

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・ファンコイルユニットにおける新コイル特性の整備

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 232)
 Additional Outline of Equipment Characteristics on the coils of air-conditioner and FCU

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）
 正 会 員 大浦 理路（日建設計）

Yukihiko KAWAZU *1 Koichi SHINAGAWA *1 Shuzo MURAKAMI *2
 Hisaya ISHINO *3 Masamichi OURA *4

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

*3 Tokyo Metropolitan University *4 Nikken Sekkei Ltd.

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 232, calculation models of the coils of air-conditioner and FCU are investigated and formulated as additional equipment. In particular, the FCU's heat transfer coefficient and coefficient of wetted surface are arranged on the specification (ex. FCU unit size), so the equipment characteristics are so friendly of users and developers.

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、この中の空調機及びファンコイルユニット（以降、FCU）におけるコイル特性について、最新の機器特性を調査し、その特性を整理した結果を報告する。

表-1 機器特性調査の状況

製 造 者 中	ターボ冷凍機	冷水/水蓄熱用	ベーン制御/インバー制御	
	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	冷温水用/ 水蓄熱用	スクロール(SCW) スクロール(SCL)	スライド弁制御/インバー制御 圧縮台数制御/インバー制御※1 /インバー+モジュール制御
		熱回収	スクロール(SCW)	インバー制御
		ガスエンジン		インバー制御
	水冷チャラー	冷水用/ 水蓄熱用	スクロール(SCW) スクロール(SCL)	スライド弁制御/インバー制御 圧縮台数制御
	水熱源ヒートポンプチャラー	冷水・冷温水	スクロール(SCW) スクロール(SCL)	インバー制御 インバー制御
	吸収式冷凍機	直焚	三車効用	
		蒸気焚	二車効用	標準/高効率/高期間効率
		温水焚	一車効用	標準/高効率/高期間効率
排熱投入型		三車効用		
吸収ヒートポンプ	直焚/蒸気焚	二車効用		
蒸気-温水熱交換				
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			
冷却塔		標準型	白煙防止型	
製 造 機 種 中	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
		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(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		
製 造 機 種	ファン	シロコ/ミストロッド/ライン/天井扇/ストレートタイプ		
	ポンプ	渦巻/多段渦巻/ライン/歯車/カスケード		
	電動機	モーター	標準/高効率/プレミアム効率/IPM	
製 造 機 種	空調機コイル	冷温水コイル/蒸気コイル		
	FCUコイル			
	加温器	気化式/電熱式		
	空調機ファン	シロコファン/ミストロッドファン/プラグファン		
	全熱交換器	回転型/静止型		
間接気化冷却空調機				

※1 水蓄熱用スクロール型インバー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

1. 空調機コイル

BEST では空調機コイルの計算方法として、伝熱係数と濡れ面係数を用いた一般的な計算方法を用いており、コイル入口の空気状態と冷温水の水量、入口温度等を入力し、出口空気状態や冷温水の出口温度、処理熱量を出力する。図-1 に空調機コイルの入出力を示す。

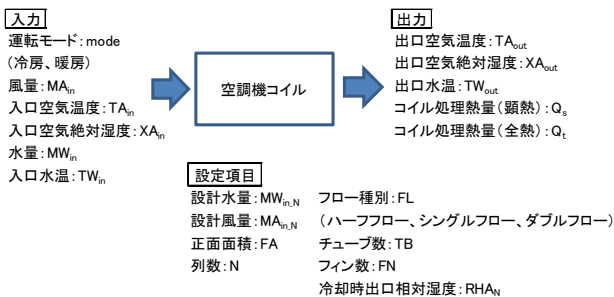


図-1 モデルの入出力（空調機コイル）

空調機コイルの伝熱係数、濡れ面係数について、新たに調査した結果をもとに、パラメータを整備した。以下、伝熱係数のモデル式、濡れ面係数のモデル式を示す。

$$KF=1/\{1/(C_1 \times V_w \hat{C}_2)+1/(C_3 \times V_A \hat{C}_4)+C_5\}$$

KF：伝熱係数[W/m²・K・row]

VW：コイル管内流速[m/s]

VA：コイル面風速[m/s]

C₁～C₅：伝熱係数決定パラメータ

$$C_{wsh}=C_6 \times A_{shf}^2 - C_7 \times A_{shf} + C_8$$

C_{wsh}：濡れ面係数

A_{shf}：SHF

C₆～C₈：濡れ面係数決定パラメータ

ただし、濡れ面係数については今回の調査で変更がなかったため、決定パラメータは以前のままとした。

空調機コイルの伝熱係数は、列数別で、コイル面風速、コイル管内流速ごとに整理されたデータを受領し、そのデータから最小2乗法を用いて、決定パラメータの推定を行った。

新たに調査を行った空調機コイルについて、冷却・加熱特性別に特性グラフを図-3及び図-4に示す。

2. FCU (ファンコイルユニット)

FCUでも空調機コイルと同様に伝熱係数と濡れ面係数を用いた一般的な一般的な計算方法を用いており、コイル入口の空気状態と冷温水の水量、入口温度等を入力し、出口空気状態や冷温水の出口温度、処理熱量を出力する。

図-2にFCUコイルの入出力を示す。FCUにおいては、ユーザーがコイルの正面面積や列数、フロー種別、フィン数を入力することは難しいと考え、ユニットサイズ及び設定風量ごとに伝熱係数のモデル式におけるパラメータを設定することで計算を可能とした。

なお、濡れ面係数の決定パラメータは、調査の結果、空調機と同様とした。以下、伝熱係数のモデル式、濡れ面係数のモデル式を示す。

$$KF=1/\{1/(C_1 \times V_w \hat{C}_2)+C_3\}$$

KF：伝熱係数[W/m²・K]

VW：コイル管内水量[l/min]

C₁～C₃：伝熱係数決定パラメータ

新たに調査を行ったFCUの特性グラフの一部を図-5及び図-6に示す。

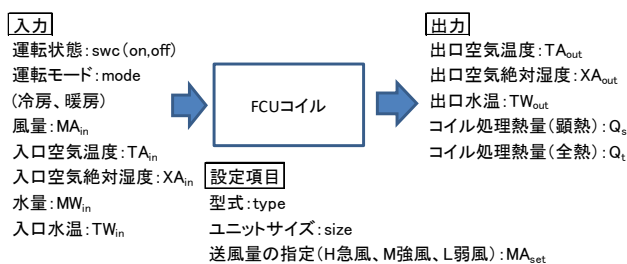
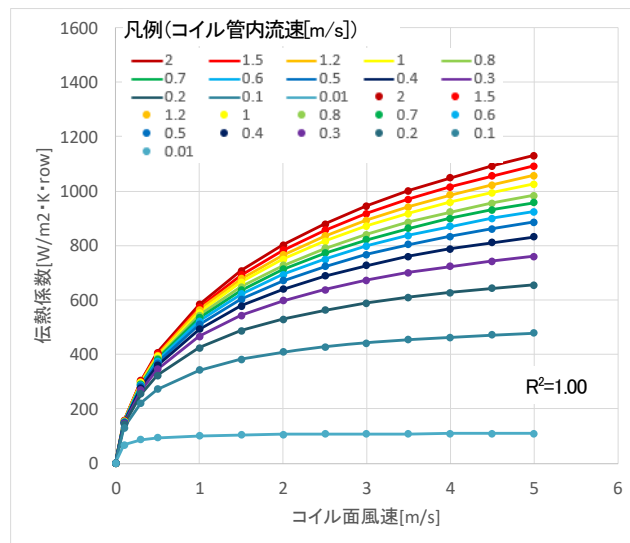
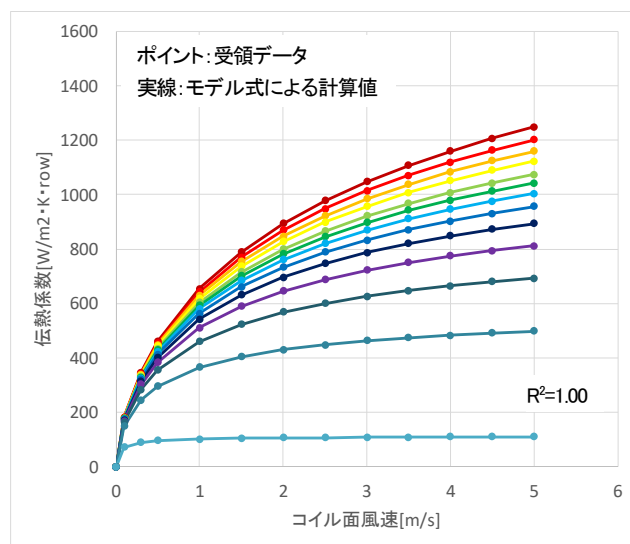


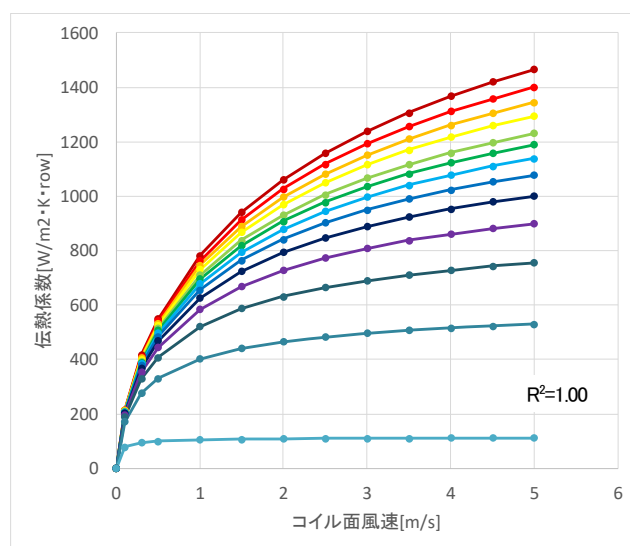
図-2 モデルの入出力 (FCU コイル)



(a) 冷却7フィン

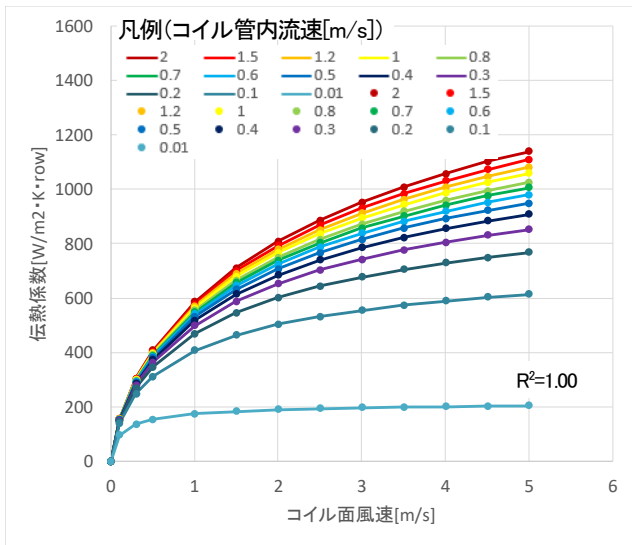


(b) 冷却10フィン

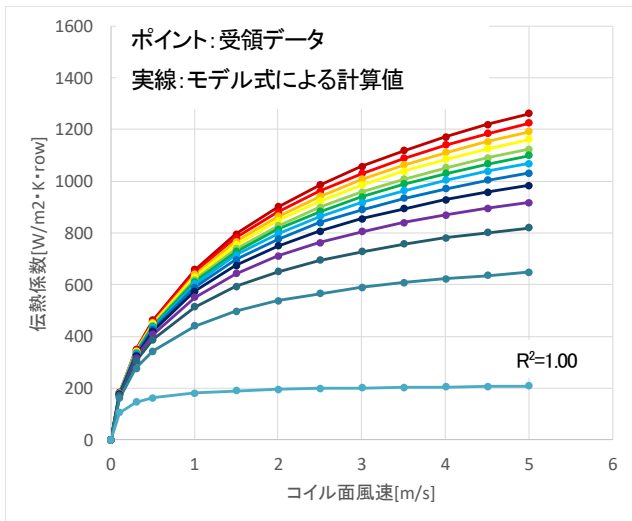


(c) 冷却12フィン

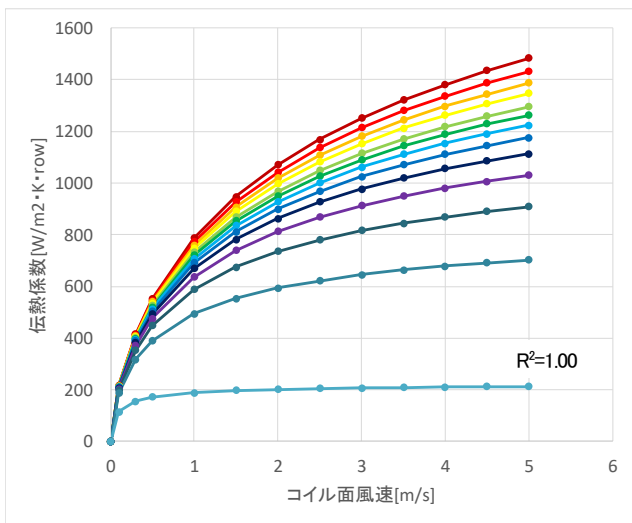
図-3 空調機コイルの特性 (冷却)



(a) 加熱7フィン



(b) 加熱10フィン



(c) 加熱12フィン

図-4 空調機コイルの特性 (加熱)

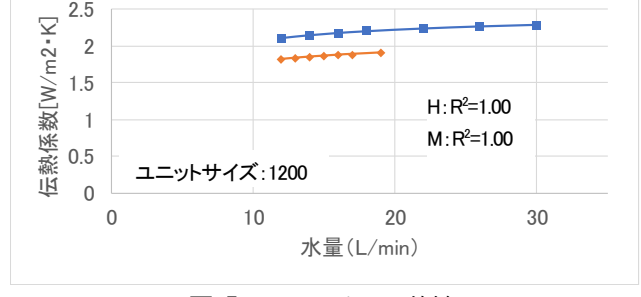
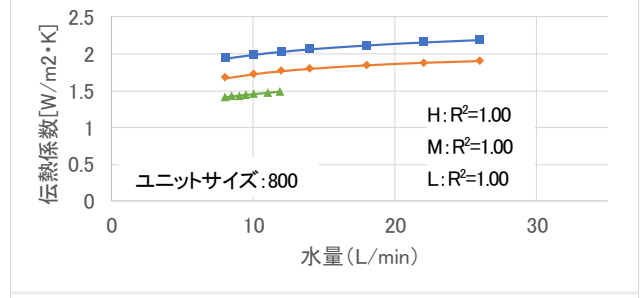
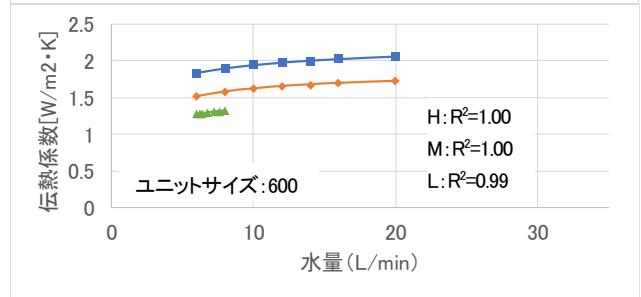
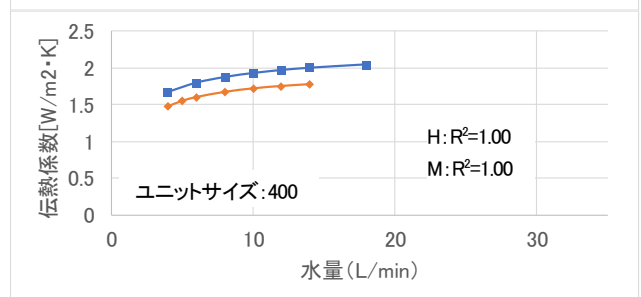
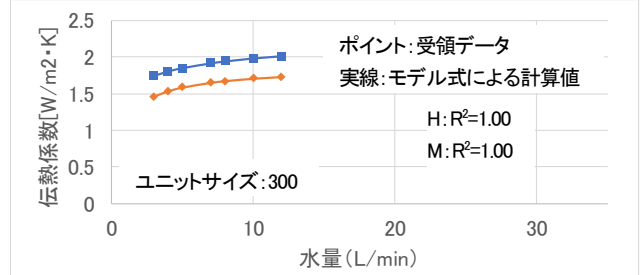
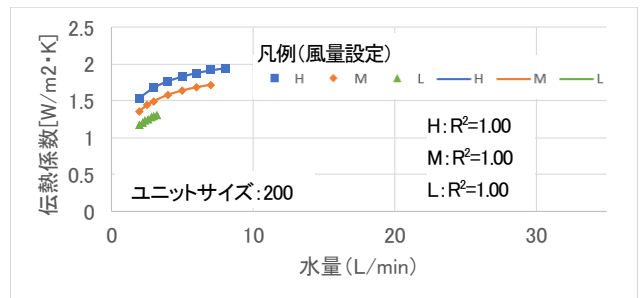


図-5 FCU コイルの特性
(2方向カセット、2管式、冷却)

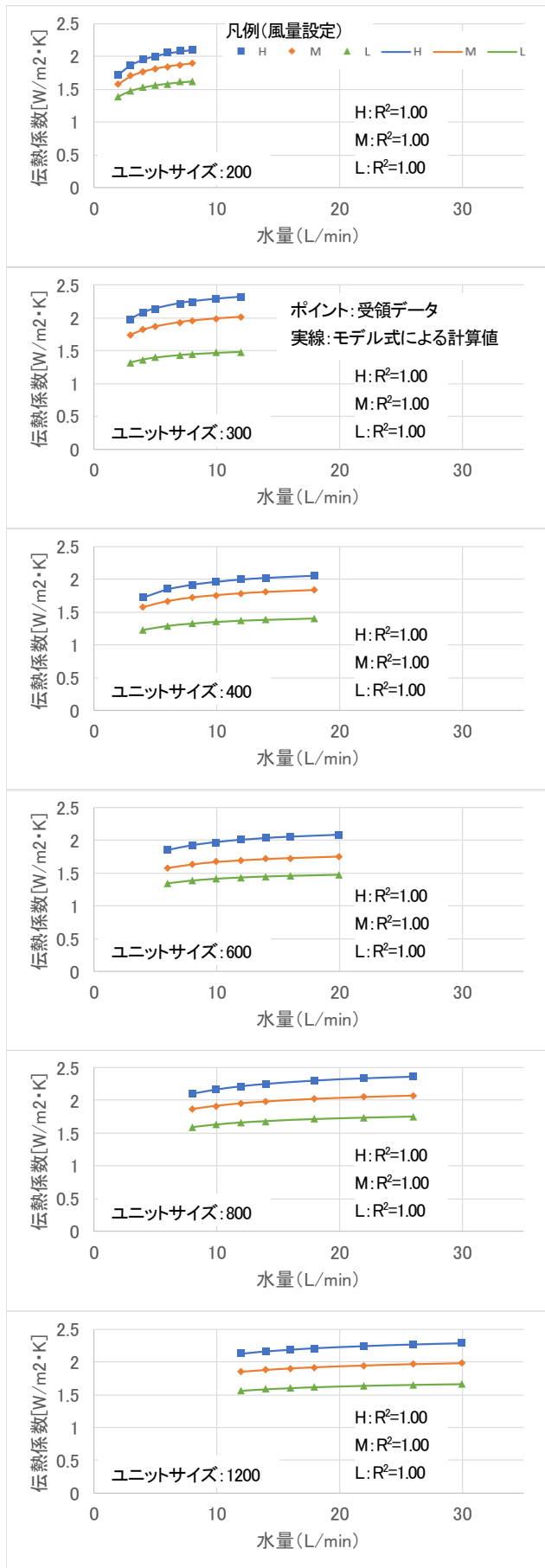


図-6 FCU コイルの特性
(2方向カセット、2管式、加熱)

表-2 FCU コイルの伝熱係数決定パラメータの種類

型式	種類	
	2方向カセット	天吊り隠ぺい
ユニットサイズ	200、300、400、600、800、1200	
温度差	5℃、7℃	
冷暖切替・同時	冷暖切替(2管式)	冷暖同時(4管式)
コイル形式(4管式)	3列+1列	2列+2列
冷却・加熱	冷却	加熱
風量設定	急風(H)、強風(M)、弱風(L)	

FCU の伝熱係数は、ユニットサイズ、風量・水量ごとに吸込空気状態、全熱能力、顕熱能力から SHF を計算し、濡れ面係数を算定、全熱能力、濡れ面係数、コイル正面面積及び対数平均温度差から算出した。

また、FCU の伝熱係数は、FCU の型式(2方向カセット、天吊り隠ぺい)、ユニットサイズ(200、300、400、600、800、1200)、冷温水の温度差(5℃、7℃)、冷暖切替・同時(2管式、4管式)、コイル形式(4管式の場合、3列+1列、2列+2列)、冷却・加熱の別で風量設定(急風、強風、弱風)ごとに整理した。(表-2)

まとめ

BEST 機器特性 WG にて行った空調機コイル、FCU コイルにおける機器特性の整備方法の検討に関して報告した。どちらのモデル式においても決定パラメータはほぼ R²=1 で、再現性の高いモデル式となっており、エネルギーシミュレーションの精度を高めることに貢献できるものとなっている。

今後も、新規機器・システムに関する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 181) JIS 改正への対応と間接気化冷却空調機の機器特性 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2016.9