

## 各ルーバーの外部遮蔽係数

### 水平ルーバータイプ

水平ルーバーは東向きや西向きに適さないとされてきたが、東向き、西向きであっても夏期では他のルーバーよりも外部遮蔽係数が小さい。また冬期をみると夏期よりも外部遮蔽係数が大きくなっている。冬期において室内への日射侵入が期待できる。南向きでは外部遮蔽係数の時刻変動が小さい。また南向きにおいても東向きや西向きと同様に冬期になると外部遮蔽係数が大きくなる傾向がみられる。

### 縦ルーバータイプ

縦ルーバーは東向きや西向きにおいて、外部遮蔽係数は夏期ではあまり変化が見られない。冬期は時刻による変動が大きくなる傾向がみられる。南向きでは変動が大きく 12 時前後の時間帯で大きくなる。特に冬期の変動が大きく、暖房負荷の増加が懸念される。

### 斜行ルーバータイプ

斜行ルーバーは東向きでは右上り、西向きでは右下りが外部遮蔽係数は小さい。南向きでは 12 時前後を境に有効なルーバーが入れ替わり、午前は右下り、午後は右上りのルーバーの外部遮蔽係数が小さい。

### バウンドルーバー

バウンドルーバーの傾向は斜行ルーバーとよく一致しており、右上りと右下りの間で推移する。バウンドルーバーも他のルーバーと遜色のない外部遮蔽係数となる。

外部遮蔽係数の傾向として、夏期は太陽高度が高いため冬期と比較するとルーバーの形状による差が小さい。また冬期は太陽高度が低いため、全体的に外部遮蔽係数が大きくなる傾向がみられる。冬期には室内への日射の侵入が期待できる。また冬期は夏期に比べ、すべてのルーバーで外部遮蔽係数の時刻変動が大きくなっている。冬期にはルーバーの形状による差が大きく表れる。

## 5.7.2 日射量の比較

東京標準年から各方位・各時刻の鉛直面全天日射量を求め、各時刻の外部遮蔽係数を乗じて積算日射量を求める。図 5-11 にルーバーを設置しない場合と各ルーバーを設置した場合の夏期および冬期の積算日射量を示す。

東向きでは、すべてのルーバーで夏期の日射削減量が冬期の日射削減量を上回る。夏期は水平ルーバーの削減効果が一番大きく 66%となり、縦ルーバーが 62%、斜行ルーバーとバウンドルーバーは 55%程度の削減効果となる。冬期は斜行ルーバー(右下り)の削減効果が一番小さく 47%、縦ルーバーの削減効果が大きく 66%、水平ルーバーは 60%、斜行ルーバー(右上り)とバウンドルーバーで 52%程度の削減効果となる。

南向きでは、すべてのルーバーで夏期の日射削減量が冬期の日射削減量を下回る。夏期は水平ルーバーの削減効果が一番大きく 72%、縦ルーバーが 70%、斜行ルーバーとバウンドルーバーは約 60%程度の削減効果となる。冬期は斜行ルーバー(右上り)とバウンドルーバーの削減効果が一番小さく 47%、縦ルーバーの削減効果が高く 60%、水平ルーバーは 58%、斜行ルーバー(右下り)は 48%程度となる。

西向きでは、東向きと同様に、全ルーバーで夏期の日射削減量が冬期の日射削減量を上回る。夏期は水平ルーバーの削減効果が一番大きく 67%、縦ルーバーが 62%、斜行ルーバーとバウンドルーバーは 54%程度の削減効果となる。冬期は斜行ルーバー(右下り)の削減効果が一番小さく 48%、縦ルーバーの削減効果が高く 66%、水平ルーバーは 59%、斜行ルーバー(右上り)とバウンドルーバーは 49%程度となる。

なお、南向きでは特に冬期の日射削減量が多くルーバーの設置による年間空調負荷の増加が懸念される。

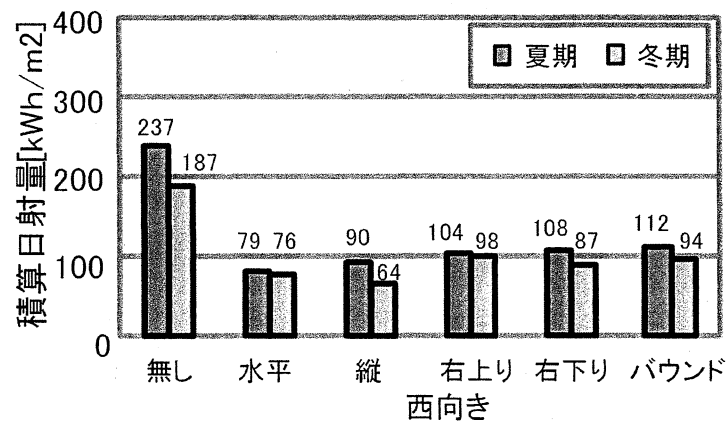
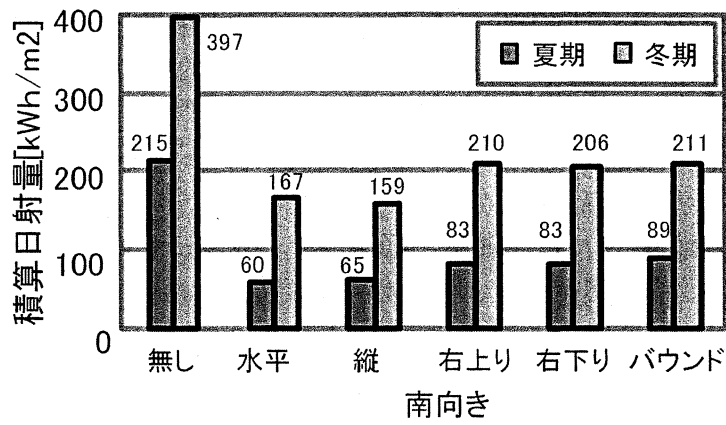
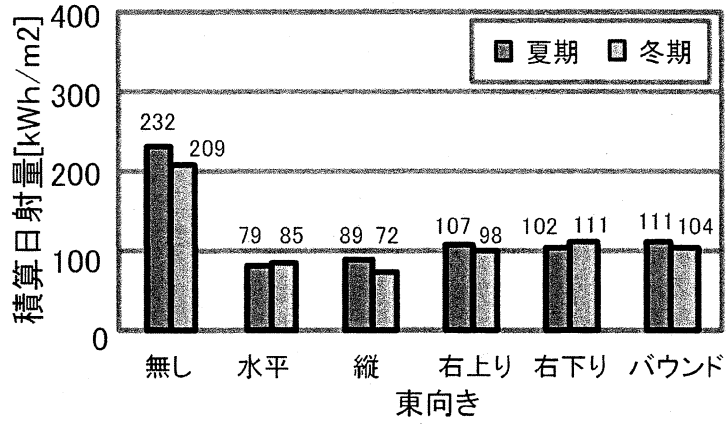


図 5-11 積算日射量

## 5.8 空調負荷計算概要

### 5.8.1 計算方法

日射遮蔽効果を考慮した室内の年間空調負荷および年間消費電力量を把握するために、多数室動的熱計算プログラム TRNSYS ver.16 を使用し解析を行う。

### 5.8.2 計算対象

事務所を対象とする。改修が必要なオフィスモデルにおける計算を行う。図 5-12 にオフィスモデルの基準階平面図を示す。事務所スペースが 2 室と機械室及びトイレの構成である。表 5-1 にオフィスモデルの部位構成を示す。

### 5.8.3 オフィスモデル

オフィスモデルの作成については、日本建築学会環境工学委員会で提案されているオフィス用標準問題<sup>10)</sup>を参照する。所在地は東京都内とする。検討モデルでは標準問題にはある地下階とペントハウスを除く 8 階建てとしている。各階各室をモデル化し RC 造 8 階建のオフィスビルモデルとする。ここで、このオフィス用標準問題は 30 年以上前に提案されたものであり、オフィスモデルにおける窓の熱貫流率は最新のオフィスビルに比べかなり性能が低い。しかしオフィス用標準問題は、よく参照されるモデルである。このことに考慮し、検討モデルでは断熱改修は想定せず、熱貫流率は標準問題のままの値を用いる。オフィスモデルには、すべての立面に窓があり、外壁に占める窓の比率は事務所室部の壁面で約 30%となっている。

オフィスモデル諸元

場所： 東京都内

用途： 事務所

階数： 8階

基準階床面積： 826.6 m<sup>2</sup>

延床面積： 6612.5 m<sup>2</sup>

在館者密度： 0.1人/m<sup>2</sup>

構造： 鉄筋コンクリート造

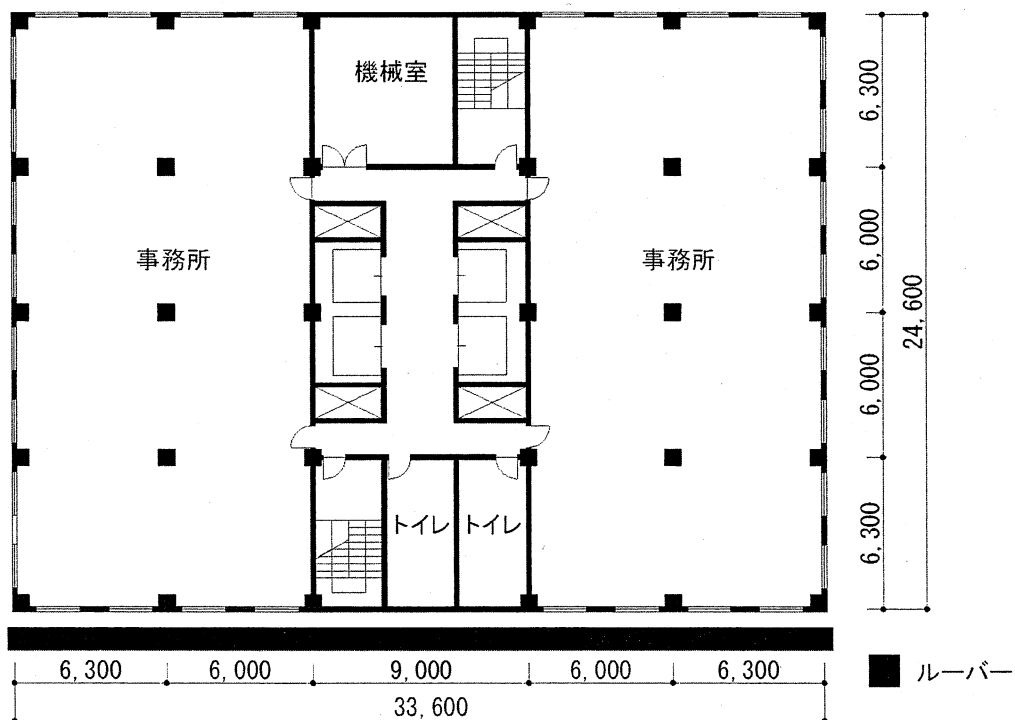


図 5-12 オフィスモデルの標準プラン [単位：mm]

表 5-1 オフィスモデルの部材構成

部位	部材構成 〈部材(厚み mm) インテリア側から外壁の順〉	熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> K)
<b>オフィス</b>		
床/天井	ロックウール(吸音板12), 石膏ボード(9), コンクリート(150), タイル(3)	1.92
屋根	ロックウール(吸音板12), 石膏ボード(9), フォームポリスチレン(25), コンクリート(150), アスファルト(10), 軽量コンクリート(60)	0.74
外壁	石膏ボード(12), フォームポリスチレン(25), モルタル(20), コンクリート(150), モルタル(20), タイル(8)	0.95
間仕切壁	モルタル(20), コンクリート(120), モルタル(20)	3.54
窓	単板ガラス(3)	5.72
<b>機械室</b>		
床/天井	グラスウール(吸音板25), コンクリート(150)	1.15
屋根	グラスウール(吸音板25), フォームポリスチレン(25), コンクリート(150), アスファルト(10), 軽量コンクリート(60)	0.58
外壁	グラスウール(吸音板25), モルタル(20), コンクリート(150), モルタル(20), タイル(8)	1.11
間仕切壁	グラスウール(吸音板25), モルタル(20), コンクリート(120), モルタル(20)	1.14
<b>その他</b>		
ドア	断熱材付鋼製ドア(TRNSYSの設定によるもの)	1.67
エントランス	単板ガラス(8)	5.53
階段及び トイレの外壁	モルタル(20), コンクリート(150), モルタル(20), タイル(8)	3.23

## 5.9 計算条件

### 5.9.1 気象条件

気象データは Radiance による計算と同じく東京標準年を用いる。1ヶ月の助走計算を行なった後、本計算を時間間隔 1 時間として行う。表 5-2 にオフィスモデルの設定条件を示す。

表 5-2 オフィスマデルの設定条件

	人体 (W/人)	121
発熱量		顕熱
		潜熱
	1月-3月	78
	4月	73
	5月-10月	69
	11月	73
	12月	78
	照明 (W/m <sup>2</sup> )	20
	機械 (W/m <sup>2</sup> )	20
空調スケジュール	平日	午前7時-午後9時 (予暖冷 午前7時-午前8時)
	土日	運転なし
	温度 (度)	
空調設定温度	1月-3月	22
	4月	24
	5月-10月	26
	11月	24
	12月	22
	室内相対湿度 (%)	50

### 5.9.2 空調スケジュール・内部発熱の設定

#### (1) 人体発熱

人体発熱は、空気調和・衛生工学会ハンドブックを参照している<sup>11)</sup>。在室人数は 0.1 人/m<sup>2</sup> とする。作業は座位軽作業とし発熱量を 121W/人とする。なお顕熱および潜熱は月ごとに設定する。

#### (2) 照明発熱

照明による発熱は IBEC 発行の新築・増改築の性能基準<sup>12)</sup>の標準消費照明電力（建物用途：事務所等）を参照し 20W/m<sup>2</sup> とする。

#### (3) 機器発熱

東西事務室に照明発熱同様に 20 W/m<sup>2</sup> の機器発熱を設定する。

#### (4) 空調設定条件

平日の午前 7 時から午後 9 時までを稼働時間とし土日は稼働しない。なおシミュレーションにおいて外気取入れは考慮しない。

### 5.9.3 空気熱源ヒートポンプ

空気熱源ヒートポンプの消費電力量を算定する。表5-3に本モデルで設定した空調機の緒元を示す。ここで空調機のCOPは一般的には空調機メーカーのカタログ値で示されるものだが、これは定格値であり稼働時のCOP（実効値）ではない。上野ら<sup>13) 14)</sup>は稼働時の空調機のCOPの実効値を求める計算モデルを提案している。このCOPの実効値は空気熱源ヒートポンプに適用でき、かつ上野らの計算モデルは、個別の空調機の緒元に左右されない。そのため、この計算モデルは、いかなる空調機にも適用することができる。本研究では、空調機のCOPの実効値を算定するために、この計算モデルを適用する。

表 5-3 空調機の仕様

冷房			
	能力 (kW)	消費電力 (kW)	COP (-)
定格	5.0	1.59	3.14
最小	0.6	0.13	4.61
最大	5.2	1.66	3.13

暖房			
	能力 (kW)	消費電力 (kW)	COP (-)
定格	6.3	2.04	3.08
最小	0.5	0.12	4.16
最大	8.6	3.23	2.66

### 5.10 計算結果

図5-13から図5-15および表5-4に年間空調負荷及び年間消費電力量の解析結果を示す。統合ファサードが取り付けられる面はオフィスモデルの立面において図5-12に示す一面のみであり、東向き、南向き、西向きとは、統合ファサードの設置面が相対する方位である。統合ファサード設置面が東向き、南向き、西向きとなるように図5-12に示すモデルを90度ずつ回転する。なお統合ファサードが設置されない立面の窓は、ルーバーで覆われていない。東向き、南向き、西向きのそれぞれの解析結果をみると、すべてのケースにおいて解析結果は同様の傾向を示している。



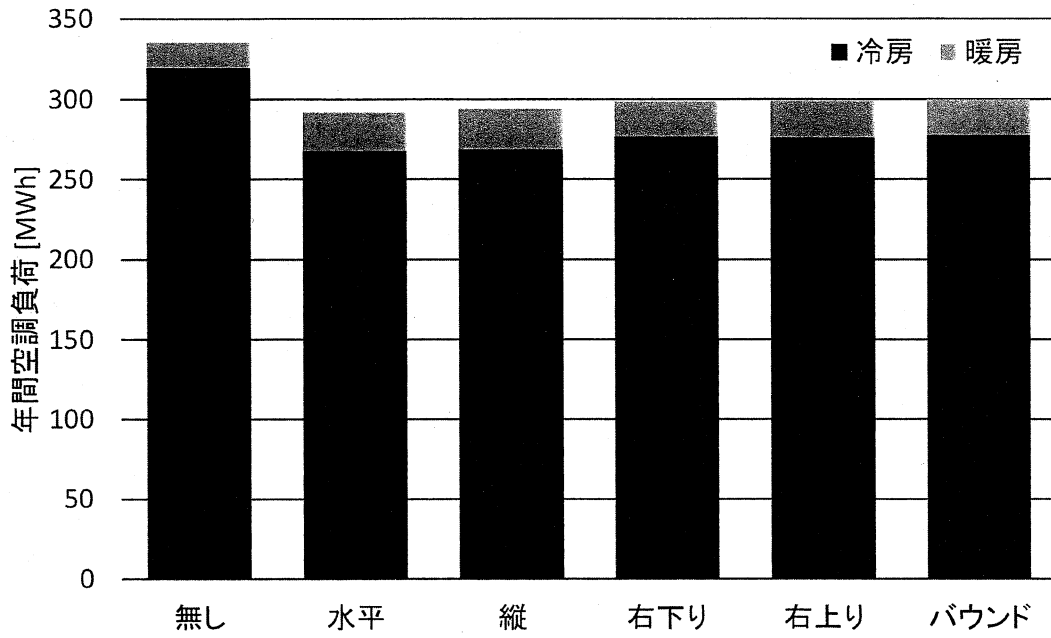


図 5-13-A 年間空調負荷 東向き

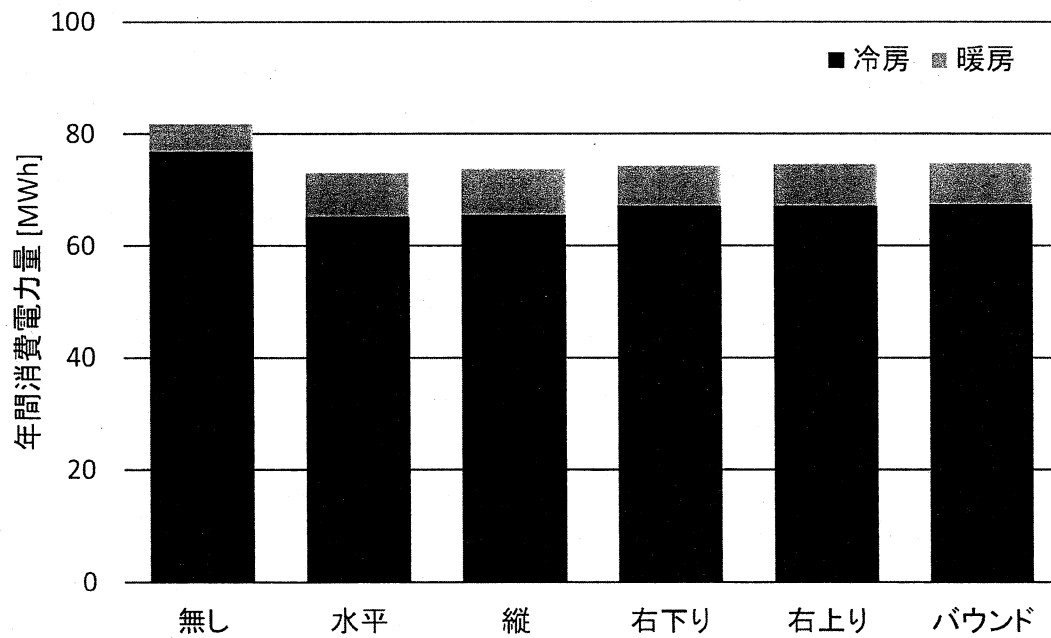


図 5-13-B 年間消費電力量 東向き

図 5-13 年間空調負荷および年間消費電力量

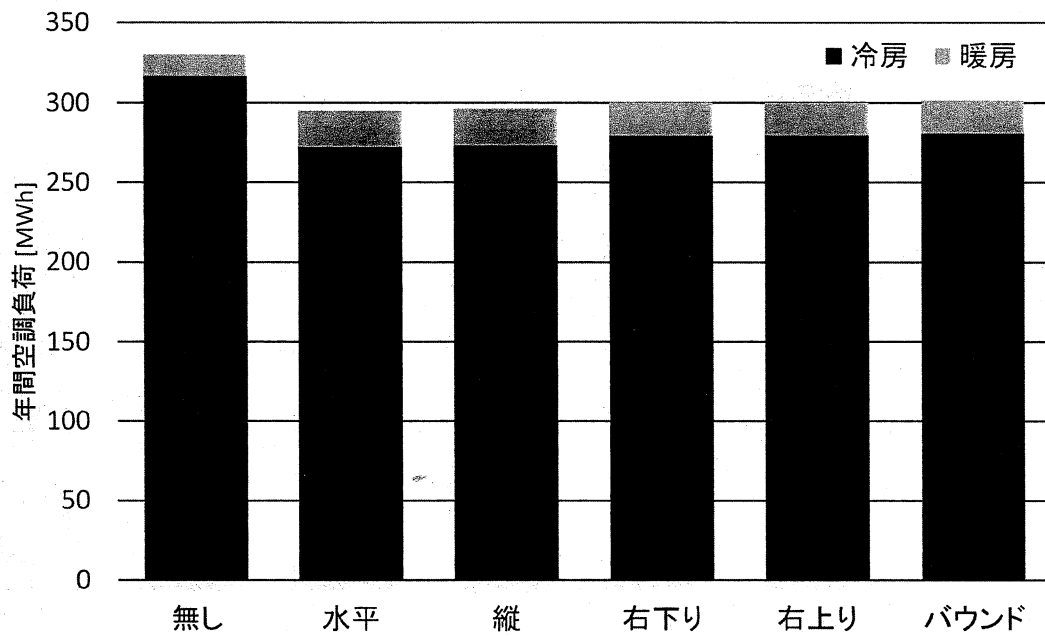


図 5-14-A 年間空調負荷 南向き

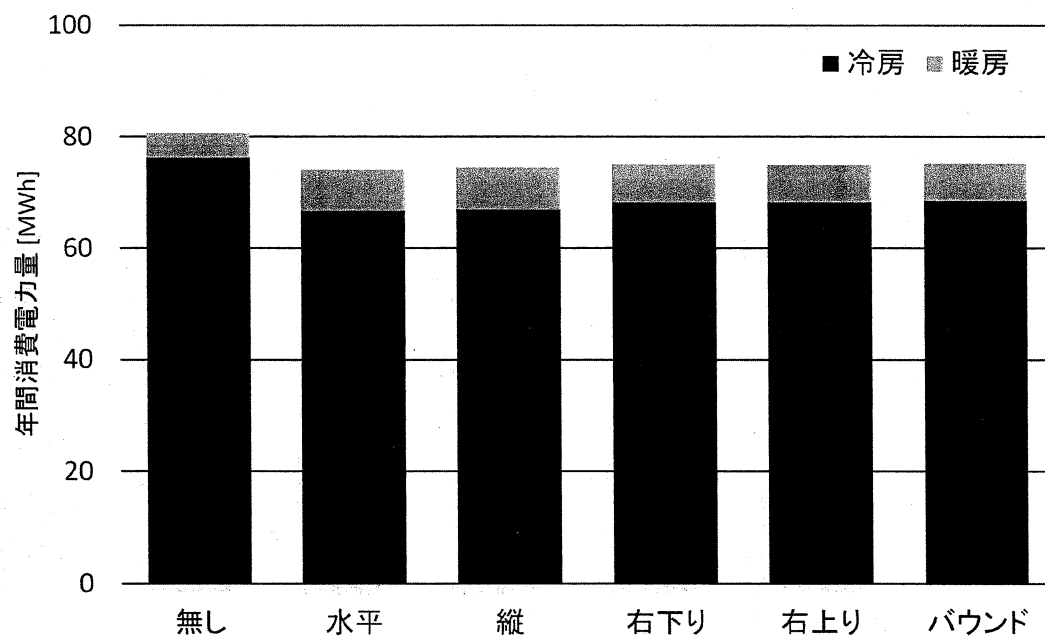


図 5-14-B 年間消費電力量 南向き

図 5-14 年間空調負荷および年間消費電力量

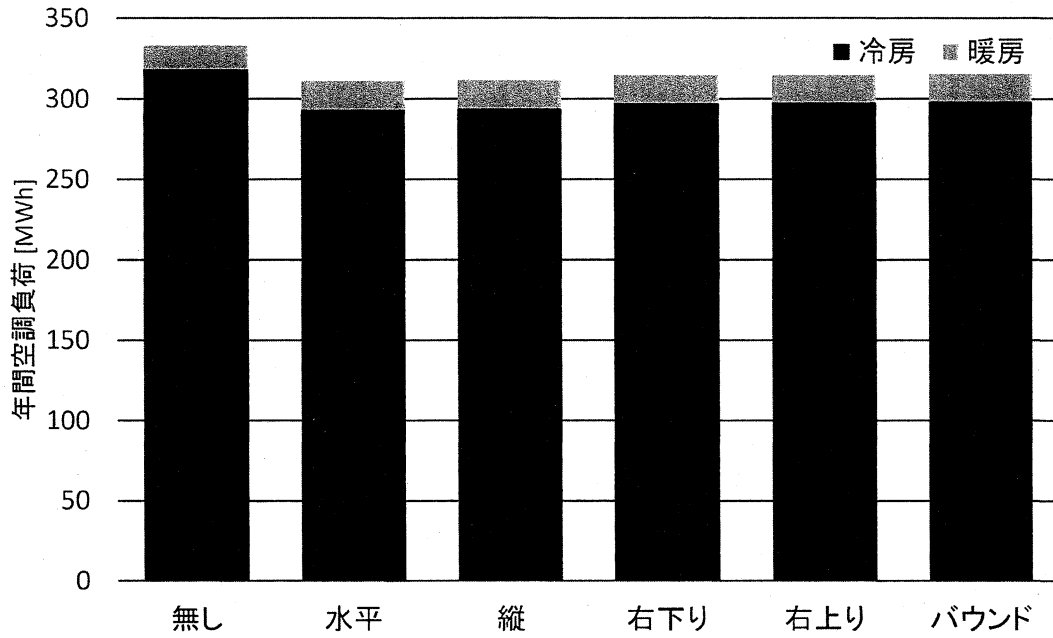


図 5-15-A 年間空調負荷 西向き

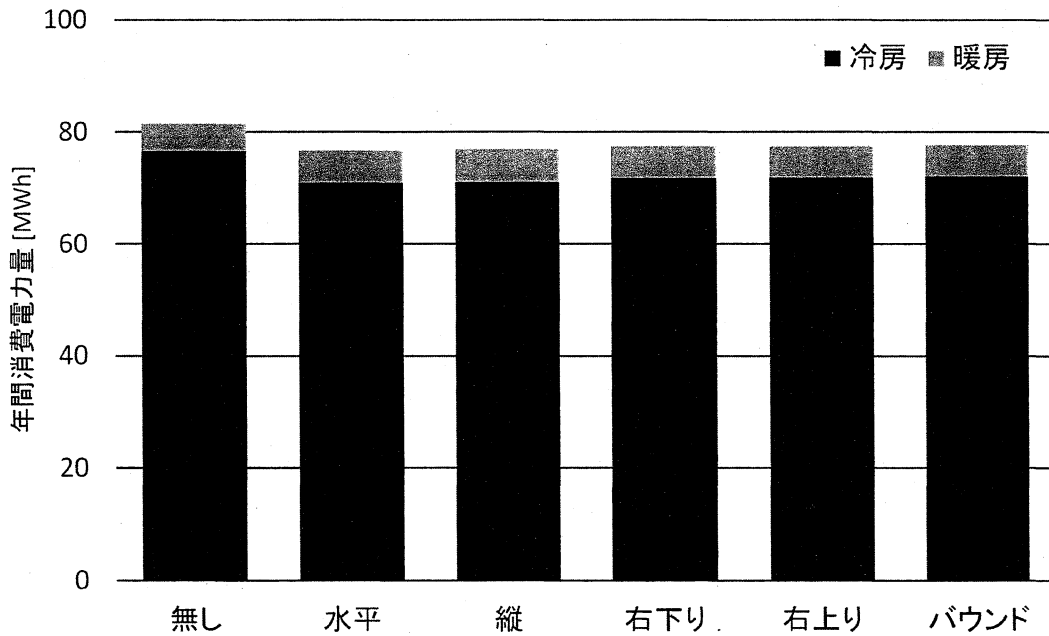


図 5-15-B 年間消費電力量 西向き

図 5-15 年間空調負荷および年間消費電力量

表 5-4 年間空調負荷と消費電力量

東向き

ルーバーの種類	無し	水平	縦	右下り	右上り	バウンド
冷房負荷 [MWh/year]	319.67	267.8	268.69	276.74	276.09	277.61
暖房負荷 [MWh/year]	16.02	24.13	25.25	21.92	22.90	22.46
空調負荷低減率 [%]	—	13.04	12.44	11.03	10.93	10.61
消費電力量 冷房 [MWh/year]	76.85	65.19	65.49	67.17	67.12	67.44
消費電力量 暖房 [MWh/year]	4.97	7.88	8.25	7.17	7.49	7.35
消費電力量低減率 [%]	—	10.69	9.86	9.14	8.81	8.59
通年エネルギー消費効率 APF [-]	4.10	4.00	3.99	4.02	4.01	4.01

南向き

ルーバーの種類	無し	水平	縦	右下り	右上り	バウンド
冷房負荷 [MWh/year]	316.83	272.52	273.3	279.55	279.83	280.91
暖房負荷 [MWh/year]	13.36	22.69	23.23	20.94	20.45	20.57
空調負荷低減率 [%]	—	10.59	10.19	8.99	9.06	8.69
消費電力量 冷房 [MWh/year]	76.28	66.72	66.92	68.24	68.28	68.54
消費電力量 暖房 [MWh/year]	4.39	7.42	7.60	6.86	6.70	6.74
消費電力量低減率 [%]	—	8.09	7.61	6.91	7.06	6.68
通年エネルギー消費効率 APF [-]	4.09	3.98	3.98	4.00	4.01	4.01

西向き

ルーバーの種類	無し	水平	縦	右下り	右上り	バウンド
冷房負荷 [MWh/year]	318.33	293.47	293.98	297.37	297.72	298.34
暖房負荷 [MWh/year]	15.13	17.73	17.98	17.44	17.20	17.28
空調負荷低減率 [%]	—	6.68	6.45	5.59	5.56	5.35
消費電力量 冷房 [MWh/year]	76.57	70.9	71.06	71.81	71.86	72.02
消費電力量 暖房 [MWh/year]	4.97	5.80	5.88	5.71	5.63	5.66
消費電力量低減率 [%]	—	5.94	5.63	4.93	4.97	4.73
通年エネルギー消費効率 APF [-]	4.09	4.06	4.05	4.06	4.06	4.06

## 5.11 考察

### 5.11.1 方位別（南向き）

南向きのオフィスモデルについて考察する。南向きのオフィスモデルについて、図5-13-Aに年間空調負荷の結果を示す。また図5-13-Bに年間消費電力量の結果を示す。オフィスモデルにおいては、どのタイプのルーバーが設置されても、ルーバーがない状態に比べて年間空調負荷および年間消費電力量は削減される。年間空調負荷の内訳は大部分が冷房負荷である。年間空調負荷の削減比率は、水平および縦ルーバータイプで10%以上となり、他のルーバータイプでも約9%となっている。年間消費電力量の削減比率は空調負荷の削減と同様の傾向で、水平および縦ルーバータイプで7.5%から8%の削減、他のルーバータイプで6.5%から7%の削減となる。APF(通年エネルギー消費効率)は、すべてのケースで約4となる。

### 5.11.2 年間空調負荷

すべてのルーバータイプでルーバーなしに比べて冷房負荷が削減される。水平および縦ルーバータイプは、他のルーバータイプよりも冷房負荷の削減量が多い。もっとも効果が高いのは東向きの水平ルーバーである。しかし他のルーバータイプにおいても4%以上の冷房負荷削減効果がみられる。暖房負荷についてはルーバーなしに比べて負荷が増加となる。これはすべてのケースであてはまる。水平および縦ルーバータイプでは他のルーバータイプに比べ暖房負荷の増加割合が大きい。なお、東向き、南向きのケースでは暖房負荷が多くなる傾向がみられる。年間空調負荷は、すべてのケースにおいて削減される。削減効果は5%から13%である。年間空調負荷の削減は東向きが最も効果的である。

### 5.11.3 年間消費電力量

すべてのルーバータイプにおいて、冷房に対する消費電力量は削減される。反面、暖房についてはルーバーを設置することで、すべてのタイプで消費電力量が増加する。年間消費電力量は、すべてのケースで削減される。東向きは約8.6%から10.7%の削減効果がみられる。南向きは、約6.7%から8.1%の削減効果が、西向きは約4.7%から5.9%の削減がみられる。東向きにルーバーを設置する場合が最も年間消費電力量の削減効果が高い。

### 5.11.4 通年エネルギー消費効率（APF）

通年エネルギー消費効率は約4となり妥当な数値である。なお空調負荷が大きくなるとAPFは大きくなる。設定した空調機は空調負荷が大きくなるにつれて効率があがる。

## 5.12 まとめ

本章では、外付ルーバーと座屈拘束ブレースを組み合わせた統合ファサードの室内温熱環境（日射遮蔽効果、年間空調負荷、空気熱源ヒートポンプの年間消費電力量）について検討を行った。以下に本章で得られた知見を示す。

- 1) Radiance および All Sky model-R を用いて外部遮蔽係数を算出した。外部遮蔽係数の算出は、5つのルーバータイプ（水平、縦、斜行（右上り）、斜行（右下り）、バウンド）とファサードの立面3方位（東向き、南向き、西向き）について行った。
- 2) 各ルーバーの外部遮蔽係数は、ルーバーの開口率が同じであっても、ルーバーの種類や方位、時間や季節によって異なる。
- 3) すべてのルーバータイプにおいて日射量の削減効果を定量的に求めた。ルーバーなしと比較した日射量の削減効果は次の通りである。東向き（夏期）では66%から55%の削減、東向き（冬期）では47%から66%の削減、南向き（夏期）では72%から60%の削減、南向き（冬期）では47%から60%の削減、西向き（夏期）では67%から54%の削減、西向き（冬期）では48%から66%の削減となる。
- 4) 外部遮蔽係数を用い年間空調負荷を TRNSYS により算出した。外付ルーバーを設置することで、ルーバーの設置方位やルーバータイプにかかわらず年間空調負荷を削減できる。年間空調負荷削減効果は約5.4%から13%である。
- 5) 年間消費電力量についても年間空調負荷算出と同様に TRNSYS により算出した。算出においては、空気熱源ヒートポンプと上野らが提案する COP 実効値の計算モデルを使用している。年間消費電力量は、すべてのルーバータイプおよびすべての方位で削減された。年間消費電力量の削減量は約4.7%から10.7%である。
- 6) 改修が必要なオフィスビルに統合ファサードを設置すると、年間空調負荷および年間消費電力量を削減することができる。これら改修が必要なオフィスビルは、耐震補強および外壁の適切な断熱改修が必要なビルである。統合ファサードを設置することで、耐震補強と日射遮蔽性能を付加することができる。仮に断熱改修が行われなかったとしても年間消費電力量を削減できる。統合ファサードシステムは、耐震補強および断熱改修が必要なオフィスビルにお

いて、段階的な改修（始めに耐震補強を行い、のちに断熱改修を行う）にも適切な省エネルギー手法といえる。

今後の課題として、統合ファサードは、内部発熱が高く年間冷房となる建物用途の場合に省エネ効果が高く見込まれる可能性が高い。オフィスビルに限らずビルディングタイプを比較し、この点を注意深く検討する必要がある。また、本研究のルーバーサイズや設置位置は座屈拘束ブレースにそろえて定めているが、より高い効果を狙うためには、建物の立地条件に合わせてルーバー幅や間隔、窓面からの距離などを最適化する必要がある。将来的には、統合ファサードが適用された物件における実測を通して、さらなるデータを蓄積することが、改修を推し進めるうえで有効である。

## 第五章の参考文献

- 1) 岩田衛他：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究その2～その7、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、2006-2007
- 2) 小野谷一尚、竹内徹、岩田衛：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究、既存ファサードの性能調査・分析と統合ファサードの提案、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp619-620、2005.7
- 3) 竹内徹、小野谷一尚、安田幸一、湯浅和博、岩田衛：ファサードエンジニアリングの統合に関する研究、統合ファサードの提案および性能評価、日本建築学会環境系論文集、第601号、pp81-88、2006.3
- 4) 彦根茂、三澤温、中村慎、岩本静男、岩田衛：統合ファサードにおける斜行配置ルーバーによる室内光環境、日本建築学会環境系論文集、第644号、pp1187-1193、2009.10
- 5) 中村慎、彦根茂、三澤温、岩本静男、岩田衛：ルーバー座屈拘束ブレースから成る統合ファサード構法成立、日本建築学会環境系論文集、第647号、pp121-129、2010.10
- 6) 井川憲男、松澤朋子、古賀靖子：All Sky Model-R と All Sky Model-L の既存モデルとの比較、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp57-58、2004.8
- 7) 吉澤望、小林紘一、稻沼實、武田仁：東京圏における昼光照度基準標準年気象データ TWD9302/L の昼光照明シミュレーションへの応用、日本建築学会環境系論文集、第598号、pp23-29、2005.12
- 8) 日本建築学会：拡張アメダス気象データ 1981-2000
- 9) 竹田浩彰、彦根茂、三澤温、岩田衛：統合ファサードにおけるバウンドルーバーの研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp1239-1240、2010.9
- 10) 標準問題の提案（住宅用標準問題、オフィス用標準問題）、日本建築学会環境工学委員会、第15回熱シンポジウム、1985
- 11) 空気調和・衛生工学便覧 第14版 1巻 基礎編、空気調和・衛生工学会、pp414、2010
- 12) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き-新築・増改築の性能基準 (PAL/CEC)、財団法人建築環境・省エネルギー機構、2010.9
- 13) 上野剛、北原博幸、宮永俊之：家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発その1：冷房運転時モデル、空気調和・衛生工学会論文集、No190、pp41-49、2013.1



14) 上野剛、北原博幸、宮永俊之：家庭用エアコンの熱源特性モデルの開発  
その2：暖冷房運転時モデルへの拡張と汎用性の検証、空気調和・衛生工学会  
論文集、No204、pp85-91、2014.3



## 第六章

### 統合ファサードと火災安全

- 6.1 はじめに
- 6.2 目的
- 6.3 実大火災実験（水平ルーバータイプ）
- 6.4 実験結果と考察
- 6.5 水平ルーバー実験のまとめ
- 6.6 実大火災実験（斜行ルーバータイプ）
- 6.7 実験結果と考察
- 6.8 斜行ルーバー実験のまとめ
- 6.9 まとめ



## 第六章 統合ファサードと火災安全

### 6.1 はじめに

本章では、統合ファサードの火災安全について検討する。図6-1に、統合ファサードの評価軸と本章の位置づけを示す。これまで防災軸では既往研究において耐震追従性の検証を行った<sup>1)~6)</sup>。また、意匠軸については第三章で意匠展開を検討し、環境軸については、室内光環境の実物大実験や解析検討及び温熱環境検討を行い、それらを第四章、第五章にまとめている。本章では安全上重要でありながら、これまで統合ファサードでは検討されなかった防災軸のひとつである火災安全性の検討を行う。具体的には、複数の統合ファサードの実大火災実験を行い、外付ルーバー近傍の開口噴出熱気流性状の把握を行う。

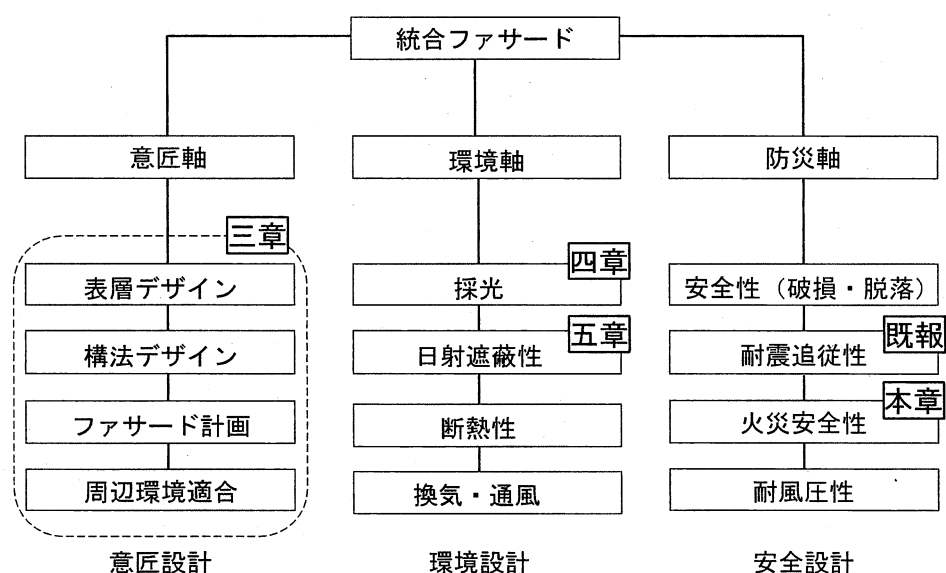


図6-1 本章の位置づけ

### 6.2 目的

統合ファサードを設置する建物では、座屈拘束ブレースを用いた耐震改修が行われる。このような建物は防災上の避難拠点となりうる。また統合ファサードは、建替が困難な密集市街地での建物改修に適用されることも想定している。密集市街地では、図6-2に示すように、建物内の火災拡大により開口から噴出する熱気流（以下、開口噴出熱気流という）によって上階や隣接建物へ延焼する危険性が高い。よって、その性状を把握することは建物の火災安全性を検討するうえで重要な課題である<sup>7)</sup>。

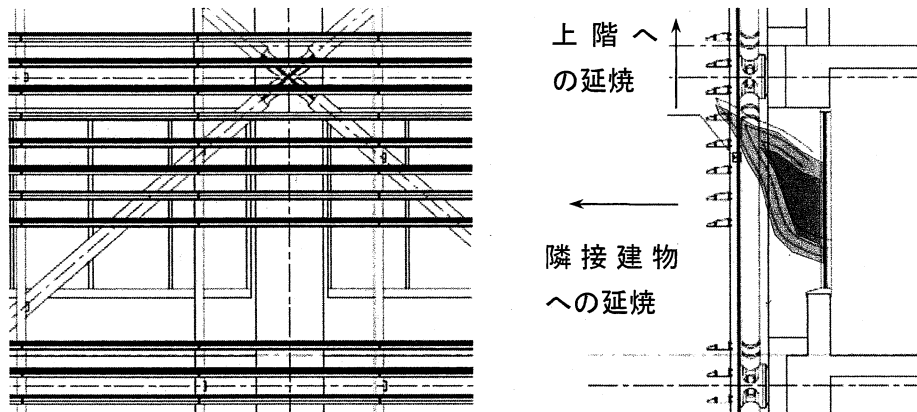


図6-2 統合ファサードと火災延焼

噴出気流性状に関する研究の成果<sup>8)~11)</sup>は、延焼火災の防火対策などに活用されている。ただし、それらのほとんどは開口部の外側に遮蔽物がないものを対象としており、ルーバーを設置した場合の知見はほとんどみられない。開口部を遮蔽する状況については、大宮らの研究<sup>12) 13)</sup>において、開口部に正対する対向壁がある場合の開口噴出火炎性状について論じられている。これは開口の前面に正対する外壁面等が建ち、開口の前面を全遮蔽する状況を想定している。しかし、ルーバーのように開口部や外壁を半遮蔽する状況下での開口噴出熱気流の性状は、これまであまり論じられていない。統合ファサードでは、ルーバーが開口部の前面に配置され火災時に開口を塞ぐ可能性があり、開口部とルーバーの離隔距離や部材構成によっては一般的な火災の状況とは異なることが想定される。

よって本章では、実物大モックアップによる実大火災実験（以下、本実験とする）により、温度、放射熱及び熱画像による測定から統合ファサードを設置した建物の開口噴出熱気流性状を確認する。

### 6.3 実大火災実験（水平ルーバータイプ）

#### 6.3.1 実験用モデルの設定

統合ファサードの外付ルーバータイプのうち代表的な2タイプの水平ルーバーについて実物大模型を使った火災実験を行う。図6-3に示すように、統合ファサードは神奈川大学12号館への適用を想定している。外付ルーバーとして用いられる水平ルーバーの形状及び間隔は、主に温熱環境及び光環境の最適化により決定される。ルーバーの材質は鋼製もしくはアルミニウム製である。図6-4に水平ルーバーの構成を示す。躯体枠に一次ファスナー、二次ファスナー及

びパネル枠を取り付け、水平ルーバーを接合する。水平ルーバーはパネル枠に取り付けられ、パネル枠は一次ファスナーに取り付ける。

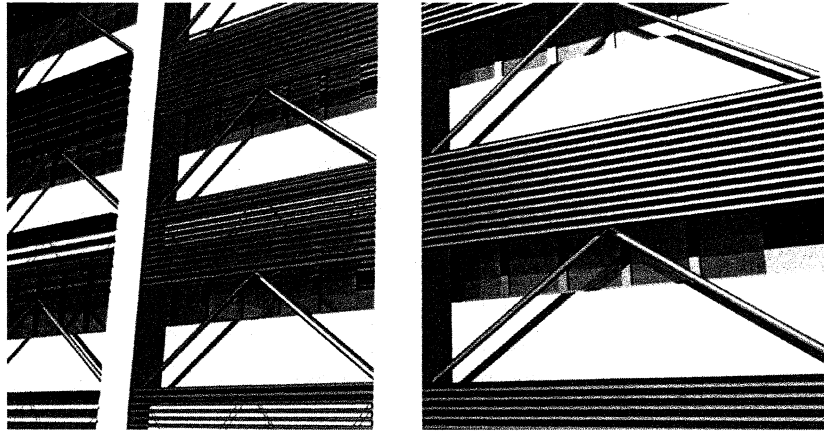


図 6-3 水平ルーバーを設置したファサード

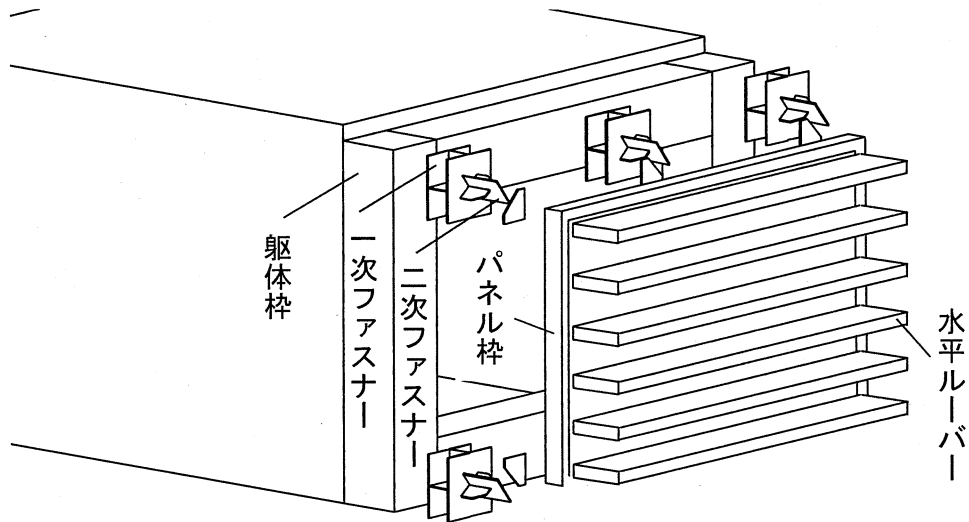


図 6-4 水平ルーバーの構成図

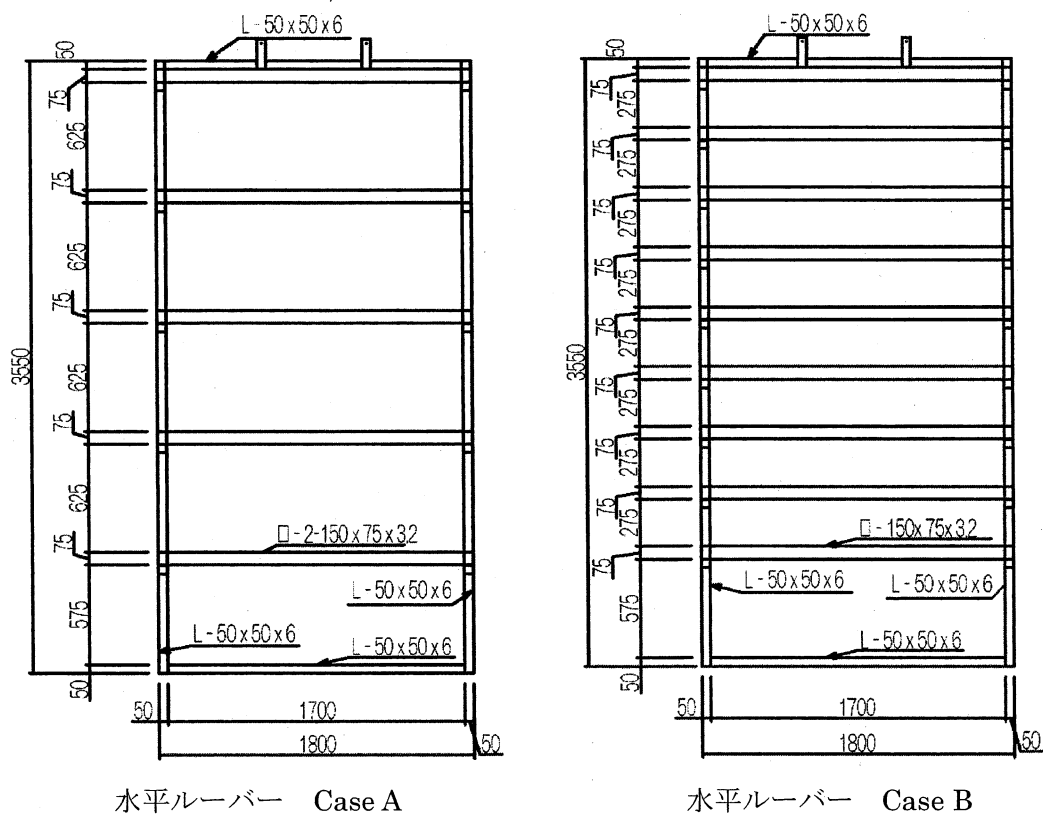
### 6.3.2 実験用モデル

図 6-5 に実験用モデル (以下、試験体とする) の形状及び寸法を、写真 6-1 に試験体を示す。試験体は水平ルーバーの間隔及び見込寸法を変えた 2 体 (Case A および Case B) とし、水平ルーバーからパネル枠までを再現する。水平ルーバーの寸法は、鋼材□-150×75×3.2 を 2 本溶接した Case A (見付寸法

75mm、見込寸法 300mm) と、鋼材□-150×75×3.2 を用いた Case B(見付寸法 75mm、見込寸法 150mm) とする。Case A の見込寸法および設置間隔は Case B の 2 倍である。試験体の材質は実験中に部材が脱落、変形しないステンレススチール製 (SUS304) とする。

### 6.3.3 実験装置

本実験は YKK AP 社が所有する壁等の防耐火試験用の加熱炉 (以下、加熱炉とする) を用いて実施する。加熱空間は奥行き 1.0m で、供試体設置用の開口面 (以下、塞ぎパネルとする) は幅 3.2m×高さ 3.7m である。写真 6-2 に示すように、塞ぎパネルには開口部 (幅 1.2m×高さ 1.8m) を設ける。図 6-6 に塞ぎパネルから見た加熱空間の立面を示す。加熱炉は、上下方向 5 ゾーンに分割された燃焼バーナーを有し、加熱炉内温度は 12 箇所の熱電対 (熱電対の設置位置は開口面外芯から 100mm 加熱炉内側の位置) によって測定される。



水平ルーバー Case A

水平ルーバー Case B

図 6-5 試験体形状及び寸法 [単位 : mm]





水平ルーバー Case A



水平ルーバー Case B

写真 6-1 試験体

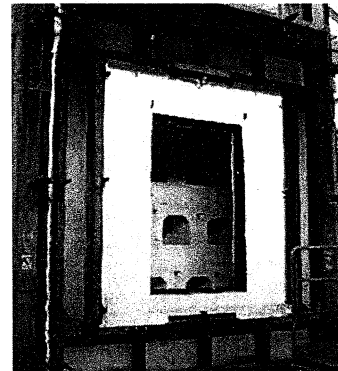
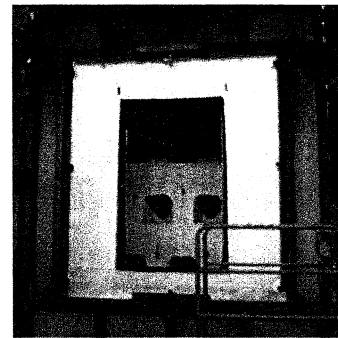
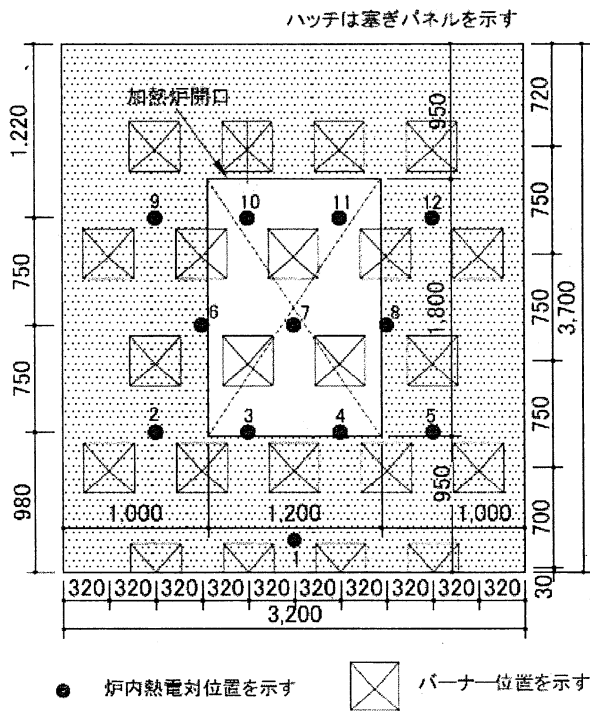


写真 6-2 加熱炉

### 6.3.4 実験の実施

#### 1) 測定項目

表 6-1 に測定計画を示す。実験では開口の中心軸温度 (以下、開口面中心軸

温度とする) 及び水平ルーバー近傍温度をK熱電対で、また開口正面および開口上部における受熱量を放射熱流束センサーで測定しデータロガーに記録する。また熱画像を撮影し開口噴出熱気流の形状確認を行う。測定環境を図6-7から図6-9に、試験体設置状況を写真6-3に、測定機器一覧を表6-2に示す。

表 6-1 測定計画

項目	測定条件
日時	ブランク試験： 2008 7/28~7/30 水平ルーバー試験： 2008 9/4(CaseA), 9/5(CaseB)
試験場	YKK AP社 技術開発センター中央試験所 (富山県黒部市吉田200)
実験回数	ブランク試験：5回 水平ルーバー試験：各1回 計2回
加熱方法	ISO834標準加熱曲線に準じて加熱後炉内温度500℃で制御(図6)
試験体 離隔距離	ルーバー加熱側の側面が塞ぎパネルの加熱炉外側表面より Case1：1000mm, Case2：800mm, Case3：600mm, Case4：400mmとする
測定時間間隔	加熱炉内温度60秒、K熱電対及び放射熱流束センサー20秒

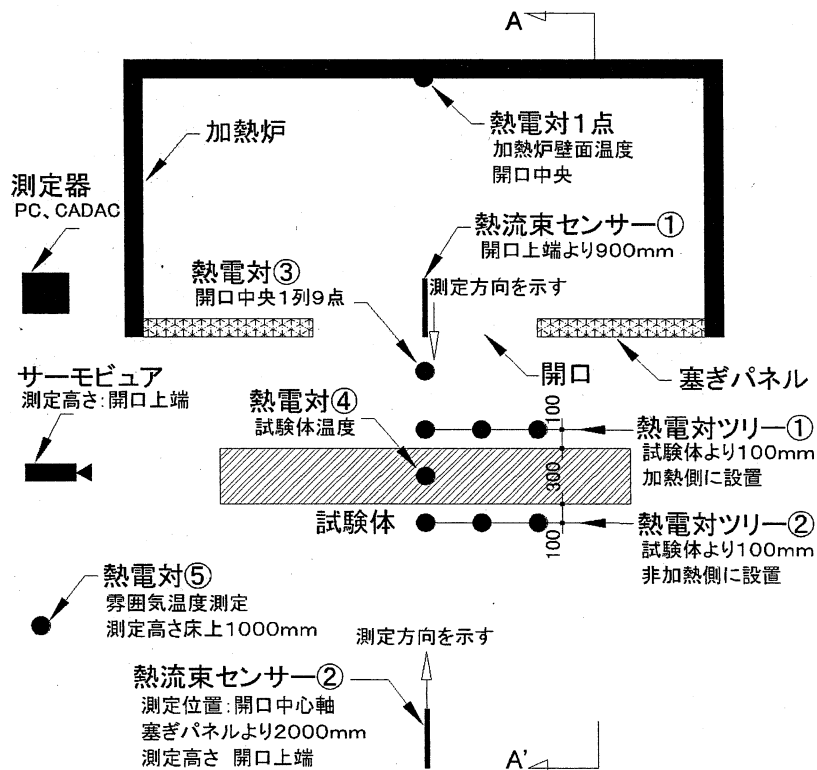


図6-7 測定機器配置図 (平面図) [単位：mm]

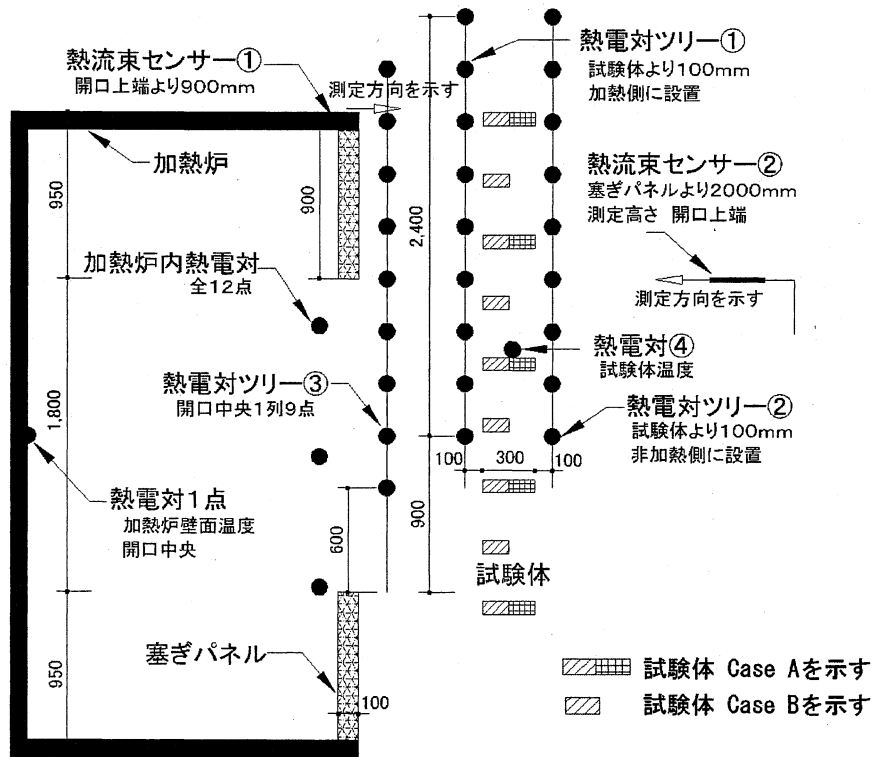


図6-8 測定機器配置図 (A-A' 断面) [単位: mm]

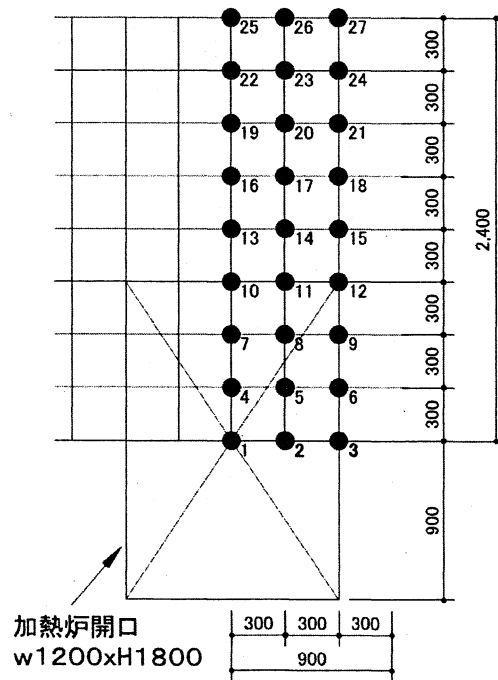
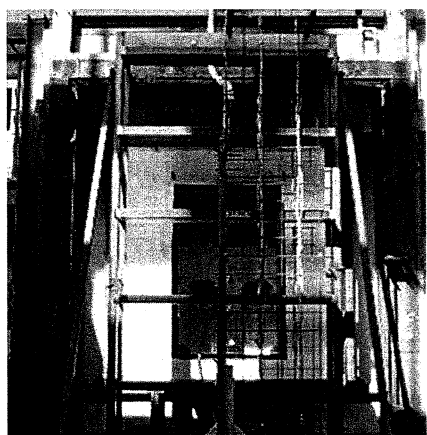
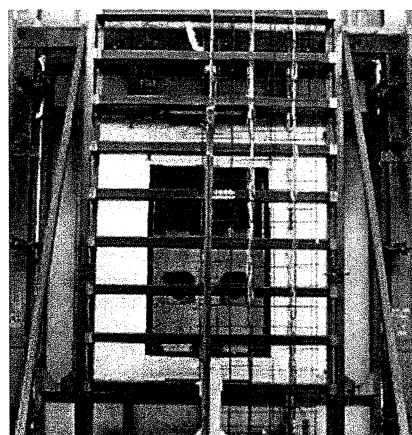


図6-9 熱電対ツリー (①, ②) [単位: mm]



試験体 Case A



試験体 Case B

写真6-3 試験体設置状況

表 6-2 測定機器一覧

設備・機器	仕様
加熱炉	光亜科学工業株
スキャンユニット	江藤電気社製CADAC 型番9221A
熱電対①、②	K0.65テフロン被覆タイプ
熱電対③	セラミック被覆タイプ
熱電対④	K0.65テフロン被覆タイプ
熱電対⑤	K0.65テフロン被覆タイプ
サーモビューア	NEC Avio赤外線テクノロジー社製 TVS8500 放射率1
放射熱流束センサー	Captec社製 RF-D30H(開口上方測定用)
	Captec社製 RF-30P(開口正面測定用)

## 2) ブランク試験

通常の壁等の防耐火試験は供試体設置により加熱炉内を閉鎖空間とした状態で実施される。しかし本実験では突破された開口部からの噴出気流を想定している。そのため開口部において空気等の流出入が生じ加熱炉内温度の制御が通常試験とは異なる。加熱炉に開口部を設けた状態での火災実験は数例<sup>14)~16)</sup>あるものの、加熱炉内温度の制御は各々の加熱炉の特性や実験内容によるところが大きい。そこで、水平ルーバー設置状態での実験の前段として、塞ぎパネルのみを設置した状態での加熱炉内の温度制御及び噴出気流性状を確認するためのブランク試験を行った。炉内温度は、図6-10に示す防耐火試験で用いられるISO834標準加熱曲線<sup>17)</sup>に沿って上昇させた後、500℃で安定するよう自動加熱制御を行う。この炉内温度は、既往の実験結果<sup>8)</sup>に基づき、開口上端より上方

900mm の位置での噴出気流中心軸温度を 300℃ と想定し、この気流を再現するために必要な炉内温度として設定した。炉内温度は加熱炉内熱電対 No.10、11 を代表点とする。再現性を確認するためブランク試験は 5 回実施する。なお 1 回目及び 2 回目は加熱炉の制御と測定機器の調整を目的とするため測定結果として扱わない。

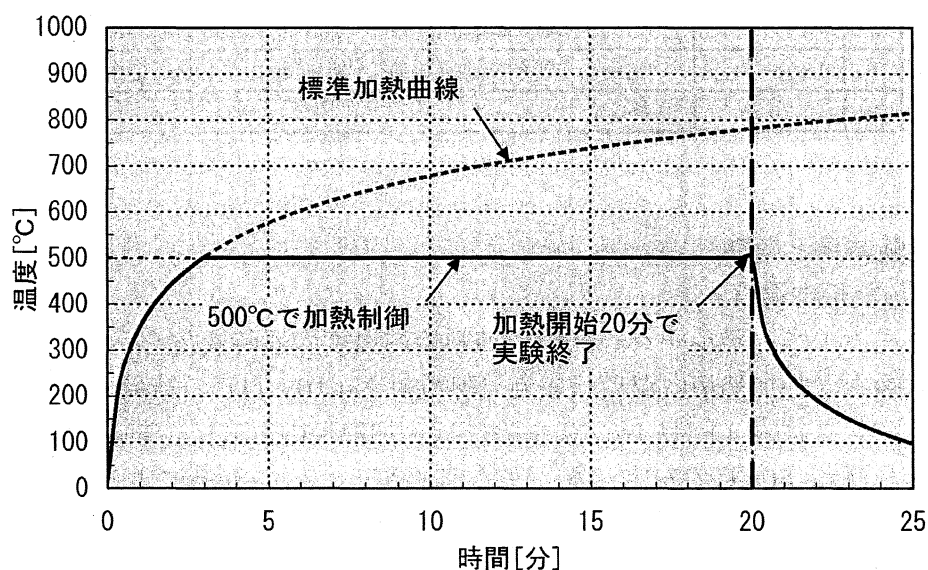


図 6-10 炉内温度の加熱制御

### 3) 水平ルーバー試験

水平ルーバーを設置した試験（以下、水平ルーバー試験とする）は、Case A および Case B を各 1 回実施する。図 6-11 に示す水平ルーバー近傍温度を測定する熱電対ツリーは、試験体側面より前後 100mm の位置に設置する。試験体と開口部の離隔距離を変化できるように試験体及び熱電対ツリーを可動架台に載せ、水平ルーバーの加熱側の側面と開口部の離隔距離を最大 1000mm から最小 400mm まで 200mm ピッチで開口部へ近付ける。表 6-3 に実験手順を示す。ブランク試験と同様に加熱炉内温度は代表温度が 500℃ となるよう制御し、加熱開始 10 分からはブランク状態（塞ぎパネルのみ設置）を 2 分間実施し加熱炉内温度の安定を確認する。その後、試験体を開口部から離隔距離 1000mm の位置に設置・測定し、2 分ごとに設定した離隔距離の位置に移行・測定を行い加熱開始 20 分で実験終了とする。

表 6-3 実験手順

No	経過時間	内容
1	2分前	測定開始
2	0分	加熱炉点火
3	10分	加熱炉内温度500℃制御
4	10分-12分	加熱炉内の安定を確認
5	12分-14分	Case1 試験体離隔距離 開口面より1000mmで測定
6	14分-16分	Case2 試験体離隔距離 開口面より800mmで測定
7	16分-18分	Case3 試験体離隔距離 開口面より600mmで測定
8	18分-20分	Case4 試験体離隔距離 開口面より400mmで測定
9	20分	終了

## 6.4 実験結果と考察

### 6.4.1 加熱炉内温度

図 6-1 1 に水平ルーバー試験の加熱炉内温度の経時変化を示す。また、ブランク試験を含む加熱炉内温度代表点（熱電対 No.10、11）の結果を示す。本条件ではブランク試験 4 回目 No.10 を除けば、加熱炉内温度は全試験とも同様の傾向を示し概ね 500℃で安定した。また水平ルーバーの有無による違いもみられない。なお熱電対 No.1、3、4 は、いずれの試験でも 400℃以下となった。これは加熱炉内下部の排気に伴い開口部下部からの流入空気により周辺温度が低減されたためである。

### 6.4.2 水平ルーバー近傍温度

図 6-1 2 にブランク試験及び水平ルーバー試験の開口面中心軸温度を示す。また、図 6-1 3 に水平ルーバー近傍の開口中心軸における加熱側・非加熱側の温度測定結果を示す。図 6-1 4 および図 6-1 5 は水平ルーバー近傍の温度分布（矢視方向は水平ルーバー非加熱側より加熱炉方向）である。

本条件では、全試験において開口面中心軸温度は概ね同様の分布を示し、水平ルーバーの設置は開口部温度に大きな影響はないと推察される。また開口上方(1800mm 以上)壁面近傍にも、水平ルーバー試験とブランク試験は同様の分布がみられた。しかし、水平ルーバーが開口に近接する場合(Case4) は、Case A、B とともに、ブランク試験や他の場合に比べ開口上方壁面近傍に 30℃～50℃の上昇がみられた。本条件では、水平ルーバーが開口に近い場合は、水平ルーバーにより、水平ルーバー後方非加熱側（以下、後方とする）への気流と、開口と水平ルーバーの間の気流に分かれ、開口上方壁面近傍の温度に影響を及ぼすと推察される。また水平ルーバーの見込寸法が大きい場合(Case A)は、開口上方壁面近

傍の温度上昇が比較的小さいため、見込寸法が大きい場合は、水平ルーバーが噴出気流の上方への流れを遮り、後方への流れが大きくなると推察される。見込寸法の小さい水平ルーバーを多く設置するよりも、見込寸法が大きい水平ルーバーを設置するほうが開口上方壁面近傍の温度上昇は少ない。なお全試験で高さ3000mmでは温度が下がった。これは層間を想定した壁面が高さ2750mm（開口上方950mm）までのためである。

図6-13の水平ルーバー近傍中心軸温度は、本条件ではCase A, Bともに加熱側、非加熱側において、開口上端(高さ1800mm)以下では、水平ルーバーが開口に近いほど温度が上がり、開口上方壁面高さでは温度が下がる傾向がみられた。これは水平ルーバーが開口に近い場合は、水平ルーバーに分断された噴出気流は、開口と水平ルーバーの間よりも、水平ルーバー後方へ流れるためと推察される。また、開口高さの最高温度位置は、水平ルーバーが開口に近づくにつれて同等高さ、または低い位置になった。これは、水平ルーバーが開口より遠い場合は、噴出気流中心軸よりも水平ルーバーが開口から遠方にあり、水平ルーバーが開口に近づくにつれて、水平ルーバーが噴出気流中心軸よりも開口に近い位置になるためと考えられる。水平ルーバーが噴出気流中心軸より遠方にある場合(Case1, Case2)と比較し、水平ルーバーが噴出気流中心軸よりも開口に近い場合(Case3, Case4)は、噴出気流の水平ルーバー後方への流れが支配的になり開口部上方の水平ルーバー近傍温度は低くなると推察される。またCase AとCase Bを比較すると、Case Aでは非加熱側の高さ2100mmで急激な温度低下がみられるが、Case Bでは非加熱側の温度分布が比較的緩やかである。噴出気流の中心軸を遮る一定長さ以上の水平ルーバーが設置されると、水平ルーバー後方の温度分布が大きく変化すると推察される。

図6-14および図6-15に示す水平ルーバー近傍中心軸及び中心軸から600mmまでの温度分布については、本条件ではCase A, Bともに噴出気流中心軸から離れるにつれて温度が下がった。また、温度の拡がり、中心軸から円状に拡がるのではなく、上方よりも水平方向に拡がる傾向がみられた。これは水平ルーバーの設置によって、噴出気流が水平ルーバーと衝突後、水平ルーバーによって上昇を押しやられるためと推察される。水平方向の気流は、Case BよりCase Aが顕著なことから、水平ルーバーの設置間隔よりも水平ルーバーの見込寸法による要因が大きい。

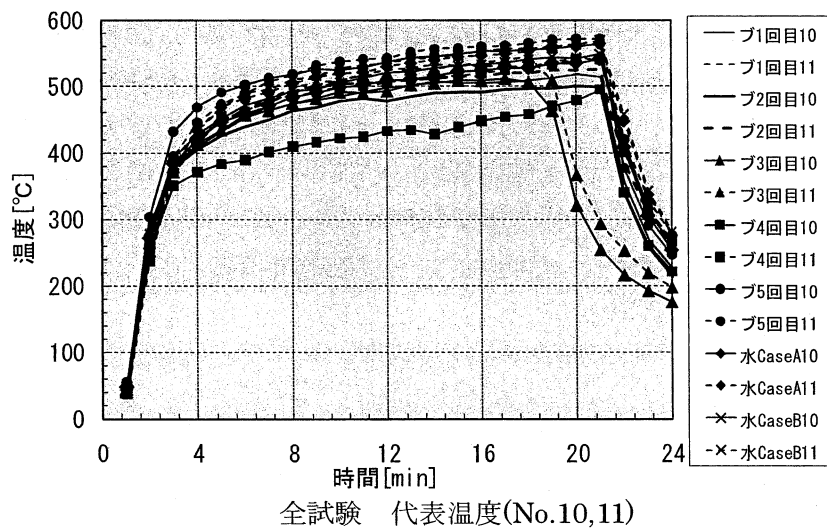
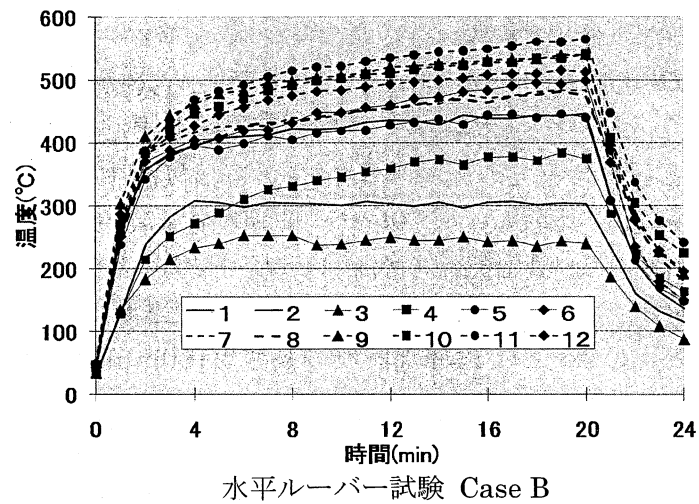
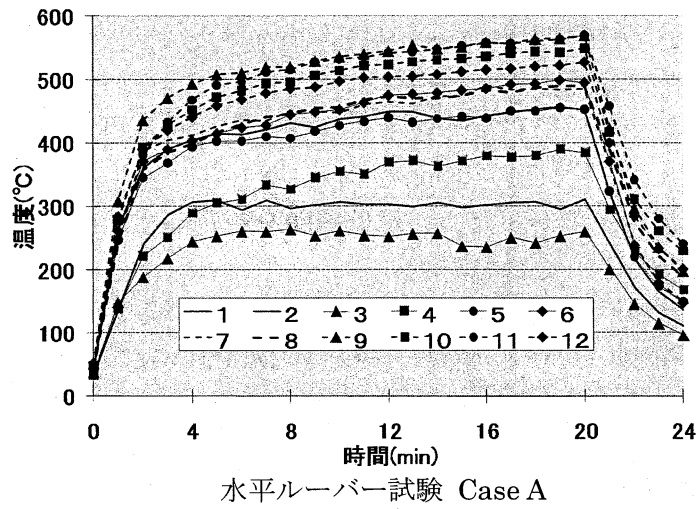


図 6-11 加熱炉内温度測定 (凡例：プ：ブランク試験 水：水平ルーバー試験)



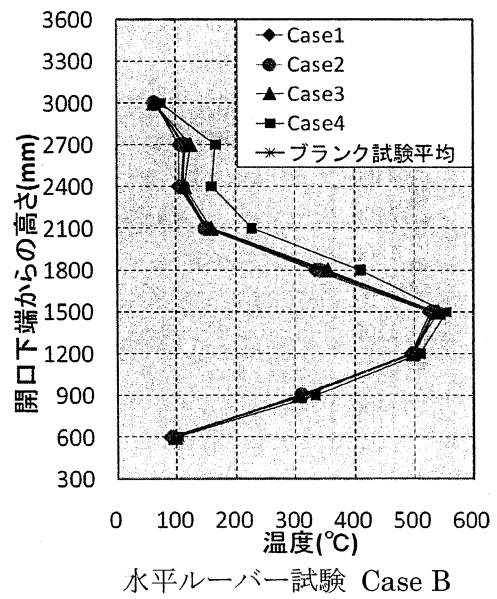
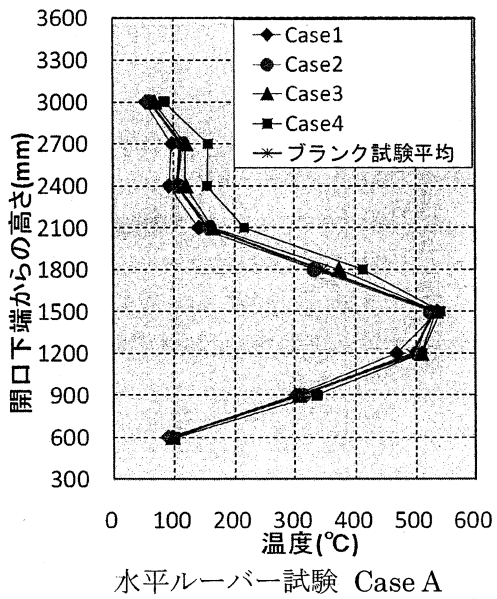
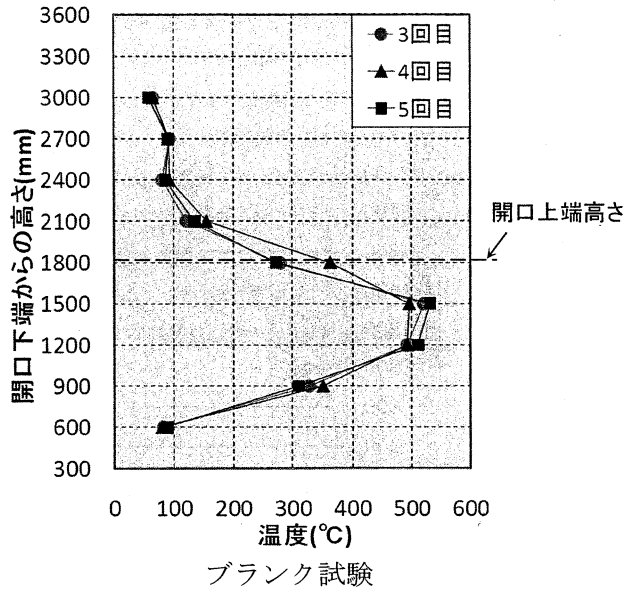
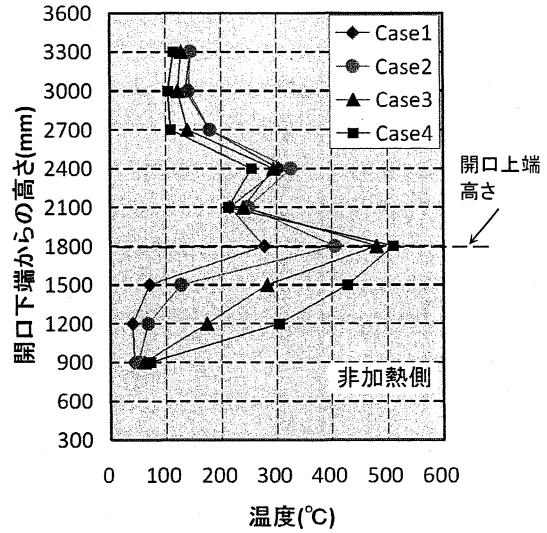
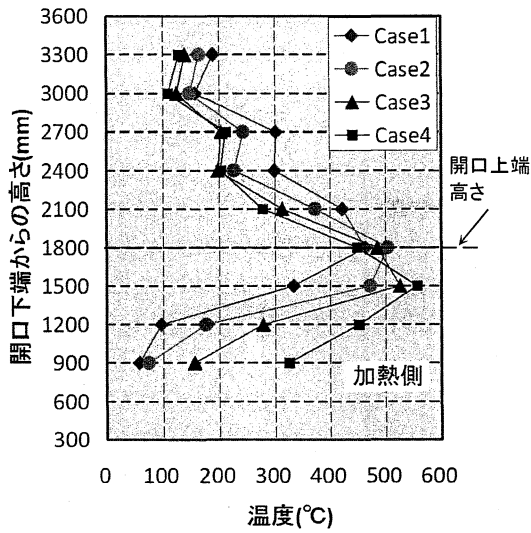
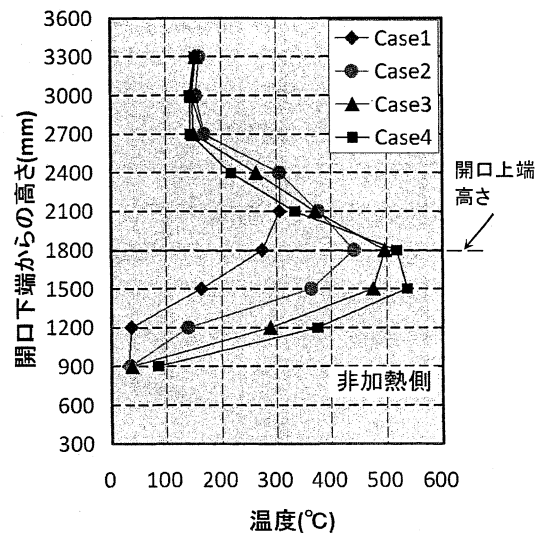
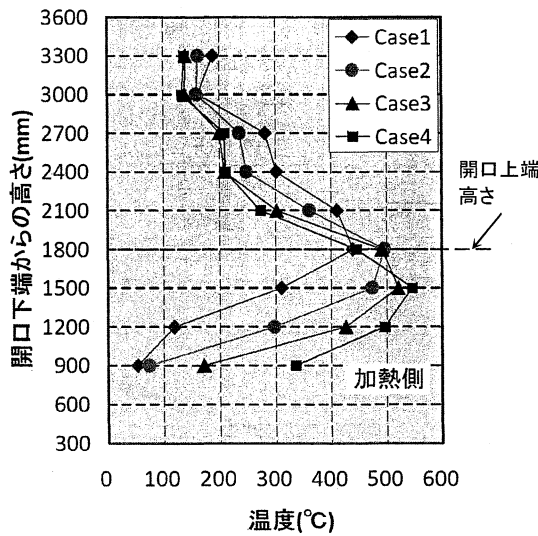


図 6-12 開口面中心軸温度 測定結果.

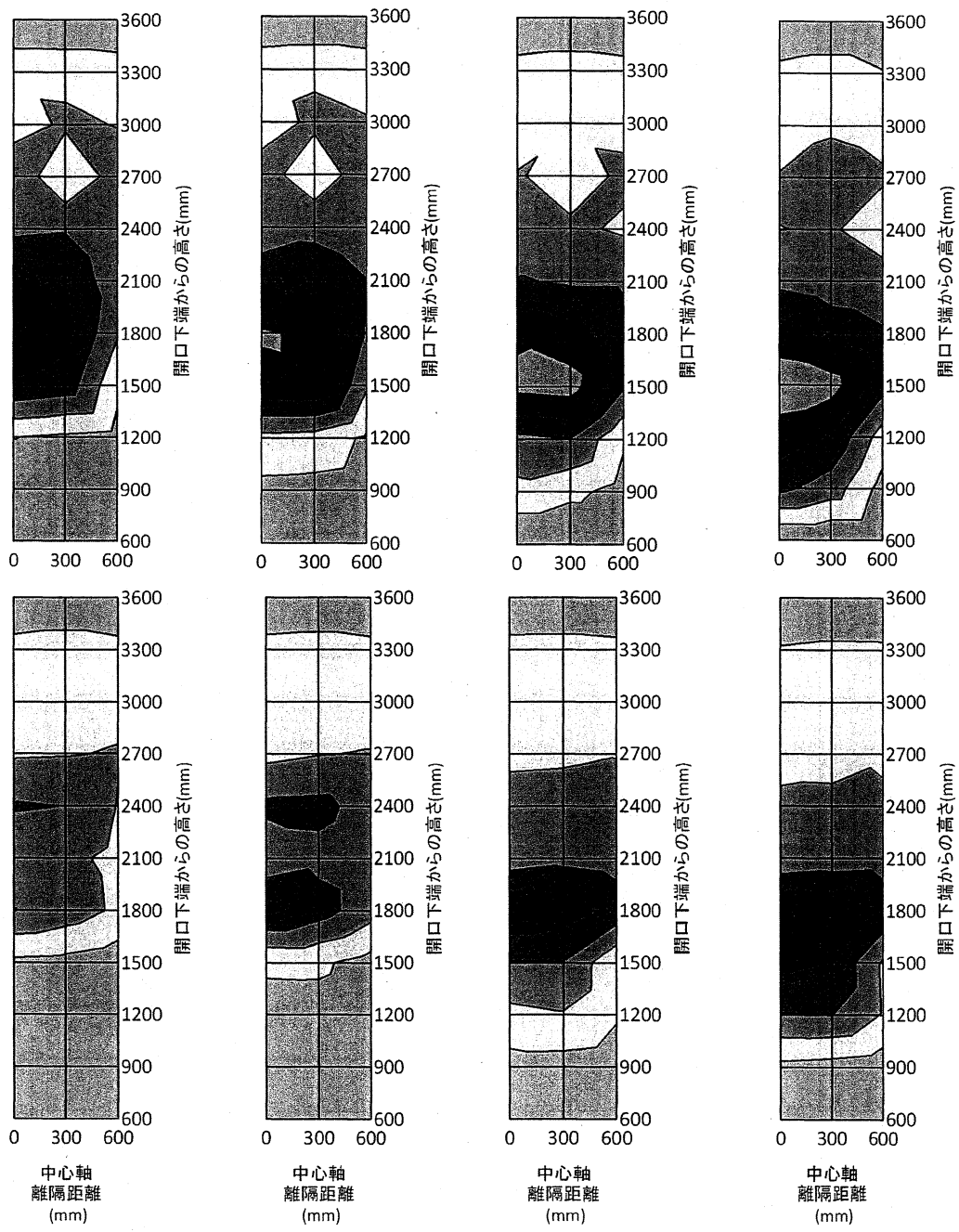


水平ルーバー試験 Case A



水平ルーバー試験 Case B

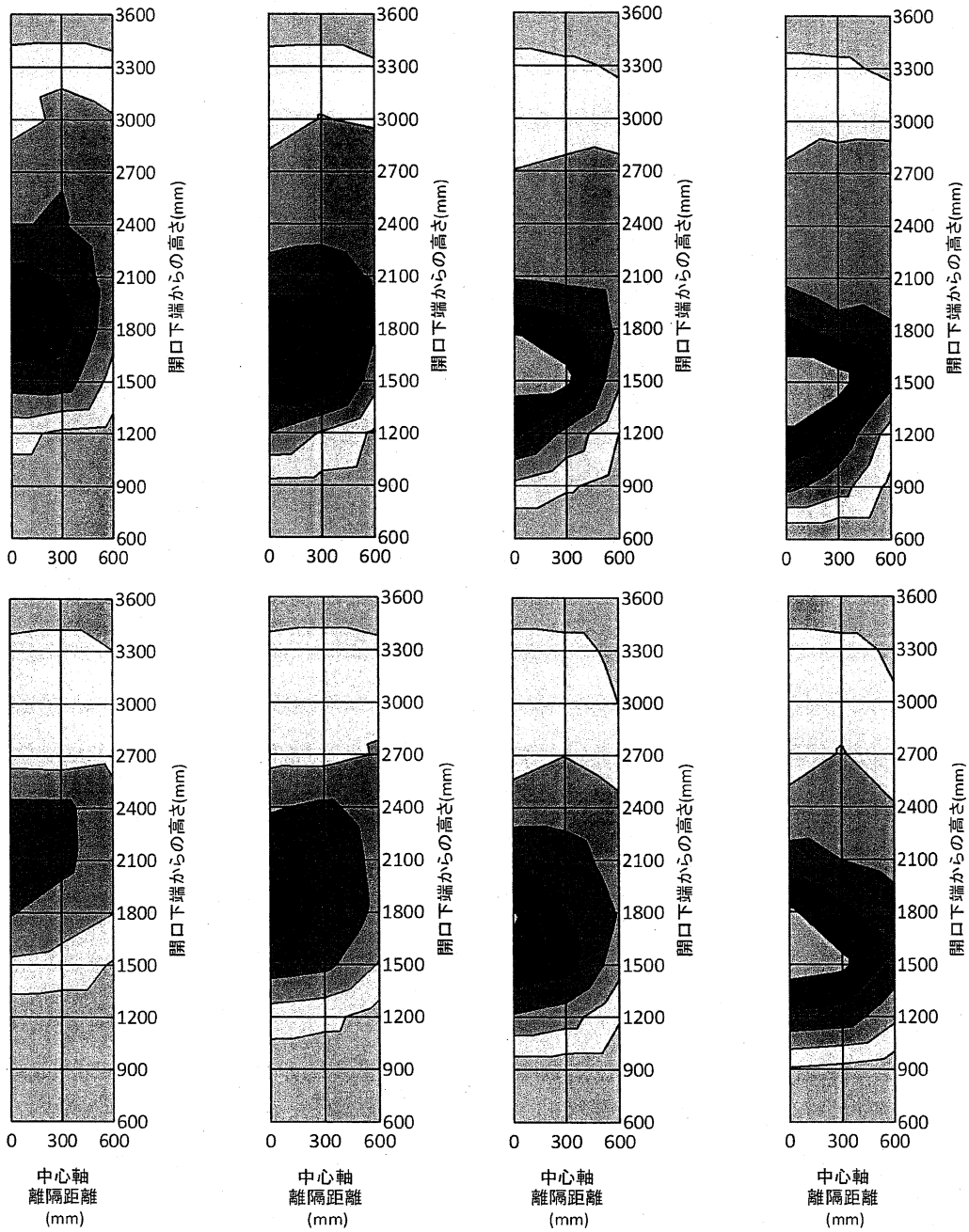
図 6-13 水平ルーバー近傍温度 測定結果



Case1 Case2 Case3 Case4

水平ルーバー試験 Case A

図 6-14 水平ルーバー近傍温度 (上段: 加熱側、下段: 非加熱側)



凡例: 温度(°C)



Case1

Case2

Case3

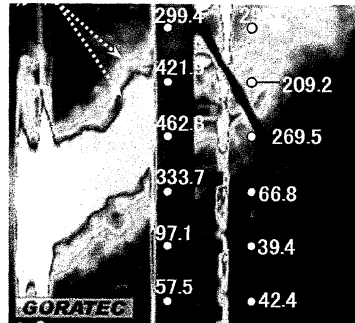
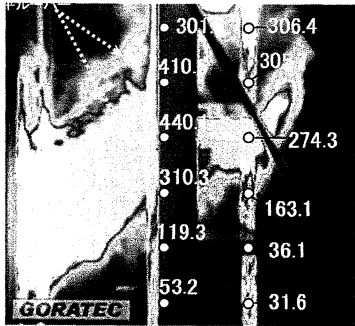
Case4

水平ルーバー試験 Case B

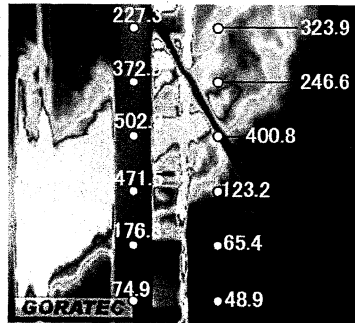
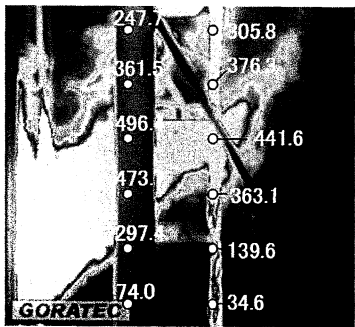
図 6-15 水平ルーバー近傍温度 (上段: 加熱側、下段: 非加熱側)

#### 6.4.3 噴出気流の形状と放射熱

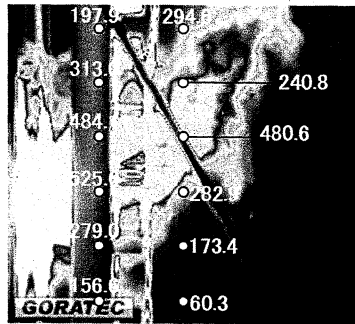
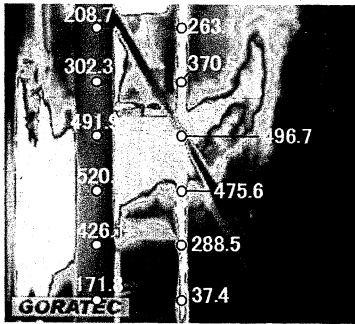
図6-16にサーモビューによる本開口条件における噴出気流形状及び熱電対による水平ルーバー近傍の中心軸温度を示す。噴出気流は、全試験で水平ルーバーにより下方へ押えられる様子がみられた。また試験体が開口から離れる場合(Case1)は、噴出気流中心軸よりも開口より遠方で、噴出気流は水平ルーバーの後方と上方に分かれた。一方、水平ルーバーが開口に近づく場合、後方への気流が多くなるが開口部近傍の噴出気流は開口上方壁面近傍へと広がる。CaseBでは、狭い間隔で設置した水平ルーバー周りに噴出気流の巻き込みがみられたが、見込寸法が小さいため水平ルーバー後方では比較的一体の気流となっている。見込寸法が大きい水平ルーバー(Case A)では、水平ルーバー周りの巻き込みは少なく、水平ルーバーの加熱側で上方の気流と非加熱側へ抜けていく気流になる。表6-4に上階①(開口上端より900mm; スパンドレル高さ)及び対向壁②(塞ぎパネルから前方2000mm; 最小隣棟間距離)を想定した放射熱量を示す。①では水平ルーバーの設置により放射熱量が上昇する。これはCase1~3で開口上方壁面温度に変化がないことから水平ルーバーからの放射と推察される。また水平ルーバーが開口に近接する場合(Case4)、さらに放射熱量が増加する。これは、水平ルーバーで分断される噴出気流のうち開口と水平ルーバー間の気流による温度上昇の影響と推測され、上階への配慮が必要といえる。一方、②では水平ルーバーを設置しても放射熱量は殆ど変わらない。これは噴出気流が水平ルーバーにより上方と後方へ分かれた(巻き込まれた)後、気流が塞がれずに非加熱側に抜けるためと推察される。



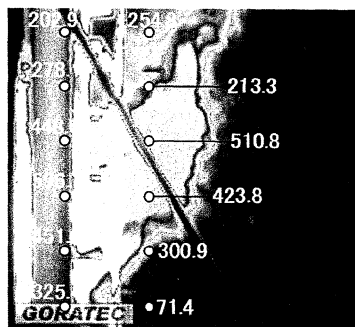
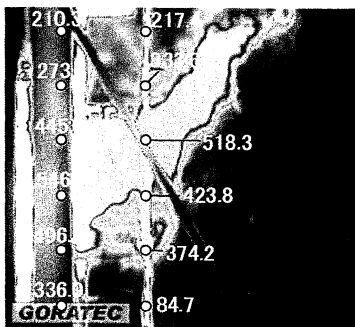
Case1



Case2



Case3



Case4

Case A

Case B

図6-16 水平ルーバー試験 噴出気流形状と温度(°C)

表6-4 放射熱流束測定結果

試験名	条件	放射熱流束測定値 (kW/m <sup>2</sup> )			
		開口上端より900mm		塞ぎパネルより2000mm	
ブランク試験(平均値)	試験体なし	1.6		0.4	
水平ルーバー試験		CaseA	CaseB	CaseA	CaseB
	Case1	3.1	3.2	0.4	0.5
	Case2	3.7	3.3	0.5	0.6
	Case3	4.0	3.8	0.5	0.6
	Case4	4.5	4.4	0.5	0.5

### 6.5 水平ルーバー実験のまとめ

外側に水平ルーバーが設置された開口からの噴出気流について、実大規模の火災実験を行い、本条件において以下の知見を得た。

- 1) 加熱炉内温度は、水平ルーバー試験においてもブランク試験と同様に 500℃ 前後で安定し、水平ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。
- 2) 開口面中心軸温度は、開口上端以下の高さでは、ブランク試験・水平ルーバー試験とも水平ルーバーの設置に関わらず、概ね同様の温度を示すが、開口上方壁面高さでは、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近い場合に温度上昇がみられる。
- 3) 水平ルーバー近傍温度は、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近いほど開口高さにおける最高温度は高い。一方、開口上方では、水平ルーバーが開口に近いほど温度が低くなる。
- 4) 噴出気流は、水平ルーバーの設置によって水平ルーバー後方と上方の気流に分かれる。これは見込寸法が大きいほど顕著となる。
- 5) 水平ルーバーの見込寸法が大きい場合は、小さい場合に比べ開口上方壁面の温度上昇を緩和する。ただし放射熱量はこの限りではない。
- 6) 放射熱量は、開口前面 2000mm では水平ルーバーの有無で違いはみられないが、開口上方 900mm では、水平ルーバーからの放射で熱量は増加し、水平ルーバーが開口に近い場合は開口上方壁面近傍の温度上昇により、さらに増加する。

## 6.6 実大火災実験（斜行ルーバータイプ）

### 6.6.1 実験用モデルの設定

統合ファサードの外付ルーバータイプのうち水平ルーバーに加えて新たな提案である斜行ルーバーについて実大火災実験を行う。水平ルーバータイプと同様に、斜行ルーバーは神奈川大学12号館の改修への適用を想定している。図6-17に斜行ルーバーを設置した12号館の外観を示す。外付ルーバーの形状及びピッチは、座屈拘束ブレースを斜行ルーバーに内挿することや温熱・光環境の最適化が考慮されている。斜行ルーバーは鋼製またはアルミニウム製で構成される。図6-18に斜行ルーバーの構成を示す。構成は、水平ルーバータイプと同様に、躯体枠に一次ファスナー、二次ファスナー及びパネル枠を取り付け、斜行ルーバーを接合する。斜行ルーバー及びブレースはパネル枠に、パネル枠は一次ファスナーに取り付ける。

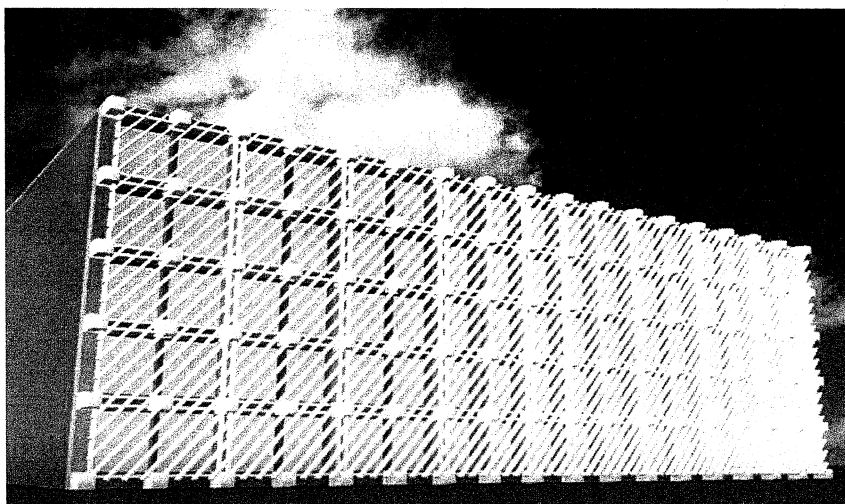


図6-17 斜行ルーバーを設置したファサード



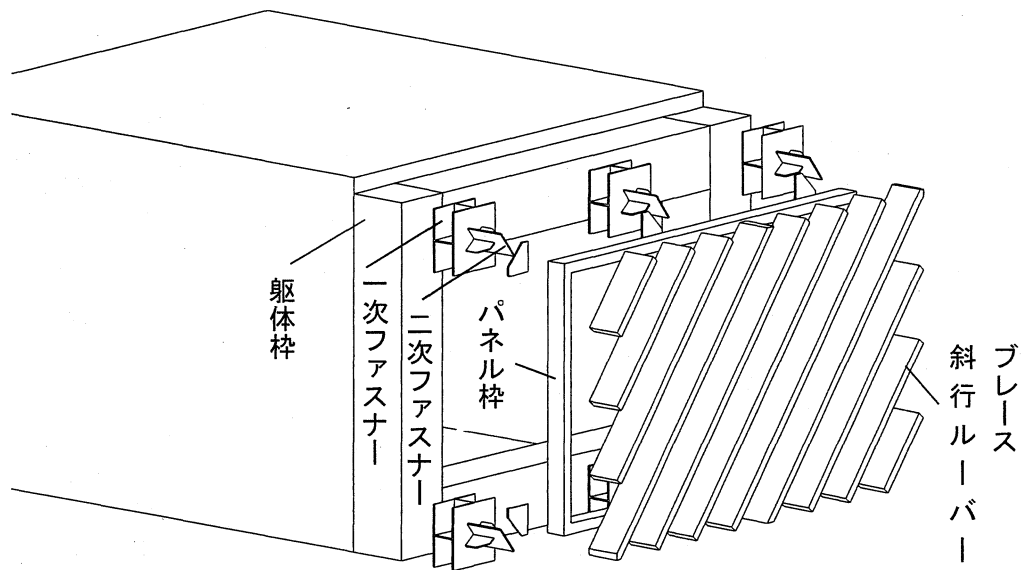


図 6-18 斜行ルーバーの構成図

### 6.6.2 実験用モデル

図 6-19 に実験用モデル（以下、試験体とする）の形状及び寸法を示す。また写真 6-4 に試験体外観を示す。実験では、斜行ルーバー及びパネル枠までを再現し、斜行ルーバーに挿入される BRB は設置しない。斜行ルーバーのサイズは鋼材□-150×75×3.2 を 2 本溶接し、見付寸法 75mm、見込寸法 300mm とする。試験体の材質は実験中に部材が脱落、変形しないステンレススチール製（SUS304）とする。

### 6.6.3 実験装置

水平ルーバータイプの実験と同様に、YKK AP 社技術開発センター中央試験所が所有する壁等の防耐火試験用の加熱炉を用いて実施する。加熱空間は奥行き 1.0m で、塞ぎパネルの寸法は幅 3.2m×高さ 3.7m である。写真 6-5 に示す塞ぎパネルには開口部（幅 1.2m×高さ 1.8m）を設けている。図 6-20 に塞ぎパネルから見た加熱空間の立面図を示す。加熱炉は、上下方向 5 ゾーンに分割された燃焼バーナーを有し、加熱炉内温度は 12 箇所の熱電対（熱電対の設置位置は開口面外芯から 100mm 加熱炉内側の位置）によって測定される。

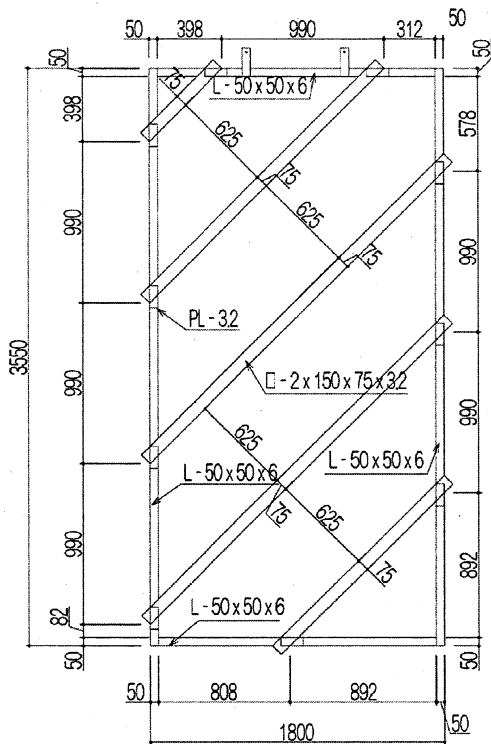


図 6-19 試験体の形状及び寸法 [単位 : mm]

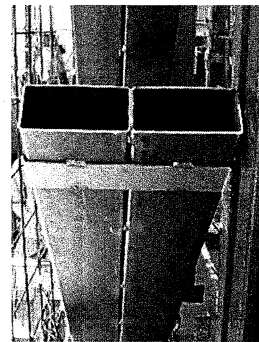
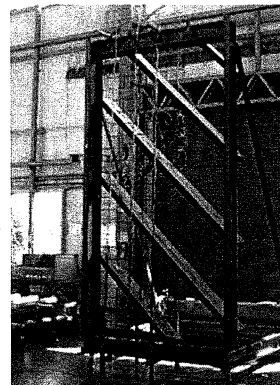


写真 6-4 試験体外観

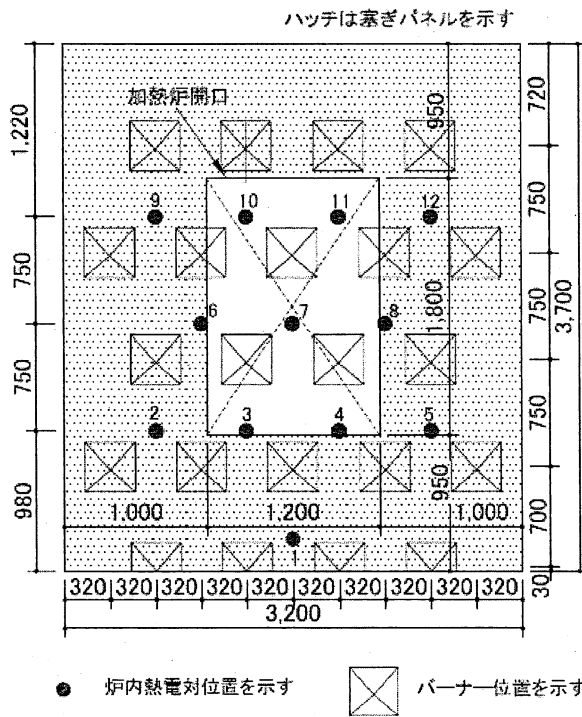


図 6-20 加熱炉立面図 [単位 : mm]

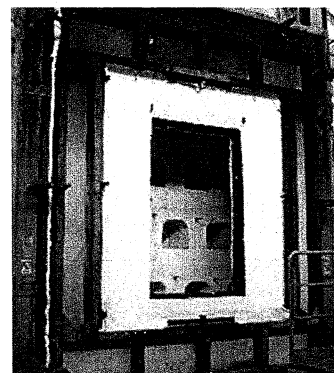
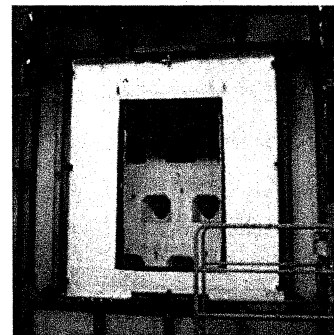


写真 6-5 加熱炉

#### 6.6.4 実験の実施

##### 1) 測定項目

表6-5に測定計画を示す。実験では開口面中心軸温度及び斜行ルーバー近傍温度をK熱電対で、また開口正面および開口上部での受熱量を輻射熱流束センサーにて測定しデータロガーにて記録する。また、熱画像を撮影し開口噴出熱気流の形状確認を行う。試験体の設置状況を写真6-6に、測定機器一覧を表6-6に示す。また測定環境を図6-21から図6-23に示す。

表 6-5 測定計画

項目	測定条件
日時	ブランク試験： 2008 7/28~7/30 斜行ルーバー試験： 2008 9/2, 9/3
試験場	YKK AP社 技術開発センター 中央試験所 富山県黒部市吉田200
実験回数	ブランク試験： 5回 斜行ルーバー試験： 2回
加熱方法	ISO834標準加熱曲線に準じて加熱後 炉内温度500℃で制御(図6)
試験体 離隔距離	ルーバー加熱側の側面が開口外芯より 1000mm, 800mm, 600mm, 400mmとする
測定間隔	60秒

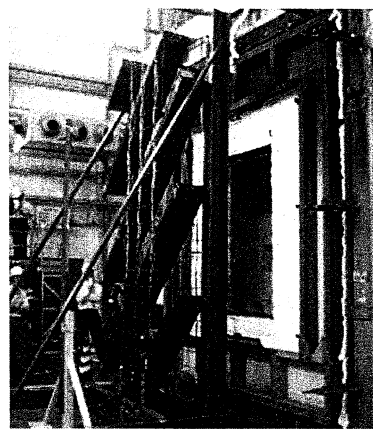
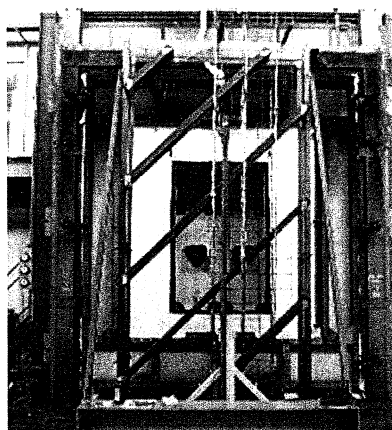


写真6-6 試験体設置状況

表 6-6 測定機器一覧

設備・機器	仕様
加熱炉	光亜科学工業(株)
スキャンユニット	江藤電気社製CADAC 型番9221A
熱電対①、②	K0.65テフロン被覆タイプ
熱電対③	セラミック被覆タイプ
熱電対④	K0.65テフロン被覆タイプ
熱電対⑤	K0.65テフロン被覆タイプ
サーモビューア	NEC Avio赤外線テクノロジー社製 TVS8500 放射率1
放射熱流束センサー	Captec社製 RF-D30H(開口上方測定用) Captec社製 RF-30P(開口正面測定用)

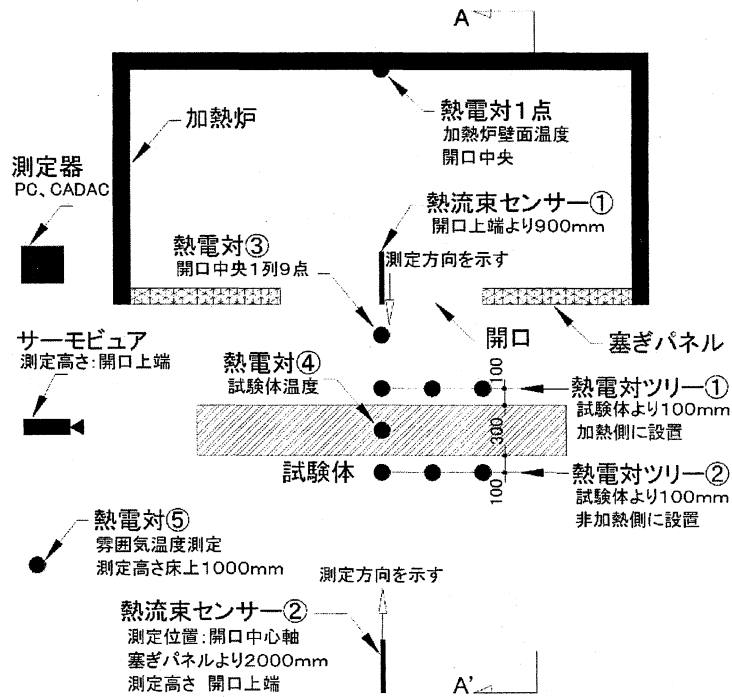


図6-21 測定機器配置図 (平面図) [単位: mm]

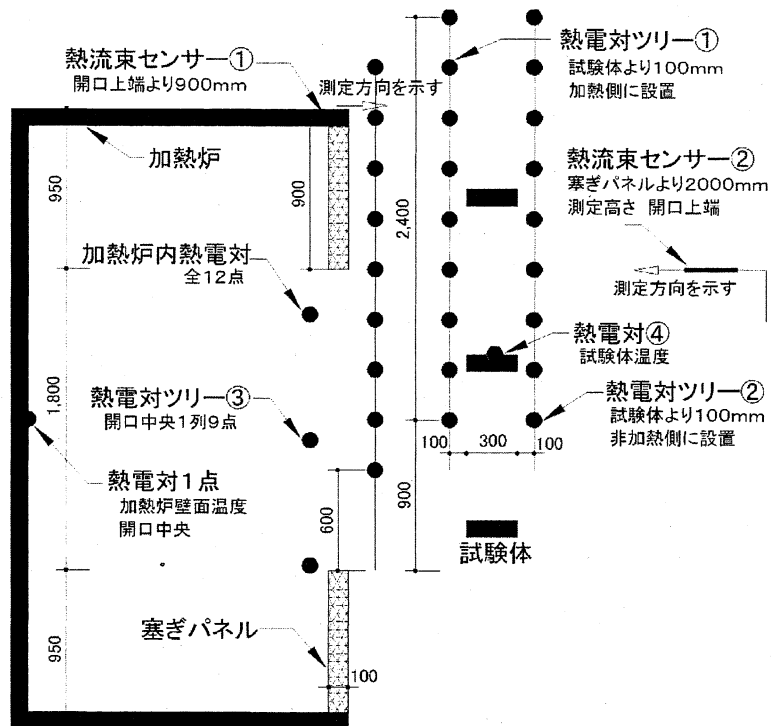


図6-22 測定機器配置図 (A-A' 断面) [単位 : mm]

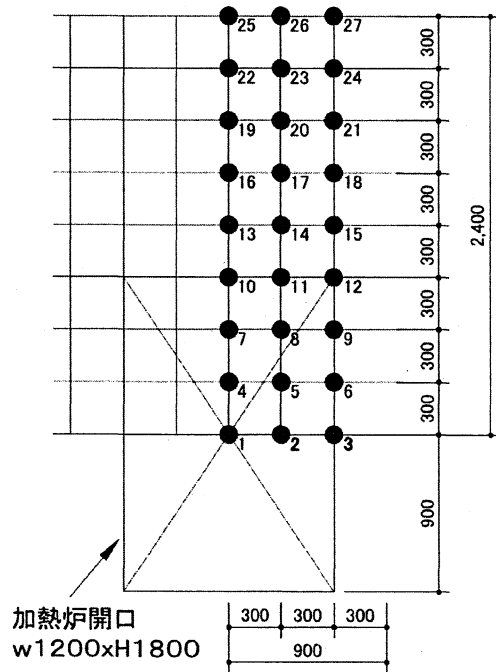


図6-23 熱電対ツリー (①、②) [単位 : mm]

## 2) ブランク試験

水平ルーバー試験と同様にブランク試験を行う。ブランク試験の方法は、水平ルーバー試験時と同様であるが、その手順を再掲する。

通常の壁等の防耐火試験は、供試体設置により加熱炉内を閉鎖空間とした状態で実施されるが、本実験では突破された開口部からの噴出気流を想定する。そのため、開口部において空気等の流出入が生じ、加熱炉内温度の制御が通常試験とは異なる。加熱炉内温度の制御は各々の加熱炉の特性や実験内容によるところが大きい。斜行ルーバー設置状態での実験の前段として、塞ぎパネルのみを設置した状態での加熱炉内の温度制御及び噴出気流性状を確認するためにブランク試験を行う。炉内温度は、図6-24に示す防耐火試験で用いられるISO834標準加熱曲線<sup>17)</sup>に沿って上昇させた後、500°Cで安定するよう自動加熱制御を行う。この炉内温度は、既往の実験結果<sup>8)</sup>に基づき、開口上端より上方900mmの位置での噴出気流中心軸温度を300°Cと想定し、この気流を再現するために必要な炉内温度として設定する。この時、炉内温度は加熱炉内熱電対No.10、11を代表点とする。再現性を確認するためブランク試験は5回実施する。なお1回目及び2回目は、加熱炉の制御と測定機器の調整を目的とするため測定結果として扱わない。

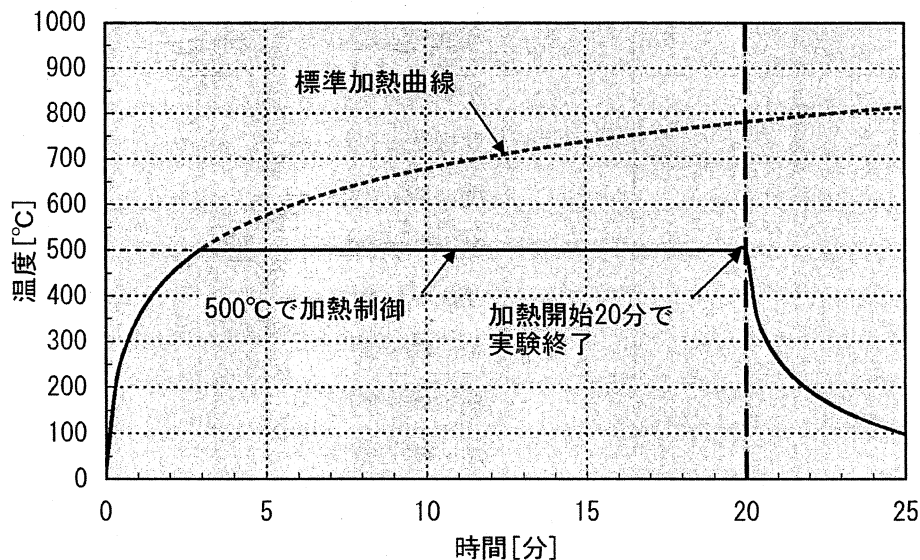


図 6-24 炉内温度の加熱制御

### 3) 斜行ルーバー試験

斜行ルーバーを設置した試験（以下、斜行ルーバー試験とする）は、試験体が開口中心軸に対して非対称であるため、図6-23に示す斜行ルーバー近傍温度測定用の熱電対ツリーを試験体右半面および左半面に設置した状態の計2回実施する。熱電対ツリーは、試験体側面より前後100mmの位置に設置し測定する。試験体と開口部の離隔距離を変化できるように試験体及び熱電対ツリーは可動架台に載せ、斜行ルーバーの加熱側の側面と開口部の離隔距離を最大1000mmから最小400mmまで200mmピッチで開口部へ近付ける。表6-7に実験手順を示す。まず、ブランク試験同様に加熱炉内温度は代表温度を500℃となるよう加熱制御し、加熱開始10分からはブランク状態（塞ぎパネルのみ設置）で2分間、加熱炉内温度が概ね安定することを確認する。その後、試験体を開口部からの離隔距離1000mmの位置に設置・測定し、2分ごとに設定した離隔距離の位置に移行・測定を行い加熱開始20分で実験終了とする。なお、サーモビューアは炎越しの温度が測定できるタイプで、実験に先立ち噴出気流の中心軸周辺を撮影できるようにピントを調節する。

表 6-7 実験手順

No	経過時間	内容
1	2分前	測定開始
2	0分	加熱炉点火
3	10分	加熱炉内温度500℃制御
4	10分-12分	加熱炉内の安定を確認
5	12分-14分	Case1 試験体離隔距離 開口面より1000mmで測定
6	14分-16分	Case2 試験体離隔距離 開口面より800mmで測定
7	16分-18分	Case3 試験体離隔距離 開口面より600mmで測定
8	18分-20分	Case4 試験体離隔距離 開口面より400mmで測定
9	20分	終了

## 6.7 実験結果と考察

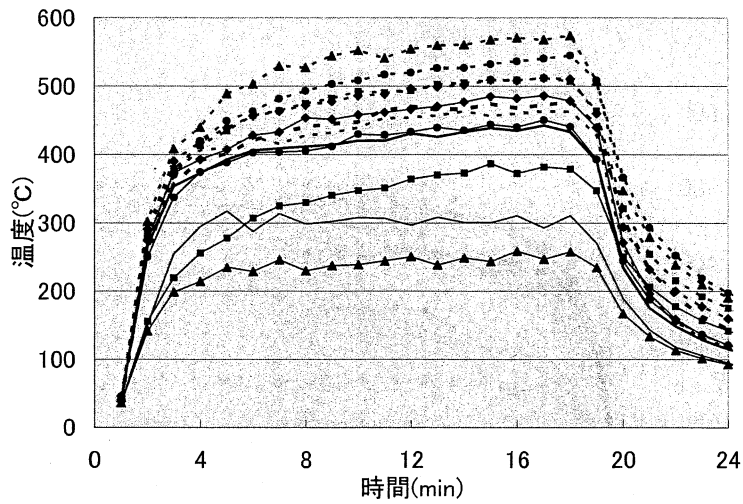
### 6.7.1 加熱炉内温度

図6-25および図6-26に、ブランク試験3回目から5回目及び斜行ルーバー試験2回の加熱炉内温度の経時変化（熱電対No.1~12）を示す。また図6-27は、加熱炉内温度代表点（熱電対No.10、11）の全試験結果をまとめたものである。

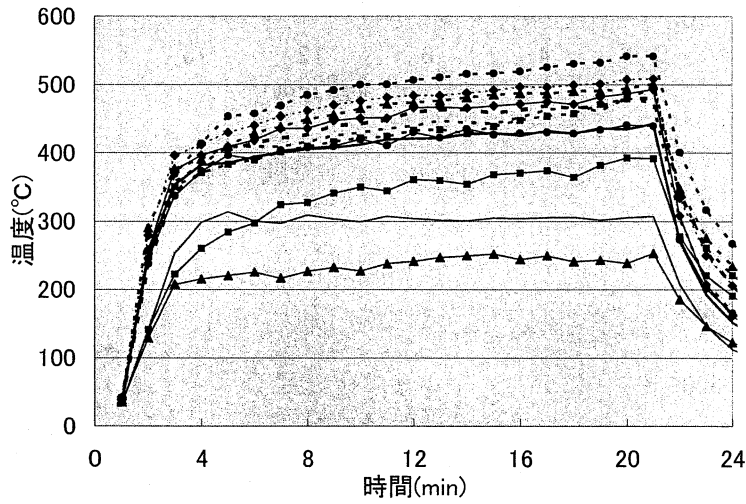
ブランク試験4回目のNo.10を除けば加熱炉内温度は全試験を通じて同様の

傾向を示しており、概ね 500℃で安定している。また、斜行ルーバーの設置有無による違いもみられない。なお熱電対 No.1、3、4については、いずれの試験でも 400℃以下となった。これは加熱炉内下部での排気にともない開口部下部から流入する空気により周辺温度が低減されたためである。

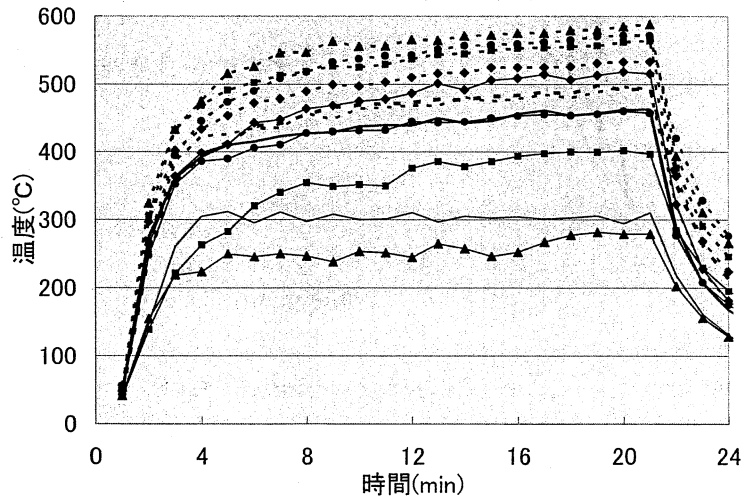




ブランク試験 3回目



ブランク試験 4回目



ブランク試験 5回目

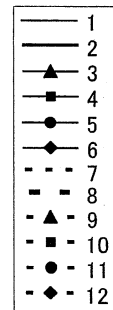
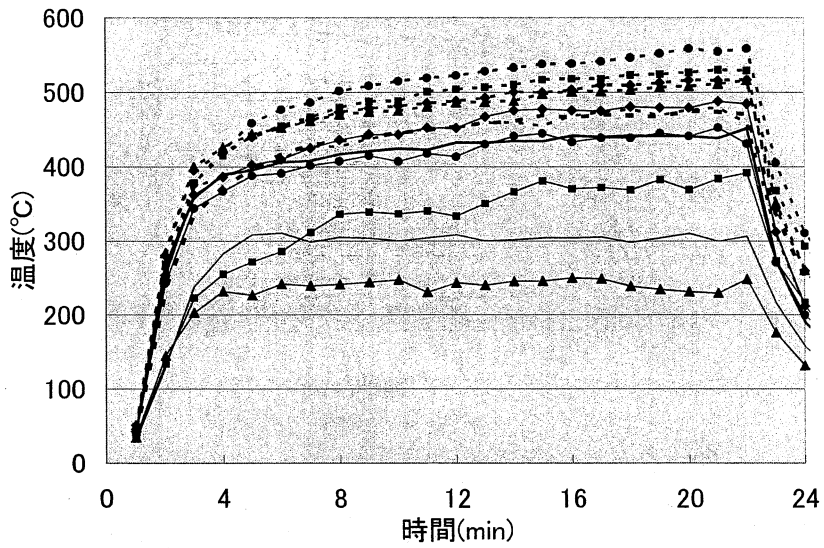
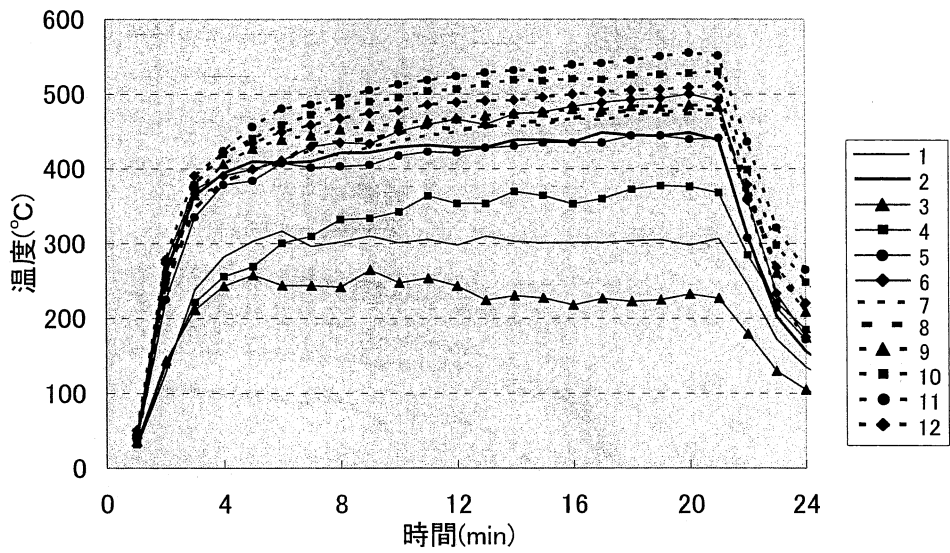


図 6-25 加熱炉内温度測定 (ブランク試験)

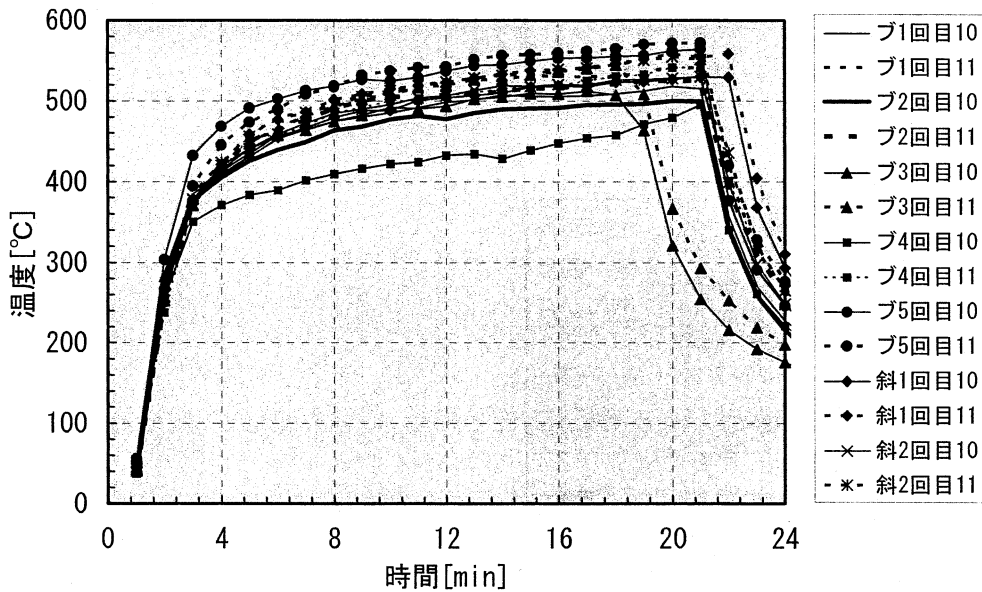


斜行ルーバー試験 1回目



斜行ルーバー試験 2回目

図 6-26 加熱炉内温度測定 (斜行ルーバー試験)



加熱炉内温度代表点（熱電対No.10、11）の全試験結果

図 6-27 加熱炉内温度測定（凡例：ブ：ブランク試験 斜：斜行ルーバー試験）

### 6.7.2 斜行ルーバー近傍温度

図 6-28 にブランク試験及び斜行ルーバー試験における開口面中心軸温度を示す。また、図 6-29 に斜行ルーバー試験における斜行ルーバー近傍の中心軸における加熱側・非加熱側の温度測定結果を示す。図 6-30 および図 6-31 には斜行ルーバー試験における斜行ルーバー近傍の温度分布（矢視方向は斜行ルーバー非加熱側より加熱炉方向）を示す。なお測定温度は各測定時間における平均温度である。

図 6-28 において、ブランク試験及び斜行ルーバー試験ともに開口面中心軸では概ね同様の温度分布を示すことから、斜行ルーバーの設置による開口部のごく近傍の温度分布への直接的な影響はないものと考えられる。また、開口部上方の壁面近傍においても、ブランク試験・斜行ルーバー試験とも概ね同様の温度分布を示していることから、斜行ルーバーによって開口が塞がれることにより、噴出気流が壁面側（塞ぎパネル側）へ傾斜することはないと推察される。

図 6-29 に示す斜行ルーバー中心軸の近傍温度は、1 回目、2 回目とも加熱側・非加熱側のそれぞれで概ね同様の温度を示している。ただし、加熱側・非加熱側とも試験体が開口に近い場合（Case3 および Case 4）は、離れる場合（Case1 および Case 2）に比べ、噴出気流中心軸と想定される温度ピークの位置が低い。また加熱側と非加熱側で比較すると、非加熱側は加熱側より温度ピークが 300mm から 600mm 上方にあることから、噴出気流が斜行ルーバーの間を抜け

た後に上昇することや、斜行ルーバー衝突後に斜行ルーバーの傾斜に沿って気流が上昇するものと考えられる。

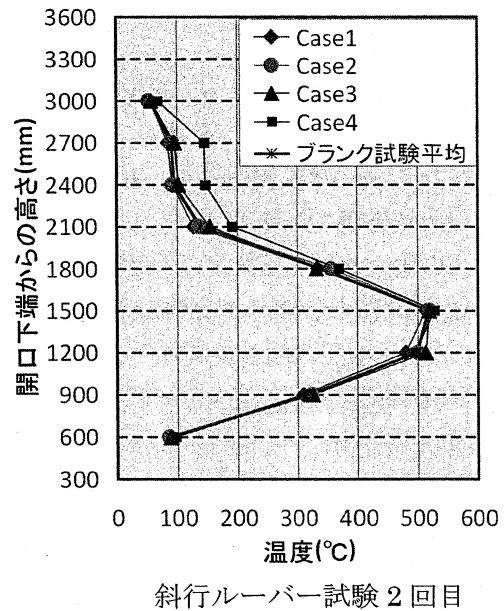
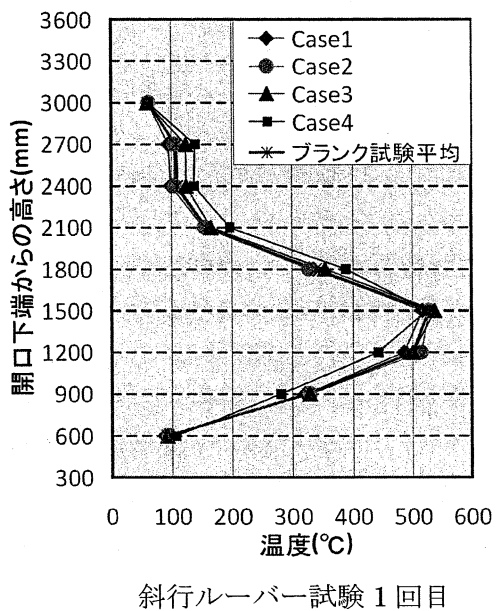
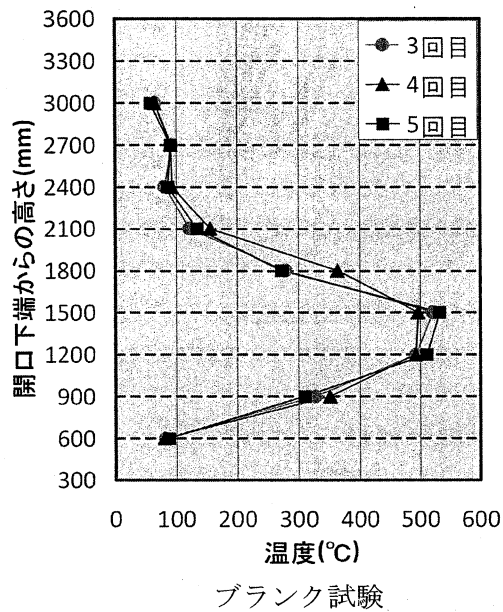
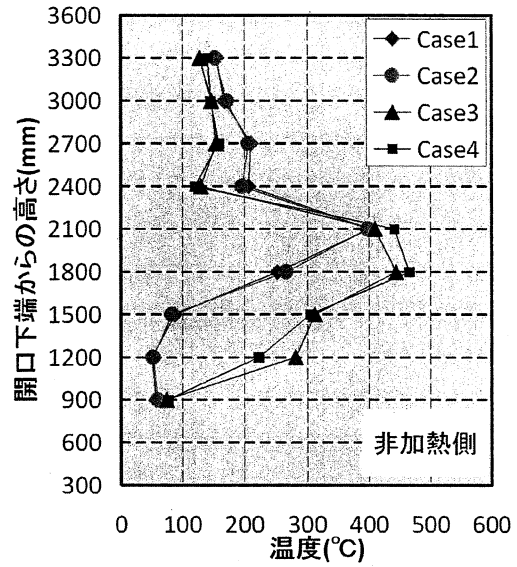
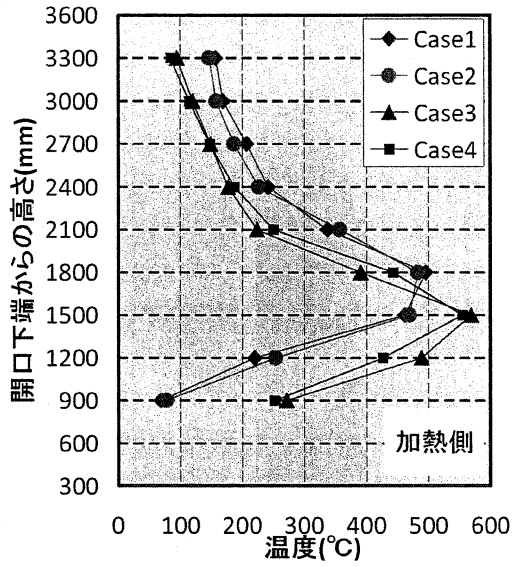
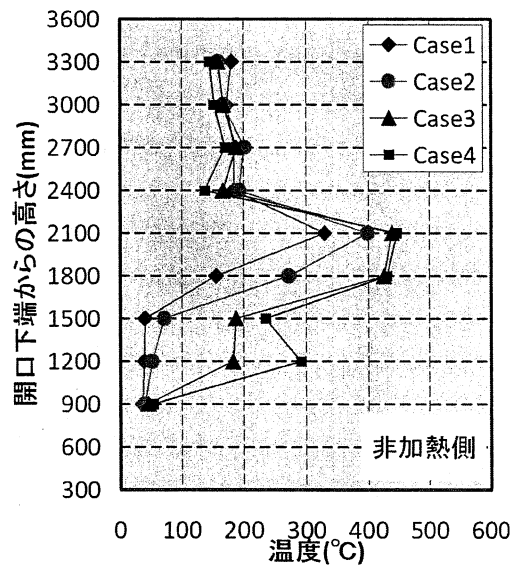
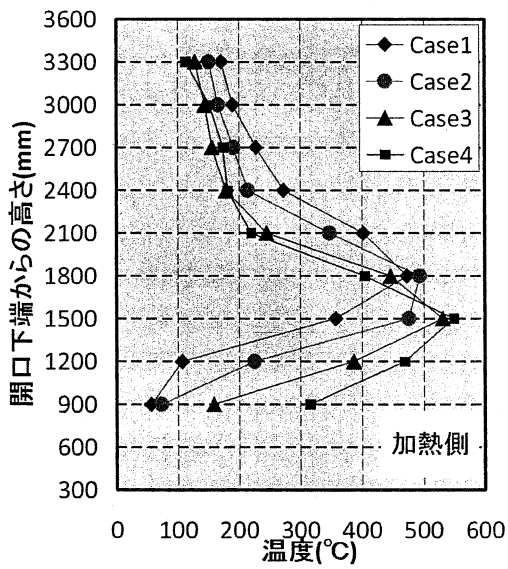


図 6-28 開口面中心軸温度 測定結果

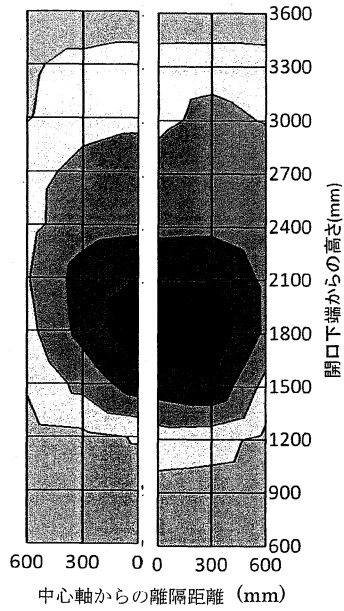


斜行ルーバー試験 1回目

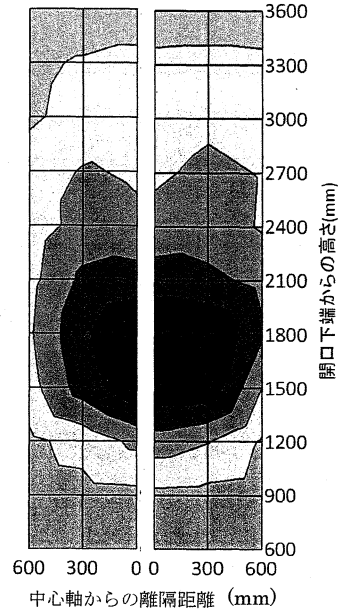


斜行ルーバー試験 2回目

図 6-29 斜行ルーバー近傍温度 測定結果

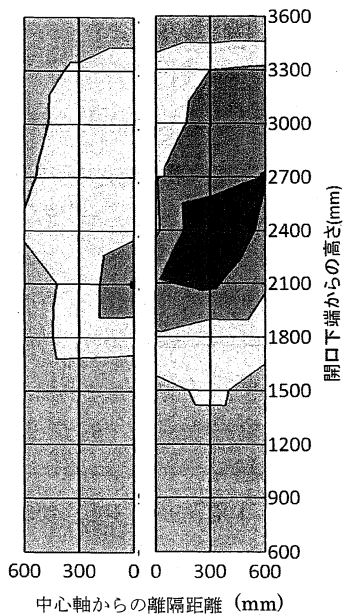


左 Case1 右

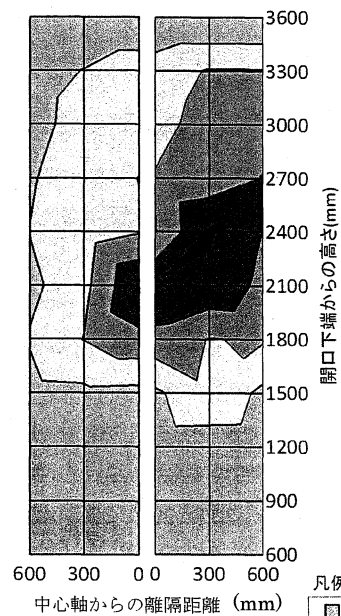


左 Case2 右

(a)加熱側



左 Case1 右



左 Case2 右

(b)非加熱側

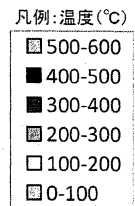
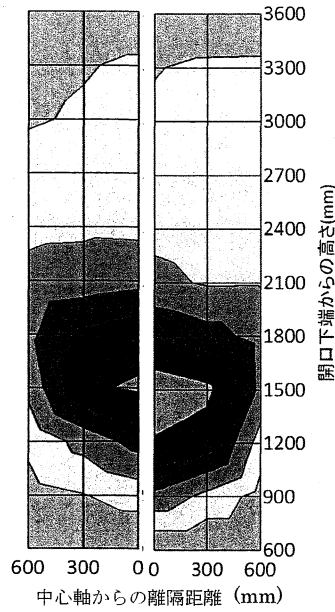
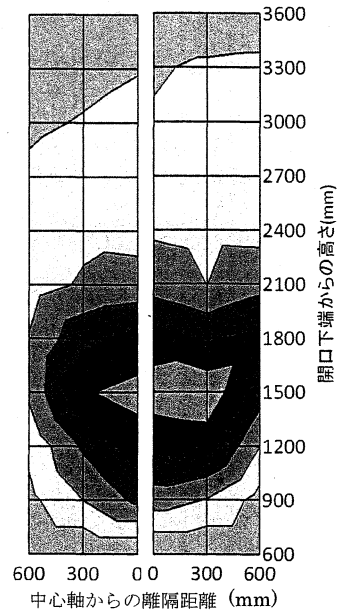


図 6-30 斜行ルーバー近傍温度 (Case1, 2)

(左: 中心軸より左側を測定 右: 中心軸より右側を測定)

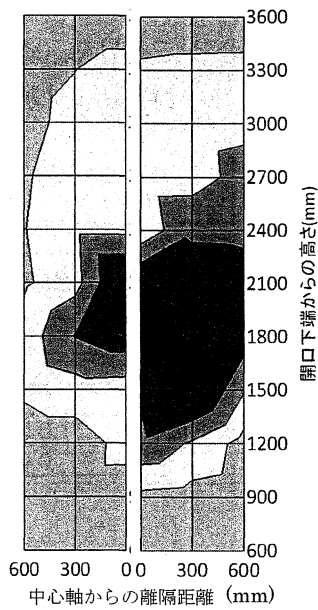


左 Case3 右

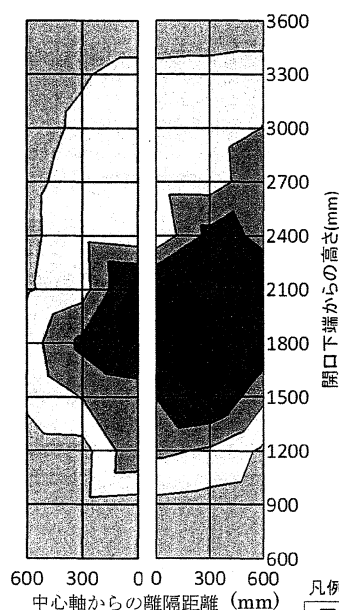


左 Case4 右

(a)加熱側



左 Case3 右



左 Case4 右

(b)非加熱側

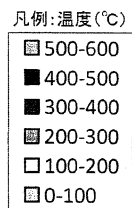


図 6-31 斜行ルーバー近傍温度 (Case3, 4)

(左: 中心軸より左側を測定 右: 中心軸より右側を測定)

### 6.7.3 噴出気流の形状と輻射熱

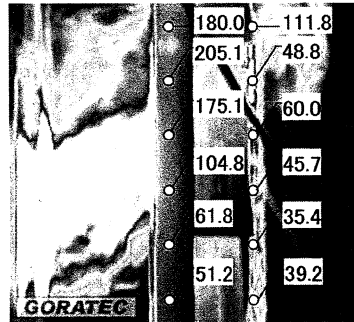
図6-32にサーモビューアによる噴出気流形状及び熱電対による斜行ルーバー近傍の中心軸温度を示す。ただし、サーモビューアで撮影した画像の温度分布は各位置における相対値（温度差）を示すものであり、絶対値は熱電対の測定値を参照する。斜行ルーバー近傍の温度分布から、開口噴出熱気流は、斜行ルーバーの傾斜に沿う様子がみられる。また試験体が開口から離れる場合（Case1 および Case 2）は、噴出気流が比較的自由に斜行ルーバー後方へ抜ける様子がみられる。一方、試験体が開口に近い場合（Case3 および Case 4）は、開口と斜行ルーバーの間で、斜行ルーバーに衝突した気流が高さ方向に広がり、その後、斜行ルーバーに沿って気流が流れ斜行ルーバー間を抜けていく様子がみられる。

表6-8に放射熱流束センサー①にて測定した上階（開口部上端より上方900mm：スパンドレル高さ）及び隣地②（塞ぎパネルから前方に2000mm：最小隣棟間距離）を想定した放射熱量を示す。①では試験体の設置により試験体が無い場合よりも放射熱量が上昇している。しかし、②では試験体の有無で放射熱量は殆ど変わらない。開口上方の開口面中心軸温度分布は試験体の有無で変わらないことから、斜行ルーバーに沿い上昇する気流からの放射熱は小さいものの、斜行ルーバーが加熱され、その放射によって開口上方の放射熱量が上昇すると推察される。また、②では気流が斜行ルーバーに沿って上昇し、斜行ルーバーの非加熱側に気流が塞がれることなく抜けるため、放射熱量は試験体設置による影響がないと推察される。

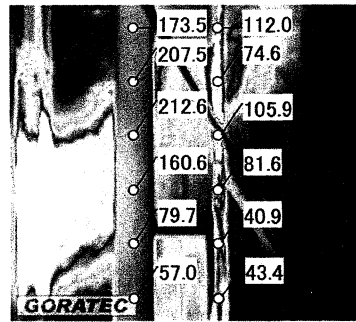
表6-8 放射熱流束測定結果

試験名	試験ケース	放射熱流束測定値 (kW/m <sup>2</sup> )	
		開口上端より900mm	塞ぎパネルより2000mm
ブランク試験(平均値)		1.6	0.4
斜行ルーバー試験	Case1	2.8	0.4
	Case2	2.8	0.4
	Case3	3.0	0.5
	Case4	3.3	0.4

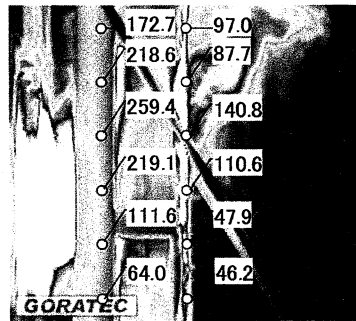
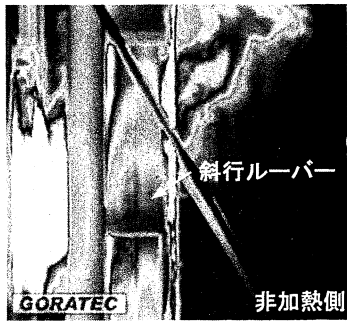




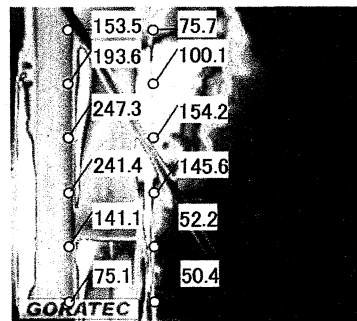
Case1



Case2



Case3



Case4

図6-32 斜行ルーバー試験 気流形状と温度(°C)分布

## 6.8 斜行ルーバー実験のまとめ

外側に斜行ルーバーが設置された開口部における噴出気流について、実大規模の火災実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) ブランク試験の結果、本実験の開口条件であれば、加熱炉内温度は設定温度500℃において概ね安定して制御される。
- 2) 斜行ルーバー試験においても、加熱炉内温度は、ブランク試験時と同様に500℃前後で安定し、斜行ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。
- 3) 開口面中心軸温度は、ブランク試験・斜行ルーバー試験とも概ね同様の温度を示し、斜行ルーバーの設置は開口面中心軸温度に影響を与えない。これは斜行ルーバーの離隔距離にもよらない。
- 4) 斜行ルーバー近傍温度は、斜行ルーバーが開口に近い場合(400mm、600mm)と離れる場合(800mm、1000mm)で性状が異なる。離れる場合、噴出気流中心軸の温度ピークは近い場合に比べ上方となる。
- 5) 斜行ルーバーの設置による噴出気流形状の変化は、斜行ルーバーの開口からの離隔距離により異なり、その変化は斜行ルーバーの離隔距離が600mmから800mmの間と推察される。

## 6.9 まとめ

本章では、環境に配慮した統合ファサードの火災安全について検討を行った。統合ファサードの実大火災実験を行い、水平ルーバータイプおよび斜行ルーバータイプについて、外付ルーバー近傍の開口噴出熱気流性状の把握を行った。以下に第六章のまとめとして、実験結果より得た知見を示す。

### 6.9.1 水平ルーバータイプ

- 1) 加熱炉内温度は、水平ルーバー試験においてもブランク試験と同様に 500℃前後で安定し、水平ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。
- 2) 開口面中心軸温度は、開口上端以下の高さでは、ブランク試験・水平ルーバー試験とも水平ルーバーの設置に関わらず概ね同様の温度を示す。しかし開口上方壁面高さでは、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近い場合に温度上昇がみられる。
- 3) 水平ルーバー近傍温度は、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近いほど開口高さにおける最高温度は高い。一方、開口上方では水平ルーバーが開口に近いほど温度が低くなる。
- 4) 噴出気流は、水平ルーバーの設置によって水平ルーバー後方と上方の気流に分かれる。これはルーバーの見込寸法が大きいほど顕著となる。
- 5) 水平ルーバーの見込寸法が大きい場合は、小さい場合に比べ開口上方壁面の温度上昇を緩和する。ただし放射熱量はこの限りではない。
- 6) 放射熱量は、開口前面 2000mm では水平ルーバーの有無で違いはみられない。しかし開口上方 900mm では、水平ルーバーからの放射で熱量は増加し、水平ルーバーが開口に近い場合は開口上方壁面近傍の温度上昇により増加する。

### 6.9.2 斜行ルーバー実験

- 1) ブランク試験の結果、本実験の開口条件であれば加熱炉内温度は設定温度 500℃において概ね安定して制御される。
- 2) 斜行ルーバー試験においても、加熱炉内温度はブランク試験時と同様に

500°C前後で安定し、斜行ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。

- 3) 開口面中心軸温度は、ブランク試験、斜行ルーバー試験とも概ね同様の温度を示し、斜行ルーバーの設置は開口面中心軸温度に影響を与えない。これは斜行ルーバーの離隔距離にもよらない。
- 4) 斜行ルーバー近傍温度は、斜行ルーバーが開口に近い場合(400mm、600mm)と離れる場合(800mm、1000mm)で性状が異なる。離れる場合、噴出気流中心軸の温度ピークは近い場合に比べ上方となる。
- 5) 斜行ルーバーの設置による噴出気流形状の変化は、斜行ルーバーの開口からの離隔距離により異なり、その変化は斜行ルーバーの離隔距離が 600mm から 800mm の間と推察される。

## 第六章の参考文献

- 1)竹内徹, 小谷野一尚, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—既存ファサードの性能調査・分析—, 日本建築学会環境系論文集, No.592, pp.97-104, 2005.6
- 2)竹内徹, 小谷野一尚, 安田幸一, 湯浅和博, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—統合ファサードの提案および性能評価—, 日本建築学会環境系論文集, No.601, pp.81-88, 2006.3
- 3)竹内徹, 安田幸一, 湯浅和博, 岡山俊介, 宮崎健太郎, 岩田衛: 統合ファサードによる既存不適格建物の耐震改修, 日本建築学会技術報告集, No.24, pp.161-166, 2006.12
- 4)竹内徹, 岩田衛, 安田幸一: 構造設計からの取り組み, コンクリート工学 500号記念特集号\*環境とコンクリート vol45, No.5, 2007.5
- 5)金木洋平, 竹内徹, 宮崎健太郎, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—統合ファサードの構造性能—, 日本建築学会技術報告集, 第27号, pp. 137-142, 2008.6
- 6)金木洋平, 彦根茂, 山下哲郎, 岩田衛: 斜行配置座屈拘束ブレースによる耐震補強, 日本建築学会構造系論文集, No.634, pp.2215-2222, 2008.12
- 7)建設省住宅局建築指導課, 日本建築主事会議監修: 新・建築防災計画指針—建築物の防火・避難計画の解説書—, 1995.7
- 8)横井鎮男: 建築物の火災気流による延焼とその防止に関する研究 (学位論文)
- 9)山口純一, 山田茂, 田中哮義, 若松孝旺: 区画火災における開口噴流の流量測定, 日本建築学会計画系論文集, 第501号, pp.1-7, 1997.11
- 10)大宮喜文, 堀雄兒: 火災区画外への余剰未燃ガスを考慮した開口噴出火炎性状, 日本建築学会計画系論文集, 第545号, pp.1-8, 2001.7
- 11)樋本圭祐, 土橋常登, 田中義昭, 田中哮義: 開口上方壁面の影響を考慮した噴出火炎・熱気流の軌跡モデル—開口噴出火炎・熱気流による火災拡大に関する研究 その2, 日本建築学会環境系論文集, 第607号, pp.1-6, 2006.9
- 12)柳沢晶人, 大宮喜文: 庇の影響を考慮した開口噴出熱気流性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (防火), pp.213-214, 2007
- 13)立花和弘, 柳沢晶人, 大宮喜文, 広田正之: 開口噴出火炎の予測手法の構築 袖壁および対向壁が及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (防火), pp.31-32, 2008
- 14)広田正之, 水落秀木, 池田憲一, 吉葉裕毅雄, 山名俊男, 大宮喜文, 遊佐秀逸: 水幕を利用した防火設備の放射遮蔽特性に関する火災実験, 日本建築学会技術報告集, 第17号, pp.175-180, 2003.6

- 15)水落秀木, 池田憲一, 広田正之, 吉葉裕毅雄, 山名俊男, 大宮喜文, 遊佐秀逸: 建物内におけるドレンチャー設備の温度低減効果に関する実験, 日本建築学会技術報告集, 第 17 号, pp.181-184, 2003.6
- 16)山名俊男, 遊佐秀逸, 増田秀昭, 大宮喜文, 本間正彦, 佐藤博臣, 辻利秀, 池田憲一, 吉葉裕敦雄: 開口部を持つ耐火試験炉の加熱特性に関する実験, 日本火災学会平成 15 年度研究発表会概要集, pp.102-105, 2005.5
- 17) (財) 日本建築総合試験所: 防耐火性能試験・評価 業務方法書

添付

実物大実験温度データを次ページ以降に示す。

# 水平ルーバー試験 CaseA 温度データ

Title		C:\Cadac21\Cadac21_RS*SetWルーバー防火試験080829.set																
StartTime		-----																
EndTime		##### 23:59:59																
Interval		20 Sec																
Restart		0 Sec																
ScanCount		999999																
Top		2008/9/5 8:50:12																
Last		2008/9/5 9:22:32																
TerminalNo.	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																	
ScanUnitNo.	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																	
ChannelNo.	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16																	
Function	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	
Unit	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
ChTitle	①-1	①-2	①-3	①-4	①-5	①-6	①-7	①-8	①-9	①-10	①-11	①-12	①-13	①-14	①-15	①-16	①-17	
Scaling	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
A_Coeff.	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																	
B_Const.	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0																	
0	2008/9/5	8:50:12	27.4	27.3	27.3	27.9	27.5	27.8	27.6	27.2	27.5	27.4	27.3	27.6	27.5	27.4	27.3	27.3
1	2008/9/5	8:50:32	27.5	27.5	27.5	27.9	27.7	27.7	27.5	27.6	27.9	27.6	27.9	27.5	28.3	27.8	27.7	27.8
2	2008/9/5	8:50:52	28.3	27.5	27.3	28.2	27.9	27.8	28.8	28.5	27.7	30.1	28.6	27.9	30.5	29	28.3	28.5
3	2008/9/5	8:51:12	27.4	27.2	27.2	27.9	27.6	27.7	29.3	28.3	27.6	33.1	28.8	28.4	37.9	30.7	28.7	36
4	2008/9/5	8:51:32	27.3	27.2	27.2	27.9	27.5	27.7	31.5	29.6	27.4	37.2	31.3	27.7	45	33.1	28.2	45.1
5	2008/9/5	8:51:52	27.2	27.1	27.2	28.6	27.8	27.8	34	31.4	27.6	40.8	32.5	28.4	48.4	36.2	29.8	48.7
6	2008/9/5	8:52:12	27.8	28	27.6	29	28.9	28.7	50	58.3	37.6	90	89	56.2	135.7	140.4	68.2	131.9
7	2008/9/5	8:52:32	29	29	28.7	29.8	29.4	29.9	58.6	55.2	32.4	140.6	94.3	55.3	236.5	144.3	70.9	272.5
8	2008/9/5	8:52:52	30.4	30.3	29.6	31.4	30.1	31.5	75.3	67.1	39.9	183	114.6	69.2	271.3	206.8	102.9	280.5
9	2008/9/5	8:53:12	33	32.7	31.4	33.7	32	33.8	91.7	76.9	47.2	200.1	142.3	83	279.3	221.3	116.6	313.2
10	2008/9/5	8:53:32	34.1	33.2	32.4	35	32.8	35.9	100.2	75.9	52.1	243.7	161.2	90.4	317.8	239.7	116.9	289.5
11	2008/9/5	8:53:52	35.7	35.3	33.5	38.8	35.4	37.3	123.4	111	66.9	260.8	202.7	113.9	331.7	291.5	147.3	311.1
12	2008/9/5	8:54:12	36.1	36.5	33.9	39.1	34.9	38.2	105.9	94.7	48.8	202.6	176.2	101	270	252.8	151	279.5
13	2008/9/5	8:54:32	37.5	36.8	35	40.6	35	38.6	101.1	57.5	38.3	196.7	148.2	84.9	282.7	227.3	129.6	296.3
14	2008/9/5	8:54:52	36.7	36.2	34.1	41.3	35.5	38.7	121.9	98.2	40.4	239.3	190.6	96.2	311.2	248.1	145.3	298.3
15	2008/9/5	8:55:12	36.7	35.8	33.4	42.4	35	38.2	106.8	65.7	45	206.9	132.7	68.5	281.8	99991	108.5	287.1
16	2008/9/5	8:55:32	36	36	34.4	44	37.4	41	123.9	88.6	47	254.9	183.4	85.6	345.1	99991	125.9	320.9
17	2008/9/5	8:55:52	36.4	36.4	34.3	47.9	36.3	40.3	122.3	90.8	46.6	230	180.7	80.2	304.4	99991	127.3	313.8
18	2008/9/5	8:56:12	36.4	37.4	35.1	47.3	47.7	44	120.4	119	62.1	225.1	234.5	140.2	331.5	99991	192.5	333.1
19	2008/9/5	8:56:32	38.5	38.8	35	48.9	40.9	43.4	133.9	116.1	50.2	282.5	237.3	122.2	345.8	99991	168.9	313.2
20	2008/9/5	8:56:52	41.2	40.8	37.5	52.5	42	46.4	116.9	85.8	64.6	238.4	200.3	113.5	321.7	99991	166.5	315.7
21	2008/9/5	8:57:12	41.1	39.8	36.6	52.3	41	44.6	121.6	105.1	72.1	243.4	218.9	126.3	318.9	99991	195	316.9
22	2008/9/5	8:57:32	39.5	38.6	36.4	51.9	41	46.1	115.4	76.7	51.6	238.3	182.1	103.8	328.4	99991	157.3	308.8
23	2008/9/5	8:57:52	40.6	41.9	37.4	54.4	42.9	46.1	131.5	101.6	60.6	253.7	205.2	130.3	344.7	99991	179.7	334
24	2008/9/5	8:58:12	42.7	42.3	38.6	55.9	44	47.8	126.8	109.1	52.6	274	200.9	103	368.3	99991	162.1	330.2
25	2008/9/5	8:58:32	42.6	40.5	38.5	56.3	43.9	48	128.9	112.9	51.9	234.8	198.9	121	292.9	99991	177.1	309.9
26	2008/9/5	8:58:52	43.9	42.9	39	57.6	45.2	47.8	135.4	139.2	78.5	253.5	227	135.8	331.8	99991	197.4	329.9
27	2008/9/5	8:59:12	43.4	41	37.8	58.9	42.5	47.7	101.3	88.4	55.6	186.7	173.1	95.3	253.5	99991	158.9	298
28	2008/9/5	8:59:32	43.6	41.4	37.8	58.7	44.4	51.4	105.8	71.6	50.7	204.4	176.6	116.2	311.8	99991	167.7	340
29	2008/9/5	8:59:52	43.6	40.8	40	60.8	47.6	50.8	121.6	93.2	47.7	277.1	179.8	88.7	379.9	99991	144.5	363.2
30	2008/9/5	9:00:12	43.4	42	39.2	62	45.5	50.1	122.8	83.5	49	254.6	166.2	96.9	321.5	99991	127.4	323.5
31	2008/9/5	9:00:32	43.9	41.2	38.6	61	44.6	50.3	122.1	111.3	71.4	248.8	214.7	115.3	292.7	99991	165.9	323.6
32	2008/9/5	9:00:52	44.3	42.3	38.8	63.8	49.7	54.2	141.9	126.4	85.1	259.3	251.1	150.9	328.1	99991	230.6	328
33	2008/9/5	9:01:12	44.1	41.4	41.4	64.7	47.8	52.5	132.8	114	59.3	238	193.4	119.4	339.1	261.7	154.5	337.2
34	2008/9/5	9:01:32	46.3	44.1	38.8	65.6	47.3	51.4	123.3	107.7	53.3	227.5	184.8	112.7	286.3	265	173.4	315.7
35	2008/9/5	9:01:52	45.2	45.4	41.3	67.1	49.1	52.4	118.5	100.2	62.2	212.3	182.3	117	291.8	263.3	174.3	355
36	2008/9/5	9:02:12	46.4	42.7	40.5	66.3	50.2	51.8	111.5	102	61.1	202.8	167.7	113.5	313.9	269.8	164.8	346.5
37	2008/9/5	9:02:32	48.7	47.6	42.1	67.5	48.8	54.3	129.8	85.6	50.1	236.7	185.5	102.2	294.3	257.4	155.7	322
38	2008/9/5	9:02:52	47.5	45.8	42	66.6	49.2	54.3	128.8	114.1	75.5	228.8	205.1	131.4	337.9	301.5	178.8	340.8
39	2008/9/5	9:03:12	49.8	47.3	41.8	68.1	48.9	53.2	128.1	92	57.4	251.9	196.7	118.4	344.7	296.7	166.4	350.3
40	2008/9/5	9:03:32	51.1	45.8	40.4	69.8	51.2	55.8	121.1	90.5	55.7	233.3	208.6	116.4	343.9	310.9	159.4	349.3
41	2008/9/5	9:03:52	49.4	48.9	42.9	71.7	51.8	55.7	113.5	94.8	53.1	197.2	202.4	141.7	264.2	309.4	212.6	368.8
42	2008/9/5	9:04:12	52.4	49.8	43.7	72.2	54.4	57.9	120.1	118.8	72.4	212.3	217.2	136.6	295.9	299.9	191.4	374.4
43	2008/9/5	9:04:32	53	51.8	45.8	86.3	76.3	60.4	278.6	323.8	136.5	422.3	369.6	205.6	408	363	228.8	327.8
44	2008/9/5	9:04:52	55.5	54.4	45.3	94	75.5	61.5	330.8	326.1	136.6	472.7	398	194.9	432.9	388.5	234.6	299.3
45	2008/9/5	9:05:12	57.1	56.2	46.6	88.2	85.3	66.4	364.5	279.9	124.2	476.1	374.7	182	413.8	358.7	218.2	282.2
46	2008/9/5	9:05:32	57	54.1	46.9	102.1	83.7	68.6	363.3	352.8	124	487.4	428.9	209.7	407.8	375.8	241.2	278.9
47	2008/9/5	9:05:52	60.2	55.8	47.1	101.9	92.6	70	327.2	375.1	213	478.4	446.5	299.5	442.6	382.8	297.2	290.3
48	2008/9/5	9:06:12	62.3	60.4	48.9	100.3	90.1	68.6	317.6	301.7	159	439.6	413.4	250.9	426	391.8	282.6	307.5
49	2008/9/5	9:06:32	78.8	63.4	51.6	147.9	180.6	80.1	450.4	470	205.6	491.2	464.3	262.9	359.2	358.3	273.7	229.4
50	2008/9/5	9:06:52	71.9	63.2	49.1	184.2	156.2	78.6	486.5	468.7	202.5	494.5	468.1	262	358.7	340.5	276.2	226
51	2008/9/5	9:07:12	72.8	68.2	52.7	181.4	177.8	81.5	471.2	478.6	195.8	498.5	478.9	263.1	391.8	338.9	271.7	234
52	2008/9/5	9:07:32	73.7	68.3	54.2	170.1	162.1	84.2	477.6	486	212.2	508.7	485.6	288.3	374.7	361.4	301.6	227.7
53	2008/9/5	9:07:52	72.1	66.1	51.2	178.1	154.5	81.5	472.6	430.2	177.8	511.5	448.5	245.9	374.7	336.5	263.9	224.4
54	2008/9/5	9:08:12	79.8	70	52.1	198.9	188.3	88.1	470.4	518.7	256.4	512.9	486.4	325.5	378.5	331.7	301.6	222
55	2008/9/5	9:08:32	126.1	113.5	56.7	236.1	278.5	131.6	508	556.1	372.8	499	436.6	404	317.5	262.9	325.7	193.1
56	2008/9/5	9:08:52	152.9	124.8	56.8	267.9	289	113.1	525	534.6	253.3	491.4	440.9	313.2	325.5	273.4	279.3	203.5
57	2008/9/5	9:09:12	170.2	125.6	60.9	272.3	296.6	115	528.7	549.6	308.3	482.4	430.3	343.9	310	285.8	285.2	204.6
58	2008/9/5	9:09:32	167.7	110.1	60.5	290.7	287.1	112.7	529.4	557	276.2	482.7	433.4	334.8	310.8	261.5	282.1	194.4
59	2008/9/5	9:09:52	148.4	110.4	58.6	304.1	287.9	117.2	5									









# 水平ルーバー試験 CaseB 温度データ

Title C:\Cadac21\Cadac21\_RS\Set\ルーバー防火試験080829.set

StartTime /-/-

EndTime ##### 23:59:59

Interval 20 Sec

Restart 0 Sec

ScanCount 999999

Top 2008/9/4 13:02:09

Last 2008/9/4 13:30:09

TerminalNo. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ScanunitNo. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

ChannelNo. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Function K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA K-CA

Unit °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C °C

ChTitle ①-1 ①-2 ①-3 ①-4 ①-5 ①-6 ①-7 ①-8 ①-9 ①-10 ①-11 ①-12 ①-13 ①-14

Scaling OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF OFF

A\_Coeff. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

B\_Const. 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 2008/9/4 13:02:09 25.1 25.1 25.2 25.3 25.2 25.2 25.3 25.1 25.3 25.2 25.3 25.7 25.4

1 2008/9/4 13:02:29 25.2 25.2 25.2 25.3 25.2 25.2 25.4 25.4 25.5 25.3 25.4 25.8 25.7

2 2008/9/4 13:02:49 25.2 25.2 25.2 25.3 25.2 25.2 25.4 25.6 25.5 25.5 25.5 25.8 25.8

3 2008/9/4 13:03:09 25.3 25.3 25.4 25.4 25.3 25.3 25.6 25.9 25.7 25.9 25.8 25.8 26.5 26.5

4 2008/9/4 13:03:29 25.2 25.2 25.4 25.4 25.3 25.3 25.9 25.9 25.7 26.7 25.9 25.7 27.8 27.7

5 2008/9/4 13:03:49 25.2 25.2 25.4 25.4 25.3 25.3 25.7 25.5 25.5 25.9 25.5 25.5 27.3 26.4

6 2008/9/4 13:04:09 25.2 25.2 25.3 25.4 25.2 25.3 26.2 26 25.4 30.3 26.7 25.4 34.8 29.2

7 2008/9/4 13:04:29 25.2 25.2 25.3 25.4 25.2 25.3 26.4 25.5 25.4 30.1 26.1 25.3 36.1 28

8 2008/9/4 13:04:49 26.2 26 26.1 27.6 26.3 26.3 32.1 31.9 28.7 70 58.5 34.5 137.2 95.4

9 2008/9/4 13:05:09 27.4 27.5 27.3 29.5 27.2 27.8 42.8 35 28.9 103.6 84.2 43.9 174.2 133.5

10 2008/9/4 13:05:29 29.4 29.3 28.7 33.3 28.9 30.5 47.3 43.3 38.2 123.7 96.9 49.7 213.6 153

11 2008/9/4 13:05:49 31 30.2 29.5 34.7 29.6 30.9 44.8 33.6 33.5 98 75.4 41.3 178 135.4

12 2008/9/4 13:06:09 31.9 30.9 30.2 35.5 29.9 31.9 47.2 40.1 35.5 115.7 93 57.5 187.8 176.9

13 2008/9/4 13:06:29 33 31.8 31.2 37.9 30.4 32.5 60.2 48.8 34.8 129.8 90.6 51.6 214 157.1

14 2008/9/4 13:06:49 32.9 33.1 31.5 38.3 31.2 33.3 65.9 66.1 35.2 130.2 112.7 83.8 195.2 175.2

15 2008/9/4 13:07:09 34.6 34.2 33 40.3 31.9 34.5 67.6 57.5 44.1 146.5 122.4 74.2 206.5 183.3

16 2008/9/4 13:07:29 34.3 33.5 32 40.7 32.6 35.7 65.4 56.9 37.5 156.2 123.5 77.8 244.1 201.3

17 2008/9/4 13:07:49 35.3 34 33.2 43.4 34.3 35.6 68.7 43.1 35.4 161.7 101.5 55.1 239.2 173.7

18 2008/9/4 13:08:09 37.1 34.9 33.1 44.2 34.9 37 71.8 48.5 34.8 140.2 121.5 56.7 218.9 199.8

19 2008/9/4 13:08:29 37.3 36.7 34.3 46.1 35.3 38.4 74.5 44.4 38.4 145.7 118.8 58.9 210.6 176.9

20 2008/9/4 13:08:49 36.9 36.1 34.1 44.4 34.4 38.1 69.1 37.3 36.8 134.7 98.6 51.6 194 162.7

21 2008/9/4 13:09:09 37.3 36 35.5 46.2 36.1 38.5 73.3 52.2 36.4 150.3 121.4 63.3 225.8 207

22 2008/9/4 13:09:29 38.9 36.9 34.7 47.3 35.7 39.7 67.7 69.8 41.9 136.3 137.1 94.7 211 229.6

23 2008/9/4 13:09:49 40.2 38.2 35.7 50.8 39 42.2 65.3 47.3 39.6 145.1 113.9 80.5 210.1 198.3

24 2008/9/4 13:10:09 40.6 39 34.7 51.1 38.4 43.7 64.8 46.8 37.5 122.9 122.9 83.1 199.1 203.7

25 2008/9/4 13:10:29 38.9 36.7 34.7 48.2 38.2 43.1 64.3 63.3 41.2 145.9 145.1 83.6 240.6 220.8

26 2008/9/4 13:10:49 38.9 36.8 34.9 48.4 38.5 44.5 63.8 55.6 43.8 151.6 134.3 92.7 215.6 208.5

27 2008/9/4 13:11:09 40.1 37.9 35.3 49.9 38.3 43.5 60.3 40 43 130.9 105.6 80.1 217.5 194.6

28 2008/9/4 13:11:29 40.5 38.6 36.7 51.9 39.7 44.4 63.6 55.6 41 145.8 125.4 83.8 251.2 199

29 2008/9/4 13:11:49 41.7 39.5 37.7 53.7 40.9 46.2 67.1 46.3 39.9 132.8 112.1 62 228.2 194.2

30 2008/9/4 13:12:09 42.1 38.8 36.1 51.4 40.1 45.7 65.4 60.2 38.9 139.3 134.3 80.1 229 212.6

31 2008/9/4 13:12:29 41.7 40.3 35.4 54.5 40.9 44.9 63 55.8 46.2 131.8 123.4 78.6 206.1 193.1

32 2008/9/4 13:12:49 42.4 42 36.5 55 42.7 45.9 70.4 42.4 48.1 130.1 120.4 84 217 198.9

33 2008/9/4 13:13:09 39.6 38.2 37.8 50.9 42.3 46.8 69 52.3 47.3 148 132.7 93.1 210.3 198.1

34 2008/9/4 13:13:29 41.8 40.8 37.1 55.1 41.5 48.6 68.6 45.7 44.5 135.2 118.8 87.1 210.3 213.6

35 2008/9/4 13:13:49 42 38.9 36.3 53.2 43.1 48.6 65.3 57 43 128.5 129.3 78.1 223 208.3

36 2008/9/4 13:14:09 42.9 38.6 36 54.1 42.8 47.7 63.5 44.9 40.4 141.2 116.3 72.9 232.4 214.2

37 2008/9/4 13:14:29 43.8 41.1 37.1 59.6 46 48 69.4 52.6 44.9 158.9 142.6 86.6 251.7 217.1

38 2008/9/4 13:14:49 44.8 41.6 38.1 59.8 46.9 50.1 69.2 38.2 42.5 163.9 137.9 65.2 261.2 222.1

39 2008/9/4 13:15:09 45.1 43.6 39.8 63.7 48.7 49.4 76.1 42.2 39.4 148.6 130.2 62.8 231.5 225.1

40 2008/9/4 13:15:29 47.2 46.4 42.3 62.2 46.7 51.3 70.4 39.9 39.3 150.7 126.5 75.8 217.2 240.9

41 2008/9/4 13:15:49 45.7 43.4 40 58.2 46.8 51 82.9 61.7 38.9 179.4 150.9 80.2 281.2 239

42 2008/9/4 13:16:09 44 42.3 40.1 57.7 45.5 50.1 81 62.9 40.5 147.2 126.6 75.4 224.3 200.4

43 2008/9/4 13:16:29 43.7 41 38.6 55.2 44 51.5 69.5 45.7 39.3 140.3 115.8 70.7 225.3 191.6

44 2008/9/4 13:16:49 43.8 41.4 38 60.2 44.4 51.6 96.7 91.9 50.2 274.7 167.8 98.7 337.9 247

45 2008/9/4 13:17:09 48.7 45.7 42.3 122.5 67.2 53.4 336.5 291.6 109 462.9 332.9 163.8 422.4 379.7

46 2008/9/4 13:17:29 51.7 49.1 43 133.2 83.3 56.6 365.6 342.7 169.8 474.7 403.5 220.9 421.4 381.2

47 2008/9/4 13:17:49 51.8 49.7 44.9 132.7 78.6 59.5 345.1 357.9 163.8 481.1 441.7 235.2 434.9 392.6

48 2008/9/4 13:18:09 60.8 56.6 47.3 133.7 86 63.5 354.6 392.7 157.8 470.9 426.1 219.3 432.5 397

49 2008/9/4 13:18:29 62.4 58.5 48.8 133.7 86.1 64.5 363.3 341.1 147.1 476.2 409.1 233.3 413.7 376.7

50 2008/9/4 13:18:49 70.4 61 47.4 257.2 118.3 62.7 427.1 409.6 138.4 504.7 426.2 206.4 382.9 357

51 2008/9/4 13:19:09 73.9 64.8 49.8 254.8 144.2 74.8 473.1 479.8 193.3 509.7 468.3 303.2 377.4 335

52 2008/9/4 13:19:29 74.4 65 50.5 319.4 152.5 71.2 496.4 447.4 167.7 503.2 424.9 214.2 376.1 309.1

53 2008/9/4 13:19:49 71.4 66.6 51.4 295.9 191.8 84 479.2 498.7 239.4 487.2 476.3 311.7 345.6 349.1

54 2008/9/4 13:20:09 74.7 63.4 51.1 344.3 153.3 78.9 485.3 450.5 216.3 485.7 465.1 283.7 346.1 347.9

55 2008/9/4 13:20:29 79.3 65.2 50.9 313 208.1 94 481.3 484.3 254.8 487.9 471.8 305.4 341.1 338.2

56 2008/9/4 13:20:49 101.8 75.1 49.9 394.2 247.5 96.8 494.2 514.9 271 488.3 458.3 340.6 322.2 306.3

57 2008/9/4 13:21:09 185.5 117.8 54.8 418.3 297.7 112.5 510.7 537.8 310.9 477.6 447.6 338.4 299.3 277.6

58 2008/9/4 13:21:29 187.2 103.1 54.7 426.4 248.5 95.6 535.7 482.6 186.3 522.1 437.4 238.1 316.4 281.2

59 2008/9/4 13:21:49 174.6 114.2 54.9 420.7 273.5 99 532.9 526.4 218.1 496.1 441.3 276.4 287.3 267.5

60 2008/9/4 13:22:09 174.4 105.1 55.7 409.5 262.2 105.5 528.7 521.8 232.6 493.3 457.7 307.2 304.3 275.8

61 2008/9/4 13:22:29 207.2 107.8 56.5 487.7 307.3 108.5 521.7 525.6 237.2 473.8 386.5 301.2 284.2 246.1

62 2008/9/4 13:22:49 285 165.2 56.9 483.3 335.5 115 534.3 542.3 286.8 467.4 358.6 305.2 282.3 225.3

63 2008/9/4 13:23:09 340.9 266.3 57.8 481 384.4 132.7 544.6 550.9 333.9 448.9 368.5 324.7 274.8 210.8

64 2008/9/4 13:23:29 359.8 253.3 60.2 524.5 375.3 121.4 554.7 532.8 272.6 429.7 331.8 284.3 262.6 201.7

65 2008/9/4 13:23:49 327.3 243 72.4 491 376.7 155.8 550.7 548.5 325.2 448.5 358.8 316.7 272.9 201.4

66 2008/9/4 13:24:09 358.2 275 64.5 500.9 392.5 147.4 550.4 566.8 338.1 439.5 360.6 341.3 267 188.9

67 2008/9/4 13:24:29 344.8 300.1 69 496.6 395.7 152.1 542.4 544.7 315.3 441.5 363.6 333.1 279.5 206.1

68 2008/9/4 13:24:49 372.6 243.2 64.2 506.4 387.7 137.2 553.3 527.3 257.9 469.1 314.4 253.9 267.2 188.7

69 2008/9/4 13:25:09 199.1 157.9 62.2 287.3 247.7 127 281 202.1 117.2 252.5 239.8 136.5 181.7 116.3

70 2008/9/4 13:25:29 157 132.4 56.4 243.8 225.5 117.9 219.6 168.3 100.9 219.3 209.6 106.8 146.3 106.5

71 2008/9/4 13:25:49 137.3 115.2 55.9 234.6 211.2 115 194.7 162.7 92.1 195.4 178.9 93.7 140.3 90.9

72 2008/9/4 13:26:09 122.9 103.7 55.5 228.7 203.1 112.5 174.4 151.3 89.7 186.1 177.6 99 123.1 91.4

73 2008/9/4 13:26:29 113.8 99.8 50.2 244.3 187.3 108 165.7 143.7 92.6 179.3 167.7 92.1 125.7 86.4

74 2008/9/4 13:26:49 108.4 94.9 49.8 233.3 178.1 104.3 155.2 133.2 81.9 168.5 161.5 76.5 119.4 84.8

75 2008/9/4 13:27:09 100.5 92.6 49 228.2 172.5 99.7 146.6 133 86.9 159.1 153.9 83.7 105.9 84.2

76 2008/9/4 13:27:29 97.2 90.4 48.2 216.2 162.7 96.9 137.8 127 85 154.6 146.9 82.5 101.8 80

77 2008/9/4 13:27:49 92.9 86.6 46.5 206.8 154.2 92.6 130.8 127.1 77 148 143.9 75 98.7 77.7

78 2008/9/4 13:28:09 89.2 81.6 47.3 197.1 146.6 91.2 127.9 120.9 83.2 145.1 142.7 75.4 99.6 75

79 2008/9/4 13:28:29 86.3 80.6 44.8 187.5 139.2 87.9 124.5 113.2 76.2 137.7 137 72.4 102.8 72

80 2008/9/4 13:28:49 79.2 76.4 44.1 176.9 130.8 84.1 113.6 101.8 66.1 132 123.4 65.3 116.4 67.1

81 2008/9/4 13:29:09 73.4 73.3 44.7 166.8 125.1 84 104 96.9 66.6 119.4 112.9 74.2 105.8 65.6

82 2008/9/4 13:29:29 70.5 71.6 44.1 158.7 119.4 81.4 98.3 83 62.9 106.9 92.5 68.5 107.4 60.2

83 2008/9/4 13:29:49 66.7 66.4 42.6 151.3 113.6 80.3 94.1 80.5 57.3 105 93.4 61.6 103.4 58.8

84 2008/9/4 13:30:09 65.6 66.5 42.2 144 110.4 77.4 91 78 57.5 97.7 91.6 60.2 100.5 59.1





# 水平ルーバー試験 CaseB 温度データ

0 2 48	0 2 49	0 2 50	0 2 51	0 2 52	0 2 53	0 2 54	0 2 55	0 2 56	0 2 57	0 2 58	0 2 59	0 3 60	0 3 61	0 3 62	0 3 63	0 3 64	64mV mV	64mV mV
K-CA °C ②-22 OFF	K-CA °C ②-23 OFF	K-CA °C ②-24 OFF	K-CA °C ②-25 OFF	K-CA °C ②-26 OFF	K-CA °C ②-27 OFF	K-CA °C ③-1 OFF	K-CA °C ③-2 OFF	K-CA °C ③-3 OFF	K-CA °C ③-4 OFF	K-CA °C ③-5 OFF	K-CA °C ③-6 OFF	K-CA °C ③-7 OFF	K-CA °C ③-8 OFF	K-CA °C ③-9 OFF	熱流束計 OFF	熱流束計 OFF	熱流束計 OFF	熱流束計 OFF
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25.7	25.7	25.7	25.6	25.7	25.8	25.8	25.3	25.4	26.2	27.5	29.3	28	26.3	25.8	25.9	26	0.063	0.005
25.8	25.8	25.7	25.9	25.8	25.8	25.4	25.7	26.4	27.6	28.9	27.8	28.3	25.9	26	26	0.064	0.016	
25.8	25.8	25.7	26	25.8	25.8	25.5	25.8	26.4	27.7	29.5	28.1	26.3	26.1	26	26	0.07	0.018	
26	26	25.9	26	26	26	25.7	26.4	27.7	28.8	29.5	27.7	26.3	26	26	26	0.072	0.022	
26.3	26.4	26.3	26.5	26.4	26.2	25.7	28.9	36.1	40.4	46.4	28.9	27	27.9	26.5	26.7	0.094	0.021	
26.2	26.1	25.9	26.5	26.1	25.9	25.6	31.5	41.8	53.1	56.9	31.5	28.3	27.9	26.7	26.7	0.093	0.023	
28.7	29	26.3	28.1	27.5	25.7	27.5	36.6	48.8	57.1	53	31.3	27.2	26.6	26.3	26.3	0.098	0.025	
27.7	27.1	25.8	27.1	26.1	25.7	33.6	42.4	58.8	68.2	54.7	31	26.8	26.1	26.2	0.124	0.073		
59.6	70.2	46.6	67.9	50.8	35.5	46.6	131.6	264.2	294.2	267.2	53.9	34	31.4	28.8	0.17	0.422		
84.4	79.7	45.1	74	50.5	31.8	45.8	198.6	399.9	418.3	287.7	101.2	57.5	57.4	38.9	1.444	0.52		
80.8	85.4	56.3	77.4	60.2	38.2	52.8	271.6	443.6	462.3	349	152	84.5	81.1	60.4	3.051	0.708		
75	63.8	39.9	65.8	53.3	39.1	53.3	274.9	463.8	480.5	389	143.4	86	74.3	63.6	2.368	0.706		
92	97.4	60.5	82.9	59.7	41.6	51.5	279.6	457.3	459.4	316.2	159.4	92.9	91.6	66.7	2.31	0.677		
85.2	79.3	48.2	75.5	55.1	34	53.1	281.8	447.5	451.9	346	157.7	95.1	80.7	63.3	1.919	0.789		
82.1	77	66.5	73.2	64.9	46.9	57.5	295.4	454.7	447.4	328.2	164	107.9	101.9	70.9	2.489	0.718		
86	82.3	71.4	80.5	73	46.2	59.1	306.9	457.8	463.2	320.6	165.3	99	95.9	69.4	1.904	0.744		
100.8	108.1	68.4	101.9	75.1	40	57	291.8	466.8	472.2	338	149.5	86.3	90.8	67.4	2.763	0.834		
91	102.4	69.1	89.2	70.1	45	60.7	278.8	469.3	472.3	343.5	137.4	83.4	84.4	65.4	2.473	0.868		
103.4	116.3	69.1	95.6	70.8	46.9	64.2	309.3	472.9	472.3	349.4	135.5	83.7	72.6	60.3	1.983	0.892		
98.4	97.1	64.5	85	72.3	46.9	61.9	304	464.8	474.7	355.5	144.7	88.7	80.1	66.2	2.217	0.864		
90	91.6	64.5	77.4	69.8	44.3	61.9	297.4	455.6	470.5	354.8	181.5	101	99.2	70.1	2.017	0.852		
101.1	110.6	87.6	92.3	84.7	64	63.9	304.7	484	479.6	368.8	168.7	87.4	78	62.3	3.345	0.955		
100.6	117.4	98	103	101.6	60.9	66.1	292.1	446.3	485.6	298.8	142.4	85	95.8	63.2	2.405	0.901		
93.4	104	90.9	92.8	85.5	59.4	65.1	310.6	470.9	479.2	313.5	136.9	92.6	102	64.3	2.01	0.911		
103.2	118.9	100.7	103	89.8	66.9	66.6	293	457.8	487.8	315.2	125.1	85.4	97.1	59.6	1.862	0.959		
114.8	120	92.2	110.4	92.1	58.3	67.6	304.2	479.7	491.4	322.3	127.8	85.4	91.2	54.2	2.07	0.915		
111.6	120.8	96	106.2	94	58.2	68	332.3	476.5	480.1	323.4	142.8	87.9	90.3	56.9	1.947	0.935		
100.5	112.3	82	97	83.6	54.2	70.3	298.3	477.8	488.9	305.3	137.7	91.1	96.5	60	1.601	0.969		
113.2	127.2	95.4	108.2	94.6	65.7	70.8	281.7	458.6	507.5	337.3	118.3	77.5	102.4	62	2.054	0.953		
106.6	109	81.1	100.5	81.1	55.4	74.5	289.4	447.5	498.9	323.3	141.4	87.1	90.7	59.2	2.027	1.116		
106.5	114.5	100.6	106.5	97.2	65.3	73.9	311.3	484.9	489.2	320.9	153.3	96.7	108.6	61.3	1.774	1.053		
99.7	106.8	93.5	93	86.6	57.3	76.1	307.5	459	507.7	317.4	139.6	93.2	91.8	59.1	1.902	0.973		
102	107.1	91	97.1	88.6	62.6	74.4	296.5	484	509.7	298.4	140.1	89.2	100	69.1	1.763	1.086		
104.4	113.5	89.6	101	91.6	59.5	74.8	322.4	445.8	496.9	300.2	139.5	91.7	107.4	60.7	2.051	1.038		
98.2	106.6	88.8	94.3	84.1	58.3	75.8	274.6	480.9	503.3	319.4	131.4	90.2	108.5	62.2	1.737	1.077		
101.3	107.6	86	100.2	88.1	54.4	77.8	272.5	455.3	507.5	309.7	148.6	93.4	98.2	64.1	2.247	1.015		
101.6	104.9	97.2	92	89.6	62.1	78.7	305.6	478.2	500.1	319.1	149.5	94.5	100.3	63.2	2.263	1.114		
115.8	125.6	89.4	112.9	89.6	58.2	79.7	307.4	493.4	505.2	304.7	132.1	86.7	101.1	57	2.58	1.163		
132.6	135.8	75.3	121.5	92.4	48.4	79.8	305.6	493.4	515.1	359.2	137	86.4	87.6	55.3	2.085	1.108		
117.4	124.4	111	116.8	104.4	77.3	83	308.2	464.3	525.1	334.9	142.9	84.5	93.4	56.2	1.804	1.134		
114.7	124.3	106.8	108.6	100.2	80.8	81.1	307.9	455	504.6	352.2	162.3	86.3	94.2	61.2	2.144	1.046		
109.8	121.9	105.9	109.6	99.6	71.2	82.3	308.8	491.6	512.9	307.4	148.4	94.3	110.6	65.4	1.929	1.088		
101.9	115.1	90	100.5	97.4	66	82.1	301.9	473.3	519.2	308.3	163.1	95.5	111.3	67.4	1.642	1.144		
110.2	113.5	75.3	101.3	84.6	54.6	82.1	303.1	474.1	520.8	317.6	150.4	99.8	100.9	64.8	2.099	1.123		
124.7	122.1	88.2	119.2	94.7	56.9	85.4	311.9	508.2	514.5	311.2	147.2	103.3	101.7	63.5	2.129	1.341		
160.3	182.5	106.4	166.3	126.1	64	82.8	314	501.7	522.1	348.3	141	90.1	85.3	53.8	2.625	1.583		
152	189.8	142.5	164.6	158.3	89.8	85.8	313.5	485.8	520.2	364.8	147.4	95.9	105.2	54.8	3.249	1.585		
132.2	186	167.9	149.1	170.4	103	89	301.4	468.6	537.5	334.8	141	91.9	96.8	53.6	2.762	1.628		
143.1	176.1	175	150.3	171.1	117	88	298.5	470.3	525.2	323.3	126.1	94.7	105.2	58	3.764	1.565		
160.3	191.6	170.9	169.4	170.5	120.7	86.2	310.6	498.3	517.3	317.4	142.3	100.2	107.2	61.3	3.044	1.737		
150.5	181.7	154.1	160.1	173.3	113	87.6	329.9	499.9	529.3	346.7	143.2	101.4	94.9	58.7	3.425	1.767		
150.2	200.1	171	156.6	188.3	110.7	88.5	289.1	485.3	526.8	341	159.3	107	104.4	62.1	3.688	1.642		
147.9	177.6	140.1	158.7	166.2	111.9	90.1	339	522	529	358.5	144.3	104.9	98.9	57.6	3.53	1.798		
155.8	173.3	182.8	151.5	171.2	137.2	93.5	314.8	502.1	525.5	332.1	160.2	107.6	115.2	60.3	4.43	1.826		
170.1	205.5	145.8	179.3	179.1	111.4	91.5	323.5	496.7	521.7	342.8	153.7	113.6	120	67.1	3.705	1.788		
151.3	207.7	171.2	159.4	192.2	118.4	92.8	331.8	493.8	520.8	332.4	132.5	106.4	118.7	60.1	3.31	1.959		
155.1	213.5	149.2	168.2	184.2	103.4	93.1	322.3	473	526.1	336.5	146.2	105.7	111.7	62.8	3.99	1.552		
151.7	162.6	137.7	143.9	143.8	109.6	93.6	314.2	483.5	527.5	371.8	166.4	117.5	131.1	67.8	4.458	1.661		
133.6	165.5	98.1	141.3	136.6	67.3	96.5	317.1	517.8	545.5	389	170	118.6	119.8	65.2	3.814	1.77		
151.2	191.3	98.8	172.5	153.2	69	96.8	306.2	509.1	534.3	372.3	164	119.5	119.6	67.7	3.915	1.899		
143.8	189.9	104.8	148.3	150.5	70.3	98.4	296.9	495.5	529.7	360.2	169.4	120.7	121.6	71.5	3.555	1.768		
146.5	167.6	115.5	152.4	140.8	78.5	98.6	329.6	533.6	535.4	335.2	167.7	121.4	118.7	72.5	4.001	1.894		
145.5	179.1	141.7	156.1	151.9	99	99.2	315.4	507.3	535.2	391.1	185.3	131.7	134.5	73.7	4.65	1.529		
139.5	175.2	152.5	149.5	149	103	100.7	337.4	514.5	540.9	412.6	212.1	147.9	151.9	79.7	4.625	1.723		
150.8	170	90.8	158.9	126	60.7	100.2	331.9	516.2	549.4	408.5	218	154.3	157	85.4	4.523	1.601		
151.4	176.2	111.7	161.6	144.3	80.8	99.4	335.1	507.3	544.7	420.9	223.7	164.8	168.9	91.9	4.53	1.787		
136.2	184.7	127.2	148	148.4	96.7	103	361.6	513.5	540.1	416.1	221.4	164.7	165.3	87.2	4.319	1.717		
136.5	181.9	136.2	138.7	152.3	99	103.1	333.4	506.1	541.8	425.8	234.8	169.1	169	89.4	4.369	1.718		
142.5	166.9	106.8	156.2	148.6	81.1	101.1	304.6	485.7	531.1	465.1	237.4	170.7	165.6	87.1	4.851	1.13		
113	88.5	60.9	104.9	85.7	49.7	93.3	229.8											

# 水平ルーバー試験 CaseB 温度データ

0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3
65	66	67	68	69	70	71
K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
試験体①	試験体②	試験体③	試験体④	雰囲気	耐火炉①	耐火炉②
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
24.8	24.9	99991	99991	24.8	27.6	26.3
24.8	24.9	99991	99991	24.9	27.4	26.2
24.8	24.9	99991	99991	25.2	27.7	26.7
24.8	25	99991	99991	25.1	28.4	27.5
24.9	25	99991	99991	25.2	36.9	37.9
24.9	25.1	99991	99991	25.3	44.4	42.9
24.9	25	99991	99991	25.2	47.2	50.9
25.1	25.1	99991	99991	25.1	60.7	71.8
25.2	25.1	99991	99991	25.1	196.5	157.3
25.4	25.1	99991	99991	25	311.3	200.4
25.8	25.2	99991	99991	25	405.6	221.7
26.2	25.3	99991	99991	25.1	447.9	215
26.6	25.5	99991	99991	25	427.4	213.9
27.1	25.7	99991	99991	25.1	426.5	209.4
27.5	25.9	99991	99991	25.2	432.7	233.6
27.9	26	99991	99991	25.2	446.7	207.5
28.3	26.3	99991	99991	25.4	451.6	228.4
28.7	26.4	99991	99991	25.3	460.7	239
29.2	26.7	99991	99991	25.3	451.9	234.5
29.7	26.9	99991	99991	25.4	453	247
30.1	27.2	99991	99991	25.6	459.2	243.5
30.6	27.4	99991	99991	25.8	454.5	233.1
31	27.6	99991	99991	25.8	442.6	267.7
31.5	27.9	99991	99991	25.7	468.6	228.6
31.9	28.1	99991	99991	25.5	459.2	246.3
32.3	28.3	99991	99991	25.5	462.9	236.3
32.8	28.6	99991	99991	25.6	457.5	245.8
33.2	28.9	99991	99991	25.6	467.9	260.3
33.6	29.2	99991	99991	25.7	453.7	283.9
34	29.5	99991	99991	25.8	465.6	283.1
34.4	29.8	99991	99991	26.1	472.1	244.4
34.9	30	99991	99991	25.9	462.4	261.5
35.3	30.3	99991	99991	25.8	473.7	251.6
35.7	30.5	99991	99991	25.8	464.9	252.8
36.1	30.9	99991	99991	25.9	475.1	265.6
36.5	31.1	99991	99991	25.8	471.4	262.7
36.9	31.4	99991	99991	25.8	477	271
37.3	31.8	99991	99991	25.8	480.2	297.9
37.8	32.1	99991	99991	25.9	478	280
38.1	32.3	99991	99991	25.9	464.6	280
38.6	32.6	99991	99991	26	459.8	269.5
39	33	99991	99991	25.9	488.9	275.6
39.3	33.1	99991	99991	26	491	279.2
39.7	33.6	99991	99991	26	481.6	264.4
41.6	34.5	99991	99991	26	495.1	286.8
43.3	34.2	99991	99991	26	486.8	283.5
46	35.1	99991	99991	26	483.4	295.4
47.9	35.9	99991	99991	26.1	484.7	288.9
49.6	36.5	99991	99991	26.3	474.1	277.3
53	37.8	99991	99991	26.4	489.9	277.4
62.6	47.8	99991	99991	26.3	495.2	272.8
67.8	47.2	99991	99991	26.8	496.5	290.3
80	55.4	99991	99991	26.3	497.6	279.2
86.7	58.1	99991	99991	26.4	500.1	281.6
94.9	64.6	99991	99991	26.4	491.1	282.9
102.6	73.2	99991	99991	26.3	495.6	288.8
112.3	81.3	99991	99991	26.4	491.2	265.8
128.1	95.1	99991	99991	26.3	491	268.6
144.3	107.8	99991	99991	26.3	515.7	302.3
163.4	115.8	99991	99991	26.4	510.8	294.9
174.9	125.2	99991	99991	26.4	498.6	296.1
202	143.5	99991	99991	26.3	500.5	275
216.3	157.7	99991	99991	26.4	495.6	283.8
232.1	173.3	99991	99991	26.4	512.3	288.7
331.3	191.9	99991	99991	26.4	501.7	296.4
281.2	202.6	99991	99991	26.4	502.8	283.5
302.1	216.7	99991	99991	26.4	493.7	299.9
309.5	226.7	99991	99991	26.5	503.3	295.6
310.2	236.5	99991	99991	26.5	477.7	251.1
305	214.8	99991	99991	26.6	310.7	174.7
274.3	210.3	99991	99991	26.6	236.7	147
259.4	207.8	99991	99991	26.5	205.5	138.8
246.3	204.7	99991	99991	26.5	184.7	129.8
232.7	201.1	99991	99991	26.5	170.1	122.1
223.6	198.2	99991	99991	26.6	158.7	122.2
211.1	195.7	99991	99991	26.6	148.5	120.9
200.3	192.6	99991	99991	26.6	142.7	113.5
190.3	189	99991	99991	26.6	139.3	108.7
181.3	186	99991	99991	26.6	132.4	107.2
173.3	182.8	99991	99991	26.6	129	100.6
165.6	179	99991	99991	26.6	116.9	91.9
159.1	176	99991	99991	26.5	110.6	83.8
152.6	172.5	99991	99991	26.6	106.2	82.8
147.1	169.7	99991	99991	26.6	104.8	75.6
142.1	166.5	99991	99991	26.6	100	78.2











# 斜行ルーバー試験 2回目 温度データ

Title C:\Cadac21\Cadac21\_RSVMSet\ルーバー防火試験080829.set

StartTime /-/-/ /-/-/ /-/-/  
 EndTime ##### 23:59:59  
 Interval 20 Sec  
 Restart 0 Sec  
 ScanCount 999999  
 Top 2008/9/3 15:19:00  
 Last 2008/9/3 15:49:20

TerminalNo.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ScanunitNo.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ChannelNo.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
Function	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA	K-CA				
Unit	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C				
ChTitle	①-1	①-2	①-3	①-4	①-5	①-6	①-7	①-8	①-9	①-10	①-11	①-12	①-13	①-14	①-15				
Scaling	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF				
A_Coeff.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
B_Const.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0	2008/9/3	15:19:00	24.4	24.8	25.1	25.1	25.2	25.4	25.9	26.6	26.5	25.8	26	26.3	25.5	25.8	25.7		
1	2008/9/3	15:19:20	24.6	25.1	25.5	25.2	25.2	25.5	25.8	26.5	26.5	25.8	26.1	26.3	25.5	25.8	25.6		
2	2008/9/3	15:19:40	24.5	25	25.3	25.3	25.4	25.5	25.8	26.5	26.7	25.9	26.2	26.3	25.8	25.9	25.7		
3	2008/9/3	15:20:00	24.5	24.9	25.4	25	25.2	25.5	25.9	26.4	26.7	26.1	26.4	26.4	25.8	26.1	25.8		
4	2008/9/3	15:20:20	24.5	24.8	25.2	25	25.2	25.4	25.7	26.1	26.4	26	26.3	26.5	25.8	26.2	25.8		
5	2008/9/3	15:20:40	24.5	24.9	25.2	25.2	25.4	25.7	25.7	26.4	26.6	25.8	26.3	26.5	25.7	26.1	25.8		
6	2008/9/3	15:21:00	24.8	25.2	25.7	25.5	25.7	25.8	25.9	26.9	26.8	25.8	26.2	26.7	25.4	26.2	25.9		
7	2008/9/3	15:21:20	25	25.5	26	25.7	26	26.4	26.4	28.7	29	27.4	29	29.1	26.7	28.2	27.8		
8	2008/9/3	15:21:40	24.7	25.1	25.5	25.9	25.6	26	26.9	29.7	28.9	32.9	33.2	33.6	38.9	38.3	36.2		
9	2008/9/3	15:22:00	24.7	25	25.3	25.3	25.7	26	28	32.8	31.3	37.3	38.7	39.1	46.6	47.7	44.5		
10	2008/9/3	15:22:20	24.7	25	25.2	25.2	25.5	26.1	28.6	32.6	31.9	37.2	40.7	38.2	45.8	51	45.4		
11	2008/9/3	15:22:40	25	25.5	25.7	26.2	26.8	27.8	35.6	44.1	47.9	53.2	61.3	65.5	85.2	101.3	95.1		
12	2008/9/3	15:23:00	26.3	27.2	27.2	27.9	28	29.5	34.6	48.5	53.7	54.2	94.9	121	109.8	188.5	204.8		
13	2008/9/3	15:23:20	28.3	29.1	29.5	30.8	29.8	32.6	42.3	60.2	79.9	74.7	106.7	144.2	119.6	189	228.8		
14	2008/9/3	15:23:40	30.6	31.6	32.6	34.1	32.4	36.5	40.9	53.3	82.5	73.9	118.5	179.7	106.7	185.5	245.1		
15	2008/9/3	15:24:00	32	33.5	36.2	36.6	34	40.3	43.4	51	85	62.9	109.8	192.4	83.7	173.8	234.6		
16	2008/9/3	15:24:20	33	34.5	38.1	37.1	35.3	42.5	43.1	63.5	95	79.3	132.3	189.8	106.9	205.1	247.3		
17	2008/9/3	15:24:40	33.7	35.2	38.6	38.2	36.4	44.8	43.2	56.4	92.5	58.8	108.7	193.2	73.3	174.1	244.6		
18	2008/9/3	15:25:00	34.5	36.2	37.8	39.2	37.3	44.5	46.8	74.7	110.7	89.3	163.7	233.1	157.3	244.4	289.2		
19	2008/9/3	15:25:20	34.8	37	39.8	39.9	38.1	46.2	44.7	61.8	114.2	61.4	117.8	197.7	94.7	195.6	263.2		
20	2008/9/3	15:25:40	35.5	37.4	41.2	40.6	39.2	48.4	44.3	66.5	114.6	80.6	147.9	231.2	121.7	209.3	280.5		
21	2008/9/3	15:26:00	36.3	38	40.9	41.6	40.8	48.6	55.5	84.6	126.8	107.3	167.1	211.4	152.8	246.3	284.1		
22	2008/9/3	15:26:20	36.3	38.8	41.3	43.3	43.1	50.9	51.7	94.9	119.3	122.7	197.9	221.5	209	293.9	290.8		
23	2008/9/3	15:26:40	35.9	40.2	40.8	43.9	40.4	51.7	53.3	77.2	106.9	94	151.5	223.4	140.4	239.1	287.6		
24	2008/9/3	15:27:00	37.8	41.3	44.5	44.4	42.9	52.7	55.8	84.2	136.7	94.8	166.5	235.6	126.9	246	283.2		
25	2008/9/3	15:27:20	38.3	41.9	44.6	46	44.4	55.1	58.6	86.7	106	91.5	168.4	225	141.3	250.8	280.2		
26	2008/9/3	15:27:40	39.4	42.9	46.1	46.5	44.6	55.3	56.1	77.2	111.4	80.1	154.9	258	104.8	242.7	320.7		
27	2008/9/3	15:28:00	39.5	43.7	48.7	47.6	46.9	56.8	52.6	66.1	115.4	74.9	148.5	206.1	100.8	224.5	274.1		
28	2008/9/3	15:28:20	41.1	44.2	47.5	48.2	46.5	57.9	68.7	102.9	122.3	102.2	195.7	231.8	147.5	285	345.2		
29	2008/9/3	15:28:40	39.9	44.3	43	48.5	47.8	54.8	53.3	71.6	84.1	80.6	127.8	189.4	112.5	214.7	257		
30	2008/9/3	15:29:00	39.9	44.6	43.2	47.4	48.1	55.2	58.7	85.2	112.2	91.2	145.7	216.6	127.9	221.8	284.9		
31	2008/9/3	15:29:20	41.1	45.6	44.6	49.3	49.7	57.6	52.9	58.4	96.6	64.5	111.4	183.9	84.1	176.9	253.3		
32	2008/9/3	15:29:40	41.2	45.4	47.6	50.2	49.8	62	56.1	70.6	146.5	81.7	163.9	269.7	122.1	240.2	328.9		
33	2008/9/3	15:30:00	43.2	46.6	50.4	51	50.6	63.8	54.7	58.3	111.4	76.7	148.8	203.1	122.5	218.7	300.1		
34	2008/9/3	15:30:20	43.2	47.4	49.3	50.5	50.9	64	53.8	65.2	82.5	101.1	145.7	185.8	156.2	229.1	282.6		
35	2008/9/3	15:30:40	44	47.4	48.9	50.9	52.4	62.5	52	63.5	104.5	82.9	157.9	214.1	117.1	226.3	294.7		
36	2008/9/3	15:31:00	44.2	47.1	50.9	51.9	54.2	65.7	53.5	59	111.7	93.2	164.7	217.6	132.7	230.7	310.6		
37	2008/9/3	15:31:20	44.7	48.9	51.5	53.4	53.4	64	57.8	67.5	106.3	74.6	133.3	194.3	107.8	219.3	280.8		
38	2008/9/3	15:31:40	45.2	49	52	54.4	53.4	66.4	57.1	69.4	132.2	79.4	156	242.4	124.8	248.8	311.7		
39	2008/9/3	15:32:00	45.5	49.8	54.1	54	53.6	66.3	56	69.8	136.4	74.7	158.5	232.9	107.4	211.2	311.9		
40	2008/9/3	15:32:20	47.1	50.3	54.1	55.3	63.3	56.7	75.1	113.1	113.1	77.4	164	244.1	125.5	241.4	338.8		
41	2008/9/3	15:32:40	46.9	49.1	51	54.8	57.2	68.5	56.4	63.1	96.5	80.2	139.6	207.6	138.3	232.5	290.3		
42	2008/9/3	15:33:00	44.3	50.7	55	55.3	54.3	70.8	54.7	59.6	96.3	73.5	135.3	185.8	113.3	234	280		
43	2008/9/3	15:33:20	43.9	51.1	51.7	56	55.6	74.6	55	62.4	122.3	72.6	138.4	239.4	112.1	232.2	325.3		
44	2008/9/3	15:33:40	45.4	50.6	51.4	55.8	58.1	71.8	55.5	60.4	95.6	73.8	144.3	211.2	112.5	212.2	298.8		
45	2008/9/3	15:34:00	44.9	50.1	51.6	55.4	56.7	70	57.8	64.8	91.5	79.7	144.8	203.1	99.4	231.4	298.7		
46	2008/9/3	15:34:20	46.5	51	51.7	56.1	55.9	67.3	57.1	71.6	137	97	171.6	236.8	131.2	255.4	311.6		
47	2008/9/3	15:34:40	49	51.6	55.7	57.9	58.8	70.2	58.5	72.9	103.8	94.5	162.8	215	145.3	256.6	296.6		
48	2008/9/3	15:35:00	49	54	58.8	59.7	85.9	114.7	90.5	293.8	393.8	172.1	372.9	449.4	216.8	341	366.4		
49	2008/9/3	15:35:20	51.1	55	60.5	60	72.1	97.8	91.2	217.5	297.9	159.2	341.3	442.2	196.9	353.4	401.6		
50	2008/9/3	15:35:40	52.1	56.3	59.8	61.7	83.7	104.5	106.5	271.2	329.6	184	358.5	462.3	214.5	360.4	405.6		
51	2008/9/3	15:36:00	50.5	58.3	56.5	62.7	75.9	106.5	110.9	233.2	357.6	170.4	333.9	473.1	193.5	343.7	402.1		
52	2008/9/3	15:36:20	52.1	57.9	58.5	62.4	75	104.4	113.6	253	356.4	169	342.8	466.2	185	337.9	387.8		
53	2008/9/3	15:36:40	52.1	56.3	55.6	64.2	90	117.7	116.2	249.7	391.8	195.8	358.4	460.9	223.9	354.2	390.8		
54	2008/9/3	15:37:00	55.3	61.5	63.8	64.7	110.8	205.8	127	360.5	466.9	207.4	385.3	476.9	234.2	385.9	348		
55	2008/9/3	15:37:20	54.5	71.1	71	80.1	158.1	220.5	145.9	353.5	472.2	188.4	369.4	466	188.7	290.9	324.8		
56	2008/9/3	15:37:40	57.5	66	70.5	93.4	154.7	196.1	204.3	457.5	478.3	286.9	429.2	492.6	274.4	315.1	343.1		
57	2008/9/3	15:38:00	56.1	65.6	73.3	78.4	136.6	224.8	163	345.7	476.2	187.6	383.3	494	170.1	312.2	347.7		
58	2008/9/3	15:38:20	58.6	68.5	73.9	76.4	147	222.2	164	368.8	482.7	199.7	403.4	504.5	196.4	371.3	332.8		
59	2008/9/3	15:38:40	59.9																









斜行ルーバー試験 2回目 温度データ

0	0	0
3	3	3
69	70	71
K-CA	K-CA	K-CA
°C	°C	°C
雰囲気	耐火炉①	耐火炉②
OFF	OFF	OFF
0	0	0
0	0	0
24.2	27.5	26.8
24.2	27.5	26.7
24.2	27.5	26.8
24.3	27.5	26.7
24.3	27.5	26.7
24.3	27.6	26.8
24.3	27.7	27.3
24.3	33.2	38.3
24.4	41	47.7
24.5	44.1	54.5
24.5	47.7	56.5
24.4	119.6	154.8
24.5	266.9	188
24.5	348	214.2
24.5	403.4	212.2
24.5	400.9	230.2
24.6	403.1	218.1
24.7	408.2	233.3
24.6	418.9	248.9
24.6	420.8	238.5
24.7	427.8	228.4
24.8	426.8	224.3
24.7	442.1	240.2
24.7	444.4	220.5
24.9	449.4	229.7
24.8	447.6	238.2
24.9	447	242.5
24.9	449.8	240.3
24.9	450	253.4
24.9	427	254.2
25	442.9	231.8
25	440	262.8
25	443.7	271.9
25.1	460.9	273.1
25.1	456.9	275.3
25.1	460.7	256
25	469.1	256
25	457.6	258.9
25.1	471.1	251.7
25.2	475.5	281.7
25.1	467.1	267.8
25.2	463.2	267.1
25.2	472.6	269.9
25.2	478	260.5
25.3	477.9	244.2
25.3	469.5	266.4
25.3	476.9	248
25.3	477.4	249.4
25.3	479.8	253.6
25.3	478	271.4
25.3	486.5	269.5
25.3	477.2	270.5
25.3	467.5	244.1
25.3	474.1	231.2
25.4	486.9	252.7
25.4	489.7	247.3
25.5	499.2	259.7
25.5	493.5	255.7
25.7	486.2	273.6
25.7	471.2	274.9
25.7	488.3	277
25.9	481.7	265.9
26	500.8	279.2
26	508.2	244.8
26	488	276.1
25.9	511.9	270.5
25.8	506.1	293.8
25.8	490.6	276.5
25.8	482.8	267.5
25.9	495.8	276.7
25.9	501.3	262.7
26	497.1	279.9
26	366.5	180.9
25.9	264	148.3
25.9	208.2	142.5
25.9	183.5	133
25.9	166.2	126.9
26	153.4	122.2
25.9	146.9	123.5
26	139.6	116.5
26	133.9	112.2
26	128	108.5
26	124	100.2
26	119.3	94.2
26	117.6	100.2
26	111.9	97
25.9	108.6	99.7
26	107.9	86.8
26	100.8	87.8
26	95.4	81.2
26	90	76.9
26	87.9	75.5



## 第七章

### 環境配慮型設計と火災安全を関連付けた

#### 統合ファサードの設計フローの提案

- 7.1 はじめに
- 7.2 設計要因の整理
- 7.3 防火関連規定等の整理
- 7.4 統合ファサードの火災時の状況
- 7.5 統合ファサードの火災安全性と設計要因
- 7.6 設計フローの提案
- 7.7 まとめ



## 第七章 環境配慮型設計と火災安全を関連付けた設計フローの提案

### 7.1 はじめに

統合ファサードでは環境に配慮し日射遮蔽性能に着目して外付ルーバーを設置する。昨今環境に配慮した設計（以下、環境配慮型設計とする）が注目される背景には、地球温暖化や資源の枯渇、エネルギーの安定供給が懸念されることがあげられる。またグローバル企業の中には、US Green Building Council が審査を行う LEED や CASBEE 等の認証プログラムを利用し、不動産価値の向上を図る動きがみられる<sup>1)</sup>。東京都においては、建築物環境計画書制度において建物外周部の環境負荷指標である PAL 値の提出が義務付けられ、目標値の 25%減を達成することが環境配慮型設計の 1 つの目安とされてきた。現在では PAL から PAL\*へと移行され、PAL\*値において同一用途のベースモデルに対する PAL\*値削減率を 20%とすることが環境配慮型設計の 1 つの目安とされている。さらには、世間に広く節電や省エネルギーへの理解が深まり、環境配慮型設計への関心が高まっている。ここで、一般的な環境配慮型設計とは、特に意匠軸と環境軸を統合するものであり、安全設計とは建物のグレードに応じて設計されるものである。これまで環境配慮型設計と安全設計は関連付けて検討されていない。

本章では、環境に配慮した統合ファサードと火災安全性を関連付けた設計フローを検討する。これまで防災軸では既往の研究において耐震追従性の検証を行っている<sup>2)~7)</sup>。また、第三章では統合ファサードの意匠性の検討を行っている。環境軸については、自然光を利用した室内光環境の実物大実験や解析検討及び温熱環境検討を行い、それらを第四章、第五章でまとめている。第六章では実物大模型を用いた火災実験を行い、統合ファサードが設置された建物の開口噴出熱気流性状を把握している。本章では、これまでの検討を踏まえて、環境配慮型設計の設計要因と火災安全を関連付けた設計フローを提案する。

### 7.2 設計要因の整理

統合ファサードはルーバーを用いたファサードシステムである。図 7-1 にルーバーを用いたファサードシステムの概念図とその設計要因を示す。ルーバーを用いたシステムは、外部ルーバーとダブルスキンに大別される。外部ルーバーシステムは、いわゆる外付ルーバーである。ダブルスキン（以下、DSF という）はアウタースキンとインナースキンの緩衝空間（以下、キャビティという）にルーバー等を設置し日射を吸収させ外気へ排熱するものである。日射遮蔽にルーバーを用いる点で、ダブルスキンもルーバーファサードの一部である。さらにコンパクトダブルスキン（以下、CDSF という）は、キャビティが各階で完結するもので、ユニット工法にて工期短縮が図れるシステムである。これら DSF

と CDSF は、ルーバーの外側にガラスが設置される点が外部ルーバーシステムと異なる。これらのルーバーシステムは環境配慮型設計では欠かせない。次節以降では、これら開口部の外部側にルーバーが設置されるファサードの構成部材と火災安全性の関係について検討していく。

ルーバーを用いたファサードシステム		
	外部ルーバー	DSF、CDSF
概念図		
事例		
構成	一般的なファサードの外部側にルーバーを設置	アウトースキン+キャビティ+インナースキンの構成
設計要因	<p>意匠性 多様な表層デザインとなる。視界・眺望の確保が懸念される。</p> <p>日射遮蔽（空調負荷低減） 外付ルーバーにより室内への日射侵入を防ぐ。 キャビティ内に外気を導入しルーバーの吸収した熱を外気へ排熱。</p> <p>採光（照度の確保、グレアの緩和） ルーバーの反射を利用し室内奥へ自然光を取り込む。 ルーバーの直射光の遮蔽により窓際の高すぎる照度を緩和する。</p>	

図7-1 ルーバーを用いたファサードの類型と設計要因

### 7.3 防火関連規定等の整理

統合ファサードと火災安全について、現行の防火関連規定等を整理する。防火関連規定等を統合ファサードの設計と関連づけて整理することで、統合ファサードの火災安全性に対する考え方を明確にする。

図7-2aは、統合ファサードのようにルーバーを用いたファサードシステムの防火関連規定等を整理するものである。設計において参照される防火関連規定等は、主に次の3つが該当する。

①建築基準法施行令 112 条 10 項

②建築物の防火避難規定の解説

(耐火構造の外壁に木材、外断熱材等を施す場合の取扱い)

③平成 20 年国住指第 619 号カーテンウォールの構造方法について

(技術的助言)

①は、いわゆる層間区画（以下、スパンドレルという）の設置（高さ 90cm 以上）、または防火上有効に遮られている庇等（外壁面から 50cm 以上突出したものの）の設置の規定である。

②は、外壁及び外壁の外側にルーバーなどが設置される場合に参照されるもので、外壁の外表面材の解釈を示している。この規定によれば、例えば外壁の外表面を木材とする場合、“外壁の構造に必要な性能を損ねないと判断できる程度のもの”であれば適用に支障がないとしている。運用上は行政との協議のうえ、スパンドレルの外部側や開口部の前面に設置される部材については、不燃木を用いるなどの配慮がされている<sup>8)</sup>。

③の技術的助言は、スパンドレルについては外壁に対する技術的基準を適用すると言及しファサードの部位を外壁と開口部に明確に分別している。金属系に代表されるカーテンウォールは、構成部材が主にガラスとサッシのためスパンドレル部も開口部と同様にガラスとなる。そのためスパンドレルが外壁に該当するものか開口部であるのかが不明瞭であり、その点を明確に示している。

次にルーバーを用いたファサードシステムの火災安全性と壁面線の設定について述べる。図7-2bは壁面線の設定について整理するものである。ここで、DSF、CDSFは、アウトースキンとインナースキンの2層から構成される。そのため、壁面線をインナースキンとするか、アウトースキンとするか、または両者の中心とするか3通りの見解がある。運用上は次の2通りが案件ごとに判断されている。

- a) 壁面線をアウトースキンとインナースキンの中心とする
- b) 壁面線をインナースキンとする

貸室面積等による経済性により a)を壁面線とするケースもみられるが、主には b)が壁面線と判断されている。これは壁面線が外壁の性能を担保する面として判断されるためであり、外壁に求められる耐風圧性能や止水性能等の一般性能がインナースキンで担保されていることに起因する。よって外壁に求められる火災安全についても、インナースキンで確保されることが一般的である。そのため、スパンドレルや防火上有効に遮られている庇等は、インナースキンに設置されることになる。ここで、アウトースキンは外気導入システムを備えるため、アウトースキンには給排気口があり止水性能が確保されていない。そのためアウトースキンは、インナースキンの仕上げ材として解釈され、ルーバーやアウトースキンのガラス（以下、アウトーガラスという）は、上記②の建築物の防火避難規定の解説における取扱いと同等に判断されている。

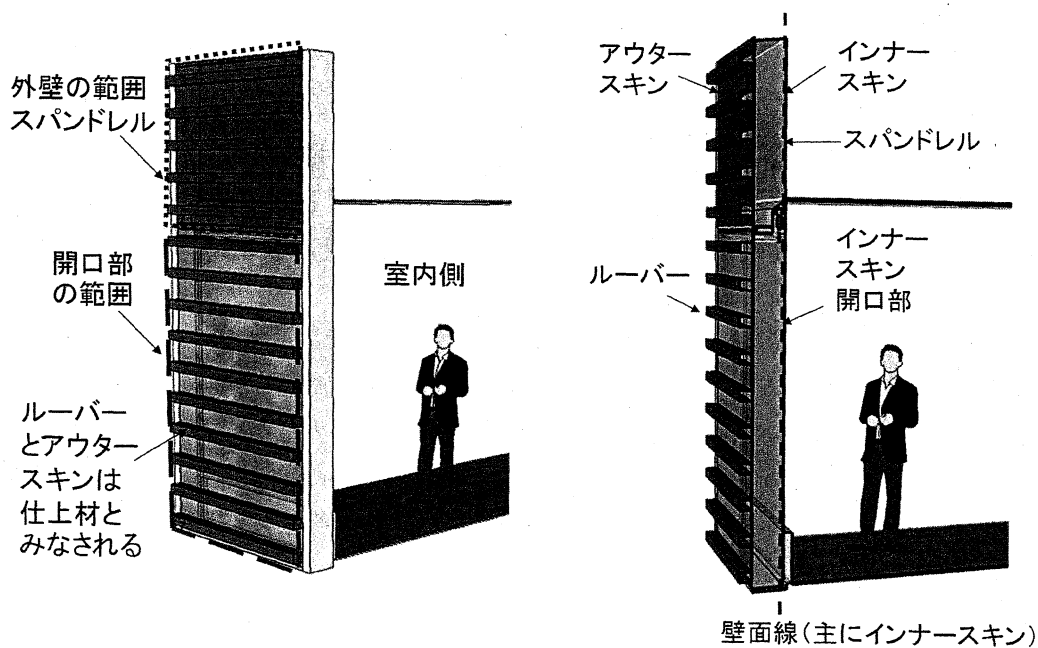


図7-2a 防火関連規定等

図7-2b 壁面線の設定

図7-2 ルーバーを用いたファサードと防火関連規定等及び壁面線の設定



## 7.4 統合ファサードの火災時の状況

### 7.4.1 構成と要因

前節に見るように DSF、CDSF においては、インナースキンが火災安全性を担保する。また 2 層スキンでない場合は、通常の外壁面が火災安全性を担保する。そのため、統合ファサードのようなルーバーを用いたファサードシステムは、インナースキンにスパンドレルを設置するなどの一般的な設計を行えば、火災に対して安全と考えられている。しかし、インナースキンの外側にルーバーやアウターガラスが設置される場合は、インナースキンとルーバーの離隔距離や部材構成等によって、一般的な火災の状況とは異なることが想定される。ここで、一般的な火災とは、一般的な外壁をもつ建物の火災室開口部から火炎もしくは熱気流が噴出する状況をいう。図 7-3 は、ルーバーを用いたファサードの部材構成と位置関係を整理するものである。図 7-3 に示す離隔距離(d)は、インナースキンからルーバーまでの距離を示す。これら部材構成や離隔距離(d)は、風圧力に対する設計、ガラス破損時の安全性、過酷な外部環境に対する部材の耐久性やメンテナンス性及び下地材の取り付け寸法等によって決定される。

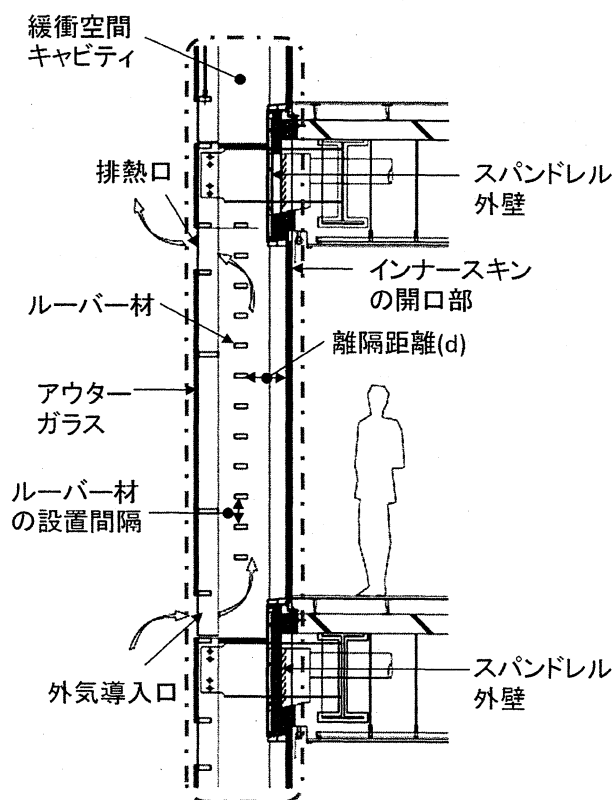


図 7-3 ルーバーを用いたファサードシステムの構成と位置

#### 7.4.2 外部構成材と火災時の状況

ルーバーを用いたファサードシステムを構成するインナースキンの外部構成材は、主にアウターガラスとルーバーである。本節では、これらの部材の火災時の状況を示す。

##### 1) アウターガラス

アウターガラスは、設計において通常の使用における万一の破損に対しガラスが脱落（落下）しないことを第一に設計される。また風圧力に対しても安全設計を行う。次に設計上配慮される点はガラスの反射映像の歪みである。内部残留応力が高いガラスは歪みが多い傾向にある。可能な限り内部残留応力が低いガラスが選択される。これら破損時の安全性及び反射映像の条件を満たすために、アウターガラスには強化ガラスのような内部残留応力が高いガラスは一般的に使用されない。そのため、アウターガラスには、フロート板ガラスもしくは倍強度ガラスが選択される。これらのガラスの許容応力度は強化ガラスのように高くない。原田らの研究<sup>9)</sup>やガラスの熱割れ計算<sup>10)</sup>によれば、これらのガラスは、火災などの高温に曝されると早い段階で破損する。よって火災時に、アウターガラスはインナーガラスと同様に噴出火炎により突破される（ガラスが割れて保持されず、開口を塞がない）。アウターガラスが破損し突破された状況以降は、一般的な外壁の火災状況と同様になる。

##### 2) ルーバー

ルーバーは、一般外壁と同等の耐久性や加工性が要求されることから、鋼製、ステンレス製、アルミニウム製などの不燃材で構成されることが多い。これらは開口部の前面に配置され火災時に開口を塞ぐ可能性がある。火災時に開口部を遮蔽する状況について、大宮らの研究<sup>11)</sup><sup>12)</sup>では、開口部に正対する対向壁が設置された場合の開口噴出火炎性状について論じている。これは開口の前面に正対する外壁面等が建ち、開口の前面を全遮蔽する状況を想定している。しかし、ルーバーのように開口部や外壁を半遮蔽する状況下での開口噴出火炎性状は、これまであまり論じられていない。

図7-4に、一般的な外壁、ルーバーを用いたファサードシステムの場合及び対向壁の場合の開口噴出火炎や開口噴出熱気流性状の概念図を示す。ルーバーを用いたファサードシステムでは、第六章の火災実験から把握したように、噴出気流は、外壁面とルーバー間を上方へ向かう気流と、外壁面から遠方のルーバーの後方に抜ける気流の2方向に分かれる。これらルーバーが設置される場合には、開口噴出熱気流性状を考慮する必要がある。

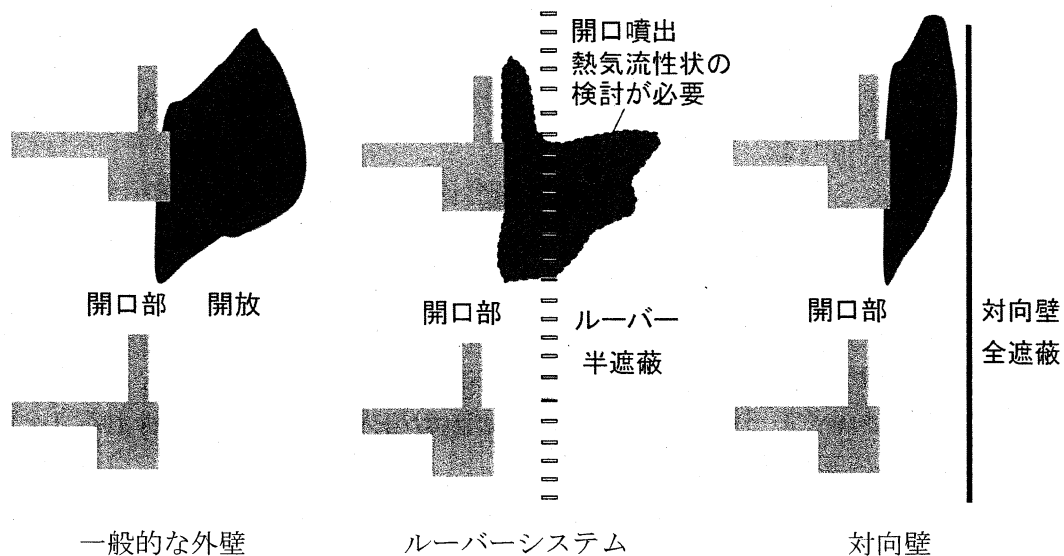


図 7-4 開口噴出熱気流性状の概念図

## 7.5 統合ファサードの火災安全性と設計要因

統合ファサードの設置により開口部や外壁を外付ルーバーが半遮蔽する場合には、開口噴出熱気流性状を確認する必要がある。半遮蔽する状況を決める設計要因は、外壁と外付ルーバーとの離隔距離( $d$ )および外付ルーバーの設置間隔から導かれる遮蔽割合( $\alpha$ )の2つのパラメータと考えられる。本節では、実大火災実験から得た知見を整理し、設計要因であるこれらのパラメータを考察する。

### 7.5.1 離隔距離( $d$ )

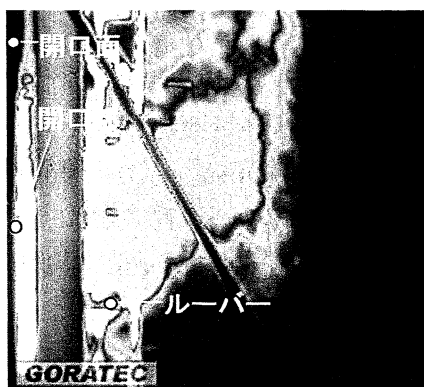
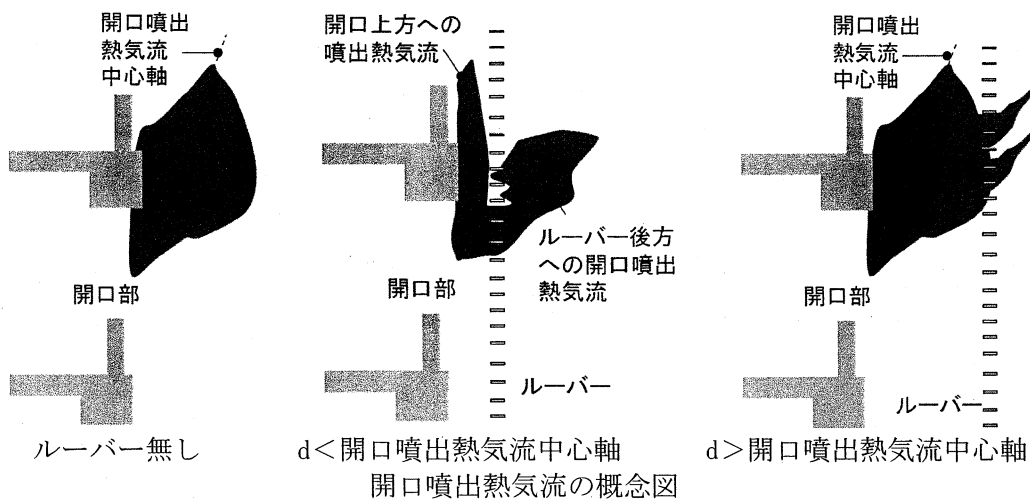
外壁と外付ルーバーの離隔距離( $d$ )は、主にファサードの日常清掃や部材交換などのメンテナンス性および施工方法によって決定される。ここで施工方法とは、現場施工による外付ルーバー設置や工場にて事前に外付ルーバーがユニット化される違いをいう。第六章の火災実験では、これらのメンテナンス性や施工性に配慮し、離隔距離( $d$ )をパラメータとして開口噴出熱気流を確認している。実験では、開口面と外付ルーバーの離隔距離( $d$ )を 1000mm から 400mm まで 200mm 間隔で開口に近づけ 4 ケース実施し、外付ルーバー近傍や開口上方の温度分布及び開口上方の放射熱量を測定している。実験結果より離隔距離( $d$ )と開口噴出熱気流中心軸との関係について以下の知見を得ている。

- 1) 開口噴出熱気流は外付ルーバーの後方（ファサードより遠方）に抜ける熱気流と外付ルーバーと壁面の間を上方に抜ける熱気流の2方向に分かれる。
- 2) 離隔距離( $d$ )が大きく、外付ルーバーの位置が、外付ルーバーが無い場合の開口噴出熱気流中心軸よりも開口面から遠い場合は、開口近傍及び上方の温度

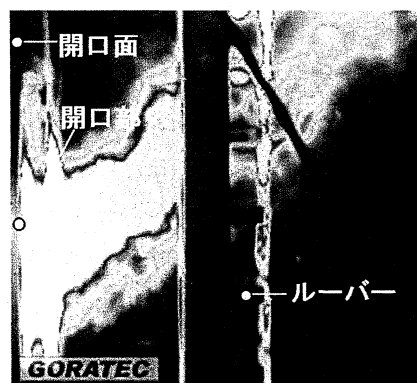
は外付ルーバーが無い状況とほぼ変わらない。

- 3) 離隔距離(d)が小さく、外付ルーバーの位置が、外付ルーバーの無い場合の開口噴出熱気流中心軸よりも開口面に近い場合には、開口上方の温度及び放射熱流束は上昇する。

図7-5に、これらの状況を整理した概念図と実験時の熱画像を示す。熱画像は、離隔距離(d)と開口噴出熱気流中心軸の位置関係の違いによる熱気流性状の違いを示すものである。統合ファサードでは、外付ルーバーの設置位置が、外付ルーバーが無い場合の開口噴出熱気流中心軸よりも外壁面から遠方にあるか、または近傍にあるかで外壁面上方の温度、受熱量に違いがみられる。統合ファサードの設計において、外壁面からの離隔距離(d)を火災安全性を判断する1つの要因と考える必要がある。



$d < \text{開口噴出熱気流中心軸}$



$d > \text{開口噴出熱気流中心軸}$

火災実験の熱画像

図7-5 統合ファサードの離隔距離(d)と開口噴出熱気流

### 7.5.2 遮蔽割合( $\alpha$ )

環境配慮型設計において外付ルーバーは、主に日射コントロールを目的とし設置される。これは、外付ルーバーの設置により空調負荷の低減を図るためである。また、外付ルーバーによる室内光環境の向上や室内からの良好な視界の確保も併せて検討される。これらの環境側面に配慮し外付ルーバーの設置間隔、すなわち遮蔽割合( $\alpha$ )は決定される。そのため遮蔽割合( $\alpha$ )は環境側面と火災安全性を関連付けるうえで重要な要因である。

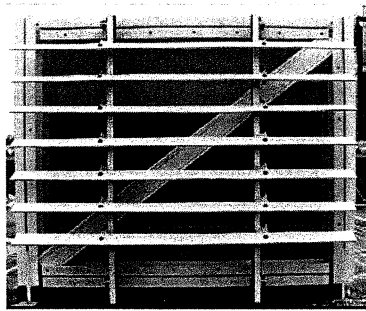
環境側面については、文献調査<sup>例えば 13)</sup>において現存するルーバーの種類を調査し整理している。第四章、第五章では、これら外付ルーバーが室内環境に及ぼす影響を実大実験及び解析検討で確認し、自然光利用及び空調負荷低減に有効な構成を提案している。図7-6に、それらの結果の一例を示す。詳細は第四章、第五章に示すものであるが、室内光環境に対する遮蔽割合( $\alpha$ )については、昼光率を指標とし実物大実験と光環境解析の整合性を検証している。日射遮蔽性については、外部遮蔽係数を提案し外壁面への積算日射量を比較検討している。また室内からの視界の確保についても実物大模型により確認を行っている。図7-7は、これらの結果より提案する有効な外付ルーバーの構成で、日射遮蔽、室内光環境及び視界の確保に配慮した遮蔽割合( $\alpha$ )の例である。統合ファサードでは、遮蔽割合( $\alpha$ )は小さい場合が多く、遮蔽割合( $\alpha$ )が大きくなる場合は、視界の確保の観点から、ルーバー材はガラス等の透過・半透過性の材料で構成される。

実大模型による火災実験では、これら環境側面から提案された外付ルーバーの遮蔽割合( $\alpha$ )を変え、遮蔽割合( $\alpha$ )の違いによる開口噴出熱気流性状を確認している。実験では、外付ルーバーの設置間隔を遮蔽割合が大きい場合を350mm、小さい場合を700mmとしている。この実験により遮蔽割合( $\alpha$ )と開口噴出熱気流中心軸との関係について以下の知見を得ている。

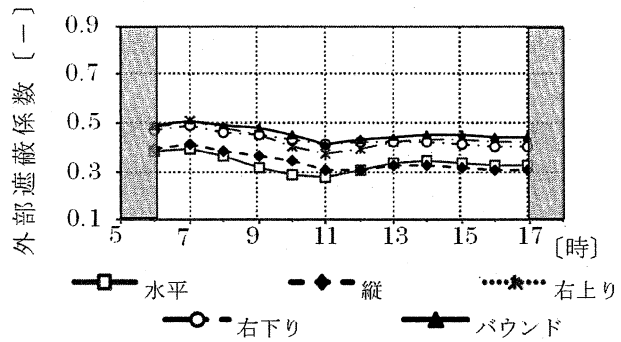
- 1) 開口噴出熱気流は外付ルーバーの後方(壁面より遠方)に抜ける熱気流と外付ルーバーと外壁間を上方に抜ける熱気流の2方向に分かれるが、遮蔽割合( $\alpha$ )が小さい場合には、大きい場合に比べ外付ルーバーの後方に抜ける熱気流が多い。
- 2) 遮蔽割合( $\alpha$ )が大きい場合は、小さい場合に比べて、開口上方壁面近傍の温度が上昇する。
- 3) 開口上端から900mm上方の放射熱量は、外付ルーバーが無い場合に比べて大きくなる。しかし遮蔽割合( $\alpha$ )による違いはみられない。これは外付ルーバーからの放射の影響で、900mmの高さでの外付ルーバーの有無による。

図7-8、図7-9に、実験時の開口近傍温度分布及び噴出熱気流の熱画像を示す。統合ファサードでは、外付ルーバーの遮蔽割合( $\alpha$ )によって開口噴出熱気

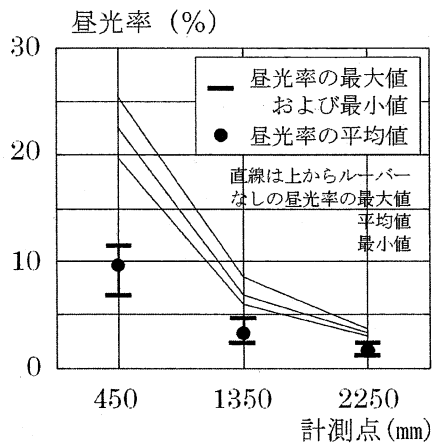
流性状が異なる。そのため、統合ファサードの設計においては、環境面から定める遮蔽割合( $\alpha$ )を火災安全性を判断する1つの設計要因と考える必要がある。



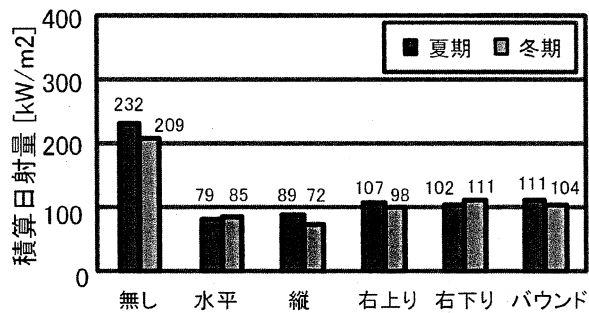
室内光環境の実物大実験



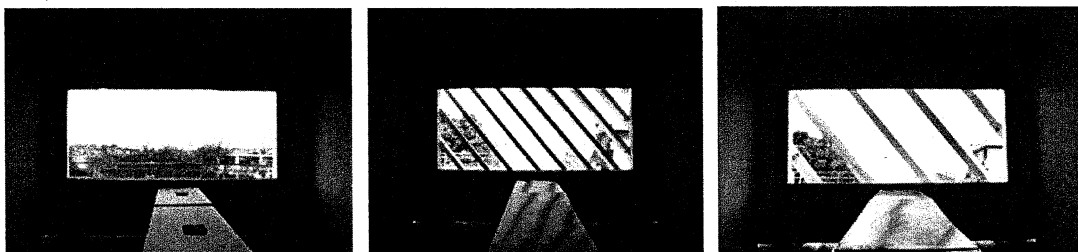
ルーバーの外部遮蔽係数の提案



ルーバー有無の昼光率比較



外壁面への積算日射量比較



視界確保の検討 (実物大モックアップ)

図 7-6 統合ファサードの環境側面からの検討

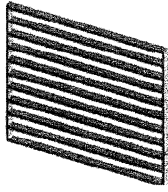

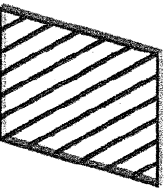
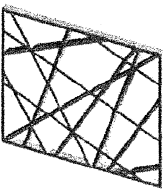
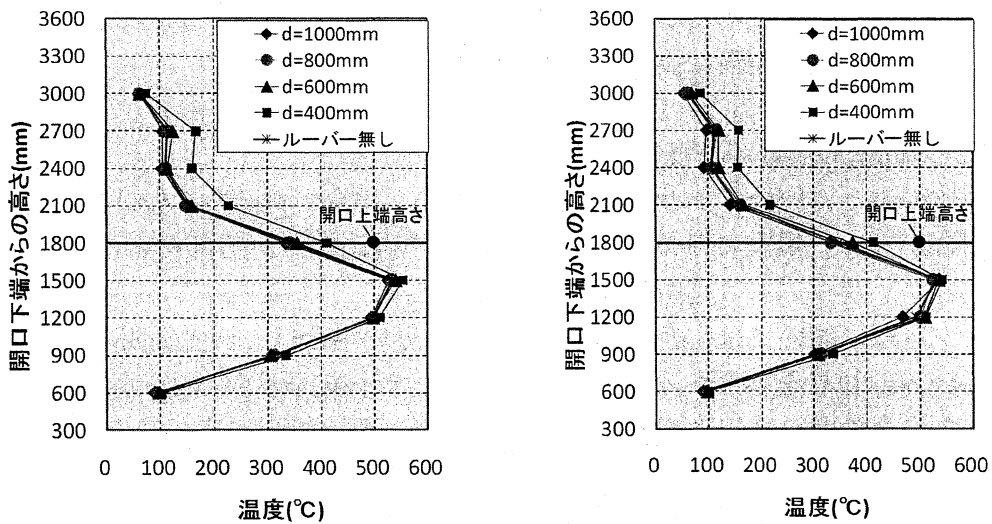
ルーバー形状	水平	縦	斜行	バウンド
概略図				
遮蔽割合( $\alpha$ )	0.24	0.24	0.24	0.25

図 7-7 統合ファサードの遮蔽割合 ( $\alpha$ )



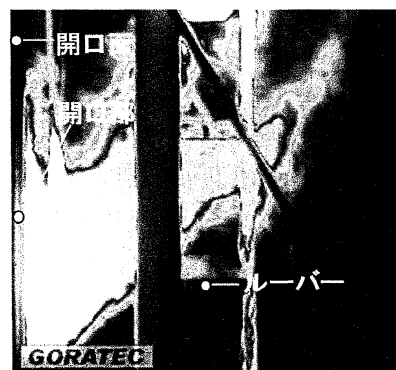
遮蔽割合が大きい場合

遮蔽割合が小さい場合

図 7-8 統合ファサードの実大火災実験時の温度分布



遮蔽割合が大きい場合



遮蔽割合が小さい場合

図 7-9 統合ファサードの実大火災実験時の開口噴出熱気流形状

## 7.6 設計フローの提案

### 7.6.1 設計フローの構築

統合ファサードの設計は、室内光環境、室内温熱環境、視界や眺望の確保、構成部材の安全性及びメンテナンス性を総合的に判断し決定される。ここでは、統合ファサードを決定するこれらの設計要因と火災安全上の判断、火災安全上の設計をまとめ、火災安全を考慮した統合ファサードの設計フローを提案する。

図7-10は、統合ファサードの設計要因を考慮した設計フローである。設計フローでは、前節までに論じられた外付ルーバーの材質や離隔距離( $d$ )、遮蔽割合( $\alpha$ )を指標として提案している。また、一般外壁と同等のレベル、既往の知見を引用するもの(対向壁の場合等を参照する)の他に、最終的な火災安全上の判断を専門家や検証実験に委ねることも提案している。

### 7.6.2 対向壁の場合等(既往の知見の引用)

前述のように統合ファサードでは、ほとんど場合で遮蔽割合( $\alpha$ )が小さく、遮蔽割合が大きい場合にはガラスルーバー等の透過性のある部材となる。そのため統合ファサードでは遮蔽割合( $\alpha$ )が1に近いことは稀である。しかし提案する設計フローにおいては、遮蔽割合( $\alpha$ )が1に近い場合は、既往研究による対向壁の場合等の知見を参照することとしている。既往の研究によれば対向壁が設置された場合の開口噴出火炎の高さは、対向壁が無い場合に比べ1.7倍程度になるとも報告されている<sup>12)</sup>。

### 7.6.3 検証実験による専門家判断

現存するルーバーの種類については、文献調査を実施し、6種類(水平、縦、格子、斜格子、斜行右上がり、斜行左上がり)に大別されることを確認している<sup>13)</sup>。しかしルーバーは意匠性に大きく関わる。ルーバーの種類は表層デザインの意匠展開に関わり、今後多岐に渡ると考えられる。そのため提案する設計フローではルーバーを形状ごとに区分せず、ルーバーの形状については専門性の高い個別による判断とする。個別による判断には、実大火災実験により安全性を判断することや、相似側に基づく模型実験の実施、もしくは評定のようなプロフェッショナルジャッジが想定される。近年ではISO規格の大規模ファサード試験装置(ISO13785-2: Reaction-to-fire test for facades-Part2: Large-scale test)を持つ機関もあり、これらの装置を使用した検証実験も1つの判断となりうる<sup>14)</sup>。このような実験から遮蔽割合( $\alpha$ )の知見を得ることは、個別の専門家判断から遮蔽割合( $\alpha$ )を用いた判断への移行につながる。



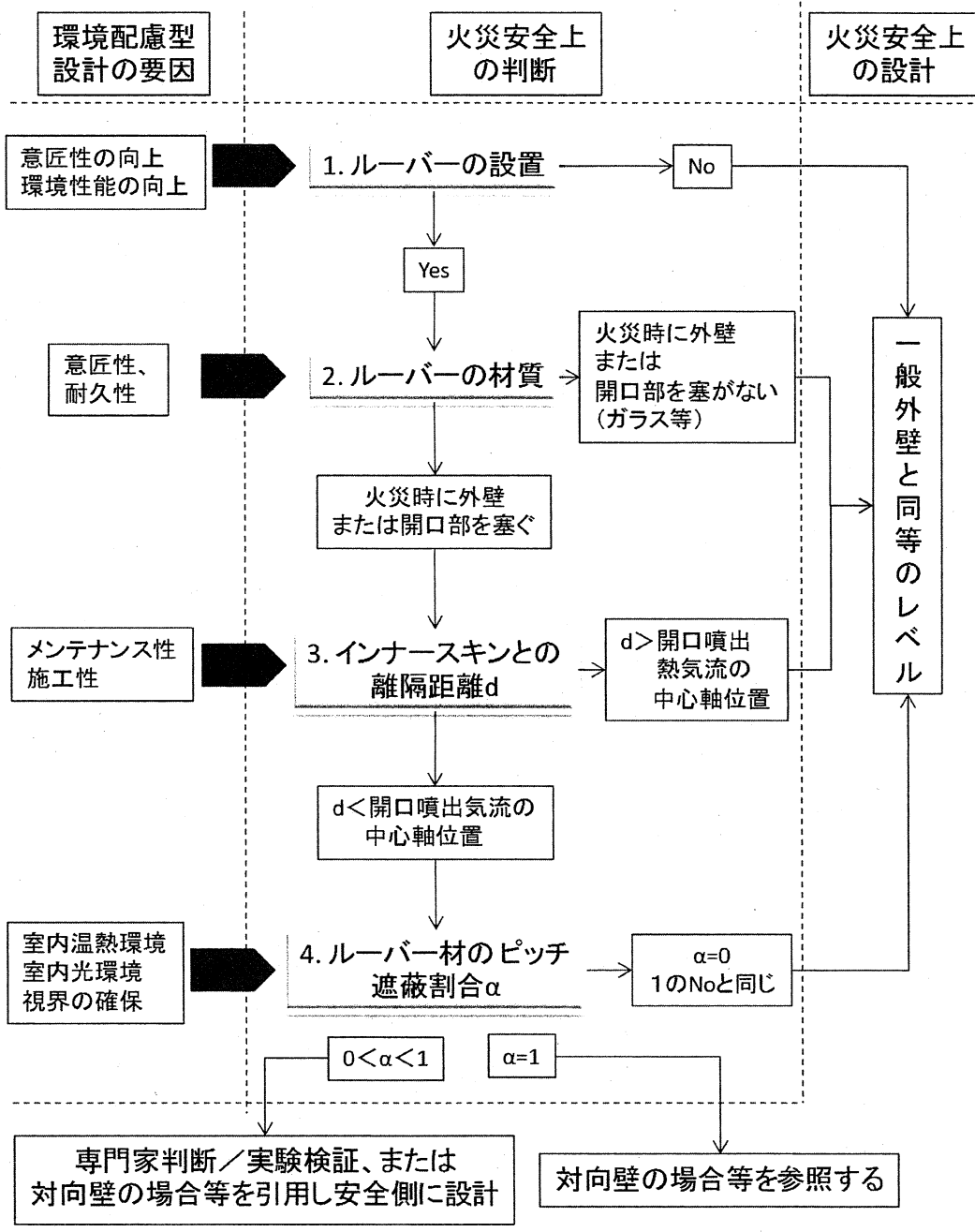


図 7-10 統合ファサードの設計要因と火災安全を考慮した設計フロー

## 7.7 まとめ

統合ファサードでは環境に配慮し日射遮蔽性能に着目して外付ルーバーが設置される。一般的に環境配慮型設計とは、特に意匠軸と環境軸を統合するものであり安全設計とは建物のグレードに応じて設計されるものである。それゆえ環境配慮型設計と火災安全設計は関連付けて検討されてこなかった。

そこで本章では、環境に配慮した統合ファサードと火災安全性について、両者を関連付けて検討を行った。統合ファサードの設計要因と構成部材を整理し、それらの整理をふまえて実大火災実験の結果と関連付けている。本研究で実施した実験や解析検討の知見をふまえて、統合ファサードにおける環境配慮型設計の設計要因と火災安全性を関連付けた設計フローを提案した。以下に第七章のまとめを示す。

- 1) 防火関連規定等の設計条件を整理し統合ファサードの設計と関連付けた。
- 2) 統合ファサードの火災時の部材の状況を明示した。
- 3) 環境配慮型設計の観点から検討される設計要因と火災安全を関連付けて整理した。
- 4) 実大実験や既往研究の成果を統合ファサードの設計に展開し、離隔距離(d)や遮蔽割合( $\alpha$ )を火災安全上の判断基準として提案した。
- 5) 統合ファサードの環境配慮型設計と火災安全について、設計要因と火災安全性を関連付けた設計フローを提案した。

本論では統合ファサードの実大実験結果や関連規定を参照し設計フローを提案した。実務として必要な環境配慮型設計の設計要因と火災安全について整理し、設計の方向性や専門家判断、検証実験の必要性を示唆することができた。提案する設計フローの判断基準である離隔距離(d)や遮蔽割合( $\alpha$ )およびルーバーの形状等については、環境側面、火災安全性の双方から、さらなるデータの蓄積が必要である。

## 第七章の参考文献

- 1) US Green Building Council : LEED 2009 NEW CONSTRUCTION AND MAJOR RENOVATIONS, 2008.11
- 2)竹内徹, 小谷野一尚, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—既存ファサードの性能調査・分析—, 日本建築学会環境系論文集, No.592, pp.97-104, 2005.6
- 3)竹内徹, 小谷野一尚, 安田幸一, 湯浅和博, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—統合ファサードの提案および性能評価—, 日本建築学会環境系論文集, No.601, pp.81-88, 2006.3
- 4)竹内徹, 安田幸一, 湯浅和博, 岡山俊介, 宮崎健太郎, 岩田衛: 統合ファサードによる既存不適格建物の耐震改修, 日本建築学会技術報告集, No.24, pp.161-166, 2006.12
- 5)竹内徹, 岩田衛, 安田幸一: 構造設計からの取り組み, コンクリート工学 500号記念特集号\*環境とコンクリート vol45, No.5, 2007.5
- 6)金木洋平, 竹内徹, 宮崎健太郎, 岩田衛: ファサードエンジニアリングの統合に関する研究—統合ファサードの構造性能—, 日本建築学会技術報告集, 第27号, pp. 137-142, 2008.6
- 7)金木洋平, 彦根茂, 山下哲郎, 岩田衛: 斜行配置座屈拘束ブレースによる耐震補強, 日本建築学会構造系論文集, No.634, pp.2215-2222, 2008.12
- 8)発行 株式会社ぎょうせい 編集 日本建築行政会議: 建築物の防火避難規定の解説 2005 (第6版), pp.14, 2008.1
- 9)上出和幹, 原田和典, 若松孝旺: 火災加熱を受ける窓ガラスの破損予測手法, 日本建築学会学術講演梗概集 1998A-2, pp241-242, 1998.9
- 10)発行 日本板硝子株式会社: ガラス建材 総合カタログ ガラス技術資料編, pp68-73, 2002.2
- 11)立花和弘, 柳沢晶人, 大宮喜文, 広田正之: 開口噴出火炎の予測手法の構築: 袖壁および対向壁が及ぼす影響, 日本建築学会学術講演梗概集 2008 A-2, pp31-32, 2008.9
- 12)広田正之, 掛川秀史, 大岩大祐, 斎藤和明, 天野賢志, 大宮喜文: 半開放空間における開口噴出熱気流性状: その1 開口近傍に対向壁が存在する場合, 日本建築学会学術講演梗概集 2005A-2, pp161-162, 2005.9
- 13)中村慎, 彦根茂, 三澤温, 岩本静男, 岩田衛: ルーバーと座屈拘束ブレースから成る統合ファサードの構法成立, 日本建築学会環境系論文集, 第647号, pp.121-129, 2010.1
- 14)大宮喜文, 吉岡英樹, 村岡宏, 中村正寿, 西村光太, 森田武, 池田憲一, 野

口貴文, 成瀬友宏, 萩原一郎: 大規模ファサード試験(ISO13785-2)に準拠した火災実験: その1 装置概要および実験方法, 日本建築学会学術講演梗概集 2010A-2, pp.203-204、2010.9

## 第八章

### 結論



## 第八章 結論

本研究では、改修時および新築時に建物の意匠、環境、防災性能の向上を図る統合ファサードシステムを提案し、実物大実験や解析検討によって、その実現性ならびに有用性を検証した。統合ファサードシステムを提供することは、都市景観や建物の安全性、省エネルギー化など都市が抱える問題を解決するひとつの具体的な方策を示すことになる。統合ファサードでは、座屈拘束ブレースに代表される構成部材に複合性能を付加することで、意匠性の向上による景観への配慮、部材の省資源化や短工期化、生産性の向上を図ることができる。本論文の各章では、これらの諸性能について検証を行った。本章では、本論文の各章で明らかにした知見をまとめて結論とする。

第一章「序論」では、ファサード（外皮）の重要性やファサードエンジニアリングの役割および既存の耐震改修の課題を示した。現状の問題を踏まえて研究目的を明確にし、本論の各章において、統合ファサードの提案、意匠展開、環境性能（室内光環境および室内温熱環境）、防災性（火災安全）を検証することの必要性について述べた。

第二章「統合ファサードの構成と提案」では、統合ファサードに求められる諸機能を整理し統合ファサードのコンセプトと構成を示した。これまでに開発した座屈拘束ブレースを主構成材とした統合ファサードの提案を行った。統合ファサードの機能については、ファサード事例の文献調査から統合ファサードの評価軸を設定し、評価軸毎に統合ファサードの諸機能を整理した。この評価軸に基づき一体型および分離型の統合ファサードのコンセプトを設定した。そのうち外付ルーバーと座屈拘束ブレースを用いた構成が評価軸の諸性能と合致する可能性が高く発展性があることを示した。併せて統合ファサードの耐震要素である座屈拘束ブレースの開発について既往研究としてまとめた。

第三章「統合ファサードの意匠展開」では、統合ファサードの意匠面の評価を行った。統合ファサードの外観は、耐震要素である座屈拘束ブレースと外付ルーバーの配置で決まるが、一般的な耐震補強は耐震要素によって外観が損なわれることが多い。そこで統合ファサードでは耐震要素と外付ルーバーの統合を図り意匠面に配慮した提案を行った。多様な外付ルーバーの適用が統合ファサードの発展につながると考え、外付ルーバーのうち既存の水平ルーバーや縦ルーバーに加えて、斜行ルーバーやバウンドルーバータイプを提案し意匠展開を図った。意匠性の確認は神奈川大学12号館への適用を踏まえてアンケート調査

を行った。その結果、斜行ルーバータイプ、バウンドルーバータイプともに十分に適用できる意匠であることを確認した。また、施工性や生産性について、部材数や接合点数が最も多く実現性が特に懸念されるバウンドルーバータイプの検討を行った。バウンドルーバータイプの設計方針を示し、適切なサイズでユニット化を行うことで製作工数の削減と接合部の簡略化を図った。設計方針に従い複数のプロトタイプを製作し設計方針の妥当性を確認した。

第四章「統合ファサードと環境（室内光環境）」では、統合ファサードを設置した建物の室内光環境について検証を行った。統合ファサードは外付ルーバーの設置により自然光を反射するものである。日射遮蔽の効果がある反面、室内が暗くなるという懸念があった。しかし外付ルーバーの配置によっては、自然光の反射を外部側への反射だけでなく室内側に取り込むことも可能と判断し、その効果を検証した。統合ファサードの室内光環境に関する性能を実験による照度実測や解析値との比較によって検討した。本章から得られた知見は次のとおりである。

- 1) 統合ファサードの設置によって窓際と室内奥の室内照度差が低減され、不快感を軽減する。統合ファサードの設置によりペリメータ空間の光環境を改善させる効果が得られる。
- 2) 統合ファサードの設置によって、外付ルーバーにより光を反射し拡散させて室内奥まで自然光を採り込むことができる。そのため統合ファサードを設置した場合であっても、室内奥では設置しない場合と同様の明るさが得られる。
- 3) 斜行ルーバーの設置によって室内照度分布に偏りがみられる場合があるが、ルーバーの形状及びピッチを調整することにより、照度分布の偏りは改善される。
- 4) 斜行ルーバータイプを用いて 1/2 スケールモックアップの実験値と実物大スケールの実験値を比較し、両者が整合することを確認した。
- 5) 水平タイプ、斜行タイプ、バウンドタイプの 1/2 スケールモックアップの実験値と解析値を比較し両者が良い相関を示すことを確認した。
- 6) 統合ファサードを設置しない場合には、窓面近傍の昼光率が JIS 基準値内におさまらない。統合ファサードを設置することで窓面近傍の昼光率が低減する。統合ファサードを設置することで JIS 基準値を満たす。
- 7) 照度測定値と解析値には相関があり、解析を行うことで信頼性のある設計を行うことができる。

第五章「統合ファサードと環境（空調負荷と消費エネルギー）」では、統合ファサードを設置した建物の室内温熱環境について検証を行った。統合ファサー



ドは外付ルーバーの設置により日射を遮蔽することを意図し、室内に日射が侵入する前に外部空間にて日射を遮蔽する。このシステムは日射遮蔽効果に優れた仕組みといえるが、冬期のように日射を取り込みたい場合にはエネルギー消費の増加をもたらすものと思われる。また統合ファサードは、既存建物にも適用されるため、設置面が必ずしも南向きにはならず東面や西面に設置されることもある。そのため北面を除くすべての方位において省エネルギー効果（空調負荷及び消費エネルギー）を確認する必要がある。そこで本章ではオフィス用解析モデルを作成し、ルーバーの形状や配置が室内温熱環境へどのような影響を及ぼすかを確認した。年間空調負荷および年間消費電力量の観点から、ルーバータイプごとに室内温熱環境の検討を行った。本章から得られた知見は次のとおりである。

- 1) Radiance および All Sky model-R を用いて外部遮蔽係数を算出した。外部遮蔽係数の算出は、5つのルーバータイプ（水平、縦、斜行（右上り）、斜行（右下り）、バウンド）とファサードの立面3方位（東向き、南向き、西向き）について行った。
- 2) 各ルーバーの外部遮蔽係数は、ルーバーの開口率が同じであってもルーバーの種類や方位、時間や季節によって異なる。
- 3) すべてのルーバータイプにおいて日射量の削減効果を定量的に求めた。ルーバーなしと比較した日射量の削減効果は次の通りである。東向き（夏期）では52%から76%の削減、東向き（冬期）では47%から66%の削減、南向き（夏期）では58%から72%の削減、南向き（冬期）では47%から60%の削減、西向き（夏期）では53%から66%の削減、西向き（冬期）では47%から66%の削減となる。
- 4) 外部遮蔽係数を用いて年間空調負荷を TRNSYS により算出した。統合ファサードを設置することで、ルーバーの設置面やルーバータイプにかかわらず、年間空調負荷を削減できる。年間空調負荷削減効果は約5%から13%である。
- 5) 年間消費電力量について、年間空調負荷算出と同様に TRNSYS を用いて算出した。算出においては、空気熱源ヒートポンプに上野らが提案する COP 実効値の計算モデルを使用している。年間消費電力量は、すべてのルーバータイプおよびすべての方位で削減される。年間消費電力量の削減量は約5%から11%である。
- 6) 改修が必要なオフィスビルに統合ファサードを設置すると、年間空調負荷および年間消費電力量を削減することができる。これら改修が必要なオフィスビルは、耐震補強および外壁の適切な断熱改修が必要なビルであるが、統合ファサードを設置することで、耐震補強と日射遮蔽性能を付加することができる。仮に断熱改修が行われなかったとしても年間消費電力量を削減するこ

とができる。統合ファサードシステムは、耐震補強および断熱改修が必要なオフィスビルにおいて、段階的な改修（始めに耐震補強を行い、のちに断熱改修を行う）に適切な省エネルギー手法である。

第六章「統合ファサードと火災安全」では、統合ファサードの火災安全について検討した。これまで防災軸では既往研究において耐震追従性の検証が行われている。本章では安全上重要でありながら、これまで検討されなかった防災軸のひとつである火災安全性の検討を行った。具体的には、統合ファサード開口部からの噴出熱気流性状に着眼し、開口噴出熱気流による上階および隣棟への延焼性について検討した。統合ファサードでは外付ルーバーが窓面を半遮蔽する状況となり一般的なファサードの構成とは異なる。複数の統合ファサードの実物大模型を製作し実大火災実験を行い、外付ルーバー近傍の開口噴出熱気流性状を把握した。実物大模型は、統合ファサードの水平ルーバータイプ、斜行ルーバータイプとし火災実験を行った。熱電対による温度測定、放射熱量の測定およびサーモビューアによる記録から統合ファサードの開口噴出熱気流性状を明らかにした。なお、既往研究において、外付ルーバーのような開口の外部側に部材が設置されたファサードについてのルーバー近傍の火災性状を示した知見はほとんどない。実験より得られた知見は次のとおりである。

#### 実験結果のまとめ

##### 水平ルーバータイプ

- 1) 加熱炉内温度は、水平ルーバー試験においてもブランク試験と同様に 500°C 前後で安定し、水平ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。
- 2) 開口面中心軸温度は、開口上端以下の高さでは、ブランク試験・水平ルーバー試験とも水平ルーバーの設置に関わらず概ね同様の温度を示す。しかし開口上方壁面高さでは、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近い場合に温度上昇がみられる。
- 3) 水平ルーバー近傍温度は、水平ルーバーが噴出気流の中心軸よりも開口に近いほど開口高さにおける最高温度は高い。一方、開口上方では水平ルーバーが開口に近いほど温度が低くなる。
- 4) 噴出気流は、水平ルーバーの設置によって水平ルーバー後方と上方の気流に分かれる。これはルーバーの見込寸法が大きいほど顕著となる。
- 5) 水平ルーバーの見込寸法が大きい場合は、小さい場合に比べ開口上方壁面の温度上昇を緩和する。ただし放射熱量はこの限りではない。
- 6) 放射熱量は、開口前面 2,000mm では水平ルーバーの有無で違いはみられない。しかし開口上方 900mm では、水平ルーバーからの放射で熱量は増加し、

水平ルーバーが開口に近い場合は、開口上方壁面近傍の温度上昇により、さらに増加する。

#### 斜行ルーバータイプ

- 1) ブランク試験の結果、本実験の開口条件であれば加熱炉内温度は設定温度 500°Cにおいて概ね安定し制御される。
- 2) 斜行ルーバー試験においても、加熱炉内温度はブランク試験と同様に 500°C前後で安定し、斜行ルーバーの設置は加熱炉内温度に影響を与えない。
- 3) 開口面中心軸温度は、ブランク試験、斜行ルーバー試験とも概ね同様の温度を示し、斜行ルーバーの設置は開口面中心軸温度に影響を与えない。これは斜行ルーバーの離隔距離にもよらない。
- 4) 斜行ルーバー近傍温度は、斜行ルーバーが開口に近い場合(400mm、600mm)と離れる場合(800mm、1000mm)で性状が異なる。離れる場合、噴出気流中心軸の温度ピークは近い場合に比べ上方となる。
- 5) 斜行ルーバーの設置による噴出気流形状の変化は、斜行ルーバーの開口からの離隔距離により異なり、その変化は斜行ルーバーの離隔距離が 600mm から 800mm の間と推察される。

第七章「環境配慮型設計と火災安全を関連付けた統合ファサードの設計フローの提案」では、環境に配慮した統合ファサードの設計要因(意匠性、環境性)と火災安全性を関連付けて検討し設計フローの提案を行った。一般的な環境配慮型設計とは、特に意匠軸と環境軸を統合するものであり、安全設計は建物のグレードに応じて設計される。これまでに環境配慮型設計と安全設計は関連付けて検討されていない。そこで本章では、本研究で検討した統合ファサードの意匠軸、環境軸に関する知見と、第六章で行った実物大模型を使った火災実験の知見および現行の防火関連規定等の整理を行い、環境配慮型設計と火災安全性の関連付けを行った。それらの結果をふまえ環境配慮型設計の設計要因と火災安全性を関連付けた設計フローを提案した。本章で得られた知見と設計フローのまとめは次のとおりである。

#### 設計フローの提案とまとめ

- 1) 防火関連規定等の設計条件を整理し統合ファサードの設計と関連付けた。
- 2) 統合ファサードの火災時の部材の状況を明示した。
- 3) 環境配慮型設計の観点から検討される設計要因と火災安全を関連付けて整理した。
- 4) 実大実験や既往研究の成果を統合ファサードの設計に展開し、離隔距離( $d$ )や遮蔽割合( $\alpha$ )を火災安全上の判断基準として提案した。

- 5) 統合ファサードの環境配慮型設計と火災安全について、設計要因と関連付けた設計フローを提案した。

以上、意匠軸、環境軸、防災軸を統合したファサードシステムについて、システムの発案、意匠展開、環境性能、火災安全の検証を行った。検証を通じて、統合ファサードシステムは、耐震改修による耐震性の向上のみならず都市景観の向上、室内環境の改善や使用エネルギーの削減、火災安全に寄与するシステムといえる。ファサードは建物内外の接点として多くの機能を求められるが、統合ファサードシステムは、それらの諸機能を同時に考え解決策を提案することができる。また、外付ルーバーシステムを採用することで、意匠面においても多様な発展性を促すことができる。

今後の課題として、多様なシステムに対する検証データの蓄積を進めるとともに、内部発熱が高く省エネルギー効果が見込まれるビルディングタイプでの検討や統合ファサードが適用された実物件の実測を通して、建物の機能更新を推し進める必要がある。

## 謝 辞

本研究をまとめることができましたのは、ひとえに神奈川大学 工学部建築学科 岩田衛教授より、長い期間にわたり研究への激励とご指導をいただいたからであり、改めて深い感謝の意を申し上げます。

神奈川大学 工学部建築学科 岩本静男教授には、環境面における研究内容のご指導にとどまらず、細部に渡り、昼夜を問わず、いつも温かいご指導をいただきました。改めて厚く御礼申し上げます。

火災安全の研究内容については、東京理科大学 理工学部建築学科 大宮喜文教授に実験立案からまとめに至るまでご指導をいただきました。改めて厚く御礼申し上げます。

神奈川大学 工学部建築学科 荏本孝久教授、島崎和司教授、趙衍剛教授には、論文の審査過程において貴重なご意見を賜りました。謹んで御礼申し上げます。

本研究の一部は、平成19年度から21年度の国土交通省住宅・建築関連先導技術開発助成事業により行いました。本事業を通じて産官学さまざまな方々から温かなご指導をいただきました。三菱地所設計株式会社、株式会社久米設計の両設計事務所の皆様には、本研究の意匠面や構造面において多大なるご助言をいただきました。株式会社巴コーポレーション、YKK AP 株式会社、トステム株式会社（現 株式会社 LIXIL）の各社の皆様には、実物大実験やモックアップの製作・施工面で多大なるご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

本事業のメンバーであり筆者が所属していたオーヴ・アラップ・アンド・パートナーズ・ジャパン・リミテッドの所員、元所員の皆様からは、本研究を進めるにあたり多大なるご協力をいただきました。実務と学業を並行することは、私には非常に大変なことでしたが、アラップの皆様とは公私にわたり苦楽を共にし、いくつもの壁を乗り越えてきたように思います。心から感謝申し上げます。

神奈川大学 岩田研究室、岩本研究室の大学院生、学部生の皆様には、実物大実験や解析など本研究を推進するにあたり様々な場面でご協力をいただきました。みなさんの学業に対するエネルギーと献身的なご協力が得られたからこそ、本研究をまとめることができました。ここに改めて感謝の意を申し上げます。

筆者は、ファサードエンジニアリングとの出会いにとっても感謝しております。ファサードエンジニアリングが学術として広く認められ、今後この分野が益々発展することを心から願っております。ファサードエンジニアリングを支える皆様と共に本研究を進められたことは筆者にとってかけがえのないことでした。

最後に、長い期間、浮き沈みを共に乗り切り、迷惑をかけてばかりいた家族に感謝の意を申し上げます。

2016年11月

三澤 温

