

## 多孔型パネルを用いた天井冷房方式に関する研究

## その2 多孔型パネルの冷却特性と熱移動の把握

省エネルギー 天井冷房 多孔型パネル

正会員 ○譲原 聡\*1 同 森 太郎\*4  
同 羽山広文\*2 同 瀬沼 央\*5  
同 絵内正道\*3 同 山岸 浩\*5

## 1. はじめに

近年、省エネルギーの推進が叫ばれているが、その必要性は空気調和の分野でも例外ではない。図1に示す様に、オフィスなど事業用建物の空調システムで使用されるエネルギーの約50[%]は、熱媒を搬送するために消費されている。この搬送系エネルギーの削減は、空調システムの省エネルギー化のためには重要と言える。本報告は省エネルギーと快適性を目的とした空調システムの開発である。

現在、熱媒を空気として室内へ搬送する空調システムが主流であるが、水を熱媒として搬送すると、搬送系のエネルギーを削減できる。この実例に天井放射型冷暖房方式がある。しかし放射伝熱のみによって冷却する場合、冷却能力に限界がある。そこで、この放射伝熱に対流伝熱の効果を加えることで空調効率の向上が期待できる。本報告では天井面に冷却パネルを設置し、放射と対流によって冷却する空調方式として、多孔型パネルを提案し、冷却性能に関する実験的な検討を行う。

## 2. 多孔型パネルの概要

多数の孔を開けた金属性パネルに水の流れるコイルを挟み

こむ。このパネルを天井面に設置して冷水を流す。さらに天井懐に送風することにより空気が孔を通過して降下する。この際、対流熱伝達が増すことで、冷却能力が向上する。このようにして室内を冷却することが多孔型パネルの特徴である。(図2)

## 3. 多孔型パネルの実験

## 3-1 実験の目的

・孔の通過風速とパネルの除去熱量の関係を実験によって明らかにする。

・孔径(d)の異なる3枚のパネル(1.7[mm], 2.5[mm], 3.4[mm])について実験を行うことにより、孔径と除去熱量の関係性を明らかにする。

## 3-2 実験装置の概要

実験装置(図3)の中央の高さに1000[mm]×1000[mm]×4[mm]、孔の開口率2[%]の多孔型パネルを設置し、18[°C]の冷水を流した。冷水はパネルに挟み込んだコイル内を流れる。図5において、多孔型パネルの上側を天井懐、下側を室内と想定し、オフィスの発熱を模擬するために面状発熱体を設置した。また送風機を設置して、室内から天井懐へ送風し

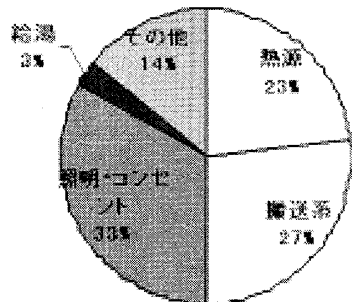
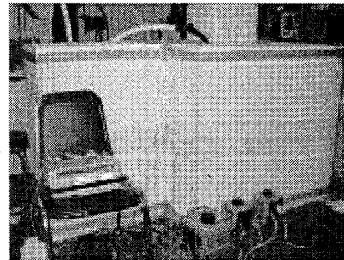
図1 オフィスのエネルギー消費量試算例<sup>1)</sup>

図3 実験装置の外観

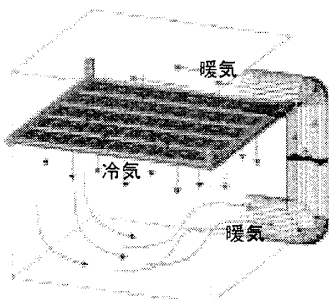


図2 多孔型パネルの概念図

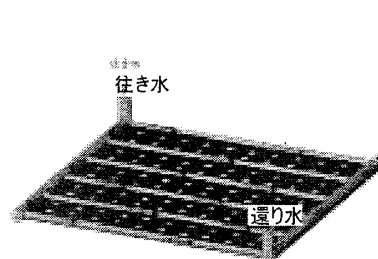


図4 冷水の流れる様子

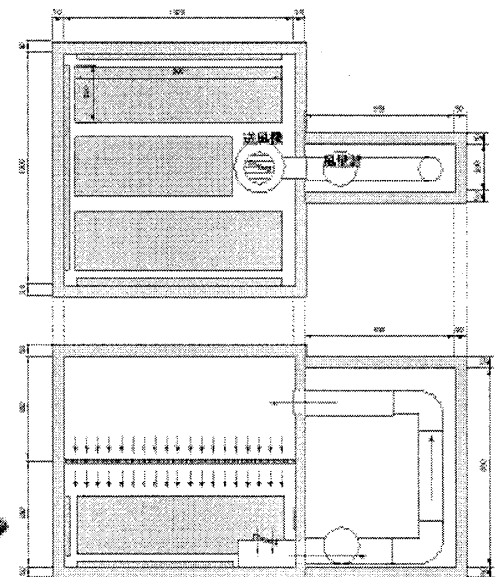


図5 実験装置の平面図と断面図

A Study on Ceiling Panel Cooling System with Perforated Panel

Part 2 An Understanding on Cooling Feature and Heat Transfer of Perforated Panel

YUZURIHARA Satoshi, HAYAMA Hirofumi, ENAI Masamichi, MORI Taro, SENUMA Hiroshi, YAMAGISHI Hiroshi

た。孔の通過風速を変えられるよう送風量を可変とした。また、アルミ箔を内部面に貼ることで、放射の成分を除いた。

3-3 除去熱量の算出方法

除去熱量は、以下の式(1)を用いて算出した。

$$Q_p = Q_f + Q_h - H \dots (1)$$

$Q_p$ : パネルの除去熱量[W],  $Q_f$ : 送風機の発熱量[W],  
 $Q_h$ : 面状発熱体の発熱量[W],  $H$ : 実験装置の熱損失[W]

3-4 実験パターン

各パネルにおいて、送風量を5~6パターン変化させ、実験を行った。また、アルミ箔を貼った場合とはがした場合の2パターンで実験を行った。

3-5 多孔型パネルの実験結果と考察

パネルに設けた孔径をパラメータに孔の通過風速と熱貫流率の関係を図7に示す。この結果、今回設定した孔径の範囲では、径の大小による差異は見られなかった。また、孔の通過風速の増加に伴い熱貫流率が增大する。また、アルミ箔をはがした場合、熱貫流率は約4[W/m<sup>2</sup>·K]増加して、推移した。この増加分が放射によるものであると考えられる。

3-6 熱移動のモデル化

図8より、室内側、天井懐側、それぞれにおけるアルミ箔を貼った場合の熱収支式は式(2)、式(3)となる。

室内側の熱収支式

$$H_h + KA_1(T_0 - T_1) + \alpha_1 B_1(T_w - T_1) + C \rho V(T_2 - T_1) = 0 \dots (2)$$

天井懐側の熱収支式

$$C \rho V(T_f - T_2) + H_f + KA_2(T_0 - T_2) + \alpha_2 B_2(T_w - T_2) = 0 \dots (3)$$

式(2)、式(3)の $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ を未知数として、実験結果より、各実験毎の $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ を求める。

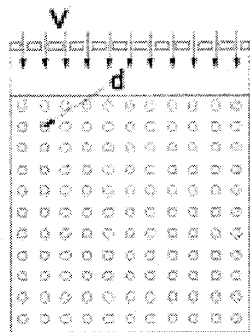


図6 孔の径(d)と通過風速(v)

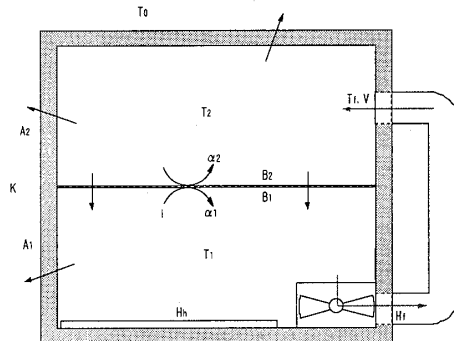


図8 熱移動のモデル化

- $H_h$ : ヒータの発熱量[W]
- $K$ : 壁面の熱貫流率
- $A_2$ : 天井懐側外表面積
- $B_2$ : 天井懐側パネル表面積
- $T_2$ : 天井懐側温度
- $T_1$ : 室内側温度
- $T_0$ : 外部温度
- $C$ : 空気比熱
- $V$ : 吹き出し風量
- $\alpha_1$ : 室内側対流熱伝達率
- $H_f$ : 送風機の発熱量
- $A_1$ : 室内側外表面積
- $B_1$ : 室内側パネル表面積
- $T_l$ : 室内側温度
- $T_w$ : 冷水温度
- $T_f$ : 給気温度
- $\rho$ : 空気比重
- $\alpha_2$ : 天井懐側熱伝達率

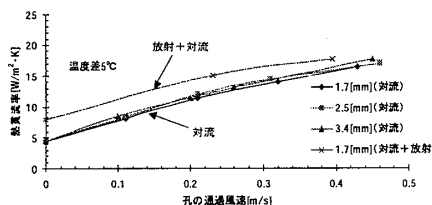


図7 孔径をパラメータとした場合の孔の通過風速と熱貫流率の関係

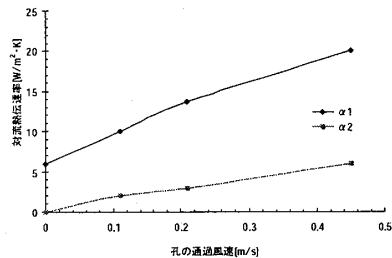


図9 孔の通過風速と対流熱伝達率の関係

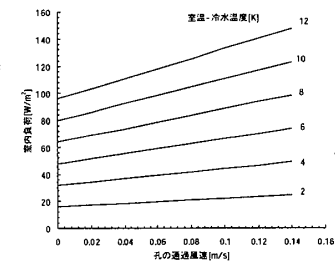


図10 室温-冷水温度をパラメータとした場合の孔の通過風速と室内負荷の関係

得られた $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ をパラメータとした場合の孔の通過風速[m/s]と対流熱伝達率[W/m<sup>2</sup>·K]の関係を図9に示す。図9より、孔の通過風速[m/s]が増加すると、対流熱伝達率[W/m<sup>2</sup>·K]は増加する。また $\alpha_2$ に比べ、 $\alpha_1$ の値は高い値で推移している。よって、天井懐側よりも室内側での熱交換の方が大きいことが分かる。

4. 適用範囲の検討

得られた実験結果を基に適用範囲の検討を行った。図10は、室温-冷水温度[K]をパラメータとした場合の、孔の通過風速[m/s]と室内負荷[W/m<sup>2</sup>]の関係を示したものである。図より、室温-冷水温度を10[K]、孔の通過風速を0.1[m/s]とした場合、除去可能な室内負荷は約110[W/m<sup>2</sup>]となり、通過風速が0[m/s]である従来の天井放射パネルと比べ、約1.4倍の冷却能力の向上となる。

5. 総括

従来の天井放射冷暖房方式は冷却性能に限界があり、床面積あたりで高い発熱密度に対応した冷却は困難であった。しかし、パネルを多孔型にすることでパネル面積当りの冷却性能を向上させることができ、高い発熱密度に対応した冷却が可能となる。

参考文献

- 1) 空気調和衛生工学会: 空気調和衛生工学便覧 6 応用編
- 2) 藤原聡他: 多孔型パネルを用いた天井冷房方式に関する研究 その1 多孔型パネルの熱特性実験, 日本建築学会大会, 学術講演梗概集環境工学II(北陸), pp. 1067-1068, 2002. 8
- 3) 羽山広文他: 天井付設コイルを用いた空調方式に関する検討, 日本建築学会, 建築設備小委員会, タスクアンビエント空調システムWG報告, pp. 27-35, 2003. 3

\*1 北海道大学大学院工学研究科 修士課程  
 \*2 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士(工)  
 \*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博  
 \*4 北海道大学大学院工学研究科 助手・博士(工)  
 \*5 (株) トヨックス

Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.  
 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.  
 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.  
 Instructor, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.  
 TOYOX CO., LTD.