

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7年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 阪東 美智子

令和8年（2026）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	-----21
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	-----38
阪東 美智子、谷川 力、芝生 圭吾、木村 悟朗、茂手木 眞司、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	-----45
正田 浩三、深見 盛英、川村 典子、江本 達哉、辻本 彩香、杖先 樹里、 栢森 聡、下平 智子、阪東 美智子	
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	-----74
大塚 雅之、三好 太郎、角野 公亮	

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----83
---------------------	---------

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、建築物衛生法に基づく環境衛生管理において、空気環境、ねずみ・衛生害虫防除、清掃、水管理等の分野を対象に、デジタル技術の活用可能性と課題を検証し、適切な維持管理方法や導入時の判断基準を明確化することを目的とした。

空気環境分野では、PM_{2.5}測定器やCO₂センサーの精度・校正方法を検討し、換気制御に必要な精度維持条件や表示基準の必要性を示した。また、浮遊微生物迅速測定装置を用いた実測から、実用化に向けた課題を整理した。ねずみ・衛生害虫防除分野では、自動計数機能付きライトトラップの検証を行い、捕虫数との誤差が比較的小さいことを確認したほか、ウェアラブルライトトラッカーを活用して厨房点検の視線行動を可視化し、研修教材化を試みた。清掃分野では、論文検索システムの構築、清掃ロボットの性能整理、ATP測定による新たな衛生評価法の検証を実施した。水管理分野では、レーダー式レベルセンサを用いた排水管閉塞状況の自動検知技術について性能評価を行い、有効性を確認した。

以上より、建築物環境衛生管理におけるデジタル技術は、管理の効率化やDX推進に寄与する可能性を有する一方、測定精度の維持、コスト、人による管理との役割分担などの課題が存在することが明らかとなった。本研究成果は、今後の建築物環境衛生管理基準の見直しやデジタル技術導入指針の基礎資料として活用が期待される。

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 国土技術政策総合研究所 上下水道研究部
浄水処理研究室
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
栢森聡 (株)ウィズらぼ
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)日本パイプクリーニング
佐藤昭仁 全国管洗浄協会、(株)カルピス
高岡ジョージ 全国管洗浄協会、(株)プログレス
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
平隆道 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した。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た。

令和 7 年度は、前年度に引き続き、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活用の可能性や課題を整理した。ねずみ等防除や清掃分野では、定期点検・検査におけるデジタル技術の活用には課題が多いことから、それ以外で建築物環境衛生管理に資する事項（研修教材の開発など）でのデジタル技術の活用についても検討を行った。

B. 研究方法

研究期間は 3 年間である。最終年度の令和 7 年度は、導入可能なデジタル機器等を用いた実

測や実証実験等を行い、実用可能性や導入の課題等の検証を行った。研究は、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研究を進めた（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

環境衛生管理のためのデジタル技術の適応として、主にエアロゾル感染対策を中心にデジタル技術の利用について情報を収集・整理した。パンデミックを契機に普及した CO₂ 濃度による換気状態の検知と空調換気設備制御に関する課題として注目されている測定器の精度と誤差によって生じる課題を検証し、CO₂ 濃度の測定器に求められる要件について検討した。

また、建築物衛生の監視指導に従事する環境衛生監視員等の実務担当者により共有された監視指導上の課題認識、自治体からの事前課題回答、監視指導実態に関する資料等を用いて、建築物環境衛生監視指導上の課題を整理した。また、建築物環境衛生管理に関連する IoT センサー、クラウド管理、電子台帳等のデジタル技術について、既存事例および活用状況を収集し、監視指導業務への適用可能性を整理した。さらに、報告徴収および立入検査の実施状況、不適率の推移等について整理し、デジタル技術活用との関係について検討を行った。

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

ローコストセンサーによる室内環境の計測についてレビュー論文以外の関連論文の調査を行った。また、実建築物において PM_{2.5} の測定を 2025 年 12 月、2026 年 1 月の暖房期に行った。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) 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。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。

次に、室内環境・ダクト用 CO₂ センサーに関する調査として、研究論文およびメーカーが Web ページにて公表している資料に基づいて、各種 CO₂ 測定方式について調査しその内容を整理した。公表された学術研究を中心に、室内 CO₂ 濃度とヒトへの影響に関して文献調査を行った。対象文献は、査読付き原著論文 (介入研究・観察研究)、系統的レビュー・メタ解析、公的機関ガイドラインおよび専門学会声明とし、主要アウトカムは、認知機能、眠気・睡眠、症状、生理指標とした。

バイオエアロゾル粒子のリアルタイム測定については、オフィスビルにおいて夏期 (2025 年 8 月) および冬期 (2026 年 2 月) に実測を行った。各対象室において、BAS を用いた 1 分間隔の連続測定を約 1 時間実施し、並行してバイオエアサンプラーを用いた浮遊細菌および浮遊真菌の測定を行った。浮遊細菌の測定には SCD 培地、浮遊真菌の測定には DG18 培地を用いた。培養条件は、それぞれ 32℃ で 2 日間、および 25℃ で 5 日間以上とした。室内測定終了後には、屋外においてもバイオエアロゾル粒子および生菌 (浮遊細菌・浮遊真菌) の測定を実施した。

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

国際学会 (International Conference on

Urban Pests) 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集め整理した。また、日本ペストロギー学会若手談話会の協力の下、現場で求められるデジタル技術について情報を収集した。

次に、捕虫器 (ライトトラップ) の有効性と課題を明らかにするため、自動計測機能付きトラップを用いて検証試験を行った。検証試験は、条件 (部屋の大きさ、照明、供試動物の種類) を変えて実施した。

昨年度の研究により収集した特定建築物の厨房における目視点検作業について、被験者に対するグループインタビュー調査により情報を補足し、収集した視線データの分析を深めた。また、ウェアラブルアイトラッカー (Tobii Pro Glasses 3) の活用方策として、熟練作業員による点検作業の動画教材の作成を試みた。

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

昨年度までに収集した清掃に関する学会論文及び関係機関の成果物について検索システムを構築した。また、ビルメンヒューマンフェアに参加し展示品より資料収集を行った。加えて、9 月に東京ビルメンメンテナンス協会の企業会員に対するアンケート調査を行った。

また、昨年度実施した清掃点検報告システムである 123 レポート (クリーンシステム株式会社製) 及び TERAS (テラモト) のセンサー等を用いたトイレ清掃の効率化に関する実証実験の結果について分析を深めた。

さらに、ATP 測定器 2 種 (キッコーマン社のルミテスター A3 とニッタ社のハンドヘルドルミノメーター 33S) を用いて実験室実験ならびに実証実験を行った。実験室実験では、ベビーフードを用いた模擬汚れ (10 倍希釈液) を使い、表面仕上げの異なる 3 種の建材で測定値

の相違を検証した。また、清掃用具であるタオルとモップの測定方法の検討を行った。実証実験では、実建築物において、男女トイレ、清掃倉庫・用具における清掃前後の測定を行った。

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

まず、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により、各工程において現在活用されている技術を調査した。

次に、デジタル技術を活用した建築物衛生管理の効率化に関する選択肢の1つとして、レーダー式レベルセンサーを用いた排水管洗浄システムを試作し検証した。この排水管洗浄システムは排水ますに設置したセンサーが堆積物による管内閉塞を起因とする排水の水位上昇を検知した後、高圧洗浄装置に信号を送り、配管内を高圧洗浄するものである。供試排水横管システムは、大便器の排水口芯から末端までの全長を約17mとし、末端にはLT継手(100A

×100A)を接続した。排水横主管は透明塩化ビニル管、呼び口径は100A(実内径103mm)、こう配は1/100とした。測定排水ます4箇所にレーダー式レベルセンサーを設置し、管内水位の経時変化を測定した。排水横管内における管内閉塞発生時の水位変動を確認するために、ニトリルゴム製の抵抗体と油粘土を組み合わせた擬似停滞物を作成し、排水ます内に設置することで管内閉塞を再現した。

(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、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)。

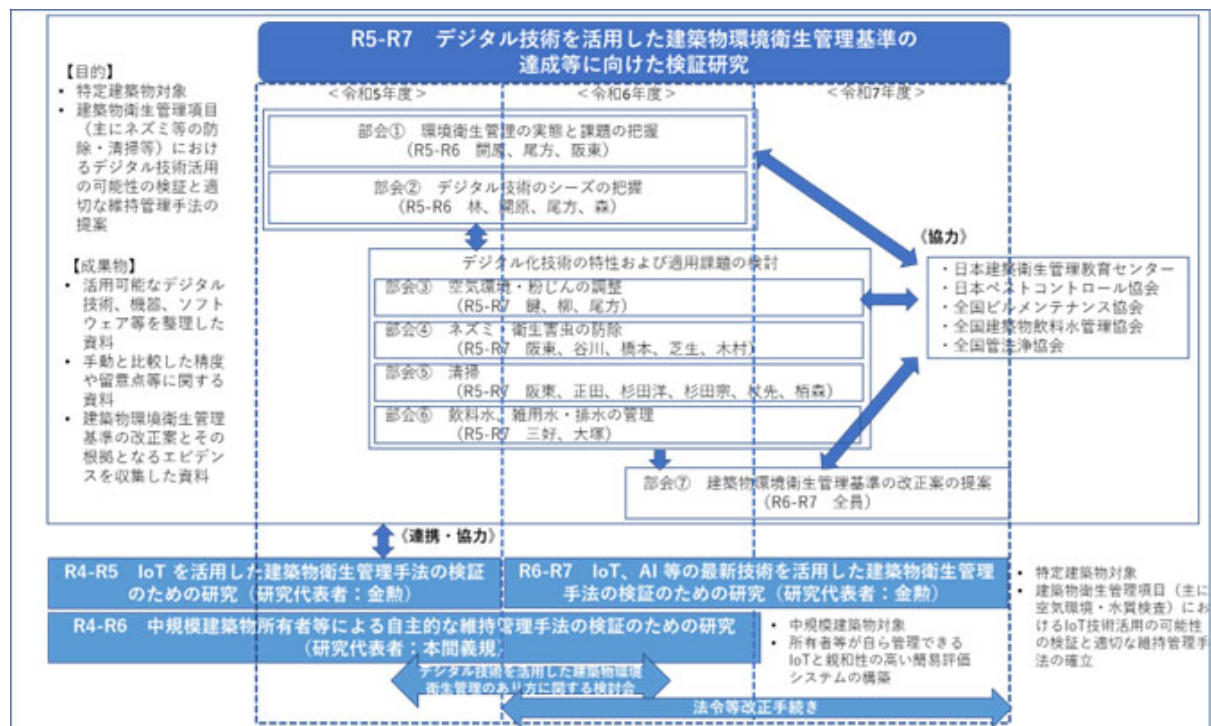


図1 研究の流れ図

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

エアロゾル感染対策のデジタル技術については、病原体を含むエアロゾルが不可視であるため、感染リスクを認知するためのデジタル技術の必要性が非常に高い。現時点では、ウイルスを直接検知することは難しく、今後の技術開発が望まれる。COVID-19 パンデミックに際しては、人由来のCO₂の濃度を検知することで、換気の状態を把握する方法が推奨された。しかし、CO₂濃度計の精度に関しては一定の信頼性が確認されると同時に、機種による差や換気の過剰抑制などの可能性が指摘された。そこで、CO₂濃度の測定器の誤差に関する調査とその影響に関するシミュレーションを行い、CO₂濃度の測定器の要件の整理を行った。自動校正方法をモデル化した上で、CO₂濃度の推移を仮定した場合の誤差についてシミュレーションした結果、濃度が低下しない環境では、定期校正の間隔、校正の段階によって、異なる誤差に収束した。自動校正による換気抑制に関する事務所を対象にしたシミュレーションでは、自動校正によってCO₂濃度が過小評価されると、換気量が抑制され、実際の室内CO₂濃度が上昇する結果が示された。また、この現象が繰り返された場合、4日後の誤差は約400ppmとなり、換気量は約半分に抑制される結果となった。さらに、CO₂濃度センサーについては、自動校正による濃度の過小評価に加え、温度条件等によって比較的大きな誤差が発生する可能性が認められた。一方、自動校正を行わない場合には、時間経過に伴い誤差が変化する可能性も認められた。

建築物衛生の監視指導に従事する環境衛生監視員等の実務担当者による課題整理等の結果、人員不足、監視対象施設数の増加、紙媒体による記録管理等に伴う業務負担の増大が確認された。また、

報告徴収は増加傾向にある一方、立入検査件数は減少傾向にあり、限られた人的資源の中で監視指導を実施している実態が確認された。デジタル技術活用としては、CO₂濃度、温湿度、残留塩素等の測定データを連続的に取得し、異常値把握や監視優先度付け等へ活用できる可能性が示された。一方で、IoTによる測定データは法定測定を代替するものではなく、測定精度、データ信頼性、制度との整合性等への対応が必要であることが示された。

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

本研究では、ローコストセンサー（LCS）による室内環境測定、CO₂センサーの性能と健康影響、オフィスにおけるバイオエアロゾルの実態について調査した。

まず、PM_{2.5}測定に用いられるLCSに関する文献レビューでは、光散乱式センサーは低価格で連続測定が可能である一方、湿度や温度、粒子特性、経年劣化の影響を受けやすく、精度向上には基準機器との比較校正や補正アルゴリズムが不可欠であることが示された。また、AIや機械学習を活用したデータ補正や曝露評価手法の有効性も報告されていた。

実測調査では、PM_{2.5}濃度はいずれも環境基準値（15 µg/m³）を下回ったが、測定機器間で値に差がみられた。粒径別分析では、個数濃度の大部分が0.1 µm以下の超微粒子であり、質量濃度分布は大気中粒子と類似していた。光散乱式PM_{2.5}計は0.3 µm未満の粒子を十分検出できないため、超微粒子が多い環境では過小評価の可能性が示された。今後は室内粒子特性の把握と校正係数の標準化が重要である。

CO₂センサーについては、電気化学式、光音響式、熱伝導式、NDIR式の特徴を整理した。現在

は高精度で他ガスの影響を受けにくい NDIR 方式が最も普及していた。さらに、室内 CO₂濃度と健康影響に関する文献を整理した結果、認知機能への影響については研究結果が一致していない一方、1,000 ppm を超える環境では睡眠効率の低下や眠気の増加が報告されていた。また、シックビル症候群様症状は CO₂そのものよりも、換気不足による VOC や生体発散物質の蓄積が主因と考えられた。一般的な室内濃度域では明確な生理影響や長期健康影響の科学的根拠は限定的であった。

オフィスビルにおけるバイオエアロゾル調査では、蛍光粒子（FAP）濃度は多くの建物で冬期が夏期より高く、室内濃度が屋外を上回る場合もみられた。FAP の総粒子に占める割合は粒径が大きいほど増加し、特に 1 μm 以上で室内の割合が高かった。浮遊細菌・真菌濃度はともに夏期に高く、細菌はすべて基準値以下であったが、真菌は夏期に基準値を超える例が多かった。また、FAP 濃度と浮遊細菌濃度には有意な相関が認められ、FAP 測定が室内微生物汚染のリアルタイム評価手法として有効である可能性が示された。

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

本研究では、ねずみ・衛生害虫防除分野におけるデジタル技術の動向把握、自動計数機能付き捕虫器の性能検証、ならびに点検作業の視線分析を実施した。

まず、国際学会 ICUP2025 では、参加者約 230 名による 52 題の口頭発表と 28 題のポスター発表が行われたが、デジタル技術に関する報告は、オンラインねずみ監視、AI によるねずみ画像識別、AI を活用した昆虫計数の 3 題のみであり、海外においても技術開発は進行中の段階であることが確認された。さらに、日本ペストロロジー学会若手談話会で実施したワークショップ（参加者 22 名）では、報告書作成の効率化、害虫同定の自動化、臭気センサーや AI 搭載ドローンの活用、トラップ配

置支援ツール、害虫相談 AI アプリへの期待などが挙げられた。一方で、AI 判定精度や顧客要求との整合性が課題として認識されていた。

次に、自動計数機能付き捕虫器の検証では、イエバエおよびクサビノミバエを対象に実験を行った。その結果、部屋の広さや明暗条件は捕獲数に有意な影響を与えなかった。一方、計数精度はイエバエで特に高く、クサビノミバエでも誤差は 20%未満であり、概ね 80%以上の個体を検出できた。また、捕獲時間には明暗条件の影響がみられたものの、部屋が狭いほど捕獲時間が短くなる傾向は確認されなかった。以上より、本装置は異なる環境条件下でも安定した捕獲・計数性能を有することが示された。

さらに、厨房における目視点検作業の視線分析を実施した。グループインタビューから、什器の脚部や床面、水回り、熱源周辺、壁の亀裂、冷蔵庫のパッキンや蝶番などが重点的な点検箇所として整理された。また、点検者はトラップの確認や什器構造の把握、ゴミや不要物の有無にも着目していた。熟練作業員は什器の裏側や隙間など見えにくい箇所まで広範囲に点検しており、アイトラッカー分析では、ペンライトで照射する前に次の点検箇所へ視線が移動していた。このことから、熟練者は先読みしながら効率的に点検を進めていることが可視化され、点検技術のデジタル化・標準化に向けた有用な知見が得られた。

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

本研究では、清掃分野における既存研究の整理、デジタル技術の導入実態調査、デジタル技術の効果検証、および ATP 測定による清掃品質評価の基礎的検討を行った。

まず、昨年度に収集した論文をデータベース化し、検索可能な専用ウェブサイトを構築した。

次に、清掃分野におけるデジタル技術の動向を把握するため、2025 年のビルメンテナンス関連展

示会を調査した。出展 162 社のうち、清掃資機材企業 46 社、ロボット・センサー企業 43 社が大きな割合を占めた。清掃ロボットは小型から大型まで計 46 台が出展され、特に床清掃ロボットの普及が進んでいた。また、勤怠管理や報告書作成などの業務効率化システムも多数紹介され、人手不足への対応としてデジタル化が進展していることが確認された。

さらに、東京ビルメンテナンス協会加盟企業 34 社を対象としたアンケート調査では、80%の企業が清掃ロボットを導入していた。導入先は事務所ビルが最も多く、清掃品質向上や作業負担軽減、コスト削減などの効果が報告された。一方で、業務効率化システムでは勤怠管理の導入率が高いものの、25%の企業では未導入であり、デジタル化の余地が残されていることが明らかとなった。

デジタル技術の効果検証では、清掃点検報告書システムの導入により、13 施設中 10 施設で作業時間が短縮され、平均 32 分（約 20%）の効率化が確認された。写真管理や音声記録機能により、報告書作成の負担軽減や情報共有の向上も認められた。また、トイレ利用状況や消耗品補充量、ごみ箱の充填率をセンサーで計測した結果、利用実態に応じた清掃頻度や消耗品管理の最適化に活用できる可能性が示された。

ATP 測定に関する基礎研究では、建材表面の凹凸や測定機器の違いによって測定値が大きく変化することが確認された。実建築物での測定では、トイレ内設備や清掃用具の一部で高い ATP 値が検出され、清掃対象箇所や作業方法の見直しの必要性が示唆された。また、清掃後は平均 56%の汚れが除去されていたが、測定機器間では数値に大きな差が認められた。現時点では建築物清掃に適用可能な ATP 基準値は十分に確立されておらず、利用頻度や部位の特性を考慮した基準設定が今後の課題である。

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

本研究では、まず建築物衛生法や既往研究、業者ヒアリングをもとに、各工程で用いられている技術を整理した。

排水管の劣化診断には、設備を停止せずに実施できる非破壊検査と、配管の一部を取り出して調査する破壊検査がある。非破壊検査には、放射線透過試験（X 線）、超音波肉厚測定、内視鏡検査、外面腐食調査などが用いられる。特に X 線を利用した放射線透過試験のうち、イメージングプレート（IP）法は、従来のフィルム法と比較して作業効率や診断精度に優れ、配管の残存肉厚を高精度に測定できることが報告されている。これにより余寿命評価や保全計画の合理化、過剰な設備投資の抑制が可能となる。しかし、撮影作業自体は依然として人手に依存しており、自動化には課題が残されている。

清掃技術には、高圧洗浄法、ワイヤ式清掃法、ロッド法、空圧式洗浄法などの機械的洗浄法と、薬剤を用いる化学的洗浄法がある。さらに、管内圧力や空気圧の変動から閉塞を検知し、自動的に洗浄水を排出する技術も提案されている。

文献調査の結果、診断や清掃に関する個別技術は進展している一方で、「診断→清掃→完了」までの一連の工程をデジタル化し、データを統合的に管理する実用システムは未だ実現されていないことが明らかとなった。

そこで本研究では、レーダー式レベルセンサーを活用した排水管閉塞自動検知・洗浄システムを提案した。このシステムは、排水ます内の水位上昇を検知すると高圧洗浄装置へ信号を送り、自動的に洗浄を行うものである。実験では、全長約 17m の排水横管に擬似閉塞物を設置し、レーダー式レベルセンサーによる水位変動の測定を行った。その結果、閉塞の進行に伴って各排水ますで継続的な水位上昇が確認され、管内が満水状態となった後に閉塞物を除去すると水位が低下した。これらの結果から、レーダー式レベルセンサ

ーにより排水管内閉塞に伴う水位上昇を検知できる可能性が示され、自動検知・自動洗浄システム実現に向けた基礎的知見が得られた。

D. 考察

建築物衛生管理にデジタル技術を活用するためには、個別のデジタル技術の有効性だけでなく、建築環境衛生管理のデジタル化をどのように実装し、制度や専門技術と統合するかが重要となる。本研究全体を通して、以下のように論点を整理した。

(1) デジタル技術の有効性と限界

本研究では、CO₂センサー、PM_{2.5}センサー、害虫自動計数装置、排水管レベルセンサーなど、多くの技術が建築物衛生管理における「見えない状態」を可視化する手段として有効であることが示された。

一方で、CO₂センサーの自動校正誤差や低コストセンサーの測定精度、ATP測定値の機器差など、デジタル機器の測定結果自体に不確実性が存在することも明らかとなった。

したがって、デジタル化は「人の判断を不要にする技術」ではなく、「衛生リスクを早期に把握する支援技術」として位置づける必要がある。

(2) 測定精度・標準化の必要性

各分野に共通して、測定値の信頼性が大きな課題として抽出された。具体的には、IoT計測データと法定測定値の差異、CO₂センサーの校正方法による誤差、PM_{2.5}センサーの粒径特性による過小評価、ATP測定器間の数値差などである。このことは、デジタル技術の普及には機器性能だけでなく、校正方法の標準化やデータ補正アルゴリズム、評価基準値の整備などが不可欠であることを示している。特に建築物衛生法に基づく管理への適用を考えると、「何をどの程度の精度で測ればよいか」という制度的基準の整備が今後の重要課題と

なる。

(3) 人手不足への対応としてのデジタル化

監視指導、清掃、害虫防除の各分野では共通して人手不足が指摘された。環境衛生監視員の不足、清掃従事者の不足、害虫防除技術者の高齢化といった課題に対し、IoTによる常時監視、自動計数システム、清掃ロボット、デジタル報告書システムが業務効率化や省力化に寄与する可能性が示された。特に清掃報告書システムでは約20%の時間削減効果が確認されており、デジタル化の効果は点検・検査等の現場作業そのものよりも、記録・報告・管理業務で大きい可能性がある。

(4) 専門技能の継承とデジタル化

害虫防除分野の視線分析では、熟練者が先読みしながら効率的に点検していることが可視化された。これは、建築物衛生管理の質が単なるマニュアル作業ではなく、経験知や状況判断能力によって支えられていることを示している。

今後は、アイトラッカーやAI画像認識、点検支援システムなどを活用して熟練技能を形式知化し、教育や技能継承に活用することが重要な課題となる。

(5) リアルタイム管理から予防保全への転換

従来の建築物衛生管理は、「異常発見 → 対応」という事後対応型が中心であった。しかし本研究では、CO₂濃度の連続監視、FAPによる微生物汚染把握、トイレ利用状況モニタリング、排水管閉塞検知システムなどにより、「異常予兆の把握 → 予防的対応」が可能になることが示された。これは建築物衛生管理を、定期点検中心からデータを駆使することによる予防保全へ転換する可能性を示している。

(6) 個別技術から統合的衛生管理システムへの発展

本研究では各分野で有望なデジタル技術が確認されたが、多くは個別工程や単独機能に留まっていた。特に排水設備分野では、「診断→清掃→完了確認」を一体的に管理するシステムが存在しないことが指摘された。同様の課題は、空気環境管理、清掃管理、ねずみ・害虫防除にも共通している。

今後は、センサーや AI 解析、点検記録、維持管理履歴を統合したデジタルプラットフォームの構築が求められる。

(7) 建築物衛生法との整合性と制度設計

本研究で得られた知見は、現行の建築物衛生法が前提とする「定期測定・定期点検型管理」と、デジタル技術による「連続監視型管理」との間にギャップが存在することを示している。IoT データや AI 判定結果を、法定測定の補完として位置づけるのか、それとも将来的に代替可能とするのかについては制度的検討が必要である。また、デジタル技術の進展に合わせて、建築物衛生管理の評価方法や監視指導のあり方そのものを見直す必要性が示唆される。

E. 結論

本研究から、建築環境衛生分野におけるデジタル技術は、衛生リスクの可視化、業務効率化、予防保全、技能継承に大きな可能性を有することが明らかとなった。一方で、測定精度や標準化、制度との整合性、専門家の判断との役割分担といった課題も共通して認められた。したがって、現段階では、デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の策定は時期尚早であると判断する。

しかし、さらなるデジタル技術の進展に伴い将来的にはこれらを建築物環境衛生管理に活用することは時代の流れとして否定できない。今後は、個別技術の導入段階から、各種データを統合したデータ駆動型の建築物衛生管理システムへ発展させるとともに、それを支える評価基準や法制度の整備を進めることが必要となるであろう。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 阪東美智子. 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. Pest Control Tokyo. 2025.7;Vol.90:15-18.
- 2) 谷川力. PCO における IoT 技術の活用—ねずみ等の遠隔監視の実例と普及の課題—. 第 53 回建築物環境衛生管理全国大会（公益社団法人日本建築衛生管理教育センター）. 2026.01:42-45.

2. 学会発表

- 1) 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、224-226. 2025.
- 2) 土屋将大、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と生菌数の関連性. 2025 年室内環境学会学術大会講演要旨集. 300-301. 2025.
- 3) 杖先壽里、正田浩三、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（その 2）、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P56-57、2026 年 1 月
- 4) 渡辺貴之、杖先壽里、正田浩三：清掃管理業務に関する調査論文の収集・データベース化、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P58-59、2026 年 1 月
- 5) 清掃現場における人手不足に関する調査（作業効率化・機器等の導入）：公益社団法人 東京ビルメンテナンス協会 建築物衛生管理委員会 調査研究小委員会、2026 年 3 月
- 6) Goro Kimura, Behavioral Response of Musca Domestica to Visual Targets,

Proceedings of the Eleventh International Conference on Urban Pests 2025, 219-224.

- 7) 阪東美智子. ペストコントロールにおける IT 技術活用の可能性：アイトラッカーによる目視点検の分析. 第 84 回日本公衆衛生学会総会；2025.10.29-31；静岡. 同抄録集. p.660.
- 8) 田中和之, 木村悟朗, 芝生圭吾, 谷川力, 阪東美智子. センサーカメラの設置によるクマネズミの行動変化 . 第 76 回日本衛生動物学会東日本支部大会；2025.11.1；千葉. 同要旨集. p.29.
- 9) 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 佐々木健, 市川博一, 大山克幸, 野本祥一, 西田雄剛, 大川拓也, 茂手木眞司, 下ノ藺慧, 阪東美智子. 実際の現場でのアイトラッカーを利用した調査—続 熟練作業員と未経験者の調査視点の相違について— . 第 41 回日本ペストロロジー学

会大会；2025.11.6-7；新潟. 同抄録集(41). p.40.

- 10) 木村悟朗, 谷川力, 阪東美智子. 空間サイズおよび室内照明がハエ・コバエ類の捕獲効率に及ぼす影響. 第 78 回日本衛生動物学会大会；2026.4.18-19；栃木. 衛生動物大会特集号(77). p.77.

H. 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

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究

建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

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

研究要旨

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

建築物衛生法に基づく環境衛生監視指導については、対象施設数の増加、監視対象の複雑化、人員制約等により、効率的かつ実効性のある監視体制の構築が課題となっている。本研究では、自治体における建築物環境衛生監視指導上の課題を整理するとともに、IoT 等のデジタル技術を活用した監視指導支援の可能性について検討を行った。建築物衛生の監視指導に従事する環境衛生監視員等の実務担当者による課題整理、自治体からの事前課題回答、監視指導実態に関する資料等を用いて課題整理を行い、あわせて IoT センサー、クラウド管理、電子台帳等の活用事例を収集した。その結果、人員不足、監視対象施設数の増加、紙媒体による記録管理等に伴う業務負担の増大が確認された。また、報告徴収は増加傾向にある一方、立入検査件数は減少傾向にあり、限られた人的資源の中で監視指導を実施している実態が確認された。デジタル技術活用としては、CO₂濃度、温湿度、残留塩素等の測定データを連続的に取得し、異常値把握や監視優先度付け等へ活用できる可能性が示された。一方で、IoT による測定データは法定測定を代替するものではなく、測定精度、データ信頼性、制度との整合性等への対応が必要であることが示された。なお、本研究は体系的な自治体調査ではなく、実務担当者による課題共有等を整理したものであるが、複数自治体から共通した課題が挙げられており、現場実務における課題認識の一端を示すものと考えられた。このように、電子化に資する基盤整備、測定データの信頼性確保、制度との整合性等を踏まえながら、効率的かつ実効性のある監視体制の構築に資する基礎的知見が得られた。

A. 研究目的

A1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

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

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

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

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

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

B. 研究方法

B1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

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

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いる。パンデミックを契機に普及した CO₂ 濃度による換気状態の検知と空調換気設備制御に関する課題として注目されている測定器の精度と

誤差によって生じる課題について検証し、今後の CO₂ 濃度の測定器に求められる要件について検討した。

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

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

C. 研究結果

C1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

C1.1. エアロゾル感染対策のデジタル技術

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

IoT、AI などのデジタル技術の活用は様々な分野で行われている。建築物においても、空調・照明・人流データを一元管理するスマートビルの普及、点検データから報告書の自動作成やテナントの要望に対する自動対応などへの生成 AI の活用も期待されている。また、各種センサー・カメラ

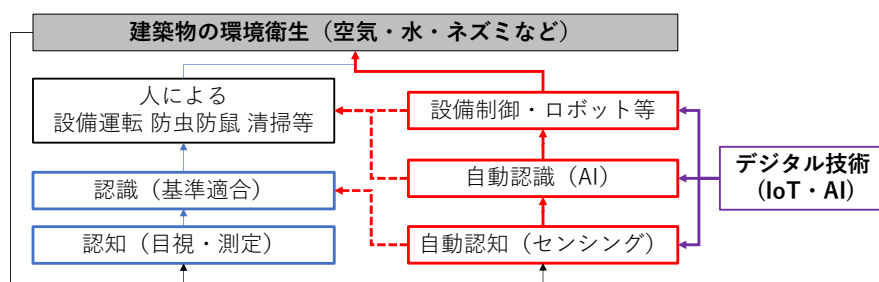


図1 建築物環境衛生におけるデジタル技術の可能性

等を用いた室内空気環境、汚れ、ねずみ等の検知など、建築衛生管理を効率的に実施する技術の可能性が示されている。図1に示すように、デジタル技術は、建築物の環境衛生に関する認知、基準適合判断などの認識、空調換気設備の運転、防虫防鼠、清掃など、建築物環境衛生管理の様々な段階で人よりもより高い精度や効率で実施できる可能性を持っている。

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

具体的には、以下のような観点が必要である。全国の建築物には、新旧、地域による差がある。建築物と設備に使われている技術は多様であるため、一律のIoT導入は健康リスクの背景になる。IoTは急速に進化するため、現場から先進技術までの相互理解がないと実質的な効果が得られない。国際的には、デジタル技術（認知、認識）による建築物の環境評価も進んでいる。PCOに先進的なデジタル技術が使われつつある。普及にはコスト、情報管理、人による対処への連携など、

課題がある。空気環境の連続測定センサーの実用性が検証され、3項目（温度、湿度、CO₂）、空調設備の汚れの検知の可能性が検討されているが、センサーの精度管理が重要な課題として指摘されている。

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

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

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

C.1.2. CO₂濃度の測定・制御の要件

CO₂濃度の測定器の要件の中に、自動校正の必要性が指摘されている。本研究では、CO₂濃度の測定器の誤差に関する調査とその影響に関するシ

ミュレーションを行った。以上に基づいて、CO₂濃度の測定器の要件の整理を行った。

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

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

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

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

図 2-2 は、同様に定期校正間隔が 7 日(7day)、

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

図 2-3 は、定期校正間隔が 1 日(1day)、校正が 3 段階(3step)の場合を示す。Study3-1 では、14 日後に 400ppm に収束して誤差が約 1100ppm になる。日較差がある場合は、700ppm に収束して誤差が約 800ppm になる。

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

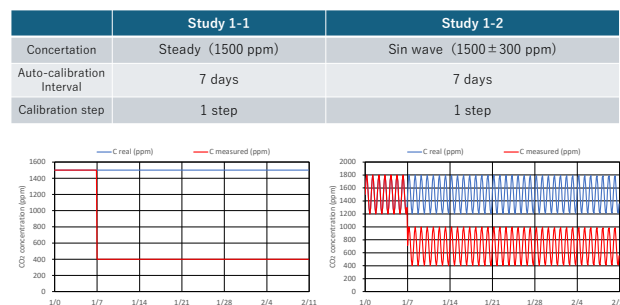


図 2-1 CO₂濃度誤差の試算結果 1

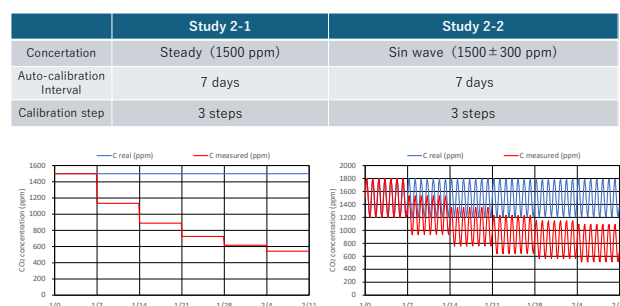


図 2-2 CO₂濃度誤差の試算結果 2

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

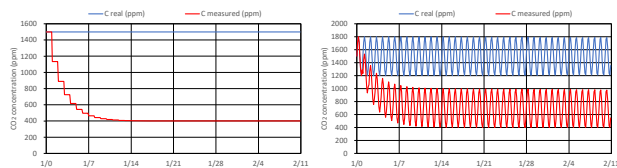


図 2-3 CO₂ 濃度誤差の試算結果 3

図 3 は、自動校正による換気抑制に関する事務所を対象にしたシミュレーションである。シミュレーション条件を以下に示す。

- ① 就業終了時に換気停止
- ② 1 日間隔 1 段階で自動校正

この条件は、COVID-19 のクラスターが発生したコールセンターの事例 1),2)を再現したものである。図 4 に示すように、この事例では省エネルギーを目的に還気の CO₂ 濃度が 800ppm になるように外気供給量を制御している。夜間の濃度低下が少ない状況で、CO₂ の自動校正が毎日 21 時に行われた。これによって、濃度を過小評価して換気量が抑制された結果、1000ppm を超える状況になった。また、濃度の過小評価の要因には、利用されていない室の空気が還気に混合したことで、濃度測定点の濃度が低くなったことも指摘された。

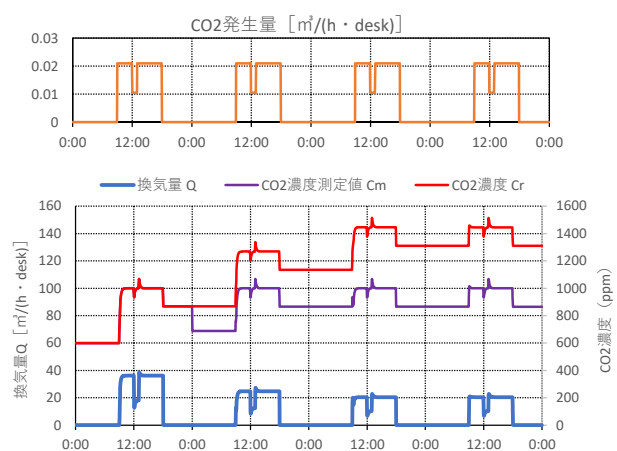


図 3 自動校正が換気量制御に与える影響

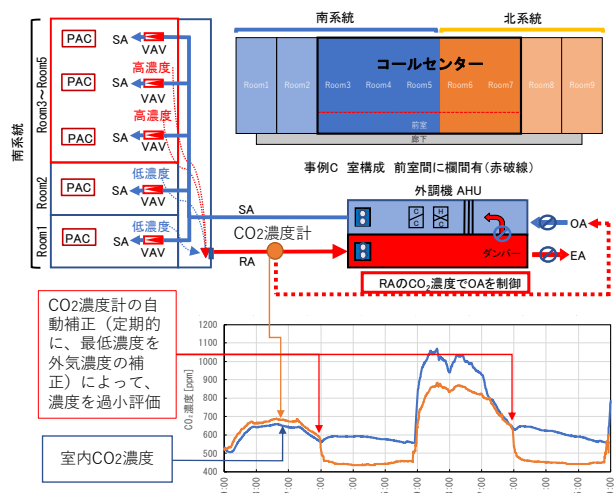


図 4 CO₂ 濃度による換気制御と自動校正の事例

自動校正による換気抑制に関する事務所を対象にしたシミュレーション(図 3)では、自動校正によって CO₂ 濃度が過小評価されると、換気量が抑制され、実際の室内 CO₂ 濃度が上昇する結果が示された。また、この現象が繰り返された場合、4 日後の誤差は約 400ppm となり、換気量は約半分に抑制される結果となった。さらに、CO₂ 濃度センサーについては、自動校正による濃度の過小評価に加え、温度条件等によって比較的大きな誤差が発生する可能性が認められた。一方、自動校正を行わない場合には、時間経過に伴い誤差が変化する可能性も認められた。

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

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

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

デジタル技術活用としては、CO₂濃度、温湿度、残留塩素等の測定データを IoT センサーにより連続的に取得し、クラウド上で管理することによ

り、異常値把握、監視優先度付け、平常時の状況把握等へ活用できる可能性が示された。

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

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

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

D. 考察

D1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

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

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

以上のような対応に加えて、以下の要件が検討される必要があると考えられる。

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

以上より、建築物環境衛生管理におけるデジタル技術の活用に当たっては、単なる測定機器の導入ではなく、測定精度の維持管理および運用条件

を含めた総合的な環境衛生管理として整理する必要があると考えられた。

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

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

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

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

E. 結論

建築物におけるエアロゾル感染対策の基礎となる環境衛生を長期的に保持するためには、センサー等の IoT 機器の精度維持をはじめシステムの定期的点検と維持更新が必要である。空気環境については、また、IoT 機器のコストや人による点検・管理のあり方など、管理の在り方を総合的に計画

する必要がある。CO₂ 濃度による換気状態の検知と空調換気設備制御に関する課題として注目されている測定器の精度と誤差によって生じる課題について検証し、建築物衛生法、WHO 等の基準を踏まえて、濃度の精度に関する要求レベルを明らかにすること、空間用途と濃度下限値、濃度下限値の発生頻度、空間温度の範囲を想定した精度維持方法の確立を行うこと、精度維持に関する基準及び表示項目（精度の持続性、温度等の影響、自動校正）を策定することが必要であることを明らかにした。

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

<参考文献>

- 1) 山本直輝, 菊田弘輝, 林基哉: コールセンターの COVID-19 エアロゾル感染に関する分析, 日本建築学会大会梗概集 2024-07, pp. 1423-1424
- 2) 山本直輝, 菊田弘輝, 長谷川麻子, 林基哉: 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会大会梗概集 2022-07, pp. 1547-1548

E. 研究発表

1. 論文発表

1. 浅岡凌, 海塩渉, 鍵直樹, 林基哉, 澤地孝男, 上野貴広; 新型コロナウイルス感染症蔓延時

のオフィスにおける室内環境質の実態 (その 2): 2020 年と 2021 年における室内環境と環境満足度の関連, 日本建築学会環境系論文集, Vol.817, pp.135-140, 2025.3.

2. 山田裕巳, 杉山幸輝, 菊田弘輝, 長谷川麻子, 鍵直樹, 本間義規, 林基哉: 保育施設におけるエアロゾル感染対策のための機械換気設備の改修 (その 1) トレーサーガスをを用いた換気改修効果の検証, 830 号, 185-194, 2025-04
3. Akihiro Katsuki, Koki Kikuta, Yu Tanaka, Masato Iguchi, and Motoya Hayashi: Relative Evaluation Approach for Cross-Room Exposure in a Detached House Using a Measurement-Informed Multizone Model; Buildings 2026, 16(3), 583, 2026.1.30.
4. Yu Tanaka, Koki Kikuta, Takema Nakazawa, Yuta Sasai, Yuki Ogawa, Yoshiaki Gu, Fujiko Mitsumoto-Kaseida, Katsunori Yanagihara, Kazuhiro Tateda, Motoya Hayashi; Ventilation characteristics and infection risk in Japanese hospital wards: An assessment based on field measurements and CFD, Indoor Environment, 2026.2.26.
5. Yu Tanaka, Koki Kikuta, Takema Nakazawa, Yuta Sasai, Yuki Ogawa, Yoshiaki Gu, Fujiko Mitsumoto-Kaseida, Katsunori Yanagihara, Kazuhiro Tateda, Motoya Hayashi; Influence of Poor Ventilation and Door Operation on the Spread of Infectious Respiratory Particles and Infection Risk in a Hospital Ward, JAR, 2026.4.1.

2. 学会発表

- 1) 開原典子, 柳 宇, 林 基哉, 戸次加奈江: 中規模映画館の観覧場における温度・相対湿度・二酸化炭素濃度の実態調査. 2025 年室内環境学会学術大会講演要旨集. 198-199. 2025.
- 2) 柳宇, 開原典子, 林基哉, 戸次加奈江, 黒須一見: 検疫ホテルにおける客室から廊下へのバ

- イオエアロゾル伝播特性の実証と緩和策の検討. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2026.
- 3) 山田裕巳, 林基哉, 菊田弘輝, 杉山幸輝, 長谷川麻: 換気設備のエアロゾル低減効果に関する研究 粒子濃度のステップ応答を用いた曝露濃度換算法、日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.
- 4) 石附健太郎, 近藤寿紀, 菊田弘輝, 林基哉: 新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第1報 調査概要と感染予防策の実態、日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.
- 5) 近藤寿紀, 石附健太郎, 菊田弘輝, 林基哉: 新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第2報 感染予防策及び家庭内感染リスクの分析、日本建築学会大会学術講演梗概集. 2025.
- 6) 佐藤花菜子, 高橋篤志, 古橋拓也, 勝木皓大, 菊田弘輝, 林基哉: 第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第1報) CO₂による実測および換気回路網モデルによる検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 7) 勝木皓大, 菊田弘輝, 佐藤花菜子, 高橋篤志, 古橋拓也, 林基哉: 第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第2報) エアロゾル相当換気回数数の推定、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 8) 杉山幸輝, 山田裕巳, 菊田弘輝, 林基哉, 長谷川麻子: 保育施設におけるエアロゾル感染リスク低減のための換気設備改修効果の検証、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 9) 菊田弘輝, 田中雄, 中澤武馬, 笹井雄太, 小川夕季, 林基哉: 医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第1報) 3 病院における空気環境の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 10) 田中雄, 菊田弘輝, 中澤武馬, 笹井雄太, 小川夕季, 林基哉: 医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第2報) 病棟部における換気特性の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 11) 笹井雄太, 小川夕季, 菊田弘輝, 林基哉, 中澤武馬, 田中雄, 田中秀和: 医療施設における空気環境の維持・管理に関する研究 (第3報) 換気条件および病室扉の開閉による感染リスク評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集. 2025.
- 12) 長倉竜也, 倉本朗, 金野知哉, 木田秀幸, 太田秀一, 渡邊洋平, 掛水和彦, 目黒順一, 開原典子, 本間義規, 菊田弘輝, 林基哉: 全室個室で発生したCOVID-19集団感染病棟における空調換気性能とエアロゾル拡散に関する検討、第46回札幌市病院学会. 2026.2.7
- 13) 林基哉: “空気を介した感染”と病院設備の備え—ポストCOVID-19時代の設計・運用を考える—ポストCOVID-19の医療施設に求められる空調換気性能、第54回日本医療福祉設備学会. 2025年11月29日
- 14) 林基哉, 石黒信久, 開原典子, 島崎大, 戸次加奈江, 柳宇, 黒須一見: 旅館業法及び興行場法の施設の感染拡大防止対策に関する調査研究 その2 COVID-19を踏まえた宿泊施設の換気対策、第84回日本公衆衛生学会総会. 2025.10
- 15) Ryo Asaoka¹, Wataru Umishio, Naoki Kagi, Motoya Hayashi, Takao Sawachi⁴, and Takahiro Ueno: Relationship of perceived indoor environmental control and worker satisfaction. Findings from field measurements in 22 offices in Japan,

Sustainable Built Environment Conference
2025 in Tokyo. 2025.12.

- 16) 林基哉：医療施設における感染リスクと空調換気 医療施設におけるエアロゾル感染と空調換気対策、第 40 回日本環境感染学会総会・学術集会. 2025.7.12
- 17) 林基哉：2025 年日本臨床環境医学会学術集会シンポジウム 高齢者施設感染症対策の現状と課題 呼吸器感染症に備える空調換気対策、日本臨床環境医学会学術集会. 2025.6.21
- 18) 林基哉：シンポジウム ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建築物衛生法の遵守 ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建築物衛生法の遵守、第 95 回 日本衛生学会学術総会. 2025.3.21

3. 書籍等

- 1) 開原典子、柳 宇、林 基哉、戸次加奈江：中規模映画館の観覧場における温度・相対湿度・二酸化炭素濃度の実態調査。2025 年室内環境学会学術大会講演要旨集。198-199. 2025.
- 2) 柳宇、開原典子、林基哉、戸次加奈江、黒須一見：検疫ホテルにおける客室から廊下へのバイオエアロゾル伝播特性の実証と緩和策の検討。日本建築学会大会学術講演梗概集。2026.
- 3) 山田裕巳、林基哉、菊田弘輝、杉山幸輝、長谷川麻：換気設備のエアロゾル低減効果に関する研究 粒子濃度のステップ応答を用いた曝露濃度換算法、日本建築学会大会学術講演梗概集。2025.
- 4) 石附健太郎、近藤寿紀、菊田弘輝、林基哉：新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第 1 報 調査概要と感染予防策の実態、日本建築学会大会学術講演梗概集。2025.
- 5) 近藤寿紀、石附健太郎、菊田弘輝、林基哉：新型コロナウイルス感染症における自宅療養時の家庭内感染に関する研究 第 2 報 感染予防策及び家庭内感染リスクの分析、日本建築学会大会学術講演梗概集。2025.
- 6) 佐藤花菜子、高橋篤志、古橋拓也、勝木皓大、菊田弘輝、林基哉：第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第 1 報) CO₂ による実測および換気回路網モデルによる検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 7) 勝木皓大、菊田弘輝、佐藤花菜子、高橋篤志、古橋拓也、林基哉：第一種換気システムを用いた戸建て住宅における汚染物質挙動に関する研究 (第 2 報) エアロゾル相当換気回数 の推定、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 8) 杉山幸輝、山田裕巳、菊田弘輝、林基哉、長谷川麻子：保育施設におけるエアロゾル感染リスク低減のための換気設備改修効果 の検証、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 9) 菊田弘輝、田中雄、中澤武馬、笹井雄太、小川夕季、林基哉：医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第 1 報) 3 病院における空気環境の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 10) 田中雄、菊田弘輝、中澤武馬、笹井雄太、小川夕季、林基哉：医療施設における感染対策のための空調換気に関する研究 (第 2 報) 病棟部における換気特性の実態調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 11) 笹井雄太、小川夕季、菊田弘輝、林基哉、中澤武馬、田中雄、田中秀和：医療施設における空気環境の維持・管理に関する研究 (第 3 報) 換気条件および病室扉の開閉による感染リスク評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集。2025.
- 12) 長倉竜也、倉本朗、金野知哉、木田秀幸、太田秀一、渡邊洋平、掛水和彦、目黒順一、開原典

子, 本間義規, 菊田弘輝, 林基哉: 全室個室で発生した COVID-19 集団感染病棟における空調換気性能とエアロゾル拡散に関する検討、第 46 回札幌市病院学会. 2026.2.7

- 13) 林基哉: “空気を介した感染”と病院設備の備え—ポスト COVID-19 時代の設計・運用を考える—ポスト COVID-19 の医療施設に求められる空調換気性能、第 54 回 日本医療福祉設備学会. 2025 年 11 月 29 日
- 14) 林基哉, 石黒信久, 開原典子, 島崎大, 戸次加奈江, 柳宇, 黒須一見: 旅館業法及び興行場法の施設の感染拡大防止対策に関する調査研究 その 2 COVID-19 を踏まえた宿泊施設の換気対策、第 84 回日本公衆衛生学会総会. 2025.10
- 15) Ryo Asaoka¹, Wataru Umishio, Naoki Kagi, Motoya Hayashi, Takao Sawachi⁴, and Takahiro Ueno: Relationship of perceived indoor environmental control and worker satisfaction. Findings from field measurements in 22 offices in Japan, Sustainable Built Environment Conference 2025 in Tokyo. 2025.12.
- 16) 林基哉: 医療施設における感染リスクと空調換気 医療施設におけるエアロゾル感染と空調換気対策、第 40 回日本環境感染学会総会・学術集会. 2025.7.12
- 17) 林基哉: 2025 年日本臨床環境医学会学術集会 シンポジウム 高齢者施設感染症対策の現状と課題 呼吸器感染症に備える空調換気対策、日本臨床環境医学会学術集会. 2025.6.21
- 18) 林基哉: シンポジウム ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建築物衛生法の遵守 ポスト COVID-19 の医療福祉施設における建築物衛生法の遵守、第 95 回 日本衛生学会学術総会. 2025.3.21

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

令和 7 年度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

分担研究者 鍵 直樹 東京科学大学 教授
分担研究者 柳 宇 工学院大学 教授
分担研究者 尾方壮行 東京都立大学 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、空気環境の定期的測定により基準値との比較を行うことだけでなく、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、政省令等でそ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、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、空気環境の定期的測定により基準値との比較を行うことだけでなく、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、政省令等でそ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

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普及しているため、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、我が国の大気環境基準値が、1年平均値が 15 µg/m³以下、かつ、1日平均値が 35 µg/m³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 µg/m³、日平均を 15 µg/m³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並行測定を行い、それぞれの測定機器の特性について検討した。

A2. CO₂センサーおよび CO₂暴露がヒトに与える影響に関する調査

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、CO₂センサーの測定メカニズムを整理したうえで、初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。また、基準値を検討するための基礎資料として室内における CO₂ガスがヒトに与える影響に関して文献調査を行った。

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	6 ppm 以下
二酸化炭素の含有率	1,000 ppm 以下
温度	18℃以上 28℃以下
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)

表 2 CO₂センサの測定方式と特徴

項目	NDIR方式	光音響方式	熱伝導方式	化学電池式	半導体式
主な測定範囲	0～10,000 ppm	0～10,000 ppm	0～100 vol%	35～5,000 ppm	400～5,000 ppm
精度(誤差)	◎ 高い (±30ppm～)	◎ 高い (±40ppm～)	○ 高濃度域で高精度	△ 普通 (±10%～)	× 低い (推定値)
ゼロガス校正	◎ 可能 (窒素等を使用)	◎ 可能 (窒素等を使用)	◎ 可能	△ 困難	× 不可
スパンガス校正	◎ 可能 (標準ガス使用)	◎ 可能 (標準ガス使用)	◎ 可能	× 不可	× 不可
自動校正(ABC)	◎ 一般的 (外気想定)	◎ 一般的 (外気想定)	— (不要)	△ 一部存在	○ アルゴリズム依存
手動大気校正	○ 可能	○ 可能	△ 不向き	◎ 推奨 (頻繁に必要)	○ 簡易リセット
自己補正機能	○ (2波長式で対応可)	△ (小型化優先のため稀)	—	—	—
寿命	5～10年	5～10年	10年以上	2～3年	3～5年
主な用途	換気・ビル空調・農業	モバイル・小型機器	医療・工業・燃料電池	簡易警報機	安価な環境モニター

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

昨年度は、バイオエアロゾルセンサー（Bioaerosol Sensor : BAS）を用いて、宮崎市内の3棟のオフィスビル（計4室）を対象に、2024年10月および2025年1月における室内蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定を実施し、その結果を報告した。昨年度の研究で得られた主な知見は以下のとおりである。

FAP/TPM（蛍光粒子／総粒子）の割合は、夏期と比較して冬期の方が有意に高かった（ $p<0.001$ ）。また、粒径別にみると、 $<2.0\ \mu\text{m}$ では1.5%以下であったのに対し、 $2.0\sim 5.0\ \mu\text{m}$ では0.6~30.2%、 $5.0\ \mu\text{m}$ 超では77.6~93.9%であった。

今年度は、昨年度の測定対象に加え、千葉県、神奈川県、埼玉県内の3棟の建物（計6室）を対象として、夏期および冬期に測定を実施した。

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に示す埼玉県、東京都内にある建物C、Dの事務所である。測定は、2025年12月、2026年1月の暖房期に行い、室内では通常通り居住者がいる状態であった。

表3 実測対象建物の概要

建物	C		D	
地域	埼玉		東京	
用途	事務所		事務所	
測定日	2025/12/16	2025/12/17	2026/1/28	2026/1/29

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）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センサに関する調査

B2.1. 各種CO₂測定方式についての調査方法

研究論文およびメーカーがWebページにて公表している資料に基づいて、各種CO₂測定方式について調査し、その内容を整理した。

B2.2. 室内におけるCO₂ガスがヒトに与える影響に関する調査方法

公表された学術研究を中心に、室内CO₂濃度とヒトへの影響に関するエビデンスを整理し、実務および政策判断に資する解釈を提示することを目的として文献調査を行った。対象文献は、査読付き原著論文（介入研究・観察研究）、系統的レビュー・メタ解析、公的機関ガイドラインおよび専門学会声明とした。主要アウトカムは、認知機能、眠気・睡眠、症状、生理指標とした。

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

測定対象ビルの概要および空調方式を表4に示す。測定期間は夏期（2025年8月）および冬期（2026年2月）とした。夏期の測定対象はA~Eビルであり、冬期にはFビルを加えた。

表 4 測定対象ビルの概要と空調方式

ID	所在地	竣工年	測定階	空調方式
A	宮崎県 宮崎市	2020	2F, 8F	AHU (VAV)
B		1968	3F	PAC
C		1990	6F	AHU
D	千葉県 印西市	1993	1F	AHU (VAV)
			3F	放射冷温水放射ネル+FCU
E	神奈川県 藤沢市	2006	2F	AHU (VAV)
		1996	3F	AHU (VAV)+FCU
F	埼玉県 入間市	1984	2F, 3F	外気処理PAC

AHU:エアハンドリングユニット

PAC:パッケージ型空調機

VAV:変風量ユニット

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 時間とした。また、BAS による測定と並行して、バイオエアサンプラーを用いた浮遊細菌および浮遊真菌の測定を行った。浮遊細菌の測定には SCD 培地、浮遊真菌の測定には DG18 培地を用いた。培養条件は、それぞれ 32℃で 2 日間、および 25℃で 5 日間以上とした。

さらに、室内測定終了後には、屋外においてもバイオエアロゾル粒子および生菌（浮遊細菌・浮遊真菌）の測定を実施した。

B3.3. 統計解析

各ビルにおける室内外の蛍光エアロゾル粒子（Fluorescent Aerosol Particles : FAP）濃度および季節間の差の有意性については、ウィルコクソンの符号付順位検定を用いて評価した。また、粒径区分差の有意性については、マン・ホイットニーの U 検定を用いて検討した。統計解析には IBM SPSS Statistics Ver. 29 を使用し、有意水準は 0.05 とした。

C. 研究結果

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的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多く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、室内空気質を特に PM_{2.5} 濃度をモニタリングする際に課題となる項目を解決すると考えられる論文について調査を行った。

Morawska ほかりより、低コストセンサー (LCS) を活用して室内の PM_{2.5} 濃度を監視し、法的な基準への適合性を評価するための枠組みを提案している。ここでは、光散乱を利用する LCS が粒子の特性や湿度による精度の課題を指摘している。その解決策として、建物内に「基準センサー」を設けて外部の公的観測データと連携させるネットワーク構築や、定期的な比較校正、さらには補正係数のデータベース化という具体的な運用指針を示している。

Ahmed ほかに²⁾は、2019 年から 2025 年までの研究成果を統合し、研究者や政策立案者に対して、環境健康を増進させるための次世代モニタリングシステムの設計と運用に関する実用的な指針を提供している。通信プロトコルの評価から、システムの持続可能性を高めるための太陽光発電の統合、さらには人工知能 (AI) による予測精度の向上について提案している。

Silva ほかに³⁾は、環境要因である温度や湿度による誤差、およびセンサーの経年劣化といった技術的限界を分析している。実社会での具体的な応用例を挙げ、これらの測定装置の可能性を提示している。現状の LCS は法的基準や公的規制を完全に満たすには至っていないものの、適切な校正を行うことで信頼性の高いデータを提供できる貴重なツールになり得ると結論付けている。

Kumar ほかに⁴⁾は、室内汚染に対する意識不足や法的な規制の欠如が、LCS を社会に普及させる上

での大きな障壁となっていると指摘している。
LCSは高度な汚染対策を可能とするものの、技術の進歩に追いついていない社会制度や規制との乖離を埋めることが今後の重要な課題としている。

Atfeh ほか⁵⁾は、センサーはPM_{2.5}濃度の時間的変化を正確に捉える能力を持つ一方で、湿度や温度の変動を受けやすく、結果に影響を与える。単なる生データの利用ではなく、データ補正が不可欠であると結論付けている。

Petrić ほか⁶⁾は、室内空気質をリアルタイムで監視し、空気清浄機の配置を最適化するために、センサーから得られる実測データに、質量収支モデルや数値流体力学シミュレーション、さらに機械学習アルゴリズムを組み合わせることで、汚染物質の挙動を高精度で再現している。

Tsameret ほか⁷⁾は、LCSを用いてPM_{2.5}への個人曝露量をより正確に推定する手法を提案している。職業や年齢が異なる4つの行動パターンをモンテカルロ・シミュレーションに組み込むことで、居住環境やライフスタイルが健康リスクに与える影響を分析した。また、湿度などの環境要因を補正する4種類の補正アルゴリズムを比較し、低価格なセンサーであっても適切なデータ処理を行うことで、屋内特有の汚染源や個人曝露実態を可視化できることを示している。

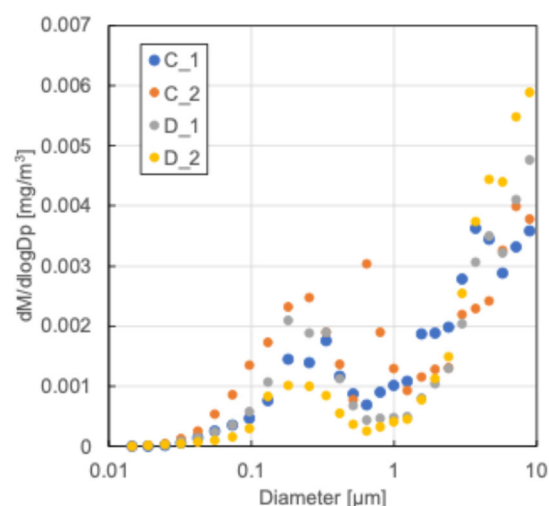
C1.2. 建築物におけるPM_{2.5}測定

表5に、建物C、D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、大気環境基準値である1年平均値が15 µg/m³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る。

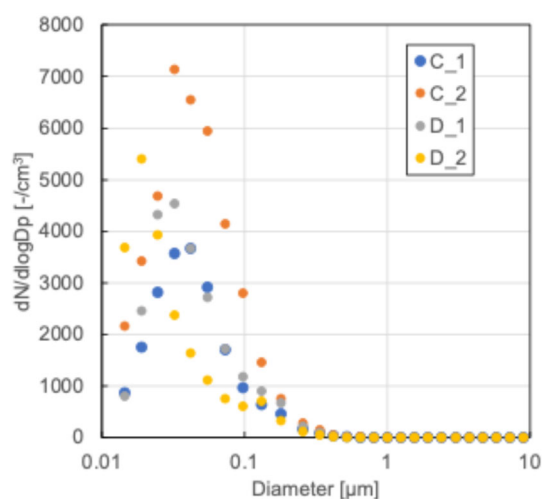
表5 各測定器のPM_{2.5}濃度結果[µg/m³]

	DustTrak II	PS-2	PMT-2500	LD-5R	3444
C_1	8.2	1.9	2.2	3.7	1.3
C_2	5.0	3.0	3.2	4.7	2.0
D_1	2.4	1.3	1.8	1.5	1.1
D_2	3.8	1.4	1.2	1.3	0.5

図1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、個数濃度分布と粒径別質量濃度分布から、各測定日の粒径2.5 µm以上の粒子の濃度は変わらないものの、粒径2.5 µm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。



a) 個数濃度



b) 質量濃度

図1 各測定日における粒径別個数・質量濃度

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 C の 1 日目、2 日目、建物 D の 1 日目、2 日目は、2.38, 3.83, 3.19, $4.47 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ となり、前述の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度計とは傾向が異なる。 $\text{PM}_{2.5}$ 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。

光散乱を利用した $\text{PM}_{2.5}$ 測定器は、 $0.3 \text{ } \mu\text{m}$ 未満の粒子を検出することができないことから、 $\text{PM}_{2.5}$ の質量濃度を正確に検出することは困難である。また、相対湿度の影響、低温の影響を考慮する必要がある。また、粒子の粒径、組成により、散乱強度が異なることから、質量濃度に換算する際には、室内中の粉じんの特性を考慮する必要がある。多くの $\text{PM}_{2.5}$ 測定器は校正係数が必要となるため、典型的な室内環境における係数を設定する必要がある。実際の室内環境において、または大気環境における測定値を用いて、各測定機器を随時校正するようなシステムを構築することで、精度を劇的に向上させることが可能と考えられる。

C2. 室内環境・ダクト用 CO_2 センサに関する調査

C2.1 各種測定方式の概要

CO_2 センサは、 CO_2 の物理的・化学的特性を利用して気中濃度を検出するものであり、主な方式として以下が挙げられる。それぞれの方式には一長一短があり、使用環境に応じた適切な選定が求められる。表 6 に各種 CO_2 センサの測定方式と特徴を示す¹⁻⁸⁾。

(1) 電気化学式

電気化学式は、 CO_2 が電解質溶液中で化学反応を起こす性質を利用し、電極間の電位差や電流値の変化から濃度を測定する方式である。小型化が可能で低濃度測定に適しているが、他ガスの干渉を受けやすく、電解質の劣化により寿命が比較的短い傾向がある。

(2) 光音響分光法 (Photoacoustic Spectroscopy)

光音響分光法は、 CO_2 分子が赤外線を吸収した際に発生する熱膨張による圧力波（音波）をマイクで検出する方式である。NDIR と同様に光を利用するが、検出部がマイクであるため非常に小型化できる利点がある。

(3) 熱伝導方式 (Thermal Conductivity)

熱伝導方式は、気体の熱伝導率の違いを利用して濃度を測定する方式である。 CO_2 の熱伝導率は空気（窒素・酸素）よりも低いため、マイクロヒーターの放熱量を計測することで CO_2 濃度を算出できる。レンズや反射板等の光学系を持たないため、本稿で後述する光路の汚れやホコリによる誤動作が原理的に発生しないという大きな強みを持つ。従来は高濃度測定向けが主流であったが、MEMS 技術の発展により、室内空気質レベルの計測が可能な超小型チップも登場している。

(4) 光学式 (NDIR)

光学式は、 CO_2 が赤外線領域の特定波長を吸収する特性を利用し、ガスセル内の光強度の減少量を測定して濃度を算出する方式である。中でも非分散型赤外線吸収 (Non Dispersive Infrared: NDIR) 方式は、高精度で広い測定範囲を持ち、他ガスの干渉を受けにくいことから、現在の空調制御用センサとして最も広く普及している。

表 6 空調システム用 CO₂ センサの仕様一覧

製品名	型式	メーカー	測定方式	測定範囲	測定精度	長期安定性（ドリフト）	自動校正手法	動作温度
CO2センサモジュール	IMGXCA000 6-00BA※	村田製作所	NDIR方式	0-2000 ppm	± (50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm+2.5% of reading)	± 50ppm/Year@1000ppm	二波長方式でCO2 吸収波長と参照波長の両方を計測し、常時補正	0 ～ 50°C
CO2センサモジュール	IMGXCA000 6-00BB※	村田製作所	NDIR方式	0-3000 ppm	± (50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm+2.5% of reading)	± 50ppm/Year@1000ppm	二波長方式でCO2 吸収波長と参照波長の両方を計測し、常時補正	0 ～ 50°C
Sunrize		Senseair	NDIR方式	400～5000 ppm	± (30ppm + 3% of reading)* Note: ± 75ppm Accuracy at 1500～2500ppm (ANSI/ASHRAE compliance)		Automatic Baseline Correction (ABC) アルゴリズム （一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正）	0 ～ 50°C
Sunlight CO2		Senseair	NDIR方式	400～5000 ppm	+/- (50ppm + 3% of reading)*		ABCアルゴリズム（一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正）	0 ～ 50°C
S8		Senseair	NDIR方式	400～50,000 ppm	± 40 ppm ± 3% of reading Note: ± 75ppm Accuracy at 600, 1000 and 2500ppm @ sea level, 77 ° F (25 ° C) (ANSI/ASHRAE compliance)		ABCアルゴリズム（一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正）	0 ～ 50°C
S88		Senseair	NDIR方式	400～10,000 ppm	± 40 ppm ± 3% of reading Note: ± 75ppm Accuracy at 600, 1000 and 2500ppm @ sea level, 77 ° F (25 ° C) (ANSI/ASHRAE compliance)		ABCアルゴリズム（一定期間内（デフォルトで8日間）の最低値を大気中CO2濃度400ppmとみなして自動補正） 補正幅は 30-50ppm/ABC period	0 ～ 50°C ～ 85%RH
K30		Senseair	NDIR方式	0～5,000 ppm	+/- (30ppm+3% of reading)*		ABCアルゴリズム（一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正）	0 ～ 50°C
eSENSE		Senseair	NDIR方式	0～2,000 ppm				
ダクト用CO2濃度センサ	CY8100C100 1	azbil（山武）	NDIR方式	0～2,000 ppm	± 50ppm + 指示値の5%	連続通電時 ± 150ppm/年@1,000ppm 無通電放置時 ± 50ppm/年@1,000ppm	記載なし	0 ～ 50°C
ダクト用CO2濃度センサ	CY1000C100 0	azbil（山武）	NDIR方式	0～2,000 ppm	± 50ppm + 指示値の5%	連続通電時 ± 150ppm/年@1,000ppm 無通電放置時（参考値） ± 15ppm/48時間 50%RH時	記載なし	0 ～ 50°C
ネオセンサ 室内用CO2濃度・温度センサ	CY7101	azbil（山武）	NDIR方式	0～2,000 ppm	± (50ppm + 計測値の5%)	連続通電時 ± 150ppm/年@1,000ppm 無通電放置時（参考値） ± 15ppm/48時間 50%RH時	記載なし	0 ～ 50°C
シーリングセンサ 天井用CO2濃度・温度センサ	CY7102	azbil（山武）	NDIR方式	0～2,000 ppm	± (50ppm + 計測値の5%)	連続通電時 ± 150ppm/年@1,000ppm 無通電放置時（参考値） ± 15ppm/48時間 50%RH時	記載なし	0 ～ 50°C
CO2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%)	± 75ppm/5Year@1000ppm（一般空調設備下）	単光源二波長方式でCO2 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	-5 ～ 55°C
CO2変換器	GMD110	VAISALA	NDIR方式	～10,000ppm CO2 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 CO2 ± 40ppm CO2 3,000～10,000ppm CO2 ± 2%（読み値）	0～3,000ppm CO2 ± 60ppm CO2/年 3,000～6,000ppm CO2 ± 150ppm CO2/年 6,000～10,000ppm CO2 ± 300ppm CO2/年	単光源二波長方式でCO2 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	-20 ～ 60°C
CO2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%)	代表的な HVAC 用途での安定性 ± (15ppm + 指示値の 2%)/5 年超	単光源二波長方式でCO2 吸収波長と基準波長の両方を計測し、常時補正	0 ～ 50°C
XENSIV PAS CO2 Sensor	PASCO2V01 BUMA1	infineon	光音響NDIR方式	0～32,000 ppm	± (30 ppm + 3%) of reading between 400 ppm and 5000 ppm	1%/year, at 1 meas/ min with ABOC enabled in continuous mode	ABCアルゴリズム（一週間内（7日間）の最低値を大気中CO2濃度（400ppm）とみなして自動補正）補正幅は +/-50ppm	0 ～ 50°C
SCD40		Sensirion	光音響NDIR方式		± (50 ppm + 5% 読み取り誤差) @ 400～2,000 ppm			
SCD41		Sensirion	光音響NDIR方式		± (40 ppm + 5% 読み取り誤差) @ 400～5,000 ppm			
SCD42		Sensirion	光音響NDIR方式		± 75 ppm @ 400～1,000 ppm ± (40 ppm + 5% 読み取り誤差) @ 1,001～2,000 ppm			
STCC4		Sensirion	熱伝導センシング	380 ～ 32,000 ppm	± (100ppm + 計測値の10%) @ 400～5,000 ppm			
CO2センサー（外気処理ユニット専用）	PGL-100TGSF	三菱電機		400～2000 ppm	± (70 ppm + 5% 読み取り誤差)		ABCアルゴリズム（一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正）	

製品名	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	メンテナンス頻度	センサが使用されている商品	備考	URL
CO2センサモジュール	-20 ～ 50°C	AC/DC 24V, DC12V	0.5W / Max. 2.0W	アナログ 0 ～ 5V		ビル換気向けに約10年間（測定環境次第）			
CO2センサモジュール	-20 ～ 50°C	AC/DC 24V, DC12V	0.5W / Max. 2.0W	アナログ 0 ～ 5V		ビル換気向けに約10年間（測定環境次第）			
Sunrize	記載なし	3.05～5.5 V	34 uA				旭化成、Aranet 4	*: 15-35°C, 0-85%RH, After three ABC period	
Sunlight CO2	-40 ～ 70°C	3.05～5.5 V	30uA or lower			Lifetime <15 years		*: 15-35°C, 0-85%RH, After three ABC period ABC periodは調整可能	
S8	記載なし	4.5～5.25 V	18～30 mA	PWM / デジタル					
S88	-40 ～ 70°C	4.5 - 5.25 V	≤18mA	Digital, Modbus protocol, UART		Maintenance free		The default "tuning speed" is limited to about 30-50ppm/ABC period.	
K30 eSENSE	記載なし	4.5～14 V	40 mA	アナログ / デジタル			おんどとり	*: After three ABC period	
ダクト用CO2濃度センサ	-20 ～ 50°C	AC24V	3VA以下	DC 1-5V リニア特性	3 min以下 (0.6m/sの時)	1回/年のゼロガス校正を実施してください。			https://www.azbil.com/jp/product/building/system/sensor/co2-concentration-sensor-duct/index.html
ダクト用CO2濃度センサ	-20 ～ 50°C	AC24V	3VA以下	DC 1-5V リニア特性		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CO2濃度・温度センサ	-20 ～ 70°C	AC24V	3VA以下	DC 1-5V リニア特性	3 min以内（拡散状態、参考値）	1回/年のゼロガス校正を実施してください。			https://www.azbil.com/jp/product/building/system/sensor/sensor-iaq-co2/downloads.html
シーリングセンサ 天井用CO2濃度・温度センサ	-10 ～ 65°C	AC24V	3VA以下	DC 1-5V リニア特性	3 min以内（拡散状態、参考値）	1回/年のゼロガス校正を実施してください。			
CO2湿度温度変換器	-30 ～ 60°C	18～35VDC	< 2W	0～5/10V、2および3チャンネルモデル				CO2センサ：CARBOCAP GM10	
CO2変換器	-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（T90）			CO2センサ：CARBOCAP GM10	
CO2湿度温度変換器	ディスプレイ無しモデル： -40～+70° C ディスプレイ付きモデル： -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モデル：7分			CO2センサ：CARBOCAP GM10	
XENSIV PAS CO2 Sensor		3～3.6V/10.8～13.2V				Lifetime 10 years			
SCD40									
SCD41									
SCD42									
STCC4									
CO2センサー（外気処理ユニット専用）	-10 ～ 40°C, 80%RH以下					製品寿命目安：約10年		外気処理ユニット本体のRA（運氣）風路に設置 ※自動校正機能は、夜間や人の出入りが少なくなる時間帯など、一番低いCO2濃度を基準値（一般の外気のCO2濃度）と認識し校正を実施するため、CO2センサーで検知しているCO2濃度と実際の室内のCO2濃度とは異なることがあります。このため、外気のCO2濃度が常時高いと思われる場所（幹線道路沿いなど）や室内のCO2濃度が常時高い環境で 사용되는場合は実際の濃度と検知濃度のずれが大きくなる場合があります。この場合は、自動校正機能の基準値を変更するか自動校正機能をOFFにして使用してください。	

C2.2 室内における CO₂ガスがヒトに与える影響に関する文献調査

室内の CO₂濃度は、長らく換気量および在室密度の代理指標として用いられてきた。一方で、2010 年代以降、比較的低い濃度域（概ね 1,000–3,000 ppm）においても、CO₂そのものが眠気、睡眠、特定の高次認知機能に寄与し得る可能性が再検討されている。2020 年までの状況については、空気調和・衛生工学会提言「必要換気量算定のための 室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方」⁹⁾に詳しい。

本研究では、近年の文献を中心に調査し、純 CO₂を独立に操作した実験研究と、換気量を操作した実環境・準実験研究を区別して整理した。その結果、以下の結論が得られた。

C2.2.1 認知機能

純 CO₂曝露を独立に操作した研究では、600–2,100 ppm の短時間曝露で認知低下は明確でなかった¹⁰⁾。一方、換気操作を含む終日曝露を行った研究では、CO₂上昇と認知スコア低下が報告されているが、これらの実環境研究では、CO₂の上昇が換気不足による他の汚染物質（VOCs や在室者由来の臭気物質）の蓄積と同時に発生するため、CO₂単独の効果を特定することは困難である¹¹⁾。

系統的レビューおよびメタ解析は、複雑な課題で影響が出やすい可能性を示す一方、研究間の異質性が大きいと結論づけている^{12,13)}。

C2.2.2 眠気・睡眠

室内二酸化炭素（CO₂）濃度と睡眠および翌日の眠気に関する研究では、比較的低濃度域においても負の影響を示唆する結果が一貫して報告されている。

寝室を模した模擬チャンバー研究においては、CO₂濃度を 800 ppm から 1,900 ppm、さらには 3,000 ppm へと段階的に上昇させる実験が行われ、濃度上昇に伴い睡眠潜時の延長および深睡眠の減少が確認されている¹⁴⁾。また、実際の寝室環境を対象としたフィールドラボ研究においても、平均濃度が 1,000 ppm を超えると睡眠効率の低下や主観的な睡眠の質の悪化が報告されている¹⁵⁾。

日中の眠気に関しても、高濃度の CO₂曝露が客観的な指標に影響を与えることが示されている。5,000 ppm 級の曝露条件下で実施された反復睡眠潜時検査（MSLT）では、曝露中に有意な日中眠気の増加が認められた¹⁶⁾。

C2.2.3 シックビル症候群様症状

純粋な CO₂のみを曝露させた実験研究では、これらの症状が必ずしも再現されないことが指摘されている^{17,18)}。実環境において症状が誘発される主な要因は、CO₂そのものではなく、換気低下に伴って蓄積する生体発散物質（bioeffluents）や揮発性有機化合物（VOCs）などの混合曝露の影響が大きいと考えられている^{17,19)}。

C2.2.4 生理指標

室内 CO₂濃度が呼吸、循環、自律神経系などの各種生理指標に及ぼす影響について、3,000 ppm 程度の条件では呼気終末二酸化炭素分圧（ETCO₂）や血圧反応の変化が示される報告がある^{18,20)}。建築物衛生法の 1,000 ppm 基準についても、制定当時には 0.1%（1,000 ppm）付近で呼吸、循環器系、脳の電気活動に変化がみられたとする知見が参照されたとされる⁹⁾。一方で、近年の一般的な室内環境を想定した 1,000–1,500 ppm 程度の曝露研究では、明確な生理的差異が乏しいとする研究も多く^{18,20)}、1,000 ppm を CO₂単独の明確な健康閾値として解釈することには限界がある。

C2.2.5 長期健康影響

概ね 3,000 ppm 以下の一般的な室内濃度域における CO₂曝露がもたらす長期的な健康アウトカムについて、因果関係を直接的に評価した前向き研究等は著しく不足している²¹⁾。

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

C.3.1 夏期と冬期における FAP 濃度

図 2 および図 3 に、夏期および冬期における室内外の FAP 濃度および中央値の I/O 比（室内屋外濃度比）を示す。図中の記号は、先頭のアルファベ

ットが測定対象ビル、続く英数字が測定場所を表す。例えば、A2F は表 4 に示す A ビルの 2F を意味する。

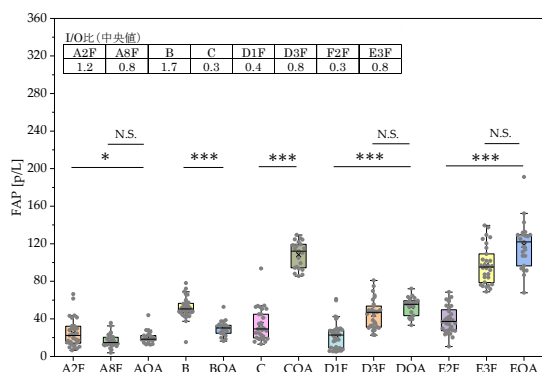


図 2 夏期における各測定対象室の FAP 濃度
(*: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$)

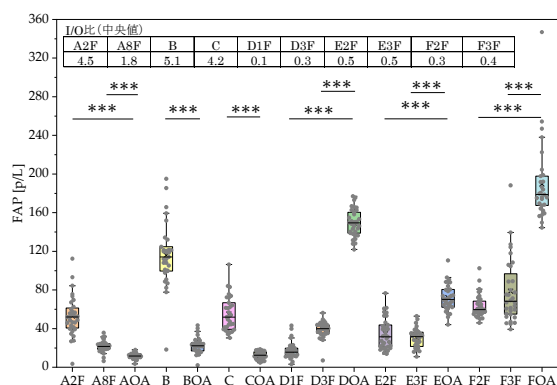


図 3 冬期における各測定対象室の FAP 濃度
(*: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$)

室内 FAP 濃度について夏期と冬期の差の有意性を検定した結果、D ビルの 1F ($p=0.142$) および 3F ($p=0.268$)、E ビルの 2F ($p=0.256$) を除き、すべての測定対象室で有意差が認められた (B ビル: $p < 0.05$, その他: $p < 0.001$)。有意差が認められた A ビルの 2F と 8F、B ビル、C ビル、E ビルの 3F のすべてにおいて、冬期の FAP 濃度は夏期より有意に高かった。

室内外の FAP 濃度の比較では、夏期の A ビル 8F ($p=0.261$) および D ビル 3F ($p=0.067$) を除き、すべての測定対象室で有意差が認められた (A ビル 2F: $p < 0.05$, その他: $p < 0.001$)。有意差が認められた測定対象室のうち、夏期では A ビルの 2F と B ビルの中央値において、室内の FAP 濃度が

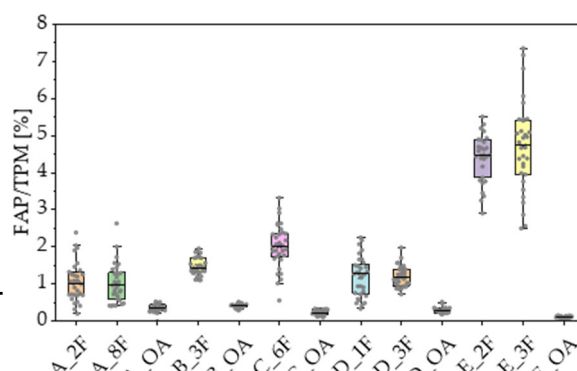
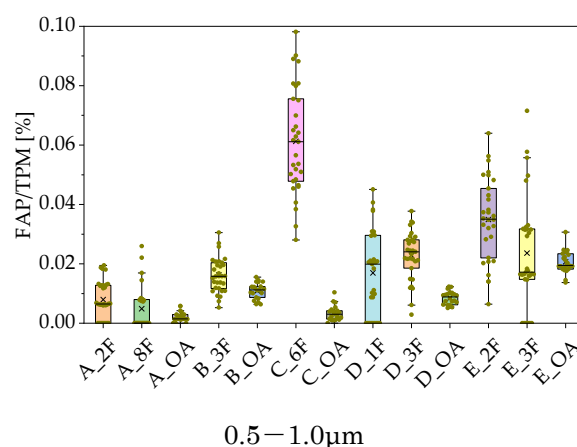
屋外より有意に高かった。一方、冬期では宮崎県内にある 3 ビル 4 室すべてにおいて、室内 FAP 濃度が屋外より有意に高かった。

C3.2 総粒子状物質に占める蛍光粒子の割合

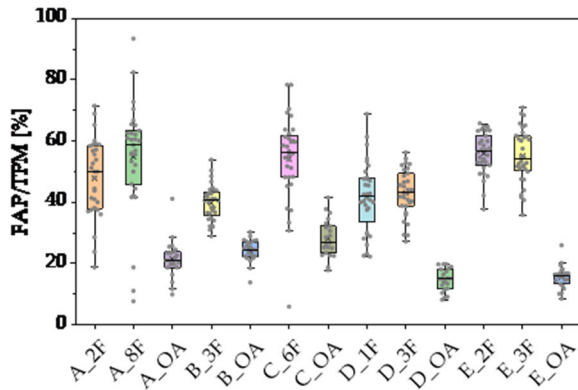
図 4 および図 5 に、それぞれ夏期および冬期の測定結果から算出した総粒子状物質濃度 (Total Particulate Matter : TPM) に対する FAP 濃度の割合 (FAP/TPM) の分布を示す。

夏期・冬期を問わず、粒径が大きくなるに伴い FAP/TPM が有意に高かった。各粒径区分における中央値は表 7 に示す通りである。

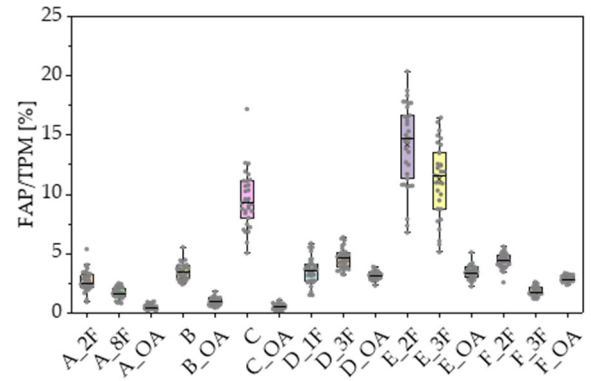
室内外の FAP/TPM を比較すると、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上では屋外に比べて室内の方が高い値を示した。両者の差について統計的検定を行った結果、D ビル 3 階における $2 \mu\text{m}$ 以下の粒径区分および C ビルにおける $5 \mu\text{m}$ 以上の粒径区分を除き、有意差が認められた (A ビル 8F: $p < 0.01$, その他: $p < 0.001$)。



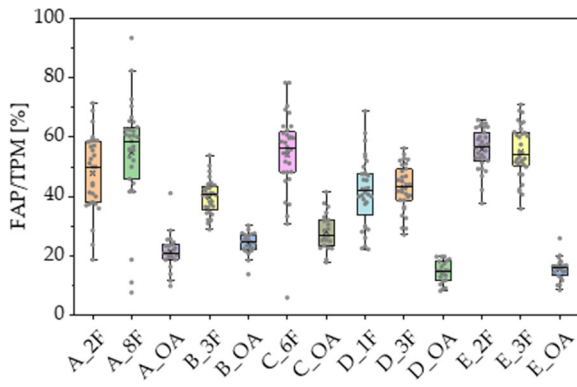
1.0–2.0μm



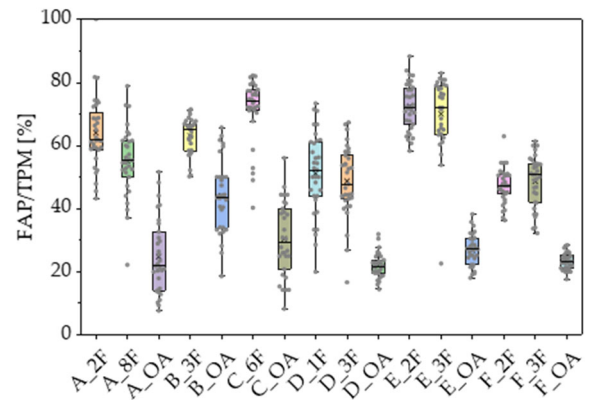
0.5–1.0μm



2.0–5.0μm



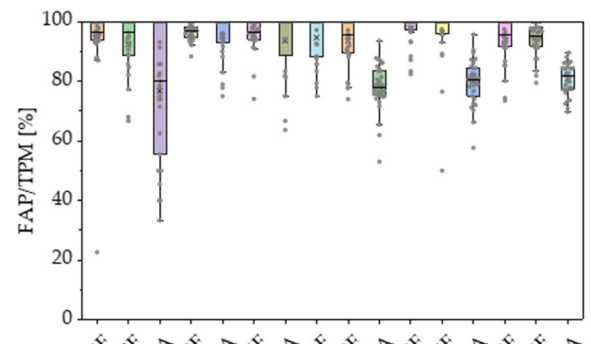
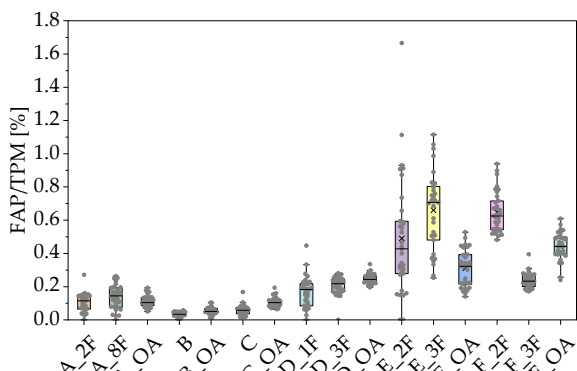
1.0–2.0μm



>5.0μm

図 4 TPM に占める FAP の割合ー夏期

2.0–5.0μm



>5.0 μm

図5 TPMに占めるFAPの割合ー冬期

表7 粒径別・季節別 FAP/TPM 中央値(%)

	夏期		冬期	
	室内	屋外	室内	屋外
0.5~1.0 μm	0~0.060	0.002~0.019	0.03~0.71	0.104~0.442
1.0~2.0 μm	1.02~4.68	0.102~0.414	1.61~14.7	0.45~3.39
2.0~5.0 μm	40.5~58.6	15.0~26.8	47.2~74.0	21.8~43.8
>5.0 μm	95.3~100	54.2~80.4	95.0~100	78.1~100

C3.3. 浮遊細菌と浮遊真菌濃度

図6に浮遊細菌および浮遊真菌濃度の測定結果を示す。図中のSおよびWは、それぞれ夏期および冬期を表す。細菌および真菌のいずれにおいても、冬期と比較して夏期の濃度は有意に高かった。また、浮遊細菌濃度はすべて、日本建築学会の規準値である500 cfu/m³を下回っていた。一方、浮遊真菌濃度については、冬期は同規準値(50 cfu/m³)を下回っていたが、夏期では半数以上の測定値が規準値を上回った。

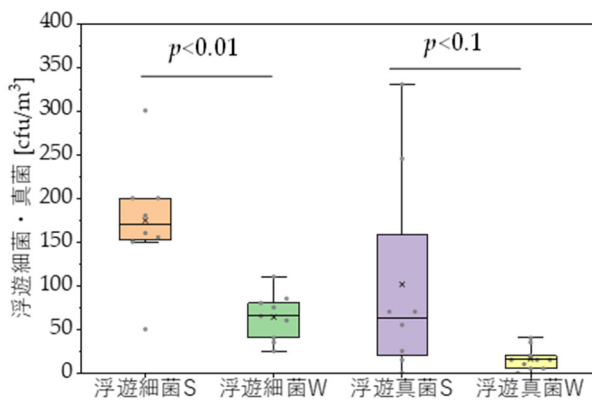


図6 浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度

C3.4. FAP と生菌（細菌）の関係

図7に、夏期および冬期に測定した浮遊細菌濃度と、BASにより測定したFAP濃度との相関関係を示す。また、図中には95%信頼区間を併せて

示す。両者の間には有意な相関関係が認められた($p<0.001$)。さらに、浮遊細菌濃度はFAP濃度の約1/1000であることが明らかとなった。

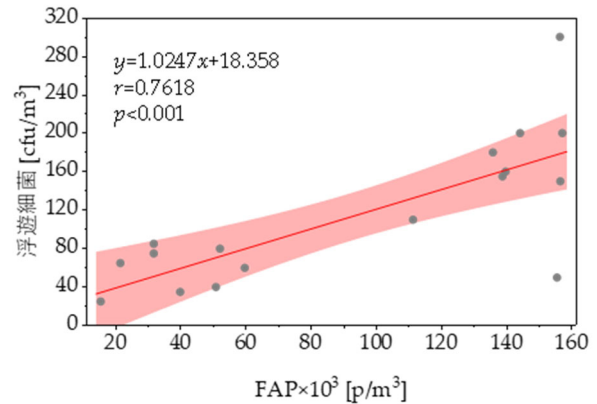


図7 FAP濃度と浮遊細菌濃度との相関

D. 考察・まとめ

D1. ローコストセンサーによる室内環境調査

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}の精度には課題となることが多いが、その特性を把握しつつ、校正、補正手法を構築することで、濃度の予測や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。

D2. 室内環境・ダクト用CO₂センサに関する調査

本研究では、CO₂センサの測定原理として電気化学式、光音響分光法、熱伝導方式、NDIR方式の特徴を整理し、それぞれの測定特性および適用上の留意点を明らかにした。これらの方式は、感度、選択性、長期安定性、環境影響(温湿度や汚れ等)において差異を有しており、測定環境や用途に応じた適切な選定が不可欠である。特に、現在

広く用いられている NDIR 方式は他ガス干渉に強く高精度である一方、光学系の汚染や校正の影響を受け得るなど、運用面での管理が測定精度に直結する点が重要である。

実環境における CO₂濃度の上昇は、一般に換気量の低下と同時に生じ、その結果として揮発性有機化合物や生体発散物質等の室内汚染物質の濃度上昇を伴う。このため、CO₂濃度は従来どおり換気状態の代理指標として有用であるが、実環境で観察される認知機能低下や不快症状は、CO₂単独の影響ではなく、これら汚染物質との混合曝露の影響を反映している可能性が高い。実際に、純 CO₂濃度のみを独立に操作した実験研究では、短時間曝露条件において認知機能や症状への影響は限定的であることが示されている。

認知機能への影響については、純 CO₂曝露実験と実環境研究との間で結果の整合性が十分ではなく、研究間の異質性も大きいことから、明確な濃度閾値を導出することは困難である。一方で、複雑な課題において影響が現れる可能性は示唆されており、今後は曝露条件および評価手法の標準化が求められる。これに対し、睡眠および日中の眠気に関しては、概ね 1,000 ppm 程度の比較的低い濃度域から負の影響を示唆する知見が複数の研究で一貫して報告されている。生理指標については 3,000 ppm 程度で一定の変化が報告されているものの、一般的な室内環境レベル（1,000～1,500 ppm）では顕著な影響は限定的である。また、長期的な健康影響については前向き研究が不足しており、因果関係の評価には大きな不確実性が残されている。

以上より、CO₂濃度に基づく単一の安全閾値を設定する科学的根拠は限定的である。一方で、CO₂センサを用いたモニタリングは、適切な方式選定および維持管理を前提とすれば、室内空気質および換気状態を把握するための有効な手段である。したがって、実務においては、センサ特性に起因する測定の不確かさを踏まえつつ、空間の用途や滞在時間、利用者特性に応じた柔軟な管理基準を設定することが重要である。

D3. 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

前述のとおり、FAP は生物由来粒子（バイオエアロゾル粒子）の指標として用いられることがある。FAP の主成分には、細菌、ウイルス、花粉、カビ、皮膚片、フケ、植物由来有機物¹⁾に加え、類繊維、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の残留物など、多様な粒子が含まれる²⁾。また、FAP の放出量は、在室者数やその活動、外気の影響、室内の温湿度条件などにより変動することが知られている。

季節別 FAP 濃度の差については、前述の結果より、室内 FAP 濃度には明確な季節差が認められ、特に多くの測定対象室において冬期に濃度が上昇する傾向が確認された。D ビルの 1F および 3F、E ビルの 2F を除き、すべての測定対象室で夏期と冬期の間に有意差が認められたことから、FAP 濃度は季節要因に強く依存している可能性が示唆される。一方、浮遊細菌の測定結果では、冬期と比較して夏期に有意に高い値を示した。このことは、FAP が SCD 培地で培養可能な細菌のみを反映する指標ではなく、培養不可能な細菌やその他の蛍光性粒子を含むことを示唆している。

さらに、浮遊細菌と FAP の関係に着目すると、両者の間には有意な相関が認められるものの、浮遊細菌濃度は FAP 濃度の約 1/1000 にとどまっていた。この結果から、FAP は浮遊細菌の存在と一定の関連性を有する一方で、その大部分は細菌以外の蛍光性粒子によって構成されていることが考えられる。

FAP/TPM の割合について、Patra ら³⁾は、大学研究室を対象として Wideband Integrated Bioaerosol Sensor (WIBS) を用いたリアルタイム測定を行い、居住環境および換気条件の変化に伴う FAP の動態を報告している。その結果、実環境において FAP が TPM に占める割合は最大で約 90%に達する場合があることが示されている。本研究においても、個数濃度に基づく FAP 割合の中央値は、夏期と比較して冬期に高い値を示す傾向が確認された（表 4、図 2、図 3）。また、粒径別に見ると、2.0 μm 未満では最大でも約 15%にとど

まる一方で、2.0–5.0 μm では 40–74%、5.0 μm 超では 95%以上となり（表 7）、粒径の増加に伴い FAP の寄与が顕著に高まる傾向が示された。このことから、オフィス環境においても、特に粗大粒子領域における FAP の寄与が大きいことが明らかとなった。さらに、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 濃度と浮遊細菌濃度との間に有意な相関関係が報告されている⁴⁾。本研究においても同様の傾向が確認され（図 4）、FAP 濃度を指標として浮遊細菌濃度を一定程度推定できる可能性が示唆された。

本研究では、BAS を用いて宮崎県、千葉県、神奈川県、埼玉県に所在する 6 棟のオフィスビル（計 10 室）を対象に、2025 年 8 月および 2026 年 2 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。

- ① 多くの測定対象室において、夏期と比較して冬期の FAP 濃度が有意に高いことが確認された。
- ② 2024 年 10 月および 2025 年 1 月の測定結果と同様に、TPM に占める FAP の割合は、夏期よりも冬期に高い傾向が示された。
- ③ 粒径別の FAP/TPM 割合は、2.0 μm 未満では 15%以下である一方、2.0–5.0 μm では 40–74%、5.0 μm 超では 95%以上となり、オフィス環境においては、特に粗大粒子領域における FAP の寄与が大きいことが明らかとなった。
- ④ FAP 濃度の中央値と浮遊細菌濃度との間には有意な相関関係が認められ、FAP 濃度を指標として浮遊細菌濃度を推定できる可能性が示唆された。
- ⑤ 浮遊細菌濃度は、FAP 濃度のおおよそ 1/1000 のオーダーであることが示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 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、224–226. 2025.
- 2) 土屋将大、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と生菌数の関連性. 2025 年室内環境学会学術大会講演要旨集. 300–301. 2025.

3. 著書

なし

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) Lidia Morawska, Christof Asbach, Hamesh Patel: Application of PM_{2.5} low-cost sensors for indoor air quality compliance monitoring, *Aerosol Science and Technology*, 59, 10, 1210–1220, 2025.
- 2) Shamima Ahmed, Anila Pasha, Tusher Kumer, Md Akhtaruzzaman, Moktar Hossain: *Advancements in Air Quality Monitoring Systems: A Comprehensive Review of Emerging Technologies for Enhancing Environmental Health*, Indoor Air, 3080684, 2026.
- 3) Gonalo Silva, Joana Duarte, João Santos Baptista, João Cavaleiro Rufo: Low-cost sensors for indoor air quality monitoring: A systematic review of accuracy, applications, and limitations, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2026.

- 4) Prashant Kumar, Andreas N. Skouloudis, Margaret Bell, Mar Viana, M. Cristina Carotta, George Biskos, Lidia Morawska: Real-time sensors for indoor air monitoring and challenges ahead in deploying them to urban buildings, *Science of the Total Environment*, 560-561, 150-159, 2016.
- 5) Bushra Atfeh, Zoltán Barcza, Veronika Groma, Ágoston Vilmos Tordai, Róbert Mészáros: Performance Assessment of Low- and Medium-Cost PM_{2.5} Sensors in Real-World Conditions in Central Europe, *Atmosphere*, 16, 7, 796, 2025.
- 6) Valentino Petrić, Dejan Strbad, Nikolina Račić, Tareq Hussein, Simonas Kecorius, Francesco Mureddu, Mario Lovrić: Hybrid Digital Twin Framework for Real-Time Indoor Air Quality Monitoring and Filtration Optimization, *Atmosphere*, 17, 2, 2026.
- 7) Shahar Tsameret, Daniel Furuta, Provat Saha, Nohhyeon Kwak, Aliaksei Haurlyiuk, Xiang Li, Albert A. Presto, Jiayu Li: Low-Cost Indoor Sensor Deployment for Predicting PM_{2.5} Exposure, *ACS EST Air*, 1, 8, 767-779, 2024.
- 8) Senseair AB: "Automatic Baseline Correction (ABC) functionality", Senseair Technical Whitepaper. <https://senseair.com/knowledge/> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 9) Sensirion AG: "Datasheet SCD30 - Sensor Module for HVAC and Indoor Air Quality Applications", Sensirion Technical Documentation. <https://sensirion.com/products/catalog/SCD30/> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 10) Sensirion AG: "Sensirion's Photoacoustic NDIR Sensor Technology", Sensirion Whitepaper. <https://sensirion.com/technology/environmental-sensing/photoacoustic-ndir> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 11) Infineon Technologies AG: "XENSIV™ PAS CO2 Sensor Datasheet", Infineon Technical Documentation. <https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/co2-sensors/> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 12) 理研計器株式会社: "ガス検知器の原理 - 熱伝導式", 理研計器 技術サポート情報. https://www.rikenkeiki.co.jp/support/knowledge/gas_sensor (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 13) フィガロ技研株式会社: "二酸化炭素センサ TGS4161 製品データシート", フィガロ技研 製品情報. <https://www.figaro.co.jp/product/sensor/co2/tgs4161.html> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 14) Bosch Sensortec GmbH: "BME688 - Gas sensor with Artificial Intelligence Datasheet", Bosch Sensortec Technical Reference. <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/gas-sensors/bme688/> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 15) Bosch Sensortec GmbH: "BSEC Integration Guidelines (eCO2 calculation)", Bosch Sensortec Software Documentation. <https://www.bosch-sensortec.com/software-tools/software/bsec/> (閲覧日: 2026 年 4 月 30 日)
- 16) 公益社団法人空気調和・衛生工学会、学会提言 必要換気量算定のための室内二酸化炭素設計基準濃度の考え方、令和 3 年 5 月 31 日
- 17) Chen, D., Hadi, A. A., Shaliza, A., et al. (2023). Effects of short-term exposure to moderate pure carbon dioxide levels on cognitive performance, health symptoms and perceived indoor environment quality. *Building and Environment*, 245, 110967. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110967>
- 18) Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J. D. (2016). Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and

- volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives*, 124(6), 805–812. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510037>
- 19) Du, B., Tandoc, M. C., Mack, M. L., & Siegel, J. A. (2020). Indoor CO₂ concentrations and cognitive function: A critical review. *Indoor Air*, 30(6), 1067–1082. <https://doi.org/10.1111/ina.12706>
- 20) Fan, Y., Cao, X., Zhang, J., Lai, D., & Pang, L. (2023). Short-term exposure to indoor carbon dioxide and cognitive task performance: A systematic review and meta-analysis. *Building and Environment*, 237, 110331. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110331>
- 21) Xu, X., et al. (2021). Experimental study on sleep quality affected by carbon dioxide concentration. *Indoor Air*, 31(2), 440–453. <https://doi.org/10.1111/ina.12748>
- 22) Kang, M., et al. (2024). Ventilation causing an average CO₂ concentration of 1000 ppm negatively affects sleep: A field-lab study on healthy young people. *Building and Environment*, 247, 111459. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111459>
- 23) Jin, R. N., Inada, H., Momma, H., Ma, D., Yuan, K., & Nagatomi, R. (2024). Impact of carbon dioxide exposures on sleep latency among healthy volunteers: A randomized order, paired crossover study, evidence from the multiple sleep latency test. *Environmental Research*, 262(Part 1), 119785. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119785>
- 24) Zhang, X., Wargocki, P., et al. (2017). Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. *Indoor Air*, 27(1), 47–64. <https://doi.org/10.1111/ina.12284>
- 25) Zhang, X., Wargocki, P., & Lian, Z. (2017). Physiological responses during exposure to carbon dioxide and bioeffluents at levels typically occurring indoors. *Indoor Air*, 27(1), 65–77. <https://doi.org/10.1111/ina.12286>
- 26) Maula, H., Hongisto, V., Naatula, V., Haapakangas, A., & Koskela, H. (2017). The effect of low ventilation rate with elevated bioeffluent concentration on work performance, perceived indoor air quality, and health symptoms. *Indoor Air*, 27(6), 1141–1153. <https://doi.org/10.1111/ina.12387>
- 27) Mishra, A. K., Schiavon, S., Wargocki, P., & Tham, K. W. (2021). Respiratory performance of humans exposed to moderate levels of carbon dioxide. *Indoor Air*, 31(5), 1540–1552. <https://doi.org/10.1111/ina.12823>
- 28) Mendell, M. J., Chen, W., Ranasinghe, D. R., Castorina, R., & Kumagai, K. (2024). Carbon dioxide guidelines for indoor air quality: a review. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 34(4). <https://doi.org/10.1038/s41370-024-00694-7>
- 29) A.J. Prussin, L.C. Marr, Sources of airborne microorganisms in the built environment, *Microbiome* 3 (2015) 78.
- 30) 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.
- 31) 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.
- 32) 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.

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 眞司	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

本研究は、建築物衛生管理におけるねずみ・衛生害虫防除分野を対象として、デジタル技術活用の可能性を検証することを目的とした。

国際学会 ICUP2025 への参加および日本ペストロロジー学会若手談話会でのワークショップを通じ、国内外の技術動向や現場ニーズを整理した。その結果、AI による害虫同定やオンライン監視などの技術は一部実用化されているものの、普及は限定的であり、コストや精度への懸念が課題として挙げられた。一方、現場からは報告書作成の効率化や臭気センサー、AI 相談アプリ等への期待が示された。

また、自動計数機能付き捕虫器を用いた検証試験では、イエバエおよびクサビノミバエを対象に、部屋の広さや照明条件が捕獲効率に大きく影響しないことを確認した。カウント精度は概ね 80% 以上であり、昆虫類の生息状況把握への有効性が示された。

さらに、ウェアラブルアイトラッカーを用いた厨房点検作業の分析では、熟練作業員の視線移動や点検技術を可視化でき、什器の隙間や熱源周辺など重点点検箇所が明らかとなった。これらの成果を基に、熟練作業員の点検技術を学習できる教材動画を作成した。

以上より、本分野におけるデジタル技術は限定的ながらも、効率化や人材育成への活用可能性を有することが示唆された。

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した。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した。

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

国際学会（第 11 回 International Conference on Urban Pests、2025 年 6 月 29 日から 7 月 2 日までスウェーデンにて開催）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集め整理した。

また、日本ペストロロジー学会若手談話会の協力の下、現場で求められるデジタル技術について参加者から意見を募った。

B2. 自動計数機能付き捕虫器に関する検証

捕虫器（ライトトラップ）の有効性と課題を明らかにするため、自動計測機能付きトラップを用いて検証試験を行った。検証試験は、条件（部屋の大きさ、照明、供試動物の種類）を変えて実施した。試験の詳細は表 1、試験場所は図 1 のとおりである。

B3. 目視による点検作業の視線分析

昨年度の研究により収集した特定建築物の厨房における目視点検作業について、被験者に対するグループインタビュー調査を行って情報を補足し、収集した視線データの分析を深めた。

また、ウェアラブルアイトラッカー（Tobii Pro3 Glasses 3）の活用方策として、熟練作業員による点検作業の動画教材の作成を試みた。

（倫理面への配慮）

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

ICUP は 1993 年から 3 年ごとに、世界中から講演者が集まり、害虫、その影響、そして管理に関する新たな情報を発表する場である。参加者は、研究者、産業界、政府機関など、様々な分野の専門家が含まれている。

会議の参加者は 28 か国約 230 名（事務局公表）で、期間中に 52 題の口頭発表および 28 題のポスター発表（program 掲載数）が行われた。うち、デジタル技術に関する報告は以下の 3 題（ネズミ 2、飛翔性昆虫 1）であった。海外も目下開発中であることがわかったと同時に、真新しい技術発表はなかった。

- ・ Online rodent monitoring: A novel solution for improved pest management in urban and industrial facilities, Yuji Kawatake, Semco, Japan

- ・ Artificial intelligence performance identifying rodents in images from connected cameras, Manuel García-Howlett, Lokímica (Rentokil-Initial), Spain
- ・ Some are born great counters, some achieve great counting, and some use A.I., Sophie Thorogood, Pelsis, UK

次に、日本ペストロロジー学会若手談話会において、「業務の中で時間や手間がかかること、デジタルに置き換えたいこと」についてワークショップ形式で参加者の意見を募った。ワークショップには 22 名が参加した。収集した意見に見出しを付け以下のように整理した。

「報告書の作成について」

- ・ 現場の写真をエクセルで添付するのが手間なので簡略化したい。
- ・ 報告書に決まり文句がないのでデジタル化できるか疑問がある。
- ・ 報告書の作成ではパターン化したコメントが出てくる。

「新しいデジタル技術について」

- ・ 臭いセンサーがあれば特定の精度があげられるのではないかと。センサーが開発されれば天井裏まで行かなくても済む。カメラだと設置にあたり方向性が問われるが、臭気計だと方向を問わない。
- ・ 図面があればトラップの位置が自動的に出てくるツールがあれば便利である。（トラップの設置位置の指標ができる。）
- ・ ねずみより小さい AI を搭載したドローンがあると良い。しかし、人の仕事がなくなることが懸念される。
- ・ ねずみの点検を楽にしたい。脚立使用の条件が厳しくなりつつある。自動化が進むと良い。
- ・ モニターで虫を同定するのが面倒である。
- ・ AI 同定の精度の許容は今は 8 割くらい。客の求めに対し限界がある。

- ・ 客の求めと PCO の求めるレベルに差がある。客ごとのレベルも差異が大きいので、自動化をどこに求めるかが課題である。
- ・ 英会話の AI 教材のように害虫相談ができる AI アプリがあると良い。

C2. 自動計数機能付き捕虫器に関する検証

まず、部屋サイズおよび明暗条件と捕獲数との関係を見ると、イエバエにおける捕獲数は試験場所 2 の明条件で最も多く (96.0 ± 4.6 個体/試験)、試験場所 3 の明条件で最も少なかった

(82.3 ± 12.5 個体/試験) (表 2)。これら捕獲数の間に有意な差はなかった (t 検定, $p > 0.05$)。一方、クサビノミバエにおける捕獲数は試験場所 2 の暗条件で最も多く (54.0 ± 8.7 個体/試験)、試験場所 1 の暗条件で最も少なかった (42.3 ± 18.5 個体/試験)。これら捕獲数の間に有意な差はなかった (t 検定, $p > 0.05$)。部屋サイズおよび明暗条件ではイエバエおよびクサビノミバエの捕獲数に影響しなかった。

次にカウント精度についてみると、イエバエにおけるカウント精度は試験場所 3 の明条件で最も良く (0.0 ± 0.0 %/試験)、試験場所 1 の暗条件で最も悪かった (4.5 ± 3.3 %/試験) (表 2)。一方、クサビノミバエにおける捕獲数は試験場所 1 の明条件で最も良く (5.8 ± 6.0 %/試験)、試験場所 2 の暗条件で最も悪かった (18.3 ± 1.3 %/試験)。捕獲数とカウントとの相違は 20%未満 (=80%以上が検出されている) であり、本試験条件ではイエバエはクサビノミバエよりもカウント精度が高かった。

最後に捕獲時間については、イエバエの累積カウントが 50%以上に達した時間は試験場所 2 および試験場所 3 の明条件で早く (放虫後 60 分)、試験場所 1 の明条件で最も遅かった (放虫後 270 分) (図 2)。明暗条件は捕獲時間に影響し、試験場所 1 の暗条件では放虫後 240 分、試験場所 2 の暗条件では放虫後 150 分、および試験場所 3 の暗条件では放虫後 270 分でそれぞれ 50%以上に達した。また、90%以上に達した時間は試験場所 1 の明条件で放虫後 630 分、暗条件で放虫後 600

分、試験場所 2 の明条件で放虫後 150 分、暗条件で放虫後 360 分、および試験場所 3 の明条件で放虫後 330 分、暗条件で放虫後 600 分であった。

一方、クサビノミバエの累積カウントが 50%以上に達した時間は試験場所 2 の明条件で早く (放虫後 60 分)、試験場所 1 の明条件で最も遅かった (放虫後 120 分)。クサビノミバエにおいても、明暗条件は捕獲時間に影響し、試験場所 1 の暗条件では放虫後 90 分、試験場所 2 の暗条件では放虫後 90 分、および試験場所 3 の明条件と暗条件では放虫後 90 分でそれぞれ 50%以上に達した。また、90%以上に達した時間は試験場所 1 の明条件で放虫後 780 分、暗条件で放虫後 420 分、試験場所 2 の明条件で放虫後 570 分、暗条件で放虫後 540 分、および試験場所 3 の明条件で放虫後 390 分、暗条件で放虫後 540 分であった。この結果、イエバエとクサビノミバエのいずれにも、狭い部屋のほうが広い部屋よりも捕獲時間が必ず短くなることはないことが明らかとなった。

C3. 目視による点検作業の視線分析

令和 8 年 1 月に被験者に対するグループインタビュー調査を行って情報を補足した。その結果、厨房点検のポイントを以下のように整理した。

「注意する点検箇所」

- ・ 什器の足
- ・ 床 (グレーチング、グリーストラップ等) : グリーストラップはクロゴキブリが多いとき
- ・ 熱源 (モーター、配電盤など) のある部分
- ・ 水周り
- ・ 営巣ポイント (冷蔵庫のパッキン部分、冷蔵庫の蝶番など)
- ・ 壁の亀裂 貫通部の周り
- ・ 床にある排水管等 (ホースの蛇腹)
- ・ 天板の隙間 (薬剤は入らない)

「点検に関する行動・知識」

- ・ 点検の際に見えないところを手で触っているのはトラップ探しが目的

- ・ 什器の構造を知っているかどうか（開閉が可能かどうか）
- ・ ゴミが落ちているかどうか
- ・ 不要な書類（レシートや昔のマニュアル等）が置かれているか

厨房点検箇所の平面図と工程は別紙 1、別紙 2 のとおりで、被験者によって点検の順序に多少の違いはあったが、厨房内に配置された各什器を点検していた。特に熟練作業員は、什器の裏の壁面や什器の下床面、什器と什器の隙間、什器の扉のパッキン部等までくまなく点検していた（別紙 3-6）。熟練作業員のアイトラッカーによる視点の動きは、本人がペンライトで照射している場所と一致していたが、ペンライトの動きよりも先に視線が次の点検箇所に移動しており、短時間で効率よく点検する技術がアイトラッカーにより可視化されていた。

D. 考察

国際学会における発表動向から明らかになったのは、AI を用いた同定はいくつかの技術が市場投入されているがトラップと同様にほとんど普及していないことである。不具合発生時には専門業者（PCO）が速やかに対応することによって問題となっている昆虫類が同定可能であることから検出精度の重要性は高い。デジタル技術の導入の障壁としてコスト面が指摘されており、デジタル化すべき技術を精査する必要があると思われる。

一方、日本ペストロジー学会若手談話会の参加者の意見からは、現場の実情に即したニーズや懸念を知ることができた。初年度の PCO 協会会員企業を対象とした調査は専ら経営者や管理者サイドからの意見に片寄っていたので、それを補足する情報を得ることができた。

次に、実証実験については、令和 5(2023)年度の研究で、ねずみ・衛生害虫の防除に関するデジタル技術はネズミ用の赤外線監視カメラが広く普及する一方、昆虫類についてはほとんど使用されていないことが明らかとなったことから、今年度は昆虫類を対象とするデジタル機器につ

いて試験を行った。現状の昆虫類のモニタリング（生息密度調査）はヒトの手による同定・計数であるが、今回使用しているような機器を使用することによってハエ・コバエ類の生息状況を把握できることが明らかになった。加えて、本試験では、これまで不明であったハエ・コバエ類の室内におけるライトトラップへの行動として、本試験条件程度の部屋の広さならば狭いほど捕獲効率がよくなることはないことや、室内照明が点灯していてもトラップの捕獲効率が悪くなることはないことなども実証することができた。

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の分析では、昨年度の分析点について、さらに詳細にデータを用いて検証することができた。これにより、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）の可視化がより明確となった。

このことから、この技術を人材教育のツールとして活用することとし、「厨房におけるゴキブリ調査および防除方法解説ビデオ動画」（全体で約 45 分）を作成した（別紙 7）。動画は、作業員の視点から撮影したもの（アイトラッカーによる撮影）と作業員の作業状況・姿勢を撮影したものを併置し、作業員の音声解説に加えて字幕を挿入し編集した。

E. 結論

国内外ともに現時点では当該分野に導入できるデジタル技術はごく限られているが、現場の作業員からはデジタル技術の活用ニーズがあることが分かった。一方で、デジタル技術の導入により仕事がなくなるのではないかと心配する声も聞かれた。

自動計数機能付き捕虫器の検証試験では、ハエ・コバエ類の生息状況を把握できることや、部屋の広さや照明条件が捕獲効率に影響を及ぼさないことを確認することができた。

また、ウェアラブルアイトラッカーにより、熟練作業員の点検技術を可視化できることから、この技術を使い教材動画を作成した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 阪東美智子. 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. Pest Control Tokyo. 2025.7;Vol.90:15-18.
- 2) 谷川力. PCOにおけるIoT技術の活用—ねずみ等の遠隔監視の実例と普及の課題—. 第53回建築物環境衛生管理全国大会（公益社団法人日本建築衛生管理教育センター）. 2026.01:42-45.

2. 学会発表

- 1) Goro Kimura, Behavioral Response of Musca Domestica to Visual Targets, Proceedings of the Eleventh International Conference on Urban Pests 2025, 219-224.
- 2) 阪東美智子. ペストコントロールにおけるIT技術活用の可能性：アイトラッカーによる目視点検の分析. 第84回日本公衆衛生学会総会；2025.10.29-31；静岡. 同抄録集. p.660.
- 3) 田中和之, 木村悟朗, 芝生圭吾, 谷川力, 阪東美智子. センサーカメラの設置によるクマネズミの行動変化. 第76回日本衛生動物学

会東日本支部大会；2025.11.1；千葉. 同要旨集. p.29.

- 4) 谷川力, 芝生圭吾, 木村悟朗, 佐々木健, 市川博一, 大山克幸, 野本祥一, 西田雄剛, 大川拓也, 茂手木眞司, 下ノ菌慧, 阪東美智子. 実際の現場でのアイトラッカーを利用した調査—続 熟練作業員と未経験者の調査視点の相違について—. 第41回日本ペストロジ学会大会；2025.11.6-7；新潟. 同抄録集(41). p.40.
- 5) 木村悟朗, 谷川力, 阪東美智子. 空間サイズおよび室内照明がハエ・コバエ類の捕獲効率に及ぼす影響. 第78回日本衛生動物学会大会；2026.4.18-19；栃木. 衛生動物大会特集号(77). p.77.

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 自動計測機能付きライトトラップに関する検証試験の試験方法

試験場所 1：イカリ消毒株式会社 技術研究所 放虫室 3 (4.8 m×8.6 m×高さ 2.7 m)
 試験場所 2：イカリ消毒株式会社 技術研究所 放虫室 1 (4.0 m×4.0 m×高さ 2.7 m)
 試験場所 3：イカリ消毒株式会社 技術研究所 殺虫室 (2.0 m×2.0 m×高さ 2.0 m)

試験期間：2025 年 9 月 29 日～2025 年 12 月 5 日

試験品：クリンエコライン GXII WEB

供試虫 1：イエバエ *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (2014 年に福島県で採集した個体群)

供試虫 2：クサビノミバエ *Megaselia scalaris* (Loew, 1866)
 (2012 年に住化テクノサービス株式会社から購入した個体群)

試験方法：

試験場所の短辺中央に架台に設置した試験品(床から下側光源まで 1.3m)を配置した。

対面の短辺中央の床面から供試虫 1 を 100 個体放虫した。

放虫 24 時間後に試験を終了し、実際の捕獲数(以下、捕獲数)および自動計測数(以下、カウント。試験品はリアルタイムで計数できるが本試験では 30 分毎にまとめて表示)およびこれらの結果に基づく捕獲数とカウントとの相違(以下、カウント精度。絶対値)を算出した。

また、24 時間後の総カウント数に対する累積カウント(以下、累積カウント)が 50%および 90%以上に達するまでの時間を算出した。試験は試験場所と照明条件(全明/全暗)、供試虫(イエバエ/クサビノミバエ)の組み合わせで試験(各条件で 3 回反復)を実施した。

統計的な解析は KyPlot 6.0 を使用した。

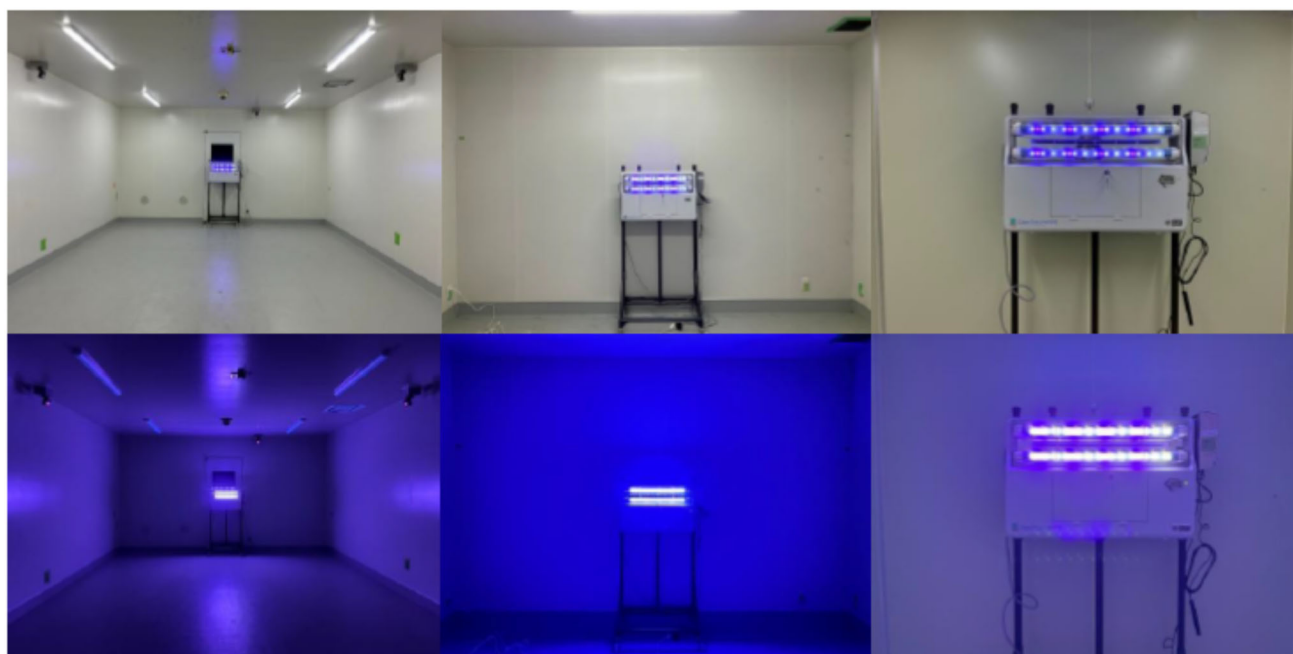


図 1 試験場所に設置した試験品(放虫地点から撮影)

(上段:明条件、下段:暗条件。いずれの段も左から順に試験場所 1、2、3)

表 2 各試験条件における捕獲数およびカウント精度 (n=3)

	試験場所1		試験場所2		試験場所3	
	明	暗	明	暗	明	暗
イエバエ						
捕獲数	85.7 ± 9.2	88.0 ± 8.7	96.0 ± 4.6	89.3 ± 5.7	82.3 ± 12.5	89.3 ± 2.1
カウント精度	3.5 ± 1.5	4.5 ± 3.3	2.1 ± 1.1	0.8 ± 1.4	0.0 ± 0.0	0.7 ± 1.3
クサビノミバエ						
捕獲数	42.7 ± 6.7	42.3 ± 18.5	47.3 ± 4.7	54.0 ± 8.7	50.0 ± 11.5	49.0 ± 17.4
カウント精度	5.8 ± 6.0	10.0 ± 1.2	12.0 ± 4.9	18.3 ± 1.3	9.3 ± 2.2	14.7 ± 4.4

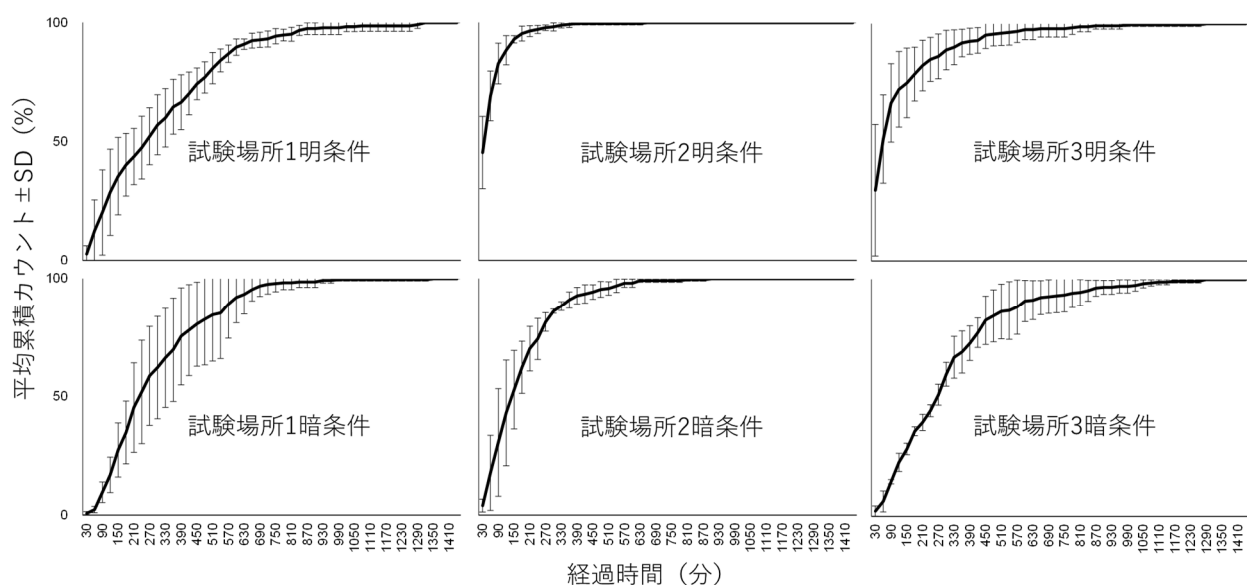


図 2 各条件におけるイエバエの平均累積カウントの変化

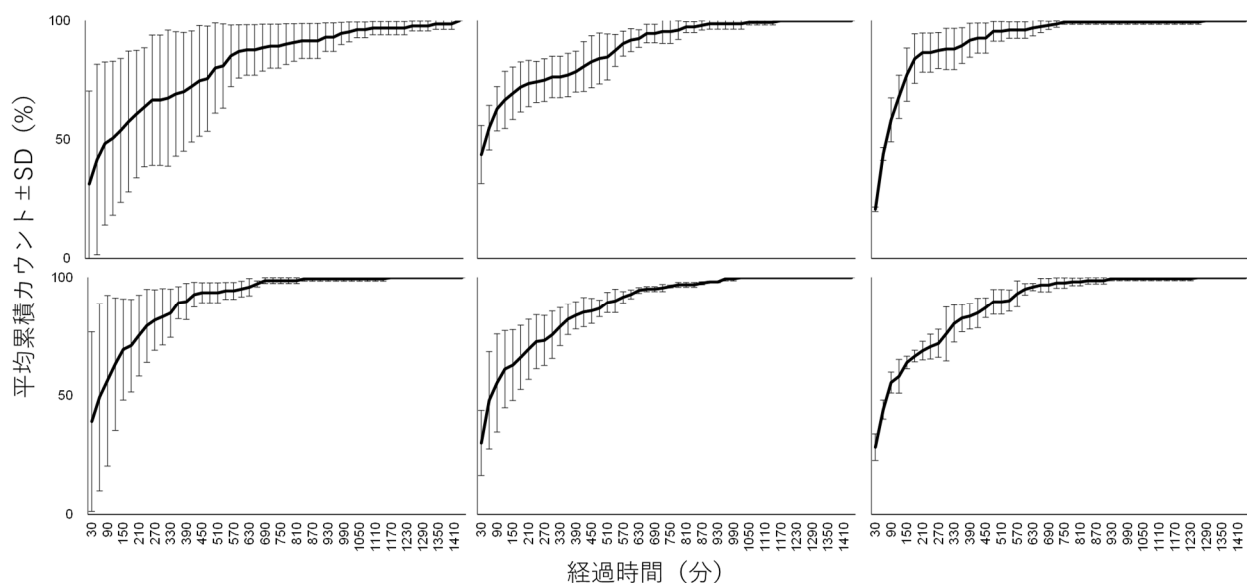


図 3 各条件におけるクサビノミバエの平均累積カウントの変化

令和 7 年度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

研究協力者	正田 浩三	東京美装興業株式会社
研究協力者	深見 盛英	東京美装興業株式会社
研究協力者	川村 典子	東京美装興業株式会社
研究協力者	江本 達哉	東京美装興業株式会社
研究協力者	辻本 彩香	東京美装興業株式会社
研究協力者	杖先 樹里	一般財団法人 建築物管理訓練センター
研究協力者	栢森 聡	株式会社ウィズらぼ
研究協力者	下平 智子	全国ビルメンテナンス協会
研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院

研究要旨

本研究では、清掃業務におけるデジタル技術について、①既存研究の整理と情報収集・企業への導入状況の把握、②清掃点検報告システム、③トイレ利用・消耗品計測システム、④2 機種 of ATP 測定器（キッコーマン製、ニッタ製）の検証を行った。

既存研究については収集した論文の検索システムを構築した。また、展示会において清掃ロボットの情報を収集し性能を比較検討した。清掃企業でのデジタル技術の導入については、アンケート調査から、清掃ロボットの導入企業が 8 割程度あった。また、業務の効率化システムとして勤怠管理システムの導入企業が 4 割程度ある一方、「特にない」と答えた企業が 4 分の 1 あった。

清掃点検報告システムを 13 施設に約 8 か月導入した結果、10 施設で作業時間が短縮し、平均 32 分（約 20%）の効率化が確認された。特に、写真添付や情報共有、報告書作成業務の効率化に効果がみられた。

トイレ利用計測では、男女別利用人数、個室利用回数・滞在時間、消耗品補充頻度などを把握でき、利用実態に応じた清掃計画立案への有用性が示された。一方で、導入コストが課題として挙げられた。

ATP 測定では、疑似汚れとしてベビーフード 10 倍希釈液を用い、建材表面、タオル、モップ等の測定条件を検討した。表面が平滑な建材ほど高い ATP 値を示し、凹凸面では低値となった。また、測定者差や繰返し測定誤差が認められ、特に凹凸面ではばらつきが大きかった。液用ペンは表面ペンより高値かつ安定した測定結果を示し、タオル・モップ管理への応用可能性が示唆された。さらに、都内複合建築物で ATP 測定を実施した結果、トイレや高頻度接触部位で高値を示した。2 機種間では測定値に大きな差があり、機種間比較は困難であったが、同一機種を継続使用することで汚染傾向の把握に有効であると考えられた。

以上より、デジタル技術は、建築物清掃管理の効率化と衛生管理の高度化に有用であることが示された。

A. 研究目的

A1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

清掃に関するデジタル技術の情報収集・整理と、清掃企業への導入状況を把握した。

A2. 2種類のデジタル技術を用いた既存作業との比較

清掃業務に関するデジタル技術について、2023年11月15～17日に開催されたビルメンメンテナンスフェアに展示された清掃業務に関連するデジタル技術システムを収集し、その中より効率化・標準化等に関係する2つを選定して、実際の建築物において清掃管理業務に導入して、基礎データを収集した。

A3. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

建築内清掃作業の点検業務は、目視・接触等による主観評価が大部分であり、衛生管理の観点から測定器の導入が必要と考える。そこで、衛生的な測定器として2種類のATP測定器を選択し、基礎的調査を行った。

A4. O 建築物における ATP 測定報告

都内にある複合建築物のトイレ、共用部、資機材倉庫等のATP測定を実施した。2種類のATP測定器を使用し、同じ測定箇所による比較を行った。

B. 研究方法

B1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

昨年度までに清掃関連に関する現状の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した。作成リストに基づき、収集した論文を検索できるシステムを構築した。

また、2025年度ビルメンヒューマンフェアに参加し、展示ロボットの資料を収集し、小型清掃ロボット、中型清掃ロボット、大型清掃ロボットについて機械性能を比較する。

清掃企業のデジタル技術の導入状況については、2025年9月に東京ビルメンメンテナンス協会の企業会員を対象にデジタル技術の導入の現状についてアンケート調査を行った。

B2. 選定した2種類のデジタル技術を用いた既存作業との比較

選定したデジタルシステムは、清掃点検報告システム及びトイレの大便器の使用及び消耗品計測システムである。

B2.1. 清掃点検報告書システム

清掃点検報告システムである123レポート（クリーンシステム株式会社製）を選定し使用する。清掃会社の実際に使用している清掃点検・報告シートをカスタマイズし、携帯端末にインストールする。既存の13建築物の清掃点検（約8月間）

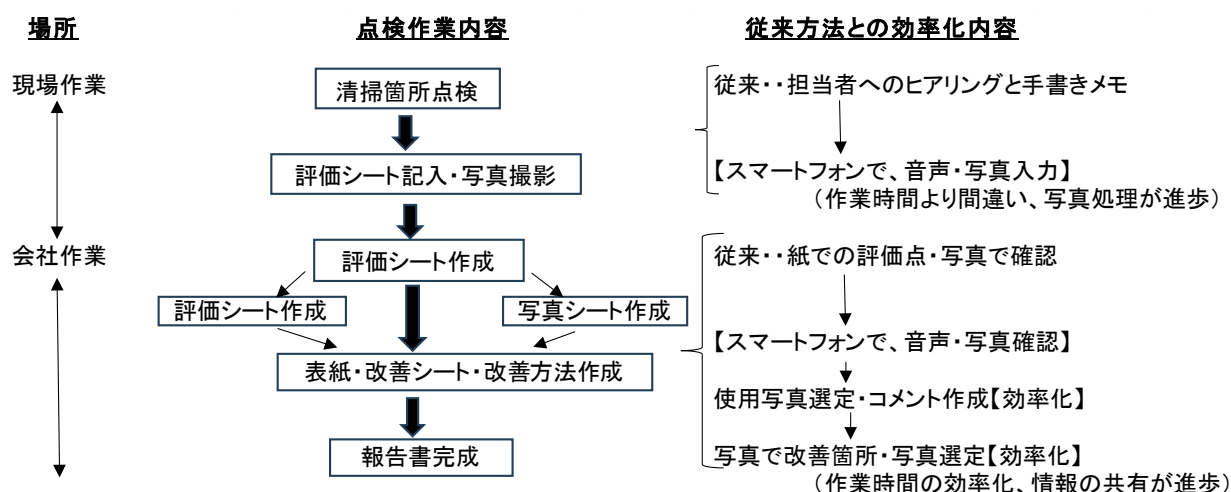


図1 清掃点検・報告書作成フロー

を行い、前年度の清掃点検・報告書作成に要した時間等と比較した。

使用期間は、2024 年 4 月から 12 月であり、2 名の専任清掃点検者が実施する。点検項目はエントランスやトイレなど共用部を対象に 48 項目とし、13 施設で点検を実施し、導入前後の報告書作成時間を比較した。図 1 に清掃点検・報告書作成フローを示す。作業は大きく分けて、現場作業、会社での事務作業に分けられる。また、実際に使用した清掃点検シート、改善指示シートを図 2、図 3 に示す。この 2 シート等を携帯端末にカスタマイズして使用して、紙点検表との比較を行った。

図 2 清掃点検シート

図 3 清掃指摘事項の改善指示シート(写真添付)

B2.2. トイレの使用及び消耗品計測システム

2024 年 10 月～12 月に都内にある O 複合建築物で、3 階共用部にある男女トイレの使用人数、トイレ消耗品、個室使用回数・時間、1 階ゴミ箱の回収保管率を測定した。男女トイレに 3 ヶ月にわたりテラモト製のセンサー（通行量カウンター、マグネットセンサー）を設置（写真 1）し、トイレ清

掃の効率化につながる利用者数、個室の利用回数や滞在時間を収集した。またトイレトーパーホルダー、水石鹸容器、共用部のゴミ箱にもセンサーを設置し、在庫管理や巡回清掃頻度の見直し等への有用性を確かめた。

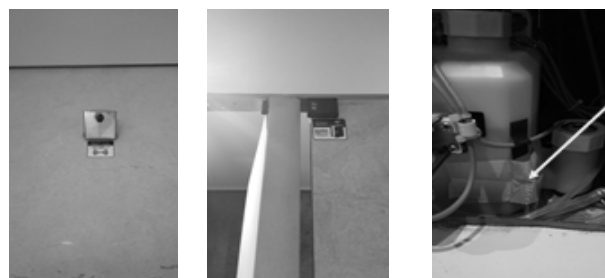


写真 1 各種センサー
(トイレ入口・個室・水せっけん容器)

B3. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

B3.1. 測定日時

予備測定日 2026 年 2 月 9 日、16 日、本測定日は 2026 年 2 月 18 日、19 日とした。

B3.2. 測定内容

清掃作業の点検機械として ATP 測定器 2 機種を用いて、基礎的資料を求めた。

測定内容を以下に記述する。

(1) ATP 測定器

ATP 測定器は、キッコーマン社（ルミテスター A3）とニッタ社（ハンドヘルドルミノメーター 33S）の 2 機種とした。また、測定ペンは、表面測定用と水中測定用の 2 種類とした。



写真 2 2 種の ATP 測定器

表面測定用ペンは、3 種類のアクリル板に汚れを塗付し、乾燥した後の 10 cm²の表面凹凸を測定し、違いの比較を行った。また、汚れ（10 倍希釈液）を 10 cm²に裁断したタオル片に 3mL 加え、よく攪拌した後の絞り液（水中測定用ペン）と 10 cm²裁断タオル片表面（表面測定用ペン）の比較に使用した。

(2) 疑似汚れ

疑似汚れは、ベビーフード（キューピー製 鶏肉と野菜の煮込みうどん 3 袋）を使用した。ベビーフードを紅茶の濾し器でろ過した後に再度タオルに入れビニール手袋を付けた手で絞った残り液を原液とした。これを水で希釈して、原液、5 倍希釈液、10 倍希釈液、50 倍希釈液を作製した後、ATP 測定を実施し、実験に使用する疑似汚れを選定した。



写真 3 ベビーフード



(3) 汚れとしてのベビーフード希釈液調整

ベビーフードを汚れとし、どのぐらいの希釈液とするかの測定を実施した。

希釈液は、原液、5 倍希釈液、10 倍希釈液、50 倍希釈液を作成し、ATP 測値を測定した。測定結果を表 1 に示す。キッコーマンとニッタの 2 種類の ATP 測定値の関係を図 4 に示す。また、汚れ液は、高濃度ではばらつきが大きくなる、実際の値に近いのが良いと考え、2 種類の測定器の相関が得られやすい 10 倍希釈倍率を選定した。



写真 4 汚れ(ベビーフード)の希釈液

表 1 ベビーフード希釈液のATP測定結果(RLU)

	キッコーマン				ニッタ			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
原液	16702	19844	12015	15977	342	134	270	249
5倍希釈	8585			8585	528			528
10倍希釈	3246			3246	224			224
50倍希釈	674			674	51			51

*ベビーフード10倍希釈液1mLをブラシで10cm²に広げ、乾燥後測定(キッコーマン①184998(かき混ぜ液)

②8990(上澄液)、ニッタ479(かき混ぜ液)

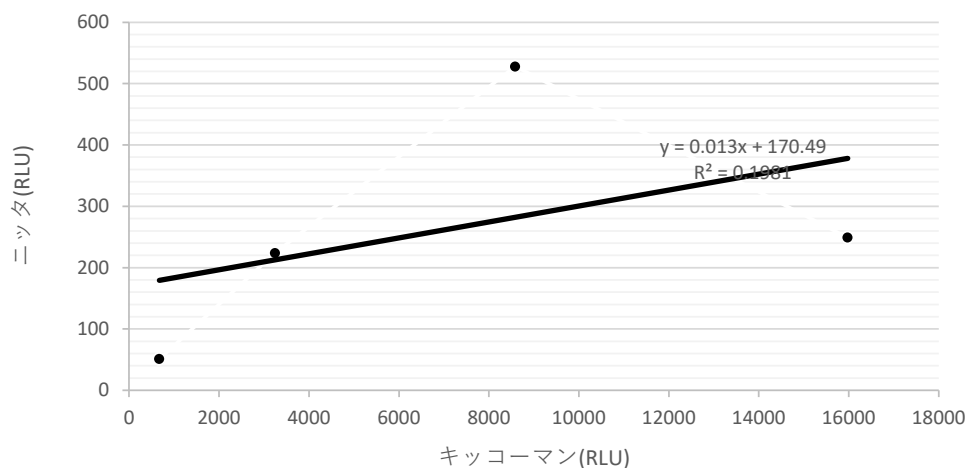


図4 汚れ(ベビーフード)の2機種によるATP 値の関係

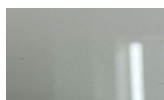
(4) 建材

表面の仕上げが測定値に影響を及ぼすかを確認するため、表面仕上げが異なる3種類のアクリル板(300mm×450mm)を選定した。建材表面に疑似汚れを塗布し、乾燥させた後に、ATP測定を行った。アクリル板はすべてアクリサンダー株式会社製。光沢度は、光沢計(シーバイエス株式会社製)により測定した。

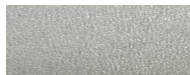
表2 測定した建材

	製品名	色番号	厚さ		光沢度
つるつる	アクリサンダーEX板アクリル樹脂	815	3mm	ガラス色	82
小さな凹凸	ポリエチレンシートASP-M5マット		2mm	全光透過率 88%	6
大きな凹凸	ポリエチレンシート樹脂	816	2mm	カスミ 全光透過率74%	9

1. つるつる



2. 細かい凹凸



3. 大きな凹凸



写真5 3種類のアクリル板の光沢度

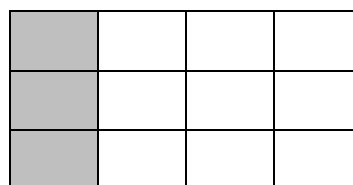
測定方法は以下のとおりである(図5参照)。

- 1) 汚れ: 10倍希釈液、1mLをブラシで広げ(10cm²)、乾いて測定
- 2) 測定板: 表面の状態がつるつる、細かい凹凸、大きな凹凸のアクリル板に3種類

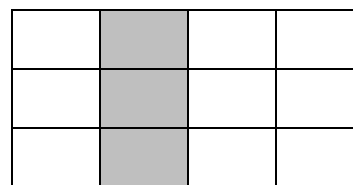
ATP測定2種類で各3回ずつ、3種のアクリル板について測定する。

中間液3本 BG1本

つるつる



細かい凹凸



大きな凹凸

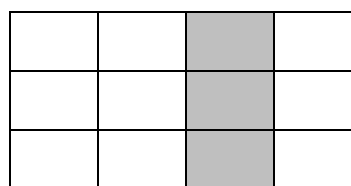


図5 建材への塗布のイメージ

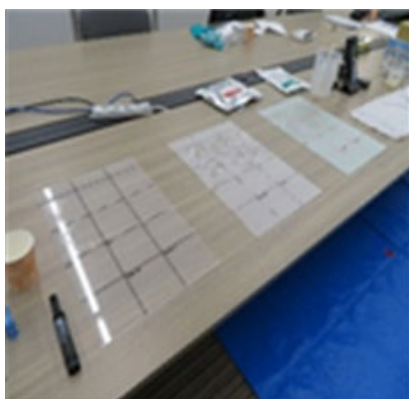


写真6 3枚のアクリル板

ベビーフード 10 倍希釈液での 3 種の板に対する ATP 測定結果を表 3 に示す。

表面状況により、測定値に差があり、つるつるが最も高い値を示した。凹凸があると低い値を示した。凹凸の出っ張りを測定するので低く出ると考える。

人による数値の絶対値は大きな差が出やすい。同じ人では、相対的に高い低い傾向が同様に思われるが、同じ数値が出るように作業方法を訓練する必要がある。

キッコーマンとニッタでは、絶対値に差があり、キッコーマン>>ニッタであるが、相対的に高い低い傾向は同様と考える。

表 3 ベビーフード 10 倍希釈液での 3 種の板に対する測定結果(RLU)

	試験者	キッコーマン			ニッタ		
		つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸
BG	A	890	982	765	10	9	7
模擬汚れ	A	17161	10279	12502	795	173	221
	A	24437	12223	12484			
	B	7210	1992	1491	538	86	90
	C	11416	3848	6893			
	平均	15056	7086	8343	667	130	156

(5) タオルの測定方法の検討

1) 表面測定

汚れ 10 倍希釈液 1 mL をカップに入れ、次いで 10cm×10cm に切ったタオルを漬けてよくかき混

ぜて汚れをタオルに付着させた。その汚れたタオルを取り出して広げ、手袋をはめた手で絞りながら、綿棒を擦りつけて表面汚れの ATP 測定を行った。

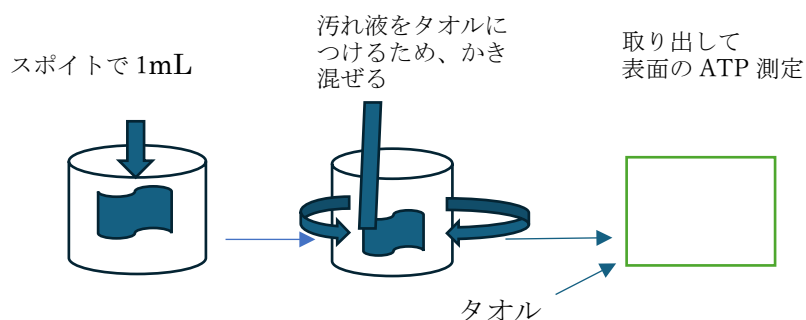


図 6 タオルの表面測定方法



写真 7 10cm×10cm タオル



写真 8 汚れタオル拡散



写真 9 ATP測定

表 4 汚れが付着したタオルの表面 ATP 測定結果(キッコーマンのみ) (RLU)

	測定結果
BG (乾いたタオルのみ)	437
BG (1mL の水を漬けたタオル)	187
汚れ (1mL の疑似汚れを漬けたタオル)	577
汚れ (5mL の疑似汚れを漬けて絞ったタオル)	2831
汚れ (3mL の疑似汚れを漬けたタオル)	3719
同上 (2回目)	2512

※ (参考) 汚れ 10 倍希釈液に同じ測定ペンを漬けて測定した結果は 7002

2) 抽出液の測定

(4)の試験で、汚れ 5mL を漬けて絞った場合、2mL の絞り液が得られ、そのタオルの表面 ATP を測定した結果と、汚れ 3mL を漬けた結果が同様の数値だったので、汚れ 3mL を漬ける方法を標準とした。

汚れ 10 倍希釈液 3mL をカップに入れ、次いで 10cm×10cm に切ったタオルを漬けてよくかき混ぜて汚れをタオルに付着させた。そこへ、水 30mL を加え、かき混ぜながら汚れをその水へ抽出した。その抽出された液を水測定用のペンにて ATP 測定を行った。

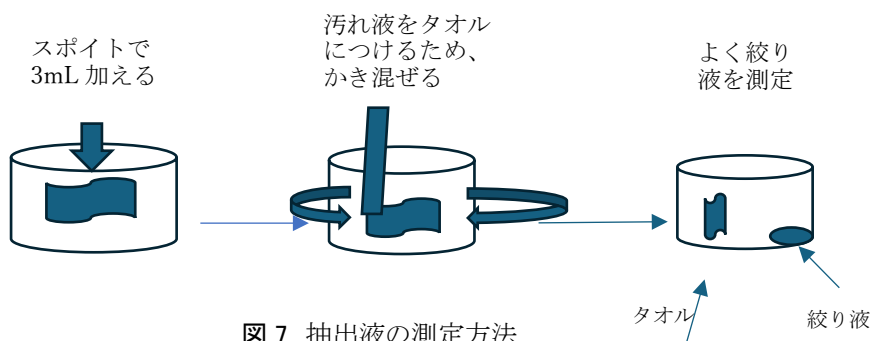


図 7 抽出液の測定方法

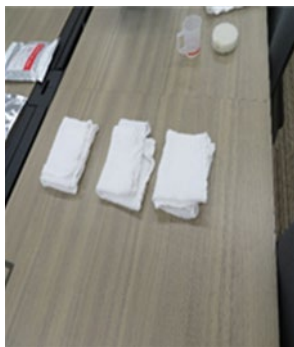


写真 10 測定タオル



写真 11 10 倍希釈液汚れの抽出



写真 12 タオルに汚れ 30mL 加え攪拌

(6) モップ測定方法の検討

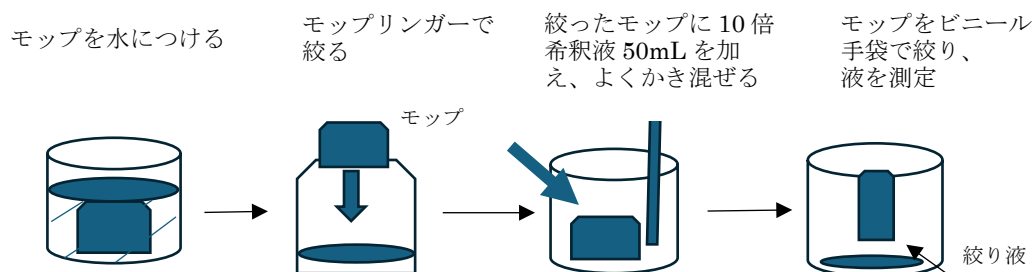


図 8 モップの測定方法



写真 13 試験使用モップ



写真 14 バケツに浸し、モップリンガーで絞る



写真 15 モップに汚れ 50mL 加え攪拌する



写真 16 モップのATP測定
(表面、絞り液のATP値も測定)

B4.0 建築物における ATP 測定報告

測定日時は、キックマン測定器 2026 年 1 月 27 日、ニッタ測定器 2026 年 1 月 30 日に実施した。建築物の同じ場所に日時を変えて測定した。

2種類のATP測定器を同日に同じ場所を測定すると測定誤差があると考え、日時を変えて同じ場所で測定することにした。

ATP 測定器は、キッコーマンルミテスターA3
ルシバックペン A3 拭き取用、ニッタ ハンドヘ
ルドメーターSS3 表面用ウルTRASナップを使
用した。男女トイレは3階共用部、清掃倉庫・用
具は9階である。

C. 研究結果

C1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

C1.1 既存調査・研究論文収集の概要

収集調査・研究論文は、1950 年～2025 年までの 346 編である。主な論文収集学会は、日本建築衛生管理教育センター、日本建築学会、日本環境管理学等になる。建築物の内訳は、建築物室内関連 79%、建築物外装関連 15%、住宅関連 6%である。

調査・研究論文の項目内訳は、汚れ関連

39%、安全・健康 16%、清掃用具の発塵・発生量・拡散 15%、清掃品質評価 11%、清掃方法・汚れ除去 7%である。論文項目の内訳は、「汚れ」に関する論文（52 編）が最も多く、次に、「実態調査（31 編）」となる。論文リストの一覧表は、エクセルで作成し、古い順に記述した。記載項目は、①題名、②執筆者、③出典した学会・ページ・年代、④論文に関連するキーポイントとした。また、346 編の論文は、Vol1～Vol3 の 3 ブロックに集約した。

(一財) 建築物管理訓練センターの HP に専用サイトを Web 公開した。(https://bmtc.libra.lw-cloud.jp/#/home) ここにアクセスすると画面が表示される(図 9)。表示画面には、①日本建築衛生管理教育センターへの報告書、論文リスト及び論文 PDF Vol1、Vol2、Vol3 が表示される。報告書、論文リストは、直接クリックして印刷することが可能である。次に、論文検索するためには、論文 PDF を直接クリックする方法と検索キーワードに 1 つ単語を入力して検索する方法がある。ここでは、単語を入れて検索する方法を説明する。画面の検索キーワード枠に「汚れ(例)」



図 9 公開 Web 画面 1



図 10 公開 Web 画面 2

を入れ、検索すると、次に論文 PDFVol1～Vol3 から選択された題名が表示される。このリストをクリックすると報告論文が表示される。そして、論文を確認し、必要である物を印刷する（図 10）。

C1.2 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

2025 年 11 月 19～21 日に東京ビックサイトで開催された展示会の内容について記述する。参加企業は、162 社であり、出展企業の内訳を図 11 に、講演会・出展セミナーの内訳を図 12 に示す。最も多いのが、清掃資材企業 46 社、次にロボット・センサー 43 社、清掃機材 28 社、業務効率（サポート）25 社であった。デジタル技術としては、ロボット・センサーが多く出展しており、IT 技術を使っ

ての出退勤システム、報告書・レポート作成システムは、業務効率と清掃トータルマネジメントの 35 企業の出展であった。また、講演会・出展セミナーは、ロボット関連が 8 件で最も多く、次に技術、人出不足、スマートビル、人材不足、健康・安全の順であった。

出展された、清掃ロボットは、小型タイプ 8 台、中型タイプ 15 台（吸塵タイプ 9 台、洗浄タイプ 6 台）、大型タイプ 18 台（吸塵タイプ 7 台、洗浄タ

イプ 11 台）、外壁清掃タイプ 3 台、トイレ大便器清掃タイプ 2 台である。

主な清掃タイプの平均性能を以下に示す。現在、小型清掃ロボット（価格 3 万～30 万円）の導入が最も多く、個人や個室テナントへの導入が多い。中型清掃ロボットは、多くは集塵タイプであり、100 万円～300 万円であり、事務所ビル等の直線部分の清掃に使われている。大型清掃ロボットは、500 万円～1200 万円であり、商業施設等の清掃面積が多くなる床面清掃への導入が多い。外壁清掃ロボットは、3 機種であり、2 機種が中国製の機械の出展であった。トイレ大便器清掃ロボットは、2 機種の出展であり、昨年度からの出展であり、国内での販売はこれからである。

表 5 に各清掃ロボットのタイプ別の性能の平均を示す。また、ビルメンヒューマンフェアに出展された清掃ロボットを表 6～9 に示す。

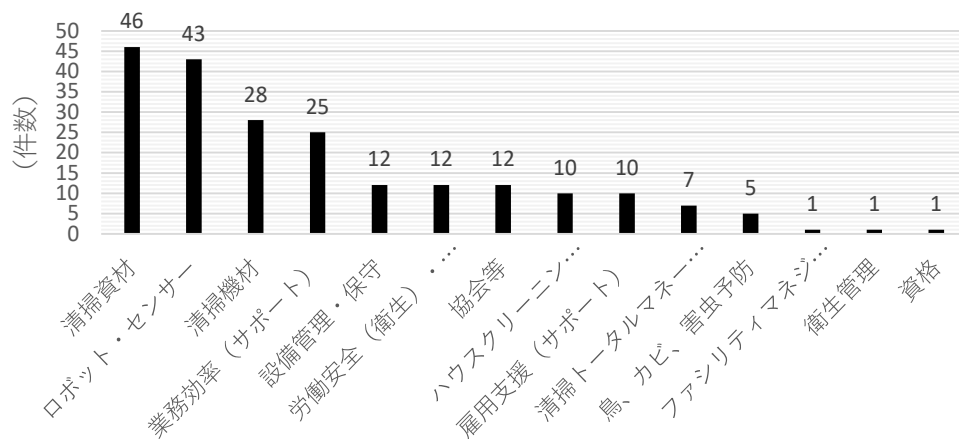


図 11 ビルメンヒューマンフェアの参加企業内訳

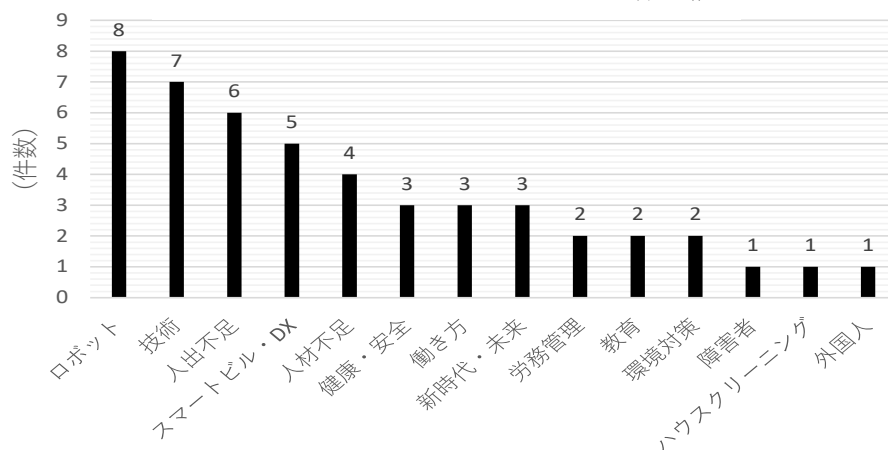


図 12 ビルメンヒューマンフェアの講習会・出展セミナーの内訳

表 5 主な清掃ロボットの平均性能

	稼働時間	清掃効率	充電時間
小型清掃ロボット	3.6h	179 m ² /h	3.3h
中型清掃ロボット (吸塵)	4h	639 m ² /h	3.8h
(洗浄)	6.8h	716 m ² /h	3.5h
大型清掃ロボット (吸塵)	6.4h	2002 m ² /h	2.5h
(洗浄)	3.8h	1654 m ² /h	3.8h

表 6 出展小型清掃ロボットの内訳

小型清掃ロボットの製品

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	㈱アイウイズロボティクス	IWITH J30	390×390×304	20	2-3h	100m ² /h	4.8L	4h	吸塵・水拭き、清掃レポート、複数台管理
2	㈱アイウイズロボティクス	IWITH J30S	390×390×1080	27.5	2-3h	100m ² /h	4.8	4h	上記+監視・防犯カメラが付けられる
3	㈱アイウイズロボティクス	IWITH J30S	400×400×1090	33.3	1.5-2.5	200m ² /h	5	1.5-2h	1の協力吸引型
4	Primech Ai	Dreame L10s Plus	350×350×97		250分	250m ²	4L (ダスト容量)		ルンパタイプ
5	Panasonic	ルーロビス	351×330×99	3.2		200m ²		3.5h	ルンパタイプ
6	㈱エムエムインターナショナル	jinny	360×360×117	4.8	150-180分	200m ² /h	420ml、490l (ダスト容量)	180-210分	吸引、水拭き
7	㈱マキタ	RC300DZ	500×500×204	10.6	4H		3L		集じん
8	㈱くうかん	C3-CV	520×510×278	17.5	6H	200m ² /h	4L	2h	吸塵、拭き
	平均				3.6h	179m ² /h		3.3h	

表 7 出展中型清掃ロボットの内訳(吸塵、洗浄)

中型清掃ロボットの製品(吸塵)

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	Panasonic	MC-GRS2 M	590×650×730	24	150分		5L (紙パック)	6h	
2	㈱コーワ	T30	490×520×750	35	6 h	600m ³ /h	3.5L (不織布パック)		吸塵、モップ掛け、ラッピング、音楽演奏
3	GAUSIUM	Phantas	540×440×617		4- h H	370-700		2 h	スクラブ、吸引、モップ
4	IRIS OHYAMA	JILBY	470×534×722	43	3 h	500m ³ /h	6.3L (ゴミボックス)	3.5 h	吸引
5	ケルヒージャパン	KIRA CV50		15.5	3.5 h	525m ³ /h	4.5L (ゴミボックス)		掃き
6	テルウェル西日本	K1	558×420×592	48	4 h	700m ³ /h	10L (ゴミボックス)	2 h	吸引、ダストブッシュ
7	㈱くうかん	SVD42-W	620×550×700	70		500-600m ³ /h	14L、1.5L (ゴミボックス)	3.5 h	乾拭き、水拭き
8	㈱くうかん	Vacuum40	650×570×810	84	3-4 h	700-850m ³ /h		3.5 h	吸塵
9	㈱くうかん	KB-40	650×570×1177	90	3-4 h			3 h	警備+清掃 (吸引+掃き+拭き)
	平均				4 h	639m ³ /h		3.8 h	

中型清掃ロボットの製品(洗浄)

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	㈱アイウイズロボティクス	IWITH J35	503×503×629	42	4-11 h	800m ³ /h	10L	4-11 h	吸塵・床磨き・洗浄 (ロータリー) ・吸水
2	㈱アイウイズロボティクス	IWITH J35PRO	506×506×660	50	1.5-3.5 h	800m ³ /h	8 L	3.5 h	吸塵・水拭き・洗浄・自動給水排水交換 (タンク)
3	GAUSIUM	Scrubber	810×700×1070		3、 8 h	500-1300m ³ /h	30L	2 h	吸引、掃き、モップ
4	ikitbot	ONE S55	650×580×550	70	3.5、 4.5 h	1197、1368m ³ /h	22L	4 h	洗浄、吸塵
5	蔵王産業	R3-Vac	510×482×655	53	2-3 h	500-1000m ³ /h	6L	2 h	簡易洗浄 (拭き取り)
6	テルウェル西日本	Phantas	550×490×617	48	5H,10 h	400m ³ /h	11L	2 h	吸塵、モップ
	平均				6.8 h	716m ³ /h		3.5 h	

表 8 出展大型清掃ロボットの内訳(吸塵、洗浄)

大型清掃ロボットの製品(吸塵)

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	PUDU	MT1Max	840×600×675	85	5-10 h	2200m ³ /h	35L (ゴミボックス)	3.5 h	床清掃 (ドライ)
2	AMANO	Rsrobo	750×1200×970	245	3 h	2775m ³ /h	30L (ゴミボックス)		集塵
3	ユニキャスト㈱	キュートタイプ	490×520×750		6-10 h	1500-2500m ³	3.5L (不織布パック)		乾き拭き、吸塵、破棄
4	GAUSIUM	Beetle	960×650×680		4 h	3740m ³ /h	45L (ゴミボックス)	2 h	スーパー
5	GAUSIUM	Vacuum40	800×690×890		3 h	1200m ³ /h	12L (ゴミボックス)	2 h	吸引、掃き、モップ
6	ロボア	SW 5 5 A	615×585×650	93.5	8 h	1200m ³ /h	2.5L (ゴミボックス)		吸引、モッピング
7	ロボア	SW 8 0 A	1025×850×975	175	8 h	1600m ³ /h	3.5L (ゴミボックス)		吸引、モッピング
	平均				6.4 h	2002m ³ /h		2.5 h	

大型清掃ロボットの製品(洗浄)

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	okamura	STRIVER	510×920×850	75	2 h	860m ³ /h		3 h	市販掃除機を自動搬送 (乾湿両用)
2	okamura	STRIVER II	530×620×895	95	2- h			5 h	市販掃除機を自動搬送 (乾湿両用)
3	GAUSIUM	Scrubber75	1370×962×1417		4-6 h	3000m ³ /h	75L	6 h	洗浄、脱油
4	GAUSIUM	Omnie	810×700×1070		3、 8 h	2621、3528m ³ /h	33L	2 h	スクラビング、スーピング
5	AMANO	HAPIIBOT	550×1200×940	170	2 h	2032m ³ /h	33L	4 h	洗浄
6	AMANO	EGrobo	780×1200×1090	310	3 h	1950m ³ /h	65L		洗浄
7	ケルヒージャパン	KIRA B50	750×1200×1100		3.5 h	2365m ³ /h	55L	5 h	洗浄
8	㈱くうかん	Scrubber75		400	4-6 h	800-1000m ³ /h	75L	5 h	洗浄
9	ユニキャスト㈱	アクアタイプ	578×550×690		5-6 h	2750-5500m ³	水16L、ダストバック 8 L		水拭き、吸塵、掃き
10	蔵王産業	R3-Scrub P r o	635×570×828	85.5	2-3 h	800-1200m ³ /h	21L	2 h	洗浄、回収
11	テルウェル西日本	M1	590×680×1050	120	3.5 h	1200m ³ /h	35L	2 h	洗浄、ダストモッピング
	平均				3.8 h	1654m ³ /h		3.8 h	

表 9 出展外壁清掃ロボット・トイレ大便器清掃ロボット

外壁清掃ロボットの製品

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	中国製	K3.2.0	1377×1000×288	67	3	1200-2000㎡/日	9 L		安全ロープ (1500Kg)、ジョブ高さ600m
2	中国製	Y3	2050×2050×820	90	7	100-250㎡/h	9 L		水循環タンク19L
3	テルウェル西日本	WINBOT W2 BE	271×271×77	1.6	110分	55㎡/一度	230ml		

トイレ便器清掃ロボットの製品

	会社名	機種名	寸法(mm)	重量(kg)	稼働時間	清掃効率	清水タンク	充電時間	その他
1	Primech Ai	T1	621×520×156				10 L		移動式ロボットアーム (噴霧、ブラシ洗浄)
2	Primech Ai	Hytan	653×400×1412	100	2.5 h		10L	30分	1本アームにより噴霧、ブラッシング

C1.3 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

東京ビルメンテナンス協会の建物清掃調査委員会のメンバーに 2025 年 9 月に清掃委員会の企業にアンケート調査を行った。40 社への調査の回答率は、34 社 (85%) であった。

アンケート調査内容を以下に報告する。このアンケート調査は、人手不足に関連する調査の一部を抜粋したものである。

アンケート結果を設問 1～6 毎に示す。清掃ロボットを導入している企業は、80%であり、その内、10 台以内が 78%、20 台以上は、14%であった。導入建築物は、事務所建築物が 50%で最も多く、次に、商業施設 25%、病院 16%の結果であった。

業務の効率化システムとしては、勤怠管理システムが 43%と最も多く、報告作成システム 12%、作業スケジュール管理システム 11 の順であった。しかし、特にないと答えた企業も 25%あった。

設問 1 清掃ロボットを導入していますか？

導入している	27
導入していない	7

設問 1-1 清掃ロボットの導入台数を教えてください。

10 台以内	21
20 台以上	4
10 台以上	1
不明	1

設問 2 主に導入している管理物件をお答えください。

事務所ビル	16
商業施設 (店舗・テナント)	8
病院・医院	5
学校	2
マンション	1
複合施設 (事務所+商業施設等)	0
公共物件	0
宿泊施設 (ホテル・旅館等)	0

設問 3 清掃ロボットを導入した現場において良い効果が見られた事例があれば紹介してください。

- ・ 清掃のクオリティ UP。
- ・ 性能が良いロボットはミスも少ないので、人力をかける事が少なくなった。
- ・ 数年前だったので良いアピールにもなっていた。出来ることは限定的だが、現場の特性とマッチすれば素晴らしいパフォーマンスでコスト削減に繋げられる。
- ・ 多少の効率化が図れた。
- ・ 作業負担が軽減された。
- ・ 一部であるが、作業負担が軽減された。
- ・ 自動洗浄機等の購入費やメンテナンス台の軽減。
- ・ 作業の効率化。
- ・ 状況により夜間など使用できる。
- ・ 作業のパフォーマンスが図れる。

設問4 現場業務の効率化に向けた機材・作業方法・計測器等を導入していますか？

バッテリー機材	26
自動床洗浄機	25
ドライ方式	15
高速バフ機	13
光沢度計	5
特になし	5
ATP 測定器	3
色彩式差計	1

設問5 業務効率化に向け、導入しているシステムはありますか？

勤怠管理システム	19
特になし	11
報告書作成システム	5
作業スケジュール管理システム	5
可視化システム（ゴミ箱、消耗品、トイレ利用状況など）	3
その他	1

※その他：AI

設問6 教育システムで導入しているものはありますか？

ビルクリーニング技能士資格の研修制度	23
レベルに合わせた育成プログラム	16
特になし	8
オンラインによる教育システム	9
社内独自の清掃技術認定、資格制度	4
社内独自の清掃競技会の実施	2

表11 清掃点検システム導入前後の平均値まとめ

棟数	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レポート	短縮時間	作成写真
27棟	40.5時間	4370分（72時間50分）	3500分（58時間20分）	870分	279枚
1棟当たり	1時間30分	2時間42	2時間10分	32分	10枚
* インスペクション時間は、ほぼ同じ、書類作成で削減			* 写真は、全撮影写真の1/3を報告書に使用		

C2.2 種類のデジタル技術を用いた既存作業との比較

(1) 清掃点検報告書システム

デジタルツールは写真取込みやデータ転送ができる仕組みになっており、点検項目はカスタマイズを行った。2名で使用したが人による使用感に大きな違いはなかった。導入前後の点検・報告書作成の時間等の結果を表10、清掃システム導入前の集計結果の比較を表11に示す。従来の方法よりも時間が短縮した施設は13施設中10施設、短縮時間は10分から130分で、平均32分であった。3施設は変化がなかった。現場による時間短縮はほぼ同じであるが、会社での事務処理の効率化が大きい。特に、写真が多くインスペクション時間が長い施設ほど短縮率が高い。平均すると20%の時間短縮につながった。実際の写真は、約3倍を撮影しており、この中から報告書に添付する写真を選んで貼り付ける。また、現場で音声録音しているので、再確認が容易であり間違いが少なくなった。また、関係者との情報共有、前回清掃点検結果との比較が簡単にできるようになった。

表10 清掃点検のシステム導入前後の実施比較表

施設名	種別	インスペクション時間	書類作成時間（分）		使用写真
			導入前	導入後	
A	オフィス	1.5h	180	170	6
B	オフィス	1.5h	180	170	11
C	商業	2.5h	200	180	23
D	オフィス	1.5h	180	170	12
E	学校	10.5h（1.5h×7）	1260	1130	71
F	学校	3h（1.5h×2）	360	320	16
G	商業、会議室	6h（1.5h×4）	800	720	60
H	オフィス、会議室	3h（1.5h×2）	400	360	51
I	会館	1.5h	150	150	3
J	研究施設	6h（1.5h×4）	180	170	8
K	会館	1.5h	150	150	3
L	会館	1.5h	150	150	7
M	オフィス	1.5h	180	170	8

(2) トイレの使用および消耗品計測システム

10月の1日平均トイレの利用人数の時間ごとの平均使用人数を図13に示す。朝8時から夕方18時までが多く、女性の利用人数より男性の利用人数が多かった。

次に、10月の1日の平均トイレ利用人数と個室利用人数を図14に示す。個室は、女性3か所、男性2か所である。男性の場合は、手前個室が奥の個室より利用者が多かった。女性の場合は、奥が最も多く、その次に、真ん中、手前の順であった。

10月のトイレ利用状況の集計を表12に示す。一般的な1日のトイレ利用頻度は、大便1～2回、小便4～8回である。これより、男性の個室利用者のうち、小便利用が大便利用の4倍であると仮定してそれぞれの利用者数を算出した。その結果、トイレ利用者全体を、100%とすると、大便利用者19%、小便利用者78%、その他（個室を利用しなかったもの）3%となった。女性は、トイレ利用者のうち個室利用者以外は、34%であった。

次に、10月の曜日別1日の男子トイレ平均利用者・個室利用者を図15、1日女子トイレ平均利用者・個室利用者を図16に示す。土日の利用者が少ないことが分かる。土日は、事務所フロアの会社が休みであり、レストラン、ショッピング等の共用部の利用者に限られている。

次に、3か月間のトイレ個室利用回数と利用時間の関係を図17（女子トイレ）、図18（男子トイレ）に示す。女子トイレの平均滞在時間は、2分12秒であり、男子トイレは、5分40秒であった。また、30分を超える個室利用者は、女性トイレ5人/月、男子トイレ22人/月であり、男性が多かった。

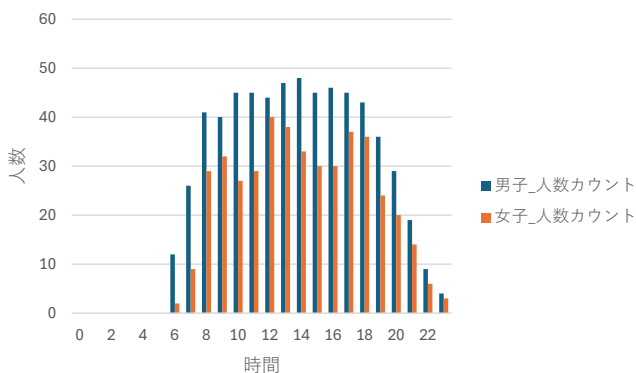


図13 10月 トイレ1日平均 時間別利用状況

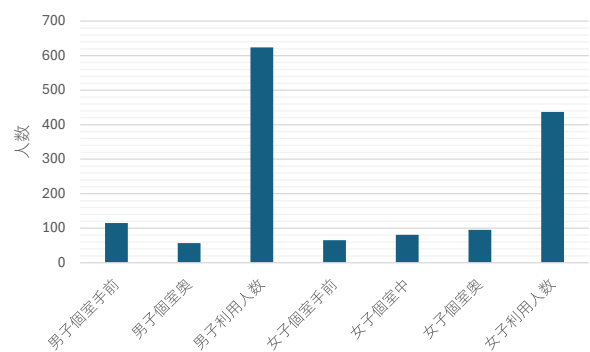


図14 10月トイレの1日の利用者・個室使用人数

表12 10月 トイレ利用状況の集計

男子トイレ	トイレ利用者	大便器利用者	小便器利用者	その他
	4299	835	3340	124
	100%	19%	78%	3%
女子トイレ	トイレ利用者	大便器利用者	小便器利用者	その他
	3041	2014	—	1027
	100%	66%	—	34%

*一般的な1日のトイレ利用は、大便1～2回、小便4～8回で、4倍をかけて小便器利用とした

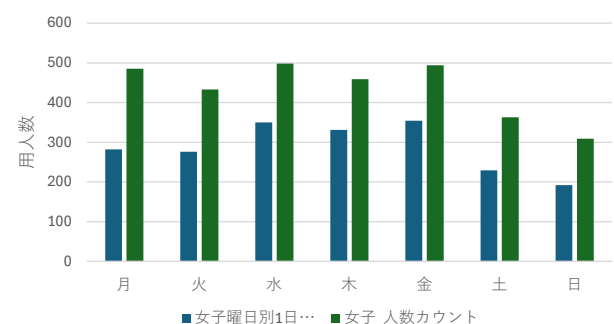


図15 10月男子の曜日別個室・トイレ利用人数

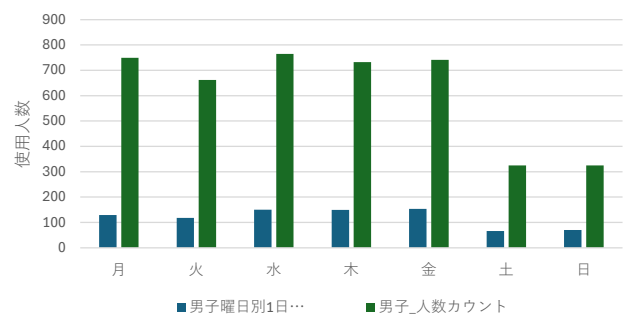


図16 10月女子の曜日別個室・トイレ利用人数

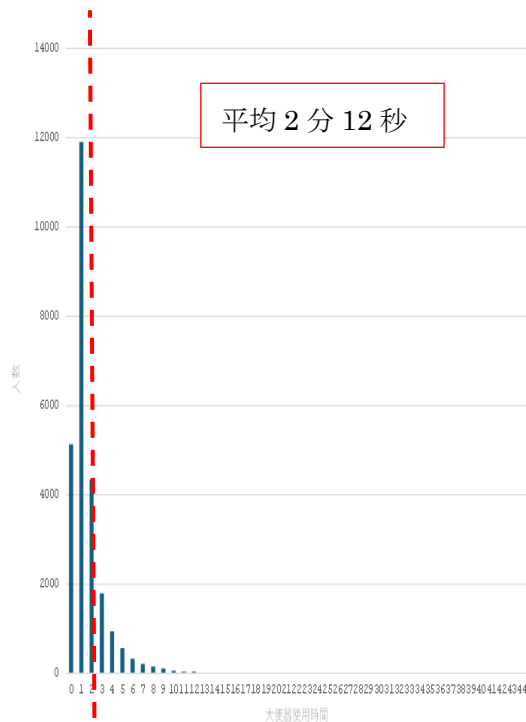


図 17 3カ月間女子トイレの個室使用回数
・使用時間分布

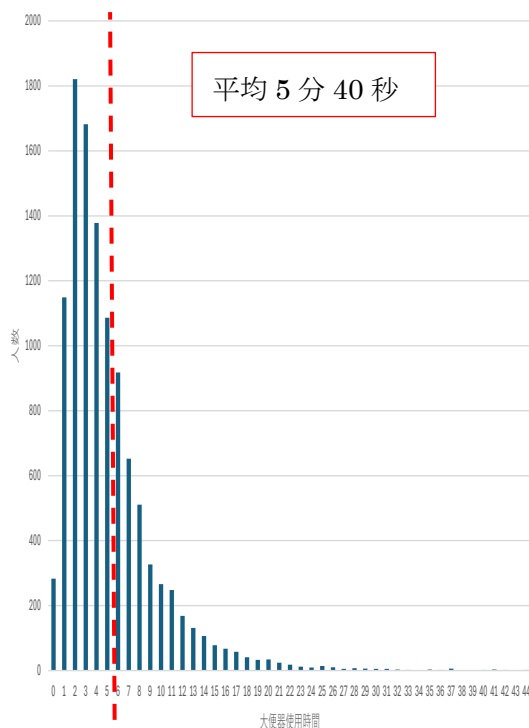


図 18 3カ月間 男子トイレの個室使用回数
・使用時間分布

(3) トイレ消耗品

トイレ消耗品のトイレットペーパー、石鹸の 10 月の補充回数を図 19 に示す。女子トイレのトイレットペーパーの補充回数は、奥の個室 (46 ロール) が最も多く、次に手前 (45 ロール)、中 (36 ロール) の順であった。男子トイレでは、奥の個室 (33 ロール) が多く、次に手前の個室 (20 ロール) であった。石鹸の補充では、4L の容器に、1 回の補充で 2L を補充する。女子トイレは、14 回の補充で、男子トイレは、32 回の補充であった。

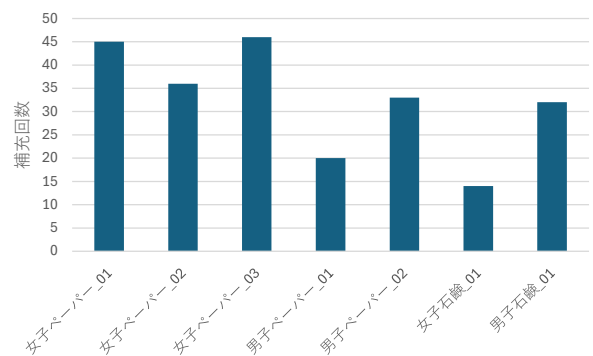


図 19 10 月 消耗品の 1 日平均補充回数

(4) ゴミ箱の保管率 (ゴミ箱の収容可能な許容量に対して蓄積されたゴミの割合)

10 月のゴミ保管率のうち、もえるゴミの保管率の結果を図 20、かん・びん・ペットボトルの結果を図 21 に示す。もえるゴミでは、保管率の平均が 70% であった。かん・びん・ペットボトルの保管率は、平均が 18% であった。もえるゴミは、袋、紙ゴミ等のかさばるゴミであり高い値が継続していた。上から圧縮させれば、少なくなると考える。一方、かん・びん・ペットボトルゴミは、重量があり下に貯まるため低い保管率を示した。

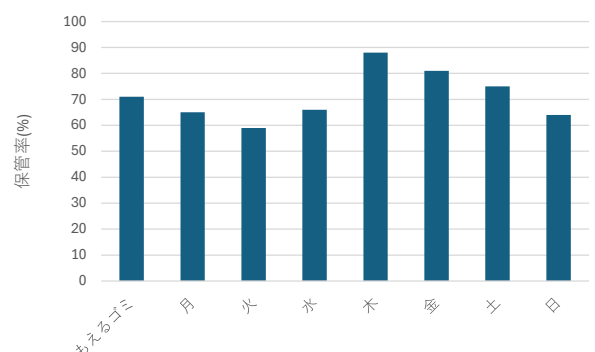


図 20 10 月 曜日別もえるゴミ 1 日平均保管率

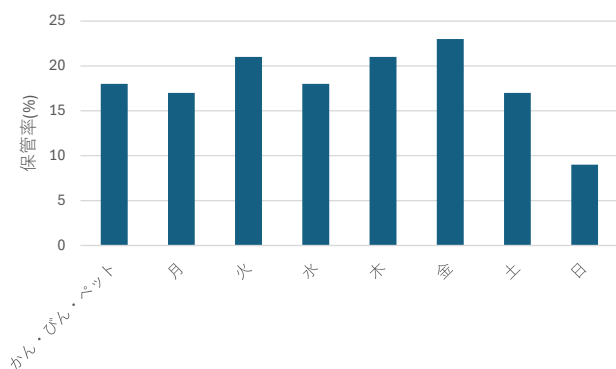


図 21 10 月 曜日別かん・びん・ペットボトル 1 日平均保管率

C3. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

C3.1. 表面仕上げが異なる 3 種類のアクリル板の ATP 値

表面仕上げが異なる 3 種類のアクリル板に同一の汚れを塗付した測定結果を表 13 に示す。また、同じ場所に同様の 2 回目の ATP 測定結果を表 14 に示す。

ベビーフード 10 倍希釈液 1 mL (ATP 値 BG キッコーマン 18499RLU、ニッタ 479RLU) を

10 cm² 建材表面に筆の塗布し、乾燥後に表面測定用ペンで測定した。10 倍希釈液は、容器を攪拌して液を採取した。これ以後の測定では、変化が少ない容器の上澄み液を採取した。

つるつるの建材が最も多く、小さな凹凸と大きな凹凸はあまり差が出なかった。

キッコーマンでの建材の凹凸の違いでは、1・2 回の平均でつるつる建材を 100% とした時、小さな凹凸 54%、大きな凹凸 53% であった。ニッタでは、つるつる建材を 100% としたとき、小さな凹凸 30%、大きな凹凸 40% であり、凹凸の大きさによる違いは明確ではなかった。

なお、キッコーマンとニッタの比較では、キッコーマンの値をニッタの値で除した時、つるつる建材 23.6 倍、小さな凹凸 43 倍、大きな凹凸 31.8 倍となり、23 倍～43 倍の結果となった。

また、同じ場所の 1 回目と二回目の測定の差は、キッコーマンで、つるつる建材 2% の減少、小さな凹凸建材 20% の減少、大きな凹凸 55% の減少であり、ニッタでは、つるつる建材 19% の減少であるが、小さな凹凸、大きな凹凸では、逆に増加した。

表 13 3 種類のアクリル板の測定結果 (RLU)

	キッコーマン			ニッタ		
	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸
BG						
1 回目	17161	10209	12502	795	173	221
2 回目	16789	8182	5655	645	254	351
平均	16975	9196	9079	720	214	286

表 14 1 回目の ATP 測定の同じ場所での 2 回目の測定結果

	試験者	キッコーマン			ニッタ		
		つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸
BG	A	890	982	765	10	9	7
模擬汚れ	A	17161	10279	12502	795	173	221
	A	24437	12223	12484			
	B	7210	1992	1491	538	86	90
	C	11416	3848	6893			
	平均	15056	7086	8343	667	130	156

C3.2 10cm×10cm のタオルにベビーフード 10 倍希釈液を加えての ATP を測定

10cm×10cm に切断したタオルにベビーフード 10 倍希釈液を 3mL を加え、容器内で攪拌して、手袋をはめた手で絞り、絞り出した水滴を 2 機種の ATP 水性ペンで測定した結果を表 15 に示す。キッコーマンとニッタの数値の違いは、1.9 倍でキッコーマンが多い結果であった。

表 15 10 cm²のタオルの ATP 測定結果(RLU)

	キッコーマン	ニッタ
10倍希釈液BG	9103	2394
10cm ² タオル 1	914	542
10cm ² タオル 2	937	476
10cm ² タオル 3	787	400
平均	879	472

*BG(33mL の水に漬けたタオル)は、キッコーマン 85、ニッタ 4

C3.3 1 枚タオルの ATP 測定結果

C2.2 で実施した測定と同様な手順により 1 枚タオルの ATP 値を測定した。タオルを水に浸し、その後、手（ビニール手袋装着）で絞り、ベビーフード 10 倍希釈液 30mL を加え、再度手袋でタオルを絞り、絞り液を液用ペンで測定する。また、タオル表面を表面ペンで測定した結果を表 16 に示す。キッコーマン測定では、10 倍希釈液（7842RLU）をタオルに加えた後の液ペン値（4182RLU：10 倍

液の 53%）、表面ペン値（1772RLU：液ペン値の 42%）であった。ニッタ測定では、10 倍希釈液（683RLU）をタオルに加えた後の液晶ペン値（1319RLU：10 倍液の 193%）、表面ペン値（113RLU：液晶ペンの 9%）であり、異なった傾向を示した。

表 16 1枚タオルの ATP 測定結果(RLU)

	キッコーマン		ニッタ	
	液用ペン	表面ペン	液用ペン	表面ペン
水BG	393		65	
汚れた液	7842		683	
1枚目	3901	2702	1575	229
2枚目	4046	1770	1153	43
3枚目	4602	844	1229	67
平均	4183	1772	1319	113

C3.4 1 モップ房の ATP 測定結果

C2.3 で実施した測定と同様な手順により 1 モップ房の ATP 値を測定した。モップ房を水に浸し、その後、モップリンガーで絞り、ベビーフード 10 倍希釈液 50mL を加え、再度手袋でタオルを絞り、絞り液を液用ペンで測定する。また、モップ房表面を表面ペンで測定した結果を表 17 に示す。キッコーマン測定では、10 倍希釈液（73913RLU）をモップ房に加えた後の液ペン値（14100RLU：10 倍液の 19%）、表面ペン値（4440RLU：液ペン値の 31%）であった。ニッタ測定では、10 倍希釈液（5528RLU）をモップ房に加えた後の液晶ペン値（2022RLU：10 倍液の 37%）、表面ペン値（814RLU：液晶ペンの 40%）であった。

表 17 1 モップ房の ATP 測定結果(RLU)

	キッコーマン				ニッタ		キッコーマン/ニッタ	
	液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン		液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン	液用ペン倍率
10倍希釈液	73913				5528			13.4倍
1房目	11628	3760	3.1倍		1723	527	3.3倍	6.7倍
2房目	14797	6640	2.2倍		1597	930	1.9倍	9.3倍
3房目	15874	2921	5.4倍		2746	984	2.8倍	5.8倍
平均	14100	4440	3.2倍		2022	814	2.5倍	7.0倍
10倍希釈液/平均	19%				37%			

C4. O 建築物における ATP 測定報告

C4.1 男女トイレ、清掃倉庫・用具、その他箇所

キッコーマンの測定結果を図 22、ニッタの測定結果を図 23 に示す。2 機種には数値に大きな差がある。また、同じ機種において測定場所によっても大きな差があった。その理由として、測定場所が清掃作業の仕様書に入っていないため清掃対象になっていない、測定場所の利用者と清掃回数があっていない、清掃方法が正しくない等によると考えられる。

キッコーマン測定器の結果より、多い数値（5000RLU）の結果を図 24、1000～5000RLU 未満の結果を図 25、資機材倉庫の結果を図 26 に示す。5000RLU 以上を示した箇所のうち、最も多かったのは、トイレ内ジェットタオル横壁

67083RLU、次に、トイレ内ゴミ箱蓋 51924RLU、トイレ内ジェットタオル上面 44860RLU、トイレ内ジェットタオル前面床 28099RLU が多い値を示した。5000RLU 以上はトイレが多かった。

図 25 では、1500～4000RLU であり、トイレ内と EV ボタンであった。図 26 の資機材倉庫では、資機材倉庫床が最も多く 2000RLU 以上を示した。次に、コレクター押し手 8861RLU、アップライトバキューム持ち 7717RLU、ポット型バキューム持ち手 5667RLU であった。図 27 にタオル、モップの測定結果を示す。清掃前は、きれいであり、清掃後が汚れていることが確認できた。タオル、モップの管理では、使用后、洗濯機で洗い、その後乾燥機を使用している。

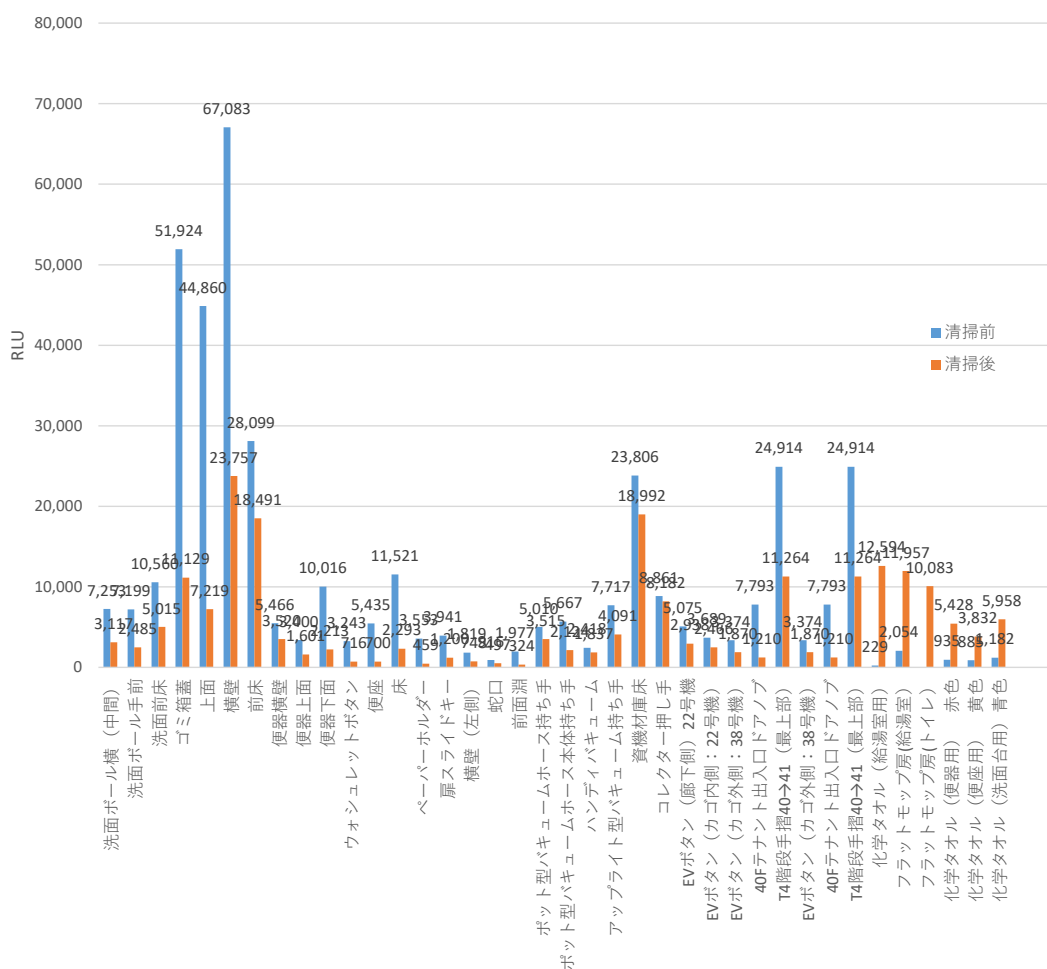


図 22 キッコーマン測定器の結果

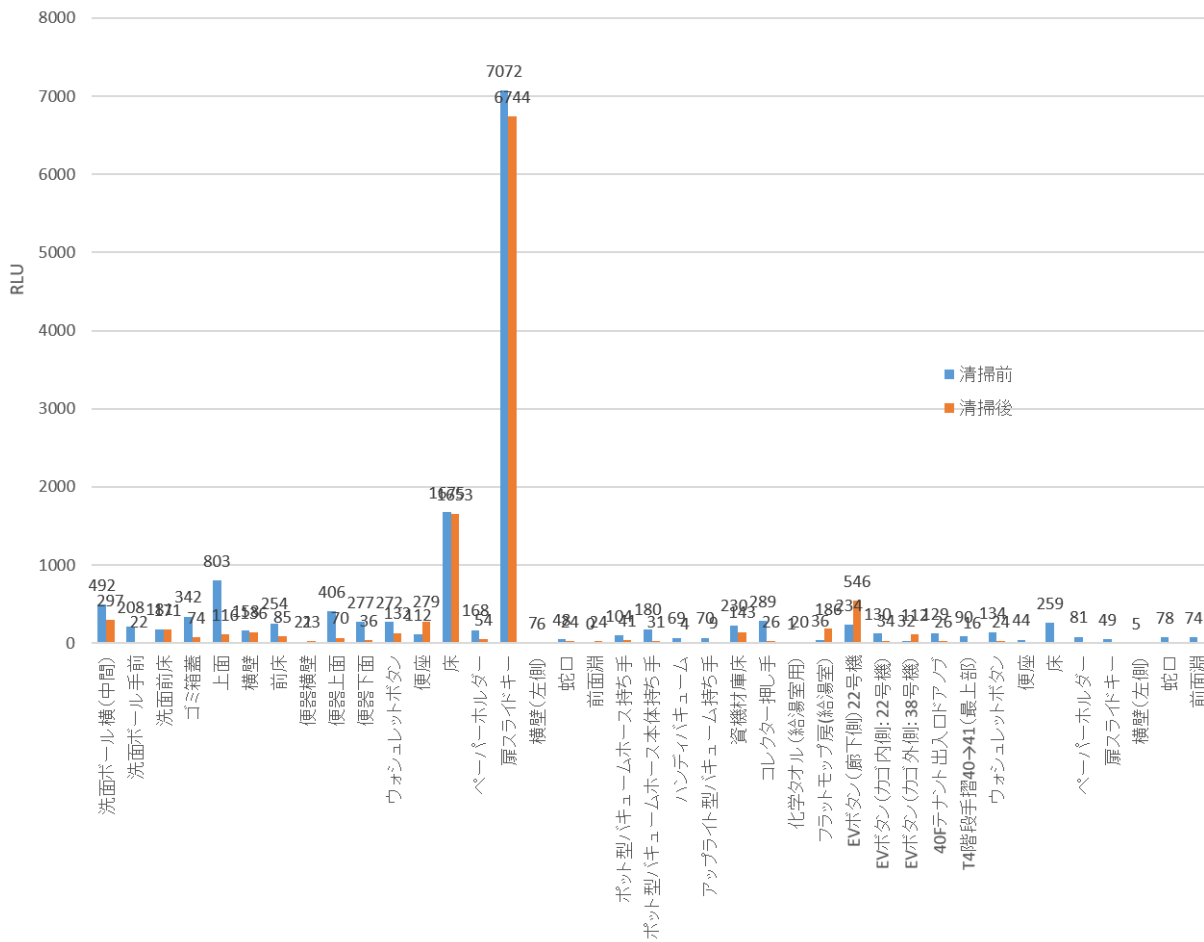


図 23 ニッタ測定器による結果

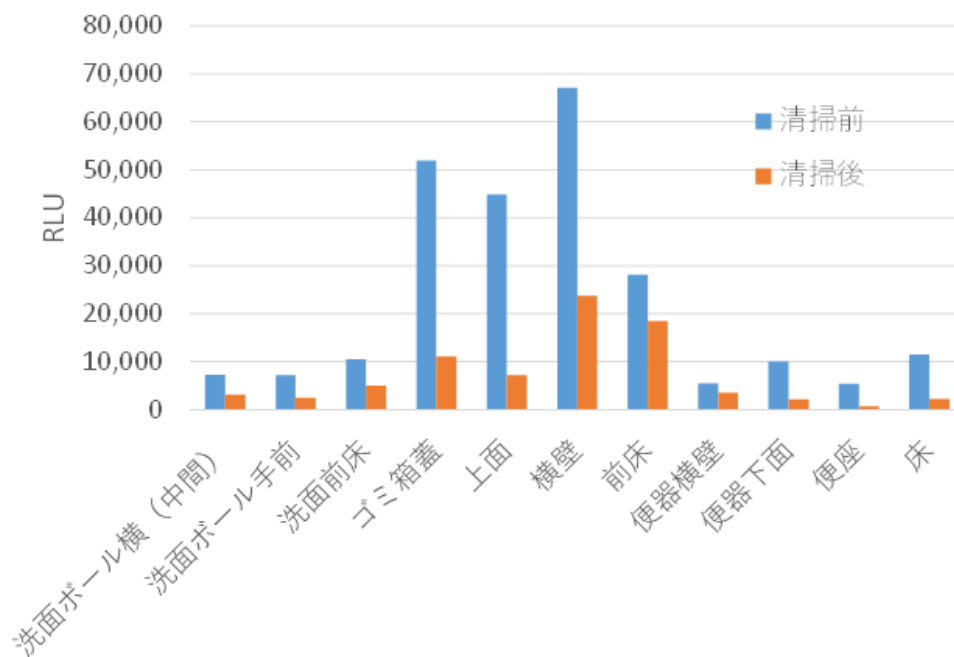


図 24 キッコーマン測定器による 5000RLU 以上の結果

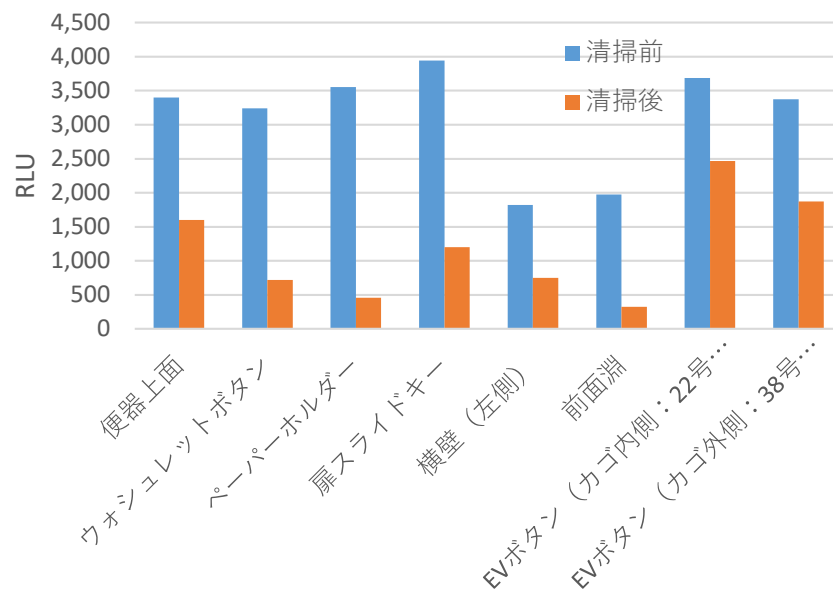


図 25 キッコーマン測定器による 1000～5000RLU 未満の結果

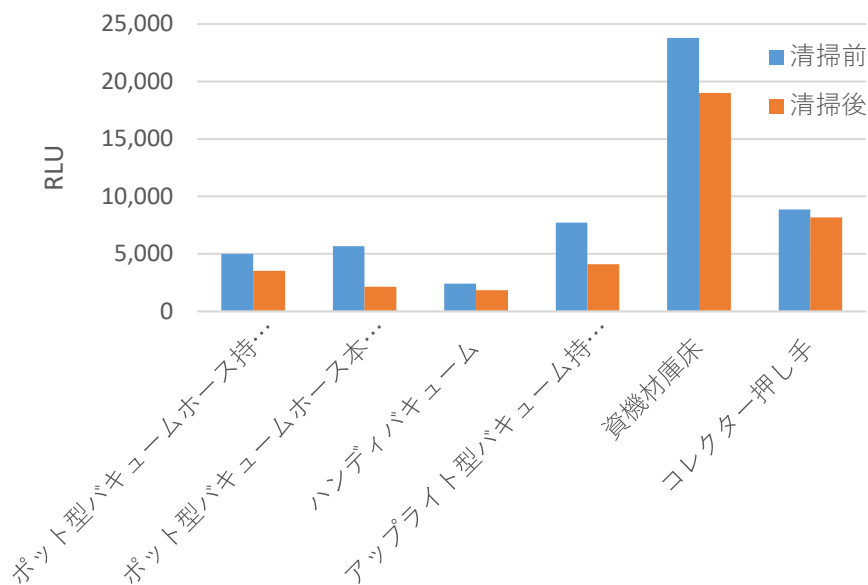


図 26 キッコーマン測定器による清掃用具、倉庫の結果

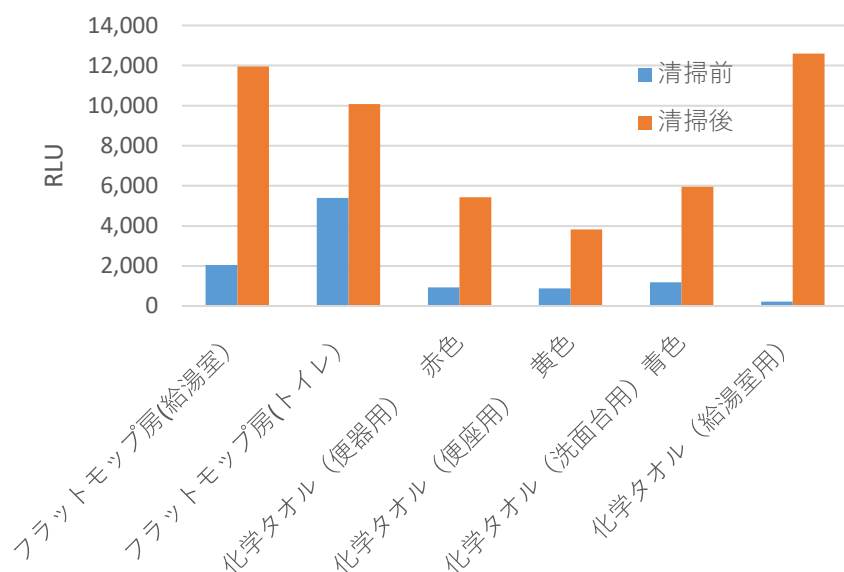


図 27 キッコーマン測定器によるタオル・モップの結果

C4.2 キッコーマン測定器とニッタ測定器の関係

キッコーマンとニッタ測定器の関係を図 28 (全体)・表 18 (全体) に示す。

キッコーマン測定器とニッタ測定器の関係は、ばらばらである。また、清掃前と清掃後では、清

掃すると全体平均で 56%の汚れが除去されている。キッコーマン測定器とニッタ測定値の数値は、平均でキッコーマン値が 132 倍高くなった。

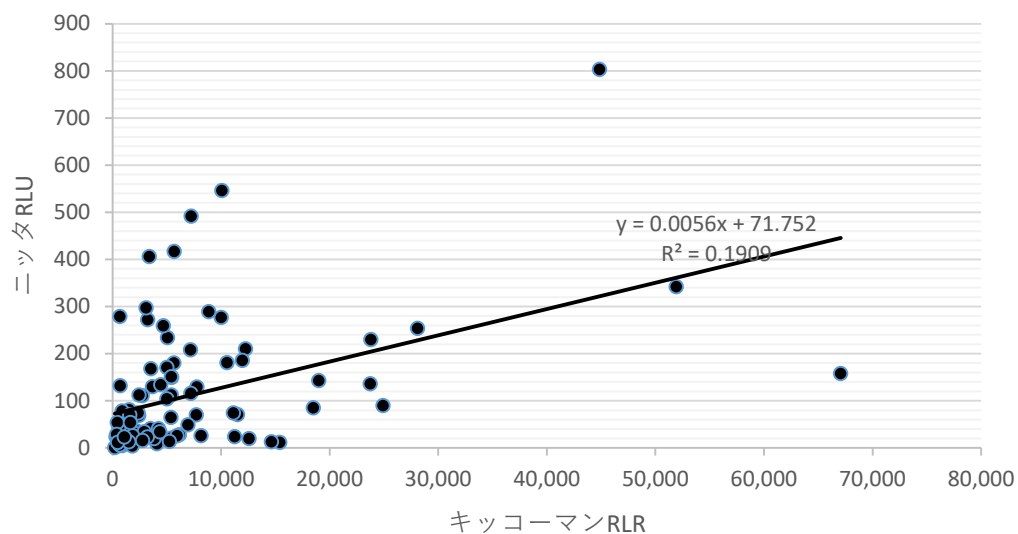


図 28 キッコーマン測定器とニッタ測定器の全体関係

表 18 キッコーマン測定器とニッタ測定器の全体平均(RLU)

	キッコーマン	ニッタ	キッコーマン/ニッタ
清掃前	9,390	144	114倍
清掃後	5,061	78	149倍
全部平均	7180	111	132倍
清掃後/清掃前	54%	54%	

C4.3 キッコーマン、ニッタの基準値の検討

ATP 測定器の基準値は、公的に規定されていない。メーカーからは、清浄度が高い、食品工場や病院において自主的に定めている。一般の建築物の管理基準としては、新型コロナウイルスの発生時にアメリカの ISSA（国際衛生供給協会）が発表している。これを基にキッコーマンは、10cm×10cmの面積に換算している。この値を建築物で測定した清掃後の値に記入したものを図 29、図 30 に示す。キッコーマン・ニッタとも厳しい基準といえる。汚れる場所でも、手の触れる箇所と床面では、重要度が変わると考え、今後の検討が必要となる。

表 19 各社の基準値

	キッコーマン基準 (ISSA)	ニッタ基準 (ISSA)
合格	2000RLU 以下	35RLU 以下
要注意	2001～4000RLU	36～70RLU
不合格	4001RLU 以上	7RLU 以上

*ISSA 基準は、厳しい設定と考えるが、原因追及や値が下らない理由を検討するには良いと考える。値が高い理由としては①清掃仕様にない場所、②作業方法・道具が適していない、③汚れ程度と作業回数が適合していない等がある。

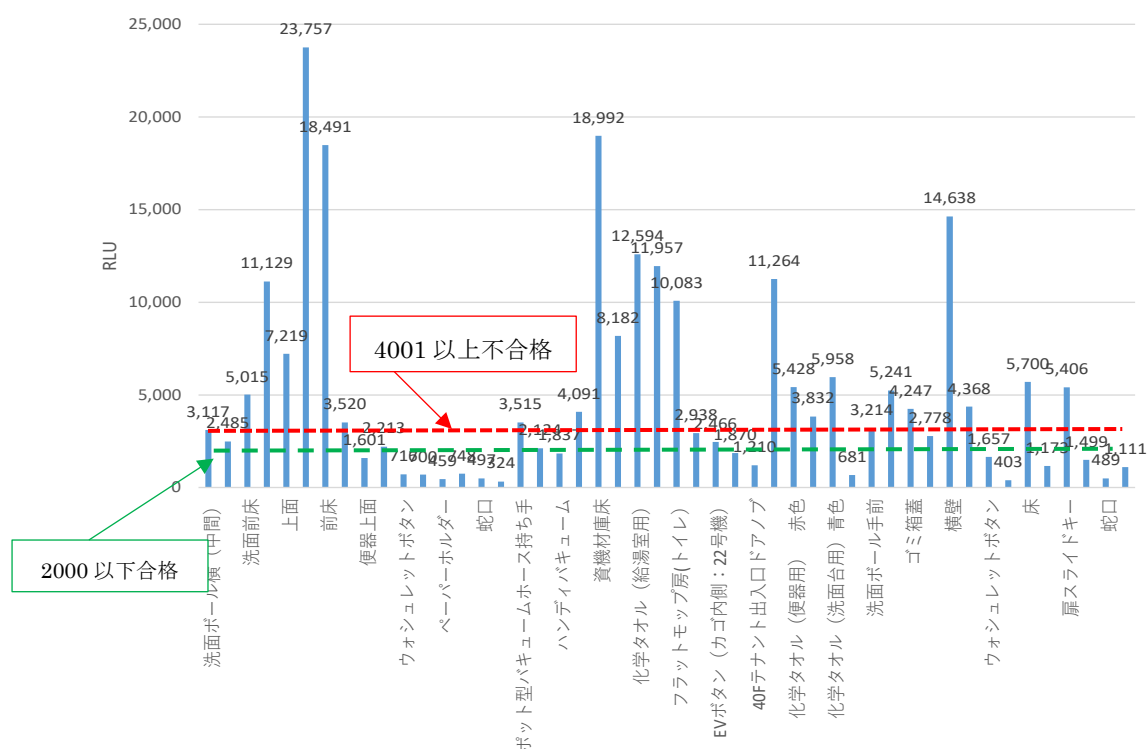


図 29 キッコーマン測定器による清掃後の ATP 値基準

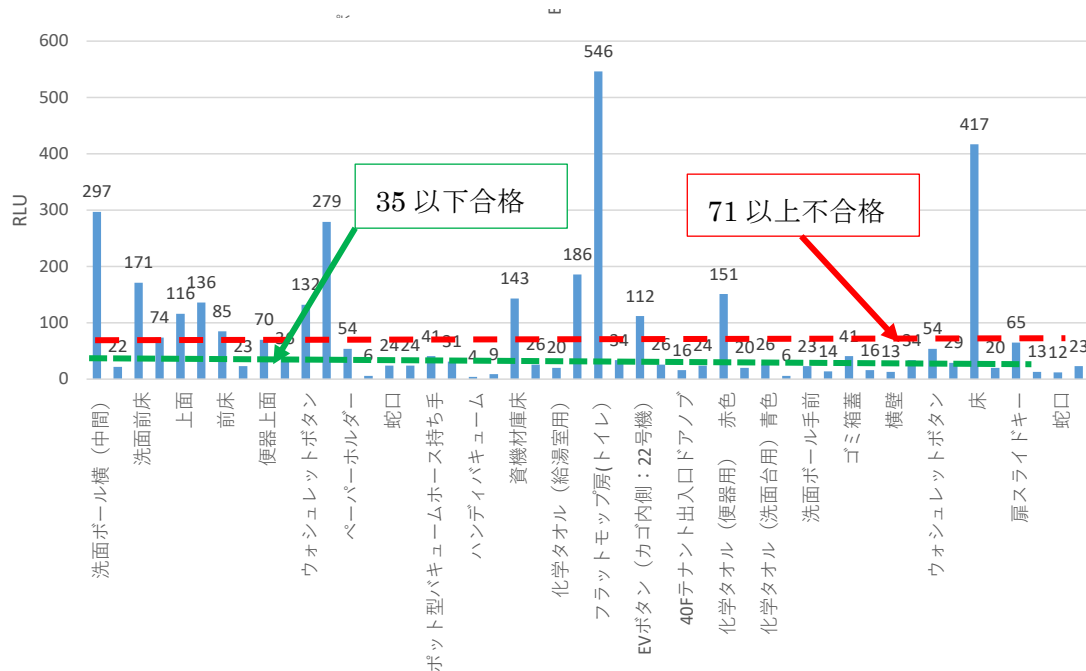


図 30 ニッタ測定器による清掃後の ATP 値基準

表 20 清掃後の基準値で不合格箇所

場所	キッコマン(RLU)	ニッタ(RLU)	備考
洗面ボール横(中間)	3,117	297	
洗面前床	5,015	171	
ゴミ箱蓋	11,129	74	
上面	7,219	116	
横壁	23,757	136	
前床	18,491	85	
ウォシュレットボタン	716	132	
便座	700	279	
EVボタン(カゴ内側:22号機)	2,466	112	
T4階段手摺40→41(最上部)	11,264	24	
洗面前床	5,241	14	
ゴミ箱蓋	4,247	41	
横壁	14,638	13	
前床	4,368	34	
床	5,700	417	
扉スライドキー	5,406	65	
アップライト型バキューム持ち手	4,091	9	清掃道具
資機材庫床	18,992	143	
コレクター押し手	8,182	26	
化学タオル(給湯室用)	12,594	20	タオル・モップ
フラットモップ房(給湯室)	11,957	186	
フラットモップ房(トイレ)	10,083	546	
化学タオル(便器用) 赤色	5,428	151	
化学タオル(洗面台用) 青色	5,958	26	
不合格基準値	4001以上	71以上	

D. 考察・まとめ

D1. 清掃分野における既存研究の整理とデジタル技術の収集及び清掃企業への導入状況調査

既存研究については収集した論文の検索システムを構築した。

清掃ロボットについては、小型・中型・大型で充電時間に大きな違いはないが、稼働時間や清掃効率が異なり、大型清掃ロボットほど清掃効率が低い。徐々に清掃ロボットの導入がなされているが、実用的な実績を積むことが必要である。東京ビルメンテナンス協会の調査結果では、600 m²/h以上の作業効率であると試算が取れると記述している。建築物の特徴と清掃ロボットの性能を把握しての効果的な実施が求められる。

清掃企業でのデジタル技術の導入については、アンケート調査から、清掃ロボットの導入企業が8割程度あり、導入はそれなりに進んでいる。一方、業務の効率化システムとして勤怠管理システムの導入企業が4割程度あるが、「特にない」と答えた企業が4分の1ある。導入のきっかけや実際の使用状況、導入の阻害要因等については、今後の研究課題である。

D2. 2種類のデジタル技術を用いた既存作業との比較

清掃業務に関する2つのデジタル技術（1）清掃点検報告書システム、（2）トイレの利用者及び消耗品（トイレ利用者、個室利用者、トイレトーパー、石鹸）の計測システムを導入して、実際の清掃現場で測定した。

（1）清掃点検報告システム

従来よりも時間が短縮した施設は13施設中10施設、短縮時間は10分から130分で、平均32分であった。3施設は変化がなかった。現場による時間短縮はほぼ同じであるが、会社での事務処理の効率化が大きい結果となった。時間短縮だけでなく、間違いの減少、清掃点検結果の情報共有が簡単にできる。

（2）トイレの使用及び消耗品計測システム

3ヶ月間の男女トイレの利用人数、個室利用時間、1日の利用者、曜日による利用者等のデータの

取得を行った。個室毎の利用状況、消耗品の消費量が細かく把握できるため、清掃管理の詳細な計画を策定することが可能と考える。しかし、導入コストが高価であるため、継続しての設置には経費負担を誰が行うかが課題である。そのため、短期間の設置で、利用状況の傾向を掴むことが実務的であるとする。

D3. 建築物内清掃作業の ATP 測定器導入の基礎的研究

D3.1 キッコーマンとニッタの測定器の関係

測定した2機種の大部分のATP値の結果を図31、液用ペンの結果を図32、表面ペンの値 $R^2=0.5613$ であり、全体は、 $R^2=0.6745$ であり、液用ペンが、精度が高い結果であった。

異なる建材表面の測定結果を図34に示す。表面がつるつるの建材の値が最も高く、小さな凹凸と大きな凹凸は同様に低い値を示した。キッコーマンでは、凹凸建材の値はつるつるの建材の値の54%であり、ニッタでは、35%であった。

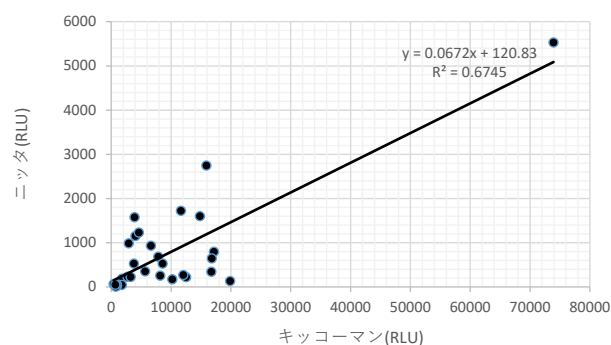


図31 モップ・タオルの2種類ペン ATP 測定値結果

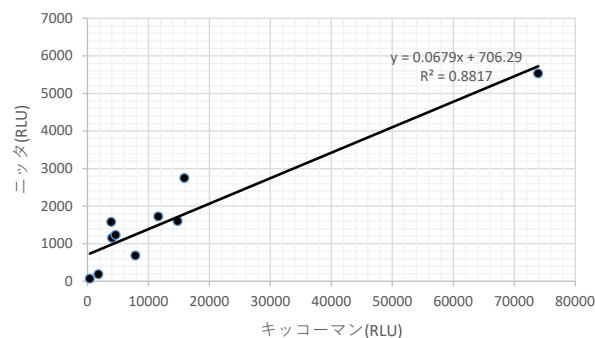


図32 2機種の液用ペン ATP 測定結果の関係

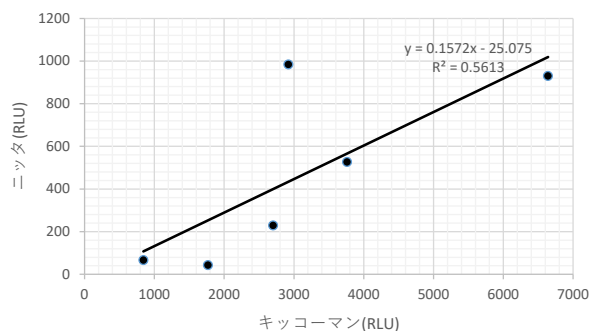


図 33 2 機種の液用ペン ATP 測定結果の関係



図 35 キッコーマン 表面ペンと液ペンの ATP 測定結果

液ペンと表面ペンの測定結果を図 35 (キッコーマン)、図 36 (ニッタ) に示す。
キッコーマンとニッタとも高い値であり、キッコーマン $R^2=0.8961$ 、ニッタ $R^2=0.9974$ であった。そのため、基礎データの収集により片方の測定ペンで値を予測することが可能と考える。

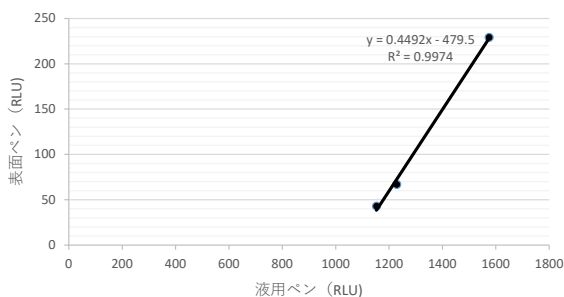


図 36 ニッタ 表面ペンと液ペンの ATP 測定結果

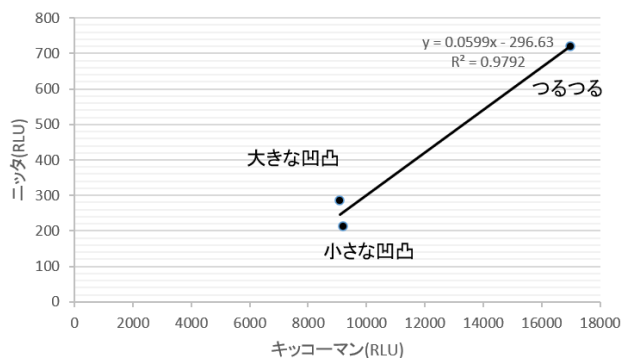


図 34 仕上げが異なる 3 種類建材の ATP 測定結果

D3.2 個人差

3 人による測定結果を表 21 に示す。キッコーマン測定では、測定差がつるつる板で 33%～58%の差があり、凹凸のある板より差が少なかった。小さな凹凸では、63%～81%、大きな凹凸板では、45%～88%であった。ニッタの測定では、つるつる板で 32%の差、小さな凹凸板で 50%、大きな凹凸板で 59%であった。

表 21 3 人による ATP 測定差 (RLU)

試験者	キッコーマン			ニッタ		
	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸
A	17161	10279	12502	795	173	221
B	7210	1992	1491	538	86	90
A-B	9951	8287	11011	257	87	131
A-B/A	58%	81%	88%	32%	50%	59%
C	11416	3848	6893			
A-C	5745	6431	5609			
A-C/A	33%	63%	45%			

表 22 同じ場所を繰り返し測定した結果(RLU)

	キッコーマン			ニッタ		
	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸	つるつる	小さな凹凸	大きな凹凸
1回目	17161	10209	12502	795	173	221
2 回目	16789	8182	5655	645	254	351
1回－2 回	372	2027	6847	150	-81	-130
差/多い値	2%	20%	55%	19%	32%	37%

D3.3 同じ場所を繰り返し測定した時の差

同じ場所の繰り返し測定では、つるつる板が最も影響が少なかった。キッコーマンでは、つるつる板 2%、小さな凹凸板 20%、大きな凹凸板 55%であった。ニッタでは、ツルツル板 19%、小さな凹凸板 32%、大きな凹凸板 37%であった。

D3.4 タオル・モップの汚れとの測定方法の検討

タオルの測定の液用ペンと表面ペンの測定結果を表 23、モップの測定結果を表 24 に示す。タオ

ルにおいて液用ペンと表面ペンでは、液用ペンが高い値を示した。キッコーマンでは、2.4 倍多く計測し、ニッタでは、11.7 倍多い結果となった。

モップの測定においては、タオルと同様な傾向を示し、液用ペンの値が、表面ペンより多くなった。キッコーマンでは、3.2 倍多くなり、ニッタでは、2.5 倍多くなった。測定ペンの比較では、キッコーマン液用ペンが、3.2 倍多くなり、表面ペンでは、同様に、15.7 倍多くなった。

表 23 タオル測定の液用ペンと表面ペンの差

	キッコーマン			ニッタ			キッコー/ニッタ	
	液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン	液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン	液用ペン倍率	表面ペン倍率
BG	393			65			6 倍	
汚れ液	7842			683			11.5 倍	
測定平均	4183	1772	2.4 倍	1319	113	11.7 倍	3.2 倍	15.7 倍
測定平均/汚れ液	53%			193%				

表 24 モップ房測定の液用ペンと表面ペンの差

	キッコーマン			ニッタ			キッコー/ニッタ	
	液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン	液用ペン	表面ペン	液用ペン/表面ペン	液用ペン倍率	表面ペン倍率
BG	1800			186			9.7 倍	
汚れ液	73913			5528			13.3 倍	
測定平均	14100	4440	3.2 倍	2022	814	2.5 倍	7 倍	5.5 倍
測定平均/汚れ液	19%			37%				

D3.5 キッコーマン社との面談

キッコーマン社との面談で、キッコーマン社と他社では、測定項目が異なる、企業により電気信号の基準が異なる。その他、測定者誤差、測定表面

の凹凸により誤差が生じるため、測定器毎の比較は出来ないこととなる。

また、管理基準について、アメリカの ISSA（国際衛生供給協会）が発表している。測定器ごとの基準値であり、キッコーマン社 ATP 測定器は、合

格 2000RLU 以下、要注意 2001～4000RLU、不合格 4001RLU 以上である。清掃後の状態として不合格の 4001RLU 以上は、再清掃をすることになっている。

また、清掃前で、10000RLU 以上の高い値が出た場合は、値が高い原因の追及を行う。高い理由としては、①仕様書にない、②作業方法・道具が悪い、③汚れと作業回数があっていない等を検討する。

キッコーマン社測定器は、ATP、ADP、AMP を測定している。他社の測定器は、ATP のみ測定していることがメーカーによる差と考える。

ATP (アデノシン三リン酸)、ADP (アデノシン二リン酸)、AMP (アデノシン一リン酸) は、約 1:1:1 が含まれており、3 倍高い値を示す。ATP は、菌や生物、血液、体液、排泄物、死骸、植物残渣等を測定している。熱や長期保存により、ATP が分解されたものが、ADP、AMP である。ATP が高いところに生物 (菌、植物等) ある。あるいは、生物の痕跡がある証拠であり、菌の餌がある環境があることを示している。

D4. O 建築物における ATP 測定報告

都内にある O 複合建築物のトイレ、共用部、資機材倉庫等の ATP 測定を実施した。キッコーマン社とニッタ社 2 種類の ATP 測定器を使用し、同じ測定場所を日を変えて測定して比較を行った。測定場所により大きな差が発生しており、人が接触する場所及びトイレの値が高くなった。

D4.1 2 種類の測定器比較

キッコーマン測定器とニッタ測定器では、測定器の比較では、ばらばらであった。キッコーマン測定器とニッタ測定器では、平均値で 132 倍の差があった。清掃前と清掃後の違いは、2 機種とも清掃後に 56% の汚れの除去率を示した。そのため、機種ごとの比較は難しいため、同じ機種を使用することで、汚れの傾向を知ることができる。

キッコーマン社との面談で、キッコーマン社と他社では、測定項目が異なる、企業により電気信

号の基準が異なる。その他、測定者誤差、測定表面の凹凸により誤差が生じるため、測定器毎の比較は出来ないこととなる。

D4.2 管理基準

管理基準について、アメリカの ISSA (国際衛生供給協会) が発表している。これを基にキッコーマンは、10cm×10cm の面積に換算して、基準に示している。キッコーマン・ニッタとも厳しい基準といえる。汚れる場所でも、手の触れる箇所と床面では、重要度が変わると考え、今後の検討が必要といえる。

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、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 (その 2)、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P56-57、2026 年 1 月
- 2) 渡辺貴之、杖先壽里、正田浩三：清掃管理業務に関する調査論文の収集・データベース化、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P58-59、2026 年 1 月
- 3) 清掃現場における人手不足に関する調査 (作業効率化・機器等の導入)：公益社団法人東京ビルメンテナンス協会 建築物衛生管理委員会 調査研究小委員会、2026 年 3 月

3. 著書

なし

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) 入力支援アプリ／ツール「1,2,3Reporter」：
クリーンシステム㈱、[https :
//123reporter.bc-ol.com](https://123reporter.bc-ol.com)
- 2) ゴミ箱可視化（ゴミ体積状況、アラート機能）、トイレ空き状況、トイレトッペーパー残量、トイレ行列人数計測：テラモト㈱、
<http:t-teras.jp/service>
- 3) 杖先樹里、正田浩三、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、P86-87、公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター、2025.1
- 4) 杖先樹里、正田浩三、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（その 2）、第 53 回建築物環境衛生管理全国大会、P56-57、公益財団法人 日本建築衛生管理教育センター、2026.1
- 5) ATP 検査について（環境基準値の設定）、ニッタ株式会社ホームページ、<https://nitta-monitoring.com/sanitary/atp/standard-value/>
- 6) 高頻度接触面の衛生管理/ATP 拭取り検査、キッコーマンバイオケミファ、
https://biochemifa.kikkoman.co.jp/kit/atp/article/article_detail_23/

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
レーダー式レベルセンサを活用した排水管閉塞状況自動検知技術に関する検討

研究分担者	大塚 雅之	関東学院大学	建築・環境学部	教授
研究分担者	三好 太郎	国土技術政策総合研究所	上下水道研究部	主任研究官
研究協力者	角野 公亮	関東学院大学	工学研究科	修士課程

研究要旨

本検討では、レーダー式レベルセンサを活用した排水管閉塞状況自動検知技術に関する性能評価を行った。建築物内の排水管を再現した模擬排水管内にレーダー式レベルセンサを設置し、大便器からの排水を実施した場合の水位変動を、データロガーを活用して自動記録した。水位変動の測定は、模擬排水管の閉塞状況を変化させながら複数回実施した。閉塞した排水管を再現するため、ニトリルゴム及びあぶら粘土を用いて作成した疑似停滞物を模擬排水管内に設置したところ、目視観察により、模擬排水管内の水位が上昇していることが確認できた。このような排水管内水位の変化は、設置したレーダー式レベルセンサの出力からも確認することができた。模擬排水管内に設置した模擬停滞物を撤去したところ、模擬排水管内の水位が低下したが、このような変化についても、レーダー式レベルセンサからの出力に反映されていた。以上の結果から、レーダー式レベルセンサを活用することで、排水管内の閉塞状況の自動検知が可能であることが示された。このような技術を活用することにより、当該センサからの出力に基づき、排水管内に設置した洗浄を起動させるといった自動洗浄技術の開発が可能となることが期待される。

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。加えて、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ことが必要となる。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、受水槽や給水設備といった水の供給にかかる設備の衛生管理に加えて、排水管を始めとする、使用した水を排除するための設備も、健全な状態に保っておくことが必須であるといえる。

建築物衛生法¹⁾においては、排水に関する設備の清掃を6カ月以内ごとに1回の頻度で実施することが定められている。排水管においては、配管の劣化や尿石等の付着によって生じる排水管の詰まりによって発生する排水の逆流、汚染、臭気の発生が懸念される(図1)。また、排水管に接続されているトラップが破封した場合、排水管内の臭気やネズミなどの衛生動物が室内へ侵入できるようになる恐れが生じる。加えて、排水を一時的に貯留する排水槽、厨房系統に設置される阻集器についても、不適切な維持管理により悪臭などの障害が発生する可能性がある。これらの問題を未然に防止し、適切な維持管理をするためには、排水設備の状態を継続的に把握することが重要である。本検討では、デジタル技術を活用した排水設

備の維持管理の改善を目指して、排水設備状態の診断・情報取得の自動化に資するデジタル技術の現状と今後の可能性に関して調査を実施した。

B. 現状の技術調査

現状、排水管内の清掃作業は「診断」→「清掃」→「完了」の順で実施されている。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により、各工程において現在活用されている技術を調査した。

B1. 診断技術

表 1 に配管内の劣化診断技術を示す。現状の診断技術は、検査対象設備の稼働を止めない非破壊検査、検査対象設備の稼働を止める破壊検査がある。非破壊検査の手段には、放射線透過試験、超音波肉厚測定、内視鏡検査、外面腐食調査がある。一方、破壊検査の種類には、サンプル管調査（抜管調査）が用いられている。

B1.1. X線技術既往文献調査

配管劣化診断技術を自動化には、非破壊検査が有効であると考えられる。その中でも X 線を用いた放射線透過試験検査に着目し、関連既往文献調査とともに測定機器の自動化の可能性について検討を行った。

B1.2. イメージングプレート法の有効性と事例

市橋ら⁵⁾は、X 線透過検査における従来の撮影媒体を用いるフィルム法と輝尽性蛍光体粉末を用いたイメージングプレート法（以下 IP 法）を比較し、IP 法の優位性を各種観点から考察した。その結果、IP 法は作業工程の削減や作業員の効率化、作業時間の短縮が可能に加え、デジタル画像による判定が可能であるため、診断品質の向上にも寄与することが示された。また、IP 法は撮影感度が高くダイナミックレンジが広いことから、輪郭が鮮明で高品質な画像撮影が可能であり、撮影失敗率の低減にもつながっている。

さらに市橋ら⁶⁾は、実際の建築物での IP 法の適用事例では、IP 法により配管の残存肉厚を高精度に定量化可能であることを確認しており、従来の目視や内視鏡検査では困難であった余寿命の精度の高い評価が可能であることが示された。これ

により、劣化の進行していない系統の特定が可能となり、中長期的な保全計画の合理化に寄与するとともに、当初予定されていた全面改修の縮小や延期が実現され、過剰な設備投資の抑制につながることが確認された。

B1.3. 診断技術の自動化に向けた課題

以上の文献調査から、非破壊検査の放射線透過試験である IP 法は、高精度かつ高効率な診断手法であり、実際の建物にも適用可能であることが確認された。一方、当該手法を採用することで、従来手法であるフィルム法と比較して作業員の負担は削減することが可能であるものの、撮影作業自体は依然として人手に依存しているのが現状である。

B2. 清掃技術

表 2 に配管内の清掃技術を示す。現状の清掃技術は、機械的洗浄方法と化学的洗浄方法がある⁷⁾。機械的洗浄方法では、高圧洗浄法、ワイヤ式清掃法、ロッド法、空圧式洗浄法が用いられている。一方、機械的洗浄方法が適用しにくい場合では化学的洗浄方法が用いられており、詰まりの要因によってアルカリ性剤と酸性剤を使い分ける必要がある。

B3. 自動検知技術

表 3 に自動検知技術を示す。既存技術¹³⁾¹⁴⁾では、管内圧力および空気圧の変動を利用して管内の障害物を検知し、貯水槽から洗浄水を排出し、除去する方法が提案されている。これらの方法については須賀工業株式会社の米田氏により特許（特開-2001-311199）¹³⁾、並びに（特開-2003-56034）¹⁴⁾が取得されていたが、2026 年 2 月現在当該権利は存続期間満了により消滅している。

B4. 現状の技術に関する文献調査のまとめ

文献調査の結果、排水管の診断、清掃に関して、様々な新規技術が適用され始めていることが明らかとなった。しかし、調査した範囲においては、「診断」→「清掃」→「完了」まで一連のデータをデジタル化して収集し、作業工程をフロー化した機器及びシステムは現段階においては実用化されていないことも明らかとなった。これらの作業工程を自動化することができれば、建築物衛生の維持に関して、資すること大であると考えられ

るが、そのためには上述した手法とは技術的思想が異なるものも含め、さらなる技術開発が必要であるといえる。

C. レーダー式レベルセンサを用いた排水管閉塞状況自動検知技術に関する実験的検討

C1. 検討目的

上述した調査結果に基づき、本研究では、デジタル技術を活用した建築物衛生管理の効率化に関する選択肢の1つとして、図2に示すレーダー式レベルセンサを用いた排水管洗浄システムを提案する。この排水管洗浄システムは排水ますに設置したセンサが堆積物による管内閉塞を起因とする排水の水位上昇を検知した後、高圧洗浄装置に信号を送り、配管内を高圧洗浄するものである。本報では、その初期検討として、排水横管内に生じた管内閉塞による排水の水位変動をレーダー式レベルセンサが感知可能か検証し、その結果を報告する。

C2. 実験概要

C2.1. 供試排水横管システム

図3に本実験にて使用した供試排水横管システムの概略図を示す。同図に示した通り、大便器の排水口芯から末端までの全長を約17mとし、末端にはLT継手(100A×100A)を接続した。排水横主管は透明塩化ビニル管、呼び口径は100A(実内径103mm)、こう配は1/100とした。

C2.2. 測定項目及び方法

図2中に測定排水ます①～④にレーダー式レベルセンサを設置し、管内水位H[mm]の経時変化を測定した。また本研究では、排水横管内における管内閉塞発生時の水位変動を確認するために、図4に示す、(1)ニトリルゴム製の抵抗体、(2)油粘土を組み合わせた(3)擬似停滞物を作成し、排水ます内に設置することで管内閉塞を再現した。さらに上流からの大便器排水を連続で行うことで、管内閉塞による排水の水位上昇を確認した。その後、排水横管内が満水状態になったのを目視で確認した後、擬似停滞物を除去し、排水が流れる様子を確認した(図5)。

C2.3. 使用機器の概要

表3に本実験に用いる測定機器の概要を、図5及び図6に測定機器接続の系統図及び測定機器の外観をそれぞれ示す。

C3. 結果と考察

図7に各測定排水ますの水位変動波形及び最高管内水位を示す。同図(1)には上流側の測定排水ます①及び②を、同図(2)には下流側の測定排水ます③及び④の結果を示す。

同図(1)より、測定排水ます①での最高管内水位は173.8s時に219mmであった。また、その前後においても水位が急上昇する波形が複数確認された。これは、大便器から排出された排水が連続的に測定排水ます①の側面に衝突したことにより、一時的に水位が急上昇したためだと考える。一方、測定排水ます②では、331.6s時に24mmであった。最高水位計測時前後の波形を確認すると、前では水位の上昇は瞬時的であるのに対し、後は継続的な水位上昇が確認された。これは、管内閉塞によって生じた水位上昇に加え、さらに大便器からの連続排水が重なったためであると考えられる。

同図(2)より、測定排水ます③における最高管内水位は、384.2s時に70mm、測定排水ます④では、319.0s時に85mmであった。両測定排水ますにおいて、時間が経過するとともに水位が上昇する傾向が確認できた。これは、管内閉塞により排水が排水管内に滞留し、さらに上流から繰り返される連続排水により水位が上昇したものであると考えられる。

その後385.0s時に排水横管内の満水状態を目視確認したため、擬似停滞物を除去した。その結果、両図において管内水位は減少した。

以上の結果から、本実験に用いたレーダー式レベルセンサは排水横管内における管内閉塞に起因する水位変動を検知可能であることが示唆された。

D. 結論

本研究では、排水設備におけるデジタル化促進のための機器利用の可能性の初期検討として、レ

レーダー式レベルセンサを用いた排水管洗浄システムの検討を行った。その結果、レーダー式レベルセンサは排水横管内における水位上昇に反応し、水位変動を測定可能であることが確認された。よって、配管劣化や尿石などの固着物の影響によって管内閉塞が生じ、排水横管内の水位上昇した場合においても、本センサがこれを検知し、洗浄システムと連動することで固着物除去が可能となる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

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

<参考文献>

- 1) 建築物衛生法 <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>（最終確認日 2026/01/29）
- 2) 相澤幸司他：超高層集合住宅の既存排水立て管の更新に伴う調査,建築物環境衛生管理全国大会録集,pp80-81（2026,1）
- 3) 古田祐一他：連立小便器用の排水横枝管内の尿石抑制技術に関する基礎的研究,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集,pp93-96（2016.9）
- 4) 東京理化学検査株式会社 <https://tokyorigaku.co.jp/business/pipes/>（最終確認 2026/02/02）
- 5) 市橋宏章他：X 線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究（第 1 報）イメージングプレート（IP）法とフィルム法の比較,空気調和・衛生工学会学術講演論文集,pp145-148,(2019.9)
- 6) 市橋宏章他：X 線透過検査による建築設備配管劣化診断に関する研究（第 3 報）IP 法の活用事例,空気調和・衛生工学会学術講演論文集,pp17-20,(2021.9)
- 7) 一般社団法人全国管洗浄協会 <https://www.zenkankyo.jp/seisou>（最終確認日 2026/02/02）
- 8) Cleansha クリーン社 排水管高圧洗浄/排水管清掃（パイプクリーニング） <https://www.cleansha.co.jp/services/pipecleaning/>（最終確認 2026/02/09）
- 9) 群馬企業株式会社 <https://chuokai-gunma.or.jp/higashi.gunma.kankyo/gunma/kan.html>（最終確認 2026/02/09）
- 10) 街の水道屋さん 山川設備 <https://yamakawasetubi.net/sekou/%E6%8E%92%E6%B0%B4-%E3%81%A4%E3%81%BE%E3%82%8A-%E5%A5%88%E8%89%AF/post-12238/>（最終確認 2026/02/09）
- 11) カンツールショップ <https://www.kantool-shop.jp/shop/g/g302002000000/>（最終確認 2026/02/09）
- 12) ベストなパーツ <https://www.best-parts-media.jp/element/4627>（最終確認 2026/02/09）
- 13) 出願特許公開 No.特開 2001-311199「排水管閉塞自動回避設備」
- 14) 出願特許公開 No.特開 2003-56034「排水管閉塞検知システム及び排水管閉塞自動回避システム」



(1) 配管劣化²⁾



(2) 尿石の付着³⁾

図1 排水管内の詰まり現象

表1 現状の診断技術⁴⁾を参考に著者が作成

	非破壊検査				破壊検査
	放射線透過試験 (X線)	超音波肉厚測定	内視鏡調査	外面腐食調査	サンプル管調査
写真					
手段	携帯式X線装置を用い、X線フィルム上に直線配管の内部情報を反映。	超音波厚さ計を使用し、試験体の表面から超音波のバースを内部に送り、試験体底面から反射してくる超音波バースの往復時間を計り、底面までの距離を計る。	内視鏡を開口部から挿入し、目視にて管内部の状況を観察および記録する。	外部腐食が発生している箇所について錆び及び減肉の状況を記録する。最も腐食していると思われる部分を目視で選択し、錆等を除去したのち機器を用い残存肉厚を測定する。	実際に使用している配管を切り出し内部の腐食具合を目視で確認する。

表2 現状の清掃技術⁷⁾を参考に著者が作成

	物理的洗浄方法				化学的洗浄方法 ¹²⁾
	高圧洗浄法 ⁸⁾	ワイヤ式清掃法 ⁹⁾	ロッド法 ¹⁰⁾	空圧式洗浄法 ¹¹⁾	
写真					
手段	高圧洗浄機または高圧洗浄車からホースで導水ホース先端に取り付けたノズルから噴射する高速噴流により、除去する方法	スクリー形、ブラシ形等のヘッドが先端に取り付けられたワイヤを排水管内に回転させながら挿入し、押し引きを繰り返して除去する方法。	1.0~1.8m程度のロッドを繋ぎ合わせ、手動で排水管内に挿入する方法。最大長さ長さは30m。	空気ポンプを用いて圧縮空気を管内に一気に放出し、その衝撃波で閉塞物を破壊・離脱させる方法。	機械的洗浄方法が適用しにくい場合、非常手段的や補助的に用いられる。

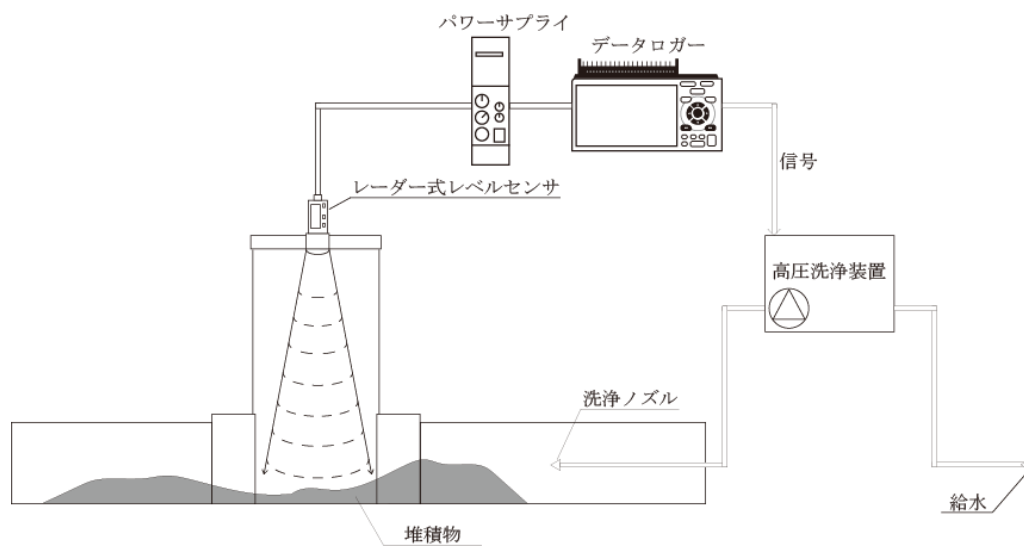


図2 本検討で提案する排水管洗浄システム

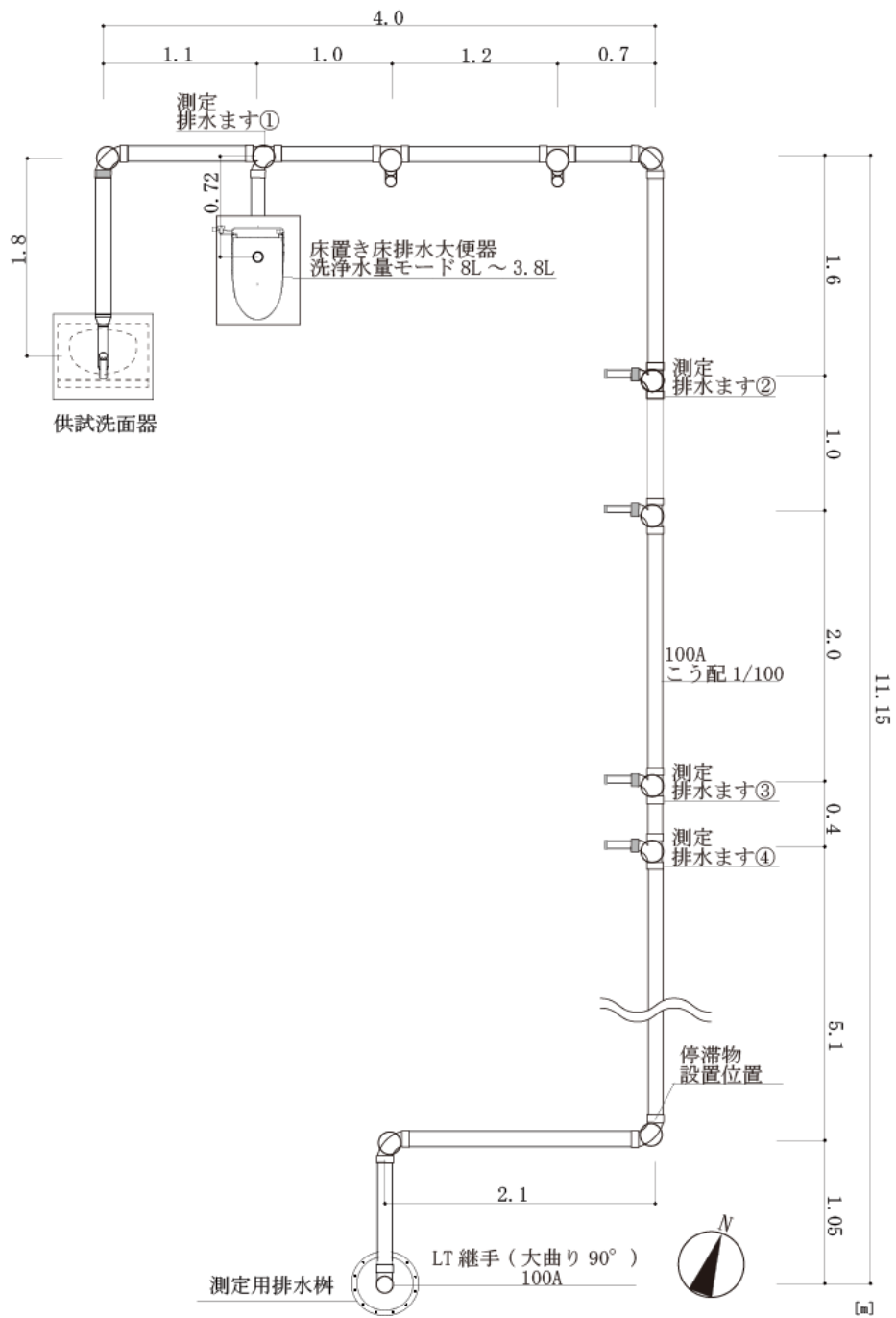


図3 供試排水横管システムの概略図



(1) 抵抗体



(2) 油粘土



(3) 疑似停滞物

図4 本研究で使用した疑似停滞物

表 3 測定機器の概要

No.	機器名	製造元	形式	仕様
1	レーダー式レベルセンサ	(株) キーエンス社製	FR-S01	応答時間 0.4s
				感度 1
2	パワーサプライ (最大3台)	(株) キーエンス社製	KZ-US	-
3	パワーサプライ (最大1台)	(株) キーエンス社製	MS2-H50	-
4	データロガー	グラフテック (株)	GL840	-

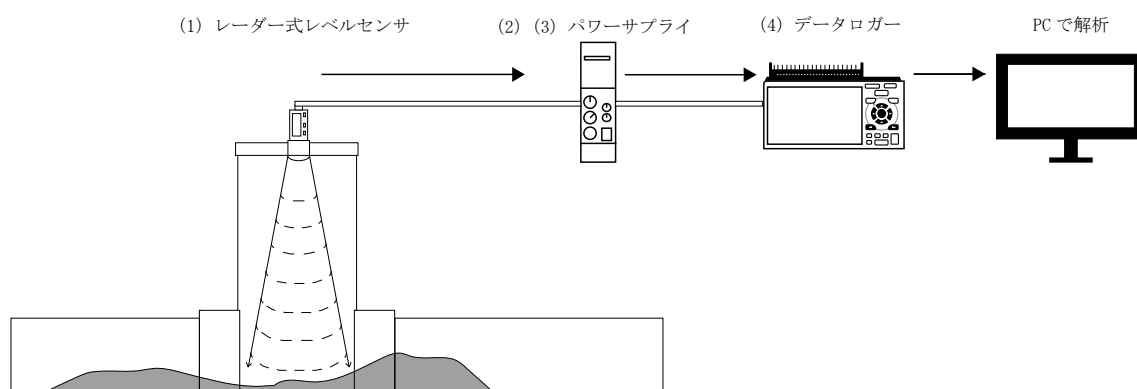


図 5 測定機器接続の系統図

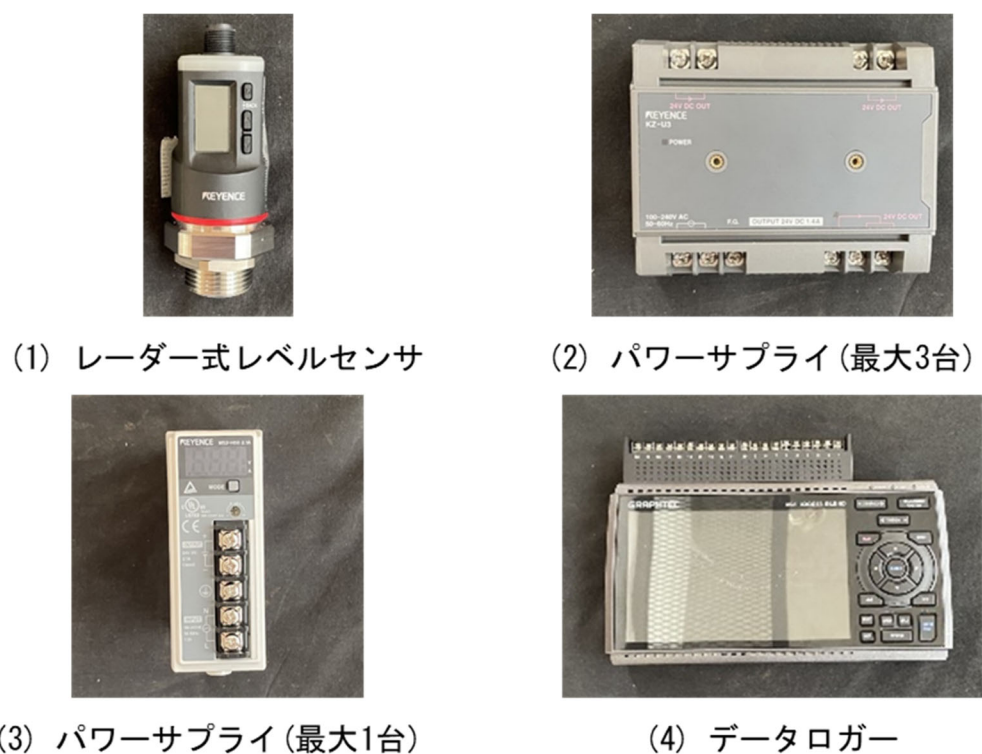
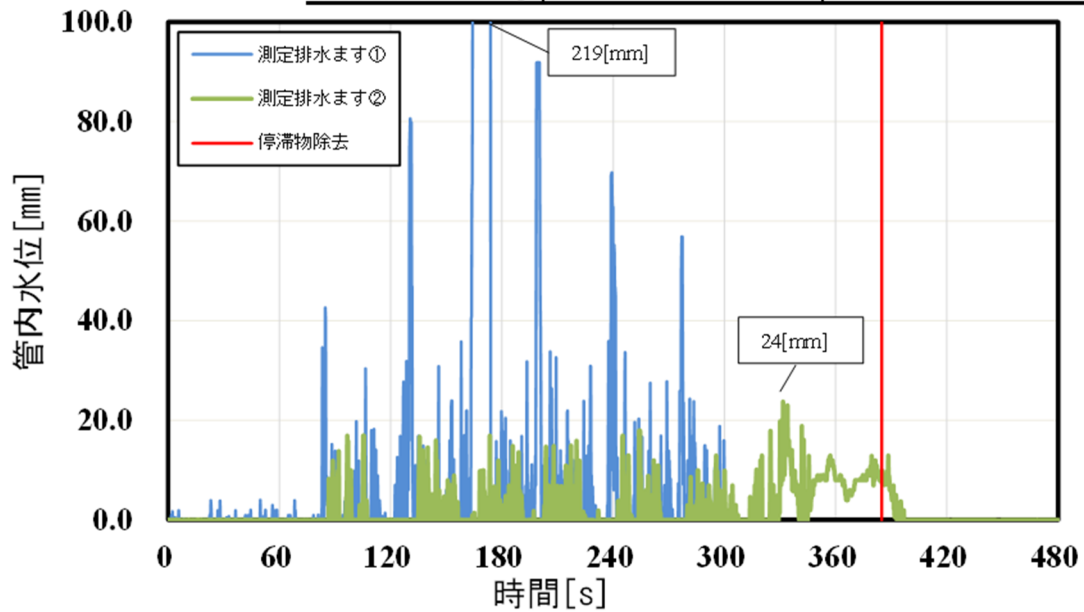


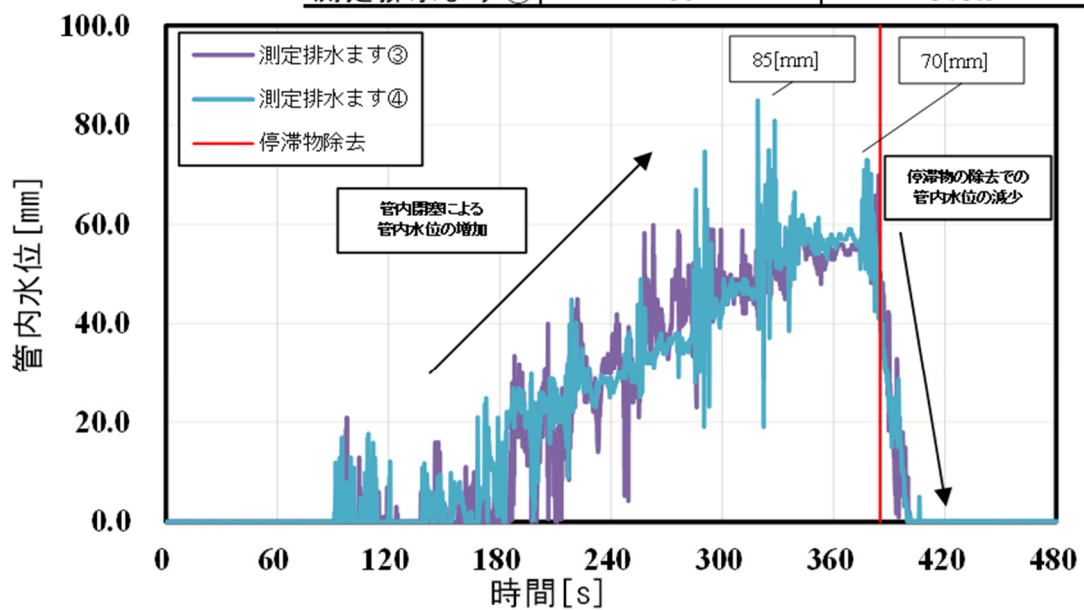
図 6 測定機器の外観

測定箇所	最高管内水位 [mm]	経過時間[s]
測定排水ます①	219	173.8
測定排水ます②	24	331.6



(1) 測定排水ます①及び②

測定箇所	最高管内水位 [mm]	経過時間[s]
測定排水ます③	70	384.2
測定排水ます④	85	319.0



(2) 測定排水ます③及び④

図7 各測定排水ますの水位変動

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
阪東美智子	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	Pest Control Tokyo	90	15-18	2025
谷川力	PCOにおけるIoT技術の活用—ねずみ等の遠隔監視の実例と普及の課題—	第53回建築物環境衛生管理全国大会		42-45	2026
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		224-226	2025
土屋将大、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と生菌数の関連性	2025年室内環境学会学術大会講演要旨集		300-301	2025
杖先壽里、正田浩三、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（その2）	第53回建築物環境衛生管理全国大会		56-57	2026
渡辺貴之、杖先壽里、正田浩三	清掃管理業務に関する調査論文の収集・データベース化	第53回建築物環境衛生管理全国大会	40	58-59	2026

公益社団法人 東京ビルメンテナンス協会 建築物衛生管理委員会 調査研究小委員会	清掃現場における人手不足に関する調査（作業効率化・機器等の導入）				2026
Goro Kimura	Behavioral Response of Musca Domestica to Visual Targets	Proceedings of the Eleventh International Conference on Urban Pests		219-224	2025
阪東美智子	ペストコントロールにおけるIT技術活用の可能性：アイトラッカーによる目視点検の分析	第84回日本公衆衛生学会総会抄録集		660	2025
田中和之，木村悟朗，芝生圭吾，谷川力，阪東美智子	センサーカメラの設置によるクマネズミの行動変化	第76回日本衛生動物学会東日本支部大会要旨集		29	2025
谷川力，芝生圭吾，木村悟朗，佐々木健，市川博一，大山克幸，野本祥一，西田雄剛，大川拓也，茂手木眞司，下ノ藺慧，阪東美智子	実際の現場でのアイトラッカーを利用した調査一統 熟練作業員と未経験者の調査視点の相違について	第41回日本ペストロロジー学会大会抄録集	41	40	2025
木村悟朗，谷川力，阪東美智子	空間サイズおよび室内照明がハエ・コバエ類の捕獲効率に及ぼす影響	第78回日本衛生動物学会大会 衛生動物大会特集号	77	77	2026

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 浅沼 一成

次の職員の令和7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・施設管理研究部・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		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	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)	☒	☐	☒	国立保健医療科学院	☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐	☒	☐		☐
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	☒	☐	☒	イカリ消毒株式会社	☐
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：)	☐	☒	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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 8 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 浅沼 一成

次の職員の令和7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・施設管理研究部・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		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	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)	☐	☒	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐	☒	☐		☐
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	☐	☒	☐		☐
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：)	☐	☒	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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。

機関名 国土技術政策総合研究所
所属研究機関長 職 名 所長
氏 名 佐藤 寿延

次の職員の令和7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) 上下水道研究部 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)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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：)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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8年 3月 24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 寶 金 清 博

次の職員の令和7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 太学院工学研究院・客員教授

林 基哉 (ハヤシ モトヤ)

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	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)	☐	☒	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐	☒	☐		☐
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	☐	☒	☐		☐
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：)	☐	☒	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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8年4月20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7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)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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：)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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 8 年 4 月 27 日

国立保健医療科学院長 殿

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7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		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	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)	☐	☒	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐	☒	☐		☐
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	☐	☒	☐		☐
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:)	☐	☒	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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

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7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) 尾方壮行・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)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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	☐ 有 ☒ 無	☐		☐
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：)	☐ 有 ☒ 無	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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

機関名 関東学院大学
所属研究機関長 職 名 学長
氏 名 小山 厳也

次の職員の令和7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		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	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)	☐	☒	☐		☐
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	☐	☒	☐		☐
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	☐	☒	☐		☐
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：)	☐	☒	☐		☐

(※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 ☒ 未受講 ☐
-------------	---

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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☒ 無 ☐ (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 ☐ 無 ☒ (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。