

The BEST Programを用いた温浴複合施設における 給湯エネルギー消費量の解析

西 巻 勇 太¹⁾ 飯 野 秋 成²⁾

1. はじめに

近年、都市近郊には、天然温泉を伴う共同浴場に、宿泊の機能やプール、フィットネスなどが一体化した温浴複合施設の建設が多くなっている。このような施設では、給水・給湯・燃料・電力などのエネルギー消費量に関する系統的なデータの収集が進んでおらず、省エネルギーのための対策も個々の施設の工夫によるところが大きい。このような施設は今後も増加が予想されており、給湯設備の運転シミュレーションの技術開発が望まれている。

本研究では、(財)建築環境・省エネルギー機構により開発された設備運転シミュレーションシステム「The BEST Program」(以下、BEST)を、温浴複合施設に適用することを試みた。ここでは、その基本的な考え方を提示し、また新潟県長岡市内の温浴複合施設に適用することにより検証を行った結果を報告する。

2. 本研究における基本的な考え方

本研究の構成を図1に示す。異なるゾーンが混在している施設のエネルギー消費の設備運転は、BESTではそのまま扱うことはできず、建物と設備の入力モデルの単純化が必要となる。また、温浴複合施設において一般に計測するデータを入力データとするが、それだけでは不足するデータが多いため、同規模の温浴複合施設を対象とした報告^{1), 2)}に基づいて、入力のための支援データベースを作成する。また、設備運転シミュレーションの結果は、当該施設のガス消費量の月別総量値と照らし合わせて検証することとした。

3. 研究概要

3-1 解析対象施設

新潟県長岡市新陽地区にある、温泉、プール、レストラン、ジム、リラクゼーション、およびクリニックと宿泊施設を併設する、延床面積約4,900㎡の温浴複合施設を、本研究における調査対象とした。施設の概要を表1、2、図2、3に示した。また給湯システムについては、図6のとおり3系統に分かれている。温泉およびプールのあるプールゾーンでは、約23℃の源泉を引き込んでいる。

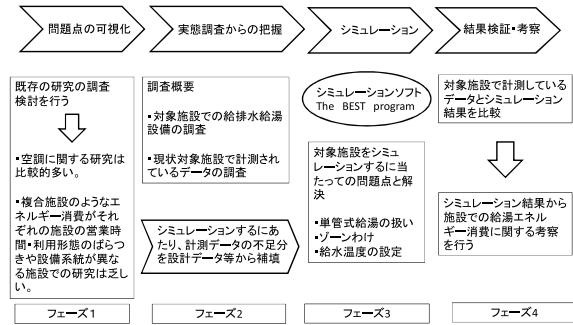


図1 本研究の基本的考え方

所在地	新潟県長岡市新陽地区	
用途	温浴複合施設	
敷地面積	18,140.84 ㎡	
建築床面積	4,869.16 ㎡	
施設	1階	飲食店, 温浴, プール, トレーニングジム, リラクゼーション
	2階	クリニック(眼科, 産婦人科, 医局, レントゲン室)
	3階	宿泊施設
営業時間	施設: 10:00~21:30 温泉: 10:00~21:30 ジム・プール: 10:00~21:00	
延床面積	地階	655.06 ㎡
	2階	1,256.26 ㎡
	3階	942.15 ㎡
合計	7,437.30 ㎡	
躯体構造	本館	B1F 鉄筋コンクリート造 (RC造)
	本館	1F~3F 鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC造)
	リラクゼーション棟	鉄骨造 (S造)
	温浴棟	鉄骨造 (S造)
熱源機器		
空調設備	空気熱源(空冷) ヒートポンプ[リラクゼーション棟] ガスエンジンヒートポンプ[温浴棟] ファンコイルユニット(FCU)[本館, プール]	
給湯設備	ガス吹き温水ヒーター	
特殊設備	温泉供給 循環ろ過	
空調方式	中央式: 本館, プール, リラクゼーション棟 個別式: 温浴棟	

表2 温水ヒーター概要

B-1	都市ガス温水ヒーター (3回路)	給湯: 581kw 都市ガス13A: 73.3m ³ /h [※] 消費電力: 2.43kw
	宿泊部・ジム等給湯	昇温: 638kw/h 都市ガス13A: 73.0m ³ /h 消費電力: 2.43kw
B-2	都市ガス温水ヒーター (2回路並列)	給湯: 407kw/h 昇温: 581kw/h 都市ガス13A: 58.7m ³ /h 消費電力: 1.5kw
	プール棟給湯	
BH-1	都市ガス温水ヒーター (2回路)	
	温浴棟給湯	

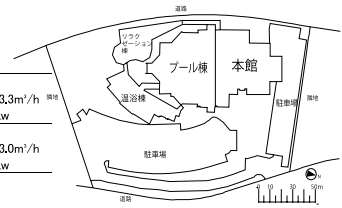


図2 施設の配置図

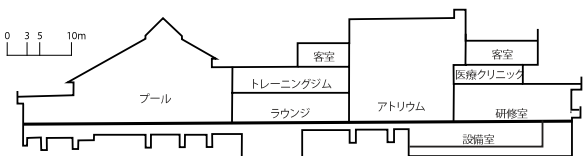


図3 施設断面図

1) にしまき ゆうた
〒955-0803 新潟県三条市大字月岡1023-1
株式会社 ナガオケ(勤務先)

2) いいの あきなる
〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋1719
新潟工科大学(勤務先)
株式会社和建設事務所(勤務先)

今回の対象施設の現状計測しているデータを表3、図4,5に示す。月別の給水量・利用人数ともに夏季に多くなる傾向にあることがわかる。また、利用人数の増減は水量に大きく影響するが、源泉使用量については、利用人数に大きく左右されない。

時間別の給水量は平日の7時までの給水量は季節によらずほとんどばらつきがないが、休日は大きくばらつきがみられる。また、17時までの給水使用量のばらつきが比較的大きい傾向にある。給水量は、冬季より夏季の方が多いが、時間別の給水量の推移については、年間を通じて17時最大、7時最低となるパターンを示す。

3-3 解析のための支援データベース

建物のエネルギー性能、および省エネルギー効果をシミュレーションし評価できるツールとして、BESTに注目した。BESTは、建築・設備・気象データを統合してシミュレーションできるため、省エネルギーの具体的な対策を立てるための有用な情報を提供できる可能性がある。また、一般に、建物の熱負荷計算の計算時間間隔に比較して、設備運転は急激な変動や制御の解析を行う必要があることから、シミュレーションの設定条件によって最短1分まで自由に計算間隔を設定できるという特徴がある。

3-4 BESTによるシミュレーション結果の検証

本研究では、夏季・冬季それぞれの期間を取り上げ、エネルギー消費量を算出する。そして、施設で計測されているガス消費量のデータと、BESTにより算出されたデータを比較することにより、シミュレーション結果の妥当性を検証する。

4. BESTの設定

4-1 対象施設の給湯スケジュールの設定

施設で計測されている給湯量に関するデータは、用途ゾーン別になっておらず、また月ごとの総量値でしかない。データの収集の実態は、類似の他施設においても同様と考えられる。このため、既往の論文等^{1), 2)}からデータを補填し、ゾーンごとの給湯スケジュールを設定することとした。また、例えば、温泉・プール等の循環給湯量は、利用人数などに関係なくほぼ一定とすることができるが、洗い場は利用人数によって給湯量が規定されると考えた。

4-2 対象施設のゾーン設定

BESTでは宿泊部等の給湯方式である循環給湯方式と、源泉補給のような熱交換器を使った単管式の給湯方式とを、まとめてシミュレーションすることはできない制約がある。そのため、B-1（宿泊+ジム・プール棟洗い場）・B-2（プール, プール棟温泉, 各循環濾過給湯）・BH-1（源泉給湯, 温浴棟給湯, 温泉循環濾過給湯）の8ゾーンに分けて、それぞれをBEST上で別々に設定した。

表3 対象施設にて常時計測しているデータ

水	月別	総給水量(23/4~24/8)[m ³ /月]
		温浴棟給水量[m ³ /月]
		プール補給水[m ³ /月]
		CT給水[m ³ /月]
		2階補給水[m ³ /月]
		源泉使用水量[m ³ /月]
時間別	総給水量(7:12~17:21:45)[m ³ /h]	
電気	月別	電気消費量[kWh/月]
ガス	月別	ガス消費量[m ³ /月]
人	月別	利用者数[人/月]
		宿泊者数[人/月]
		宴会場使用人数[人/月]
		飲食店使用人数[人/月]
日別	宿泊部屋数[室/日]	

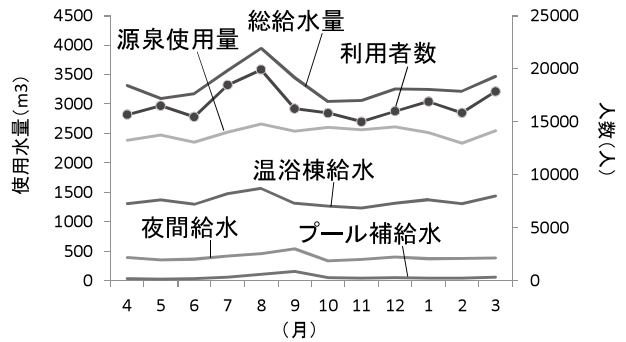


図4 月別主要な計測データ推移

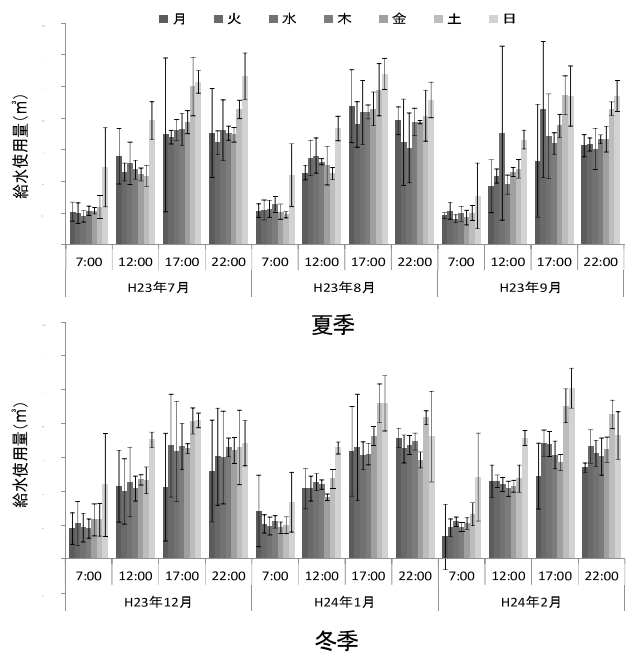


図5 5時間ごとの給水使用量推移と標準偏差

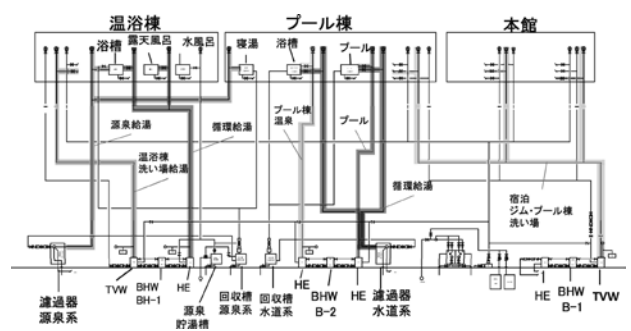


図6 給排水給湯系統図

また、BESTでは、ボイラーと複数の貯湯槽との間に熱交換器を使う給湯システムを組めないという制約もある。このため、循環配管、ポンプ、貯湯槽を適宜分割して、それぞれに循環給湯のプレートモジュールを適用することで、制約を回避する方法をとった。循環給湯方式のモジュールの接続例を図8に示す。

4-3 給水温度の設定

BESTでは、給水温度を外気温の関数で与える仕様となっている。このため、今回のような源泉給水（23℃一定）と循環濾過給湯給水（28.38℃一定）は1ヶ月平均で設定給水温度となるように設定を行った。

4-4 検討を行う期間について

検証を行う期間については、給湯エネルギー消費量が最も少なくなる夏季と、最も多くなる冬季を中心とし、あわせて中間期（春季、秋季）を取り上げることとした。

4-5 給湯温度の設定について

給湯温度の設定を表4に示す。BESTでは、給水温度を外気温から回帰する方式がデフォルトとなっており、湯温を一定値とはできない方式であるが、実態に合わせるべく、読み込ませるためのダミーの外気温データを適宜チューニングすることとした。空調との連成解析をしない限りにおいては、この方法で十分対応できる。

表4 給湯温度の設定

加熱装置	給湯使用箇所	給水温度	給湯温度
B-1	宿泊部、ジム、温浴棟洗い場	水温	43℃
	プール	水温	31℃
B-2	プール棟温泉	水温	43℃
	プール循環給湯	28℃	31℃
	プール棟温泉循環給湯	38℃	43℃
	温浴棟温泉	23℃	43℃
BH-1	温浴棟洗い場	水温	43℃
	温浴棟温泉循環給湯	38℃	43℃

5. シミュレーション結果

5-1 シミュレーション結果検証

対象施設で計測されているガス消費量と、シミュレーションによるガス消費量とを、図9に比較した。季節別の総量ベースでは、十分な精度を示している。なお、冬季については、シミュレーションで考慮していない融雪のためのエネルギー消費のため、実測値の方がやや大きい値を示した。

5-2 ゾーン別のガス消費量の考察

温浴棟のガス消費量が全体の5～6割と施設全体の半分以上を占めていた。また、温浴棟の洗い場、宿泊、ジム等の水道水系統の給湯については、冬季の方が夏季と比べて2倍近い消費量となっている。また、使用水量の多いプールは、ガス消費量の全体に占める割合は小さい。

源泉は、給水温度が約23℃一定で、給水・給湯負荷ともに大きな年変動はない。また、水道水補給の場合は、夏季には給水・給湯負荷の差はあまりなく、冬季は給湯負荷が給水負荷の2倍程度であった。

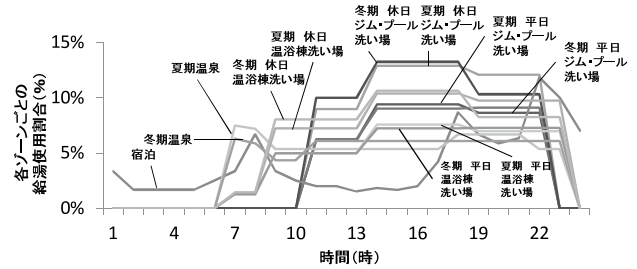


図7 各ゾーンごとの給湯使用スケジュール



図8 BESTにおける循環給湯方式のモジュールの接続

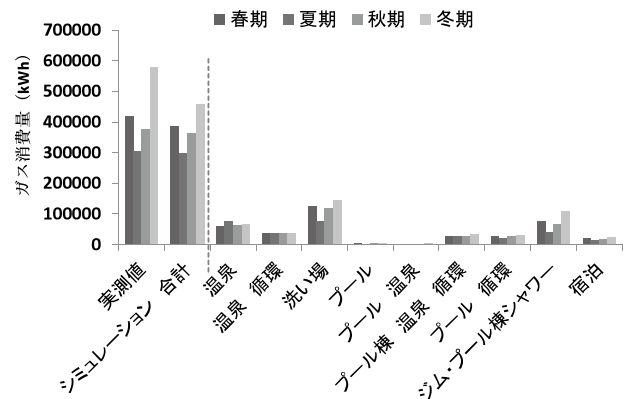


図9 シミュレーション結果検証

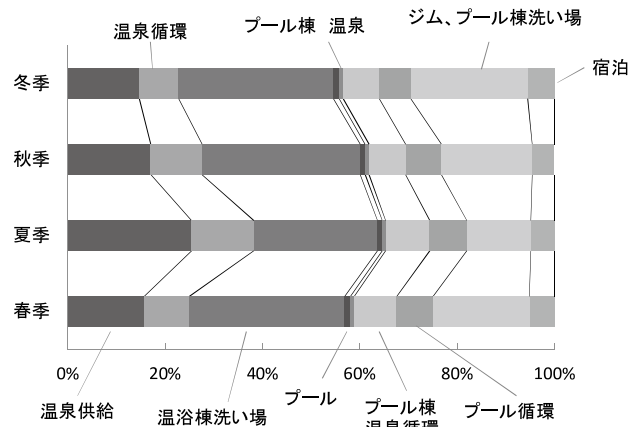


図10 季節別エネルギー消費割合

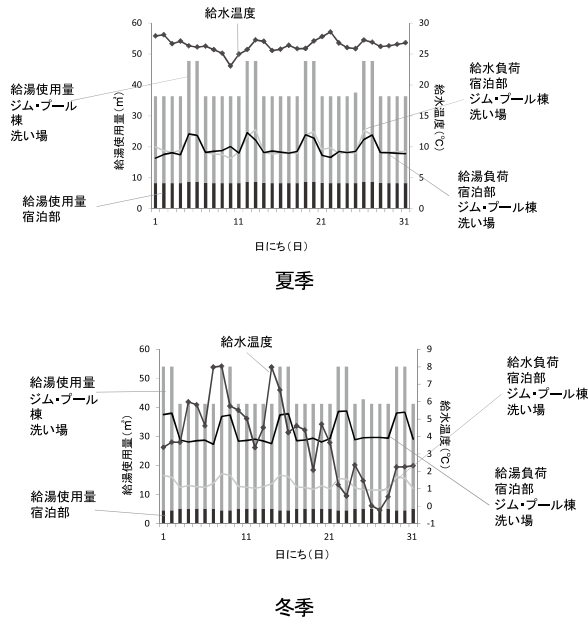


図11 宿泊・ジム、プール棟洗い場の給水給湯負荷変動

6. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1) 温浴複合施設で一般に計測されているデータに、シミュレーション支援のためのデータベースを適用することにより、BESTによる給水量、給湯量に関するシミュレーションが可能となる。
- 2) 給湯負荷は、夏季は冬季の約6割となっている。特に、ジムやプールの洗い場における加温の負荷が減少している。また、源泉給湯への加温については、季節による大きなガス消費量の違いはみられない。
- 3) 今回の対象施設では温浴棟のガス消費量が全体の半分以上を占めているので、温浴棟の給湯の見直しや設備形態の変更で大幅にエネルギー消費量の削減が見込めると考えることができる。

今後は空調とも連動させることで、より精度の高いエネルギーシミュレーションを行う手法を構築する。またCGS等の導入の可能性や、設備運転スケジュールの改善などのエネルギー削減の具体的な方法についても、検討を進める。

本研究は、2012年度日本学術振興会科学研究費挑戦的萌芽研究 (No.24656339) の補助を受けて実施したものである。

【参考文献】

- 1) 空気調和 衛生工学便覧 第13版 4 給排水衛生設備設計篇
- 2) 村上三郎, 石丸秀雄, 西名大作, 高田宏, 山本直樹: 温浴施設の給湯負荷に関する調査研究, 空気調和・衛生工学会論文集No.134.2008年 5月

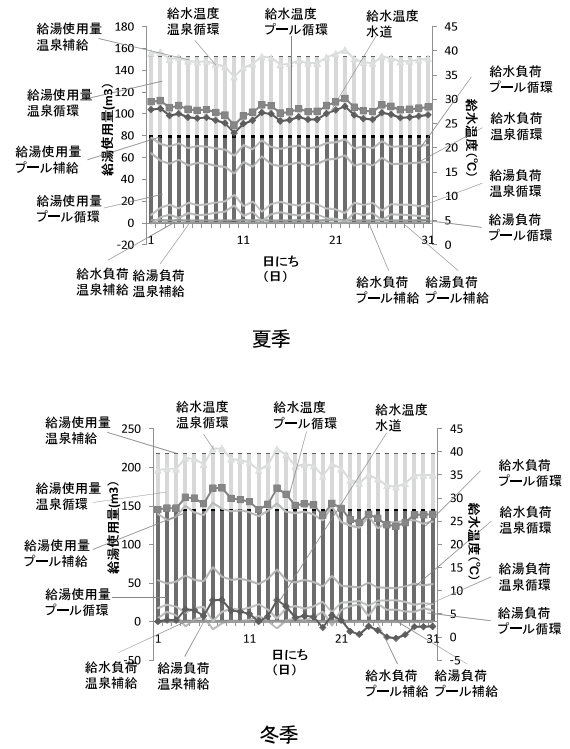


図12 プール棟の給水給湯負荷変動

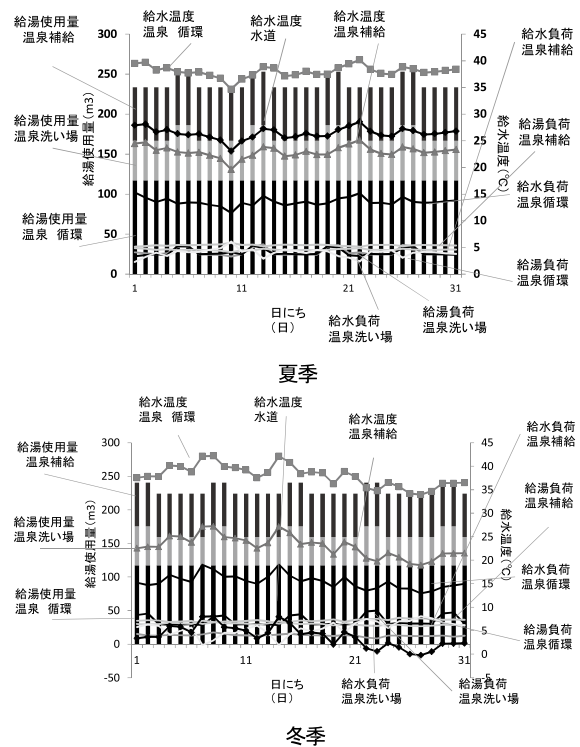


図13 温浴棟の給水給湯負荷変動