

ダブルスキンファサードを有するオフィスビルにおける換気性能及び温熱環境評価 ～中間期における実測調査とCFD解析による検討～

2004541002 居石 和也

白石研究室

ダブルスキン, 自然換気, 温熱空気環境, 実測, CFD

1. はじめに

近年、開放感のある快適な室内環境の創出と省エネルギーの実現を求めて、ダブルスキン（以下 DS）を有する建物が普及している。DS により、夏期は日射熱を除去し室内空間における日射負荷を軽減し、冬期は中間空気層による熱貫流の抑制と室内への冷放射を軽減する。また、中間期は室内側開口部を開放することにより自然換気を効果的に行うことが可能である。

しかし、DS は気象条件、屋外環境等の様々な要因を受けるため、期待された性能が発揮されているかに関しては不明な点も多い。

本研究では、福岡県内の DS を有するオフィスビルを対象とした中間期の実測調査を実施し、現状の換気性能及び温熱環境を把握すると共に、CFD 解析によるケーススタディ結果等を参考にし、改善策の提案を行うことを目的とする。

本論文では、実測調査の結果と CFD 解析による風向特性について報告する。

2. 建物概要

実測対象は2007年1月24日に福岡県〇市にて竣工した、鉄骨造の6階建てのオフィスビルである。南西面に DS を有し、3階から6階までをカバーしており、反対側の北東面には給気口が設けられている。DS 内は1スパンを間仕切壁によって4分割されており、3スパン分の計12ゾーンで構成される。図1に示すように DS 換気口、給気口はそれぞれ1フロアごとに6箇所ある。

敷地は福岡空港に近く、建物前面には主要幹線道路と、高速道路が通っている。そのため、DS は外部からの熱負荷低減とともに、遮音効果も期待できる。また、現在 CASBEE（建築物総合環境性能評価システム）評価では S ランクの認定を申請中である。

表1 測定項目

	春期	秋期	計測器
オフィス	温湿度		おんどとり TR-52、RTR-53/T&D
	PMV		アメニティメータ AM-101/京都電子工業
	日射量		ML-020VM/英弘精機
	サーモ画像		携帯用小型熱画像カメラ CPA2200/CHINO
	室内換気量 (5F)		光音響マルチガスモニター、マルチポイントサンブラ・ドーズ/INNOVA
	室内風速 (5F)		クリモマスター風速計/KANOMAX
DS	騒音		TYPE6226Ver1.5M/ACO
	吹出口風量		AccuBalance/TSI
	DS 内換気量		多数室換気測定器 SK-001 型/コーナー札幌
	温湿度		おんどとり TR-52、RTR-53/T&D

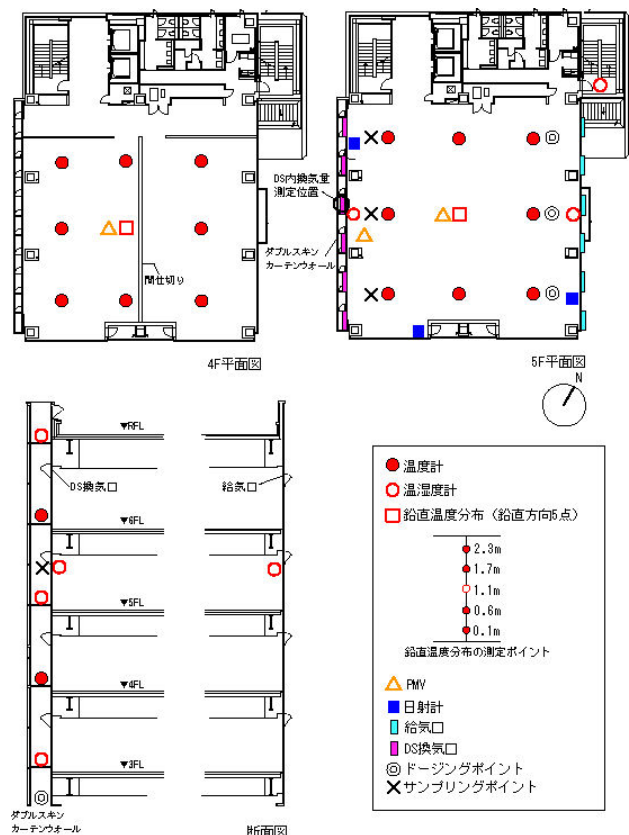


図1 測定ポイント

3. 実測概要

実測は2007年5月27・28日(春期)と、10月10・11日(秋期)において、4・5階のオフィス空間とDS内の温熱・空気環境の測定を実施した。秋期実測では、更に騒音と吹出し口風量の追加測定も行った。4階は機械空調・機械換気、5階は換気口を開放し自然換気のみ状態で実測を行った。ただし、春期は5階においても5月28日の13時30分以降空調されていた。表1に測定項目、図1に測定ポイントをそれぞれ示す。

4. 実測結果

紙面の都合により、実測結果は主に春期のものを示し、補助的に秋期の結果もあわせて示す。

4-1 オフィス内の温熱環境

図2に示す通り、オフィス内において温度分布が生じており、時間と共に温度分布が変化する。また、4階では空調しているにもかかわらず、温度差は最大で5℃程度にもなっている。オフィス空間は三面採光となっており、日射の影響を受けていると考えられる。5階においては15時以降、日射の影響が見られなくなっている。これは日射による熱負荷を空調で除去しているためと考えられる。図3にPMV時系列変化を示すが、日中はおおむね快適域を上回る値となっている。5階は13時30分から空調と自然換気を併用しており、温熱環境は良好となっている。4階は常に空調されているが、必ずしも良好な温熱環境とは言えない。

4-2 オフィス内の換気性能

オフィス内の換気量はSF₆をトレーサーガスに、ドザーサンプラー・マルチガスモニターを用いて、一定濃度法により測定を行った(ドージングを給気口側、サンプリングをDS側)。測定結果を図4に示す。測定開始とともに換気量は減少する結果となった。ただし、オフィス内の換気口付近の風向・風速の測定結果(図5)によると、換気量の大きい午前中は、実際には逆向き(DS側→給気口)に換気が行われており、期待された給気口からDS方向への換気経路で常に換気されているわけではないことが確認できた。図4では午前中の換気量が大きな値を示しているが、これは給気口側でドージングされたトレーサーガスが放出直後に給気口より排出されてしまい、測定濃度が著しく低下し、換気量が実際よりも高く算定されたものとも考えられる。

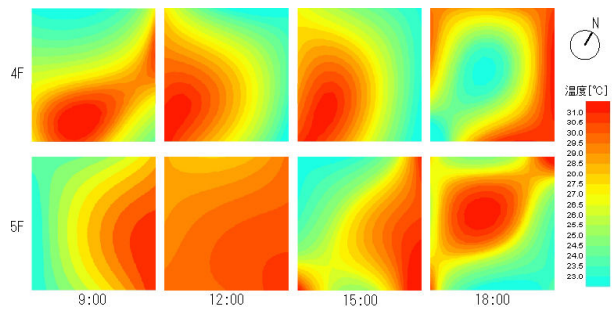


図2 平面温度分布の変動(春期 5/28)

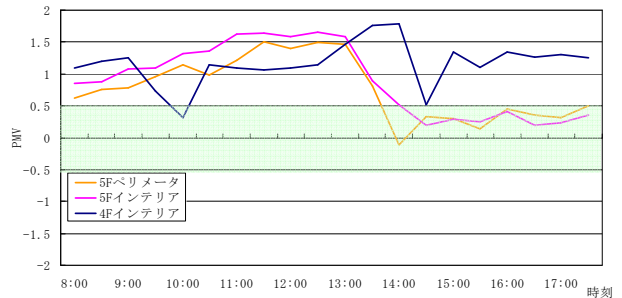


図3 PMV比較(春期 5/28)

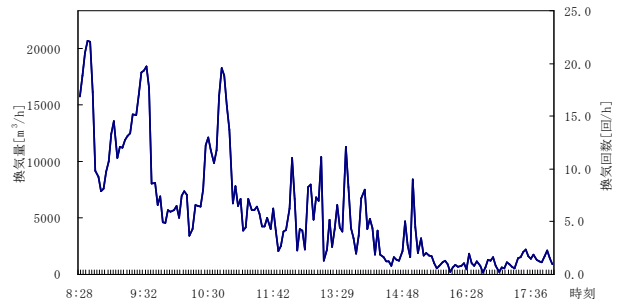


図4 5Fオフィス内換気量(春期 5/28)



図5 5Fオフィス内の換気口付近の風性状(春期 5/28)

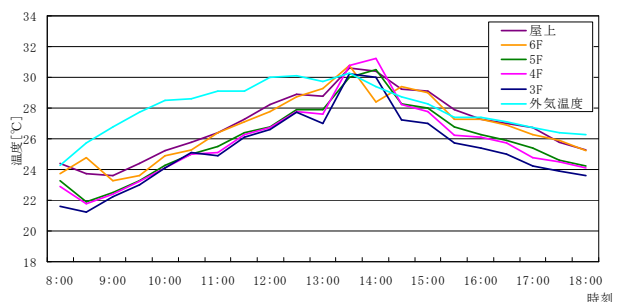


図6 DS内鉛直温度分布(春期 5/28)

4-3 ダブルスキン内の温熱環境

図6に示す通り、DS内では3階と屋上の温度差が2℃程度あり、温度分布が生じていることから、DS内の換気は温度差換気により行われていることがわかる。

4-4 ダブルスキン内の換気性能

DS内の換気量は図1の測定ポイントに示す箇所で、一定発生法により濃度測定を行い算出した。DS下部からトレーサガスであるCO₂を発生させ、5階DS換気口下でサンプリングを行った。算出結果を図7に示す。細かな変動はあるものの、午後になるにつれて、換気量は増加していることが確認できる。また、図8にDS内の換気量と西側鉛直面の日射量との関係を示す。DS内の換気量と日射量に相関が見られ、DS内の主たる換気の駆動力は日射であると思われる。

4-5 遮音性能

対象敷地は環境基準法に基づき、騒音規制が第3種区域に定められており、8時～19時の間は65dB以下とされている。図9より、室内はすべて65dB以下の値となっており、DSによる遮音効果が確認できる。

5. CFD解析による検討

実測により室内とDSのそれぞれの換気量データは得られたが、換気経路が逆向きの場合の換気量測定が困難等の問題により、実測から得られた情報だけで、換気性能を詳細に評価することは難しい。そこで、ここではCFD解析により中間期におけるオフィス内とDS内の換気性状やそれらの関連性を評価し、検討を行う。

5-1 解析条件

解析モデルは測定対象建物の図面を参考に作成した。解析条件は15時における春期・秋期実測のデータを参考にした。建物のサイズは25×26.3×28.74[m]で、解析領域を建物の周囲100×100×50[m]とした。解析ケースはcase1:春期条件、case2:秋期条件、case3:DSと垂直の風向として3ケースの解析を行った。case3の風速は過去5年間の平均風速である。解析ケースの詳細を表2に、解析における境界条件を表3に、解析モデルを図10にそれぞれ示す。

表2 解析ケース

		case1	case2	case3
風向		西	北西	北東
風速		4m/s	5m/s	2.24m/s
発熱量	DS内	33000W	88000W	88000W
	ブラインド面	6000W	6000W	6000W

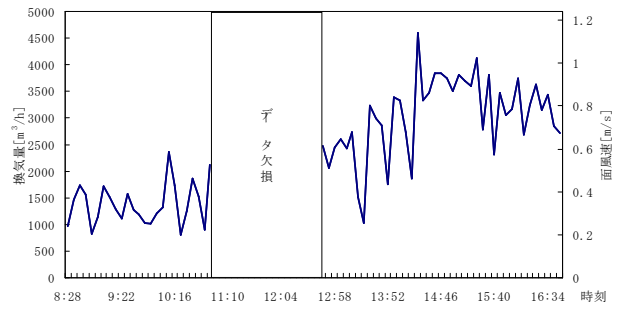


図7 DS内換気量・面風速(春期 5/28)

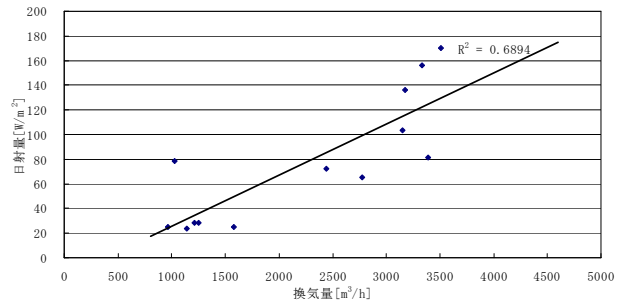


図8 DS内の換気量と西面日射量の相関図(春期 5/28)

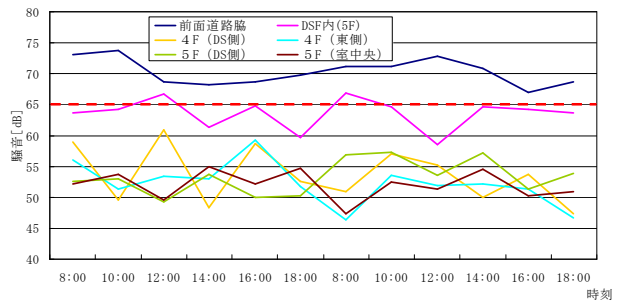


図9 騒音レベル(秋期 10/10・11)

表3 境界条件

流入面	$U = U_d (Z/Z_o)^{1/4}$ $\epsilon = C_\mu k_m^{1.5} U_d / 4 (C_\mu k_m^{0.5}) Z_o^{0.25} Z^{0.75}$ k は風洞実験地 ⁴⁾
流出面	全圧境界条件
上空面	free slip
地表面	速度は1/4べき乗則
メッシュ数	約280万
U: 流入風速[m/s]	k: 乱流エネルギー[m²/s²]
ε: kの散逸率[m²/s³]	C _μ : モデル定数 (=0.09) [-]

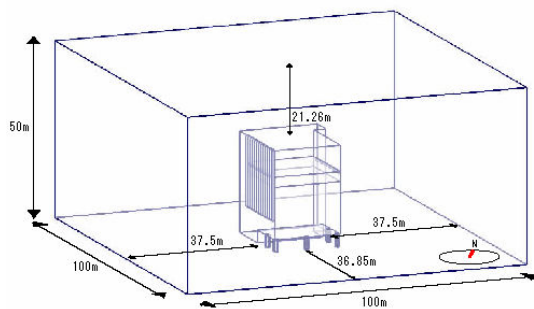


図10 解析モデル

5-2 解析結果

図 11 に示すように、春期における換気の流入方向は概ね給気口からとなっているが、一部給気口より流出している。給気口の位置によっては、外気の流入角度が鋭角となり室内では所々に循環流が発生し、一様な流れとなっていない。

図 12 に示すように、秋期はオフィス内の水平方向に大きな循環流が発生しており、DS 換気口側・給気口側のそれぞれにおいて流入・流出が確認できる。

図 13 に示すように、風向が DS に対して直交して給気口から吹く場合、換気量・換気経路ともに最良の結果となった。しかし、大宰府市の卓越風は拡張アメダスデータによると、北西と東南東になっており、DS と直交する北東からの風の発生頻度は少ないことがわかった。

これら 3 ケースを比較すると、風向の違いによって換気量・換気経路が大きく異なることが確認できる。

6. まとめと今後の課題

実測対象建物の中間期における換気性能及び温熱環境について以下の知見を得ることができた。

- 1) オフィス内温熱環境は日射による影響が大きい。
- 2) 自然換気は時間の経過と共に、換気量・換気経路が変化する。
- 3) DS 内は鉛直温度分布が生じており、主として温度差換気によって換気が行われている。
- 4) 午後になると DS に日射が当たるようになり、日射量の増加とともに、DS 内の換気量も増えることから、DS の主な換気駆動力は日射エネルギーである。
- 5) DS は空調・換気の省エネに寄与するだけでなく、遮音効果もある。
- 6) CFD 解析により、風向の違いでオフィス内の換気量・換気経路が大きく異なる。

今後の検討課題としては、CFD 解析によるケーススタディを実施し、オフィス内の換気性能を向上させる提案を行うこと等が考えられる。

【謝辞】

本研究の実測にあたり、共同で実測を行った九州大学伊藤一秀准教授並びに、東京工芸大学の修士の高木陽子氏、吉灘悠氏、卒論生の原嶋寛氏に大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 丁文婷他：ダブルスキン建築による自然換気・排煙統合システムの可能性に関する研究(第 1 報)、ダブルスキン建築による自然換気・排煙統合システムの基本概念、空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2004 年 9 月

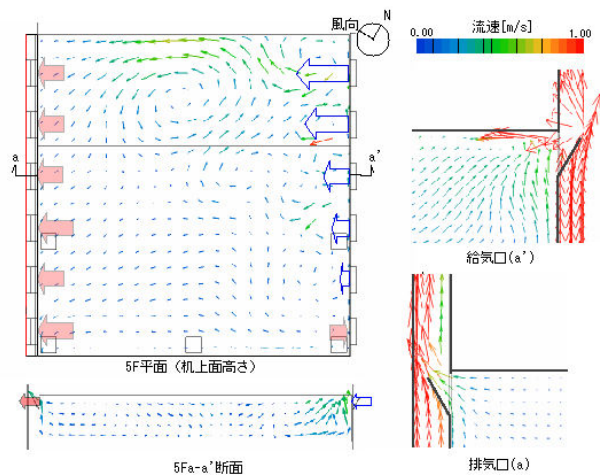


図 11 case1 (春期解析結果)

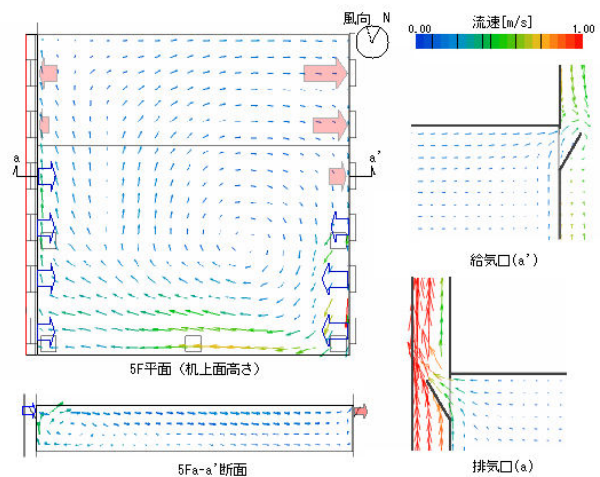


図 12 case2 (秋期解析結果)

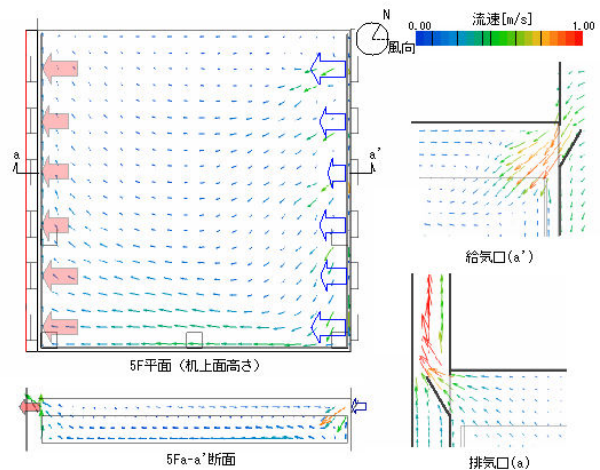


図 13 case3 (DS と垂直の風向時の解析結果)

- 2) 金子英樹他：オフィスビルに導入したダブルスキンファサードの実測、空気調和・衛生工学会学術講演論文集 2007 年 9 月
- 3) 気象庁データ (大宰府)
- 4) 村上周三他： $k-\epsilon$ モデルにおける建物風上の k の過大評価モデルの改良、第 10 回風工学シンポジウム論文報告集 p p 199-204, 1988