



いわゆるクラスター感染事例の多くが CO<sub>2</sub> 濃度 4,000 ppm を超えるような空間で頻発していること<sup>2)3)</sup>や、実際の空間利用環境において CO<sub>2</sub> 濃度を測定することで必要に応じた対策を実施可能なこと<sup>2)4)</sup>から、今後は現状のまま通常通りの施設の稼働を続けながら継続的な入場人数と CO<sub>2</sub> 濃度の記録を取り、実際のデータに基づいた換気対策を実施することが望ましいと考えられる。



Fig. 1 アプリコ展示室における換気状況調査の様子 (2023/4/18 実施)

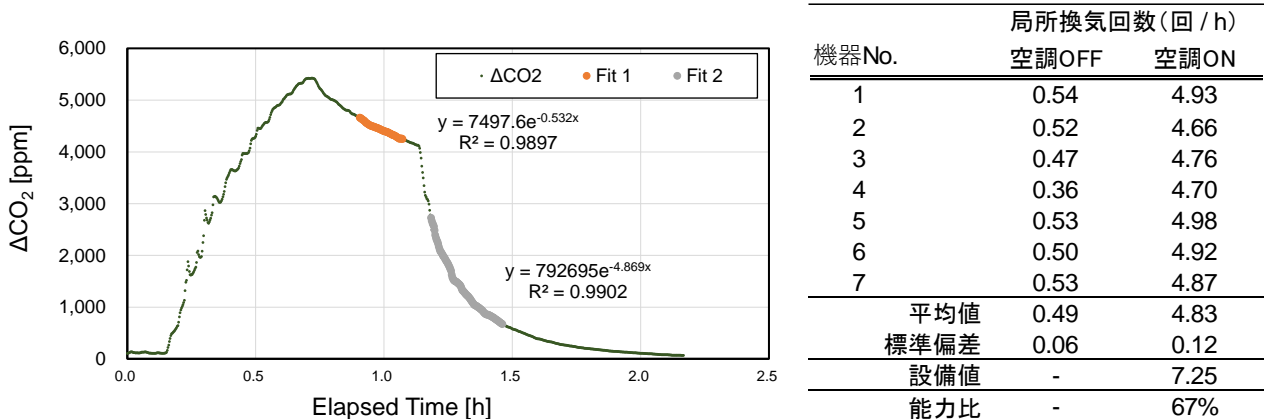
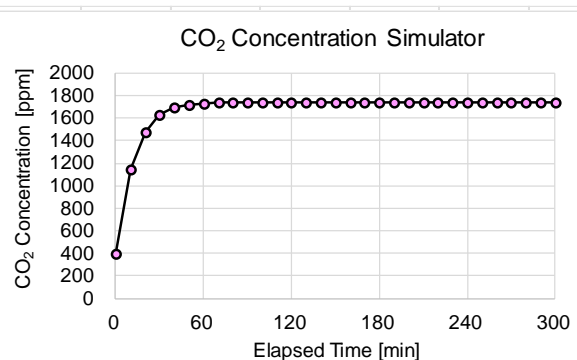


Fig. 2 アプリコ展示室調査時の CO<sub>2</sub> 濃度推移データと局所換気回数

※数値や考え方の原典は、日本産業衛生学会(2020)「換気シミュレーター ver 1.0」

C	1747	ppm	室内CO2濃度
Ce	46000	ppm	呼気中CO2濃度
Co	400	ppm	外気中CO2濃度
G	7.17600	m3/h	CO2発生量(在室者合計)
k	1.0	-	平均活動量係数
m	4.83	回/h	換気回数
n	400	人	全在室者数
Q	5328.8	m3/h	換気量
R	0.39	m3/h	1人当たりの呼気量
t		h	経過時間
V	1103.3	m3	部屋の容積
Q/n	13.3	m3/人	1人当たりの換気量



CO<sub>2</sub>の目安: 1,000 ppm (ビル管理法、労働安全衛生法)、1,500 ppm (学校保健法)  
Q/nの目安: 20 m<sup>3</sup>/h (建築基準法)、30 m<sup>3</sup>/h (空気調和・衛生工学会規格)

大田区民ホール・アプリコ展示室に  
400人(定員の100%)

Fig. 3 アプリコ展示室の換気回数実測値を用いた換気状態推定結果

#### 4. 調査結果（アプリコ・小ホール）

##### (a) 換気設備

概算気積(CAD 拾い) 1,007 m<sup>3</sup> 空調風量 14,600 m<sup>3</sup>/h (外気量 3,700 m<sup>3</sup>/h)  
理論換気回数 14.5 回/h (外気のみ考慮 3.7 回/h)

##### (b) 実験装置

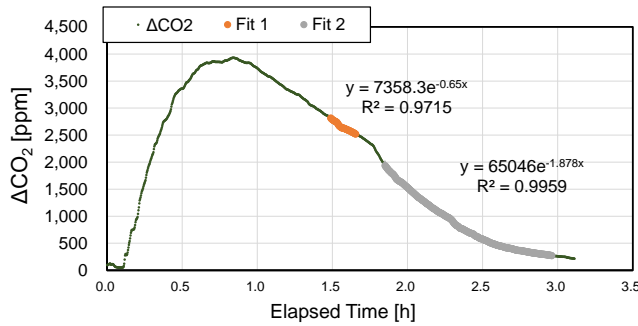
- ・ CO<sub>2</sub> 濃度計 (T&D, TR-76Ui)
- ・ CO<sub>2</sub> センサ : NDIR (非分散型赤外線吸収法)
- ・ 温度センサ : サーミスタ (測温抵抗体)
- ・ 湿度センサ : 高分子膜抵抗式

##### (c) 実験結果

この調査では、サーキュレーターを稼働させた状態の空間においてペレット状ドライアイス約 15 kg を用いてトレーサーとなる CO<sub>2</sub> を発生させ、一定時間待機して空間内のトレーサー濃度を安定させた後に換気設備を稼働させ、トレーサー濃度の減衰から換気速度の推定を行った (Fig. 4)。計測装置を設置した3箇所における局所換気回数を計算したところ、1.81~1.88 回/時間となった (Fig. 5)。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 3.67 回/時間の約 50% の数値であった。また、計測位置による局所換気回数の違いはほぼ見られなかった。実測された換気回数の平均値 1.85 回/時間を想定し、展示室内人数に定員 (175 人) を入力して CO<sub>2</sub> 濃度による換気状態シミュレーションを実施した結果、イベント開始後約 2 時間経過した定常状態の CO<sub>2</sub> 濃度は約 2,000 ppm となることが推定された (Fig. 6)。これは、建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (ビル管理法) や労働安全衛生法の基準である 1,000 ppm や、学校保健安全法に基づく学校環境衛生基準である 1,500 ppm を上回っているものの、これまでに発生した新型コロナウイルス感染症のいわゆるクラスター感染事例の多くが CO<sub>2</sub> 濃度 4,000 ppm を超えるような空間で頻発していること<sup>23)</sup>や、実際の空間利用環境において CO<sub>2</sub> 濃度を測定することで必要に応じた対策を実施可能なこと<sup>24)</sup>から、今後は現状のまま通常通りの施設の稼働を続けながら継続的な入場人数と CO<sub>2</sub> 濃度の記録を取り、実際のデータに基づいた換気対策を実施することが望ましいと考えられる。



Fig. 4 アプリコ小ホールにおける換気状況調査の様子 (2023/4/20 実施)

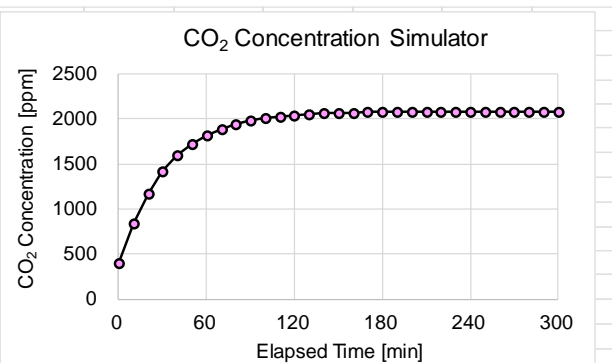


機器No.	局所換気回数(回/h)	
	空調OFF	空調ON
1	0.77	1.81
2	0.70	1.85
3	0.65	1.88
平均値	0.71	1.85
標準偏差	0.06	0.03
設備値	-	3.67
能力比	-	50%

Fig. 5 アプリコ小ホール調査時のCO<sub>2</sub>濃度推移データと局所換気回数

※数値や考え方の原典は、日本産業衛生学会(2020)「換気シミュレーター ver 1.0」

C	2085	ppm	室内CO <sub>2</sub> 濃度
Ce	46000	ppm	呼気中CO <sub>2</sub> 濃度
Co	400	ppm	外気中CO <sub>2</sub> 濃度
G	3.13950	m <sup>3</sup> /h	CO <sub>2</sub> 発生量(在室者合計)
k	1.0	-	平均活動量係数
m	1.85	回/h	換気回数
n	175	人	全在室者数
Q	1863.3	m <sup>3</sup> /h	換気量
R	0.39	m <sup>3</sup> /h	1人当たりの呼気量
t		h	経過時間
V	1007.2	m <sup>3</sup>	部屋の容積
Q/n	10.6	m <sup>3</sup> /人	1人当たりの換気量



CO<sub>2</sub>の目安: 1,000 ppm(ビル管理法、労働安全衛生法)、1,500 ppm(学校保健法)  
Q/nの目安: 20 m<sup>3</sup>/h(建築基準法)、30 m<sup>3</sup>/h(空調和・衛生工学会規格)

大田区民ホール・アプリコ小ホールに  
175人(定員の100%)

Fig. 6 アプリコ小ホールの換気回数実測値を用いた換気状態推定結果

## 5. 調査結果 (アプリコ・大ホール)

### (a) 換気設備

概算気積(CAD 拾い) 29,093 m<sup>3</sup> 空調風量 115,600 m<sup>3</sup>/h (外気量 28,700 m<sup>3</sup>/h)  
理論換気回数 3.7 回/h (外気のみ考慮 0.99 回/h)

### (b) 実験装置

- CO<sub>2</sub>濃度計 (T&D, TR-76Ui)
- CO<sub>2</sub>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
- 光散乱式粒子計数器 (OPC, RION KC-01E) 流量 0.5 L/min, 粒径 0.3~10 μm
- PM2.5濃度計 (光明理化学工業, PMT-2500)

### (c) 実験結果

この調査では、サーキュレーターを稼働させた状態の空間においてペレット状ドライアイス約 160 kg を用いてトレーサーとなる CO<sub>2</sub> を、また、スモークジェネレーターを用いてスモーク粒子を発生させ、一定時間待機して空間内のトレーサー濃度を安定させた後に換気設備を稼働させ、トレーサー濃度の減衰から換気速度の推定を行った (Fig. 7)。CO<sub>2</sub>計測装置を設置した 7 箇所における局所換気回数を計算したところ、0.91~1.01 回/時間となった (Fig. 8)。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 0.99 回/時間 とほぼ一致した。また、計測位置による局所換気回数の違いはほぼ見られなかった。この結果は以前の調査結果<sup>5)</sup>とほぼ同様であり、その当時からやや改善したとも解釈できる。実測された換気回数の平均値 0.95 回/時間 を想定し、展示室内人数に定員 (1475 人) を入力して CO<sub>2</sub> 濃度による換気状態シミュレーションを実施した結果、イベント開始後約 2 時間経過した際の CO<sub>2</sub> 濃度は約 1,200 ppm となることと推定された (Fig. 9)。これは、建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (ビル管理法) や労働安全衛生法の基準である 1,000 ppm を上回るものの、学校保健安全法に基づく学校環境衛生基準である 1,500 ppm 以下となり、換気状況は比較的良好と言える。次に、OPC による粒径 0.3~0.5 μm の粒子減衰速度の測定結果を基に算出したホール内の換気回数は 1.61~2.39 回/h であり、PM2.5 計による粒子減衰速度の測定結果を基に算出したホール内の換気回数は 2.7~2.8 回/h であった。これらの結果は、外気導入による換気効果に加えて、空調機に装備されているフィルターの粒子低減効果が有効に機能していることを示していると考えられる。さらに今回の結果は前回 (2020 年 8 月, 11 月) の調査よりも粒子減衰が速くなっており、施設の改修を経て、空調機内フィルターの粒子捕集性能が向上したことを示唆している。感染症を引き起こすウイルスや細菌類等の微生物は粒子状物質の一種であるため、アプリコ大ホールにおける感染症対策としての換気状況は以前より改善されたといえる。

今後は現状のまま通常通りの施設の稼働を続けながら継続的な入場人数と CO<sub>2</sub> 濃度の記録を取り、実際のデータに基づいた換気対策を必要に応じて実施することが望ましいと考えられる。

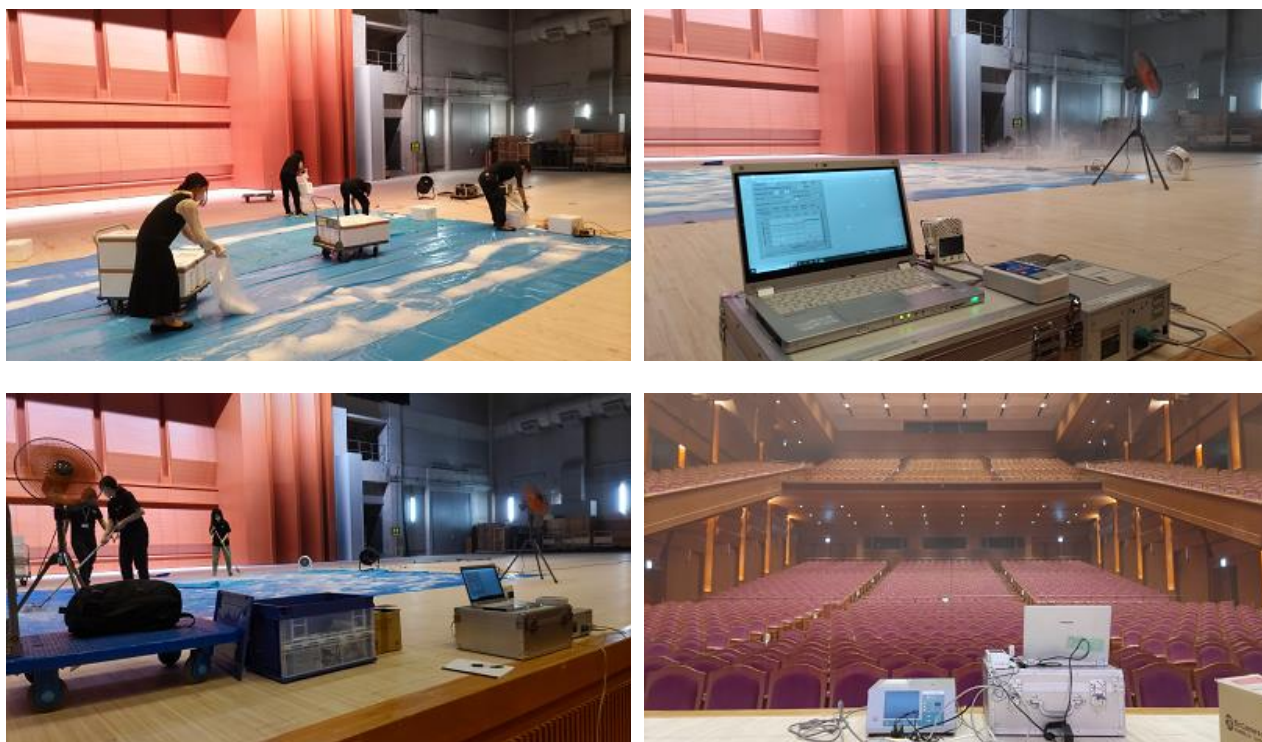


Fig. 7 アプリコ大ホールにおける換気状況調査の様子 (2023/4/20 実施)



## ■参考文献

- 1) 日本産業衛生学会 産業衛生技術部会 (2020) 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)対策用 換気シミュレーター, [http://jsoh-ohe.umin.jp/covid\\_simulator/covid\\_simulator.html](http://jsoh-ohe.umin.jp/covid_simulator/covid_simulator.html), 2023/5/6 アクセス.
- 2) 奥田知明, 村上道夫, 内藤航, 篠原直秀, 藤井健吉 (2021) ウイルス感染症対策としての CO<sub>2</sub> 濃度の利用にむけた値の解釈について, リスク学研究, 30, 4, 207-212.
- 3) 石垣陽, 横川慎二 (2022) 換気の可視化による新型コロナ感染予防, ビルと環境, 177, 19-31.
- 4) 奥田知明 (2022) 公共施設や教室等の空間における換気調査, ビルと環境, 178, 15-24.
- 5) 公益財団法人大田区文化振興協会 (2021) 大田区文化振興協会管理施設における換気状況調査の結果報告, [https://www.ota-bunka.or.jp/approach/covid19/covid19\\_report](https://www.ota-bunka.or.jp/approach/covid19/covid19_report), 2023/5/6 アクセス.

## ■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 2023/5/8 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ま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