

## 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

### Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 138) Additional Outline of Equipment Characteristics of Cooling / Heating Devices and Room Air Conditioner

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 澤田 佳也（中部電力） 正会員 藤居 達郎（日立製作所）

Yukihiro KAWAZU \*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI \*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO \*<sup>3</sup> Koichi SHINAGAWA \*<sup>1</sup>  
Yoshinari SAWADA\*<sup>4</sup> Tatsuo FUJII \*<sup>5</sup>

\*<sup>1</sup> Nihon Sekkei, Inc. \*<sup>2</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation

\*<sup>3</sup> Tokyo Metropolitan University \*<sup>4</sup> Chubu Electric Power Co., Inc. \*<sup>5</sup> Hitachi, 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. Some of these results are listed informatively in ISO 13612, part 2. In this part 138, calculation models of water-cooled electric heat pumps, double-bundle centrifugal chillers, and room air conditioners are investigated and formulated as additional equipment. The former two machineries are important in energy conservation of buildings as heat recovery devices. As for the description of room air conditioners, the equation form and the grid-point data mapping that has an advantage in extensibility are studied.

#### 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、機器特性調査・整備を進めている。これらの一部は ISO 規格<sup>1)</sup>において参照され、世界標準としての地位を獲得しつつある。現在の BEST 機器特性の中央熱源における整備状況を表-1 に示す。

熱源機器については、これまで一連の標準的な機器の特性を調査、定式化<sup>2)</sup>しており、ニーズ調査等から、省エネルギーへの貢献が期待できる熱回収型の機器にも取り組んでいる<sup>2,3)</sup>。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・インバータ制御）、ダブルバンドルターボ冷凍機、また、高効率化が進んでいるルームエアコンについて報告する。

表-1 機器特性調査の状況（中央熱源関連）

中央熱源	ターボ冷凍機	冷水/氷蓄熱用	スクリュウ	ベーン制御/インバータ制御	
	空冷ヒートポンプチラー	冷温水用/ 氷蓄熱用	スクリュウ スクロール	スクリュウ制御/インバータ制御 圧縮台数制御/インバータ制御※1	
	水冷チラー	冷水用/ 氷蓄熱用	スクリュウ	スクリュウ制御/インバータ制御	
	水冷ヒートポンプチラー	冷水・冷温水	スクリュウ	圧縮台数制御 インバータ制御	
	ダブルバンドルターボ冷凍機	冷水・冷温水		ベーン制御	
	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	
	吸収ヒートポンプ	直焚/蒸気焚		二重効用	
	蒸気-温水熱交				
	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			

※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ラーは対象外

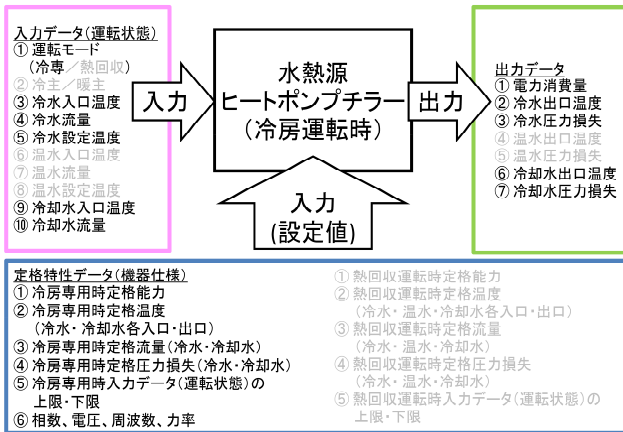
#### 1. 水熱源ヒートポンプチラー

##### 1.1 概要と入出力

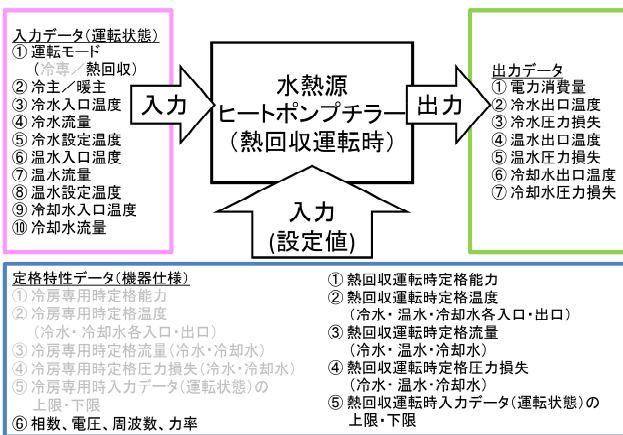
水熱源ヒートポンプチラーの機器特性は、各メーカーの製品のうち代表機器の特性を調査、定式化した。運転モードは既報<sup>2)</sup>のダブルバンドル型ターボ冷凍機と同様で、冷房運転と熱回収運転がある。冷房運転時の特性は既プログラムと変更はない。熱回収運転時は冷水負荷から奪った熱を温水負荷に与えることで、冷却能力に見合った加熱能力を回収する運転を行う。そのため、冷主運転の場合、温水負荷に対しては無制御となるが、冷却塔、熱交換器と組み合わせることで、余剰の熱を冷却塔で放出するように制御することも可能である。入出力の関係を冷房時と熱回収時に分けて図-1 に示す。

##### 1.2 計算フロー

次に、計算フローを図-2 に示す。定格温度差の計算を行い、運転モードによる定格値を割り当てる。入力流量、入力温度、要求負荷率等の入力値を整理し、各流体の圧力損失の計算後、運転信号の処理を行う。この場合、運転信号が OFF の場合、計算は終了となり、ON の場合、冷暖房能力の計算を行い、冷温水出口温度の計算を実施した上で、熱源機の消費電力量を計算する。なお、冷房モードの計算はプログラムに搭載済みの水冷チラーの特性式を適用する。



(a)冷房運転時



(b)熱回収運転時

図-1 水熱源ヒートポンプチラーの入出力

### 1.3 機器特性の例

運転特性の一例として、冷房時の定格冷水温度：12→7°Cにおける温水入口温度をパラメータとした熱回収運転時の部分負荷特性を図-3に示す。冷房 COP は水冷チラーの特性と同様であるため割愛した。暖房 COP は冷房と同様、加熱能力比が高くなるにつれ向上していることが分かる。

なお、総合 COP の算出にあたっては次式により行った。

$$\text{総合 COP} = \text{冷房 COP} + \text{暖房 COP} \dots\dots\dots(1).$$

総合 COP においても、冷房および暖房と同様、加熱能力比が高くなるにつれ向上していることが分かる。

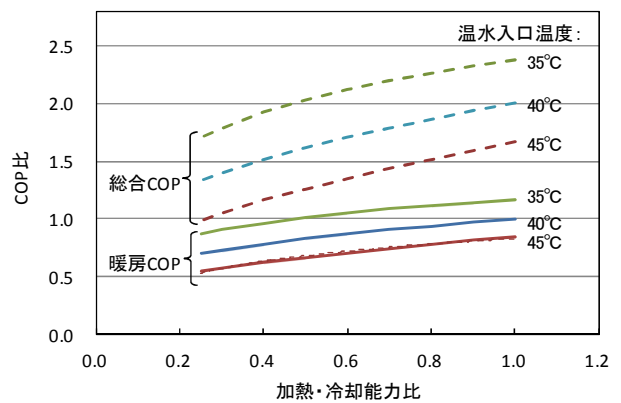


図-3 水熱源ヒートポンプチラーの特性 (熱回収運転時の例、定格冷水温度 12→7°C)

## 2. ダブルバンドルターボ冷凍機 (ペーン制御)

### 2.1 概要

ダブルバンドルターボ冷凍機は、前項の水熱源ヒートポンプチラーと同様、熱回収型の熱源機として熱源システムの省エネルギーを図る上で重要な要素である。運転モードは通常のターボ冷凍機と同様の「冷房運転」と冷水と温水を同時に供給する「冷温水(熱回収)運転」の2つである。既報<sup>2)</sup>では、単純化したシステム構成と運転モードから、入出力と設定値を定義した。

今年度は冷温水運転モードを対象として、既報<sup>2)</sup>の結果とメーカーから得られた特性式から冷水と温水の出口温度、および消費電力、成績係数の算出手順を検討し、試算を行った結果について報告する。

### 2.2 計算フロー

冷温水(熱回収)運転時における機器特性の計算フローを図-4に示す。ダブルバンドルターボ冷凍機は一般的に冷水側の負荷を基準に運転される。したがって、冷房能力と冷水出口温度の計算を先に行って圧縮機の負荷が決定し、その結果から温水側の加熱能力が決まる。式(1)に示した各種 COP はこれらの結果から算出される。

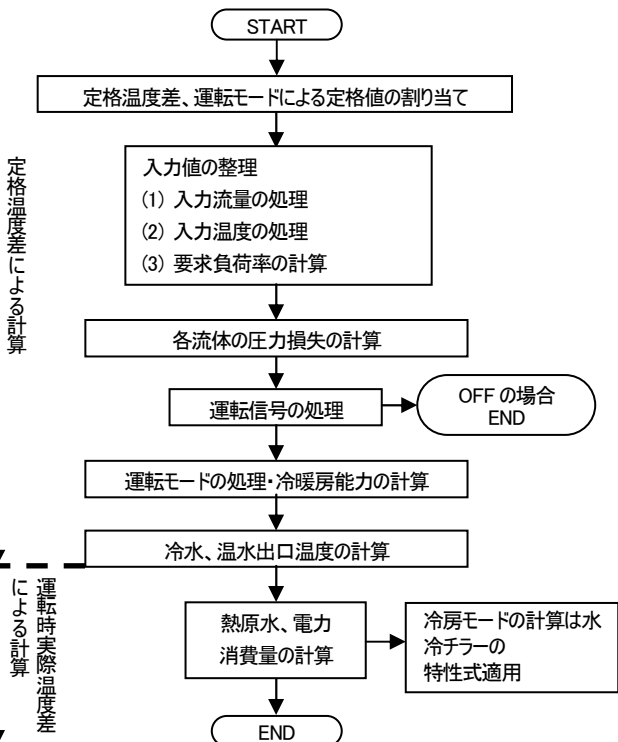


図-2 水熱源ヒートポンプチラーの特性計算フロー

### 2.3 機器特性の例

計算結果の例を図-5～7に示す。基準となる冷水負荷が小さい領域では図-5のように機器が停止して、図-6に示すように暖房能力もゼロとなっている。容量制御の領域に入ると温水出口温度も上昇し、最大能力運転に入るとほぼ一定となっている。また、温水出口温度が設定温度に達すると暖房能力は一定となる。

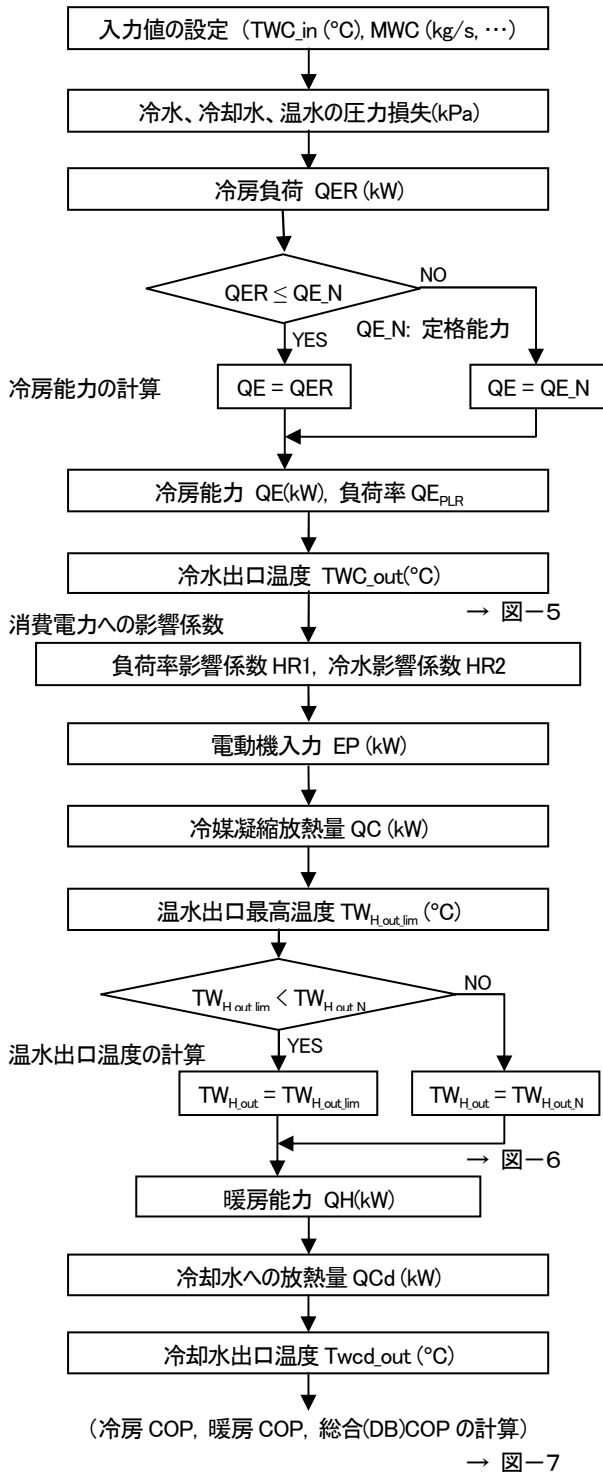


図-4 ダブルバンドルターボ冷凍機の特性格算フロー  
(冷温水(熱回収)運転時)

各種 COP は、冷水入口温度の上昇とともに増加しており、圧縮機の吸込圧力上昇の影響が反映されている。冷却水温度は図-4のように出口温度が最後に計算されるため、消費電力および各種 COP への影響はない。これは、圧縮機の吐出圧力が温水加熱温度によって決定し、冷却水温度の影響を受けないためである。従って、冷却運転時のような部分負荷運転時の効率向上も現れない。

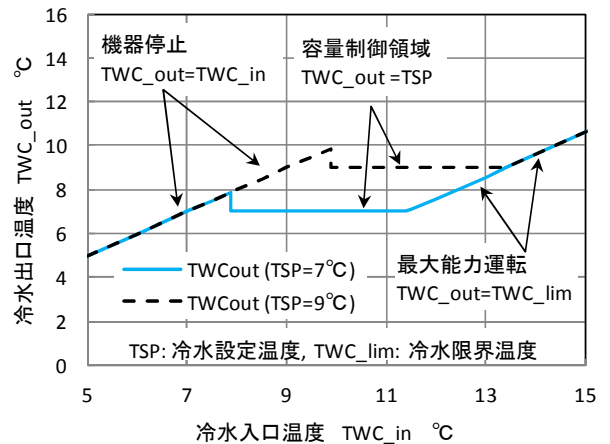


図-5 冷水入口温度-冷水出口温度特性

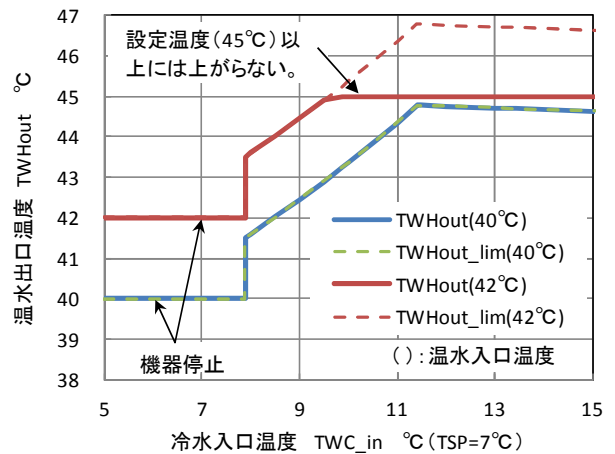


図-6 冷水入口温度-温水出口温度特性

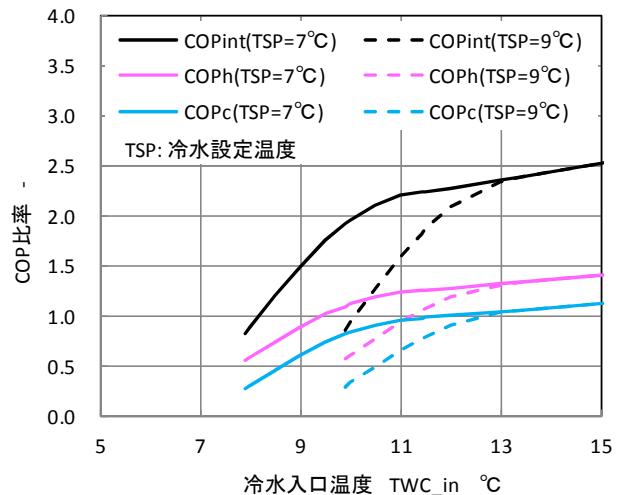


図-7 ダブルバンドルターボ冷凍機の COP 比率

