

環境配慮型事務所建築に関する研究

(第3報) 自然換気の運用実績

STUDY OF ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY OFFICE BUILDINGS

Part 3 Results of Natural Ventilation Operation

伊藤 優^{*1}, 竹中 優揮^{*2}, 村江 行忠^{*3}

Yu ITO, Yuki TAKENAKA and Yukitada MURAE

In Green Office Building, natural ventilation is performed during the interim period. The measurement results of the thermal environment under natural ventilation according to the operating status and the comparison of the cross-section wind velocity distribution of floors with different ceiling shapes were reported in this paper. The following results were obtained.

1. It was confirmed that by delaying the start time for determining whether natural ventilation is effective, thermal comfort can be obtained without excessively lowering of room temperature and PMV on the 1st floor.
2. Since the 1st and 2nd floors of the office targeted for measurement share the same space through a staircase, even if natural ventilation is effective only on one floor, the CO₂ concentration decreased on the other floor as well and potential for effective ventilation was obtained.
3. It was shown that when a strong external wind from the east flows into the 2nd floor, air flowed toward the interior of the room along the curved ceiling.

Keywords: Natural ventilation operation, Natural ventilation volume, Thermal environment, CO₂ concentrate, curved ceiling
 自然換気運用, 自然換気量, 温熱環境, CO₂濃度, 曲面天井

1. はじめに

自然換気技術は、ZEB 実証事業における WEBPRO 未評価技術に含まれているが、冷房エネルギー削減効果のほか、室内の執務者の快適性向上が期待されている。近年では新型コロナウイルス感染症対策もあり、オフィスビルにおける自然換気の採用事例が増加している。

筆者らが事務所として使用しながら環境技術実証研究を実施しているグリーンオフィス棟¹⁾においても、中間期には自然換気を実施している。そこで、運用状況に応じた自然換気時の温熱環境および天井形状の異なるフロアの風速断面分布の比較を行った。本報では、2021年7月の竣工以来、2022年までの3期間の中間期において実施した自然換気の運用について報告する。

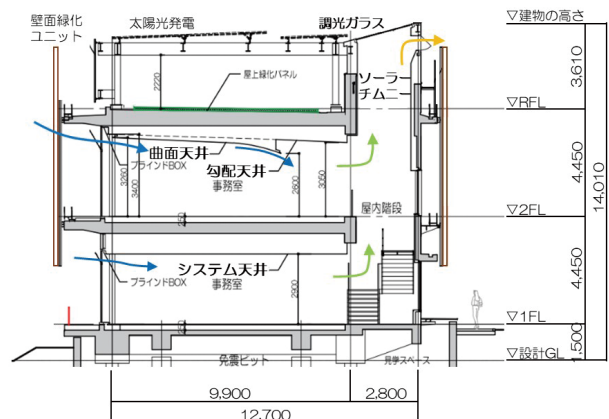
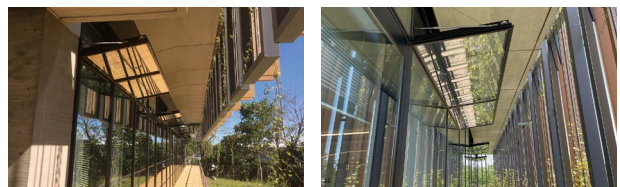


図1 グリーンオフィス棟断面図

2. 自然換気概要

図1にグリーンオフィス棟断面図を示す。グリーンオフィス棟の自然換気は、1階と2階ともに南側窓面(図の左側)の上部の開口から給気し(写真1)、執務室内と吹抜け状の階段室を介し上部にあるソーラーチムニー北側の開口から排気する経路をとる。

1階の天井面はシステム天井でフラットである。一方、2階は空気が天井面に沿って流れる効果を期待し、室の奥で導入外気が降下することで室内全体にて気流感が得られることを図り、曲面天井とした。これは、既報²⁾に



(1) 1階

(2) 2階

写真1 南面自然換気給気口開放状況

* 1 戸田建設(株)技術研究所 修士(工学)

* 2 戸田建設(株)技術研究所

* 3 戸田建設(株)技術研究所 工学修士

Technology Research Institute, TODA CORPORATION, M.Eng.
 Technology Research Institute, TODA CORPORATION
 Technology Research Institute, TODA CORPORATION, M.Eng.

において環境技術実証建物を対象に開口位置が室内環境へ及ぼす影響の検討を行い、外気導入の給気口位置が上部の場合は室内奥側まで気流が到達して、温熱環境的に好ましい傾向が見られる結果を反映したデザインである。

自然換気用の開口面積は、1階南面が5.82 m²、2階南面が7.67 m²、ソーラーチムニー上部北側が3.49 m²である。

自然換気用窓の開閉は、外気温度・外気露点温度・外部風速・室内温度条件によって自然換気有効/無効を判断し、フロア別に自動制御する。自然換気有効条件の共通条件は、降雨無し、外気露点温度2.0℃ dp以上・25℃ dp以下、外部風速5.0 m/s以下、室内温度24℃以上とした。

表1に運用期間別の状況を示す。それぞれ執務者の温熱環境快適性に考慮して、1日の有効時間、外気温度条件、有効無効判断時間を階ごとに設定を変更した。

3. 測定概要

3.1 室内温熱環境測定

図2に測定点平面図を、図3に上下温度・風速測定点断面図を、表2に測定項目を示す。室内環境の測定点として、1階の2ヶ所(1F-1, 1F-2)、2階の3ヶ所(2F-1~2F-3)のFL+1,100 mmにおいて温度、相対湿度、グローブ温度、風速、CO₂濃度を1分間隔で通年測定している。これらのデータをもとに、代謝量を1.1met、春期の着衣量を0.8 clo、秋期の着衣量を1.0 cloと設定してPMVを算定した。

上記測定点に加え、各階中央のスパンの奥行方向3箇所(1階:A・B・C、2階:A・B・D)において、T型熱電対で上下温度(6点:FL+100, 600, 1100, 1700, 2200, 2800mm)を通年測定している。

また、南側給気口において面風速を測定し、自然換気量の推定を行った。

3.2 天井形状の違いによる上下温度・風速分布

自然換気有効時には図2、図3中のA~D点において、無指向性風速計プローブ(日本カノマックス 6543-21)を持ち歩く移動測定にてCL-100 mm、FL+1,100 mmの風速を測定した。測定は、2021年秋期11/10 13:04~13:19、2022年秋期11/11 13:50~14:09に実施した。このとき風速は各点1秒間隔で1分間データを取得し平均をとった。温度については全ての風速測定中の時間帯の平均をとった。

4. 測定結果

4.1 運用時期別の室内環境の時間変化

図4に運用時期別代表日における、自然換気に関して屋上風向・風速、自然換気量、室温・外気温、PMV、CO₂濃度の時間変化を示す。各運用時期の自然換気中の外気温度が18~20℃の日を比較する。なお、2021年秋期は1階給気口面風速のデータが欠測しており、自然換気量の推定ができなかったため、図4(1)①には1階の自然換気口の開放時間帯(9:24~15:11)のみを示す。

表1 自然換気運用状況

	時期	期間	運用時間		外気温度		その他
			1階	2階	1階	2階	
①	2021年秋期	10/18~11/25	9:00~18:00		16℃以上		
②	2022年春期	3/20~6/8	9:00~18:00		18℃以上	16℃以上	30分毎に有効/無効判断
③	2022年秋期	10/20~11/30	10:00~16:00	9:00~17:00	18℃以上	16℃以上	

表2 測定項目

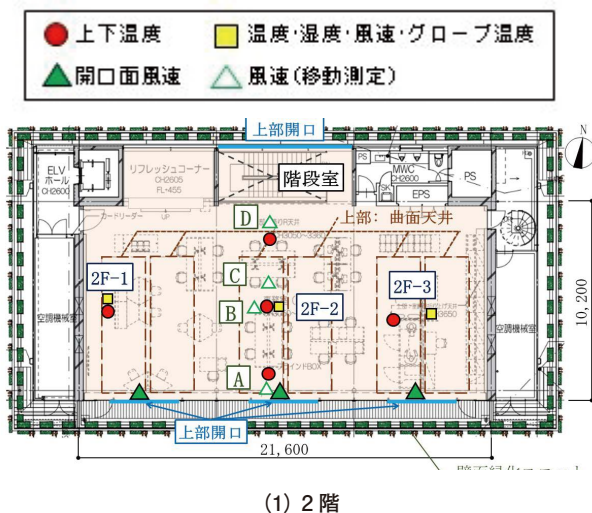
測定項目	測定点数		概要
	1階	2階	
温度・相対湿度・グローブ温度・風速	2	3	FL+1,100 mmにて測定 温度・湿度・グローブ温度・風速 測定値からPMVを算定 風速計:無指向性風速計プローブ(日本カノマックス 6543-21)
上下温度	2	3	高さ方向6点(FL+100, 600, 1100, 1700, 2200, 2800mm)をT型熱電対で測定
開口部温度・風速・内外差圧	1	3	中央監視盤にてデータ収集 風速計:指向性プローブ(日本カノマックス 0962-00) 差圧計:長野計器 GC62
外気(屋上)	1		温度・露点温度・風向・風速を中央監視盤にて1分ごとに収集

本建物の建設地域の特徴としては、中間期は東寄りおよび西寄りの風向の割合が多く、図4(1)から東~南~西の風が吹いていることが確認できる。

図4(2)の2022年春期と2022年秋期の自然換気量を見ると、1階の自然換気量は2階の1.5倍程度である。これは、給気口と排気口の高低差の違いによるものと考えられる。また、3期間の2階の自然換気量を比較すると②2022年春期(2022/6/8)が最も多くなっており、図4(1)の外部風速が他の時期に比べて大きいことから、外部風速と関連していると言える。

図4(3)および(4)より、2021年秋期と2022年春期は9~10時台の早い時間帯から自然換気が有効になるので、換気量が多い1階は室温が低下しやすく、PMVが-0.5を下回ることがあった。2022年秋期は自然換気有効判断の開始時刻を繰り下げたことにより、室温と外気温ともに十分に上がってから自然換気が開始されたため、15:00頃まで室温がほぼ一定で1階のPMVは-0.5以上の快適域であった。

図4(5)より、CO₂濃度の変化について、いずれの日も自然換気が開始されると室内は450 ppm程度にまで下がった。②2022年春期(6/8)を見ると、10:30および12:30は1階のみ自然換気窓が開放されたにも関わらず、2階のCO₂濃度も1階同様に低下した。階段室を介した

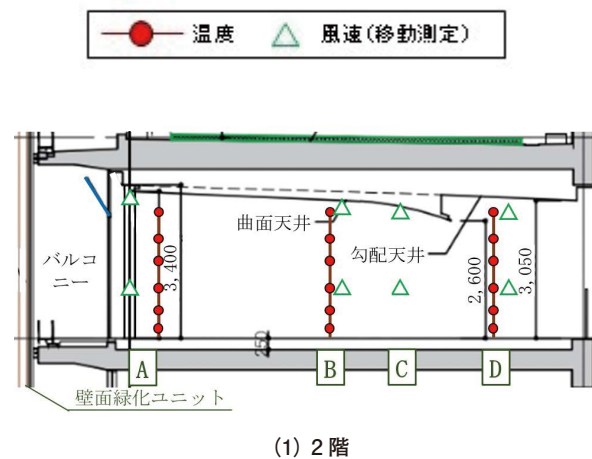


(1) 2階

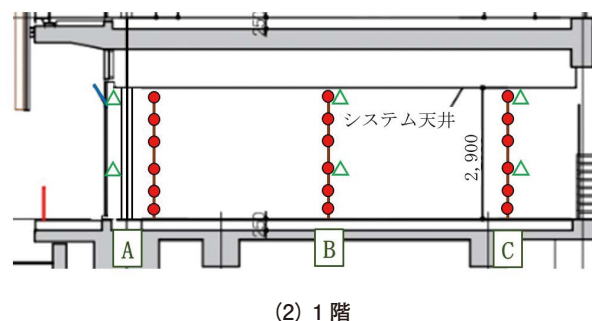


(2) 1階

図2 平面図 (測定点)



(1) 2階



(2) 1階

図3 上下温度・風速移動測定点断面図

同一空間であることから、他方のフロアが自然換気有効になることで換気効果の可能性が得られた。

表3に運用期間別の自然換気有効時間を示す。併せて執務時間に対する割合の比較を示す。各期間においてフロア別に比較すると、2階より1階の自然換気有効時間が長かった。③2022年秋期については、それまでの期間と比べて一日の運用時間を減らしたので窓開放時間は執務時間の30~40%に減少した。省エネルギー効果の低下が懸念される。

4.2 天井形状の違いによる上下温度・風速分布

図5に中央スパンにおける断面の上下温度分布および移動測定による風速分布を示す。

(1) 2021年秋期について、1階のCL-100 mmの風速は、給気口側A点が大きかったが風下側のB点では大幅に下がり、外気が流入直後に降下したと言える。2階はB点のCL-100 mmやD点のFL+1,100 mmにおいて風上側より風速が増大した。これより外気が曲面天井を沿って流れ、室の奥側で居住域高さに降下した可能性がある。

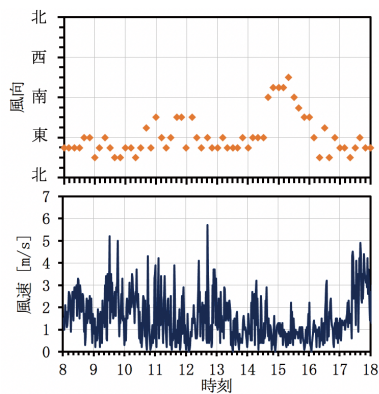
一方、(2) 2022年秋期については、2階のCL-100

mmではA点からC点にかけて風速が下がっており、曲面天井付近を流れる様子が見られなかった。天井付近の気流については外部の風の条件による影響が考えられる。図4(1)より、移動測定時の風向風速は、2021年秋期が東1.6 m/s、2022年秋期が南南東1.2 m/sであった。図2(1)に示すように、2階の南面は壁面緑化ユニットと窓面の間にバルコニーがあり、2021年秋期測定時のように東寄りの風が通り抜けやすくなっている。このとき比較的風速の大きい外気が2階へ流入することで、曲面天井に沿って室内側へ伝わりやすくなることが考えられる。一方、2022年秋期のように南寄りの風の場合はバルコニー外側の壁面緑化ユニットによって、室内への流入風速が低減したと推察される。

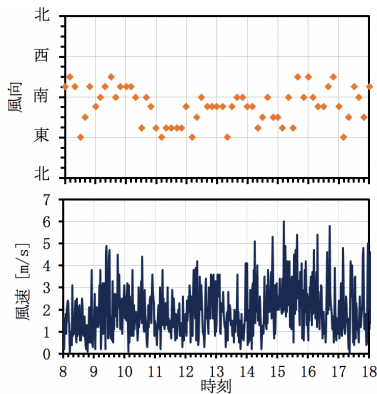
5. おわりに

環境技術実証オフィスにおける自然換気運用時の室内温熱環境を報告した。主に以下の結果が得られた。

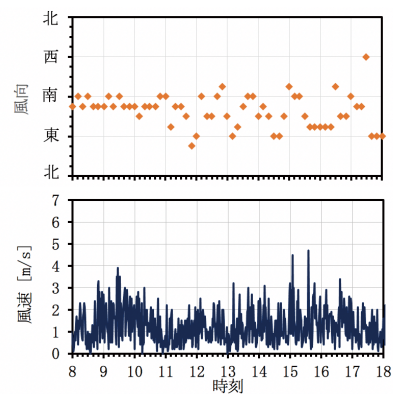
- 1) 自然換気有効判断の開始時刻を繰り下げることで、1階の室温やPMVが下がり過ぎずに温熱快適性を確保できることを確認した。しかし、省エ



① 2021 年秋期 (2021/11/10)

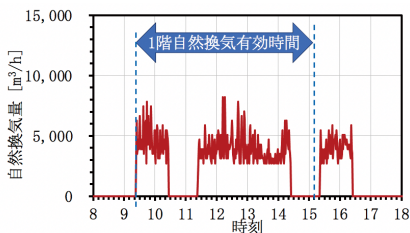


② 2022 年春期 (2022/6/8)

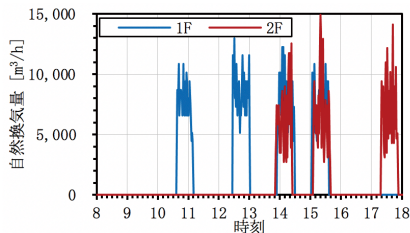


③ 2022 年秋期 (2022/11/11)

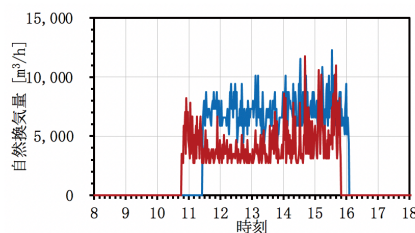
(1) 屋上風向・風速



① 2021 年秋期 (2021/11/10)

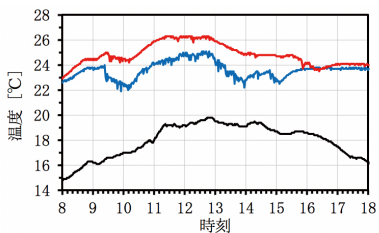


② 2022 年春期 (2022/6/8)

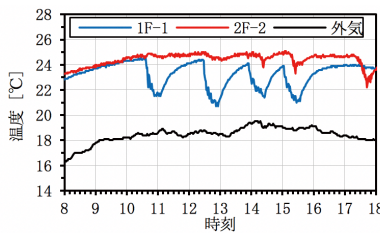


③ 2022 年秋期 (2022/11/11)

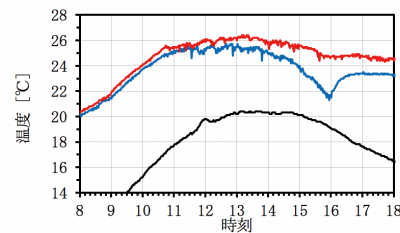
(2) 自然換気量



① 2021 年秋期 (2021/11/10)

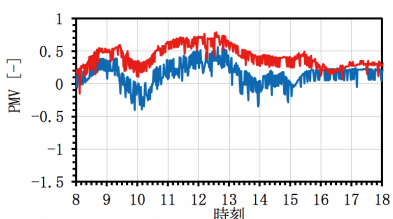


② 2022 年春期 (2022/6/8)

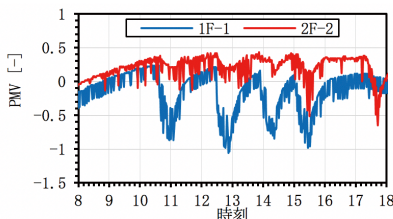


③ 2022 年秋期 (2022/11/11)

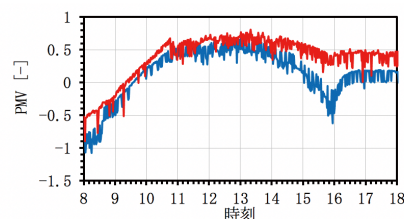
(3) 温度



① 2021 年秋期 (2021/11/10)

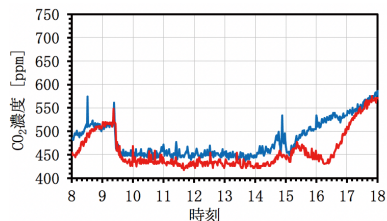


② 2022 年春期 (2022/6/8)

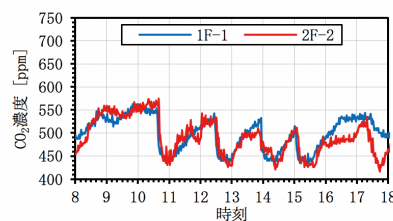


③ 2022 年秋期 (2022/11/11)

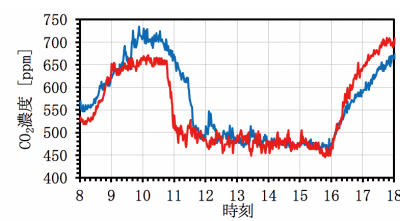
(4) PMV



① 2021 年秋期 (2021/11/10)



② 2022 年春期 (2022/6/8)



③ 2022 年秋期 (2022/11/11)

(5) CO₂ 濃度

図 4 運用時期別代表日の自然換気時における一日の時間変化

表3 運用期間別の自然換気有効時間

測定項目	①2021年秋期		②2022年春期		③2022年秋期	
	1階	2階	1階	2階	1階	2階
自然換気有効時間	69.4 h	50.4 h	85.0 h	76.0 h	34.7 h	36.5 h
延べ日数	16日	16日	19日	21日	11日	15日
執務時間	128 h	128 h	152 h	168 h	88 h	120 h
執務時間に対する有効時間の割合	54%	39%	56%	45%	39%	30%

ネ効果の低下が懸念されるため、効率の良い運用の検討が課題となる。

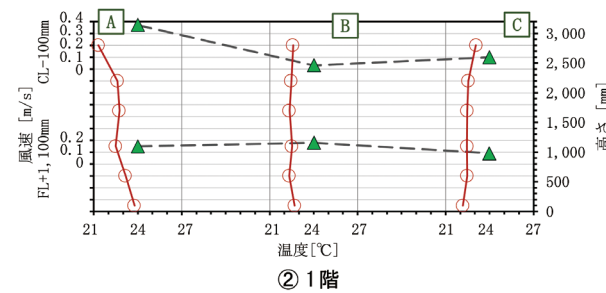
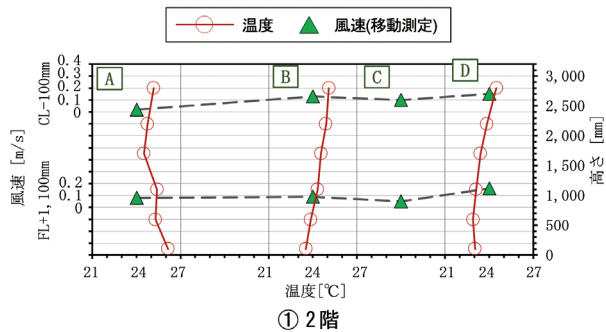
2) 測定対象とした事務所の1階と2階は階段室を介した同一空間であることから、一方の階のみ自然換気有効になる場合でも他方の階でCO₂濃度が低下し換気効果の可能性が得られた。

3) 東寄りの強めの外部風が2階に流入するとき、空気が曲面天井に沿って室奥側へ流れる様子が見られた。曲面天井による自然換気の効果は外部風向・風速条件が限定されることが示唆された。

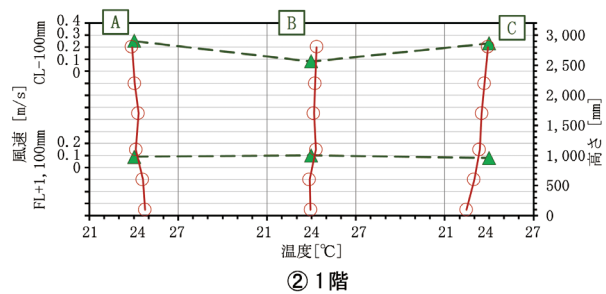
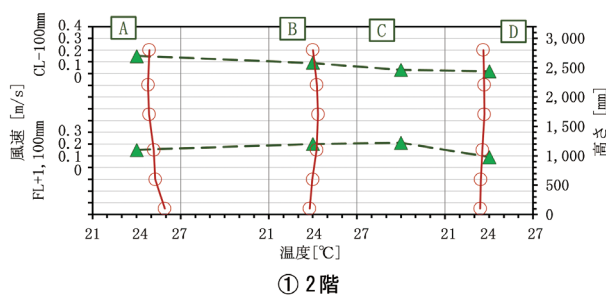
今後も引き続き室内温熱環境・空気環境の向上を図りつつ、省エネルギー性の高い自然換気の運用方法について検討する。

参考文献

- 1) 竹中 他「環境配慮型事務所建築に関する研究(第2報)」, 戸田建設技術研究報告 第48号, 2022.11
- 2) 伊藤 他「オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その5) 自然換気の給気口高さが室内環境に及ぼす影響」, 戸田建設技術研究報告 第45号, 2019.11



(1) 2021年秋期 (2021/11/10 13:04~13:19)



(2) 2022年秋期 (2022/11/11 13:50~14:09)

図5 上下温度・風速移動測定断面分布