

新型コロナウイルスクラスター感染への室内空気環境の影響

The Influence of Indoor Air Environment upon the Clusters of COVID-19

林基哉¹ 菊田弘輝¹ 長谷川麻子² 村田さやか³

1, 北海道大学大学院 工学研究院

2, 熊本大学大学院 先端科学研究部

3, 北海道総合研究機構 建築研究本部

Motoya Hayashi¹, Koki Kikuta¹, Asako Hasegawa², Sayaka Murata³

1, Faculty of Engineering, Hokkaido University

2, Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University

3, Building Research Department, Hokkaido Research Organization

Abstract

The clusters of COVID-19 have been reported since February 2020 in Japan. Ministry of Health, Labour and Welfare organized a team to prevent the clusters from expanding. The team members collected the data of clusters and analyzed the factors in causing the clusters. They concluded that one of the factors is poor ventilation. Thereafter the authors investigated indoor air environment in the buildings where clusters were reported. Ventilation and airflow were measured in three hospitals and two call centers where clusters occurred, and the results showed that poor ventilation and aerosol movement possibly cause clusters. Countermeasures on the ventilation and airflow to control COVID-19 aerosol infection in buildings were proposed.

Key Words: COVID-19, Cluster infection, Airconditioning, Ventilation, Indoor air environment

キーワード: 新型コロナウイルス感染症, クラスター感染, 空調, 換気, 室内空気環境

1. はじめに

2019年11月に中国武漢市で「原因不明のウイルス性肺炎」が確認され、2020年3月11日にWHOはパンデミック相当との認識を示した。我が国では、2月3日に横浜港に寄港したクルーズ船で多数の感染者が確認され、その後、屋形船、スポーツジム、病院など、様々な場所でクラスター感染が発生した。厚生労働省は、2月25日に「クラスター対策班」を設置し、3月1日にクラスター感染に共通する条件として、「換気が悪く、人が密に集まって過ごすような空間、不特定多数の人が接触する恐れが高い場所」を挙げ、換気対策の必要性を世界に先駆けて示した¹⁾³⁾。しかし、その後も建築物におけるクラスター感染の発生が続いた。病院では、基本的な感染対策が行われている中でも大きなクラスター感染が発生し、地域医療に深刻な影響

を及ぼした。また、感染拡大当初から事務所におけるクラスター感染が発生し、特に、コールセンターでの発生が続いた。本報告では、クラスター感染が発生した北海道等の病院及び事務所における空調換気性状の調査、それに基づく対策の概要を報告する。

2. 新型コロナウイルス感染症と室内空気環境

新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって、ウイルス感染症の社会への影響は非常に大きく、医療分野のみでは対応できないことが明らかになった。現代の人間は、ほとんどの時間を建築物内で過ごすため、ほとんどの感染は室内環境中で発生する。今後の新興再興ウイルスへの備えとしても、建築物の室内環境における対応が不可欠である。

従来、感染経路には接触感染、飛沫感染、空気感染の3つがあるとされている。新型コロナウイルスについては、当初空気感染は否定されていたが、感染者の咳や発声等に伴う飛沫を近距離で吸引することによる感染ばかりではなく、気流によって移動したウイルスを吸引することによる感染の可能性が指摘された。後者について国内では、「微小飛沫感染」、「エアロゾル感染」と仮に呼ばれている。図1に示すように、感染者から放出された飛沫は、その粒径によって挙動が異なり、様々な経路を経て被感染者に到達する。ウイルスは飛沫とともに複数の経路で移動し、被感染者に到達するため、実際のどの様な経路が主であるかを特定することは非常に難しい。感染力が強いウイルスの場合には、複数の経路で到達したウイルスによる感染が発生することも否定できない。これらの感染機序については、今後さらなる研究が必要であると考えられる。

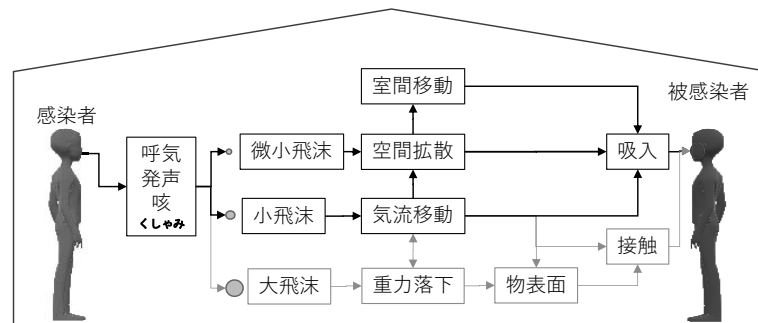


図1 室内環境中のウイルス感染の機序

建築物の室内環境対策としては、接触感染、飛沫感染、空気感染のそれぞれについて配慮する必要があり、建築計画、建築環境、建築設備、建築材料など、様々な視点での配慮が必要である。例えば、建築計画では、ウイルスを持ち込まない、広げないための間取りや動線、建築環境では、空気環境や温熱環境、建築設備では、空調換気、衛生設備、建築材料では抗ウイルス材など、対策は多くの分野で必要である。図2は、建築・設備とその維持管理によって室内空気環境を維持することで、室内空気中に拡散したウイルスの濃度を抑制する機序を示している。感染者からのウイルスの発生量、換気や空気清浄の効果、室内温湿度、マスクの利用、滞在時間等によって、在室者のウイルス吸引量が異なる。ウイルス発生量は感染者の症状や行為によって大きく異なると共に、感染者の存在確率は、市中感染の状況や建物用途などによって

異なる。また、感染リスクは、被感染者の抵抗力によっても変わると考えられる。いずれにしても、建築・設備とその維持管理によって形成される室内温熱空気環境が、感染リスクと関連している。このような、感染機序を踏まえた建築・設備とその維持管理の在り方を再考し、新しい感染対策技術の開発、新旧の感染対策技術の効果的な導入の検討が必要である。これらの対策の効率的な組み合わせも重要である。新しい技術の開発、効率的な導入方法の検討、投資効果の推定、実施と効果の検証を進めていく必要がある。このためには、感染症対策の要素技術の基本的評価方法が必要である。

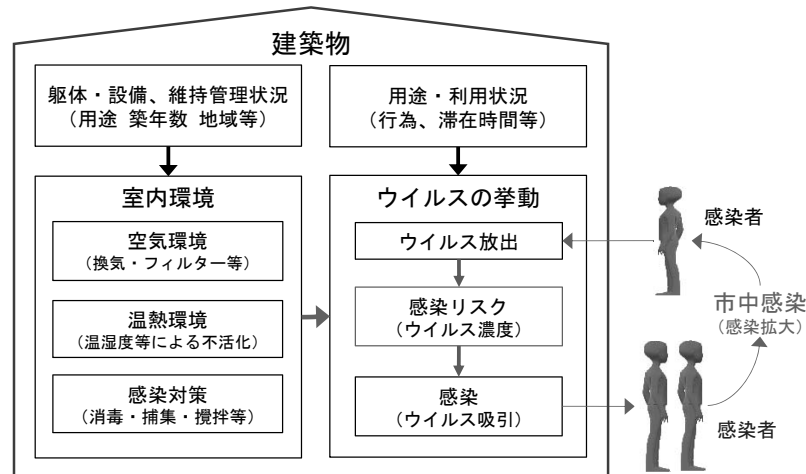


図2 建築・設備、維持管理と新型コロナウイルス感染症

新型コロナウイルスの感染者からのウイルス発生量には、オーダーレベルのばらつきがあると考えられ、人体に侵入した後の感染の機序にも不明な点が多い。従って、空調換気性状と感染の関係を定量的に評価することが非常に難しい。図3に示すように、室内空間で、ウイルスを含む飛沫(エアロゾル)は多様な挙動を示す。飛沫の粒径は、 $0.3\mu\text{m}$ 程度からその1000倍程度まで幅があると考えられる。大きな飛沫は重力落下するが、微小な飛沫は、空气中に浮遊し続ける。また、微小飛沫の水分蒸発は速く、より軽くなり、より浮遊しやすくなる。このように飛沫の挙動は粒径によって異なるが、空調換気等による室内気流の影響も受ける。このような状況を踏まえて、空調換気設備と関連する感染について、気流移動による風下での感染「風下感染」と空間拡散飛沫による感染「空間拡散感染」と仮に表現し、その感染性状の実態に注目して、クラスター感染が発生した建築物に関する分析を行っている。

室内では、「風下感染」と「空間拡散感染」が同時に発生していると考えられる。室内気流に変化がなく、人の位置関係が一定であると、「風下感染」のリスクが高まり、換気量が少ないと空間内の浮遊飛沫濃度が高くなり、「空間拡散感染」のリスクが高くなる。さらに、濃度が高い室からは空間移動によって他室の感染リスクを高めると考えられる。

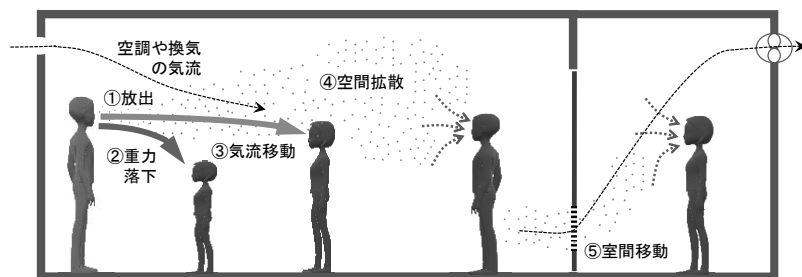


図3 室内環境中のウイルスを含む飛沫の挙動

令和2年度厚生労働科学研究費補助金「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究」の一環で、新型コロナウイルスの感染対策のための建築環境に関するガイドライン作成に向けて、クラスター感染が発生した建築空間及び類似の空間の空調換気性状を明らかにするための調査を行った。本調査は、各調査対象の所有者・維持管理者・利用者、関係する団体・企業、新型コロナウイルス感染症対策に従事している行政機関・研究機関・大学の協力を得て行われ、これまでに、展示会場、飲食店、病院、事務所等を対象に実施された。

3. 病院の室内空気環境に関する調査

病院については、対象の約半数で、換気量の不足及び空調換気による気流が感染に影響した可能性が指摘された。対象病院においては、感染確認後に窓開け等による換気量の確保、空気清浄機の利用、出入口の開閉状況の配慮について検討し、可能な限りの対応が行われた。

調査対象は、厚生労働省クラスター対策班及び自治体の紹介によって病院から調査依頼を受けた場合と、本研究に基づいて病院に協力依頼を行った場合がある。北海道から九州の計9件であり、築後年数は10年程度から30年以上であった。病棟内の広い範囲の患者と医療スタッフが感染し、病棟全体の換気性状の調査が必要とされた場合と、ネーザルハイフロー（NHF）等のエアロゾルが発生する可能性がある医療行為にともなった感染の可能性が指摘されたことから特定の病室からの空気の流れと移動に関する調査が必要となった場合があった。

調査対象となった病棟の換気設備は、基本的には日本医療福祉設備協会発行の病院設備設計ガイドライン（HEAS）等⁴⁾を踏まえて、設計施工されたと考えられる。例えば一般病棟の病室では、換気回数が2回/h以上となることが意図されている。調査対象の病棟は一般病棟であり、病室は給気のみの場合と給排気の場合がある。いずれの対象においても、共用のトイレ、浴室、汚物処理室、リネン室、倉庫等のダーティゾーンから排気されている。ナースステーション（NS）や相談室は、給気の場合と給排気の場合があった。また、室の用途変更のための換気設備の対応が行われていない場合が含まれた。病室の気圧は、廊下より高い場合（正圧）、廊下と同じ場合（等圧）がほとんどであるが、一部では廊下より低い場合（陰圧）があった。従って、病室から廊下へのエアロゾルの流出と移動、他室への流入の状況には、対象ごとに差異があると考えられた。

3.1 調査方法

空調換気に関する基本調査においては、感染発生時の状況を再現するために、感染の起点になった病室及び病棟内を対象に、空調換気と病室周りの気流の状況を把握した。換気及び空調

の方式、運転・維持メンテナンスの状況について、現場確認及び施設担当者等のヒアリングによって把握した。病室等各室と廊下との間の気圧差、病室及び病棟内各所の給排気風量を測定し、スモークテストを用い各所の気流方向を確認した。また、病室、NS 等で CO₂ 濃度を測定し、各室の換気性状を把握した。

病室空気の流出に関する再現実験においては、感染発生時の換気及び空調の運転及び出入口の開閉状況等を再現し、CO₂ 及びエアロゾルを用いて病室からの流出状況を把握した。病室のベッド上でドライアイスを用いて CO₂ を一時的に発生させ、扇風機などで攪拌して濃度が均一になった後に出入口を開放し、病室及び廊下、近隣の病室等で CO₂ 濃度を測定した。また、病室のベッド上でネブライザーを用いて経口補水液のエアロゾルを一時的に発生させ、病室の出入口を開放し、廊下でパーティクルカウンターを用いてエアロゾル数を測定した。これによって、病室出入口開放時の空気の流出と移動の状況を把握した。

換気量低下等の原因調査においては、空調換気設備図、運転状況・維持管理状況の確認、ダクト内各所の風速測定などによって、換気量低下の要因を検討した。



図 4 調査の状況（風量測定 スモークテストによる気流測定 CO₂による換気測定）

3.2 調査結果

調査対象では空調換気に関する様々な課題が確認され、その約半数で感染に影響した可能性が指摘された。本報告では表 1 に示す 3 例について示す。

表 1 対象病院と調査の概要

対象	感染者数	病室の換気	調査の内容
A	約 150	給気	空調換気性状、病室空気の流出性状、換気量低下の原因
B	約 50	給排気	空調換気性状、病室空気の流出性状
C	約 150	給排気	空調換気性状、病室空気の流出性状、換気量低下の原因

3.2.1 対象 A について

冬期暖房時に病棟内で多数の感染者が発生した。以下に、ほぼ全員が感染した病室の一つで

ある病室を中心に病棟の換気性状について示す。病室に給気口があり給気され、病室外の共用トイレ及び浴室等のダーティーゾーンから排気されていた。夜間 7 時間は病棟の給気が停止していた。病室の給気量から換算した換気回数 (回/h) は 0.0~1.1 回/h で平均値が 0.5 回/h と、設計換気回数の 2.0 回/h を下回った。なお、無菌室及び特別室の換気回数は 4.6~6.9 回/h であった。病室の換気量が非常に少ないために、エアロゾル濃度が非常に高くなっていた可能性がある。

病室のベッド上で CO₂ を発生させた後に出入口を開放し、各所の CO₂ 濃度を測定した。図 6 に示すように、病室から廊下に流出した後、主に女子トイレ側に流れていることが確認された。病室の方が廊下より温度が高い状況があるため、図 5 に示すように病室の空気が出入口上部から流出し、出入口下部から廊下の空気が流入していたと考えられる。この病室と廊下の相互換気回数は、病室の CO₂ 濃度の変化から 4 回/h 程度と比較的大きかったと考えられる。夜間には給気が停止されていたが、出入口が開放されていた場合には、給気が停止されていない場合と同じように病室の空気が出入口上部から流出し出入口下部から廊下の空気が流入していたと考えられる。しかし、出入口を閉じていた時間帯には、病室内のエアロゾル濃度が高くなった可能性がある。

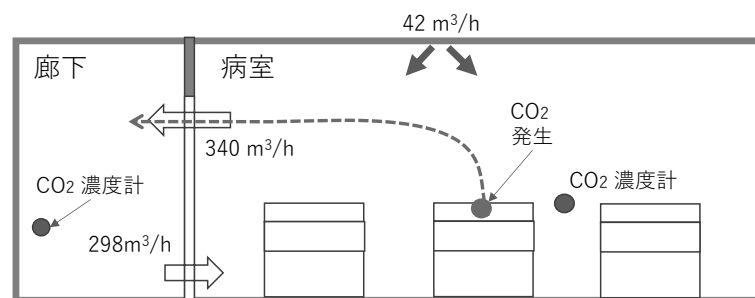


図 5 病室のエアロゾル流出状況

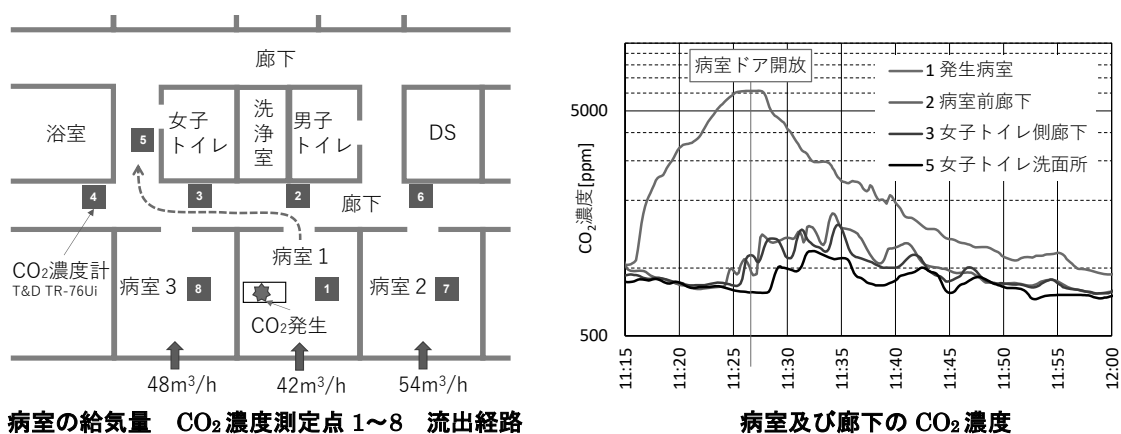


図 6 病室空気の流出状況の測定結果

3.2.2 対象 B について

夏期冷房時に 4 床室で発症した患者 1 名を別個室に移動して NHF を使用した後に、医療従

事者、病棟内別室の患者等複数が感染した。設計図では、病室の給気量は排気量に近く風量バランス（等圧）が意図されている。風量測定の結果、排気量は設計値の50%程度になっていた。給気量は設計値を概ね満たしており、主な病室の換気回数は3.0~4.0回/h程度で2.0回/hを超えていた。夏期冷房時に契約電力量を超えないように、30分毎に約3分間、給気が止まっていた。

病室の出入口は、患者の観察のために常時開放されていた。図7に示すように、病室は給気量が排気量の2倍程度であるため、病室から廊下への空気の流出量が非常に多い。給気運転時に病室でCO₂及びエアロゾルをベッド上で発生させた後に出入口を開放し、各所で濃度を測定した。スモークテストによる気流の可視化によって、エアロゾルは病室の給気による下降気流に乗って、出入口下部から廊下に流出していたことが確認された。図8右に示すように、廊下、NS、相談室、他の病室への流入がみられた。図9左に示すように、病室から流出したエアロゾルは、廊下を移動しNS等に到達していた。図9右に示すように、30分毎に約3分間給気が止まると、廊下の空気が病室内へ流入していた。エアロゾルは、病室から廊下に流れて、NS方向に移動するとともに、給気停止時にはNS及び他の病室に流入した。ただし、病棟全体の換気量は比較的多いため、ある程度希釈されていたと考えられる。

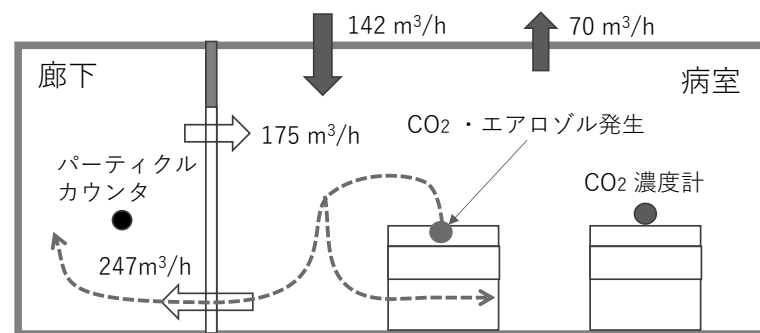


図7 病室のエアロゾル流出状況

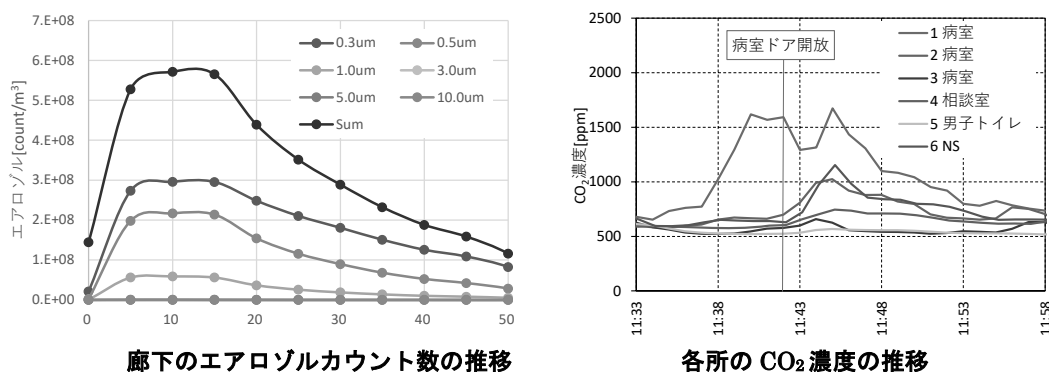


図8 病室のエアロゾル・CO₂発生後の各所の濃度推移

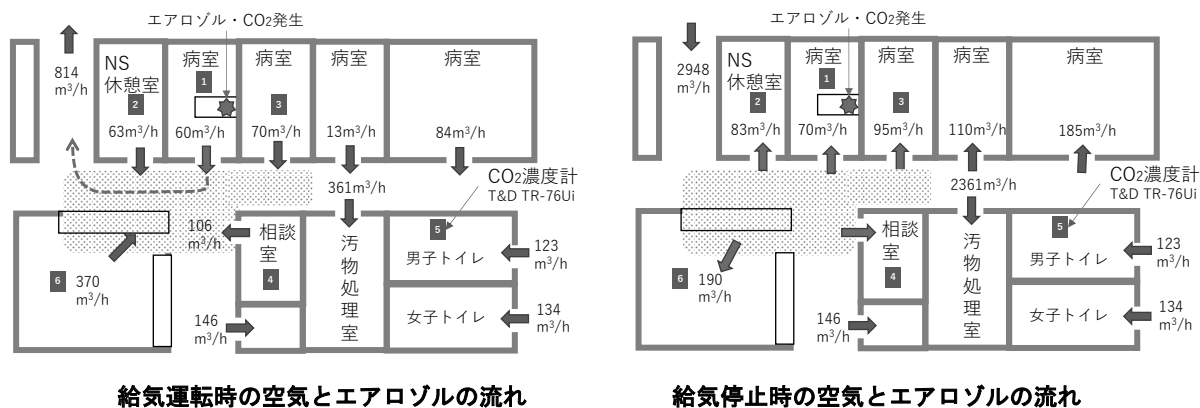


図 9 CO₂濃度測定位置と各室の給排気収支に基づくエアロゾルの流れ

3.2.3 対象 C について

冬期暖房時に病棟内で多数の感染者が発生した。NHF を使用し感染の起点となった可能性がある病室を中心に病棟の換気性状について記す。病室には天井に熱交換型の換気扇が 2 つ設置されており、給気と排気が行われている。病室と廊下の差圧はほとんどない（等圧）。病室の換気回数は、換気扇の最大能力によると 2.0 回/h 以上であると考えられるが、給排気量の測定結果によると約 1.0 回/h であった。NS には給気と排気があるが NS は廊下に対して陰圧であったため、廊下の空気が NS に流入したと考えられる。出入口が開放されている場合には、廊下と病室の間の相互換気が発生し、病室空気は廊下にある程度流出する状況であったと考えられる。

3.3 調査結果に基づく対策

新型コロナウイルスのクラスター感染が発生した病院を対象にした空調換気に関する調査によって、一般病棟で感染者の治療が行われている場合の換気性状の実態に関する知見が得られた。病院の空調換気設備の経年劣化、維持管理の状況によって、換気性状は多様であるが、以下のような課題が指摘された。

換気量（給気量や排気量）が設計時に対して、大きく減少している。その要因には、設備の老朽化、省コスト等のための一時的な換気の停止が挙げられる。感染者から発生したエアロゾルが廊下を介して他の空間に移動している。その要因として、病室が等圧又は正圧になっていること、病室の出入口が開放されていることが挙げられる。ネーザルハイフロー（NHF）によって、エアロゾルが連続的に多く発生した可能性がある。

本調査では、感染状況と換気性状から、換気量不足によるエアロゾル濃度の上昇、病室からの空気の流れにともなうエアロゾルの移動がみられ、それらがクラスター感染の要因となった可能性は否定できないと考えられる。

今後の一般病棟での感染者への治療に際しては、空調換気設備の点検、必要な維持管理及び補修・改善の実施、出入口の開閉などの配慮が重要であることを周知する必要がある。具体的には、換気設備の点検を行い、設計風量が確保できていることを確認すること、設計風量が確保できていない場合には、フィルター等の清掃を行って改善を図ること、それでも設計風量が確保できない場合には、換気状態の改善のための補修・改善を図ること、建築物衛生法の空気環境基準、病院設備設計ガイドライン（HEAS）等を踏まえ、室内空気環境に関する測定を行

い、空調換気設備が適切に機能していることを確認すること、が挙げられる。

この調査結果に基づいて厚生労働省は 2021 年 4 月に、新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備についての事務連絡⁵⁾を行った。

4. コールセンターの室内空気環境に関する調査

新型コロナウイルスの感染拡大の当初から、コールセンターにおけるクラスター感染の発生が続いている。厚生労働省クラスター対策班、関係自治体保健所による分析⁶⁾によってエアロゾル感染が疑われた 2 例のコールセンターの空調換気に関する調査結果 (2021 年 6~7 月) を以下に示す。表 2、図 10、図 11 に、クラスター感染が発生した中高層建物と対象階の室 (Room) 構成の概要を示す。各 Room の間は、使用状況に応じて間仕切りが設置され、複数の Room を一室化して使用している。また、同一階は、複数のテナントまたは複数の業務グループが使用する空間で構成されている。

4.1 調査対象の概要

対象 a では、エアハンドリングユニット AHU とパッケージエアコン PAC が使用されていた。対象階の 2 系統の AHU は、可変風量装置 VAV (Room 毎) が採用され、省エネルギーを目的とした CO₂ 制御 (還気 RA が 800ppm 以下の場合に外気量 OA を減らす制御) が行われている。これらのシステムは、9~19 時に稼働していた。各 Room へは、天井吹出口から給気され、天井チャンバー経由で集中排気された。RA の一部は再循環されていた。窓には開放機能が無く、ドアはセキュリティ機能によって出入り時以外は施錠されていた。また、空気清浄機 6 台とサーキュレーター 2 台が設置されていた。Room3~7 でクラスター感染が発生し、別テナント使用の Room2,8,9 では感染者が確認されなかった。なお、Room1 は休憩所として使われていた。

対象 b では、外気処理空調機 OHU と電気式ヒートポンプエアコン EHP が使用されていた。OHU はダンパ制御 (階毎) ・定風量装置 CAV が用いられ、9~18 時に稼働していた。オールフレッシュの外調機から天井吹出口を介して給気され、天井チャンバー経由で集中排気されていた。フロアの天井裏が天井チャンバーとして一体化され、さらに各 Room 及び通路の間に欄間を設けることで、室間通気が確保される設計となっている。Room1,2,3 は一室として使用されていた。隣室との間の欄間は防音のために目張りされ、外部騒音のために窓開けの頻度が低かった。Room4 は窓がなく、欄間は目張りされていた。Room5,6,7 には、外気が直接供給されず、通路から Room5 の欄間を介して間接的に供給されていた。感染者は複数の Room で発生したが、Room1,2,3 が全体の 7 割以上であった。

表 2 に、調査項目を示す。コールセンター事業者・建物管理者へのヒアリングと図面・ビルエネルギー管理システム BEMS のデータを利用した、空気の移動と CO₂ 濃度シミュレーションを行った。対象 a では、運用停止中に感染発生時の状況を再現し、トレーサガス濃度減衰法を用いて換気量を測定した。また、対象 a,b で運用再開後の在室人数を調査すると共に CO₂ 濃度を測定した。

表 2 調査対象

対象	a	b
築年数	5 年以内	30 年以上
感染者数	約 80 名	約 100 名
陽性率	約 35%	約 50%
室容積	約 1,800m ³	約 2,200m ³
執務室	一室化	一室化+個室化
最大収容人数	約 0.23 人/m ²	約 0.34 人/m ²
空調換気	AHU+PAC VAV,CO ₂ 制御	OHU+EHP CAV



対象 a (黒太線) : Room3~7 で感染発生、Room3~7 は一室化、執務室と前室の間にある壁と扉の上部に欄間有 (赤破線)、AHU は 2 系統 (青、橙)

図 10 クラスタ感染が発生した階の平面



対象 b (黒太線) : Room1~7 で感染発生、Room1~3 は一室化、Room4~10 はそれぞれ個室化、一部の壁の上部に欄間有 (赤破線)、OHU は 1 系統

図 11 クラスタ感染が発生した階の平面

4.2 調査結果

4.2.1 クラスタ感染発生時の換気性状 (対象 a)

対象 a では、室内の CO₂ 初期濃度を約 1,100ppm まで上げた後の濃度減衰から算出した Room3~7 の外気量 OA は約 3,000m³/h であった。BEMS では Room3~7 への給気量 SA は約

10,000m³/h で制御されており、外気量と再循環量の比率は 3 : 7 となった。これは AHU の機器表の送風量 SA と外気量 OA の関係と概ね一致した。Room3~7 は 125 席で運用されていたが、建築物衛生法（ビル管法）に基づいて厚生労働省が示した 1 人あたりの必要換気量 30m³/h 算出した適切な人員は約 80 名程度（前室除く）であった。

BEMS によると、換気量測定中の還気 CO₂ 濃度は Room1~5 の系統が 800ppm 以下、Room6~9 の系統が 600ppm 以下と Room3~7 における室内濃度の測定値に比べ顕著に低かった。クラスター感染発生時にも室内の CO₂ 制御が十分に機能していなかった可能性がある。設計図には、1 つの空調機系統を複数のテナントが使用する場合には CO₂ 制御を無効にすると記載されているが、感染発生時に CO₂ 制御が行われていた。一方、空調設計図のデータを用いた濃度計算によって、複数のテナントが使用していても再循環があれば、室間の濃度差が大きくなり確認された。

このことから、制御用の CO₂ 濃度測定誤差の影響の可能性が指摘された。また、一部の室で冷暖房負荷が減少すると、その室の AHU、PAC の給気風量が抑制され、再循環量が減少することになる。クラスター感染発生時は暖房から冷房モードに切り替わる時期で再循環量が抑制された可能性が考えられる。実際に室内側と制御側の CO₂ 濃度の乖離が生じ、AHU の OA ダンパが 60%開度まで絞られ、外気量 OA は抑制されたことが確認された。また、19 時以降にも多くの就業者がいたが、AHU が停止し外気が供給されていなかった。

4.2.2 運用再開後の CO₂ 濃度測定（対象 a,b）

図 12,13 に、対象 a の CO₂ 濃度と就業人数を示す。運用再開のために、サーキュレーターによって空気の攪拌を行い、AHU の系統毎に間仕切りを設けて二室化したことで、Room3,5、Room6,7 それぞれの濃度差が少なくなった。しかし、7/3 以降に Room6,7 の就業人数が大幅に増加したことで、CO₂ 濃度が高くなった。運用再開後に感染対策を一層強化した中でも、外気量不足が発生した。感染発生時にも、換気量不足が発生した可能性がある。

図 14,15 に、対象 b の CO₂ 濃度と就業人数を示す。運用再開のために一部の欄間の目張りを撤去し、窓開け換気を積極的に行った。しかし、就業者がいたにもかかわらず OHU が稼働していない 9 時以前、18 時以降の CO₂ 濃度は著しく上昇した。朝方にかけての濃度低下も緩やかであったため、夜間の換気量（OA）を推定したところ、30~110m³/h と非常に少なかった。一方、Room5,6,7 には、直接給気できていなかったが、OHU と共に EHP が稼働し、通路から欄間を介した空気の流入によって、CO₂ 濃度上昇が抑えられていた。ただし、満席を想定した場合には機械換気だけではなく窓開け換気を併用する必要があることが確認された。

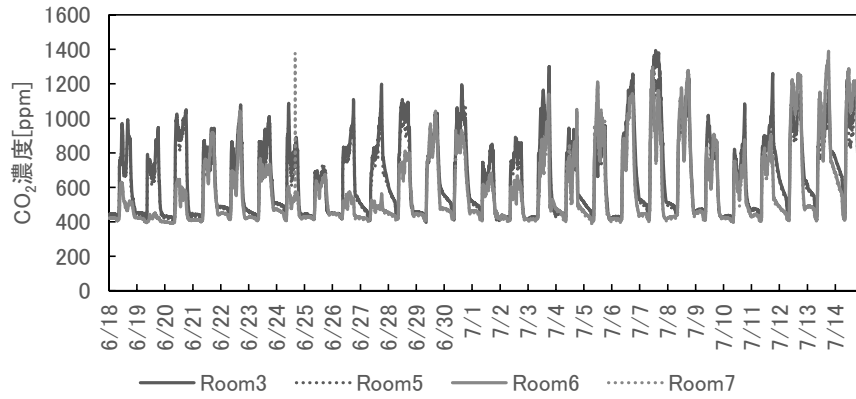


図 12 対象 a の CO₂ 濃度

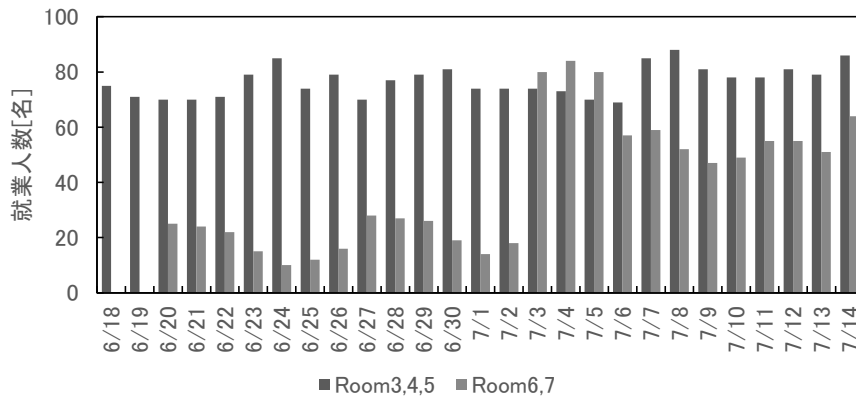


図 13 対象 a の就業人数

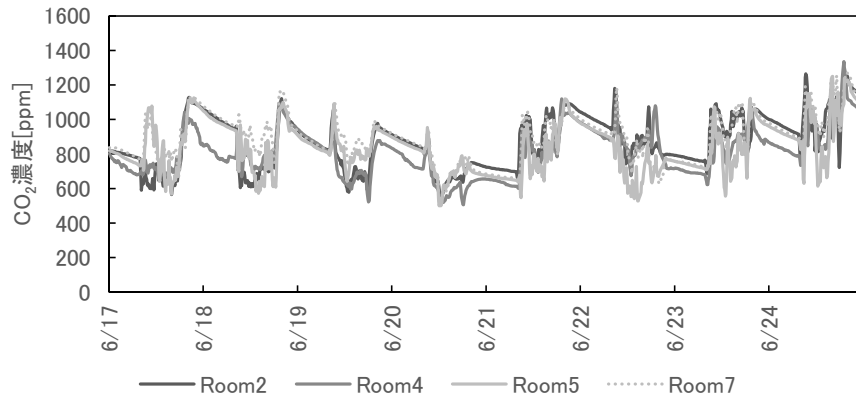


図 14 対象 b の CO₂ 濃度

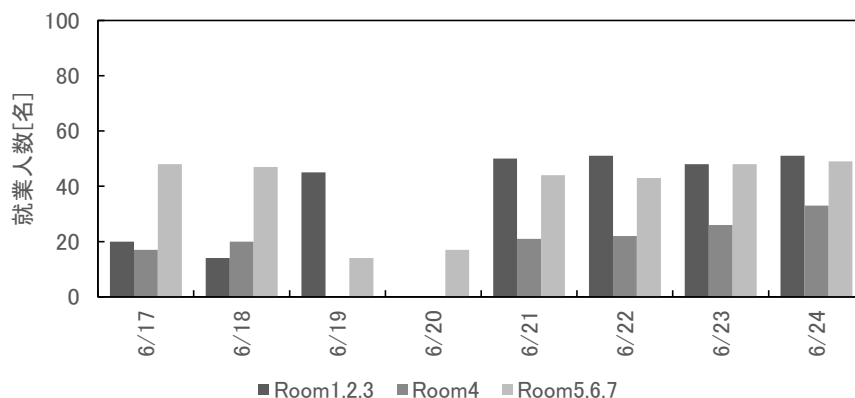


図 15 対象 b の就業人数

4.3 調査結果に基づく対策

本調査では、空調換気に関する複数の問題点が指摘された。換気性状がクラスター感染にどの程度影響したかは明らかになっていないが、同一空間内でのエアロゾル感染、空調換気による室間の空気移動にともなうエアロゾル感染の可能性は否定できない。コールセンターでは、発声によって連続的にエアロゾルが発生する。対象では、建物設計時の想定を超える人数、AHU 停止中での就業によって、必要な外気量 OA が確保できない状況があったことが明らかになった。

このことから、コールセンター事業者側は基本的な感染対策に加え、就業人数の適正管理、HEPA フィルター相当の空気清浄機やサーキュレーターの増設、換気の日安となる CO₂ センサーを用いた換気量と在室者数に関する状況把握が必要である。また、運転スケジュールの見直し等、建物管理者側と共に空調換気対策を行うことが重要である。

最後に、当時の変異株の比率から、調査対象のクラスター感染はアルファ株によって発生した可能性が高いと考えられる。今後、デルタ株等の感染力がより強いウイルスの場合、エアロゾル感染のリスクは一段と高まるため、空調換気の運用管理を再度確認し、必要に応じて対策を講じていくことが急務である。

5. おわりに

ウイルス感染症のパンデミックは、感染者の人命はもとより、社会に大きな被害をもたらしている。この災害は、人口、エネルギー消費、温暖化ガス排出の急激な増加による、気象や生態系の変化がもたらしているとの指摘があり、人的災害と自然災害の二面性を持つ新たな災害であるとも言える。

本報告では、新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生した建築物における室内空気環境に関する調査によって、エアロゾル感染の可能性に関する知見を示した。この結果は、現在の室内空気環境に潜在する問題を浮き彫りにしただけではなく、建築物及び空調調換気設備に新たな課題を提起した。

この新たな災害の対策として、室内空気環境中のエアロゾル感染機序の解明、感染力や健康被害を踏まえた室内空気環境制御技術の開発、対策技術と投資効果に関する評価法の開発など、

多面的な研究が急務となったと考える。

謝辞

本調査は、厚生労働省、同クラスター対策班、国立感染症研究所、国立保健医療科学院、関係の自治体及び保健所、建築衛生分野の研究者（林基哉，柳宇，東賢一，鍵直樹，尾方壮行，森本正一，羽山広文，森太郎，菊田弘輝，田辺新一，倉淵隆，長谷川麻子，村田さやか，山田裕巳，本間義規，小林健一，金勲，開原典子他）、日本建築学会、空気調和衛生工学会、病院、コールセンター、建物・設備等管理者の協力によって行われたことを記し、謝意を表す。

参考文献

- (1) 厚生労働省：商業施設の管理権限者へ向けて「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法，2020-04-03.
- (2) 厚生労働省：熱中症予防に留意した「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について，2020-06-17.
- (3) 厚生労働省：冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法，2020-11-27.
- (4) 日本医療福祉設備協会：病院設備設計ガイドライン（衛生設備編）HEAS-03-2021，2021.
- (5) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について，2021-04-07.
- (6) 中西香織，熊谷優子，小池典久，大久保卓磨，白水彩，西條政幸，山口亮，館石宗隆，高橋賢亮，黒須一見，山岸拓也，菊田弘輝，林基哉：高い累積罹患率を認めた札幌市内コールセンターでの新型コロナウイルス感染症アウトブレイク（2021年5月）—健康管理，感染管理，換気を確認する重要性について，IASR，Vol. 42，pp. 206-207，2021年9月号.