

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242）
 空調機コイル特性が及ぼす建物全体シミュレーションへの影響

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part242)
 Effects of AHU coil characteristic on whole building simulation

正会員 ○川津 行弘（日本設計）

正会員 品川 浩一（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）

Yukihiro KAWAZU *1 Koichi SHINAGAWA *1 Shuzo MURAKAMI *2 Hisaya ISHINO *3

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

*3 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. The BEST calculation model of the coils is general method utilizing heat transfer coefficient and coefficient of wetted surface. In this part 242, the effects of AHU coil characteristic on whole building simulation is investigated. The new AHU coil characteristic contributes to the improvement of the whole building simulation, and in particular, to prevent the hunting of low load.

はじめに

機器特性 WG 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。本報では、昨年度に報告した空調機における冷温水コイルの新しい機器特性²⁾に関して、建物全体のエネルギーシミュレーション等へ及ぼす影響を調査した結果を報告する。

1. 冷温水コイルの新旧機器特性

昨年度報告した冷温水コイルの新しい機器特性は、冷温水の往還温度差の拡大や低流量域での伝熱特性を反映することを目的に整備した。特に低流量域ではコイル管内の冷温水の流れが乱流状態から層流状態に変化し熱交換量が低減する状態の再現を目的とした。

図 1、2 に冷温水コイルの伝熱係数について、古い機器特性（以下、旧特性）における冷温水コイルの伝熱係数と新しい機器特性（以下、新特性）における冷温水コイルの伝熱係数を比較したグラフを示す。新特性と旧特性を比較すると、冷却、加熱とも7フィンの管内流速が小さい範囲で特に伝熱係数が低下している。実際の建物においても、このような管内流速となる低負荷の冷房時間帯が多いことが予測されるため、建物のエネルギー消費量におけるシミュレーションにおいても実態に近い結果を得ることが期待できる。

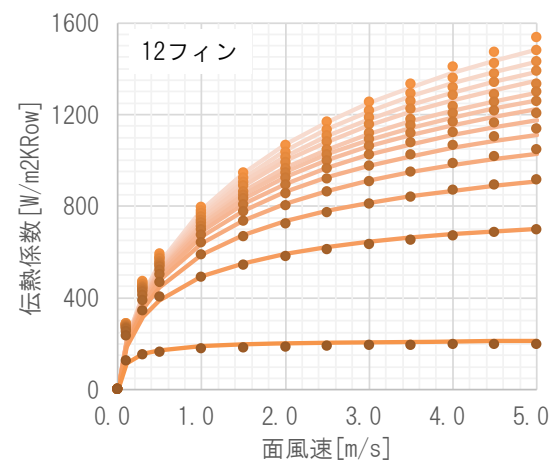
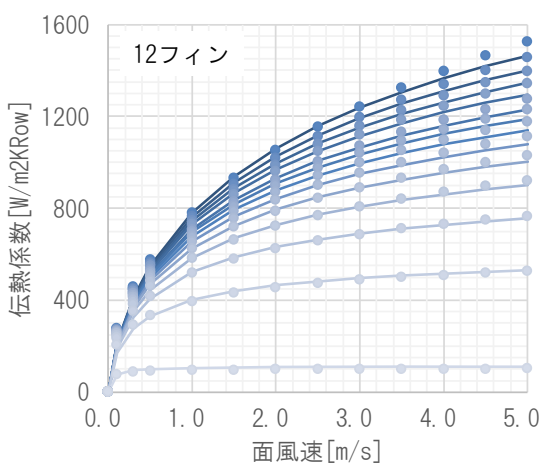
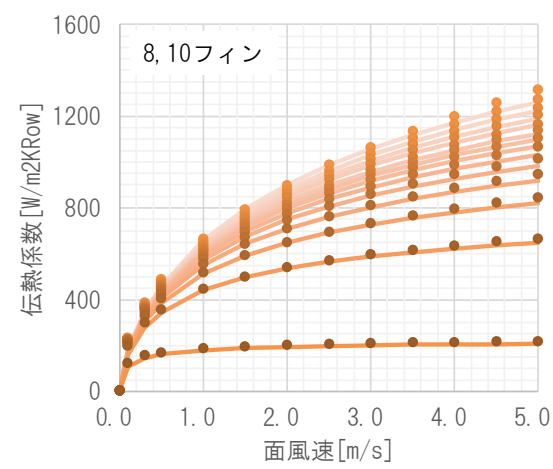
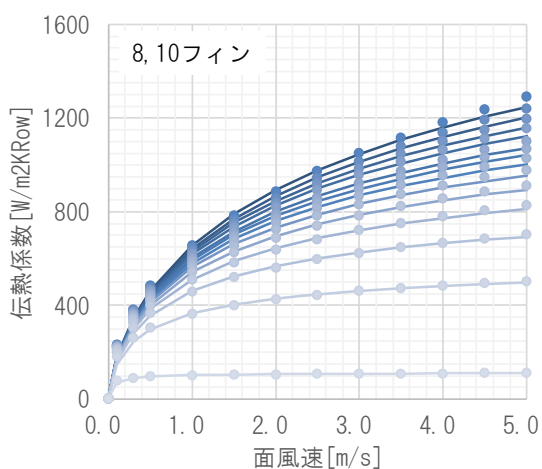
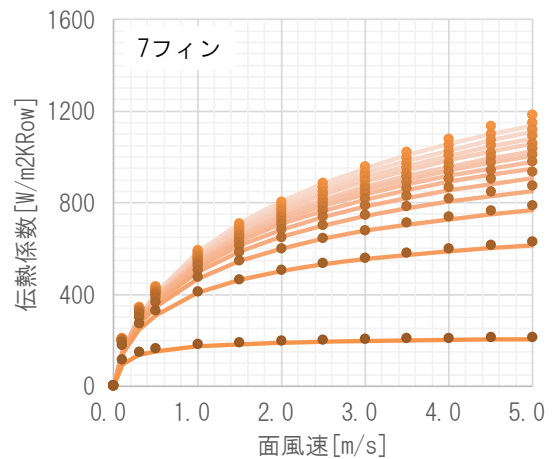
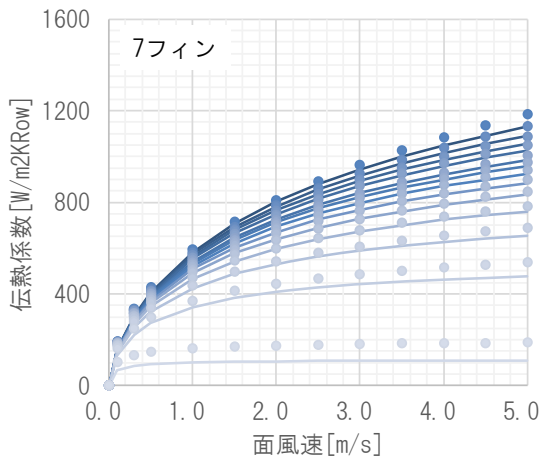
なお旧特性では管内流速が下限流速以下の場合、熱交

換は行わない計算ロジックとしていたが、新特性では下限流速以下の場合、「熱交換を行わない」計算ロジックと「下限流速の伝熱係数と流速 0m/s（伝熱係数 0）で線形補完した伝熱係数で熱交換を行う」計算ロジックが選択可能となっている。

表-1 機器特性調査の状況

機器種別	機種	冷温水コイル	熱源	制御	
空調機	ターボ冷凍機	冷水/氷蓄熱用		ベーン制御/インバータ制御	
	ダブルパドルターボ冷凍機	冷水/冷温水		ベーン制御	
	空冷ヒートポンプチャラー	冷水用/氷蓄熱用	スクエー(SCW)	スクロール(SCOL)	スライド弁制御/インバータ制御
		熱回収	スクエー(SCW)		圧縮台数制御/インバータ制御 ^{*1)}
		ガスエンジン	スクエー(SCW)		インバータ制御
	水冷却チャラー	冷水用/氷蓄熱用	スクエー(SCW)	スクロール(SCOL)	スライド弁制御/インバータ制御
		水熱源ヒートポンプチャラー	冷水/冷温水	スクエー(SCW)	圧縮台数制御 インバータ制御
	吸収式冷凍機	直焚	スクエー(SCW)	スクロール(SCOL)	インバータ制御
		蒸気焚	三重効用		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		二重効用			
二重効用					
吸収ヒートポンプ	直焚/蒸気焚				
ボイラ	小型貫流ボイラ 真空温水ヒータ 排熱回収型ボイラ				
ビル用空調機	冷却塔	標準型		白煙防止型	
	加熱塔				
	GHP ^{*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
	EHP ^{*2)}	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
		氷蓄熱用	切替		標準
		ウォールスルー	切替		定速/INV
		高効率型	切替/同時		標準
ルームエアコン	普及機/高性能機				
	ファン	クロコ/ミスト/ブレード/天井扇/ストレートファン/コ			
	電動機	渦巻/多段渦巻/ライン/歯車/カスケード		標準/高効率/プレミアム効率/IPM	
空調機コイル	FCUコイル	冷水水コイル/蒸気コイル			
	加温器	気化式/電熱式			
	空調機ファン	クロコファン/広角ロードファン/ブラッグファン			
	全熱交換器	回転型/静止型			

*1 氷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JIS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



凡例
 管内流速(m/s) ● 2 ● 1.5 ● 1.2 ● 1 ● 0.8 ● 0.7
 ● 0.6 ● 0.5 ● 0.4 ● 0.3 ● 0.2 ● 0.1
 線:新特性 — 2 — 1.5 — 1.2 — 1 — 0.8 — 0.7
 — 0.6 — 0.5 — 0.4 — 0.3 — 0.2 — 0.1
 ポイント:旧特性 ● 0.1 ● 0.01

凡例
 管内流速(m/s) ● 2 ● 1.5 ● 1.2 ● 1 ● 0.8 ● 0.7
 ● 0.6 ● 0.5 ● 0.4 ● 0.3 ● 0.2 ● 0.1
 線:新特性 — 2 — 1.5 — 1.2 — 1 — 0.8 — 0.7
 — 0.6 — 0.5 — 0.4 — 0.3 — 0.2 — 0.1
 ポイント:旧特性 ● 0.1 ● 0.01

図-1 冷温水コイルの伝熱係数 (冷却)

図-2 冷温水コイルの伝熱係数 (加熱)

2. モデルビルにおける確認

冷温水コイルの新旧機器特性の違いによるエネルギー消費傾向や電力負荷を把握するため、モデルビルにおけるエネルギーシミュレーションを行った。モデルビルは

Aビル(表2)とし、基準階部分のみをシミュレーションを対象とした。

Aビルの基準階における各空調機のコイルは7フィンで構成されているため、今回の新旧特性の違いが明確に

示されると考えた。

旧特性と新特性における各種エネルギー消費量の比較を図3～図5に示す。また、夏季代表週及び冬季代表週の室内状態と冷温水流量・往還温度差、コイル通過風量を図6～図11に示す。

月別の空調関連（熱源本体、熱源補機、水搬送、空気搬送）のエネルギー消費量を比較すると、新特性のエネルギー消費量が旧特性よりも大きく増加している。特に夏季においてその差が大きい。ここで、熱源本体、空気

表2 Aビル概要

建築概要	建物名称	Aビル
	建設地	東京都
	建物用途	事務所
	建築面積	約1,500m ²
	延床面積	約20,600m ²
	階数	地上14階、地下1階
	構造	S造、一部SRC造、RC造
空調設備概要	熱源設備	吸収式冷温水発生機（ベース機）× 1台 冷却能力：1407kW 加熱能力：1178kW
		電動空冷HPチラー× 1台 冷却能力：935kW 加熱能力990kW
		空調方式

搬送のエネルギー消費量を確認すると、特に空気搬送で新特性のエネルギー消費量が大きい。図8において夏季の代表週におけるコイル通過風量を確認すると、新特性においては、変風量制御による送風量の低減が小さく、伝熱係数の低下により、空調機の送風量が増加し、空気搬送のエネルギー消費量が増加していることがわかる。

しかし、冬季の空気搬送のエネルギー消費量を確認すると、旧特性のエネルギー消費量が新特性のエネルギー消費量よりも大きくなっている。伝熱係数は旧特性のほ

うが大きいため、通常であれば旧特性のエネルギー消費量が小さくなると考えられる。ここで冬季代表週の室内状態、冷温水流量・往還温度差、コイル通過風量を確認すると、旧特性での冷温水温度差におけるハンチングの発生回数が新特性よりも多いことがわかる。また、旧特性でのコイル通過風量におけるハンチングの発生回数も新特性よりも多い。旧特性においては、往還温度差が安定している時間帯はコイル通過風量でハンチングが発生し、コイル通過風量が安定している時間帯は往還温度差でハンチングが発生していると考えられる。これは旧特性ではコイル管内流速が下限流速以下の場合、熱交換が行われない計算ロジックのため、熱交換の状態が安定せず、on/off 運転が連続してしまうことが原因と考えられる。なお、新特性ではコイル管内流速が下限流速以下の場合でも熱交換が行われるようにしているため、このon/off 運転の発生が少なくっているものと考えられる。また、夏季は装置負荷が大きく、コイル管内流量が設計水量で一定のため、そのon/off 運転が発生していないと考えられる。

ここで図12に旧特性と新特性でコイル管内流速が下限流速以下の場合に同じ計算方法（熱交換が行われない）とした冬季のエネルギー消費量の比較を示す。エネルギー消費量を比較するとほぼ同程度であるたり、on/off 運転の発生がエネルギー消費量増加の原因と考えられる。よって、計算方法及び新特性の整備によりシミュレーション精度の向上に寄与していると考えられる。

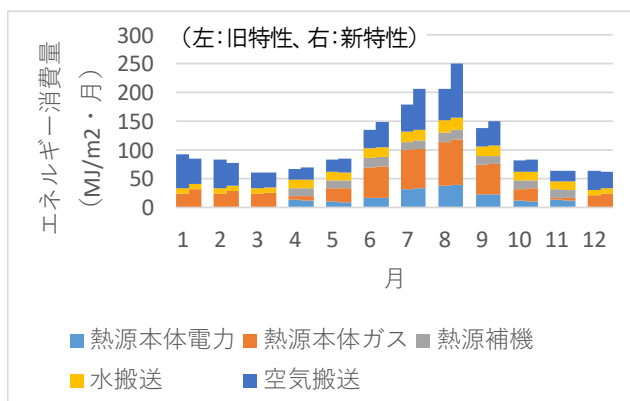


図-3 空調関連のエネルギー消費量

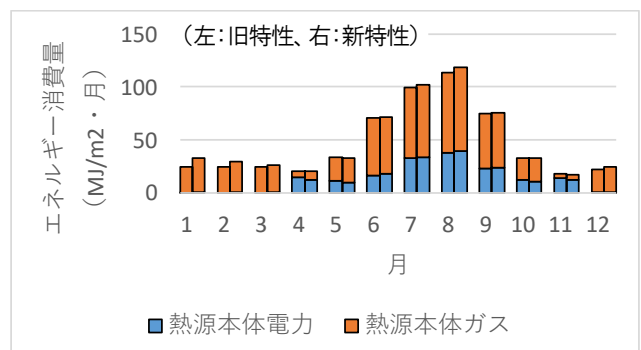


図-4 熱源のエネルギー消費量

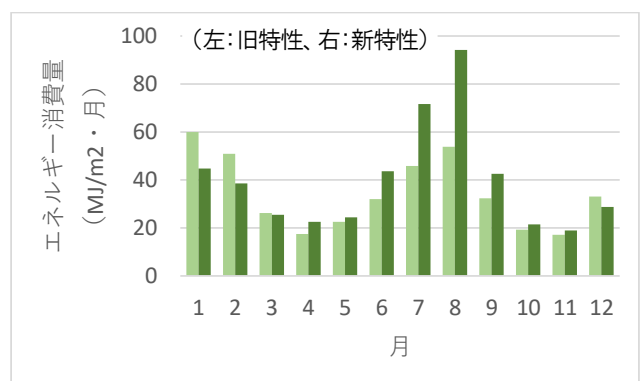


図-5 空気搬送のエネルギー消費量

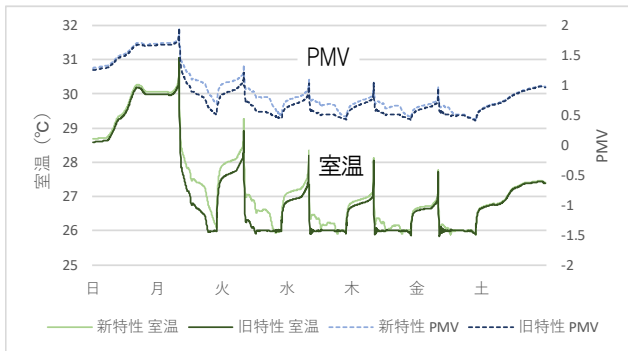


図-6 夏季代表週の室温・PMV

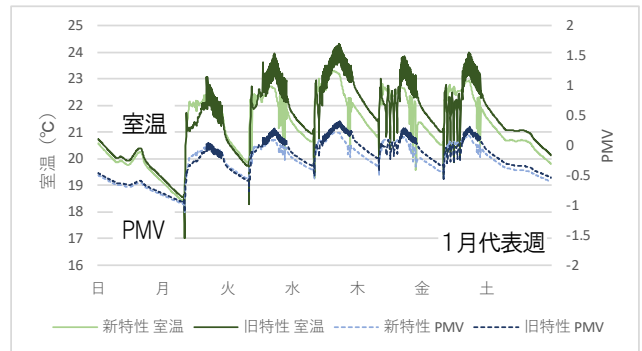


図-9 冬季代表週の室温・PMV

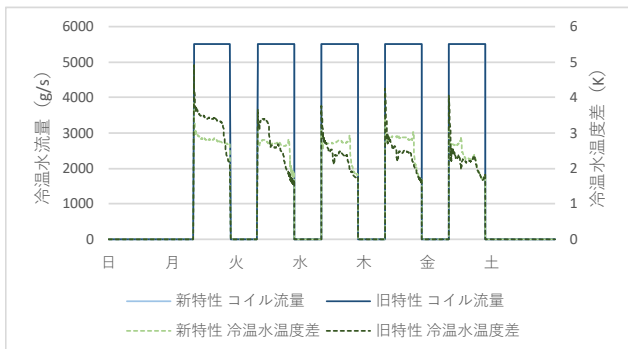


図-7 夏季代表週の冷温水流量・温度差

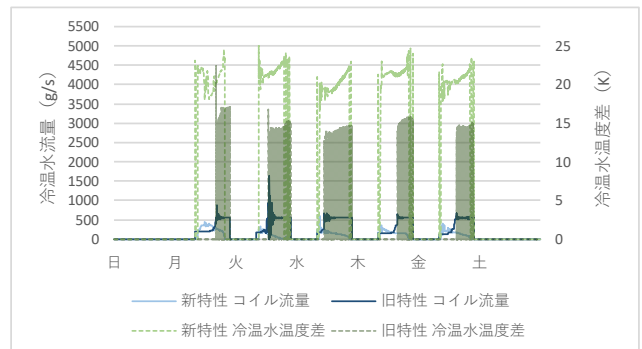


図-10 冬季代表週の冷温水流量・温度差

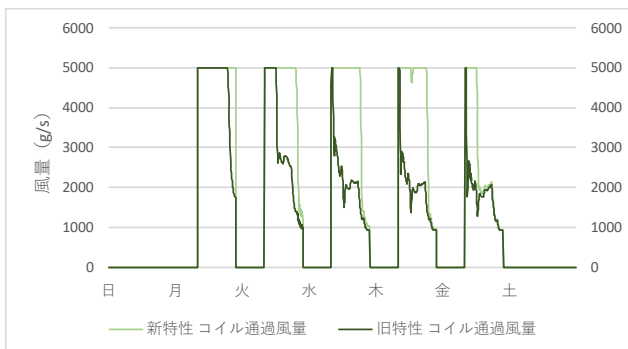


図-8 夏季代表週の coils 通過风量

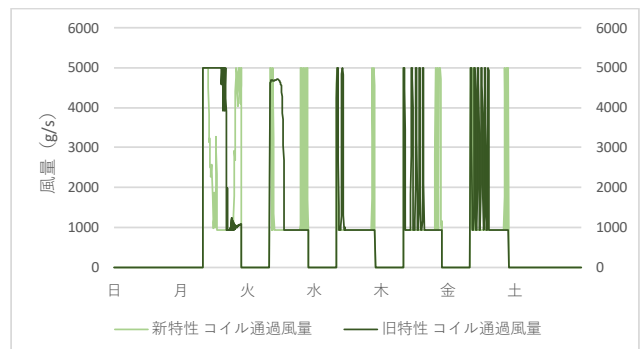


図-11 冬季代表週の coils 通過风量

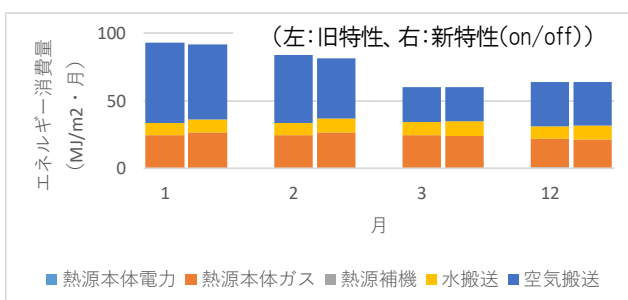


図-12 制御が同じ場合の空調関連のエネルギー消費量 (冬季)

まとめ

今回、BEST 機器特性 WG にて整備した空調機コイルの機器特性が建物全体のシミュレーションへ及ぼす影響を調査した結果を報告した。今回の新特性を整備することによって、シミュレーションの精度向上に寄与しているものとする。今後も、空調連成 WG 等と連携し、機器の制御等を含め、新規機器・システムに関しての調査の継続検討を行う予定である。

【謝辞】

一財)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」・「企画開発委員会(村上周三委員長)」およびプログラム開発委員会(石野久彌主査)、機器特性 WG(品川浩一主査)の活動成果の一部であり、また、本研究の機器特性を整理するに当たり、特に、一般財団法人電力中央研究所と一般財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。関係各位に謝意を表する。
機器特性 WG 名簿(順不同) 主査:品川 浩一 (日本設計)、委員:阿部 裕司(竹中工務店)、石野 久彌 (首都大学東京名誉教授)、笹本 太郎 (東京ガス)、田代 博一 (三機工業)、野瀬 久和 (中部電力)、野原 文男、長谷川 巖、二宮 博史、丹羽 勝巳、大浦 理路 (日建設計)、柳井 崇、川津行弘 (日本設計)、オブザーバー:西田 裕道 (東京ガス)、事務局:生稲 清久 (建築環境・省エネルギー機構)

参考文献

- 1) 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
- 2) 川津他 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 232) 空調機・ファンコイルのコイル機器特性に関する調査 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2019.9