

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 18 報 熱源機及びパッケージ空調機の機器特性の定式化

正会員 ○藤居 達郎*1
同 村上 周三*2
同 石野 久彌*3
同 柳井 崇*4

機器特性 空調用熱源機 パッケージ空調機
建築環境 シミュレーション BEST

1. はじめに

BEST 機器特性 SWG では、空調システムで用いられる各種機器のデータベース化とモデリングを進めてきた。機器固有の特性の反映とメンテナンス性の両立を図るため、機種ごとの個別の仕様を機器データベースに記載し、機器モデルでは類似の特性を持つ機器を同一の特性式で記述した。これらのモデルは、機器の種類によって入出力を定義し、入出力間の関係を物理モデルまたは回帰式モデルによって記述したものである。本報では、主に中央熱源方式に使われる熱源機及び個別熱源方式で使われるパッケージ空調機の機種構成、各種機器モデルの概要と特性式の概要について報告する。

2. 各種熱源機器特性の定式化

2.1 熱源機器の機種構成

熱源機器については表-1 に挙げる機器の特性調査を進め、汎用的な機器については表-1 の状況欄に示すように定式化を終了している。これらの調査は、機器特性 SWG 内に設けた熱源機器分科会にて行った。

表-1 熱源機器特性定式化のフレーム構成と状況

タイプ		概要		状況*
ターボ 冷凍機	標準機	ベーン制御	JRA 資料から作成	○
	高効率機	ベーン制御	メーカー提供データ	○
		インバータ制御	同上	○
		氷蓄熱用	(検討中)	△
空冷 ヒート ポンプ チラー	スクリーン	スライド弁制御	メーカー提供データ	○
		インバータ制御	同上	◎
	スクロール	圧縮機台数制御	同上	◎
		氷蓄熱用	(検討中)	△
水冷 チラー	スクリーン	スライド弁制御	メーカー提供データ	○
		インバータ制御	同上	◎
	スクロール	圧縮機台数制御	同上	◎
		氷蓄熱用	(検討中)	△
吸収式 冷凍機	直焚き	三重効用	メーカー提供データ	◎
		二重効用		○
	蒸気焚き	二重効用	同上	◎
	温水焚き	一重効用	同上	◎
排熱 投入型	三重効用	コージェネ SWG にて 定式化	△	
	二重効用		◎	
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		コージェネ SWG にて定式化済	

※ ○、◎(今回追加): 定式化終了 △: 検討中(2009年3月現在)

2.2 機器特性の例

機器特性はメーカーの協力により部分負荷を考慮したデータベース化を行った。一例として、空冷ヒートポンプチラー(スクリーン圧縮機、スライド弁制御)の冷却時部分負荷効率を図-1 に示す。図-1 では外気温度の低下に伴って、COP および最大能力が増大する特性が反映されている。

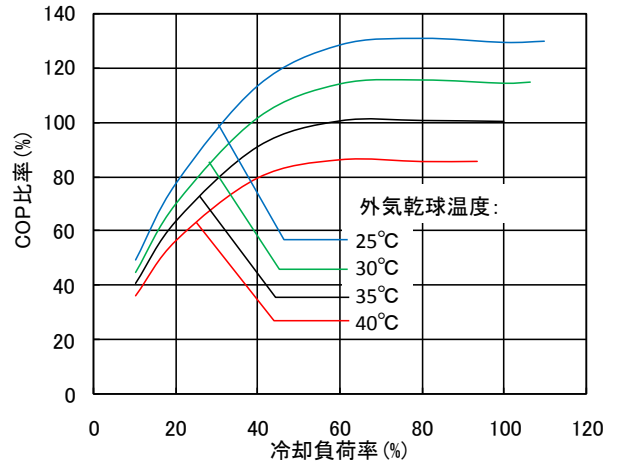


図-1 空冷ヒートポンプチラーの冷却時特性(例)

2.3 対応機種種の拡充

以下、表-1 に示したその他の熱源機の状況について述べる。

1) ターボ冷凍機

表-1 に示したように標準機、高効率機、インバータ駆動高効率機の定式化を終えており、今後は氷蓄熱に用いるブライン冷却用などを拡充する予定である。

2) 空冷ヒートポンプチラー、水冷チラー

空冷 HP チラーについては表-1 に示したタイプに加え、外気温上昇時に室外機に散水を行う機種への対応を進めている。また、冷温水変流量ポンプを内蔵する機種に対しては、冷凍機とポンプからなるモジュール構造の採用を検討中である。冷専タイプの空冷チラーについては、空冷 HP チラーの冷房時特性で対応する。また、水冷チラーも含めて氷蓄熱用への対応を検討中である。

3) 吸収式冷凍機

前年度まで共通の特性式で表していたものを表-1 のように直焚きと蒸気焚きに分類して各機種の特徴を反映した。直焚きについては高 COP の三重効用タイプを追加した。また、排熱利用等に活用できる温水焚きの特性式にも対応可能とした。排熱投入型の特性式はコージェネ SWG で定式化を行ったものである。

4) ボイラ

ボイラの特性については、本体からボイラ室内への放熱量を新たに出力に加えた。

5) 各種機器への入力値の上限・下限対応

高圧リレーや冷水過冷、断水リレーなどの保護動作を BEST 上にて再現するため、各種熱源機への冷温水温度、流量、冷却水(水冷機)、外気温度(空冷機)などの動作範囲、範囲外の入力が与えられた場合の機器の動作を調査した。

今後はユーザーへのアンケートなどによる対応機種へのニーズ調査を行い、機器の拡充を進める予定である。

3. パッケージ空調機の機器特性の定式化

ビルマルチ空調機を含む個別分散型の空調システムの機器特性に関しては、代表的なビルマルチ型空調機である EHP 及び GHP の標準タイプに関して、室内機と室外機を一体として扱うモデルを用いて定式化を行なってきた。本報では、新たに以下の2点に配慮して、機器特性の定式化を行なったので、その概要を報告する。

- ①ビルマルチ型空調機以外の機種への拡充
- ②APF 表示に伴う中間能力・中間入力力の反映

3.1 各パッケージ空調機の機種構成

表-2 に、パッケージ空調機の機器特性定式化の対象とする各種機器の一覧を示す。定式化を行なうに当たっては、①建物用途の違い、②地域差（寒冷地仕様等）、③受け持ち負荷種別（外気処理等）、④エネルギー種別（電力、都市ガス、灯油）、⑤放熱方式（空冷、水冷）に配慮して全体の枠組み（フレーム）を策定した。

以下、現時点で機器特性の定式化が終了している機種について、その特長を示す。

3.2 各種パッケージ空調機の計算モデルと機器特性

1) 中間能力・入力表示への対応

従来は入力（エネルギー消費）と負荷率（負荷処理能力）を示す部分負荷特性において、負荷率 100% の定格点でのデータのみを入力し、各機器の特性式の補正を行なってきた。今回の定式化では、図-2 に示す様、新たに JIS 等で表示される中間能力・入力値（負荷率 50% 前後）により、特性カーブ自体に補正を行なう方法を採用した。

2) 特性データの共通表示フォーマットの策定

表-2 に示す様、対象とする機種が多様多様にわたること、将来的には、各メーカー固有の部分負荷特性のデータへの対応等を想定して、表-3 に示す様、機器特性を表す近似式の形式の共通化を図った。近似式は、不連続となる特性への対応や範囲外での対応も含め説明変数の範囲を原則、5 区間に分割して、3 次式での近似とした。

3) EHP(氷マルチ)の特性

氷マルチの特性に関しては、氷の冷熱を過冷却に利用して冷房を行い、温水は除霜に利用するタイプとした。昼間の空調時の蓄熱利用冷房と蓄熱非利用冷房に加えて、夜間の蓄熱運転についてビルマルチと同様に定式化した上で、蓄熱量と利用量が等しくなるよう運転条件フローを設定した。

4) GHP(発電機能付 GHP)の特性

発電機能付 GHP のうち、発電電力を自己消費するタイプに関して定式化した。具体的にはビルマルチ型冷暖切替タイプの GHP の特性式に発電分のガス消費量計算式を追加すると共に、消費電力特性式を見直す形で作成した。

5) KHP の特性

KHP の機器特性に関しては、同じ燃焼系機器の GHP をベースに、標準型と寒冷地型の 2 機種の定式化を行なった。

4. まとめ

BEST における熱源機及びパッケージ空調機の機器特性の定式化について報告した。引き続き、検討フレームに挙げた機種に関して定式化を進める予定である。

【謝辞】

各種機器特性のデータ収集、モデル化に当たっては、日本冷凍空調工業会（ターボ冷凍機技術専門委員会、吸収式冷凍機技術専門委員会、リフティング技術専門委員会、スクリュー冷凍機技術専門委員会、パッケージエアコン技術専門委員会、GHP 専門委員会、氷蓄熱空調専門委員会）の協力を得た。ここに謝意を表します。

※BEST 関係者の謝辞は、次報にまとめて記す。

表-2 機器特性定式化のフレーム構成と状況

タイプ		概要		状況*
GHP	ビルマルチ型	冷暖切替	一部、特性を見直し	●
		冷暖同時	(検討中)	△
	発電機付GHP	自己消費型(冷暖切替)	近似式作成完了	●
		系統連系型(冷暖切替)	(検討中)	△
EHP	ビルマルチ型	冷暖切替	中間能力の反映部分の修正を実施	●
		冷暖同時	(検討中)	△
		寒冷地対応	冷暖切替の特性式の形態の延長線上で定式化	●
		水冷式	(検討中)	△
	店舗用	冷暖切替	各社代表機種の機器特性で定式化	●
		寒冷地対応	同上	●
	設備用	冷暖切替	事務所(対人)空調用を定式化	●
		寒冷地対応	電気室、ELV機室用冷専型	△
	外気処理用	冷暖切替	事務所(対人)空調用	△
		冷暖同時		
		寒冷地対応		
		水冷式		
氷ビルマル	冷暖切替	蓄熱時・非蓄熱時の場合分けて定式化(室内機はビルマルチ型と同様)	●	
	寒冷地対応	(検討中)	△	
KHP	ビルマルチ型	標準型	GHPと同様に定式化	●
		寒冷地対応	同上	●

※●: 定式化が終了 △: 検討中(2009年3月現在)

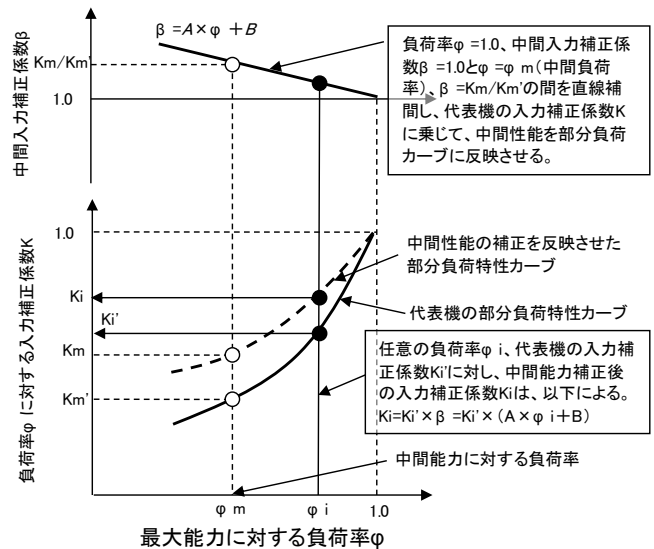


表-3 機器特性を示す共通近似式の事例(冷房時)

特性	特性式名	変数			特性式		
		変数名	範囲	下限 上限			
室温補正	能力補正	Kcti(WB)	WB:室内湿度°C	最小	-16	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###	
				範囲1	16	19	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				範囲2	19	22	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				範囲3	22	24	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				最大	24	-	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				最小	-16	-	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
	入力補正	Kcwti(WB)	WB:室内湿度°C	最小	-16	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###	
				範囲1	16	19	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				範囲2	19	22	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				範囲3	22	24	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				最大	24	-	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
				最小	-16	-	### × WB^3 + ### × WB^2 + ### × WB + ###
外気補正	能力補正	Kcti(DB)	DB:外気乾球温度°C	最小	-5	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###	
				範囲1	-5	15	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				範囲2	15	25	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				範囲3	25	43	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				最大	43	-	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				最小	-5	-	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
	入力補正	Kcwti(DB)	DB:外気乾球温度°C	範囲1	-5	15	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				範囲2	15	25	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				範囲3	25	43	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				最大	43	-	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				最小	-5	-	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###
				最大	43	-	### × DB^3 + ### × DB^2 + ### × DB + ###

※上記以外に、配管長・高低差、負荷率補正も同様の定式化とする

*1: 株式会社 日立製作所
 *2: 建築研究所 理事長 工博
 *3: 首都大学東京大学院 名誉教授 工博
 *4: 株式会社 日本設計

*1 Hitachi, Ltd.
 *2 Chief Executive, Building Research Institute, Dr. Eng.
 *3 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.
 *4 Nihon Sekkei.