

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 3) 自然換気性能評価に関する秋期測定結果

EXPERIMENTAL STUDY TO ACHIEVE THE OPTIMAL ENVIRONMENT FOR OFFICE BUILDING

Part3 Autumn measurement results on natural ventilation performance evaluation

伊藤 優*¹, 村江 行忠*¹, 栗木 茂*², 鈴木 孝彦*¹, 浅野 涼太*¹

Yu ITO, Yukitada MURAE, Shigeru KURIKI, Takahiko SUZUKI and Ryota ASANO

This paper describes about the measurements carried out to evaluate the natural ventilation performance of the experimental building in the autumn of 2017. In the experimental building, three types of natural ventilation air inlets are installed in the vertical direction on the south side of the office room. The ventilation volume, removal heat quantity by natural ventilation and indoor temperature, humidity and velocity when changing the position of the air inlet were compared. The following results were obtained.

1. The removal rate by natural ventilation to the indoor thermal load was the largest in the case of upper air supply.
2. In the case of the lower opening air supply, the difference in temperature between the upper and lower in the room was large and the thermal environment may deteriorate.
3. In the case of the upper stage opening air supply, the removal rate by natural ventilation to the indoor heat load was the largest and it is suggested that ventilation may be done to the inner side of the room and an effect of obtaining airflow feeling.

Keywords : *Experimental building, Natural ventilation, Ventilation volume, Temperature, Velocity*

実証建物, 自然換気, 換気量, 温度, 風速

1. はじめに

既報¹⁾において, 実証建物の自然換気システム性能に関して 2017 年春期に実施した測定結果を報告した。そこでは外気温度が室温より高い場合が多く, 換気量の大小は外部風の影響が大きく, 外部風向が東～南の時に多くの換気量が得られることを示した。

同様の測定を 2017 年秋期に実施した際は, 外気温度が常に室温より低く, 自然換気による熱負荷除去を期待できるものであった。本報では, 2017 年秋期の自然換気測定について, 換気量および室内環境の測定結果を報告する。

2. 自然換気概要

2.1 自然換気システム

写真-1 に自然換気用パネルを, 図-1 に自然換気システム概要(断面)を示す。外装を全面ダブルスキンとした場合, 自然換気給気用の開口が取りにくい。しかし, 薄型ダブルスキンとした場合, ガラス間のパネルに外気を取込み開口の設置が可能である。その機能を有する実証建物の事務室 2(1F)・5(2F)において実証を実施した。事務室内からは照明器具レタンスリットを介し, 天井裏バスダクトを通して階段室に流れ, 階段室頂部の排気口へと抜ける。換気経路上の各開口の面積は表-1 に示す通りである。

2.2 自然換気実施条件

事務室内の顕熱負荷は, 椅子に設置した電気毛布により人体発熱分を模擬した(55W/ヶ所×8)。潜熱負荷については, 4 人分/台(90ml/人・h)の湿気発生装置を室中央部に 2 台置くことで模擬した。また天井に

照明器具(21W/台)を 20 台配置した。これらは想定在室時間 8:00～18:00 に, タイマー制御にて稼働させた。

自然換気実施日には, 8:30～17:30 に各開口を開放した。実証測定であるため, 温湿度や外部風速条件による自然換気有効・無効の設定をせず, 降雨が無い限り一日中自然換気を継続するものとした。

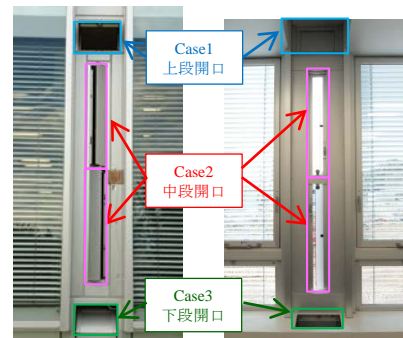


写真-1 自然換気パネル (左: 屋外側, 右: 室内側)

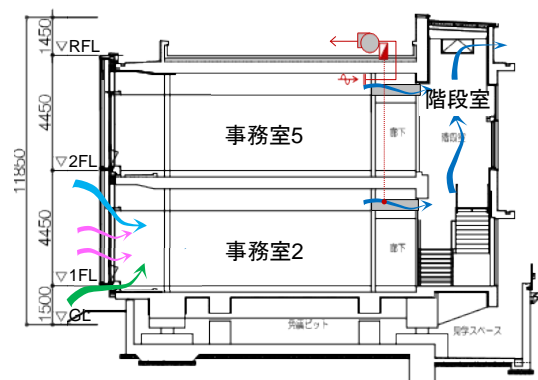


図-1 自然換気システム概要 (断面)

*1 戸田建設(株)技術開発センター 修士 (工学)

*2 戸田建設(株)技術開発センター 工学修士

*3 戸田建設(株)技術開発センター

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

3. 測定概要

3.1 測定ケース

測定は 1F の事務室 2 を対象に、2017/10/30~12/1 に実施した。表-2 に測定ケースを示す。写真-1 に示した換気パネルの、上下方向 3 種類の給気口位置を変えた 3 ケースについて、一日 1 ケースを対象に 5 日間ずつ実施した。

3.2 測定項目

表-3 に測定項目を、図-2 に測定点(平面)を示す。各開口断面における風速と温度、室内における風速、上下温度分布、湿度および外気の温度、湿度を測定した。各室間では差圧を測り、空気の流れの向きを確認した。また、測定日の 10:30、13:30、16:30 頃の日 3 回、図-2 中に△で示す 1~10 の測定点の FL+600mm において、室内風速分布を移動測定した。各測定点では 1s 間隔で 60s 間データを採り、平均値を算出した。

4. 測定結果

4.1 平均換気量

(1) 換気量

図-3 に換気量の全期間および日平均を示す。換気量は天井裏パスダクトの風速値に断面積を乗じて得た風量とする。全期間の平均では、上段開口から給気した Case1 が最も換気量が多く 590m³/h であり、続いて Case2 が 442m³/h、Case3 が 420m³/h であった。換気回数としては 2.0 回/h 以上であった。日別には Case1 の 10/30 における換気量が 1,298m³/h(換気回数 6.1 回/h)で最も多かった。

(2) 熱負荷および自然換気による除去熱量

図-4 に事務室 2 の熱負荷・自然換気による除去熱量と除去率を示す。熱負荷は顕熱のみで、内部発熱および壁面・床面・天井面の熱流、日射熱取得の測定値より得た。除去熱量 H[W]は式 1 により算出した。また、除去率は除去熱量を熱負荷で除して算出した。

$$H = c_p \rho Q (T_i - T_o) / 3600 \quad \dots (式 1)$$

ここで、 c_p : 空気比熱(=1,006)[J/kg・K]、 ρ : 空気密度(=1.2)[kg/m³]、 Q : 換気量[m³/h]、 T_i : 室内温度[K]、 T_o : 外気温度[K]

全期間の除去率は 25%程度であった。ケース別には Case1 が 27%で最高であり、日別にみると換気量が多かった 10/30(Case1)、11/9(Case2)、11/21(Case1)の除去率が高い。12/1(Case3)は室熱負荷が少なく外気温度が低いことより、自然換気による除去熱量が上回り、自然換気実施は望ましくない条件であった。

(3) 外部風状況

図-5 に外部風速の平均および卓越風向を示す。ケースごと全期間の卓越風向は Case1 と 2 は西風、Case3 が北東であった。日別の卓越風向も西寄りもしくは北寄りの風であった。したがって南面の給気口に対する動圧の影響は受けにくいと考えられる。

外部風速の平均は 2.5m/s 程度であったが、日別にみると 10/30(Case1)が 8.0m/s、11/9(Case2)が 4.7m/s と比較的速く、図-3 より換気量の日平均が多くなって

表-1 自然換気用開口一覧

開口種類	位置	開口面積[m ²]
給気口	上段	0.135×4=0.54
	中段	0.383×4=1.534
	下段	0.135×4=0.54
天井スリット	事務室天井	0.024×20=0.48
パスダクト	事務室-階段室間	0.5×1=0.5
排気口	階段室上部	0.6×2=1.2

表-2 測定ケース

ケース	給気口位置	実施日
Case1	上段	10/30, 11/1, 11/6, 11/21, 11/28
Case2	中段	11/7, 11/8, 11/9, 11/10, 11/29
Case3	下段	11/13, 11/14, 11/15, 11/16, 12/1

表-3 測定項目

項目	測定場所		測定間隔
風速	開口部断面	給気口×4, パスダクト, 排気口×2	1min
	室内(連続測定)	FL+600mm ×3	1s
	室内(移動測定)	FL+600mm ×10	1s
	外気(屋上)	GL+12,800mm	1min
温度	開口部断面	給気口×4, パスダクト, 排気口×2	1min
	室内上下	FL+100, 600, 1100, 1700, 2200, 2800mm ×5	1min
	外気(屋上)	GL+12,800mm	1min
湿度	室内	FL+1,100mm ×2	1min
	外気(屋上)	GL+12,800mm	1min
差圧	屋外-事務室間(南面), 事務室-階段室間(天井裏), 階段室-屋外(屋上)×2		1min

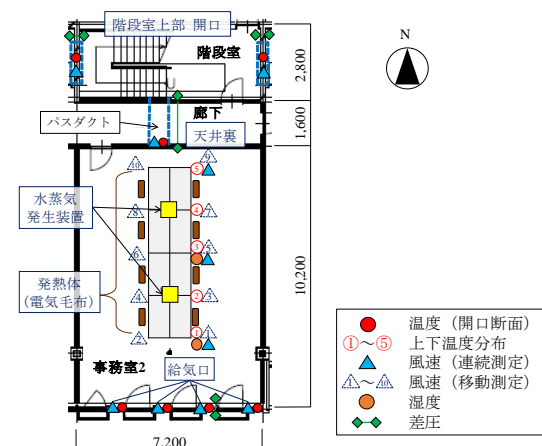


図-2 測定点 (平面図)

いたことがわかる。その他の風速帯では外部風速と換気量の明確な関係はみられなかった。

(4) 内外温度差

図-6 に内外温度差を示す。全期間の内外温度差の平均は 5.5℃前後であった。11/21(Case1)は温度差が 9.0℃と大きいため、換気量が多く、熱負荷の除去率が高かった。

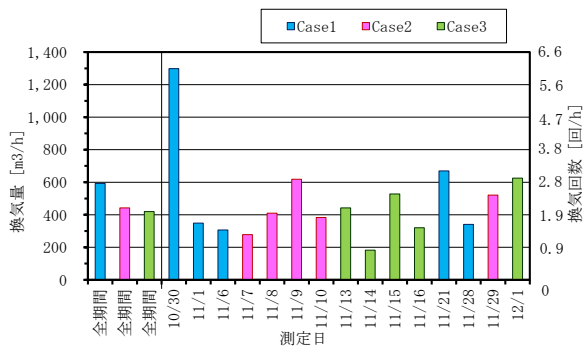


図-3 換気量の全期間および日平均

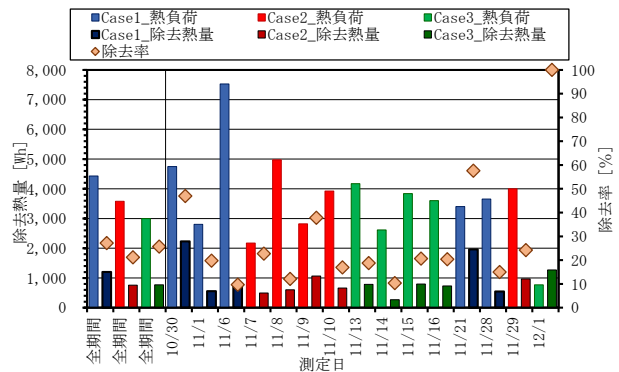


図-4 熱負荷・除去熱量と除去率の全期間および日平均

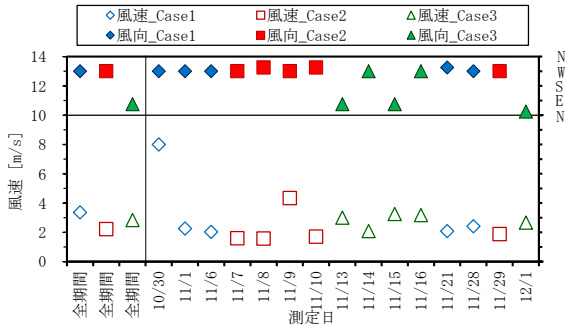


図-5 外部風向・風速の全期間および日平均

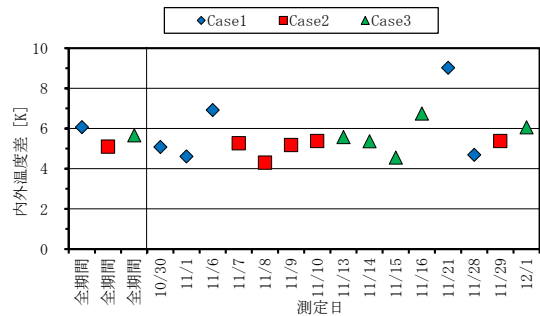
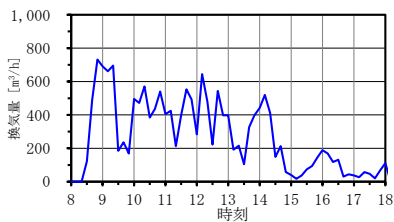
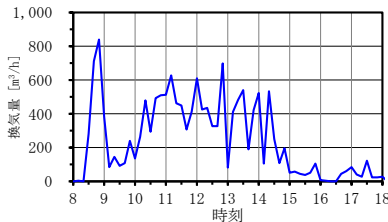


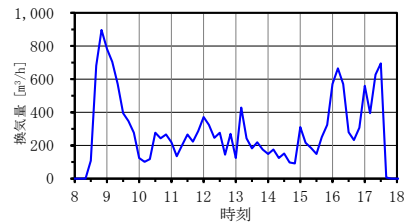
図-6 内外温度差の全期間および日平均



(1) Case1 (11/6)

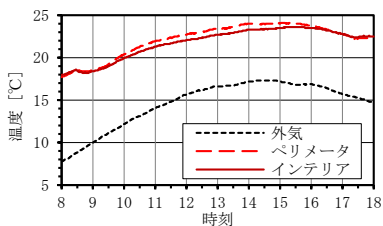


(2) Case2 (11/7)

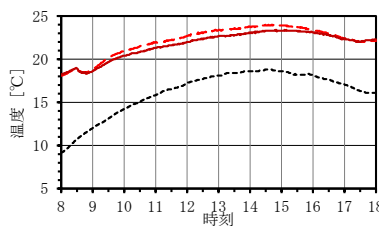


(3) Case3 (11/16)

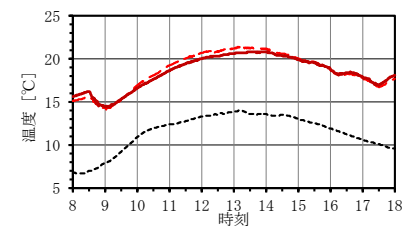
図-7 換気量・換気回数の時間変化 (各ケース代表日)



(1) Case1 (11/6)

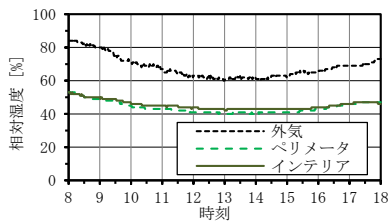


(2) Case2 (11/7)

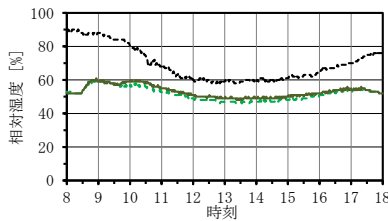


(3) Case3 (11/16)

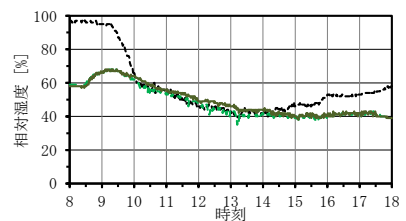
図-8 温度の時間変化 (各ケース代表日)



(1) Case1 (11/6)



(2) Case2 (11/7)



(3) Case3 (11/16)

図-9 相対湿度の時間変化 (各ケース代表日)

4.2 各ケース代表日の室内環境比較

以下では各ケースの代表日として、Case1: 11/6, Case2: 11/7, Case3: 11/16 における時間変化の比較を示す。代表日は、外部風や熱負荷条件の差が小さい場合で比較するため、卓越風向が西、外部風速が

2.0m/s 前後で変動し、屋上水平面日射量が最大 600W/m² 程度の日を選定した。ただし、Case3 を実施したのは11月中旬以降であり、外気温度が最高でも 15℃を下回っていた。

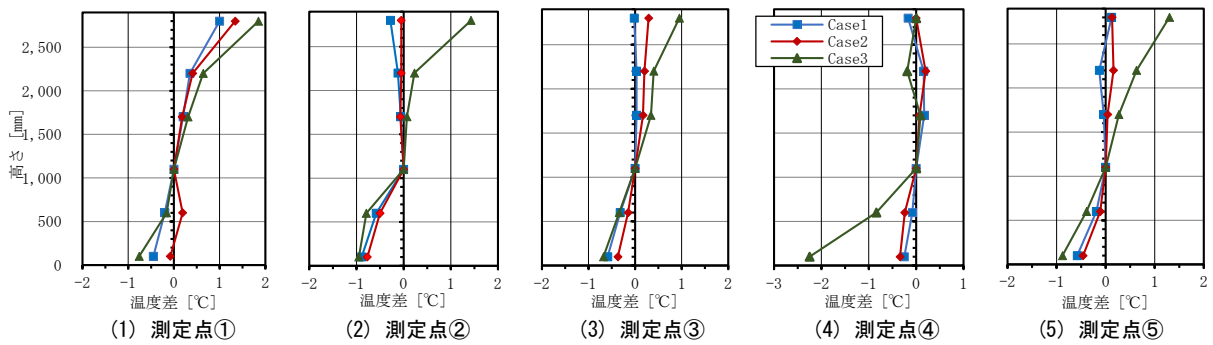


図-10 上下温度差分布 (FL+1,100mmとの差) (各ケース代表日 13:30)

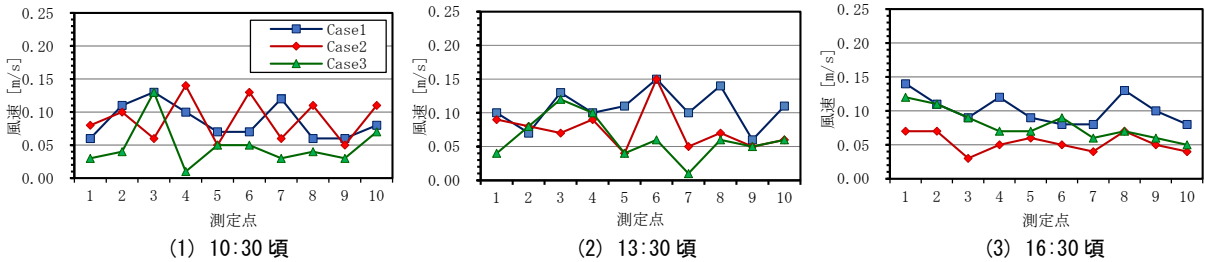


図-11 風速分布 (FL+600mm)

(1) 換気量の時間変化

図-7 に換気量の時間変化を示す。図-3 より日平均は、Case1(11/6): 290m³/h, Case2(11/7): 270m³/h, Case3(11/16): 310m³/h と、Case3 が最も多かった。いずれのケースも、自然換気開始直後から換気量が上昇して 30 分程度でピークに達した。

(2) 温度の時間変化

図-8 に外気温・室温(ペリメータ: 測定点①, インテリア: 測定点③の FL+1,100mm)の時間変化を示す。いずれのケースも自然換気開始時点 8:30 の室温と外気温の差は 10℃程度と大きく、窓開放直後に換気量が大きく増加していたのは温度差換気によるものと言える。その後は自然換気により室温が下がり、外気との温度差が小さくなるにつれて換気量も減少した。9:00~15:00 に関して Case1, 2 の温度差は Case3 に比べ小さかったものの、換気量は Case3 より多かったのは、風向が南寄りになり、外部風の影響を直接受けるようになったためである。

Case2, 3 は自然換気開始から 30 分後まで室内の温度が 1~2℃下がり、その幅は Case1 より大きかった。給気口の高さの関係で居住域高さへの直接影響があったと考えられる。

9:00~16:00 におけるペリメータの温度は、インテリアより 1℃程高く推移しており、外気導入による温度低下効果よりも外装からの熱の影響が大きかった。

(3) 湿度の時間変化

図-9 に相対湿度の時間変化を示す。Case2, 3 は自然換気開始から 30 分後までに 10%程度相対湿度が上がった。しかしながら、日中は外気の湿度が下がり、室内の湿度も 40~50%で安定していた。

(4) 室内上下温度分布

図-10 に、各ケース代表日 13:30 の測定点①~⑤における、FL+1,100mm に対する温度差の上下分布を示す。Case1, 2 はペリメータから室内側に進むに連れ

上下温度差が小さくなる傾向であった。一方、Case3 は廊下側の測定点でも上下温度差が大きく、特に足元 FL+100mm において FL+1,100mm との温度差が測定点④で 2.4℃、測定点⑤で 0.9℃であった。下段開口から低温の外気が流入し、床面付近で室内へと広がったと考えられ、温熱環境の悪化が懸念される。

(5) 室内風速分布

図-11 に移動測定の風速分布を示す。いずれの測定回・測定点においても、風速は 0.15m/s 以下であった。13:30 頃は、測定点 5~10 において Case1 は他 2 ケースより若干風速が大きめであった。16:30 頃の測定時は、Case1 は換気量が少ないにもかかわらず最も風速が大きく、気流感を得る効果が期待された。

5. おわりに

実証建物において秋期に自然換気を実施し、事務室の給気口を変えて換気量と室内環境の測定を行った。以下の結果を得た。

- 1) 自然換気による室内熱負荷除去率は、上段開口給気の場合が最も大きい結果であった。
- 2) 外部風速や室内外温度差が大きい場合は換気量が多くなるが、それらと換気量の明確な比例関係は無かった。
- 3) 中段・下段開口給気の場合、居住域高さの温度や湿度は、自然換気開始直後に大きく変化した。
- 4) 下段開口給気の場合、室内の上下温度差が大きくなり、温熱環境が悪くなる可能性がある。
- 5) 上段開口給気の場合、室内奥側まで気流が届き換気がなされ、気流感を得る効果が期待された。

参考文献

1) 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1) 環境技術実証建物の概要と外装 3 種類の熱性能および自然換気に関する検証」, 戸田建設技術研究報告第 43 号, 2017.11