

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52報 開発の進展と専門版の新機能

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

BEST シミュレーションツール エネルギー消費量

1. 序

BEST プログラムは開発開始後 9 年が経過した。2015 年 3 月現在 BEST1406 版 (専門版) が最新のものとなっている。最近 academic-user の増大、平成 25 年省エネ基準ツールの利用者の増大が特徴的である。講習会のビデオ版の公開による学習機能、BEST でどういった検討ができるかを事例で紹介する BESTRY の公開シンポジウムなど、BEST サポートに力が注がれている。本報はこの一年の開発状況と新機能について述べる。

2. BEST 専門版・改正省エネ基準対応版の進展

BEST は大別して、省エネ申請用としての平成 25 年省エネ基準ツール、簡易評価法として簡易版、研究開発用として専門版の三種がある。省エネ申請用として開発された平成 25 年省エネ基準ツールは入力の手軽さから申請用だけでなく、一般の設計実務における検討とか大学などで研究用として利用されるようになってきている。省エネ法で固定されている入力諸条件は研究用では自由入力となる。この一年の開発内容を表 1 に示す。この他に

も常時新規開発を重ねていることもあり開発 9 年となってもまだまだバグの発見があり、幅広いユーザーからの質問により見つかることが多くなっている。

3. 専門版新機能の例とデータベースの活用法

建築単独計算用の自然換気計算機能が追加された (詳細は第 53 報参照)。中世帯位置を仮定する簡易化により表 2 に示す少ない入力項目で、自然換気併用ハイブリッド空調の効果を計算できる。また、ダブルスキン・AFW 用の熱特性データベース公開に合わせ、その活用法として、これまで熱量評価が簡単ではなかった図 1 の方式について、機器への影響を窓熱性能に含めて評価する式を公開した。ただ、現在の BEST では図 1(a)の方式のみ計算可能である。

4. 結

BEST は建築、空調、衛生、電気の連成計算となり建物全体のエネルギー消費が求まるし、負荷計算も最大負荷計算から年間負荷計算へ入力の重複を避けてスムーズに計算される。本報は最新の開発状況を示した。

表 1 BEST の開発状況 (過去 1 年間)

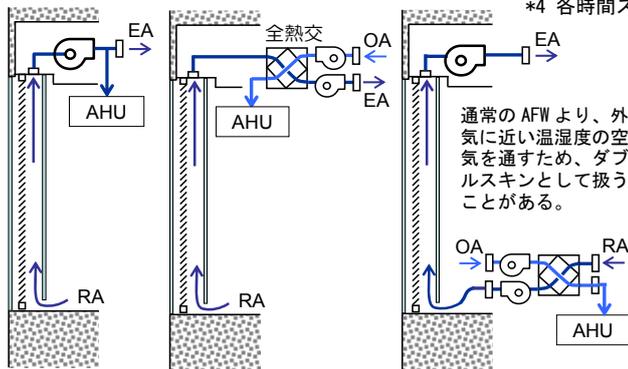
項目	開発・ユーザ支援内容
普及支援	①講習会: 省エネ基準対応ツール4回、専門版建築2回、専門版設備2回の講習会開催およびビデオ・テキスト・データの公開 ②問合せ対応: 専門版94件、省エネ対応ツール117件、簡易版8件の問合せに対応
省エネ基準対応ツール	①プログラムの機能拡充: PAL*計算機能追加、アースチューブ・ルームエアコン・FF式暖房機・空調プラグファンの計算機能追加、窓データベースの更新、AFW・ダブルスキンの計算機能追加、計算時間間隔設定法の改良、入力画面の機能拡充 ②有用性・妥当性確認: PAL*ケーススタディ、各種空調制御法の特徴解析、建物用途別のBEI評価、webプログラムとの比較、既存ピルの省エネ試算、計画段階での熱源負荷検討など ③講習会: 4回の講習会実施
住宅版	①プログラム開発: ルームエアコン・住宅用ガス湯沸器(一般型、潜熱回収型)、床暖房設備、家庭用燃料電池(SOFC)の新規モジュール開発、住宅用ガラスのデータベース収集、省エネ基準対応ツール(非住宅版)を用い「入力補助シート」で入力補充する手法を利用 ②開発方針検討: 住宅に必要な計算機能と入力項目の明確化 ③有用性・妥当性確認: ケーススタディ実施
気象	①データ整備: 2001~2005年の実在年気象データの公開 ②プログラム改良: 新気象DVDの標準年気象、2001~2005年実在年気象の読み込み機能追加 ③今後の予定: 2006~2010年の実在年気象データの完成と標準年気象データの作成
建築	①プログラム機能拡充: 建築単独計算用の居室自然換気の計算機能追加、ダブルスキンをブラインド内蔵二重窓に置換する昼光計算機能の追加 ②データベース公開: ダブルスキン・AFW用の熱特性DB及び設備一体化窓システムの熱性能式の公開 ③妥当性・有用性確認: 省エネ支援ツールと連携する専門版利用法、ダブルスキンに関する実測値との照合、高性能窓システムをもつ建築の冷房負荷解析、④例題解説書の改訂: ダブルスキン、AFWの入出力などを初めとするエンジン改訂に伴う改訂
空調	①プログラム機能拡充: プラグファン、ルームエアコン(普及型・高効率型)、FF式暖房機の実装およびテスト、放射パネルモジュールの開発、省エネ基準対応ツールなどからの専門版へのインポート機能の追加 ②検証: BESTESTの空調シリーズの実施、テスト用の計算機能追加 ③講習会: テキスト作成と実施 ④妥当性・有用性確認: eQUESTとの比較による妥当性確認など
衛生	①プログラム機能拡充: 貯湯槽と加熱能力の入力チェック機能追加 ②講習会: 雨水利用と給湯計算について講習実施
機器特性	①機器特性調査: インバータタイプ水熱源ヒートポンプ、熱回収型冷凍機、ルームエアコン(普及機、高効率機)、ヒーティングタワー加熱時の特性整備、電動系中央式熱源の特性更新 ②海外シミュレーション比較: 海外シミュレーションにおける機器特性比較 ③新規モジュールテスト: ルームエアコン・プラグファンのテスト ④劣化影響に関する調査: 実運転と機器定格性能の関係性を同定する補正係数調査 ⑤動特性: 熱源機器保有水量・建物全体の熱容量、熱源機器の待機時電力の調査
蓄熱・蓄電	【蓄熱】①プログラム検証と機能拡充: 水蓄熱のシーズン切り換えをはじめとする計算機能の改良 【蓄電】①プログラム検証と機能拡充: 充放電の計算機能の改良、蓄電池発熱の室内への影響考慮
コジェネ	①計算モデルの整理: 蒸気・温水発生型ガスエンジンの整理、蒸気焚吸式冷凍機の計算モデル改良 ②妥当性・有用性: 蒸気利用CGSの周辺機器と排熱投入型吸収冷温水機の特長検討、ホテルCGSの検討 ③改正省エネ基準対応ツールの検証・改良: CGS排熱の給湯利用・熱主電従運転等の発電方式の検証、発電効率・排熱回収効率の計算法改良 ④講習会: テキスト作成と実施

Development of a Building Energy and Environment Simulation Tool, the BEST
Part 52 Progress of BEST Development and New Features of the Professional Version

ISHINO Hisaya, et al.

表 2 自然換気に関する入力項目

(a) 自然換気制御条件 (非連成計算用)			(b) 一括仕様設定条件			(c) 各ゾーン自然換気条件		
No.	入力項目	デフォルト	No.	入力項目	デフォルト	No.	入力項目	デフォルト
1	自然換気制御名	—	1	一括仕様設定名	—	1	一括仕様設定名*2	—
自然換気スケジュール			2	計算法 (有効開口面積法あるいは換気回数法)	有効開口面積法	2	自然換気制御名	—
2a	年間スケジュール名	—	有効開口面積法するとき*1			3	計算法	有効開口面積法
2b	時刻スケジュール名	—	3a	1ユニット有効開口面積 [m ²]	—	有効開口面積法するとき*3		
自然換気許可条件			3b	方位角 [°]	—	4a	1ユニット有効開口面積 [m ²]	—
3a	下限外気温度 固定値 [°C]	18	換気回数法するとき			4b	方位角 [°]	—
3b	下限外気温度 時刻スケジュール名	—	4	換気回数 [回/h]	—	4c	ユニット倍数 [-]	0.0/1.0
3c	上限外気相対湿度 [%]	99	*1 最大4種の換気口について入力可能。方位角の入力を省略すると外部風の影響を無視した計算を行う。			換気回数法するとき		
3d	上限外気露点温度 [°C]	19	*2 一括仕様設定名を入力すると、(c)の3、4a、4b、5に一括仕様条件が設定される。			5	換気回数 [回/h]	—
3e	上限外部(屋上)風速 [m/s]	10	*3 有効開口面積法の場合、一括仕様条件のほか、最大4種の換気口を追加入力可能。ユニット倍数は有効開口面積に乘じる係数で、デフォルト値は、一括仕様条件の補正用には0、新規入力用には1が設定される。			6	結果出力*4	出力しない
3f	下限室温 固定値 [°C]	24	*4 各時間ステップ出力を選択すると、月別統計値の結果も出力される					
3g	下限室温 時刻スケジュール名	—						
3h	室内外エンタルピ差	考慮						
3i	冷房中の自然換気	許可						



(a) 窓排気を回収 (b) 窓排気を全熱交換器に通す (c) 全熱交換器に通した室空気を窓に通す

図 1 AFW と空調機・全熱交換機との組合せ

【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)、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：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)、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)、二宮秀與(鹿児島大学)、保木栄治(東京電力)、野瀬暁則(大林組)、野原文男、二宮博史、丹羽勝巳、長谷川巖、久保木真俊、飯田玲香(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(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)

【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51報等、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.1281-1298、2010.9、pp.1147-1154、2011.8、pp.1211-1224、2012.9、pp.1235-1246、2013.8、pp.1245-1262、2014.9

*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 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 東京電機大学 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

表 2 AFW と空調機・全熱交換機を組合せる場合の窓熱性能

(a) AFW 排気の一部を空調機に戻す場合

AFW の排気回収による空調機処理熱の増分を窓熱取得の増分と置き換えて計算する場合の熱性能式を示す。AFW 内の空気温度は均一と扱う。AFW の熱貫流率 U_{AFW} [W/m² K]、日射熱取得率 η_{AFW} [-]*に、AFW 排気からの熱回収に相当する変化量 ΔU_{Sys} [W/m² K]、 $\Delta \eta_{Sys}$ [-]を加えたシステム熱貫流率 U_{Sys} [W/m² K]、システム日射熱取得率 η_{Sys} [-]は、窓通気の回収率 x_{ret} [-]を用いて次式で表される。

$$U_{Sys} = U_{AFW} + \Delta U_{Sys} \quad \dots(1) \quad \eta_{Sys} = \eta_{AFW} + \Delta \eta_{Sys} \quad \dots(2)$$

$$\Delta U_{Sys} = c_p \cdot \rho \cdot x_{ret} \cdot V \cdot T_O (1-r) \quad \dots(3)$$

$$\Delta \eta_{Sys} = c_p \cdot \rho \cdot x_{ret} \cdot V \cdot T_{SR} (1-r) \quad \dots(4)$$

ここに、 C_p 、 ρ ：空気の比熱[J/gK]、密度[g/lit]、 V ：窓通気量[lit/sec m²]、 T_O 、 T_{SR} ：窓の温度重み係数、 r ：通気効果率[-]

(b) AFW 排気を全熱交換器に通す場合

全熱交換器を介して空調機に回収される窓からの侵入熱に相当する窓熱性能変化量は、全熱交換器効率 x_{hex} [-]を用いて次式で表される。

$$\Delta U_{Sys} = c_p \cdot \rho \cdot x_{hex} \cdot V \cdot T_O (1-r) \quad \dots(5)$$

$$\Delta \eta_{Sys} = c_p \cdot \rho \cdot x_{hex} \cdot V \cdot T_{SR} (1-r) \quad \dots(6)$$

(c) 全熱交換器の排気を AFW に通す場合

全熱交換機の排気を窓に通す場合の窓の熱貫流率を $U_{HEX-AFW}$ [W/m² K]、日射熱取得率を $\eta_{HEX-AFW}$ [-]とおく。 $U_{HEX-AFW}$ は、室空気を直接通す通常の AFW の熱貫流率 U_{AFW} 、室空気の代わりに同量の外気を通すダブルスキンの熱貫流率 U_{DS} [W/m² K]を用いて、次式で得られる。 $\eta_{HEX-AFW}$ は、通常の AFW の日射熱取得率 η_{AFW} と等しい。

$$U_{HEX-AFW} = x_{hex} U_{DS} + (1-x_{hex}) U_{AFW} \quad \dots(7)$$

$$\eta_{HEX-AFW} = \eta_{AFW} \quad \dots(8)$$

* 空衛大会学術講演論文集、pp.17-20、2013.9

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152)、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.1969-2040、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、pp.1-72、2013.8、pp.1-92、2014.9

*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 Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.
 *6 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., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng.
 *10 Naguwashi E & TP Lab.
 *11 Nikken Sekkei Ltd