

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 153）

BEST の進展と問合せ分析

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 153)

Progress in Development of the BEST and Analysis of User's Inquiries

技術フェロー	○石野 久彌（首都大学東京名誉教授）	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	坂本 雄三（建築研究所）	技術フェロー	松本 真一（秋田県立大学）
技術フェロー	大塚 雅之（関東学院大学）	技術フェロー	郡 公子（宇都宮大学）
技術フェロー	長井 達夫（東京理科大学）	技術フェロー	秋元 孝之（芝浦工業大学）
技術フェロー	柳原 隆司（東京電機大学）	正会員	牧村 功（名細環境・まちづくり研究室）
技術フェロー	野原 文男（日建設計）		

Hisaya ISHINO*¹ Shuzo MURAKAMI*² Yuzo SAKAMOTO *³ Shin-ichi MATSUMOTO*⁴Masayuki OTSUKA*⁵ Kimiko KOHRI*⁶ Tatsuo NAGAI*⁷ Takashi AKIMOTO*⁸Takashi YANAGIHARA*⁹ Isao MAKIMURA*¹⁰ Fumio NOHARA*¹¹*¹ Tokyo Metropolitan Univ. *² IBEC *³ Building Research Institute *⁴ Akita Prefectural Univ.*⁵ Kanto-Gakuin Univ. *⁶ Utsunomiya Univ. *⁷ Tokyo Univ. of Science *⁸ Shibaura Institute of Technology*⁹ Tokyo Denki University *¹⁰ Naguwashi E & TP Lab. *¹¹ Nikken Sekkei Ltd

This paper describes the progress in the development of the tool and the support activities for the users. The user's inquiries have been received since 2009. The inquiries concerning space thermal load simulation, system simulation, user interface and the others were analyzed. Furthermore, the input items with the default values for simulations of hybrid air-conditioning with natural ventilation are shown as an example of the new capabilities added to the engine.

はじめに

2005年10月に国交省支援による“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算出ツール開発のためのガイドライン作成に関する研究会”が発足しBEST開発がスタートした。今年で丁度10年となる。EnergyPlusも開発に10年要している。BESTも10年の時間を要して世界の著名プログラムと同レベルといえるまで円熟してきたといえよう。

建築設備に採用される省エネ技術は、建築的手法、設備的手法、ワークスタイル、運用制御、再生可能エネルギー、室内温熱環境など多々あり、それらが主効果のみでなく交互効果、すなわちその時々で他の省エネ手法と絡み合っただけで効果に差が生じるという現象がある。このことを明らかにするには総合的な解析プログラムが必要となる。BESTはその目標に向かって開発されている。

1. 最近の開発状況

2014年度の開発・サポート内容を表1に示す。平成25年省エネルギー基準に準拠した省エネ基準対応ツールは、PAL*の計算機能追加を始めとする機能拡充や改良が進められ、届出用のみならず幅広く設計・運用での検討や研究用としても利用しやすいものとなっている。また、住宅用ユーザーインターフェースをもつ住宅版開発を目指す検討も進めている。建築では自然換気の計算を必要最低限の入力で可能にすることを可能にした。空調ではBESTESTによる検証、ヒートポンプを中心とした空調機

器の特性データの収集・整備、設備機器のモジュール開発を継続的に行っている。コジェネではデマンドレスポンスコントローラの計算モデルの検討をし、ZEB実現可能性を検討した。

2. ユーザからの問合せ分析

ユーザからの問合せは、2009年からBESTホームページ上の入力により受け付けていて、2011年からは専門版について問合せとその回答を基本的に全文公開している。図1に、6年間の各種版の問合せ件数を示す。専門版の問合せは2011年にピークがありその後減少し安定しつつある。H25年省エネ基準対応ツールが公開されてからは、設備入力が容易な省エネ基準対応ツールへと利用の移行が少し起きている。最近の年間問合せは、専門版が90件程度、H25年省エネ基準対応ツールが120件程度である。無償頒布のH21年省エネ計画書作成支援ツールは、公開後1年間の問合せが多かった。H25年省エネ基準対応ツールの公開後はサポートを終了したものの、わずかな問合せがあり、利用され続けていることがわかる。有償の簡易版は、H21年省エネ計画書作成支援ツールの入出力機能を拡大したツールで、年に10件前後の問合せがある。過去に問合せ総数は、専門版712件、簡易版40件、H25年省エネ基準対応ツール247件、H21年省エネ計画書作成支援ツール379件であった。

専門版の問合せを詳しく分析した。図2(a)に示すように、専門版の質問者数はピークの2011年を除くと30人

表1 BESTの開発・サポート内容(2014年度)

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講習ビデオ・テキスト・データの公開 ②問合せ対応：専門版87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：1年間で3回のバージョンアップを実施した。PAL*計算機能を追加した。基準となる用途別の窓面積率などを決定した。アースチューブ・ルームエアコン・FF式暖房機・空調ブラッ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を行った。最大負荷計算における計算時間間隔設定法の改良、入力画面の機能拡充を行った。 ②有用性・妥当性確認：PAL*検証のための感度解析を行うと同時に、webプログラムとの比較も行った。各種空調制御法の特徴解析、建物用途別のBEI評価、既存ビルの省エネ試算、計画段階での熱源負荷検討などに応用し、有用性・妥当性を確認した。 ③解説書の改訂・サポート：プログラム解説書の改訂、簡易入力解説集案の作成、ユーザー拡大のための計算事例収集の検討、4回の講習会実施、講習会での質疑内容を分析した。 ④今後：申請用ツールとしての機能向上を図る。設計用ツール、運用段階での検証用ツールとして結果出力機能の充実を図る。簡易入力可能なマニュアルや計算事例集の作成を行う。
住宅版	①プログラム開発：省エネ基準対応ツール(非住宅版)を用い、入力項目を「入力補助シート」で補完する手法を利用して暫定開発を行った。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)の新規モジュールを開発した。住宅用ガラスのデータ収集を行った。 ②開発方針の検討：住宅に必要な計算機能と入力項目の明確化の検討を行った。 ③有用性・妥当性確認：ケーススタディを実施した。 ④今後：普及に向けた開発方針を検討する。ケーススタディの実施、利用しやすい入力画面の検討を行う。
気象	①データ整備：2001～2005年の実在年気象データを公開した。 ②プログラム改良：新DVDの標準年、2001～2005年実在年気象を利用可能にした。 ③今後：2006～2010年の実在年と標準年の気象データを作成する。
建築	①プログラム機能拡充：建築単独計算を対象に、居室自然換気の計算機能を追加した。風量収支を解かない簡易化を導入し入力条件の複雑化を避けたい一方で、ハイブリッド空調を含む種々の自然換気制御法の検討を可能とした。新EA気象の実在年、標準年データの利用を可能にした。ダブルスキン昼光計算機能として、ブラインド内蔵窓に置換する計算法を導入した。 ②データベース公開：AFW、ダブルスキン用の熱特性DBの内容をHPに公開した。同時に熱貫流率と日射熱取得率の実用計算法の解説資料も公開した。窓排気を空調機に戻す場合や全熱交換機と併用する場合の熱性能も計算可能である。 ③妥当性・有用性確認：ダブルスキン熱性能の実測値とBEST計算値の照合、建物の使われ方などの運用段階での不確定要素の影響評価へのBEST利用、省エネ基準対応ツールと専門版の連携利用による負荷特性の検討法の提案、実験計画法を応用してエネルギー消費量への影響要因解析、ダブルスキン・AFW建築の冷房負荷解析と省エネ効果の定量評価 ④例題解説書の改訂：ダブルスキン、AFWの入力画面の追加を初めとするエンジン改訂に伴う内容更新を行った。BESTの特徴を活かす利用例の解説とそのサンプルデータを提供する「TRY BEST」の大改訂を計画し代表項目のサンプルを作成した。 ⑤今後：自然換気計算機能の拡張として、連成計算への適用を可能とする。
空調	①プログラム機能拡充：プロモジュールの開発と改良として、ブラッグファン、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を行った。放射パネルモジュールを開発した。FCU(制御二方弁付)モジュール、加湿器(制御二方弁付)モジュールを開発した。これにより、モデル構築モジュール数の削減(接続やスペック入力作業の軽減)を図れる。共通スケジュールを利用する機器運転設定を可能とした。インポート機能として、省エネ基準対応ツールや簡易版のデータを専門版へインポートを可能とするためモジュールの入力画面定義の確認と調整を行った。 ②検証：BESTESTの空調シリーズであるCE100~200(冷房単月)、CE300~545(冷房年間)、HE100~230(暖房)シリーズを利用する検証を実施した。テスト条件のため計算機能追加、テスト用機器特性への対応として、時間帯別室温目標値の設定、高温外気での運転、室外機のファンと圧縮機の消費電力分離などを行った。 ③妥当性・有用性確認：eQUESTとの比較による妥当性確認などを行った。 ④今後：マニュアルの整備、新規モジュール開発、インポート機能の拡張を行う。
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を追加した。 ②講習会：雨水利用と給湯計算について専門版講習会を実施した。 ③今後：節湯計算の検討、太陽熱利用計算などの例題作成を行う。
機器特性	①機器特性調査：水熱源ヒートポンプのインバータタイプの機器特性を整備した。同時に、インバータスクロールチャラーの冷却時特性を更新した。熱回収熱源の空冷ヒートポンプ、ダブルバンドル型ターボ冷凍機の機器特性を整備した。ヒーティングタワーの加熱特性を整備した。冷却特性には、密閉式冷却塔の物理モデルを利用可能であることを確認した。ルームエアコン(普及機、高効率機)の特性を整備した。電動系中央式熱源の特性更新を検討した。動特性整備に向けて待機電力・保有水量を調査した。 ②シミュレーションツール比較：海外のシミュレーションツールの機器特性比較を行った。 ③新規モジュールテスト：ルームエアコン、ブラッグファンモジュールをテストした。 ④劣化影響の調査：実運転と機器定格性能の関係を同定する補正係数を調査した。 ⑤動特性：熱源機器と補機の保有水量・建物全体の熱容量、熱源機器の待機電力を調査した。 ⑥今後：間接気化空調機、冷温水・冷媒コイルの調査、JIS改訂への対応の調査、機器動特性の調査を行う。
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、ピークシフトの時間帯設定が可能な放電制御方式への拡張、設置室への蓄電池放熱の計算機能の追加を行った。
コージェネ	①計算モデルの整理：蒸気・温水発生型ガスエンジンについて整理した。蒸気焚吸収式冷凍機の計算モデルを改良し、供給蒸気量が必要量に満たない場合の入熱制限型モデルとした。 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性、ホテルCGS排熱の給湯利用を検討した。 ③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を検証した。ガスエンジンの発電効率・排熱回収効率の計算法を改良した。マイクロガスエンジンの特性を追加した。 ④計算事例の拡充：デマンドレスポンス(DR)コントローラの計算モデルの検討、太陽光・蓄電池・CGSを組み合わせたZEBのケーススタディを行った。 ⑤今後：温水CGSの改良、蒸気利用CGSのテスト、DR対応コントローラの開発、ZEB検討を行う。

前後の年が多く、昨年は40人とやや増加した。2012年から無償利用できるアカデミックライセンス制を導入したことから大学からの問合せが増えてきた。図2(b)より、質問者の約半分は年1回の問合せであるが、設備システムのモデル化や入力を自力で行うことが困難なため質問を重ねざるを得ないケースや、迅速な回答を心がけたこ

【図1注記】 専門版は2008年3月、簡易版は2010年8月、H25年省エネ基準対応ツールは2012年7月、正式版が2013年4月、H21年省エネ計画書作成支援ツールは2009年4月、正式版が2010年1月から公開。簡易版は、2013年以降サポートは終了。

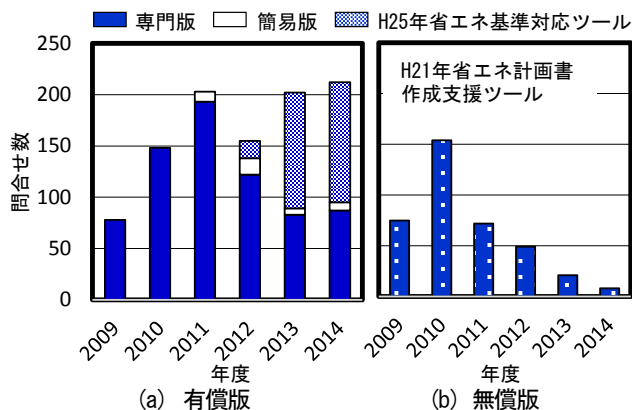
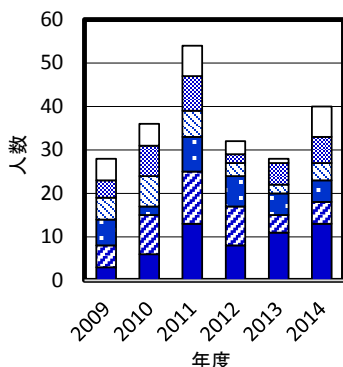
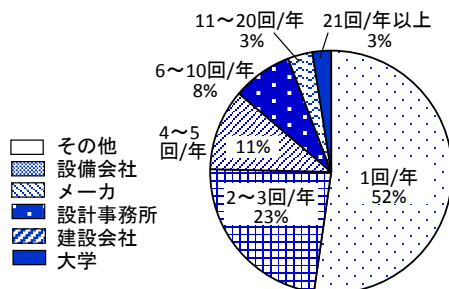


図1 各種版の問合せ数の推移

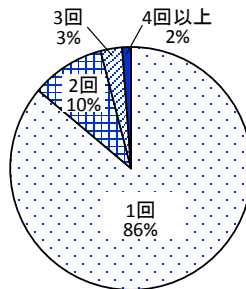


(a) 問合せ経験者数の推移



6年間の質問者数：212人
最多：43回/人・年

(b) 1人あたりの問合せ数



6年間の解決総数：590件
最多：7回

(c) 解決までの問合せ数

【注記】

専門版問合せ集計法
ホームページからの問合せ受信数を問合せ数とした。1回の問合せで複数項目を質問できる。各問合せの内容を分類し、1分類を1件として集計した。2009～2014年の問合せ数712件に対して、分類件数は789件である。本集計法は、文献2)第30報の集計法とは異なる。

図2 専門版の質問者と問合せ数の傾向

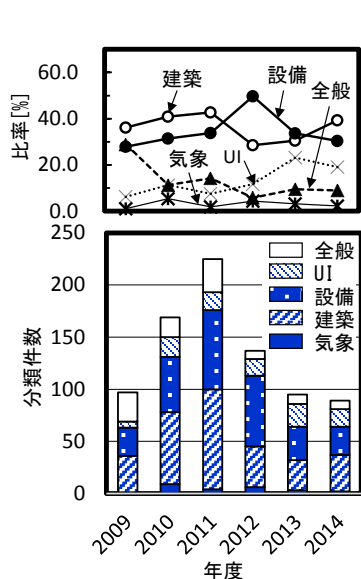


図3 専門版問合せ内容の分類件数

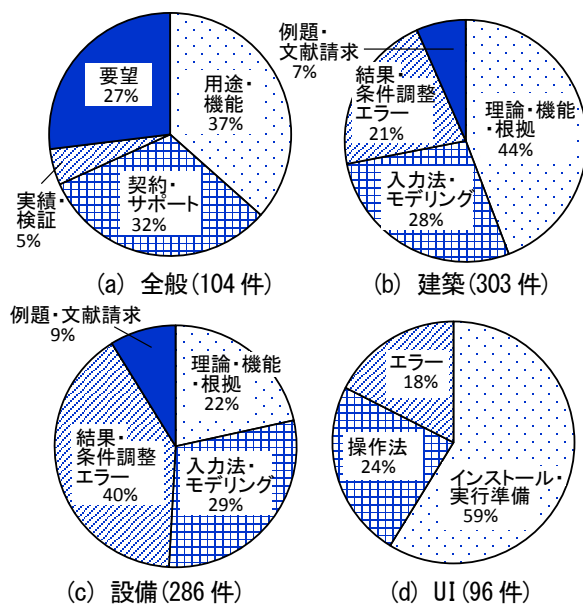
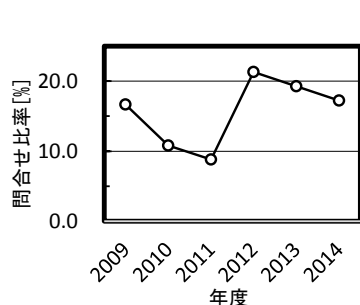
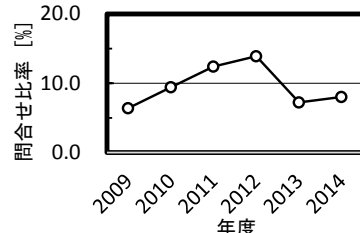


図4 専門版問合せの分野別内容の傾向



(a) 例題に関する問合せ割合



(b) 入力データを取り寄せた割合

図5 専門版問合せの特徴

とから問合せしやすくなり問合せが習慣化するケースもあった。図2(c)に示すように、多くは1回の問合せで解決するが、妥当な計算結果を得るまでに7回の問合せを繰り返した例もある。

問合せ内容を分析した結果を図3~5に示す。1回の問合せに複数の質問項目が含まれることが多いが、本報では、質問項目数には着目せず、各問合せの内容がどの分野分類に該当するかを集計した。図3より、最近の問合せ分野は、建築、設備がそれぞれ3~4割、ユーザインターフェース(UI)が2割程度、全般が1割程度である。分野別に内容を分類すると(図4)、全般に関する問合せは、利用用途と各種版の使い分け、契約法や講習会予定、無料体験版や講習会などの要望の3つに大きく分類される。建築は、計算理論・機能やデフォルト値の根拠に関する問合せが半数近くと多く、入力法やモデル構築などの計算実行前の問合せが約3割、実行後の結果やエラー解釈・計算条件調整に関するものが2割である。設備は、入力法やモデル構築が3割、実行後のエラー原因究明や条件調整が4割と多い。UIに関しては、新規利用者からのプログラムのインストールや利用準備に関する問合せが多い。

ユーザ支援として毎年講習会を開催し、2013年からは

テキスト、例題データに加え講習会の動画の公開も開始した。図5より、最近の問合せの約2割は、例題の内容確認や例題データの応用利用に関するものであり、例題データが活用されていることがわかる。入力データのチェックはサポート対象外であるものの、問合せの約1割は、入力データを取り寄せて調査をしないと問題把握や回答ができなかった。2013年以降は、設備入力を行うエネルギー計算にH25年省エネ基準対応ツールを利用する傾向が進んだためか、入力データ調査の比率が若干減少した。

調査結果から、例題データが活用されていること、専門版はエキスパート用と位置付けているが、実際には多様なユーザがいて、建築に関してはやや専門的な理論を学べる技術資料やデータベース化されていない入力条件の情報提供、設備に関しては入力チェック機能やモデル構築の簡便性などが望まれている。

3. 新機能の具体例

既報(文献1)その130)で、非連成計算用の自然換気計算機能がエンジンに付加されたことを報告したが、さらに連成計算にも適用できるように拡張された。同時に、入力項目の改良も行った。表2に、自然換気の入力項目とデフォルト値を示す。連成計算と非連成計算とで入力条件を変える必要があるのは、冷房中の自然換気を不許可とするケースの設定法である。自然換気許可条件にはデフォルト値が用意されているので、時間帯により条件変更しない場合は、そのまま利用してよい。

おわりに

BEST開発は発足後10年を経過し、円熟期に突入した。

本稿では、BESTのこの1年間の開発・サポート状況、これまでの利用者からの各種問合せ分析、自然換気に関する入力項目の特徴について言及した。

今後においては、ユーザーフレンドリーな平成25年省エネ基準対応ツールの更なる利便性向上を目指して、より簡易な少ない入力で計算可能にすることである。

【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)」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)、野瀬暁則(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)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊、飯田玲香(以上、日建設)、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: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.2527-2590、2010.9、pp.1675-1738、2011.9、pp.1327-1398、2012.9、pp.1-72、2013.9、pp.1-89、2014.9
- 2)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、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1027-1042、2008.9、pp.976-1000、2009.9、pp.1293-1298、2010.9、pp.1147-1154、2011.9、pp.1211-1224、2012.9、pp.1235-1246、2013.9、pp.1245-1262、2014.9

表2 自然換気に関する入力項目とデフォルト値

(a) 自然換気制御条件

No.	入力項目	デフォルト
1	自然換気制御名	—
自然換気スケジュール		
2a	年間スケジュール名	—
2b	時刻スケジュール名	—
自然換気条件(連成・非連成共通)		
3a	下限外気温度 固定値 [°C]	18
	時刻スケジュール名	—
3b	上限外気相対湿度 [%]	90
3c	上限外気露点温度 固定値 [°C]	19
	時刻スケジュール名	—
3d	上限外部(屋上)風速 [m/s]	10
3e	下限室温 固定値 [°C]	24
	時刻スケジュール名	—
3f	室内外エンタルピ差	考慮
冷房と自然換気との併用		
4a	非連成計算用 許可不許可	許可
	連成計算用 自然換気上限室温	—
4b	温度固定値	—
	温度年間スケジュール名	—
4c	適用時刻スケジュール名	—

【表2(a)注記】

*1 自然換気制御条件は、建築全体の条件として登録し、任意のゾーンで指定して利用する。3a、3c、3e、4bは、設定する場合、固定値かスケジュール名のどちらかを設定する。

(b) 一括仕様設定条件

No.	入力項目	デフォルト
1	一括仕様設定名	—
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
有効開口面積法のとき*3		
3a	1ユニット有効開口面積 [m ²]	—
3b	方位角 [°]	—
換気回数法のとき		
4a	換気回数 固定値 [回/h]	—
	時刻スケジュール名	—

(c) ゾーン自然換気条件

No.	入力項目	デフォルト
1	一括仕様設定名*4	—
2	自然換気制御名	—
3	計算法	有効開口面積法
有効開口面積法のとき*5		
4a	1ユニット有効開口面積 [m ²]	—
4b	方位角 [°]	—
4c	ユニット倍数 [-]*6	0.0/1.0
換気回数法のとき		
5a	換気回数 固定値 [回/h]	—
	時刻スケジュール名	—
6	結果出力*7	出力しない

【表2(b)・(c)注記】

*1 一括仕様設定条件は、複数ゾーンで共通利用できる条件。

*2 (b)の4a、(c)の5aは、固定値かスケジュール名のどちらかを設定する。

*3 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。

*4 一括仕様設定名を入力すると、(c)の3、4a、4b、5aに一括仕様条件が設定される。

*5 有効開口面積法の場合、一括仕様条件のほか、最大4種の換気口の情報を追加入力できる。

*6 ユニット倍数は、有効開口面積に乗じる係数で、そのデフォルト値は、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。

*7 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。