

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171）

BEST（誘導基準認定ツール）の計算検証

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 171)

Verification of the Calculation Method of BEST

正会員 小林 弘造（日建設計）

特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 野原 文男（日建設計）

技術フェロー 長谷川 巖（日建設計）

正会員 二宮 博史（日建設計）

正会員 品川 浩一（日本設計）

Kozo KOBAYASHI*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³

Fumio NOHARA*¹ Hasegawa IWAO*¹ Hiroshi NINOMIYA*¹ Koichi SHINAGAWA*⁴

*¹ Nikken Sekkei Ltd. *² Institute for Building Environment and Energy Conservation

*³ Tokyo Metropolitan University *⁴ Nihon Sekkei Inc.

Calculation results of the BEST program are compared with results of the energy consumption calculation program (WEB tool). These programs calculate energy consumption of air conditioning, lighting, ventilation, hot water and elevator. The characteristic of each program and calculation results of energy consumption are explained.

はじめに

BEST（誘導基準認定ツール）では基準一次エネルギー消費量は告示基準値と同じとしたため、プログラムの計算方法による差異は設計一次エネルギー消費量で生じる可能性がある。そこで本報では、BEST（誘導基準認定ツール）とエネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）（通称WEBプログラム、以降Web）について、空調、照明、換気、給湯、昇降機の各計算結果の比較を行う。設計一次エネルギー消費量の差異の理由をプログラムの特徴を踏まえ明らかにすることを目的とする。

1. 空調エネルギー消費量の比較検証

1.1 事務所建物における比較

10,000㎡事務所建物における空調一次エネルギー消費量の比較を行った。検討ケースと両プログラムで同じ入力を行った建築・空調設備仕様の概要を表1に示す。

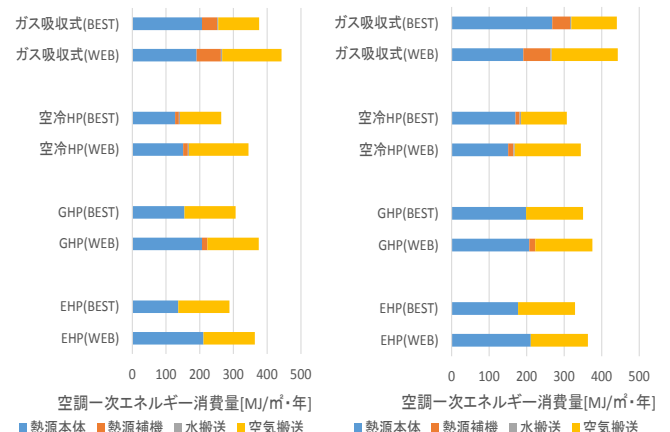
1.2 熱源設備の効率補正

6地域における計算結果を図1に示す。空調エネルギーの内訳において、特に熱源本体と中央熱源方式における空気搬送、ガス吸収式方式での補機類で差異が生じた。そこで、Webで適用している熱源種別補正係数をBESTでも適用したところ、図1の右図に示すとおり、両プログラムで差異が小さくなった。この補正は、実際にプログラム上入力したCOPより実態に即して下方修正しているものである。この結果より、BESTでもプロ

ラムの中で効率補正を行うこととした。その結果、図2に示す全地域の計算比較では、空調エネルギーのBESTとWebの差異は10%程度となっている。

表一 検討ケースと建築・空調設備仕様の概要

| | | |
|--------|--------|---|
| 建築仕様 | 規模 | 10,000㎡ 事務所建物 |
| | 検討地域区分 | 1地域:北見、6地域:岡山、8地域:那覇 で検討 |
| | 外皮仕様 | 窓面積率40%、Low-Eペアガラス、ブラインド有 標準断熱、8地域のみ庇あり |
| 空調設備仕様 | 熱源仕様 | ①EHP 定格COP1.32/1.51 (冷暖) ②GHP 定格COP1.30/1.60 (冷暖) ③空冷HP 定格COP1.47/1.44 (冷暖) ④ガス吸収式 COP1.35/0.87 (冷暖) |
| | 熱源補機 | 2次ポンプVWV制御、標準電動機 |
| | 空調機 | ①②冷暖切替パッケージ ダクト隠ぺい型 ③④空調機VAV制御、外気カット、全熱交換機、外気冷房制御、標準電動機 |
| | | |



図一 空調エネルギー消費量の内訳比較
(左:補正前、右:補正後)

1.3 CAV 制御と VAV 制御の特徴

BESTとWebではVAV制御の際の除湿負荷の計算が異なる。Webでは、CAV制御とVAV制御では処理負荷が同じであり、エネルギー消費の差は空気搬送動力のみに生じる。図1の右図のガス吸収式と空冷HPでは共にVAV制御を採用しており、BESTの方がWebより熱源負荷が大きい結果となっている。これはBESTではCAVに比べVAVの方が除湿負荷が大きくなり、その分CAVに比べVAVでは熱源負荷が増える計算となるためである。

また、空気搬送の軸動力は、Webは風量比の2乗則としているがBESTは理論値として風量比の3乗則で計算を行っている。BESTではVAVにおいて、Webと比べ熱源負荷が増え、空気搬送動力が減るといった結果となる。

1.4 各種建物用途における比較

500~2,000㎡程度の単室簡易モデルで飲食、物販、学校、映画館における空調一次エネルギー消費量の比較を行った。立地は6地域とし、建築・設備仕様は標準的な仕様としている。計算結果を図3及び図4に示す。

飲食、物販では結果の差異は小さく、学校、映画館では比較して差異が大きくなった。Webでは日負荷に負荷率を掛けて時刻別負荷に換算して空調エネルギー計算を行っている。飲食、物販では負荷が連続的で負荷率が高い点で熱源機器が運転される計算となる。一方、学校や映画館などは間欠負荷となっているため日負荷からの負荷率換算では部分負荷状態が続くこととなり、熱源機器の効率が低い負荷条件で運転される計算となると考えられる。一方、BESTでは設定温度に達し、負荷がなくなると熱源本体の運転は停止する（補機類は運転）計算を行っているため、この点において差異が生じることが分かった。

2. 照明エネルギー消費量の比較検証

BESTとWebで、同じ設計一次エネルギー消費量となる事務所モデルを作成し、各省エネルギー制御の効果を算出した。結果を表2に示す。

昼光利用制御については、BESTでは自動ブラインドの有無と窓面方位に応じて効果を算出しており、一方Webでは、窓面方位の別が無い。また、在室検知制御は人感センサーの設置単位（表2にて「人感：6.4㎡」は人感センサーが床面積6.4㎡×6.4㎡に1個設けられることを示す。）によって、効果係数が各々算出されている。初期照度補正制御については同じ効果係数となっている。

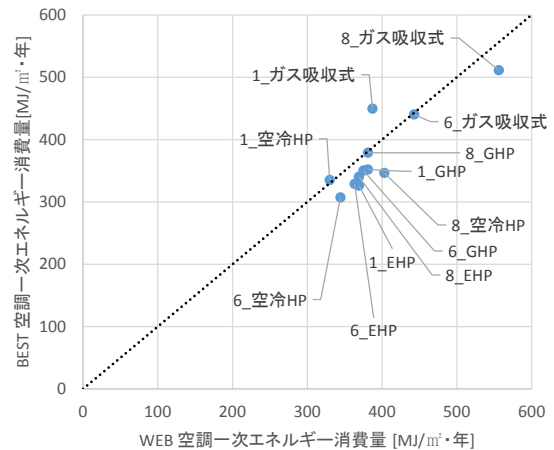


図-2 空調エネルギー消費量の比較
(事務所)

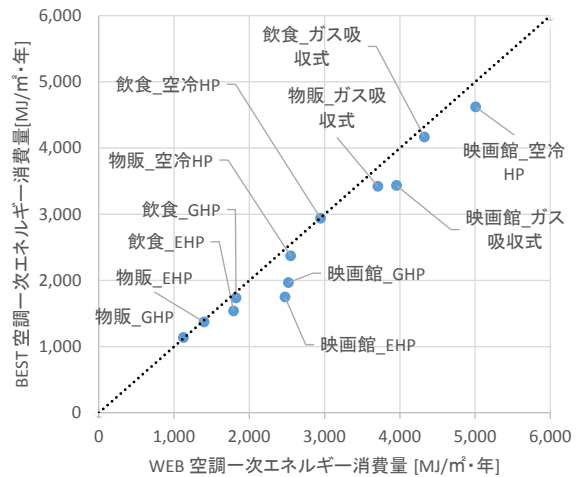


図-3 空調エネルギー消費量の比較
(飲食・物販・映画館)

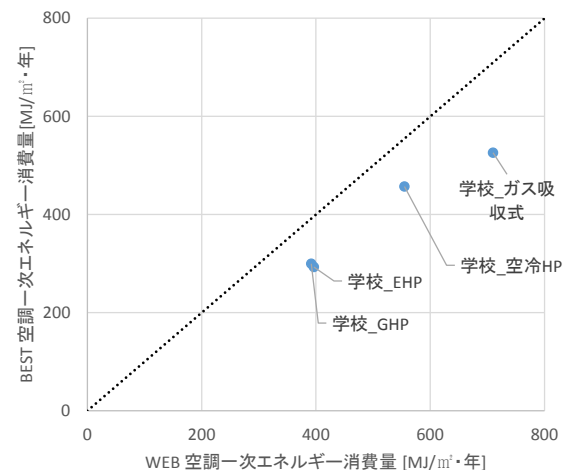


図-4 空調エネルギー消費量の比較
(学校)

これらの制御を同時に行うときの複合効果を算出した結果、自動ブラインド無しでは、Webで省エネ効果がより大きく、自動ブラインド有りではBESTで省エネ効果がより大きく算出される傾向となった。

さらに、Webでは室形状に応じた室指数による補正が行われる。この補正は単位床面積あたりのエネルギー消費量がより大きくなる傾向がある室指数が小さい室について、基準一次エネルギー消費量との相対的な関係を考慮して設計一次エネルギーを割り引く補正である。基準一次エネルギー消費量は室指数2.5が想定されている。Webでは、室指数が2.5より小さい室についてこの補正が行われる（室指数1.75以上2.5未満にて×0.9、室指数0.75未満にて×0.50等）が、BESTでは補正を行わない。この補正の有無も、設計一次エネルギー消費量の差異を生ずることとなる。

3. 換気エネルギー消費量の比較検証

事務所建物の余剰排気ファンを想定したモデルを作成し、各省エネ制御の効果を算出した。1フロア360㎡の事務所に排気ファン1,000㎡/h（定格消費電力190W）を設けることを想定した。結果を図5に示す。

電動機へのインバーター方式の採用と、CO₂濃度制御の効果は同値となっており、また、BESTとWebでほぼ同じ効果となった。事務所の余剰排気ファンに温度制御の採用は一般的ではないが、効果の確認のために試算したところ、これについてもほぼ同じ効果となった。

換気エネルギーについては、一般的な換気システムの入力の場合に、BESTとWebでほぼ差異が生じない結果となると考えられる。

4. 給湯エネルギー消費量の比較検証

4.1 事務所建物における比較

事務所建物の手洗い及び給湯室への給湯を想定し、下記の設備システム別に設計一次エネルギー消費量を算出した。

- ① 電気温水器（一管式、一次エネルギーCOP：0.37）
- ② ガス湯沸器（一管式、一次エネルギーCOP：0.8）
- ③ ヒートポンプ給湯器
（一管式、一次エネルギーCOP：1.48）

事務所面積は100㎡とし、給湯原単位は3.8L/人・日とした。配管は「保温仕様2」とし、口径は20Aとした。一管式先止まり配管とし、長さはIx=7相当で約0.3mとした。地域別の結果を図6に示す。

表-2 照明計算における省エネ制御の効果

| | | 単独の効果 | | | 複合効果 日光×在室×初期 | | |
|------------------|------------------|-------------|-------------|--------|------------------|------|------|
| | | 日光利用 | 在室検知 | 初期照度補正 | | | |
| 自動 ブラインド 無 | BEST | 窓：南向、人感：64m | 0.87 | 0.96 | 0.85 | 0.76 | |
| | | 窓：南向、人感：32m | | 0.87 | | 0.68 | |
| | | 窓：南向、人感：器具毎 | | 0.82 | | 0.64 | |
| | | 窓：北向、人感：64m | 0.96 | 0.96 | | 0.82 | |
| | | 窓：北向、人感：32m | | 0.87 | | 0.74 | |
| | | 窓：北向、人感：器具毎 | | 0.82 | | 0.70 | |
| | | 窓：東向、人感：64m | 0.92 | 0.96 | | 0.79 | |
| | | 窓：東向、人感：32m | | 0.87 | | 0.72 | |
| | | 窓：東向、人感：器具毎 | | 0.82 | | 0.67 | |
| | 窓：西向、人感：64m | 0.91 | 0.96 | 0.79 | | | |
| | 窓：西向、人感：32m | | 0.87 | 0.71 | | | |
| | 窓：西向、人感：器具毎 | | 0.82 | 0.67 | | | |
| | WEB | 人感：64m | 0.90 | 0.95 | 0.85 | 0.73 | |
| | | 人感：32m | | 0.85 | | 0.65 | |
| | | 人感：器具毎 | | 0.80 | | 0.61 | |
| | 自動 ブラインド 有 | BEST | 窓：南向、人感：64m | 0.72 | 0.96 | 0.85 | 0.64 |
| | | | 窓：南向、人感：32m | | 0.87 | | 0.56 |
| | | | 窓：南向、人感：器具毎 | | 0.82 | | 0.52 |
| 窓：北向、人感：64m | | | 0.66 | 0.96 | 0.55 | | |
| 窓：北向、人感：32m | | | | 0.87 | 0.51 | | |
| 窓：北向、人感：器具毎 | | | | 0.82 | 0.47 | | |
| 窓：東向、人感：64m | | | 0.65 | 0.96 | 0.54 | | |
| 窓：東向、人感：32m | | | | 0.87 | 0.50 | | |
| 窓：東向、人感：器具毎 | | | | 0.82 | 0.46 | | |
| 窓：西向、人感：64m | | 0.74 | 0.96 | 0.62 | | | |
| 窓：西向、人感：32m | | | 0.87 | 0.58 | | | |
| 窓：西向、人感：器具毎 | | | 0.82 | 0.53 | | | |
| WEB | | 人感：64m | 0.85 | 0.95 | 0.85 | 0.69 | |
| | | 人感：32m | | 0.85 | | 0.61 | |
| | | 人感：器具毎 | | 0.80 | | 0.58 | |

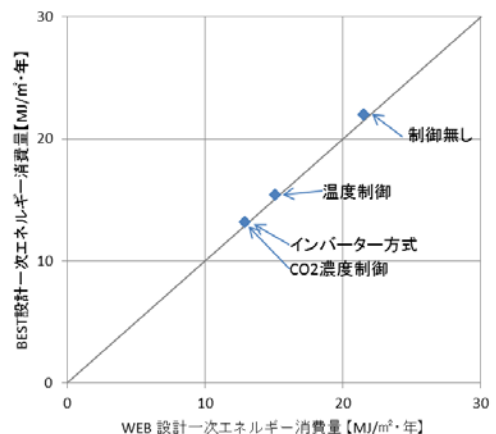


図-5 換気計算における省エネ制御の効果

BESTではヒートポンプ給湯器は、寒冷地となるほどタンク保温のための運転を行う計算となる。その結果、効率が悪くなっている。電気温水器とガス湯沸器でのBESTとWebの差異は2～7%であり、外気温度の扱いの違い等が影響していると考えられる。

4.2 ホテルにおける比較

ホテルの客室給湯を想定し、下記の設備システム別に設計一次エネルギー消費量を算出した。

- ① 電気ボイラ（二管式、一次エネルギーCOP：0.37）
- ② ガスボイラ（二管式、一次エネルギーCOP：0.8）
- ③ ヒートポンプ給湯器

（二管式、一次エネルギーCOP：1.48）

客室面積は100㎡とし、給湯原単位は165L/人・日とした。地域別の結果を図7に示す。

電気ボイラでのBESTとWebの差異は13～16%となった。BESTではガスボイラは、暑熱地域となるほど部分負荷効率の悪い領域での運転が増え、値が大きくなる傾向となった。なお、事務所建物と同様に、BESTではヒートポンプ給湯器のタンク保温運転が寒冷地となるほど増えている。

5. 昇降機エネルギー消費量の比較検証

事務所建物の昇降機を想定したモデルを作成し、各省エネ制御の効果を算出した。積載重量600kg、速度60m/min.の乗用エレベーター1台とした。結果を図8に示す。

各方式で、BESTとWebでほぼ同じ設計一次エネルギーとなった。なお、VVVF電力回生ありと、VVVF電力回生なし+ギアレス巻上の効果は同値となっている。昇降機エネルギーについては、BESTとWebでほぼ差異が生じない結果となると考えられる。

6. まとめ

本報では、BEST（誘導基準認定ツール）とエネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）（WEBプログラム）について、各設備の計算結果の比較を行った。設計一次エネルギー消費量の差異の理由をプログラムの特徴を踏まえ明らかにした。

【謝辞】本報は、(一財)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）」、統合化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。BEST省エネ基準対応ツール開発委員会名簿（順不同）委員長：石野久彌（首都大学東京名誉教授）、幹事：長谷川巖（日建設計）、委員：島岡宏秀、笠原修（大林組）、佐藤正章、菰田英晴（鹿島建設）、田岡知博（コンパス）、佐藤誠、辻丸のりえ（佐藤エネルギーリサーチ）、矢川明弘、新武康（清水建設）、加藤美好、横井睦己、大木泰祐（大成建設）、中里博美（ダイケンエンジニアリング）、高井啓明、芝原崇慶（竹中工務店）、柳井崇、品川浩一、小林達也（日本設計）、田中祐輔、加藤駿、茂呂幸雄（三菱地所設計）、野原文男、丹羽勝巳、二宮博史、小林弘造、飯田玲香（日建設計）事務局：生稻清久、石田真理（建築環境・省エネルギー機構）

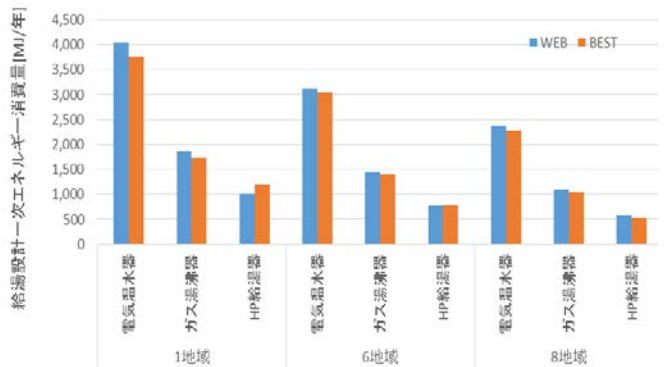


図-6 地域別・設備システム別の給湯エネルギー（事務所）

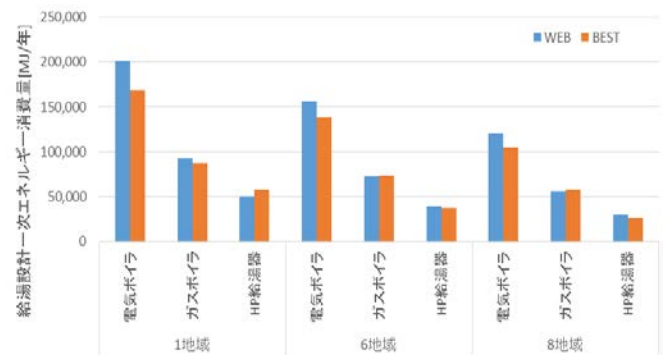


図-7 地域別・設備システム別の給湯エネルギー（ホテル）

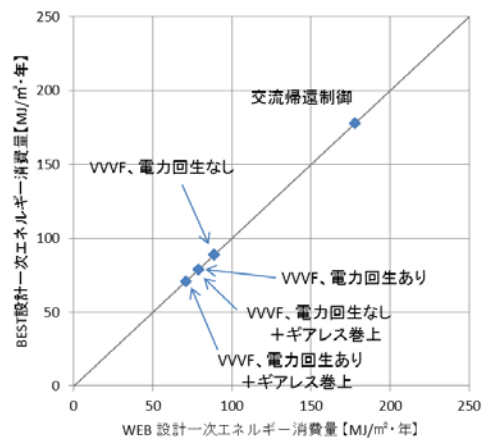


図-8 昇降機計算における省エネ制御の効果