

## 建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発 第37報 計算機能の拡張と応用ツールの開発

正会員	○石野 久彌 <sup>*1</sup>	同	村上 周三 <sup>*2</sup>
同	二宮 秀典 <sup>*3</sup>	同	坂本 雄三 <sup>*4</sup>
同	郡 公子 <sup>*5</sup>	同	長井 達夫 <sup>*6</sup>
同	大塚 雅之 <sup>*7</sup>	同	秋元 孝之 <sup>*8</sup>
同	柳原 隆司 <sup>*9</sup>	同	牧村 功 <sup>*10</sup>
同	野原 文男 <sup>*11</sup>	同	滝澤 総 <sup>*11</sup>

### BEST シミュレーションツール エネルギー消費量

#### 1. 序

BEST は 2008 年 3 月に初版を公表して以来、毎年エンジンのバージョンアップを行い機能の拡充を進めてきた。また、ユーザインターフェースのみを変えることで簡易版、行政支援版など、用途に応じた使い易さを追求し、その改良も繰り返してきた。2012 年度は、省エネルギー基準の改正に合わせた行政支援版の開発を行った。その他の開発状況やトピックもあわせて、この 1 年の開発状況を述べる。

#### 2. BEST 専門版・行政支援版の進展

1 年間の開発状況を表 1 にまとめた。最も大きな進展は、省エネルギー基準の改正に対応する省エネルギー計画支援ツールを新たに開発したことである。専門版と同じ計算エンジンをもち詳細計算が可能であると同時に、自由度の高いグラフィカルな建築入力、専門版に比較して飛躍的に容易な設備入力が可能なユーザインターフェースをもつツールである。届出書にそのまま利用できる出力も可能である。専門版の開発状況は、ダブルスキンなどの高性能窓システムや放射空調評価のための計算法開発や計算機能導入、設備機器モジュール・テンプレ

ートの改良や充実・検証、機器特性として熱源機器・放射パネル・個別式空調機器の特性収集・整備を進めた。

#### 3. 計算機能の拡張例

エンジンの機能拡張の例として、放射空調の評価が可能になった点を紹介する(表 2、図 1)。これは、エクспリシット法による建築・設備連成計算のときに可能である。放射パネルの対流・放射放熱量は、既知である室温、放射パネル用平均表面温度  $AST_p$  をもとに計算する。室内は近似的に対流・放射を分離する計算法である。パネルの放射熱を家具による遮蔽も考慮した上で室内各面へ配分し、対流熱を空気に与える。パネル以外の室内面では、パネルからの放射熱を相当温度差に換算して貫流・吸熱計算に利用する。パネル面の放射温度は、供給熱の影響を受けない温度に対して、供給熱放射成分の温度換算値を加えて求める。この処理により、放射効果を温熱感指標計算に反映させることが可能となる。現時点では、床冷暖房など蓄熱性のある建築部位を放射パネルに利用するケースへの正確な適用はできない。

#### 4. 結

今後さらに、種々の環境配慮手法や多様な設備機器の

表 1 BEST の開発状況 (過去 1 年間)

項目	開発・ユーザ支援内容
全体	改正省エネ基準対応ツールの開発を行った。①プログラム開発：設備システムのモデル構築の自動化、複合熱源・未利用エネルギー活用手法・4管式・複数熱源グループ・二次ポンプグループ・蓄電池利用のピーク電力低減手法・複数の給湯熱源・給湯負荷系統などのシステムに対応 ②評価基準の検討：ベースラインビルによる基準一次エネルギー消費量の検討 ③技術解説書作成：操作とその解説 ④普及支援：講習会・シンポジウム開催、行政機関への説明
気象	①2001~2007の拡張アメダス気象データ：開発を完了し公開準備中 ②国内55地点の1分値10年気象データ：データ整理・欠測補充の継続
建築	①プログラム機能拡充：放射空調の評価のために放射計算処理の改良。2012年版壁体DB・一般窓DBの開発、窓熱性能値の自由入力、気象・計算範囲の複数設定、最大・年間計算の容易な切換え、平日・休日・その他モードの期間指定などの機能追加 ②計算法開発：ダブルスキン・APWの実用計算法完成と熱特性DBの提案、設計用蓄熱負荷の補正法、非空調隣室の外壁置換法の理論提案 ③建築モデリング法の検討：躯体蓄熱空調・床吹出空調のモデリング法の提案と有用性確認、環境配慮ビルのモデル化と計算値と実績値の照合 ④マニュアル・例題解説書の改訂
空調	①プログラム機能拡充：4管式対応の仮設調整熱源・デュアルダクト方式の仮設調整空調機のテンプレート、多数室換気回路網・冷却塔・アースチューブなどのモジュール開発、熱源変流量・冷却水変流量・冷却塔ファン・設備運転スケジュールなどの制御モジュールの開発・改良 ②機器特性の検証：特性式の適用範囲の確認と範囲外の計算法の見直し ③マニュアルの整備・講習会テキストの改訂
衛生・電気	【衛生】①データ整備：一管式給湯システムにも対応した給湯負荷パターンデータの整備 ②例題作成：講習会用給水給湯基本例題の作成 ③検証：改正省エネ基準対応ツールによる給湯計算テスト 【電気】蓄電池モジュールの開発
機器特性	①マニュアル作成 ②機器特性の検証：テストモジュールによる確認、特性式の適用範囲確認と範囲外の計算法見直し、ビルマルチDBの確認 ③新規機種機器特性整備：高期間効率機(直焚・蒸気焚)の特性整備・プログラム化、ダブルバンドルターボ冷凍機、高顕熱型ビルマルチ・散水制御・デマンドカット、天井輻射冷暖房パネルの特性整備
コージェネ・蓄熱	【コージェネ】①プログラム開発：発電制御方式の拡充 ②ケーススタディ：冷却水変流量制御、コージェネによるピーク電力低減効果検証 ③機器特性の作成・検討：蒸気利用機器の特性作成とモジュール検証、排熱投入型吸収冷温水機特性の検証 【蓄熱】①プログラム検証：熱源運転時間決定手法の追加・動作確認と改良、熱源の変流量システムの検証、②マニュアル改訂：水蓄熱に関する改訂実施 ③応用：改正省エネ基準対応ツール用の蓄熱・蓄電システムの入力項目精査と結果の検証

Development of a Building Energy and Environment Simulation Tool, the BEST

Part 37 Extension of Capability of the Simulation Program and Development of an Applied Simulation Tool

ISHINO Hisaya, et al.

評価を可能にするための開発を続ける予定である。

【謝辞】

本報は、(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)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、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。統合化 WG 名簿(順不同) 主

査：石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員：一ノ瀬雅之(首都大学東京)、内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、木本慶介(大林組)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤エネルギーリサーチ)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀典(鹿児島大学)、保木栄治(東京電力)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、長谷川巖、久保木真俊、田端康宏(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一(以上、日本設計)、事務局：生稲清久、石田真理(以上、建築環境・省エネルギー機構)

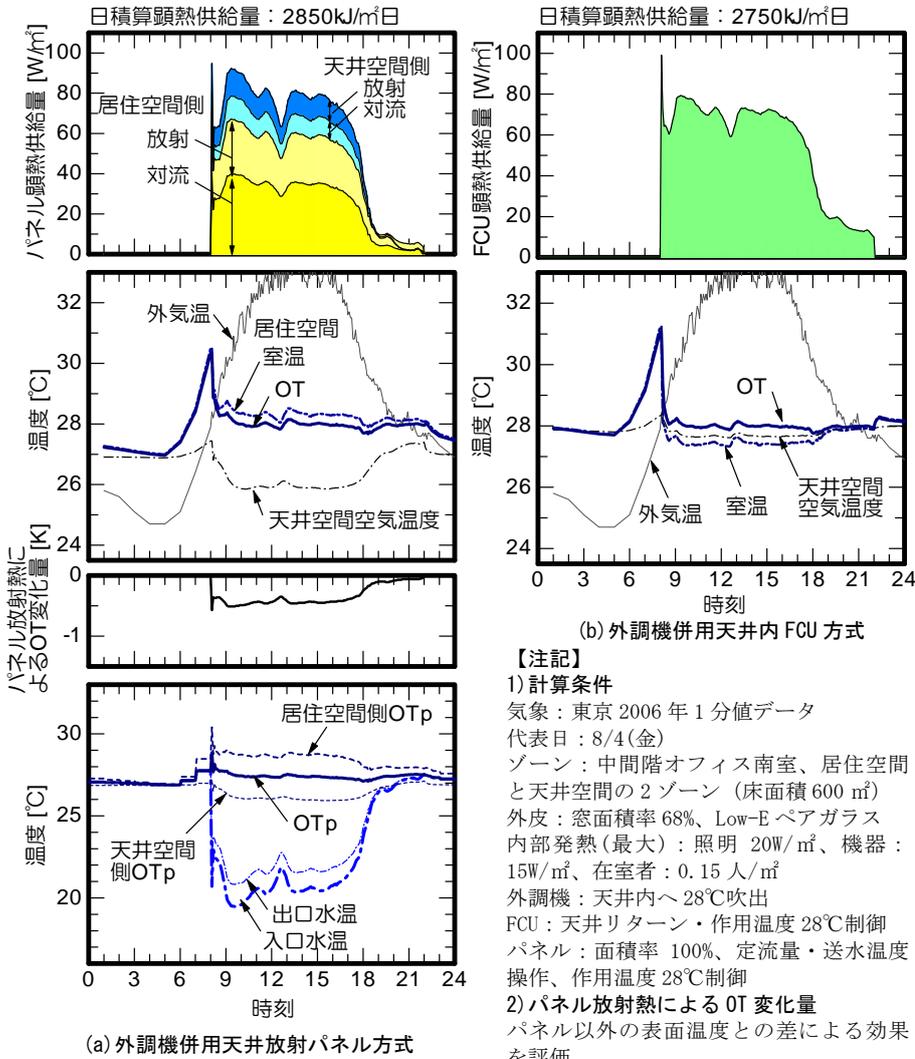


図1 夏期代表日における天井放射パネル方式とFCU方式の比較例

【文献】1)石野・村上他：建築エネルギー・環境シミュレーションツール BEST の開発第1報～第30報ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1027-1042、2008.9、pp.975-1000、2009.8、pp.1281-1288、pp.1293-1296、2010.9、pp.1147-1154、2011.9、pp.1211-1224、2012.9、2)石野・村上他：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1)～(その76)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.19669-2040、2007.9、pp.1077-1156、2008.8、pp.639-730、2009.9、pp.2527-2586、2010.9、pp.1675-1738、2011.9、pp.1327-1398、2012.9、3)塩谷・郡他：スリットを有する天井放射パネルユニットの熱性能に関する研究、日本建築学会環境系論文集 No.683、2013.1

表2 天井放射パネル方式の計算概要

- **建築モデル**
  - ・居住空間と天井空間を別々のゾーンと扱う。
  - ・天井パネルは通常の天井板として入力する。
- **システム計算**
  - ・居住空間、天井空間側ゾーンの室温  $t_A$ 、パネル用平均室内表面温度  $AST_p$  は既知とする。
  - ・各ゾーンのパネル用作用温度  $OT_p$  を、パネル表面熱伝達率などから決まる放射熱伝達比率  $x_R$  を用いて、次式により求める。
$$OT_p = (1 - x_R)t_A + x_R AST_p \quad \dots(1)$$
  - ・居住空間、天井空間側それぞれのパネル対流、放射放熱量を計算する。

- **建築計算 (エクスプリシット法)**
  - ・各ゾーンへのパネル対流、放射放熱量  $q_C$ 、 $q_R$  は既知とする。
  - ・ $q_C$  はゾーン空気を与える。 $q_R$  は室内の周囲面や家具面に配分し、相当温度差に換算して壁体熱計算を行う。次式は、パネルから見える面  $i$  (家具以外の面) の吸収放射熱量  $q_{Ri}$  の式である。

$$q_{Ri} = k_i q_R \quad \dots(2)$$

$$k_i = (1 - r_{Fi}) A_i / \sum_j A_j \quad \dots(3)$$

- ・次ステップの室温、室内表面温度が得られた後に、 $AST_p$  を次式から求める。

$$AST_p = \sum_i \{k_i t_i + (1 - k_i) t_F\} \quad \dots(4)$$

- ・作用温度  $OT$  は次式により得られる。

$$OT = (1 - x_{Ri}) t_A + x_{Ri} AST \quad \dots(5)$$

$$AST = \sum_k \{t_k (1 - r_{F,k}) A_k + t_{F,k} r_{F,k} A_k\} / \sum_k A_k \quad \dots(6)$$

パネル表面温度  $t_k$  は、発熱のない天井温度  $t_{k0}$  に居住空間側パネル放射熱  $q_{R0}$  の温度換算値を加えて求める。

$$t_k = t_{k0} + q_{R0} / (h_R A_k) \quad \dots(7)$$

【記号】  $k_i$  : 面  $i$  への放射熱配分比、 $r_{Fi}$  : 家具による面  $i$  の遮へい率、 $A_i$  : 面  $i$  の面積、 $t_i$ 、 $t_F$  : 面  $i$ 、家具面の温度、 $AST$  : 人から見える室内表面の平均温度、 $k$  : 人から見える面番号、 $x_{Ri}$  : 人体表面の放射熱伝達比率、 $h_R$  : パネル放射熱伝達率

\*1 首都大学東京 名誉教授 工博  
 \*2 建築環境・省エネルギー機構 理事長 工博  
 \*3 鹿児島大学 教授 工博  
 \*4 建築研究所 理事長 工博  
 \*5 宇都宮大学 准教授 工博  
 \*6 東京理科大学 教授 博士(工学)  
 \*7 関東学院大学 教授 工博  
 \*8 芝浦工業大学 教授 博士(工学)  
 \*9 東京大学 特任教授 博士(工学)  
 \*10 名細環境・まちづくり研究室  
 \*11 日建設計

\*1 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.  
 \*2 Chief Executive, IBEC, Dr.Eng.  
 \*3 Prof., Kagoshima Univ., Dr.Eng.  
 \*4 Chief Executive, Building Research Institute, Dr.Eng.Prof.,  
 \*5 Associate Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.  
 \*6 Associate Prof., Tokyo Univ. of Science, Dr.Eng.  
 \*7 Prof., Kanto-Gakuin Univ., Dr.Eng.  
 \*8 Prof., Shibaura Institute of Technology, Dr. Eng.  
 \*9 Project Prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.  
 \*10 Naguwashi E & TP Lab.  
 \*11 Nikken Sekkei Ltd