

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 83 報 複合的な空調負荷削減手法の相互作用に関する検討

正会員 ○山本 佳嗣*1 同 村上 周三*2
同 石野 久彌*3 同 郡 公子*4
同 品川 浩一*5

BEST 相互作用 ZEB

1. はじめに

ZEB の実現のためには、複数の空調負荷削減手法を用いた負荷の最小化が重要となる。しかし、その複合的な負荷削減効果は、単独の負荷削減効果の積み上げとは異なる可能性がある。そこで本報では、既に導入された手法が次に導入する手法の効果に与える影響（相互作用）について、シミュレーション検討を行う。

2. 検討方法

2.1 モデル概要

シミュレーションは BEST 専門版の建築単独計算を用いて行った。モデルは図 1 に示すように、南北に居室のあるセンターコアのオフィスモデルを用いた。その他の条件は既報¹⁾におけるモデル条件を用いた。さらに本検討では、表 1 に示すように環境負荷削減の取り組みが進んでいない「低性能外皮」の建物と取り組みが進んでいる「高性能外皮」の建物を基準モデルとして設定した。「ZEB」は空調負荷削減手法を全て採用したモデルである。

表 1 モデル概要

モデル名	設定条件概要
低性能外皮	高性能外壁 $U=1.78\text{W/m}^2\text{K}$ 単板透明ガラス 熱貫流率 $4.09\text{W/m}^2\text{K}$ 、日射熱取得率 0.41、隙間風 0.5 回/h 換気
高性能外皮	高性能外壁 $U=1.00\text{W/m}^2\text{K}$ 高日射遮蔽型 Low- ϵ 複層ガラス 熱貫流率 $2.09\text{W/m}^2\text{K}$ 、日射熱取得率 0.23、隙間風 0.2 回/h 換気
ZEB	外皮と隙間風設定は「高性能外皮」と同様 導入技術：外気冷房、最少外気量制御、全熱交換器、ダブルスキン
共通条件	照明負荷 10W/m^2 、機器発熱 15W/m^2

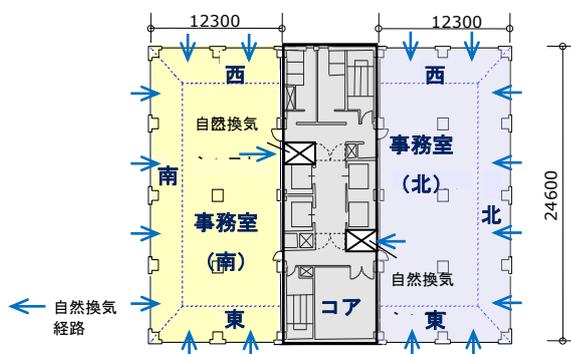


図 1 モデル平面図

2.2 空調負荷削減手法

検討を行う空調負荷削減手法とその概要を表 2 に示す。Low- ϵ 複層ガラス以上の外皮負荷削減手法としてダブルスキンを検討対象とし、その他は BEST 専門版の建築単独計算で検討が可能な外気負荷削減手法を対象とした。

表 2 検討対象とする空調負荷削減手法

負荷削減手法	標準設定条件
外気冷房 (VC)	最大外気量比 4, 外気露点温度下限 0°C 上限 19°C , 下限外気温度 10°C
最少外気量制御 (CO2)	下限外気量比 0.1
全熱交換器 (HEX)	交換効率 0.6, 最小外気量制御と組み合わせるときの下限外気量比 0.5
自然換気 (NV)	有効開口面積 $12.6\text{cm}^2/\text{m}^2$ 、中性帯からの高低差 24m、換気駆動力は温度差換気
ダブルスキン (DS)	5 層吹き抜けダブルスキン 外側透明ガラス+内側高日射遮蔽型 Low- ϵ 複層ガラス、自然換気口： $0.04\text{m}^2/\text{m}$ 換気口制御：12/1~3/31 35°C 以上で開 4/1~11/30 15°C 以上で開

3. 検討結果

3.1 負荷削減手法の単独効果

各モデルに対する手法単体の空調負荷削減効果を図 2 に示す。「低外皮性能」「高外皮性能」は検討する負荷削減手法を最初に導入した場合の負荷削減量を示しており、「ZEB」はすべての負荷削減手法が導入された状態から検討する負荷削減手法を抜いた場合の空調負荷の増加分を示している。全熱交換器、最少外気導入は低減効果が大いだが、他の手法との相互作用により ZEB では導入効果が低減していることが確認できる。また、自然換気は ZEB 建築に対しても一定の効果がみられる。ただし、シミュレーション上は相互作用のある外気冷房より自然換気を優先で制御している。低外皮性能建築はすきま風が多いため、自然換気や外気冷房の導入効果が小さい。また、低外皮性能建築に対してはダブルスキン化が最も効果が大いなどの知見が得られた。図 3 に全ての手法を導入した場合 (ZEB) の空調負荷削減効果を示す。「低外皮性能」では 50%、「高外皮性能」では 30%の削減率となった。削減量を表 3 の単独の削減効果の合計と比較する

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

Part 83 Study on the interaction effect between multiple load reduction methods for ZEB

YAMAMOTO Yoshihide, MURAKAMI Shuzo, ISHINO Hisaya, KORI Kimiko, SHINAGAWA Koichi

と相互作用により削減効果が低減していることが分かる。

3.2 負荷削減手法間の相互作用

手法間の相互作用の影響度を検討するため、任意の2手法の組み合わせに関して単独効果の合計と複合効果との比較を行った。図4に「低外皮性能」、図5に「高外皮性能」の結果を示す。ケース名の記号は表2にある各手法を示している。この結果より、最少外気導入と全熱交換器には大きな相互作用が確認された。これは最少外気導入により全熱交換する風量が減るためと考えられる。また、自然換気とダブルスキンには正の相互作用が見られ、ダブルスキンにより外皮負荷が削減されることにより、自然換気の時間数が増えることが要因と考えられる。

3.3 システム設計上の相互作用

図4.5では、外気冷房と全熱交換器や外気冷房と最少外気量制御は、シミュレーション上は相互作用が小さい結果となった。しかし、システム設計の観点からは、外気冷房のために外気ファンの定格風量が増えることで、インバータ制御における最小外気量の下限値に影響を与えることを考慮する必要がある。インバータ制御の下限値を定格の10%とした場合の負荷削減効果の変化を図6に示す。ケース名の数値は設計外気量に対する比率を示しており、最小外気量制御では下限外気量比、外気冷房では上限外気量比を示す。このような設計上の相互作用も複合効果として影響が大きいことがわかる。この他にも、外気冷房と全熱交換器を1台の外調機で行う場合に全熱交換器のバイパス経路を設ける事で増加する圧力損失なども、設計上の相互作用として考えられる。

4. まとめ

負荷削減手法間の相互作用について検討した。複数の手法を導入した場合、負の相互作用により削減効果が減少する傾向にある。しかし、ダブルスキンと自然換気など削減量が増加する正の相互作用を持つ組み合わせも見られた。外気冷房と全熱交換器は有効に働く季節に違いはあるが、外気ファンの選定による相互作用が確認された。このようなシステム設計上の制約も、相互作用として影響が大きいことを示した。

【引用文献】1) 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64報 自然換気・外気冷房の連成計算，建築学会大会学術講演梗概集，D-2，環境工学II，pp.967-968，2016-09-04，山本 佳嗣，村上 周三，石野 久彌，郡 公子，品川 浩一

【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るものである。

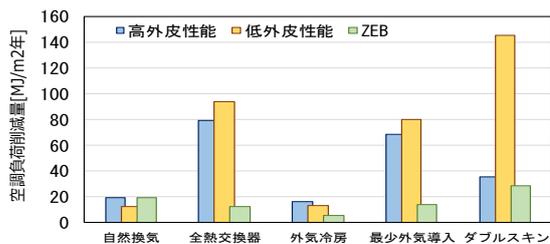


図2 負荷削減手法の単独の効果

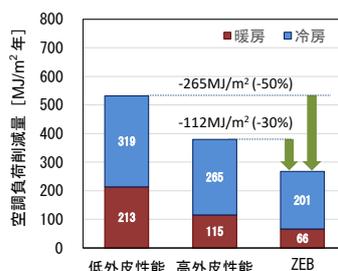


図3 複合的な導入効果

表3 単独の削減効果

	低外皮性能 [MJ/m²]	高外皮性能 [MJ/m²]
自然換気	-12	-19
全熱交換器	-94	-79
外気冷房	-13	-16
最少外気導入	-80	-68
ダブルスキン	-145	-35
合計	343 MJ/m²	218 MJ/m²

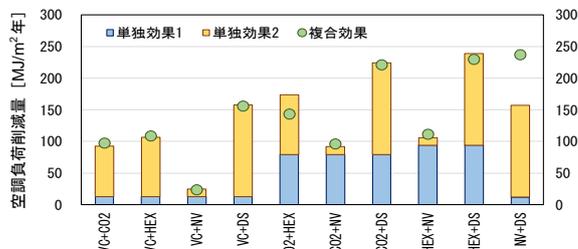


図4 負荷削減手法間の相互作用 (低外皮性能)

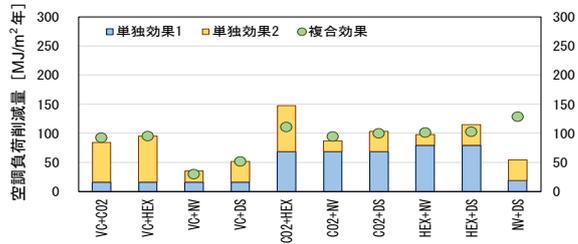


図5 負荷削減手法間の相互作用 (高外皮性能)

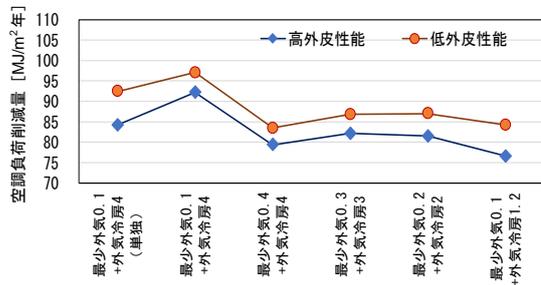


図6 インバータ制御下限値を考慮した相互作用

*1 東京工芸大学 准教授 工博

*2 建築環境・省エネルギー機構 理事長 工博

*3 首都大学東京 名誉教授 工博

*4 宇都宮大学 教授 工博

*5 日本設計

*1 Associate Prof., Tokyo Polytechnic University., Dr. Eng.

*2 Chief Executive, Institute for Building Environment and Energy Conservation, Dr. Eng.

*3 Emeritus Prof., Tokyo Metropolitan University., Dr. Eng.

*4 Prof., Utsunomiya University., Dr. Eng.

*5 Nihon Sekkei