

# 外気導入量の変化がハイブリッド加湿の加湿性能とエネルギー消費に与える影響に関する検討

正会員 同  
 ○湛 晴\*  
 齋藤 輝幸\*\*

湿度制御 シミュレーション  
 気化式加湿器 ハイブリッド加湿  
 電極式加湿器 エネルギー消費

## 1.はじめに

近年は居室に対する外気導入量が増えており、従来の加湿器では冬期における加湿能力の不足やエネルギー消費量の増加が懸念されている。そこで、一般的な気化式加湿器と電極式加湿器(以下、気化式と電極式と記す)の長所を合わせ持つハイブリッド加湿方式が開発されている。ハイブリッド加湿ではまず気化式により加湿し、不足する加湿量を電極式によって補うことで、より安定した加湿を行いつつ消費電力を抑えることが期待できる。本報では、ハイブリッド加湿の加湿性能を評価するための数値モデルにより、外気導入量の変化がハイブリッド加湿の加湿性能とエネルギー消費に与える影響について検討を行った。

## 2.実測概要

実測調査では、2020年12月に計8日間、表1に示した講義室へ給気する空調機器の入口及び出口空気の状態を計測した。空調設定条件と導入設備を表2と表3に示す。計測期間中に気化式のみ、電極式のみ、およびハイブリッド加湿条件で運転を行った。図1の左側に示すように、空調機内の外気側と還気側コイルの入口・出口、気化式加湿器出口及び給気側吹出口に温湿度計を設置した。

## 3.ハイブリッド加湿モデル

対象とする気化式の概要を図1の右上に示す。計算に用いたモデルの概要を図2、基礎方程式を式(1)~(3)に示す<sup>1)</sup>。式中の  $X_w$  は水温に応じた飽和空気絶対湿度である。本報では1分間隔で測定した入口空気の温湿度を入力し、出口空気の状態を得ることとした。また、式(4)で定義されるルイスの関係を用いて、同定する係数を  $\alpha S$  の1つに絞った。気化式のみで運転していた2020/12/25について、実測値とモデルによる計算値を用いて温度・絶対湿度の平均値二乗誤差率を求め、その値が最も小さくなるように  $\alpha S$  を定めた。

$$\rho_a C_a v_a \frac{\alpha T_a}{\alpha x} = \alpha S (T_w - T_a) \quad (1)$$

$$\rho_a v_a \frac{\alpha X_a}{\alpha x} = \alpha' S (X_w - X_a) \quad (2)$$

$$-C_w m_w \frac{\alpha T_w}{\alpha y} = -L \alpha' S (X_w - X_a) - \alpha S (T_w - T_a) \quad (3)$$

$$\frac{\alpha}{\alpha' C_a} = 1 \quad (4)$$

対象とする電極式の概要を図1の右下に示す。式(5)は電

流による発熱とシリンダ内の水蒸発による熱量変化の転換、式(6)は給気風量と絶対湿度差による加湿量の計算を表す。本モデルでは簡易化のため蒸気シリンダ内水の質量を最大(15kg)、水の温度を常に100℃一定として、加湿量に応じた給水を加熱するための消費電力を計算した。

$$3600Et = m_w C_w \Delta t \times 10^{-3} + LH \quad (5)$$

$$H = \rho_a v_a (X_{a,out} - X_{a,in}) \quad (6)$$

また、検討対象としたハイブリッド A~C の加湿構成を表4に、コイルの出入口空気温度差から求めた加熱量と室外機における消費電力量の関係を図3と図4に示す。

## 4.シミュレーションの結果

外気導入量の変化がハイブリッド加湿に与える影響を

表1 講義室概要		表2 設定条件	
対象施設	名古屋市内の某大学の講義室	風量 m <sup>3</sup> /h	設定温湿度
面積	約256m <sup>2</sup>	8000	22℃・50%
収容人数	200名	OA 4000	
		RA 4000	

表3 導入空調設備	
システム	空冷直膨式
	潜熱分離処理後混合吹出AHU (デュアルコイルシステム)
型番	PH-8000DD-AD (1台)
熱交換器	外気側 回路分割コイル 還気側 標準コイル
加湿	ハイブリッド加湿
吹出口	誘引放射空調×30台 (イオン&オゾン発生器付)

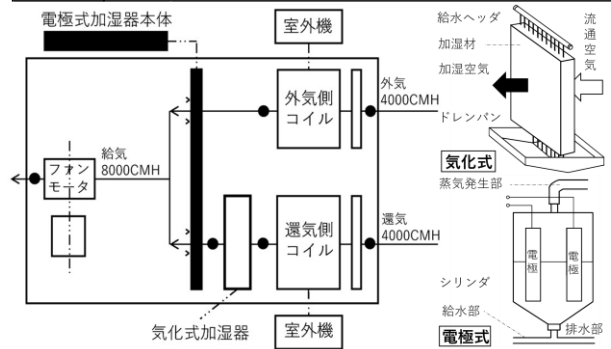


図1 空調機イメージと気化式・電極式概要

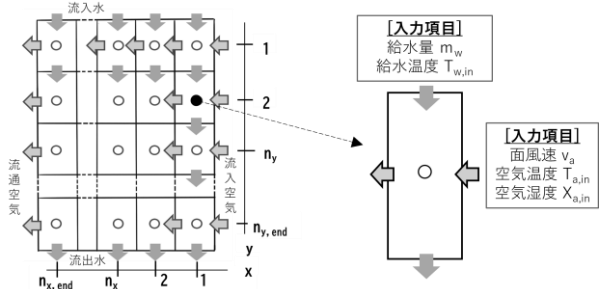


図2 気化式モデル

表4 各ハイブリッド加湿構成と消費電力量の算出方法

	ハイブリッドA	ハイブリッドB	ハイブリッドC
システム構成			
空気線図上の状態点			
消費電力量 [kwh]	①→② 図-3の関係式より演算 ②→③ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 ④→⑥ 図-4の関係式より演算 ⑥→⑦ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 合計 (①→②)+(②→③)+(④→⑥)+(⑥→⑦)	①→③ 図-3の関係式より演算 ③→④ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 ⑤→⑥ 図-4の関係式より演算 ⑥→⑦ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 合計 (①→③)+(③→④)+(⑤→⑥)+(⑥→⑦)	①→③ 図-3の関係式より演算 ③→④ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 ⑤→⑦ 図-4の関係式より演算 ⑦→⑧ $E_{(d)}=0.76 \times x_{(d)}$ より演算 合計 (①→③)+(③→④)+(⑤→⑦)+(⑦→⑧)

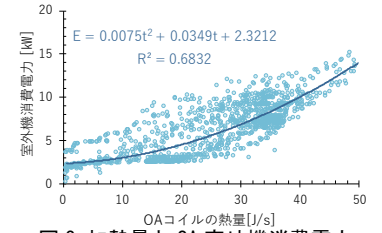


図3 加熱量とOA室外機消費電力

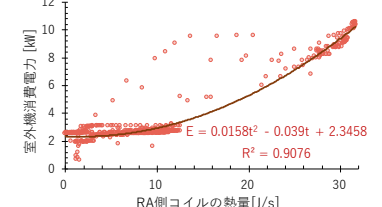


図4 加熱量とRA室外機消費電力

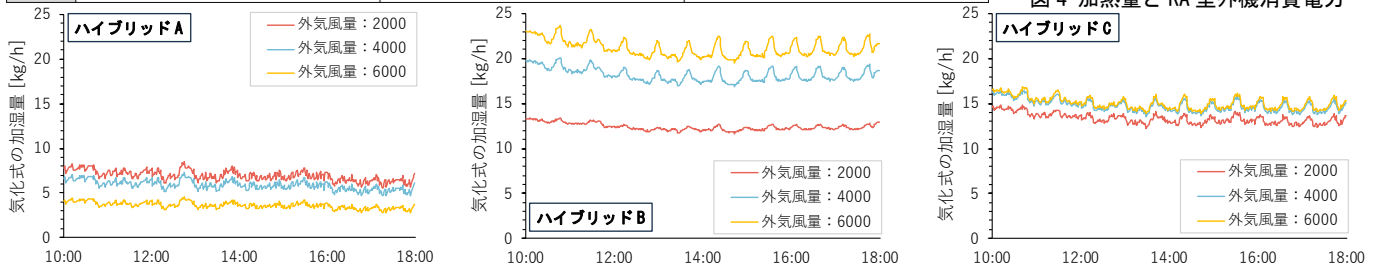


図5 各ハイブリッド構成における気化式加湿量の経時変化

明らかにするため、外気導入量を 2000、4000、6000 m<sup>3</sup>/h と変化させ、ハイブリッド A~C の気化式による加湿量を予測した結果を図5に示す。図5から、気化式を還気側に設置したハイブリッド A では、外気導入量の増加に伴い気化式加湿量が減少するが、B や C ではその逆の傾向が見られる。気化式を外気側に設置したハイブリッド B は、乾燥した外気のため湿度が乗りやすく、その結果、A よりも加湿量が著しく大きいことが分かる。そのため、ハイブリッド B では電極式による加湿量が A よりも少なくなる。さらに、外気導入量の違いが加湿量に与える影響は、A や C よりも B において大きいことが示されている。

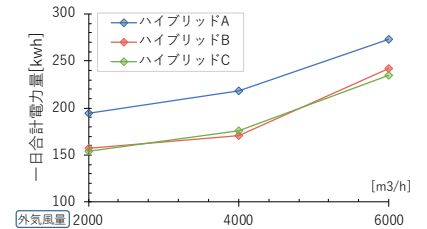
外気側に設置したハイブリッド B、C において、外気導入量の増加に伴い気化式の加湿効果が向上し、電極式の運転時間が減少するため、省エネ効果が更に高まることが分かった。

**謝辞** 本研究の実測と検討を行うにあたり大学施設関係者に多くのご協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

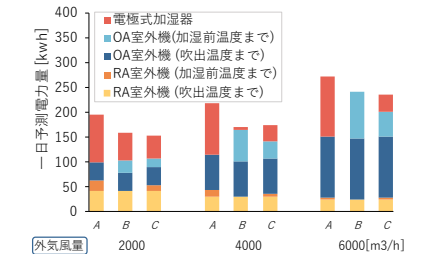
次に、外気導入量の変化がハイブリッド加湿の消費電力量に与える影響を明らかにするため、一日の合計加湿量を 200kg 目標値とし、外気導入量を 2000、4000、6000 m<sup>3</sup>/h とした際の合計予測電力量とその内訳を図6に示す。図6(a)より、いずれの加湿構成においても、外気導入量の増加に伴う合計予測電力量の増加が確認できる。また、図6(b)より、ハイブリッド B と C では、外気導入量の増加によって、気化式加湿のための給気温度上昇に対応する OA 側室外機消費電力量が増加し、電極式の消費電力は減少しているが、B や C の合計予測電力は A よりも少ないことが分かる。

5.まとめ

本報では、シミュレーションにより外気導入量の変化がハイブリッド加湿の加湿性能と消費電力に与える影響を検討した。その結果、冬季の暖房運転では、気化式を



(a) 合計予測電力量と外気風量



(b) 合計予測電力量の内訳と外気風量

図6 合計予測電力量と外気風量の関係

参考文献

- 馬場貴志ら：冷水作成機能を持ったデシカント外気処理機の数値解析検討 第1報 加湿エレメントのモデル作成及び性能評価, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.125-128, 2015.09
- 湛 晴, 齋藤 輝幸：ハイブリッド加湿器における加湿性能に関する研究 (第1報) 気化式加湿器の配置がハイブリッド加湿器の性能に与える影響, 空気調和・衛生工学会大会 (福井) 学術研究発表会論文集, p. 89-92, 2023.09

記号・添字

E: 消費電力[kW], ρ: 密度[kg/m<sup>3</sup>], C: 比熱[kJ/kgK], v: 面風速[m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>], m: 単位面積当たりの給水量[kg/m<sup>2</sup>s], T: 温度[°C], X: 絶対湿度[kg/kg], α: 熱伝達率[kJ/m<sup>2</sup>Ks], α': 湿気伝達率[kJ/m<sup>2</sup>(kg/kg)s], S: 単位体積当たりの水と空気接触面積[m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>], L: 蒸発潜熱[kJ/kg], H: 水蒸発量/加湿量[kg/h], t: 時間[h], m: シリンド内水質量[kg];  
 x: エレメント奥行方向を正とする軸, y: エレメント高さ下向き方向を正とする軸, a: エレメント内を流れる空気, w: エレメント内を流れる水, a,in: エレメントに入る空気, w,in: エレメントから入れる給水, a,out: エレメントから出る空気, w,out: エレメントから出る排水。

\*名古屋大学大学院環境学研究科 修士(工学)

\*\*名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・博士(工学)

\* Grad School of Env. Stud., Nagoya Univ., M. Eng.

\*\* Assoc.Prof., Grad School of Env. Stud., Nagoya Univ., Dr. Eng.