

**BEST-P**  
**機器特性マニュアル**

**2020年8月**

<更新履歴>

•2013年7月版

•The BEST Program プログラム解説～機器特性マニュアル～(初版)をリリース

•2014年6月版

•空調熱源の低負荷機器特性設定に関する説明を追記

•2020年8月版

•新規に追加された機器に関する説明を追記

# M. 機器特性マニュアル

## BEST-P

### The BEST Program

1. はじめに .....	1-1
1.1. 本書の位置づけ .....	1-1
1.2. 機器特性の特徴 .....	1-1
2. 熱源機器特性 .....	2-1
2.1. 機器特性調査の実施概要 .....	2-1
2.2. ターボ冷凍機 .....	2-4
2.3. 空冷ヒートポンプチラー .....	2-19
2.4. 水冷チラー .....	2-52
2.5. 水熱源ヒートポンプチラー .....	2-64
2.6. 吸収式冷凍機 .....	2-75
2.7. 排熱投入型吸収式冷凍機 .....	2-104
2.8. 蒸気-液熱交換器 .....	2-134
2.9. ボイラ .....	2-138
2.10. GHP チラー .....	147
3. 熱源補機機器特性 .....	3-1
3.1. 機器特性調査の実施概要 .....	3-1
3.2. 冷却塔機器特性の分類 .....	3-1
3.3. 冷却塔機器特性 .....	3-3
4. ビルマルチ空調機 .....	4-1
4.1. 機器特性調査の実施概要 .....	4-1
4.2. ビルマルチ空調機器の機器特性 .....	4-3
4.3. ルームエアコンの機器特性 .....	4-109
4.4. 室内機変風量制御の考え方 .....	4-112
4.5. 参考資料 .....	4-115
5. 搬送設備 .....	5-1
5.1. 機器特性調査の実施概要 .....	5-1
5.2. ポンプの各種機器特性 .....	5-4

5.3.	ファンの各種機器特性.....	5-28
6.	空調機器.....	6-1
6.1.	機器特性調査の実施概要.....	6-1
6.2.	空調機の考え方.....	6-1
6.3.	空調機器特性.....	6-4
7.	空調熱源の低負荷機器特性設定.....	7-1
7.1.	機器特性の構造.....	7-1
7.2.	低負荷機器特性設定の設定方法.....	7-3

# 1. はじめに

## 1.1. 本書の位置づけ

本書は The BEST Program (以下、「BEST」と省略する) 全体のユーザーズマニュアルである「BEST-P 操作マニュアル」を補完するもので、「機器特性」部分についての解説書である。各機器特性は機器特性 SWG の分科会が関係工業会の協力の下、機器特性として整備したものである。

## 1.2. 機器特性の特徴

エネルギー消費量の予測を精度良く適正に行うためには、負荷の推定方法やプログラム自体の解法等の精度も、もちろん重要であるが、一方、プログラムで用いる機器や設備等のいわゆる「機器特性」も、予測結果を大きく左右する要因と言える。BEST では 2006 年より機器特性 SWG にて各種機器の調査をしている。

### 1.2.1. BEST における機器特性の概要

#### (1) 機器特性のニーズ

空調設備を対象に、BEST に於ける機器特性の整備・収集を行うに当たり、必要となるニーズの分析を行った。その分析結果から気象条件への対応・空調負荷特性への対応・高効率機器への対応・制御の高度化・運用の多様化に対応するため、調査およびプログラム化支援を行っている。

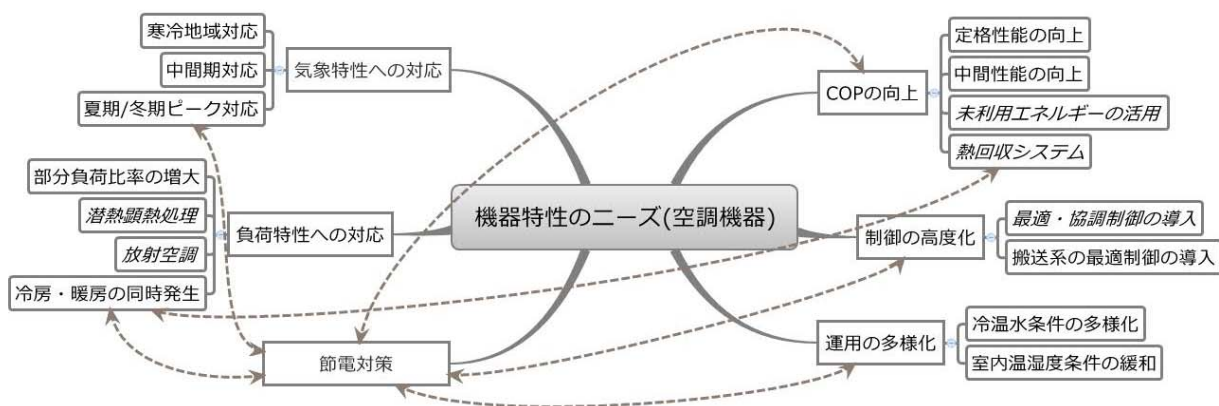


図 1.2.1-1 機器特性のニーズ

#### (2) 機器特性モデルの考え方

BEST では、機器特性データを整備するに当たり、機器特性のモデルとして、統計的なモデル・物理的なモデルの 2 つのモデルを用いて構築している。

表 1.2.1-1 機器特性モデルの考え方

形式	特徴	適用する機器等
統計的なモデル	機器への入力と出力の関係を各々の実測や計算による数値に基づき、これらの関係を多項式等で近似し、定式化するモデル。与えられた条件の組合せや範囲内の使用に限定される。	熱源機器、冷却塔 パッケージ空調機 ファン・ポンプ(定格性能) 電動機、インバータ
物理的なモデル	機器への入力と出力の関係を物理的な法則に従い、定式化するモデル。理論式が適用可能な範囲内で、様々な変数の入力条件に対応できる。	ファン・ポンプ(中間性能) 冷却塔 冷水、温水コイル、加湿器

### (3) 機器特性データの分類

BEST では、機器特性の定式化として、3 つのデータセットを組み合わせることで表現している。  
 ①定格性能は、各々の機器ごとに定格性能を入力、②部分負荷特性は、グルーピングされたパターン別(ex.標準効率パターンと高効率パターン等)の特性データを選択、③動特性もパターン化された特性を選択、これら3つのデータを組合せ、機器特性データ全体を構成する。

表 1.2.1-2 機器特性データの分類

分類	特徴	適用する機器特性データ等
定格性能データ	負荷率 100%時や JIS 条件下での特定条件下での機器性能を示すデータ。	メーカーカタログ、機器表に記載された機器仕様など
部分負荷特性データ	定格時以外の様々な条件下での機器性能を示すデータ。	中間負荷や中間期での機器性能、過負荷時やレンジ外での機器性能を含む(機種毎の代表値)
動特性データ	比較的短時間に限定された機器の特性を示したデータ。	大型冷凍機の起動時及び停止時の能力特性など(機種毎の代表値)

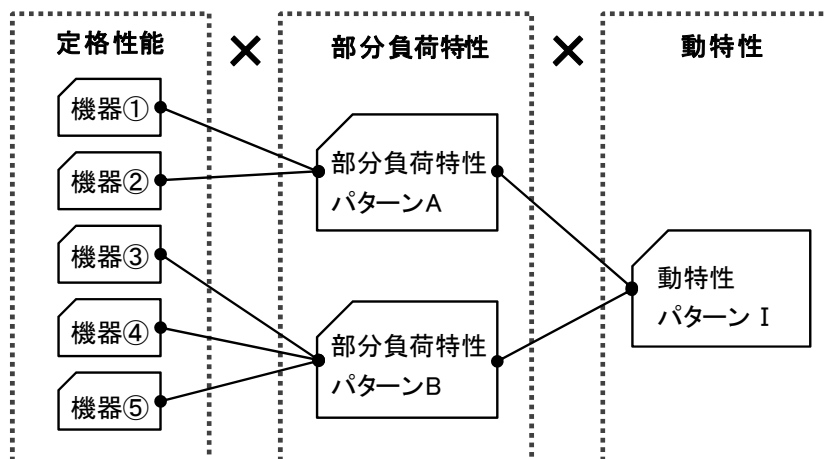


図 1.2.1-2 機器特性データの分類と組合せ

#### (4) 機器特性の全体フレーム

空調設備の機器特性に関しては、全体を5つの項目に区分し、各々の機器・システムの特徴を考慮して、モデル化及び用いる特性データの分類を設定した。5つの項目の下に、更に細かく機種別などに従い、対象機器の分類を行っている。モデル化の対象とする機器等は、以下の原則に従い、選定している。

- ① 汎用的に使われている機器・システム(出荷台数等が多い機種はモデル化の優先順位を上げる)
- ② 省エネルギー性能に優れる機器・システム(定格及び中間性能特性データとも)
- ③ エネルギー消費に影響を及ぼす運用条件への配慮(冷却塔の変流量制御等への対応)
- ④ 室内環境に影響を及ぼす運用条件への配慮(クールビズ、潜熱顕熱分離空調等への対応)

表 1.2.1-3 機器特性（空調設備）の全体フレーム

項目	対象機器	機器特性データ		
		定格	部分負荷	動特性
熱源機器	ターボ冷凍機	統計	統計	(統計)
	空冷ヒートポンプチラー	統計	統計	—
	水冷チラー	統計	統計	—
	吸収式冷凍機・ヒートポンプ	統計	統計	(統計)
	ボイラ	統計	統計	—
	熱交換器	統計	—	—
	熱回収熱源	調査中		
熱源補機 (冷却塔)	開放式	物理	物理	—
	密閉式	物理	物理	—
	白煙防止	物理	物理	—
パッケージ 空調機	ガスヒートポンプ	統計	統計	—
	電動系ヒートポンプ	統計	統計	—
	水熱源ヒートポンプ	統計	統計	—
搬送機器	ファン	物理	統計	—
	ポンプ	物理	統計	—
	電動機・インバータ	統計	統計	—
空調機	空調機コイル	物理	物理	—
	加湿器	物理	物理	—
	全熱交換器	物理	物理	—
	ブラグファン	物理	統計	—
	デシカント	物理	物理	—
	放射空調	調査中		

## 1.2.2. 機器特性の概要

### (1) 熱源機器

熱源機器に関しては、部分負荷時の効率変化の再現、冷水・温水・冷却水設定温度変化による感度等に配慮し、統計モデルによる定式化を行っている。また、コンプレッサ形式・制御方式に併せてヒートポンプの機器特性を整備するなど、機器の特徴に合わせた分類とした。

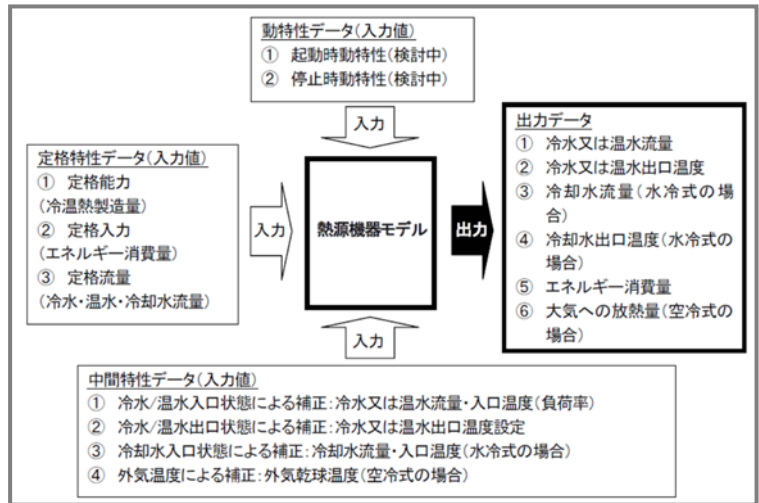


図 1.2.2-1 熱源機器のモデル化の概要

### (2) 熱源補機(冷却塔)

冷却塔に関しては、当初、統計モデルにより、性能特性の定式化を行ったが、熱源機器の省エネルギー性能や運用条件の多様化により、冷却塔においても冷却水の変流量制御や冷却塔ファンの変風量制御、フリークーリングなどのニーズが顕在化し、こうしたニーズに対応できるよう、物理モデルによる定式化を行っている。

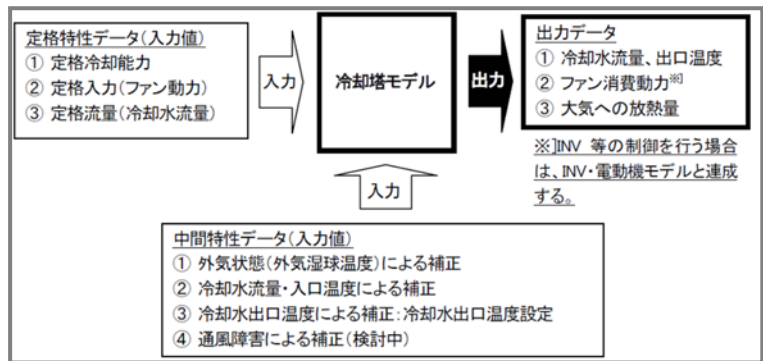


図 1.2.2-2 熱源補機(冷却塔)のモデル化の概要

### (3) パッケージ空調機

パッケージ空調機に関しては、JISの中間性能表示への配慮、冷暖同時タイプ 3)への対応、室側の負荷計算との連携による室内湿度変動の再現などが、配慮した項目である。また、パッケージ空調機は、機種が多いのが特徴であり、空冷/水冷型、パッケージ/マルチ型、一般地域/寒冷地域型、外気処理型、EHP/GHPなどの分類を行っている。

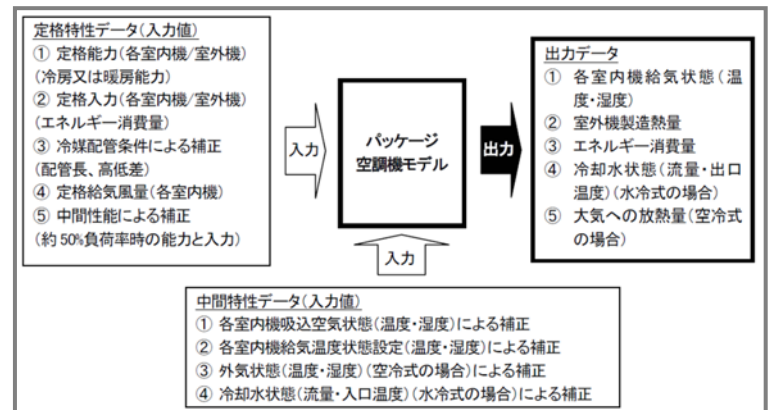


図 1.2.2-3 パッケージ空調機のモデル化の概要



#### (4) 搬送機器

搬送機器に関しては、ファン・ポンプのモデルと電動機・INV(インバータ)を各々、別々に定式化し、組み合わせることで、様々な搬送システムへの対応を想定した 4)。定格特性は、統計的なモデル(P-Q 特性など)を中間性能は、物理的なモデルにて定式化を行っている。

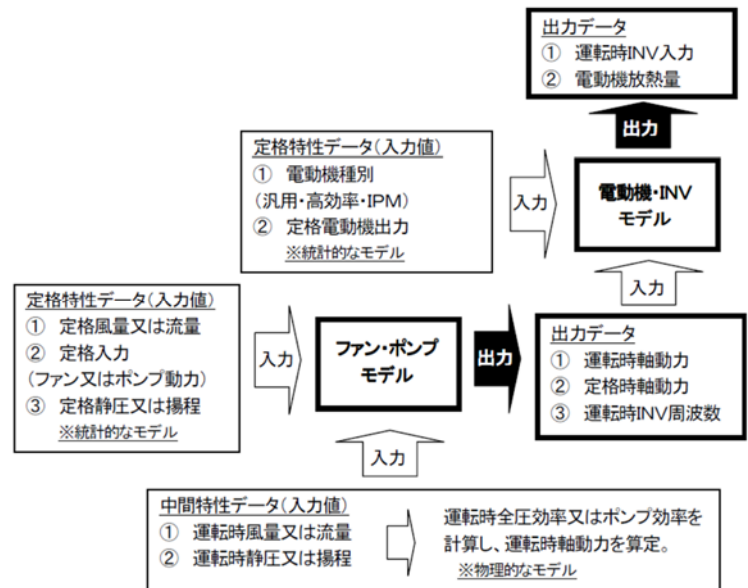


図 1.2.2-4 搬送機器(ファン・ポンプ)のモデル化の概要

## 2. 熱源機器特性

### 2.1. 機器特性調査の実施概要

#### 2.1.1. 実施概要

BEST 機器特性 SWG 熱源機器分科会では、空調システムで用いられる各種熱源機器のデータベース化を進めてきた。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。

空調設備の省エネルギーへの対応として、既存機種の特性データの更新および新型機の特性データ拡充を進めている。表 2.1.1-1 に熱源機器特性定式化のフレーム構成と状況を示す。

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 2.1.1-1 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	一般空調用	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	ベーン制御		同上	◎
		インバータ制御		同上	◎
ダブルバンドル	ベーン制御		同上	○	
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	◎
		インバータ制御		同上	◎
		インバータ+モジュール制御		同上	◎
	氷蓄熱用	スクリーン	スライド弁制御	同上	○
			インバータ制御	(検討中)	△
スクロール	圧縮機台数制御		同上	◎	
		熱回収式スクリーン		同上	◎
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	スクリーン	スライド弁制御	同上	○
			インバータ制御	(検討中)	△
スクロール	圧縮機台数制御		メーカー提供データ	○	
水熱源ヒートポンプチラー	スクリーン	インバータ制御		同上	○
	スクロール	インバータ制御		同上	○

※ ◎:完了、○:一部データ不足、△:検討中(2020年8月現在)

表 2.1.1-1 熱源機器特性定式化のフレーム構成と状況(続き)

タイプ		概要	状況	
吸収式冷凍機	直焚き	三重効用	同上	◎
		二重効用	同上	◎
		高期間効率機	同上	◎
	蒸気焚き	二重効用	同上	◎
		高期間効率二重効用	同上	◎
	温水焚き	一重効用	同上	◎
	廃熱投入型	直焚き三重効用	(検討中)	△
直焚き二重効用		コージェネ SWG にて定式化済	◎	
ボイラ	小型貫流ボイラ	同上	◎	
	真空温水ヒータ	同上	◎	
	排熱回収型ボイラ	コージェネ SWG にて定式化済	◎	

※ ◎:完了、○:一部データ不足、△:検討中(2020年8月現在)

## 2.1.2. 実施体制

各種機器特性の調査および定式化は、(社)日本冷凍空調工業会(日冷工)の全面的な協力により推進した。熱源機器特性分科会の委員および所属を以下に示す。

### 第1次機器特性WG 熱源分科会(～2013年3月)

主査：柳井 崇 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
 幹事：藤居 達郎 (株)日立製作所 / BEST 機器特性 SWG  
 委員：熊谷 雅彦 日本ファシリティ・ソリューション(株) / BEST 機器特性 SWG [1]  
 委員：野田 浩志 東京電力(株) / BEST 機器特性 SWG [3]  
 委員：澤田 佳也 中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG [4]  
 委員：工月 良太 東京ガス(株) / BEST 機器特性検討 SWG / コージェネ検討 SWG  
 委員：北本 都美 東邦ガス(株)[1]  
 委員：小川 聡嗣 東邦ガス(株)[2]  
 委員：関 亘 三菱重工業(株) / 日冷工 ターボ冷凍機技術専門委員会 [1]  
 委員：中村 康志 日立アプライアンス(株) / 日冷工 ターボ冷凍機技術専門委員会 [2]  
 委員：井場 功 東芝キヤリア(株) / 日冷工 スクリュー冷凍機技術専門委員会  
 委員：菊地 昭二 日立アプライアンス(株) / 日冷工 チリングユニット技術専門委員会  
 委員：篠原 進 川重冷熱工業(株) / 日冷工 吸収式冷凍機技術専門委員会 [1]  
 委員：伊良皆 数恭 三洋電機(株) / 日冷工 吸収式冷凍機技術専門委員会 [2]  
 オブザーバー:品川 浩一 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG [2]  
 事務局:生稲 清久 (財)建築環境・省エネルギー機構

[1] 2011年3月まで

[2] 2011年4月から

[3] 2011年3月から2011年7月まで

[4] 2011年8月から

[5] 2011年8月から

第2次機器特性WG 熱源分科会(2014年4月～2015年10月)

主査：品川 浩一 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
幹事：藤居 達郎 (株)日立製作所/ BEST 機器特性 SWG  
委員：澤田 佳也 中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員：川津 行弘 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
事務局:生稲 清久 (財)建築環境・省エネルギー機構委員

第3次機器特性WG 熱源分科会(2015年11月～2016年3月)

主査：品川 浩一 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
幹事：藤居 達郎 (株)日立製作所/ BEST 機器特性 SWG  
委員：澤田 佳也 中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員：川津 行弘 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
委員：比嘉 盛嗣 東邦ガス(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員：吉田 拓也 東京ガス(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員：石崎 修司 パナソニック(株) / 日冷工 吸収式冷凍機技術専門委員会  
委員：内田 修一郎 日立ジョンソンコントロールズ) / 日冷工 吸収式冷凍機技術専門委員会  
委員：北島 進 トレイン・ジャパン / 日冷工 ターボ冷凍機技術専門委員会  
委員：高田 康孝 ダイキン工業 / 日冷工 ターボ冷凍機技術専門委員会  
委員：田宮 篤 日本冷凍空調工業会/ 日冷工 チリングユニット技術専門委員会  
委員：室井 邦雄 東芝キャリア(株) / 日冷工 チリングユニット技術専門委員会  
事務局:生稲 清久 (財)建築環境・省エネルギー機構委員

## 2.2. ターボ冷凍機

### 2.2.1. 概要

#### 2.2.1.1. 適用機種

本報告では、表 2.2.1-1 に示す一般空調用の冷水取出しタイプ、氷蓄熱用のブライン取出しタイプ、およびダブルバンドルタイプのターボ冷凍機を対象とする。氷蓄熱用に関しては標準機、高効率機の区別はせず、定速機とインバータ機の 2 種類に分類する。冷媒の種類については HFC134a、HFC245fa、HCFC123 を対象とし、これらは同一の特性式で表すものとする。

表 2.2.1-1 ターボ冷凍機の対象機種

ターボ冷凍機	一般空調用(冷水取出しタイプ)	ベーン制御(定速機)
		インバータ制御(インバータ機)
	氷蓄熱用(ブライン取出しタイプ)	ベーン制御(定速機)
		インバータ制御(インバータ機)
	ダブルバンドル	検討中

#### 2.2.1.1. 特性式の考え方

水の冷却を行う機種の各特性式は、2.2.1.2 に示す JIS 規格における定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格冷却水量、定格冷却水圧力損失の値を基準として冷水入口温度および冷却水入口温度の条件により、冷水出口温度および圧力損失、冷却水出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

ブラインの冷却を行う機種については JIS 規格の適用範囲外であるため、後節に示す定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格ブライン流量、定格ブライン圧力損失、定格冷却水量、定格冷却水圧力損失の値を基準としてブライン入口温度および冷却水入口温度の条件により、ブライン出口温度および圧力損失、冷却水出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

#### 2.2.1.2. 定格条件

標準定格条件における冷水温度と冷却水温度および外気条件を表 2.2.1-2 に示す。表中に示した誤差は、附属書 A に定められた能力試験時における温度変動許容差であるが、許容差の表示がないものは規定されていない。なお、上記の JIS 規格中にはヒートポンプ加熱能力試験条件、冷却・加熱運転時の部分負荷特性試験条件が記載されており、表 2.2.1-2 は定格冷却条件のみを抜粋したものである。なお、同規格はブラインを用いての冷却するものには適用されていない。

表 2.2.1-2 ターボ冷凍機の JIS(遠心冷凍機)標準定格条件 単位:℃

	冷水		冷却水(水冷式)	
	入口水温	出口水温	入口温度	出口温度
定格冷却条件	12	7±0.3	32±0.3	37

出典:JIS B-8621:2011「遠心冷凍機」

## 2.2.2. 定式化モデル

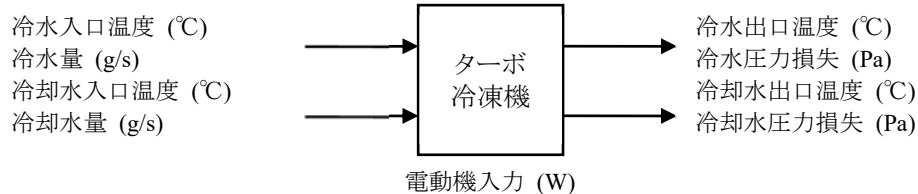


図 2.2.2-1 ターボ冷凍機の定式化項目

### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷水量(g/s)	: $MW_C$
冷却水入口温度(°C)	: $TW_{CD\_in}$
冷却水量(g/s)	: $MW_{CD}$
運転モード(-)	: (0:停止 1:冷却運転)

冷水出口温度設定値(°C) :  $TW_{C\_out\_SP}$

### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷却水出口温度(°C)	: $TW_{CD\_out}$
電動機入力(W)	: $EP$
冷水圧力損失(Pa)	: $DP_C$
冷却水圧力損失(Pa)	: $DP_{CD}$

### 3) 属性

冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格冷却能力(W)	: $Q_{C\_N}$
定格冷水量(g/s)	: $MW_{C\_N}$
定格冷却水量(g/s)	: $MW_{CD\_N}$
定格電動機入力(W)	: $RP_N$
定格冷水圧力損失(Pa)	: $DP_{C\_N}$
定格冷却水圧力損失(Pa)	: $DP_{CD\_N}$
定格冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in\_N}$
定格冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out\_N}$
定格冷却水入口温度(°C)	: $TW_{CD\_in\_N}$
定格冷却水出口温度(°C)	: $TW_{CD\_out\_N}$

## 2.2.3. 一般空調用ターボ冷凍機の機器特性

### 2.2.3.1. モデルの適用範囲

モデルの適用範囲は表 2.2.3-1 の通りである。

表 2.2.3-1 一般空調用モデルの適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$Q_{C\_PLR}$	%	20	100	100%以上は 100% 20%未満は OFF
冷水温度設定値	$TW_{C\_out\_SP}$	°C	4	15	設定値範囲外は入力時にエラー
冷水入口温度	$TW_{C\_in}$	°C	5	20	5°C未満はOFF 20°C以上はエラー表示で運転継続するが、能力は 100%でかつ、冷却水入口温度 > 冷水入口温度以上。 30°C以上でOFF。
冷水流量比 (定格値に対する割合)	$FRW_{C\_R}$	%	40	150	150%以上はエラー表示で運転継続 40%未満はOFF。
冷却水入口温度	$TW_{CD\_in}$	°C	12	33	12°C未満はエラー表示で運転継続 32°C以上は 33°CでOFF
冷却水流量比 (定格値に対する割合)	$FRW_{CD\_R}$	%	40	150	150%以上はエラー表示で運転継続 40%未満はOFF。

### 2.2.3.2. ベーン制御

1) 冷水出口温度(°C):  $TW_{C\_out}$  の算出

$$Q_C = (TW_{C\_in} - TW_{C\_out\_SP}) \times MW_C \times 4.186$$

ただし、

$$Q_C > Q_{C\_S} \text{ の場合、 } Q_C = Q_{C\_S}$$

$$TW_{C\_out} = TW_{C\_in} - \frac{Q_C}{MW_C \times 4.186}$$

冷却能力(W):  $Q_C$

2) 電動機入力(W): EP

$$EP = C1 \times C2 \times RP_N$$

負荷率(%):  $Q_{C\_PLR}$  100%以上は 100%、20%未満は 0(OFF)

$$Q_{C\_PLR} = \frac{Q_C}{Q_{C\_N}} \times 100$$

冷却水出口温度上限(°C):  $TW_{cd\_out\_lim}$

$$TW_{CD\_out\_lim} = \frac{Q_{C\_PLR}}{20} + 32$$

冷却水出口温度仮定(°C):  $TW_{CD\_out\_AS}$

$$TW_{CD\_out\_AS} = \frac{Q_{C\_S} \times Q_{C\_PLR}/100 + RP_N \times Q_{C\_PLR}/100}{4.186 \times MW_{CD}} + TW_{CD\_in}$$

$TW_{cd\_out\_AS} > TW_{cd\_out\_lim}$  はNG

負荷率と冷却水の影響係数: C1

冷水影響係数: C2

3) 冷却水出口温度(°C):  $TW_{cd\_out}$  の算出

$$QC = Q + EP$$

$$TW_{cd\_out} = \frac{QC}{MW_{cd} \times 4.186} + TW_{cd\_in}$$

凝縮器熱容量: QC

4) 冷水圧力損失(Pa):  $DW_C$  の算出

$$DP_C = DP_{C\_N} \times \left( \frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \right)^{1.8}$$

5) 冷却水圧力損失(Pa):  $DP_{cd}$  の算出

$$DP_{CD} = DP_{CD\_N} \times \left( \frac{MW_{CD}}{MW_{CD\_N}} \right)^{1.8}$$



6) 冷却水入口温度毎の負荷率と定格入力比、COP(比)の関係

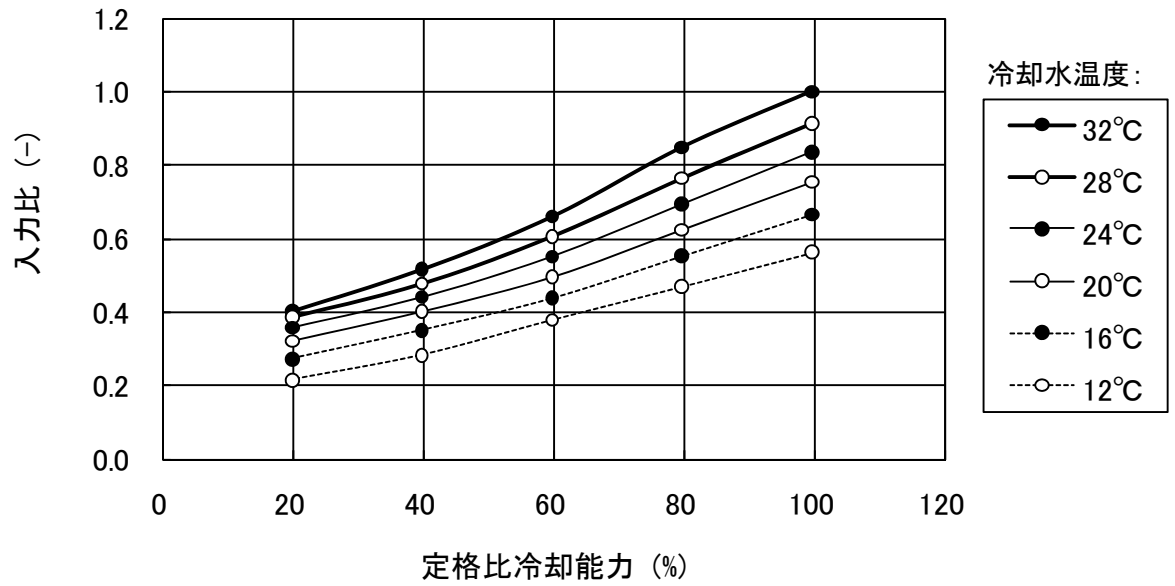


図 2.2.3-1 定速ターボ冷凍機特性(計算結果)(1)

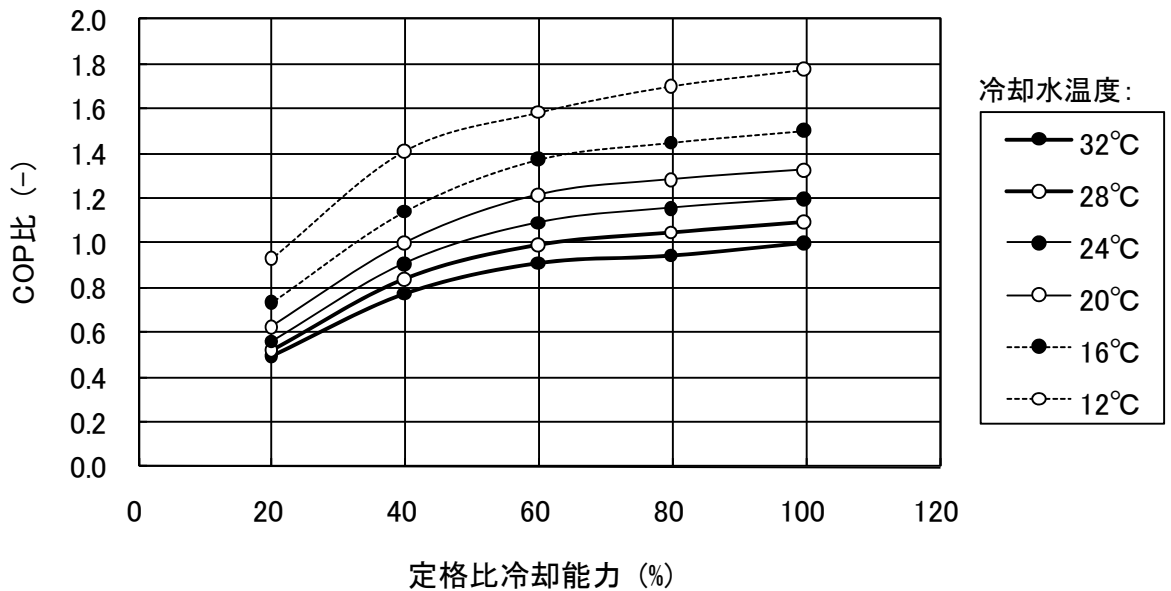


図 2.2.3-2 定速ターボ冷凍機特性(計算結果)(2)

### 2.2.3.3. インバータ制御

1) 冷水出口温度(°C):  $TW_{C\_out}$  の算出

$$Q_C = (TW_{C\_in} - TW_{C\_out\_SP}) \times MW_C \times 4.186$$

ただし、

$$Q_C > Q_{C\_S} \text{ の場合、 } Q_C = Q_{C\_S}$$

$$TW_{C\_out} = TW_{C\_in} - \frac{Q_C}{MW_C \times 4.186}$$

冷却能力(W):  $Q_C$

2) 電動機入力(W): EP

$$EP = C1 \times C2 \times RP_N$$

負荷率(%):  $Q_{C\_PLR}$  100%以上は 100%、20%未満は 0(OFF)

$$Q_{C\_PLR} = \frac{Q_C}{Q_{C\_N}} \times 100$$

冷却水出口温度上限(°C):  $TW_{cd\_out\_lim}$

$$TW_{CD\_out\_lim} = \frac{Q_{C\_PLR}}{20} + 32$$

冷却水出口温度仮定(°C):  $TW_{cd\_out\_AS}$

$$TW_{CD\_out\_AS} = \frac{Q_{C\_S} \times Q_{C\_PLR} / 100 + RP_N \times Q_{C\_PLR} / 100}{4.186 \times MW_{CD}} + TW_{CD\_in}$$

$TW_{CD\_out\_AS} > TW_{CD\_out\_lim}$  はNG

負荷率と冷却水の影響係数:C1

冷水影響係数:C2

3) 冷却水出口温度(°C):  $TW_{CD\_out}$  の算出

$$QC = Q + EP$$

$$TW_{CD\_out} = \frac{QC}{MW_{CD} \times 4.186} + TW_{CD\_in}$$

凝縮器熱容量:QC

4) 冷水圧力損失(Pa):  $DP_c$  の算出

$$DP_c = DP_{C\_S} \times \left( \frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \right)^{1.8}$$

5) 冷却水圧力損失(Pa):  $DP_{cd}$  の算出

$$DP_{cd} = DP_{cd\_S} \times \left( \frac{MW_{CD}}{MW_{CD\_N}} \right)^{1.8}$$

6) 冷却水入口温度毎の負荷率と定格入力比、COP(比)の関係

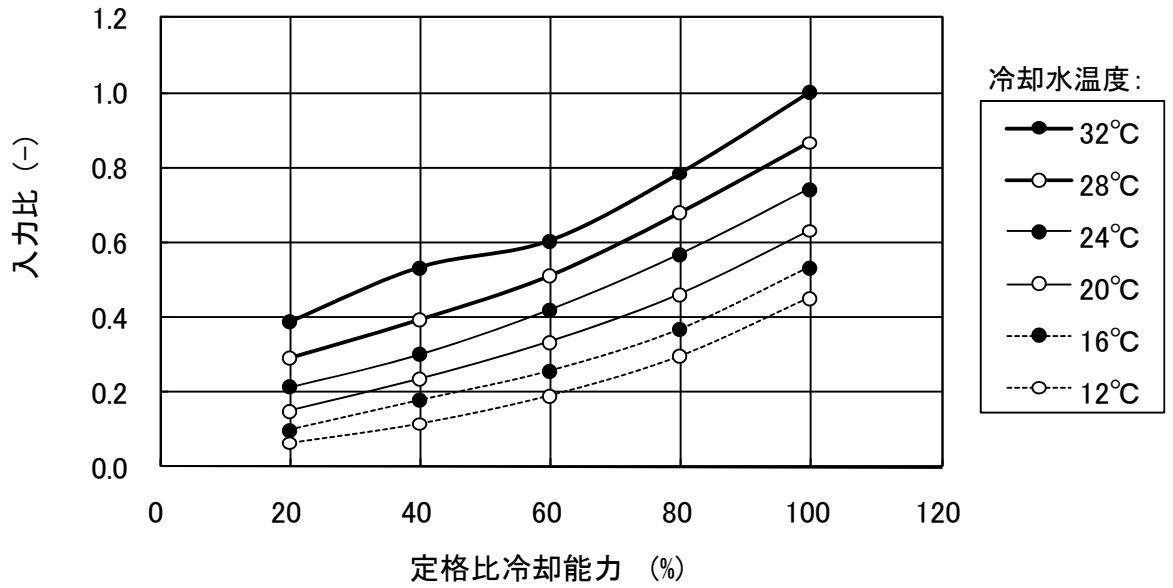


図 2.2.3-3 インバータターボ冷凍機特性(計算結果)(1)

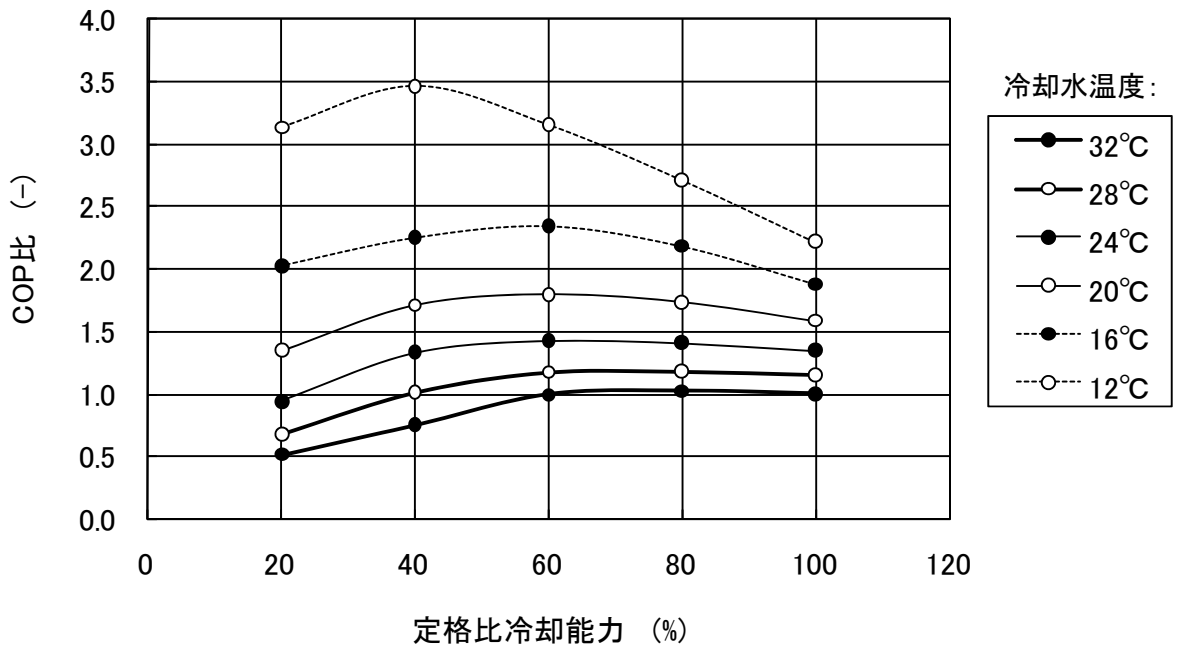


図 2.2.3-4 インバータターボ冷凍機特性(計算結果)(2)

## 2.2.4. 氷蓄熱用フラインターボ冷凍機の機器特性

### 2.2.4.1. 概要

BEST における氷蓄熱システム構築用としてフラインターボ冷凍機の特性を調査した。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、以下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。

ここで、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。同様に、蓄熱時と追掛け時の定格消費電力も異なる値である。

前節で述べたように、標準機、高効率機の区別はなく、これらは同一の特性で表される。同様に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、対象とする HFC134a、HFC245fa、HCFC123 を共通の特性で表すものとした。

### 2.2.4.2. モデルの適用範囲

モデルの適用範囲は表 2.2.4-1 の通りである。

表 2.2.4-1 氷蓄熱用モデルの適用範囲

項目	単位	モード	下限	上限	備考
負荷率	%	共通	30	100	100%以上は 100% , 30%未満は OFF
ブライン温度設定値	℃	蓄熱時	-5	0	設定値範囲外は入力時にエラー
		追掛け時	4	12	
ブライン入口温度	℃	蓄熱時	-2	3	下限値未満は OFF 上限値以上はエラー表示で運転継続するが、能力は 100%でかつ冷却水入口温度>ブライン入口温度以上。30℃以上、もしくは冷却水入口温度を上回ると OFF。
		追掛け時	7	15	
ブライン流量比(対定格値比)	%	共通	50	100	100%以上はエラー表示で運転継続、40%未満は OFF。 40~50%未満はエラー表示で運転継続
冷却水入口温度	℃	蓄熱時	12	30	下限値未満はエラー表示で運転継続 上限値以上は上限値+1.0℃で OFF。 ただし、ブライン入口温度を下回ると OFF。
		追掛け時	12	32	
冷却水流量比(対定格値比)	%	共通	50	150	150%以上はエラー表示で運転継続、40%未満は OFF。 40~50%未満はエラー表示で運転継続

### 2.2.4.3. ベーン制御

特性式 B1(蓄熱時)、B2(追掛時)とも、式の形は「2.2.3.2 ベーン制御」と同様であり、係数の変更で対応した。部分負荷特性を図 2.2.4-1 に示す。2.2.3.項で述べたように、蓄熱時と追掛時の定格入力比は別々に設定されるため、同じ定格入力比でも値が異なる点に注意されたい。次項のインバータ制御機でも同様である。

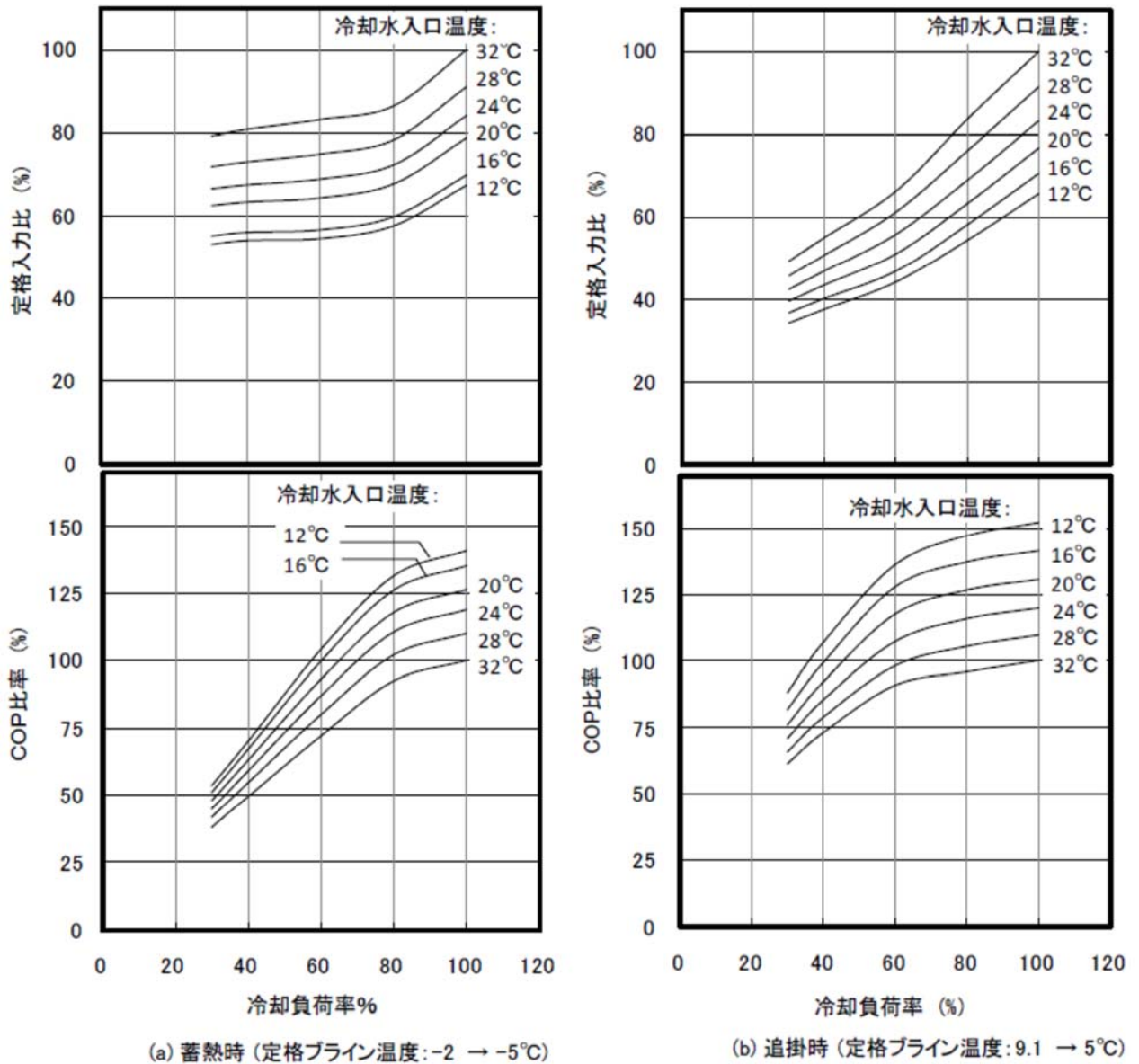
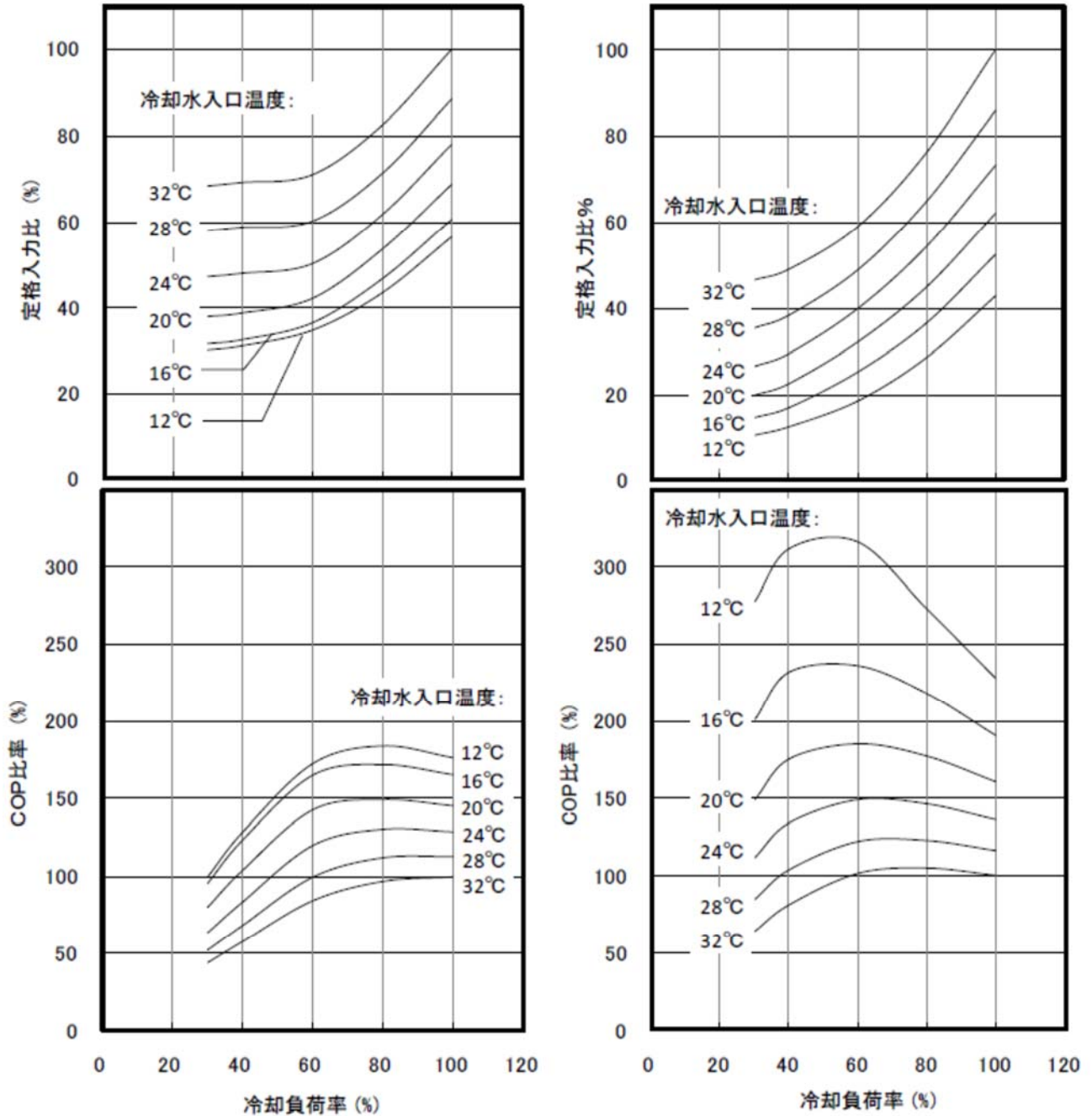


図 2.2.4-1 氷蓄熱用ブラインターボ冷凍機の部分負荷特性(定速機の場合)

### 2.2.4.4. インバータ制御（標準機・高効率機）

特性式 C1（蓄熱時）、C2（追掛時）とも、式の形は「2.2.3.3.インバータ制御」と同様であり、係数の変更で対応した。部分負荷特性を図 2.2.4-2 に示す。



(a) 蓄熱時（定格ブライン温度：-2 → -5°C）

(b) 追掛時（定格ブライン温度：9.1 → 5°C）

図 2.2.4-2 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）

## 2.2.5. ダブルバンドルターボ冷凍機の機器特性

### 2.2.5.1. 定式化モデル

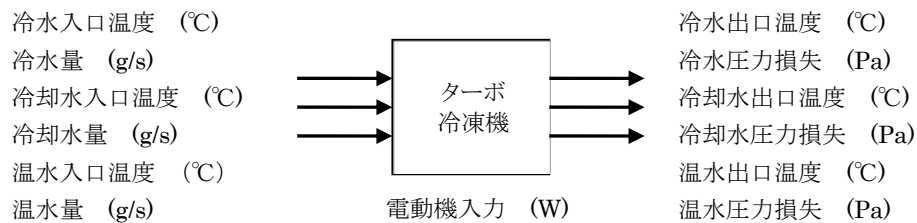


図 2.2.5-1 ターボ冷凍機の定式化項目

#### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷水量(g/s)	: $MW_C$
冷却水入口温度(°C)	: $TW_{CD\_in}$
冷却水量(g/s)	: $MW_{CD}$
温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_in}$
温水量(g/s)	: $MW_H$
運転モード(-)	: (0:停止 1:冷却運転 2:熱回収運転)
冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
温水出口温度設定値(°C)	: $TW_{H\_out\_SP}$

#### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷却水出口温度(°C)	: $TW_{CD\_out}$
温水出口温度(°C)	: $TW_{H\_out}$
電動機入力(冷房)(W)	: $EP_C$
電動機入力(熱回収)(W)	: $EP_{HR}$
冷水圧力損失(Pa)	: $DP_C$
冷却水圧力損失(Pa)	: $DP_{CD}$
温水圧力損失(Pa)	: $DP_H$

#### 3) 属性

冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格冷却能力(W)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(W)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(g/s)	: $MW_{C\_N}$
定格冷却水量(g/s)	: $MW_{CD\_N}$
定格温水量(g/s)	: $MW_{H\_N}$
定格電動機入力(冷房)(W)	: $RP_{C\_N}$
定格電動機入力(熱回収)(W)	: $RP_{HR\_N}$
定格冷水圧力損失(Pa)	: $DP_{C\_N}$
定格冷却水圧力損失(Pa)	: $DP_{CD\_N}$

定格温水圧力損失(Pa) :  $DP_{H,N}$   
 定格冷水入口温度(°C) :  $TW_{C,in,N}$   
 定格冷水出口温度(°C) :  $TW_{C,out,N}$   
 定格冷却水入口温度(°C) :  $TW_{CD,in,N}$   
 定格冷却水出口温度(°C) :  $TW_{CD,out,N}$   
 定格温水入口温度(°C) :  $TW_{H,in,N}$   
 定格温水出口温度(°C) :  $TW_{H,out,N}$

### 2.2.5.2. モデルの適用範囲

モデルの適用範囲は表 2-1 の通りである。

表 2.2.5-1 一般空調用モデルの適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$Q_{C,PLR}$	%	20	100	100%以上は 100% 20%未満は OFF
冷水温度設定値	$TW_{C,out,SP}$	°C	4	15	設定値範囲外は入力時にエラー 5°C未満はOFF
冷水入口温度	$TW_{C,in}$	°C	5	20	20°C以上はエラー表示で運転継続 するが、能力は 100%でかつ、冷却水 入口温度 > 冷水入口温度以上。 30°C以上でOFF。
冷水流量比 (定格値に対する割合)	$FRW_{C,R}$	%	40	150	150%以上はエラー表示で運転継続 40%未満はOFF。
冷却水入口温度	$TW_{CD,in}$	°C	12	33	12°C未満はエラー表示で運転継続 32°C以上は 33°CでOFF
冷却水流量比 (定格値に対する割合)	$FRW_{CD,R}$	%	40	150	150%以上はエラー表示で運転継続 40%未満はOFF。
温水温度設定値	$TW_{H,out,SP}$	°C	40	45	設定値範囲外は入力時にエラー
温水入口温度	$TW_{H,in}$	°C	35	40	40°C以上はエラー表示とする
温水流量比 (定格値に対する割合)	$FRW_{H,R}$	%			100%以上はエラー表示で運転継続 50%未満はOFF。

#### (1) 運転モードの判別フロー

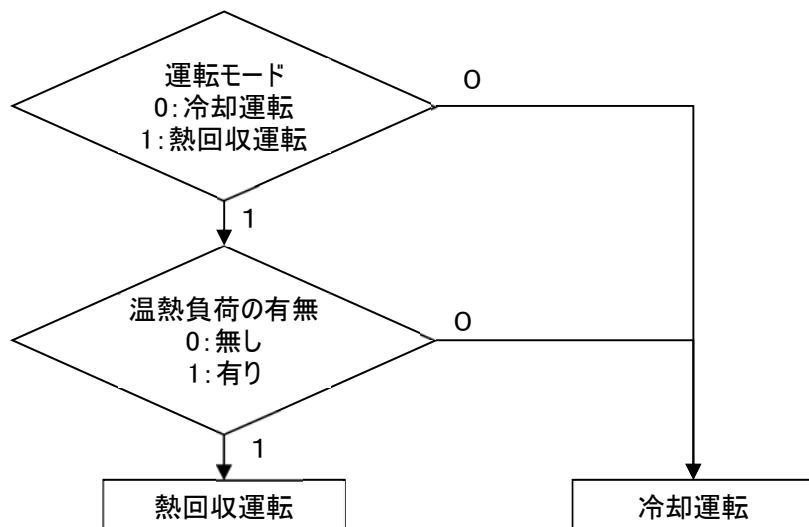


図 2.2.5-2 運転モードの判別フロー



## (2) 冷却運転

冷却運転(ベーン制御)と同じ。

## (3) 熱回収運転(ベーン制御)

### 1) 計算フロー

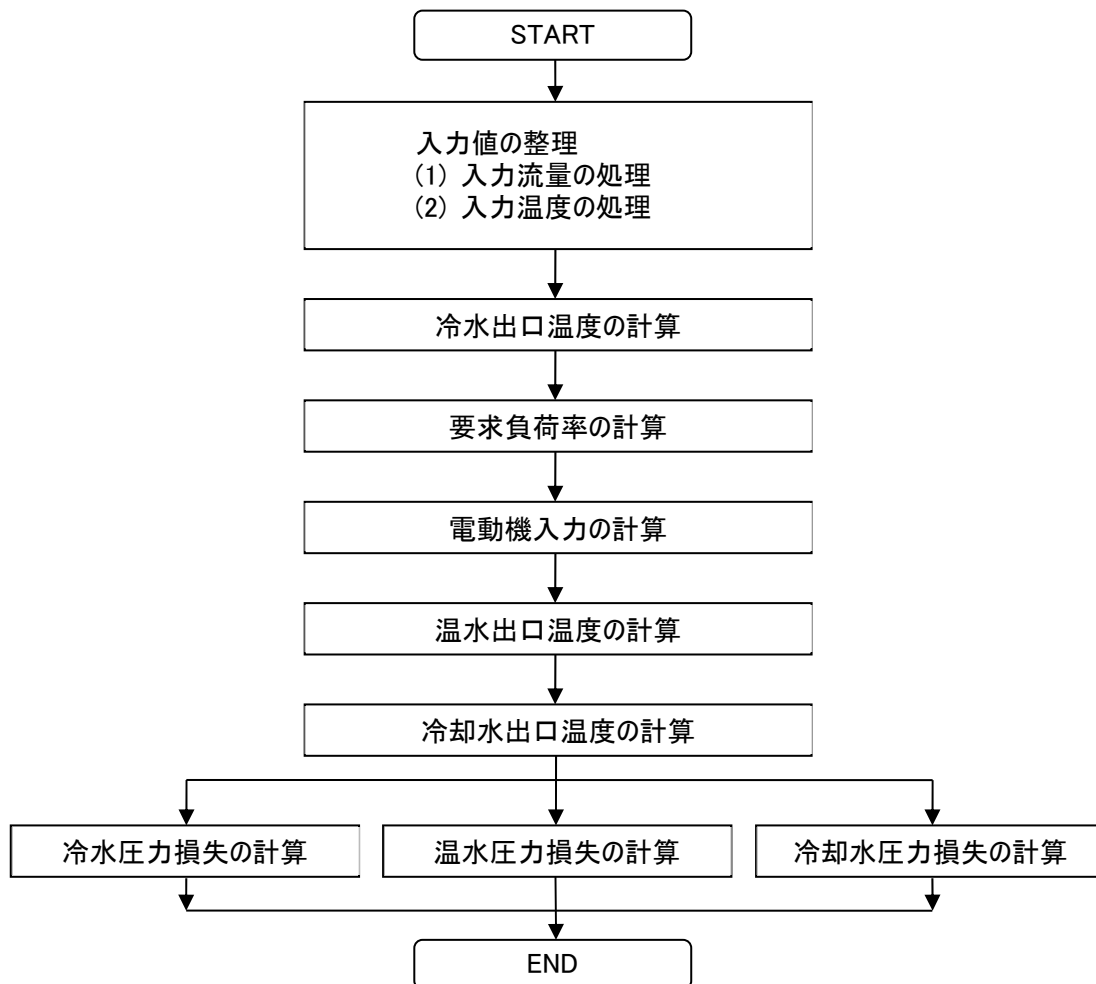


図 2.2.5-3 熱回収運転(ベーン制御)時の計算フロー

### 2) 特性式

冷水出口温度(°C):  $TW_{C\_out}$  の算出

$$Q_C = (TW_{C\_in} - TW_{C\_out\_SP}) \times MW_C \times 4.186$$

ただし、

$Q_C > Q_{C\_N}$  の場合、 $Q_C = Q_{C\_N}$

$$TW_{C\_out} = TW_{C\_in} - \frac{Q_C}{MW_C \times 4.186}$$

冷却能力(W):  $Q_C$

電動機入力(W): EP

$$EP_{HR} = HR1 \times HR2 \times RP_{HR,N}$$

負荷率(%):  $Q_{C,PLR}$  100%以上は 100%、20%未満は 0(OFF)

$$Q_{C,PLR} = \frac{Q_C}{Q_{C,N}} \times 100$$

冷却水出口温度上限(°C):  $TW_{cd,out,lim}$

$$TW_{CD,out,lim} > \frac{Q_{C,PLR}}{20} + 32$$

冷却水出口温度仮定(°C):  $TW_{CD,out,AS}$

$$TW_{CD,out,AS} = \frac{Q_C \times Q_{C,PLR}/100 + RP_{HR,N} \times Q_{C,PLR}/100}{4.186 \times MW_{CD}} + TW_{CD,in}$$

$TW_{cd,out,AS} > TW_{cd,out,lim}$  は NG

負荷率と冷却水の影響係数: HR1

冷水影響係数: HR2

温水出口温度(°C):  $TW_{H,out}$  の算出

$$Q_{cond} = Q_C + EP_{HR}$$

$$TW_{H,out,lim} = \frac{Q_{cond}}{MW_H \times 4.186} + TW_{H,in}$$

凝縮器熱容量:  $Q_{cond}$

$TW_{H,out,lim} < TW_{H,out,N}$  の場合、 $TW_{H,out} = TW_{H,out,lim}$

$TW_{H,out,lim} \geq TW_{H,out,N}$  の場合、 $TW_{H,out} = TW_{H,out,N}$

$$Q_H = (TW_{H,out} - TW_{H,in}) \times MW_H \times 4.186$$

冷却水出口温度(°C):  $TW_{cd,out}$  の算出

$$Q_{cd} = Q_{cond} - Q_H$$

$$TW_{cd,out} = \frac{Q_{cd}}{MW_{cd} \times 4.186} + TW_{cd,in}$$

冷水圧力損失(Pa):  $DW_C$  の算出

$$DP_C = DP_{C,N} \times \left( \frac{MW_C}{MW_{C,N}} \right)^{1.8}$$

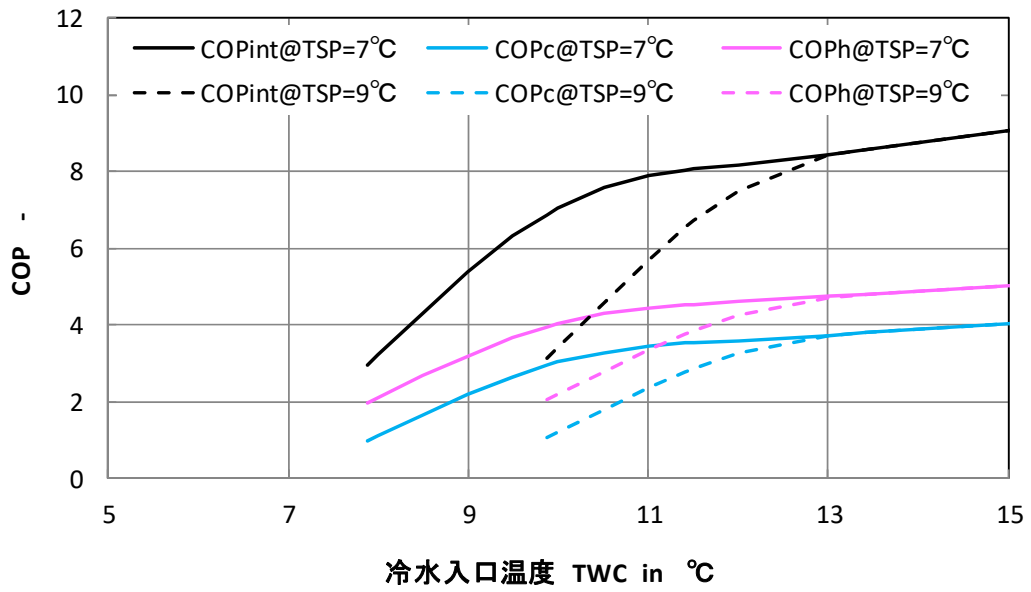
冷却水圧力損失(Pa):  $DP_{cd}$  の算出

$$DP_{CD} = DP_{CD,N} \times \left( \frac{MW_{CD}}{MW_{CD,N}} \right)^{1.8}$$

温水圧力損失(Pa):  $DW_H$  の算出

$$DP_H = DP_{H,N} \times \left( \frac{MW_H}{MW_{H,N}} \right)^{1.8}$$

冷水入口温度ごとの冷水出口温度、COP の関係



※[総合 COP] = [冷房 COP] + [暖房 COP] として算出。

図 2.2.5-4 冷水入口温度ごとの冷水出口温度、COP の関係

## 2.3. 空冷ヒートポンプチラー

### 2.3.1. 適用機種

本項では、表 2.3.1-1 に示す一般空調用の冷温取出しタイプ、および氷蓄熱用のブライン取出しタイプの空冷ヒートポンプチラーを対象とする。なお、冷媒の種類については区別せず、同一の特性式で表すものとする。

表 2.3.1-1 空冷ヒートポンプチラーの対象機種

一般空調用 (冷温取出し)	スクリー式	スライド弁制御	
		インバータ制御	
	スクロール式	圧縮機台数制御	散水 なし
			散水 あり
インバータ制御			
氷蓄熱用 (ブライン取出し)	スクリー式	スライド弁制御	
		インバータ制御	
	スクロール式	圧縮機台数制御	散水 なし
			散水 あり

### 2.3.2. スクリュー式

#### 2.3.2.1. 特性式の考え方

各特性式は、2.3.2.2.項に示す JIS 定格条件時の定格冷却能力、定格加熱能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格温水量、定格温水圧力損失の値を基準として、冷温水入口温度および外気温度の条件により、冷温水の出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

#### 2.3.2.2. 定格条件

定格条件における冷温水温度と外気条件を表 2.3.2-1 に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格中には過負荷条件、冷房運転時の凍結条件、暖房運転時の除霜条件が記載されており、表 2.3.2-1 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.3.2-1 空冷ヒートポンプチラーの JIS(ウォータチリングユニット)標準定格条件

	冷温水(°C)		外気条件(°C)	
	入口水温	出口水温	乾球温度	湿球温度
冷房運転(冷却条件)	12±0.3	7±0.3	35±0.5	24±0.5
暖房運転(加熱条件)	40±0.3	45±0.3	7±0.5	6±0.5

### 2.3.2.1. 設定項目

冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
温水出口温度設定値(°C)	: $TW_{H\_SP}$
定格冷却能力(W)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(W)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(g/s)	: $MW_{C\_N}$
定格温水量(g/s)	: $MW_{H\_N}$
定格冷却消費電力(W)	: $EP_{C\_N}$
定格加熱消費電力(W)	: $EP_{H\_N}$
定格冷水圧力損失(Pa)	: $DP_{C\_N}$
定格温水圧力損失(Pa)	: $DP_{H\_N}$
定格冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in\_N}$
定格温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_in\_N}$

### 2.3.2.2. 定式化モデル

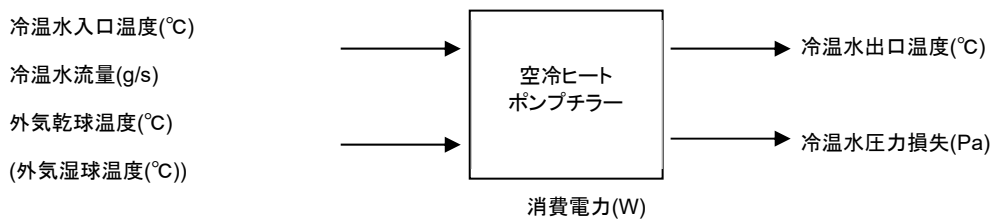


図 2.3.2-1 空冷ヒートポンプチラーの定式化モデル

#### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_in}$
冷水量(g/s)	: $MW_C$
温水量(g/s)	: $MW_H$
外気乾球温度(°C)	: $DB_{in}$
外気湿球温度(°C)	: $WB_{in}$
運転モード(-)	: $MODE(0:停止 1:冷却運転)$
冷温水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP} TW_{H\_out\_SP}$

#### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
温水出口温度(°C)	: $TW_{H\_out}$
冷却消費電力(W)	: $EP_C$
加熱消費電力(W)	: $EP_H$
冷温水圧力損失(Pa)	: $DP_C DP_H$

## 2.3.3. 空冷ヒートポンプチラー(スクリー式)の機器特性

### 2.3.3.1. スライド弁制御

#### (1) モデル適用範囲

スライド弁制御のモデルの適用範囲を表 2.3.3-1 に示す。なお、空冷スクリー式チラー(冷却専用機)のモデル適用範囲は表 2.3.3-1 の冷却運転時と同一である。

表 2.3.3-1 スライド弁制御のモデル適用範囲

項目		変数名	単位	下限	上限	備考
冷却 運転	外気乾球温度	DB <sub>in</sub>	℃	-5	40	範囲外は運転停止
	冷水出口温度設定	TW <sub>C,out_SP</sub>	℃	5	15	範囲外は設定不可
	冷水出口温度	TW <sub>C,out</sub>	℃	4	15	4℃未満は凍結防止停止
	冷水流量割合	FRW <sub>C</sub>	%	50	150	50%未満は断水停止
加熱 運転	外気湿球温度	WB <sub>in</sub>	℃	-15	15.5	範囲外は運転停止
	温水出口温度設定	TW <sub>H,out_SP</sub>	℃	35	57	範囲外は設定不可
	温水出口温度	TW <sub>H,out</sub>	℃	35	57	57℃以上は高圧停止
	温水流量割合	FRW <sub>H</sub>	%	50	150	

## (2) 機器特性

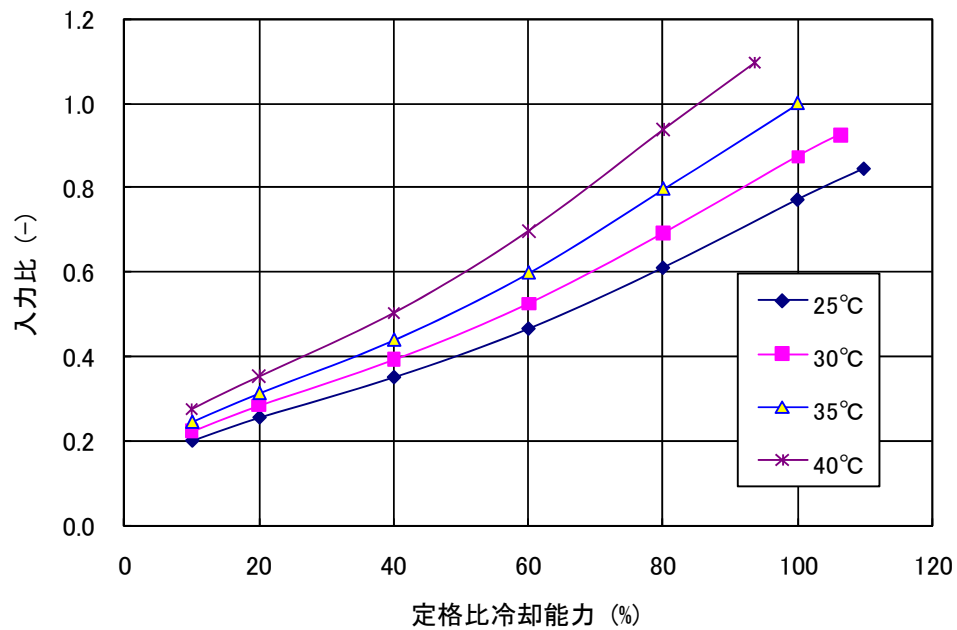


図 2.3.3-1 スライド弁制御特性(標準) 冷却時の外気温毎の部分負荷特性

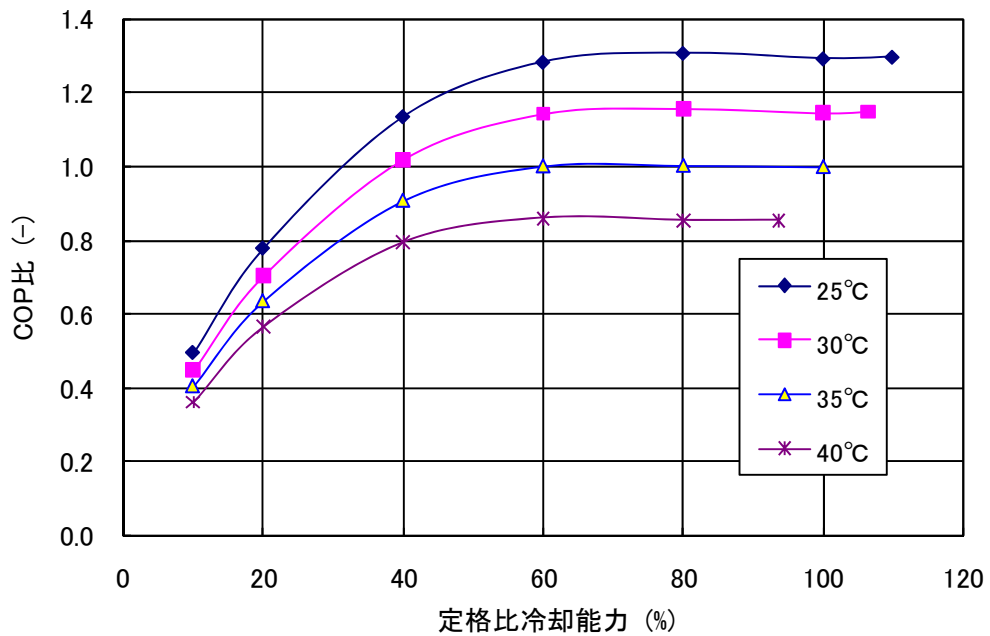


図 2.3.3-2 スライド弁制御特性(標準) 冷却時の外気温毎の負荷率と COP 比の関係

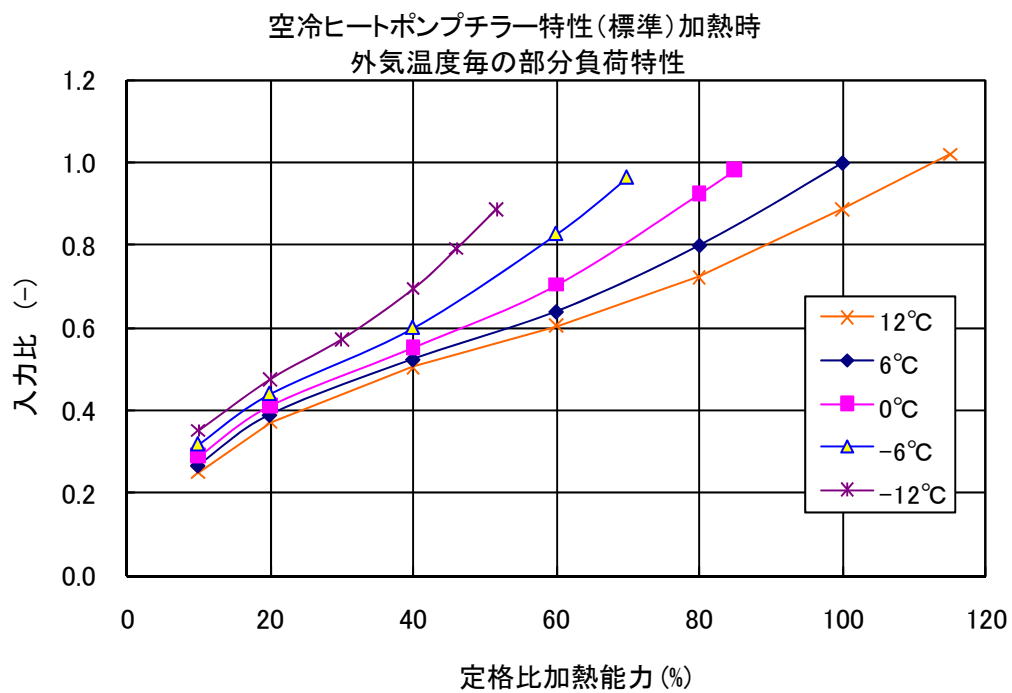


図 2.3.3-3 スライド弁制御特性(標準) 加熱時の外気温度毎の部分負荷特性

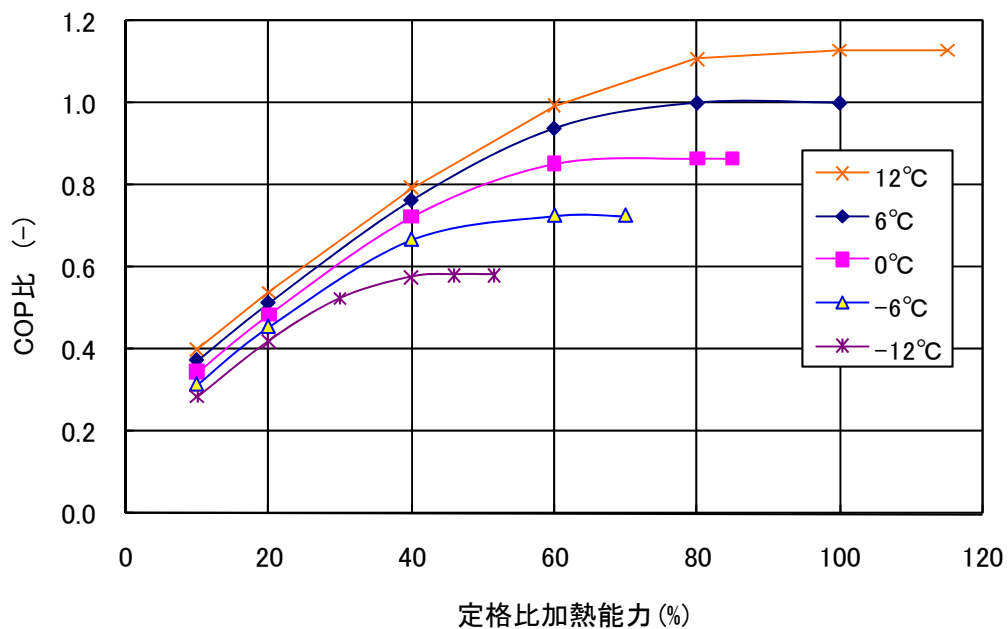


図 2.3.3-4 スライド弁制御特性(標準) 加熱時の外気温度毎の負荷率と COP 比の関係



### 2.3.3.2. インバータ制御

#### (1) モデル適用範囲

インバータ制御のモデルの適用範囲を表 2.3.3-2 に示す。なお、空冷スクルー式チラー(冷却専用機)のモデル適用範囲は表 2.3.3-2 の冷却運転時と同一である。

表 2.3.3-2 インバータ制御のモデル適用範囲

項目		変数名	単位	下限	上限	備考
冷却 運 転	外気乾球温度	DB <sub>in</sub>	℃	-10	40	上限範囲を超えると運転停止(デマンド制御回路で運転継続可能)
	冷水出口温度設定	TW <sub>C_out_SP</sub>	℃	5	15	範囲外は設定不可
	冷水出口温度	TW <sub>C_out</sub>	℃	5	15	5℃以下でボディーマによる自動停止。2℃以下で凍結防止制御動作でトリップ
	冷水流量割合	FRW <sub>C</sub>	%	50	150	凍結防止制御や断水リレー(お客先設置)動作でトリップ
加熱 運 転	外気乾温温度	DB <sub>in</sub>	℃	-10	20	上限を超えると高圧圧力上昇/圧縮機電流増加(トリップまでは至らない)、下限を超えると低圧圧力トリップ
	温水出口温度設定	TW <sub>H_out_SP</sub>	℃	40	50	47℃以上はインバータ増量仕様
	温水出口温度	TW <sub>H_out</sub>	℃	40	50	51℃以上はボディーマによる自動停止
	温水流量割合	FRW <sub>H</sub>	%	50	150	高圧カットや断水リレー(お客先設置)動作でトリップ

## (2) インバータ制御の機器特性

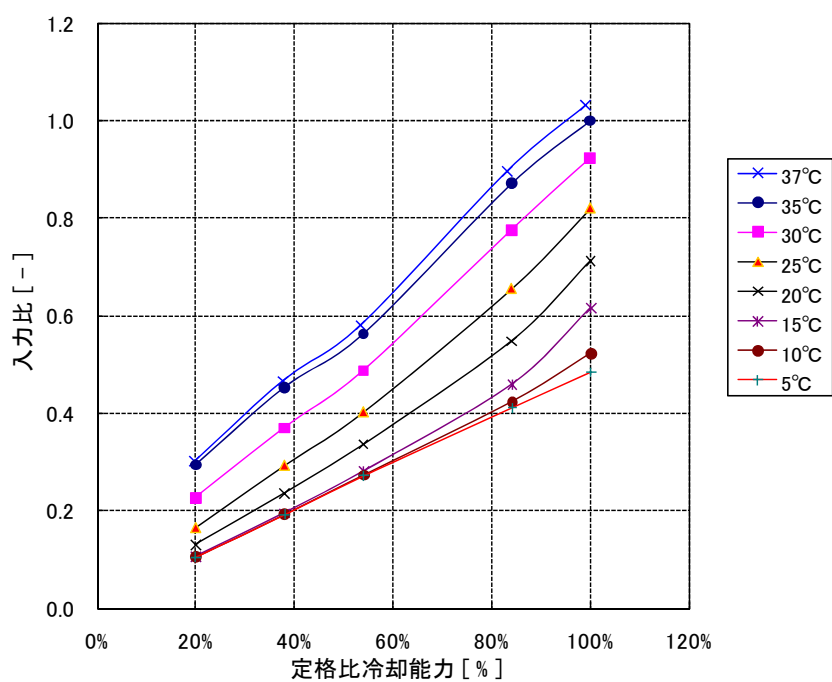


図 2.3.3-5 インバータ制御(標準) 冷却時の外気温毎の部分負荷特性

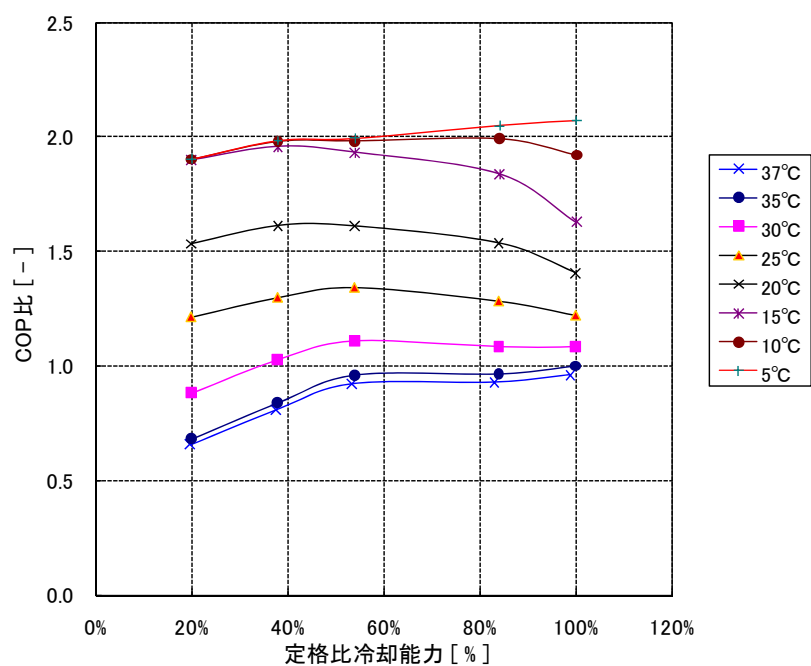


図 2.3.3-6 インバータ制御(標準) 冷却時の外気温毎の負荷率と COP 比の関係

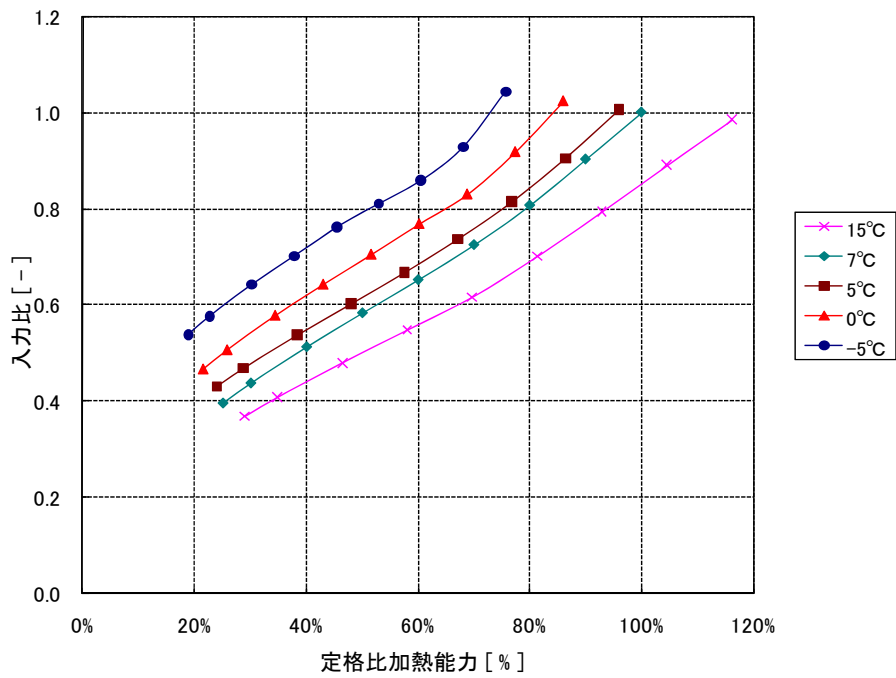


図 2.3.3-7 インバータ制御(標準) 加熱時の外気温毎の部分負荷特性

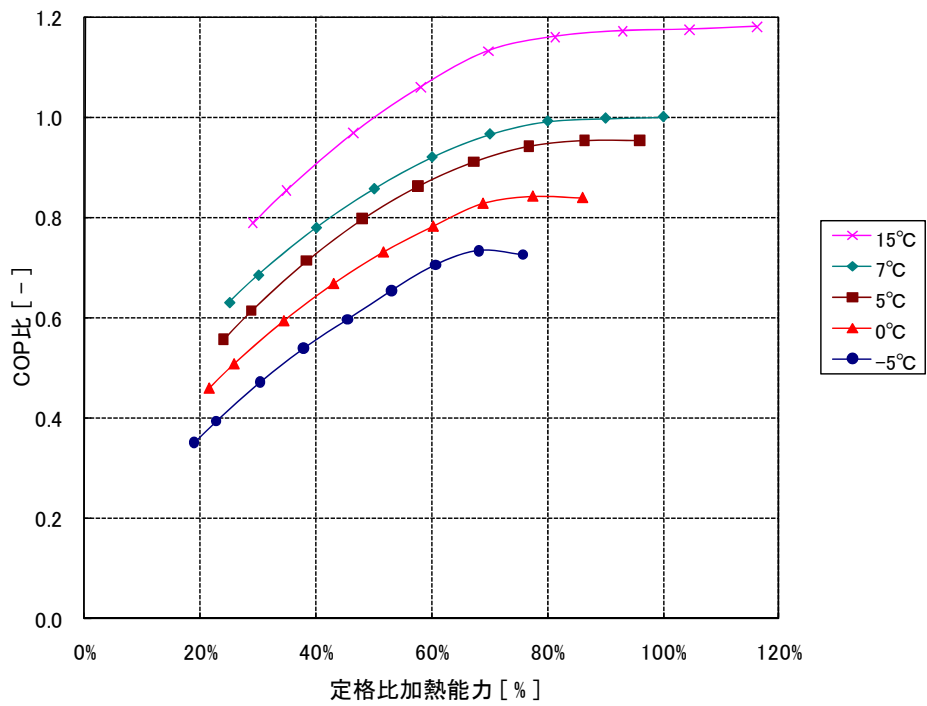


図 2.3.3-8 インバータ制御(標準) 加熱時の外気温毎の負荷率と COP 比の関係

## 2.3.4. スクロール式（モジュール連結、変流量ポンプ内蔵無し）

### 2.3.4.1. 特性式の考え方

各特性式は、JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格加熱能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格温水量、定格温水圧力損失の値を基準として、冷温水入口温度、冷温水流量、及び外気温度の条件により、冷温水の出口温度、圧力損失、及び消費電力を算出する。

### 2.3.4.2. 定格条件

定格条件における冷温水温度と外気条件は 2.3.2.2 と同様である。表 2.3.2-1 を参照すること。

#### (1) 圧縮機台数制御の場合

##### ① 設定項目

定格冷水出口温度設定値[°C]	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格温水出口温度設定値[°C]	: $TW_{H\_out\_SP}$
定格冷却能力(kW)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(kW)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(L/min)	: $VW_{C\_N}$
定格温水量(L/min)	: $VW_{H\_N}$
定格冷水圧力損失(kPa)	: $DP_{C\_N}$
定格温水圧力損失(kPa)	: $DP_{H\_N}$
定格冷却消費電力(kW)	: $EP_{C\_N}$
定格加熱消費電力(kW)	: $EP_{H\_N}$
周波数[Hz]	: $FE\_N$

##### ② 定式化モデル

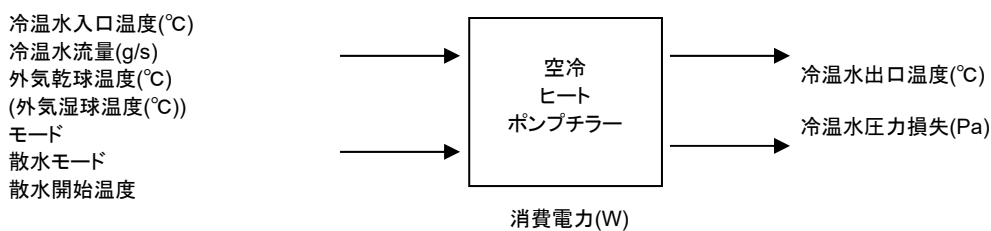


図 2.3.4-1 スクロール式圧縮機台数制御の定式化モデル

#### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_in}$
冷水量( $m^3/h$ )	: $VW_C$
温水量( $m^3/h$ )	: $VW_H$
外気乾球温度(°C)	: $DB\_in$
外気湿球温度(°C)	: $WB\_in$

運転モード : MODE (0:停止、1:冷却運転、2:加熱運転)  
 冷水出口温度設定値(°C) :  $TW_{C\_out\_SP}$   
 温水出口温度設定値(°C) :  $TW_{H\_out\_SP}$   
 散水モード : MODE<sub>EV</sub> (0:散水無し、1:散水有り)  
 散水開始温度(°C) :  $TW_{EV\_SP}$

## 2) 出力条件

冷水出口温度(°C) :  $TW_{C\_out}$   
 温水出口温度(°C) :  $TW_{H\_out}$   
 冷却電力消費量(kW) :  $EP_C$   
 加熱電力消費量(kW) :  $EP_H$   
 冷温水圧力損失(kPa) :  $DP$

## ③ モデル適用範囲

圧縮機台数制御式のモデル適用範囲を表 2.3.4-1 圧縮機台数制御のモデル適用範囲に示す。なお、定格条件として、冷却運転時は冷水 14/7°C、周囲温度 35°Cを想定しており、加熱運転時は温水 38/45°C、周囲温度 7°Cを想定している。

表 2.3.4-1 圧縮機台数制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$Q_{PLR}$	%	10	—	部分負荷特性図参照
冷却運転	冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	5	25 下限:運転停止(凍結防止) 上限:運転停止(高圧または過電流)
	冷水流量	$\frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \times 100$	%	87	280 下限:運転停止(低流量保護, 凍結防止) 上限:運転継続(圧損増加あり)
	吸込空気乾球温度	$DB_{in}$	°C	-15	45 下限:運転継続(圧縮機の寿命低下) 上限:運転停止(高圧または過電流)
加熱運転	温水出口温度	$TW_{H\_out}$	°C	35	55 下限:運転継続(圧縮機の寿命低下) 上限:運転停止(高圧または過電流)
	温水流量	$\frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \times 100$	%	87	280 下限:運転停止(高圧または過電流) 上限:運転継続(圧損増加あり)
	吸込空気乾球温度	$WB_{in}$	°C	-15	21 下限:運転継続 上限:運転継続(圧縮機電流増加あり)

④ 圧縮機台数制御の機器特性

冷却特性

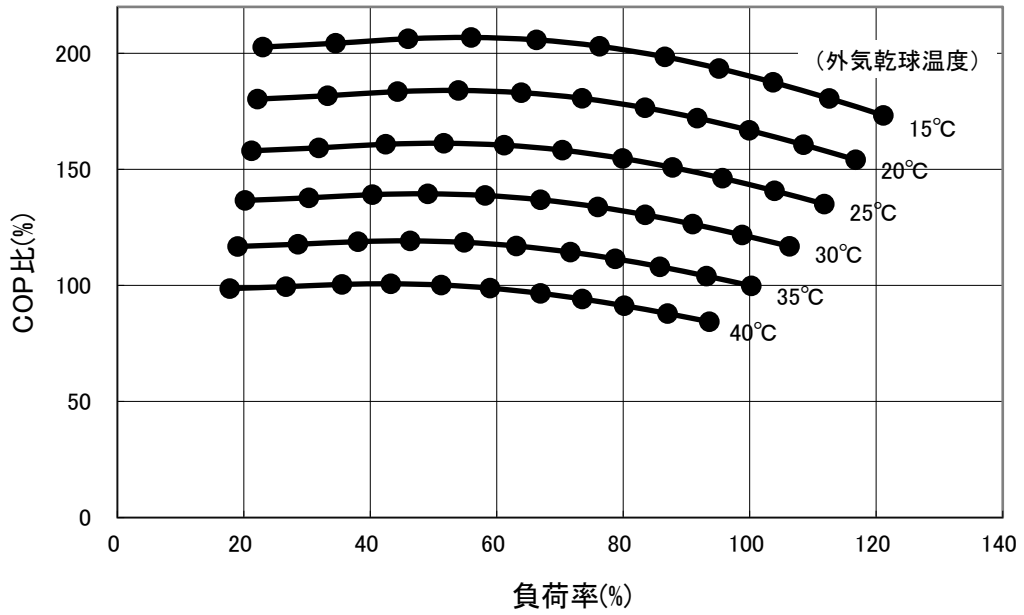


図 2.3.4-2 圧縮機台数制御の部分負荷特性 冷却時

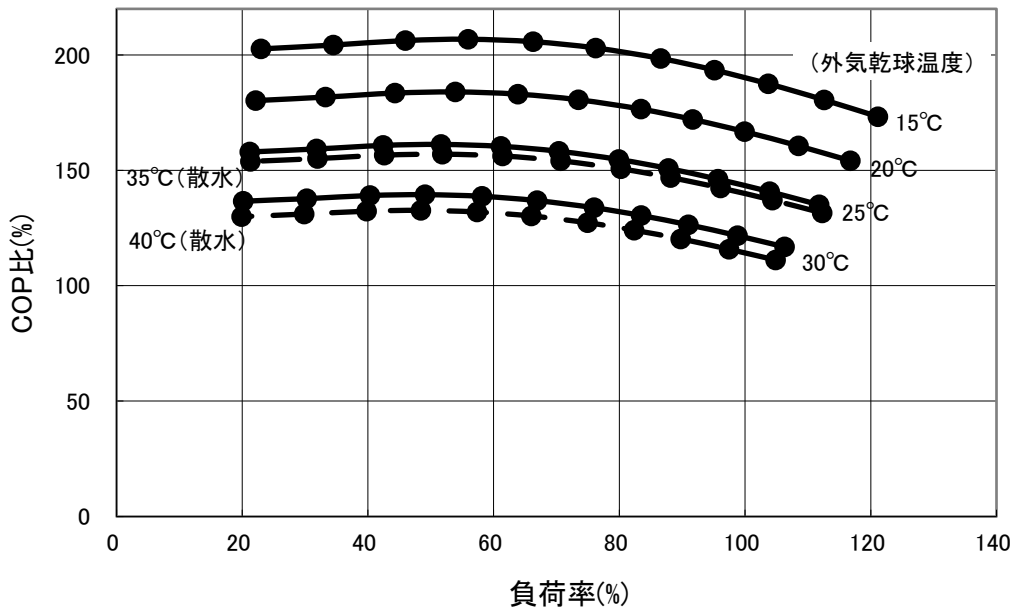


図 2.3.4-3 圧縮機台数制御の部分負荷特性 冷却時(散水あり)

### 加熱特性

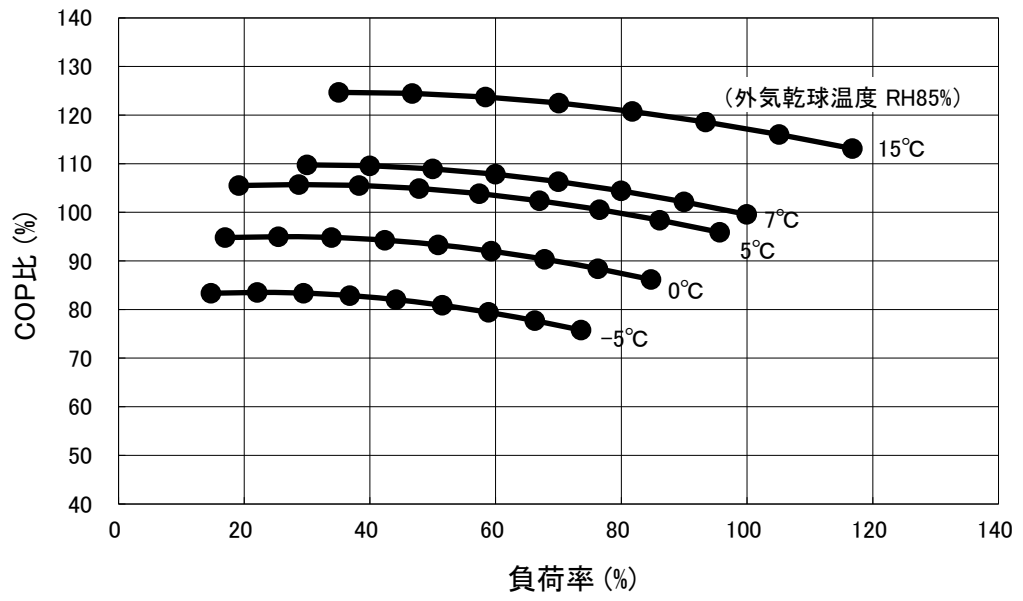


図 2.3.4-4 圧縮機台数制御の部分負荷特性 加熱時

## (2) インバータ制御の場合

### ① 設定項目

冷水出口温度設定値[°C]	: $TW_{C\_out\_sp}$
温水出口温度設定値[°C]	: $TW_{H\_out\_sp}$
定格冷却能力(kW)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(kW)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(L/min)	: $VW_{C\_N}$
定格温水量(L/min)	: $VW_{H\_N}$
定格冷水圧力損失(kPa)	: $DP_{C\_N}$
定格温水圧力損失(kPa)	: $DP_{H\_N}$
定格冷却消費電力(kW)	: $EP_{C\_N}$
定格加熱消費電力(kW)	: $EP_{H\_N}$
周波数[Hz]	: $EF_N$

### ② 定式化モデル

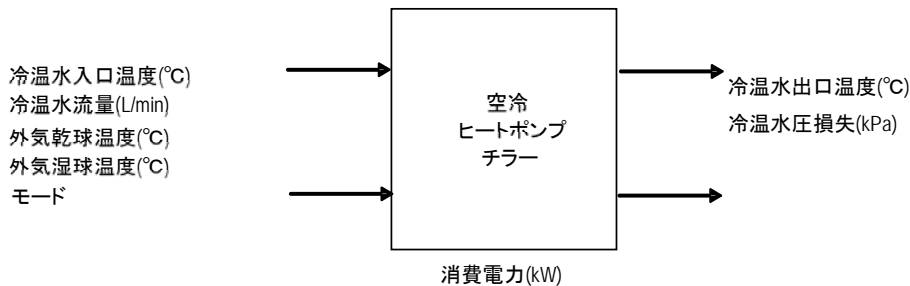


図 2.3.4-5 スクロール式インバータ制御の定式化モデル

#### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_in}$
冷水量( $m^3/h$ )	: $VW_C$
温水量( $m^3/h$ )	: $VW_H$
外気乾球温度(°C)	: $DB_{in}$
外気湿球温度(°C)	: $WB_{in}$
運転モード	: $MODE(0:停止、1:冷却運転、2:加熱運転)$
冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_sp}$
温水出口温度設定値(°C)	: $TW_{H\_out\_sp}$

#### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
温水出口温度(°C)	: $TW_{H\_out}$
冷却電力消費量(kW)	: $EP_C$
加熱電力消費量(kW)	: $EP_H$
冷温水圧力損失(kPa)	: $DP$



### ③ モデル適用範囲

インバータ制御式のモデル適用範囲を表 2.3.4-2 インバータ制御のモデル適用範囲に示す。

表 2.3.4-2 インバータ制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考	
負荷率	$Q_{PLR}$	%	10	—	部分負荷特性図参照	
冷却 運転	冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	℃	5	25	下限: 運転停止 (凍結防止) 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
	冷水流量	$\frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \times 100$	%	50	187	下限: 運転停止 (低流量保護, 凍結防止) 上限: 運転継続 (圧損増加あり)
	吸込空気乾球 温度	$DB_{in}$	℃	-15	43	下限: 運転停止 (外気下限停止) 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
加熱 運転	温水出口温度	$TW_{H\_out}$	℃	35	55	下限: 運転継続 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
	温水流量	$\frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \times 100$	%	50	187	下限: 運転停止 (高圧または過電流) 上限: 運転継続 (圧損増加あり)
	吸込空気乾球 温度	$WB_{in}$	℃	-15	21	下限: 運転継続 上限: 運転継続 (圧縮機電流増加あり)

④ インバータ制御の機器特性式

冷却特性

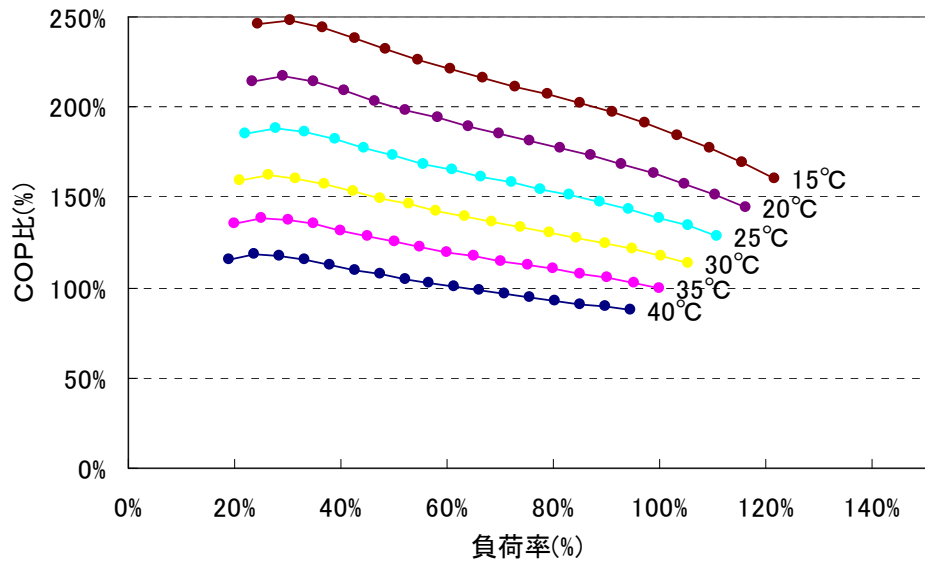


図 2.3.4-6 インバータ制御の部分負荷特性 冷却時

加熱特性

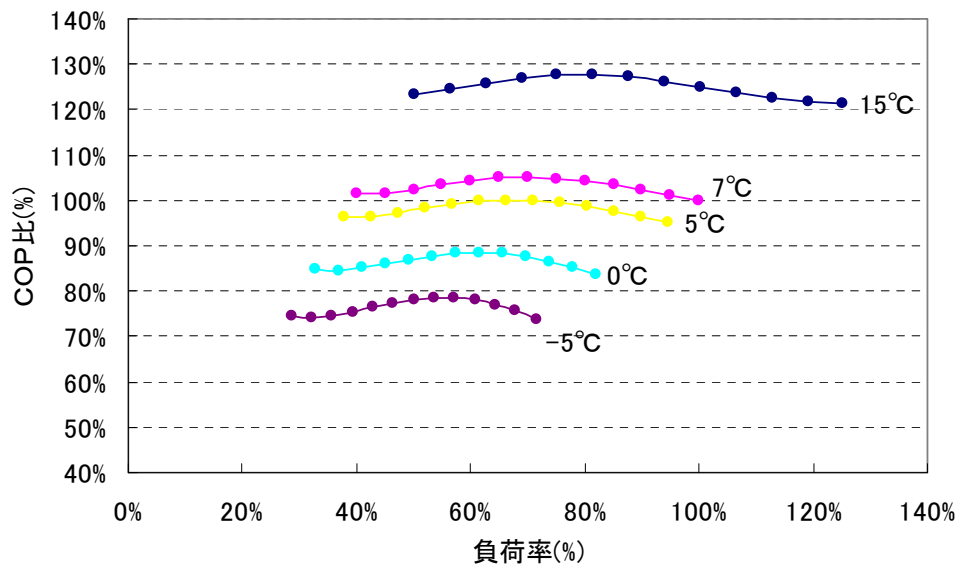


図 2.3.4-7 インバータ制御の部分負荷特性 加熱時

### (3) インバータ+モジュール制御の場合

#### ① 概要

各メーカーの製品のうち代表機器の特性を調査し、外気条件、出口温度設定、部分負荷に関するマップ格子点データを用いて機器特性を整理した。

#### ② 定格条件

定格条件における冷温水と外気の温度条件を表 2.3.4-3 空冷ヒートポンプチラーの JIS (ウォーターチリングユニット) 標準定格条件に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格 (JISB8613 ウォータチリングユニット) 中には過負荷条件、冷房運転時の凍結条件、暖房運転時の除霜条件が記載されており、表 1-1 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.3.4-3 空冷ヒートポンプチラーの JIS (ウォーターチリングユニット) 標準定格条件

	冷温水(°C)		外気条件(°C)	
	入口水温	出口水温	乾球温度	湿球温度
冷房運転(冷却条件)	12±0.3	7±0.3	35±0.5	24±0.5
暖房運転(加熱条件)	40±0.3	45±0.3	7±0.5	6±0.5

#### ③ モデルの入出力

モデルの入出力を図 2.3.4-8 に示す。

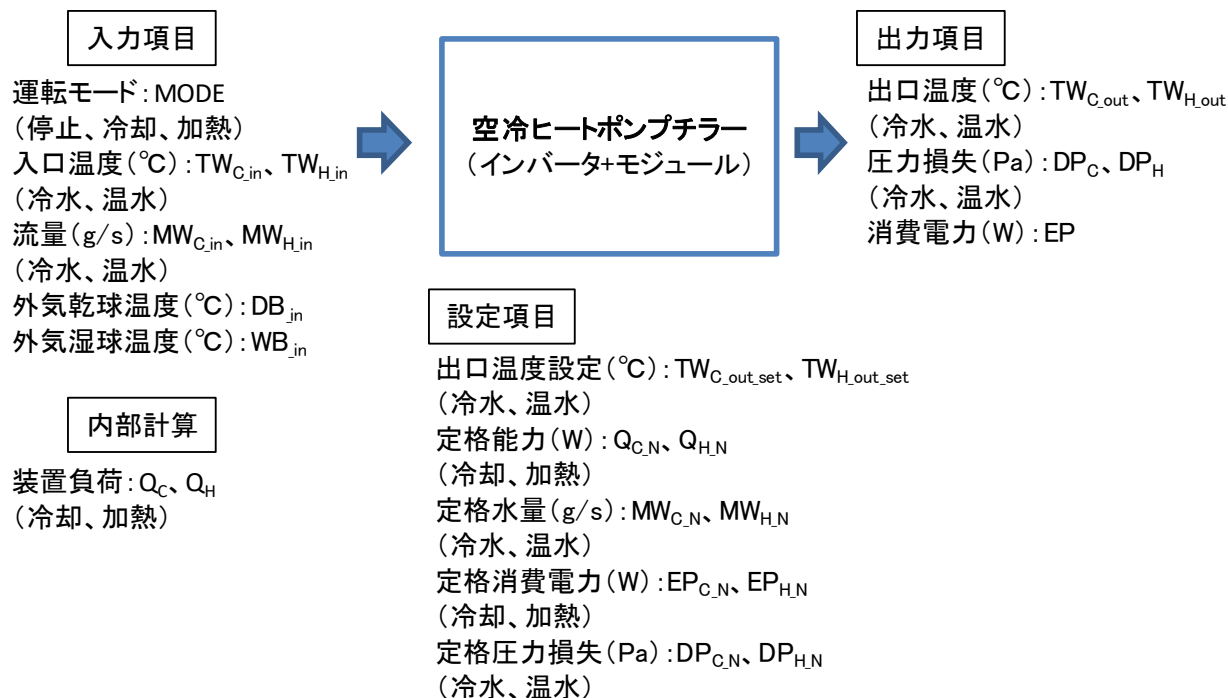
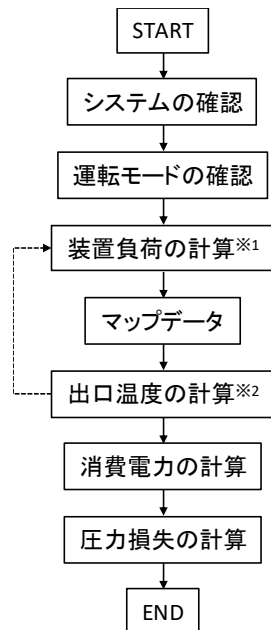


図 2.3.4-8 モデルの入出力

#### ④ 計算フロー

計算フローを図 2.3.4-9 に示す。



※1 装置負荷の計算方法

$$Q_C = (TW_{C_{in}} - TW_{C_{out\_set}}) \cdot C_W \cdot \rho_W \cdot MW_C$$

$$Q_H = (TW_{H_{out\_set}} - TW_{H_{in}}) \cdot C_W \cdot \rho_W \cdot MW_H$$

※2 出口温度の計算方法

$$Q_{C_{max}} > Q_C \text{ の時 } TW_{C_{out}} = TW_{C_{out\_set}}$$

$$Q_{C_{max}} < Q_C \text{ の時 } TW_{C_{out}} = TW_{C_{in}} - Q_{C_{max}} / (C_W \times \rho_W \times MW_C)$$

$$Q_{H_{max}} > Q_H \text{ の時 } TW_{H_{out}} = TW_{H_{out\_set}}$$

$$Q_{H_{max}} < Q_H \text{ の時 } TW_{H_{out}} = TW_{H_{in}} + Q_{H_{max}} / (C_W \times \rho_W \times MW_H)$$

※1:  $C_W$ :水の比熱(4.186kJ/kg)  $\rho_W$ :水の密度(1.0kg/L)

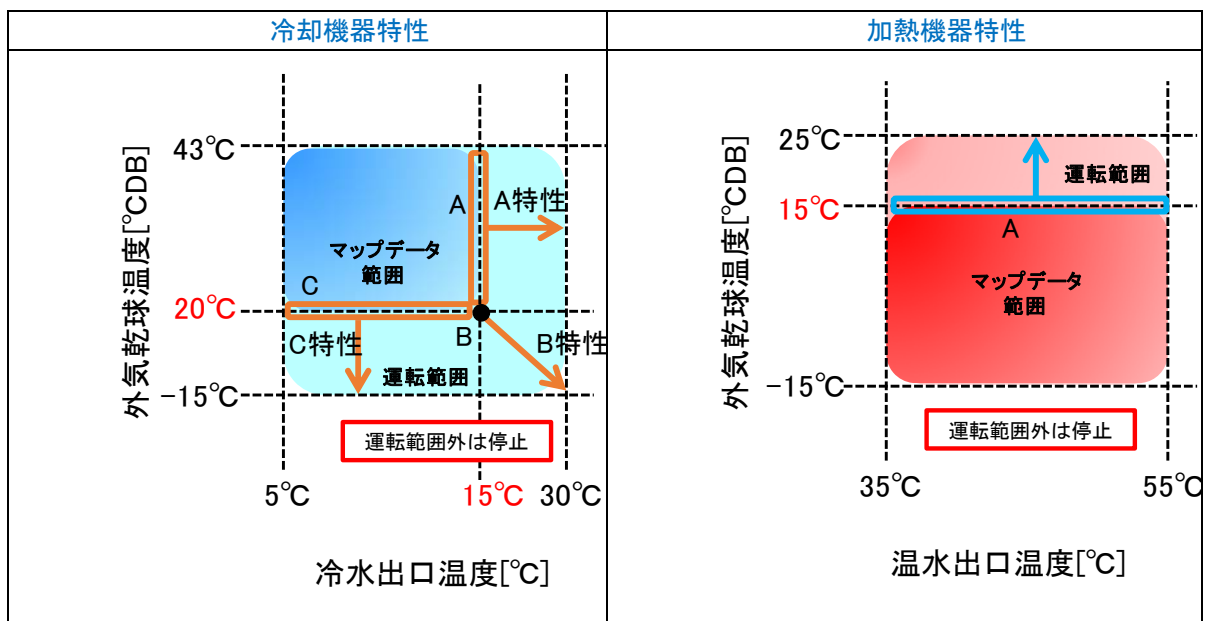
※2: 負荷と能力の関係から、出口温度が設定出口温度に満たない場合は、出口温度を補正する。出口温度を補正した場合は、装置負荷の計算までフローを戻り、再度、補正した出口温度でフローを進める。

図 2.3.4-9 計算フロー

#### ⑤ データ範囲外の取扱い

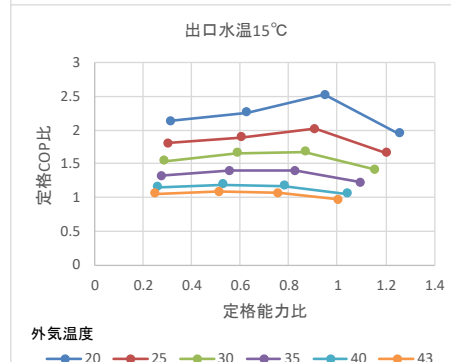
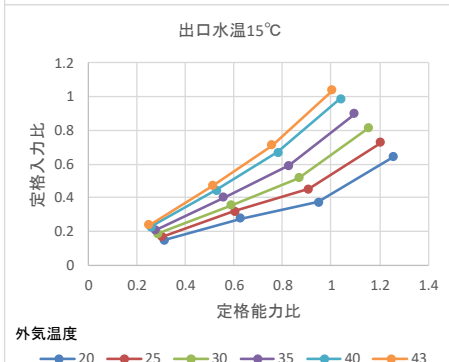
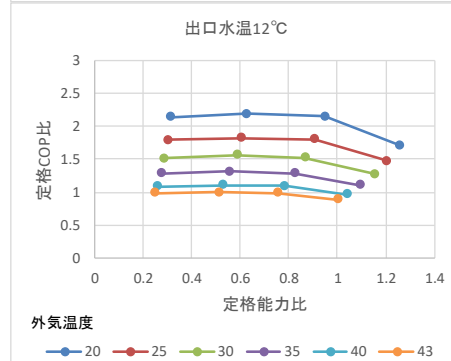
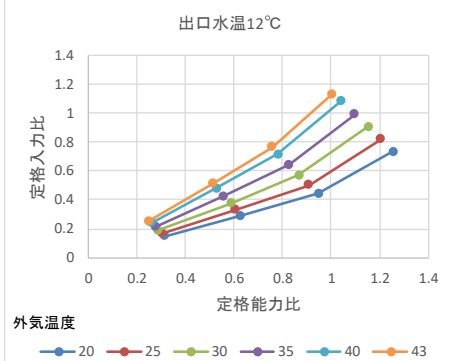
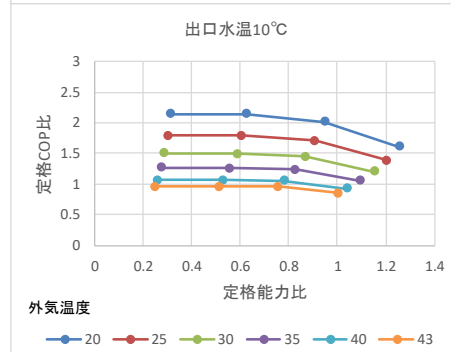
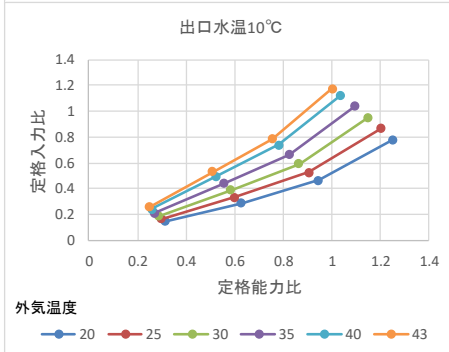
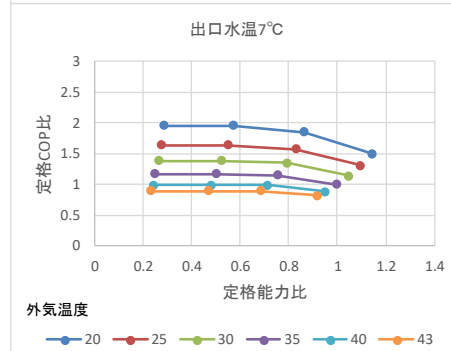
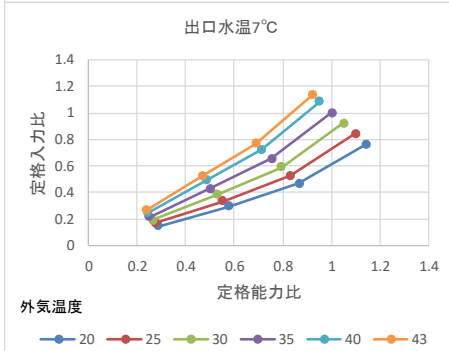
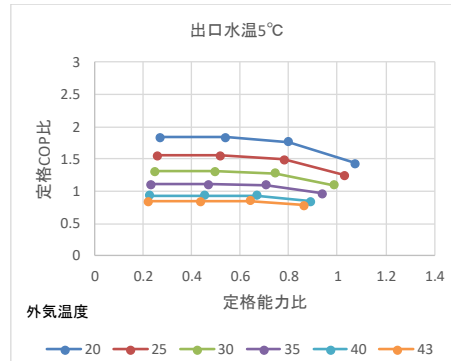
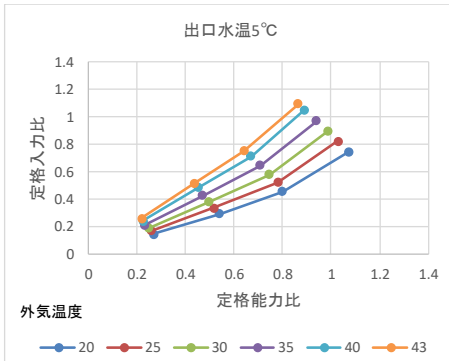
表 2.3.4-4 にマップデータ範囲外の取扱いについて示す。

表 2.3.4-4 マップデータ範囲外の取扱い

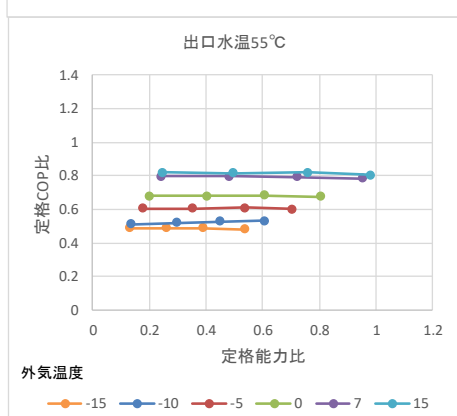
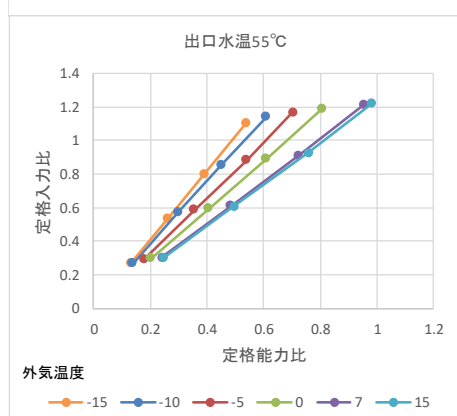
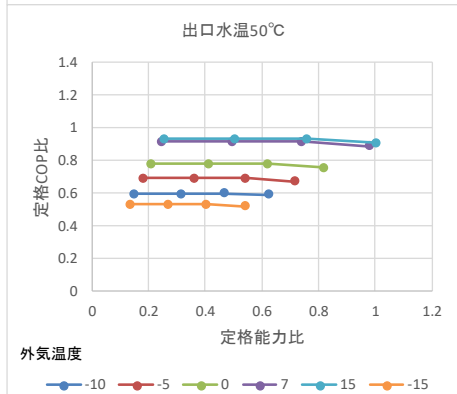
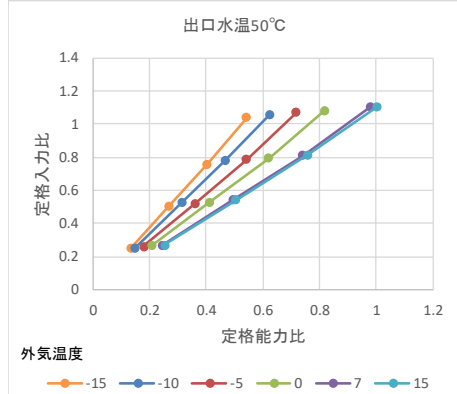
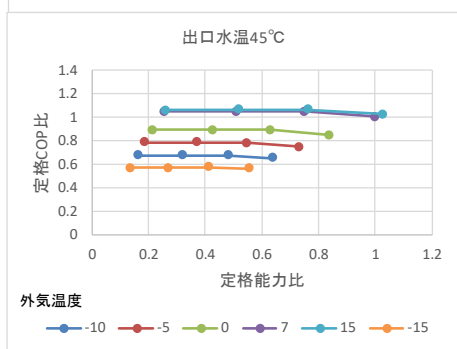
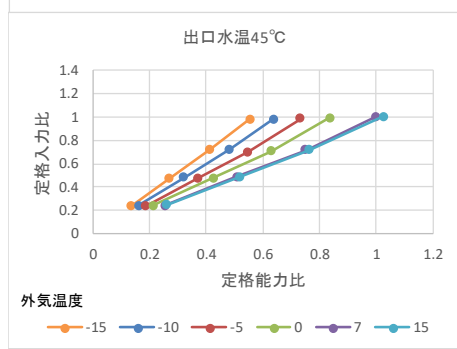
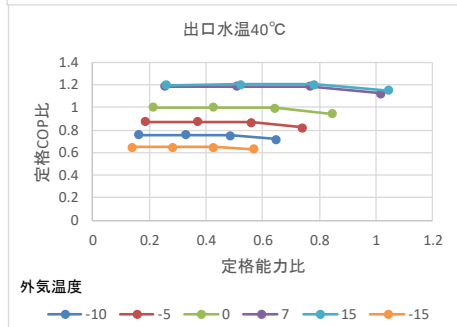
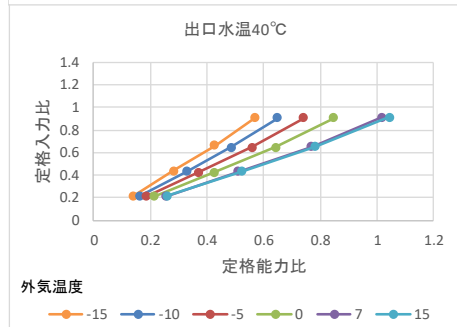
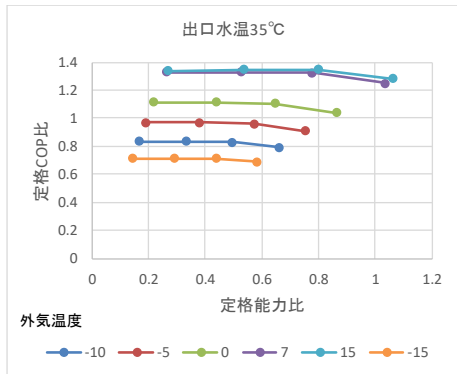
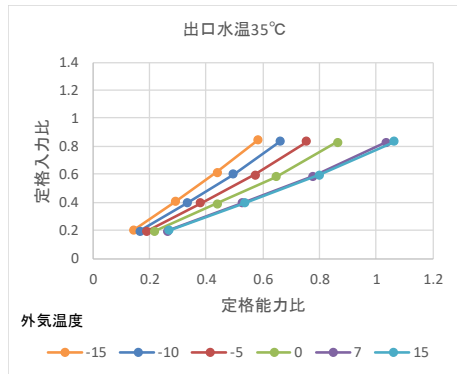


## ⑥ 特性グラフ

[冷却]



[加熱]



## 2.3.5. 氷蓄熱用

### 2.3.5.1. 特性式の考え方

各特性式は、JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格加熱能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格温水量、定格温水圧力損失の値を基準として、冷温水入口温度、冷温水流量、及び外気温度の条件により、冷温水の出口温度、圧力損失、及び消費電力を算出する。

### 2.3.5.2. 定格条件

定格条件における冷温水温度と外気条件は 2.2.3.2 と同様である。表 2.3.2-1 を参照すること。

### 2.3.5.3. スクリュー式

#### (1) スライド弁制御

##### ① 設定項目

冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
温水出口温度設定値(°C)	: $TW_{H\_out\_SP}$
定格冷却能力(W)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(W)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(g/s)	: $MW_{C\_N}$
定格温水量(g/s)	: $MW_{H\_N}$
定格冷却消費電力(W)	: $EP_{C\_N}$
定格加熱消費電力(W)	: $EP_{H\_N}$
定格冷水圧力損失(Pa)	: $DP_{C\_N}$
定格温水圧力損失(Pa)	: $DP_{H\_N}$
定格冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_out\_N}$
定格温水入口温度(°C)	: $TW_{H\_out\_N}$

##### ② 定式化モデル

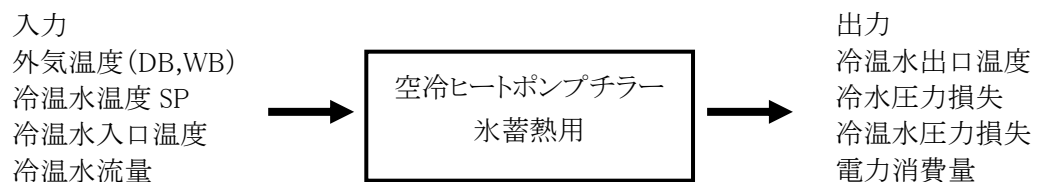


図 2.3.5-1 空冷ヒートポンプチラー氷蓄熱用の定式化モデル

#### 1) 入力条件

外気乾球温度(°C)	: $DB_{in}$
外気湿球温度(°C)	: $WB_{in}$
入口冷温水温度(°C)	: $TW_{C\_in}$

冷温水量 (m<sup>3</sup>/min) : VW  
 冷温水保有水量 (l) : -  
 出口冷温水温度設定値 (°C) : TW<sub>out\_SP</sub>  
 機器本体熱容量 (J/K) : -  
 運転モード : MODE (冷却モード起動、冷却モード運転、冷却モード停止 / 加熱モード起動、加熱モード運転、加熱モード停止)

## 2) 出力条件

出口冷温水温度 (°C) : TW<sub>out</sub>  
 冷温水圧力損失 (kPa) : DP  
 消費電力量 (kW) 補機類の消費電力も含む (運転中に電力消費がないものは除く)

## ③ モデル適用範囲

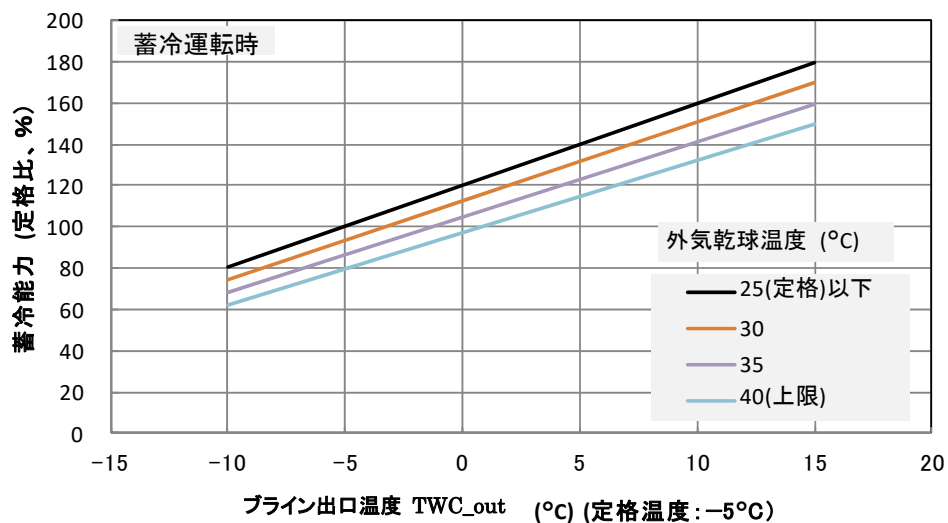
氷蓄熱用のモデルの適用範囲を表 2.3.5-1 に示す。

表 2.3.5-1 氷蓄熱用のモデル適用範囲

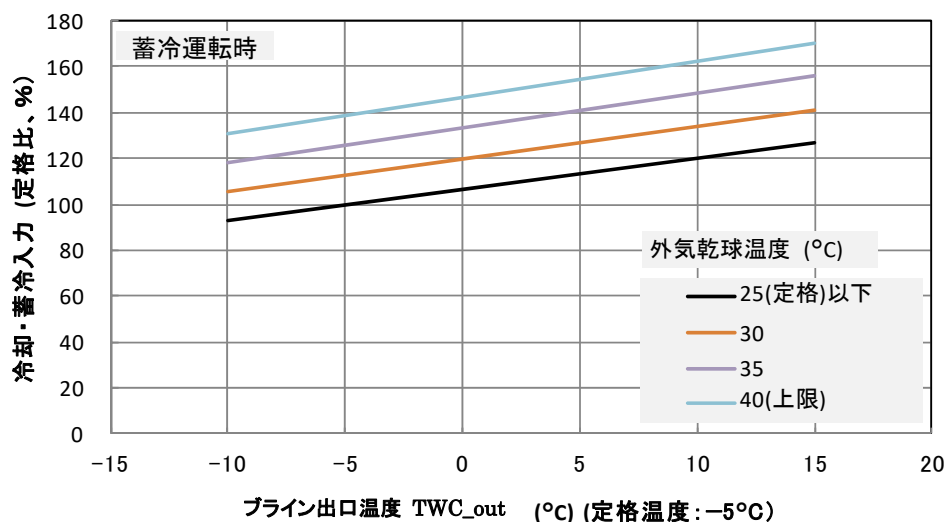
項目		変数名	単位	下限	上限	備考
冷却 運転	負荷率	Q <sub>C_PLR</sub>	°C	10	100	負荷特性図参照
	冷水量	$\frac{VW_C}{VW_{C_N}} \times 100$	m <sup>3</sup> /h	17	110	下限: 運転継続 (圧縮機傷病低下) 上限: 運転継続
	冷水出口温度設定	TW <sub>C_out_SP</sub>	°C	-10	15	範囲外は設定不可
	冷水出口温度	TW <sub>C_out</sub>	°C	-10	15	下限: 運転停止 (凍結防止) 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
	外気乾球温度	DB <sub>in</sub>	%	-5	40	下限: 運転継続 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
加熱 運転	負荷率	Q <sub>H_PLR</sub>	°C	10	100	負荷特性図参照
	温水量	$\frac{VW_H}{VW_{H_N}} \times 100$	m <sup>3</sup> /h	17	110	下限: 運転継続 上限: 運転継続 (圧損増加あり)
	温水出口温度設定	TW <sub>H_out_SP</sub>	°C	35	57	範囲外は設定不可
	温水出口温度	TW <sub>H_out</sub>	°C	35	57	下限: 運転継続 上限: 運転停止 (高圧または過電流)
	外気湿球温度	WB <sub>in</sub>	%	-15	15.5	下限: 運転継続 上限: 運転継続 (高圧または過電流)



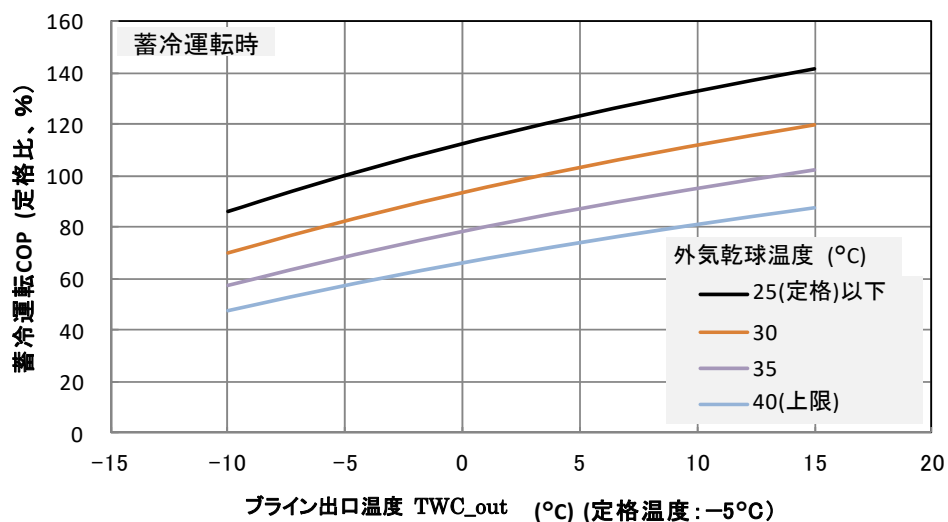
#### ④ 機器特性



(a) 蓄冷能力とブライン出口温度の関係



(b) 冷却・蓄冷入力とブライン出口温度の関係



(c) COPとブライン出口温度の関係 (参考)

図 2.3.5-2 氷蓄熱用スライド弁制御の負荷特性

## 2.3.5.4. スクロール式

### (1) 圧縮機台数制御

#### ① 設定項目

定格ブライン出口温度 [°C]	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格温水出口温度 [°C]	: $TW_{H\_out\_SP}$
定格冷却能力(kW)	: $Q_{C\_N}$
定格加熱能力(kW)	: $Q_{H\_N}$
定格冷水量(L/min)	: $VW_{C\_N}$
定格温水量(L/min)	: $VW_{H\_N}$
定格冷水圧力損失(kPa)	: $DP_{C\_N}$
定格温水圧力損失(kPa)	: $DP_{H\_N}$
定格冷却消費電力(kW)	: $EP_{C\_N}$
定格加熱消費電力(kW)	: $EP_{H\_N}$
周波数[Hz]	: $EF_N$

#### ② 定式化モデル

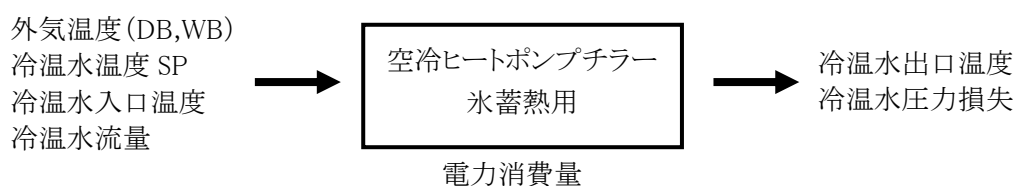


図 2.3.5-3 スクロール式圧縮機台数制御の定式化モデル

#### 1) 入力条件

冷水温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_sp}$
温水温度設定値(°C)	: $TW_{H\_out\_sp}$
冷温水入口温度(°C)	: $TW_{in}$
冷温水流量(l/min)	: $VW$
外気乾球温度(°C)	: $DB_{in}$
外気湿球温度(°C)	: $WB_{in}$
運転モード	: $MODE$ (0: 停止、1: 冷却運転、2: 加熱運転)
散水モード	: $MODE_{EV}$ (0: 散水無し、1: 散水有り)
散水開始温度(°C)	: $TW_{EV\_out\_sp}$

#### 2) 出力条件

冷却電力消費量(kW)	: $EP_C$
冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷水圧力損失(kPa)	: $DP_C$
加熱電力消費量(kW)	: $EP_H$
温水出口温度(°C)	: $TW_{H\_out}$
温水圧力損失(kPa)	: $DP_H$

### ③ モデル適用範囲

圧縮機台数制御式のモデル適用範囲を表 2.3.5-2 に示す。なお、定格条件として、冷却運転時は定格条件としてブライン-2/-5℃、周囲温度 25℃を想定しており、加熱運転時は温水 38/45℃、周囲温度 7℃を想定している。

表 2.3.5-2 圧縮機台数制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$Q_{PLR}$	%	10	—	部分負荷特性図参照
冷却 運 転	冷水温度	$TW_{C\_out}$	℃	-10	25 下限:運転停止(凍結防止) 上限:運転停止(高圧または過電流)
	冷水流量	$\frac{VW_C}{VW_{C\_N}} \times 100$	%	87	280 下限:運転停止(低流量保護,凍結防止) 上限:運転継続(異音発生、腐食増加等)
	吸込空気乾球 温度	$DB_{in}$	℃	-15	43 下限:運転継続(圧縮機の異音発生等) 上限:運転停止(高圧または過電流)
加 熱 運 転	温水温度	$TW_{H\_out}$	℃	35	55 下限:運転継続(圧縮機の寿命低下) 上限:運転停止(高圧または過電流)
	温水流量	$\frac{MW_C}{MW_{C\_N}} \times 100$	%	87	280 下限:運転停止(高圧または過電流) 上限:運転継続(圧損増加あり)
	吸込空気湿球 温度	$WB_{in}$	℃	-15	21 下限:運転停止(圧縮不良、均油不良) 上限:運転停止(低圧上昇、過電流)

#### ④ 機器特性

##### 冷却特性

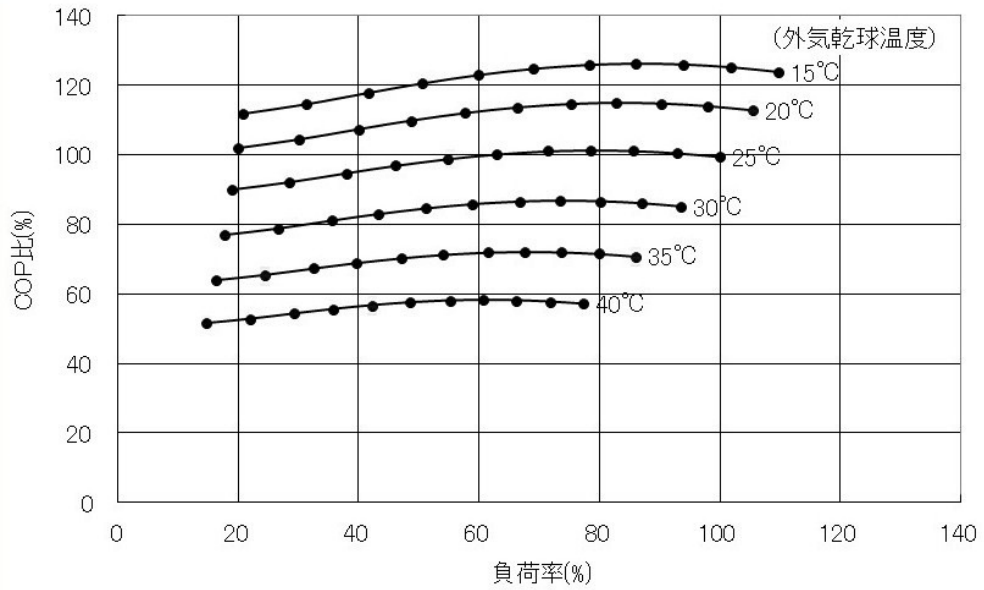


図 2.3.5-4 圧縮機台数制御の部分負荷特性 冷却時(散水なし)

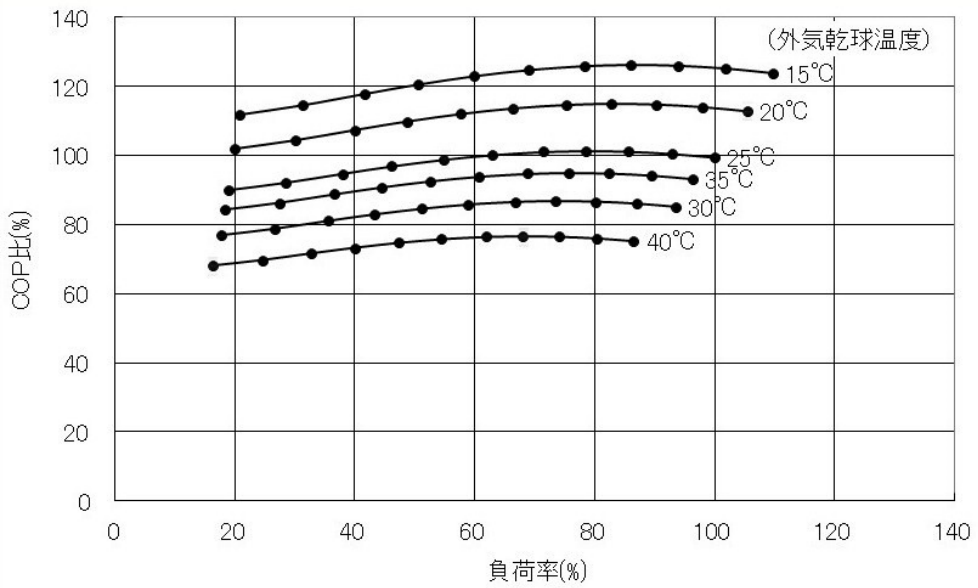


図 2.3.5-5 圧縮機台数制御の部分負荷特性 冷却時(散水なし)

### 加熱特性

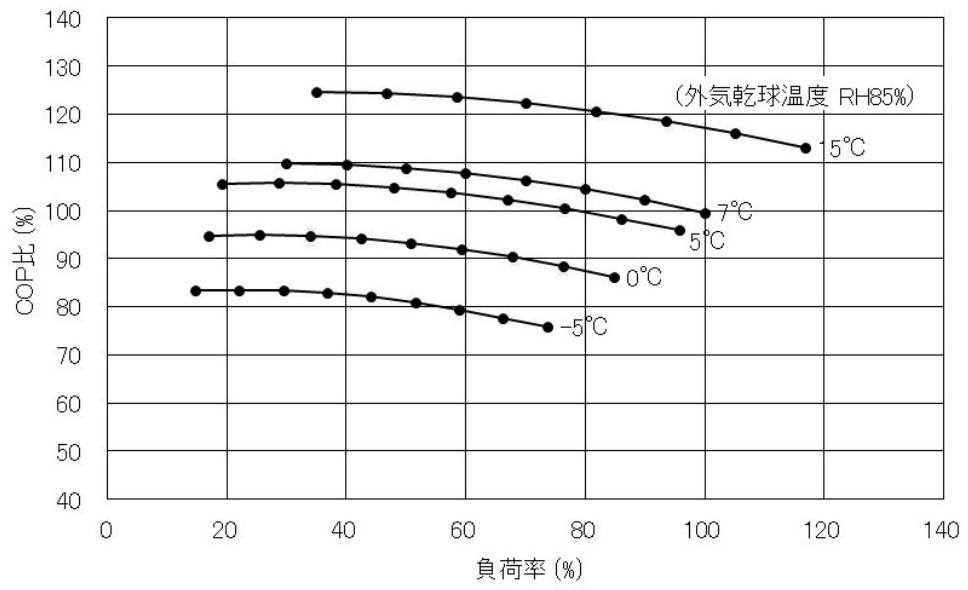


図 2.3.5-6 圧縮機台数制御の部分負荷特性 加熱時

## 2.3.6. 熱回収式空冷ヒートポンプチラーの機器特性

### (1) 概要

熱回収式空冷ヒートポンプチラーは、運転モードが「冷却専用運転」、「冷却主体熱回収運転」、「完全熱回収運転」、「加熱主体熱回収運転」、「加熱専用運転」に分かれており、「冷却専用運転」、「完全熱回収運転」、「加熱専用運転」については、メーカーより特性データ(マップデータ)を受領し、その特性を整理した。しかし、「冷却主体熱回収運転」、「加熱主体熱回収運転」の特性は、メーカーでも特性データを提示することが難しいとの回答であったため、「冷却専用運転」、「完全熱回収運転」、「加熱専用運転」を組み合わせることで、その特性を作成した。

### (2) 特性値の決定方法

「冷却専用運転」、「完全熱回収運転」、「加熱専用運転」は、それぞれの特性データとする。  
 「冷却主体熱回収運転」の特性値は、「冷却専用運転」及び「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「冷却専用運転」及び「完全熱回収運転」の大きい値とする。また、圧力損失は「完全熱回収運転」の式を利用する。  
 「加熱主体熱回収運転」の特性値は、「加熱専用運転」及び「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、その消費電力及び圧力損失は「加熱専用運転」及び「完全熱回収運転」の大きい値とする。また、圧力損失は「完全熱回収運転」の式を利用する。

### (3) 定格条件

定格条件における冷温水と冷却水・熱源水の温度条件を表 2.3.6-1 に示す。

表 2.3.6-1 定格条件

	冷温水(°C)		外気温度	
	入口水温	出口水温	D.B.	W.B.
冷却専用運転	12	7	35	—
加熱専用運転	40	45	7	6

### (4) モデルの入出力

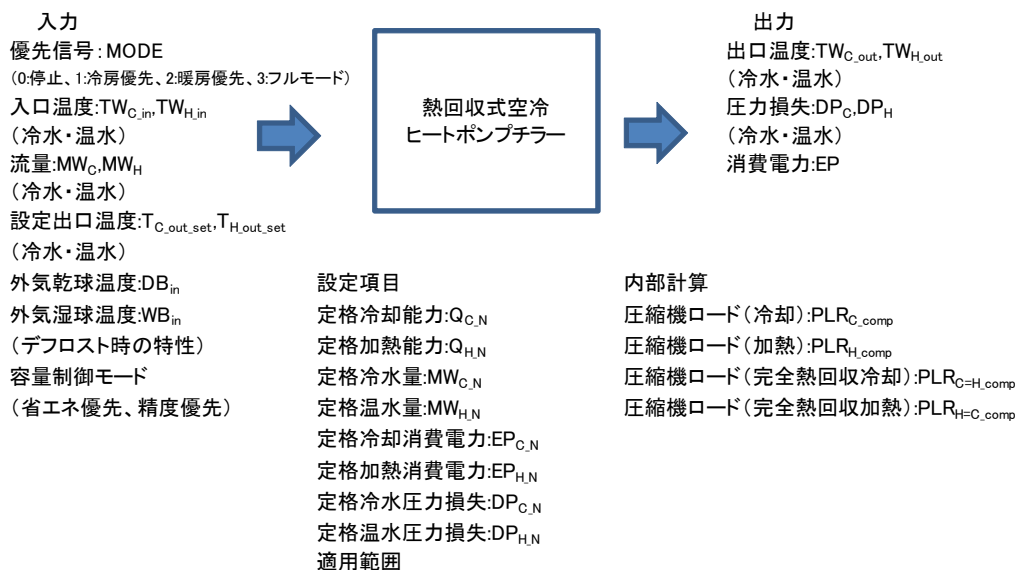
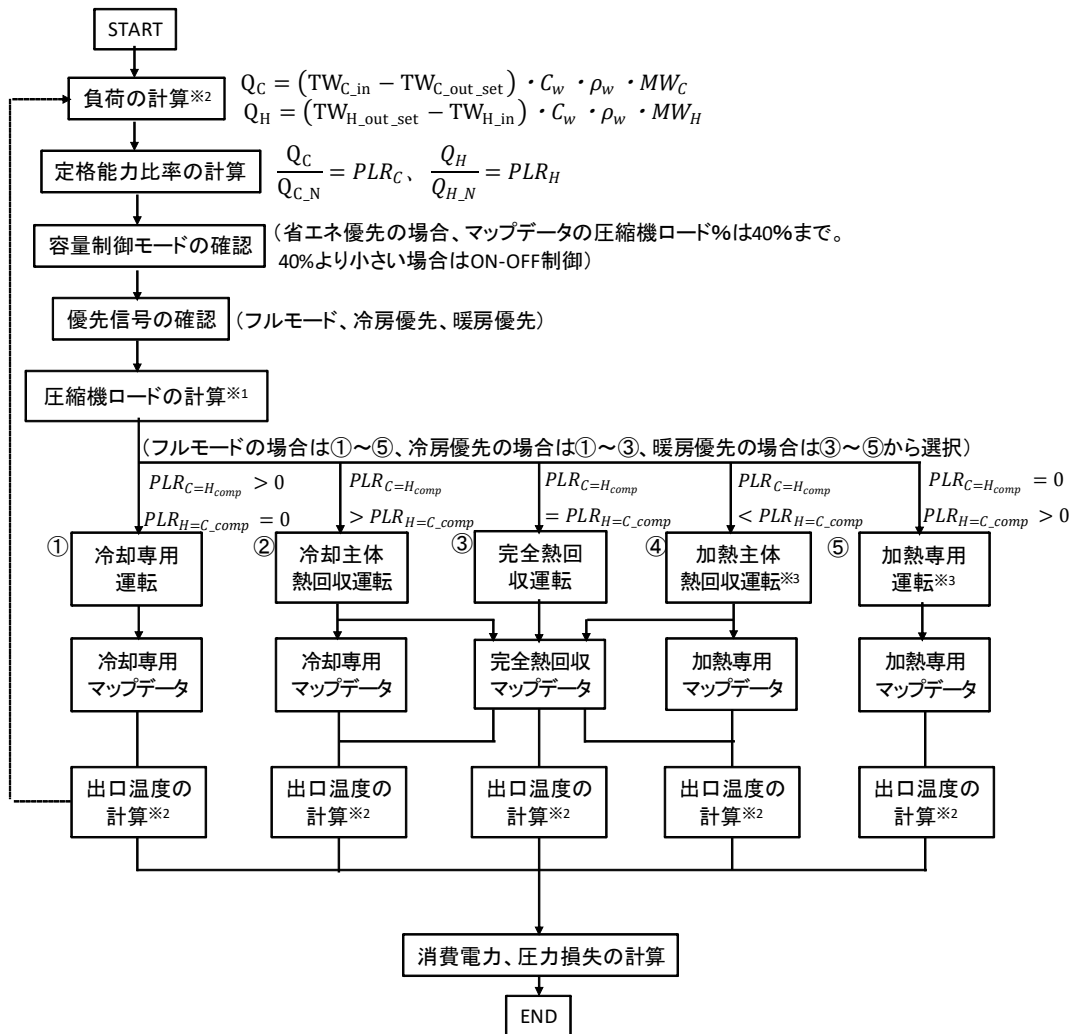


図 2.3.6-6 モデルの入出力(案)

## (5) 計算フロー



※1: 完全熱回収運転のマップデータと  $PLR_C$ 、 $PLR_H$  より、 $PLR_C = H_{comp}$ 、 $PLR_H = C_{comp}$  を計算し、運転モードを決定する。

また、 $PLR_C$ 、 $PLR_H$  より、 $PLR_{C\_comp}$ 、 $PLR_{H\_comp}$  を計算する。

※2: 負荷と能力の関係から、出口温度が設定出口温度に満たない場合は、出口温度を補正する。出口温度を補正した場合は、負荷の計算までフローを戻り、再度、補正した出口温度でフローを進める。

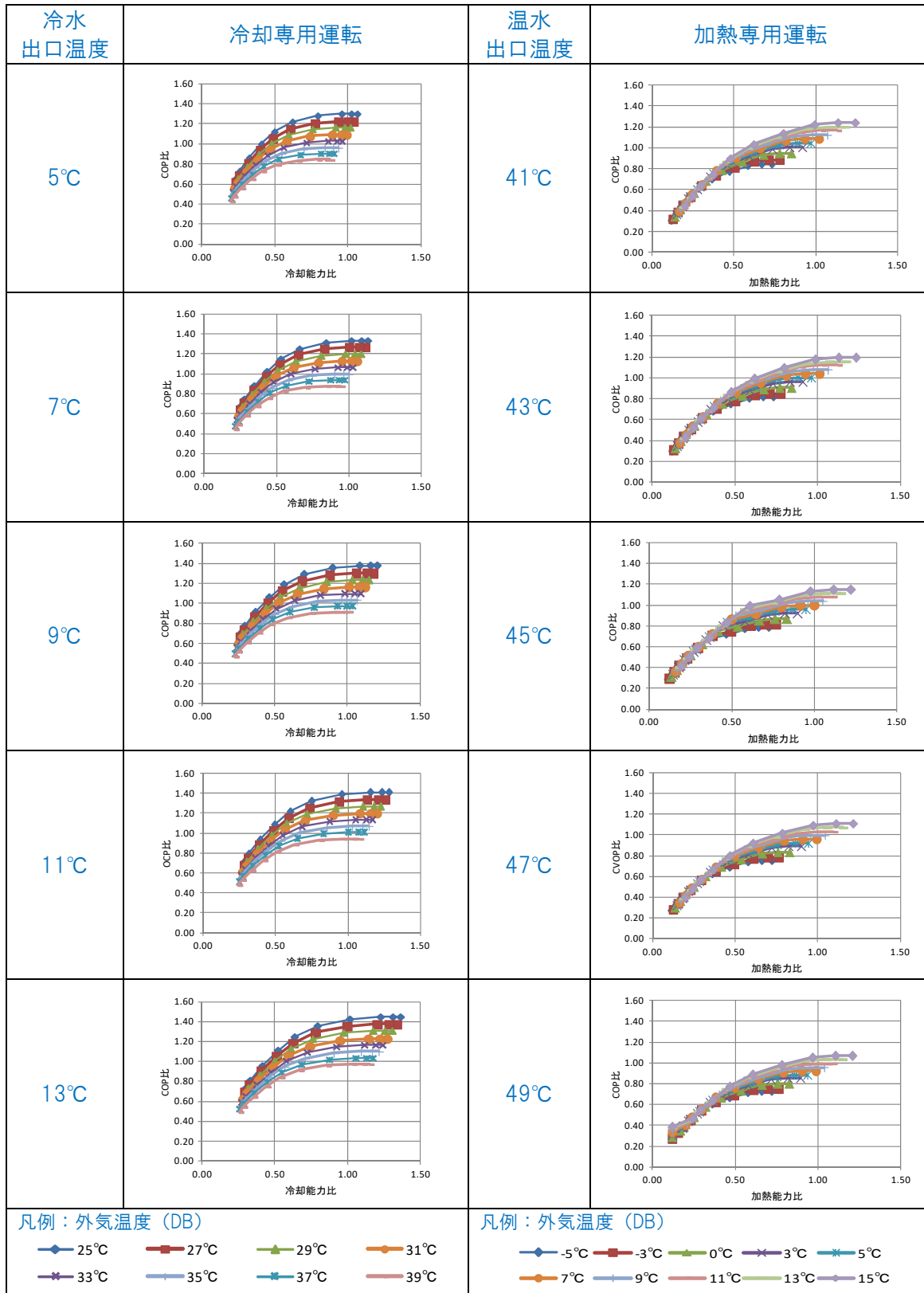
出口温度の補正方法は、次頁以降に示す。

※3: 外気温が  $21^\circ\text{C}$  を超える場合で、加熱専用運転の場合は停止、加熱主体熱回収運転の場合は、冷却主体熱回収運転に切り替える。

図 2.3.6-6 特性計算フロー

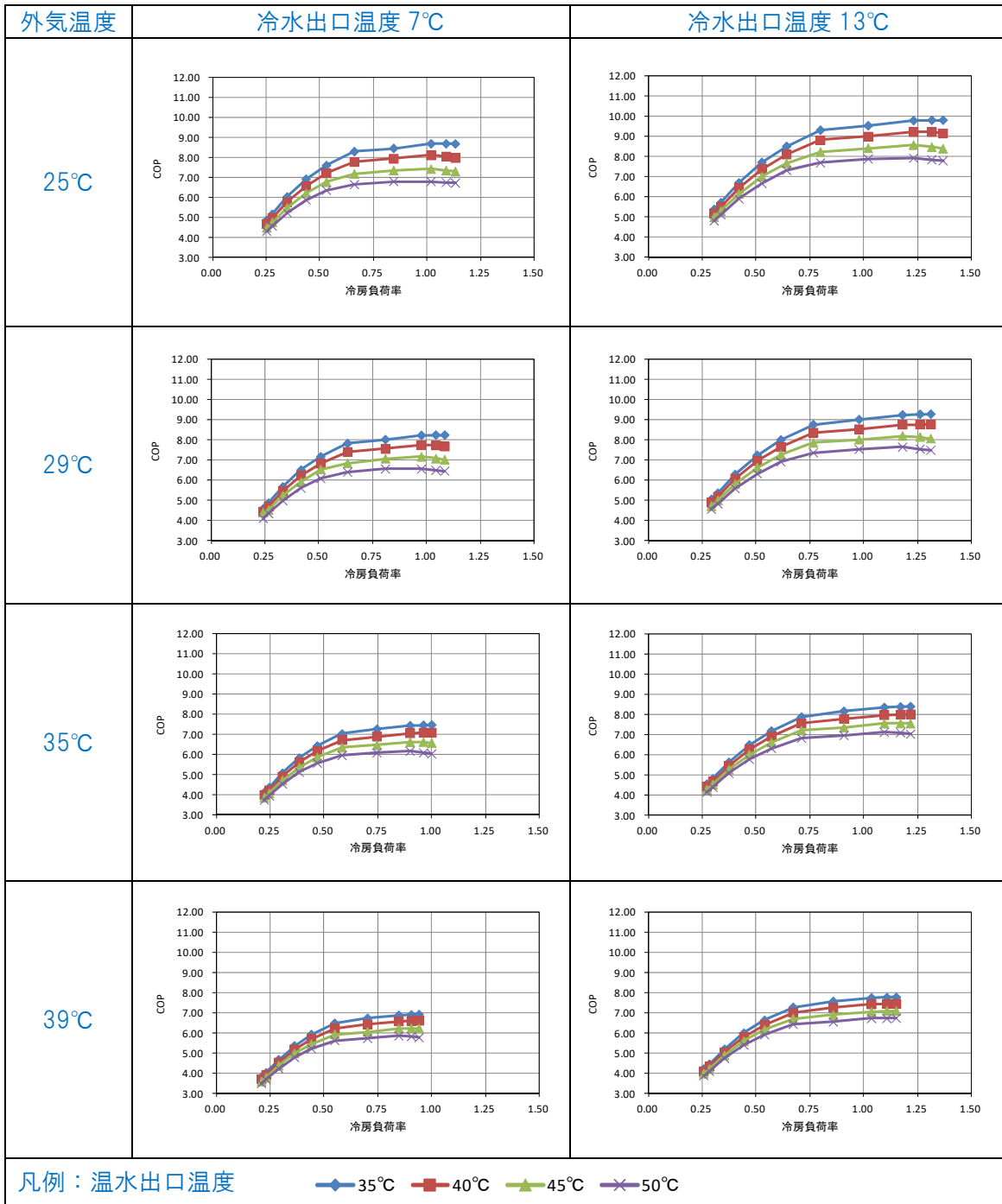
## (6) 特性データ

(冷却専用運転・加熱専用運転、容量制御モード:精度優先)

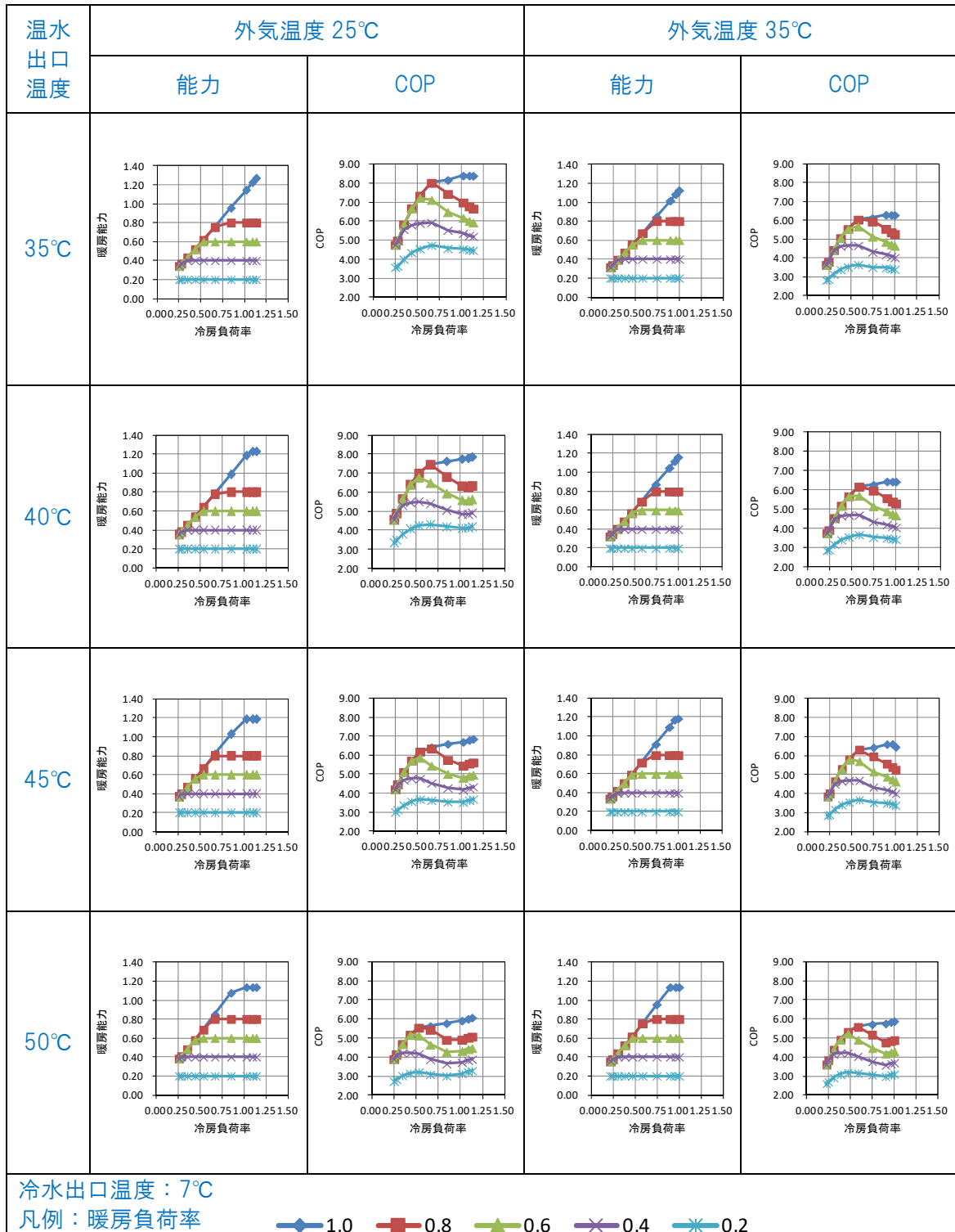




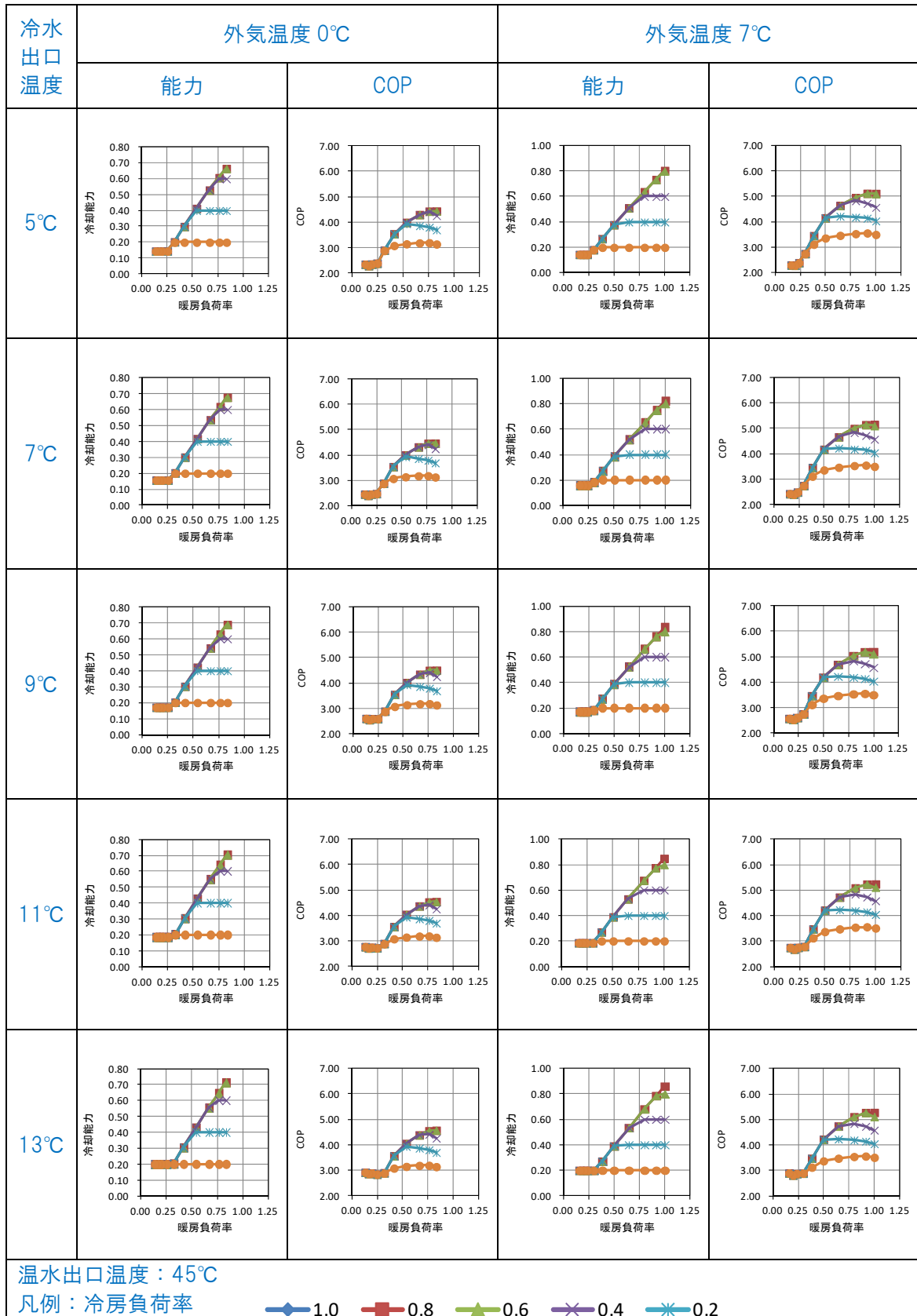
(完全熱回収、容量制御モード:精度優先)



(冷房主体運転、容量制御モード:精度優先)



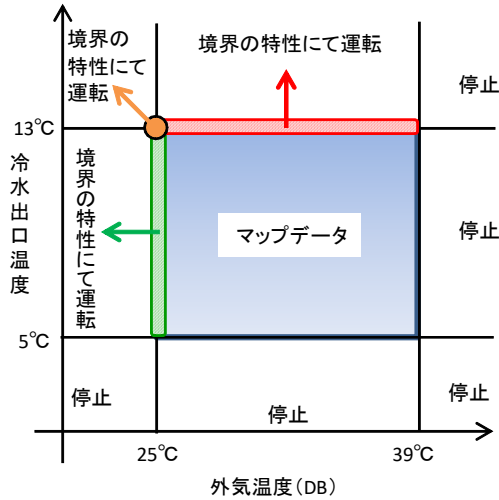
(暖房主体運転、容量制御モード:精度優先)



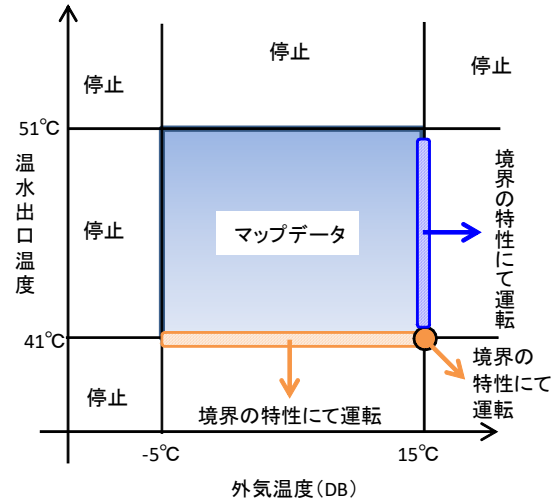
## (7) 機器特性マップデータ範囲外の取り扱い

特性データの範囲外の取扱いは、以下とする。

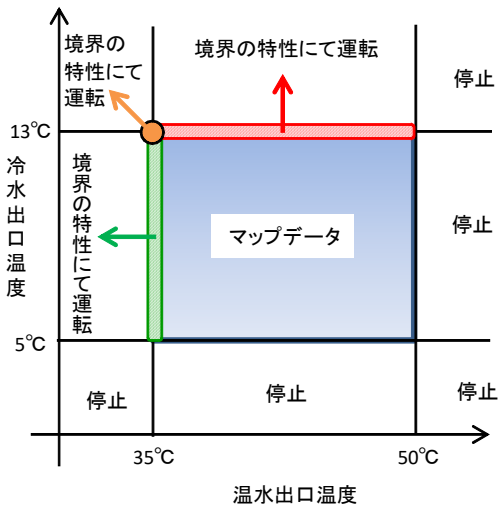
冷却専用運転



加熱専用運転



完全熱回収運転



- ※1: 冷却主体運転の場合で、  
 冷却専用運転で運転範囲、完全熱回収運転で停止範囲の場合、冷却専用運転とする。  
 冷却専用運転で停止範囲、完全熱回収運転で運転範囲の場合、完全熱回収運転とする。
- ※2: 加熱主体運転の場合で、  
 加熱専用運転で運転範囲、完全熱回収運転で停止範囲の場合、加熱専用運転とする。  
 加熱専用運転で停止範囲、完全熱回収運転で運転範囲の場合、完全熱回収運転とする。

## 2.4. 水冷チラー

### 2.4.1. 適用機種

本項では、表 2.4.1-1 に示す一般空調用の冷水取出しタイプおよび氷蓄熱用のブライン取出しタイプ、の水冷チラーを対象とする。氷蓄熱用に関しては標準機、高効率機の区別はせず、定速機とインバータ機の 2 種類に分類する。冷媒の種類については HFC134a、HFC245fa、HCFC123 を対象とし、これらは同一の特性式で表すものとする。

表 2.4.1-1 水冷チラーの対象機種

一般空調用 (冷水取出)	スクリー式	スライド弁制御
		インバータ制御
	スクロール式	圧縮機台数制御
氷蓄熱用 (ブライン取出)	スクリー式	スライド弁制御
		インバータ制御
	スクロール式	圧縮機台数制御

### 2.4.2. スクリュー式

#### 2.4.2.1. 特性式の考え方

各特性式は、2.4.2.2 に示す JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格冷却水量、定格冷却水圧力損失の値を基準として冷水入口温度および冷却水入口温度の条件により、冷水出口温度および圧力損失、冷却水出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

#### 2.4.2.2. 定格条件

定格条件における冷水温度と冷却水温度を表 2.4.2-1 に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格中には過負荷条件、凍結条件が記載されており、表 2.4.2-1 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.4.2-1 水冷チラーの JIS (ウォーターチリングユニット) 定格条件

	冷水 (°C)		冷却水 (°C)	
	入口水温 (°C)	出口水温 (°C)	入口温度 (°C)	出口温度 (°C)
冷却条件	12±0.3	7±0.3	30±0.3	35±0.3

#### 2.4.2.3. 設定項目

設定項目は以下の通りである。

冷水出口温度設定値(°C) :  $TW_{C\_out\_SP}$

定格冷却能力(W) :  $Q_{C\_N}$

定格冷水量(g/s) :  $MW_{C\_N}$

定格冷却水量(g/s) :  $MW_{CD\_N}$

定格電動機入力(W) :  $RP_{C,N}$   
 定格冷水圧力損失(Pa) :  $DP_{C,N}$   
 定格冷却水圧力損失(Pa) :  $DP_{CD,N}$   
 定格 COP :  $COP_N$

#### 2.4.2.4. 定式化モデル

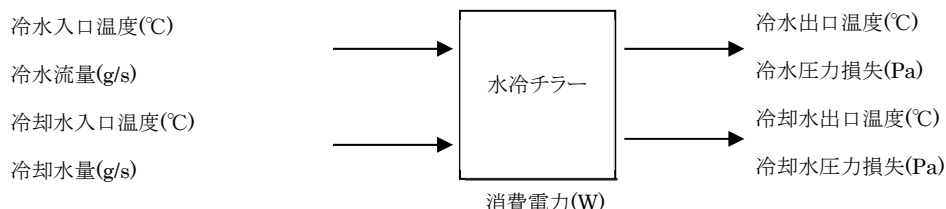


図 2.4.2-1 水冷チラーの定式化モデル

##### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C) :  $TW_{C,in}$   
 冷水量(g/s) :  $MW_C$   
 冷却水入口温度(°C) :  $TW_{CD,in}$   
 冷却水量(g/s) :  $MW_{CD}$   
 運転モード(-) :  $MODE$  (0:停止 1:冷却運転)  
 冷水出口温度設定値(°C) :  $TW_{C,out,SP}$

##### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C) :  $TW_{C,out}$   
 冷却水出口温度(°C) :  $TW_{CD,out}$   
 電動機入力(W) :  $EP$   
 冷水圧力損失(Pa) :  $DP_C$   
 冷却水圧力損失(Pa) :  $DP_{CD}$

#### 2.4.2.5. 機器特性

##### (1) スライド弁制御

###### ① モデル適用範囲

スライド弁制御のモデルの適用範囲を表 2.4.2-2 に示す。

表 2.4.2-2 スライド弁制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
冷水出口温度設定	$TW_{C,out,SP}$	°C	5	20	範囲外は設定不可
冷水出口温度	$TW_{C,out}$	°C	4	20	4°C未満は凍結防止停止
冷水流量割合	$FRW_C$	%	50	150	50%未満は断水停止
冷却水出口温度	$TW_{CD,out}$	°C	22	37	37°C以上は高圧停止
冷却水流量割合	$FRW_{CD}$	%	50	150	50%未満は断水停止

② 機器特性式

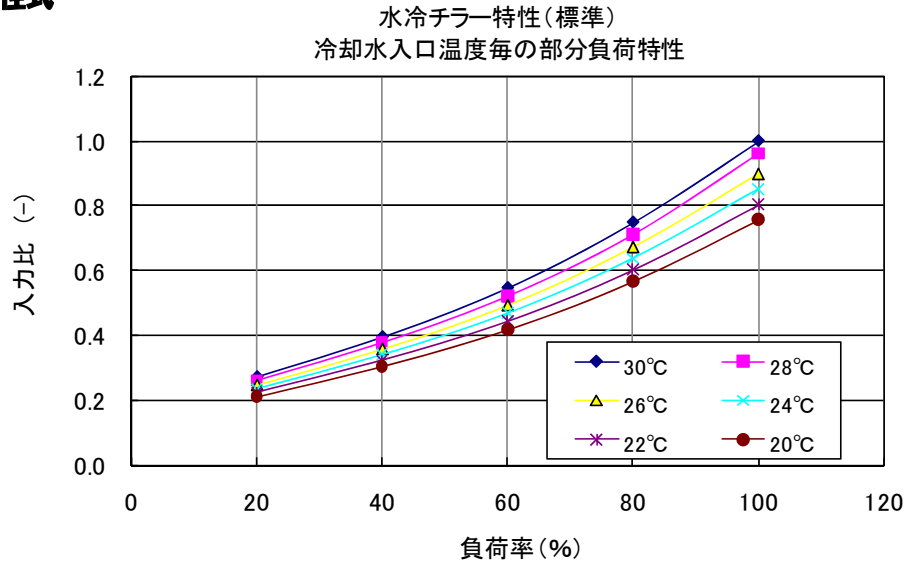


図 2.4.2-2 冷却水入口温度毎の部分負荷特性

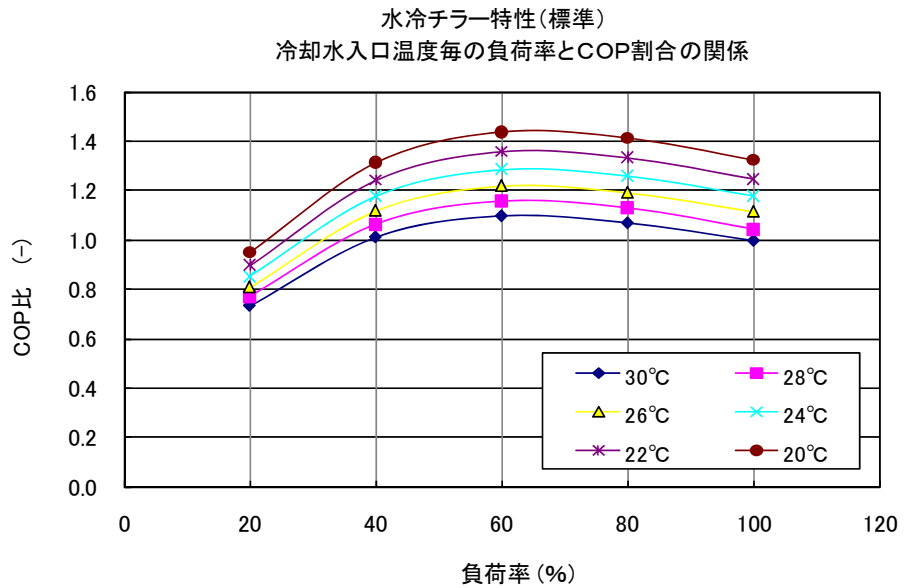


図 2.4.2-3 冷却水入口温度毎の負荷率とCOP比の関係

## (2) インバータ制御

### ① モデル適用範囲

インバータ制御のモデルの適用範囲を表 2.4.2-3 に示す。

表 2.4.2-3 インバータ制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
冷水出口温度設定	$TW_{C\_out\_SP}$	°C	5	15	範囲外は設定不可
冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	5	15	下限: 5°C以下でボディーサーモによる自動停止。 2°C以下で凍結防止制御動作トリップ。 上限: 高圧圧力上昇、圧縮機電流増加(トリップまでは至らない)
冷水流量割合	$FRW_C$	%	50	150	下限: 凍結防止制御や断水リレー動作でトリップ 上限: 特になし。熱交の圧損が増加する。
冷却水出口温度	$TW_{CD\_out}$	°C	13	40	下限: 高低差圧低下でトリップ 上限: 高圧トリップ
冷却水流量割合	$FRW_{CD}$	%	50	150	下限: 断水リレー動作でトリップ 上限: 特になし。熱交の圧損が増加する。

### ② 機器特性式

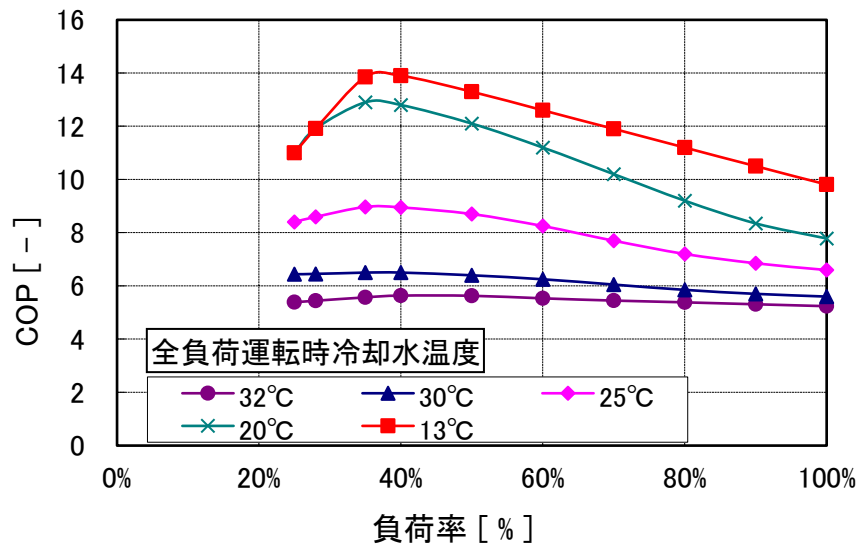


図 2.4.2-4 冷却水入口温度毎の負荷率と COP 比の関係



## 2.4.3. スクロール式

### 2.4.3.1. 特性式の考え方

各特性式は、JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失の値を基準として冷水入口温度および冷却水温度の条件により、冷水の出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

### 2.4.3.2. 定格条件

定格条件における冷水および冷却水の温度条件は 2.4.2.2 と同様である。表 2.4.2-1 を参照すること。

### 2.4.3.3. 設定項目

設定項目は以下の通りである。

冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格冷却能力(kW)	: $Q_{C\_N}$
定格冷却消費電力(kW)	: $EP_{C\_N}$
定格冷水量(L/min)	: $VW_{C\_N}$
定格冷水圧力損失(kPa)	: $DP_{C\_N}$
定格冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_out\_N}$
定格冷却水量 (L/min)	: $VW_{CD\_N}$
定格冷却水圧力損失(Pa)	: $DP_{CD\_N}$
周波数(Hz)	: $FE\_N$

### 2.4.3.4. 定式化モデル

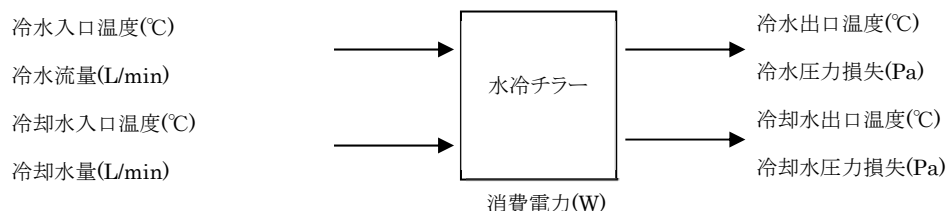


図 2.4.3-1 スクロール式(圧縮機台数制御)の定式化モデル

#### 1) 入力条件

冷水入口温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷水量(L/min)	: $VW_C$
冷却水入口温度(°C)	: $TW_{CD\_in}$
冷却水量(L/min)	: $VW_{CD}$
冷水出口温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$

#### 2) 出力条件

冷水出口温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷却電力消費量(kW)	: $EP$
冷水圧力損失(kPa)	: $DP_C$
冷却水出口温度(°C)	: $TW_{CD\_out}$
冷却水圧力損失(kPa)	: $DP_{CD}$

### 2.4.3.5. 機器特性

#### (1) 圧縮機台数制御 (スクロール圧縮機、モジュール連結)

##### ① モデル適用範囲

圧縮機台数制御式のモデル適用範囲を表 2.4.3-1 に示す。

表 2.4.3-1 圧縮機台数制御式のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$TW_{C\_out\_SP}$	%	10	—	部分負荷特性図参照
冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	5	25	下限: 運転停止(凍結防止) 上限: 運転停止(高圧または過電流)
冷水流量割合	$FRW_C$	%	62	170	下限: 運転停止(低流量保護, 凍結防止) 上限: 運転継続(圧損増加あり)
冷却水出口温度	$TW_{CD\_out}$	°C	25	45	下限: 運転継続(圧縮機の寿命低下) 上限: 運転停止(高圧または過電流)
冷却水流量割合	$FRW_{CD}$	%	62	170	下限: 運転継続(出口温度上昇による運転停止あり) 上限: 運転継続(圧損増加あり)

##### ② 機器特性式

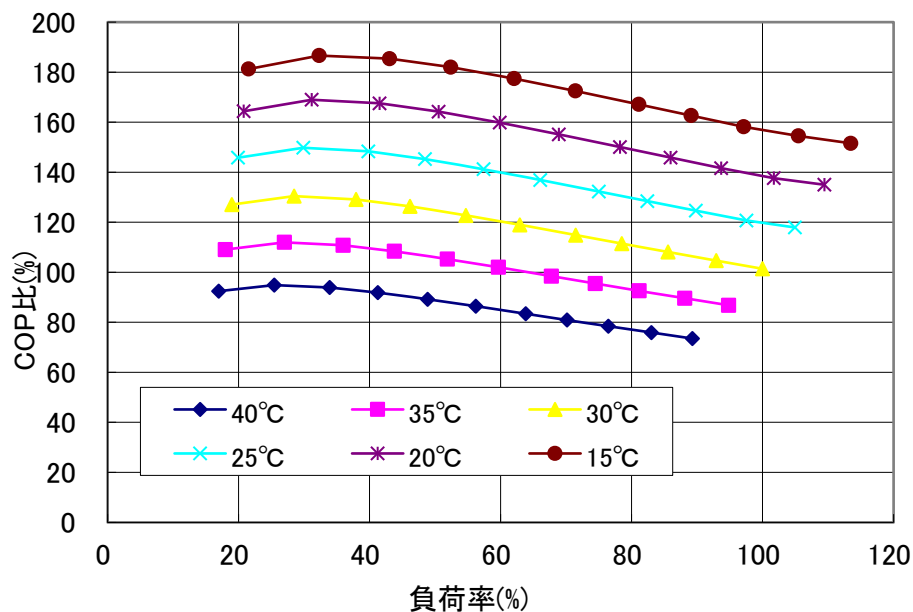


図 2.4.3-2 冷却水入口温度毎の負荷率と COP 比の関係

## 2.4.4. 氷蓄熱用

### 2.4.4.1. スクリュー式

#### (1) 特性式の考え方

各特性式は、JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格冷却水量、定格冷却水圧力損失の値を基準として冷水入口温度および冷却水入口温度の条件により、冷水出口温度および圧力損失、冷却水出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

#### (2) 定格条件

定格条件における冷水温度と冷却水温度を表 2.4.4-1 に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格中には過負荷条件、凍結条件が記載されており、表 2.4.4-1 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.4.4-1 水冷ブラインチラーの JIS 定格条件 (JIS B 8613)

	冷水 (°C)		冷却水 (°C)	
	入口水温 (°C)	出口水温 (°C)	入口温度 (°C)	出口温度 (°C)
冷却条件	12±0.3	7±0.3	30±0.3	35±0.3

#### (3) 設定項目

設定項目は以下の通りである。

冷水出口温度設定値[°C]	: $TW_{C\_out\_SP}$
定格冷却能力[kW]	: $Q_{C\_N}$
定格消費電力[kW]	: $EP_{C\_N}$
定格冷水流量[L/min]	: $VW_{C\_N}$
定格冷水圧力損失[Pa]	: $DP_{C\_N}$
定格冷却水流量[L/min]	: $VW_{CD\_N}$
定格冷却水圧力損失[Pa]	: $DP_{CD\_N}$
電源周波数[Hz]	: $FE\_N$

#### (4) 定式化モデル

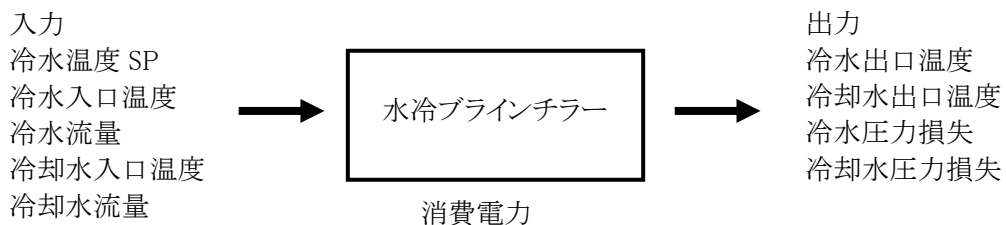


図 2.4.4-1 水冷ブラインチラー(スクリュー式)の定式化モデル

### 1) 入力条件

入口冷却水温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷却水量(m <sup>3</sup> /h)	: $VW_{CD}$
冷却水保有水量(l)	: —
入口冷水温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷水量(m <sup>3</sup> /h)	: $VW_C$
冷水保有水量(l)	: —
出口冷水温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
機器本体熱容量(J/K)	: —
運転モード	冷却モード起動、冷却モード運転、冷却モード停止

### 2) 出力条件

出口冷却水温度(°C)	: $TW_{CD\_out}$
冷却水圧力損失(kPa)	: $DP_{CD}$
出口冷水温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷水圧力損失(kPa)	: $DP_C$
消費電力量(kW)	: $EP$
※補機類の消費電力も含む(運転中に電力消費がないものは除く)	

## 2.4.4.2. 機器特性

### (1) スライド弁制御

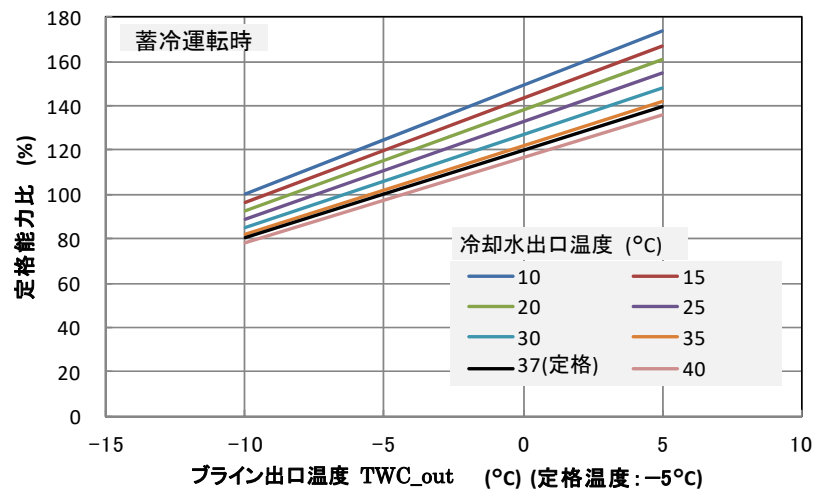
#### ① モデル適用範囲

スライド弁制御のモデルの適用範囲を表 2.4.4-2 に示す。

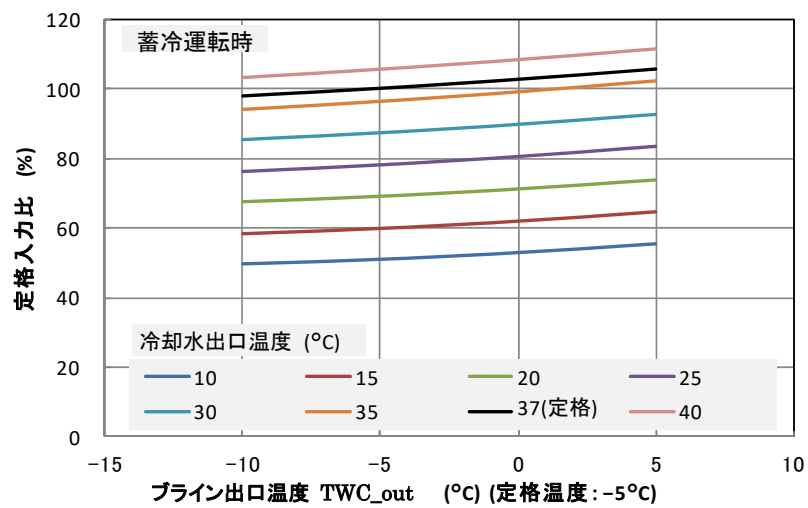
表 2.4.4-2 スライド弁制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
冷水出口温度設定	$TW_{C\_out\_SP}$	°C	5	20	範囲外は設定不可
冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	5	20	4°C未満は凍結防止停止
冷水流量割合	$FRW_C$	%	40	175	40%未満は断水停止
冷却水出口温度	$TW_{CD\_out}$	°C	22	37	37°C超過は高圧停止
冷却水流量割合	$FRW_{CD}$	%	40	175	40%未満は断水停止
ブライン出口温度設定	—	°C	-10	5	ブライン出口で-13°C以下、吸入ガス温度で-15°C以下で凍結防止サーモ、低圧異常サーモ
ブライン流量	$VW_{B\_R}$	m <sup>3</sup> /h	10	35	—
冷却水流量	$VW_{CD}$	m <sup>3</sup> /h	13	44	—
冷却水温度	$TW_{CD}$	°C	17	37	—

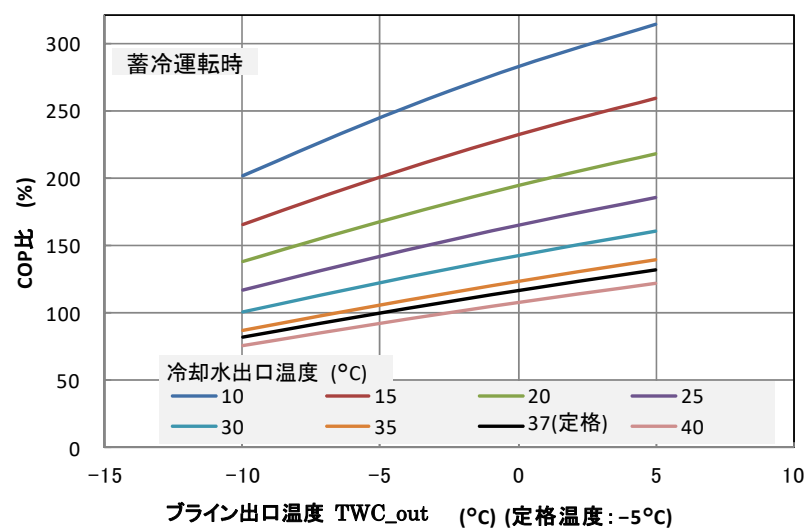
## ② 機器特性



(a) 定格能力比とブライン出口温度の関係



(b) 定格入力比とブライン出口温度の関係



(c) COP比とブライン出口温度 (参考)

図 2.4.4-2 水冷ブラインチラーの特性図

### 2.4.4.3. スクロール式

#### (1) 特性式の考え方

各特性式は、JIS における定格条件時の定格冷却能力、定格消費電力、定格冷水量、定格冷水圧力損失、定格冷却水量、定格冷却水圧力損失の値を基準として冷水入口温度および冷却水入口温度の条件により、冷水出口温度および圧力損失、冷却水出口温度および圧力損失と消費電力を算出する。

#### (2) 定格条件

定格条件における冷水温度と冷却水温度を表 2.4.4-3 に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格中には過負荷条件、凍結条件が記載されており、表 2.4.4-3 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.4.4-3 水冷ブラインチラーの JIS 定格条件

	冷水(°C)		冷却水(°C)	
	入口水温(°C)	出口水温(°C)	入口温度(°C)	出口温度(°C)
冷却条件	12±0.3	7±0.3	30±0.3	35±0.3

#### (3) 設定項目

設定項目は以下の通りである。

- 冷水出口温度設定値[°C] :  $TW_{C\_out\_SP}$
- 定格冷却能力[kW] :  $Q_{C\_N}$
- 定格消費電力[kW] :  $EP_{C\_N}$
- 定格冷水流量[L/min] :  $VW_{C\_N}$
- 定格冷水圧力損失[Pa] :  $DP_{C\_N}$
- 定格冷却水流量[L/min] :  $VW_{CD\_N}$
- 定格冷却水圧力損失[Pa] :  $DP_{CD\_N}$
- 電源周波数[Hz] :  $FE\_N$

#### (4) 定式化モデル

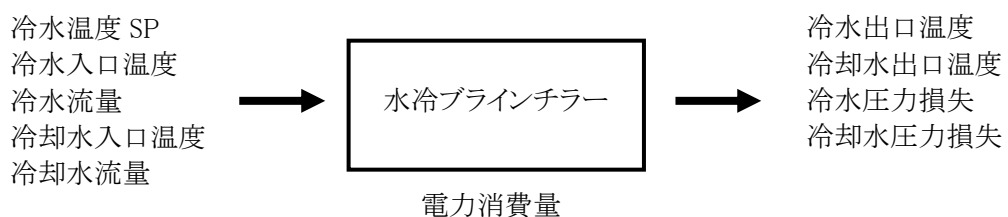


図 2.4.4-3 水冷ブラインチラー(スクロール式)の定式化モデル

### 1) 入力条件

入口冷却水温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷却水量(L/min)	: $VW_{CD}$
冷却水保有水量(L)	: —
入口冷水温度(°C)	: $TW_{C\_in}$
冷水量(L/min)	: $VW_C$
冷水保有水量(L)	: —
出口冷水温度設定値(°C)	: $TW_{C\_out\_SP}$
機器本体熱容量(J/K)	: —
運転モード	冷却モード起動、冷却モード運転、冷却モード停止

### 2) 出力条件

出口冷却水温度(°C)	: $TW_{CD\_out}$
冷却水圧力損失(kPa)	: $DP_{CD}$
出口冷水温度(°C)	: $TW_{C\_out}$
冷水圧力損失(kPa)	: $DP_C$
消費電力量(kW)	: EP

※補機類の消費電力も含む(運転中に電力消費がないものは除く)

## 2.4.4.4. 機器特性

### (1) 圧縮機台数制御

#### ① モデル適用範囲

圧縮機台数制御のモデルの;適用範囲を表 2.4.4-4 に示す。

表 2.4.4-4 圧縮機台数制御のモデル適用範囲

項目	変数名	単位	下限	上限	備考
負荷率	$Q_{PLR}$	%	10	100	—
冷水出口温度設定	$TW_{C\_out\_SP}$	°C	-15	25	
冷水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	5	20	下限: 運転停止(凍結防止) 上限: 運転停止(高圧または過電流)
冷水流量割合	$FRW_C$	%	62	170	下限: 運転停止(低流量保護, 凍結防止) 上限: 運転継続(圧損増加あり)
冷却水出口温度	$TW_{C\_out}$	°C	25	45	下限: 運転継続(圧縮機異音発生や均油不良) 上限: 運転停止(高圧または過電流)
冷却水流量割合	$FRW_{CD}$	%	62	170	下限: 運転停止(高圧上昇、圧縮機電流増加) 上限: 運転継続(腐食傾向増加、圧損増加あり)

## ② 機器特性式

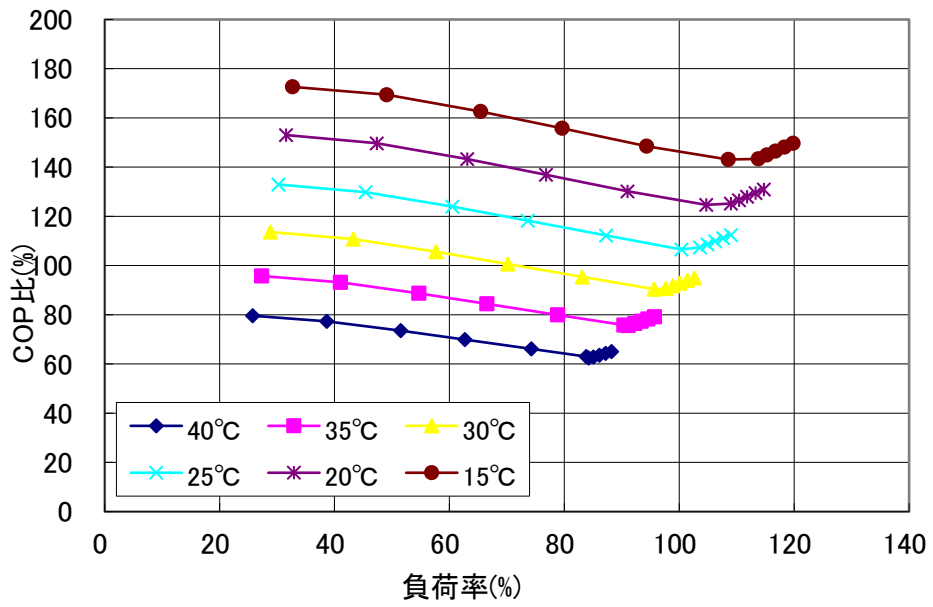


図 2.4.4-4 冷却水入口温度毎の負荷率と COP 比の関係



## 2.5. 水熱源ヒートポンプチラー

### 2.5.1. 水熱源ヒートポンプチラー（スクリュュー式、インバータ制御）

#### (1) 概要

各メーカーの製品のうち代表機器の特性を調査、マップデータベース化した。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、それぞれにマップデータベースを整理した。なお、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。

#### (2) 定格条件

定格条件における冷温水と冷却水・熱源水の温度条件を表 2.5.1-1 に示す。表中に示した誤差は、ユニットの能力試験時における温度変動許容差である。なお、上記 JIS 規格(JISB8613 ウォータチリングユニット)中には過負荷条件、冷房運転時の凍結条件、暖房運転時の除霜条件が記載されており、表 2.5.1-1 は定格条件のみを抜粋したものである。

表 2.5.1-1 水熱源ヒートポンプチラーの JIS(ウォータチリングユニット)標準定格条件

	冷温水(°C)		冷却水・熱源水(°C)	
	入口水温	出口水温	入口水温	出口水温
冷房運転(冷却条件)	12±0.3	7±0.3	30±0.3	35±0.3
暖房運転(加熱条件)	40±0.3	45±0.3	15±0.3	7±0.3

#### (3) マップデータベースの選択方法

各システム、運転モードに対して整理したマップデータベースについて、それぞれのマップデータベースの選択方法について、図 2.5.1-1 に示す。

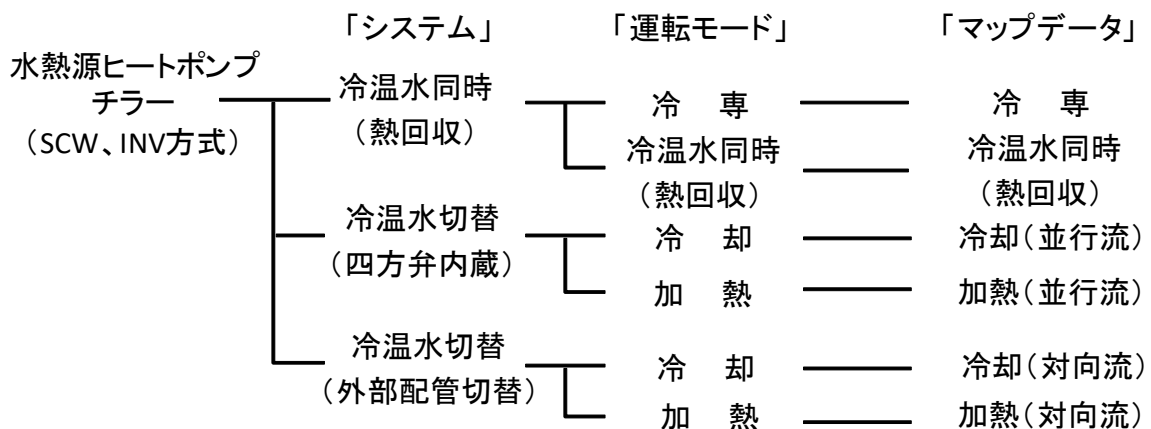
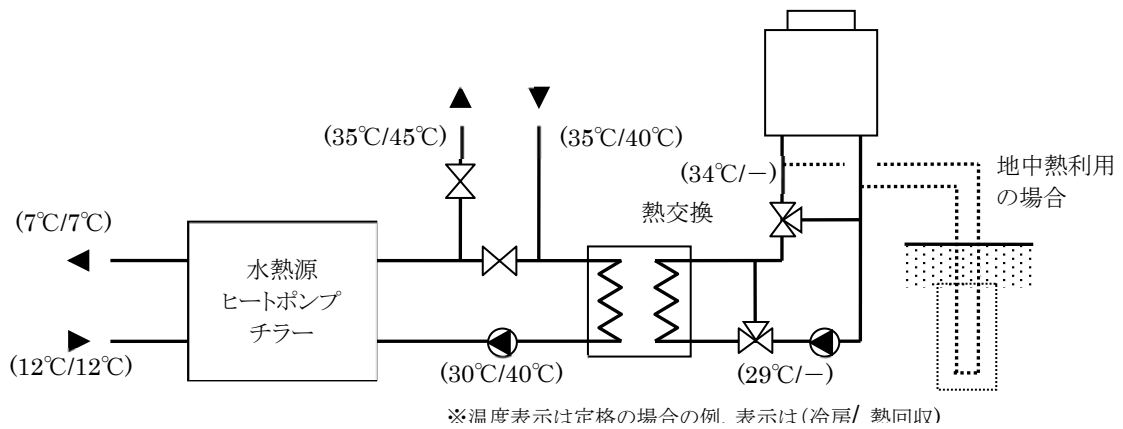


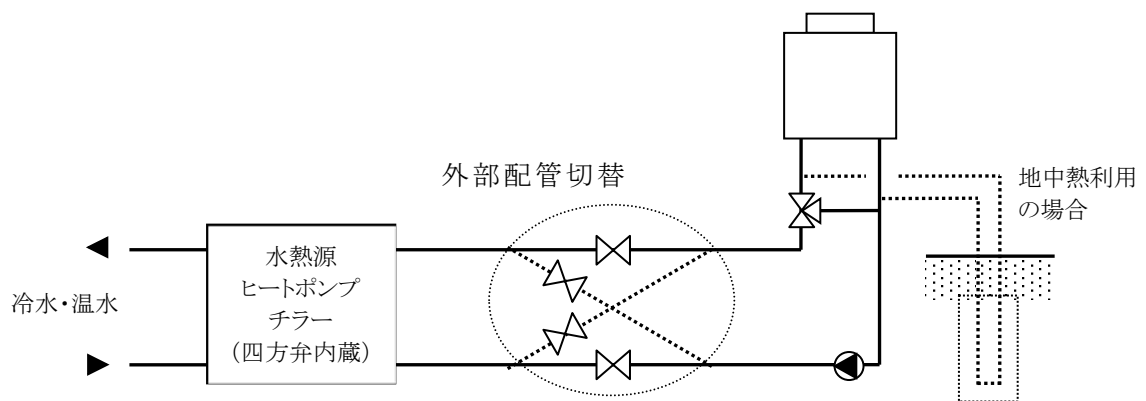
図 2.5.1-1 マップデータベースの選択方法

#### (4) システムフロー

各システムのシステムフローについて、図 2.5.1-2 に示す。



[冷専、冷温水同時(熱回収)のシステムフロー]



[冷温水切替(四方弁内蔵、外部配管切替)のシステムフロー]

図 2.5.1-2 システムフロー

## ① モデルの入出力

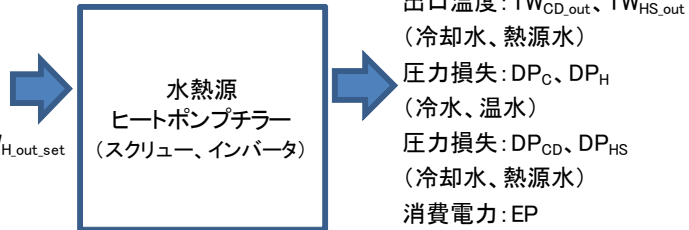
モデルの入出力を図 2.5.1-3 に示す。

### 入力

運転モード: MODE  
 (冷房、暖房、熱回収)  
 入口温度:  $TW_{C,in}$ 、 $TW_{H,in}$   
 (冷水、温水)  
 流量:  $MW_C$ 、 $MW_H$   
 (冷水、温水)  
 設定出口温度:  $TW_{C,out,set}$ 、 $TW_{H,out,set}$   
 (冷水、温水)  
 入口温度:  $TW_{CD,in}$ 、 $TW_{HS,in}$   
 (冷却水、熱源水)  
 流量:  $MW_{CD}$ 、 $MW_{HS}$   
 (冷却水、熱源水)

### 内部計算

装置負荷:  $Q_C$ 、 $Q_H$   
 最大能力:  $Q_{C,max}$ 、 $Q_{H,max}$   
 定格能力比率:  $PLR_C$ 、 $PLR_H$



### 出力

出口温度:  $TW_{C,out}$ 、 $TW_{H,out}$   
 (冷水、温水)  
 出口温度:  $TW_{CD,out}$ 、 $TW_{HS,out}$   
 (冷却水、熱源水)  
 圧力損失:  $DP_C$ 、 $DP_H$   
 (冷水、温水)  
 圧力損失:  $DP_{CD}$ 、 $DP_{HS}$   
 (冷却水、熱源水)  
 消費電力: EP

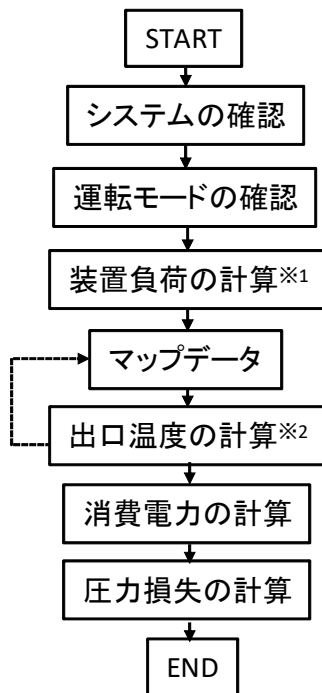
### 設定項目

システム: SYS  
 (冷温水同時(熱回収)、冷温水切替(四方弁)、  
 冷温水切替(外部配管)、冷温水切替(地中熱))  
 定格冷却能力:  $Q_{C,N}$     定格冷水圧力損失:  $DP_{C,N}$   
 定格加熱能力:  $Q_{H,N}$     定格温水圧力損失:  $DP_{H,N}$   
 定格冷水量:  $MW_{C,N}$     定格冷却水圧力損失:  $DP_{CD,N}$   
 定格温水量:  $MW_{H,N}$     定格熱源水圧力損失:  $DP_{HS,N}$   
 定格冷却水量:  $MW_{CD,N}$     定格消費電力:  $EP_{C,N}$  (熱回収を含む)  
 定格熱源水量:  $MW_{HS,N}$      $EP_{H,N}$

図 2.5.1-3 モデルの入出力

## ② 計算フロー

計算フローを図 2.5.1-4 に示す。



※1 装置負荷の計算方法

$$Q_C = (TW_{C\_in} - TW_{C\_out\_set}) \cdot C_W \cdot P_W \cdot MW_C$$

$$Q_H = (TW_{H\_out\_set} - TW_{H\_in}) \cdot C_W \cdot P_W \cdot MW_H$$

※2 出口温度の計算方法

$Q_{C\_max} > Q_C$  ならば  $TW_{C\_out} = TW_{C\_out\_set}$  としてそのまま計算

$Q_{C\_max} < Q_C$  ならば  $TW_{C\_out} = TW_{C\_in} - Q_{C\_max} / (C_W \times P_W \times MW_C)$   
として装置負荷を再計算

$Q_{H\_max} > Q_H$  ならば  $TW_{H\_out} = TW_{H\_out\_set}$  としてそのまま計算

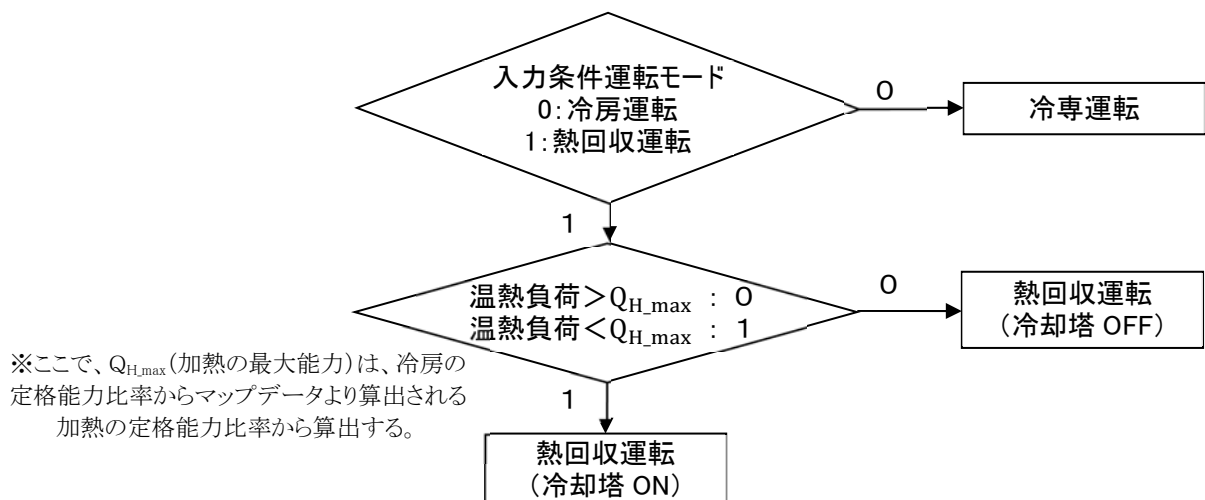
$Q_{H\_max} < Q_H$  ならば  $TW_{H\_out} = TW_{H\_in} + Q_{H\_max} / (C_W \times P_W \times MW_H)$   
として装置負荷を再計算

※1:  $C_W$ : 水の比熱(4.186kJ/kg)  $\rho_w$ : 水の密度(1.0kg/L)

※2: 負荷と能力の関係から、出口温度が設定出口温度に満たない場合は、出口温度を補正する。出口温度を補正した場合は、装置負荷の計算までフローを戻り、再度、補正した出口温度でフローを進める。

図 2.5.1-4 計算フロー

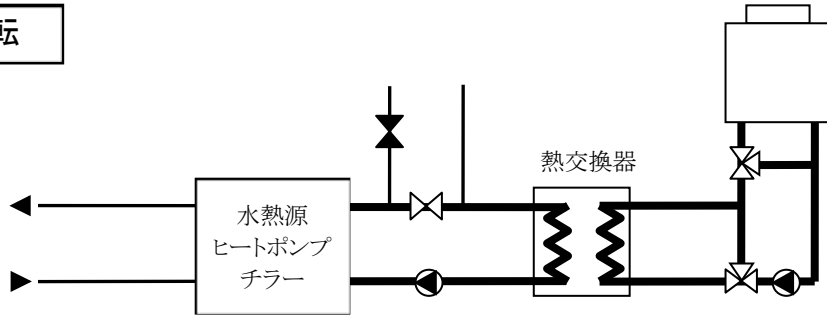
## ③ 冷温水同時（熱回収）運転時の判別フロー



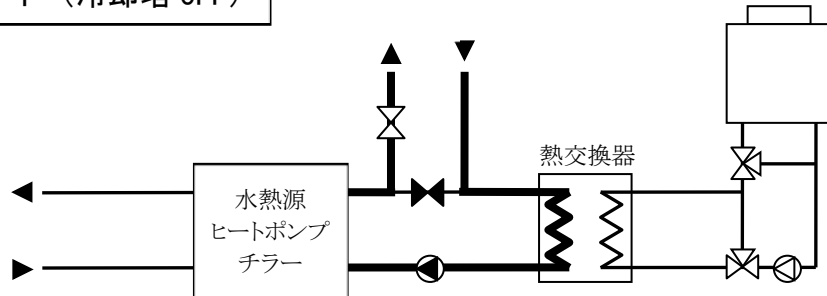
※ここで、 $Q_{H,max}$  (加熱の最大能力)は、冷房の定格能力比率からマップデータより算出される加熱の定格能力比率から算出する。

図 2.5.1-5 運転モードの判別フロー

冷専運転



熱回収モード (冷却塔 OFF)



熱回収モード (冷却塔 ON)

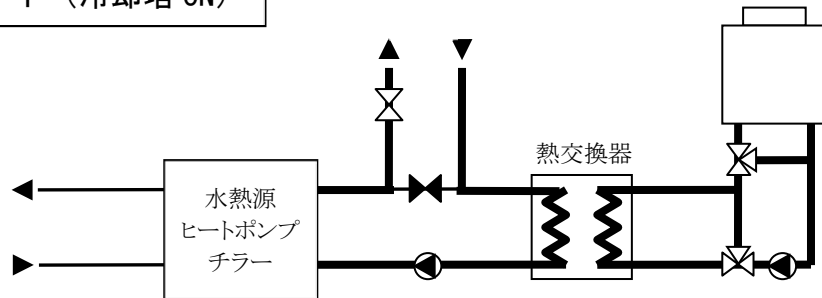
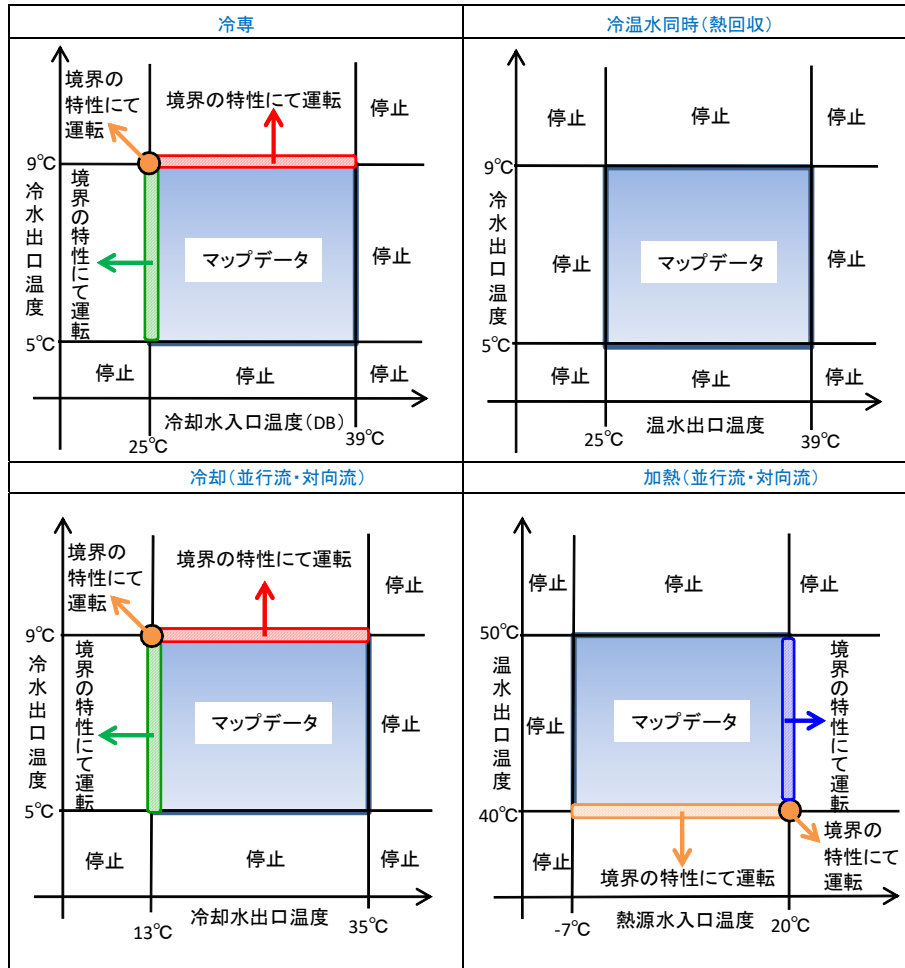


図 2.5.1-6 運転モード別のシステムフロー

#### ④ テータ範囲外の取扱い

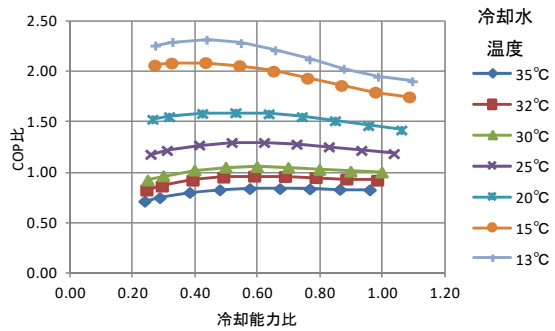
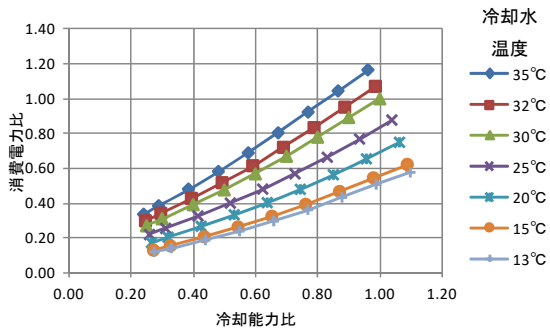
表 2.5.1-2 にマップデータ範囲外の取扱いについて示す。

表 2.5.1-2 マップデータ範囲外の取扱い

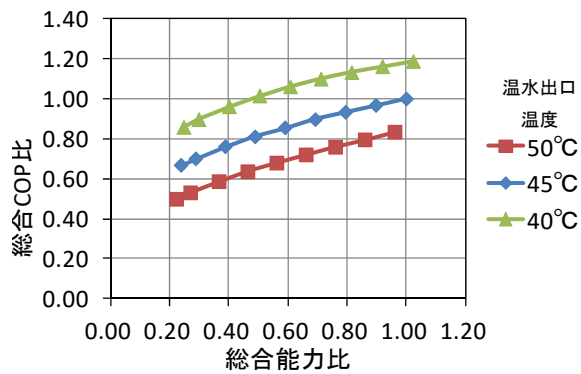
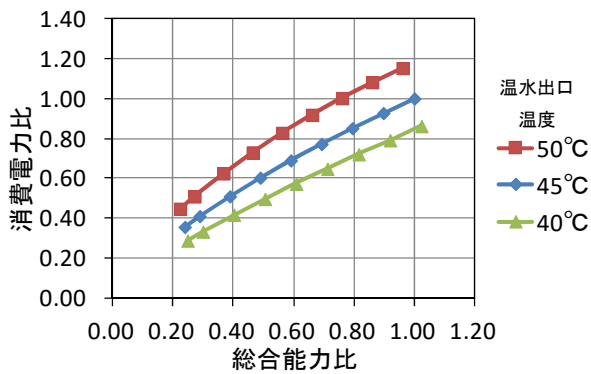


## ⑤ 特性グラフ

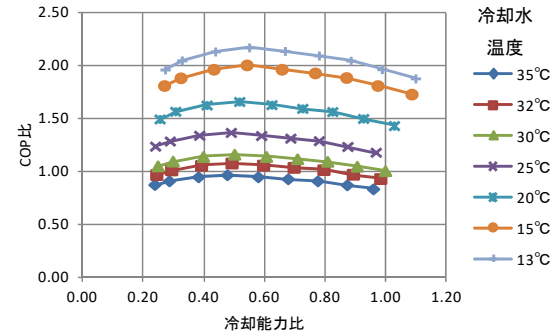
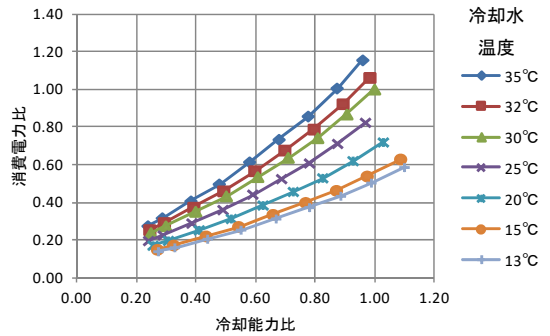
### [冷専]



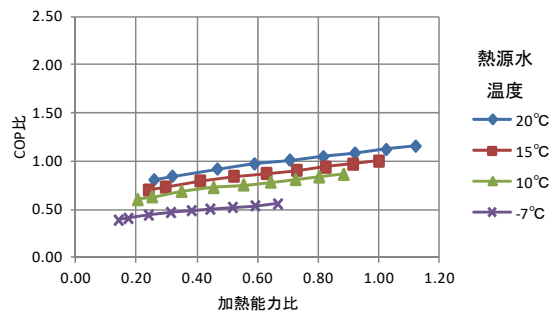
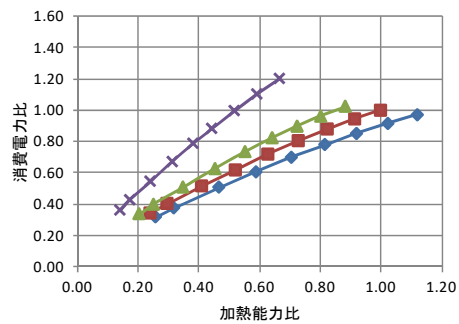
### [冷温水同時(熱回収)]



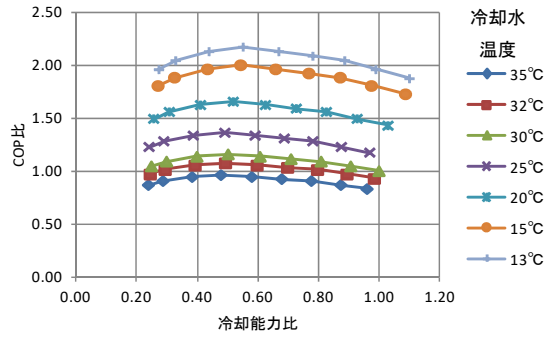
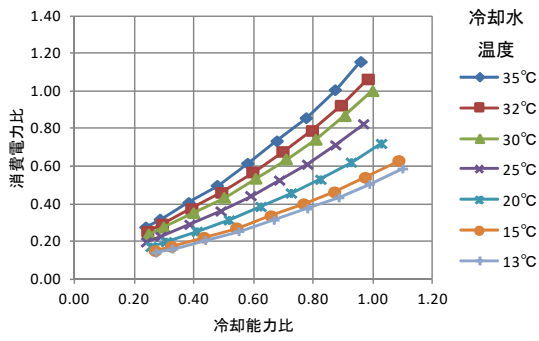
### [冷却(並行流)]



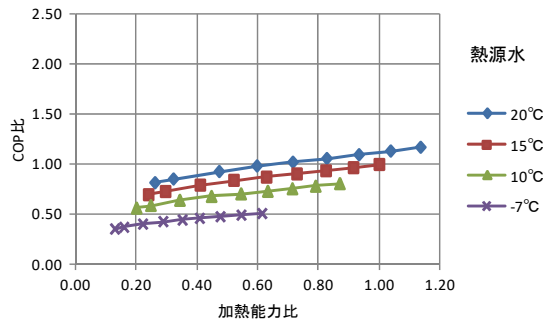
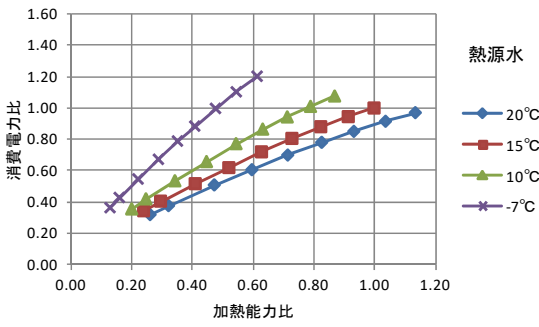
### [加熱(並行流)]



[冷却(对向流)]



[加热(对向流)]





## 2.5.2. 水熱源ヒートポンプチラー（スクロール式、インバータ制御）

### (1) 概要

各メーカーの製品のうち代表機器の特性を調査、マップデータ化した。運転モードは冷却専用運転と加熱専用運転、排熱回収運転（冷却・加熱同時運転）があるが、マップデータは冷却運転・加熱運転・排熱回収運転のすべてを網羅できるよう、冷水出口温度、温水出口温度で整理を行った。また、冷水・温水の出口温度でマップデータを整理しているため、冷水・温水の入口温度を計算式から算出し、能力との関係から、装置負荷を算出することとした。

### (2) 定格条件

定格条件における冷温水と冷却水・熱源水の温度条件を表 2.5.2-1 に示す。

表 2.5.2-1 水熱源ヒートポンプチラー（スクロール式、インバータ制御）の定格条件（JIS）

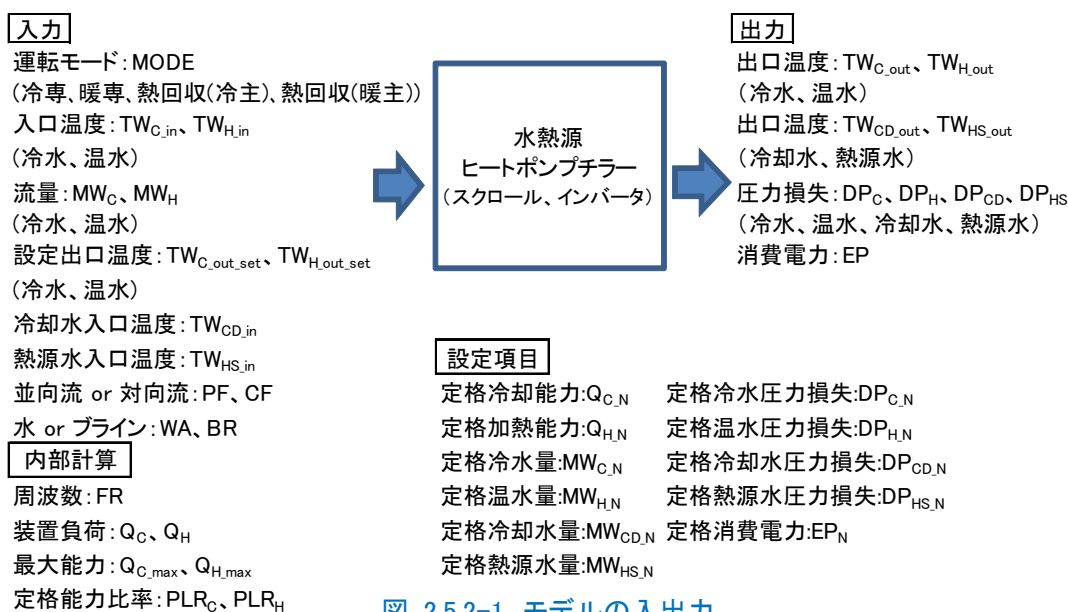
	冷温水(°C)		冷却水・熱源水(°C)	
	入口水温	出口水温	入口水温	出口水温
冷却運転	12	7	30	35
加熱運転	40	45	15	7
排熱回収運転	-	-	-	-

(参考)表 2.5.2-2 水熱源ヒートポンプチラー（スクロール式、インバータ制御）の定格条件（ISO、Ground-loop heat pumps）

	冷温水(°C)		冷却水・熱源水(°C)	
	入口水温	出口水温	入口水温	出口水温
冷却運転	12	—	25	—
加熱運転	40	—	0	—

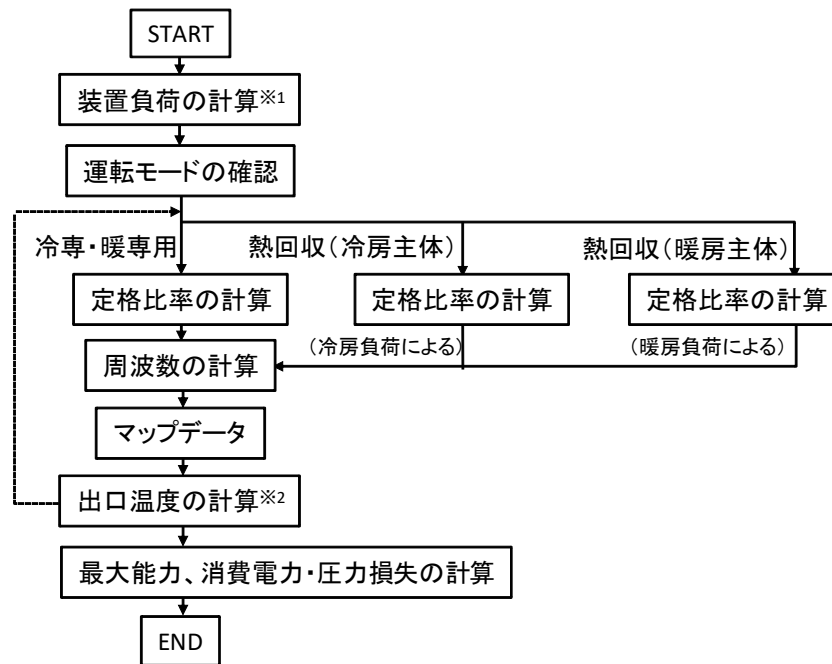
### (3) モデルの入出力

モデルの入出力を図 2.5.2-1 に示す。



#### (4) 計算フロー

計算フローを図 2.5.2-2 に示す。



※1装置負荷の計算方法は以下の通り。

$$Q_C = (TW_{C_{in}} - TW_{C_{out\_set}}) \cdot C_w \cdot \rho_w \cdot MW_C$$

$$Q_H = (TW_{H_{out\_set}} - TW_{H_{in}}) \cdot C_w \cdot \rho_w \cdot MW_H$$

水の場合  $C_w:4.186\text{kJ/kg}$   $\rho_w:1.0\text{kg/L}$

ブラインの場合  $C_w:3.663\text{kJ/kg}$   $\rho_w:1.052\text{kg/L}$

※2: 負荷と能力の関係から、出口温度が設定出口温度に満たない場合は、出口温度を補正する。出口温度を補正した場合は、定格比率の計算までフローを戻り、再度、補正した出口温度でフローを進める。

図 2.5.2-2 計算フロー

### (5) マップデータ範囲外の取扱い

図 2.5.2-3 にマップデータ範囲外の取扱いについて示す。

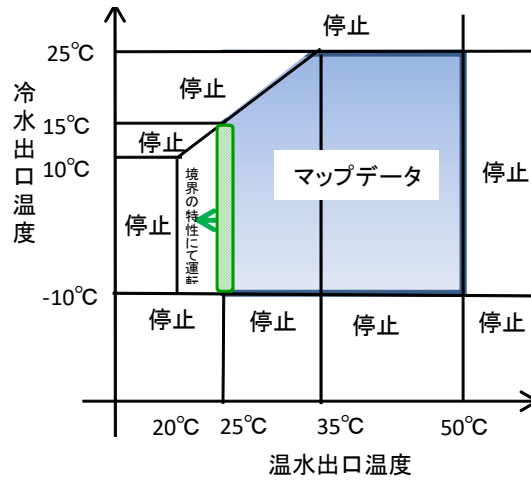
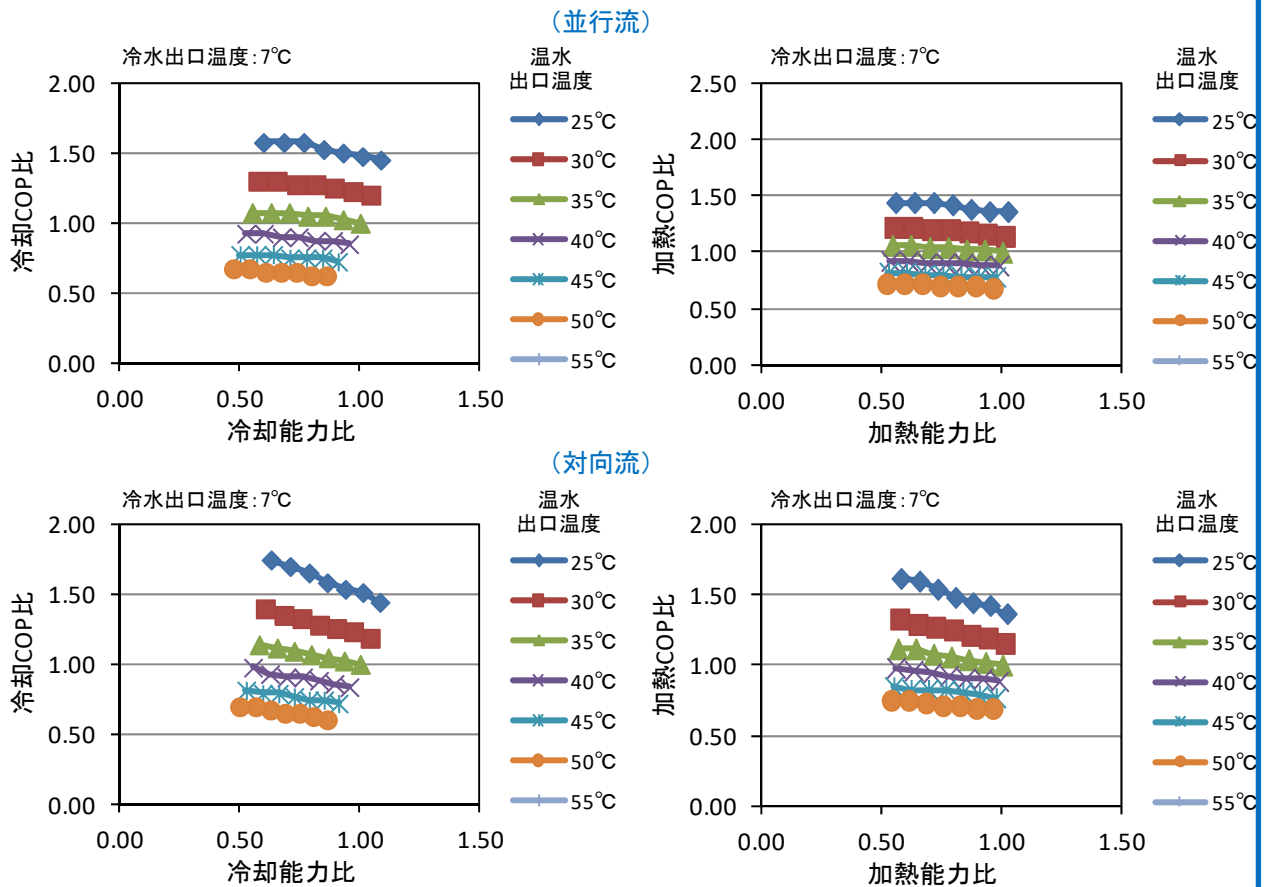


図 2.5.2-3 マップデータ範囲外の取扱い

### (6) 特性グラフ



## 2.6. 吸収式冷凍機

### 2.6.1. モデルの概要

#### 2.6.1.1. 対象とする機種

本章では、表 2.6.1-1 に示す直焚、蒸気焚、温水焚の吸収式冷凍機を対象とする。直焚機は、冷房モードと暖房モードを持つ吸収冷温水機、蒸気焚および温水焚は冷房専用の吸収冷凍機である。排熱投入型吸収式冷凍機は 2.7 で扱う。なお、吸収ヒートポンプについては今後対応予定である。

表 2.6.1-1 吸収式冷凍機の対象機種

大分類	熱源	小分類		暖房運転
吸収式冷凍機	直焚	三重効用	高効率機	有
		二重効用	標準機	
			高効率機	
			高期間効率機	
	蒸気焚	二重効用	標準機	無
			高効率機	
			高期間効率機	
温水焚	一重効用			

#### 2.6.1.2. モデル化の方針

機器特性のモデルは、(社)日本冷凍空調工業会 吸収式冷凍機技術専門委員会から提供されたデータを基本として、BEST に搭載するための入出力および各入力値の処理方法をまとめて作成した。

冷房運転時の特性式は、次項に示した JIS の定格条件下において、負荷率ならびに各変数(冷水温度、冷却水温度、流量比など)から、熱源消費量、電力消費量、冷水圧力損失、冷却水圧力損失を算出する。直焚吸収冷温水機の暖房運転特性は、負荷率と各変数(温水流量比、温水出口温度)の設定値から同様に算出する。また、本資料における特性式は、標準温度差仕様に加え、冷水大温度差仕様、冷却水大温度差仕様、冷水・冷却水大温度差仕様に適用可能である。

#### 2.6.1.3. 標準定格条件

冷温水温度と冷却水温度の標準定格条件を表 2.6.1-2 に、定格性能試験時の試験条件を表 2.6.1-3 に示す。

表 2.6.1-2 吸収冷凍機の JIS 定格条件(暖房運転は暖房運転「有」の機種に適用)

	冷(温)水		冷却水	
	入口温度	出口温度	入口温度	出口温度
冷房運転(冷却能力)	(12℃)	7℃	32℃	(37.5℃)
暖房運転(加熱能力)	—	55℃	—	—

備考:表中の( )内数値は、参考値。なお、三重効用機は、JIS(B-8622-2002)に明記されていないため、表 2.5-2 の適用外とする。

表 2.6.1-3 定格性能試験時の試験条件

対象	項目	試験条件
共通	電源	定格周波数、定格電圧 各々の定格の±2%
	冷水	出口温度 7±0.5℃、流量 定格値の±5%
	冷却水(冷房運転時)	入口温度 32±0.5℃、流量 定格値の±5%
直焚	温水(暖房運転時)	出口温度 55±1.0℃、流量 定格値の±5%
	燃料の発熱量及び圧力	仕様書記載の燃料及び供給条件(圧力、温度など)。
蒸気焚	蒸気(0.78MPa.G)	入口圧力 定格値の±20kPa

### 2.6.1.4. 主な記号

主な記号の説明を以下に示す。

[主な記号の説明]

CH:	冷水、温水	CD:	冷却水
HS:	熱源温水	cp:	比熱 (kJ/(kg·K))
C:	冷房時	F:	高温熱源(燃料、蒸気)
DP:	圧力損失 (kPa)	in:	入口
H:	暖房時	min:	最小値
max:	最大値	Q:	熱量 (kW)
_N:	定格(ノルマル)値	S:	蒸気
out:	出口	VW:	体積流量 (m <sup>3</sup> /h)
R:	比率 (-)	HS:	低温熱源(熱源温水、排温水)
T:	温度 (°C)	ρ :	密度 (kg/m <sup>3</sup> )
FRW:	流量比 (-)		
EP:	電力 (kW)		

### 2.6.1.5. 入出力の概要

吸収式冷凍機の入出力の概要は図 2.6.1-1 のような構成である。詳細は各機種の記事に記載する。

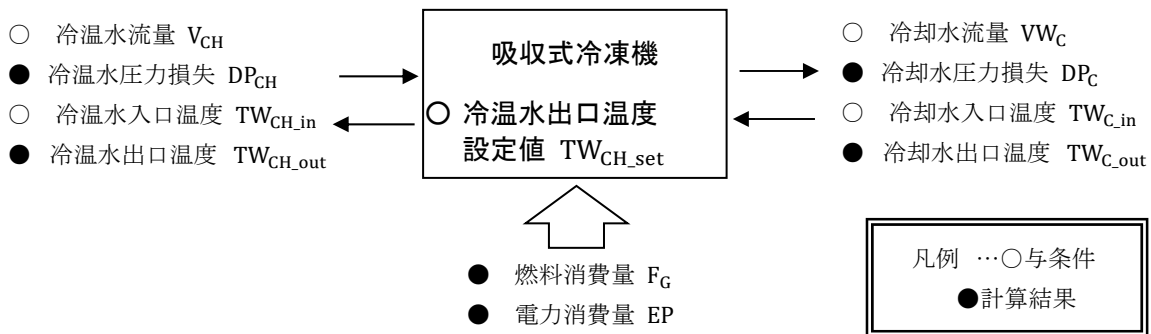


図 2.6.1-1 吸収式冷凍機の入出力の構成

### 2.6.1.6. 吸収式冷凍機共通の設定項目

ここで、吸収式冷凍機全機種に共通の機器仕様設定項目を表 2.6.1-4 に示す。これらの項目は次章の排熱投入型吸収式冷凍機でも共通項目として用いる。記号の末尾の”\_N” は定格(ノルマル)値であることを示している。熱源消費量は熱源の種類によって入力方法が異なるため、熱源ごとに特有の項目とした。

表 2.6.1-4 吸収式冷凍機の共通設定項目

熱源 吸収式冷凍機共通設定項目					
モード	No.	名称	記号	単位	標準値
冷房時	1	定格冷房能力	Q <sub>C_N</sub>	kW	
	2	定格冷水入口温度	TW <sub>C_in_N</sub>	°C	12
	3	定格冷水出口温度	TW <sub>C_out_N</sub>	°C	7
	4	定格冷温水流量	VW <sub>CH_N</sub>	m <sup>3</sup> /h	(冷暖共通)
	5	定格冷温水圧力損失	DP <sub>CH_N</sub>	kPa	(冷暖共通)
	6	定格冷却水入口温度	TW <sub>CD_in_N</sub>	°C	32
	7	定格冷却水出口温度	TC <sub>D_out_N</sub>	°C	37
	8	定格冷却水流量	V <sub>CD_N</sub>	m <sup>3</sup> /h	

	9	定格冷却水圧力損失	DP <sub>CD,N</sub>	kPa	
	10	定格電力消費量（冷房時）	EP <sub>C,N</sub>	kW	
	11	熱源の比例制御下限	RQ <sub>C,min</sub>	(0~1)	0.2

表 2.6.1-4 で、No.4 と No.5 の「冷温水」は、蒸気焚および温水焚の機種では「冷水」となる。入力フォームではこれらの他に「相数」「電圧」「周波数」「力率」の入力欄がある場合がある。計算結果には影響しないが、機器の識別等の目的で設定しても良い。

定格圧力損失は仕様表などで損失水頭[m]で表されている場合がある。その場合は次式で kPa に変換する。

$$\Delta p[\text{kPa}] = \rho \cdot g \cdot \Delta h [\text{m}] / 1000 \quad \dots(2.5.1.1)$$

密度 $\rho$ の値は表 2.6.1-5 を参考にして、冷水の場合は 999.7, 冷却水の場合は 995.7, 暖房時の温水は 983.2 とする、また重力加速は  $g = 9.8 [\text{m/s}^2]$  とする。

表 2.6.1-5 水の温度と密度、比熱の関係

温度 T [°C]	10	30	60	80
密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	999.7	995.7	983.2	971.8
比熱 $c_p$ [kJ/(kg·K)]	4.192	4.178	4.184	4.196

## 2.6.2. 直焚吸収冷温水機

(二重効用(標準機、高効率機、高期間効率機)、三重効用)

### 2.6.2.1. 対象機種

本節では、直焚吸収冷温水機として、二重効用の標準機、高効率機、高期間効率機、および三重効用機を対象とする。

### 2.6.2.2. 機器仕様の設定項目

直焚吸収冷温水機の機器仕様として、前節の表 2.6.1-4 に加えて、以下の表 2.6.2-1 項目を設定する。燃料の種類については、現在のところ計算に反映していない。なお、冷温水温度の設定値は運転信号として与えられるものとして、設定項目から除いた。

表 2.6.2-1 直焚吸収冷温水機特有の設定項目

熱源 直焚吸収冷温水機					
モード	No.	名称	記号	単位	標準値
冷房時	12	定格熱源消費量	$F_{C\_N}$	kW	
冷暖共通	20	燃料の種類 (G / K / A)	Fuel	-	G
暖房時	21	定格暖房能力	$Q_{H\_N}$	kW	
	22	定格温水入口温度	$TW_{H\_in\_N}$	°C	
	23	定格温水出口温度	$TW_{H\_out\_N}$	°C	
	24	定格熱源消費量	$F_{H\_N}$	kW	
	25	定格電力消費量 (暖房時)	$EP_{H\_N}$	kW	
	26	熱源の比例制御下限	$RQ_{H\_min}$	(0~1)	0.2

冷温水流量、圧力損失および定格消費電力は冷房時と暖房時で共通である。暖房時には冷却水および排温水は通水されないものとする。また、冷水、冷却水および温水の最小流量は定格値の50%固定とし、この値を下回ると冷凍機は異常停止するものとする。

なお、表 2.6.1-4 の設定項目は次章で述べる排熱投入型吸収冷温水機の設定項目の一部であり、さらに表 2.6.2-1 については直焚の排熱投入型吸収冷温水機の設定項目の一部である。次章の当該個所では表 2.6.1-4 および表 2.6.2-1 に対する追加分のみを示すものとする。

### 2.6.2.3. 入出力変数

#### ① 入力変数

吸収式冷凍機の入力変数を表 2.6.2-2 に示す。これらは蒸気焚および温水焚と共通である。ただし No.2 の運転モード D2 は、蒸気焚および温水焚では  $D2=0$  (冷房運転) に固定され、入力不可となる。No.11~13 の冷温水関係の入力は、冷房時と暖房時に同時に発生しないことから同じ変数を用いるものとした。

表 2.6.2-2 吸収式冷凍機の入力変数

No.	名称	記号	単位	D / A
1	運転信号 (0: 停止, 1: 運転)	D1	(0/1)	D
2	運転モード (0: 冷房, 1: 暖房)	D2	(0/1)	D
11	冷温水設定温度 (冷房時・暖房時)	$TW_{C\_out\_set} \cdot TW_{H\_out\_set}$	°C	A
12	冷温水入口温度 (冷房時・暖房時)	$TW_{C\_in} \cdot TW_{H\_in}$	°C	A
13	冷温水流量 (冷房時・暖房時)	$VW_C \cdot VW_H$	m <sup>3</sup> /h	A

14	冷却水入口温度 (冷房時)	$TW_{CD\_in}$	°C	A
15	冷却水流量 (冷房時)	$VW_{CD}$	m <sup>3</sup> /h	A

## ② 出力変数

吸収式冷凍機の出力変数は表 2.6.2-3 の通りである。入力変数と同様、これらは表 2.6.1-1 で示したすべての機種で共通である。冷房能力  $Q_C$  と暖房能力  $Q_H$  は独立項目とし、暖房モードを持たない蒸気焚、温水焚の機種では常時  $Q_H = 0$  とする。

表 2.6.2-3 吸収式冷凍機の出力変数と該当運転モード

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
1	サーモ発停 (0: 停止, 1: 運転)	○	○	D5	(0/1)	D
11	冷温水出口温度	○	○	$TW_{CH\_out}$	°C	A
12	冷温水圧力損失	○	○	$DP_{CH}$	kPa	A
13	冷却水出口温度	○	(= $T_{CD\_in}$ )	$TW_{CD\_out}$	°C	A
14	冷却水圧力損失	○	(0)	$DP_{CD}$	kPa	A
15	冷房能力	○	(0)	$Q_C$	kW	A
16	暖房能力	(0)	○	$Q_H$	kW	A
17	熱源消費量 (入熱量)	○	○	F	kW	A
18	電力消費量	○	○	EP	kW	A
19	熱源ベース成績係数	○	○	COP	-	A

## ③ 入力変数の範囲

①で示したアナログ入力値の上限と下限、および範囲外の入力時の処理を表 2.6.2-4 に示す。なお、特性式の適用範囲としては表 2.6.2-4 の制限のほか、負荷率によって制限される。適用可能な負荷率の範囲は 20~100%である。ただし、低負荷、低冷却水条件、高負荷、高冷却水条件等が重なる場合の運転については、特性式の適用範囲を外れる場合がある。また、冷房時、暖房時ともに最大能力は定格能力(100%)一定である。

表 2.6.2-4 直焚吸収冷温水機の入力変数の範囲

運転モード	入力 No.	名称	定格値	上限値	範囲外の処理	下限値	範囲外の処理
冷房時	11	冷水設定温度	7°C	12°C	設定不可	5°C	設定不可
	12	冷水入口温度	12°C	17°C	運転継続	7°C	サーモ OFF
	13	冷水流量(比)	100%	120%	運転継続	50%	運転停止
	14	冷却水入口温度	32°C	34°C	運転継続	20°C	運転継続
	15	冷却水流量(比)	100%	120%	運転継続	50%	運転停止
暖房時	11	温水設定温度	60°C	60°C	設定不可	45°C	設定不可
	12	温水入口温度	56°C	60°C	サーモ OFF	40°C	運転継続
	13	温水流量(比)	100%	120%	運転継続	50%	運転停止



#### ④ モード別入出力のまとめ

以上の入出力をモード(冷房・暖房)別にまとめると、図 2.6.2-1 のようになる。

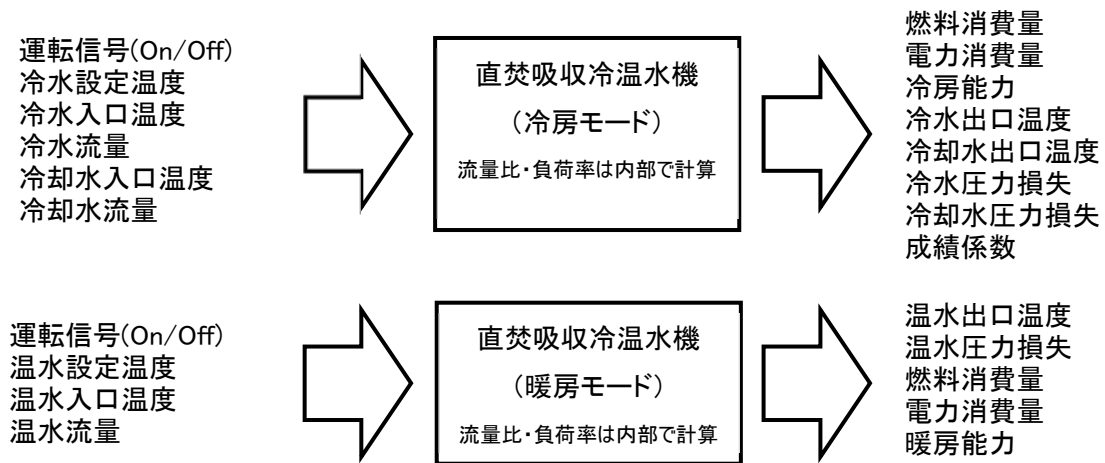


図 2.6.2-1 直焚吸収冷温水機の入出力

## 2.6.2.4. 計算方法

機器特性計算の全体フローを図 2.6.2-2 に示す。

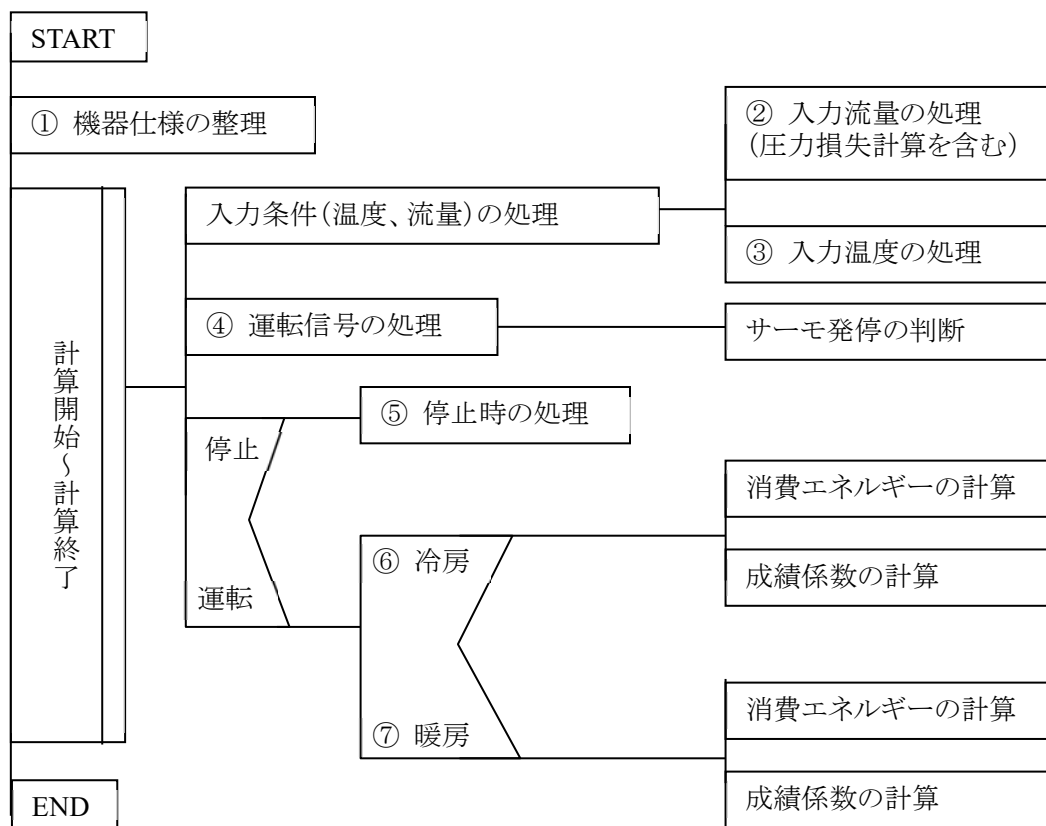


図 2.6.2-2 直焚吸収冷温水機の機器特性計算フロー

運転モードは表 2.5.2-2 の入力 No.1, 2(D1, D2)によって、冷房、暖房、停止の 3 種類のいずれかが与えられ、図中の⑤、⑦で処理される。冷房および暖房モードでは、入力値から負荷率を算出して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。以下、図中の①～⑦の詳細をさらに説明する。

## ① 機器仕様の整理

機器仕様の定格温度を定格温度差に変換する。以下の値は機器仕様からすべて決定する。

$$\text{定格冷水温度差 (冷房時): } \Delta TW_{C\_N} = TW_{C\_in\_N} - TW_{C\_out\_N}$$

$$\text{定格冷却水温度差 (冷房時): } \Delta TW_{CD\_N} = TW_{CD\_out\_N} - TW_{CD\_in\_N}$$

$$\text{定格温水温度差 (暖房時): } \Delta TW_{H\_N} = TW_{H\_out\_N} - TW_{H\_in\_N}$$

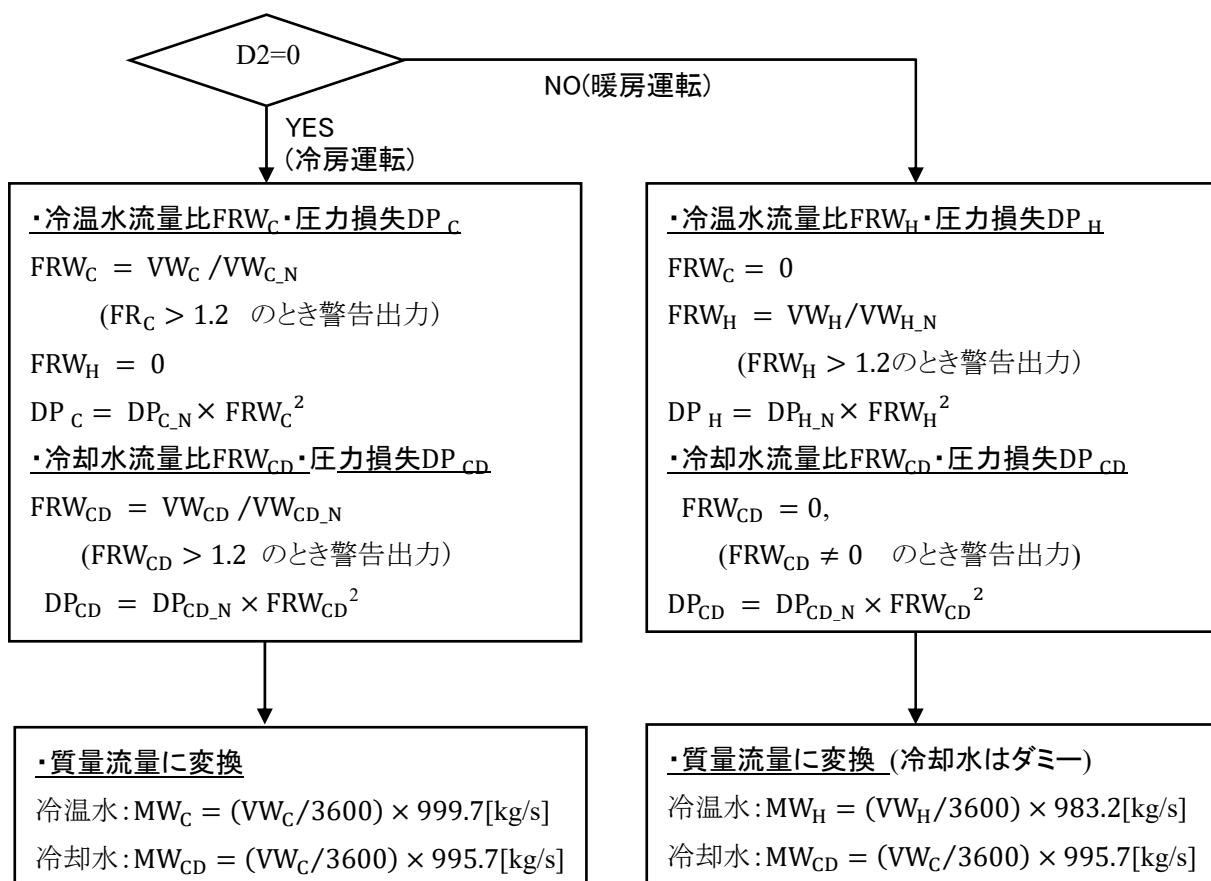
また、入力値確認の際に定格成績係数(COP)を算出する。

$$\text{定格冷房 COP: } COP_{C\_N} = \frac{Q_{C\_N}}{F_{C\_N}}$$

$$\text{定格暖房 COP: } COP_{H\_N} = \frac{Q_{H\_N}}{F_{H\_N}}$$

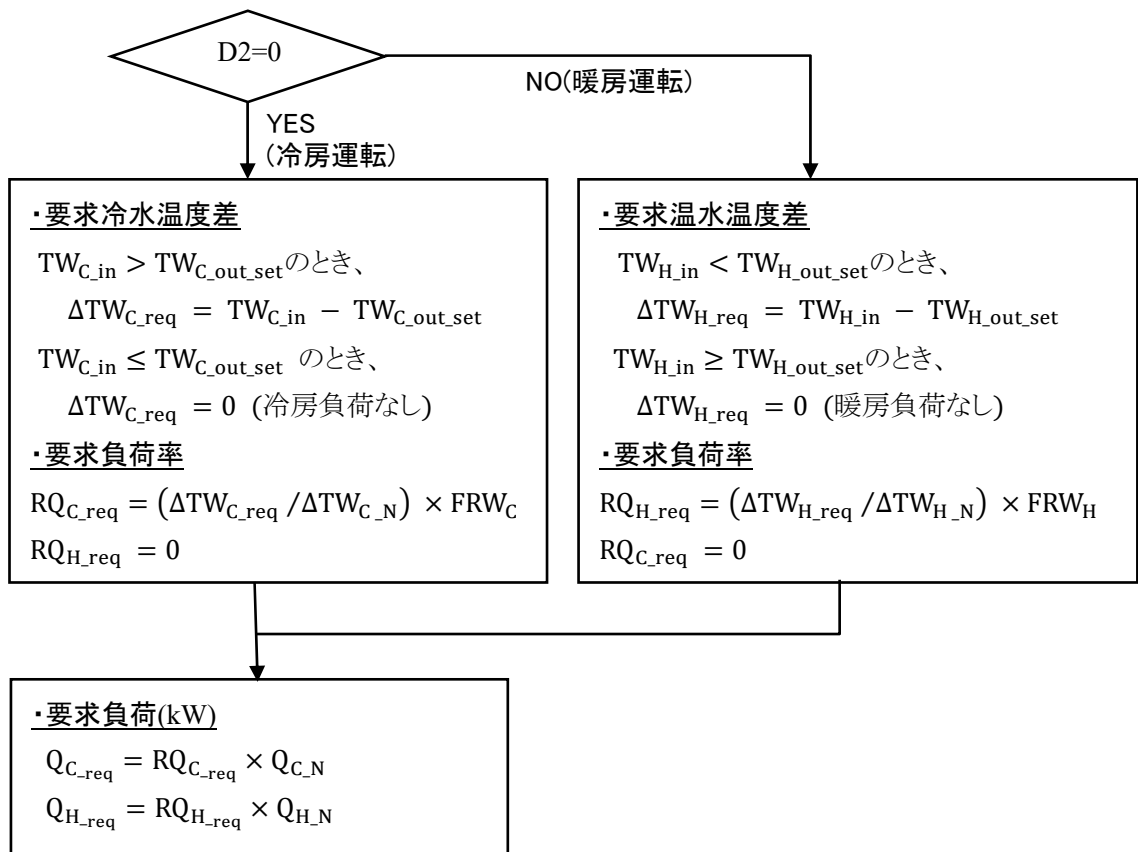
## ② 入力流量の処理 (流量割合 VRWc, VRWd, 圧力損失 DPC, DPH の計算)

以下のフローで入力流量を処理する。暖房時に何かのミスで冷却水が通水されると無駄な熱放出となるため、D2 = 1 (暖房)かつ FRW<sub>CD</sub> ≠ 0 の場合に警告を出力する。



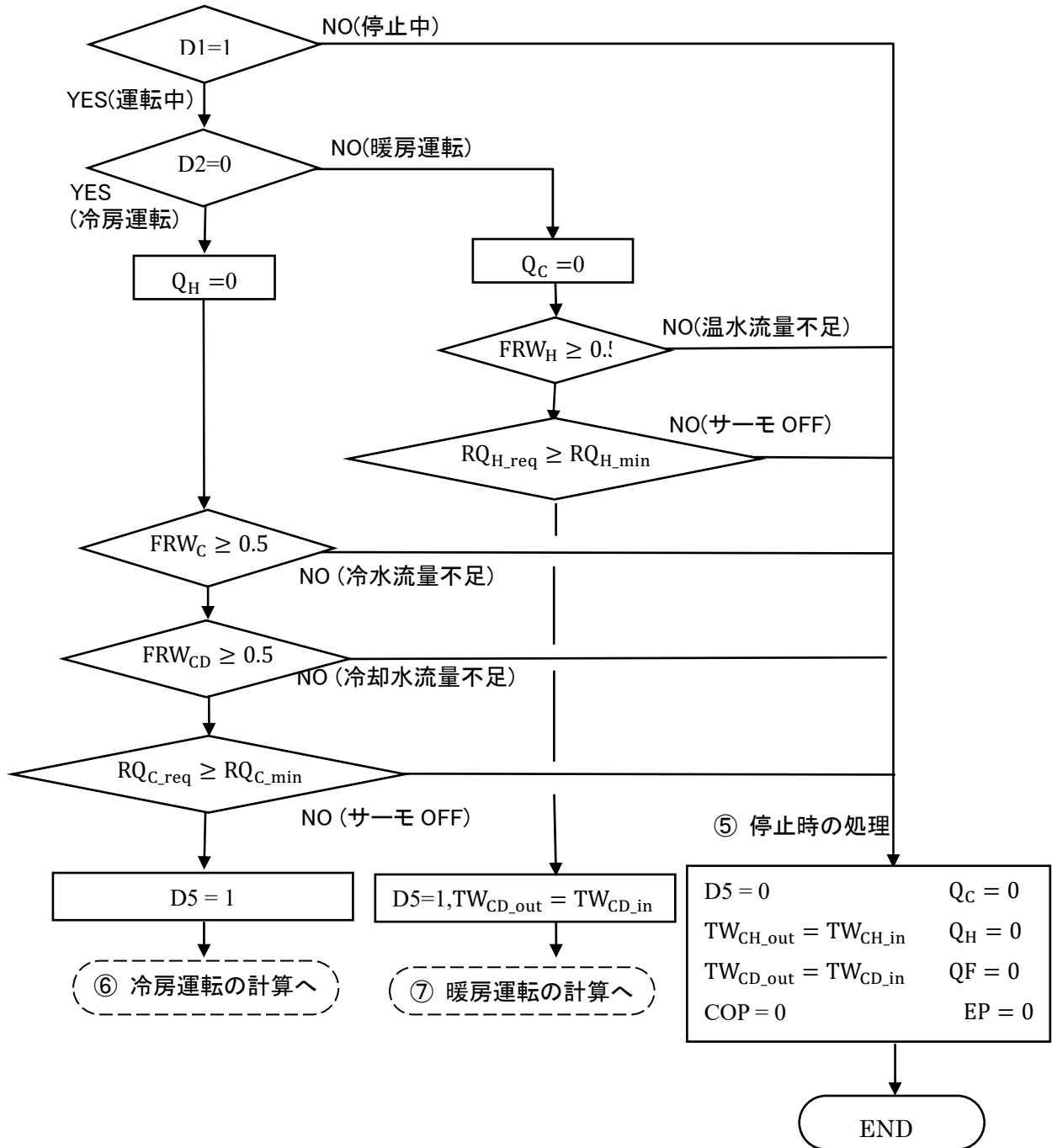
冷温水機が OFF であっても、冷温水、冷却水が通水されると圧力損失は発生するため、その値を以上のように算出する。なお、質量流量に変換する際の水の密度は表 2.6.1-5 の値を参照したものである。

③ 入力温度の処理 (要求負荷率の計算)



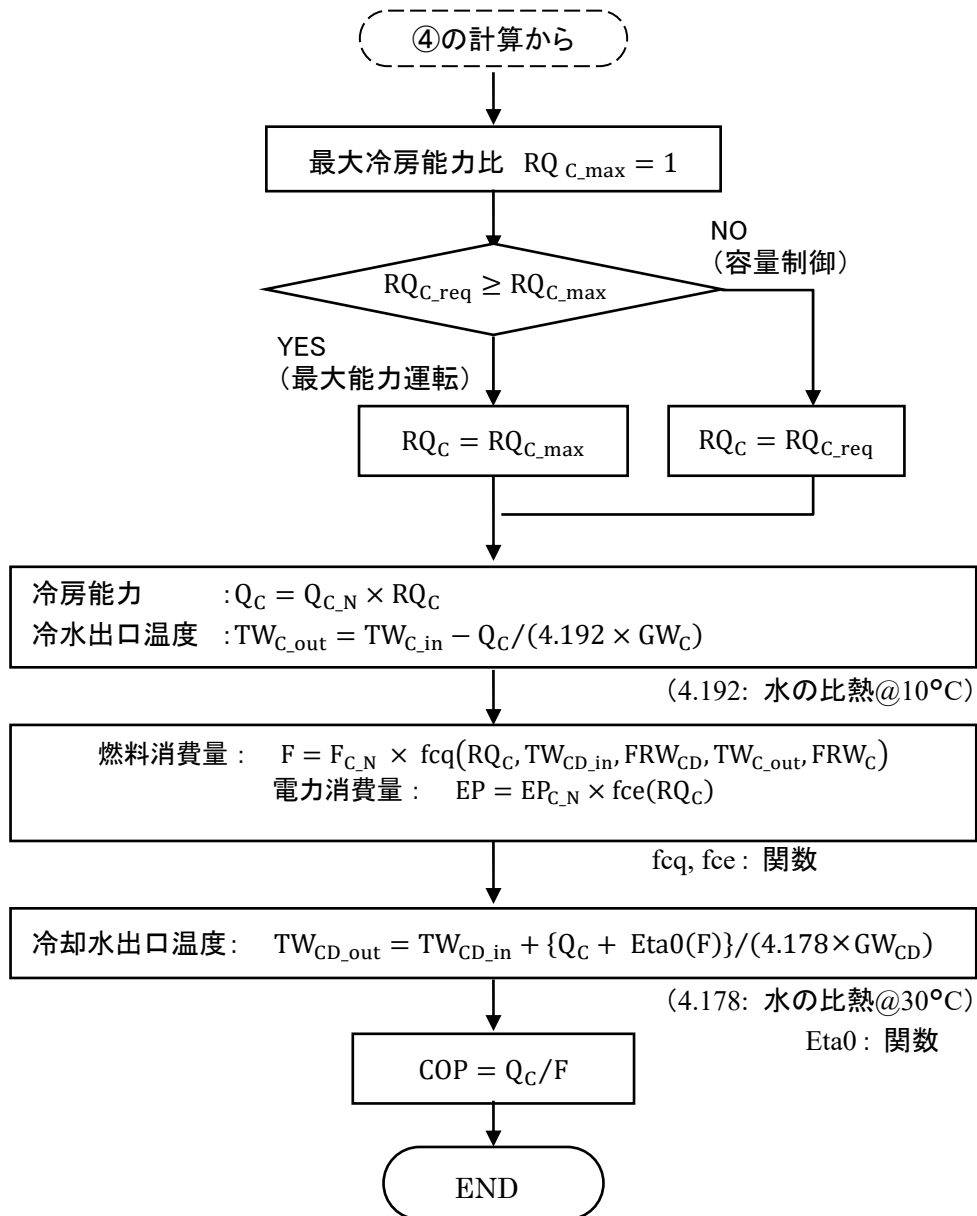
#### ④ 運転信号の処理（運転モードと発停の判断）

運転信号 D1, D2 の処理を以下のように行い、各モードにおいて負荷率からサーモ発停の判断を行う。図 2.6.2-2 中の⑤ 停止時の処理も合わせて示す。



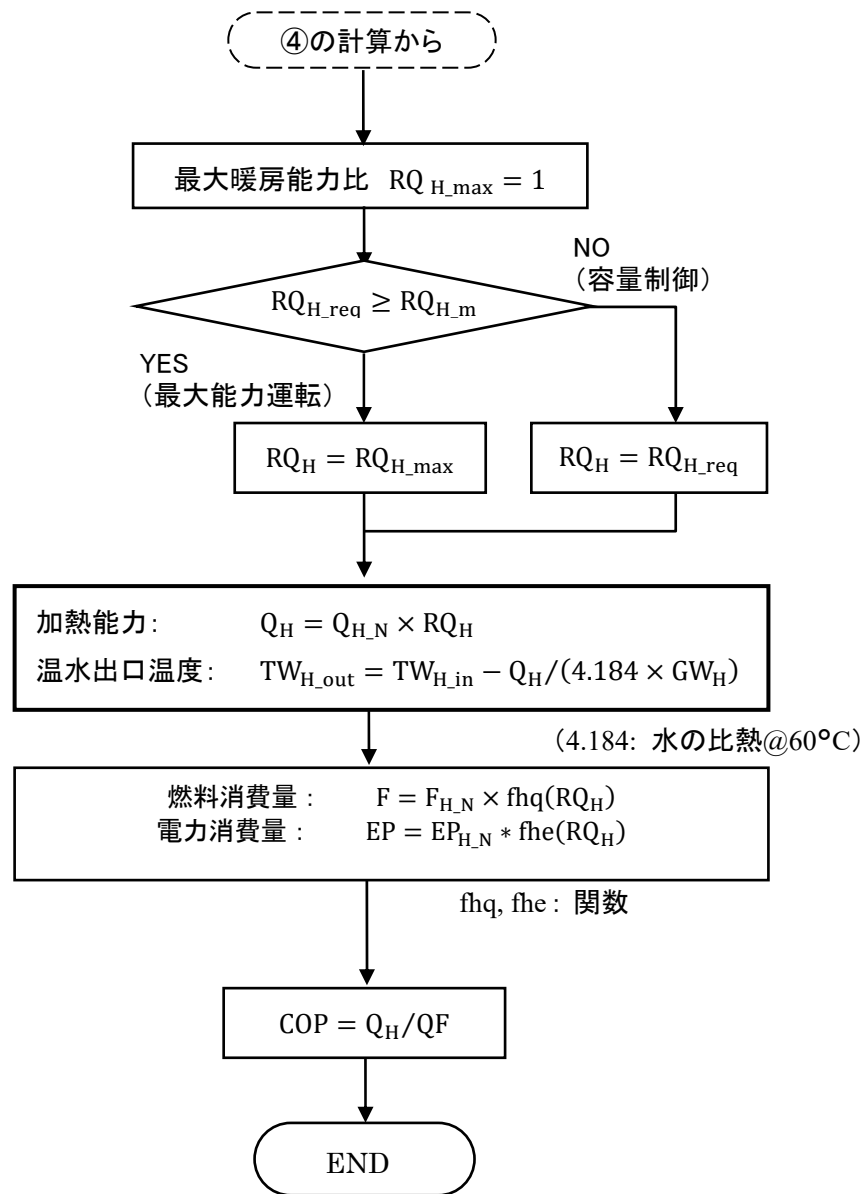
## ⑥ 冷房運転の計算

冷房運転時の機器特性を以下のフローで計算する。



## ⑦ 暖房運転の計算

④のフローにおける暖房運転の計算は以下のフローで行う。



以上で、表 2.6.2-3 に示した出力変数が全てのケースにおいて求められる。

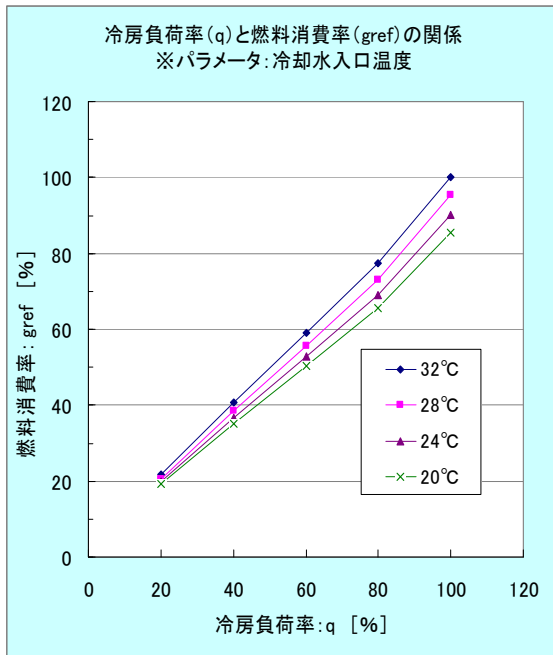
### 2.6.2.5. 機器特性の例

以上の計算方法から得られる三重効用機、高効率機、高期間効率機の機器特性の計算例を示す。標準機については高効率機とほぼ同じ特性となる。

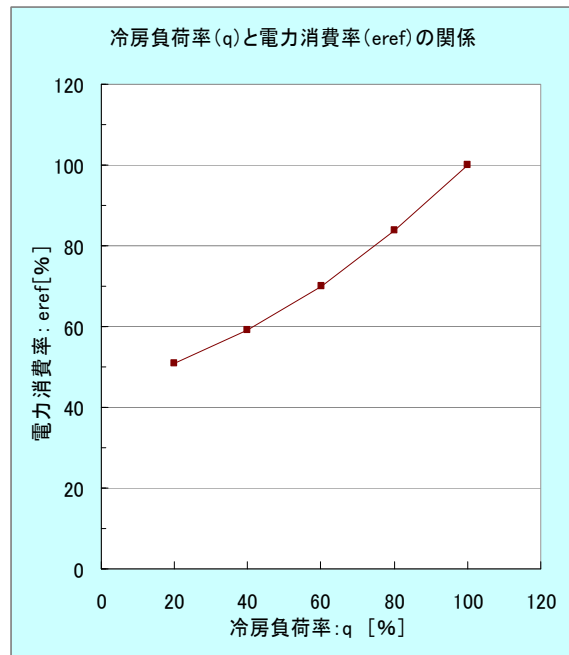
#### (1) 三重効用機の特性

##### ① 冷房運転時

冷房負荷率と燃料消費率の関係

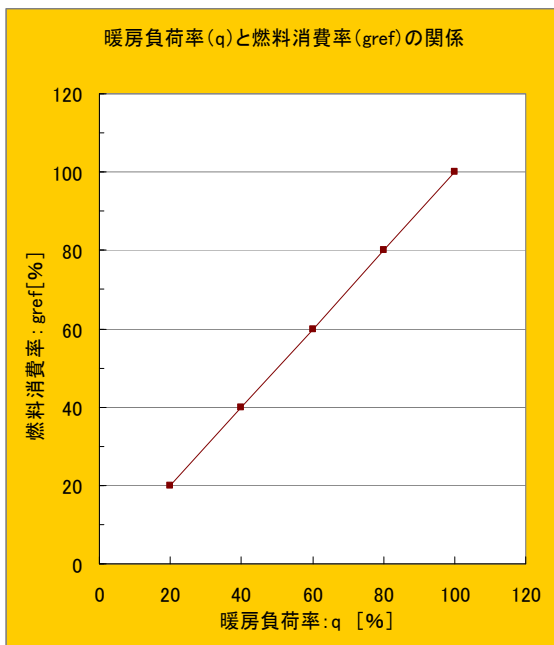


冷房負荷率と電力消費率の関係



##### ② 暖房運転時

暖房負荷率と燃料消費率の関係



暖房負荷率と電力消費率の関係

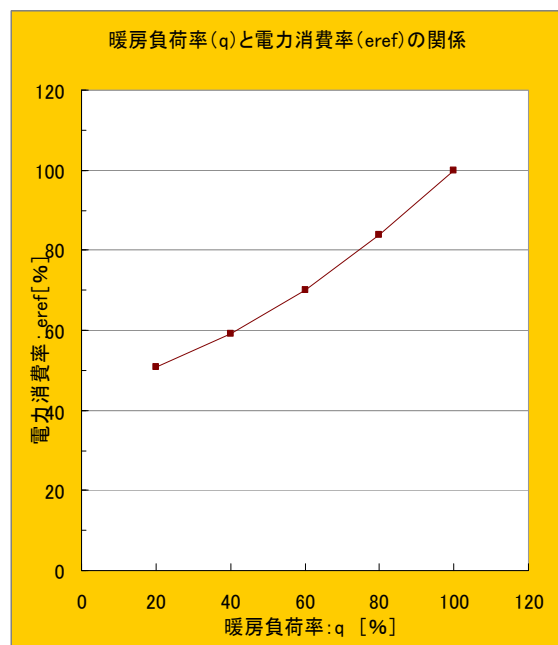


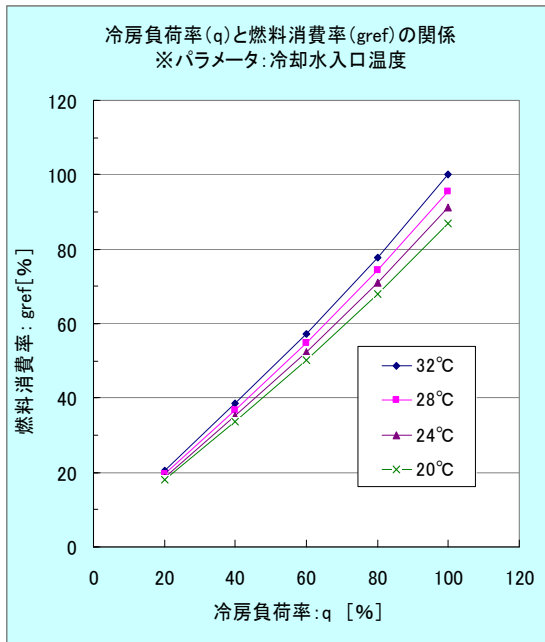
図 2.6.2-3 直焚三重効用吸収冷温水機の機器特性の一例



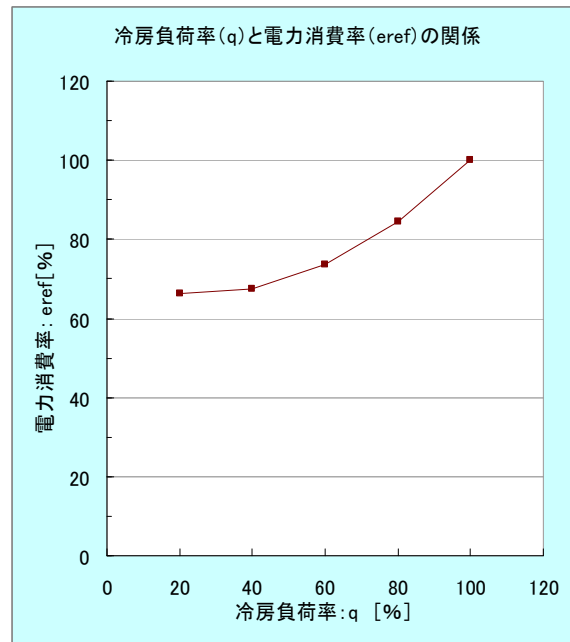
## (2) 二重効用機（高効率機）の特性

### ① 冷房運転時

冷房負荷率と燃料消費率の関係

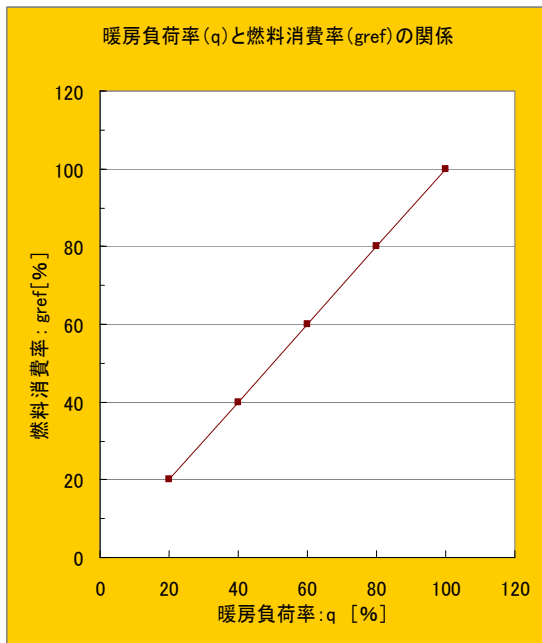


冷房負荷率と電力消費率の関係



### ② 暖房運転時

暖房負荷率と燃料消費率の関係



暖房負荷率と電力消費率の関係

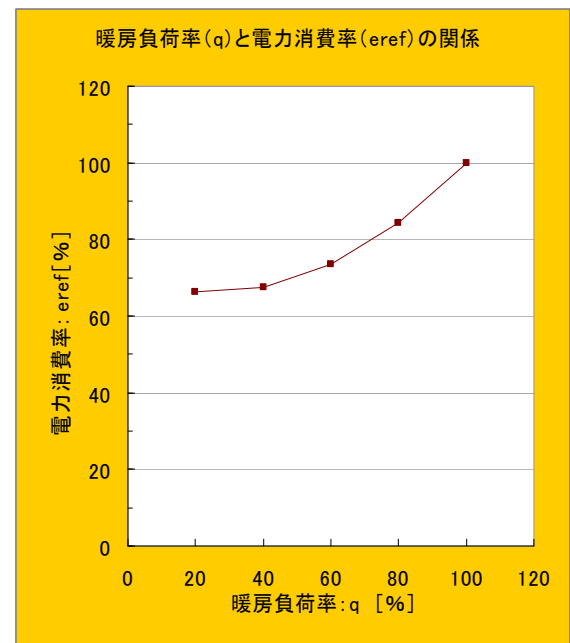
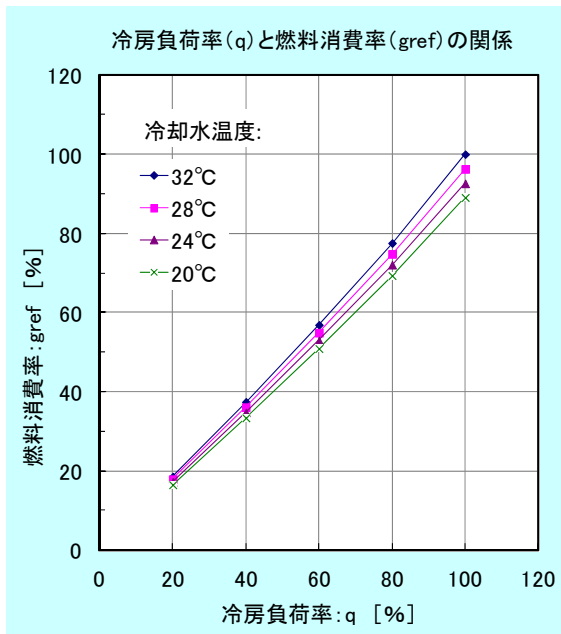


図 2.6.2-4 直焚高効率二重効用吸収冷温水機の機器特性の一例  
(標準機も同様の特性となる)

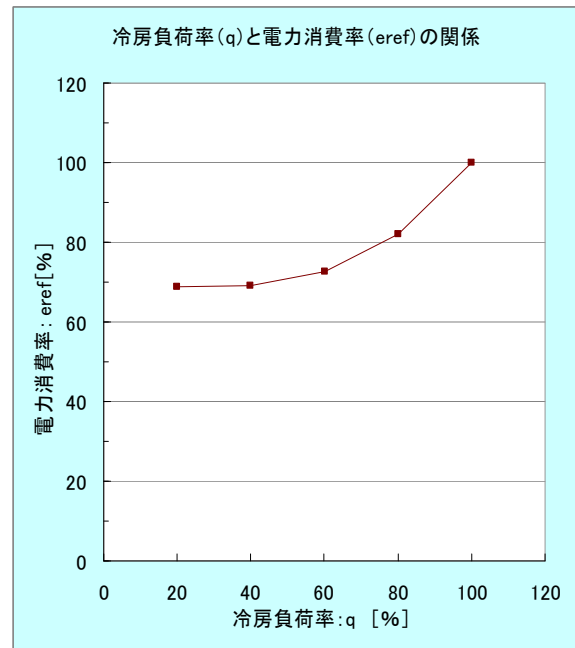
### (3) 高期間効率機の特性

#### ① 冷房運転時

冷房負荷率と燃料消費率の関係

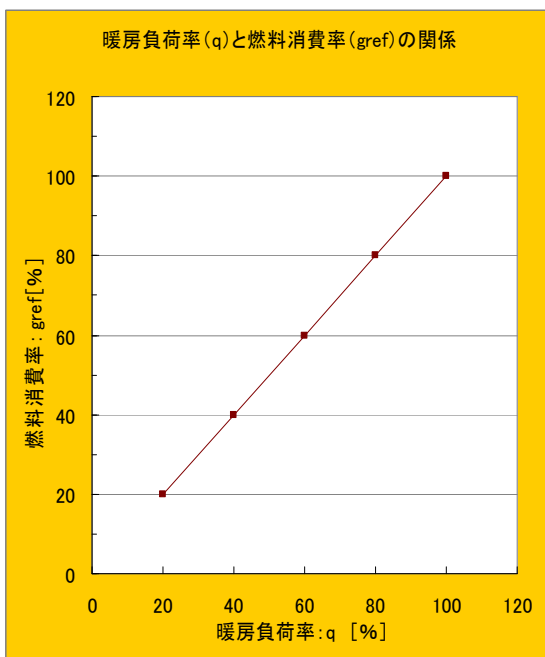


冷房負荷率と電力消費率の関係



#### ② 暖房運転時

暖房負荷率と燃料消費率の関係



暖房負荷率と電力消費率の関係

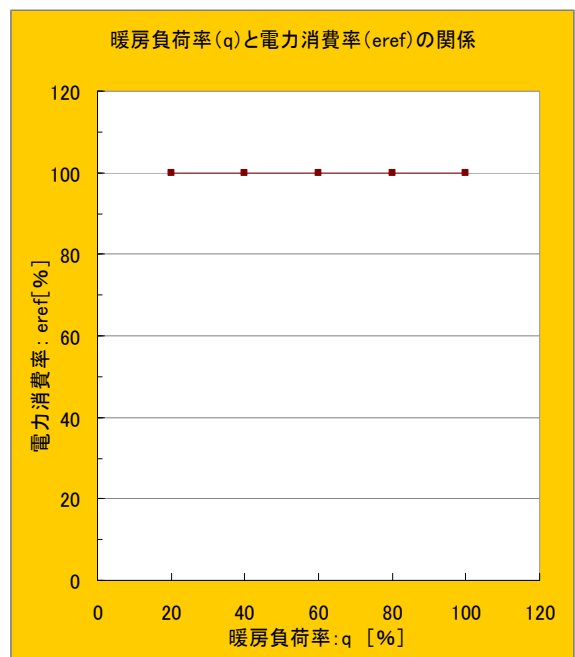


図 2.6.2-5 直焚高期間効率二重効用吸収冷温水機の機器特性の一例

## 2.6.3. 蒸気焚吸収式冷凍機（二重効用（標準機、高効率機、高期間効率機））

### 2.6.3.1. 対象機種とモデルの概要

本節では蒸気焚吸収式冷凍機として、表 2.6.1-1 に示した二重効用機の標準機、高効率機、高期間効率機<sup>1)</sup>を対象とする。このうち高期間効率機は 2012 年に機器特性の調査結果をまとめ、空気調和・衛生工学会にて報告したものである。これにより、蒸気焚 3 種類の調査を終えた。また、高圧蒸気焚の三重効用機、低圧蒸気焚の一重効用機は今後の検討事項とする。

運転時の特性式は、2.6.1.3 節に示した JIS の定格条件下において、直焚機と同様、表 2.6.1-4 で設定される項目の値を基準として、負荷率ならびに各変数（冷水温度、冷却水温度、流量比など）から、蒸気消費量、電力消費量、冷水圧力損失、冷却水圧力損失を算出する。本特性式は直焚機と同様、標準仕様のほか、①冷水・冷却水大温度差仕様、②冷水大温度差仕様、③冷却水大温度差仕様に対して適用可能である。駆動源となる蒸気の圧力は 0.78MPa、還水温度は 90℃ 以下であり、機種によって所定の値が出力される。

### 2.6.3.2. 機器仕様の設定項目

機器仕様の設定項目は前節で示した表 2.6.1-4 に表 2.6.3-1 に示す項目を追加したものである。表 5.4 中の比例制御下限 RFCmin の標準値も、直焚機と同様 0.2 である。駆動源の蒸気圧力については、冷凍機側で仕様圧力に対応した設計がなされていること、運転中の蒸気圧力変動は生じないものとしたこと、の2点から機器特性への影響はないものとしているが、この値は入力変数の蒸気圧力の確認に用いるため、設定項目に含めている。

表 2.6.3-1 蒸気焚吸収式冷凍機において追加される設定項目

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
13	定格蒸気圧力	○		PS <sub>in_N</sub>	kPa.G	A
14	定格蒸気消費量	○		MS <sub>N</sub>	kg/h	A

なお前節で説明した通り、蒸気焚では表 5.4 の No.4 および No.5 の「冷温水」は「冷水」となり、「相数」「電圧」「周波数」「力率」の扱いも直焚機と同様である。定格圧力損失も直焚機と同様、式 2.5.1.1 で算出し、水の密度の値は表 2.5-5 参照する。

### 2.6.3.3. 入出力変数

#### ① 入力変数

入力変数は前節で示した表 2.6.2-2 に表 2.6.3-2 に示す項目を追加したものである。ただし表 2.6.2-2 の運転モード D2 は、D2 = 0（冷房）に固定されている。No.11~13 の「冷温水」は「冷水」となる。

表 2.6.3-2 蒸気焚吸収式冷凍機において追加される入力変数

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
16	蒸気圧力	○		PS <sub>in</sub>	kPa.G	A
17	蒸気供給量（最大蒸気消費量）	○		MS <sub>max</sub>	kg/h	A

## ② 出力変数

出力変数は前節の表 2.6.2-3 に表 2.6.3-3 に示す項目を追加したものである。入力変数と同様、表 2.6.2-3 の No. 11, 12 の「冷温水」は「冷水」となる。また No. 16 の暖房能力  $Q_H$  は常時  $Q_H = 0$  とする。D7 は必要な蒸気が  $GS_{max}$  [kg/h] に満たない場合に 1 となる。

表 2.6.3-3 蒸気焚吸収式冷凍機において追加される出力変数

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
3	蒸気供給量不足	○		D7	(0/1)	D
20	蒸気消費量	○		GS	kg/h	A
21	還水温度	○		$TS_{out}$	°C	A

## ③ 入力変数の範囲

アナログ入力値の上限と下限を表 2.6.3-4 に示す。下線部は直焚機と異なる個所である。2.6.2.3-③に示した説明事項も参照のこと。

表 2.6.3-4 蒸気焚吸収冷温水機の入力変数の範囲

運転モード	入力 No.	名称	定格値	上限値	範囲外の処理	下限値	範囲外の処理
冷房時	11	冷水設定温度	7°C	12°C	設定不可	7°C	設定不可
	12	冷水入口温度	12°C	17°C	運転継続	7°C	サーモ OFF(継続)
	13	冷水流量(比)	100%	120%	運転継続	50%	運転停止
	14	冷却水入口温度	32°C	32.5°C	運転継続	20°C	運転継続
	15	冷却水流量(比)	100%	120%	運転継続	50%	運転停止

## ④ 入出力のまとめ

蒸気焚吸収冷凍機の運転モードは冷房のみであり、入出力をまとめると図 2.6.3-1 蒸気焚吸収冷凍機の入出力のようになる。入出力項目は標準機、高効率機、高期間効率機の 3 タイプで共通である。また、2012 年の機種拡充に合わせて、CGS 等の蒸気系統の計算で用いる還水温度を出力項目に追加した。なお、還水流量は蒸気消費量に等しいものとした。

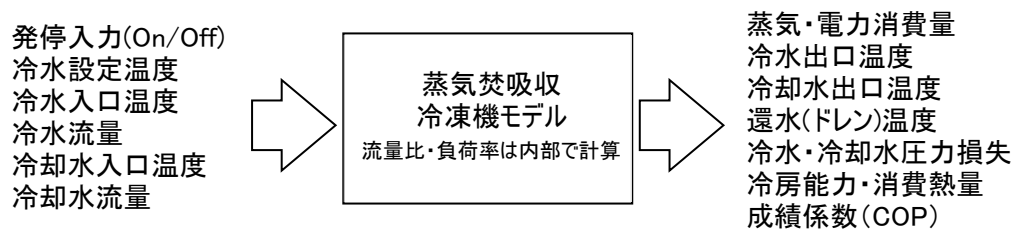


図 2.6.3-1 蒸気焚吸収冷凍機の入出力

### 2.6.3.4. 計算方法

標準機、高効率機、高期間効率機の特性式の形は同一であり、係数の違いで各特性を反映した。蒸気焚吸収式冷凍機 の特性計算フローは直焚機のフローから暖房運転を除いたものであり、全体フローを図 2.6.3-2 蒸気焚吸収冷温水機の機器特性計算フローに示す。

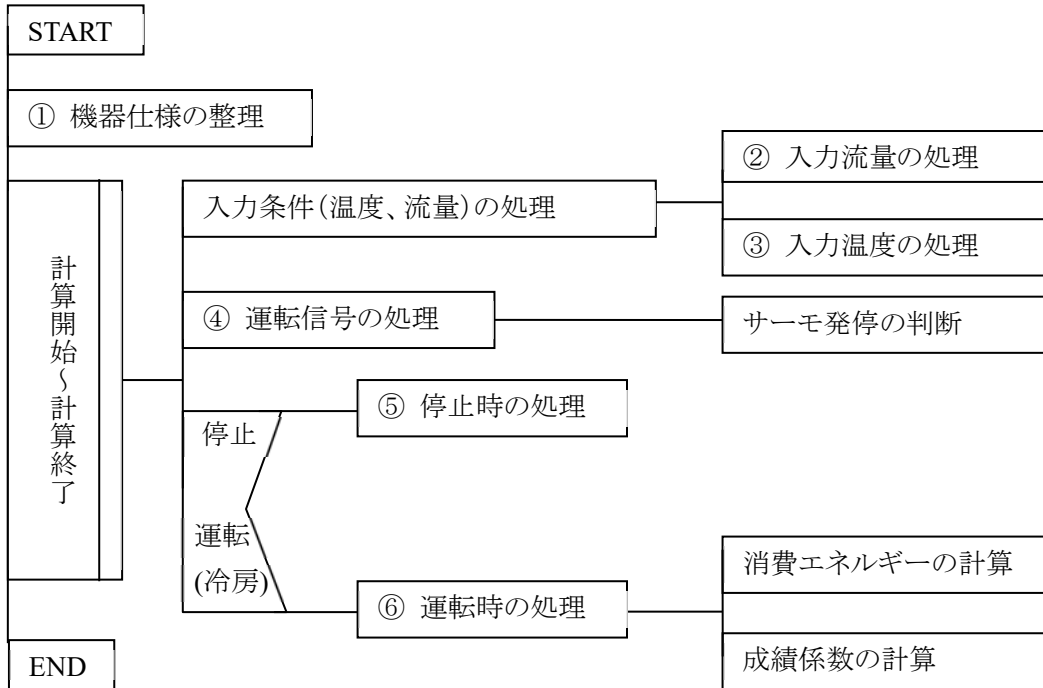


図 2.6.3-2 蒸気焚吸収冷温水機の機器特性計算フロー

運転モードは表 2.5.2-3 の運転信号 D1 によって、運転、停止のいずれかが与えられ、図中の④で処理される。運転モード D2 は 0 (冷房)に固定されている。サーモ発停の判断も直焚機と同様である。以下、詳細を説明する。

#### ① 機器仕様の整理

機器仕様の整理では、2.6.2.4 項①のうち、冷房運転に関する以下の3点を算出する。また、暖房モードがないことから出力 No.16 の暖房能力  $Q_H$  は 0 に固定する。

定格冷水温度差:  $\Delta TW_{C\_N} = TW_{C\_in\_N} - TW_{C\_out\_N}$

定格冷却水温度差:  $\Delta TW_{CD\_N} = TW_{CD\_out\_N} - TW_{CD\_in\_N}$

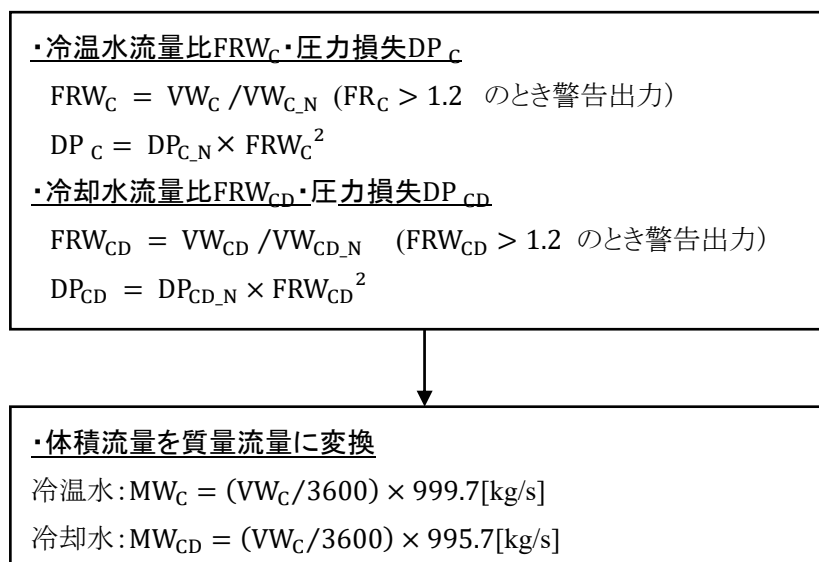
定格蒸気入熱量:  $F_{C\_N} = \left(\frac{MS\_N}{3600}\right) \times LS$  (LS: 機種ごとに決まる定数)

定格 COP:  $COP_{C\_N} = \frac{Q_{C\_N}}{F_{C\_N}}$

暖房能力:  $Q_H = 0$  (固定)

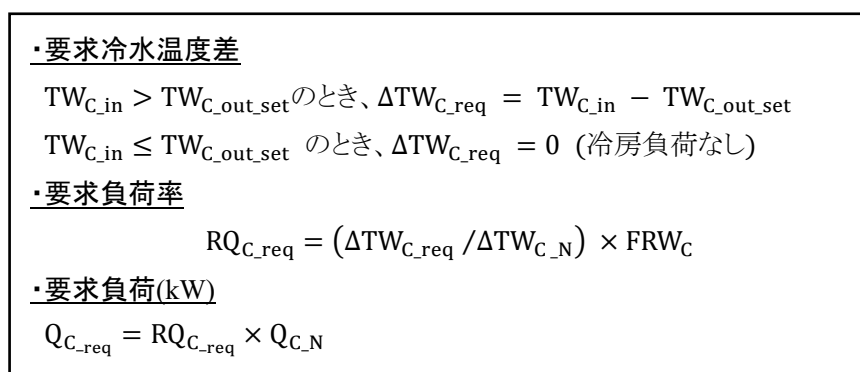
## ② 入力流量の処理（流量割合 $FRW_C$ 、 $FRW_{CD}$ 、圧力損失 $DP_C$ 、 $DP_{CD}$ の計算）

入力流量についても、2.5.2.4 項②のうち、冷房運転に関する処理を行う。圧力損失は機器が OFF の場合も冷水および／または冷却水が通水されると発生するため、冷凍機の発停に関わらず計算する。質量流量に変換する際の水の密度は表 2.6.1-5 を参照したものである。



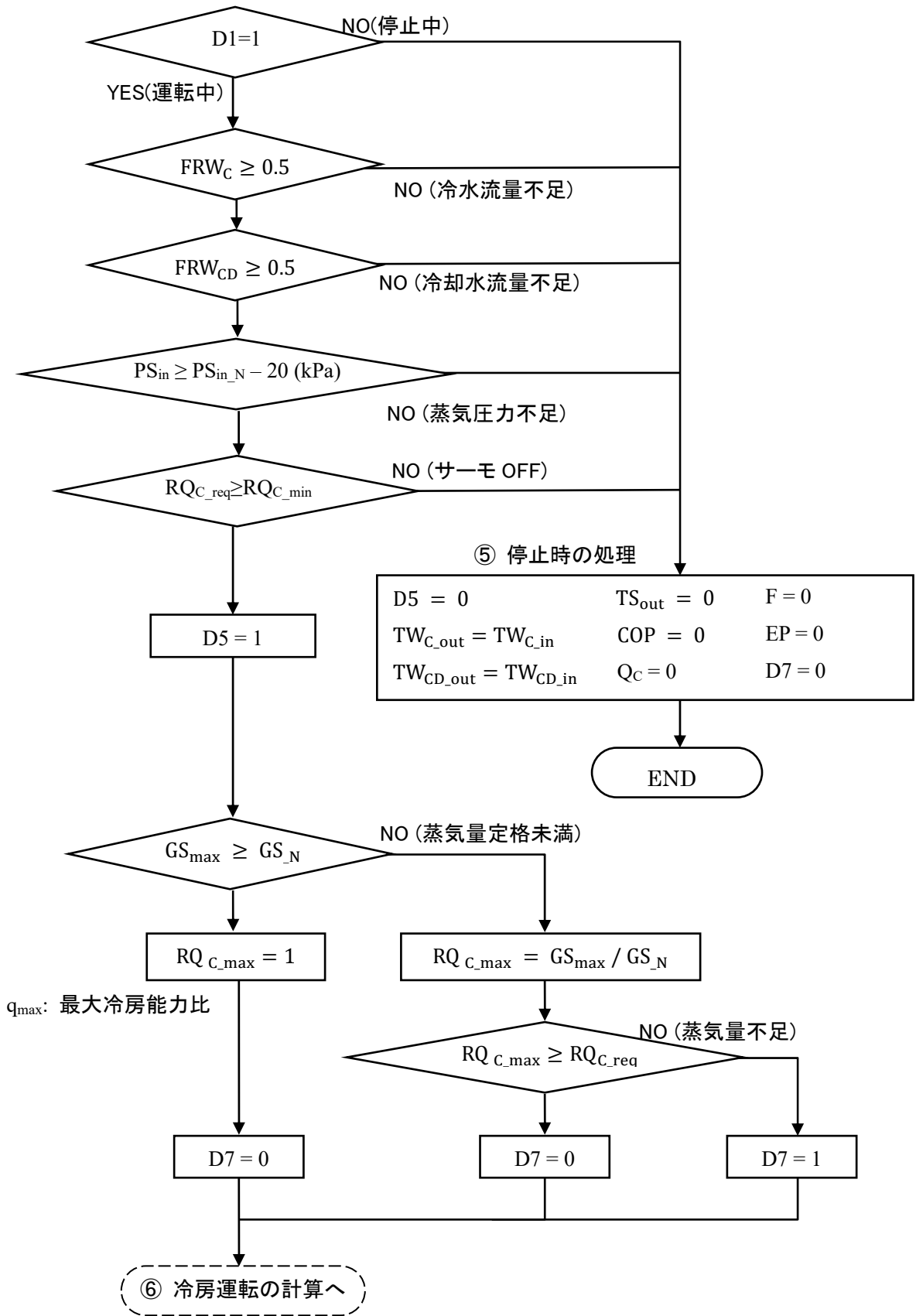
## ③ 入力温度の処理（要求負荷率の計算）

入力温度の処理についても同様である。要求負荷率も圧力損失と同様、冷凍機の発停に関わらず計算する。



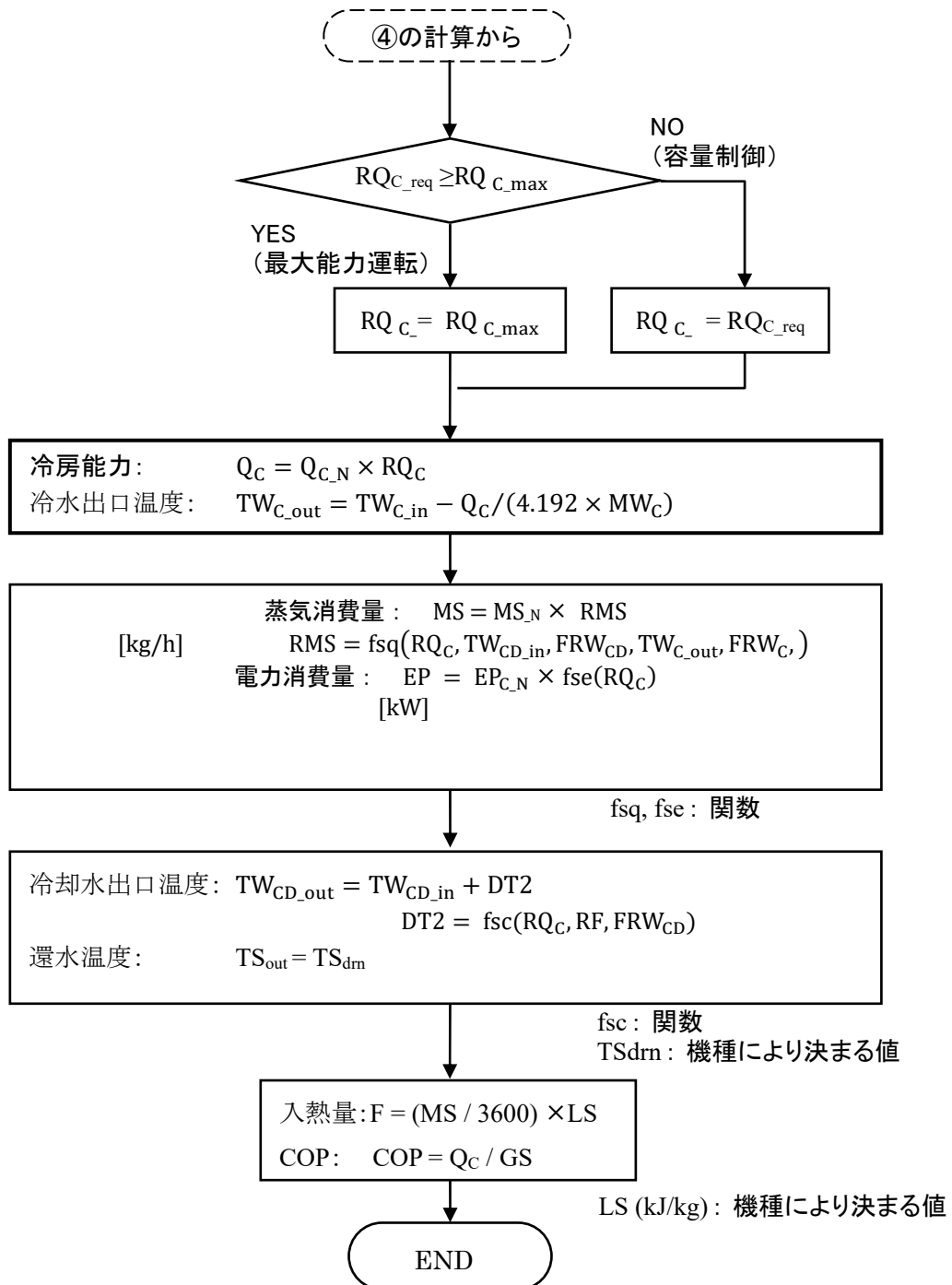
## ④ 運転信号の処理（運転モードと発停の判断）と蒸気量不足の判断

運転信号 D1 の処理を以下のように行い、各モードにおいて負荷率からサーモ発停の判断を行う。蒸気焚機では、直焚機の処理に対して蒸気圧力不足の判定を追加した。図 2.6.3-2 中の⑤ 停止時の処理も合わせて示す。さらに、蒸気供給量が必要蒸気量を満たしているかどうかの判断を行い、出力 D7 に設定する。



## ⑥ 運転時の計算

運転時の機器特性を以下のフローで計算する。暖房運転はないため、運転負荷率は簡略化して  $q$  で表す。



以上で、表 2.6.2-2 および 表 2.6.2-3 に示した出力変数が全てのケースにおいて求められる。

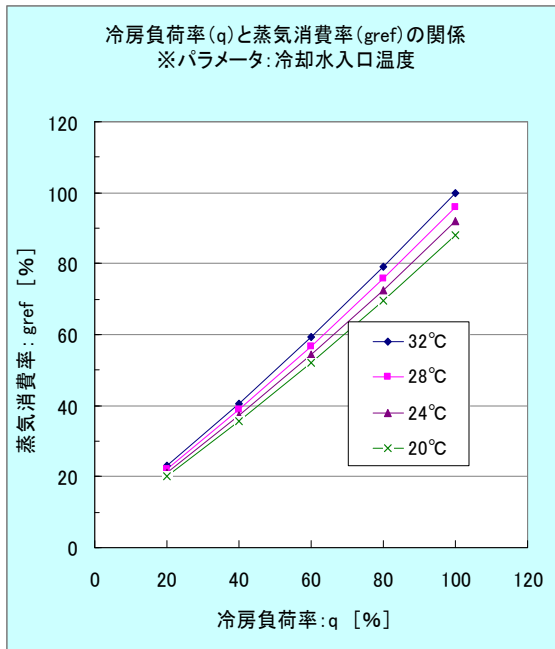


### 2.6.3.5. 機器特性の例

以上の計算方法から得られる高効率機、高期間効率機の機器特性の計算例を示す。標準機については高効率機とほぼ同じ特性となる。

#### (1) 二重効用機の特性

①冷房負荷率と蒸気消費率の関係



②冷房負荷率と電力消費率の関係

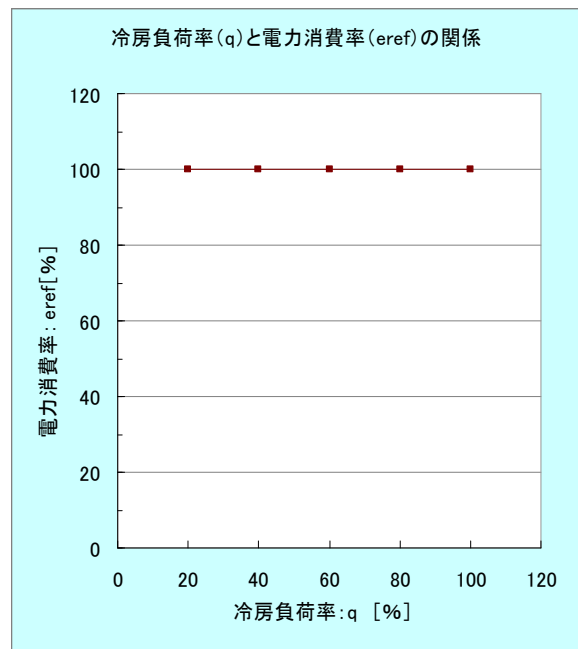
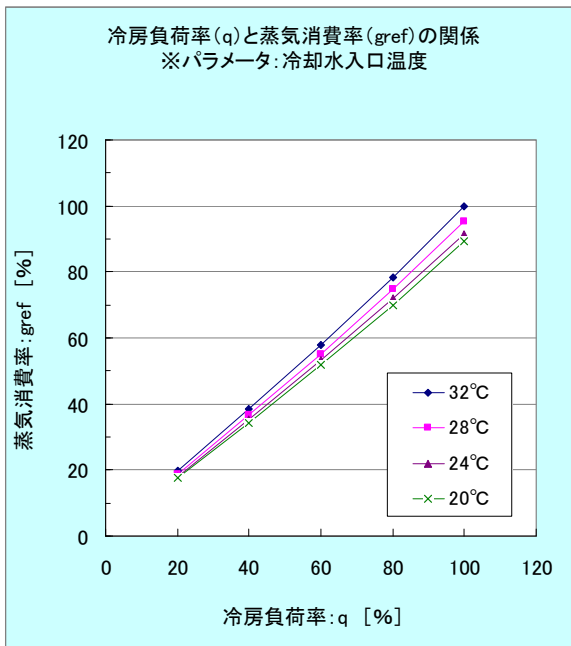


図 2.6.3-3 蒸気焚高効率二重効用吸収冷温水機の機器特性の一例 (標準機も同様の特性となる)

#### (2) 高期間効率機の特性

①冷房負荷率と蒸気消費率の関係



②冷房負荷率と電力消費率の関係

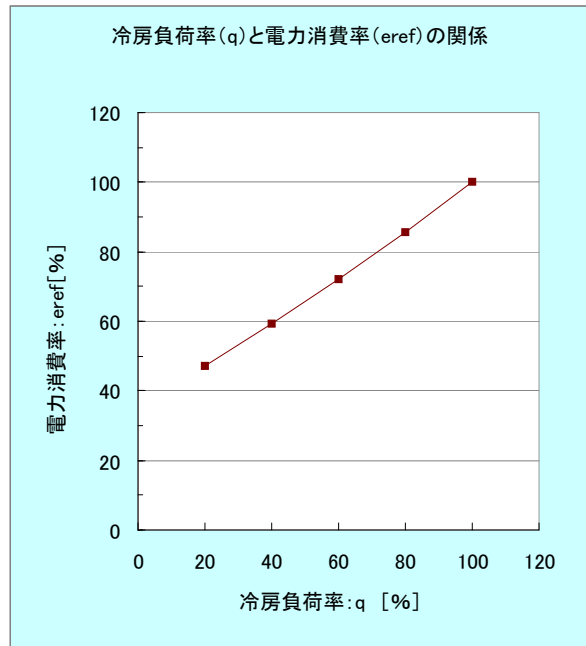


図 2.6.3-4 蒸気焚高期間効率二重効用吸収冷温水機の機器特性の一例

### (3) 各タイプの比較

図 2.6.3-5 は高期間効率機の部分負荷特性の一例を高効率機および標準機と比較した結果である。電力消費量で高期間効率機の傾向が異なるのは、冷凍機内の吸収液ポンプをインバータ制御しているため COP 比率の比較では、年間を通して頻度の高い冷房負荷率 50%以下の領域で他の機種との差が顕著になっており、省電力効果と合わせて年間消費エネルギーの低減が見込まれる。

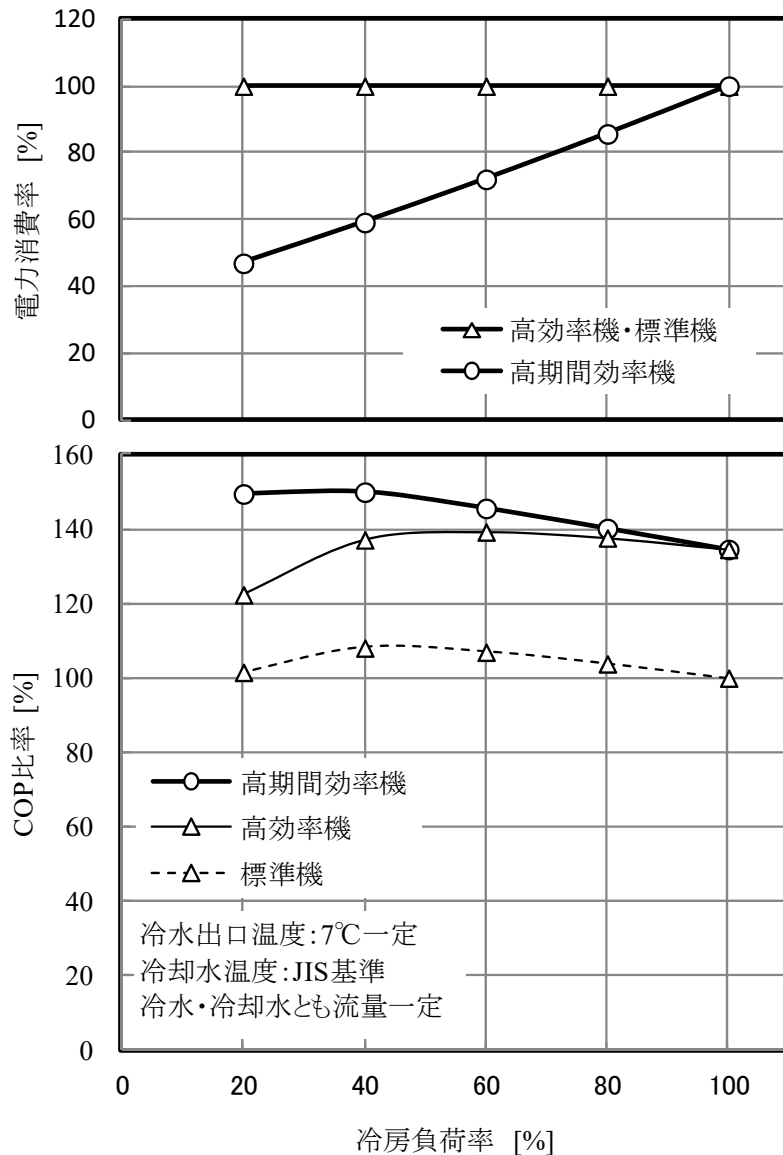


図 2.6.3-5 蒸気焚吸収式冷凍機の部分負荷特性[1]

## 2.6.4. 温水焚一重効用吸収式冷凍機 [1]

### 2.6.4.1. 対象機種とモデルの概要

本節で扱う温水焚一重効用吸収冷凍機は、近年太陽熱や排熱利用機器として再注目されるなど、熱の有効利用の観点から重要な役割を担っており、コージェネレーション(CGS)一太陽熱複合システム等への活用検討が進められている[2][3]。

モデル対象機の運転モードは冷房のみであり、暖房運転は行わない。低圧蒸気焚の一重効用機については今後の検討事項とする。運転時の特性式は、表 2.6.4-1 に示す JIS の定格条件下において、表 2.6.1-4 および表 2.6.4-2 で設定される項目の値を基準として、負荷率ならびに各変数(冷水温度、冷却水温度、流量比など)から、加熱用温水熱量、冷却水出口温度、電力消費量などを算出する。なお、JIS B-8622-2002 には低温水吸収冷凍機の標準定格条件は、記載されていない。

表 2.6.4-1 温水焚一重効用吸収式冷凍機の定格条件

項目	試験条件
電源	定格周波数、定格電圧 (その公差は各々の定格の±2%とする)
冷水	出口温度 $7\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、流量 定格値の±5%
冷却水	入口温度 $31\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、流量 定格値の±5%
高温水 (加熱用温水)	入口温度 定格値の±1.0 $^{\circ}\text{C}$ 、流量±5%

温水焚モデルは、2012 年に従来のモデルを見直し、外部条件や動作限界を詳しく反映するとともに、設定項目や入出力項目、熱バランスの計算方法等について直焚および蒸気焚との整合性を取ったモデルに全面的に改訂した。この内容は空気調和・衛生工学会にて報告済みである[1]。

### 2.6.4.2. 機器仕様と設定項目

機器仕様の設定項目は 2.6.1 節で示した表 2.6.1-4 に表 2.6.4-2 に示す熱源温水関係の定格値を追加したものである。表 2.6.1-4 中の比例制御下限  $RQC_{\min}$  の標準値も、直焚機と同様 0.2 である。

表 2.6.4-2 温水焚一重効用吸収式冷凍機において追加される設定項目

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
15	定格熱源温水入口温度	○		$TW_{\text{HSH}_{in\_N}}$	$^{\circ}\text{C}$	A
16	定格熱源温水出口温度	○		$TW_{\text{HSH}_{out\_N}}$	$^{\circ}\text{C}$	A
17	定格熱源温水流量	○		$VW_{\text{HSH}_N}$	$\text{m}^3/\text{h}$	A
18	定格熱源温水圧力損失	○		$DP_{\text{HSH}_N}$	kPa	A

前節の蒸気焚と同様、温水焚においても表 2.6.1-4 の No.4 および No.5 の「冷温水」は「冷水」となり、「相数」「電圧」「周波数」「力率」の扱いも直焚機と同様である。定格圧力損失も直焚機と同様、式(2.5.1.1)を用い、熱源温水の密度  $\rho$  は表 2.6.1-5 から  $971.8\text{kg}/\text{m}^3$  とする。

### 2.6.4.3. 入出力変数

#### ① 入力変数

入力変数は 2.6.1 節で示した表 2.6.1-4 に表 2.6.4-3 に示す熱源温水関係の項目を追加したものである。蒸気焚と同様、表 2.6.1-4 の運転モード D2 は、 $D2 = 0$  (冷房)に固定されている。表 2.6.1-4 No.11~13 の「冷温水」は「冷水」となる。

表 2.6.4-3 温水焚一重効用吸収式冷凍機において追加される入力変数

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
17	熱源温水入口温度	○		$T_{W_{HSH\_in}}$	°C	A
18	熱源温水流量	○		$V_{W_{HSH}}$	m <sup>3</sup> /h	A

#### ② 出力変数

出力変数は 2.6.2 節の表 2.6.2-3 に表 2.6.4-4 に示す熱源温水関係の項目を追加したものである。入力変数と同様、表 2.6.2-3 の No. 11, 12 の「冷温水」は「冷水」となる。また No. 16 の暖房能力  $Q_H$  は常時  $Q_H = 0$  とする。

表 2.6.4-4 温水焚一重効用吸収式冷凍機において追加される出力変数

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
21	熱源温水出口温度	○		$T_{HSH\_out}$	°C	A
22	熱源温水圧力損失	○		$DP_{HSH}$	kPa	A

#### ③ 入力変数の範囲

表 2.6.2-3 および表 2.6.4-4 に示した入力変数の上限と下限を表 2.6.4-5 に示す。2.6.2.3-③ に示した説明事項も参照のこと。冷却水入口温度は、特性式の適用範囲は 24°C 以上であるが、機器の動作範囲の下限が 15°C であるため、この温度まで許容するものとした。循環水流量および温水入口温度の上限については、上限値を超えないよう、必要に応じて冷凍機をバイパスさせる等の、システム側の対応が必要である。

表 2.6.4-5 温水焚一重効用吸収式の入力変数の範囲

No.	名称	定格値	上限値	範囲外の処理	下限値	範囲外の処理
11	冷水設定温度	7°C	13°C	設定不可	7°C	設定不可
12	冷水入口温度	12°C	16°C	運転継続	6.5°C	サーモ OFF(継続)
13	冷水流量(比)	100%	120%	運転継続	80%	運転停止(断水)
14	冷却水入口温度	31°C	32°C	運転継続	15°C	運転継続(軽故障)
15	冷却水流量(比)	100%	110%	運転継続	100%	運転停止(断水)
17	熱源温水入口温度	88°C	95°C	運転停止	75°C	運転停止
18	熱源温水流量	100%	120%	運転継続	80%	運転停止(断水)

#### ④ 容量制御範囲

温水焚吸収冷凍機の容量制御範囲は、冷凍負荷率 20~100%とし、負荷率 25%未満になると冷凍機は停止する。ここで負荷率は、冷水入口温度と設定温度との差、および冷水流量から決定する。

## ⑤ 入出力のまとめ

温水焚吸収冷凍機の運転モードは冷房のみであり、入出力をまとめると図 2.6.4-1 のようになる。

図 2.6.2-1 および図 2.6.3-1 の二重効用機との主な違いは、熱源温水の条件を入出力に追加し、CGS その他の温水発生源との接続に備えたことである。

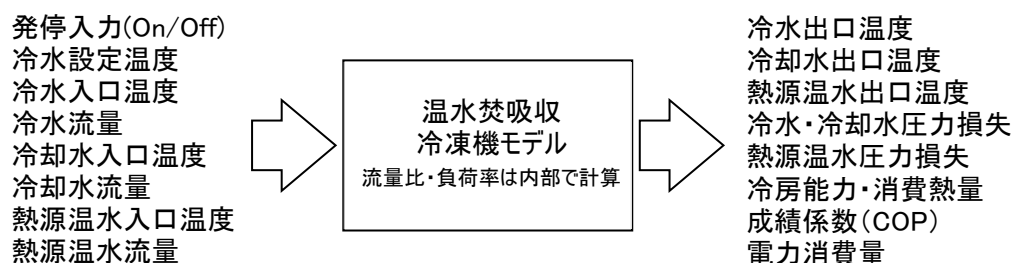


図 2.6.4-1 温水焚吸収冷凍機の入出力[1]

### 2.6.4.4. 計算方法

温水焚吸収式冷凍機の特性計算の全体フローは、蒸気焚の図 2.6.3-2 と同一である。以下、蒸気焚との相違点を中心に説明する。

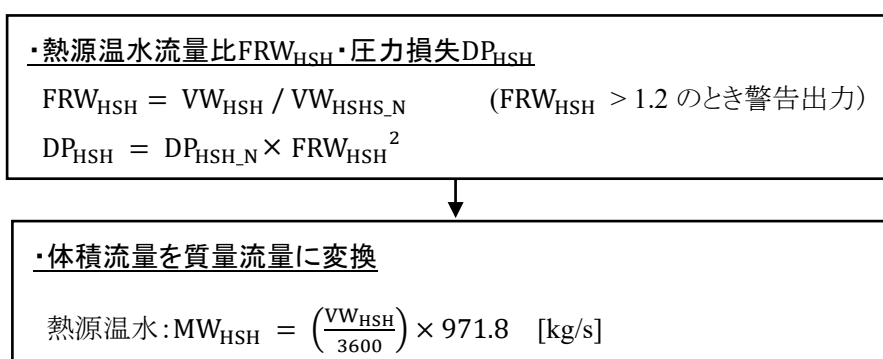
#### ① 機器仕様の整理

機器仕様の整理は、定格熱源温水温度差を計算で用いないため、2.6.3.4 項①と同一の処理を行い、定格 COP の計算に用いる定格入熱量  $F_{C,N}$  は次式で計算する。蒸気焚と同様、暖房モードがないことから出力 No.16 の暖房能力  $Q_H$  を 0 に固定する。なお、定格 COP は入力値確認用である。

$$F_{C,N} = (VW_{HSH,N} / 3600) \cdot 971.8 \times 4.196 \times (TW_{C,in,N} - TW_{C,out,N}) \quad [\text{kW}]$$

#### ② 入力流量の処理 (流量割合 $FRW_C$ , $FRW_{CD}$ , $FRW_{HSH}$ 、圧力損失 $DP_C$ , $DP_{CD}$ , $DP_{HSH}$ の計算)

入力流量の処理は、2.6.3.4 項②の処理に加えて、熱源温水に関する以下の処理を追加する。質量流量に変換する際の水の密度は表 2.6.1-5 を参照したものである。

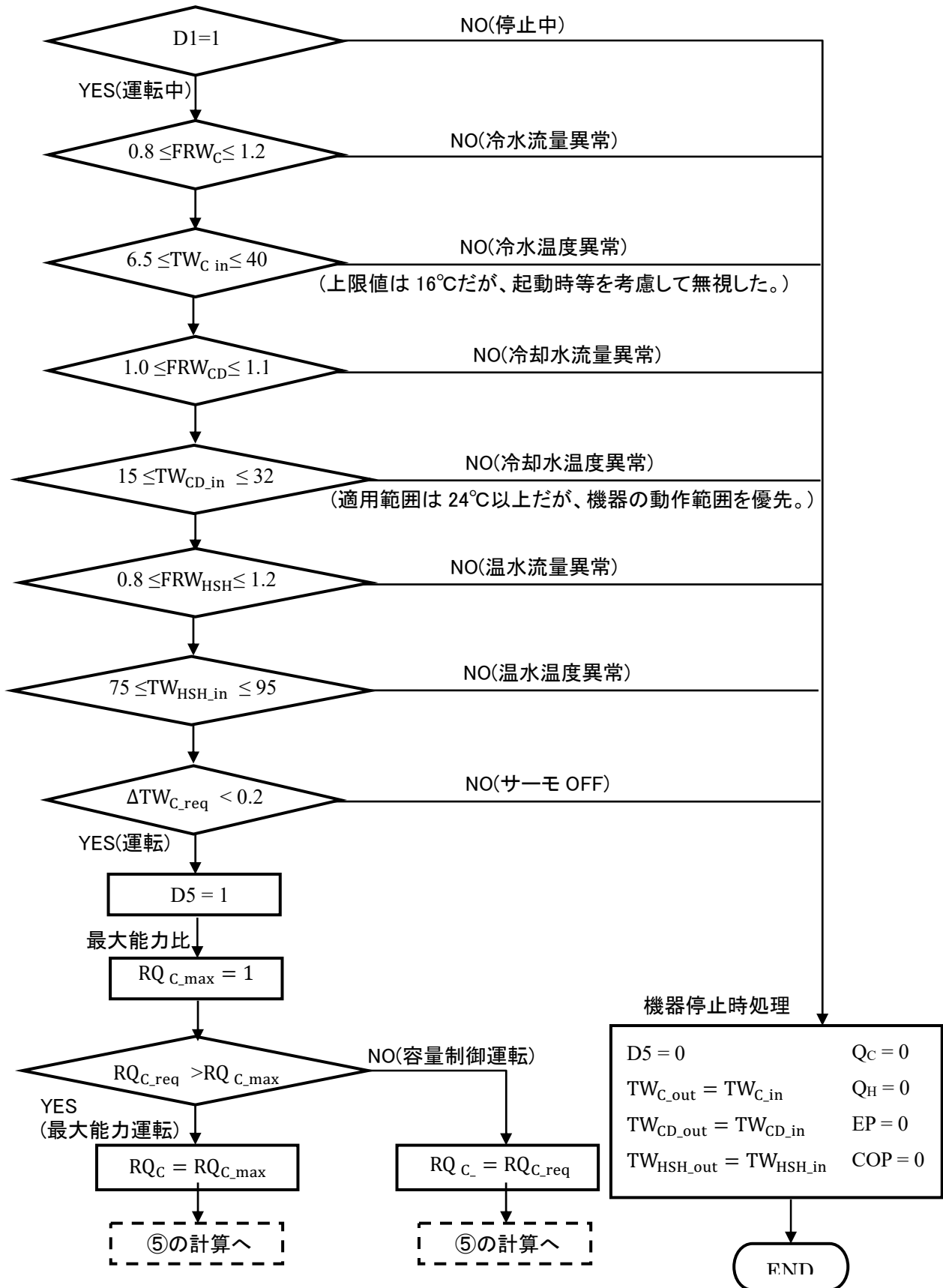


#### ③ 入力温度の処理 (要求負荷率の計算)

入力温度の処理は 2.6.3.4 項③と全く同様である。要求負荷率は発停に関わらず計算する。

#### ④ 発停入力 D1 の処理と入力変数の適用範囲確認

(a) 発停入力、循環水量、サーモ発停の処理

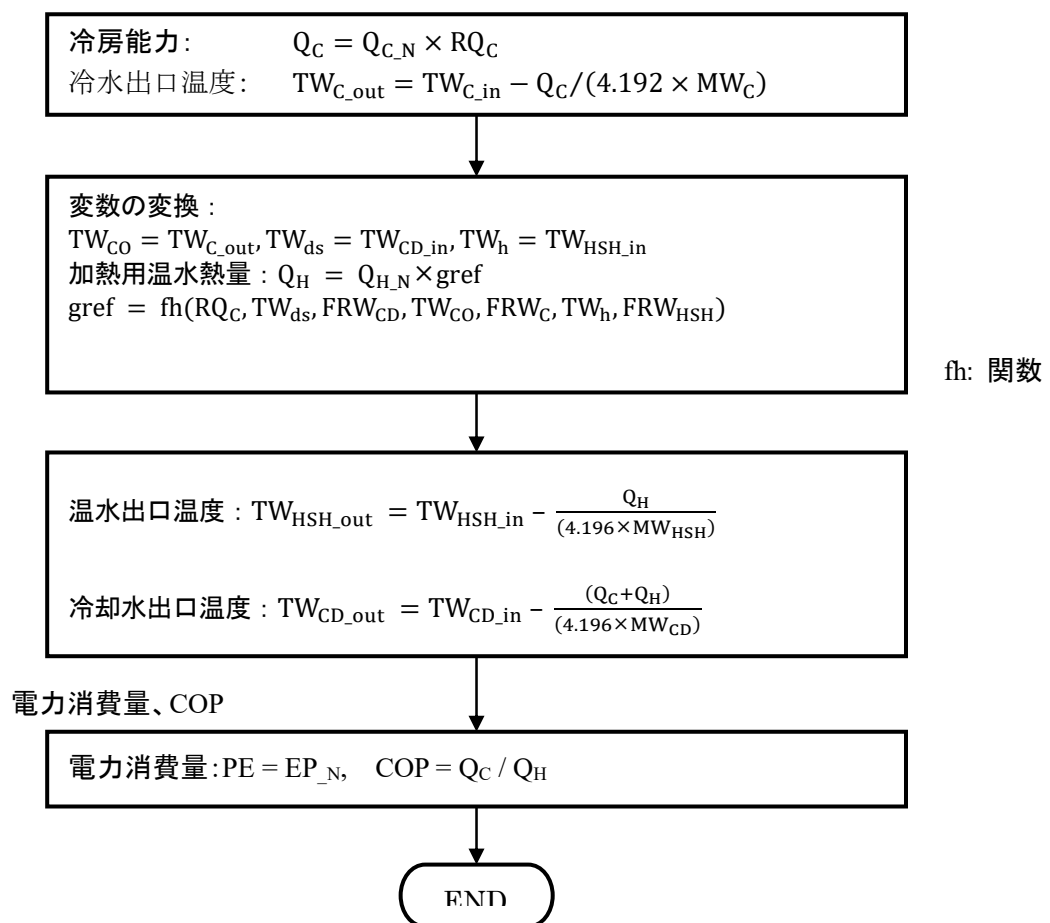


④の処理の前半では、発停入力、入力変数値の確認、要求負荷率から発停の判断を行う。冷凍機停止の場合、循環水である冷水、冷却水、熱源温水の出口温度は、直焚機および蒸気焚機と同様、入口温度に等しい値を出力する。

④の処理の後半では、③で計算された要求負荷率 $RQ_{C\_req}$ と冷凍機の最大負荷率 $RQ_{C\_max}$ を比較し、 $RQ_{C\_req} > RQ_{C\_max}$  の場合は最大能力運転となる。この時、冷水出口温度は入力値の冷水設定温度よりも高い温度となる。反対に、 $RQ_{C\_req} \leq RQ_{C\_max}$  の場合は容量制御運転となり、冷水出口温度は設定値通りとなる。

### ⑤ 出力値の計算

冷房能力と冷水流量比から冷水の出口温度を算出する。これらの値は、入口と出口との温度差が負荷率に比例、流量比に反比例することから以下のように求める。



以上で、表 2.6.2-3 および表 2.6.4-4 に示した出力変数が全てのケースにおいて求められる。

### 2.6.4.5. 機器特性の例

以上の計算方法から得られる温水焚吸収式冷凍機の機器特性の計算例を図 2.6.4-2 に示す。  
冷却水温度が 31°C から 20°C に低下すると熱源消費量が若干低減される。

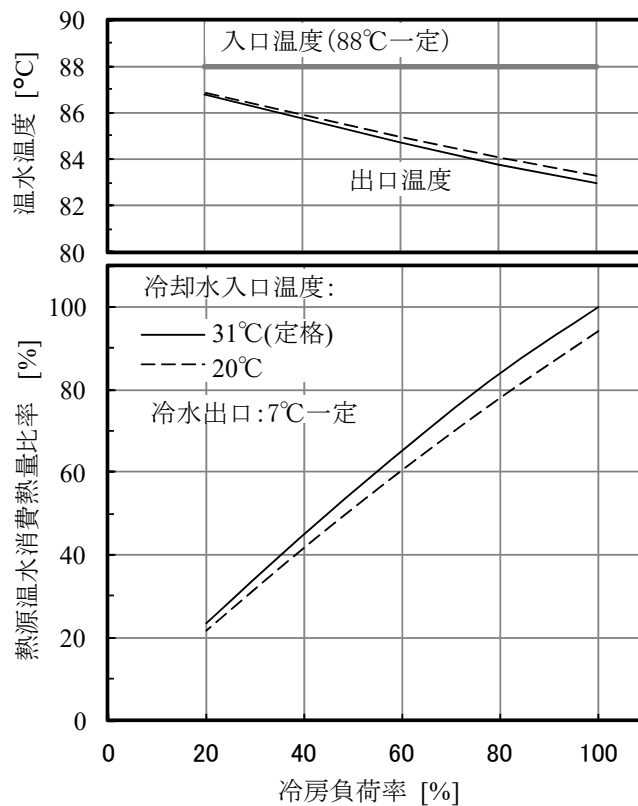


図 2.6.4-2 温水焚吸収式冷凍機の部分負荷特性[1]

### 2.6.5. 参考文献

- [1] 小川聡嗣ほか 7 名: 空気調和・衛生工学会大会講演論文集 (2012-9) OS-18, pp.1395-1398.
- [2] 田端康宏ほか 10 名: 空気調和・衛生工学会大会講演論文集 (2011-9) OS-26, pp.1731-1734
- [3] 田端康宏ほか 10 名: 空気調和・衛生工学会大会講演論文集 (2012-9) OS-13, pp.1375-1378



## 2.7. 排熱投入型吸収式冷凍機<sup>[1]</sup>

### 2.7.1. モデルの概要

#### 2.7.1.1. モデル化の方針

排熱投入型吸収式冷凍機の実態については、コージェネレーション検討 SWG での検討結果<sup>[2]</sup>により、直焚き吸収冷温水機の実態をベースとして、排熱投入による燃料消費量の削減や負荷率に応じた排熱利用可能量が計算できるモデルが構築された。本稿はこのモデルに(社)日本冷凍空調工業会 吸収式冷凍機技術専門委員会(石崎修司 委員長、以下「日冷工」とする)から提供された三重効用機の実態データを反映、改訂したものである。

#### 2.7.1.2. 対象機種

本章では、直焚方式二重効用および三重効用、および蒸気焚二重効用の排熱投入型吸収冷温水機を対象とする。二重効用機については、直焚、蒸気焚ともにベース機種の選択により標準機、高効率機、高期間効率機に対応している。

#### 2.7.1.3. 入出力変数の構成

入出力の概略構成を図 2.7.1-1 に示す。詳細は入出力変数の項で示す。

#### 2.7.1.4. 定格条件 (出典: JIS B-8622-2002)

定格条件は前章の吸収式冷凍機と同様である。冷房運転時と暖房運転時の冷温水温度と冷却水温度の定格条件を、表 2.7.1-1 に示す。また、性能試験時の試験条件を表 2.7.1-2 に示す。なお、排温水については機種によって異なるため、特には規定されていない。

表 2.7.1-1 吸収冷温水機の JIS 定格条件

	冷(温)水		冷却水	
	入口温度	出口温度	入口温度	出口温度
冷房運転(冷却能力)	(12℃)	7℃	32℃	(37.5℃)
暖房運転(加熱能力)	—	55℃	—	—

備考:表中の( )内数値は、参考値

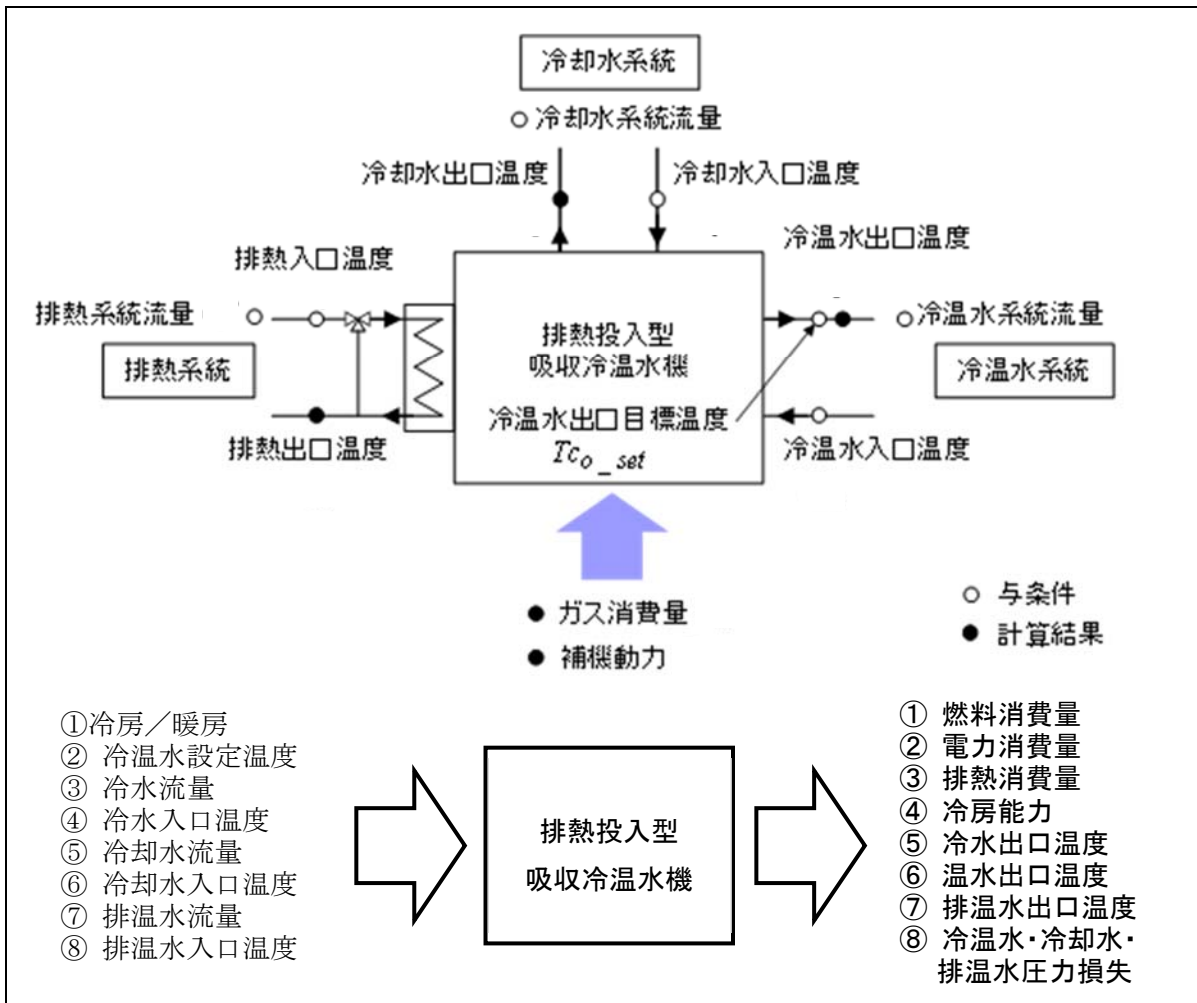


図 2.7.1-1 排熱投入型冷温水機の計算モデル<sup>[2]</sup>

表 2.7.1-2 性能試験時の試験条件

項目	試験条件
電源	定格周波数、定格電圧(その公差は各々の定格の±2%とする)
冷水	出口温度 7±0.5℃、流量 定格値の±5%
冷却水	入口温度 32±0.5℃、流量 定格値の±5%
温水	出口温度 55±1.0℃、流量 定格値の±5%
燃料の発熱量及び圧力	仕様書記載の燃料及び供給条件(圧力、温度など)とする

### 2.7.1.5. 排熱投入機共通の設定項目

ここで、排熱投入型吸収式冷凍機共通の設定項目を表 2.7.1-3 に示す。記号の末尾の”\_N” は定格(ノルマル)値であることを示している。また、No.1~12 は表 2.6.1-4 の項目と同一である。表 2.6.1-4 では、No.4とNo.5の「冷温水」は、蒸気焚の機種では「冷水」となる。入力フォームではこれらの他に「相数」「電圧」「周波数」「力率」の入力欄がある場合がある。計算結果には影響しないが、機器の識別等の目的で設定しても良い。

表 2.7.1-3 排熱投入型吸収式冷凍機の共通設定項目

熱源 排熱投入機機共通設定項目					
モード	No.	名称	記号	単位	標準値
冷房時	1	定格冷房能力	$Q_{C\_N}$	kW	
	2	定格冷水入口温度	$TW_{C\_in\_N}$	°C	12
	3	定格冷水出口温度	$TW_{C\_out\_N}$	°C	7
	4	定格冷温水流量	$VW_{CH\_N}$	m <sup>3</sup> /h	(冷暖共通)
	5	定格冷温水圧力損失	$DP_{CH\_N}$	kPa	(冷暖共通)
	6	定格冷却水入口温度	$TW_{CD\_in\_N}$	°C	32
	7	定格冷却水出口温度	$TC_{D\_out\_N}$	°C	37
	8	定格冷却水流量	$V_{CD\_N}$	m <sup>3</sup> /h	
	9	定格冷却水圧力損失	$DP_{CD\_N}$	kPa	
	10	定格電力消費量 (冷房時)	$EP_{C\_N}$	kW	
	11	熱源の比例制御下限	$RQ_{C\_min}$	(0~1)	0.2
	12	定格排温水入口温度	$TW_{HSH\_in\_N}$	°C	90
	13	定格排温水出口温度	$TW_{HSH\_out\_N}$	°C	80
	14	定格排温水流量	$VW_{HSH\_N}$	m <sup>3</sup> /h	
	15	定格排温水圧力損失	$DP_{HSH\_N}$	kPa	
	16	定格排温水消費熱量	$Q_{HSH\_N}$	kW	
	17	排温水入口下限温度	$TW_{HSH\_in\_min}$	°C	75 (原則固定)
	18	排温水出口下限温度	$TW_{HSH\_out\_min}$	°C	75
	19	排温水流量比下限値	$VW_{min}$	-	0.5 (*1)

\*1: 二重効用機は 0.5 以上、三重効用機は 0.7 以上の値とすること。

定格圧力損失は仕様表などで損失水頭[m]で表されている場合がある。その場合は次式で kPa に変換する。

$$\Delta p [\text{kPa}] = \rho \cdot g \cdot \Delta h [\text{m}] / 1000 \quad \dots(2.7.1.1)$$

密度 $\rho$ の値は表 2.6.1-5 を参考にして、冷水の場合は 999.7, 冷却水の場合は 995.7, 暖房時の温水は 983.2, 排温水は 971.8 とする、また重力加速は  $g = 9.8 [\text{m/s}^2]$  とする。

表 2.7.1-4 水の温度と密度、比熱の関係

温度 $TW$ [°C]	10	30	60	80
密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	999.7	995.7	983.2	971.8
比熱 $c_p$ [kJ/(kg·K)]	4.192	4.178	4.184	4.196

## 2.7.2. 直焚・排熱投入型吸収冷温水機

### 2.7.2.1. 対象機種

本節では、直焚方式の二重効用および三重効用の排熱投入型吸収冷温水機を対象とする。二重効用機についてはベース機種の選択により標準機、高効率機、高期間効率機に対応している。

### 2.7.2.2. 機器仕様の設定項目

排熱投入型直焚吸収冷温水機の機器仕様としては、表 2.7.1-3 の共通項目に加えて、下記表 2.7.2-1 の項目を設定する。

表 2.7.2-1 排熱投入型直焚吸収冷温水機の設定項目

熱源 排熱投入型直焚吸収冷温水機					
モード	No.	名称	記号	単位	標準値
冷房時	20	排熱停止時定格熱源消費量	F <sub>C,N</sub>	kW	
暖房時	21	定格暖房能力	Q <sub>H,N</sub>	kW	
	22	定格温水入口温度	TW <sub>H,in,N</sub>	°C	
	23	定格温水出口温度	TW <sub>H,out,N</sub>	°C	
	24	定格燃料消費量	F <sub>H,N</sub>	kW	
	25	高温熱源の比例制御下限	RQ <sub>H,min</sub>	(0~1)	0.25
冷暖共通	30	燃料の種類 (G / K / A)	Fuel	-	G

冷温水流量、圧力損失および定格消費電力は冷房時と暖房時で共通である。暖房時には冷却水および排温水は通水されないものとする。機器の仕様値としては、他に相数、電圧、周波数、力率があるが、実際の計算では使用しない。また、冷水、冷却水および温水の最小流量は定格値の50%固定とし、この値を下回ると冷凍機は異常停止するものとする。排温水の最小流量は定格値の70%固定とし、この値を下回ると排熱回収は行わないものとする。定格圧力損失については2.6.1.5項の通りである。

### 2.7.2.3. 入出力変数

#### ① 入力変数

排熱投入型直焚吸収冷温水機の入力変数を表 2.7.2-2 に示す。排熱投入信号 D3 は、温水利用の優先順位が低い場合等に排熱投入を強制的に停止する際に用いる。No.5~7の冷温水関係の入力は、冷房時と暖房時で同じ変数を用いるものとした。D4 は一般的な入力ではないが、今後の省エネ運用システムへの対応として加えた。

表 2.7.2-2 排熱投入型直焚吸収冷温水機の入力変数

No.	名称	記号	単位	D / A
1	運転信号 (0: 停止, 1: 運転)	D1	(0/1)	D
2	運転モード (0: 冷房, 1: 暖房)	D2	(0/1)	D
3	排熱投入信号 (0: なし, 1: あり)	D3	(0/1)	D
4	高温熱源投入信号 (0: なし, 1: あり)	D4	(0/1)	D (既定値は 1)
11	冷温水設定温度 (冷房時・暖房時)	TW <sub>CH,out,set</sub>	°C	A
12	冷温水入口温度 (冷房時・暖房時)	TW <sub>CH,in</sub>	°C	A
13	冷温水流量 (冷房時・暖房時)	VW <sub>CH</sub>	m <sup>3</sup> /h	A
14	冷却水入口温度 (冷房時)	TW <sub>CD,in</sub>	°C	A
15	冷却水流量 (冷房時)	VW <sub>CD</sub>	m <sup>3</sup> /h	A
16	排温水入口温度 (冷房時)	TW <sub>HSH,in</sub>	°C	A
17	排温水流量 (冷房時)	VW <sub>HSH</sub>	m <sup>3</sup> /h	A

## ② 出力変数

排熱投入型直焚吸収冷温水機の出力変数を表 2.7.2-3 に示す。No.2 の排熱投入運転は、入力 No.3 の D3=1 であっても排温水が条件を満たさない場合に D6=0 となる。No.14 の排熱ベース成績係数は排熱単独運転時にのみ定義、適用される。

表 2.7.2-3 排熱投入型直焚吸収冷温水機の出力変数

No.	名称	記号	単位	D / A
1	サーモ発停 (0: 停止, 1: 運転)	D5	(0/1)	D
2	排熱投入運転 (0: なし, 1: あり)	D6	(0/1)	D
11	冷温水出口温度 (冷房時・暖房時)	TW <sub>CH_out</sub>	°C	A
12	冷温水圧力損失 (冷房時・暖房時)	DP <sub>CH</sub>	kPa	A
13	冷却水出口温度 (冷房時)	TW <sub>CD_out</sub>	°C	A
14	冷却水圧力損失 (冷房時)	DP <sub>CD</sub>	kPa	A
15	排温水出口温度 (冷房時)	TW <sub>HSH_out</sub>	°C	A
16	排温水圧力損失 (冷房時)	DP <sub>HSH</sub>	kPa	A
17	冷房能力 (冷房時)	Q <sub>C</sub>	kW	A
18	暖房能力 (暖房時)	Q <sub>H</sub>	kW	A
19	熱源消費量 (冷房時・暖房時)	F <sub>CH</sub>	kW	A
20	電力消費量 (冷房時・暖房時)	EP	kW	A
21	熱源消費量 (冷房時)	Q <sub>w</sub>	kW-	A
22	燃料ベース成績係数 (冷房時・暖房時)	COP <sub>F</sub>	-	A
23	排熱ベース成績係数 (冷房時)	COP <sub>w</sub>	-	A
24	熱源削減率 (冷房時)	RR <sub>F</sub>	-	A

表 2.6.2-3 において、No.19, 21, 24 の熱源は燃料を表している。No.19 の熱源消費量は発生熱量である。

## ③ 入力変数の範囲

①で示したアナログ入力値の上限と下限、および範囲外の入力時の処理を表 2.7.2-4 に示す。

表 2.7.2-4 排熱投入型直焚吸収冷温水機の入力変数の範囲

運転モード	入力 No.	名称	定格値	上限値	範囲外の処理	下限値	範囲外の処理
冷房時	11	冷水設定温度	7°C	12°C	設定不可	5°C	設定不可
	12	冷水入口温度	12°C	15°C	運転継続	10°C	運転継続
	13	冷水流量(比)	100%	100%	運転継続	50%	運転停止
	14	冷却水入口温度	32°C	34°C	運転継続	22°C	運転継続
	15	冷却水流量(比)	100%	100%	運転継続	50%	運転停止
	16	排温水入口温度	90°C	95°C	排熱投入停止	T3in_min	排熱投入停止
	17	排温水流量(比)	100%	100%	運転継続	vw_min	排熱投入停止
暖房時	11	温水設定温度	60°C	62°C	設定不可	45°C	設定不可
	12	温水入口温度	56°C	57.6°C	サーモ OFF	40.6°C	運転継続
	13	温水流量(比)	100%	100%	運転継続	50%	運転停止

#### ④ モード別入出力のまとめ

以上の入出力をモード別に、吸収式冷凍機と同様にまとめると図 2.7.2-1 のようになる。

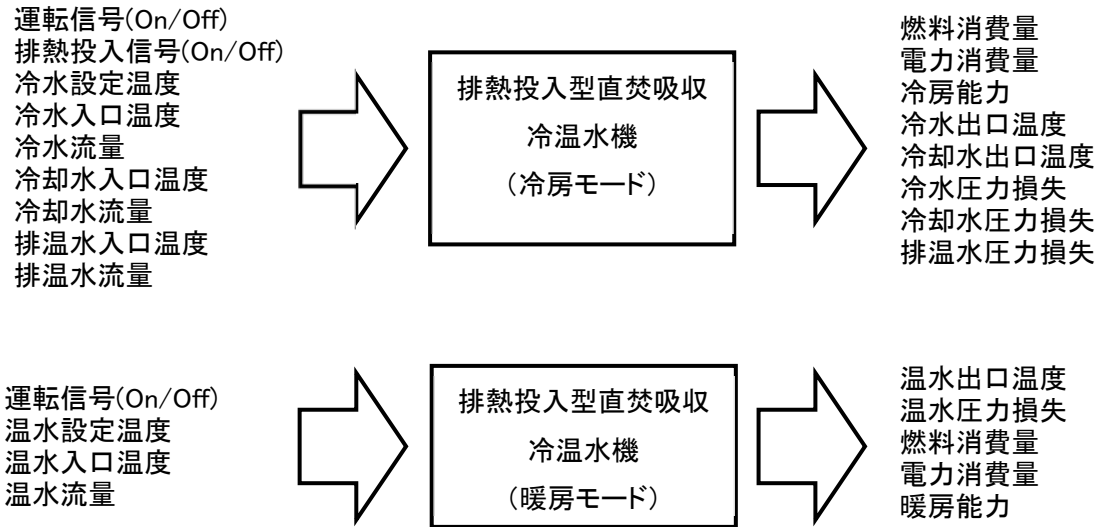


図 2.7.2-1 排熱投入型直焚吸収冷温水機の入出力

## 2.7.2.4. 計算方法

### (1) 計算全体のフロー

特性計算全体のフローを図 2.7.2-2 に示す。図中の①～⑧は(3)「特性値の計算」の項目①～⑧に対応している。運転モードは表 2.7.2-2 の入力 No.1, 2, 3(D1, D2, D3)によって、冷房(排熱投入有)、冷房(排熱投入無)、暖房、停止の3種類のいずれかが与えられ、図中の④で処理される。冷房および暖房モードでは、入力値から負荷率を算出して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。

④で冷房運転時に ON と判定されると、次に排熱の有無の判定を行う。この判定は入力値である排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、次に排熱単独運転の可否が判定され、この結果により排熱単独運転と燃料追焚運転(⑦)に処理が分かれる。

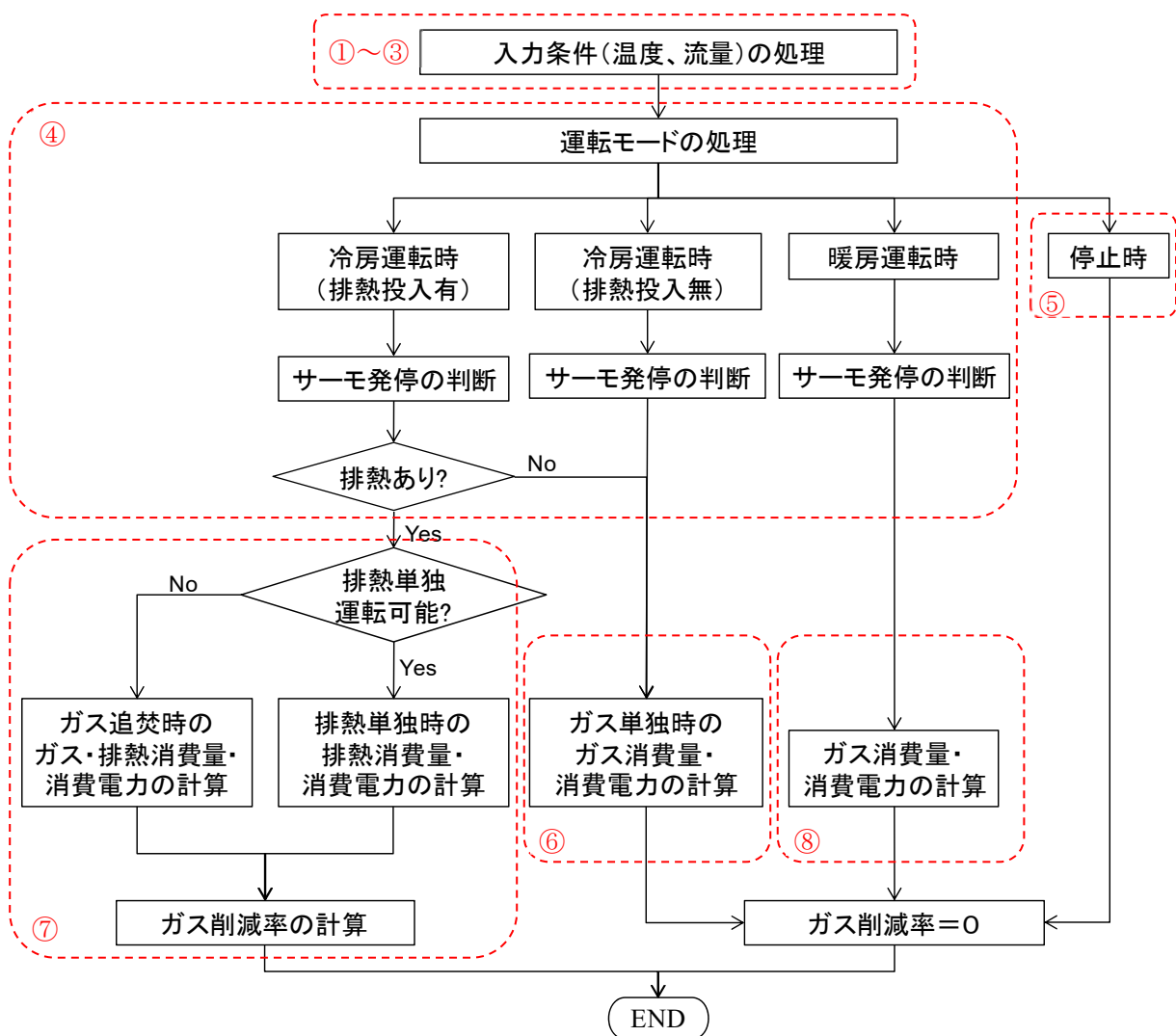


図 2.7.2-2 排熱投入型冷温水機の特性計算フロー[1](一部追記)

④において、「排熱あり」となった場合の排熱消費量は、図 2.7.2-3 の関係から算出する。図中の(1)~(3)は以下の熱量を表しており、これらのうちの最小値が実際の排熱消費量となる。

- (1) 排熱単独運転による排熱回収量
- (2) 排温水出口温度下限値による制限
- (3) 排熱・燃料併用運転時の排熱回収量

なお本稿では、(2)の制限値が排熱側の条件で決まることからこれを「最大排熱投入量」と定義する。

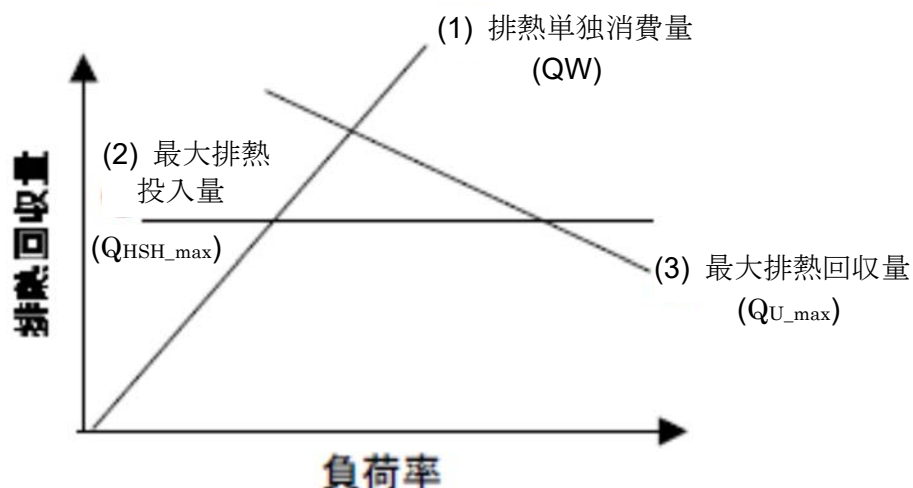


図 2.7.2-3 排熱消費量計算の概念図

次に、図 2.7.2-2 の⑦に関する計算の概念図を図 2.7.2-4 に示す。はじめに、冷水需要量を求め、この需要量と排熱のポテンシャル(排熱入口温度、排熱流量)によって、排熱投入量を算出する。算出した排熱投入量を用いて、ガス量や全ての系統における出口温度を算出する。

主な特性値の計算を行った後、排熱ありの場合は次式 1)で定義されるガス削減率が図 2.7.2-5 の考え方によって算出される。

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



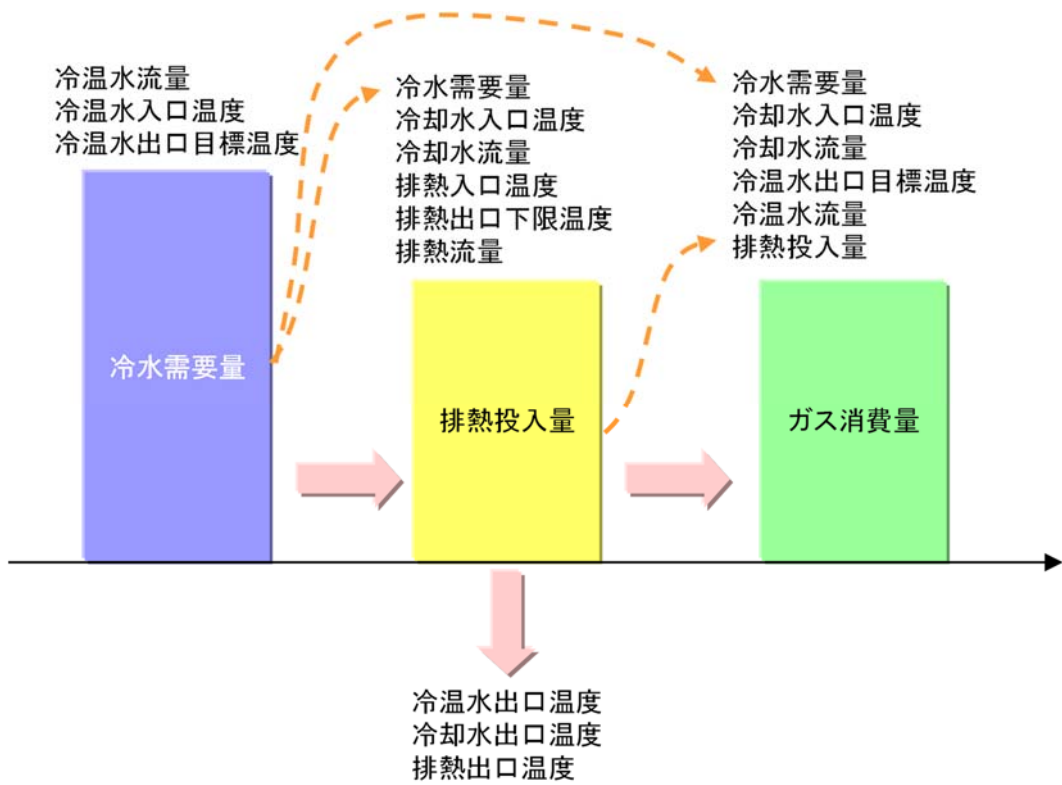


図 2.7.2-4 排熱投入・冷房運転時の特性計算の概念<sup>2)</sup>

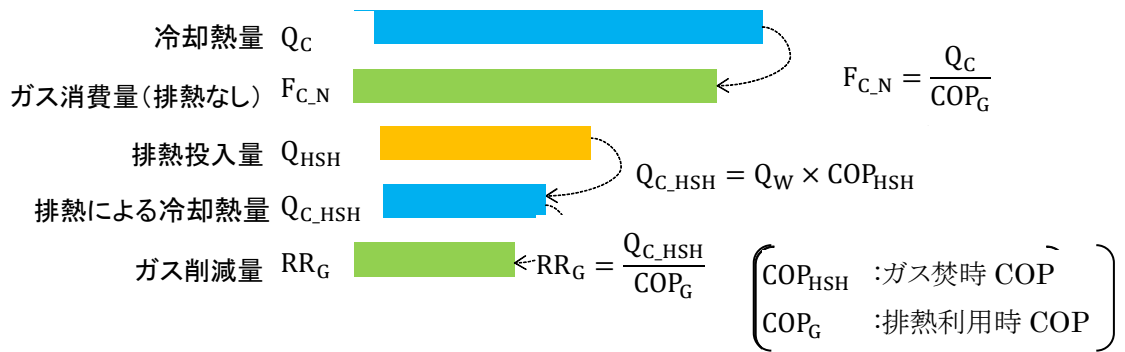


図 2.7.2-5 ガス削減率の概念図

また、排熱無しの場合、および暖房運転時と停止時は通常の直燃き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。

## (2) 機器仕様の整理 (計算開始時に処理)

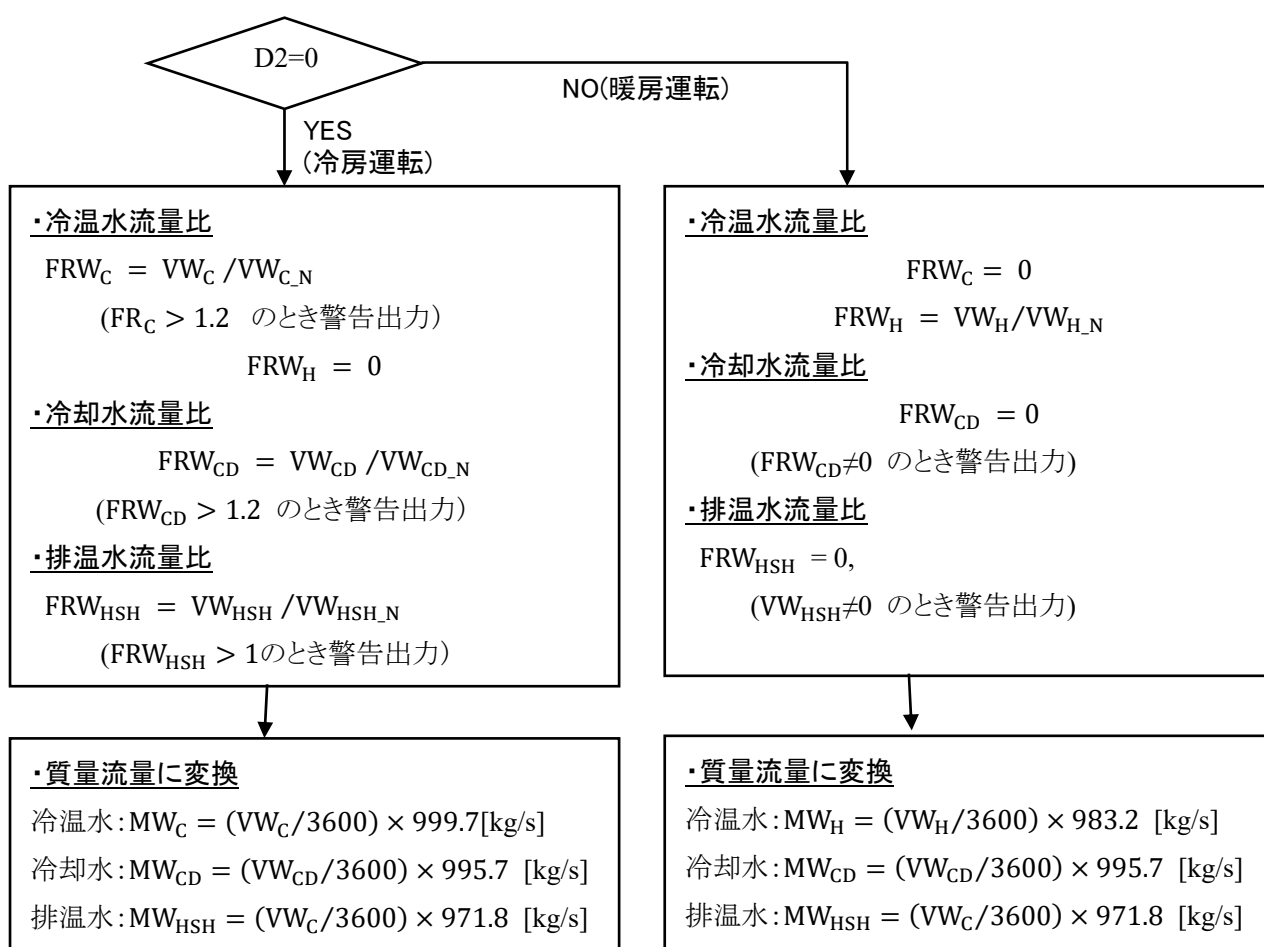
計算開始時には表 2.7.1-3 の機器仕様から得られる設定項目の整理を以下のように行う。

定格冷水温度差(冷房時):  $\Delta TW_{C\_N} = TW_{C\_in\_N} - TW_{C\_out\_N}$   
 定格冷却水温度差(冷房時):  $\Delta TW_{CD\_N} = TW_{CD\_out\_N} - TW_{CD\_in\_N}$   
 定格排温水温度差(冷房時):  $\Delta TW_{HSH\_N} = TW_{HSH\_out\_N} - TW_{HSH\_in\_N}$   
 定格温水温度差(暖房時):  $\Delta TW_{H\_N} = TW_{H\_out\_N} - TW_{H\_in\_N}$

## (3) 特性値の計算 (計算中に逐次処理)

次に、入力値をもとに、各種流量比、要求温度差比要求負荷率を算出する。

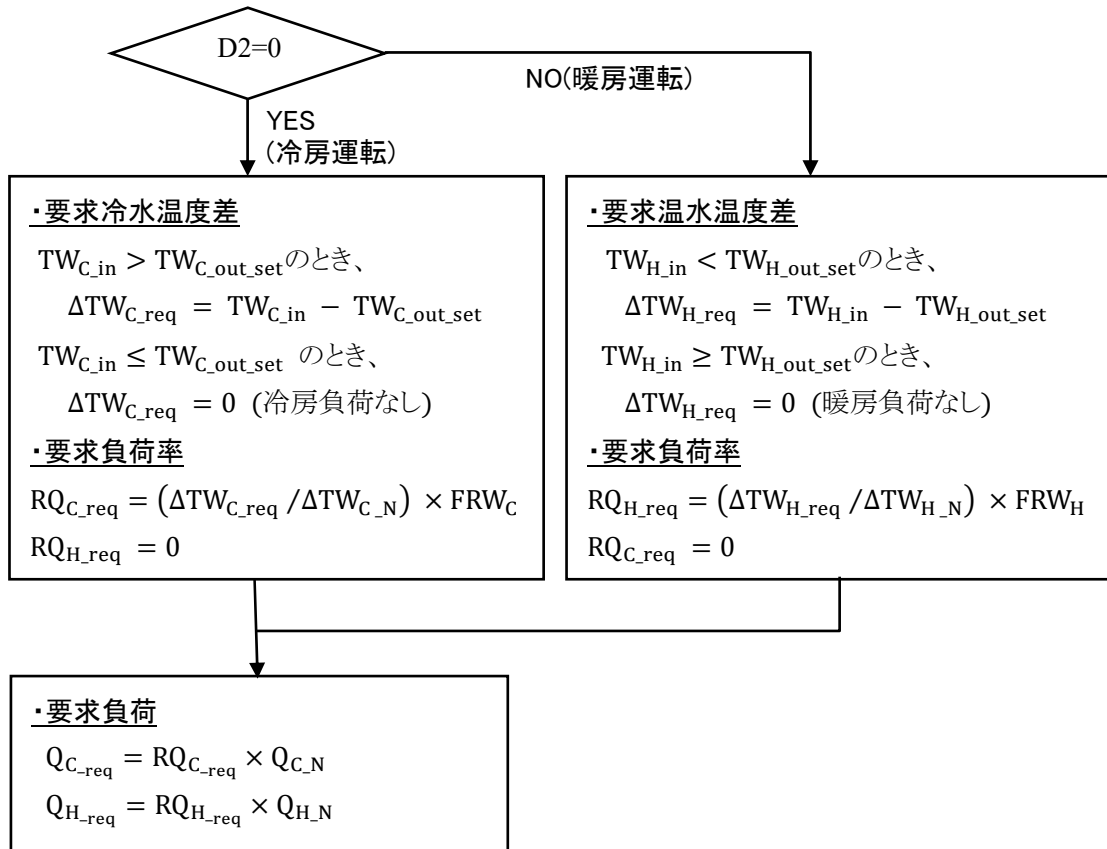
### ① 入力流量の処理 (流量割合 $vc, vd, vw, wh$ の計算)



※ (参考) 水の温度と密度、比熱の関係(前章の表 2.6.1-5 を再掲):

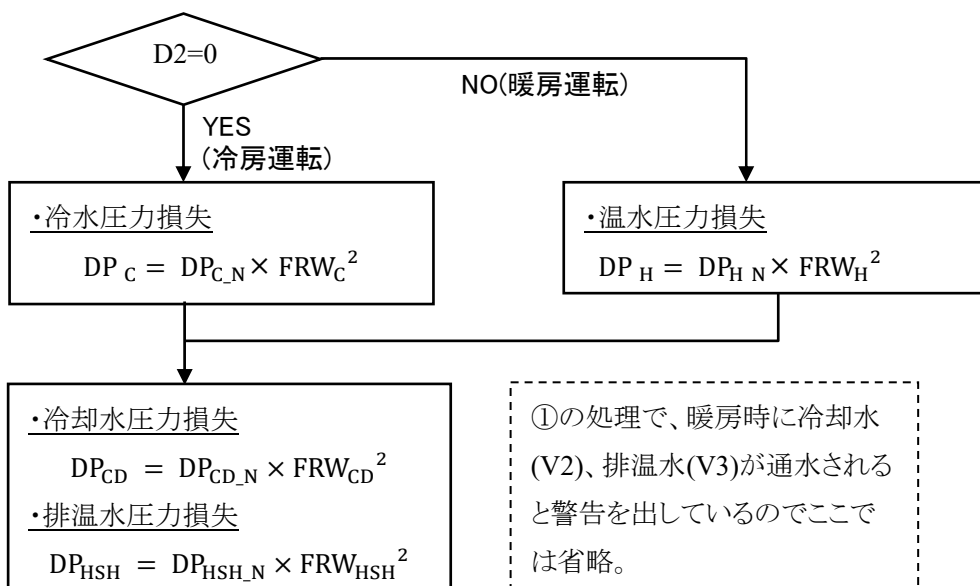
温度 T [°C]	10	30	60	80
密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	999.7	995.7	983.2	971.8
比熱 $c_p$ [kJ/(kg·K)]	4.192	4.178	4.184	4.196

## ② 入力温度の処理 (要求負荷率の計算)

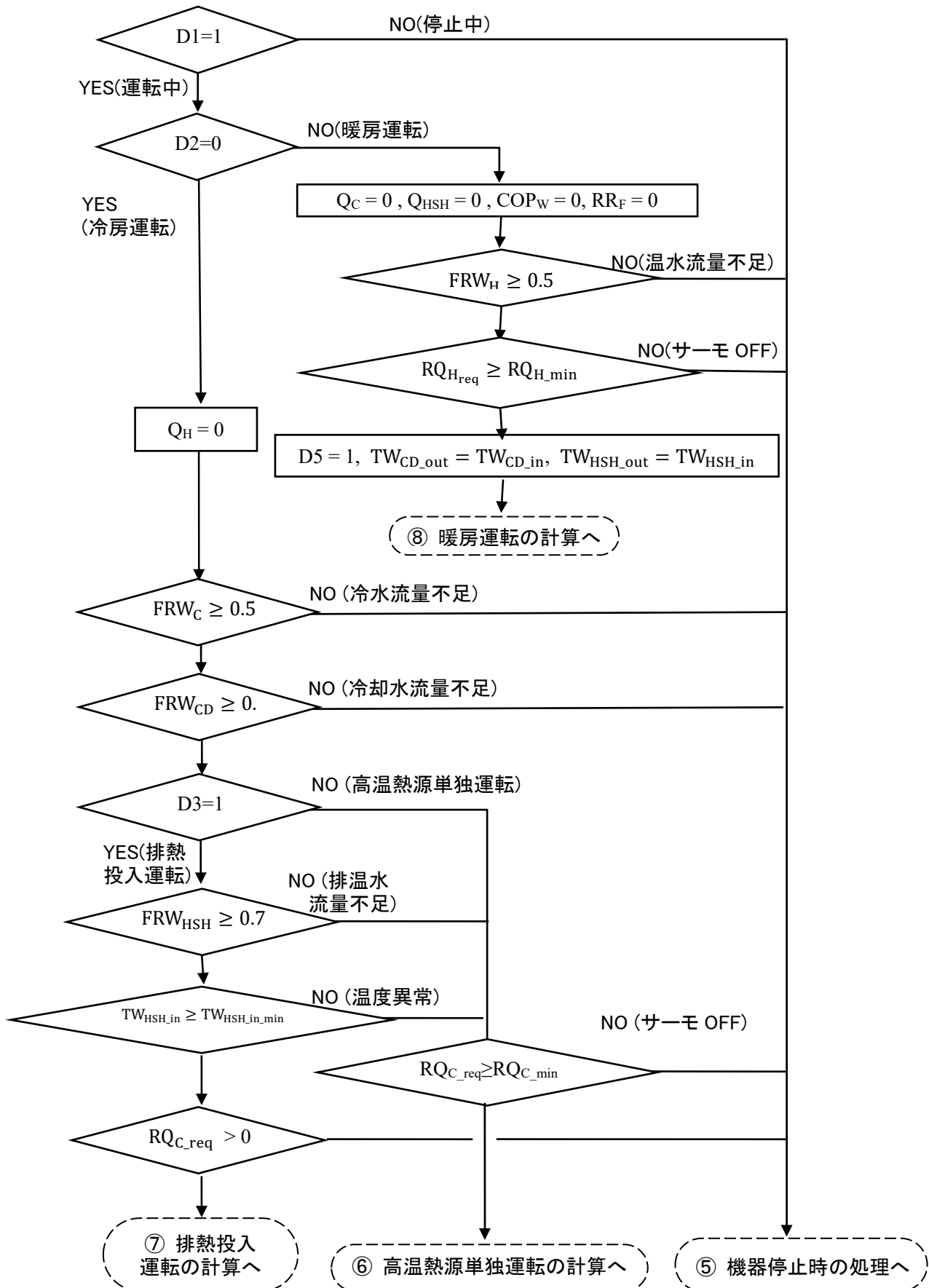


## ③ 圧力損失 $Dp1$ ・ $Dp3$ の計算

冷温水機が OFF であっても、冷水、冷却水/温水が通水されると圧力損失は発生するものとする。

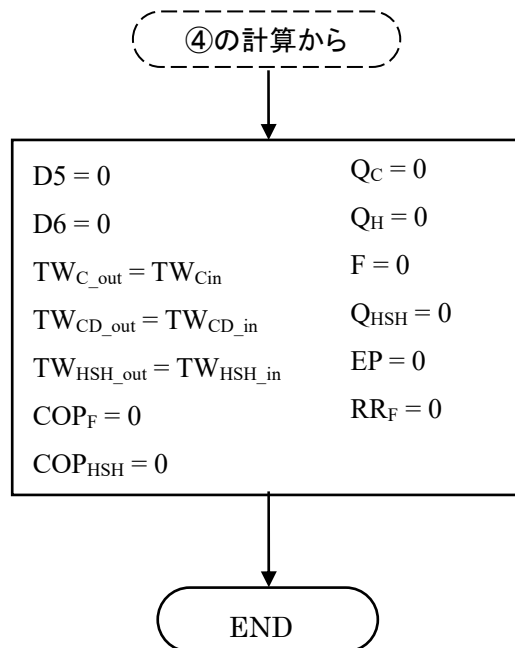


④ 発停入力 D1、運転モード D2 の処理と入力値の確認



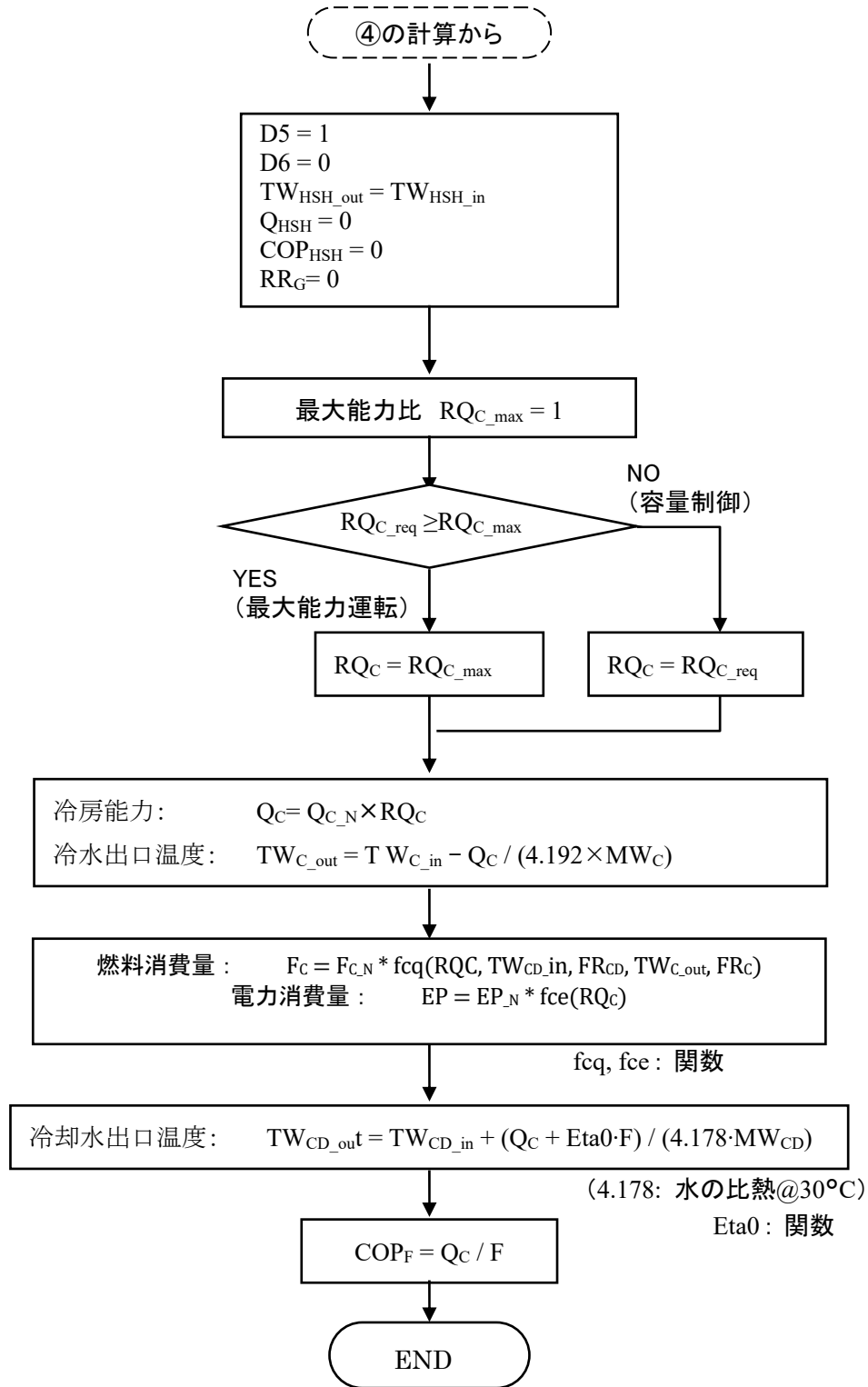
## ⑤ 機器停止時の処理

④のフローで機器停止となった場合は、出力変数に以下の値を設定する。



## ⑥ 高温熱源単独運転の計算

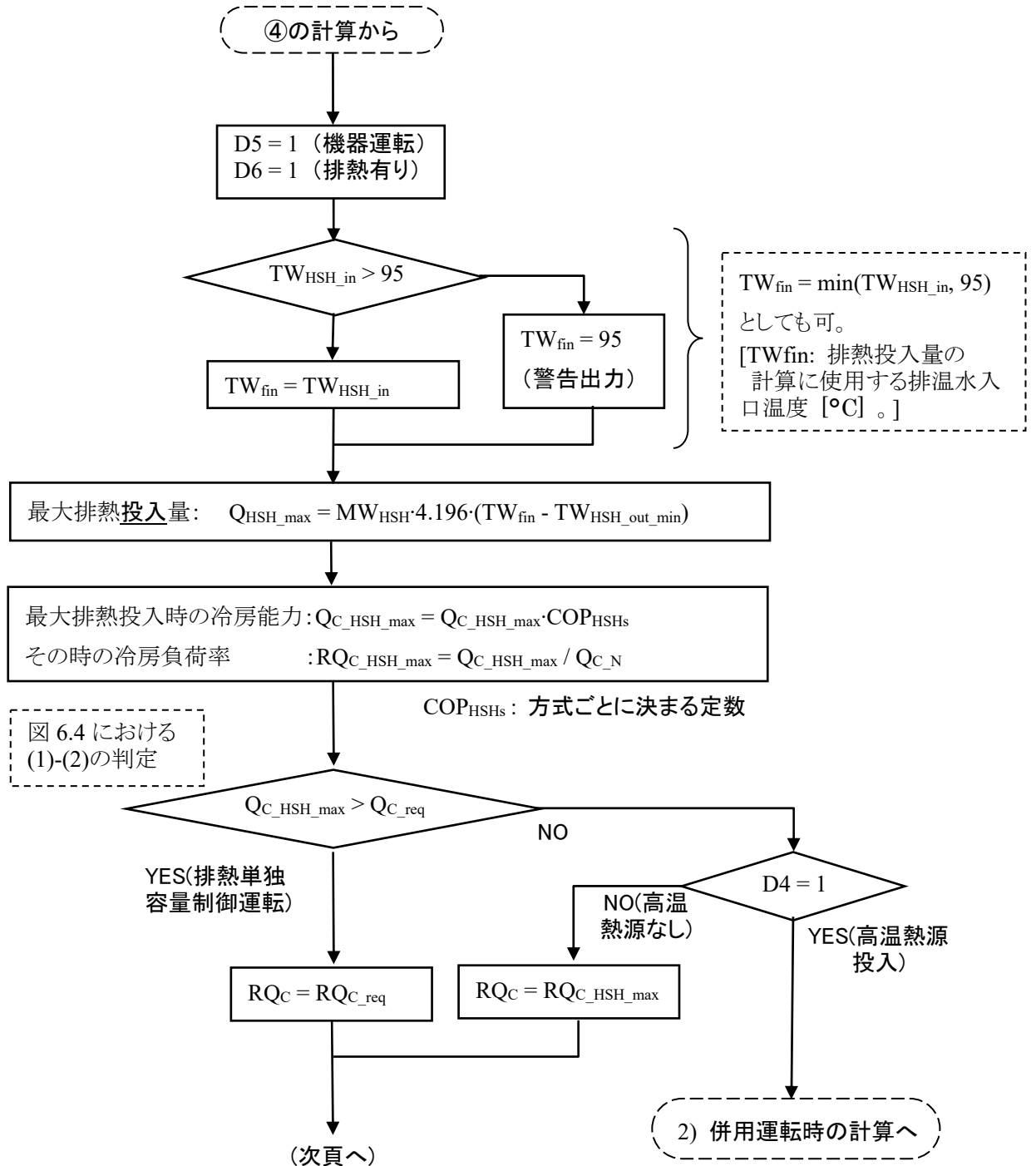
高温熱源単独運転時の特性は、ベースとなる吸収式冷凍機の特性と同一であり、計算フローも前章の吸収式冷凍機の冷房運転時の特性値計算と同じである。

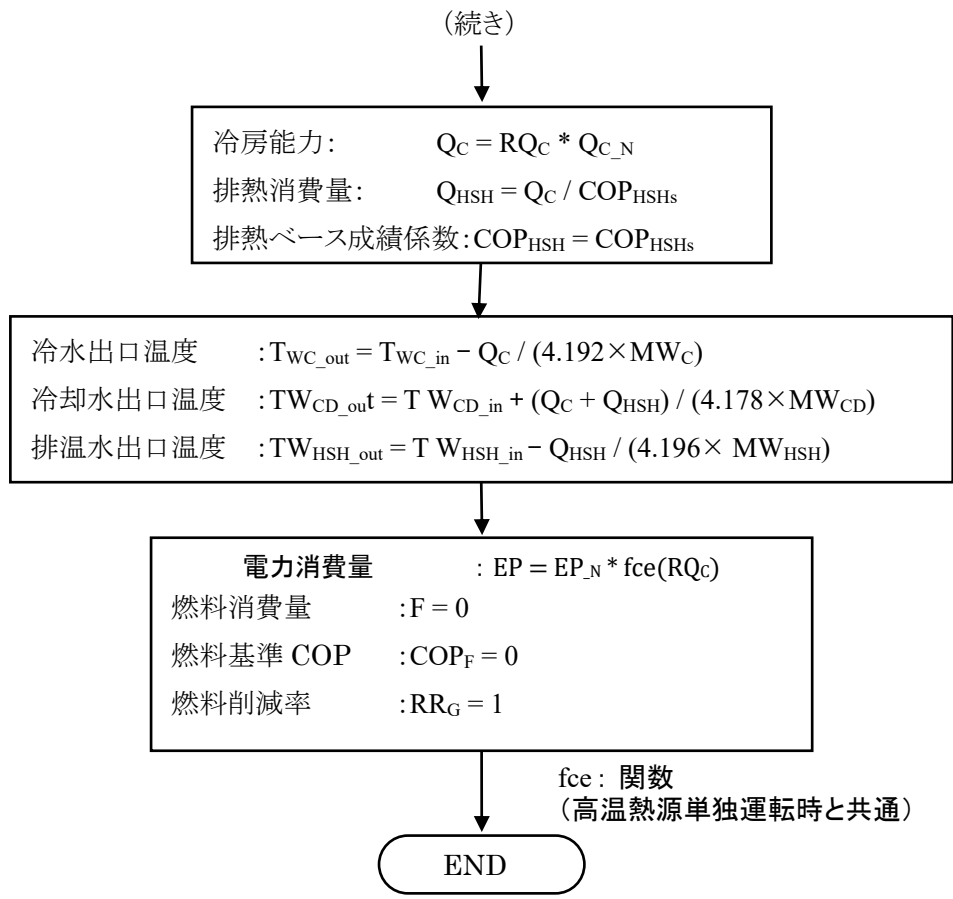


## ⑦ 排熱投入運転の計算

### 1) 排熱単独運転可否の判断と単独運転特性の計算

排熱投入運転では、最初に排熱単独運転の可否を判断する。ここで、高温熱源投入がない場合 (D4=0) は、強制的に排熱単独運転となる。また、排熱単独では能力不足、かつ燃料を投入すると能力過剰という場合は燃料を投入する。この場合、冷水出口温度は設定値よりも低くなる。





2) 高温熱源・排熱併用運転時の特性計算

併用時の排熱回収量は、1)の排温水出口温度によって決まる、図 2.7.2-3 (2)の値『最大排熱投入量( $Q_{HSH\_max}$ )』に加えて、冷凍サイクル側の条件から決まる、図 2.7.2-3 (3)の値『最大排熱回収量( $Q_{U\_max}$ )』によって制限され、これらの小さい方の熱量が排温水から冷凍サイクル内に取り入れられる。これにより、図 2.7.2-6 に示した排熱投入量計算の考え方を反映した。また排温水出口温度のチェックは、排温水出口の下限温度を反映した  $Q_{HSH\_max}$  で排熱消費量を制限することで実装した。

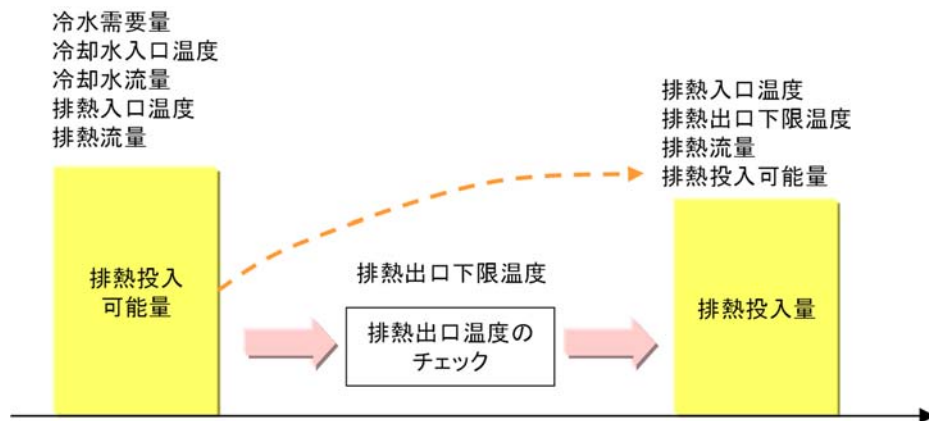
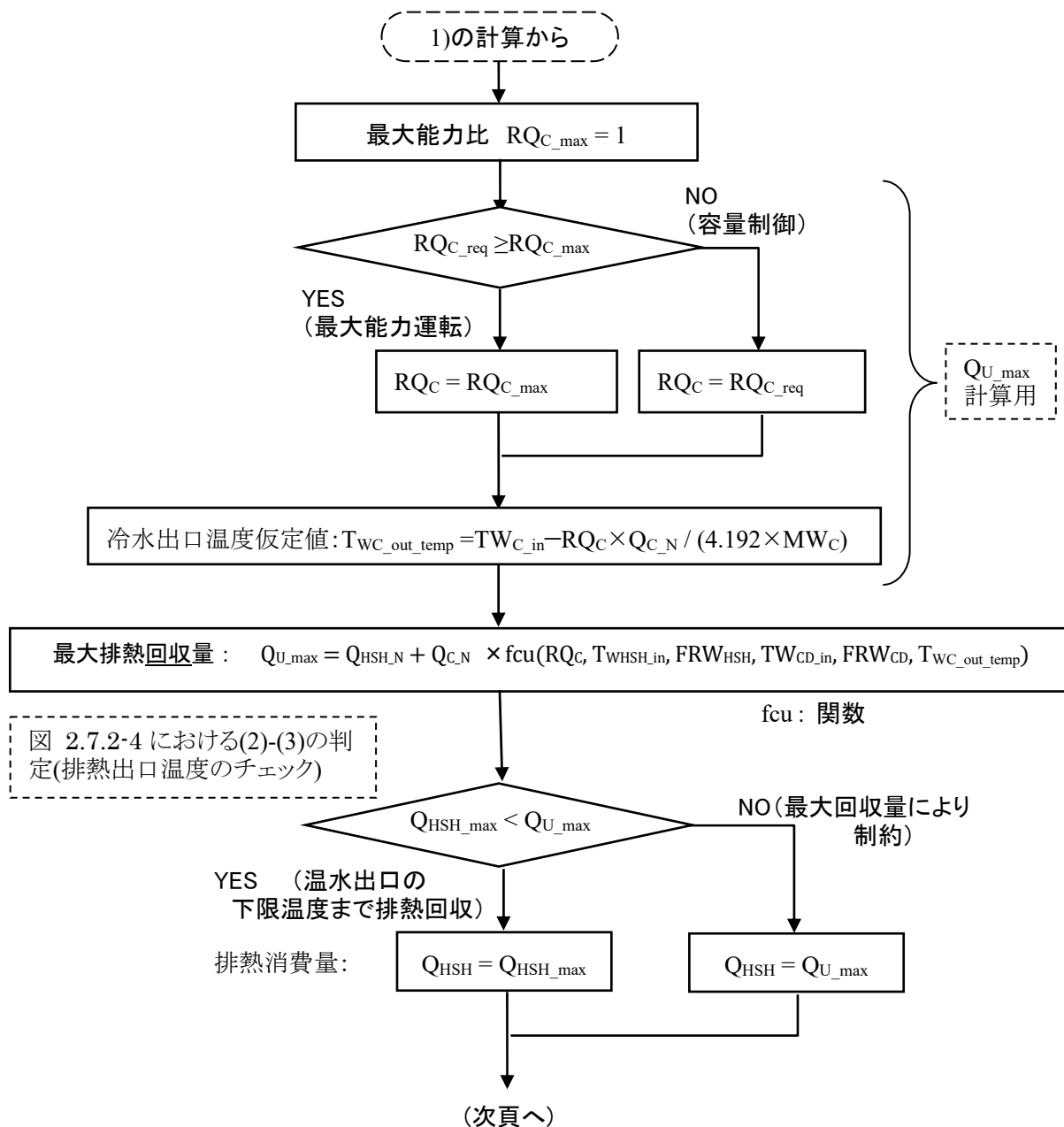


図 2.7.2-6 排熱投入運転時における排熱投入量計算の考え方



フロー図中に示すように、最大排熱回収量  $Q_{U\_max}$  は定格排温水消費熱量  $Q_{HSH\_N}$  を基準とし、そこからの差分の、定格冷房能力  $Q_{C\_N}$  に対する比率を関数  $fcu$  で表すものとした。従って、関数  $fcu$  は定格運転条件において  $Q_{U\_max} = Q_{HSH\_N}$ 、すなわち  $fcu = 0$  となるように作成されている。



(続き)

排温水出口温度:  $TW_{HSH\_out} = TW_{HSH\_in} - Q_{HSH} / (4.196 \cdot MW_{HSH})$   
排熱による冷房能力:  $COP_{HSH} = COP_{HSHs}$   
 $QR_{HSH} = Q_{HSH} \cdot COP_{HSHs}$   
最小熱源投入時冷力:  $QC_{min} = QC_{HSH} + QC_N \times RQC_{min}$   
 $RQC_{HSH\_min} = QC_{min} / QC_N$

COPWs: 方式ごとに決まる定数

$RQC_{req}$

$RQC_{req} < RQC_{HSH\_min}$   
(熱源投入最小)

$RQC = RQC_{HSH\_min}$

$RQC_{HSH\_min} \leq RQC_{req} < RQRmax$   
(容量制御運転)

$RQC = RQC_{req}$

$RQC_{req} \geq RQC_{max}$   
(熱源投入最大)

$RQC = RQC_{max}$

冷房能力:  $QC = QC_N \times RQC$   
冷水出口温度:  $TWC_{out} = TWC_{in} - QC / (4.192 \times MW_C)$

排熱非投入時燃料消費量:  $F_0 = F_{C,N} \times fcq(RQC, TW_{CD,in}, VW_{CD}, TWC_{out}, VW_C)$   
燃料削減率:  $RR_F = QR_{HSH} / QC$   
燃料消費量:  $F = F_0 \times (1 - RR_F)$   
燃料ベース COP:  $COP_F = QR / F$

fcq: 関数

冷却水出口温度:  $TW_{CD,out} = TW_{CD,in} + (QC + Q_{HSH} + Eta0 \cdot F) / (4.178 \times MW_{CD})$

(4.178: 水の比熱@30°C)

Eta0: 関数

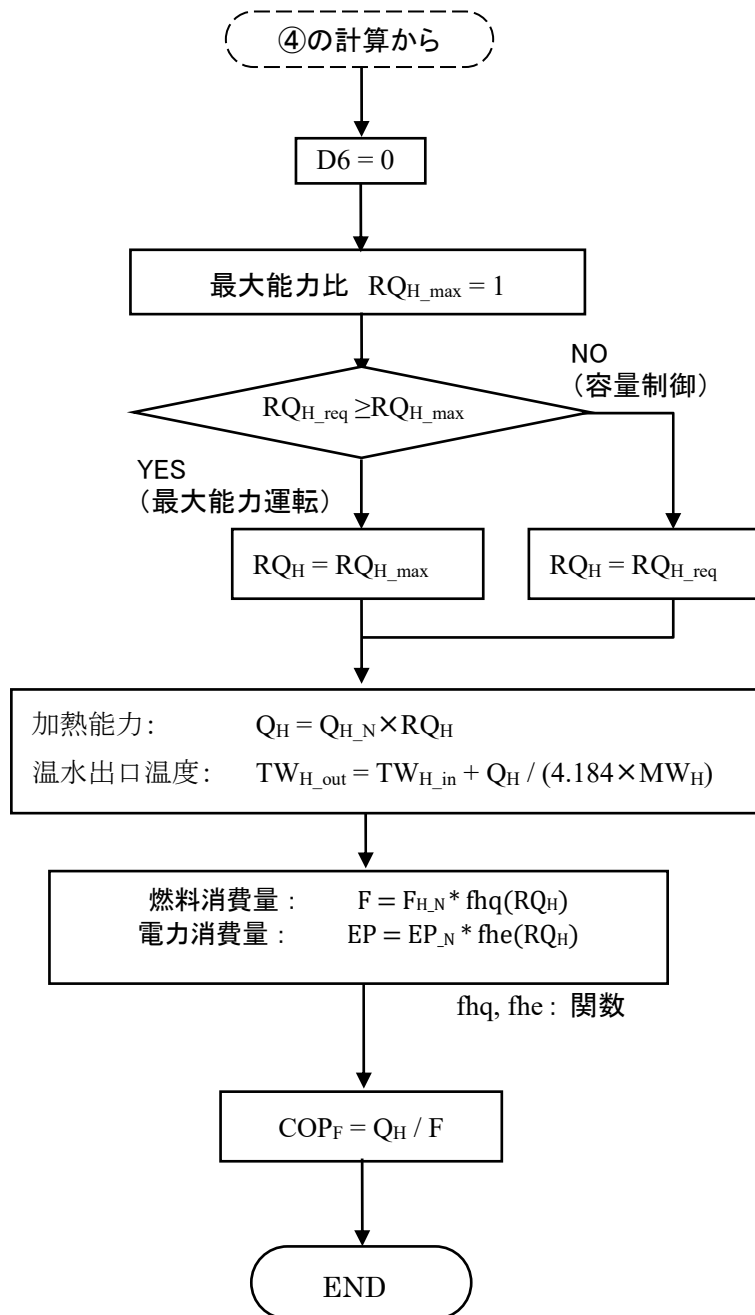
電力消費量:  $EP = EP_N \cdot fce(RQC)$

fce: 関数  
(高温熱源単独運転時と共通)

END

### ⑧ 暖房運転の計算

④のフローにおける暖房運転の計算は以下のように行う。⑥と同様、この計算は前章の直焚吸収冷温水機の暖房運転時の特性値計算と同一である。



### 2.7.2.5. 機器特性の例

運転特性の例として、排熱投入時の回収量とガス削減率の変化を図 2.7.2-7<sup>1)</sup>および図 2.7.2-8 に示す。対象機種は、二重効用機については標準機、高効率機の 2 種類に対して排熱回収容量の異なる 2 種類を設定した 4 種類、これに三重効用機を加えた計 5 種類とした。

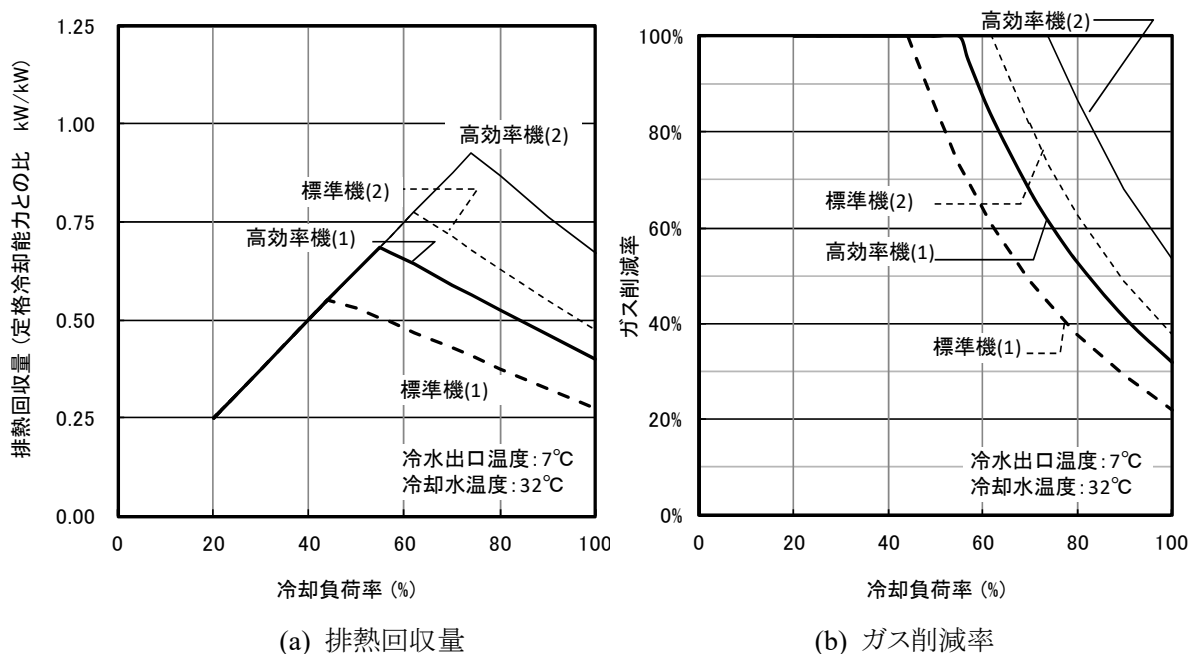


図 2.7.2-7 排熱投入型吸収冷温水機の特長(二重効用機の例)<sup>1)</sup>

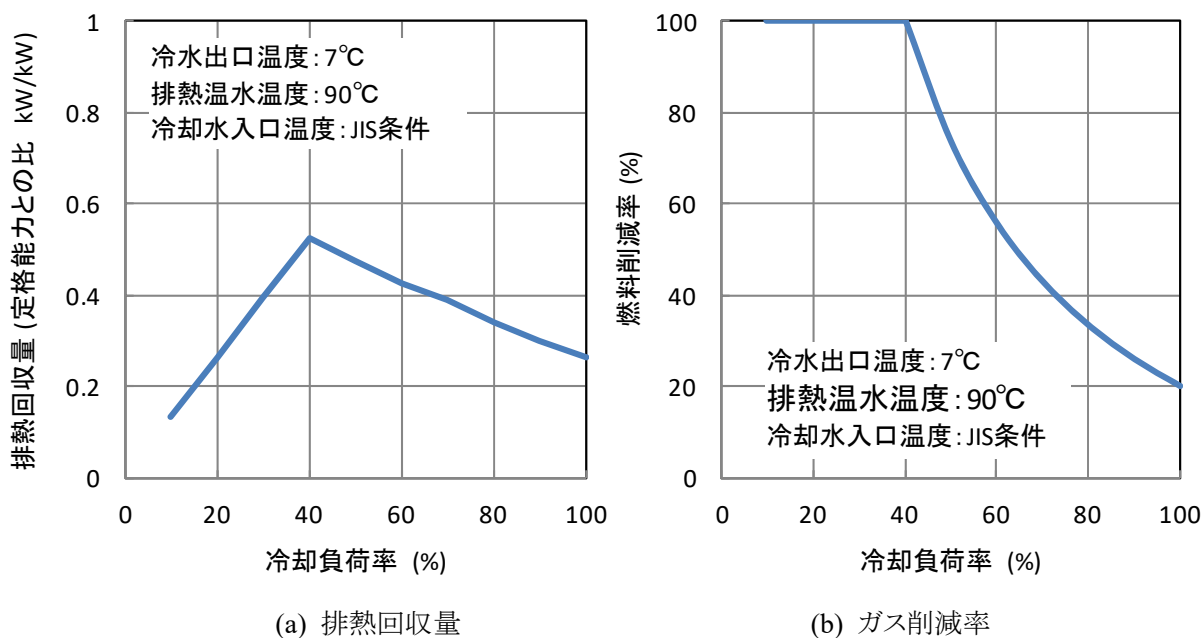


図 2.7.2-8 排熱投入型吸収冷温水機の特長(三重効用機の例)

二重効用機について、(a)の排熱回収量の傾向は、排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に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、排熱単独運転時に 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%となった。

## 2.7.3. 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機

### 2.7.3.1. 対象機種とモデルの概要

この節で対象とする蒸気焚二重効用排熱投入型吸収式冷凍機<sup>4)</sup>は直焚機をベースに開発され、近年では地域エネルギーネットワークへの導入<sup>5)</sup>や地域冷暖房への導入検討が進められている。ベースとなる蒸気焚吸収式冷凍機<sup>6)</sup>の選択により、標準機、高効率機、高期間効率機に対応することが可能である。

### 2.7.3.2. 機器仕様の設定項目

機器仕様の設定項目は前節で示した表 2.7.1-3 に表 2.7.3-1 に示す項目を追加したものである。表 2.7.1-3 中の比例制御下限 RQC\_min の標準値も、直焚機と同様 0.2 である。駆動源の蒸気圧力については、冷凍機側で仕様圧力に対応した設計がなされていること、運転中の蒸気圧力変動は生じないものとしたこと、の2点から機器特性への影響はないものとしているが、この値は入力変数の蒸気圧力の確認に用いるため、設定項目に含めている。

なお前節で説明した通り、蒸気焚では表 2.7.1-3 の No.4 および No.5 の「冷温水」は「冷水」となり、「相数」「電圧」「周波数」「力率」の扱いも直焚機と同様である。定格圧力損失も直焚機と同様、式 2.7.1.1 で算出し、水の密度の値は表 2.7.1-4 を参照する。各循環水の最小流量の扱いも 2.7.2.2 節の直焚排熱投入機と同じ扱いである。

表 2.7.3-1 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機において追加される設定項目

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
20	定格蒸気圧力	○		PS <sub>in,N</sub>	kPa.G	A
21	定格蒸気消費量	○		GS <sub>N</sub>	kg/s	A

### 2.7.3.3. 入出力変数

#### ① 入力変数

入力変数は前節で示した表 2.7.2-2 の項目に以下の表 2.7.3-2 に示す最大蒸気消費量を追加したものである。なお、表 2.7.2-2 の No.2 の運転モードは D2 = 0 (冷房) に固定され、No.5~7 の「冷温水」は蒸気焚では「冷水」となる。最大蒸気消費量は、特に制限を与えない場合は十分大きい値として 100kg/s (100,000 RT 相当) 等が入力される。

表 2.7.3-2 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機において追加される設定項目

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
18	蒸気圧力	○		PS <sub>in</sub>	kPa.G	A
19	最大蒸気消費量	○		GS <sub>max</sub>	kg/s	A

## ② 出力変数

出力変数は前節の表 2.7.2-3 に表 2.7.3-2 に示す項目を追加したものである。入力変数と同様、表 2.7.2-3 の No. 11, 12 の「冷温水」は「冷水」となる。また No. 16 の暖房能力  $Q_H$  は常時  $Q_H = 0$  とする。

表 2.7.3-3 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機において追加される出力変数

No.	名称	冷房時	暖房時	記号	単位	D / A
3	蒸気供給量不足	○		D7	(0/1)	D
25	蒸気消費量	○		GS	kg/s	A
26	還水温度	○		$TS_{out}$	°C	A

## ③ 入力変数の範囲

① で示したアナログ入力値の上限と下限を表 2.7.2-4 に示す。

表 2.7.3-4 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機の入力変数の範囲

運転モード	入力 No.	名称	定格値	上限値	範囲外の処理	下限値	範囲外の処理
冷房時	11	冷水設定温度	7°C	12°C	設定不可	7°C	設定不可
	12	冷水入口温度	12°C	17°C	運転継続	7°C	運転継続
	13	冷水流量(比)	100%	100%	運転継続	50%	運転停止
	14	冷却水入口温度	32°C	34°C	運転継続	22°C	運転継続
	15	冷却水流量(比)	100%	100%	運転継続	50%	運転停止
	16	排温水入口温度	90°C	95°C	排熱投入停止	75°C	排熱投入停止
	17	排温水流量(比)	100%	100%	運転継続	vw_min	排熱投入停止

## ④ モード別入出力のまとめ

以上の入出力をモード別に、吸収式冷凍機と同様にまとめると図 2.7.2-1 のようになる。

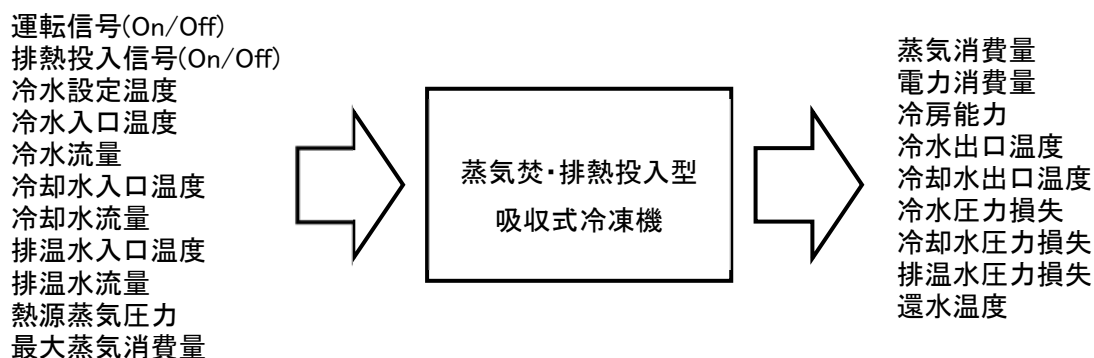


図 2.7.3-1 排熱投入型蒸気焚吸収式冷凍機の入出力

## 2.7.3.4. 計算方法

### (1) 全体フロー

特性計算全体のフローを図 2.7.2-2 に示す。図中の①～⑧は以下に述べる「特性値の計算」の項目①～⑦に対応している。運転モードは表 2.7.2-2 の入力 No.1, 3(D1, D3)によって、冷房(排熱投入有)、冷房(排熱投入無)、停止の3種類のいずれかが与えられ、図中の④で処理される。なお、暖房運転はないため、入力 No. 2 の D2 はゼロに固定されている。各モードでは、入力値から負荷率を算出して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。④における各種判断とその処理については 2.7.2.4(1)のフローと同様である。

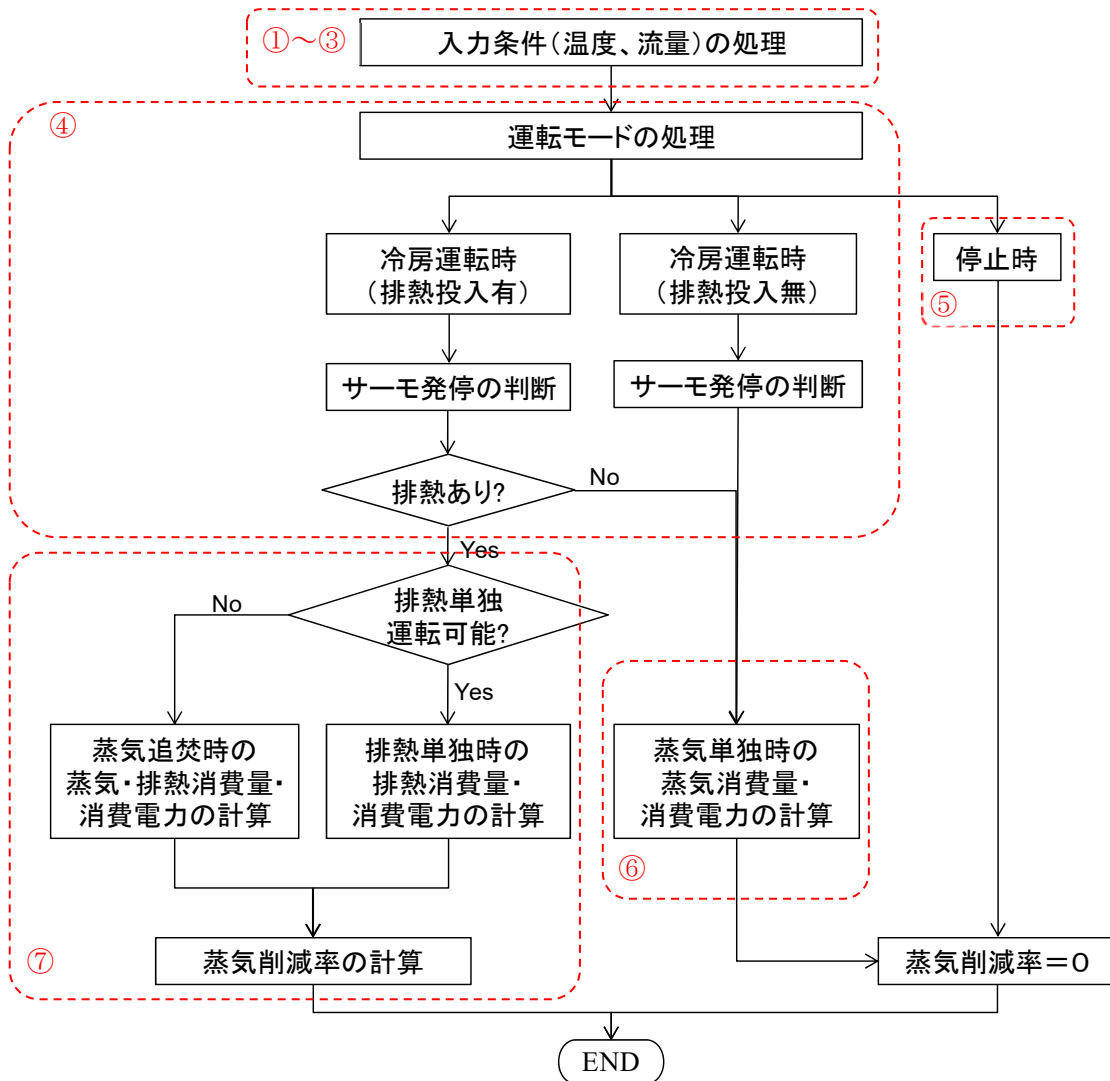


図 2.7.3-2 蒸気焚・排熱投入型吸収式冷凍機 の特性計算フロー

④において「排熱あり」となった場合の処理も直焚と同様、図 2.7.2-3、図 2.7.2-4、図 2.7.2-5 の関係および方法で行う。熱源の削減率も同様に定義される。

$$\text{蒸気削減率} = \frac{\text{蒸気削減量}}{\text{排熱がない場合の蒸気消費量}}$$

## (2) 機器仕様の整理 (計算開始時に処理)

計算開始時に表 2.7.1-3 の機器仕様から得られる設定項目の整理を以下のように行う。

$$\begin{aligned} \text{定格冷水温度差:} & \quad \Delta TW_{C\_N} = TW_{C\_in\_N} - TW_{C\_out\_N} \\ \text{定格冷却水温度差:} & \quad \Delta TW_{CD\_N} = TW_{CD\_out\_N} - TW_{CD\_in\_N} \\ \text{定格排温水温度差:} & \quad \Delta TW_{HSH\_N} = TW_{HSH\_out\_N} - TW_{HSH\_in\_N} \\ \text{定格蒸気入熱量:} & \quad F_{C\_N} = (GS\_N / 3600) \cdot LS \quad (LS: \text{機種ごとに決まる定数}) \end{aligned}$$

また、暖房運転は行わないので加熱能力をゼロに固定する。

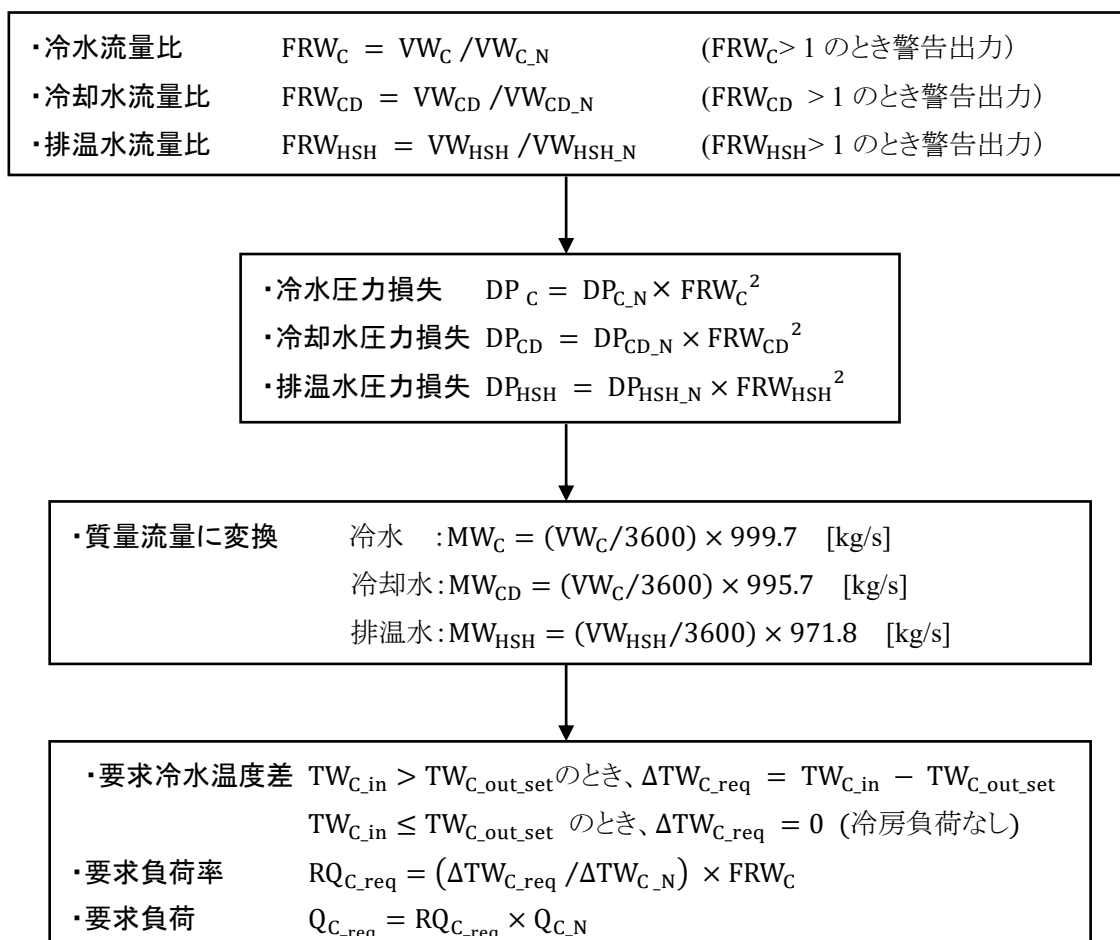
$$Q_H = 0$$

## (3) 特性値の計算 (計算中に逐次処理)

次に直焚機と同様、入力値をもとに、各種流量比、要求温度差比要求負荷率を算出する。

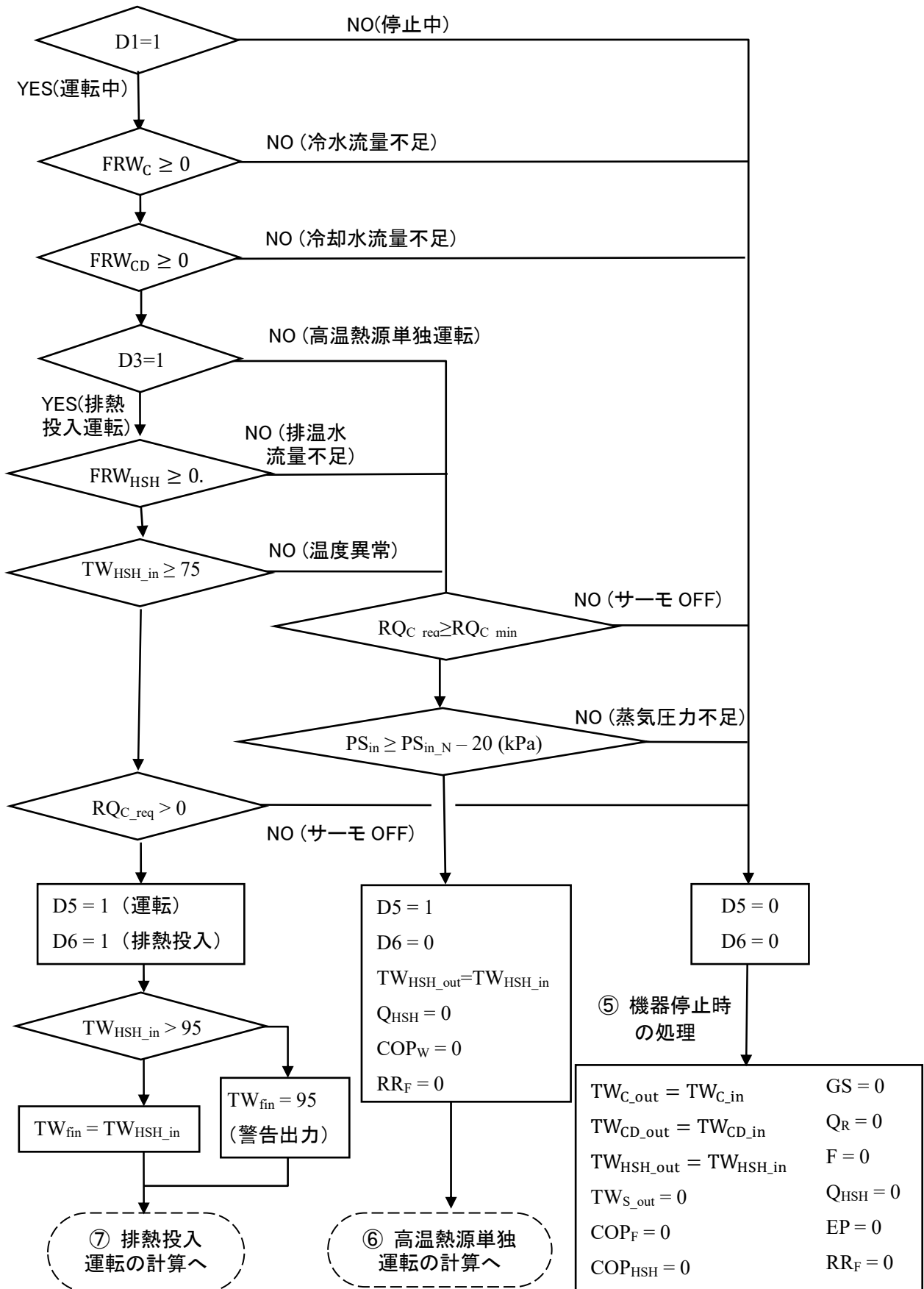
### ①～③ 入力流量の処理 (流量割合の計算)、入力温度の処理、圧力損失 $DP_C$ 、 $DP_{CD}$ 、 $DP_{HSH}$ の計算

これらの処理では、2.7.2.4 項(3)①～③の冷房運転時の処理を行う。計算内容を下記に示すが、 $D2 = 0$  に固定しているなので、2.7.2.4 項(3)のフローをそのまま用いても良い。





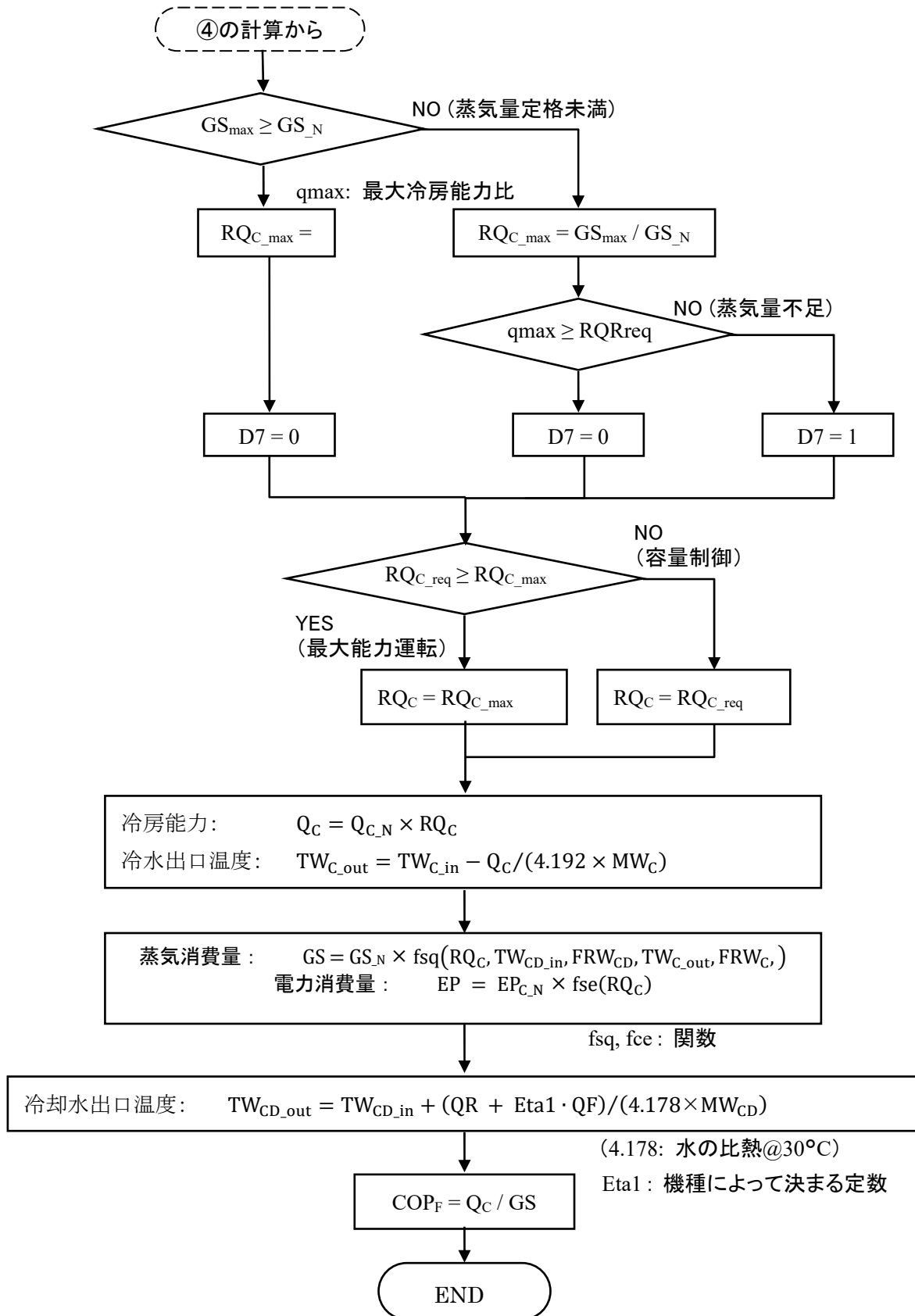
④ 発停入力D1の処理と入力値の確認、⑤ 停止時の処理



Tfin: 排熱投入量の計算に使用する排温水入口温度 [°C]。

## ⑥ 高温熱源単独運転の計算

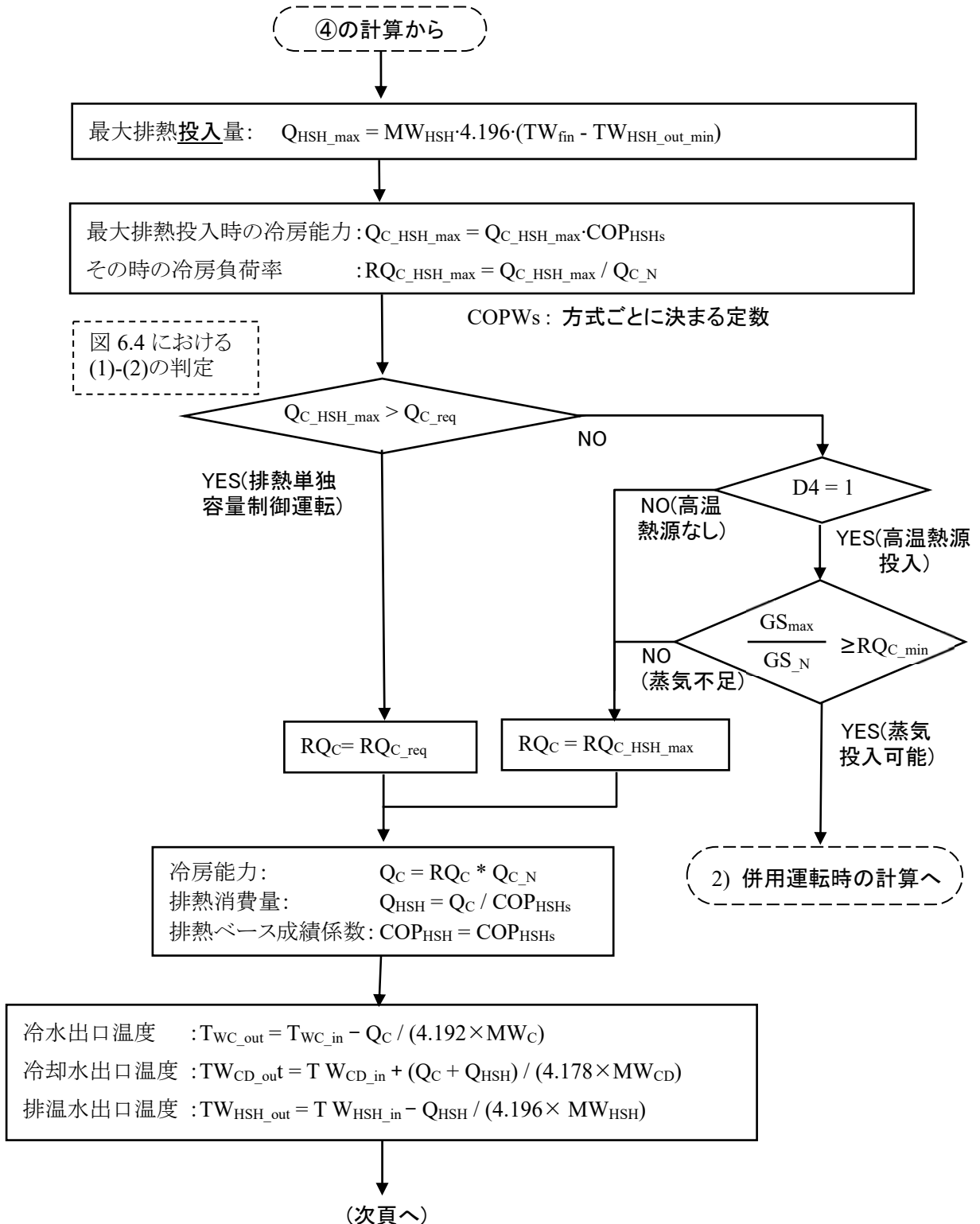
高温熱源単独運転時の特性は、ベースとなる吸収式冷凍機の特性と同一であり、計算フローも前章の吸収式冷凍機の冷房運転時の特性値計算と同じである。

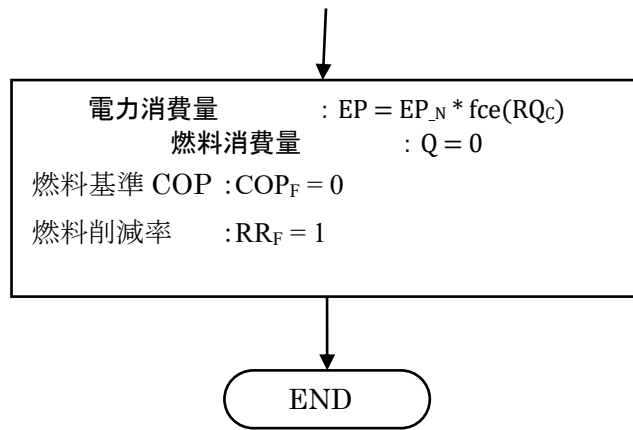


## ⑦ 排熱投入運転の計算

### 1) 排熱単独運転可否の判断と単独運転特性の計算

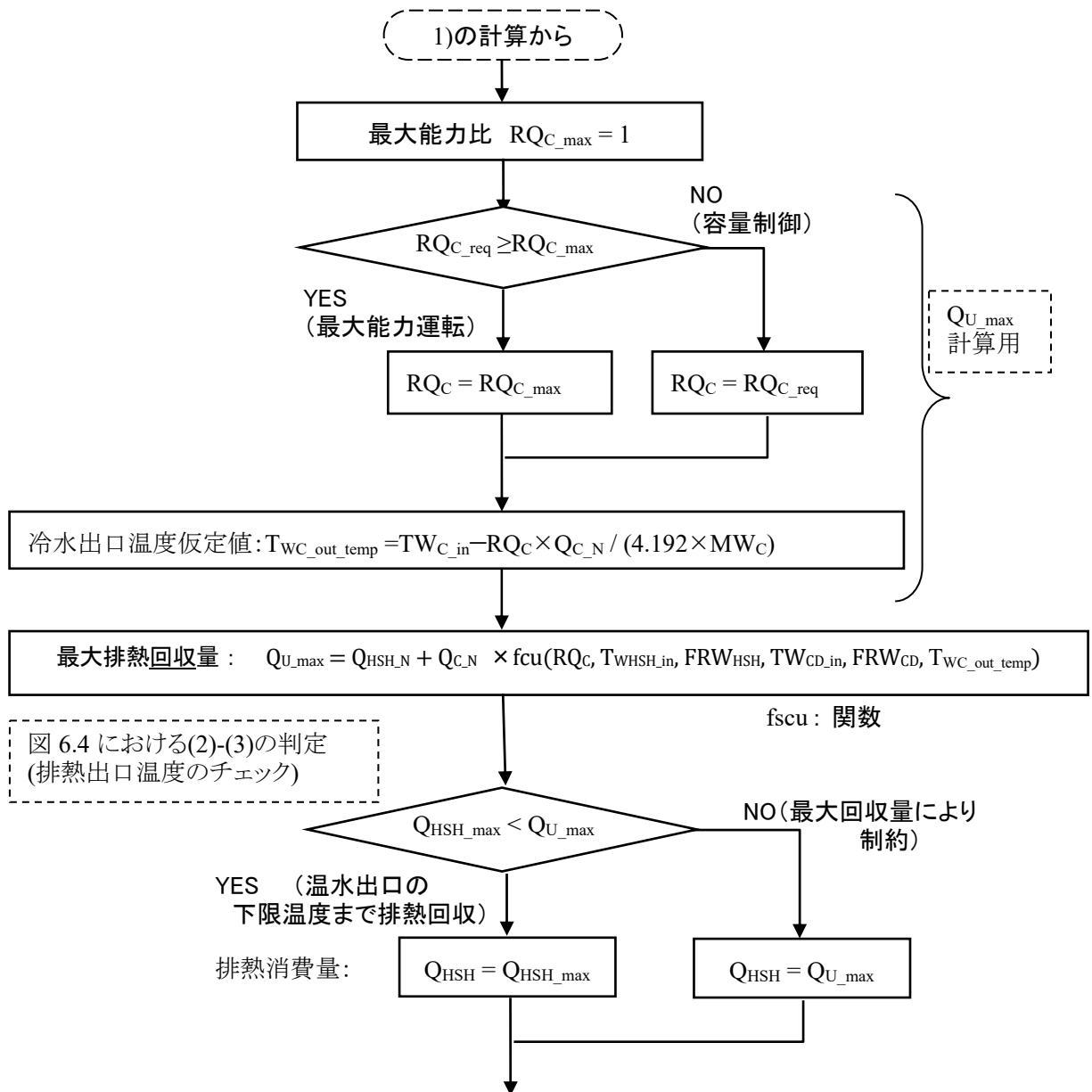
排熱投入運転では、最初に排熱単独運転の可否を判断する。ここで、高温熱源投入がない場合 ( $D4=0$ ) は、強制的に排熱単独運転となる。また、排熱単独では能力不足、かつ蒸気を投入すると能力過剰という場合は蒸気を投入する。この場合、冷水出口温度は設定値よりも低くなる。



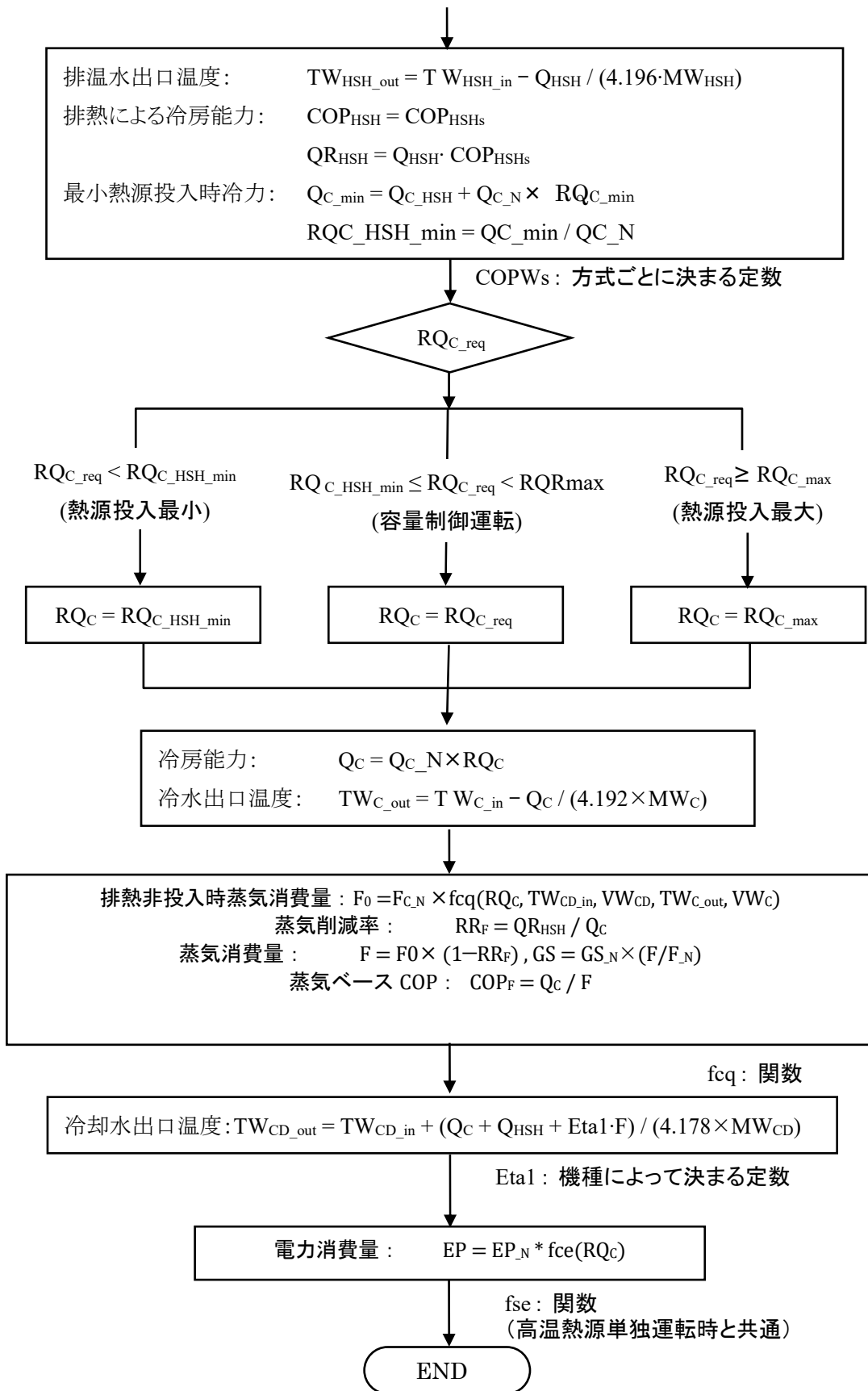


2) 高温熱源(蒸気)・排熱併用運転時の特性計算

直焚と同様、『最大排熱投入量(QWmax)』と『最大排熱回収量(QUmax)』の両方を考慮して排熱回収量が決定する。



(続き)



以上ですべての出力値が計算される。

#### **2.7.4. 今後の予定**

今後は排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予定である。

#### **2.7.5. 参考文献**

- [1] 藤居達郎・村上周三・石野久彌・柳井崇:空衛講論(2011-9) OS-34, pp.1723-1726.
- [2] 秋元孝之・工月良太:コージェネレーションのシミュレーション法、IBEC No. 170 (2009-1), pp.60-65.
- [3] 本間立:冷凍, Vol. 83, No. 967 (2008-5), pp.42-26
- [4] 梶山啓輔・本間立・藤田陽一・嶋村雅之:空衛講論(2008-8) B-35, pp.853-856
- [5] 永井猛・佐々木裕文・和田祐介・土橋亮太:空衛講論(2011-9) E-33, pp.1231-1234

## 2.8. 蒸気-液熱交換器

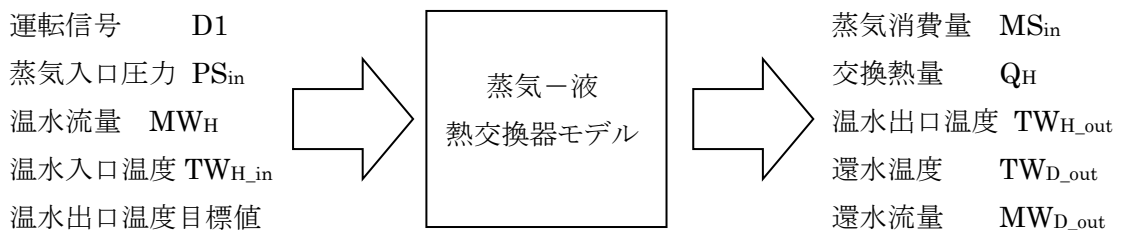
### 2.8.1. モデルの概要

蒸気から暖房温水または給湯温水を加熱する熱交換器のモデル案を示す。

モデル化の条件:

- (1) 制御は、温水温度が目標値になるように、入口蒸気バルブが調整される。
- (2) 定格条件を最大加熱量とし、この時蒸気調整バルブが全開になる。
- (3) 蒸気調整バルブが全開のとき、バルブの圧力損失をゼロとみなす。すなわち、入口圧力に対する飽和温度が加熱側温度となる。
- (4) 温水ポンプは計算モデルに含めない。

### 2.8.2. 入出力



※ 還水流量  $MW_{D,out}$  は蒸気消費量と等しい。

図 2.8.2-1 蒸気-液熱交換器の入出力

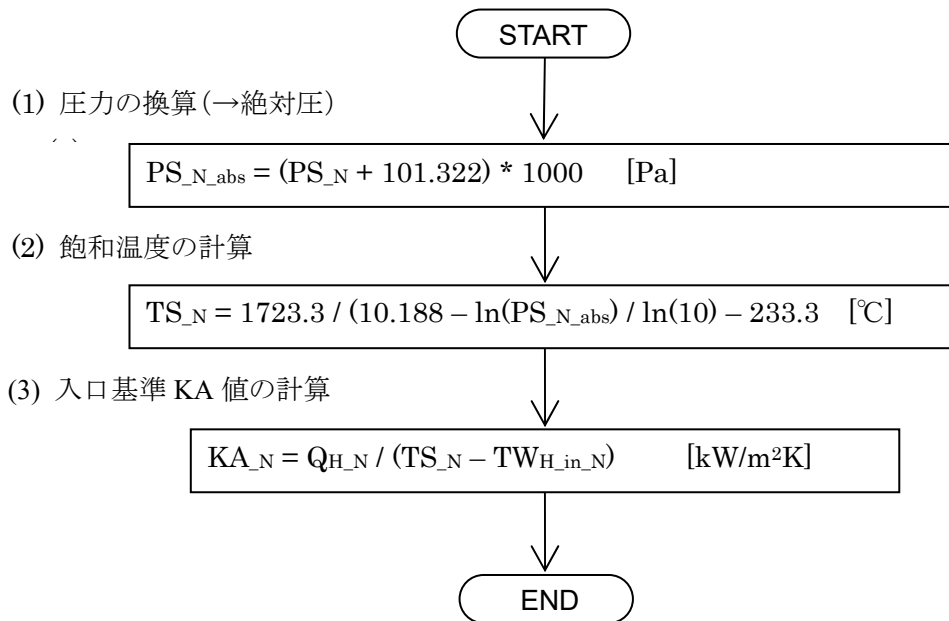
### 2.8.3. 属性値

蒸気-液熱交換器では以下の属性値を設定する。

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| (1) 熱源蒸気圧力(定格値)                         | $PS_N$ [kPa.G]                 |
| (2) 最大(定格)温水流量                          | $VW_{H,N}$ [ $m^3/s$ ]         |
| (3) 最小温水流量                              | $VW_{H,min}$ [ $m^3/s$ ]       |
| (4) 温水入口温度(定格値)                         | $TW_{H,in,N}$ [ $^{\circ}C$ ]  |
| (5) 温水出口温度(定格値)                         | $TW_{H,out,N}$ [ $^{\circ}C$ ] |
| (6) 最大(=定格)交換熱量 ((2), (4), (5) から算出される) | $Q_{H,N}$ [kW]                 |
| (7) 蒸気消費量(定格値)                          | $MS_N$ [kg/s]                  |
| (8) 還水-温水入口温度差(定格値)                     | $\Delta T_{HD,N}$ [K]          |

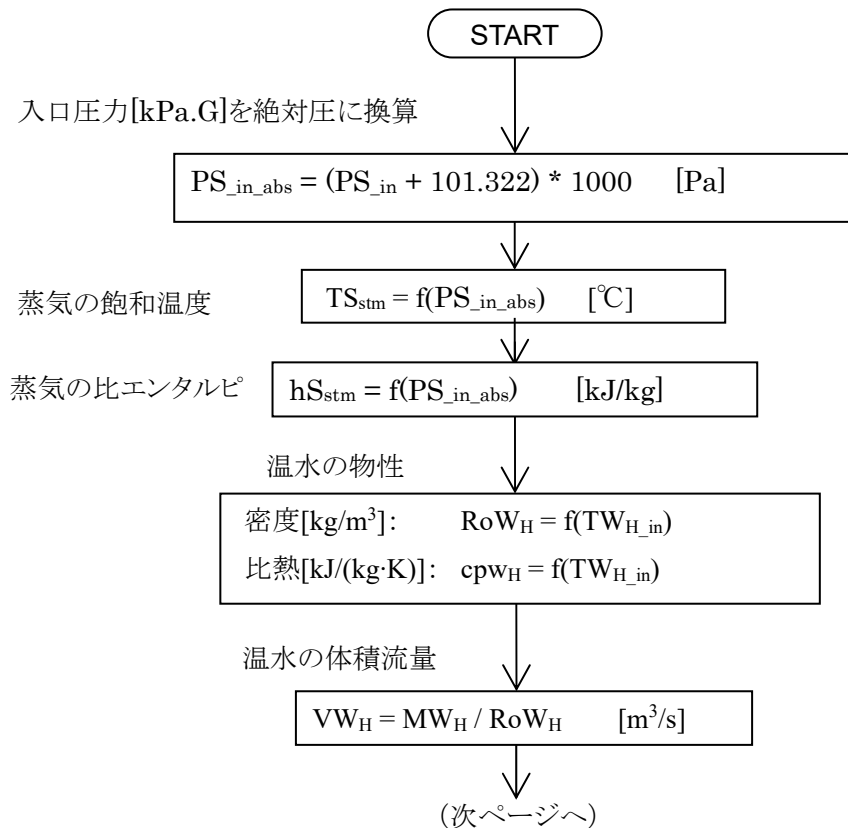
## 2.8.4. 前処理

計算開始時に、各属性値を以下のように整理する。



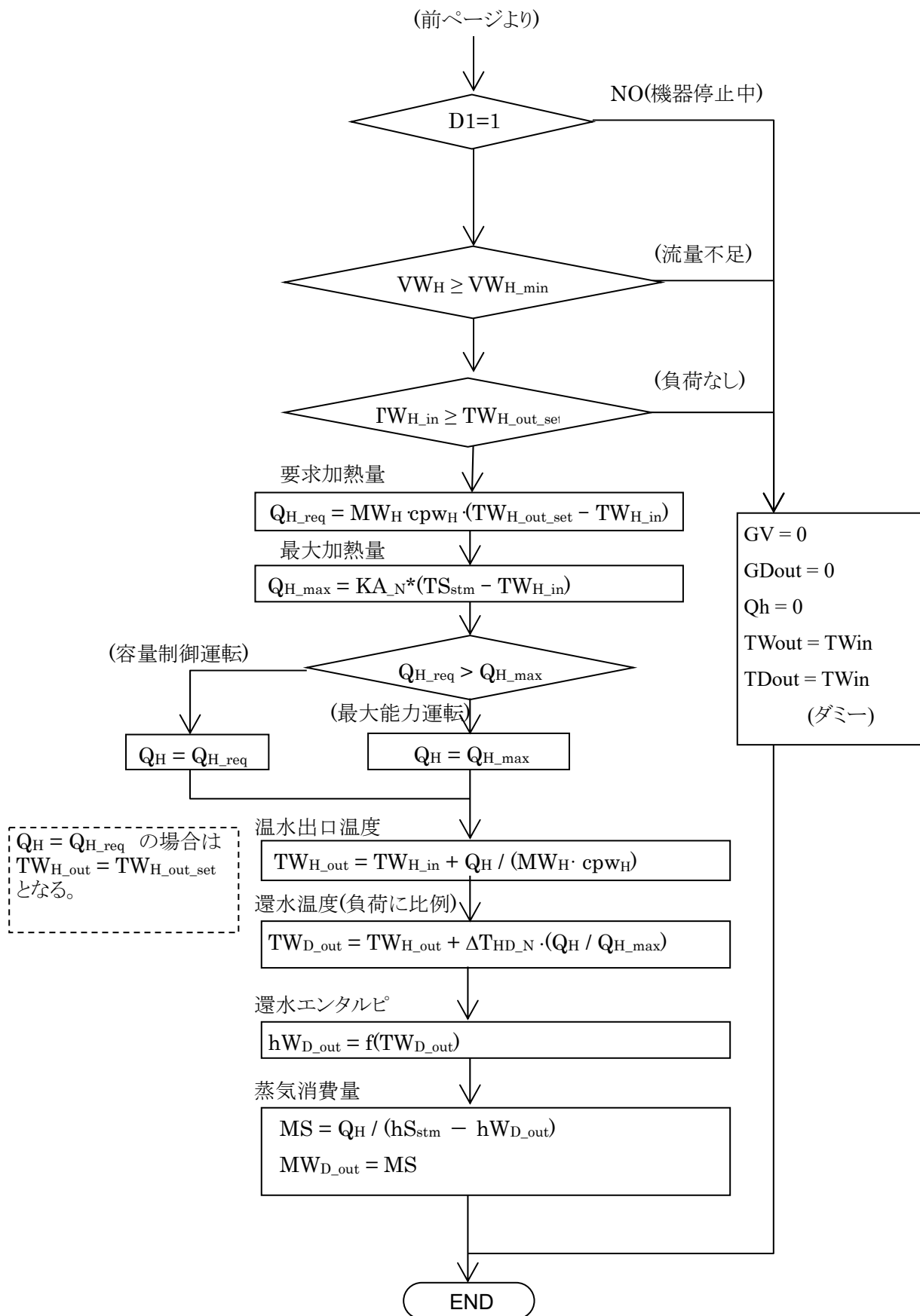
## 2.8.5. 逐次処理

各時間ステップの計算では以下の計算を行う。



\* TSstm の計算式 (例):  $TS_{stm} = 1727.3 / (10.188 - \ln(PV_{in\_abs}) / \ln(10) - 233.3) \quad [^\circ\text{C}]$





## 2.8.6. 機器特性の例

蒸気-温水熱交の特性の一例を図 2.8.6-1 に示す。温水出口温度が設定値の 60°C に到達すると容量制御運転となり、交換熱量が減少する。

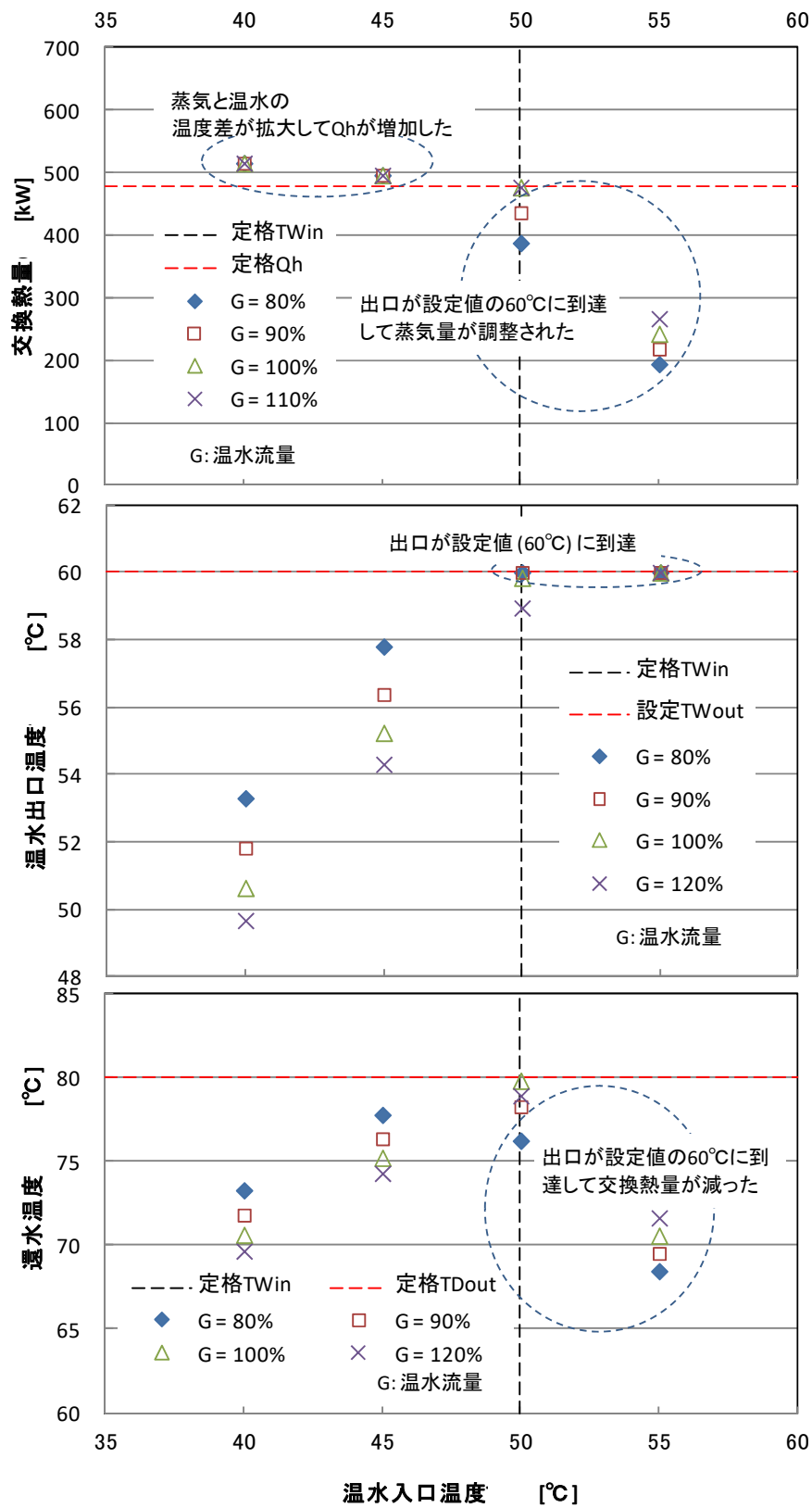


図 2.8.6-1 蒸気-液熱交換器の機器特性(例)

## 2.9. ボイラ

### 2.9.1. モデルの概要

#### 2.9.1.1. 適用機種

この章では、空調分野で一般に使用されている直焚き、比例制御方式の小型貫流ボイラおよび真空温水ヒータを対象とする。特性式は、定格条件を基準として、熱出力に対する負荷率および給水温度から熱効率、燃料消費量、表面からの放熱量を算出する。

#### 2.9.1.2. 共通項目

以下の項目については、共通の考え方でモデル化を行った。

- (1) 電力消費量は、代表機器の特性を調査し、負荷率により変化するものとした。
- (2) ボイラ表面からの放熱量は、表面温度 60℃、室内温度 20℃の室内に、規模に比例した表面積を持つ灰色体の放射伝熱として定式化を行った。

## 2.9.2. 貫流ボイラ

### 2.9.2.1. 設定項目

貫流ボイラは、ガス、油などの燃料を熱源として蒸気を発生する蒸気ボイラ<sup>[1]</sup>であり、コージェネレーションシステムの蒸気系統のバックアップ蒸気発生機等に用いられる。今回のモデルで扱う供給蒸気圧力は 784kPa.G とした。

#### (1) 機器仕様

機器仕様として、表 2.9.2-1 に示す項目を設定する。

表 2.9.2-1 貫流ボイラの設定項目

熱源 貫流式蒸気ボイラ					
No.	項目	変数名	単位	入力値 (例)	備考
1	最高圧力	PS <sub>Max</sub>	MPa	0.98	
2	換算蒸発量[2]	MS <sub>N</sub>	kg/s	2000/3600	参考値 (設定任意)
3	実際蒸発量	MS <sub>NR</sub>	kg/s	1680/3600	
4	定格熱出力	QS <sub>N</sub>	kW	1250	
5	保有水量	RW <sub>N</sub>	m <sup>3</sup>	0.138	
6	定格燃料消費量	F <sub>N</sub>	kW	1463	HHV 基準とする
7	定格電力消費量	EP <sub>N</sub>	kW	2.2	共通項目(1)参照

ここで、ボイラ仕様でよく見られる「最高圧力」「ブロー係数」は計算に用いないので省いた。

#### (2) 入出力変数

##### ① 入力変数

貫流ボイラの入力変数を表 2.9.2-2 に示す。

表 2.9.2-2 貫流ボイラの入力変数 (D: デジタル値, A: アナログ値)

No.	項目	記号	単位	D/A
1	運転信号 (0: 停止, 1: 運転)	D1	(0/1)	D
2	要求蒸気量	MS <sub>req</sub>	kg/s	A
3	給水 (還水) 温度	TW <sub>in</sub>	℃	A

## ② 出力変数

貫流ボイラの出力変数を表 2.9.2-3 に示す。

表 2.9.2-3 貫流ボイラの出力変数 (D: デジタル値, A: アナログ値)

No.	項目	記号	単位	D/A
1	サーモ発停(0: 停止, 1: 運転, 2: 発停)	D2	(0/1/2)	D
2	蒸気発生量	MS <sub>out</sub>	kg/s	A
3	燃料消費量	F	kW	A
4	ボイラ効率	$\eta$	%	A
5	電力消費量	EP	kW	A
6	表面からの放射伝熱量	Q <sub>H_rad</sub>	kW	A

ここで、「ボイラ給水量」は蒸気発生量に等しいものとして省いた。

### 1) 給水温度, 容量制御範囲

モデルの適用範囲は給水温度と容量制御範囲で規定され, 表 2.9.2-4 に示す通りである。BEST で扱う貫流ボイラの容量制御範囲は, 定格比 20~100%である。要求蒸気量が定格の 20%未満の場合は, 計算時間間隔内で ON と OFF が按分されるものと仮定して, 定格比 20%未満の入力に対応する。したがって, CGS 等の計算で要求蒸気量が 20%未満となった際にも蒸気量の過不足は生じない。

表 2.9.2-4 貫流ボイラモデルの適用範囲

項目	変数名	単位	数値	備考
給水温度入力値上限	TW <sub>in_UL</sub>	℃	100	
給水温度入力値下限	TW <sub>in_LL</sub>	℃	0	凍結しないこと
負荷率上限	RQ <sub>H_max</sub>	%	100	100%以上は強制 100%
連続運転負荷率下限	RQ <sub>H_min1</sub>	%	20	20%未満は ON/OFF 運転
負荷率下限	RQ <sub>H_min2</sub>	%	0	

## (3) 入出力のまとめ

小型貫流ボイラの入出力をまとめると, 図 2.9.2-1 のようになる。

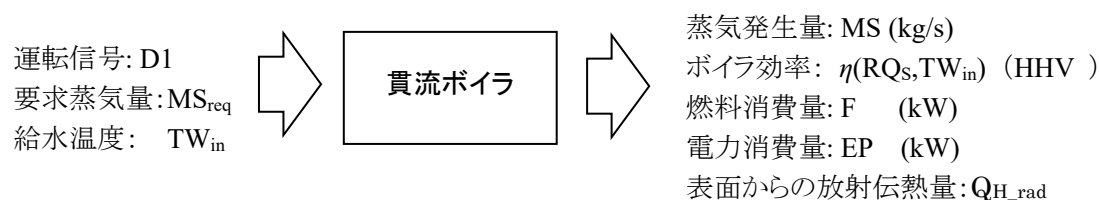


図 2.9.2-1 小型貫流ボイラの入出力

### 2.9.2.2. 特性計算方法

表 2.9.2-3 に示した出力変数を図 2.9.2-2 のフローで算出する。容量制御下限未満では発停運転するものとし, ON 時の効率が最小負荷運転時の効率であることを前提に, 各種出力値を算出する。

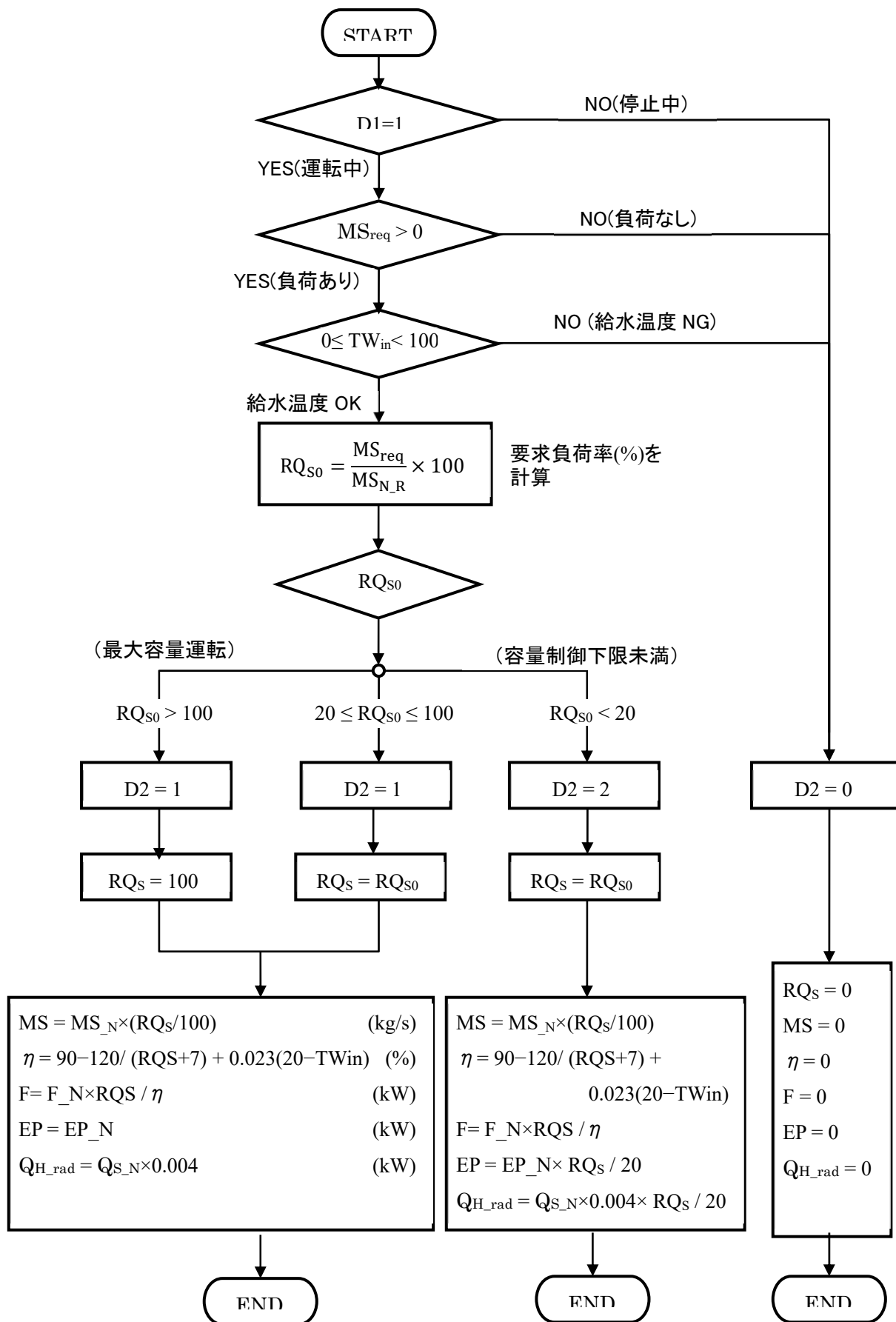


図 2.9.2-2 貫流ボイラの特性計算フロー

### 2.9.2.3. 機器特性

前項のフローに従って算出した機器特性の例[3]を図 2.9.2-3 に示す。ボイラ効率 $\eta$ は負荷率 $q$ と給水温度 $t_w$ によって、定格値( $t_w=20^\circ\text{C}$ ,  $q=100\%$ )に対して概ね 2%~4%の範囲で変動する。計算式は前項の計算方法に記載した通りである。図 2.9.2-3 は代表機種の特性であり、定格条件におけるボイラ効率は表 2.8.1-1 に示した機器仕様の設定によって決定する。

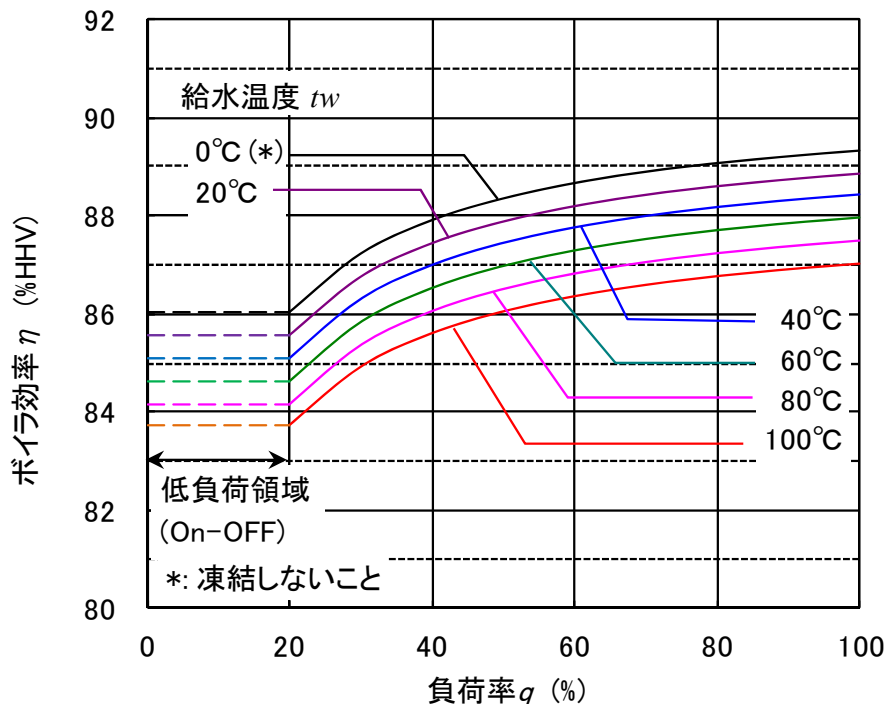


図 2.9.2-3 貫流ボイラの負荷率・給水温度特性(代表機種)

[備考]

低負荷条件では図のように On-Off 運転となるが、2.9.2.1 項(2)で述べたように ON と OFF の運転比率によって蒸気量不足を回避することができる。発停に伴う損失は定量的に把握されていないため、今回のモデル化では無視した。また、放熱量も運転時間割合( $q[\%] / 20$ )に比例するものとした。

## 2.9.3. 真空温水ヒータ

### 2.9.3.1. 設定項目と入出力

真空温水ヒータは真空式温水器[1]とも呼ばれる直焚きの温水発生機である。

#### (1) 設定項目

モデルの設定項目は表 2.9.3-1 の通りである。

表 2.9.3-1 真空温水ヒータの設定項目

項目	記号	単位	入力値(例)	備考
定格出口水温	$TW_{H\_out\_N}$	°C	60	
定格加熱量	$Q_{H\_N}$	kW	186	
定格温水流量	$MS_{H\_N}$	kg/h	4000	
保有水量	$RW_{\_N}$	m <sup>3</sup>	0.0068	
定格燃料消費量	$F_{\_N}$	kW	222.5	
定格電力消費量	$EP_{\_N}$	kW	0.4	共通項目(1)参照

#### (2) 入力変数

真空温水ヒータの入力変数を表 2.9.3-2 に示す。

表 2.9.3-2 真空温水ヒータの入力変数

No.	名称	記号	単位	D / A
1	運転信号 (0: 停止, 1: 運転)	D1	(0/1)	D
2	温水入口温度	$TW_{H\_in}$	°C	A
3	温水流量	$MW_H$	kg/s	A
4	温水設定温度	$TW_{H\_out\_set}$	°C	A

#### (3) 出力変数

真空温水ヒータの出力変数を表 2.9.3-3 に示す。温水流量は入力値と同一であるため省略した。

表 2.9.3-3 真空温水ヒータの出力変数

No.	名称	記号	単位	D / A
1	サーモ発停(0: 停止, 1: 運転)	D2	(0/1)	D
2	熱効率	$\eta$	%	A
3	燃料消費量	F	kW	A
4	温水加熱量	$Q_H$	kW	A
5	電力消費量	EP	kW	A
6	表面からの放射伝熱量	$Q_{H\_rad}$	kW	A

#### (4) 入出力のまとめ

入出力をまとめると、図 2.9.3-1 のようになる。

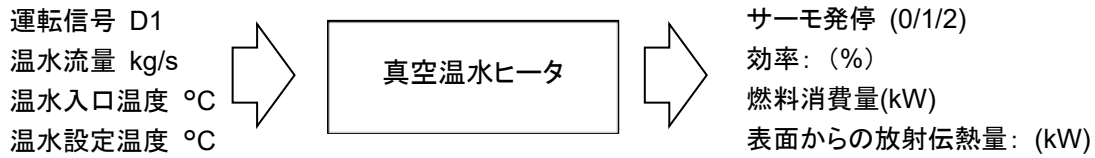


図 2.9.3-1 真空温水ヒータの入出力

#### 2.9.3.2. 定式化モデル

要求熱量 $Q_{H\_req}$  (kW)は、次式で算出する。

$$Q_{H\_req} = MS_H \times Cps \times (TW_{H\_out\_set} - TW_{H\_IN})$$

温水の比熱 $Cps$   $Cps(kJ/kgK)$ は、入口温度 $TW_{H\_IN}$ から物性式で算出する。この値から負荷率 $RQ_H$  (%)を次式で算出する。

$$RQ_H = (Q_{H\_req}/Q_{H\_N}) \times 100 \quad (0 \leq RQ_H \leq 100)$$

さらに、熱効率 $\eta$ を算出する。

$$\eta = -135/(RQ_H - 6) + 94 - 1/11 * RQ_H \quad (\%)$$

$$\text{燃料消費量: } F = F_N \times RQ_H / \eta \quad (\text{kW})$$

$$\text{表面からの放射伝熱量(2.8.1.2 項参照): } Q_{H\_rad} = Q_{H\_N} \times 0.0184 \quad (\text{kW})$$

これらを基礎式として、図 2.9.2-2 のフローで表 2.9.3-3 に示した出力変数を算出する。

#### 2.9.3.3. モデルの適用範囲

真空温水ヒータモデルの適用範囲は表 2.9.3-4 の通りである。

表 2.9.3-4 真空温水ヒータモデルの適用範囲

項目	変数名	単位	数値	備考
給水温度入力値上限	$TW_{in\_UL}$	°C	90	
給水温度入力値下限	$TW_{in\_LL}$	°C	0	凍結しないこと
負荷率上限	$RQ_{H\_max}$	%	100	100%以上は強制 100%
負荷率下限	$RQ_{H\_min}$	%	20	20%未満はサーモ OFF



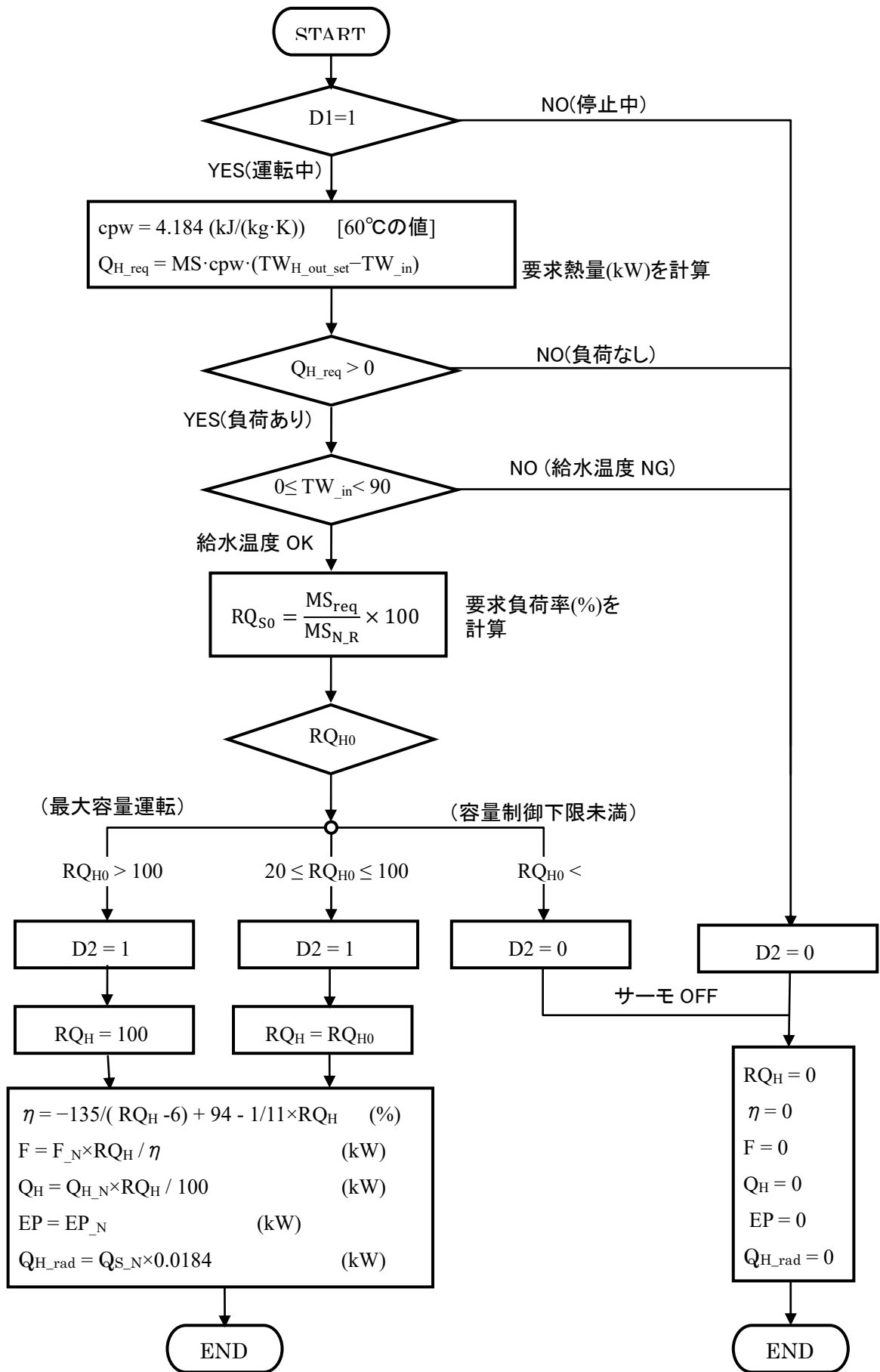


図 2.9.3-2 真空温水ヒータの特性計算フロー

### 2.9.3.4. 機器特性

機器特性の一例を図 2.9.3-3 に示す。負荷率 20%未満ではサーモ OFF となる。貫流ボイラの場合と同様、定格運転時時のボイラ効率 $\eta$ は表 2.9.3-1 で設定した定格によって決定する。

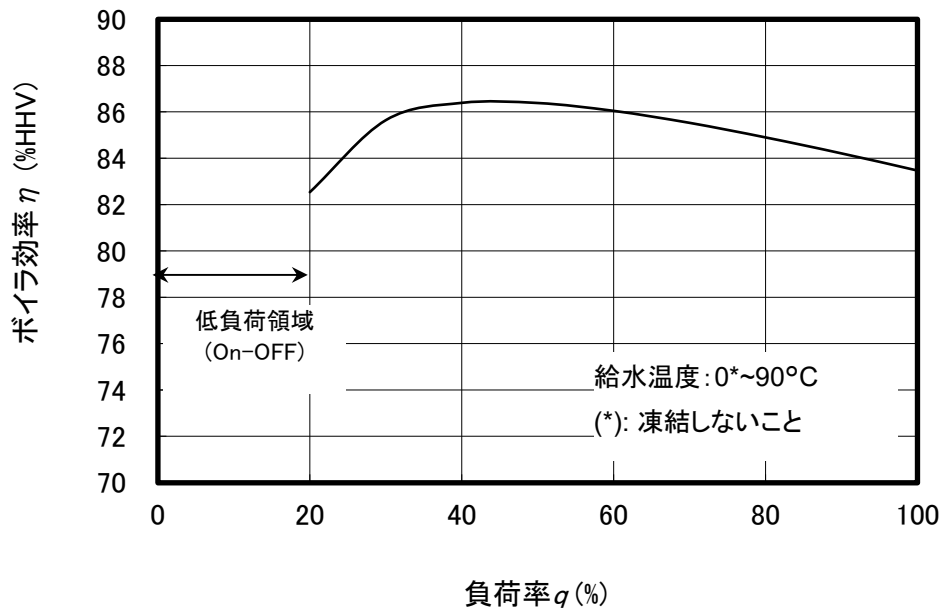


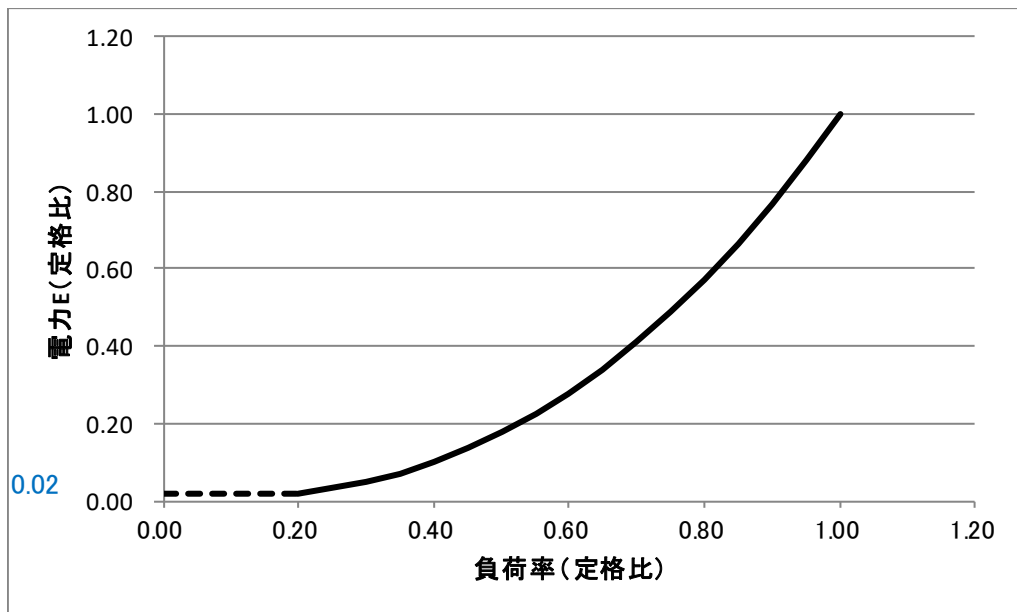
図 2.9.3-3 真空温水ヒータの負荷率特性(代表機種)

[備考]

真空温水ヒータの場合は貫流ボイラの場合と異なり、負荷率が最大値から減少して行くと伝熱面積が相対的に大きくなることによってボイラ効率が上昇する。一方、貫流ボイラの場合は熱流束への依存性が強い沸騰熱伝達が律速となるため、図 2.9.2-3 のように部分負荷状態になるとボイラ効率は低下する。

## 2.9.4. 電力消費量

電力消費量は「貫流ボイラ」、「真空温水ヒータ」とも同様に以下の特性を使用するものとする。



特性式

$$E = WE\_N * PLR^{2.5} \quad (PLRmin \leq PLR \leq 1.0)$$

$$E = WE\_N * PLRmin^{2.5} \quad (0 \leq PLR \leq PLRmin)$$

WE\_N: 定格時消費電力

q: 負荷率

qmin: 下限負荷率(0.2)

## 2.9.5. 参考文献

- [1] 空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生設備の知識 改訂 2 版 pp.201-202 (2002-3)
- [2] 空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生工学便覧 第 14 版 2. 機器・材料編 p. 112 (2010-4)
- [3] 助飛羅力・藤居達郎: 機器特性のデータベース, 空衛誌, Vol. 82, No.11, pp.953-958 (2008-11)

## 2.10. GHP チラー

### 2.10.1. GHP チラーとは

GHP チラーとは、GHPビルマルチの室外機と、冷温水交換ユニット(以降室内機)で構成された、ガスヒートポンプチラーである。

#### 2.10.1.1. 特性式の考え方

「GHPビルマルチ」の機器特性をもとに機器特性 SWG にて機器特性のフロー、及び定式化の案を作成した。

基本的な考え方は、代表点によるマップ格子点データを整備し、このデータを補完することにより目的の数値にいたる方法(以降、マップ格子点データによる機器特性)を採用した。格子点データ範囲外の扱い(機器停止・最近接点で運転)や、補完方法等の制約条件を整備すれば、従来の回帰式モデルに比べ機器特性の拡張性・汎用性が高くなる。

#### 2.10.1.2. 定格条件(出典：JIS B 8613-6 ウォータチリングユニット)

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 2.10.1-1、表 2.10.1-2 に示す。

表 2.10.1-1. ウォータチリングユニットの能力試験の温度条件 単位 °C

	項目	水熱交換機ユニット水温	室外側吸込空気温度	
		水温	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	7	35	—
暖房	標準	45	7	6
	低温		2	1

表 2.10.1-2. ウォータチリングユニットの能力試験における温度許容差 単位 °C

	項目	水熱交換機ユニット水温	室外側吸込空気温度	
		水温	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	±0.3	±0.5	—
暖房	標準	±0.3	±0.5	±0.5
	低温	±0.5	±1.0	±1.0

### 2.10.1.3. 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 2.10.1-3 に示す。

表 2.10.1-3. 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	外気・冷水温補正	能力補正	Kctaw(DB, TW <sub>C_OUT</sub> ) DB:外気乾球温度℃ T <sub>C_OUT</sub> :冷水温度℃	-15℃~43℃ -15℃~15℃	
		ガス入力補正	Kcwtaw(DB, TW <sub>C_OUT</sub> ) DB:外気乾球温度℃ T <sub>C_OUT</sub> :冷水温度℃	-15℃~43℃ -15℃~15℃	
	配管長補正	能力補正	KcLpi(L) L:配管長m	7.5~200m	
	高低差補正	能力補正	Kchu(H) H:高低差(室内機下の場合マクス)	-40~50m	
	冷水出口温度による配管長補正	能力補正	Kcwl(TW <sub>C_OUT</sub> , L) TW <sub>C_OUT</sub> L:配管長m	-15~12℃ 7.5~60m	
		負荷率補正	負荷率	Kchp Kchp:能力容量比	0.3~2.0
	負荷率補正	代表入力補正	Kchpid(kchp) Kchp:冷房能力容量比		
		ガス入力補正	Kchpi Kchpid	—	
	室外機電力	待機時kW	Pcoeff		—
		運転時kW	Pcoerun DB:外気乾球温度℃		—
	室内機電力	待機時W	Pcieoff		—
		運転時kW	Pcierun		カタログ値
暖房	外気・温水温補正	能力補正	Khtaw(WB, TW <sub>H_OUT</sub> ) WB:外気湿球温度℃ T <sub>H_OUT</sub> :温水出口温度℃	-21℃~15.5℃ 35℃~55℃	
		ガス入力補正	Khwtaw(WB, TW <sub>H_OUT</sub> ) WB:外気湿球温度℃ T <sub>H_OUT</sub> :温水出口温度℃	-21℃~15.5℃ 35℃~55℃	
	配管長補正	能力補正	KhLpi(L) L:配管長m	7.5m~200m	
	高低差補正	能力補正	Khhu(H) H:高低差(室内機下の場合マクス)	-40~50m	
	負荷率補正	負荷率	Khhp Khhp:暖房能力容量比	0.3~1.0	
		代表入力補正	Khhpid(kchp) Khhp:暖房能力容量比		
		ガス入力補正	Khhpi Khhpid	—	
	室外機電力	待機時kW	Phoeoff		—
		運転時kW	Phoerun WB:外気湿球温度℃		—
	室内機電力	待機時W	Phieoff		—
		運転時kW	Phierun		カタログ値
	その他		—	Qhl:暖房低温能力	カタログ値入力
		—	Whl:暖房低温入力	カタログ値入力	

## 2.10.1.4.計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 2.10.1-1 に示す。

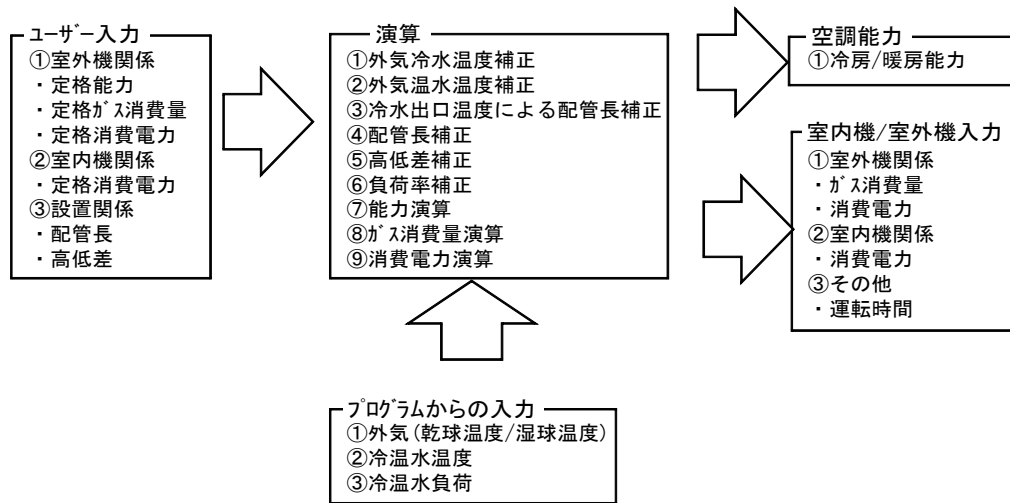


図 2.10.1-1. 計算モデル

## 2.10.1.5 計算フロー

### (1) 冷房

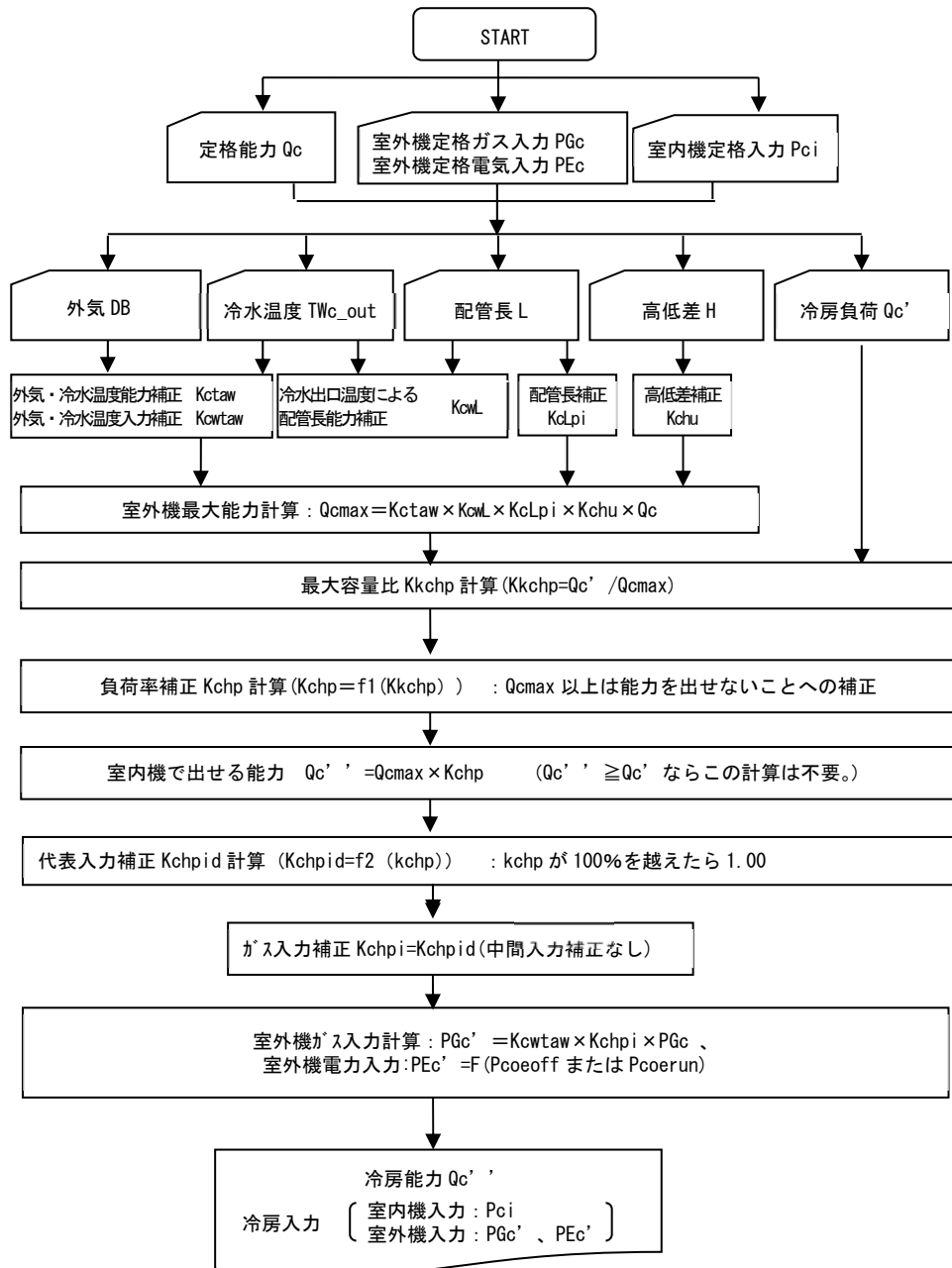


図 2.10.1-2. 冷房計算フロー

(2) 暖房

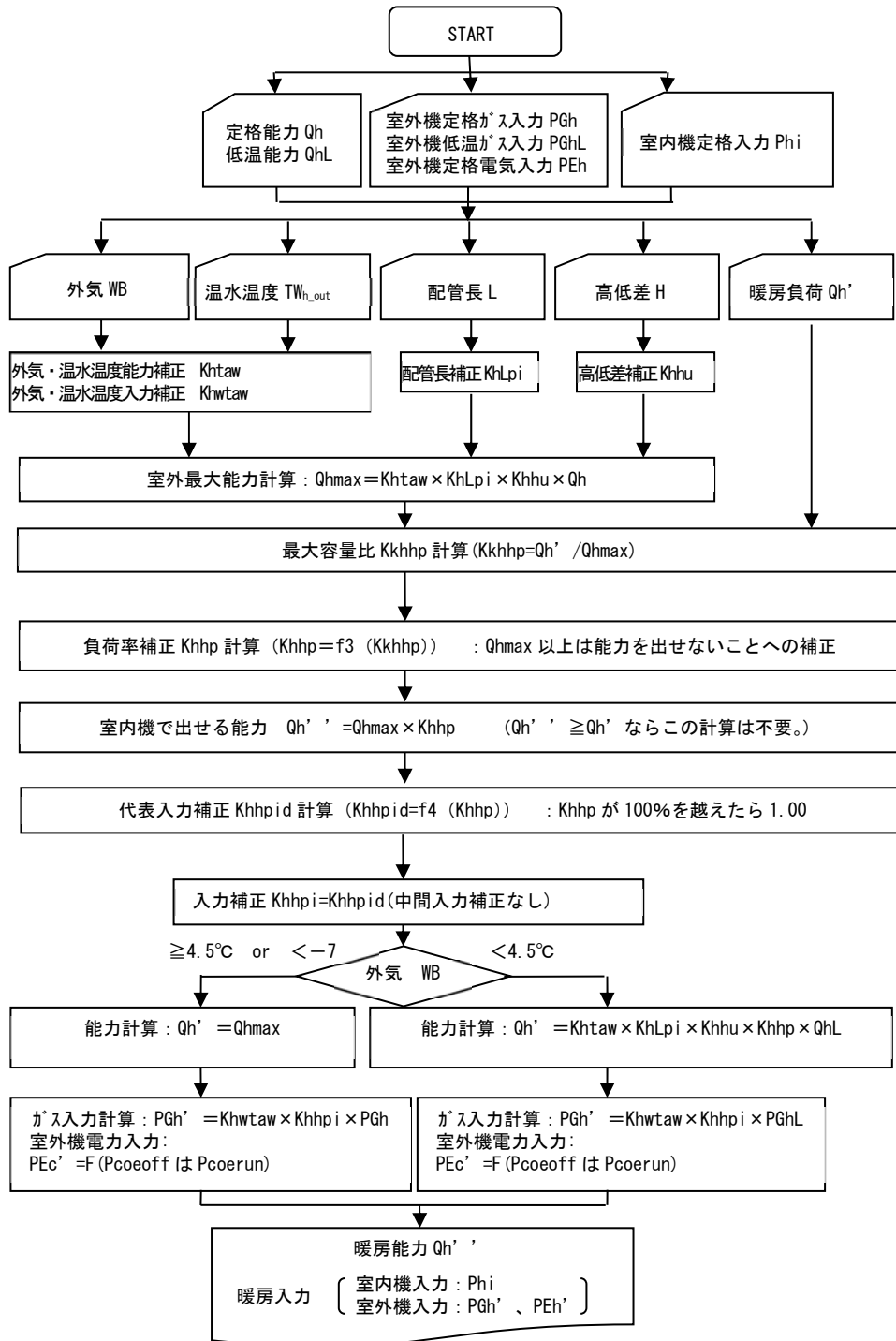


図 2.10.1-3. 暖房計算フロー



### 3. 熱源補機機器特性

#### 3.1. 機器特性調査の実施概要

##### 3.1.1. 実施概要

機器特性は基本的に静特性としモデル化を容易にした。

機器特性モデルは、物理的に表現できる機器については物理的モデルで、機器の固有特性が複雑な機器については近似式モデルとした。

近似式モデルは機器特性を代表的な数種類に分類して多項式近似とした。

##### 3.1.2. 実施体制

日本冷却塔工業会 技術委員会

### 3.2. 冷却塔機器特性の分類

#### 3.2.1. 物理モデルの利点

冷却塔の仕様に制限がない。(近似式は、塔特性が開放式 1.0、密閉式 0.7 のみ)

機器固有の特性を表現できる。

将来対応として低騒音型、超低騒音型、寒冷地仕様、白煙防止型のモデル化が可能である。

(近似式は今のところ不可)

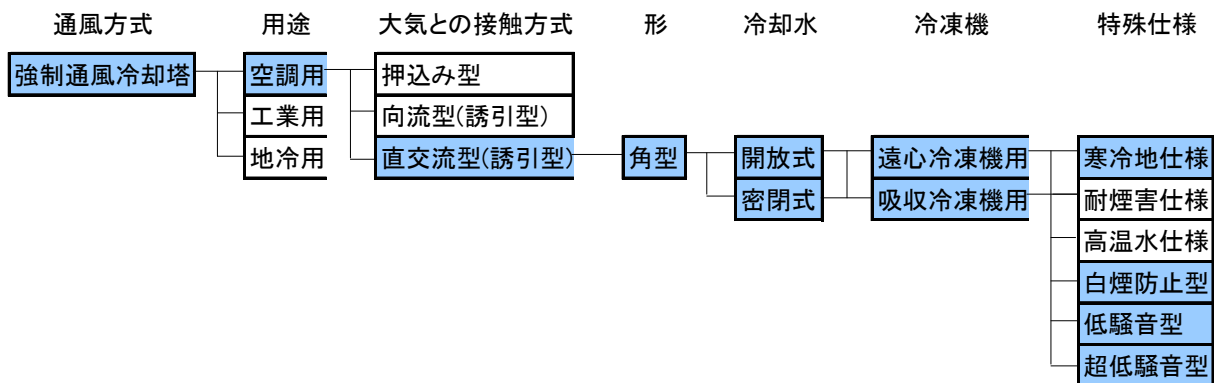


図 3.2.1-1 冷却塔の分類(色塗り部が物理モデル対応予定)

### 3.2.2. 定式化終了機器

#### 3.2.2.1. 近似式モデル

表 3.2.2-1 定式化終了機器(近似式モデル)

直交流型 (角型)	開放式	遠心冷凍機用
		吸収冷凍機用
	密閉式	遠心冷凍機用
		吸収冷凍機用

#### 3.2.2.2. 物理モデル

##### ① 機器特性

表 3.2.2-2 定式化終了機器(物理モデル)

直交流型 (角型)	開放式	遠心冷凍機用	低騒音型
			寒冷地仕様
			白煙防止型
		吸収冷凍機用	超低騒音型
			低騒音型
			寒冷地仕様
	密閉式	遠心冷凍機用	白煙防止型
			超低騒音型
			低騒音型
		吸収冷凍機用	寒冷地仕様
			白煙防止型
			超低騒音型

##### ② 設置状況

設置状況を考慮したショートサーキット率

高層棟屋上、低層棟屋上

遮音壁の有無、ルーバーの有無

ファンスタックの有無

風向きの影響

風速の影響(上記 4 項目について)

### 3.3. 冷却塔機器特性

#### 3.3.1. 冷却塔の機器特性

##### 3.3.1.1. 特性式の考え方

下記特性式により、湿球温度、冷却水温の条件を入力パラメータとして冷却水出口水温、冷却塔補給水量を算出。

計算方法として①近似式モデル、②物理モデルの2種類を用意。

開放式冷却塔・密閉式冷却塔(クロスフロー)の型式に対応。

ファン部分については変流量インバータ制御運転に対応。

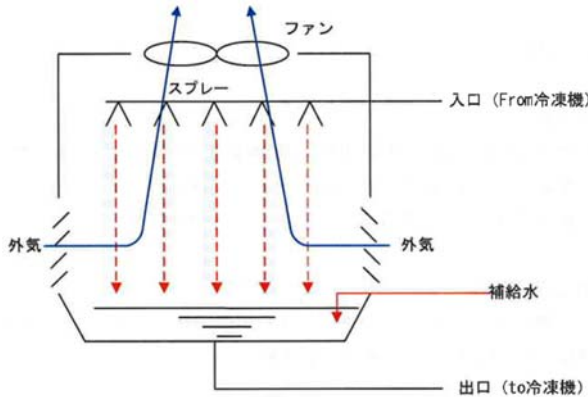


図 3.3.1-1 開放式冷却塔

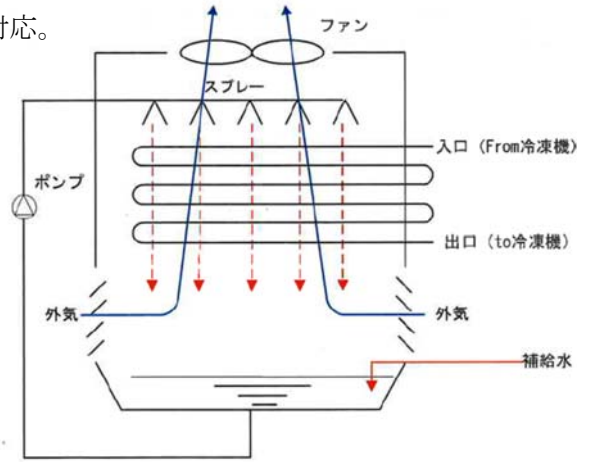


図 3.3.1-2 密閉式冷却塔

##### 3.3.1.2. 設定項目

・冷却塔モデル(①近似式モデル・②物理モデル)

冷却塔 追加	
冷却塔	
名称 冷却塔200803	
冷却水出口水温下限	20 [°C]
定格冷却水流量	41667 [g/s]
定格消費電力	1500 [W]
定格冷却水流量に対する補給水の比	2 [-]
相数	3 [-]
電圧	20 [V]
周波数	50 [Hz]
力率	0.8 [-]
設置空間への熱損失を計算する	<input checked="" type="checkbox"/> 設置空間への熱損失を計算する
熱通過率[W/(m2K)]	0 [W/(m2K)]
外表面積[m2]	0 [m2]
保有水量[g]	0 [g]
★接続ノード図を表示する★	

(共通)

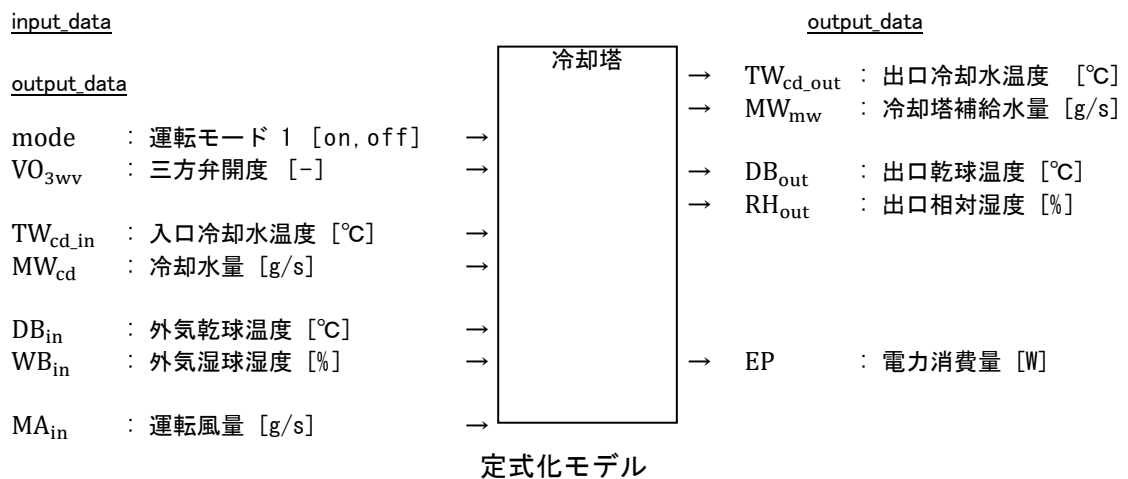
- ・冷却塔タイプ1(密閉式・開放式)
- ・定格冷却水流量(g/s)
- ・定格風量(g/s)
- ・定格機外静圧(Pa)
- ・定格消費電力(W)
- ・相数(-)
- ・電圧(V)
- ・力率(-)
- ・ファン制御方式(固定速・変風量インバータ制御)
- ・電源周波数(Hz)
  - ①変風量インバータ制御
    - 上限周波数(Hz)
    - 下限周波数(Hz)
- ・冷却水出口水温下限(°C)
- ・ブロー方式(自動ブロー・強制ブロー)
  - ①自動ブロー
    - 濃縮倍率(デフォルト=4)
  - ②強制ブロー
    - 定格冷却水流量に対する補給水量比(デフォルト=0.015)

(物理モデルのみ)

- ・冷却塔タイプ2(低騒音型、超低騒音型、寒冷地仕様、白煙防止型)
- ・セル数(-)

図 3.3.1-3 設定項目

### 3.3.1.3. 定式化モデル



- TW<sub>cd\_out\_UL</sub> : 冷却水出口水温下限[g/s]
- MW<sub>cd\_N</sub> : 定格冷却水流量[g/s]
- MA<sub>in\_N</sub> : 定格風量[g/s]
- RP<sub>M\_N</sub> : 定格消費電力[W]
- MWR<sub>cd\_N</sub> : 定格冷却水流量比[-]
- MAR<sub>in\_N</sub> : 定格風量比[-]
- CR<sub>N</sub> : 濃縮倍率[-]
- MWR<sub>mw\_N</sub> : 定格冷却水流量に対する補給水量比[-]

図 3.3.1-4 定式化モデル

### 3.3.1.4. モデルの適用範囲

下記の冷却水量、風量において適用可能。

	(工業会当初提案)	(物理モデルによる検証)
冷却水量の範囲	: 定格水量の 80~120%	← 50~150%
循環水還温度の範囲	: 10~40°C	← 0~40°C
外気湿球温度の範囲	: 10~30°C	← 0~30°C
風量の範囲	: 定格風量の 0~110%	

### 3.3.1.5. 機器特性

#### ① 近似式モデル

1) 外気湿球温度特性

$$TW_{cd\_out\_pre} = a1 \times (WB_{in})^2 + b1 \times (WB_{in}) + c1$$

$$a1 = aa1 \times (TW_{cd\_in})^2 + aa2 \times (TW_{cd\_in}) + aa3$$

$$b1 = bb1 \times (TW_{cd\_in})^2 + bb2 \times (TW_{cd\_in}) + bb3$$

$$c1 = cc1 \times (TW_{cd\_in})^2 + cc2 \times (TW_{cd\_in}) + cc3$$

2) 変流量特性

$$TW_{cd\_out} = TW_{cd\_out\_pre} \times d2$$

$$d1 = dd1 \times \left(\frac{MWR_{cd\_N}}{dd4}\right)^2 + dd2 \times \left(\frac{MWR_{cd\_N}}{dd4}\right) + dd3$$

$$d2 = 1 - (1 - d1) \times \frac{(TW_{cd\_in} - WB_{in})}{(dd5 \times TW_{cd\_in} + dd6)}$$

3) 変風量特性(無風時の特性)

$$TW_{cd\_out} = TW_{cd\_out\_pre} \times e2$$

$$e1 = ee1 \times \left(\frac{MAR_{in\_N}}{ee4}\right)^2 + ee2 \times \left(\frac{MAR_{in\_N}}{ee4}\right) + ee3$$

$$e2 = 1 - (1 - e1) \times \frac{(TW_{cd\_in} - WB_{in})}{(ee5 \times TW_{cd\_in} + ee6)}$$

(1) 冷却水量・ファン風量定格時の外気湿球温度、入口水温における出口水温

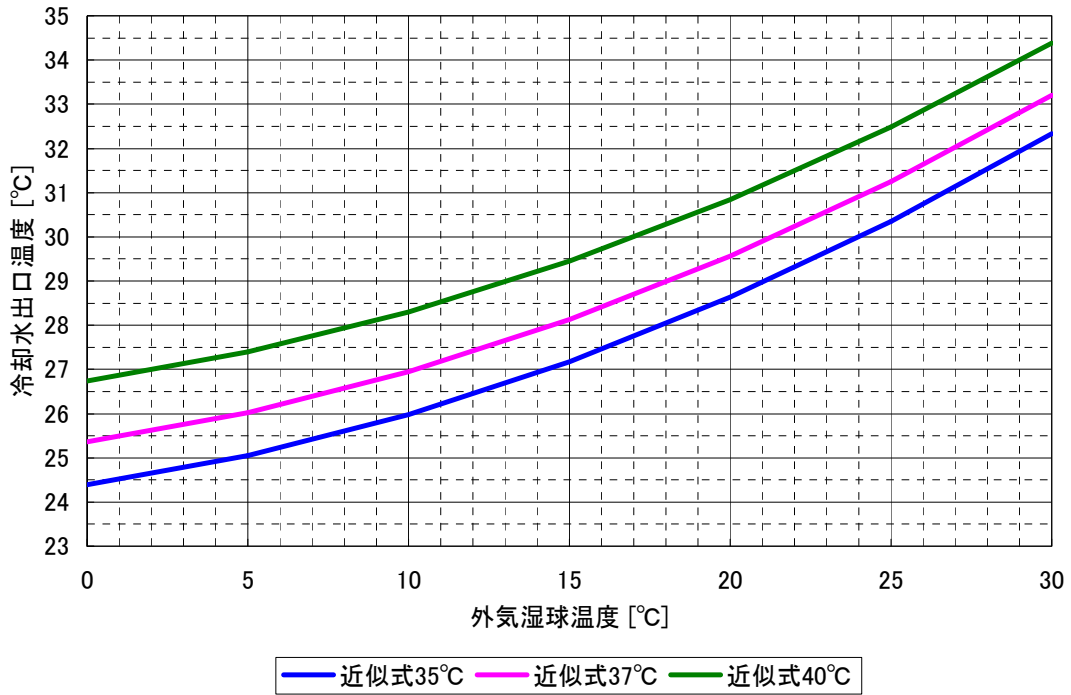


図 3.3.1-5 圧縮式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

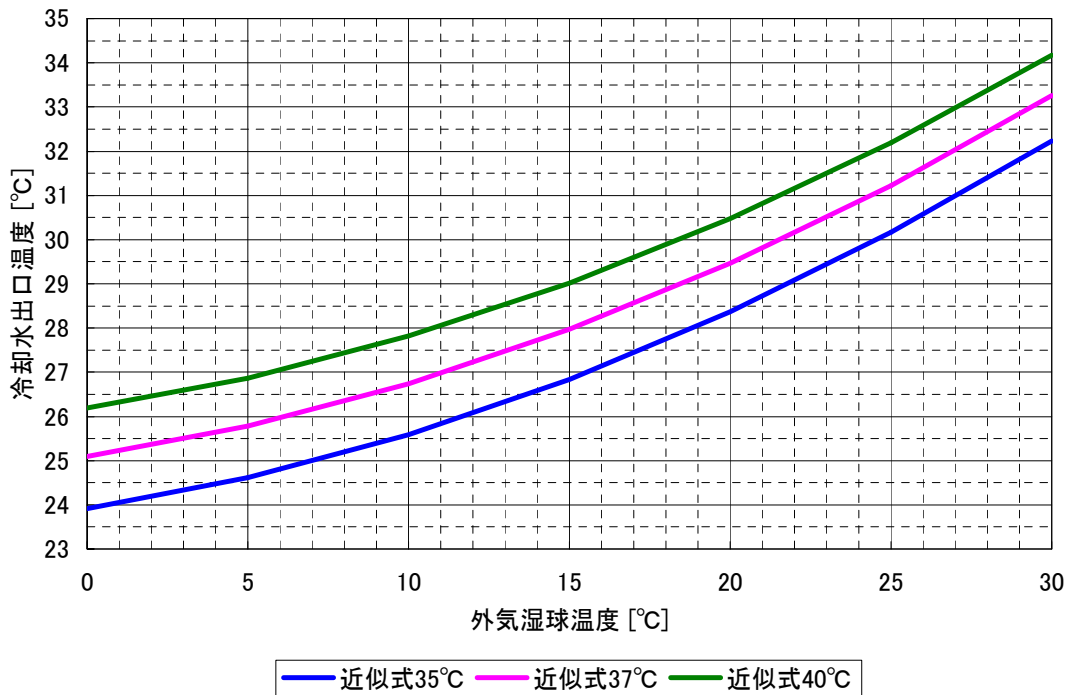


図 3.3.1-6 吸収式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

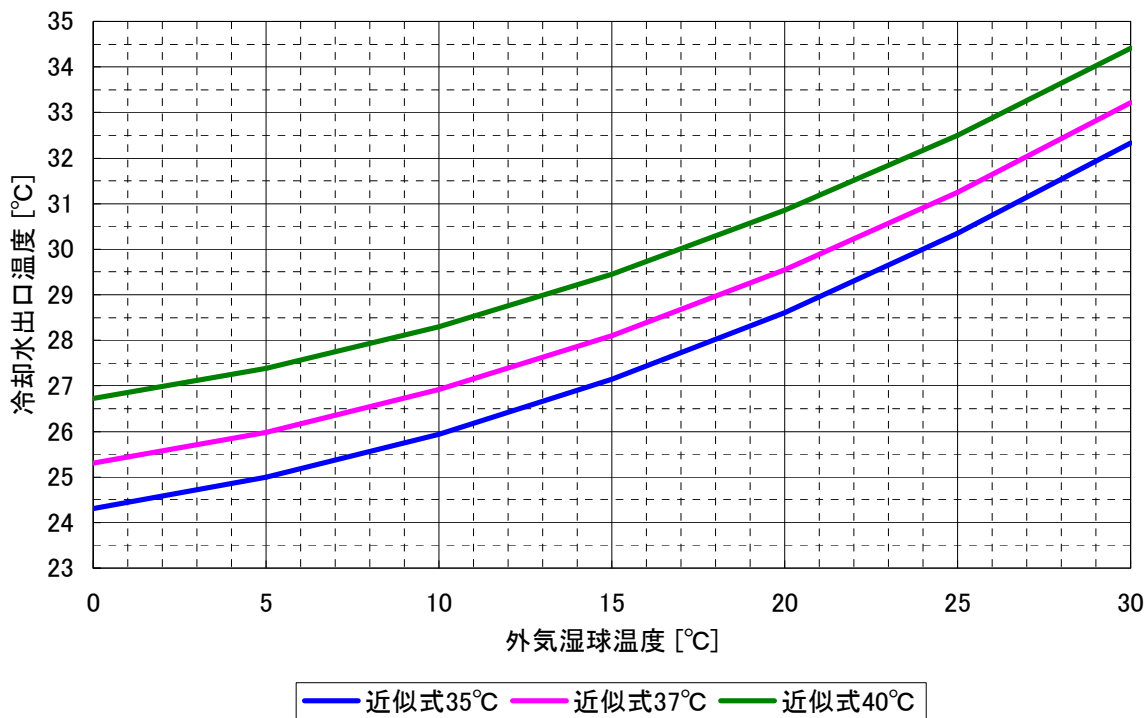


图 3.3.1-7 压缩式用 密闭式·超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

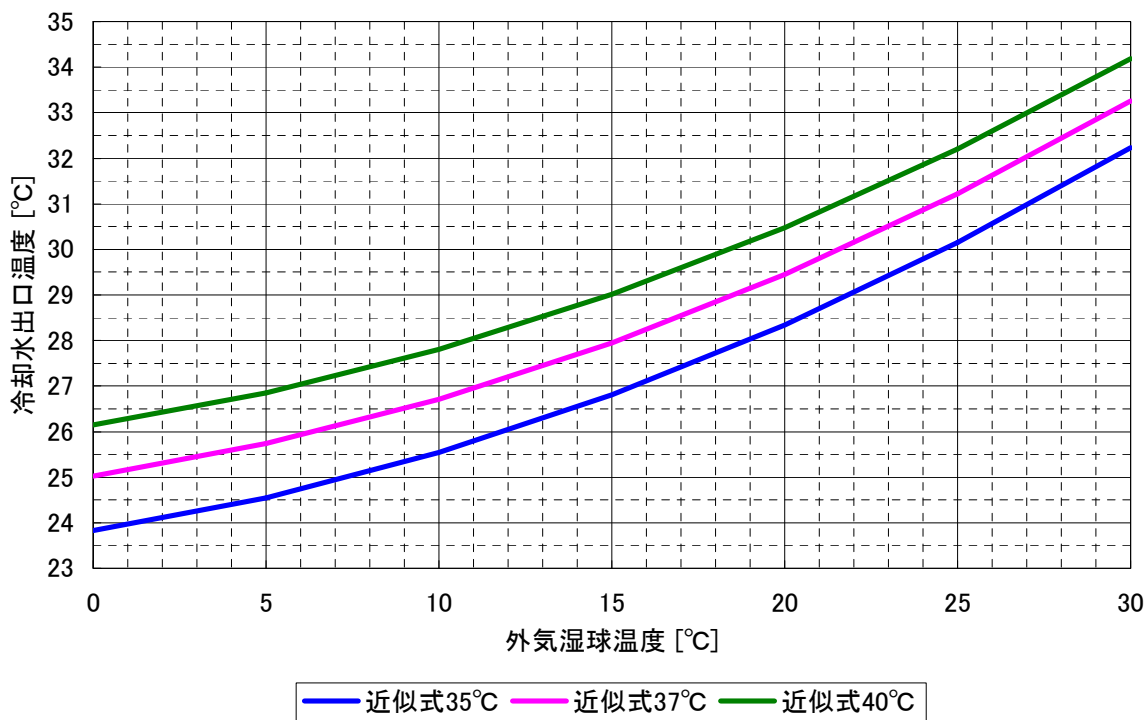


图 3.3.1-8 吸收式用 密闭式·超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

(2) 変流量制御時の外気湿球温度と出口水温

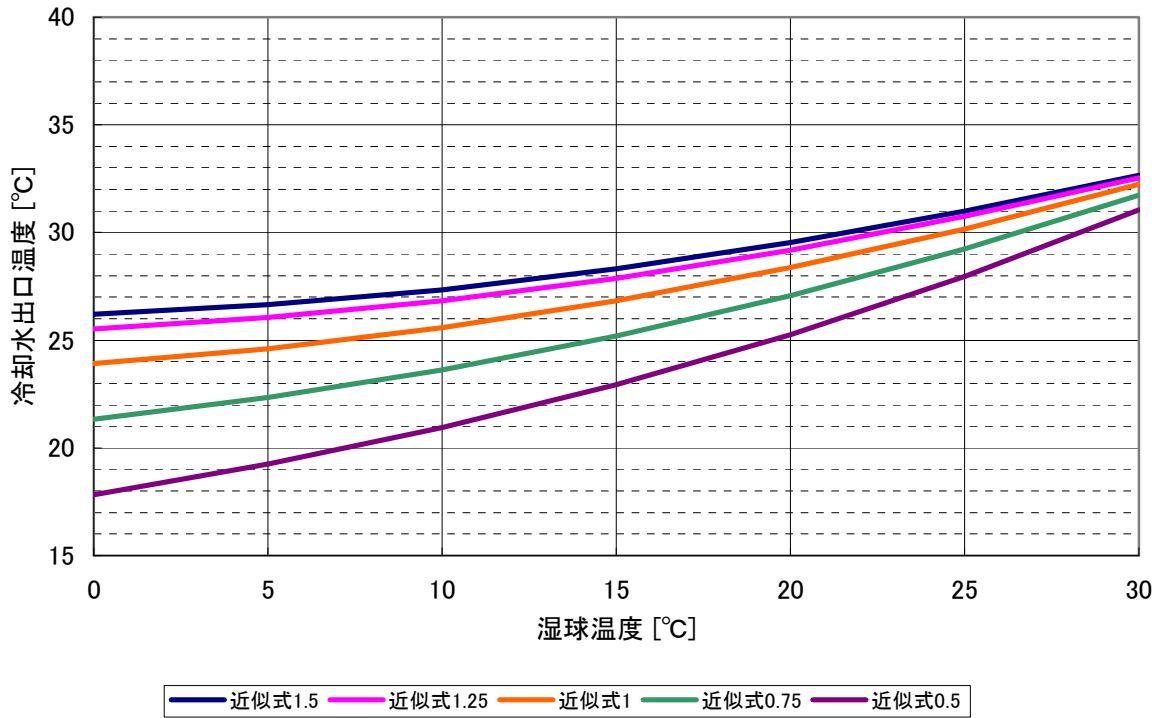


図 3.3.1-9 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 35°C (凡例は冷却水流量比)

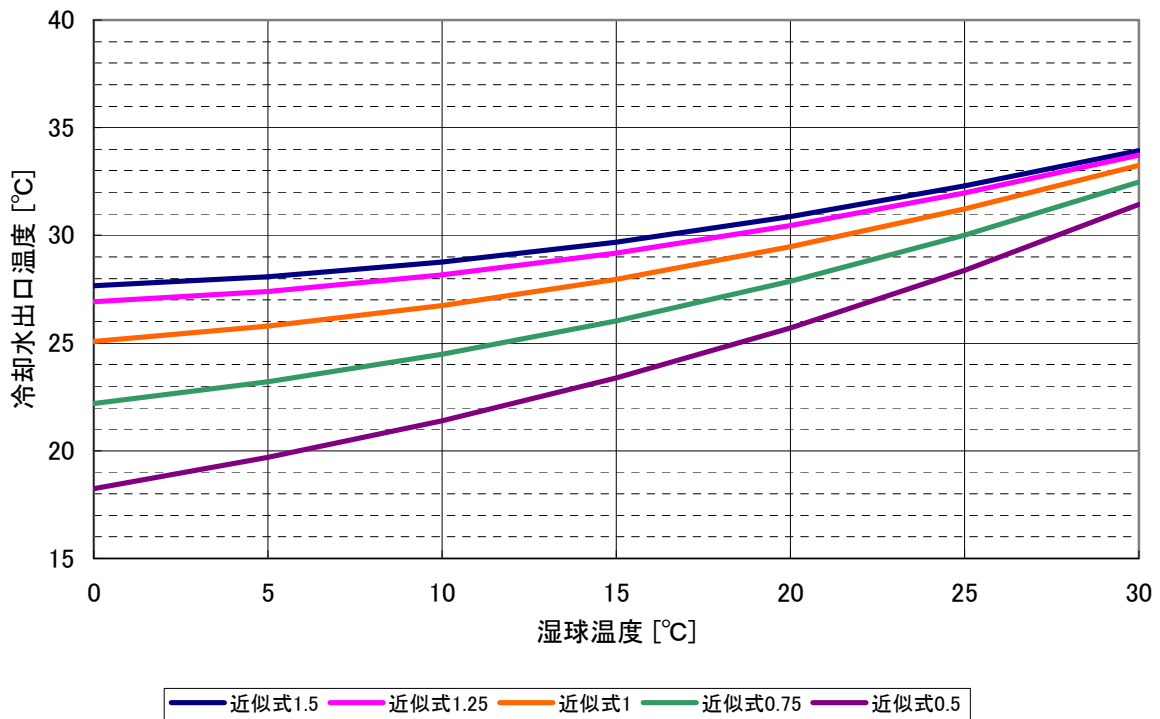


図 3.3.1-10 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 37.5°C (凡例は冷却水流量比)



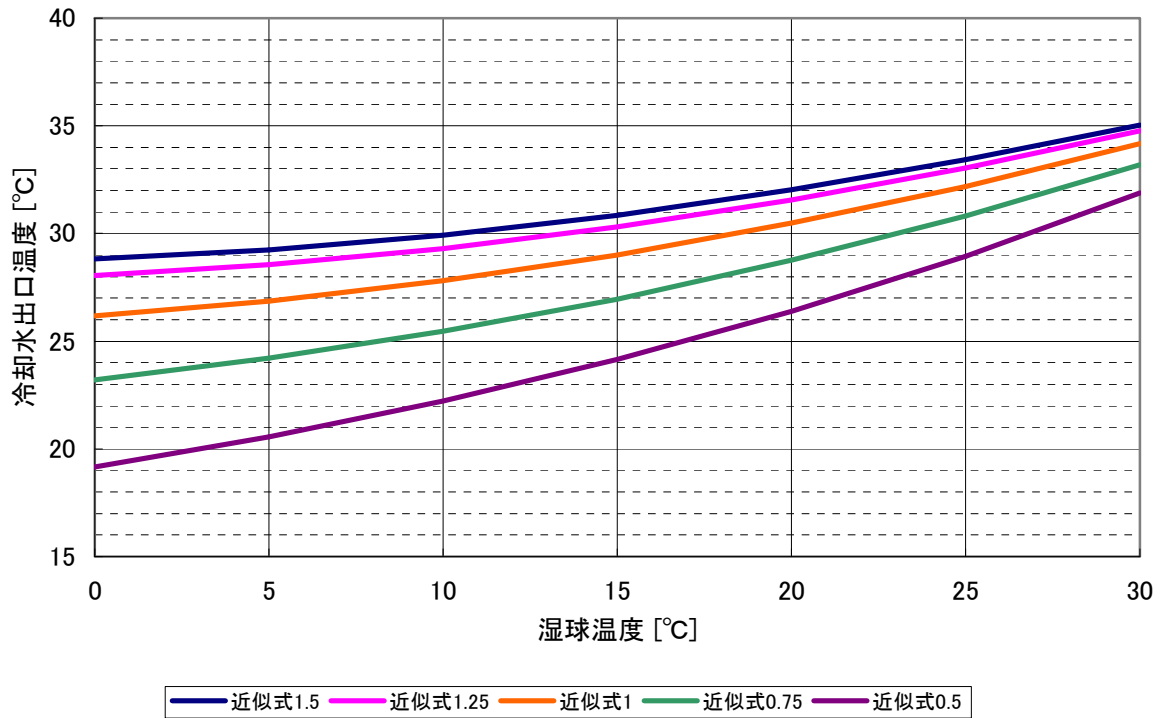


図 3.3.1-11 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 40°C (凡例は冷却水流量比)

(3) 変風量制御時の外気湿球温度と出口水温

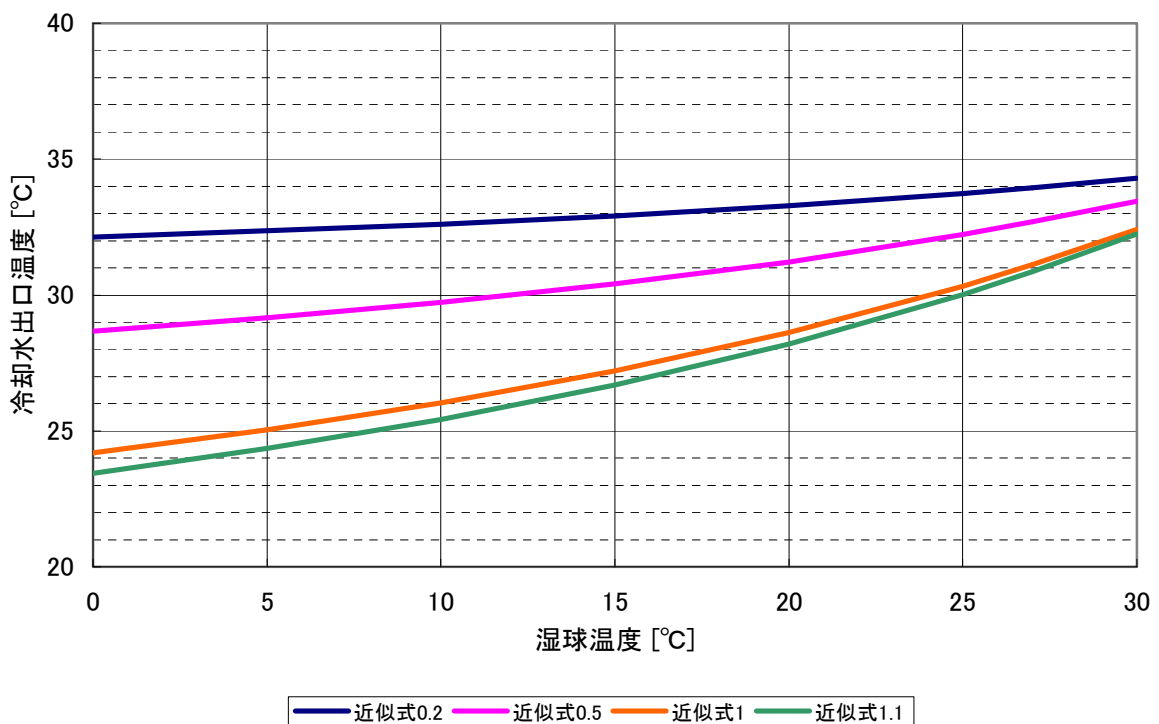


図 3.3.1-12 圧縮式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 35°C (凡例は風量比)

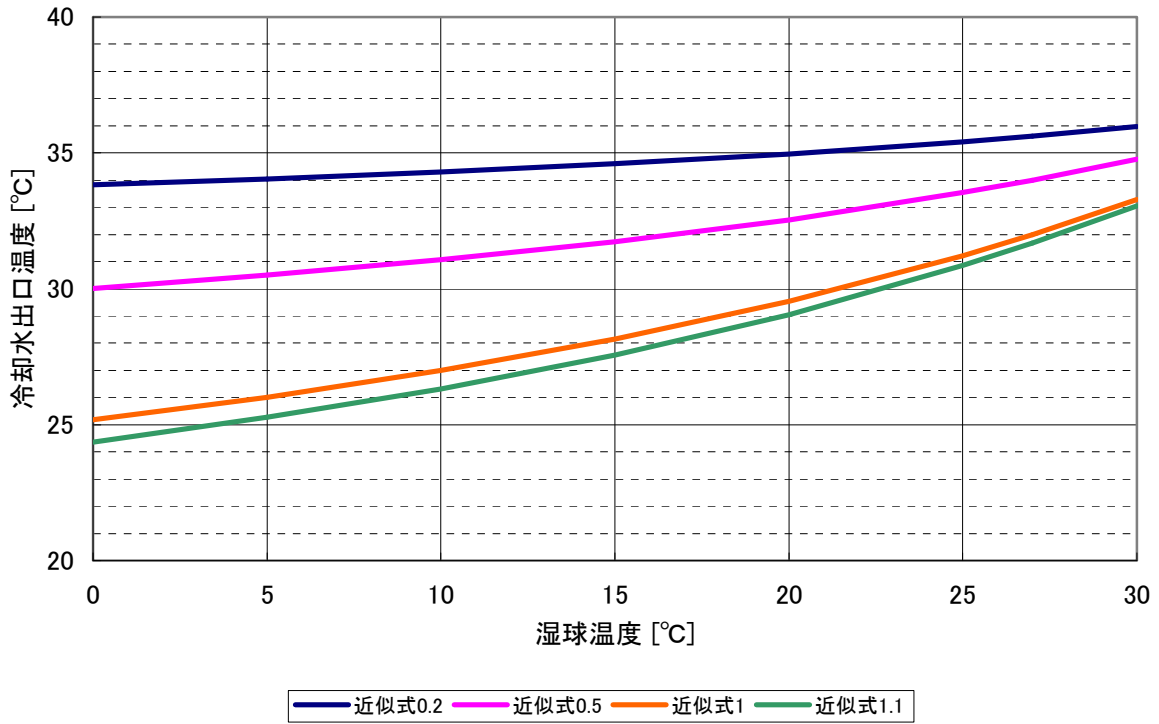


图 3.3.1-13 压缩式用 开放式·超低騒音型 冷却水入口温度 37.5°C (凡例は风量比)

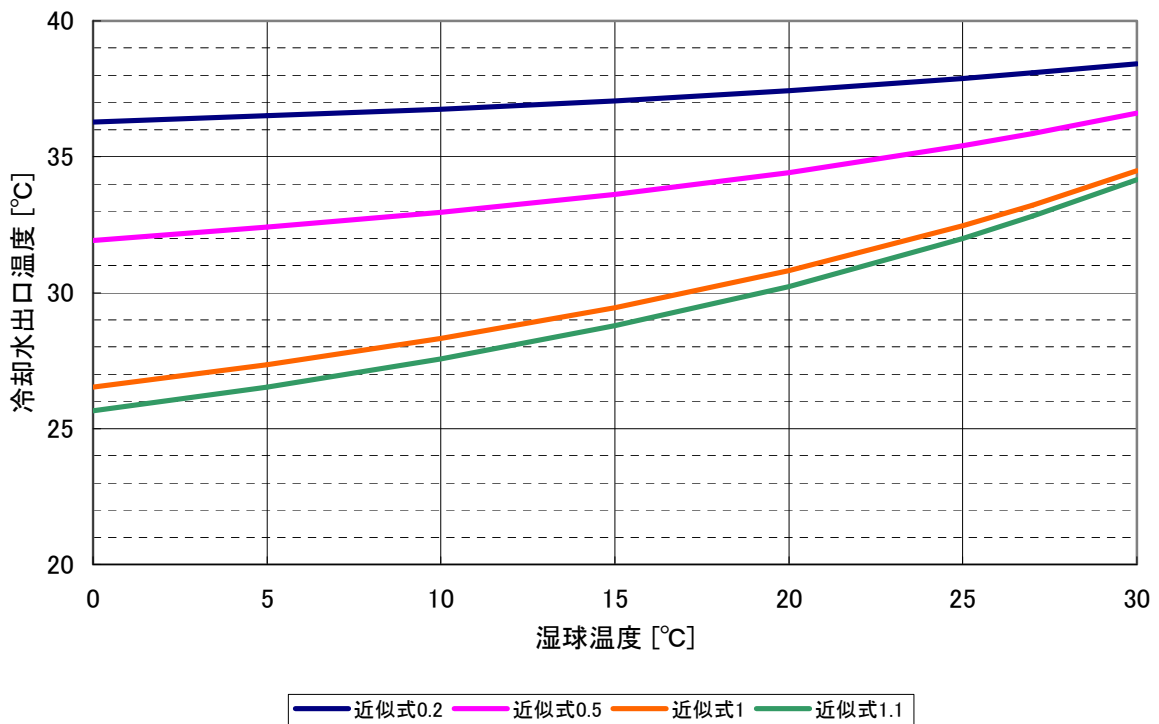


图 3.3.1-14 压缩式用 开放式·超低騒音型 冷却水入口温度 40°C (凡例は风量比)

(4) ファン停止時の外気湿球温度と出口水温

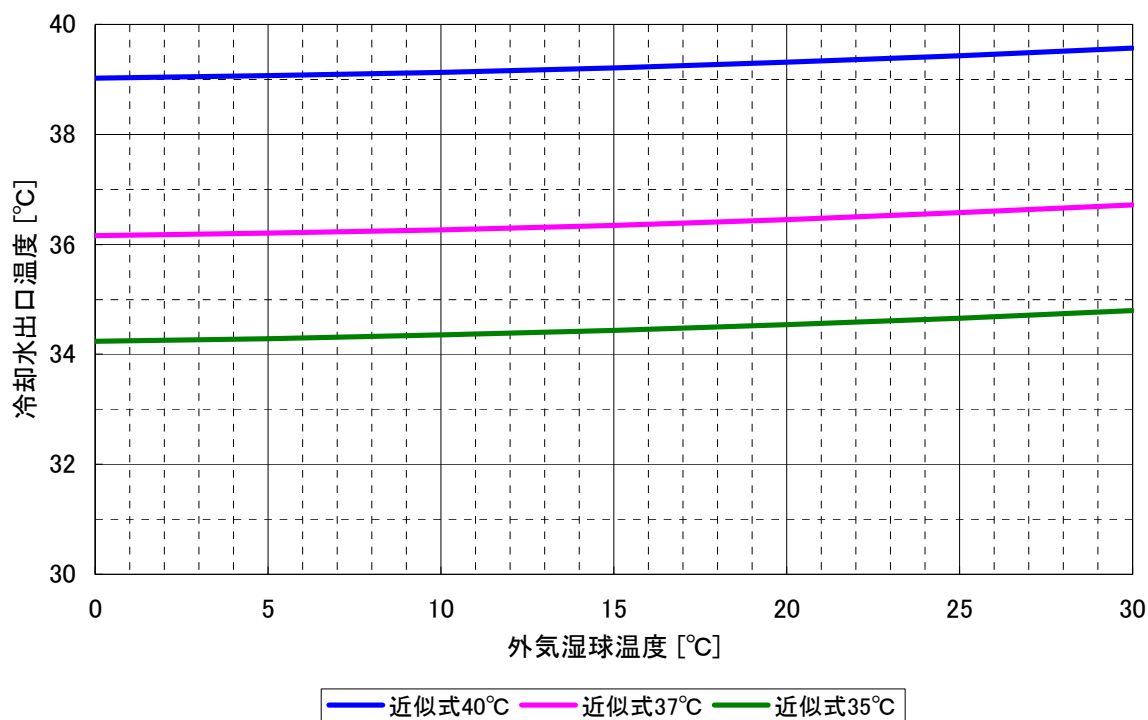


図 3.3.1-15 圧縮式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

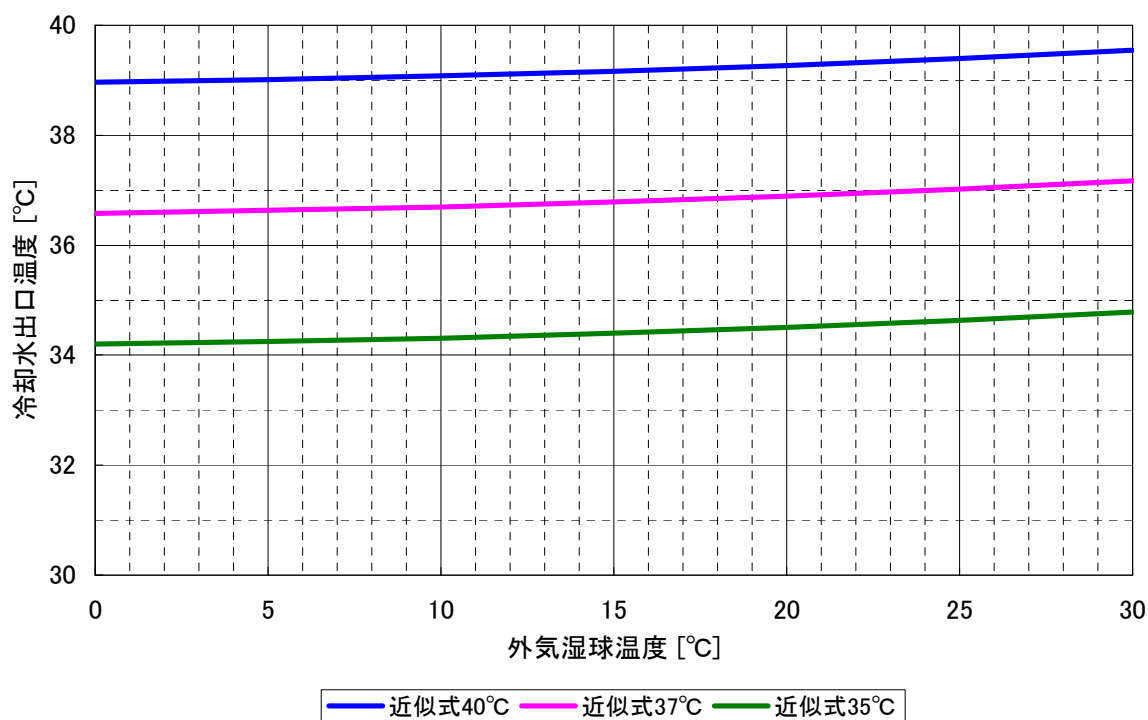


図 3.3.1-16 吸収式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

○ 入出力項目

① 近似式モデル

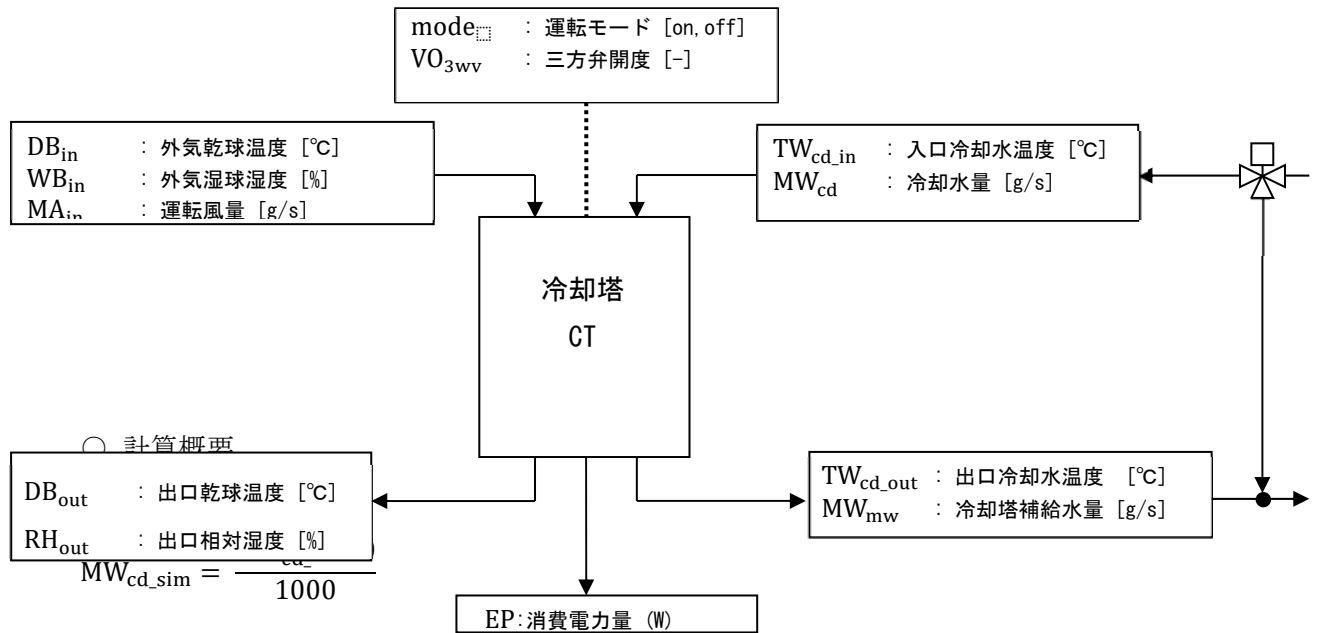


図 3.3.1-17 入出力項目 (近似式モデル)

② 運転状態の判別

- 1) `mode = 1` の時 停止
- 2) `mode = 2` の時 運転
- 3)  $TW_{cd\_out\_UL} \geq TW_{cd\_in}$  の時 停止

③ 停止時の計算

$$TW_{cd\_out} = TW_{cd\_in}$$

$$EP = 0$$

$$MW_{mw} = 0$$

#### ④ 運転時の算出

##### 4-1) 冷却水出口水温の計算

###### 1) 冷却塔の冷却水出口水温の計算

$$TW_{cd\_out\_pre} = a1 \times (WB_{in})^2 + b1 \times (WB_{in}) + c1$$

###### ① 変流量の場合

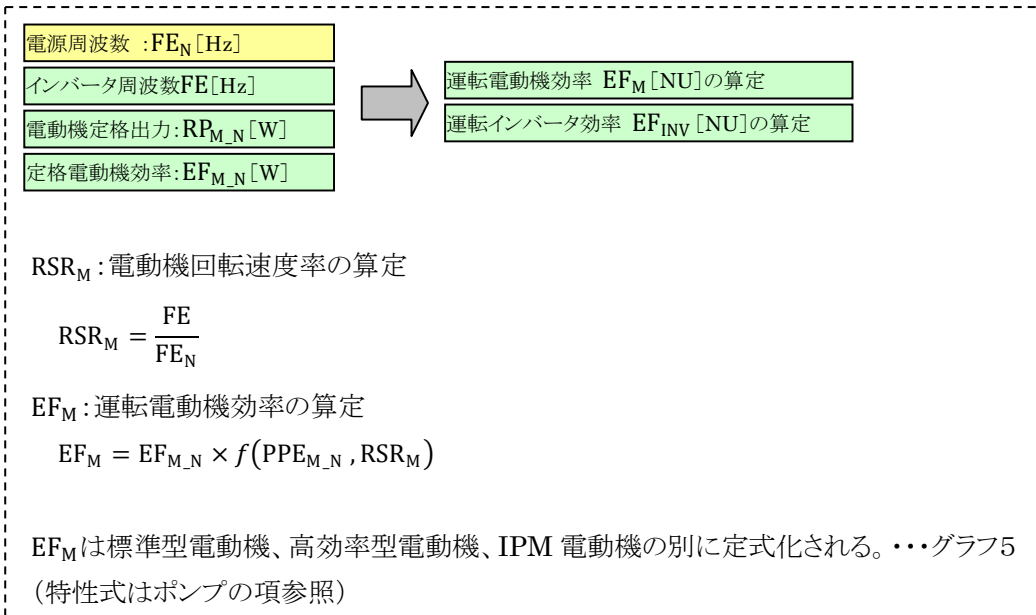
$$TW_{cd\_out} = TW_{cd\_out\_pre} \times d2$$

###### ② 変風量の場合

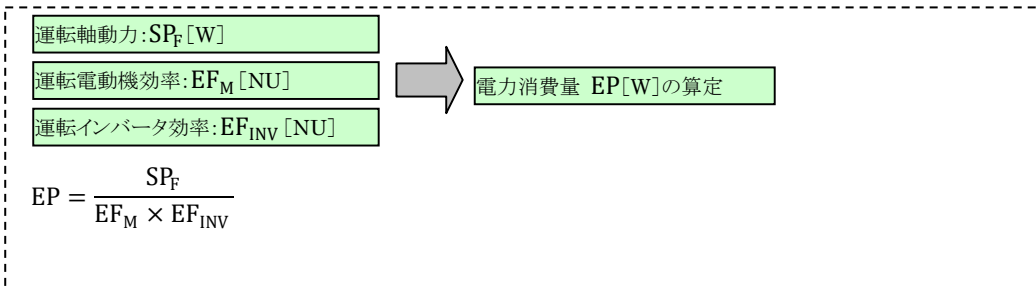
$$TW_{cd\_out} = TW_{cd\_out\_pre} \times e2$$

##### 4-2) 消費電力量の計算 (4-2 計算方法については搬送系報告書より抜粋)

###### 1) 運転電動機効率、運転インバータ効率の算定



###### 2) 電力消費量の算定



※冷却塔モデルでは定格消費電力を定格入力として与える

⑤冷却塔補給水量の計算

5-1) 自動ブロー

1) 飛散損失水量(キャリーオーバー量)の計算

$$MW_{mw\_co} = 0.015 \times VO_{3wv} \times MW_{cd\_sim} \times \frac{1000}{60}$$

2) 蒸発損失水量の計算

$$MW_{mw\_ev} = (TW_{cd\_out} - TW_{cd\_in}) \times VO_{3wv} \times MW_{cd\_sim} \times \frac{1000}{60}$$

3) ブローダウン量の計算

$$MW_{mw\_bd} = \frac{MW_{mw\_ev}}{(CR_N - 1)} - MW_{mw\_co}$$

4) 冷却塔補給水量の計算

$$MWR_{mw\_N} = MW_{mw\_co} + MW_{mw\_ev} + MW_{mw\_bd}$$

5-2) 強制ブロー

1) 冷却塔補給水量の計算

$$MW_{mw} = MW_{cd\_N} \times MWR_{mw\_N}$$

⑥熱交換後の空気状態の計算

6-1) 入口空気(外気温度)エンタルピの計算

$$H_{in} = \text{Psychrometrics.FNHc}(WB_{in})$$

6-2) 交換熱量より入口空気(外気温度)エンタルピの計算

$$H_{out} = H_{in} + \text{Psychrometrics.FNHc}(WB_{in}) + \left( VO_{3wv} \times \frac{MW_{cd}}{MA_{in}} \right) \times (TW_{cd\_in} - TW_{cd\_out}) \times C_{pw}$$

※ $C_{pw}$ :水の比熱(=4.18605[kJ/kg・K])

6-3) 出口空気温度の計算

$$DB_{out} = \text{Psychrometrics.FNDbrh}(RH_{out}, H_{out})$$

※ $RH_{out}$ :出口空気相対湿度(=100[%]、飽和状態と仮定)

## ② 物理モデル

○ 物理モデルの理論

1) 基礎式

$$C_l \frac{L}{A} \frac{\partial t_l}{\partial z} = - \frac{G}{A'} \frac{\partial h}{\partial x} = -Ka(h_l - h) \quad \dots (1)$$

ここで、

$C_l$  : 水の比熱 (= 4.2[kJ/(kg·K)])

$L$  : 冷却水量 [kg/h]

$G$  : ファン風量 [kg/h]

$A$  : 冷却水の流に直角方向の充てん材断面積(図 1 参照) [m<sup>2</sup>]

$A'$  : 空気の流に直角方向の充てん材断面積(図 1 参照) [m<sup>2</sup>]

$t_l$  : 冷却水温度 [°C]

$h$  : 空気の比エンタルピー [kJ/kg]

$h_l$  : 冷却水温度 $t_l$ と同じ温度の飽和空気の比エンタルピー [kJ/kg]

$x$  : 空気の流れ方向の座標軸 (図 3 参照)

$z$  : 冷却水の流れ方向の座標軸 (図 3 参照)

$Ka$  : エンタルピー基準総括容積伝熱係数 [kJ/(m<sup>3</sup>·h·Δh)]

また、

$$N = \frac{L}{G} \quad (\text{水空気比}) \quad \dots (2)$$

$$\frac{U}{N} = \frac{KaZd}{L/A} = \frac{KaV}{L} \quad (\text{塔特性、N/U}) \quad \dots (3)$$

ここで、

$V$  : 体積[m<sup>3</sup>]

(1)式を、 $\xi = x/Xd$ 、 $\zeta = z/Zd$  として書き直すと、

$$C_l \frac{\partial t_l}{\partial \zeta} = - \frac{1}{N} \frac{\partial h}{\partial \xi} = - \frac{U}{N} (h_l - h) \quad \dots (4)$$

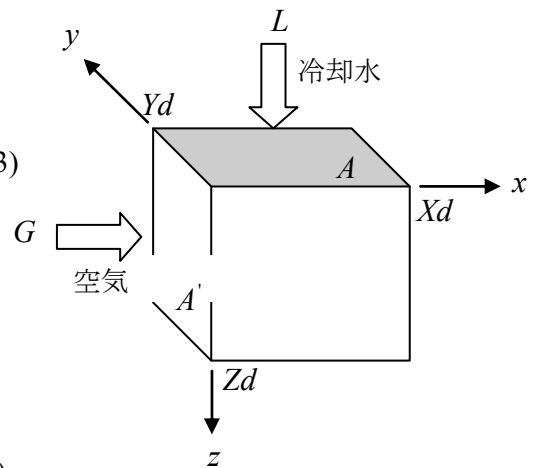


図 3.3.1-18 直行列形と熱交換部の座標と流れ方向

(4)式を差分法で解くことにより、出口水温及び出口空気エンタルピーを求める。

なお、ファン台数制御時、冷却水循環中にファンが停止した場合は、試行錯誤による実験値との比較により、開放式は定格風量の 5%の外気が、密閉式は定格風量の 3%の外気が冷却塔に流入することとする。

(2) 変流量・変風量時の塔特性

・開放式の場合

$$Ka=c_1(L/A)^\alpha (G/A)^\beta \quad \dots(5)$$

・ $c_1$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  : 定数

式(5)を式(3)に代入すると

$$U/N=c_1Z(L/A)^\alpha \cdot 1(G/A)^\beta \quad \dots(6)$$

実験結果に合わせると、 $\alpha=0.2$ 、 $\beta=0.8$  (図4参照)

・密閉式の場合

開放式と同様の関係が成り立つと仮定して、

実験結果に合わせると、 $\alpha=0.1$ 、 $\beta=0.6$  (図5参照)



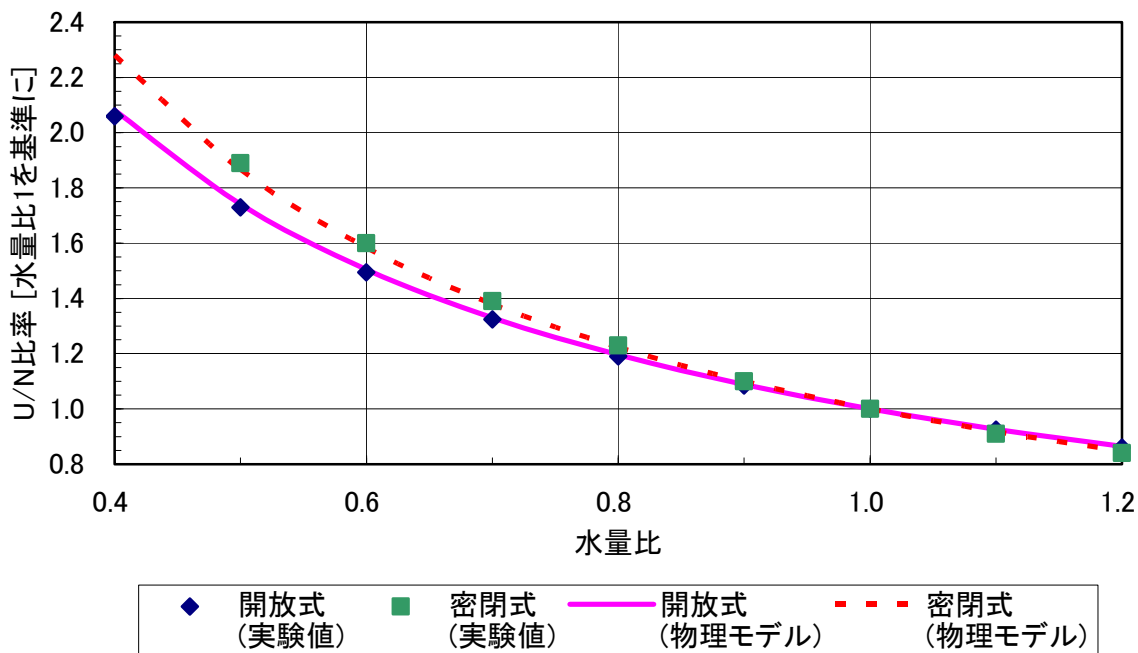


図 3.3.1-19 変流量時の塔特性

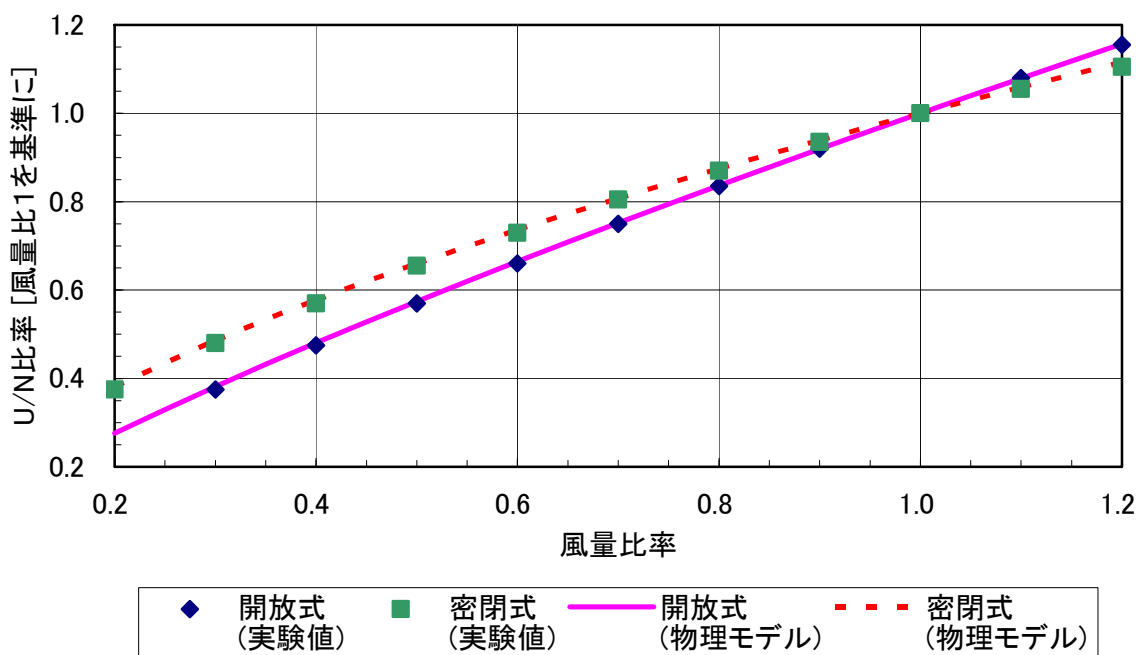


図 3.3.1-20 変風量時の塔特性

実験データに基づく近似式との比較

(1) 冷却水量・ファン風量定格時の外気湿球温度、入口水温における出口水温

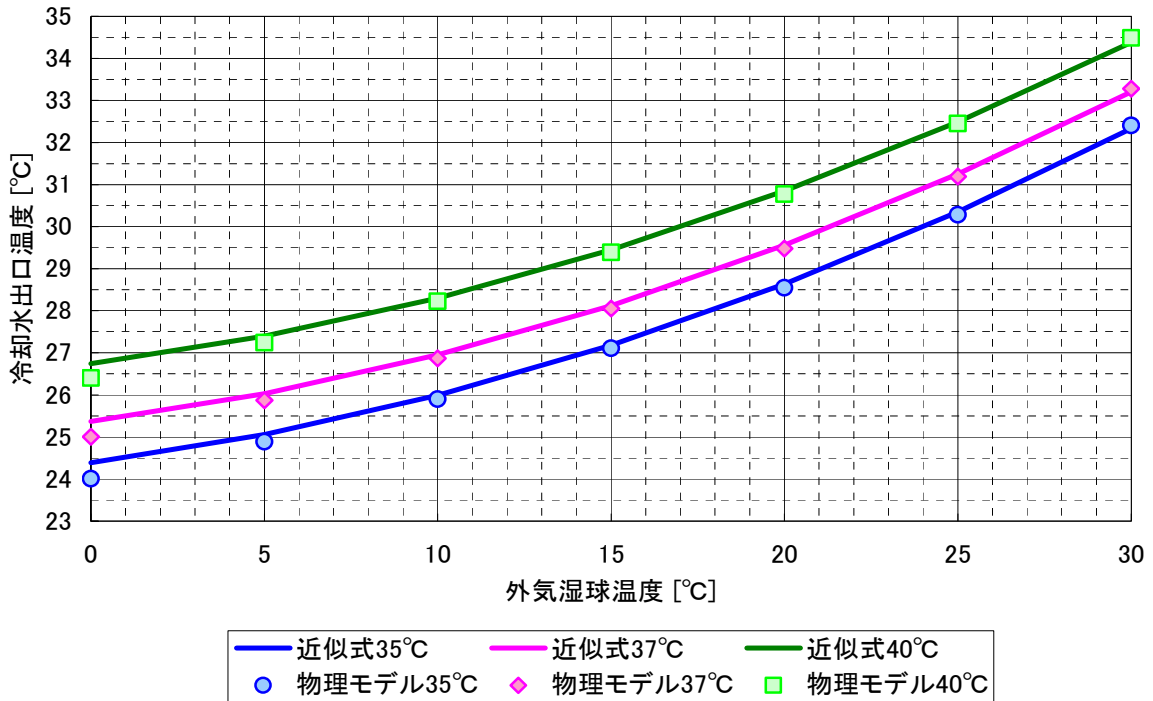


図 3.3.1-21 圧縮式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

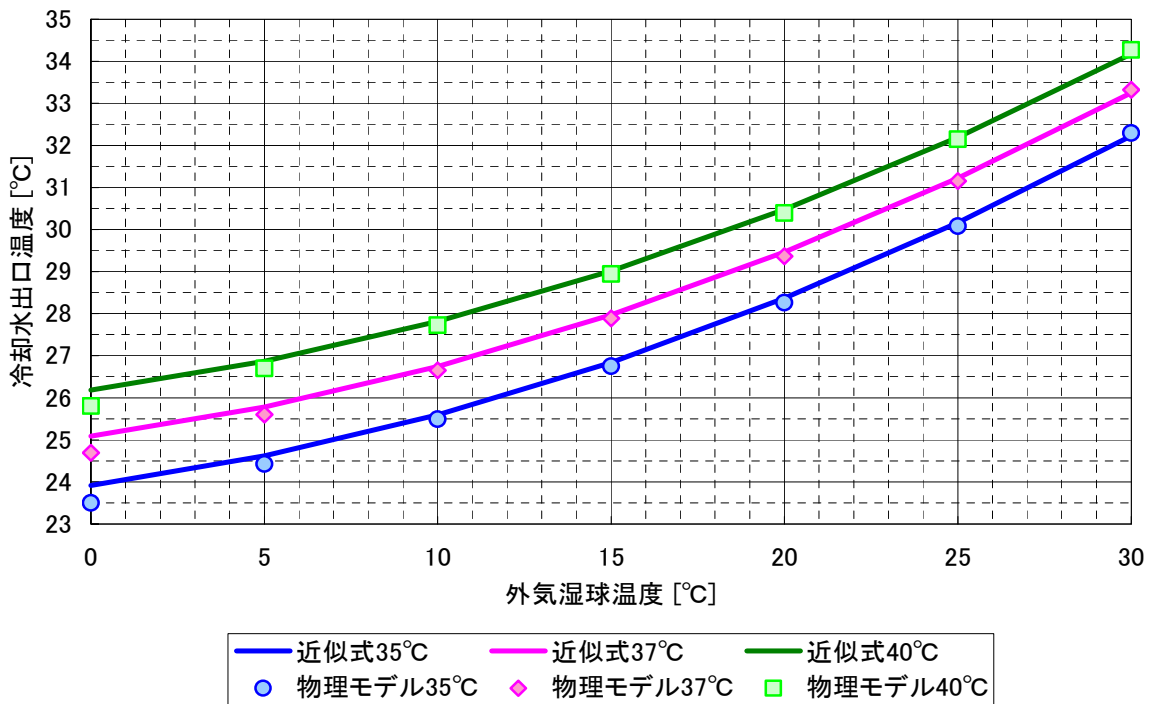


図 3.3.1-22 吸収式用 開放式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

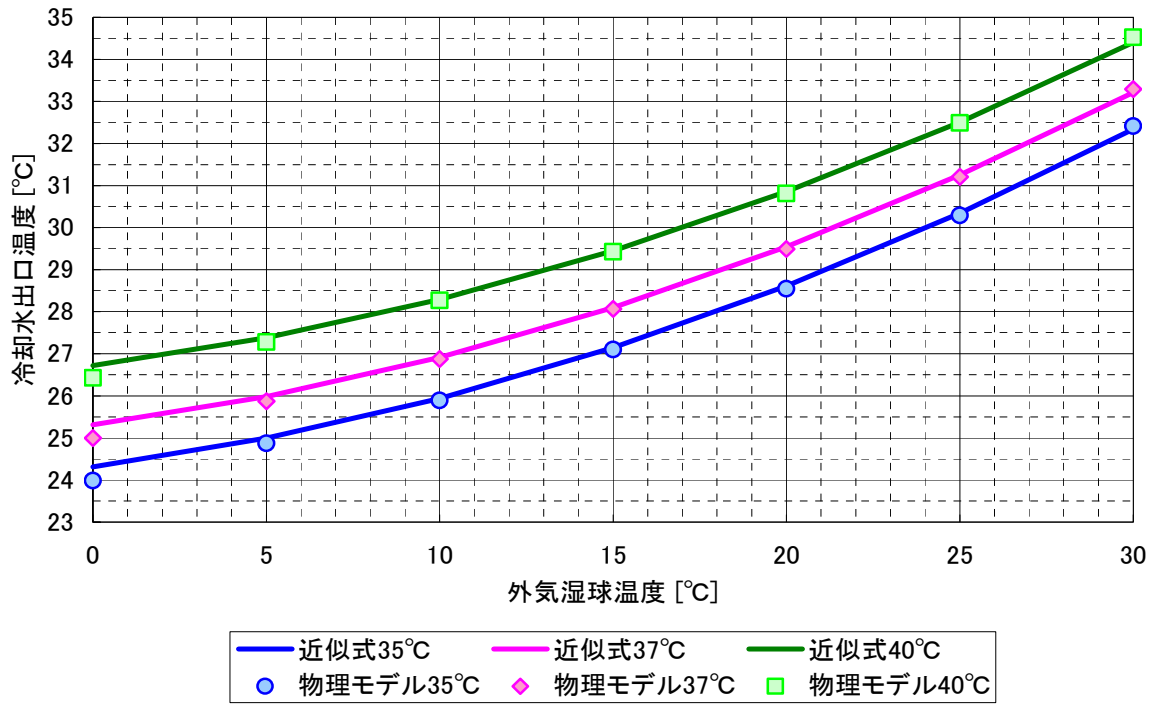


図 3.3.1-23 圧縮式用 密閉式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

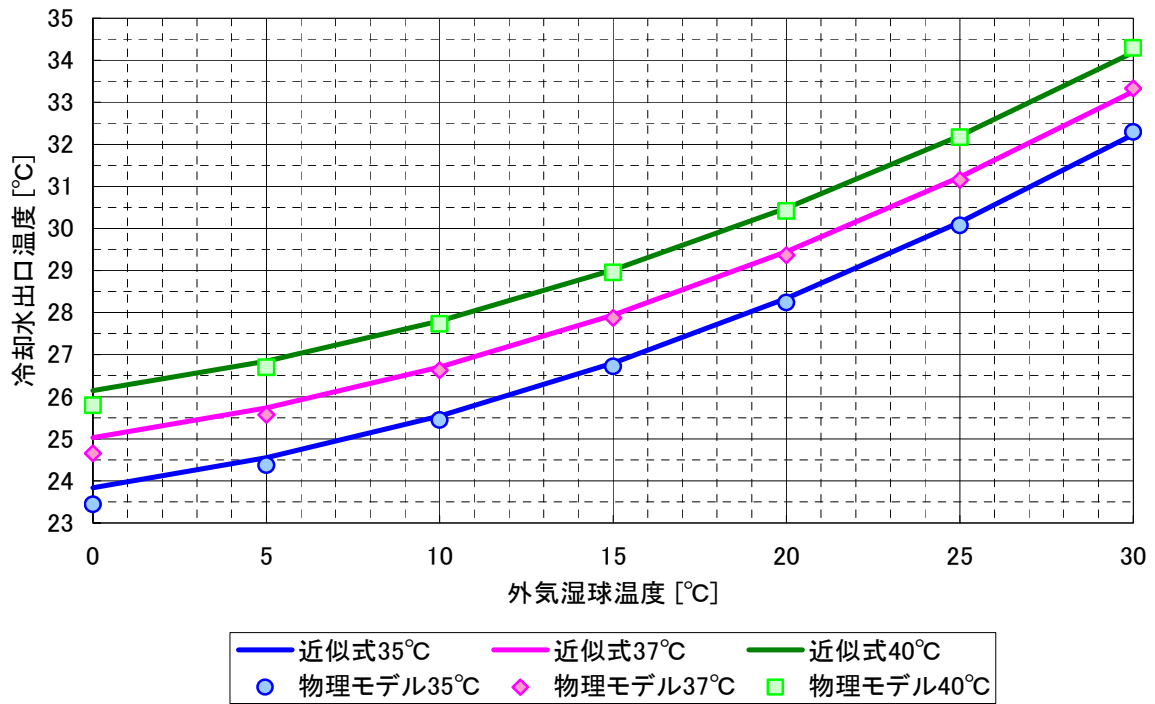


図 3.3.1-24 吸収式用 密閉式・超低騒音型 (凡例は冷却水入口温度)

(2) 変流量制御時の外気湿球温度と出口水温

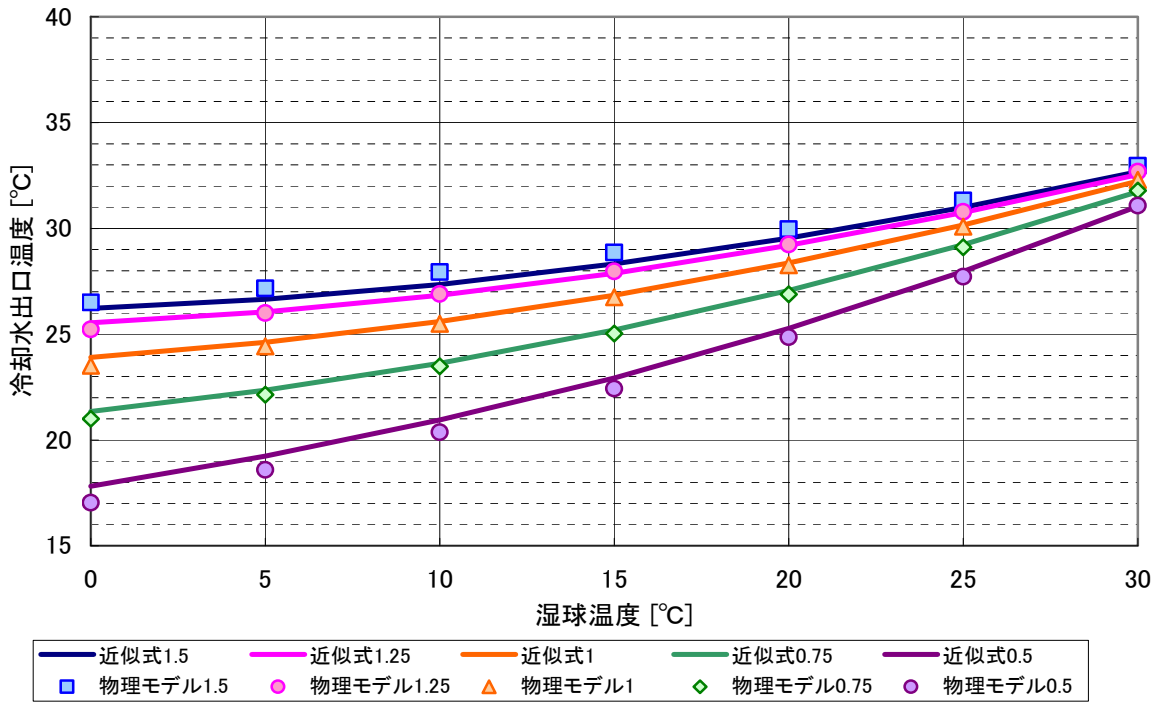


図 3.3.1-25 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 35°C (凡例は冷却水流量比)

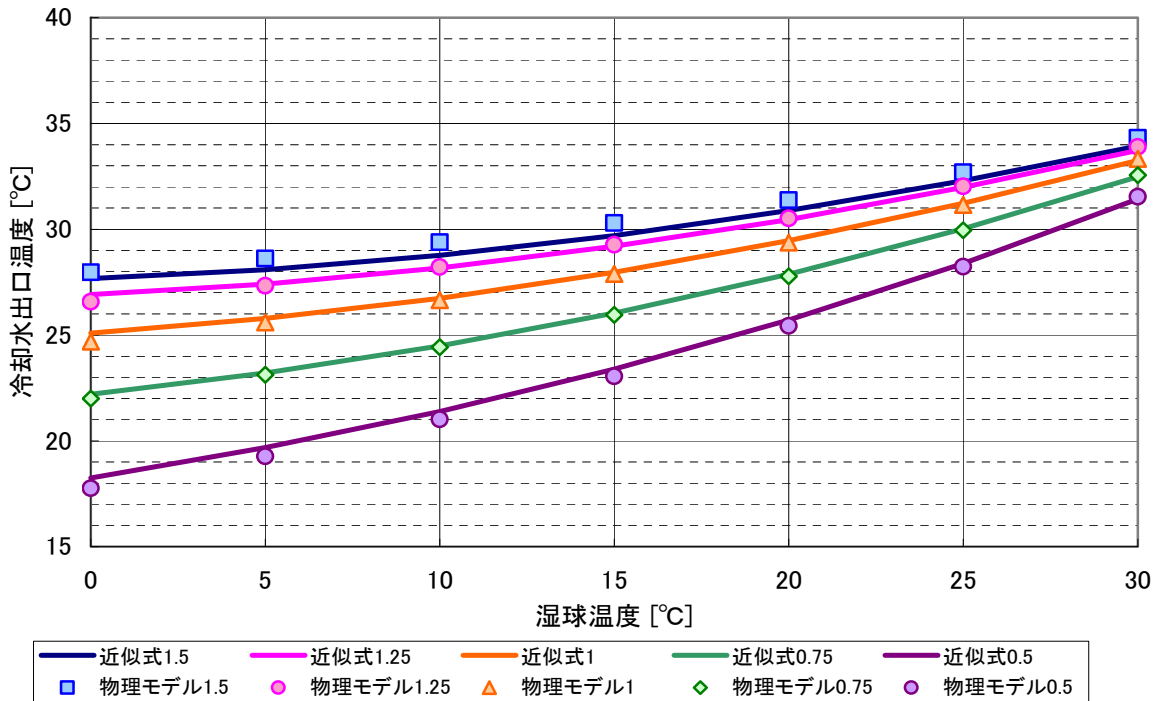


図 3.3.1-26 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 37.5°C (凡例は冷却水流量比)

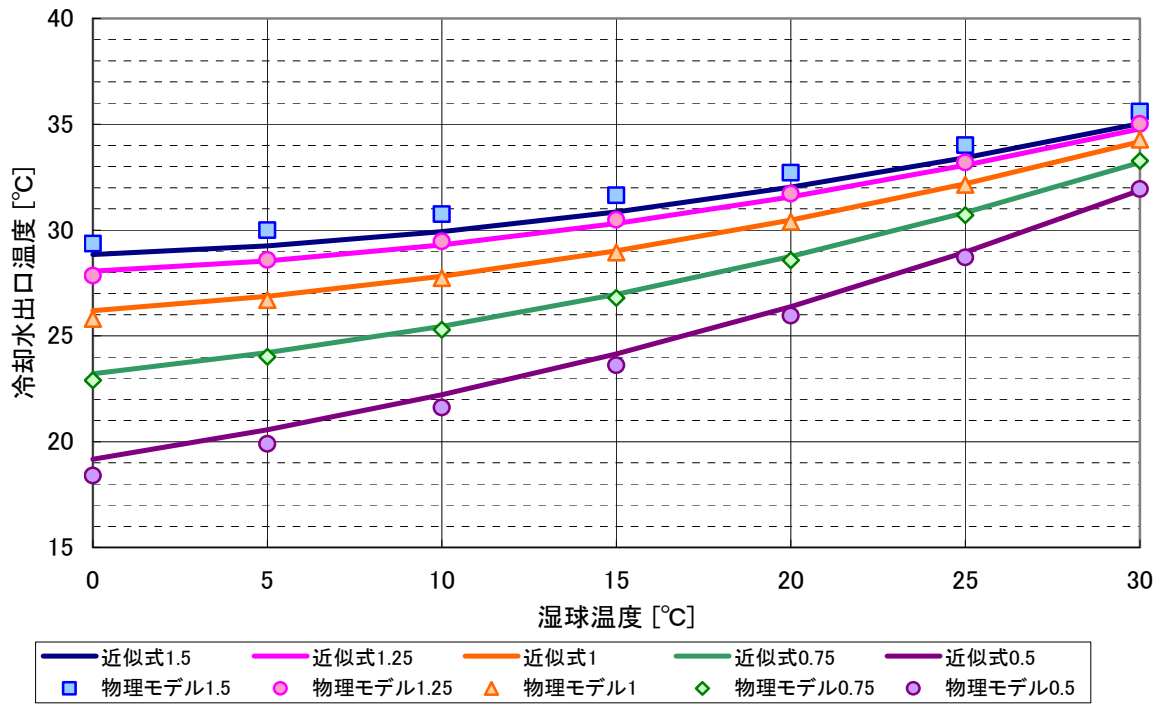


図 3.3.1-27 吸収式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 40°C (凡例は冷却水流量比)

(3) 変風量制御時の外気湿球温度と出口水温

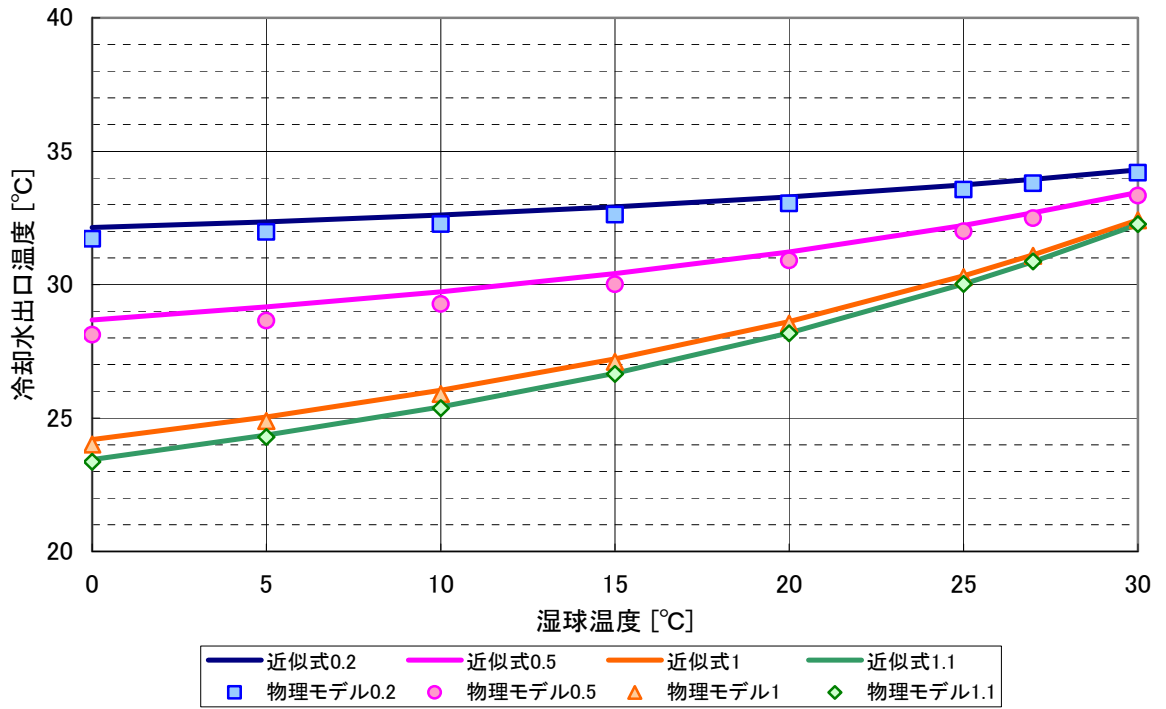


図 3.3.1-28 圧縮式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 35°C (凡例は風量比)

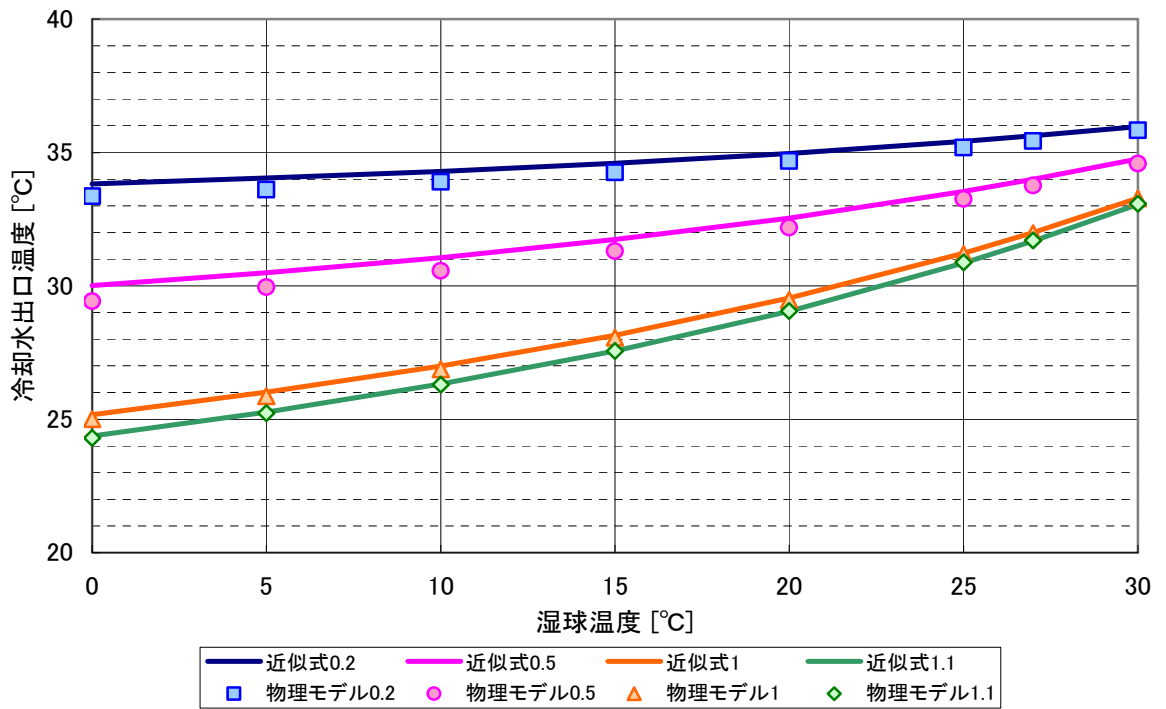


図 3.3.1-29 圧縮式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 37.5°C (凡例は風量比)

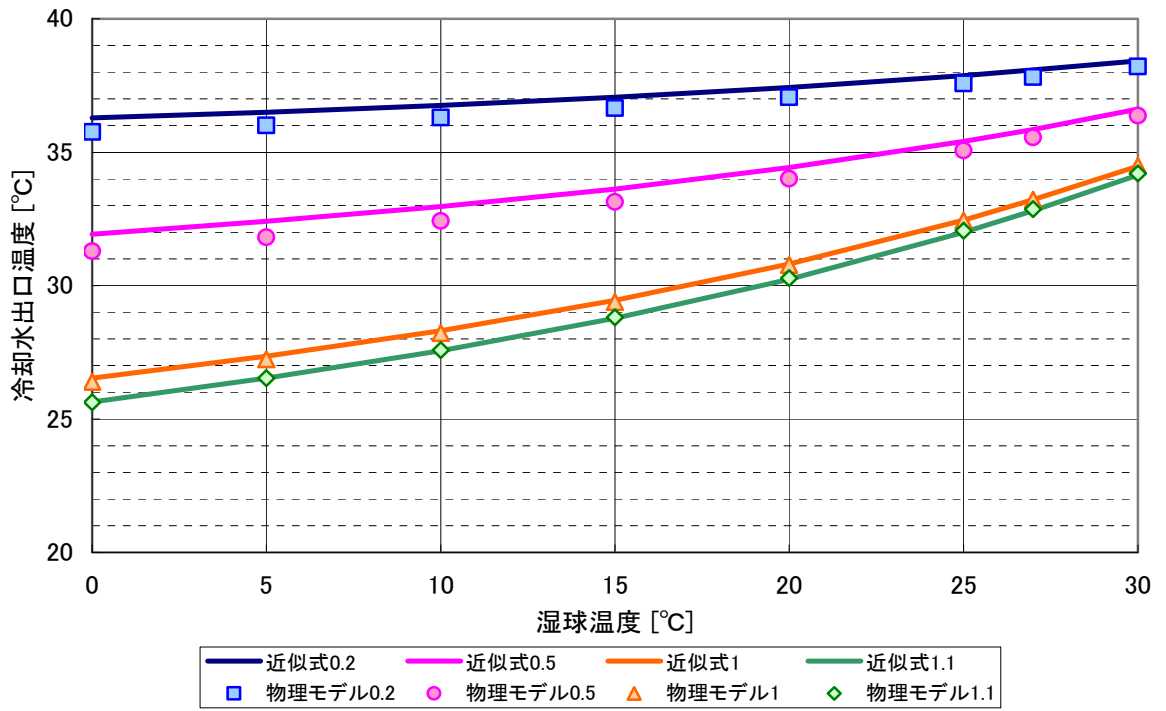


図 3.3.1-30 圧縮式用 開放式・超低騒音型 冷却水入口温度 40°C (凡例は風量比)

(4) ファン停止時の外気湿球温度と出口水温

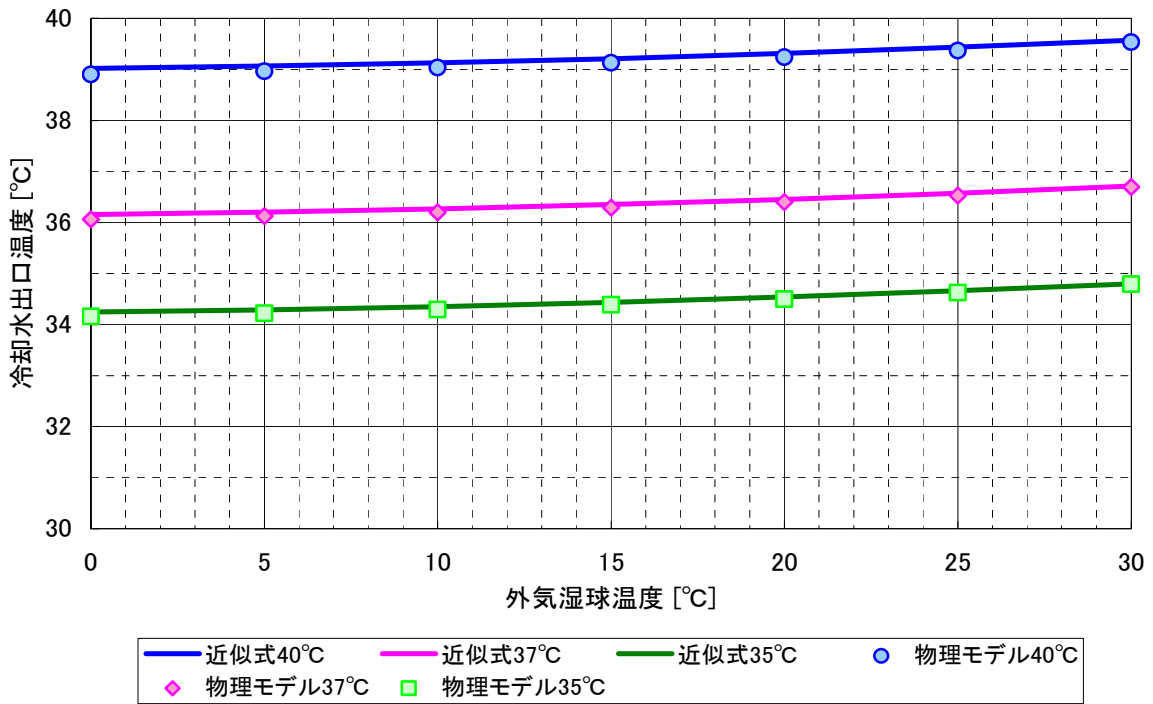


図 3.3.1-31 圧縮式用 開放式・超低騒音型 -風量は定格の5%- (凡例は冷却水入口温度)

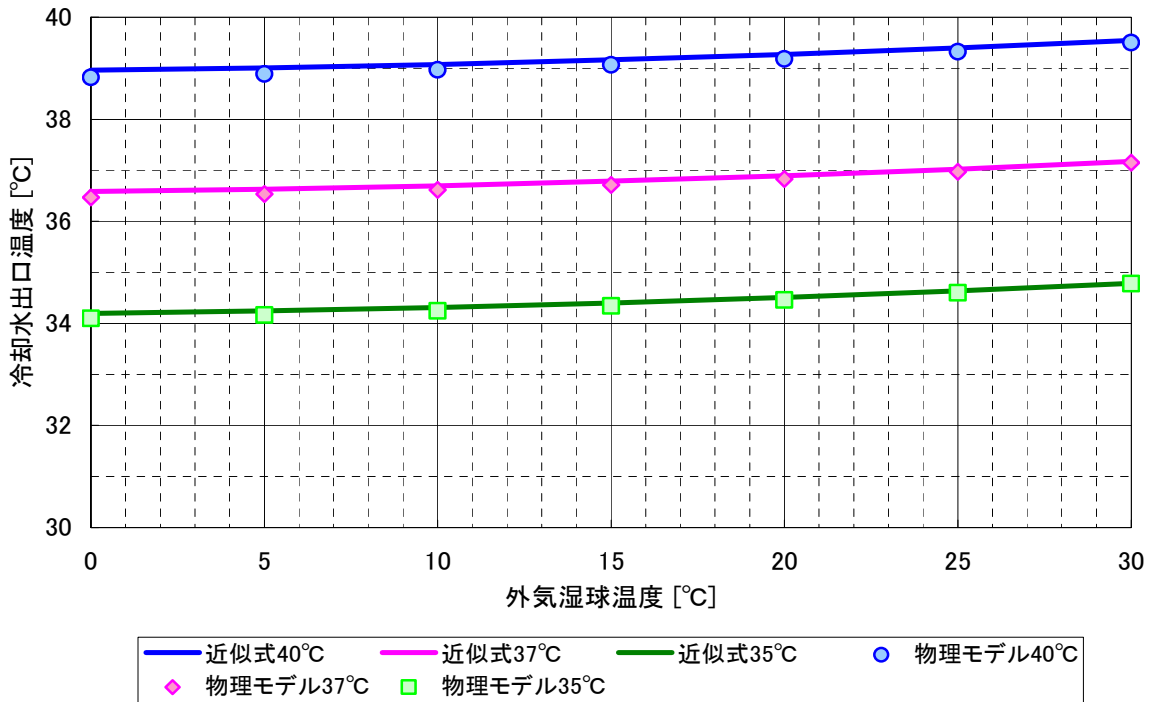


図 3.3.1-32 吸収式用 開放式・超低騒音型 -風量は定格の5%- (凡例は冷却水入口温度)



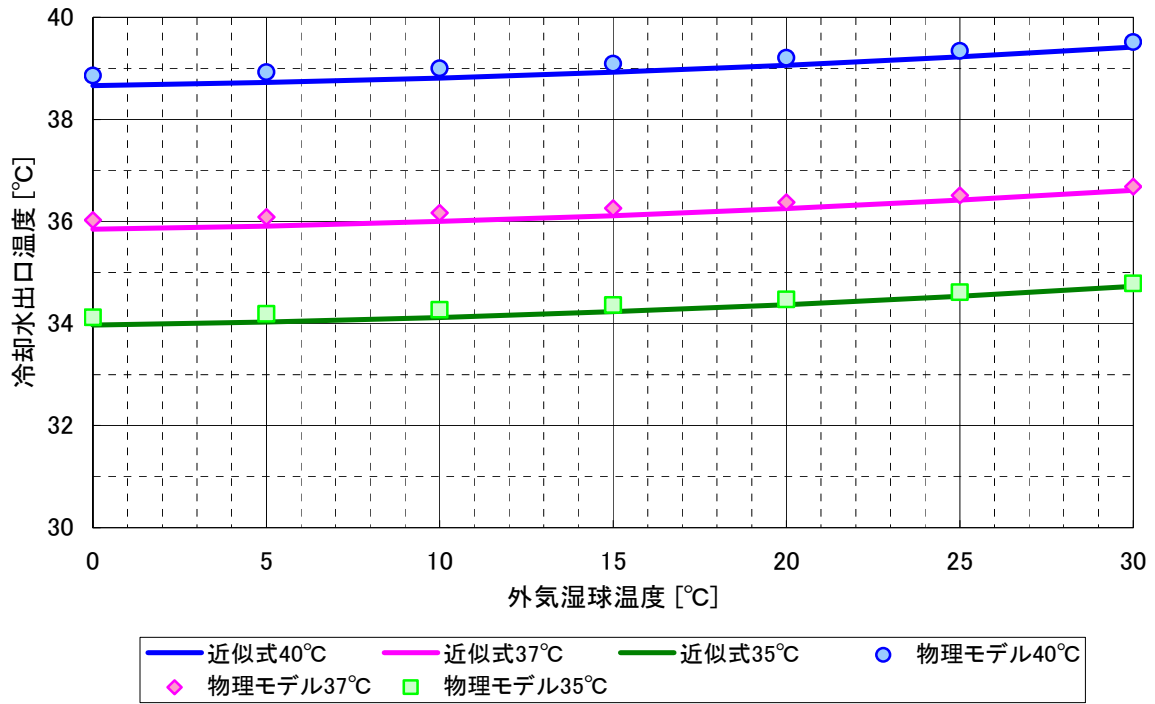


図 3.3.1-33 圧縮式用 密閉式・超低騒音型 -風量は定格の3%-(凡例は冷却水入口温度)

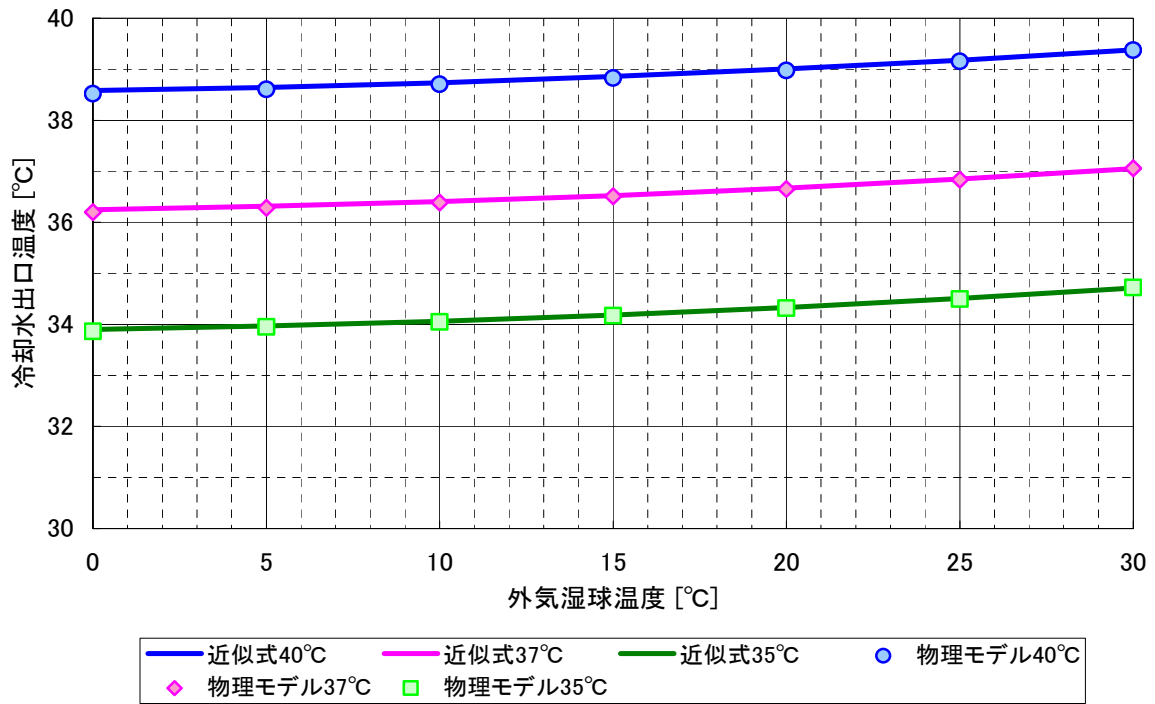


図 3.3.1-34 吸収式用 密閉式・超低騒音型 -風量は定格の3%-(凡例は冷却水入口温度)

## 4. ビルマルチ空調機

### 4.1. 機器特性調査の実施概要

本分科会では、昨年度までに収集した EHP 及び GHP による空冷ビルマルチシステムに引き続き、より調査範囲の拡大を図り、全体の調査フレームの検討と整理及び他の機種に関してエネルギー消費及び能力の特性データの収集及びこれら特性式を行なった。

各種機器特性の調査は、日本冷凍空調工業会の全面的な協力を得て、実施した。実施体制(分科会委員リスト)を以下に示す。()内は所属を示す。

#### 第1次機器特性WG パッケージ分科会(～2013年3月)

主査:柳井 崇	(株)日本設計	(BEST 機器特性 SWG)
委員:熊谷雅彦	日本ファシリティ・ソリューション(株)	(BEST 機器特性 SWG)
委員:工月良太	東京ガス(株)	(BEST 機器特性 SWG)
委員:村上 高	東京ガス(株)	(BEST 機器特性 SWG)
委員:小野達生	三菱電機(株)	(日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)※1]
委員:森本 修	三菱電機(株)	(日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)※2]
委員:田村直道	三菱電機(株)	(日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)
委員:水谷和秀	ダイキン工業(株)	(日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)※3]
委員:藪 知宏	ダイキン工業(株)	(日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)※4]
委員:中野定康	三洋電機(株)	(日本冷凍空調工業会 GHP 専門委員会)※5]
委員:山田兼二	㈱デンソー	
委員:山崎富美行	㈱デンソーエース	
委員:村瀬伸夫	東芝キヤリア(株)	(日本冷凍空調工業会氷蓄熱空調専門委員会)
委員:関根 卓	パナソニック(株)	(日本冷凍空調工業会氷蓄熱空調専門委員会)
委員:斉藤敏明	日本ピーマック(株)	
事務局:生稲 清久	(財)建築環境・省エネルギー機構	

※1]2009年7月まで

※2]2009年7月から

※3]2009年5月まで

※4]2009年5月から

#### 第2次機器特性WG パッケージ分科会(2013年4月～2015年3月)

主査 : 品川 浩一	(株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG
委員 : 澤田 佳也	中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG
委員 : 川津 行弘	(株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG
事務局:生稲 清久	(財)建築環境・省エネルギー機構委員

第3次機器特性WGパッケージ分科会(2015年7月～2017年3月)

主査 : 品川 浩一 (株) 日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
委員 : 澤田 佳也 中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG ※1]  
委員 : 鈴木 正和 中部電力(株) / BEST 機器特性 SWG ※2]  
委員 : 今井 和哉 大阪ガス(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員 : 比嘉 盛嗣 東邦ガス(株) / BEST 機器特性 SWG  
委員 : 川津 行弘 (株)日本設計 / BEST 機器特性 SWG  
委員 : 五十嵐 俊夫 日本ピーマック(株)  
委員 : 金井 弘 パナソニック(株) / (日本冷凍空調工業会 GHP 専門委員会)  
委員 : 小谷 拓也 ダイキン工業(株) / (日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)  
委員 : 関根 卓 パナソニック(株) / (日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)  
委員 : 田村 直道 三菱電機(株) / (日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)  
委員 : 三浦 三浦 東芝キャリア(株) / (日本冷凍空調工業会パッケージエアコン技術専門委員会)  
事務局: 生稲 清久 (財)建築環境・省エネルギー機構委員

※1]2015年3月まで

※2]2015年4月より

## 4.2. ビルマルチ空調機器の機器特性

### 4.2.1. EHP の機器特性

#### 4.2.1.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切替）

##### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会がビル用マルチエアコンについて検討し、モデルを構築した。

基本的な考え方は、各社代表機種における機器特性データによる近似式化である。

##### ② 定格条件

(出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンデーションとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.1.1-1、表 4.2.1.1-2 に示す。

表 4.2.1-1 ビル用マルチエアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

	項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.1-2 ビル用マルチエアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.1.1-3 に示す。

表 4.2.1-3 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti(WB)	WB:室内湿球温度°C	15°C~24°C
		入力補正	Kcwti(WB)	WB:室内湿球温度°C	
	外気補正	能力補正	Kcta(DB)	DB:外気乾球温度°C	-5°C~43°C
		入力補正	Kcwta(DB)	DB:外気乾球温度°C	
	配管長補正	能力補正	KcLpi(L)	L:配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu(H)	H: 高低差(室内機下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp:室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm:冷房中間能力	カタログ値
				Qc:冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm:冷房中間入力	カタログ値
				Wc:冷房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Kchpid(kchp)	Kchp:冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c(kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0
入力補正		Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—	
室内容量補正	$\alpha$ c	Rc:冷房運転室内容量比			
その他	—	Pci:室内機入力	カタログ値		
暖房	室温補正	能力補正	Khti(DB)	DB:室内乾球温度°C	15°C~28°C
		入力補正	Khwti(DB)	DB:室内乾球温度°C	
	外気補正	能力補正	Khta(WB)	WB: 湿球温度°C	-20°C~15°C
		入力補正	Khwta(WB)		
	配管長補正	能力補正	KhLpi(L)	L:配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu(H)	H: 高低差(室内機下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp:暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm:暖房中間能力	カタログ値
				Qh:暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm=暖房中間入力	カタログ値
				Wh:暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhpid(kchp)	Khhp:暖房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ h(khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhpid	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0
入力補正		Khhpi	Khhpid、 $\beta$ h	—	
室内容量補正	$\alpha$ h	Rh:暖房運転室内容量比			
その他	—	—	Qhl:暖房低温能力	カタログ値入力	
	—	—	Whl:暖房低温入力	カタログ値入力	
	—	—	Phi:室内機入力	カタログ値入力	

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.1.1-1 に示す。

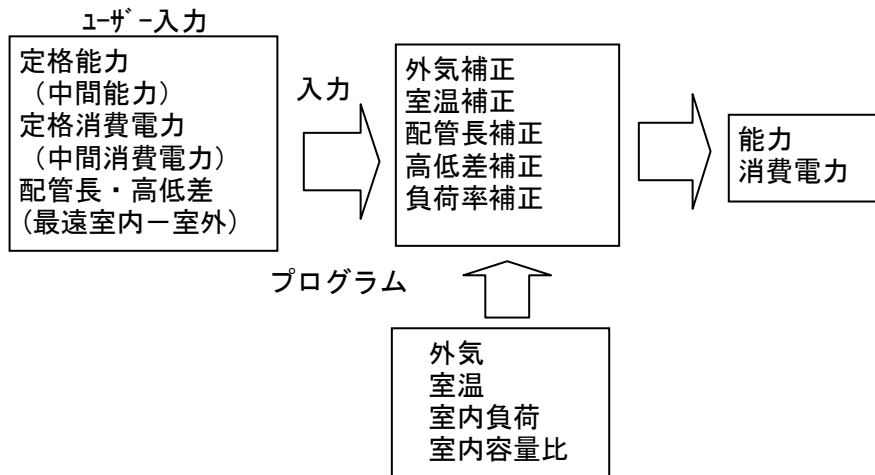


図 4.2.1-1 計算モデル

## ⑤ 計算フロー

### 1) 冷房

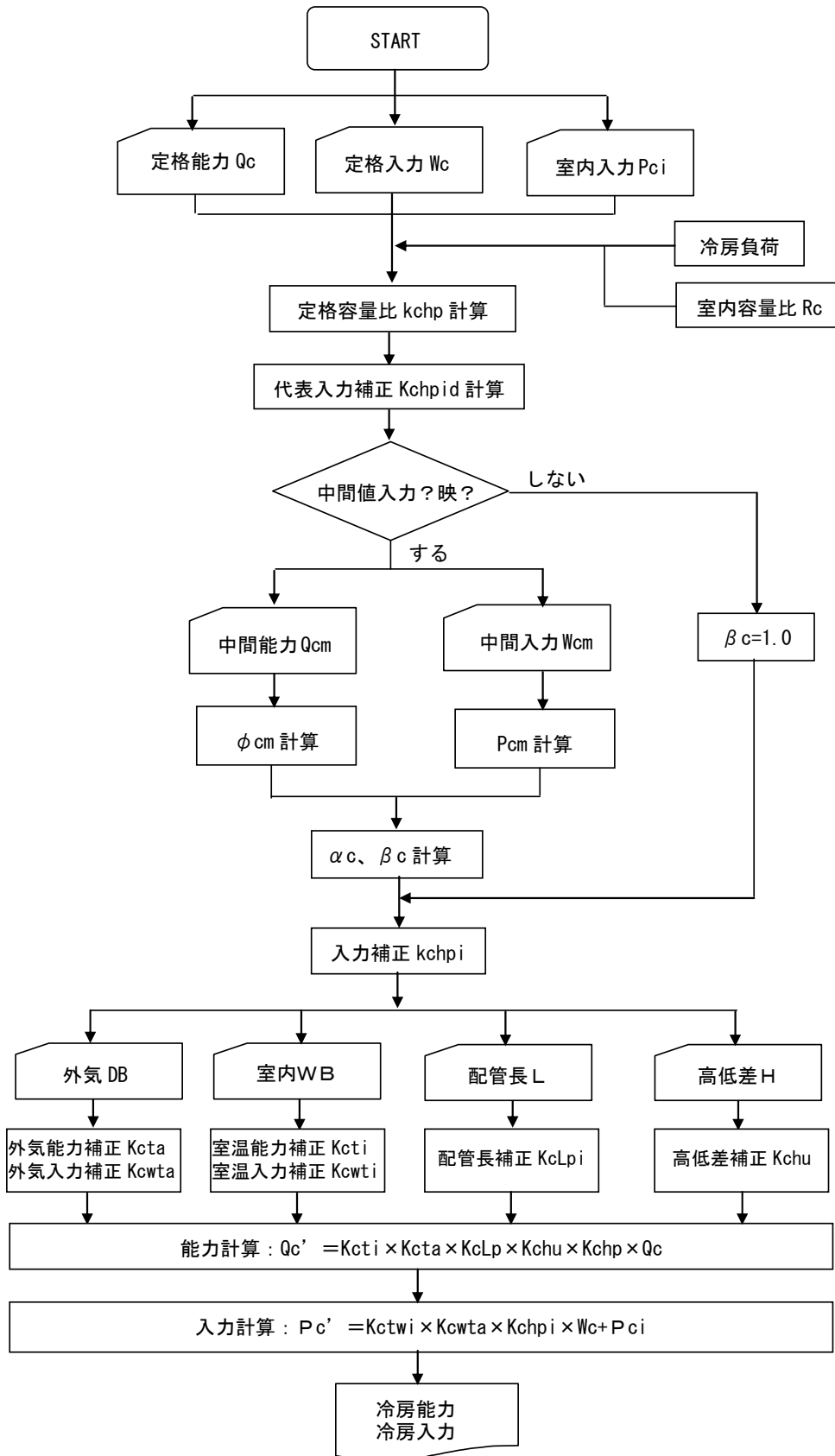


図 4.2.1-2 冷房計算フロー

2) 暖房

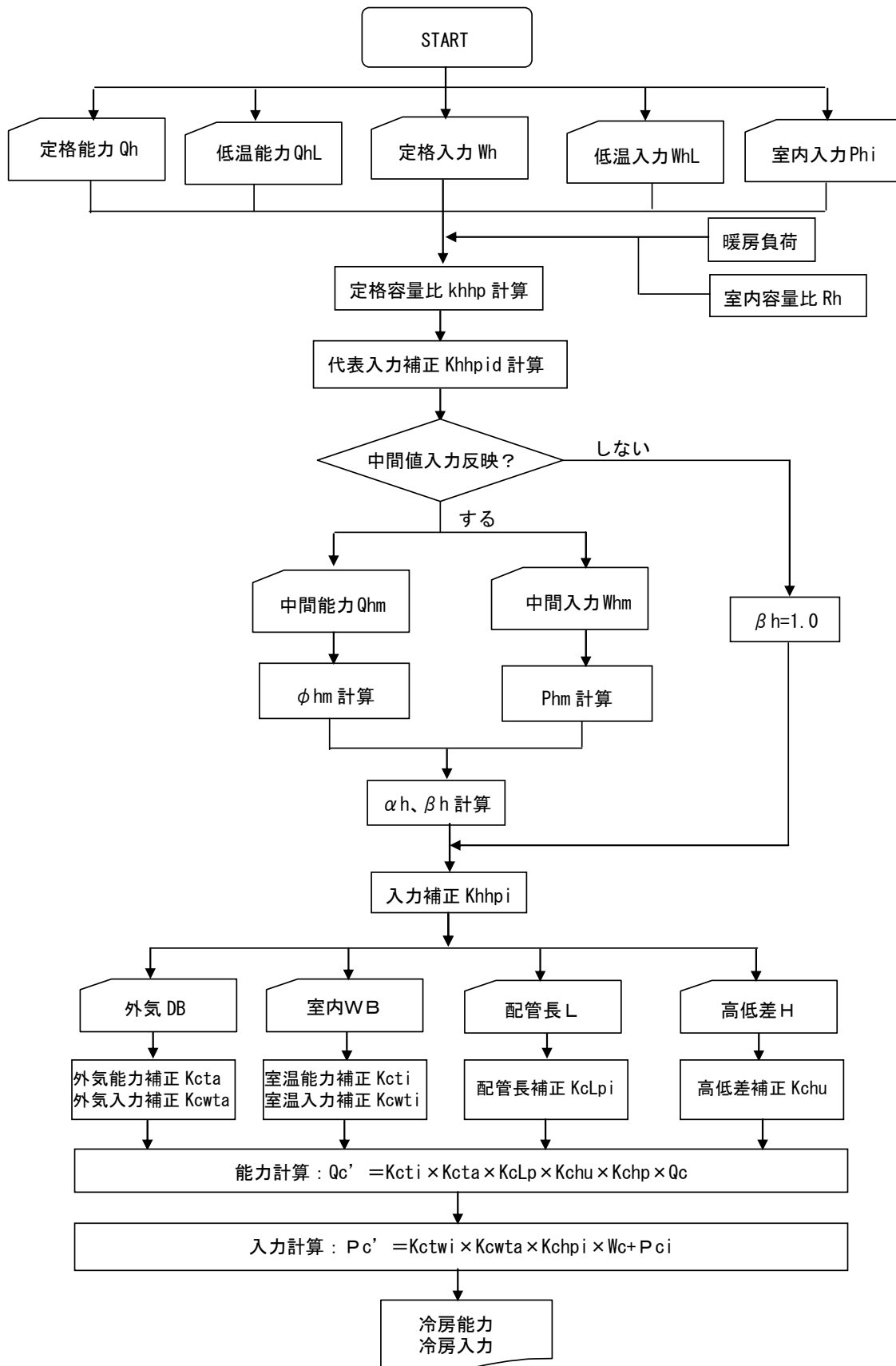


図 4.2.1-3 暖房計算フロー



## ⑥ 補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。BESTではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図 4.2.1.1-4 のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$  を負荷率に対する一次式で定義する。

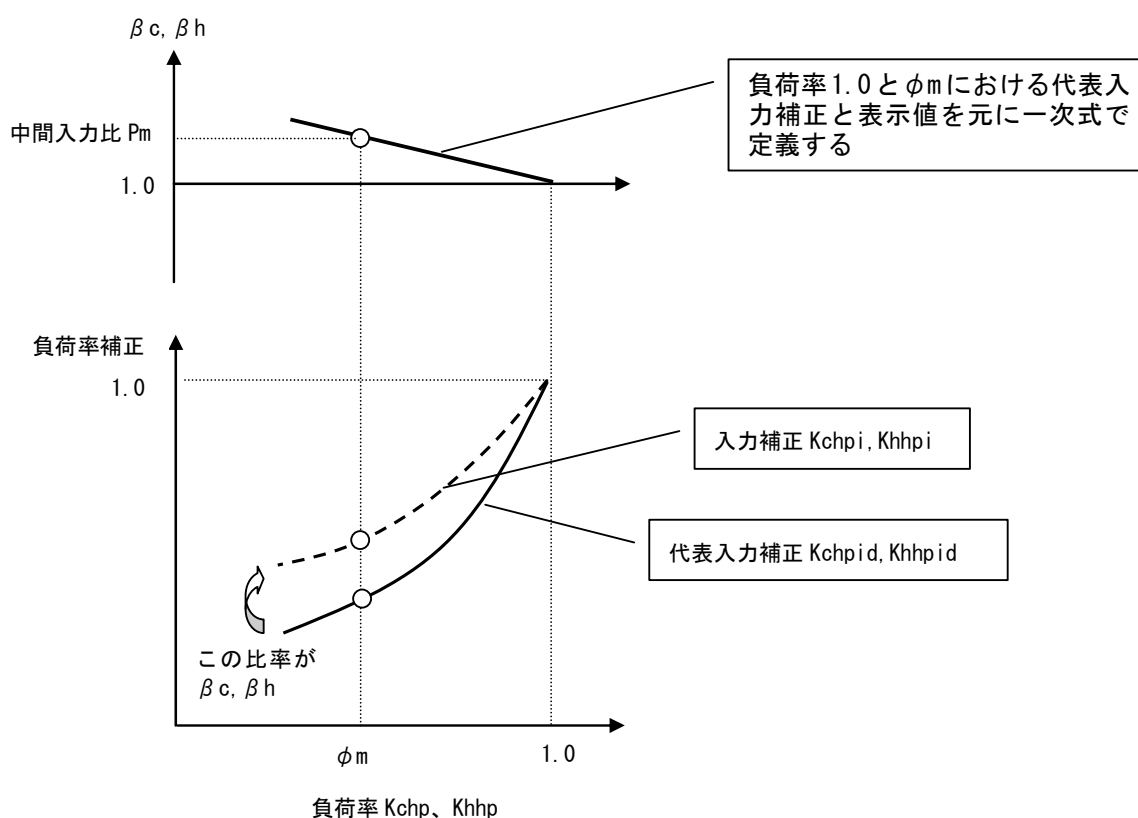


図 4.2.1-4 個別機種の中間性能の反映方法

### 2) 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量 ÷ 室外機容量)の  $R_c$  (冷房)、 $R_h$  (暖房)を変数とした補正式を設定した。

## 4.2.1.2. 店舗用・設備用エアコン

### ① 特形式の考え方

ビル用マルチエアコンのモデルをベースとし、日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会が店舗用エアコンについて検討し、モデルを構築した。

### ② 定格条件

(出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンデシジョンとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)  
 定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.1.2-1、4.2.1.2-2 に示す。

表 4.2.1-4 店舗用エアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

項目		室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.1-5. 店舗用エアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.1.2-3 に示す。

表 4.2.1-6. 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	15℃～24℃
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	
	外気補正	能力補正	Kcta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	-5℃～43℃
		入力補正	Kcwta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	
	配管長補正	能力補正	KcLpi (L)	L: 配管長m	7.5～60m
	高低差補正		Kchu (H)	H: 高低差(室内機が下の場合マイナス)	-40～40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp: 室内容量比	0.3～1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm: 冷房中間能力	カタログ値
				Qc: 冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm: 冷房中間入力	カタログ値
Wc: 冷房定格入力				カタログ値	
代表入力補正		Kchpid (kchp)	Kchp: 冷房室内容量比		
個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0		
入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—		
その他		—	Pci: 室内機入力	カタログ値	
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	15℃～28℃
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	
	外気補正	能力補正	Khwa (WB) Khwti (WB)	WB: 外気湿球温度℃	-20℃～15℃
		入力補正		4.5℃未満は暖房低温能力基準 4.5℃以上は暖房標準能力基準	
	配管長補正	能力補正	KhLpi (L)	L: 配管長m	7.5m～60m
	高低差補正	室外機上	Khhu (H)	H: 高低差 室内機が下の場合マイナス差	-40～40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp: 暖房室内容量比	0.3～1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm: 暖房中間能力	カタログ値
				Qh: 暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm: 暖房中間入力	カタログ値
				Wh: 暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhpid (kchp)	Khhp: 暖房室内容量比	
	個別中間性能補正	$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhpid	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0	
入力補正	Khhpi	Khhpid、 $\beta$ h	—		
その他		—	Qhl: 暖房低温能力	カタログ値入力	
		—	Whl: 暖房低温入力	カタログ値入力	
		—	Phi: 室内機入力	カタログ値入力	

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.1.2-1 に示す。

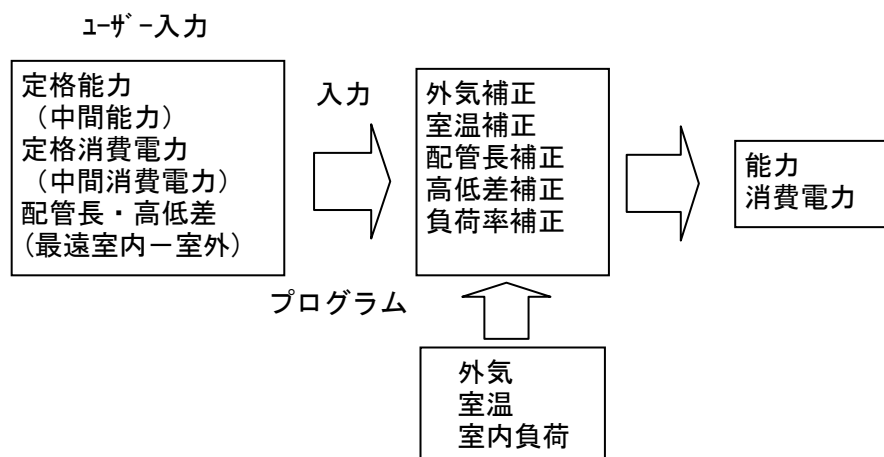


図 4.2.1-5 計算モデル

## ⑤ 計算フロー

### 1) 冷房

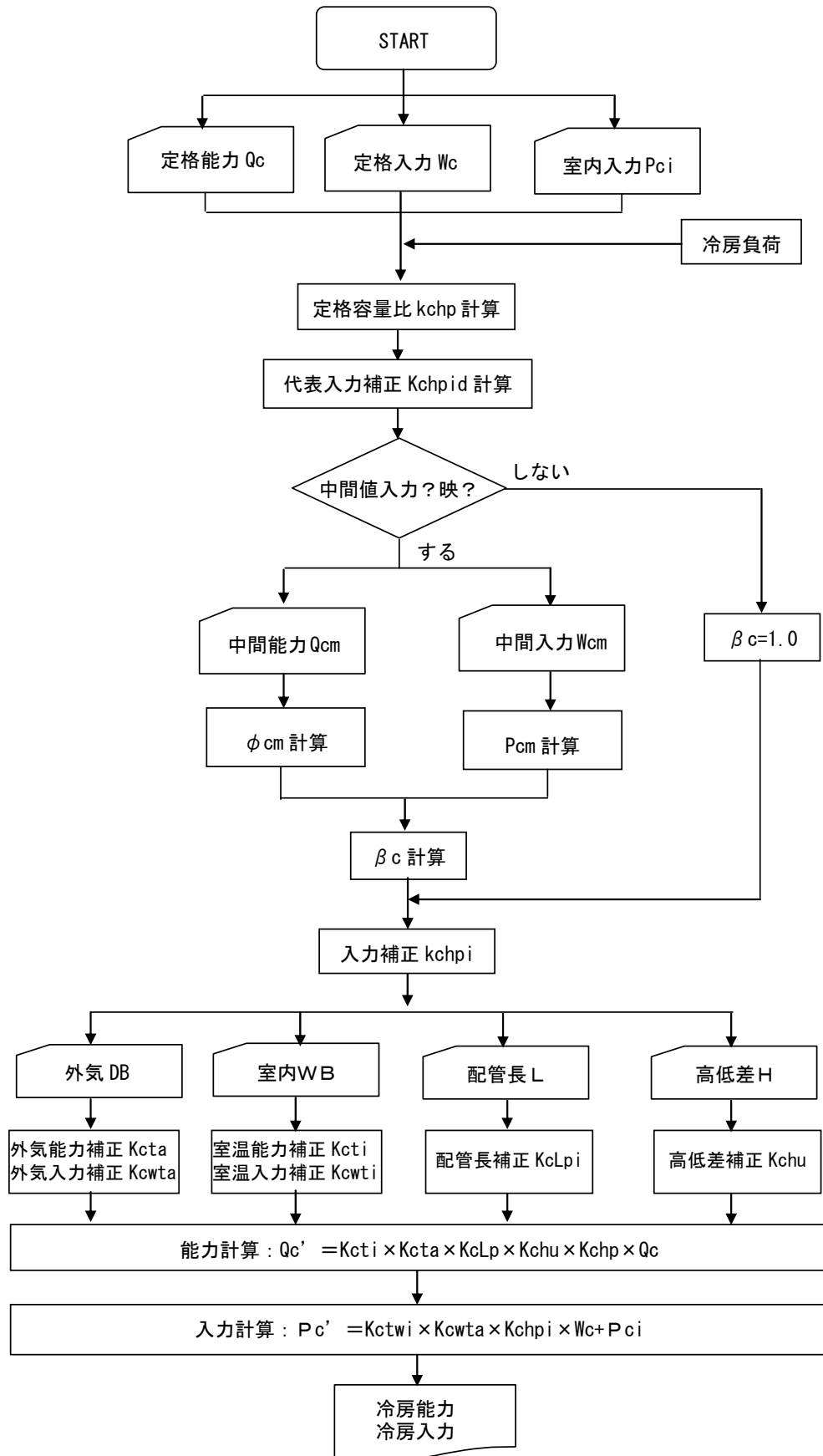


図 4.2.1-6 冷房計算フロー

2) 暖房

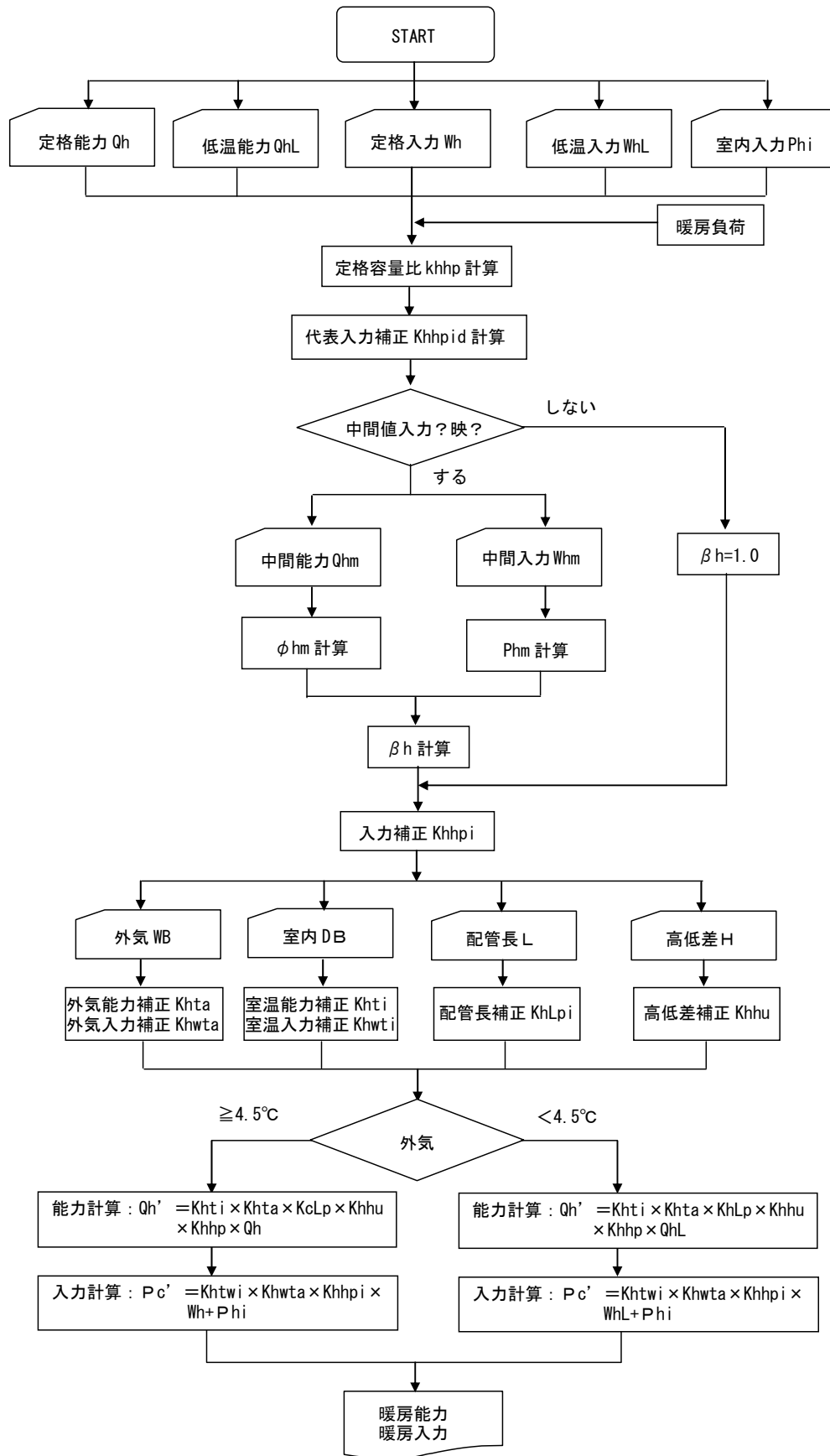


図 4.2.1-7 暖房計算フロー

## ⑥ 補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。

BESTではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図 4.2.1.2-4のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$ を負荷率に対する一次式で定義する。

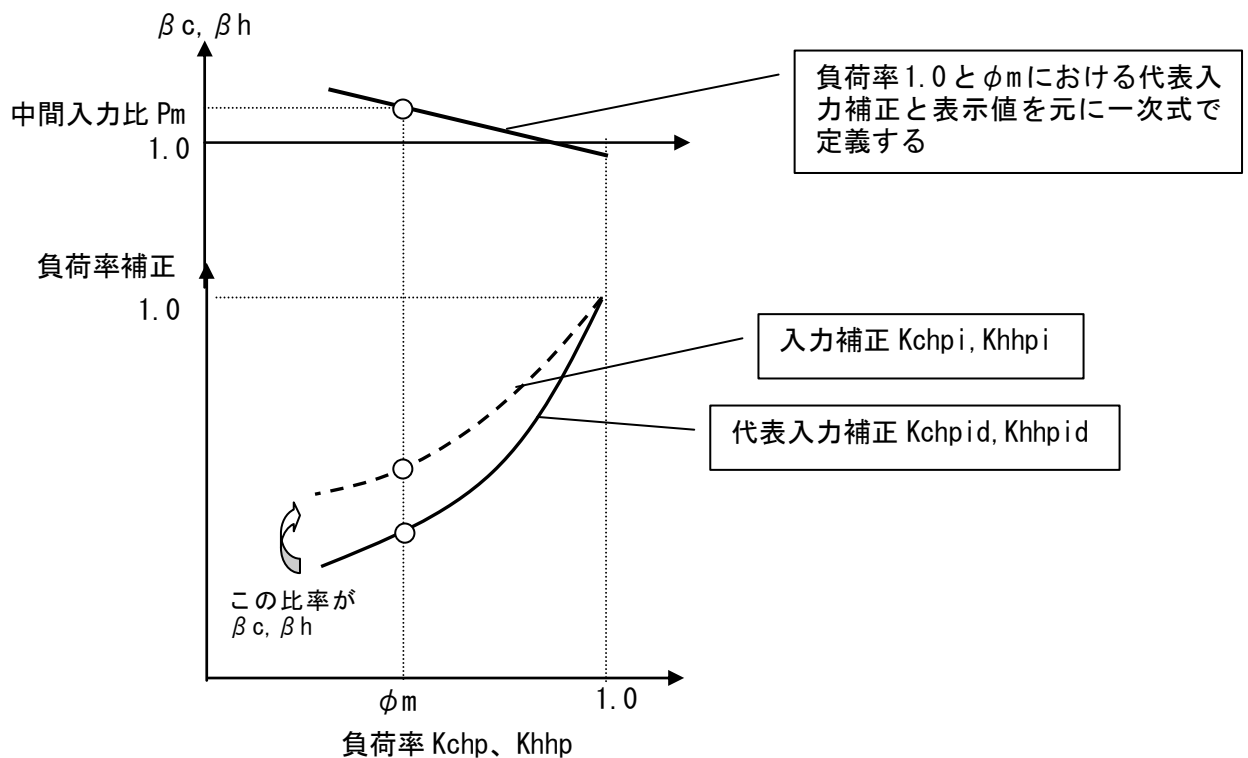


図 4.2.1-8 個別機種の中間性能の反映方法

### 4.2.1.3. 氷蓄熱ビル用マルチエアコン

ビル用マルチエアコンのモデルをベースとし、JRA4053と日本冷凍空調工業会の蓄熱専門委員会が氷蓄熱について検討しモデルを構築した。

#### ① 特性式の考え方

各特性式は、②に示すJRA4053-2007における定格条件時の定格蓄熱利用冷房能力、定格蓄熱利用冷房消費電力、中間蓄熱利用冷房能力、定格蓄熱利用冷房消費電力、定格蓄熱非利用冷暖房能力、定格蓄熱非利用冷暖房消費電力、中間蓄熱非利用冷暖房能力、中間蓄熱非利用冷暖房消費電力、定格冷暖房蓄熱量、定格暖房蓄熱消費電力量、定格冷房エネルギー消費効率、高温時冷房エネルギー消費効率の値を基準として冷暖房能力、消費電力、冷房蓄熱消費量、暖房蓄熱除霜利用回数、冷暖房蓄熱能力、冷暖房蓄熱消費電力を算出する。

#### ② 定格条件

(出典:JRA4053-2007「氷蓄熱パッケージエアコンディショナ」)

標準定格冷暖房条件および蓄熱時高温条件における外気条件を表 4.2.1.3-1 に、また表 4.2.1.3-2 に能力試験時における温度変動許容差を示す。

表 4.2.1-7 氷蓄熱ビル用マルチエアコン JRAの能力試験の温度条件 単位:℃

項目		室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格冷房能力	27	19	35	—
	定格冷房蓄熱容量	—	—	25	—
高温時冷房蓄熱容量		—	—	29	—
暖房	定格暖房能力	20	—	7	6
	定格暖房蓄熱量	—	—	2	1
	定格暖房低温能力	20	—	2	1

表 4.2.1-8 氷蓄熱ビル用マルチエアコン JRAの能力試験における温度許容差 単位:℃

項目	室内側空気状態		室外側空気状態	
	乾球温度	湿球温度 <sup>a)</sup>	乾球温度	湿球温度 <sup>b)</sup>
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2
注 <sup>a)</sup> 定格暖房標準能力試験には適用しない。 <sup>b)</sup> 湿球温度が室外側の熱交換に影響を与えるものに適用する。				



### ③ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.1.3-1、図 4.2.1.3-2 に示す。

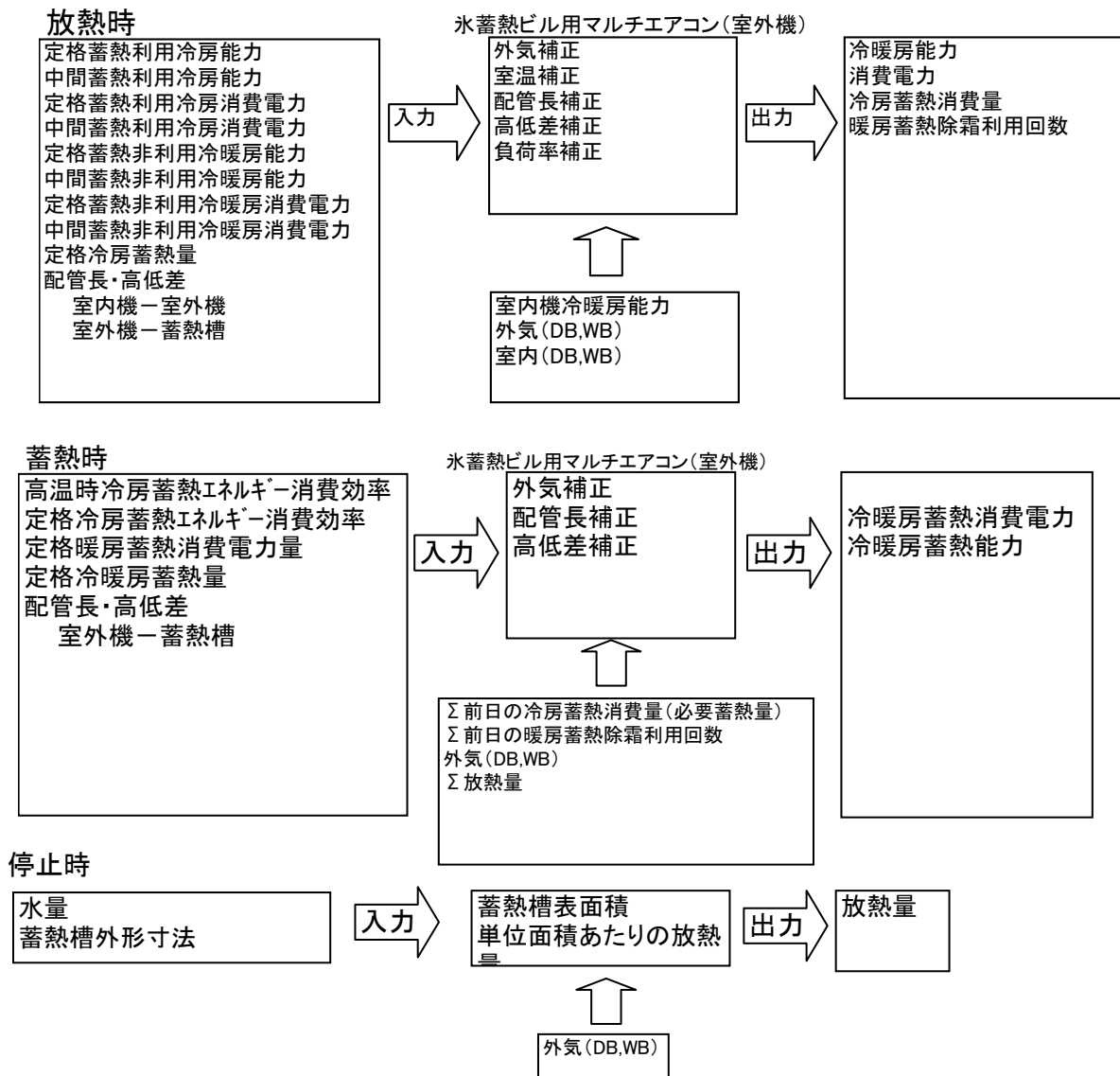


図 4.2.1-9 定式化室外機モデル

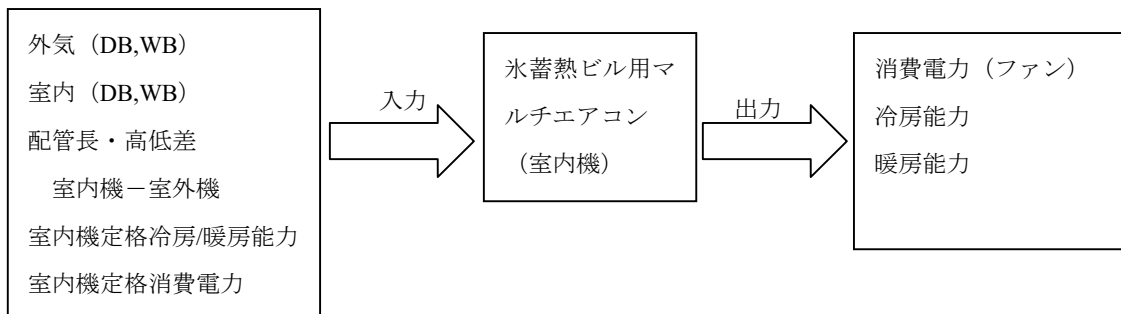


図 4.2.1-10 定式化室内機モデル

1) 入力条件(室外機のみ記載、室内機は「1.1.1 ビルマル用マルチエアコン」と同様)

a) 放熱時

外気乾球温度(°C)	: Dbin
外気湿球温度(°C)	: Wbin
配管長 室内機—室外機(m)	: IO_Lp
高低差 室内機—室外機(m)	: IO_Lh
配管長 室外機—蓄熱槽(m)	: OS_Lp
高低差 室外機—蓄熱槽(m)	: OS_Lh
定格蓄熱利用冷房能力(kW)	: QSc_S
中間蓄熱利用冷房能力(kW)	: QSc_Sm
定格蓄熱利用冷房消費電力(kW)	: EPSc_S
中間蓄熱利用冷房消費電力(kW)	: EPSc_Sm
定格蓄熱非利用冷房能力(kW)	: Qc_S
中間蓄熱非利用冷房能力(kW)	: Qc_Sm
定格蓄熱非利用冷房消費電力(kW)	: EPc_S
中間蓄熱非利用冷房消費電力(kW)	: EPc_Sm
定格蓄熱非利用暖房能力(kW)	: Qh_S
中間蓄熱非利用暖房能力(kW)	: Qh_Sm
定格蓄熱非利用暖房消費電力(kW)	: EPh_S
中間蓄熱非利用暖房消費電力(kW)	: EPh_Sm
定格冷房蓄熱量(MJ)→計算上は(kWh)	: STQc_S

b) 蓄熱時

外気乾球温度(°C)	: Dbin
外気湿球温度(°C)	: Wbin
配管長 室外機—蓄熱槽(m)	: OS_Lp
高低差 室外機—蓄熱槽(m)	: OS_Lh
定格冷房蓄熱エネルギー消費効率(-)	: COP_STc_S
高温時冷房蓄熱エネルギー消費効率(-)	: COP_STc_H
定格暖房蓄熱消費電力量(kWh)	: EPSTh_S
定格冷房蓄熱量(MJ)→計算上は(kWh)	: STQc_S
定格暖房蓄熱量(MJ)→計算上は(kWh)	: STQh_S

2) 出力条件

a) 放熱時

蓄熱利用冷房能力(kW)	: QSc
蓄熱利用冷房消費電力(kW)	: EPSc
蓄熱非利用冷房能力(kW)	: Qc
蓄熱非利用冷房消費電力(kW)	: EPc
蓄熱非利用暖房能力(kW)	: Qh
蓄熱非利用暖房消費電力(kW)	: EPh
冷房蓄熱消費量(kWh)	: STQc_Co
暖房蓄熱除霜利用回数(回)	: STQh_T

b) 蓄熱時

冷房蓄熱能力(kW)	: STQc
冷房蓄熱消費電力(kW)	: EPSTc
暖房蓄熱能力(kW)	: STQh
暖房蓄熱消費電力(kW)	: EPSTh

#### ④ モデルの適用範囲

表 4.2.1-9 モデルの適用範囲

項目	単位	下限	上限
負荷率	%	30	100
蓄熱利用冷房	℃	10	43
蓄熱非利用冷房	℃	-5	43
冷房蓄熱	℃	10	43
蓄熱非利用暖房	℃	-18	18
暖房蓄熱	℃	-18	11

# ⑤計算フロー

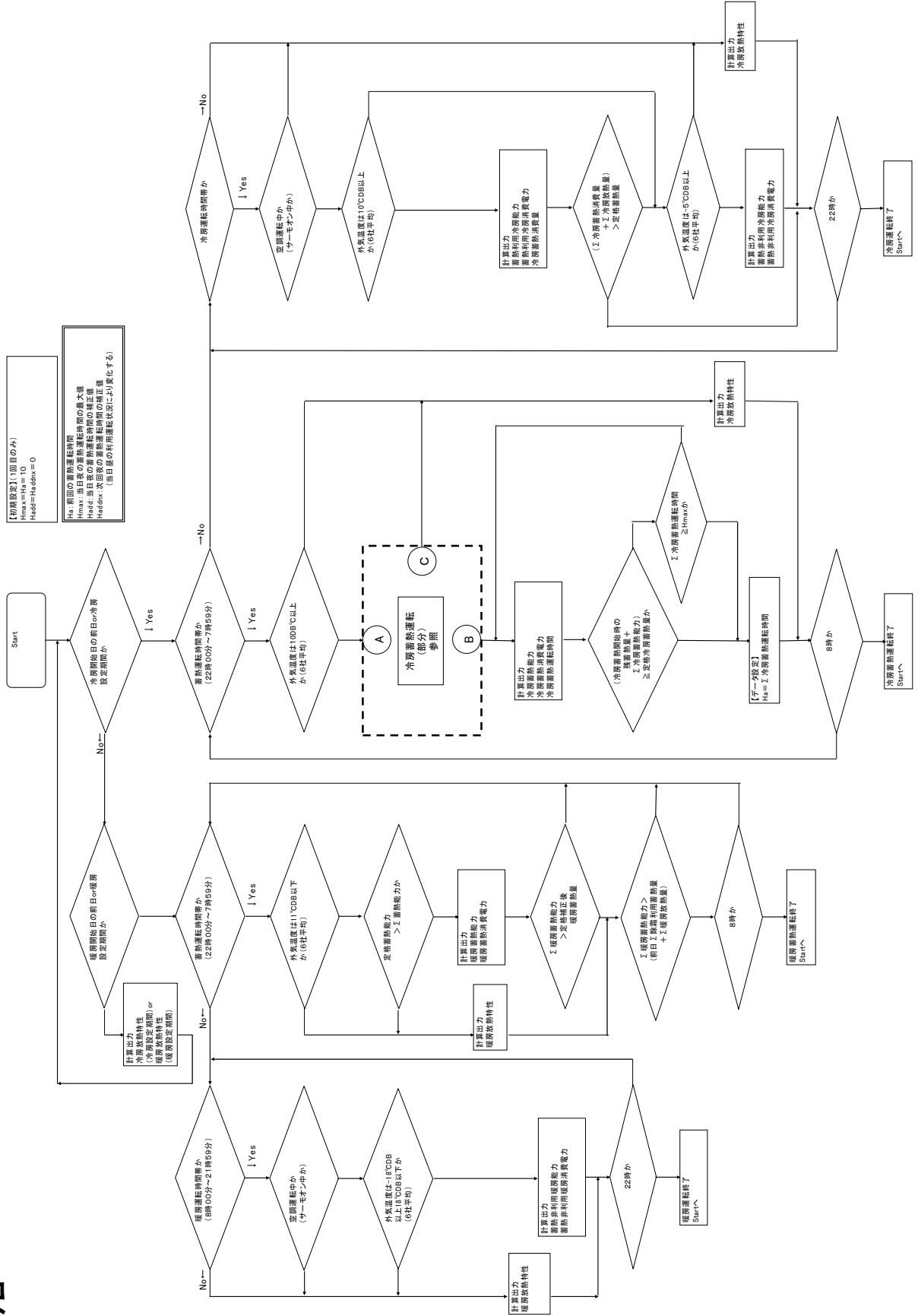


図 4.2.1-11 計算フロー

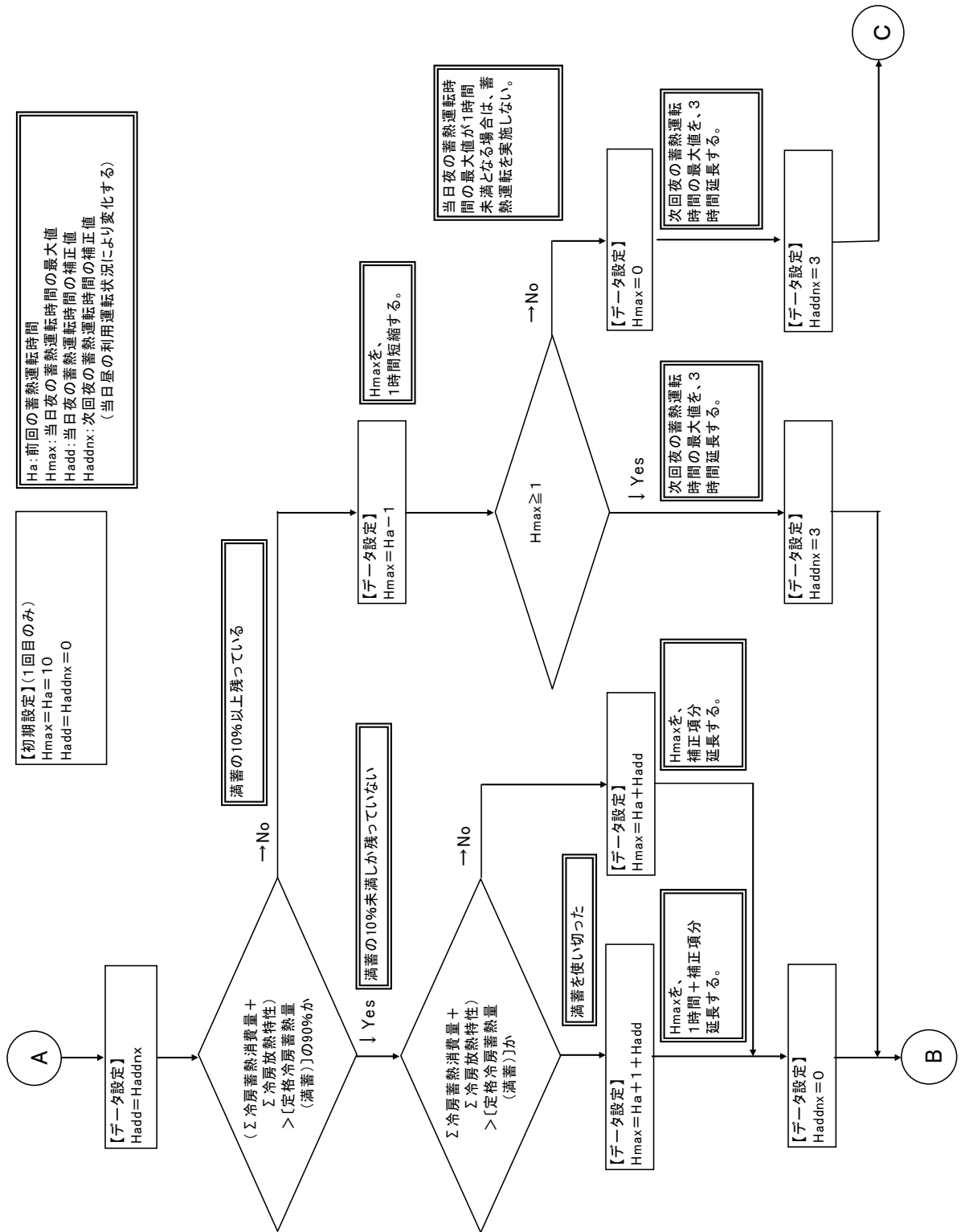


図 4.2.1-12 計算フロー-2

## ⑥ 計算方法

### 1) 蓄熱非利用冷房

#### a) 能力補正

**蓄熱非利用冷房能力** = 定格蓄熱非利用冷房能力 × 能力補正 (I × II × III × IV × V)

- I. 外気温度補正係数  $K_{cta}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{cti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内運転容量補正係数  $K_{chp}$ ・・・各社平均値より算出
- IV. 室外－室内間 配管補正係数  $K_{cLpi}$ ・・・各社平均値より算出  
配管長補正は、標準の配管径で接続した場合とする。
- V 室外－室内間 高低差補正係数・・・各社平均値より算出

#### b) 入力補正

**蓄熱非利用冷房消費電力** = 定格蓄熱非利用冷房消費電力 × 入力補正 (I × II × III)

- I. 外気温度補正係数  $K_{cwt}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{cwti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内負荷率による補正  $K_{ctop}$ ・・・各社平均値より算出  
室内機の負荷率に対する入力の補正係数 ( $K_{ctop}$ ) は以下の式で求める。

$$K_{ctop} = K_{chpid}(K_{chp}) \times \beta_c(K_{chp})$$

ここで、■  $K_{chp}$ : 冷房室内機容量比(暫定的に最小負荷率 30% ( $K_{chp} \geq 0.3$ ) とする)

■  $K_{chpid}(K_{chp})$ : 代表入力補正係数

■  $\beta_c(K_{chp})$ : 個別中間性能補正係数

### 2) 蓄熱利用冷房

#### a) 能力補正

**蓄熱利用冷房能力** = 定格蓄熱利用冷房能力 × 能力補正 (I × II × III × IV × V)

- I. 外気温度補正係数  $K_{csta}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{csti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内運転容量補正係数  $K_{cshp}$ ・・・各社平均値より算出
- IV. 室外－室内間 配管補正係数  $K_{csLpi}$ ・・・各社平均値より算出
- V. 室外－室内間 高低差補正係数・・・各社平均値より算出

#### b) 入力補正

**蓄熱利用冷房消費電力** = 定格蓄熱利用冷房消費電力 × 入力補正 (I × II × III)

- I. 外気温度補正係数  $K_{cswt}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{cswti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内負荷率による補正  $K_{cstop}$ ・・・各社平均値より算出  
室内機の負荷率に対する入力の補正係数 ( $K_{cstop}$ ) は以下の式で求める。

$$K_{cstop} = K_{cshpid}(K_{chp}) \times \beta_{cs}(K_{chp})$$

ここで、■  $K_{chp}$ : 冷房室内機容量比

■  $K_{cshpid}(K_{chp})$ : 代表入力補正係数

■  $\beta_{cs}(K_{chp})$ : 個別中間性能補正係数

#### c) 冷房蓄熱消費量

**冷房蓄熱消費量** = 蓄熱利用冷房能力 × 冷房蓄熱消費量補正 (I × II)

- I. 外気温度補正係数・・・JRAより算出
- II. 冷房蓄熱消費量係数・・・各社カタログ値より  
蓄熱消費量係数 = 定格冷房蓄熱量 / 蓄熱利用時間(10h) / 定格蓄熱利用冷房能力

### 3) 蓄熱非利用暖房

#### a) 能力補正

**蓄熱非利用暖房能力** = 定格蓄熱非利用暖房能力 × 能力補正 ( I × II × III × IV × V )

- I. 外気温度補正係数  $K_{hta}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{hti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内運転容量補正係数  $K_{hhp}$ ・・・各社平均値より算出
- IV. 室外－室内間 配管補正係数  $K_{hLpi}$ ・・・各社平均値より算出  
配管長補正は、標準の配管径で接続した場合とする。
- V. 室外－室内間 高低差補正係数・・・各社平均値より算出

#### b) 入力補正

**蓄熱非利用暖房消費電力** = 定格蓄熱非利用暖房消費電力 × 入力補正 ( I × II × III )

- I. 外気温度補正係数  $K_{hwta}$ ・・・JRAより算出
- II. 室温補正係数  $K_{hwti}$ ・・・各社平均値より算出
- III. 室内負荷率による補正  $K_{htop}$ ・・・各社平均値より算出  
 $K_{htop} = K_{hhpid}(K_{hhp}) \times \beta h(K_{hhp})$   
ここで、■  $K_{hhp}$ : 暖房室内機容量比(暫定的に最小負荷率 30% ( $K_{hhp} \geq 0.3$ )とする)  
■  $K_{hhpid}(K_{hhp})$ : 代表入力補正係数  
■  $\beta h(K_{hhp})$ : 個別中間性能補正係数

#### c) 暖房蓄熱除霜利用回数 室外吸込空気乾球温度 = $T_a$ ・・・JRAより算出

**暖房蓄熱除霜利用回数** =  $(T_a - (-7)) / (2 - (-7)) \times \text{計算間隔分} / 60$  ( $-7 < T_a < 2$ )  
=  $(5.5 - T_a) / (5.5 - 2) \times \text{計算間隔分} / 60$  ( $2 \leq T_a < 5.5$ )  
= 0 ( $-7 < T_a \leq 5.5$  以外)

### 4) 冷房蓄熱(計算間隔: 1時間)

#### a) 蓄熱容量補正・・・各社平均値より算出

定格補正後冷房蓄熱量 = 定格冷房蓄熱容量 × 蓄熱容量補正 ( I × II )

**定格冷房蓄熱能力** = 定格補正後冷房蓄熱量 / 定格冷房蓄熱時間 (10時間)

- I. 室外－タンク間 配管長補正係数・・・各社平均値より算出
- II. 室外－タンク間 高低差補正係数・・・各社平均値より算出

#### b) 冷房蓄熱能力補正・・・各社平均値より算出

**冷房蓄熱能力** = 定格冷房蓄熱能力 × 能力補正 ( I )

- I. 外気温度補正係数  $K_{csta}$ ・・・各社平均値より算出

**定格冷房蓄熱消費電力** = 定格冷房蓄熱消費電力量 / 定格冷房蓄熱時間 (10時間)

#### b) 消費電力補正・・・各社平均値より算出

**冷房蓄熱消費電力** = 冷房蓄熱能力 × 消費電力補正 ( I )

- I. 外気温度補正係数 室外吸込空気乾球温度 =  $T_a$ ・・・各社平均値より算出
- II. 蓄熱容量割合による補正係数  
蓄熱消費量のみ、夜間に蓄熱。各社共通のため省略

5) 暖房蓄熱(計算間隔:1時間)

定格補正後暖房蓄熱量=定格暖房蓄熱容量×蓄熱容量補正(冷房時と同じ蓄熱容量補正)

暖房蓄熱除霜利用1回の暖房蓄熱量=定格補正後暖房蓄熱量/14回・・・JRAより算出

$\Sigma$ 蓄熱除霜利用量

= $\Sigma$ 暖房蓄熱除霜回数(暖房運転時間帯)×暖房蓄熱除霜利用1回あたりの暖房蓄熱量

a) 暖房蓄熱能力補正・・・各社平均値より算出

暖房蓄熱能力=定格暖房蓄熱能力×能力補正(I)

I. 外気温度補正係数  $K_{hsta}$ ・・・各社平均値より算出

定格暖房蓄熱能力=定格補正後暖房蓄熱量/定格暖房蓄熱時間(2時間)

b) 消費電力補正・・・各社平均値より算出

暖房蓄熱消費電力量=定格暖房蓄熱消費電力量×消費電力補正(I)

I. 外気温度補正係数  $K_{hswta}$ ・・・各社平均値より算出

定格暖房蓄熱消費電力量=暖房蓄熱消費電力量/定格暖房蓄熱時間(2時間)

6) 蓄熱槽 放熱特性(計算間隔:1時間)

冷房または暖房運転中の放熱量は蓄熱消費量に含まれている。停止時のみ計算する。

放熱量・・・各社平均値より算出(2.5kJ/(h・m<sup>2</sup>・℃))

表面積・・・各社蓄熱槽外形寸法の平均値より算出

表面積(m<sup>2</sup>)=((幅+奥行き)×高さ+幅×奥行き)×2

冷房放熱特性=放熱量×表面積×放熱時間×(外気乾球温度-0.0)

暖房放熱特性=放熱量×表面積×放熱時間×(17-(暖房蓄熱能力/水量))



#### 4.2.1.4. 外気処理用エアコン

##### ① 外気処理エアコンモデルの適用範囲

###### 1) 外気処理機

外気処理機モデルの運転モード別適用範囲を図 4.2.1.4-1、図 4.2.1.4-3 に示す。

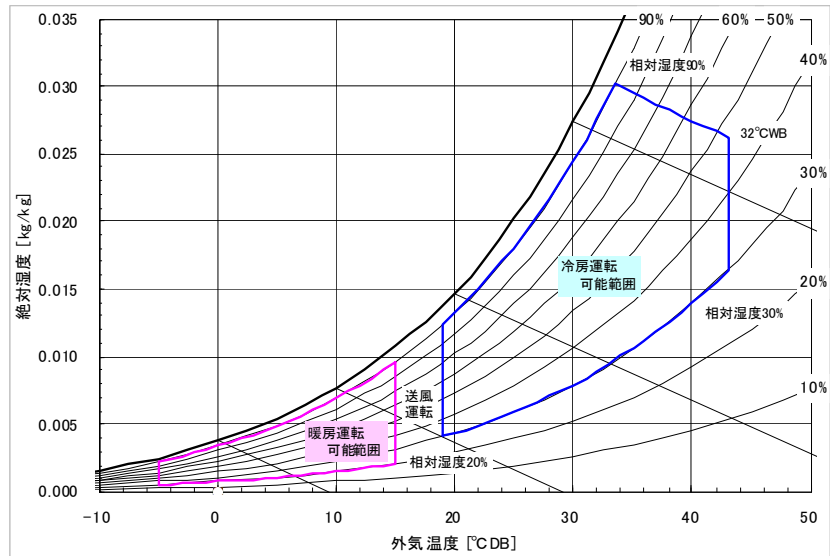


図 4.2.1-13 外気処理機の適用範囲

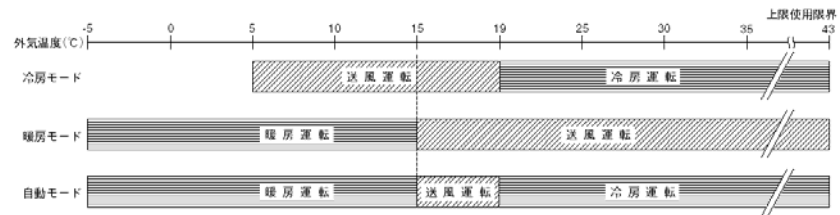


図 4.2.1-14 運転モード別の適用範囲

###### 2) 冷媒熱回収型外調機

冷媒熱回収型外調機モデルの運転モード別適用範囲を図 1.1.4-3 に示す。

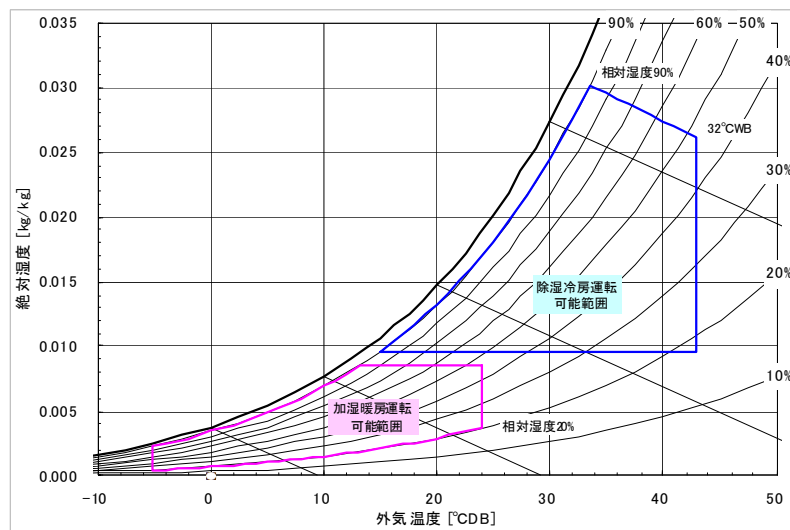


図 4.2.1-15 冷媒熱回収型外調機の適用範囲

## ② 外気処理機の接続タイプ分類

### 1) 外気処理機のタイプ

外気処理エアコンの接続タイプによる種別を表 4.2.1.4-1 に示す。

表 4.2.1-10 外気処理機の接続タイプ

	タイプ	室外機 形態	室内機 形態	外気処理 形態	特 徴
ビルマル 室外機 接続タイプ	①	ビルマル 室外機	無し	外気処理 エアコン	外気処理と熱源の称呼条件が異なる
	②			外気処理 +全熱交	全熱交換器付きユニット
	③		ビルマル 室内機	外気処理 エアコン	外気処理と熱源の称呼条件が異なる ビルマル室内機併用接続
	④			外気処理 +全熱交	全熱交換器付きユニット ビルマル室内機併用接続
外気処理 専用タイプ (設備用)	⑤	専用 室外機	無し	外気処理 エアコン	能力、消費電力標記
	⑥	無し		熱源一体型 外気処理	能力、消費電力標記 連絡配管無し

#### □タイプ①、③

外気処理の能力には新規作成の外気温度補正を適用する

室外機の室内温度補正は外気吸込温度を室内吸込温度と読替えて補正を行う

室外機の室外温度補正、配管長補正、部分負荷補正はビルマルと同様の補正を行う

室外機の消費電力はビルマルと同様の方法で算出する

#### □タイプ②、④

全熱交モジュールと給気、排気を接続する事により外気処理の吸込温度を求める

外気処理の能力には外気処理の吸込温度を室内吸込温度と読替えてビルマルの室内温度補正を適用する

室内機の定格能力には全熱交による熱回収分を除いた値を設定する

室外機の室内温度補正は外気処理の吸込温度を室内吸込温度と読替えて補正を行う

室外機の室外温度補正、配管長補正、部分負荷補正はビルマルと同様の補正を行う

室外機の消費電力はビルマルと同様の方法で算出する

#### □タイプ⑤

能力、入力補正には新規作成の外気温度補正を適用する

室外機の配管長補正はビルマルと同様の補正を行う

#### □タイプ⑥

能力、入力補正には新規作成の外気温度補正を適用する

#### □その他タイプ

冷媒熱回収型外調機については一般的な外調機とはモデルを分離する(⑥項に記述)

## 2) 外気処理機のモデル

標準的な外気処理エアコンのモデルイメージを図 4.2.1.4-4 に示す。

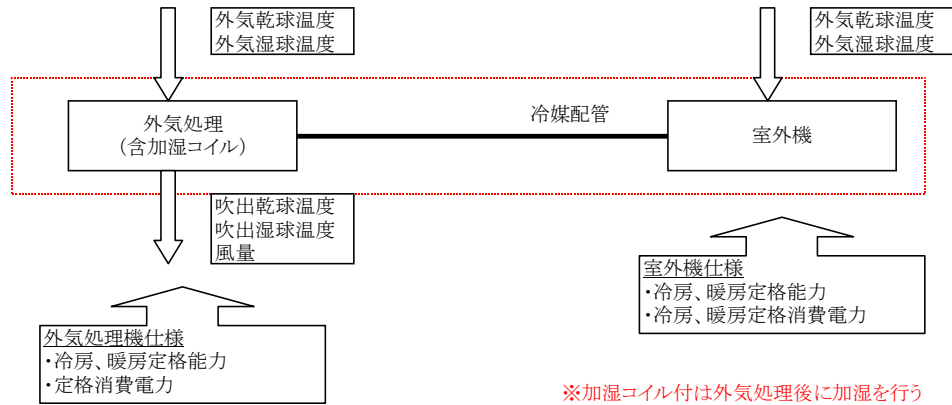


図 4.2.1-16 外気処理機のモデルイメージ

全熱交付き外気処理エアコンのモデルイメージを図 4.2.1.4-5 に示す。

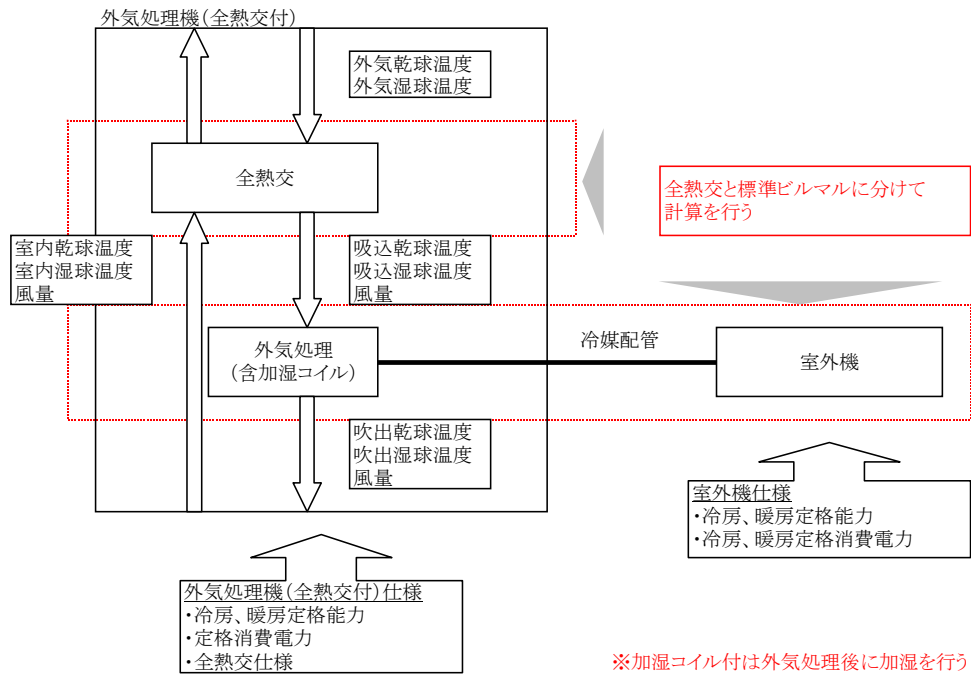


図 4.2.1-17 全熱交付き外気処理機のモデルイメージ

### ③ ③外気処理専用タイプ(タイプ⑤、⑥)

#### 1) 定格条件

外気処理エアコンの能力、消費電力のカタログ標記条件を表 4.2.1.4-2 に示す。

表 4.2.1-11 定格性能の温度条件(外気処理)

	室外側入口空気条件		吹出温度
	乾球温度	湿球温度	
冷房	33℃	28℃ (68%RH)	18℃
暖房	0℃		22℃

#### 2) 性能特性の入出力

外気処理エアコンの特性式の入出力を表 4.2.1.4-3 に示す。

表 4.2.1-12 入出力一覧表(外気処理)

特性		出力変数	入力変数	入力範囲
室外乾球温度補正	能力	Kctdb	DB: 室外乾球温	19~43℃
	入力	Kctdb	DB: 室外乾球温	
室外湿球温度補正	能力	Kctdb	WB: 室外湿球温	乾球温度に対して 30~90%RH
	入力	Kctdb	WB: 室外湿球温	
その他		—	Pci: 室内機入	カタログ
室外乾球温度補正	能力	Khtdb	DB: 室外乾球温	-5~15℃
	加湿	Khutd	DB: 室外乾球温	
	入力	Khwd	DB: 室外乾球温	
室外湿球温度補正	能力	Khtwb	WB: 室外湿球温	乾球温度に対して 20~90%RH
	加湿	Khutw	WB: 室外湿球温	
	入力	Khwwb	WB: 室外湿球温	
その他			Phi: 室内機入	カタログ

(※) 配管長および高低差補正が必要な場合はEHPの特性を適用する

#### 3) 計算モデル

外気処理エアコンの計算モデルを図 4.2.1.4-6 に示す。

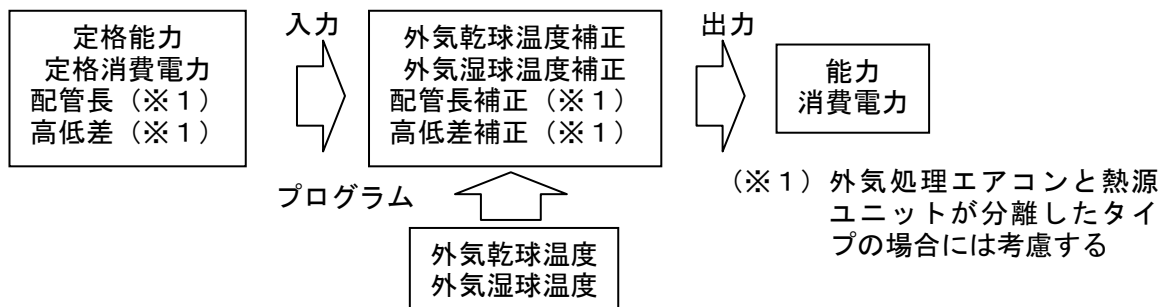
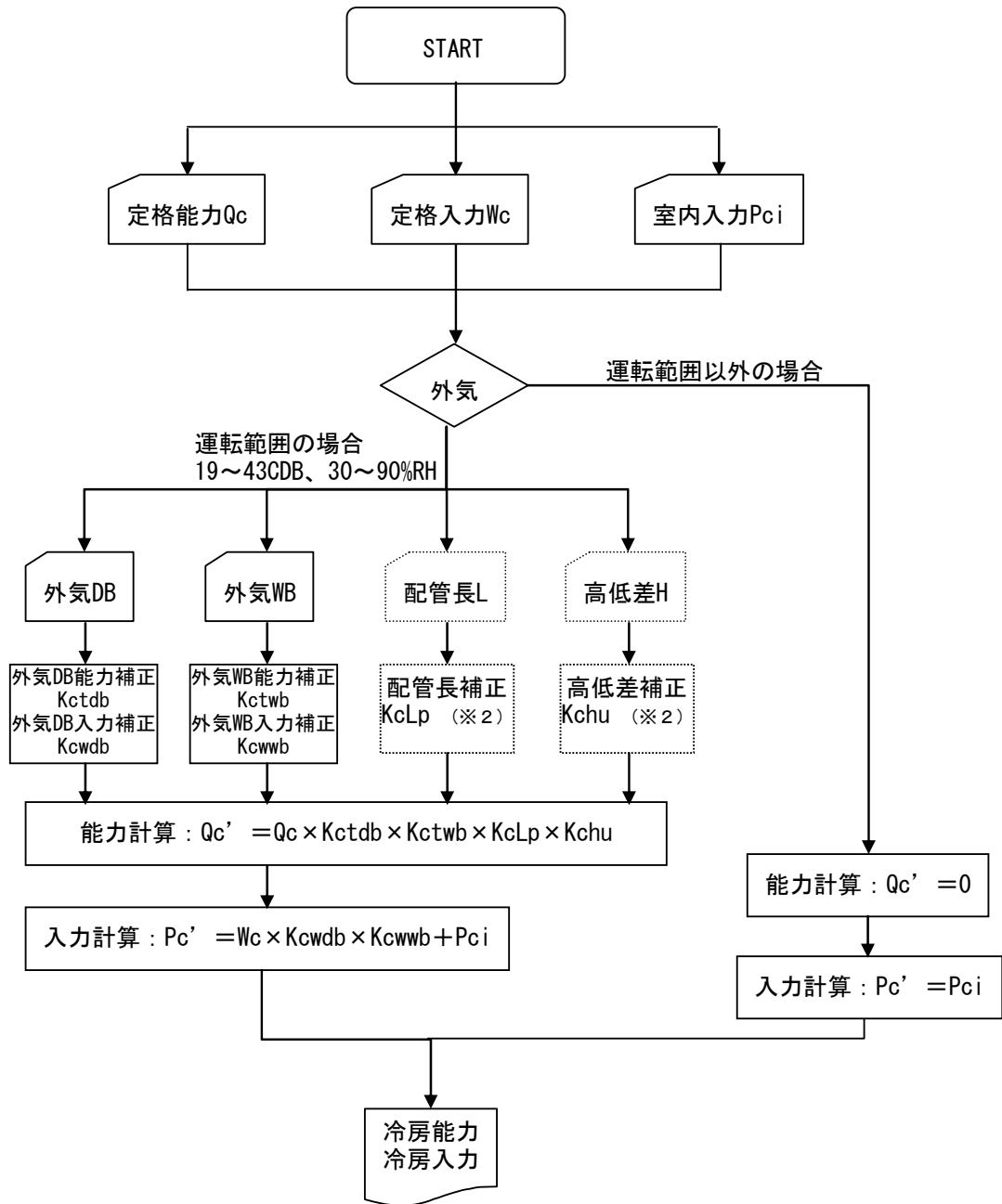


図 4.2.1-18 計算モデル

4) 冷房計算フロー

外気処理エアコンの冷房計算フローを図 4.2.1.4-7 に示す。

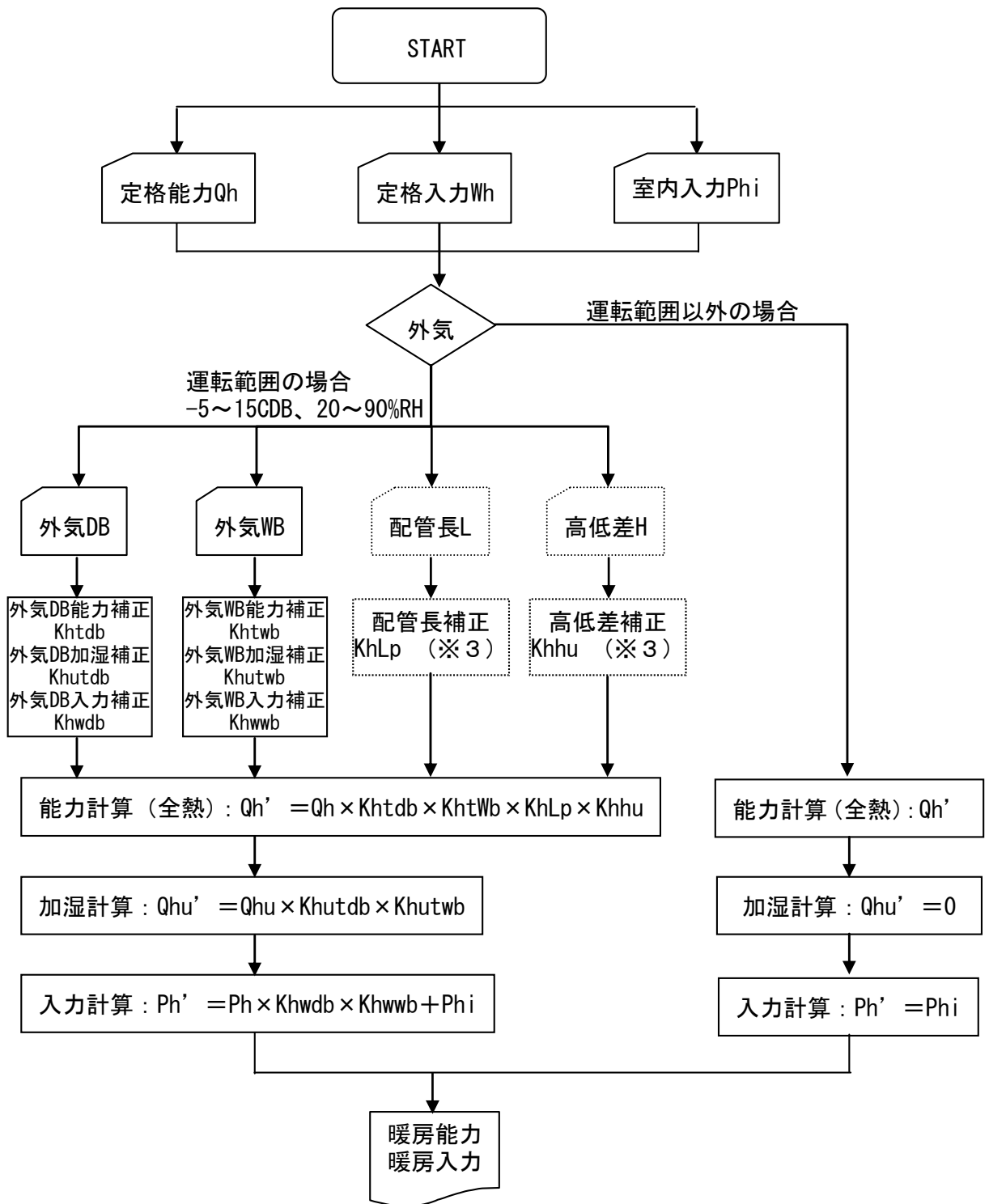


(※2) 外気処理エアコンと熱源ユニットが分離したタイプの場合には考慮する

図 4.2.1-19 冷房計算フロー

5) 暖房計算フロー

外気処理エアコンの暖房計算フローを図 4.2.1.4-8 に示す。



(※3) 外気処理エアコンと熱源ユニットが分離したタイプの場合には考慮する

図 4.2.1-20 暖房計算フロー

#### ④ ビルマル室外機接続タイプ(タイプ①、③)

##### 1) 定格条件

外気処理エアコンの能力、消費電力のカタログ標記条件を表 4.2.1.4-4 に示す。

表 4.2.1-13 定格性能の温度条件(外気処理)

	室外側入口空気条件		吹出温度
	乾球温度	湿球温度	
冷房	33℃	28℃ (68%RH)	18℃
暖房	0℃	-2.9℃ (50%RH)	22℃

##### 2) 性能特性の入出力

外気処理エアコンの特性式の入出力を表 4.2.1.4-5 に示す。その他は標準 EHP の特性を用いる。

表 4.2.1-14 入出力一覧表(外気処理)

特性		出力変数	入力変数	入力範囲
室外乾球	能力	Kctdb	DB: 室外乾球温	19~43℃
室外湿球 温度補正	能力補正	Kctwb (WB)	WB: 室外湿球温度(℃)	乾球温度に対して 30~90%RH
その他	—	—	Pci: 室内機入力	カタログ値 (外気処理含む)
室外乾球 温度補正	能力	Khtdb	DB: 室外乾球温	-5~15℃
	加湿	Khutd	DB: 室外乾球温	
室外湿球 温度補正	能力	Khtwb	WB: 室外湿球温	乾球温度に対して 20~90%RH
	加湿	Khutw	WB: 室外湿球温	
その他			Phi: 室内機入力	カタログ値 (外気処理含む)

##### 3) 計算モデル

外気処理エアコンの計算モデルを図 4.2.1.4-9 に示す。

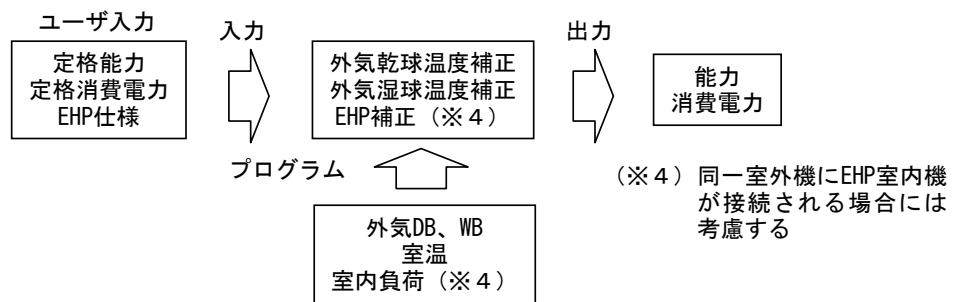
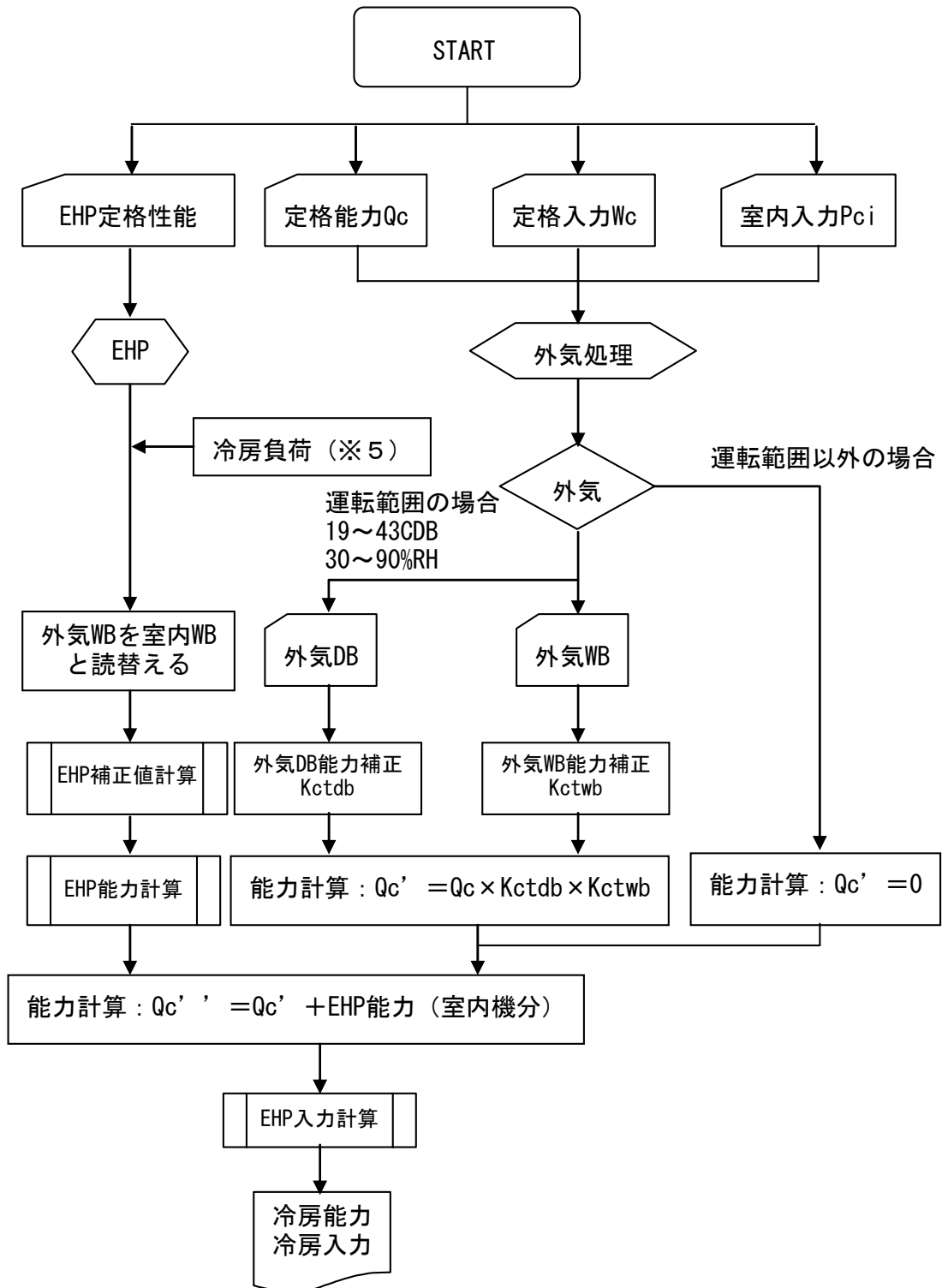


図 4.2.1-21 計算モデル

4) 冷房計算フロー

外気処理エアコンの冷房計算フローを図 4.2.1.4-10 に示す。



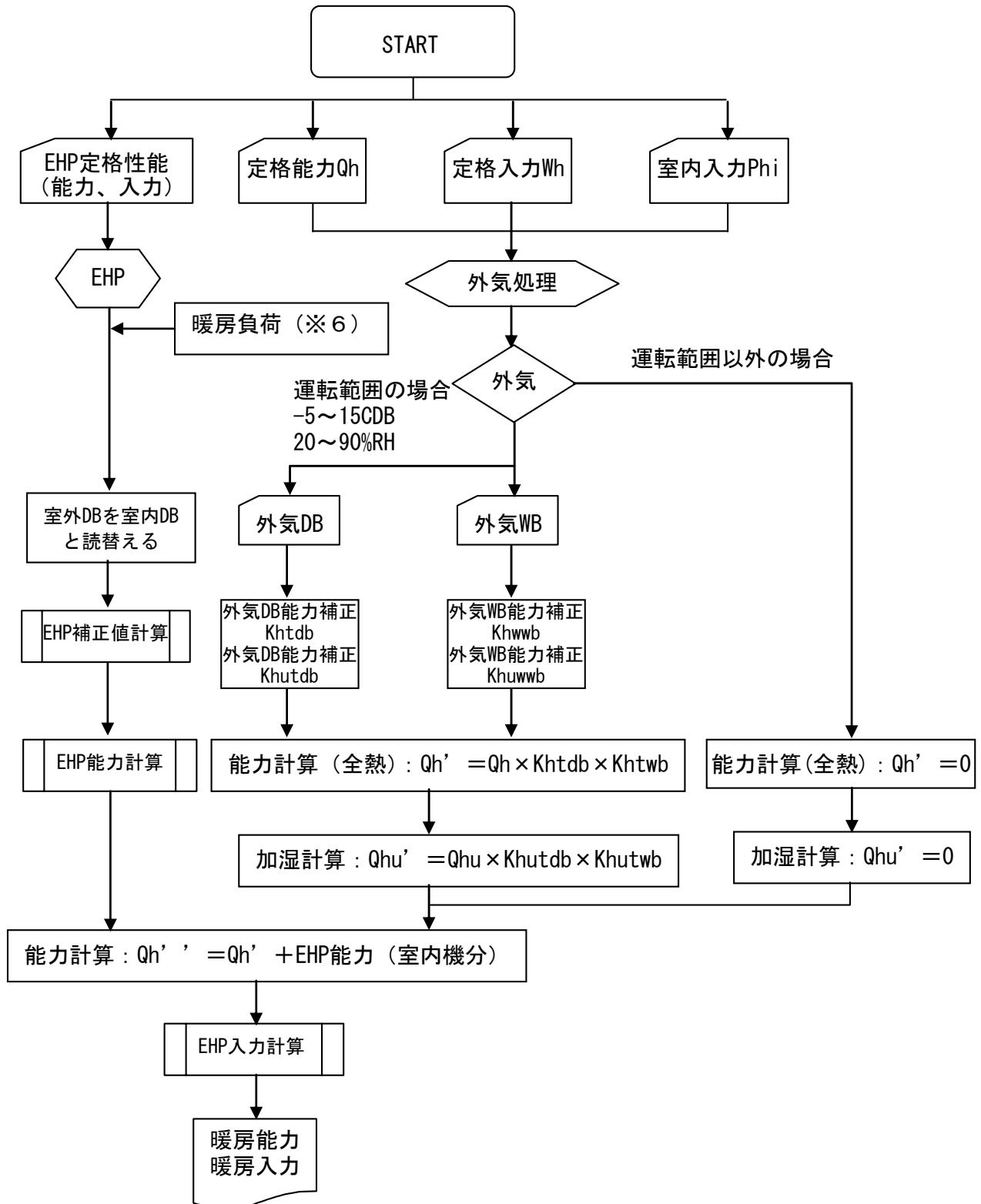
(※5) 同一室外機にEHP室内機が接続される場合には考慮する

図 4.2.1-22 冷房計算フロー



5) 暖房計算フロー

外気処理エアコンの暖房計算フローを図 4.2.1.4-11 に示す。



(※6) 同一室外機にEHP室内機が接続される場合には考慮する

図 4.2.1-23 暖房計算フロー

### ⑤ ビルマル室外機接続タイプ(タイプ②、④)

#### 1) 定格条件

外気処理エアコンの能力、消費電力のカタログ標記条件を表 4.2.1.4-6 に示す。

全熱交換器付き外気処理ユニットは、標準 EHP と同じ温度条件で能力、消費電力がカタログ標記されているため、全熱交換後の温度を室内温度と読替えて EHP 同様の計算を行う。

表 4.2.1-15 定格性能の温度条件

	室外側入口空気条件		室内空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	35℃	—	27℃	19℃
暖房	7℃	6℃	20℃	15℃

#### 2) 性能特性の入出力

標準 EHP と同様の計算を行うため、性能特性の入出力には標準 EHP のものを用いる。

#### 3) 計算モデル

外気処理エアコンの計算モデルを図 4.2.1.4-12 に示す。

全熱交付き外気処理エアコンの能力には、全熱交での熱回収分を除いた能力を入力する。

また全熱交付き外気処理ユニットの吸込温度が必要となるため、プログラム側から全熱交換後温度を与える。

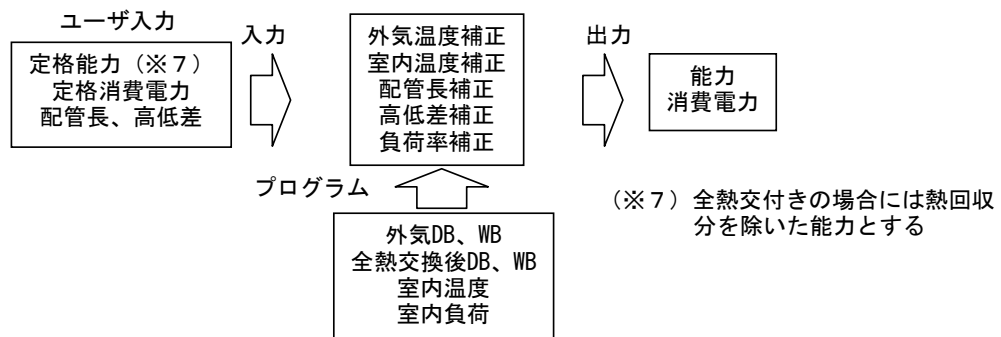


図 4.2.1-24 計算モデル

## ⑥ 冷媒熱回収型外調機(タイプ①)

### 1) 定格条件

冷媒熱回収型外調機の能力、消費電力のカタログ標記条件を表 4.2.1.4-7 に示す。

表 4.2.1-16 定格性能の温度条件

	室外側入口空気条件		室内空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
除湿冷房	33℃	28℃	27℃	19℃
空調冷房定格	35℃	24℃	27℃	19℃
加湿暖房	0℃	(50%RH)	22℃	(50%RH)
空調暖房定格	7℃	6℃	20℃	13.8℃

### 2) 性能特性の入出力

冷媒熱回収型外調機の特性式の入出力を表 4.2.1.4-8 に示す。定格性能と補正式への分離が難しいため、能力、消費電力が直接算出できる性能特性式を用いる。

表 4.2.1-17 入出力一覧表

特性		出力変数		入力変数
冷房	全熱能力	能力	$QT_c(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	$DB_i$ : 室外乾球温度(℃) $DB_o$ : 室内乾球温度(℃) $X_i$ : 室外絶対湿度(kg/kg) $X_o$ : 室内絶対湿度(kg/kg) $PLR$ : 潜熱負荷率
	潜熱能力	能力	$QL_c(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	
	消費電力	入力	$W_c(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	
暖房	全熱能力	能力	$QTh(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	
	潜熱能力	能力	$QLh(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	
	消費電力	入力	$Wh(DB_i, X_i, DB_o, X_o, PLR)$	
	その他			$P_f$ : ファン入力(W)

### 3) 計算モデル

冷媒熱回収型外調機の計算モデルを図 4.2.1.4-13 に示す。

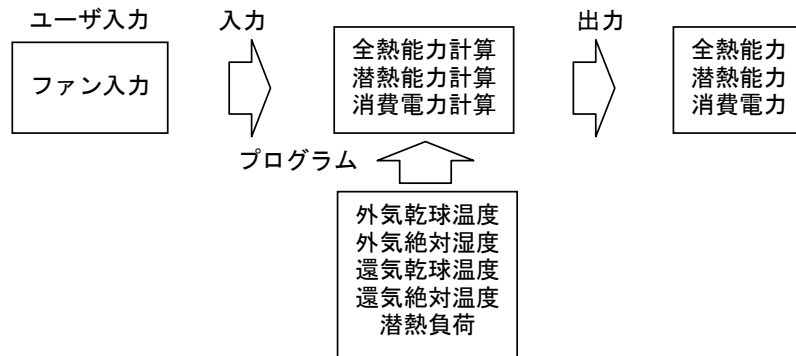


図 4.2.1-25 計算モデル

### 4) 冷房計算フロー

冷媒熱回収型外調機の除湿冷房計算フローを図 4.2.1.4-14 に示す。

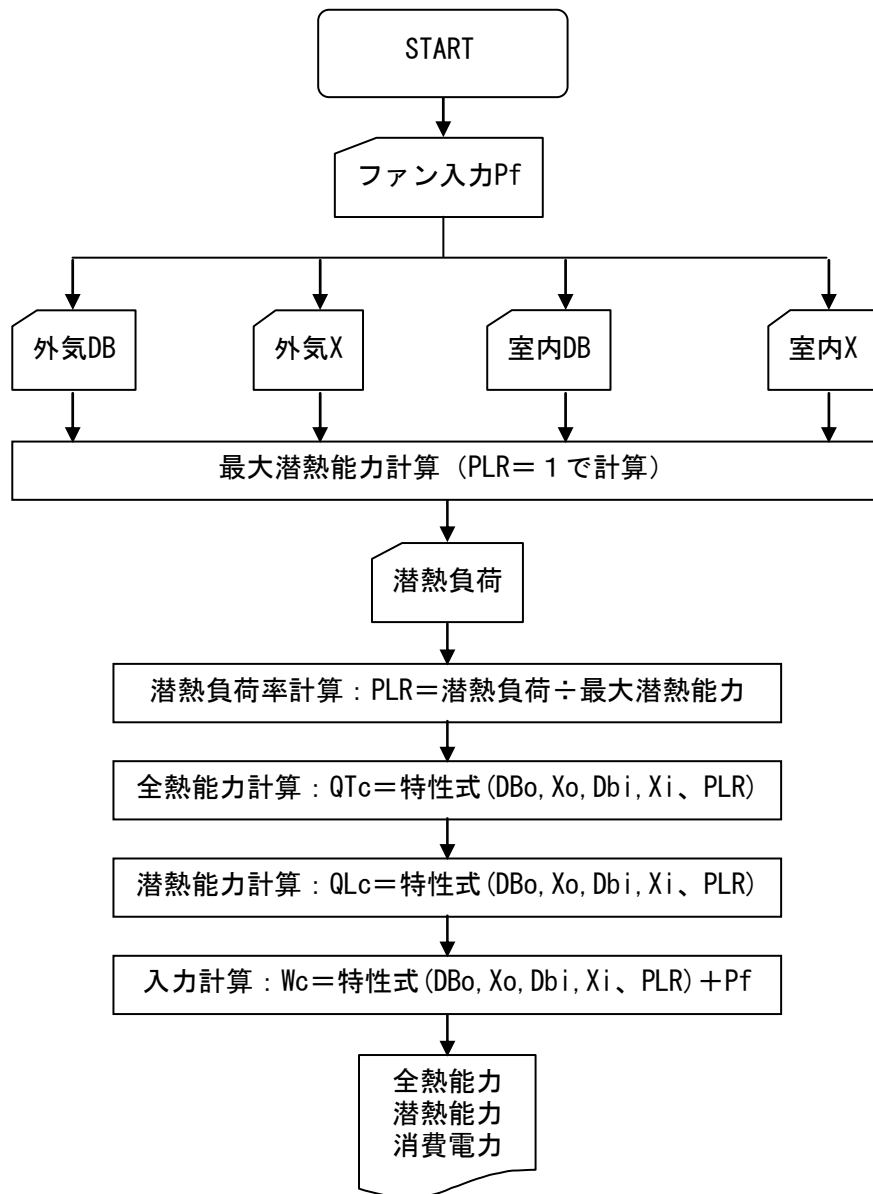


図 4.2.1-26 除湿冷房計算フロー

5) 暖房計算フロー

冷媒熱回収型外調機の加湿暖房計算フローを図 4.2.1.4-15 に示す。

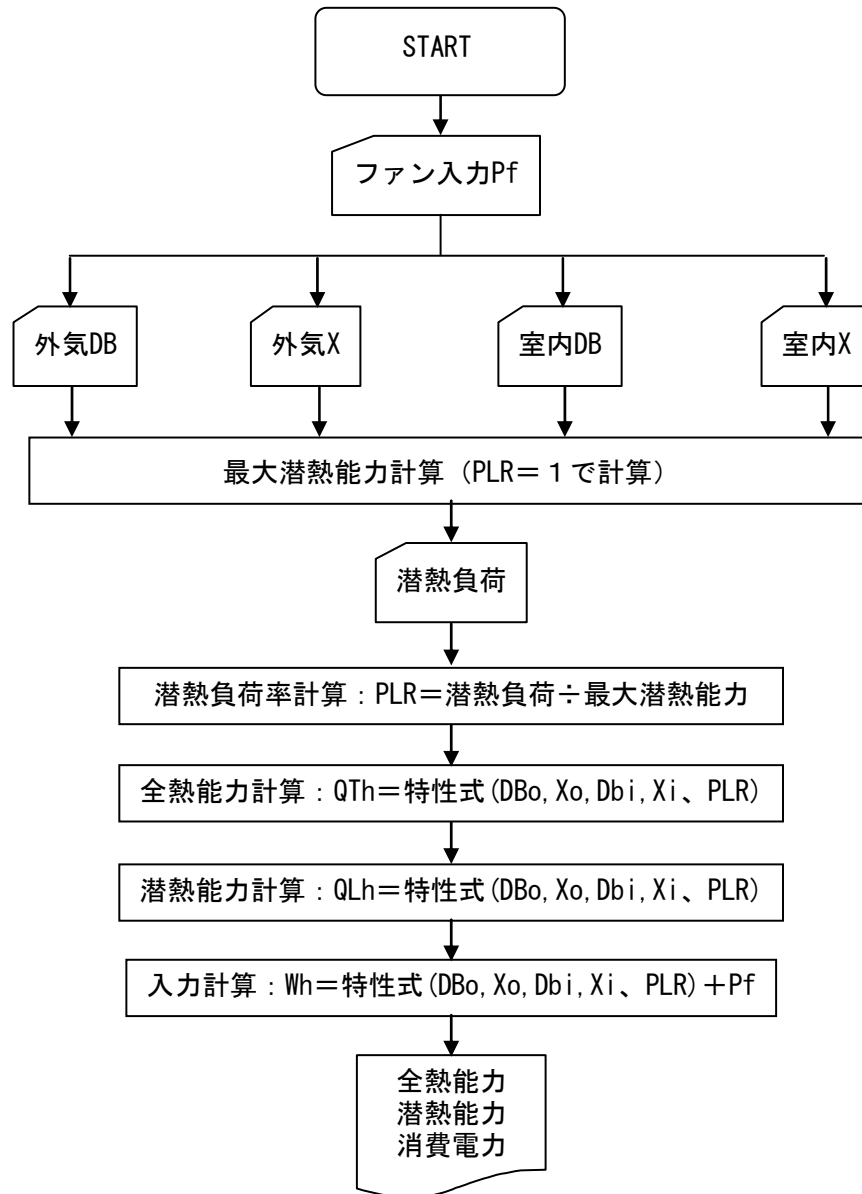


図 4.2.1-27 加湿暖房計算フロー

#### 4.2.1.5. ビル用マルチエアコン（冷暖同時）

##### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会がビル用マルチエアコンについて検討し、モデルを構築した。

基本的な考え方は、各社代表機種における機器特性データによる近似式化である。

##### ② 定格条件

(出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンデーションとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.1.5-1、表 1.1.5-2 に示す。

表 4.2.1-18 ビル用マルチエアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

項目		室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.1-19 ビル用マルチエアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.1.5-3、表 4.2.1.5-4 に示す。

### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.1.5-1 に示す。

表 4.2.1-20 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	15℃~24℃
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	
	外気補正	能力補正	Kcta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	-5℃~43℃
		入力補正	Kcwta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	
	配管長補正	能力補正	Kclpi (L)	L: 配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu (H)	H: 高低差(室内機が下の 場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp: 室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm: 冷房中間能力	カタログ値
				Qc: 冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm=冷房中間入力	カタログ値
				Wc: 冷房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0
	入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—	
室内容量補正	$\alpha$ c	Rc: 冷房運転室内容量比			
その他		—	Pci: 室内機入力	カタログ値	
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	15℃~28℃
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	
	外気補正	能力補正	Khta (WB)	WB: 湿球温度℃	-20℃~15℃
		入力補正	Khwti (WB)		
	配管長補正	能力補正	KhLpi (L)	L: 配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu (H)	H: 高低差 室内機が下 の場合マイナス差	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp: 暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm: 暖房中間能力	カタログ値
				Qh: 暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm=暖房中間入力	カタログ値
				Wh: 暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhpid (kchp)	Khhp: 暖房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhpid	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0
	入力補正	Khhpi	Khhpid、 $\beta$ h	—	
室内容量補正	$\alpha$ h	Rh: 暖房運転室内容量比			
その他		—	Qhl: 暖房低温能力	カタログ値入力	
		—	Whl: 暖房低温入力	カタログ値入力	
		—	Phi: 室内機入力	カタログ値入力	

表 4.2.1-21 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房 主体	室温補正	能力補正(冷房)	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	15℃~24℃
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	
	外気補正	能力補正(暖房)	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	15℃~28℃
		入力補正	Kcmta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	-5℃~20℃
	配管長補正	能力補正	KcLpi (L)	L: 配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu (H)	H: 高低差(室内機が下の 場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp: 室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm: 冷房中間能力 Qc: 冷房定格能力	カタログ値 カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm=冷房中間入力 Wc: 冷房定格入力	カタログ値 カタログ値
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c = 1.0
		入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—
	その他	室内容量補正	$\alpha$ c	Rc: 冷房運転室内容量比	
		—	—	Pci: 室内機入力	カタログ値
暖房 主体	室温補正	能力補正(暖房)	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	15℃~28℃
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	
		能力補正(冷房)	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	15℃~24℃
	外気補正	外気温度補正	$\Delta$ WB	WB: 湿球温度℃	-5℃~20℃
		能力補正	Khta (WWB)	$\Delta$ WB: 湿球温度補正℃	
		入力補正	Khwti (WWB)	WWB: 補正湿球温度℃ WWB=WB+ $\Delta$ WB	
	配管長補正	能力補正	KhLpi (L)	L: 配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu (H)	H: 高低差 室内機が下の 場合マイナス差	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp: 暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm: 暖房中間能力 Qh: 暖房定格能力	カタログ値 カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm=暖房中間入力 Wh: 暖房定格入力	カタログ値 カタログ値
		代表入力補正	Khhp id (kchp)	Khhp: 暖房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhp id	中間値を未入力時は $\beta$ h = 1.0
		入力補正	Khhpi	Khhp id、 $\beta$ h	—
その他	室内容量補正	$\alpha$ h	Rh: 暖房運転室内容量比		
	—	—	Qh1: 暖房低温能力 Wh1: 暖房低温入力 Phi: 室内機入力	カタログ値入力 カタログ値入力 カタログ値入力	

※]3-2-1 ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)の入出力一覧(前頁)に加え、冷暖フリーで必要となる、「冷房主体」及び「暖房主体」の各モードの部分を追加した。

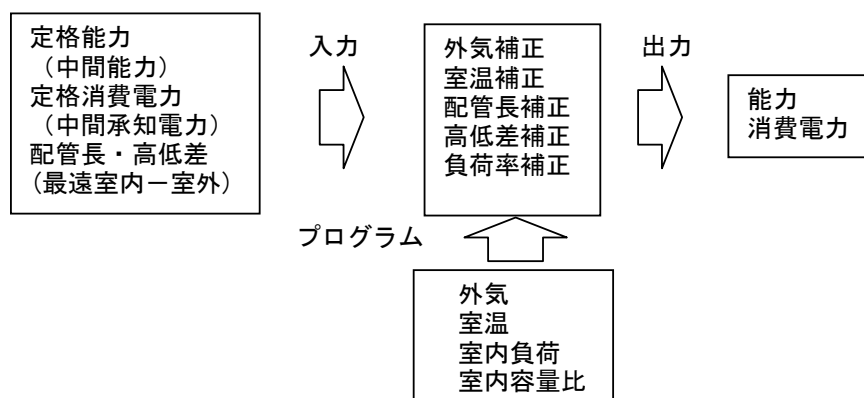


図 4.2.1-28 計算モデル



## ⑤ 計算フロー

### 1) 全体のフロー

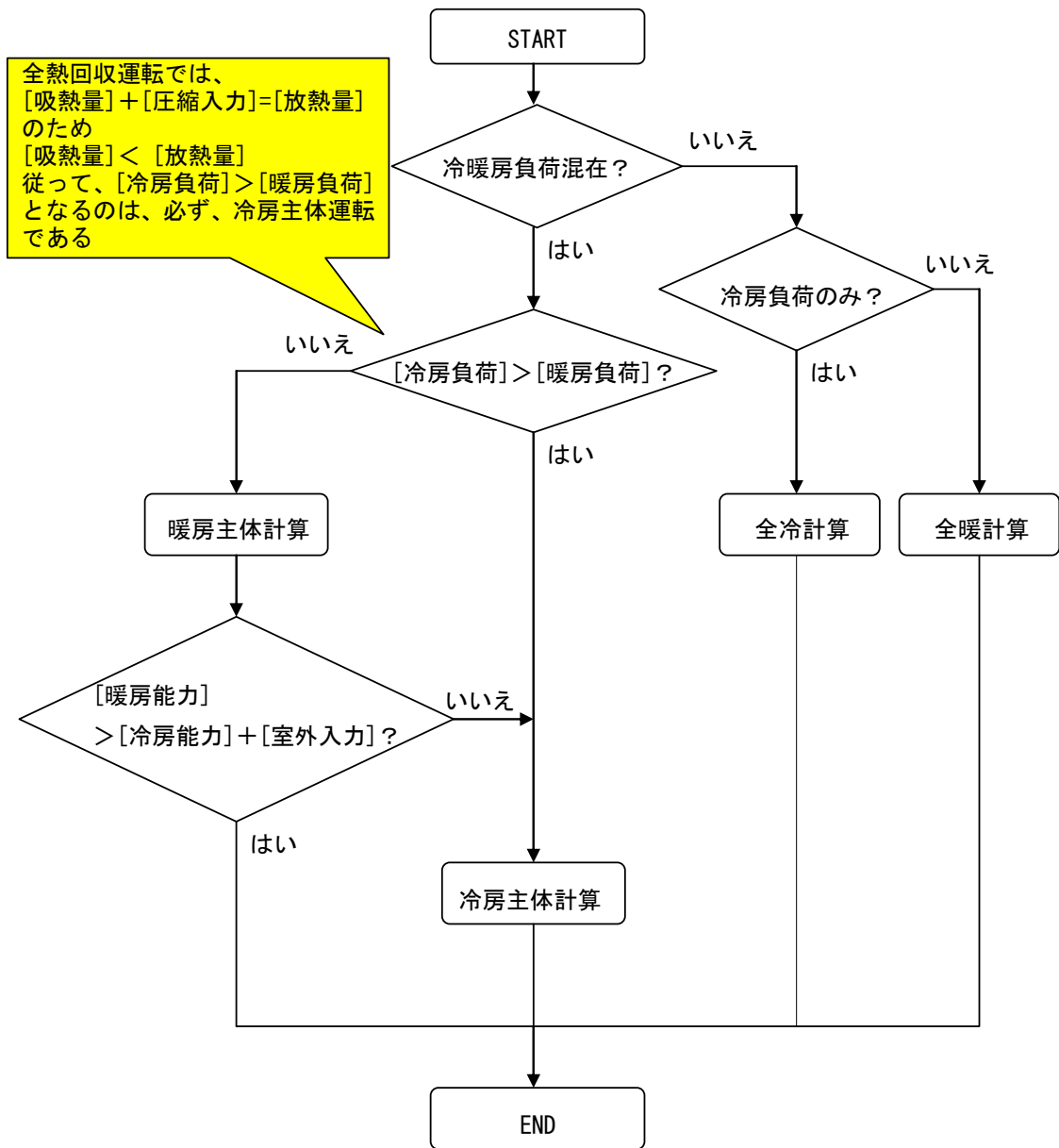


図 4.2.1-29 冷暖同時モデルの全体計算フロー(モード切り替え)

2) 全冷房運転

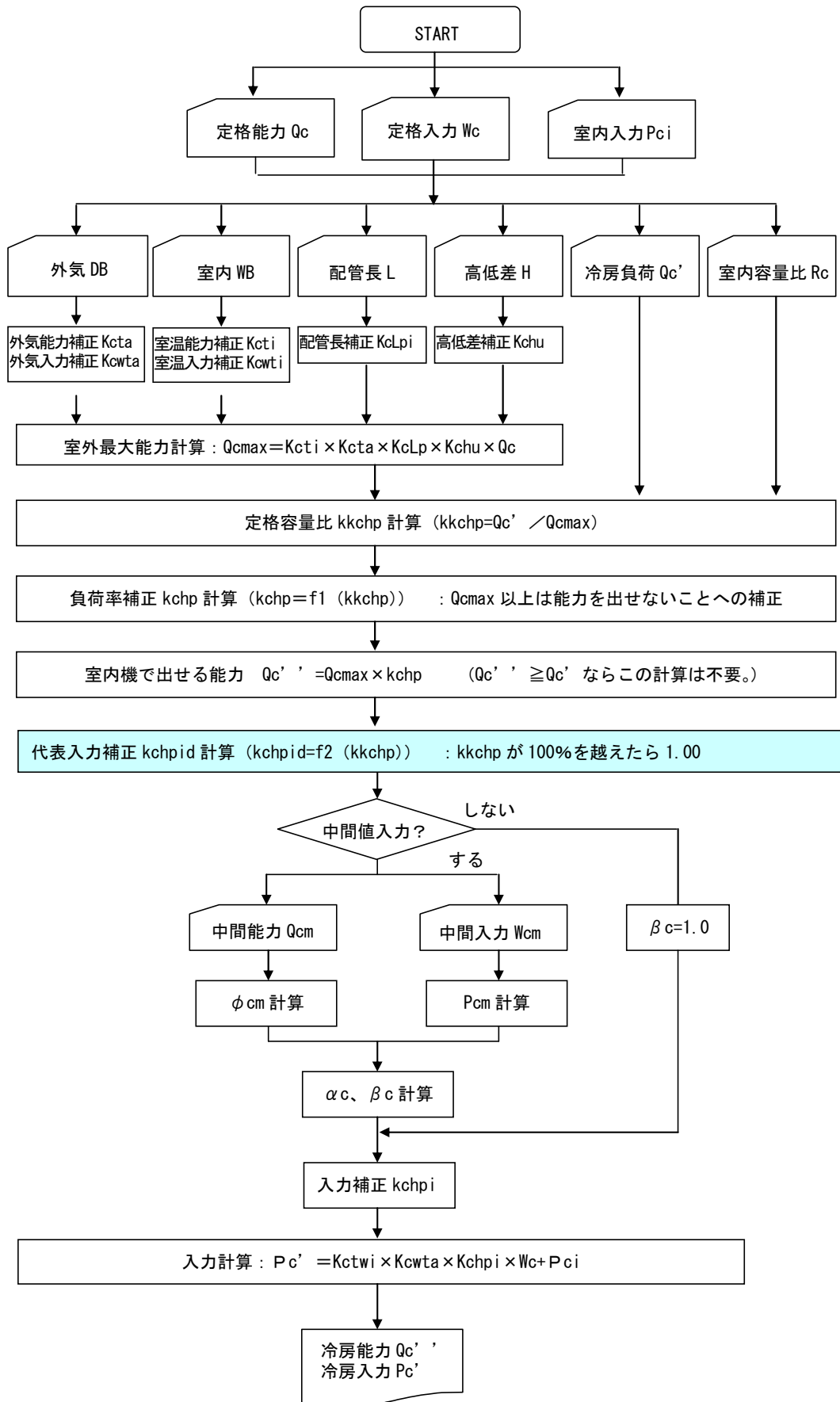


図 4.2.1-30 全冷房運転計算フロー

3) 冷房主体運転（外気温度範囲は-5~20℃とする）

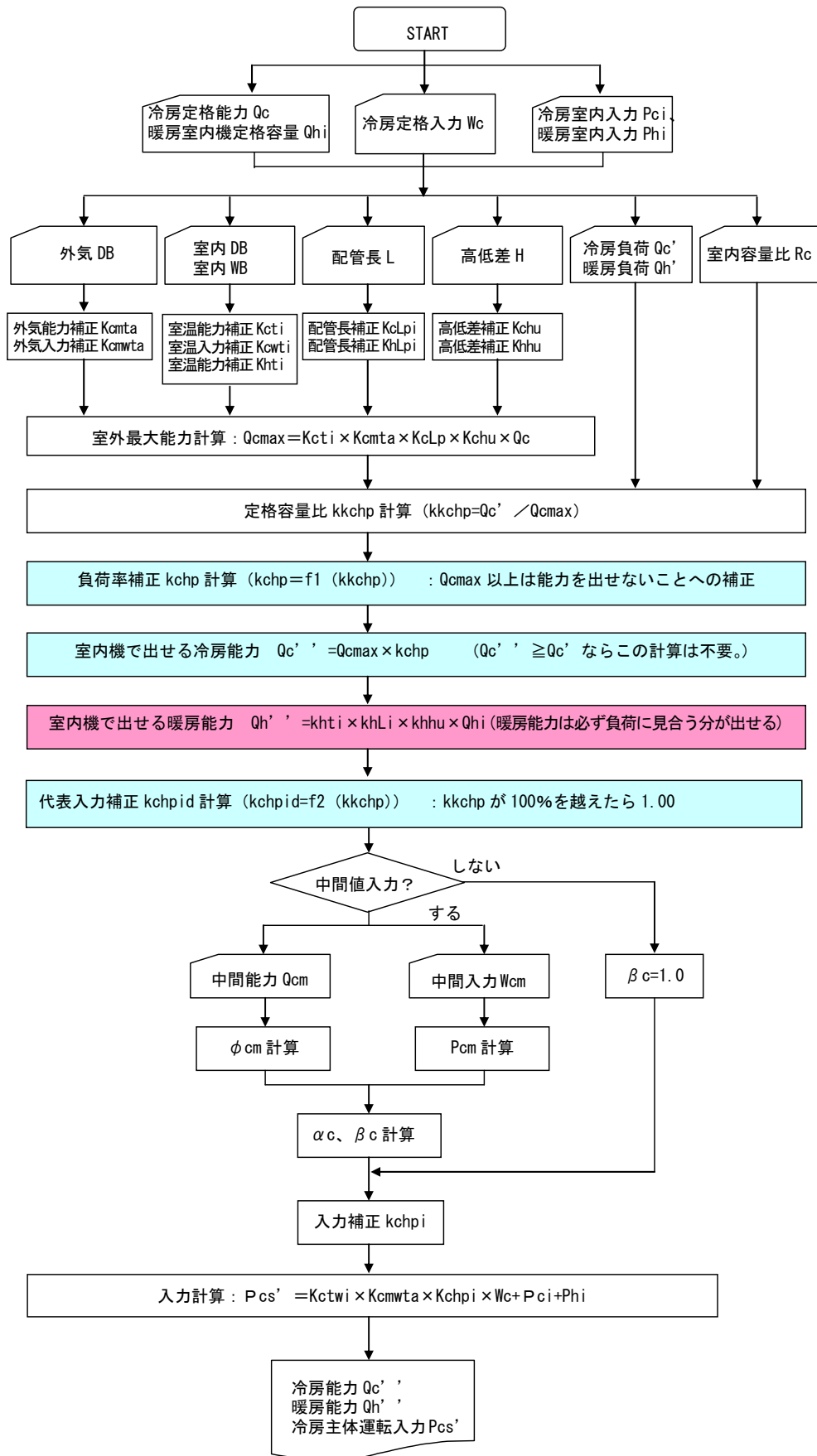


図 4.2.1-31 冷房主体運転計算フロー

4) 全暖房運転

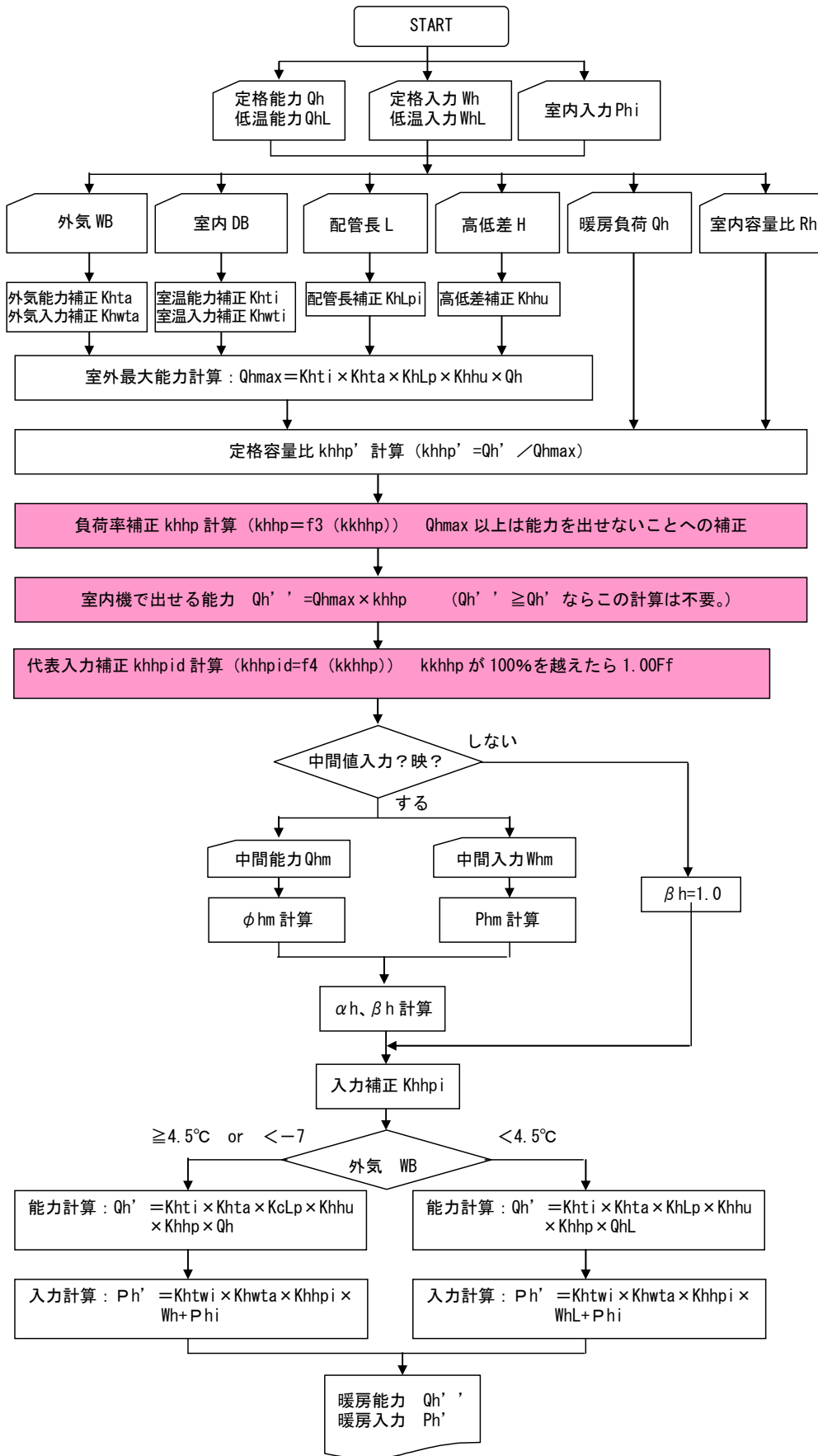
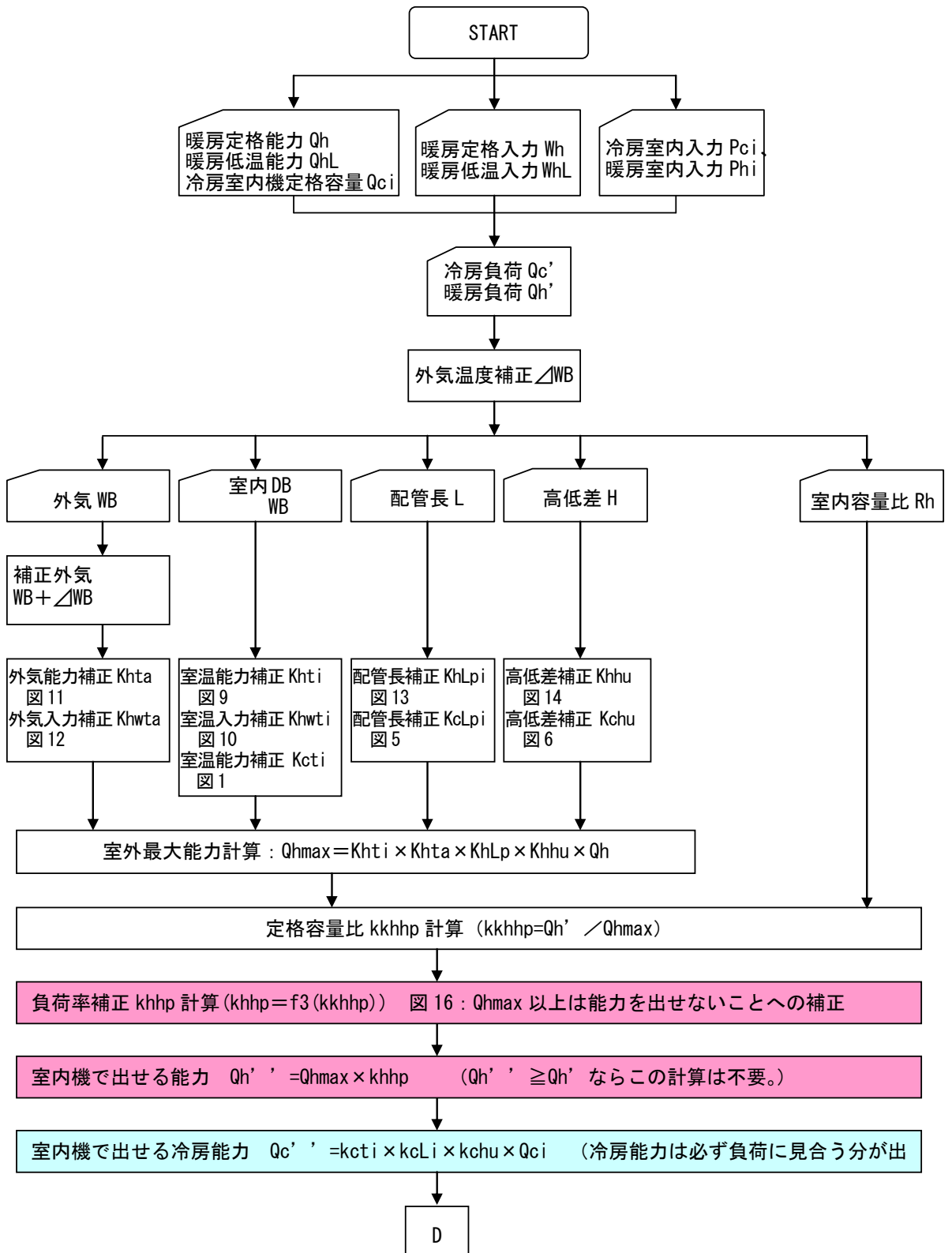


図 4.2.1-32 全暖房運転計算フロー

5) 暖房主体運転（外気温度範囲は-5~20℃とする）



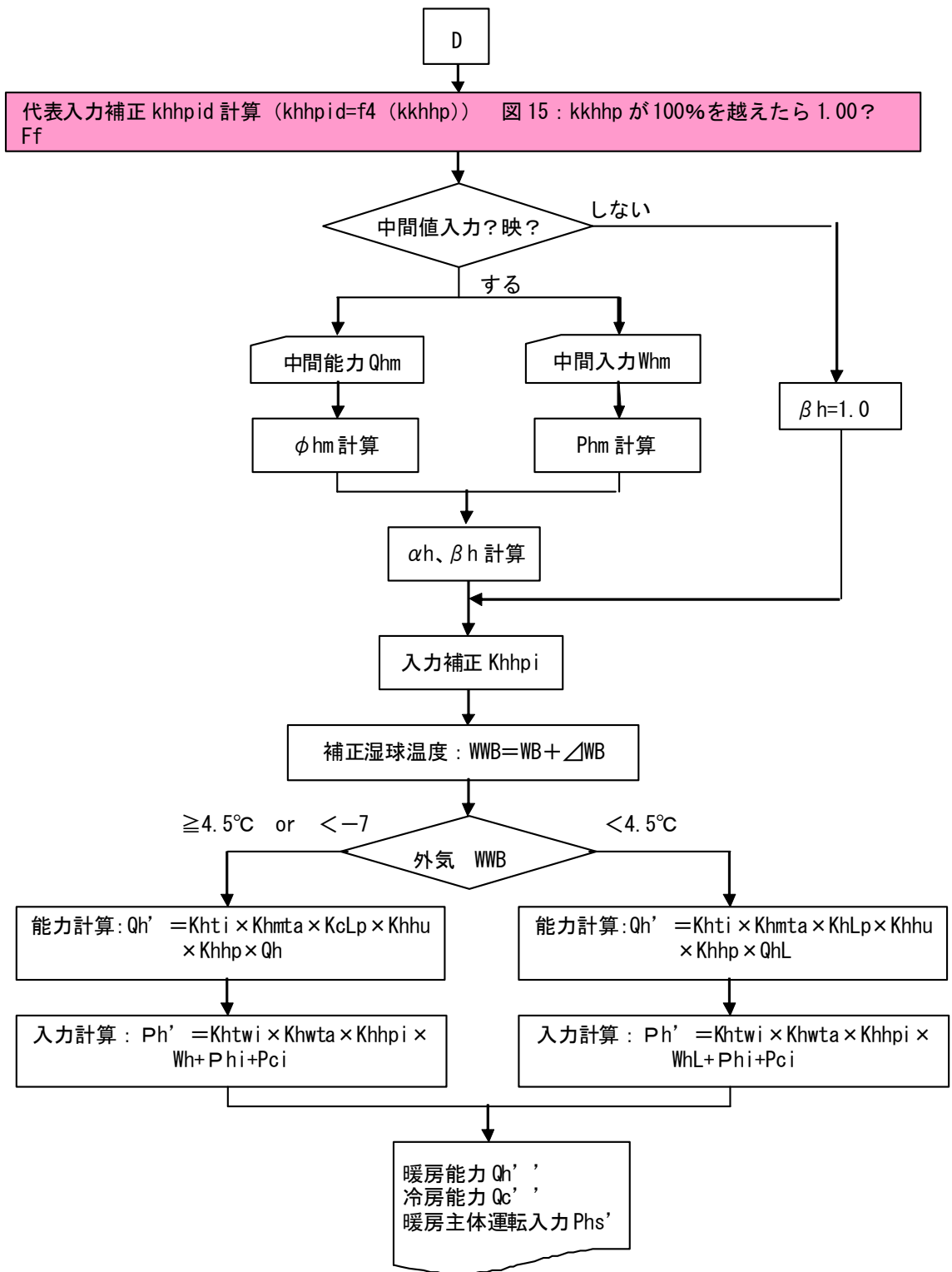


図 4.2.1-33 暖房主体運転計算フロー

## ⑥ 補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。

BESTではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

そこで、中間負荷率 $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図 3-2-1-4 のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$  を負荷率に対する一次式で定義する。

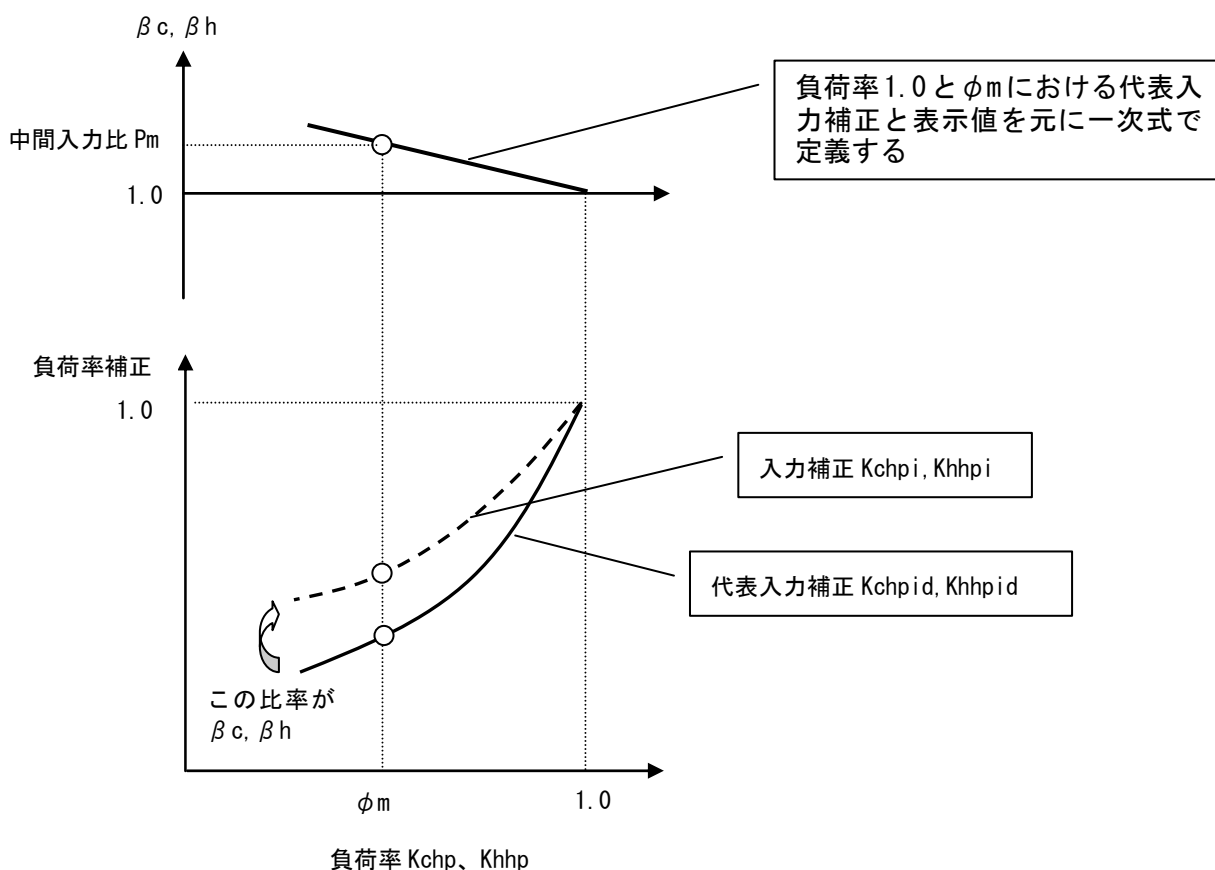


図 4.2.1-34 個別機種の中間性能の反映方法

### 2) 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量 ÷ 室外機容量)の $R_c$ (冷房)、 $R_h$ (暖房)を変数とした補正式を設定した。

### 3) 冷暖混在運転時の補正

#### a) 冷房主体運転

- ・ 冷房主体運転では、室外機の容量(圧縮機の容量)は、トータルの冷房負荷で決定されるため、入力特性は全冷房の特性にしたがうものとする。
- ・ 冷房主体運転では、暖房と冷房の各々の室内機で、所定の能力を出す必要があるため、外気温度が $-5\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲において、外気温度によらず高低圧は一定となるように制御されるのが一般的であるため、能力と入力の外気温度補正は線図を変更する。
- ・ 暖房室内機の能力については、冷房負荷よりも暖房負荷が小さいことを考えれば、 $-5\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲において、外気温度によらず必要な能力は出せるものとして、室内機の形名容量に対して、室温補正、配管長補正、高低差補正のみを行うものとする。

#### b) 暖房主体運転

- ・ 暖房主体運転では、室外機の容量(圧縮機の容量)は、トータルの暖房負荷で決定されるため、入力特性は全暖房の特性にしたがうものとする。
- ・ 冷房主体運転同様、暖房と冷房の各々の室内機で、所定の能力を出す必要があるため、外気温度が $-5\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲において、外気温度によらず高低圧は一定となるように制御されるのが一般的であるが、特に外気が低い領域では、室外ファンの容量では低圧が制御できず、冷房室内機の容量によって低圧が変化するため、これについて補正を行う。
- ・ 補正方法としては、冷房室内容量と暖房室内容量に応じて室外機の蒸発温度が上昇するその上昇分を、室外機の吸い込み空気温度の上昇分に読み替えて、全暖房の線図を使って性能を算出する。(図 4.2.1.5-8)

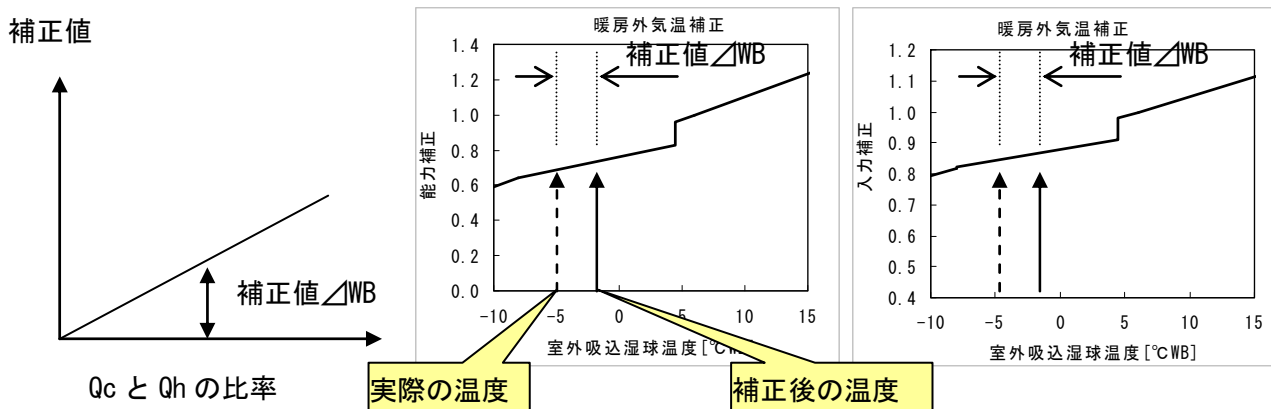


図 4.2.1-35 暖房主体運転時の補正方法



<暖房主体運転での具体的補正方法>

まず、以下のことを前提に考える。

- ①蒸発器(室外熱交換器)での蒸発温度は、蒸発熱量に比例して変化するものとする。
- ②定格暖房運転では、蒸発器には着霜しないこととすると、蒸発温度は定格暖房運転で0°Cとする。

以上の前提から、定格暖房運転での蒸発温度と吸込空気温度(WB)の温度差は6°Cであると考え。ここで、蒸発温度は蒸発熱量に比例して変化するから、運転容量や冷房容量によって、蒸発温度と吸込空気温度との差 $\Delta Te$ は以下の通り変化する。

$$\Delta Te = \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \quad (\text{式 I})$$

ここで、

$\Delta Te$	: 定格容量運転以外の時の蒸発温度と吸込空気温度の温度差	(°C)
$\Delta Te_0$	: 定格容量運転の時の蒸発温度と吸込空気温度の温度差	(°C)
$Q_{hj}$	: 暖房容量	(kW)
$Q_{cj}$	: 冷房容量	(kW)
$W_{comp}$	: 圧縮機入力	(kW)
$Q_{hj\_N}$	: 定格運転での暖房容量	(kW)
$W_{comp\_N}$	: 定格運転での圧縮機入力	(kW)

次に、暖房運転のみの場合と冷房・暖房が混在した場合の蒸発温度と吸込空気の温度差の差 $\Delta WB$ は次の(式 II)で求めることができる。この温度差 $\Delta WB$ をもって、全暖房での外気補正線図の外気を補正して能力(暖部能力)と入力の補正值を算出する。

$$\begin{aligned} \Delta WB &= \Delta Te_{100\%} - \Delta Te \\ &= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N}} - \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \\ &= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \left( 1 - \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \right) \quad (\text{式 II}) \end{aligned}$$

$$= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj}}{Q_{hj\_N}} \times \left( 1 - \frac{Q_{hj} - Q_{cj}}{Q_{hj}} \right) \quad (= \Delta Te_0 \times Q_{cj}/Q_{hj0}) \quad (\text{式 III})$$

#### 4.2.1.1. 水冷式ビル用マルチエアコン（分離型）

##### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会がビル用マルチエアコンについて検討し、モデルを構築した。

基本的な考え方は、各社代表機種における機器特性データによる近似式化である。

##### ② 定格条件

（出典：JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法、ただし、暖房の入口水温はメーカーの標準設定水温を考慮して決定した。）

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.1.6-1、表 4.2.1.6-2 に示す。

表 4.2.1-22 ビル用マルチエアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

項目		室内側入口空気条件		室外側入口 水温条件
		乾球温度	湿球温度	
冷房	定格	27	19	30
	中間	27	19	30
暖房	標準	20	—	20
	中間	20	—	20

表 4.2.1-23 ビル用マルチエアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口 水温条件
	乾球温度	湿球温度	乾球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±0.2
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.1

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.1.6-3、表 4.2.1.6-4 に示す。

表 4.2.1-24 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度°C	15°C~24°C
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度°C	
	水温補正	能力補正	Kctw (WT)	WT: 入口水温°C	10°C~45°C
		入力補正	Kcwtw (WT)	WT: 入口水温°C	10°C~45°C
	水量補正	能力補正	Kcf (fr)	Fr: 水量比	70~130%
		入力補正	Kcwf (fr)	Fr: 水量比	70~130%
	配管長補正	能力補正	KcLpi (L)	L: 配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu (H)	H: 高低差(室内機が下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp: 室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm: 冷房中間能力	カタログ値
				Qc: 冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm=冷房中間入力	カタログ値
				Wc: 冷房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0
		入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—
	室内容量補正	$\alpha$ c	Rc: 冷房運転室内容量比		
その他		—	Pci: 室内機入力	カタログ値	
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度°C	15°C~28°C
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度°C	
	水温補正	能力補正	Khtw (WT)	WT: 入口水温°C	10°C~45°C
		入力補正	Khwtw (WT)	WT: 入口水温°C	10°C~45°C
	水量補正	能力補正	Khf (fr)	Fr: 水量比	70~130%
		入力補正	Khwf (fr)	Fr: 水量比	70~130%
	配管長補正	能力補正	KhLpi (L)	L: 配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu (H)	H: 高低差 室内機が下の場合マイナス差	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp: 暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm: 暖房中間能力	カタログ値
				Qh: 暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm=暖房中間入力	カタログ値
				Wh: 暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhp id (kchp)	Khhp: 暖房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhp id	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0
		入力補正	Khhpi	Khhp id、 $\beta$ h	—
	室内容量補正	$\alpha$ h	Rh: 暖房運転室内容量比		
その他		—	Qhl: 暖房低温能力	カタログ値入力	
		—	Whl: 暖房低温入力	カタログ値入力	
		—	Phi: 室内機入力	カタログ値入力	

表 4.2.1-25 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房 主体	室温補正	能力補正(冷房)	Kcti (WB)	WB:室内湿球温度°C	15°C~24°C
		入力補正	Kcwti (WB)	WB:室内湿球温度°C	
	水温補正	能力補正(暖房)	Khti (DB)	DB:室内乾球温度°C	15°C~28°C
		能力補正	Kcmtw (WT)	WT:入口水温°C	10°C~45°C
	水量補正	入力補正	Kcmwtw (WT)	WT:入口水温°C	10°C~45°C
		能力補正	Kcmf (fr)	Fr:水量比	70~130%
	配管長補正	入力補正	Kcmwf (fr)	Fr:水量比	70~130%
		能力補正	KcLpi (L)	L:配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu (H)	H:高低差(室内機が下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp:室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm:冷房中間能力	カタログ値
				Qc:冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm:冷房中間入力	カタログ値
				Wc:冷房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp:冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0
入力補正		Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—	
室内容量補正	$\alpha$ c	Rc:冷房運転室内容量比			
その他		—	Pci:室内機入力	カタログ値	
暖房 主体	室温補正	能力補正(暖房)	Khti (DB)	DB:室内乾球温度°C	15°C~28°C
		入力補正	Khwti (DB)	DB:室内乾球温度°C	
	水温補正	能力補正(冷房)	Kcti (WB)	WB:室内湿球温度°C	15°C~24°C
		外気温度補正	$\Delta$ WT	WWB:補正湿球温度°C WWT=WT+ $\Delta$ WT	
		能力補正	Khmtw (WWT)	WT:入口水温°C	10°C~45°C
		入力補正	Khmwtw (WWT)	WT:入口水温°C	10°C~45°C
	水量補正	能力補正	Khmf (fr)	Fr:水量比	70~130%
		入力補正	Khmf (fr)	Fr:水量比	70~130%
	配管長補正	能力補正	KhLpi (L)	L:配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu (H)	H:高低差 室内機が下の場合マイナス差	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp:暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm:暖房中間能力	カタログ値
				Qh:暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm:暖房中間入力	カタログ値
				Wh:暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhp id (kchp)	Khhp:暖房室内容量比	
個別中間性能補正		$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhp id	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0	
入力補正		Khhpi	Khhp id、 $\beta$ h	—	
室内容量補正	$\alpha$ h	Rh:暖房運転室内容量比			
その他		—	Qhl:暖房低温能力 Whl:暖房低温入力 Phi:室内機入力	カタログ値入力 カタログ値入力 カタログ値入力	

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.1.6-1 に示す。

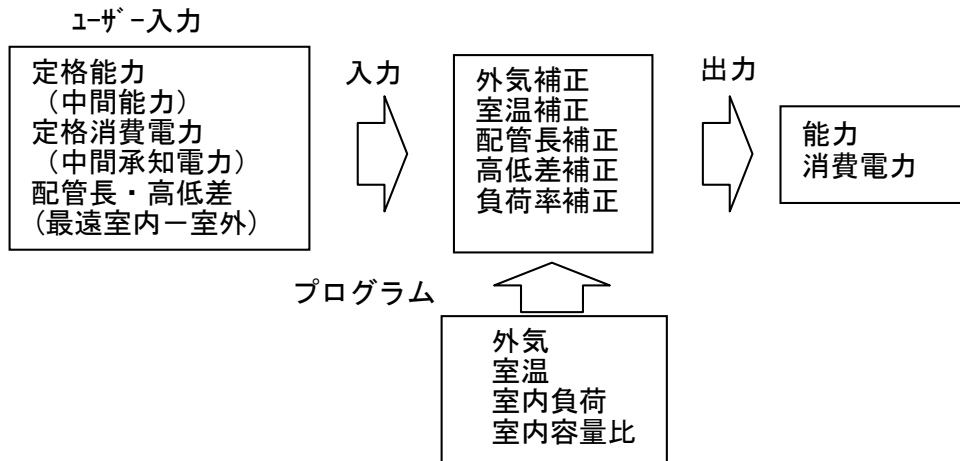


図 4.2.1-36 計算モデル

## ⑤ 計算フロー

### 1) 全体のフロー

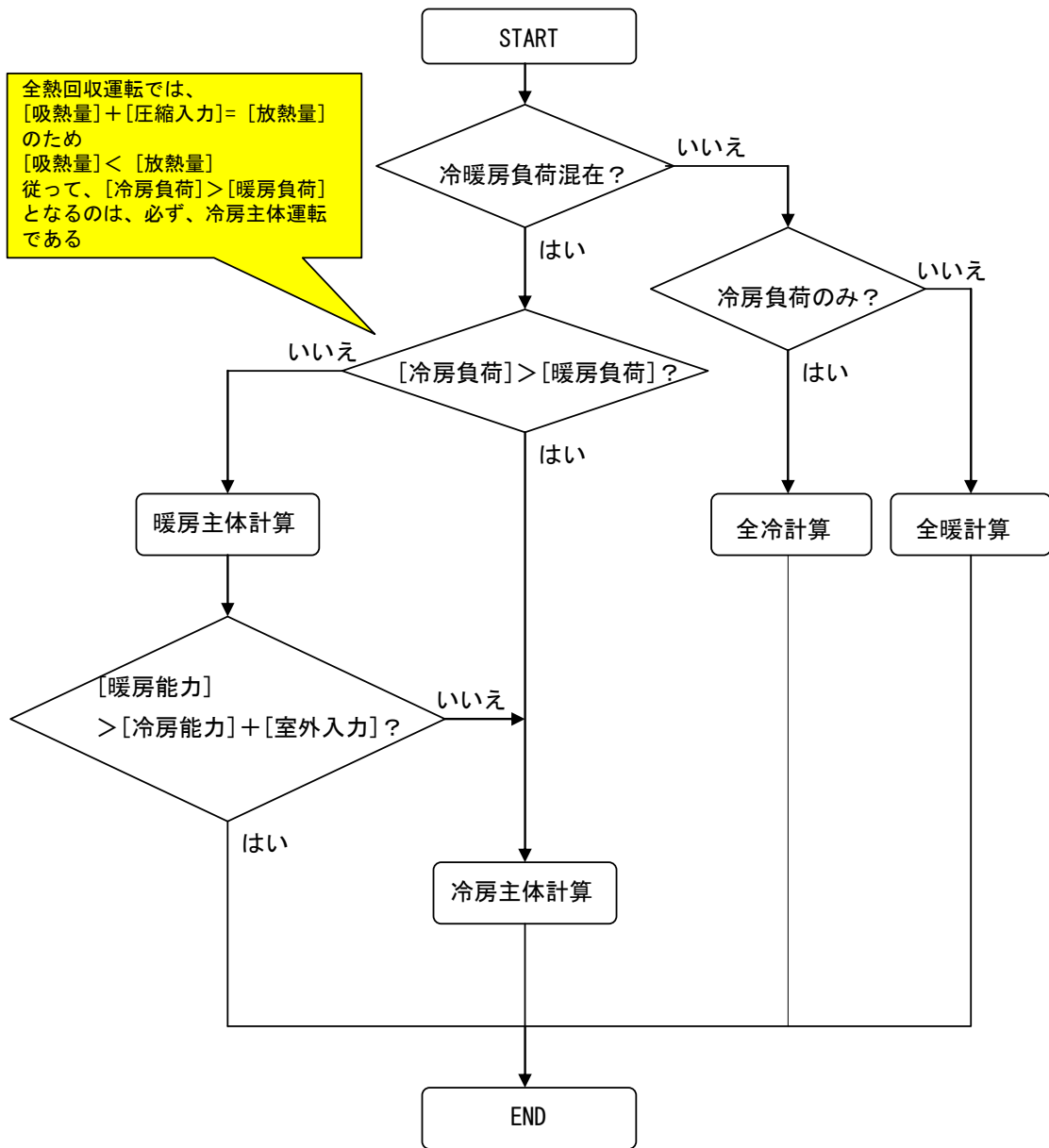


図 4.2.1-37 全体の計算フロー

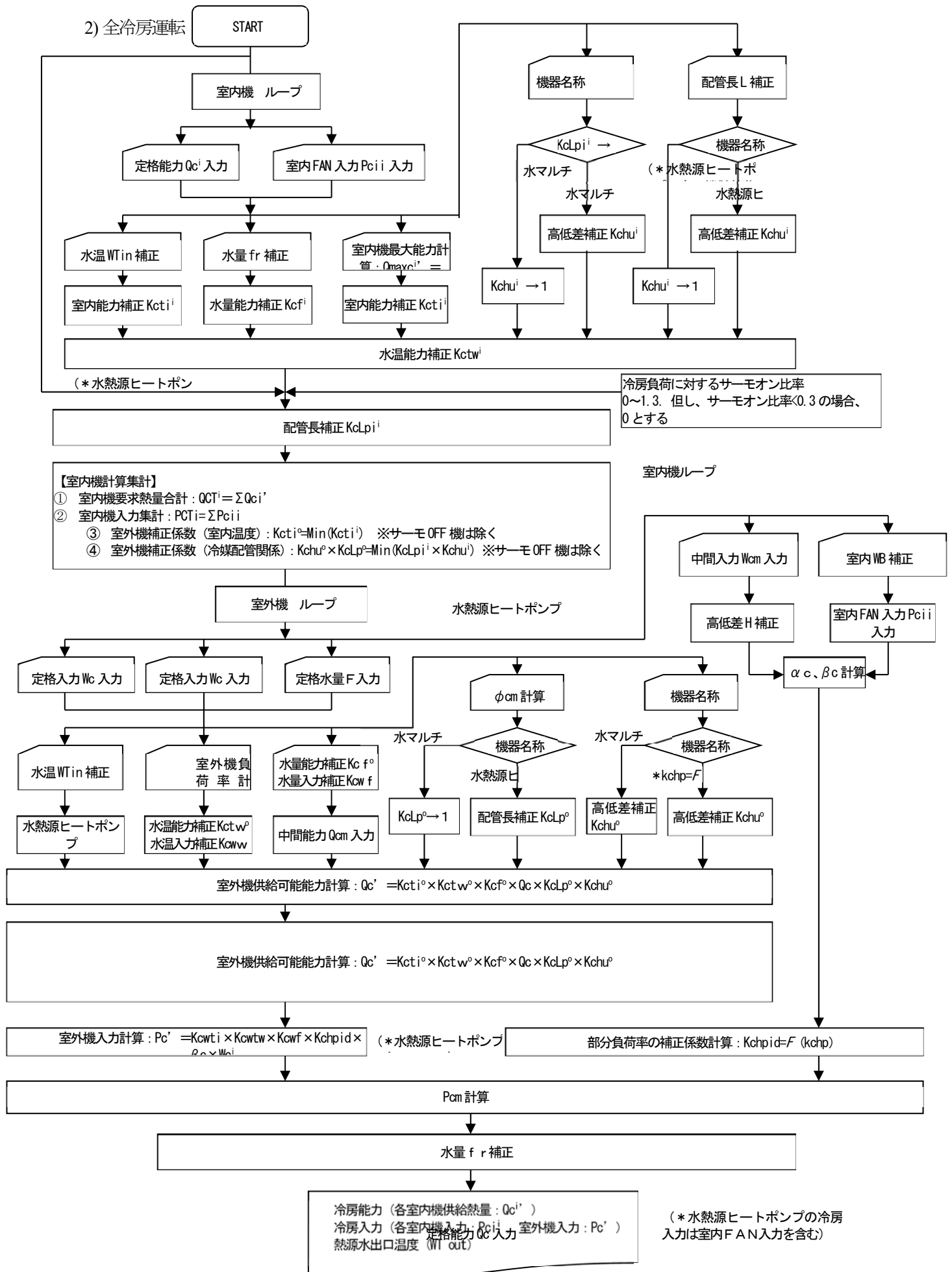


図 4.2.1-38 全冷房運転の計算フロー

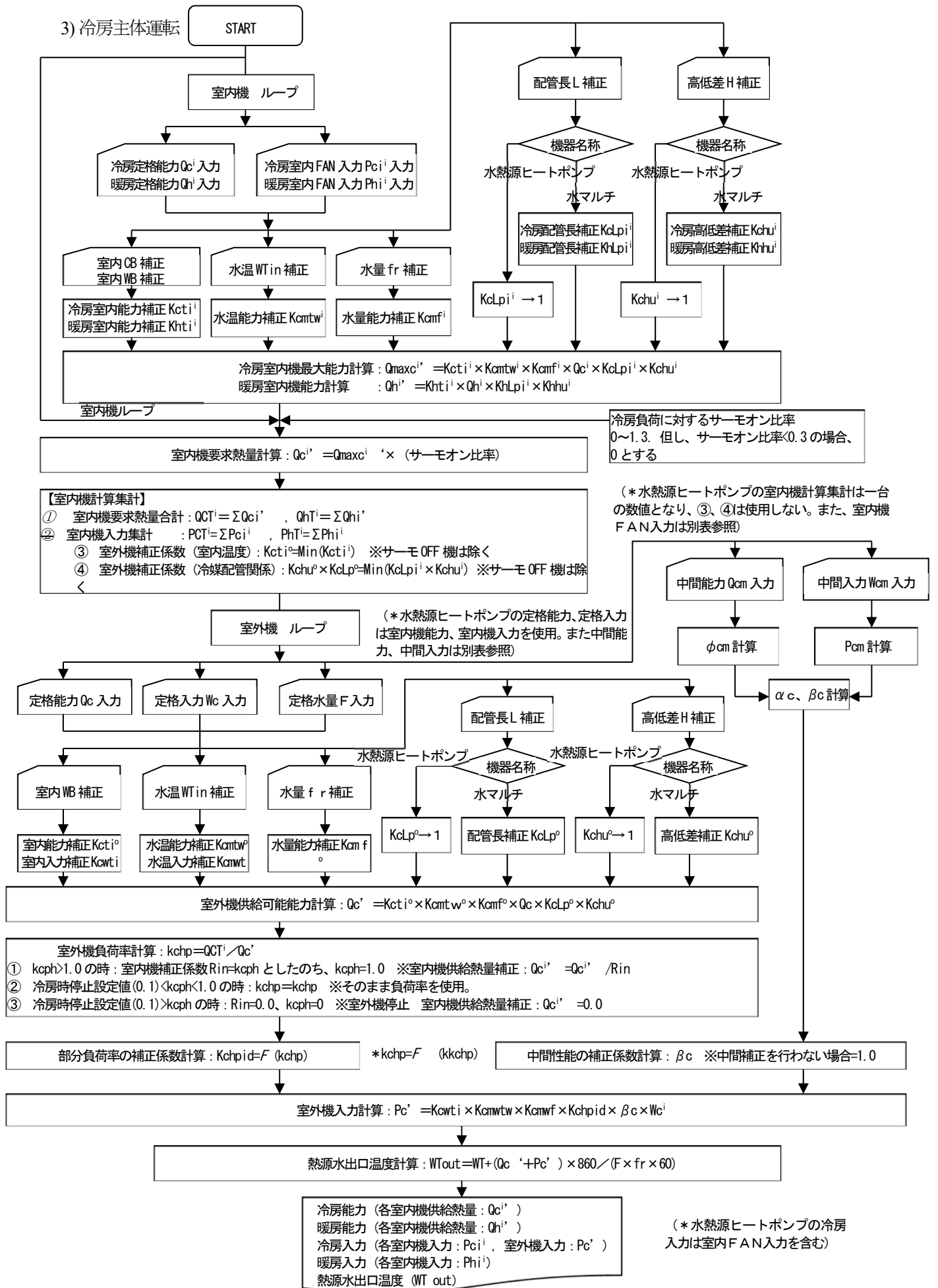


図 4.2.1-39 冷房主体運転の計算フロー



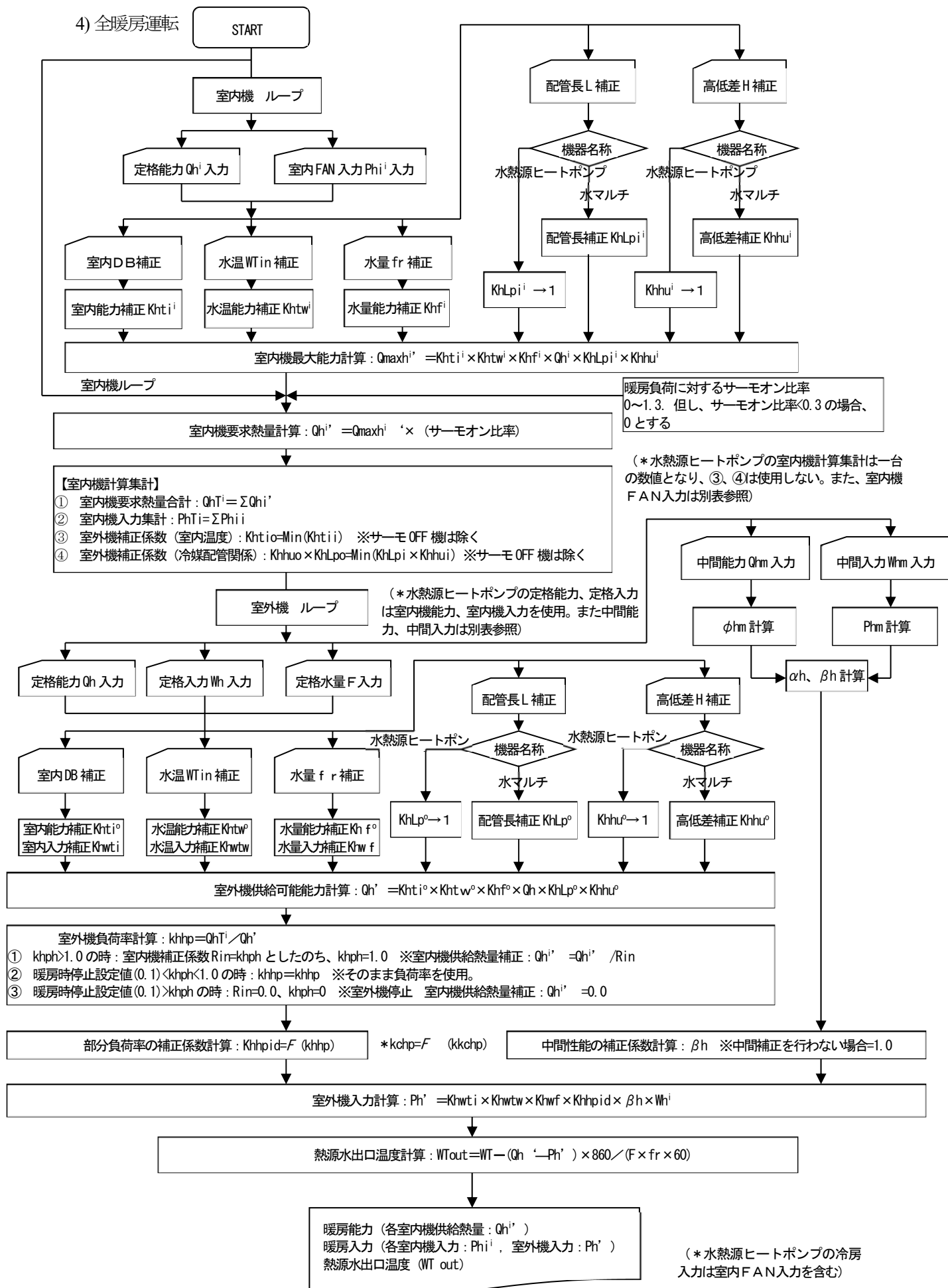


図 4.2.1-40 全暖房運転の計算フロー

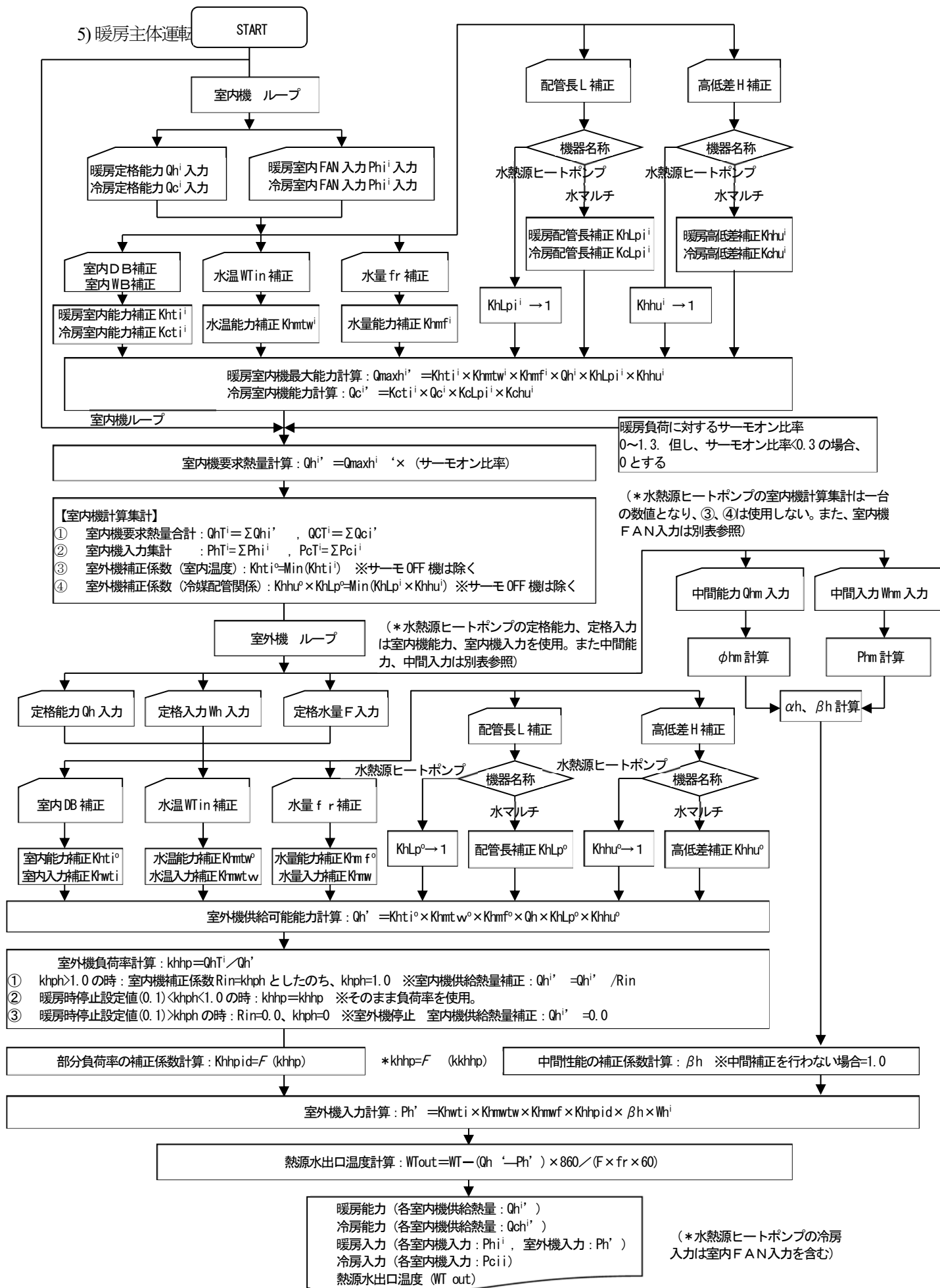


図 4.2.1-41 暖房主体運転の計算フロー

## ⑥ 補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、中間(冷房、暖房)能力、中間(冷房、暖房)消費電力を規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図 3-2-1-4 のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$ を負荷率に対する一次式で定義する。

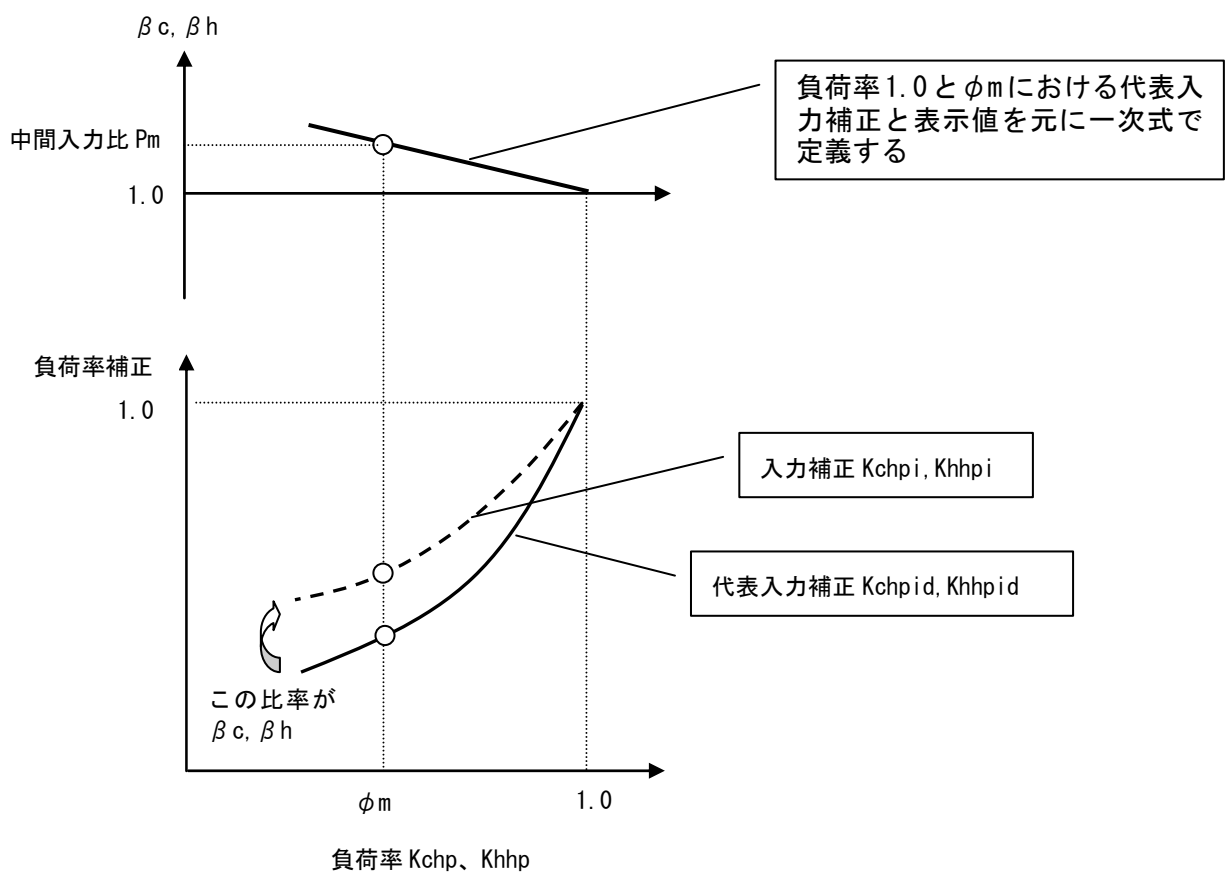


図 4.2.1-42 個別機種の中間性能の反映方法

## 2) 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量÷室外機容量)の $R_c$ (冷房)、 $R_h$ (暖房)を変数とした補正式を設定した。(現在は $\alpha_c=1$ 、 $\alpha_h=1$ とする)

## 3) 冷暖混在運転時の補正

### ■冷房主体運転

冷房主体運転では、室外機の容量(圧縮機の容量)は、トータルの冷房負荷で決定されるため、入力の特徴は全冷房の特性にしたがうものとする。

冷房主体運転では、暖房と冷房の各々の室内機で、所定の能力を出す必要があるため、外気温度が入口水温によらず高低圧は一定となるように制御されるのが一般的であるため、能力と入力の入口水温補正は線図を変更する。ここで、水温の上昇による能力低下および入力の上昇は全冷房に従うものとする。

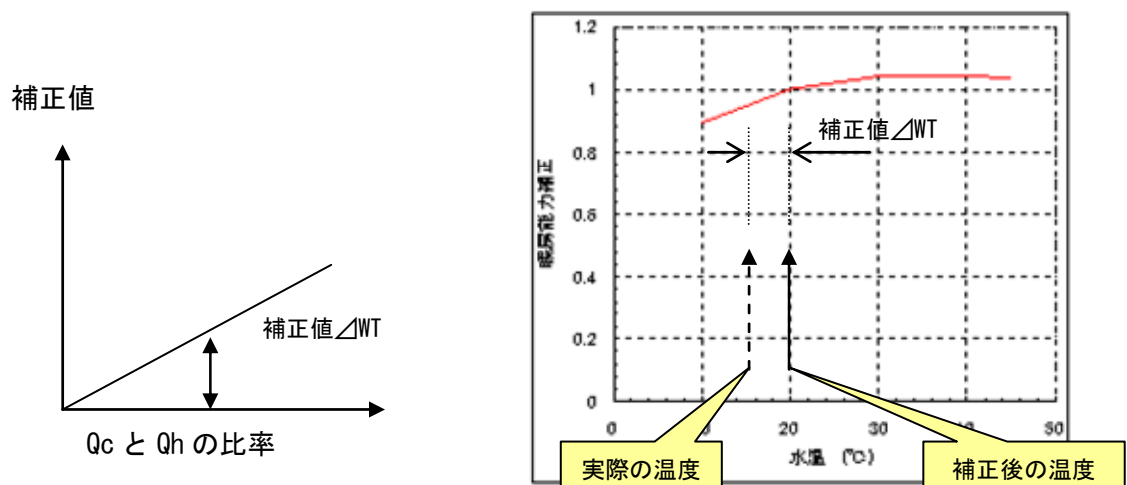
暖房室内機の能力については、冷房負荷よりも暖房負荷が小さいことを考えれば、入口水温によらず必要な能力は出せるものとして、室内機の形名容量に対して、室温補正、配管長補正、高低差補正のみを行うものとする。

### ■暖房主体運転

暖房主体運転では、室外機の容量(圧縮機の容量)は、トータルの暖房負荷で決定されるため、入力の特徴は全暖房の特性にしたがうものとする。

冷房主体運転同様、暖房と冷房の各々の室内機で、所定の能力を出す必要があるため、入口水温によらず高低圧は一定となるように制御されるのが一般的であるが、特に入口水温が低い領域では、室外熱交換器の容量では低圧が制御できず、冷房室内機の容量によって低圧が変化するため、これについて補正を行う。

補正方法としては、冷房室内容量と暖房室内容量に応じて室外機の蒸発温度が上昇するその上昇分を、室外機の入口水温の上昇分に読み替えて、全暖房の線図を使って性能を算出する。



<暖房主体運転での具体的補正方法>

まず、以下のことを前提に考える。

①蒸発器(室外熱交換器)での蒸発温度は、蒸発熱量に比例して変化するものとする。

②定格暖房運転では、蒸発器には着霜しないこととすると、蒸発温度は定格暖房運転で 0℃とする。

以上の前提から、定格暖房運転での蒸発温度と入口水温(WT)の温度差は10℃であると考え。ここで、蒸発温度は蒸発熱量に比例して変化することから、運転容量や冷房容量によって、蒸発温度と吸込空気温度との差 $\Delta Te$ は以下の通り変化する。

$$\Delta Te = \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \quad (\text{式 I})$$

ここで、

$\Delta Te$	: 定格容量運転以外の時の蒸発温度と吸込空気温度の温度差	(℃)
$\Delta Te_0$	: 定格容量運転の時の蒸発温度と吸込空気温度の温度差	(℃)
$Q_{hj}$	: 暖房容量	(kW)
$Q_{cj}$	: 冷房容量	(kW)
$W_{comp}$	: 圧縮機入力	(kW)
$Q_{hj\_N}$	: 定格運転での暖房容量	(kW)
$W_{comp\_N}$	: 定格運転での圧縮機入力	(kW)

次に、暖房運転のみの場合と冷房・暖房が混在した場合の蒸発温度と吸込空気の温度差の差 $\Delta WB$ は次の(式 II)で求めることができる。この温度差 $\Delta WB$ をもって、全暖房での外気補正線図の外気を補正して能力(暖部能力)と入力の補正值を算出する。

$$\begin{aligned} \Delta WB &= \Delta Te_{100\%} - \Delta Te \\ &= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N}} - \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \\ &= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj} - W_{comp}}{Q_{hj\_N} - W_{comp\_N}} \times \left( 1 - \frac{Q_{hj} - W_{comp} - Q_{cj}}{Q_{hj} - W_{comp}} \right) \quad (\text{式 II}) \end{aligned}$$

$$= \Delta Te_0 \times \frac{Q_{hj}}{Q_{hj\_N}} \times \left( 1 - \frac{Q_{cj}}{Q_{hj}} \right) \quad (= \Delta Te_0 \times Q_{cj}/Q_{hj}) \quad (\text{式 III})$$

## 4.2.1.2. ウォールスルー

### ① 特性式の考え方

ビル用マルチエアコンのモデルをベースとし、日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会が店舗用エアコンについて検討したモデルの資料をもとに、計算モデルに必要な各種補正係数を決定した。

基本的な考え方は、代表機種における機器特性データを用いて能力及び入力を補正するための近似式を作成し、ユニット(室内機、室外機一体型)の能力及び入力を計算する。

また、インバータタイプと定速タイプは同じ計算フローを用い、インバータを主に考え、定速は追加の条件式を用いることとした。

### ② 定格条件

(出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプー 定格性能及び運転性能試験方法)

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 1.1.7-1,表 1.1.7-2 に示す。

表 4.2.1-26 JISの能力試験の温度条件

単位 °C

項目		室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.1-27 JISの能力試験における温度許容差

単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ モデルに於ける入出力データ

表 4.2.1.7-3 に、本計算モデルで用いる入出力データの一覧を示す。

表 4.2.1-28 入出力一覧表

特性		出力変数		入力変数		入力範囲		
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	18℃~22℃			
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃				
	外気補正	能力補正	Kcta (DB)	DB: 外気乾球温度℃	21℃~43℃			
		入力補正	Kcwta (DB)	DB: 外気乾球温度℃				
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp: 室内容量比	0.3~1.0			
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm: 冷房中間能力			カタログ値	*注
				Qc: 冷房定格能力			カタログ値	*注
		個別中間入力比	Pcm	Wcm=冷房中間入力			カタログ値	*注
				Wc: 冷房定格入力			カタログ値	*注
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 冷房室内容量比				
個別中間性能補正	$\beta$ c (kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0					
入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—					
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	18℃~24℃			
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃				
	外気補正	能力補正	Khta (WB)	WB: 外気湿球温度℃4.5℃ 未満は暖房低温能力基準 4.5℃以上は暖房標準能力基準	-4℃~15℃			
		入力補正	Khwta (WB)					
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp: 暖房室内容量比	0.3~1.0			
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm: 暖房中間能力			カタログ値	*注
				Qh: 暖房定格能力			カタログ値	*注
		個別中間入力比	Phm	Whm=暖房中間入力			カタログ値	*注
				Wh: 暖房定格入力			カタログ値	*注
		代表入力補正	Khhp id (kchp)	Khhp: 暖房室内容量比				
	個別中間性能補正	$\beta$ h (khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhp id	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0				
入力補正	Khhpi	Khhp id、 $\beta$ h	—					
その他	—	—	Qhl: 暖房低温能力	カタログ値入力 *注				
	—	—	Whl: 暖房低温入力	カタログ値入力 *注				

\*注: 定速タイプの場合、使用しない。

### ④ 計算モデル

図 4.2.1.7-1 に、本計算モデルの概要を示す。

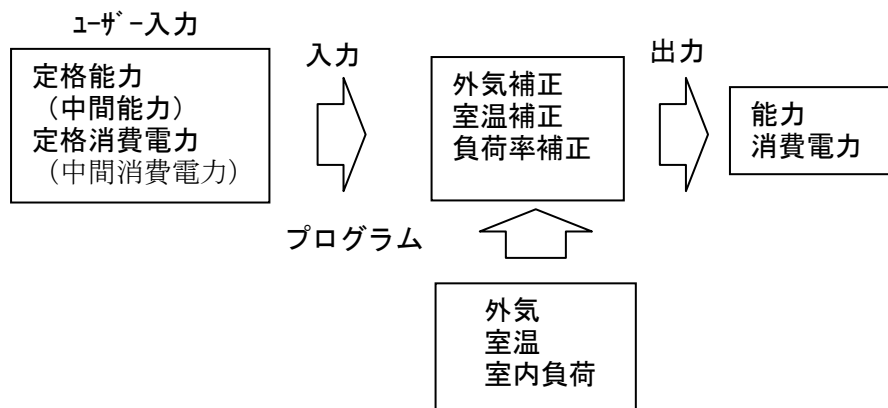


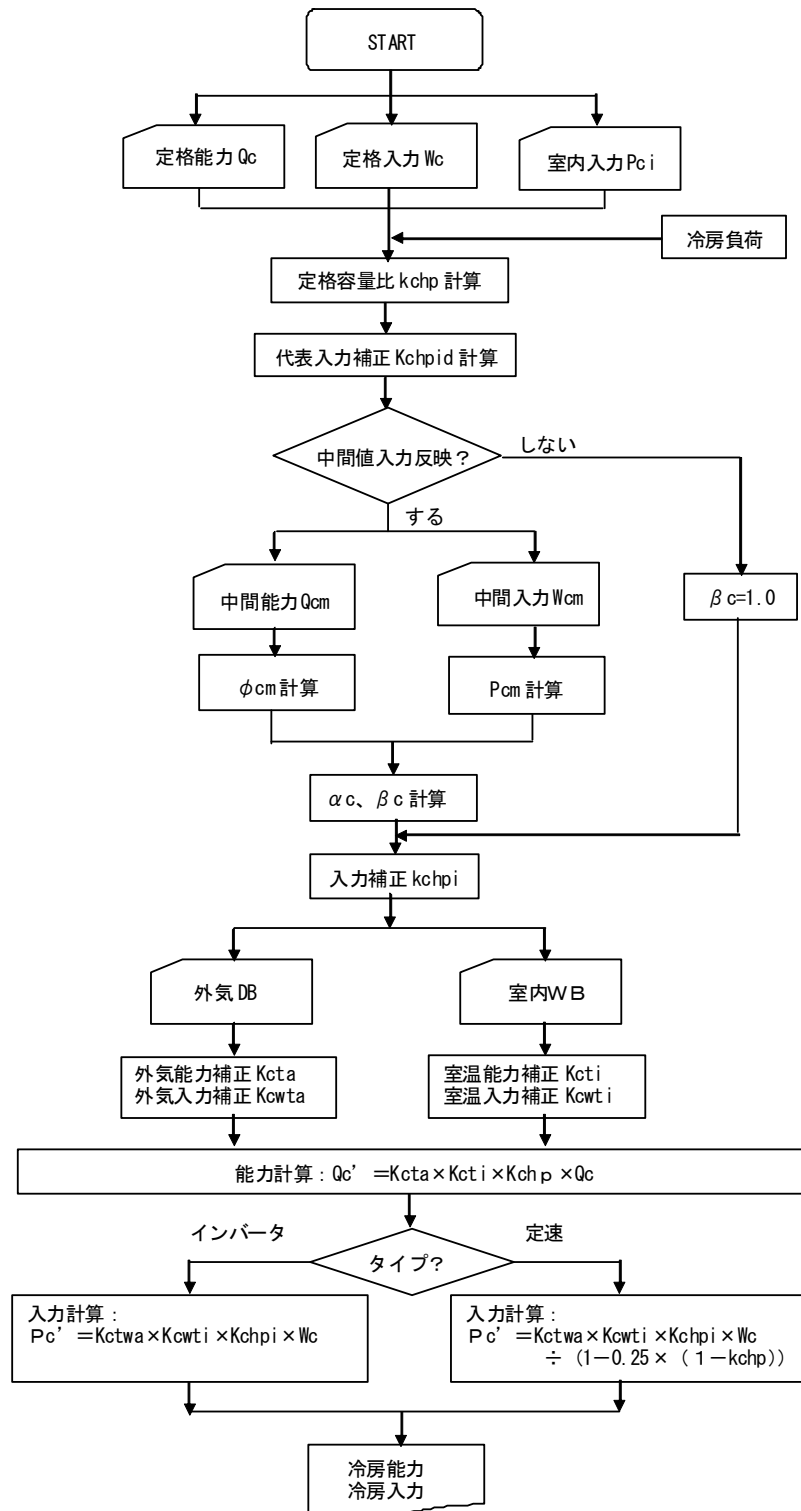
図 4.2.1-43 計算モデル

## ⑤ 計算フロー

図 4.2.1.7-2 に冷房時の計算フローを、図 4.2.1.7-3 に暖房時の計算フローを示す。

(中間性能特性反映は定速タイプでは使用しない。インバータタイプでのみ使用する)

### 1) 冷房

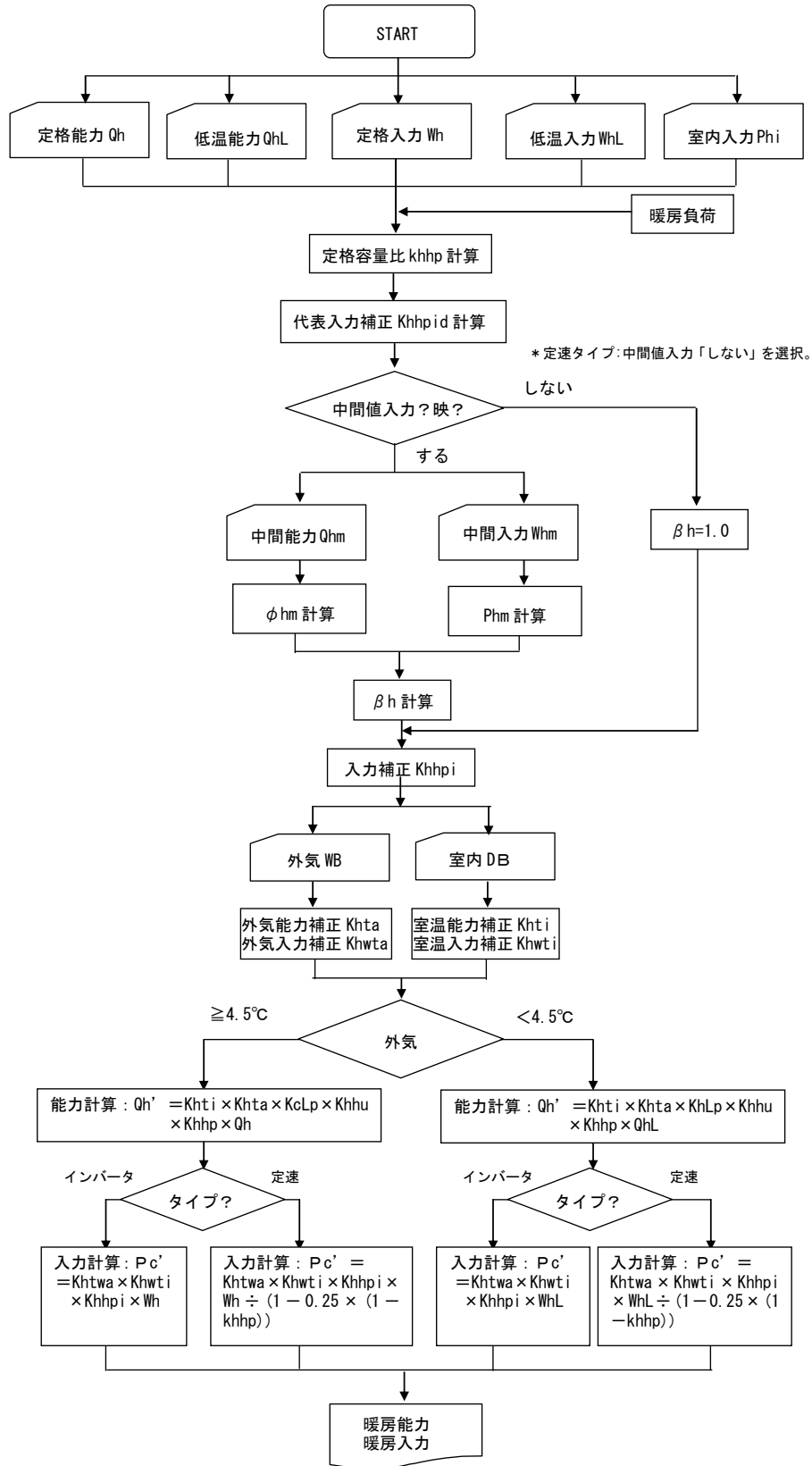


注:  $(1 - 0.25 \times (1 - kchp))$  の項は JIS8616 の定速運転時の入力補正に準拠。

図 4.2.1-44 冷房計算フロー



2) 暖房



\*  $(1 - 0.25 \times (1 - kh_{hp}))$  の項は JIS8616 の定速運転時の入力補正に準拠

図 4.2.1-45 暖房計算フロー

## ⑥ 補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率(Kchpi、Khphi) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正(Kchpid、Khpid)

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、中間(冷房、暖房)能力、中間(冷房、暖房)消費電力を規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正(Kchpid( $\phi_m$ )、Khpid( $\phi_m$ ))と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図-4のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$ を負荷率に対する一次式で定義する。

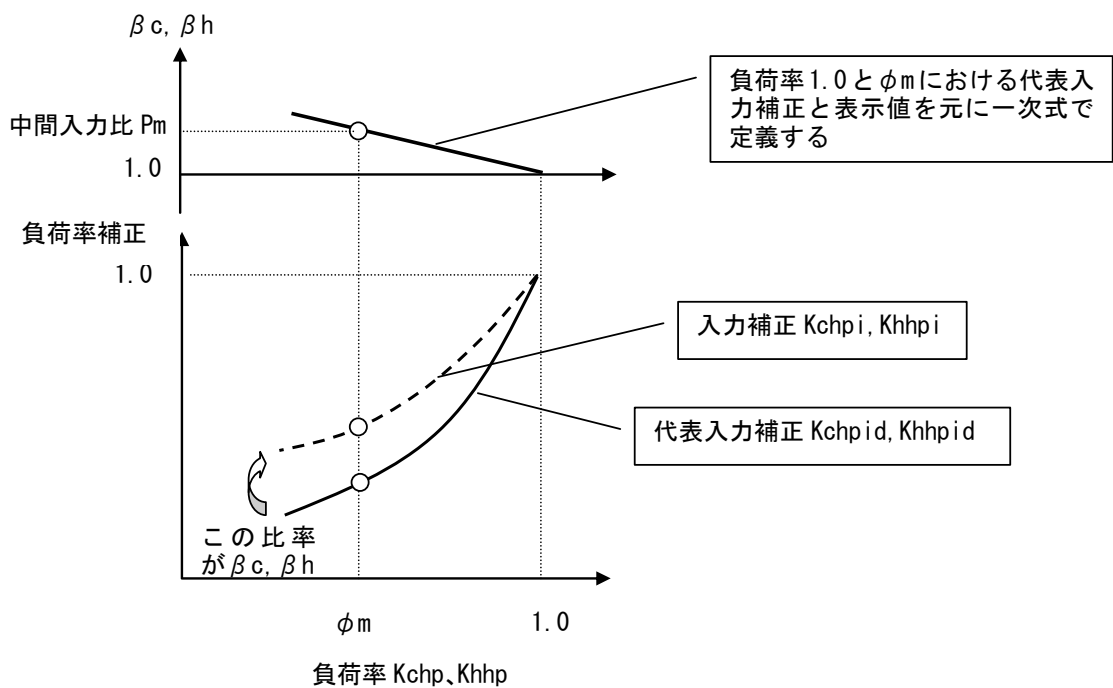


図 4.2.1-46 個別機種の中間性能の反映方法

2) 定速タイプの室外機基準の負荷率と代表入力補正について

定速タイプは運転/停止により負荷に応じた運転を行う。運転/停止の割合を室外機基準の負荷率と代表入力が同じ比率で運転すると仮定し、室外機基準の負荷率  $K_{chp}, K_{hhp}$  と代表入力補正  $k_{chpid}, k_{hhpid}$  の関係を図-5 とする。

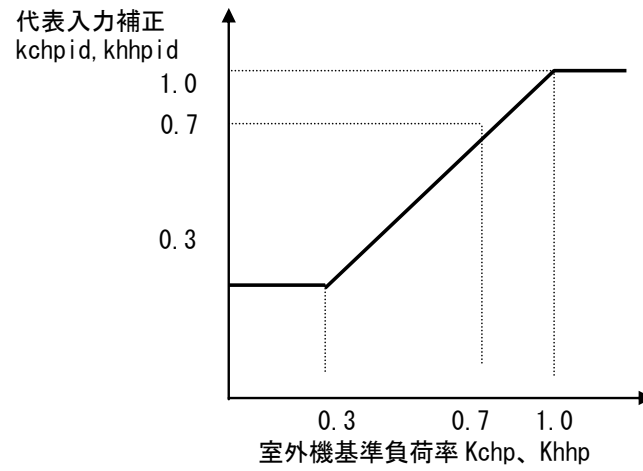


図 4.2.1-47 定速タイプの室外機基準負荷率と代表入力補正の関係

### 4.2.1.3. 高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切替）

#### ① 特性式の考え方

メーカーから受領した「高頭熱型パッケージ空調機」の機器特性をもとにビルマルチ分科会にて機器特性の案を作成した。

基本的な考え方は、代表点によるマップ格子点データを整備し、このデータを補完することにより目的の数値にいたる方法（以降、マップ格子点データによる機器特性）を採用した。格子点データ範囲外の扱い（機器停止・最近接点で運転）や、補完方法等の制約条件を整備すれば、従来の回帰式モデルに比べ機器特性の拡張性・汎用性が高くなる。

#### ② 定格条件(出典：JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 1.1.1-1、表 1.1.1-2 に示す。

表 4.2.1-29. ビル用マルチエアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

	項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.1-30. ビル用マルチエアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 11.1 -3 に示す。

表 4.2.1-31. 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	外気・室温補正	能力補正	Kctai(DB, WB)	DB:外気乾球温度℃ WB:室内湿球温度℃	15℃~24℃ -5℃~43℃
		入力補正	Kcwtai(DB, WB)	DB:外気乾球温度℃ WB:室内湿球温度℃	15℃~24℃ -5℃~43℃
	配管長補正	能力補正	KcLpi(L)	L:配管長m	7.5~60m
	高低差補正		Kchu(H)	H: 高低差(室内機下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Kchp	Kchp:室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ cm	Qcm:冷房中間能力	カタログ値
				Qc:冷房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Pcm	Wcm:冷房中間入力	カタログ値
				Wc:冷房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Kchpid(kchp)	Kchp:冷房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ c(kchp)	$\phi$ cm、Pcm、Kchpid	中間値を未入力時は $\beta$ c=1.0
		入力補正	Kchpi	Kchpid、 $\beta$ c	—
	室内容量補正	$\alpha$ c	Rc:冷房運転室内容量比		
	その他	—	Pci:室内機入力	カタログ値	
暖房	外気・室温補正	能力補正	Khtai(WB, DB)	WB:湿球温度℃ DB:室内乾球温度℃	15℃~28℃ -20℃~15℃
		入力補正	Khwtai(WB, DB)	WB:湿球温度℃ DB:室内乾球温度℃	15℃~28℃ -20℃~15℃
	配管長補正	能力補正	KhLpi(L)	L:配管長m	7.5m~60m
	高低差補正	室外機上	Khhu(H)	H: 高低差(室内機下の場合マイナス)	-40~40m
	負荷率補正	負荷率	Khhp	Khhp:暖房室内容量比	0.3~1.0
		個別中間容量比	$\phi$ hm	Qhm:暖房中間能力	カタログ値
				Qh:暖房定格能力	カタログ値
		個別中間入力比	Phm	Whm:暖房中間入力	カタログ値
				Wh:暖房定格入力	カタログ値
		代表入力補正	Khhpid(kchp)	Khhp:暖房室内容量比	
		個別中間性能補正	$\beta$ h(khhp)	$\phi$ hm、Phm、Khhpid	中間値を未入力時は $\beta$ h=1.0
		入力補正	Khhpi	Khhpid、 $\beta$ h	—
	室内容量補正	$\alpha$ h	Rh:暖房運転室内容量比		
	その他	—	Qhl:暖房低温能力	カタログ値入力	
—		Whl:暖房低温入力	カタログ値入力		
—		Phi:室内機入力	カタログ値入力		

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 1.1.1 -1 に示す。

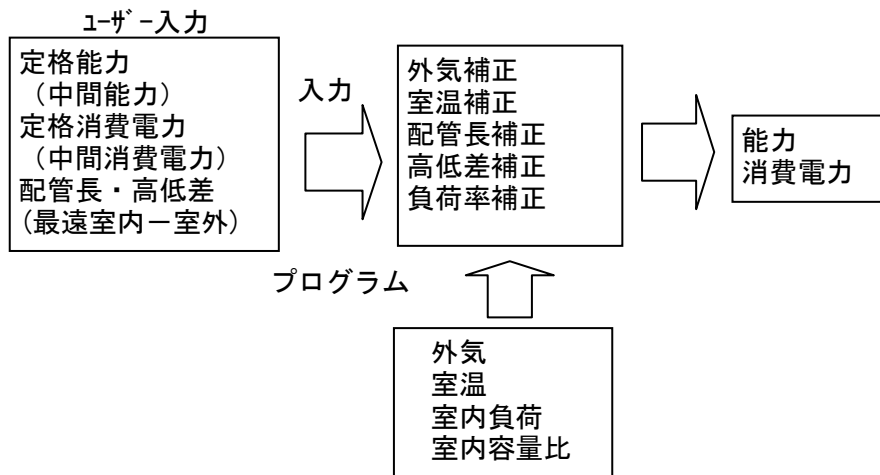


図 4.2.1-48. 計算モデル

## ⑤ 計算フロー

### 1) 冷房

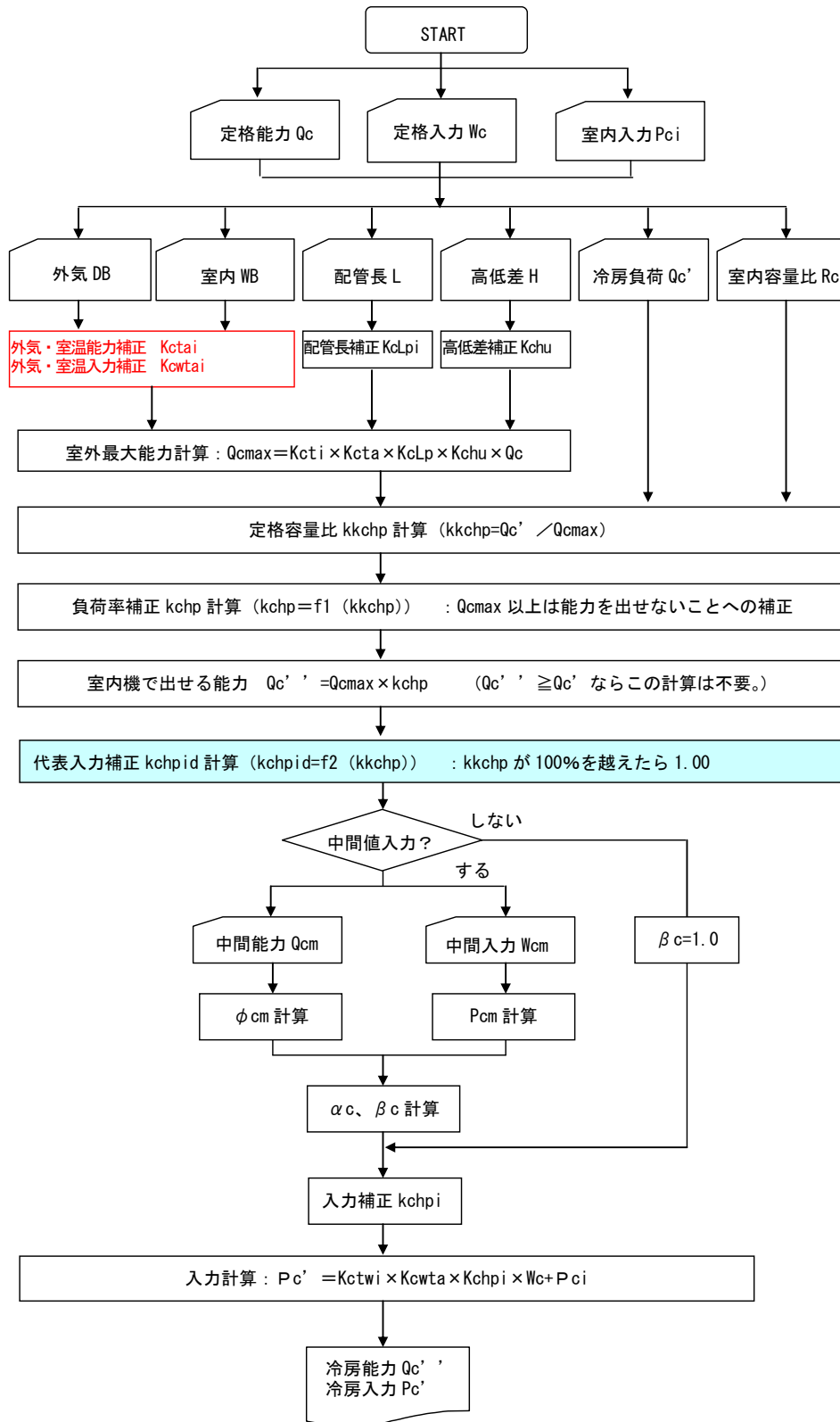


図 4.2.1-49. 冷房計算フロー

2) 暖房

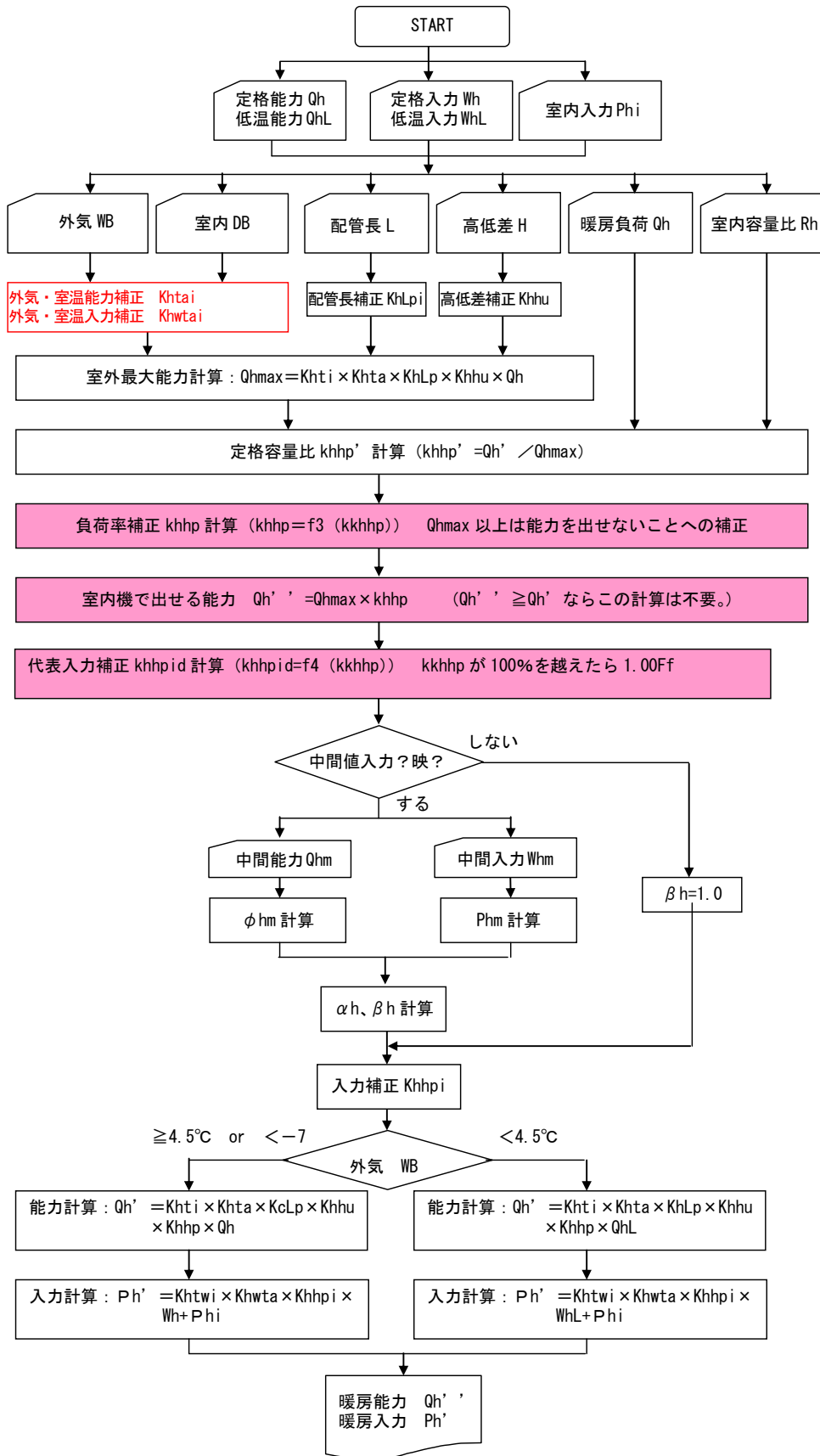


図 4.2.1-50. 暖房計算フロー



## ⑥ ⑥補足資料

### 1) 中間性能反映方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。BESTではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図 1.1.1-4 のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$ を負荷率に対する一次式で定義する。

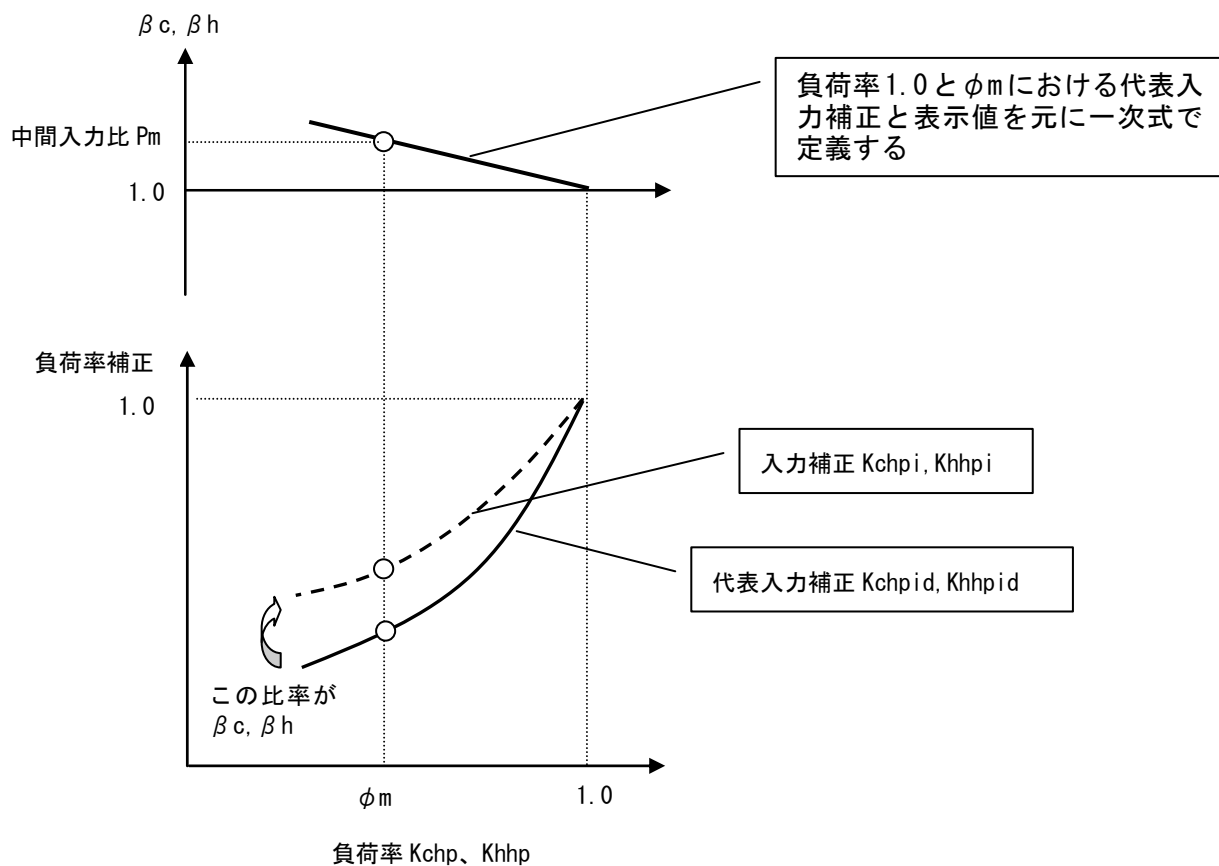


図 4.2.1-51. 個別機種の中間性能の反映方法

### 2) 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量 ÷ 室外機容量)の  $R_c$ (冷房)、 $R_h$ (暖房)を変数とした補正式を設定した。

#### 4.2.1.4. 高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖同時）

##### ① 特性式の考え方

高頭熱型ビル用マルチエアコンの特性は、冷暖同時運転時と冷房運転時・暖房運転時で以下のように考える。

① 冷暖同時運転時（冷房主体運転時・暖房主体運転時とも）は、ビル用マルチエアコン（冷暖同時）の機器特性とする。

② 冷房運転時・暖房運転時は、高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）の機器特性とする。

##### ② 定格条件

高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）の部分を参照する。

##### ③ 入出力一覧

ビル用マルチエアコン（冷暖同時）、高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）の部分を参照する。

##### ④ 計算モデル

ビル用マルチエアコン（冷暖同時）、高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）の部分を参照する。

##### ⑤ 計算フロー

ビル用マルチエアコン（冷暖同時）、高頭熱型ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）の部分を参照する。

## 4.2.2. GHP の各種機器特性

### 4.2.2.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切替）

#### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会の GHP 委員会で検討しモデルを構築した。

モデルの基本的な考えは、機器の能力特性を室温・外気・配管長・高低差・負荷率の関数で近似し、ある温度条件における空調能力・入力を算出する。

#### ② 定格条件

（出典：JIS B 8627-2 ガスヒートポンプ冷暖房機－第 2 部：直吹き形ガスヒートポンプ冷暖房機－定格性能及び運転性能試験）

定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房低温条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.2.1-1、表 4.2.2.1-2 に示す。

表 4.2.2-1 GHPのJISの能力試験の温度条件 単位℃

項目		室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.2-2 GHPのJISの能力試験における温度許容差 単位℃

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 近似式

#### 1) 冷房特性

##### a) 室外能力

室外能力=室外定格能力 x 外気温度補正  $K_{cta}(DB)$  x 室温補正  $K_{cti}(WB)$  x 室内運  
転容量補正  $K_{chpid}(kchp)$  x 中間性能補正  $\beta_c(kchp)$  x 配管長補正  $K_{cLpi}(L)$   
x 高低差補正  $K_{chu}(H)$

##### b) 室内能力

室内能力=室内定格能力 x 室外能力 ÷ 室外定格能力

##### c) ガス消費量

ガス入力=定格入力 x 外気温度補正  $K_{cgta}(DB)$  x 室温補正  $K_{cgti}(WB)$  x 運転率  
補正  $K_{chpid}(kchp)$  x 中間性能補正  $\beta_c(kchp)$

##### d) 室外電力

運転時消費電力=外気温度補正值  $P_{coerun}(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力

##### e) 室内電力

運転時消費電力=運転中の各室内機の定格電力の合計

#### 2) 暖房特性

##### a) 室外能力

室外能力=室外定格能力 x 外気温度補正  $K_{hta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hti}(DB)$  x 室内  
運転容量補正  $K_{hhpid}(khhp)$  x 中間性能補正  $\beta_h(khhp)$  x 配管長補正  $K_{hLpi}(L)$

##### b) 室内能力

室内能力=室内定格能力 x 室外能力 ÷ 室外定格能力

##### c) ガス消費量

ガス入力=定格入力 x 外気温度補正  $K_{hgta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hgti}(DB)$  x 運転率  
補正  $K_{hhpid}(khhp)$  x 中間性能補正  $\beta_h(khhp)$

##### d) 室外電力

運転時消費電力=外気温度補正值  $P_{hoerun}(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力

##### e) 室内電力

運転時消費電力=運転中の各室内機の定格電力の合計

#### ④ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.2.1-3、表 4.2.2.1-4 に示す。

表 4.2.2-3 入出力一覧表(冷房)

GHP通常機 補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲		
冷房	室温補正	能力補正	%	Kcti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24	
		ガス入力補正	%	Kcgti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24	
	外気補正	能力補正	%	Kcta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	25 ~ 43	
		ガス入力補正	%	Kcgta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	-5 ~ 43	
	配管長補正	能力補正	%	KcLpi(L)	L:配管長	m	7.5 ~ 200
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Kchu(H)	H:高低差 ※H=プラス	m	-40 ~ 0
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス	m	0 ~ 50
	負荷率補正	負荷率	%	Kchp	Kchp:冷房室内容量比	%	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Kchpid(kchp)			0 ~ 200
		個別中間性能補正	%	$\beta c(kchp)$	$\phi m$ :個別中間容量比	%	30 ~ 200
	室外電力	運転時	kW	Pcoerun(kW)	DB:外気乾球温度 °C	---	
	室内電力	運転時	kW	Pcierun(kW)		カタログ値	
	ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 110%	

表 4.2.2-4 入出力一覧表(暖房)

GHP通常機 補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲		
暖房	室温補正	能力補正	%	Khti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30	
		ガス入力補正	%	Khgti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30	
	外気補正	能力補正	%	Khhta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18	
		ガス入力補正	%	Khgta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18	
	配管長補正	能力補正	%	KhLpi(L)	L:配管長	m	7.5 ~ 200
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Khhu(H)	H:高低差 ※H=プラス	m	-40 ~ 0
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス	m	0 ~ 50
	負荷率補正	負荷率	%	Khhp	Khhp:暖房室内容量比	%	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Khhpid(Khhp)			0 ~ 200
		個別中間性能補正	%	$\beta h(khhp)$	$\phi m$ :個別中間容量比	%	30 ~ 200
	室外電力	運転時	kW	Phoerun(kW)	WB:外気湿球温度 °C	---	
	室内電力	運転時	kW	Phierun(kW)		カタログ値	
	ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 180%	

## ⑤ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.2.1-1 に示す。

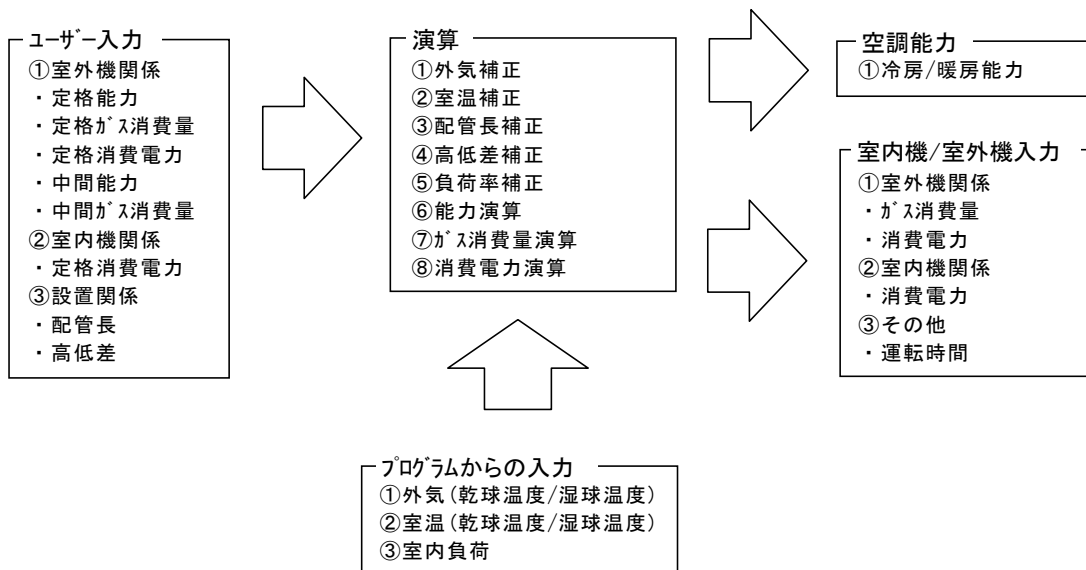


図 4.2.2-1 計算モデル

## ⑥ 中間性能の反映

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。

BEST ではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

この中間特性の反映を図 4.2.2-2 で示す。基本特性における中間時特性点とカタログ等から求めて該当機種の中間特性点で差が生じたとする。その時には、能力 100%の定格能力の点を支点にし、基礎特性線が該当機種の中間特性点を通るような係数を乗算して求める。

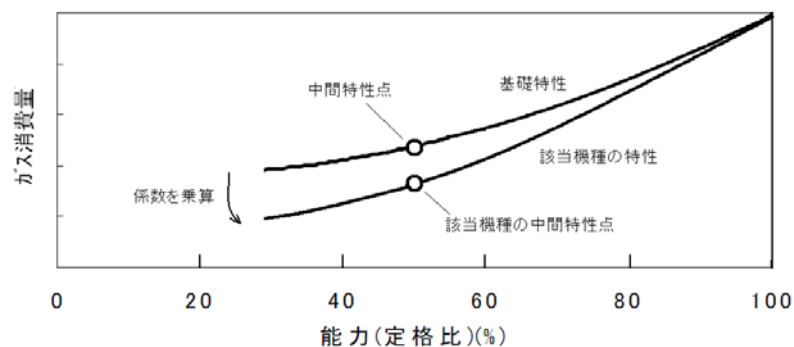


図 4.2.2-2 中間性能での補正

## 4.2.2.2. 発電機付GHPの特性（自己消費型）

### ① 概要

日本冷凍空調工業会のGHP委員会で検討しモデルを構築した。

モデルの基本的な考えは、「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)」の特性と同様に、機器の能力特性を非発電時の室温・外気・配管長・高低差・負荷率の関数で近似し、ある温度条件における空調能力・入力を算出する。

発電分の影響に関しては、発電時と非発電時の定格入力(ガス消費量、電力消費量)の差から発電効率を推定し、かつ発電量から発電分のガス消費量を負荷する方式とする。

$$\text{発電効率} = \frac{\text{発電なし時の定格電力} - \text{発電時の定格電力}}{(\text{発電時の定格ガス入力} - \text{発電なし時の定格ガス入力})}$$

$$\text{発電分ガス消費量} = \text{発電量} / \text{発電効率}$$

能力試験における温度条件は「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)」と同様である。

### ② 近似式

#### 1) 冷房特性

##### a) 室外能力

$$\begin{aligned} \text{室外能力} = & \text{室外定格能力} \times \text{外気温度補正 } K_{cta}(\text{DB}) \times \text{室温補正 } K_{cti}(\text{WB}) \times \text{室内} \\ & \text{運転容量補正 } K_{chpid}(\text{kchp}) \times \text{中間性能補正 } \beta_c(\text{kchp}) \times \text{配管長補正 } K_{cLpi}(\text{L}) \\ & \times \text{高低差補正 } K_{chu}(\text{H}) \end{aligned}$$

##### b) 室内能力

$$\text{室内能力} = \text{室内定格能力} \times \text{室外能力} \div \text{室外定格能力}$$

##### c) ガス消費量

$$\begin{aligned} \text{ガス入力} = & \text{非発電時定格入力} \times \text{外気温度補正 } K_{cgta}(\text{DB}) \times \text{室温補正 } K_{cgti}(\text{WB}) \times \\ & \text{運転率補正 } K_{chpid}(\text{kchp}) \times \text{中間性能補正 } \beta_c(\text{kchp}) + \text{発電量} / \text{発電効率} \end{aligned}$$

##### d) 室外電力

$$\text{運転時消費電力} = \text{外気温度補正值 } P_{coerun}(\text{kW}) \times \text{室外能力} \div \text{定格能力} - \text{発電量}$$

##### e) 室内電力

$$\text{運転時消費電力} = \text{運転中の各室内機の定格電力の合計}$$

##### f) 発電量

$$\begin{aligned} \text{発電量} = & \text{外気温度補正值 } P_{coerun}(\text{kW}) \times \text{室外能力} \div \text{定格能力} - \text{発電時の定格} \\ & \text{消費電力} \end{aligned}$$

但し、(外気温度補正值  $P_{coerun}(\text{kW}) \times \text{室外能力} \div \text{定格能力}$ )

< 発電時の定格消費電力の場合、発電量=0 とする。

##### g) 発電効率

$$\begin{aligned} \text{発電効率} = & (\text{非発電時の定格電力} - \text{発電時の定格電力}) \\ & \div (\text{発電時の定格ガス入力} - \text{非発電時の定格ガス入力}) \end{aligned}$$

2) 暖房特性

a) 室外能力

室外能力=室外定格能力 x 外気温度補正  $K_{hta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hti}(DB)$  x 室内  
運転容量補正  $K_{hhpid}(khhp)$  x 中間性能補正  $\beta h(khhp)$  x 配管長補正  $K_{hLpi}(L)$

b) 室内能力

室内能力=室内定格能力 x 室外能力 ÷ 室外定格能力

c) ガス消費量

ガス入力=定格入力 x 外気温度補正  $K_{hgta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hgti}(DB)$  x 運転率  
補正  $K_{hhpid}(khhp)$  x 中間性能補正  $\beta h(khhp)$  + 発電量/発電効率

d) 室外電力

運転時消費電力=外気温度補正值  $Phoerun(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力 - 発電量

e) 室内電力

運転時消費電力=運転中の各室内機の定格電力の合計

f) 発電量

発電量=外気温度補正值  $Phoerun(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力 - 発電時の定格  
消費電力

但し、(外気温度補正值  $Phoerun(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力)

< 発電時の定格消費電力の場合、発電量=0 とする。

g) 発電効率

発電効率=(発電なし時の定格電力 - 発電時の定格電力) ÷ (発電時の定格ガス  
入力 - 発電なし時の定格ガス入力)



### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.2.2-1、表 4.2.2.2-2 に示す。

表 4.2.2-5 入出力一覧表(冷房)

GHP自己消費型 補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	%	Kcti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24
		ガス入力補正	%	Kcgti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24
	外気補正	能力補正	%	Kcta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	25 ~ 43
		ガス入力補正	%	Kcgta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	-5 ~ 43
	配管長補正	能力補正	%	KcLpi(L)	L:配管長 m	7.5 ~ 200
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Kchu(H)	H:高低差 ※H=プラス m	-40 ~ 0
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス m	0 ~ 50
	負荷率補正	負荷率	%	Kchp	Kchp:冷房室内容量比 %	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Kchpid(kchp)		0 ~ 200
		個別中間性能補正		$\beta c$ (kchp)	$\phi m$ :個別中間容量比 %	30 ~ 200
	室外電力	運転時	kW	Pcoerun(kW)	DB:外気乾球温度 °C	---
	発電関係 (運転時のみ)	必要電力	kW	Epc(kW)	DB:外気乾球温度 °C	---
		発電効率		$\gamma c$		カタログから算出
		発電電力	kW	Gec(kW)		カタログから算出
		発電用ガス消費量	kW	Ggc(kW)	運転時	---
室内電力	運転時	kW	Pcierun(kW)		カタログ値	
ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 110%	

表 4.2.2-6 入出力一覧表(暖房)

GHP自己消費型 補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲	
暖房	室温補正	能力補正	%	Khti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30
		ガス入力補正	%	Khgti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30
	外気補正	能力補正	%	Khta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18
		ガス入力補正	%	Khgta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18
	配管長補正	能力補正	%	KhLpi(L)	L:配管長 m	7.5 ~ 200
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Khhu(H)	H:高低差 ※H=プラス m	-40 ~ 0
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス m	0 ~ 50
	負荷率補正	負荷率	%	Khhp	Khhp:暖房室内容量比 %	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Khhpid(Khhp)		0 ~ 200
		個別中間性能補正		$\beta h$ (khhp)	$\phi m$ :個別中間容量比 %	30 ~ 200
	室外電力	運転時	kW	Phoerun(kW)	WB:外気湿球温度 °C	---
	発電関係 (運転時のみ)	必要電力	kW	Eph(kW)	WB:外気湿球温度 °C	---
		発電効率		$\gamma h$		カタログから算出
		発電電力	kW	Geh(kW)		カタログから算出
		発電用ガス消費量	kW	Ggh(kW)	運転時	---
室内電力	運転時	kW	Phierun(kW)		カタログ値	
ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 180%	

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.2-1 に示す。

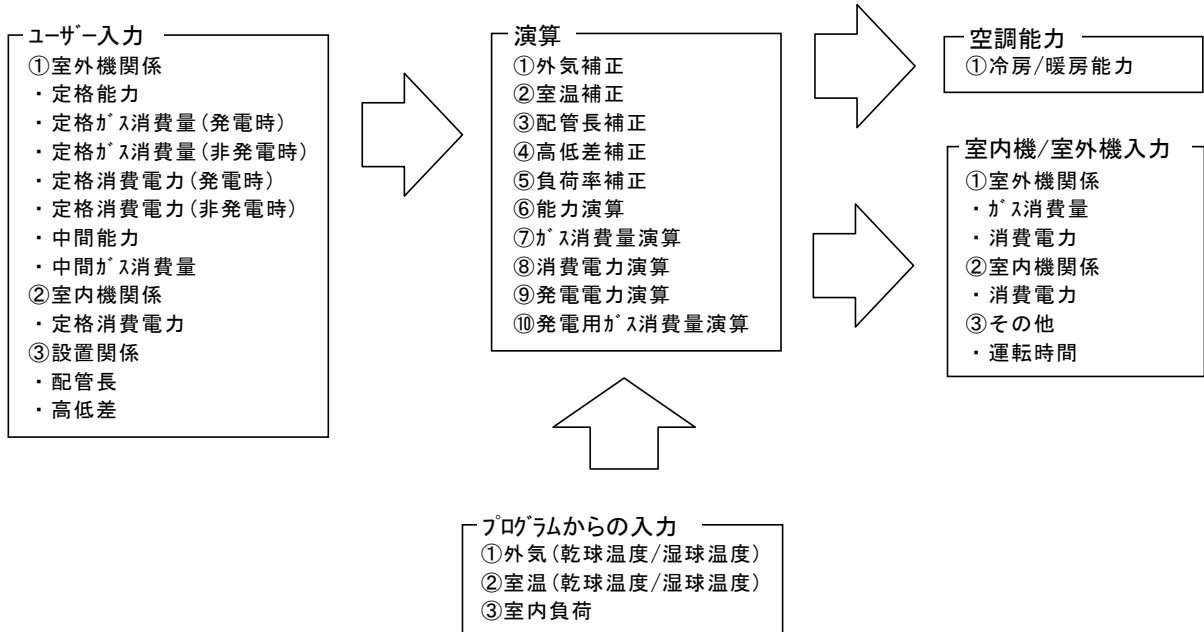


図 4.2.2-3 計算モデル

## ⑤ 発電特性

GHPの室外機で消費される電力用途としては、送風機、冷却水ポンプ、制御機器等で、送風機と冷却水ポンプが消費電力の多くを占める。自己消費型GHPは機器内部に小型の発電機を搭載し、これによる発電電力を送風機と冷却水ポンプに供給することで、消費電力を低減させた機器である。

カタログには発電時と非発電時のガス入力と消費電力が表示してある。この消費電力の差が発電量で、ガス入力の差が発電に要したガス入力である。また、発電効率を下記式にて算出する。

$$\text{発電効率} = \frac{\text{非発電時の定格電力} - \text{発電時の定格電力}}{\text{発電時の定格ガス入力} - \text{非発電機の定格ガス入力}}$$

発電量は該当機種が発電可能な電力で、中間負荷時など送風機が低速で回転するため消費電力が低下し、これに伴い発電量も低下する。一方、中間負荷等の部分負荷時の消費電力も定格電力と同等である。これは、GHPにおける電力消費を大別すると、送風機、冷却水ポンプ、基板、各電磁弁等で発電でまかなわれるのは送風機と冷却水ポンプで、基板、各電磁弁等は商用電源を利用している。さらに、基板、各電磁弁等の電力は空調負荷変化によらずほぼ一定なため、部分負荷時でも定格時と同等の消費電力となる。

また、発電効率は空調負荷や発電量に係わらず一定とした。

### 4.2.2.3. 発電機付 GHP 系統連携型

#### ① 概要

- ・ 日本冷凍空調工業会の GHP 委員会で検討しモデルを構築した。
- ・ モデルの基本的な考えは、機器の能力特性を室温・外気・配管長・高低差・負荷率の関数で近似し、ある温度条件における空調能力・入力を算出する。
- ・ 空調負荷に関しては「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)」の特性と同様で、発電に関する電力、ガス消費量、発電効率を付加した。
- ・ 能力試験における温度条件は EHP の特性と同様である。

#### ② 近似式

##### 1) 冷房特性

##### a) 室外能力

室外能力=室外定格能力 x 外気温度補正  $K_{cta}(DB)$  x 室温補正  $K_{cti}(WB)$   
x 室内運転容量補正  $K_{chpid}(kchp) \times Bc(kchp)$  x 配管長補正  $K_{cLpi}(L)$   
x 高低差補正  $K_{chu}(H)$

##### b) 室内能力

室内能力=室内定格能力 x 室外能力 ÷ 室外定格能力

##### c) ガス消費量

ガス入力=定格入力 x 外気温度補正  $K_{cgta}(DB)$  x 室温補正  $K_{cgti}(WB)$   
x 運転率補正  $K_{chpid}(kchp) \times Bc(kchp)$

##### d) 室外電力

運転時=外気温度補正  $P_{coerun}(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力

##### e) 室内電力

運転時=運転中の各室内機の定格電力の合計

##### f) 発電効率

発電効率=(非発電時の定格電力 - 発電時の定格電力)  
÷ (発電時の定格ガス入力-非発電時の定格ガス入力)

2) 暖房特性

a) 室外能力

室外能力=室外定格能力 x 外気温度補正  $K_{hta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hti}(DB)$   
x 室内運転容量補正  $K_{hhpid}(khhp) \times B_h(khhp)$  x 配管長補正  $K_{hLpi}(L)$

b) 室内能力

室内能力=室内定格能力 x 室外能力 ÷ 室外定格能力

c) ガス消費量

ガス入力=定格入力 x 外気温度補正  $K_{hgta}(WB)$  x 室温補正  $K_{hgti}(DB)$   
x 運転率補正  $K_{hhpid}(khhp) \times B_h(khhp)$

d) 室外電力

運転時=外気温度補正  $Phoerun(kW)$  x 室外能力 ÷ 定格能力

e) 室内電力

運転時=運転中の各室内機の定格電力の合計

f) 発電効率

発電効率=(発電なし時の定格電力 - 発電時の定格電力)  
÷ (発電時の定格ガス入力-発電なし時の定格ガス入力)

### ③ 入出力一覧

機器特性の近似に使用する入力値とその範囲を表 4.2.2.3-1、表 4.2.2.3-2 に示す。

表 4.2.2-7 入出力一覧表(冷房)

GHP系統連系型補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲		
冷房	室温補正	能力補正	%	Kcti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24	
		ガス入力補正	%	Kcgti(WB)	WB:室内湿球温度 °C	13 ~ 24	
	外気補正	能力補正	%	Kcta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	25 ~ 43	
		ガス入力補正	%	Kcgta(DB)	DB:外気乾球温度 °C	-5 ~ 43	
	配管長補正	能力補正	%	KcLpi(L)	L:配管長 m	7.5 ~ 200	
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Kchu(H)	H:高低差 ※H=プラス m	-40 ~ 0	
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス m	0 ~ 50	
	負荷率補正	負荷率	%	Kchp	Kchp:冷房室内容量比	%	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Kchpid(kchp)			0 ~ 200
		個別中間性能補正		$\beta c(kchp)$	$\phi m$ :個別中間容量比	%	30 ~ 200
	室外電力	待機時	kW	Pcoeff(W)		---	
		運転時	kW	Pcoerun(kW)	DB:外気乾球温度 °C	---	
		停止時	kW	Pcoestop(kW)		---	
	発電関係 (運転時のみ)	発電効率		$\gamma c$		カタログから算出	
		発電電力	kW	Gec(kW)		カタログから算出	
		発電用ガス消費量	kW	Ggc(kW)	運転時	---	
	室内電力	待機時	W	Pcieoff(W)		---	
		運転時	kW	Pcierun(kW)		カタログ値	
ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 110%		

表 4.2.2-8 入出力一覧表(暖房)

GHP系統連系型補正式		特性	特性式名	入力変数	入力範囲		
暖房	室温補正	能力補正	%	Khti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30	
		ガス入力補正	%	Khgti(DB)	DB:室内乾球温度 °C	10 ~ 30	
	外気補正	能力補正	%	Khta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18	
		ガス入力補正	%	Khgta(WB)	WB:外気湿球温度 °C	-8 ~ 18	
	配管長補正	能力補正	%	KhLpi(L)	L:配管長 m	7.5 ~ 200	
	高低差補正	室外機上/室内機下	%	Khhu(H)	H:高低差 ※H=プラス m	-40 ~ 0	
		室外機下/室内機上	%		※H=マイナス m	0 ~ 50	
	負荷率補正	負荷率	%	Khhp	Khhp:暖房室内容量比	%	30 ~ 200
		代表入力補正	%	Khhpид(Khhp)			0 ~ 200
		個別中間性能補正		$\beta h(khhp)$	$\phi m$ :個別中間容量比	%	30 ~ 200
	室外電力	待機時	kW	Phoeff(W)		---	
		運転時	kW	Phoerun(kW)	WB:外気湿球温度 °C	---	
		停止時	kW	Phoestop(kW)		---	
	発電関係 (運転時のみ)	発電効率		$\gamma h$		カタログから算出	
		発電電力	kW	Geh(kW)		カタログから算出	
		発電用ガス消費量	kW	Ggh(kW)	運転時	---	
	室内電力	待機時	W	Phieoff(W)		---	
		運転時	kW	Phierun(kW)		カタログ値	
ガス入力範囲					定格値 x 20% ~ 定格値 x 180%		

#### ④ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.2.3-1 に示す。

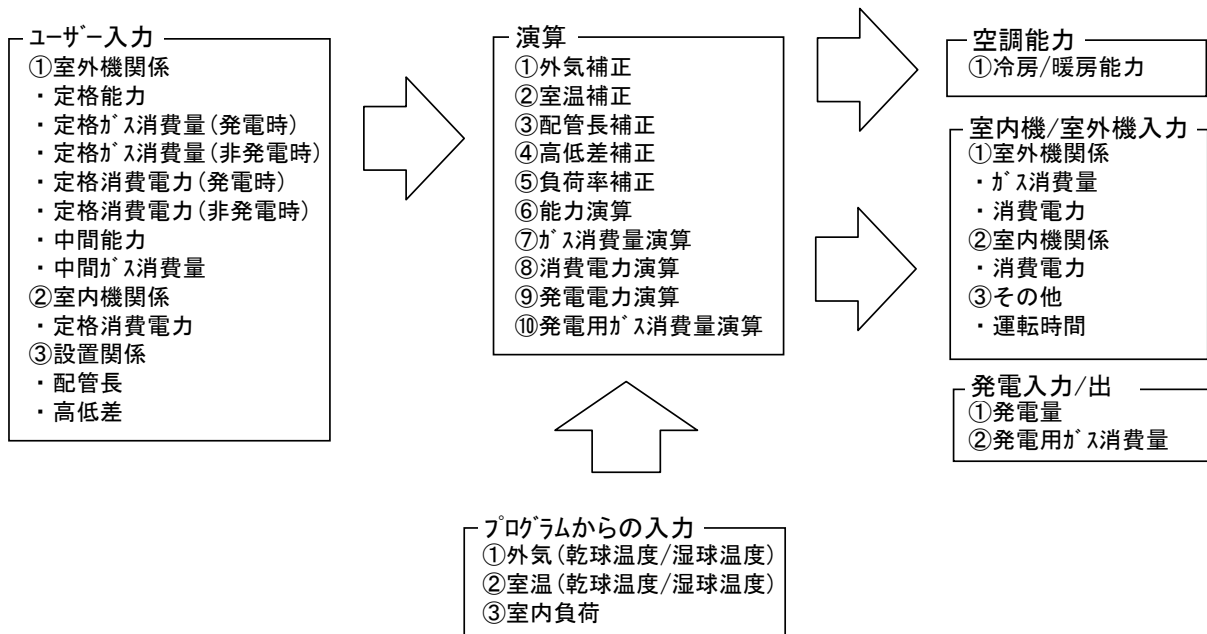


図 4.2.2-4 計算モデル

#### ⑤ 発電特性

発電した電力を系統連系に至る間に機構として現在2タイプが有る。発電電力の全てを系統連系インバーターを介して系統を出力するタイプと、送風機や冷却水ポンプ等に供給し、残った電力を系統連系インバーターを介して出力するタイプである。発電時と非発電時に消費電力に差が無いのは発電電力の全てを系統へ連系するタイプで、発電時に消費電力が低下するタイプは自己消費後に系統へ連系するタイプである。

いずれのタイプも発電効率はカタログ等で表示され、発電時と非発電時のガス入力、消費電力、発電量から算出する。また、発電効率は空調負荷や発電量に係わらず一定とした。

$$\text{発電効率} = \frac{\text{非発電時の定格電力} - \text{発電時の定格電力} + \text{発電量}}{\text{発電時の定格ガス入力} - \text{非発電機の定格ガス入力}}$$

#### 4.2.2.4. ビル用マルチエアコン（冷暖同時）

##### ① 概要

- ・ 日本冷凍空調工業会の GHP 委員会で検討しモデルを構築した。
- ・ モデルの基本的な考えは、機器の能力特性を室温・外気・配管長・高低差・負荷率の関数で近似し、ある温度条件における空調能力・入力を算出する。
- ・ 空調負荷に関しては「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）」の特性と同様で、発電に関する電力、ガス消費量、発電効率を付加した。
- ・ 能力試験における温度条件は「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）」の特性と同様である。

##### ② 近似式

###### 1) 全冷房特性

「1.2.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）」の冷房運転と同様である。

###### 2) 全暖房特性

「4.2.2.1. ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）」の暖房運転と同様である。

###### 3) 冷暖混在時の補正

###### a) 冷房主体運転

- ・ 冷房主体運転では、室外機の容量（圧縮機の容量）は、トータルの冷房負荷で決定されるため、入力の特徴は全冷房の特性にしたがうものとする。
- ・ 冷房主体運転では、冷房の室内機を優先し圧縮機の制御を行うため、基本的には冷房運転中の室内機容量計と外気温度をベースに全冷房の特性にしたがうものとする。  
また、今後の拡張のため、冷暖混在比率による外気温度補正が加味できる数式とした。
- ・ 暖房室内機の能力については、冷房負荷よりも暖房負荷が小さいことを考慮し、外気温度によらず必要な能力は出せるものとして、室内機の形名容量に対して、室温補正、配管長補正、高低差補正のみを行うものとする。

###### b) 暖房主体運転

暖房主体運転では、室外機の容量（圧縮機の容量）は、トータルの暖房負荷で決定されるため、入力の特徴は全暖房の特性にしたがうものとする。

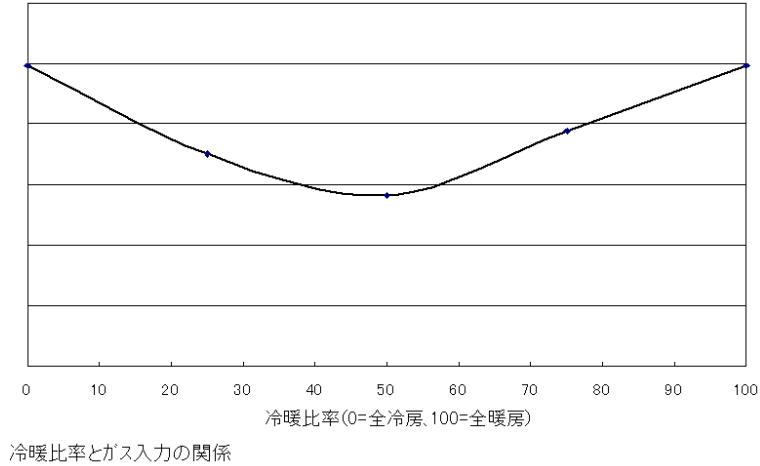
暖房主体運転では、暖房の室内機を優先し圧縮機の制御を行うため、基本的には暖房運転中の室内機容量計と外気温度をベースに全暖房の特性にしたがうものとする。

冷房室内機の能力については、暖房負荷よりも冷房負荷が小さいことを考慮し、暖房室内機をベースに制御している冷媒循環量で冷房能力はまかなえるものとして、室温補正、配管長補正、高低差補正を行うものとする。



c) 冷暖比率による特性変化

冷暖比率を変化させた場合のガス入力特性を下图に示す。50%の点でほぼ対象的な傾向であり、冷房主体で暖房比率を変化させても、逆に暖房主体で冷房比率を変化させても同様な傾向が見られるので、冷暖比率による外気温度補正值をデフォルト=0とした。



③ 計算モデル

機器特性近似における入出力フローを図 4.2.2.4-1 に示す。

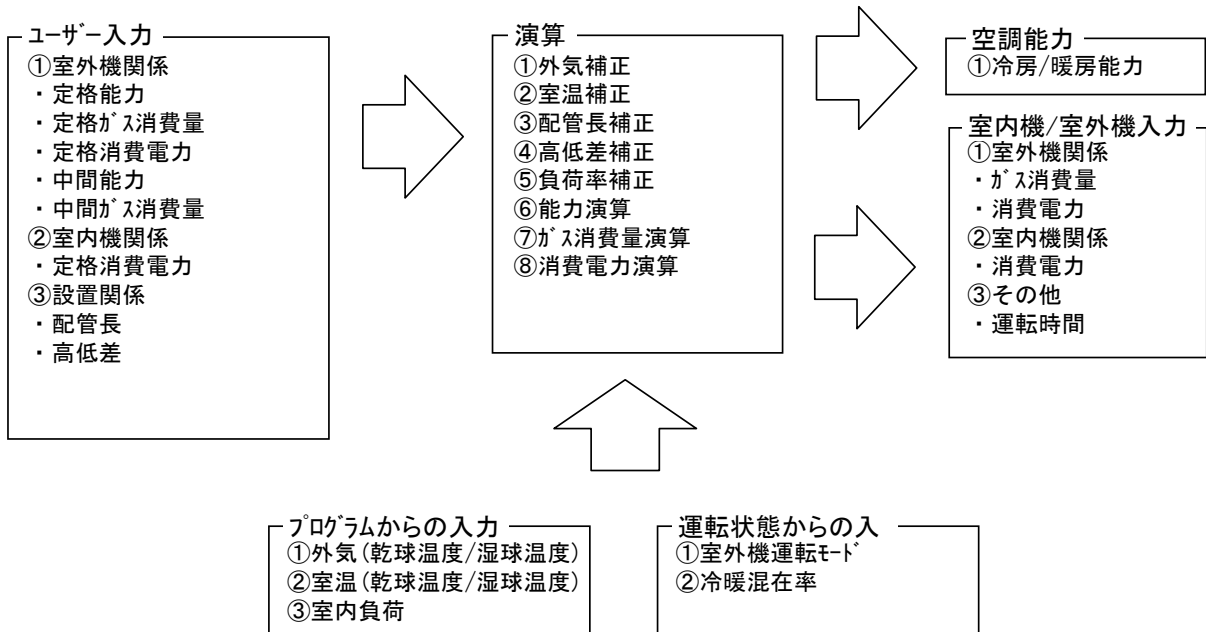


図 4.2.2-5 計算モデル

#### ④ 計算フロー

以下、冷暖同時タイプの計算フローを示す。

1) 全体フロー

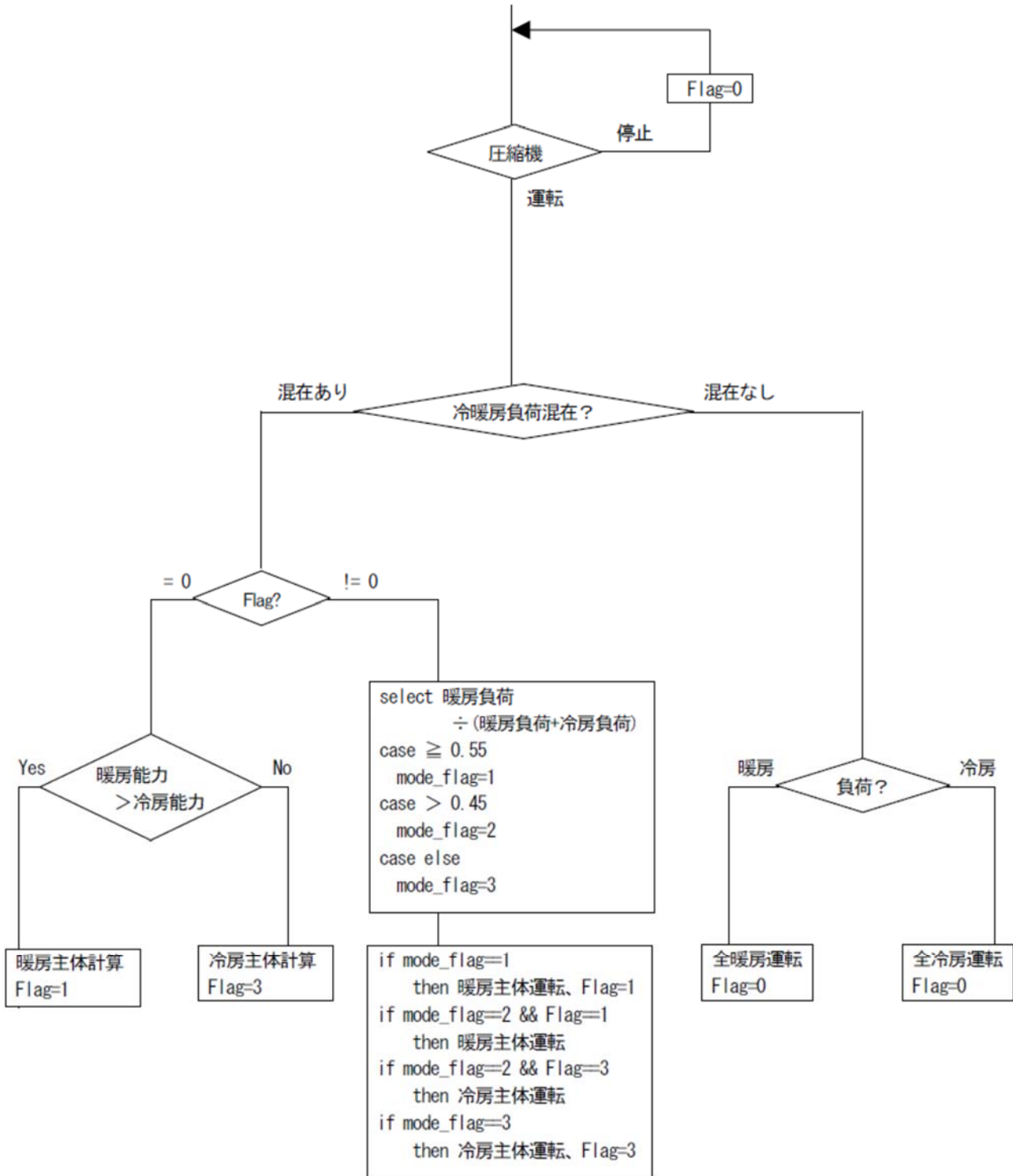


図 4.2.2-6 全体フロー

2) 冷房フロー

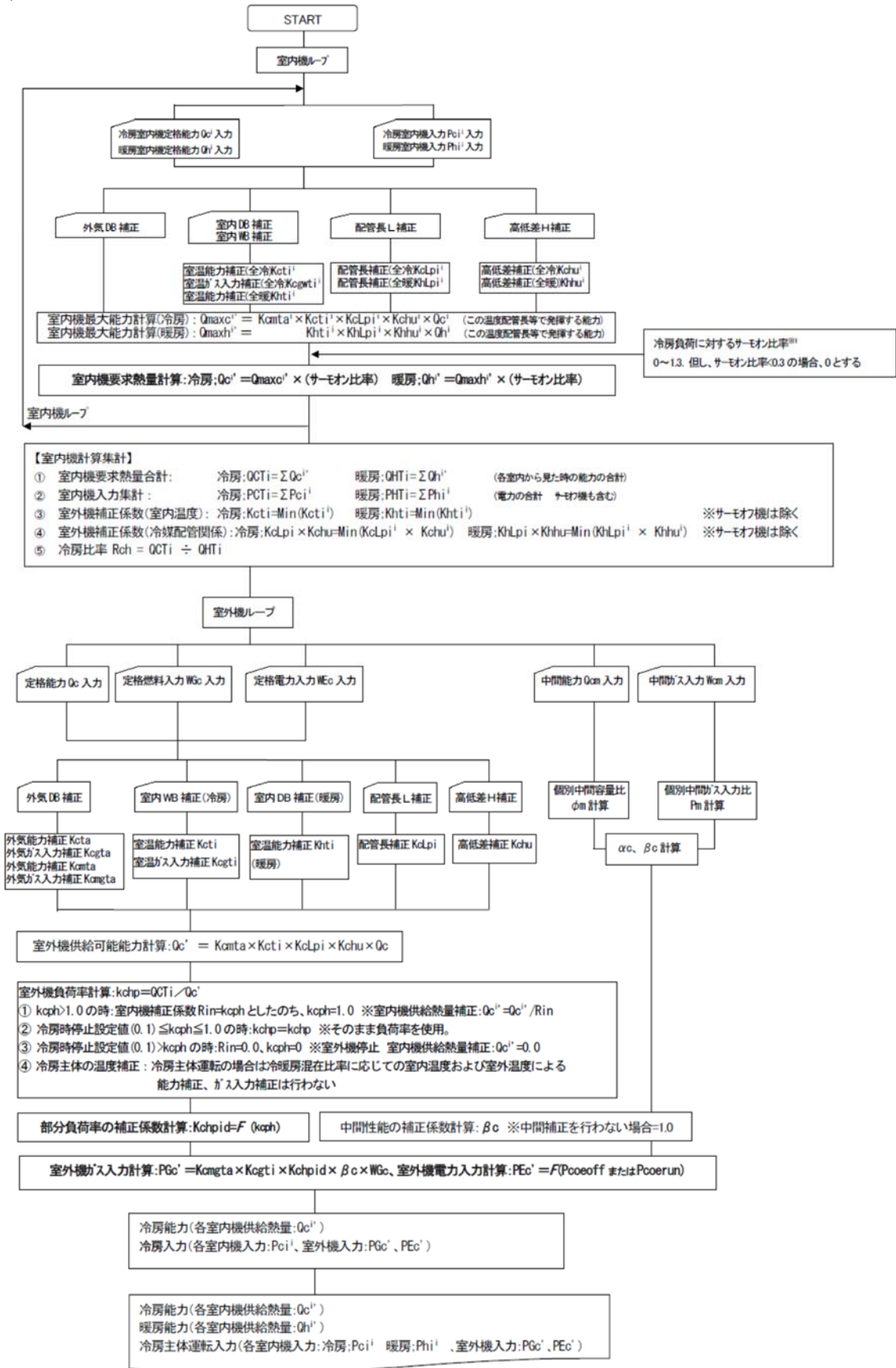


図 4.2.2-7 冷房フロー

### 3) 暖房フロー

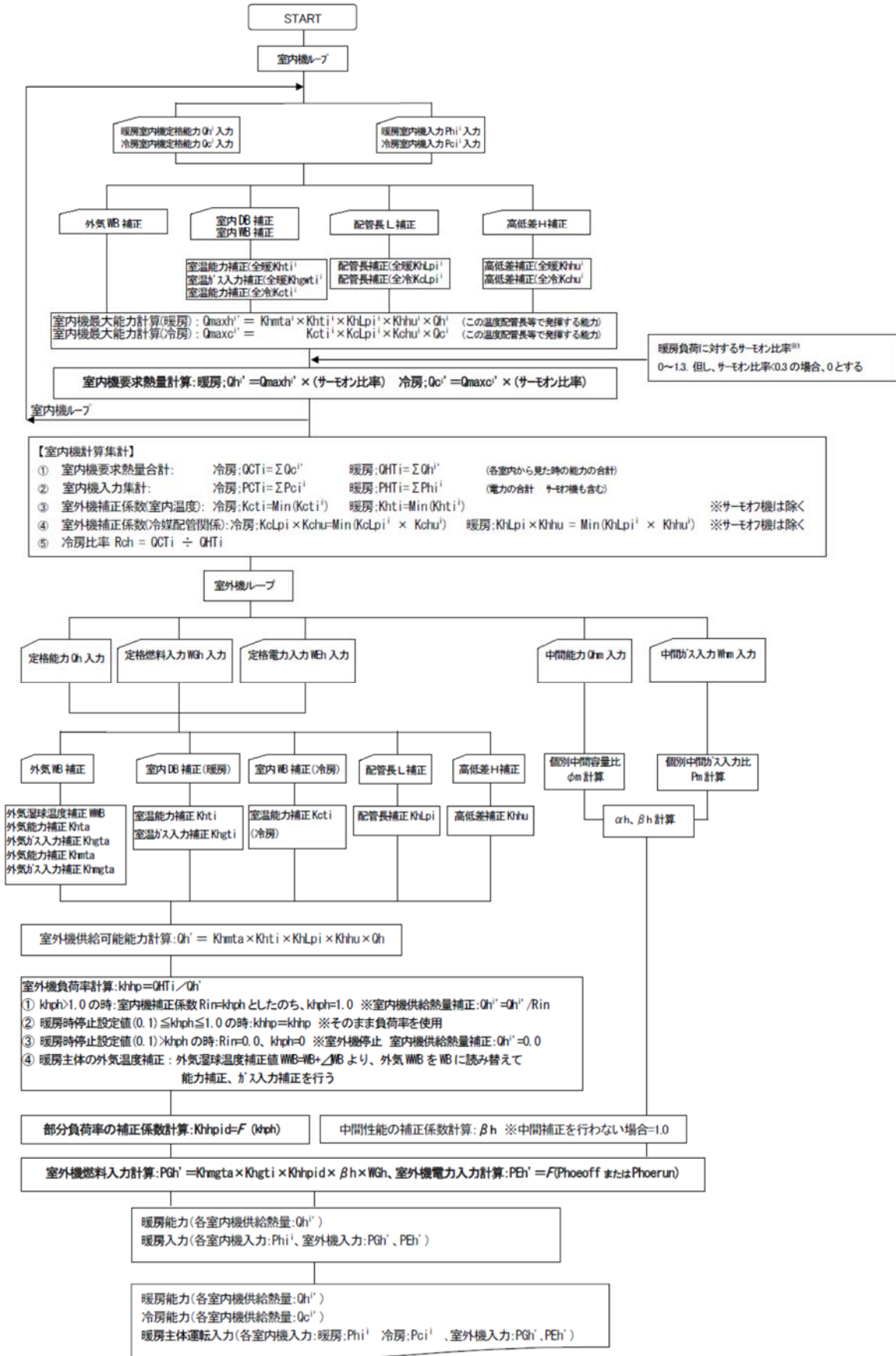


図 4.2.2-8 暖房フロー

## 4.2.3. 水熱源 HP の各種機器特性

### 4.2.3.1. インバータ型

#### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会において検討したビルマルチ型の資料を基に、計算モデルに必要な各種補正係数を決定した。

基本的な考え方は、代表機種における機器特性データを用いて能力及び入力を補正するための近似式を作成し、ユニット(室内機、室外機一体型)の能力及び入力を計算する。

#### ② 定格条件

(参考出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

特性データの基となっている、定格冷房条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件、定格暖房における空気条件および能力試験の許容温度差を表 1.3.1-1,表 1.3.1-2 に示す。

表 4.2.3-1 JISの能力試験の温度条件 単位 °C

項目		室内側入口空気条件		熱源水入口条件
		乾球温度	湿球温度	熱源水温度
冷房	定格	27	19	32
	中間			
暖房	標準	20	—	25
	中間			

表 4.2.3-2 JISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		熱源水入口水温条件
	乾球温度	湿球温度	熱源水温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.2

#### ③ 計算モデル

図 4.2.3.1-1 に、本計算モデルの概要を示す。

#### ④ モデルに於ける入出力データ

表 4.2.3.1-3 に、本計算モデルで用いる入出力データの一覧を示す。

#### ⑤ 計算フロー

図 4.2.3.1-2 に、冷房時の計算フローを、図 1.3.1-3 に暖房時の計算フローを示す。

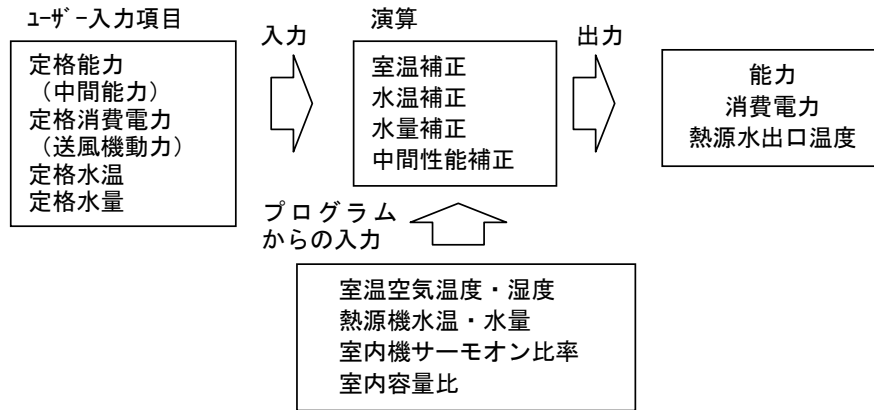


図 4.2.3-1 水熱源ヒートポンプインバータタイプの計算モデル

表 4.2.3-3 水熱源ヒートポンプインバータタイプの入出力データ一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	17℃~23℃
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	
	水温補正	能力補正	Kctwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	15℃~45℃
		入力補正	Kcwwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	
	水量補正	能力補正	Kcf (fr)	fr: 熱源機水流量比	0.8~1.2
		入力補正	Kcwf (fr)	fr: 熱源機水流量比	
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Kchp (kkchp)	kkchp: 室内機基準の負荷率	0.3~1.3
		個別中間容量比	$\phi_{cm}$	Qcm: 冷房中間能力 Qc: 冷房定格能力	別表 別表
		個別中間入力比	Pcm	Wcm: 冷房中間入力 Wc: 冷房定格入力	別表 別表
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 室外機基準の負荷率	
		個別中間性能補正	$\beta_c$ (kchp)	$\phi_{cm}$ , Pcm, Kchpid	中間値を未入力時は $\beta_c=1.0$
		入力補正	Kchpi	Kchpid, $\beta_c$	—
		室内容量補正	$\alpha_c$	Rc: 冷房運転室内容量比	
	その他	—	Pci: 室内機入力	別表	
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	18℃~26℃
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	
	水温補正	能力補正	Khtwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	15℃~45℃
		入力補正	Khwtwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	
	水量補正	能力補正	Khf (fr)	fr: 熱源機水流量比	0.8~1.2
		入力補正	Khwf (fr)	fr: 熱源機水流量比	
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Khhp (kkchp)	kkchp: 室内機基準の負荷率	0.3~1.3
		個別中間容量比	$\phi_{hm}$	Qhm: 暖房中間能力 Qh: 暖房定格能力	別表 別表
		個別中間入力比	Phm	Whm: 暖房中間入力 Wh: 暖房定格入力	別表 別表
		代表入力補正	Khhpid (khhp)	Khhp: 室外機基準の負荷率	
		個別中間性能補正	$\beta_h$ (khhp)	$\phi_{hm}$ , Phm, Khhp id	中間値を未入力時は $\beta_h=1.0$
		入力補正	Khhpi	Khhpid, $\beta_h$	—
		室内容量補正	$\alpha_h$	Rh: 暖房運転室内容量比	
	その他	—	Phi: 室内機入力	別表	

※今回は、待機電力は評価しない。

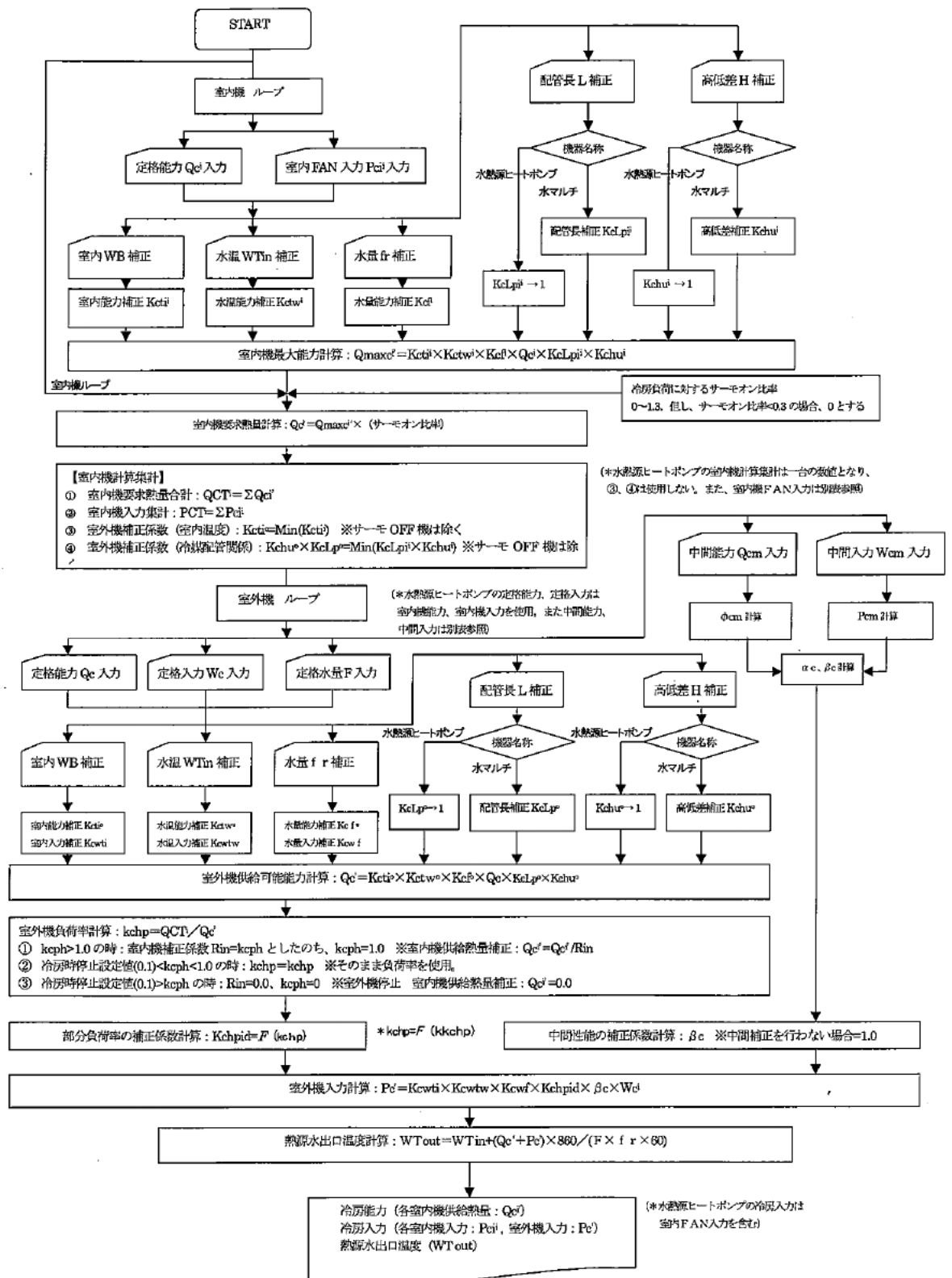


図 4.2.3-2 水熱源ヒートポンプインバータタイプ 冷房時計算フロー



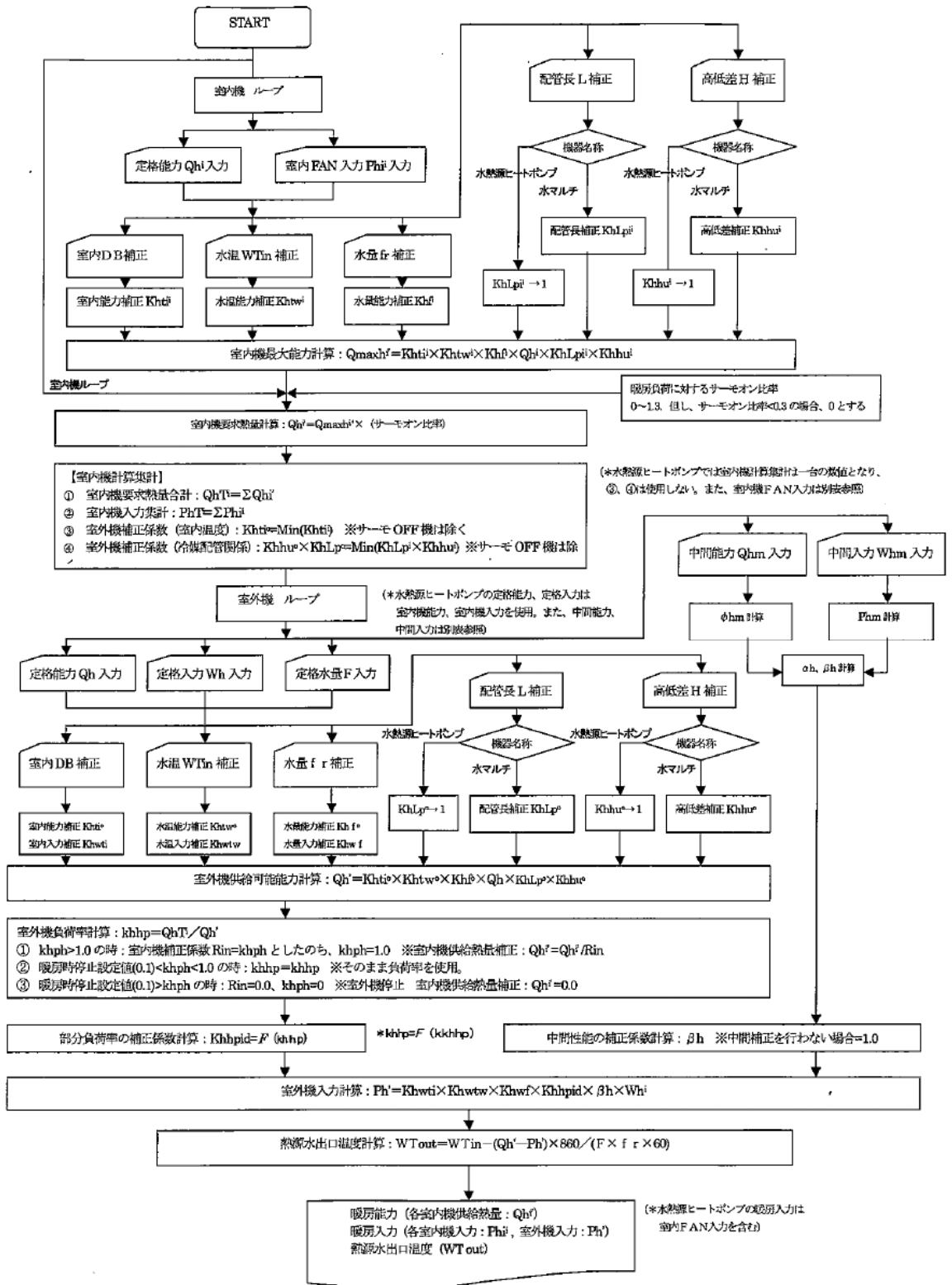


図 4.2.3-3 水熱源ヒートポンプインバータタイプ 暖房時計算フロー



## ⑥ 中間性能の補正方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率 ( $K_{chpi}$ ,  $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正 ( $\beta_c$ ,  $\beta_h$ ) × 代表入力補正 ( $K_{chpid}$ ,  $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616 (パッケージエアコンディショナ) では、中間 (冷房、暖房) 能力、中間 (冷房、暖房) 消費電力を規定している。

そこで、中間負荷率  $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$  における代表入力補正 ( $K_{chpid}(\phi_m)$ ,  $K_{hhpid}(\phi_m)$ ) と中間入力比  $P_m$  との比を  $\beta_c(\phi_m)$ ,  $\beta_h(\phi_m)$  として、図-4 のように、 $\beta_c$ ,  $\beta_h$  を負荷率に対する一次式で定義する。

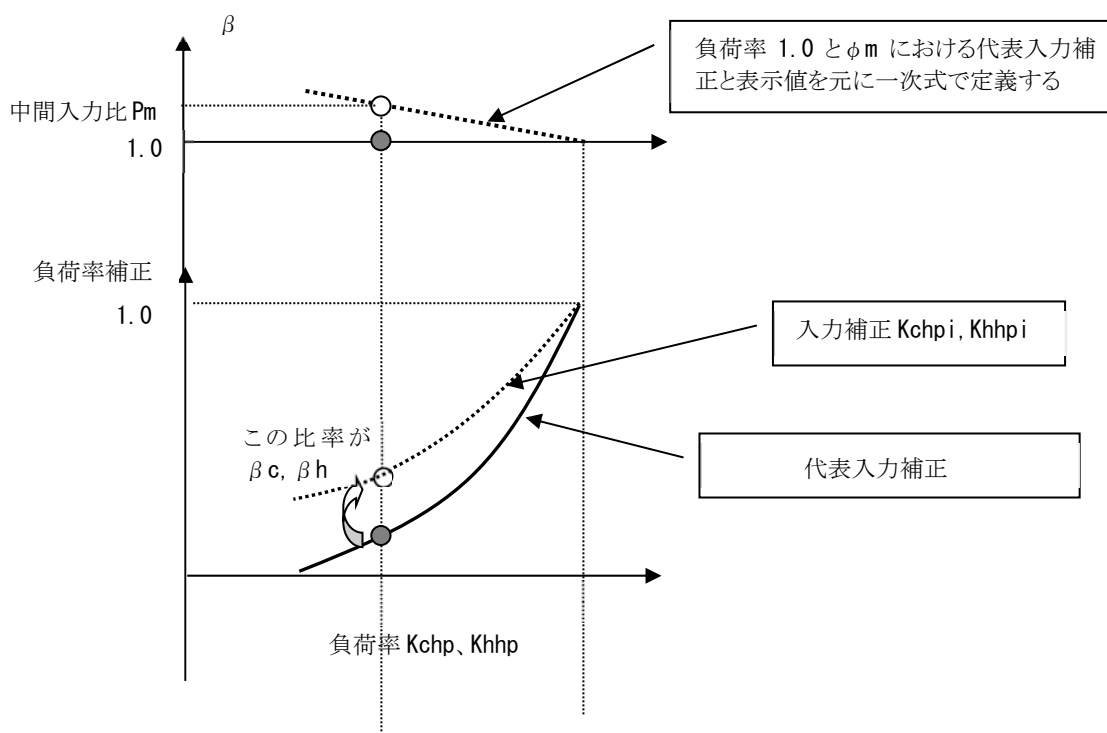


図 4.2.3-4 個別機種の中間性能の反映方法

## ⑦ 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比 (運転室内機容量 ÷ 室外機容量) の  $R_c$  (冷房)、 $R_h$  (暖房) を変数とした補正式を設定している。(現在は  $\alpha_c = 1$ ,  $\alpha_h = 1$  とする。今後、整備の予定。) 水熱源ヒートポンプの場合、一体型のため室内運転容量比 (運転室内機容量 ÷ 室外機容量) の  $R_c$  (冷房)、 $R_h$  (暖房) は 1 となる。

### ⑧ 中間能力、入力と室内ファン入力

表 4.2.3.1-4 に室内ファン入力、中間能力、中間入力を示す。

注：室内機と室外機が一体型であるため、定格冷房入力、定格暖房入力、中間冷房入力、中間暖房入力は室内ファン入力が含まれている。

表 4.2.3-4 室内ファン入力、中間能力、中間入力一覧

機種名	WTP25AA	WTP50AA	WDP25D	WDP50D
形体	直吹	直吹	ダクト	ダクト
室内ファン入力(KW)	0.05	0.07	0.05	0.08
定格冷房能力(KW)	2.5	5	2.5	5
定格冷房入力(KW)	0.45	1.09	0.49	1.11
冷房中間能力(KW)	1.3	3	1.3	3
冷房中間入力(KW)	0.23	0.65	0.25	0.67
定格暖房能力(KW)	3	6	3	6
定格暖房入力(KW)	0.34	1.09	0.37	1.09
暖房中間能力(KW)	1.7	3.7	1.7	4
暖房中間入力(KW)	0.19	0.67	0.21	0.73

## 4.2.3.2. 定速型

### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会において検討したビルマルチ型の資料を基に、計算モデルに必要な各種補正係数を決定した。

基本的な考え方は、代表機種における機器特性データを用いて能力及び入力を補正するための近似式を作成し、ユニット(室内機、室外機一体型)の能力及び入力を計算する。

### ② 定格条件

(参考出典:JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

定格冷房条件、定格暖房条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.3.2-1、表 4.2.3.2-2 に示す。

表 4.2.3-5 JISの能力試験の温度条件 単位 °C

項目		室内側入口空気条件		熱源水入口条件
		乾球温度	湿球温度	熱源水温度
冷房	定格	27	19	32
暖房	定格	20	—	25

表 4.2.3-6 JISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		熱源水入口水温条件
	乾球温度	湿球温度	熱源水温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.2

### ③ 計算モデル

図 4.2.3.2-1 に、本計算モデルの概要を示す。

### ④ モデルに於ける入出力データ

表 4.2.3.2-3 に、本計算モデルで用いる入出力データの一覧を示す。

### ⑤ 計算フロー

図 4.2.3.2-2 に、冷房時の計算フローを、図 4.2.3.2-3 に暖房時の計算フローを示す。

### ⑥ 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量÷室外機容量)のRc(冷房)、Rh(暖房)を変数とした補正式を設定している。(現在は $\alpha c=1$ 、 $\alpha h=1$ とする。今後、整備の予定。)水熱源ヒートポンプの場合、一体型のため室内運転容量比(運転室内機容量÷室外機容量)のRc(冷房)、Rh(暖房)は1となる。

### ⑦ 室内機(室内機ファン)入力

ユニットは室内機と室外機が一体型のため、定格冷房入力、定格暖房入力には室内ファン入力が含まれている。別表に各機種の室内ファン入力を示す。

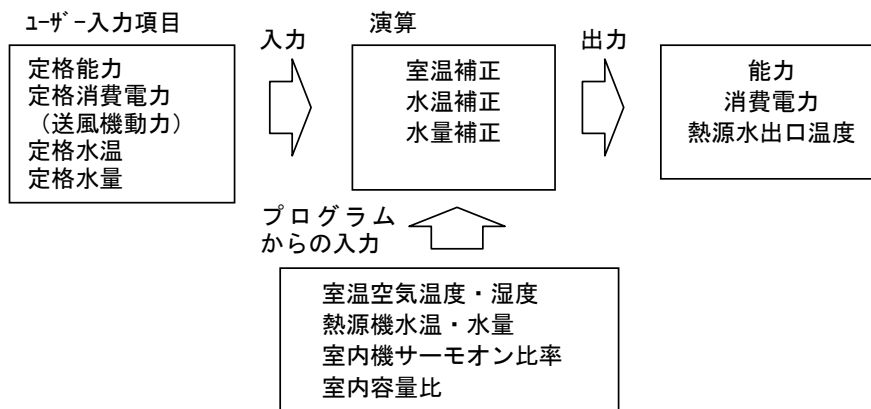


図 4.2.3-5 水熱源ヒートポンプ定速タイプの計算モデル

表 4.2.3-7 水熱源ヒートポンプ定速タイプの入出力データ一覧表

特性		出力変数		入力変数		入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB:室内湿球温度℃	17℃~23℃		
		入力補正	Kcwti (WB)	WB:室内湿球温度℃			
	水温補正	能力補正	Kctwi (WTin)	WTin:入口水温℃	15℃~45℃		
		入力補正	Kcwwi (WTin)	WTin:入口水温℃			
	水量補正	能力補正	Kcf (fr)	fr:熱源機水流量比	0.8~1.2		
		入力補正	Kcwf (fr)	fr:熱源機水流量比			
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Kchp (kkchp)	kkchp:室内機基準の負荷率	0.3~1.3		
代表入力補正		Kchpid (kchp)	Kchp:室外機基準の負荷率				
室内容量補正		$\alpha c$	Rc:冷房運転室内容量比				
その他		—	Pci:室内機入力	別表			
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB:室内乾球温度℃	18℃~26℃		
		入力補正	Khwti (DB)	DB:室内乾球温度℃			
	水温補正	能力補正	Khtwi (WTin)	WTin:入口水温℃	15℃~45℃		
		入力補正	Khwtwi (WTin)	WTin:入口水温℃			
	水量補正	能力補正	Khf (fr)	fr:熱源機水流量比	0.8~1.2		
		入力補正	Khwf (fr)	fr:熱源機水流量比			
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Khhp (kkchp)	kkchp:室内機基準の負荷率	0.3~1.3		
代表入力補正		Khhp id (khhp)	Khhp:室外機基準の負荷率				
室内容量補正		$\alpha h$	Rh:暖房運転室内容量比				
その他		—	Phi:室内機入力	別表			

※今回は、待機電力は評価しない。

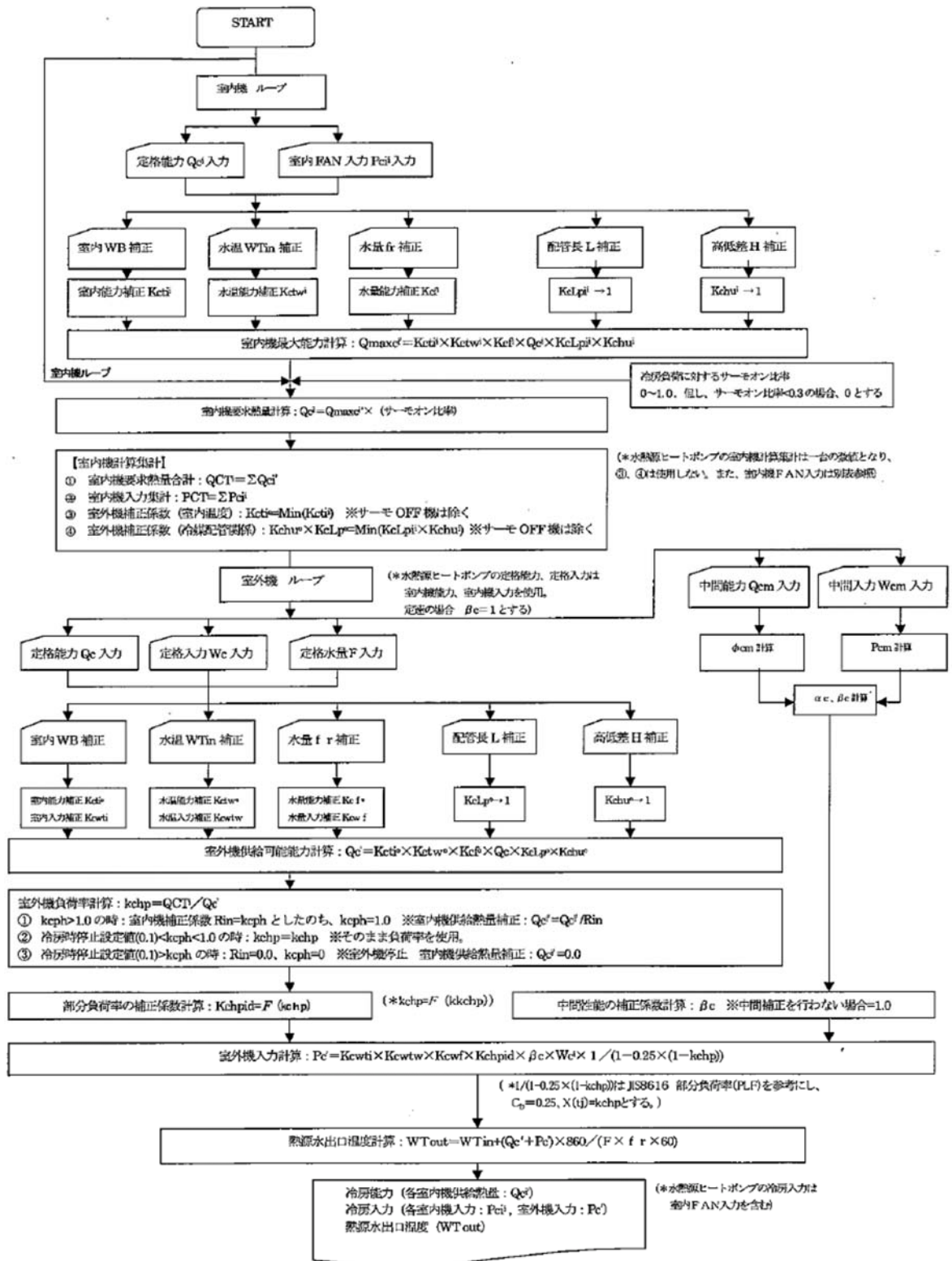


図 4.2.3-6 水熱源ヒートポンプ定速タイプ 冷房時計算フロー

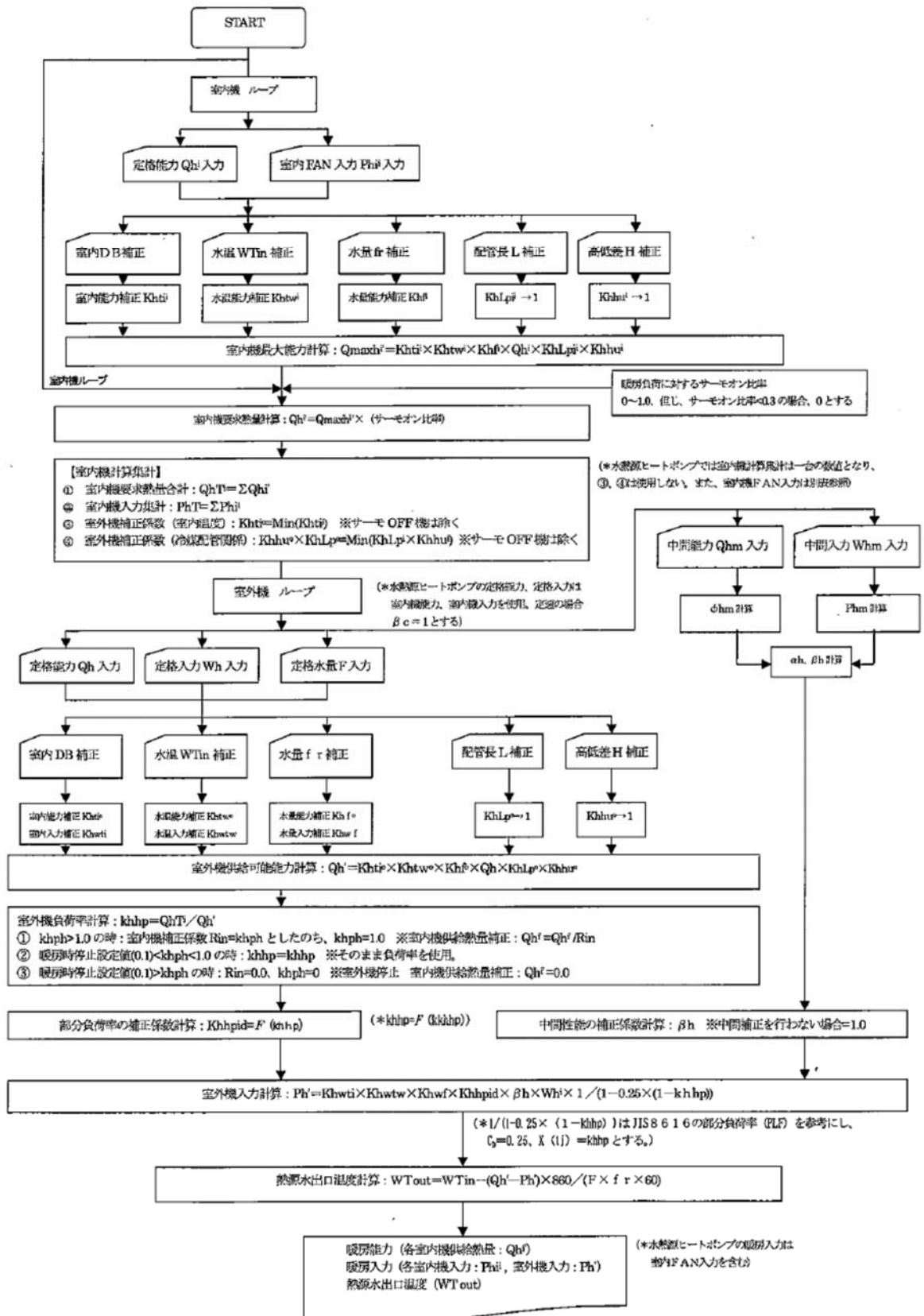


図 4.2.3-7 水熱源ヒートポンプ定速タイプ 暖房時計算フロー

## ⑧ 補足資料

### 1) その他

定速タイプの室外機基準の負荷率と代表入力補正について

定速タイプは運転/停止により負荷に応じた運転を行う。運転/停止の割合を室外機基準の負荷率と代表入力が同比率で運転すると仮定し、室外機基準の負荷率  $K_{chp}, K_{hhp}$  と代表入力補正  $k_{chpid}, k_{hhpid}$  の関係を図 4.2.3.2-4 とした。

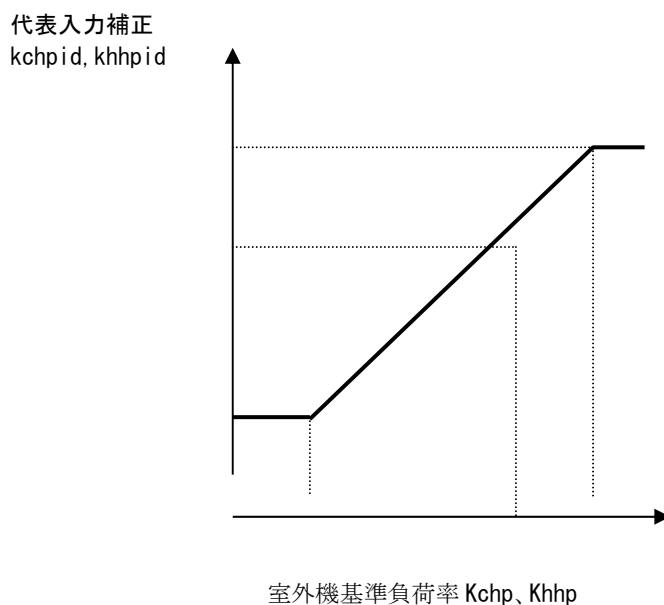


図 4.2.3-8 定速タイプの室外機基準負荷率と代表入力補正の関係

表 4.2.3-8 各機種種のファン入力

(50Hz/60Hz)

機種名	WTP28DA	WTP42DA	WTP60DA	WDP28CA	WDP42CA	WDP56CA
形体	直吹	直吹	直吹	ダクト	ダクト	ダクト
室内ファン入力(KW)	0.086	0.125	0.18	0.11	0.14	0.24
定格冷房能力(KW)	2.5/2.8	3.8/4.2	5.3/6	2.5/2.8	3.8/4.2	5/5.6
定格冷房入力(KW)	0.7/0.9	1.2/1.4	1.57/2	0.73/0.9	1.16/1.42	1.63/2.07
定格暖房能力(KW)	3/3.4	4.8/5.3	6/6.7	3/3.4	4.8/5.3	6/6.7
定格暖房入力(KW)	0.8/1.0	1.25/1.5	1.7/2.1	0.74/0.91	1.19/1.46	1.5/1.91

### 4.2.3.3. 水温帯拡大型（インバータ型）

#### ① 特性式の考え方

日本冷凍空調工業会のパッケージエアコン技術専門委員会において検討したビルマルチ型の資料を基に、計算モデルに必要な各種補正係数を決定した。

基本的な考え方は、代表機種における機器特性データを用いて能力及び入力を補正するための近似式を作成し、ユニット(室内機、室外機一体型)の能力及び入力を計算する。

#### ② 定格条件（参考出典：JIS B 8616：2015 附属書C 水冷式エアコンディショナ及び水対空気ヒートポンプの定格性能及び運転性能試験方法）

特性データの基となっている、定格冷房標準条件、中間冷房条件、定格暖房標準条件、中間暖房条件における空気条件および能力試験の許容温度差を表 4.2.3-1、表 4.2.3-2 に示す。

表 4.2.3-1 JISの能力試験の温度条件

単位 °C

項目		室内側入口空気条件		熱源水入口条件
		乾球温度	湿球温度	熱源水温度
冷房	定格	27	19	20
	中間			
暖房	標準	20	—	10
	中間			

表 4.2.3-2 JISの能力試験における温度許容差

単位 °C

項目	室内側入口空気条件		熱源水入口水温条件
	乾球温度	湿球温度	熱源水温度
最大変動幅	±0.5	±0.3	±0.2
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.1

#### ③ 計算モデル

図 4.2.3-1 に、本計算モデルの概要を示す。

#### ④ モデルに於ける入出力データ

表 4.2.3-3 に、本計算モデルで用いる入出力データの一覧を示す。

#### ⑤ 計算フロー

図 4.2.3-2 に、冷房時の計算フローを、図 4.2.3-3 に暖房時の計算フローを示す。



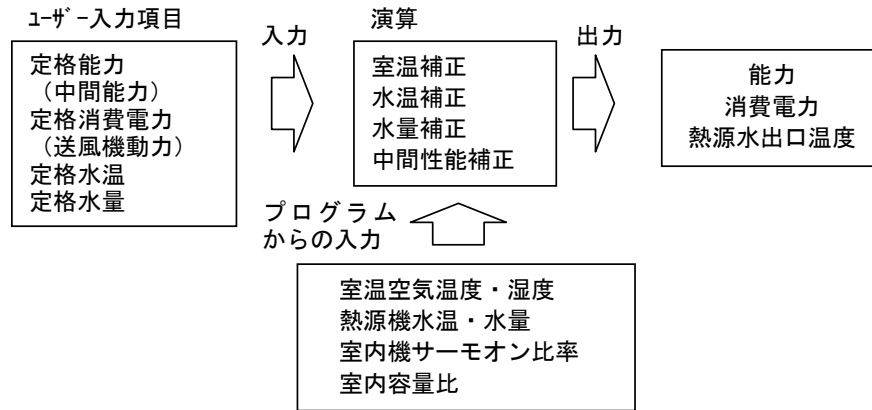


図 4.2.3-1 水温帯拡大型水熱源ヒートポンプインバータタイプの計算モデル

表 4.2.3-3 水熱源ヒートポンプインバータタイプの入出力データ一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲	
冷房	室温補正	能力補正	Kcti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	17℃~23℃
		入力補正	Kcwti (WB)	WB: 室内湿球温度℃	
	水温補正	能力補正	Kctwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	7℃~45℃
		入力補正	Kcwwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	
	水量補正	能力補正	Kcf (fr)	fr: 熱源機水流量比	0.8~1.2
		入力補正	Kcwf (fr)	fr: 熱源機水流量比	
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Kchp (kkchp)	kkchp: 室内機基準の負荷率	0.3~1.3
		個別中間容量比	$\phi_{cm}$	Qcm: 冷房中間能力 Qc: 冷房定格能力	別表
		個別中間入力比	Pcm	Wcm: 冷房中間入力 Wc: 冷房定格入力	別表
		代表入力補正	Kchpid (kchp)	Kchp: 室外機基準の負荷率	
		個別中間性能補正	$\beta_c$ (kchp)	$\phi_{cm}$ , Pcm, Kchpid	中間値を未入力時は $\beta_c = 1.0$
		入力補正	Kchpi	Kchpid, $\beta_c$	—
		室内容量補正	$\alpha_c$	Rc: 冷房運転室内容量比	
	その他	—	Pci: 室内機入力	別表	
暖房	室温補正	能力補正	Khti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	18℃~26℃
		入力補正	Khwti (DB)	DB: 室内乾球温度℃	
	水温補正	能力補正	Khtwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	5℃~45℃
		入力補正	Khwtwi (WTin)	WTin: 入口水温℃	
	水量補正	能力補正	Khf (fr)	fr: 熱源機水流量比	0.8~1.2
		入力補正	Khwf (fr)	fr: 熱源機水流量比	
	負荷率補正	室外機基準の負荷率	Khhp (kkchp)	kkchp: 室内機基準の負荷率	0.3~1.3
		個別中間容量比	$\phi_{hm}$	Qhm: 暖房中間能力 Qh: 暖房定格能力	別表
		個別中間入力比	Phm	Whm: 暖房中間入力 Wh: 暖房定格入力	別表
		代表入力補正	Khhp id (khhp)	Khhp: 室外機基準の負荷率	
		個別中間性能補正	$\beta_h$ (khhp)	$\phi_{hm}$ , Phm, Khhp id	中間値を未入力時は $\beta_h = 1.0$
		入力補正	Khhpi	Khhp id, $\beta_h$	—
		室内容量補正	$\alpha_h$	Rh: 暖房運転室内容量比	
	その他	—	Phi: 室内機入力	別表	

※今回は、待機電力は評価しない。

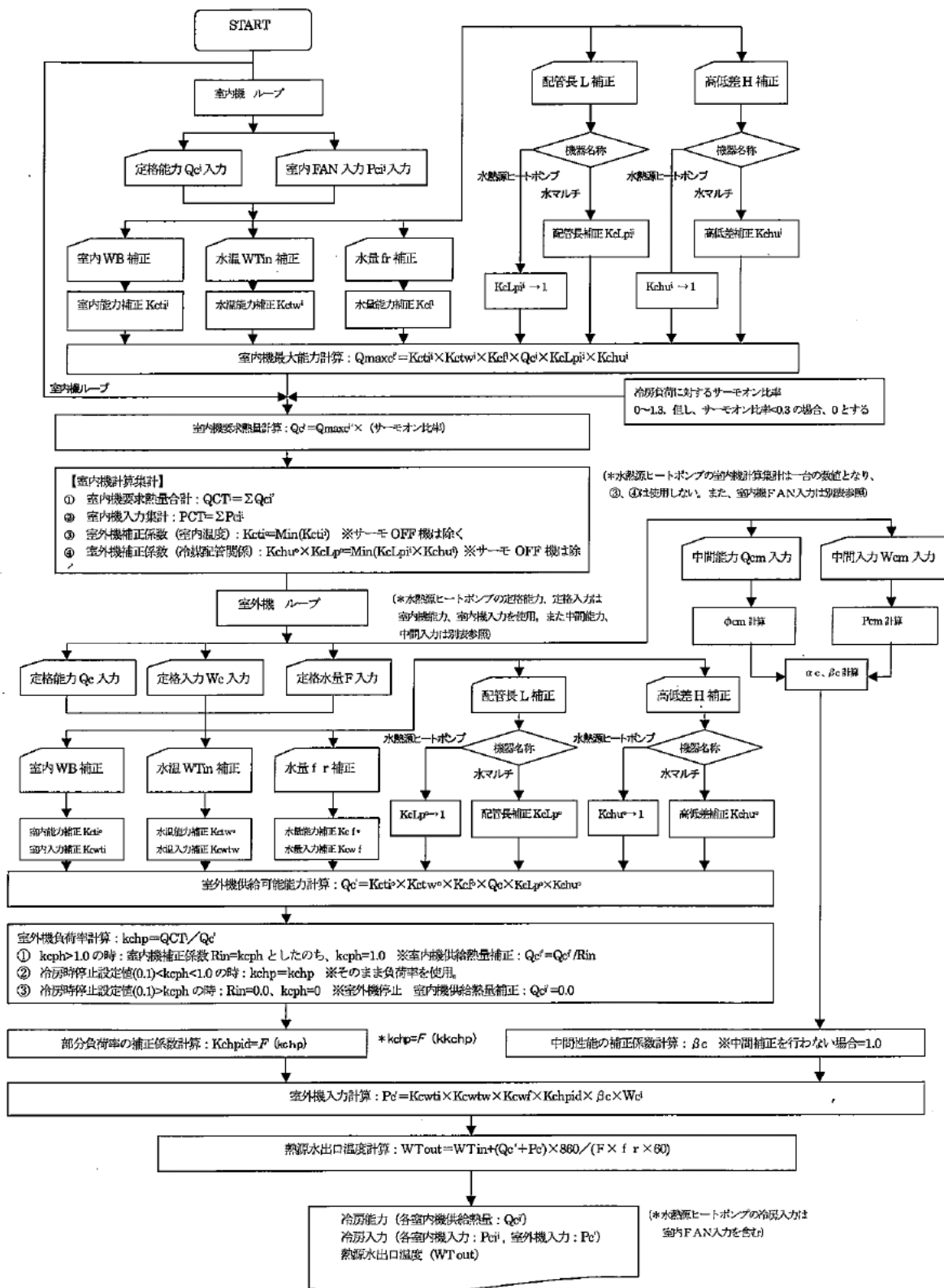


図 4.2.3-2 水熱源ヒートポンプインバータイプ 冷房時計算フロー

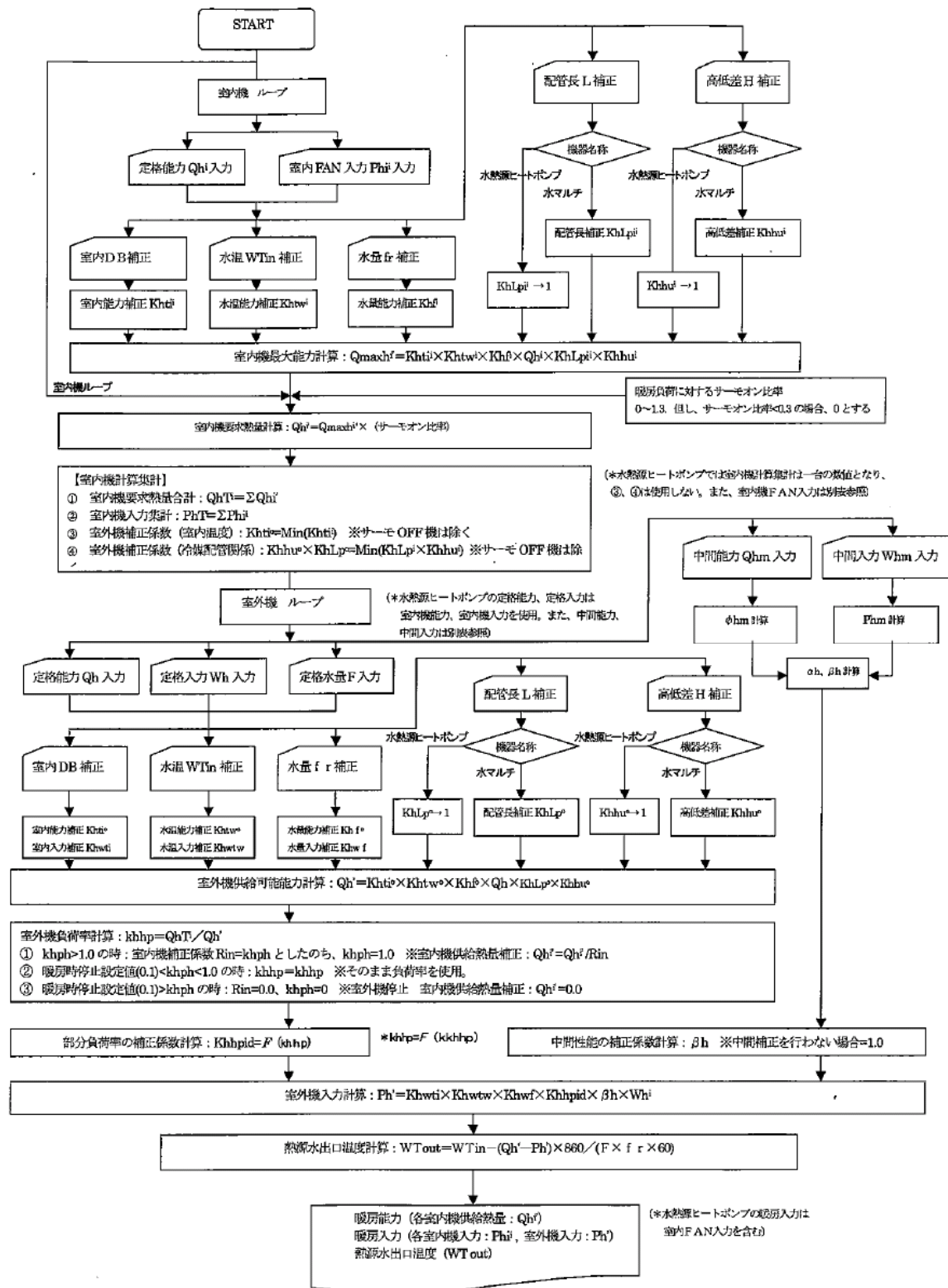


図 4.2.3-3 水熱源ヒートポンプインバータタイプ 暖房時計算フロー

## ⑥ 中間性能の補正方法

負荷率による入力補正は代表式を用いているが、今後期間効率改善に不可欠となる中間性能の向上分の反映を可能とする。

入力補正率( $K_{chpi}$ 、 $K_{hhpi}$ ) = 個別中間補正( $\beta_c$ 、 $\beta_h$ ) × 代表入力補正( $K_{chpid}$ 、 $K_{hhpid}$ )

JIS B 8616(パッケージエアコンディショナ)では、冷房で4点(定格標準、中間標準、中間中温、最小中温)、暖房で4点(定格標準、中間標準、最小標準、最大低温)の8つの評価点を規定している。BESTではそのなかの、中間性能をそれぞれ1点ずつ(中間標準)規定している。

そこで、中間負荷率 $\phi_m$  = 中間能力 / 定格能力

中間入力比  $P_m$  = 中間消費電力 / 定格消費電力

とし、 $\phi_m$ における代表入力補正( $K_{chpid}(\phi_m)$ 、 $K_{hhpid}(\phi_m)$ )と中間入力比  $P_m$  との比を $\beta_c(\phi_m)$ 、 $\beta_h(\phi_m)$ として、図-4のように、 $\beta_c$ 、 $\beta_h$ を負荷率に対する一次式で定義する。

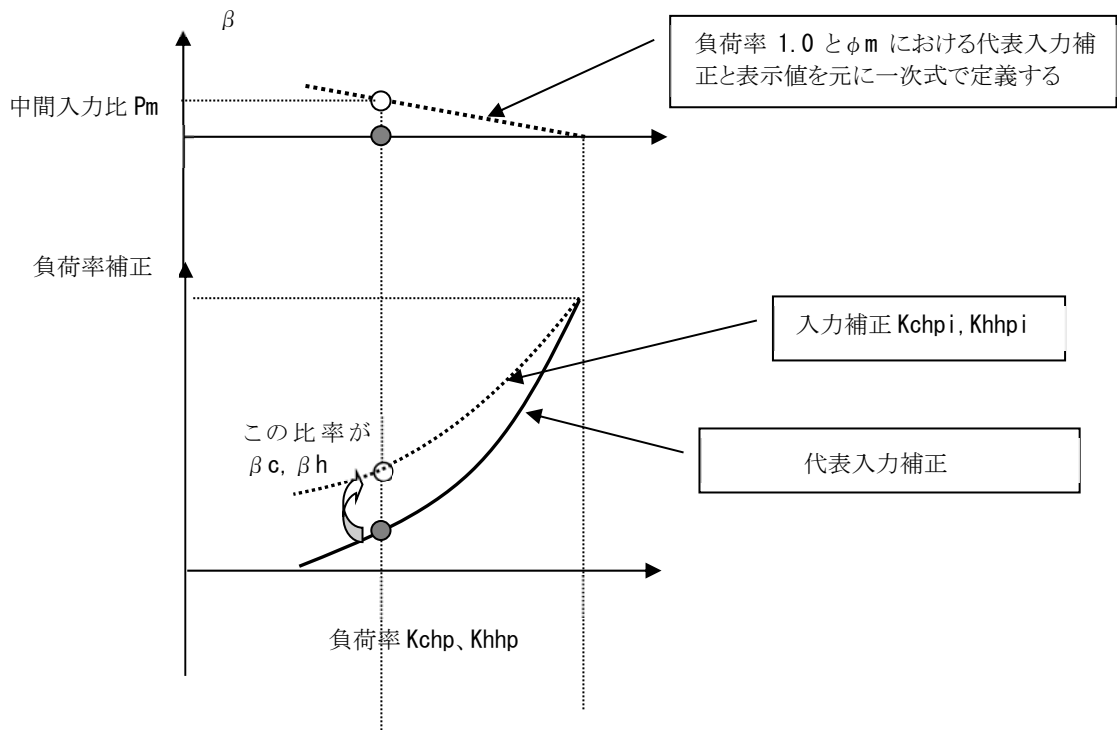


図 4.2.3-4 個別機種の中間性能の反映方法

## ⑦ 室内運転容量補正

ビル用マルチエアコンは複数の室内機が個別に運転停止するという特徴を持っている。このため、室内負荷の合計が同じであっても運転する室内機の容量によってシステム全体の特性が異なる可能性がある。

この特性を反映可能とすべく室内運転容量比(運転室内機容量 ÷ 室外機容量)の $R_c$ (冷房)、 $R_h$ (暖房)を変数とした補正式を設定している。(現在は $\alpha_c = 1$ 、 $\alpha_h = 1$ とする。今後、整備の予定。)水熱源ヒートポンプの場合、一体型のため室内運転容量比(運転室内機容量 ÷ 室外機容量)の $R_c$ (冷房)、 $R_h$ (暖房)は1となる。

### ⑧ 中間能力、入力と室内ファン入力

表 1.3.1-4 に室内ファン入力、中間能力、中間入力を示す。

注：室内機と室外機が一体型であるため、定格冷房入力、定格暖房入力、中間冷房入力、中間暖房入力は室内ファン入力が含まれている。

表 4.2.3-4 室内ファン入力、中間能力、中間入力一覧

定格冷房能力		2.5kW	5.0kW	2.5kW	5.0kW
型式		直吹	直吹	ダクト	ダクト
室内ファン入力	kW	0.05	0.07	0.05	0.08
定格冷房能力	kW	2.5	5.0	2.5	5.0
定格冷房入力	kW	0.45	1.09	0.49	1.11
定格中間能力	kW	1.3	3.0	1.3	3.0
定格中間入力	kW	0.23	0.65	0.25	0.67
定格暖房能力	kW	3.0	6.0	3.0	6.0
定格暖房入力	kW	0.34	1.09	0.37	1.09
暖房中間能力	kW	1.7	3.7	1.7	4.0
暖房中間入力	kW	0.19	0.67	0.21	0.73

### 4.3. ルームエアコンの機器特性

#### ① 特性式の考え方

ルームエアコンの機器特性は、高性能機と普及機に対して、負荷率・室内機吸入温度・室外機吸入温度をパラメータとし、消費電力予測結果を算出した。その特性式は、定式化とマップ格子点データによるものの2種類を検討した。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。

定式化による特性式は、従来のパッケージ空調機の機器特性とは異なり、室内外温度から算出した最大能力による部分負荷特性を算出するのではなく、機器定格能力から算出した部分負荷特性とした。定式化による特性式では、新しく機器が開発されるごとに、負荷率ごとの部分負荷特性を再検討する必要がある、拡張性や更新性に乏しい。

マップ格子点データによる機器特性は、新しく機器が開発された場合でも、メーカーにて準備されている負荷率ごとの室内外温度特性を用いることで、消費電力予測を行うことが可能であり、定式化による特性式案よりも、拡張性が高く、更新が容易である。よってルームエアコンの機器特性は、マップ格子点データによるものを採用した。

#### ② 定格条件

ルームエアコンは、JIS C 9612 に規定されており、その能力試験は、ビル用マルチエアコンと同様の空気条件および能力試験の許容温度差が定められている。

(出典：JIS B 8615-1 直吹き形エアコンディショナとヒートポンプ—定格性能及び運転性能試験方法)

表 4.2.3-1 ルームエアコンJISの能力試験の温度条件 単位 °C

	項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
		乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
冷房	定格	27	19	35	—
	中間				
暖房	標準	20	—	7	6
	中間			2	1
	低温				

表 4.2.3-2 ルームエアコンJISの能力試験における温度許容差 単位 °C

項目	室内側入口空気条件		室外側入口空気条件	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
最大変動幅	±1.0	±0.5	±1.0	±0.5
平均変動幅	±0.3	±0.2	±0.3	±0.2

### ③ 定式化モデル

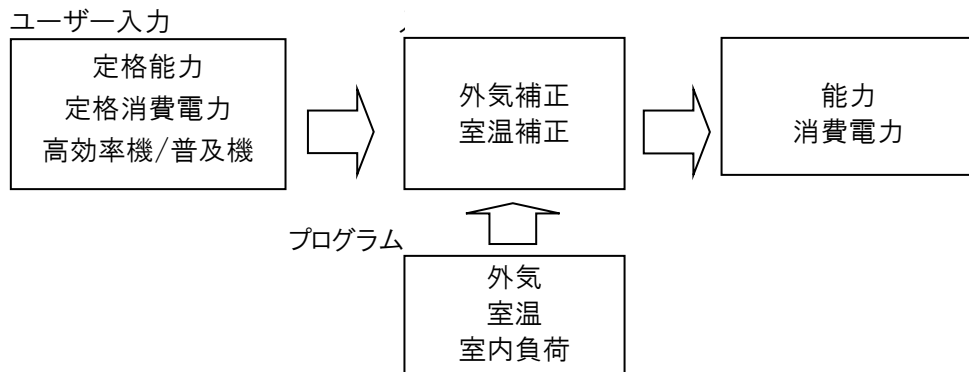


図 4.2.3-1 定式化モデル

### ④ 入出力一覧

表 4.2.3-3 入出力一覧表

特性		出力変数	入力変数	入力範囲
室温補正	能力補正	$Kcti(WB)$	WB:室内湿球温度 $^{\circ}C$	15 $^{\circ}C$ ~24 $^{\circ}C$
	入力補正	$Kcwti(WB)$	WB:室内湿球温度 $^{\circ}C$	
外気補正	能力補正	$Kcta(DB)$	DB:外気乾球温度 $^{\circ}C$	-5 $^{\circ}C$ ~43 $^{\circ}C$
	入力補正	$Kcwta(DB)$	DB:外気乾球温度 $^{\circ}C$	
負荷率補正	負荷率	$Kchp$	$Kchp$ :室内容量比	0.1~2.2

### ⑤ 計算フロー

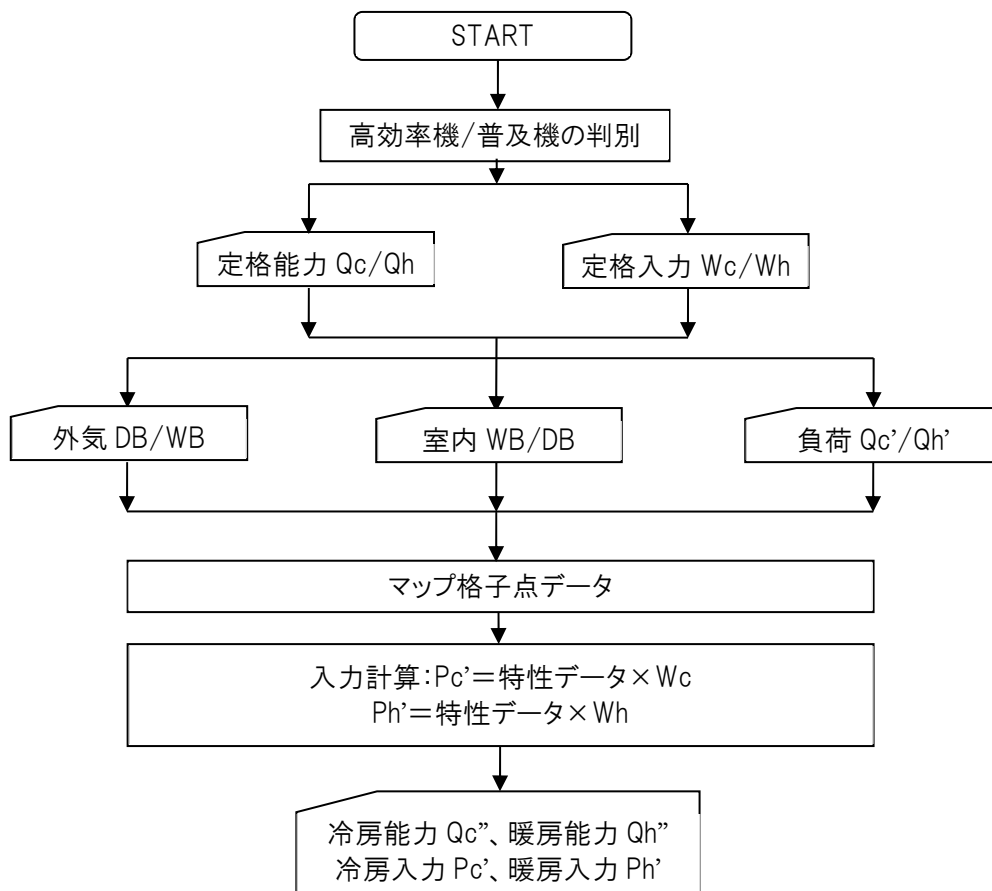
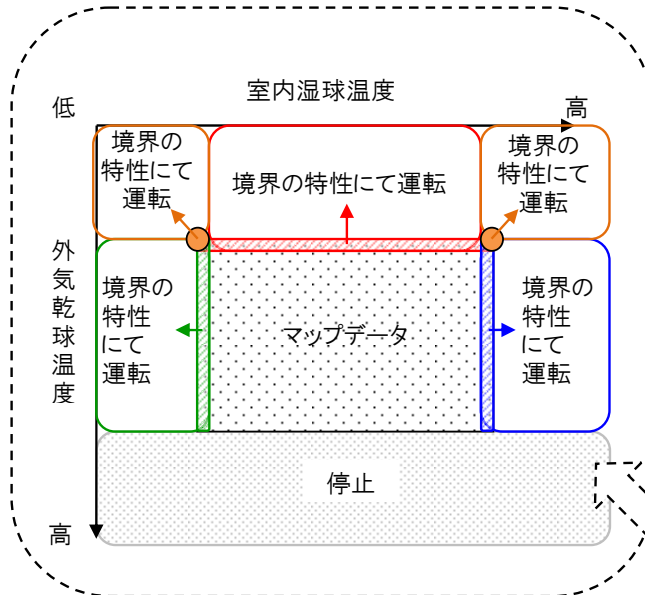


図 4.2.3-2 ルームエアコンの特性計算フロー

## ⑥ 機器特性マップデータ範囲外の取扱い

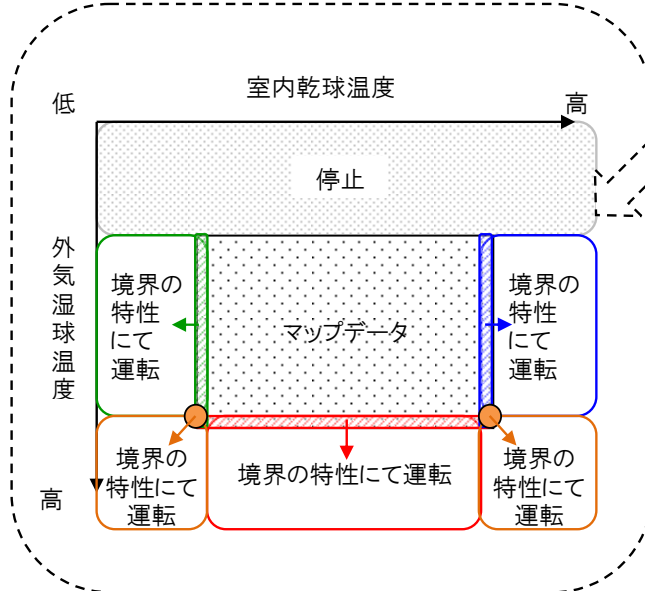
特性データの範囲外の取扱いについては、以下のように取扱う。

[冷房運転]



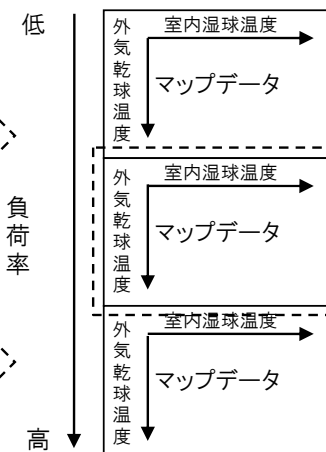
[温度特性における範囲外の取扱い(冷房)]

[暖房運転]



[温度特性における範囲外の取扱い(暖房)]

負荷率が特性データ範囲を下回る場合は0との直線補完上の機器特性



負荷率が特性データ範囲を超える場合は最大能力で運転

[負荷特性における範囲外の取扱い]

図 4.2.3-3 特性データ範囲外の取扱い

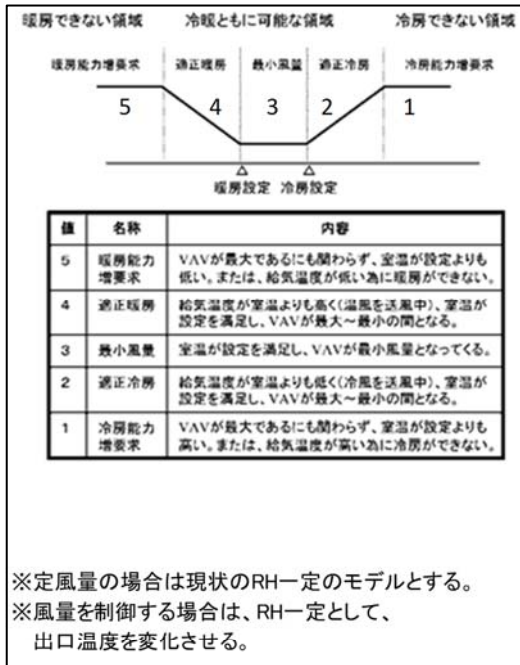


## 4.4. 室内機変風量制御の考え方

### 4.4.1. 室内機風量制御の考え方

室内機の風量制御は、VAV の制御ロジック(以下)を参考とし、冷房・暖房でそれぞれ別に 1)、2) のようにモデル化する。

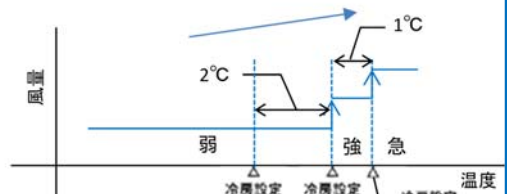
#### 0) VAVの風量制御



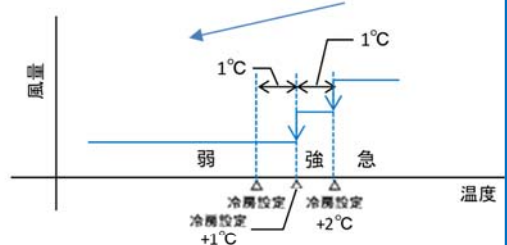
#### 1)室内機の風量制御

##### ①冷房時

##### a) 室温が上昇していく場合

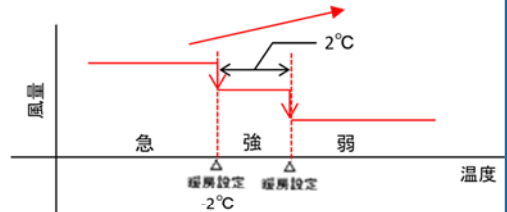


##### b) 室温が下降していく場合



##### ②暖房時

##### a) 室温が上昇していく場合



##### b) 室温が下降していく場合

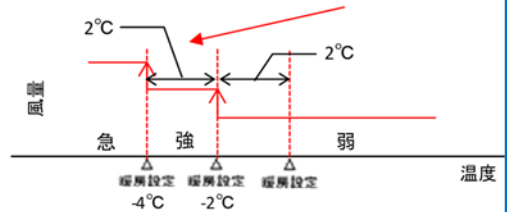


図 4.4.1-1 室内機風量制御の考え方

#### 4.4.2. 変風量制御時の各風量比

急風、強風、弱風の設定が一般的であるため、メーカーヒアリングを行い、急風を100%とした各風量の割合を調査した。

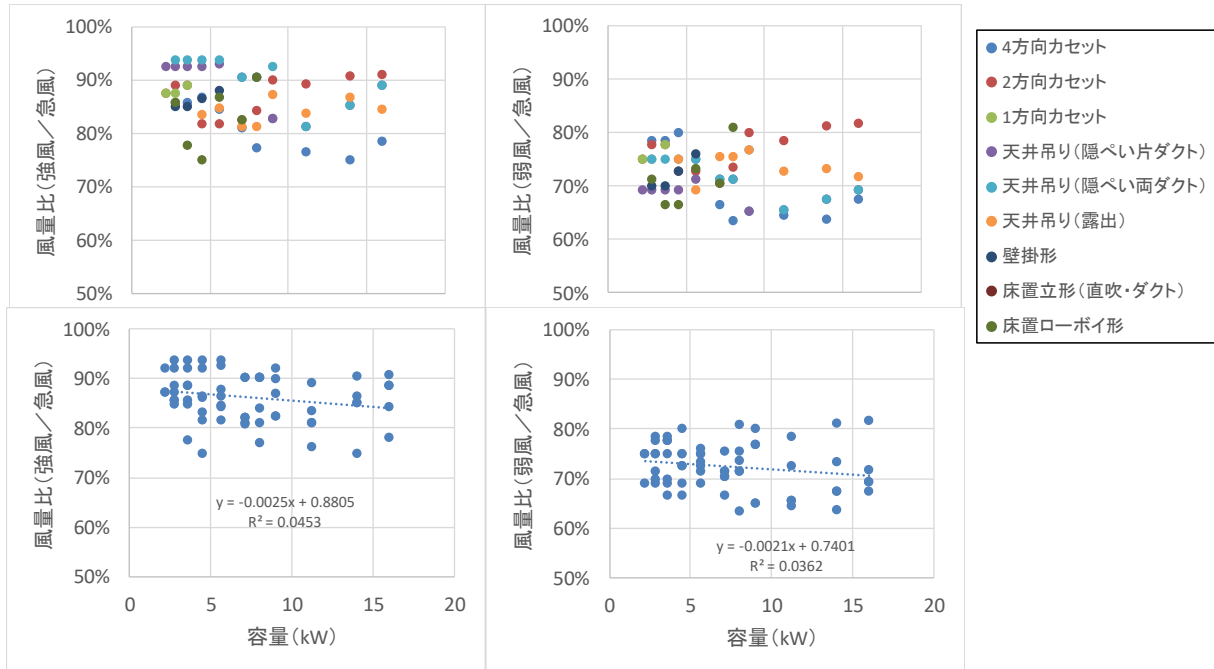


図 4.4.2-1 変風量制御時の室内機種別ごとの風量比

図 4.4.2-1 より、強風、弱風の風量割合は、それぞれ以下の特性式とする。

強風:  $f(x) = -0.0025x + 0.8805$

弱風:  $f(x) = -0.0021x + 0.7401$

ここで、 $x$ : 容量(kW)とする。

#### 4.4.3. 室内機出口空気状態（定格時（標準、高頭熱））

定格時の室内機出口空気状態は、代表メーカーにおける室内機種別ごとの出口相対湿度とバイパスファクターを調査し、室内機種別ごとに特性式化する。なお、出口空気状態を相対湿度で決定するか、バイパスファクターで決定するかはユーザーが選択できるものとする。デフォルトは相対湿度とする。

#### 4.4.4. 変風量による出口空気状態

室内機の変風量制御による出口相対湿度やバイパスファクターの変化については、代表メーカーにおける室内機の定格風量比に対する定格バイパスファクター比・定格出口相対湿度比を調査した(図 4.4.4-1)。

この結果をパッケージ分科会に諮り、バイパスファクター・出口相対湿度の差異が大きくないことから、「BEST の機器特性においては、変風量によるバイパスファクターの特性、出口相対湿度の特性は変化しない。」こととした。

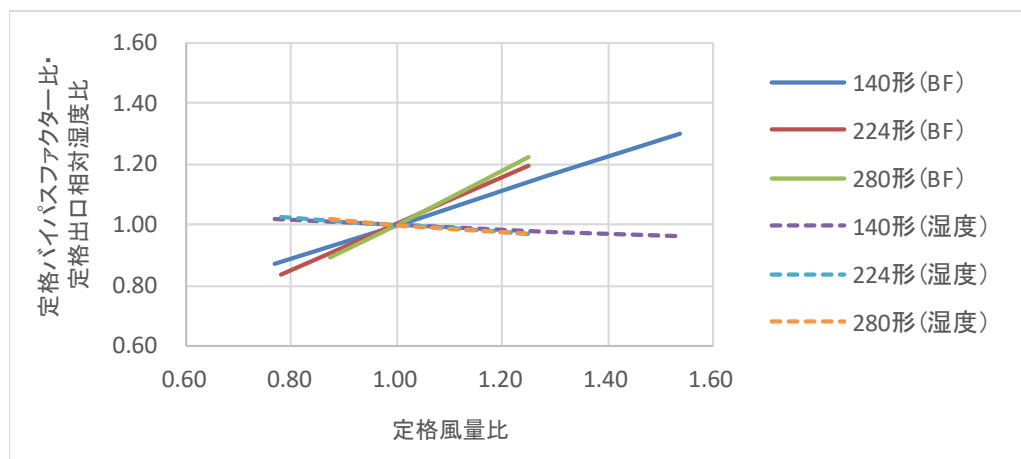


図 4.4.4-1 室内機の定格風量比に対する定格バイパスファクター比・定格出口相対湿度比

## 4.5. 参考資料

### 4.5.1. GHP の機器特性 ビル用マルチエアコン（冷暖切り替え）

#### (1) 冷房運転

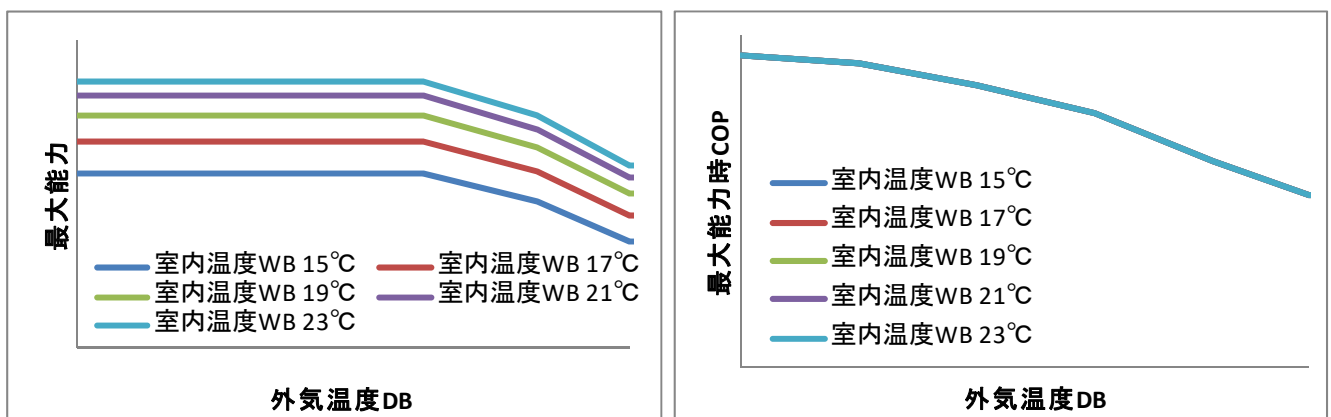
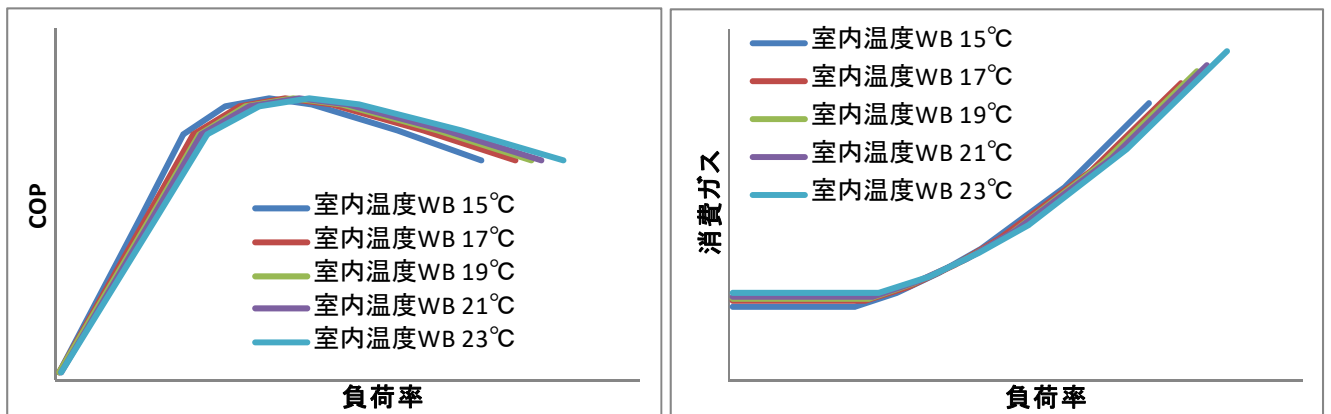
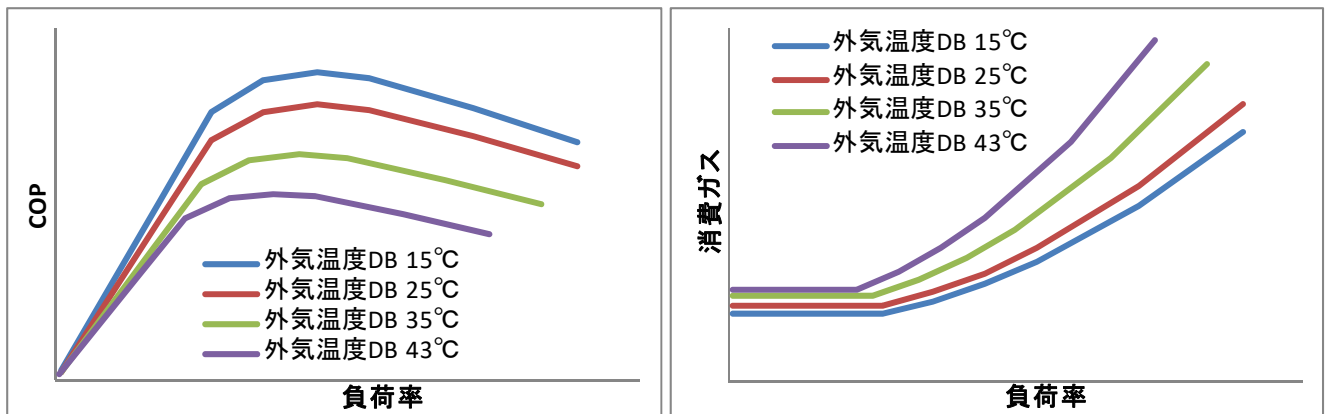
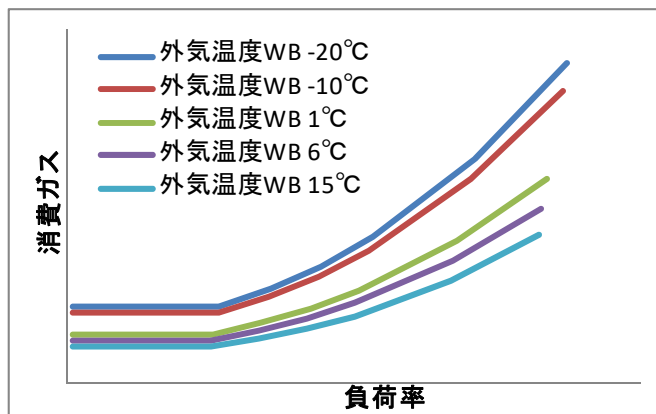
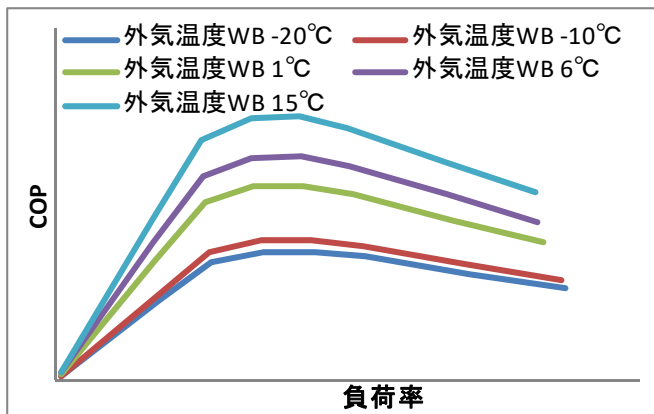
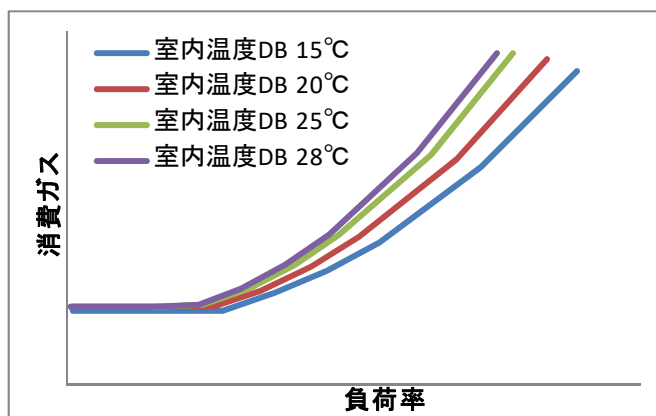
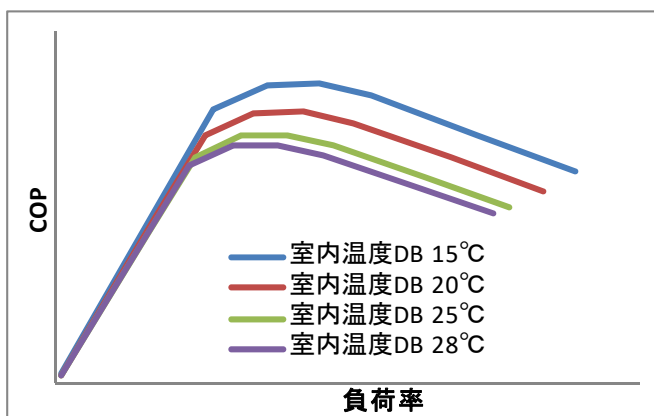


図 4.5.1-1 ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)の冷房運転時機器特性

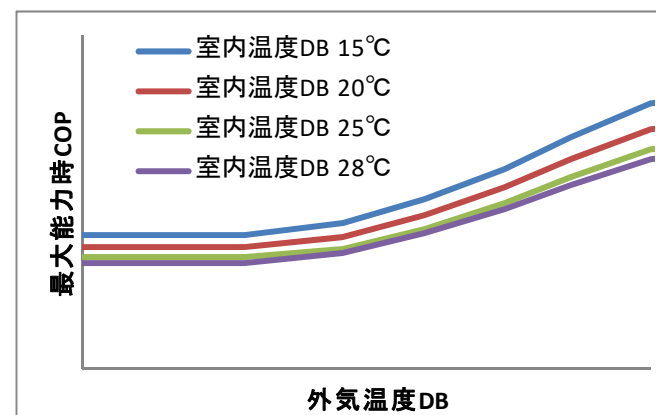
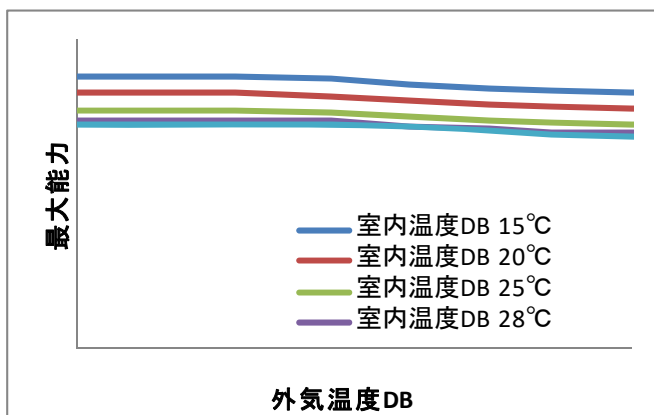
(2) 暖房運転



暖房転時(室内 20°CDB)



暖房運転時(室外 7°CDB 6°CWB)

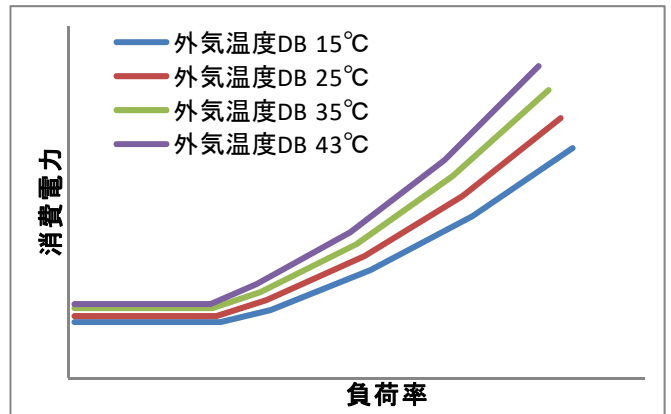
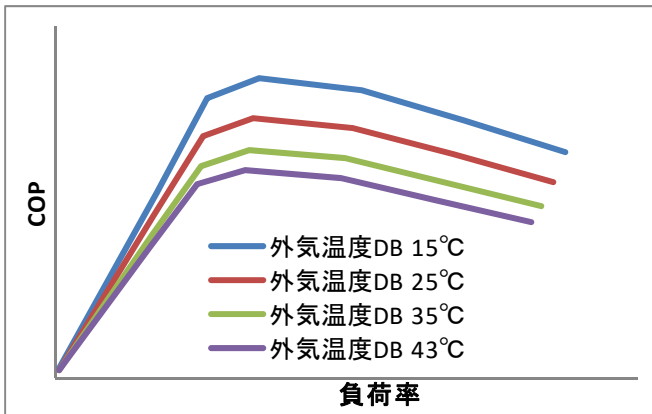


暖房運転時(最大負荷運転時)

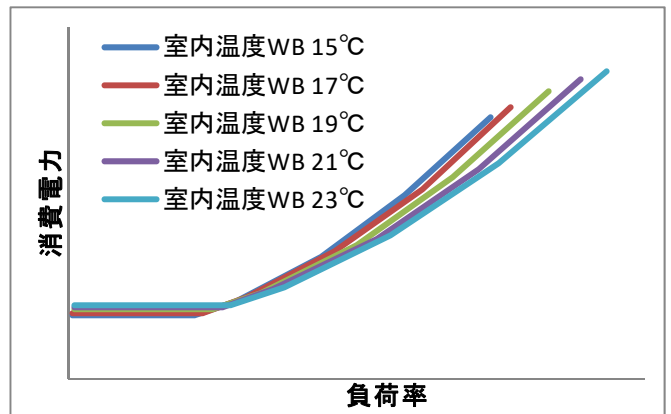
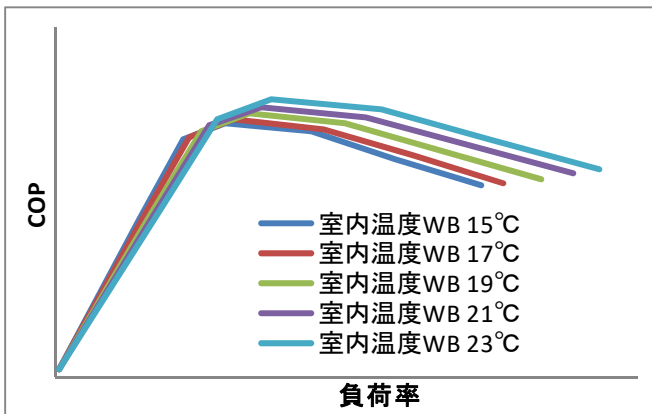
図 4.5.1-2 ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)の冷房運転時機器特性

## 4.5.2. EHP の機器特性ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)

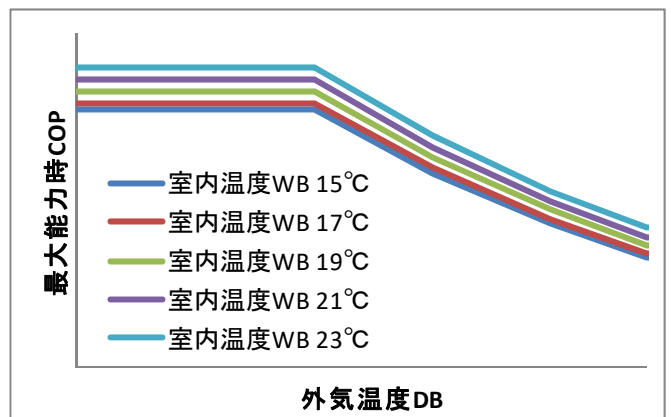
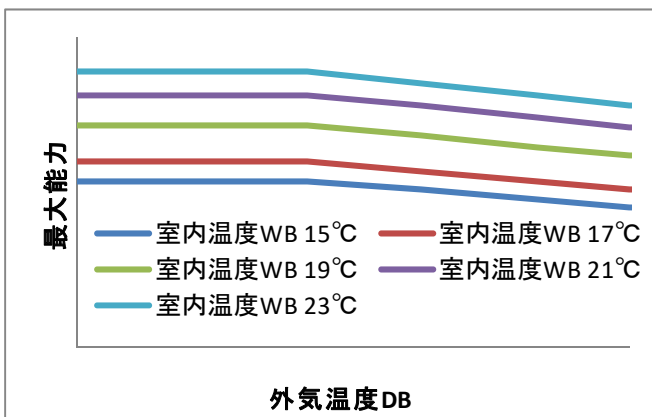
### (1) 冷房運転



冷房運転時(条件:室内 27°CDB 19°CWB)



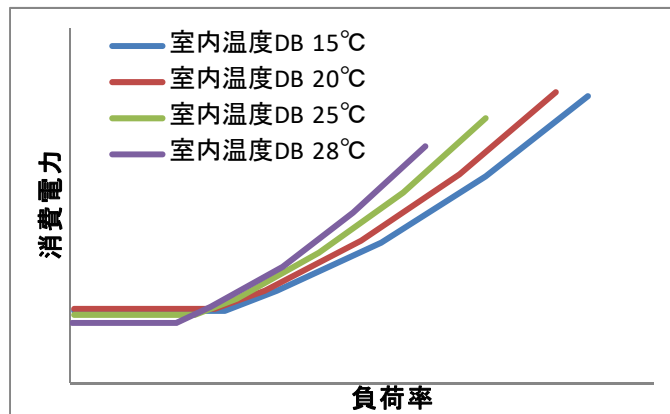
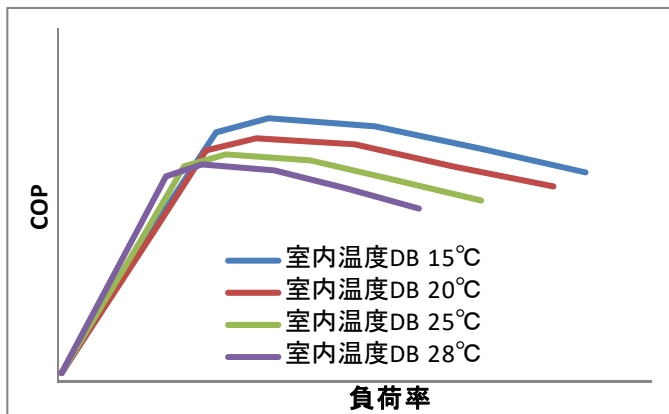
冷房運転時(条件:室外 35°CDB)



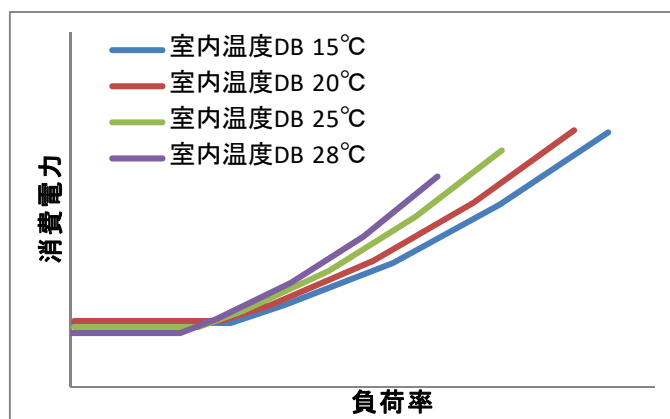
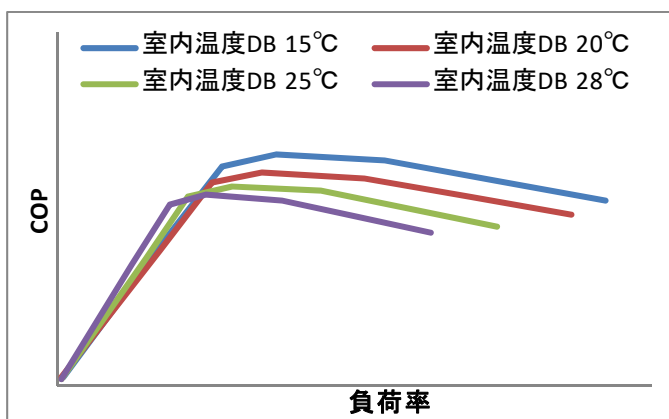
冷房運転時(最大負荷運転時)

図 4.5.2-1 ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)の冷房運転時機器特性

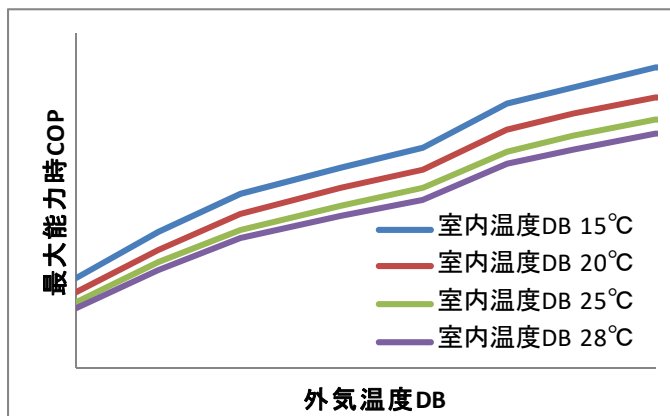
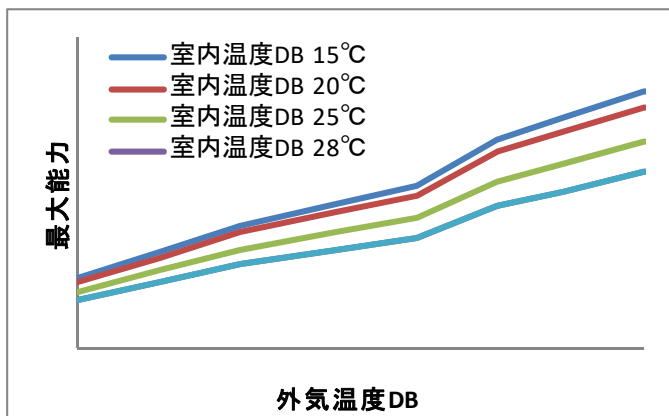
(2) 暖房運転



暖房転時(室内 20°CDB)



暖房運転時(室外 7°CDB 6°CWB)

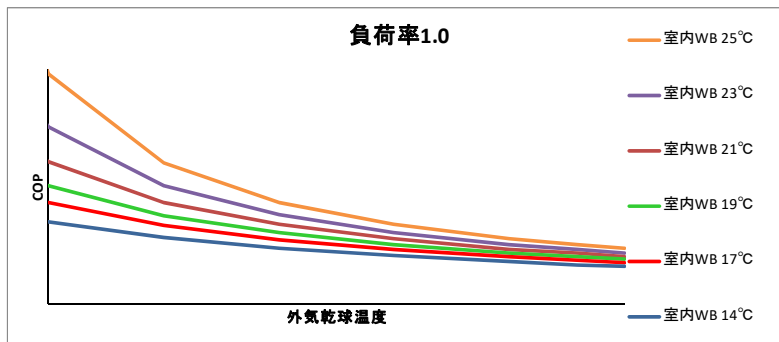
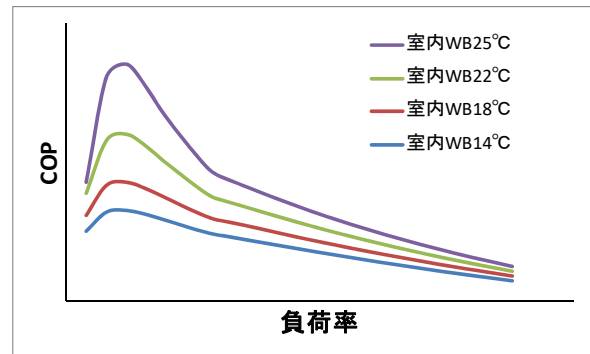
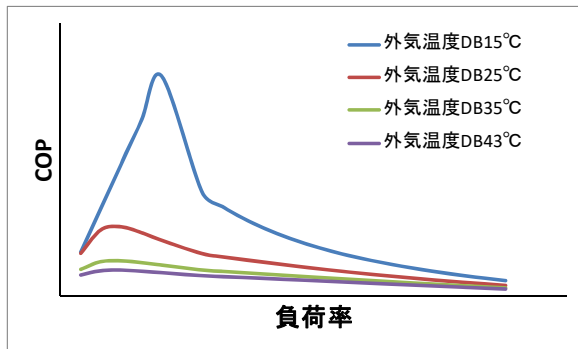


暖房運転時(最大負荷運転時)

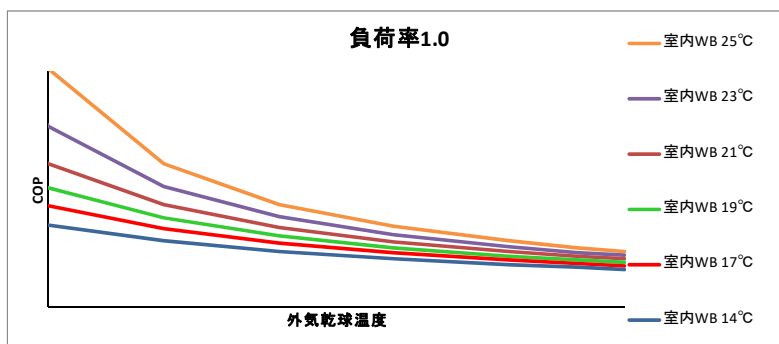
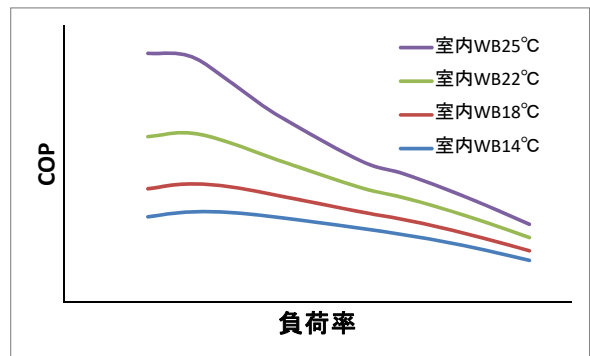
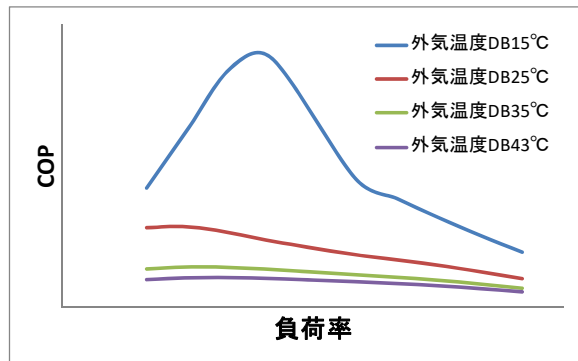
図 4.5.2-2 ビル用マルチエアコン(冷暖切り替え)の冷房運転時機器特性

### 4.5.3. ルームエアコンの機器特性

#### (1) 高効率機 冷房運転

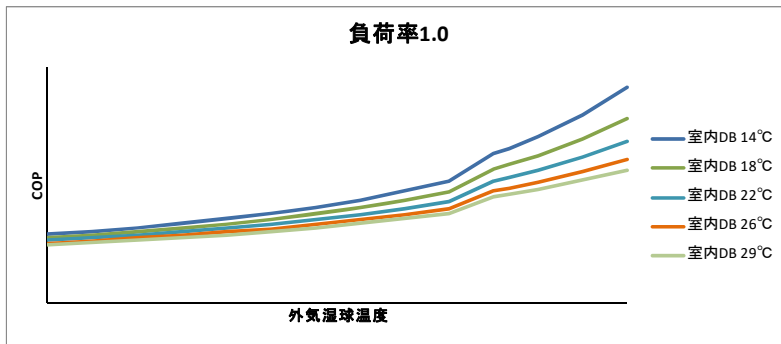
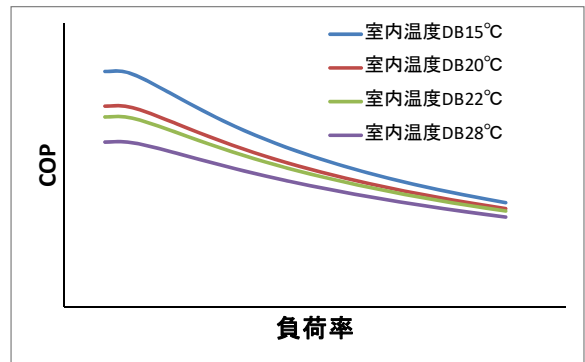
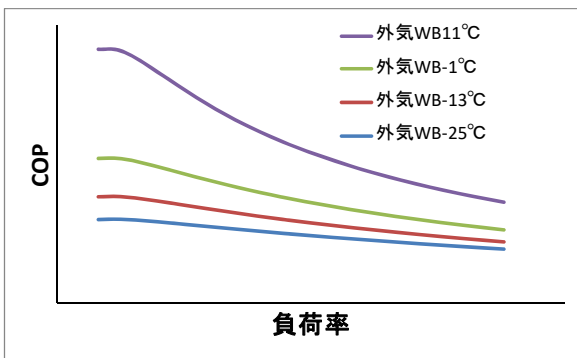


#### (2) 普及機 冷房運転

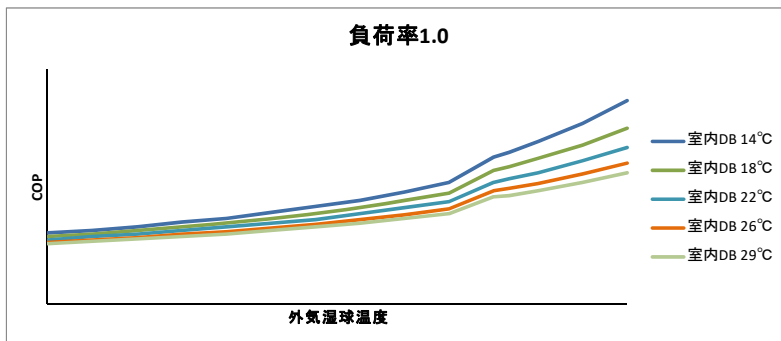
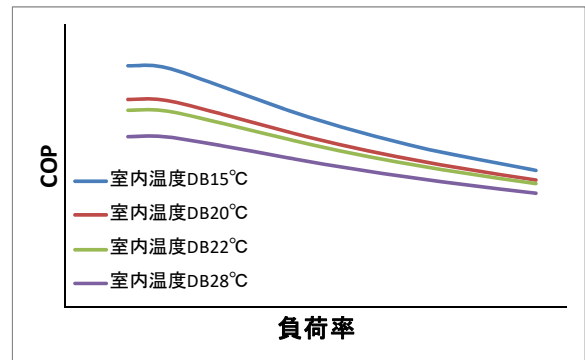
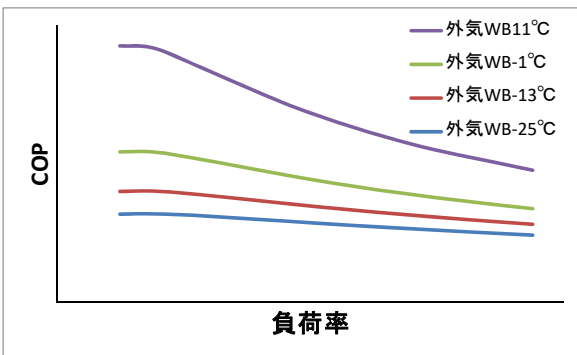




### (3) 高效率機 暖房運転



### (4) 普及機 暖房運転



## 5. 搬送設備

### 5.1. 機器特性調査の実施概要

#### 5.1.1. 実施体制

各種機器特性の調査は、日本産業機械工業会 汎用ポンプ委員会・汎用送風機委員会および日本電気学会、三菱電機(株)、(株)山武の全面的な協力を得て、実施した。実施体制(分科会委員リスト)を以下に示す。()内は所属を示す。

主 査:阿部裕司 (株)竹中工務店(BEST 機器特性 SWG)

委 員:品川浩一 (株)日本設計(BEST 機器特性 SWG)

委 員:早川義則 (株)川本製作所(日本産業機械工業会 汎用ポンプ委員会)

委 員:平岩廣直 (株)荏原製作所(日本産業機械工業会 汎用ポンプ委員会)

委 員:渡邊宏司 (株)日立産機システム(日本産業機械工業会 汎用ポンプ委員会)

委 員:安本耕治 テラル(株) (日本産業機械工業会 汎用送風機委員会)

オブザーバー:三沢 健 (株)日本設計

オブザーバー:森澤之雄 三菱電機(株)

オブザーバー:關根秀太 (株)山武

### 5.1.2. 調査フレーム

ポンプおよびファンの調査フレームを以降に示す。

ポンプの機器特性フレーム		定式化イメージ			
		設計者	オブジェクト	出力	
調査日程	概要	備考	入力	出力	
			内部変数	出力	
ポンプ仕様	渦巻	片吸込	定格流量・定格揚程・電動機仕様・制御方式	ポンプ効率・電動機効率・周波数・インバータロス・ポンプ効率補正係数	消費電力・発熱量
			渦巻と同様の特性式化	運転流量・運転揚程	消費電力・発熱量
	ライン		定格流量・定格揚程・電動機仕様	ポンプ効率・電動機効率	消費電力・発熱量
	歯車		定格流量・定格揚程・電動機仕様	電動機効率 (消費電力 = 電動機定格消費電力 × 運転時間)	消費電力・発熱量
	カスケード		定格流量・定格揚程・電動機仕様	電動機効率 (消費電力 = 電動機定格消費電力 × 運転時間)	消費電力・発熱量
	水		定格流量・定格揚程・電動機仕様	電動機効率 (消費電力 = 電動機定格消費電力 × 運転時間)	消費電力・発熱量
媒体	油	A重油/灯油	動粘度・比重	ポンプ効率補正係数	
	インバータ		電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	電動機定格出力・インバータ周波数	インバータ効率
	汎用		電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	電動機定格出力・インバータ周波数	電動機効率
モーター仕様	高効率		電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	電動機定格出力・インバータ周波数	電動機効率
	IPM		電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	電動機定格出力・インバータ周波数	電動機効率
			電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	電動機定格出力・インバータ周波数	電動機効率

注) 電動機仕様: 標準型、高効率型、IPM型の選択  
制御方式: 定速、インバータ制御の選択

その他

・直列運転 : (システム内部抵抗有)

・並列運転 : (システム内部抵抗無)

・吸込性能 : 単体計算と同じ方法で算出可能。

・グランドバックキ : キャパシターション範囲外であれば、エネルギー消費に影響はない。

・メカニカルシール : エネルギー消費には影響がない。

単体計算と同じ方法で算出可能。

流量同じ・揚程1/2つ分粗とすれば、

単体計算と同じ方法で算出可能。

単体計算と同じ方法で算出可能。

流量同じ・揚程1/2つ分粗とすれば、

単体計算と同じ方法で算出可能。

単体計算と同じ方法で算出可能。

流量同じ・揚程1/2つ分粗とすれば、

単体計算と同じ方法で算出可能。

口送風機の機器特性シラーム

		定式化イメージ			
		設計者	オブジェクト		
調査日程	概要	備考	入力	入力	出力
			定格(設計)風量・定格(設計)機外静圧・電動機仕様・制御方式	運転風量・運転機外静圧	運転機外動圧・運転機外全圧・全圧効率・軸動力・電動機定格出力・電動機効率
	07年度に加え、JISにおけるファン効率等を定式化	片吸込/両吸込	定格(設計)風量・定格(設計)機外静圧・電動機仕様・制御方式	運転風量・運転機外静圧	運転機外動圧・運転機外全圧・全圧効率・軸動力・電動機定格出力・電動機効率
	シロツコと同様の特性式化	片吸込/両吸込	定格(設計)風量・定格(設計)機外静圧・電動機仕様・制御方式	運転風量・運転機外静圧	運転機外動圧・運転機外全圧・全圧効率・軸動力・電動機定格出力・電動機効率
	空調分科会と合同で定式化検討継続中		ファン番手、定格(設計)風量・定格(設計)機外静圧・定格(設計)消費電力	運転時間	(消費電力=電動機定格消費電力×運転時間)
	消費電力・運転時間による定式化		電動機定格(設計)消費電力	運転時間	(消費電力×運転時間)
			電動機定格(設計)消費電力	運転時間	(消費電力×運転時間)
	電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化			電動機定格出力・インバータ周波数	インバータ効率
	電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	定速/インバータ			
	電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	定速/インバータ		電動機定格出力・インバータ周波数	電動機効率
	電動機定格出力・インバータ周波数による特性式化	インバータ			

注)電動機仕様・標準型、高効率型、IPM型の選択  
制御方式:定速、インバータ制御の選択

その他  
・直列運転  
・並列運転  
・吸込性能  
・気密仕様

(システム内部抵抗有)  
: (システム内部抵抗無)  
: 単体計算と同じ方法で算出可能。  
: 通常の環境下であればエネルギー消費に影響はない。  
: 特性として考慮する必要はない。

単体計算と同じ方法で算出可能。  
流量同じ・揚程1/2つ分担とすれば、  
単体計算と同じ方法で算出可能。

## 5.2. ポンプの各種機器特性

### 5.2.1. 渦巻・多段渦巻型

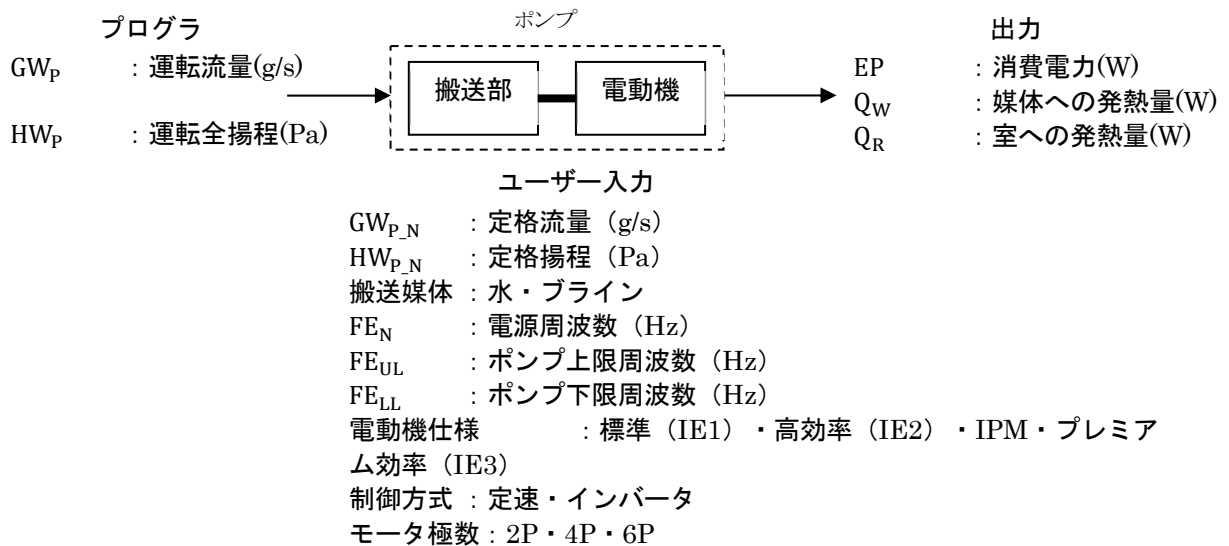
#### 5.2.1.1. 機器特性の考え方

- ・ ポンプ定格能力・運転条件・制御方式を入力項目とする。
- ・ 定速の場合、運転流量から内部変数を算出し、電動機入力・発熱量(搬送媒体・室)を算出する。
- ・ インバータ制御の場合、運転流量と必要揚程から内部変数を算出し、電動機入力・発熱量(搬送媒体・室)を算出する

#### 5.2.1.2. 設定項目

ポンプ			
名称	ポンプ20090101		
定格流量	<input type="text" value="1500"/>	[L/min(w)]	定格流量 : (L/min)
■ 電動機 ■			
定格消費電力	<input type="text" value="15"/>	[kW]	定格揚程 : (m)
相数	<input type="text" value="3"/>	[-]	搬送媒体 : 水・ブライン
電圧	<input type="text" value="200"/>	[V]	電源周波数 : (Hz)
周波数	<input type="text" value="50"/>	[Hz]	ポンプ上限周波数 : (Hz)
力率	<input type="text" value="0.8"/>	[-]	ポンプ下限周波数 : (Hz)
■ 記録・グラフ表示 ■			
グラフを表示する	<input type="checkbox"/>	グラフを表示する	[-] ←グラフを表示するときはチェックしてください
最大同時表示ステップ数	<input type="text" value="100"/>	[-]	←グラフに同時表示する最大ステップ数を入力します
記録を有効とする	<input type="checkbox"/>	記録を有効とする	[-] ←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください
★接続ノード図を表示する★			

#### 5.2.1.3. 定式化モデル



#### 5.2.1.4. モデルの適用範囲

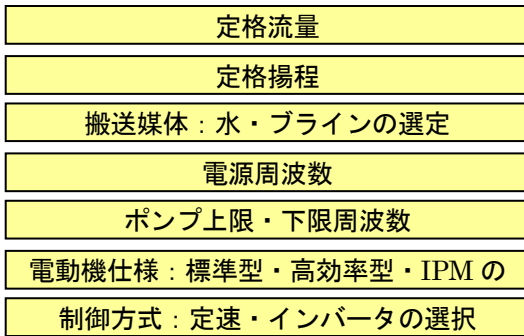
すべての範囲においてモデルを適用可能。

表 5.2.1-1 入出力一覧表

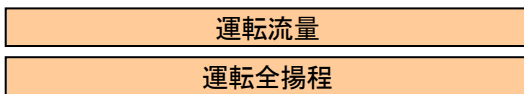
		出力変数	入力変数	入力範囲
定格性能	ポンプ効率補正係数	STF <sub>P</sub>	SG : 比重量 KV : 動粘度	水・ブライン
	定格時のポンプ効率	EF <sub>P,N</sub>	GW <sub>P,N</sub> : 定格流量 STF <sub>P</sub> : ポンプ効率補正係数	
	電動機定格出力	RP <sub>M,N</sub>	GW <sub>P,N</sub> : 定格流量 HW <sub>P,N</sub> : 定格揚程 SG : 比重量 SP <sub>P,N</sub> : 定格軸動力 RPF <sub>M,NK</sub> : 電動機出力選定用値 K : 補正係数	
	電動機効率	EF <sub>M,N</sub>	RP <sub>M,N</sub> : 電動機定格出力	
固定速	ポンプ負荷率	LF <sub>P</sub>	GW <sub>P,N</sub> : 定格流量 GW <sub>P</sub> : 運転流量	
	運転全揚程	HW <sub>P</sub>	HW <sub>P,N</sub> : 定格揚程 LF <sub>P</sub> : ポンプ負荷率	
	運転ポンプ効率	EF <sub>P</sub>	EF <sub>P,N</sub> : 定格時のポンプ効率 LF <sub>P</sub> : ポンプ負荷率	
	消費電力	EP <sub>M</sub>	GW <sub>P</sub> : 運転流量 HW <sub>P</sub> : 運転揚程 SG : 比重量 EF <sub>P</sub> : 運転ポンプ効率 SP <sub>P</sub> : 運転軸動力 EF <sub>M,N</sub> : 定格時電動機効率 P : モータ局数	
インバータ制御	運転インバータ周波数	FE	GW <sub>P,N</sub> : 定格流量 HW <sub>P,N</sub> : 定格揚程 GW <sub>P</sub> : 運転流量 HW <sub>P</sub> : 運転揚程 FE <sub>N</sub> : 電源周波数	
	ポンプ負荷率	LF <sub>P</sub>	GW <sub>P,N</sub> : 定格流量 GW <sub>P</sub> : 運転流量 FE <sub>N</sub> : 電源周波数 FE : 運転インバータ周波数	
	運転ポンプ効率	EF <sub>P</sub>	EF <sub>P,N</sub> : 定格時のポンプ効率 LF <sub>P</sub> : ポンプ負荷率	
	電動機効率	EF <sub>M</sub>	EF <sub>M,N</sub> : 定格電動機効率 P : モータ局数 RP <sub>M,N</sub> : 電動機定格出力 RSR <sub>M</sub> : 電動機回転速度率	
	インバータ効率	EF <sub>INV</sub>	EF <sub>M,N</sub> : 電動機効率 RP <sub>M,N</sub> : 電動機定格出力 RSR <sub>M</sub> : 電動機回転速度率 EF <sub>INV,N</sub> : 定格インバータ効率	
	消費電力	EP <sub>M</sub>	GW <sub>P</sub> : 運転流量 HW <sub>P</sub> : 運転揚程 SG : 比重量 EF <sub>P</sub> : 運転ポンプ効率 SP <sub>P</sub> : 軸動力 EF <sub>M</sub> : 電動機効率	
発熱量	室への発熱量	Q <sub>R</sub>	EP <sub>M</sub> : 消費電力 EF <sub>M,N</sub> : 定格時電動機効率 SP <sub>P</sub> : 軸動力 EF <sub>P</sub> : 運転ポンプ効率 EF <sub>INV</sub> : インバータ効率 EF <sub>M</sub> : 電動機効率	
	媒体への発熱量	Q <sub>W</sub>	SP <sub>P</sub> : 軸動力 EF <sub>P</sub> : 運転ポンプ効率	

### 5.2.1.5. 計算フロー

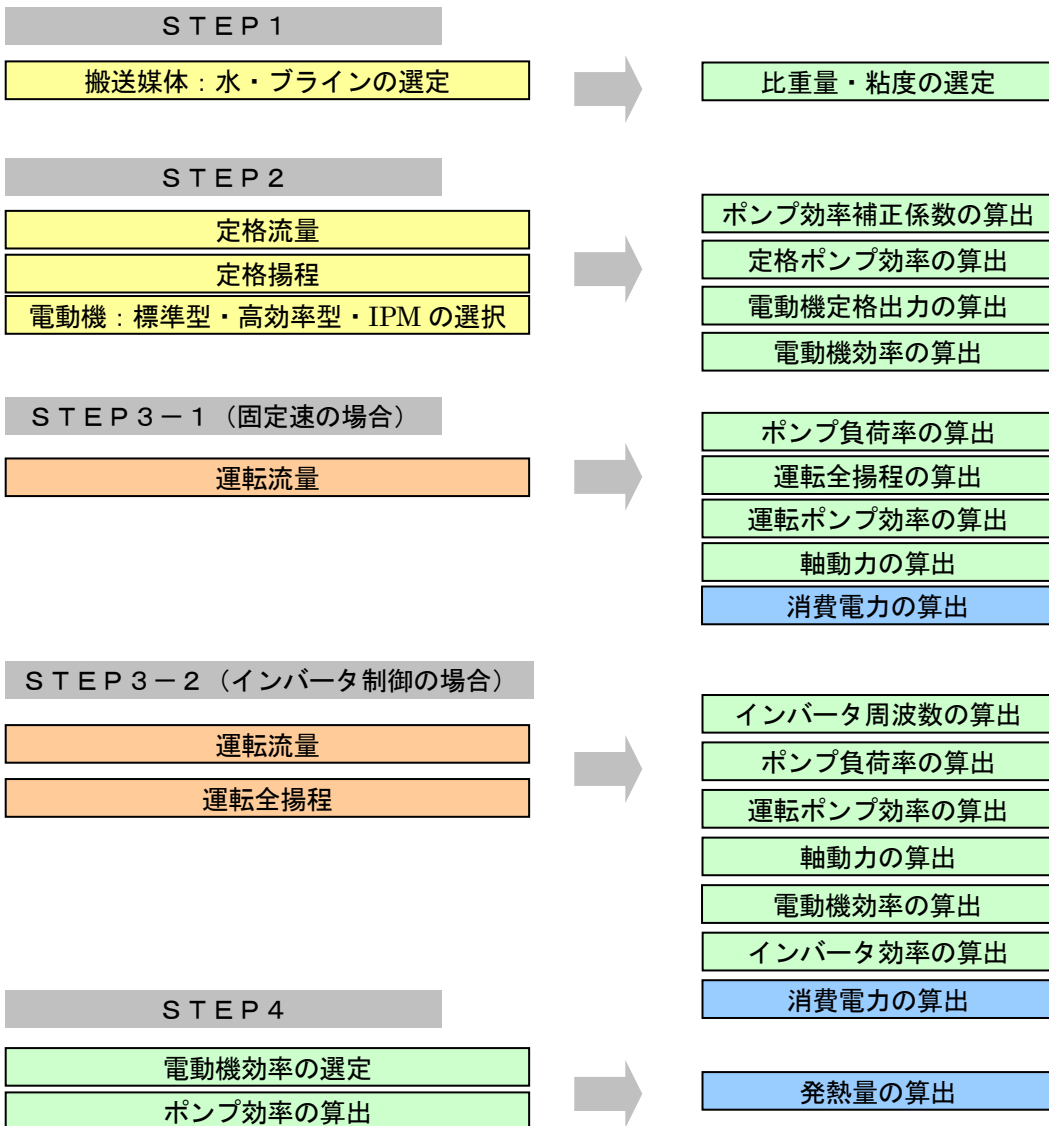
■ 設計者入力項目



■ 他のオブジェクトから受け取る項目

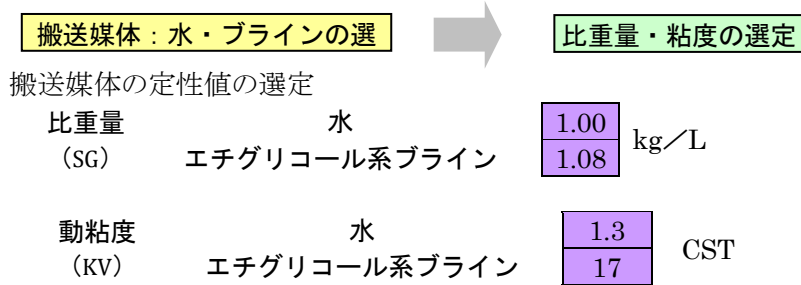


■ 計算出力項目

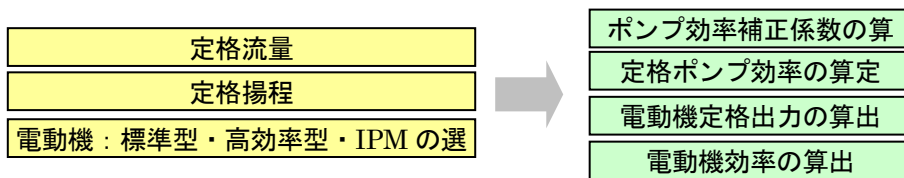


## 5.2.1.6. 機器特性

### STEP1



### STEP2



1) ポンプ効率補正係数 (P\_STF) の算出

STF<sub>P</sub>: ポンプ効率補正係数 (-)

$$STF_P = 1 \quad (KV = 1.3)$$

$$STF_P = 0.0435 \times \ln\left(\frac{GW_{P-N} \times 60}{10^6}\right) + 0.86 \quad (KV = 17)$$

#### ■ エチグリコール系ブラインのポンプ効率修正係数

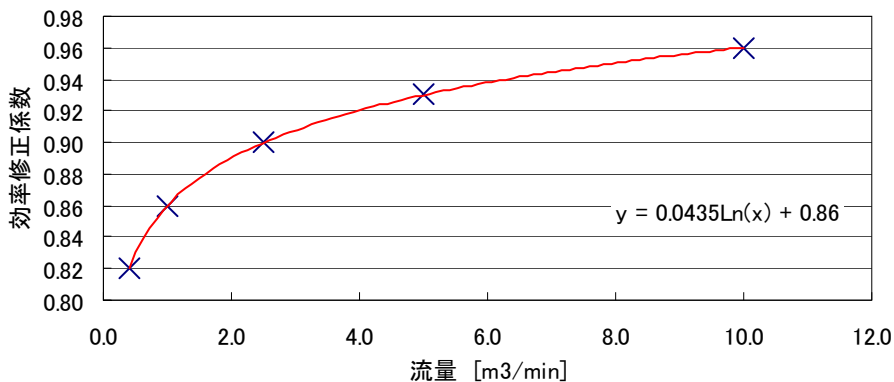


図 5.2.1-1 エチグリコール系ブラインのポンプ効率修正係数



2) 定格時のポンプ効率( $EF_{P,N}$ )の算出

$EF_{P,N}$ : 定格時のポンプ効率(-)

$$EF_{P,N} = \left\{ 0.046 \times \ln \left( \frac{GW_{P,N} \times 60}{10^6} \right) - \frac{0.019}{\left( \frac{GW_{P,N} \times 60}{10^6} \right)} + 0.667 \right\} \times STF_P$$

■ 定格時のポンプ効率(渦巻・多段渦巻)

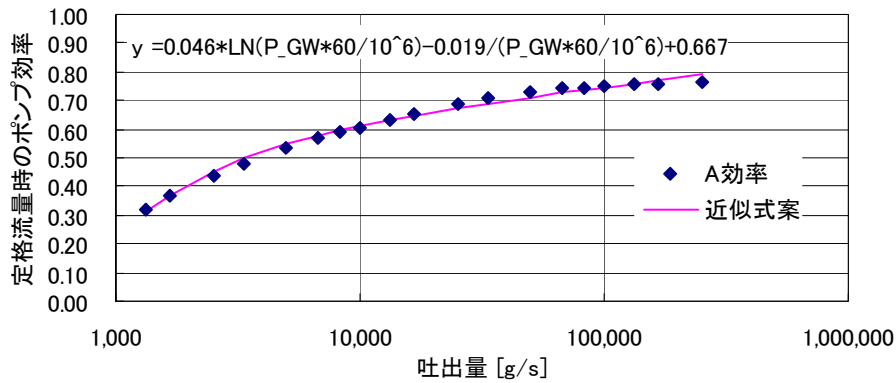


図 5.2.1-2 格時のポンプ効率(渦巻・多段渦巻)

3) 電動機定格出力( $RP_{M,N}$ )の算出

$SP_{P,N}$ : 定格軸動力(W)

$$SP_{P,N} = 0.163 \times \frac{SG \times \left( \frac{GW_{P,N} \times 60}{10^6} \right) \times \left( \frac{HW_{P,N}}{9.8 \times 10^3} \right)}{EF_{P,N}}$$

$RPF_{M,N}$ : 電動機出力選定用値

$$RPF_{M,N} = SP_{P,N} \times K$$

K: 補正係数

K = 1.05 (固定速の場合)

K = 1.15 (インバータ制御の場合)

$RP_{M,N}$ : 電動機定格出力(W)

電動機出力選定用値 ≤ 電動機定格出力となるように選定

電動機定格出力: 0.4kW、0.55kW、0.75kW、1.1kW、1.5kW、2.2kW、3.7kW、5.5kW、  
7.5kW、11kW、15kW、18.5kW、22kW、30kW、37kW、45kW、55kW、  
75kW、90kW、110kW、132kW、150kW、200kW、250kW、315kW

4) 電動機効率( $EF_{M,N}$ )の算出

$EF_{M,N}$ : 電動機効率(-)

a) 標準効率(IE1)、高効率(IE2)、プレミアム効率(IE3)

(マップデータ、JISC4034-30 回転電気機械-第30部:単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス(IEモード)を基に、データベース化(IE1~3))

標準効率(IE1)50Hzの公称効率

定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	72.1	72.1	70.0	71.4
1.1	75.0	75.0	72.9	74.3
1.5	77.2	77.2	75.2	76.5
2.2	79.7	79.7	77.7	79.0
3	81.5	81.5	79.7	80.9
4	83.1	83.1	81.4	82.5
5.5	84.7	84.7	83.1	84.2
7.5	86.0	86.0	84.7	85.6
11	87.6	87.6	86.4	87.2
15	88.7	88.7	87.7	88.4
18.5	89.3	89.3	88.6	89.1
22	89.9	89.9	89.2	89.7
30	90.7	90.7	90.2	90.5
37	91.2	91.2	90.8	91.1
45	91.7	91.7	91.4	91.6
55	92.1	92.1	91.9	92.0
75	92.7	92.7	92.6	92.7
90	93.0	93.0	92.9	93.0
110	93.3	93.3	93.3	93.3
132	93.5	93.5	93.5	93.5
160	93.8	93.8	93.8	93.8
200-375	94.0	94.0	94.0	94.0

高効率(IE2)50Hzの公称効率

定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	77.4	79.6	75.9	77.6
1.1	79.6	81.4	78.1	79.7
1.5	81.3	82.8	79.8	81.3
2.2	83.2	84.3	81.8	83.1
3	84.6	85.5	83.3	84.5
4	85.8	86.6	84.6	85.7
5.5	87.0	87.7	86.0	86.9
7.5	88.1	88.7	87.2	88.0
11	89.4	89.8	88.7	89.3
15	90.3	90.6	89.7	90.2
18.5	90.9	91.2	90.4	90.8
22	91.3	91.6	90.9	91.3
30	92.0	92.3	91.7	92.0
37	92.5	92.7	92.2	92.5
45	92.9	93.1	92.7	92.9
55	93.2	93.5	93.1	93.3
75	93.8	94.0	93.7	93.8
90	94.1	94.2	94.0	94.1
110	94.3	94.5	94.3	94.4
132	94.6	94.7	94.6	94.6
160	94.8	94.9	94.8	94.8
200-375	95.0	95.1	95.0	95.0

プレミアム効率(IE3)50Hzの公称効率

定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	80.7	82.5	78.9	80.7
1.1	82.7	84.1	81.0	82.6
1.5	84.2	85.3	82.5	84.0
2.2	85.9	86.7	84.3	85.6
3	87.1	87.7	85.6	86.8
4	88.1	88.6	86.8	87.8
5.5	89.2	89.6	88.0	88.9
7.5	90.1	90.4	89.1	89.9
11	91.2	91.4	90.3	91.0
15	91.9	92.1	91.2	91.7
18.5	92.4	92.6	91.7	92.2
22	92.7	93.0	92.2	92.6
30	93.3	93.6	92.9	93.3
37	93.7	93.9	93.3	93.6
45	94.0	94.2	93.7	94.0
55	94.3	94.6	94.1	94.3
75	94.7	95.0	94.6	94.8
90	95.0	95.2	94.9	95.0
110	95.2	95.4	95.1	95.2
132	95.4	95.6	95.4	95.5
160	95.6	95.8	95.6	95.7
200-375	95.8	96.0	95.8	95.9

標準効率(IE1)60Hzの公称効率

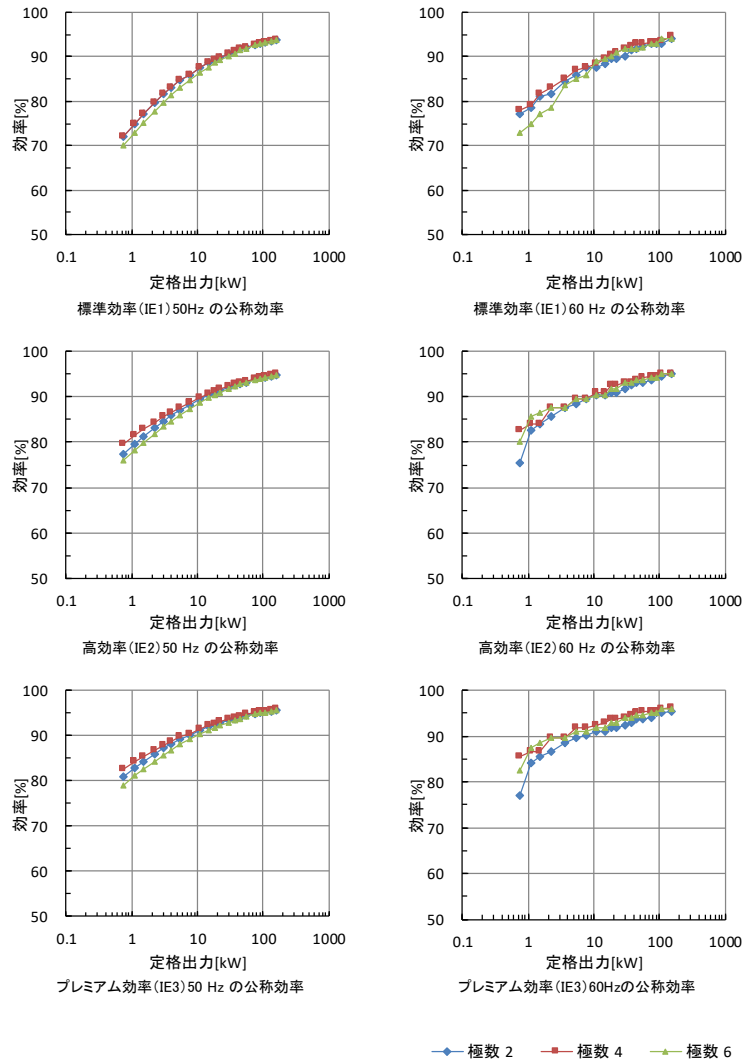
定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	77.0	78.0	73.0	76.0
1.1	78.5	79.0	75.0	77.5
1.5	81.0	81.5	77.0	79.8
2.2	81.5	83.0	78.5	81.0
3.7	84.5	85.0	83.5	84.3
5.5	86.0	87.0	85.0	86.0
7.5	87.5	87.5	86.0	87.0
11	87.5	88.5	89.0	88.3
15	88.5	89.5	89.5	89.2
18.5	89.5	90.5	90.2	90.1
22	89.5	91.0	91.0	90.5
30	90.2	91.7	91.7	91.2
37	91.5	92.4	91.7	91.9
45	91.7	93.0	91.7	92.1
55	92.4	93.0	92.1	92.5
75	93.0	93.2	93.0	93.1
90	93.0	93.2	93.0	93.1
110	93.0	93.5	94.1	93.5
150	94.1	94.5	94.1	94.2
185-375	94.1	94.5	94.1	94.2

高効率(IE2)60Hzの公称効率

定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	75.5	82.5	80.0	79.3
1.1	82.5	84.0	85.5	84.0
1.5	84.0	84.0	86.5	84.8
2.2	85.5	87.5	87.5	86.8
3.7	87.5	87.5	87.5	87.5
5.5	88.5	89.5	89.5	89.2
7.5	89.5	89.5	89.5	89.5
11	90.2	91.0	90.2	90.5
15	90.2	91.0	90.2	90.5
18.5	91.0	92.4	91.7	91.7
22	91.0	92.4	91.7	91.7
30	91.7	93.0	93.0	92.6
37	92.4	93.0	93.0	92.8
45	93.0	93.6	93.6	93.4
55	93.0	94.1	93.6	93.6
75	93.6	94.5	94.1	94.1
90	94.5	94.5	94.1	94.4
110	94.5	95.0	95.0	94.8
150	95.0	95.0	95.0	95.0
185-375	95.4	95.4	95.0	95.3

プレミアム効率(IE3)60Hzの公称効率

定格出力 kW	極数			平均
	2	4	6	
0.75	77.0	85.5	82.5	81.7
1.1	84.0	86.5	87.5	86.0
1.5	85.5	86.5	88.5	86.8
2.2	86.5	89.5	89.5	88.5
3.7	88.5	89.5	89.5	89.2
5.5	89.5	91.7	91.0	90.7
7.5	90.2	91.7	91.0	91.0
11	91.0	92.4	91.7	91.7
15	91.0	93.0	91.7	91.9
18.5	91.7	93.6	93.0	92.8
22	91.7	93.6	93.0	92.8
30	92.4	94.1	94.1	93.5
37	93.0	94.5	94.1	93.9
45	93.6	95.0	94.5	94.4
55	93.6	95.4	94.5	94.5
75	94.1	95.4	95.0	94.8
90	95.0	95.4	95.0	95.1
110	95.0	95.8	95.8	95.5
150	95.4	96.2	95.8	95.8
185-375	95.8	96.2	95.8	95.9



b) IPM

$$EF_{M,N} = \left\{ \frac{4.872 \times \ln\left(\frac{RP_{M,N}}{1000}\right) - 178.4 \times \left(\frac{RP_{M,N}}{1000}\right)^{0.0176} + 267.6}{100} \right\}$$

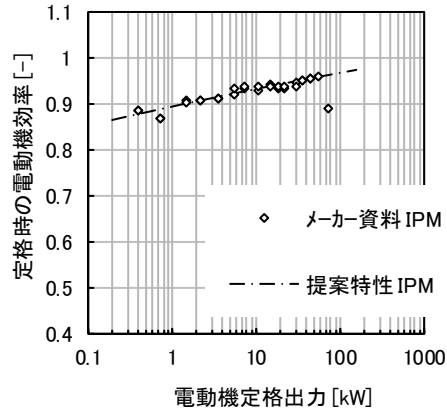
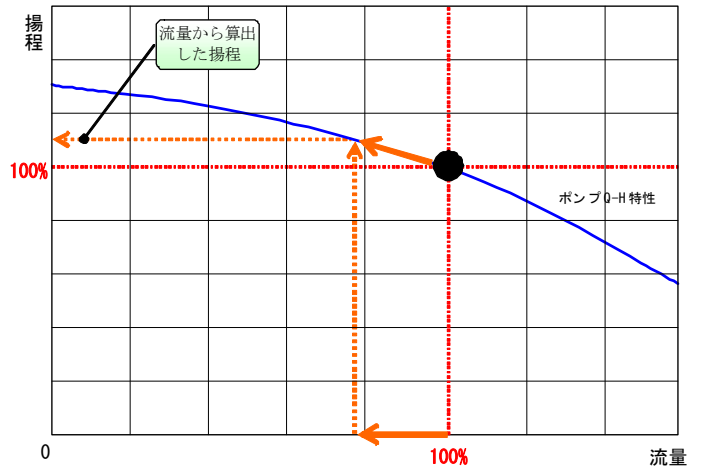
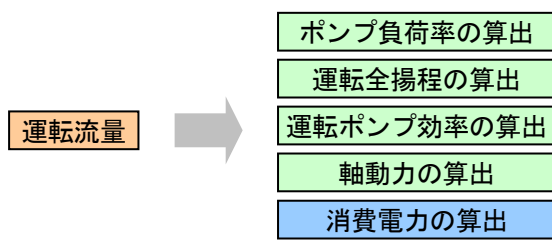


図 5.2.1-3 定格時の電動機効率

### STEP3-1 (固定速の場合)



1) ポンプ負荷率 (LF<sub>P</sub>) の算出

LF<sub>P</sub>: ポンプ負荷率 (-)

$$LF_P = \frac{GW_P}{GW_{P_N}}$$

2) 運転全揚程 (P<sub>HW</sub>) の算出

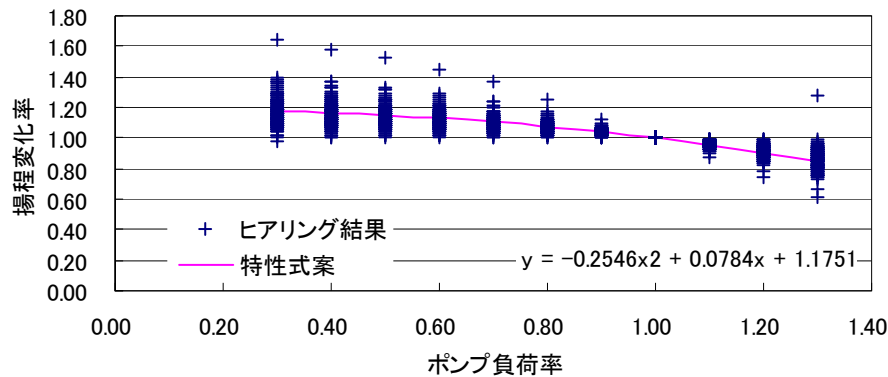
HW<sub>P</sub>: 運転全揚程 (Pa)

$$HW_P = HW_{P_N} \times (HF_{P1} \times LF_P^2 + HF_{P2} \times LF_P + HF_{P3})$$

表 5.2.1-2 ポンプ揚程補正係数

		渦巻	多段渦巻
ポンプ揚程係数 1	HF <sub>P1</sub>	-0.2546	-0.3568
ポンプ揚程係数 2	HF <sub>P2</sub>	0.0784	0.1871
ポンプ揚程係数 3	HF <sub>P3</sub>	1.1751	1.1658

#### ■ ポンプ流量と揚程の関係(渦巻型)



#### ■ ポンプ流量と揚程の関係(多段渦巻型)

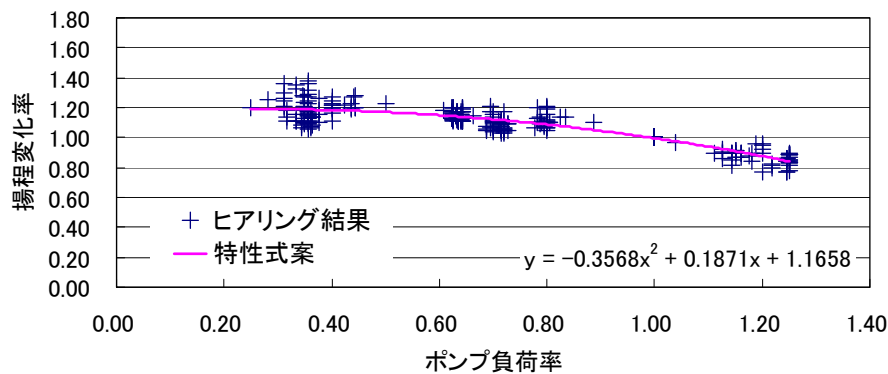


図 5.2.1-4 ポンプ流量と揚程の関係

3) 運転ポンプ効率( $EF_p$ )の算出

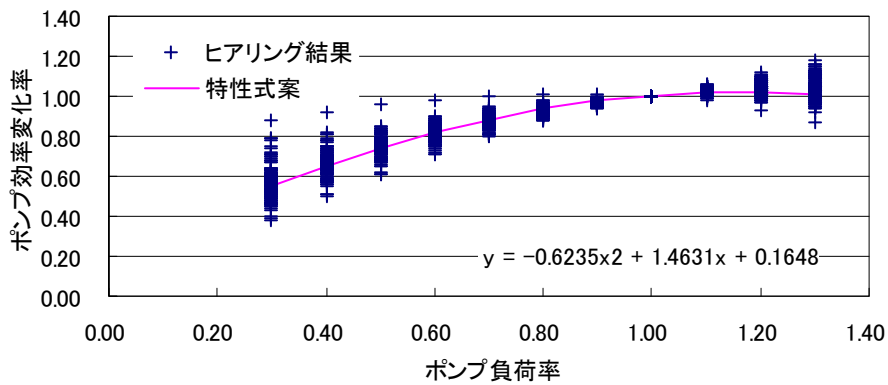
$EF_p$ : 運転ポンプ効率 (-)

$$EF_p = EF_{p\_N} \times (EF_{p1} \times LF_p^2 + EF_{p2} \times LF_p + EF_{p3})$$

表 5.2.1-3 ポンプ効率補正係数

		渦巻	多段渦巻
ポンプ効率係数 1	$EF_{p1}$	-0.6235	-0.8042
ポンプ効率係数 2	$EF_{p2}$	1.4631	1.7145
ポンプ効率係数 3	$EF_{p3}$	0.1648	0.0909

■ ポンプ流量とポンプ効率の関係(渦巻型)



■ ポンプ流量とポンプ効率の関係(多段渦巻型)

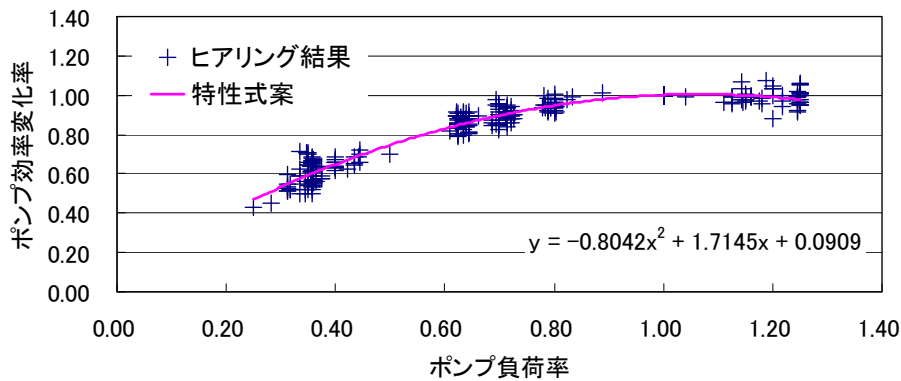


図 5.2.1-5 ポンプ流量とポンプ効率の関係

4) 軸動力( $P_p$ )の算出

$SP_p$ : 軸動力 (W)

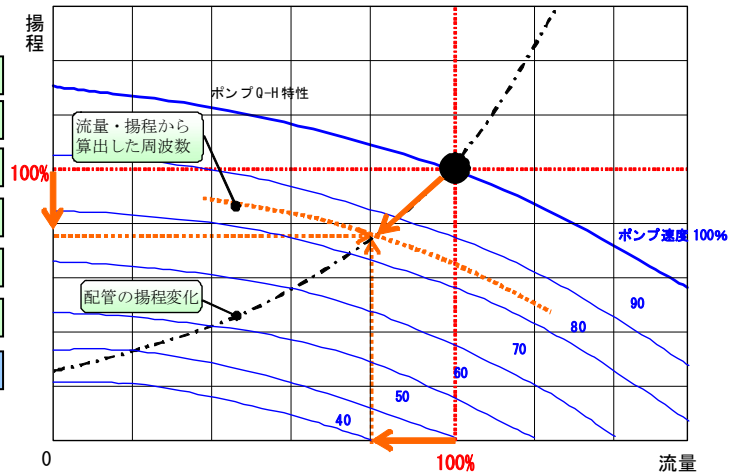
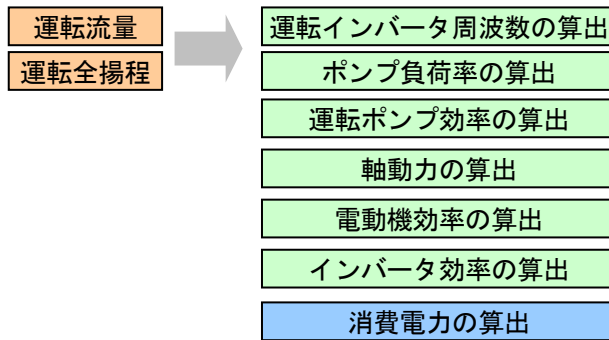
$$SP_p = 0.163 \times \frac{SG \times \left( \frac{GW_p \times 60}{10^6} \right) \times \left( \frac{HW_p}{9.8 \times 10^3} \right)}{EF_p}$$

5) 消費電力( $EP_M$ )の算出

$EP_M$ : 消費電力 (kW)

$$EP_M = \frac{SP_p}{EF_{M\_N}}$$

### STEP3-2 (インバータ制御の場合)



1) 運転インバータ周波数 (FE) の算出

FE: 運転インバータ周波数

$$FE = \frac{-\left\{HF_{P2} \times FE_N \times \left(\frac{GW_P}{GW_{P,N}}\right)\right\} + \sqrt{\left\{HF_{P2} \times FE_N \times \left(\frac{GW_P}{GW_{P,N}}\right)\right\}^2 - 4 \times HF_{P3} \times \left\{HF_{P1} \times \left(FE_N \times \frac{GW_P}{GW_{P,N}}\right)^2 - \frac{HW_P}{HW_{P,N}} \times FE_N^2\right\}}}{2 \times HF_{P3}}$$

※FE は下記数式の解

$$\frac{HW_P}{HW_{P,N}} = \left(\frac{FE}{FE_N}\right) \times \left[ HF_{P1} \times \left\{ \frac{GW_P}{\left(\frac{FE}{FE_N}\right) \times GW_{P,N}} \right\}^2 + HF_{P2} \times \left\{ \frac{GW_P}{\left(\frac{FE}{FE_N}\right) \times GW_{P,N}} \right\} + HF_{P3} \right]$$

ただし、 $FE_{UL} \leq FE$  の時  $FE = FE_{UL}$ 、 $FE_{LL} \geq FE$  の時  $FE = FE_{LL}$  とする。

2) ポンプ負荷率 (P\_LF) の算出

LF<sub>P</sub>: ポンプ負荷率 (-)

$$LF_P = \frac{GW_P}{GW_{P,N} \times \left(\frac{FE}{FE_N}\right)}$$

3) 運転ポンプ効率 (EF<sub>P</sub>) の算出

EF<sub>P</sub>: 運転ポンプ効率 (-)

$$EF_P = EF_{P,N} \times (EF_{P1} \times LF_P^2 + EF_{P2} \times LF_P + EF_{P3})$$

4) 軸動力 (P<sub>p</sub>) の算出

SP<sub>P</sub>: 軸動力 (W)

$$SP_P = 0.163 \times \frac{SG \times \left(\frac{GW_P \times 60}{10^6}\right) \times \left(\frac{HW_P}{9.8 \times 10^3}\right)}{EF_P}$$

5) 電動機効率( $EF_M$ )の算出

- $EF_M$  : 電動機効率(-)  
 $RP_{M,N}$  : 定格電動機(W)  
 $EF_{M,N}$  : 定格電動機効率(-)  
 $FE_N$  : 電源周波数(Hz)  
 $FE$  : 運転インバータ周波数(Hz)  
 $RSR_M$  : 電動機回転速度率(-)

$$RSR_M = \frac{FE}{FE_N}$$

$EF_M$ : 電動機効率(-)

■ 標準(IE1)、高効率(IE2)、プレミアム効率(IE3)

$$EF_M = EF_{M,N} \times \left[ \left\{ (a1 \times \ln(RSR_M) + a2) \times \ln \left\{ \frac{RP_{M,N}}{1000} \right\} \right\} + \{ b1 \times \ln(RSR_M) + b2 \} \right]$$

種別		a1	a2	b1	b2
標準 (IE1)	2P	-0.025	-0.005	0.147	1.029
	4P	-0.028	-0.005	0.165	1.031
	6P	-0.022	-0.006	0.172	1.030
高効率 (IE2)	2P	-0.024	-0.005	0.146	1.029
	4P	-0.027	-0.005	0.165	1.031
	6P	-0.022	-0.005	0.172	1.029
プレミアム効率 (IE3)	2P	-0.023	-0.005	0.125	1.027
	4P	-0.028	-0.004	0.148	1.027
	6P	-0.024	-0.004	0.151	1.026

■ IPM

55kW 以下

$$EF_M = EF_{M,N} \times \left\{ 0.10 \times \exp \left( -0.02 \times \frac{RP_{M,N}}{1000} \right) \times \ln(RSR_M) + 1 \right\}$$

75kW 以上

$$EF_M = EF_{M,N} \times \left\{ 0.10 \times \exp \left( -0.02 \times \frac{RP_{M,N}}{1000} \right) \times \ln(RSR_M) + 1 \right\}$$

※: 75kW 以上は、INV 制御による電動機の効率低下の割合は一定であるものとする。

■ 動機回転速度率と電動機効率の関係

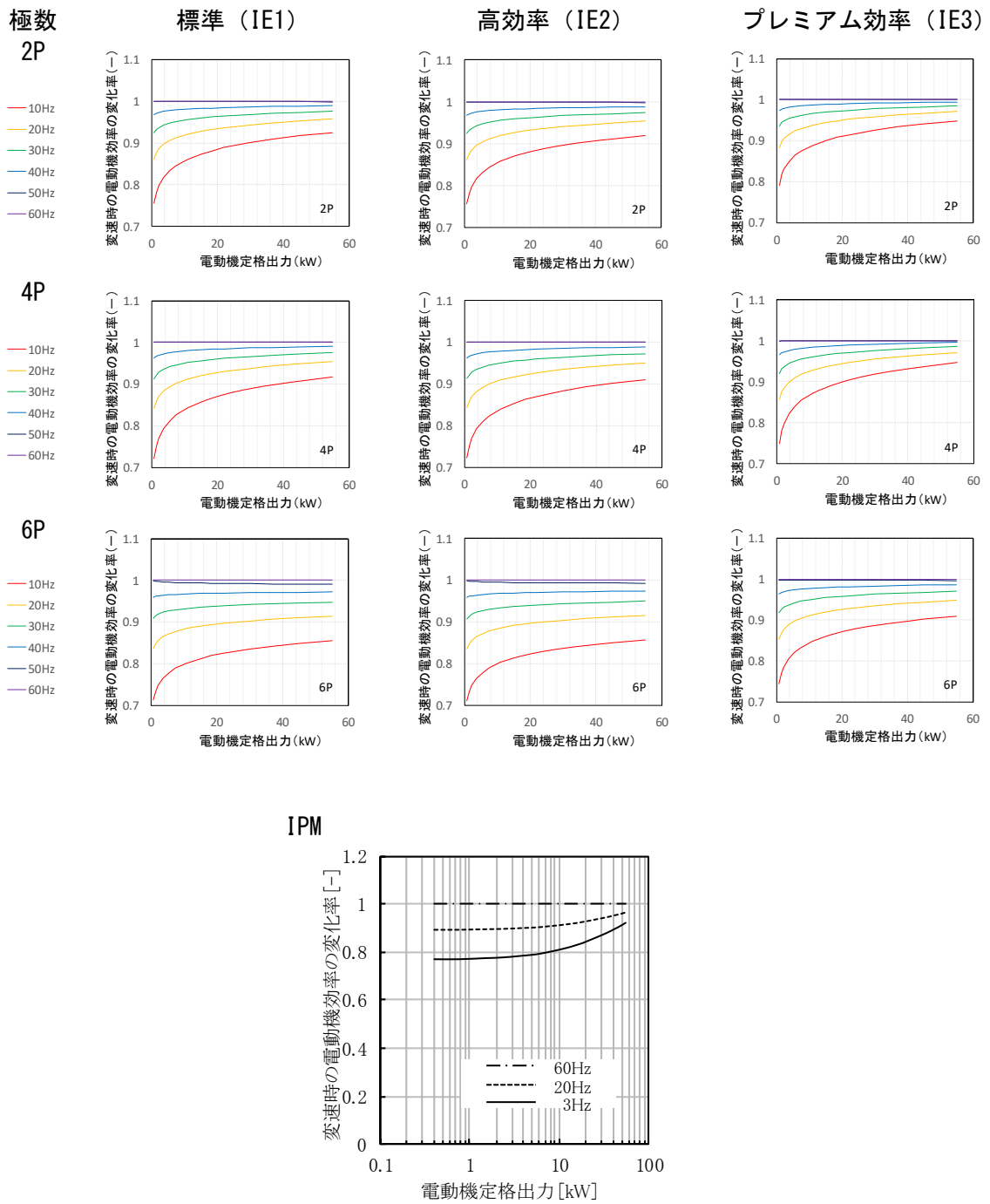


図 5.2.1-6 動機回転速度率と電動機効率の関係



6) インバータ効率( $EF_{INV}$ )の算出

- $EF_{INV\_N}$  : 定格インバータ効率 (—)  
 $RP_{M\_N}$  : 定格電動機 (W)  
 $FE_N$  : 電源周波数 (Hz)  
 $RSR_M$  : 電動機回転速度率 (—)  
 $FE$  : 運転インバータ周波数 (Hz)

$$EF_{INV\_N} = \begin{cases} 0.95 & (\leq 0.4\text{kW}) \\ 0.96 & (= 0.75\text{kW}) \\ 0.97 & (\geq 1.5\text{kW}) \end{cases}$$

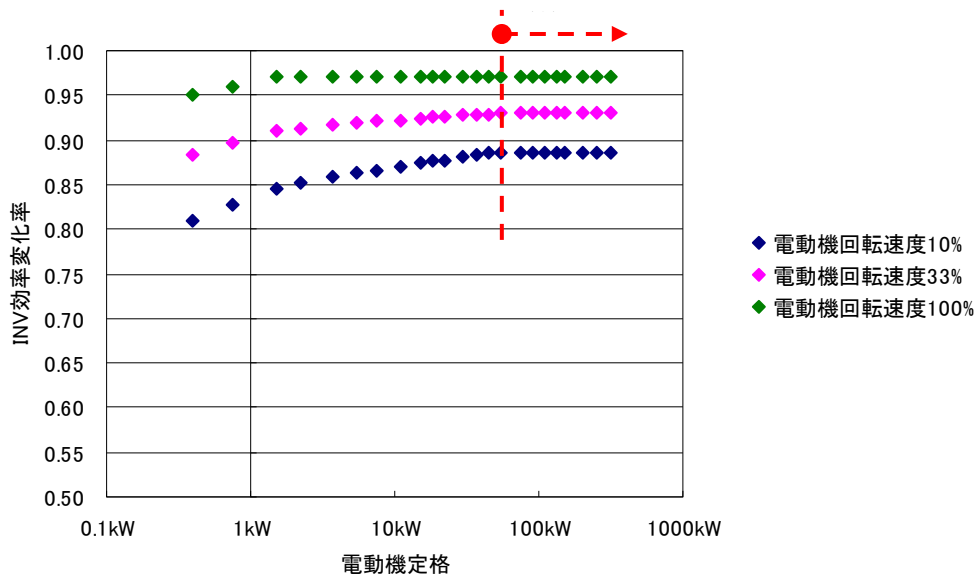
55kW 以下

$$EF_{INV} = EF_{INV\_N} \times \left\{ 0.058 \times \left( \frac{EP_{M\_N}}{1000} \right)^{-0.11} \times \ln(RSR_M) + 1 \right\}$$

75kW 以上

$$EF_{INV} = EF_{INV\_N} \times \left\{ 0.058 \times \left( \frac{75000}{1000} \right)^{-0.11} \times \ln(RSR_M) + 1 \right\}$$

■ 電動機回転速度率とインバータ効率の関係



※: 75kW 以上は、INV 制御による電動機の効率低下の割合は一定であるものとする。

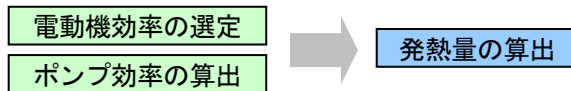
図 5.2.1-7 電動機回転速度率とインバータ効率の関係

7) 消費電力( $EP_M$ )の算出

$EP_M$ : 消費電力(W)

$$EP_M = \frac{SP_p}{EF_p \times EF_{INV}}$$

#### STEP 4



1) 定速の場合

$Q_R$ : 室への発熱量 (W)

$$Q_R = EF_P \times (1 - EF_{M,N}) + \frac{SP_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

$Q_W$ : 媒体への発熱量 (W)

$$Q_W = \frac{SP_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

2) インバータの場合

$Q_{P,A}$ : 室への発熱量 (W)

$$Q_R = EF_P \times (1 - EF_M \times EF_{INV}) + \frac{SP_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

$Q_W$ : 媒体への発熱量 (W)

$$Q_W = \frac{SP_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

## 5.2.2. ライン型

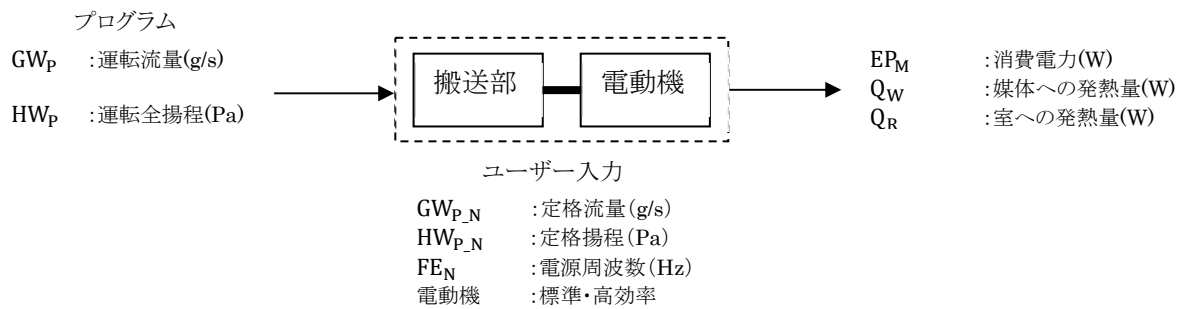
### 5.2.2.1. 機器特性の考え方

- ・ ポンプ定格能力・運転条件を入力項目とする。
- ・ 運転時間と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。

### 5.2.2.2. 設定項目

名称	ポンプ20090101	
定格流量	1500	[L/min(w)]
■ 電動機 ■		
定格消費電力	15	[kW]
相数	3	[-]
電圧	200	[V]
周波数	50	[Hz]
力率	0.8	[-]
■ 記録・グラフ表示 ■		
グラフを表示する	<input type="checkbox"/> グラフを表示する	[-] ←グラフを表示するときはチェックしてください
最大同時表示ステップ数	100	[-] ←グラフに同時表示する最大ステップ数を入力します
記録を有効とする	<input type="checkbox"/> 記録を有効とする	[-] ←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください
★接続ノード図を表示する★		

### 5.2.2.1. 定式化モデル



### 5.2.2.2. モデルの適用範囲

すべての範囲においてモデルを適用可能。

表 5.2.2-1 入出力一覧表

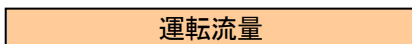
		出力変数	入力変数	入力範囲
定格性能	定格時のポンプ効率	$EF_{P,N}$	$GW_{P,N}$ : 定格流量	
	電動機定格出力	$RP_{M,N}$	$GW_{P,N}$ : 定格流量 $HW_{P,N}$ : 定格揚程 $SP_{P,N}$ : 定格軸動力 $RPF_{M,N}$ : 電動機出力選定用値 K : 補正係数	
	電動機効率	$EF_{M,N}$	$RP_{M,N}$ : 電動機定格出力	
固定速	ポンプ負荷率	$LF_P$	$GW_{P,N}$ : 定格流量 $GW_P$ : 運転流量	
	運転全揚程	$HW_P$	$HW_{P,N}$ : 定格揚程 $LF_P$ : ポンプ負荷率	
	運転ポンプ効率	$EF_P$	$EF_{P,N}$ : 定格時のポンプ効率 $LF_P$ : ポンプ負荷率	
	消費電力	$EP_M$	$GW_P$ : 運転流量 $HW_P$ : 運転揚程 $EF_P$ : 運転ポンプ効率 $SP_P$ : 軸動力 $EF_{M,N}$ : 定格時電動機効率	
発熱量	室への発熱量	$Q_R$	$EP_M$ : 消費電力 $EF_{M,N}$ : 定格時電動機効率 $SP_P$ : 軸動力 $EF_P$ : 運転ポンプ効率 $EF_M$ : 電動機効率	
	媒体への発熱量	$Q_W$	$SP_P$ : 軸動力 $EF_P$ : 運転ポンプ効率	

### 5.2.2.3. 計算フロー

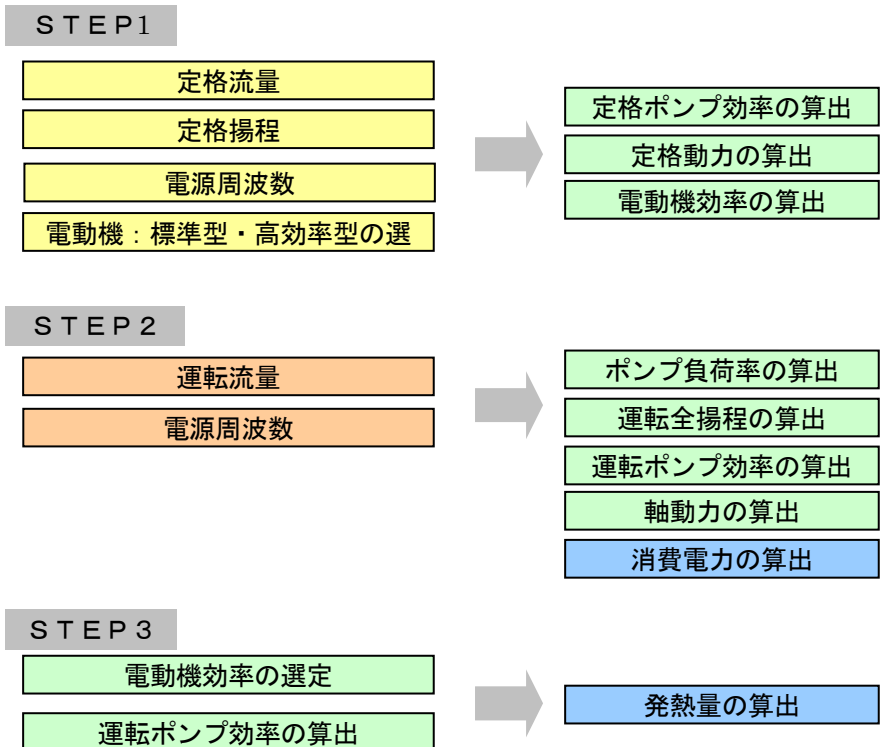
#### ■ 設計者入力項目



#### ■ 他のオブジェクトから受け取る項目

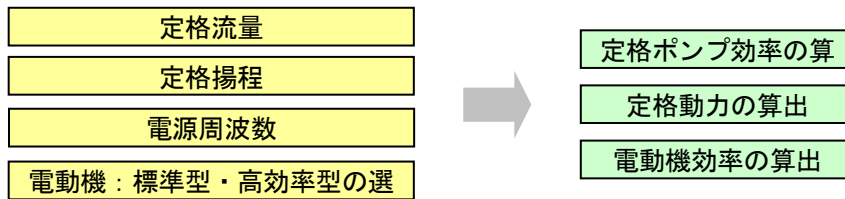


#### ■ 計算出力項目



## 5.2.2.4. 機器特性

### STEP 1



1) 定格ポンプ効率( $EF_{P,N}$ )の算出

$EF_{P,N}$  : 定格ポンプ効率(-)

$$EF_{P,N} = EF_{P1} \times \ln(GW_{P,N}) + EF_{P2}$$

表 5.2.2-2 ポンプ効率補正係数

電源周波数	$FE_N$	50Hz	60Hz
ポンプ効率係数 1	$EF_{P1}$	8.2031	6.9105
ポンプ効率係数 2	$EF_{P2}$	68.562	65.153

■ 定格流量時のポンプ効率(ライン型)

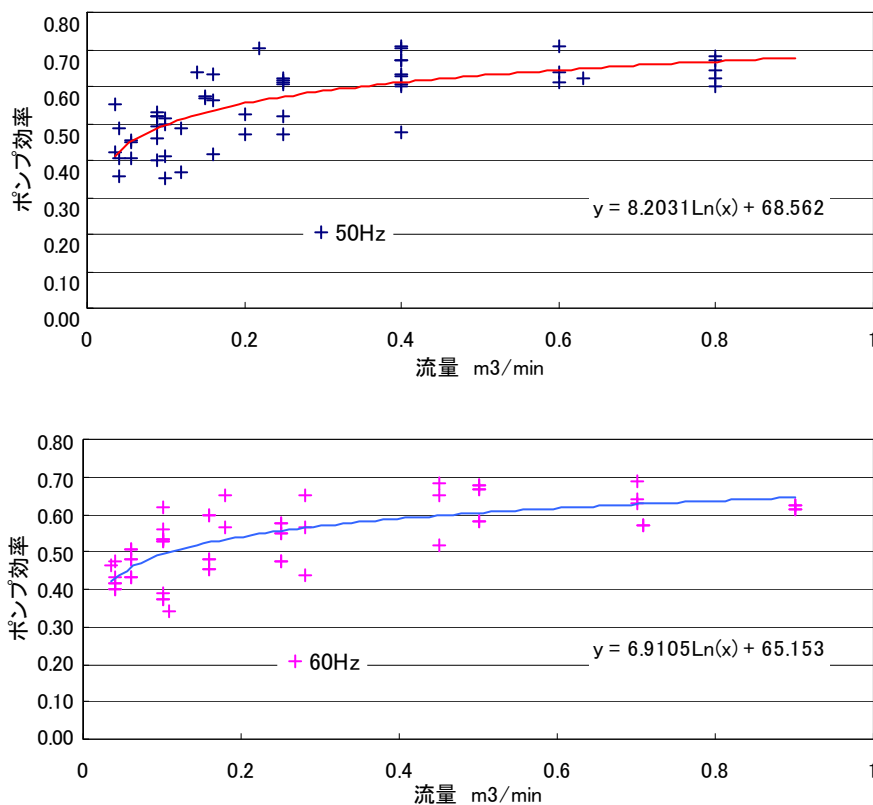


図 5.2.2-1 定格流量時のポンプ効率(ライン型)

1) 定格動力( $RP_{M,N}$ )の算出

$SP_{P,N}$ : 定格軸動力 (W)

$$SP_{P,N} = 0.163 \times \frac{SG \times \left( \frac{GW_{P,N} \times 60}{10^6} \right) \times \left( \frac{HW_{P,N}}{9.8 \times 10^3} \right)}{EF_{P,N}}$$

$RPF_{M,N}$ : 電動機出力選定用値

$$RPF_{M,N} = SP_{P,N} \times K$$

K: 補正係数

$$K = 1.05$$

$RP_{M,N}$ : 電動機定格出力 (W)

電動機出力選定用値 ≤ 電動機定格出力となるように選定

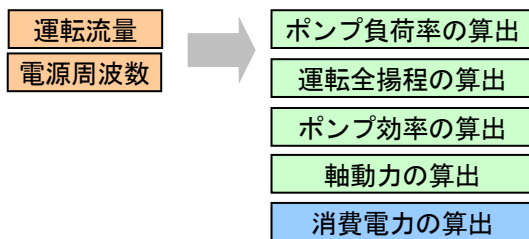
電動機定格出力: 0.4kW、0.55kW、0.75kW、1.1kW、1.5kW、2.2kW、3.7kW、5.5kW、7.5kW、11kW、15kW、18.5kW、22kW、30kW、37kW、45kW、55kW、75kW、90kW、110kW、132kW、150kW、200kW、250kW、315kW

2) 電動機効率( $EF_{M,N}$ )の算出

$EF_{M,N}$ : 電動機効率(-)

$$EF_{M,N} = f(RP_{M,N})$$

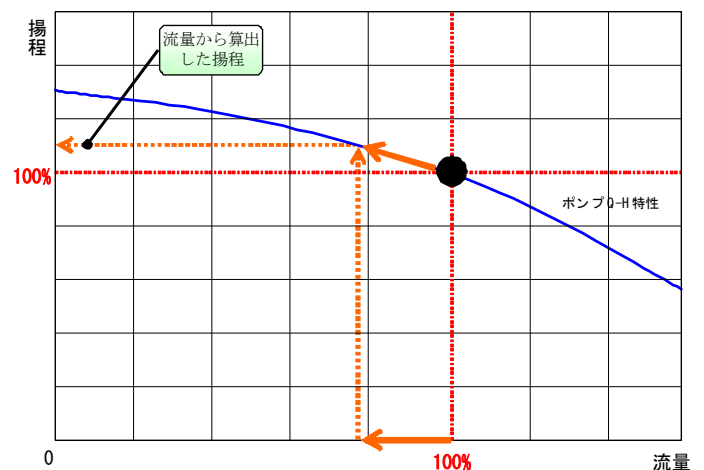
**STEP 2**



3) ポンプ負荷率 ( $LF_P$ ) の算出

$LF_P$ : ポンプ負荷率(-)

$$LF_P = \frac{GW_P}{GW_{P,N}}$$



4) 運転全揚程(P\_HW)の算出

HW<sub>P</sub>: 運転全揚程 (Pa)

$$HW_P = HW_{P_N} \times (HF_{P1} \times LF_P^2 + HF_{P2} \times LF_P + HF_{P3})$$

表 5.2.2-3 ポンプ効率補正係数

電源周波数	FE <sub>N</sub>	50Hz	60Hz
ポンプ揚程係数 1	HF <sub>P1</sub>	-0.423	-0.2581
ポンプ揚程係数 2	HF <sub>P2</sub>	0.2151	-0.0184
ポンプ揚程係数 3	HF <sub>P3</sub>	1.2086	1.278

■ ポンプ流量と揚程の関係(ライン型)

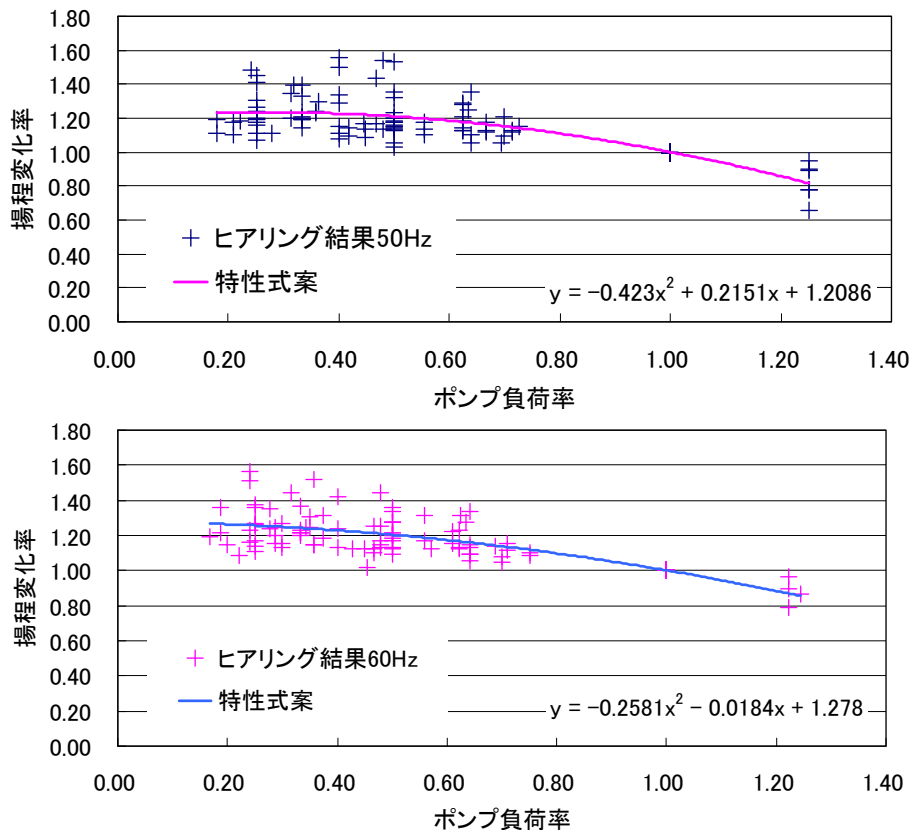


図 5.2.2-2 ポンプ流量と揚程の関係(ライン型)



5) ポンプ効率(P\_EF)の算出

EF<sub>P</sub>: 運転ポンプ効率(-)

$$EF_P = EF_{P\_N} \times (EF_{P1} \times LF_{P^2} + EF_{P2} \times LF_P + EF_{P3})$$

表 5.2.2-4 ポンプ揚程補正係数

電源周波数	FE <sub>N</sub>	50Hz	60Hz
ポンプ効率係数 1	EF <sub>P1</sub>	-0.8467	-0.7779
ポンプ効率係数 2	EF <sub>P2</sub>	1.7919	1.7004
ポンプ効率係数 3	EF <sub>P3</sub>	0.0562	0.0793

■ ポンプ流量とポンプ効率の関係(ライン型)

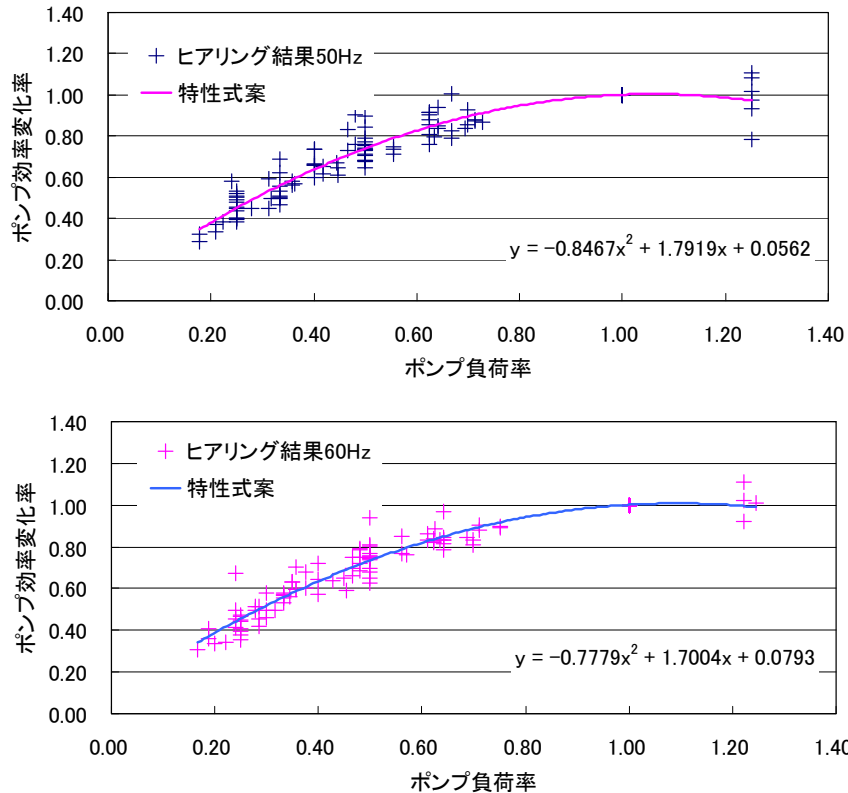


図 5.2.2-3 ポンプ流量とポンプ効率の関係(ライン型)

6) 軸動力(SP<sub>P</sub>)の算出

SP<sub>P</sub>: 軸動力(W)

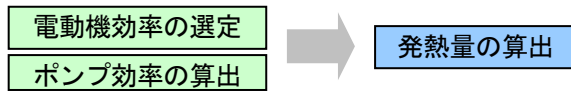
$$SP_P = 0.163 \times \frac{SG \times \left( \frac{GW_P \times 60}{10^6} \right) \times \left( \frac{HW_P}{9.8 \times 10^3} \right)}{EF_P}$$

7) 消費電力(EP<sub>M</sub>)の算出

EP<sub>M</sub>: 消費電力(kW)

$$EP_M = \frac{P_P}{EF_{M\_N}}$$

### STEP3



$Q_R$ : 室への発熱量 (W)

$$Q_R = EF_P \times (1 - EF_{M,N}) + \frac{P_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

$Q_W$ : 媒体への発熱量 (W)

$$Q_W = \frac{P_P \times (1 - EF_P)}{2}$$

## 5.2.3. 歯車型・カスケード型

### 5.2.3.1. 機器特性の考え方

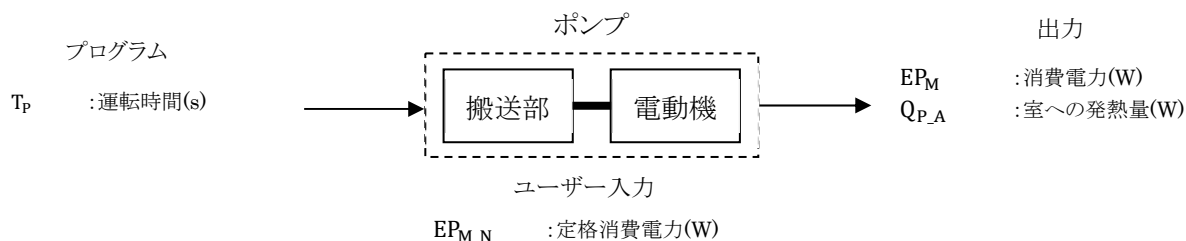
- ・ ポンプ定格能力・運転条件を入力項目とする。
- ・ 運転時間と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。

### 5.2.3.2. 設定項目

ポンプ		名称	
名称		ポンプ20090101	
定格流量	<input type="text" value="1500"/>	[L/min(w)]	
■ 電動機 ■			
定格消費電力	<input type="text" value="15"/>	[kW]	
相数	<input type="text" value="3"/>	[-]	
電圧	<input type="text" value="200"/>	[V]	
周波数	<input type="text" value="50"/>	[Hz]	
力率	<input type="text" value="0.8"/>	[-]	
■ 記録・グラフ表示 ■			
グラフを表示する	<input type="checkbox"/> グラフを表示する	[-]	←グラフを表示するときはチェックしてください
最大同時表示ステップ数	<input type="text" value="100"/>	[-]	←グラフに同時表示する最大ステップ数を入力します
記録を有効とする	<input type="checkbox"/> 記録を有効とする	[-]	←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください
★接続ノード図を表示する★			

定格流量 : (L/min)  
 定格揚程 : (kPa)  
 電源周波数 : (Hz)  
 定格消費電力 : (W)

### 5.2.3.3. 定式化モデル



### 5.2.3.4. モデルの適用範囲

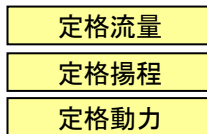
すべての範囲においてモデルを適用可能。

表 5.2.3-1 入出力一覧表

		出力変数	入力変数	入力範囲
定格性能	電動機効率	$EF_{M,N}$	$RP_{M,N}$ : 電動機定格出力	
固定値	消費電力	$EP_M$	$RP_{M,N}$ : 電動機定格出力 $D_P$ : 運転/停止の別	
発熱量	室への発熱量	$Q_{P,A}$	$EP_M$ : 消費電力 $EF_{M,N}$ : 定格時電動機効率 $D_P$ : 運転/停止の別	

### 5.2.3.5. 計算フロー

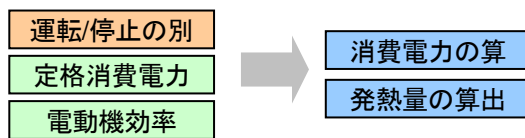
■ 設計者入力項目



■ 他のオブジェクトから受け取る項目

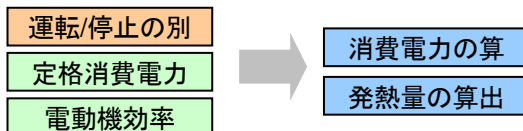


■ 計算出力項目



### 5.2.3.6. 機器特性

**STEP 1**



1) 消費電力( $EP_M$ )の算出

$EP_M$ :消費電力(W)

$$EP_M = EP_{M,N} \times D_P \quad (D_P \text{は } 0: \text{停止、} 1: \text{運転})$$

2) 発熱量の算出

$Q_R$ :室への発熱量(W)

$$Q_R = EP_M \times (1 - EF_{M,N}) \times D_P$$

$EF_{M,N}$ :電動機効率(-)

$$EF_{M,N} = f(RP_{M,N})$$

$Q_W$ :媒体への発熱量(W)=0とする。

## 5.3. ファンの各種機器特性

### 5.3.1. シロッコファン (片吸込、両吸込)

#### 5.3.1.1. 機器特性の考え方

- 1) ファン設計能力・運転条件・制御方式を入力項目とする。
- 2) 「国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備設計基準(平成 18 年版)」(以下、文献1)の、シロッコファンの選定手順により、設計風量(以下、定格風量)、設計機外静圧(以下、定格機外静圧)から、ファンの番手、電動機定格出力の選定を行う。
- 3) 運転風量と運転機外静圧と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。

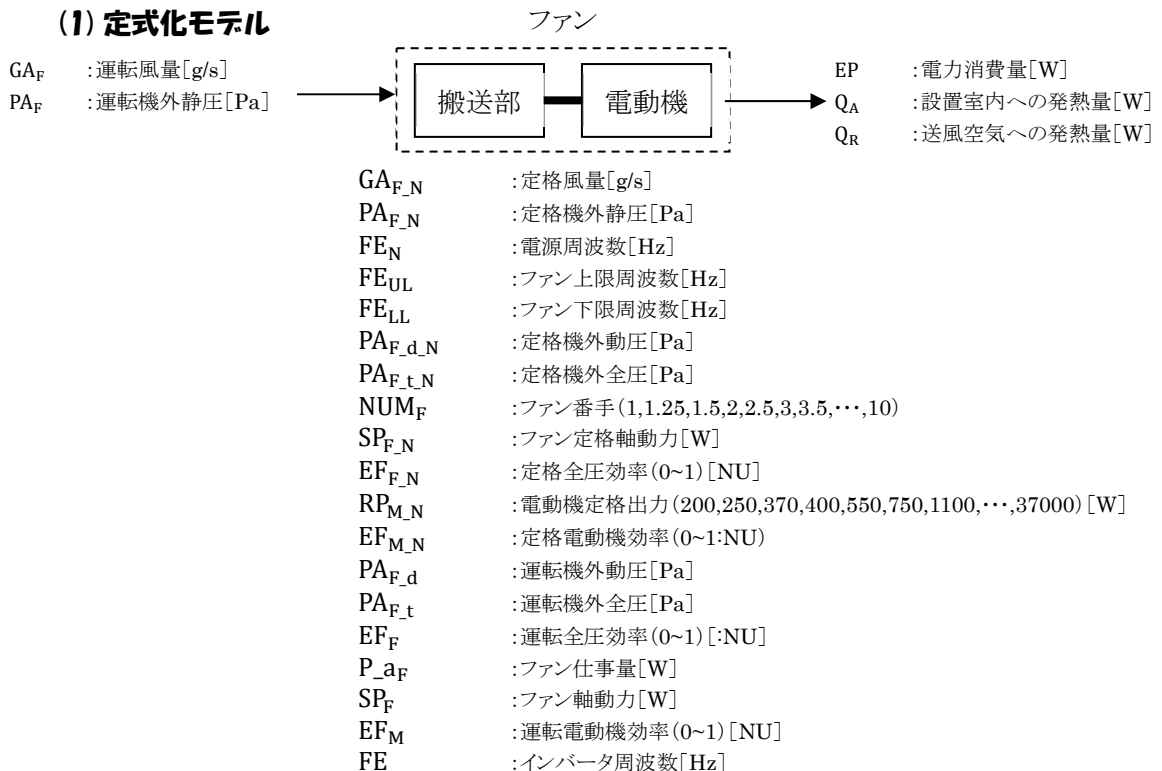
#### 5.3.1.2. 設定項目

ファン	
名称	ファン20090101
定格風量	1000 [m <sup>3</sup> /h(a)]
最小風量	0 [m <sup>3</sup> /h(a)]
■電動機■	
定格消費電力	0.75 [kW]
相数	3 [-]
電圧	200 [V]
周波数	50 [Hz]
力率	0.8 [-]
■記録・グラフ表示■	
グラフを表示する	<input type="checkbox"/> グラフを表示する [-]
最大同時表示ステップ数	100 [-]
記録を有効とする	<input type="checkbox"/> 記録を有効とする [-]
★接続ノード図を表示する★	

ファン種別	: 片吸込型、両吸込型
定格風量	: m <sup>3</sup> /h
定格機外静圧	: Pa
電源周波数	: Hz
ファン上限周波数	: Hz
ファン下限周波数	: Hz
電動機種別	: 標準・高効率・プレミアム効率・IPM
電動機効率	: (—)
制御方式	: 定速・インバータ
モータ極数	: 2P、4P、6P
送風空気への機器発熱	

#### 5.3.1.3. 定式化モデル

##### (1) 定式化モデル

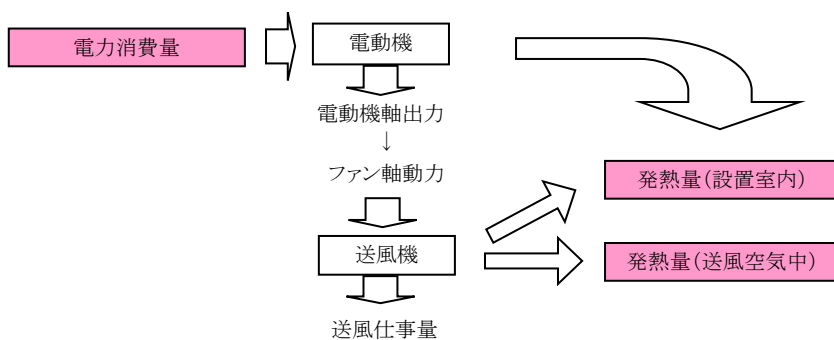


注記: 定式化において、空気の比重は 1.2kg/m<sup>3</sup> とする

図 5.3.1-1 シロッコファン定式化モデル

## (2) エネルギーフローモデル

1) 電動機が送風空气中(風動)に無い場合



2) 電動機が送風空气中(風動)にある場合

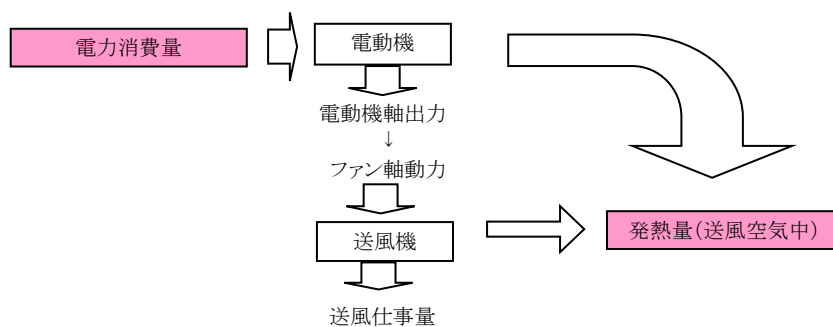


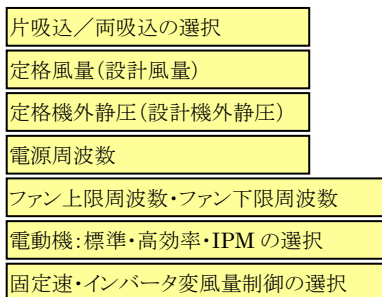
図 5.3.1-2 エネルギーフローモデル

### 5.3.1.4. モデルの適用範囲

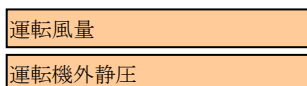
片吸込および両吸込シロッコファンに限る。

### 5.3.1.5. 計算フロー

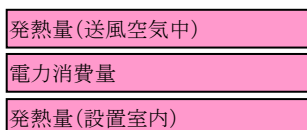
#### ■ 設計者入力項目



#### ■ 他のオブジェクトから受取る項目

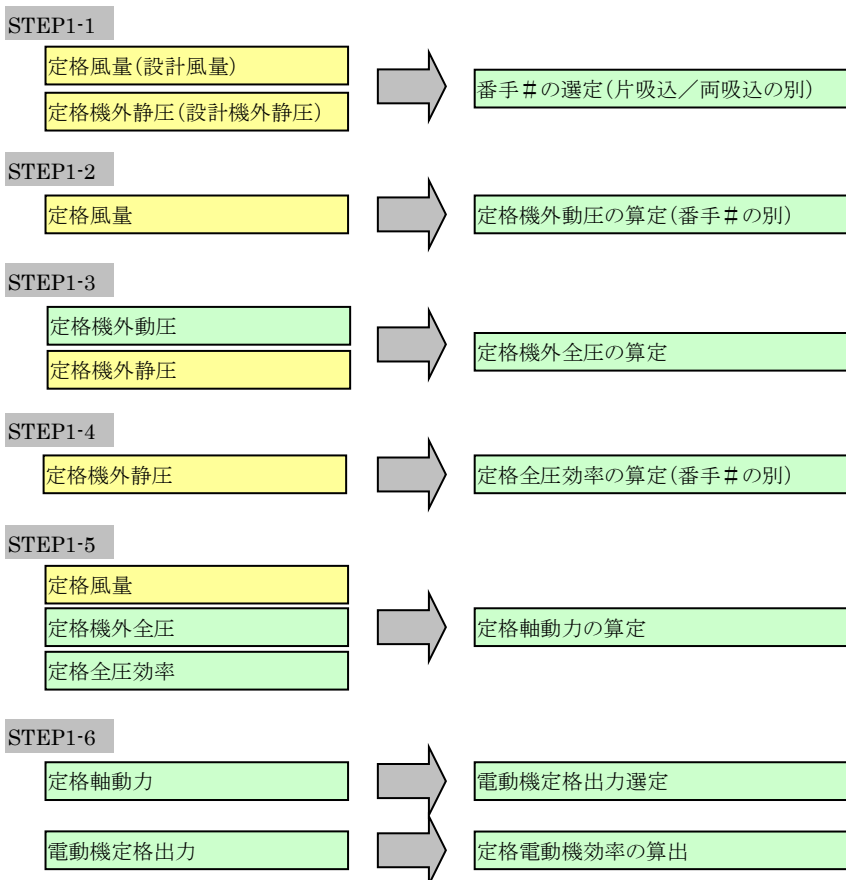


#### ■ 計算出力項目



#### ■ 計算フロー

##### 1) ファンの番手#, 電動機選定ステップ



定速の場合→STEP2-1へ

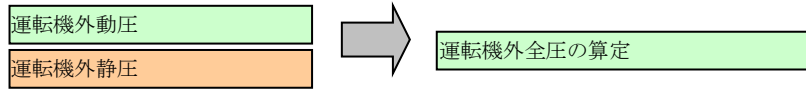
インバータの場合→STEP3-1へ

## 2) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP2-1



### STEP2-2

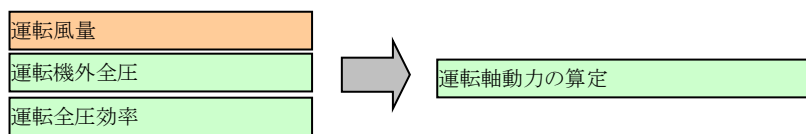


### STEP2-3

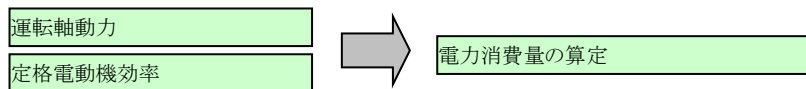


運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

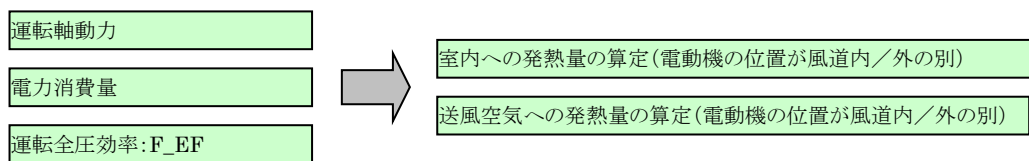
### STEP2-4



### STEP2-5



### STEP2-6



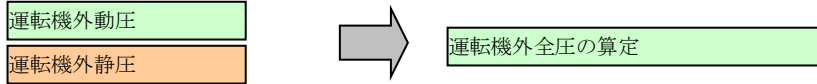


### 3) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

#### STEP3-1



#### STEP3-2

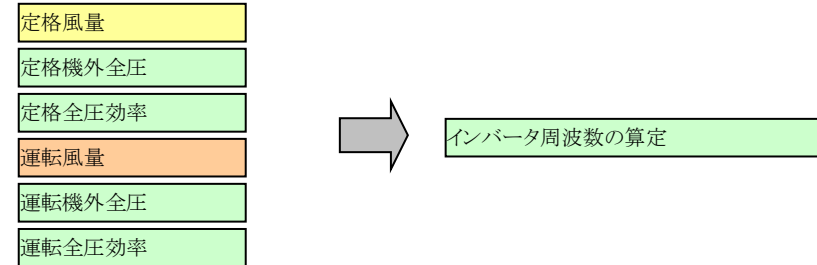


#### STEP3-3

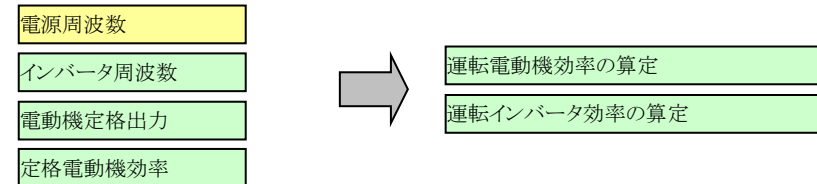
変風量運転時の全圧効率は、インバータの VF 特性を適性に設定した回転数制御を行うという条件のもと、定格機外静圧時の値と変わらないとする



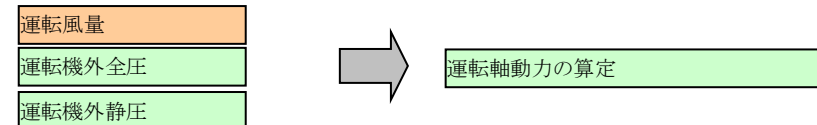
#### STEP3-4



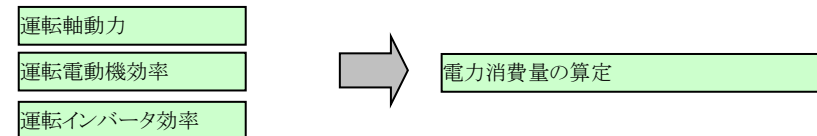
#### STEP3-5



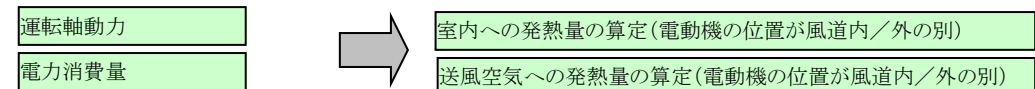
#### STEP3-6



#### STEP3-7



#### STEP3-8



### 5.3.1.6. 機器特性

#### STEP1-1

定格風量(設計風量):  $GA_{F,N}$  [g/s]

定格機外静圧(設計機外静圧):  $PA_{F,N}$  [Pa]



番手#の選定(片吸込/両吸込の別):  $NUM_F$

1) 片吸込の場合 文献1より転載

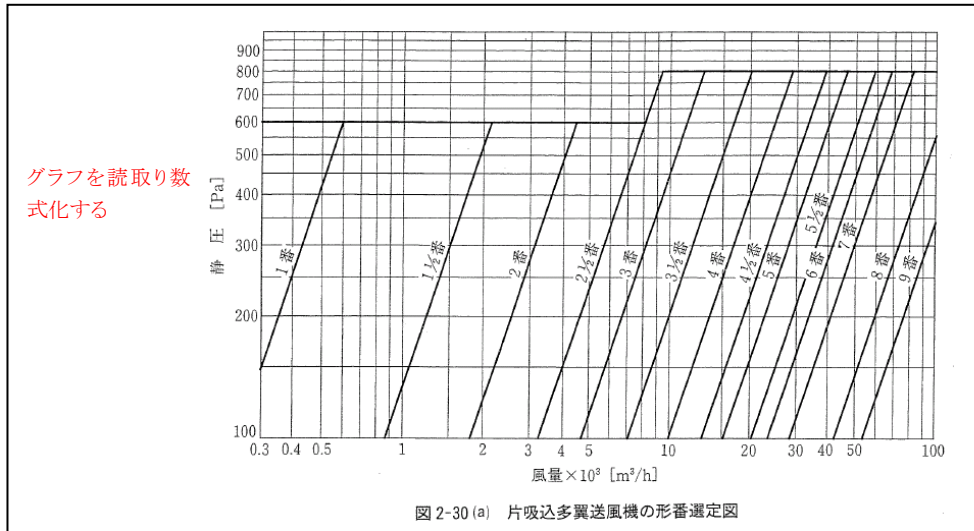


表 5.3.1-1 片吸シロッコファンの型番選定

型番	係数	型番	領域の条件			①~③の条件を満足するとき
			①	②	③	
P(#1)	1.50E-02	#1	$(PA_{F,N}) > P(\#1)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$	⇒#1
P(#1 1/2)	1.19E-03	#1 1/2	$(PA_{F,N}) > P(\#1 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$	⇒#1 1/2
P(#2)	2.78E-04	#2	$(PA_{F,N}) > P(\#2)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$	⇒#2
P(#2 1/2)	8.42E-05	#2 1/2	$(PA_{F,N}) > P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$	⇒#2 1/2
P(#3)	4.11E-05	#3	$(PA_{F,N}) > P(\#3)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#3
P(#3 1/2)	1.84E-05	#3 1/2	$(PA_{F,N}) > P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#3 1/2
P(#4)	9.18E-06	#4	$(PA_{F,N}) > P(\#4)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#4
P(#4 1/2)	4.94E-06	#4 1/2	$(PA_{F,N}) > P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#4 1/2
P(#5)	3.39E-06	#5	$(PA_{F,N}) > P(\#5)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#5
P(#5 1/2)	2.14E-06	#5 1/2	$(PA_{F,N}) > P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#5 1/2
P(#6)	1.59E-06	#6	$(PA_{F,N}) > P(\#6)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#6
P(#7)	1.09E-06	#7	$(PA_{F,N}) > P(\#7)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#7
P(#8)	5.10E-07	#8	$(PA_{F,N}) > P(\#8)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#8
P(#9)	3.14E-07	#9	$(PA_{F,N}) > P(\#9)(GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$	⇒#9

⇒STEP1-2へ

⇒どの番手#にも当てはまらないときは範囲外エラー

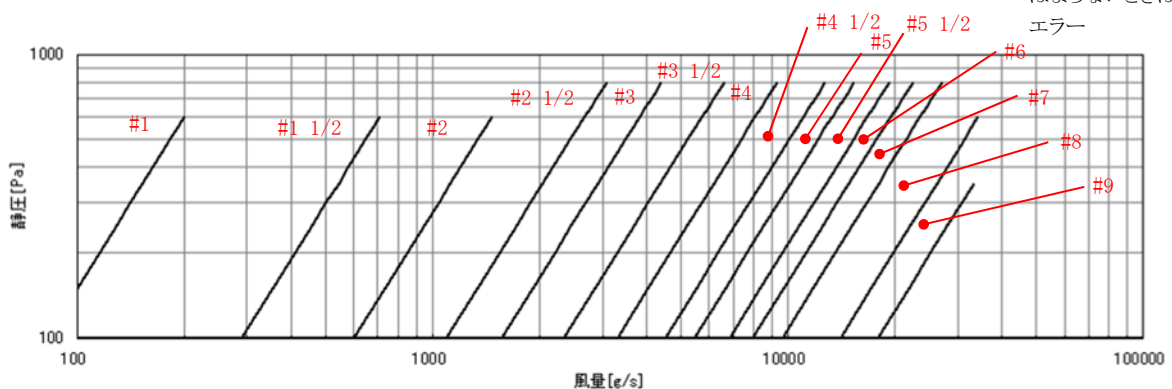


図 5.3.1-3 片吸込シロッコファンの型番選定範囲

2) 両吸込の場合 文献1より転載

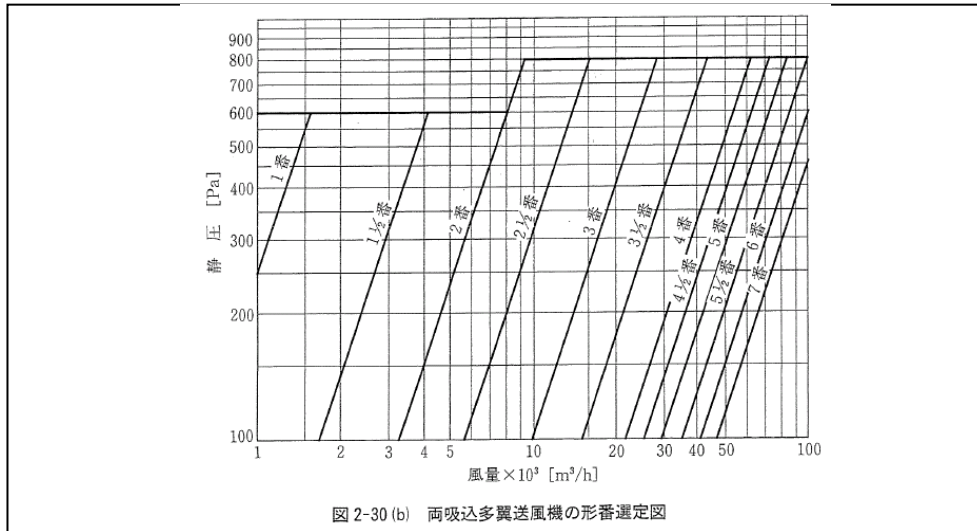


図 2-30 (b) 両吸込多翼送風機の形番選定図

表 5.3.1-2 両吸込シロッコファンの型番選定

型番	係数	型番	領域の条件			①～③の条件を 満足するとき
			①	②	③	
P(#1)	2.21E-03	#1	$(PA_{FN}) > P(\#1)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 600$	⇒#1
P(#1 ½)	3.11E-04	#1 ½	$(PA_{FN}) > P(\#1 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 600$	⇒#1 ½
P(#2)	8.37E-05	#2	$(PA_{FN}) > P(\#2)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 600$	⇒#2
P(#2 ½)	2.87E-05	#2 ½	$(PA_{FN}) > P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#2 ½
P(#3)	9.57E-06	#3	$(PA_{FN}) > P(\#3)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#3
P(#3 ½)	4.05E-06	#3 ½	$(PA_{FN}) > P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#3 ½
P(#4)	1.88E-06	#4	$(PA_{FN}) > P(\#4)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#4
P(#4 ½)	1.36E-06	#4 ½	$(PA_{FN}) > P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#4 ½
P(#5)	1.01E-06	#5	$(PA_{FN}) > P(\#5)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#5
P(#5 ½)	7.35E-07	#5 ½	$(PA_{FN}) > P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#5 ½
P(#6)	5.49E-07	#6	$(PA_{FN}) > P(\#6)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#6
P(#7)	4.13E-07	#7	$(PA_{FN}) > P(\#7)(GA_{FN})^2$	$340 < (GA_{FN}) < 46600$	$100 < (PA_{FN}) < 800$	⇒#7

⇒STEP1-2 へ

⇒どの番号 # にも当てはまらないときは範囲外エラー

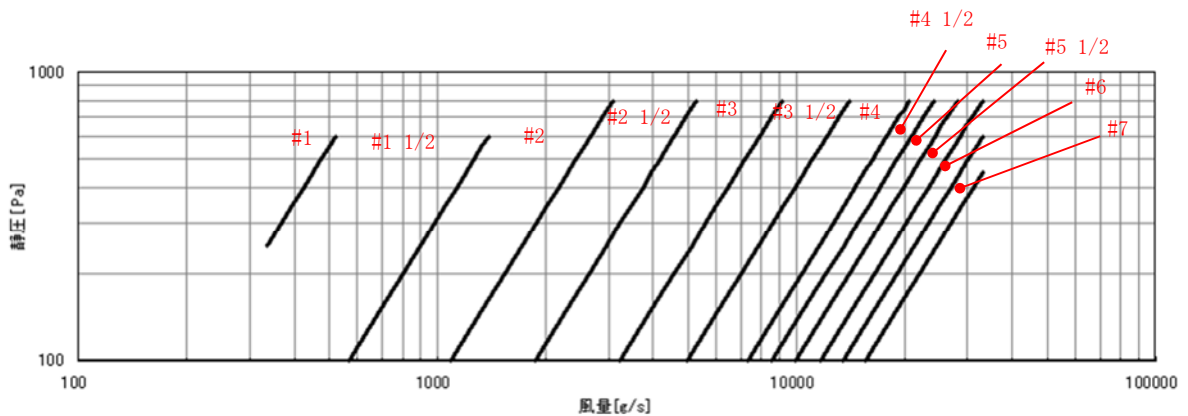


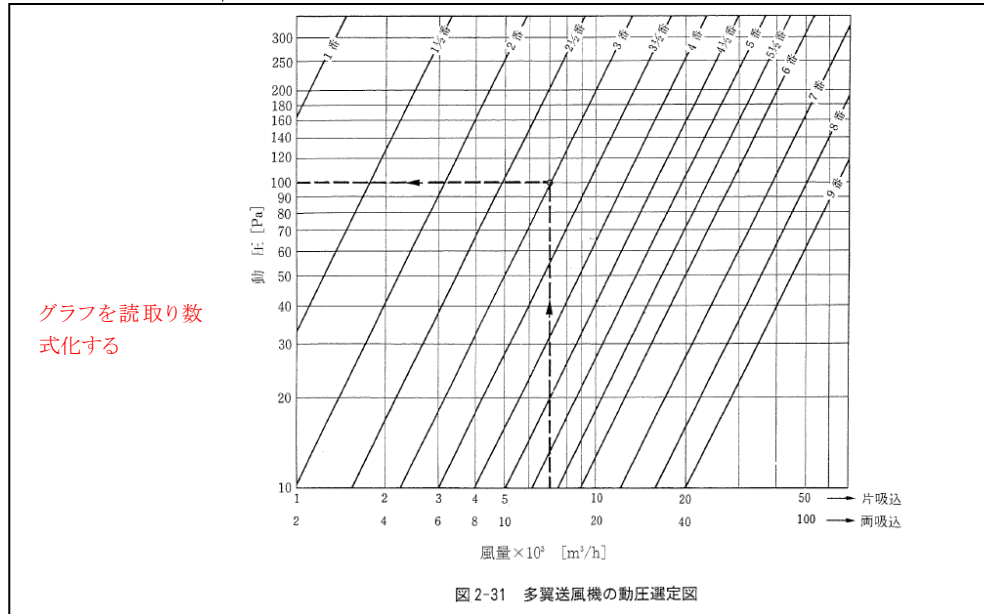
図 5.3.1-4 両吸込シロッコファンの型番選定範囲

## STEP1-2

定格風量:  $GA_{F,N}$  [g/s]

定格機外動圧  $PA_{F,d,N}$  [Pa] の算定 (番手# の別)

文献1より転載



### 1) 片吸込の場合

表 5.3.1-3 片吸込シロッコファンの動圧

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#1)	1.50E-03	#1	$(PA_{F,d,N})=P(\#1) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#1 ½)	2.92E-04	#1 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#1 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#2)	9.32E-05	#2	$(PA_{F,d,N})=P(\#2) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#2 ½)	3.70E-05	#2 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#2 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3)	1.81E-05	#3	$(PA_{F,d,N})=P(\#3) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3 ½)	1.01E-05	#3 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#3 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4)	5.68E-06	#4	$(PA_{F,d,N})=P(\#4) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4 ½)	3.64E-06	#4 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#4 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5)	2.38E-06	#5	$(PA_{F,d,N})=P(\#5) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5 ½)	1.62E-06	#5 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#5 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#6)	1.12E-06	#6	$(PA_{F,d,N})=P(\#6) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#7)	6.00E-07	#7	$(PA_{F,d,N})=P(\#7) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#8)	3.61E-07	#8	$(PA_{F,d,N})=P(\#8) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#9)	2.18E-07	#9	$(PA_{F,d,N})=P(\#9) \times (GA_{F,N})^2$	$100 < (GA_{F,N}) < 33300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$

⇒STEP1-3へ

⇒範囲に当てはまらない

ときは範囲外エラー

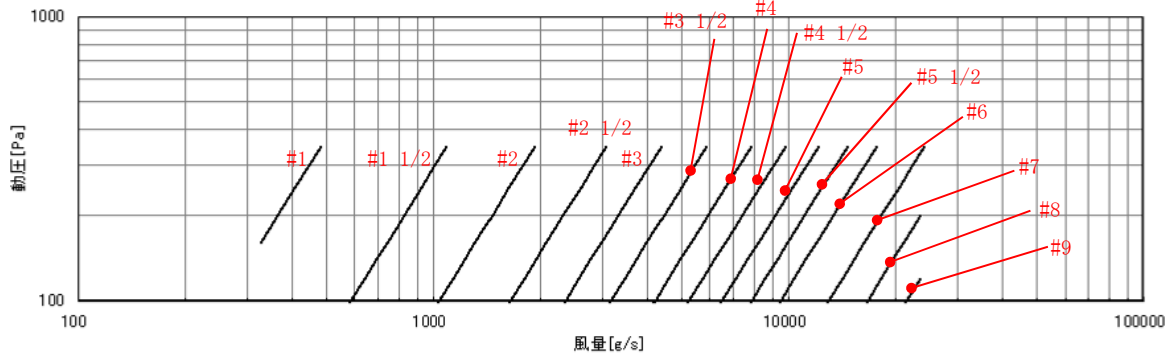


図 5.3.1-5 片吸込シロッコファンの動圧

2) 両吸込の場合

表 5.3.1-4 両吸込シロッコファンの動圧

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#1)	3.74E-04	#1	$(PA_{F,d,N})=P(\#1) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#1 ½)	7.30E-05	#1 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#1 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#2)	2.33E-05	#2	$(PA_{F,d,N})=P(\#2) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#2 ½)	9.25E-06	#2 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#2 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3)	4.52E-06	#3	$(PA_{F,d,N})=P(\#3) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3 ½)	2.52E-06	#3 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#3 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4)	1.42E-06	#4	$(PA_{F,d,N})=P(\#4) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4 ½)	9.11E-07	#4 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#4 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5)	5.95E-07	#5	$(PA_{F,d,N})=P(\#5) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5 ½)	4.05E-07	#5 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#5 \frac{1}{2}) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#6)	2.79E-07	#6	$(PA_{F,d,N})=P(\#6) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#7)	1.50E-07	#7	$(PA_{F,d,N})=P(\#7) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#8)	9.01E-08	#8	$(PA_{F,d,N})=P(\#8) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#9)	5.46E-08	#9	$(PA_{F,d,N})=P(\#9) \times (GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 46600$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$

⇒STEP1-3 へ

⇒範囲に当てはまらないときは  
範囲外エラー

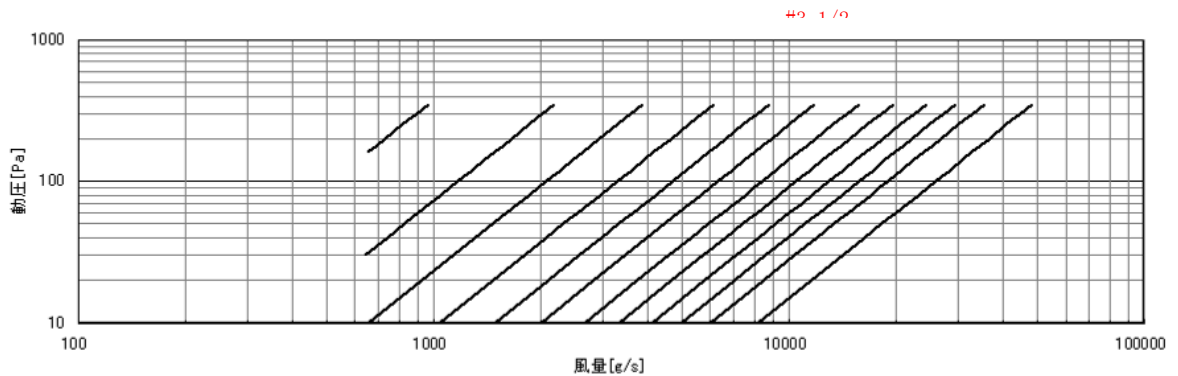


図 5.3.1-6 両吸込シロッコファンの動圧

**STEP1-3**

定格機外動圧:  $PA_{F,d,N}$  [Pa]

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]



定格機外全圧  $PA_{F,t,N}$  [Pa] の算定

定格機外全圧 = 定格機外動圧 + 定格機外静圧

$$PA_{F,t,N} = PA_{F,d,N} + PA_{F,N} \quad \Rightarrow \text{STEP1-4 へ}$$

**STEP1-4**

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]



定格全圧効率  $EF_{F,N}$  [NU] の算定 (番号 # の別)

文献 1 より  
転載

グラフを読み取り  
数式化する

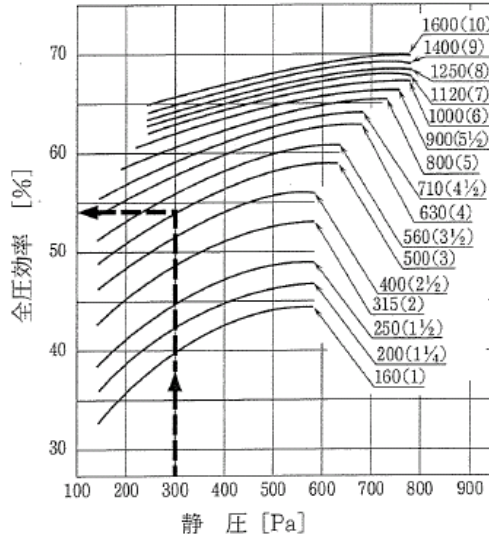


図 2-32 多翼送風機の全圧効率 ( $\eta_f$ )

1) 片吸込、両吸込共通

表 5.3.1-5 シロツコファンの全圧効率(片吸込、両吸込共通)

型番	パラメータ			型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2	3			
P(#1)	-5.58E-07	6.58E-04	2.55E-01	#1	$(EF_{F,N})=P1(\#1) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#1) \times (PA_{F,N}) + P3(\#1)$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$
P(#1 1/2)	-5.34E-07	6.18E-04	3.13E-01	#1 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#1 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#1 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N}) + P3(\#1 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$
P(#2)	-4.83E-07	5.80E-04	3.59E-01	#2	$(EF_{F,N})=P1(\#2) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#2) \times (PA_{F,N}) + P3(\#2)$	$100 < (PA_{F,N}) < 600$
P(#2 1/2)	-4.42E-07	5.36E-04	3.99E-01	#2 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N}) + P3(\#2 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#3)	-3.50E-07	4.73E-04	4.32E-01	#3	$(EF_{F,N})=P1(\#3) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#3) \times (PA_{F,N}) + P3(\#3)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#3 1/2)	-2.97E-07	4.25E-04	4.61E-01	#3 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N}) + P3(\#3 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#4)	-2.35E-07	3.64E-04	4.92E-01	#4	$(EF_{F,N})=P1(\#4) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#4) \times (PA_{F,N}) + P3(\#4)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#4 1/2)	-2.40E-07	3.59E-04	5.08E-01	#4 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N}) + P3(\#4 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#5)	-1.61E-07	2.76E-04	5.40E-01	#5	$(EF_{F,N})=P1(\#5) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#5) \times (PA_{F,N}) + P3(\#5)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#5 1/2)	-1.67E-07	2.66E-04	5.57E-01	#5 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N}) + P3(\#5 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#6)	-1.27E-07	2.26E-04	5.76E-01	#6	$(EF_{F,N})=P1(\#6) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#6) \times (PA_{F,N}) + P3(\#6)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#7)	-1.31E-07	2.30E-04	5.81E-01	#7	$(EF_{F,N})=P1(\#7) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#7) \times (PA_{F,N}) + P3(\#7)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#8)	-1.31E-07	2.30E-04	5.87E-01	#8	$(EF_{F,N})=P1(\#8) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#8) \times (PA_{F,N}) + P3(\#8)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$
P(#9)	-1.36E-07	2.31E-04	5.95E-01	#9	$(EF_{F,N})=P1(\#9) \times (PA_{F,N})^2 + P2(\#9) \times (PA_{F,N}) + P3(\#9)$	$100 < (PA_{F,N}) < 800$

⇒STEP1-5へ

⇒範囲に当てはまらない  
ときは範囲外エラー

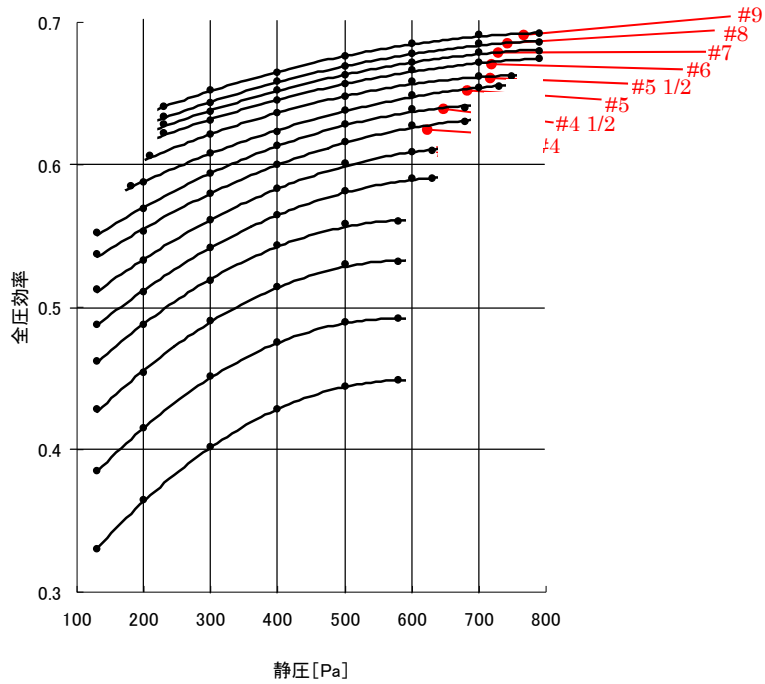
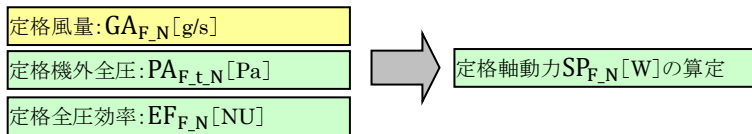


図 5.3.1-7 シロッコファンの全圧効率(片吸込、両吸込共通)

### STEP1-5



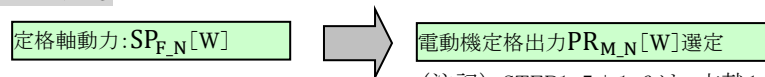
文献1より、多翼送風機の電動機出力を求める式を適用する。

$$\text{定格軸動力 [kW]} = \frac{\text{定格風量 [m}^3/\text{min]} \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{60,000 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$\text{定格軸動力 [W]} = \frac{\text{定格風量 [g/s]} \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$SP_{F\_N} = \frac{GA_{F\_N} \times PA_{F\_t\_N}}{1,200 \times EF_{F\_N}}$$

### STEP1-6



(注記)・STEP1-5+1-6は、文献1の電動機出力算定式を分解したもの。  
 ・電動機定格出力の記号( $PR_{M\_N}$ )は便宜的にポンプで用いた記号と同一のものとする。

電力出力選定用値  $RPF_{M\_N}$  [W] = 定格軸動力  $SP_{F\_N}$  × K

K: 補正係数

K=1.05 (固定速の場合)

K=1.15 (インバータ制御の場合)

電力出力選定用値 $RP_{M,N}$ から電動機定格出力選定  
電動機出力選定用値 $RP_{M,N} \leq$  電動機定格出力 $PP_{M,N}$   
となるよう電動機定格出力選定。

電動機定格出力 $RP_{M,N}$ : 200W,250W,370W,400W,550W,750W,1100W,1500W,  
2200W,3700W,5500W,7500W,11000W,15000W,18500W,  
22000W,30000W,37000W  
(JIS の電動機定格出力を[W]で表記)

### STEP1-7



標準効率(IE1)、高効率(IE2)、プレミアム効率(IE3)の場合

マップデータ、JISC4034-30 回転電気機械・第 30 部:単一速度三相かご形誘導電動機  
の効率クラス(IE モード)を基に、データベース化(IE1~3)

IPM の場合

JIS-C-4212 の表から選定→電動機定格出力と定格電動機効率を定式化

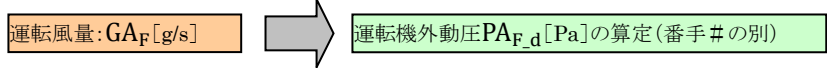
$$EF_{M,N} = f(RP_{M,N})$$

(特性式・グラフはポンプの項参照)



(2) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

STEP2-1



文献1より転載

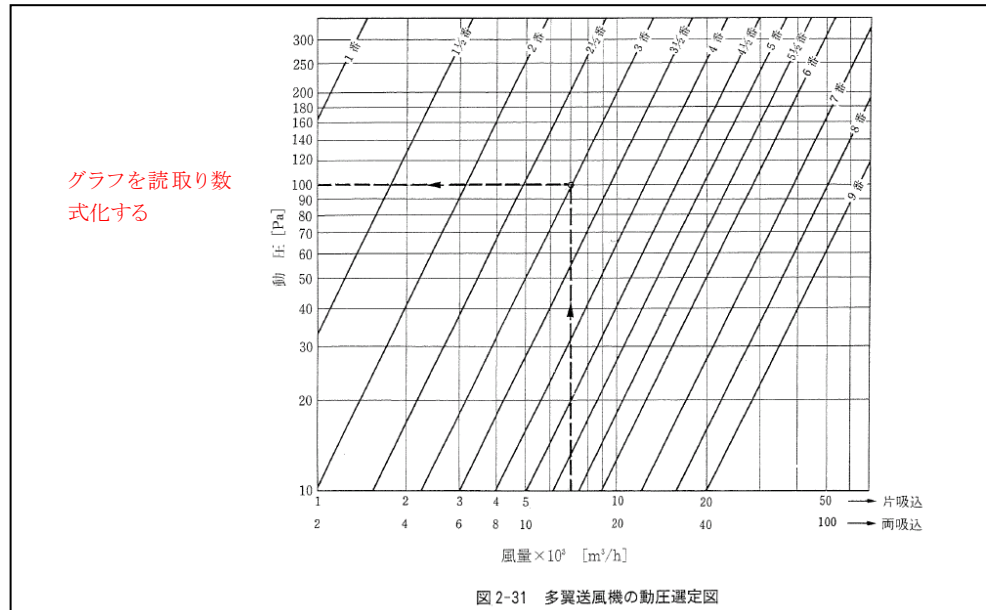


表 5.3.1-6 片吸込シロッコファンの動圧(各数式・係数は表 5.3.1-1と同様)

型番	係数	領域の条件	
		①	②
P(#1)	1.50E-03	$(PA_{F,d})=P(\#1) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#1 ½)	2.92E-04	$(PA_{F,d})=P(\#1 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#2)	9.32E-05	$(PA_{F,d})=P(\#2) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#2 ½)	3.70E-05	$(PA_{F,d})=P(\#2 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#3)	1.81E-05	$(PA_{F,d})=P(\#3) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#3 ½)	1.01E-05	$(PA_{F,d})=P(\#3 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#4)	5.68E-06	$(PA_{F,d})=P(\#4) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#4 ½)	3.64E-06	$(PA_{F,d})=P(\#4 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#5)	2.38E-06	$(PA_{F,d})=P(\#5) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#5 ½)	1.62E-06	$(PA_{F,d})=P(\#5 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#6)	1.12E-06	$(PA_{F,d})=P(\#6) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#7)	6.00E-07	$(PA_{F,d})=P(\#7) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#8)	3.61E-07	$(PA_{F,d})=P(\#8) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$
P(#9)	2.18E-07	$(PA_{F,d})=P(\#9) \times (GA_F)^2$	$100 < (GA_F) < 33300$

⇒STEP2-2 へ  
⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

表 5.3.1-7 両吸込シロッコファンの動圧(各数式・係数は表 5.3.1-2と同様)

型番	係数	領域の条件	
		①	②
P(#1)	3.74E-04	$(PA_{F,d})=P(\#1) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#1 ½)	7.30E-05	$(PA_{F,d})=P(\#1 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#2)	2.33E-05	$(PA_{F,d})=P(\#2) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#2 ½)	9.25E-06	$(PA_{F,d})=P(\#2 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#3)	4.52E-06	$(PA_{F,d})=P(\#3) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#3 ½)	2.52E-06	$(PA_{F,d})=P(\#3 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#4)	1.42E-06	$(PA_{F,d})=P(\#4) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#4 ½)	9.11E-07	$(PA_{F,d})=P(\#4 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#5)	5.95E-07	$(PA_{F,d})=P(\#5) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#5 ½)	4.05E-07	$(PA_{F,d})=P(\#5 \frac{1}{2}) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#6)	2.79E-07	$(PA_{F,d})=P(\#6) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#7)	1.50E-07	$(PA_{F,d})=P(\#7) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#8)	9.01E-08	$(PA_{F,d})=P(\#8) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$
P(#9)	5.46E-08	$(PA_{F,d})=P(\#9) \times (GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 46600$

⇒STEP2-2 へ  
⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

## STEP2-2

運転機外動圧:  $PA_{F,d}$  [Pa]  
 運転機外静圧:  $PA_F$  [Pa]



運転機外全圧  $PA_{F,t}$  [Pa] の算定

運転機外全圧 = 運転機外動圧 + 運転機外静圧

$$PA_{F,t} = PA_{F,d} + PA_F \quad \Rightarrow \text{STEP2-3 へ}$$

## STEP2-3

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]



運転全圧効率  $EF_F$  [NU] の算定 (番手 # の別)

運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

文献 1 より  
 転載

グラフを読み取り数  
 式化する

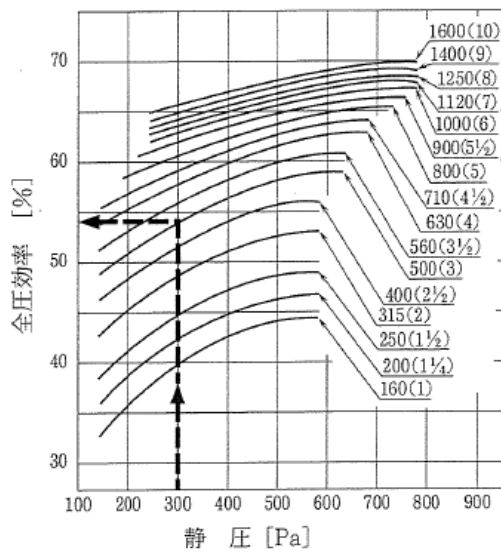


図 2-32 多翼送風機の全圧効率 ( $\eta_t$ )

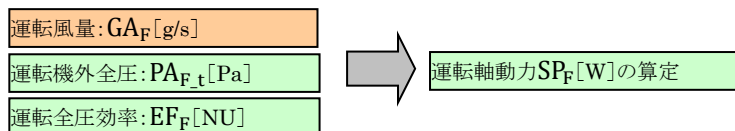
表 5.3.1-8 シロッコファンの全圧効率(片吸込、両吸込共通) (各数式・係数は表 5.3.1-3と同様)

型番	パラメータ			型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2	3			
P(#1)	-5.58E-07	6.58E-04	2.55E-01	#1	$(EF_F) = P1(\#1) \times (PA_F)^2 + P2(\#1) \times (PA_F) + P3(\#1)$	$100 < (PA_F) < 600$
P(#1 1/2)	-5.34E-07	6.18E-04	3.13E-01	#1 1/2	$(EF_F) = P1(\#1 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^2 + P2(\#1 \frac{1}{2}) \times (PA_F) + P3(\#1 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_F) < 600$
P(#2)	-4.83E-07	5.80E-04	3.59E-01	#2	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^2 + P2(\#2) \times (PA_F) + P3(\#2)$	$100 < (PA_F) < 600$
P(#2 1/2)	-4.42E-07	5.36E-04	3.99E-01	#2 1/2	$(EF_F) = P1(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^2 + P2(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_F) + P3(\#2 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#3)	-3.50E-07	4.73E-04	4.32E-01	#3	$(EF_F) = P1(\#3) \times (PA_F)^2 + P2(\#3) \times (PA_F) + P3(\#3)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#3 1/2)	-2.97E-07	4.25E-04	4.61E-01	#3 1/2	$(EF_F) = P1(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^2 + P2(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_F) + P3(\#3 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#4)	-2.35E-07	3.64E-04	4.92E-01	#4	$(EF_F) = P1(\#4) \times (PA_F)^2 + P2(\#4) \times (PA_F) + P3(\#4)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#4 1/2)	-2.40E-07	3.59E-04	5.08E-01	#4 1/2	$(EF_F) = P1(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^2 + P2(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_F) + P3(\#4 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#5)	-1.61E-07	2.76E-04	5.40E-01	#5	$(EF_F) = P1(\#5) \times (PA_F)^2 + P2(\#5) \times (PA_F) + P3(\#5)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#5 1/2)	-1.67E-07	2.66E-04	5.57E-01	#5 1/2	$(EF_F) = P1(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^2 + P2(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_F) + P3(\#5 \frac{1}{2})$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#6)	-1.27E-07	2.26E-04	5.76E-01	#6	$(EF_F) = P1(\#6) \times (PA_F)^2 + P2(\#6) \times (PA_F) + P3(\#6)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#7)	-1.31E-07	2.30E-04	5.81E-01	#7	$(EF_F) = P1(\#7) \times (PA_F)^2 + P2(\#7) \times (PA_F) + P3(\#7)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#8)	-1.31E-07	2.30E-04	5.87E-01	#8	$(EF_F) = P1(\#8) \times (PA_F)^2 + P2(\#8) \times (PA_F) + P3(\#8)$	$100 < (PA_F) < 800$
P(#9)	-1.36E-07	2.31E-04	5.95E-01	#9	$(EF_F) = P1(\#9) \times (PA_F)^2 + P2(\#9) \times (PA_F) + P3(\#9)$	$100 < (PA_F) < 800$

⇒STEP2-4 へ

⇒どの範囲にも当てはまらないときは範囲外エラー

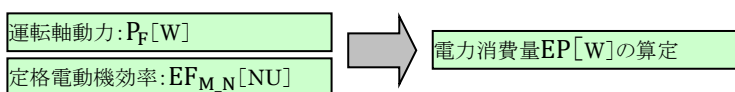
## STEP2-4



$$\text{運転軸動力 [W]} = \frac{\text{運転風量 [g/s]} \times \text{運転機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{運転全圧効率}}$$

$$SP_F = \frac{GA_F \times PA_{F,t}}{1,200 \times EF_F}$$

## STEP2-5



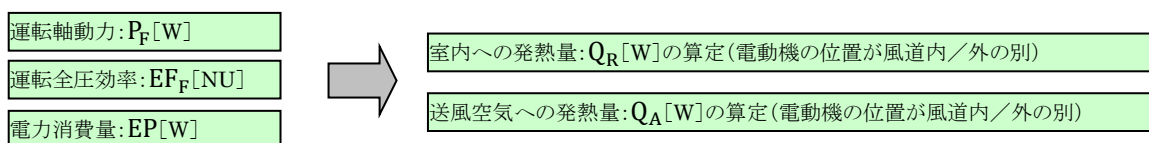
運転電動機効率 = 定格電動機効率

$$EF_M = EF_{M,N}$$

電力消費量 = 運転軸動力 ÷ 運転電動機効率

$$EP = SP_F \div EF_M$$

## STEP2-6



1) 電動機が風道内に無い場合

ファン軸動力から送風仕事量に変換されない損失分は、熱に変わるものとし、その量の半分が室内へ、残りの半分が送風空気と与えられるものとする。

室内への発熱量

$$= (\text{電力消費量} - \text{運転軸動力}) + \text{運転軸動力} \times (1 - \text{運転全圧効率}) \times 0.5$$

$$Q_R = (EP - SP_F) + SP_F \times (1 - EF_F) \times 0.5$$

送風空気への発熱量 = 運転軸動力 × (1 - 運転全圧効率) × 0.5

$$Q_A = SP_F \times (1 - EF_F) \times 0.5$$

2) 電動機が風道内にある場合

室内への発熱量 = 無し

$$Q_R = 0$$

送風空気への発熱量

$$= (\text{電力消費量} - \text{運転軸動力}) + \text{運転軸動力} \times (1 - \text{運転全圧効率})$$

$$Q_A = (EP - SP_F) + SP_F \times (1 - EF_F)$$

### (3) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

#### STEP3-1

運転風量:  $GA_F$  [g/s]



運転機外動圧  $PA_{F,d}$  [Pa]の算定(番手#の別)

STEP2-1 に同じ

#### STEP3-2

運転機外動圧:  $PA_{F,d}$  [Pa]

運転機外静圧:  $PA_F$  [Pa]



運転機外全圧  $PA_{F,t}$  [Pa]の算定

STEP2-2 に同じ

#### STEP3-3

運転時の全圧効率、定格機外静圧時の値と変わらないとする

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]



運転全圧効率  $EF_F$  [NU]の算定(番手#の別)

STEP2-3 に同じ

#### STEP3-4

運転風量:  $GA_F$  [g/s]

運転機外全圧:  $PA_{F,t}$  [Pa]

運転全圧効率:  $EF_F$  [NU]

定格風量:  $GA_{F,N}$  [g/s]

定格機外全圧:  $PA_{F,t,N}$  [Pa]

定格全圧効率:  $EF_{F,N}$  [NU]

電源周波数:  $FE_N$  [Hz]



インバータ周波数  $FE$  [Hz]の算定

参考		表 1・6 送風機比例法則	
従属変数	基礎データ	独立変数	密度補正
$Q_2 =$	$Q_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^3 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)$	
$P_2 =$	$P_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^2 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$L_2 =$	$L_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^5 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$dB_2 =$	$dB_1$	$+ 70 \log_{10} \frac{No_2}{No_1} + 50 \log_{10} \frac{n_2}{n_1}$	$+ 20 \log_{10} \frac{\rho_2}{\rho_1}$

注  $Q$ : 風量,  $P$ : 圧力,  $L$ : 軸動力,  $n$ : 回転数  
 $No$ : 送風機の大きさ,  $\rho$ : 密度,  $dB$ : 騒音値

上記は軸動力の 3 乗比例則であるが、ここでは送風仕事量と全圧効率から算出される軸動力が、回転数の 3 乗に比例するとして定式化する。

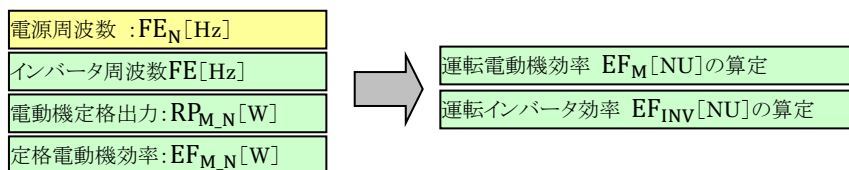
$$\text{インバータ周波数} = \sqrt[3]{\frac{\text{運転軸動力}}{\text{定格軸動力}}} \times \text{電源周波数}$$

$$FE = \sqrt[3]{\left(\frac{GA_F \times PA_{F,t}}{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}\right)} \times FE_N$$

ただし、インバータ周波数の上・下限を下記にて制限する。

$$FE_{LL} \leq FE \leq FE_{UL}$$

### STEP3-5



$RSR_M$ : 電動機回転速度率の算定

$$RSR_M = \frac{FE}{FE_N}$$

$EF_M$ : 運転電動機効率の算定

$$EF_M = EF_{M,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_M$ は標準型電動機、高効率型電動機、[プレミアム効率](#)、IPM 電動機の別に定式化される。

(特性式・グラフはポンプの項参照)

$EF_{INV}$ : 運転インバータ効率の算定

$$EF_{INV} = EF_{INV,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_{INV}$ は標準型電動機、高効率型電動機、[プレミアム効率](#)、IPM 電動機の別に定式化される。

(特性式・グラフはポンプの項参照)

### STEP3-6

運転風量: $GA_F$ [g/s]
運転機外全圧: $PA_{F,t}$ [Pa]
運転全圧効率: $EF_F$ [NU]



運転軸動力  $SP_F$  [W] の算定

STEP2-4 に同じ

### STEP3-7

運転軸動力: $SP_F$ [W]
運転電動機効率: $EF_M$ [NU]
運転インバータ効率: $EF_{INV}$ [NU]



電力消費量  $EP$  [W] の算定

$$EP = \frac{SP_F}{EF_M \times EF_{INV}}$$

### STEP3-8

運転軸動力: $SP_F$ [W]
運転全圧効率: $EF_F$ [NU]
電力消費量: $EP$ [W]



室内への発熱量  $Q_R$  [W] の算定 (電動機の位置が風道内/外の別)

送風空気への発熱量  $Q_A$  [W] の算定 (電動機の位置が風道内/外の別)

STEP2-6 に同じ

## 5.3.2. リミットロードファン（片吸込、両吸込）

### 5.3.2.1. 機器特性の考え方

- 1) ファン設計能力・運転条件・制御方式を入力項目とする。
- 2) 日本産業機械工業会から受領したリミットロードファンの特性データを基に、シロッコファンで採用した考え方（ファン番手の選定、電動機定格出力の選定、全圧効率の算出等）に準じたを行う。
- 3) 運転風量と運転機外静圧と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。

### 5.3.2.2. 設定項目

ファン

名称 ファン20090101

定格風量	1000	[m <sup>3</sup> /h(a)]
最小風量	0	[m <sup>3</sup> /h(a)]
■電動機■		
定格消費電力	0.75	[kW]
相数	3	[-]
電圧	200	[V]
周波数	50	[Hz]
力率	0.8	[-]
■記録・グラフ表示■		
グラフを表示する	<input type="checkbox"/> グラフを表示する	[-]
最大同時表示ステップ数	100	[-]
記録を有効とする	<input type="checkbox"/> 記録を有効とする	[-]

★接続ノード図を表示する★

ファン種別	: 片吸込型、両吸込型
定格風量	: m <sup>3</sup> /h
定格機外静圧	: Pa
電源周波数	: Hz
ファン上限周波数	: Hz
ファン下限周波数	: Hz
電動機種別	: 標準・高効率・プレミアム効率・IPM
電動機効率	: (-)
制御方式	: 定速・インバータ
モータ極数	: 2P、4P、6P
送風空気への機器発熱	

←グラフを表示するときはチェックしてください

←グラフに同時表示する最大ステップ数を入力します

←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください

### 5.3.2.3. 定式化モデル

#### (1) 定式化モデル

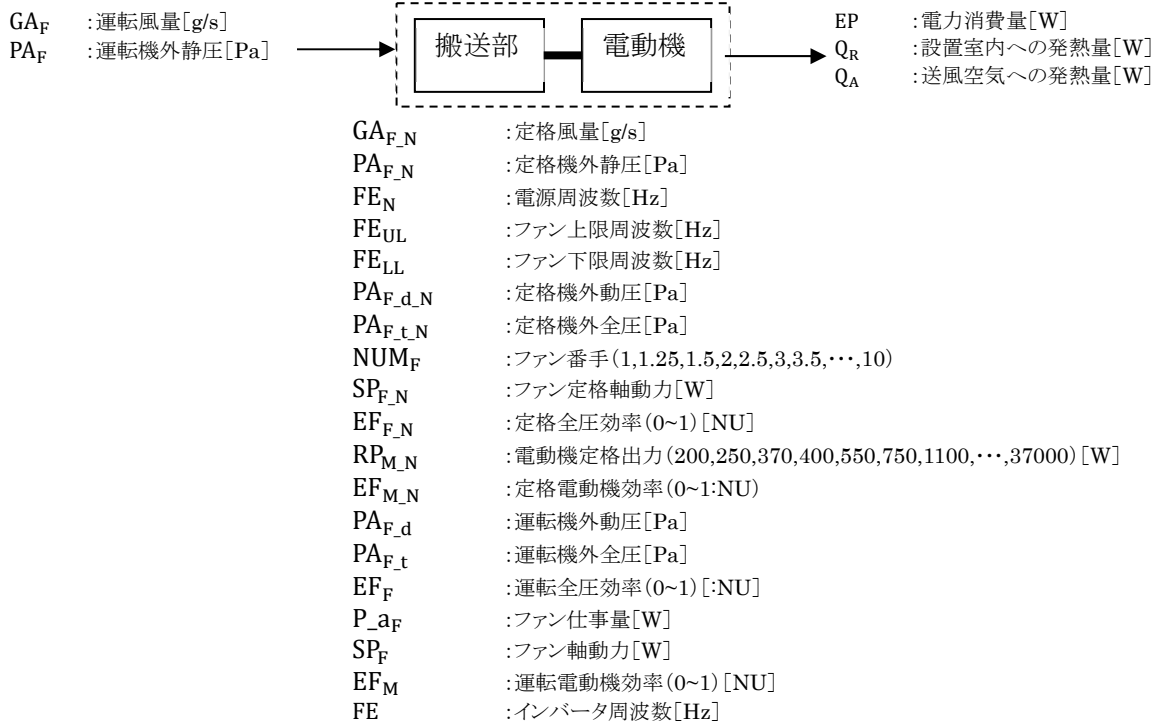
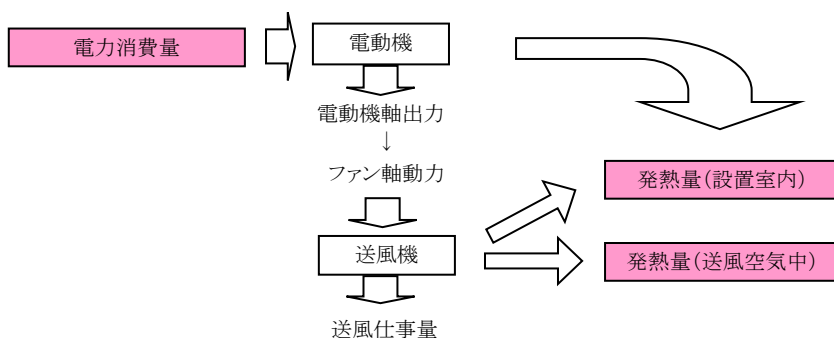


図 5.3.2-1 リミットロードファン定式化モデル

## (2) エネルギーフローモデル

1) 電動機が送風空气中(風動)に無い場合



2) 電動機が送風空气中(風動)にある場合

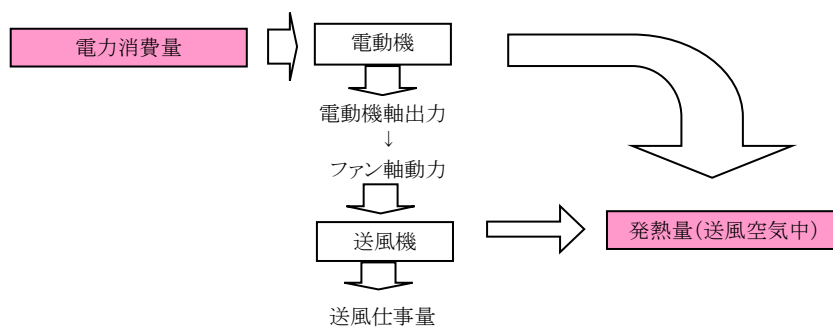


図 5.3.2-2 エネルギーフローモデル

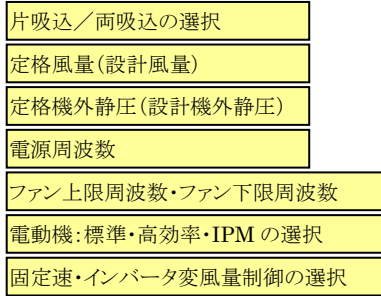
### 5.3.2.4. モデルの適用範囲

片吸込および両吸込リミットロードファンに限る。

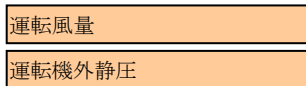


### 5.3.2.5. 計算フロー

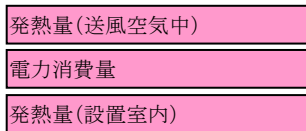
#### ■ 設計者入力項目



#### ■ 他のオブジェクトから受取る項目

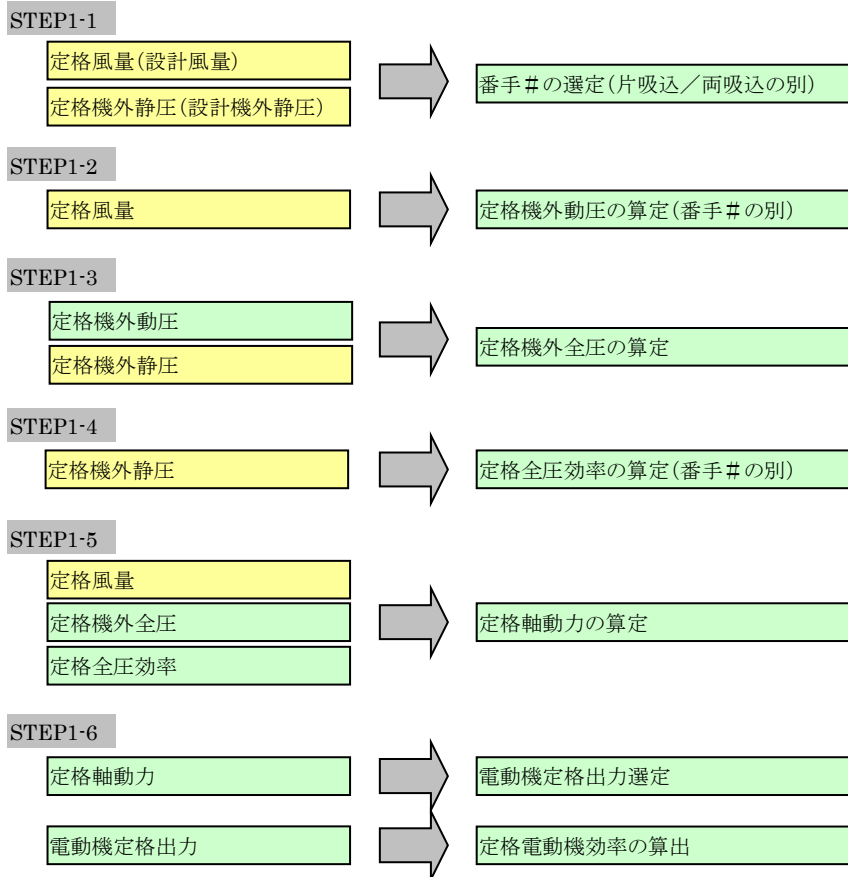


#### ■ 計算出力項目



#### ■ 計算フロー

##### 1) ファンの番手#, 電動機選定ステップ



定速の場合→STEP2-1へ

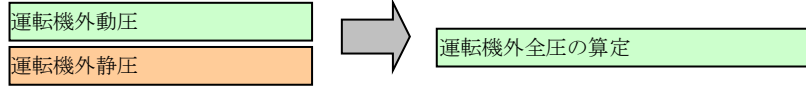
インバータの場合→STEP3-1へ

## 2) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP2-1



### STEP2-2

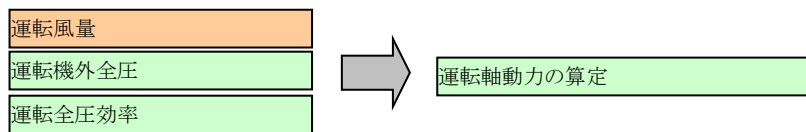


### STEP2-3

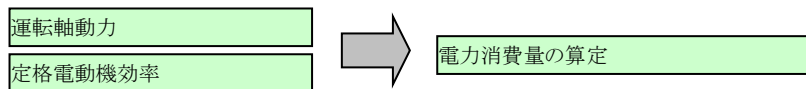


運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

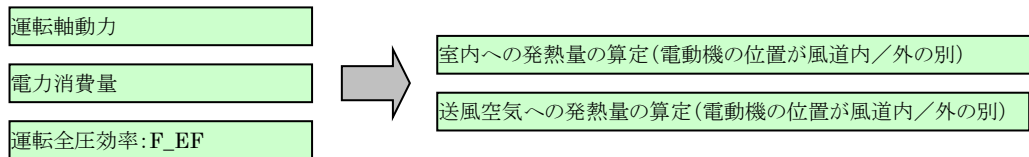
### STEP2-4



### STEP2-5



### STEP2-6

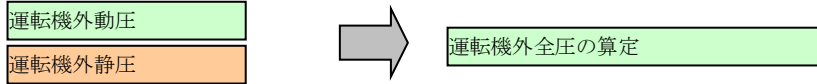


### 3) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

#### STEP3-1

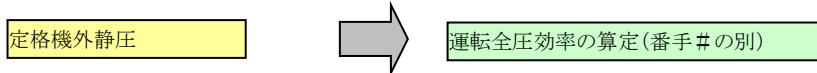


#### STEP3-2

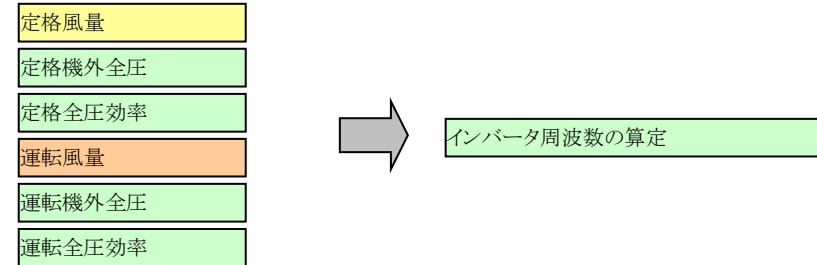


#### STEP3-3

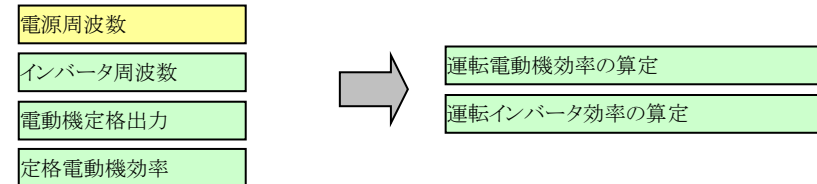
変風量運転時の全圧効率は、インバータの VF 特性を適性に設定した回転数制御を行うという条件のもと、定格機外静圧時の値と変わらないとする



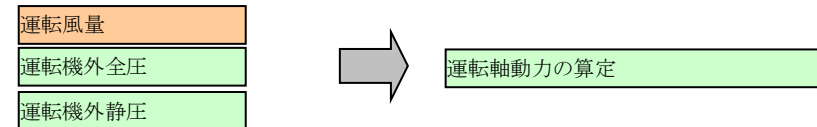
#### STEP3-4



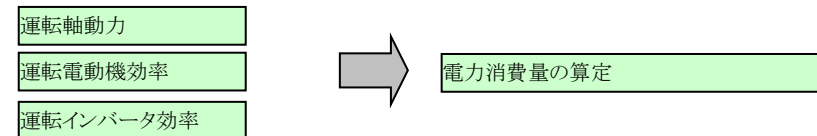
#### STEP3-5



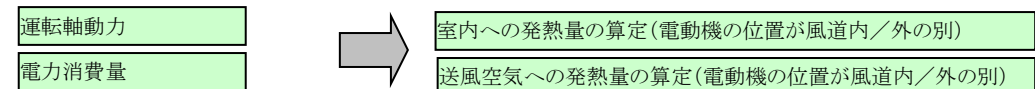
#### STEP3-6



#### STEP3-7



#### STEP3-8



### 5.3.2.6. 機器特性

#### STEP1-1

定格風量(設計風量):  $GA_{F,N}$  [g/s]  
 定格機外静圧(設計機外静圧):  $PA_{F,N}$  [Pa]

番手#の選定(片吸込/両吸込の別):  $NUM_F$

#### 1) 片吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に番手選定図を作成

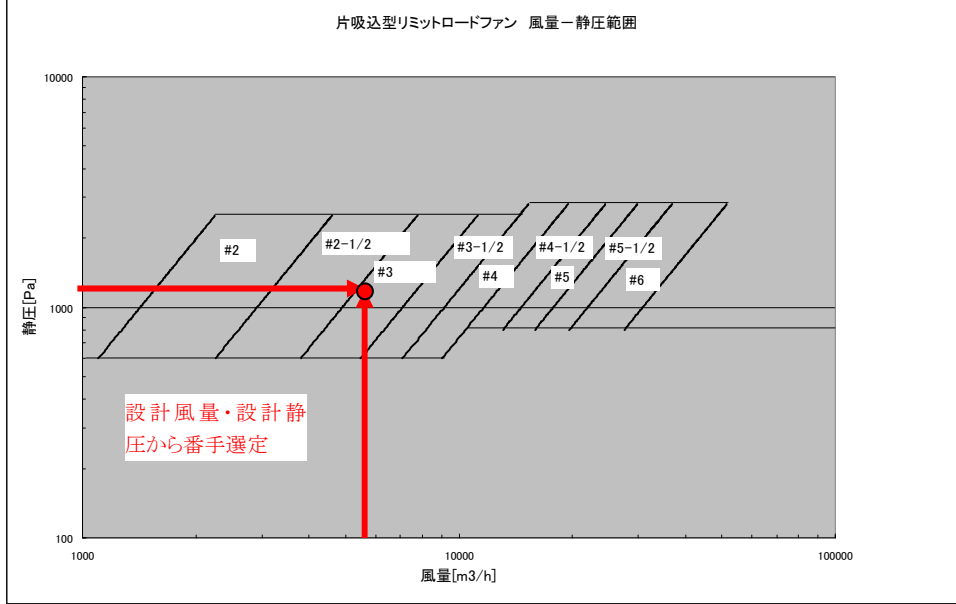


表 5.3.2-1 片吸リミットロードファンの型番選定

型番	係数	型番	領域の条件			①~③の条件を満足するとき
			①	②	③	
P(#2U)	4.44E-03	#2静圧上限	$(PA_{F,N}) > P(\#2U)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2500$	⇒範囲外エラー
P(#2)	1.06E-03	#2	$(PA_{F,N}) > P(\#2)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2500$	⇒#2
P(#2 ½)	3.75E-04	#2 ½	$(PA_{F,N}) > P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2500$	⇒#2 ½
P(#3)	1.79E-04	#3	$(PA_{F,N}) > P(\#3)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2500$	⇒#3
P(#3 ½)	1.08E-04	#3 ½	$(PA_{F,N}) > P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2500$	⇒#3 ½
P(#4)	6.63E-05	#4	$(PA_{F,N}) > P(\#4)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$600 < (PA_{F,N}) < 2800$	⇒#4
P(#4 ½)	4.20E-05	#4 ½	$(PA_{F,N}) > P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$800 < (PA_{F,N}) < 2800$	⇒#4 ½
P(#5)	2.84E-05	#5	$(PA_{F,N}) > P(\#5)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$800 < (PA_{F,N}) < 2800$	⇒#5
P(#5 ½)	1.86E-05	#5 ½	$(PA_{F,N}) > P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$800 < (PA_{F,N}) < 2800$	⇒#5 ½
P(#6)	9.50E-06	#6	$(PA_{F,N}) > P(\#6)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$800 < (PA_{F,N}) < 2800$	⇒#6

⇒STEP1-2へ

⇒どの番手#にも当てはまらないときは範囲外エラー

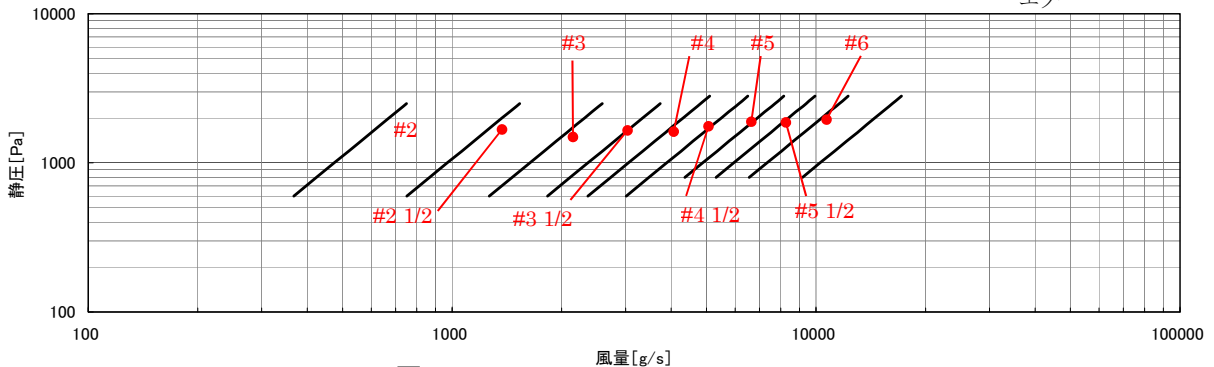


図 5.3.2-3 片吸込リミットロードファンの型番選定範囲

## 2) 両吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に番手選定図を作成

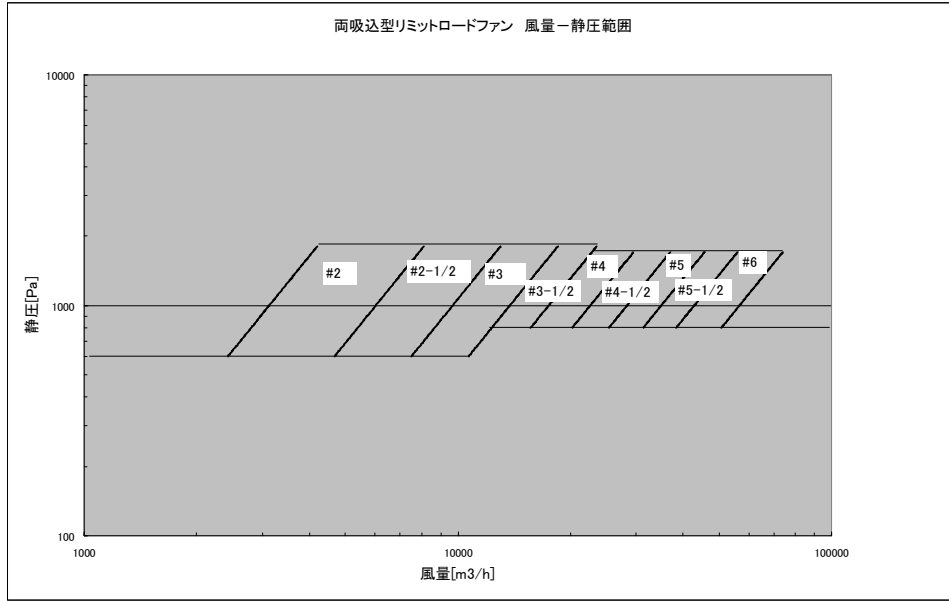


表 5.3.2-2 両吸込リミットロードファンの型番選定

型番	係数	領域の条件			①～③の条件を満足するとき ⇒範囲外エラー	
		①	②	③		
P(#2U)	9.18E-04	#2 静圧上限	$(PA_{FN}) > P(\#2U)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$600 < (PA_{FN}) < 1800$	⇒範囲外エラー
P(#2)	2.47E-04	#2	$(PA_{FN}) > P(\#2)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$600 < (PA_{FN}) < 1800$	⇒#2
P(#2 ½)	9.59E-05	#2 ½	$(PA_{FN}) > P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$600 < (PA_{FN}) < 1800$	⇒#2 ½
P(#3)	4.73E-05	#3	$(PA_{FN}) > P(\#3)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$600 < (PA_{FN}) < 1800$	⇒#3
P(#3 ½)	2.93E-05	#3 ½	$(PA_{FN}) > P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1800$	⇒#3 ½
P(#4)	1.76E-05	#4	$(PA_{FN}) > P(\#4)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1700$	⇒#4
P(#4 ½)	1.12E-05	#4 ½	$(PA_{FN}) > P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1700$	⇒#4 ½
P(#5)	7.33E-06	#5	$(PA_{FN}) > P(\#5)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1700$	⇒#5
P(#5 ½)	4.88E-06	#5 ½	$(PA_{FN}) > P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1700$	⇒#5 ½
P(#6)	2.79E-06	#6	$(PA_{FN}) > P(\#6)(GA_{FN})^2$	$670 < (GA_{FN}) < 46600$	$800 < (PA_{FN}) < 1700$	⇒#6

⇒STEP1-2 へ

⇒どの番手 # にも当てはまらないときは範囲外エラー

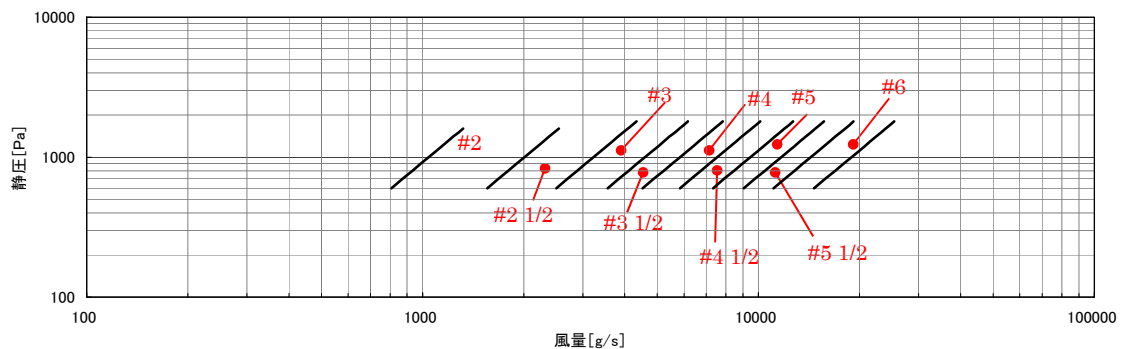


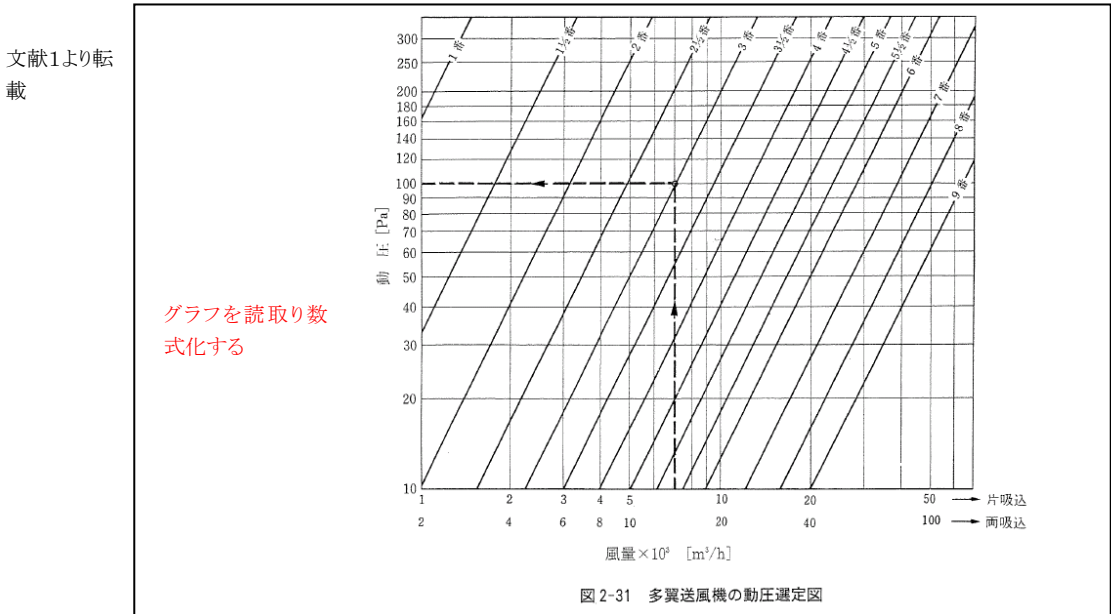
図 5.3.2-4 両吸込リミットロードファンの型番選定範囲

## STEP1-2

定格風量:  $GA_{F,N}$  [g/s]

定格機外動圧  $PA_{F,d,N}$  [Pa] の算定 (番号 # の別)

動圧特性については、シロッコファンで使用した「国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課監修 建築設備設計基準(平成18年版版)」(以下、文献1)に記載されている、シロッコファンの選定手順の同圧選定図を使用する。

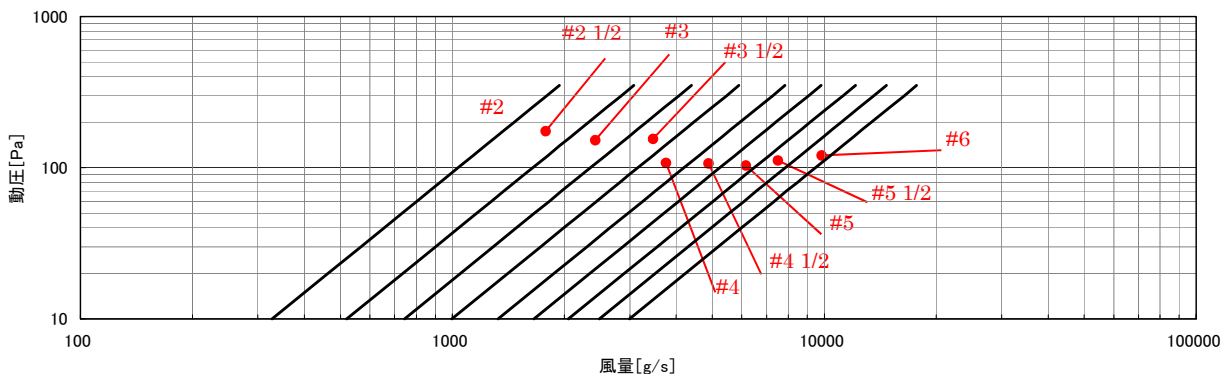


1) 片吸込の場合

表 5.3.2-3 片吸込リミットロードファンの動圧

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#2)	9.32E-05	#2	$(PA_{F,d,N})=P(\#2)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#2 1/2)	3.70E-05	#2 1/2	$(PA_{F,d,N})=P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3)	1.81E-05	#3	$(PA_{F,d,N})=P(\#3)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#3 1/2)	1.01E-05	#3 1/2	$(PA_{F,d,N})=P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4)	5.68E-06	#4	$(PA_{F,d,N})=P(\#4)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#4 1/2)	3.64E-06	#4 1/2	$(PA_{F,d,N})=P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5)	2.38E-06	#5	$(PA_{F,d,N})=P(\#5)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#5 1/2)	1.62E-06	#5 1/2	$(PA_{F,d,N})=P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$
P(#6)	1.12E-06	#6	$(PA_{F,d,N})=P(\#6)(GA_{F,N})^2$	$340 < (GA_{F,N}) < 23300$	$10 < (PA_{F,d,N}) < 350$

⇒STEP1-3へ  
⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー



2) 両吸込の場合

表 5.3.2-4 両吸込リミットロードファンの動圧

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#2)	2.33E-05	#2	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#2)(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#2 ½)	9.25E-06	#2 ½	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#2 \frac{1}{2})(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#3)	4.52E-06	#3	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#3)(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#3 ½)	2.52E-06	#3 ½	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#3 \frac{1}{2})(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#4)	1.42E-06	#4	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#4)(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#4 ½)	9.11E-07	#4 ½	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#4 \frac{1}{2})(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#5)	5.95E-07	#5	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#5)(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#5 ½)	4.05E-07	#5 ½	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#5 \frac{1}{2})(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$
P(#6)	2.79E-07	#6	$(PA_{F\_d\_N})=P(\#6)(GA_{F\_N})^2$	$670 < (GA_{F\_N}) < 46600$	$10 < (PA_{F\_d\_N}) < 350$

⇒STEP1-3 へ  
 ⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

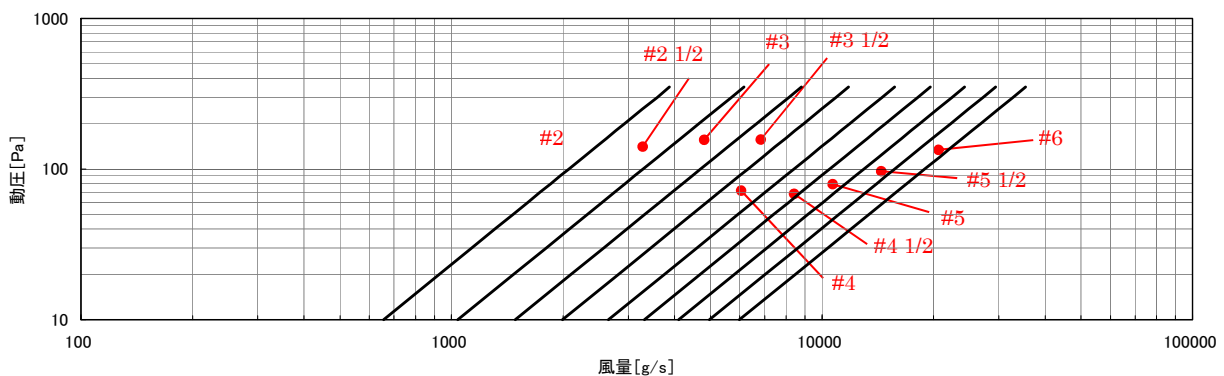
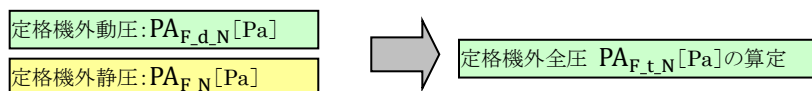


図 5.3.2-6 両吸込リミットロードファンの動圧

**STEP1-3**



定格機外全圧 = 定格機外動圧 + 定格機外静圧  
 $PA_{F\_t\_N} = PA_{F\_d\_N} + PA_{F\_N}$  ⇒STEP1-4 へ

**STEP1-4**

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]



定格全圧効率  $EF_{F,N}$  [NU] の算定 (番手 # の別)

1) 片吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に全圧効率線図を作成

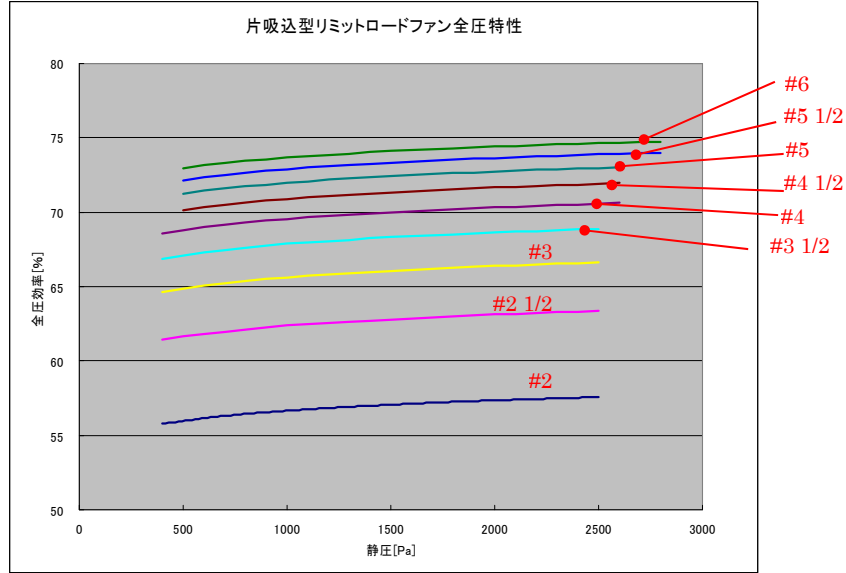


表 5.3.2-5 リミットロードファンの全圧効率(片吸込)

型番	パラメータ		型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2			
P(#2)	5.02E-01	1.75E-02	#2	$(EF_{F,N})=P1(\#2) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#2)$	$400 < (PA_{F,N}) < 2500$
P(#2 ½)	5.54E-01	1.71E-02	#2 ½	$(EF_{F,N})=P1(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#2 \frac{1}{2})$	$400 < (PA_{F,N}) < 2500$
P(#3)	5.85E-01	1.67E-02	#3	$(EF_{F,N})=P1(\#3) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#3)$	$400 < (PA_{F,N}) < 2500$
P(#3 ½)	6.06E-01	1.63E-02	#3 ½	$(EF_{F,N})=P1(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#3 \frac{1}{2})$	$400 < (PA_{F,N}) < 2500$
P(#4)	6.23E-01	1.59E-02	#4	$(EF_{F,N})=P1(\#4) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#4)$	$500 < (PA_{F,N}) < 2800$
P(#4 ½)	6.37E-01	1.55E-02	#4 ½	$(EF_{F,N})=P1(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#4 \frac{1}{2})$	$500 < (PA_{F,N}) < 2800$
P(#5)	6.48E-01	1.51E-02	#5	$(EF_{F,N})=P1(\#5) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#5)$	$500 < (PA_{F,N}) < 2800$
P(#5 ½)	6.59E-01	1.47E-02	#5 ½	$(EF_{F,N})=P1(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#5 \frac{1}{2})$	$500 < (PA_{F,N}) < 2800$
P(#6)	6.67E-01	1.43E-02	#6	$(EF_{F,N})=P1(\#6) \times (PA_{F,N})^{\wedge}P2(\#6)$	$500 < (PA_{F,N}) < 2800$

⇒STEP1-5へ

⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

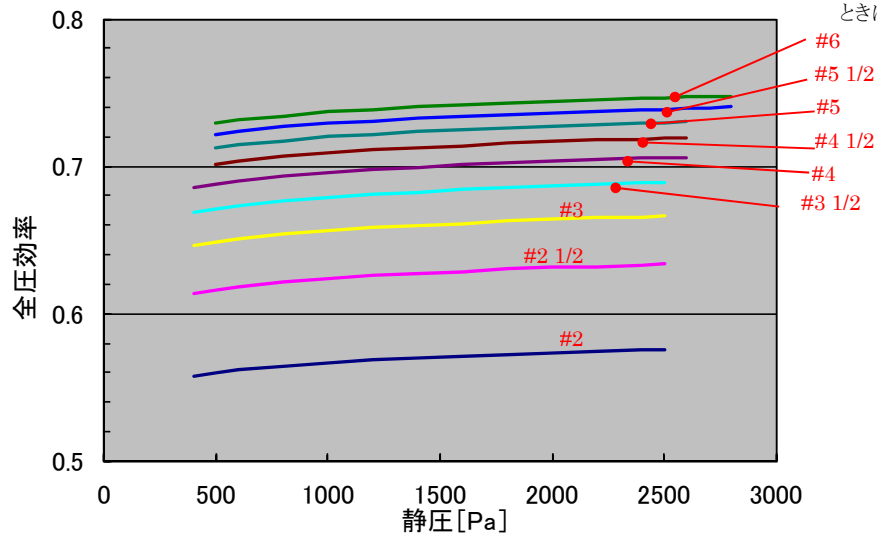


図 5.3.2-7 リミットロードファンの全圧効率(片吸込)



2) 両吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に全圧効率線図を作成

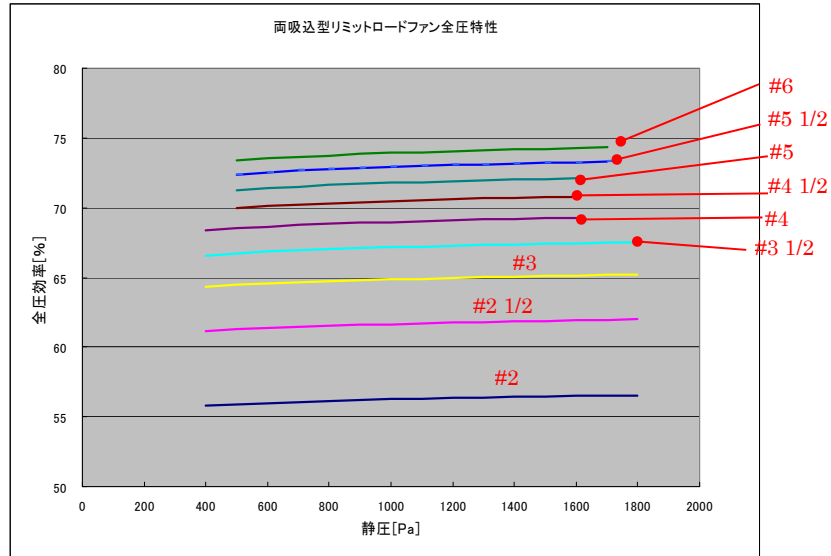


表 5.3.2-6 リミットロードファンの全圧効率(両吸込)

型番	パラメータ		型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2			
P(#2)	5.29E-01	8.80E-03	#2	$(EF_{F,N})=P1(\#2) \times (PA_{F,N})^2(\#2)$	$400 < (PA_{F,N}) < 1800$
P(#2 1/2)	5.79E-01	9.00E-03	#2 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2(\#2 \frac{1}{2})$	$400 < (PA_{F,N}) < 1800$
P(#3)	6.09E-01	9.20E-03	#3	$(EF_{F,N})=P1(\#3) \times (PA_{F,N})^2(\#3)$	$400 < (PA_{F,N}) < 1800$
P(#3 1/2)	6.29E-01	9.40E-03	#3 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2(\#3 \frac{1}{2})$	$400 < (PA_{F,N}) < 1800$
P(#4)	6.46E-01	9.60E-03	#4	$(EF_{F,N})=P1(\#4) \times (PA_{F,N})^2(\#4)$	$400 < (PA_{F,N}) < 1700$
P(#4 1/2)	6.59E-01	9.80E-03	#4 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2(\#4 \frac{1}{2})$	$500 < (PA_{F,N}) < 1700$
P(#5)	6.70E-01	1.00E-02	#5	$(EF_{F,N})=P1(\#5) \times (PA_{F,N})^2(\#5)$	$500 < (PA_{F,N}) < 1700$
P(#5 1/2)	6.79E-01	1.02E-02	#5 1/2	$(EF_{F,N})=P1(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_{F,N})^2(\#5 \frac{1}{2})$	$500 < (PA_{F,N}) < 1700$
P(#6)	6.88E-01	1.04E-02	#6	$(EF_{F,N})=P1(\#6) \times (PA_{F,N})^2(\#6)$	$500 < (PA_{F,N}) < 1700$

⇒STEP1-5 へ  
⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

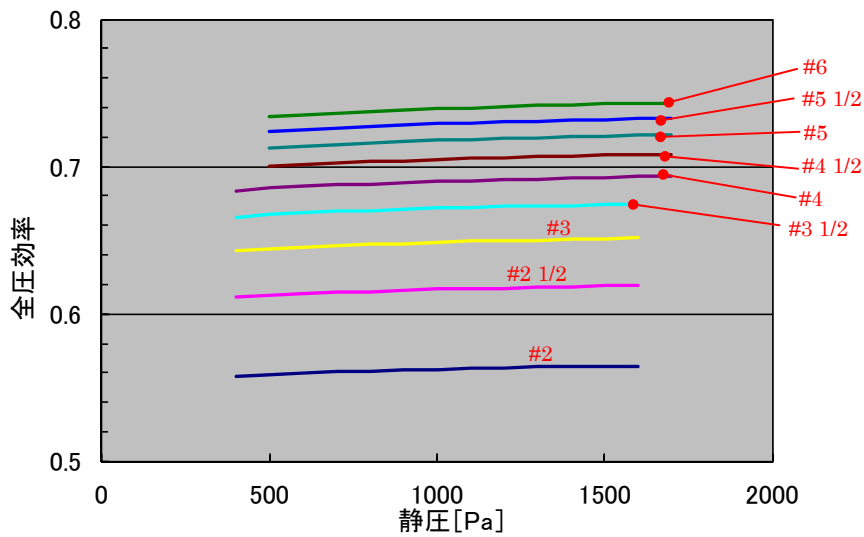
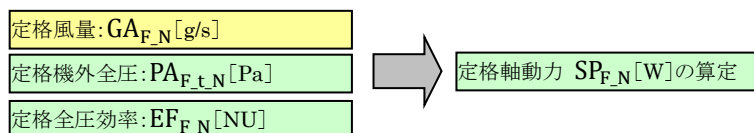


図 5.3.2-8 リミットロードファンの全圧効率(両吸込)

### STEP1-5



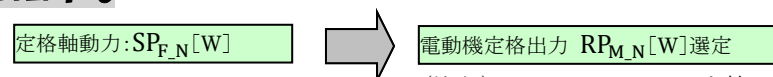
文献1より、多翼送風機の電動機出力を求める式を適用する。

$$\text{定格軸動力 [kW]} = \frac{\text{定格風量 [m}^3/\text{min}] \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{60,000 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$\text{定格軸動力 [W]} = \frac{\text{定格風量 [g/s]} \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$SP_{F,N} = \frac{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}{1,200 \times EF_{F,N}}$$

### STEP1-6



(注記)・STEP1-5+1-6は、文献1の電動機出力算定式を分解したもの。  
・電動機定格出力の記号( $RP_{M,N}$ )は便宜的にポンプで用いた記号と同一のものとする。

$$\text{電力出力選定用値 } RPF_{M,N} [\text{W}] = \text{定格軸動力 } SP_{F,N} \times K$$

K: 補正係数

$$K=1.05 \text{ (固定速の場合)}$$

$$K=1.15 \text{ (インバータ制御の場合)}$$

電力出力選定用値  $RPF_{M,N}$  から電動機定格出力選定

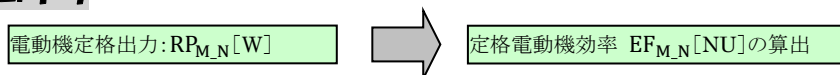
$$\text{電動機出力選定用値 } RPF_{M,N} \leq \text{電動機定格出力 } RP_{M,N}$$

となるよう電動機定格出力選定。

電動機定格出力  $RP_{M,N}$ : 200W, 250W, 370W, 400W, 550W, 750W, 1100W, 1500W,  
2200W, 3700W, 5500W, 7500W, 11000W, 15000W, 18500W,  
22000W, 30000W, 37000W

(JIS の電動機定格出力を [W] で表記)

### STEP1-7



標準効率 (IE1)、高効率 (IE2)、プレミアム効率 (IE3) の場合

マップデータ、JISC4034-30 回転電気機械・第 30 部: 単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス (IE モード) を基に、データベース化 (IE1~3)

IPM の場合

JIS-C-4212 の表から選定→電動機定格出力と定格電動機効率を定式化

$$EF_{M,N} = f(RP_{M,N})$$

(特性式・グラフはポンプの項参照)

## (2) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP2-1

運転風量:  $GA_{F,N}$  [g/s]



運転機外動圧  $PA_{F,d}$  [Pa]の算定(番手#の別)

STEP1-2と同様。  
文献1より転載

グラフを読取り数式化する

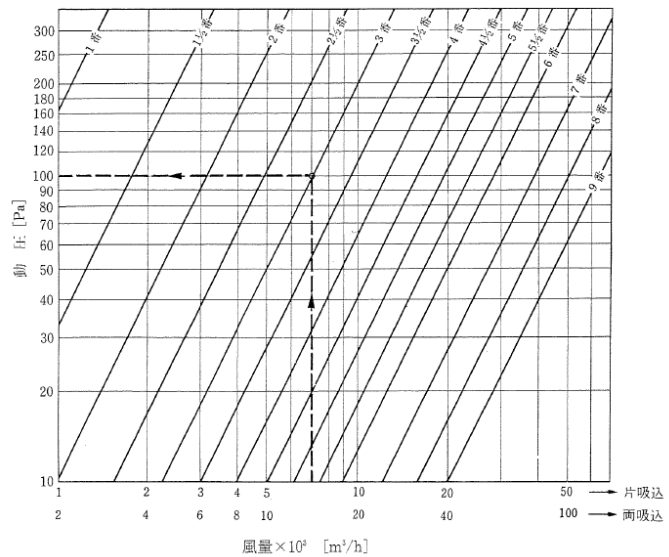


図 2-31 多翼送風機の動圧選定図

表 5.3.2-7 片吸込リミットロードファンの動圧(各数式・係数は表 5.3.2-3 と同様)

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#2)	9.32E-05	#2	$(PA_{F,d})=P(\#2)(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#2 ½)	3.70E-05	#2 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#2 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#3)	1.81E-05	#3	$(PA_{F,d})=P(\#3)(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#3 ½)	1.01E-05	#3 ½	$(PA_{F,d})=P(\#3 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#4)	5.68E-06	#4	$(PA_{F,d,N})=P(\#4)(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#4 ½)	3.64E-06	#4 ½	$(PA_{F,d})=P(\#4 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#5)	2.38E-06	#5	$(PA_{F,d})=P(\#5)(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#5 ½)	1.62E-06	#5 ½	$(PA_{F,d})=P(\#5 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#6)	1.12E-06	#6	$(PA_{F,d})=P(\#6)(GA_F)^2$	$340 < (GA_F) < 23300$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$

⇒STEP2-2へ

⇒範囲に当てはまらないときは  
範囲外エラー

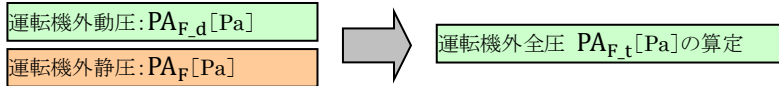
表 5.3.2-8 両吸込リミットロードファンの動圧(各数式・係数は表 5.3.2-4 と同様)

型番	係数	型番	動圧(Pa)	領域の条件	
				①	②
P(#2)	2.33E-05	#2	$(PA_{F,d})=P(\#2)(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#2 ½)	9.25E-06	#2 ½	$(PA_{F,d,N})=P(\#2 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#3)	4.52E-06	#3	$(PA_{F,d})=P(\#3)(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#3 ½)	2.52E-06	#3 ½	$(PA_{F,d})=P(\#3 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#4)	1.42E-06	#4	$(PA_{F,d,N})=P(\#4)(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#4 ½)	9.11E-07	#4 ½	$(PA_{F,d})=P(\#4 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#5)	5.95E-07	#5	$(PA_{F,d})=P(\#5)(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#5 ½)	4.05E-07	#5 ½	$(PA_{F,d})=P(\#5 \frac{1}{2})(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$
P(#6)	2.79E-07	#6	$(PA_{F,d})=P(\#6)(GA_F)^2$	$670 < (GA_F) < 46600$	$10 < (PA_{F,d}) < 350$

⇒STEP2-2へ

⇒範囲に当てはまらないときは  
範囲外エラー

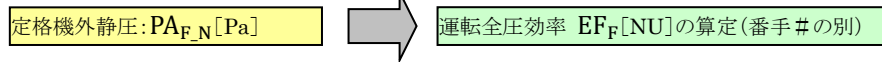
## STEP2-2



運転機外全圧 = 運転機外動圧 + 運転機外静圧 ⇒STEP2-3 へ

$$PA_{F,t} = PA_{F,d} + PA_F$$

## STEP2-3



運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

### 1) 片吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に全圧効率線図を作成

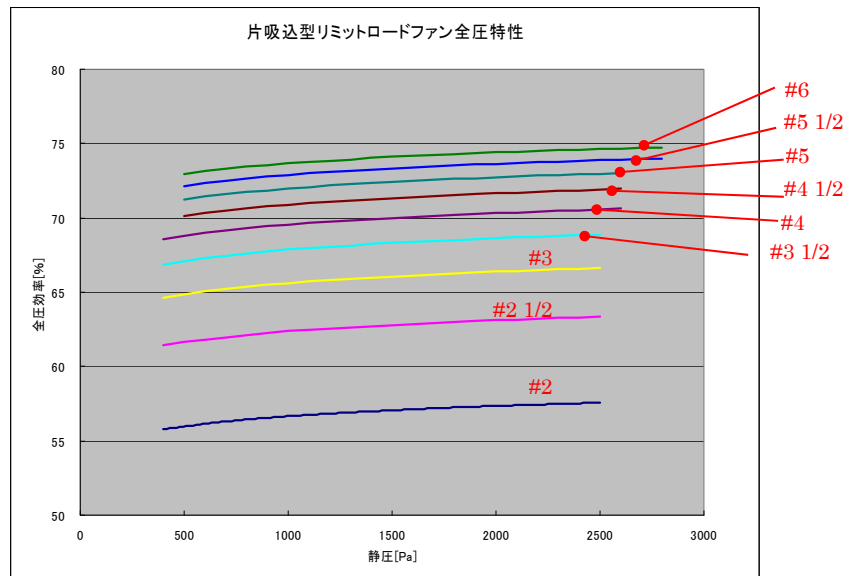


表 5.3.2-9 リミットロードファンの全圧効率(片吸込)

型番	パラメータ		型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2			
P(#2)	5.02E-01	1.75E-02	#2	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#2)}$	$400 < (PA_F) < 2500$
P(#2 ½)	5.54E-01	1.71E-02	#2 ½	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#2 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 2500$
P(#3)	5.85E-01	1.67E-02	#3	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#3)}$	$400 < (PA_F) < 2500$
P(#3 ½)	6.06E-01	1.63E-02	#3 ½	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#3 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 2500$
P(#4)	6.23E-01	1.59E-02	#4	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#4)}$	$500 < (PA_F) < 2800$
P(#4 ½)	6.37E-01	1.55E-02	#4 ½	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#4 \frac{1}{2})}$	$500 < (PA_F) < 2800$
P(#5)	6.48E-01	1.51E-02	#5	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#5)}$	$500 < (PA_F) < 2800$
P(#5 ½)	6.59E-01	1.47E-02	#5 ½	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#5 \frac{1}{2})}$	$500 < (PA_F) < 2800$
P(#6)	6.67E-01	1.43E-02	#6	$(EF_F) = P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#6)}$	$500 < (PA_F) < 2800$

⇒STEP1-5 へ

⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

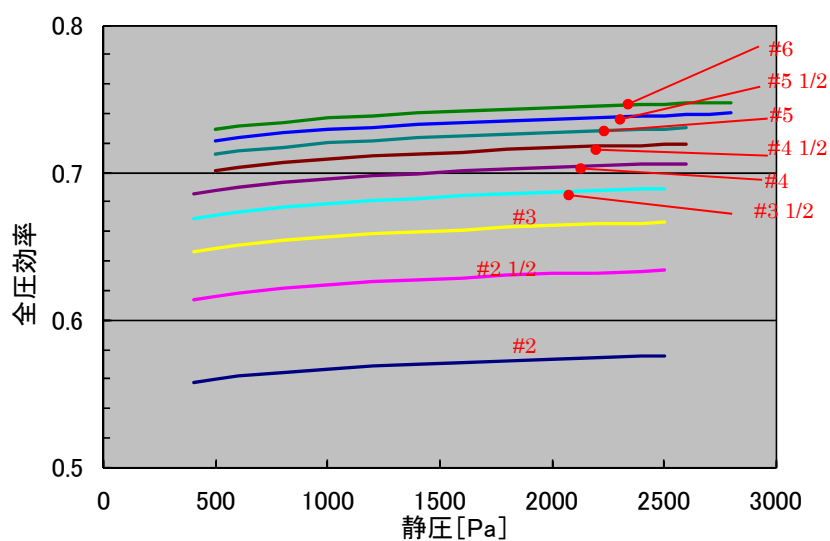


図 5.3.2-9 リミットロードファンの全圧効率(片吸込)

2) 両吸込の場合

日本産業機械工業会より受領の特性データを基に全圧効率線図を作成

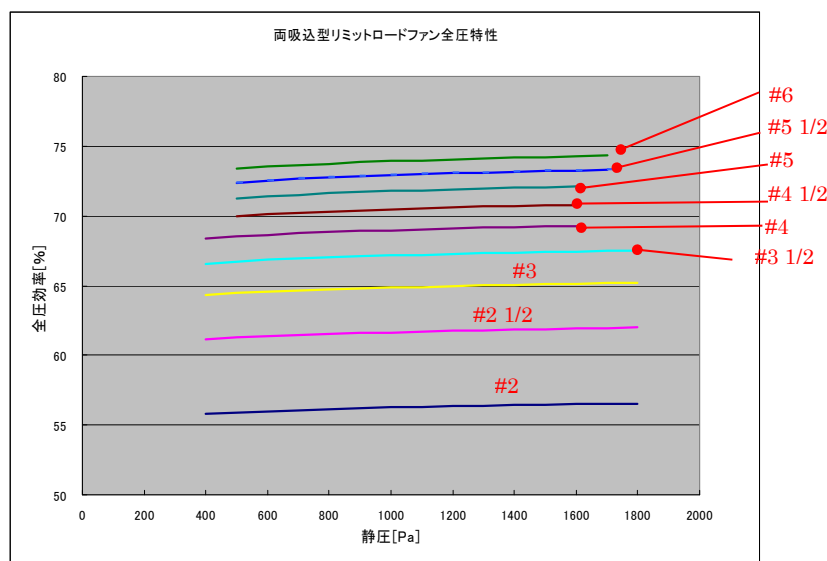


表 5.3.2-10 リミットロードファンの全圧効率(両吸込)

型番	パラメータ		型番	全圧効率(0-1)	領域の条件
	1	2			
P(#2)	5.29E-01	8.80E-03	#2	$(EF_F)=P1(\#2) \times (PA_F)^{P2(\#2)}$	$400 < (PA_F) < 1800$
P(#2 1/2)	5.79E-01	9.00E-03	#2 1/2	$(EF_F)=P1(\#2 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^{P2(\#2 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 1800$
P(#3)	6.09E-01	9.20E-03	#3	$(EF_F)=P1(\#3) \times (PA_F)^{P2(\#3)}$	$400 < (PA_F) < 1800$
P(#3 1/2)	6.29E-01	9.40E-03	#3 1/2	$(EF_F)=P1(\#3 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^{P2(\#3 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 1800$
P(#4)	6.46E-01	9.60E-03	#4	$(EF_F)=P1(\#4) \times (PA_F)^{P2(\#4)}$	$400 < (PA_F) < 1700$
P(#4 1/2)	6.59E-01	9.80E-03	#4 1/2	$(EF_F)=P1(\#4 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^{P2(\#4 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 1700$
P(#5)	6.70E-01	1.00E-02	#5	$(EF_F)=P1(\#5) \times (PA_F)^{P2(\#5)}$	$400 < (PA_F) < 1700$
P(#5 1/2)	6.79E-01	1.02E-02	#5 1/2	$(EF_F)=P1(\#5 \frac{1}{2}) \times (PA_F)^{P2(\#5 \frac{1}{2})}$	$400 < (PA_F) < 1700$
P(#6)	6.88E-01	1.04E-02	#6	$(EF_F)=P1(\#6) \times (PA_F)^{P2(\#6)}$	$400 < (PA_F) < 1700$

⇒STEP1-5 へ  
⇒範囲に当てはまらないときは範囲外エラー

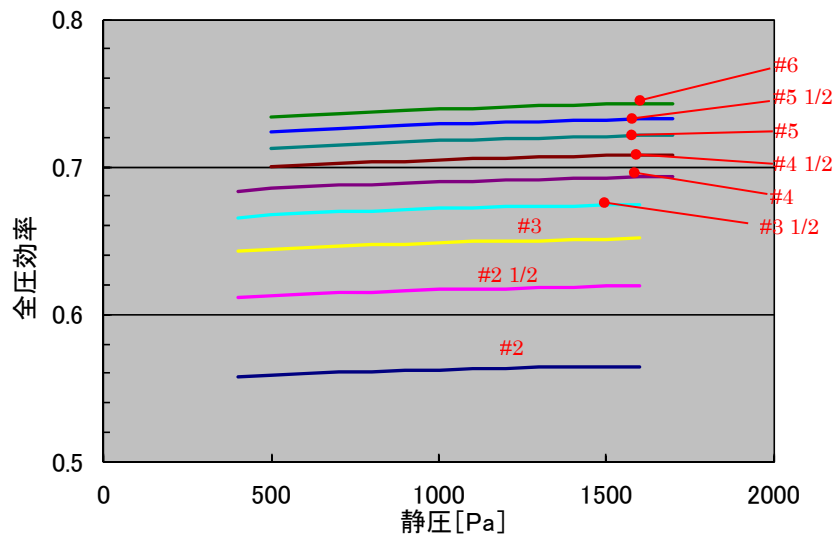
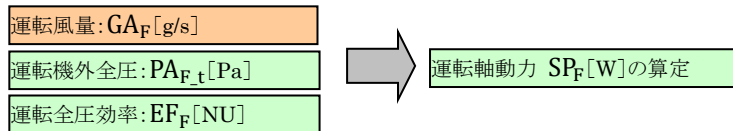


図 5.3.2-10 リミットロードファンの全圧効率(両吸込)

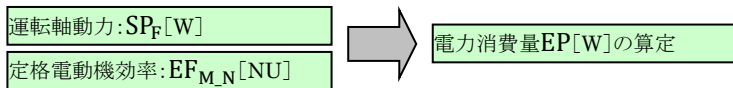
#### STEP2-4



$$\text{運転軸動力 [W]} = \frac{\text{運転風量 [g/s]} \times \text{運転機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{運転全圧効率}}$$

$$SP_F = \frac{GA_F \times PA_{F,t}}{1,200 \times EF_F}$$

#### STEP2-5



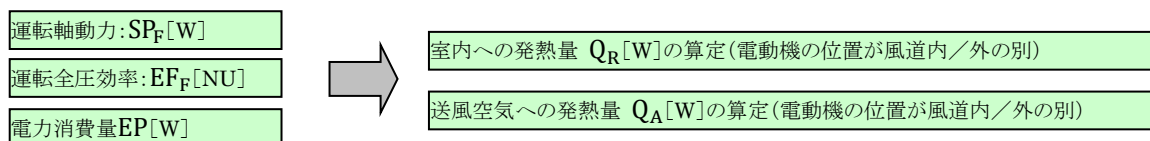
運転電動機効率 = 定格電動機効率

$$EF_M = EF_{M,N}$$

電力消費量 = 運転軸動力 ÷ 運転電動機効率

$$EP = SP_F \div EF_M$$

## STEP2-6



### 1) 電動機が風道内に無い場合

ファン軸動力から送風仕事量に変換されない損失分は、熱に変わるものとし、その量の半分が室内へ、残りの半分が送風空気に与えられるものとする。

室内への発熱量

$$= (\text{電力消費量} - \text{運転軸動力}) + \text{運転軸動力} \times (1 - \text{運転全圧効率}) \times 0.5$$

$$Q_R = (EP - SP_F) + SP_F \times (1 - EF_F) \times 0.5$$

送風空気への発熱量 = 運転軸動力  $\times$  (1 - 運転全圧効率)  $\times$  0.5

$$Q_A = SP_F \times (1 - EF_F) \times 0.5$$

### 2) 電動機が風道内にある場合

室内への発熱量 = 無し

$$Q_R = 0$$

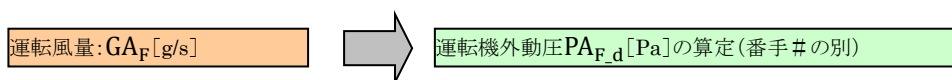
送風空気への発熱量

$$= (\text{電力消費量} - \text{運転軸動力}) + \text{運転軸動力} \times (1 - \text{運転全圧効率})$$

$$Q_A = (EP - P_F) + SP_F \times (1 - EF_F)$$

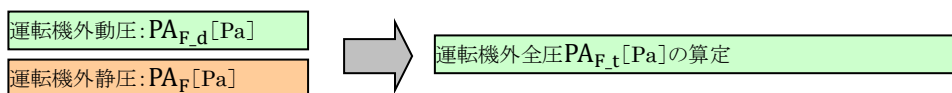
## (3) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP3-1



STEP2-1 に同じ

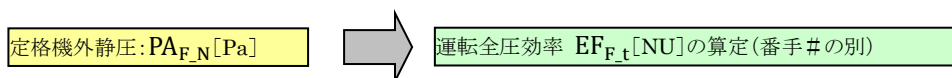
### STEP3-2



STEP2-2 に同じ

### STEP3-3

運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする



STEP2-3 に同じ



### STEP3-4

運転風量: $GA_F$ [g/s]
運転機外全圧: $PA_{F,t}$ [Pa]
運転全圧効率: $EF_F$ [NU]
定格風量: $GA_{F,N}$ [g/s]
定格機外全圧: $PA_{F,t,N}$ [Pa]
定格全圧効率: $EF_{F,N}$ [NU]
電源周波数: $FE_N$ [Hz]

インバータ周波数  $FE$  [Hz] の算定

参考		表 1・6 送風機比例法則	
従属変数	基礎データ	独立変数	密度補正
$Q_2 =$	$Q_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^3 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)$	
$P_2 =$	$P_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^2 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$L_2 =$	$L_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^5 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$dB_2 =$	$dB_1$	$+ 70 \log_{10} \frac{No_2}{No_1} + 50 \log_{10} \frac{n_2}{n_1}$	$+ 20 \log_{10} \frac{\rho_2}{\rho_1}$

注  $Q$ : 風量,  $P$ : 圧力,  $L$ : 軸動力,  $n$ : 回転数  
 $No$ : 送風機の大きさ,  $\rho$ : 密度,  $dB$ : 騒音値

上記は軸動力の3乗比例則であるが、ここでは送風仕事量と全圧効率から算出される軸動力が、回転数の3乗に比例するとして定式化する。

$$\text{インバータ周波数} = \sqrt[3]{\frac{\text{運転軸動力}}{\text{定格軸動力}}} \times \text{電源周波数}$$

$$FE = \sqrt[3]{\left(\frac{GA_F \times PA_{F,t}}{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}\right)} \times FE_N$$

ただし、インバータ周波数の上・下限を下記にて制限する。

$$FE_{LL} \leq FE \leq FE_{UL}$$

### STEP3-5

電源周波数: $FE_N$ [Hz]
インバータ周波数 $FE$ [Hz]
電動機定格出力: $RP_{M,N}$ [W]
定格電動機効率: $EF_{M,N}$ [W]



運転電動機効率 $EF_M$ [NU] の算定
運転インバータ効率 $EF_{INV}$ [NU] の算定

$RSR_M$ : 電動機回転速度率の算定

$$RSR_M = \frac{FE}{FE_N}$$

$EF_M$ : 運転電動機効率の算定

$$EF_M = EF_{M,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_M$  は標準型電動機、高効率型電動機、**プレミアム効率**、IPM 電動機の別に定式化される。

(特性式はポンプの項参照)



$EF_{INV}$ : 運転インバータ効率の算定

$$EF_{INV} = EF_{INV,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_{INV}$ は標準型電動機、高効率型電動機、プレミアム効率、IPM 電動機の別に定式化される。

(特性式はポンプの項参照)

### STEP3-6

運転風量:  $GA_F$  [g/s]

運転機外全圧:  $PA_{F,t}$  [Pa]

運転全圧効率:  $EF_F$  [NU]

運転軸動力  $SP_F$  [W]の算定

STEP2-4 に同じ

### STEP3-7

運転軸動力:  $SP_F$  [W]

運転電動機効率:  $EF_M$  [NU]

運転インバータ効率:  $EF_{INV}$  [NU]

電力消費量  $EP$  [W]の算定

$$EP = \frac{SP_F}{EF_M \times EF_{INV}}$$

### STEP3-8

運転軸動力:  $SP_F$  [W]

電力消費量  $EP$  [W]

運転全圧効率:  $EF_F$  [NU]

室内への発熱量  $Q_R$  [W]の算定(電動機の位置が風道内/外の別)

送風空気への発熱量  $Q_A$  [W]の算定(電動機の位置が風道内/外の別)

STEP2-6 に同じ

### 5.3.3. ラインファン

#### 5.3.3.1. 機器特性の考え方

ラインファンの定式化は、シロッコファン、リミットロードファン等のように風量・静圧を入力とした特性定式化ではなく、天井扇等小型ファンの定式化と同様に、設計者が入力画面で消費電力を入力し、消費電力計算は運転時間で左記消費電力を積算するものとする。

- ラインファン定格能力・運転条件(消費電力含む)を入力項目とする。
- 運転時間と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。
- ファン運転は固定速のみとし、回転数制御(インバータ制御)は無しとする。

#### 5.3.3.2. 設定項目

ファン

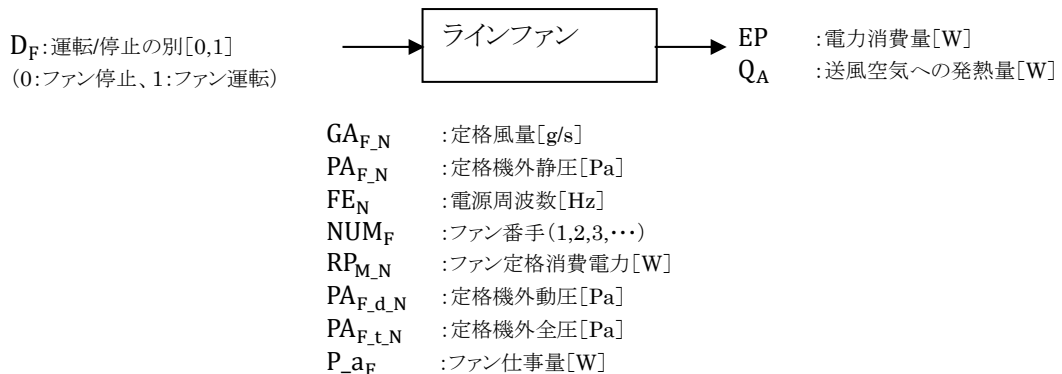
名称 ファン20090101

定格風量 1000 [m3/h(a)]  
 最小風量 0 [m3/h(a)]  
 ■電動機■  
 定格消費電力 0.75 [kW]  
 相数 3 [-]  
 電圧 200 [V]  
 周波数 50 [Hz]  
 力率 0.8 [-]  
 ■記録・グラフ表示■  
 グラフを表示する  グラフを表示する [-] ←グラフを表示するときはチェックしてください  
 最大同時表示ステップ数 100 [-] ←グラフに同時表示する最大ステップ数を入力します  
 記録を有効とする  記録を有効とする [-] ←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください  
 ★接続ノード図を表示する★

ファン番手:#1、#1.5、#2、#2.5、#3、#3.5、#4  
 定格(設計)風量 : m3/h  
 定格(設計)機外静圧 : Pa  
 定格(設計)消費電力 : kW

#### 5.3.3.3. 定式化モデル

##### (1) 定式化モデル



注記: 定式化において、空気の比重は 1.2kg/m<sup>3</sup> とする

図 5.3-1 ラインファン定式化モデル

## (2) エネルギーフローモデル

発熱量については、電動機が送風空气中(風動)にある場合のみをモデル化する。  
(現在、ラインファンで電動機がファンケーシング外にある商品は、無い。)

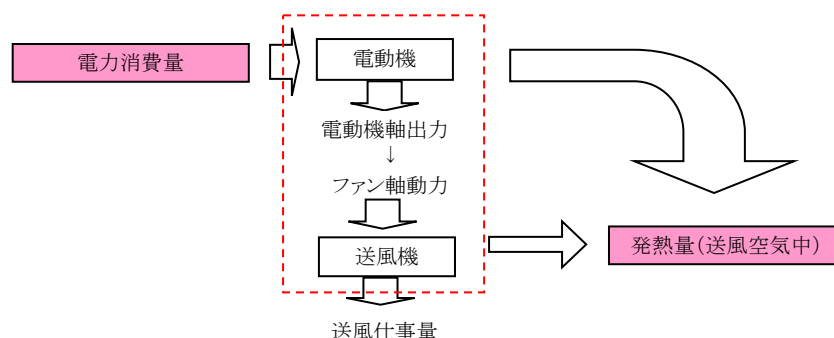


図 5.3.3-2 エネルギーフローモデル

### 5.3.3.4. モデルの適用範囲

ラインファンのすべての範囲においてモデルを適用可能。

### 5.3.3.5. 計算フロー

#### ■ 設計者入力項目

- 定格風量(設計風量)
- 定格機外静圧(設計機外静圧)
- 定格消費電力(設計消費電力)

#### ■ 他のオブジェクトから受取る項目

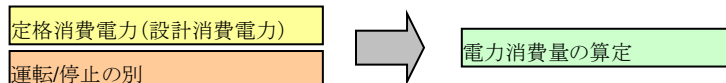
- 運転/停止の別

#### ■ 計算出力項目

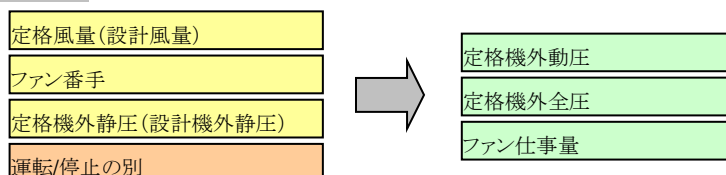
- 発熱量(送風空气中)
- 電力消費量

#### ■ 計算フロー

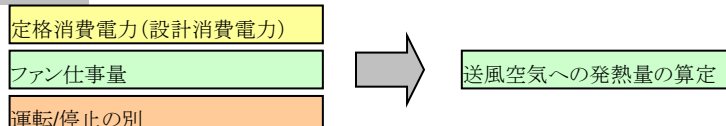
##### STEP1-1



##### STEP1-2



##### STEP1-3



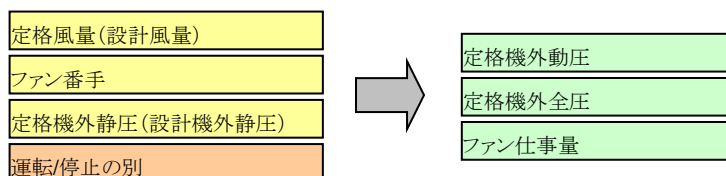
### 5.3.3.6. 機器特性

#### STEP1-1



$$EP = RP_{M,N} \times D_F \quad (D_F \text{は } 0: \text{停止、} 1: \text{運転})$$

#### STEP1-2



#### 1) ラインファンの口径

設計者が入力したファン番手 $NUM_F$ から表1により、口径を求める。

表 5.3.3-1 ファン番手とファン代表口径

ファン番手 $NUM_F$	1 (#1)	1.5 (#1.5)	2 (#2)	2.5 (#2.5)	3 (#3)	3.5 (#3.5)	4 (#4)
ファン口径 $DIA_F$ (m)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40

#### 2) 定格機外動圧の算定

動圧[Pa]

$$= \text{密度}[\text{kg/m}^3] \times \text{流速}[\text{m/s}]^2 \div 2$$

$$= 1.2[\text{kg/m}^3] \times \left( \text{定格風量}[\text{m}^3/\text{s}] \times \frac{4}{\pi \times \text{ファン口径}[\text{m}]^2} \right)^2 \div 2$$

$$= 1.2[\text{kg/m}^3] \times \left( GA_{F,N}[\text{g/s}] \div 1200[\text{g/m}^3] \times \frac{4}{\pi \times DIA_F[\text{m}]^2} \right)^2 \div 2$$

$$PA_{F,d,N} = 0.676E^{-6} \times \frac{GA_{F,N}}{DIA_F}$$

定格機外全圧の算定

$$PA_{F,t,N} = PA_{F,N} + PA_{F,d,N}$$

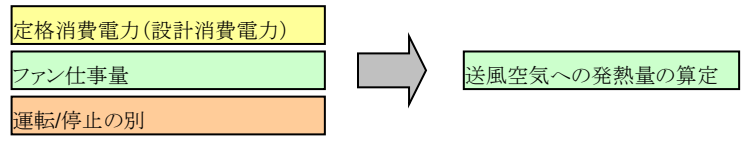
#### 3) ファン仕事量の算定

$$\text{ファン仕事量}[\text{kW}] = \frac{\text{定格風量}[\text{m}^3/\text{min}] \times \text{定格機外全圧}[\text{Pa}]}{60,000}$$

$$\text{ファン仕事量}[\text{W}] = \frac{\text{定格風量}[\text{g/s}] \times \text{定格機外全圧}[\text{Pa}]}{1,200}$$

$$P_{aF} = \frac{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}{1,200}$$

**STEP1-3**



$$Q_A = (RP_{M,N} - P_{aF}) \times D_F$$

## 6. 空調機器

### 6.1. 機器特性調査の実施概要

#### 6.1.1. 実施概要

- ・ 機器特性は基本的に静特性としモデル化を容易にした。
- ・ 機器特性モデルは、物理的に表現できる機器については物理的モデルで、機器の固有特性が複雑な機器については近似式モデルとした。
- ・ 近似式モデルは機器特性を代表的な数種類に分類して多項式近似とした。

#### 6.1.2. 実施体制

- ・ 日本冷凍空調工業会（空調器技術専門委員会）
  - ・ 全熱交換器委員会

### 6.2. 空調機のかえ方

空調機方式別に制御方式・省エネ手法の適用可否について分類を行った。(表1)

現在主に用いられる空調機については、ファンの設置位置および数により大きく5パターンに分類が可能であると考えられる。

空調機はコイル、加湿器などの複数要素で構成されているため、機器特性をシミュレートするためには、各要素に対応するモジュールを用意する必要がある。

一方、圧力損失特性については空調機内でのファンの位置およびチャンバへのダクト接続位置、サイズなどにより圧力損失が異なるため、物理的モデル化や近似式モデル化が困難である。このため圧力損失特性については空調機全体を1つのモジュールとして計算を行うことを目指した。

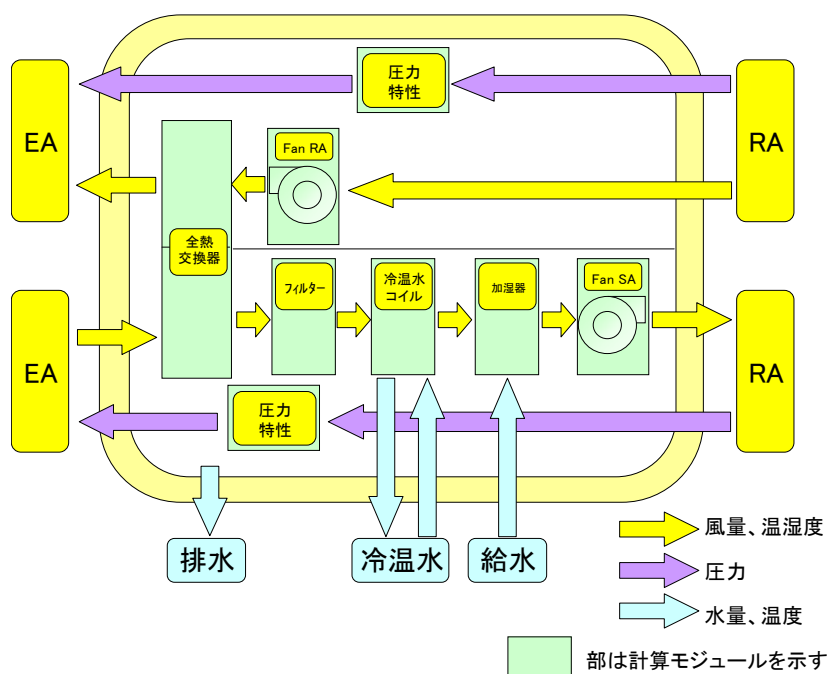


図 6.1.2-1 空調機テンプレート

空調方式	空調機構成イメージ	制御方式・省エネ手法										備考																
		CEC EPR法の評価項目																										
		変流量	変風量 (可変速 制御) (圧力検 出機構 正)	その他家 風量方式 (可変 ピッチ制 御・サウ ション ペーン制 御)	外気冷房 シフト オフ)	最小外気 (予冷・ 予熱時 シフト オフ)	最小外気 (CO2濃 度)	全熱交換 器	大温度差 送風	大温度差 制御 (弁)	ナイト パージ		媒体 蓄熱	再熱制御	多段加温 制御													
単一ダクトVAV		○	○	△	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
単一ダクトCAV		○	○	△	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
外調機		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
ターミナルユニット		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	モデル上の FCUとの違い
HEX組込		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	外気冷房時は HEX回収制御
HEX組込		○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	外気冷房時は HEXはバイパス
2ファン	上出	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	





## 6.3. 空調機器特性

### 6.3.1. 空調機コイル

#### 6.3.1.1. 冷温水コイル

##### (1) 特性式の考え方

伝熱係数と湿り面係数を用いた一般的な計算方法により、コイル入口空気状態、コイル入口水状態を入力条件として、コイル出口空気状態、コイル出口水状態および処理熱量を算出する。

##### (2) 設定項目

項目	値	単位	備考
設計風量	1500	[g/s]	
設計水量	1000	[g/s]	
正面面積	0.625	[m <sup>2</sup> ]	
列数	6	[列]	
フィン数	7	[フィン]	
チューブ数	20	[本]	
フロー種別	0.5	[-]	←0.5:ハーフフロー、1:シングル、2:ダブル
冷却時出口相対湿度	95	[%]	

★接続ノード図を表示する★

図 6.3.1-1 冷温水コイル設定項目

##### (3) 定式化モデル

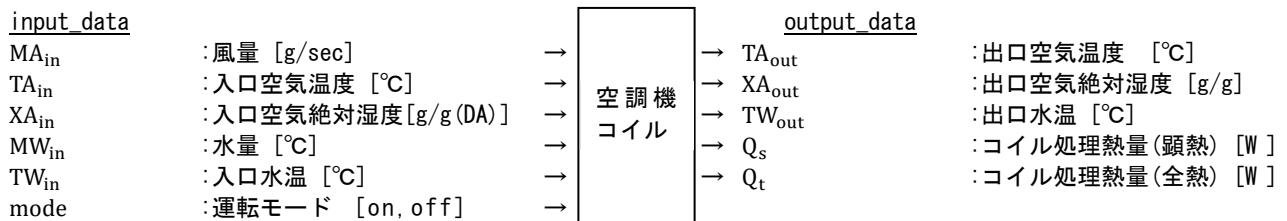


図 6.3.1-2 定式化モデル

##### ① ユーザー入力仕様

MW <sub>in,N</sub>	: 設計水量 [g/sec]
MA <sub>in,N</sub>	: 設計風量 [g/sec]
FA	: 正面面積 [m <sup>2</sup> ]
N	: 列数 [-]
FL	: フロー種別 [-]
TB	: チューブ数 [-]
FN	: フィン数 [-]
KAN	: 管肉厚 [mm]
RHA <sub>N</sub>	: 冷却時出口相対湿度 [%]

## ② 入力

MA <sub>in</sub>	: 風量 [g/sec]
TA <sub>in</sub>	: 入口空気温度 [°C]
XA <sub>in</sub>	: 入口空気絶対湿度 [g/g(DA)]
MW <sub>in</sub>	: 水量 [°C]
TW <sub>in</sub>	: 入口水温 [°C]
mode	: 運転モード [on,off]

## ③ 出力

TA <sub>out</sub>	: 出口空気温度 [°C]
XA <sub>out</sub>	: 出口空気絶対湿度 [g/g(DA)]
TW <sub>out</sub>	: 出口水温 [°C]
Q <sub>s</sub>	: コイル処理熱量(顕熱) [W]
Q <sub>t</sub>	: コイル処理熱量(全熱) [W]

## (4) モデルの適用範囲

コイル面風速	: 0.0 ~ 3.5 m/s
コイル管内流速	: 0.2 ~ 2.0 m/s
冷却時水温	: 0.0 ~ 20.0 °C
加熱時水温	: 30.0 ~ 50.0 °C
入口空気温度	: 0.0 ~ 50.0 °C

## (5) 機器特性

### ① 伝熱係数

$$Kf_{coil} = \frac{Kfa_{coil}}{(Kfb_{coil} \times VW_{coil})^{Kfc_{coil}} + (Kfd_{coil} \times VA_{coil})^{Kfe_{coil}}}$$

Kf<sub>coil</sub>: 伝熱係数

Kfa<sub>coil</sub> ~ Kfe<sub>coil</sub>: 伝熱係数決定パラメータ

VW<sub>coil</sub>: コイル管内流速

VA<sub>coil</sub>: 風速

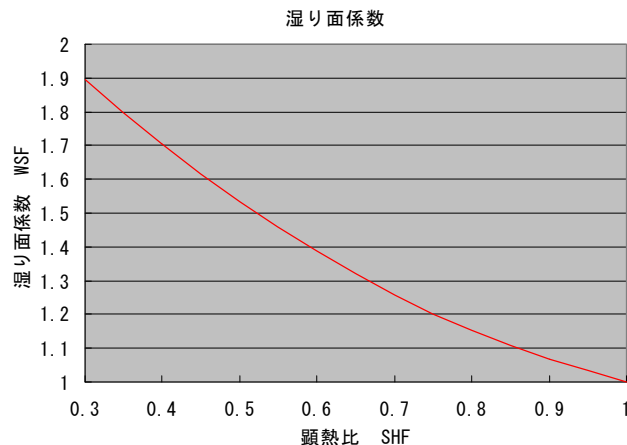
### ② 濡れ面係数

$$WSF = WSFa \times SHF^2 - WSFb \times SHF + WSFc$$

WSF: 濡れ面係数

WSFa ~ WSFc: 濡れ面係数決定パラメータ

SHF: 顕熱比



### ③ 冷温水コイル計算ルーチン

1) コイル処理熱量(顕熱)初期値設定

2) 前面風速、管内コイル管内流速の計算

$$VW_{coil\_pre} = \frac{MW_{in\_N}}{KAN \times TB}$$

※KANデフォルト値は下記の通り。

冷温水コイル : 0.5

$$VW_{coil} = \frac{VW_{coil\_pre}}{FL}$$

※FLデフォルト値=1(SF)。

表 6.3.1-1 P\_FL の設定値

70-	HF ハーフフロー	SF シングルフロー	DF ダブルフロー
FL	0.5	1	2

$$VA_{coil} = \frac{MA_{in\_N}}{FA \times 3600}$$

3) 伝熱係数計算

$$Kf_{coil} = \frac{Kfa_{coil}}{(Kfb_{coil} \times VW_{coil})^{Kfc_{coil}} + (Kfd_{coil} \times VA_{coil})^{Kfe_{coil}}}$$

4) 出口空気状態の計算

- 4-1) 入口空気の状態点より、顕熱を仮定して、出口温度の乾球温度を計算。
- 4-2) 設定した冷却時出口相対湿度での絶対湿度を計算。
- 4-3) 出口空気相対湿度 > 入口空気絶対湿度 の場合は以下の修正を行う。  
 出口空気の絶対湿度 = 入口空気の絶対湿度  
 (これにより空気線図上は真横への動きになる。)
- 4-4) 出口空気の相対湿度 > 入口空気の絶対湿度 の場合は減湿冷却として扱う。

5) コイル処理熱量(全熱)の計算

- 5-1) 入口空気エンタルピ、出口空気エンタルピを計算。
- 5-2) エンタルピ差よりコイル処理熱量(全熱)を計算。

6) SHF(顕熱比)計算

$$SHF = \frac{Qs}{Qt}$$

7) 湿り面係数計算の計算

$$WSF = WSFa \times SHF^2 - WSFb \times SHF + WSFc$$

8) 対数平均温度差の計算

$$MED = \frac{(TA_{in} - TW_{out}) - (TA_{out} - TW_{in})}{\ln\left(\frac{TA_{in} - TW_{out}}{TA_{out} - TW_{in}}\right)}$$

9) 列数の計算

$$N = \frac{Qt}{(FA \times Kf_{coil} \times WSF \times MED)}$$

10) 収束計算によるコイル処理熱量(顕熱)の決定

算出コイル列数≒設定コイル列数となるまで収束計算を行い、コイル除去熱量を決定(収束判定:列数誤差 $\leq 0.05$ )。

算出コイル列数≒設定コイル列数の場合、計算終了。

算出コイル列数 $\neq$ 設定コイル列数の場合、①に戻り、前時点の算出列数から求めたコイル処理熱量(顕熱)を用いて再計算。

④ 計算例

表 6.3.1-2 冷温水コイル計算条件

共通機器仕様					
MW <sub>in,N</sub> :水量	MA <sub>in,N</sub> :風量	FA:正面面積	TB:チューブ数:	FL:フロー種別	KAN:管肉厚
816L/min	40000CMH	3.97m <sup>2</sup>	36本	DF	10.8

冷房時入口条件			
TA <sub>in</sub> :入口空気温度	XA <sub>in</sub> :入口空気絶対湿度	TW <sub>in</sub> :入口水温	RHA <sub>N</sub> :冷却時出口相対湿度
27.8°C	0.013kg/kg'	7.0°C	95%

暖房時入口条件	
TA <sub>in</sub> :入口空気温度	TW <sub>in</sub> 入口水温
15.0°C	50.0°C

### ⑤ 計算結果グラフ (冷却時)

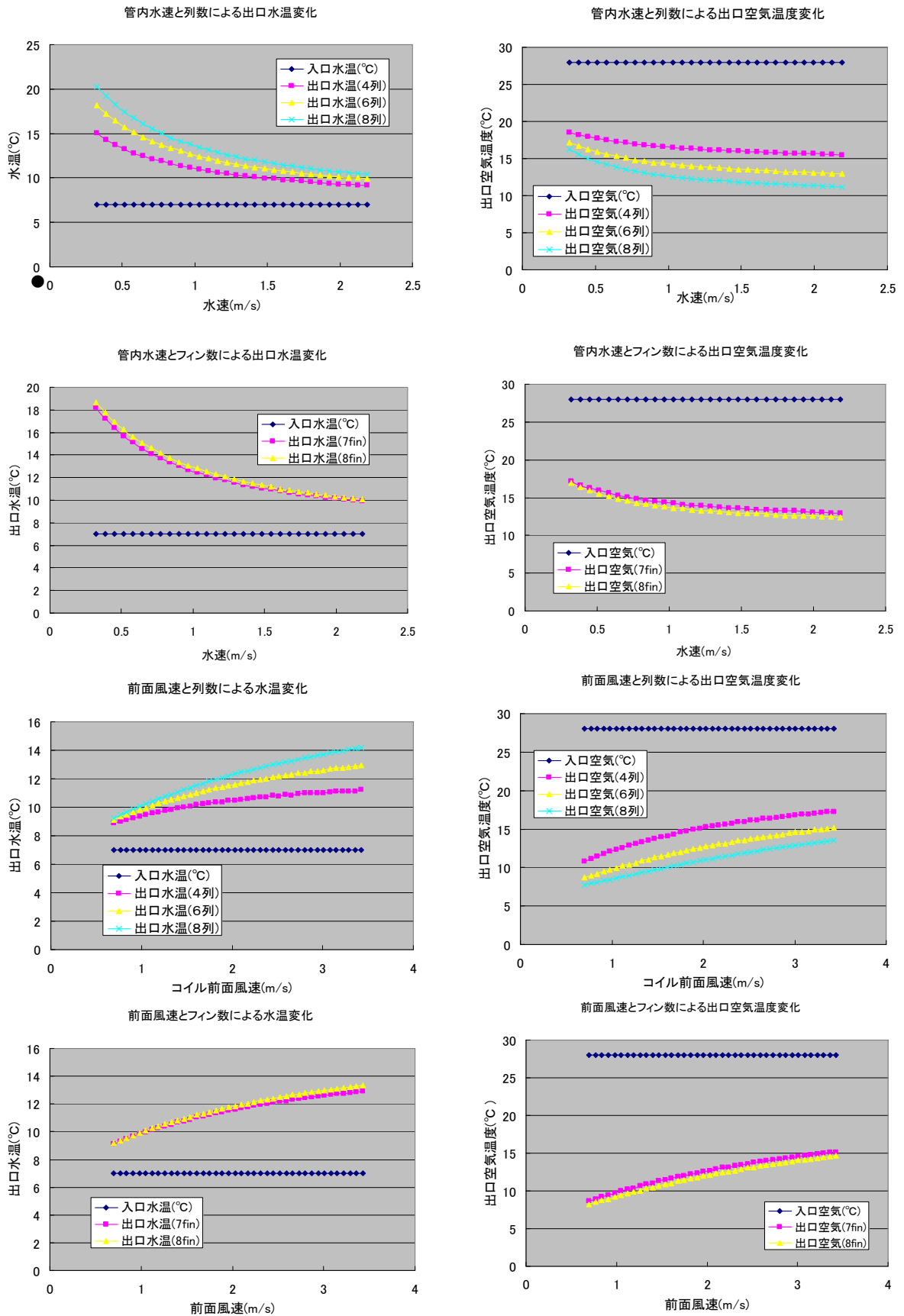


図 6.3.1-3 計算結果グラフ (冷却時)

## ⑥ 計算結果グラフ（加熱時）

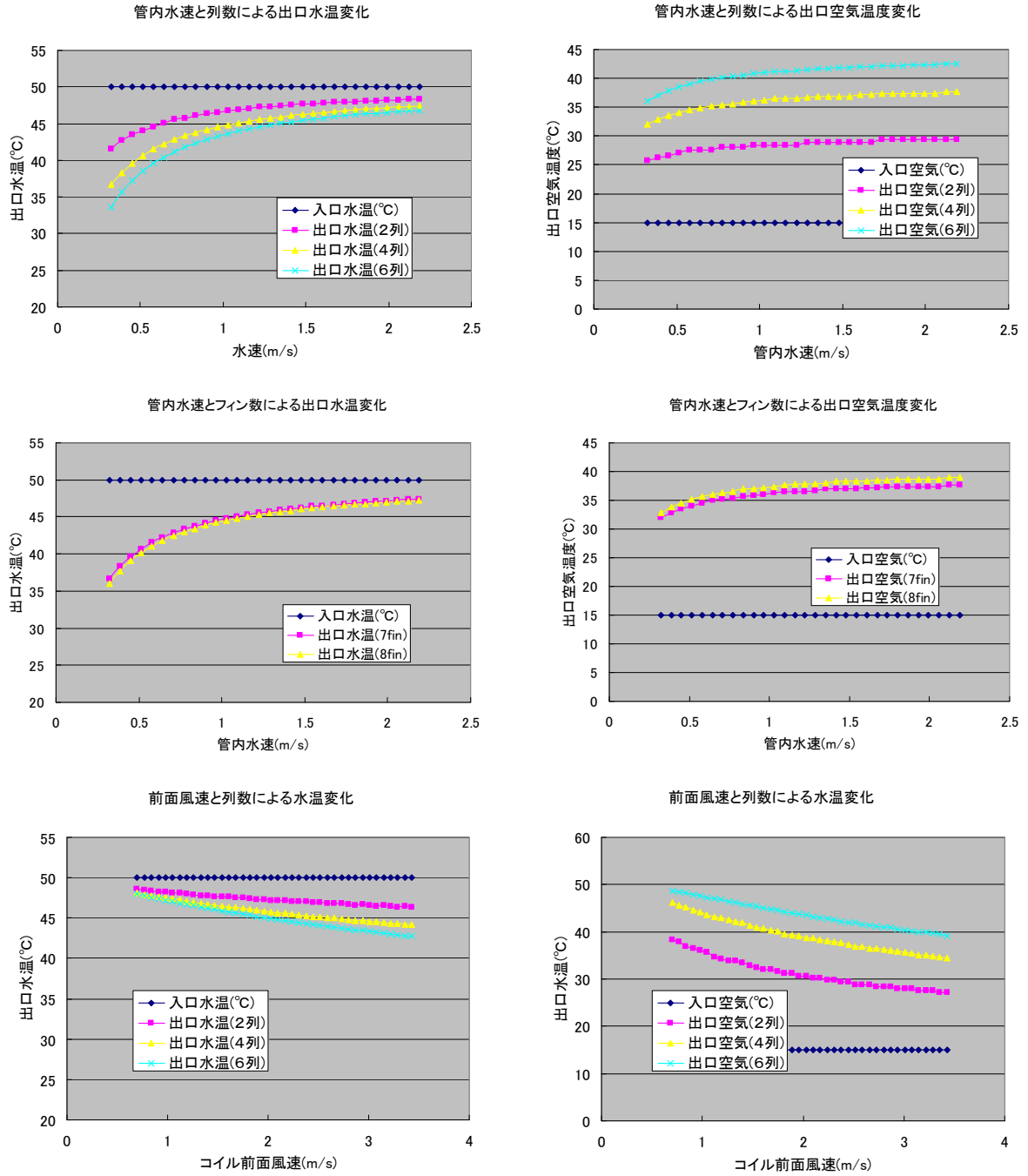


図 6.3.1-4 計算結果グラフ（加熱時）

### 6.3.1.2. ファンコイルユニット (コイル部)

#### (1) 特性式の考え方

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計算方法により、コイル入口空気状態、コイル入口水状態を入力条件として、コイル出口空気状態、コイル出口水状態および処理熱量を算出する。

計算の主要ルーチンは、冷温水コイルと同様であるが、伝熱係数  $Kf$  および濡れ面係数  $WSF$  の特性式が異なり、型式、ユニットサイズ、風量ごとに決定係数パラメータを設定している。

#### (2) 定式化モデル

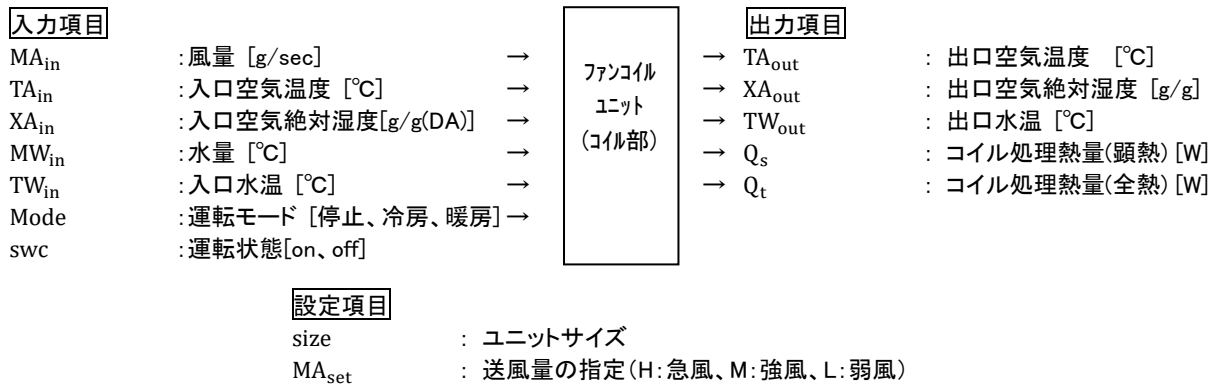


図 6.3.1-5 定式化モデル

#### (3) モデルの適用範囲

コイル面風速	: 0.45	～	1.6m/s
コイル管内流速	: 0.5	～	2.0m/s
水温	: 5.0	～	65.0°C
入口空気温度	: 0	～	40.0°C

#### (4) 機器特性

##### ○伝熱係数

$$Kf_{coil} = \frac{1}{\frac{1}{Kfa_{coil} \times (VW_{coil})^{Kfb_{coil}}} + Kfc_{coil}}$$

$Kf_{coil}$ : 伝熱係数 [W/m<sup>2</sup>・K]

$Kfa_{coil} \sim Kfc_{coil}$ : 伝熱係数決定パラメータ

$VW_{coil}$ : コイル管内水量 [L/min]

##### ○濡れ面係数

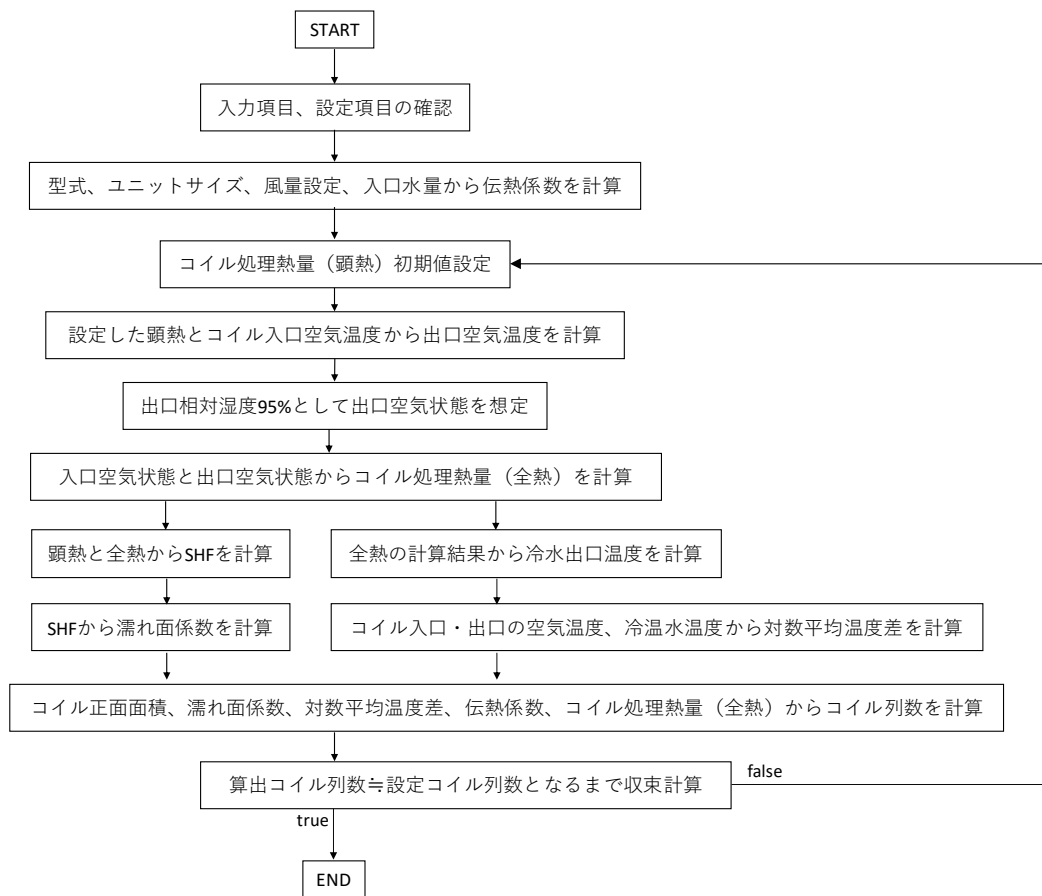
$$WSH = WSHa \times SHF^2 - WSHb \times SHF + WSHc$$

WSH: 濡れ面係数

$WSHa \sim WSHc$ : 濡れ面係数決定パラメータ

SHF: 顕熱比

## (5) 計算フロー





## 6.3.2. 加湿器

### 6.3.2.1. 気化式加湿器

#### (1) 特性式の考え方

下記特性式により、飽和境界絶対湿度と入口空気絶対湿度の差分を基準値として、風速条件、加湿エレメントの厚さを入力パラメータとして加湿器出口空気状態、加湿量、給水量、排水量および圧力損失を算出する。

#### (2) 設定項目

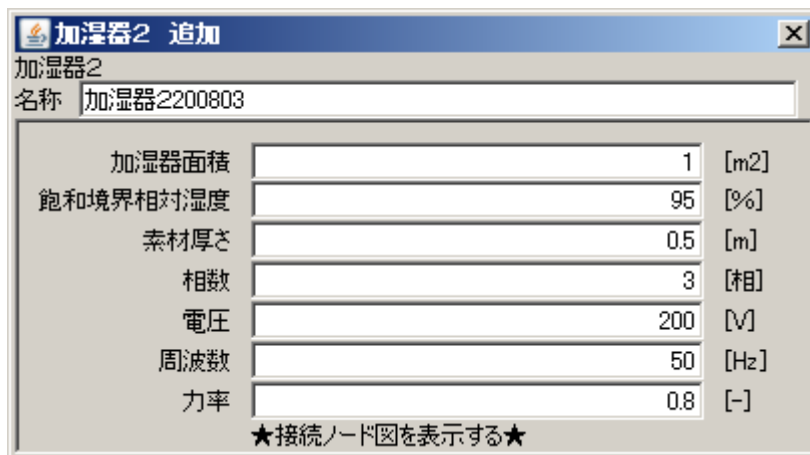


図 6.3.2-1 気化式加湿器設定項目

#### (3) 定式化モデル

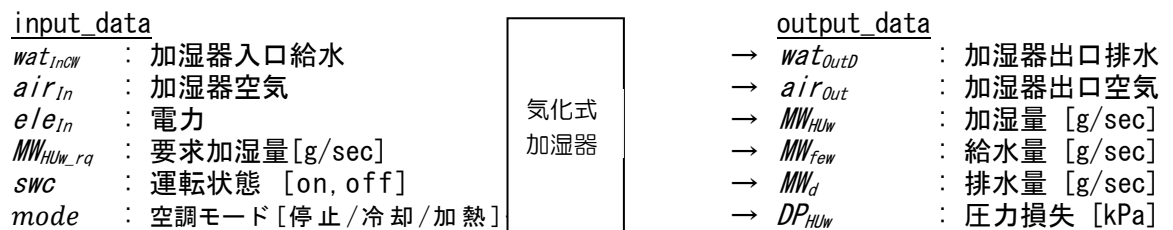


図 6.3.2-2 気化式加湿器定式化モデル

#### ① ユーザー入力仕様

HUw_d	: 加湿エレメント厚さ [m]
HUw_area	: 加湿器面積 [m <sup>2</sup> ]
RHbound_set	: 飽和境界相対湿度 (設定値) [%]
phase	: 相数 [-]
voltage	: 電圧 [V]
frequency	: 周波数 [Hz]
powerFactor	: 力率 [-]

## ② 入力

$TA_{in}$	: 入口空気乾球温度[°C]
$XA_{in}$	: 入口空気絶対湿度[g/g]
$MA_{in}$	: 入口空気量[g/sec]
$MW_{HUw\_rq}$	: 要求加湿量(給水量) [g/sec]

## ③ 出力

$TA_{out}$	: 出口空気乾球温度[°C]
$WB_{out}$	: 出口空気湿球温度[°C]
$XA_{out}$	: 出口空気絶対湿度[g/g]
$MA_{out}$	: 出口空気量[g/sec]
$MW_{HUw}$	: 加湿量 [g/sec]
$MW_{fw}$	: 給水量 [g/sec]
$MW_d$	: 排水量 [g/sec]
$DP_{HUw}$	: 圧力損失[Pa]

## ④ 内部変数

$TA_{bound}$	: 飽和境界温度 [°C]
$XA_{bound}$	: 飽和境界絶対湿度 [g/g]
$Q_{HUw}$	: 加湿能力 [g/sec]
$XA_{out\_set}$	: 要求加湿器出口湿度 [g/sec]
$HA_{HUw\_in}$	: 加湿器入口エンタルピ [J/g]
$SA_{HUw}$	: 風速 [m/s]
$EF_{HUw}$	: 加湿効率 [-]

## (4) モデルの適用範囲

風速 : 0m/s ~ 4m/s

### (5) 機器特性

$$EF_{HUW} = 1 - e^{-(HUw\_A / HUw\_Vh) 1000 \cdot HUw\_d}$$

( $EF_{HUW}$ :加湿効率,  $HUw\_d$ :加湿エレメント厚さ,  $SA_{HUW}$ :風速,  $HUw\_A$ :特性係数)

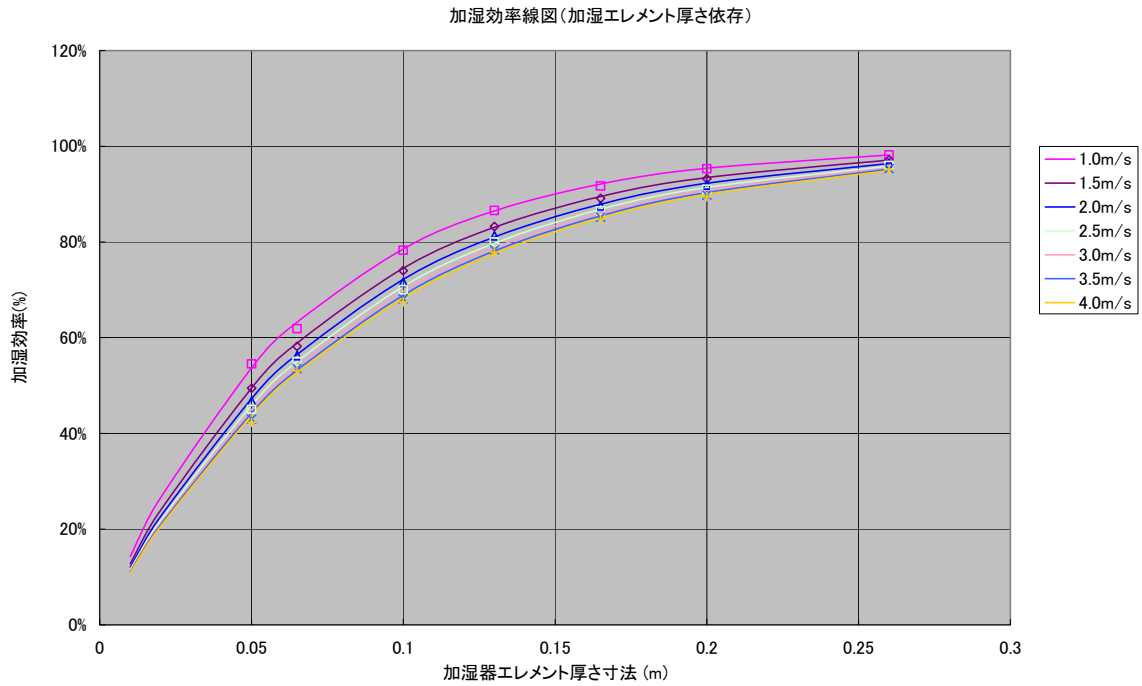


図 6.3.2-3 気化式加湿器機器特性

#### ① 加湿器入口エンタルピの算出

$$HA_{HUW\_in} = \text{Psychrometrics.FNH}(TA_{out}, XA_{in}) / 1000 \quad [\text{J/g}]$$

#### ② 飽和境界空気状態の算出

$$TA_{bound} = \text{Psychrometrics.FNDbrh}(RH_{bound\_set}, HA_{HUW\_in} * 1000) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$XA_{bound} = \text{Psychrometrics.FNXth}(TA_{bound}, RH_{bound\_set}) \quad [\text{g/g}]$$

#### ③ 加湿器出口絶対湿度 (PID からの要求値)

$$XA_{out\_set} = MW_{HUW\_rq} / MA_{in} + XA_{out} \quad [\text{g/g}]$$

#### ④ 風速の算出

$$SA_{HUW} = MA_{out} / HUw\_area \quad [\text{m/s}]$$

#### ⑤ 加湿効率の算出

$$HUw\_eta = 1 - e^{-(HUw\_A / HUw\_Vh) 1000 \cdot HUw\_d} \quad [-]$$

## ⑥ 出口空気状態の算出

加湿後の絶対湿度(能力値)

$$XA_{HUw\_abr} = HUw\_eta \cdot (XA_{bound} - XA_{out}) + XA_{in} \quad [g/g]$$

PIDからの要求値及び能力値との関係から加湿器出口絶対湿度を算出

$XA_{out\_set} \leq XA_{in}$  のとき

$$XA_{out} = XA_{in}$$

$XA_{HUw\_abr} > XA_{bound}$  かつ  $XA_{out\_set} > XA_{bound}$  のとき

$$XA_{out} = XA_{bound}$$

$XA_{bound} > XA_{HUw\_abr}$  かつ  $XA_{out\_set} > XA_{HUw\_abr}$  のとき

$$XA_{out} = XA_{HUw\_abr}$$

$XA_{bound} > XA_{out\_set}$  かつ  $XA_{bound} > XA_{HUw\_abr}$  のとき

$$XA_{out} = XA_{out\_set}$$

## ⑦ 加湿量の算出

$$MW_{HUw} = (XA_{out} - XA_{in}) \cdot HUw\_eta \cdot MA_{in} \quad [g/sec]$$

## ⑧ 排水量の算出

$$MW_d = MW_{fw} - MW_{HUw} \quad [g/sec]$$

## ⑨ 圧力損失の算出

$$DP_{HUw} = HUw\_B \cdot HUw\_d^2 + spe\_C \times HUw\_d \cdot HUw\_Vh^2 \quad [Pa]$$

( $HUw\_B$ 、 $HUw\_C$ : 機器特性係数)

### 6.3.2.2. 電熱式加湿器

#### (1) 特性式の考え方

下記特性式により、飽和境界絶対湿度と入口空気絶対湿度の差分を基準値として、風速条件、加湿エレメントの厚さを入力パラメータとして加湿器出口空気状態、加湿量、給水量、排水量および圧力損失を算出する。

#### (2) 設定項目

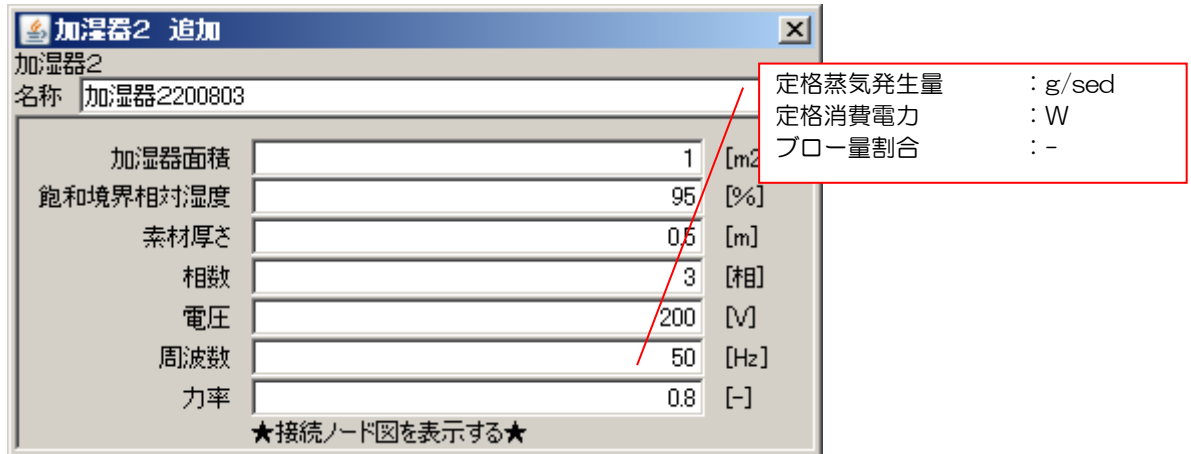


図 6.3.2-4 電熱式加湿器設定項目

#### (3) 定式化モデル

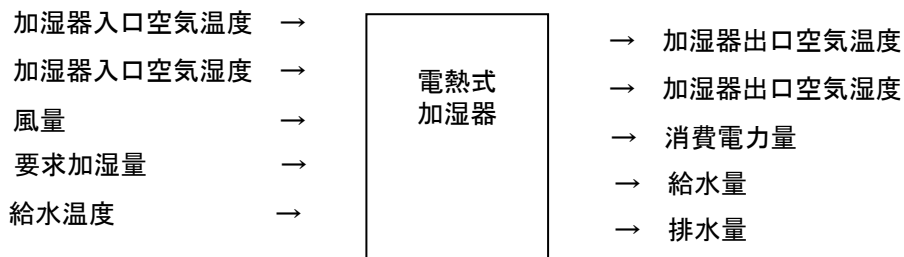


図 6.3.2-5 電熱式加湿器定式化モデル

#### (4) モデルの適用範囲

加湿器供給水: 5~40℃

## (5) 機器特性

### ① 加湿後空気湿度

入口空気絶対湿度	: $XA_{in}$ [g/g]
要求加湿量	: $MW_{HUs\_rq}$ [g/sec]
風量	: $MA$ [g/sec]
加湿後空気絶対湿度	: $XA_{out}$ [g/g]

$$XA_{out} = XA_{in} + (MW_{HUs\_rq} / MA) \quad [g/g]$$

### ② 加湿後空気温度

電熱加湿による熱水分比は蒸気加湿と同じ 2680[W/g]とする。

入口空気乾球温度	: $TA_{in}$ [°C]
入口空気絶対湿度	: $XA_{in}$ [g/g]
加湿後空気絶対湿度	: $XA_{out}$ [g/g]
乾き空気の定圧比熱	: $Cpa = 0.24 \times 4.186$ [W/g°C]
蒸気の定圧比熱	: $Cps = 1.854$ [W/g°C]
0°Cにおける蒸気のエンタルピ	: $Hs = 2502$ [W/g]
加湿後空気温度	: $TA_{out}$ [°C]

$$TA_{out} = \frac{(XA_{out} - XA_{in}) \times 2680 + Cpa \times TA_{in} + (Hs + Cps \times TA_{in}) \times XA_{in} - Hs \times XA_{out}}{Cpa + Cps \times XA_{out}} \quad [°C]$$

### ③ 消費電力の計算

定格蒸気発生量と定格電力消費量より、電力－蒸気発生量効率を求める。

機器放熱によるロスとなる熱量は、加湿器の運転出力比率が変化しても一定とし、負荷に対する電力消費率が求まる。

実際の負荷率に相当した電力量が算出できる。

要求加湿量	: $MW_{HUs\_rq}$ [g/sec]
定格蒸気発生量	: $GS$ [g/sec]
定格電力消費量	: $EP_{HUs}$ [W]
給水温度	: $Tw$ [°C]
負荷率	: $q = MW_{HUs\_rq} / GS$ 設定範囲: 0.05～1

機器放熱によるロス熱量が負荷変動時においても一定と仮定すると、電力消費率は以下の式となる。

$$\begin{aligned} \text{電力消費率(理論式)} &= \frac{q(2680 - Tw \times 4.186)GS + EP_{HUs} - 2659 \times GS}{EP_{HUs}} \\ &= \frac{GS \times \{q(2680 - Tw \times 4.186) - 2659\}}{EP_{HUs}} + 1 \end{aligned}$$

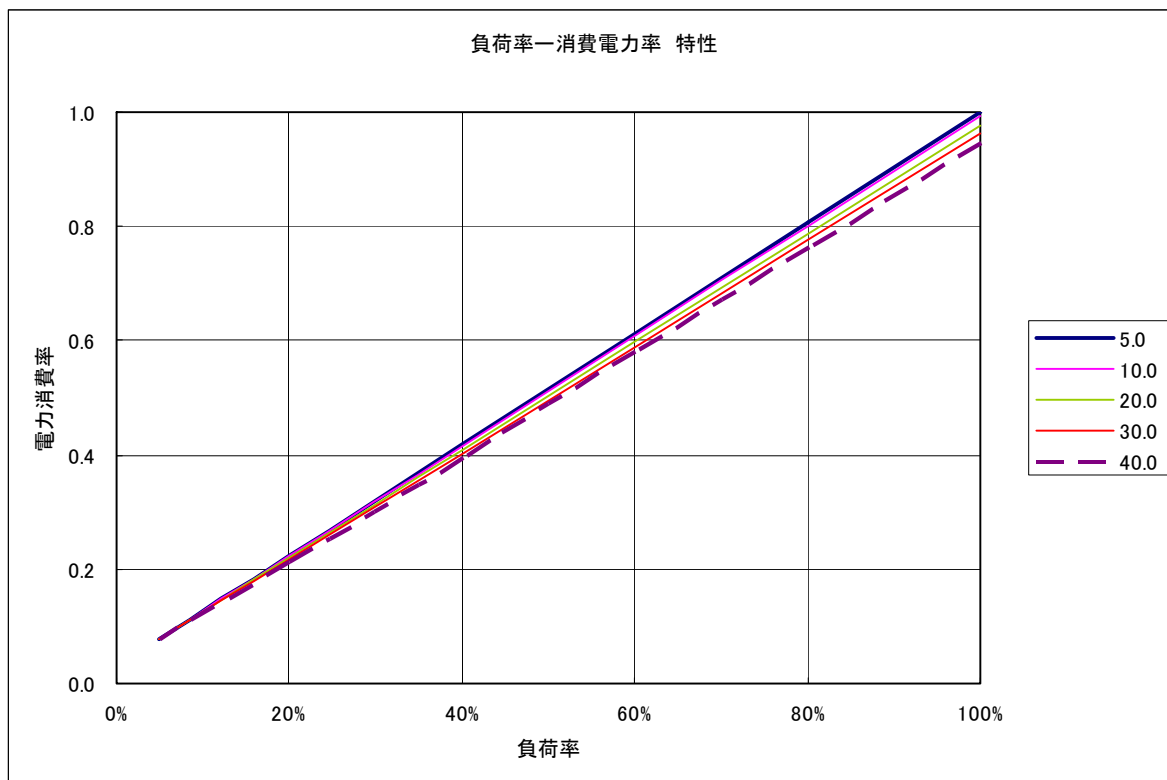


図 6.3.2-6 電熱式加湿器機器特性

メーカー実測データを用いて理論式の検証を行う。

理論式に対する計測値の誤差は少ないので、本特性式は有効であると考えられる。

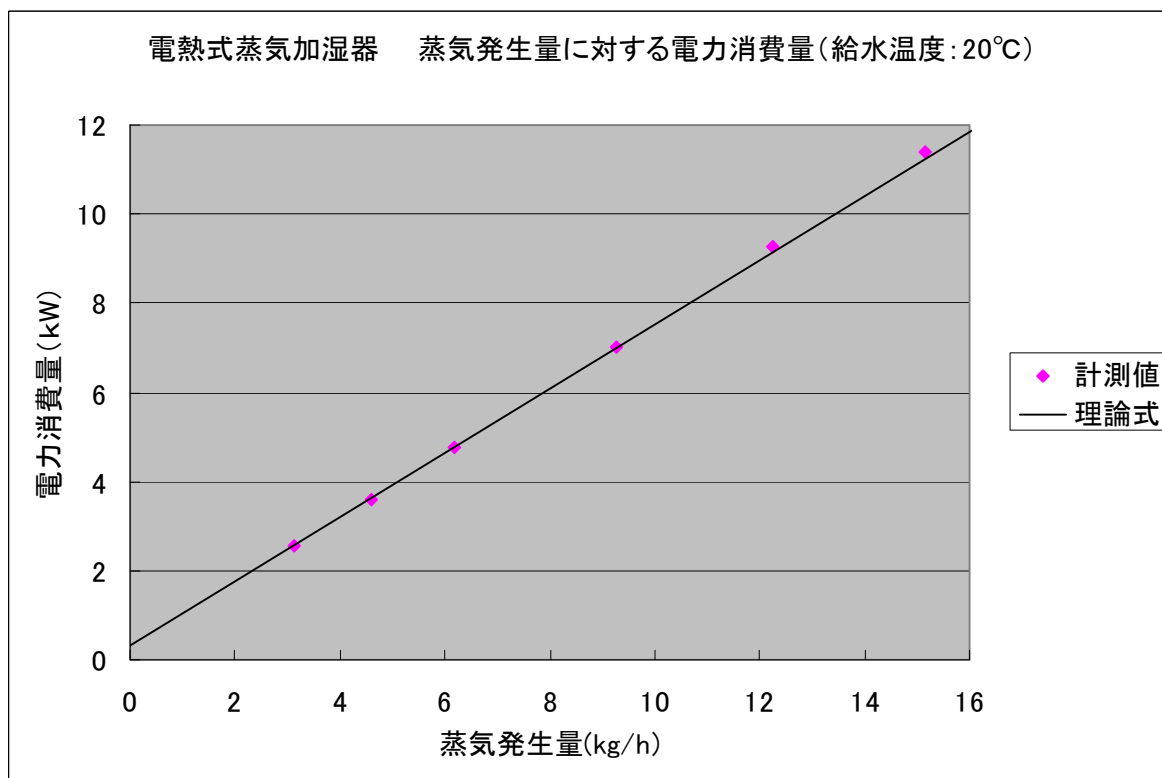


図 6.3.2-7 蒸気発生量と電力消費に関する計測値と理論式の比較

#### ④ 給水量、フロー量、凝縮水量の計算

電熱式蒸気加湿器は蒸気発生タンク内水の過濃縮を防止するために、自動で定期的にブローを実施する。ブロー量割合は、ブロー量とブローから次のブローまでの時間(ブロー間隔時間)により設定され、1回当たりのブロー水量は型番ごとに定められており、常時定量となる。

運転負荷が変化した場合には負荷に応じてブロー間隔時間が変化し、ブロー量割合を一定に保つ必要がある(例:加湿器 100%運転時のブロー間隔時間が 10 分である場合、加湿器 50%運転時は倍のブロー間隔時間が 20 分となる)。したがって、運転負荷が変化した場合においてもブロー量割合は変化しない。

また、発生蒸気はホースを経由し、空調機内でノズルから噴霧される。この間に蒸気の一部は凝縮し、ドレンとなって排出されるが、凝縮水量として要求加湿量の 5%程度と想定する。

- ・ 要求加湿量:  $MW_{HUs\_rq}$  [g/sec]
- ・ ブロー量割合: Br [%]
- ・ 使用水量:  $MW_{fw}$  [g/sec]

$$\text{ブロー量: } MW_{bd} = MW_{HUs\_rq} \times (Br / 100) \text{ [g/sec]}$$

$$\text{ドレン量: } MW_d = MW_{HUs\_rq} \times 0.05 \text{ [g/sec]}$$

$$\text{給水量 : } MW_{fw} = MW_{HUs\_rq} + MW_{bd} + MW_d \text{ [g/sec]}$$



### 6.3.3. 空調機ファンの各種機器特性

#### 6.3.3.1. シロッコファン（片吸込、両吸込）、リミットロードファン（片吸込、両吸込）

##### (1) 機器特性の考え方

- 1) ファン設計能力・運転条件・制御方式、空調機的设计内部圧力損失等を入力項目とする。
- 2) 変風量時の空調機内部圧力損失(運転空調機内圧損)の変化は、運転風量の 2 次曲線近似として与える。
- 3) ファン運転風量とファン運転機外静圧と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。
- 4) ファンの機器特性は、(別章)搬送機器シロッコファン機器特性およびリミットロードファン機器特性を用いる。

##### (2) 設定項目

名称	ファン20090101	
定格風量	1000	[m <sup>3</sup> /h(a)]
最小風量	0	[m <sup>3</sup> /h(a)]
■ 電動機 ■		
定格消費電力	0.75	[kW]
相数	3	[-]
電圧	200	[V]
周波数	50	[Hz]
力率	0.8	[-]
■ 記録・グラフ表示 ■		
グラフを表示する	<input type="checkbox"/> グラフを表示する	[-]
最大同時表示ステップ数	100	[-]
記録を有効とする	<input type="checkbox"/> 記録を有効とする	[-]
★接続ノード図を表示する★		

ファン種別 : 片吸込型シロッコファン、  
両吸込型シロッコファン  
片吸込型リミットロードファン  
両吸込型リミットロードファン

ファン定格風量 : m<sup>3</sup>/h  
空調機定格機外静圧 : Pa  
空調機定格機内圧損 : Pa  
電源周波数 : Hz  
ファン上限周波数 : Hz  
ファン下限周波数 : Hz  
電動機種別 : 標準・高効率・プレミアム  
効率・IPM  
電動機効率 : (-)  
制御方式 : 定速・インバータ  
モータ極数 : 2P、4P、6P  
送風空気への機器発熱  
: 電動機発熱含む・含まない

図 6.3.3-1 設定項目

### (3) 定式化モデル

#### 1) 定式化モデル

空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出

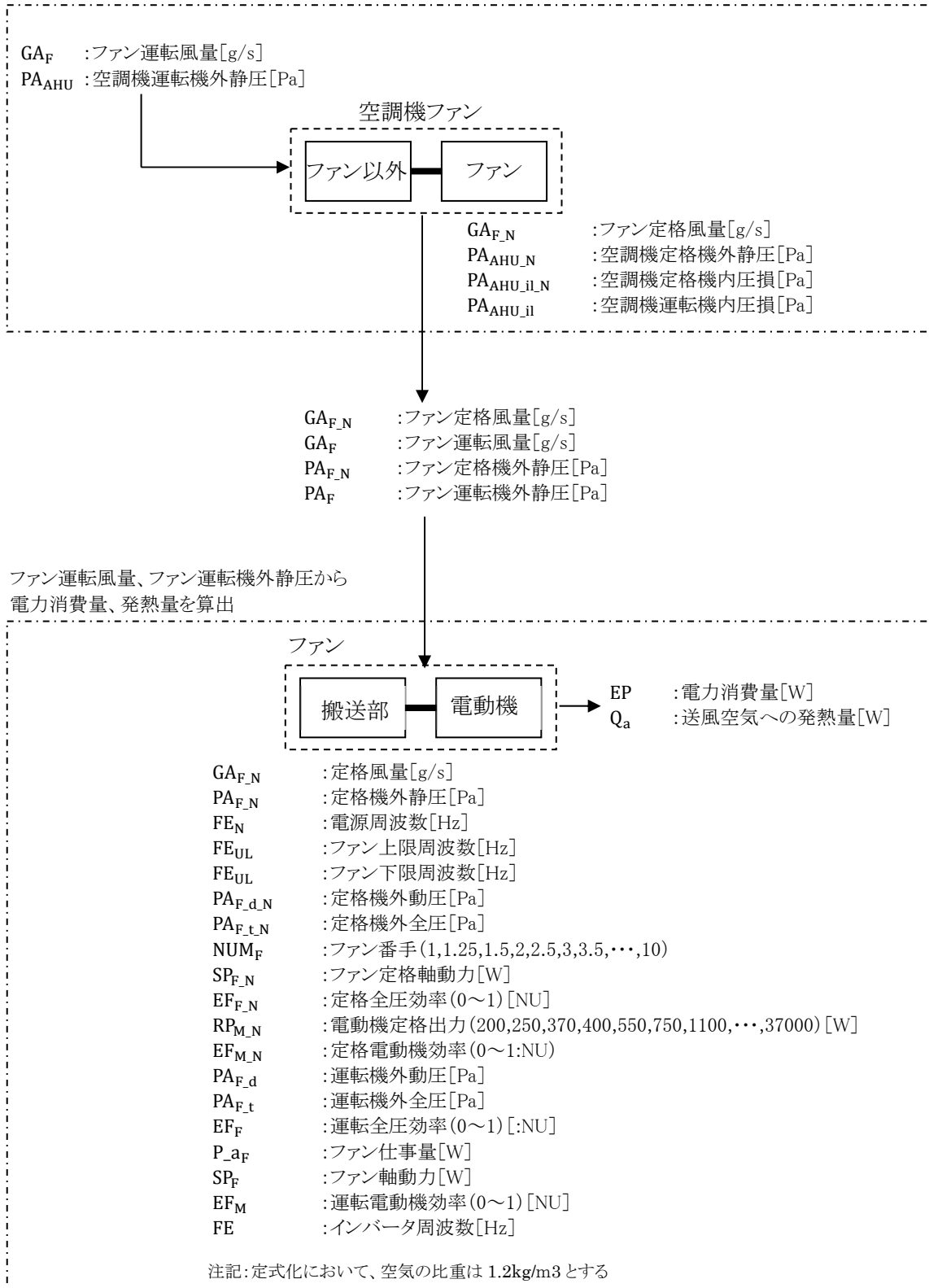


図 6.3.3-2 定式化モデル

## 2) エネルギーフローモデル

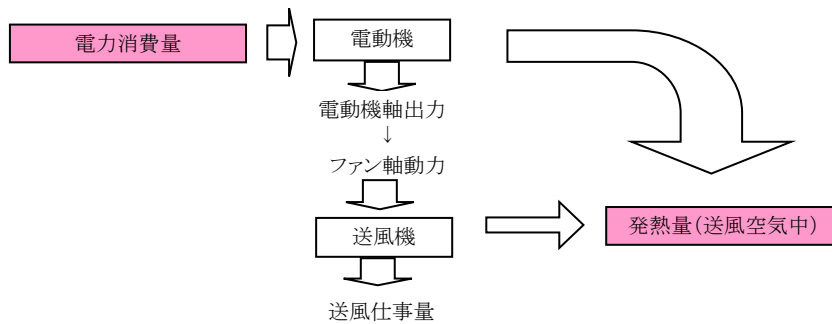


図 6.3.3-3 エネルギーフローモデル

### (4) モデルの適用範囲

空調機に組み込まれた片吸込型、両吸込型シロッコファンおよび片吸込型、両吸込リットロードファンに限る。

### (5) 計算フロー

#### ■ 設計者入力項目

ファンの選択(片吸込型シロッコファン/両吸込型シロッコファン/片吸込型リットロードファン/両吸込型リットロードファン)
ファン定格風量(設計風量)
空調機定格機外静圧(設計機外静圧)
空調機定格機内圧損(設計機内圧損)
電源周波数
ファン上限周波数・ファン下限周波数
電動機:標準・高効率・IPMの選択
固定速・インバータ変風量制御の選択

#### ■ 他のオブジェクトから受取る項目

ファン運転風量
空調機運転機外静圧

#### ■ 計算出力項目

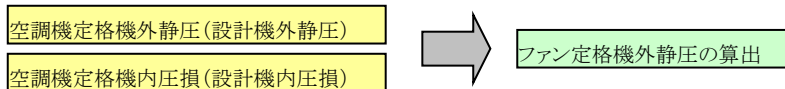
電力消費量
発熱量(送風空气中)

■ 計算フロー

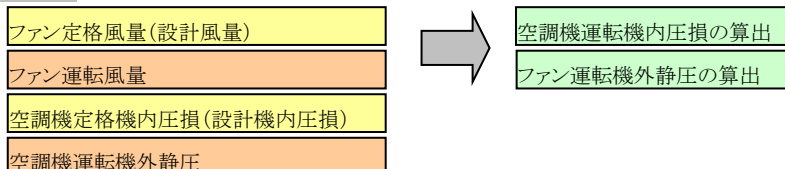
[STEP0-]

空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出するステップ

STEP0-1



STEP0-2



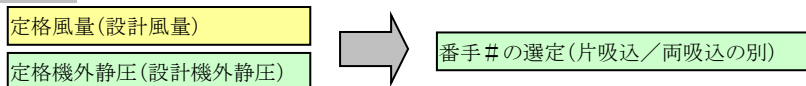
[STEP1-~3-]

ファン運転風量、ファン運転機外静圧から電力消費量、発熱量を算出

以下は、ファン単体(搬送部+電動機)についての特性を記載しており、各表記において「ファン」の記載は省略する。

またシロッコファンおよびリミットロードファンの機器特性は、(別章)搬送機器シロッコファン機器特性およびリミットロードファン機器特性を用いるものとし、本章では計算フローのみ示し、計算の具体的内容の記載は省略する。

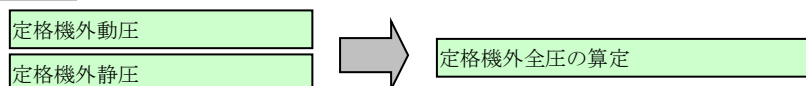
STEP1-1



STEP1-2



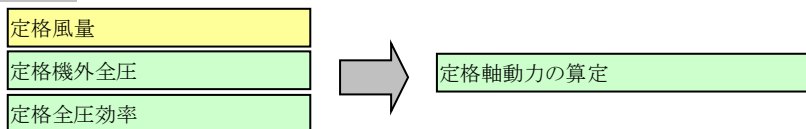
STEP1-3



STEP1-4



STEP1-5



STEP1-6



STEP1-7

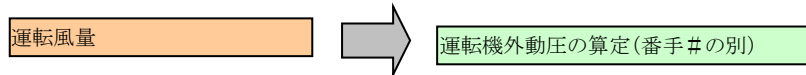


定速の場合→STEP2-1へ

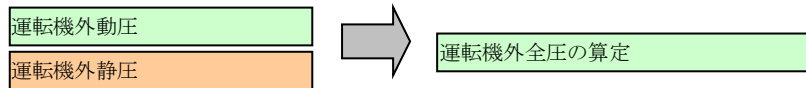
インバータの場合→STEP3-1へ

## 1) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

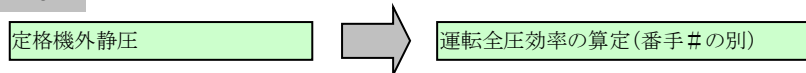
### STEP2-1



### STEP2-2

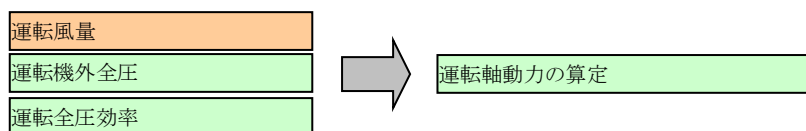


### STEP2-3

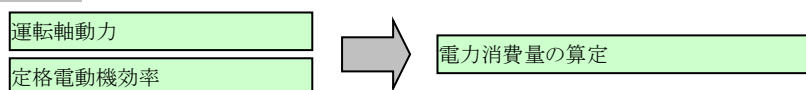


運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

### STEP2-4



### STEP2-5



### STEP2-6

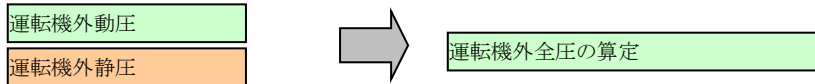


## 2) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP3-1



### STEP3-2

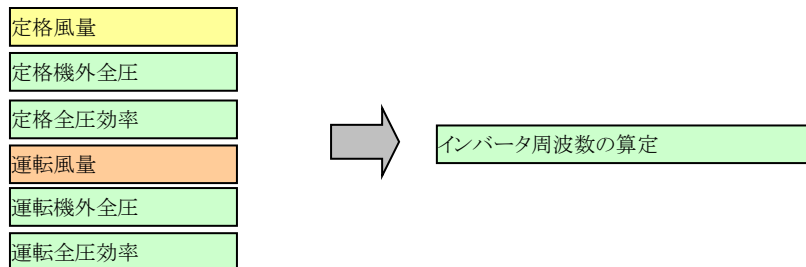


### STEP3-3

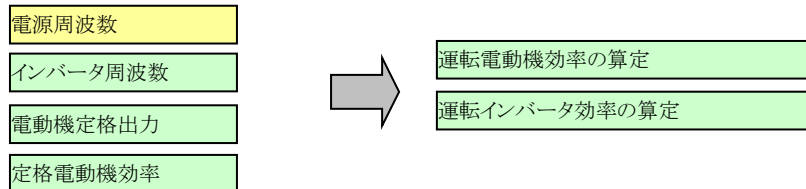
変風量運転時の全圧効率は、インバータのVF特性を適性に設定した回転数制御を行うという条件のもと、定格機外静圧時の値と変わらないとする



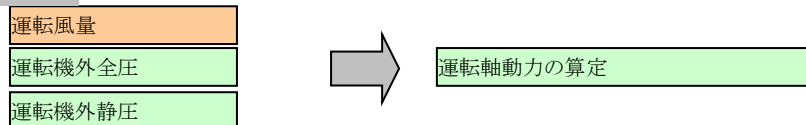
### STEP3-4



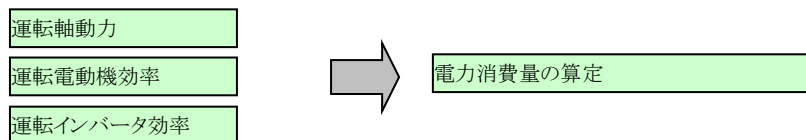
### STEP3-5



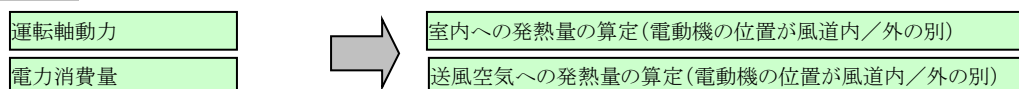
### STEP3-6



### STEP3-7



### STEP3-8



## (6) 機器特性

[STEP0-]

空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出するステップ

### STEP0-1

空調機定格機外静圧(設計機外静圧):  $PA_{AHU\_N}$  [Pa]

空調機定格機内圧損(設計機内圧損):  $PA_{AHU\_il\_N}$  [Pa]



ファン定格機外静圧  $PA_{F\_N}$  [Pa]の算出

$$PA_{F\_N} = PA_{AHU\_N} + PA_{AHU\_il\_N}$$

### STEP0-2

ファン定格風量(設計風量):  $GA_{F\_N}$  [g/s]

ファン運転風量:  $GA_F$  [g/s]

空調機定格機内圧損(設計機内圧損):  $PA_{AHU\_il\_N}$  [Pa]

空調機運転機外静圧:  $PA_{AHU}$  [Pa]



空調機運転機内圧損  $PA_{AHU\_il}$  [Pa]の算出

ファン運転機外静圧  $PA_F$  [Pa]の算出

変風量運転時の各静圧、圧損の考え方を下図に示す。

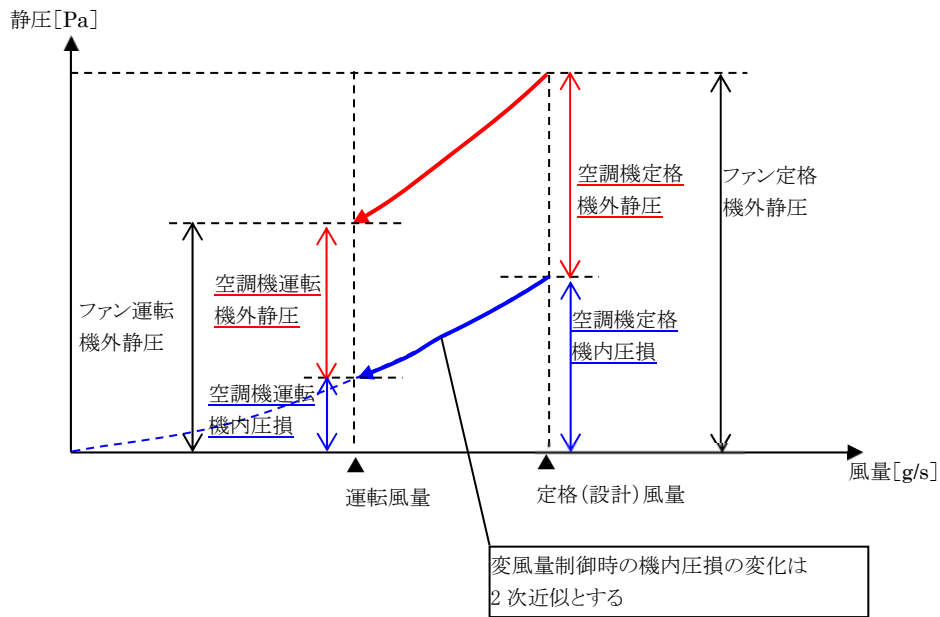


図 6.3.3-4 変風量運転時の各静圧、圧損の考え方

$$PA_{AHU\_il} = PA_{AHU\_il\_N} \times \left( \frac{GA_F}{GA_{F\_N}} \right)^2$$

$$PA_F = PA_{AHU} + PA_{AHU\_il}$$

以下、STEP1~3については(別章)搬送機器シロッコファン機器特性およびリミットロードファン機器特性を用いるものとし、計算の具体的内容の記載は省略する。

### 6.3.3.2. プラグファン

#### (1) 機器特性の考え方

- 1) ファン設計能力・運転条件・制御方式、空調機的设计内部圧力損失等を入力項目とする。
- 2) 変風量時の空調機内部圧力損失(運転空調機内圧損)の変化は、運転風量の 2 次曲線近似として与える。
- 3) ファン運転風量とファン運転機外静圧と内部変数から電動機入力・発熱量を算出する。

#### (2) 設定項目

項目	値	単位
定格風量	1000	[m <sup>3</sup> /h(a)]
最小風量	0	[m <sup>3</sup> /h(a)]
■電動機■		
定格消費電力	0.75	[kW]
相数	3	[-]
電圧	200	[V]
周波数	50	[Hz]
力率	0.8	[-]
■記録・グラフ表示■		
グラフを表示する	<input type="checkbox"/>	[-]
最大同時表示ステップ数	100	[-]
記録を有効とする	<input type="checkbox"/>	[-]
★接続ノード図を表示する★		

ファン種別 : プラグファン  
ファン定格風量 : m<sup>3</sup>/h  
空調機定格機外静圧 : Pa  
空調機定格機内圧損 : Pa  
電源周波数 : Hz  
ファン上限周波数 : Hz  
ファン下限周波数 : Hz  
電動機種別 : 標準・高効率・**プレミ**  
**アム効率・IPM**  
電動機効率 : (—)  
制御方式 : 定速・インバータ  
**モータ極数** : **2P、4P、6P**  
送風空気への機器発熱 : 電動機発熱含む・含まない

図 6.3.3-5 プラグファン設定項目



### 1) 定式化モデル

空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出

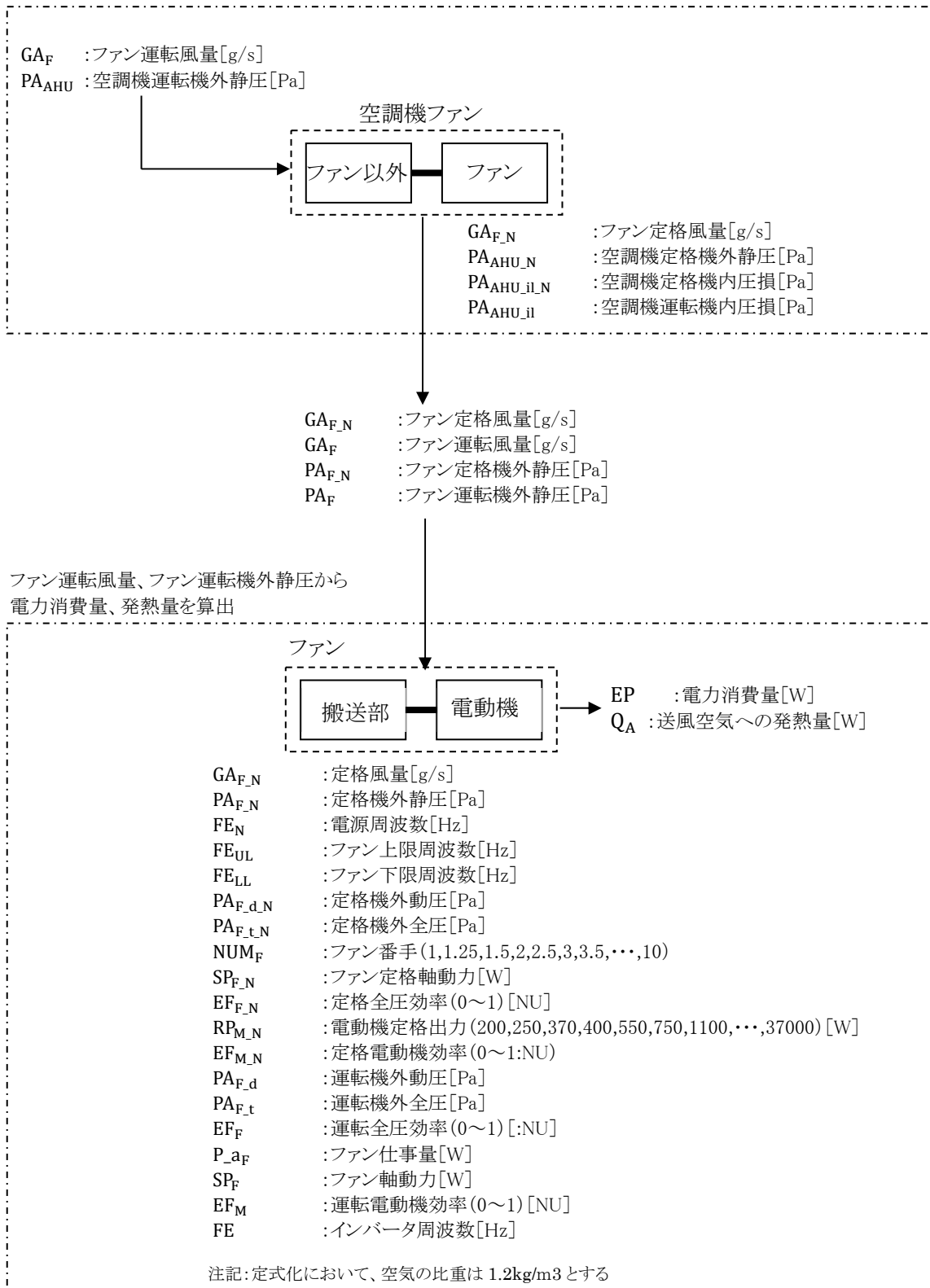


図 6.3.3-6 定式化モデル

## 2) エネルギーフローモデル

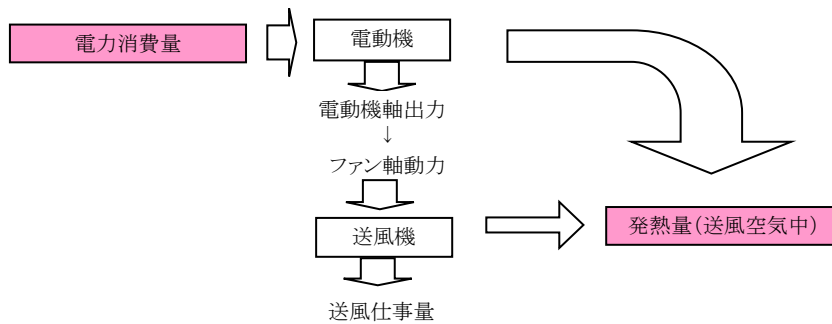


図 6.3.3-7 エネルギーフローモデル

### (3) モデルの適用範囲

空調機に組み込まれた片吸込型、両吸込型シロココファンおよび片吸込型、両吸込リミットロードファンに限る。

### (4) 計算フロー

#### ■ 設計者入力項目

プラグファンの選択
ファン定格風量(設計風量)
空調機定格機外静圧(設計機外静圧)
空調機定格機内圧損(設計機内圧損)
電源周波数
ファン上限周波数・ファン下限周波数
電動機:標準・高効率・IPM の選択
固定速・インバータ変風量制御の選択

#### ■ 他のオブジェクトから受取る項目

ファン運転風量
空貯機運転機外静圧

#### ■ 計算出力項目

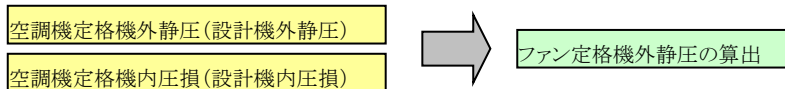
電力消費量
発熱量(送風空气中)

■ 計算フロー

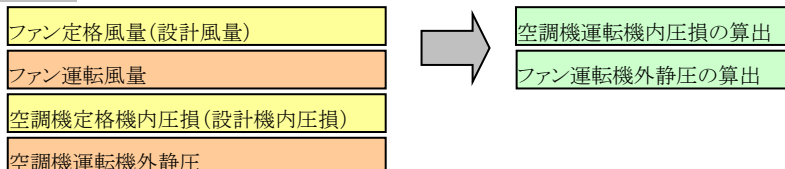
[STEP0-]

空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出するステップ

STEP0-1



STEP0-2



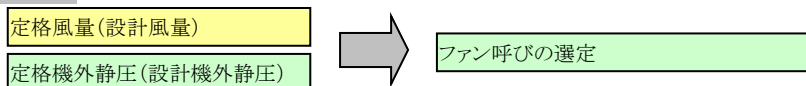
[STEP1-~3-]

ファン運転風量、ファン運転機外静圧から電力消費量、発熱量を算出

以下は、ファン単体(搬送部+電動機)についての特性を記載しており、各表記において「ファン」の記載は省略する。

1) ファンの番手 #、電動機選定ステップ

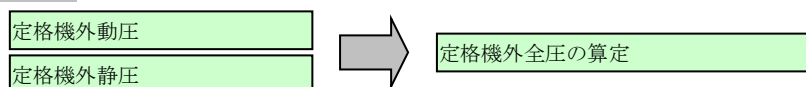
STEP1-1



STEP1-2



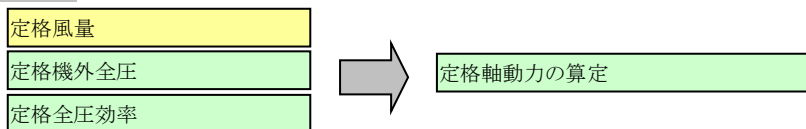
STEP1-3



STEP1-4



STEP1-5



STEP1-6



STEP1-7

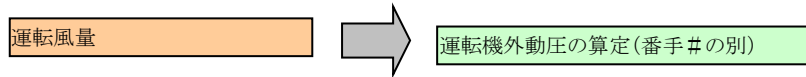


定速の場合→STEP2-1へ

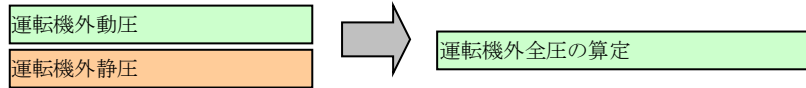
インバータの場合→STEP3-1へ

## 2) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

### STEP2-1



### STEP2-2

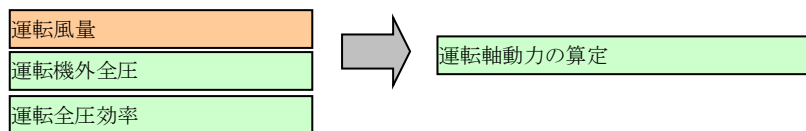


### STEP2-3

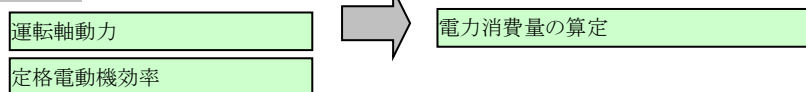


運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする

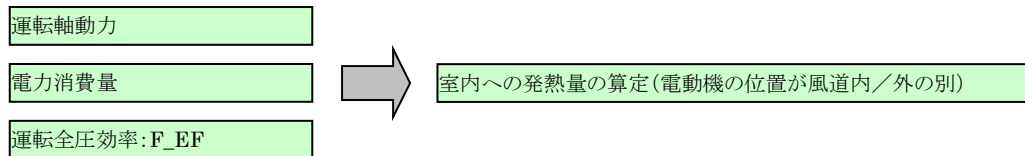
### STEP2-4



### STEP2-5



### STEP2-6

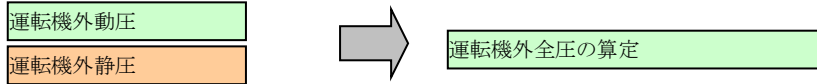


### 3) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

#### STEP3-1



#### STEP3-2

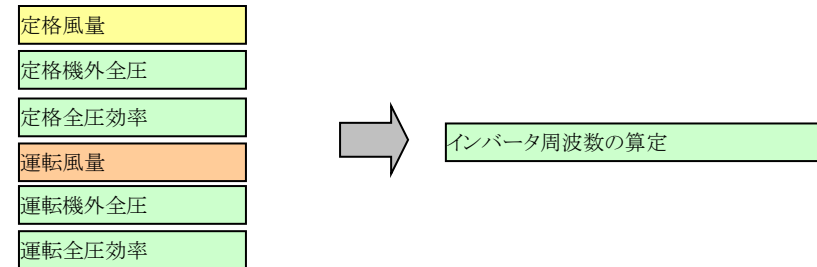


#### STEP3-3

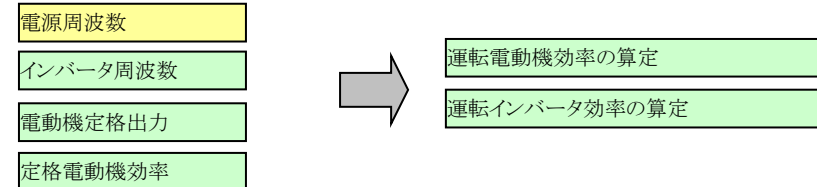
変風量運転時の全圧効率は、インバータのVF特性を適性に設定した回転数制御を行うという条件のもと、定格機外静圧時の値と変わらないとする



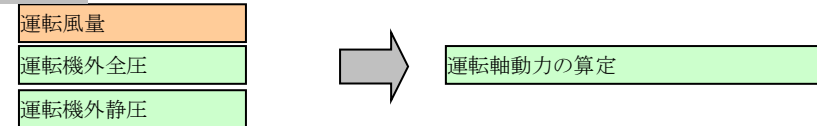
#### STEP3-4



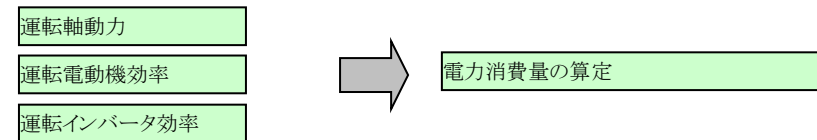
#### STEP3-5



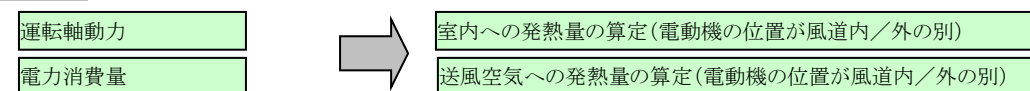
#### STEP3-6



#### STEP3-7



#### STEP3-8

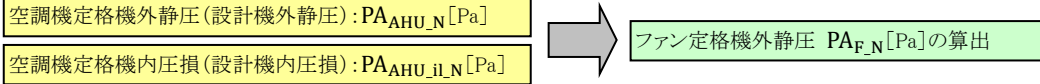


## (5) 機器特性

[STEP0-]

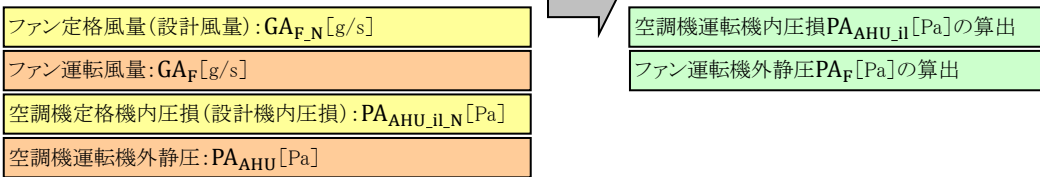
空調機機外静圧(定格/運転)、空調機機内圧損(定格/運転)からファン機外静圧(定格/運転)を算出するステップ

### STEP0-1



$$PA_{F\_N} = PA_{AHU\_N} + PA_{AHU\_iL\_N}$$

### STEP0-2



変風量運転時の各静圧、圧損の考え方を下図に示す。

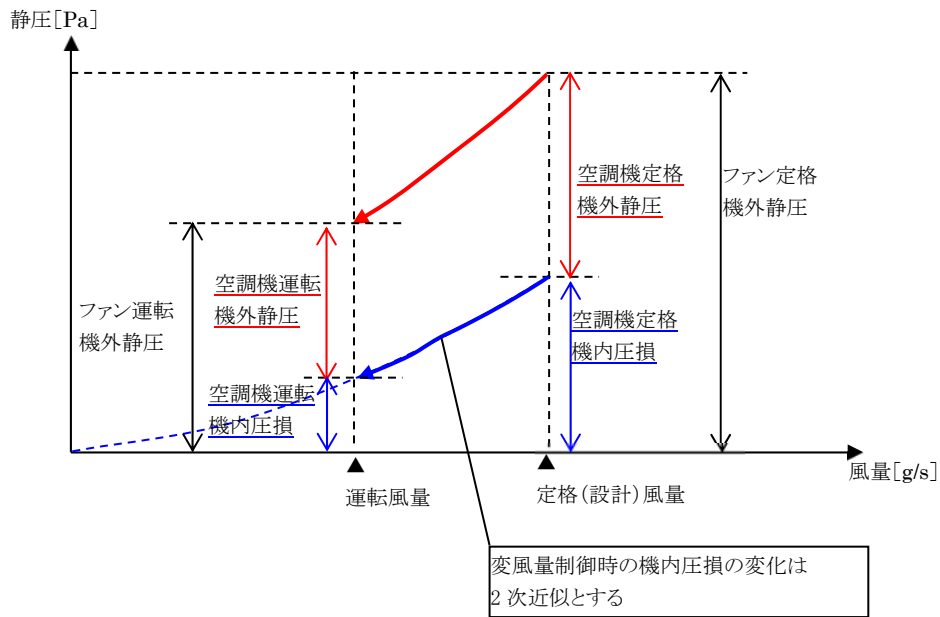


図 6.3.3-8 変風量運転時の各静圧、圧損の考え方

$$PA_{AHU\_iL} = PA_{AHU\_iL\_N} \times \left( \frac{GA_F}{GA_{F\_N}} \right)^2$$

$$PA_F = PA_{AHU} + PA_{AHU\_iL}$$

以下、STEP1~3については(別章)搬送機器シロッコファン機器特性およびリミットロードファン機器特性を用いるものとし、計算の具体的内容の記載は省略する。

[STEP1-~3-]

ファン運転風量、ファン運転機外静圧から電力消費量、発熱量を算出

以下は、ファン単体(搬送部+電動機)についての特性を記載しており、各表記において「ファン」の記載は省略する。

**STEP1-1**

定格風量(設計風量):  $GA_{F,N}$  [g/s]

定格機外静圧(設計機外静圧):  $PA_{F,N}$  [Pa]



ファン呼びの選定:  $NUM_F$

プラグファン使用範囲図を基に、ファン呼びを選定(※1)

ファン呼び	羽根径 [mm φ]	羽根幅 (羽根径に対する比) [%]	電動機極数
24-2P	240	100	2P
27-2P	270	100	2P
31-2P	310	100	2P
35-2P	350	100	2P
39-2P	390	100	2P
44-2P	440	100	2P
49-2P	490	100	2P
39-4P	390	100	4P
44-4P	440	100	4P
49-4P	490	100	4P
54-4P	540	100	4P
60-4P	600	100	4P
66-4P	660	100	4P
72-4P	720	100	4P
78-4P	780	100	4P
85-4P	850	100	4P
93-4P	930	100	4P

ファン呼び	羽根径 [mm φ]	羽根幅 (羽根径に対する比) [%]	電動機極数
54-6P	540	100	6P
60-6P	600	100	6P
66-6P	660	100	6P
72-6P	720	100	6P
78-6P	780	100	6P
85-6P	850	100	6P
93-6P	930	100	6P
102-6P	1020	100	6P
112-6P	1120	100	6P
122-6P	1220	100	6P
132-6P	1320	100	6P

(※1) ファン呼びとファン基本仕様

ファン呼び	羽根径 [mm φ]	羽根幅 (羽根径に対する比) [%]	電動機極数
24-2P	240	100	2P
27-2P	270	100	2P
31-2P	310	100	2P
35-2P	350	100	2P
39-2P	390	100	2P
44-2P	440	100	2P
49-2P	490	100	2P
39-4P	390	100	4P
44-4P	440	100	4P
49-4P	490	100	4P
54-4P	540	100	4P
60-4P	600	100	4P
66-4P	660	100	4P
72-4P	720	100	4P
78-4P	780	100	4P
85-4P	850	100	4P
93-4P	930	100	4P

ファン呼び	羽根径 [mm φ]	羽根幅 (羽根径に対する比) [%]	電動機極数
54-6P	540	100	6P
60-6P	600	100	6P
66-6P	660	100	6P
72-6P	720	100	6P
78-6P	780	100	6P
85-6P	850	100	6P
93-6P	930	100	6P
102-6P	1020	100	6P
112-6P	1120	100	6P
122-6P	1220	100	6P
132-6P	1320	100	6P

図 6.3.3-9 プラグファン使用範囲図(A 社プラグファンデータより)

表 6.3.3-1 プラグファン呼びの選定

ファン呼び (P付)	ファン選定範囲条件式							
	係数					定数		
	P1	P2	P3	P4	P5			
			$P1 \times (GA_{FN})^4 + P2 \times (GA_{FN})^3 + P3 \times (GA_{FN})^2 + P4 \times (GA_{FN}) + P5$					
			$\times (GA_{FN})^4$	$\times (GA_{FN})^3$	$\times (GA_{FN})^2$	$\times (GA_{FN})$		
24-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-3.16E-06	1.11E-03	-1.98E-01	6.80E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「24-2P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-3.30E-05	-5.55E-02	4.29E+02	
27-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.18E-04	7.44E-02	8.75E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「27-2P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-3.16E-06	1.11E-03	-1.98E-01	6.60E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-2.05E-08	8.35E-06	-2.68E-02	5.36E+02	
31-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-2.68E-07	1.44E-04	-1.60E-01	1.17E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「31-2P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.18E-04	7.44E-02	8.55E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-9.11E-09	-2.68E-05	3.99E-02	6.43E+02	
35-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-1.95E-11	-4.78E-08	8.94E-06	-1.00E-01	1.48E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「35-2P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-2.68E-07	1.44E-04	-1.60E-01	1.15E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	7.60E-09	-8.67E-05	1.43E-01	7.47E+02	
39-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-2.59E-12	-5.39E-08	8.28E-05	-1.69E-01	1.87E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「39-2P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-1.95E-11	-4.78E-08	8.94E-06	-1.00E-01	1.46E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-6.19E-09	1.35E-05	-2.60E-02	1.02E+03	
44-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	1.64E-07	-1.77E-03	5.50E+00	-3.30E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「44-2P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+03	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-2.59E-12	-5.39E-08	8.28E-05	-1.69E-01	1.85E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-8.17E-09	6.07E-05	-1.83E-01	1.39E+03	
49-2P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.13E-04	4.94E+00	-7.89E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「49-2P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+03	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	1.64E-07	-1.77E-03	5.50E+00	-3.32E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-1.95E-09	2.04E-05	-1.01E-01	1.88E+03	
39-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-3.30E-05	-5.55E-02	4.49E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「39-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	1.07E-03	-1.35E+00	6.11E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+02	
44-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-2.05E-08	8.35E-06	-2.68E-02	5.56E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「4-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-3.30E-05	-5.55E-02	4.29E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	2.20E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-3.16E-06	1.11E-03	-1.98E-01	6.60E+02	
49-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-9.11E-09	-2.68E-05	3.99E-02	6.63E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「49-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-2.05E-08	8.35E-06	-2.68E-02	5.36E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-01	1.20E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.18E-04	7.44E-02	8.55E+02	
54-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	7.60E-09	-8.67E-05	1.43E-01	7.67E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「54-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-9.11E-09	-2.68E-05	3.99E-02	6.43E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.08E-01	2.76E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-2.68E-07	1.44E-04	-1.60E-01	1.15E+03	
60-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-6.19E-09	1.35E-05	-2.60E-02	1.04E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「60-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	7.60E-09	-8.67E-05	1.43E-01	7.47E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.57E-02	3.43E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	-1.95E-11	-4.78E-08	8.94E-06	-1.00E-01	1.46E+03	
66-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-8.17E-09	6.07E-05	-1.83E-01	1.41E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「66-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-6.19E-09	1.35E-05	-2.60E-02	1.02E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.33E-02	3.94E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	-2.59E-12	-5.39E-08	8.28E-05	-1.69E-01	1.85E+03	
72-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-2.27E-12	4.70E-08	-3.81E-04	1.34E+00	-2.51E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「72-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-8.17E-09	6.07E-05	-1.83E-01	1.39E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E-01	2.32E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	1.64E-07	-1.77E-03	5.50E+00	-3.32E+03	
78-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-1.95E-09	2.04E-05	-1.01E-01	1.90E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「78-4P」選定
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-2.27E-12	4.70E-08	-3.81E-04	1.34E+00	-2.71E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E-01	-2.42E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	1.64E-07	-1.77E-03	5.50E+00	-3.32E+03	
85-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-5.94E-13	1.90E-08	-2.33E-04	1.23E+00	-3.46E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「85-4P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+03	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-1.95E-09	2.04E-05	-1.01E-01	1.88E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-01	2.07E+02	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.13E-04	4.94E+00	-7.91E+03	左記の条件式を全て満足する場合

次頁へ続く

⇒STEP

1-2へ



表 6.3.3-2 プラグファン呼びの選定

ファン呼び (P付)	ファン選定範囲条件式							
			係数					
			$P1 \times (GA_{FN})^4 + P2 \times (GA_{FN})^3 + P3 \times (GA_{FN})^2 + P4 \times (GA_{FN}) + P5$					
			P1	P2	P3	P4	P5	
		$\times (GA_{FN})^4$	$\times (GA_{FN})^3$	$\times (GA_{FN})^2$	$\times (GA_{FN})$	定数		
93-4P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.00E-05	1.55E+00	-7.99E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「93-4P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+03	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-5.94E-13	1.90E-08	-2.33E-04	1.23E+00	-3.66E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.53E-02	6.62E+02	
54-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-8.68E-05	1.68E-01	2.80E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「54-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	1.07E-03	-1.35E+00	6.31E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+02	
60-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-5.12E-05	1.24E-01	3.75E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「60-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	2.40E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-8.68E-05	1.68E-01	2.60E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.00E-02	6.00E+01	
66-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-1.58E-08	1.04E-04	-2.81E-01	8.12E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「66-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-01	1.40E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-5.12E-05	1.24E-01	3.55E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-02	9.17E+01	
72-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	3.25E-09	-6.93E-05	3.00E-01	2.53E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「72-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.08E-01	2.96E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-1.58E-08	1.04E-04	-2.81E-01	7.92E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.75E-02	1.44E+02	
78-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	3.92E-09	-8.18E-05	4.33E-01	5.14E+01	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「78-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.57E-02	3.63E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	3.25E-09	-6.93E-05	3.00E-01	2.33E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.67E-02	9.33E+01	
85-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-2.74E-09	3.96E-05	-2.39E-01	1.41E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「85-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.33E-02	4.14E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	3.92E-09	-8.18E-05	4.33E-01	3.14E+01	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.36E-02	1.15E+02	
93-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	1.81E-09	-6.37E-05	6.20E-01	-8.36E+02	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「93-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E-01	2.52E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-2.74E-09	3.96E-05	-2.39E-01	1.39E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-1.44E-02	6.27E+02	
102-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	-3.64E-10	5.86E-06	-5.83E-02	1.56E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「102-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.67E-01	-2.22E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	1.81E-09	-6.37E-05	6.20E-01	-8.56E+02	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.45E-02	1.21E+02	
112-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-7.32E-14	4.83E-09	-1.22E-04	1.34E+00	-3.75E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「112-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.16E-01	2.27E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	-3.64E-10	5.86E-06	-5.83E-02	1.54E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	-4.50E-03	6.05E+02	
122-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	-3.19E-14	2.72E-09	-8.90E-05	1.26E+00	-4.63E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「122-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.53E-02	6.82E+02	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-7.32E-14	4.83E-09	-1.22E-04	1.34E+00	-3.77E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.25E-02	-2.50E+01	
132-6P	選定上限(1)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	-2.48E-06	7.52E-02	1.57E+03	左記の条件式を全て満足する場合 ⇒「132-6P」選定
	選定上限(2)	$PA_{FN} \leq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+03	
	選定下限(1)	$PA_{FN} \geq$	-3.19E-14	2.72E-09	-8.90E-05	1.26E+00	-4.65E+03	
	選定下限(2)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.04E-01	-5.47E+03	
	選定下限(3)	$PA_{FN} \geq$	0.00E+00	0.00E+00	-6.00E-05	1.55E+00	-8.01E+03	

⇒STEP1-2へ  
⇒どの番号#にも  
当てはまらないときは  
範囲外エラー

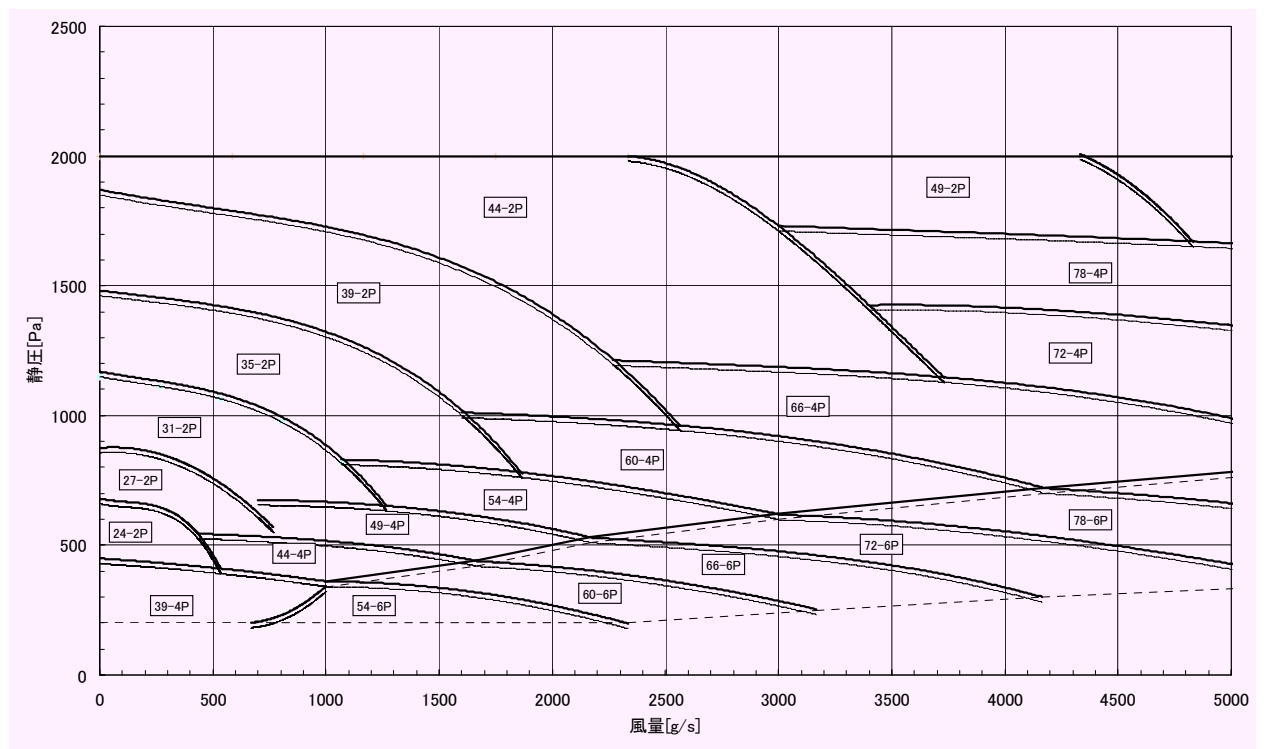
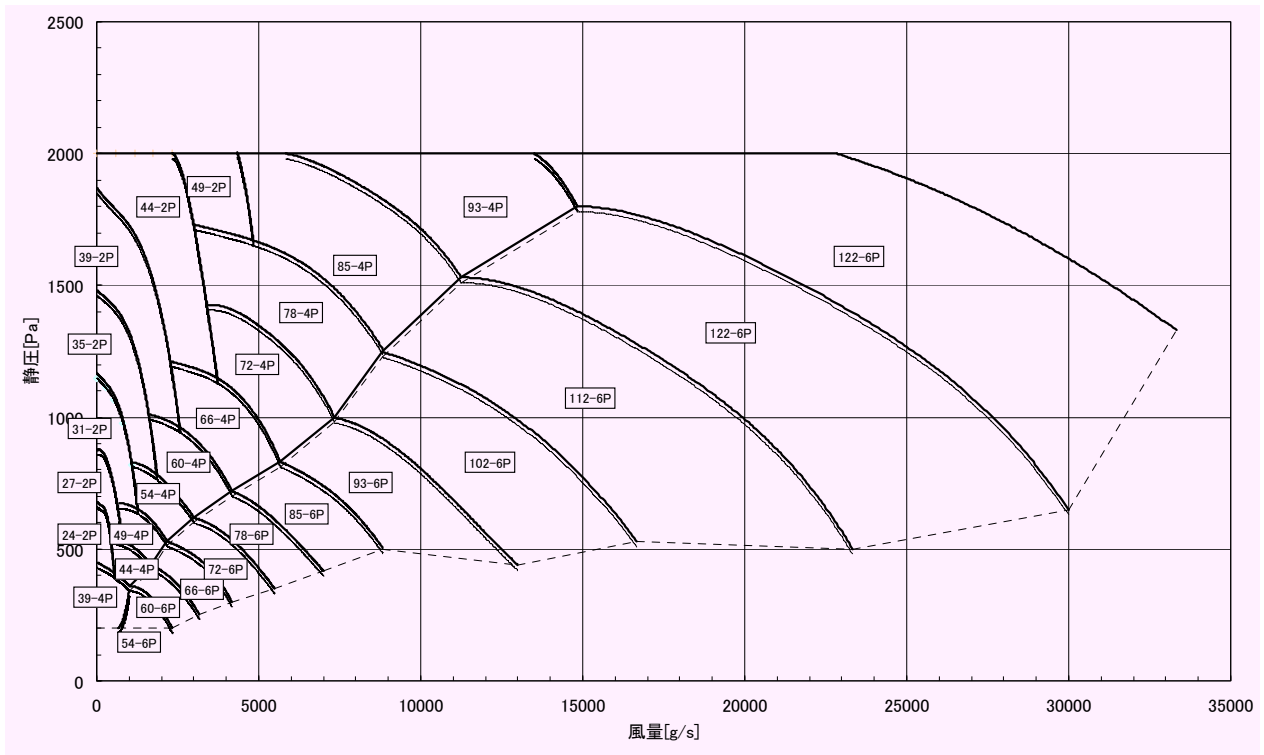


図 6.3.3-10 プラグファン呼びの選定範囲

### STEP1-2

定格風量:  $GA_{F,N}$  [g/s]



定格機外動圧  $PA_{F,d,N}$  [Pa] の算定

プラグファン動圧は、静圧に対し、十分小さい値となるので、計算上無視できるものとしてゼロとする。

定格機外動圧 = 0

$$PA_{F,d,N} = 0$$

### STEP1-3

定格機外動圧:  $PA_{F,d,N}$  [Pa]



定格機外全圧  $PA_{F,t,N}$  [Pa] の算定

定格機外静圧:  $PA_{F,N}$  [Pa]

定格機外全圧 = 定格機外動圧 + 定格機外静圧 ⇒STEP1-4 へ

$$PA_{F,t,N} = PA_{F,d,N} + PA_{F,N}$$

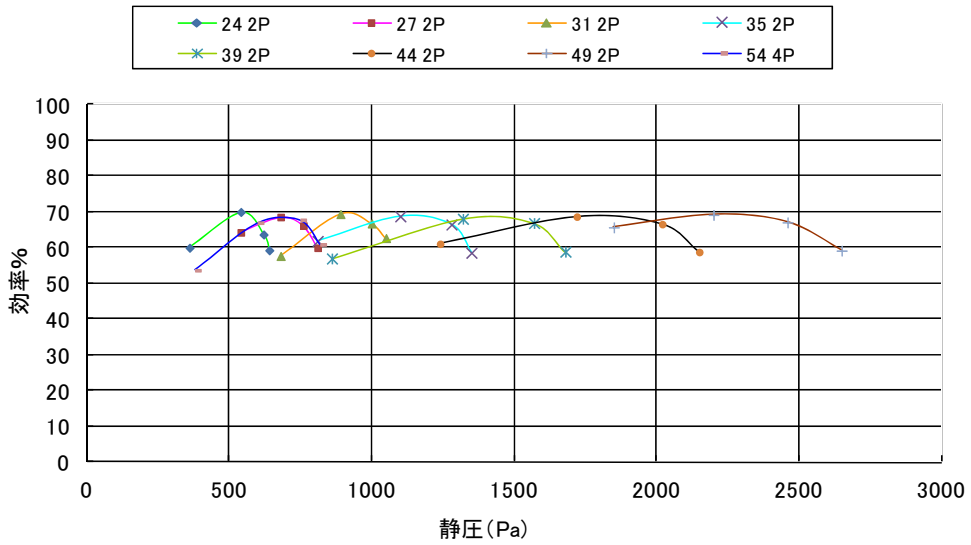
### STEP1-4

定格機外静圧  $PA_{F,N}$  : [Pa]

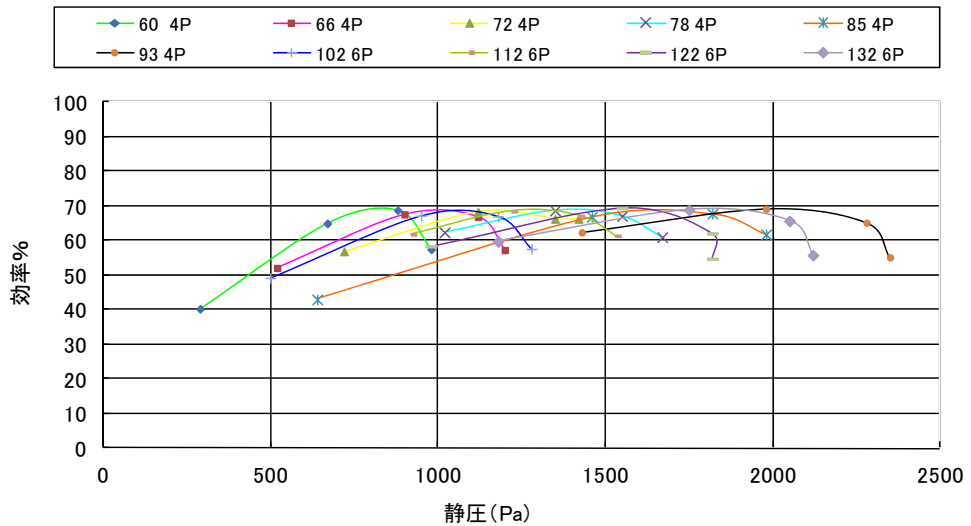


定格全圧効率  $EF_{F,N}$  [NU] の算定 (ファン呼びの別)

プラグファン効率曲線(小番手)



プラグファン効率曲線(大番手)



プラグファン効率曲線(低圧番手)

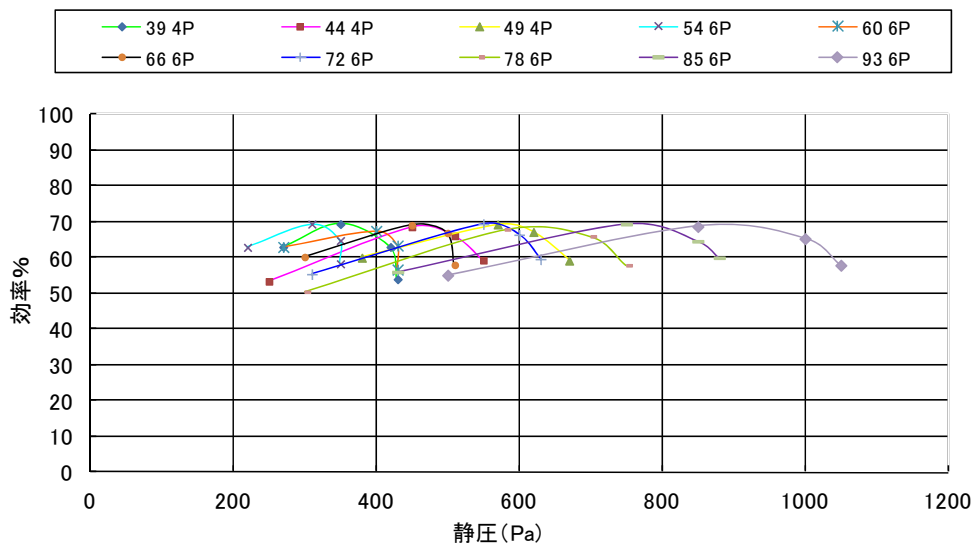


図 6.3.3-11 プラグファンの効率特性図(A社プラグファンデータより)

PA<sub>F,N</sub>: 定格機外静圧(Pa)  
 EF<sub>F,N</sub>: 定格全圧効率(NU)

表 6.3.3-3 プラグファンの効率

ファン呼び (P付)	EF <sub>F,N</sub>	全圧効率[NU]				領域の条件
		係数				
		P1 × (PA <sub>F,N</sub> ) <sup>3</sup>	P2 × (PA <sub>F,N</sub> ) <sup>2</sup>	P3 × (PA <sub>F,N</sub> )	P4 定数	
24-2P	EF <sub>F,N</sub> =	-3.20E-08	4.35E-05	-1.89E-02	3.25E+00	360 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 620
27-2P	EF <sub>F,N</sub> =	-1.66E-08	3.00E-05	-1.78E-02	4.09E+00	540 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 760
31-2P	EF <sub>F,N</sub> =	-3.16E-09	5.63E-06	-2.42E-03	6.08E-01	680 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,000
35-2P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.24E-06	2.65E-03	-7.16E-01	810 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,280
39-2P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-6.28E-07	1.64E-03	-3.75E-01	860 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,570
44-2P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-4.48E-07	1.51E-03	-5.71E-01	1,240 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 2,020
49-2P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-4.42E-07	1.91E-03	-1.37E+00	1,850 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 2,460
39-4P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.62E-05	1.10E-02	-1.16E+00	270 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 420
44-4P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-5.74E-06	4.81E-03	-3.10E-01	250 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 510
49-4P	EF <sub>F,N</sub> =	-2.76E-08	3.96E-05	-1.82E-02	3.30E+00	380 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 620
54-4P	EF <sub>F,N</sub> =	-7.35E-09	1.12E-05	-5.01E-03	1.22E+00	380 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 750
60-4P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.36E-06	2.02E-03	-7.08E-02	290 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 880
66-4P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.13E-06	2.05E-03	-2.42E-01	520 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,120
72-4P	EF <sub>F,N</sub> =	1.29E-09	-4.73E-06	5.65E-03	-1.53E+00	720 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,350
78-4P	EF <sub>F,N</sub> =	-1.27E-09	4.48E-06	-5.03E-03	2.44E+00	1,020 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,550
85-4P	EF <sub>F,N</sub> =	-4.06E-10	1.36E-06	-1.16E-03	7.22E-01	640 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,820
93-4P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-5.20E-07	1.92E-03	-1.06E+00	⇒STEP1-5へ ≦ 2,280
54-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-2.07E-05	1.17E-02	-9.38E-01	220 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 350 ⇒給排風機外静圧が、
60-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.77E-05	1.22E-02	-1.37E+00	270 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 430 ↓※(1)給排風機外静圧
66-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.02E-05	8.29E-03	-9.69E-01	300 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 500
72-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-5.68E-06	5.49E-03	-6.04E-01	310 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 600
78-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-2.71E-06	3.04E-03	-1.65E-01	300 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 700
85-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-2.49E-06	3.36E-03	-4.27E-01	430 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 850
93-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-1.67E-06	2.67E-03	-3.66E-01	500 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,000
102-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-9.11E-07	1.75E-03	-1.59E-01	500 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,180
112-6P	EF <sub>F,N</sub> =	-1.50E-09	4.76E-06	-4.78E-03	2.15E+00	920 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,420
122-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-7.15E-07	2.00E-03	-6.87E-01	980 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 1,820
132-6P	EF <sub>F,N</sub> =	0.00E+00	-5.19E-07	1.70E-03	-6.90E-01	1,180 ≦ PA <sub>F,N</sub> ≦ 2,050

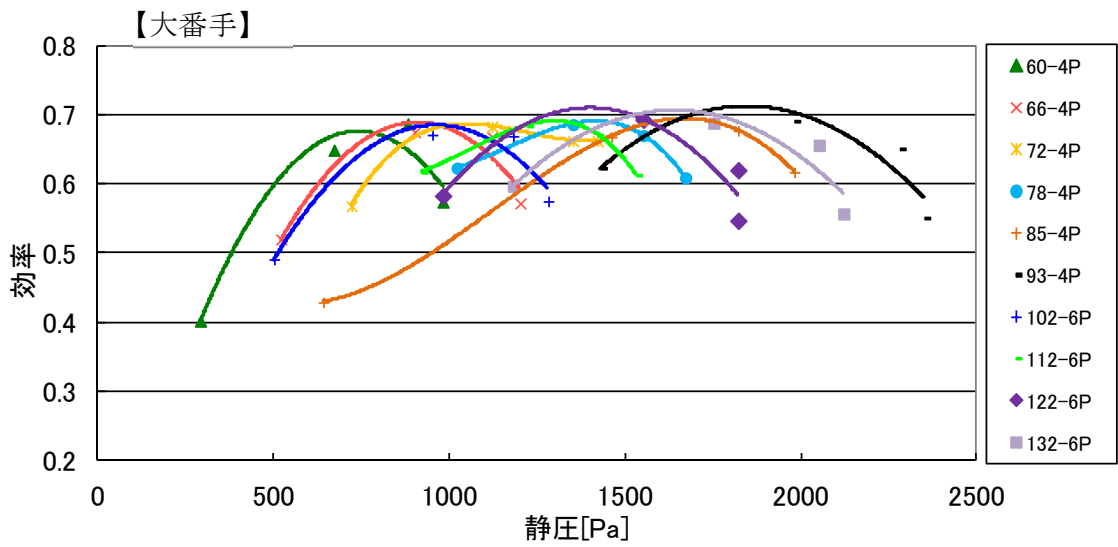
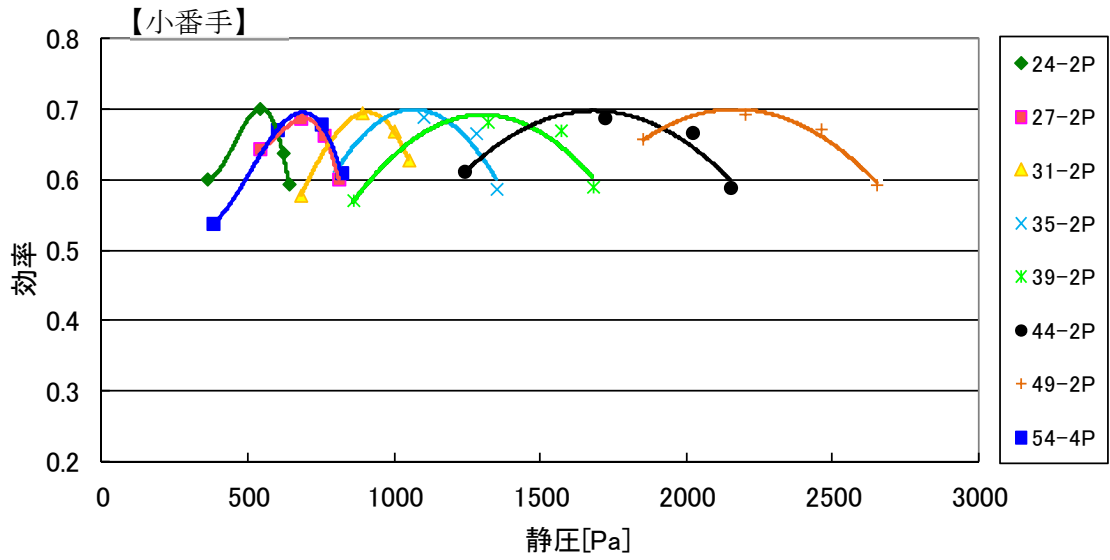
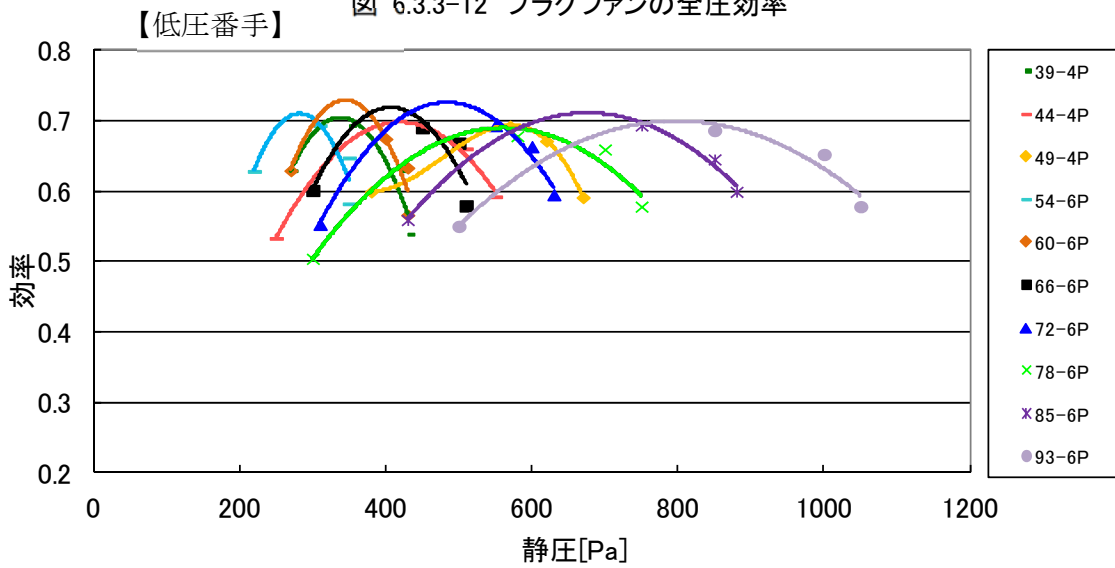
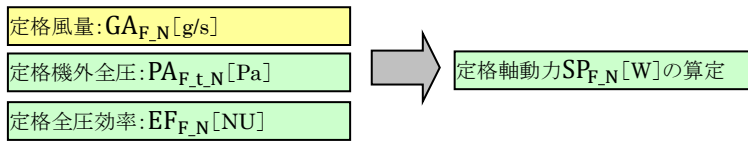


図 6.3.3-12 プラグファンの全圧効率



### STEP1-5



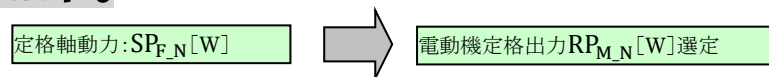
文献1より、多翼送風機の電動機出力を求める式を適用する。

$$\text{定格軸動力 [kW]} = \frac{\text{定格風量 [m}^3/\text{min]} \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{60,000 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$\text{定格軸動力 [W]} = \frac{\text{定格風量 [g/s]} \times \text{定格機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{定格全圧効率}}$$

$$SP_{F,N} = \frac{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}{1,200 \times EF_{F,N}}$$

### STEP1-6



(注記) ・STEP1-5+1-6 は、文献1の電動機出力算定式を分解したもの。  
・電動機定格出力の記号 ( $RP_{M,N}$ ) は便宜的にポンプで用いた記号と同一のものとする。

$$\text{電力出力選定用値 } RPF_{M,N} \text{ [W]} = \text{定格軸動力 } SP_{F,N} \times K$$

K: 補正係数

$$K=1.05 \text{ (固定速の場合)}$$

$$K=1.15 \text{ (インバータ制御の場合)}$$

電力出力選定用値  $RPF_{M,N}$  から電動機定格出力選定

$$\text{電動機出力選定用値 } RPF_{M,N} \leq \text{電動機定格出力 } RP_{M,N}$$

となるよう電動機定格出力選定。

電動機定格出力  $RP_{M,N}$  : 200W, 250W, 370W, 400W, 550W, 750W, 1100W, 1500W,  
2200W, 3700W, 5500W, 7500W, 11000W, 15000W, 18500W,  
22000W, 30000W, 37000W  
(JIS の電動機定格出力を [W] で表記)

### STEP1-7



標準効率 (IE1)、高効率 (IE2)、プレミアム効率 (IE3) の場合

マップデータ、JISC4034-30 回転電気機械-第30部: 単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス (IE モード) を基に、データベース化 (IE1~3)

IPM の場合

JIS-C-4212 の表から選定 → 電動機定格出力と定格電動機効率を定式化

$$EF_{M,N} = f(RP_{M,N})$$

(特性式・グラフはポンプの項参照)

1) 定速の場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

**STEP2-1**

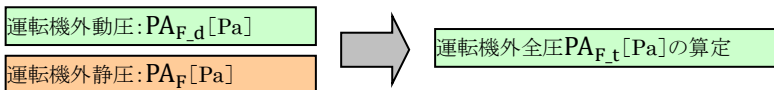


プラグファン動圧は、静圧に対し、十分小さい値となるので、計算上無視できるものとしてゼロとする。

定格機外動圧 = 0

$$PA_{F,d} = 0$$

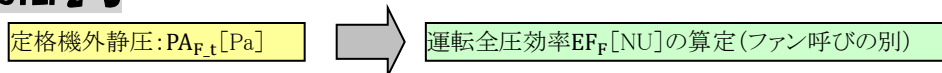
**STEP2-2**



運転機外全圧 = 運転機外動圧 + 運転機外静圧 ⇒ STEP2-3 へ

$$PA_{F,t} = PA_{F,d} + PA_F$$

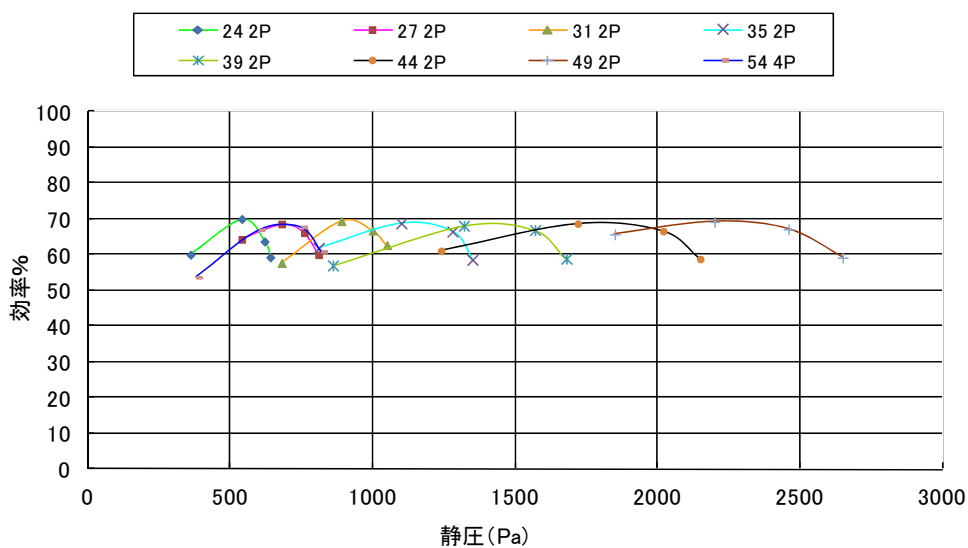
**STEP2-3**



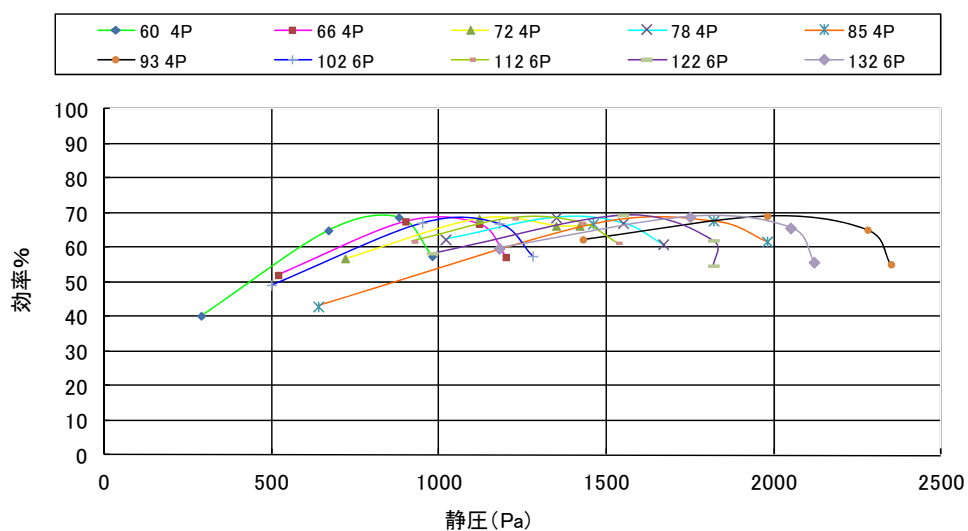
運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする



プラグファン効率曲線(小番手)



プラグファン効率曲線(大番手)



プラグファン効率曲線(低圧番手)

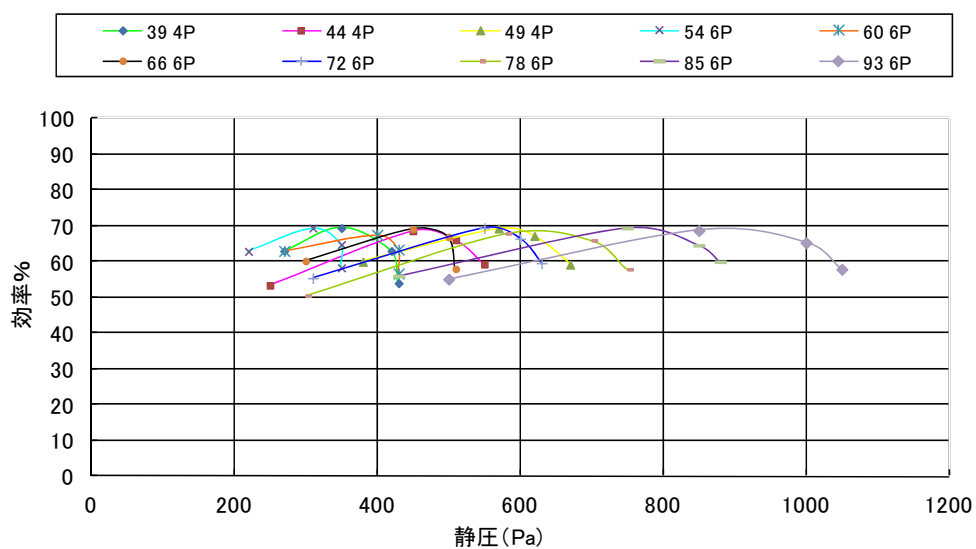


図 6.3.3-13 プラグファンの効率特性図(図 6.4.3-11 と同じ)

表 6.3.3-4 プラグファンの効率(表 6.4.3 4 と同じ)

PA<sub>F</sub> : 定格機外静圧(Pa)

EF<sub>F</sub> : 定格全圧効率(NU)

ファン呼び (P付)	EF <sub>F</sub> =	全圧効率[NU]				領域の条件
		係数				
		P1 ×(PA <sub>F</sub> ) <sup>3</sup>	P2 ×(PA <sub>F</sub> ) <sup>2</sup>	P3 ×(PA <sub>F</sub> )	P4 定数	
24-2P	EF <sub>F</sub> =	-3.20E-08	4.35E-05	-1.89E-02	3.25E+00	360 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 620
27-2P	EF <sub>F</sub> =	-1.66E-08	3.00E-05	-1.78E-02	4.09E+00	540 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 760
31-2P	EF <sub>F</sub> =	-3.16E-09	5.63E-06	-2.42E-03	6.08E-01	680 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,000
35-2P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.24E-06	2.65E-03	-7.16E-01	810 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,280
39-2P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-6.28E-07	1.64E-03	-3.75E-01	860 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,570
44-2P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-4.48E-07	1.51E-03	-5.71E-01	1,240 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 2,020
49-2P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-4.42E-07	1.91E-03	-1.37E+00	1,850 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 2,460
39-4P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.62E-05	1.10E-02	-1.16E+00	270 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 420
44-4P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-5.74E-06	4.81E-03	-3.10E-01	250 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 510
49-4P	EF <sub>F</sub> =	-2.76E-08	3.96E-05	-1.82E-02	3.30E+00	380 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 620
54-4P	EF <sub>F</sub> =	-7.35E-09	1.12E-05	-5.01E-03	1.22E+00	380 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 750
60-4P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.36E-06	2.02E-03	-7.08E-02	290 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 880
66-4P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.13E-06	2.05E-03	-2.42E-01	520 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,120
72-4P	EF <sub>F</sub> =	1.29E-09	-4.73E-06	5.65E-03	-1.53E+00	720 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,350
78-4P	EF <sub>F</sub> =	-1.27E-09	4.48E-06	-5.03E-03	2.44E+00	1,020 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,550
85-4P	EF <sub>F</sub> =	-4.06E-10	1.36E-06	-1.16E-03	7.22E-01	640 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,820
93-4P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-5.20E-07	1.92E-03	-1.06E+00	1,430 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 2,280
54-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-2.07E-05	1.17E-02	-9.38E-01	220 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 350
60-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.77E-05	1.22E-02	-1.37E+00	270 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 430
66-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.02E-05	8.29E-03	-9.69E-01	300 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 500
72-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-5.68E-06	5.49E-03	-6.04E-01	310 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 600
78-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-2.71E-06	3.04E-03	-1.65E-01	300 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 700
85-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-2.49E-06	3.36E-03	-4.27E-01	430 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 850
93-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-1.67E-06	2.67E-03	-3.66E-01	500 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,000
102-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-9.11E-07	1.75E-03	-1.59E-01	500 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,180
112-6P	EF <sub>F</sub> =	-1.50E-09	4.76E-06	-4.78E-03	2.15E+00	920 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,420
122-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-7.15E-07	2.00E-03	-6.87E-01	980 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 1,820
132-6P	EF <sub>F</sub> =	0.00E+00	-5.19E-07	1.70E-03	-6.90E-01	1,180 ≤ PA <sub>F</sub> ≤ 2,050

⇒STEP1-5へ

⇒範囲に当てはまらない

ときは範囲外エラー

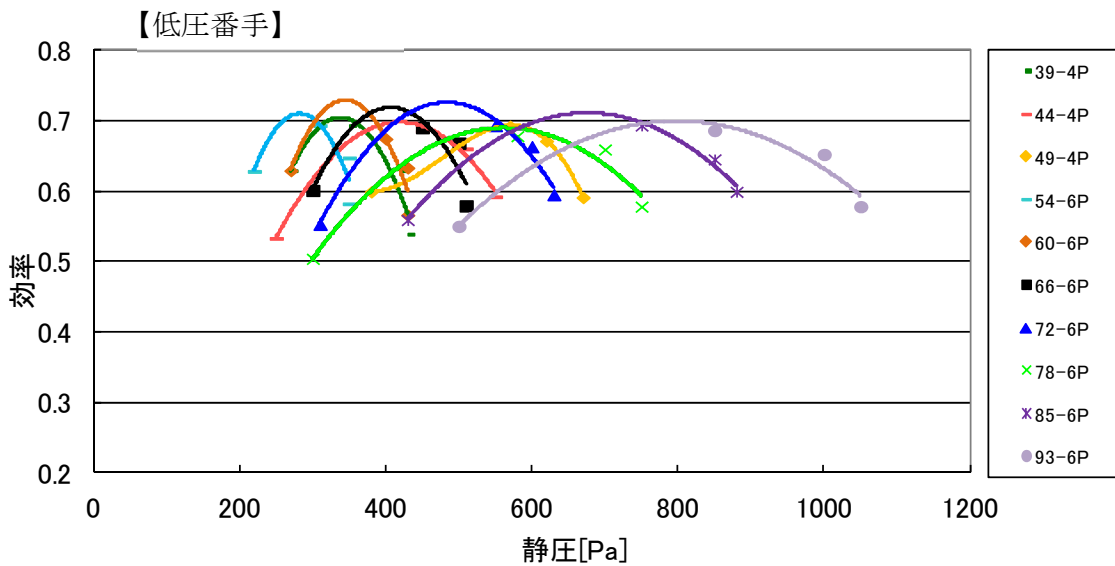
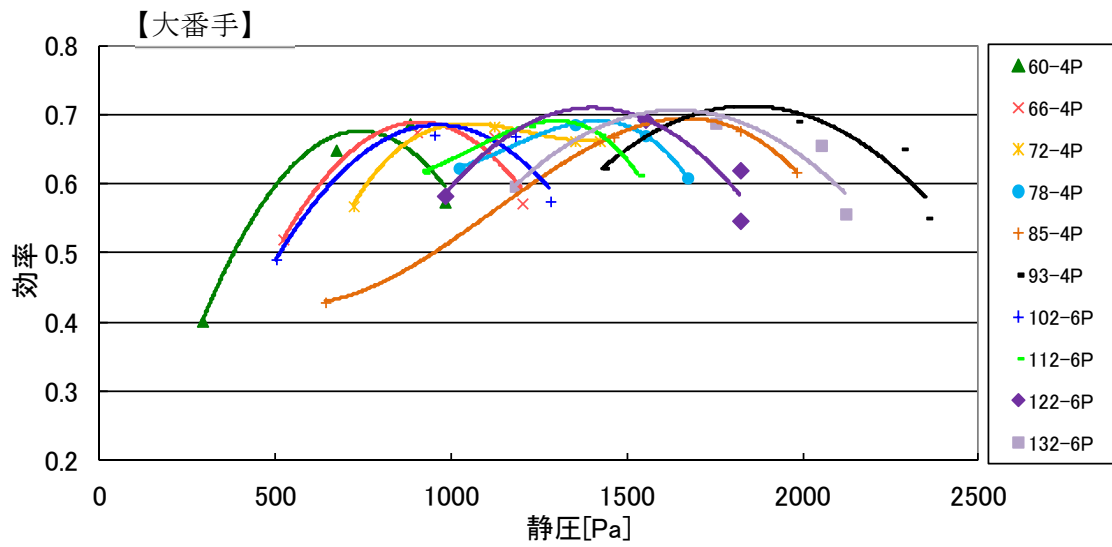
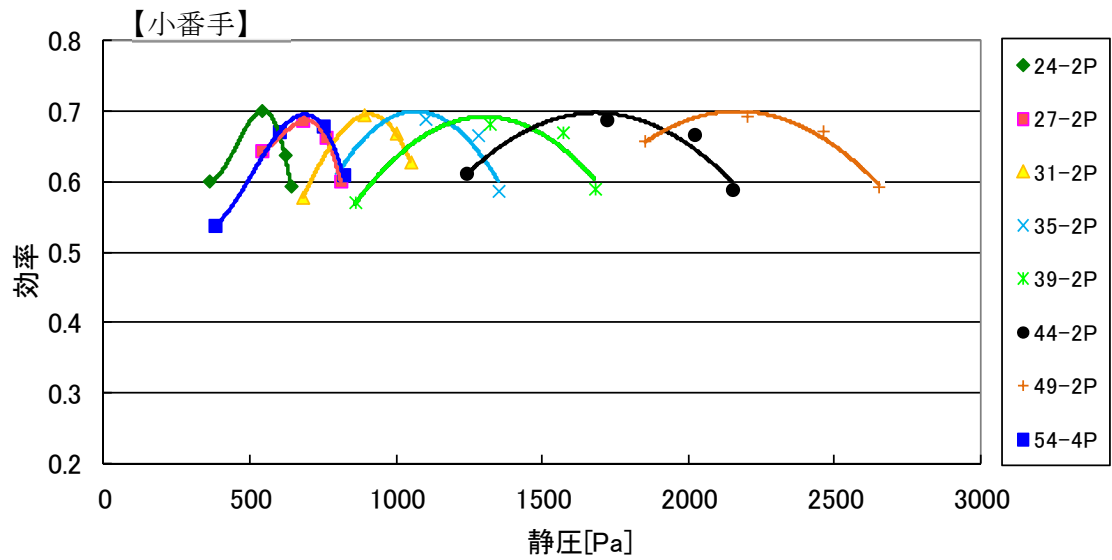
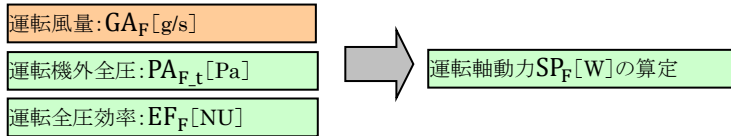


図 6.3.3-14 プラグファンの全圧効率(図 6.4.3-12 と同じ)

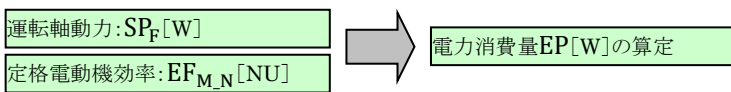
#### STEP2-4



$$\text{運転軸動力 [W]} = \frac{\text{運転風量 [g/s]} \times \text{運転機外全圧 [Pa]}}{1,200 \times \text{運転全圧効率}}$$

$$SP_F = \frac{GA_F \times PA_{F,t}}{1,200 \times EF_F}$$

#### STEP2-5



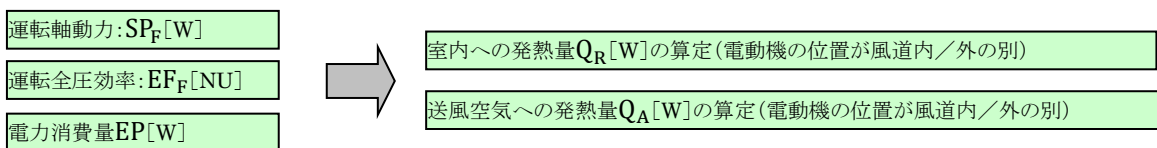
運転電動機効率 = 定格電動機効率

$$EF_M = EF_{M,N}$$

電力消費量 = 運転軸動力 ÷ 運転電動機効率

$$EP = SP_F \div EF_M$$

#### STEP2-6



室内への発熱量 = 無し

$$Q_R = 0$$

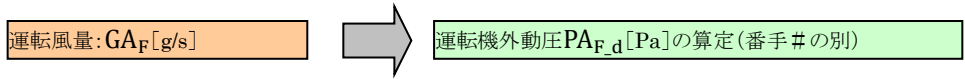
送風空気への発熱量

= (電力消費量 - 運転軸動力) + 運転軸動力 × (1 - 運転全圧効率)

$$Q_A = (EP - SP_F) + SP_F \times (1 - EF_F)$$

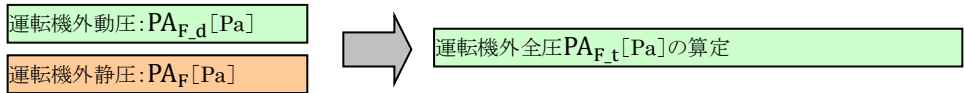
2) インバータの場合の電力消費量、発熱量の算定ステップ

**STEP3-1**



STEP2-1 に同じ

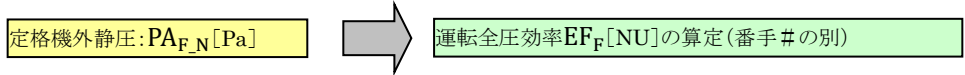
**STEP3-2**



STEP2-2 に同じ

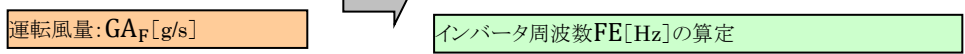
**STEP3-3**

運転時の全圧効率は、定格機外静圧時の値と変わらないとする



STEP3-3 に同じ

**STEP3-4**



参考		表 1・6 送風機比例法則	
従属変数	基礎データ	独立変数	密度補正
$Q_2 =$	$Q_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^3 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)$	
$P_2 =$	$P_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^2 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$L_2 =$	$L_1$	$\times \left(\frac{No_2}{No_1}\right)^5 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$	$\times \frac{\rho_2}{\rho_1}$
$dB_2 =$	$dB_1$	$+ 70 \log_{10} \frac{No_2}{No_1} + 50 \log_{10} \frac{n_2}{n_1}$	$+ 20 \log_{10} \frac{\rho_2}{\rho_1}$

注 Q：風量，P：圧力，L：軸動力，n：回転数  
No：送風機の大きさ，ρ：密度，dB：騒音値

上記は軸動力の 3 乗比例則であるが、ここでは送風仕事量と全圧効率から算出される軸動力が、回転数の 3 乗に比例するとして定式化する。

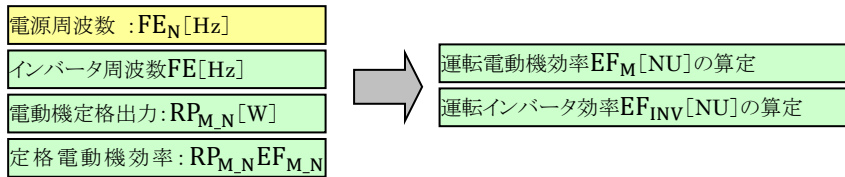
$$\text{インバータ周波数} = \sqrt[3]{\frac{\text{運転軸動力}}{\text{定格軸動力}}} \times \text{電源周波数}$$

$$FE = \sqrt[3]{\left(\frac{GA_F \times PA_{F,t}}{GA_{F,N} \times PA_{F,t,N}}\right)} \times FE_N$$

ただし、インバータ周波数の上・下限を下記にて制限する。

$$FE_{LL} \leq FE \leq FE_{UL}$$

### STEP3-5



$RSR_M$  : 電動機回転速度率の算定

$$RSR_M = \frac{FE}{FE_N}$$

$EF_M$  : 運転電動機効率の算定

$$EF_M = EF_{M,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_M$  は標準型電動機、高効率型電動機、**プレミアム効率**、IPM 電動機の別に定式化される。  
(特性式はポンプの項参照)

$EF_{INV}$  : 運転インバータ効率の算定

$$EF_{INV} = EF_{INV,N} \times f(RP_{M,N}, RSR_M)$$

$EF_{INV}$  は標準型電動機、高効率型電動機、**プレミアム効率**、IPM 電動機の別に定式化される。  
(特性式はポンプの項参照)

### STEP3-6



STEP2-6 に同じ

## 7. 空調熱源の低負荷機器特性設定

### 7.1. 機器特性の構造

熱源機器およびパッケージ空調機の機器特性の計算フローの概要を図7-1に示す。機器によって詳細は異なるものの、その概略フローはほぼ同じである。

運転条件と運転設定から①必要能力、②最大能力とその際の入力値の算出、③最大入力と必要能力による部分負荷率の算出、④部分負荷率と最大入力から最終的なエネルギー消費を算出する。つまり、部分負荷特性式の上下限、機器の運転可能な範囲は機器毎に整備しているため、部分負荷率の扱い方、モデル化がエネルギー消費に影響を与える。

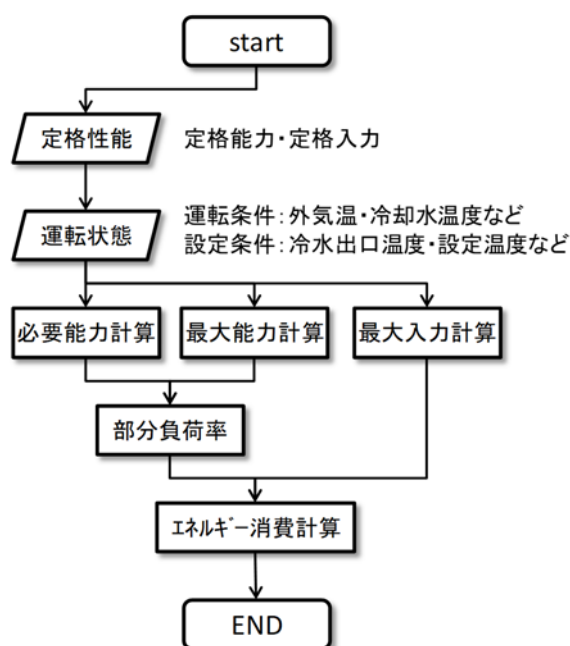


図 7-1 機器特性の構造イメージ

#### (1) 冷却・加熱能力特性式範囲

外気温等の運転条件の特性式適用範囲外は、基本的に境界上の特性となるように設定している。機器停止もしくは境界上の特性(a～e 特性)とした理由は以下のとおりである。

##### ① サーモオフ（機器停止）

冷水温度が下限未満、および温水温度が上限以上の場合は、これ以上冷却(加熱)する必要がないものと判断、又は冷房時は冷水の凍結を防止のため、暖房時は高圧カットが働いて機器が停止する。また、冷却時の冷却水温度および外気温の上限以上は高圧カット、加熱時の外気温の下限未満は凍結防止のため機器が停止する。

##### ② 冷房時の凍結防止

一般的に冷却水温度が下限未満の条件が一定時間継続すると、凍結防止で機器が停止する。ただし、冬期の冷凍機立ち上げなどの場合は、初期温度は下限未満となっているが、冷凍機を起動すると冷却水温度が徐々に上昇して下限温度を上回るのので、即停止とする必要はない。同様に BEST は 5 分間隔で計算するため、起動時の状態で即停止とはせず、冷却水温度上昇を想定して、運転継続としている。

表 7-1 却・加熱能力特性式範囲と範囲外特性の関係

	冷却機器特性	加熱機器特性
水冷機器 ターボ冷凍機 冷温水発生機 水冷チラー		
空冷機器 空冷ヒートポンプチラー 空冷パッケージ空調機		

## (2) 部分負荷特性式範囲

### ① 高負荷領域

ヒートポンプ/冷凍機は、最大能力以上の能力が出ないため、100%負荷での運転が継続する。よって、120%の負荷がかかっても、機器は100%で動くものとしている。

### ② 低負荷領域

ON/OFF 運転領域では、ON 時には最小能力となるため、実際の機器の動作は(A)となる。したがって、「ON/OFF 運転時の時間平均特性」とする場合は、(C)と考えられる。ただし、発停ロスが数値的にわかっている場合は(B)もしくは(D)のような特性になることもある。つまり、低負荷域動特性のモデル化によってエネルギー消費量が変わる。また、ON/OFF 運転時や機器起動時における動特性については現在調査中であることから、BEST では低負荷の機器特性を、エネルギー消費量が最大となる(B)としている。

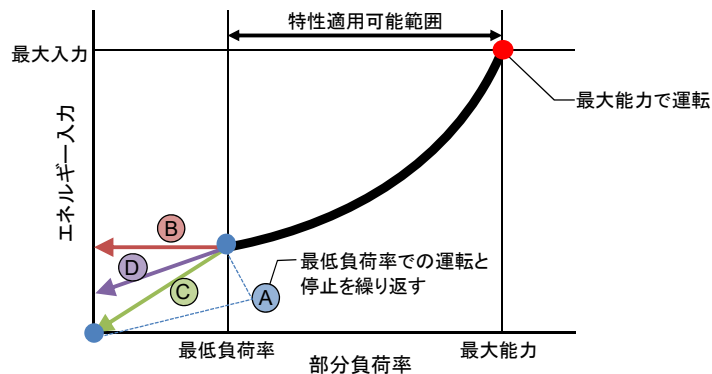


図 7-2 部分負荷特性のイメージ



## 7.2. 低負荷機器特性設定の設定方法

図 7-3 に低負荷機器特性の設定方法を示す。中央熱源、個別分散空調共に、低負荷領域の計算方法のプルダウンメニューから、「1\_下限入力値固定」、「2\_下限 COP 値固定」、「3\_下限入力値と中間切片」の 3 つの設定が可能である。

tmHS HS 直焚き冷水発生機20101212

名称 tmHS HS 直焚き冷水発生機20101212

■タイプ■  
熱源のタイプ 直焚き二重効用 [-]

■定格能力■  
定格冷却能力 527 [kW]  
定格加熱能力 425 [kW]

■冷水■  
冷水出口水温設定値 7 [°C]  
温水出口水温設定値 60 [°C]  
定格冷水水量 1500 [L/min(w)]  
定格冷却水量 2500 [L/min(w)]

■運用・制御■  
冷水出口水温設定値を外部制御する  [-] ←冷水出口水温設定値を外部制御する場合はチェックしてください  
処理容量を外部制御する  [-] ←処理容量を外部制御する場合はチェックしてください(機能開発中)

■燃料■  
定格ガス消費量 冷却時 415 [kW]  
定格ガス消費量 加熱時 502 [kW]

■電気■  
定格消費電力量 冷却時 5.5 [kW]  
定格消費電力量 加熱時 5.5 [kW]  
相数 3 [-]  
電圧 200 [V]  
周波数 50 [Hz]

■力率■  
力率 1 [-]

■機器特性■  
低負荷領域の計算方法 1\_下限入力値固定 [-] ←チェックボックスから選択してください

■記録・グラフ表示■  
グラフを表示する  [-] ←グラフを表示するときはチェックしてください  
記録を有効とする  [-] ←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください

入力データを登録しますか？

OK 取消

BMout EHP室外機20101212

名称 BMout EHP室外機20101212

機器番号 [ ]  
機器種別 0\_201808\_EHP\_BM\_標準\_冷暖切替 [-]  
機器型式 [ ]

■定格能力など■  
定格冷房能力 100 [kW] ←任意入力項目です  
中間冷房能力 100 [kW] ←任意入力項目です  
定格暖房能力 100 [kW] ←任意入力項目です  
中間暖房能力 100 [kW] ←任意入力項目です  
低溫暖房能力 100 [kW] ←任意入力項目です  
定格冷房入力(電力) 30 [kW] ←任意入力項目です  
中間冷房入力(電力) 30 [kW] ←任意入力項目です  
定格暖房入力(電力) 30 [kW] ←任意入力項目です  
中間暖房入力(電力) 30 [kW] ←任意入力項目です  
低溫暖房入力(電力) 30 [kW] ←任意入力項目です  
風量 9600 [m³/h(a)] ←airOutEAの温度の計算に使用します  
機器起動停止負荷率 10 [%] ←部分負荷率を入力してください

■電気■  
相数 3 [相]  
電圧 200 [V]  
周波数 50 [Hz]  
力率 0.8 [-]

■記録・グラフ表示■  
グラフを表示する  [-] ←グラフを表示するときはチェックしてください  
記録を有効とする  [-] ←このモジュールの記録を有効とするときはチェックしてください

■機器特性■  
低負荷領域の計算方法 1\_下限入力値固定 [-] ←チェックボックスから選択してください

■仮調定■  
容量を調整する  [-] ←容量を仮調定するときはチェックしてください  
調定の計算ステップ数 12 [-] ←仮調定する計算ステップ数を入力してください

■行政支援ツール用■  
このモジュールを計算する  [-] ←計算対象の際はチェックしてください

入力データを登録しますか？

OK 取消

図 7-3 低負荷機器特性設定の設定画面

