

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128）

給湯負荷とエネルギー消費量のケーススタディー

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Building and MEP System, the BEST (Part 128)

The Example of Hot Water Supply Load and Energy Consumed

正会員 ○鈴木 孝彦（戸田建設）

技術フェロー 大塚 雅之（関東学院大学）

技術フェロー 長谷川 巖（日建設計）

特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

Takahiko SUZUKI*¹ Masayuki OTSUKA *² Iwao HASEGAWA *³ Shuzo MURAKAMI*⁴

TODA CORPORATION*¹ Kanto-Gakuin University*² NIKKEN SEKKEI *³

Institute of Building and Envrionmental Center*⁴

This paper is the report which examined the case study of the hot-water supply load in a design study stage, and energy consumed using BEST. As a result, by the length of piping, classification, and keeping-warm use, the influence which it has on loss quantity of heat was checked, and the validity of BEST at the time of the hot-water supply planned design of a building was shown.

1. はじめに

ビジネスホテルにおけるエネルギー消費量の約5割は空調設備、約3割は、給湯設備で占めていると報告されている¹⁾。省エネや負荷を軽減するためには、給湯設備についても無視できない設備であり、2013年4月からは、「改正省エネルギー基準」、「都市の低炭素化の促進に関する法律」の導入によって、ますます給湯エネルギー消費量を検討する機会が増えてくることが予想される。

本報では、時々刻々と変化する非定常計算ができるBEST 専門版のツールを用いて、給湯設備設計時における給湯負荷とエネルギー消費量のケーススタディーを行ったので報告する。

2. BEST 専門版ツールの給排水設備開発状況

現在（2013年4月）、BEST 専門版衛生設備分野において計算することができるシステムと主な方式名を表1に示す。これまでに給水設備を検討するのに必要な給水負荷計算、高置水槽の水位変動計算、給水ポンプユニットの消費電力などの計算が可能である。昨年（2012年）から給湯設備（専門版のバージョンBEST1209）の計算が可能になり、ヒートポンプ給湯器、潜熱回収、給湯温水ボイラー、蒸気ボイラー、蒸気ボイラー+太陽熱利用の5つの給湯機器を使用することができる。

表1 BEST 専門版 衛生設備で計算ができるシステム

システム	方式
給水利用	高置水槽方式
	加圧給水方式(吹出圧一定制御)
	加圧給水方式(推定末端圧力制御)
雨水利用	雨水貯留槽
	排水貯留槽
給湯利用	ハイブリッド給湯器
	ヒートポンプ給湯器
	温水ボイラー
	潜熱回収機
	蒸気ボイラー
	蒸気ボイラー+太陽熱利用

表2 モデル化したビジネスホテルの概要

建物概要	建設地	東京	
	建物用途	ビジネスホテル	
	延床面積	10,800m ²	
	階数	地上階11階、塔屋1階	
給湯設備	給湯方式	中央式 温水ボイラー	
	利用者	客室	人員 408人
		レストラン	面積 100m ²
		時間最大給湯量	30[L/h・人]
		一日の予想給湯量	200[L/日・人]
	時間最大給湯量	6[L/h・人]	
	一日の予想給湯量	40[L/日・人]	

3. 入力条件

3.1 建物設備入力条件

モデル化したビジネスホテルの概要を表2に、表3に給湯湯量や加熱能力を示す。給湯能力は、客室人員408人とレストランの面積から計算して求めた。給湯使用温度は43°Cに設定した。給湯の運転は、平日、土・日曜日とも24時間運転を基本とした。図1に中央式温水給湯ボイラーモデルを示す。加熱装置（ボイラー）、貯湯槽、一次側・二次側循環配管及びポンプで構成している。

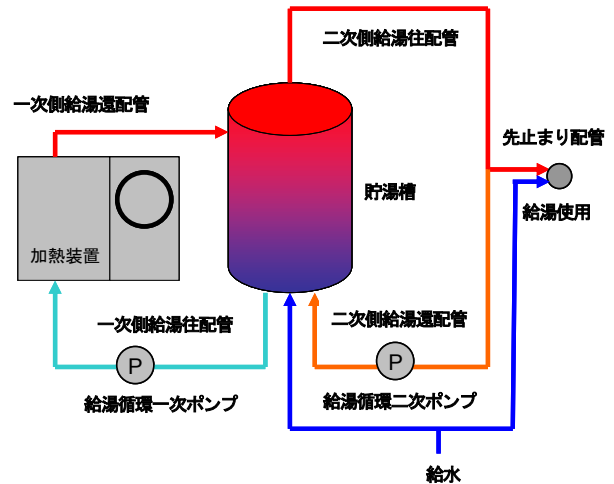


図1 温水ボイラーモデル

3.2 計算ケース

表4に計算ケースを示す。case-0は表2、3に示した基準モデルである。case-1からcase-16について設定値をそれぞれ変更し、比較検討する。case1~case-3は所在地が札幌、大阪、那覇の3箇所を比較し、case-4~case-6は、加熱能力700kW（定格ガス消費量700kW、COP1.0）を基準に加熱能力1000kW（COP：1.43）、500kW（COP：0.714）、300kW（COP：0.429）を比較する。

case7,8は、配管（銅管、HTLP:給湯用塩化ビニルライニング鋼管）の種類による差異を、case9~case11は保温仕様[※]を、case12~case14は配管長さの差異を確認する。Case15は、COP:4.0にし、保温仕様を下げた時の給湯負荷を確認する。case16,17については、給湯稼働時間を24、22、20時間稼働させたときの貯湯槽内平均温度変化と加熱装置の消費電力量の差異を確認する。なお、計算時間間隔は10分間隔で年間計算を行っている。

表3 給湯仕様

時間最大給湯流量	12240[L/h]
有効貯湯槽容量	7650[L] × 2基
加熱能力	350[kW] × 2基
給湯システムの全体循環流量	49.08[L/min]
給湯一次循環ポンプ	40mm × 250L/min × 85kPa × 0.3kW × 2台
ポンプの揚程	管径30A、配管長さ30m、相当管長の配管長の50%
給湯二次循環ポンプ	30mm × 36L/min × 110kPa × 0.3kW × 2台

表4 計算ケース

ケース	給湯システム	衛生水温	加熱能力 kW	配管種別	給湯二次配管
case-0	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1※
case-1	温水ボイラ	札幌	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-2	温水ボイラ	大阪	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-3	温水ボイラ	那覇	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-4	温水ボイラ	東京	1000	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-5	温水ボイラ	東京	500	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-6	温水ボイラ	東京	300	ステンレス鋼管	150m 保温仕様1
case-7	温水ボイラ	東京	700	銅管	150m 保温仕様1
case-8	温水ボイラ	東京	700	HTLP	150m 保温仕様1
case-9	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様2
case-10	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	150m 保温仕様3
case-11	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	150m 保温なし
case-12	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	500m 保温仕様1
case-13	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	300m 保温仕様1
case-14	温水ボイラ	東京	700	ステンレス鋼管	75m 保温仕様1
case-15	温水ボイラ	東京	COPを4に設定		150m 保温なし
case-16	温水ボイラ	東京	case-0の給湯稼働時間を2:00~24:00		
case-17	温水ボイラ	東京	case-0の給湯稼働時間を4:00~24:00		

4. 計算結果

給湯設備の計算結果は、主に給水・給湯負荷[g]、配管内、貯湯槽内温度[°C]、熱量、エネルギー消費量[W]、ポンプ加熱装置の運転時間[sec（秒）]で表される。

4.1 地域別別計算結果

図2に地域別給水・給湯負荷比率を示す。値は月ごとの合計値を給湯/給水の比率で示した。地域に関係なく、給湯/給水比率が多い月は、冬期の1月、2月で、給湯/給水比率が小さい月は、夏期の7月、8月である。札幌は、年間を通して比率が高くなり、札幌の年間平均比率は約1.9、那覇は約1.6であった。

4.2 加熱能力別計算結果

図3に加熱能力別の給湯負荷・給水負荷の合計比率を示す。必要な加熱能力は700kWであるが、case4~6は、+300kW上回る1000kWと、-200kW(500kW)、-400kW(300kW)の計算である。加熱能力700kW以上は同様の変動であるが、500kWでは、冬期に加熱不足になっており、300kWでは、値がマイナスとなっていることから加熱不足で計

※)保温仕様について

保温仕様1:管径が40mm未満の配管にあつては、保温材の厚さが30mm以上、管径が40mm以上125mm未満の配管にあつては、保温材の厚さが40mm以上、管径が125mm以上の配管にあつては、保温材の厚さが50mm以上とした仕様。

保温仕様2:管径が50mm未満の配管にあつては、保温材の厚さが20mm以上、管径が50mm以上125mm未満の配管にあつては、保温材の厚さが25mm以上、管径が125mm以上の配管にあつては、保温材の厚さが30mm以上とした仕様。

保温仕様3:管径が125mm未満の配管にあつては、保温材の厚さが20mm以上、管径が125mm以上の配管にあつては、保温材の厚さが25mm以上とした仕様。

算ができていない状況である。図4に1月18日の給水負荷変動を示す。加熱能力700kWのみ給水と給湯をしめした。加熱能力500kWでは、加熱不足になり23時頃にマイナスの値になっている。加熱能力300kWは、終日加熱不足で計算できていない。

4.3 配管種別計算結果

図5に配管種別（ステンレス配管、銅管、HTLP）の年間熱損失量を示す。一次側の配管長さは、往配管、還配管ともに10m（代表口径50A、平均熱損失量2.57W/°C）、二次側の配管長さは、往配管は150m（代表口径50A、38.55W/°C）、還り配管は66m（代表口径50A、16.96W/°C）である。一次側の配管熱損失量は、配管長さが比較的に短いため、配管種別による差異は見られない。二次側の場合は、配管長さに応じて熱損失量の差は大きくなる傾向にあり、ステンレス配管と銅配管では、距離が長くなるほど熱損失量に差異が生じていることを確認した。ステンレス配管、銅配管とHTLP配管の熱損失量は異なる傾向にある。

4.4 保温仕様別計算結果

図6に配管保温別の熱損失量を示す。比較は、保温仕様1、保温仕様2、保温なしの3種類である。保温仕様3については、配管径が125mm未満であり、保温仕様2と変化がないため比較対象外とした。保温仕様1から保温仕様2へは一次側、二次側ともに熱損失量が約1.5倍大きくなり、保温仕様1から保温なしでは、約7倍熱損失量が大きくなった。

4.5 配管長さ別計算結果

図7に配管長さを変更した際の年間配管熱損失量を示す。基準は150mでそれより350m長い500mと、基準の半分である75mで熱損失量を比較した。

配管長が約3.3倍で熱損失量は、約4.5倍大きくなり、配管長が0.5倍では熱損失量が約1.5倍減少した。

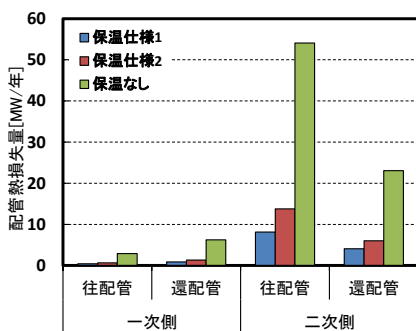


図6 保温仕様別の熱損失量

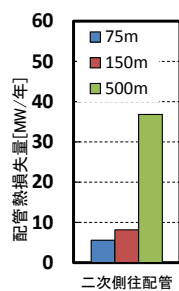


図7 配管長さ別熱損失量

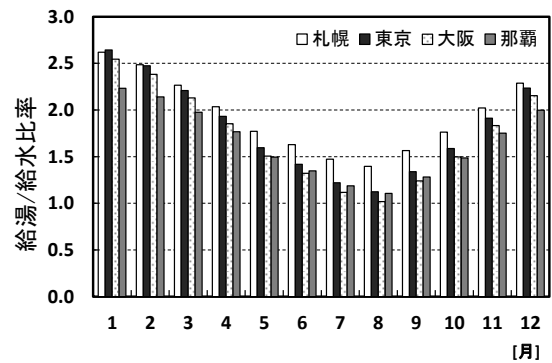


図2 地域別 給湯給水負荷比率（月毎合計）

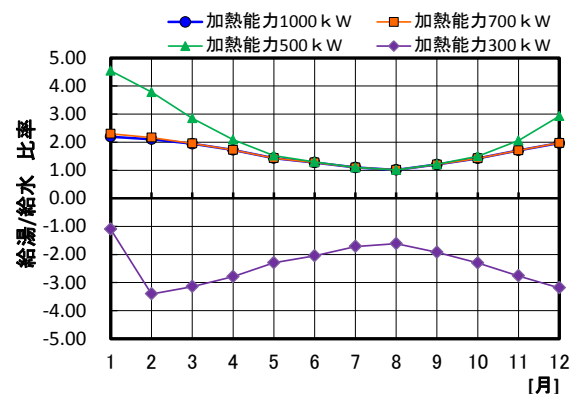


図3 加熱能力別給湯給水負荷比率（月毎合計）

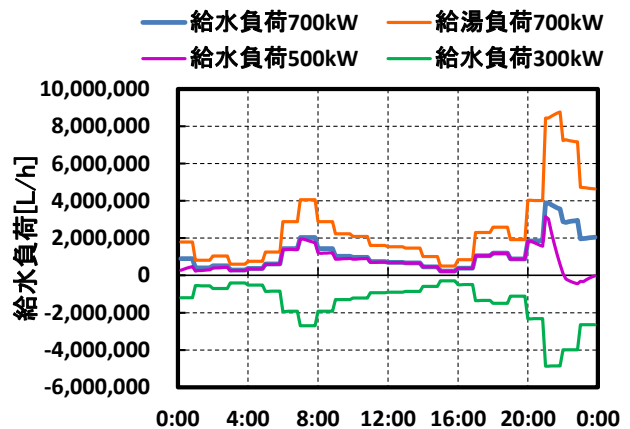


図4 加熱能力別給水負荷（1/18の結果）

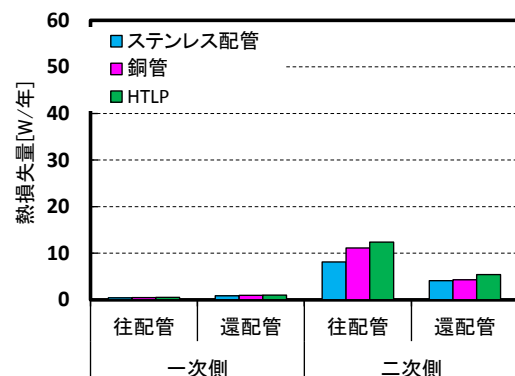


図5 配管種類別の熱損失量

4.6 給湯負荷と給湯エネルギーについて

図8 (1) (2) に成績係数 COP と保温仕様を変えたとき熱損失量と給湯負荷の割合を示す。ここでの熱損失量は、一次側・二次側往配管、還配管と貯湯槽の合計値である。計算条件で異なるのは、(1) の case-0 は COP が 1.0、保温仕様 1、(2) の case15 は COP が 4.0、保温なしである。case-0 より case-15 の方が、熱損失量の割合が大きい。保温がない場合は、給湯システムの効率を上げて給湯負荷が下がる傾向にあるため、保温仕様の検討を十分に行う必要がある。

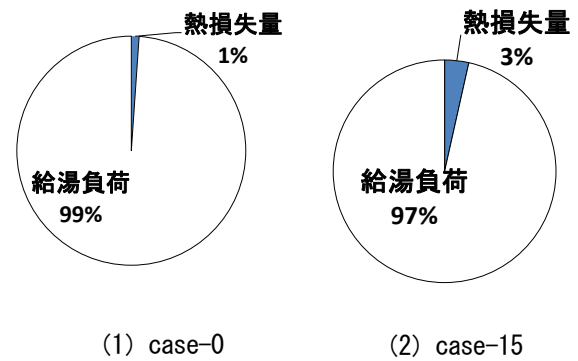
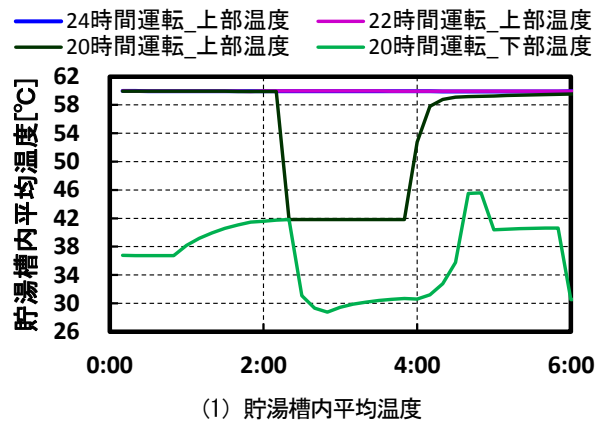


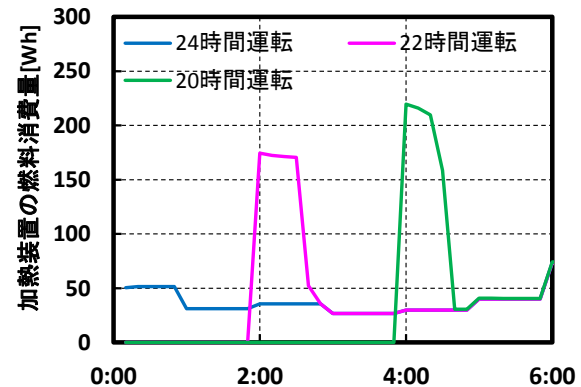
図8 成績係数と保温仕様の関係

4.7 夜間運転を停止した際の温度と燃料消費量

図9 (1) (2) に加熱装置（給湯ボイラー、給湯循環ポンプ）の運転を停止した際の貯湯槽内の平均温度と加熱装置の燃料消費量を示す。貯湯槽は上部下部2層の温度成層モデルとしている。運転は、24時間、22時間（2時から24時まで）、20時間（4時から24時まで）の3つのパターンで行い、1月18日の結果を示す。貯湯槽上部温度は、24、22時間運転では、60℃に維持し、下部温度は42℃程度であった。20時間では、上部温度が42℃まで低下し、下部温度が30℃まで低下した。加熱装置の燃料消費量は、24時間運転では、燃料消費量の変動が概ね一定であるが、22時間運転でも、貯湯槽内平均温度が60℃程度であったが、加熱装置の稼働立ち上がりに170[wh]まで上昇し、20時間運転では、稼働立ち上がりに20時間運転の1.3倍の燃料消費量がかかった。



(1) 貯湯槽内平均温度



(2) 加熱装置の消費電力量

図9 夜間運転を停止した際の温度と消費電力量

5. おわりに

BEST 専門版給湯の活用事例として、ビジネスホテルを事例に給湯負荷のエネルギー消費量のケーススタディーの結果を示した。地域区分による給湯給湯負荷比率、配管種別や長さ種類の違いによる熱損失量、加熱装置の消費電力量を計算し、検討した。

配管の熱損失量については、COP が高くても保温仕様によっては、効率が低下すること確認した。

【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)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。衛生給湯設備 SWG 名簿：(順不同) 主査：大塚雅之（関東学院大学）、幹事：長谷川巖（日建設計）、委員：前真之（東京大学大学院）、宮崎隆（東京電力）、出原単人（中部電力）、鈴木孝彦（戸田建設）、小川聡嗣（東邦ガス）、土井章弘（竹中工務店）、小原直人（ピーエーシー）、事務局：生稲清久（建築環境・省エネルギー機構）

【参考文献】

- 1) 岩淵他；ビジネスホテルにおけるエネルギー・環境負荷低減 第2報-春期・夏期における客室内の消費電力の現状分析, 空気調和衛生工学会論文集, pp23~30, 2005. 4
- 2) 前他; 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, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,

pp703~706, 2008.8(草津)

- 3) 長谷川他; 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53) 給湯・給湯負荷/パターン検討, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.695~698, 2009.9
- 4) 大塚他; 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55) 給湯プログラムによる計算事例, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp703~706, 2009.9(熊本)
- 5) 長谷川他; 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74), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2010.9(山口)
- 6) 鈴木他; 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75), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2010.9(山口)
- 7) 長谷川他; 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108), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2012.9(札幌)
- 8) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引き, 財団法人 建築環境・省エネルギー機構, pp297~pp341, 2007
- 9) 給排水衛生設備計画設計の実務知識, 空気調和衛生工学会編 オーム社, 第3版, 第9章 特殊設備