火源設定および試験体設置方法の**妥当性が今年度の実験によって確認**できた。

## 耐火性能の試験法

- ◆試験体：幅2.5m × 高さ2.700m
- ◆計測項目：
  - ・裏面の温度と放射熱、面外方向変位
  - ・裏面の状態を観察、亀裂や煙の発生等の変化が起きた時間を記録。
- ◆加熱位置：熱的に最も弱いと予想される部位（目地など）を中心。
- ◆加熱方法：
  - ・幅100cm × 奥行き50cmのバーナー
  - ・ $at^2$ 火源。最大発熱速度は750kW程度（火炎先端高さ＝試験体高さ）。最大発熱速度に達した時点で、その発熱速度を維持。
- ◆加熱時間：20分間（一般的な建物の階避難時間を想定）



## (口) 防火区画の壁以外の間仕切壁及び戸等に 係る遮煙性能の実験的検討

---

**【対象】**不燃間仕切壁、不燃扉等

**【目的】**廊下等の煙降下に対する影響度合いを評価するための遮煙性能に関する検討

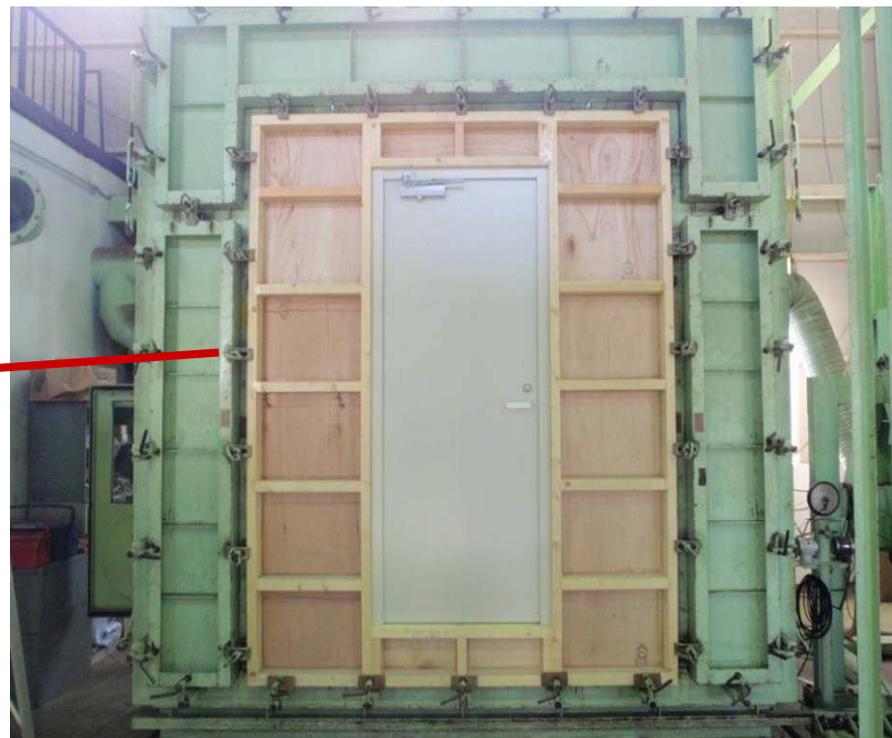
**【実施内容】**昨年度実施した常温の遮煙性試験結果を踏まえて、遮煙性能の定量化方法について検討

**【成果】**昨年度の検討結果等を踏まえて、遮煙性能の試験法(案)を作成した。

## 昨年度実施した遮煙性試験



試験装置



試験体(スチールパネル製扉)

防火設備性能評価業務方法書の「風道以外に設ける防火設備の遮煙性試験」に基づいて、圧力差10、20、30Pa付近での漏気量を漏気方向ごとにそれぞれ3回計測し、圧力差19.6Pa時の漏気量を計算

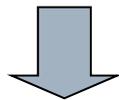
## 昨年度の実験結果の検討



スチールパネル扉  
(加熱前)



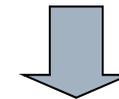
スチールパネル扉  
(加熱後)



もともと気密性が高くない壁・扉は、  
加熱前後で遮煙性能に大きな変化  
無し



スチールパネル移動間仕切壁



常温で気密性が高くても、加熱により  
部品が変形・溶融して遮煙性が低下。  
構成部品の材質の考慮が必要

## 試験による評価で考慮されるべき内容

- ・部材の隙間(戸当たり、かまちなど)
- ・構成部品・材料の変形・発煙など

## 遮煙性能の試験法

### ◆基本的な遮煙性能の把握

常温遮煙性試験で把握する。

### ◆遮煙性能を担保する時間

課題(イ)で考察した「防火区画の壁以外の間仕切壁及び戸等に係る耐火性能の試験法」において、遮熱性が維持できなくなった時点とする。



## (ハ) 開口部付き壁の熱放射量に関する実験的検討(その1)

---

**【対象】**網入りガラス以外の防火設備

**【目的】**遮熱性が要求されていない防火設備の非加熱側への延焼可能性を評価するための基礎資料の作成

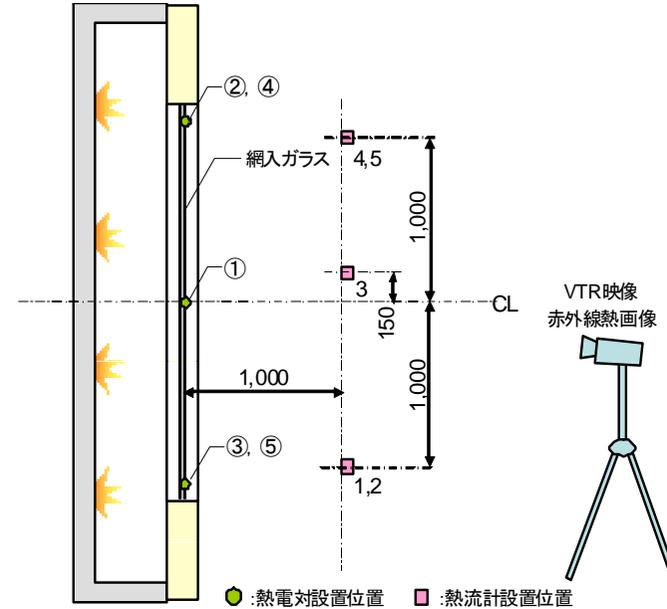
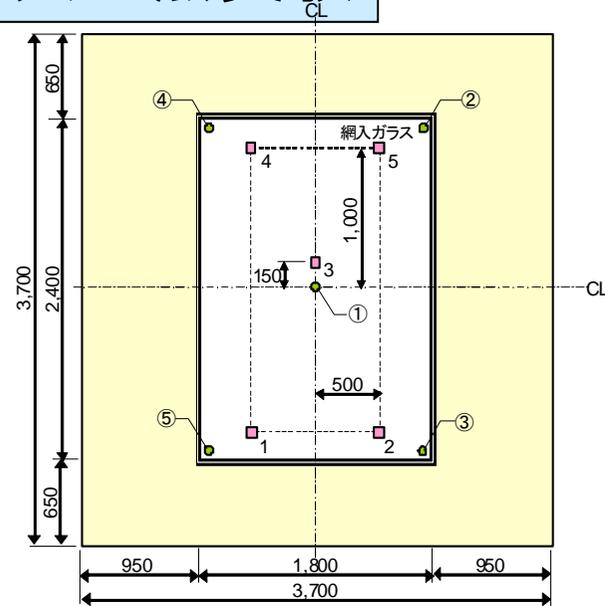
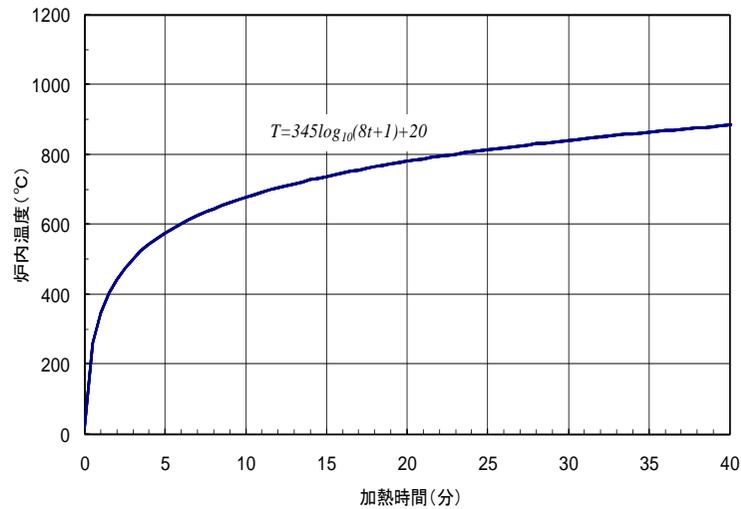
**【検討内容】**・標準耐火加熱下におけるガラス・シャッター等の非加熱側放射強度

**【成果】**開口部付き壁の開口部からの熱放射量データを蓄積するとともに、性能検証手法(案)を作成した。

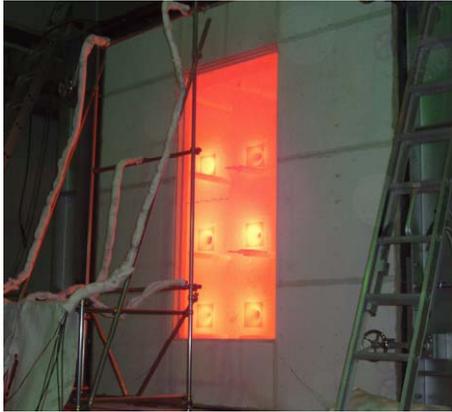
# 開口部付き壁の標準耐火加熱実験



ガラス面(高さ2.4m×幅1.8m(1.2m))の試験体を耐火炉で片側から全面的に加熱



# 開口部付き壁の標準耐火加熱実験—結果



(Case 1)  
耐熱ガラス(スチールサッシ)

(Case 2)  
窓シャッター

(Case 3)  
単板ガラス(アルミサッシ)

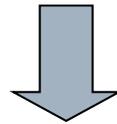
(Case 4)  
複層ガラス(アルミサッシ)

試験体中央から1m離れた位置での受熱量(試験開始30分後)  
(単位: kW/m<sup>2</sup>)

Case	X: 測定値 <sup>a</sup>	Y: 防火設備が無いと想定した計算値 <sup>b</sup>	X/Y
1	17.4	40.3	0.431
2	13.1	48.0	0.273
3	22.0	50.2	0.438
4	21.6	49.0	0.440

## 性能検証手法(案)への検討成果の導入

最大受熱量と累積受熱量を算定する場合の条件設定に用いる。



### ◆開口部に関する検討成果の反映

防火設備、特定防火設備が設けられている開口部の場合は、当該開口部からの射出放射量に**所定の低減係数**を乗じてよいものとする。

### ◆防火構造の外壁に関する検討成果の反映

**防火構造以上の外壁は放射源に算入しない**。有効な遮蔽板についても同様の取扱い。

## 性能検証手法(案)における射出放射量の低減

設備			放射低減係数※	
			20分まで	20分以降
防火設備	告示	網入ガラス (スチールサッシ)	0.5	1.0
	認定※※	網入ガラス (アルミサッシ)	0.5	
		複層ガラス (アルミサッシ)	0.5	
		窓シャッター	0.3	
設備			放射低減係数※	
			60分まで	60分以降
特定防火設備	認定※※	耐熱ガラス (スチールサッシ)	0.6	1.0

※ 防火設備が入っていない状態を1とする。

※※ 本表で示された低減係数は例であり、一般的な値ではない。

## 延焼防止の性能検証手法の考え方(案)

### ◆基本的な考え方

- ・火災建築物からの放射による**最大受熱量**と**累積受熱量**の両方で検証する。
- ・対流による加害性は直接的には考慮しない。

### ◆最大受熱量による検証

- ・敷地境界から5 m 離れたところに建つ裸木造に着火しない放射量として加害性を制限する。
- ・ただし、火災建築物の放射量は、概ね**着火後20分程度**(消防が到着するまでの想定時間)の放射量として、**室用途に応じて定めた値**とする。

### ◆累積受熱量による検証

- ・敷地境界を挟んで当該火災建築物と等距離にある建築物の外壁を**容易に燃え抜けない放射量**として加害性を制限する。
- ・出火から**火災終了まで**当該火災による**放射量を時間積分した累積値**を考える。

## (ハ) 開口部付き壁の熱放射量に関する実験的検討(その2)

---

**【対象】**スパンドレル

**【目的】**上階への延焼可能性を評価するための、スパンドレル部分における受熱量等の実測データの蓄積

**【検討内容】**・ISOに準拠した大規模ファサード試験による開口噴出火炎から外壁面への熱放射量を測定

**【成果】**スパンドレル部分における受熱量・温度の実測データを得た。

## 大規模ファサード試験装置



チャンバー(左下)と  
ファサード前面(中央)



実験実施の例  
(開口噴出火炎の発生)

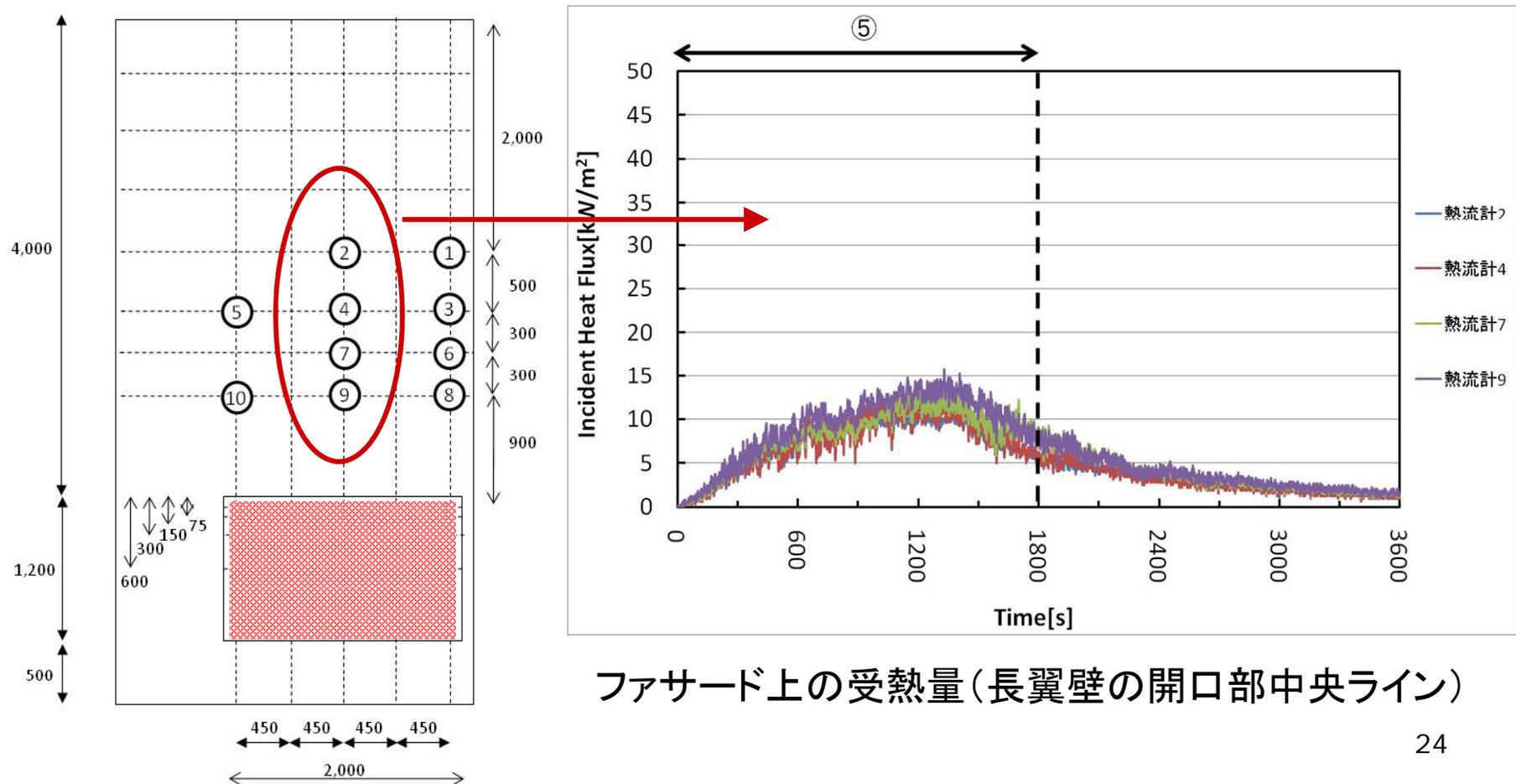


チャンバー(左下)と  
ファサード裏面(中央)

実験ケース: 火源を都市ガス、ヘプタン、木材クリブとした実験を実施した。

# 実験成果

実大火災実験によって、燃焼チャンバー内の火源強度をパラメータとして、区画火災に起因する開口噴出火炎が発生した際の壁面上の受熱量を計測し、受熱量をクライテリアとした検証手法を構築するにあたっての基礎的なデータを得た。



## (二) 建築材料として用いる木材等の耐火性・非着火性に関する実験的検討

**【対象】**内装、外装に使われる木質系材料

**【目的】**被害性評価・延焼加害性評価に必要な耐火性・非着火性に関するデータの蓄積・整理

**【検討内容】**・内装材料としての燃焼拡大性状  
・外装材料としての燃焼拡大性状

**【成果】**発熱速度、壁面気流温度、燃焼速度、壁面の熱流束などの実験データを蓄積した。

## 内装材料としての燃焼拡大性状



試験装置

着火源30kW  
三角形バーナー  
(一辺25cm)

外部加熱源75kW  
(1m×0.5m)



実験実施の例  
(外部加熱源あり)

実験ケース: 外部加熱源のあり・なしの加熱条件を設定。合板厚さは5.5mmと12mm)





## 外装材料の実験状況

着火後 1 分



着火後 15 分



着火後 30 分



外壁面の燃焼拡大は観察されなかった。

→ 上階延焼の可能性は低い

## (ホ) 出火防止に関する実験的検討

---

**【対象】**火気設備

**【目的】**火気からの加熱による内装等の出火防止に関する試験法の基礎資料の作成

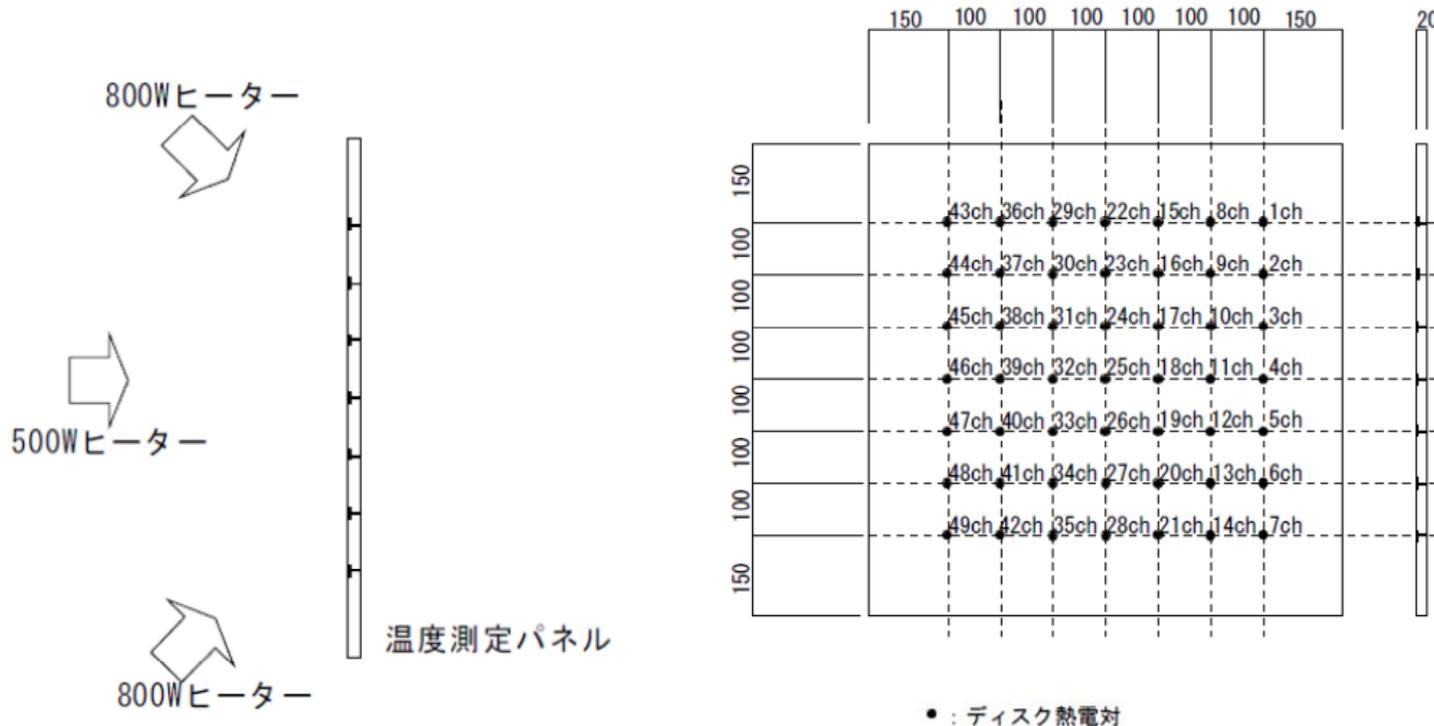
**【検討内容】**・既存の試験法による評価の検討

**【成果】**JIS C 9335-1に基づいて、火気等の熱源からの受熱を実験的に検討し、温度測定板による出火危険性の判断の可能性が示された。

## 出火防止に関する評価法の検討

### ◆実験装置

- ・JIS C 9335-1に基づいた温度測定板を作成した。
- ・この温度測定板に外部から、800Wヒーター2本と500Wのヒーターを用いて加熱面温度が100°C程度になるように加熱。

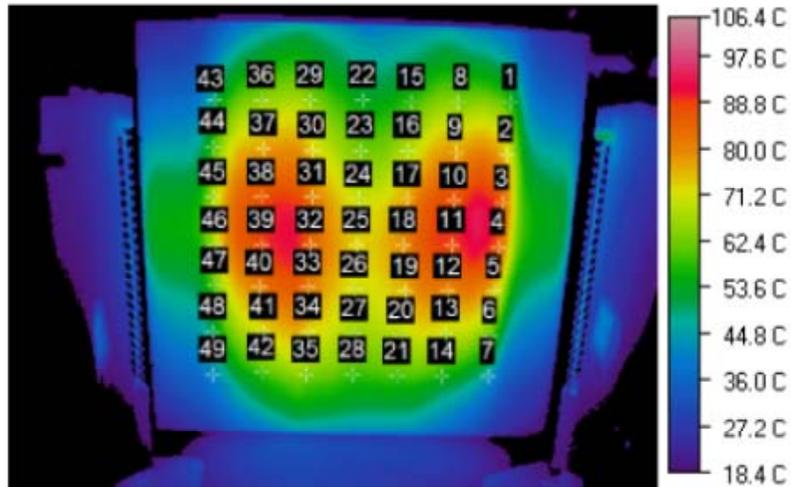


試験装置(左:温度測定用パネル平面、右パネル加熱面)

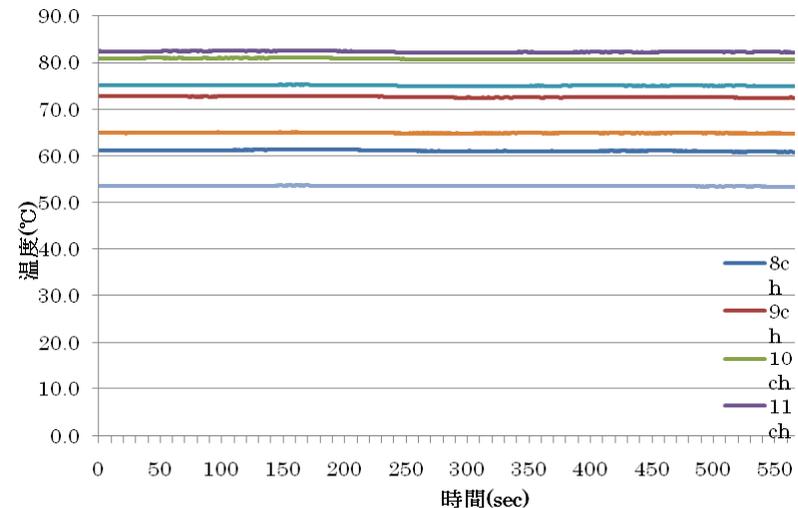
## 出火防止に関する評価法の検討

### ◆実験結果

JIS C 9335-1に基づき検討した結果、温度測定板による温度測定により、出火の危険性の判断ができる可能性があることがわかった。



サーモグラフィーによる温度測定結果



ディスク熱電対による温度測定結果

### 今後の課題：

火気設備全体の評価が可能な区画を構成した実験による本検討結果の確認。

現行の建築基準法における、防火及び避難に関する基準の整備に資することを目的として、以下の検討成果を得た。

(イ) 防火区画の壁以外の間仕切壁及び戸等の耐火性能の実験的検討

- ・昨年度の実験方法の妥当性を実験によって検証
- ・耐火性能の試験法(案)を作成

(ロ) 防火区画の壁以外の間仕切壁及び戸等に係る遮煙性能の検討

- ・遮煙性能の試験法(案)を作成

## (ハ) 開口部付き壁の熱放射量に関する実験的検討

- ・ 開口部付き壁およびスパンドレル部分の実験によって熱放射量データを蓄積
- ・ (隣棟への) 延焼防止の性能検証手法(案)を作成

## (ニ) 建築材料として用いる木材等の耐火性・非着火性に関する実験的検討

- ・ 受害性評価・延焼加害性評価に必要なデータを実験によって蓄積  
(内外装壁面を想定した発熱速度、壁面気流温度、燃焼速度、壁面の熱流束)

## (ホ) 出火防止に関する実験的検討

- ・ JIS C 9335-1に基づいて火気等の熱源からの受熱実験を実施
- ・ 出火防止性能を確認する試験法への適用性を確認