

令和 3 年 6 月 4 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04454

研究課題名（和文）高性能ファサードと空調の融合設計のための性能予測法

研究課題名（英文）Simulation techniques of performance for integrative design of high-performance facades and HVAC systems

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、高性能ガラス窓、外部日除け付き高性能ガラス窓、高性能AFW、高性能DSF、さらにそれらに自然換気機能や昼光制御機能を付加したものを高性能ファサードと位置づけ、外気導入制御を行う空調システムとの融合設計のための性能予測法の提案と性能評価を行うことを目的とする。ファサードの高性能化と外気導入制御の融合効果は、その建物が建つ都市の気候によっても変わる。ファサードの地域適合性も評価可能とするため、国内836地点の設計用気象データの整備も行った。

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。一方、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, high-performance airflow windows and high-performance double skin facades. They may have capabilities such as natural ventilation control and daylight 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 836 cities were developed in this research.

研究分野：建築環境設備

キーワード：ダブルスキン エアフローウィンドウ 外部日除け 自然換気 外気導入制御 空調負荷

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

ファサード、特に窓は、室内環境と空調エネルギーに大きく影響する部位であり、種々の高性能ガラスの開発、エアフローウィンドウ(AFW)、ダブルスキン(DSF)、エバリア窓などの窓システムの提案がされ、性能の予測・評価も可能になってきた。一方、地球環境負荷削減のために ZEB を目指す時代となり、建築と設備を融合化する高度な技術が望まれるようになった。ファサードに関しても、自然換気機能を持ち、かつ種々の自然換気許可条件を設けて換気口の開閉制御を行うケースやさらに冷房しながら自然換気するハイブリッド空調が出現した。また、ファサードは、高断熱化を進めると冷房負荷が増大するデメリットがあり、それを打ち消すために自然換気の他外気冷房も利用するとよい。ただし、寒冷地ほど必要外気量が持つ冷却力が十分で、外気冷房より最小外気量制御や全熱交換器による熱回収が重要となる可能性がある。省エネルギー設計のためには、ファサードの断熱性・日射遮蔽性ととも、自然換気や外気導入制御(外気冷房・最小外気量制御・全熱交換器による熱回収)の採用が必要であり、地域気候に配慮したうえで、高性能ファサードと自然換気制御・外気導入制御を含む空調との融合設計が重要となっている。

2. 研究の目的

本研究は、高性能ガラス窓、外部日除け付き高性能ガラス窓、高性能 AFW、高性能 DSF、さらにそれらに自然換気機能や昼光制御機能を付加したものなどを高性能ファサードと位置づけ、外気導入制御を行う空調システムとの融合設計のための性能予測法の提案と性能評価を行うことを目的とする。ファサードの高性能化と外気導入制御の融合効果は、その建物が建つ都市の気候によっても変わる。ファサードの地域適合性も評価可能とするため、国内 836 地点の設計用気象データの整備も行う。

3. 研究の方法

以下の方法により研究を進めた。

(1) 最近のファサード傾向・環境建築の調査

外部日除けを持つ建築が増加しつつあることから、ルーバーファサード、緑化ファサードの動向を把握するために、建築専門誌、学会大会発表論文などの文献調査を行った。同様に、ファサードとその他の環境配慮手法の融合設計に関する動向を把握するための文献調査も行った。

(2) 最近の過酷気象の傾向把握と 2010 年版 EA 設計用気象データ開発

最近の気象の過酷さの変化の傾向を把握し、設計用気象データの改良・更新を行うために、1981-2010 年の 30 年間の EA(拡張アメダス)実在年データの分析・統計処理を行った。

(3) ファサードと空調の融合設計のための性能予測・評価法の提案

高性能ファサードの性能予測・評価が可能なプログラムに対して、自然換気や外気導入制御の計算機能を付加するための計算理論の考案とプログラム改造を行った。既存のプログラムとして BEST、Radianc を利用した。

(4) ファサードと空調の融合設計のための性能予測・評価

改良したプログラムを用いて、ファサードと空調の融合効果を評価するための数値解析を幅広い視点から行った。ファサードなどの地域適性を評価するために、カラーマップ表現を工夫した。

4. 研究成果

本報告書では、「3. 研究の方法」から得られた種々の結果のうち主要な成果を提示する。

(1) ファサード・空調設計のための気象データと全国の空調熱負荷特性

国内 836 地点の 2001~2010 年の EA 実在年気象データが整備され公開されたことから、設計用気象データの作成法を改良したうえで、1981~2010 年の 30 年間の実在気象データをもとに 2010 年版 EA 設計用気象データを作成し、その特徴を確認した。

表 1 に、改良した 2010 年版 EA 設計用気象データの作成法を示す。従来版である 2000 年版と同様に、2 種類の気象日別値を指標として過酷気象を選定し、気象タイプの異なる数種の設計用気象データを作成する。冷房設計用として蒸暑気候の h-t 基準、日射の強い Jc-t 基準、秋に近い夏期で南面日射の強い Js-t 基準の 3 タイプ、暖房設計用として乾燥気候の t-x、曇天気候の t-Jh 基準の 2 タイプがある。過酷気象日を 24 日選定してその気象を平均化処理して設計用データとする基本方針も 2000 年版と同じである。2000 年版の作成法に対する変更点は、次のとおりである。

①統計期間を 20 年から 30 年に拡張する。②気象危険率の種類を、h-t 基準は 0.5%、1%、2%、t-x、Jc-t、Js-t 基準はともに最小危険率、t-Jh 基準はともに 0.5%、1%、2%から、h-t 基準は最小危険率、1%、2%、Jc-t は最小危険率、Js-t 基準は 0.5%、t-x、t-Jh 基準はともに 0.5%、1%、2%に変更する。③日射計算法を国内外で推奨されている方法にする(2000 年版では直散分離を渡辺の式と Bourguier の式による方法、斜面日射量計算を一樣天空と扱う方法としていたのに対して、2010 年版では直散分離、斜面日射量計算とも Perez の方法に変更)。④日射計算法の変更に伴い、日射の平滑化法を変更する(大気透過率を平滑化する方法から水平面天空日射量を平滑化する方法に変更)。⑤1 日の区切り時刻を深夜とする(開始時刻を前日 20 時から当日 1 時に変更)。

図 1、2 に東京の新旧冷暖房設計用気象データを示す。2010 年版の冷房設計用データは、2000 年版に比べ h-t 基準の日最高気温が少し高く、水平面全日射量、西・東面全日射量のピーク値が

大きくなっている。図示は省略したが、西、東面日射量のピーク値が強くなっている。これは直散分離法の変更が影響していて、より現実的な値になったと考えられる。本設計用気象データに基づく最大熱負荷を装置容量として与えて年間計算を行う場合、年間気象データも Perez の直散分離日射データを利用することが望ましい。暖房設計用気象データの日中の温湿度の傾向は新旧であまり変わらないが、1日の区切り時刻を変更したことから、温湿度の傾向変化が20時近辺か

表 1 2010年版設計用気象データの作成法

(I) 冷房設計用気象データの作成法

●統計期間と気象データの種類

・統計期間：1981-2010年の6-9月(北緯29°以南の南方地方は6-10月)

・気象タイプと危険率

(h-t 基準) 第1指標：日平均エンタルピ、第2指標：日平均気温
第1指標の危険率：最小、選定月：7、8月、設計太陽位置：8/1
(Jc-t 基準) 第1指標：日積算円柱面日射量、第2指標：日平均気温

第1指標の危険率：最小、選定月：7、8月、設計太陽位置：8/1
(Js-t 基準) 第1指標：日積算円柱南面日射量、第2指標：日平均気温

第1指標の危険率：0.5%(55位)、選定月：9月(南方地方は10月)、設計太陽位置：9/15(南方地方は10/15)

*1日の区切りは24時。危険率の最小とは、指定された月から作成可能な最小危険率。危険率は年基準。

●過酷気象の選定法

①第1指標による選定

30年分の6-9月(南方地方は6-10月)の第1指標ランキングから、第1指標の危険率が、目標とする危険率に近い73日を、指定された月から選定する。最小危険率のデータを作成する場合は、上位73日を指定された月から選定し、その37番目に厳しい第1指標の危険率を目標危険率とする。

②第2指標による選定

第1指標により選定された日のなかから、第2指標の厳しい24日を選定する。ただし、選定される24日の第1指標平均値が目標危険率に近くなるよう調整して選定する。

●過酷気象の平滑化処理

(気温、絶対湿度、水平面夜間放射量)

選定された24日分の気象を特別に平均する。(日射量)

・太陽位置の変換：選ばれた日の各時刻の晴天指数(水平面全日射量/水平面大気圏外日射量)を与えて設計日の水平面日射量に変換する。直散分離とその平均化：①過酷気象24日分について、設計日に変換した水平面全日射量を Perez の方法で直散分離する(露点

温度は日平均値を使用)。②24日分の水平面の全日射量および天空日射量を特別に平均化処理する。具体的には、特別に対象とする日射量の中央値に近い12日分の値を抽出して平均する。その後、日射量時刻変動の凹部分の変動緩和のために部分的に3時間移動平均を行う。③平均化処理した水平面の全日射量と天空日射量から法線面直達日射量を求める。さらに、Jc-t 基準、Js-t 基準については、第1指標である円柱面あるいは円柱南面日射量の日積算値が目標危険率のときの値に等しくなるように、その他の基準については日積算水平面日射量が、過酷気象24日分の平均値(日積算水平面日射量の中央値に近い12日分の平均値)に等しくなるよう補正する。

(1日の区切り時刻付近の平滑化)

前後1時間を含む3つのデータを使う移動平均を基本とするが、気象要素の日平均値は不変であるように補正する。まず、24、1時のデータを修正する。22~3時にかけて増減の変化があるときは、さらに23~2時のデータを修正する。

(II) 暖房設計用気象データの作成法

●統計期間と気象データの種類

・統計期間：1981-2010年の12-3月

・気象タイプと危険率

(t-x 基準) 第1指標：日平均気温、第2指標：日平均絶対湿度
第1指標の危険率：1%、選定月：1、2月、設計太陽位置：1/30
(t-Jh 基準) 第1指標：日平均気温、第2指標：日積算水平面日射量

第1指標の危険率：1%、選定月：1、2月、設計太陽位置：1/30

●過酷気象の選定法

①第1指標による選定

30年分の12-3月の第1指標ランキングから、第1指標の危険率が、目標とする危険率に近い145日を、指定された月から選定する。

②第2指標による選定

冷房設計用と同じ

●過酷気象の平滑化処理

日射量の平均化処理は、冷房設計用 h-t 基準データの作成法と同じ。その他は、冷房設計用気象データの作成法と同じ。

(注) 本報では、風向風速の平滑化処理は検討対象にできなかった。

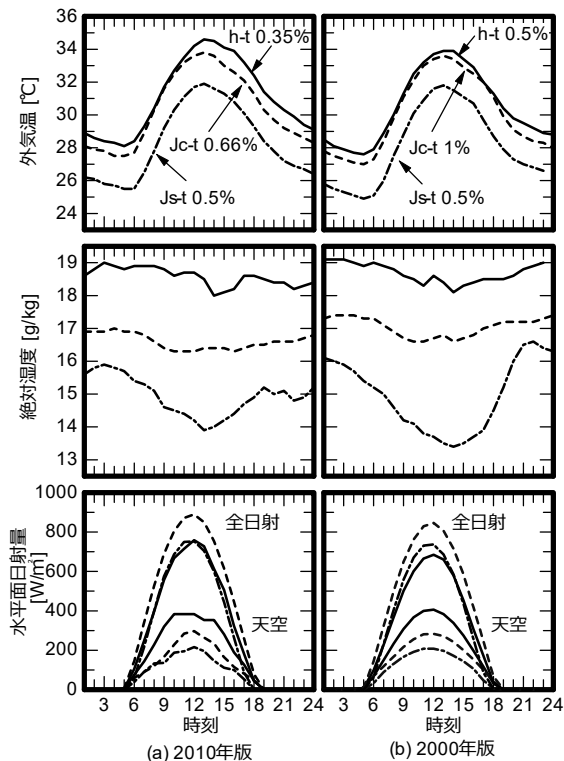


図 1 新旧設計気象の比較 (冷房・東京)

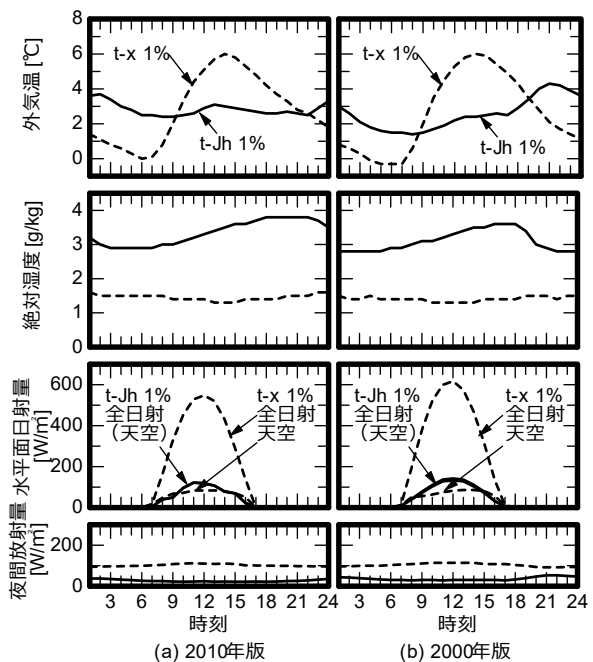


図 2 新旧設計気象の比較 (暖房・東京)

ら深夜に変わっている。t-Jh 基準の日射量は、新旧ともに直達日射のない気象である。

2010年版設計用気象データの妥当性は、本設計用気象データによる日周期定常最大熱負荷が、1981-2010年の実在気象による30年間時別負荷に対してどの程度超過するかを示す超過確率で判断し、多くのケースで年基準0.5%以下の値となり十分な安全度をもつことを確認した。

2010年版EA設計用気象データの利用が可能になったので、改めてファサードの違い、地域の違いを取り上げ、最大熱負荷と年間熱負荷への感度の違いをケーススタディにより確認した。表2に、基準計算条件と比較ケースを示す。オフィスビル中間階を対象とし、基準ファサードは、Low-E複層一般窓とした。東京におけるペリメータ4ゾーンの結果を図3に示した。南ゾーンに着目すると、透明単板窓、透明複層窓の冷房最大熱負荷は同程度であるが、冷房年間熱負荷は、断熱性の高い透明複層ガラスがかなり大きく不利となる。水平ルーバ、高性能AFW、高性能DSFの冷房最大熱負荷は、水平ルーバと高性能AFWが同程度で、高性能DSFがやや小さいが、冷房年間熱負荷は、断熱性の高い高性能AFWが大きく、日射遮蔽性が高く断熱性の低い水平ルーバが小さくなった。暖房最大熱負荷は、曇天氣象のt-Jh基準で発生するため、ルーバ有無の違いしかないLow-E複層窓と水平ルーバのケースの差はほとんどない。また、予熱終了時であるため、夜間に窓通気を行わない高性能AFWとキャビティ自然換気を行わない高性能DSFの差もほとんどない。これに対して、暖房年間熱負荷は、6種のファサードの中で、高性能AFWが最も小さく、水平ルーバは透明単板窓に次いで2番目に大きい。他の方位の特徴を挙げると、東ゾーンの高性能AFWの冷房最大熱負荷が水平ルーバや高性能DSFに比べてかなり大きい。これは、夜間の断熱性の高さや窓通気運転前に入る日射の影響が予冷負荷を増大させたと考えられる。また、日射の影響の小さい北方位は、Low-E複層窓の場合に対する各ケースの負荷変化率が、最大と年間でそれほど差がない。

(2) ファサードと自然換気併用外気導入制御の融合設計のための性能予測

ファサードを高性能化すると、断熱性の高さのため冷房負荷が増大するという欠点が生じる。これを自然換気や外気冷房などの外気利用技術によって相殺するとよい。必要外気量の多い建物では、必要外気量による冷房効果が大きく、むしろ、最小外気量制御や全熱交換器による熱回収を導入して冬期の外気負荷を低減する方が重要な場合もある。省エネルギーという点からは、ファサードの高性能化と自然換気を併用した外気導入制御(外気冷房・最小外気量制御・全熱交換器による熱回収)を含む空調システムとの融合設計が重要であり、その効果予測法が必要である。

表2 基準計算条件と比較ケース

(a) 基準計算条件	
項目	内容
気象	2010年版EA設計用および標準年気象データ
ゾーン構成	オフィスビル中間階 南北室(各室インテリア1ゾーン・ペリメータ3ゾーン)とコア1ゾーン
ファサード	日射遮蔽型Low-E複層一般窓(空気層12mm、明色ブラインド)、外壁断熱25mm、隙間風0.2回/h(ペリメータ容積基準)
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5W/m ² 、在室者0.15人/m ² 、機器10W/m ² 、設計用内部発熱割増・割引係数: 暖房0.3、冷(コア) 窓面積率: 10%、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: 年間計算用 8:00-22:00、最大負荷計算用 8:30-20:00(予冷熱30分)、外気導入時間: 8:45~空調終了時刻 設定室温度・熱処理(年間共通): 26℃・冷却、22℃・加熱、外気導入する場合の設計外気量: 4.5CMH/m ²
(b) 比較ケース	
ケース	
A 透明単板窓 ^{*1}	B 透明複層窓
C Low-E複層窓(基準)	D 水平ルーバ ^{*2}
E 高性能ダブルスキン ^{*3}	F 高性能エアフローウィンドウ ^{*4}
(基準条件に対する変更条件)	
^{*1} 外壁断熱10mm ^{*2} 奥行・ピッチ比1.0	
^{*3} 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0.04m ² /m)開)	
^{*4} 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28CMH/m(2.9lit/sec.m ² ・全て屋外排気)	

【図3注記】 1)最大熱負荷計算は、用設計用気象データとして、冷房設計用h-t基準最小危険率・Jc-t基準・Js-t基準の3種、暖房設計用は、t-x基準・t-Jh基準ともに危険率1%の2種を用いて日周期定常計算を行い、最も大きな負荷を最大熱負荷として採用した。 2)冷房最大負荷は、南・北方位はh-t基準、西・東方位はJc-t基準で、暖房最大負荷は、北方位はt-x基準、その他の方位はt-Jh基準で発生。

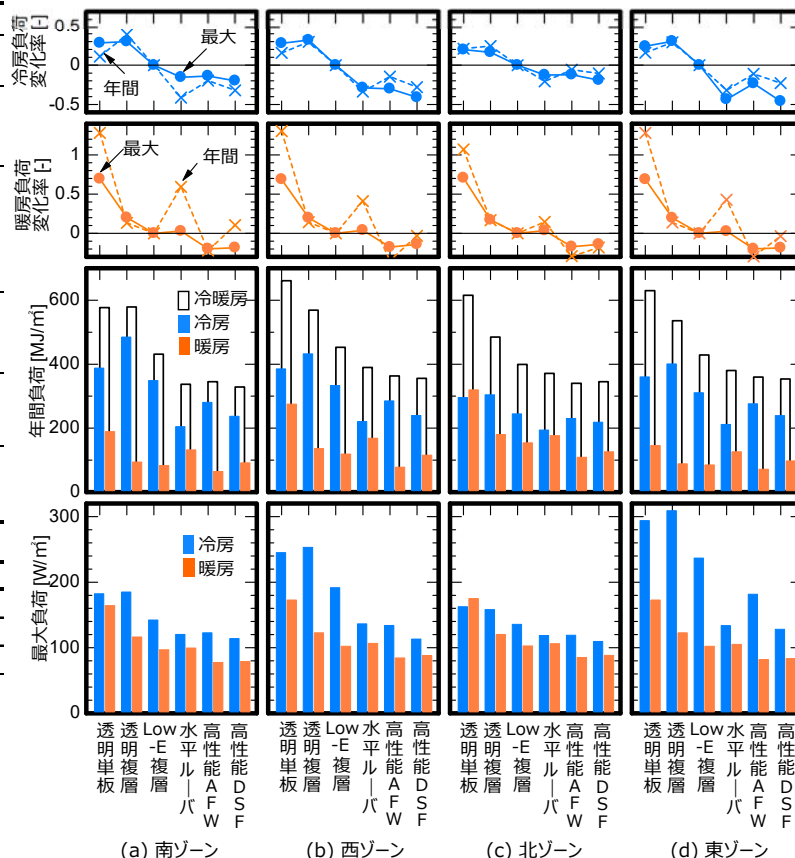


図3 ファサード種類と最大・年間装置負荷(全熱・東京)

本研究では、従来の熱負荷計算法に追加し、手軽に利用可能な自然換気併用外気制御の計算機能を考案した。本報告では、その計算法を利用して、種々の高性能ファサードと自然換気・外気導入制御との組合せについて、省エネルギー性の優劣がどのように変わるかを東京について調べた結果を示す。基準ファサードはLow-E 複層窓として、これと透明単板ガラス窓、透明複層ガラス窓、水平ルーバ付きLow-E 複層ガラス窓(ルーバは奥行き・ピッチ比が1.0の外ブラインド状のものを想定)、内側がLow-E 複層ガラスの高性能DSF、外側がLow-E 複層ガラスの高性能AFWの全6ケースを評価対象とした。自然換気・外気導入制御の条件を表3に示す。

自然換気や空調装置への外気導入条件を変えた場合の各種ファサードの年間顕熱負荷の比較結果を図4に示す。図4(a)は、外気を外調機で別途処理すると想定した場合で、計算上は機械換気を行わないものとしている。自然換気を行わない場合(a1)、水平ルーバの冷暖房合計負荷が最も小さい。透明単板窓に対して、断熱性の高い透明複層窓は、冷房負荷が増大し冷暖房合計負荷は透明単板窓より少し小さい程度、断熱性・日射遮蔽性ともに高いLow-E 複層窓、高性能AFWの冷房負荷は透明単板窓と同程度になった。高性能DSF、高性能AFWはともに暖房負荷はなく、高性能AFWに対して断熱性がやや低く日射遮蔽性がやや高い高性能DSFの冷房負荷が小さい。自然換気を付加すると(a2)、水平ルーバと高性能DSFの冷暖房合計負荷が同程度になり、高性能DSFと高性能AFWの差も若干小さくなった。図4(b)は空調装置に外気導入する場合で、年間顕熱負荷には外気負荷も含まれる。自然換気はせず空調装置へ単純な外気導入をする場合(b1)、高性能DSFの冷暖房合計負荷が最も小さくなったが、高性能AFWとの差はあまりない。自然換気と外気導入制御(外気冷房と全熱交換器)を併用しても(b2)、優劣の関係は変わらなかった。このように、自然換気や空調装置への外気導入との融合効果を考慮すると、断熱性の高いファサードが省エネルギー性の点で有利となる。

図5は、自然換気や外気導入制御の年間負荷低減効果を示したもので、自然換気による負荷低減量は、必要外気別処理の場合は50MJ/m²年前後とかなり大きく、断熱性の高いファサードほど有利であるが、外気冷房と併用すると負荷低減量が半分以下となるケースが多い。また、外気導入制御を行う場合の外気熱処理は、顕熱的には空調装置の年間負荷の増加に繋がるわけではなく、断熱性の高いファサードほど、負荷を低減させる。

<引用文献>

表3 自然換気・外気導入制御の条件

自然換気制御	単位外皮長さあたりの換気口有効開口面積：0.005m ² /m、 自然換気期間・時間：通年24時間、下限外気温：空調時18℃、非空調時15℃、上限外気相対湿度：90%、上限外気露点温度：19℃、上限屋外風速：10m/sec、内外エンタルピチェックあり、冷房中も許可、下限室温：空調時24℃
外気導入制御	運転期間：通年 (外気冷房) 下限外気温：10℃、内外エンタルピチェックあり、外気露点温度：上限19℃・下限0℃、下限室温：24℃、最大外気量：設計外気量の3倍 (最小外気量制御) 下限外気量比(設計外気量基準)：0.25 (全熱交換器) 内外エンタルピ・内外温度チェックあり、下限外気量比：0.5、効率(フル運転時)：60%

【注記】外気導入制御、自然換気制御についてのプログラム内固定条件は以下の通り ①外気冷房・自然換気は、外気温≧室温のとき不許可 ②最小外気量制御は、外気冷房運転時以外は常に許可。外気量は在室率をもとに決定 ③全熱交換器は、空調機で加熱冷却が必要な時間帯は不許可

- ① 郡公子、石野久彌、村上周三：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224) 2010年版 EA 設計用気象データと最大・年間負荷特性、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2019、13-16
- ② 郡公子：外皮の高性能化技術の変遷と性能予測、日本建築学会シンポジウム 多角的な視点から見た今後の外皮性能のあり方、2019、1-6
- ③ 郡公子、石野久彌、村上周三：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、日本建築学会大会学術講演梗概集、2020、2093-2094

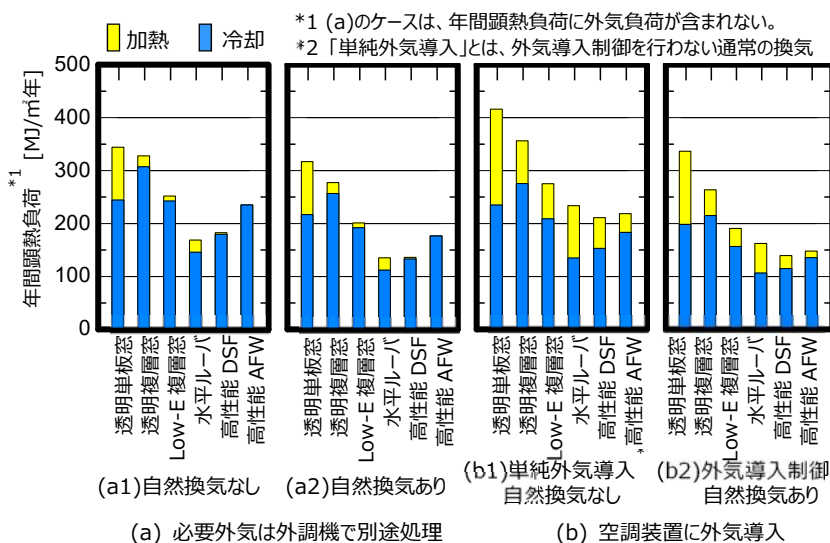


図4 空調装置への外気導入・自然換気の違いと各種ファサードの年間負荷(東京)

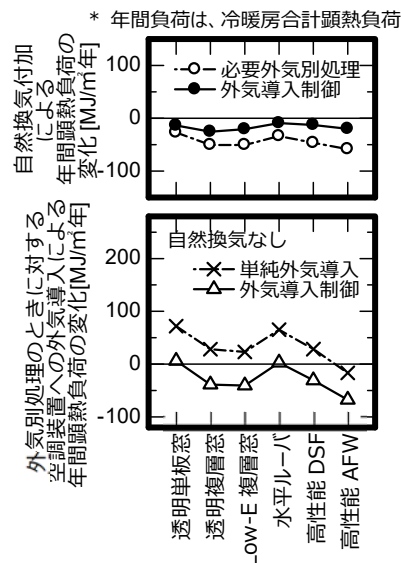


図5 自然換気・外気導入制御の年間負荷低減効果(東京)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計46件（うち査読付論文 3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 下ノ園慧、郡公子、石野久彌	4. 巻 85
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2報）温度差換気を採用する高層建物の自然換気制御効果の推定法	5. 発行年 2020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 331-339
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.85.331	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 -
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91報 ファサードの違いと自然換気・外気冷房効果の評価	5. 発行年 2020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 2093-2094
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 加藤恵、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26報 カラーマップによるダブルスキンとエアフローウィンドウの年間熱負荷評価	5. 発行年 2020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 1951-1952
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 今泉菜麻、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27報 緑化ファサードの日射遮蔽性能と熱負荷低減効果	5. 発行年 2020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 1953-1954
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 -
2. 論文標題 オフィスビルにおける自然換気制御の性能評価に関する研究 - チムニーに関する各種感度解析 -	5. 発行年 2020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 2009-2012
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 山下若葉、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45報 国内50都市の2010年版EA設計用気象データの妥当性検証	5. 発行年 2020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 2109-2110
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46報 高性能ファサードと自然換気の極限複合効果の解析	5. 発行年 2020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 2111-2112
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	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住宅の検討 第1報 東京と仙台におけるRC造住宅の検討	5. 発行年 2020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 2107-2108
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、村上周三、石野久彌	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243）自然換気・外気冷房の効果指標と評価	5. 発行年 2020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 65-68
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、佐藤豊、黒川敦史	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1報 6都市におけるRC造住宅の検討	5. 発行年 2020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 133-136
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、北村海都	4. 巻 5
2. 論文標題 BESTによる自然換気ビルの性能予測に関する研究 第2報 極限換気に対する達成効果	5. 発行年 2020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 69-72
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 松山 大介、郡公子、石野久彌	4. 巻 44-268
2. 論文標題 熱・光計算による昼光利用制御の性能評価に関する研究 第1報 熱と光の詳細計算プログラムの連携による評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 空気調和・衛生工学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-8
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 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	4. 巻 -
2. 論文標題 環境建築の考え方 - 環境研究の立場から -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会シンポジウム「環境建築設計論」	6. 最初と最後の頁 11-14
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 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224) 2010年版EA設計用気象データと最大・年間負荷特性	5. 発行年 2019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 郡公子、石野久彌、清水隆也	4. 巻 -
2. 論文標題 2010年版EA設計用気象データの特徴解析 第1報 設計用気象データの作成法と暖房設計用気象データの特徴	5. 発行年 2019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 105-108
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、山下若葉	4. 巻 -
2. 論文標題 2010年版EA設計用気象データの特徴解析 第2報 冷房設計用気象データの特徴	5. 発行年 2019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 109-112
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、加藤恵	4. 巻 -
2. 論文標題 ファサードの高性能化手法の評価 (第3報) カラーマップによる高性能窓システムの年間熱負荷比較	5. 発行年 2019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 125-128
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 D-2
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87報 2010年版EA設計用気象データの過酷さの検討	5. 発行年 2019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 1005-1006
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 D-2
2. 論文標題 オフィスビルにおける自然換気制御の性能評価に関する研究 - BESTを利用した開口率制御方法の提案 -	5. 発行年 2019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 259-260
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 清水隆也、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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40報 過酷気象の変化と2010年版EA設計用気象日別値の特徴	5. 発行年 2019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 .1011-1012
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 山下若葉、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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41報 都内代表都市の2010年版EA設計用気象データと最大熱負荷の特性	5. 発行年 2019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 1013-1014
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 青木彩華、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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42報 能力超過率による2010年版EA設計用気象データの妥当性検討	5. 発行年 2019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 1015-1016
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 高杉好古、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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43報 自然換気・外気冷房の不許可理由の解析	5. 発行年 2019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 1017-1018
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 佐藤大地、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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44報 自然換気併用外気冷房の運転法の効果	5. 発行年 2019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 1019-1020
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 今泉菜麻、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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23報 緑化ファサードの動向に関する文献研究	5. 発行年 2019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 971-972
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 松山大介、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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24報 BESTとRadianceの連携による昼光利用の総合評価	5. 発行年 2019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 973-974
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 加藤恵、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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25報 カラーマップによる基本的なファサード技術の比較	5. 発行年 2019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 975-976
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 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211) 2010年版EA 設計用気象データの特徴と妥当性の確認	5. 発行年 2018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 57-60
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、山下若葉	4. 巻 -
2. 論文標題 30年間の過酷気象と空調設計用気象データの検討 第1報 東京と周辺都市の気象の特徴	5. 発行年 2018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 161-164
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、青木彩華	4. 巻 -
2. 論文標題 30年間の過酷気象と空調設計用気象データの検討 第2報 国内主要都市の気象の特徴	5. 発行年 2018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 165-168
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 松山大介、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 BESTとRadiance の連携利用によるオフィス昼光利用の効果解析 (第1報) シミュレーション方法と年間省エネ効果の基本解析	5. 発行年 2018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 153-158
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 松山大介、加藤恵、郡公子、石野久彌	4. 巻 -
2. 論文標題 BESTとRadiance の連携利用によるオフィス昼光利用の効果解析 (第2報) 昼光調光制御の基本特性および季節特性	5. 発行年 2018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 159-162
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 D-2
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81報 2010年版EA設計用気象データの作成法の検討	5. 発行年 2018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 1035-1036
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 橋本真実、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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34報 窓性能と熱負荷に基づく東京実在30年気象の過酷さ解析	5. 発行年 2018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 1043-1044
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 山下若葉、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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35報 冷房設計用気象データ更新のための東京における基礎検討	5. 発行年 2018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 1045-1046
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 高杉好古、郡公子、石野久彌、天城大地	4. 巻 D-2
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36報 自然換気を併用する外気冷房効果の基本特性	5. 発行年 2018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 1047-1048
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 佐藤大地、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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37報 自然換気・外気冷房の運転許可条件の検討	5. 発行年 2018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 1049-1050
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 天城大治、郡公子、石野久彌	4. 巻 D-2
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38報 自然換気と外気導入制御の適合性の検討	5. 発行年 2018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 1051-1052
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 佐東拓海、郡公子、石野久彌、下ノ園慧	4. 巻 D-2
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39報 風量収支計算による外部風の自然換気性状への影響解析	5. 発行年 2018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 1053-1054
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	4. 巻 D-2
2. 論文標題 オフィスビルを対象とした自然換気量・中性帯位置の予測に関する研究	5. 発行年 2018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 95-96
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 松山 大介、郡 公子、石野 久彌	4. 巻 D-2
2. 論文標題 Radiance と BEST を連携利用する昼光調光制御の省エネ解析	5. 発行年 2018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 1083-1086
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 青木 彩華、郡 公子、石野 久彌	4. 巻 D-2
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20報 最大熱負荷と作用温度環境の関係解析	5. 発行年 2018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 1235-1236
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 加藤 恵、郡 公子、石野 久彌	4. 巻 D-2
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21報 高性能窓システム設計事例の傾向とその熱性能解析	5. 発行年 2018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 1237-1238
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 山田 昭徳、郡 公子、石野 久彌	4. 巻 D-2
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22報 文献調査と数値解析からみた外部日除け建築の動向	5. 発行年 2018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 1239-1240
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	4. 巻 84
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1報）自然換気利用建物の実態調査と温度差換気の基本解析	5. 発行年 2019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 55-63
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 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	4. 巻 -
2. 論文標題 外皮の高性能化技術の変遷と性能予測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会環境工学委員会建築外皮のエネルギー性能小委員会シンポジウム「多角的な視点から見た今後の外皮性能のあり方」	6. 最初と最後の頁 1-6
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	下ノ園 慧 (SHIMONOSONO Kei)		
研究協力者	天城 大治 (AMAGI Daichi)		
研究協力者	佐東 拓海 (SATO Takumi)		

6. 研究組織（つづき）

	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	橋本 真実 (HASHIMOTO Mami)		
研究協力者	山田 昭徳 (YAMADA Akinori)		
研究協力者	青木 彩華 (AOKI Sayaka)		
研究協力者	佐藤 大地 (SATO Riku)		
研究協力者	松山 大介 (MATSUYAMA Daisuke)		
研究協力者	加藤恵 恵 (KATO Megumi)		
研究協力者	高杉 好古 (TAKASUGI Yoshi furu)		
研究協力者	山下 若葉 (YAMASHITA Wakaba)		

6. 研究組織（つづき）

	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	今泉 菜麻 (IMAIZUMI Nao)		
研究協力者	清水 隆也 (SHIMIZU Takaya)		
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