

パーティションによる エアロゾル遮蔽効果に関する実験 (速報値)

2021/10/5

本資料で示した見解は本日時点の発表者によるものです。
研究や対策が急速に進展している分野であり、新しい知見が今後加
わることによって変更される可能性があることに留意下さい。

<実験実施>

山本佳嗣 (東京工芸大学)

尾方壮行 (東京都立大学)

<実験監修>

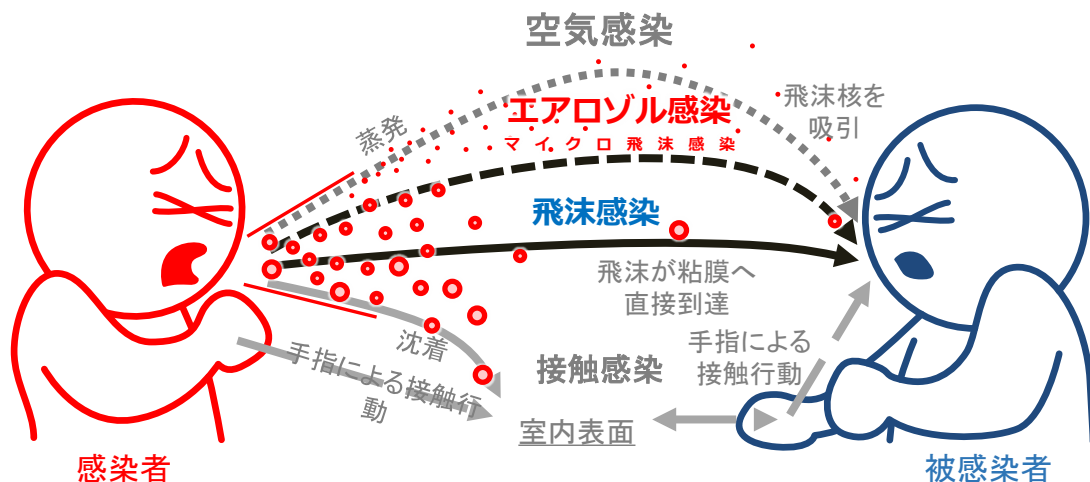
田辺新一 (早稲田大学)

林 基哉 (北海道大学)

鍵 直樹 (東京工業大学)

新型コロナウイルスの感染防止手段として、**マスクの着用やパーティションの設置**が強く推奨されています。**これらは飛沫及び比較的粒径の大きな飛沫核による感染（飛沫感染）を防止するために有効な手段である**と考えられますが、マイクロ飛沫と呼ばれるようなエアロゾル粒子による感染経路（エアロゾル感染）に関してパーティションがどのような効果を果たすのかについては知見が不足しているのが現状です。

そこで我々は、**粒径0.3~3 μ mまでのエアロゾル粒子を対象に、オフィスにおけるパーティションの形状とエアロゾル暴露量の関係について明らかにするために、人工気候室にて実験を行いました。**また、エアロゾルの挙動や拡散について可視化動画を撮影しました。これらの結果をエアロゾルの挙動を把握するための参考資料として公開致します。



飛沫感染

→マスク着用・パーティション設置が有効

エアロゾル感染

→パーティション設置による効果について知見が不足

引用：尾方壮行, 令和3年度 空気調和・衛生工学会 ワークショップ (WEB開催) 資料, 新型コロナウイルス感染対策としての空調・衛生設備の運用, 2021年9月15日

なお、**本資料はある特定の条件において実施された実験について紹介するものであり、エアロゾルに対するパーティションの有効性について結論付けるものではありません。**また、SARS-CoV-2についてエアロゾル粒子の粒径ごとのウイルス濃度や最小感染量は明らかとなっておらず、詳細な感染リスク評価に基づく対策効果の定量的な評価のためには今後の研究が待たれます。以上をご承知の上、資料をご覧ください。

【実験場所】

東京工芸大学 風工学研究センター 人工気候室

【実験期間】

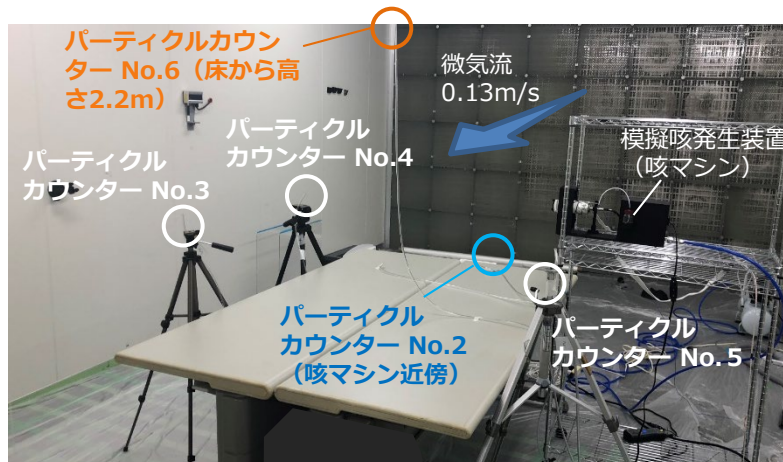
2021年8月26日～31日

【実験概要】

人工気候室内に最大4名が着席できる島型オフィスデスクを設置し、パーティションの有無による各席の呼吸域エアロゾル暴露量の変化を把握するため、模擬咳発生装置によるエアロゾルの濃度をパーティクルカウンターにて測定した。測定時には静穏気流（0.15m/s）以下の微気流

（0.13m/s）を発生させ、危険側である感染者の風下側での評価を行った。

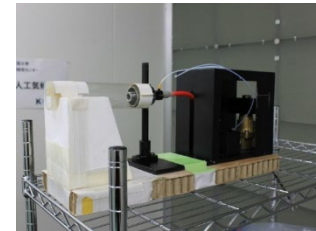
また、エアロゾルの可視化実験も行った。



人工気候室内観（島型デスク）

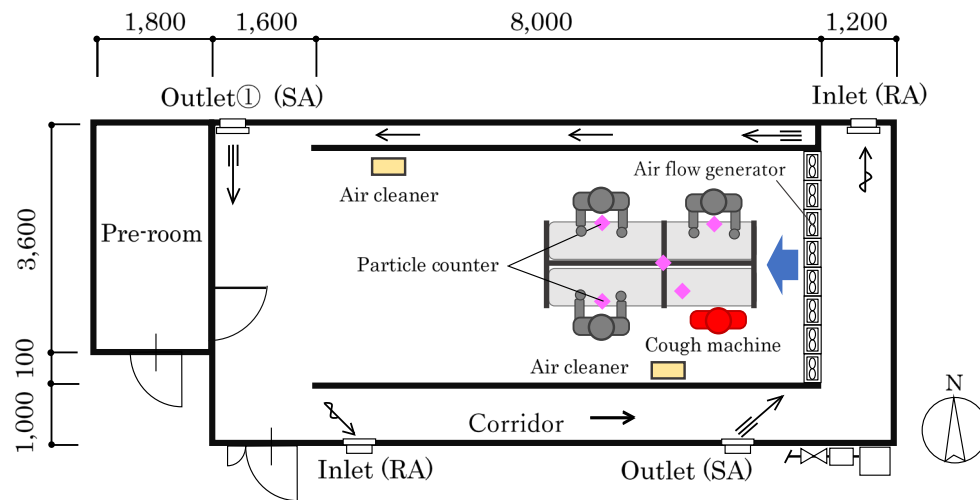
模擬咳発生装置（尾方らにより開発※）

コンプレッサーによる圧縮空気により模擬咳を噴出。水、塩化ナトリウム、グリセリンの水溶液を飛沫として用いる。飛沫量は平均11.3mg、咳吹出風量は平均0.97 L、今回は32℃の咳が放出されるようにヒーターにて加温



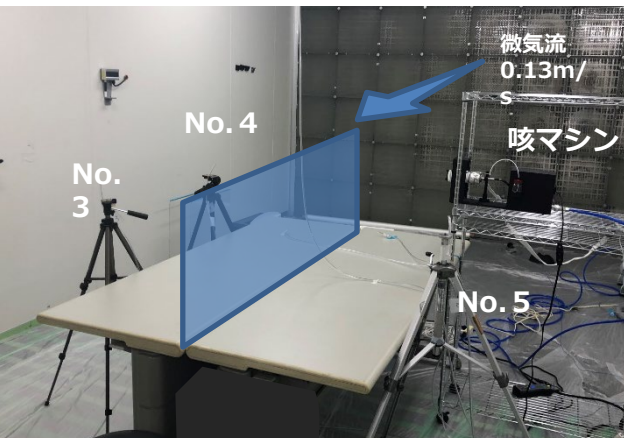
模擬咳発生装置

※尾方壮行、市川真帆、堤仁美、有賀隆男、堀賢、田辺新一：模擬咳発生装置による飛沫沈着量分布の測定、日本建築学会環境系論文集、Vol.83、No.743、pp.57-64、2018、doi.org/10.3130/aije.83.57

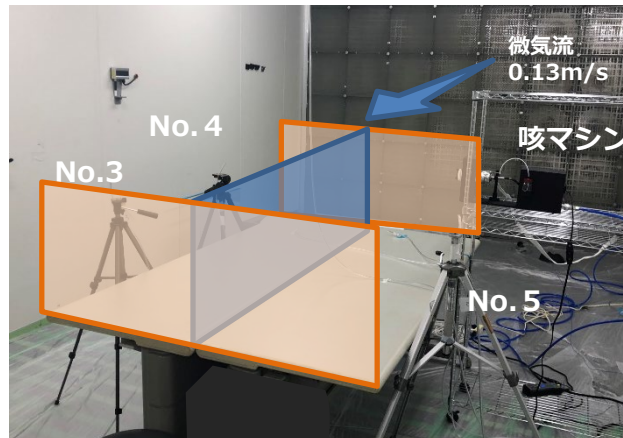


アクティブ制御マルチファン人工気候室平面図

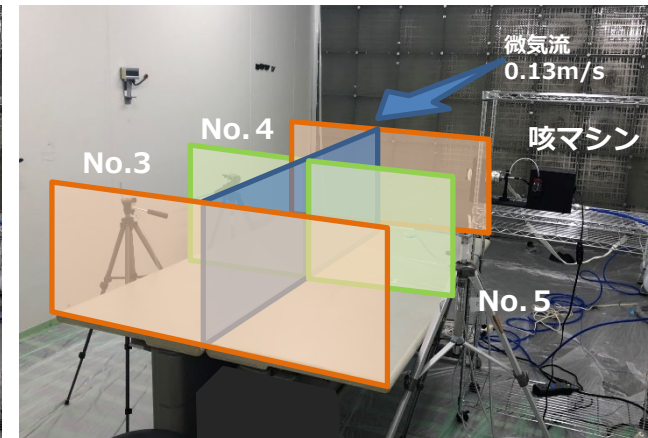
パーティション



2人ボックスパーティション



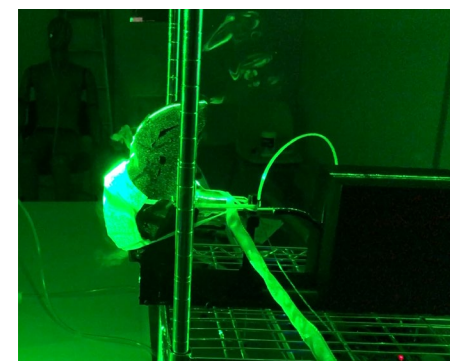
ボックスパーティション



人工気候室内に最大4名が着席できる島型オフィスデスクを設置し、模擬咳発生装置（咳マシン）にて5回咳を発生させた後の10分間のエアロゾル暴露量にて評価

パーティション無しに加え、3種類のパーティションを設置した条件にて呼吸域（No.2～5）と天井付近（No.6）でのエアロゾル濃度を測定した。

また、模擬咳発生装置に不織布マスクを設置した場合の実験も同時に行った。



マスクを付けた咳マシン

エアロゾルの可視化



クリックすると動画を見ることができます→

YouTube動画

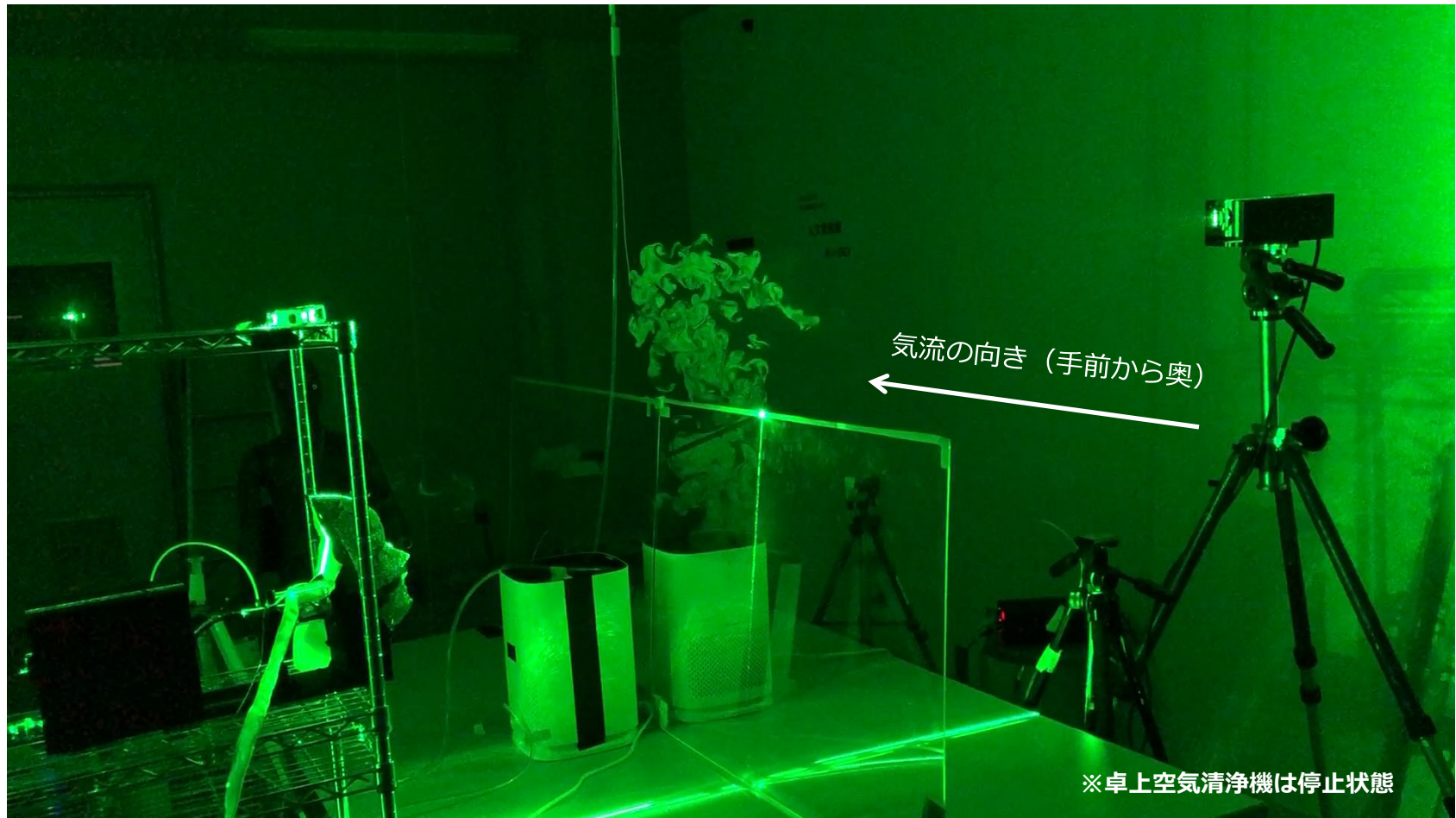
0.13m/sの微気流を発生させ、咳の温度が32℃になるようヒーターで調整した場合のエアロゾル飛散状況を示している。気流に乗ってやや上昇しながら移動する様子が確認される。

手前にあるサーマルマネキンは皮膚温度33℃一定制御で稼働し、人体ブルームを再現している。



マスクをしていない場合の咳マシンからのエアロゾルはパーティションが60cm以上あっても乗り越えるケースが見られた。

YouTube動画



0.13m/sの微気流を発生させた場合、咳で発生したエアロゾルが風下へ流され、可視化断面より消える様子が見られる。

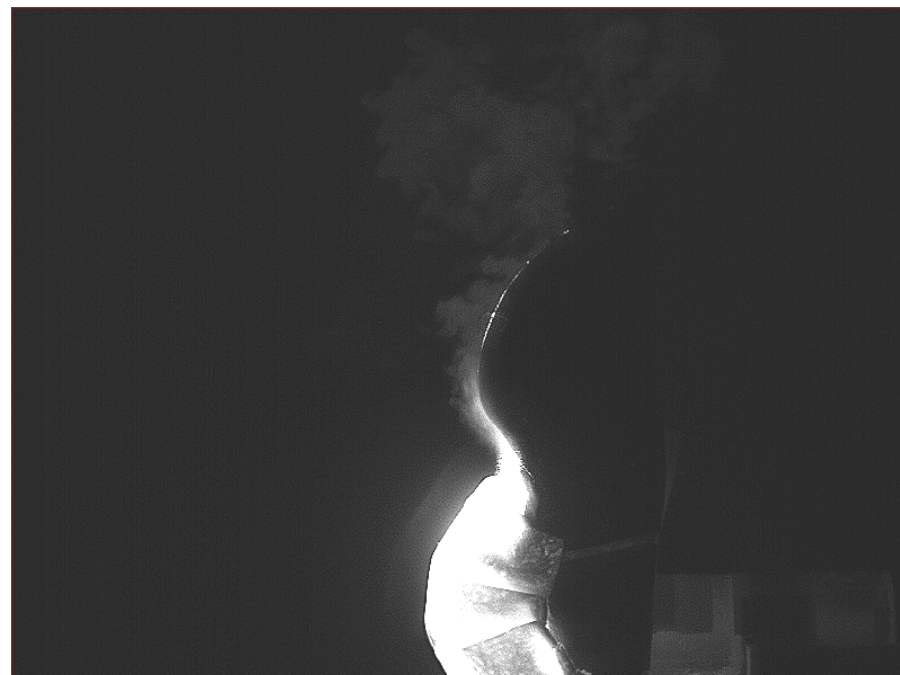
YouTube動画

咳マシンにマスクを付けた場合でも、エアロゾルがマスクの隙間より空中に放出される様子が確認された



マスクを着用させた咳マシン

YouTube動画



高速度カメラでの撮影

YouTube動画

マスク着用しないケース

パーティション廻りのエアロゾルの挙動
(濃度測定結果)

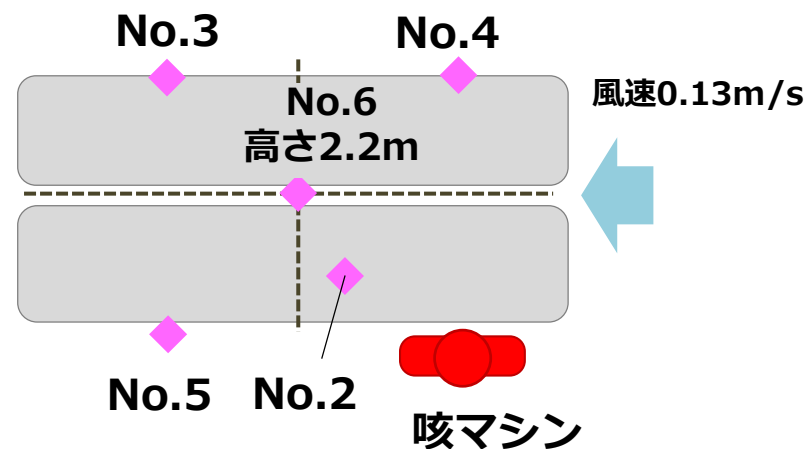
エアロゾル濃度分布の評価

体積が分かっているビニルチャンバー内でマスクをしない咳マシンにて咳を5回発生させた場合のエアロゾル発生量(粒径 $0.3\sim 3.0\mu\text{m}$)を測定し、エアロゾル発生量を 3.0×10^9 [個]と予想した。

更に発生量に対するNo2～6の各測定点での10分間のエアロゾル吸引量の割合[%]を求めた。

吸引量は人間の呼吸量を $0.5\text{L}\times 15$ 回/minと想定して計算。

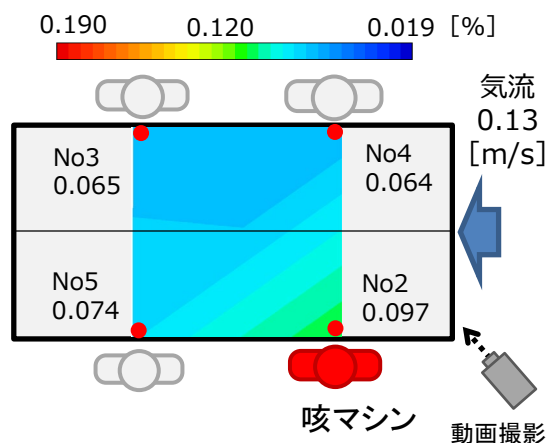
パーティクルカウンター設置位置 (平面図)



13 ①マスクなし+パーティションなし

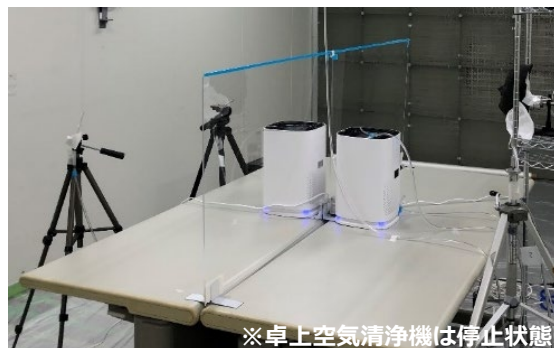


気流による空間全体への拡散が見られる

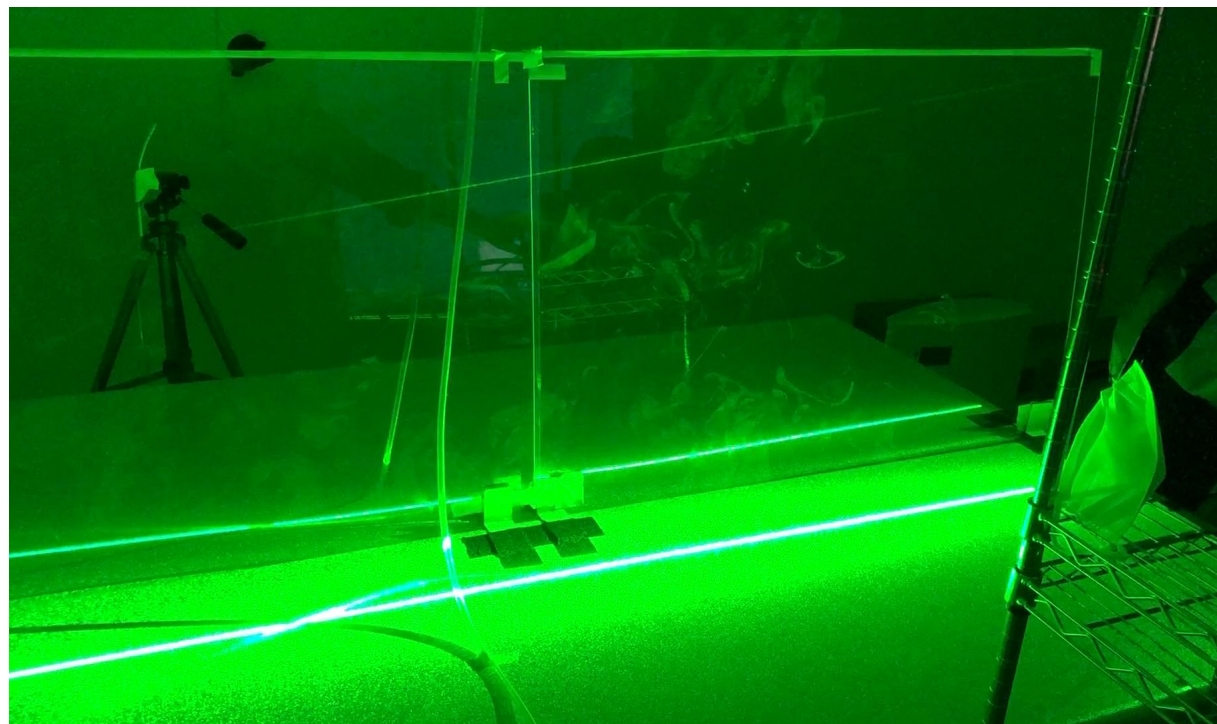
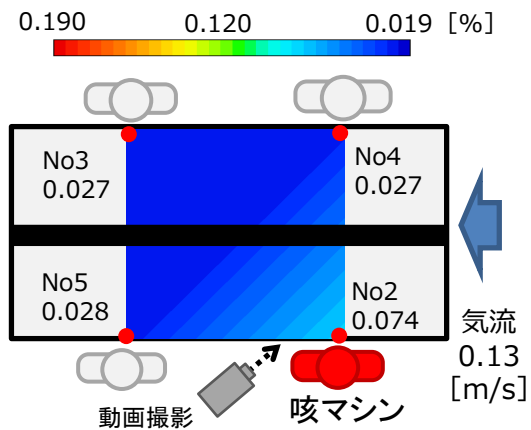


パーティションがない場合、室内気流があれば空間全体に拡散する。

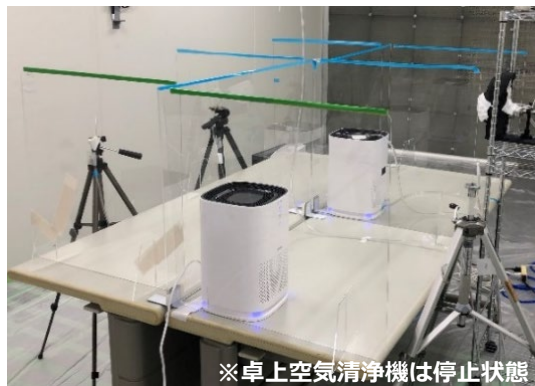
YouTube動画



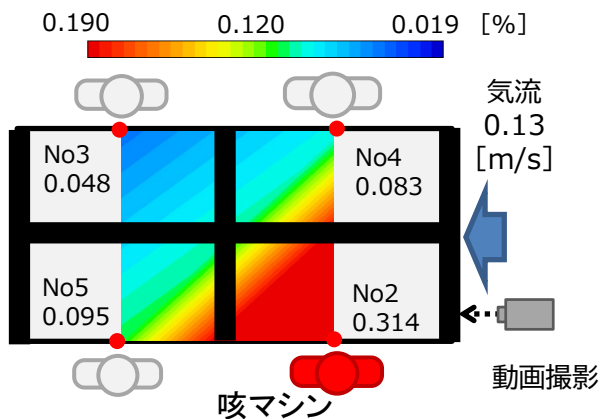
パーティションと気流によりNo3,4,5
へのエアロゾル到達量が減る



YouTube動画



ボックスパーティションに
よりNo2付近の濃度が高い

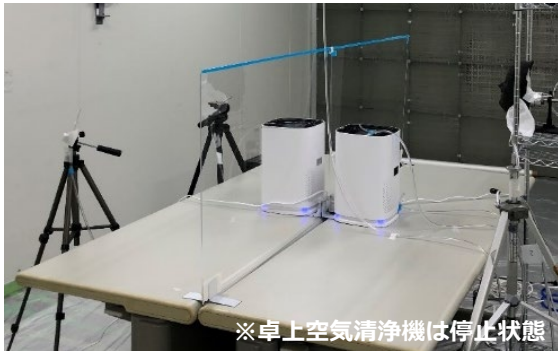


YouTube動画

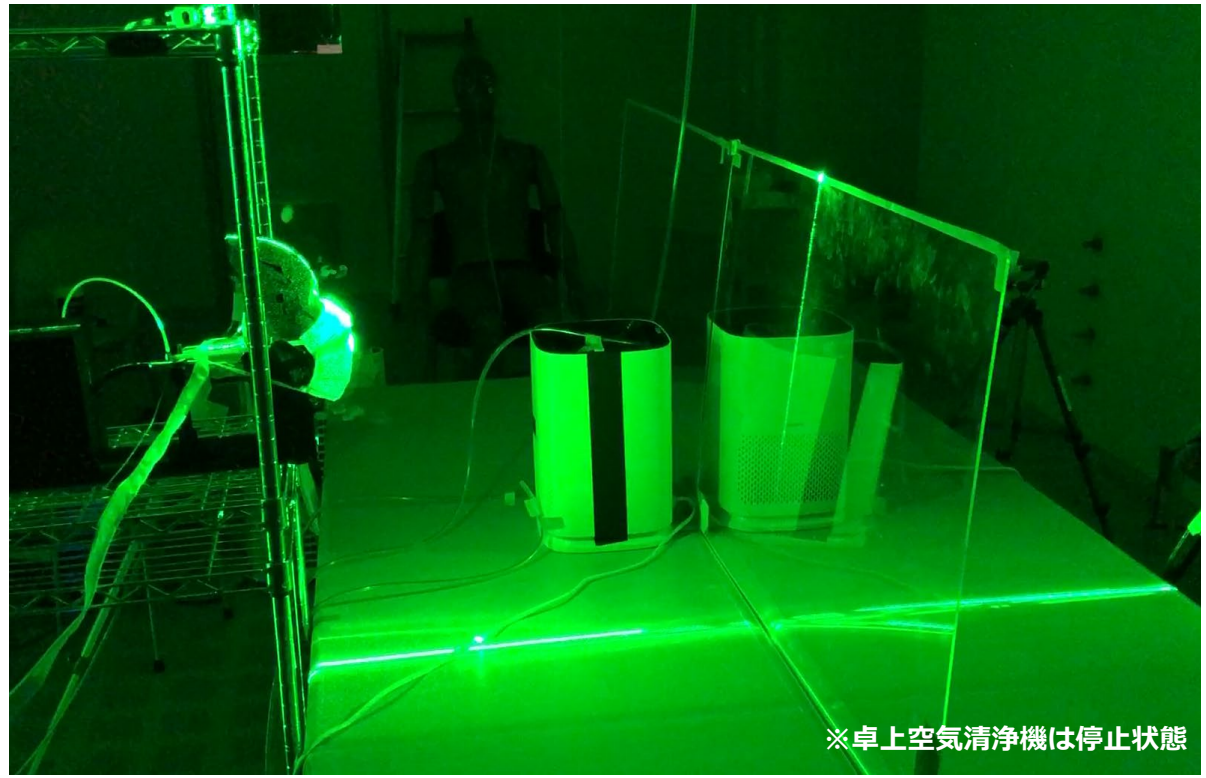
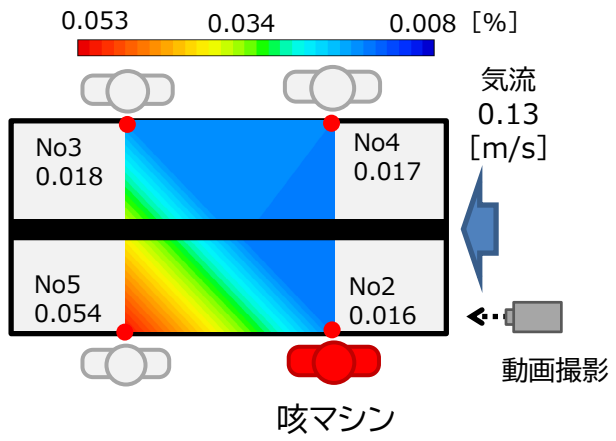
マスク着用時のケース

パーティション廻りのエアロゾルの挙動
(濃度測定結果)

③パーティション+マスク

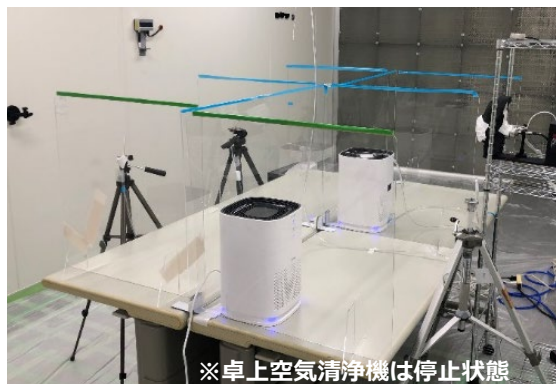


パーティションを経由してNo5に到達している

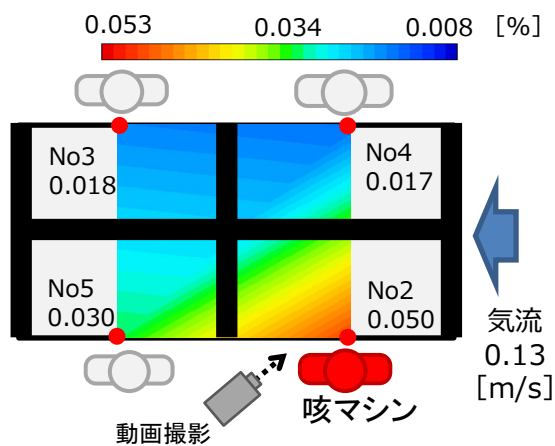


YouTube動画

④ボックスパーティション+マスク



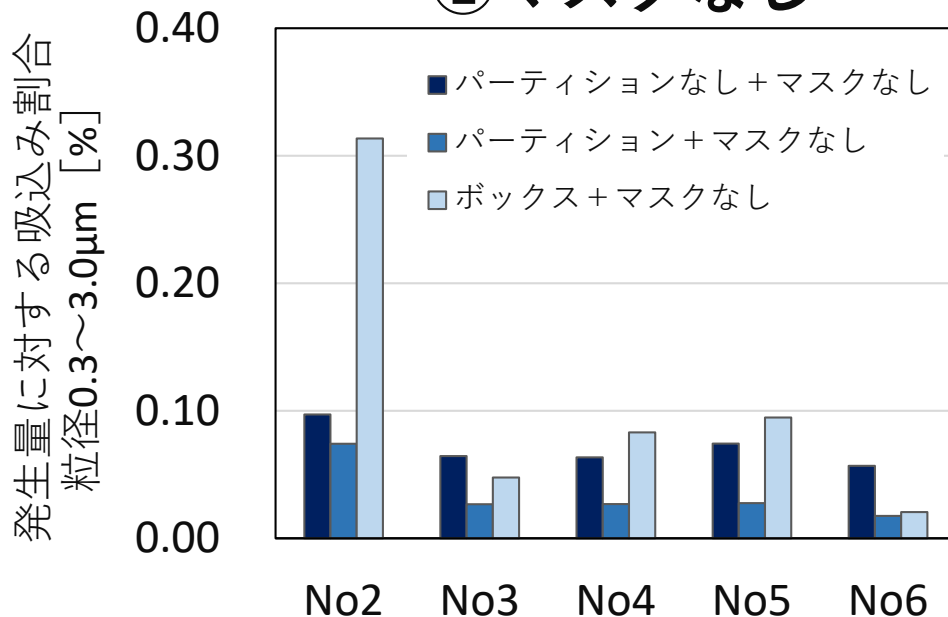
ボックスパーティションによりNo2
付近の濃度が高い



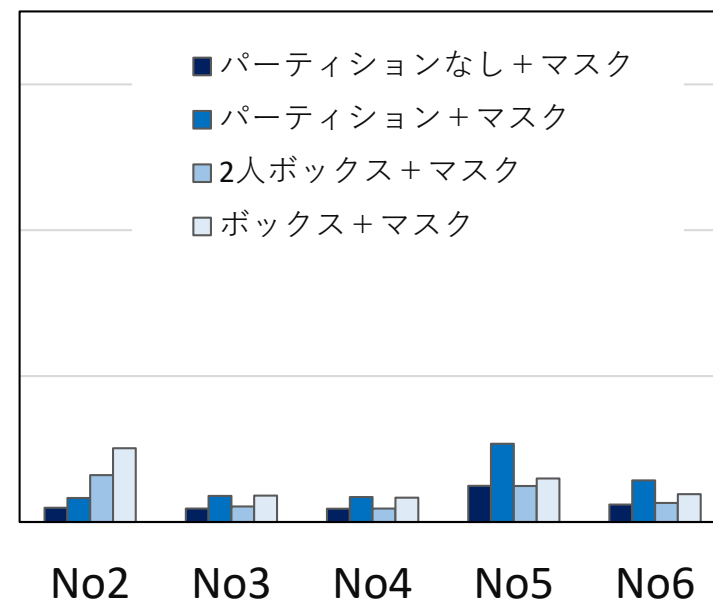
YouTube動画

実験結果のまとめ

① マスクなし

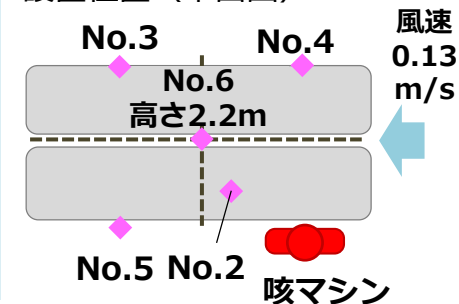


② マスクあり

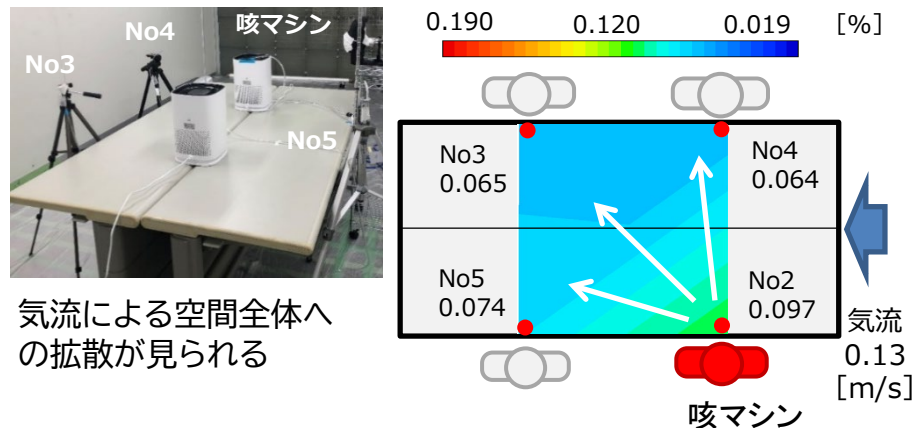


- ・マスクありの場合、なしと比較して各測定点で暴露量は1/5以下となる。
- ・マスクありでは、咳マシン隣のNo.5の暴露量が大きくなる。
- ・マスクありの場合、パーティションなしのエアロゾル濃度分布が低い結果となった。
- ・ボックスパーティションでは咳マシン付近No.2の濃度が高い。

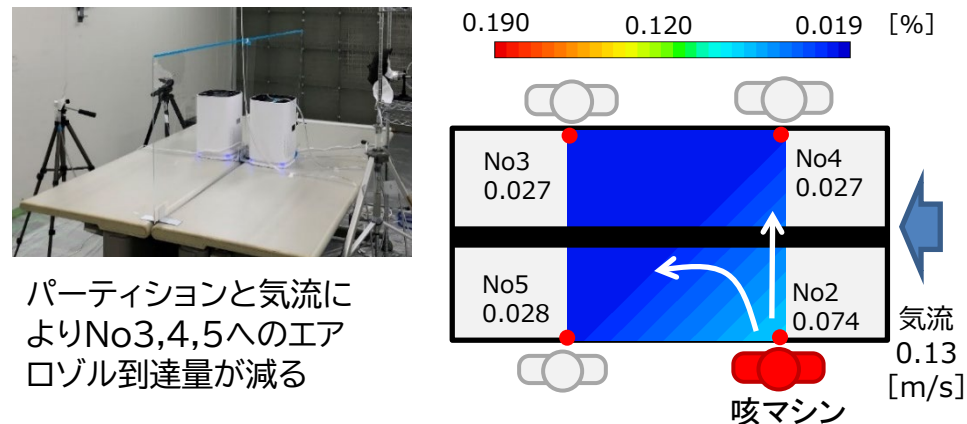
パーティクルカウンター
設置位置（平面図）



①パーティションなし

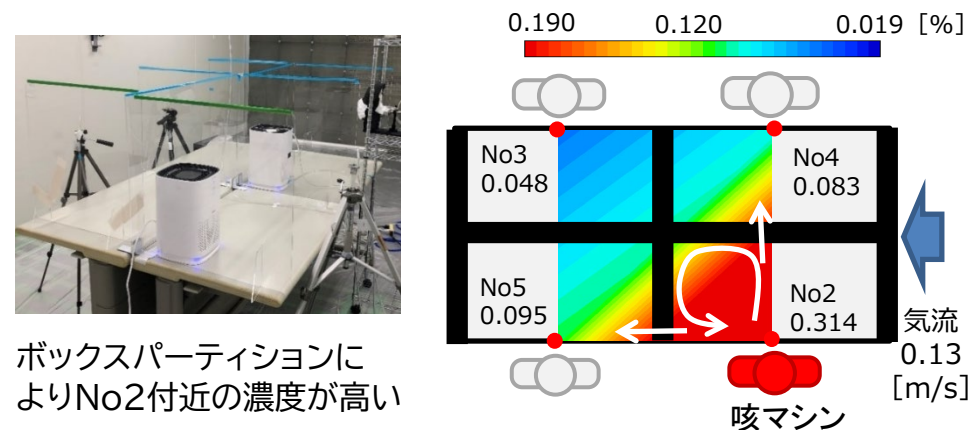


②パーティション



各測定点の数値は咳5回分のエアロゾル発生量(粒径 $0.3 \sim < 3.0 \mu\text{m}$)に対する10分間のエアロゾル吸引量の割合[%]を示す。

③ボックスパーティション

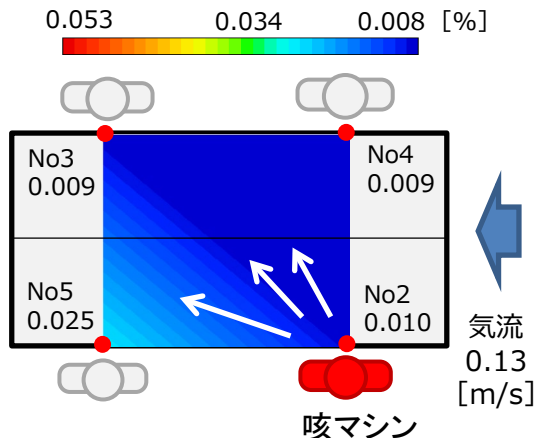


※いずれも写真にある卓上空気清浄機は停止状態

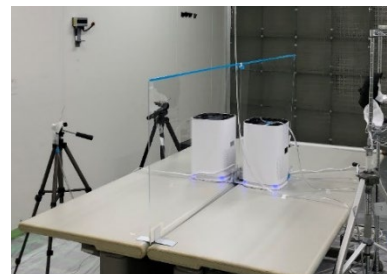
①パーティションなし+マスク



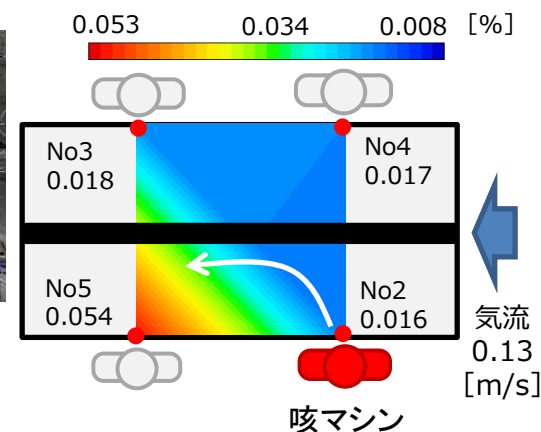
気流による空間全体への拡散が見られる



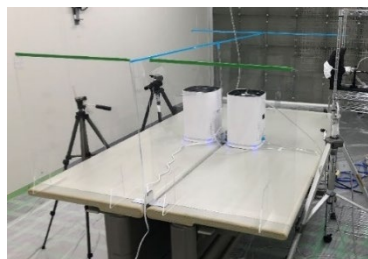
②パーティション+マスク



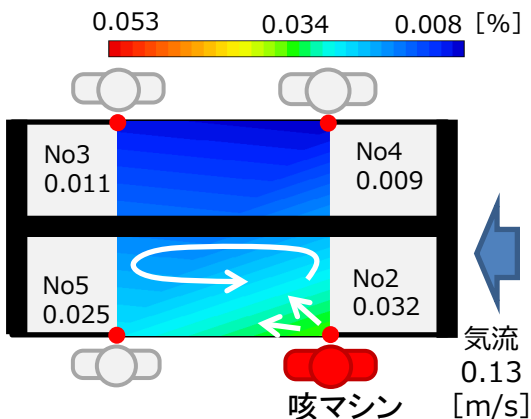
パーティションを経由してNo5に到達している



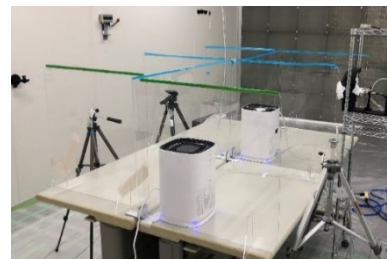
③2人ボックスパーティション+マスク



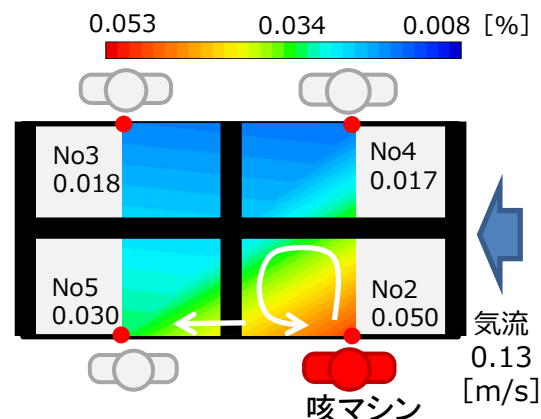
咳マシン付近に留まりNo5に影響を与える



④ボックスパーティション+マスク



ボックスパーティションによりNo2付近の濃度が高い



※いずれも写真にある卓上空気清浄機は停止状態

- マスク着用により室内へのエアロゾル発生量が大幅に低減した。しかし、微小なエアロゾル粒子の一部はマスクの隙間より漏れ、発生源周囲に漂う様子が確認された。
- 微小なエアロゾル粒子に関しては、室内の気流性状によってはパーティションを乗り越える様子も確認された。
- ボックスパーティションではパーティション自体が室内気流を遮るために発生源周囲に濃度の高いエアロゾルが停滞し、拡散に時間を要する傾向が見られた。
- エアロゾル暴露による感染リスクには、①咳や会話等による濃度の高いエアロゾルに瞬間的に暴露されるリスクに加え、②換気の不十分な室内において平均エアロゾル粒子濃度が時間経過により上昇し、そこに長時間滞在することで暴露量が多くなるリスクが考えられる。
 - ①については、マスクやパーティションが有効と考えられる。
 - ②については、マスクによるエアロゾル発生量の低減に加えて室全体の換気効率の向上などが有効と考えられる。
- エアロゾルは室内空気とともに流動するため、パーティション設置のみでエアロゾル粒子の吸引による感染経路を遮断することはできない。エアロゾルによる感染リスク低減には換気の併用が必要である。