

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91報 ファサードの違いと自然換気・外気冷房効果の評価

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 ファサード

1. 序 Low-E 複層ガラスの普及とともにオフィスビルの高断熱化が容易になった。自然換気や外気冷房は、高断熱化による冷房負荷増大を抑制する手法として重要である。本研究では、Low-E 複層ガラス一般窓を基準ファサードとして、温度差換気による自然換気と外気冷房の組合せ効果を確認した上で、種々のファサードにおける効果の違いを評価した。その際に、自然換気・外気冷房の極限効果を確認し、極限負荷低減量に対する達成率により外気利用の容易さも評価した。

2. 計算条件と比較ケース 図1に示すオフィスビル中間階の南北2室を評価対象とし、表1に示す基準計算条件、表2に示す比較ケースを設定し、BESTを用いて東京を想定する数値計算を行った。

3. 基準条件での自然換気・外気冷房の効果 表1の基準ファサード(Low-E 複層ガラス一般窓)、基準換気条件について、5つの換気ケースの比較を行った。図2の6月代表日の運転状態に示されるように、自然換気も外気冷房も行わないケース(外気利用なし)では空調時の南ゾーン室温は冷房設定値 26℃に保たれているが、空調時に自然換気を行うと(NV)、室温を 26℃より下げることができる。非空調時の自然換気も行うと(NV+NP)、夜間に自然換気量の調整により下限室温 24℃に保たれる時間帯が現れ、また夜間の蓄冷効果で空調時の室温も低下している。更に外気冷房を加えると(NV+NP+EC)、空調時間帯も下限室温 24℃となる時間帯が増える。図3より、空調

表1 基準計算条件

項目	内容
気象	EA設計用、標準年気象データ(東京)
ファサード	遮熱型Low-Eペアガラスの一般窓(明色ブラインド)、外壁断熱25mm(居室)窓面積率: 68%、インテリア・ペリメータ間換気(ゾーン境界単位長さあたり): 250CMH/m、内部発熱(最大値): 照明10W/m ² 、在室者0.15人/m ² 、機器15W/m ²
ゾーン	(コア) 窓面積率: 34%、居室内換気(インテリア容積基準): 3回/h(9:00-18:00)、1回/h(それ以外の時間帯)、照明2W/m ²
空調	空調時間: 8:00-22:00、外気導入時間: 8:45~22:00 設定温湿度・熱処理: 上限26℃・60%・冷却除湿、下限22℃・40%・加熱加湿、外気導入量: 4.5CMH/m ²
自然換気	(換気口)単位外皮長さあたりの換気口有効開口面積: 0.005m ² /m(制御)自然換気期間・時間: 制約なし、下限外気温: 空調時18℃、空調時15℃、上限外気相対湿度: 90%、外気露点温度: 上限19℃、下限5℃、上限屋外風速: 10m/sec、内外温度・エンタルピチェックあり、下限室温: 24℃、冷房中も許可、加熱時禁止
外気冷房	最大外気量: 設計外気量の3倍、下限外気温: 10℃、外気露点温度: 上限19℃・下限5℃、下限室温: 24℃、内外温度・エンタルピチェックあり、加熱時禁止

【注記】外気風の影響は無視した。

時自然換気と外気冷房の効果は、主に 4~6、10 月に現れ、非空調時自然換気を追加する効果は 5、6、10 月のほか 7~9 月にも認められる。12~3 月に室内の暖房要求はほとんどないが、設計外気量をもつ冷却力以上には必要ない。各月の自然換気量、外気冷房量はケースによる差があまりなかった。図4より、年間冷暖房負荷の低減率は、最も少ないケース NV で 6%、ケース NV+NP で 11%、最も効果の高いケース NV+NP+EC で 14%であった。ほかに室温を 26℃より下げることがあり、インテリアの年間顕熱無負荷時間率は、外気冷房により 15%前後増加した。

4. ファサードの違いと自然換気・外気冷房効果 自然換気・外気冷房による熱負荷低減量は、ファサードの日射取得性と熱損失性の関係で決まるといえるが、図5(a)の基準換気の場合、外気利用なしに対するケース NV+NP+ECの年間冷暖房負荷の差は、AFWのとき最大、熱反単板のときに最小となった。AFWの年間冷暖房負荷は、外気利用なしのときにはルーバや DSF より大きい、ケース NV+NP+EC のとき、DSF との差は微小であるものの最も小さくなった。図5(b)は、自然換気・外気冷房の外気導入量を極限まで増加可能と想定する極限換気の結果であ

表2 比較ケース

(a) 自然換気・外気冷房ケース

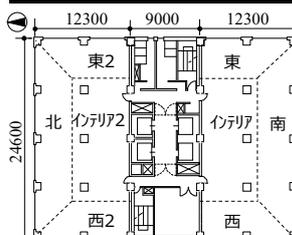
外気利用なし	EC 外気冷房
NV 自然換気(空調時)	NV+NP 自然換気(常時)
NV+NP+EC 自然換気(常時)+外気冷房 ^{*1}	

*1 自然換気と外気冷房を併用する場合、自然換気を優先的に実施する。

(b) ファサードケース

A 熱反単板窓	B 透明複層窓
C Low-E複層窓(基準)	D 水平ルーバ(奥行・ピッチ比1)
E エアフローウィンドウ(AFW) ^{*1}	F ダブルスキン(DSF) ^{*2}

(基準条件に対する変更条件)

*1 外側は日射遮蔽型Low-E複層、内側は透明単板ガラス、窓通気量28CMH/m(2.9lit/secm²、全て屋外排気)、外壁断熱50mm*2 外側は透明単板、内側は日射遮蔽型Low-E複層ガラス、各階タイプ、内窓面積率68%、外壁断熱50mm、キャビティ自然換気あり(3-12月はキャビティ温度30℃以上で、その他の期間は常時換気口(上下に、有効開口面積0.04m²/m)開)

- 計算対象室とゾーン
8階建てビル2Fの南北2室(各室ペリメータ3ゾーン・インテリア1ゾーン)とコア(1ゾーン)の計9ゾーン(相互影響考慮)
- 主要部寸法
ペリメータ奥行5m、階高4m、天井高2.7m、居室窓高さ2.7m、建物高さ40m

図1 計算対象オフィス平面

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

Part 91 Evaluation of Effects of Natural Ventilation and Air-Side Economizers Depending on Facades

KOHRI Kimiko, et al

【図3注記】1)自然換気時間率は各月全時間数に対する比率で、外気冷房時間率は換気時間数に対する比率。両者とも各ゾーンの床面積で荷重平均した。2)自然換気量、外気冷房増量は、1ヶ月の居室への換気量を平均換気時間と居室容積で除して求めた。1)装置負荷、負荷低減量、負荷低減率は、冷暖房合計装置負荷(全熱)に対する値。冷却・加湿負荷は相殺させて合計。

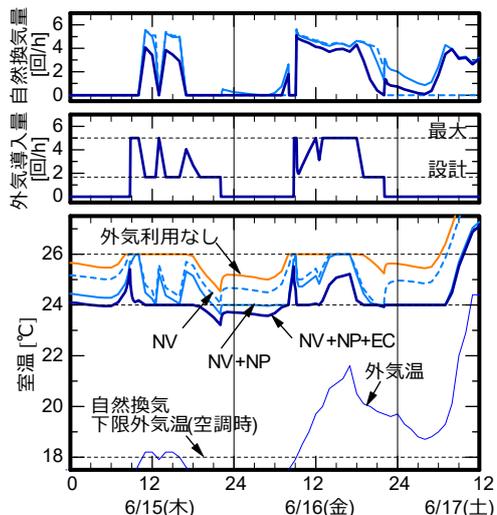
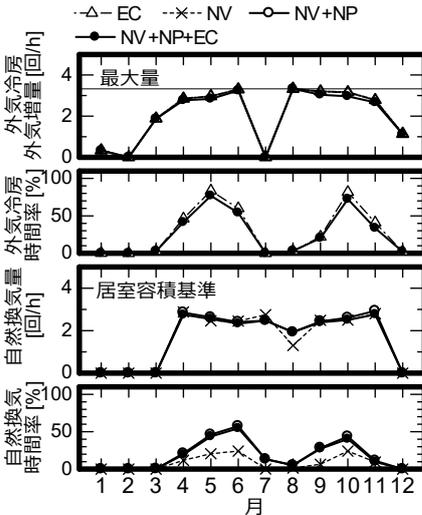
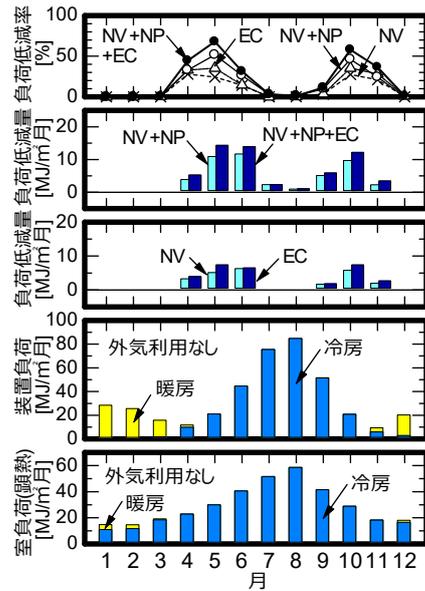


図2 代表日の室温と換気量変動 (Low-E 複層窓・南ゾーン)



(a) 自然換気・外気冷房状態(全ゾーン平均)



(b) 自然換気・外気冷房による負荷低減効果

図3 各換気ケースの月別運転状態 (Low-E 複層窓・居室全ゾーン)

【図4注記】顕熱無負荷時間率とは、年間の平日9-22時の時間帯に対して、22°C<室温<26°Cとなる時間比率

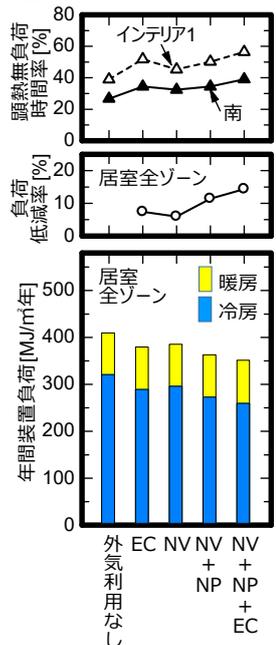
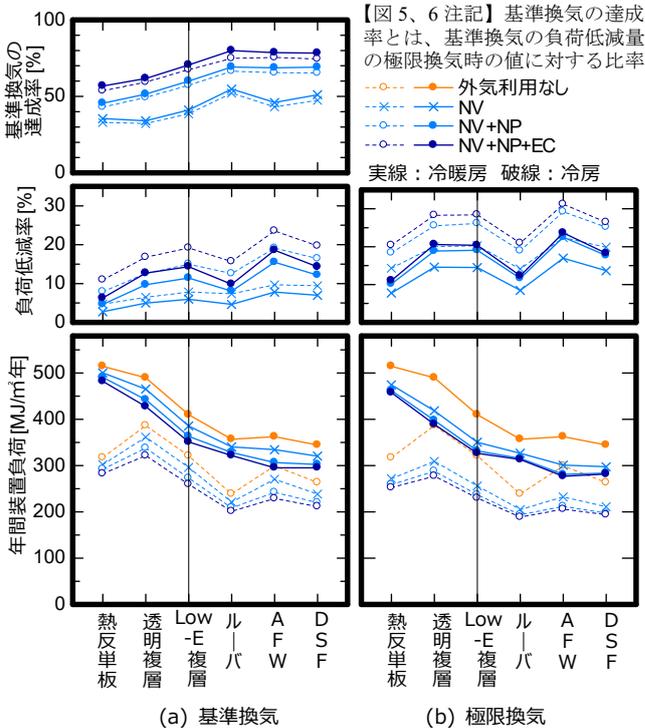


図4 各換気ケースの年間運転状態 (Low-E 複層窓)



(a) 基準換気

(b) 極限換気

図5 ファサードと自然換気・外気冷房の年間効果

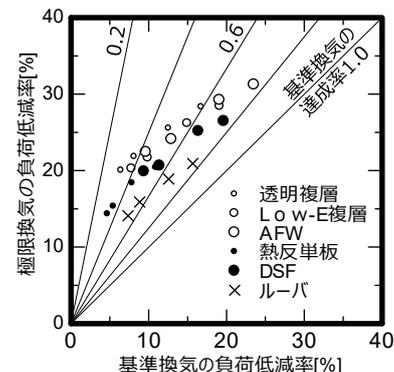


図6 基準換気と極限換気の冷房負荷低減率の相関

【謝辞】本報の研究の一部は、科研費補助金18K04454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「BEST コンソーシアム」・「BEST プログラム開発委員会(石野久彌委員長)」の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表す。

【文献】1)郡・石野・村上：自然換気併用外気制御システムをもつ空調室の熱負荷計算法に関する研究、日本建築学会環境系論文集 Vol.82、No.732、pp.175-181、2017.2 2)郡・石野・村上：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196) 空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.37-40、2017.9

る。ケース NV+NP+EC の年間冷暖房負荷低減量は、透明複層のとき最大、ルーバのときに最小となった。また、Low-E 複層とルーバの年間冷暖房負荷の差が小さくなった。極限換気の負荷低減量に対する達成率を導入して、外気利用の容易さの指標とした。ケース NV の達成率は日射遮蔽性の高いファサードほど高く、ケース NV+NP とケース NV の達成率の差は非空調時の室温が高温になり易い

順に大きいという傾向になる。ケース NV+NP+EC の達成率は、熱反単板は 60%弱と低いのにに対して、ルーバ、AFW、DSF は 80%前後と高い。図 6 の基準換気と極限換気の負荷低減量の相関から、ファサードを 3 つのタイプに分類できることがわかった。

4. 結 極限換気の視点を導入して、各種ファサードの自然換気・外気冷房効果の評価を行った。

*1 宇都宮大学 教授 工博
*2 東京都立大学 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.