

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究
建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

研究分担者 開原 典子 国立保健医療科学院 建築・施設管理研究部 上席主任研究官
研究分担者 林 基哉 北海道大学 大学院工学研究院 特任教授

研究要旨

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理について、エアロゾル感染対策を含む空気環境管理への適用可能性、および建築物環境衛生監視指導への活用可能性と課題について検討を行った。

環境衛生管理におけるデジタル技術の適用については、CO₂ 濃度による換気状態の検知および空調換気設備制御に着目し、測定器の精度と自動校正によって生じる誤差について検証した。その結果、自動校正によって CO₂ 濃度が過小評価された場合、換気量が抑制され、室内 CO₂ 濃度が上昇する可能性が示された。また、温度条件等によって測定誤差が発生する可能性も認められ、測定精度および精度維持方法の重要性が示唆された。建築物における環境衛生を長期的に維持するためには、IoT 機器の精度維持、定期的な点検・維持管理、測定データの信頼性確保等を含めた総合的な管理が重要であると考えられた。

建築物環境衛生管理に関連するデジタル技術の現状については、IoT、AI、クラウド等を活用したスマートビル技術の普及により、空気環境管理、給排水管理、設備監視、異常検知等への活用可能性が広がっていることが確認された。一方で、データ標準化、空間情報整理、システム複雑化への対応、情報セキュリティ対策、センシング機器の信頼性確保等が課題として認められた。

また、建築物環境衛生監視指導においては、人員不足、監視対象施設数の増加、紙媒体による記録管理、監視業務の属人化等の課題が確認された。IoT センサーやクラウド管理等を活用することにより、異常値把握、監視優先度付け、情報共有等への活用可能性が示された一方、IoT による測定データは法定測定を代替するものではなく、日常管理や異常検知等を補完する技術として活用する必要があることが整理された。

以上より、建築物環境衛生管理および監視指導におけるデジタル技術活用に関して、測定精度、データ信頼性、運用条件等に関する課題が整理され、効率的かつ実効性のある監視体制の構築に資する基礎的知見が得られた。

A. 研究目的

A1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

デジタル技術を活用し建築環境衛生の維持向上を効率的に行うために、技術開発の動向を把握して建築物環境衛生管理基準のあり方を検討するための基礎資料とすることを目的とした。建築

環境衛生における課題を整理し、その維持向上に資する要素を明確するとともに、建築環境衛生に関連する既存技術、技術開発動向を収集整理した。

A2. 環境衛生管理におけるデジタル技術の現状

A2.1. デジタル技術の現状と可能性

近年、IoT、AI、クラウド等を活用したスマートビル技術の普及が進み、建築物環境衛生管理においても、空気環境、給排水管理、清掃、防除等へのデジタル技術活用の可能性が広がっている。特に、BEMS 等を活用した空気環境管理や、センシング技術を用いた設備監視・異常検知等については、環境衛生管理業務への応用が期待されている。

一方で、デジタル技術の活用にあたっては、データ標準化、空間情報との関係整理、システム複雑化への対応、セキュリティ対策、センシング機器の信頼性確保等の課題も指摘されている。

本節では、建築物環境衛生管理に関連するデジタル技術の現状および活用可能性について整理するとともに、建築物環境衛生管理への適用にあたって留意すべき課題について検討を行った。

A2.2.建築物環境衛生管理におけるデジタル技術活用の可能性と監視指導上の課題に関する検討

建築物衛生法に基づく環境衛生監視指導については、対象施設数の増加、施設用途の多様化、監視業務の複雑化等により、限られた人的資源の中で効率的かつ効果的な監視体制を構築することが課題となっている。

また、紙媒体を中心とした記録管理や、監視業務の属人化等も課題として指摘されており、監視指導業務の効率化および平準化が求められている。

本節では、自治体における建築物環境衛生監視指導の実態および課題を整理するとともに、IoT等のデジタル技術を活用した監視指導支援の可能性について検討を行い、今後の建築物環境衛生管理基準の運用および監視体制のあり方に関する基礎資料を得ることを目的とした。

B. 研究方法

B1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

環境衛生管理のためのデジタル技術の適応として、主にエアロゾル感染対策を中心にデジタル技術の利用について情報を収集・整理する。

COVID-19 パンデミックによって感染症対策のために、デジタル技術の利用の試みが行われている。パンデミックを契機に普及した CO₂ 濃度による換気状態の検知と空調換気設備制御に関する課題として注目されている測定器の精度と誤差によって生じる課題について検証し、今後の CO₂ 濃度の測定器に求められる要件について検討した。

B2. 環境衛生管理におけるデジタル技術の現状

B2.1. デジタル技術の現状と可能性

建築物衛生法の環境衛生管理項目を中心に、今後の環境衛生管理に資するデジタル技術の導入例について、関連する企業等からデジタル技術に関する情報を収集し整理した。

B2.2. 建築物環境衛生管理におけるデジタル技術活用の可能性と監視指導上の課題に関する検討

建築物衛生の監視指導に従事する環境衛生監視員等の実務担当者により共有された監視指導上の課題認識、自治体からの事前課題回答、監視指導実態に関する資料等を用いて、建築物環境衛生監視指導上の課題を整理した。なお、課題認識の整理にあたっては、地方公共団体等において環境衛生監視業務に概ね 2 年以上従事した実務担当者による課題整理および意見交換の内容を参考とする。また、建築物環境衛生管理に関連する IoT センサー、クラウド管理、電子台帳等のデジタル技術について、既存事例および活用状況を収集し、監視指導業務への適用可能性を整理した。さらに、報告徴収および立入検査の実施状況、不適率の推移等について整理し、デジタル技術活用との関係について検討を行った。

C. 研究結果

C1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

C.1.1. 室内環境検知による感染リスク推定

室内環境中で健康影響を及ぼす物質には、病原体（ウイルス、細菌、真菌など）、アレルゲン（カビ、ダニ、ゴキブリ等の昆虫、ペットの毛・フケ、花粉など）、化学物質（燃焼ガス、揮発性化学物質、オゾンなど）、病原体・アレルゲン・化学物質を含む粒子（粉塵、ハウスダスト）などがある。空気を介して伝播する病原体には、新型コロナウイルス、インフルエンザウイルス、水痘ウイルス、麻疹ウイルス、風疹ウイルス、ノロウイルス、レジオネラ属菌、結核菌、マイコプラズマ、百日咳菌などがある。

図1に示すように、空気中の物質濃度は、その発生量と換気量によって推定される。空気中の病原体濃度は健康リスクの基礎情報であり、その濃度は病原体発生量と換気量によって推定される。

表1に、室内環境検知と感染リスクに係る項目を示す。検知の対象には、ウイルス濃度などの感染リスクの直接的な要因、在室者の行動、室内空気質、空調換気設備などの感染リスクの間接的な要素が挙げられる。直接的な検知については、ウイルスの検知技術が開発段階にあり、今後の実用化がきたいされている。また、間接的な要素については、複数の要素を検知して感染リスクを推定するための技術が検討され、実用化されている事例がある¹⁾⁻¹²⁾。

C.1.2. 環境中トレーサーを用いた感染リスク推定

換気を定量化するためには、給排気風量を測定する風量法とトレーサー法がある。トレーサー法は、建物隙間を介する通気や他室との相互換気等がある場合でも定量化が可能である。

換気量の測定では、CO₂やSF₆などのガスを用いたトレーサーガス法が用いられている。空間で発生量が想定（例えば、人体のCO₂発生量）できる物質は、トレーサーとして利用できる。

図2に示すように、トレーサー法によって、空

間全体（換気量、換気回数）、分布（空気齢、局所換気回数）、多空間（相互換気量、換気回路）に関する換気量が算出される。換気量と病原体発生量から、その濃度が算出され、感染リスク評価の基礎情報となる。なお、新型コロナウイルスの室内濃度から感染リスクを推定した事例がある¹²⁾⁻¹⁶⁾。

表2に換気量の推定方法を示す。環境中トレーサー濃度の情報数によって、空間の平均濃度や分布、変化などの推定レベルが制約される。

C.1.3. エアロゾル感染対策のデジタル技術

令和4年6月にデジタル臨時行政調査会は「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」を決定し、人を介する代表的なアナログ規制7項目について見直しを行う事となった。厚生労働省は「デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理のあり方に関する検討会」を立ち上げ、令和6年6月に中間報告を取りまとめた。

IoT、AIなどのデジタル技術の活用は様々な分野で行われている。建築物においても、空調・照明・人流データを一元管理するスマートビルの普及、点検データから報告書の自動作成やテナントの要望に対する自動対応などへの生成AIの活用も期待されている。また、各種センサー・カメラ等を用いた室内空気環境、汚れ、ねずみ等の検知など、建築衛生管理を効率的に実施する技術の可能性が示されている。図3に示すように、デジタル技術は、建築物の環境衛生に関する認知、基準適合判断などの認識、空調換気設備の運転、防虫防鼠、清掃など、建築物環境衛生管理の様々な段階で人よりもより高い精度や効率で実施できる可能性を持っている。

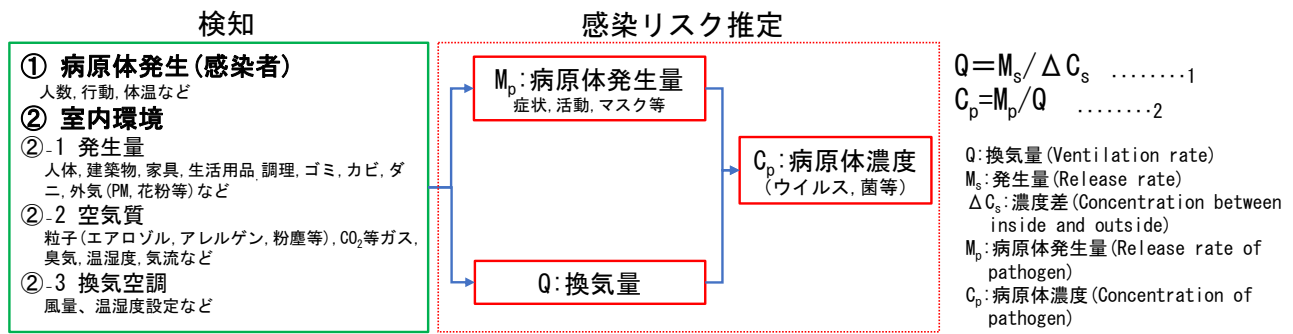


図1 室内環境検知と感染リスク推定の基本枠組

表1 室内環境検知と感染リスクに係る推定

対象	検知	検知に基づく推定	備考
① 病原体発生(感染者)	・ 人感(動態) ・ 放射温度 ・ 熱画像 ・ 感染情報	・ 在室の有無、通過人数 ・ 体温(発熱) ・ 体温(発熱)、在室者数 ・ 感染者の在室確率	・ IoT ・ AI等による分析
② 室内環境			
②-1 発生量	・ 人体: ①と共通 ・ 建築情報(設計図書、家具情報等) ・ 生活情報(購入履歴、生活習慣) ・ 室内環境情報(結露やカビ、ダニ) ・ 外気情報(気象、PM2.5、花粉等)	・ 発生量 ・ 建築物、家具からの発生量 ・ 生活用品、調理、ゴミからの発生量 ・ 結露、カビ、ダニ等に伴う発生量 ・ 侵入量	・ BIM (Building Information Modeling) ・ AI等による分析
②-2 空気質	・ 測定器(粒子(エアロゾル、アレルゲン、粉塵等)、CO₂等のガス、臭気、温湿度、気流) ・ 測定値による分析(結露、カビ、ダニ、アレルゲンなど) ・ 室内環境指標(温熱環境、空気環境)	②-1 発生量と②-2 空気質から換気量を推定	・ BEMS (Building Energy Management System) ・ AI等による分析
②-3 換気空調	・ 外気量、循環量(OA, EA, SA, RA) ・ 設定温湿度 ・ 設定CO₂濃度	②-3 換気空調から換気量を推定	・ BEMS (Building Energy Management System) ・ AI等による分析
感染リスク	・ ウイルス濃度の測定分析: PCR (Polymerase Chain Reaction)、バイオエアロゾルセンサー (UV)、ウイルスセンサー (人工DNAアプタマー) ・ AI等による分析		

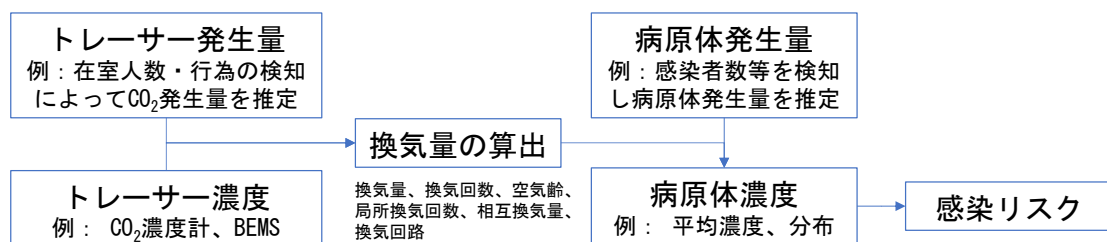


図2 環境中のトレーサーを用いた病原体濃度の推定

表2 トレーサー法による換気量推定

換気の指標	推定方法	基本式及び計算手法の例
換気量・換気回数	トレーサの発生量と濃度から、空間の換気量・換気回数を算出する。 病原体発生量を想定すると、空間の病原体濃度を推定することが出来る。	基本式：トレーサー質量収支式 $V_i \cdot C'_i(t) = Q(t) \cdot (C_o - C_i) + M_i(t)$ V_i :空間容積, C_i :空間濃度, C_o :給気濃度, Q :換気量, M :発生量 換気量・換気回数:濃度変化, 濃度減衰, 濃度上昇から、算出
空気齢、局所換気回数	トレーサの発生量と空間内濃度分布・変化から、空間の各点の空気齢、局所換気回数を算出する。 病原体発生量を想定し、空間の病原体濃度の分布を推定することが出来る。ただし、発生源に分布がある場合は、CFD等による解析が必要となる。	空気齢:点のCO ₂ 濃度減衰から空気齢は式(1)により得られる。 $\tau_p = \int_0^\infty \frac{C_r - C_o}{C_{r0} - C_o} dt \quad \dots (1)$ τ_p :局所空気齢[h], C_o :外気濃度[m ³ /m ³], C_r :時刻tにおける室内濃度[m ³ /m ³], C_{r0} :時刻t ₀ における室内濃度[m ³ /m ³] 局換気回数:N=1/τ _p
相互換気量・換気回路	複数空間のトレーサの発生量と濃度から、相互換気量・換気回数を算出する。 病原体発生量と発生する空間を想定すると、発生する空間から他の空間に移動し、それぞれの空間の病原体濃度を推定することが出来る。	基本式：複数空間のトレーサー質量収支の連立式 $\{V_i \cdot C'_i(t)\} = [Q(t)] \cdot \{C_i\} + \{M(t)\}$ V_i :空間iの容積, C_i :空間iの濃度, $[Q]$:風量マトリックス, $[M]$:発生量マトリックス 計算手法:微分方程式の数値解法(ルンゲ=クッタ法, New mark β法, EXCELソルバー等)

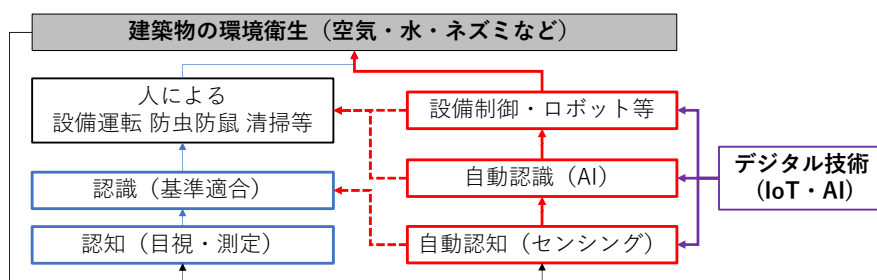


図3 建築物環境衛生におけるデジタル技術の可能性

しかしながら、建築物における省エネルギーのために早くから導入されたデジタル技術であるBEMS（Building Energy management system）は、エネルギーや室内環境に関するデータが十分に活用されず、環境衛生管理には活用されていない。特定建築物の空気環境基準に対する不適率は、温度、相対湿度、CO₂濃度で高くなっており、その要因として省エネルギーが挙げられている。デジタル技術の導入によって、不適率の改善はもとより様々な効果が期待されるが、その効果を実現するには慎重な検討と検証が必要である。

具体的には、以下のような観点が必要である。全国の建築物には、新旧、地域による差がある。

建築物と設備に使われている技術は多様であるため、一律のIoT導入は健康リスクの背景になる。IoTは急速に進化するため、現場から先進技術までの相互理解がないと実質的な効果が得られない。国際的には、デジタル技術（認知、認識）による建築物の環境評価も進んでいる。PCOに先進的なデジタル技術が使われつつある。普及にはコスト、情報管理、人による対処への連携など、課題がある。空気環境の連続測定センサーの実用性が検証され、3項目（温度、湿度、CO₂）、空調設備の汚れの検知の可能性が検討されているが、センサーの精度管理が重要な課題として指摘されている。

建築物の環境衛生を長期的に保持するためには、センサー等の IoT 機器の精度維持をはじめシステムの定期的点検と維持更新が必要である。また、IoT 機器のコストや人による点検・管理のあり方など、管理の在り方を総合的に計画する必要がある。

エアロゾル感染（空気を介する感染）は、病原体を含むエアロゾルが不可視であるため、感染リスクを認知するためのデジタル技術の必要性が非常に高い。現時点では、ウイルスを直接検知することは難しく、今後の技術開発が望まれる。

COVID-19 パンデミックに際しては、人由来の CO₂ の濃度を検知することで、換気の状態を把握する方法が推奨された。CO₂ 濃度は、一人当たりの換気量を大略示すため、エアロゾル感染リスクの目安となる。また、CO₂ 濃度計は比較的安価であるため、実用的な手段である。しかし、CO₂ 濃度計の精度に関して様々な検証が行われ、一定の信頼性が確認されると同時に、機種による差や換気の過剰抑制などの可能性が指摘された。

C.1.2. CO₂ 濃度の測定・制御の要件

CO₂ 濃度の測定器の要件の中に、自動校正の必要性が指摘されている。本研究では、CO₂ 濃度の測定器の誤差に関する調査とその影響に関するシミュレーションを行った。以上に基づいて、CO₂ 濃度の測定器の要件の整理を行った。

比較的精度管理が行われている場合のセンサーの種類：精度には、NDIR：±50ppm、光音響：±100ppm などがあり、自動校正の方法には、400ppm 未満の場合に、基準外気濃度 400ppm に調整、最低値が 400ppm 超の場合に基準外気濃度 400ppm に調整する方法がある。また、調整の時間は、初期校正は使用数日後、定期校正の間隔は一週間など、調整の時間に関する対応が行われている。定期校正では、期間最低値を 400ppm に向けて段階的に修正する方法がある。なお、この定期校正間隔が 1 日の場合もある。

基準外気濃度については、外気の濃度上昇傾向があるため、ほとんどの場所で 400ppm を超えているとともに、都市部ではさらに高濃度となっていることから、実際の外気濃度を反映していないことが指摘されている。また、定期校正の間隔については、一般の事務所では週末に無人となり室内濃度が外気濃度に近くなることを想定して一週間間隔の自動校正が設定されるが、週末の換気の停止や週末の利用等によって、外気濃度に近づかない状況が継続することが指摘されている。このような濃度維持の実態に対する対応方法が自動校正の課題となっており、間隔の延長などが検討されている。

以上の自動校正方法をモデル化した上で、CO₂ 濃度の推移を仮定した場合の誤差についてシミュレーションした結果を以下に示す。

図 4-1 は、定期校正間隔が 7 日(7day)、校正が 1 段階(1step)の場合を示す。Study1-1 は CO₂ 濃度が 1500ppm 一定の場合、Study1-2 は 1500ppm 日較差が 300ppm の場合の結果である。Study1-1 では、7 日後に 1500ppm が 400ppm に変更され 1100ppm の誤差が続くことになる。日較差がある場合でも、日平均値は 700ppm となり、800ppm の誤差が継続する。

図 4-2 は、同様に定期校正間隔が 7 日(7day)、校正が 3 段階(3step)の場合を示す。7 日間の最低濃度と基準外気濃度との差の 1/3 を補正する場合である。Study2-1 は CO₂ 濃度が 1500ppm 一定の場合、Study2-2 は 1500ppm 日較差が 300ppm の場合の結果である。Study2-1 では、7 日後に 1500ppm が約 1100ppm に変更され約 400ppm の誤差になる。35 日後の誤差は約 1000ppm となる。日較差がある場合は、35 日後の誤差は約 700ppm となる。

図 4-3 は、定期校正間隔が 1 日(1day)、校正が 3 段階(3step)の場合を示す。Study3-1 では、14 日後に 400ppm に収束して誤差が約 1100ppm になる。日較差がある場合は、700ppm に収束して誤

差が約 800ppm になる。

以上のように、濃度が低下しない環境では、定期校正の間隔、校正の段階によって、異なる誤差に収束する。室内の CO₂ 濃度は、空間の利用状況や空調換気設備と運転の影響を受ける。従って、自動校正の誤差は室毎に異なると考える必要がある。

	Study 1-1	Study 1-2
Concentration	Steady (1500 ppm)	Sin wave (1500 ± 300 ppm)
Auto-calibration Interval	7 days	7 days
Calibration step	1 step	1 step

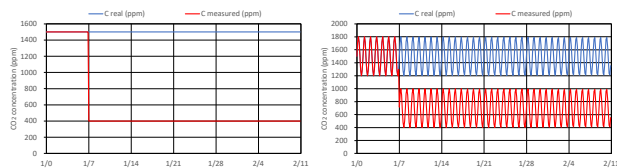


図 4-1 CO₂ 濃度誤差の試算結果 1

	Study 2-1	Study 2-2
Concentration	Steady (1500 ppm)	Sin wave (1500 ± 300 ppm)
Auto-calibration Interval	7 days	7 days
Calibration step	3 steps	3 steps

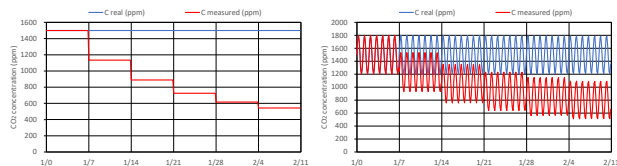


図 4-2 CO₂ 濃度誤差の試算結果 2

	Study 3-1	Study 3-2
Concentration	Steady (1500 ppm)	Sin wave (1500 ± 300 ppm)
Auto-calibration Interval	1 day	1 day
Calibration step	3 steps	3 steps

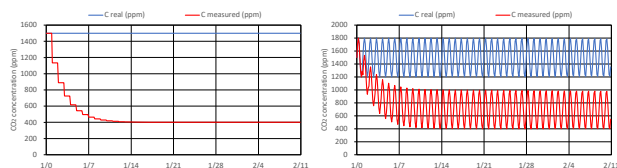


図 4-3 CO₂ 濃度誤差の試算結果 3

図 5 は、自動校正による換気抑制に関する事務所を対象にしたシミュレーションである。シミュレーション条件を以下に示す。

- ① 就業終了時に換気停止
- ② 1 日間隔 1 段階で自動校正

この条件は、COVID-19 のクラスターが発生し

たコールセンターの事例^{17),18)}を再現したものである。図 6 に示すように、この事例では省エネルギーを目的に還気の CO₂ 濃度が 800ppm になるように外気供給量を制御している。夜間の濃度低下が少ない状況で、CO₂ の自動校正が毎日 21 時に行われた。これによって、濃度を過小評価して換気量が抑制された結果、1000ppm を超える状況になった。また、濃度の過小評価の要因には、利用されていない室の空気が還気に混合したことで、濃度測定点の濃度が低くなったことも指摘された。

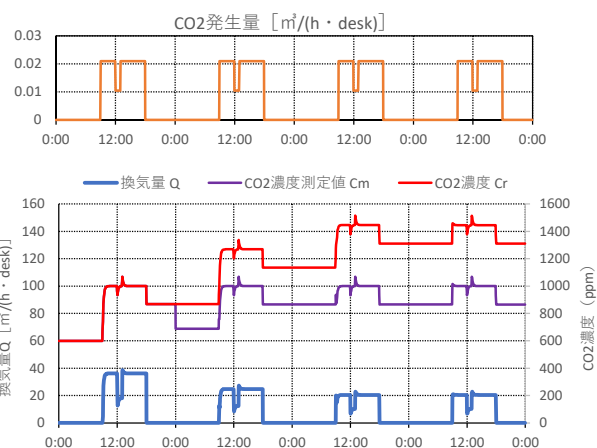


図 5 自動校正が換気量制御に与える影響

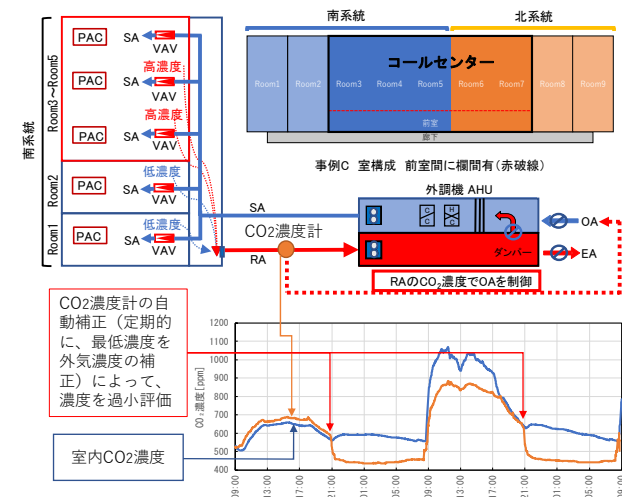


図 6 CO₂ 濃度による換気制御と自動校正の事例

自動校正による換気抑制に関する事務所を対象にしたシミュレーション(図 3)では、自動校正によって CO₂ 濃度が過小評価されると、換気量が抑

制され、実際の室内 CO₂濃度が上昇する結果が示された。また、この現象が繰り返された場合、4日後の誤差は約 400ppm となり、換気量は約半分に抑制される結果となった。さらに、CO₂濃度センサーについては、自動校正による濃度の過小評価に加え、温度条件等によって比較的大きな誤差が発生する可能性が認められた。一方、自動校正を行わない場合には、時間経過に伴い誤差が変化する可能性も認められた。

C2. 環境衛生管理におけるデジタル技術の現状

C2.1. デジタル技術の現状と可能性

C2.1.1. デジタル技術の現状

表 C2.1 に、環境衛生管理に資する項目ごとにその技術概要を示し、実装の技術を紹介する。整理する項目は、建築物環境衛生管理基準の項目（空気環境の調整、給水及び排水の管理、清掃及びねずみ等の防除）を踏まえて、空気環境の調整に資するものを“空気”、給排水及び排水の管理に資するものを“水”、清掃及びねずみ等の防除に資するものをそれぞれ“清掃”・“ねずみ”、様々な技術を統合して管理するものを“総合”、それ以外を“その他”としている。近年、スマートビルディング（スマートビルともいう）の市場規模が大きくなっている。スマートビルは、IoT (Internet of Things)・AI (Artificial Intelligent) などの技術を用いて、既存の設備制御システムでは実現が難しかった高度な省エネ（脱炭素、気候変動対応）や快適性・利便性の向上等だけではなく、データを活用した新たな価値を提供するプラットフォームとして機能しているとされている¹⁹⁾。特に「BEMS (Building Energy Management System)」は、空調等をセンシング・分析するシステムであり、環境衛生管理の空気環境の調整への使用可能性が期待されている。

C2.1.2. デジタル技術の可能性

スマートビルとは、建物内の設備やシステムを

デジタル技術で統合し、効率的な運用、快適な環境、安全性の向上を実現する次世代型の建物を指すとされている。デジタル技術を活用する際の課題について、スマートビルの「スマートビルシステムアーキテクチャガイドライン」¹⁹⁾から抽出し整理する。

1) データの意味／情報の不足

現状では、設備機器のデータに「どのような機器か」「どの場所に設置されているか」といったメタデータが十分に表現されていないため、データの横断的な利活用が難しい。

2) 空間情報の表現の必要性

設備のメタデータとして空間情報を表現することは可能ですが、設備とは独立した「空間」として表現することが適切であり、これが十分に実現されていない。

3) データの標準化の不足

データ名称や構造が標準化されていないため、建築・設備ドメインの専門知識がないとデータの意味を正しく理解することが難しい。

4) ユースケースの多様化への対応

スマートビルのビジョンに基づくユースケースの詳細検討が進んでおらず、新たな概念の抽出や関連付けの詳細化が必要である。

5) システムの複雑化

外部ネットワークへの接続や IoT デバイスの導入により、システムが大規模化・複雑化しており、セキュリティや運用の課題が増加している。

これらの課題を解決するためには、データモデルの標準化、空間と設備の関係性の明確化、セキュリティ対策の強化などが必要とされている。

C2.1.3. デジタル技術活用時のセキュリティ対策

デジタル技術活用時のセキュリティ対策として、スマートビルのガイドライン¹⁷⁾から、その内容を抽出し整理する。

1) 基本方針の策定

ビルシステムにおけるセキュリティ対策の汎用的な基本方針については、経済産業省が策定した「サイバー・フィジカル・セキュリティ対策フレームワーク（CPSF）」等を参考に定めることが望ましいとされている。

2) 脅威の分類と対策要件の整理

建物内の場所や機器の種類ごとに脅威を分類し、それぞれに対して想定されるインシデントやリスク源を特定し、対策要件をポリシーレベルで整理するのが望ましい。

3) ライフサイクルに応じた対応策

設計、施工、運用管理などのフェーズごとに取り組むべきセキュリティ対応策を明確化するとよい。

4) 外部ネットワークへの接続対策

外部ネットワークへの接続が必要な場合、通信の暗号化や認証・認可の仕組みを導入し、不正アクセスを防止する。

5) IoT デバイスのセキュリティ強化

IoT デバイスの認証機能やデータの暗号化を実施し、デバイス間の通信を安全に保つ。

6) 監視とインシデント対応

不正な通信を検知・遮断する機能をネットワークに実装し、インシデント発生時の迅速な対応体制を整備する。

これらの対策を講じることで、スマートビルのセキュリティを強化し、システムの安定運用を実現できるとされている。

C2.1.4. センシング機器の信頼度確保

デジタル技術を活用するために、センシング機器の信頼度の確保が重要である。機器の信頼度確保について、スマートビルシステムアーキテクチャガイドライン¹⁷⁾から、その対策を抽出し整理する。

1) データの品質管理

センシング機器から取得したデータに対してバリデーションを実施し、所定のデータ形式や構文

チェックを行うことで、信頼性の高いデータのみを受信するとよい。

2) データフィルタリング

センシング機器が提供するデータに対して異常値を判定し、フィルタリングを実施する。これにより、誤ったデータやノイズを排除可能となる。

3) ネットワーク切断時のデータ保存

センシング機器がネットワーク切断時にデータを一時保存し、復旧後に送信する機能を持つことで、データ欠損を防止することが可能となる。

4) デバイス認証

センシング機器を認証し、正規の機器からのデータのみを受信する仕組みを導入する。これにより、不正なデバイスからのデータを排除することが可能となる。

5) 定期的な校正とメンテナンス

センシング機器の精度を維持するために、定期的な校正やメンテナンスを実施するとよい。

6) 通信ログの記録

センシング機器のデータ送信に関する通信ログを記録し、トラブル発生時の原因特定に活用する。

これらの対策を講じることで、センシング機器の信頼度を向上させ、データの正確性と信頼性を確保できると考えられる。

表 C2.1 環境衛生管理におけるデジタル技術の事例

項目						内容（技術等） ^{注）}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
	○			○	○	中小規模ビル（延床面積 3,000m²以下）向けソリューション： ・ スマートフォンを使用してエントランスやエレベーターのセキュリティを解除 ・ カメラと連動してモニター管理＋データはクラウド保存で記録装置不要 ・ 低コストでの導入が可能、セキュリティカードの発行管理業務を低減 ・ 設備異常時にメール配信＋技術者派遣、現地の映像を確認しながらリモートで初期対応可能
				○	○	建物運営管理支援サービス： ・ ビル運営管理情報をクラウドによって「見える化」 ・ いつでもどこでも見られるため、よりスピーディーな対応が可能 ・ 複数ビルの運営管理情報を一元管理でき、運営管理業務を効率化
○				○		ビル全体の省エネルギー推進サポート： ・ テナントがパソコンからエネルギー使用量を確認、空調や照明を制御
○				○	○	BIM とデータベースを連携、全体最適を視野に入れたデータドリブンな設計手法の確立： ・ BIM とデータベース連携による設計の効率化 ・ BIM とデータベースを活用したデータプレチェックによる設計の高品質化 ・ BIM を活用したトータルカーボン算出の試行・実践を通じ、エネルギー効率や環境を最適化するデザインの推進 ・ IoT センシングと建物運用フェーズの BIM モデルを統合。オフィス内のデータ（温湿度などの環境・在室者情報）がリアルタイムに 3D で可視化。従業員は自身のパソコンやデジタルサイネージなどを通じて、オフィス内の環境をいつでも把握。 ←均質でない環境をつくり、コノミヤその日の体調などで環境を選択（ウェルビーイングなオフィス環境の構築）。
○				○	○	ビルディングオートメーションシステム： 統合コントローラが各種設備を統合し、連携制御することで建物全体の省エネルギーや安全性・利便性を向上 確認を要する画面が自動的に表示され、トラブル発生時のスムーズな対応が可能。監視用の PC は汎用 PC を利用可能 多彩なセンサーを使ってアクチュエータを制御し、快適な温熱環境と建物の省エネルギーを実現 チャートや日週月年報、警報・状態変化・操作情報の履歴を活用して管理品質が向上 クラウドサービスを利用して効率的な管理を実現
（次のページに続く）						

項目						内容（技術等） ^{注）}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
○				○	○	ビル向けクラウドサービス： IoT 技術を利用してビルのエネルギー管理や設備管理業務の効率化を図り、管理コストの削減を実現 時間や場所を選ばずに確認でき、関係者間での情報共有を促進 気象データを用いたエネルギー使用量の予測や、電力逼迫状況に応じた受電電力の抑制が可能
○						セル型空調システム： セントラル空調において吹出口単位で変風量を制御
○					○	研究施設向け風量制御システム： 研究施設、感染症対応病床などにおいて、室内空気の状態・湿度・圧力・気流・清浄度を厳密に制御 サッシセンサ、高速 VAV、ヒュームフードモニタ、人検知センサー
○				○	○	CO₂ 濃度制御搭載製品： ・業務用換気機器は、天埋型・天吊型・露出型・屋外設置型等、部屋用途・規模にあわせた商品展開 ・CO ₂ センサーは、NDIR 方式 ・リモコンに二酸化炭素濃度表示/空気の状態やメンテナンス時期を色で知らせる機能有 ・二酸化炭素濃度に応じた換気量自動制御（リニア制御の場合、濃度判定は 30 分。二酸化炭素濃度が 700ppm 以下の場合は弱ノッチ運転となる） ・クラウド型空調コントロールサービスで空調・換気・各設備（照明、センサスイッチ、防犯設備、火災警報、熱源機器、電力系、AHU 等）がつながり、まとめて管理
○						スマート空調システム： ・オフィス向け ・天井内に空調空気を直接供給し、天井面の約 10m 毎に設置した軽量小型のファン付吹出口（以下 FDU※）を用いるダクトレス空調方式 ・FDU の風量設定は PC やタブレット端末などを用いて、在室者が 1 台単位で自由に操作可能 ・FDU の風量制御専用の制御配線は不要 ・FDU に給気ダクトを接続する必要がなく、かつ、シンプルな電力配線のみで構成 ・ダクト工事量の削減、運用後のレイアウト変更が容易
（次のページに続く）						

項目						内容（技術等） ^{注）}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
				○	○	ビル監視向け統合システム： オープンシステムでコストを削減。中央監視システムのほか、電力、空調/ 熱源、照明、防災、セキュリティ/ 防犯/ 入退室/ 駐車場などのサブシステムとしても使用可能
					○	IoT ガス報知器： ・LTE 通信機能付きガス警報器をリース方式（5 年間）で提供 ・アプリと連携して自宅の異常や災害情報をスマートフォンに通知 ・停電時に内蔵バッテリーにより最大 2 日間作動
					○	太陽光発電システム： ・毎日の電気を、可能な限り太陽光発電でまかなう ・余った電気は蓄電池にためる ・給湯の光熱費削減に寄与
					○	家庭用蓄電池の遠隔制御： ・電力需給バランスを維持するために、電力供給量の変動に応じて、電力需要量を抑制・創出する ・家庭用蓄電池を用いた調整力の創出
		○				自立型掃除ロボット： AI と 3D カメラによるマッピング機能による自動清掃、PC でスケジュール設定 割れたガラス、小石・コンクリート、粉塵等に対応
		○	○			IoT 害虫検知システム： ・特定の場所にセンサー（電源不要）を設置し、害虫の存在を検知すると通知・記録
			○			デジタル害虫駆除ソリューション： ・害虫センサー、トラップを設置し、定期的に送信されるレポートにより適切な駆除が実施可能
○				○	○	ワイヤレスセンサーネットワーク： <ビル・商業施設 工場・プラント> ・建物施設の状態監視、AI による駐車車両監視、電気設備等の監視制御、照明・空調コントロール、防災システムのための無線インフラ整備
（次のページに続く）						

項目						内容（技術等） ^{注)}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
注)						
技術等の内容について、引用文献を基に編集した。						
引用文献：						
1) https://www.hbs.co.jp/products/builmirai/						
2) https://www.hbs.co.jp/products/kanri/support/uneikanrishien.html						
3) https://www.hbs.co.jp/products/solution/bivale/service/energy_saving/						
4) https://www.nihonsekkei.co.jp/news/detail_19702/						
5) https://www.azbil.com/jp/product/building/system/building-automation-system/savic-net-G5/index.html						
6) https://www.azbil.com/jp/product/building/building-cloud-service/index.html						
7) https://www.azbil.com/jp/product/building/cell-airflow-control/index.html						
8) https://www.azbil.com/jp/product/building/airflow-control-system/index.html						
9) https://www.ac.daikin.co.jp/va/kinou1						
10) https://www.sanki.co.jp/service/technology/article/detail183.html						
11) https://eee.tokyo-gas.co.jp/lp/joy/watcher/lp/ba/index.html						
12) https://www.tepco.co.jp/ep/notice/pressrelease/2022/1663085_8667.html						
13) https://www.tepco.co.jp/ep/kurashi/denka/index-j.html						
14) 例えば、 https://www.kyocera.co.jp/newsroom/news/2024/002520.html						
15) https://www.plibot.co.jp/products/kemaro_k900/						
16) https://www.astina.co/work/insect-detector/						
17) https://iot.telenor.com/wp-content/uploads/2020/06/Telenor-Connexion-Case-Study-Anticimex-JP.pdf						
18) https://www.kandenko.co.jp/business/service42.html						

C2.2.建築物環境衛生管理におけるデジタル技術活用の可能性と監視指導上の課題に関する検討

自治体における特定建築物の監視指導では、人員不足、異動に伴う知識・経験の継承の困難さ、監視対象施設の増加、紙媒体による記録管理等に伴う事務負担の増大などの課題が確認された。

また、報告徴収は増加傾向にある一方、立入検査件数は減少傾向にあり、限られた人的資源の中で監視指導を実施している実態が確認された。

デジタル技術活用としては、CO₂濃度、温湿度、残留塩素等の測定データを IoT センサーにより連続的に取得し、クラウド上で管理することにより、異常値把握、監視優先度付け、平常時の状況把握等へ活用できる可能性が示された。

また、電子台帳や電子報告の活用により、記録管理や情報共有の効率化につながる可能性が示された。

一方で、IoT による測定データは法定測定とは位置づけが異なり、法定測定を代替するものではなく、日常管理や異常検知等を補完する技術として活用する必要があることが整理された。

さらに、デジタル技術導入に当たっては、センサー精度、データの信頼性、情報セキュリティ、維持管理コスト等への対応が課題として挙げられた。

D. 考察

D1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

CO₂濃度センサーの精度（濃度と濃度センサー指示値の差）の自動校正による濃度の過小評価を防止する方法には以下の方法が考えられる。

- ① 自動校正を停止し、適切な間隔で標準ガスによる校正を行う。
- ② 濃度の下方修正を行わない。
- ③ 濃度指示値が高い場合、外気暴露によって指示値を修正して室内濃度を再確認する。ただし、濃度指示値が温度に影響される場合には、室温に近い状況で外気暴露するなど温度の影響に配慮して修正する。

以上のような対応に加えて、以下の要件が検討される必要があると考えられる。

- ① 建築物衛生法、WHO 等の基準を踏まえて、濃度の精度に関する要求レベルを明らかにする。
- ② 空間用途と濃度下限値、濃度下限値の発生頻度、空間温度の範囲を想定した精度維持方法の確立を行う。
- ③ 精度維持に関する基準及び表示項目（精度の持続性、温度等の影響、自動校正）を策定する。

以上より、建築物環境衛生管理におけるデジタル技術の活用にあたっては、単なる測定機器の導入ではなく、測定精度の維持管理および運用条件を含めた総合的な環境衛生管理として整理する必要があると考えられた。

D2. 環境衛生管理におけるデジタル技術の現状

D2.1. デジタル技術の現状と可能性

近年、スマートビルや BEMS 等を中心として、IoT、AI、クラウド等を活用した建築物管理技術が普及しており、環境衛生管理分野においても、空気環境管理、給排水管理、設備監視、異常検知等への活用可能性が広がっていることが確認された。特に、センシング技術やクラウド管理を活用することにより、環境状態の継続的把握や設備異常の早期検知、情報共有の効率化等に活用できる可能性が示された。

一方で、デジタル技術活用に当たっては、データ構造や名称の標準化不足、空間情報と設備情報の関係整理、ユースケースの多様化への対応等、データ利活用に関する課題が認められた。特に、設備データに関するメタデータや空間情報の整理が十分でない場合、異なるシステム間でのデータ活用や比較が困難となる可能性があると考えられた。

また、IoT デバイスやクラウド利用の拡大に伴い、システム構成の複雑化や外部ネットワーク利用によるセキュリティリスクへの対応も重要になると考えられた。さらに、センシング機器につい

ては、異常値除去、データ欠損対策、デバイス認証、定期校正等を含めた信頼性確保が重要であり、測定値の品質管理が環境衛生管理上の基盤となることが示唆された。

これらのことから、建築物環境衛生管理におけるデジタル技術活用に当たっては、単なる機器導入に留まらず、データ標準化、セキュリティ対策、センシング機器の信頼性確保等を含めた総合的な管理の視点が重要であると考えられた。

D2.2.建築物環境衛生管理におけるデジタル技術活用の可能性と監視指導上の課題に関する検討

従来型の全数立入を中心とした監視指導体制については、監視対象施設数の増加や人的制約等を踏まえると、継続的な実施には限界があると考えられた。そのため、報告徴収結果、過去の指導履歴、IoT データ等を活用し、異常兆候の把握や監視優先度付けを行う重点的監視の考え方が、今後重要になる可能性が示唆された。また、本研究で整理した内容は、体系的な自治体調査や定量的アンケート調査に基づくものではないものの、建築物衛生の監視指導に従事する環境衛生監視員等の実務担当者から、人員不足、監視対象施設数の増加、紙媒体による記録管理、監視業務の属人化等に関する課題が共通して指摘されており、現場実務における課題認識の一端を示すものと考えられた。

IoT 技術については、環境状態の連続的把握や異常の早期検知に有用である一方、測定精度やデータ解釈の標準化が十分整理されていない状況も認められた。さらに、紙媒体による記録管理が依然として多く認められたことから、IoT 活用以前に、電子報告や電子台帳等を含む基盤整備を進める必要性が示された。

デジタル技術の活用に当たっては、法定測定との関係性、測定精度、運用方法等に留意する必要があると考えられた。

E. 結論

建築物におけるエアロゾル感染対策の基礎となる環境衛生を長期的に保持するためには、センサー等の IoT 機器の精度維持をはじめシステムの定期的点検と維持更新が必要である。空気環境については、また、IoT 機器のコストや人による点検・管理のあり方など、管理の在り方を総合的に計画する必要がある。CO₂ 濃度による換気状態の検知と空調換気設備制御に関する課題として注目されている測定器の精度と誤差によって生じる課題について検証し、建築物衛生法、WHO 等の基準を踏まえて、濃度の精度に関する要求レベルを明らかにすること、空間用途と濃度下限値、濃度下限値の発生頻度、空間温度の範囲を想定した精度維持方法の確立を行うこと、精度維持に関する基準及び表示項目（精度の持続性、温度等の影響、自動校正）を策定することが必要であることを明らかにした。

建築物環境衛生監視指導においては、人的制約や監視対象の複雑化等への対応が課題となっていた。また、現場実務者からは、紙媒体による記録管理、監視業務の属人化、限られた人員による監視体制等に関する課題が共通して挙げられた。IoT 等のデジタル技術は、法定測定を代替するものではなく、日常管理、異常検知、監視優先度付け等を支援する補完的手法として活用可能性が示された。一方で、デジタル技術の活用に当たっては、測定データの信頼性、法定測定との関係性、運用条件等について留意が必要と考えられた。また、空気環境管理においては、CO₂ 濃度センサー等の IoT 機器について、測定精度、精度維持方法、運用条件等に留意した管理が重要であると考えられた。以上より、建築物環境衛生監視指導におけるデジタル技術活用に関する基礎的知見が得られた。

<参考文献>

- 1) Doe, J., Smith, A., and Johnson, P.;
Indoor Localization and Occupancy

- Estimation Using Bluetooth Low Energy (BLE) Signals. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 69, No. 5, pp. 1234-1245.
- 2) Nguyen, H.T., and Patel, S.; Occupancy Detection Using WiFi Infrastructure: Counting Devices to Estimate Occupancy Levels., IEEE Wireless Communications, Vol. 28, No. 3, pp. 45-51. 2021.
 - 3) 福田雄大, 山本高広, 画像解析モデル YOLO を用いた在室人数測定手法の提案及び空調システム設計への応用に関する研究, 日本建築学会四国支部研究報告集, 第 22 巻, pp. 51-52, 2022. 5.
 - 4) 富樫英介, 室内温熱環境の廉価な無線計測記録装置の開発, 日本建築学会技術報告集, 第 28 巻, 第 68 号, pp. 267-274, 2022. 2.
 - 5) 菅原正則, 遠藤千和, 林基哉, CO₂濃度変化に基づいた住宅内滞在人数の推定, 日本建築学会東北支部研究報告集. 計画系, 第 71 巻, pp. 103-106., 2008. 6.
 - 6) モノワイヤレス株式会社: TWELite-DIP (TWE-L-DI-W), <https://mono-wireless.com/jp/products/twelite-dip/index.html>
 - 7) Seeed Studio; PIR Motion Sensor module, (Device Wiki page), https://wiki.seeedstudio.com/PIR_Motion_Sensor_Large_Lens_version/
 - 8) 杉山幸輝, 山田裕巳, 菊田弘輝, 林基哉, 長谷川麻子, 保育所等及び高齢者福祉施設における COVID-19 感染リスク低減に向けた改善効果の検証 (その 2) 北海道と福岡県の保育施設における換気設備の増設, 日本建築学会学術講演集, pp. 1377-1378, 2024. 7
 - 9) 株式会社構造計画研究所 行動センシング・デザイン室, ピープルカウンター, <https://www.sensing.kke.co.jp/>
 - 10) 株式会社 OPTEX, 在室・在席検知機器, <https://www.optex.co.jp/products/occupancy-sensor/>
 - 11) フジタ技研, 在室者の位置情報に基づく三密回避システムの開発 ～位置情報検知精度と自動換気制御機能による室内空気環境に関する検証～, フジタ技研報告第 58 号 2022 年, https://www.fujita.co.jp/tech_center/img/up/2022/2022_12.pdf
 - 12) 三菱電機, ムーブアイの役割と効果, https://www.mitsubishielectric.co.jp/lbg/ja/air/products/slim/knowledge/item_04.html
 - 13) 本間義規, 開原典子, 林基哉: 興行場における衛生的な環境確保のための研究, 映画館内の換気に関する実態とその評価法に関する検討, 厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業) 分担研究報告書, 2023
 - 14) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, Atmosphere, 2023. 11.
 - 15) 「病院の気流制御」最新技術 | 鹿島技術研究所 | 鹿島建設株式会社
 - 16) 新型コロナウイルスを検出するバイオセンサーを開発 | ニュースルーム | ニュース | DENSO - 株式会社デンソー / Crafting the Core /
 - 17) 山本直輝, 菊田弘輝, 林基哉: コールセンターの COVID-19 エアロゾル感染に関する分析, 日本建築学会大会梗概集 2024-07, pp. 1423-1424
 - 18) 山本直輝, 菊田弘輝, 長谷川麻子, 林基哉: 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コールセンターの空気環境, 日本建築学会大会梗概集 2022-07, pp. 1547-1548
 - 19) 独立行政法人情報処理推進機構 デジタルアーキテクチャ・デザインセンター スマートビ

ルプロジェクト. スマートビルシステムアーキテクチャガイドライン. 2023.5.31 第1版.

E. 研究発表

1. 論文発表

1. Koki Kikuta, Shun Omori, Masakazu Takagaki, Yasuhiko Ishii, Kazuhiro Okubo, Yuta Ohno, Yoshihiro Fujiya, Hitomi Kurosu, Tomoe Shimada, Tomimasa Sunagawa, Takuya Yamagishi and Motoya Hayashi; Verification of Ventilation and Aerosol Diffusion Characteristics on COVID-19 Transmission through the Air Occurred at an Ice Arena in Japan; Buildings 2024, 14(6), 1632, 2024.4.
2. 開原典子, 林基哉, 本間義規; 高齢者の乾燥由来の健康リスク低減に向けた住まいの湿度環境提案, 住総研研究論文集・実践研究報告集, 2024 年 50 巻 p. 257-268 (2024)
3. Motoya Hayashi, Yoshinori Honma, Koki Kikuta, Asako Hasegawa, Sayaka Murata, Hiromi Yamada, Masayuki Ogata, Naoki Kagi, U Yanagi, Toshio Yamanaka, Hoon Kim, Kenichi Kobayashi, Noriko Kaihara, Akira Ito, Fumihiko Shinohara and Shoichi Morimoto; Ventilation measures to control aerosol transmission based on COVID-19 outbreaks in hospitals in Japan, JAPAN ARCHITECTURAL REVIEW 7(1), 2024.1.
4. 浅岡凌, 海塩渉, 鍵直樹, 林基哉, 澤地孝男, 上野貴広; 新型コロナウイルス感染症蔓延時のオフィスにおける室内環境質の実態 (その2): 2020 年と 2021 年における室内環境と環境満足度の関連, 日本建築学会環境系論文集, Vol.817, pp.135-140, 2025.3.
5. 山田裕巳, 杉山幸輝, 菊田弘輝, 長谷川麻子, 鍵直樹, 本間義規, 林基哉: 保育施設におけるエアロゾル感染対策のための機械換気設備の

改修 (その1) トレーサーガスを用いた換気改修効果の検証、830 号, 185-194, 2025-04

6. Akihiro Katsuki, Koki Kikuta, Yu Tanaka, Masato Iguchi, and Motoya Hayashi: Relative Evaluation Approach for Cross-Room Exposure in a Detached House Using a Measurement-Informed Multizone Model; Buildings 2026, 16(3), 583, 2026.1.30.
7. Yu Tanaka, Koki Kikuta, Takema Nakazawa, Yuta Sasai, Yuki Ogawa, Yoshiaki Gu, Fujiko Mitsumoto-Kaseida, Katsunori Yanagihara, Kazuhiro Tateda, Motoya Hayashi; Ventilation characteristics and infection risk in Japanese hospital wards: An assessment based on field measurements and CFD, Indoor Environment, 2026.2.26.
8. Yu Tanaka, Koki Kikuta, Takema Nakazawa, Yuta Sasai, Yuki Ogawa, Yoshiaki Gu, Fujiko Mitsumoto-Kaseida, Katsunori Yanagihara, Kazuhiro Tateda, Motoya Hayashi; Influence of Poor Ventilation and Door Operation on the Spread of Infectious Respiratory Particles and Infection Risk in a Hospital Ward, JAR, 2026.4.1.

2. 学会発表

- 1) 林基哉「フィンランド高齢施設の室内環境特性と感染症対策」第 83 回日本公衆衛生学会総会国立保健医療科学院企画シンポジウム「高齢者施設の室内環境と感染症対策を考える」(2024)
- 2) 林基哉「環境衛生管理における不適の実態と課題を考える」第 51 回建築物環境衛生管理全国大会シンポジウム「求められる建築物衛生管理を考える」(2024)
- 3) 林基哉「ポスト COVID-19 における 空調・換気・通風計画」自立循環プロジェクトフェーズ 7 シンポジウム, IBECs (2024)
- 4) 青山恭子, 森太郎, 林基哉, 大沢飛智; 省エネルギー区分別にみた日本における気象データと健

- 康の関係に関する分析, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.569-570, 2024.07.
- 5) 金勲, 東賢一, 林基哉, 篠原 直秀; SVOC のハウスダスト中濃度と居住環境に関する全国調査, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1235-1256, 2024.07.
- 6) 柳宇, 開原典子, 本間義規, 島崎大, 戸次加奈江, 伊庭千恵美, 浅井敦人, 林基哉; 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第 4 報 4D 映画館ミスト噴出口の付着細菌叢, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1281-1282, 2024.07.
- 7) 開原典子, 柳宇, 本間義規, 島崎大, 戸次加奈江, 伊庭千恵美, 浅井敦人, 林基哉; 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第 5 報 観覧場内における 4D 上映中の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1283-1284, 2024.07.
- 8) 新谷理一, 菊田弘輝, 金勲, 阪東美智子, 東賢一, 長谷川兼一, 本間義規, 林基哉; 新築戸建住宅における室内化学物質と換気に関する全国実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1335-1336, 2024.07.
- 9) 田中雄, 菊田弘輝, 勝木皓大, 井口雅登, 林基哉; ダクト式全館空調システム住宅のエアロゾル感染に関する研究 その 1 エアロゾル感染リスクの試算, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1337-1338, 2024.07.
- 10) 勝木皓大, 田中雄, 菊田弘輝, 井口雅登, 林基哉; ダクト式全館空調システム住宅のエアロゾル感染に関する研究 その 2 室内濃度シミュレーションモデルの構築, 日本建築学会学術講演梗概集, 環境工学 I, p.1339-1340, 2024.07.
- 11) 柳宇, 開原典子, 本間義規, 島崎大, 戸次加奈江, 伊庭千恵美, 林基哉; 4D と 2D 映画館の付着真菌叢, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, p.37-40, 2024.09
- 12) 水口晃輔, 菊田弘輝, 林基哉; 室内浮遊ウイルスの効果的な捕集方法の検討および病室等における捕集実験, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, p.45-49, 2024.09
- 13) 田中雄, 菊田弘輝, 勝木皓大, 井口雅登, 林基哉; ダクト式全館空調システム住宅のエアロゾル感染対策に関する研究 (第 1 報) エアロゾル感染リスクの試算, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, p.105-109, 2024.09
- 14) 勝木皓大, 菊田弘輝, 田中雄, 井口雅登, 林基哉; ダクト式全館空調システム住宅のエアロゾル感染対策に関する研究 (第 2 報) 室内濃度シミュレーションモデルの構築, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, p.109-112, 2024.09
- 15) 長屋杏美, 菊田弘輝, 林基哉, 佐藤花菜子, 高橋篤志, 竹田恵美, 古橋拓也; 換気回路網計算モデルを用いた戸建て住宅の常時換気設備におけるエアロゾル除去性能の評価, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集, p.113-116, 2024.09
- 16) 開原典子, 柳宇, 林基哉, 戸次加奈江; 中規模映画館の観覧場における温度・相対湿度・二酸化炭素濃度の実態調査. 2025 年室内環境学会学術大会講演要旨集. 198-199. 2025.
- 17) 柳宇, 開原典子, 林基哉, 戸次加奈江, 黒須一見; 検疫ホテルにおける客室から廊下へのバイオエアロゾル伝播特性の実証と緩和策の検討. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2026.
- 18) 山田裕巳, 林基哉, 菊田弘輝, 杉山幸輝, 長谷川麻; 換気設備のエアロゾル低減効果に関する研究 粒子濃度のステップ応答を用いた曝露濃度換算法, 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.
- 19) 石附健太郎, 近藤寿紀, 菊田弘輝, 林基哉; 新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第 1 報 調査概要と感染予防策の実態, 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.

- 20) 近藤寿紀, 石附健太郎, 菊田弘輝, 林基哉: 新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第2報 感染予防策及び家庭内感染リスクの分析、日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.
- 21) 佐藤花菜子, 高橋篤志, 古橋拓也, 勝木皓大, 菊田弘輝, 林基哉: 第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第1報) CO₂ による実測および換気回路網モデルによる検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 22) 勝木皓大, 菊田弘輝, 佐藤花菜子, 高橋篤志, 古橋拓也, 林基哉: 第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第2報) エアロゾル相当換気回数_{推定}の推定、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 23) 杉山幸輝, 山田裕巳, 菊田弘輝, 林基哉, 長谷川麻子: 保育施設におけるエアロゾル感染リスク低減のための換気設備改修効果の検証、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 24) 菊田弘輝, 田中雄, 中澤武馬, 笹井雄太, 小川夕季, 林基哉: 医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第1報) 3病院における空気環境の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 25) 田中雄, 菊田弘輝, 中澤武馬, 笹井雄太, 小川夕季, 林基哉: 医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第2報) 病棟部における換気特性の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 26) 笹井雄太, 小川夕季, 菊田弘輝, 林基哉, 中澤武馬, 田中雄, 田中秀和: 医療施設における空気環境の維持・管理に関する研究 (第3報) 換気条件および病室扉の開閉による感染リスク評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 27) 長倉竜也, 倉本朗, 金野知哉, 木田秀幸, 太田秀一, 渡邊洋平, 掛水和彦, 目黒順一, 開原典子, 本間義規, 菊田弘輝, 林基哉: 全室個室で発生した COVID-19 集団感染病棟における空調換気性能とエアロゾル拡散に関する検討、第46回札幌市病院学会. 2026.2.7
- 28) 林基哉: “空気を介した感染”と病院設備の備え—ポスト COVID-19 時代の設計・運用を考える—ポスト COVID-19 の医療施設に求められる空調換気性能、第54回日本医療福祉設備学会. 2025年11月29日
- 29) 林基哉, 石黒信久, 開原典子, 島崎大, 戸次加奈江, 柳宇, 黒須一見: 旅館業法及び興行場法の施設の感染拡大防止対策に関する調査研究 その2 COVID-19を踏まえた宿泊施設の換気対策、第84回日本公衆衛生学会総会. 2025.10
- 30) Ryo Asaoka¹, Wataru Umishio, Naoki Kagi, Motoya Hayashi, Takao Sawachi⁴, and Takahiro Ueno: Relationship of perceived indoor environmental control and worker satisfaction. Findings from field measurements in 22 offices in Japan, Sustainable Built Environment Conference 2025 in Tokyo. 2025.12.
- 31) 林基哉: 医療施設における感染リスクと空調換気 医療施設におけるエアロゾル感染と空調換気対策、第40回日本環境感染学会総会・学術集会. 2025.7.12
- 32) 林基哉: 2025年日本臨床環境医学会学術集会シンポジウム 高齢者施設感染症対策の現状と課題 呼吸器感染症に備える空調換気対策、日本臨床環境医学会学術集会. 2025.6.21
- 33) 林基哉: シンポジウム ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建築物衛生法の遵守 ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建

3. 書籍等

- 1) 林基哉, 新建築物の環境衛生管理, 第 1 章 建築物環境衛生管理総論 要点, 1.4.4 建築物環境衛生管理業務の課題, 1.5 建築物環境衛生管理の展望, 第 2 章 建築物衛生行政概論 要点 (2024)
- 2) 林基哉, ポスト COVID-19 の高齢者施設における空気清浄の課題と対策, 空気清浄 62 巻 4 号, PP. 42-49 (2024)
- 3) 林基哉, 海塩渉, 菊田弘毅, 村田さやか, 開原典子, 今後の住宅・建築物の感染症対策 ポスト COVID-19 の空調・換気・通風計画, IBECS No. 251PP2-17 (2024)
- 4) 林基哉 巻頭言 ポスト COVID-19 における空気清浄管理への期待, 空気清浄第 62 巻第 3 号, PP. 1-2 (2024)
- 5) 林基哉 室内環境の健康リスクと居住リテラシー - 健康維持増進のための住環境整備に関する一連の研究 -, 住まいと環境東北フォーラム H&E レター, PP. 1-3 (2024)
- 6) 林基哉 COVID-19 クラスター事例の換気性状と対策 - 換気不良とエアロゾル感染 -, 空気調和・衛生工学 98 (10), PP. 839-846 (2024)

F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし