

LCEM ツール ver3.10

操作説明書

平成 26 年 2 月

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課

目次

1. はじめに	3
1.1 LCEM 手法と LCEM ツール	3
1.2 LCEM ツールのインストールと全体構成について	6
1.2.1 動作環境	6
1.2.2 LCEM ツールに関する問い合わせ	6
1.2.3 LCEM ツールのインストールと削除の方法	7
1.2.4 LCEM ツールの全体構成	8
1.2.5 LCEM ツール使用上の主な留意点	11
2. LCEM ツールの概要と基本的な使い方	15
2.1 LCEM ツールの解法	15
2.2 機器オブジェクトのしくみ	16
2.3 オブジェクトの入出力	17
2.4 期間計算の方法	17
2.5 LCEM ツールによる空調システムの構築方法	18
2.5.1 空調システムの構築方法	18
2.5.2 LCEM ツールで構築できる各種空調システム	19
2.6 LCEM ツールの基本的な使い方	23
2.6.1 LCEM ツールの起動と基本操作	23
2.6.2 システム構築に必要な資料	26
3. 熱源システムの構築	27
3.1 モデル建物の概要	27
3.2 全体の流れ	31
3.3 シミュレーションの準備	32
3.3.1 シミュレーションの範囲と目的	32
3.3.2 モデルの構築に必要な情報の収集	32
3.4 シミュレーションモデルの構築	33
3.4.1 構築シートの準備	33
3.4.2 冷却塔のモデル化	35
3.4.3 冷却水ポンプのモデル化	39
3.4.4 直だき吸収冷温水機のモデル化	44
3.4.5 冷温水一次ポンプのモデル化	46
3.5 シミュレーションの実行	51
3.5.1 LCEM ツールによる機器状態確認	51
3.5.2 熱負荷モードを利用した期間計算の実行	53
3.5.3 オブジェクトを変更した場合の検討	68

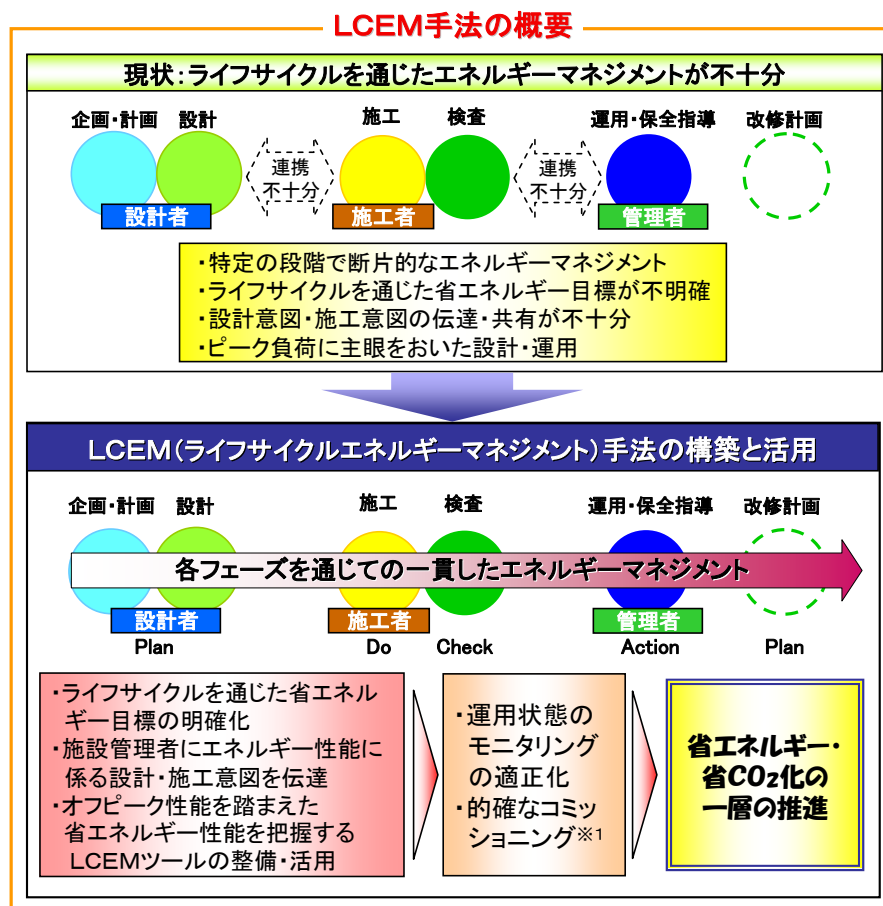
4. 二次側システムの構築	72
4.1 シミュレーションの準備	72
4.1.1 モデルの構築に必要な情報の収集	72
4.2 シミュレーションモデルの構築	74
4.2.1 構築シートの準備	74
4.2.2 配管のモデル化	75
4.2.3 加熱・冷却コイルのモデル化	77
4.2.4 ユニット形空調器(加湿器)のモデル化	79
4.2.5 ユニット形空気調和機(外気導入部)のモデル化	82
4.2.6 給気用送風機と還気用送風機のモデル化	85
4.2.7 ダクトのモデル化	91
4.2.8 変风量ユニットのモデル化	93
4.2.9 室のモデル化	94
5. 全体システムの構築	96
5.1 全体の流れ	96
5.2 モデルの構築に必要な情報の収集	96
5.3 シミュレーションモデルの構築	98
5.4 全体システムの年間計算の実行	106
5.4.1 期間計算用構築シートの作成	106
5.4.2 入力/出力データシートの作成と計算の実行	111
5.4.3 ケーススタディ	122
6. その他システムの構築	127
6.1 蓄熱システムの構築	127
6.1.1 水蓄熱システムの構築	127
6.1.2 外融式氷蓄熱システムの構築	135
6.1.3 氷蓄熱ユニットシステムの構築	140
6.2 排熱回収システムの構築	147
6.3 蒸気システムの構築	159
6.4 個別分散空調システムの構築	164
7. 境界条件作成支援ツールの利用方法	171
7.1 熱負荷モードの利用	172
7.2 気象データ(温湿度データ)の利用	180
7.3 気象ファイル変換ツールの利用	181
用語集	183

1. はじめに

1.1 LCEM 手法と LCEM ツール

LCEM(Life Cycle Energy Management; ライフサイクルエネルギー管理)手法とは、建築物の企画・計画・設計から、施工、検査、運用・保全を経て、改修にいたるまでのライフサイクルの各フェーズを通じて一貫したエネルギーに係る管理指標、管理目標を定め、共通したツールを用いてその達成度を評価・検証する手法をいう。これは、化石エネルギー資源の有効活用、温室効果ガス排出量の最小化、あるいはエネルギーコストの最適化を図るためにはなくてはならない評価手法である。

LCEM 手法を遂行するためには、省エネルギー目標の達成度を定量的に計る「ものさし」が必要である。そこで、この「ものさし」としての役割を果たすべく、LCEM ツールが開発された。LCEM ツールは、LCEM の枠組みの中で、空調システムを対象に開発されたシステムシミュレーションツールの略称である。



※1 コミッションングとは、機器単体、設備システム等に対し予め定められた各種性能が、実際の運用時に実現されているかを、状態監視により得られる測定値等に基づき検証し、チューニング等に関し必要な助言を行うこと。

図 1.1 ライフサイクルエネルギー管理手法の概要¹⁾

LCEM ツールは、我が国で広く普及している汎用表計算ソフトの Microsoft®Office EXCEL (以下 Excel)をプラットフォームとして開発されており、国土交通省のホームページから無償で入手することができる。LCEM ツールにより、例えば図 1.2 に示すように、機器の使用条件(外気条件、水量、水温等)を入力条件として、機器の状態値(例:消費電力、燃料消費量等)を出力することなど、空調システムがどのような挙動を示すかを簡単に Excel 上でシミュレーションすることができる。

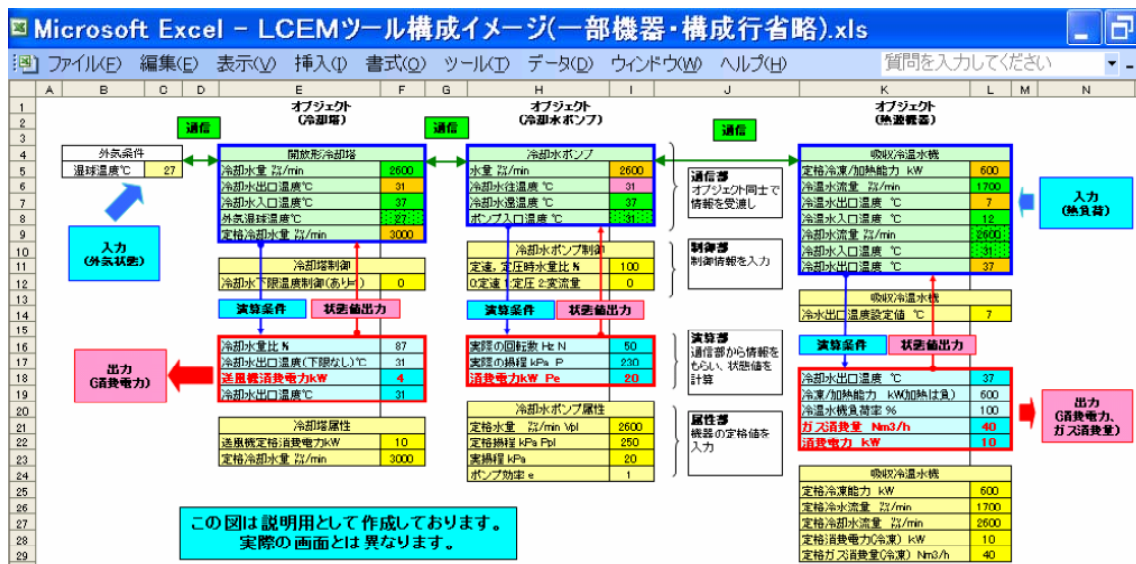


図 1.2 LCEM ツールの画面のイメージ

図 1.2 に LCEM ツールの画面のイメージを、図 1.3 に LCEM ツールの活用イメージを示す。これは、熱源システムの省エネルギー性能評価をイメージした例である。LCEM ツールの特徴を以下にまとめる。

- ・ 空調システムの設計から運用まで、どの段階(フェーズ)でも共通して使用できる。
- ・ 各段階の情報伝達が容易にできる。
- ・ 全負荷時の性能だけではなく、部分負荷時の性能を予測し、評価ができる。
- ・ 設計内容に照らして、機器性能及び試運転調整内容等を確認できる。
- ・ 施工時や運転時に、運転実測値と計算値を比較照合しながら、エネルギー性能の評価ができる。
- ・ 全体システムからサブシステム、機器単体まで、あらゆる規模での検討に利用できる。
- ・ Excel を用いたアドインソフトウェアであり、プログラミングの知識がなくても容易にシミュレーションができる。
- ・ 教育・訓練のためのツールとして利用できる。

LCEMツールの活用イメージ

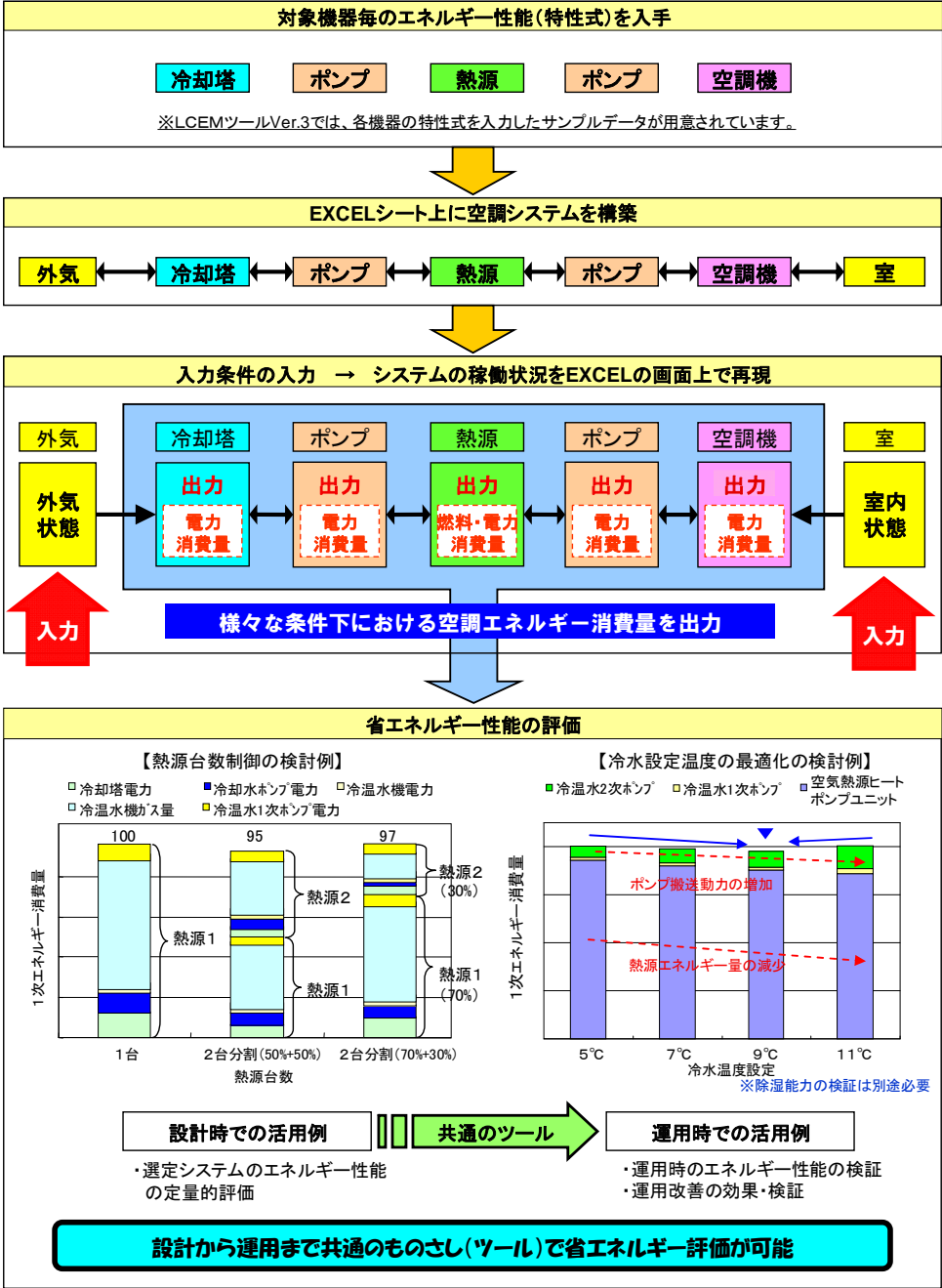


図 1.3 LCEM ツールの活用イメージ¹⁾

1.2 LCEM ツールのインストールと全体構成について

1.2.1 動作環境

LCEM ツールは Microsoft® Office EXCEL(以下 Excel)がインストールされているパソコン(以下 PC)であれば、機種に関係なく動作可能である。また、付属の操作説明書を閲覧するためには Adobe® Acrobat Reader が必要である。動作環境を下記に示す。

【動作補償環境】

OS : Microsoft Windows 7/Vista/XP/2000
アプリケーション : Microsoft Office EXCEL 2010/2003/2000
Adobe Acrobat Reader 5.0 以上

【動作確認環境】

OS : Microsoft Windows 8/7/Vista/XP/2000/
アプリケーション : Microsoft Office EXCEL 2013/2010/2003/2000
Adobe Acrobat Reader 5.0 以上

1.2.2 LCEM ツールに関する問い合わせ

LCEM ツールへの質問は、下記の電子メールアドレス宛にて受け付ける。なお、ツールの使用方法に関するQ&Aも国土交通省官庁営繕部のホームページにて随時公開する予定がある。また、ツールをバージョンアップした際も同ホームページで公開する予定である。

※ ご意見・ご質問を送付頂く際は、次の事項をご記入願います。回答には、しばらく時間を頂いておりますので、ご了承願います。

- ・名 前
- ・勤務先
- ・回答先(メールアドレス)
- ・ご意見、ご質問内容

国土交通省官庁営繕部ホームページ URL	: http://www.mlit.go.jp/gobuild/
メール送付先	: eizen-LCEM@mlit.go.jp

1.2.3 LCEM ツールのインストールと削除の方法

(1) インストールする手順

① 「LCEM_tool_310.exe」をダブルクリックし、インストールを開始する

- ・ インストール元や先のフォルダは任意
ここでは、下記のように想定
インストール元:「マイ ドキュメント」
インストール先:「マイ ドキュメント」
- ・ インストールは圧縮ファイルを解凍するだけでレジストリの操作は行わない
- ・ ディスクトップやスタートメニューにショートカットは作成されない

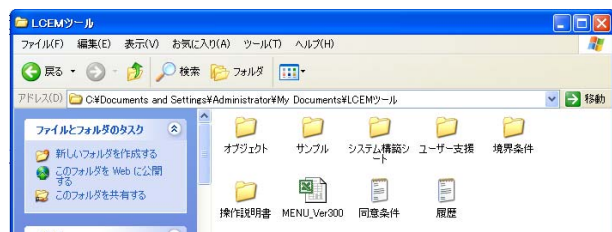
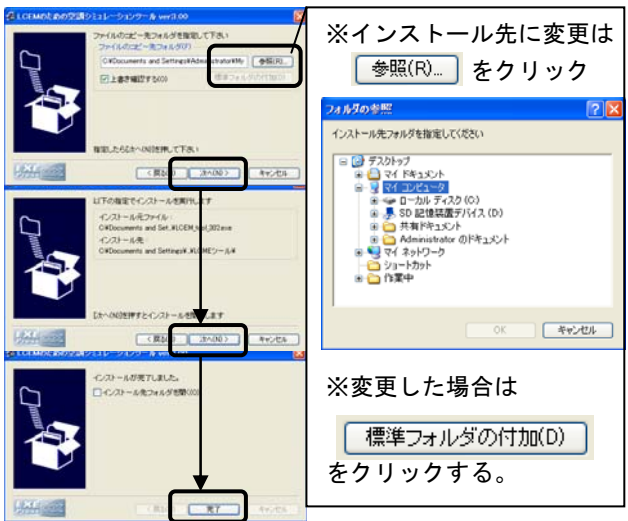
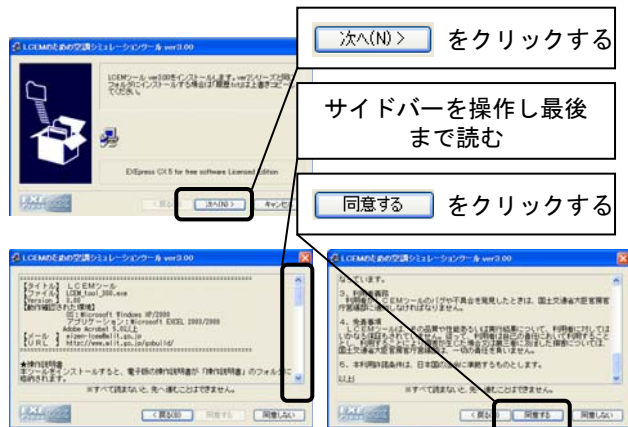
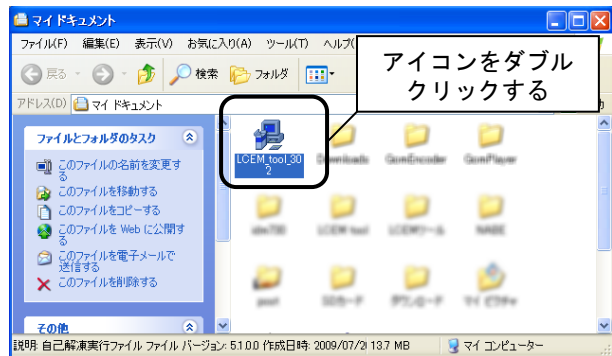
② メッセージに従い操作し、利用許諾条件を確認する

- ・ 利用許諾条件を最後まで読むと「同意する」ボタンが選択できるようになる
- ・ 利用許諾条件に同意できる場合は「同意する」ボタンをクリックする

③ インストール先を指定しインストールする

- ・ デフォルトのインストール先は、「マイドキュメント」
- ・ 「標準フォルダを付加」ボタンを押すと、指定したフォルダの下に「LCEM ツール」フォルダが付加される

④ インストールされた LCEM ツール



(2) LCEM ツールを削除する手順

本ツールは、レジストリの操作を行っていない。作成したフォルダを削除するだけでよい。

1.2.4 LCEM ツールの全体構成

LCEM ツールは、それぞれ単独のファイルにより構成されている。ユーザーは必要な情報が含まれるファイルを開くことで利用可能である。特別なシート間のリンクは定義していない。

本ツールのインストール時のフォルダ構成は図 1.4 フォルダの構成のとおりである。LCEM ツールに関するファイルはすべて「LCEM ツール」フォルダの下に保存されている。

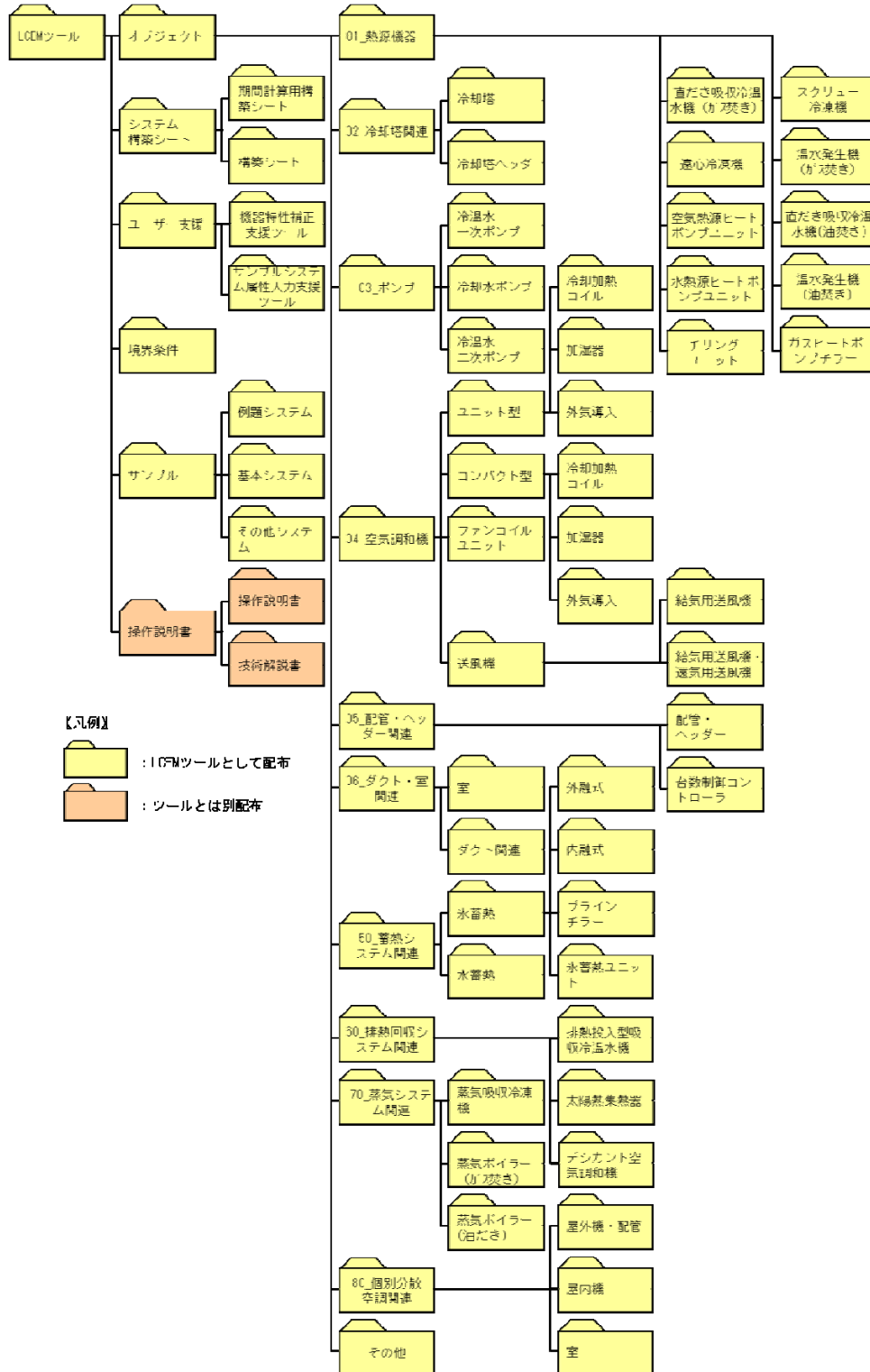


図 1.4 フォルダの構成

主なフォルダの概要を表 1.1 主なフォルダの概要に示す。また各フォルダには、オブジェクトを含むファイルが保存されている。サンプルフォルダには、本書で解説したサンプルが保存されており、その詳細は付録に示す。今後、オブジェクトや各種支援ツールが新規に配布された場合、ここで新規作成された日にちなみを確認することができる。Excel ファイル名称の規則を、図 1.5 に示す。

表 1.1 主なフォルダの概要

フォルダ	サブフォルダ	主なファイル	概要
LCEM ツール	オブジェクト サンプル システム構築シート ユーザー支援 境界条件 操作説明書	同意条件.txt Menu.xls	インストール時の最上位のフォルダ
オブジェクト	01_熱源機器 02_冷却塔関連 03_ポンプ 04_空気調和機 05_配管・ヘッダー関連 06_ダクト・室関連 50_蓄熱システム関連 60_排熱回収システム関連 70_蒸気システム関連 80_個別分散空調関連 その他	空調機機器や熱源機器のオブジェクトを含む Excel ファイル	種類別に各該当フォルダに保存されている。
サンプル	例題システム 基本システム その他システム	例題システム、基本システムなどを含む Excel ファイル	
システム構築シート	構築シート 期間計算用構築シート	構築シート_ヘッダなし 構築シート_1 ポンプ方式 構築シート_2 ポンプ方式 期間計算用構築シート	モデル構築のためのテンプレートを保存するフォルダ
ユーザー支援	機器特性補正支援ツール	簡易測定による補正支援ツール 気象ファイル変換ツール 外気状態変換オブジェクト	LCEM ツールの支援ツールを保存するフォルダ
境界条件		温湿度データ取出ツール 標準熱負荷モード	境界条件ツールの作成支援ツールを保存するフォルダ
操作説明書	操作説明書 技術解説書	操作説明書 技術解説書	本ツールの操作説明書を保存するフォルダ

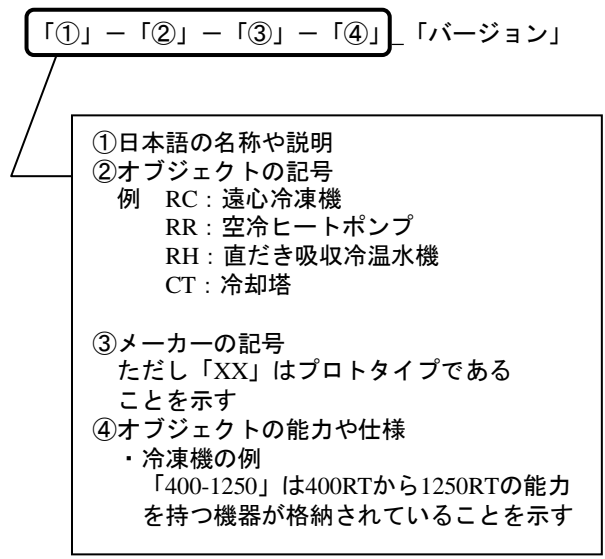


図 1.5 オブジェクトのファイル名の規則

(補足)LCEM ツール ver3.10 には、ver3.03 から継続して使用するオブジェクトも含まれているため、ファイル名に「_Ver303」と記載されたファイルもある。

1.2.5 LCEM ツール使用上の主な留意点

LCEM ツールを円滑に利用するために次のような設定を行う必要がある。

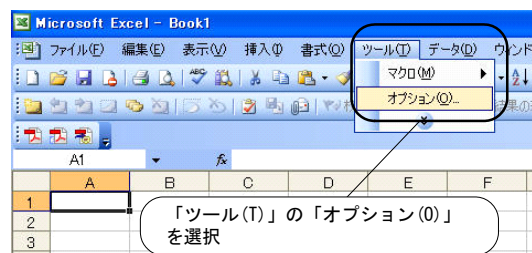
■ Excel の「マクロ」機能を有効にする

期間計算を行う場合、Excel のマクロ機能を利用している。デフォルトでは、Excel のマクロ機能は無効になっている場合が多いため、有効にする必要がある。この操作は 1 度だけ行えばよい。

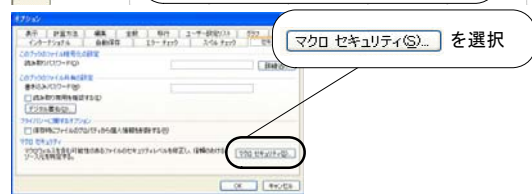
このほか、マクロを含むすべてのシートを署名つきにすることでセキュリティレベルを高にしたままでもマクロが実行できる。利用者が必要とするセキュリティレベルに応じて対応すること。

【Excel2003 の例】

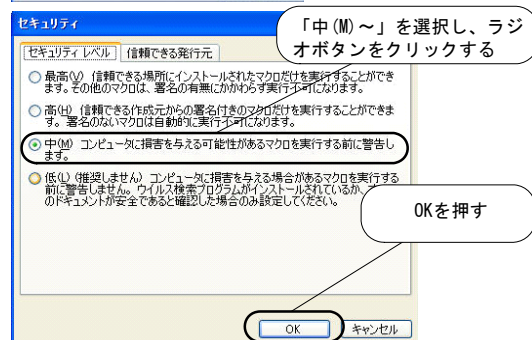
- (1) Excel を起動し、「ツール(T)」の「オプション(O)」を選択する



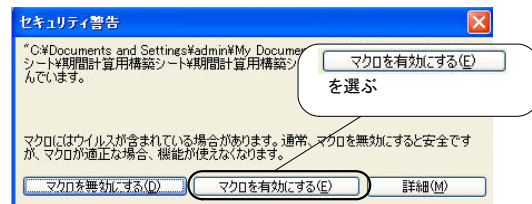
- (2) 「セキュリティ」タブの、「マクロセキュリティ(S)」を選択する



- (3) セキュリティレベルを「中(M)～」にし、OK を押し、Excel を再起動する

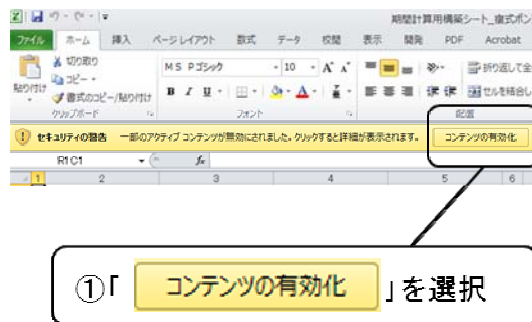


- (補足) 今後、マクロを含むシートを開く場合は、右のメッセージが出るので、その都度「マクロを有効にする」を選択する



【Excel2010 の例】

- (1) ファイルを開く際に、「コンテンツの有効化」を選択する

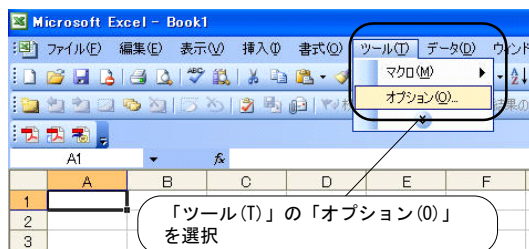


■ Excel の「反復計算」機能を有効にする

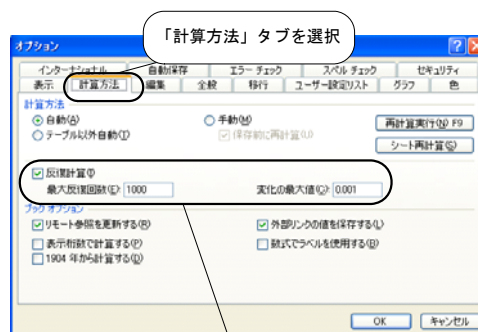
LCEM ツールの計算では、Excel の反復計算機能を使用する。本ツールの「システム構築シート」内のものはデフォルトで有効であると思われるが、念のため作業を行う際は都度確認したほうがよい。

【Excel2003 の例】

- (1) 「ツール(T)」の「オプション(O)」を選択する

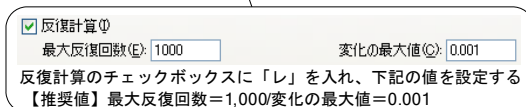


- (2) 「計算方法」タブを選択後、「反復計算(T)」を有効にし、最大反復回数と変化の最大値を設定する



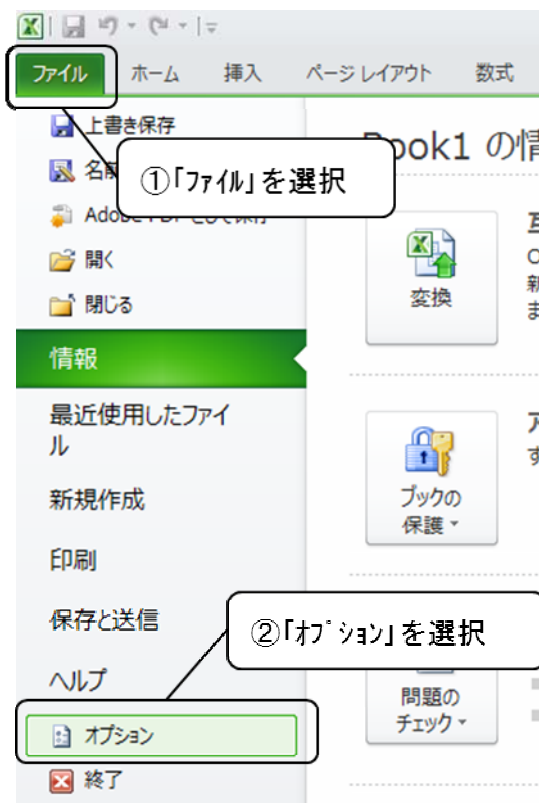
【設定の推奨値】

- 最大反復回数 = 1,000 / 変化の最大値 = 0.001



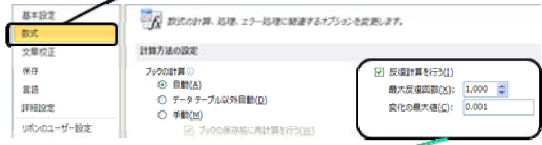
【Excel2010 の例】

- (1) 「ファイル」の「オプション」を選択する



- (2) 「数式」を選択し、「反復計算を行う(I)」に「✓」を入れ、最大反復回数と変化の最大値を設定する

③「数式」を選択



【設定の推奨値】

- 最大反復回数 = 1,000 / 変化の最大値 = 0.001

④下記のように設定する

反復計算を行う(I)

最大反復回数(X): 1,000

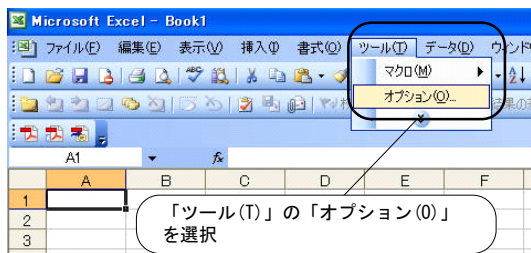
変化の最大値(C): 0.001

■ Excel の「表示桁数で計算する」のチェックを外す

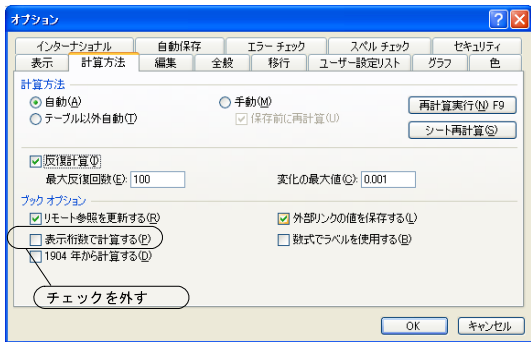
このオプションにチェックが入っている(有効である)場合、計算が発散し収束しない場合があるため、チェックを外し無効にする。

【Excel2003 の例】

- (1) 「ツール(T)」の「オプション(O)」を選択する

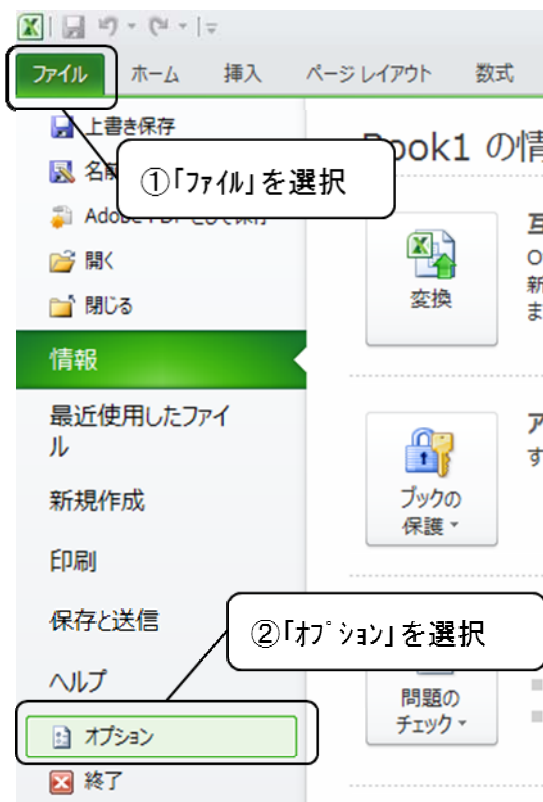


- (2) 「計算方法」タブを選択後、「表示桁数で計算する(P)」のチェックを外す

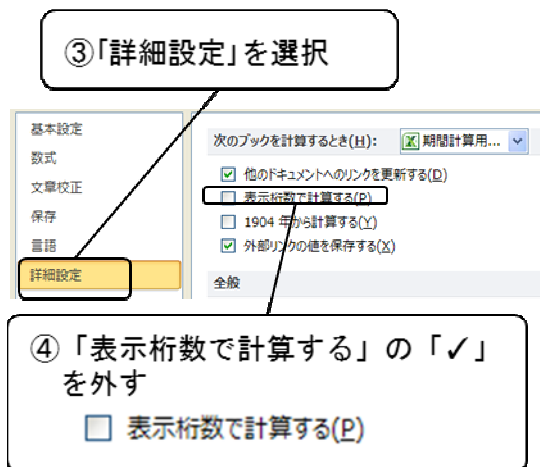


【Excel2010 の例】

(1) 「ファイル」の「オプション」を選択する



(2) 「詳細設定」を選択し、「表示桁数で計算する」の「✓」を外す



2. LCEM ツールの概要と基本的な使い方

2.1 LCEM ツールの解法

LCEM ツールでは、Excel を用いた**オブジェクト化セルズ法**という解法を用いて、空調システムの運転状態値を求めている。オブジェクト化セルズ法とは、図 2.1 に示すように、Excel の複数のセル群に数式や諸元を記入し、このセル群を1つの単位として扱う計算方法である。LCEM ツールでは、このセル群を**機器オブジェクト**と呼ぶ(単に**オブジェクト**と呼ぶこともある)。そして、この機器オブジェクトを、図 2.2 に示すように、Excel 上で連結していくことで空調システムを構築する。隣接するオブジェクトは、**通信部**と呼ばれる特定のセル群において相互に参照しあっており、オブジェクトを連結することはすなわち、巨大な連立方程式を構築することを意味する。Excel のデフォルト設定ではこのような相互参照は「循環参照」と呼ばれ、避けるべき使い方とされているが、LCEM ツールでは「反復計算」機能を有効にすることで、連立方程式の数値的な解法を実現している。このように、複数の機器オブジェクト間で瞬時に必要な情報をやりとりして、各機器の状態値が計算される。

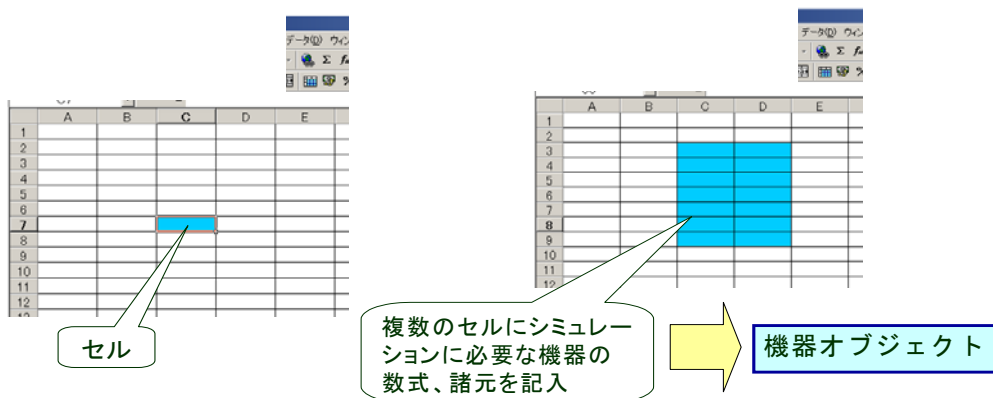


図 2.1 オブジェクト化セルズ法

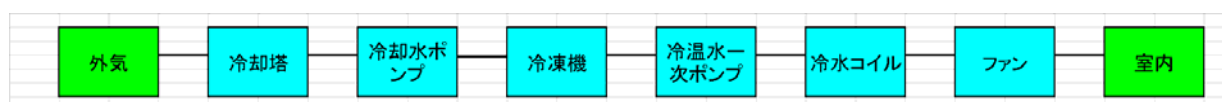


図 2.2 機器オブジェクトの連結による空調システムの構築

2.2 機器オブジェクトのしくみ

LCEMツールのオブジェクトは、機器単位で作成されている。図 2.3 に、冷却塔オブジェクトの例を示す。オブジェクトの両側には、「外気」と「冷却水ポンプ」のオブジェクトが接続される。

オブジェクトは、原則として上から、**通信部**、**制御部**、**演算部**、**属性部**の 4 つの部分で構成される。通信部ではオブジェクト間のデータの受け渡しを行う。制御部には制御目標値の設定などを、属性部には機器の属性(定格仕様等)を入力する。シミュレーターとしてのオブジェクトの心臓部は演算部であり、各機器の状態値を算出するための数式が記述されている。例えば、冷却塔の場合には、通信部、制御部、属性部のデータを用いて、演算部にて冷却水の出口温度やファンの電力消費量などが計算される。

計算した結果はすべて通信部に送られ、隣接するオブジェクトと温度や流量等の計算に必要な数値を相互に受け渡す。通信部の相対参照先・相対参照元を確定するために、隣接して配置できるオブジェクトの種類はある程度決まっている。例えば、冷却塔と冷凍機の間で冷却水温度を交換する場合は必ず冷却水ポンプを中継する必要がある。これら機器の配置のルールは、機器オブジェクトファイルの中で、オブジェクトの左右に白く示された機器表示があるため、容易に確認できる。またサンプルファイルを参照してもよい。

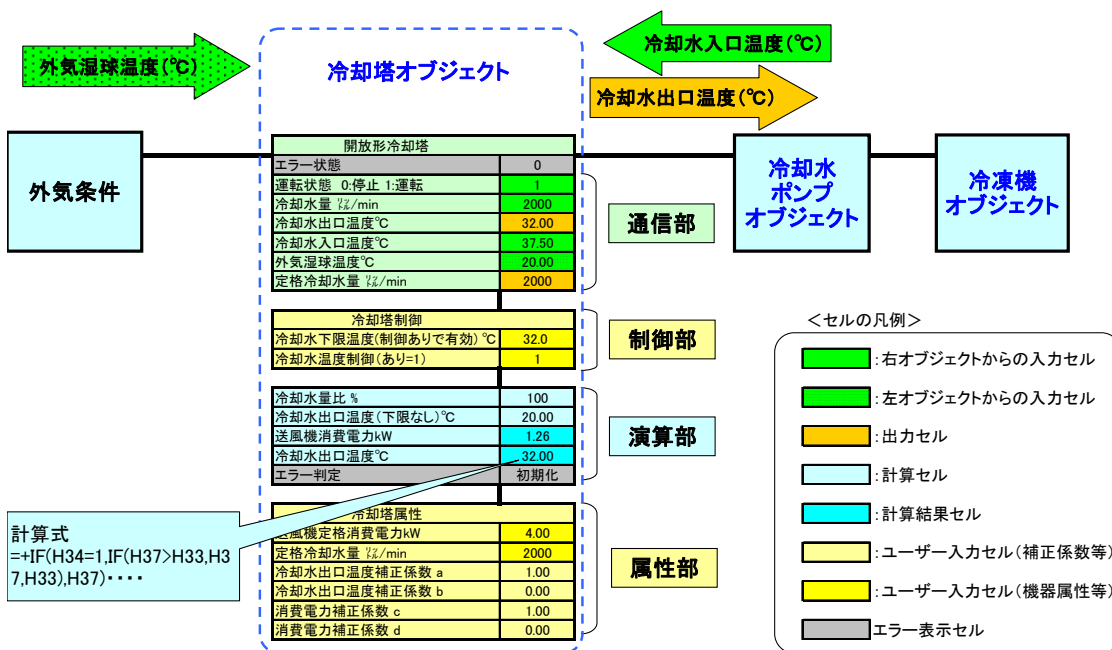


図 2.3 オブジェクトのしくみ (冷却塔オブジェクトの例)

2.3 オブジェクトの入出力

各オブジェクトの中で、ユーザーが数値を入力するセルは、主に濃い黄色のセルであり、必要に応じ薄い黄色のセルを入力する。例えば、各オブジェクトの制御部と属性部、また外気や境界条件となるオブジェクトの通信部等がこれに該当する。とくに、濃い黄色のセルは機器の属性や制御設定値等を入力する重要度の高いセルを、薄い黄色のセルは補正係数や物性値等の補足的な情報を入力するセルであることを示している。

これらのセルには数値を直接キーボードから入力することもできるが、熱負荷計算結果や BEMS (Building Energy Management System) から得られる実測データなどを 1 時間毎の連続するデータ (入力データ) として読み込ませることもできる。また、計算結果である各オブジェクト内の任意のセルの数値を、1 時間毎の連続するデータとして出力することもできる (2.4 を参照)。

2.4 期間計算の方法

LCEM ツールでは、標準構築シート上に、ある時刻における瞬時の挙動を再現するだけでなく、任意の期間の計算 (期間計算) も行うことができる。期間計算を行う場合には、期間計算用構築シートを用いる。図 2.4 に示すように、入力データをあらかじめ表形式で入力データシートに準備しておき、表計算ソフトのマクロ機能を利用して、自動的に、構築シートの所定の位置に入力し、出力結果を出力データシートに書き出すことができる。

なお、LCEM ツールは、機器やシステムの動的な挙動を正確にシミュレーションするものではなく、比較的長い期間でのエネルギー性能の評価を主目的としているため、一部のオブジェクトを除いて、原則として 1 時間単位の定常計算で行う。

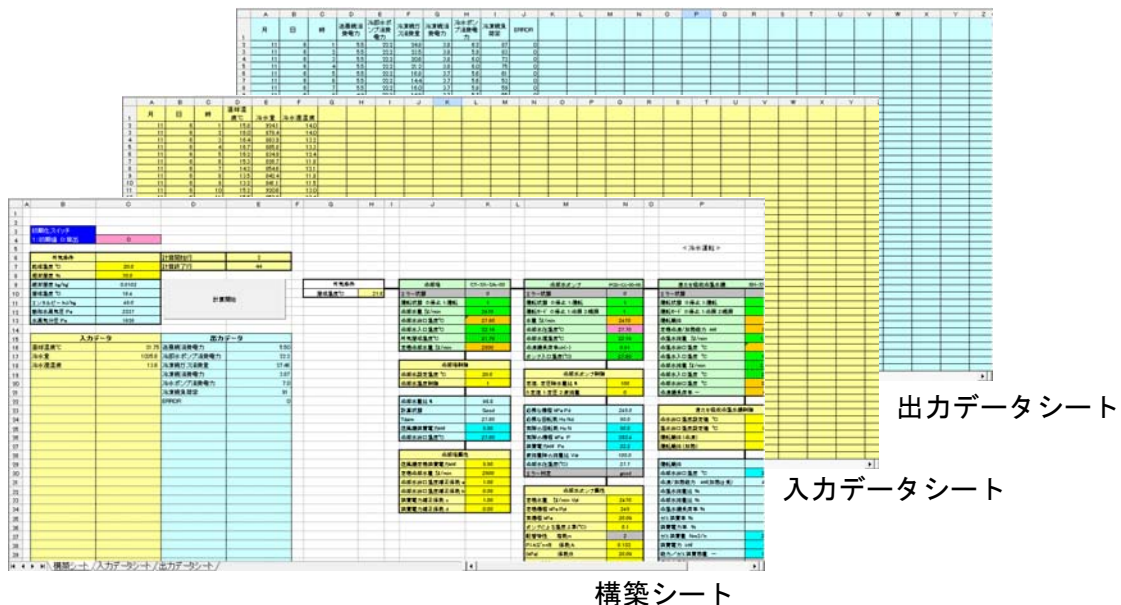


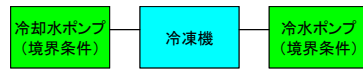
図 2.4 期間計算用構築シート

2.5 LCEM ツールによる空調システムの構築方法

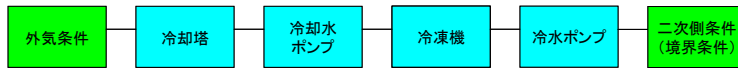
2.5.1 空調システムの構築方法

LCEM ツールでは、機器単位で定義されたオブジェクトを Excel の画面上で接続することで、空調システムを構築する。構築したシステムの両端には、通信部だけを備えたオブジェクト（境界条件オブジェクトと呼ぶ）を接続する。

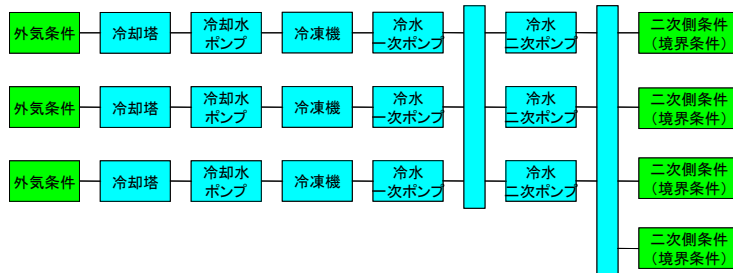
LCEM ツールは、機器単体からサブシステム、システム全体まで、評価したい部分を任意に設定して構築することができる。たとえば、機器単体の評価をしたい場合には、図 2.5 (1)に示すように、評価したい機器オブジェクトの両側を境界条件オブジェクトで挟むように接続する。熱源と補機を合わせた熱源サブシステムの評価をしたい場合には、熱源とその補機のオブジェクトを接続し、両側を境界条件オブジェクトで挟む。一次側サブシステムや空調システム全体を評価したい場合も同様である。



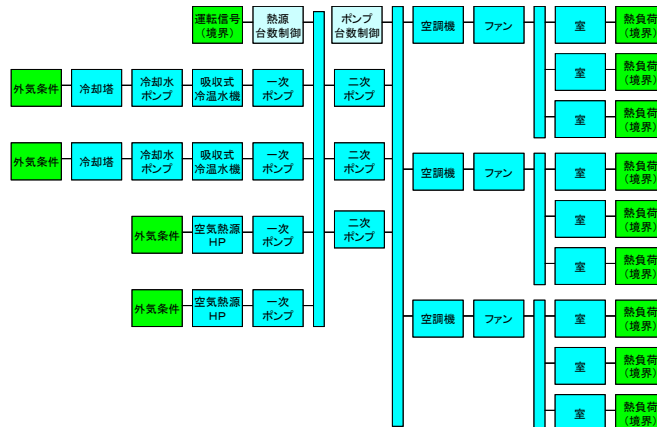
(1) 機器単体の構築例



(2) 熱源サブシステム（冷凍機＋補機）の構築例



(3) 一次側サブシステムの構築例



(4) 空調システム全体の構築例

図 2.5 LCEM ツールによる空調システムの構築方法

2.5.2 LCEM ツールで構築できる各種空調システム

LCEM ツールで構築できる各種空調システムの例を以下に示す。一次側サブシステムとしては、基本的なガス式熱源システム、電気式熱源システムのほかに、水蓄熱システムや氷蓄熱システム、排熱回収システムや蒸気式熱源システム等を構築することができる。もちろん、これらの併用方式も構築することができる。

二次側サブシステムとしては、空気調和機による単一（シングル）ダクト方式のほか、ファンコイルユニット方式や EHP(電気式ヒートポンプ)や GHP(ガス式ヒートポンプ)による個別分散空調システムを構築することができる。空気調和機には加湿器や全熱交換器が組み込めるほか、外気冷房計算が可能である。

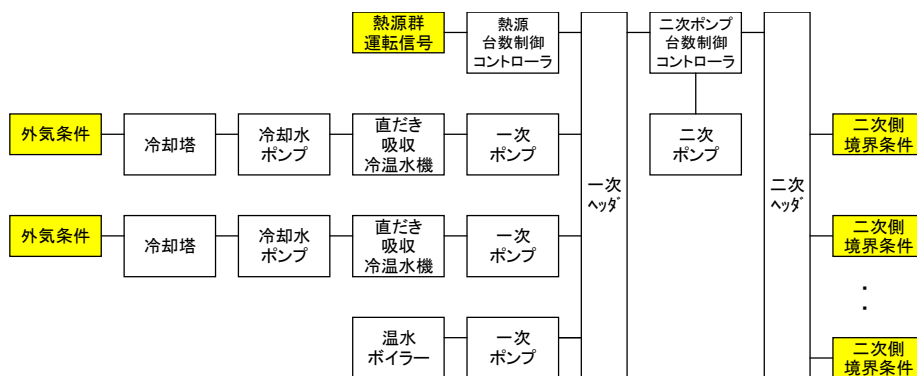


図 2.6 ガス式熱源システム

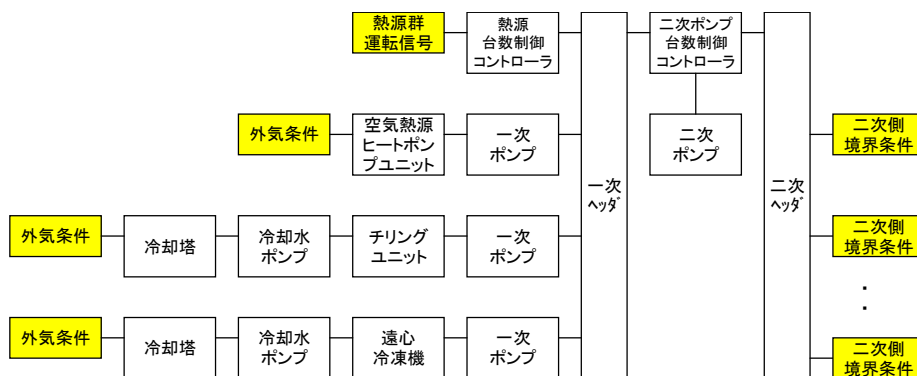


図 2.7 電気式熱源システム

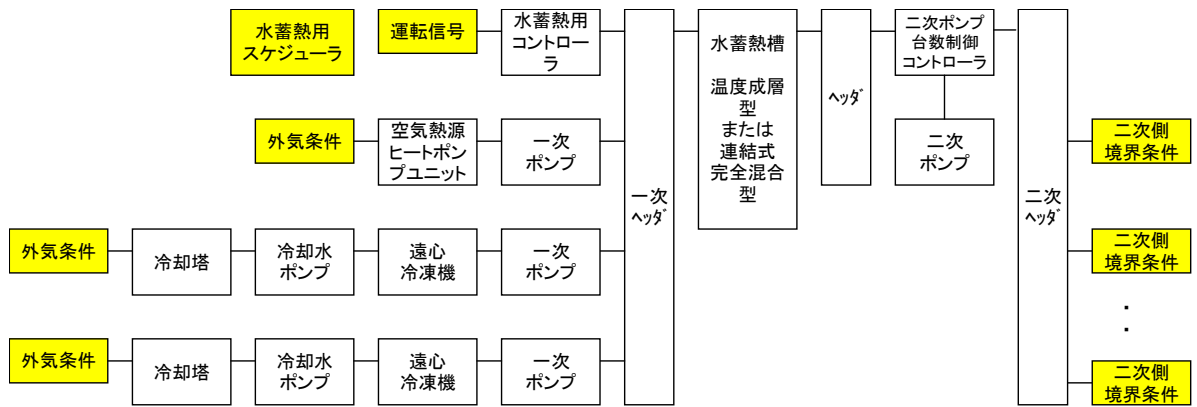


図 2.8 水熱源システム

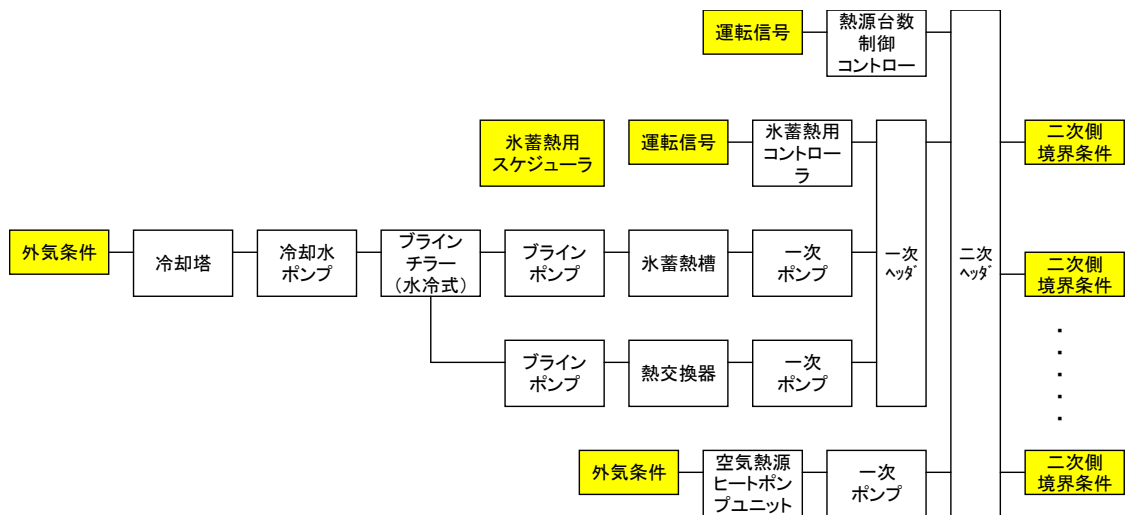


図 2.9 氷蓄熱システム

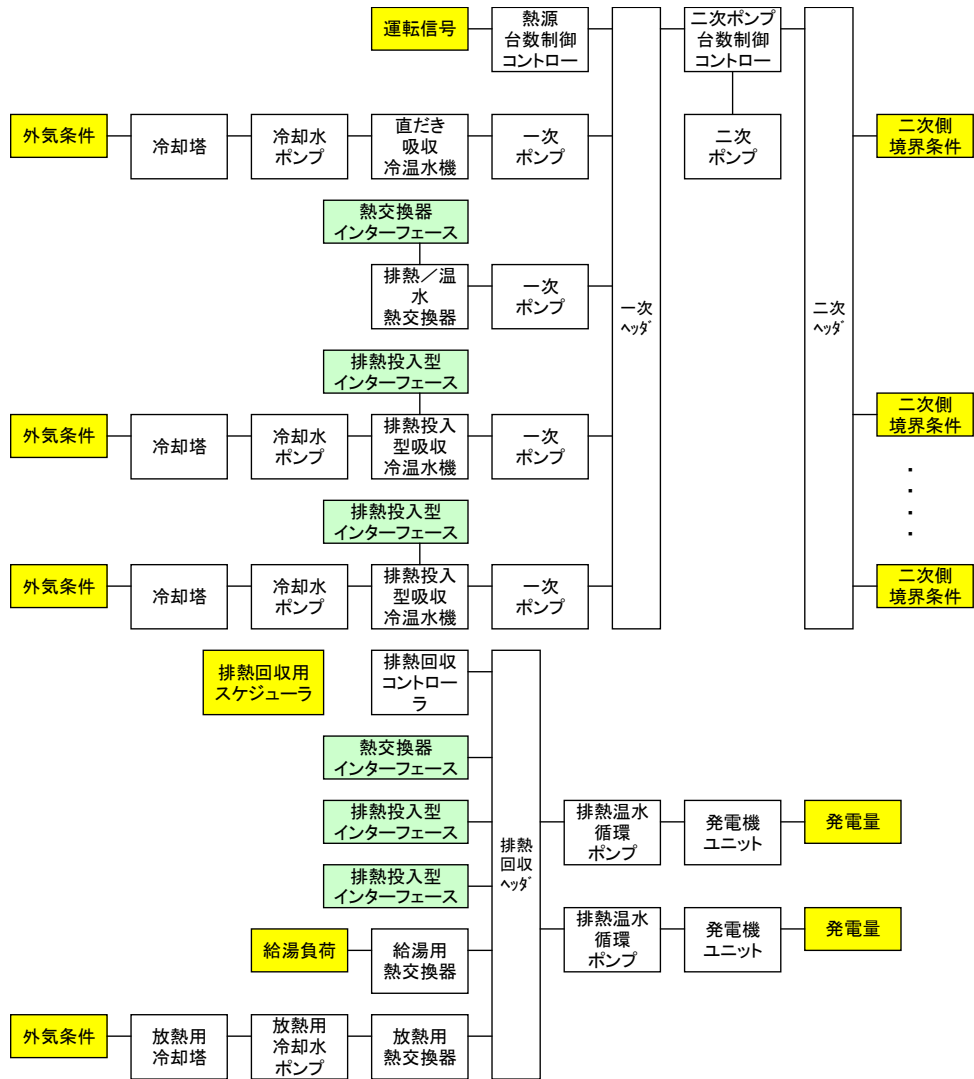


図 2.10 排熱回収システム

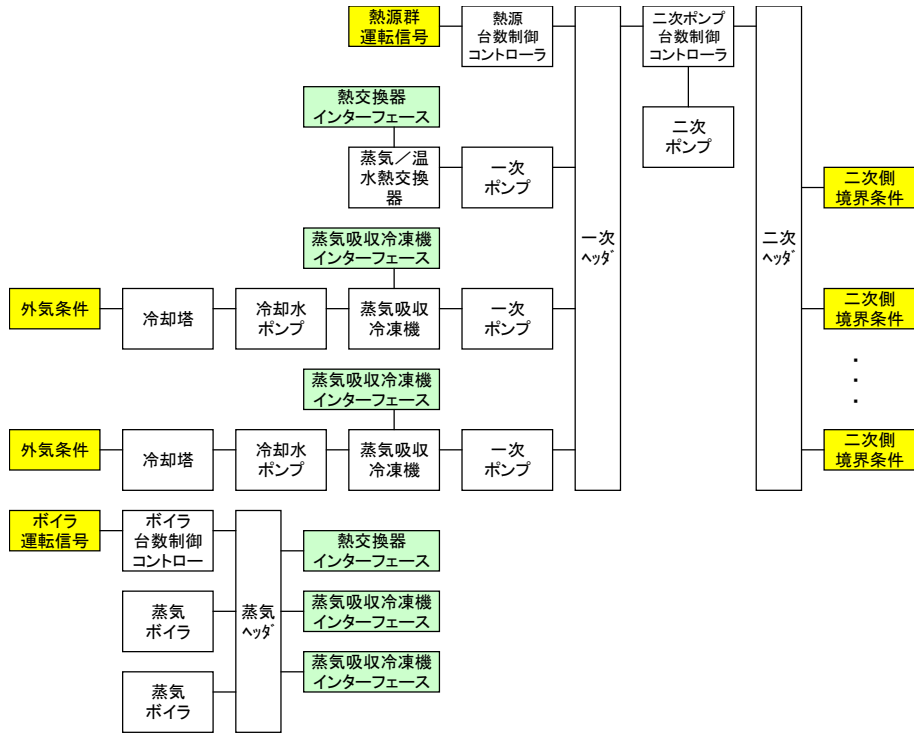


図 2.11 蒸気式熱源システム

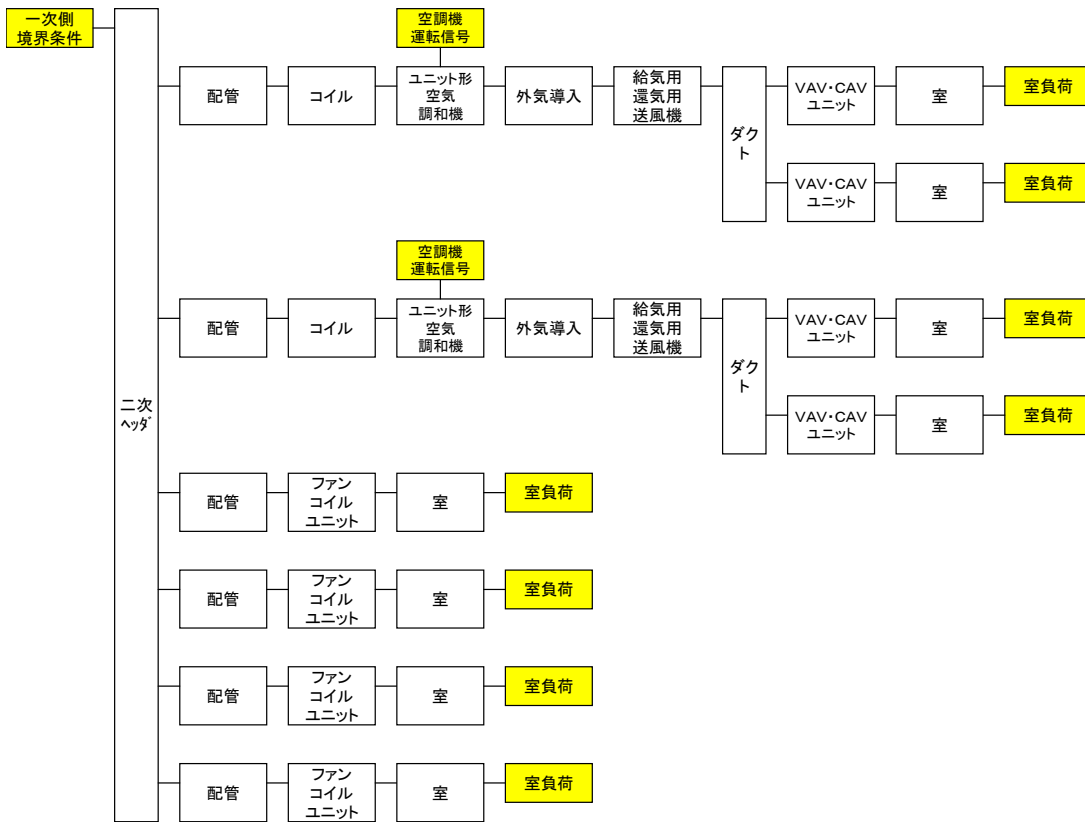


図 2.12 二次側サブシステム

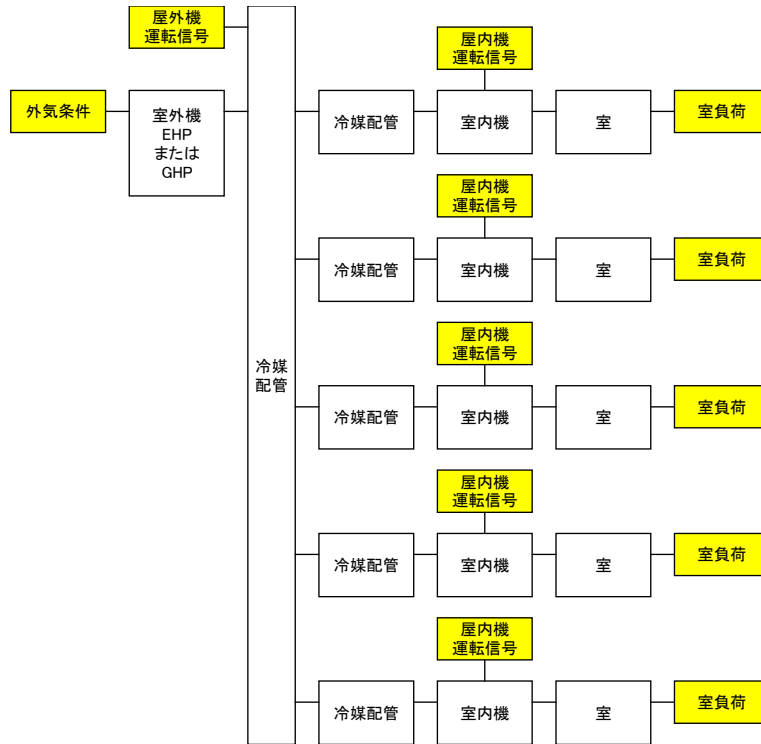


図 2.13 個別分散空調システム

2.6 LCEM ツールの基本的な使い方

2.6.1 LCEM ツールの起動と基本操作

LCEM ツールの主な操作手順を図 2.14 に示す。モデルの作成は、標準の「構築シート」上で行っても問題ないが、後に年間などの期間計算を行う場合は「期間計算用構築シート」上に行うと、その後の作業がスムーズである。

構築シートや機器オブジェクトを格納しているフォルダの階層数が多く、目的のファイルが探しにくいことがある。PC のフォルダ操作に慣れていないユーザは、「LCEM ツール」フォルダの中にある、「MENU_Ver310.xls」を起動し、指示に従ってファイルを選択すると便利である。

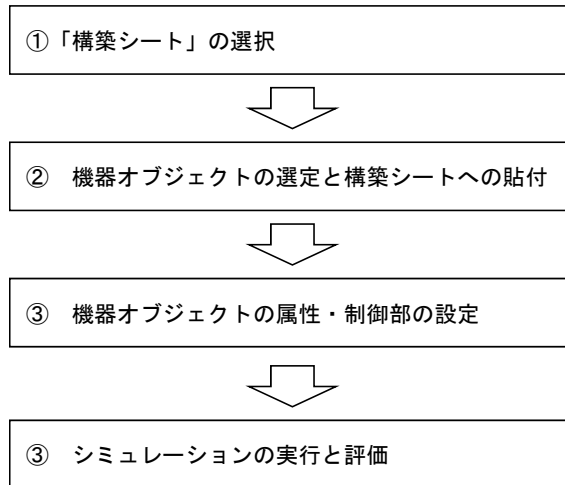


図 2.14 主な LCEM ツールの操作

入力データ		出力データ	
乾燥温度 [°C]			
相対湿度 [%]			
総熱量 [kJ/kg]			
乾燥速度 [kg/h]			
エネルギー [kJ/kg]			
飽和蒸気圧 [Pa]			
水蒸気分圧 [Pa]			

項目	値	状態	注
計算開始行	2		
計算終了行	8761		
現在計算中の行	8761		
計算中の日時			
遷移率 [%]			
計算回数			
収束判定			

図 2.15 期間計算用構築シート

オブジェクトの主な構造を図 2.16 に示す。前述のとおり、オブジェクトは、通信部、制御部、計算部、そして属性部から構成される。ユーザーが入力するのは、主に濃い黄色のセルであり、必要に応じ薄い黄色のセルを入力する。それ以外のセルにはオブジェクトの特徴を示す特性式などが設定されているため、不用意に変更しないよう注意が必要である。

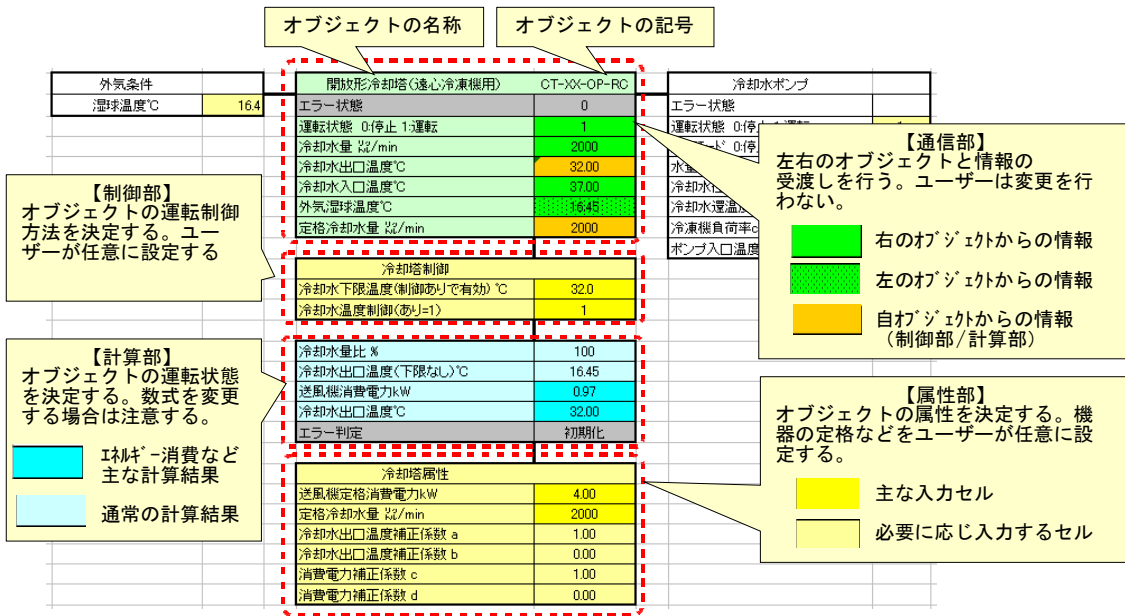


図 2.16 オブジェクトの構造 (冷却塔の例)

LCEM ツールによるモデル化は、目的に応じ必要な部分だけ行う。たとえば、冷却塔の挙動のみをシミュレーションする場合は、図 2.17 の部分だけのモデル化でよい。



図 2.17 冷却塔のみのシミュレーション例

2.6.2 システム構築に必要な資料

本ツールによりシミュレーションを実行するために必要な資料の例を以下に示す。

(1) 設計図書/施工図書/完成図書

・系統図

機器の接続を確認する。一般的に設計図書/施工図書/完成図書に含まれている。

・機器表

各機器オブジェクトの属性値を得る。シミュレーションに必要な情報のほとんどは機器表の数値をそのまま利用できる。一般的に設計図書/施工図書/完成図書に含まれている。

・制御図

一部の機器オブジェクトの設定値を得る。一般的に設計図書/施工図書/完成図書に含まれている。

(2) メーカー資料

一部の機器オブジェクトの属性情報を得る。例えば、各種ポンプ及び送風機オブジェクトにおいて、P-Q 特性を用いて属性部を作成する場合に必要である。計画・設計段階にはメーカーカタログから、施工・運用段階には機器性能試験成績書から入手可能である。オブジェクトには次に示す 3 種類があり、上記の資料によりモデル化を行う。

① 機器の定格仕様を直接入力するもの

例：冷却塔、冷凍機、コイル、VAV など

- ・基本的には機器表の情報を直接入力する
- ・熱源機ではオブジェクトに定格値が入力されているものもある

② メーカー特性から補助シートを用いて仕様を入力するもの

例：ポンプ類、送風機類

- ・機器表から直接入力する部分と「属性部作成シート」を使用して入力する部分がある

③ 制御図や実運用の状態から仕様を入力するもの

例：ヘッダー、台数制御など

- ・あらかじめ用意されたメニューから選択する

3. 熱源システムの構築

3.1 モデル建物の概要

対象建物は、東京都に建つ 10 階建の事務所ビルで、基準階の面積は 1,209.6m²、延床面積は 12,096.0m² である。基準階平面図、開口部まわりの断面図、外壁等の仕様、及びこの建物の基準階における最大熱負荷計算結果を以下に示す。

対象建物には直だし吸収冷温水器が 3 台設置されており、変流量の 2 次ポンプ方式が採用されている。また、エアハンドリングユニットが各階に一台設置され、一律の VAV 制御がなされている。対象システムの概要を以下に示す。

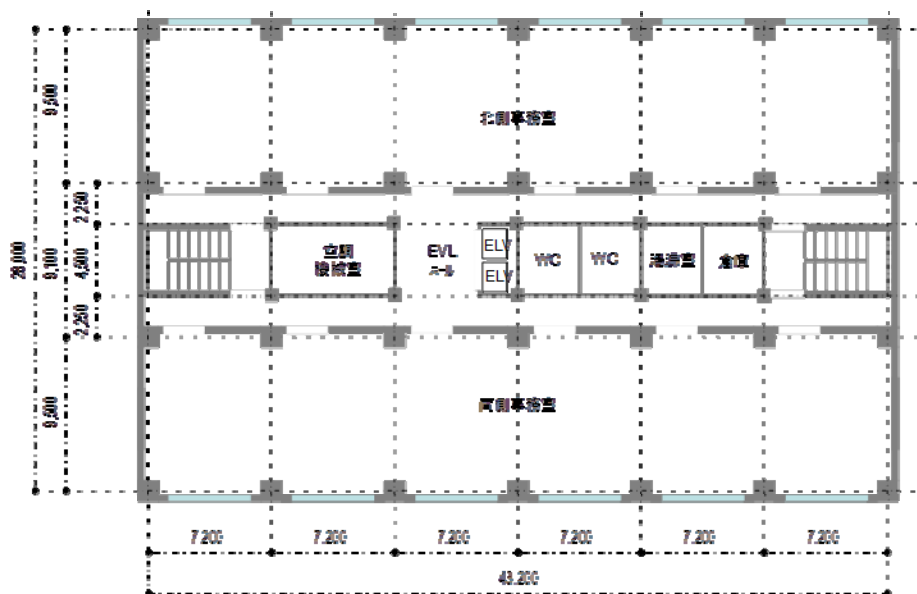


図 3.1 対象建物の平面図

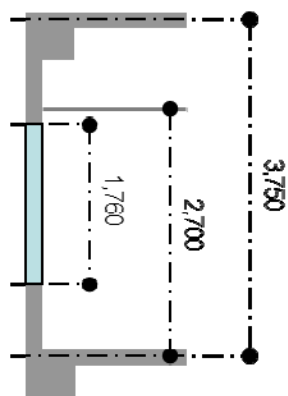


図 3.2 対象建物の開口部まわり断面図

表 3.1 対象建物の仕様

	外壁	内壁	床・天井	屋根	窓ガラス
部材	タイル 10mm モルタル 30mm RC 150mm ＊ポリスチレンフォーム 25mm (空気層) 石膏ボード 12mm	モルタル 20mm RC 15mm モルタル 20mm	ビニル床タイル 3mm モルタル 27mm RC 120mm (空気層) 石膏ボード 9mm	タイル 10mm モルタル 30mm RC 150mm ＊ポリスチレンフォーム 50mm (空気層) 石膏ボード 12mm	透明ペアガラス 6mm+6mm ＊サッシ有
性能	K値： 0.9 W/m ² K	K値： 2.8 W/m ² K	K値： 2.2 W/m ² K	K値： 0.56 W/m ² K	K値： 3.0 W/m ² K SC値：0.52

表 3.2 対象建物の最大熱負荷計算結果

熱 負 荷 計 算 (様式 機-11')

階	室名	外気量Q [m3/h]	外気負荷(冷房)				外気負荷(暖房)				冷房負荷 W				暖房負荷 W	
			比エンタルピー		負荷 =Q・Δh/3	比エンタルピー		負荷 =Q・Δh/3	9時	12時	14時	16時				
			外気	室内		外気	室内									
基準階	南側事務室	1,860	84.2	58.3	25.9	16,058	32.9	5.2	27.7	17,174	室負荷(顕熱)	23,278	29,189	26,014	22,402	9,747
											室負荷(潜熱)	4,092	4,092	4,092	4,092	0
											室負荷(全熱)	27,370	33,281	30,106	26,494	9,747
	北側事務室	1,860	84.2	58.3	25.9	16,058	32.9	5.2	27.7	17,174	室負荷(顕熱)	23,278	22,675	22,825	22,223	9,906
											室負荷(潜熱)	4,092	4,092	4,092	4,092	0
											室負荷(全熱)	27,370	26,767	26,917	26,315	9,906
基準階全体											外気負荷	16,058	16,058	16,058	16,058	17,174
											室負荷(顕熱)	46,556	51,864	48,839	44,625	19,653
											室負荷(潜熱)	8,184	8,184	8,184	8,184	0
											室負荷(全熱)	54,740	60,048	57,023	52,809	19,653
											外気負荷	32,116	32,116	32,116	32,116	34,348
											計	86,856	92,164	89,139	84,925	54,001

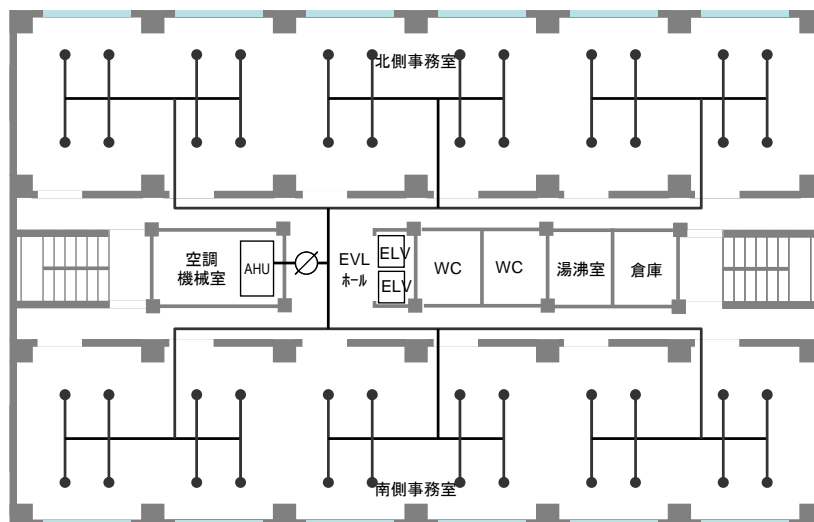


図 3.3 対象システムのダクト平面図

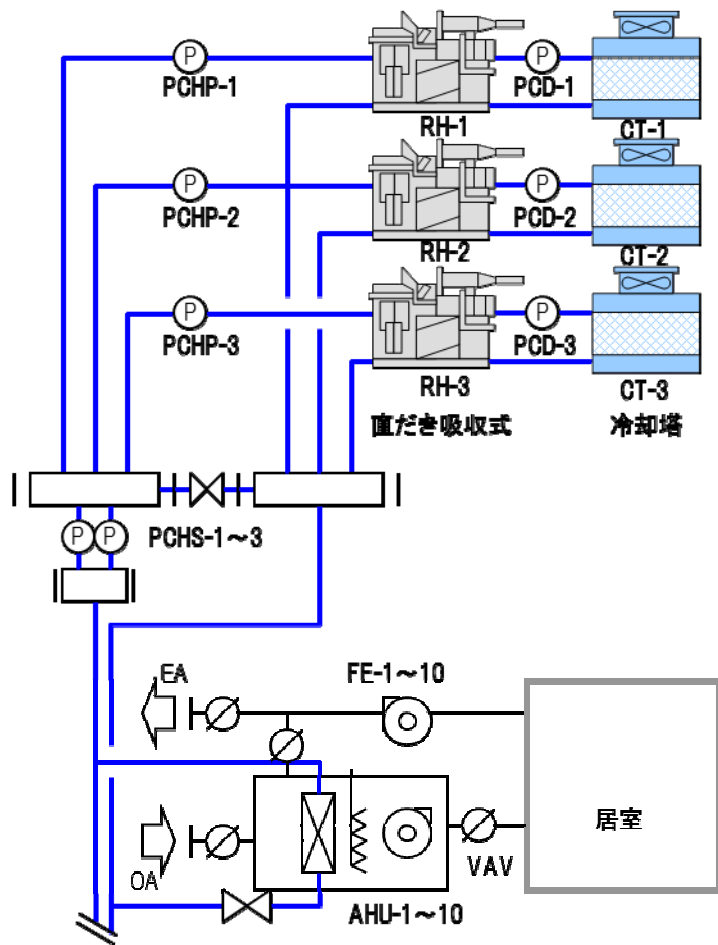


図 3.4 対象システム系統図

表 3.3 対象システム機器表

記号	名称	仕様	相-電圧 (φ-V)	動力 (kW)	台数 (台)
RH-1~3	直だき吸収冷温水機	冷却能力：422kW (120USRT) 冷水 水量 1、210 ℓ/min 温度 7-12℃ 加熱能力：295kW 温水 水量 1、210 ℓ/min 温度 55-50℃ 冷却水 水量 2、040 ℓ/min 温度 32-37℃ ガス消費量 28.4Nm ³ /h	3-200	3.9	3
CT-1~3	冷却塔	開放形 冷却能力 785kW 冷却水 水量 2、040 ℓ/min 温度 32-37℃	3-200	5.5	3
PCD-1~3	冷却水ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 2、040 ℓ/min×187kPa	3-200	11.0	3
PCHP-1~3	冷温水1次ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 1、210 ℓ/min×132kPa	3-200	5.5	3
PCHS-1~8	冷温水2次ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 605 ℓ/min×176kPa	3-200	3.7	6
ACU-1~10	ユニット形 空気調和機	床置形 列数 : 6列 32本/列 正面面積 : 1.470 m ² 送風量 : 15、000m ³ /h×256Pa 冷却能力 : 104.5kW 冷水 水量 300 ℓ/min 温度 7-12℃ 加熱能力 : 57.3kW 温水 水量 165 ℓ/min 温度 55-50℃ 外気量 : 3、720m ³ /h 加湿量 : 26.5kg/h (気化式)	3-200	2.2	10
FE-1~10	還気ファン	遠心送風機 15、000m ³ /h×140Pa	3-200	2.2	10
VAV	可変風量装置	最大風量 : 15、000 m ³ /h 最小風量 : 4、500 m ³ /h			10

3.2 全体の流れ

ここではモデル建物を用いて、直だき吸収冷温水機を活用した熱源サブシステムのシミュレーションモデル構築の手順と、年間シミュレーションの実行方法について解説する。シミュレーションの準備から評価までの流れを以下に示す。

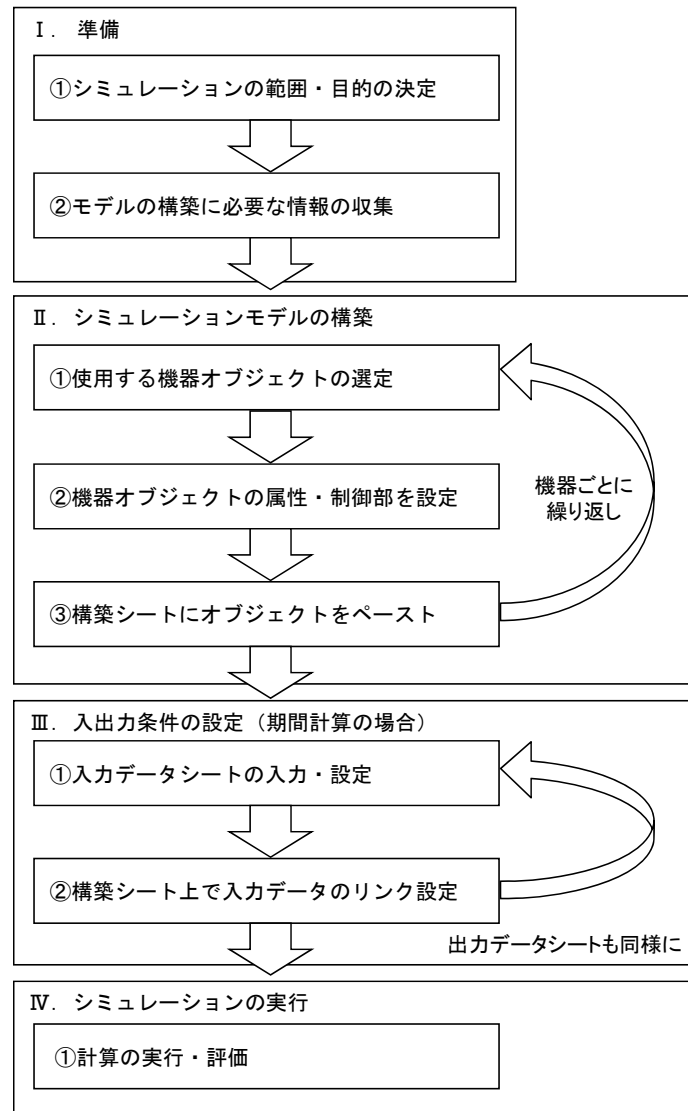


図 3.5 全体の流れ

3.3 シミュレーションの準備

3.3.1 シミュレーションの範囲と目的

ここでは、直だき吸収冷温水機を活用した熱源サブシステムについて、下記に示す前提条件のもとで、LCEM ツールを利用したシミュレーションを実施する。

- ・ 「建築設備設計基準」に基づく各種計算が終了し、最大負荷、必要な機器の仕様が決定している。
- ・ エネルギー効率の高い機器や制御方法の採用を目指しており、1次エネルギー換算 SCOP(システム COP)を評価指標として採用している。

3.3.2 モデルの構築に必要な情報の収集

表 3.4 に機器表(2次側を含む)を、図 3.6 に配管系統図を示す。図中の破線部分が本節でモデル化を行う部分である。また、各ポンプについては、P-Q 特性線図が入手されていることとする。

表 3.4 機器表

記号	名称	仕様	相-電圧 (φ-V)	動力 (kW)	台数 (台)
RH-1~3	直だき吸収冷温水機	冷却能力：422kW (120USRT) 冷水 水量 1、210 ㍈/min 温度 7-12℃ 加熱能力：295kW 温水 水量 1、210 ㍈/min 温度 55-50℃ 冷却水 水量 2、040 ㍈/min 温度 32-37℃ ガス消費量 28.4Nm ³ /h	3-200	3.9	3
CT-1~3	冷却塔	開放形 冷却能力 785kW 冷却水 水量 2、040 ㍈/min 温度 32-37℃	3-200	5.5	3
PCD-1~3	冷却水ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 2、040 ㍈/min×187kPa	3-200	11.0	3
PCHP-1~3	冷温水 1次ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 1、210 ㍈/min×132kPa	3-200	5.5	3
PCHS-1~8	冷温水 2次ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 605 ㍈/min×176kPa	3-200	3.7	6
ACU-1~10	ユニット形 空気調和機	床置形 列数 : 6列 32本/列 正面面積 : 1.470 m ² 送風量 : 15、000m ³ /h×256Pa 冷却能力 : 104.5kW 入口空気 29.6℃ (22.2WB) 出口空気 17.0℃ (16.0WB) 冷水 水量 300 ㍈/min 温度 7-12℃ 加熱能力 : 57.3kW 入口空気 14.8℃ (8.6WB) 出口空気 23.0℃ (13.8WB) 温水 水量 165 ㍈/min 温度 55-50℃ 外気量 : 3、720m ³ /h 加湿量 : 26.5kg/h (気化式)	3-200	2.2	10
FE-1~10	還気ファン	遠心送風機 15、000m ³ /h×140Pa	3-200	2.2	10
VAV	可変風量装置	最大風量 : 15、000 m ³ /h 最小風量 : 4、500 m ³ /h			10

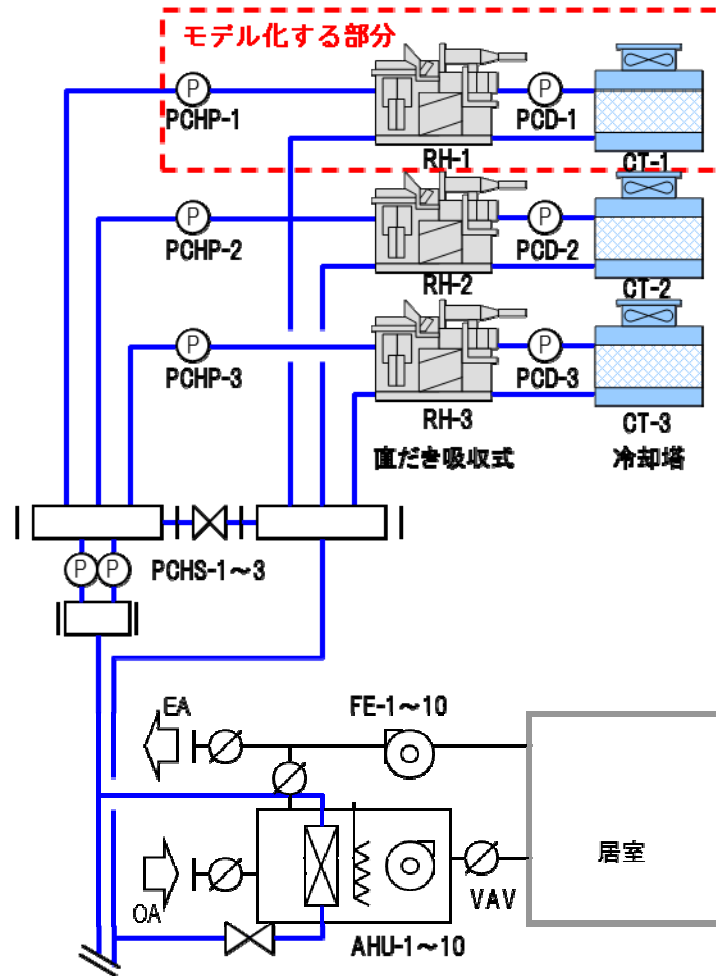


図 3.6 対象システム系統図

3.4 シミュレーションモデルの構築

3.4.1 構築シートの準備

熱源の3系統はいずれも同じ機器構成であるため、ここでは1系統のみについてモデル化を行う。モデル構築作業を行う前に、実際の機器の接続とオブジェクトの配置を以下のように整理しておくこと今後の作業が進めやすい。LCEM ツールで熱源のモデルを構築する際には、左端を外気条件(境界条件)とする必要があることに注意する。

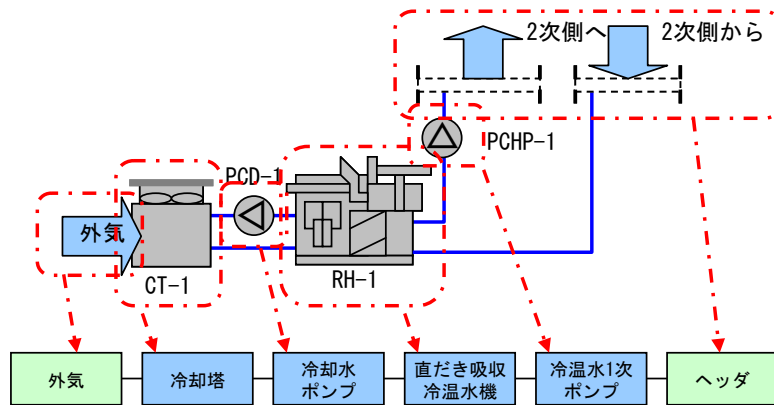


図 3.7 実際の機器の接続とオブジェクトの配置

「標準構築シート」(ただし、期間計算を行うことがあらかじめ分かっている場合は、「期間計算シート」を用いるとよい)を以下のいずれかの方法で開く。

- A) 「LCEM ツール」フォルダの中にある「MENU_Ver310.xls」ファイル(メニューファイル)を開く。メニューファイル上で、図 3.4 に従って「構築シート_ヘッドなし_Ver303.xls」ファイルを開く。
- B) 「LCEM ツール」フォルダ→「システム構築シート」フォルダ→「構築シート」フォルダの中にある「構築シート_ヘッドなし_Ver303.xls」ファイルを開く。

【メニューから開く場合】

【フォルダから開く場合】

図 3.8 構築シートの準備

次に、これからの作業に先立ち、「構築シート_ヘッダなし_Ver303.xls」ファイルを複製として保存する。ファイルを開いた状態で、Excel のメニューから、「ファイル」タブの「名前を付けて保存」で「熱源サブシステム.xls」として、デスクトップに保存する(講習会ではデスクトップとするが実際に利用する際は任意の場所でのよい)。

TIPS !

LCEM ツールに含まれているフォルダ・ファイル類には「上書き禁止」等のロック機能は設定されていない。すべての作業に先立ち「名前を付けて保存」または「ファイルの複製」を行い、意図しないオリジナルファイルの変更を避けること。

TIPS !

いずれのタイプの構築シートにおいても、左上 (B3～C4 セル) には「初期化スイッチ」が、B6～C13 セルには「外気条件」がある。

初期化スイッチに「1」を入力すると収束計算途中に発生した不具合(ゼロ割エラーなど)をリセットすることができる。通常、計算を実行するときには必ず「0」と入力しておく。

外気条件セルの「乾球温度」と「相対湿度」に値を入力すると、9 行目以降の湿り空気のパラメータが自動計算される。例えば、冷却塔の計算で境界条件として必要となる湿球温度は該当セルに絶対参照でリンクしておくことと便利である。

3.4.2 冷却塔のモデル化

冷却塔オブジェクトを以下のいずれかの手順で開く。

A) メニューファイル上で、図 3.5 に従って

「開放形冷却塔_CT(OP)-XX-310XX-01_Ver310.xls」ファイルを開く。

B) 「LCEM ツール」フォルダ

→「オブジェクト」フォルダ

→「02_冷却塔関連」フォルダ

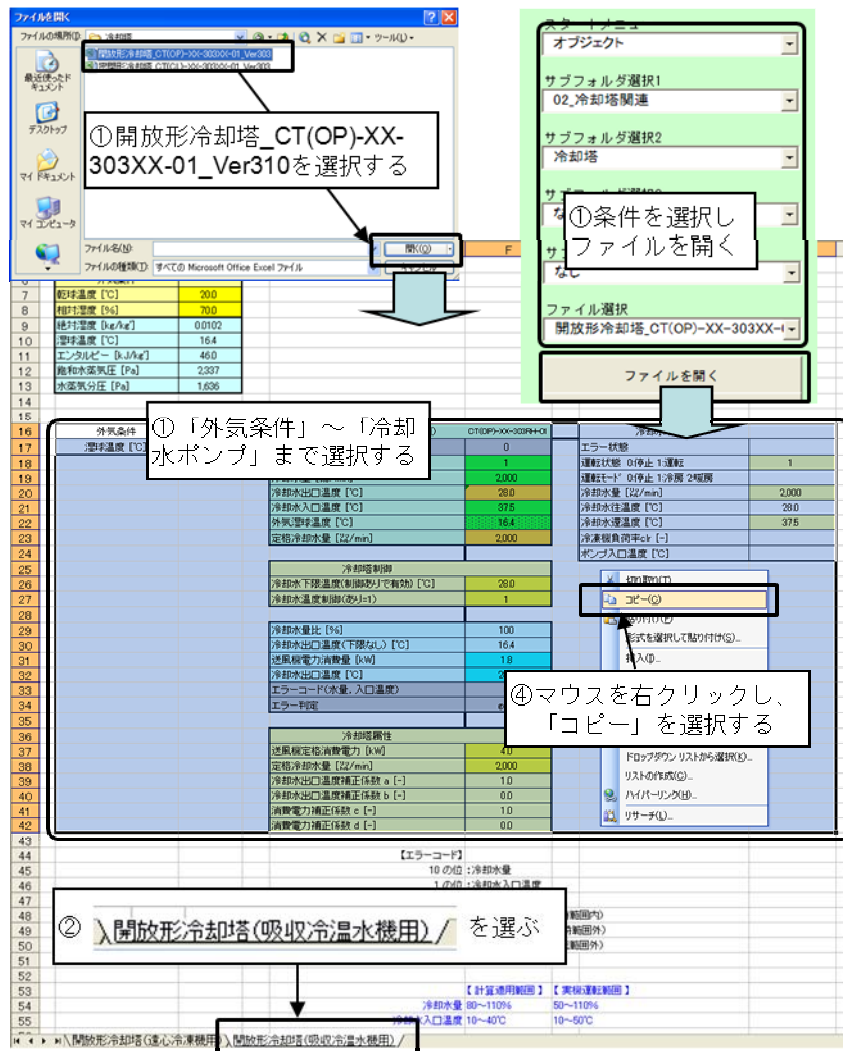
→「冷却塔」フォルダ

→「開放形冷却塔_CT(OP)-XX-310XX-01_Ver310.xls」ファイル

を直接開く。

冷却塔オブジェクトのファイルでは、遠心冷凍機用と吸収冷温水機用のオブジェクトがワークシートでわかれているため、ここでは熱源機の種類に合わせて、「開放形冷却塔(吸収冷温水機用)」を選択する(左下のタブをクリックする)。

冷却塔オブジェクトの左右にある、「外気条件」と「冷却水ポンプ」のセル群も含めた、B16～I42 セルをすべて選択し、コピーして「構築シート」に貼り付ける。貼り付ける場所は任意の位置で構わないが、ここでは左上が B20 セルになるよう貼り付ける。



「構築シート」に貼り付ける。

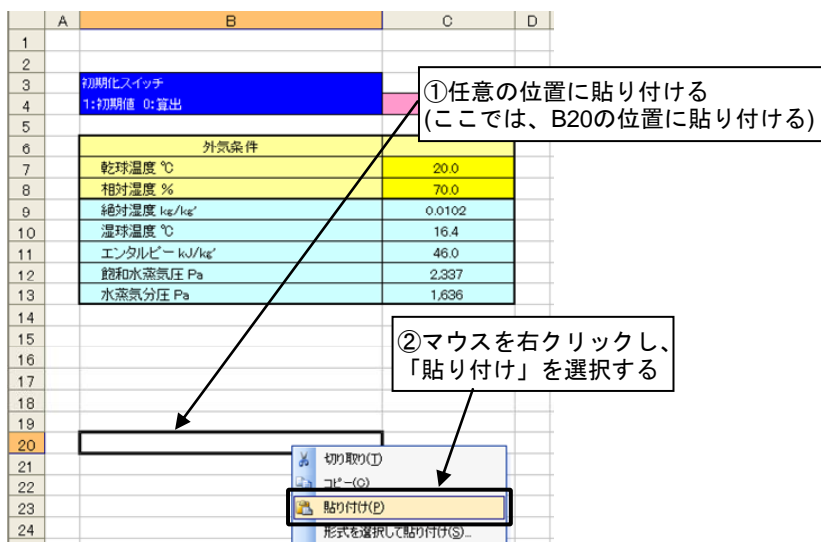


図 3.9 冷却塔オブジェクトの選択とコピー・貼り付け

TIPS !

マウスを右クリックして「コピー」や「貼り付け」を選んでよいが、慣れてくるとキーボードショートカットを使うと便利である。

コピー 「Ctrl」+「C」 (同時に押す)

貼り付け(相対参照で) 「Ctrl」+「V」 (同時に押す)

誤って貼り付けた場合などは、「Ctrl」+「Z」で、一回分の操作を取り消すことができる。

構築シートへの貼り付けが終わると、以下のような画面となる。

「開放形冷却塔_CT(OP)-XX-310XX-01_Ver310.xls」ファイルはもう使わないため閉じておく(上書き保存はしないように)。

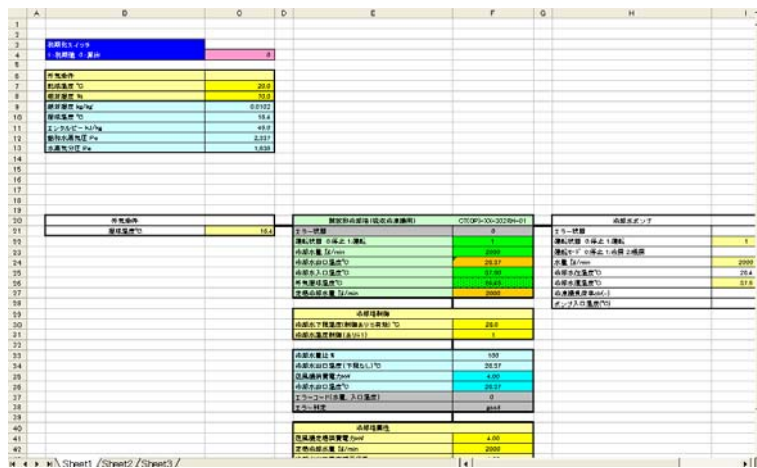


図 3.10 冷却塔オブジェクトの貼り付け完了

次に、構築シートに貼り付けた冷却塔オブジェクトの制御部と属性部の数値を設定する。機器表を参照し、図 3.10 に示すように、該当する黄色のセルにキーボードで入力する。

TIPS !

LCEM ツールでは、ユーザーが直接数値を入力・変更してもよいセルを「黄色」で示している。他の色のセルには数値モデルに必要なリンクや数式が設定されているため、不用意に変更してはいけない。

記号	名称	仕様	相-電圧 (φ-V)	動力 (kW)
CT-1~3	冷却塔	開放形 冷却能力 785kW 冷却水 水量 2,040 ℓ/min 温度 32~37℃	3-200	5.5

冷却塔制御	
冷却水下限温度(制御ありで有効) [°C]	25.0
冷却水温度制御(あり=1)	1

冷却水量比 [%]	
冷却水出口温度(下限なし) [°C]	
送風機電力消費量 [kW]	
冷却水出口温度 [°C]	28.3
エラーコード(水量, 入口温度)	0
エラー判定	good

冷却塔属性	
送風機定格消費電力 [kW]	5.5
定格冷却水量 [ℓ/min]	2,040
冷却水出口温度補正係数 a [-]	1.0
冷却水出口温度補正係数 b [-]	0.0
消費電力補正係数 c [-]	1.0
消費電力補正係数 d [-]	0.0

・ 図面に明記されている場合はその値を用いる
・ ここでは25℃とする

図 3.11 冷却塔オブジェクトの制御部・属性部の数値入力

TIPS !

大半の機器オブジェクトでは、ここで示したように、コピーして構築シートに貼り付けた後に制御部・属性部を変更しても、機器オブジェクトが格納してあったファイル上で先に制御部・属性部を変更・コピーして構築シートに貼り付けても、どちらでも構わない。

3.4.3 冷却水ポンプのモデル化

ポンプオブジェクトには、下記の 3 通りの選定方法がある

- 1) LCEM ツール ver3.10 に含まれるポンプオブジェクト
- 2) 汎用ポンプオブジェクト
- 3) メーカーから得た P-Q 特性を用いたオブジェクトを作成

1)の LCEM ツールに含まれているオブジェクトを利用できれば作業効率、計算精度ともに良い。また、2)の手法は設計水量と揚程を設定するだけであり、最も簡易にモデル化が可能である。もしも計算したいポンプの情報がすでに入手できている場合は、3)の手法が便利である。

ここでは、ポンプの情報が既知であるとして、3)の手法を採用する。以下に、本システムで用いる冷却水ポンプの P-Q 特性を示す。

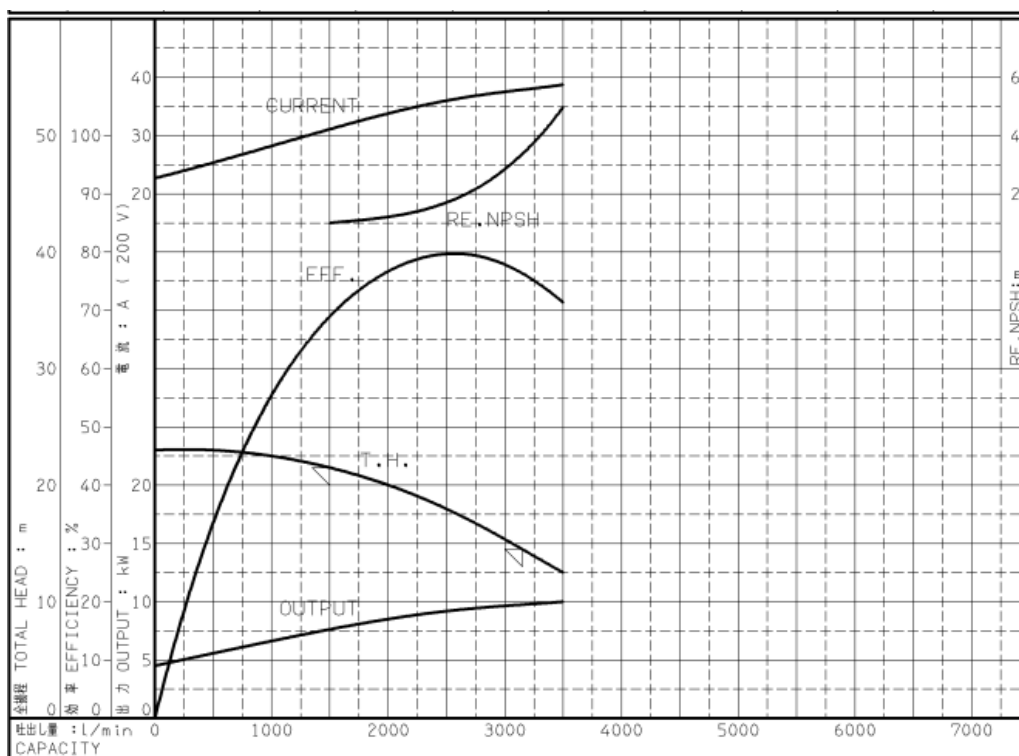


図 3.12 冷却水ポンプの P-Q 特性

以下のフォルダにある冷却水オブジェクトのファイルを開く。

「LCEM ツール」フォルダ

→「オブジェクト」フォルダ

→「03_ポンプ」フォルダ

→「冷却水ポンプ」フォルダ

→「冷却水ポンプ(2P)-XX1-303SI_Ver303.xls」ファイル

- ① タブで「冷却水ポンプ属性部変更用シート」を選択する(図 3.13 左下参照)。
- ② 冷却水ポンプオブジェクトの属性部に、機器表を参照して「定格水量」と「定格揚程」を、メーカー資料を参照して「周波数」を入力する(図 3.14、図 3.15 参照)。「ポンプによる温度上昇」、「動力補正係数」は、必要に応じて変更するが、ここではデフォルトのままとする。

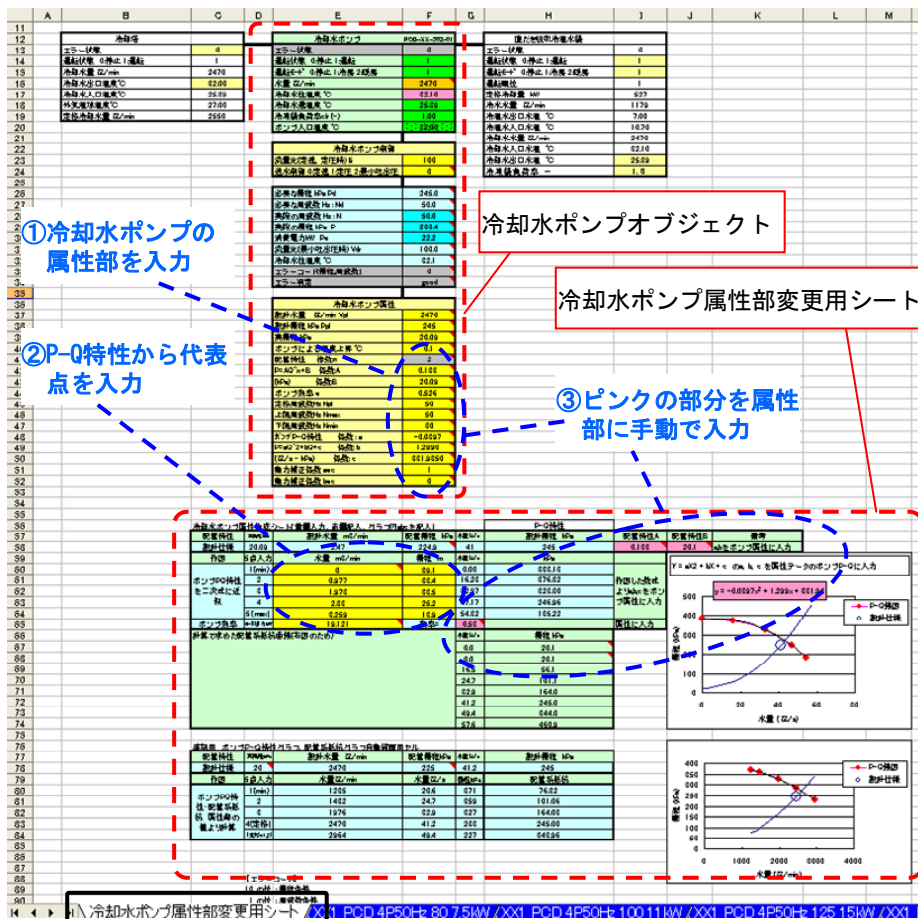


図 3.13 冷却水ポンプオブジェクトの属性部変更用シート画面

記号	名称	仕様	相-電圧 (φ-V)	動力 (kW)
PCD-1~3	冷却水ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 2,040 l/min×187kPa	3-200	11.0

冷却水ポンプ属性	
設計水量 [l/min]: Vpl	2,040
設計揚程 [kPa]: Ppl	187
実揚程 [kPa]	20
ポンプによる温度上昇 [°C]	0.1
配管特性 指数:n	2
P=AQ^n+B 係数:A	0.14
[kPa] 係数:B	20.1
ポンプ効率 [-] e	0.53
定格周波数 [Hz]: Npl	50
上限周波数 [Hz]: Nmax	50
下限周波数 [Hz]: Nmin	30
ポンプP-Q特性 係数: a	-0.0897
P=aQ^2+bQ+c 係数: b	1.2990
[l/s - kPa] 係数: c	381.9350
動力補正係数 aec	1.0
動力補正係数 bec	0.0

・実際の機器に合わせる
・今回はそのまま

図 3.14 冷却水ポンプオブジェクトの属性部の入力

- ③ 機器オブジェクトの下にある「冷却水ポンプ属性作成シート」の、黄色のセル群に、機器表を参照してポンプの「モーター出力」を、メーカー資料を参照して「P-Q 特性図の代表点(5点)」を、単位に注意して(1kPa=9.8m)、それぞれ入力する。

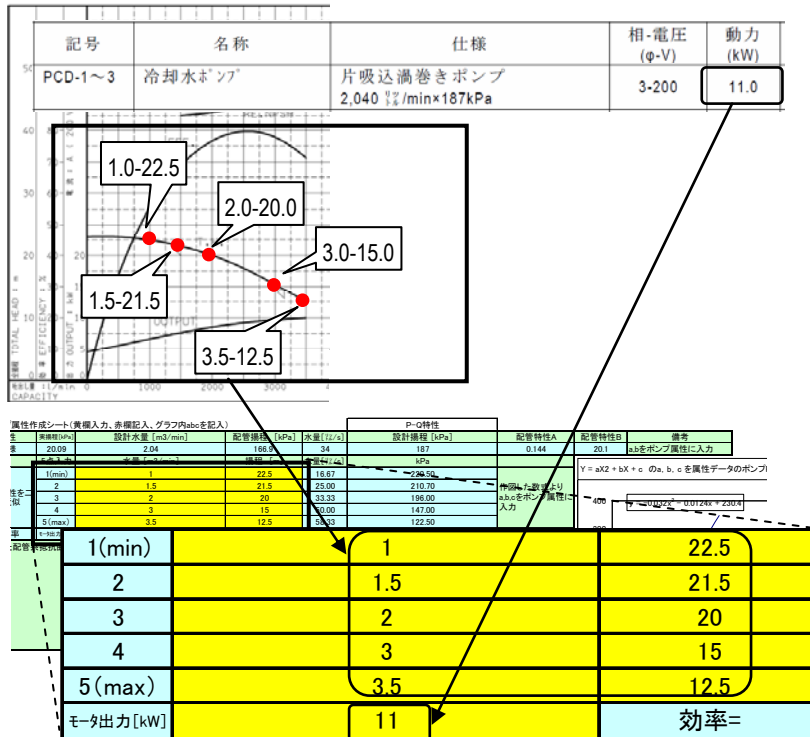


図 3.15 冷却水ポンプ属性部作成のための P-Q 特性点の入力

- ④ 「冷却水ポンプ属性部変更用シート」の右上部のピンク色の部分 (N44～N50) の値を、冷却水ポンプオブジェクトの属性部の H44～H50 のセルに、「形式を選択」して「テキストのみ保持」して貼り付ける。

TIPS !

ここでは相対参照を維持せずに、単なる数値データのみを貼り付けたいため、「形式を選択して貼り付け」-「テキスト」を選択して貼り付ける。マウスを右クリックしてポップアップした、「貼り付けのオプション」から「A」アイコンをクリックしてもよい。

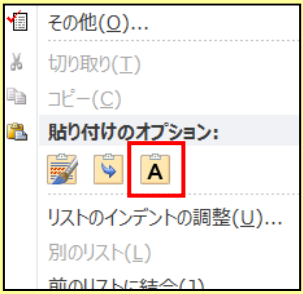
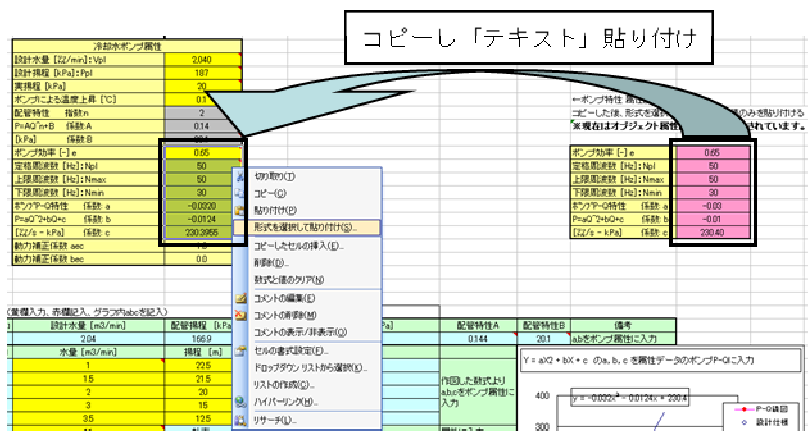



図 3.16 冷却水ポンプ属性部の数値を「値のみ」貼り付け

- ⑤ 冷却水ポンプオブジェクトと右隣の白い「直だき吸収冷温水機」(G12～K52)の全体を選択・コピーし、「構築シート」の「冷却水ポンプ」の左上角のセル(H20)を選択して、貼り付ける(H20～L60)。

以上で、冷却水ポンプの構築シート上へのモデル化が完了した。

「冷却水ポンプ(2P)-XX1-303SI_Ver303.xls」ファイルはもう使わないため閉じておく(上書き保存はしないように)。

Row	Column	Property	Value
12	G	冷却水ポンプ	PCD-XX-303-01
13	G	エラー状態	0
14	G	運転状態 0:停止 1:運転	1
15	G	運転モード 0:停止 1:冷機 2:暖機	1
16	G	冷却水量 [Zl/min]	2040
17	G	冷却水圧温度 [°C]	32.1
18	G	冷却水入口温度 [°C]	25.9
19	G	冷却機負荷率 [%]	1.00
20	G	ポンプ入口温度 [°C]	25.9
21	G	冷却水ポンプ制御	0
22	G	流量比(定速, 定圧時)	1.0
23	G	区水制御 0:定速 1:定圧 2:最小可吐出圧	0
24	G	必要な揚程 [kPa]:Ps	107
25	G	必要な配管径 [Hz]:Nd	50
26	G	実際の揚程 [kPa]:Pn	80
27	G	実際の配管径 [Hz]:Nn	100
28	G	電力消費量 [kWh]:Pw	10.1
29	G	流量比(最小吐出圧時):Wp	1.0
30	G	冷却水圧温度 [°C]	32.1
31	G	エラーコード(揚程超過時)	0
32	G	エラーコード	error
33	G	冷却水ポンプ特性	
34	G	設計水量 [Zl/min]:Vpl	2040
35	G	設計揚程 [kPa]:Ppl	107
36	G	実揚程 [kPa]	20
37	G	ポンプによる温度上昇 [°C]	0.1
38	G	配管特性 指数 n	2
39	G	PhAQ * n B 係数 A	0.14
40	G	[kPa]	20.1
41	G	ポンプ効率 [%]	0.65
42	G	管径配管径 [Hz]:Npl	50
43	G	上層配管径 [Hz]:Nup	50
44	G	下層配管径 [Hz]:Ndn	30
45	G	ポンプの特性 係数 a	-0.0220
46	G	PhAQ * n B 係数 b	-0.0724
47	G	[Zl/min * kPa]	230.3955
48	G	動力補正係数 aac	1.0
49	G	動力補正係数 bac	0.0

↳ 構築シートに移動

Row	Column	Property	Value
20	E	間接冷却用(吸収冷温水機用)	CTOP-XX-303RH-01
21	E	エラー状態	0
22	E	運転状態 0:停止 1:運転	1
23	E	冷却水量 [Zl/min]	2000
24	E	冷却水出口温度 [°C]	28.3
25	E	冷却水入口温度 [°C]	21.9
26	E	冷却機負荷率 [%]	1.00
27	E	電機冷却水量 [Zl/min]	2040
28	E	冷却水ポンプ制御	0
29	E	冷却水圧温度(制御用) [°C]	25.0
30	E	冷却水温度制御(最小)	1
31	E	冷却水量比 [%]	98
32	E	冷却水出口温度(下層) [°C]	28.3
33	E	消費電力消費量 [kWh]	5.5
34	E	冷却水出口温度 [°C]	28.3
35	E	エラーコード(水量, 入口温度)	0
36	E	エラーコード	error
37	E	冷却機特性	
38	E	送風機定格消費電力 [kW]	6.5
39	E	定格冷却水量 [Zl/min]	2040
40	E	冷却水出口温度補正係数 a [-]	1.0
41	E	冷却水出口温度補正係数 b [-]	0.0
42	E	消費電力補正係数 c [-]	1.0
43	E	消費電力補正係数 d [-]	0.0

↳ 貼り付け後

Row	Column	Property	Value
21	A	間接冷却用(吸収冷温水機用)	CTOP-XX-303RH-01
22	A	エラー状態	0
23	A	運転状態 0:停止 1:運転	1
24	A	冷却水量 [Zl/min]	2000
25	A	冷却水出口温度 [°C]	28.3
26	A	冷却水入口温度 [°C]	21.9
27	A	冷却機負荷率 [%]	1.00
28	A	電機冷却水量 [Zl/min]	2040
29	A	冷却水ポンプ制御	0
30	A	冷却水圧温度(制御用) [°C]	25.0
31	A	冷却水温度制御(最小)	1
32	A	冷却水量比 [%]	98
33	A	冷却水出口温度(下層) [°C]	28.3
34	A	消費電力消費量 [kWh]	5.5
35	A	冷却水出口温度 [°C]	28.3
36	A	エラーコード(水量, 入口温度)	0
37	A	エラーコード	error
38	A	冷却機特性	
39	A	送風機定格消費電力 [kW]	6.5
40	A	定格冷却水量 [Zl/min]	2040
41	A	冷却水出口温度補正係数 a [-]	1.0
42	A	冷却水出口温度補正係数 b [-]	0.0
43	A	消費電力補正係数 c [-]	1.0
44	A	消費電力補正係数 d [-]	0.0

図 3.17 冷却水ポンプオブジェクトの構築シートへの貼り付け

3.4.4 直だき吸収冷温水機のモデル化

LCEM ツール ver3.10 に含まれる「直だき吸収冷温水機」の機器オブジェクトの一覧を以下に示す。対象システムの熱源機と同じ冷房能力 422kW (120RT) をもつ機器オブジェクト 9 種類が、選択肢として存在する。ここでは、試行錯誤的な検討の第一歩として、表の一番上にある「二重効用・XX2 社製・高効率型」を用いることとする。なお、構築シートが完成したのちに直だき吸収冷温水機オブジェクトを貼りかえることで簡単に機種変更のケーススタディが可能である。

名称	型式	製造者	オブジェクト名	タイプ・クラス	100	110	120	130	140
					352	387	422	457	492
直だき吸収冷温水機	二重効用	XX1	RH-XX1-310M_70-200	COP1.3	100			130	
	二重効用	XX1	RH-XX1-310S_70-200	COP1.2	100			130	
	二重効用	XX1	RH-XX1-310S_70-200	COP1.1	100			130	
	二重効用	XX1	RH-XX1-310H(S)_30-80	COP1.2					
	二重効用	XX1	RH-XX1-310S(S)_30-80	COP1.1					
	二重効用	XX2	RH-XX2-310H(S)_30-100	小容量・高効率型	100				
	二重効用	XX2	RH-XX2-310S(S)_30-100	小容量・標準型	100				
	二重効用	XX2	RH-XX2-310H_120-500	高効率型			120		
	二重効用	XX2	RH-XX2-310S_120-500	標準型			120		
	二重効用	XX2	RH-XX2-310E_100-500	高期間効率型			120		
	二重効用	XX2	RH-XX2-310A_100-500	高期間効率型・大温度差			120		
	二重効用	XX3	RH-XX3-310H_80-500	1.4クラス	100		120		
	二重効用	XX3	RH-XX3-310M_80-500	1.3クラス	100		120		
	二重効用	XX3	RH-XX3-310S_80-500	1.2クラス	100		120		
	二重効用	XX4	RH-XX4-310E_100-500	高期間効率型	100		120		
	二重効用	XX4	RH-XX4-310H_100-500	高効率型	100			130	
	二重効用	XX4	RH-XX4-310S_100-500	標準型	100			130	
	二重効用	XX4	RH-XX4-310E_70-500	高期間効率型	100		120		
二重効用	XX5	RH-XX5-310A_150-500	高期間効率型						
三重効用	XX3	RH-XX3-310T_160-340	1.7クラス						

シミュレーション対象のオブジェクト

図 3.18 LCEM ツール ver3.10 の 120RT 規模の直だき吸収冷温水機オブジェクト

以下のフォルダにある直だき吸収冷温水機オブジェクトのファイルを開く。

「LCEM ツール」フォルダ

→「オブジェクト」フォルダ

→「01_熱源機器」フォルダ

→「直だき吸収冷温水機」フォルダ

→「吸収冷温水機(二重効用-高効率)_RH-XX2-310H_120-500_Ver310.xls」ファイル

- ① 120RT から 500RT まで、機器容量でワークシートがわかれているため、ここでは「120」のワークシートを選択する。
- ② 直だき吸収冷温水機オブジェクトと、その右隣にある白い「冷温水 1 次ポンプ」(E9~I58)の全体を選択・コピーし、「構築シート」の K20 セルを選択し(白い「直だき吸収冷温水機」に重なるように)貼り付ける(K20~O69 に貼り付けられる)。
- ③ 「構築シート」上の「直だき吸収冷温水機制御」部の「温水出口温度設定値 [°C]」の値を「55」に変更する。

以上で直だき吸収冷温水機のモデル化が完了した。

「吸収冷温水機(二重効用-高効率)_RH-XX2-310H_120-500_Ver310.xls」ファイルはもう使わないため閉じておく(上書き保存はしないように)。

① 「120/1」を選択する

② 「直だき吸収冷温水機」～「冷温水ポンプ」まで選択する

③ マウスを右クリックし、「コピー」を選択する

直だき吸収冷温水機(二重効用-高効率) RH-XX2-303H-120		冷温水-ポンプ	
エラー状態	0	エラー状態	0
運転状態 0:停止 1:運転	1	運転状態 0:停止 1:運転	1
運転モード 0:停止 1:冷房 2:暖房	1	運転モード 0:停止 1:冷房 2:暖房	1
運転順位	1	運転順位	1
定格冷量/加熱能力 [kW]	422	水量 [L2/min]	1,210
冷温水量 [L2/min]	1,210	冷温水往温度 [°C]	
冷温水出口温度 [°C]	7.00	冷温水還温度 [°C]	12.00
冷温水入口温度 [°C]	12.00	定格水量	
冷却水量 [L2/min]	2,000	最低水量	
冷却水入口温度 [°C]	39.0	熱源温度	
冷却水出口温度 [°C]	37.0	ポンプ圧	
冷凍機負荷率 [-]	1.00		

直だき吸収冷温水機制御	
冷水出口温度設定値 [°C]	7.0
温水出口温度設定値 [°C]	60.0
運転順位(冷凍)	1
運転順位(加熱)	1

直だき吸収冷温水機特性	
定格冷量能力 [kW]	422
定格加熱能力 [kW]	338
定格冷水量 [L2/min]	1,210
定格温水量 [L2/min]	1,210
定格冷却水量 [L2/min]	2,000
定格消費電力(冷凍) [kW]	3.9
定格消費電力(加熱) [kW]	3.9
定格ガス消費量(冷凍) [Nm3/h]	26.5
定格ガス消費量(加熱) [Nm3/h]	3.9
冷量・加熱出力に対する熱効率(品位差) [-]	1.32
エラーコード(負荷率:冷却:冷房:冷却入温:冷却還)	00000
エラー判定	good

☞ 貼り付けし、温水出口温度設定を変更

直だき吸収冷温水機制御	
冷水出口温度設定値 [°C]	7.0
温水出口温度設定値 [°C]	55.0

温水出口温度設定値を変更する

図 3.19 直だき吸収冷温水機オブジェクトの構築シートへの貼り付け

3.4.5 冷温水一次ポンプのモデル化

以下のフォルダに格納されている冷温水一次ポンプオブジェクトを開く。

「LCEM ツール」フォルダ

→「オブジェクト」フォルダ

→「03_ポンプ」フォルダ

→「冷温水一次ポンプ」フォルダ

→「冷温水一次ポンプ (2P)_PCH(2P)-XX1-303SI_Ver303.xls」ファイル

冷温水一次ポンプも、冷却水ポンプと同様に 3 つのオブジェクト利用方法がある。先の例と同様に、ここでも P-Q 特性が入手されているとして、3)の方法を採用する。対象とする冷温水一次ポンプの P-Q 特性線図を以下に示す。

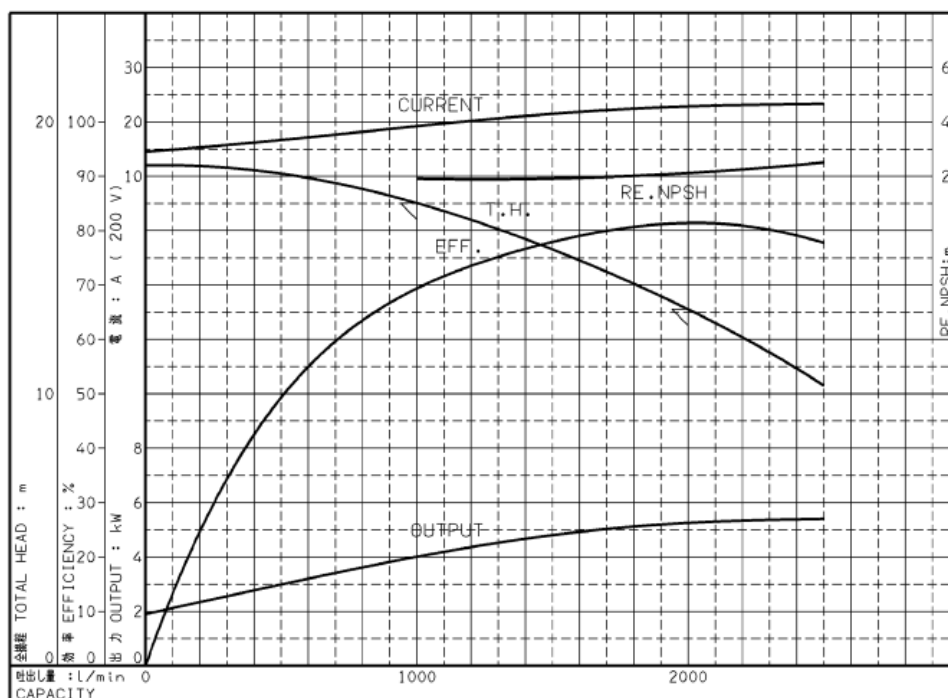


図 3.20 冷温水一次ポンプの P-Q 特性

- ① タブで「冷温水一次ポンプ属性部変更用シート」を選択する。
- ② 冷温水一次ポンプオブジェクトの属性部に、機器表を参照して「定格水量」と「定格揚程」を、メーカー資料を参照して「周波数」を入力する。「ポンプによる温度上昇」、「動力補正係数」は、必要に応じて変更するが、ここではデフォルトのままとする。

記号	名称	仕様	相-電圧 (φ-V)	動力 (kW)
PCHP-1 ~ 3	冷温水 1次ポンプ	片吸込渦巻きポンプ 1,210 l/min×132kPa	3-200	5.5

冷温水一次ポンプ属性	
設計水量 [l/min]: Vpl	1,210
設計揚程 [kPa]: Ppl	132
実揚程 [kPa]	0
ポンプによる温度上昇 [°C]	0.1
配管特性 $P=AQ^2+B$ 係数:A [kPa]	0.32
係数:B	0.0
ポンプ効率 e	0.67
最低水量 [l/min]: Vmin	725
定格周波数 [Hz]: Npl	50
上限周波数 [Hz]: Nmax	60
下限周波数 [Hz]: Nmin	20
ポンプP-Q特性 係数: a	-0.1409
$P=aQ^2+bQ+c$ 係数: b	3.9888
[l/s - kPa] 係数: c	243.3542
動力補正係数 aec [-]	1.0
動力補正係数 bec [-]	0.0

・実際の機器に合わせる
・今回はそのまま

図 3.21 冷温水一次ポンプオブジェクトの属性部の入力

- ③ 「冷温水一次ポンプ属性部変更用シート」の機器オブジェクトの下にある「ポンプ属性部ポンプ P-Q 特性、配管特性作成セル」表の、黄色のセル群に、機器表を参照してポンプの「モーター出力」を、メーカー資料を参照して「P-Q 特性図の代表点(5点)」を、単位に注意して(1kPa=9.8m)、それぞれ入力する。

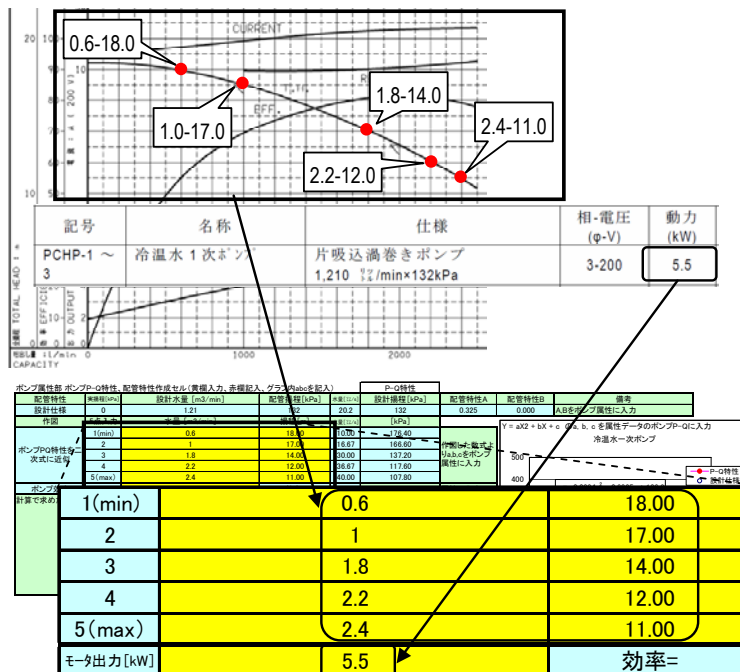


図 3.22 冷却水ポンプ属性部作成のための P-Q 特性点の入力

- ④ 「冷温水一次ポンプ属性部変更用シート」の右上部のピンク色の部分(M46～M53)の値を、冷却水ポンプオブジェクトの属性部の G46～G53 のセルに、「形式を選択」して「テキストのみ保持」して貼り付ける。

コピーし「テキスト」貼り付け

冷温水一次ポンプ属性	
設計水量 [L/(min)]: Vpl	1210
設計揚程 [kPa]: Ppl	132
実揚程 [kPa]	0
ポンプによる温度上昇 [°C]	0.1
配管特性 P=aQ ² +b [kPa]	係数 a: 0.32
	係数 b: 0.0
ポンプ効率 η	0.78
最低水量 [L/(min)]: Vmin	725
定額揚程 [H]: Hq	50
上限揚程 [H]: Hmax	60
下限揚程 [H]: Hmin	20
ポンプ-Q特性 係数 a	-0.0334
P=aQ ² +b+Qc 係数 b	-0.0325
[L/(s) - kPa] 係数 c	186.000
動力消費係数 acc [-]	1.0
動力消費係数 dec [-]	0.0

ポンプ特性	
ポンプ効率 η	0.78
最低水量 [L/(min)]: Vmin	725
定額揚程 [H]: Hq	50
上限揚程 [H]: Hmax	60
下限揚程 [H]: Hmin	20
ポンプ-Q特性 係数 a	-0.03
P=aQ ² +b+Qc 係数 b	-0.03
[L/(s) - kPa] 係数 c	186.20

図 3.23 冷温水一次ポンプ属性部の数値を「値のみ」貼り付け

以上で冷温水一次ポンプの構築シート上へのモデル化が完了した。

「冷温水一次ポンプ(2P)_PCH(2P)-XX1-303SI_Ver303.xls」ファイルはもう使わないため閉じておく(上書き保存はしないように)。

ここまでの作業で、熱源サブシステム1系統のモデル化が完了した。

図 3.25 熱源サブシステム(一系統)の完成

3.5 シミュレーションの実行

3.5.1 LCEM ツールによる機器状態確認

LCEM ツールでは、「標準構築シート」と「期間計算用構築シート」のいずれれを用いた場合でも、連結した一連のオブジェクト群の両側の境界条件を決めることで、ある時間における、各オブジェクトの運転状態を求めることができる。

熱源サブシステムの構築が終わった段階で、以下の図のようにになっている。この状態だけでも、外気の乾球温度が 20℃で、相対湿度が 70%、冷水量 2,040 ㎥/min、冷水還水温度が 10.8℃のとき、冷却塔出口温度は 25.0℃、直だき吸収冷温水機のガス消費量が 17.5Nm³、成績係数が 1.46、冷却水ポンプの消費電力量が 10.1kW、冷水一次ポンプの消費電力量が 3.4kWである、ということがわかる。

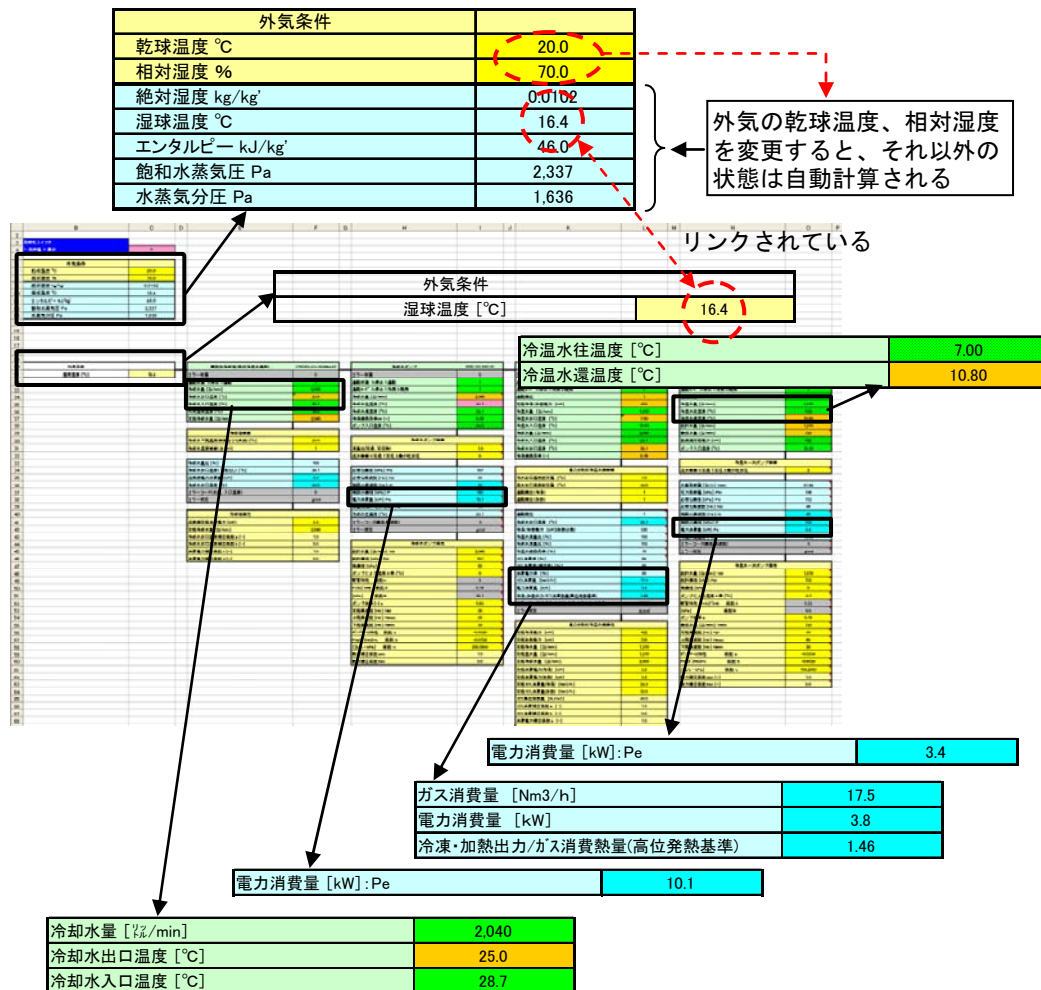


図 3.26 熱源サブシステムの状態確認

スタディの一例として、左上の「外気条件」セル群にある「乾球温度」を当初の 20℃から、30℃に変化させてみる(直接キーボードより入力し変更する)。外気の乾球温度が 30℃に変化すると、冷却塔出口温度が 31.7℃に上昇、直だき吸収冷温水機のガス消費量が 18.8Nm³に増加、そして熱源の成績係数が 1.36 に低下することが確認できる。

TIPS !

LCEM ツールでは、接続されているオブジェクトは数式の相対参照により相互に関連し合っているため、「初期化セル」を「0」にしていれば、オブジェクトあるいは境界条件のいずれのセルにおける変化も、構築したシステム全体のオブジェクトに瞬時に反映される。

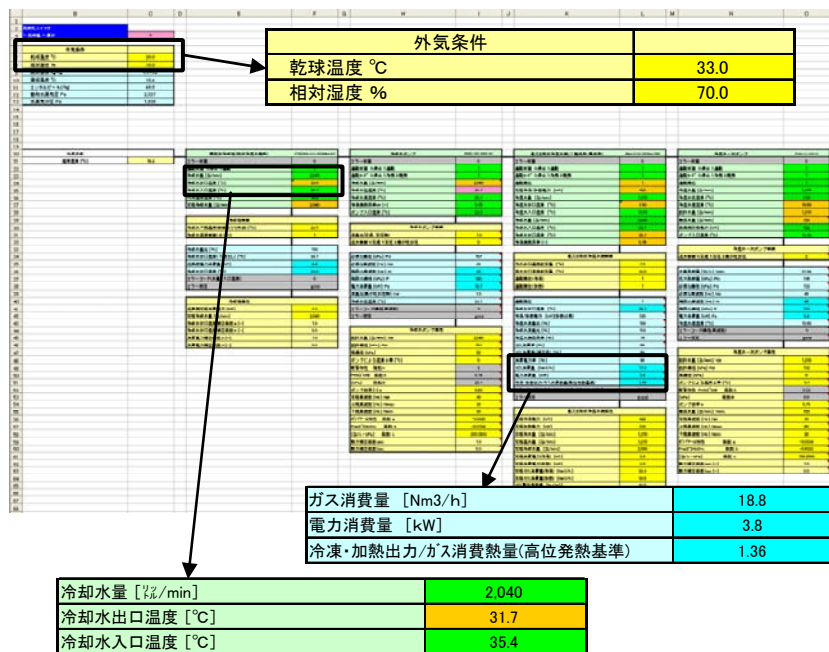


図 3.27 熱源サブシステムの状態確認(外気条件の変化)

次の例として、冷温水一次ポンプの制御方式を変更した場合の影響について検討してみる。当初はオブジェクトのデフォルト設定のままであるため、O34 セルの水量制御方式は「2: 最小吐出圧」となっている。ここで、「0: 定速」に変更してみる。すると、消費電力が 3.4kW から 4.1kW に増大することがわかる。

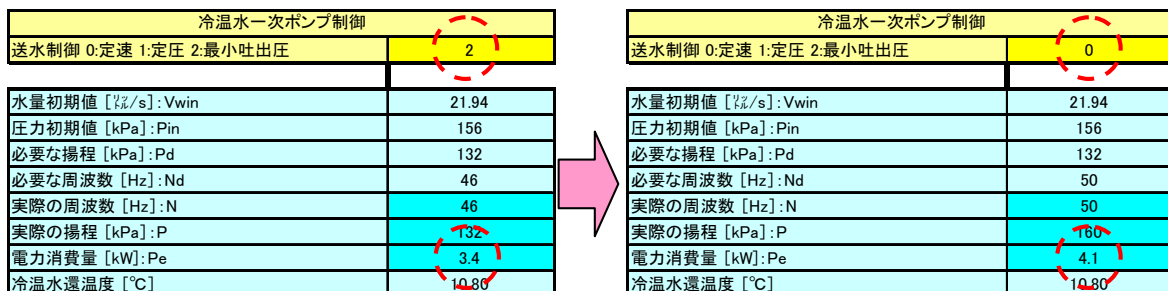


図 3.28 冷温水一次ポンプの制御方式の変更