

空調・換気による COVID-19 の拡散はあるのか？

空気調和・衛生工学分野の専門家からの見解

2020年6月15日

公益社団法人 空気調和・衛生工学会 新型コロナウイルス対策特別委員会

執筆者：柳 宇（工学院大学 教授，新型コロナウイルス対策特別委員会 委員長）

倉渕 隆（東京理科大学 教授，空気調和・衛生工学会 副会長）

林 基哉（北海道大学大学院 教授，新型コロナウイルス対策特別委員会 委員）

尾方壮行（東京都立大学 助教，新型コロナウイルス対策特別委員会 幹事）

監 修：田辺新一（早稲田大学 教授，空気調和・衛生工学会 前会長）

大塚雅之（関東学院大学 教授，空気調和・衛生工学会 会長）

はじめに

公益社団法人 空気調和・衛生工学会 新型コロナウイルス対策特別委員会は，新型コロナの感染防止を踏まえた適切な室内環境管理のために，空調・換気にもなう室内空間のウイルス拡散に関する最新のエビデンスを収集し，空気調和・衛生工学の観点から考察し以下の見解をまとめた。

1. 空調・換気と感染リスクについて

飛沫感染に関しては感染者から1～2m以上の距離を保つことが推奨されている。この飛沫感染を一般的な空調・換気により防ぐことは難しい。人と人の距離を保つこと，マスク，フェイスシールドなどで飛沫を避けることが重要である。本報告では，感染者から2m以上離れた空間における空調・換気の影響に関して述べる。ここでいう空調とは，室内空気を暖めたり冷やしたりする機能と換気を同時に行うシステムをいう（図1）¹⁾。空調では室内空気を一部循環させている場合があるが，循環時にはフィルタなどを用いて室内空気をろ過していることが多い。また，換気とは窓開けによる自然換気及びファンなどを利用した機械換気を示している。

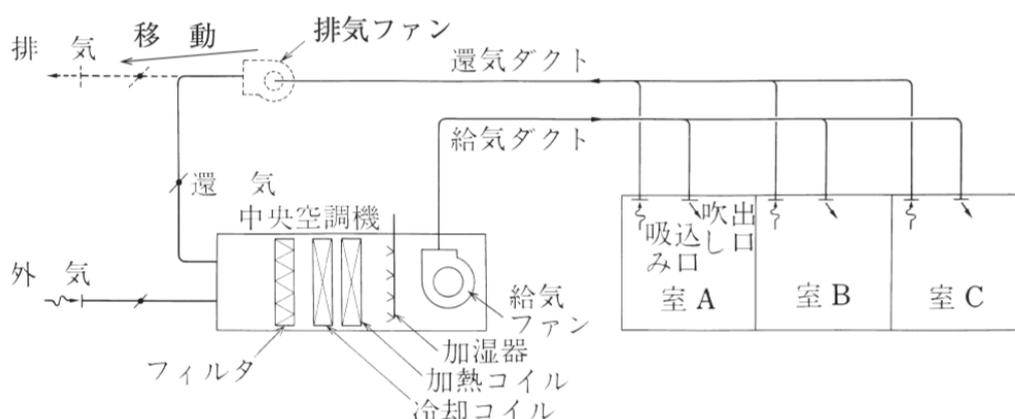


図1 空調方式の例—定風量単一ダクト方式

空調・換気による感染症リスクの低減方法は、主として感染性飛沫と飛沫核の空中濃度の制御であり、換気による希釈とフィルタなどによる空中からのろ過の二つの原理で行われている。

換気について、世界保健機関（以下、WHO）では病室の換気回数^{注1)}が2回/h以下の場合、皮膚テストでのツベルクリンの反応率は高くなると報告している²⁾。日本病院設備設計ガイドライン（HEAS-02-2013）において、集中治療室、一般病室、救急外来の最小外気導入量の目安を2回/h（還気を含めた室内循環風量は6回/h^{注2)}）としている³⁾。また、厚生労働省では、一般商業施設などにおいては「建築物衛生法における空気環境の調整に関する基準に適合していれば、必要換気量（一人あたり毎時30m³）を満たすことになり、「換気が悪い空間」には当てはまらないと考えられる」としている⁴⁾。オフィスビルの場合、1人当たりの占有床面積は5m²程度と推定されており、天井高さを2.8mとすると、一人あたり毎時30m³の換気量は換気回数2.1回/hに相当する。

一方、フィルタによるろ過については、表1に粒径別最小捕集率報告値を示す⁵⁾。一般に、日本のオフィスビルなどの空調機には中性能フィルタが備えられている。比色法75%の中性能エアフィルタはMERV12に相当し⁶⁾、大きい飛沫核^{注3)}に対し、90%以上の捕集率を示す⁷⁾。表中のE1-E3の3グループはそれぞれの対象粒径を0.3~1.0μm、1.0~3.0μm、3.0~10μmを表している。

以上のことより、建築物衛生法の適用を受ける3000m²以上のオフィスビルなどにおいて人員密度を適切に管理した上で、換気回数2回/h以上を確保し、中性能フィルタが備えられている空調・換気システムでは、1~2mを超える範囲で新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）が飛散したとしても、その濃度は低く制御されるため、感染リスクは小さいと考えられる。

表1 粒径別最小捕集率報告値（MERV）

MERV	0.3-1.0 μm	1.0-3.0 μm	3.0-10 μm
1	n/a	n/a	E ₃ <20
2	n/a	n/a	E ₃ <20
3	n/a	n/a	E ₃ <20
4	n/a	n/a	E ₃ <20
5	n/a	n/a	20 ≤ E ₃
6	n/a	n/a	35 ≤ E ₃
7	n/a	n/a	50 ≤ E ₃
8	n/a	20 ≤ E ₂	70 ≤ E ₃
9	n/a	35 ≤ E ₂	75 ≤ E ₃
10	n/a	50 ≤ E ₂	80 ≤ E ₃
11	20 ≤ E ₁	65 ≤ E ₂	85 ≤ E ₃
12	35 ≤ E ₁	80 ≤ E ₂	90 ≤ E ₃
13	50 ≤ E ₁	85 ≤ E ₂	90 ≤ E ₃
14	75 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E ₃
15	85 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E ₃
16	95 ≤ E ₁	95 ≤ E ₂	95 ≤ E ₃

n/a: not available

2. 空調機を介した COVID-19 の拡散有無に関する現時点の知見

これまで、SARS-CoV-2 の室内における感染者から 1~2m を越える範囲での飛散による拡散について、以下に示す事例が報告されている。

シンガポールの病院病室を対象に行った実測の結果、新型コロナウイルスの感染者が居住する室内表面は広範に汚染されるが、適切な消毒清掃によって汚染は除去されること、ウイルスを含むエアロゾル粒子は活性を維持した状況で排気口まで移動することが報告されている。十分な換気が行われている環境では、気中から SARS-CoV-2 RNA は検出されておらず、検出下限以下の濃度に希釈されていたと考えられている^{8,9)}。

クルーズ船ダイヤモンドプリンセスについて、米国疾病予防管理センター（CDC）は 2020 年 2 月 8 日の時点で、空調機を介した室間のウイルス伝播に関するエビデンスはないとしている¹⁰⁾。また、国立感染症研究所の報告によれば、同クルーズの諸表面と空中の SARS-CoV-2 の調査結果から、空気伝播を示唆する証拠は得られなかったが、廊下天井排気口から SARS-CoV-2 RNA が検出されており、特殊な環境でウイルスが遠方まで浮遊する可能性について更なる検討が必要であるとしている¹¹⁾。

ASHRAE（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 米国暖房冷凍空調学会）の専門家会議では、COVID-19 が空調システムを介して感染拡大したという事例報告はなく、空調は換気とフィルタによるろ過によって感染リスクの低減に寄与することを認識することが重要であると主張している¹²⁾。我が国においても、建築物衛生法を遵守して計画・運用されている建築物においては、換気とフィルタの性能を勘案すれば、人員密度が適切に管理されている限り、空調システムを介した室間の感染拡大のリスクは極めて低いものと考えられる。

3. 不十分な換気とろ過による感染のリスク

しかし、換気性能やフィルタの捕集性能が劣ると、1~2m を超える範囲でも感染が発生する可能性がある。これが、厚生労働省の新型コロナウイルス感染症対策専門家会議が 2020 年 3 月 9 日に公表した「新型コロナウイルス感染症対策の見解」による 3 密の状態に相当する。中国広州市内のレストランにおける集団感染事例はその代表例といえる¹³⁾。このレストランに備えられている冷暖房装置は換気機能のない循環型のファンコイルユニット（以下、FCU）であった。機械換気システムは FCU とは別に備えられていた。Lu らによる当初の調査では FCU からの「強い気流」が、通常は 1~2m の範囲でしか拡散しない大粒径の飛沫を、その範囲を越えて輸送したことが感染拡大の原因としていた。しかし、その後の Yugu Li らによる当日の状況を再現した詳細な調査の結果、当日換気のための排気ファンは入り口付近のトイレを除いてすべて止められており、換気量は 2.7~3.7m³/h・人（換気回数 0.56~0.77 回/h）しかなかったことが明らかになった¹⁴⁾。

当日の空気の流動状況を再現した数値流体（CFD）解析によれば、5 台設置されていた FCU は、レストラン内のそれぞれの領域で気流の循環ゾーンを形成していた。感染者の出たテーブル付近上部に設置された FCU は感染者の出た 3 テーブルを再循環する比較的閉じた気流の領域を形成していた。FCU には高性能フィルタは取り付けられておらず、唯一運転されていたトイレの排気ファンによる外気導入のあった入り口は、3 テーブルから 10m 以上とレストランで最も離れた位置にあったため、3 テーブルの循環ゾーンに放出された感染性の飛沫や飛沫核に対する希釈は十分に行われず、レストラン内の他の領域に比べて高濃度環境が 3 テーブル付近に形成されることを CFD で確認し、これが感染発生の原因としている。

また、インデックス感染者（疫学調査上で集団内最初の感染者）とは異なるテーブルで感染した二次感染者のインデックス感染者との同時滞在時間は最短で 46 分であったが、給仕を担当した従業員や隣接するテーブルでの同時滞在時間が 18 分であったグループからは二次感染者が出なかったことから、曝露濃度に加えて曝露時間も感染を左右する要因であったと考えられる。

4. 感染対策時の熱中症予防行動

空調・換気の機能と感染リスクの関係を理解し、COVID-19 を想定した感染対策を徹底するとともに、これまでと異なる生活環境の下で気温の高い日が続くこれからの時期に向けて、熱中症による健康被害を防ぐために、適切に冷房機器を運転することが重要である¹⁵⁾。

厚生労働省は 5 月 26 日に「新しい生活様式」における熱中症予防行動に関するリーフレットを公表した¹⁶⁾。感染対策のために換気量を確保することで生じる室内温度の上昇やマスクの着用によって熱中症のリスクが高くなる恐れがあることに触れ、熱中症予防行動の留意点を説明している。空調・換気に関する具体的なポイントとして、熱中症予防のためにエアコンを運転し、こまめに温度設定を調整することを挙げている。また、日本救急医学会、日本臨床救急医学会、日本感染症学会、日本呼吸器学会によって組織された新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループが 6 月 1 日公表した提言においても換気を確保した上でエアコンによる室温の管理が重要であることが述べられている¹⁷⁾。

一方で日本医師会が公表した新型コロナウイルス感染症外来診療ガイド¹⁸⁾によれば、症状のある患者を診察する際の留意点として、「換気できる部屋が良いが、不可能ならエアコンを切って換気扇を回す」と述べ、「エアコンを切る」、「ドアを締める」、「窓を開ける」などの操作を示した要約図を示している。ここでいうエアコンとは、室内空気を循環させて冷暖房を行う機器であり、一般的に外気を導入する換気の機能はない。十分な機械換気が行われていれば、感染リスクは非常に低くなるため、熱中症の危険がある中でエアコンを OFF にする必要はないと考えられる。また、エアコンは換気システムとスイッチが連動している場合があるため、運転を停止する場合には適切な室内温度の維持と換気量の確保に十分な注意が必要である。

5. まとめ

空調・換気による COVID-19 の拡散に関する国内外のエビデンス及び啓発情報を踏まえて考察し、以下の見解をまとめた。

① 我が国においても、建築物衛生法を遵守して計画・運用されている建築物においては、換気とフィルタの性能を勘案すれば、人員密度が適切に管理されている限り、空調システムを介した COVID-19 の室間の感染拡大のリスクは極めて低いものと考えられる。

ただし、ルームエアコン、業務用パッケージ型空調機、FCU に中性能フィルタが備えられていない場合、換気と併用した対策が必要となる。

② 1 人当たりの換気量を確保することで、空調気流にともなう飛沫や飛沫核の拡散によって感染することを抑制できる可能性がある。レストラン等と比べ病院、クリニックなどのマスクを着用できる施設では、感染者からの飛沫量を抑制できるため、適切な換気量確保による感染抑制効果がより期待できると考えられる。

③ 適切な換気量の確保を必須の条件として、併せて夏季には熱中症対策のための冷房の利用が必

要である。病院、クリニックなど感染者の存在が強く疑われる空間においては、感染者からのウイルスの飛散を防止するために、空調機などからの気流が直接人に当たらないよう気流の方向には注意を払うべきである。

④ 換気の不十分な状態で、感染者と1時間足らず同じ空間に滞在しただけで、感染した事実を考慮すれば、換気による対策は間欠的ではなく連続して実施することが望ましい。

⑤ 自然換気が適用できる場合、室温を維持できる範囲で窓開けなどによって換気量をより確保することが望ましい。ただし、建築物衛生法を遵守して計画・運用されている建築物においては、窓開けによる自然換気によりエアバランスが崩れることがあること、建築物環境衛生管理基準が遵守できなくなる可能性があるため、専門家への相談が勧められる。

注1) 換気量は1時間当たりの取り入れ外気量である。換気回数はその外気量と室の容積の比である。

注2) オフィスビルなどでは図1に示す通り、室内温湿度の制御と省エネを考慮し、外気のほかに、室内からの還気も導入する。換気量と還気量を合わせたものが室内循環風量という。一般に循環風量は換気量の3倍程度である(換気量1/3, 還気量2/3)。その循環風の中の粒子状物質はエアフィルタによってろ過される。

注3) 大きな飛沫(原文: Large droplets, $>60\mu\text{m}$)が空中で速く沈降するため、その飛沫に含まれる病原体の伝播は発生源近傍に限られる。また、小さい飛沫(原文: Small droplets, $\leq 60\mu\text{m}$)は1m以内の短い範囲(原文: short-range)まで飛散する。一方、室内環境によっては水分が蒸発した後の $10\mu\text{m}$ 以下の飛沫核(原文: droplet nuclei)は空中で遠くまで(原文: long-distance)拡散する¹⁹⁾。

<参考文献>

- 1) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧第14版，3空気調和設備設計，p.18，2010
- 2) WHO. Natural ventilation for infection control in health-care settings. 2009. ISBN 978 92 4 154785 7
- 3) 一般社団法人日本医療福祉設備協会：病院設備設計ガイドライン(空調設備編)，病院空調設備の設計・管理指針 HEAS-02-2013，2013
- 4) 厚生労働省：商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について，令和2年3月30日，<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000616069.pdf>
- 5) ANSI/ASHRAE Standard 52.2-2017. Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size. 2018
- 6) 大垣豊：各国の一般換気用エアフィルタの規格にける捕集率の比較に関する指針(JACANo.53)，空気清浄，第56巻，第1号，pp.36-40，2018
- 7) NIOSH. Filtration and Air-Cleaning Systems to Protect Building Environments. 2003
- 8) Sean Wei Xiang, Yian Kim Tan, Po Ying Chia, et al. : Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient, JAMA Research Letter, March 4,2020
(<http://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762692>)

- 9) 空気調和・衛生工学会：新型コロナウイルス感染対策としての空調設備を中心とした設備の運用について，2020年4月8日 [.http://www.shasej.org/recommendation/Operation_of_air-conditioning_equipment_and_other_facilities20200407.pdf](http://www.shasej.org/recommendation/Operation_of_air-conditioning_equipment_and_other_facilities20200407.pdf)
- 10) Center for Disease Control and Prevention (CDC), A letter to Passengers and Crew aboard the Diamond Princes, February 8, 2020. <https://www.princess.com/news/pdfs/alert-cdc-letter-for-diamond-princess.pdf>
- 11) 国立感染症研究所：ダイヤモンドプリンセス号環境検査に関する報告（要旨），2020年5月3日公表，5月20日修正. <https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/2019-ncov/2484-idsc/9597-covid19-19.html>
- 12) ASHRAE. Can HVAC Systems Spread COVID-19?. May 31, 2020
<https://www.achrnews.com/articles/143255-can-hvac-systems-spread-the-covid-19-virus>
- 13) Lu J, Gu J, Li K, et al. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. Emerg Infect Dis. 2020 Jul [date cited]. <https://doi.org/10.3201/eid2607.200764>
- 14) [Preprint] Li YG, Qian H, Hang J, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>
- 15) 国立保健医療科学院：「新型コロナウイルス感染症予防のための夏期における室内環境対策」建築衛生分野の研究者からの報告，2020年5月20日.
https://www.niph.go.jp/soshiki/09seikatsu/arch/COVID19_summer.pdf
- 16) 厚生労働省：令和2年度の熱中症予防行動の留意点について～「新型コロナウイルスを想定した『新しい生活様式』」における熱中症対策～，2020年5月26日.
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000635190.pdf>
- 17) 新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症診療に関するワーキンググループ 日本救急医学会・日本臨床救急医学会・日本感染症学会・日本呼吸器学会：新型コロナウイルス感染症の流行を踏まえた熱中症予防に関する提言，2020年6月1日.
http://www.kansensho.or.jp/uploads/files/news/gakkai/covid19_teigen_2006.pdf
- 18) 日本医師会：新型コロナウイルス感染症 外来診療ガイドライン，第2版，2020年5月29日
- 19) Tang, J. W., Li, Y., Eames, I., Chan, P. K. & Ridgway, G. L. Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises. J. Hosp. Infect. 64, 100–114, 2006
[https://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(06\)00286-6/fulltext](https://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(06)00286-6/fulltext)