

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 223）

BEST 誘導基準対応ツールと設計ツールの機能と計算比較

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 223)

## Function and calculation comparison of a tool for the certification of high-performance buildings and design tool

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（日建設計総合研究所）

正会員 二宮 博史（日建設計）

正会員 飯田 玲香（日建設計）

Hasegawa IWAO \*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Hisaya ISHINO\*<sup>3</sup> Fumio NOHARA \*<sup>4</sup> Hiroshi NINOMIYA\*<sup>1</sup> Reika IIDA\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Nikken Sekkei Ltd. \*<sup>2</sup> Institute for Building Environment and Energy Conservation

\*<sup>3</sup> Tokyo Metropolitan University \*<sup>4</sup> Nikken Sekkei Research Institute.

This paper shows the function and calculation comparison of a tool for the certification of high-performance buildings and design tool for standard office buildings and real buildings. Furthermore, after showing the overall image of how to use the design tool, as a practical application example, we compared the actual results with the calculated data, and analyzed peak power due to differences in building and equipment specifications using hourly data.

### はじめに

BEST誘導基準対応ツールは、建築物省エネ法<sup>注1</sup>に基づく性能向上計画認定制度（誘導基準）において、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<sup>注2</sup>を実施し、2018年10月に告示計算ツールであるWebプログラム<sup>注3</sup>との整合確認と技術検討が完了し、審査マニュアルの整備及び審査者向け講習会を実施後に利用が出来ることとなっている。本報では、BEST本来の特徴を活かしたBEST設計ツールと、建築物省エネ法における申請用ツールに特化したBEST誘導基準対応ツール（以降申請ツール）の比較と、BEST設計ツール（以降設計ツール）の活用方法について報告する。

### 1. 申請ツールと設計ツールの比較

申請ツールと設計ツールの計算内容の比較を表-1 に示す。設計ツールは設計用計算として最大熱負荷、年間熱負荷、年間一次エネルギー消費量を算出するツールである。申請ツールは申請用計算として、PAL\*に相当するPAL-BEST、年間一次エネルギー消費量（BEI）を算出するツールである。両ツールの大きな違いは、基準計算の方法にあり、設計ツールの基準計算はASHRAE 90.1 ベースラインビル法に基づく計算で、設計した建物形状と同じモデルを基準仕様に置き換えて計算する方法である。一方、申請ツールの基準計算では告示基準値によるもので、建物規模や形状によらず同じ原単位で計算する。その他、気象データの選択、内部発熱やスケジュー

ールの変更、計算可能な熱源機器の種類や空調制御方式の点で設計ツールの方は汎用性が高い。

両ツールの比較として、告示計算プログラムで用いられている10,000 m<sup>2</sup> 標準仕様の事務所建物で試算を行った。図-1 に比較結果を示す。建物全体では、申請ツールよりも設計ツールの方が3~4%省エネ効果が高い結果となった。特に空調設備では、10~20%程度の省エネ効果の差が生じる。これは申請ツールでは、設計図書から入力された熱源効率に補正が掛かる算定方法となっているためである。

次に、外皮性能が高く、省エネ設備や効率化設備が導入された実在建物での比較を行った、表-2 に建物概要、図-2 に比較結果を示す。標準仕様の建物と比べ、申請ツールと設計ツールとの差にばらつきが生じ、建物全体では、申請ツールよりも設計ツールの方が3~14%省エネ効果が高い結果となった。実在建物でも、空調設備にお

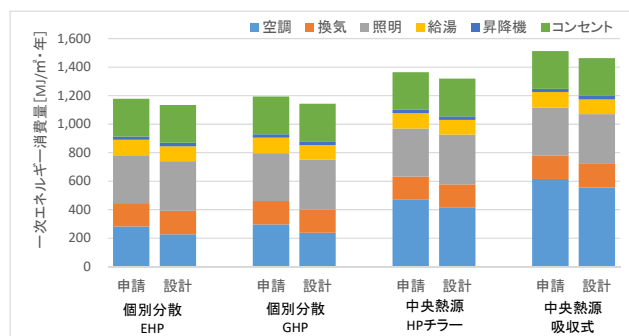


図-1 標準建物における設計ツールと申請ツールの比較

表-1 設計ツールと申請ツールの計算内容と結果出力の比較

項目	BEST 設計ツール	BEST 誘導基準対応ツール
計算内容 計算方法	[設計用計算] ・年間一次エネルギー消費量 ・最大熱負荷、年間熱負荷、 ※基準計算はベースラインビル法による	[申請用計算] ・年間一次エネルギー消費量 (BEI) ・PAL-BEST (BPI)、 ※基準計算は建築物省エネ法 告示基準値
気象データ	・拡張アメダス標準年(2010年版 840地点) ・設計用気象データ(2000年版) ・建築物省エネ法の代表8地点 ・世界の気象データ (EPW,WEDAC)	・建築物省エネ法の代表8地点
内部発熱 スケジュール	・デフォルトは建築物省エネ法の室用途(内部発熱)とスケジュール ・内部発熱とスケジュールの変更が可能	・建築物省エネ法の室用途(内部発熱)とスケジュール
設定温度	・室用途別ごとに月別温湿度設定が可能	—
隣棟の計算	○	—
ブラインド	・明色、暗色、中間色 から選択 ・ブラインド制御は標準、常時閉から選択	・明色ブラインドとして計算 ・ブラインド制御は常時閉で計算
窓種類	・空衛学会の熱負荷 HASPEE の窓データ	・告示計算で用いる窓データ
熱源	・告示計算で計算出来ない以下の熱源の計算が可能 ・直焚き二重効用高効率、直焚き二重効用高期間効率、三重効用の吸収式冷温水発生機 ・河川水利用 等	・告示計算ツールで扱う熱源に限定 ・最大能力、入力に補正係数を使用
地域熱供給	年間固定値、月別設定値の受入冷水・温水温度、冷房・暖房平均一次 COP を指定可能	年間冷房・暖房平均一次 COP の固定値で指定
一次ポンプ 変流量制御	○	—
二次ポンプ 変流量制御	○ (弁制御、吐出圧一定制御、末端差圧一定制御、推定末端差圧推定制御から選択)	○ (吐出圧一定制御で算定)
冷却水ポンプ 変流量制御	○	△ (吸収式冷温水発生機の場合のみ可能)
冷却塔ファン 発停制御 変風量制御	発停制御、台数制御、インバータ制御	台数制御
空調機 変風量制御	○ (弁制御、吐出圧一定制御、末端差圧一定制御、推定末端差圧推定制御から選択)	○ (吐出圧一定制御で算定)
空調機 CO <sub>2</sub> 制御	○	—
アースチューブ	○	—
給排水計算	○	—
蓄電池計算	○	—
結果出力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入力一覧出力</li> <li>・計算結果出力 (概要・詳細)</li> <li>・最大熱負荷計算結果表示</li> <li>・年間熱負荷計算結果表示</li> <li>・一次エネルギー消費量結果表示 (棒グラフ・円グラフ及び表形式、エネルギー種別内訳)</li> <li>・ピーク電力結果表示 (エネルギー種別、時系列・最大値順)</li> <li>・機器別熱負荷集計結果表示 (冷暖房処理負荷、年間、月別、最大値順)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・申請書出力</li> <li>・申請用入力一覧出力</li> <li>・申請用計算結果出力</li> <li>・一次エネルギー消費量結果表示 (年間及び月別グラフと表、エネルギー種別種別内訳)</li> <li>・PAL-BEST 結果表示 (グラフ、表、室別比較)</li> </ul>

ける省エネ効果の差が大きく、最大 33%の差が生じた。これは表-1に示したとおり、設計ツールではさまざまな省エネ技術が評価出来る一方、申請ツールでは Web プログラムで評価出来る省エネ技術のみに限定しているため、省エネ技術が導入された建物ほど差異が生じるといふ結果となる。

表-2 実在建物の建築・設備概要

ビル名	延床面積	建物用途	主な設備仕様
A	37,000㎡	事務所,商業	DHC,VAV,VWV,水熱源パッケージ,H照明
B	90,000㎡	事務所,商業	DHC,VAV,VWV,LED,FHP照明
C	190,000㎡	事務所,商業,映画館	DHC,VAV,VWV,CGS,LED照明
D	360,000㎡	事務所,商業,ホテル	DHC,VAV,VWV,LED照明
E	18,000㎡	事務所	EHPパッケージ,FHP照明
F	7,000㎡	事務所,商業	GHPパッケージ,FHP照明

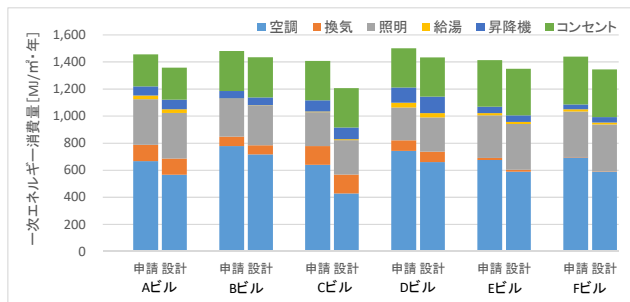


図-2 実在建物における設計ツールと申請ツールの比較

## 2. 設計ツールの位置づけと活用方法

### 2.1 設計ツールの活用サイクル

設計ツールは、平成25年省エネ基準対応ツールにおける計算方法を踏襲し、建築物の生涯に亘って活用出来るツールとして位置づけられる。図-3に概念図を示す。計画段階では建物グレードとしての目標設定を定める際に活用出来、仕様検討を行う設計段階で設計図書に記載された内容に基づき計算が可能となる。申請ツールにデータをコンバートすることで申請用計算が可能である。誘導基準対応ツールはBELSやCASBEEなどのラベリングや格付けとして活用されることが期待され、計画段階での目標設定の目安となる。

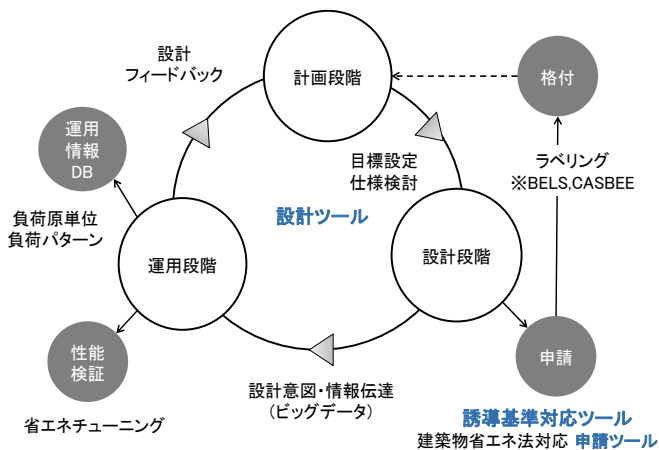


図-3 設計ツール活用の概念図

設計段階から運用段階では、設計意図や省エネ性能の情報伝達ツールとして活用出来、入力データを蓄積することが有効である。竣工直後の運用初期段階では、省エネ性能の検証で利用され、実運用状態での負荷原単位や負荷パターンに変更することで、実績値に近い計算結果となる他、運用情報のデータベースとしても分析が出来、次の計画へのフィードバックが可能となる。

### 2.2 省エネ目標値の設定と実績値との比較

省エネ性能の目標値を定めるにあたり、省エネルギーセンターから配布されている原単位管理ツール（以降ESUM）が利用されている。BEST設計ツールでは、ESUMでは評価出来ない省エネ技術や昼光利用効果などの交互作用が反映されるため、より実績に近い値が算出出来る。さらに竣工後の運用段階に照明・機器等の内部発熱や運転スケジュールを実態に即して再計算することにより、精度高くエネルギー消費実態を再現することが可能となる。表-3はESUMとBEST設計ツールの計算比較を行ったものである。ESUMは省エネの交互作用が反映されないためBESTとの差が生じ、さらに運用段階での負荷条件を実態に合わせることでより実績値に近い値となることが分かる。

表-3 ESUMとBESTの計算値と実績値の比較

計算ツール		ESUM 計算値	BEST 設計 計算値	実績値
建物全体 1次エネルギー 消費量 [MJ/㎡年]	負荷条件 変更前	1,958	1,612	
	負荷条件 変更後	1,799	1,523	
備考		運用後の性能確認からテナント入居率や内部発熱条件の変更を計算値に反映		

### 2.3 建築・設備仕様の違いによるピーク電力の分析

BESTでは、短い時間間隔での時刻別変動を捉えることが出来るという特徴がある。設計ツールでは、電力消費量の時刻別変動が結果として表示され、ピーク電力を把握することが出来る。そこで表-4に示す検討ケースにおいて、建築外皮、熱源・空調設備、照明設備を省エネ化した場合に、一次エネルギー消費量とともにどの程度ピーク電力が変わるかを分析した。なお、試算に用いた建物は、告示計算プログラムで用いられている10,000㎡の事務所建物とし、図-1に示す中央熱源ヒートポンプチラーの場合を検討ケース1として、以降、順次仕様変更を行って試算した。このときケース2から5では、建築外皮や照明発熱の変更に関わらず、空調設備容量はケース1と同じとした場合、ケース2-1から5-1では、設計ツールで同時に計算される最大負荷計算結果より、設備容量を適正な容量に見直して試算した場合である。Low-Eガラスの効果により設備容量は22%削減、また照明設備のLED化に伴う内部発熱低減も加えた効果により設備容

量は24%削減となった。一般に新築建物では、適正な容量で計画されるが、改修建物では建築外皮や照明改修に伴い、設備容量を低減するなどの適正化を行わない場合もあり、本報告では設備容量を低減した場合の効果についても試算した。

表-4 試算を行った各ケースの建築・設備仕様

ケース	建築外皮	熱源設備	空調設備	設備容量変更	照明設備		
1	シングルガラス	空気熱源ヒートポンプチャージ 2次ポンプVWV	CAV	-	FHP照明		
2	Low-E 複層ガラス				空気熱源ヒートポンプチャージ (インバータタイプ) 1,2次ポンプVWV	VAV CO <sub>2</sub> 制御 外気カット	LED照明
3							FHP照明
4							
5							
2-1		空気熱源ヒートポンプチャージ 2次ポンプVWV	CAV	22%削減			FHP照明
3-1							
4-1							
5-1	VAV CO <sub>2</sub> 制御 外気カット				24%削減	LED照明	

※試算は設計ツールVer3.0.1で実施した。

試算結果を図-4に示す。各ケースの年間一次エネルギー消費量とピーク電力との関係を示したものである。Low-Eガラスは一般的な外皮とし、ケース2から考察をすると、ケース2からケース3は照明負荷の削減に伴い、一次エネルギー消費量が16%削減されるだけでなく、ピーク電力も約9W/m<sup>2</sup>低減出来る。このことから、照明だけでなくコンセントなどの内部発熱を下げることも有効であると言える。ケース3からケース4,5では、さらに追加的に熱源・空調設備の高効率化を実施しており、一次エネルギー消費量はさらに4~16%削減され、ピーク電力は約2~5W/m<sup>2</sup>低減された。次に空調設備容量を適正化した場合の効果として、同一仕様での比較をすると、ケース2-1, 3-1では一次エネルギー消費量が約5%削減、ピーク電力は約4W/m<sup>2</sup>低減となった。一方で、部分負荷時において有効な省エネ設備や制御があるケース4-1と5-1では一次エネルギー消費量、ピーク電力ともに、空調設備容量による影響が少ないと言える。全体でケース2とケース5-1を比較すると、一次エネルギー消費量が39%削減、ピーク電力が15W/m<sup>2</sup>も低減されることが分かる。

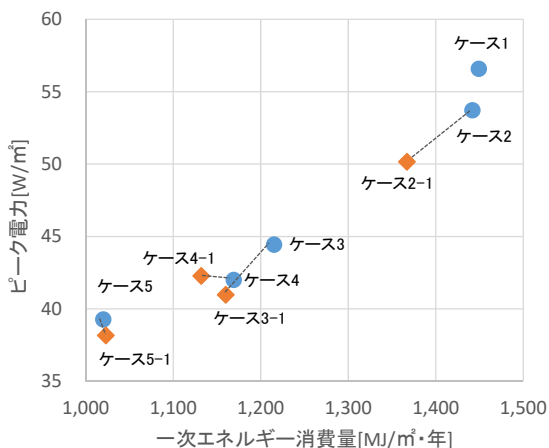


図-4 一次エネルギー消費量とピーク電力の関係

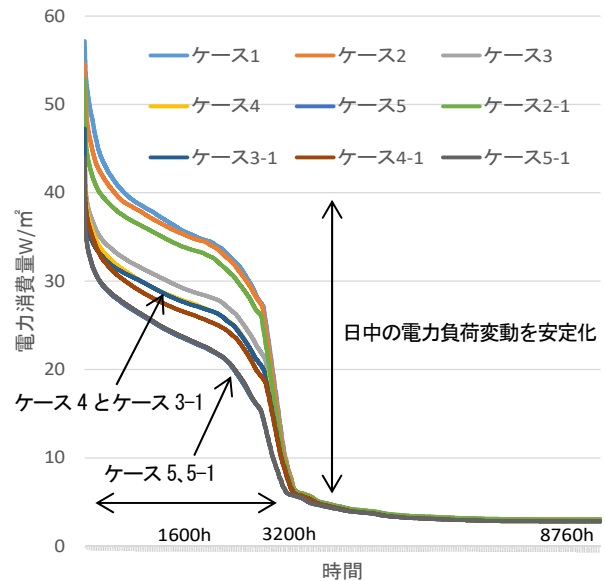


図-5 時刻別年間電力消費量の降順グラフ

図-5は各ケースの年間電力消費量の時刻変動を降順グラフで示したものである。内部発熱低減に伴う設備容量の適正化（ケース3-1）は高効率熱源設備（ケース4）に相当し、ダウンサイジングによる影響が如何に大きいか分かる。この試算結果から、省エネ外皮や設備・制御の導入や設備容量の適正化は、日中空調運転時間中の電力負荷変動を低減し、再生可能エネルギーを含めた電力供給を安定化させることに寄与出来ると考えられる。

### おわりに

本報では、はじめにBEST誘導基準対応ツール（申請ツール）と設計ツールの計算内容の比較を行った。その上で、申請ツールでは評価出来ない多様な省エネ技術が計算可能な設計ツールにおける、活用方法の概念を示すとともに、具体的な実用試算事例を示した。

【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)」、プログラム開発委員会(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 非住宅版開発委員会名簿(順不同) 委員長: 石野久彌(首都大学東京名誉教授)、副委員長: 長谷川巖(日建設計)、委員: 島岡宏秀(大林組)、菰田英晴(鹿島建設)、田岡知博(コンパス)、佐藤誠(佐藤エネルギーリサーチ)、新武康(清水建設)、豊原範之、大木泰祐(大成建設)、芝原崇慶(竹中工務店)、品川浩一、小林達也(日本設計)、羽鳥大輔、加藤駿(三菱地所設計)、野原文男、二宮博史、飯田玲香(日建設計) 事務局: 生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

### 【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出専用プログラム

### 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 208) BEST 誘導基準対応ツールとWEB プログラムの計算検証 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2017.9