

令和 6 年 5 月 15 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04367

研究課題名（和文）高性能ファサードの環境性能コントロール法の評価

研究課題名（英文）Evaluation of Environmental Performance Control for High-Performance Facades

研究代表者

郡 公子（Kohri, Kimiko）

宇都宮大学・地域デザイン科学部・教授

研究者番号：20153504

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、高性能ガラスを使用する一般窓、ルーバーファサード、エアフローウィンドウ、ダブルスキン、さらにそれらに自然換気機能を付加したものを高性能ファサードと位置づけ、外気冷房、最小外気量制御、全熱交換器による熱回収などの外気導入制御を行う空調システムとの組合せにより季節に応じた最適な環境性能をもつための性能予測評価法をつくることを目的とする。予測精度向上のために、最新の設計用気象データの開発、熱負荷計算法の改良も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境負荷削減のためにZEBを目指す時代となり、建築と設備は、相互影響を考慮した上で一体的に性能を発揮させる高度な融合設計が望まれるようになった。高性能ファサードは断熱性が高く冷房負荷を増加させる欠点がある。それを相殺するために自然換気制御や外気冷房を併用する空調方式を採用するとよい。また、寒冷地は、外気の影響を抑制する最小外気量制御や全熱交換器による熱回収の方が適する可能性もある。このようなファサードと空調の融合効果を考慮した省エネルギー設計が可能になる。

研究成果の概要（英文）：This research proposed simulation techniques of combined effects of high-performance facades and HVAC systems which have energy-saving mechanical ventilation systems and also presented evaluation results which are useful for integrative design of buildings and HVAC systems. High-performance facades involve low-e double glazed windows with louvers, airflow windows and double skin facades. They may have capabilities such as natural ventilation control. The combined effects of high-performance facades and target HVAC systems depend on characteristics of regional weather and then HVAC design weather data for the domestic cities were developed.

研究分野：建築環境設備

キーワード：ファサード 窓 自然換気制御 外気導入制御 熱負荷 室内熱環境

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

Low-E ペアガラスの普及とともに、断熱性、日射遮蔽性の高いファサードが一般化しつつあり、ダブルスキン(DSF)やエアフローウィンドウ(AFW)もより高性能化している。また、ルーバー建築も増加し、幅広い環境性能のファサードを採用できるようになった。また、断熱性、日射遮蔽性は、熱負荷に対して季節が変わると効果から逆効果に転じるため、季節に応じた環境性能のコントロールも重要となる。ファサード自体の性能調整のほか、ファサードの逆効果を打ち消す自然換気や外気冷房などの外気導入制御との組合せが効果的である。ファサード設計の際に、盛夏期・厳寒期とともに年間通しての環境性能、すなわち室内熱環境への効果と省エネルギー効果を正確に予測評価できることが望まれている。

2. 研究の目的

本研究は、高度化したファサード設計を支援するために、自然換気制御・外気導入制御との組み合わせによりファサードの環境性能を季節に応じて調整することの省エネ効果・室内環境改善効果に関して予測評価法を開発するとともに、予測精度向上の技術改良を行おうとしたものである。具体的な目標は、(1)自然換気制御の効果推定法の改良、(2)外気導入制御の効果推定法の拡張、(3)自然換気・外気導入制御と高性能ファサードの複合効果の解明、(4)複雑形状の外部日除けをもつファサードの熱性能予測法の提案、(5)ファサード性能を考慮する非空調隣室の熱性能仮定法の提案、(6)設計用気象データの開発、(7)自然室温を用いた住宅熱性能評価である。

3. 研究の方法

以下の方法により研究を進めた。

(1) 自然換気制御の効果推定法の改良

理論研究により、従来からある自然換気計算法のうちエクспリシット法の限界を補う方法を検討・提案し、さらに数値計算により提案した計算法の妥当性と有効性を確認した。

(2) 外気導入制御(外気冷房・最小外気量制御・全熱交換器による熱回収)の効果推定法の拡張

理論研究により、CO₂濃度センサーを用いる最小外気量制御の効果予測のための室内CO₂濃度計算法とCO₂濃度制御の計算法を検討・提案し、数値計算により妥当性を確認するとともに、自然換気制御と組み合わせることの有効性を確認した。

(3) 自然換気・外気導入制御と高性能ファサードの複合効果の解明

数値計算により、高性能ファサードと自然換気制御・外気導入制御の組合せによる熱負荷低減効果を解析した。外気有効利用度の評価指標として、極限換気効果に対する達成率を新たに定義した。

(4) 複雑形状の外部日除けをもつファサードの熱性能予測法の提案

理論研究と数値計算から、詳細光計算ツールと一般的な熱負荷・エネルギー計算ツールの連携により、複雑形状のルーバーファサードの熱性能を予測する方法を提案した。具体的には、詳細光計算ツールにより求め、熱計算の与条件とする外部日除けの日射遮蔽性能指標を検討し、新たに日射到達率を定義して、その妥当性・実用性・有効性を確認した。

(5) ファサード性能を考慮する非空調隣室の熱性能仮定法の提案

理論研究と数値計算により、熱負荷計算における非空調隣室の熱性能仮定法を検討した。従来から使用されてきた隣室温度差係数法に対して、精度が高く実用的な方法を考案し妥当性を確認した。

(6) 設計用気象データの開発

気象観測値から整備された過去30年分の拡張アメダス(EA)実在年気象データを統計処理して国内約840地点の設計用気象データを開発した。開発に当たり、外気温湿度測定露場を大手町から北の丸公園に移転した東京について、2地点同時観測データを分析して、2地点の設計外気温湿度変換法を作成した。

(7) 自然室温を用いた住宅の熱性能評価

数値計算による住宅の熱性能評価法として自然室温を評価指標に用いる方法を提案し、外壁・窓などの設計仕様の熱性能と日除けや自然換気などの住まい方による熱性能調整の効果を、数値解析から定量評価した。

4. 研究成果

本報告書では、研究の中心的部分である「3. 研究の方法」の(1)と(3)に関して成果を述べる。

(1) 自然換気制御の効果推定法の改良

ファサードの環境性能が逆効果に働く場合にそれを相殺する法として、自然換気は重要な方法である。これまでの研究で、風量収支を解かず中性帯の高さを仮定する簡易な自然換気計算法を用いた上で、種々の自然換気許可条件を考慮する熱計算法を提案した。室内環境に配慮する自

自然換気下限室温制御や冷房中の自然換気の許可あるいは禁止制御の計算も可能である。自然換気は、自動制御のほか、居住者が適宜操作することも多く、その場合も含めて計算上の制御法を想定できる。熱平衡解法は、熱負荷計算用のインプリシット法と詳細な設備機器との熱平衡を解くエネルギー計算用のエクスプリシット法の2種類がある。インプリシット法を用いる熱負荷計算では、下限室温制御に対して、室温を下限値に保つ換気口の開口率(換気時間率に相当)を求める計算を行う。冷房中の自然換気禁止制御に対しては自然換気の冷却力では冷房不足となる場合に冷房に切替える計算を行う。これに対して、エクスプリシット法を用いるエネルギー計算では、インプリシット法と同じ自然換気制御計算を行うことはできない。一般的には、下限室温制御に対しては換気口100%開か閉かのONOFF動作、冷房中の自然換気禁止制御に対しては、ONOFFによる上限室温制御を想定する計算を行う。本研究では、この自然換気制御計算法の改良を行った。

エクスプリシット法による自然換気制御計算をよりスムーズに行うためには、次の課題を解決する必要がある。①極端に多量の自然換気が生じる場合、特に潜熱において定常状態に近くなり、非定常を前提とするエクスプリシット法では解を得られない。②非常に大きな換気口が設定された場合、単純なONOFF制御は非現実的となり、過冷却や頻繁なオンオフを引き起こす。③自然換気の下限室温、上限室温制御は、冷暖房制御との干渉を引き起こす場合がある。

これらの課題に対して、計算法の改良を行った。①に対しては、エクスプリシット法に便宜的な定常計算を導入することにした。表1に、潜熱平衡を例に、修正した解法を示す。計算時間間

表1 エクスプリシット法とその改良

●ゾーン <i>i</i> の潜熱熱平衡式	
$C_L \frac{dx_i}{dt} = r \cdot \rho \cdot V_o(x_o - x_i) + \sum_k r \cdot \rho \cdot V_k(x_k - x_i) + r \cdot \rho \cdot V_s(x_s - x_i) + q_L = K_i \cdot x_i + \sum_k K_k \cdot x_k + F_i$	…(1)
ただし、	
$K_i = -r \cdot \rho \cdot V_o - \sum_k r \cdot \rho \cdot V_k - r \cdot \rho \cdot V_s$	…(2-1)
$F_i = r \cdot \rho \cdot V_o \cdot x_o + r \cdot \rho \cdot V_s \cdot x_s + q_L$	…(2-3)
$K_k = r \cdot \rho \cdot V_k$	…(2-2)
ここに、 C_L : ゾーン <i>i</i> の潜熱熱容量[J/(g/g)]、 t : 時間[sec]、 x_i, x_k : ゾーン <i>i</i> とその隣接ゾーン <i>k</i> の絶対湿度[g/g]、 x_o, x_s : 外気、空調送風空気の絶対湿度[g/g]、 V_o, V_k, V_s : 外気侵入量、ゾーン <i>k</i> との換気量、空調送風量[lit/sec]、 q_L : 潜熱発熱(蓄熱の放熱量も含む)[W]、 ρ, r : 空気密度[g/lit]、水の蒸発潜熱[J/g]	
●エクスプリシット解法	
現在の時間ステップ <i>n</i> の状態 $x_{i,n}, x_{k,n}$ を既知として、次ステップの状態を求める。4次ルンゲクッタ法を利用すると、	
$x_{i,n+1} = x_{i,n} + (\Delta x_1 + 2\Delta x_2 + 2\Delta x_3 + \Delta x_4)/6$	…(3)
となる。ただし、	
$\Delta x_1 = \dot{x}_i(x_{i,n}) \cdot \Delta t_{n+1}$	…(4-1)
$\Delta x_2 = \dot{x}_i(x_{i,n} + \Delta x_1/2) \cdot \Delta t_{n+1}$	…(4-2)
$\Delta x_3 = \dot{x}_i(x_{i,n} + \Delta x_2/2) \cdot \Delta t_{n+1}$	…(4-3)
$\Delta x_4 = \dot{x}_i(x_{i,n} + \Delta x_3) \cdot \Delta t_{n+1}$	…(4-4)
$\dot{x}_i(x_{i,n}) = (K_{i,n} \cdot x_{i,n} + \sum_k K_{k,n} \cdot x_{k,n} + F_{i,n})/C_L$	…(5)
ここに、 Δt_{n+1} : 次ステップとの計算時間間隔[sec]	
●便宜的定常状態の導入	
熱容量に対してゾーンへの侵入風量が極端に大きく定常状態に近い場合は、解が得られない。そこで、次ステップまでの外乱変動を無視できるとみなして、次の便宜的な定常状態の式をたてて解を求める。	
$K_{i,n} \cdot x_{i,n+1} + \sum_k K_{k,n} \cdot x_{k,n} + F_{i,n} = 0$	…(1)
$\therefore x_{i,n+1} = -(\sum_k K_{k,n} \cdot x_{k,n} + F_{i,n})/K_{i,n}$	…(6)

表2 自然換気制御の計算法

●自然換気の下限室温制御	
開口率増加調整を組合せるONOFF制御(動作隙間: 下限室温設定値±0.5K)を行う。開口率は過去の平均開口率をもとに次のように設定する。	
・自然換気が不許可(理由に寄らない)から許可に変わったとき 開口率初期値=0.6×平均開口率	
・自然換気不足により室温が動作隙間の上限を超えるとき 開口率増分=0.4×平均開口率× $\Delta t/300$ (Δt : 計算時間間隔[sec])	
注1) 平均開口率は、自然換気時及び下限室温を満たせず自然換気禁止となった時間帯の換気日平均開口率を用いて日単位に求める。 今回の平均開口率 =(前回の平均開口率+最近の換気日平均開口率)/2	
2) 下限室温は以下を満たすように設定する。 下限室温 ≤ 冷房設定室温 - 1K (冷房可能時) 下限室温 ≥ 暖房設定室温 + 1K (暖房可能時) 上限室温 - 下限室温 ≥ 1K (冷房中の自然換気禁止制御時)	
●冷房中の自然換気禁止制御法	
冷房可能時間帯に、冷房設定室温より1K低い温度を自然換気上限室温として自動設定し、次のように許可・不許可を判定する。 室温 > 上限室温 : 自然換気禁止 室温 ≤ 上限室温 : 自然換気許可 注 室温制御以外の場合は、冷房可能な時間帯は自然換気禁止	

表3 オフィス基準計算条件

気象	EA標準年気象データ(東京)
ゾーン	・室: 10階建て建物の2階 ペリメータ・インテリア2ゾーン断面 (室奥行10m、ペリメータ奥行5m、階高4m) ・窓: Low-E複層ガラス・内側明色ブラインド、 窓面積率68% ・内部発熱: 照明10W/m ² 、機器15W/m ² 、 在室者0.15人/m ²
空調	・空調方式: ゾーン別空調機 ・空調時間: 8:00-22:00(室使用9:00-22:00) ・設定室温: 冷房26°C、暖房22°C ・外気量: 4.5CMH/m ²
自然換気	(自然換気スケジュール) 換気期間: 通年、換気時間: 常時 (自然換気許可条件) 下限外気温: 15°C、上限外気相対湿度: 90%、 上限外気露点温度: 空調時19°C 上限屋外風速: 10m/sec 下限室温: 24°C、冷房中も許可 (換気計算) 換気回数法(ペリメータ容積基準 で最大50回/h)あるいは有効開口面積法(外壁 長さ当たり有効開口面積0.01m ² /m)

隔が短かければ、次ステップまでの隣室の温湿度や外乱の変動を無視できるとみなす方法である。②に対しては、表2に示すように、開口率調整とONOFF制御の組合せとし、自然換気が不許可から許可に変わったときの開口率初期値はやや小さい値を設定し、不足と判断された場合に徐々に開口率を増やすものとする。③に対しては、自然換気上下限室温と冷房設定室温に1K以上の差を設けるものとした。

オフィスについて数値計算を行い、代表日の制御動作を確認した。基準計算条件を表3に、冷房中の自然換気の許可、不許可の比較を図1に示す。どちらのケースもナイトパーズ、下限室温制御を行う。開口率調整の様子を確認するため、最大50回/hまで可能な換気回数法を用いた。両ケースとも自然換気が許可された後、外気温の上昇とともに開口率が増加している。冷房中の自然換気を許可する制御では冷房の依存度がかなり低いのにに対して、禁止すると昼頃に冷房に切りかわり夜まで冷房が続く。ただし、ナイトパーズの実施により冷房への切りかわり時刻が遅くなっていることがうかがえる。また、日中の制御の違いが夜間の下限室温制御の動作に影響することがわかる。

主要な自然換気制御法の特徴を把握するための数値解析を行った。結果を図2に示す。ナイトパーズを行わなくても冷房中の自然換気を許可すれば2割ほどの年間熱負荷の低減があるのに対して、冷房中禁止すると自然換気はほとんど行われず負荷低減もない。しかし、ナイトパーズと組み合わせると、若干の自然換気効果が現れる。

以上から、エクスプリシット法を用いる自然換気制御の計算法の改良により、確実に解を得られるようになり、熱負荷計算のみならず、建築と設備機器の相互影響を精度高く考慮するエネルギー計算においても、高性能ファサードと自然換気制御の複合効果の予測が容易になった。

(2) 自然換気・外気導入制御と高性能ファサードの複合効果の解明

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、省エネ効果の予測や評価は必ずしも容易ではない。ここでは、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を度合いを示す指標として「達成率」を導入し、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、ファサード性能と内部発熱密度の時代変遷の観点から、自然換気や外気冷房の性能を評価した。

計算基準条件は、表3と同様である。表4にファサードケースと条件を示す。計算対象とするオフィスは、センターコアに対して南北に室を持つオフィスであり、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を利用した。評価に用いた指標とその定義を表5に示す。全熱装置負荷を用いて熱負荷低減効果を評価する。無限大の換気量まで自然換気や外気冷房を許可する「極限換気」の熱負荷低減量を基準とし、それに対する対象ケースの熱負荷低減量を「達成率」と定義して使用した。

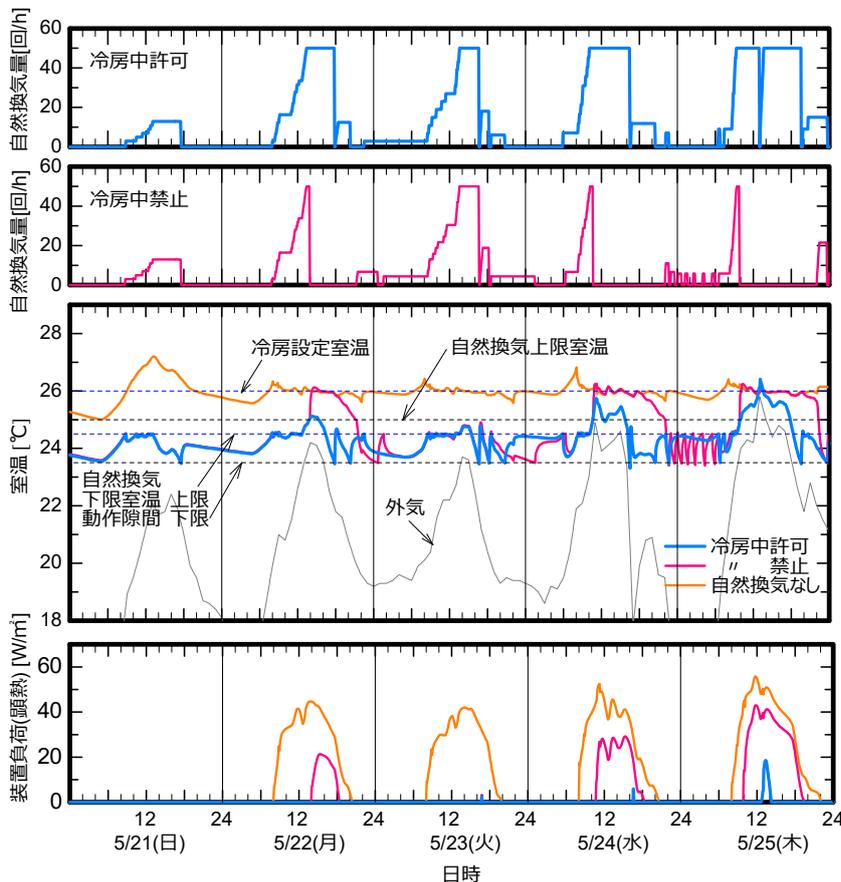


図1 代表日の自然換気制御状態(南ゾーン・換気回数法)

【図1、2注記】特記のない条件は基準条件。装置負荷は、室負荷と外気負荷の和
【図2注記】平均自然換気量は、自然換気時の平均で、南ゾーン容積基準換気回数

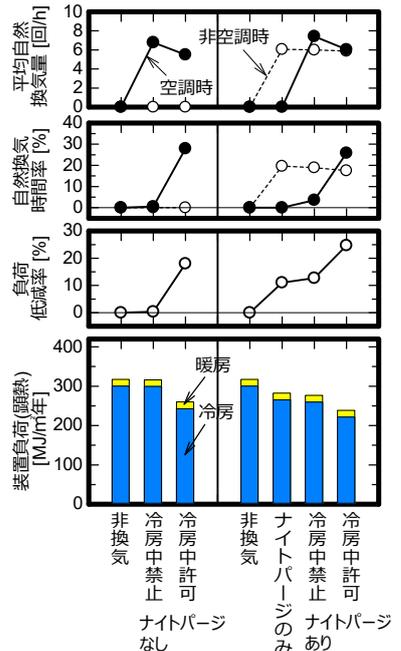


図2 自然換気制御法と年間特性値(南・有効開口面積法)

図3に東京におけるファサードごとの外気利用効果の違いを示す。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パーズ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である。

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検討した。表6に示すように、高発熱密度・低性能ファサードの時代から低発熱密度・高性能ファサードの時代への変遷を、4つのケースに代表させて、数値計算を行った。図4に結果を示す。時代の変遷とともに負荷低減率は低くなる傾向があるが、南ゾーンの達成率は高くなり、70%程度に近づいている。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である。

以上より、高性能ファサードと自然換気・外気冷房を組み合わせることによる省エネルギー性を評価可能とすると同時に、極限換気を基準とする自然換気や外気冷房の達成率を導入して、外気有効利用度の視点からも評価できるようにした。

<引用文献>

- 1) 郡・石野・村上：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103報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 2075-2076、2022
- 2) 北村・郡他：シミュレーションツールBESTによるオフィスの熱負荷・熱環境解析 第49報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 2079-2080、2022

表4 ファサードケースと条件

ケース	条件
透明単板一般窓	
熱反単板一般窓	熱反シルバー
透明複層一般窓	透明+透明
Low-E複層一般窓	日射遮蔽型Low-E+透明
水平ルーバ	日射遮蔽型Low-E+透明 奥行・ピッチ比1.0
DSF (ダブルスキン)	各層吹抜タイプ(奥行0.4m) 外側：透明、内側：日射遮蔽型Low-E+透明(高さ2.7m) 冬期以外は、キャビティ温度が35℃を超えたら自然換気
AFW (エアーフローウィンドウ)	外側：日射遮蔽型Low-E+透明、内側：透明 窓通気量2.9L/sm ² (全て屋外排気)

* 外気冷房条件：最大外気量は設計量の3倍、許可条件は表3の自然換気と同様。

表5 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。

表6 内部発熱及びファサードの時代変遷の想定ケース

時代ケース	機器発熱 [W/m ²]	照明発熱 [W/m ²]	在室人数 [人/m ²]	ファサード
A	30	20	0.15	熱反単板*1
B	15	10	0.15	Low-E複層*2
C-1	5	5	0.10	DSF*2
C-2	5	5	0.10	水平ルーバ*2

*1 一般窓 *2 表4の「Low-E複層一般窓」、「DSF」、「水平ルーバ」と同じ条件

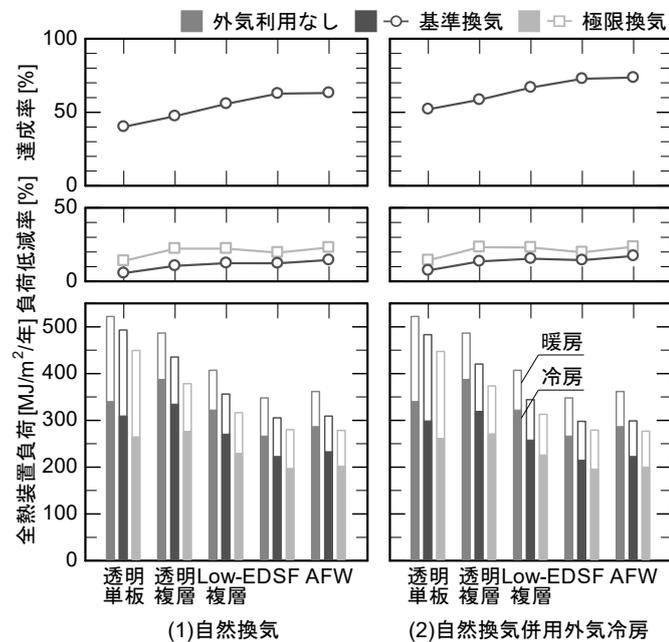


図3 ファサードの違いと年間効果

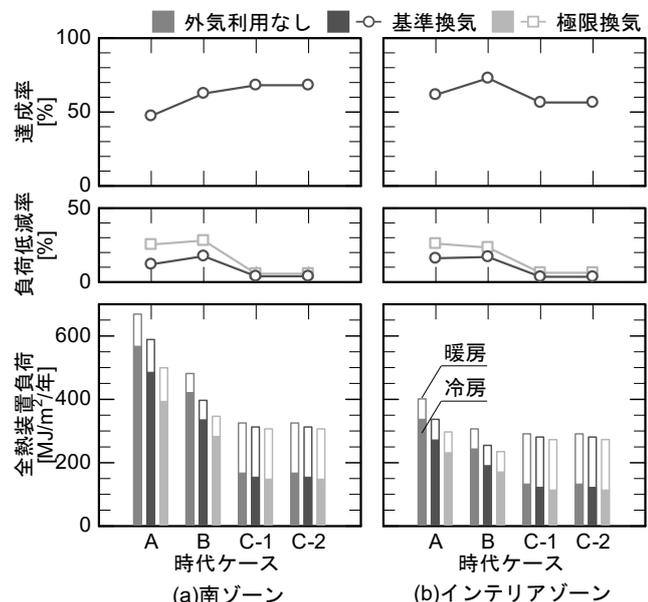


図4 時代の変遷と自然換気・外気冷房併用効果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 -
2. 論文標題 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107報 熱負荷計算用の CO2濃度制御の計算法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1983-1984
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下ノ園慧、郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 -
2. 論文標題 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108報 標準年気象データの違いによる自然換気時間率と冷暖房装置負荷への影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1985-1986
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 5
2. 論文標題 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268）CO2濃度計算機能に関する検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松田啓太、吉澤望、郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 5
2. 論文標題 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269）Radiance・BEST連携計算による外部日除けの熱負荷低減効果評価手法の検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 17-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下ノ園慧、郡公子、石野久彌	4. 巻 801
2. 論文標題 オフィスビルを対象とした自然換気制御の性能評価に関する研究 (第4報) 自然換気口の開放率が室内熱環境に与える影響と開放率計算法の妥当性検証	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 731-741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.87.731	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 -
2. 論文標題 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103報 エクスプリシット法を用いる自然換気制御の計算法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2075-2076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北村海都、郡公子、石野久彌、横尾昇剛	4. 巻 -
2. 論文標題 シミュレーションツールBESTによるオフィスの熱負荷・熱環境解析 第49報 自然換気と外気冷房の外気有効活用度の評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 2079-2080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 黒川敦史、郡公子、石野久彌、佐藤豊、藤原紀沙	4. 巻 -
2. 論文標題 自然室温評価による地域気象に適する戸建て住宅の検討 第3報 推奨性能住宅の特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1987-1988
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 9
2. 論文標題 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259）ビルの非空調コア置換法に関する検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下ノ園慧、郡公子、石野久彌	4. 巻 4
2. 論文標題 オフィスビルを対象とした自然換気制御の性能評価に関する研究 - 自然換気口の開放率調整が冷房装置負荷に与える影響 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 13-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 下ノ園慧、郡公子、石野久彌	4. 巻 86
2. 論文標題 オフィスビルを対象とした自然換気制御の性能評価に関する研究（第3報）自然換気口の開放率特性を利用した温度差換気設計法の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文	6. 最初と最後の頁 608-618
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.86.608	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 9
2. 論文標題 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249）国内代表都市の2020年版冷房設計用気象データに関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 121-124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北村海都、郡公子、石野久彌、横尾昇剛	4. 巻 9
2. 論文標題 自然換気の熱負荷低減効果と外気有効活用度	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 97-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安田友奈、郡公子、石野久彌、横尾昇剛	4. 巻 5
2. 論文標題 オフィスビルのためのナイトパーズ併用外気冷房の効果解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 101-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本田杏美、郡公子、石野久彌、横尾昇剛	4. 巻 5
2. 論文標題 ファサードの高性能化手法の評価 (第4報)ペリメータ室負荷による各種ファサードの性能評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 黒川敦史、郡公子、石野久彌、佐藤豊、藤原紀沙	4. 巻 5
2. 論文標題 自然室温による戸建住宅の評価に関する研究 第2報 6都市における木造住宅の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 41-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤豊、郡公子、石野久彌	4. 巻 5
2. 論文標題 最新の戸建住宅の外皮設計の傾向と断熱性能評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 空調調和・衛生工学会学術講演論文集	6. 最初と最後の頁 29-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 郡公子、石野久彌、村上周三	4. 巻 -
2. 論文標題 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98報 2020年版東京設計用気象データのための検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1720-1721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北村海都、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 シミュレーションツールBESTによるオフィスの熱負荷・熱環境解析 第47報 ナイトパージ併用外気冷房の基本特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1711-1712
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安田友奈、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 シミュレーションツールBEST によるオフィスの熱負荷・熱環境解析 第48 報 ファサードとナイトパージ併用外気冷房の複合効果	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1713-1714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 本田杏美、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 高性能窓システムをもつ建築の熱負荷解析 第28報 ペリメータ室負荷によるオフィスビルのファサード熱性能評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1645-1646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 黒川敦史、郡公子、石野久彌、佐藤豊	4. 巻 -
2. 論文標題 自然室温評価による地域気象に適する戸建て住宅の検討 第2報 代表6都市における木造住宅の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1651-1652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堀直也、佐藤豊、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 最新の戸建住宅の外皮設計と環境配慮の傾向 第1報 基本特性及び開口特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1647-1648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 佐藤豊、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 最新の戸建住宅の外皮設計と環境配慮の傾向 第2報 設計趣旨及び環境配慮手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会大会学術講演梗概集	6. 最初と最後の頁 1649-1650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	北村 海都 (Kitamura Kaito)		
研究協力者	黒川 敦史 (Kurokawa Atsushi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------