

令和4年度 建築基準整備促進事業（調査事項M6） 成果報告

# 「中高層木造建築物の外被性能の検証」

令和5年4月

実施事業者 株式会社アルセット建築研究所

〔国立研究開発法人 建築研究所との共同研究〕

## 事業の背景・目的

- 木造による中高層建築物の社会実装が求められている。
  - 中高層の木造建築物に要求される耐震性能、防耐火性能を確保するための基準は整備が進んでいる。
  - 現行の耐久性基準（住宅性能表示制度における劣化対策等級の基準）は、低層の戸建て住宅を想定した基準となっている。  
（現行の耐久性基準（外壁の軸組等の基準）：外壁仕上げ材と木造躯体の間に設けた通気層を介して水分を適切に排出することで耐久性を担保）
  - 耐震性能や防耐火性能を勘案し、木造の中高層建築物にも対応した耐久性基準を整備することが必要。



- 中高層木造建築物に要求される耐震性能・防耐火性能に対応して、標準的に適用できる耐久性基準を住宅性能表示制度・評価方法基準に位置付ける。
  - 中高層木造建築物の外壁の耐久性を確保する上で、外気から躯体に至るまでの外壁のレイヤーをどう構成すべきか、耐久性と中高層木造に要求される防耐火性能、耐震性能との両立をどうはかるか、について実験等を通じて検証。

## 事業の全体概要

### （イ）中高層木造建築物の外壁構法に関する実態調査【令和2年度】

- 木造の中高層化に際して法的に要求される防耐火・耐震性能等の基準整理。
- 既存の中高層木造建築物（国内・海外）における外壁構法の実態を調査。
- 中高層の木造建築物への適用が可能な通気構造等の外壁の層構成を整理。
- 性能検証実験（耐震・防耐火）の計画。

### （ロ）耐久性検証の前提となる要求性能の検証実験【令和3年度】

- 通気層を有する耐火構造外壁の仕様（告示仕様、建材等の仕様）の調査。
- 通気構造外壁の通気層の炎侵入防止構造の実験的検証。
- 通気構造外壁の変形追従性能の実験的検証。
- 中高層木造の通気構造外壁の劣化リスクに関するシミュレーション検討。

### （ハ）高風圧高水圧下の外壁構法の耐水性能検証実験【令和4年度】

- 通気構造外壁の通気層の炎侵入防止構造の実験的検証。
- 中高層建築物に作用する高風圧高水圧を想定した条件下における通気構造外壁の耐水性能の実験的検証。
- 中高層木造の通気構造外壁の劣化リスクに関するシミュレーション検討。
- 検証結果を踏まえた耐久性基準の検討に資する外壁仕様の整理。

# 調査・検討のフロー

## 【令和2年度】

- ・中高層木造の外壁構法の実態調査
- ・通気構造等外壁の層構成の整理

- ・木造の中高層化に際し要求される性能の整理
- ・検証実験（耐震・防耐火）の計画

## 【令和3年度】

### 通気層を有する耐火構造外壁の仕様調査・検証仕様の整理

- ・外壁耐火構造の仕様、通気口回りの部材・外装材・下地材等の仕様

### 外壁の耐震性能の検証

- ・通気構造外壁の変形追従性能の実験的検証

### 外壁の防耐火性能の検証

- ・通気層の炎侵入防止構造の実験的検証（下層部、1時間）

### 通気構造外壁の劣化リスクシミュレーション

- ・雨水浸入に対する劣化リスク評価

## 【令和4年度】

### 外壁の防耐火性能の検証 [1]

- ・通気層の炎侵入防止構造の実験的検証（中間部・下層部、1～2時間耐火性能）

### 通気構造外壁の耐水性能の検証 [2]

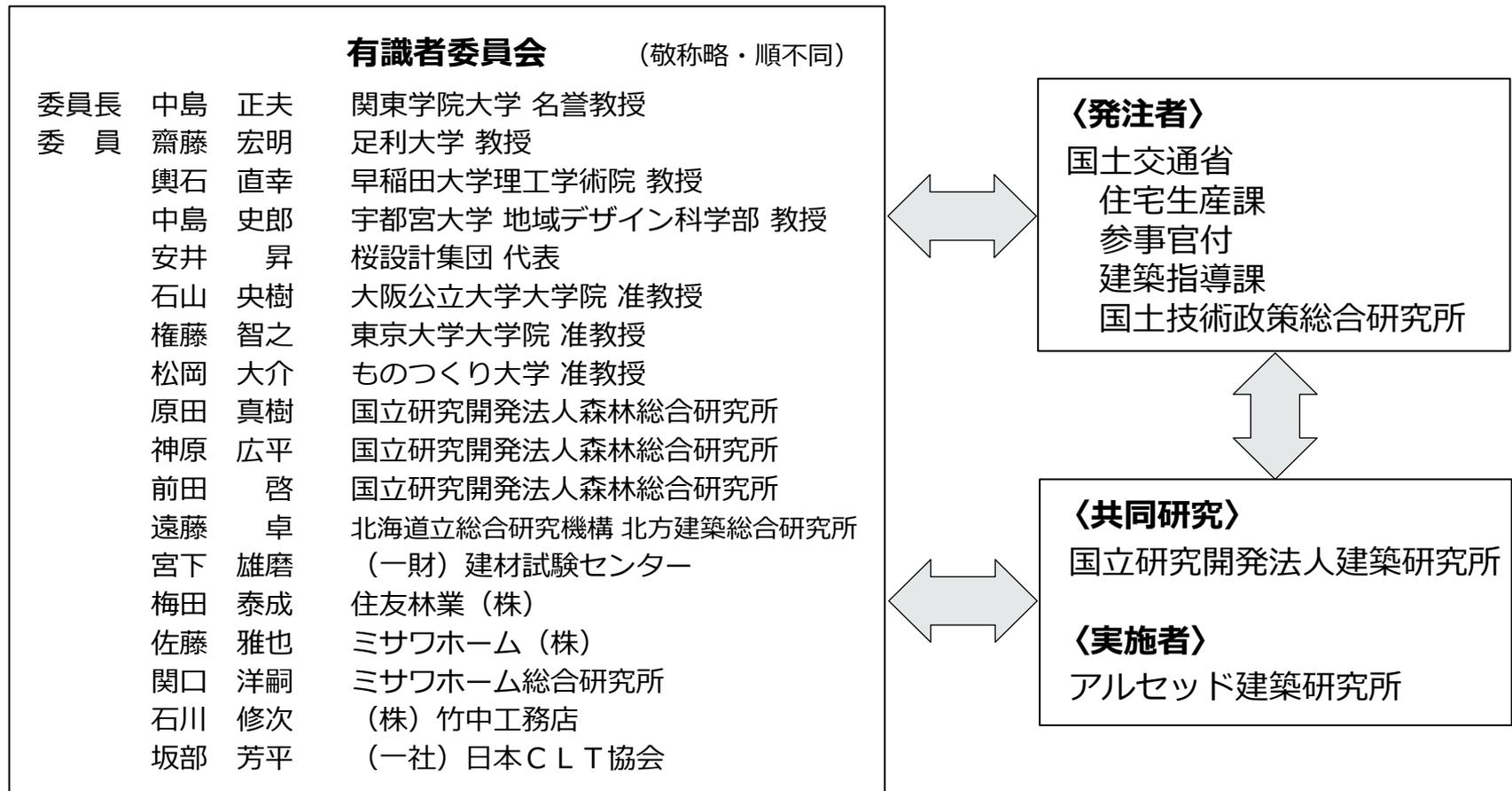
- ・送風散水試験（頂部、中間部）、雨水浸入率の検証

### 通気構造外壁の劣化リスクシミュレーション [3]

### 中高層木造住宅に対応した耐久性基準の検討に資する外壁仕様の整理 [4]

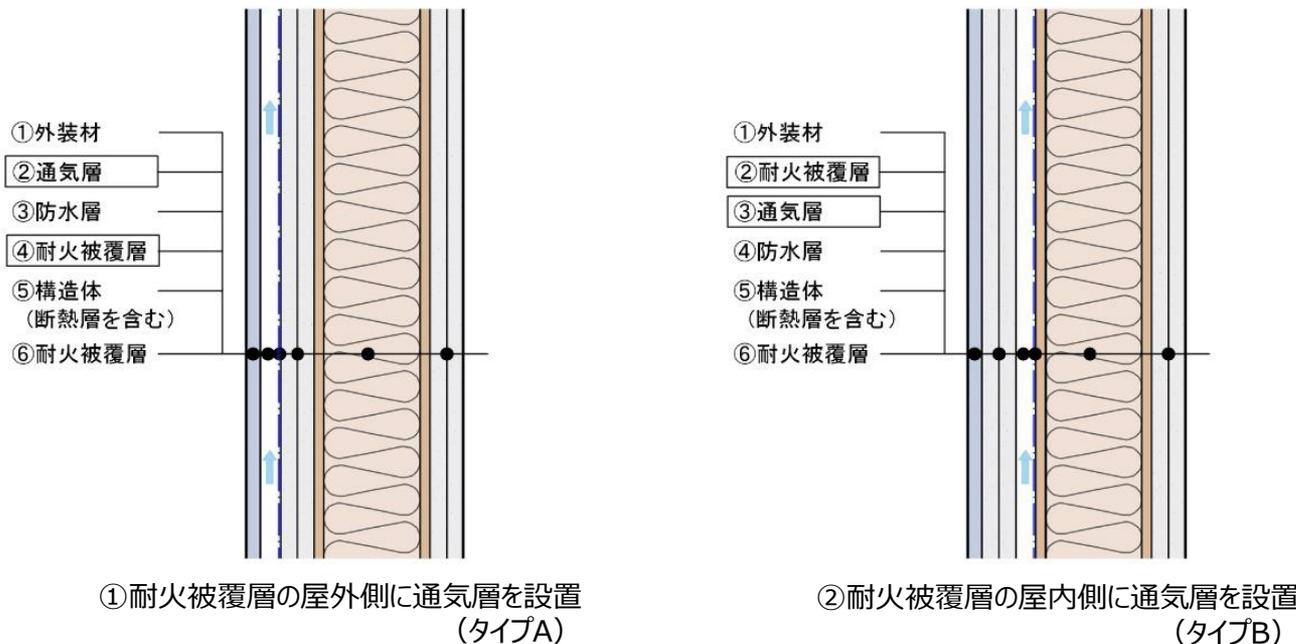
# 検討体制

- 建築物の性能や材料・工法に関する有識者委員会を設置し検証結果等を報告・意見聴取。また、検証の実施にあたっては、委員等有識者とのあいだで内容を協議。



## 検討の対象とする外壁構成

実施工建築物の工法実態調査（令和2年度に実施）により、通気層と耐火被覆層の位置関係について、①耐火被覆層の屋外側に通気層を設ける構成（タイプA）、②耐火被覆層の屋内側に通気層を設ける構成（タイプB）に大別



耐久性の観点からは、雨水浸入等により構造体である木材が湿潤した場合、タイプAに比べてタイプBは通気により軸組内の水分の滞留が抑えられ、構造体が腐朽するリスクは低くなると考えられる。

⇒耐久性上優位と想定される**タイプBの構成の外壁を検討の対象**

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (目的・対象等)

[1]

## 検証の対象・目的

- ・ 告示 (平成12年建告第1399号) に例示される耐火構造の外壁 (1時間耐火) について同告示で要求されている炎侵入防止構造 (※) の構造方法の検証を行う

(※) 防火被覆の取り合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分を、当該取合い等の部分の裏面に当て木を設ける等当該建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造

## 対象となる外壁仕様と検証内容

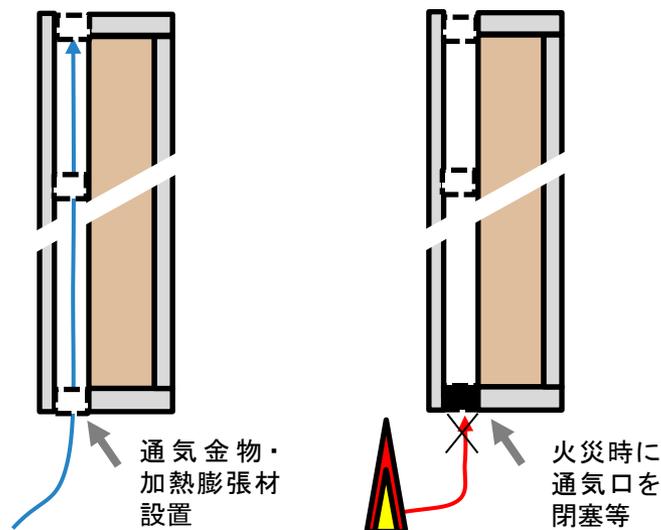
- ・ 通気層を耐火被覆層の屋内側に設置するレイヤー構成 (タイプB) の耐火構造外壁
- ・ 通気層への通気口 (給気口・排気口) の部分で耐火被覆層が不連続になる
- ↓
- ・ 通気口から火災時に火炎が通気層内に侵入し木造躯体を燃焼させるおそれがある
- ↓
- ・ 通常時の通気を確保しつつ、告示で要求されている火災時の炎侵入防止構造の構造方法 (通気金物、加熱膨張材等を措置した仕様) を実験的に検証

## 検証部位・耐火性能

- ・ 下層部の通気口 (1時間、1.5時間耐火構造)
- ・ 中間部の通気口 (1時間、1.5時間、2時間耐火構造)

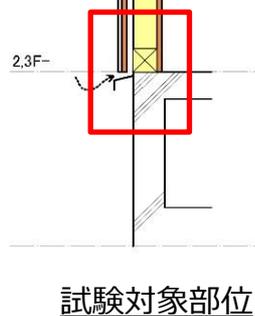
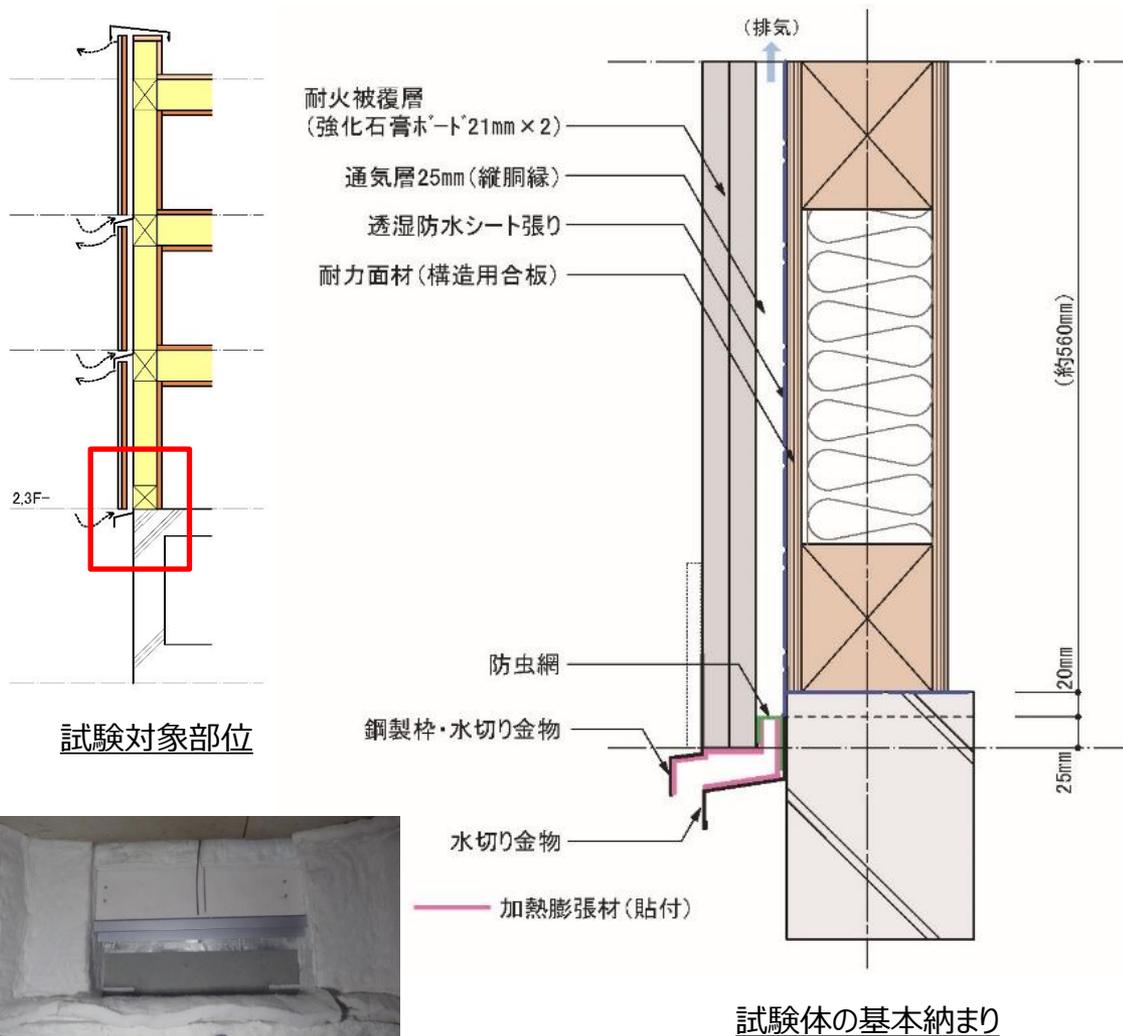
## 試験場所

- ・ 国立研究開発法人建築研究所 防火実験室



# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体・下層部)

[1]



下部通気口 (炉内の設置状況)



壁面下地 (合板)



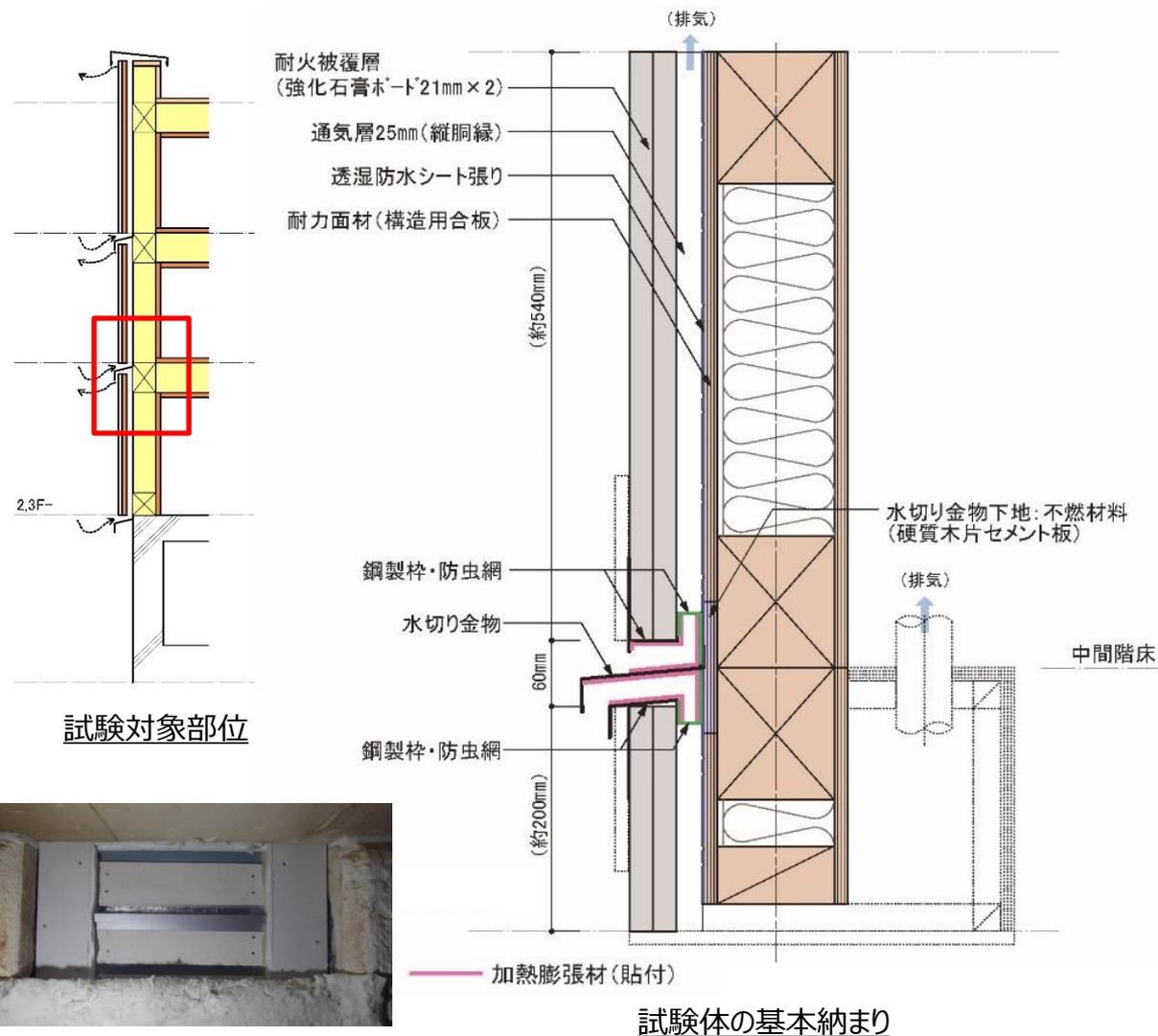
壁面被覆



躯体側水切り (加熱膨張材)

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体・中間部)

[1]



試験対象部位



下部通気口 (炉内の設置状況)

試験体の基本納まり



壁面下地 (合板と硬質木片セメント板)



壁面被覆



水切り・鋼製枠 (加熱膨張材)

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (試験体仕様・結果) [1]

## ● 下層部

|      | 試験体<br>№ | 目標性能  | 水切り金物                  | 水切り金物下地<br>(金物-合板の距離)          | 防虫網                 | 耐火被覆層<br>端部金物 | 加熱膨張材                        | 結果<br>(木造躯体の炭化)       |
|------|----------|-------|------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------|------------------------------|-----------------------|
| R3年度 | 1-1      | 耐火60分 | 標準型                    | RC部分 (20mm)                    | なし                  | 標準            | 低発泡 (10倍)                    | 合板が一部炭化<br>(下側約10cm高) |
|      | 1-2      | 耐火60分 | 迷路状 (標準型<br>+ 火炎抑制カバー) | RC部分 (20mm)                    | あり                  | 標準            | 高発泡 (30倍)                    | 炭化なし                  |
|      | 1-3      | 耐火60分 | 標準型                    | RC部分 (20mm)                    | あり                  | 標準            | 高発泡 (30倍)                    | 炭化なし                  |
|      | 1-4      | 耐火60分 | 標準型                    | RC部分 (20mm)                    | あり                  | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡 (30倍)<br>※減量             | 炭化なし                  |
| R4年度 | 1-5      | 耐火90分 | 標準型                    | RC部分 (20mm)                    | あり<br>(加熱膨張材<br>貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡 (30倍)<br>※増量<br>(水切り下面等) | 炭化なし                  |
|      | 1-6      | 耐火60分 | 標準型                    | 木造部分：<br>硬質木片セメント板t2<br>(25mm) | あり<br>(加熱膨張材<br>貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡 (30倍)<br>※増量<br>(水切り裏面等) | 炭化なし                  |

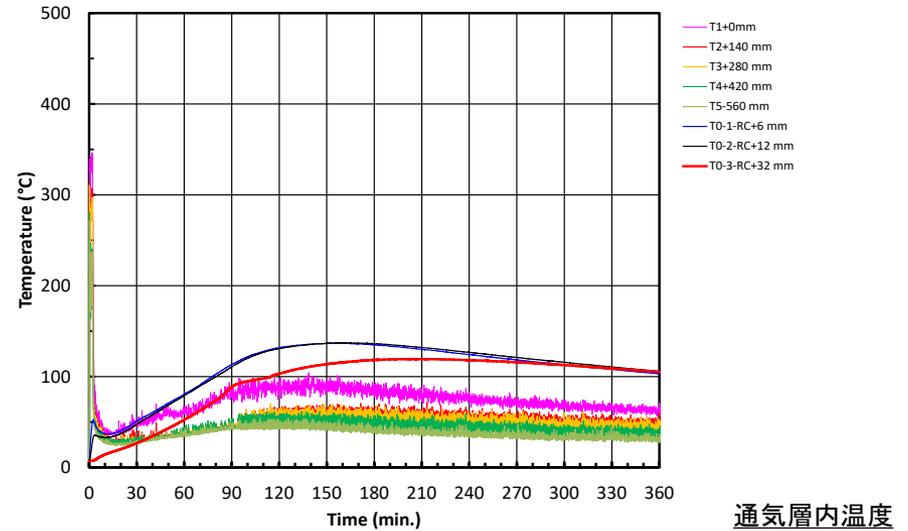
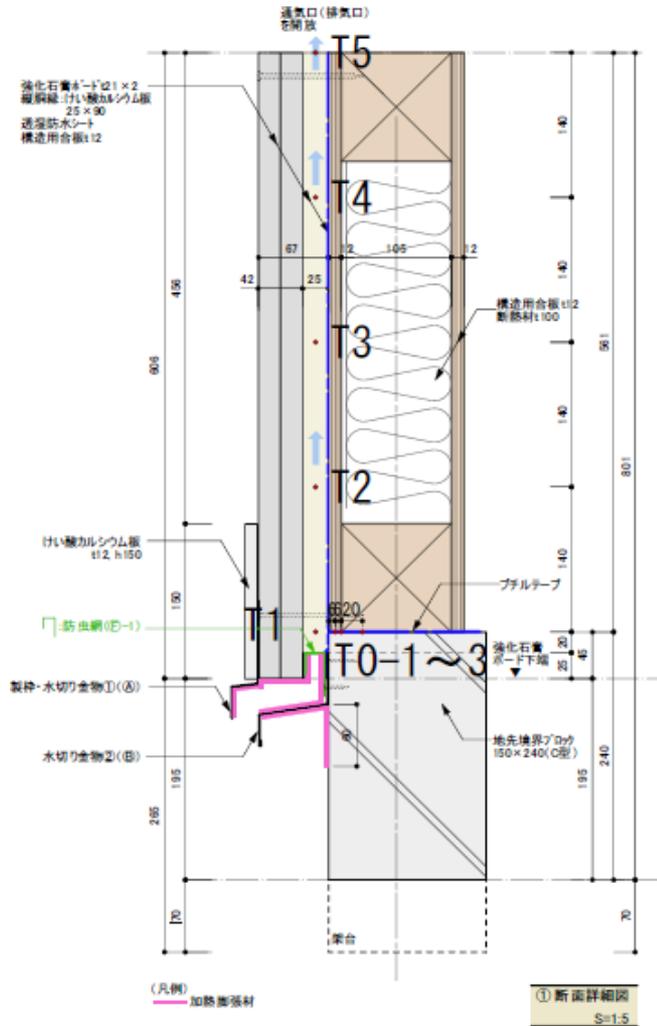
## ● 中間部

|      | 試験体<br>№ | 目標性能   | 水切り金物<br>(下地材)                                       | 金物-合板<br>の距離 | 防虫網             | 耐火被覆層<br>端部金物 | 加熱膨張材        | 結果<br>(木造躯体の燃焼)   |
|------|----------|--------|--|--------------|-----------------|---------------|--------------|-------------------|
| R4年度 | 2-1      | 耐火60分  | 標準型<br>(硬質木片セメント板t12)                                | 10mm         | あり<br>(加熱膨張材貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡<br>(30倍) | 炭化なし              |
|      | 2-2      | 耐火120分 | 標準型<br>(硬質木片セメント板t18)                                | 25mm         | あり<br>(加熱膨張材貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡<br>(30倍) | 下部通気層の<br>合板が炭化   |
|      | 2-3      | 耐火90分  | 標準型<br>(硬質木片セメント板t18)                                | 25mm         | あり<br>(加熱膨張材貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡<br>(30倍) | 下部通気層の<br>合板が一部炭化 |
|      | 2-4      | 耐火90分  | 標準型<br>(けい酸カルシウム板t6 +<br>硬質木片セメント板t18)<br>下層~上層の通気確保 | 25mm         | あり<br>(加熱膨張材貼付) | 改良<br>(高さ詰め)  | 高発泡<br>(30倍) | 炭化なし              |

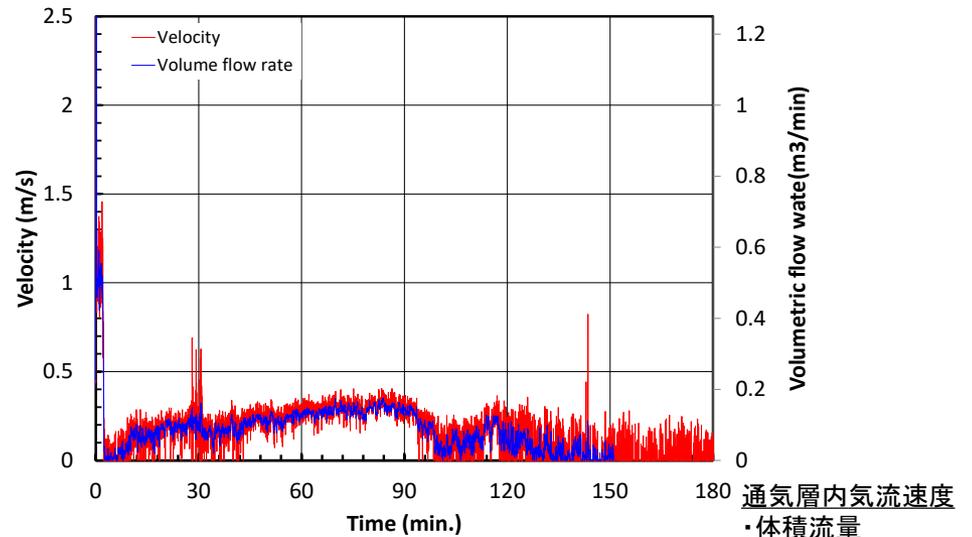
# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (下層部・No.1-5)

[1]

## 試験体・試験結果 (90分加熱)



通気層内温度



通気層内気流速度・体積流量

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (下層部・No.1-5)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始1分時点



加熱開始5分時点

## 加熱後の様子



水切り金物



ボード側水切り



透湿防水紙



木材 (下地の合板) の炭化はない

合板



# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (下層部・No.1-6)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始1分時点



加熱開始5分時点

## 加熱後の様子



水切り金物



ボード側水切り



透湿防水紙



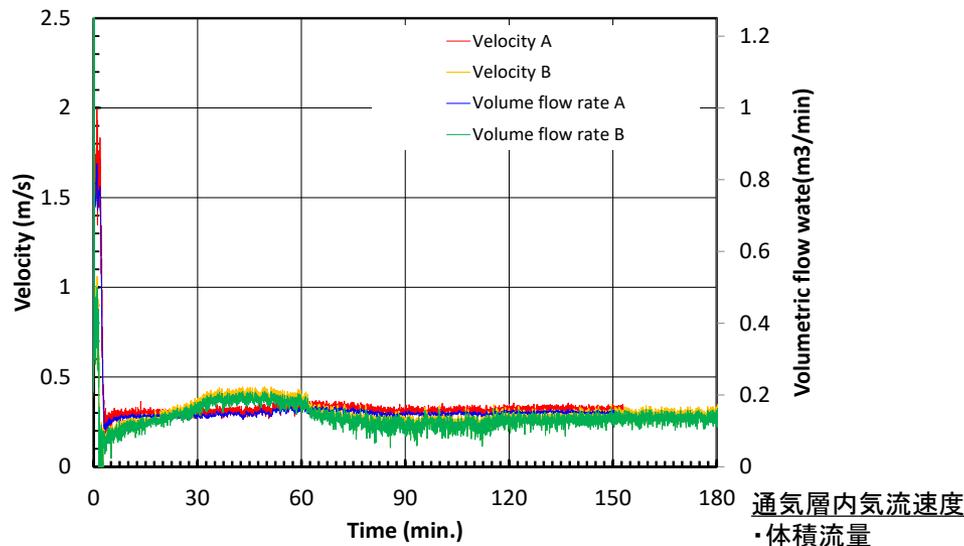
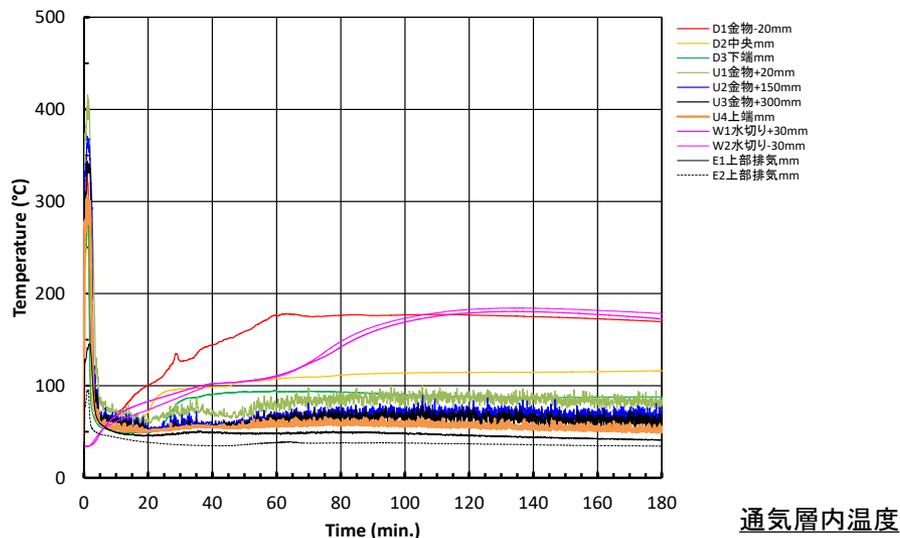
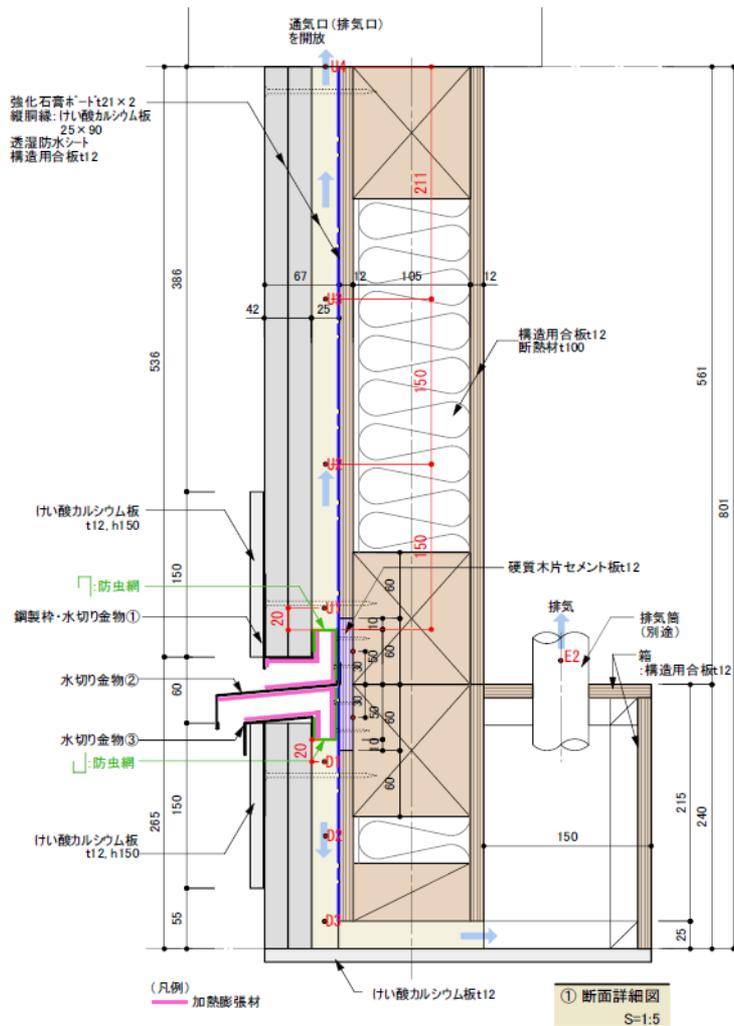
合板

木材（下地の合板）の部分的な  
変色はみられるもの  
の炭化はない

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-1)

[1]

## 試験結果 (60分加熱)



# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-1)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始1分時点



加熱開始4分時点

## 加熱後の様子



水切り金物



透湿防水紙 (上部)



透湿防水紙 (下部)



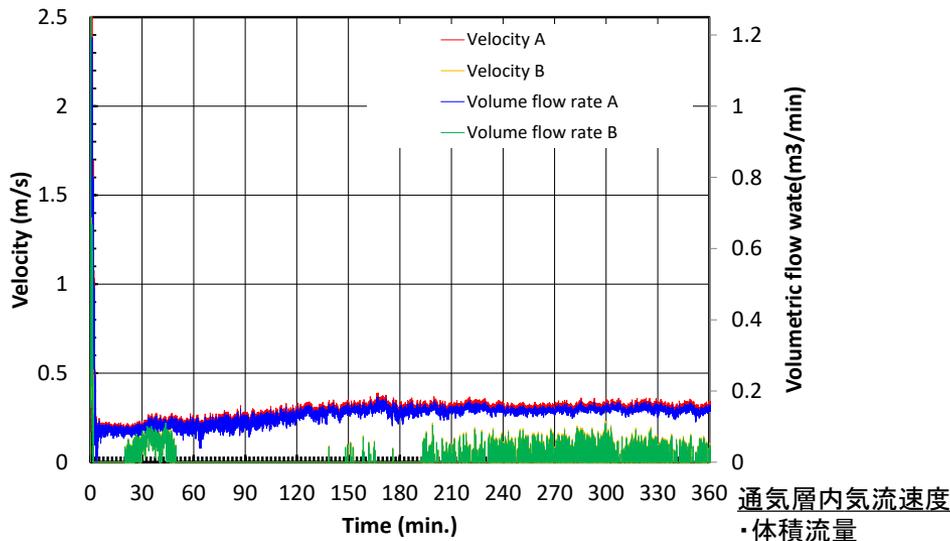
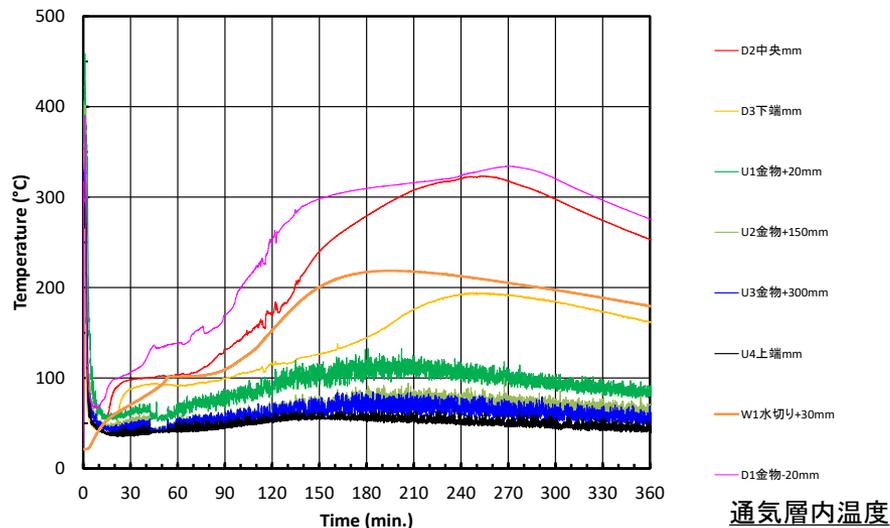
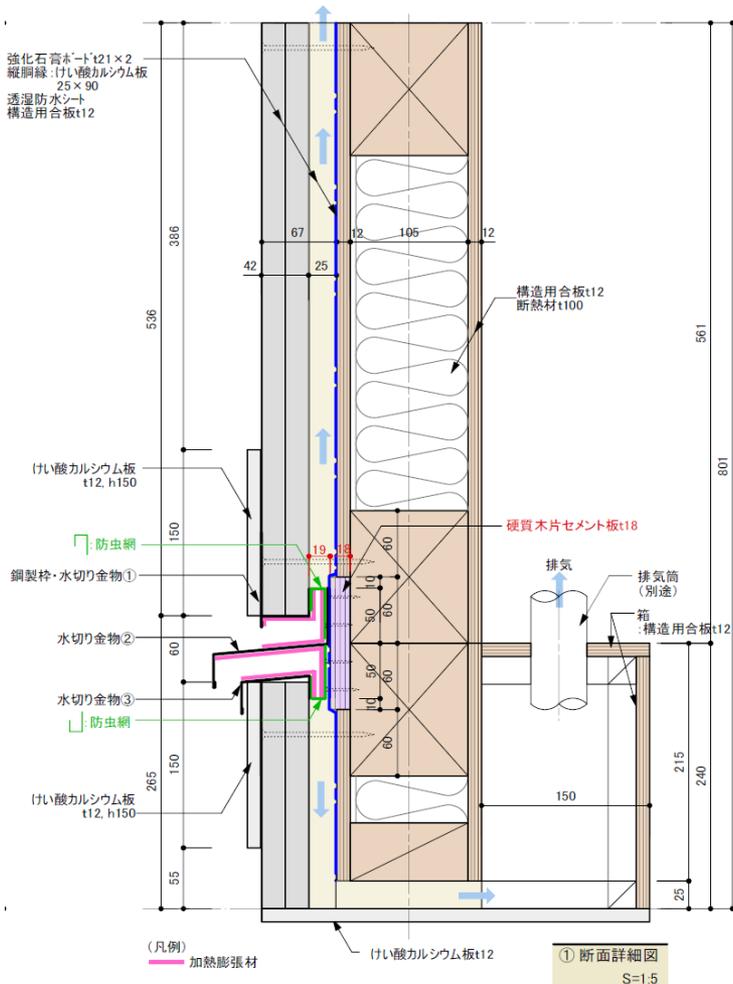
木材 (下地の合板)  
の変色はみられるもの  
の炭化はない

合板

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-2)

[1]

## 試験体・試験結果 (120分加熱)



# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-2)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始76分時点



加熱開始2時間時点

## 加熱後の様子



水切り金物



透湿防水紙 (上部)



透湿防水紙 (下部)



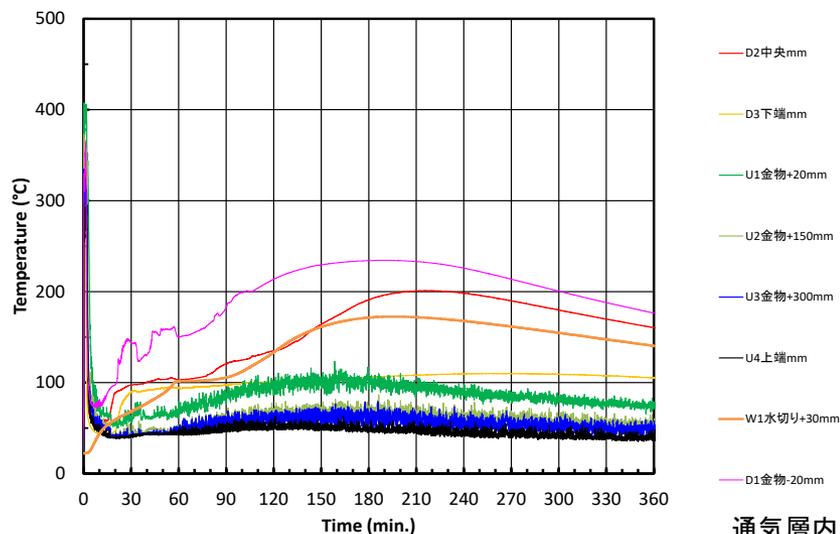
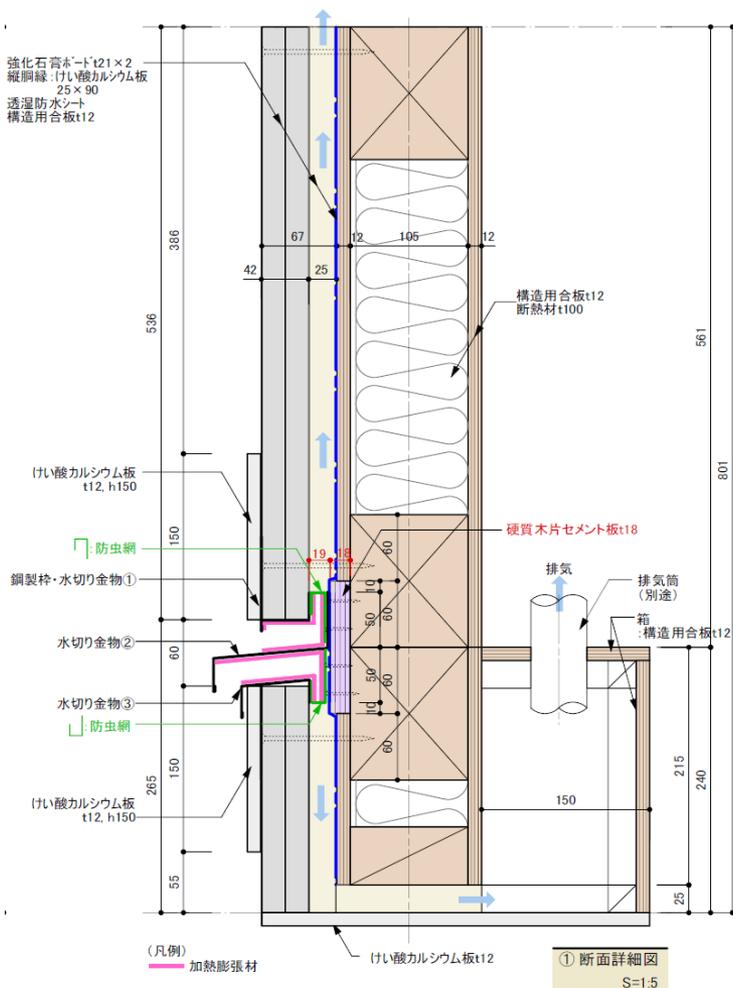
下部通気層の木材  
(下地の合板) は  
全面的に炭化

合板

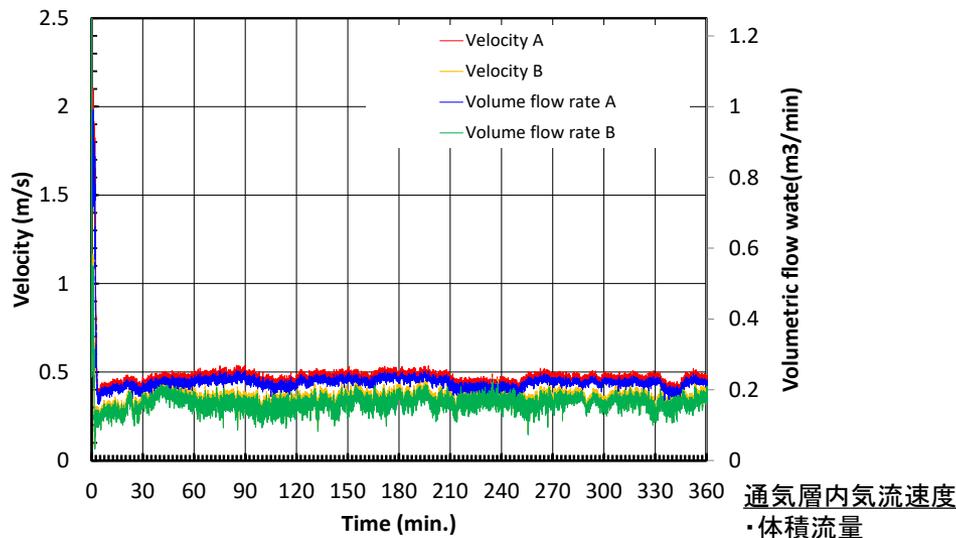
# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-3)

[1]

## 試験体・試験結果 (90分加熱)



通気層内温度



通気層内気流速度・体積流量

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-3)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始1分時点



加熱開始4分時点

## 加熱後の様子



水切り金物



透湿防水紙 (上部)



透湿防水紙 (下部)



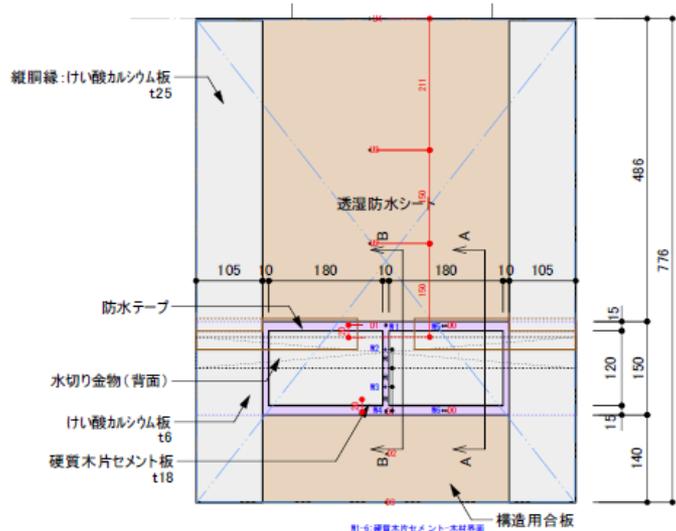
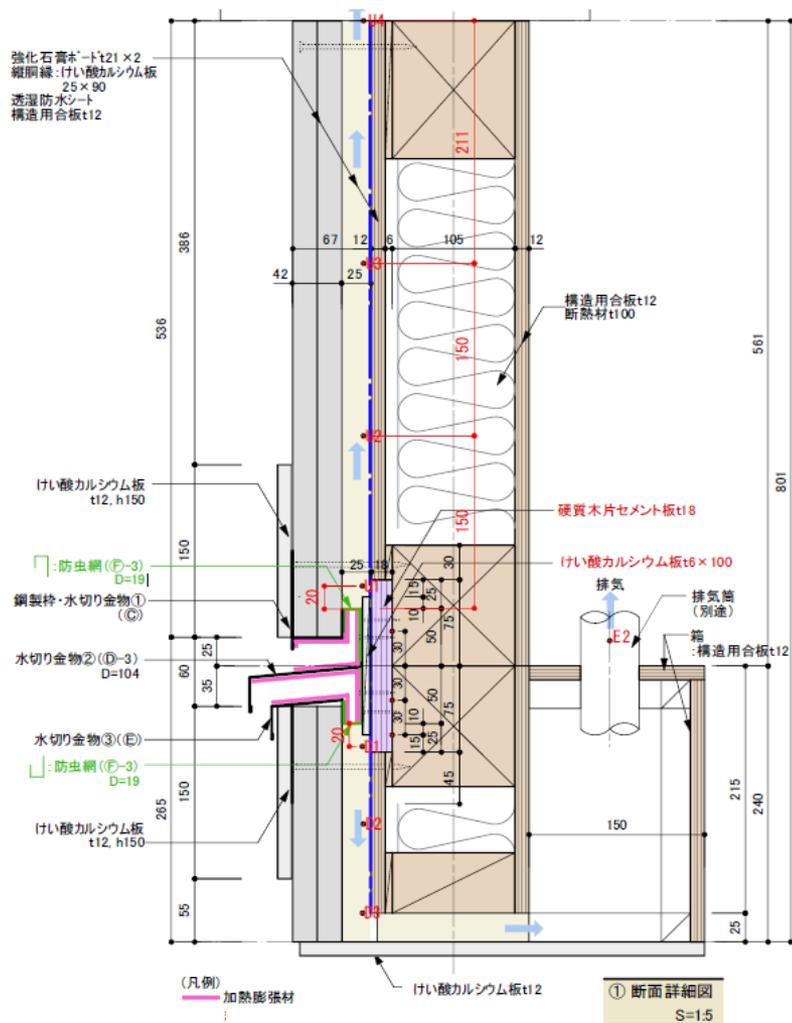
下部通気層の木材  
(下地の合板) は  
広範に炭化

合板

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-4)

[1]

## 試験体 (スペーサー設置・90分加熱)



水切り金物 (外壁被覆前)

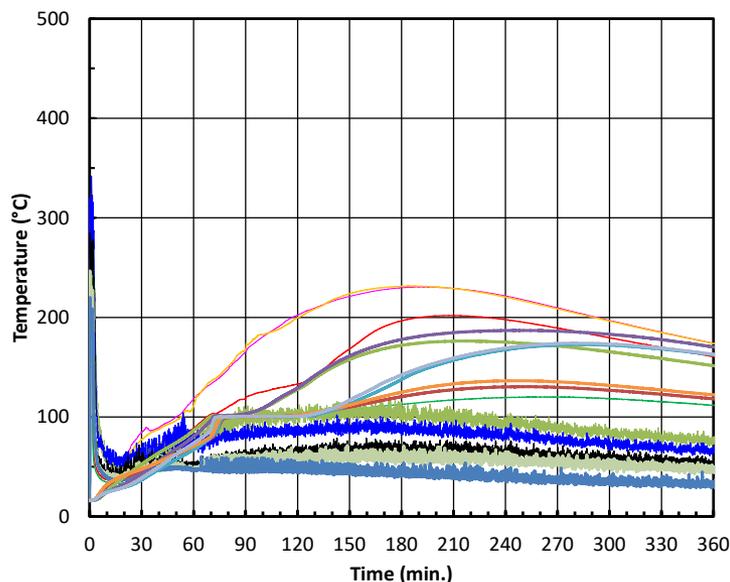


通気層 (下層側)

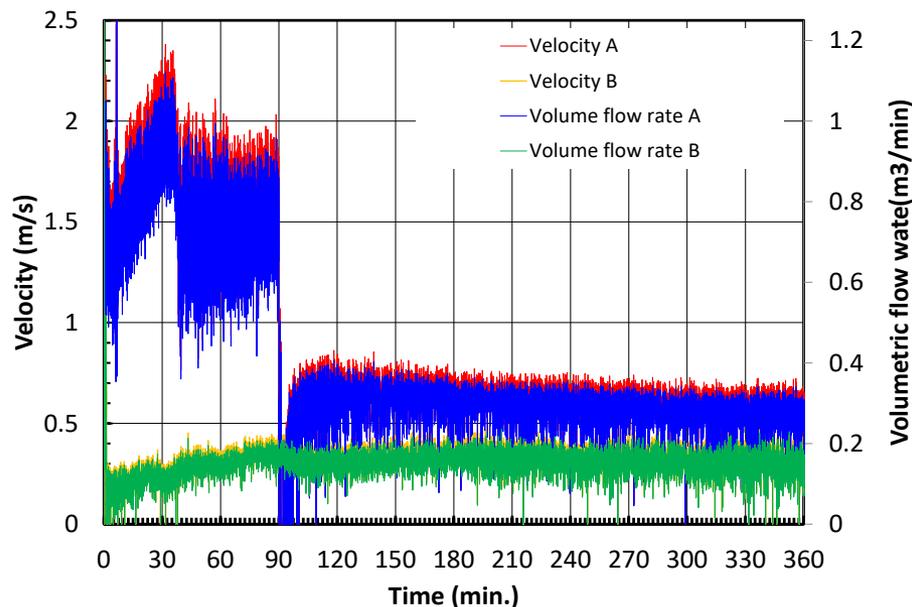
# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-4)

[1]

## 試験結果 (スペーサー設置・90分加熱)



通気層内温度



通気層内気流速度・体積流量

# 通気層の炎侵入防止構造の検証 (中間部・No.2-4)

[1]

## 加熱中の様子



加熱開始1分時点



加熱開始54分時点

## 加熱後の様子



水切り金物



透湿防水紙 (上部)



透湿防水紙 (下部)



合板

下部通気層の木材  
(下地の合板)は  
上部に変色がみら  
れるものの炭化はな  
い

## 通気層の炎侵入防止構造の検証（まとめ）

[1]

- 防火上、炎侵入防止構造として最も高い性能が必要となる耐火構造外壁における国土交通省告示（平成12年国土交通省告示第1399号）に例示される構造方法及び令和5年2月10日に公布の改正建築基準法施行令において位置づけられた1.5時間耐火構造を対象とし、同告示で要求されている炎侵入防止構造の構造方法について1時間、1.5時間、2時間の耐火構造外壁の炎侵入防止構造について実験により性能確認を行った。
- 性能確認の結果、
  - (1) **外壁下層部**に設ける炎侵入防止構造として、
    - ・ **1時間耐火構造**
    - ・ **1.5時間耐火構造**
  - (2) **外壁中間部**に設ける炎侵入防止構造として、
    - ・ **1時間耐火構造**
    - ・ **1.5時間耐火構造**の仕様を実験的に確認できた。

# 通気構造外壁の送風散水試験 (目的・概要)

[2]

## 試験の概要・目的

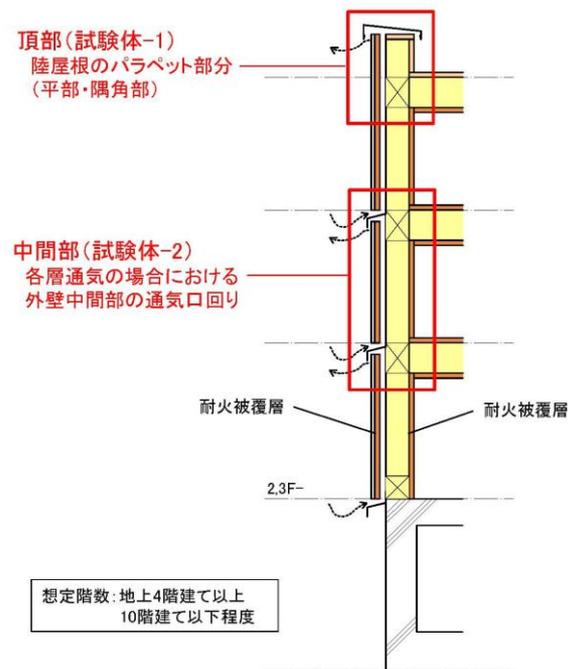
- 中高層木造建築物への適用を前提とする通気層を有する木造耐火構造外壁の試験体について、高風圧高水圧を想定した条件下における送風散水試験を行い、**外壁通気層内への水の浸入量等の計測**を行う。
- 計測した浸水量等について**風速等の外的条件との関係を分析し、浸水性状を把握**するとともに、分析結果を別途実施する**外壁の腐朽リスクの計算シミュレーションに活用**する。

## 試験の対象部位

- 中高層木造建築物の外壁部分のうち、位置的に雨や風の影響が強まるとされる部位、防水・止水の納まりが複雑になる部位は、外壁内への雨水浸入リスクが高くなると想定される。
- これらの部位には、外壁の頂部、隅角部、開口部回り、設備等貫通部回り、バルコニー笠木部分などが該当する。
- 本送風散水試験は、このうち、次の2つの部位を対象とする。
  - ①外壁の頂部（陸屋根のパラペット部分）の平部と隅角部
  - ②外壁の各層通気の間中部（通気口を含む）

## 試験協力機関

- (一財) 建材試験センター 中央試験所 (埼玉県草加市)  
大型送風散水試験室にて実施



送風散水試験の対象部位

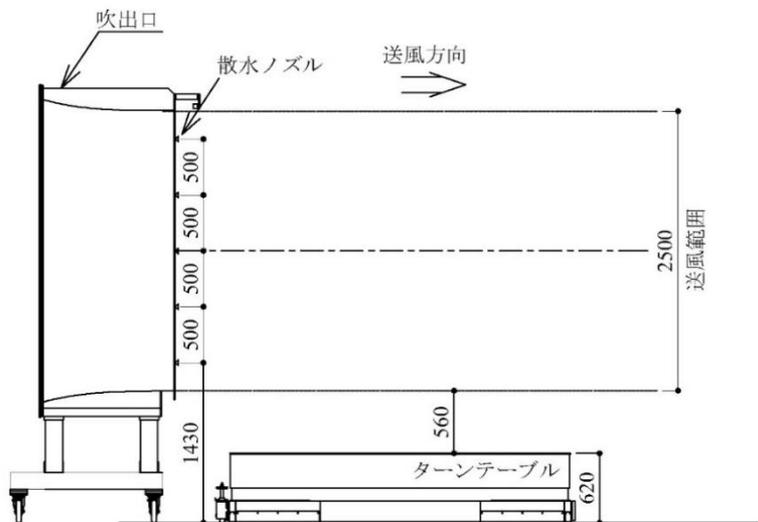
# 通気構造外壁の送風散水試験 (内容・試験条件)

[2]

| 項目          | 内容   |  |
|-------------|--|--|
| 1) 試験の種類    | 送風散水試験   |  |
| 2) 計測内容     | ①通気層内への <b>浸入水量</b><br>②通気層内への <b>水の吹き上げ状況</b> (中間部試験体)<br>③外装材、通気層内の圧力            |  |
| 3) 外壁の構成・仕様 | ・通気層を有する木造耐火構造外壁<br>レイヤー構成：耐火被覆層の屋内側に通気層を設置 (タイプB)<br>(外装材-防水層-耐火被覆層-通気層-防水層-木造躯体) |  |
| 4) 試験体の種類   | 頂部試験体<br>(平面形：L型)  | 換気部材なし (排気口を開放)                          |
|             |  | 換気部材あり (屋外側の排気口に防雨型換気部材を設置)              |
|             | 中間部試験体<br>(平面形：I型)   | 換気部材なし (排気口を開放)                          |
|             |  | 換気部材あり (排気口に防雨型換気部材を設置)                  |
| 6) 送風・散水条件  | 風速   | <b>5、10、20 m/s (定常風)</b>                 |
|             | 散水量  | 2L / m <sup>2</sup> ・分 (降雨量120.0mm/h 相当) |
|             | 送風・散水時間  | 各5分                                      |
| 7) 送風・散水の方向 | 頂部試験体  | ・試験体の <b>正面</b><br>・試験体の <b>45度</b>      |
|             | 中間部試験体   | ・試験体の正面                                  |

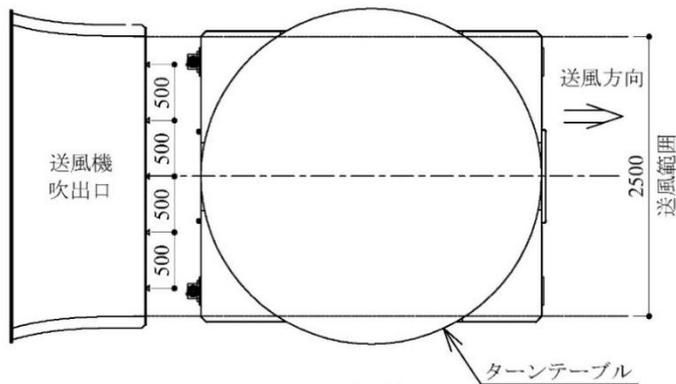
# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験装置)

[2]

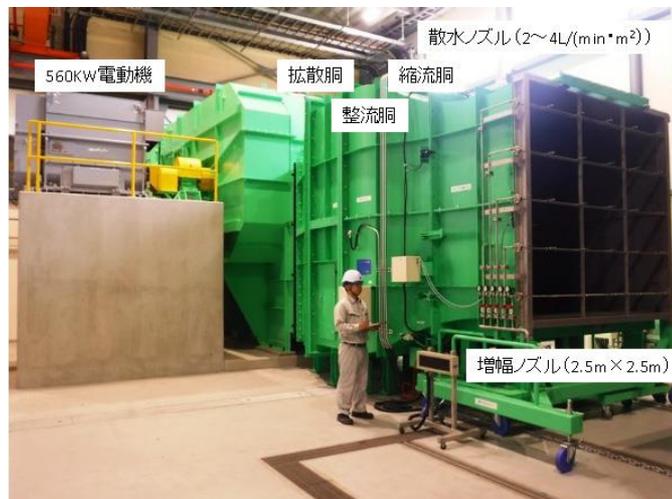


吹出口 : 2500mm $\times$ 2500mm  
風速 : 3~30m/s  
散水量 : 2~6L/ (min $\cdot$ m<sup>2</sup>)

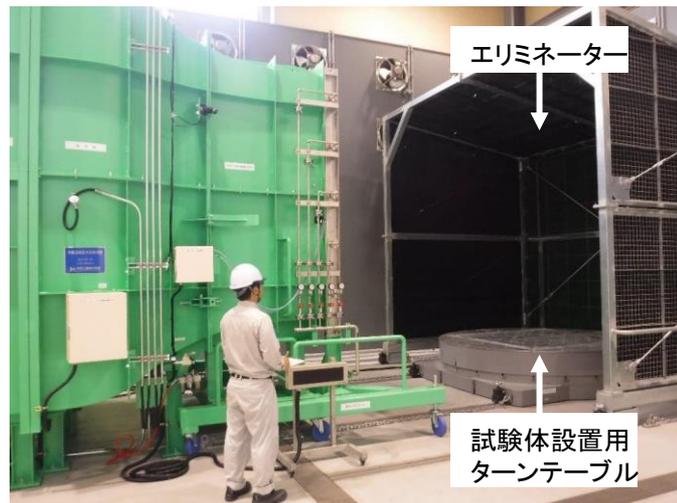
立面図



平面図



増幅ノズル2.5m $\times$ 2.5m (最大風速33m/s)



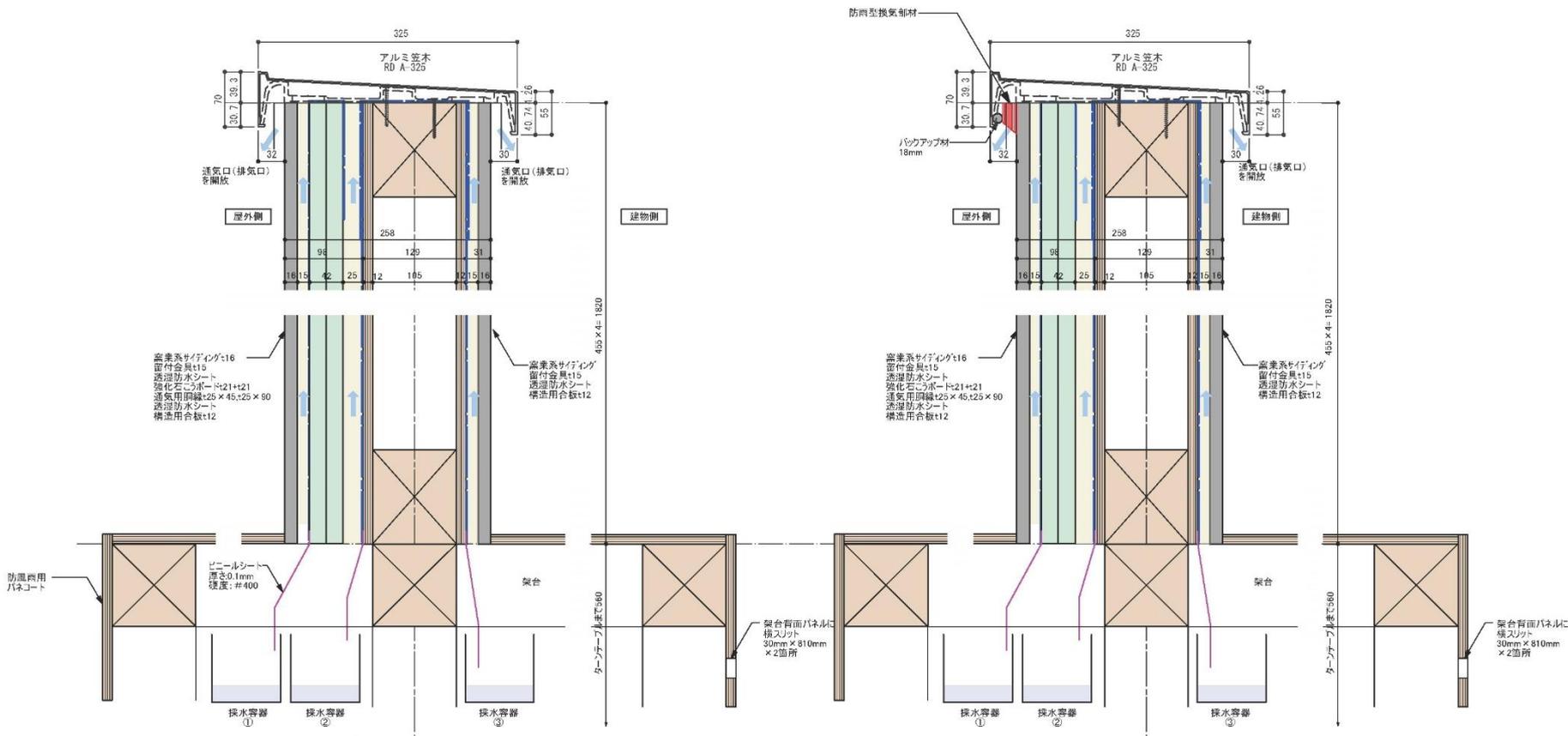
試験体設置用ターンテーブル、エリミネーター

資料提供 : (一財) 建材試験センター

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

[2]

## 頂部 (試験体図・1)



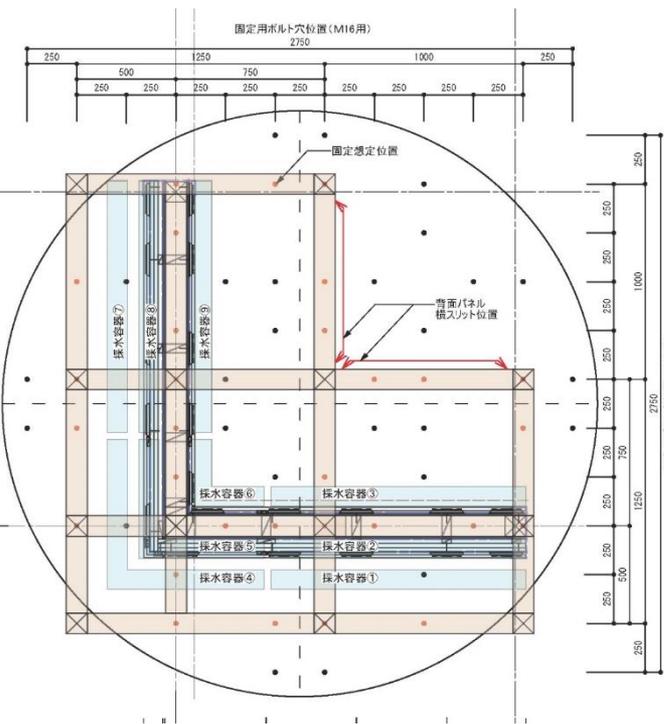
断面詳細図  
(換気部材なし)

断面詳細図  
(換気部材あり)

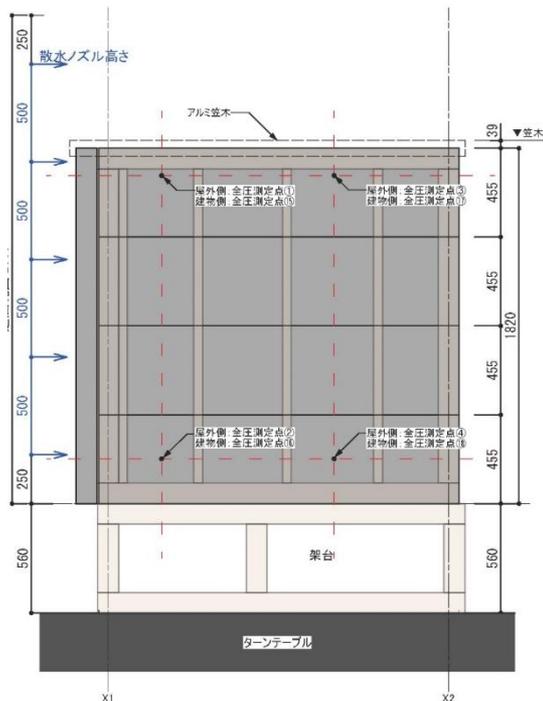
# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

[2]

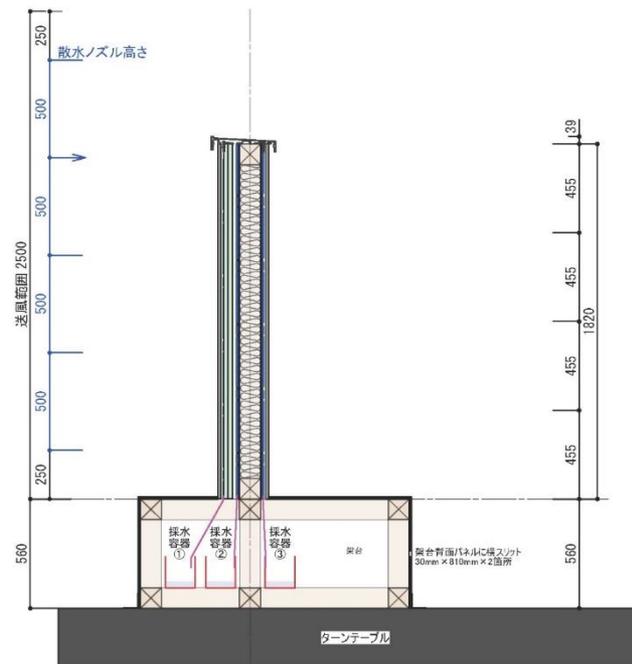
## 頂部 (試験体図・2)



平面図



立面図  
(屋外側 窯業系サイディング面)

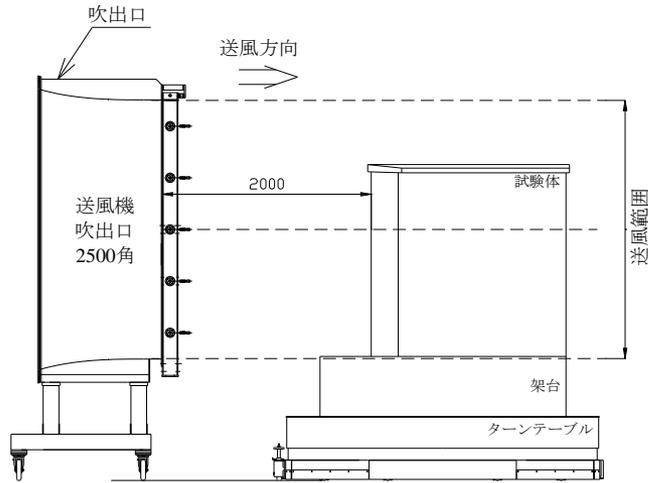


試験体設置図

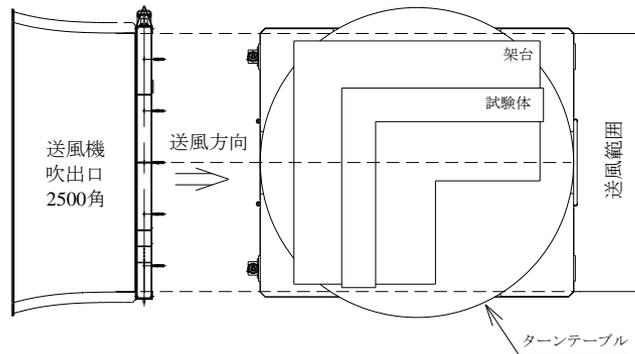
# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

[2]

## 頂部 (試験体設置状況)



立面図 (送風方向: 正面)



平面図 (送風方向: 正面)

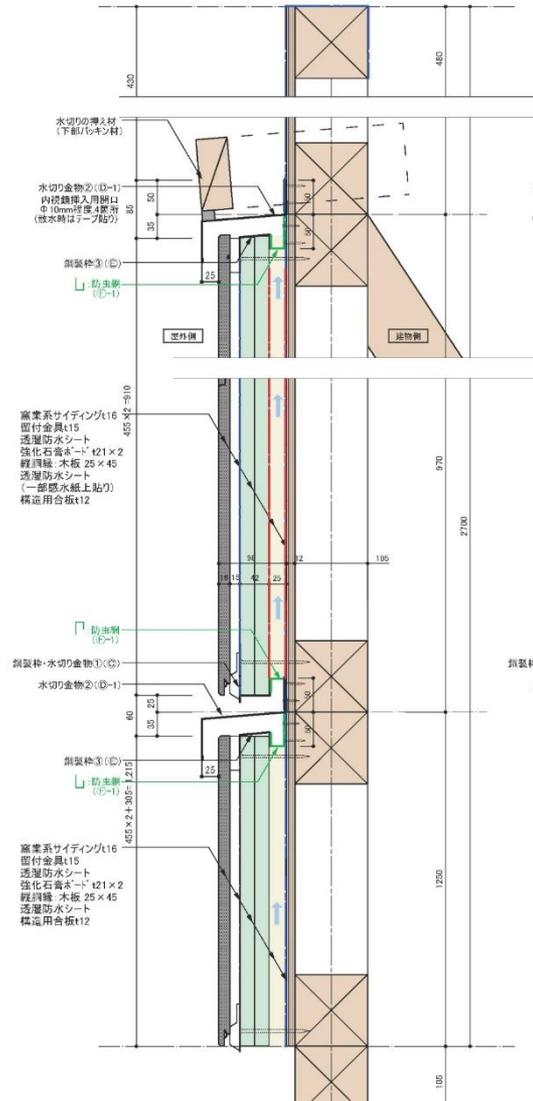


# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

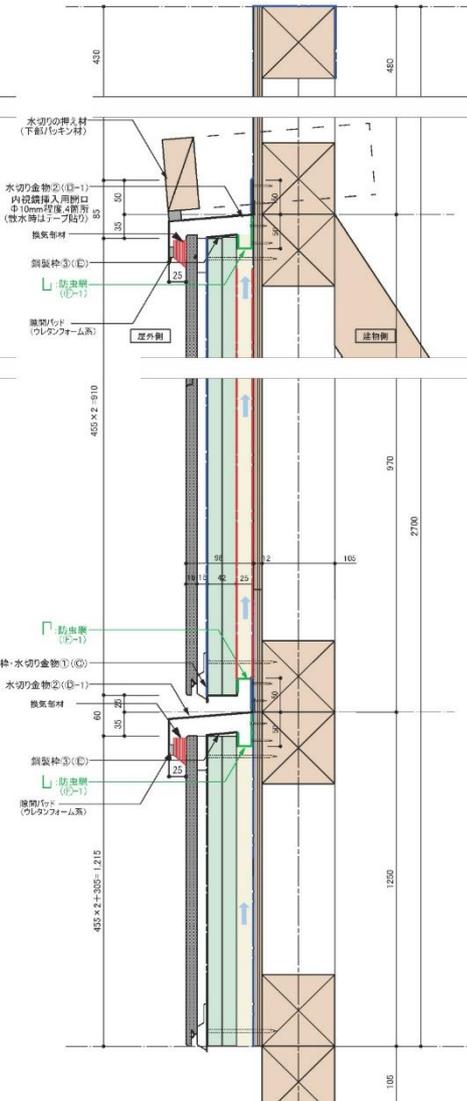
[2]

## 中間部 (試験体図・1)

断面詳細図  
(換気部材なし)



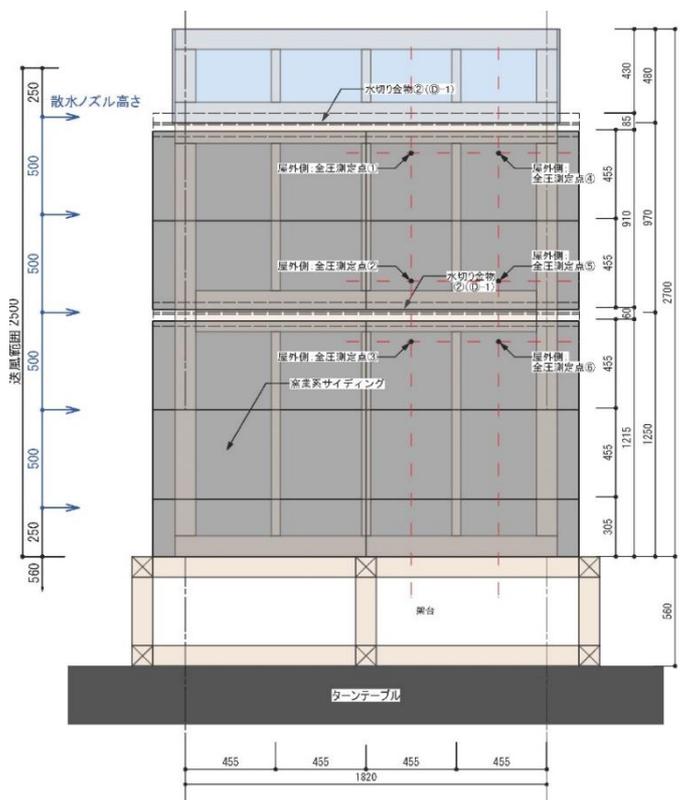
断面詳細図  
(換気部材あり)



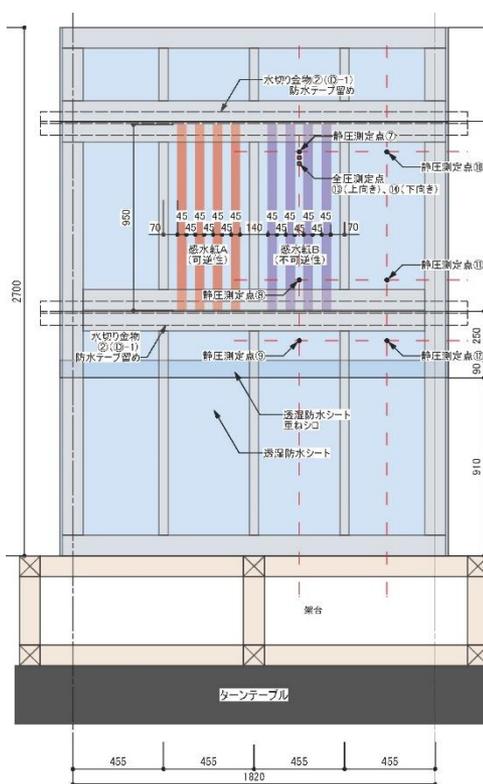
# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

[2]

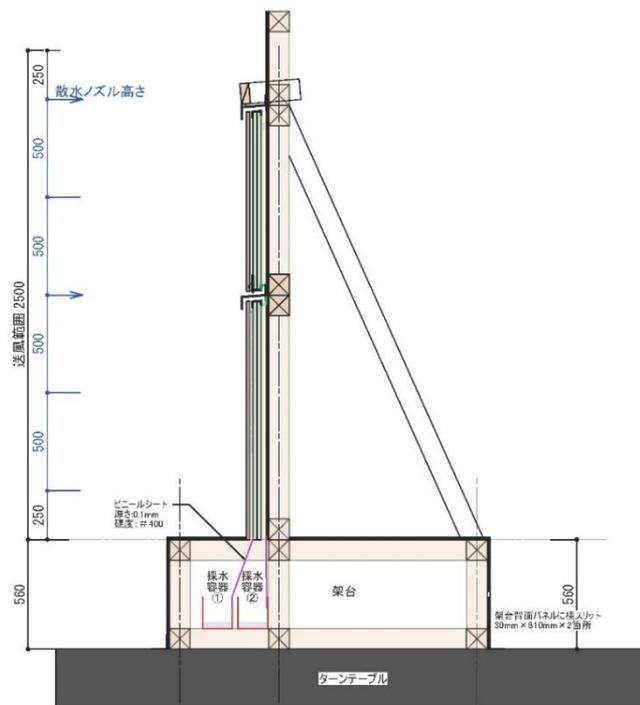
## 中間部 (試験体図・2)



立面図・1  
(窯業系サイディング面)



立面図・2  
(通気層内 透湿防水シート面)

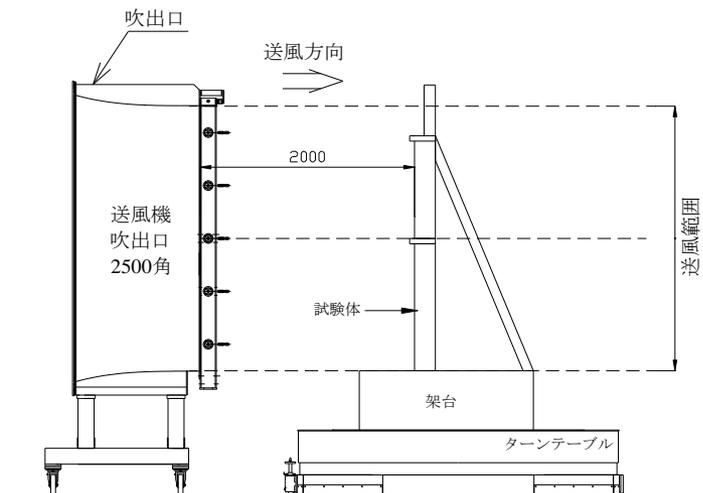


試験体設置図

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験体)

[2]

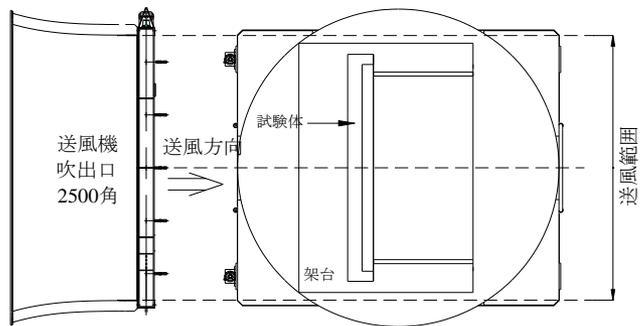
## 中間部 (試験体設置状況)



立面図 (送風方向: 正面)



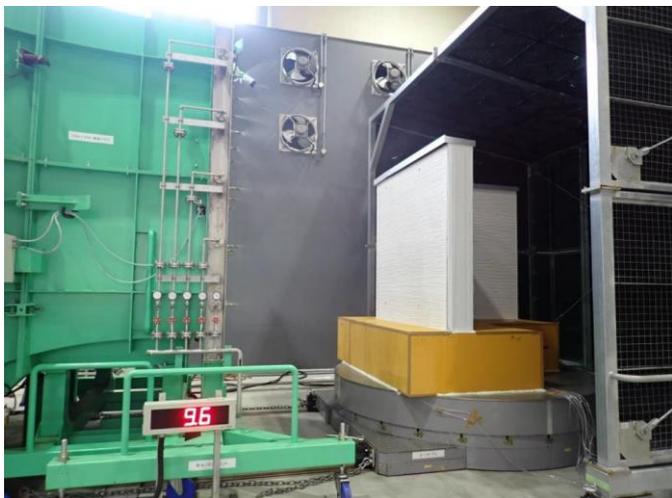
屋外側



散水量: 2L/(m<sup>2</sup>・min) 平面図 (送風方向: 正面)

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験実施状況)

[2]



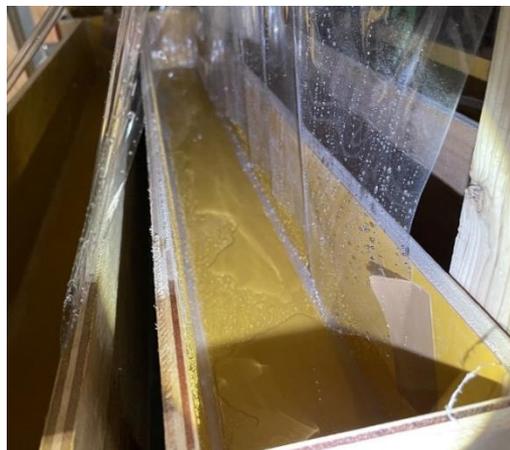
頂部試験体 送風方向：正面



中間部試験体 送風方向：正面



頂部試験体 送風方向：45度



送風散水後の採水容器内

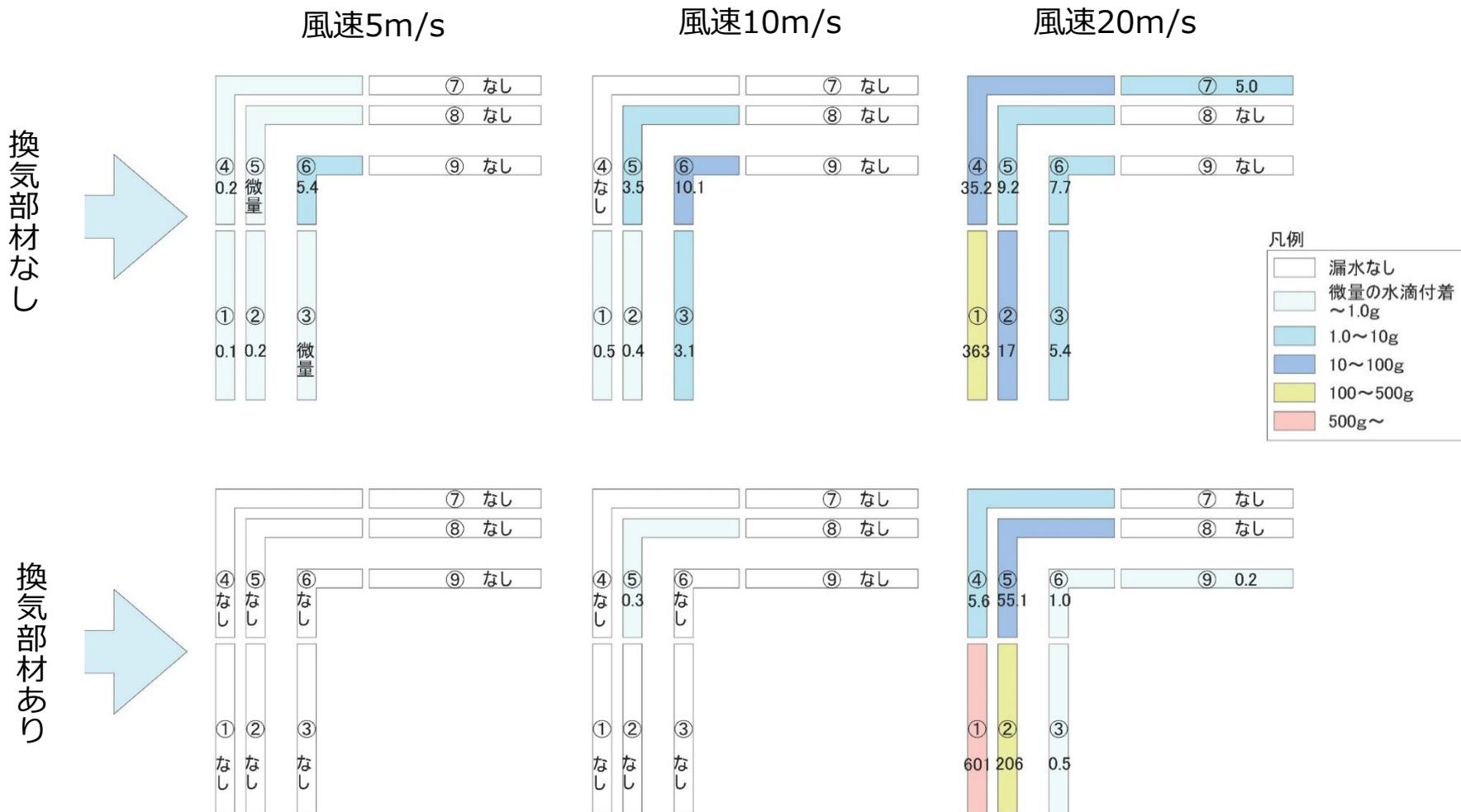


水量 (質量) 計測

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果)

[2]

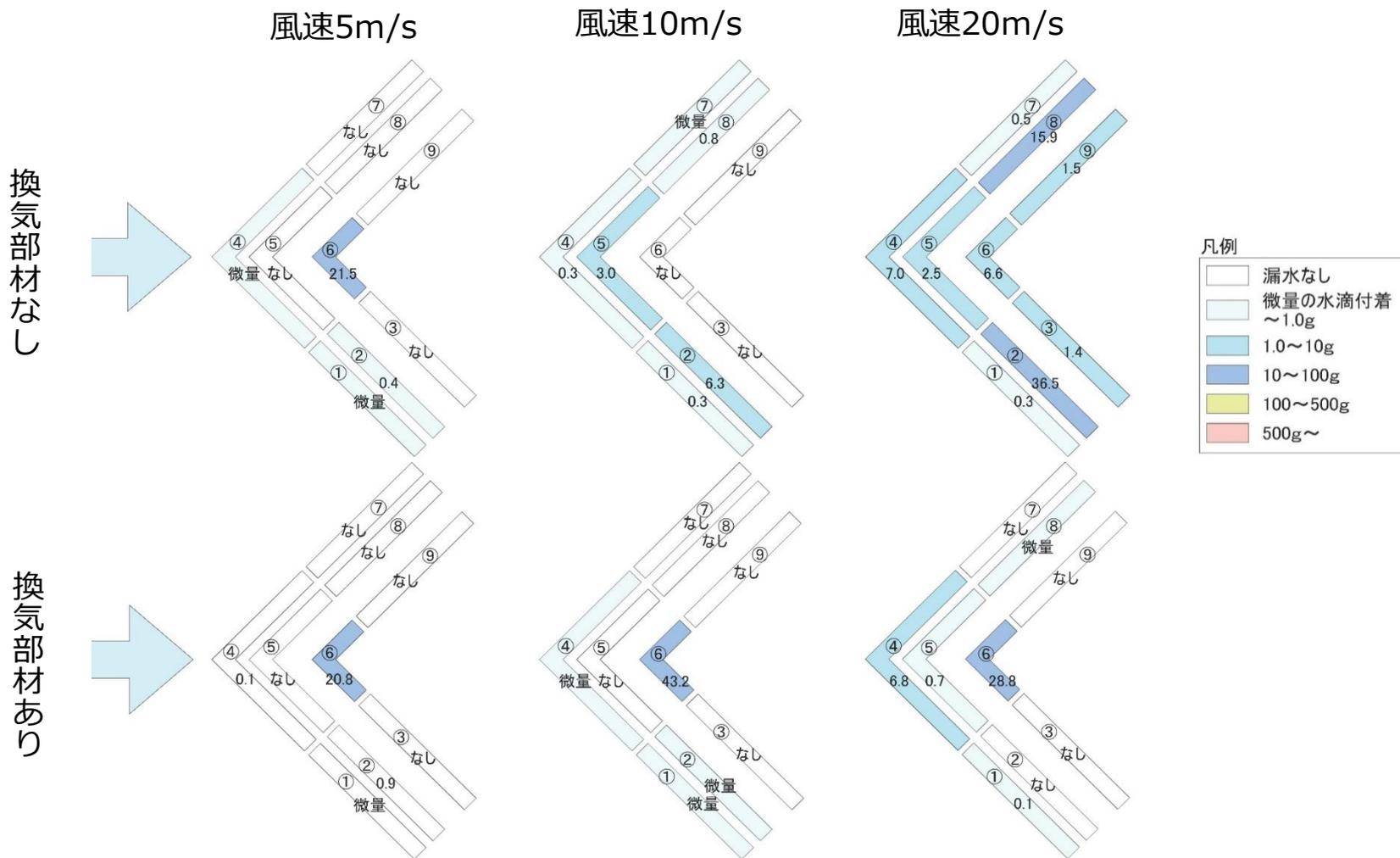
## 頂部試験体・正面 通気層内の浸入水量



# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果)

[2]

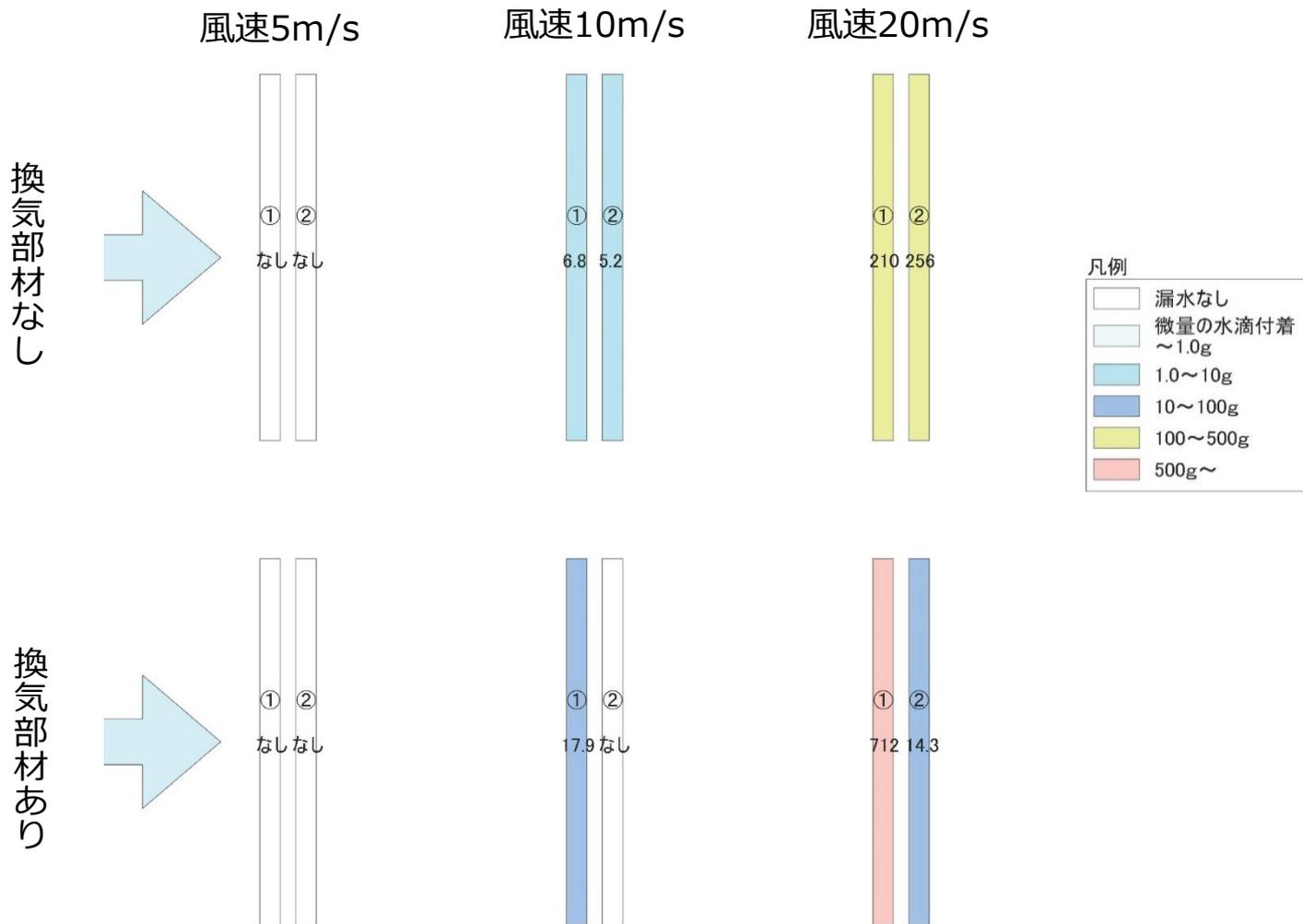
## 頂部試験体・45度 通気層内の浸入水量



# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果)

[2]

## 中間部試験体 通気層内の浸入水量



## 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果)

[2]

### 通気層内への水の浸入の特徴

#### ①風速との関係について

- ・風速が上がるごとに浸入水量は増加しており、とくに20m/sになると急増する傾向がみられる。(頂部・正面、中間部)

#### ②浸水箇所について

- ・風向に直接面する部分において浸入水量は多い。(頂部・正面)
- ・隅部では建物側の浸入水量が多い。(頂部・45度)

#### ③防雨型換気部材の有無

- ・風速5m/s、10m/sでは、換気部材なしの方が浸入水量が多い。(頂部・正面)
- ・風速20m/sでは、換気部材ありの方が、浸入水量が極端に増加している場合がある。これは、5m/s、10m/sの試験時に換気部材内に蓄積された水が、風速20m/sの試験時に放出されたことによると考えられる。(頂部・正面)

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果)

[2]

## 通気層内への水の吹き上げ状況 (中間部試験体)

| 防雨型換気部材 | 風速 (m/s) | 吹き上げ状況                      |
|---------|----------|-----------------------------|
| なし      | 5        | 吹き上げなし                      |
|         | 10       | 透湿防水シート側の感水紙の下端部に変色あり (写真①) |
|         | 20       | 防虫網及び透湿防水シートに水滴付着 (写真②)     |
| あり      | 5        | 吹き上げなし                      |
|         | 10       | 吹き上げなし                      |
|         | 20       | 防虫網に水滴付着                    |



内視鏡を用いた通気層内への水の吹き上げ観察



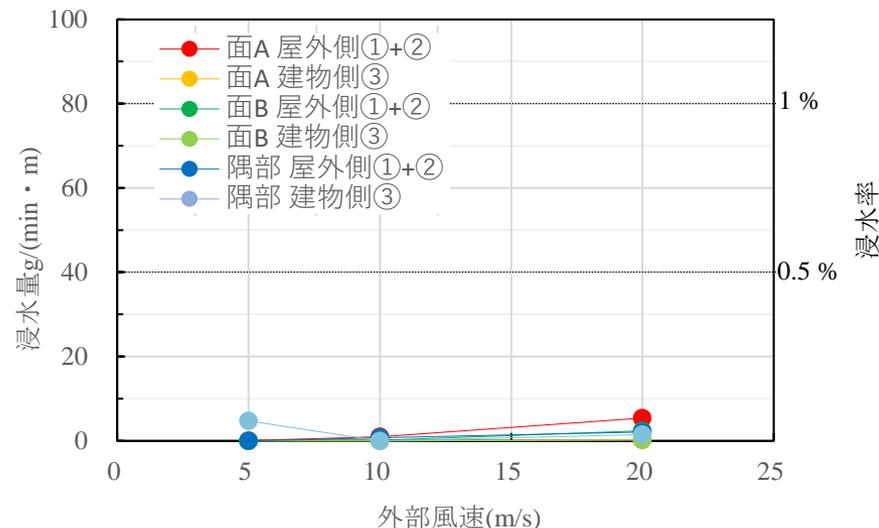
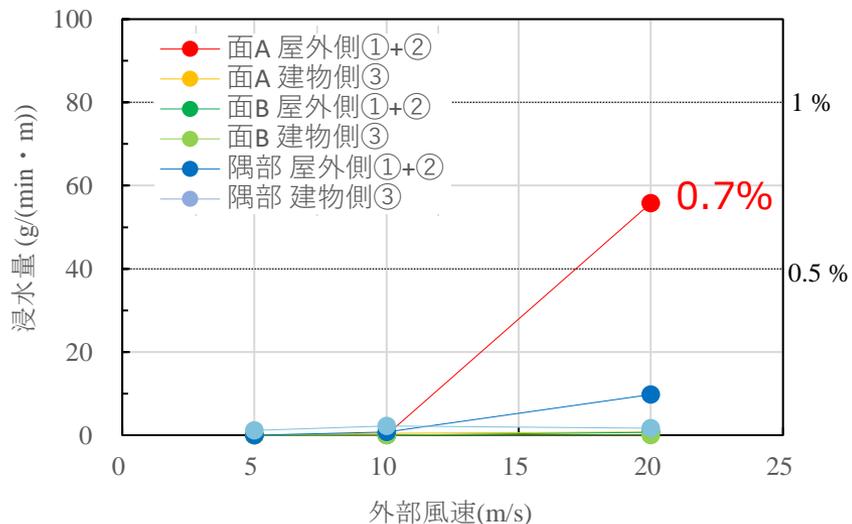
感水紙 (不可逆性) 下端部の変色 (写真①)



防虫網、透湿防水シートに付着した水滴 (写真②)

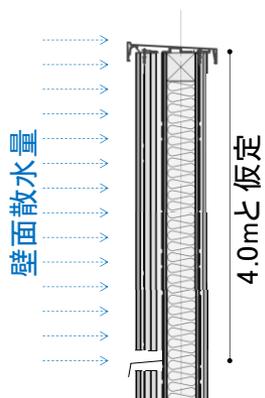
# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果の分析・頂部)

[2]

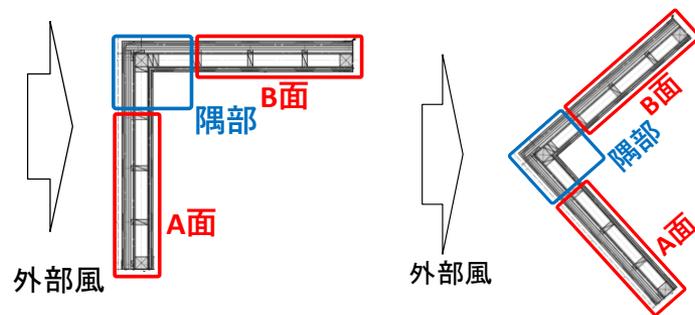


外部風速と浸水量及び浸水率の関係  
(頂部試験体 防雨型換気部材なし・正面風)

外部風速と浸水量及び浸水率の関係  
(頂部試験体 防雨型換気部材なし・45度風)



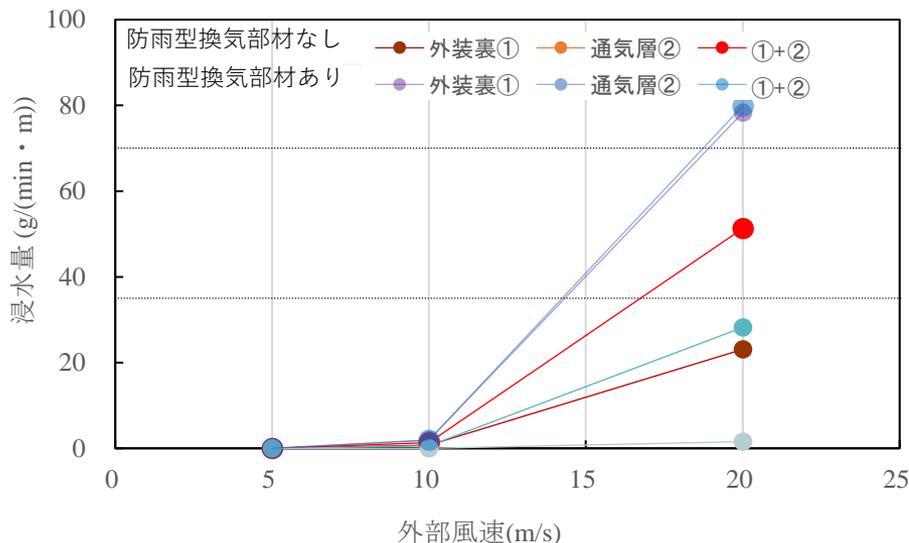
**浸水率：**  
最上の中間部通気口から頂部までの高さを4mと仮定した際の壁面散水量 (= 2 L/(m<sup>2</sup>·min)) に対する浸入水量 (L/(m<sup>2</sup>·min)) の比として定義し、試算



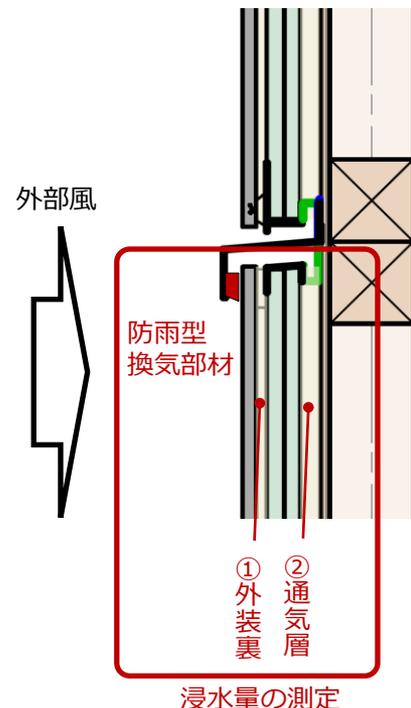
頂部試験体の面 (左：正面風、右：45度風)

# 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果の分析・中間部)

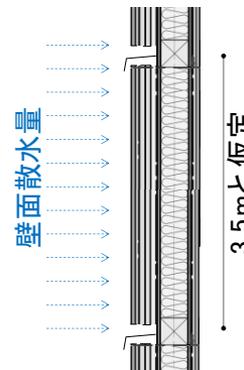
[2]



外部風速と浸水量及び浸水率の関係  
(中間部試験体 防雨型換気部材なし・あり)



(注) 防雨型換気部材あり・20m/s試験の浸水は、5m/s・10m/sの試験時に防雨型換気部材内に蓄えられた水が通気層内に放出された可能性がある。一方、防雨型換気部材の設置方法や外部条件によっては防雨型換気部材により耐水性能が向上する可能性がある。(防雨型換気部材の耐水性能への影響は今後の課題であり、20m/s試験の浸水量は参考値とする。)



**浸水率：**  
中間部通気口を3.5mピッチと仮定した際の壁面散水量 (= 2 L/(m<sup>2</sup>・min)) に対する浸入水量 (L/(m<sup>2</sup>・min)) の比として定義し、試算

## 通気構造外壁の送風散水試験 (試験結果のまとめ)

[2]

- 頂部（パラペット）と中間部（中間部通気口）における、外部風速と浸水量の関係を計測し、次のことを確認した。
  - 風速10m/sまでは浸水率0.1%未満であった。
  - 防雨型換気部材なしでは、風速20m/sで正面から風を受ける条件で浸水が最大となり、**浸水率0.7%程度**であった。
- 中間部における吹き上げは、通気層内が外気と等圧化され、高さ1cm程度であった。

# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (概要)

[3]

## 検証の対象・目的

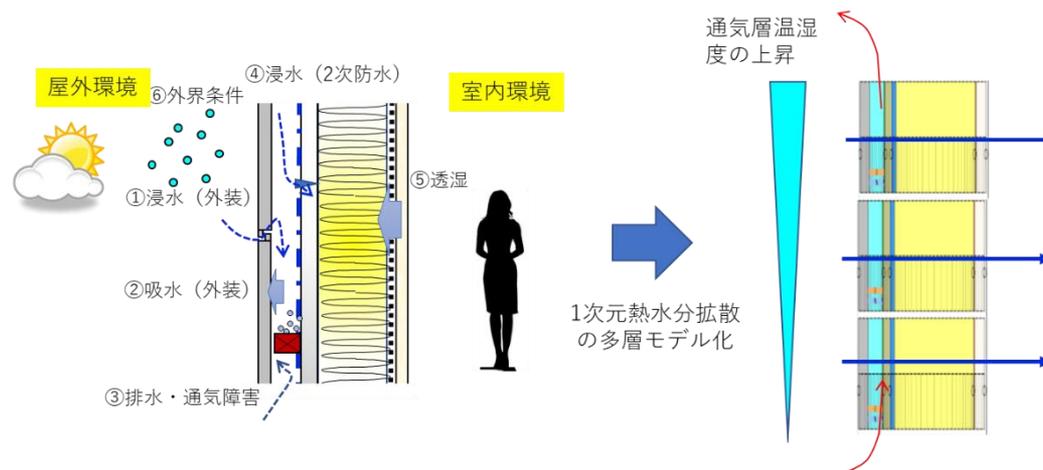
- 告示（平成12年建告第1399号）に例示される通気層を有する耐火構造の外壁（二重通気、単層通気の2種類）について、中高層の条件における通気層への雨水浸入（送風散水試験に基づく浸水率）を考慮した水分性状の解析を行い、壁体内の劣化リスクを検討

## 検証の体制

- 足利大学・齋藤宏昭教授（検討委員会委員）による解析協力の下実施

## 計算モデルの概要

- 外気－室内の1次元の計算モデルを積層し、温度及び湿度の上下分布を算出できる多層モデルを開発し解析



# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算条件) [3]

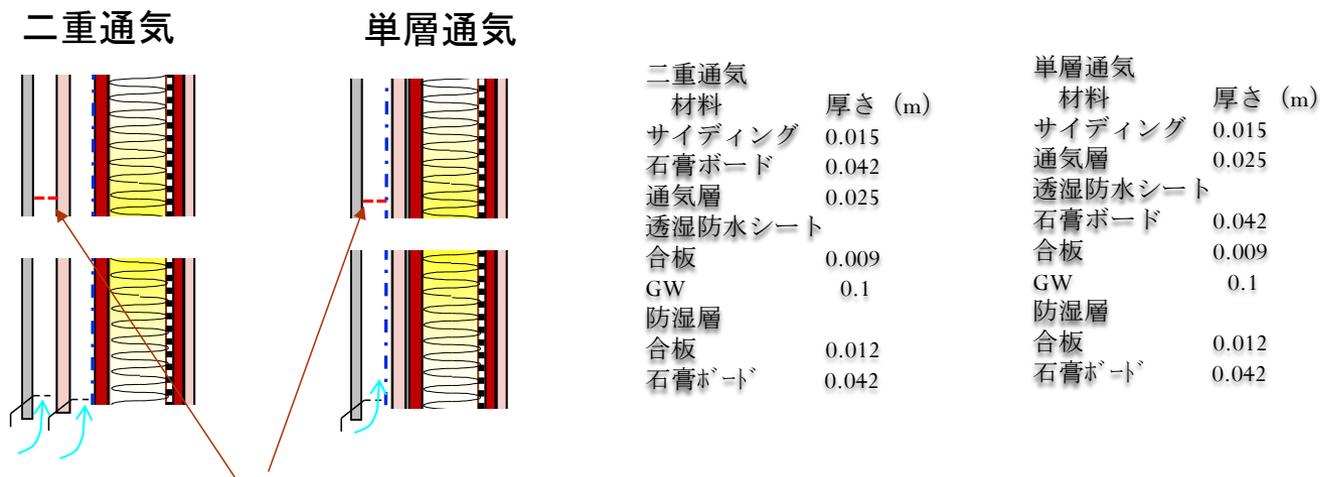
## 計算条件

|         |                          |  |  |  |
|---------|--------------------------|--|--|--|
| 立地・建物関連 | 立地・気候区分                  | 温暖・多雨地域 (宮崎、1993年)<br>温暖地域 (東京、1991年)<br>温暖・積雪地域 (富山、1985年)                                | (注) ( ) 内の都市、年度の<br>拡張アメダス気象データを使用                                     |  |
|         | 建物階数・高さ                  | <b>14階</b> (階高3.5m、通気経路合計49m)  |  |  |
|         | 外壁が面する方位                 | <b>東面、北面</b> (放湿型結露の発生頻度が高いと報告)  |  |  |
|         | 外壁のレイヤー構成                | <b>二重通気 (タイプB)</b>   | 窯業系サイディング、通気層、強化せっこうボード、通気層、透湿防水シート、構造用合板、断熱材 (GW)、防湿層、構造用合板、強化せっこうボード |  |
|         |                          | <b>単層通気 (タイプA)</b>   | 窯業系サイディング、通気層、透湿防水シート、強化せっこうボード、構造用合板、断熱材 (GW)、防湿層、構造用合板、強化せっこうボード     |  |
|         | 通気層の長さ                   | <b>全層通気</b>  |  |  |
|         | 通気層厚さ                    | 二重通気：外側15mm、内側25mm、単層通気：25mm   |  |  |
|         | 通気障害                     | 外装材緊結は金具留め、二重通気内側以外は各階に金属製ファイヤーストッパーを設置、通気層下端部はロングスターターを想定 (開口率はファイヤーストッパー、ロングスターターとも7.3%) |  |  |
| 環境・現象関連 | 浸水率                      | <b>壁面雨量の1%*</b> (外装材裏面と透湿防水シート表面に案分)   |  |  |
|         | 室内温度                     | 品確法基準の検討条件に準拠  |  |  |
| 材料物性値   | 熱伝導率、湿気伝導率、水分拡散係数、平衡含水率等 | ASHRAE (米国暖房冷凍空調学会) で公開された値を使用   |  |  |

\* 浸水率は送風散水試験の結果を元に設定 (計算上は、浸入水は流下せず滞留する設定とする)

# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算条件・2) [3]

## 計算対象壁体の断面構成：通気層を有する耐火構造の外壁



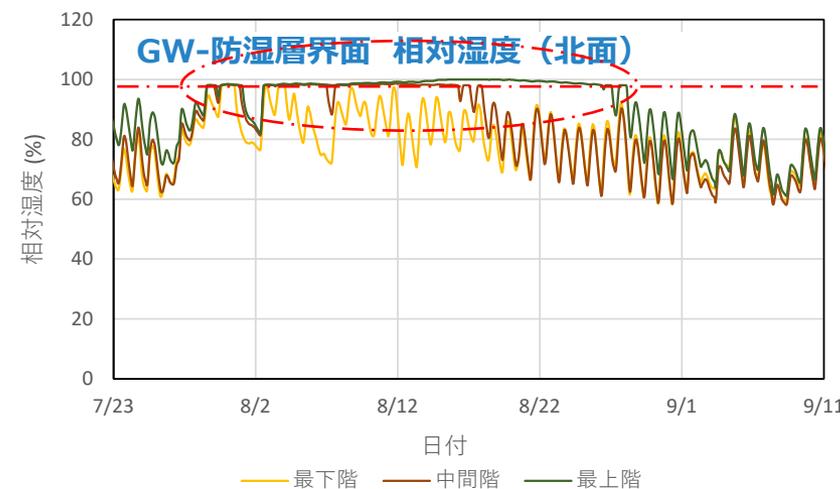
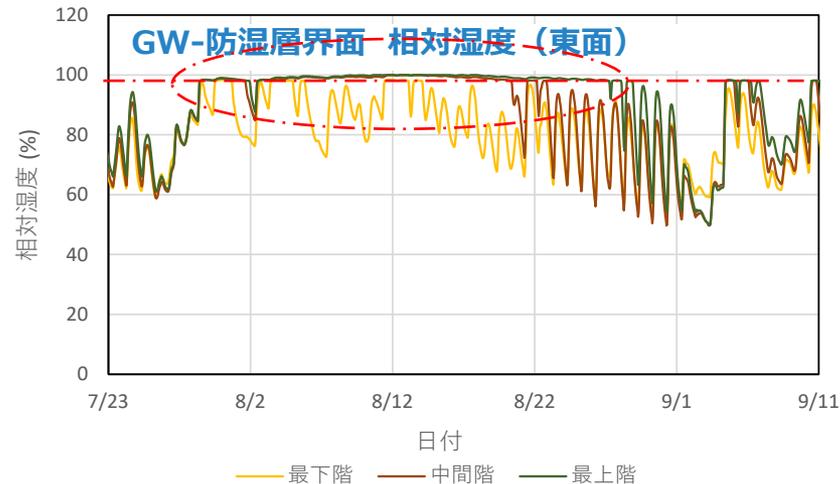
金属製ファイヤーストッパー(各階)

## 計算ケース

| 方位         | 東    |      | 北    |      | 年間降水量 (mm) |
|------------|------|------|------|------|------------|
|            | 二重通気 | 単層通気 | 二重通気 | 単層通気 |            |
| 仕様         |      |      |      |      |            |
| 宮崎 (1993年) | ○    | ○    | ○    | ○    | 4174.5     |
| 東京 (1991年) | ○    | ○    | ○    | ○    | 2042.0     |
| 富山 (1985年) | ○    | ○    | ○    | ○    | 3123.0     |

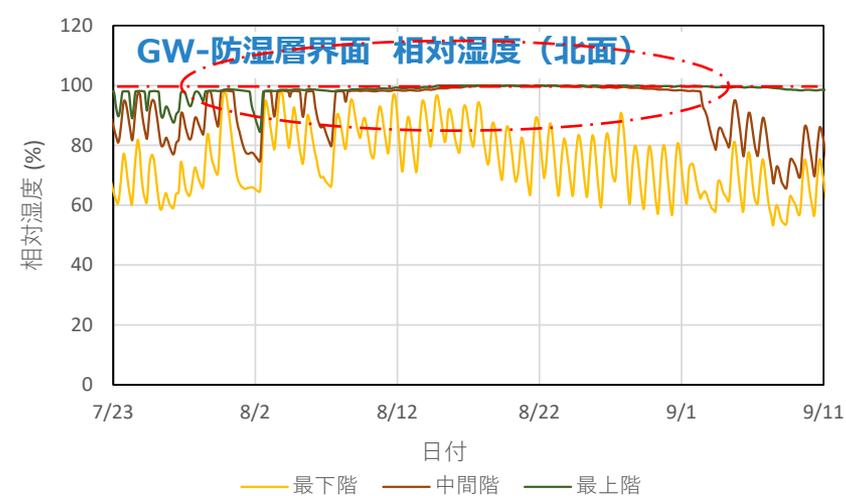
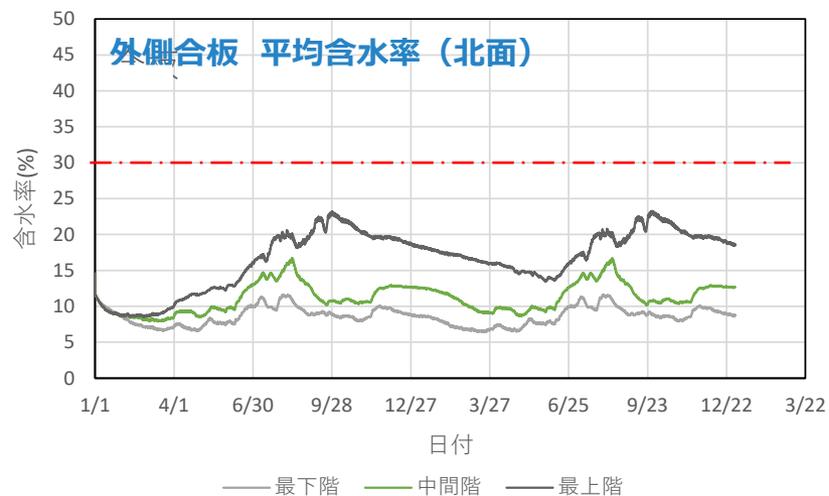
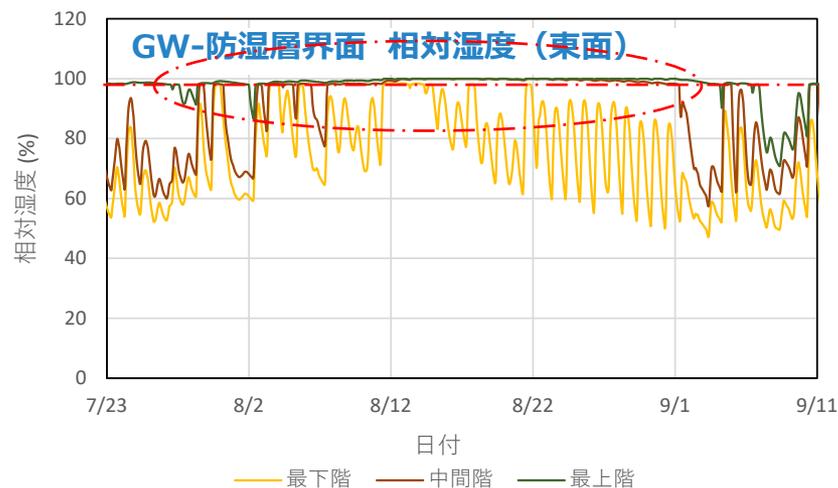
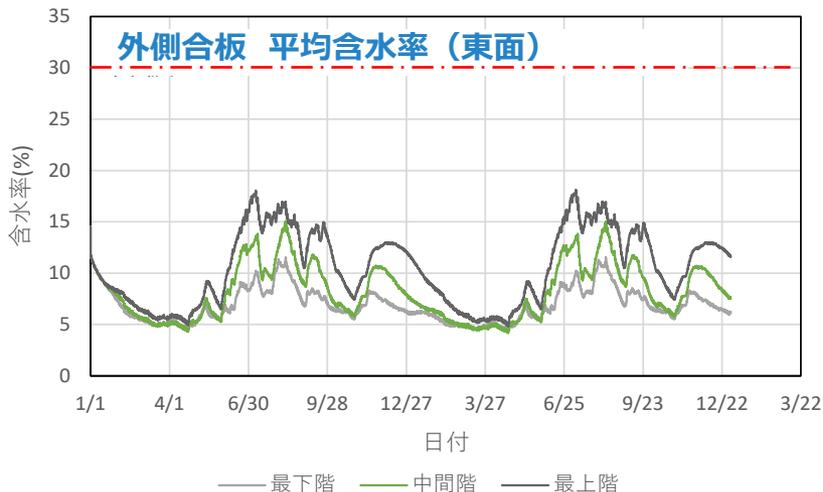
# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・1) [3]

## ● 宮崎・二重通気



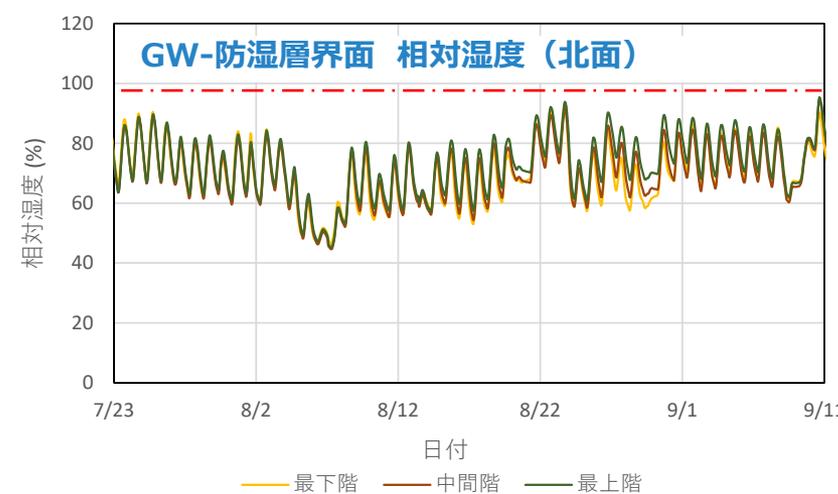
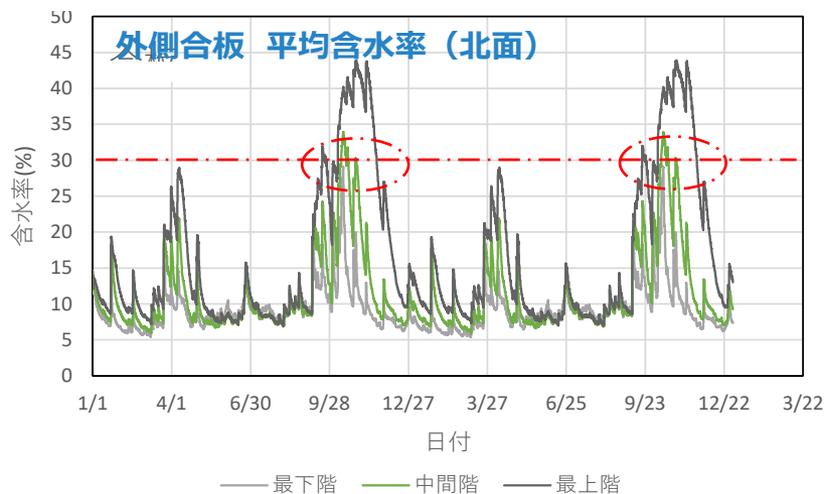
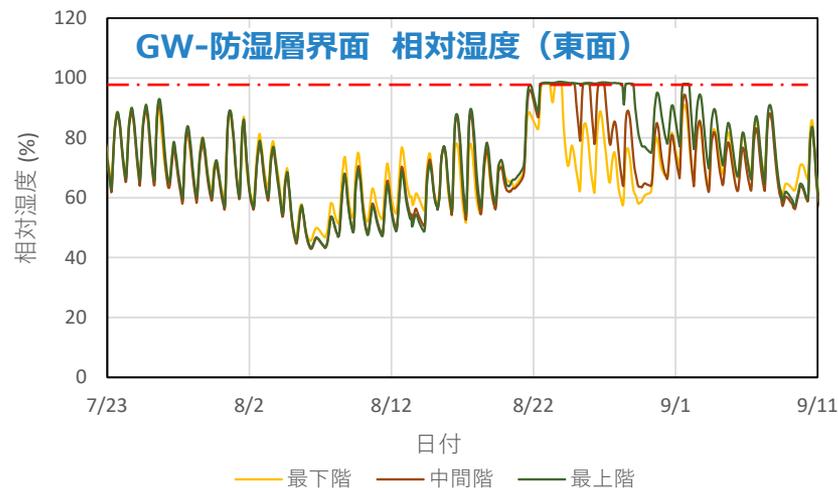
# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・2) [3]

## ● 宮崎・単層通気



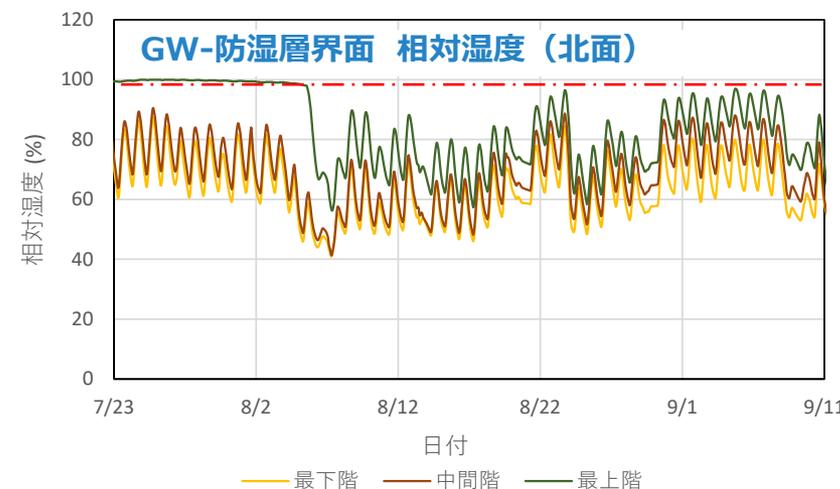
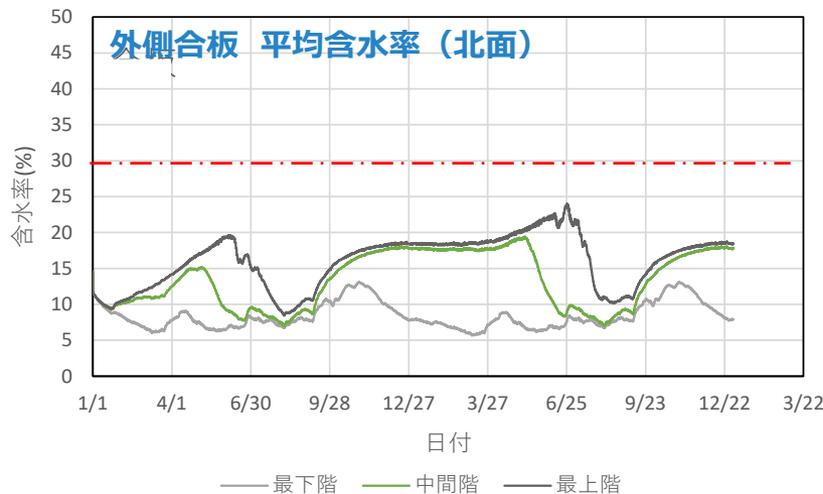
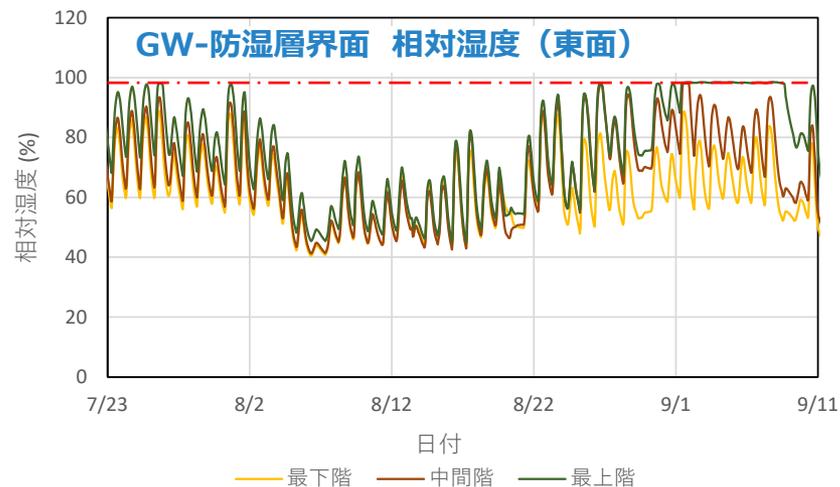
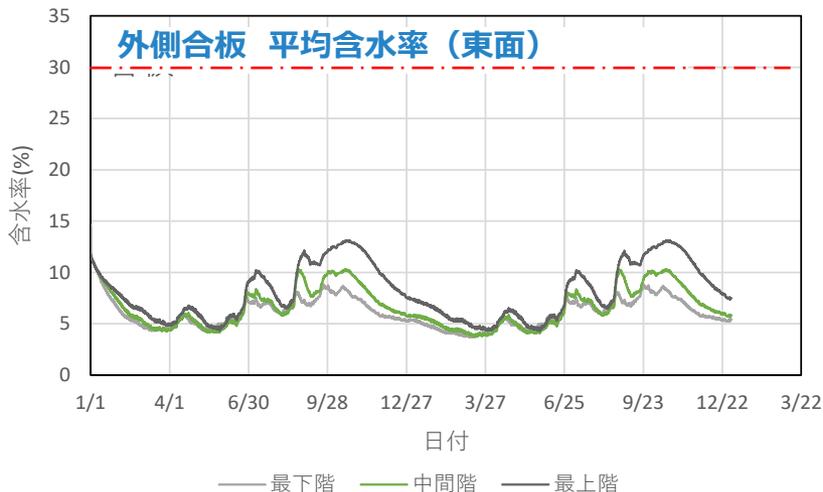
# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・3) [3]

## ● 東京・二重通気



# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・4) [3]

## ● 東京・単層通気



# 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (計算結果・5) [3]

## ● 相対湿度95%以上の出現頻度

| 通気層  | 壁面方位 | 仕様 | 防湿層界面頻度 |      |       | 合板界面頻度 (GW側表層) |     |       | 通気層風量 (m <sup>3</sup> /h) |      |
|------|------|----|---------|------|-------|----------------|-----|-------|---------------------------|------|
|      |      |    | 最下階     | 中間階  | 最上階   | 最下階            | 中間階 | 最上階   | 外側                        | 内側   |
| 二重通気 | 東    | 宮崎 | 3.9     | 12.6 | 19.2* | 0.0            | 0.0 | 0.6   | 4.2                       | 13.1 |
|      |      | 東京 | 0.8     | 2.3  | 4.0   | 0.0            | 0.0 | 0.0   | 3.7                       | 12.1 |
|      | 北    | 宮崎 | 1.5     | 6.8  | 13.2  | 0.0            | 0.0 | 1.4   | 3.1                       | 11.5 |
|      |      | 東京 | 0.2     | 0.9  | 2.9   | 0.0            | 4.3 | 21.2* | 3.0                       | 10.5 |
| 単層通気 | 東    | 宮崎 | 2.7     | 14.3 | 25.5* | 0.0            | 0.0 | 0.0   | 7.36                      |      |
|      |      | 東京 | 0.0     | 0.4  | 3.6   | 0.0            | 0.0 | 0.0   | 6.47                      |      |
|      | 北    | 宮崎 | 0.7     | 11.5 | 24.6* | 0.0            | 0.0 | 9.2   | 5.34                      |      |
|      |      | 東京 | 0.0     | 1.3  | 14.8  | 0.0            | 0.0 | 2.1   | 5.10                      |      |

\*出現頻度15%以上

## 中高層における通気構造外壁の劣化リスク検討 (まとめ)

[2]

- 劣化リスクの閾値を、防湿層界面における95%RH以上の出現頻度16.6%以上(約2ヶ月)、外側合板での含水率30%とすると、本計算による木部の劣化リスクについて次のことを確認した。
  - 単層通気では、防湿層界面の放湿型結露には二重通気以上に注意が必要である。とくに宮崎の最上階で顕著であった。
  - 二重通気では、東京の北面において、最上階の外側合板部分で含水率の上昇がみられた。
    - ✓ 東京では風雨同時性が高く、秋期降雨時の降雨量が多く卓越風が北寄りである年度のデータを用いたことが関係する。
    - ✓ サイディング嵌合部からの浸水性状を考慮し、二重通気の浸入水の付着位置をASHRAEに規定される透湿防水シート表面から外側強化せっこうボード表面に変更すると、高湿度状況の出現頻度は大幅に低下する。
  - 全層通気でも7階程度の建物高さ(中間階)劣化リスクは高くない。

(注) 本計算モデルでは、実際の現象に対し幾つかの安全率が設定されている。中高層木造の耐久性評価の精度を高めるには更なる検討が必要である。

## 耐久性基準の検討に資する外壁仕様（原案）の整理（1） [4]

防耐火性及び変形追従性（令和3年度）が確認された外壁構法を前提として、中高層木造建築物の外壁通気層への雨水浸入を考慮した水分性状の解析を行い、構造体（木材）の腐朽リスクが低いことが確認された仕様を、中高層木造住宅に対応した耐久性基準の検討に資する原案として整理。

### ●外壁仕様の適用条件

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| 建物階数    | 地上4階以上10階以下程度                  |
| 構造      | 純木造 または 混構造（木造とRC造（低層部）との混構造）  |
| 耐火性能    | 1時間耐火構造（仕様1）または 1.5時間耐火構造（仕様2） |
| 外壁工法    | 木造の通気構造（非カーテンウォール）             |
| 外壁通気の方法 | 全層通気 または 各層通気                  |

# 耐久性基準の検討に資する外壁仕様（原案）の整理（2） [4]

## ● 主要使用材料表

| 部位           |   | 仕様等   |   |
|--------------|---|---|---|
| 構造材          |   | 製材または集成材、梁のせい240mm以上  |   |
| 仕上げ材<br>・下地材 | 外装材   | 窯業系サイディング(JIS A 5422相当)、金具留め通気工法  |   |
|              | 防水紙（強化せっこうボード表面）  | 透湿防水シート（JIS A 6111 透湿防水シート）   |   |
|              | 耐火被覆層   | 強化せっこうボード JIS A 6901 (GB-F) 厚さ21mm 2枚（重ね張り）、屋外仕様品ビス止めまたはビス止め（下張り） + 接着・ステーブル止め（上張り） |   |
|              | 縦胴縁（通気層）  | 木材 厚さ25mm×幅45mm・90mm程度  |   |
|              | 防水紙（耐力面材表面）   | 透湿防水シート（JIS A 6111 透湿防水シート）   |   |
|              | 耐力面材（屋外側）   | 仕様1（1時間耐火）  | 構造用合板等 厚さ12mm   |
|              |   | 仕様2（1.5時間耐火）  | 構造用合板等 厚さ12mm（全層通気）、18mm（各層通気）                              |
|              | 水切り金物下地材（中間部）*  | 仕様1（1時間耐火）  | 硬質木片セメント板 厚さ12mm  |
|              |   | 仕様2（1.5時間耐火）  | けい酸カルシウム板 厚さ6mm（スリット開口10mm、間隔180mm程度）<br>+ 硬質木片セメント板 厚さ18mm |
|              | 断熱層   | グラスウールまたはロックウール断熱材（JIS A 9521 建築用断熱材）   |   |
| 耐力面材（室内側）**  | 構造用合板等  |   |   |
| 防湿層          | 防湿フィルム（JIS A 6930 住宅用プラスチック系防湿フィルム）   |   |   |
| 耐火被覆層        | 強化せっこうボード JIS A 6901 (GB-F) 厚さ21mm 2枚（重ね張り）<br>ビス止めまたはビス止め（下張り） + 接着・ステーブル止め（上張り） |   |   |
| 付属金物等        | 水切り金物   | 鋼板 厚さ0.35mm程度（曲げ加工）   |   |
|              | 鋼製枠（耐火被覆層小口部分）  | 鋼板 厚さ0.35mm程度（曲げ加工）   |   |
|              | 防虫網   | 孔あき鋼板 孔の径2～2.5mmφ・開口率 27%程度（曲げ加工）   |   |
|              | 加熱膨張材   | ブチル系 厚さ1.5mm程度、発泡倍率30倍程度  |   |

\* 各層通気の場合のみ、\*\* 耐力面材（室内側）の設置は任意上

# 耐久性基準の検討に資する外壁仕様 (原案) の整理 (3) [4]

## ● 外壁構法図

