

## 換気するファサードシステムおよび地中熱利用輻射冷房の効果検証

建築都市デザイン学科 2280120102-8 若林 満里  
(指導教員 近本智行)

## 1. はじめに

近年、環境問題が注目され、建築分野においては環境配慮設備の導入が求められており、意匠一体型の環境配慮設備もある。大阪市西区にある展示施設 H ミュージアムも、意匠と一体となった設備や自然の力のみを用いた設備を導入することで、環境配慮を目指している。そこで本研究では、H ミュージアムに設置されているファサードと一体化した換気設備(以下、ウォールダクト)とヒートポンプを用いない地中熱利用輻射冷房(以下、地中熱利用輻射冷房)の 2 点について実運用下での省エネルギー効果を明らかにする。

## 2. 建物概要

表 1 に建物概要を示す。H ミュージアムにはウォールダクトと地中熱利用輻射冷房が導入されている(写真 1)。本建物には数多くの環境配慮技術が導入されている。例えば、太陽光を集熱して温度により給湯利用と空調利用に自動制御して用いる設備や、在室者検知センサーを用いてエリアごとの人員密度から積極的に空調をするエリアとしないエリアにわけて制御する設備などもある。

## 3. ウォールダクト

## 3.1 システム概要

ウォールダクトのシステム概要を図 1,2 に示す。ウォールダクトとは写真 1 のようなアルミパネルと建物の間の空気層で換気する設備のことである。本システムは建物の外部から室内への熱負荷をアルミパネルと空気層により遮断し、さらに、空気層に室内の空調された空気を給気し、排熱させるものである。また、室内の空気は規定の風量で強制的に排気をし、上部の排気は自然流出である。なお、このアルミパネルは北側に設置されている。

## 3.2 実測概要

実測は 2015 年 8 月 5 日から 26 日までで行った。建物内壁の壁温度をサーモクロン(ボタン型温度ロガー、7 カ所)で測定し、ダクトへ流入する空気温度を知るために室内の換気口の温度をおんどとりで測定した。

## 3.3 実測による断熱効果検証

ウォールダクトのある建物と、壁が ALC の一般的な建物を比較し、断熱の観点から流入熱量を算出した(図 3)。熱貫流率は、ALC のみの場合は  $1.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  でウォールダクトがある場合は  $1.1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  であった。熱貫流率から、

室内への流入熱量を(1)式によって算出した。

$$q_1 = K \times (\theta_o - \theta_i) \times S \cdots (1)$$

最大の差がみられたのは 12:20 で室内に流入する熱量差は  $5.4 \text{ kW}$  となった。COP(2.1) 注1) で除することで、 $2.6 \text{ kW}$  の熱量がウォールダクトの断熱性により削減でき 44% の省エネルギー効果がある。



写真 1 建物概要

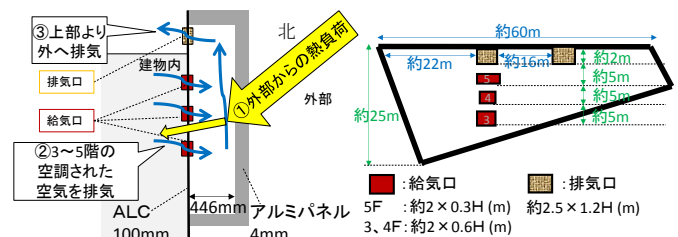


図 1 ウォールダクトシステム概要 図 2 ウォールダクト立面概要

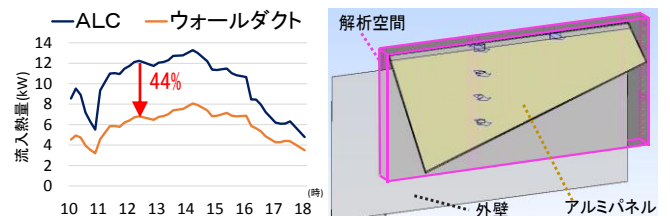


図 3 室内への流入熱量 (8/26)

図 3 解析モデル概要

表 2 CFD 解析概要

| 解析空間  |                    | 62.5m(X) × 3.5m(Y) × 25.2m(Z)   |
|-------|--------------------|---|
| 要素数   | 約 800 万メッシュ        |   |
| 移流項   | 一次精度風上             |   |
| 乱流モデル | 標準 k-ε モデル(高レイノルズ) |   |
| 熱境界   | アルミパネル内側(熱流)       | アルミパネル空気層側壁面 23.25kW<br>アルミパネル空気層側壁面上部 2.55kW<br>アルミパネル空気層側天井面 0.80kW   |
|       | 外壁(温度)             | 建物外壁 26.3°C、熱伝達係数 0.0017W/m <sup>2</sup> ·K   |
| 流れ境界  | 壁境界                | 対数則   |
|       | 吹出口                | 3F 温度: 27.0°C、流量: 2410m <sup>3</sup> /h<br>4F 温度: 27.7°C、流量: 1100m <sup>3</sup> /h<br>5F 温度: 21.4°C、流量: 3950m <sup>3</sup> /h |
|       | 吸込口                | 自然流出  |

表 3 CFD 解析ケース

|           | 給気口         | 排気口 |
|-----------|-------------|-----|
| Case1(既存) | 縦一列に配置      | 2カ所 |
| Case2     | パネル下辺に平行に配置 | 2カ所 |
| Case3     | 縦一列に配置      | 3カ所 |

### 3.4 CFD 解析概要

CFD 解析により、ダクト内の温度を把握し給・排気口の配置を変更した場合の排熱効果を検証した。境界条件には夏期の実測値を用いた(表 2)。解析ケースを表 3 に、解析モデルを図 3 に示す。図 4 に、空気層中央地点(アルミパネルから 223mm)の Case1 の温度分布を示す。下部の空気温度が上部の空気温度より低く、給気された冷たい空気が外部からの熱によって暖められ上昇していることがわかる。

ンプを用いず、自然の力のみを使った地中熱輻射冷房は、室内への一日平均供給熱量は 7.5kW で平均 PMV は 輻射空調有無による差が 0.05 となった。

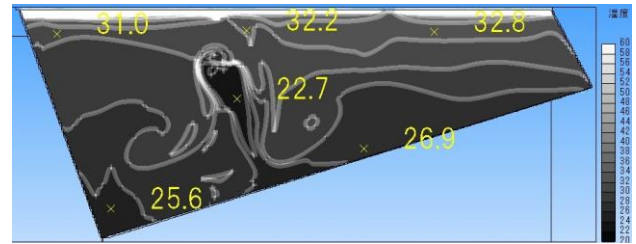


図4 ウォールダクト Case1 温度分布

### 3.5 CFD 解析を用いた排熱効果

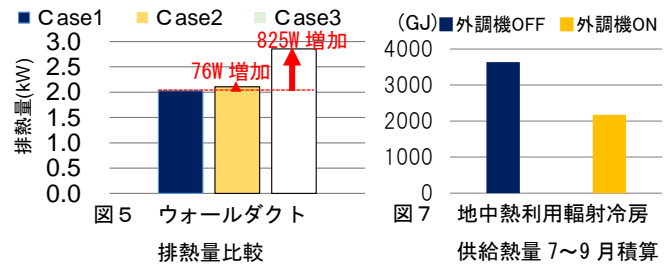
給気された空気が外部へ排気されるまでに得た熱量を実測値と CFD 解析の結果をもとに(2)式を用いて算出する。Case1 と比較して排熱量が Case2 は 76W、Case3 は 825W 増加した(図 5)。

$$q_2 = c_p \cdot \rho_a \cdot (Q_1 \cdot \theta_{out} - Q_2 \cdot \theta_{in}) / L \cdot \dots (2)$$

## 4. 地中熱利用輻射冷房

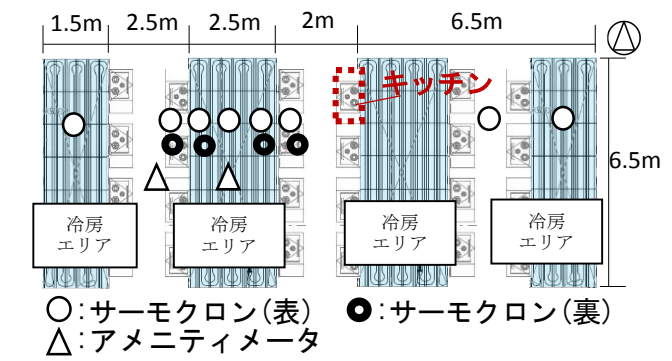
### 4.1 システム概要

地中熱は、ヒートポンプを使用せず、構造杭を利用して採熱された熱のみを熱源として直接利用している。配管が敷設されているのは 2 階東側のキッチンの性能を体験できる開放的なエリアで、24 台のシステムキッチンが設置されている。配管は、図 6 のように敷設されている。



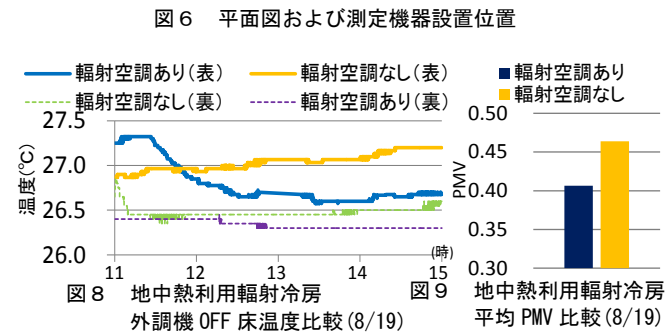
### 4.2 実測概要

実測で床温度と PMV を測定することによりシステムの性能評価を行った。表裏の床温度をサーモクロン(計 12 カ所)で測定し、PMV をアメニティメータ (PMV を測定・演算・表示するポータブルタイプの測定器、計 2 台)で測定した(図 6)。実測は 2015 年 8 月 5、19、26 日の 3 日間行った。外調機が ON/OFF での比較検証も行うため、5 日は外調機も輻射空調も OFF、19 日は外調機は OFF で輻射空調は ON、26 日は外調機も輻射空調も ON で測定した。なお、通水は全測定日ともに 11 時から開始した。



### 4.3 実測結果

(3)式で算出すると室内への一日平均供給熱量は 7.5kW で、ポンプの消費電力(0.75kW)で除して平均 COP は、10 であった。



$$q_3 = \Delta T \cdot Q_3 \cdot c \cdot \rho_w \cdot \dots (3)$$

さらに、夏期の供給熱量は外調機 ON 時は OFF 時に比べて 1462GJ 増加した(図 7)。外調機が OFF 時の輻射空調のあるエリアとないエリアの床温度を比較すると(図 8)、床表は 0.5℃床裏は 0.3℃の違いがみられた。また、平均 PMV は輻射空調なし時は 0.41、輻射空調あり時は 0.46 で差が 0.05 となった。(図 9)。

## 5. まとめ

ウォールダクトは、アルミパネルがない場合に比べて最大 44%の断熱による省エネルギー効果がある。排気口の数を増やすことで排熱量が 825W 増加した。ヒートポ

### 注釈・参考文献

注 1) 中央監視データによる

### 【記号】

$q_1$ :流入熱量[kW]、 $K$ :熱貫流率[W/m<sup>2</sup>·K]、 $\theta_o$ :相当外気温度[°C]、 $\theta_i$ :室内温度[°C]、 $S$ :面積 960[m<sup>2</sup>]、 $q_2$ :熱量[W]、 $c_p$ :空気または気体一般の定圧比熱 1006[J/(kg·K)]、 $\rho_a$ :空気の密度 1.2[kg/m<sup>3</sup>]、 $Q_1$ :排気される空気量 2.1[m<sup>3</sup>/s]、 $Q_2$ :給気される空気量 [m<sup>3</sup>/s]、 $L$ :通気層長さ 9[m]、 $\theta_{out}$ :排気口の空気温度[°C]、 $\theta_{in}$ :給気口の空気温度平均 24.2[°C]、 $q_3$ :供給熱量[kW]、 $\Delta T$ :往と還の温度差 2.2[K]、 $Q_3$ :流量 2.598[m<sup>3</sup>/h]、 $c$ :比熱 4.217[kJ/kg·K]、 $\rho_w$ :水の密度 1000[kg/m<sup>3</sup>]