

3. 科学院の現在

建築・施設管理研究領域の研究紹介

—医療施設のエアロゾル感染対策と中規模建築物の自主的管理手法の構築について—

本間義規

国立保健医療科学院統括研究官（建築・施設管理研究分野）

I. 建築・施設管理研究領域の研究範囲

建築・施設管理研究領域は、建築空間の熱湿気・空気環境管理や建築設備のほか、微生物汚染・ペストコントロールなど、建築物衛生法に規定されている建築物環境衛生・施設管理に関する研究を行っている。また、医療施設や高齢者施設などハイリスク対象者が利用する施設や、児童福祉施設、学校、また住宅の健康影響を対象とした研究についても実施している。

建築・施設管理研究領域では、現在、5人のメンバーで表1に示す基盤的研究、厚生労働科研や文部科学省科研、その他外部資金の研究を実施している。このうち、特に感染症対策とIoT化対応は重要なテーマとして捉えており、その比重も大きくなってきている。本報告では、COVID-19 対応として取り組んでいる医療施設の空気感染に関する研究と、政府のデジタル化方針と連動した建築物衛生管理のIoT化に関連する研究について、その概要と途中経過を簡単に紹介する。

II. 感染を抑制するための室内空気環境計画に関する研究

1. 換気と空気感染

国立保健医療科学院のインハウス予算で実施しているのが基盤的研究である。平成 24 年度よりハイリスクな高齢者施設を対象として、感染対策やリスク評価、室内環境調査やインフルエンザ対策としての湿度対策に関するシミュレーション等を実施してきているが、ここ 3 年ほど Covid-19 対策としての空気感染・クラスター事例の研究を行っている。今回は、このうち医療施設のエアロゾル感染対策について紹介する。

新型コロナウイルス感染症の感染経路は、ウイルスを含む飛沫またはエアロゾルの吸入もしくは感染者の目や鼻、口に直接的に接触することにより感染するとされている（厚生労働省、2022）。“エアロゾルの吸入”はいわゆる近距離感染であり、長距離伝播するエアロゾル感染（一般にこれを空気感染と呼ぶが、学会等によって定義

表 1 現在取り組んでいる建築・施設管理研究領域の研究19テーマ

国立保健医療科学院 基盤的研究
感染を抑制するための室内空気環境計画に関する研究 (R4)
厚生労働省科学研究費
中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究 (R4-R6)
感染症対策を踏まえた建物内部の適切な清掃手法等の検証及び確立のための研究 (R3-R4)
IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究 (R4-R5)
興行場における衛生的な環境確保のための研究 (R3-R5)
健康増進に向けた住宅環境整備のための研究 (R2-R4)
建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究 (R2-R4)
文部科学省科学研究費
小ボリューム住宅の湿害防止に資する躯体透気型換気システムの開発 (R2-R4)
住宅における機械換気の実質効果と健康リスク影響に関する調査 (R2-R5)
一時保護所の機能・役割と空間構成の検証及び建築設計マニュアルの作成 (R3-R5)
エンドトキシン測定による感染予防と微生物汚染対策に関する研究 (R2-R4)
高齢者の皮膚不感蒸泄量予測を目指した数値人体非定常応答モデルの開発 (R3-R5)
自然換気建物の設計法確立に向けた基礎的検討ー開放率を用いた換気口面積の設定法ー (R4-R6)
在宅生活ニーズの把握と多職種連携のための見取り図の活用効果の具体的検証 (R2-R4)
室内環境中のフタル酸エステル・2-エチル-1-ヘキサノールの動態分析/リスク評価 (R1-R4)
住宅室内における汚染粒子の発生から居住者への曝露の挙動解析と健康リスク評価 (R2-R4)
居住環境におけるナノ・マイクロプラスチック問題の調査・分析法の確立と実態調査 (R3-R6)
その他外部資金
床下空間に起因する微生物汚染リスク統合評価手法の構築 (R4-R5)
地域差を考慮できる新たな熱中症危険度の判定手法の提案 (R4)

3. 科学院の現在

が異なる)は空調設備や換気設備の問題であり、我々が取り組むべき重要課題となっている。

医療施設でのCovid19クラスター発生は比較的多く、数百人規模になる事例もある。そうした事案では、換気設備の運用停止、メンテナンス不足、換気ダクトの不具合等の原因が特定されることも少なくない。しかし、必要換気量が確保されているにも関わらずクラスター感染が発生することもある。医療従事者のPPE(個人用防護具)が十分に行われていて飛沫感染、接触感染の可能性が極めて低いとき、換気設備に拠らない空気感染の疑いが浮上してくる。

2. 医療施設でのクラスター感染事例と検証

医療施設(病室)の空調設備および換気設計は、建築基準法で定める0.5回/hもしくは一人当たり30m³/h、そして日本医療福祉設備協会(HEAS)のガイドライン¹⁾の基準値である2回/hのうち、最も大きな数値が採用される^{注1)}。今回、空気感染が疑われた事例では、各室のCO₂濃度が低く換気不足がない状況であった。起点となった病室の換気設備風量は排気170m³/hであり、ガイドライン値をほぼ満たしていた。この病室の48時間経過後^{注2)}のWells-Riley感染確率^{注3)}は68.4%(感染人数換算3.42人)と算出され、実際の同室者の陽性者数3名とほぼ符合していた。

3. シミュレーションによる病室ドア・窓開けの影響評価

換気量設計は病室ドアを閉じる前提で行われるが、実際にはスタッフの移動があるため常に開放されており、病室-廊下間の空気流れが存在する。この状態を定量的に把握するため、トレーサーガスを用いた実験、スモークテスターによる確認のほか²⁾、換気回路網シミュレ-

ーションを実施している^{注4)}。その結果、病室-廊下間の交換換気量は、換気回数で10~14回/hとなることを確認した。次に、病室ドアを閉めた場合(case1)、病室ドアを開放した場合(case2)、case2にプラスして外窓を10cm開けた場合(case3)とで、感染性ウイルス濃度を比較してみた。^{注5)}病室内に陽性者がいる場合、case1に比べcase2は0.15倍、case3は0.13倍にウイルス濃度が低下することがわかった(図1、2)。一方、他病室に陽性者がいる場合、ドアを閉め切っているcase1を基準とすると感染性ウイルス濃度はcase2で2.1倍、case3で1.6倍となった。クラスター発生状況を再現するためには、最初の陽性者の実際のウイルス発生量および潜伏期間、り患者の感受性等のファクターを考慮しなくてはならず、その情報取得は容易ではない。しかしこうした積み重ねが空気感染の定量的なリスク評価への第一歩となることから、今後も引き続き検討を進める予定である。

Ⅲ. 中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究

1. 建築物の衛生管理を取り巻く背景

令和3年度衛生行政報告例によると、特定建築物^{注6)}施設数は47,530件、そのうち事務所は19,361件(40.7%)存在する。平成30年度法人土地・建物基本調査によると、事務所は191,300件あるので、全体の10.1%しか法適用になっていないことになる。特定建築物の衛生管理には建築物環境衛生管理技術者(以下、技術者)の選任が必要であるが、40万件以上の特定建築物に対し技術者は5万人程度である。制度的に兼任可能であるものの、その数は十分な状況にはない。また保健所の監視指導は、全国平均で報告徴収43%、立入検査9.6%、説明又は資

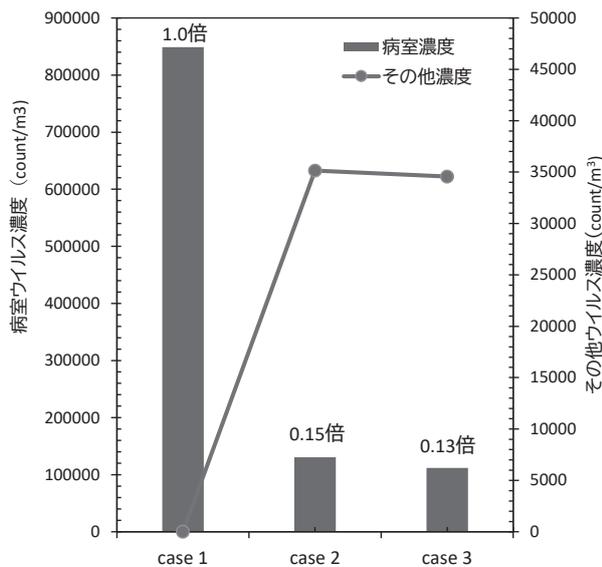


図1 病室内に陽性者がいる場合の病室内ウイルス濃度

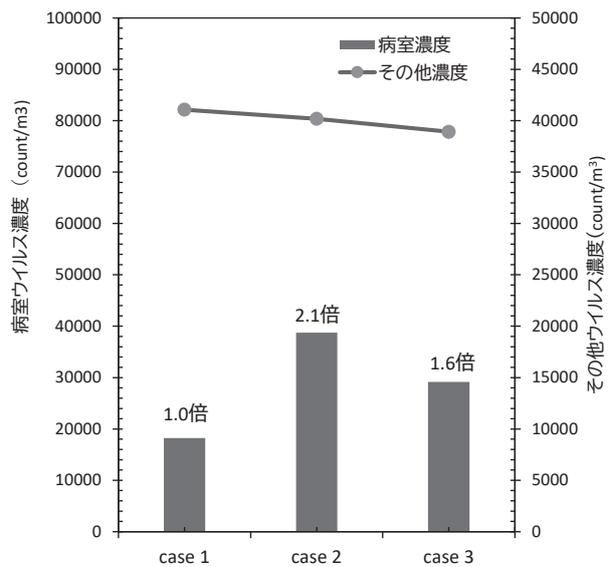


図2 病室外に陽性者がいる場合の病室内ウイルス濃度

本間義規

料の要求6.4%となっており、こちらも十分とはいえない。

建築物衛生管理に関する検討会^{注7)}では、建築物所有者等に過大な負担を強いることのないような優先的に取り組むべき衛生管理対策の明確化、IoTを活用した維持管理の負担軽減と同時に、指導等を実施する保健所の業務負担を軽減する手法の検討などを求めている。ICT、IoT技術の進展、国のデジタル化方針^{注8)}が示される中、こうした技術を中規模建築物へ適用することにより、適切な衛生管理を幅広く実現していくことが重要となりつつある。

2. 建築物衛生環境管理・評価システムの構築

こうした背景のもと、本研究では図3に示すようなシステムの構築を目指している³⁾。このシステムは建築物の面積、建築年、構造、設備等の基本データを初期情報として入力、一方で温湿度、CO₂、照度等の物理データを連続的に収集し、かつスマホ等を利用して施設利用者からの主観評価を適当なタイミングで収集、衛生管理状況を適切に評価し総合的にスコア化するシステムである。電子データをクラウド保存し保健所等の監視指導に役立てること、地域内の同用途の建築物の中の相互比較等に活用するなど、将来的な拡張や応用も視野に入れている。またこうしたデータは、環境不動産^{注9)}、健康経営^{注10)}等の基礎データとしても活用可能と考えている。

IV. 最後に

感染症対策としての空気管理をはじめ、建物利用者の健康維持・安全性確保、さらに生産性向上を目指すビル環境の重要性はますます高まっている。特にIoTを活用した建築物衛生管理の高度化は、国の重要施策とも連動

する内容である。これらの成果を厚生行政等に役立てられるように、今後も引き続き検討を進めていく所存である。

注1) 医療施設を設計する設備設計者の意見であり、この医療施設の設備設計は未確認である。

注2) 潜伏期間を2日間と想定した。

注3) 小学校の麻疹集団感染に関する疫学研究においてRileyらが用いたモデルである。Wellsによって提案されたquantaを発生単位として用いていることから、Wells-Riley方程式と呼ばれている。Covid-19研究では世界的に利用されている。

注4) 今回は対象病室とそれ以外の2ゾーンモデルで検討した。温度を既知条件として床面圧力をNewton-Raphson法で解き、各開口の風量を算出している。

注5) 風量が算出できれば濃度平衡から各室への感染性ウイルスの輸送量を算出することができる。

注6) 建築物衛生法では、興行場、百貨店、集会場、店舗、事務所、旅館、学校等に供される延床面積3000m²以上(学校においては8000m²以上)の多数の者が使用・利用する建築物を特定建築物と定義している。

注7) 厚生労働省：建築物衛生管理に関する検討会報告書、令和3年7月

https://www.mhlw.go.jp/stf/kentoukai_report.html

注8) デジタル社会の実現に向けた重点計画

<https://www.digital.go.jp/policies/priority-policy-program/#document>

注9) 国土交通省、環境価値を重視した不動産市場形成にむけて

https://www.mlit.go.jp/totikensangyo/totikensangyo_tk5_000107.html

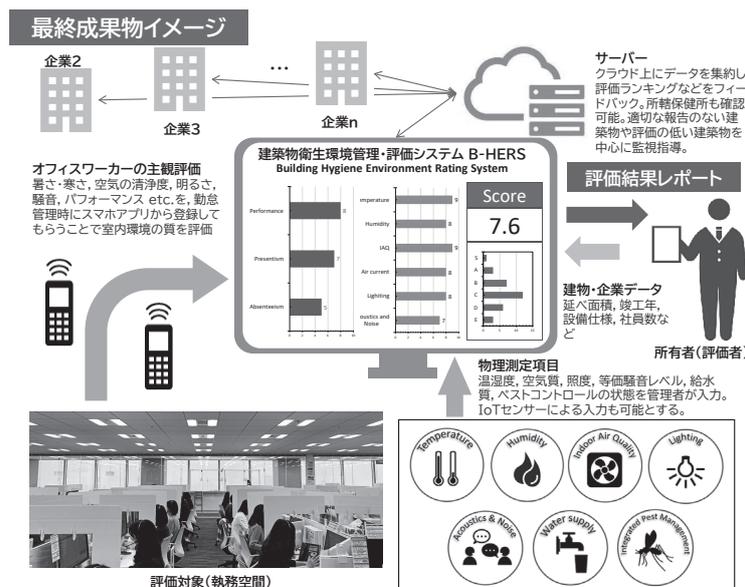


図3 建築物衛生環境管理・評価システムの概要

3. 科学院の現在

注10) 経済産業省, 健康経営

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/healthcare/kenko_keiei.html

参考文献

- 1) 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) HEAS-02-2022
- 2) 本間義規, 林基哉, 長谷川麻子, COVID-19 クラスター感染が発生した医療施設の空調換気性状—一般病室・廊下間における空気流れの測定結果—, 第30回日本臨床環境医学会学術集会; 2022.6; 東京. 抄録p.77
- 3) 本間義規, 東賢一, 小林健一, 島崎大, 阪東美智子, 下ノ菌慧, 国内外における既存建物の環境性能レーティングシステムの収集・整理, 第46回人間-生活環境系シンポジウム報告集, 2022.12; pp.147-150