

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その37）

給湯プログラムの概要

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 37)

Outline of Hot Water Supply System Program

正会員	前 真之（東京大学大学院）	特別会員	村上 周三（建築研究所）
正会員	大塚 雅之（関東学院大学）	正会員	長谷川 巖（日建設計）
正会員	武田 成司（斎久工業）	正会員	佐々木真人（日本設計）

Masayuki MAE*¹ Shuzo MURAKAMI*² Masayuki OTSUKA *³

Iwao HASEGAWA *⁴ Naruji TAKEDA *⁵ Masato SASAKI *⁶

*¹The University Of Tokyo, *²Building Research Institute *³Kanto Gakuin University

*⁴Nikken Sekkei, *⁵Saikyu Kogyo Co.,Ltd. *⁶Nihon Sekkei

This study aims to develop a calculation tool, which is able to simulate overall energy consumption of air-conditioning systems, electric systems and plumbing systems for buildings. This paper outlines the framework and system that facilitate especially the development of a simulation tool, which enables the design of plumbing systems as well as calculating energy and water consumption spent on hot water supply system operation while contributing to the conservation of energy and water sources.

はじめに

建築物においては、給湯の消費エネルギーは建物種類によって大きく異なるが、ホテル・病院などにおいては非常に大きな割合を占めることが知られている。省エネ基準においても、空調や照明などと並んで、CEC/HW が制定されており、熱源の効率・配管における熱ロス等を含んだ評価が行われている。CEC/HW は建築物の省エネに大きく寄与したことは間違いないが、一般的には熱源・配管等のシステム設計が完了してから確認のために行われる場合が多い。計画段階において、動的なシミュレーションにより熱源・配管の最適設計を支援するツールの登場が待たれていた。

本研究は、地球環境負荷削減を目的に建築物での空調、電気、衛生の各設備システムに関する総合的エネルギー消費量の計算ツールの開発と実用化を目的としたものである。衛生分野では、主に、給水システム、給湯システム、雨水利用システムでの運用時の消費エネルギー量や水・湯使用量を計算でき、省エネ化と省資源化に寄与できる計算ツールの開発を目的とする。前報¹⁾²⁾において、給排水衛生システム計算の体系化、給水システムの詳細を説明した。

BEST プログラムの衛生部分においては、給水のほかに給湯部分のシミュレーションも実装されることになっており、こうした設計支援ツールとして機能することが期待されている。

本報では、BEST 給水計算におけるモジュール構成とモジュール内の計算方法について解説する。

1. 想定する給湯システム

図 1 に想定する給湯システムを示す。将来的にはより多様なシステムに対応できるようになる予定であるが、現状では建築物でもっとも一般的な貯湯槽を有する集中給湯方式を標準とすることにする。貯湯槽には加熱装置を有する一次側循環配管から給湯が供給される。需要端には二次側循環配管から需要端へ供給が行われる。

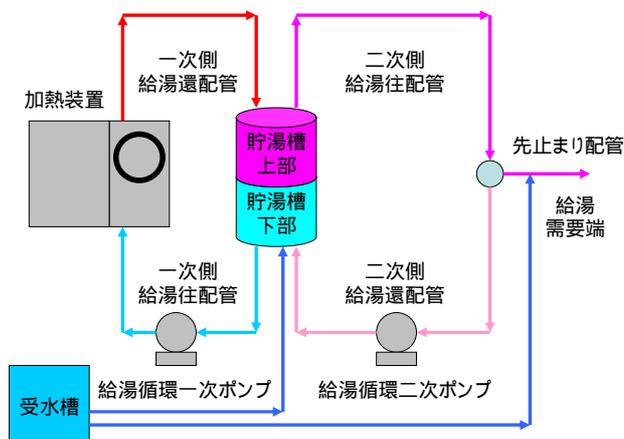


図 1 標準で想定する給湯システム

2. 計算方法

図2に、給湯システムの各時間ステップにおける計算フローを示す。一般に、配管や貯湯槽の熱ロスを含めた計算においては、各モジュールにおける温度・エネルギー平衡を成立させるため、収束計算が必要になる。しながら、収束計算を行うことはプログラムの構成を複雑化させ、モジュールの設計・実測段階のみならず入力時においても過度な作業負担が生じる可能性が高い。

本計算方法の特徴は、配管や熱ロスについて指数関数的な冷却・放熱によるモデル化を行うことで、収束計算を不要としている点にある。1つの時間ステップ内では、貯湯槽や配管の入・出の温度は一定であるとみなし、入・出の温度差・放熱を指数関数により近似することで解くものである。

このため、各時間ステップにおいては収束を必要とせず、給湯使用量から消費エネルギーまでを単純に解くこととしている。この方法は計算が簡易であるが、時間ステップの間隔が長くなると時間ステップ内の温度一定とする仮定からの乖離が大きくなる欠点がある。しかしながら、集中給湯方式においては一般に給湯循環ポンプが24時間運転され、温度変化等は少ないものと考えられるため、本計算方式で大きな問題はないものとした。

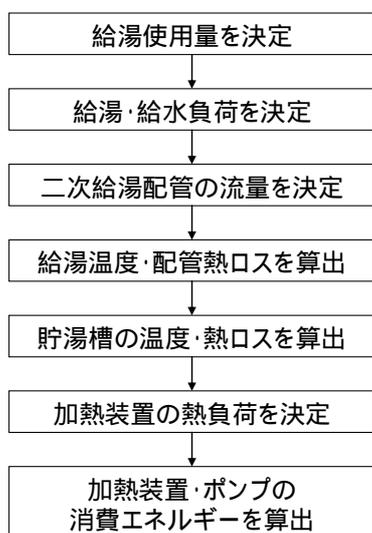


図2 各時間ステップにおける計算フロー

3. 各計算モジュールの仕様

以下では、各モジュールにおける計算内容の概要を示す。

3.1 消費量・負荷モジュール

3.1.1 給湯消費量モジュール

計算の基本となる、給湯消費量(43 換算を基本)を入力する。ユーザーが事前に給湯消費量を推定できる場合には、その値を直接入力することができる。そうでない

場合は、入力を容易とするため、CEC/HW⁴⁾に準拠して、宿泊客収容人数(ホテル)・病床数(病院)・床面積(物販店舗)等による入力もできるようになっている。

実物件では需要端は建物内に分散して配置されているが、それらをすべて入力すると計算が極めて煩雑になる。そのため、基本的には中間的な部位に集中して配置されたものと仮定して入力する。

3.1.2 給水モジュール

計算対象日時における給水温度を算出する。ユーザーが直接に給水温度を入力することも可能であるが、気象データより回帰式から自動的に給水温度を計算させることもできる。

3.1.3 先止まり配管モジュール

二次側配管においては運転時に常時循環が行われているが、そこから分岐して水栓までの配管は先止まりとなる。先止まり配管内の給湯は水栓閉鎖時に冷却されて次の出湯時には無効となる場合がある。こうした先止まり配管の挙動を正確に解くのは計算負荷がかかるため、CEC/HWで用いられている「先止まり配管損失熱量」を参考にして、その損失熱量が給湯消費に加算されるものとして処理している。

3.1.4 給湯負荷モジュール

給湯消費量(43 換算)から、実際に二次側給湯配管より供給される給湯温度での消費量を計算する。供給給湯温度を正確に解くためには、配管システム全体で収束計算を行う必要があるため、ここでは直前の供給給湯温度を用いることとしている。

3.1.5 給水負荷モジュール

水栓末端では、供給給湯温度の給湯と給水を混合して使用温度(43 が基本)で使用しているため、給水負荷が発生するため、その負荷を計算する。

3.2 配管モジュール

配管モジュールでは、入り口温度と流量・保温仕様・周辺温度から、指数関数により近似により出口温度を推定する。放熱ロス等はこれらの値から容易に算出できる。配管モジュールは汎用的な配管クラスとして、一次・二次・往還配管の計算式を共有化している。また給湯循環ポンプが運転している場合と停止している場合で起動コマンドを設定して計算が可能ないようにしている。配管に関する保温仕様は自由に入力できるが、CEC/HWで使用される保温仕様1~3⁵⁾などはデフォルトで用意される。主なパラメーターは以下の通りである。

- 平均熱損失量[W/] 保温仕様により決定
- 配管保有水量[g] 配管径・配管長から決定
- 配管周囲温度[]
- 循環流量[g/sec]

- 配管入口・出口温度[]

3.2.1 二次側給湯還配管モジュール

流量を決定する際には、一般に給湯循環二次ポンプにおける設定流量を用いる。入口温度は二次側給湯往配管の出口温度となる。

3.2.2 二次側給湯往配管モジュール

流量は、二次側給湯還配管の流量と給湯需要端での給湯流量の和として計算される。入口温度は貯湯槽上部の温度となる。

3.2.3 一次側給湯往配管モジュール

流量は、給湯循環一次ポンプの設定流量で与えられる。入口温度は貯湯槽下部の温度になる。

3.2.4 一次側給湯還配管モジュール

流量は、給湯循環一次ポンプの設定流量で与えられる。入口温度は加熱装置出口温度となる。

3.3 貯湯槽

貯湯槽は、加熱装置から給湯が供給され二次側へと供給される「上部」と、二次側からの戻りと給水が混合されて加熱装置へと供給される「下部」に分けて、それぞれの混合温度を計算する。貯湯槽容量は一定であるため、「上部」「下部」の容量は、総和は常に一定であるが、貯湯の状況によってそれぞれの容量は異なる。貯湯槽固有の入力パラメーターは以下の通りである。

- 貯湯槽周囲温度[]
- 平均熱損失量[W/]
- 貯湯槽容量[g]

3.3.1 貯湯槽下部

給湯負荷が0でない場合の挙動のみを示す。

(1)貯湯槽への上水補給水量を算出

貯湯槽への上水補給水量(g) = 給湯負荷 + 先止まり配管による損失給湯負荷

(2)貯湯槽(下部)の遷移負荷容量を算出

貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g) = 前時刻の貯湯槽(下部)の実負荷容量 + 貯湯槽への上水補給水量 + 二次側給湯還配管循環

(3)貯湯槽(下部)への流入温度を算出

貯湯槽(下部)への流入温度()
 = (前時刻の貯湯槽(下部)の実負荷容量(g) * 前時刻の貯湯槽(下部)の平均水温() + 貯湯槽への上水補給水量(g) * 給水温度() + 二次側給湯還配管循環水量(g) * 二次側給湯還配管の出口温度()) / 貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g)

(4)貯湯槽(下部)の平均温度を算出

貯湯槽(下部)の平均温度()
 = 貯湯槽(下部)への流入温度() - (貯湯槽(下部)への流入

温度() - 貯湯槽周囲温度) * (1-EXP(-(計算時間間隔/3600) * 平均熱損失量 * (貯湯槽(下部)の遷移負荷容量/貯湯槽容量)/(1.167 * 貯湯槽(下部)の遷移負荷容量/1000)))

(5)貯湯槽(下部)からの熱損失量を算出

貯湯槽(下部)からの熱損失量(W)
 = 1.163 * 貯湯槽(下部)の遷移負荷容量/1000 * (貯湯槽(下部)への平均温度 - 貯湯槽(下部)の平均温度)

(6)貯湯槽(下部)の実負荷容量と、貯湯槽から加熱装置への出口温度を算出

貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g) > = ポンプ選定給湯循環水量(一次側) * 計算時間間隔であれば、

貯湯槽(下部)の実負荷容量(g)
 = 貯湯槽(下部)の遷移負荷容量 - ポンプ選定給湯循環水量(一次側) * 計算時間間隔

貯湯槽から加熱装置への出口温度() = 貯湯槽(下部)の平均温度()

貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g) < ポンプ選定給湯循環水量(一次側) * 計算時間間隔であれば、

貯湯槽(下部)の実負荷容量(g) = 0

貯湯槽(下部)の実負荷容量(g) = 0

3.3.2 貯湯槽上部

給湯負荷0でない場合の挙動のみを示す。

(1)貯湯槽(上部)の遷移負荷容量を算出

貯湯槽(上部)の遷移負荷容量(g) = 貯湯槽容量 - 貯湯槽(下部)の遷移負荷容量

(2)貯湯槽(上部)の平均温度を算出

貯湯槽(上部)の平均温度()
 = 前時刻の給湯供給温度() - (前時刻の給湯供給温度() - 貯湯槽周囲温度) * (1-EXP(-(計算時間間隔/3600) * 平均熱損失量 * (貯湯槽(上部)の遷移負荷容量/貯湯槽容量)/(1.167 * 貯湯槽(上部)の遷移負荷容量/1000)))

(3)貯湯槽(上部)からの熱損失量を算出

貯湯槽(上部)からの熱損失量(W)
 = 1.163 * 貯湯槽(上部)の遷移負荷容量/1000 * (前時刻の給湯供給温度 - 貯湯槽(上部)の平均温度)

(4)貯湯槽(上部)の有効貯湯量と給湯供給温度を算出

貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g) > = 一次側給湯還配管循環水量(g)であれば、

有効貯湯量(g) = 貯湯槽(上部)遷移負荷容量(g) + 一次側給湯還配管循環水量(g)

給湯供給温度() = (貯湯槽(上部)の遷移負荷容量(g) * 貯湯槽(上部)の平均温度() + 一次側給湯還配管循環水量(g) * 一次側給湯還配管の出口温度()) / 有効貯湯量(g)

貯湯槽(下部)の遷移負荷容量(g) < 一次側給湯還配管循環水量(g)であれば、

