

(その 147) 事務所・教育施設における WEB プログラムとの比較事例
**Study on Simulation of Primary Energy Consumption
 in Educational Facility and Office Building**

正 会 員 ○村井 絢香 (竹中工務店) 正 会 員 川原 大喜 (竹中工務店)
 正 会 員 小林 佑輔 (竹中工務店) 正 会 員 前田 龍紀 (竹中工務店)
 Ayaka MURAI*¹ Daiki KAWAHARA *¹ Yusuke KOBAYASHI*¹ Tatsunori MAEDA*¹
 *¹ Takenaka Corporation

New energy-saving standard performed in April 2014 requires building designers to simulate primary energy consumption instead of PAL and CEC values. In general, it is assumed that the BRI's program¹⁾ and the BEST program²⁾ would be used in order to simulate primary energy consumption, but the differences of these two programs are not recognized enough. This paper discusses and reveals these differences through numerical validation in an educational facility and an office building.

1. はじめに

エネルギーの使用の合理化に関する法律 (以下「省エネ法」)の改正に伴い平成 26 年 4 月より非住宅建築物の省エネルギー性評価指標が改正され、延床面積 5,000 m²以上の非住宅建築物においては改修・新築時の省エネルギー措置の届出のための一次エネルギー消費量の算定が必須となった。

一次エネルギー消費量の推計には主として一次エネルギー消費量算定用 Web プログラム (以下「Web プログラム」)¹⁾及び、BEST 平成 25 年省エネ基準対応ツール²⁾の使用が想定される。これら二つのプログラムは異なる計算方法を用いているが、それにより推計結果にどのような差異が生じるのかは十分に把握されていない。

本稿では各プログラムの特性を把握することを目的とし、事務所と教育施設を対象に一次エネルギー消費量の推計と比較分析を行った結果を述べる。

2. 事務所・教育施設を対象とした比較分析

2.1 検討建物概要

表-1 に各施設の建築概要を、図-1 図-2 に各建物の基準階平面図を示す。各建物の延床面積はともに約 4,500[m²]であるが事務所は基準階面積が大きく平たい形状、教育施設は基準階面積が小さく縦長の形状であり外皮面積は事務所のほうが教育施設よりも約 45[%]大きい。また事務所の空調室数は 500[m²]以上の大部屋が 3 室それ以下の小部屋が 11 室であるのに対し、教育施設は 500[m²]以下の部屋 55 室で構成されており事務所は大空間での建物利用、教育施設は小部屋に分割しての建物利用がなされている。空調方式はともにヒ-

表-1 建築概要

主用途	事務所		教育施設	
主要室用途	事務所、会議室、 歴史資料展示室		講義室、実習室、 理系研究室	
延床面積[m ²]	4478		4570	
軒高[m]	8		29	
階数	地上2階		地上6階	
構造	S造			
空調方式	GHP (一部EHP)			
空調容量[W/m ²]	GHP	冷:144 暖:162	冷:164 暖:183	
	EHP	冷:13 暖:5	冷:37 暖:47	
照明消費電力[W/m ²]	5.9		11.5	
外皮面積 [m ²] ()内は窓面積率	東	277 (0%)	785 (10%)	
	西	218 (0%)	968 (28%)	
	南	344 (47%)	469 (16%)	
	北	484 (42%)	411 (15%)	
	屋根	2155	138	
	床	1527	682	

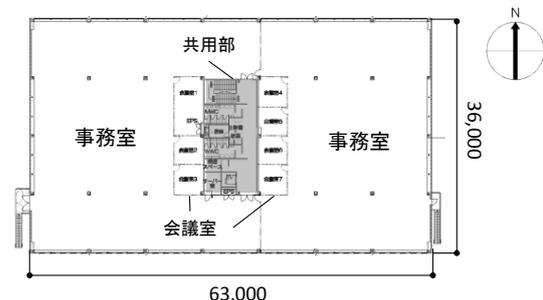


図-1 事務所 2階平面図

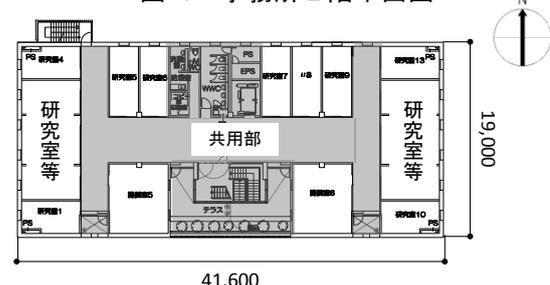


図-2 教育施設 基準階平面図

トポンプエアコンのガス方式 (GHP) と電気方式 (EHP) の併用方式であるが、教育施設のほうが EHP の比率が大きい。なお延床面積当たりの冷房能力は事務所が約 160[W/m²]、教育施設が約 200[W/m²]であり、教育施設では空調の設備容量が比較的大きく設計されている。教育施設の空調設計においては講義室等人口密度が高い室が存在していること、また各部屋で間欠運転を想定していること等を設計者が総合的に判断し比較的大きい容量の空調機を選定している。両建物ともに外気導入に外気処理空調機および全熱交換機を用いている。

2.2 計算条件

以下にシミュレーションの設定条件を示す。2 つのプログラムの計算方法の差異が推計結果へ及ぼす影響を分析するため、室使用スケジュール、内部発熱条件、建物の年間使用スケジュールを各プログラムで同一の条件に設定した。設定条件は Web プログラムで建物用途・室用途別に定められている標準室使用条件に統一した。図-3 に各建物の主要室における照明・人体・機器の内部発熱スケジュールを示す。年間の平日は 241 日とし、平日のみ建物が使用されるものとした。

3. 検証結果と考察

3.1 年間一次エネルギー消費量推計結果

図-4 に各建物の年間一次エネルギー消費量推計結果をシミュレーションプログラム別に示す。事務所の延床面積当たり年間一次エネルギー消費量は Web プログラムを用いた場合 1,228[MJ/m²・年]、BEST を用いた場合 994[MJ/m²・年]であった。教育施設の推計結果は Web プログラムを用いた場合 1,193[MJ/m²・年]、BEST を用いた場合 1,038[MJ/m²・年]であった。なお統計³⁾によると延床面積 2,000[m²]以上 10,000[m²]未満の事務所の平均年間一次エネルギー消費量は 1,612[MJ/m²・年]、教育施設では 973[MJ/m²・年]であり、いずれの推計結果も統計値からは大きく外れていない。

各プログラムの推計結果を比較すると、Web プログラムの推計値よりも BEST の推計結果のほうが事務所では約 24[%]、教育施設では約 15[%]小さく推計された。推計結果の内訳を比較すると事務所・教育施設ともに照明、コンセント機器、昇降機、その他機器の推計結果に大きな差異は見られないが空調・換気の推計結果に大きな差異がみられた。

3.2 機械換気一次エネルギー消費量推計結果

事務所の換気設備の年間一次エネルギー消費量は Web プログラムでは 80[MJ/m²・年]、BEST では 10[MJ/m²・年]であった。また、教育施設では Web プログラムで 7[MJ/m²・年]、BEST で 0.5[MJ/m²・年]であった。各プログラ

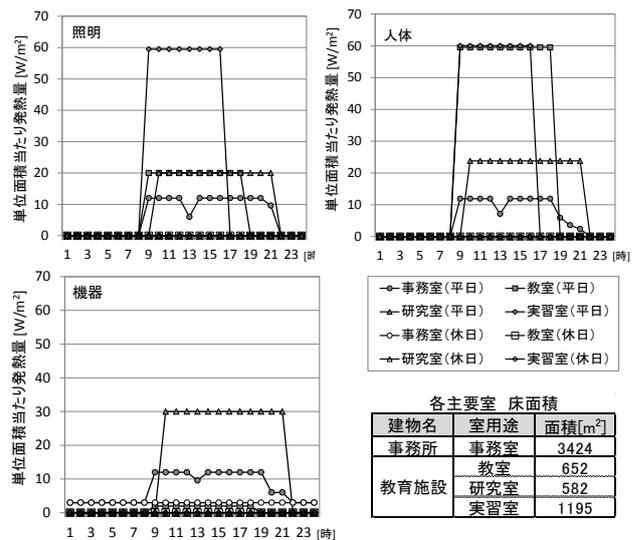


図-3 主要室の内部発熱スケジュール

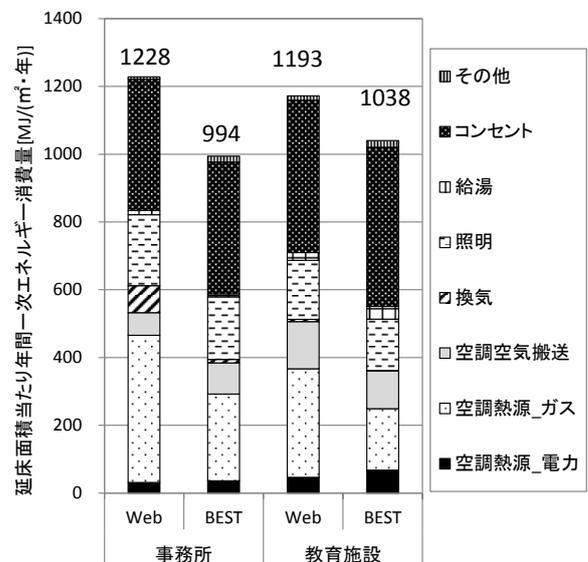


図-4 年間一次エネルギー消費量推計結果

表-3 機械換気一次エネルギー消費量算定方法

プログラム	換気ファン消費電力算出方法	
Web プログラム	$E_v = E_{vm} / \eta_m$	E_v : 換気ファン消費電力[W] E_{vm} : 換気ファン電動機出力[W] η_m : 電動機効率[-] = 0.75(一律)
BEST	風量と機外静圧より近似式を用いて算出	

ムの機械換気の消費電力算定方法を表-3 に示す。Web プログラムでは換気ファンの電動機出力と電動機効率をもとに消費電力を算出するのに対し、BEST では換気ファンの風量と静圧から近似式⁵⁾を用いて推定する。この計算方法に基づき手計算で同様に推計を行ったところ手計算結果とシミュレーション結果に大きな差異はみられなかったため、シミュレーションプログラム内の計算や

出力には問題がないことが確認された。

文献より、事務所の換気設備の一次エネルギー消費量は一般に全体の6[%]~8[%]を占める⁶⁾。このとき、今回対象とした事務所の換気設備一次エネルギー消費量は約89[MJ/m²・年]、教育施設においても同様の割合で換気一次エネルギー量が生じるとすれば約78[MJ/m²・年]となると推測される。この値から判断すると、Webプログラムの推計値のほうがより実態に近い値を示していると考えられる。しかし上記の文献値は中央熱源方式を想定した場合であり、今回のような個別分散方式の場合や、建物規模、運用方法によって実態値は変化するためどちらのプログラムの値が実態値に近いのかを結論付けるにはより詳細な比較検証が必要である。

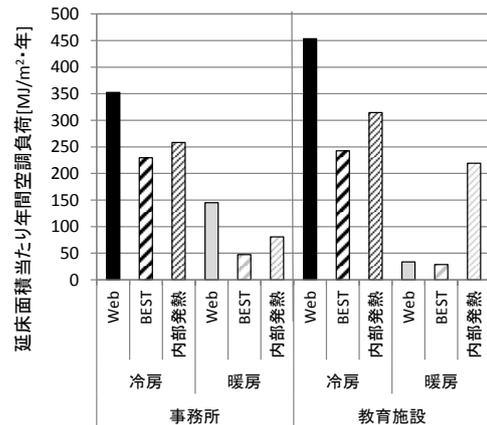


図-5 冷暖房負荷推計結果

3.3 空調一次エネルギー消費量推計結果

空調一次エネルギー消費量推計結果のプログラム間の差異の原因として、

- 1) 熱負荷計算結果の差異
- 2) 空調機部分負荷特性の差異

が考えられる。以下ではこれら2つの要素に関して分析を行う。

(1) 熱負荷計算結果の差異

図-5に延床面積あたり年間冷暖房負荷の推計結果を示す。図-5中の内部発熱は図-3に示す内部発熱スケジュールをもとに冷房・暖房期間内の内部発熱量を躯体の吸熱による熱遅れ等を無視して概算したものである。

事務所の熱負荷推結果はWebプログラムでは冷房353[MJ/m²・年]、暖房145[MJ/m²・年]、BESTでは冷房230[MJ/m²・年]、暖房47[MJ/m²・年]であった。文献⁷⁾によると延床面積約5,000[m²]の一般的な事務所の冷房負荷は約300[MJ/m²・年]、暖房負荷は約200[MJ/m²・年]程度になる。これと推計結果を比較すると、事務所のBESTの暖房負荷推計結果は過小な値であると判断できる。教育施設の熱負荷に関して文献等から一般的な数値を得ることができなかったが、前述した事務所の文献値と比較するとWebプログラム・BESTともに暖房負荷が過小となっている可能性が示唆される。

各推計結果のプログラム間の差異を比較すると、冷房負荷に関してはBESTの冷房負荷はWebプログラムよりも小さく推計され、暖房負荷に関しては教育施設では各プログラムの結果が概ね一致したものの、事務所ではWebプログラムの結果がBESTの約3倍となった。これらの差異は熱負荷計算方法の差異に起因するものと考えられる。WebプログラムとBESTの熱負荷計算法の大きな差異としては建築・空調の連成計算の有無、計算タイムステップの差異、外部負荷の算定方法の差異等があるが、今回用いたシミュレーションプログラムの仕様では

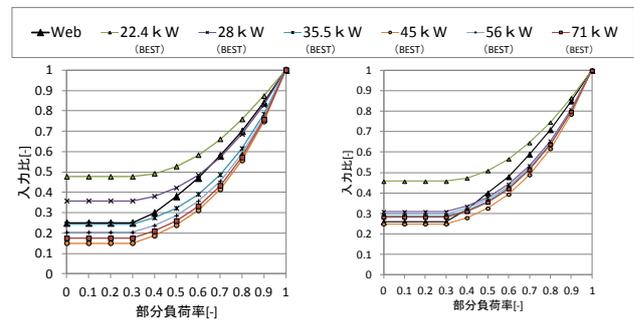


図-6 GHP部分負荷特性曲線

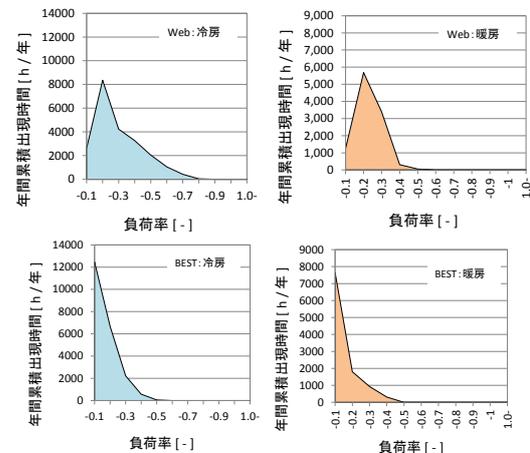


図-7 空調負荷年間累積出現時間 (事務所)

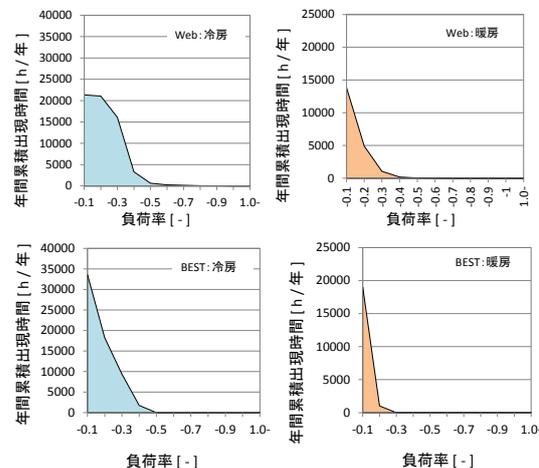


図-8 空調負荷年間累積出現時間 (教育施設)

負荷の内訳をもとに詳細な差異の分析を行うことは難しい。

(2) 空調機部分負荷特性の差異

ここでは両プログラムにおける GHP の部分負荷特性の差異について分析する。Web プログラムの GHP の部分負荷特性は冷房・暖房別に設定されており、機器の容量や性能によらず同一の部分負荷曲線を使用して空調一次エネルギー消費量の計算を行う⁴⁾。一方、BEST では空調機の定格入力値 (GHP では燃料消費量) をもとに3次式で部分負荷曲線を近似し、中間入力値を用いて近似式を補正する方法で算出する⁵⁾。本稿では D 社 GHP のカタログ値を用いて BEST の計算方法に従って能力の異なる機器ごとに部分負荷特性曲線を求め、Web プログラムと BEST の部分負荷特性を比較した。なお、BEST の部分負荷特性の推計には D 社の標準的な機種を選定し、同一シリーズのすべての容量の機器について推計を行った。

図-6にWebプログラムのGHP 部分負荷曲線とBESTの部分負荷特性を推計した曲線を示す。また、図-7、図-8に事務所と教育施設における部分負荷率の年間累積出現時間を示す。事務所では負荷率 30[%]以下の低負荷運転時間が年間空調時間に占める割合は冷房で約 70[%]、暖房で約 96[%]を占める。また、教育施設の低負荷運転時間の割合は冷房で約 93[%]、暖房で約 99[%]である。

部分負荷率 30[%]以下での入力比を両プログラムで比較すると、35.5[kW]以上の機器で BEST の入力比が Web プログラムの入力比を概ね下回っている。この時、同一の負荷率では BEST の計算のほうが Web プログラムよりも燃料消費量が少なくなる。なお、今回各建物で使用した GHP 室外機のうち、各建物ともに約半数は 35.5[kW]以下の容量の機器である。これより、低負荷運転時の部分負荷特性の差異が空調一次エネルギー消費量の差異を生じさせる一因となっていることがわかる。

4. まとめ

本稿では事務所と教育施設を対象に Web プログラムと BEST の一次エネルギー消費量推計結果を比較した。これより得られた知見を以下にまとめる。

- 1) Web プログラムと BEST の一次エネルギー消費量推計結果を比較すると各建物ともに BEST の推計結果のほうが小さくなり、事務所では約 24[%]、教育施設では約 15[%]の差異がみられた。一次エネルギー消費量の内訳ごとに比較すると、換気と空調に大きな差異がみられた。
- 2) 換気の推計結果の差異は計算方法の差異に起因する。Web プログラムの算出方法は換気ファンの電動機出力と電動機効率をもとに消費電力を算出するもので

るのに対し、BEST の算出方法は換気ファンの風量と静圧から近似式を用いて推定するものである。

- 3) 空調の算出値の差異には熱負荷推計結果の差異と空調機の部分負荷特性の差異が影響している。
 - (a) 熱負荷計算結果は、各建物ともに BEST のほうが Web プログラムよりも小さく推計された。文献値との比較より、BEST の熱負荷計算結果は過小な値が算出されている可能性が示唆される。
 - (b) 各プログラムの部分負荷特性には、低負荷運転時の性能値に特に差異がみられた。したがって、低負荷運転時間が長いほど両プログラムの空調一次エネルギー消費量の差異への影響が大きくなると考えられる。
- 4) 今後は異なる建物用途や規模、空調方式を対象に分析を行い更なる知見の収集を進めるほか、運用時のエネルギー消費量の情報収集を可能な限り行い、推計値との比較分析を行う。

参考文献

- 1) 独立行政法人建築研究所他：一次エネルギー消費量算定プログラム(非住宅建築物用) ver 1.9.1(2014.04), <http://building.app.lowenergy.jp/>
- 2) 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構：BEST 平成 25 年省エネ基準対応ツール_1.1.1, 2013.4
- 3) DECC 非住宅建築物の環境関連データベース http://www.jsbc.or.jp/decc_download/notes.html
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所他：平成 25 年省エネルギー基準(平成 25 年 1 月公布)等関係技術資料—一次エネルギー消費量算定プログラム解説(非住宅建築物編)—, 2013.11
- 5) 一般財団法人建築環境・省エネルギー機構：[平成 25 年省エネ基準対応] BEST 改正省エネ基準対応ツール解説書第 II 編 [理論編], 2013.10
- 6) SHASE-G0012-2008 建築・設備の省エネルギー技術指針 非住宅編, 社団法人空気調和・衛生工学会(2009-3), pp.294
- 7) 下田吉之, 山口容平, 西山満, 西端康介: 中小規模オフィスビルの特徴とエネルギー消費 (1) 中小規模オフィスビルの特徴, 空気調和・衛生工学 86(1), pp3-8, 2012-1, 社団法人空気調和・衛生工学会