

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90）

新規採用熱源機器の特性

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part90)
Characteristics of Newly Adopted Heat Source Equipments

正会員 ○藤居 達郎（日立製作所 日立研究所） 特別会員 村上 周三（建築研究所）
技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 柳井 崇（日本設計）

Tatsuo FUJII *¹ Shuzo MURAKAMI *² Hisaya ISHINO *³ Takashi YANAI *⁴

*¹ Hitachi Lab., Hitachi, Ltd. *² Building Research Institute *³ Tokyo Metropolitan University *⁴ Nihon Sekkei, Inc.

To follow up the spread of energy-saving heat sources and systems, BEST working group of equipment characteristics is updating existing equipment data and adopting new heat source equipments. In this part, four types of equipment models, i.e., absorption chiller/heaters with higher annual efficiency, waste heat assisted absorption chiller/heaters, centrifugal brine chillers for ice storage systems, and air-cooled modular heat pump chilling units with scroll compressors, are reported. We are going to proceed with the modeling of new heat source equipments with higher energy efficiency, and hoping that this action will make these machines more popular.

1. はじめに

BEST 機器特性 SWG では、空調設備の省エネルギーへの対応として、既存機種の特長データの更新および新型機の特長データ拡充を進めている。本稿では、表 1 に示した熱源機器特性から、今回機器特性をまとめた高期間効率型直焚き吸収冷温水機、廃熱投入型直焚き吸収冷温水機、氷蓄熱用ブラインターボ冷凍機、およびモジュール連結・圧縮機台数制御式空冷ヒートポンプチャラーの 4 機種について紹介する。これらのモデルは、主に BEST 機器特性 SWG の熱源機器特性分科会を通して（社）日本冷凍空調工業会の協力のもとで推進した。

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	同上	◎
空冷 ヒート ポンプ チャラー	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	◎
		インバータ制御	同上	○
		氷蓄熱用	同上	△
水冷 チャラー	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	同上	○
		高期間効率機	同上	◎
	蒸気焚き	二重効用	同上	○
	温水焚き	一重効用	同上	○
	廃熱 投入型	三重効用	コージェネ SWG にて	△
二重効用		定式化済	◎	
ボイラ	小型貫流ボイラ	機外放熱量を		○
	真空温水ヒーター	追加		○
	排熱回収型ボイラ	コージェネ SWG にて定式化済		◎

2. 高期間効率吸収冷温水機の特性

吸収式冷凍機では、ここ数年で各社から製品化された高期間効率機¹⁾の代表特性を定式化し、プログラムに追加した。入出力は図 1 に示すように従来の直焚き吸収冷温水機と同様である。

運転特性の一例として部分負荷特性を図 2 に示す。低・中負荷領域において標準機に対して COP 比率が向上していることがわかる。



図 1. 高期間効率吸収冷温水機の入出力

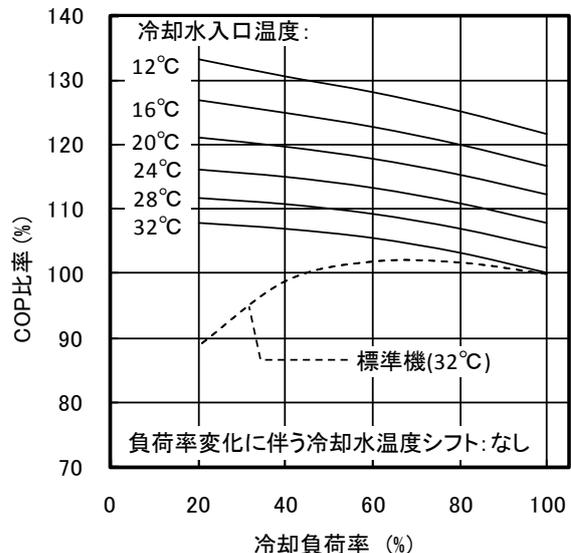


図 2. 高期間効率吸収冷温水機の部分負荷特性 (冷房時の例、定格冷水温度: 12→7°C)

なお、暖房運転時の特性は従来の吸収冷温水機と同様である。

3. 廃熱投入型吸収冷温水機の特性

廃熱投入型吸収冷温水機の特性は、コージェネレーション検討 SWG での検討結果²⁾を基本として、メーカーから提供された定量的データを反映して作成した。対象機種はガス直焚二重効用とした。

計算フローを図3に示す。運転モードは冷房、暖房、停止(図3では省略)の3種類であり、入力条件として与えられる。冷房および暖房モードでは、入力値から算出された負荷率からサーモ発停を判断し、OFFと判定された場合は停止時と同様の処理を行う。

冷房運転時にONと判定されると、次に廃熱の有無の判定を行う。この判定は入力値である廃温水の温度および流量によって行う。排熱ありと判定されると、次に廃熱単独運転の可否が判定され、この結果により廃熱単独運転とガス追焚運転に処理が分かれる。

その後、排熱ありの場合はガス削減率が次式によって算出される。

$$\text{ガス削減率} = \frac{\text{ガス削減量}}{\text{廃熱がない場合のガス消費量}}$$

また、排熱無しの場合、および暖房運転時と停止時は従来の直焚吸収冷温水機と同様の特性となり、ガス削減率はゼロとなる。

運転特性の例として、廃熱投入時の回収量とガス削減率の変化を図4に示す。対象機種は、ベースとなる吸収冷温水機を標準機、高効率機の2種類とし、それぞれに対して廃熱回収容量の異なる2種類とし、計4機種とした。

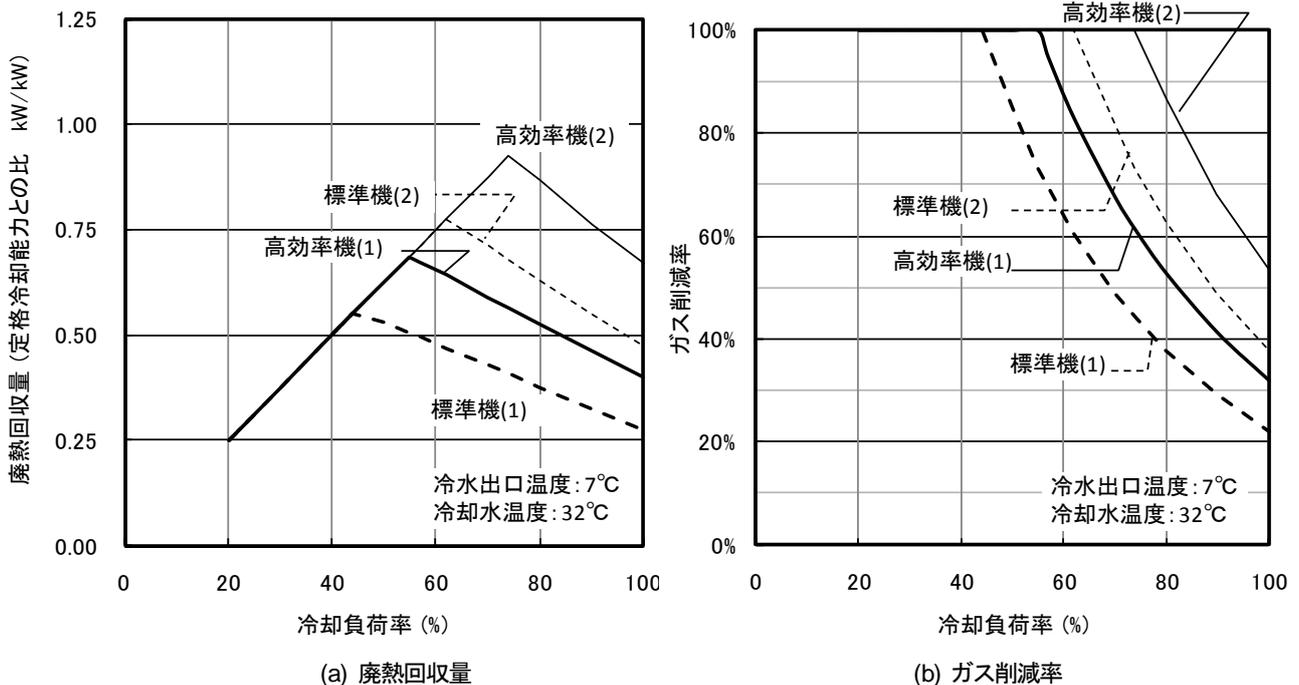


図4. 廃熱投入型吸収冷温水機の特性(例)

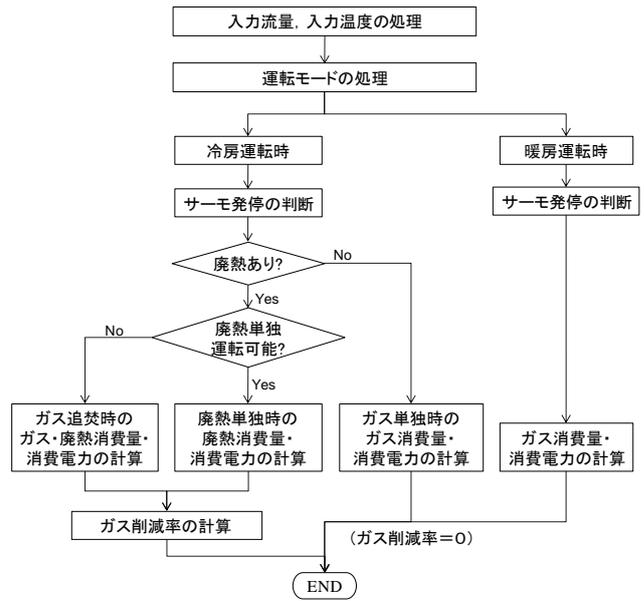


図3. 廃熱投入型吸収冷温水機の特性計算フロー

廃熱回収量の傾向は、廃熱単独運転が成立する低負荷領域では冷却負荷率に比例して増加し、冷却負荷率が増加してガス追焚運転となると減少しており、文献³⁾の傾向と一致している。このときガス削減率は、廃熱単独運転時に100%、ガス追焚運転時は冷却負荷率の増加とともに減少し、冷却負荷率100%において約20~55%となっている。

今後は廃熱温水の流量と温度をはじめとした運転条件の影響に関して精度を向上するとともに、直焚三重効用、および蒸気焚吸収式冷凍機の廃熱投入機のモデル化を進める予定である。

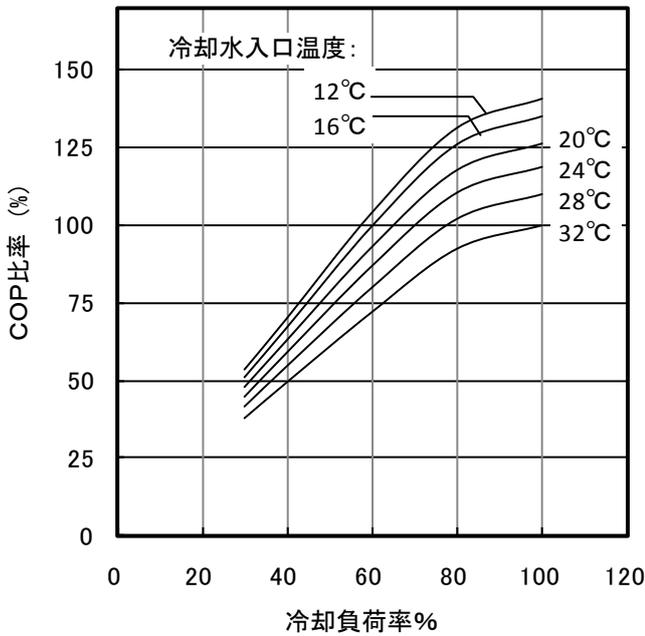
4. 氷蓄熱用ブライントーボ冷凍機の特性

BESTにおける氷蓄熱システム構築用として、ブライントーボ冷凍機の特性を調査した。定速機の特性を図5に、インバータ機の特性を図6に示す。これらの機種は蓄熱、追掛けの2つの運転モードがあり特性が異なるため、図5~6に示すように各モードに対して特性式を備えた。なお、特性式の形は一般空調用ターボ冷凍機と同一

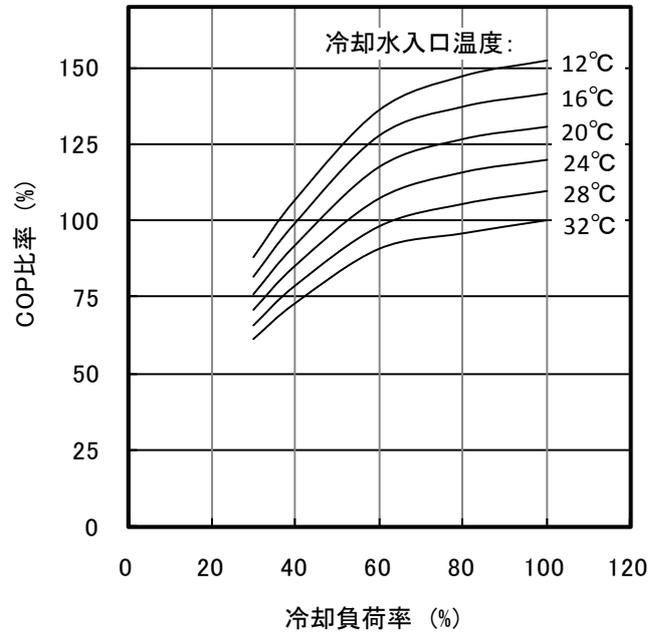
であり、係数のみが異なる。

蓄熱運転時および追掛け運転時のブライン流量は共通である。したがって、蓄熱時と追掛け時の定格冷却能力は異なり、図中に示した定格ブライン温度差の比率(3:4.1)となっている。

冷媒の種類の影響については、一般空調用と同様小さいものとし、共通の特性で表すものとした。

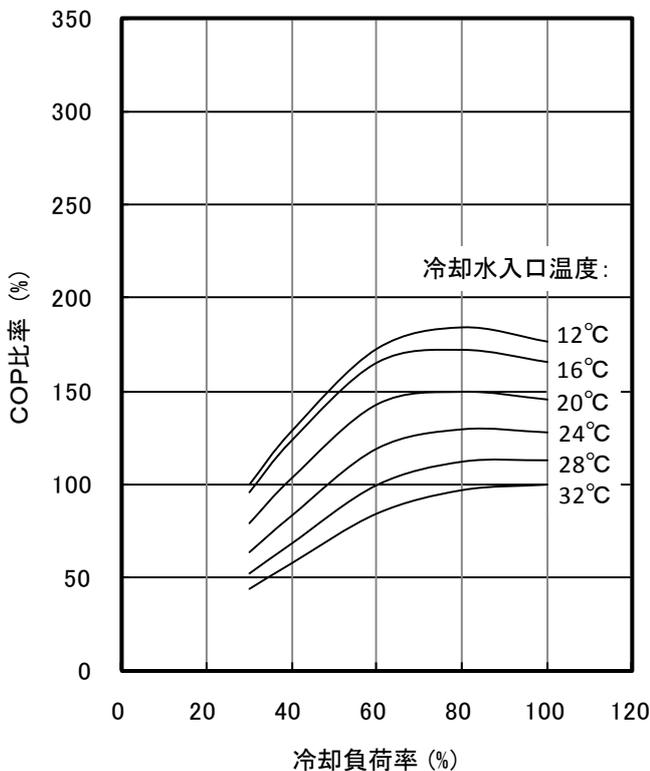


(a) 蓄熱時 (定格ブライン温度: -2 → -5°C)

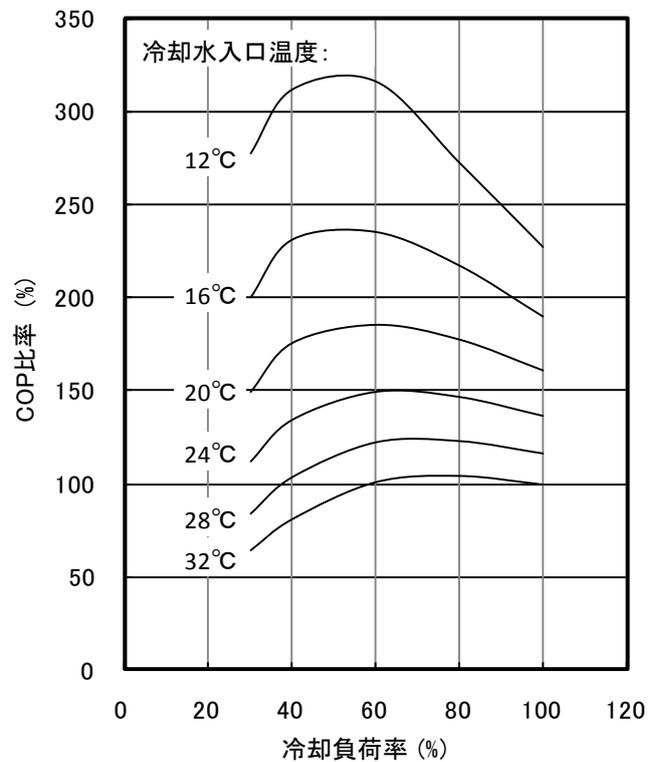


(b) 追掛け時 (定格ブライン温度: 9.1 → 5°C)

図5. 氷蓄熱用ブライントーボ冷凍機の部分負荷特性(定速機の場合)



(a) 蓄熱時 (定格ブライン温度: -2 → -5°C)



(b) 追掛け時 (定格ブライン温度: 9.1 → 5°C)

図6. 氷蓄熱用ブライントーボ冷凍機の部分負荷特性(インバータ機の場合)

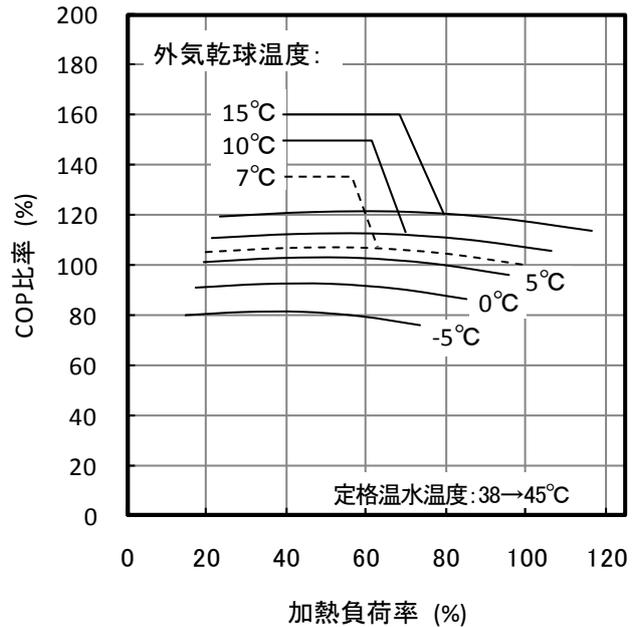
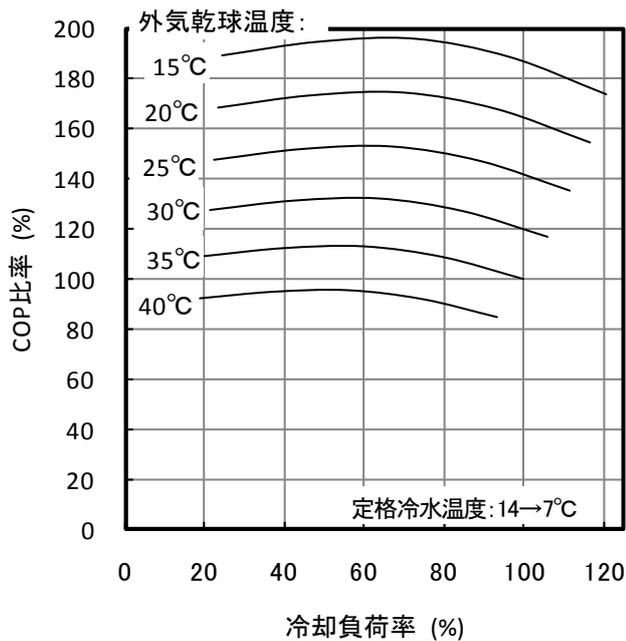


図8. モジュール連結・圧縮機台数制御式空冷ヒートポンプチラーの部分負荷特性

5. モジュール連結・圧縮機台数制御式空冷ヒートポンプチラーの特性

容積形圧縮機を用いた空冷ヒートポンプチラーの特性として、既報⁴⁾のスクリー圧縮機タイプに続いてスクロール圧縮機タイプの特性を定式化した。本稿では代表機種としてモジュール連結・圧縮機台数制御式空冷ヒートポンプチラーについて紹介する。

冷房運転時の計算フローを図7に、部分負荷特性の一例を図8に示す。図8のようにこの機種ではスクリー圧縮機タイプと同様、外気温度によって最大能力が変化するため、初めに外部条件から最大能力を算出する。この最大能力から冷水出口温度を算出することにより、冷水出口温度が設定値以外の値となる条件にも対応した。

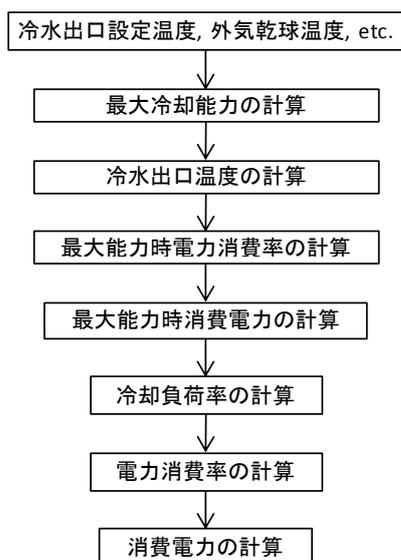


図7. モジュール連結・圧縮機台数制御式空冷ヒートポンプチラーの特性計算フロー(冷房時)

6. まとめ

近年普及が進んでいる省エネルギー機器への対応として、高期間効率吸収冷温水機、廃熱投入型吸収冷温水機、氷蓄熱用ブラインターボ冷凍機及びスクロール圧縮機タイプの空冷ヒートポンプチラーの特性を紹介した。

BEST 機器特性 SWG では、省エネルギー機器の普及進展に合わせて、逐次新型機への対応を進めて行く予定である。またこれにより、省エネルギー機器及びこれらを用いた省エネシステムの実用化を進める効果も期待される。

今後はさらに機器のデータ拡充を進めるとともに、ケーススタディによる検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 小林崇浩：クリーンエネルギー(2008-5), pp.59-63
- 2) 秋元孝之ほか6名：空衛講論(2008-8) OS-22, pp.1137-1140
- 3) 本間立：冷凍 Vol.83, No.967 (2008-5), pp.42-46
- 4) 藤居達郎ほか3名：空衛講論(2009-9) OS-17, pp.687-690
- 5) 室井邦夫：東芝レビューVol.62, No.6 (2007-6), pp.28-31

【謝辞】

本報は、(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」・「BEST 企画委員会(村上 周三委員長)」及び、専門版開発委員会(石野 久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本 雄三委員長)、機器特性 SWG(柳井崇主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。
 機器特性 SWG 名簿(順不同) 主査:柳井 崇(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(首都大学東京大学院名誉教授)、工月 良太(東京ガス)、品川 浩一(日本設計)、丹羽 勝巳(日建設計総合研究所)、野原 文男(日建設計)、熊谷 雅彦(日本ファミリーソリューション ～2011/1)、野田 浩志(東京電力 2011/1～)、助飛 羅 力(三機工業)、伊藤 祥一(日建設計)、村上 高(東京ガス)、篠田 友博(日建設計)、事務局:生稲 清久((財)建築環境・省エネルギー機構)
 また、各種機器特性のデータ収集、モデル化に当たっては、(社)日本冷凍空調工業会(吸収式冷凍機技術専門委員会、ターボ冷凍機技術専門委員会)、スクリー冷凍機技術専門委員会、チリングユニット技術専門委員会)の協力を得た。ここに謝意を表します。