

吸放湿材によるパッシブ調湿を利用したハイブリッド空調に関する研究  
その1 空調負荷と調湿効果に及ぼす外界気象の影響

正会員 ○郡司泰将\*1  
同 岸本嘉彦\*2  
同 銚井修一\*3

冷房運転 吸放湿材 調湿効果  
外界気象 空調負荷 成績係数

1. はじめに

一般に冷房運転の制御対象は室内温度であり、吸放湿材の調湿効果を利用すれば、成り行きで変動する室内湿度を快適範囲内に保持できる可能性がある。しかし、壁体が吸放湿する際には吸発熱が生じ、室内温度にも影響を及ぼすため、空調負荷の観点から見れば、必ずしも吸放湿材が有利に働くとは限らない。また、COPの時間変化を考慮して、壁体の吸放湿性が調湿効果と空調負荷に及ぼす影響を併せて検討した研究はほとんどない<sup>1)</sup>。

そこで本報では、空調機(アクティブ)と吸放湿材(パッシブ)を併用した空調方式(ハイブリッド空調)を適用した際の調湿効果と空調負荷に及ぼす外界気象の影響を明らかにすることを目的とし、COPの時間変化を考慮可能な解析モデル<sup>2)</sup>を用いた数値計算により検討を行う。

2. 解析モデル

2.1 基礎式

壁体内における熱と水分の移動は、式(1)および式(2)に示す蒸気拡散支配の熱水分同時移動方程式により与えられるとする。

$$(c\rho + Rv) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + R\kappa \frac{\partial X}{\partial t} \quad (1)$$

$$(c'\rho_a + \kappa) \frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda' \frac{\partial X}{\partial x} \right) + v \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

室の熱および水分の収支は式(3)および式(4)により与えられる。

$$c_a \rho_a V \frac{\partial T_r}{\partial t} = \sum \alpha_i S_i (T_{si} - T_r) + c_a \rho_a n V (T_o - T_r) + H(t) \quad (3)$$

$$\rho_a V \frac{\partial X_r}{\partial t} = \sum \alpha'_i S_i (X_{si} - X_r) + \rho_a n V (X_o - X_r) + W(t) \quad (4)$$

空調の解析モデルは、北原の提案したモデル<sup>2)</sup>を用いた。すなわち、エアコンのカタログ値のみから空調特性を決定し、空調運転時は吹出風量を固定、負荷に応じて冷媒温度を変化させるモデルである。

2.2 解析対象および計算条件

対象住宅の平面図を図1に示す。解析対象は集合住宅の中間階に位置する一戸を一室と簡略化し用いた。居住

者は4人とした。生活パターンは、6~24時の間、常に4人在室する休日と、8~18時の間のみ在室者が1人となる平日の2パターンとし、1週間の周期内に休日(1日)と平日(6日)の2パターンを繰り返すと想定した。在室人数別の熱水分発生量を表1に示す。

材料の物性値を表2に示す。壁体構成は、コンクリート150[mm]の室内側に軟質繊維板10[mm]を貼付した構成とした。壁体の吸放湿の有無は、室内側湿気伝達率を変化させることにより考慮した。すなわち、吸放湿を考慮しない場合は0.0[kg/m<sup>2</sup>h(kg/kg')], 考慮する場合は15.2[kg/m<sup>2</sup>h(kg/kg')]とした。

空調の冷房運転は温度制御のみを行い、設定温度を27[°C]とした。空調を運転する時間帯は、平日、休日ともに6~24時の間とした。計算には前進型有限差分法を用いた。

外界気象の影響の検討には、次世代省エネ基準のIV地域以南から選出した6都市(名古屋、高松、大阪、福岡、鹿児島、那覇)の拡張アメダス気象

表1 熱水分発生量

在室人数	発熱量		水蒸気発生量	
	人体	照明	人体	人体
男性2名	60W×2	200W	120g/h×2	420g/h
女性2名	48W×2	100W	90g/h×2	90g/h
女性1名	48W×1	100W	90g/h×1	90g/h

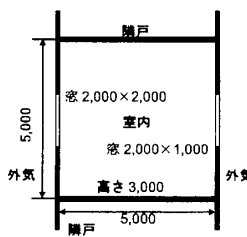


図1 検討対象住宅

表2 材料物性

材料名	密度ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	空隙率c' [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	比熱c [J/kgK]	熱伝導率λ [W/mK]	湿気伝導率λ' [kg/mh(kg/kg')]	κ [kg/m <sup>3</sup> (kg/kg')]	v [kg/m <sup>3</sup> K]
コンクリート	2200	0.05	840	1.89	0.0029	6948	5.76
軟質繊維板	240	0.7	1298	0.064	0.0177	8148	3.33

表3 外界気象条件

検討項目	平均温度 [°C]	平均絶対湿度 [g/kg]	温度振幅 [°C]	絶対湿度振幅 [g/kg]
	平均温度	27, 28, 29	17.3	±2.75
平均絶対湿度	28	16.9, 17.3, 17.7	0	±0.35
温度振幅	27, 29	17.3	±1.85, ±3.25	0
絶対湿度振幅	28	15.9, 20.0	0	±0.15, ±0.6

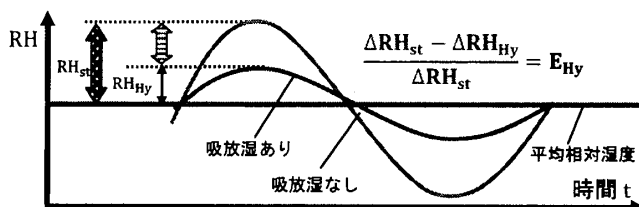


図2 相対湿度変動を用いた調湿効果の判断方法

データを基に検討に用いる外界気象データを作成した。まず、気象要素から4要素(平均温度、平均絶対湿度、温度振幅、絶対湿度振幅)を選出し、各要素を単独に変化させることで、それぞれが調湿効果と空調負荷に及ぼす影響を検討した。気象要素の設定値は、6都市の平均値、最大値、最小値に基づき設定した。検討する気象要素毎の設定した外界気象条件を表3に示す。

検討には周期的定常に達した週の結果を用いた。調湿効果の判断には、図2に示す調湿効果指標  $E_{Hy}$  を用いた。

### 3. 外界気象の影響についての検討

#### 3.1 調湿効果に及ぼす影響

吸放湿を考慮しない場合の室内相対湿度変動のピーク時における調湿効果  $E_{Hy}$  を、検討した外界気象要素別に表4に示す。表4より、想定される外界気象の変動範囲においては、平均外気温の影響が最も大きい結果となった。これは、平均外気温低下による相対湿度変動の増大によって吸放湿量が増加するためと考えられる。

平均外気温のみを変化させた場合の室内相対湿度の時間変化を平均外気温別に図3に示す。図3より、平均温度によらず、吸放湿考慮により相対湿度変動を抑制できていることがわかる。

#### 3.2 空調負荷に及ぼす影響

ここでは、4つの気象要素のうち、想定される外界気象の変動範囲において影響が最大となった平均外気温について示す。検討した平均外気温毎の日積算顕熱、潜熱、全熱および電力負荷を吸放湿考慮による変化量とともに図4に、壁体からの放湿量の時間変化を図5に示す。

図4より、吸放湿考慮による負荷の変化に着目すると、平均外気温が高くなるほど、顕熱負荷の増加量が減少し、反対に潜熱負荷の増加量は増加している。これは、平均外気温の上昇により空調が除去する水分量が増加し、図5より、それに伴い休日においては壁体からの放湿量が増加することによる。平日の放湿量は逆の傾向を示すが、在室者が少なく空調の水分的除去量が増加しないことから、負荷は変化しない。また、平均外気温が異なると、吸放湿考慮により顕熱および潜熱負荷は変化するが、全熱および電力負荷は1[%]程度しか変化しない。よって外気温によらず、吸放湿を考慮しても、結果的に総空調負荷および電力負荷を変化させないと言える。

#### 4. まとめ

- 1) 外気温の平均値が低い地域ほど、空調運転時に高い調湿効果を期待できる可能性が高い。また、調湿効果に及ぼす外界気象の影響は小さい。
- 2) 外界気象要素の違いにより、吸放湿考慮による顕熱および潜熱負荷は変化するが、総空調負荷および電

表4 気象要素別調湿効果  $E_{Hy}$

平均外気温	27°C	28°C	29°C	
	0.86	0.78	0.71	
平均外気絶対湿度	16.9g/kg'	17.3g/kg'	17.7g/kg'	
	0.79	0.77	0.74	
外気温振幅	27°C		29°C	
	±1.85°C	±3.25°C	±1.85°C	±3.25°C
	0.87	0.89	0.74	0.77
外気絶対湿度振幅	15.9g/kg'		20.0g/kg'	
	±0.15g/kg'	±0.6g/kg'	±0.15g/kg'	±0.6g/kg'
	0.79	0.80	0.77	0.78

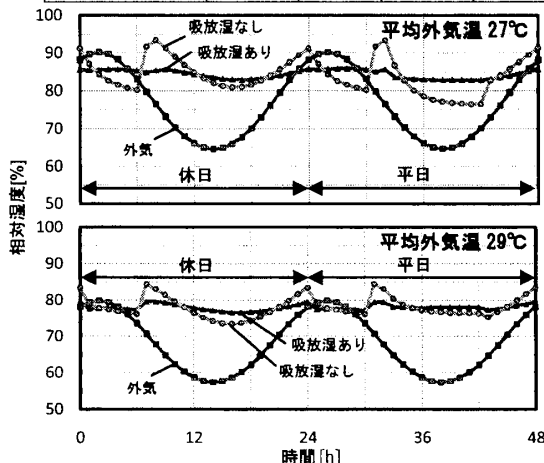


図3 室内相対湿度の時間変化

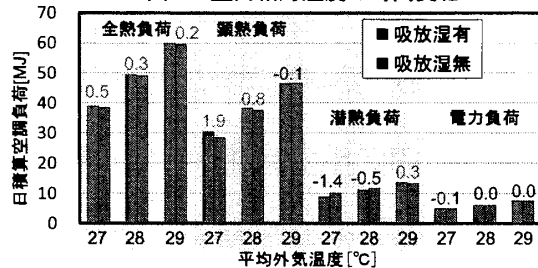


図4 平均外気温ごとの日積算空調負荷

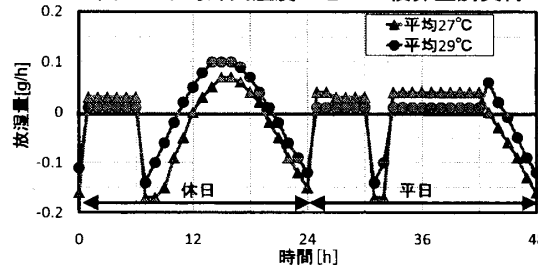


図5 平均外気温ごとの放湿量

力負荷の変化は1[%]程度であった。よって、今回検討した条件においては、総空調負荷および電力負荷を変化させることなく、ハイブリッド空調により室内湿度変動の抑制が可能である。

(記号)

R:水の潜熱[J/kg], T:温度[°C], t:時間[s], κ:吸放湿特性値[kg/m<sup>3</sup>(kg/kg')], X:絶対湿度[g/kg'], ρ<sub>a</sub>:空気密度[kg/m<sup>3</sup>], ν:吸放湿特性値[kg/m<sup>3</sup>K], C<sub>a</sub>:空気の比熱[J/kgK], V:室の容積[m<sup>3</sup>], T<sub>i</sub>:室内温度[°C], α:熱伝達率[W/m<sup>2</sup>K], S:壁の表面積[m<sup>2</sup>], T<sub>w</sub>:壁体の室内側表面温度[°C], n:換気回数[1/h], T<sub>o</sub>:外気温[°C], H(t):室内熱発生量[W], X<sub>i</sub>:室内絶対湿度[kg/kg'], α':湿気伝達率[kg/m<sup>3</sup>(kg/kg')], X<sub>w</sub>:壁体の室内側表面絶対湿度[kg/kg'], X<sub>o</sub>:外気絶対湿度[kg/kg'], W(t):室内水蒸気発生量[kg/s]

(参考文献)

- 1) 岸本嘉彦, 針井修一: アクティブ調湿とパッシブ調湿の併用による調湿とエネルギー消費, 第40回熱シンポジウム「人・物・建物にとっての湿気」, 日本建築学会環境工学委員会, pp.163-169, 2010.
- 2) 北原博幸, 小西克浩, 数江昇貴: 湿式デシカント回路を搭載したエアコンの除加湿性能の評価(第1報)理論的検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.205-208, 2008.

\*1 室蘭工業大学大学院工学研究科 博士前期課程  
 \*2 室蘭工業大学大学院工学研究科 助教 博士(工学)  
 \*3 京都大学大学院工学研究科 教授 工学博士

\*1 Graduate Student, Graduate School of Muroran Inst of Tech.  
 \*2 Assist. Prof., Graduate School of Engineering, Muroran Inst. of Tech., Dr. Eng.  
 \*3 Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto Univ., Dr. Eng.