

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 208）

BEST 誘導基準対応ツールと WEB プログラムの計算検証

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 208)

Verification of calculations shown by BEST (a tool for the certification of high-performance buildings) and another tool, “Webpro”

技術フェロー 長谷川 巖（日建設計）

名誉会員 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）

正会員 品川 浩一（日本設計）

正会員 飯田 玲香（日建設計）

Hasegawa IWAO *1 Shuzo MURAKAMI*2 Hisaya ISHINO*3 Fumio NOHARA *4 Koichi SHINAGAWA*5 Reika IIDA*1

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

*3 Tokyo Metropolitan University *4 Nikken Sekkei Research Institute. *5 Nihon Sekkei Inc.

As a study item in the technical review process, this paper shows different calculation results, which were delivered due to the difference in the calculation method used for BEST and that for Webpro. The factors in the difference are also mentioned. Seeing that each tool has its own way to make calculations, the detailed analysis of the difference in the results of air-conditioning primary energy consumption was carried out at the same time.

はじめに

2017年4月から建築物省エネ法^{注1}に基づく、建築物の一次エネルギー消費量を評価する適合性判定が開始された。BESTは建築物省エネ法の性能向上計画認定制度（誘導基準）における国土交通大臣が認めるプログラムとして利用出来るよう技術的審査^{注2}を実施している。本報では、平成28年基準に基づく誘導基準対応ツール（以下本ツール）とWEBプログラム^{注3}（以下Webpro）との計算検証のうち一次エネルギー消費量の算定に関する審議過程を報告する。

1. 計算検証の内容

技術的審査では、本ツールと Webpro の計算条件をそろえた上で検証を行っている。その上で、計算方法の差異による計算結果の違いとその要因について明らかにすることを目的としている。本ツールと Webpro の計算比較検証は、既往文献¹⁾²⁾にて、設備ごとの一次エネルギー消費量の比較考察を既に行っている。本報では、両プログラムにおいて特に計算方法が異なる空調一次エネルギー消費量の差の分析を行った。

2. 空調一次エネルギー消費量の計算検証

2.1 計算条件と計算ケース

計算モデルを図-1に示す。空調2ゾーンの事務所基準階モデルとし建物全体では7フロアあるとして計算を行った。計算ケースは表-1に示すとおり10通り行い、本ツ

ルとWebproの空調一次エネルギー消費量を、2地域、6地域、8地域の3つの地域区分でそれぞれ算出した。計算ケースは省エネ項目のない基準ケースを最初に、熱源の高効率化、送水大温度差、送風大温度差、変風量制御、照明の高効率化、照明制御を順々に追加的に行った。また、熱源種別の変更、個別分散機器（EHP、GHP）での比較も行っている。なお、ここで照明の省エネ項目を対象としているが、本ツールでは照明負荷の削減が、空調負荷の内部発熱削減に影響するためである。



図-1 計算モデル

- ・1フロア 1,473 m²、延床 10,000 m²事務所建物
- ・空調 2ゾーンの事務所基準階モデル
- ・建物全体では 7フロア分として計算

表-1 計算ケース

ケース	熱源		空調機制御		照明		
	種別	送水温度差	制御	送風温度差	器具	制御	
AC-1a	基準	空気熱源HPチラー/スクルー	7°C	CAV	10°C	Hf	なし
AC-1b	+熱源高効率化	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	7°C	CAV	10°C	Hf	なし
AC-1c	+送水大温度差	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	10°C	CAV	10°C	Hf	なし
AC-1d	+送風大温度差	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	10°C	CAV	13°C	Hf	なし
AC-1e	+変風量	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	10°C	VAV	13°C	Hf	なし
L-1	+照明高効率	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	10°C	VAV	13°C	LED	なし
L-2	+照明制御	空気熱源HPチラー/スクロールインバータ	10°C	VAV	13°C	LED	あり
AC-2	燃焼系熱源	吸収式冷温水機/二重効用	7°C	CAV	10°C	Hf	なし
AC-3	個別分散1	EHPビルマルチ（冷暖切替）				Hf	なし
AC-4	個別分散2	GHPビルマルチ（冷暖切替）				Hf	なし

※ケースAC-1a~ケース2の中央熱源システムでは二次ポンプはすべて吐出圧一定制御で計算した。
※CAV:定風量制御、VAV:変風量制御

2.2 各地域の空調一次エネルギー消費量比較

2地域、6地域、8地域での計算結果について、それぞれ、図-2~図-4に示す。空調一次エネルギー消費量の内訳として、熱源主機、熱源補機、空調水搬送、空調空気搬送の区分で分けて表示をしている。結果より、2地域、6地域いずれのケースも本ツールとWebproではほぼ同じ結果となったが、8地域に関しては個別分散機器（EHP、GHP）以外のケースについては、2地域、6地域と比べ、差が生じることが分かった。

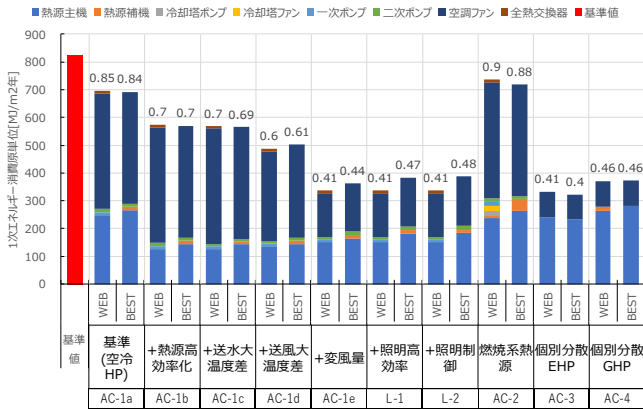


図-2 2地域における比較

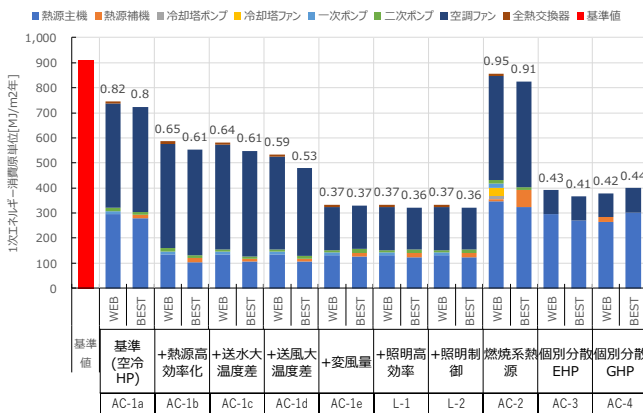


図-3 6地域における比較

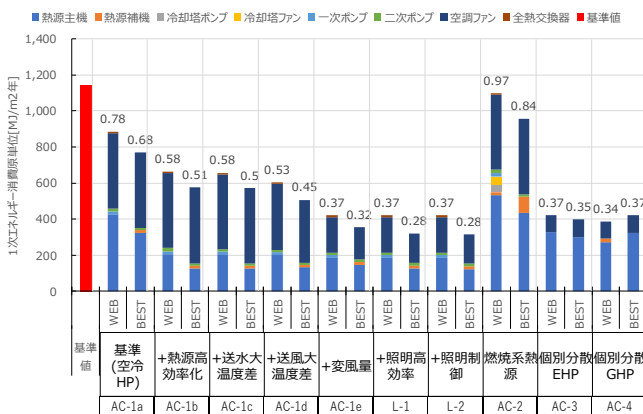


図-4 8地域における比較

2.3 8地域における詳細比較

8地域において、空調一次エネルギー消費量の差の要因分析を行うため、定風量方式と変風量方式の場合の詳細な比較検証を行った。

(1) 定風量方式における比較

a 検討対象システム

基準ケース（ケースAC-1a）では、本ツールとWebproの熱源主機一次エネルギー消費量に、比較的差があることが分かった。その要因は、空調負荷算出方法に違いがあり、Webproは全熱負荷基準で求めているが、本ツールでは冷房時は顕熱平衡式により、連成計算に求めていることによる。このことは、両ツールの室内湿度の計算結果の違いで確認ができる。そこで、Webproと同程度の室内環境になると思われる外調機+ファンコイル方式に変更した場合（ケースAC-1a'）の計算も行い、空調機による定風量方式との比較検証を行った。なお両ツールの熱源機器特性は概ね同じであることを確認している。

b 計算結果の比較

基準階フロアの処理負荷、熱源主機の一次エネルギー消費量について、各ケースの結果を図-5、6に示す。ケースAC-1aの場合は、Webproよりも本ツールの方が小さく、ケースAC-1a'の場合は、本ツールの方がWebproよりもやや大きい結果となった。ケースAC-1aの場合は、次項で示す室内湿度の違いが大きい。ケースAC-1a'では室内湿度は同じであるが、本ツールの空調処理負荷には、ファンの発熱負荷として、ケースAC-1aの場合で111[GJ/フロア]（全体の約22%）、ケースAC-1a'の場合で75[GJ/フロア]（全体の約12%）を含んでおり、この差による違いが生じている。

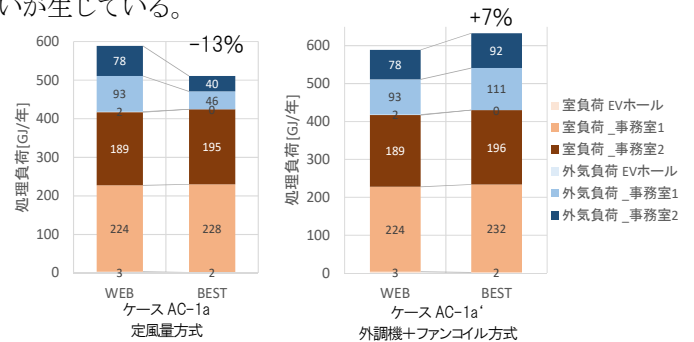


図-5 基準階フロアの空調負荷

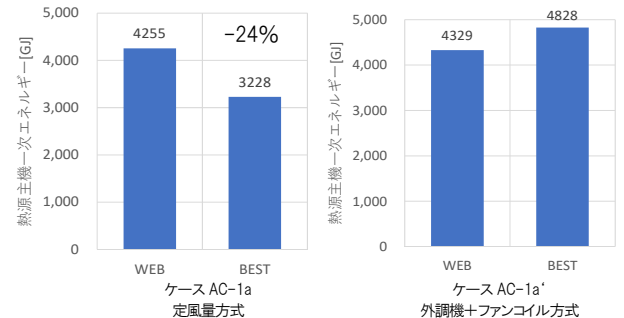


図-6 熱源主機の一次エネルギー消費量

c 室内温湿度状態の比較

冷房期間の4月から11月における定風量方式と外調機+ファンコイル方式の月別平均室内温湿度状態を図-7に示す。定風量方式では室内温度は24~26°Cに制御されるが、室内湿度は60~70%となっている。これに対して、外調機+ファンコイル方式では、室内温度は24~26°Cに制御される、室内湿度は50%程度となっており、Webproの室内温湿度設定である26°C50%と同程度になっている。

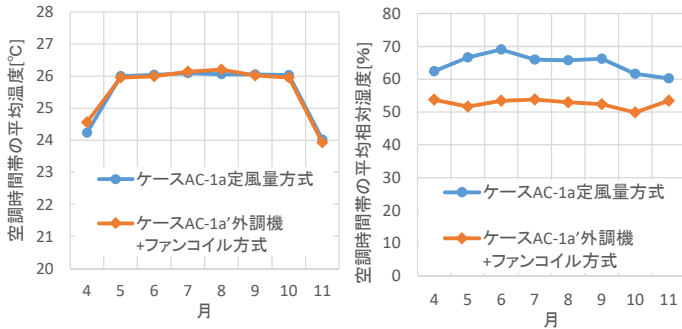


図-7 事務室1の月別平均室内温湿度の比較(定風量)

以上より、定風量方式におけるWebproの熱源主機の一次エネルギー消費量はやや過大になる傾向にあることが確認できた。この要因としては、全熱基準による空調負荷の算出方法が挙げられる。室内温湿度環境が同程度になる空調システムと比較することで、本ツールとWebproとの計算結果はほぼ一致することを確認した。

(2) 変風量方式における比較

a 検討対象システム

変風量方式(ケースAC-1e)における、本ツールとWebproの比較を行った。検討過程においてWebproで選択している熱源「ウォータチリングユニット(空冷式モジュール形)」はインバータ機種ではないことが判明したため、本ツールの熱源を「空気熱源HP チラー/スクロール(インバータ無し)」に変更し比較を行った。なお両ツールの熱源機器特性は概ね同じであることを確認している。

b 計算結果の比較

基準階フロアの処理負荷、熱源主機の一次エネルギー消費量を図-8に示す。また本ケースにおける室内温湿度状態を図-9に示す。室内温度24~26°C程度に、相対湿度は45~50%に制御されており、Webproの室内温湿度設定26°C50%とほぼ同等の室内温湿度状態となっているが、熱源主機の一次エネルギー消費は13%の差が生じていることが分かった。

c 熱源負荷の出現時間の比較考察

熱源主機一次エネルギー消費量の差の原因を探るため本ツールとWebproの熱源負荷率と外気温度別の出現時間及び入力比の関係を分析した。図-10、11に結果を

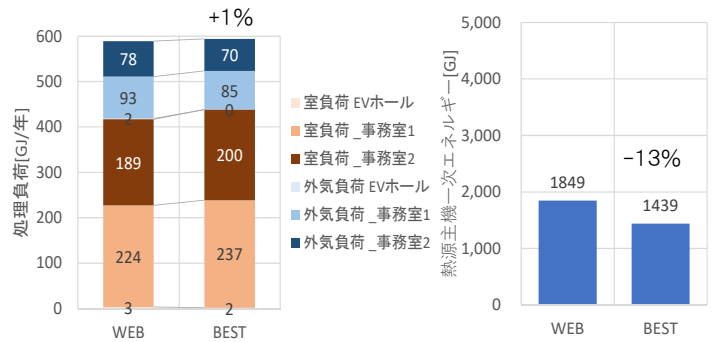


図-8 空調負荷と熱源主機一次エネルギー消費量

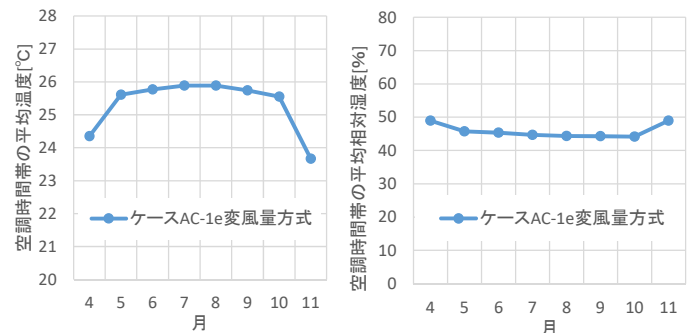


図-9 事務室1の月別平均室内温湿度の比較(変風量)

示す。図は、熱源機2台分の合計能力に対する負荷率、及び入力比であり、入力比には、補正值(1.2倍)が含まれている。図-10において、熱源の運転時間はほぼ同じであるが、熱源負荷率別の出現時間、熱源負荷率と入力比の関係について、本ツールとWebproで差があることが分かる。Webproは日平均気温を用いて計算を行っているため30°Cを超える温度帯での出現時間がないこと、熱源負荷率の分布幅が本ツールに比べ小さいなどの特色がある。

また、図-11においてWebproは6つの外気温度別の機器特性を元に、熱源負荷率別の入力比を算出した結果である。本ツールをWebproと比較するため、本ツールの時刻別計算結果の15~20°Cの範囲を、Webproの17.5°Cに対応させた温度帯とするなど、平均化した熱源負荷率と入力比を求めた。Webproと本ツールの熱源負荷率と入力比の関係はほぼ一致していると言えるが、熱源負荷率の分布は本ツールの方がやや低負荷域に広く分布していると考えられる。

d 熱源処理負荷の比較考察

本ツールとWebproの熱源処理負荷とその内訳を纏めた結果を表-2に示す。熱源処理負荷は、本ツールで4,174GJ、Webproで4,659GJとなり、10%程度本ツールの方が小さい数値となった。このとき、Webproの熱源処理負荷は、室内負荷及び外気負荷の計算結果と発熱負荷の合計値より求め、ファンとポンプの区分は、消費電力の比率にて応じて案分して求めた。一方、本ツールでは空調機コイル処理負荷の計算結果から、消費電力より求めたファン発熱負荷を差し引いて室負荷+外気負荷

を算出した。また、熱源処理負荷の計算結果より、熱源処理負荷と空調機コイル処理負荷の差をポンプの発熱負荷として算出した。

Webproの搬送部における発熱は、一律に定格運転時の消費電力×0.84³⁾とあるが、本ツールでは機器特性⁴⁾より、今回のケースではポンプ効率=0.6、空調機ファン効率=0.7、電動機効率=0.8であるため、搬送部効率×電動機効率=0.5より、発熱は消費電力×0.5程度となる。

以上より、搬送部における発熱量の違いから、Webproは本ツールに比べ熱源処理負荷は、冷房時は負荷増・暖房時は負荷減となる。冷暖房負荷がある2、6地域では、結果的に本ツールと同等の結果となったが、冷房負荷しかない8地域では室負荷計算結果の傾向に加え、電動機発熱負荷の計算方法の違いにより差が生じる結果となったと考えられる。本ツールとWebproによる空調一次エネルギー消費量の計算結果の違いは、1)時刻別負荷計算(精算法)と日平均負荷計算(略算法)の違いによる熱源負荷率別の出現時間の違い、2)ファンやポンプからの機器発熱の計算方法(精算法か簡略法)の違いによるものと考察される。

表-2 空調負荷と熱源処理負荷比較 単位[GJ]

	①室負荷+ 外気負荷	②ファン 発熱負荷	③ポンプ 発熱負荷	①~③合計 熱源処理負荷
Webpro	4,122	502	35	4,659
本ツール	3,827	330	17	4,174

注記: 本ツールの室負荷+外気負荷は、建物全体の空調機コイル負荷4,157[GJ]-ファン発熱負荷330[GJ]=3,827[GJ]より、ポンプ発熱負荷は、熱源処理負荷4,174[GJ]-建物全体の空調機コイル負荷4,157[GJ]=17[GJ]より算出した。

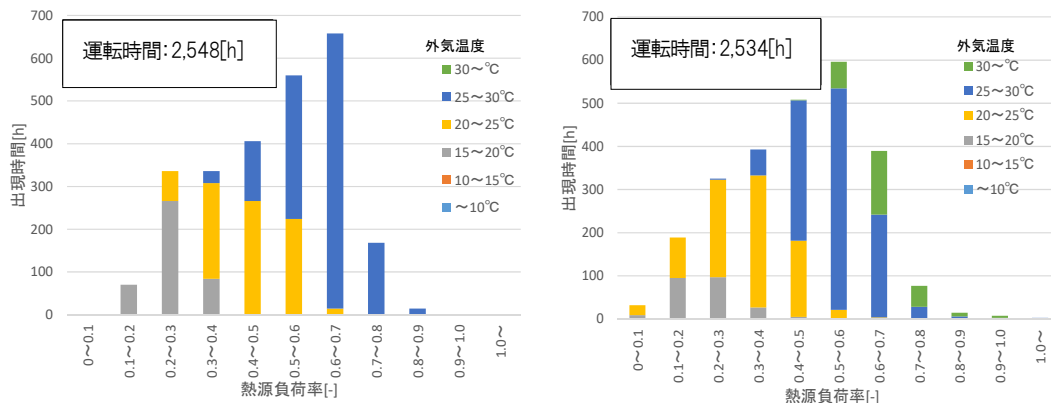


図-10 熱源負荷率と出現時間(左:Webpro、右:本ツール)

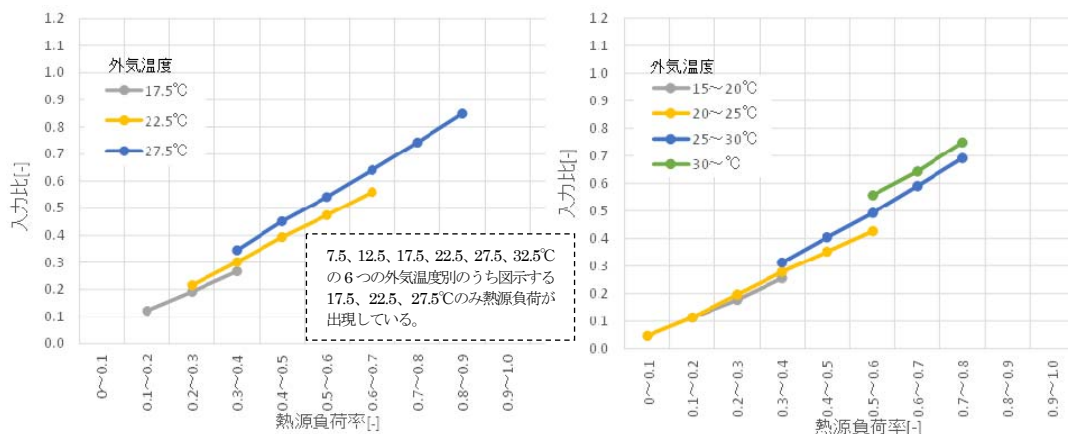


図-11 熱源負荷率と入力比(左:Webpro、右:本ツール)

おわりに

本報では平成28年基準に基づく誘導基準対応ツール(本ツール)とWebproの比較検証を行い、特に8地域において差が生じた空調一次エネルギー消費量の差異の要因について分析するとともに、両プログラムの計算方法の違いを考察した。

【謝辞】本報は、PAL*検討・WebプログラムとBESTの調整合同SWG 主査: 赤嶺嘉彦、委員: 澤地孝彦、宮田征門(国土技術政策総合研究所)、宮島賢一(建築環境ソリューションズ)、国土交通省住宅局住宅生産課、BESTコンソーシアムで審議した内容をまとめたものである。

【注記】

- 1)建築物省エネ法:建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律の略称
- 2)建築物新省エネ基準検討委員会 PAL*検討・WebプログラムとBESTの調整合同SWG
- 3)Webプログラム:建築研究所PAL*・一次エネルギー消費量算定用プログラム

参考文献

- 1)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170)BEST(誘導基準認定ツール)の位置づけと特徴 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集2016.9
- 2)小林他, 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171)BEST(誘導基準認定ツール)の計算検証 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集2016.9
- 3)平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説, 1非住宅建築物(第二版)p182式(2.1.77)、p187式(2.1.87)
- 4)品川他, エネルギーシミュレーションのための機器特性データベースの構築に関する研究 第1報搬送機器のデータベース概要と感度解析, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 227, 2016年2月