

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5）

給排水衛生システムの計算法

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 5)

Model of the Calculation Method of Plumbing Systems

正会員 長谷川 巖（日建設計） 特別会員 村上 周三（慶応義塾大学）
 正会員 大塚 雅之（関東学院大学） 正会員 小原 直人（ピーエーシー）
 正会員 村江 行忠（戸田建設） 正会員 土井 章弘（竹中工務店）

Iwao HASEGAWA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Masayuki OTSUKA*³

Naoto OBARA*⁴ Yukitada MURAE*⁵ Akihiro DOI*⁶

*¹ Nikken Sekkei *² Keio University *³ Kanto Gakuin University

*⁴ PAC Corporation *⁵ Toda Corporation *⁶ Takenaka Corporation

This paper presents the features and the calculation method of modeling in “BEST”(Building Energy Simulation Tool) for simulation of plumbing systems. This study aims to consider the simulation model which are calculated the water supply demand, drainage demand and energy conservation spent on water supply system and domestic hot water system as a typical model.

はじめに

本研究では前報に引き続き、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（以下 BEST と呼ぶ）における給排水衛生システムの計算法の考え方と計算モデルについて報告する。

1. 計算モデル

BEST では建物内での水使用行為に伴い生じる給水や給湯などの負荷算定を行い、建物に必要な水資源量や建物で発生するごみ量（一般廃棄物）を算出する。また負荷の発生に応じ、給排水衛生システムを適用することによってシステムで消費されるエネルギー消費量を算出するシミュレーションツールである。マクロ的な計算モデルを図1に示す。

給排水負荷算定では、給水、給湯、排水負荷として人の水使用行為による負荷算定を行う他、空調システムから生じる冷却塔補給水や加湿給水、植栽散水など、建物内で生じる負荷を統合したものとなる。これらの負荷も含めて建物内の負荷を連成して解くことが本ツールの特徴である。負荷算定では、既往の文献値や設計データを有効活用可能なように建物全体での日使用量や時系列的な負荷変動から算出することを基本とし、節水機器を採用することによりどの程度の使用水量の削減効果が見込まれるかを知るために、衛生器具単位での負荷算定も視野に入れる。さらに今後は、従来から研究されている瞬

時最大負荷計算¹⁾の算定結果を組み込みことも検討する予定である。

給排水衛生システムの設計では、従来より負荷算定を行い、負荷に応じた給排水システムの選択や機器の選定を行う流れとなるが、本シミュレーションツールは最大負荷計算だけでなく、負荷変動による水資源量やエネルギー消費量の算出が目的であるため、機器設計はユーザー自身が行うものとし、システムの選択や機器容量の概算値を参照可能なよう提示するものと位置づける。

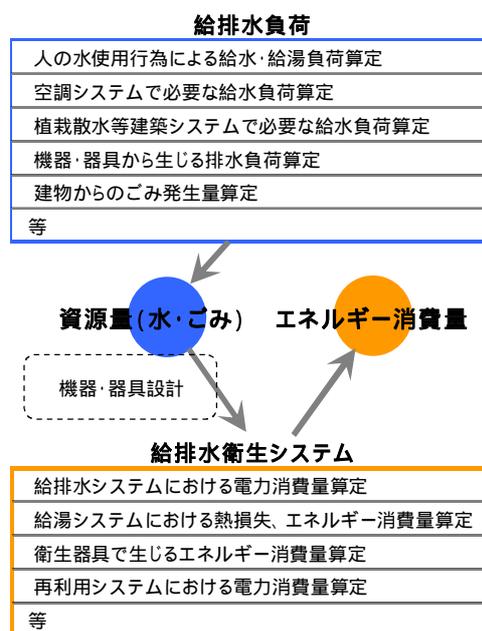


図1 給排水衛生システムの計算マクロモデル

次に給排水衛生システムでは、負荷変動に応じてポンプや給湯機器がどのように運転されエネルギーを消費するかをシミュレーションして算出する。このとき水槽内の水位変動やポンプの発停状況など機器の運転状態を把握することも可能となる。エネルギー消費量の算出は、ポンプや給湯機器などで生じるものの他、最近普及されている温水洗浄便座や温風乾燥機、洗面器に組み込まれた電気温水器など衛生器具で生じるエネルギー消費量も算出出来る。

2. 給排水負荷算定

給排水負荷算定では、水量だけでなく、水温、水質、水圧を負荷計算のための要素として捉え、建物内でこれらの要素がどのように推移、変移するかをシミュレーションすることを目的としている。

2.1 水量

建物内の負荷算定においてもっとも基本となるのが、人の水使用行為による使用水量の算定となる。給排水衛生システムの設計では1人1日あたりの水使用量、延べ床面積あたりの水使用量などの原単位データを活用して1日あたりの水使用量を算定している。しかしこれらのデータは、節水型が従来型かなど衛生器具の仕様、上水系と雑用水系の比率、在館人員の男女比、水使用の利用回数等、原単位データ内に介在する諸元が明示されていないため、設計段階での原単位データの見直しや検証が難しい。表1は既往の研究²⁾でも検討されているように、原単位データを模擬的に男女別構成比、用途別、器具別に分解したものである。節水器具の採用、雨水利用など雑用水による便所洗浄水への利用、男女比を考慮した使用水量の算定を行うためには、これらのデータ要素まで分解する必要があることが分かる。

図2は給水負荷を例にとり、水使用が発生する部位毎に使用水量を統合し、建物全体の使用水量を算出することを階層構造で示したものである。このとき扱うデータとしては、1日の水使用量等の静的なデータではなく、時系列的な変動要素を考慮した時刻別変動データを用いる。これは後述する給排水衛生システムにおいてエネルギー消費量のシミュレーションや雨水利用など水槽間の水位変動等を検討する際に時刻別変動データが必要となるためである。既往の文献や実測データを収集し、建物全体の使用水量のパターンだけでなく、便所単位、食堂単位といった部位毎のパターン、さらには衛生器具単位での水使用パターンをデータを活用することとなる。また人の水使用行為以外で発生する使用水量パターンとして冷却塔補給水や加湿給水等が挙げられるがこれらのデータは空調シミュレーションツールの結果と連成する。

表1 用途別使用水量の分割例

(1) 男女別構成比、用途(上水・雑用水)別の分割

		用途毎の設計使用水量 (L/人日)		構成比 平均
		男性	女性	
人員	構成比	0.62	0.38	
	在室率	0.97	1.00	
雑用水	大便器(男)	6.4		24.1 (48%)
	大便器(女)		43.2	
	小便器	6.3		
上水	洗浄便座	0.3	1.7	26.4 (52%)
	洗面器(男)	5.5		
	洗面器(女)		17.7	
	湯沸し	1.5	9.5	
	掃除	1.2	1.2	
	その他	10.0	10.0	
	計		31.2	

男女比率を使用水量に反映させることが可能

雨水利用や排水再利用の原水として雑用水を用いるときに計算が可能

(2) 器具による使用水量の分割

	器具・用途	用途別 使用水量 (L/人日)	器具による使用水量			
			1回当り 吐水量 L/回	操作 回数 回/回	利用 回数 回/日	上乗せ 分 回/日
男性	大便器(男)	6.4	8.0	1.0	0.6	0.2
	小便器	6.3	1.5	1.0	4.0	0.2
	洗浄便座	0.3	0.5	1.0	0.6	
	洗面器(男)	5.5	1.0	1.0	5.3	0.2
	湯沸し	1.5	2.5	1.0	0.4	0.2
	掃除	1.2				
	その他(散水・清掃)	10.0				
	計		31.2			
女性	大便器(女)	43.2	8.0	1.5	3.4	0.2
	洗浄便座	1.7	0.5	1.0	3.4	
	洗面器(女)	17.7	1.1	1.0	15.9	0.2
	湯沸し	9.5	2.5	1.0	3.6	0.2
	掃除	1.2				
	その他(散水・清掃)	10.0				
	計		83.3			

器具毎の吐水量から節水量を計算することが可能

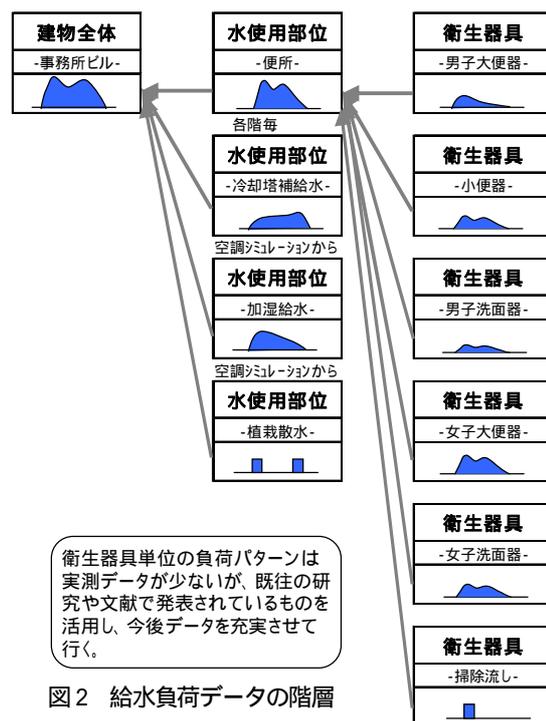


図2 給水負荷データの階層

衛生器具単位の負荷パターンは実測データが少ないが、既往の研究や文献で発表されているものを用い、今後データを充実させて行く。

2.2 水温

水温は給湯使用量や加熱負荷など給湯システムの計算に影響するため、データ要素の一つとする。BEST では気象データも有効活用出来るため、外気温度から水温を予測する換算式等を用いて、季節別、時刻別の給湯温度データを作成して、給湯使用量や加熱負荷に用いる。

また衛生器具や機器排水による温度変化が分かれば、建物全体から下水道に出る排水の温度を把握して下水熱利用のための基礎データを検討することが可能となる。

2.3 水質

水質は排水負荷を検討する際に必要となる。衛生器具（大便器、小便器、洗面器等）や厨房機器、空調機器によって生じる水質変化をデータ要素として取り入れることによって下水道への負荷や排水再利用のため原水流入負荷として検討することが可能となる。

2.4 水圧

水圧は給水・給湯システムを検討する際に必要なデータ要素である。衛生器具や機器の最小必要圧力の検証、給水系と給湯系の圧力バランスで活用が可能となる。

2.5 その他の負荷算定（ごみ量）

BEST では建物で必要な資源量算出として水使用量の他、ごみ量（一般廃棄物）の算出も取り込む。既往の研究調査では、建物用途別のごみ種別、ごみ量が原単位データとして整備しつつあるので、これらを取り入れることを検討する。

3. 給排水衛生システム

3.1 機器システム

建物での給排水衛生システムを構成する機器・器具を分類し、機器・器具間のデータの入出力を定義し、給排

水負荷が発生することに伴う、機器・器具によるエネルギー消費量を算定する。給排水衛生システムの構成はユーザーが任意に構成もしくは選択し決定する。図3に典型的な給水システムのモデルの例を示す。このとき給水ポンプで生じるエネルギー(電力)消費量の時間変動を検討したものを図4に示す。このようにBESTでは同一の給排水負荷で、異なる給排水衛生システムのエネルギー消費量を比較検討するためのツールとしても活用出来る。

給排水衛生システムにおける衛生器具数は、想定使用人員や待ち時間のサービスレベルの設定によって衛生器具別に算定可能である⁴⁾。衛生器具数が決定されれば、これに付随する温水洗浄便座や温風乾燥機、洗面器に組み込まれた小型電気温水器の電力消費量を計算することが出来る。これら衛生器具に付随する設備は待機電力消費設備として把握することが可能となる。

衛生器具数と給水負荷の関係は、任意利用形態や集中利用形態かにより異なり、例えばある階で衛生器具数が不足し他の階へ移動して利用する場合など、衛生器具数によって給水負荷変動がどのように変わるかなども今後の計算法の検討課題としている。

3.2 配管システム

既往の給排水衛生システムの計算法において配管システムを考慮したものとして、瞬時給水負荷の算定、排水負荷算定、CEC/HW(給湯設備のエネルギー消費係数)の算出等³⁾⁴⁾が挙げられる。BESTにおいても機器システム同様、配管システムによって給排水負荷(水量、水温、水圧)が変化する媒体として取り扱うことを検討する。特に給排水衛生システムで建物のエネルギー消費量に大きく影響する給湯システムでは、CEC/HWを代表とす

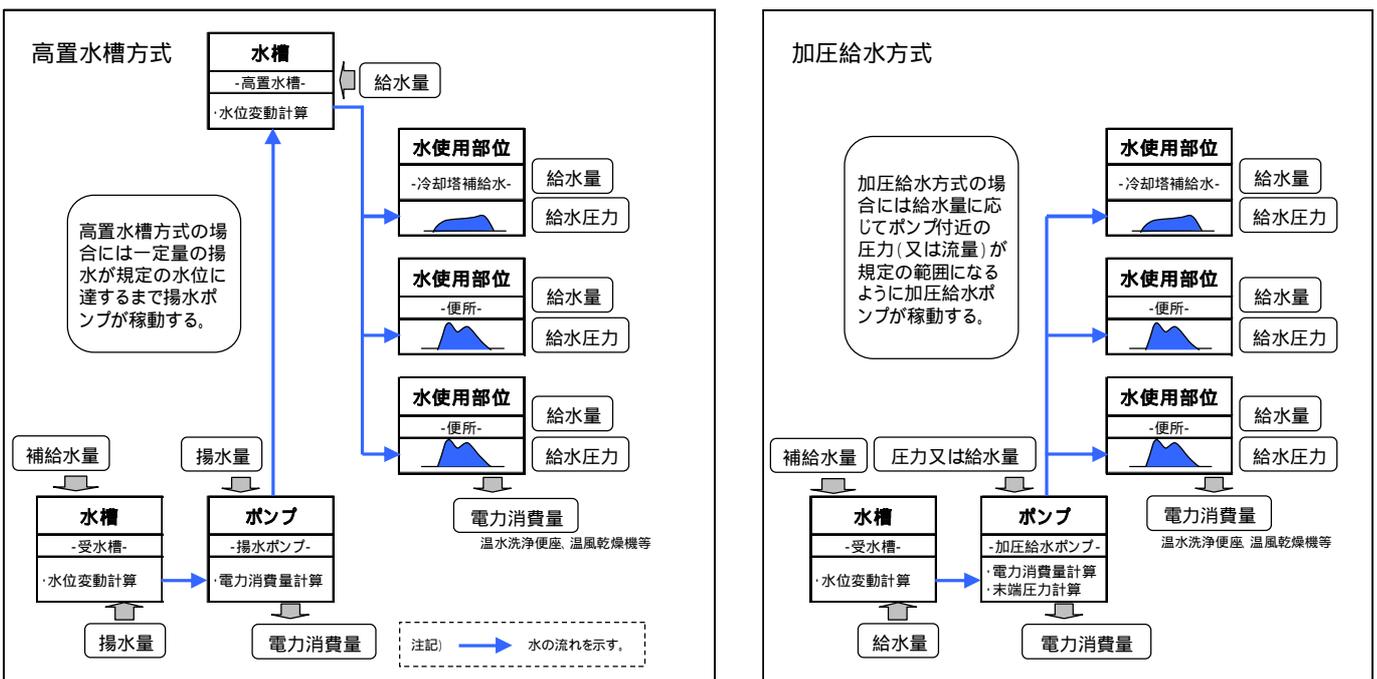


図3 給水システムのモデル例

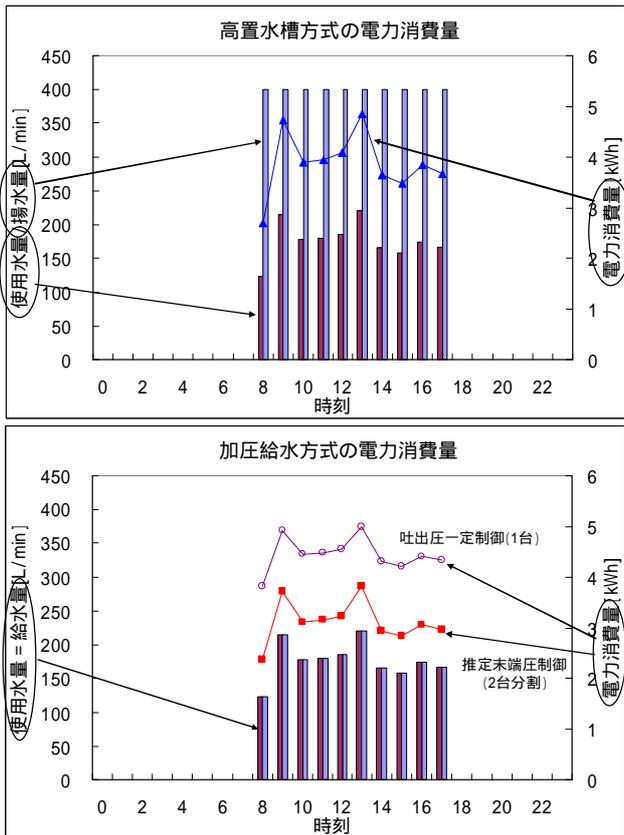


図4 給水ポンプの電力消費量の時間変動例

る省エネルギー計算が法的に必要であり、この中で配管からの熱損失を考慮したシステム構築が求められている。

図5に典型的な給湯システムのモデルを示す。給湯システムにおいては、太陽熱利用システムや排熱利用・排熱回収システム、加熱機器の運転時間を考慮した深夜電力利用給湯システムなどの加熱機器に関する計算、熱損失計算のための周囲温度、外気温度と相関性が高い給水温度など、気象データや空調システム計算データなど関連する部分が多くあり、建物全体のシミュレーションツールとして位置づけられるBESTの特徴を活かした検討が必要となる。

3.3 再利用システム

BESTでは雨水利用システムや排水再利用の計算も検討する。雨水利用システムでは原水となる時々刻々の降雨データを気象データから取り入れ、雨水の利用先となる雑用水の給水負荷パターンから水槽間の水収支バランスを解くという計算法となる。排水利用システムも同様に、原水となる排水負荷、排水処理装置、水槽類、利用先となる雑用水の給水負荷パターンから計算することとなるが、いずれも時間遅れを考慮した時間軸の概念や水質変化、処理装置に要するエネルギー消費量をデータ要素として取り入れたシミュレーションを検討課題としている。

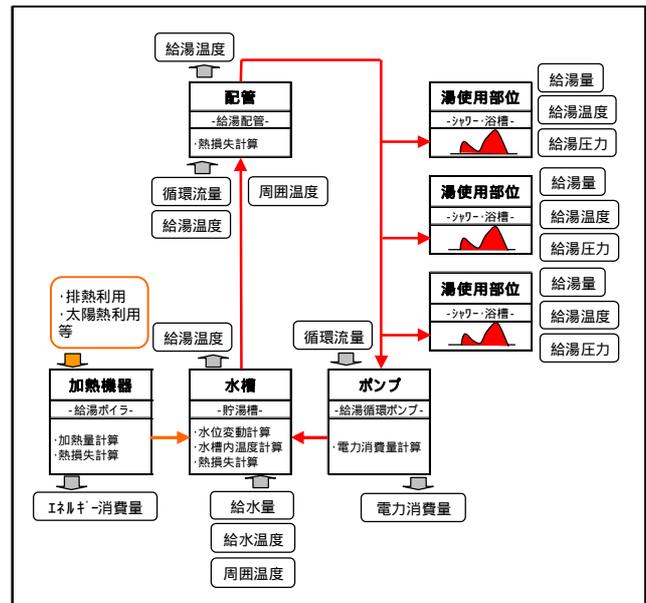


図5 給湯システムのモデル例

4. まとめ

BESTにおける給排水衛生システムの計算法の考え方について述べた。計算法の検討では、BESTがユーザーに広く活用してもらうことを主眼とし、既往の研究成果による計算方法や文献値を極力活用可能なように再構築を行っている。建築・空調・電気設備と連成し総合的に解くという概念を取り入れ、資源量やエネルギー消費量を算出することと、運用段階において実績データを収集して、本シミュレーションツールに当てはめることでより精度の高いツールとすることなど、給排水衛生システムの計算法において新たな位置づけが形成されるものと期待される。

[謝辞] 本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST 開発普及事業研究会(村上周三委員長)」ならびに衛生作業部会の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表すものである。衛生設備作業部会名簿(順不同) 部会長:大塚雅之(関東学院大学)、幹事:長谷川巖(日建設計)、委員:小瀬博之(東洋大学)、前真之(東京大学大学院)、飯田芳史(長谷工コーポレーション)、菊池健二(2007.3までは老沼広之)(三機工業)、小原直人(ピーエーシー)、鶴岡賢悟(西原衛生工業所)、草深隆道(東邦ガス)、久保田祥彰(大成建設)、佐々木真人(日本設計)、武田成司(齊久工業)、土井章弘(竹中工務店)、村江行忠(戸田建設技術研究所)、宮本和弘(東京電力)、協力委員:久野岳人、曾我部伸雄(以上、INAX)、梶田卓司(2007.3までは山内大助)(TOTO)、事務局:野原文男、藤井拓郎(以上、日建設計)、諏佐佐平、生稲清久(以上、建築環境・省エネルギー機構)

[参考文献]

- 1) 紀谷文樹、村川三郎、給水設備の負荷設計
- 2) 小坂信二他、給水使用量の新しい計算方法の提案(水負荷計算法) 第1報~第8報、空気調和衛生工学会学術講演梗概集(2001.9~2005.8)
- 3) 建築環境・省エネルギー機構、建築物の省エネルギー基準と計算の手引(CEC/HWの計算法)
- 4) 空気調和・衛生工学会、SHASE-S206-2000 給排水衛生設備規程・同解説