

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 164）  
ヒートポンプを中心とした機器特性

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 164)  
Additional Outline of Equipment Characteristics mainly on the Heat Pump

正 会 員 ○川津 行弘（日本設計） 正 会 員 小上 佳子（日建設計）  
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）

Yukihiro KAWAZU \*1 Yoshiko OGAMI \*2 Shuzo MURAKAMI \*3

Hisaya ISHINO \*4 Koichi SHINAGAWA \*1

\*1 Nihon Sekkei, Inc. \*2 Nikken Sekkei Ltd.

\*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 164, calculation models of water-cooled electric heat pumps, double-bundle air source heat pumps, and heating towers are investigated and formulated as additional equipment. The former two machineries are important in energy conservation of buildings as heat recovery devices.

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<sup>1)</sup>。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、新規に特性調査・定式化が終了した熱回収熱源である水熱源ヒートポンプチラー（スクリュウ（SCW）・スクロール（SCL）、共に圧縮機インバータ（INV）制御）、熱回収式空冷ヒートポンプチラー、ヒーティングタワーについて報告する。

1. 水熱源ヒートポンプチラー（SCW、INV 方式）

1.1 概要・機器特性

システムとしては、「冷温水同時（熱回収）」、「冷温水切替（四方弁内蔵）」、「冷温水切替（外部配管切替）」があり、運転モードは冷専運転と熱回収運転、冷却運転、

加熱運転があるため、それぞれにマップ格子点データを整理した。

図-1 にマップ格子点データの選択方法、図-2 にモデルの入出力、図-3 に計算フロー、表-2 にマップ格子点データ範囲外の取扱い、図-4 に特性データグラフを示す。

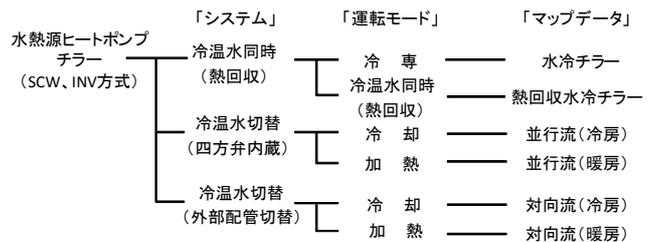


図-1 マップ格子点データの選択方法

表-1 機器特性調査の状況（熱源・熱源補機関連）

機器	冷媒/水循環	制御	制御
ターボ冷凍機	冷水/水蓄熱用	スクリュウ(SCW)	スクロール(SCL)
空冷ヒートポンプチラー	冷温水用/水蓄熱用	スクリュウ(SCW)	スクロール(SCL)
水チラー	冷水/冷温水	スクリュウ(SCW)	スクロール(SCL)
水熱源ヒートポンプチラー	冷水/冷温水	スクリュウ(SCW)	スクロール(SCL)
ダブルバンドルターボ冷凍機	冷水/冷温水	スクリュウ(SCW)	スクロール(SCL)
吸収式冷凍機	直蒸/蒸気蒸/温水蒸/排熱投入型	三重効用/二重効用/一重効用	標準/高効率/高期間効率
吸収ヒートポンプ	直蒸/蒸気蒸	三重効用/二重効用	標準/高効率/高期間効率
ボイラ	小容量直流ボイラ/真空温水ヒーター/排熱回収型ボイラ	標準型/白煙防止型	

\*1 水蓄熱用スクリュウ型インバータ制御空冷ヒートポンプチラーは対象外

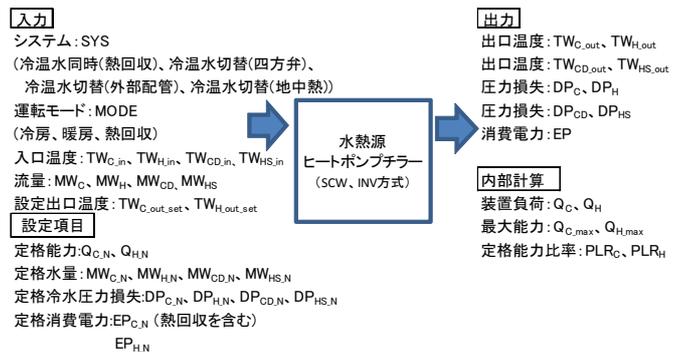


図-2 モデルの入出力（SCW、INV 制御）

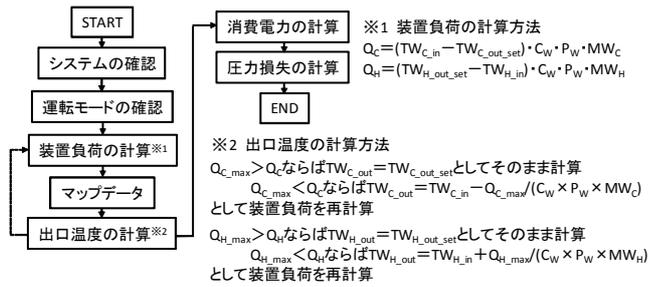


図-3 計算フロー (SCW、INV 制御)

表-2 マップ格子点データ範囲外の取扱い (SCW、INV 制御)

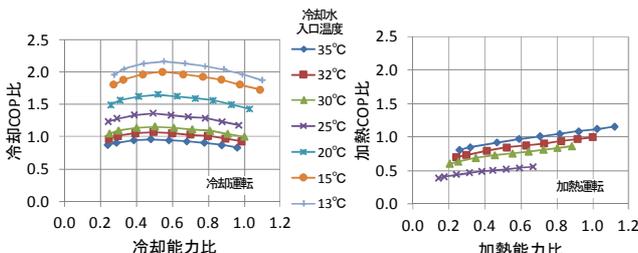
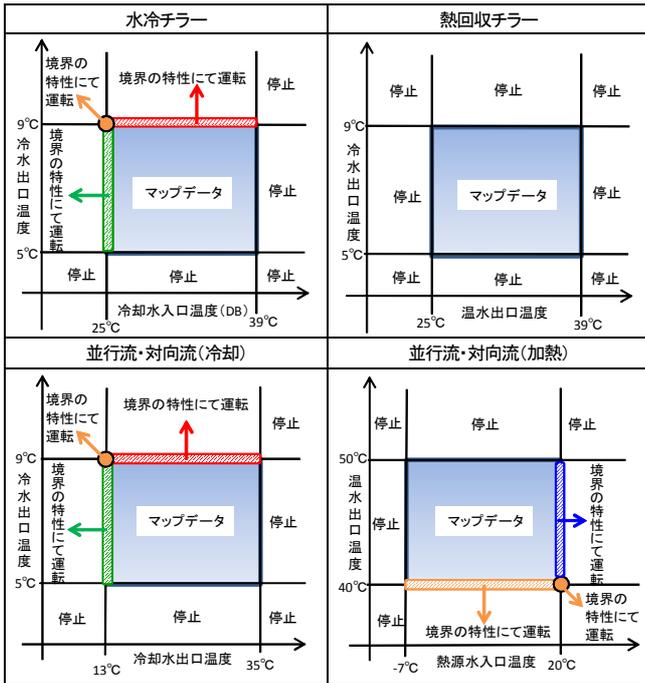


図-4 特性データ (SCW、INV 制御、並行流) (抜粋)

## 2. 水熱源ヒートポンプチラー (SCL、INV 制御)

### 2.1 概要・機器特性

運転モードは冷却専用運転と加熱運転、排熱回収運転 (冷却・加熱同時運転) があるが、マップ格子点データ

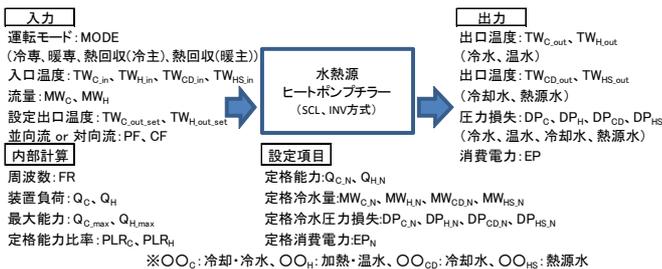


図-5 モデルの入出力 (SCL、INV 制御)

は冷却運転・加熱運転・排熱回収運転のすべてを網羅できるように、冷水出口温度、温水 (冷却水) 出口温度で整理した。

図-5 にモデルの入出力、図-6 に計算フロー、図-7 にマップ格子点データ範囲外の取扱い、図-8 に特性データグラフを示す。

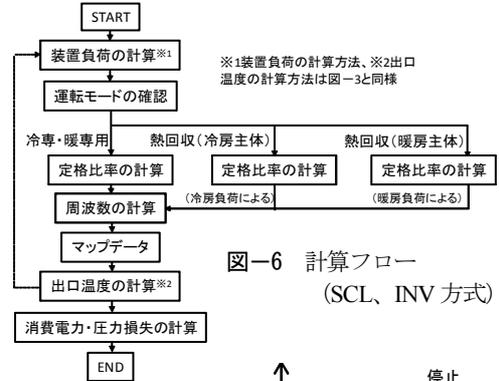


図-6 計算フロー (SCL、INV 方式)

図-7 マップ格子点データ範囲外の取扱い (SCL、INV 方式)

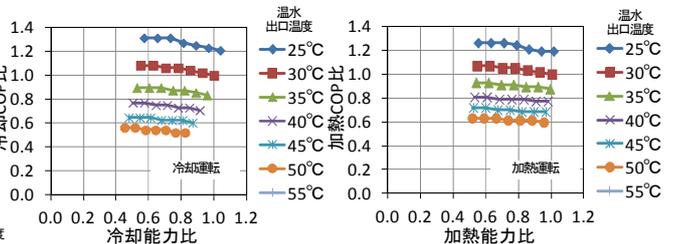
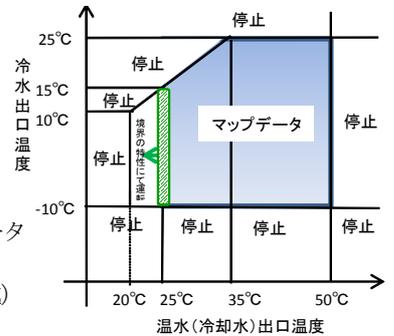


図-8 特性データ (SCL、INV 制御、並行流) (抜粋)

## 3. 熱回収式空冷ヒートポンプチラー

### 3.1 概要・機器特性

運転モードは①「冷却専用運転」、②「冷却主体熱回収運転」、③「完全熱回収運転」、④「加熱主体熱回収運転」、⑤「加熱専用運転」に分かれており、機器特性データが提供可能な①「冷却専用運転」、③「完全熱回収運転」、⑤「加熱専用運転」は、特性データ (マップ格子点データ) をヒアリングし、その特性を整理した。しかし、②「冷却主体熱回収運転」、④「加熱主体熱回収運転」の特性は、パラメータが多く、特性データの整理が困難であったため、①「冷却専用運転」、③「完全熱回収運転」、⑤「加熱専用運転」を組み合わせることで、その特性を作成するものとした。図-9 にモデルの入出力、図-10 に計算フロー、表-3 にマップ格子点データ範囲外の取扱い、図-11 に特性データグラフを示す。

### 3.2 冷却主体熱回収運転、加熱主体熱回収運転の特性決定方法

②「冷却主体熱回収運転」、④「加熱主体熱回収運転」の特性を作成するための基本的な考え方は以下とした。

- ②「冷却主体熱回収運転」の特性値は、①「冷却専用運転」及び③「完全熱回収運転」の特性値を結ぶ線上にあるものとする。
- ④「加熱主体熱回収運転」の特性値は、⑤「加熱専用

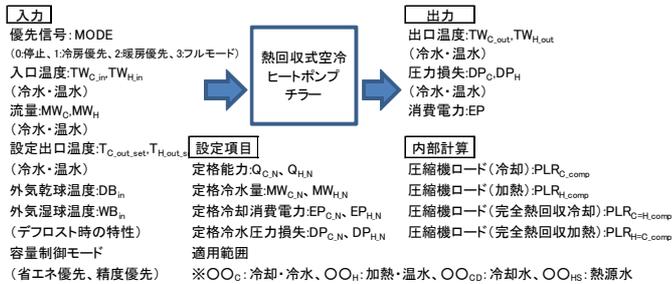


図-9 モデルの入出力 (熱回収式空冷ヒートポンプチラー)

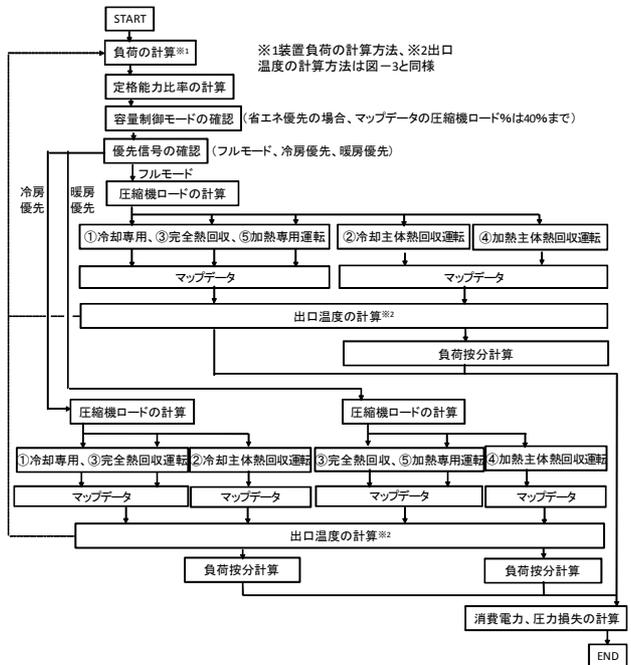


図-10 計算フロー (熱回収式空冷ヒートポンプチラー)

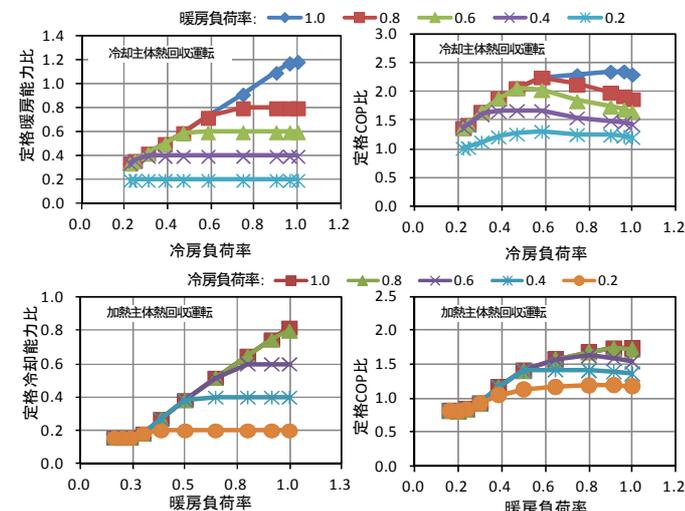
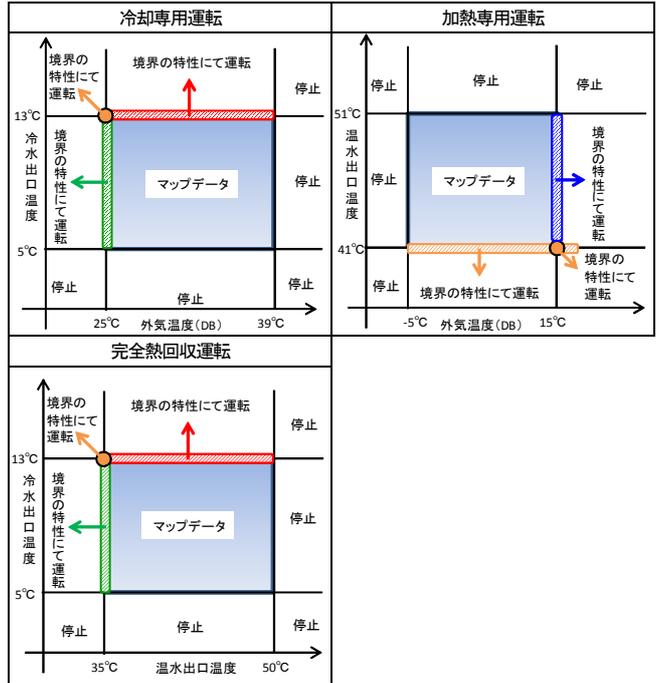


図-11 特性データ (熱回収式空冷ヒートポンプチラー) (抜粋)

用運転」及び③「完全熱回収運転」の特性値を結ぶ線上にあるものとする。

ただし、その消費電力は冷却主体熱回収運転の場合、冷却主体運転の消費電力と完全熱回収運転の消費電力の大きいほう、加熱主体熱回収運転の場合、加熱主体運転の消費電力と完全熱回収運転の大きいほうを選択するものとした。

表-3 マップ格子点データ範囲外の取扱い (熱回収式空冷ヒートポンプチラー)



### 4. ヒーティングタワー

#### 4.1 概要

ヒーティングタワーの機器特性は、外気温度・外気相対湿度をパラメーターとし、消費電力・加熱能力・出口ブライン温度・出口乾球温度を算出した。採用実績から判断し、対象とする機種は3セル連結型の汎用機のみとした。適用範囲の詳細を表-4に示す。デフロストやブライン濃度の点から、機器特性を物理モデル化することは難しいと判断されたため、消費電力と加熱能力の出力にはマップ格子点データを用いることとした。なお、運転状態点については、電力中央研究所の協力を得た。

#### 4.2 モデルと計算フロー

入出力項目と計算フローを図-12と図-13に示す。運転モードとは冷却運転と加熱運転の切り替えを示し、ヒーティングタワーは冷却時には密閉式冷却塔として使用されることを前提とする。

加熱運転にはドライ運転とデフロスト運転があり、デフロスト運転は外気の湿湿度によりファン、デフロストポンプ、ヒーターの運転を切り替えた3パターンに区別する。図-14にデフロスト運転イメージを示す。3セル連

結型では、バルブの開閉により1基毎にデフロスト運転が行われる。マップデータによる外気温湿度特性と運転パターンを表-5に示す。加熱能力はマップデータより算出し、出口ライン温度と出口乾球温度は下式により算

出する。出口乾球温度はラインと空気間の熱交換を全て顕熱と仮定した。

$$TB_{out} = TB_{in} + HT \text{ 能力} / (MB \times CpB) \quad (3-1)$$

$$DB_{out} = DB_{in} - (HT \text{ 能力} - \text{ファン消費電力}) / (MA_{in} \times CpA) \quad (3-2)$$

表-4 ヒーティングタワーの適用範囲

項目	適用範囲
ユニット仕様	3セル連結タイプ
定格能力	加熱能力：600kW（デフロスト運転時400kW）／冷却能力：1024kW（300RT）
ライン流量	152m <sup>3</sup> /h（定流量）
風量	4,554m <sup>3</sup> /min（定風量）
外気乾球温度	-5.0℃ ≤ DBin
外気相対湿度	0% ≤ RHin ≤ 100%
ライン温度	-15.0℃ < TBin（ラインの凍結防止のため）
ライン種類	エチレングリコール水溶液（凍結温度 -18℃）
ライン比熱	3,370J/(g・℃)
ライン密度	1,072kg/m <sup>3</sup>

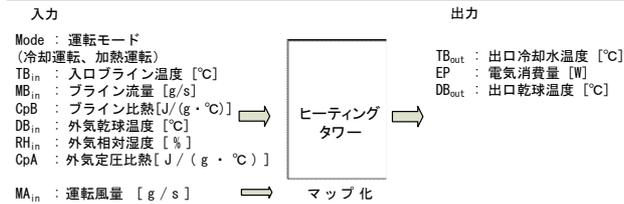


図-12 ヒーティングタワーの入出力

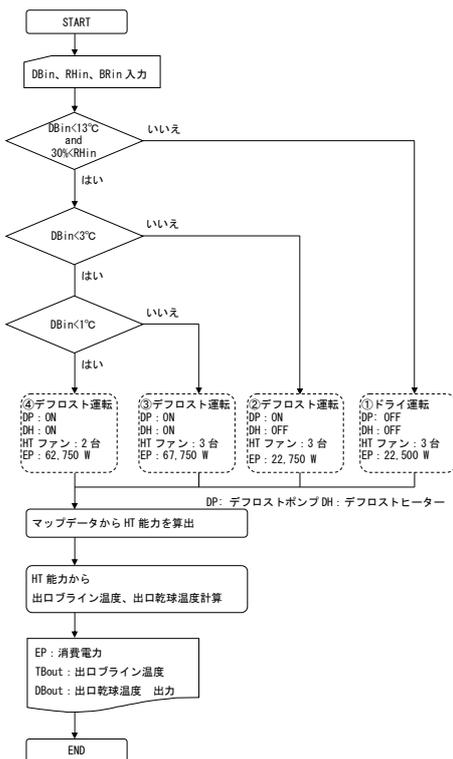


図-13 ヒーティングタワーの特性計算フロー

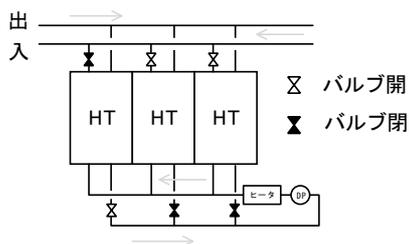


図-14 デフロスト運転イメージ

表-5 マップ格子点データによる外気温湿度特性と運転パターン（図中の番号は図-13の計算フローに対応）

外気乾球温度 (°C)	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	運転パターン
13 以上	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	①ドライ運転
12 (13.0~3.0)	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	②デフロスト運転 (ファン3台+ポンプ)
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
2 (3.0~1.0)	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	③デフロスト運転 (ファン3台+ポンプ+ヒーター)
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
0 (1.0~-5.0)	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	④デフロスト運転 (ファン2台+ポンプ+ヒーター)
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%		
-6以下	能力割合 (HT能力/400kW)	HT能力/1セル	HTファン電力	DP電力	DH電力	HT能力	合計消費電力	%	運轉範囲外

まとめ

BESTで行っている熱源機器・熱源補機の機器特性の整備状況、および機器特性の整備方法の検討に関して報告した。今後も、JISの改訂に伴う各種機器の更新や新規機器・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】

本研究は、(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)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、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、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。

機器特性SWG名簿(順不同)主査：品川 浩一 (日本設計)、幹事：藤居達郎(日立製作所) 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)、工月 良太、吉田 拓也 (東京ガス)、澤田 佳也 (中部電力)、野原 文男、丹羽 勝巳、小上 佳子 (日建設計)、比嘉 盛嗣 (東邦ガス)、柳井 崇、川津行弘 (日本設計)、事務局：生稲 清久 (建築環境・省エネルギー機構)

参考文献

- 1) 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138) 新規熱源機器および空調機器の特性 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2014.9