

南北にダブルスキンを持つオフィスの自然換気活用手法に関する研究

創造理工学専攻 環境都市コース 6164080040-1 福田 真太郎
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

近年オフィスビルに対して、省エネルギーや室内の快適性が求められているなか、それらの効果を期待して、様々な自然換気システムの利用が検討されてきた¹⁾。

本研究では、南北に有するダブルスキンを使った、浮力を最大限に利用する自然換気を導入したオフィスを対象として、省エネルギー性と快適性の両立を目指して自然換気活用手法について検討する。活用手法として、自然換気のみを行う場合、空調のみの場合、空調しながら自然換気を行う場合（以下、ハイブリッド換気）を想定し、CFD（熱流体シミュレーション）を用いて評価を行い、それぞれの効果を確認する。

2. 概要

図1に対象建物を示す。3面にダブルスキンを有し、このうち南北のダブルスキン（ポイド状の空間）を利用して自然換気を行う。各季節における換気の利用計画を図2に示す。同オフィスは既往研究²⁾により、外部風を得ることが難しい市街地に立地するものの、温度差による浮力を利用した自然換気により安定した風量を確保できることが確認されており、外気条件や空調システムを検討することで、さらなる省エネルギー効果と快適感の向上が期待できる。

本研究では、ダブルスキン内の空気を室内へ取り込む、中間期に着目して検討を行う。研究フローを図3に示す。まず(1)オフィスで実測を行い、換気量の把握を行った。次に、(2)換気回路網計算モデルを作成し、実測の結果と比較しながら、精度良く換気量を予測することのできるモデルを構築した。最後に、換気回路網計算で得られる結果を境界条件とした(3)CFDにより、それぞれの自然換気活用手法について、室内環境のシミュレーションを行い、その有効性について評価を行った。

3. 建物実測

実測により換気量を把握する。表1に実測概要、図4に運転パターンを示す。

表1 実測概要

ボックスを通過する風速測定	実測日：2009年5月2日 休日につき内部負荷無し。8Fの換気口にボックス(850(w)×300(d)×350(h)mm)を設置する。ボックス内に20点の風速測定点を設け、運転パターン(図4)とボックス設置位置を変化させ、ボックスを通過する風量を測定する。
---------------	---



- ・建物用途：事務所（本社ビル）
- ・立地場所：大阪市内
- ・延床面積：13,516 m²
- ・高さ：58.8m
- ・室内給排気口：南北各0.19×18m
- ・ダブルスキンについて
- 3面（東、南、北）
- ダブルスキン幅900mm
- 南北の上端・下端の開閉制御が可能

図1 対象建物

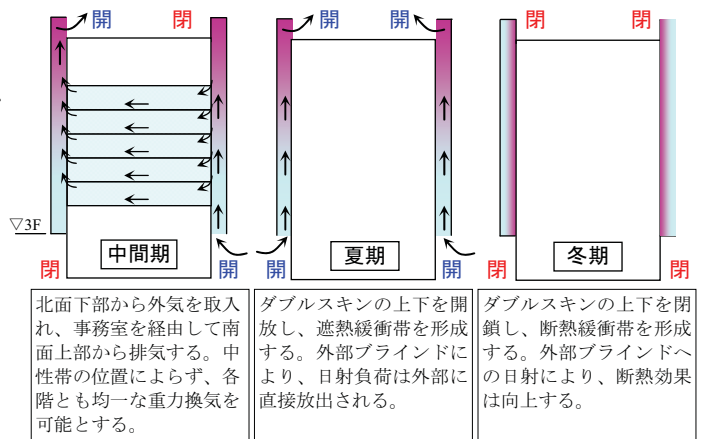


図2 各季節におけるダブルスキン利用計画

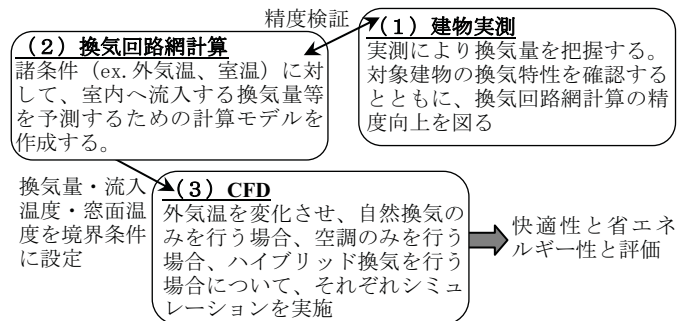


図3 研究フロー

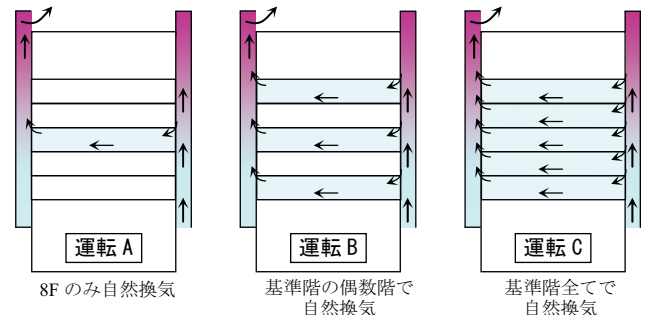


図4 運転パターン

図5にボックスを通過する平均風速^{注1)}を示す。換気を行う階が8Fのみの場合(運転A)、室内へ流入する風速が大きくなる。基準階すべてで換気を行う場合(運転C)、風速は小さくなるものの、他の運転パターンと比べ、安定して流入していることがわかる(0.3±0.1m/s)。これは、換気を行う空間を大きくしたことで、様々な外的要因からの影響を受けにくくなったためと考えられる。

4. 換気回路網計算

4.1 換気回路網計算モデル

換気回路網計算モデルを作成する。まずはボックス設置により、室内へ流入する風速が観測された日(室内負荷無し)をモデル化し、計算を行う。モデル化にあたり、日射負荷、外気温の変化を考慮した。

4.2 換気回路計算結果と実測結果の比較

実測結果^{注2)}と換気回路網計算結果から得られた、室内へ流入する換気量を図6に示す。どの時間帯、運転パターンでも、誤差11%程度に収まっている。またCFDにより検討を行う運転Cに関しては、誤差6.4%以内の精度を有している。

5. CFDを用いた自然換気活用手法の検討

5.1 CFD概要

CFDを用い、自然換気活用手法について検討を行う。換気回路網計算により、自然換気流入温度・換気量・窓面温度を算出^{注3)}し、CFDの境界条件として用いる。

5.2 解析対象

図7に解析対象を示す。通常の営業日を想定し、内部負荷として人体から3,795W(69体)、ノートPCから1,725W(69台)、照明から9,720W(162台)を与える(合計25.2W/m²)。日射による熱はダブルスキン内のブラインドで吸収し、外部に放出されるものとし、室内には与えない。換気を行う場合、すべての基準階で換気を行う運転Cを想定している。

5.3 解析ケース

自然換気のみを行っている場合(Case1)、空調のみを行っている場合(Case2)、ハイブリッド換気^{注4)}を行っている場合(Case3)を想定してCFDを行う。空調を行う場合、居住域での温度が27°Cになるように、吹出温度を制御している。Case3-1~3-3は、自然換気だけで十分に居住域を冷却できるため、ハイブリッド換気は行わない。また、Case3-4に関しては、南に設置されている空調機のみ稼働させる^{注5)}。各Caseにおいて、外気温を変化させ、室内温熱環境と省エネルギー性の観点から評価を行う。

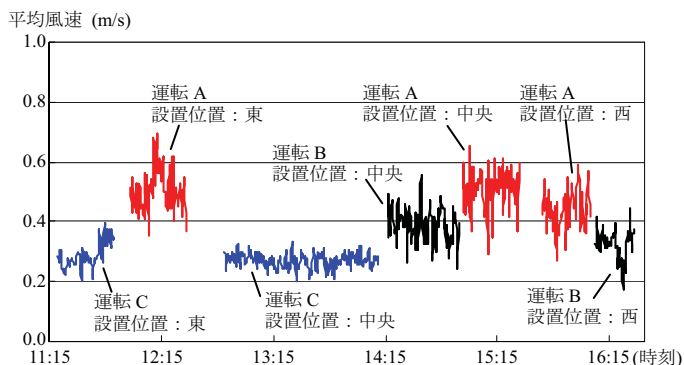


図5 ボックス内を通過する風速平均値

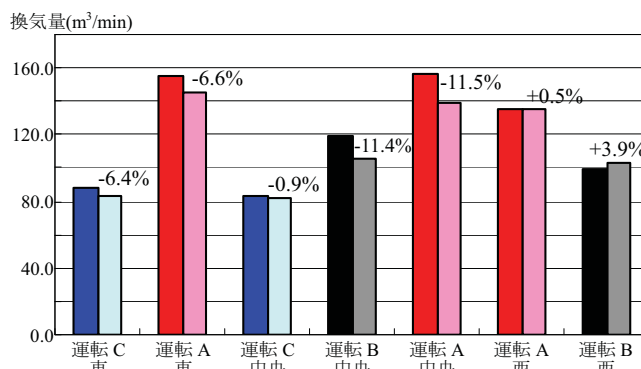


図6 実測結果(左)と換気回路網計算結果(右)の比較

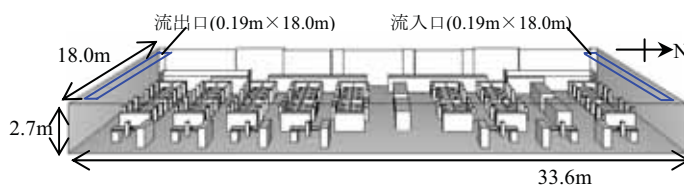


図7 解析対象(8F)

表2 解析ケース

Case	外気温 (°C)	自然換気		空調システム ^{注6)}		南窓面温度 (°C)	東・北窓面温度 (°C)		
		温度 (°C)	風量 (m ³ /min)	温度 (°C)	風量 (m ³ /min)				
Case 1 (自然換気のみ)	1-1	20	20.5	118.7	-	-	27.0	20.5	
	1-2	21	21.5	118.3	-	-	28.0	21.5	
	1-3	22	22.5	117.9	-	-	29.1	22.5	
	1-4	23	23.5	117.4	-	-	30.1	23.5	
	1-5	24	24.5	117.0	-	-	31.1	24.5	
	1-6	25	25.5	116.6	-	-	32.1	25.5	
	1-7	26	26.5	116.1	-	-	33.1	26.5	
Case 2 (空調のみ)	2-1	20	-	-	温度制御	247.7	27.0	20.5	
	2-2	21	-	-	温度制御	247.7	28.0	21.5	
	2-3	22	-	-	温度制御	247.7	29.1	22.5	
	2-4	23	-	-	温度制御	247.7	30.1	23.5	
	2-5	24	-	-	温度制御	247.7	31.1	24.5	
	2-6	25	-	-	温度制御	247.7	32.1	25.5	
	2-7	26	-	-	温度制御	247.7	33.1	26.5	
Case 3 (ハイブリッド換気)	3-1	20	自然換気のみで居住域を27°C以下に保つことができるため、ハイブリッド換気は行わない。						
	3-2	21							
	3-3	22							
	3-4	23	23.7	86.2	温度制御	97.3	26.4	23.7	
	3-5	24	24.7	79.2	温度制御	247.7	26.7	24.7	
	3-6	25	25.7	73.1	温度制御	247.7	27.1	25.7	
	3-7	26	26.8	67.7	温度制御	247.7	27.5	26.8	

5. 4 CFD 結果

5. 4. 1 温度分布図

図8に温度分布図を示す。

自然換気のみを行う Case1 では、外気温が変化することで、室内の温度分布も変化している。室内には温度成層が生じており、天井付近の温度は高いが、居住域での温度は低く保つことができている。これは北に設置された換気口から流入する空気が、床を沿うように南に向かって流れていくことによるものと考えられる。

空調のみを行う Case2 では、外気温の変化によらず、常に同様の温度分布を示した。Case1 と比較すると、室内はかなり均一に設定温度の 27°C 程度に保たれている。また、天井付近の熱も空調により処理されている。

ハイブリッド換気を行う Case3 でも、室内は概ね均一な温度分布となっている。Case3-4 では、空調機を停止させている北側で温度成層が生じているが、空調機稼働させている南側ではそれほど温度成層は生じていない。いずれも居住域はきちんと冷却されている。空調機を全台稼働させてハイブリッド換気を行う Case3-5~Case3-7 では、室内は均一に空調されている。

5. 4. 2 居住域の各エリアにおける温度分布

床上高さ 1.1m までを居住域とし、図9に示すように室内の居住域を南北に 17 エリアに分割して、各エリアでの平均温度を算出した。算出結果を図10に示す。

自然換気のみを行う Case1 では、南北で温度差が生じているが、最大で 1°C 程度の温度差である。外気温の変化により、居住域の温度も変化する。外気温が 22°C よりも低い場合は、空調を行わなくても居住域を設定温度よりも低く保つことができている。

Case2 の空調のみを行う場合、外気温によらず常に同じ温度分布になっている。

ハイブリッド換気を行う Case3 では、外気温の変化により、室温もやや変化しているが、Case1 と比較するとかなり小さな変化である。また、南北で温度差があり、換気による空気の流入がある北側での温度がやや低くなる。空調のみを行う Case2 と比較しても大きな変化は無く、居住域での温熱環境を悪化させることなく、ハイブリッド換気が実現できている。

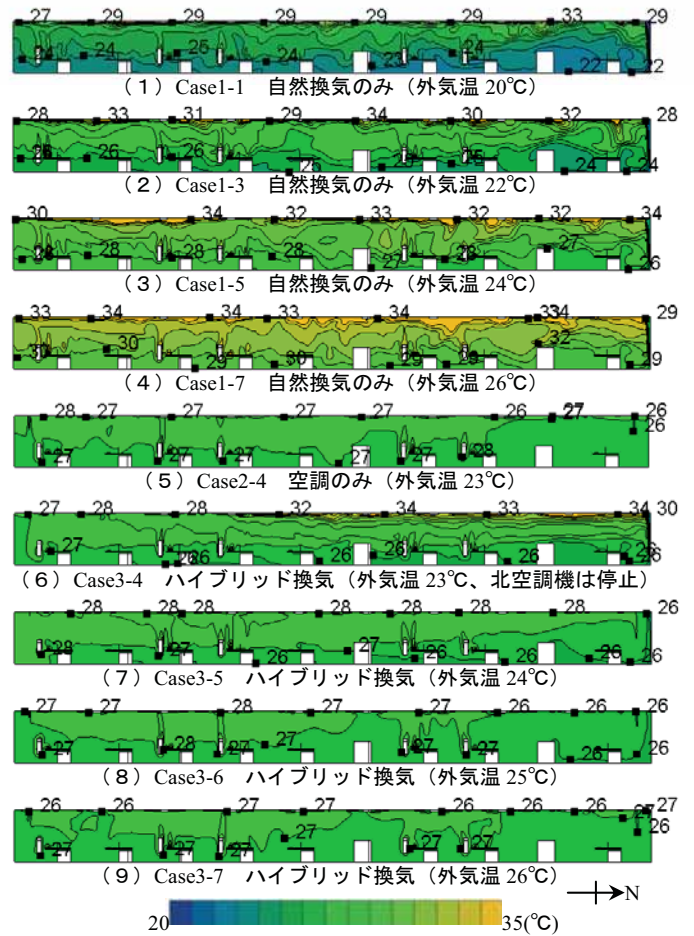


図8 温度分布図 (人体モデル中央を通る A-A'断面)

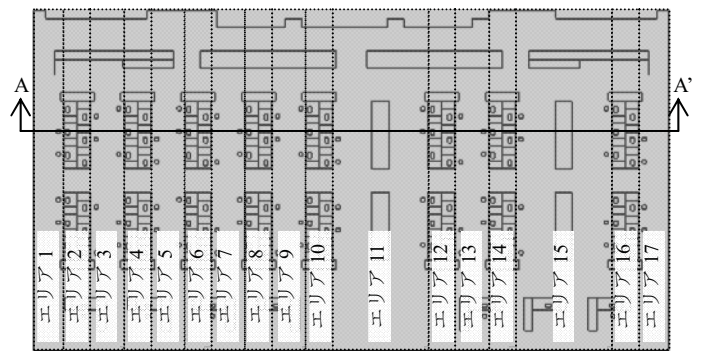


図9 居住域における平均値計算エリア

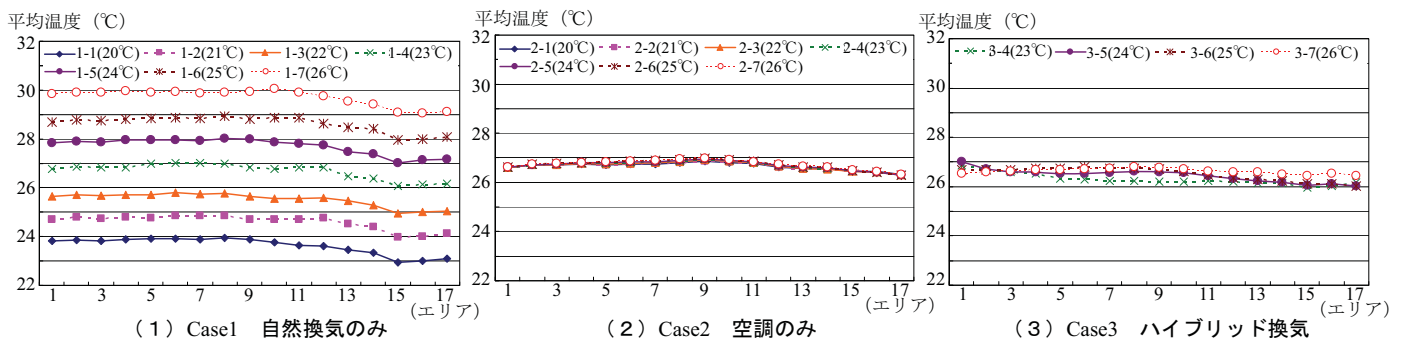


図10 居住域の各エリアにおける平均温度分布

5. 4. 3 PMV

図11に外気温と執務者の平均PMV値^{注7)}の関係を示す。なお、南半分のエリアに在席する執務者と、北半分のエリアに在席する執務者で分けて算出している。

Case1では外気温の変化に対して、PMVの値は0.0から1.5まで変化する。外気温が24℃以上になると、PMVは1.0を超えるため、自然換気のみでは温熱環境に対し不満を訴える執務者が増加していくことが予測される。またわずかながら、南北でPMVの値に差が生じている。

Case2では、室内が均一に空調されているため、南北のPMVの値にはほとんど差がみられない。PMVは0.3~1.0の間で変化する。

Case3では、換気口に近い北側の方がPMVの値が小さくなり、南北で快適感にやや差が生じている。しかし、どちらもCase2とほぼ等しいPMVの値となっている。ハイブリッド換気を用いた場合でもCase2と同等な温熱環境を実現できている。

5. 4. 4 空調機処理熱量

図12に空調処理熱量^{注8)}を示す。Case1では自然換気のみ行うので、空調による熱処理は行われない。

外気温が20~22℃の間では、自然換気のみでも快適な空間が実現できるため、自然換気のみを利用することで快適性と省エネルギー性を両立させることができる。

外気温が23~25℃の間では、ハイブリッド換気を用いた方が、空調のみの場合よりも省エネルギーに繋がる。また、温熱環境も同等であるため、ハイブリッド換気を利用することが適切である。

外気温が26℃の場合にハイブリッド換気を用いると、処理熱量は空調のみの場合よりも大きくなる。室内へ流入させた外気が熱負荷となってしまったためと考えられる。図12より、外気が25℃よりも高い場合にはハイブリッド換気は行わず、空調のみを行った方が省エネルギーである。

6. まとめ

南北にダブルスキンを持つオフィスビルの自然換気活用手法について検討を行った。外気温の変化にあわせて、適切な換気手法を用いることで、快適性と省エネルギー性が両立することを示した。今後、様々な換気口位置、空調吹出方式、センサー位置などを検討することで、さらなる快適性と省エネルギー効果を得ることができると考えられる。

参考文献

- 文1) 山本佳嗣、久保木真俊他：自然換気システムの運用実態に関する調査、日本建築学会環境系論文集、第619号(2007.9)、pp.9-16
 文2) 梅村俊輔、堀川晋他：高密度市街地における次世代型オフィスビルの環境・設備計画に関する研究(その1)ダブルスキンを利用した自然換気計画の概要と秋季実測結果、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、2009.8、pp.495-496

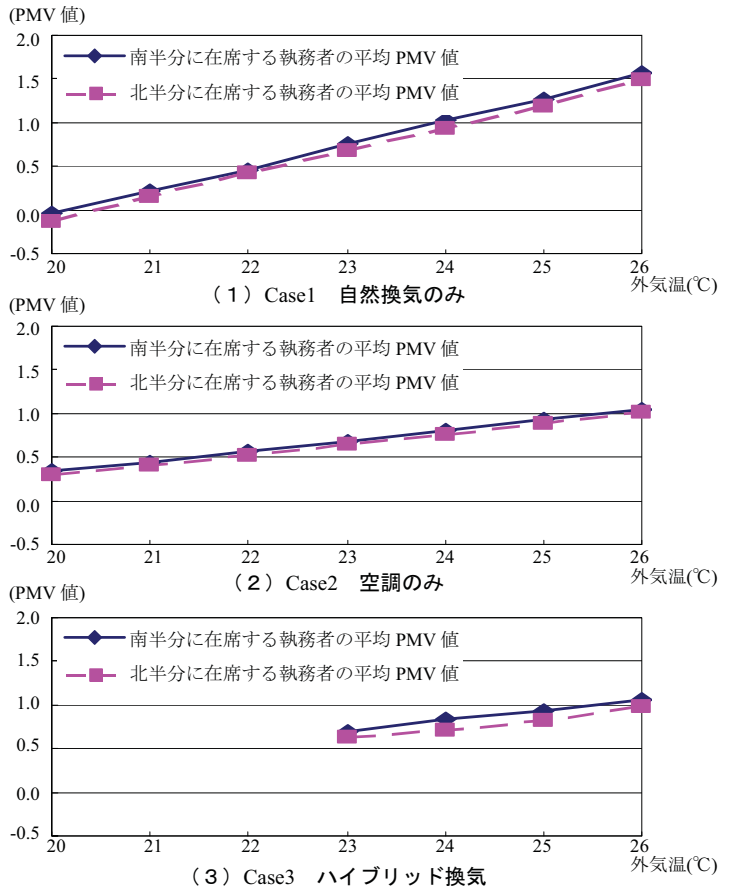


図11 外気温と執務者の平均PMV値

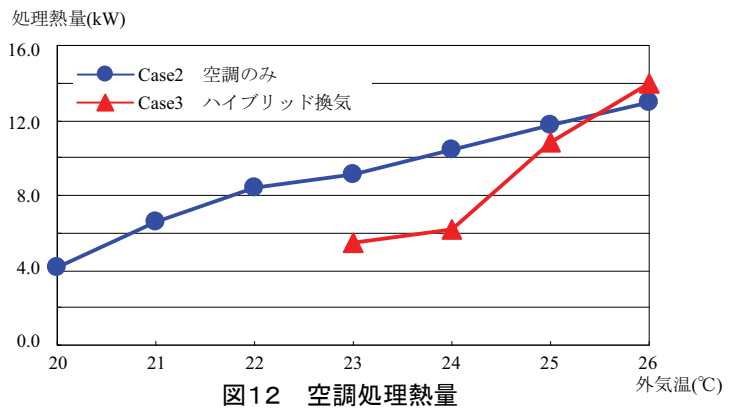


図12 空調処理熱量

- 注1) ボックス内の20点の風速測定値を平均したもの。
 注2) ボックス内を通過した流量にて、換気口全体から一様に流入していると仮定し、室内へ流入する換気量を算出した。
 注3) 通常の営業日の熱負荷(25W/m²)を想定して換気回路網計算を実施した。
 注4) 空調により室内は設定温度(27℃)に保たれていると想定し、換気回路網計算を実施して、換気量を算出した。
 注5) 北側のエリアでは、自然換気のみで設定温度以下に保たれていたため、空調機は南側のエリアだけで稼働させた。
 注6) インテリアゾーンではアネモスタット型の吹出口(40箇所)、南北ペリメーターゾーンではスリット吹出口(10箇所)としている。
 注7) 執務者の首筋付近(床上1.0m)のPMVを算出し、南北の在席者それぞれのPMV値を平均した。
 注8) 空調機を全台稼働させる場合ではOAを51.2m³/min、南の空調機のみを稼働させる場合はOAを20.2m³/min混合させるものとし、吹出温度と吸込温度から処理熱量を算出した。