

冬場における公共施設の換気に関する考察 A Case Study on Ventilation of Public Facilities in Winter

乃村 能成¹⁾ 松井 隆²⁾ 田村 大輔²⁾ 梶田 康生³⁾
Yoshinari Nomura Takashi Matsui Daisuke Tamura Yasuo Kajita

1. はじめに

厚生労働省は、冬場の「換気の悪い密閉空間」における換気の方法を発表し、その中で冬場においても室温を下げすぎないような換気方法を説明している [1]。公共施設、特に子供から高齢者まで幅広い層が利用する施設では、空気の清浄に加えて快適な気温の維持にも配慮する必要がある。また、過度な換気は、そのための労力や空調費の上昇にもつながるため、施設の実状に合った対応が求められる。

そこで、換気業務が CO₂ 濃度や気温に与える影響について調査すべく、公共施設の 1 つである図書館に環境センサを設置する実験を行った。本稿では、その詳細と結果について述べる。実験の結果、環境センサを設置し測定結果に基づく適切なタイミングで換気を行うことによって、さらなる環境改善や空調費用の節減につながる可能性を確認した。

2. 冬場における換気

厚生労働省は、冬場の換気について「居室の温度および相対湿度を 18℃ 以上かつ 40% 以上に維持できる範囲内で、暖房器具を使用しながら、一方向の窓を常時開けて、連続的に換気を行うこと」としている [1]。また、「必要換気量を満たしているかを確認する方法として、二酸化炭素濃度測定器を使用し、室内の二酸化炭素濃度が 1000 ppm を超えていないかを確認することも有効です」としている。

公共施設でも、密閉空間における感染症などへの対策から換気を励行している。一方で、子供から高齢者まで幅広い層が利用する公共施設では、換気による気温や湿度の低下も問題となる。ここで、気温を 18℃ 以上かつ相対湿度 40% 以上に保ちつつ換気を行う根拠は、WHO による調査結果「18℃ を下回る環境では、高齢者の血圧が有意に上昇するなど、健康への影響がある」に基づくと参考資料内で示されている [2]。

3. 実験

3.1 施設概要

冬場の公共施設における換気に関する調査について、倉敷市立中央図書館様に協力いただいた。

倉敷市立中央図書館は、倉敷市の中心部である美観地区に程近い場所に位置する図書館で、蔵書数は、約 60 万冊、延床面積は 4,868 平方メートルである。実験の実施期間における 1 日の来館者数は、延べ 1,000 から 2,000 人程であった。開館時間は、土曜日を含めた平日は 9 時から 19 時の 10 時間、日曜祝日は 10 時から 18 時の 8 時間である。

当施設では、実験の実施期間当時、感染症対策の観点

- 1) 岡山大学学術研究院自然科学学域, Faculty of Natural Science and Technology, Okayama University
- 2) 山田電建株式会社, Yamada Denken Co., Ltd.
- 3) ICT 岡山研究所, ICT Okayama Laboratory

表 1 環境センサの設置場所と設置期間

No	設置場所	面積 (m ²)	設置期間
1	1F 雑誌閲覧コーナー	210	01/13~2/24
2	1F こどもしつ	390	12/28~2/24
3	2F 読書室	130	12/28~2/24

から、1日3回、10:30、13:00、15:00 に 15 分間程度、窓を開けることで換気を実施していた。

3.2 環境センサと集計システム

実験では、換気の効果の指標として、館内の CO₂ 濃度を用いる。また、あわせて気温の変化をみることで、換気の効果とそれに伴う気温への影響も調査する。そこで、CO₂ 濃度と気温を収集し、蓄積および分析するために環境センサと集計システムを新規に製作および構築した。以下に環境センサと集計システムの概要について説明する。

• 環境センサ

環境センサは、NDIR 方式の CO₂ 濃度センサ、気温と相対湿度のセンサ、制御用のマイコンからなる。環境センサは、Wi-Fi に接続し、測定データを約 1 分に 1 回の頻度で指定された MQTT サーバへ送信する。

• 集計システム

集計システムは、データ集約と閲覧の機能を備えており、オープンソースである openHAB [3] を基盤としている。openHAB は、元来ホームオートメーションシステムであるが、本実験では、小規模な IoT 機器の管理システムとして用いられている。本システムは、Web ユーザインタフェースを備え、環境センサの登録、収集したデータの永続化、閲覧やグラフ化が可能である。

また、ホームオートメーションシステム本来の利用方法と同様に測定データに基づく他の IoT 機器の操作を自動化する機能も備えている。さらに、建物の見取図を背景画像として、測定データを見取図上にマッピングして表示する機能を持つ。これによって、ダッシュボードや公共施設に設置するサイネージといった用途にも応用できる。

3.3 実施内容

実験では、館内の 3 ヶ所に環境センサを設置し、集計システムによる記録と可視化を行った。具体的には、換気による CO₂ 濃度低下の効果と換気に伴う気温の変化を測定して記録するとともに、1F カウンター横に大型モニタを設置し、リアルタイムに CO₂ 濃度を表示し、来館者にも測定結果が分かるようにした。

表 1 に環境センサの設置場所とそれらの面積、および設置期間を示す。

環境センサの設置場所は、1F に 2 ヶ所、2F に 1 ヶ所

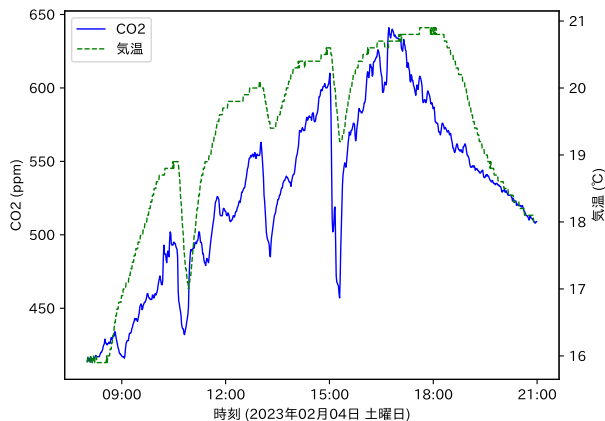


図1 1F 雑誌閲覧コーナーのCO2濃度と気温時間的変化
2023年2月4日(土)9時開館, 19時閉館
10:30, 13:00, 15:00頃に換気をしている様子が分かる

とした。環境センサの設置期間は、2022年12月28日から、翌年2月24日までである。実験の期間中、666,760点のデータを収集した。

3.4 実験結果

実験期間において、3ヶ所のCO2濃度、気温を記録した。得た結果とそれに対する考察を以下に示す。

1. CO2濃度は来館者数をおおむね反映している。

CO2濃度は、施設の混雑具合を反映していると考えられる。つまり、センサを適切に配置していれば、来館者数に応じてCO2濃度の上昇を観測する頻度も多くなるはずである。

そこで、まず、設置した3つの環境センサの稼働状況と設置場所の妥当性の確認のために、環境センサから得られたCO2濃度のデータと来館者数の相関を計算した。結果、3つの環境センサが同時に安定稼働している1月13日から2月23日(内、開館日は31日)の期間において、CO2濃度と来館者数との正の相関を確認した。

具体的には、各開館日において開館時間内のCO2センサの測定値の合計を開館時間で割ったものとその日の来館者数の関係から相関係数0.74という正の相関を得た。このことから、設置した3つの環境センサの設置場所は妥当で、CO2濃度の測定値が館内の空気清浄度合を反映していると考えられる。

2. CO2濃度は低いレベルに保たれている。

2023年2月4日(土)における1F雑誌閲覧コーナーのCO2濃度と気温の時間的変化を図1に示し、以下に説明する。

図1を見ると、CO2濃度のピークは、650ppmを越えない程度にとどまっている。この日は、実験期間中の平日(=開館時間が長い)では最多の来館者数(全体でも3番目)となった日である。厚生労働省によるとCO2濃度は、1000ppmを越えないように換気をすべきだとされているが、実験の全期間を通して1000ppmを越えたのは、全測定箇所を通算3回、合計時間にして8分程度であった。

この結果から、建物が一部吹き抜けの構造を取っていることもあり、通常の来館者数の日においては、換気の頻度を導いた際の想定ほどはCO2濃度

が増加していないことが分かった。

3. 換気はCO2濃度を効果的に低下させている。

図1から、10:30, 13:00, 15:00の3回の換気の様子がよく分かる。換気によってCO2濃度が素早く低下していることが分かる。

このことから、環境センサの値を頼りにして、CO2濃度が1000ppmを越える、あるいはその付近の値を観測してから換気を開始しても問題ない程度に換気的能力が高いといえる。また、もともとCO2濃度は低いレベルに保たれていることから、環境センサを適切に配置して、その値を目安にした換気をすることで、従来の1日3回、一律15分間といった換気を簡易化できるのではないかといえる。

4. 換気による気温低下は避けられない。

図1から、3回の換気共に気温も下降していることが分かる。実験では、おおむね1°Cから2°C程度の気温の低下が観測された。

早朝の外気が低く(この日の最低気温は、 -0.7°C であった)、開館間もない時間帯は、室温が十分に上昇していない。また、来館者もまだ少ないため、CO2濃度も上がっていないことを考えると、寒い日の朝など、時間帯と来館者数によっては、室温の確保を優先したほうが快適であると考えられる。

4. おわりに

本稿では、冬場における公共施設の換気に関する調査について述べた。調査の結果、いくつかの知見を得た。まず、比較的小数の環境センサでも、設置場所を吟味することで、館内の混雑度を推定できることが分かった。特に図書館の場合は、オープンスペースであるため、設置箇所の最適化の効果が大きいと思われる。

次に、換気の空気清浄効果は大きいですが、気温低下を免れないため、環境センサによってリアルタイムでCO2濃度や気温を監視することで、換気のタイミングと頻度を管理することの効用は大きいといえる。

残された課題として、換気の業務自体をIoTスイッチによる換気扇などと連動させることで、換気にかかる労力の低減と気温低下を抑える手法についての検討がある。

謝辞

本研究の一部は、倉敷市の実証実験サポート事業(2022年度)[4]による。

参考文献

- [1] 厚生労働省: 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法, (オンライン), 入手先(https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_15102.html) (参照2023-06-04).
- [2] 厚生労働省: [参考資料] 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について, (オンライン), 入手先(<https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/000698849.pdf>) (参照2023-06-04).
- [3] openHAB community: openHAB, (online), available from (<https://www.openhab.org/>) (accessed 2023-06-04).
- [4] 倉敷市: 実証実験サポート事業(2022年度), (オンライン), 入手先(<https://www.city.kurashiki.okayama.jp/39576.htm>) (参照2023-06-04).