

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）

実建物での給湯システムなどの計算例の紹介と検討

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Building and MEP System, the BEST(Part 75)

An Introduction and Examination of the Calculations Example
such as the Hot Water Supply Systems in the Existing Building

正会員 ○鈴木 孝彦（戸田建設） 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）

Takahiko SUZUKI*¹ Shuzo MURAKAMI *²

Masayuki OTSUKA *³ Iwao HASEGAWA *⁴

*¹TODA Corp. *² Building Research Institute

*³ Kanto-Gakuin University *⁴ NIKKEN SEKKEI

With law revision about the rationalization of the energy use, a report was necessary than before. This study aims to predict the energy consumed of the building by using a tool, and a purpose of this study is to examine energy-saving measures. this paper use BEST and about a business hotel, a hospital existing in Tokyo, examine a hot water supply energy consumption to hold a big ratio and report it because I inspected energy saving about an effect.

1. はじめに

エネルギー使用の合理化に関する法律の届け出・維持保全状況の報告の改定に伴い、改正前は、省エネ措置の届け出が床面積の合計が 2000 m²以上であったが、平成 22 年 4 月 1 日以降は、一定の中小規模の建築物においても床面積の合計が 300 m²以上 2000 m²未満の建築物で届け出が必要になった。そのため、改正前よりも書類の届け出の頻度が申請側も受理する側も多くなると予想される。従来までは、申請側が届け出を提出するために略算法¹⁾（以下、手計算）により特殊なソフトや技術者が計算を行い、また、受理する側も届け出に関する知識が必要であった。両者の負担が少しでも軽減できるよう、簡易な入力で作成でき、入力値に関して判定できる BEST（省エネ計画書支援ツール）が開発された。

本報では、届け出を想定し、実建物であるビジネスホテル、病院について、特に大きな割合のエネルギーを占める給湯設備の入力と CEC/HW の計算方法を検討し、給湯エネルギー消費量について事例を紹介する。

2. BEST ツールの給湯入力概要

図 1 に示す BEST²⁾（省エネルギー計画書作成支援ツールのコンソーシアム版 Ver1.0、以下 BEST）を用い計算を行う。BEST で計算が可能な建物種別は、事務所、物販、飲食店舗、ホテル、病院、学校、集会場の 7 用途である。

配管種別	保温仕様	配管径 (mm)	代表口径	配管材質	パイプ、フランジの保温仕様
二次配管	保温仕様1	0	15A	その他	<input type="radio"/> 断り <input type="radio"/> 無し
一次配管	保温仕様1	0	15A	その他	<input type="radio"/> 断り <input type="radio"/> 無し
止水配管		0	15A	その他	

図 1 BEST 給湯入力の画面

給湯の入力項目は、地域別給水温度、外気温度を決めるため、基本情報の①地域区分と、図 1 に示す入力画面に②人員、③節湯器具の有無、④給湯配管設備の仕様と長さ、⑤給湯循環ポンプの有無、⑥熱源機械の能力と消費電力・燃料、⑦太陽熱利用の有無、⑧給水予熱の有無である。

対象とする給湯システムは、循環配管をもつ中央式給湯システムを対象としている。給湯熱源は、給湯ボイラー、潜熱回収給湯機（マルチ型循環式給湯機）、ヒートポンプ給湯機等が計算可能である。

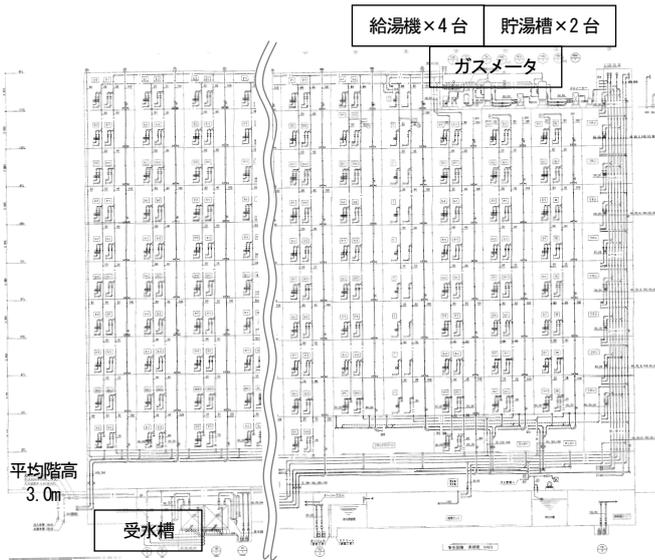


図2 ホテルの衛生配管系統図

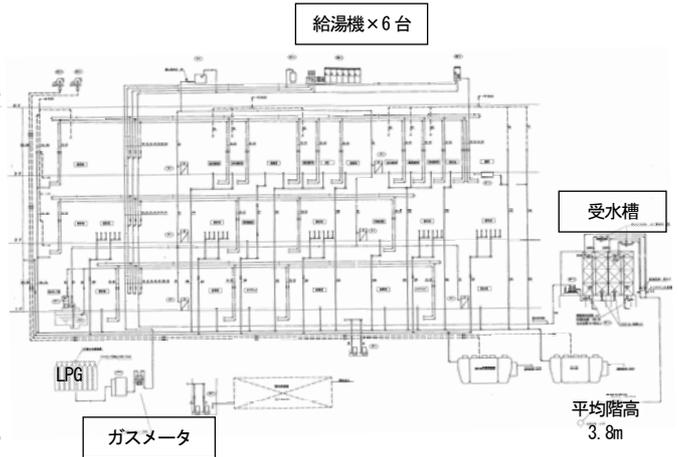


図3 病院の衛生配管系統図

3. 計算概要

3.1 計算対象ホテル、病院の概要

省エネルギー効果を検証する建物種別は、比較的給湯エネルギー量の割合の多い「ホテル」と「病院」を選定した。図2、3にホテル・病院の衛生配管系統図を示し、表1に計算対象とした新築のホテル、病院の建物概要を示す。ホテルはビジネスホテル(客室155名)であり、病院の診療科は内科(77床)である。延床面積は、ホテルは約4,900㎡、病院は約2700㎡であるため、BESTが計算対象とする5,000㎡以内の建物である。

両建物とも、屋上にガス瞬間湯沸器50号を連結して設置する。ホテルは4台(加熱能力349[kW]、ガス消費量432[kW])+貯湯槽、ホテルでは6台(加熱能力523[kW]、ガス消費量648[kW])を使用したマルチ型循環式給湯機である。また、ホテルは先止まり配管がなく、病院では先止まり配管設定されている。

3.2 計算ケース一覧

表2に計算ケースの一覧を示す。ケースは1~12まであり、表2に示す計算ケースである。計算ケースは、ホテル・病院とも表2に示すケースで計算を行い、熱源の加熱能力は変えずに、熱源機器と地域区分を変更し計算する。計算モデルのcase-1~4は、手計算と比較するために算出し、case-5~8は、潜熱回収給湯機による省エネ性把握するために計算した。また、case-9~12は給湯ボイラーにした場合の給湯エネルギー消費量を検討するため算出する。

表3にホテル、病院の給湯使用原単位を示す。ホテルでは、宿泊系統の給湯使用原単位は、ビジネスホテルの原単位200[L/人・日]と稼働率75%の積により求め、病院については平均的な病床数当たりの原単位290[L/

表1 ホテル、病院の建物概要

用途	ホテル	病院
地域区分	東京	東京
構造	RC造	RC造
階数[階]	地上11階、地下なし	地上3階、地下なし
建築面積[㎡]	約600㎡	約1000㎡
延床面積[㎡]	約4900㎡	約2700㎡
客室数	155人	77床
熱源	中央式 (給湯器+貯湯槽)	中央式 (給湯器)

表2 計算ケース一覧

case	熱源機械	節湯器具	循環ポンプ	地域区分
case-1	ガス瞬間湯沸器 (連結型) [COP=0.81]	有	有	東京
case-2		有	有	札幌
case-3		有	有	大阪
case-4		有	有	那覇
case-5	潜熱回収給湯機 [COP=0.95]	有	有	東京
case-6		有	有	札幌
case-7		有	有	大阪
case-8		有	有	那覇
case-9	給湯ボイラー [COP=0.81]	有	有	東京
case-10		有	有	札幌
case-11		有	有	大阪
case-12		有	有	那覇

表3 ホテル・病院の給湯使用原単位

建物種別	系統区分	給湯使用原単位		計算条件 [L/人・日]
		標準 [L/人・日]	節湯 [L/人・日]	
ホテル	宿泊系統	150.00	135.00	150.00
	共用部	35.00	33.48	35.00
病院	-	284.20	269.99	284.20

人・日]と稼働率98%の積により求めた。手計算においても、計算対象の建物の計算条件は、BESTの計算条件と同じ給湯原単位と稼働率を用い計算する。節湯器具の有無については、表3に示す給湯使用原単位の標準と節

表4 ホテル・病院の加熱能力の下限値算定

算定項目		計 算 式
日給湯使用量 Vd[L/日]	公式	$Vd = \text{宿泊系統原単位[L/人日]} \times \text{客数[人]} + [\text{延床面積[m]}] \times \text{共用部比率} \times \text{共用部原単位[L/m}^2\text{日]}$
	ホテル	ホテルVd = 150[L/人日] × 155[人] + 4900[m] × 0.17 × 35[L/m ² 日] ≒ 52405[L/日]
	病院	病院Vd = 284.2[L/人日] × 77 ≒ 21883[L/日]
貯湯槽 容量St[L]	公式	St = 日給湯使用量Vd[L/日] × 20%※ ※ヒートポンプの場合には50%
	ホテル	ホテルSt = 52702[L/日] × 1/5 ≒ 10481[L]
	病院	病院St = 21883[L/日] × 1/5 ≒ 4377[L]
給湯加熱 能力QB[kW] ³⁾	公式	QB = 貯湯槽容量[L] × 1.163 × (60 - 5)[°C] × 1/1000 BESTでは、標準的な加熱能力の半分を入力下限値として設定している。
	ホテル	670[kW] 670[kW] × 1/2 = 335[kW]
		25[°C] × 50[号] × 60[分] × 1/860 × 4[台] = 348.84[kW] > 335[kW] より加熱能力は大きい。
	病院	280[kW] 280[kW] × 1/2 = 140[kW]
		25[°C] × 50[号] × 60[分] × 1/860 × 6[台] = 523[kW] > 140[kW] より加熱能力は大きい。

湯単位の差であるため検討は行わない。

さらに、循環ポンプについては、給湯の使用がない時間において給湯循環ポンプを停止するが、ホテルや病院においては、24 時間連続で給湯負荷がかかると想定し、今回のケースでは値の変化が見られないので、全ケースで「有」とした。

3.3 各機器容量の設定

BEST では、入力を簡易にするため給湯熱源機器を除く貯湯槽容量、給湯一次・二次ポンプの循環流量の算定を表3に示した給湯使用原単位から自動計算をしている。よって、設計値と異なる点が多少生じるが、一般的な給湯システムにおける省エネルギー配慮項目を仮想給湯負荷としており、指標値 Ix 値 (Ix=総配管長/年間仮想給湯使用量) から判断している。ここでは、ホテル・病院の加熱能力を求める計算過程を表4に示し、紹介する。

3.3.1 日給湯使用量 Vd の算定

日給湯使用量 Vd は、ホテルについては、表3に示した宿泊系統と共用部の2種類の原単位を用いて計算する。共用部比率については、図4を参照し計算する。人員は給湯のみ用いて計算する。節湯器具を用いる場合は、選択する。

3.3.2 給湯配管設備

配管の保温、管径、配管設置位置、バルブ・フランジの保温については、代表的な仕様（最も多く使用されているもの）を選択する。ホテルの給湯配管の長さは、一次側配管長さ110m、管径50A（給湯機から貯湯槽）、二次側配管長さ660m、管径40A（貯湯槽から各器具）である。

CEC/HW の指標値 Ix 値は、総配管長 ΣL を年間仮想使用湯量の日平均値 Vh₀ で割った値、Ix 値=1.7 となる。

病院の給湯配管については、貯湯槽がないため、入路上、二次側配管長さを0mに設定すると循環ポンプが設定されないため、給湯機と貯湯槽が一体であると考え、一次側配管長さを短く（計算では0.5m）設定し、二次側配

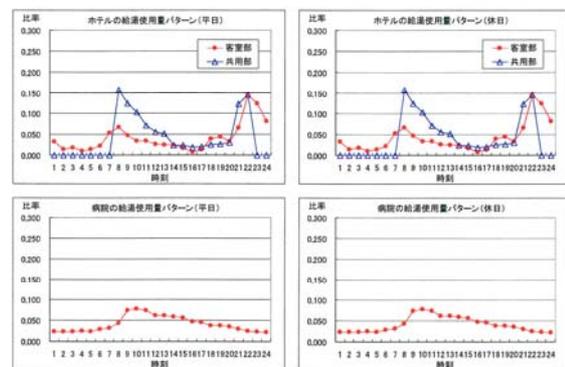


図4 ホテル・病院の給湯使用量パターン（平日・休日とも比率は同じ）

管長さを235m、管径40A（給湯機から機器へ）、先止まり配管長さは200m、管径32Aとした。

3.3.3 貯湯槽容量 St の算定

貯湯槽容量Stは、日給湯使用量Vdに貯湯槽内の有効貯湯量の20%程度とする。ヒートポンプ給湯機では、50%程度として計算する。

表5 ホテル・病院の一次エネルギー消費量と CEC/HW

case	熱源 機械	地域 区分	ホテル		病 院	
			一次エネ ルギー 消費量 [MJ/年m ²]	CEC/HW (Ix=1.7)	一次エネ ルギー 消費量 [MJ/年m ²]	CEC/HW (Ix=1.6)
case-1	ガス瞬間 湯沸器 (連結型) COP=0.81	東京	558.8	1.28	427.4	1.28
case-2		札幌	688.5	1.27	526.6	1.28
case-3		大阪	523.9	1.29	400.4	1.28
case-4		那覇	415.6	1.31	317.5	1.30
case-5	潜熱回収 給湯機 COP=0.95	東京	476.3	1.09	363.0	1.08
case-6		札幌	586.8	1.08	447.2	1.07
case-7		大阪	446.3	1.10	340.0	1.09
case-8		那覇	354.1	1.11	269.7	1.10
case-9	給湯 ポイラー COP=0.81	東京	548.0	1.28	673.1	2.01
case-10		札幌	687.6	1.27	812.5	1.95
case-11		大阪	523.2	1.29	634.3	2.03
case-12		那覇	415.1	1.30	517.6	2.12

3.3.4 給湯加熱能力の入力下限値

給湯加熱能力は、申請者が設計値に合わせて入力することができるが、加熱能力不足を回避するため、計算上入力下限値を設定している。二次側循環系配管熱損失が極端に大きい場合には、給湯循環一次ポンプの循環水量と給湯二次ポンプの循環水量より大きい場合に給湯負荷分の加熱能力のほか、二次側給湯配管熱損失をまかなうための加熱能力を加える必要がある。BESTでは標準的な加熱能力の半分を入力下限値としている。ここでは、計算より下限値は337.11[kW]であるため、設計値の加熱能力348.84[kW]は上回っているため、この値を用い計算する。BESTによる計算上の注意点は、配管熱損失を含んだ給湯負荷に対して、給湯熱源の加熱能力が小さい値で入力した場合には、能力不足となるため十分に注意が必要である。

4. 解析モデル結果

表5にホテル・病院の計算モデルの結果（一次エネルギー消費量[MJ/年㎡]、CEC/HW）を示す。また図5、6には、東京における給湯熱源別に月ごとの一次エネルギー消費量を示す。ホテルでは、表中の地域区分では、3種類の熱源機械とも、札幌の一次エネルギー消費量が多く、南下するに伴い消費量が下がる傾向にあった。図中からは、COPが同じ熱源機械では、エネルギー消費量の差は見られず、月別の夏期の傾向は、エネルギー消費量が下がり、冬期は、エネルギー消費量が上がるが、熱源による差は見られない。加熱能力が標準的な加熱能力の半分である下限値に近い能力であるため、負荷率が高くなりこのような結果になったと考えられる。

病院では、表5に示した地域区分の比較では、3種類の熱源機械とも、ホテルと同じ傾向にあった。また、潜熱回収給湯機のCEC/HWは、4地域とも概ね同じであるが、給湯ボイラーでは、必要容量に対して過大な設定をするとエネルギーが増大することが確認できた。札幌においては、他の地域と比べ、寒い地域のほうが有利になり、CEC/HWが低くなった。病院の場合、BESTによる必要加熱能力算定QBは279.9[kW]となり、実建物の熱源容量523[kW]と比較し、過大な加熱能力となる他、台数制御運転を行わない給湯ボイラーの場合には、負荷率が低くなりエネルギー消費量に影響すると考えられる。

5. おわりに

BESTを用い、実建物のホテル・病院の給湯設備の入力と、CEC/HWの計算方法を示した。給湯機の加熱能力が過小では負荷率が高く、逆に加熱能力が過大では、負荷率が低くなり、エネルギー消費量に影響すること示すことができた。

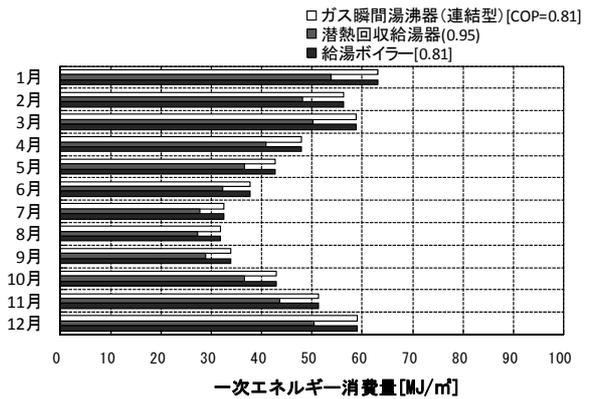


図5 月別一次エネルギー消費量（東京・ホテル）

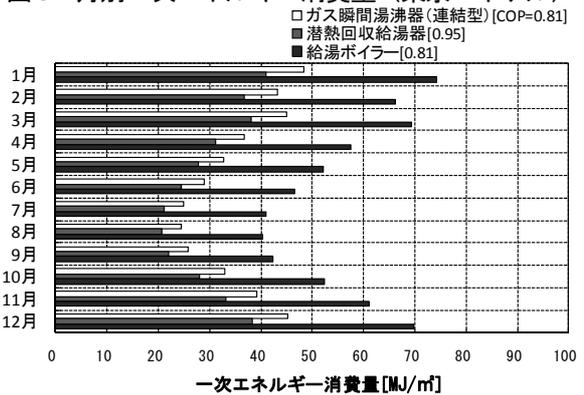


図6 月別一次エネルギー消費量（東京・病院）

【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(三機工業)、小原直人(ピーエーシー)、窪岡賢悟(西原衛生工業所)、山口幸寛(2008.7.12まで草深隆道)、北本都美(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、鈴木孝彦(戸田建設技術研究所)、宮本和弘(東京電力)、澤田佳也(中部電力)、協力委員:久野野人、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、生稲清久(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き, 財団法人 建築環境・省エネルギー機構, pp297~pp341, 平成21年度版
- 2) BEST(省エネ計画書作成支援ツール)プログラム解説, pp36~45, 2010/3/31
- 3) 給排水衛生設備計画設計の実務の知識 改定2版, 空気調和・衛生工学会 編, pp69, 平成21年6月5日
- 4) 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)
- 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53)給水・給湯負荷パターンの検討, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.695~698, 2009.9
- 6) 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)
- 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74), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2010.9(山口)
- 8) 岩本他; 給湯設備における年間消費エネルギーの予測に関する研究 第1報, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp409~410, 2006.9(関東)