

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４）

給排水衛生システムの計算体系

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 4)

Outline of Calculation Method for Plumbing Systems

正会員 大塚 雅之（関東学院大学） 特別会員 村上 周三（慶応義塾大学）
 正会員 長谷川 巖（日建設計） 正会員 小瀬 博之（東洋大学）
 正会員 前 真之（東京大学） 正会員 麩岡 賢悟（西原衛生工業所）

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

Hiroyuki KOSE*⁴ Masayuki Mae*⁵ Kengo KAMEOKA*⁶

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

*⁴ Toyo University *⁵ University of Tokyo *⁶ Nishihara Engineering Company

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 system operation while contributing to the conservation of energy and water sources.

はじめに

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。前報¹⁾²⁾までに全体開発の意義と構想、空調システムの計算ツールの骨子を述べた。既往の建物内での消費エネルギーシミュレーションツールは空調システムに関するものが主で、給排水衛生分野で必要となる水消費量や給湯エネルギー量などを算定する総合的計算ツールは、実務レベルでは開発されていない。

しかし、**図1**の建物用途別一次エネルギー消費量と内訳を示すようにホテル、病院ではエネルギー消費量の3割以上が給湯に関するものであり、省エネ法では中央方式の給湯システムにおいて CEC/HW を評価指標に省エネルギー性の評価を行っている。また、わが国では CASBEE において、資源・マテリアルの評価項目として節水に関する評価基準が定められている。給排水衛生分野の国際研究の発表の場である CIBW062 においても、欧州さらにはアジア諸国では、中国、台湾でも水資源の保護と都市での水需要コントロールを行なうために、節水型機器や雨水・排水再利用システムに関する研究報告が増えてきている。このように給排水衛生システムにおいても資源の削減と有効利用、給水・給湯システムの消費エネルギー量を計算できるシミュレーションツールの開発は不可欠なものと考えられる。

本報では、給排水衛生システムの設計、さらには運用

時の消費エネルギーや水使用量も計算でき、省エネ化と省資源化に寄与できる計算ツールの開発目的とその体系の概要を述べる。

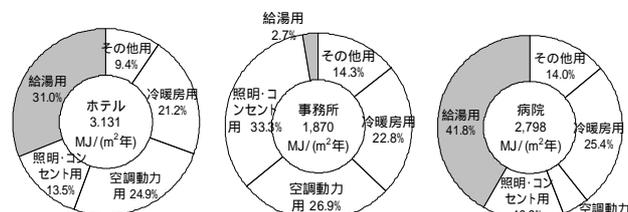


図1 各種建築物における一次エネルギー消費量と内訳³⁾

1. 既往の給排水衛生システムの計算ツールとその課題

1.1 現行の給排水衛生システムの負荷計算法

- 瞬時最大負荷の計算と個々のシステム計算が中心 -
 給排水衛生設備の技術体系となる SHASE § 206 技術要項⁴⁾や建築設備設計基準等では、給水、給湯、排水、雨水での各負荷計算は、各配管の管径サイズや機器容量を決定するために用いられており、既往研究の多くはそれを主眼としたものである。給水に関しては、SHASE § 206 技術要項に、器具給水単位による方法を始め5つの負荷計算法が掲載されている。それらの主な目的は、各種原単位データから瞬時最大流量を計算することにある。給湯負荷、排水負荷の計算法も扱う流体の種類は異なるがほぼ同様な目的で、給湯については時間最大給湯量を、排水に関しては排水負荷流量を計算する。いずれも瞬時最大負荷として捉えるのみで、時系列的に変化する動的負荷変動を設計に用いるためではなく、設計後にシステムを運

転した場合の期間内負荷変動をシミュレーションできるツールとはなっていない。

1.2 給排水システムの機器容量算定法の課題

- 原単位の可変性と動的負荷への対応 -

前述した 1.1 や機器容量の設計の目的には、各種原単位データが用いられる。例えば、給水システムにポンプ、受水槽、高置水槽などの容量計算には、古くから学会便覧等に掲載された 1日1人当たり・・・といった原単位データが採用されてきた。また、水槽容量も一日の建物使用水量にある割合を乗じて規定する基準書も多い。しかし、その基本となる原単位データの根拠が不明であること、建物の複合用途や衛生器具の節水化などに対応できないことなどの課題点が指摘され、それらの欠点を改善するために新しい水負荷設計法や機器設計法も提案されてきた⁵⁾⁶⁾。その特徴は、原単位データを細分化し、個々の衛生器具の洗浄水量、使用回数、使用頻度などを考慮して細分化することで用途変更や器具変更に対応できるとした点である。また、建物用途別に1日の時間別使用パターンを提示することでポンプ等の発停や運転パターンもそれに合わせて推定できることも指摘している。また、給水・給湯と排水の総量に差異が僅かであれば、この考え方は排水処理の浄化槽での処理装置の運転パターンへも利用できることである。これらの動的負荷変動とそれを用いた機器容量の設計の考え方は、機器運転パターンをシミュレートするために大変参考になる。

1.3 消費エネルギー量と資源量の算定に関する視点

- CEC/HW と CASBEE も支援する計算ツールの開発 -

1.1、1.2の現状を踏まえれば、今まで給排水衛生システムを総合化させ、動的な水使用パターンに対しシステムで消費されるエネルギー量を計算するシミュレーション

ツールがなかったことが大きな課題である。もちろん、省エネルギーや省資源を評価する指標には、冒頭でも述べたが CEC/HW や、CASBEE の資源・マテリアルの評価指標があるが、設備運用時の消費エネルギー量や省資源量（節水・節湯量など）を定量的に計算できるものではない。

1.4 空調システム設計や気象データとの連携

- 他設備システムと連成して給排水システムを解く -

給水システムでの水使用量を正確にシミュレートする場合には、生活使用とは別に、空調用の冷却塔補給水、加湿給水などへの利用量を考慮する必要がある。冷却塔の補給水は冷凍機の冷凍能力あたりの水量あるいは冷却水循環量の一定割合を見込むことと実務書には記載があるが、空調システムの運転パターンを想定し、そこからフィードバックされる使用量を盛り込む設計には至っていない。また、給湯システムに太陽熱利用システムを採用する場合や雨水利用システムを計画する場合などには、豊富でかつ時間間隔の短い気象データ（日射量や降雨量）を利用することも必要である。コージェネレーションシステムからの排熱の給湯への有効利用を検討するためにも連携が必要な部分である。

2. 給排水衛生システムでの計算プログラム開発の目的

図2に給排水衛生システムのプログラム全体開発フローを、図3に一例として給水システムでの計算フローを示す。開発の要点を以下に示す。

2.1 給水・排水の負荷算定から機器システムの運転

パターンの計算を一貫させたプログラム

衛生器具の種類、1人当たり日使用水量、時間負荷パタ

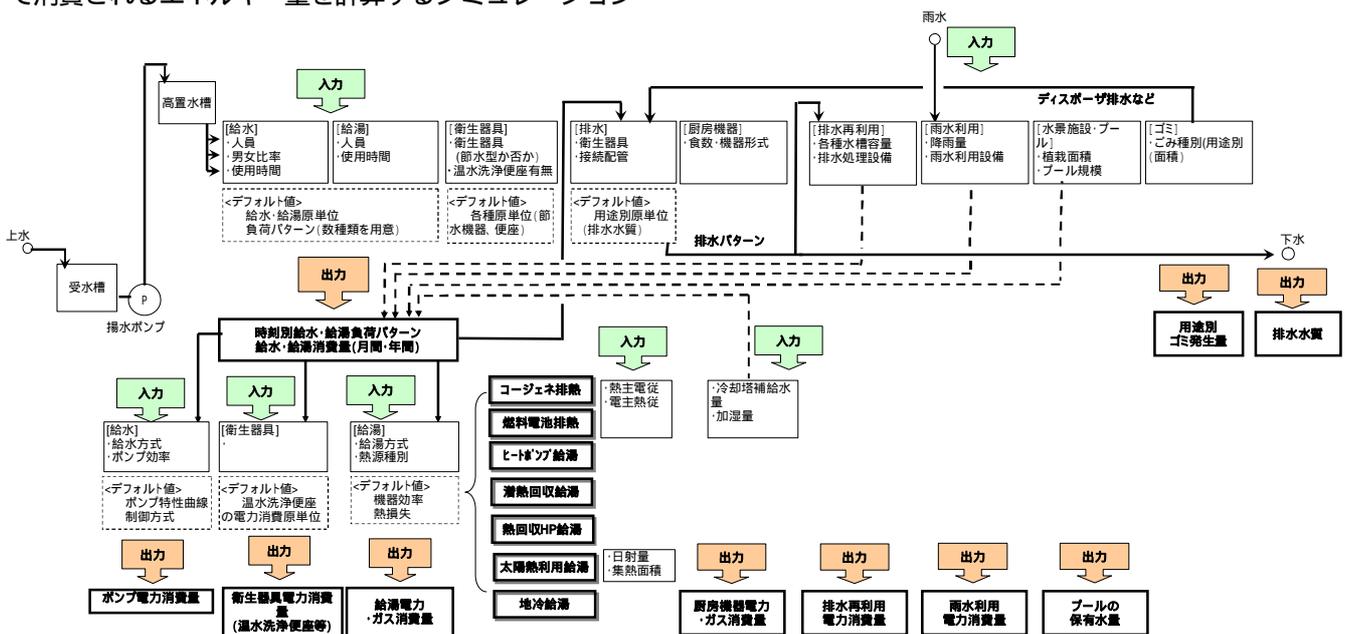


図2 給排水衛生システムのプログラム全体開発フロー

ーン、建物形状などを入力することで、時刻別給水給湯負荷パターン、給水給湯使用量(月間,年間)が算出できる。それらの値と各種給水・給湯システムにおけるポンプ、熱源機等の機器特性データを用いて計算することで、月間・年間のポンプ電力消費量、衛生器具電力消費量、給湯の電力・ガス消費量が一貫して計算できる。

2.2 原単位や負荷パターンなどの既往の文献値データや研究成果も活用でき、今後も更新が可能

便覧等に定める使用水量・給湯量などの過去の原単位データのみではなく、例えば節水型器具へ変更する場合の消費量の削減などにも対応でき、データのフレキシブルな入力変更や、更新が可能であることとする。また、今までも用いられてきた定量的原単位データのみではなく、建物用途ごとに各種負荷変動パターンを用意し、計算を可能とする。

2.3 資源量(水使用量・資源量)と消費エネルギーを同時に算出する

2.1、2.2を考慮し、建物内で消費される水使用量やごみ量(一般廃棄物)などの資源量とともに、給排水設備システムを運転した場合にポンプ、衛生器具、給湯機器システムなどで消費する電力、ガスのエネルギー量も算出できる。

2.4 給水、給湯、排水・再利用システムまでの給排水衛生システムに関わる計算を一体的に解く

計算対象システムは給水、給湯、衛生器具、排水、厨房機器、排水再利用、雨水利用、水景施設、プール、ごみ処理などとする。建物側での入力条件は、2.1で述べたものと、その他に降水量データなどとし、前記システムを一体的に計算してゆく。但し、最初はもっとも基本となる給水、給湯システムから着手して行く。

2.5 建築、空調、電気設備と連成して解く

建物の形状は、給水・給湯システムの計算では配管ルートに決定に影響する。また、1.4でも指摘したように空調用の冷却塔補給水量や加湿給水量、給湯設備でのコージェネレーションシステムの排熱利用など、給排水衛生システムに関連した事項が多い。よって、単に給排水衛生システムを他の設備と独立させて計算するのではなく、建築、空調、電気設備と関連部分を連成させて計算できるデータのやり取りのシステムを備えることとする。また、雨水利用システムでは降雨量が、太陽熱集熱システムを給湯に用いる場合には日射量データが計算に必要な。本プロジェクトの一環として整備される豊富な気象データを活用することとする。

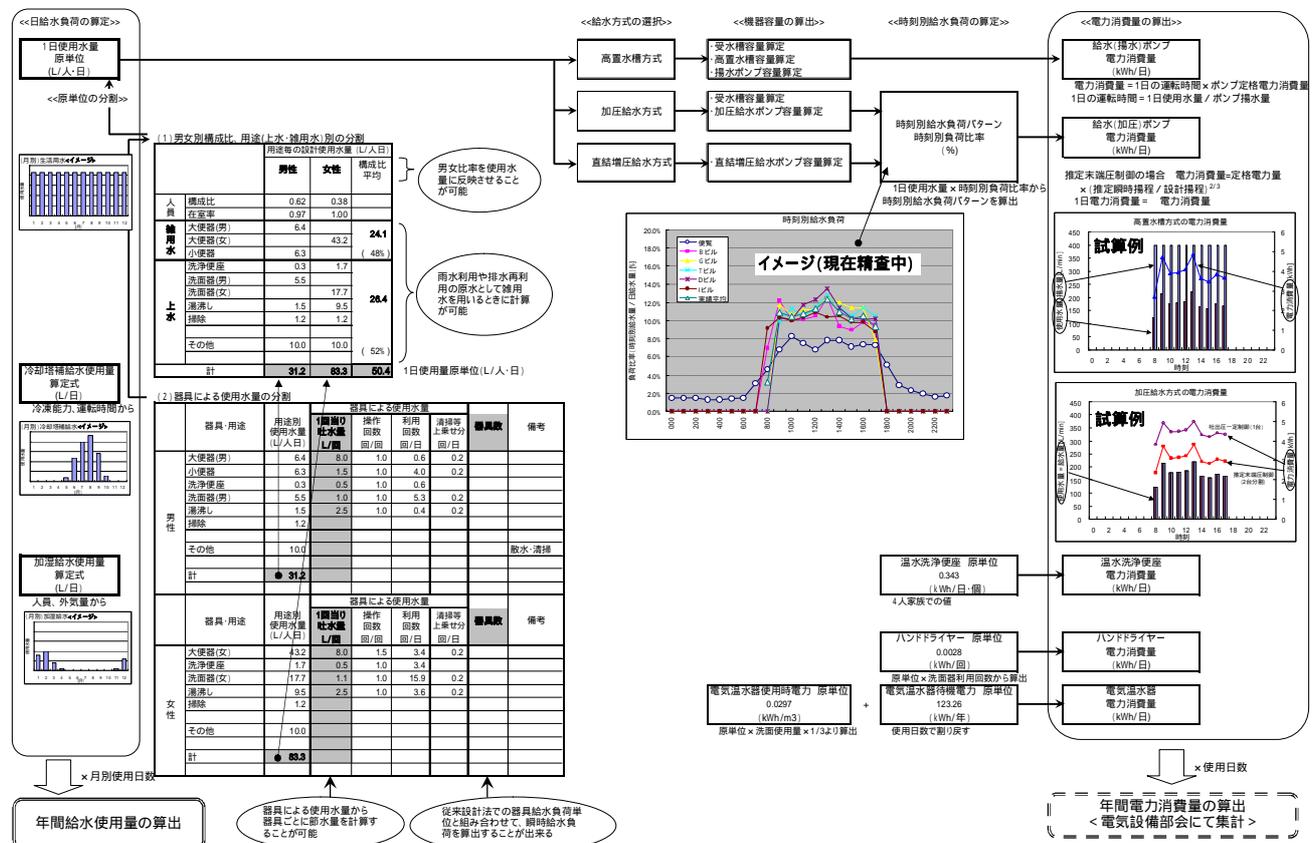


図3 給排水設備計算フロー (給水システムを中心とした例)

3. プログラムの具体的な活用方法と将来展望

3.1 水の消費量と給排水衛生システムの消費エネルギー量の計算

例えば、各種給水システムの計画や設計に際し、給水システムごとの消費エネルギーの差異をシミュレーションにより確認できることは設計者が施主へのプロポーザルを行う際に有効である。図3中に高置水槽方式、ポンプ直送方式の消費電力量の比較検討のイメージを示す。また、図4に出力結果のイメージを示すが、各種用途別給水量、システム消費エネルギー量などを見やすく出力させる。

3.2 負荷パターンと原単位の分割を考慮した計算

図3中に既往文献値より得られた事務所ビルの給水負荷パターンデータの例を示すように、時刻別負荷比率(時刻別給水量/日給水量)をデフォルト値として用意することで負荷変動パターンを考慮した消費エネルギー量が容易に算定できる。器具ごとの使用水量の分割も可能とする。

3.3 衛生器具の特徴を考慮した建物全体での節水効果の計算

リニューアル時などには、節水型器具を適用した場合の節水量と省エネ効果を試算できる。水まわりの改修に伴い節水型器具へ変更することにより図5のように使用水量の削減効果を比較できる。水まわり全体を視野に入れ、ハンドドライヤー、温水洗浄便座、厨房機器などでの消費エネルギー量の計算も可能とする。

3.4 連成計算による資源量とエネルギー消費量の算出

図6のように、給湯負荷パターン、日射集熱面積データ、気象データを入力することで、種々の給湯システムでのエネルギー消費量も計算する。また、豊富な降雨データを用いることで図7のように雨水利用システムを計画した場合の上水代替量の計算も可能とする。

4. 今後の課題

今後は、配管や機器からの熱損失を考慮した給湯用エネルギー消費計算として、建築との連成による CEC/HW の簡易計算を検討すること、配管摩擦損失の変動を考慮した吐水圧計算法の検討を行うことなどが必要である。

[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)、齋岡賢悟(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(資久工業)、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)、

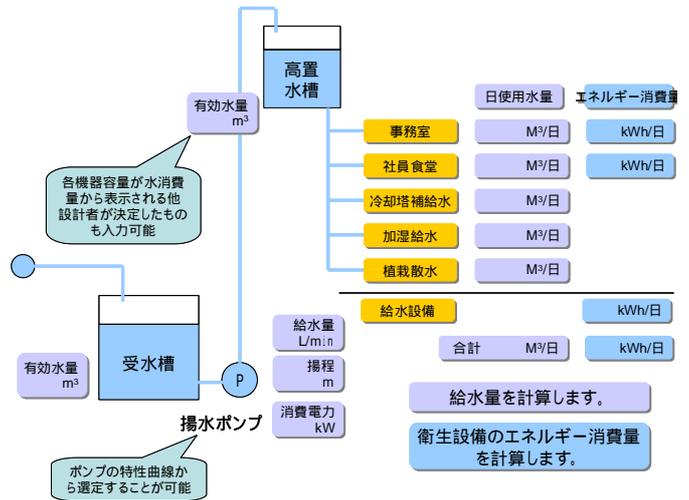


図4 給排水システム別使用水量と消費エネルギー量の算定

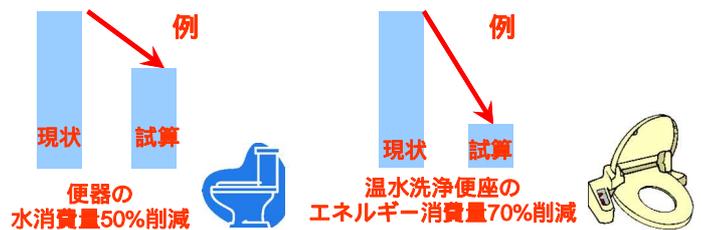


図5 リニューアル前に節水・省エネ効果を試算

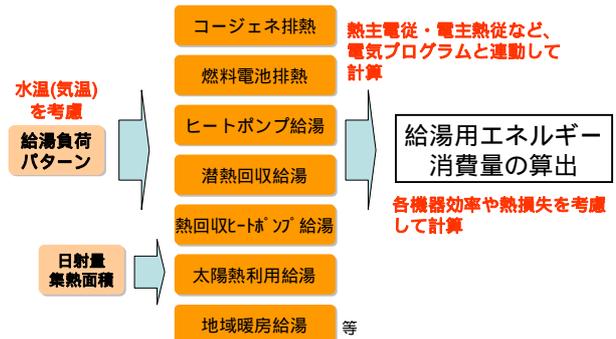


図6 種々の給湯システムの計算に対応

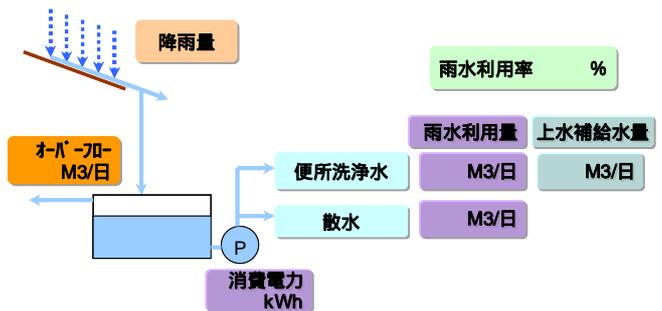


図7 雨水利用設備の計算

事務局:野原文男、藤井拓郎(以上、日建設計)、諏佐庄平、生稲清久(以上、建築環境・省エネルギー機構)

【参考文献】

- 1) 村上周三他; 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1) BESTの開発意義と構想, 2) 石野久彌他; 同上(その3) 建築・空調システムの計算体系, 3) (社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会「平成14年度建築物エネルギー消費量調査報告書」, 4) SHASE-S206 給排水衛生設備規準・同解説, 5) 小坂信二他; 給水使用量の新しい計算方法(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), 6) 小瀬博之他; 負荷変動を考慮した給排水設備の機器設計法の検討, 空気調和衛生工学会学術講演梗概集(2001.9)