

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 63 報 自然換気・外気処理のシミュレーション法

正会員 ○郡 公子*1 同 石野 久彌*2
同 村上 周三*3

BEST 自然換気 外気冷房 全熱交換器

1. 序

BEST には、自然換気計算機能がついている。第 53 報では、非連成用の自然換気計算法と試算結果を報告した。本報では、さらに外気冷房・全熱交換器による熱回収・最小外気量制御などの外気処理と自然換気とを統合して非連成計算を行う方法を検討したので、その考え方を報告する。また、連成用の自然換気や外気処理の計算法の違いについても述べる。

2. BEST の自然換気・外気処理計算法の特徴

BEST で採用した自然換気計算法は風量収支を解かずに中性帯位置を仮定する簡便な方法であり、簡単な入力条件で自然換気の効果を計算できる。冷房中の自然換気の可否を含め種々の自然換気許可条件を選択でき、運用法や制御法の検討に利用可能なことも特徴である。

BEST には、非連成計算（従来の熱負荷計算）と連成計算（自由な機器構成の設備システムと建築との平衡計算）の 2 種類があり、自然換気・外気処理の計算法も両者で異なる。特に外気処理の計算は、非連成用、連成用それぞれ独自に用意されるものである。

3. 非連成用の自然換気・外気処理統合計算

自然換気、外気冷房、全熱交換器、最小外気制御について、計算上考慮する許可条件や調整運転を表 1 にまとめた。自然換気と外気冷房の両方とも可能な場合、自然換気を優先させる。最小外気量制御は、設計外気量に在室率を乗じたものをその時刻の最小外気量とみなす。また、外気冷房を行う場合には不許可とする。

非連成計算では、室内温湿度や熱量を未知数とする多数ゾーンの熱平衡式を連立させて解くインプリシット法を利用している。自然換気・外気処理計算を組み込む場合、冷暖房・自然換気・外気処理に関する多種の不連続な運転状態を対象とすることになる。運転状態によって熱平衡式の係数や未知数が変わるため、何回か多数ゾーンの熱平衡式を解き該当する運転状態を探す方法をとるが、計算手順が複雑化し、熱平衡式を解く回数も増える恐れがある。

そこで、室温の正解値を得やすくする工夫をしたうえで、自然換気や外気冷房による外気導入量は最小値が最大値のいずれかを仮定する方法を考案した。これにより熱平衡計算の繰返し回数を減らすことができる。具体的には、最大外気導入量を想定する場合に、暖房装置容量の割増、下限室温調整を置換する仮想ヒータの想定を行

う。熱量や外気導入量は、得られた結果を補正して求める。表 2 に、具体的な置換法と補正法を示す。

図 2 に自然換気・外気処理を行う場合の熱平衡計算のフローを示す。まず、最小外気量を想定して多数ゾーンの熱平衡を計算し温湿度を求める。全熱交換器を用いる場

表 1 自然換気・外気処理の許可条件（非連成用）

●自然換気許可条件 (スケジュール・屋外条件)	
1)自然換気許可時間帯	2)外気温度 \geq 下限値
3)外気相対湿度 \leq 上限値	4)外気露点温度 \leq 上限値
5)屋外風速 \leq 上限値 (室内条件)	
6)室温>外気温(必須)	7)室内エンタルピ>外気エンタルピ
8)室温 \geq 下限値 (空調装置条件)	
9)加熱処理していない(必須)	10)冷却処理していない
●自然換気口の開口率調整 開口率 100%とすると室温が下限値を下回る場合は、開口率調節により室温を下限値に保つ（開口率は、実際の運転での換気口の開放時間率に相当すると考える）。	
●外気冷房許可条件 (スケジュール・屋外条件)	
1)外気冷房許可時間帯	2)外気温度 \geq 下限値
3)外気露点温度 \leq 上限値 (室内条件)	
4)室温>外気温(必須)	5)室内エンタルピ>外気エンタルピ
6)室温 \geq 下限値 (空調装置条件)	
7)加熱処理していない(必須)	
●外気導入量調整 外気導入率 100%とすると室温が下限値を下回る場合は、導入率調節により室温を下限値に保つ。	
●全熱交・最小外気量制御の許可条件 (スケジュール)	
1)全熱交運転可能時間帯 (室内・空調装置条件)	
2)室内エンタルピ<外気エンタルピ(冷却中) 室内エンタルピ>外気エンタルピ(加熱中)	
3)室温<外気温(冷却中)、室温>外気温(加熱中)	
●全熱交の熱回収率調整 内外温度差チェックを行う場合、室温>外気温で室内が冷房要求の場合、全熱交の熱回収率の調整により加熱処理を行わないように運転する。	

【注記】1)自然換気と外気冷房の室温下限値は同一値とする。また室温下限値は、暖房設定室温より必ず高い。2)内外エンタルピ差の許可条件を採用する場合は、自然換気、外気冷房、最小外気制御、全熱交換器の全てに適用する。

Development of a Building Energy and Environment Simulation Tool, the BEST
Part 63 Simulation Methodology for Control of Outside Air Processing with Natural Ventilation

KOHRI Kimiko, et al

表2 最大外気量を想定する自然換気・外気処理のための熱平衡計算での置換条件と補正法（非連成用）

置換	置換の意味と具体的な条件	熱平衡計算終了後の補正
下限室温調整用ヒータの想定	自然換気口や外気冷房ダンパの開度による下限室温調整をヒータによる加熱に置換える（暖房装置が作動すると停止）。最大外気導入による冷却熱を相殺する加熱容量をもつヒータを想定する。	下限室温調整用加熱量から、外気導入量、換気口やダンパ開度に換算
暖房装置容量の割増	外気導入増量（最大外気量－最小外気量）の冷却熱を相殺する加熱を暖房装置容量に追加する。	加熱量の割引、外気導入量や全熱交効率への換算

合は、効率の効果を見込んだ等価風量を最小外気量として用いる。自然換気や外気冷房などの許可判定を行った結果、繰返し計算不要となると、必要に応じて熱量や外気導入量を補正し計算を終了する。繰返し計算が必要な場合は、外気導入増量を許可されたゾーンについて、下限室温調整用ヒータの想定や暖房装置容量の割増を行った上で最大外気導入を想定し、顕熱の多数ゾーン平衡計算を行う。多くの場合はこの平衡計算で自然換気や外気処理運転の状態が確定する。室温が冷暖房設定値や下限室温の場合、そのゾーンに関しては更なる顕熱平衡計算は不要であるが、それ以外の場合は確定した外気導入量を設定して最終の顕熱平衡計算を行い室温の正解値を求める必要である。外気導入を増量する場合、潜熱の平衡状態を最後に再計算する。

4. 連成用の自然換気・外気処理計算

連成計算の空調時間帯はエクスプリシット法で解いて、現在の室内温湿度は既知である。外気処理状態を決めるうえで非連成のように複雑で統一的な方法は必要なく、設備側に用意された各モジュールで独立した計算処理が可能である。自然換気に関しては、換気口を設備ととらえ機器モジュールの1つとして動作を記述し設備側計算とすることも考えられるが、自然換気許可条件に非連成と共通する部分も多いことから、表3に示すように、連成専用の自然換気許可条件を設けて、建築側で外気導入量を決めることにした。冷房中自然換気を禁止したい場合のために自然換気上限室温を導入した。

5. 結 今後は、非連成用自然換気・外気処理の計算機能の実装を行い、妥当性、有用性を確認する。

【謝辞】本報のための研究の一部は、科研費補助金基盤研究15K06320による。また、(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。

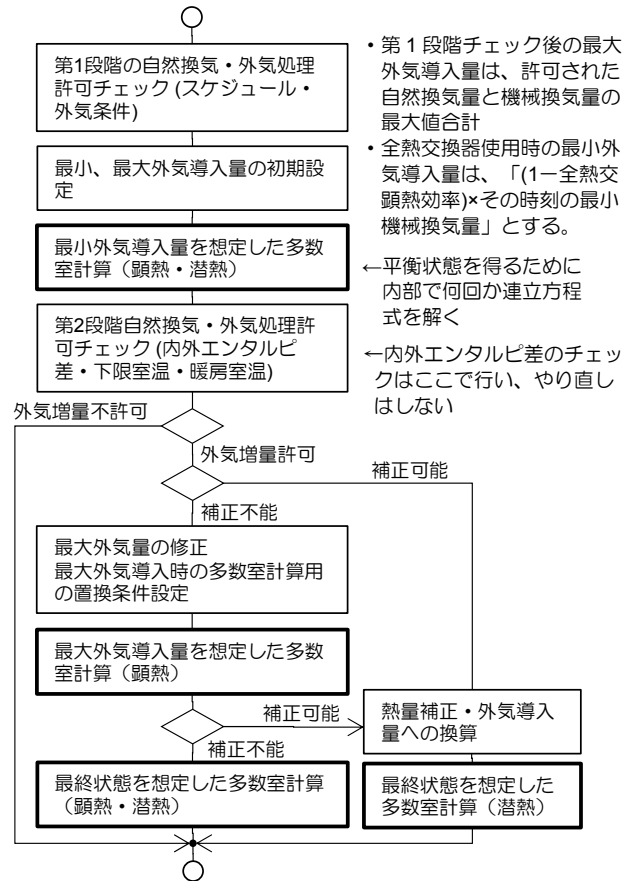


図1 自然換気・外気処理を行うときの熱平衡計算フロー（非連成）

表3 自然換気許可条件と計算上の想定（連成用）

●自然換気許可条件 (スケジュール・屋外条件・室内条件) インプリシット法の許可条件1)~10)と同じ (エクスプリシット法) 11)室温≤上限値 12)換気口状態の継続時間>操作保留時間(15分)(必須)
●計算上の想定 ・換気口開閉操作 換気口を状態は、開口率0%か100%の2種類のみとする。頻繁な開閉を避けるため開閉操作の最小保留時間(15分)を導入する。自然換気の下限室温に対しても、換気口操作の最小保留時間を満たしてうえで、室温が下限値を下回ると換気口閉鎖、下限値以上になると開放する。 ・冷房中の自然換気禁止 冷房中の自然換気を禁止したい場合は、自然換気上限室温として冷房設定室温より少し低い値を設定する。空調機で冷却開始後は、室温が低下し冷却不要とならない限り自然換気への切替えは起きない。冷房中の自然換気を許可する場合、空調機で加熱を行っていても自然換気を行う。

【文献】1) 郡他：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53報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.965-966、2015.9 2) 郡他：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132、その158、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.9-12、2014.9、pp.21-24、2015.9

*1 宇都宮大学 教授 工博
*2 首都大学東京 名誉教授 工博
*3 建築環境・省エネルギー機構 理事長 工博

*1 Prof., Utsunomiya Univ., Dr.Eng.
*2 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.
*3 Chief Executive, Institute for Building Environment and Energy Conservation, Dr.Eng.