

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その201)
空調機の機器特性

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part201)
Equipment Characteristics of AHU

正会員 ○大浦 理路 (日建設計) 正会員 川津 行弘 (日本設計)
特別会員 村上 周三 (建築環境・省エネルギー機構) 技術フェロー 石野 久彌 (首都大学東京名誉教授)
正会員 品川 浩一 (日本設計) 正会員 丹羽 勝巳 (日建設計)

Masamichi OURA*1 Yukihoro KAWAZU*2 Shuzo MURAKAMI*3

Hisaya ISHINO*4 Koichi SHINAGAWA*2 Katsumi NIWA*1

*1 Nikken Sekkei Ltd. *2 Nihon Sekkei, Inc. *3 Institute for Building Environment and Energy Conservation

*4 Tokyo Metropolitan University

The BEST equipment characteristics sub working group is conducting modeling of various machineries for the purpose of designing and simulation of air conditioning systems. In this part 201, characteristics of AHU components were prepared. Characteristics of cool/hot coils were revised K factor (Heat transfer coefficient) on 7fin 10fin 12fin. Statics pressure of cool/hot coil, heat exchanger, and filters in AHU can be calculated. Characteristics of vaporizing humidifier were revised humidification efficiency and were considered delay of humidifier coefficient at start and stop of water supply.

はじめに

機器特性 SWG では設計・シミュレーションで求められる空調機器のニーズに配慮し、一連の標準的な機器の特性を調査、定式化やマップデータ化を行っている¹⁾。現在の BEST 機器特性の熱源及び熱源補機における整備状況を表-1 に示す。この中から本報では、昨年度に機器特性を見直した空調機の冷温水コイル、機内静圧、気化式加湿器について報告する。

1. 空調器の冷温水コイル

既に整備のなされている空調機の冷温水コイルにおいて、温度差拡大に伴う特性式の適用範囲の拡大が求められているため、機器特性を更新した。

コイル管内流速は低流速域で管内が乱流状態から層流状態に変遷し、熱交換量が減少するため、管内流速が 0.2m/s 未満での伝熱係数について見直しを行った。

図 1.1 から図 1.3 はコイル伝熱係数のコイル管内流速とコイル面風速による変化を表す。入口空気状態は乾球温度 34.8℃、湿球温度 27.0℃、入口水温は 7.0℃である。

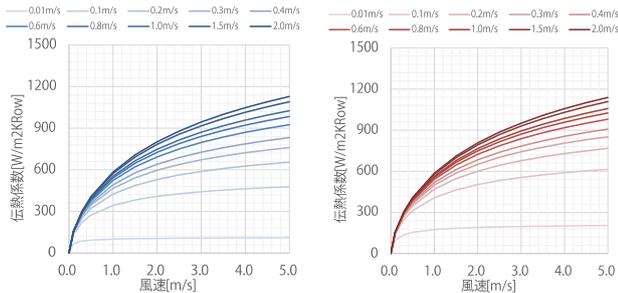
$$Kf_{coil} = \frac{1}{\frac{1}{Kfa_{coil} \times (VW_{coil})^{Kfb_{coil}}} + \frac{1}{Kfc_{coil} \times (VA_{coil})^{Kfd_{coil}}} + Kfe_{coil}} \quad (1)$$

ここで、 Kf_{coil} は伝熱係数[W/m²KRow]、 VW_{coil} は管内流速[m/s]、 VA_{coil} は面風速[m/s]、 $Kfa_{coil} \sim Kfe_{coil}$ は伝熱係数決定パラメータ[-]を示す。

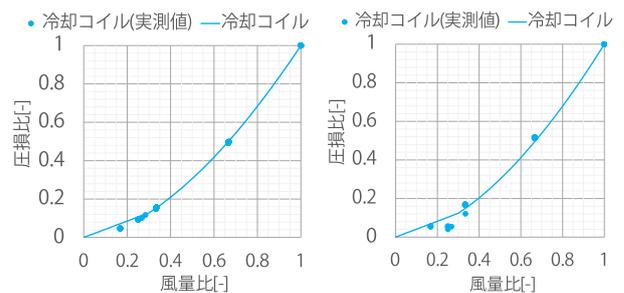
表 1 機器特性調査の状況

熱源 中央	ターボ冷凍機	冷水/水蓄熱用	ベーン制御/インバータ制御	
	ダブルハンドルトターボ冷凍機	冷水/冷温水	ベーン制御	
	空冷ヒートポンプチャラー	冷温水用/水蓄熱用	スクュー(SCW) スクロール(SCL)	スライド弁制御/インバータ制御 圧縮台数制御/インバータ制御*1
		熱回収	スクュー(SCW)	インバータ+モジュール制御 インバータ制御
		ガスエンジン		
	水冷チャラー	冷水用/水蓄熱用	スクュー(SCW) スクロール(SCL)	スライド弁制御/インバータ制御 圧縮台数制御
	水熱源ヒートポンプチャラー	冷水/冷温水	スクュー(SCW) スクロール(SCL)	インバータ制御 インバータ制御
	吸収式冷凍機	直焚	三重効用	
		蒸気焚	二重効用	標準/高効率/高期間効率
		温水焚	二重効用	標準/高効率/高期間効率
排熱投入型		三重効用 二重効用		
吸収ヒートポンプ	直焚/蒸気焚			
蒸気-温水熱交換				
ボイラ	小型貫流ボイラ			
	真空温水ヒーター 排熱回収型ボイラ			
冷却塔 加熱塔	標準型	白煙防止型		
熱源 ビルマルチ	GHP※2 EHP※2	ビル用マルチ型	切替/同時	標準/発電(自己消費/系統連系)※3
		ビル用マルチ型	切替/同時	標準/寒冷地/水冷
		店舗用	切替	標準/寒冷地
		設備用	切替	標準
		外気処理用	切替	給気/給排気/冷媒熱回収
		水蓄熱用	切替	標準
		ウォールスルー	切替	定速/INV
		高顕熱型	切替/同時	標準
		散水制御/デマンドカット		
		水熱源	切替	定速/インバータ(標準・水温帯拡大)
HP付FCU	切替			
ルームエアコン		普及機/高性能機		
熱源 ファン	ファン	シロココ/リコ/オート/スライド/天井扇/ストレート/ダブルファン		
	ファン	渦巻/多段渦巻/ライン/扇車/カステード		
熱源 電動機	電動機	モーター	標準/高効率/プレミアム効率/IPM	
		インバータ		
熱源 空調機	空調機コイル	冷温水コイル/蒸気コイル		
	加湿器	気化式/電熱式		
	空調機ファン	シロココファン/リコ/オートファン/フラグファン		
	全熱交換器	回転型/静止型		
熱源 空調機	間接気化冷却空調機			

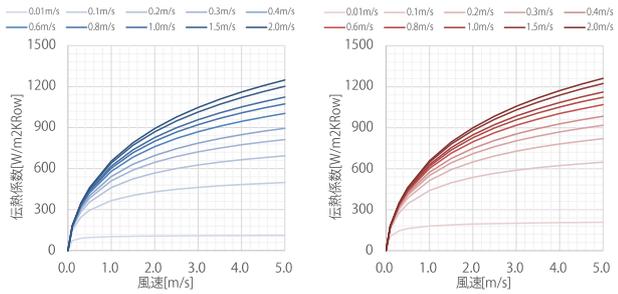
※1 水蓄熱用スクロール型インバータ制御空冷ヒートポンプチャラーは対象外
※2 2015年度に改正したJIS1に対応済み
※3 発電機付ビル用マルチ型GHPは冷暖切替型のみ



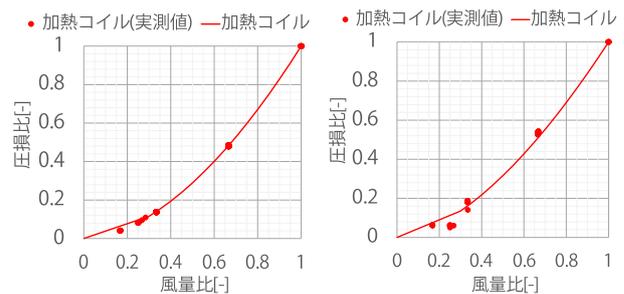
(a) 冷却時 (b) 加熱時
図 1.1 7フィンコイルの伝熱係数



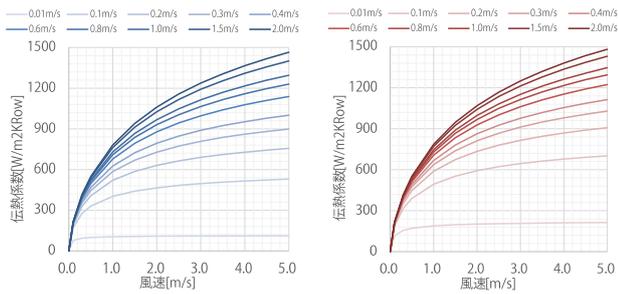
(a) ユニット型 (b) コンパクト型
図 2.1 冷却コイルの圧力損失特性



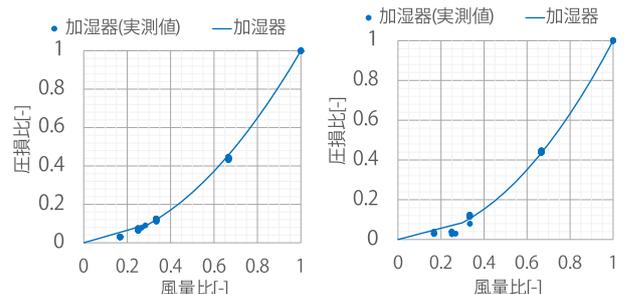
(a) 冷却時 (b) 加熱時
図 1.2 10フィンコイルの伝熱係数



(a) ユニット型 (b) コンパクト型
図 2.2 加熱コイルの圧力損失特性



(a) 冷却時 (b) 加熱時
図 1.3 12フィンコイルの伝熱係数

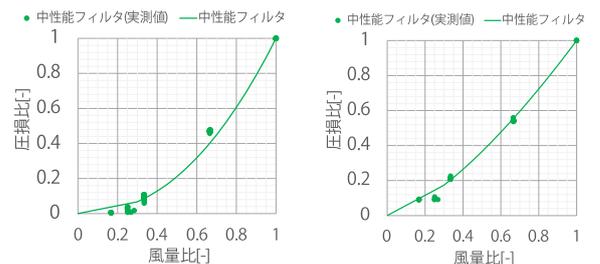


(a) ユニット型 (b) コンパクト型
図 2.3 加湿器の圧力損失特性

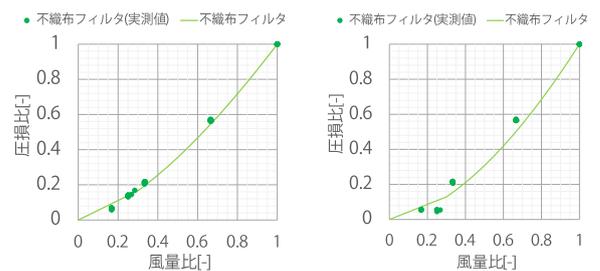
2. 空調機の機内静圧

これまでの空調機ファン消費電力の算出条件において、入力をファンの機外静圧(空調機の全静圧)とし、空調機の機内静圧は変风量制御時に2次近似による変化を示すものとしていた。各空調機構成要素(ファンを除くコイルやフィルタなど、以下構成要素)は、変风量制御時にそれぞれ独自の静圧の変化を示す。従って、構成要素ごとにその特性を整備し、空調機の構成に応じた機内静圧に対応できるものとした。

横軸の风量比とは定格风量に対する運転风量の比を、縦軸の圧損比は定格圧力損失に対する運転時の圧力損失の比を示す。风量比0.3から1.0までは指数関数による近似とし、风量比0.3未満では前述の指数関数による近似式の风量比0.3の時の圧損比と原点を結ぶ線形関数とした。ただし、熱交保護フィルタのみはばらつきが大きく、全ての风量比にわたって線形関数を利用した。



(a) ユニット型 (b) コンパクト型
図 2.4 中性能フィルタの圧力損失特性



(a) ユニット型 (b) コンパクト型
図 2.5 不織布フィルタの圧力損失特性

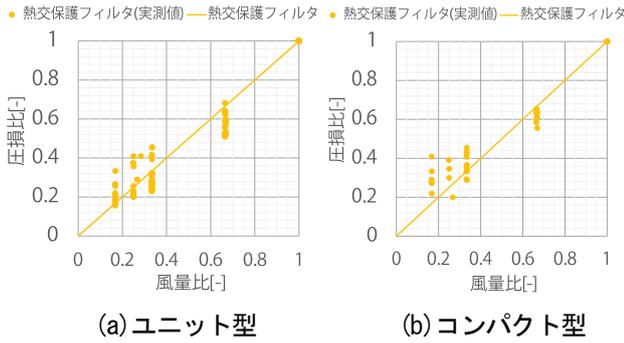


図 2.6 熱交保護フィルタの圧力損失特性

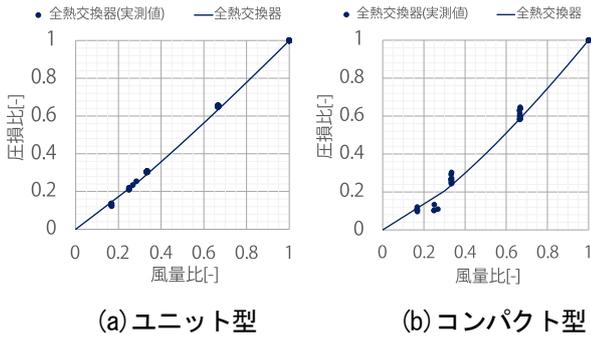


図 2.7 全熱交換器の圧力損失特性

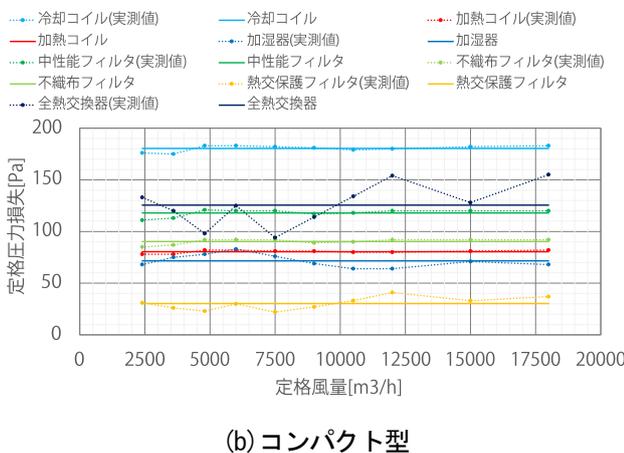
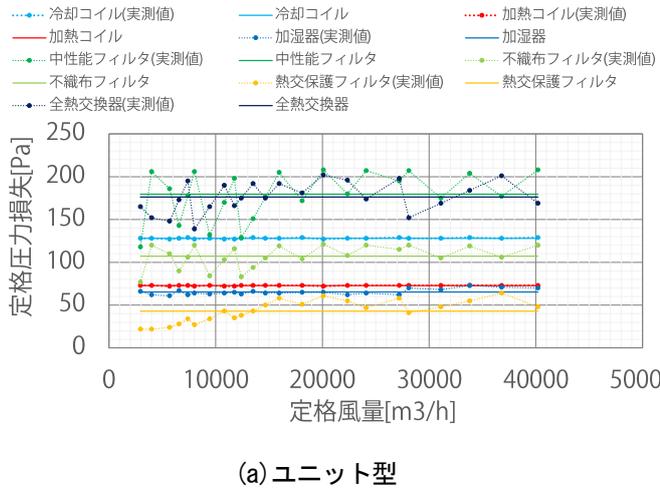


図 2.8 圧力損失のデフォルト値

構成要素の定格圧力損失のデフォルト値は各風量帯の実測値の平均値を採用することとした。

空調機的全静圧は下式に示されるように、構成要素の圧損と機外静圧の和に補正係数を乗じることで得られる。この補正係数は、ファンへの空気の進入によって発生する渦による空氣的な抵抗を考慮するものである。空調機形式により発生する渦の回転方向が異なり、その抵抗の大小が異なる。ここで、 PA_F は空調機全静圧(ファン機外静圧)、 PA_{AHU} は空調機機外静圧[Pa]、 PS_{AHU} は構成要素の圧損の和[Pa]である。但し、プラグファンの場合、この補正はない。

垂直型(VF型)の場合

$$PA_F = 1.15 * (PA_{AHU} + PS_{AHU}) \quad (2)$$

垂直型(VR型)、水平型(VF,VR型)の場合

$$PA_F = 1.05 * (PA_{AHU} + PS_{AHU}) \quad (3)$$

3. 空調機の気化式加湿器

空調機の気化式加湿器について特性の更新を行った。図 3.1 に飽和効率特性を、図 3.2 に圧力損失特性を示す。なお、図中の飽和効率比とは、定格飽和効率に対する実際の飽和効率の比を表す。圧力損失特性については全ての定格飽和効率において、完全に一致した。

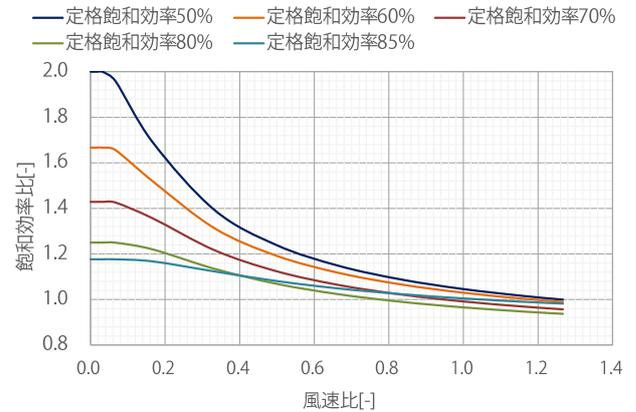


図 3.1 飽和効率特性

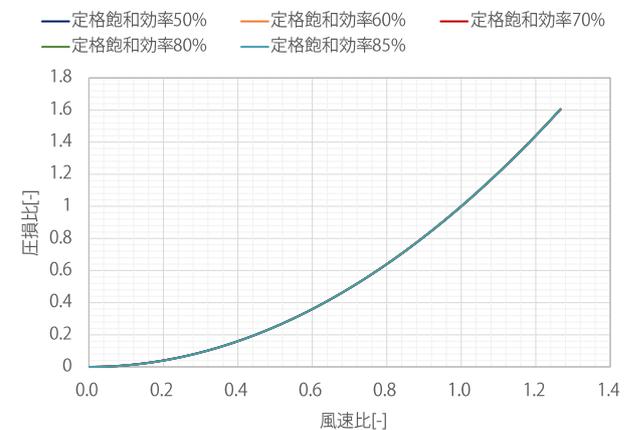


図 3.2 圧力損失特性

これまでの空調機の気化式加湿器は、入力項目に”加湿素材厚さ”が含まれていた。加湿能力から必要な加湿エレメント厚さを収束計算により自動選定し、各時刻の加湿量を計算することとした。

また、これまではPID制御により、各時刻の要求加湿量に対して制御弁への操作量を算出し、比例制御によって給水量を決定していた。しかし、実際の制御では、制御弁は全開/全閉のみのオンオフ制御で、かつ定格給水量は定格加湿量の2倍であるため、これらを考慮した機器特性として整備した。

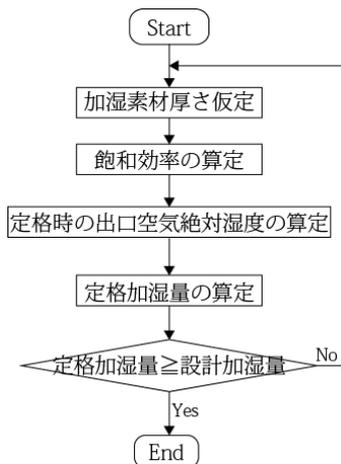


図 3.3 加湿素材厚さの計算フロー

加湿エレメントの残留水分による飽和効率の時間変化を考慮することで、オンオフ制御だけでは抑制できなかった給水のハンチングを解消した。

図 3.4 から図 3.8 に立ち上がり時と停止時の飽和効率比の推移を示す。実測値の入口空気状態は乾球温度 30.0℃、相対湿度 30.0%である。

立ち上がり時はどの加湿器能力においても、飽和効率比の上昇開始まで 2 分程度、定格値に達するまでが 8 分程度となっている。停止時は、飽和効率比の減衰開始と飽和効率比 0 に達するまでの時刻が、定格能力が大きくなるほど長くなるのが分かる。

4. まとめ

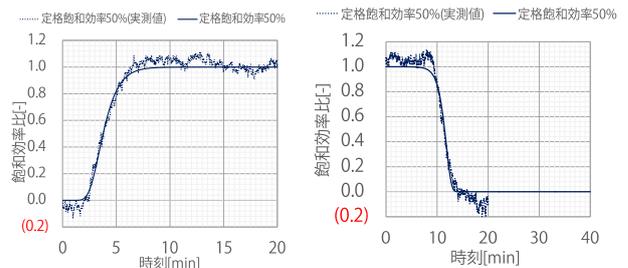
BEST で行っている空調機の機器特性の整備方法の検討に関して報告した。

参考文献

- 品川他, エネルギーシミュレーションのための機器特性データベースの構築に関する研究, 平成 27 年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2016.2

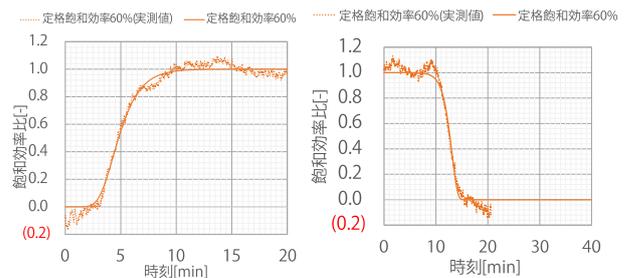
謝辞

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)」、統合化WG(石野久彌主査)、機器特性SWG(品川浩一主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表すものである。また、本研究の機器特性を整理するに当たり、特に、一般社団法人日本冷凍空調工業会には多大なるご助力を賜った。



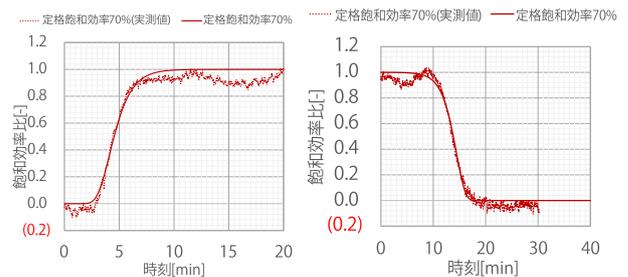
(a) 立ち上がり時 (b) 停止時

図 3.4 定格飽和効率 50%の飽和効率比の推移



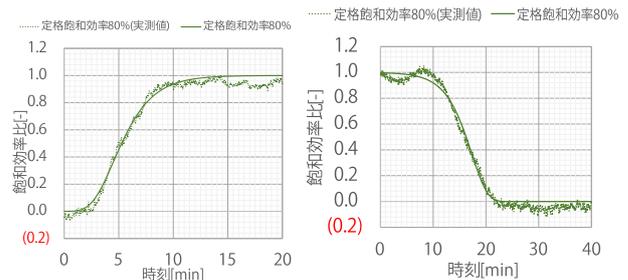
(a) 立ち上がり時 (b) 停止時

図 3.5 定格飽和効率 60%の飽和効率比の推移



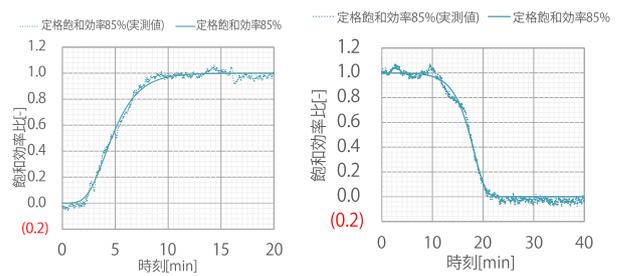
(a) 立ち上がり時 (b) 停止時

図 3.6 定格飽和効率 70%の飽和効率比の推移



(a) 立ち上がり時 (b) 停止時

図 3.7 定格飽和効率 80%の飽和効率比の推移



(a) 立ち上がり時 (b) 停止時

図 3.8 定格飽和効率 85%の飽和効率比の推移