

2021 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：新型コロナウイルス
研究期間：2021 年度
課題番号：21212014
研究課題名（和文）：
採風窓を用いた自然換気計画法の確立とアフターコロナにおける社会適応の検討
研究課題名（英文）：
Natural Ventilation Design Method Utilizing Wind Catcher and Its Application into After Corona Society
研究代表者：樋山 恭助
交付決定額（当該年度）：425000 円

1. 研究の目的

2011 年の東日本大震災、そして今現在も続くコロナ禍と、設計想定を超えた大きな災害に直面するたびに、建物における自然換気計画に対し、その重要性の認識が改められてきた。東日本大震災後は、BCP の観点から建物に動力を必要としない放熱装置としての自然換気窓の設置が推奨されるよう、建物における設計要求に変化を与えた。ただしこの時点では、自然換気のパフォーマンスとしては、エネルギー供給の断絶により夏期に室内環境が酷暑状況にならないよう、ある程度の排熱能力を担保する程度の要求であった。しかしコロナ禍は、その量と共に安全・安心を得るための希釈能力と経路の担保を求めよう、その要求レベルを上げることが想像される。この要求に応える、つまり自然換気を安全安心へと繋げるには、自然換気の安定性を確保した設計法の提供と、その効果を検証するための評価法の確立が必要となる。本研究は、上述の課題に対し、採風窓のパフォーマンス把握と具体的な設計法の検討により実務的に有用な知見を提供することを目的とする。採風窓は、歴史的には長い実績を持ちながら、その装置自体のパフォーマンスは未だに十分に解明されていない¹⁾。この背景の下で、本国で十分な設計実績に基づき有用性が保証されている採風窓の詳細パフォーマンスを明らかにしていくことは、今後の同種の装置の社会的普及に大いに貢献することが期待できる。

2. 研究の方法

2.1 検討対象

採風窓のパフォーマンスを明らかにするための風洞実験とシミュレーション（CFD 解析）を実施する。特に、先に解説したよう、自然換気時における量的なパフォーマンスに加え、その経路と効率を担保することを念頭に研究を進める。

本研究では、建物の形状や風環境条件を確認したうえで、屋上に低層の採風窓を設置しアトリウムへの給気を実現した建物を対象に、その効果の確認を通して考察を深めていく。対象施設の外観を図 1 に、概要を表 1 に示す。



図 1 対象施設の外観

表 1 対象施設の概要(かっこ内はアトリウム部)

用途	研修施設・宿泊施設
構造	RC・S・SRC造
敷地面積	19,549 m ²
床面積	12,836 m ² (806.40 m ²)
階数	5F (4F)
最高高さ	15.0 m

対象施設周辺は山々で囲まれ、南側の小高い丘の上に宿泊施設があり、南風は宿泊施設を超えて本施設に流れる。建物北側に位置するアトリウム部（図 2）には自然換気が計画されている（図 3）。給気は 1F 居住域付近に設置された給気口からクールピットを介したものに加え、屋上の南側に設置された採風窓（図 4）から取り入れる。1F 折り戸を開放することで、アトリウム部の換気を促進する仕組みも導入されている。排気は、北側上部に設置された誘因型の排気口を通して行われる。



図 2 アトリウム 内観

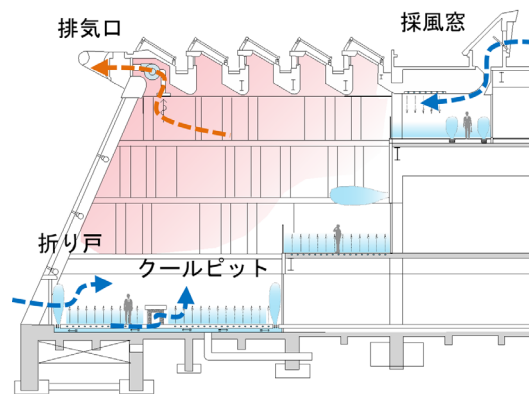


図 3 自然換気の流れ

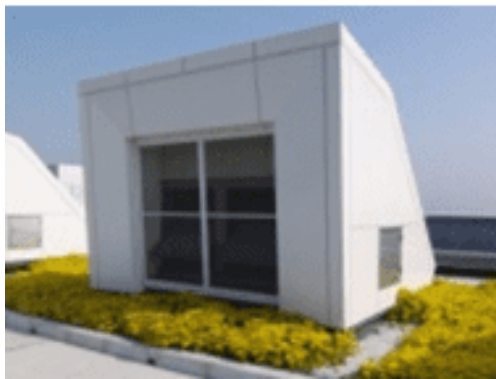


図 4 採風窓（屋上）

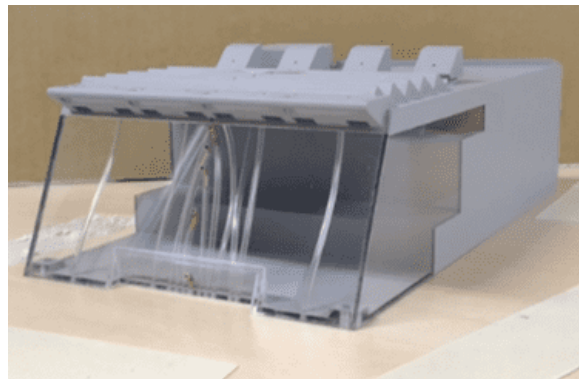


図 5 風洞実験模型

2.2 風洞実験

1/200 スケールで作成されたアトリウムの模型（図 5）を用い、乱流境界層型風洞において建物内外の気流性状を確認する。実験は 2021/11/29-12/3 に実施し、気流の可視化および PIV を実施した。実験風景を図 6 に示す。風向は、採風窓からの給気が期待できる南とする。アプローチフロアのプロファイルは 1/5 乗則とし、模型の基準軒高の風速は 2.0 m/s とした。

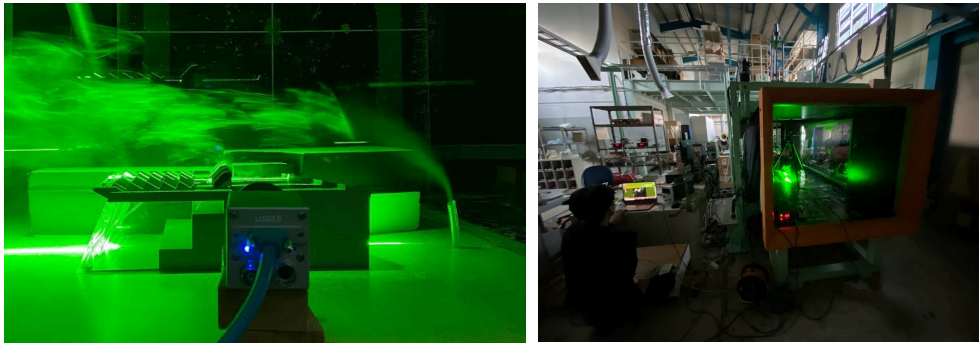


図6 実験風景

2.3 CFD 解析

アトリウム空間内の自然対流を含めた気流性状の再現を目的に、CFD 解析を行う。表 2 に解析条件、表 3 に境界条件、図 7 に解析モデルを示す。既往の風洞実験²⁾で得られた風圧係数から軒高風速 2.0 m/s を想定した風圧力を算出し、採風窓 3 カ所、折り戸 1 カ所、排気口 4 カ所 (図 8) に与える。まず風洞実験の再現を目的に、風洞実験時と同じく南を風向とした際の等温流れ場を計算し、CFD 解析結果の実現象への対応を確認する。次に、解析領域内に内部発熱 (1F:5440W, 2F:2180W, 4F:1810W) を設定し、自然対流を含めた実際の流れ場を解き、換気効率を検証する。本検証においては、対象敷地の卓越風向の一つとなる南西風を条件とし、外気温は 22°C に設定した。検討ケースは、1F 折り戸、屋上部採風窓をそれぞれ単独で、および両方を開放した 3 ケースとし、空気齢 (SVE3) を比較することで、採風窓の設置によるアトリウム内の換気効率の変化を観察する。

表 2 解析条件

解析ソフト	FlowDesigner2022 Update1
解析領域	35 m(x)×30 m(y)×20 m(z)
解析種類	定常解析
乱流モデル	標準 k-ε モデル
壁関数	対数則+Spalding 則
移流項差分スキーム	QUICK
計算アルゴリズム	SIMPLEC
メッシュ	直交構造格子
メッシュ数	995 万程度

表 3 境界条件

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
風圧力 [Pa]	S	0.86	0.45	-0.43	/	-0.65	-0.56	-0.61	-0.58
	SW	1.23	1.47	1.24		-0.78	-0.83	-0.75	-0.78
有効開口面積[m ²]		0.80	0.80	0.80	22.0	0.81	0.81	0.81	0.81

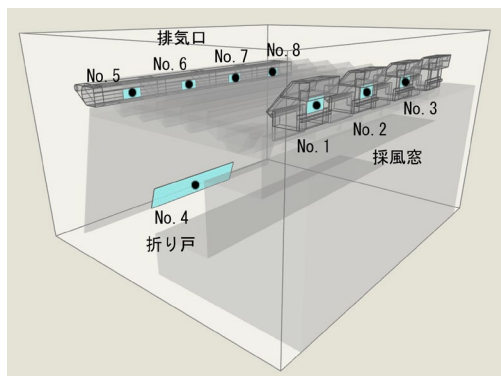


図 7 解析モデル

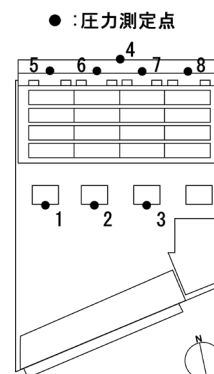


図 8 圧力測定点

3. 研究成果

図9にPIVによる採風窓付近の風速分布を示す。図中の窓Aでは、剥離の影響で窓面への風の流れは弱い一方、窓B,Cでは、窓面へ向かう風が確認されている。図10に、風洞実験時の採風窓No.1の位置における断面上の流れ場を示す。1Fと2Fの居住域において、煙が対流する様子が確認される。図11に風洞実験に条件を合わせたCFD解析の結果を示す。粒子が滞留する様子が風洞実験と同様に確認されており、CFD解析により実験結果に対応した流れ場が再現できている。

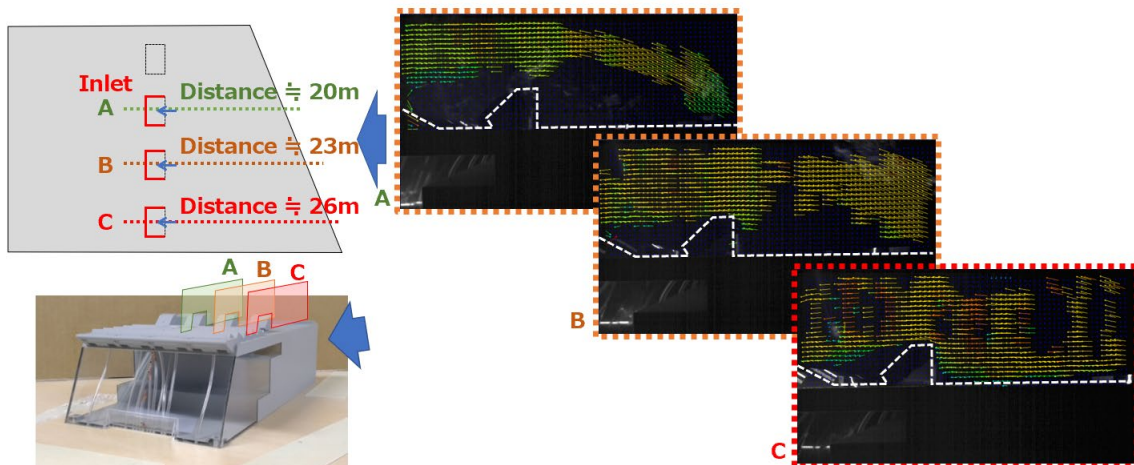


図9 PIVの結果

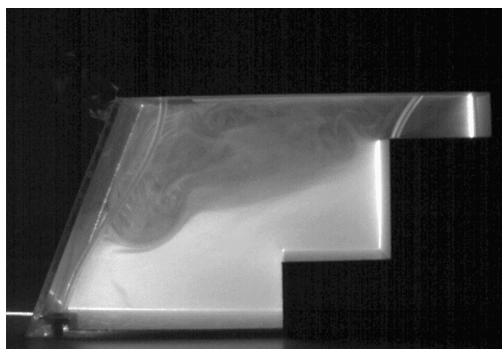


図10 アトリウム内の流れ（風洞実験）

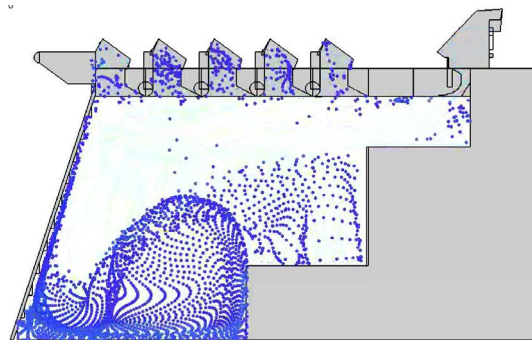


図11 アトリウム内の流れ（CFD解析）

ここで、煙および粒子の滞留は等温流れ場によるものであり、実現象としては、居住域の内部発熱に起因した自然対流が加わり、拡散が促進される。図12に内部発熱を加えたCFD解析の結果（風速分布・SVE3）を示す。給気位置を折り戸のみとした場合、1F居住域ではSVE3が低く、効率的に換気が行われている。一方、4F居住域では相対的に高い値を示し、居住域間で換気効率に斑が発生している。採風窓のみとした場合、SVE3は4F居住域で低くなり、採風窓からの外気導入が、アトリウム上部に位置する居住域の換気効率を改善させる効果が確認できる。折り戸と採風窓を共に開放した場合、両開口が断面に含まれる採風窓No.3を通る断面においては、1Fおよび4Fの居住域共にSVE3が低く抑えられている。これらの結果から、屋上部に採風窓を設置することで、アトリウム内の高さの異なる居住域においても、各々の空間で換気効率を高く保てているものと考察できる。

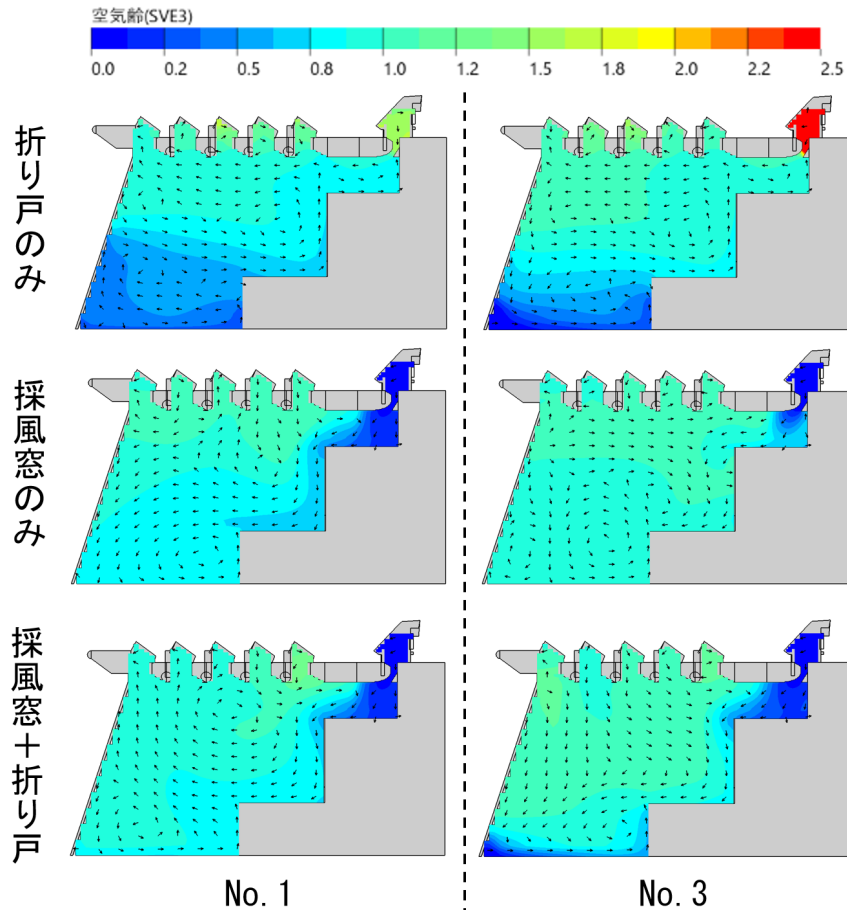


図 12 No.1 と No.3 の断面における空気齢(SVE3)の比較

参考文献

- 1) F Jomehzadeh, et.al, Natural ventilation by windcatcher (Badgir): A review on the impacts of geometry, microclimate and macroclimate, Energy and Buildings, Vol. 226, 2020, 110396
- 2) モアニアブライアン, 森坂一步: 屋上面に設置する採風窓の設計手法に関する研究, 東京工芸大学 2019 年度卒業論文

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[学会発表] (計 1 件)

1. 上出健, 山本佳嗣, 沢潟裕一, 樋山恭助: 屋上部への採風窓設置によるアトリウム空間の換気効率向上効果の検証, 2022 年度日本建築学会大会 (北海道) 学術講演会, 2022.9 (予定)

5. 研究組織

(1) 研究代表者

樋山恭助 明治大学 理工学部建築学科 准教授

(2) 研究分担者

1. 山本佳嗣, 東京工芸大学・工学部工学科建築コース・准教授
2. 沢潟裕一, 明治大学・理工学部建築学科・助手

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

Natural Ventilation Design Method Utilizing Wind Catcher and Its Application into After Corona Society

Representative Researcher (Affiliation)

Kyosuke HIYAMA, Meiji University

Summary · Figures

With the spread of COVID-19, ventilation in buildings will be required to guarantee dilution capacity and pathways for safety and security, as well as quantity. To meet this demand, i.e., to link natural ventilation to safety and security, it is necessary to provide design methods that ensure the stability of natural ventilation and to establish evaluation methods to verify its effectiveness. The purpose of this study is to provide practical and useful knowledge on these issues by understanding the performance of ventilation windows and examining specific design methods.

In the present study, the contribution of the wind-intake windows to improving ventilation efficiency in the atrium space was verified with the aim of confirming the effectiveness of air supply to the atrium when low-rise wind-intake windows are installed on the rooftop. The results of SVE3 comparisons for three cases with different air supply positions confirmed that air supply through the air-intake windows, in addition to folding doors, maintains high ventilation efficiency in spaces with different heights in the atrium.

