

### 3 換気におけるCO<sub>2</sub>と粒子の挙動

奥田 知明

慶應義塾大学 理工学部 応用化学科

新型コロナウイルス (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2) は、ウイルスそのものの粒子サイズとしては50~200 nm程度であることが知られている[1][2]。しかしながら、このウイルスが単独で空気中を浮遊していることはあまり考えられない。実測データとしては、中国の武漢の病院内における空気中のSARS-CoV-2は0.01~10 μmの広い粒径範囲に分布していたが、その存在量のピークはウイルスそのもののサイズとは異なっていた、という報告がある[3]。別の報告では、SARS-CoV-2は1 μm以下の粒子からは検出されず、存在量のピークは1~4 μmだったという報告もある[4]。また、人の口から放出される粒子のうち、すぐに落下などにより環境表面に付着せずに空気中を浮遊することによりCOVID-19の感染に寄与していると考えられる粒径は3 μm前後という推定結果がある[5]。すなわち、いわゆるエアロゾル感染 (飛沫核感染) を議論する際には、その対象空間の「空気」の換気状態に加えて、粒子の挙動も合わせて考えることが非常に重要である。

CO<sub>2</sub>と粒子の両方をトレーサーとして空間の換気状況を調査した実例を示す。具体的には、2020年10月に本学の教室において、ドライアイスおよびスモーク発生装置を使用してCO<sub>2</sub>と粒子を発生させ、複数地点に設置した計測装置によりトレーサー濃度を計測し、それぞれの減少速度より空間内の換気状態を推定した。設計値は、教室容積1,156 m<sup>3</sup>、空調風量14,010 m<sup>3</sup>/h、外気量4,470 m<sup>3</sup>/h、理論換気回数 (外気) 3.9 回/hである。実験装置は、CO<sub>2</sub>濃度計 (T&D, TR-76Ui, NDIR)、煙粒子発生装置 (Rosco 1600 + Fog Liquid (Standard))、光散乱式粒子計数器 (OPC, RION KR-12A, 2.83 L/min, 0.3~10 μm) およびPM<sub>2.5</sub>濃度計 (光明理化学工業, PMT-2500) を用い、実験中は2台のサーキュレーターで室内空気を攪拌した。CO<sub>2</sub>の計測結果より計算された換気回数は4.9~5.2 回/時間となった。これは空調設備の外気供給量から推測される理論換気回数の3.9 回/時間よりも大きかったが、同時に測定された自然換気による換気回数が1.0~1.1

回/時間であったことを考慮すると、妥当な範囲の結果であったと言える。一方、粒子の計測結果より換気回数を計算したところ、OPCによる0.3~0.5 μmの粒子の計測結果からは10.8~11.6 回/時間、1~2 μmの粒子の計測結果からは12.8~13.4 回/時間となり、PM<sub>2.5</sub>計の結果からは22.2~23.8 回/時間となった。これらの結果はいずれもCO<sub>2</sub>による換気回数の実測値や、空調設備能力から推測される換気回数よりも大きいことから、エアコンおよび空調配管系に設置されているフィルターが有効に機能していることが示された。

- 1) Ke, Z. et al. (2020) Nature, doi:10.1038/s41586-020-2665-2.
- 2) Chen, N. et al. (2020) Lancet 395: 507-13, doi: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
- 3) Liu, Y. et al. (2020) Nature 582, doi: 10.1038/s41586-020-2271-3.
- 4) Chia, P.Y. et al. (2020) Nature Communications 11, 2800, doi: 10.1038/s41467-020-16670-2.
- 5) Prentiss, M. et al. (2020) MedRxiv, doi: 10.1101/2020.10.21.20216895 (preprint).

#### 略歴

1997年東京都立大学理学部卒業、同修士課程を経て、2002年東京農工大学大学院連合農学研究科博士課程修了、博士 (農学)。同年慶應義塾大学理工学部応用化学科助手、専任講師、准教授を経て、2020年同教授。2015年 Asian Young Aerosol Scientist Award 他受賞多数。米国ウイスコンシン大マディソン校客員講師、

日本エアロゾル学会及び大気環境学会常任理事、日本化学会環境安全推進委員会環境小委員会委員長、内閣官房新型コロナウイルス感染症対策推進室とりまとめの専門家会合委員等を歴任。