

大田区立龍子記念館展示室内の換気状況調査結果

慶應義塾大学理工学部応用化学科 教授 奥田知明

1. 調査概要

2021年8月21日に大田区立龍子記念館展示室内の換気状況の調査を行った。具体的には、展示室内でドライアイスを使用してCO₂ガスを発生させ、複数地点に設置したCO₂計により空気中のCO₂濃度を計測し、その減少速度より展示室内の換気状態を推定した。

2. 今回の実験の限界（問題点）

展示室内は空間的に非常に広いため、トレーサーCO₂は空間的に不均一である可能性がある。今回はCO₂濃度・温度・湿度以外の諸条件（空調吹出口や吸込口における実風量など）の測定は行っていない。

3. 調査条件

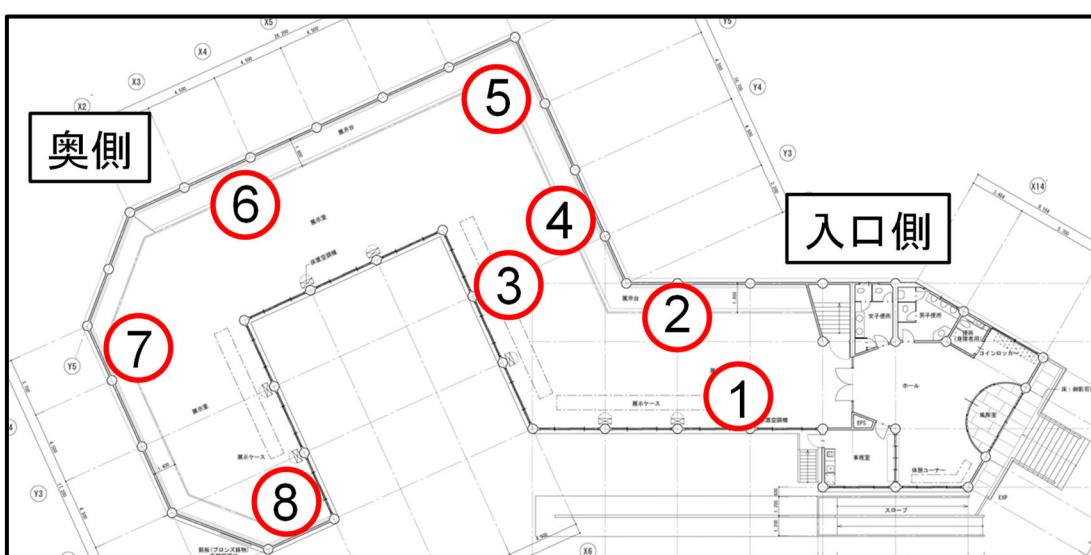
大田区立龍子記念館展示室 容積 2,418 m³

換気風量 弱 : 390 m³/h × 3台 = 1,170 m³/h 理論換気回数 0.48 回/h

換気風量 強 : 500 m³/h × 3台 = 1,500 m³/h 理論換気回数 0.62 回/h

CO₂濃度計 (T&D, TR-76Ui) • CO₂センサ : NDIR (非分散型赤外線吸収法)

• 温度センサ : サーミスタ (測温抵抗体) • 湿度センサ : 高分子膜抵抗式



実施事項（時系列）

- 9:10 ドライアイス放出開始、エアコン常時 ON、換気 OFF
- 9:45 静置開始、攪拌ファン ON
- 10:20 換気（弱）スタート、攪拌ファン OFF
- 11:20 換気（強）スタート
- 12:20 測定終了

4. 調査結果

換気条件（弱）において、CO₂濃度の減衰を指數関数近似した定数（＝局所換気回数 [回/h]）を計算したところ、その平均値±標準偏差は 0.42 ± 0.05 回/h であり、0.34～0.48 回/h の範囲となった。これは外気導入量を考慮した換気設備から計算される理論換気回数 0.48 回/h の約 88%であった。一方、換気条件（強）における局所換気回数は 0.50 ± 0.04 回/h であり、0.44～0.55 回/h の範囲となった。これは外気導入量を考慮した換気設備から計算される理論換気回数 0.62 回/h の約 81%であった。なお換気条件（強）の方が、（弱）の時と比べて場所ごとの違いが小さくなった。

Table 1 大田区立龍子記念館展示室における換気状況調査結果(トレーサー:CO₂) (2021/8/21 実施)

No.	局所換気回数(回 / h)	
	弱設定	強設定
1 入口側	0.47	0.51
2	0.45	0.55
3	0.38	0.44
4	0.34	0.54
5	0.38	0.50
6	0.45	0.51
7	0.48	0.47
8 奥側	0.46	0.51
平均値	0.42	0.50
標準偏差	0.05	0.04
設備値	0.48	0.62
能力比	88%	81%

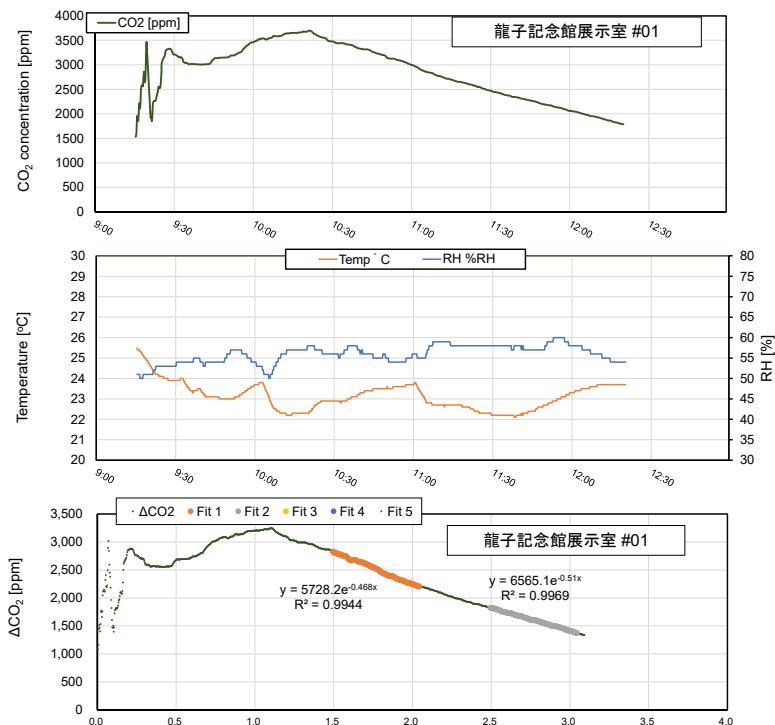


Fig. 1 大田区立龍子記念館展示室における換気状況調査結果の例(2021/8/21 実施)

5. 調査結果と換気シミュレーターによる、現実的な運用方法の一例

まず、大田区立龍子記念館展示室の設備能力上の換気回数 0.62 回/h（強設定）を想定し、常時 50 人の観覧客がいた場合を想定して、CO₂濃度による換気状態シミュレーションを実施した結果を Fig. 2 に示す。その結果、推定される換気量は 1 人あたり 30 m³/h であり、開館時間中の CO₂ 濃度は常に 1,000 ppm を下回ることが予測された。これは厚生労働省が推奨する換気量の目安（基準）を満たしている。

一方、常に換気設定を（強）とする運用は冷暖房効率を下げることにつながる。特に博物館の展示室では一般的な空間よりもより厳密な温湿度の管理が要求される。そこで、より現実的な条件として、観覧客は平均して常時 33 人（50 人の 2/3）、換気設定を（弱）とし、換気回数を実測値の 0.42 回/h とした場合のシミュレーション結果を Fig. 3 に示す。この場合であっても、推定される換気量は 1 人あたり約 30 m³/h であり、開館時間中の CO₂ 濃度は常に 1,000 ppm を下回ることから、厚生労働省の換気量基準を満たすことが推定された。

以上の結果より、当面は換気設定を（弱）として運用しつつ、CO₂ 濃度を継続的にモニタリングし、もし CO₂ 濃度が 1,000 ppm を上回ることが続くようなことがあれば、換気設定を（強）にするか、もしくはさらに人数制限をかけるなどの対応をとる、といった運用が現実的であると考えられる。

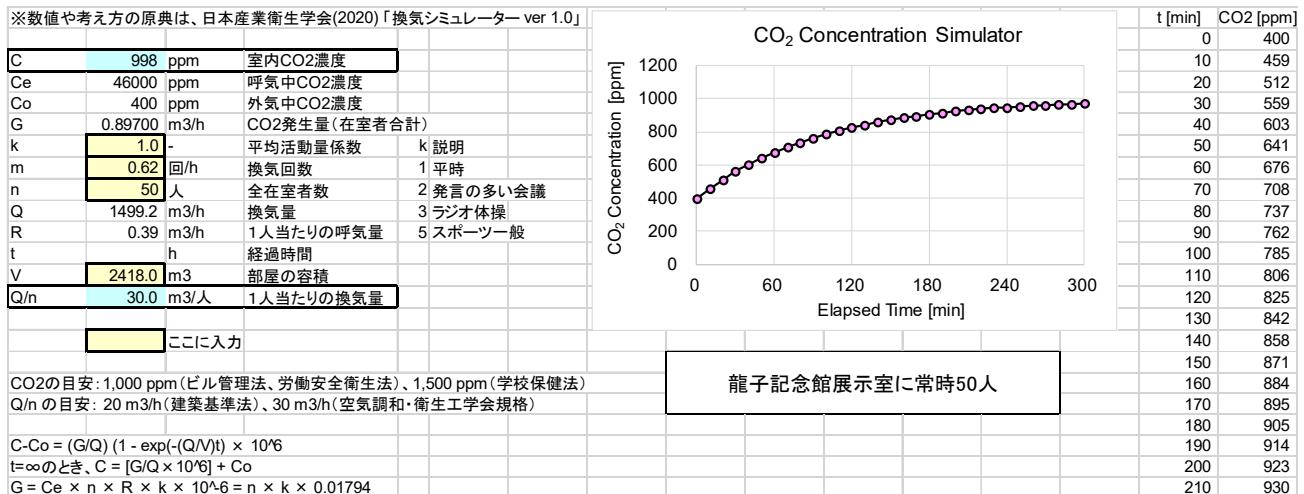


Fig. 2 換気シミュレーションにて換気設定（強）・観覧客数を常時 50 人と仮定した場合の換気状態推定結果

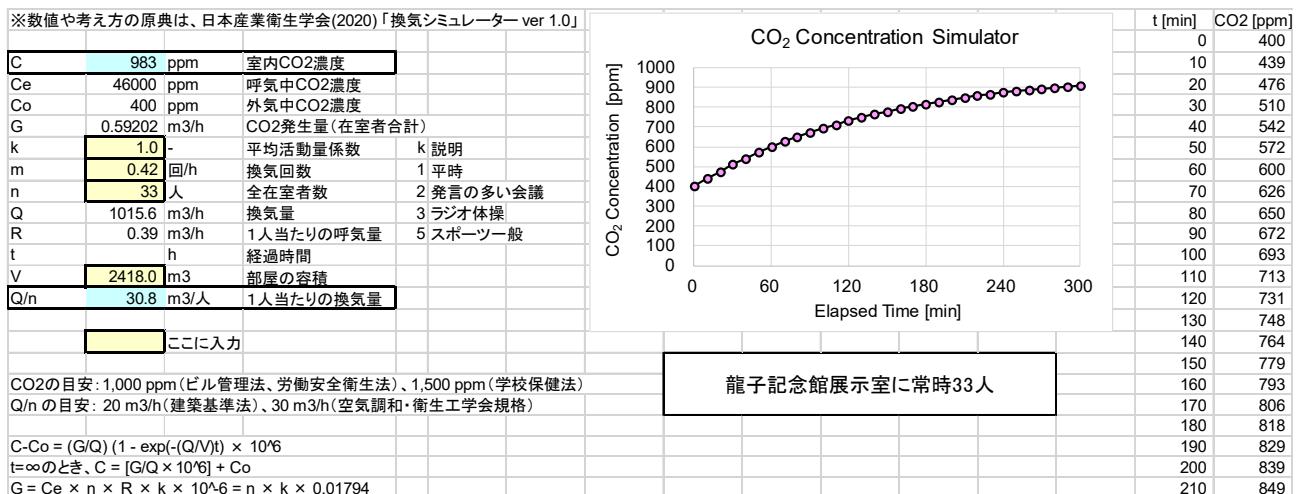


Fig. 3 換気シミュレーションにて換気設定（弱）・観覧客数を常時 33 人と仮定した場合の換気状態推定結果

■補足・免責事項

この報告書の内容に基づいた行動の結果いかなる不利益を被ったとしてもそれに対する責任を負うことはできない。感染症のリスクは換気だけで決まるわけではなく、他の対策も同時に取ることが前提である。本稿は 2021/8/21 時点の著者個人の知見に基づいて執筆されており、所属機関やその他の組織の意見を代表するものではない。著者は粒子計測に関しては複数年の経験を持つものの、今回のような建物内の調査を長年専門としてきたわけではない。本報告書には実験事実を示してあるが、その解釈についてはより多くの議論がなされるべきと考える。本報告書が、科学的根拠に基づいた様々な感染症対策を考える上での契機になれば幸いである。

■謝辞

今回の計測では、大田区文化振興協会の皆さんをはじめ多くの関係者にご尽力をいただきました。調査機材の調達には、慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート・KGRI 新型コロナウイルス危機研究：実践的メドテックデザインプロジェクト～緊急対応からの学びとポストコロナ時代（K-Med: Keio Medtech Design Project）、慶應義塾大学新川崎先端研究教育連携スクエア・超実践型人間環境化学社会実装プロジェクト（SPHERE-UP: Super Practical Human and Environmental Research enforcing Application and Social Implementation Project）の支援を受けました。また有志研究チーム MARCO (Mass gathering Risk Control and Communication) からは多くのご示唆をいただきました。ここに記し感謝の意を表します。

以上