

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55）

給湯プログラムによる計算事例

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 55)

Calculation Case Studies of Domestic Hot Water Supply System Program

正会員 大塚 雅之（関東学院大学） 特別会員 村上 周三（建築研究所）
正会員 長谷川 巖（日建設計） 正会員 前 真之（東京大学大学院）

Masayuki OTSUKA*¹ Shuzo MURAKAMI*²

Iwao HASEGAWA *³ Masayuki MAE*⁴

*¹ Kanto Gakuin University *² Building Research Institute

*³ Nikken Sekkei *⁴ The University Of Tokyo,

This study aims to develop a calculation tool, which is able to simulate the overall energy consumption of air-conditioning systems, electric systems and plumbing systems for buildings. In the previous paper (Part 37), the authors described the hot water supply calculation modules and the calculation method. This paper discusses several case study results on hot water supply consumption, energy consumption etc. by using a hot water supply system simulation tool.

はじめに

建築物において、給湯エネルギー消費量は建物種類によって大きく異なるが、特にホテル・病院などにおいては大きな割合を占め、省エネルギー基準においても、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・配管における熱損失等を含んだ評価や計算方法が示されている。¹⁾

本研究は、建築物における空調、電気、衛生の各設備システムに関する総合的なエネルギーシミュレーションツール(以下 BEST)の開発と実用化を目的としたものである。既往の研究²⁾ではBESTにおける給湯プログラムのモジュール構成や給湯計算方法を示したが、本報では前報に引き続き、給湯プログラムの活用方法として計算事例を示しながら解説を行う。

1. 給湯プログラムにおける標準システム例

図1に本報で扱う標準システム例として、循環系給湯配管を持つ中央式給湯システムを示す。BEST 給湯プログラムは、建築給排水衛生設備における衛生器具・機器・負荷等を「モジュール」として捉えモジュール単位において計算式・計算方法を定め、このモジュール間において「ノード」と呼ばれる演算情報のやりとりを行うことでシステム全体の計算を行っている。ここでいうノードとは、水の水量や水温情報を示している。実際にプログラム上の操作では、モジュールの仕様（加熱装置であれば、加熱能力、エネルギー消費量、給湯温度等）を入力し、モジュール同士を「接続」することでシステムを構築する作業となるが、あらかじめ典型的な標準システム

を用意しておくことでユーザーが容易にシミュレーション可能なように工夫を行っている。これを「プレート」機能と呼び、図1のような標準システムを用意している。

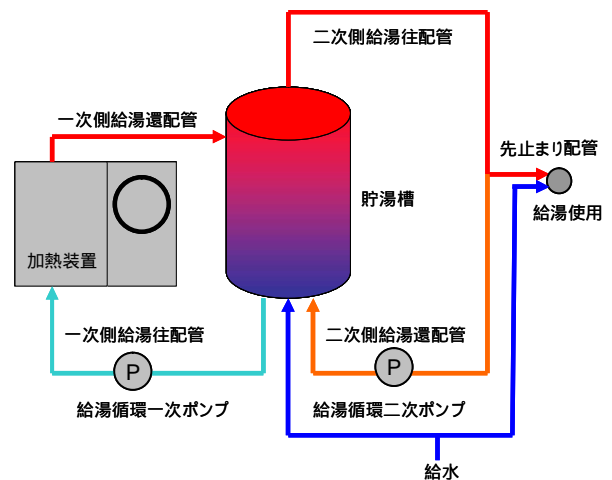


図1 給湯プログラムにおける標準システム

2. 給湯プログラムによる計算事例

2.1 計算条件

延床面積約 28,000 m²、客室数約 400 室のホテル用途で実在する建物を計算モデルとした。モデル建物の諸元と、計算に必要な給湯使用量原単位、人員、面積、貯湯槽容量、加熱装置の能力とエネルギー消費量、循環ポンプ容量、給湯配管長さや熱損失量、給湯使用温度、給湯供給温度、循環ポンプ運転スケジュール等を設定したものを表1に示す。BEST プログラムでは設備容量を自動的に算出するものではなく、表2に示すようなパラメー

タを用いて熱損失計算やエネルギー消費量計算が可能なものである。なお、シミュレーションを行うことで設定した設備容量が足りているか否かも検証を行うことが出来る。

図2は本計算で設定した給湯負荷パターンを示したものである。負荷パターンは1日使用原単位を100%(=1)とし時刻別の使用比率を作成したものである。1日の給湯使用原単位×人員(面積)×負荷パターン(時刻別の使用比率)により、給湯負荷変動を作成する。今後はこの1日給湯使用原単位を器具別に分解し、1日あたりの使用回数と掛け合わせることで算出する手法とすることでより汎用性の高い給湯負荷変動の算定が期待される。

2.2 基準ケースと比較検討ケースの計算概要

本研究では標準的な中央式給湯システムの計算を基準ケースとし、種々の条件を変えた場合の給湯負荷、熱損失、給湯エネルギー消費量についてそれぞれシミュレーションし、比較検討を行った。

1) 基準ケース

表1に示した計算条件に基づき1時間間隔で年間計算を行った。1日給湯使用量(給湯使用温度設定:43一定)は一定であるが給水温度によって、給湯負荷(約60供給)と給水負荷に分離してシステム計算を行う。図3は給水温度が最も低い冬期(1/24)、図4は給水温度が最も高い夏期(7/17)における、1日の給水・給湯負荷変動を示したものである。なお給水温度はBEST気象データを用いる外気温度データと地域別水道水換算係数¹⁾により算出している。図5、図6はそれぞれの日における、給湯戻り温度、給水温度、加熱装置への入口温度、加熱装置からの出口温度、給湯末端出口温度を5分間隔計算により算出したものである。冬期(1/24)においては加熱装置への入口温度が低いため、常に加熱装置が運転されている状態であるが、夏期(7/17)においては、加熱装置が運転される条件(加熱装置からの出口温度設定60 - 加熱装置への入口温度 < 温度差5)に満たない時間帯があるため、このときはON/OFF状態となり加熱装置からの出口温度が変化をすることになる。

表1 モデル建物と計算の諸元

1) 延床面積	28,000 m ²	客室部	16,000 m ² (400室)	共用部	12,000 m ²
2) 建設地	東京				
3) 給湯使用量	客室部 220 L/人・日 共用部 50 L/m ² ・日	人員	600人	面積	350 m ²
4) 貯湯槽容量	30 m ³	平均熱損失	5 W/		
5) 加熱装置	2,000 kW	定格ガス消費量	2,500 kW(ボイラー効率0.8)	定格電力消費量	1 kW
		加熱装置からの出口温度(設定値)	60		
6) 循環2次ポンプ	200 L/min	揚程	5 mAq	ポンプ効率	0.6
循環1次ポンプ	520 L/min	揚程	15 mAq	ポンプ効率	0.6
7) 二次側給湯往配管	1932 W/	保有水量	1507.2 L		
二次側給湯還配管	2093 W/	保有水量	1632.8 L		
先止まり配管	1292.4 W/	保有水量	588.75 L		
一次側給湯往配管	215.45 W/	保有水量	392.5 L		
一次側給湯還配管	215.45 W/	保有水量	392.5 L		
8) 給湯使用温度	43				
循環2次ポンプスケジュール	0:00 ~ 24:00(常時運転)				
循環1次ポンプスケジュール	0:00 ~ 24:00(出入口温度差5 以上で運転)				

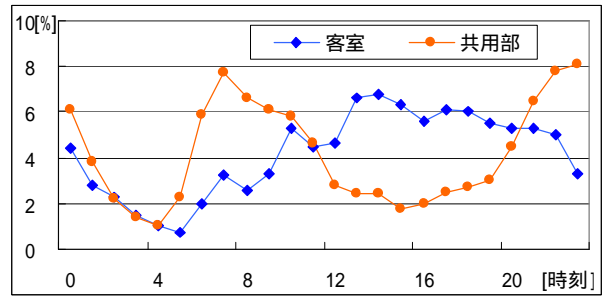


図2 モデル建物の給湯負荷パターン

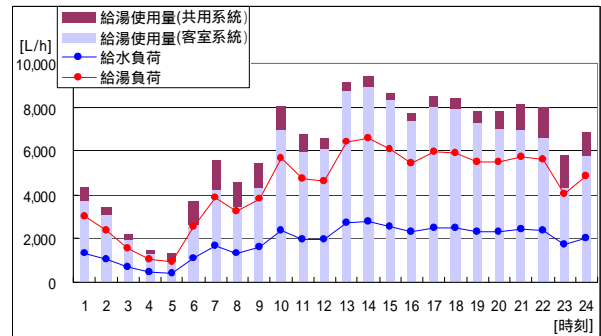


図3 給水・給湯負荷変動(冬期1/24)

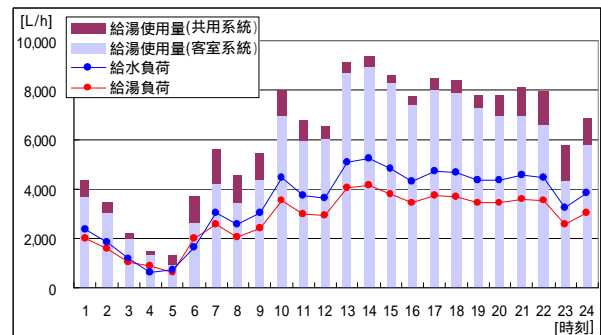


図4 給水・給湯負荷変動(夏期7/17)

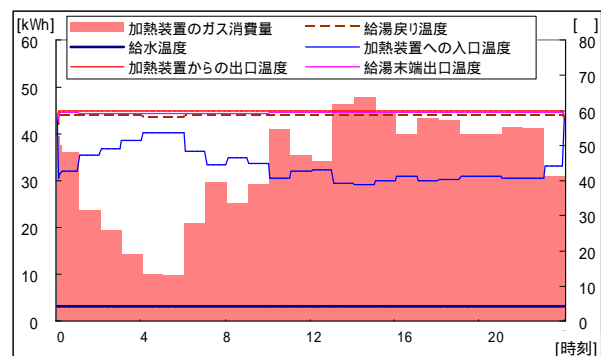


図5 給湯エネルギー消費量・給水給湯温度(冬期1/24)

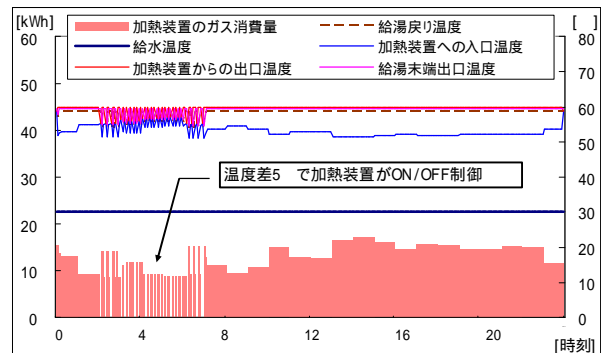


図6 給湯エネルギー消費量・給水給湯温度(夏期7/17)

図7には給湯配管、貯湯槽からの熱損失量の年間時刻変動を示す。二次側配管からの熱損失に比べ、一次側配管や貯湯槽からの熱損失はわずかである。また夏期においては熱損失量も減少することが計算されている。

図8にはエネルギー消費量の年間時刻変動を示す。加熱装置のガス消費量に比べ、一次・二次ポンプや加熱装置の電力消費量はごくわずかである。また夏期におけるガス消費量は冬期の約半分となっている。4月～10月までの間は加熱装置がON/OFF制御される時間が生じることが分かる。図9に給湯配管貯湯槽の熱損失、給湯負荷の年間比率を示す。基準ケースにおける負荷構成は、給湯負荷が約88%、二次側給湯配管の熱損失負荷が10%、一次側給湯配管と貯湯槽の熱損失負荷が2%となった。図10にエネルギー消費量の年間比率を示す。本ケースではガス熱源による加熱装置を採用しているため、加熱装置のガス消費量が98%と大半を占め、加熱装置の電力消費量や循環ポンプの電力消費量は約2%とわずかである。

2)比較検討ケース

表2に比較計算を行った検討ケースの一覧を示す。比較検討では、基準ケースに対して、節湯器具の採用、地域別の検討、保温仕様の検討、加熱装置の効率の検討、2次ポンプ制御の検討、給湯使用量の変更を行った。それぞれのケースにおいて給湯負荷、熱損失負荷、給湯エネルギー消費量を算出した。

2.3 計算結果

図11に各検討ケースの計算結果を示す。

1)節湯器具の採用

節湯器具の採用は基準ケースと比較して、節水型のシャワー器具を採用することで10%の給湯使用量を削減、洗面器用途に自動給湯栓を採用することで40%の給湯使用量を削減したケースである。このことにより給湯負荷は建物全体で約14%削減、給湯エネルギー消費量は約12%削減されたが、熱損失負荷は基準ケースと変わらない。

2)地域別の検討

CEC/HWで示されている代表9地域¹⁾の地域別の試算を行ったケースである。基準ケース(東京)と比較して、給湯エネルギー消費量は札幌では約20%増し、鹿児島では約12%減となった。

3)保温仕様⁵⁾の検討

保温仕様の変更を行った場合の検討ケースである。基準ケース(保温仕様1)と比較して、保温仕様2の場合には、配管と貯湯槽の合計熱損失が約1.5倍、給湯エネルギー消費量が約5%増える。また保温なし(裸管)の場合には、配管と貯湯槽の合計熱損失が約6倍、給湯エネルギー消費量が約1.5倍にもなることが分かる。

4)加熱装置の効率の検討

加熱装置の効率(COP)を基準ケースの0.8から1.0に変えた場合には、基準ケースと比較して給湯エネルギー消費量は約20%減となる。今後は高効率給湯熱源機器の機器特性を考慮したシミュレーションが行えるよう開発を行う予定である。

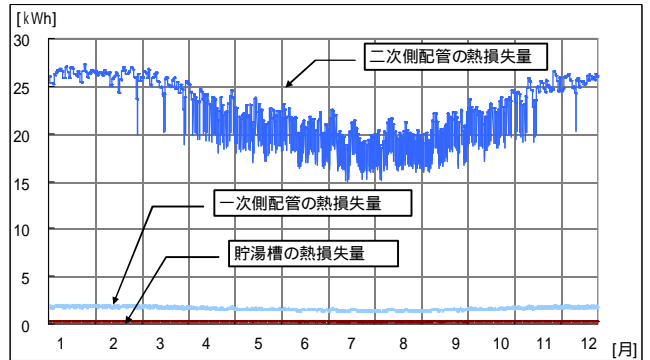


図7 給湯配管・貯湯槽の熱損失量の年間変動

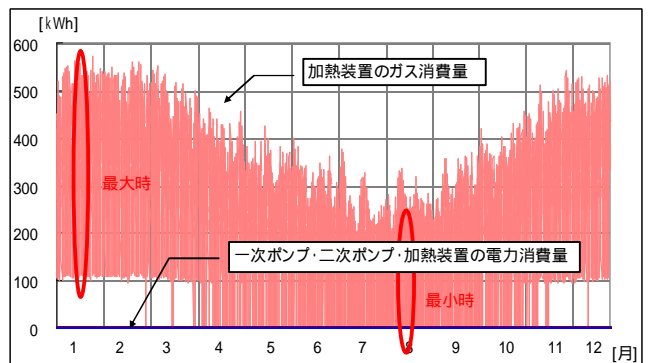


図8 エネルギー消費量の年間変動

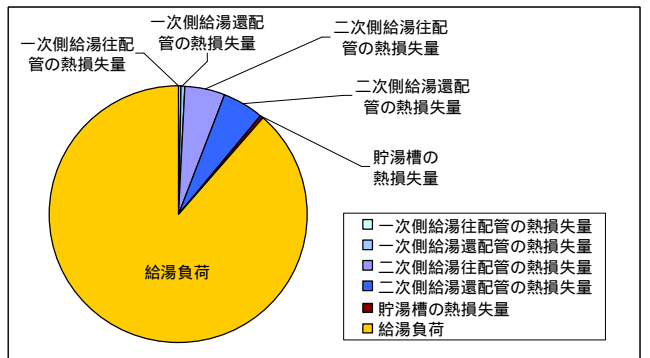


図9 給湯配管と貯湯槽の熱損失、給湯負荷の年間比率

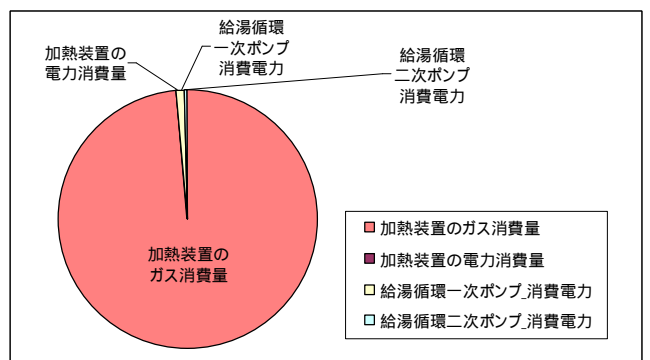


図10 エネルギー消費量の年間比率

表2 比較計算の検討ケース

検討ケース	シミュレーション条件
0) 基準ケース	
CASE01	表1の諸元に基づく条件
1) 節湯器具の採用	
CASE11	給湯使用量: 客室系統10%減、共用部系統40%減
2) 地域別の検討	
CASE21 ~ 28	札幌、仙台、新潟、名古屋、大阪、福岡、鹿児島、高知における計算
3) 保温仕様の検討	
CASE31, 32	保温仕様2、保温なし(裸管)での検討
4) 加熱装置の効率検討	
CASE41	加熱装置の効率1.0として検討
5) 2次ポンプ制御の検討	
CASE51, 52	夜間の給湯循環2次ポンプの停止
6) 給湯使用量の変更	
CASE61, 62	給湯使用量を50%、給湯循環2次ポンプの停止

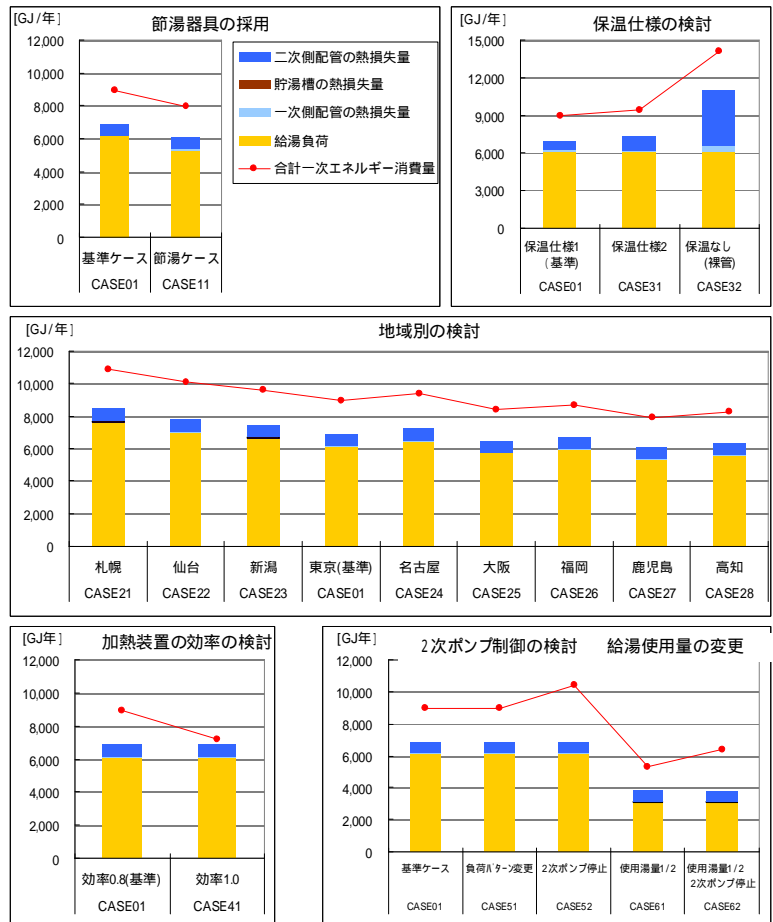


図11 各検討ケースの検討結果

5) 2次ポンプ制御の検討

日給湯使用量は基準ケースのままとし、夜間給湯使用がない負荷パターンに変え、夜間2次側給湯循環ポンプを停止した場合の検討を行った。循環ポンプが停止している場合に配管内に滞留している給湯の温度降下を計算することで、BEST 給湯プログラムではポンプの運転制御も考慮したシミュレーションを行うことが出来る。2次ポンプを停止した場合、基準ケースと比較して給湯エネルギー消費量は約16%増となった。

6) 給湯使用量の変更

基準ケースに対して給湯使用量を半分とした場合、つまり部分負荷状態が実績値が設計値に対して過小の場合には、給湯負荷は50%減となるが、配管と貯湯槽の合計熱損失は逆に増えるため、給湯エネルギー消費量は40%減となる。また5)と同様に2次ポンプを停止した場合、基準ケースと比較して給湯エネルギー消費量は約20%増となった。

4. まとめ

本報では、BEST 給湯プログラムによるシミュレーション活用事例として、節湯器具の採用や給湯使用量の変化による検討、給水温度の変化を伴う地域別の検討、保温仕様の検討、加熱装置の効率の検討、2次ポンプの運転等制御の検討例を示した。

[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 コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、クラス構想 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。衛生設備SWG名簿(順不同)主査: 大塚雅之(関東学院大学)、幹事: 長谷川蔵(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(三機工業)、小原直人(ピーエーシー)、櫻岡賢悟(西原衛生工業所)、山口幸寛(2008.12 まで草深隆道)(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、事務局: 野原文男、藤井拓郎(以上、日建設計)、諏佐庄平、生稻清久(以上、建築環境・省エネルギー機構)

[参考文献]

- 1) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引、財団法人 建築環境・省エネルギー機構、p297 ~ P341、2007.5(改定2版)。
- 2) 前真之他: 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37)給湯プログラムの概要、平成20年度空調・衛生工学会学術講演論文集、2008/8
- 3) 岩本静男・他、建物内給水システムにおける給水温の予測法、空衛学会学術講演会講演論文集、2001.9.
- 4) 坂上恭介・岩本静男・他、配水管・給水管内水温の予測法に関する研究(第1報)~(第3報)、空衛学会論文集、No.82、No.112、No.120.
- 5) 保温仕様: 保温仕様1は、空調調和・衛生工学会 建築・設備の省エネルギー技術指針p217断熱強化の例(呼び径40未満: 保温厚さ30mm、呼び径125未満: 保温厚さ40mm、呼び径125以上: 保温厚さ50mm)による。保温仕様2は、空調調和・衛生工学会規格 HASS010-2000 給湯管一般の場合(呼び径50まで: 保温厚さ20mm、呼び径65以上125以下: 保温厚さ25mm、呼び径150以上: 保温厚さ30mm)による。