

2022 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：2022 年度
課題番号：22222014
研究課題名（和文）：採風窓による自然換気経路の最適計画による換気効率の向上と感染症対策への適用
研究課題名（英文）：Improvement of ventilation efficiency by optimal planning of natural ventilation pathways using wind catchers and its application to countermeasures against infectious spread

研究代表者：樋山恭助
交付決定額（当該年度）：300000 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の変化を与えた。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るよう、その要求レベルを上げる。この際、換気量を担保する方法として、自然換気が注目されるが、一方で自然換気は経路の設計において柔軟性に欠けるため、居住者に対し速やかに新鮮空気を届けるためには、更なる技術発展が求められている。

本研究は、上述の課題に対し、採風窓の適切な配置計画と、求める性能要求を満たす仕様の検討を行う。申請者らが遂行した前年度の研究課題「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」においては、実際の建物を再現したモデルを用いた風洞実験、および CFD 解析により、その換気性状と、換気性状に寄与する建物要素を明らかにした。今年度は、前年度の研究結果を踏まえ、CFD 解析による建物の設計仕様と換気性状への寄与の関係を明らかにすることで、採風窓の設置が換気性能へ影響を及ぼす環境要素の分析を進め、実設計において活用可能な設計資料の整備を進めることを目的とした。

採風窓は、歴史的には長い実績を持ちながら、そのデバイス自体の性能は未だに十分に解明されていない。この背景の下で、本研究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性能を明らかにしていくことは、今後の同種のデバイス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

オフィスビルにおける風力換気を対象に、ウィンドキャッチャー（WC）を設けた採風窓が室内の換気効率の向上に寄与する可能性を CFD 解析により検討する。なお感染症対策においてはウイルスの拡散を制御するため、換気量に加え換気経路の検討も必要となることから、換気効率の斑の解消を評価対象の一つとする。加えて、換気経路の形成に影響を与えるオフィス内のテナント区画の変更が発生した場合においても、その換気性能を適切に発揮することが可能な

ロバストな換気計画を実現する方策を模索する。

解析対象は、オフィスビル（高さ 30 m）の基準階（高さ 21 m）を想定する。図 1 に、平面の概略を WC の有無別に示す。WC は、45° 方向からの風に対し、風上側の壁面（南面、西面）の風上側開口では減圧、風下側開口では増圧するよう、壁面中心を起点に対称に配置する。開口部は天井高分（3 m）の縦型換気スリットとし、WC がない場合は 2 m 間隔、WC がある場合は 4 m 間隔で設け、その有効開口は壁面積に対し共に 20 cm²/m² とする。コア部では洗面所における 5 回/h 相当の第 3 種機械換気（7 m³/min）を想定し、その換気経路となる開口部（約 2 cm²）を執務室とコア部の境界に 4 箇所設定する。

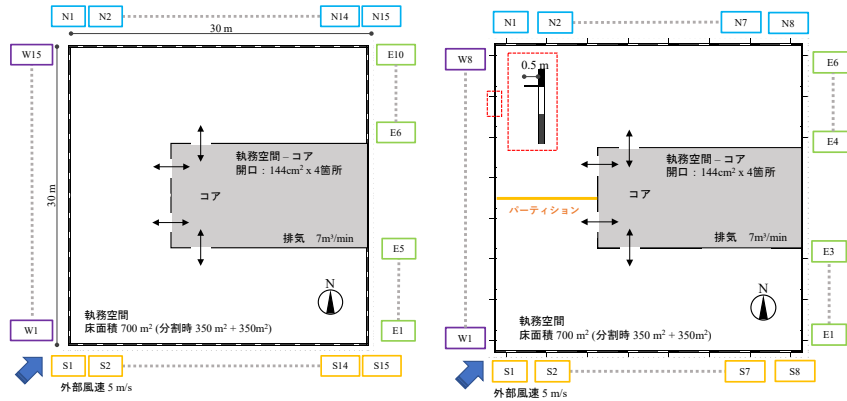


図 1 解析対象オフィスモデル平面図（左：WC なし 右：WC あり）

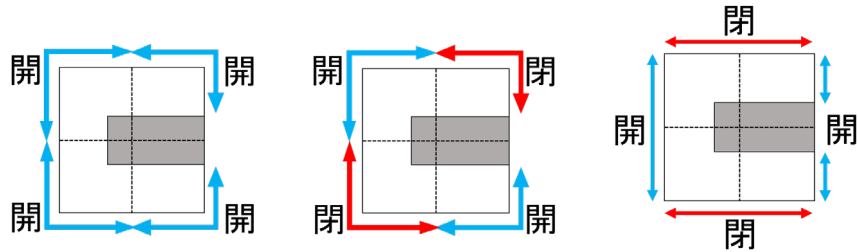
CFD 解析の解析条件を表 1 に示す。外部風向は南西とし、屋外解析から算出した風圧係数をもとに、風速 5 m/s 時の外部開口部にかかる圧力を境界条件とした屋内解析を実施、その換気性状の把握を行う。表 2 に解析ケースを示す。Case A-1, 2 ではパーティション無しのオープンフロア時の WC の有用性を検証する。Case B-1~3 では、パーティションによりオフィス内の区画が変更された場合（同一フロアに 2 テナント）を想定し、テナント間の空気の流れ（ウィルスの輸送）が発生しないよう、開口部の開閉方法を検討する。

表 1 計算条件

ソフトウェア	Flow Designer 2022
解析種類	定常解析
乱流モデル	RNG k-ε
移流項差分スキーム	屋外：QUICK 屋内：1 次風上
解析領域	屋外：270(x)×270(y)×150(z)[m] 屋内：30(x)×30(y)×3(z)[m]
メッシュ	直交構造格子
メッシュ数	屋外：8,463,525 屋内：915,060
流入境界	屋外：高さ 30m で 1m/s 1/3 乗則に従う
壁関数	対数則 + Spalding 則

表 2 計算条件

解析ケース		パーティションの有無	WCの有無	開口部開閉位置 (図2参照)
Case A	1	無	無	①
	2		有	①
Case B	1	有	有	①
	2			②
	3			③



①全面開放

②対称面開閉

③東西面開放

図 2 開口部開閉位置

3. 研究成果

図 3 に各開口部の風圧係数を WC の有無別に示す。WC 無しの場合、風上側となる南面・西面は、風上側から風下側にかけて風圧係数が減少する傾向を持つ。一方、WC を設けることで、両面の風圧係数が均される傾向を示す。

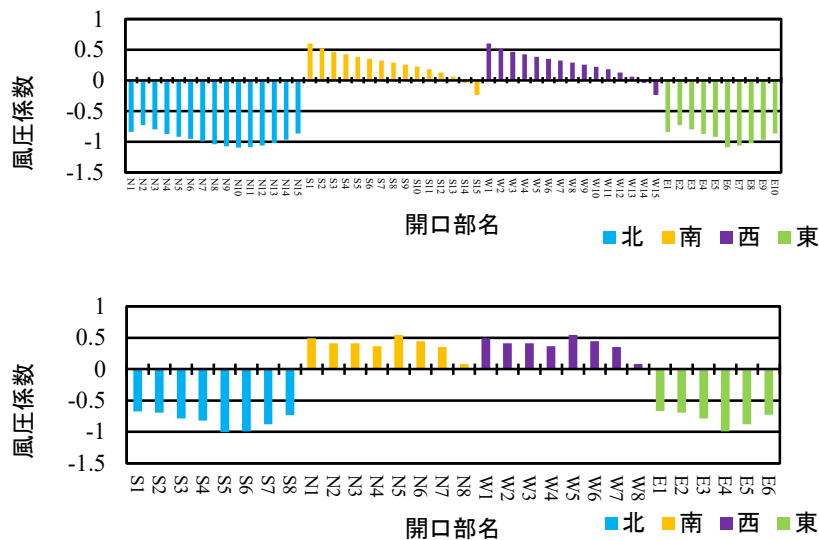


図 3 各開口部の風圧係数 (上: WC なし 下: WC あり)

図 4 に Case A における執務室の換気回数と空気齢 (SVE3) 分布 (平均値・標準偏差) を示す。換気回数に差は見られないものの、空気齢 (SVE3) の平均値並びに標準偏差は Case A-2 が Case A-1 と比較して小さくなり、WC を設置することで空気齢が改善することが確認できた。WC 無しの場合には風圧係数の分布により各開口部からの流入空気量に斑が発生する一方、WC の設置により風圧係数と共に流入空気量が均された結果、換気効率が向上したものと考察できる。

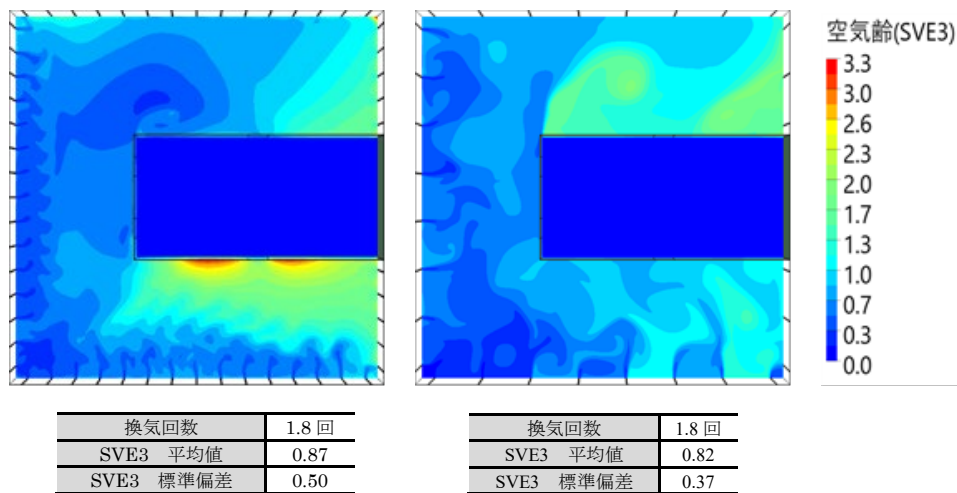


図4 空気齢 (SVE3) 分布 (z=1.5m) (左: Case A-1 右: Case A-2)

図5に Case B の各ケースの圧力分布を示す。Case B-1 (全開口部: 開、図5左) では、コアと風下側テナントの圧力差が微小となり、本条件より幾分か風速が大きくなった際には、風上側テナントからコアを経由した風下側テナントへの空気(ウイルス)の輸送が懸念される。Case B-2 は風向に対し線対称に両テナントの開口部を選択的に開放したケースとなる。両テナントの各開口からの流量(圧力差)が揃うことで、コア部への負圧換気が実現する(図5中)。Case B-3 は両テナントで風圧係数が共に正となる西面および負となる東面の開口を開放したケースとなる。WCにより西面の風圧係数が均されているため、このケースでもコア部への負圧換気が実現する(図5右)。

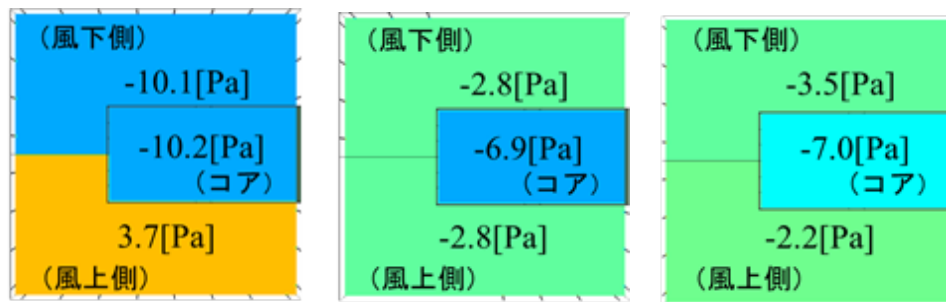


図5 圧力分布 (z=1.5m) (左: CaseB-1 中: CaseB-2 右: CaseB-3)

図6に Case B-2, 3 の換気回数および空気齢 (SVE3) 分布 (平均値・標準偏差) を示す。Case B-2 ではテナント内において開放する開口部の位置が偏ることで、換気の停滞域が発生し、結果としてテナント間で換気効率に大きな差が発生している。一方、Case B-3 では空気齢 (SVE3) の斑が解消された上、テナント間の換気効率も共に高い水準となることが確認された。

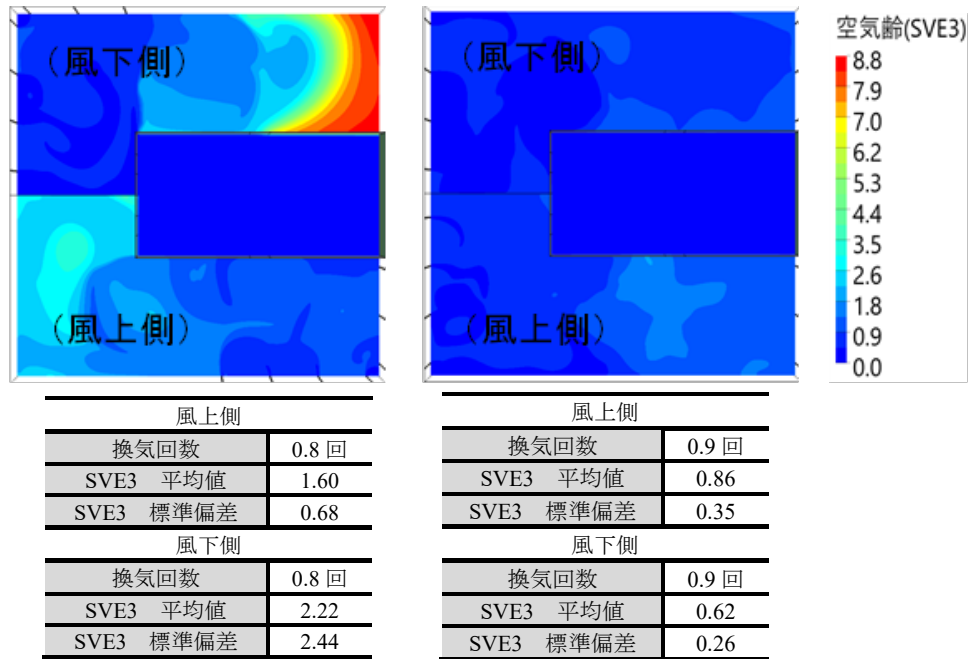


図6 空気齢 (SVE3) 分布 ($z=1.5\text{m}$) (左: CaseB-2 右: CaseB-3)

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. 細谷太勇, 樋山恭助, 採風窓による換気効率の向上とテナント区画変更時におけるロバスト性向上の検証, 2023 年度日本建築学会大会 (近畿) 学術講演会 (予定)

5. 研究組織

(1) 研究代表者 樋山恭助 (明治大学)

(2) 研究分担者

1. 上出健 (明治大学)
2. 細谷太勇 (明治大学)
3. 山本佳嗣 (東京工芸大学)

6. 要約 (Abstract, 英文)

Research Theme

Improvement of ventilation efficiency by optimal planning of natural ventilation pathways using wind catchers and its application to countermeasures against infectious spread

Representative Researcher (Affiliation)

Kyosuke HIYAMA (Meiji University)

Summary • Figures

In order to propose an effective natural ventilation system as a pandemic countermeasure, CFD analysis was used in an office building to verify the contribution of installing air-intake windows with wind catcher to improving ventilation efficiency, and to examine methods for maintaining ventilation performance during tenant compartment changes.

As a result, it was found that the wind pressure coefficient on the windward side of the building is equalized by the installation of air-intake windows with wind catcher. This also equalized the volume of incoming air, and the distribution of air age was less spotty than in the case where no air-intake windows were installed, confirming the usefulness of the air-intake windows in improving ventilation efficiency. When tenants are rezoned, it is possible to secure appropriate ventilation routes by limiting the openings, and it was confirmed that it is possible to maintain almost the same ventilation performance for each tenant, depending on how the openings are limited.

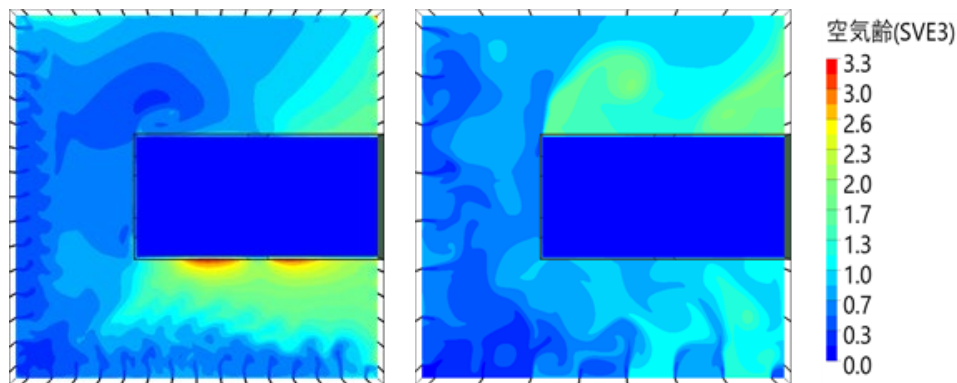


Fig. Improvement in ventilation efficiency by installing air-intake windows