

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)

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

令和6年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 阪東 美智子

令和7年（2025）年 5月

目 次

I. 総括研究報告

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 ----- 1
阪東 美智子

II. 分担研究報告

1. 建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査 ----- 11
開原 典子、林 基哉

2. 空気環境・粉じんの調整に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討 ----- 25
鍵 直樹、柳 宇、尾方 壮行

3. ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討 ----- 40
阪東 美智子、谷川 力、芝生 圭吾、木村 悟朗、茂手木 真司、橋本 知幸

4. 清掃に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討 ----- 58
阪東 美智子、正田 浩三、杖先 寿里、下平 智子、栢森 聰

5. 建築物内受水槽及び排水設備の衛生管理に活用可能な技術に関する調査 ----- 68
三好 太郎、大塚 雅之、阪東 美智子

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 75

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）

総括研究報告書

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

研究代表者 阪東 美智子 国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究要旨

本研究は、建築物衛生法におけるデジタル技術の活用に向けて、利用可能な技術、機器、ソフトウェア等を抽出し、従来の手法との比較検証等を実施して、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化することにより、政府全体の方針であるデジタル原則の達成と公衆衛生の向上を目指す。

今年度は、昨年度に引き続き、まず全体を通して関連する技術開発の動向を把握して基礎資料とすることを目的とし、建築環境衛生に関する既存技術、技術開発動向を継続的に収集し整理した。

空気関連分野については、粉じんの連続測定に用いられるローコストセンサーの文献調査とPM_{2.5}測定器を用いた建築物における実測調査を行い、それぞれの測定器の傾向と室内粒子の実態から今後検討すべき項目について検討した。また建築物室内に使用される二酸化炭素計測機器、特に換気制御用に用いられる計測機器について、制度管理のための校正の方法などについてメーカーへのヒアリングも含めて調査を行った。さらに、浮遊微生物測定について迅速測定装置を用いて実建築物において測定を行い、現状までの特性の把握と今後の課題を示した。

ねずみ・衛生害虫防除分野については、国際展示会を視察し海外のデジタル機器について情報を収集した。また、センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験を実施した。さらにアイトラッカーを用いて目視による厨房の点検内容を検証した。

清掃分野については、清掃点検報告システム（アプリ）を用いた実証試験によりシステムの効果を確認した。またデジタル機器の導入によるトイレの清掃の効率化に関する検証試験を実施した。

水関連分野については、建築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどの調査に加え、受水槽及び排水管の点検、清掃に関連する協会に対するヒアリングを実施した。

研究分担者

開原典子 国立保健医療科学院 生活環境研究部
三好太郎 国立保健医療科学院 生活環境研究部
林基哉 北海道大学大学院工学研究院
柳宇 工学院大学 建築学部
鍵直樹 東京科学大学 環境・社会理工学院

尾方壮行 東京都立大学 都市環境学部

大塚雅之 関東学院大学 建築・環境学部

研究協力者

茂手木眞司 日本ペストコントロール協会
谷川力 イカリ消毒株式会社、日本ペストコントロール協会
木村悟朗 イカリ消毒株式会社

下平智子	全国ビルメンテナンス協会
鎌倉良太	日本建築衛生管理教育センター
杉山順一	日本建築衛生管理教育センター
正田浩三	東京美装興業株式会社
芝生圭吾	鵬図商事株式会社
杖先寿里	建築物管理訓練センター
森郁恵	産業技術総合研究所
橋本知幸	日本環境衛生センター
柏森聰	クリーンクリエイターズラボ
杉田洋	広島工業大学
杉田宗	広島工業大学
平敷勇	三菱電機先端技術総合研究所
藤木広幸	全国管洗浄協会
難波信二	全国管洗浄協会、(株)日本パイクリーニング
佐藤昭仁	全国管洗浄協会、(株)サンビーリサービス
堀井清志	全国建築物飲料水管理協会、(株)関東保全サービス
平塙道	全国建築物飲料水管理協会、(株)日本分析

A. 研究目的

本研究は、建築物衛生法が求める各種項目のうち、特にねずみ等の防除や清掃等において、デジタル技術の活用でその目的の達成が見込まれる技術、機器、ソフトウェア等を抽出するとともに、手動で行われた結果との比較検証等を実施し、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化することによって、政府全体の方針であるデジタル原則の達成と公衆衛生の向上を目指す。また、「建築物環境衛生管理に関する検討会報告書（令和3年7月）」で継続検討とされた維持管理項目である、PM_{2.5}、CO₂等についても、改正案の提案の根拠となる科学的エビデンスの収集を行うとともに、「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」の中間とりまとめ（令和6年6月）を反映し研究を進める。

令和6年度の研究目標は、活用可能なデジタル技術について、建築物における実測調査や実

験室における検証実験などを行い、データの精度や導入に伴う課題を整理する。また、法令等改正手続きに伴い見直しが必要となる告示・通達内容を精査し、必要な科学的エビデンスの収集を行う。

B. 研究方法

研究期間は3年間である。2年目にあたる令和6年度は、1年目から実施している文献や展示会等を通したデジタル技術に関する情報収集の継続に加え、導入可能なデジタル機器等を用いた実測や実証実験等を実施し、従来の手法との比較を行うことにより、実用可能性や導入の課題等の検証を行う。研究は、分野ごとに部会に分かれて実施し、3か月ごとに開催する全体会議において研究協力者も交えて情報共有・意見交換を行い、研究全体の方向性を確認し合いながら実施する（図1）。

B1. 建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

令和5年度は、デジタル技術の導入による効率化の試算方法についてドレンパンの事例を用いて検討した。また、デジタル技術を活用している先駆事例の情報を文献や企業・有識者等へのヒアリング等から収集・整理し、建築物衛生管理への展開の可能性を検討した。さらに、法令等改正手続きに伴い見直しが必要となる告示・通達の内容を整理した。

令和6年度は、これらの作業を継続するとともに、自治体のホームページ等から特定建築物の維持管理状況報告書の様式を収集し報告で求めている内容の整理を行った。そのうえで、維持管理項目ごとに、デジタル技術導入の可能性を整理した。また、感染症対策のためのデジタル技術の利用の試みについて情報を収集し、環境中トレーサーを用いた感染リスク推定に

について整理した。さらに、デジタル技術を活用する際の課題について、「スマートビルシステムアーキテクチャガイドライン」を参照し整理した。

B2. 空気環境・粉じんの調整に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

令和5年度は、空気調和・換気設備の維持管理状況を検出できる機器の現状把握をし、空気環境計測機器の抽出と測定手法の検討をした。

令和6年度は、主に空調機に装着される二酸化炭素モニタ装置の調査を行った。国内でCO₂センサーの製造・販売を行っているメーカーの担当者に対し、自動校正機能の有無およびその運用実態、ゼロガス校正の頻度とドリフト傾向、具合事例の実態とその要因、トラブル発覚時の経緯と対応策についてヒアリング調査を実施した。また、令和5年度からの継続で特に浮遊微生物に関する自動・簡易測定器について情報収集した。さらに、浮遊微生物測定器、粒子計測器、PM_{2.5}測定器を用いて実建物で測定を実施した。オフィスや大学において在室者密集時の連続測定を実施し、機器の特性を検討した。また、新たな監視項目の検討として、空気質に関する項目について、ローコストセンサーを計測手法として既往研究の文献調査を行った。

B3. ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

令和5年度は、ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性と適用課題の検討をした。また、日本PCO協会会員を対象にアンケート調査の実施、集計分析を行った。

令和6年度は、2つの国際展示会(FAOPMA Pest SummitとPest World)に参加し、海外のデジタル技術の活用・普及状況に関する情報を収集した。また、ねずみ用センサー(トロフ

ィーカム XLT32MP・ノーグロウ DC 4 K 及び RYODEN Pescle カメラタイプ)に対するねずみの認知・行動に関する検証試験を行うため、試験方法を確定し試験を行った。さらに、実際の特定建築物の厨房において、熟練作業員と未経験者のそれぞれに点検作業を行ってもらい、アイトラッカー(Tobii Pro3 Glasses 3)でデータを収集した。収集したデータを用いて注視した順番や注視した時間を図面に落として作業内容を比較し、熟練作業員による点検作業の特徴を明らかにした。

B4. 清掃に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

令和5年度は、デジタル化技術の実施事例の収集や、清掃状況、清掃機材状況の測定機器の抽出と測定方法の検討など、清掃に関するデジタル技術の現状と課題整理をした。

令和6年度は、清掃点検報告システムである123レポーター(クリーンシステム株式会社)を用いて、複数のビルにおいて清掃点検報告システムの作成を行い、所要時間やシステムの使い勝手等について確認を行い、従来の方法と比較を行った。また、デジタル機器の導入によるトイレの清掃の効率化を検証するために、TERAS(テラモト)のセンサー等を用いた実証実験を実施し、トイレの使用人数、トイレの消耗品、大便器の使用時間、ゴミ箱の堆積状況等を測定した。

B5. 建築物内受水槽及び排水設備の衛生管理に活用可能な技術に関する調査

令和5年度は、建築物衛生に限定せずに類似先行事例について情報収集を行い、貯水槽清掃、点検の管理に適用可能なデジタル技術の有無に関する調査を実施した。

令和6年度は、現在の適用技術について、建

築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどを行った。また、公益社団法人全国建築物飲料水管理協会及び一般社団法人全国管洗净協会の協力の下、受水槽及び排水管の点検、清掃を業務とする専門家合計 6 名に対して現状の業務における技術的な課題並びにそれらの課題の解決に向けたデジタル技術の活用方策に関するヒアリングを実施した。

詳細な研究方法については、各分担研究報告書を参照されたい。

(倫理面への配慮)

本研究は、建築物衛生法に基づく特定建築物

の衛生管理手法について研究を行うものであり、主たる調査対象は建築物であることから、基本的には研究倫理審査の申請を必要とする調査研究はない。

ただし、令和 6 年度の研究では、「B3. ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討」において、ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験については、イカリ消毒株式会社動物実験審議会の承認を得て実施した（承認番号 24-010）。また、アイトラッカーを用いた厨房における点検作業の試験については、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 NIPH-IBRA#24037）。

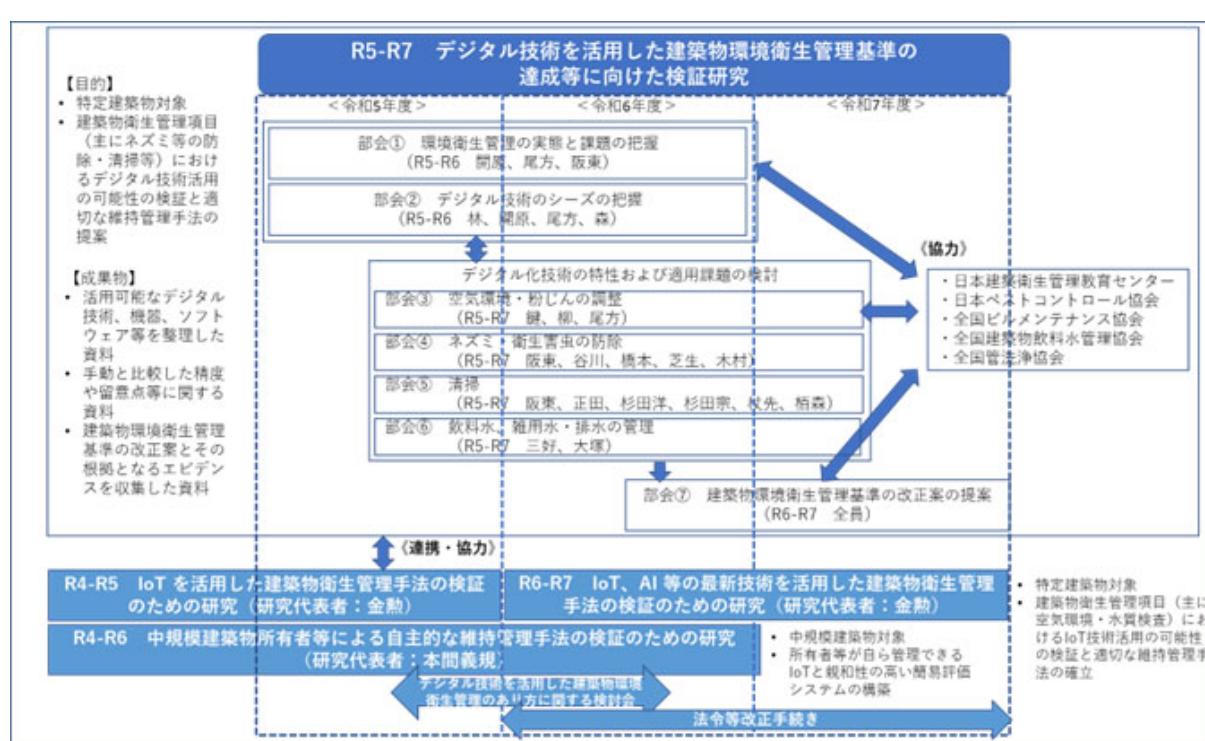


図 1 研究の流れ図

C. 研究結果

C1. 建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

ウイルス濃度の検知技術は開発段階にあり、今後の実用化が期待されていた。環境中トレーサー（室内空気質）、空調換気設備、在室者行動などの間接的な情報については、複数の要素を検知し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った。

デジタル技術を活用する際の課題についてはスマートビルのガイドラインから抽出し整理した。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といった「データの意味／情報の不足」の課題があった。また、空間情報の表現の必要性や、データ標準化ができていないことにより専門知識がないとデータを正しく判断し現象を理解することが難しいこと、ユースケースの多様化への対応、システムの大規模化／複雑化によるセキュリティ対策や運用の課題があること等を整理した。次に、デジタル技術を活用する際のセキュリティ対策の強化が必要となることから、その内容を整理した。更に、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ため、講ずる対策を整理した。

C2. 空気環境・粉じんの調整に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

粉じんの連続測定に用いられるローコストセンサーの文献調査と PM_{2.5} 測定器を用いた建築物における実測調査を行い、それぞれの測定器の傾向と室内粒子の実態から今後検討すべき項目について検討した。室内環境の測定については、複数の PM_{2.5} 濃度計を用いた結果、濃度の絶対値は異なるものの、経時変化は同様の傾向になった。

また、建築物室内に使用される二酸化炭素計測機器、特に換気制御用に用いられる計測機器につ

いて、制度管理のための校正の方法などについてメーカーへのヒアリングも含めて調査を行った。本調査から、CO₂センサーの信頼性には設置環境と運用方法が大きく影響することが明らかとなつた。

さらに、浮遊微生物測定について、迅速測定装置を用いて実建築物において測定を行った。実測結果からは、FAP、細菌、在室者数の間に有意な相関関係は認められなかった。

C3. ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

2つの国際展示会（FAOPMA Pest Summit と Pest World）に参加し、海外のデジタル技術の活用・普及状況に関する情報を収集した。Pest World では IT 関連の報告・展示は 2 割程度あったが、工程管理系のものが多く調査・点検等で使用できるものは少数であった。ねずみを対象とするものが多く、日本とは異なり振動センサーを使用した商品が多かった。

また、ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験を行った。具体的には、試験室において、ねずみ用センサーの設置前後の餌の喫食量の推移や天井カメラの動画分析によるねずみの行動観察を行った。センサー設置後は明らかに餌の喫食量が減少しており、またセンサーを迂回・忌避するなどの行動が見られた。

さらに、ウェアラブルアイトラッカーを使用し、目視による点検・検査の内容・方法を可視化することを試みた。具体的には、実際の厨房において、熟練作業員と未経験者による点検ルートや点検箇所の相違、トラップの設置提案場所の相違、あらかじめ隠しておいたゴキブリおもちゃの発見時間の相違、について検証を行った。調査結果から、点検ルートや各所の点検時間（注視時間）、点検の姿勢、設備・什器の知識等に違いが見られた。

C4. 清掃に関するデジタル化技術の特性および適

用課題の検討

まず、清掃に関する 1950 年から 2025 年までの 346 編の調査・研究論文を整理した。汚れ関係に関する論文が約 4 割を占めており、汚れに関する実態調査、汚れの原因や汚れの種類の究明・評価などが多くあった。

次に、清掃点検報告システムである 123 レポーターを用いた実証実験を行い、従来の方法との差異を調べた。13 施設において 2 名の作業員により清掃点検（インスペクション）を実施し、従来の方法による書類の作成時間と「123 レポート」を用いた書類の作成時間を比較した。2 名の作業員間で使用感に大きな違いはなかった。清掃点検時間は 1 施設（1 棟）あたり 1.5 時間を基本とするが、従来の方法では 150 分から 1260 分かかるところ、システムを用いた方法では 150 分から 1130 分の時間がかかっていた。従来の方法よりもシステムを用いた方法の方が短縮した施設は 13 施設中 10 施設、短縮時間は 10 分から 130 分で、全体で平均すると約 6% の時間短縮につながっていた。

また、デジタル機器の導入によるトイレの清掃の効率化を検証するために、TERAS のセンサー（トイレ利用者数カウンター、トイレ個室利用者数カウンター、トイレットペーパー在庫減アラートセンサー、水石鹼在庫減アラートセンサー、ゴミ量アラートセンサー）を用いた実証実験を実施した。データから、1 日のトイレ利用者数、1 か所あたりのトイレ個室利用者数、個室平均滞在時間、トイレ個室利用ピーク時間や水石鹼の補充のタイミング（本調査では 5~7 日間隔で対応が可能と判明）が明らかになった。

C5. 建築物内受水槽及び排水設備の衛生管理に活用可能な技術に関する調査

ヒアリング調査等では、点検、清掃現場での作業に関しては、目視、あるいは手動による作業が中心となることから、現段階において、デジタル技術の活用は限定されていることが明らかとなっ

た。一方で、点検、清掃作業の結果の集約や、それに基づく報告書作成業務などに関しては、デジタル技術を活用した業務支援ツールの開発が広く行われていることも明らかとなった。現場作業においては、熟練した作業者の確保が困難となっていることから、AI による画像診断や流量計等の連続測定計器の設置、排水管内のガス組成の検知等を通じて、点検、清掃業務を最適化することができる業務支援ツールの開発への期待も確認することができた。

D. 考察

2024 年 6 月に国の検討会（「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」）による中間とりまとめが発表されている。中間とりまとめでは、以下の点が継続検討事項として挙げられている。

- ・ 空気環境測定における小型連続測定機器の適切な較正方法
- ・ 空気調和設備のグループ管理を行う場合の代表設備の選定や代表設備以外の設備の確認のタイミング
- ・ 監視に遠隔カメラを用いる場合の遠隔カメラ等の設置場所等の決め方
- ・ 画像と AI 技術による監視を行う場合の撮影環境の検知精度への影響
- ・ 加湿装置やその他（散水装置、充てん材、エリミネータ等の汚れ、損傷などの定期点検）についての検討
- ・ 飲料水等に関する設備の維持管理におけるマンホールの密閉状態、汚水等の逆流の有無、防錆剤注入装置の稼働などの定期点検
- ・ 排水に関する設備の維持管理における管の内部の腐食や詰まりなど外観で判別がつかないものなどへの対応
- ・ 清掃における清掃ロボットの活用と建築物衛生法令への組み込み
- ・ 廃棄物処理の適正な処理能力の定期点検など

におけるデジタル技術の有無・活用方法

- ・ねずみ等の防除におけるデジタル技術活用の課題（種ごとの調査・対策や現場状況により完全な自動化には至らない点への対応）

本研究では、これらの検討課題を踏まえつつ、今年度は、導入可能なデジタル機器等を用いた実測や実証実験等を実施することにより実用可能性や導入の課題等の検証を行った。また、空気環境については、「建築物環境衛生管理に関する検討会報告書（令和3年7月）」で継続検討とされた維持管理項目である、PM_{2.5}、CO₂等に重点を置いて検討し、さらに先行研究がカバーしていないねずみ・衛生害虫防除分野と清掃分野におけるデジタル技術の活用の検討に注力した。

空気環境測定については、ローコストセンサーに関する文献レビューから、PM_{2.5}を中心とした近年の技術革新により様々なセンサーが出ているが、その精度には課題となることが多く、課題解決及び複数の環境要素の計測により、発生源、制御に活かす取り組みがなされる傾向が見られる。実建築物におけるPM_{2.5}の測定では、光散乱方式の測定器を用いたが、光散乱方式はレーザーの波長により散乱強度を得られる粒径が限られており、0.1 μmから0.3 μm以上の粒子のみを検出するのが一般的であり、それ以下の粒子は検出できず、機器によっては校正係数値を設定することで、これらの要因を補正することを行うものもある。粒径別質量濃度分布のピークから算出したPM_{2.5}質量濃度とPM_{2.5}濃度計の結果は異なる傾向となったことから、PM_{2.5}濃度計の原理的には各種センサーが微小粒子を全て検出しているわけではないので、超微粒子濃度が高い空間において正確には計測できないことも考えられる。よって、近年の建築物における室内粒子の現状を把握することも重要となり、さらにはセンサーの校正係数、校正方法を規定することも必要となると考えられる。

また、CO₂センサーについては、その信頼性には設置環境と運用方法が大きく影響することから、とくに以下の3点が重要であると考える。①センサー異常の検出可能性：高表示やセンサー故障は比較的発見しやすいが、過補正による低表示は発見が困難であり、換気制御が不十分なまま運用されるリスクがある。②設置環境の把握：排ガス、結露、粉塵、空気汚染などの要因はNDIRセンサーの性能に影響を与えやすいため、適切な保護措置および設置位置の選定が重要である。③自動校正機能のリスク：自動校正機能は便利である一方、濃度変化が少ない環境では誤補正が生じやすく、制御精度を損なう可能性がある。特に人が常時在室している空間や換気停止状態では注意が必要である。このことから、CO₂センサーを換気制御に用いる際には、定期校正の実施（ゼロガス、スパンガス校正）、センサー表示値と独立した実測値との定期的な比較、異常な表示値が生じうる環境の把握と対策、経年による性能劣化を踏まえた定期的な機器更新の実施といった対策が必要である。

バイオエアロゾル粒子のリアルタイム測定については、既往研究ではFAPが生物由来の粒子（バイオエアロゾル粒子）の指標として使用されることがあり、過去の調査でもFAPと細菌、FAPと在室者数、細菌と在室者数の間に有意な相関関係が認められたのだが、本研究ではFAP、細菌、在室者数のいずれの間にも有意な相関関係が認められなかった。この結果から、実オフィス環境におけるFAPと細菌の関係を定量的に解明するには限界があることが示唆される。

ねずみ・衛生害虫防除については、国内だけでなく国外でも活用できるデジタル技術はほとんど見られず、むしろ昆虫等のAIによる同定など日本の方が技術が進んでいる状況が見られる。逆に言えば、同定までの技術は海外では求められていないのかもしれない。

ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動

に関する検証試験からは、センサーに対するねずみの強い忌避がありそれによって行動に変化が生じている可能性があることがわかった。また、オスとメスではメスの方が警戒心が強く、行動変化しやすい可能性が示唆された。なお、センサーがねずみを感知して起動音や赤外線が出ていない状態であったにも関わらず、ネズミは忌避反応を示した。このことから、ねずみは試験品を新奇物として認識し警戒することで、設置直後の行動が変化する可能性は高いと考えられる。センサーによるねずみの把握は限定的であり、センサーの設置によってねずみがセンサーの設置場所以外で行動することで、かえって潜伏してしまう懸念もあることから、センサーを導入する際には、このようなねずみの行動を踏まえた設置場所の選定や設置の方法等を考慮する必要がある。

ウェアラブルアイトラッカーを使用した厨房における目視点検作業の調査からは、点検ルートや点検箇所及びその注視時間、点検時の姿勢などをデータを用いて可視化することにより、熟練作業員の目視点検の技術やその背景にある経験・知識等の一部を明らかにすることができた。熟練作業員は、什器や設備等に関する知識に加えて、対象とする衛生害虫の生態・習性等にも詳しく、時間帯により点検箇所を変えるなどして、点検すべき箇所を定め無駄のない動きで点検を行っている。この目視点検作業をデジタル技術に直接置き換えることは難しいが、目視点検のための作業シートの開発や、熟練作業員の目視点検技術を経験の浅い作業員が学習するための教材として、アイトラッカーで収集したデータや撮影した画像等を活用することは可能であると思われる。

清掃分野については、既往研究の整理からはデジタル技術に関連するものはほとんど見つからなかった。しいて言えば、汚れの評価にATP値が導入されているものが見られた。本研究では、次年度に、清掃作業前後の清掃箇所の点検、及び清掃

用具の点検にATP測定を応用して、新たな監視項目を導入することを検討することを予定している。

清掃点検報告書の作成におけるデジタル技術の活用については、システムの活用による報告書作成時間の短縮は平均して6%程度であり、大幅な効率化は見られなかったが、システムの活用により、写真の貼り付け、コメントの音声入力、写真撮影という一連の作業を携帯端末から同時に行うことができるという点で、業務効率化、ミスの減少につなげることが可能である。使いやすくなつた分、同じ時間でも情報量を増やすこともできる。しかし、多数の建築物をまとめて点検する場合や、大規模建築物等にて使用する場合は、複数箇所の点検や複数の報告書を作成することが求められ、作業が多忙となる。そのため、報告作成システムのカスタマイズ等が必要と考える。また、点検作成様式は、全国ビルメンテナンス協会の点検資格者・清掃会社・顧客の指定等の点検用紙を使用することになり、柔軟な対応ができるシステムが必要である。顧客の指定では、数百棟の建築物への対応や不動産投資建築物等に対する管理システムの開発も重要なとなる。

デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化については、センサーを用いることで利用時間のピークやよく利用されている個室の特定などを確認することができた。ピーク時間は男女とも通勤時と昼食時でほぼ一致しており、女性については、オフィスワーカーの帰宅前とコンサートホール鑑賞者の入場前が原因と推測された。これらの利用ピークは、従来から清掃作業員が感覚的に捉えていたものと同じであるが、今回の検証で数値化することにより明確になった。人数や滞在時間を数値化することにより、今後の対応に活かせる情報が得られた。

水分野については、本年度の検討では、排水管汚染にかかるデジタル技術の活用の現状調査の結果、関連する多くの作業が目視、あるいは手動に

による作業となっており、点検、清掃といった作業の効率化に向けたデジタル技術の適用は、現段階においては限定的である。一方で、作業結果の集約や書類作成を支援するためにデジタル技術を活用した支援ツールを活用する試みは広がっている。また、超音波流量計をはじめとする排水管内の汚染状況の監視を通じて、円滑な排水管洗浄作業を促進するための技術として有望視されている技術に関しても情報収集を行うことができた。これらの技術の実用化に向けては、データ収集、エビデンス収集といった実証試験的な検討に加え、これらの手法を活用した検査を可能とするための制度設計が今後必要である。

E. 結論

今年度は、昨年度に引き続き、建築環境衛生に関連する既存技術、技術開発動向を継続的に収集し整理した。そのうえで、各分野において実測調査や実証実験を行い、デジタル技術導入について現状までの特性の把握と今後の課題を示した。

具体的には、空気関連分野については、PM_{2.5}測定器を用いた実測調査、CO₂センサーの制度管理のための校正方法に関する調査、浮遊微生物測定について迅速測定装置を用いた実測調査等を行った。

ねずみ・衛生害虫防除分野については、センサーに対するネズミの認知・行動に関する検証試験、アイトラッカーを用いた目視による厨房の点検内容の検証を行った。

清掃分野については、清掃点検報告システム（アプリ）を用いた実証試験、センサーを用いたトイレの清掃の効率化に関する検証試験を実施した。

水関連分野については、受水槽及び排水管の点検、清掃に関連する協会に対するヒアリング調査を実施した。

いずれの分野においても、デジタル技術の活用においては課題が多く残されていることから、次年度も引き続き検討を行う。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 柳宇：浮遊微生物測定法の現状. 空気清浄, 第 62 卷, 第 2 号, 4-11. 2024.

2. 学会発表

- 柳宇, 福嶋信彦, 永井秀康, 加野稔：内視鏡手術中におけるバイオエアロゾルの発生特性, 2024 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 281-282. 2024.
- 柳宇, 金勲, 下ノ菌慧, 鍵直樹：オフィスピルにおける蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定. 第 42 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, 240-242, 2025.
- 柳宇, 永野秀明, 鍵直樹：バイオエアロゾルセンサーと人位置計測システムを用いたホット・スポットのリアルタイム検知, 2025 年日本建築学会大会学術講演梗概集, 2025. (印刷中)
- 阪東美智子. ペストコントロール分野の IT 活用状況に関するアンケート調査. 第 83 回日本公衆衛生学会総会 ; 2024.10.29-31 ; 札幌. 同抄録集. P21-16(31AM012).p.607.
- 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 茂手木眞司, 小室正二, 阪東美智子. アイトラッカーを利用した調査—ベテランと初心者の調査視点の相違について—. 日本ペストロジー学会大会; 2024.12.3-4; 群馬. 同抄録集(40). p.33.
- 茂手木眞司, 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 阪東美智子. ペストコントロール業界におけるデジタル機器活用状況. 日本ペストロジー学会大会; 2024.12.3-4; 群馬. 同抄録集(40). p.34.

7) 杖先壽里, 正田浩三, 柏森聰, 阪東美智子. なし
清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検
討. 第 52 回建築物環境衛生管理全国大会 ; 2. 実用新案登録
2025.1.23-24 ; 東京. 同抄録集. p.88-89. なし

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む） 3. その他
1. 特許取得 なし

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 生活環境研究部 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建築環境衛生管理を効率的に行うための建築環境衛生管理基準のあり方を検討するために、関連する技術開発の動向を把握して基礎資料とすることを目的とし、建築環境衛生に関連する既存技術、技術開発動向を継続的に収集し、整理した。

環境衛生管理のためのデジタル技術の適応として、感染症対策のために、デジタル技術を利用する試みについて情報を収集した。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おり、その基礎として室内環境検知による感染リスク推定の方法として、特に環境中トレーサーを用いた感染リスク推定について整理した。ウイルス濃度の検知技術は開発段階にあり、今後の実用化が期待されている。環境中トレーサー（室内空気質）、空調換気設備、在室者行動などの間接的な情報については、複数の要素を検知し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。

建築物衛生法の環境衛生管理項目に対するデジタル技術の導入例を関連企業等から取得し、デジタル技術導入に関する研究段階の知見について、企業及び大学などの研究機関から収集した。まずは、デジタル技術を活用する際の課題について、スマートビルのガイドラインから抽出し整理した。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といった「データの意味／情報の不足」の課題がある。また、空間情報の表現の必要性や、データ標準化ができていないことにより専門知識がないとデータを正しく判断し現象を理解することが難しいこと、ユースケースの多様化への対応、システムの大規模化／複雑化によるセキュリティ対策や運用の課題があること等を整理した。次に、デジタル技術を活用する際のセキュリティ対策の強化が必要となることから、その内容を整理した。基本方針の策定や、脅威の分類と対策要件の整理、建物の設計・施工・運用管理等のフェーズ等のライフサイクルに応じたセキュリティ対策をとること、外部ネットワークへの接続対策、IoTデバイスの認証機能やデータの暗号化等のセキュリティ強化、監視とインシデント対応について、スマートビルのガイドラインから抽出し整理した。更に、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ため、講ずる対策を整理した。データの品質管理、誤ったデータやノイズを排除するデータフィルタリングの必要性、ネットワーク切断時のデータ欠損防止のためのデータ一時保存等の機能を有すること、デバイス認証、定期的な構成とメンテナンスの必要性、トラブル発生時の原因特定活用のための通信ログ記録をとる等、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。以上、デジタル技術導入に関する現状、デ

ジタル技術を活用する際の課題、そしてその活用時のセキュリティ対策とセンシング機器の信頼度について、情報を整理した。

A. 研究目的

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する。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する。

B. 研究方法

環境衛生管理のためのデジタル技術の適応として、感染症対策のために、デジタル技術を利用する試みについて情報を収集する。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おり、その基礎として室内環境検知による感染リスク推定の方法として、特に環境中トレーサーを用いた感染リスク推定について整理する。また、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する。

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

C1.1. 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⁾。

C1.2. 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（空気齡、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。

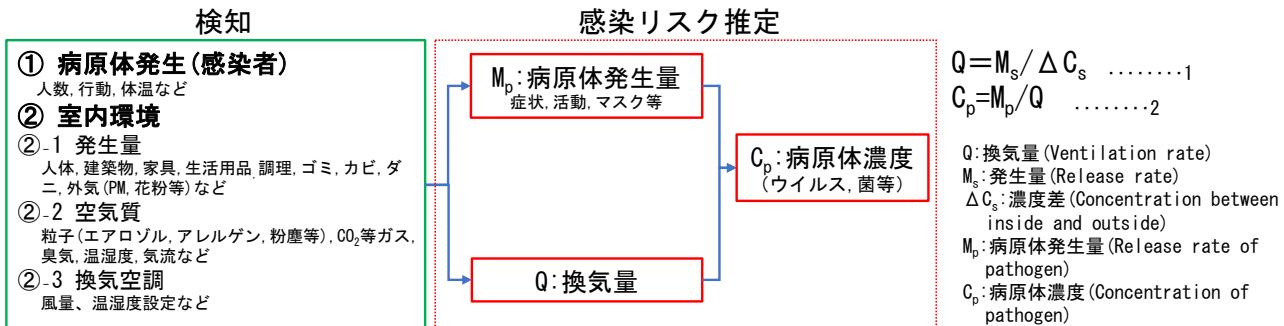


図1 室内環境検知と感染リスク推定の基本枠組

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)	<ul style="list-style-type: none"> ・人感(動態) ・放射温度 ・熱画像 ・感染情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・IoT ・AI等による分析
② 室内環境			
②-1 発生量	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ・BIM (Building Information Modeling) ・AI等による分析
②-2 空気質	<ul style="list-style-type: none"> ・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)) 	<ul style="list-style-type: none"> ②-1 発生量と②-2 空気質から換気量を推定 	<ul style="list-style-type: none"> ・BEMS (Building Energy Management System) ・AI等による分析
②-3 換気空調	<ul style="list-style-type: none"> ・外気量、循環量(OA, EA, SA, RA) ・設定温湿度 ・設定CO₂濃度 	<ul style="list-style-type: none"> ②-3 換気空調から換気量を推定 	<ul style="list-style-type: none"> ・BEMS (Building Energy Management System) ・AI等による分析
感染リスク	<ul style="list-style-type: none"> ・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), ウィルスセンサー(人工DNAアプタマー) ・AI等による分析 		

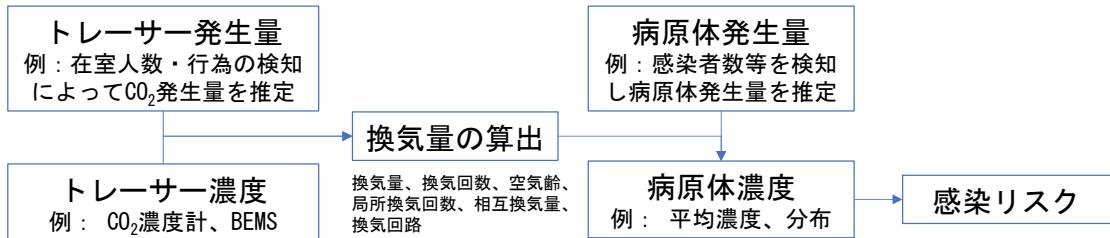


図2 環境中のトレーサーを用いた病原体濃度の推定

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	トレーサー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 $V_i \cdot C'_i(t) = Q(t) \cdot (C_o - C_i) + M_i(t)$ $V_i: \text{空間容積}, C_i: \text{空間濃度}, C_o: \text{外気濃度}, Q: \text{換気量}, M: \text{発生量}$ 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	トレーサー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。 $\tau_p = \int_0^\infty \frac{C_r - C_o}{C_{r0} - C_o} dt \quad \dots (1)$ $\tau_p: \text{局所空気齢} [\text{h}], C_o: \text{外気濃度} [\text{m}^3/\text{m}^3], C_r: \text{時刻} t \text{における室内濃度} [\text{m}^3/\text{m}^3], C_{r0}: \text{時刻} t_0 \text{における室内濃度} [\text{m}^3/\text{m}^3]$ 局換気回数： $N = 1/\tau_p$
相互換気量・換気回路	複数空間のトレーサー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 $\{V_i \cdot C'_i(t)\} = [Q(t)] \cdot \{C_i\} + \{M(t)\}$ $V_i: \text{空間} i \text{の容積}, C_i: \text{空間} i \text{の濃度}, [Q]: \text{風量マトリックス}, [M]: \text{発生量マトリックス}$ 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）

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

表3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。本表は、令和5年度の追加更新情報である。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¹⁷⁾。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。

C2.2. 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」¹⁷⁾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だが、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。

C2.3. 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る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。

C2.4. 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3 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>クラウドサービスを利用して効率的な管理を実現</p>

(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	
○				○	○	<p>ビル向けクラウドサービス：</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p>
○						<p>セル型空調システム：</p> <p>セントラル空調において吹出口単位で変風量を制御</p>
○					○	<p>研究施設向け風量制御システム：</p> <p>研究施設、感染症対応病床などにおいて、室内空気の温度・湿度・圧力・気流・清浄度を厳密に制御</p> <p>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</p>
○					○	<p>CO₂濃度制御搭載製品：</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 CO₂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、センサースイッチ、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
○						<p>スマート空調システム：</p> <ul style="list-style-type: none"> 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） <small>注）</small>
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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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： <ul style="list-style-type: none"> 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> <ul style="list-style-type: none"> 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://wwwplibot.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>

E. 結論

COVID-19 パンデミックを契機に感染症対策にデジタル技術を利用する試みがある。その基礎として、環境中トレーサーを用いた感染リスクの推定について整理した。ウイルス濃度の検知技術は開発段階にあり、今後の実用化が期待されている。環境中トレーサー（室内空気質）、空調換気設備、在室者行動などの間接的な情報については、複数の要素を検知し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。

建築物衛生法の環境衛生管理項目に対するデジタル技術の導入例を関連企業等から取得し、デジタル技術導入に関する研究段階の知見について、企業及び大学などの研究機関から収集した。まずは、デジタル技術を活用する際の課題について、スマートビルのガイドラインから抽出し整理した。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といった「データの意味／情報の不足」の課題がある。また、空間情報の表現の必要性や、データ標準化ができていないことにより専門知識がないとデータを正しく判断し現象を理解することが難しいこと、ユースケースの多様化への対応、システムの大規模化／複雑化によるセキュリティ対策や運用の課題があること等を整理した。次に、デジタル技術を活用する際のセキュリティ対策の強化が必要となることから、その内容を整理した。基本方針の策定や、脅威の分類と対策要件の整理、建物の設計・施工・運用管理等のフェーズ等のライフサイクルに応じたセキュリティ対策をとること、外部ネットワークへの接続対策、IoT デバイスの認証機能やデータの暗号化等のセキュリティ強化、監視とインシデント対応について、スマートビルのガイドラインから抽出し整理した。更に、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ため、講ずる対策を整理した。データの品質

管理、誤ったデータやノイズを排除するデータフィルタリングの必要性、ネットワーク切断時のデータ欠損防止のためのデータ一時保存等の機能を有すること、デバイス認証、定期的な構成とメンテナンスの必要性、トラブル発生時の原因特定活用のための通信ログ記録をとる等、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。以上、デジタル技術導入に関する現状、デジタル技術を活用する際の課題、そしてその活用時のセキュリティ対策とセンシング機器の信頼度について、情報を整理した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 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): CO₂ トレーサーガスを用いた換気改修効果の検証, 日本建築学会環境系論文集 830, p. 185-194, 2025. 04
- 2) Ryo Asaoka, Wataru Umishio, Naoki Kagi, Motoya Hayashi, Takao Sawachi, Takahiro Ueno; Office environments and worker satisfaction with thermal and air environments during and after the COVID-19 pandemic in Japan, Building and Environment 268(2025) 112319.
- 3) Motoya Hayashi, Sayaka Murata, Koki Kikuta; Ventilation characteristics in a hospital where a COVID-19 outbreak occurred in the winter of 2020, Indoor Environment, 2025.03, <https://doi.org/10.1016/j.indenv.2024.100065>
- 4) 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.

5) 開原典子, 林基哉, 本間義規;高齢者の乾燥由來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)

6) 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 817, p. 135-140, 2024. 03.

7) 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.

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

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)

講演梗概集, 環境工学 I , p.1339-1340, 2024.07.

11) 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.

12) 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

13) 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

14) 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

15) 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

16) 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

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 卷 4 号, PP. 42-49 (2024)

3) 林基哉, 海塩涉, 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 卷頭言 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 卷第 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)

G. 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

<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

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

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 卷, 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 卷, 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 卷, 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講演集, pp. 1377–1378, 202407

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/ldg/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) 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.

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
空気環境・粉じんの調整に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

研究分担研究者	鍵 直樹	東京科学大学	環境・社会理工学院	教授
研究分担研究者	柳 宇	工学院大学	建築学部	教授
研究分担研究者	尾方壯行	東京都立大学	都市環境学部建築学科	助教

研究要旨

建築物における空気環境の維持については、空気環境の定期の測定により基準値との比較を行うことだけではなく、空調設備の維持管理を定期に点検することが重要となっており、政省令等での対応が求められている。

本報告では、粉じんの連続測定に用いられるローコストセンサーの文献調査と PM_{2.5} 測定を用いた建築物における実測調査を行い、それぞれの測定器の傾向と室内粒子の実態から今後検討すべき項目について検討した。

また、建築物室内に使用される二酸化炭素計測機器、特に換気制御用に用いられる計測機器について、制度管理のための校正の方法などについてメーカーのヒアリングも含めて調査を行った。

さらに、浮遊微生物測定について、迅速測定装置を用いて実建築物において測定を行い、その実測結果から、現状までの特性の把握と今後の課題について示した。

A. 研究目的

A1. ローコストセンサーによる室内環境調査

建築物衛生法において、特定建築物の維持管理として、環境衛生管理基準値が表 1 のように定められている。温度、相対湿度、二酸化炭素濃度、一酸化炭素濃度、気流、浮遊粉じんの 6 項目について 2 カ月以内ごとに 1 回測定し、基準値との比較を行うことで、適切な維持管理を行うことになっている。ホルムアルデヒドについては、新築または大規模模様替えを行った後、最初に来る 6 月から 9 月の間に 1 回測定することとなっている。

建築物における空気環境の維持については、空気環境の定期の測定により基準値との比較を行うことだけではなく、空調設備の維持管理を定期に点検することが重要となっており、政省令等での対応が求められている。現在特定建築物においては、これらの項目が基準値に適合していないものとして、二酸化炭素、温度、相対湿度の不適率が高く、浮遊粉じん、一酸化炭素、気流、ホルムアルデヒドの不適率は低く推

移している。

一方、これらの環境測定としては、浮遊粉じんについては毎年較正された機器で測定することが義務付けられており、温度・相対湿度、二酸化炭素については、比較的簡便なセンサーが発展しているため、これらを使用することが多い。一酸化炭素もセンサーは存在するものの一般に市販されているものは少なく、気流についても比較的安価なものは少ない。ホルムアルデヒドについては、厚生労働大臣指定の可搬型の測定器があり、現在においても建築物衛生法の測定として使用されている。

浮遊粉じんについては、建築物衛生法で規定している粒径 10 μm 以下の粒子を対象とした粉じん計の他に、大気基準で規定されている粒径 2.5 μm 以下の PM_{2.5} がある。PM_{2.5} については、我が国の大気の環境基準値が、1 年平均値が 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ、1 日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であることが定められている。また、WHOにおいては、AQG (Air quality guideline) level として、年平均を 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均を 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

を提案している。この測定については、大気環境においては標準的な測定方法があるが、その他にも、可搬型の安価な測定機器がある。

今後室内における室内PM_{2.5}の監視も視野に、空気環境測定の定期測定に関して、連続測定に関する既往研究の調査を行うとともに、複数のPM_{2.5}測定器を用いて、実建築物空間において平衡測定を行い、それぞれの測定機器の特性について検討した。

表1 空気環境に関する建築物環境衛生管理基準

浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
一酸化炭素の含有率	10 ppm 以下 (6 ppm 以下に改正)
二酸化炭素の含有率	1000 ppm 以下
温度	17°C以上 28°C以下 (18°C以上に改正)
相対湿度	40%以上 70%以下
気流	0.5 m/秒以下
ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (= 0.08 ppm 以下)

A2. CO₂センサーの不具合事例に関するヒアリング調査とその分析

近年、建築物における省エネルギーおよび感染症対策の観点から、室内空気質のモニタリングと換気制御および空調換気設備の適切な維持管理の重要性が高まっている。室内空気中のCO₂濃度は、人の体臭を主な汚染質とした総合的な換気の指標として古くから活用され、建築物衛生法においても建築物環境衛生管理基準の空気環境の基準としてCO₂の含有率1,000 ppmが定められており、そのモニタリング方法のデジタル技術活用による調査・報告業務の省力化は重要な課題である。

本年度は、国内主要センサーメーカーへのヒアリング調査を通じて、CO₂センサーの運用実態、トラブル事例、ならびに自動校正機能の影響に関する情報を収集・分析し、信頼性向上のための運用指針策定の基礎資料とすることを目的とした。また、前年度から継続して市販されている空調システム用のCO₂センサーの仕様を調査し、一覧表（表2）を作成した。

表2 空調システム用CO₂センサーの仕様一覧

製品名	型式	メーカー	測定方式	測定範囲	測定精度	長
CO ₂ センサモジュール	IMGXCA0006-00BA※	村田製作所	NDIR方式	0~2000 ppm	±(50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm + 2.5% of reading)	±
CO ₂ センサモジュール	IMGXCA0006-00BB※	村田製作所	NDIR方式	0~3000 ppm	±(50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm + 2.5% of reading)	±
Sunrise		旭化成エレクトロニクス (AKM) グループ会社 Senseair	NDIR方式	400~5000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
Sunlight CO ₂		旭化成エレクトロニクス (AKM) グループ会社 Senseair	NDIR方式	400~5000 ppm	+/- (50ppm + 3% of reading)*	
S8		旭化成エレクトロニクス (AKM) グループ会社 Senseair	NDIR方式	400~50,000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
K30		旭化成エレクトロニクス (AKM) グループ会社 Senseair	NDIR方式	0~5,000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	CY8100C1001	azbil (山武)	NDIR方式	0~2,000 ppm	± 50ppm + 指示値の5%	速 無 速 無 速 無 速 無
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	CY1000C1000	azbil (山武)	NDIR方式	0~2,000 ppm	± 50ppm + 指示値の5%	速 無 速 無 速 無 速 無
ネオセンサ 室内用CO ₂ 濃度・温度センサ	CY7101	azbil (山武)	NDIR方式	0~2,000 ppm	± (50ppm + 計測値の5%)	速 無 速 無 速 無 速 無
シーリングセンサ 天井用CO ₂ 濃度・温度センサ	CY7102	azbil (山武)	NDIR方式	0~2,000 ppm	± (50ppm + 計測値の5%)	速 無 速 無 速 無 速 無
CO ₂ 湿度温度変換器	GMW90シリーズ	VAISALA	NDIR方式	0~5,000 ppm	+20~+30° C ± (30ppm + 読み値の2%) +10~+20° C, +30~+40° C ± (35ppm + 読み値の2.7%) -5~+10° C, +40~+55° C ± (45ppm + 読み値の3.8%)	± ± ± ± ± ± ± ±
CO ₂ 変換器	GMD110	VAISALA	NDIR方式	~10,000ppm CO ₂ 0~2,000ppm, 0~5,000ppm, または0~10,000ppmの範囲の アナログ出力で注文可能	0~3,000ppm CO ₂ ± 40ppm CO ₂ 3,000~10,000ppm CO ₂ ± 2% (読み値)	0~ 3, 6,
CO ₂ 湿度温度変換器	GMW80シリーズ	VAISALA	NDIR方式	0~5,000ppm (GMW86PK5/ GMW88K5) (その他のモデル) 0~2,000ppm	+20~+30° C ± (30ppm + 指示値の3%) +10~+20° C, +30~+40° C ± (35ppm + 指示値の3.7%) +0~+10° C, +40~+50° C ± (40ppm + 指示値の4.8%)	代 25
XENSIV PAS CO ₂ Sensor	PASC02V01BUMA1	infineon	光音響分光法	0~32,000 ppm	± (30 ppm + 3% of reading) between 400 ppm and 5000 ppm	15 cc

製品名	メンテナンス頻度	センサが使用されている商品	備考
CO ₂ センサモジュール	ビル換気向けに約10年間 (測定環境次第)		
CO ₂ センサモジュール	ビル換気向けに約10年間 (測定環境次第)		
Sunrise		旭化成、Aranet 4	*: 15~35°C, 0~85%RH, After three ABC period
Sunlight CO ₂	Lifetime <15 years		*: 15~35°C, 0~85%RH, After three ABC period ABC periodは調整可能
S8			
K30	おんどり		*: After three ABC period
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	自動校正を行いますが、少なくとも3年に1度CO ₂ 濃度校正を実施してください。		
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	1回/年のゼロガス校正を実施してください。		
ネオセンサ 室内用CO ₂ 濃度・温度センサ	1回/年のゼロガス校正を実施してください。		
シーリングセンサ 天井用CO ₂ 濃度・温度センサ	1回/年のゼロガス校正を実施してください。		
CO ₂ 湿度温度変換器		CO ₂ センサ : CARBOCAP GM10	
CO ₂ 変換器		CO ₂ センサ : CARBOCAP GM10	
CO ₂ 湿度温度変換器		CO ₂ センサ : CARBOCAP GM10	
XENSIV PAS CO ₂ Sensor	Lifetime 10 years		

製品名	自動校正方法	動作温度	保管温度	入力電圧	平均消費電力	出力インターフェース	時定数
CO ₂ センサモジュール	二波長方式でCO ₂ 吸収波長と参照波長の両方を計測し、常時補正	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC/DC 24 0.5W / Max. 2.0W		アナログ 0 ~ 5V	
CO ₂ センサモジュール	二波長方式でCO ₂ 吸収波長と参照波長の両方を計測し、常時補正	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC/DC 24 0.5W / Max. 2.0W		アナログ 0 ~ 5V	
Sunrise	Automatic Baseline Correction (ABC) アルゴリズム (一定期間内の最低値を大気中CO ₂ 濃度とみなして自動補正)	0 ~ 50°C	記載なし	3.05~5.5 34 uA			
Sunlight CO ₂	ABCアルゴリズム (一定期間内の最低値を大気中CO ₂ 濃度とみなして自動補正)	0 ~ 50°C	-40 ~ 70°C	3.05~5.5 30uA or lower			
S8	ABCアルゴリズム (一定期間内の最低値を大気中CO ₂ 濃度とみなして自動補正)	0 ~ 50°C	記載なし	4.5~5.25 18~30 mA		PWM / デジタル	
K30	ABCアルゴリズム (一定期間内の最低値を大気中CO ₂ 濃度とみなして自動補正)	0 ~ 50°C	記載なし	4.5~14 V 40 mA		アナログ / デジタル	
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC24V	3VA以下	DC 1~5V リニア特性	3 min以
ダクト用CO ₂ 濃度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC24V	3VA以下	DC 1~5V リニア特性	
ネオセンサ 室内用CO ₂ 濃度・温度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 70°C	AC24V	3VA以下	DC 1~5V リニア特性	3 min以
シーリングセンサ 天井用CO ₂ 濃度・温度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-10 ~ 65°C	AC24V	3VA以下	DC 1~5V リニア特性	3 min以
CO ₂ 湿度温度変換器	単光源二波長方式でCO ₂ 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	-5 ~ 55°C	-30 ~ 60°C	18~35VD < 2W		0~5/10V、2および3チャンネルモデル	
CO ₂ 変換器	単光源二波長方式でCO ₂ 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	-20 ~ 60°	-40 ~ 60°C	20~30V DC		0/4~20mA (選定可能)、最大負荷 500Ω 0~5/10V (選定可能)、最小負荷 10kΩ Modbus RTU (RS-485)	1分以内
CO ₂ 湿度温度変換器	単光源二波長方式でCO ₂ 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	0 ~ 50°C	-40~+70° C -30~+70° C	18~ 35VDC	GMW83モデル: 0.7W GMW86/GMW88モデル: 1W GMW84モデル: 1.2W	4~20mA および/または 0~10V	60秒(63° GMW88:
XENSIV PAS CO ₂ Sensor	ABCアルゴリズム (一週間内の最低値を大気中CO ₂ 濃度 (400ppm) とみなして自動補正)	0 ~ 50°C			3~3.6V/10.8~13.2V		

A3. オフィスビル執務室におけるバイオエアロゾル粒子のリアルタイム測定

オフィスビル内のバイオエアロゾル粒子対策においては、その挙動をリアルタイムで把握することが重要である。リアルタイム測定法には、細菌細胞、芽胞、毒素、ウイルスなど、ほとんどの生物細胞の蛍光に寄与する分子を認識する外膜レセプターや構造的特徴の利用が含まれる。ほとんどの生体細胞の蛍光に関与する主な分子として、アミノ酸、核酸、いくつかの補酵素（例：還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（NADH）およびそのリン酸塩、フラビンモノヌクレオチド、フラビンアデニンジヌクレオチド、B6ビタミー）、ビタミン K およびその同族体が挙げられる。発光極大は励起波長に強く依存し、還元型トリプトファンと NADH は波長 300nm 以下の光で励起された場合、それぞれ 340nm と 450nm 付近に発光極大を持つことが知られている^{1), 2), 3)}。

蛍光エアロゾル粒子（Fluorescent Aerosol Particles、FAP）は生物由来の粒子（バイオエアロゾル粒子）の指標として使用されることがある。リアルタイム FAP の測定技術として、これまでに分光強度バイオエアロゾルセンサー（Spectral Intensity Bioaerosol Sensor: SIBS）や広帯域統合バイオエアロゾルセンサー（Wideband Integrated Bioaerosol Sensor: WIBS）が開発され、実用化されている。国内ではバイオエアロゾルセンサー（Bioaerosol Sensor: BAS）が開発され、その実用性の検証が進められている。筆者らが実施した大学研究室での検証において、BAS は蛍光エアロゾル粒子のみに応答することが確認された⁴⁾。本報では、BAS を用いた宮崎市内の 3 棟のオフィスビル（計 4 室）における 2024 年 10 月および 2025 年 1 月の室内蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定結果について報告する。

B. 研究方法

B1. ローコストセンサーによる室内環境調査

B1.1. 空気環境の連続測定機器

室内環境の計測については、建築物衛生法の環境管理項目だけではなく、その他の環境項目を計測する連続測定器、センサーが多く開発されている。海外の研究者においても、計測装置をレビューしている事例が多く存在するためレビュー論文以外の関係する論文の調査を昨年度に引き続き行った。

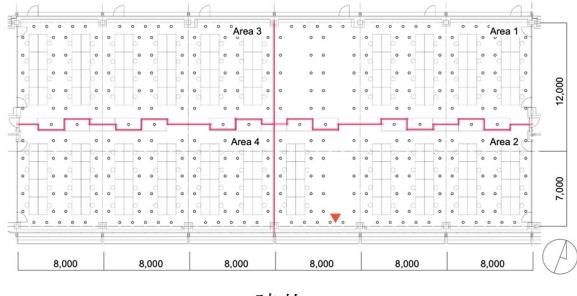
B1.2. 建築物における PM_{2.5} 測定

本報告における室内環境の測定については、表 3 に示す東京都内にある大学の建物 A、B の製図室及び学生交流施設である。それぞれ、平日昼間には多くの学生が利用しており、通常の事務所に近い使い方をしている。測定時期は、設計製図の締め切り前、期末試験前であったことからも、在室者数が多い時期を選択した。

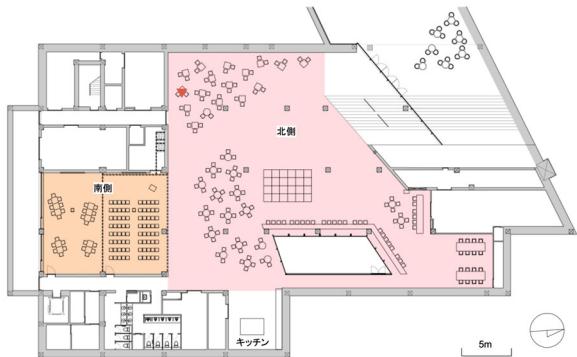
測定ポイントは、図 1 に示す▼の場所であり、製図室は南側の壁沿い、学生交流施設は排気口の近くであった。製図室の空調・換気設備は 4 系統に分かれており、対応する空間を Area1 ~4 と分割されている。空調換気設備は床吹出しであり、各エリアに定格風量 4,200 m³/h のパッケージ空調機が 2 台、定格風量 1,500 m³/h の全熱交換器が 1 台設置されている。一方、学生交流施設においては、北側は利用者の会話・交流が盛んであり、南側は個々人の利用が目立った。空調換気設備は、空調機と換気設備を組み合わせたものである。

表 3 実測対象建物の概要

建物	A		B	
用途	製図室		学生交流施設	
測定日	2025/1/28	2025/1/29	2025/1/30	2025/1/31
床面積	912 m ²		750 m ²	
空調	PAC+HEX		AHU+HEX	
居住人数	60	41	80	59



建物 A



建物 B

図 1 測定対象建物の平面と計測ポイント

PM_{2.5}濃度の測定器については、DustTrak II (TIS)、PS-2 (柴田科学)、PMT-2500 (光明理化学)、AQGuard (PALAS) のほか、PM_{2.5} サイクロンインパクターを装着した粉じん計である LD-5R (柴田科学)、3444 (日本カノマックス) とした。測定は概ね 9 時半から 17 時ごろを目安に、連続測定をそれぞれの建物で 2 日間行った。測定値は 1 分ごとに記録している。また、室内粒子の粒径別の特徴も検討するため、ポータブル粒度分布測定器 (PAMS Model 3310、日本カノマックス)、パーティクルカウンター OPS3330 (TSI) でも同様に測定を行い、広い粒径範囲の粒子の計測を行った。

B2. 室内環境・ダクト用 CO₂センサーに関するヒアリング調査

2024 年 12 月に、国内で CO₂センサーの製造・販売を行っているメーカーの担当者に対し、対面形式およびオンライン会議形式、E メールでヒアリング調査を実施した。調査では、以下の項目について聴取を行った。

- ・自動校正機能の有無およびその運用実態
- ・ゼロガス校正の頻度とドリフト傾向

・不具合事例の実態とその要因

・トラブル発覚時の経緯と対応策

現在販売されている対象のセンサーは、主に非分散型赤外線吸収方式 (NDIR) を採用しており、建物と分離された可搬式の測定機器ではなく、建築設備として BEMS に接続され、室内環境の監視や換気制御に利用されることを前提としている。

B3. オフィスビル執務室におけるバイオエアロゾル粒子のリアルタイム測定

B3.1. 測定対象オフィス

宮崎市内の 3 棟のオフィスビル (A～C ビル) にある 4 室 (A ビルの 2F・8F, B ビルの 3F, C ビルの 6F) を対象に、2024 年 10 月 22 日・23 日、および 2025 年 1 月 29 日・30 日に測定を実施した。測定対象ビルの測定対象室床面積と空調方式を表 4、測定対象ビルの外観と測定風景を写真 3-1～写真 3-4 に示す。

表 4 測定対象室床面積と空調方式

	Aビル		Bビル	Cビル
	2F	8F	3F	6F
床面積 m ²	537	540	225	173
空調方式	AHU+duct	AHU+duct	AHU+duct	AHU+duct

AHU:エアハンドリングユニット, duct:ダクト



写真 3-1 A ビル



写真 3-2 Bビル



写真 3-3 Cビル



写真 3-4 測定風景

B3.2. 測定項目と測定方法

各対象室において、BAS を用いた 1 分間隔の連続測定を実施した。各室の測定時間は約 1 時間であった。また、BAS による測定と並行して、バイオエアサンプラーおよび SCD 培地を用いた浮遊細菌の測定を 5 分間隔で実施した。さらに、浮遊細菌の測定時に在室者数をカウントした。

C. 研究結果および考察

C1. ローコストセンサーによる室内環境調査

C1.1. 空気環境の連続測定機器

空気環境については、建築物衛生法において、浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素に関する空気質の項目と温度、相対湿度、気流に関する温熱環境に関する項目を定期に測定することとなっている。近年の技術の進展より、空気質を計測する測定機器の中で、センサー技術を利用した測定機器により連続で計測値を記録するものが市販されるようになってきた。Low cost sensor として認知されるようになってきたが、計測できる項目、測定精度については十分に理解されていないところがある。

そこで、海外雑誌を対象に、indoor、air、low、cost、sensor、でヒットした近年の論文のうち、室内空気質をモニタリングする際に課題となる項目を解決すると思われる論文について調査を行った。

García ほか⁵⁾においては、ローコストセンサーのレビューを行い、ローコストセンサーの長所、短所を整理するとともに、それぞれの測定項目ごとの機器の特性について検討を行った。IAQ の健康への影響に対する意識によりこのようなセンサーを活用することは有意義であること、測定精度については問題がある場合があるが、常時モニタリングすることにより、発生源の特定や警告システムと組みわせることの意義があり、今後のセンサーの開発の発展が期待されていることが述べられている。さらには建物だけではなく、ウェアラブルデバイスとすれば個人暴露への展開も期待されることも述べられている。

Chojer ほか⁶⁾は、学校においてローコストセンサーによる PM_{2.5} 濃度のモニタリングを行ったが、どの測定機器も低濃度では良いデータを得ることができなかった。そこで、機械学習を用いてデータの修正を行ったところ、精度の良い測定器と良い相関を得ることができた。このように、生データを使用するのではなく、データの修正を加えることによって、実環境でも有効なデータにすることが可能であることを示したものである。

Bousiotis ほか⁷⁾は、PM センサーを用いて、

室内濃度を多点において連続測定することにより、室内 PM 濃度の特徴を検討するとともに、濃度の上昇が Positive Matrix Factorisation (PMF) 手法を用いて、それらの発生源について推定することを可能したものである。モニタリングデータを活用することにより、暴露要因まで拡張することを述べたものである。

Pei ほか⁸⁾は、事務所建築物において PM センサーを 6 ヶ月設置して、さらにエアハンドリングユニット内に設置することで、機械換気設備のエアフィルタの有効性について確認している。さらに、CO₂センサーの組み合わせにより、居住者の活動に伴う粒子の排出も容易に検出できることを確認している。よって、複数の要素を組み合わせることにより、空間における発生源の推定を行うことの有効性を述べているものである。

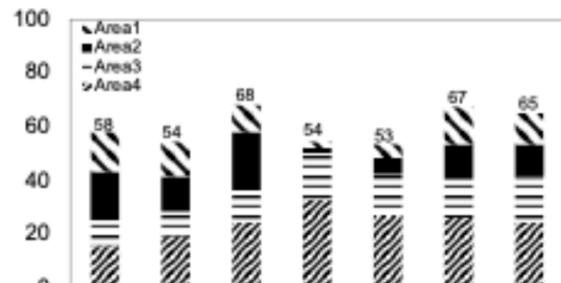
Chojer ほか⁹⁾は、ローコストセンサーのデータ精度とロバスト性は依然として重要な課題であるため、独自の PM_{2.5}、CO₂、CO、O₃、NO₂、温度、相対湿度を含む多汚染物質モニタリング装置を開発した。精密な測定機器のデータと比較検討して、フィールドにおいて使用に耐えうるものとなることを確認している。

以上のように、PM_{2.5}を中心とした近年の技術革新があるため、様々なセンサーが世に出るようになっている。一方でその精度には課題となることが多いが、その課題解決及び複数環境要素の計測により、発生源、制御に活かす取り組みがなされる傾向であった。

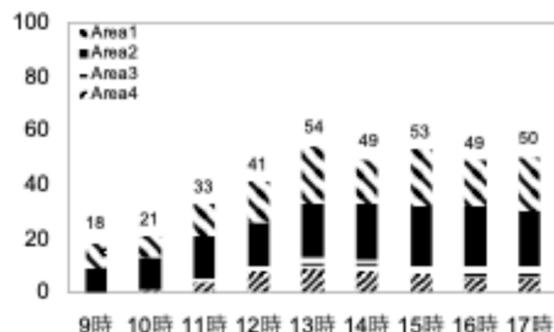
C1.2. 建築物における PM_{2.5} 測定

図 2 にそれぞれの測定日における在室者数を示す。建物 A の 1 日目については、60 名前後が、その 2 日目、建物 B においては、昼にかけて人数が増えている状況となった。

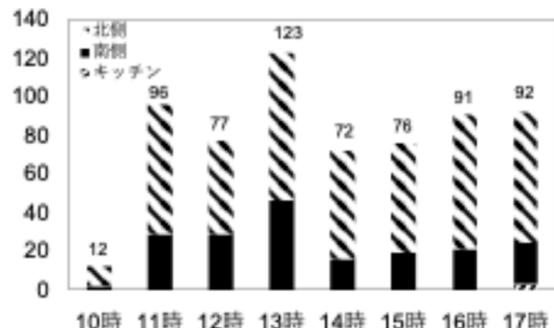
表 5 に、建物 A、B における 1 日目、2 日目の平均した PM_{2.5} 濃度の結果を示す。いずれの測定場所においても、また測定機器においても、大気の環境基準値である 1 年平均値が 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回っていた。絶対値については、機器によってばらつきがあり、建物 B の 1 日目は AQGuard を除いて、総じて高い値となっていた。



A_1



A_2



B_1

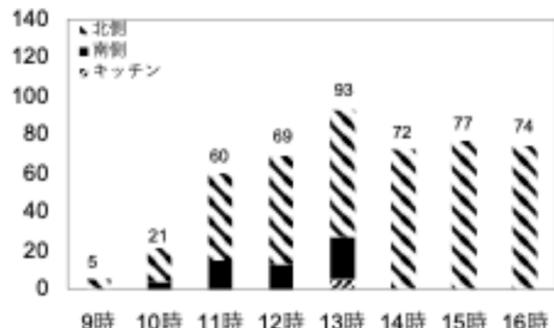


図 2 各測定日における在室者数

表 5 各測定器の PM_{2.5} 濃度結果 [μg/m³]

	DustTrak II	PS-2	PMT-2500	AQGuard	LD-5R	3444
A_1	2.7	1.5	1.6	6.8	1.3	1.0
A_2	3.6	2.3	1.7	3.6	3.3	0.1
B_1	10.5	3.1	3.1	1.9	3.6	3.0
B_2	3.3	1.6	1.6	1.7	1.4	1.4

図 3 に各測定日の PM_{2.5} 濃度の経時変化を示す。建物 A の 1 日目、建物 B の 2 日目においては、それぞれの測定器が同様の濃度の上昇、減少を示しており、絶対値は異なるものの、経時変化は同じ傾向を表している。一方、低濃度の測定日においては、いずれの測定器も値の変化が少ない状況であった。

図 4 に、各測定日の平均粒径別個数濃度分布と粒径別質量濃度分布を示す。粒径別個数濃度は、粒径 0.1 μm 以下の超微粒子が大部分であり、粒径 1 μm 以上の粒子は少ない。一方質量濃度分布では、粒径 0.2 μm と 10 μm にピークがあり、大気における濃度分布とよく似ており、個数濃度分布とは傾向が異なる。よって、PM_{2.5} 質量濃度を評価するには、粒径 2.5 μm より大きい粒子はカットして計測することになっていることから、粒径 0.2 μm のピークを考慮に入れることが重要である。

PM_{2.5} の測定方法については、大気環境に関するものが参考となる¹⁰⁾。これによれば、環境大気中に浮遊する粒子状物質のうち空気動力学的特性が粒径 2.5 μm で 50% のカット特性をもつ分粒装置により分粒された粒子状物質について、ロウボリウムエアサンプラーを用いてフィルタ上に採取し、精密天秤によって質量を測定するものである。フィルタ上に捕集された粒子へのガス状物質の吸着や再揮発など様々な妨害要因や不確定要素を含んでおり、厳密な測定の困難さが指摘されている。また、秤量を行わない相対濃度計として、1 時間ごとの測定が可能な β 線吸収法、光散乱法、圧電天秤法が環境基準を評価する方法として存在する。

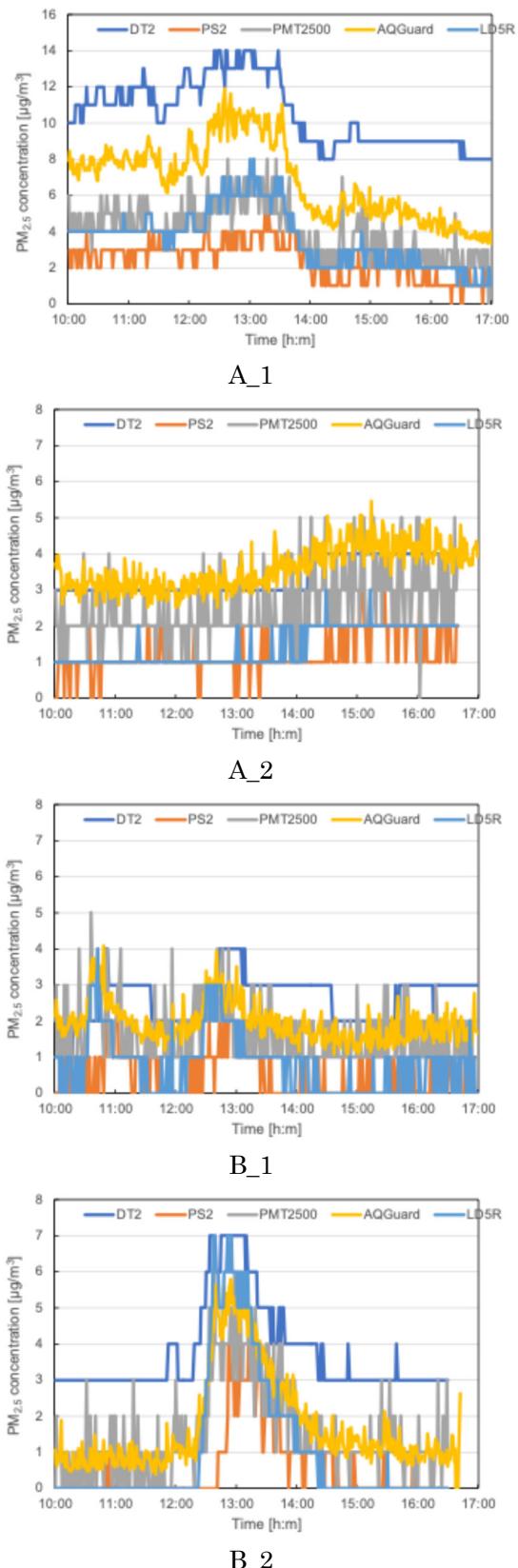
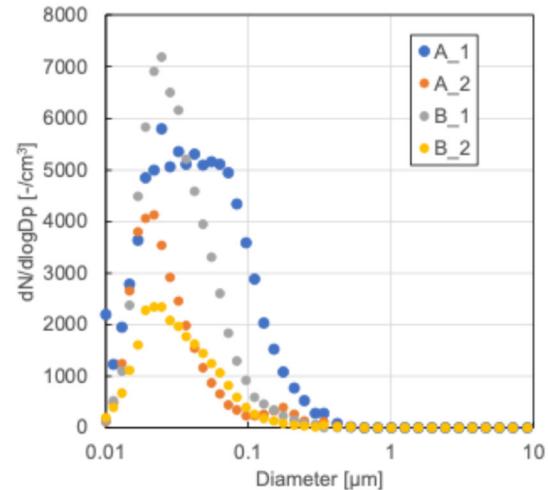


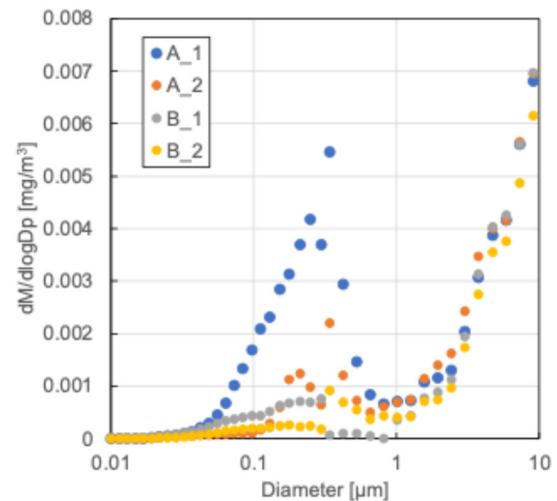
図 3 各測定日の PM_{2.5} 濃度の経時変化

今回使用した室内でも使用可能な測定器としては、光散乱方式であり、測定器によっては、粒径 $2.5 \mu\text{m}$ の粒子をカットするインパクタを備えて、 $2.5 \mu\text{m}$ 以下の粒子のみを計測しているもの、全ての粒子を検出しているものがある。また、光散乱方式は、レーザーの波長により散乱強度を得られる粒径が限られており、 $0.1 \mu\text{m}$ から $0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒子のみを検出するのが一般的であり、それ以下の粒子は検出できていない。よって機器によっては、校正係数値を設定することで、これらの要因を補正することを行う機器もある。これらの測定機器については、粒径 $0.2 \mu\text{m}$ のピークの粒子の粒径の大きい側のみを計測しているに過ぎない。

図 4 の粒径別質量濃度分布から、各測定日の粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以上の粒子の濃度は変わらないものの、粒径 $2.5 \mu\text{m}$ 以下の濃度分布に差が現れている。主に粒子の発生源としては、喫煙など室内の強力な発生源はないため、その他の人の行動と外気からの侵入になる。このピークから $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度を粒子の密度 1 g/cm^3 として計算すると、建物 A の 1 日目、2 日目、建物 B の 1 日目、2 日目は、 4.0 、 1.5 、 0.9 、 $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、前述の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度計とは傾向が異なることになった。 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度計の原理的には、各種センサーが微小粒子を全て検出しているわけではないので、超微粒子濃度が高い空間において、正確には計測できないことも考えられる。よって、近年の建築物における室内粒子の現状を把握することも重要となり、さらにはセンサーの校正係数、校正方法を規定することも必要となると考えられる。



a) 個数濃度



b) 質量濃度

図 4 各測定日における粒径別個数・質量濃度

C2. CO₂センサーの不具合事例に関するヒアリング調査とその分析

C2.1. センサー仕様と運用状況

対象メーカーでは、現在販売しているセンサーに自動校正機能は搭載されておらず、年1回のゼロガス校正を推奨している。かつては自動校正機能付きセンサーを販売していたが、以下の理由により現在は廃止されている。

- ・実環境において CO₂濃度が大気濃度まで下がらないことが多く、自動校正が誤った補正を行う
- ・使用者が校正アルゴリズムの特性を理解しておらず、不適切な使用例が多い
- ドリフト幅は、連続運転下でおよそ ±150ppm/年程度とされるが、詳細な経年劣化データは蓄積されていない。

C2.2. 不具合事例の分類と詳細

過去 20 年間で蓄積された不具合事例から、典型的なパターンを以下の 3 種類に分類できる：

- ・物理的故障（基板腐食・結露など）
- ・表示値が実際より高くなるケース
- ・表示値が実際より低くなるケース（自動校正の誤補正）

以下に代表的な事例を示す。

駐車場での基板腐食

排気ガスに含まれる腐食性成分により基板が腐食し、センサーが 1 年程度で故障。調査の結果、腐食対策として基板のコーティングが推奨された。

屋外ダクトでの結露

還気ダクト内に設置されたセンサーが、外気由来の結露により短期間で機能停止。点検時にセンサー内部の結露が確認され、断熱処理や屋外設置回避の重要性が再認識された。

臨海部オフィスでの表示値過大

設置から 1 年以内で、98 台中 71 台において、実測値（660ppm）に対して 1,530ppm と極端に高い表示値が記録された。環境空気中の粒子や化学物質による受光部の汚染が原因と推定された。ゼロガス校正により修正された。

自動校正による過補正（駐車場系統）

給排気ファンが停止された環境で、1 日の最低 CO₂濃度が 400ppm に達しないまま自動校正が行われ、実際より約 300ppm 低い値が表示された。

映画館での誤補正

人が不在の状態でも CO₂濃度が常時 600ppm 以上であったため、センサーが常に高濃度と誤認し、自動補正が誤作動。実際の濃度より 200ppm 以上低く表示された。

C2.3. 考察

本調査から、CO₂センサーの信頼性には設置環境と運用方法が大きく影響することが明らかとなった。特に、以下の 3 点が重要である。

1) センサー異常の検出可能性

高表示やセンサー故障は比較的発見しやすいが、過補正による低表示は発見が困難であり、換気制御が不十分なまま運用されるリスクがある。

2) 設置環境の把握

排ガス、結露、粉塵、空気汚染などの要因は NDIR センサーの性能に影響を与えやすいため、適切な保護措置および設置位置の選定が重要である。

3) 自動校正機能のリスク

自動校正機能は便利である一方、濃度変化が少ない環境では誤補正が生じやすく、制御精度を損なう可能性がある。特に人が常時在室している空間や換気停止状態では注意が必要である。

C3. オフィスビル執務室におけるバイオエアロゾル粒子のリアルタイム測定

C3.1. 蛍光エアロゾル粒子濃度

一例として、図5に2025年1月に測定を行ったCビルの結果を示す。この図では、粒径別($<2.0\mu\text{m}$ 、 $2.0\text{--}5.0\mu\text{m}$ 、 $>5.0\mu\text{m}$)の総粒子状物質濃度(Total Particulate Matter、TPM)および蛍光エアロゾル粒子濃度(Fluorescent Aerosol Particles、FAP)の経時変化を示している。結果として、粒径が大きくなるにつれてTPMは低下する一方で、FAPの濃度は上昇する傾向が見られた。また、 $>5.0\mu\text{m}$ のTPMのほとんどがFAPであることが確認された。この傾向は、筆者らが以前に報告した病院手術室での測定結果とほぼ一致している¹¹⁾。

C3.2. 全粒子を占める蛍光粒子の割合

図6に、測定対象の3ビル4室における2024年10月および2025年1月の測定結果から算出した、TPMに占めるFAPの割合を示す。季節間の差の有意性を検討するため、統計ソフトIBM SPSS Statistics Ver. 29を用いてマン・ホイットニーU検定を実施した。

FAP/TPMの割合に関して、Aビル8Fの $>5.0\mu\text{m}$ およびCビルの $2.0\text{--}5.0\mu\text{m}$ では有意な差は認められなかつたが、その他の粒径範囲では1月のほうが10月よりも有意に高かつた($p<0.001$)。 $2.0\text{--}5.0\mu\text{m}$ の中央値を見ると、10月は20%以下(Aビル2F:1%、Aビル8F:8%、Bビル:1%、Cビル:19%)であったのに対し、1月は30%(Aビル2F:17%、Aビル8F:31%、Bビル:27%、Cビル:28%)であった。また、 $>5.0\mu\text{m}$ のFAP/TPMの割合は、10月が81~93%であったのに対し、1月は90~94%とやや増加する傾向が見られた。一方で、FAP/TPM割合は季節を問わず0.5~1.0%は0.2%以下、1.0~2.0%は3%以下であった。

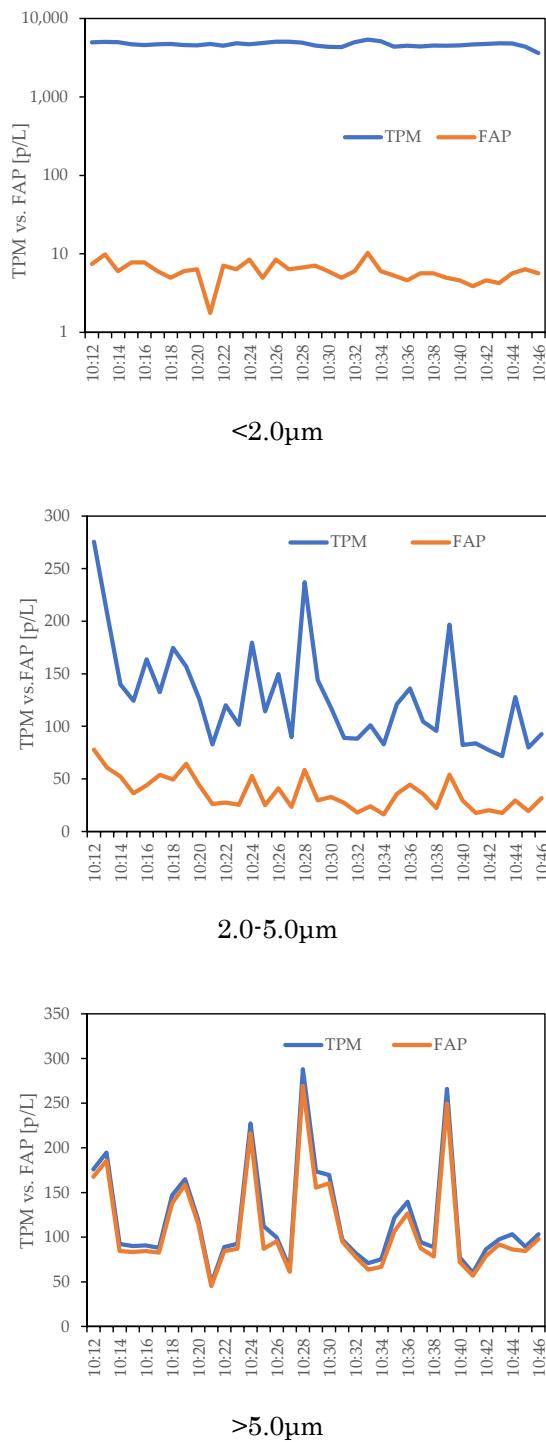


図5 粒径別蛍光エアロゾル粒子(FAP)と質(TPM)濃度の経時変化

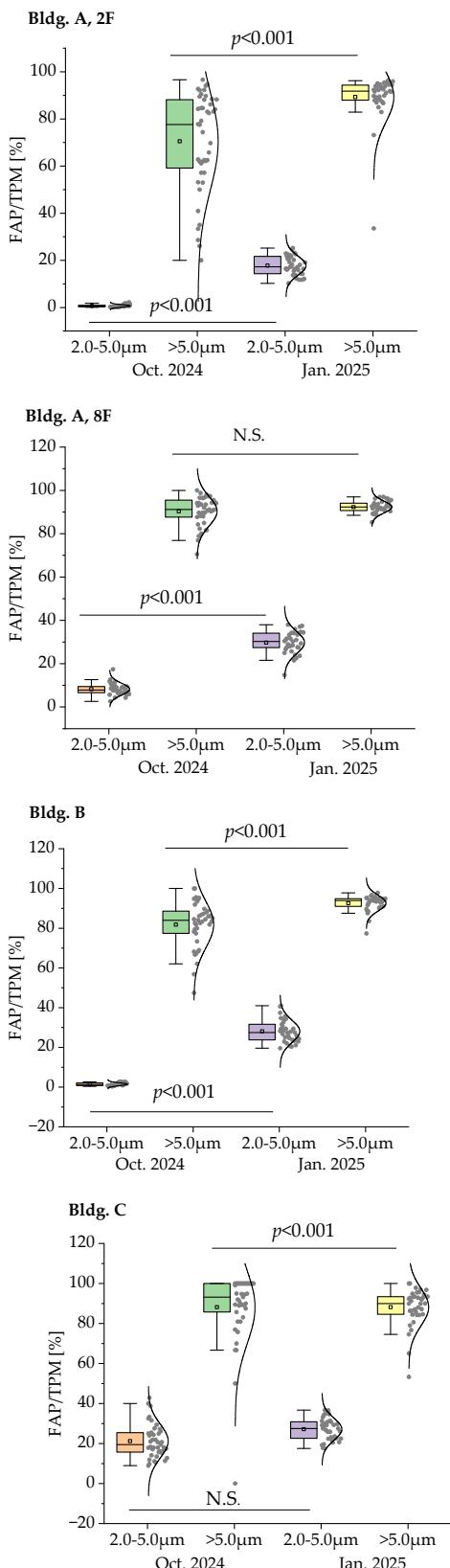


図 6 TPM に占める FAP の割合

C3.3. 荧光エアロゾル粒子と生菌（細菌）の関係

10月と1月において、粒径別FAP濃度と細菌濃度の相関、粒径別FAP濃度と在室者数の相関、細菌濃度と在室者数の相関を分析したが、いずれの組み合わせにおいても有意な相関は認められなかった。

C3.4. 室内と屋外のFAP濃度の比較

別途で行った室内と屋外の浮遊FAP濃度の測定結果を図7に示す。図7に示す通り、屋外では粒径が小さいほどFAP濃度が高い傾向がみられた。一方、室内では粒径が大きくなるにつれてFAP濃度が高くなる傾向がある。<2μmおよび2-5μmの範囲では、屋外のFAP濃度が室内よりも有意に高かった。一方で、>5μmの範囲では、室内のFAP濃度が屋外よりも有意に高かった。

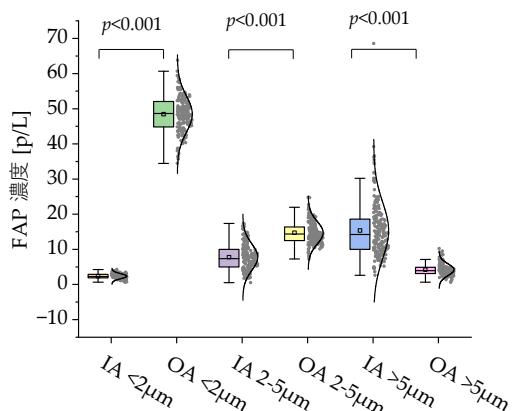


図7 室内と屋外のFAP濃度比較

C3.5. 考察

前述した通り、FAPは生物由来の粒子（バイオエアロゾル粒子）の指標として使用されることがある。FAPの主成分には、細菌、ウイルス、花粉、カビ、皮膚片、フケ、植物由来の有機物¹²⁾に加え、衣類の纖維、蛍光成分を含む化粧品、蛍光増白剤を含む布用柔軟剤や洗剤残留物など、多岐にわたる¹³⁾。また、FAPの放出量は、在室者数やその活動、外気の影響、室内の温湿度環境などによって変動する。

Patraら¹⁴⁾は、大学の研究室を対象にWIBSを用いたリアルタイム測定を行い、居住環境や

換気条件の変化に伴う FAP の動態を調査した。その結果、実環境において FAP が TPM に占める割合が最大で約 90% に達する場合があった。本研究では、個数濃度に基づく FAP の割合の中央値は、2.0-5.0 μm で 20-30%、>5.0 μm で 81-94% であり、オフィス内においても FAP の存在割合が高いことが示された。

著者らが過去に BAS を用いて大学研究室で実施した調査では、FAP と細菌、FAP と在室者数、細菌と在室者数の間に有意な相関関係が認められた⁴⁾。また、Patra ら¹⁴⁾の研究では、3 μm 以上の FAP の質量濃度および粒径分布が、オフィス内の在室状況とともに変動することが確認されている。しかし、本研究では FAP、細菌、在室者数のいずれの間にも有意な相関関係が認められなかった。この結果から、実オフィス環境における FAP と細菌の関係を定量的に解明するには限界があることが示唆された。

E. 結論

E1. 空気環境に関する課題整理

空気環境項目の連続自動測定について、低コストセンサーの海外論文の調査を行った。PM_{2.5}を中心とした近年の技術革新があるため、様々なセンサーが世に出るようになっている。一方でその精度には課題となることが多いが、その課題解決及び複数環境要素の計測により、発生源、制御に活かす取り組みがなされる傾向であった。

室内環境の測定については、複数の PM_{2.5} 濃度計を用いた結果、濃度の絶対値は異なるものの、経時変化は同様の傾向になった。また、室内粒子の粒径分布の解析により、粒径 2.5 μm 以下の粒子の質量濃度の粒径分布が異なるため、近年の建築物における室内粒子の現状を把握することが必要と考えられた。さらにセンサーの校正係数、校正方法を規定することも必要となると考えられる。

E2. CO₂センサーを換気制御に用いる際の対策

CO₂センサーを換気制御に用いる際には、以下の対策が求められる。

- 定期校正の実施(ゼロガス、スパンガス校正)

- センサー表示値と独立した実測値との定期的な比較
- 異常な表示値が生じる環境の把握と対策(例:常時高濃度環境の回避)
- 経年による性能劣化を踏まえた定期的な機器更新の実施

これらの知見は、今後の CO₂センサー導入指針や、建築設備における換気制御ガイドラインの策定に資するものである。

E3. オフィスビルにおけるバイオエアロゾル粒子の測定

本研究では、BAS を用いて宮崎市内の 3 つのオフィスビル(計 4 室)において、2024 年 10 月および 2025 年 1 月に室内 FAP のリアルタイム測定を実施し、以下の知見を得た。

- FAP/TPM の割合について、A ビル 8F の >5.0 μm および C ビルの 2.0-5.0 μm を除いた全ての対象室において、2.0-5.0 μm および >5.0 μm の割合は 1 月の方が有意に高かった ($p < 0.001$)。
- FAP/TPM の割合は、0.5-1.0 μm で 0.2% 以下、1.0-2.0 μm で 3% 以下、2.0-5.0 μm で 20-30%、>5.0 μm で 81-94% であった。
- 本研究では、FAP、細菌、在室者数の間に有意な相関関係は認められず、実オフィス環境の実測によってこれらの関係を定量的に解明するには限界があった。

注: 本研究成果の一部は、第 42 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会にて発表した(参考文献 15)。

F. 研究発表

1. 論文発表

柳 宇: 浮遊微生物測定法の現状. 空気清浄, 第 62 卷, 第 2 号, 4-11. 2024.

2. 学会発表

- 柳 宇, 福嶋信彦, 永井秀康, 加野 稔: 内視鏡手術中におけるバイオエアロゾルの発生特性, 2024 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 281-282. 2024.

2) 柳 宇, 金 熱, 下ノ菌慧, 鍵直樹: オフィスビルにおける蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定. 第 42 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, 240–242, 2025.

3) 柳 宇, 永野秀明, 鍵直樹: バイオエアロゾルセンサーと人位置計測システムを用いたホット・スポットのリアルタイム検知, 2025 年日本建築学会大会学術講演梗概集, 2025. (印刷中)

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定含む)

1. 特許取得
なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

1) 柳 宇: 浮遊微生物測定法の現状. 空気清浄, 第 62 卷, 第 2 号, 4-11. 2024.

2) Pan, Y.L. Detection and characterization of biological and other organic-carbon aerosol particles in atmosphere using fluorescence. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, 150: 12-35, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2014.06.007>.

3) Li, J.K.; Asali, E.C.; Humphrey, A.E. Monitoring Cell Concentration and Activity by Multiple Excitation Fluorometry. *Biotechnol. Prog.*, 7: 21-27, 1991, <https://doi.org/10.1021/bp00007a004>.

4) Yanagi, U; Fukushima, N.; Nagai, H.; Ye, H.; Kano, M. Bioaerosol Sensor for In Situ Measurement: Real-Time Measurement of Bioaerosol Particles in a Real Environment and Demonstration of the Effectiveness of Air Purifiers to Reduce Bioaerosol Particle Concentrations at Hot Spots. *Atmosphere*. 2023. 14, 1656.

5) Milagros Ródenas García, Andrea Spinazzé, Pedro T.B.S. Branco, Francesca Borghi, Guillermo Villena, Andrea Cattaneo, Alessia Di Gilio, Victor G. Mihucz, Elena Gómez Álvarez, Sérgio Ivan Lopes, Benjamin Bergmans, Cezary Orlowski, Kostas Karatzas, Gonçalo Marques, John Saffell, Sofia I.V. Sousa: Review of low-cost sensors for indoor air quality: Features and applications, *Applied Spectroscopy Reviews*, VOL. 57, NOS. 9–10, 747–779, 2022.

6) H. Chojer, T.B.S. Branco, F.G. Martins, M.C.M. Alvim-Ferraz, S.I.V. Sousa: Can data reliability of low-cost sensor devices for indoor air particulate matter monitoring be improved? – An approach using machine learning, *Atmospheric Environment*, Volume 286, 119251, 2022.

7) Dimitrios Bousiotis, Leah-Nani S. Alconcel, David C.S. Beddows, Roy M. Harrison, Francis D. Pope: Monitoring and apportioning sources of indoor air quality using low-cost particulate matter sensors, *Environmental International*, 174, 107907, 2023.

8) Gen Pei, James D. Freihaut, Donghyun Rim: Long-term application of low-cost sensors for monitoring indoor air quality and particle dynamics in a commercial building, 79, 107774, 2023.

9) H. Chojer, P.T.B.S. Branco, F.G. Martins, S.I.V. Sousa: A novel low-cost sensors system for real-time multipollutant indoor air quality monitoring – Development and performance, *Building and Environment*, 266, 112055, 2024.

10) 環境省: 微小粒子状物質曝露影響調査報告書, 2007

11) 柳 宇, 福嶋信彦, 永井秀康, 加野 稔: 内視鏡手術中におけるバイオエアロゾルの発生特性, 2024 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 281-282. 2024.

12) A.J. Prussin, L.C. Marr, Sources of airborne microorganisms in the built environment, *Microbiome* 3 (2015) 78, <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0144-z>.

13) S. Yang; G. Bekö; P. Wargocki; J. Williams; D. Licina. Human emissions of size-resolved fluorescent aerosol particles: influence of personal and environmental factors, *Environ. Sci. Technol.* **55** (2021) 509–518, <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c06304>.

14) Patra, S.S.; Wu, Tianren.; Wnger, D.N.; Jiang, J.; Boor, B.E. Real-time measurements of fluorescent aerosol particles in a living laboratory office under variable human occupancy and ventilation conditions. *Build Environ.* 2021, **205**:108249.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108249>

15) 柳 宇, 金 勲, 下ノ菌慧, 鍵直樹: オフィスビルにおける蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定. 第42回空気清浄とコンタミネーション・コントロール研究大会予稿集, 240–242, 2025.

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 ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院 生活環境研究部
研究協力者	谷川 力	イカリ消毒株式会社、日本ペストコントロール協会
研究協力者	芝生 圭吾	鵬図商事株式会社
研究協力者	木村 悟朗	イカリ消毒株式会社
研究協力者	茂手木 真司	日本ペストコントロール協会
研究協力者	橋本 知幸	日本環境衛生センター

研究要旨

2つの国際展示会（FAOPMA Pest Summit と Pest World）に参加し、海外のデジタル技術の活用・普及状況に関する情報を収集した。Pest World では IT 関連の報告・展示は 2割程度あつたが、工程管理系のものが多く調査・点検等で使用できるものは少数であった。ねずみを対象とするものが多く、日本とは異なり振動センサーを使用した商品が多かった。

また、ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験を行った。具体的には、試験室において、ねずみ用センサーの設置前後の餌の喫食量の推移や天井カメラの動画分析によるねずみの行動観察を行った。これらの結果から、ねずみはセンサーを新奇物として認識し警戒しており、センサー設置直後の行動が変化する可能性が高いと推察された。

さらに、ウェアラブルアイトラッカーを使用し、目視による点検・検査の内容・方法を可視化することを試みた。具体的には、実際の厨房において、熟練作業員と未経験者による点検ルートや点検箇所の相違、トラップの設置提案場所の相違、あらかじめ隠しておいたゴキブリおもちゃの発見時間の相違、について検証を行った。調査結果から、点検ルートや各所の点検時間（注視時間）、点検の姿勢、設備・什器の知識等に違いが見られ、熟練作業員の効率的で効果的な点検技術の一部をデータによって確認することができた。

A. 研究目的

建築物衛生管理のうち、ねずみ衛生害虫防除分野におけるデジタル技術の活用の可能性を検証することを目的とする。建築物衛生法が求める各種項目において、デジタル技術の活用でその目的の達成が見込まれる技術、機器、ソフトウェア等を抽出するとともに、従来の手法との比較検証等を実施し、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化する。

B. 研究方法

B1. ねずみ・衛生害虫の防除分野におけるデジタル技術に関する情報収集

2つの国際展示会（FAOPMA Pest Summit と Pest World）に参加し、海外のデジタル技術の活用・普及状況に関する情報をを集め整理する。

B2. ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証

ねずみ用センサーのうち、比較的に普及度の高い2つのセンサー（トロフィーカム XLT32MP・ノーグロウ DC 4 K 及び RYODEN Pescle カメラタイプ）を用い、センサーに対するねずみの認識や回避行動の有無を明らかにするため、センサーを用いた検証試験を行いねずみの行動をカメラで記録する。

試験の詳細は、表 1 のとおりである。

B3. 目視による点検作業の視線分析

特定建築物の実際の厨房において、5名の熟練作業員（東京都ペストコントロール協会の技術委員等）と 3 名の未経験者にそれぞれ点検作業を行ってもらい、ウェアラブルアイトラッカー（Tobii Pro3 Glasses 3）でデータを収集する。収集したデータを用いて注視した順番や注視した時間の程度、あらかじめ隠しておいたゴキブリおもちゃの発見数や発見までの時間、トラップの設置提案箇所などの指標を用いて作業内容を比較し、熟練作業員による点検作業の特徴を明らかにする。

試験の詳細は、表 2 のとおりである。

（倫理面への配慮）

B2 の検証試験については、イカリ消毒株式会社動物実験審議会の承認を得て実施した（承認番号 24-010）。また、B3 のアイトラッカーを用いた厨房における点検作業の分析については、国立保健医療科学院研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 NIPH-IBRA#24037）。

C. 研究結果

C1. ねずみ・衛生害虫の防除分野におけるデジタル技術に関する情報収集

アジア・オセアニア地区のペストコントロール業界国際展示会「FAOPMA Pest Summit」（2024年8月7日～10日、インド・ムンバイ）には、約30カ国700人以上が集まり、日本からは約30名が参加した。害虫の生態・防除方法からチームマネジメント方法など多岐にわたるジャンルで20題の講演があり、最も多い対象害虫は蚊とシロアリであった。展示会には、開催国インドから20社、アジア・オセアニア地区から8社、ヨーロッパから7社、アメリカから4社の合計39社が出展していた。展示商品は殺虫剤、捕虫器、ミスト機、殺鼠剤、噴霧器、煙霧機などが中心で、インド周辺では未だ薬剤散布が主体となっている状況が見て取れた。煙霧機は

様々な機種が展示されており、 Dengue熱など蚊が媒介する感染症対策に多く使われていた。展示商品の対象害虫は、ハエ、ねずみ、蚊、ゴキブリ、シロアリ、トコジラミなどが多かった。

「Pest World」（2024年10月22日～25日、アメリカ・デンバー）には、世界各国から4000名以上の登録があった。64題の講演と242社が出展していた。出展企業の商品をジャンル別に分類したところ、IT関連が51社（21.1%）と最も多く、次いで資材43社（17.8%）、薬剤37社（15.3%）、機材37社（15.3%）と続いた。対象害虫別の商品数では、多い順に、ねずみ36、害虫全般21、ゴキブリ20、ハエ19、シロアリ19、ハト14、トコジラミ12、蚊11、クロアリ8であった。ねずみを対象とするものが多く振動センサーを使用した商品が多かった。また、センサー感知式暗視カメラや超音波タイプの駆除器などが見られた。デジタル技術を用いた商品については、業務効率化や集客を目的とした工程管理系のものが多く、調査・点検等で使用できるものはほとんどなかった。這う虫（ゴキブリ等）を対象としたものは少なく、飛翔する虫を対象としたものはあったが、同定まで行うものは少なかった。講演におけるデジタル技術はチャットGPTの使い方などが見られた。

C2. ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証

各試験の試験期間、設置した試験品、供試動物の個体情報を表3に示した。また各試験のエサ喫食量の推移を図8、9に示した。

天井カメラの動画を確認したところ、全ての供試動物で4日目（試験品設置日）の消灯後に初めて試験品を認識した際に、いったん動きが止まる、後ずさりをする等の試験品を警戒している様子が認められた。

エサの喫食量が正確に計測できているTest No.4～12において、9例中6例（Test No.4～7、11、12）で4日目の試験品設置側のエサの喫食量が前日比で30%以上減少した。特にTest No.4、5、12においては、試験品設置側のエサが

ほとんど減少していなかった。試験品設置側の4日目の喫食量があまり減少しなかったTest No.8～10についても、試験品設置2日目（試験5日目）では設置前日（3日目喫食量）比で30%以上の減少が認められた。またTest8～10はオスの個体供試の試験であり、メスの個体供試の試験は総じて試験品設置側のエサの喫食量が非常に少なく推移した。Test1～3についても試験品設置側のエサの喫食量は設置しなかった餌場と比較して少なく推移していた。

C3. 目視による点検作業の視線分析

図10、図11-1～図11-5および図12-1～図12-5に、熟練作業員Dさんと未経験者Aさんの点検ルートと点検箇所の注視時間を示す。図10は厨房の広さや什器の配置を示した平面図、図11と図12は厨房の什器等の配置と高さ関係を示した展開図をベースにしている。

熟練作業員と未経験者の点検内容を比較すると、以下のような相違が見られた。

① 点検ルート

熟練作業員は動きに無駄がなく、同じところを行ったり来たりしなかった。作業をしながらも視線は次の点検箇所に移動していた。未経験者は見るべきポイントが定まっていなかったため同じ場所を行ったり来たりしていた。視線も泳ぎがちであった。

② 点検時の姿勢

熟練作業員は、什器と什器の間や、什器の上、什器と床の間などをとくに細かく点検していた。低い箇所を調査する際には膝をたてて姿勢を極力低くし、什器等の下まで覗き込み隅々までライトで照らして点検していた。未経験者は点検箇所を表面的にしか見ていないことが多く、膝をつかずにしゃがんだ姿勢を取るので視点を下げ切れていた。頭を奥まで入れて覗き込むことをせず、1か所あたりの点検時間は短かった。

③ 什器・設備等に関する知識

熟練作業員は、什器・設備等の構造や形態に詳しく、開閉できる場所はすべて開閉して点検していた。グリース・トラップ、コールドテーブルカバーや電気系統のカバーは外して中まで点検し、メタルラックや落ちているゴミ袋、調理器具類などの動かせるものは極力動かして調査していた。未経験者は、什器・設備等の点検の際に、開閉できないものと思い込み表面から覗くだけで終わったり、点検せずに見落したりしていた。また、明らかに目視で確認できない箇所の物は動かしていたが、全般的にあまりものを動かすことはしなかった。

あらかじめ隠しておいたゴキブリのおもちゃの発見数と発見時間を表4に示す。おもちゃの配置場所は図13のとおりである。未経験者の発見数の平均は10個中6.3個、熟練作業員の発見数の平均は10個中8.6個であった。3人の未経験者が共通して発見できなかった箇所が3か所あり、うち1か所はグリース・トラップ内であった。熟練作業員の発見率が低かったのは、バケツ下のシンクの中であった。この理由について熟練作業員に点検後ヒアリングをしたところ、ゴキブリが生存するには水が必須であり、日中は暗い隙間に潜んでおり主に夜間に行動するという習性から、夜間であればシンク周りを点検したが今回は日中であったためシンク周りの点検をしなかったということであった。おもちゃの発見時間については、経験の有無に関わらず個人間で幅があった。

トラップの設置提案箇所を図14に示す。提案箇所は個人間で異なったが、熟練作業員は全般的にモーター付近を提案する傾向が見られた。

D. 考察

国際展示会を通じて海外のペストコントロールにおけるデジタル技術の状況を調査した結果、防除に関するデジタル技術は日本と同様にねずみ・昆虫（飛翔性）が中心であった。ただし詳細をみると、ねずみでは日本とアメリカで違う技術が導入されている。日本では、トロフィー

カムなどのセンサー感知式暗視カメラを中心であるが、アメリカでは、振動センサーや重量センサーの出品が多かった。また、昆虫ではカメラによる画像診断が中心であり、自動計数や自動同定については日本のはうが進んでいるようである。一方、徘徊性昆虫用技術は国外でも普及していない。

ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験からは、動画に記録されたねずみの行動や、喫食量の変化などから、試験品に対する強い忌避がありそれにより行動に変化が生じている可能性があることがわかった。また、オスとメスではメスの方が警戒心が強く、行動変化しやすい可能性が示唆された。なお、センサーがねずみを感知して起動音や赤外線が出ていない状態であったにも関わらず、ネズミは忌避反応を示した。このことから、ねずみは試験品を新奇物として認識し警戒することで、設置直後の行動が変化する可能性は高いと考えられる。従って、センサー設置直後は、センサーによるねずみの把握は限定的であり、センサーの設置によってねずみがセンサーの設置場所以外で行動することで、かえって潜伏してしまう懸念もある。センサーを導入する際には、このようなねずみの行動を踏まえた設置場所の選定や設置の方法等を考慮する必要がある。

ウェアラブルアイトラッカーを使用した厨房における目視点検作業の調査からは、点検ルートや点検箇所及びその注視時間、点検時の姿勢などをデータを用いて可視化することにより、熟練作業員の目視点検の技術やその背景にある経験・知識等の一部を明らかにすことができた。什器や設備機器が多数備え付けられた厨房における点検作業は、什器等の開閉や移動を伴い、什器と什器の隙間や什器と床の間、床下のグリース・トラップなど、点検箇所が非常に多く複雑であり、短時間で効率よく点検するには、経験と知識が必要である。熟練作業員は、什器や設備等に関する知識に加えて、対象とする衛生害虫の生態・習性等にも詳しく、時間帯により点検箇所を変えるなどして、点検すべき箇所

(モーター付近の温かい場所や水のある場所)を定め無駄のない動きで点検を行っていた。この目視点検作業をデジタル技術に直接置き換えることは難しいが、目視点検のための作業シートの開発や、熟練作業員の目視点検技術を経験の浅い作業員が学習するための教材として、アイトラッカーで収集したデータや撮影した画像等を活用することは可能であると思われる。

E. 結論

世界最大のpestコントロール分野の展示会である Pest World でも IT 関連の報告・展示は 2 割程度であり、その多くは工程管理に関するもので調査・点検等で使用できるものはごく少数であった。現時点では、当該分野に導入できるデジタル技術は、国外の状況を見てもごく限られたものであると言える。

ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験からは、ねずみがセンサーを新奇物として認識し警戒しており、センサー設置直後の行動が変化する可能性が高いことが明らかになった。このことから、センサー等の導入においては、対象種の生態・行動により正確な結果を得られない可能性があることに留意し、導入方法等について慎重に検討する必要がある。

また、ウェアラブルアイトラッカーを用いることで、熟練作業員の目視による点検技術（点検ルートや各所の点検時間、点検の姿勢、設備・什器の知識等）の一部を具体的に可視化することができたことから、この技術を教育ツールや点検ツールの開発に活用できる可能性が認められた。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 阪東美智子. ペストコントロール分野の IT 活用状況に関するアンケート調査. 第 83 回 日本公衆衛生学会総会 ; 2024.10.29-31 ; 札幌. 同抄録集. P21-16(31AM012).p.607.
- 2) 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 茂手木眞司, 小室正二, 阪東美智子. アイトラッカーを利用した調査—ベテランと初心者の調査視点の相違について—. 日本ペストロジー学会大会; 2024.12.3-4; 群馬. 同抄録集(40). p.33.
- 3) 茂手木眞司, 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 阪東美智子. ペストコントロール業界におけるデ

ジタル機器活用状況. 日本ペストロジー学会大会; 2024.12.3-4; 群馬. 同抄録集(40). p.34.

G. 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

表1 ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験の試験方法

試験場所：イカリ消毒株式会社 技術研究所

試験期間：2024年10月25日～2025年3月3日

試験品1：トロフィーカム XLT 32MP ノーグロウ DC4K (Bushnell 製、図1)

試験品2：ハイクカム LT4G (株式会社ハイク製、図2)

供試動物：小笠原系統クマネズミ成獣（♀は非妊娠個体）

試験方法：

- ① 高さ約2mの天井にmobotics製カメラ（以下、天井カメラと記す。図3）を設置した約4.6m×4.6mの空間を設けた。
- ② 空間内の対角の角2ヶ所にラット飼育用粉末飼料CE-2（以下、エサと記す。日本クレア株式会社製）を適量入れた一斗缶の蓋を置き餌場とした（図4）。またロガードクラシックN（BASFジャパン株式会社製）の内部にキムタオル（日本製紙クレシア株式会社製）を敷き天板として透明アクリル板を設置した巣箱（図5）を設け、残りの角2ヶ所に置いた。また部屋の中央部にプラスチック容器に水を入れた水場を設けた（図6）。
- ③ 空間内に供試動物1匹を放獣し試験を開始した。試験は25°Cエアコン環境下かつ赤外線ライト常時点灯および12時間毎の明暗転換条件下で行った。
- ④ 試験開始1日後、2日後、3日後に各餌場のエサの減少量を計測した。その際に、必要に応じてエサおよび水を補給することとした。3日目のエサの減少量が多い餌場から約50cmの距離に試験品を置き（図7、試験区）、他方を対照区としてその他の条件は変更せず試験を継続した。
- ⑤ 試験開始4日後、5日後、6日後に各餌場のエサの減少量を計測した。その際に必要に応じてエサおよび水を補給することとした。6日後に試験を終了した。
- ⑥ 試験終了後に空間内を清掃し、巣箱の洗浄およびキムタオルの交換をした。その後、次の供試動物を放獣し④および⑤を行った。これを繰り返し、各試験品につき♂3匹♀3匹合計6匹分のデータを取った（Test No. 1～12）。
- ⑦ Test No. 1～3では、各日の計量後の一斗缶の蓋をそのまま餌場に戻していたが、エサが尿で湿っている形跡が散見され、正確なエサの減少量を計測することが困難なケースが認められた。そのためTest No. 4以降は毎日エサおよび一斗缶の蓋を新しいものに交換することとし、計量は尿が乾燥したことを確認してから実施した。
- ⑧ 試験の様子は天井カメラで記録し、初めて試験品を確認した際の行動について撮影された動画を確認した。また、各餌場のエサ喫食量の推移により試験品設置による各供試動物の行動変化を評価した。本試験はイカリ消毒株式会社動物実験審議会の承認を得て実施した（承認番号24-010）。



図 1. 試験品 1



図 2. 試験品 2



図 3. mobotics 製カメラ



図 4. 餌場



図 5. 巣箱

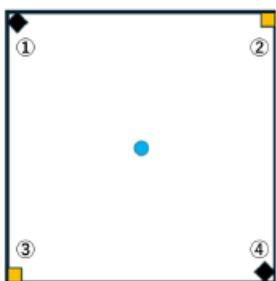


図 6. 試験模式図 (1~3 日目)
※左上から順に、巣箱①、餌場②
餌場③、巣箱④とした。

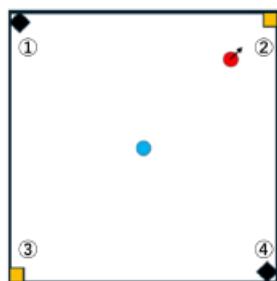


図 7. 試験模式図 (4~6 日目)
※3 日目のエサ喫食量が餌場②
の方が多かった場合。
餌場③の方が多い場合は
餌場③付近に試験品を置いた。

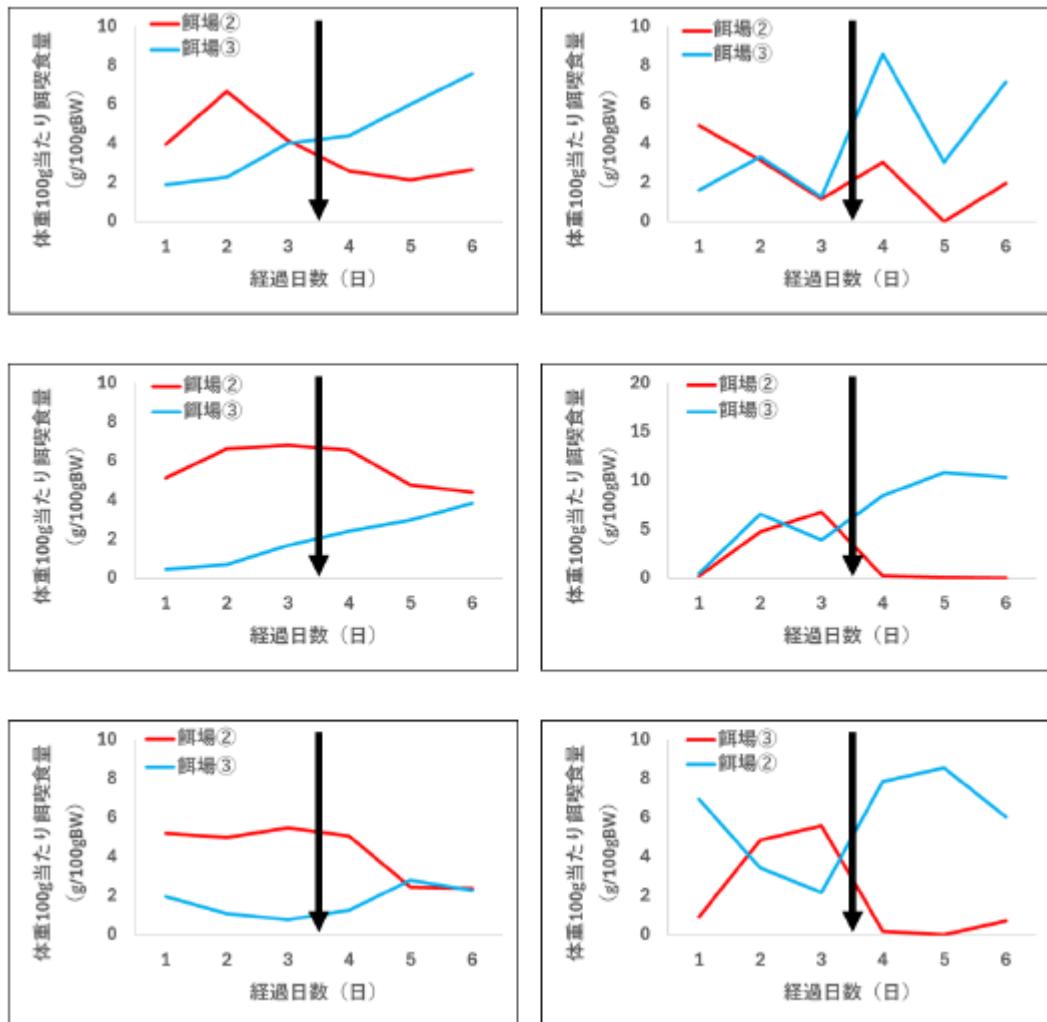
表2 アイトラッキングシステムを用いた目視によるねずみ衛生害虫防除の点検作業試験方法

研究対象者 :
東京都ペストコントロール協会の技術委員 5 名、未経験者 3 名
試験方法 :
<p>① 特定建築物の厨房において、研究対象者に前提条件（調査の理由・現状の想定）を示した上で、厨房内のトラップの設置場所を検討してもらい、その場所を厨房の図面に記入してもらう。</p> <p>② 研究対象者にアイトラッカー（Tobii Pro3）を装着してもらい、厨房内の点検作業を実施してもらう。厨房内には、あらかじめゴキブリのおもちゃを隠しておき、点検作業内でどれくらい発見できるかを確認する。厨房内には定点ビデオカメラを 2 台設置し、点検作業の状況（作業中の発語を含む）を記録する。</p>
なお、今回の試験エリアは、以下の図面のうち、紫の枠で囲った中央部の約 80 m ² に限定した。また、点検作業時間は 20 分間とした。
<p>試験エリア 約80平米</p> <p>5,800 5,800 5,800 5,800</p> <p>8,900</p> <p>冷蔵室 食品庫</p>
解析方法 :
<p>SD カードに記録されたアイトラッカーのデータ及び 2 台の定点カメラの動画を用い、各研究対象者が点検作業において注視した順番や注視した時間をエクセル表に整理し平面図と展開図上にその情報を記入する。</p> <p>発話については、逐語録を作成し、録画した映像に重ねて、点検作業において対象者が意識していることなどを抽出する。</p> <p>トラップの設置場所や、点検作業内でのゴキブリのおもちゃの発見状況（数や場所など）、アイトラッカーによる視線情報を整理し記入した図面、対象者の発話などを、熟練作業員と未経験者で比較し特徴を明らかにする。</p>

表3 ねずみ用センサーに対するねずみの認知・行動に関する検証試験

—各試験の試験期間、設置した試験品、供試動物の個体情報

Test No.	試験期間	使用機器	個体 No.	雌雄	試験開始時 BW(g)
1	2024.10.25-10.31	トロフィーカム	①	♀	111.8
2	2024.11.01-11.07	トロフィーカム	②	♂	154.4
3	2024.11.08-11.14	ハイクカム	③	♀	111.9
4	2024.11.15-11.21	ハイクカム	④	♂	140.3
5	2024.11.25-12.01	トロフィーカム	⑤	♀	94.5
6	2024.12.02-12.07	ハイクカム	⑥	♀	101.4
7	2025.1.17-1.23	ハイクカム	⑦	♂	152.2
8	2025.1.24-1.30	トロフィーカム	⑧	♂	125.0
9	2025.2.3-2.9	ハイクカム	⑨	♂	177.7
10	2025.2.10-2.16	トロフィーカム	⑩	♂	163.8
11	2025.2.17-2.23	ハイクカム	⑪	♀	129.5
12	2025.2.25-3.3	トロフィーカム	⑫	♀	110.9

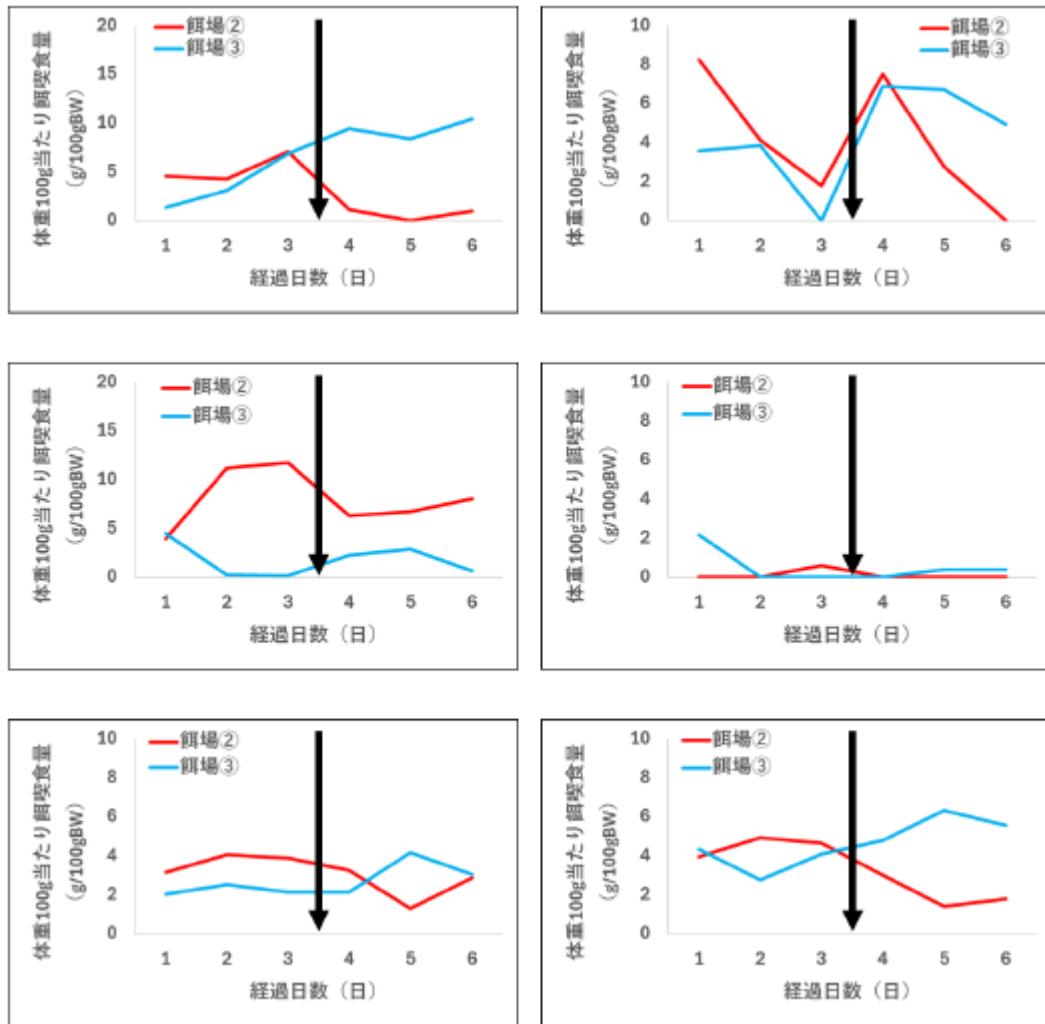


左列:オス個体供試時(上から Test No.2、8、10)

右列:メス個体供試時(上から Test No.1、5、12)

※矢印:試験区(赤線側)に試験品1を設置

図 8 試験品1設置条件の各試験のエサ喫食量の推移(赤線:試験区、青線:対照区)



左列:オス個体供試時(上から Test No.4、7、9)

右列:メス個体供試時(上から Test No.3、6、11)

※矢印:試験区(赤線側)に試験品2を設置

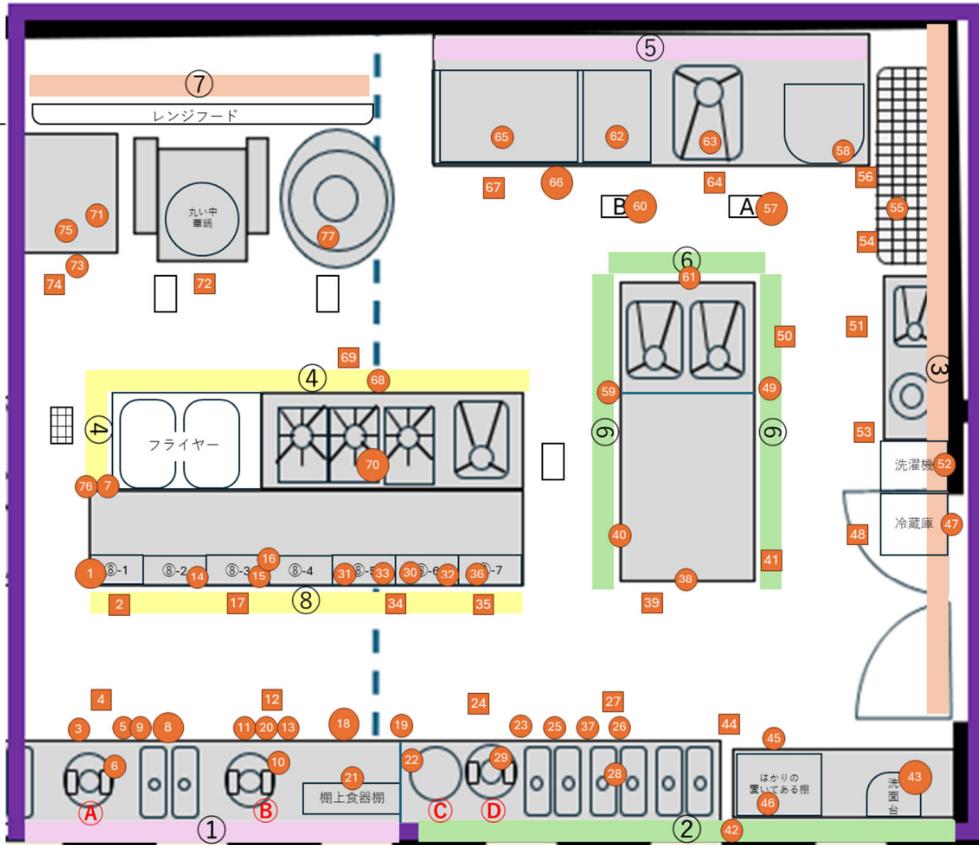
図9 試験品2設置条件の各試験のエサ喫食量の推移(赤線:試験区、青線:対照区)

点検ルートと注視時間

氏名：Dさん（熟練）

- 20秒以上
- 20秒未満
- 20秒以上
- 20秒未満

※ ○は什器、□は床を点検していくことを示す。
※ ○□内の数字は視線の順序を示す。



点検ルートと注視時間

氏名：Aさん（未経験）

- 20秒以上
- 20秒未満
- 20秒以上
- 20秒未満

※ ○は什器、□は床を点検していくことを示す。
※ ○□内の数字は視線の順序を示す。

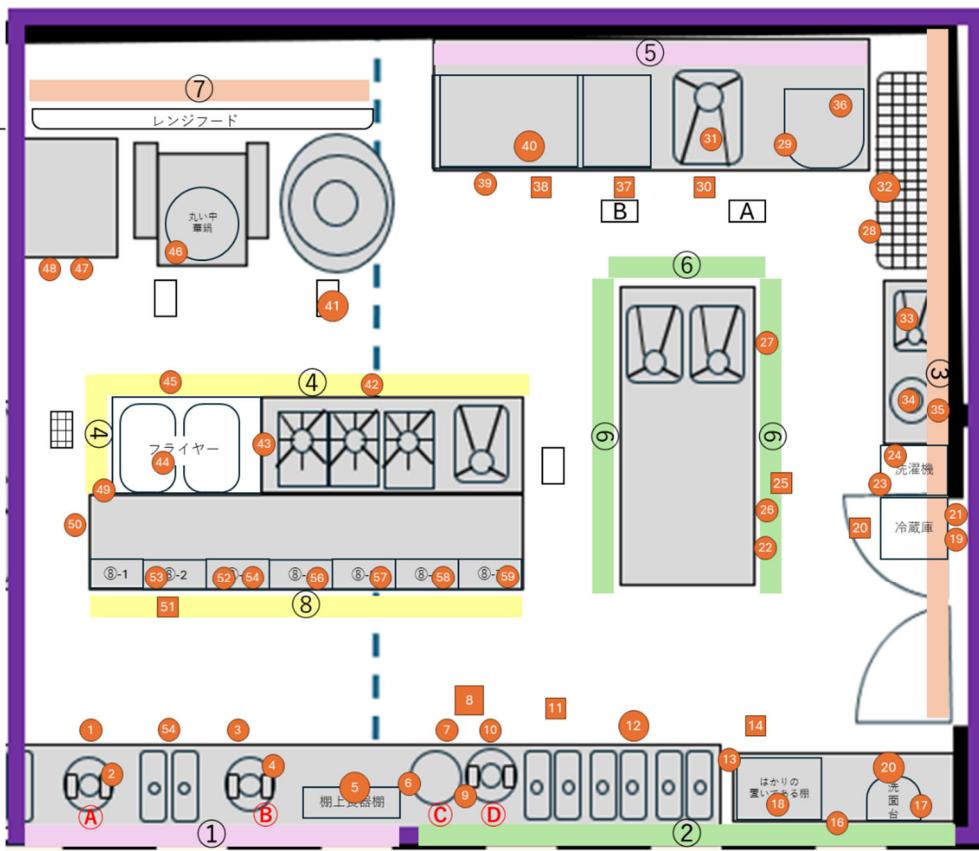
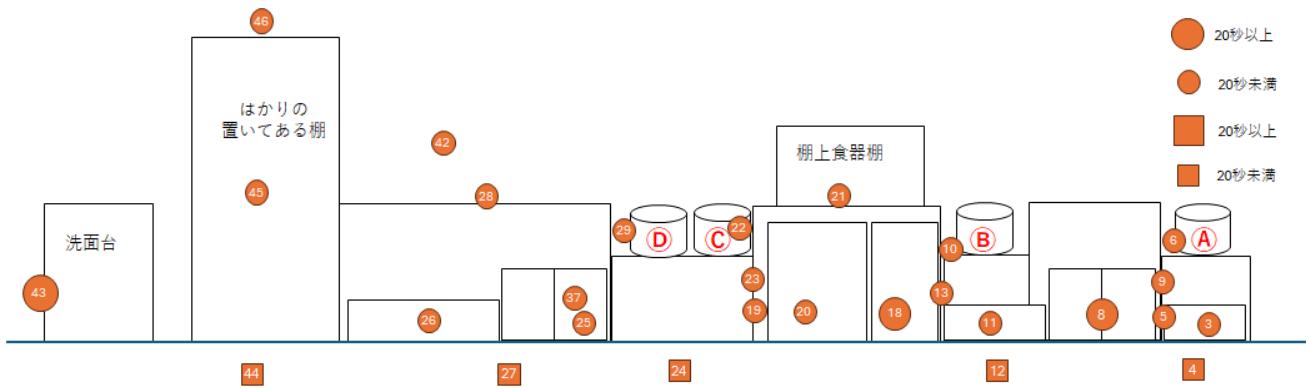
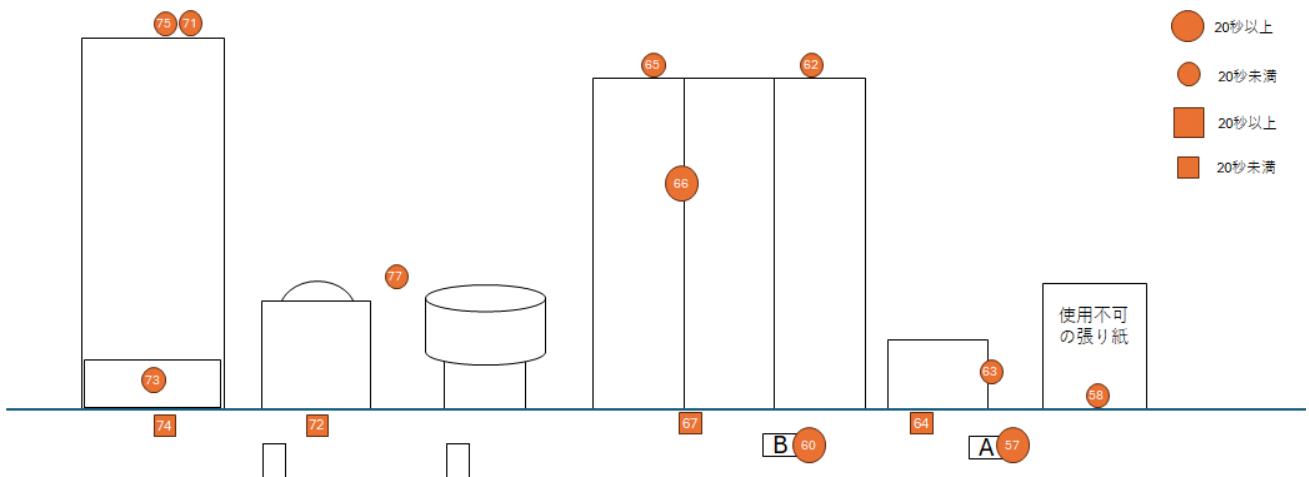


図 10 点検ルートと点検箇所の注視時間(上:熟練者、下:未経験者)



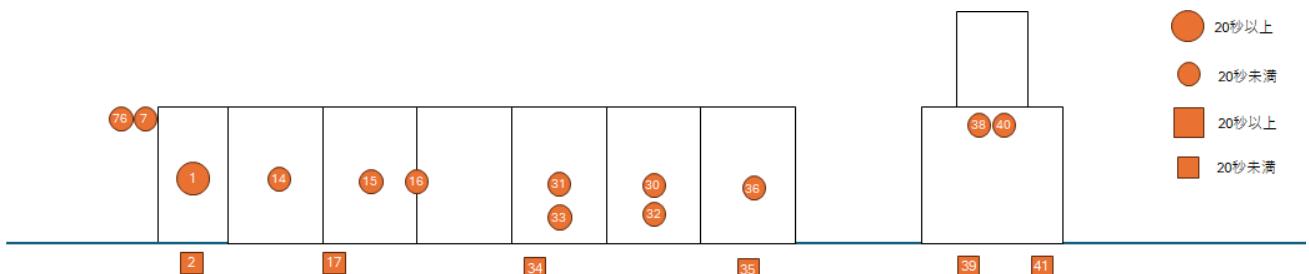
※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 11-1 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア①②、熟練者 D)



※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 11-2 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア⑤⑦、熟練者 D)



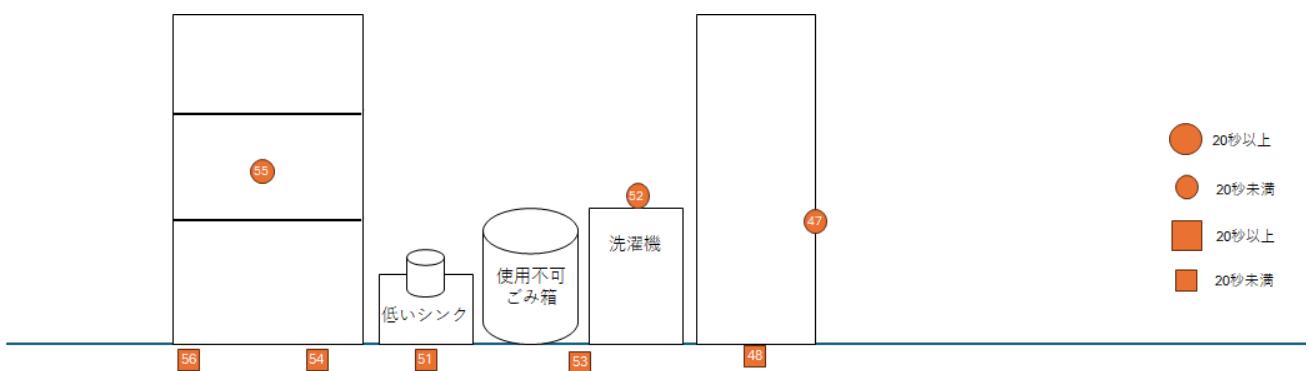
※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 11-3 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア⑧⑥、熟練者 D)



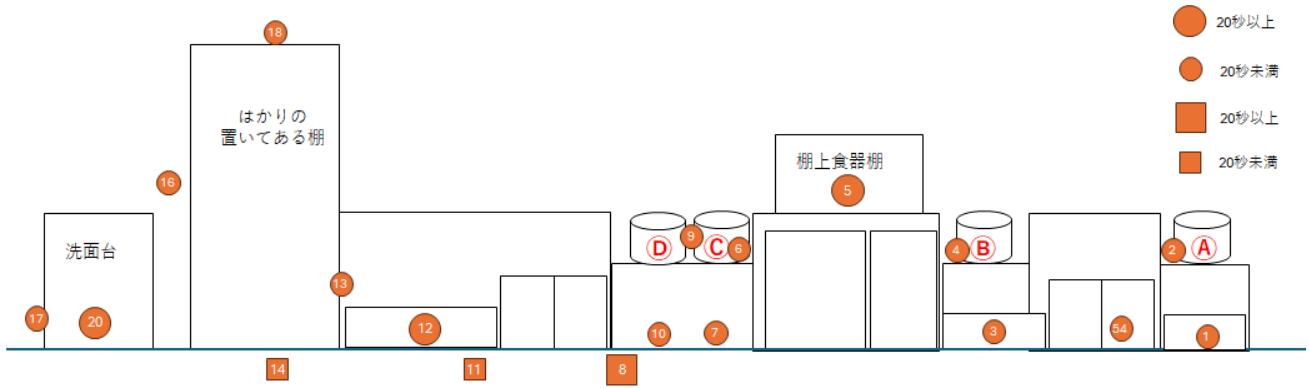
※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 11-4 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア⑥④、熟練者 D)



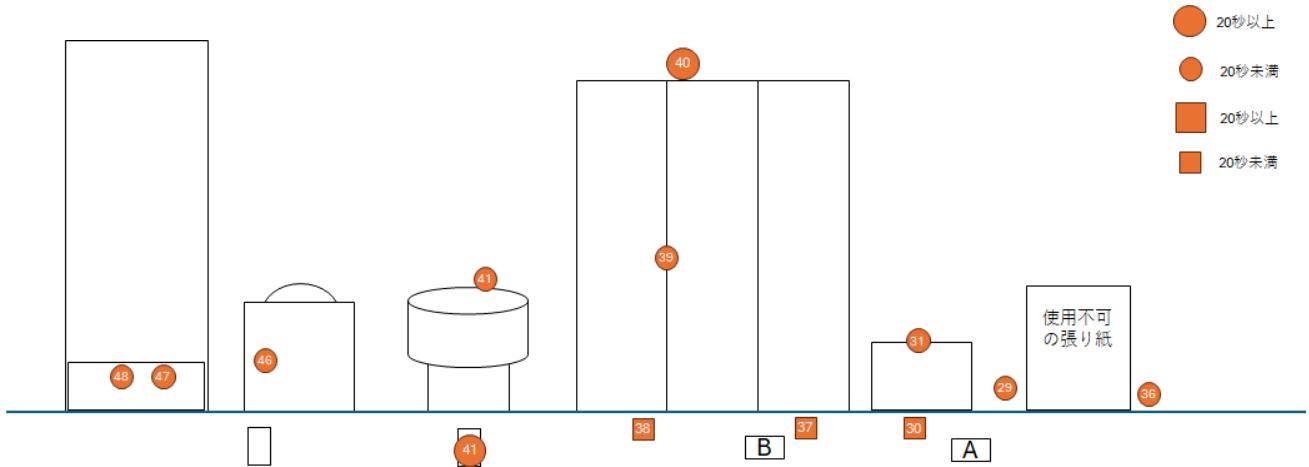
※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 11-5 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア③、熟練者 D)



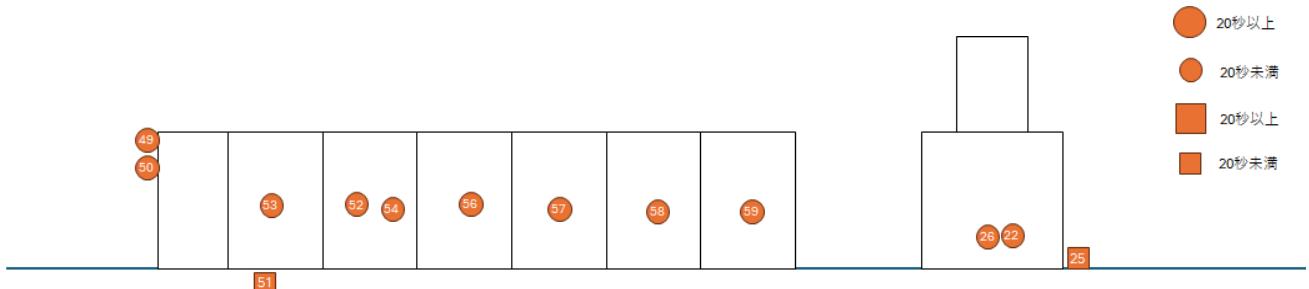
※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 12-1 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア①②、未経験者 A)



※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 12-2 点検ルートと点検箇所の注視時間(エリア⑤⑦、未経験者 A)



※○は什器、□は床を点検していたことを示す。○□内の数字は視線の順序を示す。

図 12-3 占検ルートと占検箇所の注視時間(エリア⑧⑥、未経験者 A)

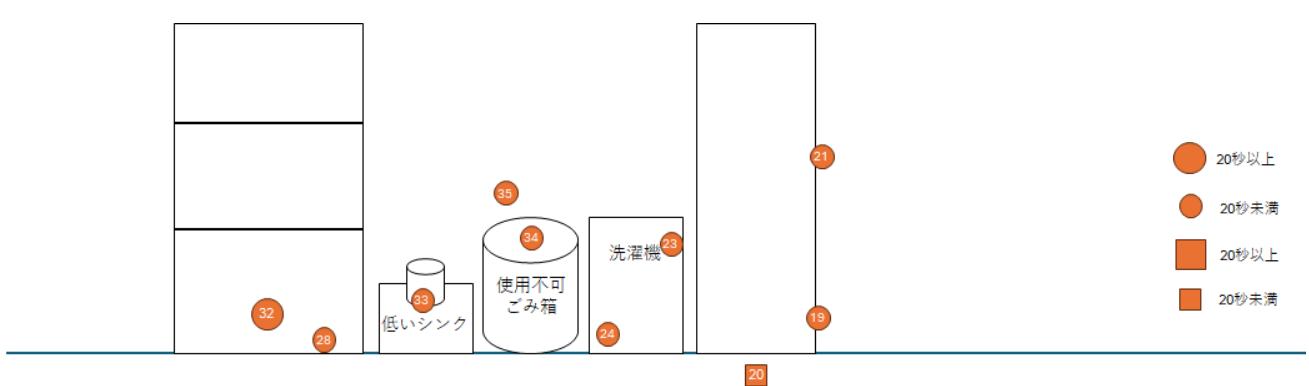


表4 ゴキブリおもちゃの発見数と発見時間

●玩具発見数

No	配置場所	未A	未B	未C	合計	平均
1	中央 扇の中				0	0
2	下方 扇の中	○	○	○	3	1.0
3	下方 棚の上				0	0
4	右下 地面	○	○	○	3	1.0
5	中央 扇の中	○	○	○	3	1.0
6	上方 棚の上	○	○		2	0.7
7	上方右 棚の上	○	○		2	0.7
8	上方右 グリーストラップ内				0	0
9	上方右 地面	○	○	○	3	1.0
10	右方 バケツ下	○	○	○	3	1.0
	合計	7	7	5	19	6.3

未経験者

熟練者

熟D	熟E	熟F	熟G	熟H	合計	平均
○	○	○	○	○	5	1.0
	○	○	○	○	3	0.6
○	○	○	○	○	5	1.0
○		○	○	○	4	0.8
○	○	○	○	○	5	1.0
○	○	○	○	○	5	1.0
○	○	○	○	○	5	1.0
○	○	○	○	○	4	0.8
○	○	○	○	○	5	1.0
	○		○	○	2	0.4
8	8	9	8	10	43	8.6

●玩具発見時間

未経験者

熟練者

	未A	未B	未C	平均		熟D	熟E	熟F	熟G	熟H	平均
1個目	② 1分48秒 ④	2分20秒 ②	2分10秒	126秒		① 15秒	② 1分48秒	① 9秒	① 7秒	② 3分36秒	71秒
2個目	④ 3分40秒 ⑨	3分28秒 ④	5分30秒	253秒		③ 4分24秒	③ 2分26秒	② 2分18秒	③ 3分51秒	③ 4分7秒	205秒
3個目	⑨ 5分30秒 ⑩	3分52秒 ⑤	7分19秒	334秒		⑤ 5分35秒	⑨ 4分38秒	④ 3分49秒	④ 6分37秒	④ 6分42秒	328秒
4個目	⑩ 6分20秒 ⑥	8分7秒 ⑨	12分15秒	534秒		④ 7分13秒	⑧ 5分50秒	⑨ 5分50秒	⑨ 9分44秒	⑩ 9分6秒	453秒
5個目	⑦ 7分33秒 ②	9分14秒 ⑧	14分30秒	626秒		⑧ 11分24秒	⑦ 6分23秒	⑦ 6分33秒	⑦ 10分31秒	⑨ 11分5秒	551秒
6個目	⑥ 9分1秒 ⑦	10分4秒		573秒		⑨ 11分58秒	⑥ 7分34秒	⑥ 8分5秒	⑥ 11分45秒	⑦ 12分	616秒
7個目	⑤ 10分35秒 ⑤	17分47秒		851秒		⑦ 12分20秒	① 10分6秒	⑩ 10分10秒	⑤ 15分47秒	⑧ 13分13秒	739秒
8個目						⑥ 14分13秒	⑤ 16分40秒	③ 13分23秒	⑧ 19分20秒	⑥ 15分44秒	952秒
9個目								⑤ 16分28秒		① 16分3秒	976秒
10個目										⑤ 16分30秒	990秒

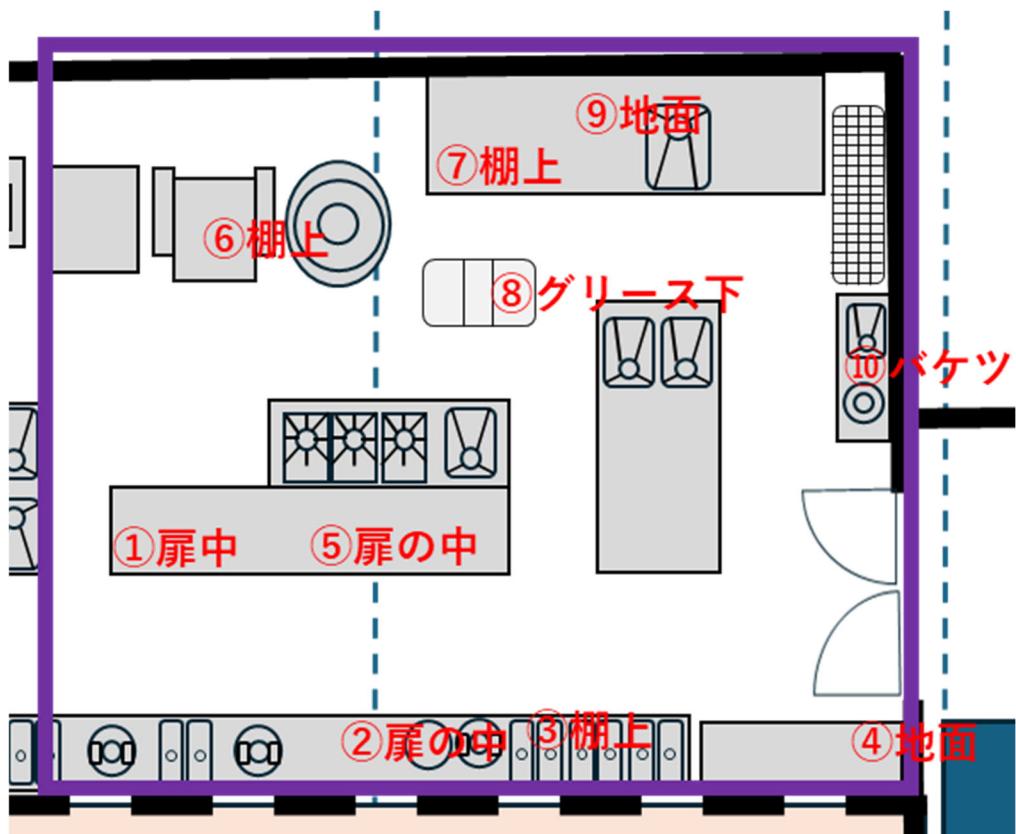


図13 玩具配置場所

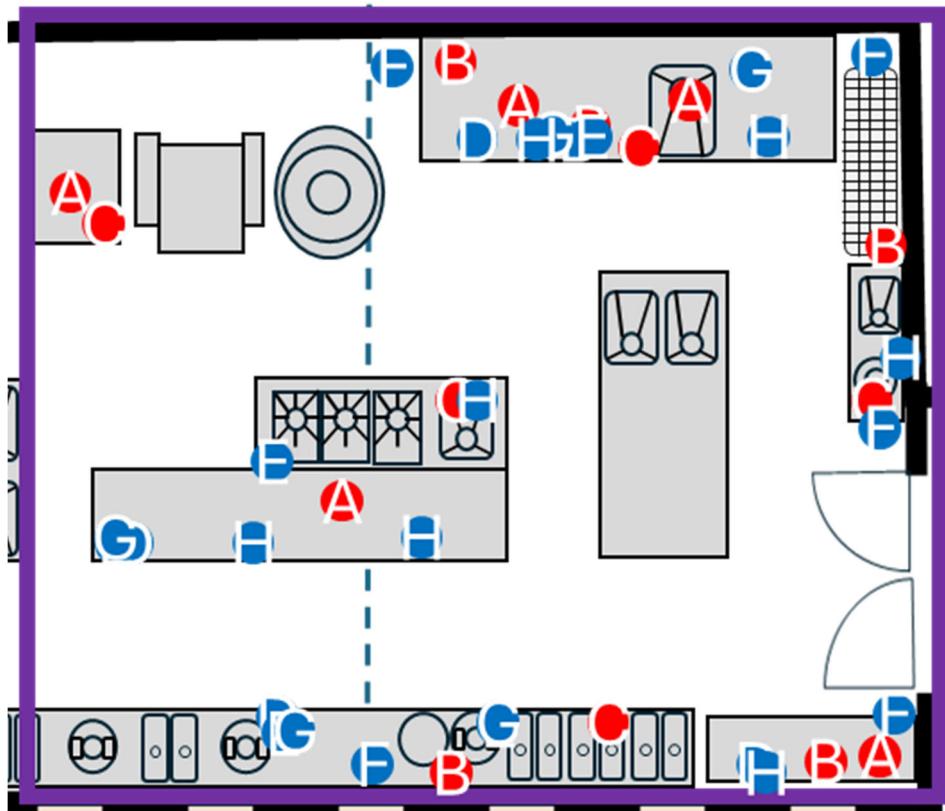


図 14 トランプ設置提案箇所(赤丸:未経験者、青丸:熟練者)

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

清掃に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院	生活環境研究部	上席主任研究官
研究協力者	正田 浩三	東京美装興業株式会社		
研究協力者	杖先 寿里	一般財団法人 建築物管理訓練センター		
研究協力者	下平 智子	全国ビルメンテナンス協会		

研究要旨

清掃点検報告システムである 123 レポーター（クリーンシステム株式会社）を用いた実証実験を行い、従来の方法との差異を調べた。このシステムは、写真の貼り付け、コメントの音声入力、写真撮影を同時にを行うことができるため効率化が図れるが、多数建築物、大規模建築物等においては、作業が多忙となるため、改良が必要となる面があることが明らかになった。

また、デジタル機器の導入によるトイレの清掃の効率化を検証するために、TERAS（テラモト）のセンサー（トイレ利用者数カウンター、トイレ個室利用者数カウンター、トイレットペーパー在庫減アラートセンサー、水石鹼在庫減アラートセンサー、ゴミ量アラートセンサー）を用いた実証実験を実施した。データから、1日のトイレ利用者数、1か所あたりのトイレ個室利用者数、個室平均滞在時間、トイレ個室利用ピーク時間や水石鹼の補充のタイミング（本調査では 5~7 日間隔で対応が可能と判明）が明らかになった。感覚で捉えていた利用ピーク等が数字で明らかになったことにより、今後の対応に活かせる情報が得られた。

A. 研究目的

建築物衛生管理のうち、清掃分野におけるデジタル技術の活用の可能性を検証することを目的とする。建築物衛生法が求める各種項目において、デジタル技術の活用でその目的の達成が見込まれる技術、機器、ソフトウェア等を抽出するとともに、従来の手法との比較検証等を実施し、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化する。

B. 研究方法

B1. 清掃分野に関する既往研究の整理

令和 5 年度に引き続き、清掃関連に関する技術の現状と課題を整理するために、清掃に関する学

会論文及び関係機関の成果物を収集しリストを作成する。

B2. デジタル技術を活用した清掃点検報告書の作成に係る検証

昨年度の研究で取り上げた清掃点検報告システム「123 レポーター」について、利用しやすい形にシステムのフォーマットを改修した。

そのうえで、現在使用している清掃点検報告書を参考に点検報告書のデジタル様式の記入用紙案を作成する。

さらにそのシステムを、2 名の作業員に実際に利用してもらい、従来の方法と比較することにより、システムの効果と課題を検証する。

B3. デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化に係る検証

TERAS (テラモト) のセンサー (トイレ利用者数カウンター、トイレ個室利用者数カウンター、トイレットペーパー在庫減アラートセンサー、水石鹼在庫減アラートセンサー、ゴミ量アラートセンサー) を用い、実際の建築物 (オフィス主体の大型複合施設) のオフィスロビーにある男女トイレ各 1 か所を選定して設置し、データを収集する。設置期間は 2024 年 10 月 1 日から 12 月 31 日である。

C. 研究結果

C1. 清掃分野に関する既往研究の整理

清掃に関する調査・研究論文は、1950 年から 2025 年までの 346 編となる。収集論文の関係学会は、日本建築衛生管理教育センター、日本建築学会、日本環境管理学会が主であり、その他収集できた発表・報告論文をリスト化した。収集論文は、大きく分類して、建築物外装関連、建築物室内関連、住宅関連に分類される (図 1)。さらにその内容を細かく分類すると、①建築物施設、②清掃、品質評価、③清掃用具等の発塵・拡散・発生量、④清掃方法、汚れ除去、⑤建築物場所別清掃、⑥建物の汚れ、⑦清掃品質評価、⑧従業員の安全・健康管理、⑨環境汚染等に分類できた (図 2、表 1)。汚れ関係に関する論文が約 4 割を占めており、汚れに関する実態調査、汚れの原因や汚れの種類の究明・評価などが多かった。

C2. デジタル技術を活用した清掃点検報告書の作成に係る検証

「123 レポーター」に設定した清掃点検項目は表 2 のとおりである。各項目について、写真の取り込みやデータ転送ができる仕組みになっている。

13 施設で清掃点検 (インスペクション) を実施し、従来の方法による書類の作成時間と「123 レポート」を用いた書類の作成時間を比較した (表 3)。作業は 2 名の作業員により試行しても

らったが、担当者間で使用感に大きな違いはなかった。

清掃点検 (インスペクション) 時間は 1 施設あたり 1.5 時間を基本とするが、建物が複数棟ある施設は建物の数だけインスペクション時間がかかるため、長いところでは 10.5 時間を要していた。インスペクションで気になった箇所については、その場で写真を撮影しコメントを添えて報告書を作成するのだが、今回対象とした施設では、少ないところで 3 枚、多いところで 71 枚の写真が撮影・使用されていた。書類作成時間は、従来の方法では 150 分から 1260 分、システムを用いた方法では 150 分から 1130 分の時間がかかっていた。従来の方法よりもシステムを用いた方法の方が短縮した施設は 13 施設中 10 施設、短縮時間は 10 分から 130 分であった。3 施設は変化がなかった。全体で平均すると約 6% の時間短縮につながっていた。

なお、今回の清掃点検では、システム変更が完了していなかった。点検項目ごとに立ち上げて、写真を撮り、きりかえていた。これを全部の写真をまとめてストックして後から点検項目に分類できるようにすれば、報告書作成の 10% の削減が可能と考える。

C3. デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化に係る検証

使用したセンサー及び各センサーの設置状況は写真 1 のとおりである。

2024 年 10 月から 12 月までの 3 か月間のモニタリングを行いデータを収集した。集計結果を表 4 に示す。

オフィスロビーにある男女トイレであることから、オフィスが稼働する平日と、オフィスが閉鎖する土日では利用人数に差があったが、平日の曜日間のばらつきは大きくなかった。1 日の利用者数は平均すると、女性の平日が 461 人、土日が 328 人、男性の平日が 722 人、土日が 354 人であった。

トイレの 1 個室あたりの利用者数は、女性の場合平日であっても曜日によってややバラつきが

見られた。3か月間の平均でみると、女性は、最も少ない日曜日で67人、最も多い水曜日・金曜日で111人で、週間の合計は654人であった。男性は最も少ない日曜日で36人、最も多い木曜日・金曜日で76人で、週間の合計は426人であった。

1個室あたりの平均滞在時間は、個室の位置によって異なり、手前よりも奥にある個室の方が滞在時間が長い傾向が見られた。平均滞在時間は女性が2分12秒、男性が5分40秒であった。

トイレ個室利用のピーク時間を見ると、女性では8~10時、12~14時、17~19時の3回ピークがあり、男性では8~10時、12~13時がピークで後は下がっていく傾向があった(図3)。

トイレットペーパー、水石鹼、ゴミ箱については、アラートが鳴動するたびに対応したため、データは取得していないが、水石鹼の補充は5~7日間隔で対応が可能であった。

D. 考察

既往研究の整理では、清掃に関する論文数はそれなりにあるものの、デジタル技術に関するものはほとんどなかった。しいて言えば、汚れの評価にATP値が導入されているものが見られた。本研究では、次年度に、清掃作業前後の清掃箇所の点検、及び清掃用具の点検にATP測定を応用して、新たな監視項目を導入することを検討することを予定している。

清掃点検報告書の作成におけるデジタル技術の活用については、システムの活用による報告書作成時間の短縮は平均して6%程度であり、大幅な効率化は見られなかったが、システムの活用により、写真の貼り付け、コメントの音声入力、写真撮影という一連の作業を携帯端末から同時に行うことができるという点で、業務効率化、ミスの減少につなげることが可能である。使いやすくなつた分、同じ時間でも情報量を増やすこともできる。しかし、多数の建築物をまとめて点検する場合や、大規模建築物等にて使用する場合は、複数箇所の点検や複数の報告書を作成することが求められ、作業が多忙となる。そのため、報告作成システムのカスタマイズ等が必要と考える。ま

た、点検作成様式は、全国ビルメンテナンス協会の点検資格者・清掃会社・顧客の指定等の点検用紙を使用することになり、柔軟な対応ができるシステムが必要である。今回使用した「123レポーター」のシステムは、清掃会社の標準様式に合わせてフォーマットを改良し、さらに撮影写真に対し情報の紐づけがその場でできるようにカスタマイズしたものである。大きなビルでは撮影する写真枚数が多くどこの写真なのかがあとで分からなくなるので、その課題を解消した。顧客の指定では、数百棟の建築物への対応や不動産投資建築物等に対する管理システムの開発も重要なとなる。

デジタル技術を活用したトイレ清掃の効率化については、センサーを用いることで利用時間のピークやよく利用されている個室の特定などを確認することができた。ピーク時間は男女とも通勤時と昼食時でほぼ一致しており、女性については、オフィスワーカーの帰宅前とコンサートホール鑑賞者の入場前が原因と推測された。これらの利用ピークは、従来から清掃作業員が感覚的に捉えていたものと同じであるが、今回の検証で数値化することにより明確になった。人数や滞在時間を数値化することにより、今後の対応に活かせる情報が得られた。

E. 結論

デジタル機器の中で普及状況や導入の容易性の点から清掃点検報告システムを取り上げ、実際の建築物の清掃点検に於いて実証実験を行い、従来の手法による報告書作成と比較を行った。報告書作成時間がやや短縮されたほか業務効率やミスの減少などにつながる利点が確認されたが、一方でシステムのカスタマイズの必要性や顧客の要望に合わせた管理システムの開発などの課題がある。

トイレの清掃維持管理については、各種センサーを用いることで、作業員が感覚的に捉えていたものを数値化することができ、今後の対応に活かせる可能性が見いだせた。

次年度は、ATP 測定を応用した新たな監視項目について検討を行う予定である。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 杖先壽里, 正田浩三, 柏森聰, 阪東美智子. 清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討. 第 52 回建築物環境衛生管理全国大会 ; 2025.1.23-24 ; 東京. 同抄録集. p.88-89.

G. 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

<参考文献>

- 1) 杖先壽里, 正田浩三, 垣鍔直. インスペクションシステムを利用した清掃管理評価に関する研究. 日本建築学会技術報告集. 2020.10 ; 26 (64) : 1043-1048.

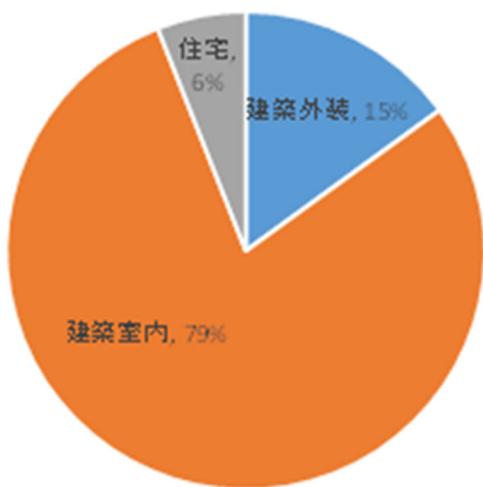


図1 清掃関連の論文の内訳(建築物種別・室内外の別)

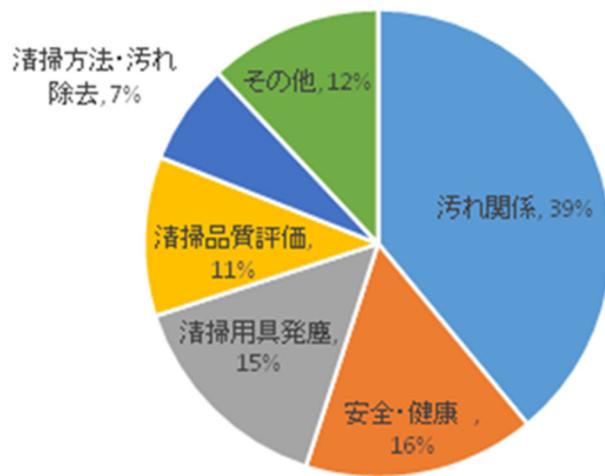


図2 清掃関連の論文の内訳(清掃目的・内容別)

表1 清掃関連の論文の内訳(清掃目的・内容による分類)

論文の内訳			
分類	編数	分類	編数
1. 安全・健康	(55編)	8. 汚れ関連	(146編)
①事故		(1) 室外	(17編)
②労働負担		①外壁汚れ	
③作業環境		②駅コンコース	
④健康			
⑤心拍		(2) 室内	(114編)
⑥体力		1) トイレ(10編)	
⑦CFSI		・駅トイレ	
⑧住宅環境		・公共トイレ	
⑨床材		・小便器	
⑩階段		・無水小便器	
⑪注射針			
⑫洗剤		2) 実態調査(31編)	
⑬セキュリティ		①カーペット汚れ	
⑭浸水		②汚れと清掃方法	
⑮花粉		③ダストの特性	
		④室内の汚れ	
2. 建築	(14編)	⑤ホコリ・壁仕上げ材の汚れ	
①控室・倉庫		⑥郵便局床ゴミ	
②バックアップ		⑦公共建物汚れ	
③清掃状況と管理難易度		⑧汚れの意識	
3. 照明関連	(10編)	⑨住宅の汚れと経年変化	
①汚れとあかり		⑩汚れと洗浄・評価	
②明るさ感		3) 汚れ(52編)	
③天井、床の照明影響		①タバコの煙による汚れ	
④ランプ交換時期		②手の接触による汚れ	
4. 環境汚染	(7編)	③粉じんによる建物汚れ	
①アスベスト		④小学校の床汚れ	
②VOC		⑤清掃による傷つけ評価	
③洗剤		⑥建物美観	
④廃液		⑦内外壁面の汚れ評価	
5. 清掃品質評価(27編)	(38編)	⑧人間の接触による内壁の汚れ	
①杉田(利用者評価・仕様書)		⑨仕上げ材に対する心理的評価	
②正田(インスペクター)		⑩温度向米による埃表面付着	
6. 用具の発塵、発生量、拡散	(52編)	⑪壁面の油汚れ評価	
①清掃用具・方法		⑫歩行による汚れ	
②ホコリ発生		⑬色彩による快適評価	
③人体		⑭汚れ試験方法(厨房)	
④各種動作・服		⑮病院接触感染	
⑤清掃		4) 微生物、ATP関係(21編)	
⑥掃除機		①大学トイレ・ATP	
⑦埃拡散		②清掃用具・ATP	
⑧微生物拡散		③微生物除去効果	
⑨歩行舞い上げ		④洗面所細菌	
⑩点拡散		⑤手洗いATP	
⑪クリーンルーム		⑥床面モップ性能	
7. 清掃方法、汚れ除去等	(24編)	⑦清掃タオル	
①光触媒		⑧レジオネラ対策ATP	
②バキューム・除塵		⑨病院トイレ環境	
③汚れ除去		⑩汚染度と除去	
④入口マット		⑪医療・福祉施設(表面付着)	
⑤ハクリ、PH		⑫清掃用具の衛生管理	
⑥カビ洗浄		9. その他	(15編)
⑦汚れ洗浄			
⑧清掃状況			
⑨モップ・タオル			
⑩放射線除去			
		合計	346編

表2 清掃点検箇所一覧

トイレ	1	床面・床隅・幅木・汚垂石等にゴミ、汚れはないか
	2	洗面台鏡面に汚れ、拭き残しはないか
	3	洗面台・洗面器に水垢等の汚れはないか
	4	洗面台金属部分にさび、水垢等の汚れはないか
	5	便器に汚れはないか(目に見える部分)
	6	便器裏側・目皿に尿石等の汚れはないか
	7	便器周り金属部に埃、汚れ等はないか
	8	便座・便蓋に汚れはないか(洗浄ノズル含む)
	9	棚・荷物置きに埃、汚れはないか
	10	扉・壁面等に埃、汚れはないか
	11	ペーパーホルダー・ゴミ箱等設置物に埃、汚れはないか
	12	換気口に埃が堆積してないか
	13	悪臭はないか
給湯室	14	床面・床隅・幅木等にゴミ、汚れはないか
	15	流し台・トラップに水垢等の汚れはないか
	16	金属部分(蛇口等)にさび、水垢等の汚れはないか
	17	壁面・収納扉に埃、水滴等の汚れはないか
	18	ゴミ箱等設置物に埃、汚れはないか
	19	換気口に埃が堆積してないか
	20	悪臭はないか
選択箇所	21	床面等の状態は良いか
	22	壁面等の状態は良いか
	23	設置物等の状態は良いか
	24	トイレ・水周り等の状態は良いか
共用通路	25	床面・床隅・幅木等にゴミ、汚れはないか
	26	壁面・ドア・スイッチ周りに埃、手垢等の汚れはないか
	27	案内板・消火器等設置物に埃、汚れはないか
	28	照明・換気口・誘導灯等に埃、汚れはないか
	29	共用ガラスに埃、手垢等の汚れはないか(窓台含む)
階段	30	床面等に汚れはないか(幅木・け込み・ノンスリップ含む)
	31	手すり周りに埃、汚れはないか
	32	壁面・扉周りに埃、手垢等の汚れはないか
ELV	33	庫内床面・床隅・溝等にゴミ、汚れはないか
	34	壁面・操作盤等に埃、手垢、汚れはないか
	35	扉・三方枠に埃、手垢等の汚れはないか
ESC	36	ベルトに汚れはないか
	37	デッキボード・パネル等に埃、手垢等の汚れはないか
	38	付近の床面・立体面に埃、ゴミ、汚れはないか
エントランス	39	床面・床隅・幅木・溝等にゴミ、汚れはないか
	40	エントランスマットにゴミ、汚れはないか
	41	エントランドアに手垢、埃等の汚れはないか
	42	壁面・ガラス等に手垢、埃等の汚れはないか
	43	案内板・ゴミ箱等設置物に埃、汚れはないか
外構等	44	天井・照明・換気口等に埃等の付着はないか
	45	床面に吸殻、落ち葉等のゴミ、汚れはないか
	46	壁面・柱等に埃、汚れはないか
	47	喫煙所(カウンター・灰皿)の状態は良いか
	48	休憩室の状態は良いか

表3 清掃点検報告書の作成時間

拠点ビル	所在地	種別	インスペクション 時間	書類作成時間(分) 既存	書類作成時間(分) 123レポーター	使用写真枚数
A	広島県	オフィス	1.5h	180	170	6
B	神奈川県	オフィス	1.5h	180	170	11
C	神奈川県	商業	2.5h	200	180	23
D	埼玉県	オフィス	1.5h	180	170	12
E	宮城県	学校	10.5h(1.5h × 7)	1260	1130	71
F	宮城県	学校	3h(1.5h × 2)	360	320	16
G	東京都	商業、会議室	6h(1.5h × 4)	800	720	60
H	東京都	オフィス、会議室	3h(1.5h × 2)	400	360	51
I	宮城県	会館	1.5h	150	150	3
J	茨城県	研究施設	6h(1.5h × 4)	180	170	8
K	東京都	会館	1.5h	150	150	3
L	東京都	会館	1.5h	150	150	7
A(2回目)	広島県	オフィス	1.5h	180	170	8

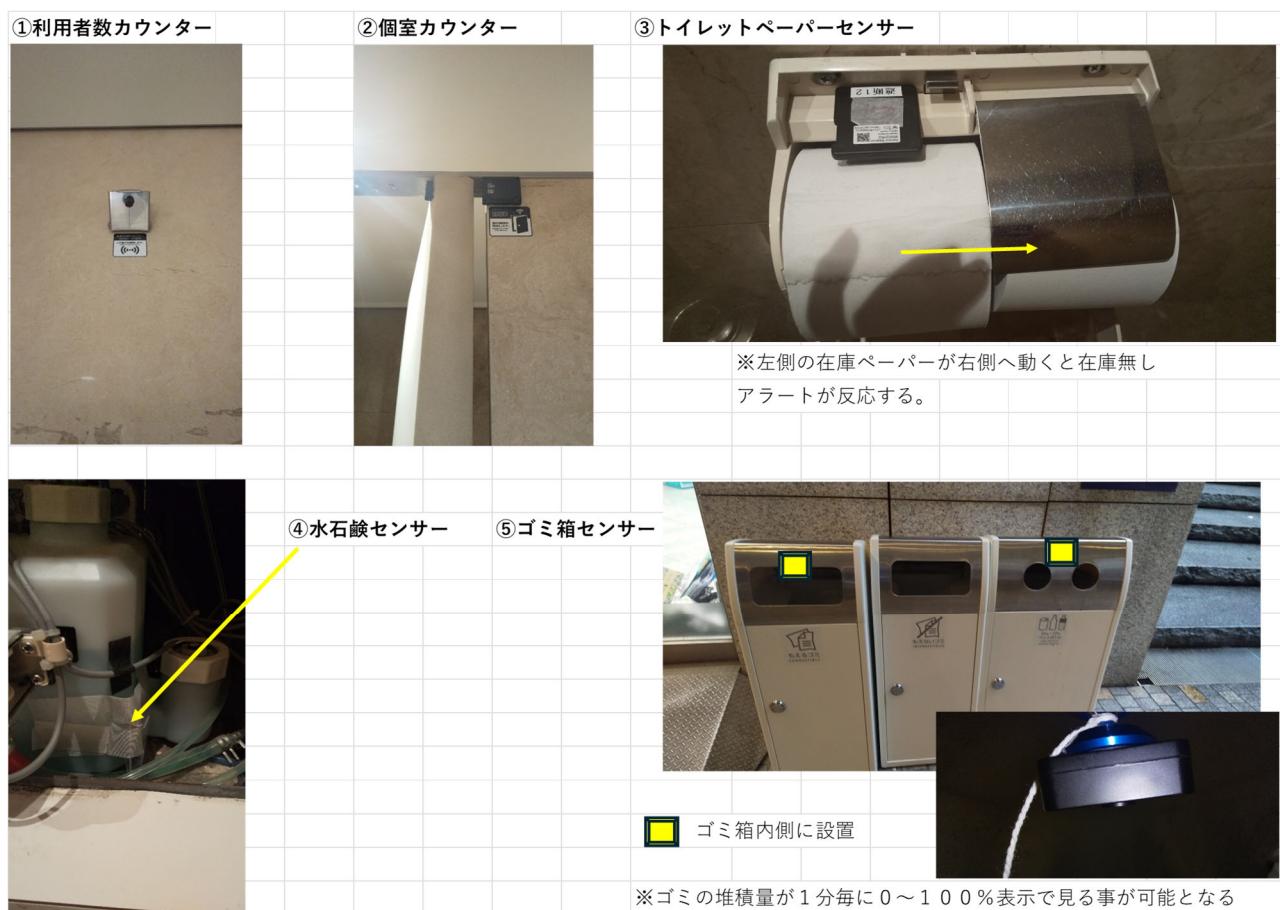


写真1 トイレ内に設置したセンサーとその設置状況

表4 測定データ集計表(曜日別トイレ利用人数、個室滞在時間、曜日別個室利用回数)

①トイレ使用人数(曜日平均)

女性	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	485	433	498	459	494	363	309	3041
11月	451	460	462	488	496	320	305	2982
12月	431	412	424	430	494	346	325	2862
平均	456	435	461	459	495	343	313	2962

②-1個室滞在時間(平均)

10月	平均滞在時間	長時間利用回数(30分以上)
女性個室01	2:15	3
女性個室02	2:31	2
女性個室03	2:14	0
男性個室01	5:27	3
男性個室02	5:36	14

男性	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	749	662	765	732	741	325	325	4299
11月	666	755	767	702	722	372	387	4371
12月	616	637	758	768	794	389	329	4291
平均	677	685	763	734	752	362	347	4320

11月	平均滞在時間	長時間利用回数(30分以上)
女性個室01	1:51	1
女性個室02	2:01	0
女性個室03	2:28	4
男性個室01	5:25	5
男性個室02	5:52	8

トイレ使用人数(1日平均平日・土日別)

	女性(平日)	女性(土日)	男性(平日)	男性(土日)
10月	474	336	730	325
11月	471	313	722	380
12月	438	336	715	359
3か月平均	461	328	722	355

12月	平均滞在時間	長時間利用回数(30分以上)
女性個室01	1:54	1
女性個室02	2:10	2
女性個室03	2:31	1
男性個室01	5:40	11
男性個室02	6:03	14

女性平均滞在時間	2:12
男性平均滞在時間	5:40

②-2トイレ個室使用回数(曜日別1日平均)

女性01	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	108	112	142	133	136	85	76	792
11月	112	121	138	135	138	84	78	806
12月	111	105	132	127	129	90	80	774
平均	110	113	137	132	134	86	78	791

男性01	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	70	61	81	78	79	38	38	445
11月	66	74	79	86	83	42	38	468
12月	71	68	78	80	80	41	40	458
平均	69	68	79	81	81	40	39	457

女性02	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	76	74	97	91	99	65	58	560
11月	77	73	88	78	92	60	59	527
12月	65	70	86	69	80	74	61	505
平均	73	72	90	79	90	66	59	531

男性02	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	59	57	69	71	74	28	32	390
11月	58	62	70	71	69	33	36	399
12月	59	63	70	70	69	38	29	398
平均	59	61	70	71	71	33	32	396

女性03	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
10月	98	90	111	107	119	79	58	662
11月	93	96	101	102	113	67	62	634
12月	90	89	106	96	96	82	69	628
平均	94	92	106	102	109	76	63	641

男性 平均	月	火	水	木	金	土	日	週間合計
64	64	75	76	76	37	36	426	

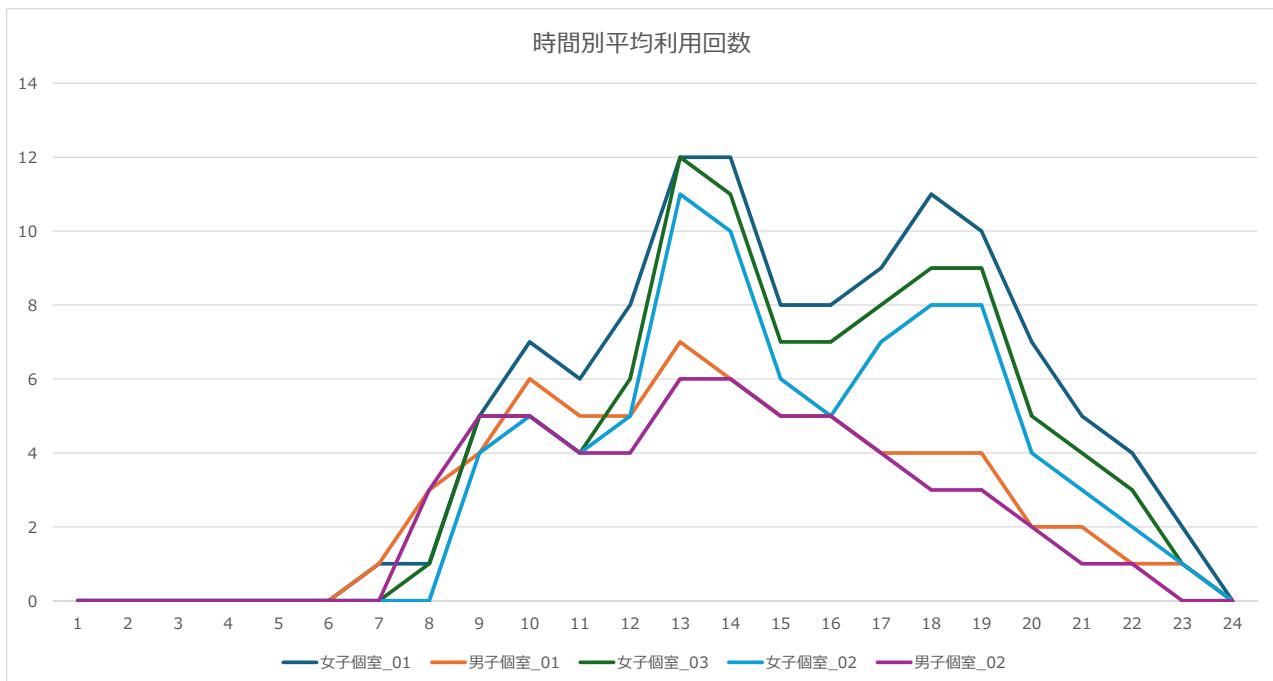


図3 トイレ個室時間帯別利用回数

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 建築物内受水槽及び排水設備の衛生管理に活用可能な技術に関する調査

研究分担者	三好 太郎	国立保健医療科学院	生活環境研究部	主任研究官
研究分担者	大塚 雅之	関東学院大学	建築・環境学部	教授
研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院	生活環境研究部	上席主任研究官

研究要旨

本調査では、特定建築物における受水槽及び排水設備の衛生管理に対するデジタル技術の活用動向並びに今後活用が期待される給排水衛生設備技術に関する情報収集を行った。建築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどの調査といった調査に加え、受水槽及び排水管の点検、清掃に関連する協会に対するヒアリングも実施した。その結果、点検、清掃現場での作業に関しては、目視、あるいは手動による作業が中心となることから、現段階において、デジタル技術の活用は限定されていることが明らかとなった。一方で、点検、清掃作業の結果の集約や、それらに基づく報告書作成業務などに関しては、デジタル技術を活用した業務支援ツールの開発が広く行われていることも明らかとなった。現場作業においては、熟練した作業者の確保が困難となっていることから、AIによる画像診断や流量計等の連続測定計器の設置、排水管内のガス組成の検知等を通じて、点検、清掃業務を最適化することができる業務支援ツールの開発への期待も確認することができた。これらの技術の実用化に向けて、データ、エビデンス収集を目的とした実証試験的検討や、これらの技術の活用を可能とするための制度設計に向けた検討が必要となるものと考えられる。

A. 研究目的

特定建築物内における飲料水及び雑用水の安全性を確保するためには、受水槽をはじめとする給水装置の衛生管理が必須である。また、建築物内で使用された水は、速やかに生活空間から排除される必要があるが、この時、排水管をはじめとする排水設備が期待される性能を発揮できない状態となっていた場合、使用された水が生活空間にとどまり、衛生環境を悪化させてしまう可能性が懸念される。建築物内における水の衛生管理においては、受水槽や排水管等、水の供給及び排除にかかる設備を健全に保つておくことが必須であるといえる。

建築物衛生法においては、受水槽に関しては、定期的な目視による点検を実施するとともに、1

年に一度の洗浄を実施することが定められている。これらの点検及び清掃は、定期的に実施する必要のある業務ではあるが、自動化が困難な作業であり、専ら点検員あるいは清掃員による目視・手動による作業が実施されているのが現状である。排水に関する設備の清掃を6カ月以内ごとに1回の頻度で行うことが定められている。このような作業が適切に実施されなかった場合、排水管の詰まりによる排水の逆流、汚損、臭気の発生、トラップの破封による悪臭の発生やねずみ等の室内への侵入が懸念される。また、排水を一旦貯留する排水槽では硫化水素の発生、厨房系統に接される阻集器の不適切な維持管理による悪臭などの障害の発生がある。いずれの作業も、実施する際には作業技術の習熟が不可欠であり、そのような

熟練作業者が減少していることも鑑みると、デジタル技術をはじめとする、近年開発が進められている技術を可能な限り活用し、作業精度を低下させることなく、作業負荷を低減する試みが特に重要なとなってきているといえる。

本年度の検討においては、排水管汚染の診断・情報の自動化を行うためのデジタル技術の現状と今後の可能性を調査すると同時に、受水槽清掃及び排水管洗浄に関する協会に対しヒアリングを行い、各業務における技術的な課題と、想定されるデジタル技術の活用方策に関する情報収集を行った。

B. 研究方法

建築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどの調査結果より、現在の適用技術を明らかにした。公益社団法人全国建築物飲料水管理協会(全水協)及び一般社団法人全国管洗浄協会(管洗浄協会)の協力の下、受水槽及び排水管の点検、清掃を業務とする専門家合計6名に対して現状の業務における技術的な課題並びにそれらの課題の解決に向けたデジタル技術の活用方策に関するヒアリングを実施した。ヒアリングは、オンライン会議システムを通じた対話形式で実施し、現況で利用可能な技術に限定せず、今後の技術開発の方向性も含めた意見集約を行った。

C. 研究結果と考察

C1. 現地調査結果

建築物衛生法の維持管理に関する記述、既往の診断技術、業者ヒアリングなどの調査結果より、現在の適用技術を明らかにした。排水管の点検・診断技術としては、内視鏡、超音波肉厚計等を用いて、配管内の劣化や詰まりなどを目視で診断している。その後に、スネークワイヤ法、高圧洗浄法、ロッド法、薬品による洗浄、圧縮空気の衝撃による方法等による技術を用いて清掃作業が実施されている。その一連の診断～清掃～完了までのデータをデジタル化して収集し、その作業工程のフローを自動化した機器システムは現在のところ実

用化されていない。業者ヒアリングにおいて、排水管清掃作業を促進する上で有望視されている技術は、以下のとおりである。

(1) 超音波流量計

排水管内を流れる排水の流速を測定し、所定の最小流速0.6m/s以下であれば、配管内に閉塞があると判断し清掃を実施する。本技術は、一般に満流で流れる給水管へ適用される技術であり、半満流で流れる排水管への適用に際しては、試行錯誤的な検討を必要とするものである。本技術による測定結果から閉塞があると判断される場合には、清掃作業を実施する。

(2) 放射線照射非破壊検査機器

図-1に放射線照射非破壊検査機器の参考例を示す。放射線源と検出部を検査対象排水管に挟むようにセットし、配管断面方法に平行に移送させることで、各走査位置の透過放射線量から配管内のスケール形成状況や閉塞状況を推定することができる。配管を設置したまま、保温材を取り除くことなく測定することが可能であり、かつ配管内に流体物が流れている状態でも閉塞状況等の検出が可能な技術である。配管測定部位が点在しても移動設置時間を要せず測定でき、リアルタイムでの管内閉塞状態のデータ収集ができるところから、それに応じて清掃作業を実施することが可能となる。

(3) レーダー式水位センサー

図-2、図-3、及び図-4にレーダー式水位センサーの設置概略図、実際の設置状況の例、及び測定結果の一例をそれぞれ示す。排水管途中にチーズ取り出し管を設置し、そこへレーダー式水位センサーを設置することで、管底を原点とする水位を計測することができるため、排水が流れていないと初期水位よりも水位が高くなっている測定点が認められた場合には、当該測定点付近の管内のいずれかに閉塞が発生していることを検知することができる。また、複数個所に設置した場合、水位変化が検知される時間

の差から管内流速を推定することも可能となる。推定された流速が最小流速以下である際には閉塞が進行していると判断し、清掃作業を実施する。

C2. 全水協及び管洗浄協会へのヒアリング

C2.1 貯水槽点検及び清掃（全水協）

全水協担当者に対し、貯水槽点検及び清掃に関するインタビューでは、以下の知見が得られた。点検、清掃作業のいずれにおいても、作業員を集約し、手動による作業が主流となることから、現段階においては、空気質をはじめとした特定建築物管理の他領域と比較するとデジタル化は進行していない。また、このような業務方式であることから、事業の継続には熟練技術者の確保が肝要であるものの、現在、人材の確保が困難となっているという実態もある。ロボット等を活用し、現在、手動で実施している現場作業を自動化するといった展開は考えられるものの、現段階においては、技術的課題が多く残っており、実用化には一定の時間を要するものと考えられる。一方で、清掃作業の結果報告等の書類作成に向けた業務支援ツールには期待が持てる。現在でも、既存クラウドシステム等を活用し、清掃作業時に撮影した写真等のデータをクラウド上に保管したうえで、事務所で実施する報告書類作成作業で使用するといったことが行われている。タブレット端末のような、携行可能な入力端末を現場に持参し、現場で直接入力した結果を、クラウド等を経由して、事務所作業に活用できるようにすることで、清掃作業員、事務作業員の作業負荷を大幅に低減することが可能であることが確認されている。清掃報告書に関しては、全水協において、建築物維持管理要領に基づく点検項目のフォーマットを作成している。現段階においては、当該フォーマットを基盤として、各社が独自に報告書作成等の支援ツールを開発している状況である。

デジタル技術の活用法として、清掃後の状態の評価への活用も期待される。現行の清掃要領は、作成当時に主流であったコンクリート製の貯水槽を念頭に置いたものとなっているが、現在では、繊維強化プラスチック(FRP)製やステンレス製の

貯水槽が主流となっており、同様の管理基準の適用が妥当であるか、懸念が生じる。ATP 測定器などを活用することで、短時間で生物由来の汚染状況を数値化することも可能となっている。このような技術を活用し、清掃の評価を正確に実施していくことを通じ、安全性、衛生性を確保するために必須となる清掃工程を見直すことができる可能性も考えられる。

上述したタブレット等携行可能端末を活用した現場での作業記録の入力並びにクラウド上における作業記録の集約といった技術を活用することにより、点検、清掃時の記録を経時的に保管することも容易となる。このように集積した情報を活用し、貯水槽の経年劣化等を評価できるようになれば、貯水槽等の設備の更新計画を合理的に策定できるようになるといった発展につなげることができる可能性も期待される。

技術継承に向けては、熟練職員と若手職員の 2 名体制で作業に着手することにより、技術の継承を図っているものの、作業技術自体は個人の習熟状況により差が生じてしまうのが現状である。この点では、AI を活用した現場作業支援ツールの構築にも期待が持てる。現状、若手技術者が作業した結果については、デジタルカメラ等で撮影した画像を熟練職員が確認することにより、作業の良否を判定するといった工程を採用する事例もある。このとき、作業状況の良否判断を、AI を活用した画像解析で実施することができるようになると、業務水準の均質化を図ることができる。また、作業支援ツールの性能が向上し、熟練技術者が不在の場合でも適切な作業状況良否判定ができる水準まで到達した場合には、熟練技術者が同行することなく、若手技術者が単独で作業を担当することができるようになることも考えられる。AI を適切に活用することができれば、作業の均質化や省人化の観点で、業務効率の改善にも資することができる。AI の学習に必要な画像データを集積する点などは課題であると考えられるが、近年では、作業者が装着できるようなカメラも販売されるなど、画像撮影のコストは以前と比較すると大幅に

低減していると考えられるため、今後の発展が期待される領域であるといえる。

C2.2 排水管の点検及び清掃（管洗浄協会）

管洗浄協会の担当者に対して実施した排水管洗浄技術に関するインタビューでは、以下の知見を得た。

① 原則として、1年に1回の洗浄が実施されている建築物（概ね集合住宅）においては、排水管内の状態を確認できている場合が多い。一方で、排水管内における油脂類・堆積物等の状況を把握できていない場合には、排水管内において油脂類・堆積物等に伴う閉塞が発生した段階で清掃を実施する。排水管内の状態を外部からや遠隔で確認することができる手法を使用することができれば、排水管内の洗浄実施時以外においても、排水管内の油脂類・堆積物等の状況を把握することができ、閉塞に起因する障害の発生を未然に防ぐ可能性が高くなる。

② 特に高層の建築物や、排水管閉塞リスクが高くなるディスポーザーを使用している建築物において、排水が不可能になる前の段階で警報を発出することができれば、障害の未然防止措置として有効となると考えられる。超音波流量計など、外部から取り付けることができる流量計を活用し、流量変化測定することで、油脂類・堆積物等の管路閉塞の状況を評価するといった手法の活用が想定される。排水管は、常時満水となっている状態ではないことから、このような特性の管内流量の測定に適した技術の調査、開発が重要となる。油脂類・堆積物等による排水管の閉塞が進行した場合には、管内水位も上昇しやすくなるので、管内が満水となったことを検知し、警報を発出するような技術も有効である可能性が考えられる。水位検知技術としては、電波式水位計や、超音波式水位計のような非接触で水位を測定することができる技術が適用可能である

と考えられる。このような技術に関しては、既設の配管に対して追加設備として導入する際の技術的障壁が高くないことから、障害予防技術としての活用も期待される。

- ③ 排水施設の定期点検については、現状では目視による検査が主流となっている。近年、カメラ等の技術開発が進んでいることから、カメラを活用した常時監視技術は有望な技術となるものと考えられる。排水管の管理という観点では、管の腐食を検知することも重要である。油脂類・堆積物等により排水管内で、硫酸塩還元菌の作用により発生する硫化水素が腐食の進行を促進する事例が多く見受けられる。排水管内に充満するガスの組成を評価することで、油脂類・堆積物等の進行や、それに伴う腐食の促進を予防することができる技術が開発されれば、排水管の腐食管理に資すること大であると考えられる。
- ④ 現在、活用されているデジタル技術に関しては、貯水槽清掃の事例と同様、顧客に対する報告資料作成を支援するための清掃管理支援ツールが活用され始めており、報告書関連業務のデジタル化が進みつつある。これらのツールは、現状では各社が独立して開発しているものであり、従業員の作業負荷を低減することを主たる目的としている。
- ⑤ 排水管の内部状況の監視には、内視鏡が多く使用されているが、内視鏡での検査の内容もクラウド等を通じて集約する試みも始まっている。
- ⑥ 今後のデジタル技術の導入に際しては、性能と同時にコスト面も評価し、デジタル化が期待される領域の明確化と同時に、デジタル化を積極的に進めるべきではない領域も明確にしていく取組が重要であると考えられる。また、点検の手法として、「目視」によることと指定されている業務についても、デジタル化を検討する対象から除外されることが多い。

デジタル化の検討範囲の拡大に向けては、定められている点検方法など、コスト以外の制約要因についても、考慮することが必要であるといえる。

⑦ 性能評価に際しては、十分な性能を有していることを示すエビデンス収集が重要となる。所期の性能を有することを示すための基準を設けたうえで、関係各社が積極的にデータ収集を行っていくような枠組みの構築が望まれる。

E. 結論

本年度の検討では、排水管汚染の診断・情報収集に活用できるデジタル技術に関する調査、及び受水槽清掃、排水管洗浄に関する協会からの情報収集を行った。排水管汚染にかかるデジタル技術の活用の現状調査の結果、関連する多くの作業が目視、あるいは手動による作業となっており、点検、清掃といった作業の効率化に向けたデジタル技術の適用は、現段階においては限定的であった。一方で、作業結果の集約や書類作成を支援するためにデジタル技術を活用した支援ツールを活用する試みが広がっていた。また、超音波流量計をはじめとする排水管内の汚染状況の監視を通じて、円滑な排水管洗浄作業を促進するための技術として有望視されている技術についても情報収集を行うことができた。

受水槽清掃及び排水管洗浄に関する協会として、全水協及び管洗浄協会にヒアリングを実施したところ、上述の現状調査同様、各種点検作業においては、目視、手動での作業が中心となって

いるため、デジタル技術の活用は現段階においては限定されているものの、書類作成等の事務作業支援ツールに関しては、各社独自のシステムを開発する動きが活発であることが確認できた。また、AIによる画像診断技術を活用した現場作業支援ツールや、排水管外部から装着できる流量計等を活用した汚染状況把握技術、さらには排水管内のガス組成の測定を通じた汚染状況把握技術など、今後の技術的発展が期待される技術についても、情報を収集することができた。これらの技術の実用化に向けては、データ収集、エビデンス収集といった実証試験的な検討に加え、これらの手法を活用した検査を活用可能とするための制度設計も必要となる。今後の検討の進展が期待される。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし

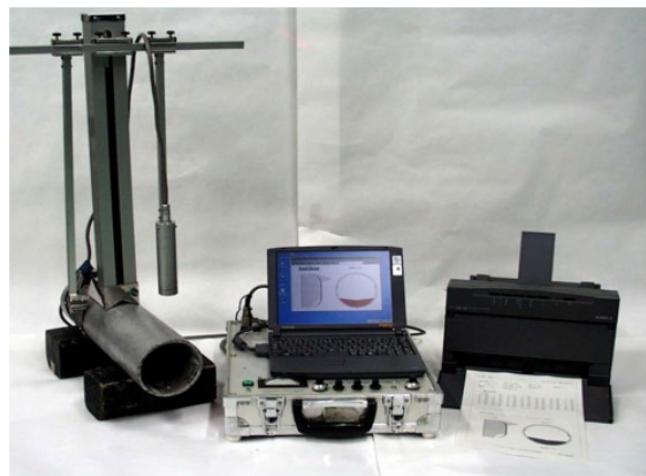
2. 学会発表
1) なし

G. 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



スケールチェッカー

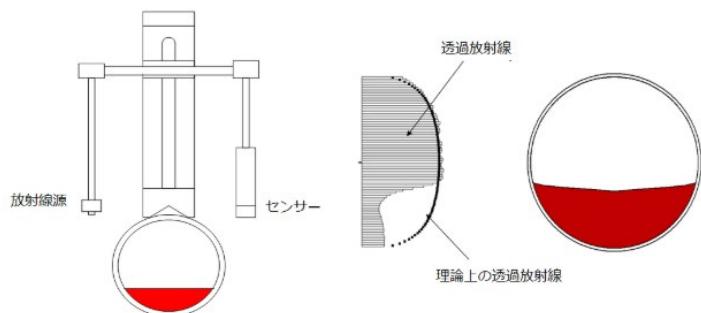


図-1 放射線照射非破壊検査機器

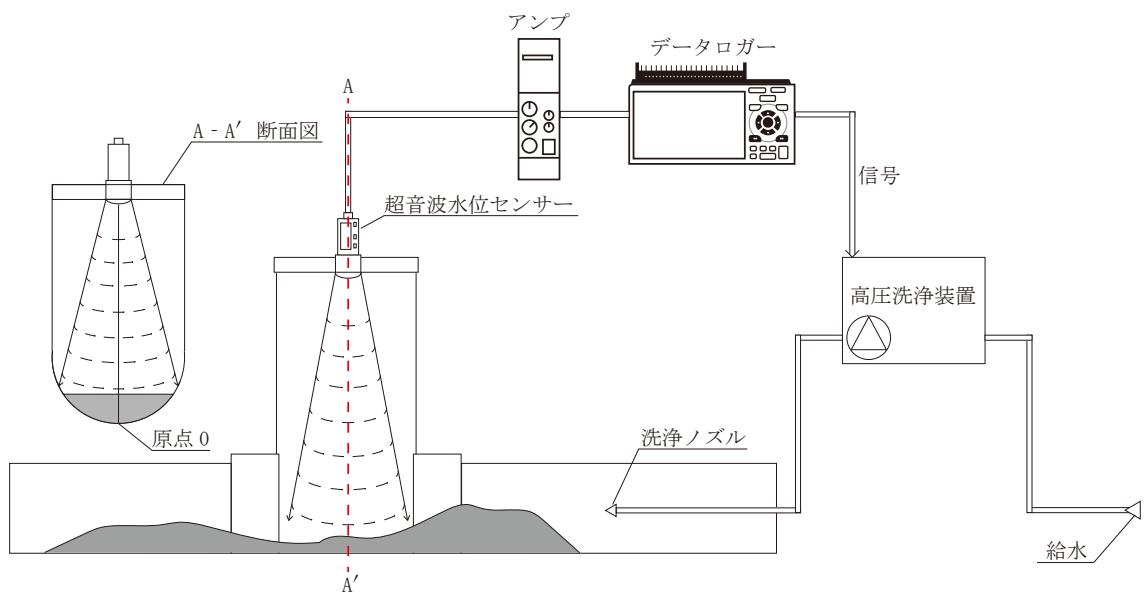


図-2 レーダー式水位センサーシステム図

センサー設置場所



システム全体



図-3 超音波水位センサー設置場所の写真

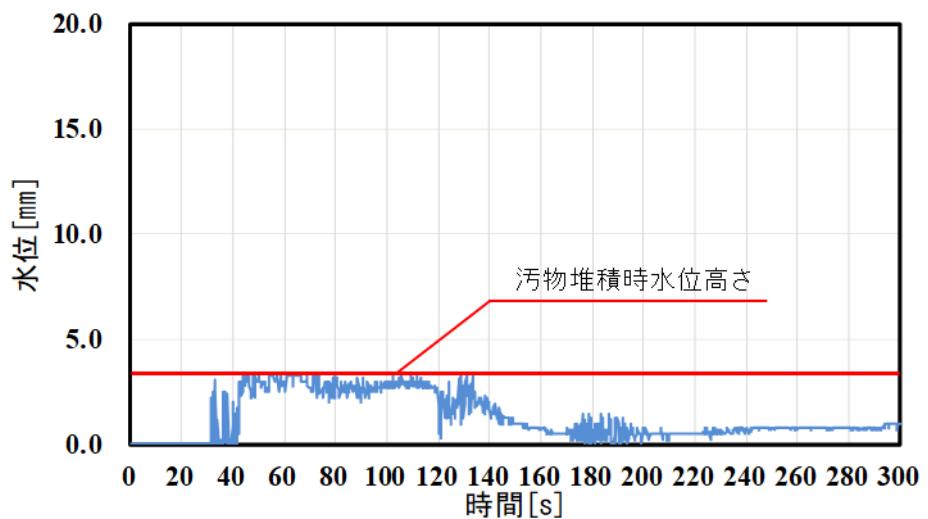


図-4 超音波水位センサー測定結果の一例

研究成果の刊行に関する一覧表レイアウト（参考）

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
柳宇	浮遊微生物測定法の現状	空気清浄	62巻2号	4-11	2024
柳宇, 福嶋信彦, 永井秀康, 加野稔	内視鏡手術中におけるバイオエアロゾルの発生特性	2024年室内環境学会学術大会講演要旨集		281-282	2024
柳宇, 金勲, 下ノ菌慧, 鍵直樹	オフィスビルにおける蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定	第42回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集		240-242	2025
柳宇, 永野秀明, 鍵直樹	バイオエアロゾルセンサーと人位置計測システムを用いたホット・スポットのリアルタイム検知	2025年日本建築学会大会学術講演梗概集		(印刷中)	2025
阪東美智子	ペストコントロール分野のIT活用状況に関するアンケート調査	第83回日本公衆衛生学会総会		607	2024
谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 茂手木眞司, 小室正二, 阪東美智子	アイトラッカーを利用した調査—ベテランと初心者の調査視点の相違について—	日本ペストロジー学会大会	40	33	2024
茂手木眞司, 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 阪東美智子	ペストコントロール業界におけるデジタル機器活用状況	日本ペストロジー学会大会	40	34	2024
杖先壽里, 正田浩三, 柏森聰, 阪東美智子	清掃に関するデジタル化技術の適用課題の検討	第52回建築物環境衛生管理全国大会		88-89	2025

令和7年3月31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院
 所属研究機関長 職名 院長
 氏名 曾根 智史

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業2. 研究課題名 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3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官(氏名・フリガナ) 阪東 美智子・バンドウ ミチコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	国立保健医療科学院	<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	イカリ消毒株式会社	<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- ・該当する□にチェックを入れること。
- ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和7年3月31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院
 所属研究機関長 職名 院長
 氏名 曾根 智史

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業2. 研究課題名 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3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官(氏名・フリガナ) 開原 典子・カイハラ ノリコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- ・該当する□にチェックを入れること。
- ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和7年3月31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院
 所属研究機関長 職名 院長
 氏名 曾根 智史

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業2. 研究課題名 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3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・主任研究官(氏名・フリガナ) 三好 太郎・ミヨシ タロウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- ・該当する□にチェックを入れること。
- ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和7年4月1日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人北海道大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 審 金 清 博

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究院・特任教授

(氏名・フリガナ) 林 基哉・ハヤシ モトヤ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) •該当する□にチェックを入れること。

•分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和7年4月18日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 工学院大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 今村 保忠 (公印省略)

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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 (23LA1006)

3. 研究者名 (所属部署・職名) 建築学部・教授

(氏名・フリガナ) 柳 宇 · ヤナギ ウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェック
クレ一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- 該当する□にチェックを入れること。
- 分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

令和 7年 5月 21日

機関名 国立大学法人東京科学大学

所属研究機関長 職名 理事長

氏名 大竹 尚登

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) 環境・社会理工学院・教授

(氏名・フリガナ) 鍵 直樹 ・ カギ ナオキ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- 該当する□にチェックを入れること。
- 分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

令和 7年 3月 3日

機関名 東京都立大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 大橋 隆哉

次の職員の令和6年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) 都市環境学部・助教

(氏名・フリガナ) 尾方壯行・オガタマサユキ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
		審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェック。一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項)

- 該当する□にチェックを入れること。
- 分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

令和 7 年 5 月 20 日

機関名 関東学院大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 小山 嶽也

次の職員の令和 6 年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 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

3. 研究者名 (所属部署・職名) 建築・環境学部 教授

(氏名・フリガナ) 大塚 雅之 (オオツカ マサユキ)

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無 有 無	左記で該当がある場合のみ記入 (※1)			未審査 (※ 2)
		審査済み	審査した機関		
人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 鳥取県の「疫学研究に関する倫理指針」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) •該当する□にチェックを入れること。

•分担研究者の所属する機関の長も作成すること。