

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2 室内温湿度および空調負荷の簡易予測式の検討

正会員 ○岸本嘉彦*¹
同 郡司泰将*²
同 銚井修一*³

吸放湿材 調湿効果 空調負荷
外界気象 簡易予測式 周期平均値

1. はじめに

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よる冷房運転時の室内温湿度や空調負荷は、外界気象や生活パターンなどの様々な要因により変化する。時々刻々に変動する室内温湿度および空調負荷を予測するためには、長期の計算時間を要する非定常計算が必要となる。しかし、地域による比較を目的とする場合、温湿度や負荷の平均値を予測できれば十分な場合が多い。温湿度の簡易予測手法は岸本らによって提案¹⁾されているが、外界気象の異なる地域への適用、および空調負荷の簡易予測手法については検討されていない。

そこで本報では、外界気象要素を入力とし、室内温湿度、空調負荷の周期平均値を簡易に予測する手法の検討を行う。また、導出した簡易予測式による結果と前報²⁾の数値計算結果を比較し、簡易予測式の妥当性を検討する。

2. 計算対象および条件

計算対象と計算条件のうち、外界気象条件以外は前報²⁾と同様とした。外界気象は、拡張アメダス気象データのうち、7月、8月のデータを基に1時間毎の平均値を算出し作成した6都市の1日周期の温湿度変動を用いた。作成した各都市の1日周期の温湿度変動を図1に示す。

3. 簡易予測式の導出

3.1 室内温湿度

平均室内温度 $\overline{T_r(t)}$ [°C]および平均室内絶対湿度 $\overline{X_r(t)}$ [g/kg]の簡易式を導出するにあたり、まず式(1)および式(2)に示す熱および水分の非定常収支式を作成した。

$$C\gamma V \frac{dT_r(t)}{dt} = Q_r(t) - Q_w(t) + C\gamma V n \{T_o(t) - T_r(t)\} - CQ_{ac}(t)(1 - BF)\{T_r(t) - T_{sat}\} \quad (1)$$

$$\gamma V \frac{dX_r(t)}{dt} = M_r(t) - M_w(t) + \gamma V n \{X_o(t) - X_r(t)\} - Q_{ac}(t)(1 - BF)\{X_r(t) - X_{sat}\} \quad (2)$$

蒸発器温度 T_{sat} の算定には、次式の比例制御の式を用いた。

$$T_{sat} = T_{set, evp} - \beta \{T_r(t) - T_{set}\} \quad (3)$$

周期的定常状態下では、収支式を時間積分することにより、式中の時間関数を定数として扱うことが可能となる。これを利用し、平均室内温度および絶対湿度のみを未知数とする1次式を導出した。導出した簡易式を式(4)および式(5)に示す。

$$0 = \overline{Q_r(t)} - \overline{Q_w(t)} + C\gamma V n \{\overline{T_o(t)} - \overline{T_r(t)}\} - C\overline{Q_{ac}(t)}(1 - BF)\{(1 + \beta)\overline{T_r(t)} - \overline{T_{set, evp}} - \beta\overline{T_{set}}\} \quad (4)$$

$$0 = \overline{M_r(t)} - \overline{M_w(t)} + \gamma V n \{\overline{X_o(t)} - \overline{X_r(t)}\} - \overline{Q_{ac}(t)}(1 - BF)\{\overline{X_r(t)} - \overline{X_{sat}}\} \quad (5)$$

3.2 空調負荷

顕熱負荷 $\overline{Q_{sh}(t)}$ [MJ]の簡易式については、室内温度 $\overline{T_r(t)}$ から蒸発器の温度 T_{sat} [°C]まで冷却した際の熱量の式³⁾を時間積分することにより、式(6)に示す1次式を導出した。

$$\overline{Q_{sh}} = \frac{CQ_{ac}(t)}{\{1 + \overline{X_r(t)}\}} \times \{\overline{T_r(t)} - T_{sat}\} \quad (6)$$

潜熱負荷 $\overline{Q_{lh}(t)}$ [MJ]の簡易式は、室内絶対湿度 $\overline{X_r(t)}$ の空気を蒸発器温度の飽和絶対湿度 X_{sat} [g/kg]まで除湿するために必要な熱量の式³⁾を時間積分することにより次式を導出した。

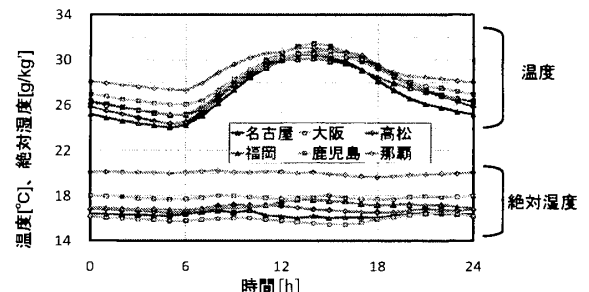


図1 各都市の室内温湿度変動

$$\overline{Q_{in}} = \frac{LQ_{ac}(t)}{\{1 + X_r(t)\}} \times \{X_r(t) - X_{sat}\} \quad (7)$$

4. 簡易式の妥当性の検討

4.1 室内温湿度簡易予測式

簡易式に代入する外界気象データは、図1に示す6都市の1日周期の温湿度変動の平均値を用いた。各地域における1日周期の温度および絶対湿度変動の日平均値を表1に示す。

室内温湿度の絶対比較および簡易式の結果を後述の方法により補正した結果とともに図2に示す。

図2より、絶対値を比較すると、平均室内温度および平均室内絶対湿度ともに、簡易式の結果が数値計算の結果よりも値が高く、特に、平均絶対湿度に関しては最大で12[%]程度の誤差が生じた。これは、空調による加湿を数値計算においては想定していないが、簡易式では想定しているためと考えられる。

しかし、簡易式による結果と数値計算結果の地域による変化量を比較すると概ね一致しており、簡易式によって地域差を推定可能と言える。つまり、基準地域を設け、基準地域のみ数値計算結果を用いることで、地域毎の絶対値も推定可能と考えられる。そこで、基準地域と他の地域における簡易式による解の差を基準地域の数値計算結果に加えることにより、簡易式による値の補正を行った。室内温度の補正式を式(8)に示す。

$$T_e = T_{p,b} - (T_{s,b} - T_s) \quad (8)$$

ここでは大阪を基準地域とし補正を行った。補正により数値計算との誤差を、平均温度では0.4[%]、平均絶対湿度では4[%]以内に収めることができた。よって提案した簡易式により室内温湿度の地域差を推定可能といえる。

4.2 空調負荷簡易予測式

日積算空調負荷の絶対比較および、簡易式の結果を前節の室内温湿度の場合と同様の方法により補正した結果とともに図3に示す。

図3より、絶対値では顕熱および潜熱負荷ともに簡易式の結果が数値計算の結果より低い値となり、最小でも20[%]程度の誤差が生じた。これは平均室内絶対湿度の簡易式の場合と同様、空調による加湿を数値計算においては想定していないが、簡易式による計算では想定しているためと考えられる。

一方、基準地域の数値計算結果を用いて簡易式の値を補正すると、最小で1[%]以内の誤差に収まったことから、提案した簡易式により全熱、顕熱、潜熱のいずれの空調

表1 平均外気温湿度(7月~8月)

	名古屋	大阪	高松	福岡	鹿児島	那覇
平均室内温度[°C]	27.0	27.9	27.6	27.6	28.2	29.0
平均室内絶対湿度[g/kg]	19.8	19.5	20.3	20.6	21.3	23.4

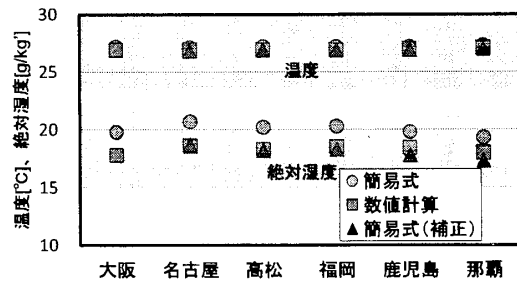


図2 平均室内温湿度

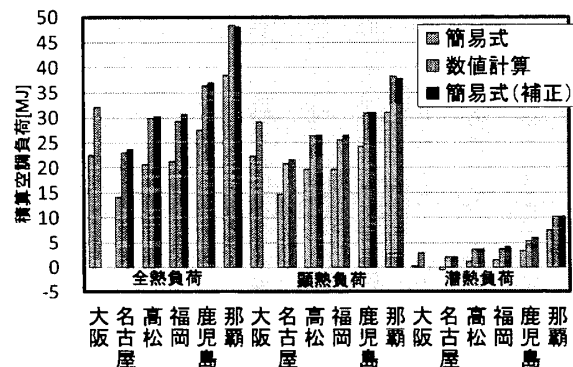


図3 日積算空調負荷

負荷についても地域差が推定可能である。

5. まとめ

熱および水分の収支式を時間積分することで室内温湿度の簡易式を、空調機により除去される熱量の式を時間積分することで空調負荷の簡易式をそれぞれ導出した。

簡易式に外界気象を入力することで、室内平均温湿度および空調負荷の地域差を予測でき、基準地域のみ数値計算結果を併用すれば絶対値の推定も1[%]程度の誤差の範囲で可能となる。

<記号>

C: 空気の比熱[J/kgK], γ : 空気の密度[kg/m³], V: 部屋の容積[m³], $Q_s(t)$: 室内熱発生量[W], $Q_w(t)$: 壁体の吸熱量[W], $T_o(t)$: 外気温度[°C], Q_{ac} : 吹き出し風量[kg/h], BF: バイパスファクタ, $M_r(t)$: 室内水蒸気発生量[kg/h], $M_w(t)$: 壁体の吸湿度[kg/h], $X_o(t)$: 外気絶対湿度[g/kg], X_{sat} : 蒸発器温度の飽和絶対湿度[g/kg], $T_{set, evp}$: 冷媒基準温度[°C], β : 比例ゲイン, T_{set} : 設定温度[°C], L: 水の潜熱[J/kg], T_e : 補正平均室内温度[°C], $T_{p,b}$: 基準地域の数値計算による平均室内温度[°C], $T_{s,b}$: 基準地域の簡易式による平均室内温度[°C], T_s : その他の地域の簡易式による平均室内温度[°C]

<参考文献>

- 1) 岸本嘉彦, 鉾井修一: 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・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) 郡司泰将, 岸本嘉彦, 鉾井修一: 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, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2011.
- 3) 北原博幸, 小西克浩, 数江昇資: 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, 空調調和・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 助教 博士 (工学)
 *2 室蘭工業大学大学院工学研究科 博士前期課程
 *3 京都大学大学院工学研究科 教授 工学博士

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