

正会員 ○北村 海都\* 正会員 郡 公子\*\*  
 正会員 石野 久彌\*\*\* 正会員 横尾 昇剛\*\*\*\*

自然換気 外気冷房 数値解析

1. 序

近年、自然換気や機械換気による省エネ手法を採用するオフィスビルが普及したものの、建物計画段階での省エネ効果の予測や評価は必ずしも容易ではない。本研究では、無限量の換気が可能な「極限換気」に対する外気の

冷却力の有効活用度の合いを示す指標として「達成率」を導入した。そのうえで、近年のガラスファサードの高性能化や外気利用効果の地域性、時代の変遷の観点から、自然換気や外気冷房の性能を評価した。

表 1 計算基準条件

項目	内容
気象	2010年版EA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
ゾーン	【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 <sup>2</sup> 、在室者0.15人/m <sup>2</sup> 、機器15W/m <sup>2</sup> 【コア】窓面積率: 34% 居空間換気(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) 内部発熱: 照明2W/m <sup>2</sup>
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°C60%・冷却除湿, 下限22°C40%・加熱加湿(冬期); 上限26°C60%・冷却除湿, 下限22°C・加熱(冬期以外) 外気導入量: 4.5CMH/m <sup>2</sup>
自然換気	単位外皮長さあたりの換気口有効開口面積: 0.005m <sup>2</sup> /m 下限外気温: 空調時18°C, 非空調時15°C 上限外気相対湿度: 90% 上限外気露点温度: 19°C 上限屋外風速: 10m/s 下限室温: 24°C 内外温度・エンタルピチェック: あり 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°C 外気露点温度: 上限19°C, 下限5°C 下限室温: 24°C 内外温度・エンタルピチェックあり 加熱時禁止

表 2 ファサードケースと窓条件

ケース	条件	熱貫流率	日射熱取得率
透明単板一般窓	透明	4.1	0.41
熱反単板一般窓	熱反シルバー	4.1	0.38
透明複層一般窓	透明+透明	2.4	0.44
Low-E複層一般窓	日射遮蔽型Low-E+透明	1.5	0.30
Low-E複層一般窓+水平ルーバ	日射遮蔽型Low-E+透明 ルーバ: 奥行・ピッチ比1.0	1.5	0.30
DSF	<形状> 各階吹き抜けタイプ 外側全面ガラス 内側窓高さ2.7m、奥行0.4m <換気制御> 冬期以外は常時自然換気。 冬期はダブルスキン空気温度が35°Cを超えたら自然換気。 <ガラス種> 外側: 透明 内側: 日射遮蔽型Low-E+透明	1.2 (1.0)	0.09 (0.13)
AFW	外側: 日射遮蔽型Low-E+透明 内側: 透明 窓通気量2.9L/s・m <sup>2</sup> (通気後全て屋外排気)	0.7 (1.2)	0.17 (0.24)

表 3 各種評価指標とその定義

名称	定義
全熱装置負荷	全熱室負荷と全熱外気負荷の和。冷房が正、暖房が負。
負荷低減量 負荷低減率	自然換気・外気冷房による全熱装置負荷(冷暖房合計)の低減量、低減比率。
基準換気	表1による自然換気・外気冷房。
極限換気	無限大の換気量を想定した自然換気・外気冷房。
達成率	極限換気に対する基準換気の負荷低減量の比率。

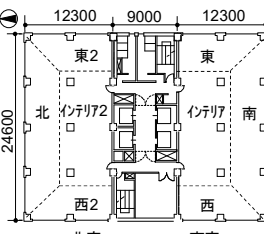


図 1 対象オフィス平面図

2. 計算基準条件

表 1、2 に計算基準条件及びファサードに関する条件、図 1 に対象とするオフィスの平面図を示す。コアに対して南北に室を持つオフィスを想定し、ファサードは Low-E 複層一般窓を基準条件として、計 5 ケースを比較対象とした。数値計算には BEST を利用し、全熱装置負荷(以降、装置負荷)を評価対象として解析を行った。

3. 外気利用条件とその効果

図 2 に自然換気時の南及びインテリアゾーンにおける代表日の時刻変動を示す。南ゾーンでは、極限換気を想定すると、3日間通して装置負荷を 0 とすることが可能であった。インテリアゾーンでは、南ゾーンと比べて室温がやや高くなる傾向はあるものの、ペリメータゾーンの室温低下の影響が波及し、極限換気時の装置負荷は常に 0 となった。基準換気の場合も、自然換気なしに対して装置負荷は半分程度に減少した。

4. ファサード・都市の違いと外気利用効果

図 3 に東京におけるファサードごとの外気利用効果の

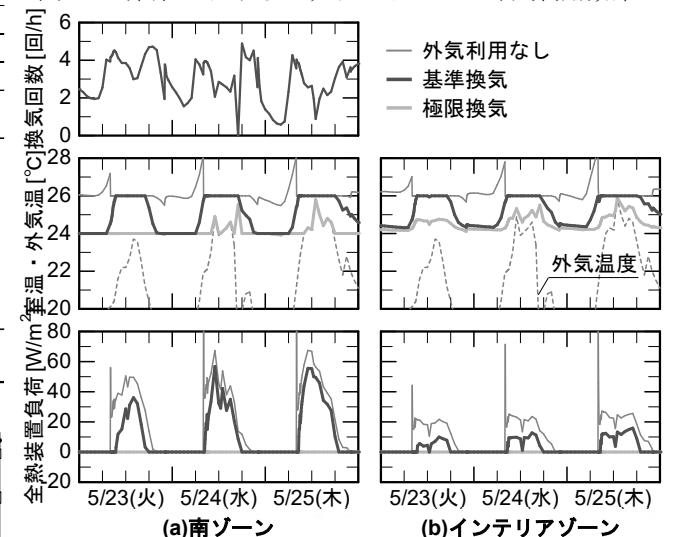


図 2 代表 3 日間における自然換気時の時刻変動

【表 1 注記】1)10 階建て 2 階。2)空調 8 ゾーン及びコア 1 ゾーンを計算。  
 【表 2 注記】1)ガラス厚は 8mm、中空層は空気層 12mm。2)ブラインドは明色で開閉操作あり。3)熱貫流率の単位は[W/m<sup>2</sup>・K]。4)熱性能値の項目において、DSF は換気量 100CMH/m のときの値。( )内は DSF 非換気時あるいは AFW 非通気時の値。

【図3注記】透明単板、透明複層、Low-E複層とは、それぞれ一般窓を指す。  
 【図3.5注記】各値は全ゾーン（空調8ゾーンの床面積加重平均）による値。  
 【図4注記】各プロットは、任意に選定した26都市のデータ。

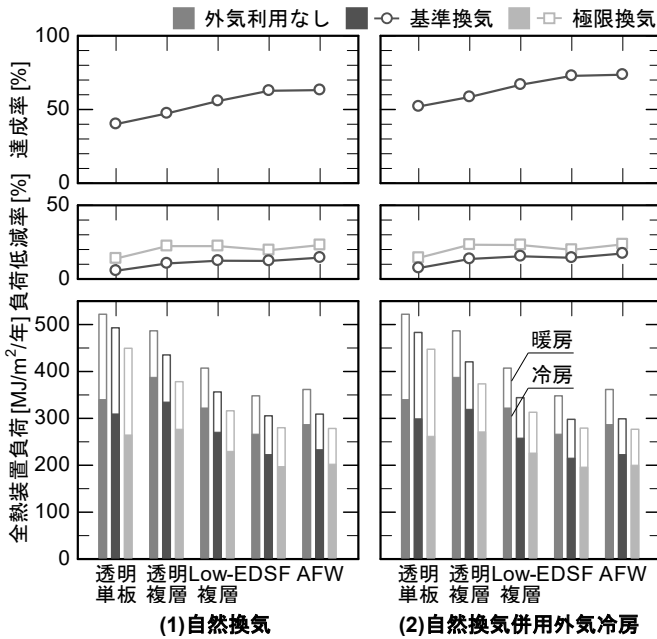


図3 ファサードの違いと年間効果

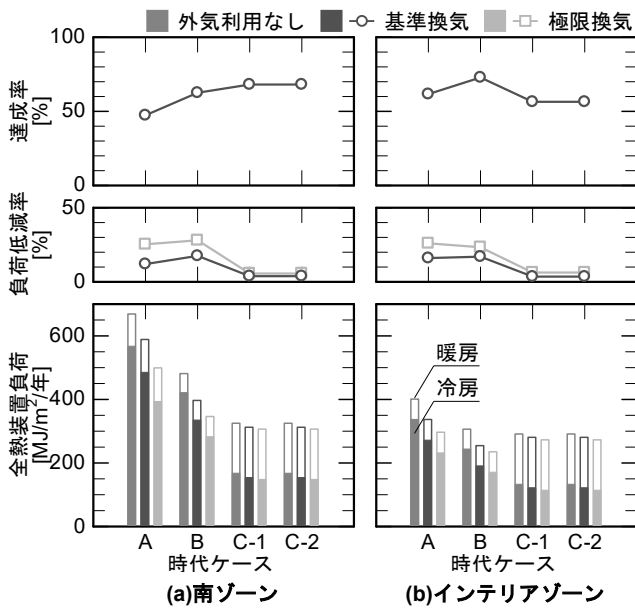


図5 時代の変遷と自然換気・外気冷房併用効果

違いを示す。自然換気の達成率は、断熱性・日射遮蔽性の高いファサードほど高く、DSFやAFWでは65%程度だった。これは、断熱性が高いと夜間の室温が高くナイトページの効果が大きいことに加え、日射遮蔽性が高いと冷房負荷が小さいためである。外気冷房と併用することで、各ファサードで負荷低減率は5%程度、達成率は10%程度高くなった。達成率が高いのは、外気冷房と併用しても極限換気の効果に変化しないためだと考えられる。

図4にファサード3条件の達成効果の地域傾向を示す。南ゾーンは、外気冷房の基準負荷低減量の分布幅が狭

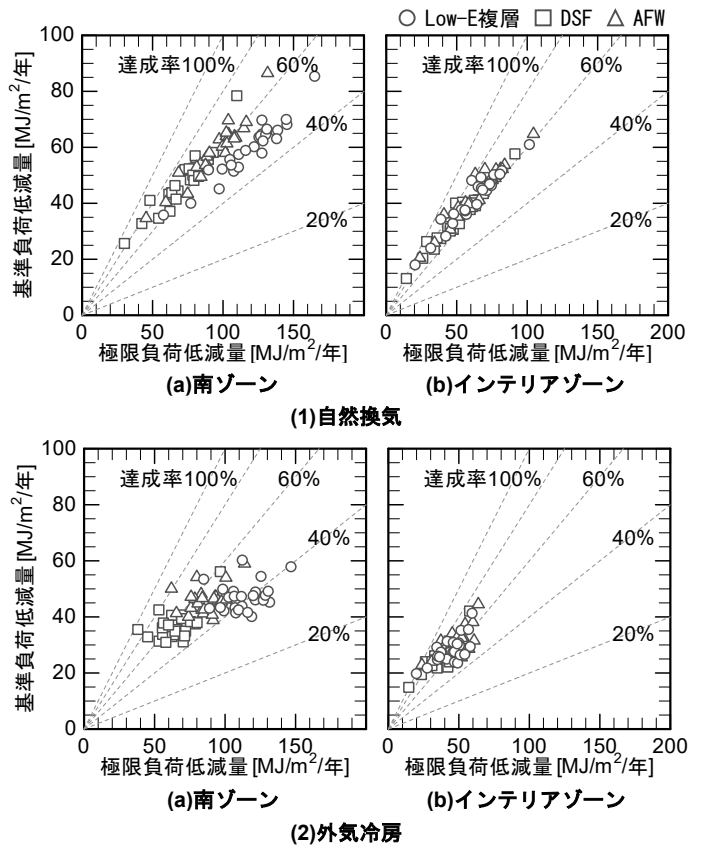


図4 ファサードの違いと達成効果の地域特性

表4 時代の変遷による内部発熱及びファサードの変化の想定ケース

時代ケース	機器発熱	照明発熱	在室人数	ファサード
A	30 W/m <sup>2</sup>	20 W/m <sup>2</sup>	0.15 人/m <sup>2</sup>	熱反単板一般窓
B	15	10	0.15	Low-E複層一般窓
C-1	5	5	0.10	DSF
C-2	5	5	0.10	Low-E複層一般窓+ルーバ

【表4注記】設計外気量は、在室人員によらず基準条件の値で固定。

く、24時間可能な自然換気に比べ達成率の低い都市があった。インテリアゾーンは、ファサードによる相関傾向の違いはほとんどなく、直接外気侵入がなくても自然換気の負荷低減量は大きく、達成率は60%以上あった。

### 5. 時代の変遷と外気利用効果

図5に時代の変遷に伴う内部発熱及びファサードの変化と自然換気・外気冷房併用効果を示す。時代の変遷とともに負荷低減率は低くなる傾向があったが、南ゾーンの達成率は高くなり、将来的に70%程度となることが予測された。これは、内部発熱の減少により暖房負荷が増加するが、ファサードの高性能化により基準換気でも十分な効果を発揮するからだと考えられる。

### 6. 結

外気利用手法について、極限換気を想定したうえでファサード高性能化や地域性、時代の変遷の観点から、熱負荷低減効果や外気の冷却力の有効活用度を評価した。

【謝辞】本研究の一部は、科研費補助金基盤研究21K04367による。  
 【参考文献】北村・郡・石野・横尾：自然換気の熱負荷低減効果と外気有効活用度、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.97-100、2021.9

\* 株式会社 山下設計  
 \*\* 宇都宮大学 名誉教授・工博  
 \*\*\* 東京都立大学 名誉教授・工博  
 \*\*\*\* 宇都宮大学 教授・工博

\* Yamashita Sekkei Inc.  
 \*\* Prof. Emeritus, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.  
 \*\*\* Prof. Emeritus, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.  
 \*\*\*\* Prof., Utsunomiya Univ., Dr. Eng.