

建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第 84 報 機器効率を考慮した吸着式除湿空調システムの投入熱量評価

正会員 ○小林 信裕*1 同 郡 公子*2
同 石野 久彌*3 村上 周三*4

BEST デシカント空調 吸着式除湿

1. はじめに

近年、潜熱・顕熱分離空調システムの普及に伴い、様々な空調用除湿システム（以降、除湿システムという）が開発されている。除湿システムは、装置の組み合わせ、熱源種類、流路構成まで分類すると、無数の除湿システムが存在する。本研究では、それらの除湿システムを導入した際の省エネルギー効果を設計段階で把握し、除湿システムを適切に選定することを目的とし、幅広い除湿システムに対応した性能予測手法と評価法を提案することを目的とする。本報では、ロータ式の吸着除湿システムについて、実性能時と理想状態における投入熱量を評価した結果を報告する。

2. ロータ部分の除湿係数の影響

表 1 に構成機器各部の計算式を示す。デシカントロータの部分で使用する式は、熱・水分収支を解く方法と比べ計算負荷が小さく年間シミュレーションに適した推定式で、吸着式除湿の理想状態のプロセスからのずれを、エンタルピーに関する除湿係数と、相対湿度に関する除湿係数で表現し、2つの除湿係数と処理側・再生側空気の温湿度条件のみで除湿量を計算できる特徴を持つ。除湿係数 ϵ_h は小さいほど、 ϵ_{Rh} は大きいほど良く、除湿特性を分かり易く表している。本推定式を用いて、ロータ部分の除湿係数の影響について感度解析を行った。表 2 に計算条件を示す。除湿係数は $\epsilon_h=0$ 、 $\epsilon_{Rh}=1$ （理想状態）から $\epsilon_h=0.2$ 、 $\epsilon_{Rh}=0.8$ （実性能）までを検討した。再生温度 60°C 時の除湿量を図 1 に、再生温度 80°C 時の除湿量を図 2 に示す。再生温度 60°C、80°C ともに ϵ_{Rh} や再生温度の影響に比べ、入口空気状態や ϵ_h の影響は比較的小さい。除湿量の増加のためには ϵ_{Rh} の性能向上が重要と言える。再生温度を 80°C にしても、実性能時の除湿量は約 0.005kg/kg(DA)で、さらに除湿量を増やすには、再生温度を上げて対応するのは難しく、予冷による過冷却除湿、全熱交換など、2段階の除湿が必要となる。

3. ロータ式除湿空調機の機器構成の調査

近年、建築分野で研究されている除湿システムの機器構成を明らかにするため、2006～2016 年度の日本建築学会学術講演梗概集、日本建築学会環境系論文集を調査した。表 3 に近年研究された除湿システムの機器構成、図 3 に表 3 の機器構成を全て含んだシステム図を示す。事例

表 1 構成機器各部の計算式

・顕熱交換器、全熱交換器の部分で使用する式
高温側空気と低温側空気の交換熱量は一致するものとし、温度交換効率 η_t [-]、湿度交換効率 η_x [-] は次式で表す。
$\eta_t = (t_i - t_e)/(T_i - t_i) \quad (1)$
$\eta_x = (x_i - x_e)/(X_i - x_i) \quad (2)$
・デシカントロータの部分で使用する式
エンタルピーに関する除湿係数 ϵ_h [-]、相対湿度に関する除湿係数 ϵ_{Rh} [-] は次式で表す。
$\epsilon_h = (h_{PA} - h_{OA})/(h_{RGA} - h_{OA}) \quad (3)$
$\epsilon_{Rh} = (Rh_{PA} - Rh_{OA})/(Rh_{RGA} - Rh_{OA}) \quad (4)$
【記号】 T 、 t : 高温側空気、低温側空気の温度 [°C]、 X 、 x : 高湿側空気、低湿側空気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]、 h : エンタルピー [kJ/kg]、 Rh : 相対湿度 [%]、 i 、 e : 入口側、出口側、 PA 、 OA 、 RGA : 処理側出口空気、処理側入口空気、再生側入口空気

表 2 ロータ部分の計算条件

空気	外気: 33.0°C, 60%, 0.0191kg/kg(DA)、 予冷後空気: 23.2°C, 90%, 0.0161kg/kg(DA) 再生空気: 60°C, 8%, 0.0100kg/kg(DA)、 再生空気: 80°C, 4%, 0.0100kg/kg(DA)
除湿係数	$\epsilon_h = 1.0, 0.9, 0.8$ [-]、 $\epsilon_{Rh} = 0, 0.1, 0.2$ [-]

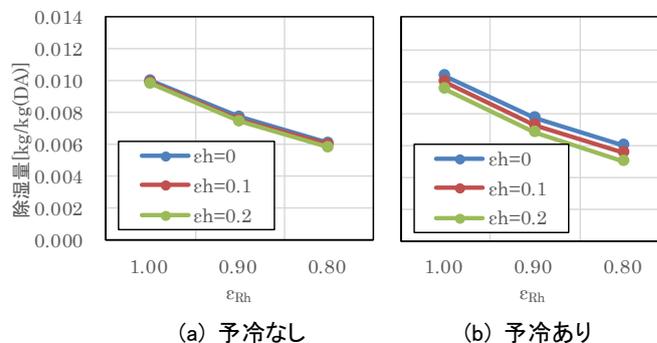


図 1 除湿係数別の除湿量(再生温度 60°C)

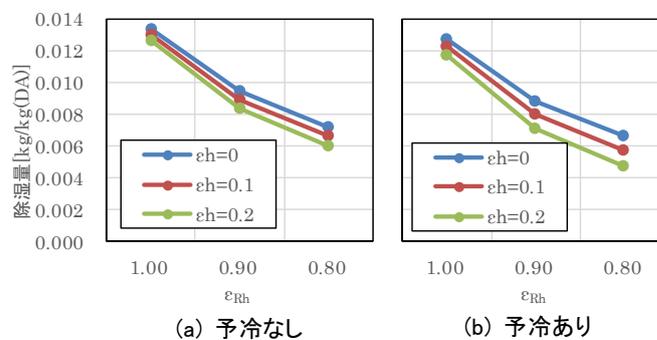


図 2 除湿係数別の除湿量(再生温度 80°C)

Development of a Building Energy and Environment Simulation Tool, the BEST

Part 84 Evaluation of the Heat Input to the Adsorption Type Dehumidifying Air Conditioning System

Nobuhiro KOBAYASHI, Kimiko KOHRI, Hisaya ISHINO, Shuzo MURAKAMI

表3 近年研究された除湿システムの機器構成

Case	機器構成						論文数
1	DW	HC2					3
2	DW	HC2	S_HEX				8
3	DW	HC2	S_HEX	CC1			5
4	DW	HC2	S_HEX	CC2			17
5	DW	HC2	S_HEX	CC3			1
6	DW	HC2	S_HEX	CC1	CC3		1
7	DW	HC2	S_HEX	CC2	CC3		1
8	DW	HC2	S_HEX	CC1	CC2		3
9	DW	HC2	S_HEX	CC1	CC2	CC3	1
10	DW	HC2	T_HEX	CC1	CC2	HC1	3

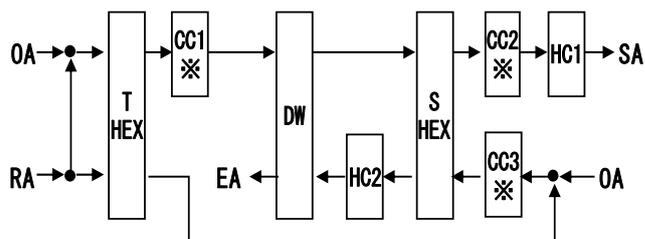
が少なく、機器構成が全く異なる除湿システムを除き、ほとんどが本システム図に包含される。

4. 実性能と理想状態における投入熱量の評価

顕熱交換器と組み合わせた除湿システム(Case1)、全熱交換器と組み合わせた除湿システム(Case2)について、同一空気条件のもと、実性能時と理想状態における投入熱量を評価した。表4に計算条件、図4にシステム図と実性能時の空気状態、図5に投入熱量を示す。Case1,2とも、顕熱交換器、全熱交換器の性能向上で相殺される熱量が増加、吸着ロータの性能向上で除湿に必要な投入熱量が減少する。実性能時に比べ理想状態は投入熱量が半分以下と推定され、構成機器の性能向上により投入熱量の削減量の限界が明らかになった。

5. まとめ

ロータ式の吸着除湿空調システムについて、ロータ部分の除湿係数の影響を明らかにし、近年研究された除湿システムの機器構成を調査し、顕熱交換器、全熱交換器と組み合わせた吸着式除湿システムの実性能と理想状態に



【記号】DW：デシカントロータ、HC：加熱コイル、
CC：冷却コイル、S_HEX：顕熱交換器、T_HEX：全熱交換器
※冷却コイルは間接気化冷却器に置き換えられることもある。

図3 構成機器を全て含んだシステム図

における投入熱量を評価した。

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」およびプログラム開発委員会(石野久彌委員長)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。

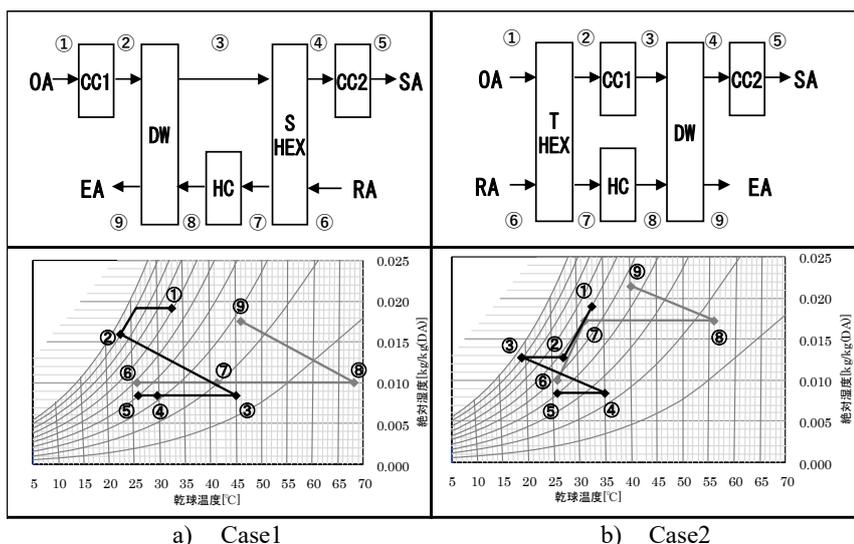


図4 各除湿システムのシステム図と実性能時の空気状態

表4 投入熱量評価の計算条件

空気	外気: 33.0°C, 60%, 0.0191kg/kg(DA) 還気: 26°C, 48%, 0.0100kg/kg(DA) 給気: 26°C, 40%, 0.0085kg/kg(DA)
除湿係数	理想: $\epsilon_h=1.0 [-]$, $\epsilon_{Rh}=0 [-]$ 実性能: $\epsilon_h=0.9 [-]$, $\epsilon_{Rh}=0.1 [-]$
温度・湿度交換効率	理想: $\eta_t=1.0 [-]$, $\eta_x=1.0 [-]$ 実性能: $\eta_t=0.8 [-]$, $\eta_x=0.7 [-]$

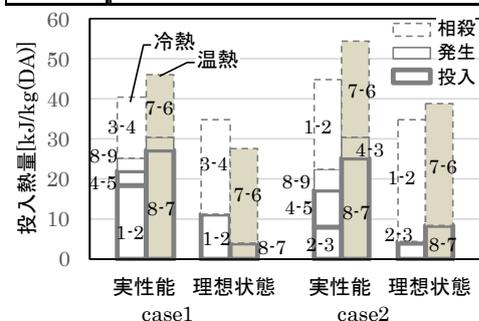


図5 実性能と理想状態の投入熱量

- *1 前田建設工業(株)
- *2 宇都宮大学
- *3 首都大学東京
- *4 建築環境・省エネルギー機構

- *1 Maeda Corporation
- *2 Utsunomiya University
- *3 Tokyo Metropolitan University
- *4 Institute for Building Environment and Energy Conservation