

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5年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 阪東 美智子

令和6年(2024)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	8
開原 典子、林 基哉、尾方 壮行、阪東 美智子、森 郁恵	
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	19
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	34
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	62
阪東 美智子、正田 浩三、杖先 寿里、下平 智子、栢森 聡、杉田 洋、杉田 宗	
5. 貯水槽清掃並びに水関連設備点検に活用できるロボットに関する技術調査	72
三好 太郎、阪東 美智子、徳安 真理奈	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	79

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究

研究代表者 阪東 美智子 国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官

研究要旨

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

今年度は、環境衛生管理へのデジタル技術の適用について、空気環境、ねずみ・衛生害虫防除、清掃、水管理の各分野における現状と課題を整理した。空気環境の連続測定以外では、導入コストや適切なデジタル機器が市場にないなど課題が多く普及が進んでいないことを把握した。

また、ねずみ・衛生害虫防除と清掃分野における目視点検・調査について、それぞれアイトラッキングシステムを使った試行調査を行い、その有用性を確認した。

研究分担者

開原典子 国立保健医療科学院 生活環境研究部
三好太郎 国立保健医療科学院 生活環境研究部
林基哉 北海道大学大学院工学研究院
柳宇 工学院大学 建築学部
鎌直樹 東京工業大学 環境・社会理工学院
尾方壮行 東京都立大学 都市環境学部

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 鵬凶商事株式会社
杖先寿里 一般財団法人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 クリーンクリエイターズラボ

杉田洋 広島工業大学

杉田宗 広島工業大学

A. 研究目的

建築物衛生管理へのデジタル技術の活用の可能性については、令和4年度より、「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（研究代表者：金勲）」や「中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究（研究代表者：本間義規）」が進められている。前者は特定建築物を対象に、自動測定が可能なもののデータ精度と維持管理の効果を検証するものであり、後者は中規模建築物を対象に、所有者等の自主的な維持管理手法を検証するものである。両研究によりデジタルを活用した自動化等の可否やエビデンスが

蓄積されつつあるものの、建築物衛生管理基準として規定する項目の中で、空気環境や水質検査に関するデジタル活用の検討に比べて、清掃やネズミ等の防除に関する検証は遅れを取っている。

この状況を踏まえ、本研究は、建築物衛生法が求める各種項目のうち、特にネズミ等の防除や清掃等において、デジタル技術の活用でその目的の達成が見込まれる技術、機器、ソフトウェア等を抽出するとともに、手動で行われた結果との比較検証等を実施し、適切な維持管理方法の探索とその際の判断基準や留意点を明確化することによって、政府全体の方針であるデジタル原則の達成と公衆衛生の向上を目指す。また、「建築物環境衛生管理に関する検討会報告書（令和3年7月）」で継続検討とされた維持管理項目である、PM2.5、CO2等について、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。

令和5年度の研究目標は、先行している、「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（研究代表者：金勲）」においてカバーされていない維持管理項目について、IoTで対応可能なものを抽出する。活用可能なデジタル技術に関する知見や課題を整理するとともに、デジタル活用の現状やニーズ等を把握する。

B. 研究方法

研究期間は3年間である。初年度は、先行している2つの研究（「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（研究代表者：金勲）」と「中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究（研究代表者：本間義規）」）でカバーされていない維持管理項目について、既往研究・報告をレビューし、活用可能なデジタル技術に関する知見や課

題の整理を行う。また、デジタル活用の現状やニーズ等について調査を行う（図1）。

具体的には、以下の7つの部会に分かれて実施する。

- | |
|---|
| 部会① 環境衛生管理の実態と課題の把握
(R5-R6) |
| 部会② デジタル技術のシーズの把握 (R5-R6) |
| 部会③ 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
(R5-R7) |
| 部会④ ネズミ・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
(R5-R7) |
| 部会⑤ 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 (R5-R7) |
| 部会⑥ 飲料水、雑用水・排水等の管理に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討
(R5-R7) |
| 部会⑦ 建築物環境衛生管理基準の改正案の提案
(R6-R7) |

今年度は、国の検討会（「デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理のあり方に関する検討会」）の動きも見据えながら、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あいながら研究を進めた。

部会①「環境衛生管理の実態と課題の把握」及び部会②「デジタル技術のシーズの把握」では、先行している2つの研究（「IoTを活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究（研究代表者：金勲）」と「中規模建築物所有者等による自主的な維持管理手法の検証のための研究（研究代表者：本間義規）」）と情報交換を行い、カバーされていない維持管理項目を抽出した。そのうえで、建築物衛生法の環境衛生管

理項目に対するデジタル技術の導入例を関連企業等から取得し、デジタル技術導入に関する研究段階の知見を、企業及び研究機関等から収集した。

部会③「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」では、建築物環境衛生基準のうち、空気環境の測定項目について、建築物衛生法の政省令を確認し課題を整理した。また、CO2計測機器、とくに換気制御用に用いられる機器も含めて、仕様を調査し課題を整理した。さらに浮遊微生物測定について、迅速測定法とリアルタイム測定法のそれぞれの現状と課題を整理した。

部会④「ネズミ・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」では、研究協力者を交えて3回の部会を開き情報・意見交換を行った。まず、ねずみ・衛生害虫の防除に関する報告書例を収集し現在の調査方法や点検結果の報告内容について整理を行った。次に市販されているデジタル機器を中心に、ねずみ・衛生害虫の防除に活用可能な機器を収集し適用可能性を検討した。また、これらの機器の活用状況を調べるため、北海道・東京都・神奈川県・愛知県・大阪府・福岡県の6地区のペストコントロール協会所属会員企業を対象にアンケート調査を実施した。さらに、現在の目視による点検作業の詳細を確認するため、アイトラッキングシステムによりデータ収集を行った。

部会⑤「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」では、研究協力者を交えて4回の部会を開き情報・意見交換を行った。清掃に関する既往研究を整理し論文・資料のデータベースを作成した。また、清掃分野における活用可能なデジタル機器について、2023年度ビルメンヒューマンフェアの展示品やインターネット上の公開情報等から資料収集を行

った。収集した情報の中から、清掃点検報告システムや清掃維持管理状況の把握に活用可能と思われるIoTシステムについて、次年度の実証実験に向けて課題を整理した。さらに、現在の目視による点検作業の詳細を確認するため、アイトラッキングシステムによりデータ収集を行った。

部会⑥「飲料水、雑用水・排水等の管理に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討」では、建築物衛生法に基づく水の衛生管理のうち、貯水槽の清掃に関連する技術として水中清掃ロボットと、水関連設備点検技術としてセンサーやドローン技術等についてインターネット上で公開されている情報をもとに、現状の製品開発状況や実用化状況を取りまとめた。

詳細な研究方法については、各部会の分担研究報告書を参照されたい。

(倫理面への配慮)

本研究は、建築物衛生法に基づく特定建築物の衛生管理手法について研究を行うものであり、主たる調査対象は建築物である。令和5年度の研究では、研究倫理審査の申請を必要とする調査は行わなかった。

建築物の衛生環境や清掃・設備管理等の実態やニーズを把握するために、建築物の管理者やビルメンテナンス業者等を対象とする調査も実施したが、いずれも業務や制度に関する内容を扱うものであり、個人情報を取得するものではない。

研究で知りえた情報等については、漏えいに十分注意して取り扱うとともに、本研究以外の目的では使用していない。

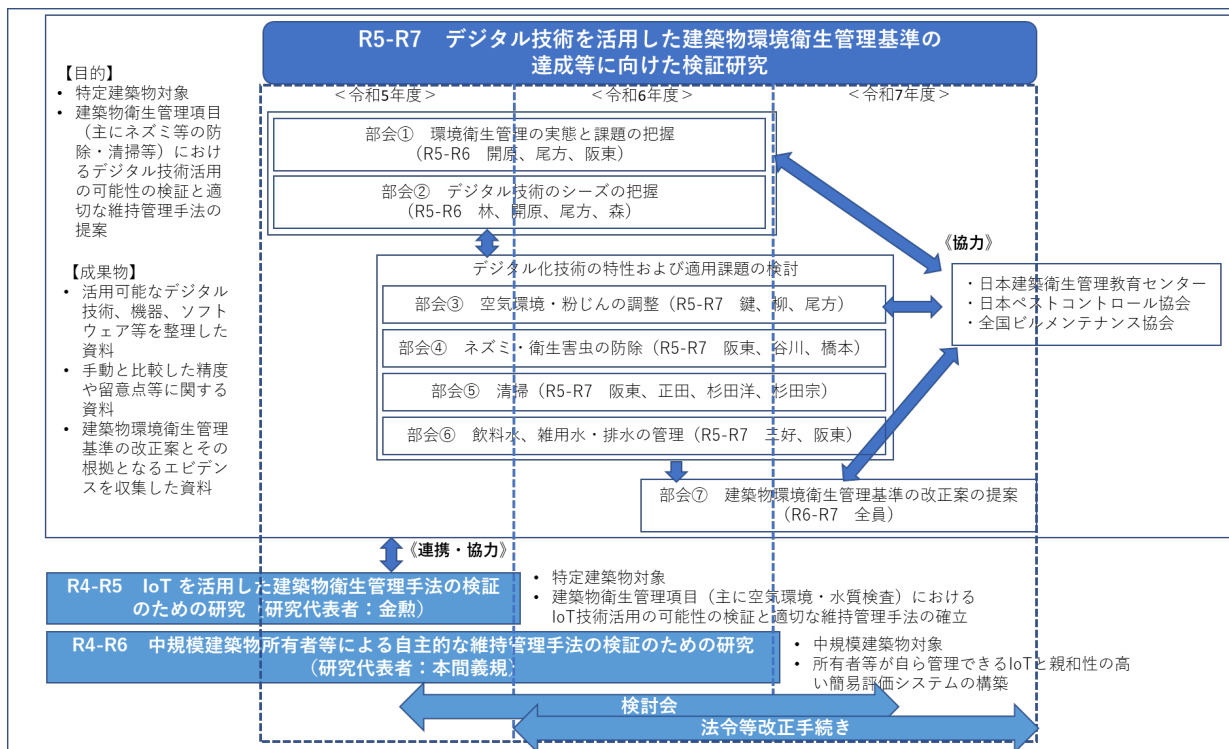


図1 研究の流れ図

C. 研究結果

C.1 建築環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

環境衛生管理へのデジタル技術の利用レベルをモデル化し、目視や検査によって行われる環境衛生管理項目がセンシングで対応できれば、環境衛生管理の信頼性が向上する可能性があることを示した。

研究開発段階の技術には、エアロゾル感染症対策に関するデジタル技術の導入に関する情報を収集し、感染性が未知の新興再興感染症の対策における、デジタル技術の可能性をまとめた。

また、ドレンパンの点検をモデルケースとし、人件費・工数等による試算における課題を整理し、点検の実態や効果について、現場の実務者等から情報を得る必要があることを示した。

C.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

空気環境項目については、連続測定器により置き換えが可能なものもあるが、例えば省令の機器の精度の表現などについては見直しが必要になるものと考えられる。空調設備の維持管理については総合的に評価するところもあり、自動化などにおいてはまだ課題があるものと考えられる。

C02 センサーについては、その多くが、一定期間内の最小値を大気中 C02 濃度とみなして自動補正を行うアルゴリズムが使用されていることから、24 時間使用される等の理由で一定期間中に C02 濃度が大気濃度相当まで下がらないような居室においては注意が必要である。

浮遊微生物については、現在はその測定に培養法を用いる場合が多いが、デジタル化の進展を踏まえると、今後微生物のリアルタイムの測定が有用なツールになると考えられる。

C.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

ねずみ・衛生害虫防除については、市販されているデジタル化商品 18 機種について、対象害虫、どのような調査に活用できるか、商品の概要、費用、主な使用場所、使用頻度、将来的な発展性を整理した。対象害虫は主にねずみであり、ハエ、ゴキブリが続いた。ネズミについては赤外線センサーを用いたカウンターまたは暗視カメラが主流で、初回調査や難防除時の生息調査に利用可能であるが、それ以外の調査・計画・対策・効果判定で利用可能なデジタル機器はほとんどないことが明らかになった。18 機種のデジタル機器の活用について、PCO 協会会員のアンケート調査 (N=112) では、赤外線センサー式暗視カメラの 1 機種を除いてほとんど使用実績がなく、その 1 機種も特定建築物での使用に限定すると 1 割強の企業でしか使用されていなかった。なお、デジタル機器のうち 2 機種については、次年度にその精度を検証するための実験を行うこととし、その具体的な計画を立てている。アイトラッキングシステムを使った目視点検のデータ分析では、熟練者と素人で確認場所や点検時間に大きな違いが見られた。

C.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

清掃については、まず既往研究を整理し論文・資料のデータベースを作成した。清掃分野におけるデジタル機器について収集した情報から、最も導入が容易と思われる清掃点検報告システムを取り上げ、その有用性を検証するために、現在使用している清掃点検報告書を参考に点検報告書のデジタル様式の記入用紙案を作成した。また、トイレの清掃維持管理状況を把握するために、マグネットセンサーや人感カウントセンサー、ゴミ箱容量の検知センサー等、各種センサーを用いた実証実験の方法について検討した。いずれも本格的な実証実験は次年度に行う予定である。アイトラッキングシステムを使った目視点検のデータ分析からは、どの場所をどのように確認しているのかを

「見える化」することで、カメラ等による点検と人による目視との点検内容の違いを具体的に検証できる可能性が示唆された。

C.5 貯水槽清掃並びに水関連設備点検に活用できるロボットに関する技術調査

水の衛生管理に活用できるデジタル技術として、水中で稼働できる清掃ロボット並びに貯水槽等水関連施設の点検に活用できる可能性のあるロボット等がある。水中で稼働できるロボットは、技術水準としては活用可能な段階に到達しているが、点検作業者が手動で操作する製品が中心であった。水関連設備点検技術においても、カメラに加え、サーマルセンサーや收音装置などを搭載した点検ロボットや点検ドローンが販売されているが、手動での操作が前提とされているものが主要であり、定期点検、清掃の代替手法としてこれらの製品を活用するためには、現段階では多くの障壁が残されているといえる。

D. 考察

先行研究「IoT を活用した建築物衛生管理手法の検証のための研究 (研究代表者：金勲)」では、主に空気環境分野におけるデジタル技術を対象に、建築物における継続的な測定調査により、センサー機器を用いた常時測定・常時監視の有効性の評価や課題の把握、デジタル機器導入のための条件整理などが行われている。研究結果は、2023 年 8 月に立ち上げられた国の検討会(「デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理のあり方に関する検討会」)の資料として活用された。2024 年 6 月に同検討会による中間とりまとめが発表される予定である。

本研究では、先行研究がカバーしていない分野におけるデジタル技術の活用について検討することを目的としていることから、とくに、ねずみ・衛生害虫防除分野や清掃分野におけるデジタル技術の活用について検討を行った。

調査結果から、ねずみ・衛生害虫防除及び清掃分野では、いずれもデジタル技術はほとんど普及しておらず、空気環境分野のような常置できるセンサー類もほとんどないことが把握できた。普及が広がらない理由として、そもそも活用できる市販品がほとんどないことが挙げられる。ねずみ・衛生害虫防除分野では、対象とする害虫の種が多様であることや、点検調査により発生・生息が確認された場合は、その駆除・防除作業やその効果の確認作業などが必然的に伴われるため、一連の工程に対応できることが必要とされる。しかし、多様な種に対応でき、しかも調査から駆除・防除、報告までマルチに対応できる機器の開発は困難である。現状では対象種ごと、工程ごとに必要な機器を導入することとなり、導入や維持管理コストが大きくなることが課題となる。清掃分野においては、清掃ロボットが導入されつつあるが、清掃の実施状況の確認や点検作業に関するデジタル機器については情報が限られている。また、導入・維持管理に要するコストを誰が負担するのか（清掃事業者か委託元のビル管理者か等）によって状況が変わるが、現状ではデジタル化で「人の手」が全く不要になるわけではなく、清掃作業面積により費用対効果が大きく異なることが予測されることから、デジタル技術の導入に対するインセンティブが働いていない状況が見られる。

また、デジタル技術の導入以前に、解決すべき課題もある。特に、目視点検については、点検箇所や点検・評価のポイントなどが基準等に明示されていないため、自社や協会等の独自基準で実施されており標準化が図れていない。今年度は、アイトラッキングシステムを使った目視点検作業の分析を試行したが、点検時間・点検箇所が具体的に可視化されることにより、目視調査の詳細が把握できることがわかった。目視点検のための作業シートの開発や、経験の浅い作業員への教育ツールの開発などに応用することが可能になると思われる。さらには、置き換えが難しいとされる目視

点検・調査のデジタル化を検討する上で、貴重な資料になると考えられる。

E. 結論

環境衛生管理へのデジタル技術の適用について、空気環境、ねずみ・衛生害虫防除、清掃、水管理の各分野における現状と課題を整理した。空気環境の連続測定以外では、導入コストや適切なデジタル機器が市場にないなど課題が多く普及が進んでいないことを把握した。

また、ねずみ・衛生害虫防除と清掃分野における目視点検・調査について、それぞれアイトラッキングシステムを使った試行調査を行い、その有用性を確認した。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, *Atmosphere*, 14(11),p.1648, 2023.11.
- 2) 山田裕巳,本間義規,阪東美智子,林基哉; 宿泊施設の衛生的環境に関する実態調査 住宅宿泊事業法施行期の長崎・京都・大阪における室内環境調査; 日本建築学会環境系論文集 813,p.857-868,2023.11.
- 3) 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1): 室内環境の2時点比較および感染症対策との関連; 日本建築学会環境系論文集 808,p.547-555,2023.06.
- 4) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店に

における室内環境と感染症対策（その1）：建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況,日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p.300-306,2023.04.

- 5) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan; Atmosphere 14(1),p.150, 2023.01.
- 6) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p.43-49,2023.01.
- 7) 林基哉, 特集 COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策,空気清浄 60 巻 5 号, P.4-9, 2023
- 8) 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. <https://doi.org/10.3390/atmos14111656>.

2. 学会発表

- 1) 浅井 敦人 , 柳 宇 , 開原 典子 , 本間 義規 , 島崎 大 , 戸次 加奈江 , 伊庭 千恵美 , 林

基哉, 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第 1 報 4D と 2D 映画館における生菌と浮遊微粒子の測定結果,日本建築学会学術講演梗概集,p1393-1394,2023-07

- 2) 柳 宇 , 開原 典子 , 本間 義規 , 島崎 大 , 戸次 加奈江 , 伊庭 千恵美 , 浅井 敦人 , 林基哉,映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第 2 報 4D と 2D 映画館付着細菌叢の解析結果, 日本建築学会学術講演梗概集,p1395-1396, 2023-07
- 3) 開原 典子 , 柳 宇 , 本間 義規 , 島崎 大 , 伊庭 千恵美 , 戸次 加奈江 , 林 基哉, 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第 3 報 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定, 日本建築学会学術講演梗概集,p1397-1398,2023-07
- 4) 松永 崇孝 , 菊田 弘輝 , 林 基哉,換気と空気清浄によるエアロゾル除去性能の評価,日本建築学会学術講演梗概集,p1561-1562,2023-07

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
建築物環境衛生の実態とデジタル技術に関する調査

研究分担者	開原 典子	国立保健医療科学院	生活環境研究部	上席主任研究官
研究分担者	林 基哉	北海道大学	大学院工学研究院	特任教授
研究分担者	尾方 壮行	東京都立大学	都市環境学部	助教
研究代表者	阪東美智子	国立保健医療科学院	生活環境研究部	上席主任研究官
研究協力者	森 郁恵	産業技術総合研究所	情報・人間工学領域	主任研究員

研究要旨

デジタル技術を活用し建築物環境衛生管理の効率化を行うための建築物環境衛生管理基準のあり方を検討するために、関連する技術開発の動向を把握して基礎資料とすることを目的とし、建築物環境衛生管理の課題を整理した上で、効率向上に資する要素を明確にすることを念頭に、建築物環境衛生に関連する既存技術、技術開発動向を収集整理した。

建築物衛生法の環境衛生管理項目に対するデジタル技術の導入例を関連企業等から取得し、デジタル技術導入に関する研究段階の知見を、企業及び大学などの研究機関から収集した。

環境衛生管理へのデジタル技術の利用レベルをモデル化し、目視や検査によって行われる環境衛生管理項目項目がセンシングで対応できれば、環境衛生管理の信頼性が向上する可能性があることを示した。センシングは制御ばかりではなく自治体の立入検査等の行政による監視指導にも適応できると考えられるが、センシング内容が環境衛生の状況を適切に示すことが必要である。

研究開発段階の技術には、エアロゾル感染症対策に関するデジタル技術の導入に関する情報を収集し、感染性が未知の新興再興感染症の対策における、デジタル技術の可能性をまとめた。また、ドレンパンの点検をモデルケースとし、人件費・工数等による試算における課題を整理し、点検の実態や効果について、現場の実務者等から情報を得る必要があることを示した。

以上のように、環境衛生管理におけるデジタル技術の現状について、既存技術の技術開発動向を収集し、建築物環境衛生管理基準の項目を踏まえて整理した。

A. 研究目的

デジタル技術を活用し建築物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。建築物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、建築物環境衛生に関連する既存技術、技術開発動向を収集整理する。

B. 研究方法

建築物衛生法の環境衛生管理項目を中心に、今後の環境衛生管理に資するデジタル技術の導入例について、関連する企業等からデジタル技術に関する情報を入手する。また、企業及び大学などの研究機関から研究開発段階のデジタル技術に関する情報を入手し整理する。

C. 研究結果

C1. 環境衛生管理のためのデジタル技術の適応

C1.1 デジタル技術の適応について

建築物の環境衛生管理のために、各種のセンサーによる表示、室内環境やエネルギー消費の制御など、様々な形でデジタル技術が使用されている。環境衛生管理においては、センシング技術と制御技術を効果的に利用することで、安定した環境衛生を持続することが出来ると考え、これらの技術の普及が期待されている。

デジタル技術の利用のレベルをモデル化すると、以下のように考えられる。環境衛生管理の基本は、環境衛生状況（基準への適合状況）を認知・認識し、必要な対応を速やかに実施することである。環境衛生項目は、目視・測定、センシングなど複数の手段が用いられている。例えば、ドレンパンの汚れの目視、水質の検査、温湿度のセンシングなど、項目によって環境衛生状況の認知・認識の方法が異なっている。空調換気設備では、センシングと制御によって室内空気環境を維持する自動制御が一般化している。現在、目視や検査によって行われる項目がセンシングで対応できれば、環境衛生管理の信頼性が向上する可能性があると考えられる。

センシングは、制御ばかりではなく自治体の立入検査等の行政による監視指導にも適応できると考えられる。ただし、センシングの内容が環境衛生の状況を適切に示すことが確認される必要がある。

C1.2. エアロゾル感染対策のためのデジタル技術の利用

2019年11月の中国武漢市で原因不明の肺炎が発生した後、新型コロナウイルス感染症 COVID-19 のパンデミックによって多くの人命が失われた。COVID-19 の対策は現在でも引き続き重要であるが、さらに新たな変異株、高病原性インフルエンザ等による次のパンデミックへの対策が求め

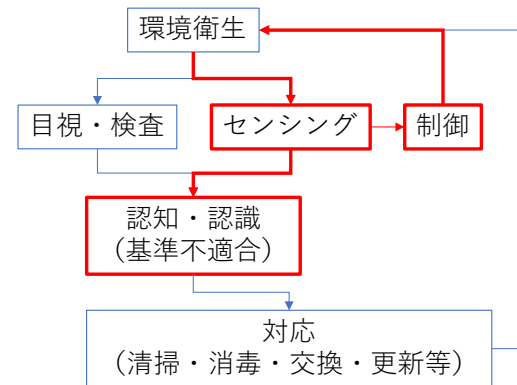


図 C1.1 環境衛生管理におけるデジタル技術

られている。COVID-19 では、ウイルスの変異によって感染力が高まり、エアロゾル感染のリスクが上昇したと考えられている。次のパンデミックをもたらすウイルスの性質は未知であるため、COVID-19 を超える感染力を想定したエアロゾル感染対策が求められる。

(1) エアロゾル感染に対する効果的換気対策

従来、感染経路には接触感染、飛沫感染、空気感染の3つがあるとされてきた。COVID-19 の集団感染の調査などによって、感染者の咳や発声等に伴う飛沫を近距離で吸引することによる感染ばかりではなく、室内空気中に浮遊したエアロゾル中のウイルスを吸引することによる感染の可能性が指摘された。

図 C1.1 に示すように、感染者から放出されたウイルスを含む飛沫は、大きいものは重力落下するが、ほとんどの飛沫は空気中に浮遊して移動する。放出後に飛沫中の水分が蒸発して縮小し、より浮遊しやすくなる。ウイルスの直径は約 $0.1 \mu\text{m}$ であるためそれ以下の飛沫にはウイルスは含まれないと考えられるが、 $0.1 \mu\text{m}$ を超える飛沫中のウイルスは空気中に長時間浮遊する。エアロゾル感染の一つは、空調や気流によって比較的大きな粒径が到達することによる感染（風下感染）である。もう一つは、空間中に拡散して充満した比較的小さい粒径の飛沫による感染（空間拡散感染）である。エアロゾル感染リスクの定量化は現在に

においても非常に難しいが、浮遊飛沫（エアロゾル）の挙動を踏まえ、風下感染と空間拡散感染の双方に配慮することが必要である。

風下感染の対策は、人と人との距離を確保することと感染者からの一定気流を避けることである。エアロゾル発生量が多くなると考えられる、人が多く活動量が多い場所を風下にするなど、空間の使い方や空気の流れを工夫することが望まれる。空間拡散感染対策としては、一人当たりの換気量を十分確保し、滞在時間を短くして、ウイルス吸引量を抑えることが望まれる。

しかし、一般の建築物では感染者の有無及び位置が不明な場合が多い。また、換気量は換気設備の設計、維持管理、運転状況に大きく左右される。感染リスク管理のために、換気や空気中ウイルスの状況をモニターする技術の確立が重要である。

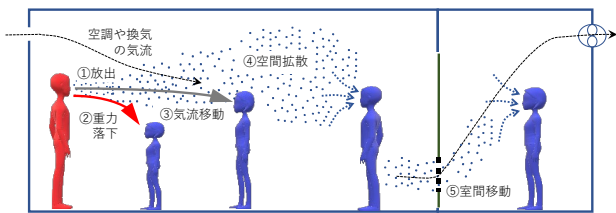


図 C.1.2 浮遊飛沫(エアロゾル)の挙動

(2) 二酸化炭素濃度を用いたエアロゾル感染対策

二酸化炭素濃度は、室内空気質の指標として従来から用いられ、建築物衛生法の基準は1000ppmである。人体からの二酸化炭素発生量は代謝量に左右されるため、1000ppm以下にするための一人当たりの必要換気量は行為によって異なる。代謝量が多い行為が行われる空間では呼吸量が多いため、感染者からのウイルス発生量が多い上に被感染者のウイルス吸引量が多くなる。

エアロゾル感染のリスクは、感染者の有無はもとより、感染者数に大きく左右される。二酸化炭素は在室者全員が放出するのに対しウイルスは感染者のみが放出するため、二酸化炭素濃度がエア

ロゾル感染リスクを直接示すわけではない。しかし、二酸化炭素濃度が高い部屋に感染者がいるとウイルス吸引量が多くなりエアロゾル感染リスクが高くなる。従って、二酸化炭素濃度はエアロゾル感染リスクを計る有益な指標であると考えられる。

図 C.1.3 に示すように、二酸化炭素濃度とウイルス吸引量には関係性がある。代謝量の多い行動が行われるとウイルス吸引量がより多くなるため、合唱やスポーツなど代謝量が多い行為が行われる場合には、二酸化炭素濃度をより低くすることが望まれる。

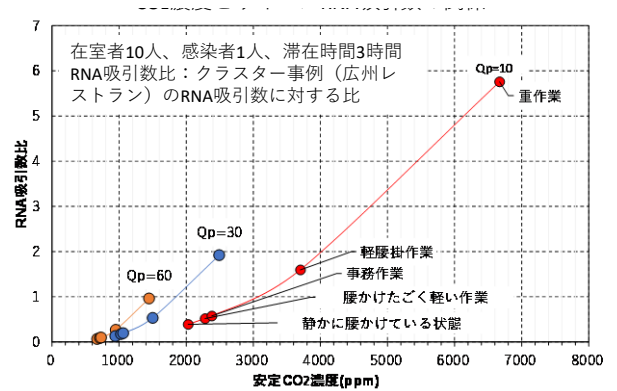


図 C.1.3 二酸化炭素濃度とウイルス吸引量
(Q_p : 一人当たりの換気量 m^3/h 人)

(3) バイオセンサーを用いたエアロゾル感染対策

ウイルスを検知する方法には、検査ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR: Polymerase Chain Reaction) や各種のバイオセンサーによる方法がある。PCR法は、下水やエアコンのドレイン水のウイルスRNAを検出する方法として利用されている。バイオセンサー法では、アプタマー (特定物質と特異的に結合する核酸分子) を用いた方法が注目されている。北海道大学工学研究院では、日本電気株式会社と連携し、空間センシング技術の構築を目指して、空間の環境状態を様々な手段 (CO_2 計測センサー、ウイルス検出器、カメラ等) や通信ネ

ネットワークによりデータを計測・収集・分析・可視化し、その結果を利用者へ提供するための研究を行っている。空気中のウイルスを捕集してバイオセンサーで検知することで、ウイルスの有無や濃度をモニターする方法によって、対象空間、対象施設における感染者の有無や感染リスクを把握することが出来ると考えている。より早い段階での感染リスクを把握することが可能になると、感染対策レベルの引上げ、空調換気設備の調整、施設の利用制限、避難などの対象空間及び施設における対応ばかりではなく、地域や国の感染症対策をより早期に実施できる可能性が生まれる。また、感染対策のための換気量の増加は、エネルギー消費や温暖化ガス排出量の増加につながる。感染症リスクを早い段階で把握することが可能になると、リスクに応じた空調換気の制御が可能になる。

図 C1.4 に示す捕集装置では、空気中のエアロゾルを冷却面に接触させることで、効率的にウイルスを捕集して結露水と共に滴下させている。捕集部の風量、冷却温度、補助加湿を調整することで、センサーに適した濃度にして液中のウイルスを検知する。一般の空調システムにこの機能を組み込むことで、空間中のウイルスの存在や濃度をモニターすることを目的として、捕集装置の性能検証を行っている。

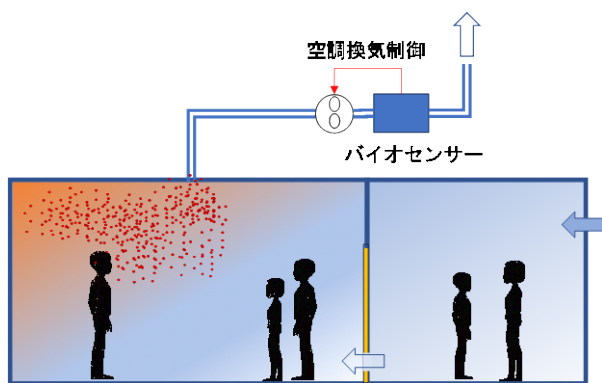


図 C1.4 バイオセンサーによる空調換気制御

今後、ウイルスの捕集技術、センサー技術、検知データからリスクを想定する技術、リスクに応じた対応技術の向上によって、より効率的な感染対策が実現することを期待している。

C1.3. 空調機ドレンパンの汚れ検知

空調機のドレンパン等の結露の発生及び排出経路では、液中及び高湿環境におけるレジオネラ属菌、真菌などにおける汚染への対応が必要であり、定期的な点検と清掃等が求められている。

空調機に組み込まれたドレンパン（排水受け）に、バイオフィーム（スライム）が発生した場合、それを検知するための技術が検討されており、開発メーカーから情報提供を受けた。以下にその概要を記す。

【方法：技術の内容】

ドレンパンに向けて超音波を発信し、反射してきた超音波を検出し、その応答を解析することで、バイオフィームを検出する。厚さ 0.1 mm 程度のバイオフィームも検出できるため、レジオネラ属菌を含む可能性のあるバイオフィームを検知可能とのこと。また水面との判別も可能。

以下に特許公報（特許 6188994 号）に示された図を示す。なお同社は関連する特許を他に 3 件持つ。

図 C1.5 にて 16、17 が超音波受発信部である。バイオフィーム 14 に向けて超音波を発信し、反射してきた超音波を解析する。バイオフィーム表面での超音波の散乱により、図 C1.6 のような反射波の差が生じる。

【開発の経緯】

健衛発 0331 第 9 号「特定建築物に係る個別管理方式の空気調和設備の加湿装置及び排水受けの点検」に記載の“センサー”を実現すべく開発、ドレンパン上に実際に生じたバイオフィームを試料としてデータの蓄積をおこなった。またバイオフィームの菌叢を解析し、どのような微生物で構成されているかの知見もあるとのこと。

現在製品化に向け、開発を進めているが、上記健衛発にある“センサー”として訴求してよいのか判断するため情報を収集中。

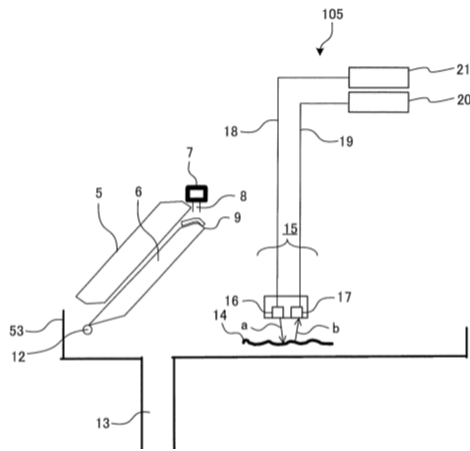


図 C1.5 検知システムの構成

【点検コスト】

ドレンパンの目視点検に要する時間は、5-20分である。ドレンパンの設置場所（アクセスの容易さ）やドレンパンの構造（目視のしやすさ）、点検時の周囲の保護（汚れ防止、脚立の安全設置、作業後清掃など）で必要な時間が変わる。

点検に必要な時間に作業レート（1時間当たりの作業賃）をかけると、1台当たりの点検料金が概算できる。

【目視点検のセンサー代替：点検コスト以外の価値】

天井裏に設置されたドレンパン点検は、脚立を使つての点検（高所作業）になるため。転落。滑り落ちのリスクがある。高い天井の場合は足場を組むことは困難な場合が多く、高い脚立を使うことも多い。点検する業者は社内の労働安全教育として転落事故防止の努力をしているとはいえ、このような作業を続ける以上、転落のリスクをなくすることはできない。高所に人が上らずに済む、センサーによる点検は労働災害をなくす観点から、進めるべきものとする。このような価値はコストとしてあらかじめ見積もることは難しいが、万が

一の障害が発生すれば、取り返しのつかない結果となる。

脚立を立てる場所は机、棚等の什器がある場合

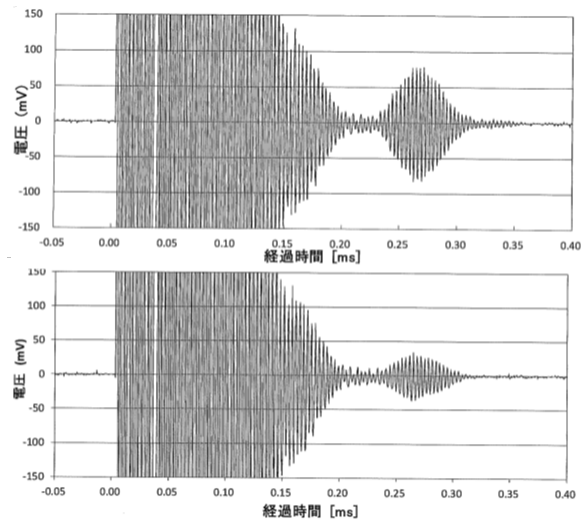


図 C1.6 反射波の例

が多く、テナント側による事前のかわし作業が求められる、現場養生のため実質のコスト増の要因となる。あるいは適切な作業空間配置ができず、点検作業場の安全性低下の懸念もある。

またドレンパン点検時には、そのオフィススペース、店舗販売スペースが使えなくなり、その建物利用者のビジネス上の損失をもたらしかねない。オフィスでの点検は出勤者の少ない土日に指定されることになり、点検業者の作業配置計画、繁閑の偏りやその労力確保等の課題がある。

【センサー実用化に関する課題】

- ・ 検出すべき汚れ、バイオフィルムの物性が定義されておらず、検出の基準を設定できていない
- ・ レジオネラ属菌を含むかどうかは、迅速に判定することは極めて困難である。レジオネラ属菌等を含むスライム（バイオフィルム）と判断する論理が明示されていないので、開発目標を設定できない。
- ・ ドレンパンに在るレジオネラ属菌を吸入したことで発生したレジオネラ症事例が見当たらず、ドレンパン上の「レジオネラ属菌等を含

むスライム」がどの程度のレジオネラ症発症
いたらしめるリスクがあるのか不明と考える。

また「レジオネラ属菌等を含むスライム」が、ド
レンパンから居室側に飛散するのか、検証・公開
されたデータが見当たらず、スライムがはたして
飛散し、ヒトに吸入され発症にいたるリスクの程
度が不明と考える。

C2. 環境衛生管理におけるデジタル技術の現状

C2.1. デジタル技術の現状

本節では、実装の技術を紹介する。

表 C2.1 に、環境衛生管理に資する項目ごとにその
技術概要を示す。なお、項目については、建築物環
境衛生管理基準の項目（空気環境の調整、給水及
び排水の管理、清掃及びねずみ等の防除）を踏ま
えて、空気環境の調整に資するものを“空気”、給
排水及び排水の管理に資するものを“水”、清掃及
びねずみ等の防除に資するものをそれぞれ“清
掃”・“ねずみ”、様々な技術を統合して管理するも
のを“総合”、それ以外を“その他”として分類し
ている。建築物に実装される場合、単一の項目の
それぞれを管理している場合もあるが、複数の項
目を一元化して管理している場合もある。近年、
市場規模が大きくなっているものに、スマートビ
ルディング（スマートビルともいう）がある。スマ
ートビルの定義は見当たらないが、一“スマート
ビルは、一般的にはクラウド、IoT（Internet of
Things）・AI（Artificial Intelligent）などの技術
を用いて、既存の設備制御システムでは実現が難
しかった高度な省エネ（脱炭素、気候変動対応）や
快適性・利便性の向上等を実現するビルという理
解がされている⁵⁾とも紹介されている。スマ
ートビルは、省エネや利用者の利便性を向上する等
を目指すものであるが、特に「BEMS（Building
Energy Management System）」は、空調等をセン
シング・分析するシステムであり、環境衛生管理

の空気環境の調整への使用可能性が期待されてい
る。

C2.2. デジタル技術の可能性

[負担軽減・効率化]

IoT の活用により、効率的にサービスを提供で
きるようになってきている。例えば、ダストボッ
クスの回収や、トイレの清掃・消耗品交換・物品の
補充等は、利用者数や使用回数或いは残量等の情
報により、効率的に維持管理が行えるようになって
いる。また、利用者の人数把握や CO₂ 濃度のセン
シングによる感染症対策や、トイレ個室の長時
間利用を警報することによる事故防止に繋がる取
り組みが可能となっている。現場環境の変化を可
視化することにより、管理スタッフが気づきやす
く、即時対応に繋がるというメリットがある。一
方で、システムやセンサーのメンテナンスは必要
不可欠であることに留意するとともに、システム
等の不具合や停止等によるリスク管理に留意する
ことや、セキュリティ対策の強化等、導入による
新たな課題もあることがデメリットといわれている。

[導入の選択]

ビルメンテナンス協会によるビルメンテナンス
情報年鑑 2020 の実態調査報告書⁶⁾の一部に、利
益を確保するために行っている取組みを調査した
内容がある。ここでは、その内容を紹介する。（調
査の説明をする）取組みは上位から、発注者への
受託料引上げ要求、作業シフトの見直し、人材育
成・スキルアップ、適材適所の人材配置、現場のコ
ミュニケーション改善、作業手順の標準化、新規
顧客の開拓の順であった。一方、下位項目に、既存
の業務を効率化する（ICT 化）や、情報技術（AI、
IoT 等）の活用がある。それぞれ（本社、n=936）
において、21.4%、5.8%の割合であった。最新の
状況はわからないものの、デジタル技術の活用に
ついて、まだ需要拡大の可能性があると見える。

表 C2.1 環境衛生管理におけるデジタル技術の事例

項目						内容（技術等） ^{注）}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
○					○	<p>ドレンパンの遠隔監視技術：</p> <p>カメラとIoT技術を使った無人でのドレンパン点検。</p> <p>【自動撮影】週に一度、指定のタイミングで機器内部のドレンパンを自動撮影</p> <p>【クラウド管理】撮影した画像をクラウドで管理しいつでも閲覧可能</p> <p>【点検報告書作成】撮影画像をもとにいつでもレポートを作成</p> <p>【汚れ度解析】汚れ度合いの表示、画像解析や変化推移グラフにより直観的に汚れ変化の確認が可能</p>
		○				<p>AIによる清掃最適化：</p> <p>清掃の「品質」と「効率」を最適にコントロール可能、綺麗なトイレを効率的に実現</p> <p>トイレの利用回数や移動距離に基づいた適切な清掃指示</p> <p>トイレの満空状況も表示、清掃員のムダ待ち、ムダ足を回避</p> <p>【異常検知】便器の詰まりを検知したら自動で給水を停止後、アプリに通知</p> <p>【アプリ一括設定】温水温度・便座温度などの機器設定をアプリで一括管理</p> <p>【水石けん補充通知】水石けんの残量が少なくなるとアプリに通知</p> <p>【利用状況の取得】大便器・小便器・洗面のデータ取得</p>
○		○		○	○	<p>統合管理システム：データを集める・データをつなげる・データを使う</p> <p>【統合管理でビル管理業務を効率化】</p> <p>さまざまなシステムの情報（設備監視、映像監視、人流など）を統合監視し、ビル管理業務を効率化</p> <p>【人流に応じた空調制御】</p> <p>人流情報をもとに省エネかつ快適な空間の提供を実現</p> <p>【ビル毎の運営のバラつきを把握】</p> <p>情報の分析・活用により、無駄の見える化、ビルごとの運営のバラつきを把握</p> <p>PDCA化し、運営の効率化に貢献</p>
					○	<p>エレベーターサイネージ（電子看板）：</p> <p>利用者は生活に役立つ様々な情報の提供を受ける。</p> <p>東芝グループおよび大日本印刷並びに広告代理店に、設置場所と紐づけた属性情報が提供され、統計的分析等が行われる。</p>

（次のページに続く）

項目						内容（技術等） ^注
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
○						第1種換気： 無線連動、ダクトレス熱交換型第1種換気 熱交換率 92%、CO ₂ 濃度自動検知
					○	感染症対策（非接触技術）： 空中映像デバイス、非接触タッチセンサー搭載 ・エレベーター操作盤や入館システム等の感染対策 ・拭き取り不要のため、人手不足改善
		○				清掃ロボット： 産業用乾式清掃ロボット。 高度なアルゴリズムとAIにより、非常に大きなエリアも清掃可能 集塵・洗浄・集塵+洗浄の3つのモード搭載 モップ清掃に比べて節水
		○				床洗浄ロボット： 掃除機掛け、洗浄、スクイーピングが可能
		○				清掃ロボット： 24時間年中無休で清掃する最新世代の産業用床洗浄ロボット 高度な清掃手順により効率的に 1500 m ³ /h で清掃 国際安全規格 ISO 3691-4 (JIS D 6802 : 2022) 仕様に準拠
					○	多目的自動搬送ロボット： 病院の食事やリネン搬送、ヘルスケアにおけるサンプル、試験管、薬物、材料の輸送等
○		○		○	○	ビルマネジメントシステム： 維持管理・運用 BIM の可視化でオフィスの快適性と省エネルギーを両立 【複数の建物を群として管理】 BIM モデルのない既存の建物を含めた一元管理 【環境マネジメント機能】 建物内に設置した IoT 環境センサーによる温度・湿度や照度、CO ₂ などの情報を、BIM モデル上に可視化 【修繕情報の統合・判断ツール】 【建物運用における情報の可視化・運用改善】

(次のページに続く)

項目						内容（技術等） ^{注）}
空 気	水	清 掃	ね ず み	総 合	そ の 他	
○		○		○	○	脱炭素化・運用管理： IoT センサー・IoT 機器によるセンサーネットワーク、可視化を含めた制御技術等、脱炭素化・運用管理に関わるソリューション技術 【空調吹出口・自然換気口の自動開閉制御】 視環境・温冷感に配慮した照明・空調制御が可能 【設備管理・警備・清掃】 AI・IoT・ロボットを活用
○		○		○	○	統合ネットワーク、ビルアプリケーション、ESG ビル経営： データ連携された複数のアプリケーションを同一のユーザーインターフェイス上で稼働 ビル管理者と利用者はデータ連携された多様なサービス（アプリケーション）を利用可能 【ネットワークサービス】 セキュリティ対策や IoT 機器との連携、通信機器稼働状況の遠隔モニタリングなどを実現 【ビルアプリケーション】 施設予約や入退館のシステム、室内環境モニタリング、空調／照明の制御などの提供と、アプリケーションの連携 【ESG ビル経営】 ビル設備と IoT 機器、アプリケーションの連携で最適な運用や改修計画に必要なエネルギー使用量や CO ₂ 排出量のデータを可視化し、レポート作成する
注) 技術等の内容について、引用文献を基に編集した。 引用文献： 1) https://www.daikincc.com/fcs/service/kirei_watch/ 2) https://toilet-cloud.lixil.co.jp/ 3) https://www.hitachi.co.jp/products/buildingsystems/products-solutions/building-common/builmirai/index.html 4) https://www.toshiba-elevator.co.jp/elv/maintenance/d_signage/ 5) https://kmac-aire24h.com/ondaless 6) https://www.toppan.com/ja/electronics/ortustech/technology/La-touch/ 7) https://www.plibot.co.jp/ 8) https://www.autodesk.com/jp/design-make/articles/bim-maintenance-jp 9) https://www.takenaka.co.jp/news/2022/10/01/ 10) https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20221003_1.html						

【課題の整理】

C1.3.節において、エアコンのドレンパンの点検の事例を用いて、“点検コスト”を試算した。この事例でも示した通り、現場の状況により、目視点検に要する時間は変わる。

建築物衛生管理におけるデジタル技術導入による効率化の試算方法について検討するためには、より細かな状況・条件について、現場の実務者等から情報を得る必要がある。そのことも踏まえて、試算する項目の人件費・工数等の情報が必要となる。現場の経験等も踏まえて試算方法に関する情報を収集することが必要である。

D. 結論

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

環境衛生管理へのデジタル技術の利用レベルをモデル化し、目視や検査によって行われる環境衛生管理項目項目がセンシングで対応できれば、環境衛生管理の信頼性が向上する可能性があることを示した。センシングは制御ばかりではなく自治体の立入検査等の行政による監視指導にも適応できると考えられるが、センシング内容が環境衛生の状況を適切に示すことが必要である。

研究開発段階の技術には、エアロゾル感染症対策に関するデジタル技術の導入に関する情報を収集し、感染性が未知の新興再興感染症の対策における、デジタル技術の可能性をまとめた。また、ドレンパンの点検をモデルケースとし、人件費・工数等による試算における課題を整理し、点検の実態や効果について、現場の実務者等から情報を得る必要があることを示した。

以上のように、環境衛生管理におけるデジタル技術の現状について、既存技術の技術開発動向を収集し、建築物環境衛生管理基準の項目を踏まえて整理した。

<参考文献>

- 1) 国立感染症研究所:新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の感染経路について, 2022. 3. 28, <https://www.niid.go.jp/niid/ja/2019-ncov/2484-idsc/11053-covid19-78.html>
- 2) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe, Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan, *Atmosphere* 14(1) 150-164, 2023. 1. 10
- 3) 北海道大学 空間センシングによる安全・安心な社会, https://jpn.nec.com/press/202205/20220526_02.html
- 4) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, *Atmosphere* 2023, 14, 1648. <https://doi.org/10.3390/atmos14111648>
- 5) 情報処理推進機構:スマートビルガイドライン, スマートビル総合ガイドライン, <https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/guidelines/smartbuilding-guideline.html>
- 6) ビルメンテナンス情報年鑑 2020, 第 50 回実態調査報告書. 全国ビルメンテナンス協会

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and Motoya Hayashi, Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment, Atmosphere, 14(11),p.1648, 2023.11.
- 2) 山田裕巳,本間義規,阪東美智子,林基哉; 宿泊施設の衛生的環境に関する実態調査 住宅宿泊事業法施行期の長崎・京都・大阪における室内環境調査; 日本建築学会環境系論文集 813,p.857-868,2023.11.
- 3) 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1): 室内環境の2時点比較および感染症対策との関連; 日本建築学会環境系論文集 808,p.547-555,2023.06.
- 4) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策 (その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況, 日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p.300-306,2023.04.
- 5) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan; Atmosphere 14(1),p.150, 2023.01.
- 6) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p.43-49,2023.01.
- 7) 林基哉, 特集 COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60 巻 5 号, P.4-9, 2023

2. 学会発表

- 1) 浅井 敦人, 柳 宇, 開原 典子, 本間 義規, 島崎 大, 戸次 加奈江, 伊庭 千恵美, 林基哉, 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第1報 4D と 2D 映画館における生菌と浮遊微粒子の測定結果, 日本建築学会学術講演梗概集,p1393-1394,2023-07
- 2) 柳 宇, 開原 典子, 本間 義規, 島崎 大, 戸次 加奈江, 伊庭 千恵美, 浅井 敦人, 林基哉, 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第2報 4D と 2D 映画館付着細菌叢の解析結果, 日本建築学会学術講演梗概集,p1395-1396, 2023-07
- 3) 開原 典子, 柳 宇, 本間 義規, 島崎 大, 伊庭 千恵美, 戸次 加奈江, 林 基哉, 映画館における室内空気質実態に関する調査研究 第3報 観覧場内の温湿度及び二酸化炭素濃度の測定, 日本建築学会学術講演梗概集,p1397-1398,2023-07
- 4) 松永 崇孝, 菊田 弘輝, 林 基哉, 換気と空気清浄によるエアロゾル除去性能の評価, 日本建築学会学術講演梗概集,p1561-1562,2023-07

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

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 東京工業大学 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的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、建築物衛生法の空気環境、空調設備の維持管理、特に定期的実施項目について課題整理を行うとともに、空気環境測定の定期測定に適用することが可能な連続測定装置に関する既往研究の調査を行った。

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

さらに、浮遊微生物測定について現状の測定方法をまとめるとともに、迅速測定について現状の把握とその課題について示した。

A. 研究目的

A.1 空気環境に関する課題整理

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。なお、2022年から、一酸化炭素の基準値として10 ppm以下であるところが、6 ppm以下であることと、20 ppm以下の特例が削除された。さらに温度については、17℃以上が、18℃以上となった。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的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、建築物衛生法の空気環境、空調設備の維持管理、特に定期的実施項目について課題整理を行うとともに、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	10 ppm 以下 (6 ppm 以下に改正)
二酸化炭素の含有率	1000 ppm 以下
温度	17℃以上 28℃以下 (18℃以上に改正)
相対湿度	40%以上 70%以下
気流	0.5 m/秒以下
ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (= 0.08 ppm 以下)

A.2 CO₂ 濃度の測定方法

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、古くから活用されており、居住者の健康性・快適性と建物で消費されるエネルギーの削減を両立するために使用されている。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。そこで、市販されている空調システム用の CO₂ センサおよび可搬式 CO₂ 計測機器の仕様を調査し、一覧表を作成し、衛生的な室内環境のモニタリングを行う上での課題を整理した。

A.3 微生物の分類と測定法

在来、生物界を動物界 (Kingdom Metazoa)、植物界 (Kingdom Metaphyta) に分類していた。19 世紀の後半に Haeckel (1866) は動物界、植物界から微生物を分離し、原生生物界 (Kingdom Protista) として独立させる 3 界分類を提唱した。また、原生生物界の微生物はその生態によって分類されている。現在の教科書は、建築環境中の微生物を細菌、真菌、ウイルスを分類することもあるが、近年、遺伝子レベルの解析を基にした分子系統分類が確立されている¹⁾。図 1 に生物の進化系統樹²⁾を示す。

細菌は真正細菌、真菌は真核生物に属している。この系統樹の分類は 16S rRNA の塩基配列に基づいているため、ウイルスが含まれていない。ウイルスは共有の祖先ゲノムに含まれている。

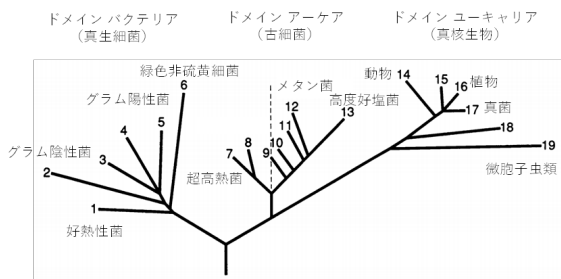


図 1 生物の進化系統樹

浮遊微生物の測定法は、大きく培地を用いた生菌を測定する培養法と培地を用いない方法に大別される。培地を用いない方法には、バイオ

エアロゾルを迅速的に測定する迅速法とバイオエアロゾルをリアルタイムで測定する方法がある (図 2)。

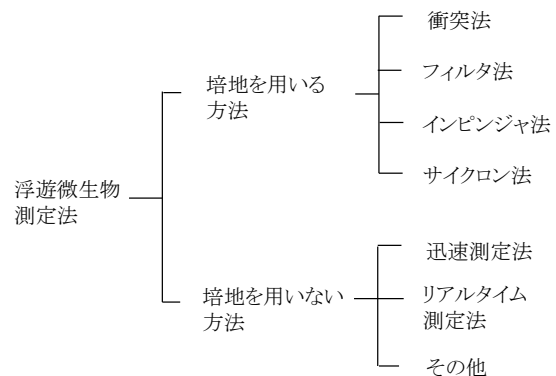


図 2 浮遊微生物測定法の分類

培養法では、浮遊微生物粒子のサンプリングと培養の 2 段階の作業が必要になる。サンプリング方法には、衝突法、フィルタ法、インピンジャ法、サイクロン法などがある^{3,4)}。また、真菌測定は衝突法とフィルタ法は ISO の規格となっている^{5,6)}。これらの方法はターゲット微生物の測定に適しているが、サンプリング後に培養を行う必要があるため、結果が得られるまで数日間がかかる。また、培地法では培養できる生菌を測定できるが、培養不可能な微生物 (Viable but non culturable, VBNC) や、選択した培地で増殖しない生菌が多くあり、全微生物のごく一部しか測定できない。Amann ら⁷⁾は、過去の研究をレビューし、培養できる細菌は、海水で 0.001~0.1%^{8,9,10)}、淡水で 0.25%¹¹⁾、中栄養湖で 0.1~1%¹²⁾、汚染されていない河口水域で 0.1~3%⁸⁾、活性汚泥で 1~15%^{13,14)}、堆積物で 0.25%¹¹⁾、土壌で 0.3%¹⁵⁾であることを明らかにした。

培地、とりわけ選択培地を用いた場合では、ターゲットの生菌の種類を同定することが可能になる反面、サンプリング、培養、計数、同定などの一連の作業に細菌では 2 日間、真菌では 5 日間以上の時間を要するため、測定現場で結果を知ることができない欠点もある。近年、PL (product liability) 法、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) システムに基づく衛生管理方式の導入のほか、2001 年に

米国で起こった炭疽菌の芽胞に汚染された郵便物の事件は、微生物のリアルタイム測定の必要性を高めた¹⁶⁾。バイオテロ対策などから、空气中浮遊微生物の迅速測定またはリアルタイムでの測定が強く望まれていた。さらに、感染性バイオエアロゾルによって引き起こされる呼吸器感染症においては、バイオエアロゾル粒子濃度の急上昇場所（ホットスポット）をリアルタイムで検知・特定することで、より迅速な緩和措置が可能となる。

培地を用いない方法は微生物を培養して測定するのではなく、その細胞の特性を利用する測定方法であり、長時間の培養が不要なため短時間またはリアルタイムで結果が得られるという特徴がある。

B.研究方法

B1 空気環境に関する課題整理

B1.1. 建築物衛生法の空気環境に関する課題整理

建築物衛生法の施行令、省令、告示、通知について、空気環境に関する測定と空調設備の点検について内容を抽出し、特に定期的に確認する事項についてその課題について整理を行った。

B1.2. 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、関係する論文の調査を行った。

B2 CO₂濃度測定センサの原理

CO₂センサは、CO₂の波長吸収や電気化学反応の特性を利用することで気中濃度を検出する。その主な方式としては、光学式、電気化学式、半導体式がある。

(1) 光学式

CO₂が赤外線の特徴波長を吸収する特性を利用し、特定波長の赤外線を光源から発生させ、光路におけるCO₂の吸収による光の強度の減少を測定することで、濃度を検出する方式である。

非分散赤外線検出（non dispersive infrared:

NDIR)方式は、高精度で広い測定範囲を持ち、他のガスの影響を受けにくい他、メンテナンスの容易さ、小型化と低価格化が可能であるという利点から、一般的な室内環境のCO₂モニタリングに最も広く普及している。経済産業省および産業用ガス検知警報器工業会が策定した新型コロナウイルス感染症防止対策として「換気の悪い密閉空間」を改善することを目的に、換気が十分に行われているかどうかを確認するための方法として二酸化炭素濃度測定器が使用される場合においても、測定器を選定する際に最低限要求される仕様等の基準を定めるガイドラインにおいても検出原理がNDIR方式等の光学式である測定器が推奨されている¹⁷⁾。

(2) その他の測定法

電気化学式は、CO₂が電解質溶液中で電気化学反応を起こす性質を利用している。電極間の電位差や電流値の変化からCO₂濃度を測定する。小型化が可能で、低濃度のCO₂測定に適しているが、他のガスの影響を受けやすく、定期的なキャリブレーションが必要となる。

光音響分光法は、CO₂分子が赤外線を吸収した後、熱に変換される性質を利用している。断続的に赤外線を照射し、発生する音波をマイクロフォンで検出する。音波の強度からCO₂濃度を算出する。高感度で応答速度が速いという利点があるが、装置が複雑で高価になる傾向がある。

(3) 市販されているCO₂センサの仕様

表2に各種空調システム用CO₂センサの仕様一覧、表3に可搬式CO₂計測機器の仕様一覧を示す。

NDIR方式のCO₂センサについては、光路の汚れ等による測定値のドリフトが課題として挙げられる。この課題について、一部メーカーでは、単光源二波長方式でCO₂の吸収波長と基準波長の両方を計測することで常時汚れによるドリフトを補正する方式があるが、ほとんどのセンサでは一定期間内の最小値を大気濃度として自動補正する方法がとられている。

表 2 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)
CO2 センサモジュール	IMGXCA0006-00BA	村田製作所	NDIR方式	0-2000 ppm	± (50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm + 2.5% of reading)	± 50ppm/Year@1000ppm
CO2 センサモジュール	IMGXCA0006-00BB	村田製作所	NDIR方式	0-3000 ppm	± (50ppm + 5% of reading) Typ. ± (30ppm + 2.5% of reading)	± 50ppm/Year@1000ppm
Sunrize		旭化成エレクトロニクス	NDIR方式	400~5000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
Sunlight CO2		旭化成エレクトロニクス	NDIR方式	400~5000 ppm	+/- (50ppm + 3% of reading)*	
S8		旭化成エレクトロニクス	NDIR方式	400~50,000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
K30		旭化成エレクトロニクス	NDIR方式	0~5,000 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)*	
ダクト用CO2濃度センサ	CY8100C1001	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
ダクト用CO2濃度センサ	CY1000C1000	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
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
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
CO ₂ 温度湿度変換器	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)
CO2変換器	GMD110	VAISALA	NDIR方式	~10,000ppm CO2 0~2,000ppm, 0~5,000ppm, または10~10,000ppm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
CO ₂ 温度湿度変換器	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
XENSIV PAS CO2 Sensor	PASCO2V01BUMA1	infineon	光音響分光法	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

製品名	自動校正手法	動作温度	保管温度	入力電圧	平均消費電力
CO2 センサモジュール	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	-20 ~ 50°C	AC/DC 24 0.5W / Max. 2.0W	
CO2 センサモジュール	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	-20 ~ 50°C	AC/DC 24 0.5W / Max. 2.0W	
Sunrize	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	記載なし	3.05~5.5	34 uA
Sunlight CO2	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	-40 ~ 70°C	3.05~5.5	30uA or lower
S8	ABCアルゴリズム (一定期間内の最低値を大気中CO2濃度とみなして自動補正)	0 ~ 50°C	記載なし	4.5~5.25	18~30 mA
K30	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	記載なし	4.5~14 V	40 mA
ダクト用CO2濃度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC24V	3VA以下
ダクト用CO2濃度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 50°C	AC24V	3VA以下
ネオセンサ 室内用CO2濃度・温度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-20 ~ 70°C	AC24V	3VA以下
シーリングセンサ 天井用CO2濃度・温度センサ	記載なし	0 ~ 50°C	-10 ~ 65°C	AC24V	3VA以下
CO ₂ 温度湿度変換器	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	-30 ~ 60°C	18~35VDC	< 2W
CO2変換器	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°	-40 ~ 60°C	20~ 30V DC	
CO ₂ 温度湿度変換器	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	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
XENSIV PAS CO2 Sensor	ABCアルゴリズム (一週間内の最低値を大気中CO2濃度 (400ppm) とみなして自動補正)	0 ~ 50°C		3~3.6V/10.8~13.2V	

製品名	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
CO2 センサモジュール	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	アナログ 0 ~ 5V		ビル換気向けに約10年間 (測定環境次第)		
Sunrize				旭化成、Aranel 4	*: 15-35°C, 0-85%RH, After three ABC period
Sunlight CO2			Lifetime < 15 years		*: 15-35°C, 0-85%RH, After three ABC period ABC periodは調整可能
S8	PWM / デジタル				
K30	アナログ / デジタル			おんどり	*: After three ABC period
ダクト用CO2濃度センサ	DC 1-5V リニア特性	3 min以下	自動校正を行います、少なくとも3年に1度CO2濃度校正を実施してください。		
ダクト用CO2濃度センサ	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	DC 1-5V リニア特性	3 min以内	1回/年のゼロガス校正を実施してください。		
シーリングセンサ 天井用CO2濃度・温度センサ	DC 1-5V リニア特性	3 min以内	1回/年のゼロガス校正を実施してください。		
CO ₂ 温度湿度変換器	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	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
CO ₂ 温度湿度変換器	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			Lifetime 10 years		

表3 可搬式CO₂計測機器の仕様一覧

製品名	型式	メーカー	測定方式	測定範囲	測定精度
CO2・温度・湿度 データロガー	TR-76Ui	T&D	NDIR方式	0~9,999 ppm	± (50ppm + 読み値の5%) at 5,000ppm以下
Aranet 4 Home	TDSPC0H3	aranet	NDIR方式	0~9,999 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)
Aranet 4 Pro	TDSPC0U3	aranet	NDIR方式	0~9,999 ppm	+/- (30ppm + 3% of reading)
3密見える化センサ		旭化成	NDIR方式	400~5,000ppm	± (測定値の3% + 30)ppm
testo 535 - CO2計	0563 0535	testo	NDIR方式	0~10,000 ppm	± (100ppm + 測定値の5%)
IAQモニター	Model 2212	日本カノマックス	NDIR方式	0~5,000 ppm	指示値の±3または±50ppmのいずれか大きい方 (20°Cにおいて)
オートビルセットⅢ	Model 2100	日本カノマックス	NDIR方式	0~5,000 ppm	指示値の±3または±50ppmのいずれか大きい方 (20°Cにおいて)
BiFlow	BMK-504	フローシステム	NDIR方式	300~2,000ppm、0~5,000ppm	± (測定値の3% + 30)ppm
Chicco-iino (ちっこいーの)	CS-1	柴田科学	NDIR方式	360~4,000 ppm	±120 ppm±1 digit
室内環境測定セット	IES-5000R LD-2I	柴田科学	NDIR方式	0~10,000 ppm	0~2000ppm : ±50ppm 2001~5000ppm : ±100ppm

製品名	長期安定性 (ドリフト)	自動校正手法	動作温度
CO2・温度・湿度 データロガー	記載なし	ABCアルゴリズム (180時間内の最低値を大気中CO2濃度 (400ppm) とみなして自	0 ~ 45°C
Aranet 4 Home	記載なし	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
Aranet 4 Pro	記載なし	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
3密見える化センサ	記載なし	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)	0~80°C
testo 535 - CO2計	記載なし	記載なし	0 ~ 50°C
IAQモニター	記載なし	記載なし	5~40°C
オートビルセットⅢ	記載なし	記載なし	記載なし
BiFlow	記載なし	記載なし	0 ~ 40°C
Chicco-iino (ちっこいーの)	記載なし	記載なし	0 ~ 45°C
室内環境測定セット	記載なし	記載なし	5 ~ 45°C

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	使用されているセンサ	備考
CO2・温度・湿度 データロガー	記載なし							
Aranet 4 Home					100 sec (63%)		Sunrize	
Aranet 4 Pro					100 sec (63%)		Sunrize	
3密見える化センサ	0-35°C						Sunrize	サービス終了
testo 535 - CO2計	0 ~ 50°C							
IAQモニター	-20~60°C				約4.5秒 (90%応答, 校正キャップ使用時)			
オートビルセットⅢ	記載なし							
BiFlow								
Chicco-iino (ちっこいーの)	-20~65°C			USB形式 (micro B)	90 sec (90%)			
室内環境測定セット								

表 4 測定対象施設の概要

名称	測定対象	原理・特徴	測定装置の例
1) 直接測定法			
固相サイトメトリー	菌体	フィルターなどの担体に捕捉した細菌が発するシグナルを直接的に検出する。染色剤を選択することにより、生理活性等にかかわるシグナルを得ることもできるほか、自家蛍光を利用することもある。また特定の細菌を選択的に検出するため、遺伝子プローブや抗体、また蛍光標識したファージなどを用いることがある。検出・測定装置として、蛍光顕微鏡やレーザー顕微鏡などを含む、種々の光学検出・測定装置を用いる。	蛍光顕微鏡 レーザーキャニング サイトメーター等
フローサイトメトリー	菌体	流路系を通過する細菌が発するシグナルを直接的に検出する。染色剤を選択することにより、生理活性等にかかわるシグナルを得ることもできるほか、自家蛍光を利用することもある。また特定の細菌を選択的に検出するため、遺伝子プローブや抗体、また蛍光標識したファージなどを用いることがある。検出・測定装置として、種々の光学検出・測定装置を用いる。	フローサイトメーター等
2) 間接測定法			
免疫学的方法	抗原	細菌がもつ抗原に特異的な抗体を反応させ、発色や蛍光を目視やマイクロプレートリーダーなどで測定する。簡便なものには免疫クロマトグラフィーがある。	免疫クロマトグラフィー マイクロプレートリーダー
核酸増幅法	核酸	微生物がもつ核酸を、対象とする微生物に特異的なプライマーを用いて増幅し、検出する。定量的 PCR 法を用いることにより、定量も可能である。	電気泳動装置 定量的 PCR 装置
生物発光法・蛍光法	ATP 等	菌体内の ATP 等を酵素反応による発光現象・蛍光現象をもとに測定する。	発光測定器 蛍光測定器
マイクロコロニー法	増殖能 (マイクロコロニー)	コロニー形成初期のマイクロコロニーを検出・計数する。平板培養法と同じ培養条件(培地組成、温度等)を使用できる。	蛍光顕微鏡等
インピーダンス法	増殖能 (電気特性)	細菌が増殖の際に培地成分を利用し産生する代謝産物の増加により生じる電気特性の変化を利用する。	電気計測器
ガス測定法	増殖能 (ガス産生等)	細菌の増殖に伴う二酸化炭素の産生や酸素の消費等のガス量の変化を利用する。	ガス測定器 培地の呈色反応
脂肪酸分析法	菌体脂肪酸	細菌の種類によって菌体脂肪酸組成が異なることを利用する。	ガスクロマトグラフィー
赤外吸収スペクトル測定法	菌体成分	菌体に赤外線を照射し、その赤外吸収スペクトルパターンを利用する。	フーリエ変換赤外分光 光度計
質量分析法	菌体成分	菌体成分を質量分析計により測定し、データベースと照合して解析する。	質量分析計
フィンガープリント法	DNA	試料から抽出した DNA を制限酵素で切断し、DNA 断片の泳動パターンを利用する。データベースと照合することにより同定が可能である。また T-RFLP 法では群集構造解析が可能である。	電気泳動装置
ハイスループット・シーケンシング	核酸	試料中に存在する多種多様な細菌から抽出した核酸の配列を決定し、その情報をもとに群集構造を解析する。	シーケンサー等

注) PCR: ポリメラーゼ連鎖反応 T-RFLP: 末端標識制限断片長多型分析

B.3 迅速測定法¹⁸⁾

迅速測定法は一度サンプリングをしてから分析するため、現状では数分～数十分程度の時間を要し、リアルタイム法とは異なる。迅速測定法には直接測定法と間接測定法がある(表 4)¹⁹⁾。直接測定法の測定対象は菌体であり、固相サイトメトリー法とフローサイトメトリー法がある。間接測定法の対象は表 4 に示す通り、抗原、核酸、ATP、増殖能、菌体脂肪酸、菌体成分、DNA 法がある。ここでは、現在使用されている迅速測定法の例について述べる。

B3.1. ATP 法

ATP (Adenosine Triphosphate、アデノシン 3 リン酸) 法は、菌中の ATP のルシフェリン・ルシフェラーゼ酵素反応時の光量を測定する方法である。ATP は生物の共通エネルギー物質で

あり、微生物 1 菌体当たりの ATP 量はほぼ同じであることから、ATP 量を測定することによって、微生物数を推定できるとされている²⁰⁾。ATP 法を応用した測定は、発光量を測定するのに一定量の菌量 ($10^3 \sim 10^4$ 個/mL) が必要であり、そのために、数分～数十分程度の時間要する。近年、ATP 法による空中微生物の測定ができるようになった

B3.2. 酵素活性の測定法

1970 年代以後、酵素活性を持つ細菌の迅速測定法が実用化されるようになった。また、細菌用自動機器法があり、振とう培養法が採用され、光学的に菌増殖に伴う濁度上昇を精密にモニタするものが多い。しかし、この方法では、数時間かかる²¹⁾。

近年では、有効な蛍光染色剤を使用すること

によって、測定時間を数分程度まで大幅に短縮できた。さらに、UV 励起と青色励起を使い分けによって、生菌と死菌の区別まで可能となる。

B3.3. そのほかの方法

前述した方法は主として原核微生物（染色体が核膜で覆われておらず、細胞質に DNA が直接露出している）である細菌を対象としている。一方、これらの方法では核膜に覆われた核を持つ真核生物である真菌の測定は難しい。そのため、真菌を加熱分解してからその蛍光物質を測定する方法があり、1 回の測定に 20 分程度の時間を要する。

B3.4. 迅速測定法の課題

前述したとおり、数十年前に比べ現在では多くの微生物迅速測定法が提案され実用化されている。ターゲット菌が分かれば適正な試薬を用いることで、生菌を測定することができる利点がある。一方、迅速測定法、とりわけ間接的な測定法は結果を得るまでの時間を短くできるが、生菌か死菌かの区別がつかない場合がある。すなわち、時間と感度の両立が難しいのは現状である。今後、迅速法においては検出時間の短縮化と感度の向上かが課題となっている。

C. 研究結果および考察

C1. 空気環境に関する課題整理

C1.1. 建築物衛生法の空気環境に関する課題整理

空気環境に関する測定と空調設備の点検に係る建築物衛生法の施行令、省令、告示、通知の中で、本研究に係る項目について、表 5 のように課題の整理を行った。

施行令の第二条においては、「湿度の調整」については夏期の除湿と冬期の加湿の両方ができる設備であることを明記することが必要と考える。加湿器の設置がない設備を空気調和設備と混同しないことが重要である。また、機械換気設備において「空気の浄化」について、外気導入を想定したガス状物質の浄化を意味するのか、エアフィルタにより浮遊粉じんも除去することを意味するのかを明確に定義することが重要である。建築物空気環境測定項目の中で、浮遊粉じんの定義について、粒径 10 μm より小さいものであることを測定の定義と同様となるように

明記することが必要である。

省令第三条の二において、測定項目について定義されているが、検知管など測定機器の種類ではなく、精度による規定の記載が好ましい。

また、「空気調和設備に関する衛生上必要な措置」として、汚れを確認すること、公示においてろ材、送風機、冷凍機などの検知するシステムについては、技術的に容易に可能な面もあるが、総合的に判断する項目が多く存在することから、全て自動で実施することは困難であるとも考えられる。しかし、検知するだけの項目については、技術の進展とともに適用可能となるものと考えられる。

表 5 空気環境に関する建築物環境衛生管理基準の定期測定に関する課題整理

内容	課題														
施行令 (建築物環境衛生管理基準) 第二条 イ 空気調和設備(空気を浄化し、その温度、湿度及び流量を調節して供給(排出を含む。以下この号において同じ。))をすることができる設備をいう。ニにおいて同じ。)を設けている場合は、厚生労働省令で定めるところにより、居室における次の表の各号の上 欄に掲げる事項がおおむね当該各号の下欄に掲げる基準に適合するように空気を浄化し、その温度、湿度又は流量を調節して供給すること。	「湿度の調整」について、冷却除湿だけではなく、「加湿」も含めて湿度調整とする。「加湿器」を設置基準にすることが明確になる。														
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>一 浮遊粉じんの量</td> <td>空気一立方メートル</td> </tr> <tr> <td>二 一酸化炭素の含有率</td> <td>百万分の六以下</td> </tr> <tr> <td>三 二酸化炭素の含有率</td> <td>百万分の千以下</td> </tr> <tr> <td>四 温度</td> <td>一 十八度以上二十 二 居室における温</td> </tr> <tr> <td>五 相対湿度</td> <td>四十パーセント以上</td> </tr> <tr> <td>六 気流</td> <td>〇・五メートル毎秒</td> </tr> <tr> <td>七 ホルムアルデヒドの量</td> <td>空気一立方メートル</td> </tr> </tbody> </table>	一 浮遊粉じんの量	空気一立方メートル	二 一酸化炭素の含有率	百万分の六以下	三 二酸化炭素の含有率	百万分の千以下	四 温度	一 十八度以上二十 二 居室における温	五 相対湿度	四十パーセント以上	六 気流	〇・五メートル毎秒	七 ホルムアルデヒドの量	空気一立方メートル	浮遊粉じんの定義を粒径 10μm をカットした粒子を対象とすることを明記するか。 今後の PM _{2.5} も見据えて。
一 浮遊粉じんの量	空気一立方メートル														
二 一酸化炭素の含有率	百万分の六以下														
三 二酸化炭素の含有率	百万分の千以下														
四 温度	一 十八度以上二十 二 居室における温														
五 相対湿度	四十パーセント以上														
六 気流	〇・五メートル毎秒														
七 ホルムアルデヒドの量	空気一立方メートル														
ロ 機械換気設備(空気を浄化し、その流量を調節して供給をいう。)を設けている	「空気の浄化」を外気導入によるガス状物質の浄化か、エア														

場合は、厚生労働省令で定めるところにより、居室におけるイの表の第一号から第三号まで、第六号及び第七号の上欄に掲げる事項がおおむね当該各号の下欄に掲げる基準に適合するように空気を浄化し、その流量を調節して供給をすること。	フィルタなどによる粉じん除去を意味するのか。エアフィルタを設置基準にすることが明確になる。今後のPM _{2.5} も見据えて。														
省令															
(空気環境の測定方法) 第三条の二															
<table border="1"> <tr> <td>一 浮遊粉じんの量</td> <td>ガラスファイバーろ紙(〇能を有するものに限る。)法により測定する機器又は</td> </tr> <tr> <td>二 一酸化炭素の含有率</td> <td>検知管方式による一酸化炭素</td> </tr> <tr> <td>三 二酸化炭素の含有率</td> <td>検知管方式による二酸化炭素</td> </tr> <tr> <td>四 温度</td> <td>〇・五度目盛の温度計</td> </tr> <tr> <td>五 相対湿度</td> <td>〇・五度目盛の乾湿球湿度計</td> </tr> <tr> <td>六 気流</td> <td>〇・二メートル毎秒以上の流速</td> </tr> <tr> <td>七 ホルムアルデヒドの量</td> <td>二・四-ジニトロフェニルメチル-三-ヒドロキシノ-五-メチルベンゼン系に指定する測定器</td> </tr> </table>	一 浮遊粉じんの量	ガラスファイバーろ紙(〇能を有するものに限る。)法により測定する機器又は	二 一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素	三 二酸化炭素の含有率	検知管方式による二酸化炭素	四 温度	〇・五度目盛の温度計	五 相対湿度	〇・五度目盛の乾湿球湿度計	六 気流	〇・二メートル毎秒以上の流速	七 ホルムアルデヒドの量	二・四-ジニトロフェニルメチル-三-ヒドロキシノ-五-メチルベンゼン系に指定する測定器	<ul style="list-style-type: none"> ・検知管方式(CO、CO₂)の精度記載。その他の測定器のための校正の記載追加(粉じん計と同様に) ・温度、相対湿度について、精度、校正について明記。
一 浮遊粉じんの量	ガラスファイバーろ紙(〇能を有するものに限る。)法により測定する機器又は														
二 一酸化炭素の含有率	検知管方式による一酸化炭素														
三 二酸化炭素の含有率	検知管方式による二酸化炭素														
四 温度	〇・五度目盛の温度計														
五 相対湿度	〇・五度目盛の乾湿球湿度計														
六 気流	〇・二メートル毎秒以上の流速														
七 ホルムアルデヒドの量	二・四-ジニトロフェニルメチル-三-ヒドロキシノ-五-メチルベンゼン系に指定する測定器														
三 次に掲げる区分に従い、それぞれ次に定める事項について、二月以内ごとに一回、定期的に、測定すること。	更に高い環境衛生を目指し、連続測定結果の活用。														
(空調設備に関する衛生上必要な措置) 第三条の十八 令第二条第一号二に規定する措置は、次の各号に掲げるものとする。 一 冷却塔及び加湿装置に供給する水を水道法(昭和三十二年法律第七十七号)第四条に規定する水質基準に適合させるため必要な措置 二 冷却塔及び冷却水について、当該冷却塔の使用開始時及び使用を開始した後、一月以内ごとに一回、定期的に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃及び換水等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない冷却塔に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。 三 加湿装置について、当該加湿装置の使用開始時及び使用を開始し	<ul style="list-style-type: none"> ・汚れを検知するシステムの検索 ・汚れを検知するシステムの検索 														

<p>た後、一月以内ごとに一回、定期的に、その汚れの状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない加湿装置に係る当該使用しない期間においては、この限りでない。</p> <p>四 空気調和設備内に設けられた排水受けについて、当該排水受けの使用開始時及び使用を開始した後、一月以内ごとに一回、定期的に、その汚れ及び閉塞の状況を点検し、必要に応じ、その清掃等を行うこと。ただし、一月を超える期間使用しない排水受けに係る当該使用しない期間においては、この限りでない。</p> <p>五 冷却塔、冷却水の水管及び加湿装置の清掃を、それぞれ一年以内ごとに一回、定期的に、行うこと。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・汚れを検知するシステムの検索
告示(平成15年117、119号)	
<p>空気清浄装置について、ろ材又は集じん部の汚れの状況及びろ材の前後の気圧差等を定期的に点検し、必要に応じ、ろ材又は集じん部の性能検査、ろ材の取替え等を行うこと。</p> <p>送風機及び排風機について、定期的に送風量又は排風量の測定及び作動状況を点検すること。</p> <p>冷却塔について、集水槽、散水装置、充てん材、エリミネータ等の汚れ、損傷等並びにボールタップ及び送風機の作動状況を定期的に点検すること。</p> <p>自動制御装置について、隔測温湿度計の検出部の障害の有無を定期的に点検すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・差圧計によるデータ回収は可能 ・BEMSを用いたモニタリング ・総合的にチェックするため、困難か ・計測データより障害を検出できるか。
通知(平成20年0125001号)	
<p>エアフィルターや静電式空気清浄装置(分煙用を含む。)等の空気清浄装置については、ろ材やフィルターチャンパ内部の汚染状況、イオン化部及び集じんユニット部の汚染状況、ろ材の変形、空気漏れ等について定期的に点検を行い、必要に応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・総合的にチェックするため、困難か

<p>じ、整備、補修その他の措置を講じること。</p> <p>全熱交換器については、定期的にフィルターやエレメントの汚れを点検し、必要に応じ、清掃、交換その他必要な措置を講じること</p> <p>自動制御装置については、経年変化に対する調整及び設定温(湿)度と室内の温(湿)度との差の点検も行うこと。また、適切な外気導入量を確保するため、定期に風量の点検を行うこと。なお、実測値との差が認められた場合には、センサー等の調整を実施すること</p>	<p>・総合的にチェックするため、困難か</p> <p>・測定データにより障害を検出できるか。</p>
--	---

C1.2. 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、review でヒットした論文のうち、室内空気質をモニタリングする際に課題となる項目を解決すると思われる論文について調査を行った。

Juliana ほか²²⁾においては、室内環境で室内空気質をモニターして得られたデータより機器の比較を行った研究論文をレビューし、それぞれの機器の精度の比較などを確認した。PM₁₀、PM_{2.5}、PM_{1.0}、CO₂、CO、TVOC、O₃、NO₂が取り上げられ、その中でもPM_{2.5}を対象とした研究が多く存在していた。低コストセンサーと基準機器との室内環境および実験室内での測定値の関係についても調査されており、十分な信頼性はあるものが存在するものの、定期的な校正の必要性が述べられている。

Zhang ほか²³⁾は、既存の空気質ガイドライン

を示すとともに、室内基準とともに、既存の典型的な検出範囲、測定許容誤差または再現性などの仕様を調査した。ここでも、粒子状物質とガス状物質を対象にしているが、校正アルゴリズムなど機器によって異なり、またガスセンサーの方が粒子センサーに比べて不確実性が大きい状況にあることを述べている。

Mobaraki ほか²⁴⁾は、建物モニタリングへの低コストセンサの応用に関する体系的な文献レビューを行った。2006年から2020年までの99件の論文を選択すると、多く(58.3%)が公共建築物のモニタリングに焦点を当てて研究していることがわかった。また、室内空気質の計測に関する論文を調査したところ、41.7%が、教育、歴史、住宅、実験室など、様々なタイプの建物のモニタリングへの装置の導入に焦点を当てていた。今後の研究では、O₂、VOC、HCHO、CO₂、真菌、細菌の検出のための低コストのモニタリングシステムの開発に焦点を当てるべきとしている。

Chojer ほか²⁵⁾は、メンテナンス、連続測定が可能な低コストセンサーの利点を挙げつつ、データの信頼性などに起因するような室内空気質モニタリング装置の開発に関連する最近の研究を批判的にレビューした。その中で、センサーの校正/検証を実施したプロジェクトが少なく、基準器を用いてこれらのテストを実施した研究はさらに少なかった。従って、校正、信頼できる検証、センサーの性能と評価の標準化に関するより多くの研究の必要性が、今後の研究に推奨されるとしている。

以上については、わが国では容易に手に入らない測定器が挙げられており、わが国で手に入りやすい機器についても、同様の手法で確認することが必要である。

C2. 自動校正方法の課題

多くのCO₂センサに、一定期間内の最小値を大気中CO₂濃度とみなして自動補正を行うアルゴリズムが使用されている。この手法は光学式センサの欠点である光路の汚れによる測定値のドリフトを取り除くために効果的である。しかしながら、24時間使用される居室や、3日間等の一定期間を通してCO₂センサが設置され

ている箇所の CO₂ 濃度が大気濃度相当まで下がらないような状況で自動補正がされてしまうと、実際の濃度よりも測定値が低くなり、CO₂ 濃度 1、000 ppm 以下を制御目標として運転が行われる場合に必要換気量を満たさないという問題が生じる。そのため、最低値を大気濃度として自動補正を行う CO₂ センサを使用する場合には、設置空間の CO₂ 濃度が一定期間内に大気濃度相当となることが必要条件であることに注意を払わなければならない。

C3. 微生物の測定に関する現状と課題

C3.1. 測定方法と代表的な計測器

リアルタイム測定法には、細菌細胞、芽胞、毒素、ウイルスなど、ほとんどの生物細胞の蛍光の大部分を担う分子を認識する外膜レセプターや構造的特徴の利用が含まれる。ほとんどの生体細胞の蛍光の大部分を担う分子は、アミノ酸、核酸、およびいくつかの補酵素（例えば、還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NADH) とそのリン酸塩 (NADPH)、フラビン (フラビンモノヌクレオチド (FMN) とフラビンアデニンジヌクレオチド (FAD))、および B6 ビタミン、ならびにビタミン K およびその同族体である。発光極大は励起波長に強く依存するため、還元型トリプトファンと NADH は、波長 300 nm 以下の光で励起された場合、340 nm と 450 nm 付近に発光極大を持つ^{26,27)}。レーザー誘起蛍光 (ultraviolet laser/light-induced fluorescence、LIF) を用いたリアルタイム測定については、多くの研究成果が発表されている。Li らは、多重励起蛍光測定システムを用いた真菌 (パン酵母) の測定結果を報告している²⁷⁾。Dalterio らは、Staphylococcus epidermidis、Enterobacter cloacae、Escherichia coli などの細菌を用いた実験結果を報告している²⁸⁾。Mason らは、プロトタイプの蛍光検出器と組み合わせて使用する微生物捕捉チップは、病原体について環境を統計的にサンプリングすることができる²⁹⁾。これらの報告は、ターゲットとなる細菌や真菌に関する実験的研究に関するものである。

近年、V-LIF 装置に関しては多くの示唆を富む論文が発表されている。広帯域統合型バイオ

エアロゾルセンサー (wideband integrated bioaerosol sensors、WIBSs) に関して、Savage らは装置の平均バックグラウンド (強制トリガー、forced trigger; FT) に測定値の標準偏差 3 倍を加えたものとして定義される一般的に使用される蛍光閾値を含む、いくつかの粒子分析戦略について議論した³⁰⁾。Könemann らは、分光強度バイオエアロゾルセンサー (spectral intensity bioaerosol sensor、SIBS) を用いたリアルタイムでの単一粒子の測定に関する詳細な実験研究を行った。SIBS は、単一粒子の 2 つの励起波長 ($\lambda_{ex} = 285$ と 370 nm) のそれぞれから、分解された蛍光スペクトル ($\lambda_{mean} = 302\text{--}721$ nm) を与える装置である。この論文では、リアルタイムのバイオエアロゾル定量化と分類への関心の高まりに関して、SIBS の長所と限界を批判的に評価している³¹⁾。

Crawford らは、単一粒子の UV-LIF シグネチャを分類するための機械学習の有用性を評価する研究の結果を得ている。このシグネチャは、多機能ビルにおける空気中の一次生物学的エアロゾル粒子 (primary biological aerosol particle; PBAP) 濃度を調査するために使用された。彼らは、高分解能のマルチパラメーター UV-LIF スペクトロメーターと組み合わせて、室内バイオエアロゾル組成に特化した特殊な訓練データを使用することで、分類能力を大幅に向上させ、PBAP 放出メカニズムを調査し、空機質と曝露への影響を評価し、最終的には放出と拡散の緩和戦略を導くために使用できる、優れた高時間分解能データセットを提供することができる³²⁾。

Huffman らは、特に環境科学、アレルギー・モニタリング、農業、公衆衛生、および国家安全保障に関して、PBAP 研究に適用されてきた主要なリアルタイム測定器クラスの批判的レビューを発表した。リアルタイム技術の 8 つの主要クラス (蛍光分光法、弾性散乱法、顕微鏡法、ホログラフィー法、ラマン分光法、質量分析法、分解分光法、リモートセンシング法、マイクロ流体技術、ペア水性技術) それぞれについて、技術的限界、誤解、落とし穴を提示し、操作、分析、報告の最善方法もまとめた³³⁾。

Lieberherr らは、市販されている 3 つのバイ

オエアロゾル検出器 (Droplet Measurement Technologies WIBS-NEO、Plair Rapid-E、Swisens Poleno) の基準校正を発表した。その結果、各機器が検出できる粒子径の予想範囲が示された。例えば、粒径 0.9 μm の粒子を 90% 検出できた。Plair Rapid-E はより大きな粒子に有効で、10 μm の粒子を 58% 検出できた。Swisens Poleno も大きな粒子用に作られたが、2 μm 以上の粒子でうまく機能した³⁴⁾。

実環境では、Patra らが、浮遊蛍光粒子を測定するために、パルスキセノン紫外線 (UV) 光源を備えた広帯域統合型バイオエアロゾルセンサー (WIBS) を使用して、生活実験室で研究を行った。その結果、ヒトがスーパーミクロン蛍光エアロゾル粒子 (FAP) の主要な発生源であることが示された³⁵⁾。しかし、この研究では同時に生菌を測定していないため、FAPs と生菌の関係は不明である。

C3.2. 実環境中の測定例

図 3 に Patra らが WIBS を用いた居住環境と換気条件が変化する実の研究室における蛍光エアロゾル粒子のリアルタイム測定の結果を示す。この研究の結果は、実環境中の蛍光粒子が全粒子に占める割合がかなり高いこと示している³⁵⁾。室内環境中に様々な蛍光粒子の発生源があり、図 3 の結果では WIBS の測定値と生菌の関係は分からない。

図 4 に柳らが病院待合室における IMD (Instantaneous Microbial Detection System) と同時に行った浮遊細菌濃度 (SCD 培地と MG サンプラを使用) の結果を示す³⁶⁾。総じて両計測器から得られた経時変化のパターンは同様であった。即ち、IMD の結果は MG サンプラの

濃度と同じように、経時的に上下することから、IMD が一般環境でモニタとして使用可能であることが分かる。また、IMD のカウント値と生菌数の間に 100 倍の関係にあることが興味深い。

前述した WIBS、SIBS、IMD はリアルタイムの測定に適しているが、高価かつ可搬性が劣るため、現場での測定に向いていない。2023 年に現場測定に向いている安価かつ軽量の BAS (Bioaerosol Sensor) が開発されている。図 5 に浮遊粒子濃度、図 6 にバイオエアロゾル粒子濃度の経時変化を示す³⁷⁾。14:00 にネブライザで市販の OS-1 を 1 分間の発生させた場合、パーティクルカウンタでは浮遊粒子濃度の上昇がみられたが、BAS での濃度上昇が認められなかった。一方、14:20 に OS-1 に蛍光粒子を混ぜて発生した場合、BAS での能動少々が確認された。また、BAS で測定したバイオエアロゾル粒子濃度と MG (Mattson-Garvin) サンプラで測定した細菌 (生菌) 濃度の間に有意な相関関係が認められた (図 7)。

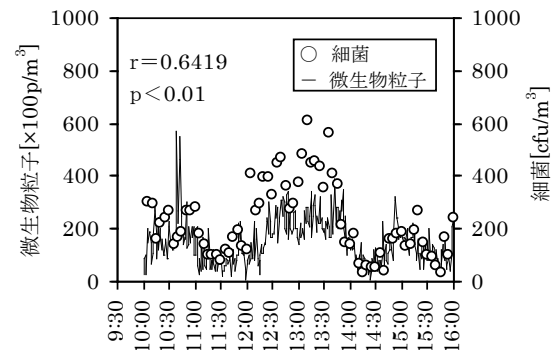


図 4 オフィス内浮遊微生物粒子濃度

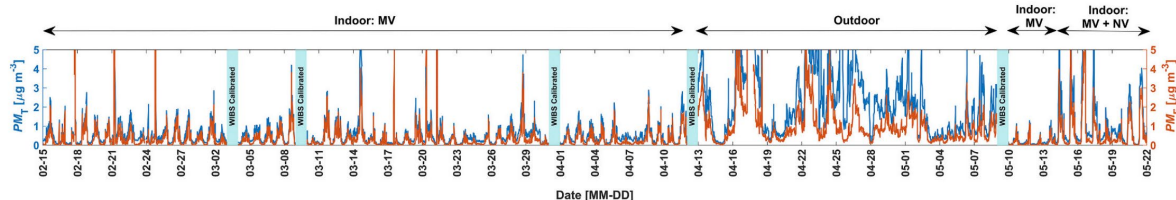


図 3 測定キャンペーン中に WIBS によって測定された、室内空気 (MV および MV+NV モード) および外気中の全粒径粒子 PMT および FAP 質量濃度 PMF の経時変化 (MV: mechanical ventilation ; MV+NV : mechanical ventilation and natural ventilation ; FAP: fluorescent aerosol particles)

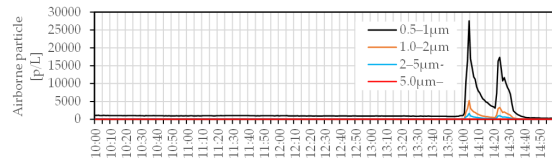


図 5 浮遊粒子濃度の経時変化

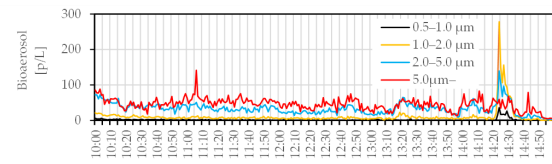


図 6 バイオエアロゾル粒子濃度の経時変換

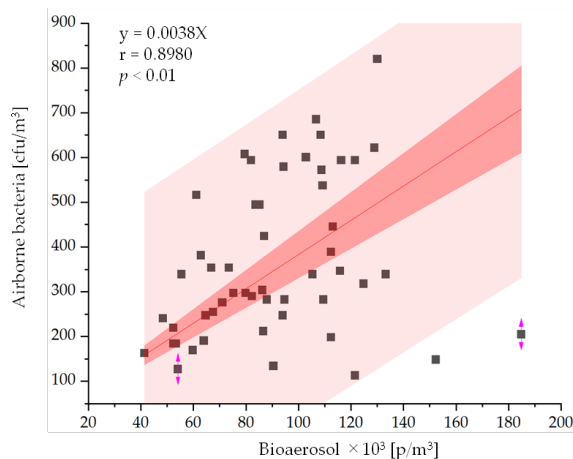


図 7 浮遊細菌濃度とバイオエアロゾル濃度の相関性

D. まとめ

D1. 空気環境に関する課題整理

空気環境に関する測定と空調設備の点検に関する建築物衛生法の施行令、省令、告示、通知の中で、本研究に関する項目について、課題の整理を行った。空気環境項目など、連続測定器により置き換えが可能なものもあるが、例えば省令の機器の精度の表現などについては、見直しが必要になるものと考えられる。また、空調設備の維持管理については、総合的に評価するところもあり、自動化などにおいてはまだ課題があるものと考えられる。

また、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。センサーの精度管理、校正方法などについては、まだ課題があり、わが国においても比較的簡単に手に入る機器を対象に、同様に調査を行う必要性があるものと考えられる。

D2. 二酸化炭素濃度の測定方法調査

24 時間使用される等の理由で一定期間中に CO₂ 濃度が大気濃度相当まで下がらないような居室においては、単光源二波長方式で CO₂ の吸収波長と基準波長の両方を計測することで常時汚れによるドリフトを補正するようなセンサを用いるか、CO₂ センサ設置箇所において一定期間内に CO₂ 濃度が大気濃度相当となるような空調運転を行うことが望ましいと考えられる。

D3. 浮遊微生物の測定法

現在、微生物の測定に培養法を用いる場合が多いが、デジタル化の社会に向けて、今後微生物のリアルタイムの測定が有用なツールになると考えられる。

<参考文献>

- 1) シンプル微生物学 (改訂第 3 版) ,p.1,南江堂,2002
- 2) WOESE CR, et al. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. Proc. Nati. Acad. Sci. USA, Vol.87, 4576-4579, June 1990
- 3) Verreault, D.; Moineau, S.; Duchaine, C. Methods for Sampling of Airborne Viruses. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2008, 72, 413-444. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00002-08>.
- 4) Haig, C.W.; Mackay, W.G.; Walker, J.T.; Williams, C. Bioaerosol sampling: Sampling mechanisms, bioefficiency and field studies. J. Hosp. Infect. 2016, 93, 242-255. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.03.017>.
- 5) ISO 16000-16; Indoor Air-Part 16: Detection and Enumeration of Moulds-Sampling by Filtration. ISO copyright office publisher: Switzerland, 2008.

- 6) ISO 16000-18; Indoor Air-Part 18: Detection and Enumeration of Moulds-Sampling by Impaction. ISO copyright office publisher: Switzerland, 2011.
- 7) Amann, R.L.; Ludwig, W.; Schleifer, K.H. Phylogenetic Identification and In Situ Detection of Individual Microbial Cells without Cultivation. *Microbiol. Rev.* 1995, 59, 143-169.
[https://doi.org/ 10.1128/mr.59.1.143-169.1995](https://doi.org/10.1128/mr.59.1.143-169.1995).
- 8) Ferguson, R.; Buckley, E.N.; Palumbo, A. Response of marine bacterioplankton to differential filtration and confinement. *Appl. Environ. Microbiol.* 1984, 47, 49-55.
<https://doi.org/10.1128/aem.47.1.49-55.1984>.
- 9) Kogure, K.; Simidu, U.; Taga, N. A tentative direct microscopic method for counting living marine bacteria. *Can. J. Microbiol.* 1979, 25, 415-420.
<https://doi.org/10.1139/m79-063>.
- 10) Kogure, K.; Simidu, U.; Taga, N. Distribution of viable marine bacteria in neritic seawater around Japan. *Can. J. Microbiol.* 1980, 26, 318-323.
- 11) Jones, J.G. The effect of environmental factors on estimated viable and total populations of planktonic bacteria in lakes and experimental enclosures. *Freshwater Biol.* 1977, 7, 67-91.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1977.tb01659.x>.
- 12) Staley, J.T.; Konopka, A. Measurement of in situ activities of nonphotosynthetic microorganisms in aquatic and terrestrial habitats. *Annu. Rev. Microbiol.* 1985, 39, 321-346.
<https://doi.org/10.1146/annurev.micro.39.1.321>.
- 13) Wagner, M.; Amann, R.; Lemmer, H.; Schleifer, K.H. Probing activated sludge with proteobacteria-specific oligonucleotides: Inadequacy of culture-dependent methods for describing microbial community structure. *Appl. Environ. Microbiol.* 1993, 59, 1520-1525. [https://doi.org/ 10.1128/aem.59.5.1520-1525.1993](https://doi.org/10.1128/aem.59.5.1520-1525.1993).
- 14) Wagner, M.; Erhart, R.; Manz, W.; Amann, R.; Lemmer, H.; Wedi, D.; Schleifer, K.H. Development of an rRNA-targeted oligonucleotide probe specific for the genus *Acinetobacter* and its application for in situ monitoring in activated sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 1994, 60, 792-800.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC201394/pdf/aem00020-0038.pdf> (accessed on 1 August 2023).
- 15) Torsvik, V.; Goksoyr, J.; Daae, F.L. High diversity of DNA of soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 1990, 56, 782-787.
<https://doi.org/10.1128/aem.56.3.782-787.1990>.
- 16) Kim, H.Y.; Estes, C.R.; Duncan, A.G.; Wade, B.D.; Cleary, F.C.; Lloyd, C.R.; Ellis, W., Jr.; Powers, L.S. Real-Time Detection of Microbial Contamination. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.* 2004, 23, 122-129.
<https://doi.org/10.1109/MEMB.2004.1297183>.
- 17) 経済産業省・産業用ガス検知警報器工業会, 二酸化炭素濃度測定器の選定等に関するガイドライン, 2021年11月1日
<https://www.meti.go.jp/covid-19/guideline.pdf>
- 18) 柳 宇: 迅速微生物測定法の現状, 空気清浄, 第56巻, 第1号, 4-7, 2018
- 19) 第十七改正日本薬局方-参考資料: 平成28年3月7日厚生労働省告示第64号, 2016
- 20) 山崎省二編: 環境微生物の測定と評価, オーム社, 2001
- 21) 狩山英之: 細菌の酵素活性力を指標にする, 新しい迅速薬剤感受性試験測定法 第一報 新規の反応液と呈色系の構築, CHEMOTHERAPY, Vol. 40, No. 6, 1992
- 22) Juliana P. Sá et al.: Application of the low-cost sensing technology for indoor air quality monitoring: A review, *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102551, 2022.
- 23) He Zhang, Ravi Srinivasan: A Systematic Review of Air Quality Sensors, Guidelines, and Measurement Studies for Indoor Air Quality Management, *Sustainability*, 12,

9045, 2020

24) Behnam Mobaraki et al.: Application of Low-Cost Sensors for Building Monitoring: A Systematic Literature Review, *Buildings*, 11, 336, 2021

25) H. Chojer et al.: Development of low-cost indoor air quality monitoring devices: Recent advancements, *Science of the Total Environment*, 727138385, 2020

26) Pan, Y.L. Detection and characterization of biological and other organic-carbon aerosol particles in atmosphere using fluorescence. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 2015, 150, 12–35.

<https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2014.06.007>.

27) Li, J.K.; Asali, E.C.; Humphrey, A.E. Monitoring Cell Concentration and Activity by Multiple Excitation Fluorometry. *Biotechnol. Prog.* 1991, 7, 21–27.

<https://doi.org/10.1021/bp00007a004>.

28) Dalterio, R.A.; Nelson, W.H.; Britt, D.; Sperry, J.F.; Tanguay, J.F.; Suib, S.L. The Steady-State and Decay Characteristics of Primary Fluorescence from Live Bacteria. *Appl. Spectrosc.* 1987, 41, 234–241.

<https://opg.optica.org/as/abstract.cfm?URI=as-41-2-234> (accessed on 1 August 2023).

29) Mason, H.Y.; Lloyd, C.; Dice, M.; Sinclair, R.; Ellis, W., Jr.; Powers, L. Taxonomic identification of microorganisms by capture and intrinsic fluorescence detection. *Biosens. Bioelectron.* 2003, 18, 521–527.

[https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(03\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(03)00010-1).

30) Savage, N.J.; Krentz, C.E.; Könnemann, T.; Han, T.T.; Mainelis, G.; Pöhlker, C.; Huffman, J.A. Systematic characterization and fluorescence threshold strategies for the wideband integrated bioaerosol sensor (WIBS) using size-resolved biological and interfering particles. *Atmos. Meas. Tech.* 2017, 10, 4279–4302.

<https://doi.org/10.5194/amt-10-4279-2017>.

31) Könnemann, T.; Savage, N.; Klimach, T.;

Walter, D.; Fröhlich-Nowoisky, F.; Su, H.; Pöschl, U.; Huffman, J.A.; Pöhlker, C. Spectral Intensity Bioaerosol Sensor (SIBS): An instrument for spectrally resolved fluorescence detection of single particles in real time. *Atmos. Meas. Tech.* 2019, 12, 1337–1363. <https://doi.org/10.5194/amt-12-1337-2019>.

32) Crawford, I.; Topping, D.; Gallagher, M.; Forde, E.; Lloyd, J.R.; Foot, V.; Stopford, C.; Kaye, P. Detection of Airborne Biological Particles in Indoor Air Using a Real-Time Advanced Morphological Parameter UV-LIF Spectrometer and Gradient Boosting Ensemble Decision Tree Classifiers. *Atmosphere*. 2020, 11, 1039.

<https://doi.org/10.3390/atmos11101039>.

33) Huffman, J.A.; Perring, A.E.; Savage, N.J.; Clot, B.; Crouzy, B.; Tummon, F.; Shoshanim, O.; Damit, B.; Schneider, J.; Sivaprakasam, V.; et al. Real-time sensing of bioaerosols: Review and current perspectives. *Aerosol. Sci. Technol.* 2020, 54, 465–495. <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1664724>.

34) Lieberherr, G.; Auderset, K.; Calpini, B.; Clot, B.; Crouzy, B.; Gysel-Beer, M.; Konzelmann, T.; Manzano, J.; Mihajlovi, A.; Moallemi, A.; et al. Assessment of real-time bioaerosol particle counters using reference chamber experiments. *Atmos. Meas. Tech.* 2021, 14, 7693–7706.

<https://doi.org/10.5194/amt-14-7693-2021>.

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

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

36) 柳 宇, 鍵直樹, 池田耕一: 室内環境における浮遊細菌濃度リアルタイム測定の可能性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.666,

673-677,2011.

<https://doi.org/10.3130/aije.76.673>

37) 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.

<https://doi.org/10.3390/atmos14111656>.

E. 研究発表

1. 論文発表

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.

<https://doi.org/10.3390/atmos14111656>.

2. 学会発表

なし

3. 著書

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

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
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

ねずみ・衛生害虫の防除に関する現在の調査方法と報告書の例を収集し、課題を整理した。さらに、デジタル技術を活用した調査方法の事例を収集し、一覧表に整理して、デジタル技術の適用の可能性を検討した。さらに、日本 PCO 協会会員を対象にアンケート調査を実施し、デジタル機器の普及状況を把握した。ごく一部の商品が半数程度の事業所で使用されていたほかは、ほとんど普及しておらず、その要因として通信費を含む導入コストや費用対効果の評価の難しさがあることが示唆された。

また、アイトラッキングシステムを用い、試行的に熟練作業者と未経験者による点検作業の状況を記録し、その違いについて検討した。熟練作業者と未経験者では作業時間や点検箇所が大きく異なることが把握できた。

A. 研究目的

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

B. 研究方法

B1. ねずみ・衛生害虫の防除に関する調査内容の整理とデジタル技術導入の可能性の検討

ねずみ・衛生害虫の防除に関する報告書例を収集し現在の調査方法や点検結果の報告内容について整理を行う。また、市販されているデジタル機器を中心に、ねずみ・衛生害虫の防除に活用可能

な機器を収集して一覧表を作成する。これらの資料から、ネズミ・衛生害虫防除におけるデジタル技術の適用可能性を検討する。

B2. デジタル技術の活用状況に関する調査

（公社）日本ペストコントロール協会の協力の下、ペストコントロール分野の IT 活用状況に関するアンケート調査を実施する。アンケートの対象は特定建築物数や地域性を考慮し、2022 年度の特定建築物の物件数が概ね 2000 件以上ある北海道・東京都・神奈川県・愛知県・大阪府・福岡県の 6 地区のペストコントロール協会所属会員企業とし、ウェブによるアンケート調査を行う。調査期間は令和 6 年 2-3 月。

B3. デジタル技術を活用した調査方法の精度の検証

デジタル技術を活用した調査方法の精度を検証するため、機器の選定や試験方法、予算案の検討を行う。

B4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

ねずみ・衛生害虫の防除に関し、現在の目視による点検作業の詳細を確認するため、アイトラッキングシステムを使用し「見える化」を行う。イカリ技術研究所の実験室（工場等の再現室）において、熟練作業者と未経験者のそれぞれに点検作業を行ってもらい、アイトラッキングシステムでデータを収集する。収集したデータを用いて注視した順番を表現した Scan Path と注視した時間の程度を表現した Heat Map を作成し、作業内容を比較する。

C. 研究結果

C1. ねずみ・衛生害虫の防除に関する調査内容の整理とデジタル技術導入の可能性の検討

図表 1 に、ねずみ・衛生害虫の防除に関する報告書例を示す。1 枚目は、ねずみ・衛生害虫ごとに、調査方法、指数、目標水準の判定を、調査箇所毎に記載する形になっている。2 枚目は、ねずみ・衛生害虫の防除を行った場合に、その防除方法（機器、殺虫殺鼠剤）と施工箇所数、使用薬剤・濃度とその使用量・使用箇所数、さらに施設改善や発生防止の実施箇所数を記載する。5 枚目は、発生を防止する観点から、管理者等が日常的に実施することを提案する内容となっている。

図表 2 に、特定建築物における対象害虫の被害発生度合いと、衛生害虫の施工の流れ及び作業内容を示す。特定建築物で発生頻度が高いのは、主にねずみとゴキブリである。施工の標準的な流れは、調査→計画→対策→効果判定である。調査の具体的方法は、目視調査、トラップ調査、聞き取り調査がある。対策については、物理的防除（捕獲、侵入防止）、環境的防除（清掃、整理整頓）、化学的防除（殺虫剤・殺鼠剤）がある。

図表 3 と図表 4 に、現在市場に出回っている製品を中心に、ねずみ・衛生害虫の防除に関して活用可能なものの情報を収集し、商品ごとに、ジャンル、対象害虫、どのような調査に活用できるか、商品の概要、費用、主な使用場所、使用頻度、将来的な発展性を整理した。

情報収集した 18 品目は、赤外線センサー式暗視カメラや熱感知式カメラ、振動センサー、捕虫器、殺虫器などで、うち 7 品目が特定 PCO 専用商品（特定 PCO が自社の顧客だけに施工もしくは販売している商品）であった。対象害虫は、ねずみが 10、ゴキブリが 4、ハエが 7、蚊が 1 であった（それぞれ、複数を対象とするものを含む）。生息調査に使用可能なものが多く、現場から離れた場所でも監視できるものもある。報告書作成や物理的または化学的防除等に使用できるものもあった。

図表 5 に、対象害虫別のデジタル化の現状を示す。対象害虫では、主にねずみ、ゴキブリ、ハエが中心であり、作業内容としては、調査と報告書作成、防除対策の一部に利用できる可能性がある。一方、ねずみ、ゴキブリ、ハエ以外の衛生害虫を対象とした商品や、聞き取り調査や計画立案、防除方法組み合わせ、環境的防除などの作業に利用できる商品はほとんどなかった。

C2. デジタル技術の活用状況に関する調査

ペストコントロール分野の IT 活用状況に関するアンケート調査は、対象会員（事業所単位）410 社のうち 112 件（企業単位の回答を含む）の回答を得た。結果を図表 6 に示す。

回答は、対象とした 6 地区から満遍なく得ることができた。回答者のうち、事業所として建築物ねずみ昆虫等防除業の知事登録をしているのは 92 件（82%）、事業として過去 1 年間に特定建築物におけるねずみ昆虫等防除の実績があるのは 81 件（72%）であった。

前節の図表 4 に整理したデジタル機器 18 品目について使用の有無を尋ねたところ、「トロフィーカム／赤外線センサー式暗視カメラ」（60 件、

54%) は半数程度の事業所で使用されていたが、特定建築物での使用は 15 件 (13%) であった。他のデジタル機器はほとんど使われておらず、いずれの機器も使用していないのは 41 件 (37%) であった。

ねずみ・衛生害虫防除におけるデジタル機器について問題点を感じているという回答は 17 件 (15%) あり、通信に係る契約や費用などの導入コストや、費用対効果の評価の難しさなどが挙げられた。ねずみ・衛生害虫防除におけるデジタル技術について求めるものがあるという回答は 13 件 (12%) であり、報告書の作成をサポートする技術などが挙げられた。「デジタル技術導入のためにはまずは業界における規格の統一化が必要」との意見もあった。問題点や求めるものについての回答は、デジタル機器を使用している企業からのものが多かった。

C3. デジタル技術を活用した調査方法の精度の検証

試験に利用するデジタル機器として、「Pescle (カメラタイプ) / 赤外線センサー式暗視カメラ」と「トロフィーカム / 赤外線センサー式暗視カメラ」を選定した。前節のアンケート結果によるとそれぞれの使用状況は、前者が 34% (18 品目中使用率 1 位)、後者が 12% (18 品目中使用率 4 位) であり、現時点では普及率が上位のデジタル機器である。

本格的な実証実験を次年度に実施するにあたり、以下のような試案を作成した。

- ・ 目的：ねずみ用センサーをネズミが認識して避けるか否かの確認をする
- ・ 試験方法：屋内の実験室（奥行 5.37m×幅 4.75m×高さ 2.20m）に常設カメラを設置し、ドブネズミ、都市のクマネズミを各 1 匹×6 回（雌雄 3 匹）行う。1 匹のネズミは常設カメラ下に放す。
- ・ 試験前：3 日間ネズミの行動を記録し、活動の多い場所を把握する。

- ・ 試験中：3 日間ネズミの行動を記録し、活動の多い場所にねずみ用センサーを設置し、上記の活動との比較をして、センサーをネズミが意識しているかしていないのかを確認する。

C4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

図表 7 に、熟練作業者と未経験者の点検作業の時間、場所、確認箇所の一覧を示す。また、図表 8 に作成した Scan Path と Heat Map の例を示す。Scan Path は注視した順番を、Heat Map は注視した時間の程度を表している。

熟練作業者の方が各場所において多くの箇所をくまなく点検しており、トータル点検時間も長かった（図表 7）。

また、熟練作業者はポイントとなる箇所を中心に無駄なく視線を運んでいたが、未経験者は場所によって点検時間や確認箇所にムラがあった（図表 8）。

D. 考察

建築物衛生法施行規則の第 4 条の 5 第 2 項第 1 号では、「ネズミ等の発生場所、生息場所及び侵入経路並びにねずみ等による被害の状況について、定期的に統一的に調査を実施すること。」と規定されている。この内容について、デジタル化が可能かどうかを検討することが本研究の目的である。

しかし、そもそもどのような調査をどのような方法で実施するのかが施行規則には明示されていないことから、本研究ではまずその整理を行った。主な調査方法として、聞き取り調査、目視調査、トラップ調査があることや、調査により発生・生息が認められる場合は、防除の計画を立て、防除を実施し、その効果を判定するという一連の工程が取られている。

現在市販されているデジタル機器は、赤外線センサー式暗視カメラや熱感知式カメラが主流であり、生息調査に利用できるものが多い。現場に滞在しなくても遠隔で確認できるものもあり、現場への移動時間や滞在時間などの短縮を

図ることができる。常時監視が可能である点もメリットと考えられる。しかし、ねずみ・衛生害虫等の発生・生息が確認された場合、次の工程段階となる防除・駆除の計画立案や具体的な防除においては、活用できるデジタル機器がないため、結局は「人の手」が必要となる。

また、対象とするねずみ・衛生害虫は種ごとに大きさや発生・生息場所が異なるが、デジタル機器も対象種が限定されているものが多く、複数の種を対象とする機器は少ない。さらに、今のデジタル機器は調査に特化したものが多く、調査・計画・防除・効果判定の一連の工程を一つのデジタル機器で行うものはない。このことは、デジタル機器を導入する上で大きな課題である。対象種ごと、あるいは施工の工程ごとに、異なるデジタル機器を導入しなければならず、導入や機器の維持管理のコストが大きくなることが予想されるからである。

実際、デジタル機器の導入は、一部の赤外線センサー式暗視カメラを除いてほとんど進んでいない。企業が挙げた課題には、通信に係る契約や費用などの導入コストや、費用対効果の評価の難しさなどであり、これらは前述の内容と一致している。

アイトラッキングシステムを使った点検作業の分析については、今年度は試行調査の段階であったが、点検時間・点検箇所が具体的に可視化されることにより、目視調査の詳細が把握できることがわかった。目視点検のための作業シートの開発や、経験の浅い作業員への教育ツールの開発などに応用することが可能になると思われる。さらには、置き換えが難しいとされる目視点検・調査のデジタル化を検討する上で、貴重な資料になると考えられる。

E. 結論

ねずみ・衛生害虫防除分野において市販されているデジタル機器の情報収集とその普及状況を調べた結果、ごく一部の機器を除いてほとん

ど普及しておらず、とくに特定建築物での使用は低いことが明らかになった。その理由として、導入コストや費用対効果の評価の難しさの他、現在のデジタル機器で置き換えられる作業内容の限界などがある。今後、企業側の問題意識や要望などを踏まえてさらに検討を進める必要がある。

また、アイトラッキングシステムを使用して、点検作業内容の可視化を試みた。今後は、点検中の発話記録なども用いて、熟練作業員の目視点検の詳細を分析することにより、現在は難しいとされる目視調査のデジタル化の可能性を検討する予定である。

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

図表1 ねずみ・昆虫等の調査報告書例(1/6)

ねずみ・昆虫等の調査報告書

会社名

調査の時期：事前調査・措置後調査

建築物名称：						立会者：											
調査開始日：平成 年 月 日 () 時 分						防除作業監督者：											
調査終了日： 時 分						調査実施者：											
措置予定日： 措置実施日：平成 年 月 日																	
階	調査箇所	調査方法・指数・目標水準の判定												環境状況調査			備考 (番号)
		ネズミ		ゴキブリ		蚊		該当に○		ダニ				食品類管理	整理・清掃	構造・設備	
								チョウバエ	コバエ								
調査方法	判定	調査方法	指数判定	調査方法	指数判定	調査方法	指数判定	調査方法	指数判定	調査方法	指数判定	調査方法	指数判定	評価	評価	評価	
	事務所																
	会議室、応接室																
	ロッカー室																
	休憩室・控室																
	給湯室																
	倉庫・書庫																
	共用部分																
	便所																
	機械室																
	汚水・雑排水・湧水槽																
	ゴミ置き場																
	建物外周																
	宴会厨房																
	喫茶店																
	メイン厨房																
	駐車場																
表示記号		調査方法 ①聞き取り調査 ②目視調査 ③トラップ調査 ④喫食調査 ⑤足跡調査															
		ダニ調査法：イ. 粘着式クリーナー ロ. 飽和食塩水浮遊法 ハ. 簡易アレルゲンキット															
		判定：生息指数および維持管理水準：○(許容)、△(警戒)、×(措置)															
		環境状況調査：◎(大変よい)、○(よい)、△(悪い)、×非常に悪い															
備考																	

判定水準について

「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」の「建築物環境衛生維持管理要領」及び「建築物における維持管理マニュアル」において、標準的な目標水準を設定することが妥当であるとしています。

- ①許容水準:環境衛生上、良好な状態をいう。施行規則及び告示に基づき、6か月以内に一度、発生が多い場所では2か月以内に一度(東京都は月1回)、定期的な調査を継続する。
- ②警戒水準:放置すると今後、問題になる可能性がある状況をいう。
警戒水準値に該当する区域では整理、整頓、清掃など環境整備の状況を見直すことが必要である。また、整備を行うにもかかわらず、毎回、発生する場所では、管理者や利用者の了解を得て、人などへの影響がないことを確認した上で、掲示をして、毒餌などを中心に薬剤処理を行う。
- ③措置水準:ねずみや害虫の発生や目撃をすることが多く、すぐに防除作業が必要な状況をいう。水準値を超えた区域では、発生源や当該区域に対して環境的対策を実施すると同時に、薬剤や器具を使った防除作業を実施する。

図表1 ねずみ・昆虫等の調査報告書例(4/6)

対象害虫ごとの水準は次の通りです。

対象害虫	許容水準	警戒水準	措置水準
□ ネズミ	以下の全てに該当すること。 ① 室内で生きた個体が確認されないこと。 ② 天井裏に配置した無毒餌が喫食されないこと。 ③ 天井の出入り口に配置した黒紙に足跡や囓り跡が付かないこと。	以下の全てに該当すること。 ① 室内で生きた個体が確認されないこと。 ② 天井裏に配置した無毒餌の喫食、又は黒紙に足跡や囓り跡が確認される。	以下のいずれか1つ以上に該当すること。 ① 室内で生きた個体が確認される。 ② 食品や家具・什器等に咬害が見られる。
□ ゴキブリ	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が0.5未満。 ② 1個のトラップに捕獲される数は1日当り2匹未満。 ③ 生きたゴキブリが目撃されない。	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が0.5以上1未満。 ② 1個のトラップに捕獲される数は1日当り2匹未満。 ③ 生きたゴキブリが時に目撃される。	以下の状況のいずれか1つ以上に該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が1以上。 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り2匹以上。 ③ 生きたゴキブリがかなり目撃される。
□ カ	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が1未満 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り1匹以下 ③ 屋内に生きたチカエカが目撃されない。	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が1以上3未満。 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り2匹以下。 ③ トラップには捕獲されないが、屋内に生きたチカエカが僅かに目撃される。	以下のいずれか一つ以上に該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が3以上。 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り3匹以上。 ③ トラップには捕獲されないが、屋内で吸血される。
□ ハエ・コバエ	以下の全てに該当すること。 ① ハエはトラップによる捕獲指数が1未満。コバエ類ではトラップによる捕獲指数が3未満。 ② ハエは1個のトラップに捕獲される数が1日当り3匹未満。コバエ類は1個のトラップに捕獲される数が1日当り4匹未満。 ③ 生きたハエ・コバエが目撃されない。	以下の全てに該当すること。 ① ハエはトラップによる捕獲指数が1以上5未満。コバエ類ではトラップによる捕獲指数が3以上5未満 ② ハエは1個のトラップに捕獲される数が1日当り3匹以上5匹未満。コバエ類は1個のトラップに捕獲される数が1日当り4匹以上10匹未満(配置期間に関係なく)。 ② 生きたハエ・コバエが僅かに目撃される。	以下のいずれか一つ以上に該当すること。 ① ハエ・コバエ類はトラップによる捕獲指数が5以上。 ② ハエは1個のトラップに捕獲される数が1日当り5匹以上。コバエは10匹以上。 ③ 生きたハエ・コバエが多数目撃される。
□ 刺咬性のダニ	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲が0。 ② 刺咬被害がない。	以下の全てに該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が1未満。 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り1匹以下	以下のいずれか一つ以上に該当すること。 ① トラップによる捕獲指数が1以上。 ② 1個のトラップに捕獲される数が1日当り2匹以上。 ③ 刺咬被害が見られる。 注:措置水準に該当した場合、屋内塵を採集して飽和食塩水浮遊法など精密検査を行い、発生種などを確認する。

御中

ねずみ昆虫等 調査・防除作業 報告書

会社名 _____
 担当者名 _____
 電 話 _____

実 実 備	施 施 内	日 日 考	平成 年 月 日
		
		
		

建築物衛生法の維持管理要領では、ねずみ昆虫等の防除は、「まずは発生源対策、侵入防止対策を行うこと。環境整備については、発生を防止する観点から、管理者の責任のもとで日常的に実施すること」となっています。また、「侵入場所の閉鎖などの防虫・防鼠工事も組み合わせて実施すること」も求めています。

調査の結果、以下について改善が必要ですので、ご協力のほどお願い申し上げます。

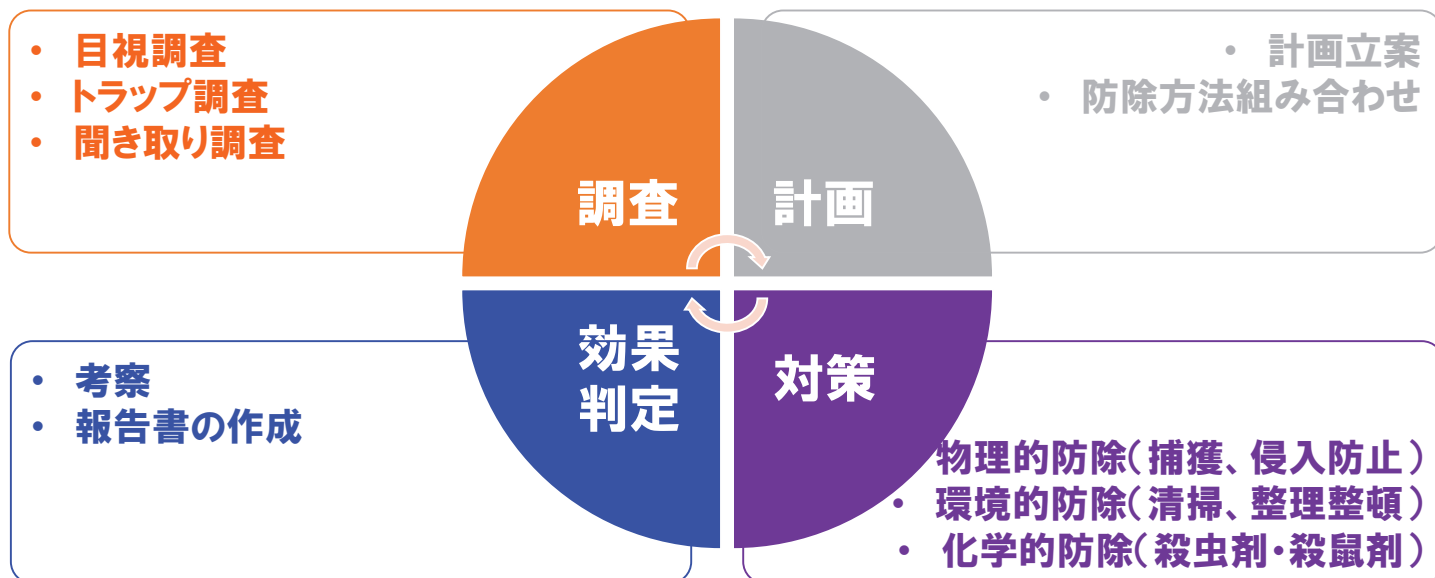
場 所	必要事項 (✓項目)	改 善 内 容
飲食店		グリーストラップのゴミを除去しトラップの縁の腐敗物も清掃してください。
		冷蔵庫に入れない食材や紙、布、ビニールは、業務終了後には保管庫や蓋付き容器等に保管してください。
		業務終了後、厨芥等のゴミは廃棄物保管場所に保管してください。
		厨房機器の下部にゴミや腐敗物が溜まっていますので、清掃してください。
		排水溝及び側面、蓋に腐敗物が付着していますので清掃してください。
		ネズミの侵入口があります。閉鎖が必要です。
事務室		ゴミ(茶殻、弁当等)は密閉性の良い容器に入れてください。
		流しのユニットの給排水管の貫通部周囲に隙間がありますので埋めてください。
共用部分		通用口のドアを開放したままにしないでください。
廃棄物保管場所		ドアを開放したままにしないでください。
		防虫網をつけてください。
		ネズミの侵入口があります。閉鎖が必要です。
		捕虫器の設置が必要です。
汚水槽・雑排水槽		表面に腐敗物が溜まっています。水槽内、壁面、天井面の清掃を行ってください。
		通気口に防虫網をつけてください。
		ポンプアップの設定水位をできるだけ下げて、頻繁にポンプアップしてください。

図表2 対象害虫と施工方法

対象害虫と施工方法の確認

項目	内容								
対象施設	特定建築物								
対象害虫	衛生害虫(ねずみ、ゴキブリ、ハエ、蚊、ノミ、シラミ、ダニ、トコジラミ)								
対象種	ネズミ	ゴキブリ	ハエ	蚊	ノミ	シラミ	ダニ	トコジラミ	
被害発生度合い	◎	◎	△	△	×	×	△	△	

● 施工の流れと作業内容



デジタル化商品の紹介 1

調査

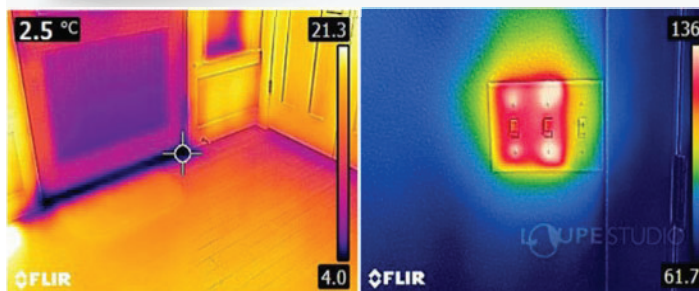
商品名	工業用内視鏡 VFIBER
メーカー	スリーアールソリューション株式会社
商品ジャンル	工業用デジタル内視鏡
対象害虫	ネズミ、ゴキブリ、ハエ
何が出来るのか？	生息調査(壁内、天井裏などの)
商品概要	モニタスタンド付きで作業しやすい 充電式内視鏡。静止画・動画撮影可能、 LEDライト付き、IP67防塵防水、 ケーブルはフレキシブル(柔軟に曲がり)、先端 径はΦ3.7mm。ケーブル長は1m,3m
費用感	約9万円(初期費用のみ)
主な使用場所	壁内、天井裏、配管
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な 発展性	特に無し
URL	https://3rrr-btob.jp/archives/items/3r-vfiber



デジタル化商品の紹介 2

調査

商品名	フリアーC5
メーカー	FLIR (日本代理店:株式会社阪神交易)
商品ジャンル	熱感知(サーマル)カメラ
対象害虫	ネズミ、ゴキブリ、ハエ
何が出来るのか？	生息調査
商品概要	熱感知センサーで温度を見える化する事により、 ネズミやゴキブリなどが発生しやすい温かい場 所を見える化する
費用感	約16万円(初期費用のみ)
主な使用場所	壁面、配管
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な 発展性	特に無し
URL	https://www.flir.jp/products/c5/?vertical=condition%20monitoring&segment=solutions



冷気漏れ

過熱した過負荷状態のディマースイッチ

デジタル化商品の紹介 3

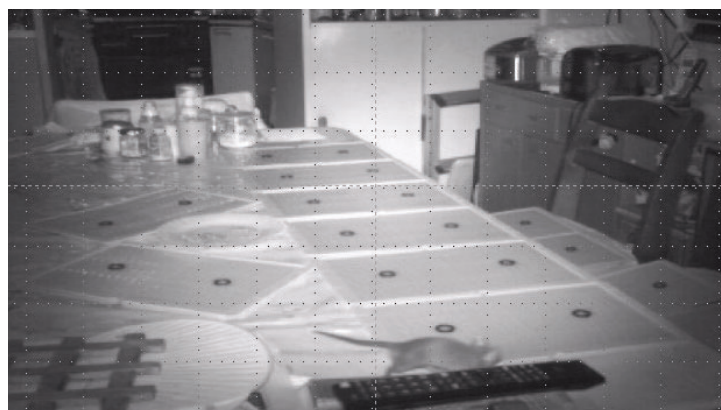
調査

商品名	トロフィーカム
メーカー	Bushnell (日本総代理店:株式会社阪神交易)
商品ジャンル	赤外線センサー式暗視カメラ
対象害虫	ネズミ
何ができるのか?	生息調査
商品概要	赤外線センサーでネズミが通過した時に自動で写真or動画撮影する。暗闇でも鮮明に撮影でき、電池で約6か月作動する
費用感	約6万円(初期費用のみ)
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	通信SIM搭載で遠隔監視
URL	https://www.bushnell.jp/trophycam-xlt_4k.html

4K



TROPHYCAM XLT 32MP NO-GLOW DC 4K



デジタル化商品の紹介 4

特定PCO専用商品

調査

商品名	ラットカウンター
メーカー	株式会社シーアイシー
商品ジャンル	赤外線センサー式カウンタ
対象害虫	ネズミ
何ができるのか?	生息調査
商品概要	赤外線センサーがネズミ通過時にカウントする
費用感	不明
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	通信SIM搭載で遠隔監視
URL	https://www.cic-net.co.jp/product/



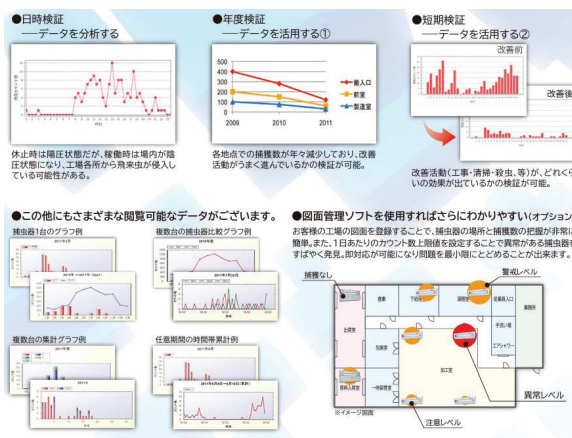
デジタル化商品の紹介 5

特定PCO専用商品

報告書

調査

商品名	ラットカウンタCX
メーカー	イカリ消毒
商品ジャンル	赤外線センサー式カウンタ器
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	生息調査
商品概要	赤外線センサーでネズミの通過をカウントする。CXビューワカメラと連携する事で動画撮影も可能。専用クラウドシステムで管理できます。
費用感	不明
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	常時監視する事で予防管理出来る
URL	https://www.ikari.co.jp/products/cxsystemr.at/



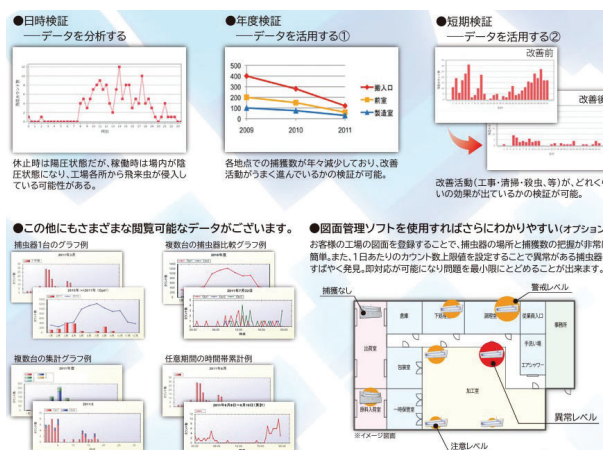
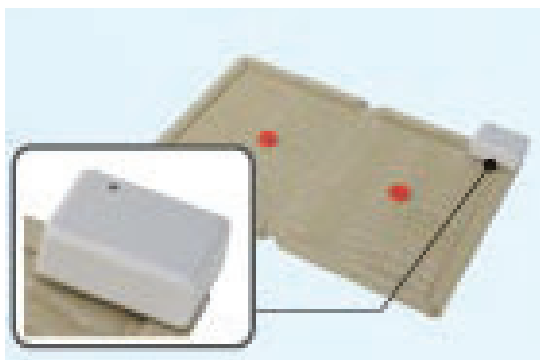
デジタル化商品の紹介 6

特定PCO専用商品

報告書

調査

商品名	チュークリンチェッカー
メーカー	イカリ消毒
商品ジャンル	振動センサー
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	生息調査(粘着版)
商品概要	粘着板に捕獲されたネズミの振動を感知し、カウント数を専用クラウドシステムで管理できます。
費用感	不明
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	https://www.ikari.co.jp/products/cxsystemr.at/



図表3 デジタル化商品の概要(4/10)

デジタル化商品の紹介 7

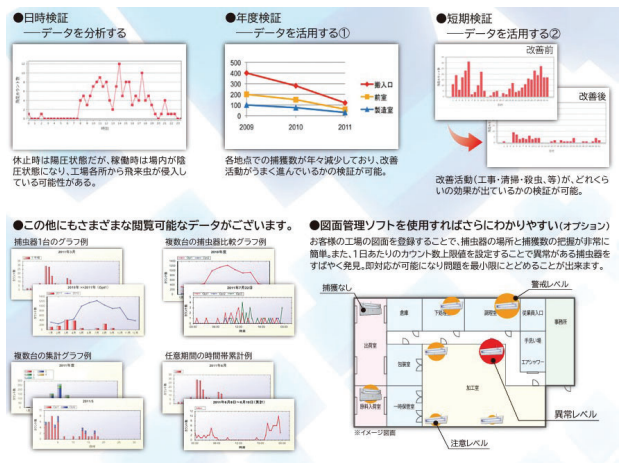
特定PCO専用商品

対策

報告書

調査

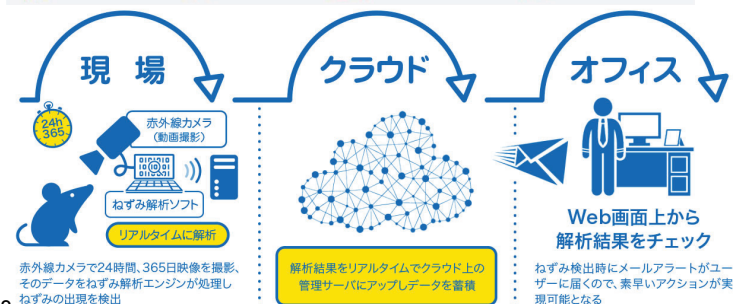
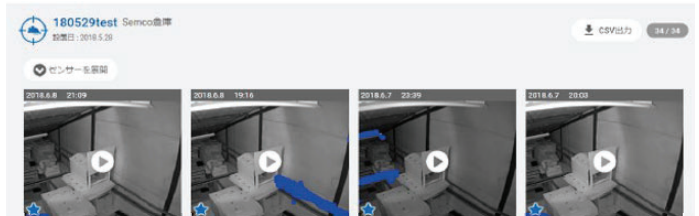
商品名	J-ラインLight CX
メーカー	イカリ消毒
商品ジャンル	センサー付き捕獲器
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	生息調査、物理的防除、報告書
商品概要	ネズミが侵入すると、入口を自動で塞ぎ捕獲します。捕獲情報を専用クラウドシステムで管理できます。
費用感	不明
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	壁面、配管
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	<u>https://www.ikari.co.jp/products/cxsystemr/</u>



デジタル化商品の紹介 8

調査

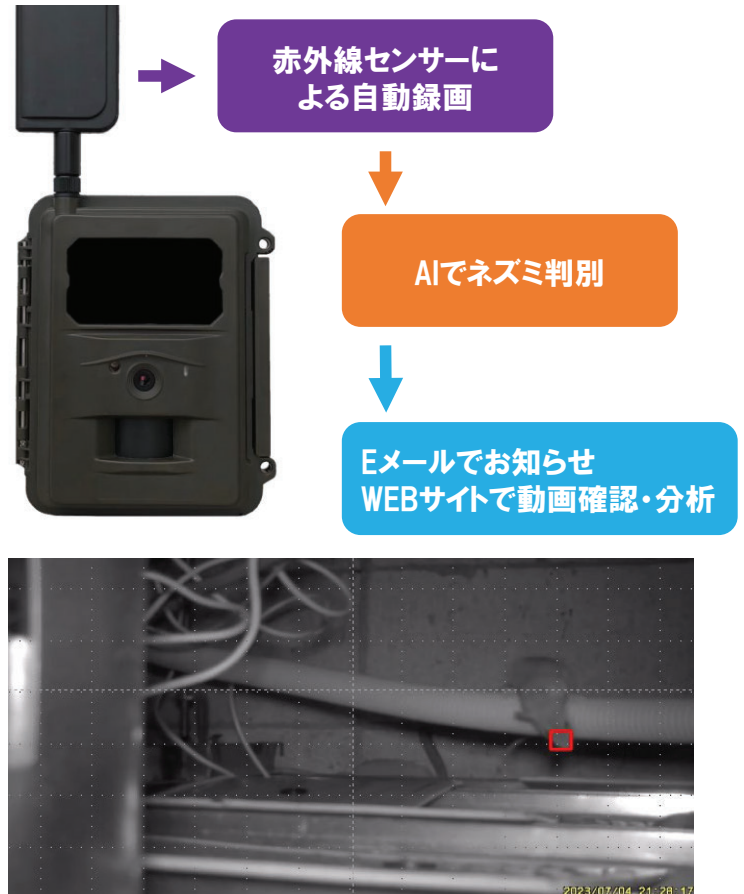
商品名	PestVision R型
メーカー	環境機器株式会社
商品ジャンル	赤外線センサー式暗視カメラ
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	生息調査(遠隔監視)
商品概要	赤外線センサーでネズミが通過した時に自動で写真or動画撮影する。暗間でも鮮明に撮影でき、電池で約6か月作動する。携帯SIMが内蔵されており、専用クラウドソフトでネズミの生息があった時だけ(AI判定)通知される。
費用感	不明
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	<u>https://introduction.pest-vision.com/pvr.html</u>



デジタル化商品の紹介 9

調査

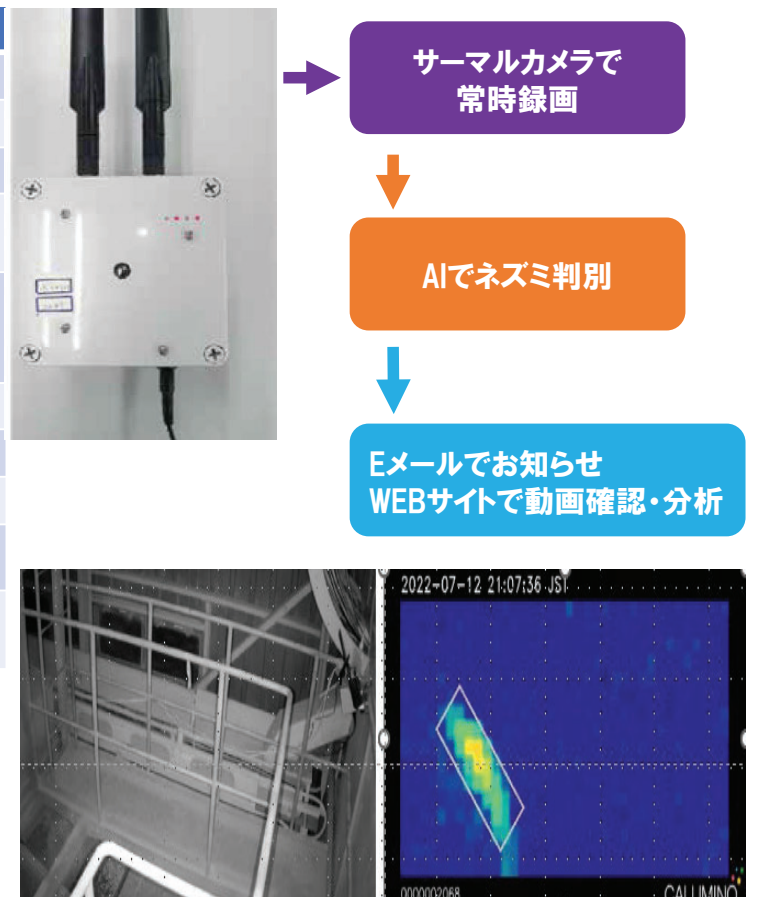
商品名	Pescle(カメラタイプ)
メーカー	株式会社RYODEN
商品ジャンル	赤外線センサー式暗視カメラ
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	ネズミの生息調査(遠隔監視)
商品概要	赤外線センサーでネズミが通過した時に自動で写真or動画撮影する。暗間でも鮮明に撮影でき、電池で約6か月作動する。携帯SIMが内蔵されており、専用クラウドソフトでネズミの生息があった時だけ(AI判定)通知される。
費用感	1台1万円/月(サブスクリプション)
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	https://www.ryoden.co.jp/business/product/special/17



デジタル化商品の紹介 10

調査

商品名	Pescle(サーマルタイプ)
メーカー	株式会社RYODEN
商品ジャンル	熱感知センサー式カメラ
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	ネズミの生息調査(遠隔監視)
商品概要	現場を熱感知センサーカメラで常時撮影し、AIがネズミと判定した時のみ専用クラウドソフトから通知される。携帯SIM内蔵。
費用感	1台1万円/月(サブスクリプション)
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	https://www.ryoden.co.jp/business/product/special/17



図表3 デジタル化商品の概要(6/10)

デジタル化商品の紹介 11

調査

商品名	ハイカム
メーカー	株式会社ハイク
商品ジャンル	熱感知センサー式カメラ
対象害虫	ネズミ
何が出来るのか?	ネズミの生息調査(遠隔監視)
商品概要	赤外線センサーでネズミが通過した時に自動で写真or動画撮影する。暗間でも鮮明に撮影でき、電池で約6か月作動する。携帯SIMが内蔵されており、専用クラウドソフトでネズミの生息があった時だけ(AI判定)通知される。
費用感	約9万円+年間ライセンス1.2万円+通信費
主な使用場所	天井裏、生息の疑いがある場所
使用頻度	初回調査、難防除時
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	https://hyke-store.com/



デジタル化商品の紹介 12

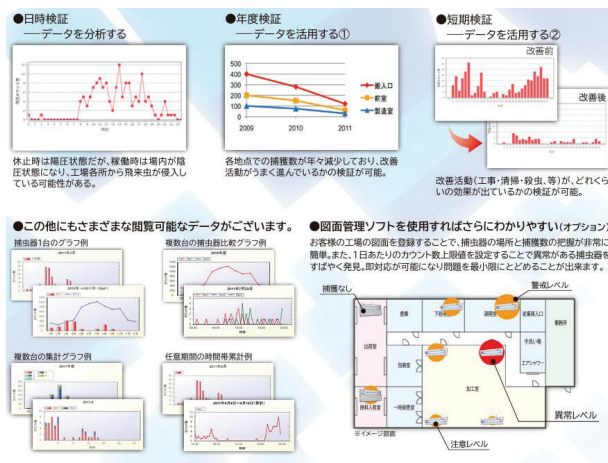
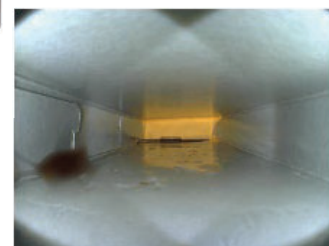
特定PCO専用商品

報告書

対策

調査

商品名	CXローチカメラ
メーカー	イカリ消毒
商品ジャンル	調査トラップ自動撮影装置
対象害虫	ゴキブリ
何が出来るのか?	生息調査、物理的防除、報告書
商品概要	調査トラップの内部を自動で提示撮影するカメラ。電池で作動しLED照明内蔵
費用感	不明
主な使用場所	什器下など床面
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	常時監視する事で侵入初期対応可能になる
URL	https://www.ikari.co.jp/products/cxsystemr at/



図表3 デジタル化商品の概要(7/10)

デジタル化商品の紹介 13

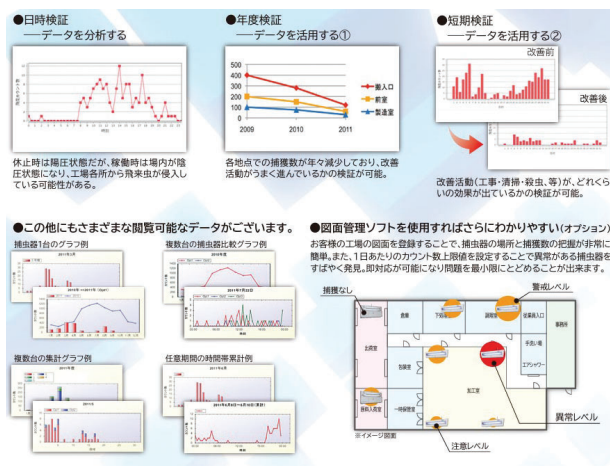
特定PCO専用商品

報告書

対策

調査

商品名	オプトカウンタCX
メーカー	イカリ消毒
商品ジャンル	捕虫器
対象害虫	ハエ
何が出来るのか?	生息調査、物理的防除、報告書
商品概要	捕獲される虫をセンサーで感知してカウント。専用クラウドシステムで管理できます。
費用感	不明
主な使用場所	扉付近の壁面、天井
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	常時監視する事で予防管理出来る
URL	https://www.ikari.co.jp/products/cxsystemr.at/



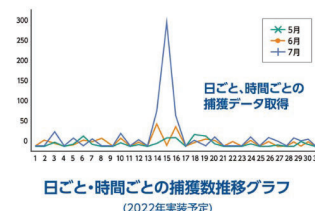
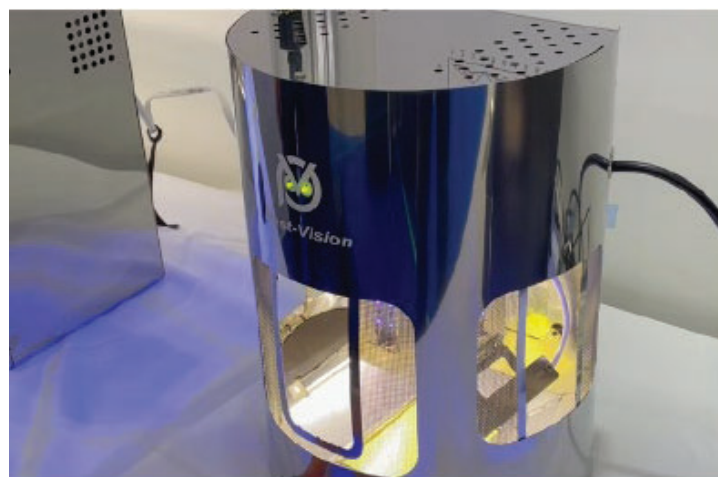
デジタル化商品の紹介 14

報告書

対策

調査

商品名	PestVision FC型
メーカー	環境機器株式会社
商品ジャンル	捕虫器(遠隔監視)
対象害虫	ハエ
何が出来るのか?	生息調査、物理的防除、報告書
商品概要	ハエを捕獲する捕虫器に高解像度カメラが1時間間隔で自動撮影し、専用クラウドにアップロード。AIが種の同定とカウントを行ってくれる
費用感	不明
主な使用場所	扉付近の壁面
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	常時監視する事で予防管理出来る
URL	https://introduction.pest-vision.com/pvfc.html

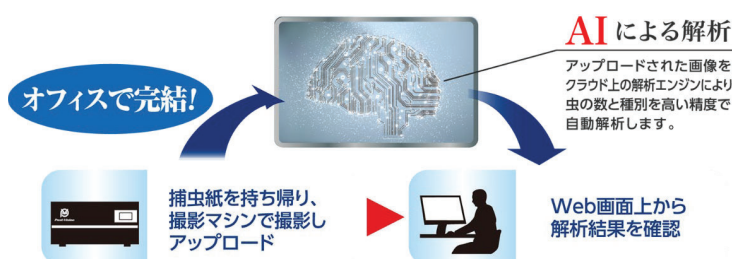


図表3 デジタル化商品の概要(8/10)

デジタル化商品の紹介 15

報告書

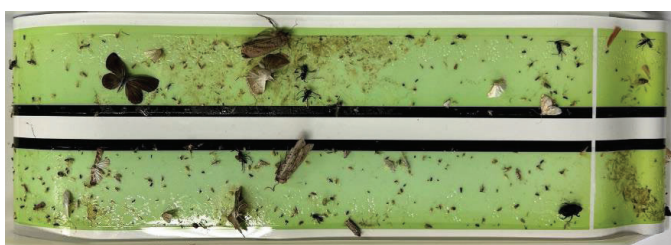
商品名	PestVision S型
メーカー	環境機器株式会社
商品ジャンル	AI同定&カウント
対象害虫	ハエ
何ができるのか？	生息調査、報告書
商品概要	専用スキャナーで捕虫紙をスキャンする事で、捕獲した飛翔昆虫の種の同定とカウントを行ってくれる。同定は25種類に対応
費用感	【買い取り型】 初期費用:約40万円、報告書は1通作成毎に約300円(月200枚の場合) 【レンタル型】 月6万円+α(作成数に応じて変動)
主な使用場所	害虫駆除会社の社内
使用頻度	捕虫紙交換時(月1回)
将来的な発展性	種の同定を行う為の専門知識が不要になる
URL	https://introduction.pest-vision.com/pvs.html



デジタル化商品の紹介 16

報告書

商品名	AI同定システムレイミー
メーカー	株式会社アグリマート
商品ジャンル	AI同定&カウント
対象害虫	ハエ
何ができるのか？	飛翔昆虫のカウントと種の同定
商品概要	スマホで捕虫紙を撮影し、専用クラウドにアップロードすればハエの種の同定とカウントを行ってくれる。同定は25種類に対応
費用感	4万円/月
主な使用場所	捕虫器設置場所付近
使用頻度	捕虫紙交換時(月1回)
将来的な発展性	種の同定を行う為の専門知識が不要になる
URL	https://www.agrimart.co.jp/product_news/



歩行	ゴキブリ類	
	クモ類	
	トビムシ類	
	その他(内部歩行)	
	チョウバエ類	120
	フミバエ類	140
	ショウジョウバエ類	30
	ハネカクシ類	
	その他(排水)	70
	チャタテムシ(無翅)	
食菌	チャタテムシ(有翅)	
	ヒメマキムシ類	
	その他(食菌)	
乾燥	シバンムシ類	
	甲虫類	
	カ類(内部)	
	その他(貯穀)	
内部小計		360

デジタル化商品の紹介 17

対策

商品名	蚊に効くカトリス プロ用
メーカー	大日本除虫菊株式会社
商品ジャンル	殺虫器
対象害虫	ハエ、蚊
何が出来るのか?	化学的防除
商品概要	遠心力+風力で殺虫成分メトフルトリンを蒸散させ、ハエ、蚊を駆除・忌避させる。 カートリッジは1日12時間使用で約4か月間使用できる。 ※防除用医薬部外品
費用感	本体:約4万円 カートリッジ:約1.5万円
主な使用場所	出入り口付近、前室
使用頻度	常時設置or発生多い時期(4~10月)
将来的な発展性	発生状況に合わせた薬剤散布
URL	https://www.kincho.co.jp/seihin/business_use/other/kanikiku_katoris_pro.html



デジタル化商品の紹介 18

特定PCO専用商品

対策

商品名	With6 with18
メーカー	国際衛生株式会社(代理店:株式会社ナック)
商品ジャンル	殺虫器
対象害虫	ゴキブリ
何が出来るのか?	化学的防除
商品概要	遠心力+風力で殺虫成分ジクロロボスを蒸散させ、ゴキブリを駆除する。 ※防除用第2類医薬品
費用感	With6:4,400円/月(レンタル) With18:7,700円/月(レンタル)
主な使用場所	出入り口付近、生息の多い場所
使用頻度	常時設置
将来的な発展性	発生状況に合わせた薬剤散布
URL	https://www.nac-with.com/gaichukujyo/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC1TKlI982kKoyxlt4lnPI0aUXjPSEjFKbv_pmM8Cwt1hWUERHiFsQhoC5wQQAvD_BwE



図表4 デジタル化商品の一覧

ペストコントロール分野のデジタル商品一覧

枠内水色は特定PCO専用商品

No	商品名	商品ジャンル	対象害虫	何が出来るのか	主な使用場所	使用頻度
1	工業用内視鏡 VFIBER	工業用デジタル内視鏡	ネズミ、ゴキブリ、ハエ	生息調査	壁内、天井裏、配管	初回調査、難防除時
2	フリアーC5	熱感知(サーマル)カメラ	ネズミ、ゴキブリ、ハエ	生息調査	壁面、配管	初回調査、難防除時
3	トロフィーカム	赤外線センサー式暗視カメラ	ネズミ	生息調査	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
4	ラットカウンター	赤外線センサー式カウンター	ネズミ	生息調査	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
5	ラットカウンタCX	赤外線センサー式カウンター	ネズミ	生息調査、報告書	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
6	チュークリンチェッカー	振動センサー	ネズミ	生息調査、報告書	天井裏、生息の疑いがある場所	常時設置
7	J-ラインLight CX	センサー付き捕獲器	ネズミ	生息調査、物理的防除、報告書	天井裏、生息の疑いがある場所	壁面、配管
8	PestVision R型	赤外線センサー式暗視カメラ	ネズミ	生息調査(遠隔監視)	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
9	Pescle(カメラタイプ)	赤外線センサー式暗視カメラ	ネズミ	生息調査(遠隔監視)	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
10	Pescle(サーマルタイプ)	熱感知センサー式カメラ	ネズミ	生息調査(遠隔監視)	天井裏、生息の疑いがある場所	常時設置
11	ハイクカム	赤外線センサー式暗視カメラ	ネズミ	生息調査(遠隔監視)	天井裏、生息の疑いがある場所	初回調査、難防除時
12	CXローチカメラ	調査トラップ自動撮影装置	ゴキブリ	生息調査、物理的防除、報告書	什器下など床面	常時設置
13	オプトカウンタCX	捕虫器	ハエ	生息調査、物理的防除、報告書	扉付近の壁面、天井	常時設置
14	PestVision FC型	捕虫器	ハエ	生息調査、物理的防除、報告書	扉付近の壁面	常時設置
15	PestVision S型	AI同定&カウント	ハエ	生息調査、報告書	害虫駆除会社の社内	捕虫紙交換時(月1回)
16	AI同定システムレイミー	AI同定&カウント	ハエ	生息調査、報告書	捕虫器設置場所付近	捕虫紙交換時(月1回)
17	蚊に効くカトリス プロ用	殺虫器	ハエ、蚊	化学的防除	出入り口付近、前室	常時設置or発生多い時期(4~10月)
18	With6、with18	殺虫器	ゴキブリ	化学的防除	出入り口付近、生息の多い場所	常時設置

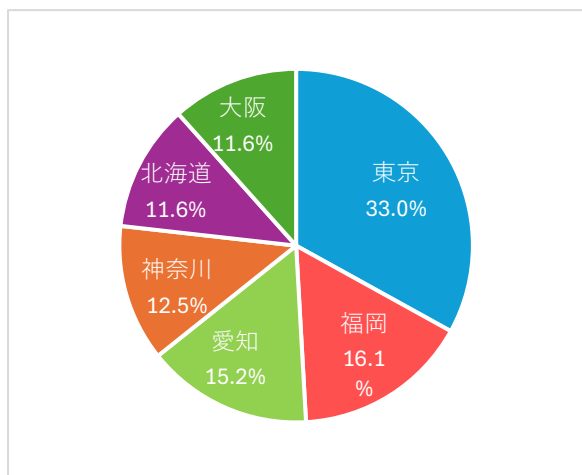
図表5 対象害虫別デジタル化の現状

対象害虫別 デジタル化の現状

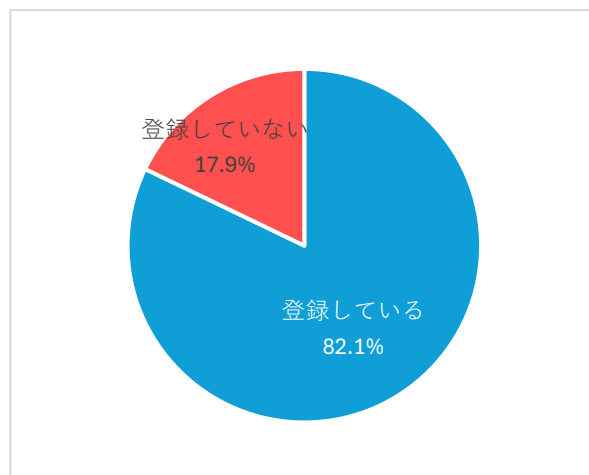
対象種	被害発生度合い	調査			計画		対策			効果判定	
		目視	トラップ	聞き取り	計画立案	防除方法組合せ	物理的防除	環境的防除	化学的防除	考察	報告書作成
ネズミ	◎	◎	△	×	×	×	△	×	×	×	△
ゴキブリ	◎	×	△	×	×	×	×	×	△	×	△
ハエ	△	×	○	×	×	×	○	×	△	×	○
蚊	△	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×
ノミ	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
シラミ	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ダニ	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
トコジラミ	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

図表6 PCO分野におけるデジタル機器の活用状況に関する調査結果

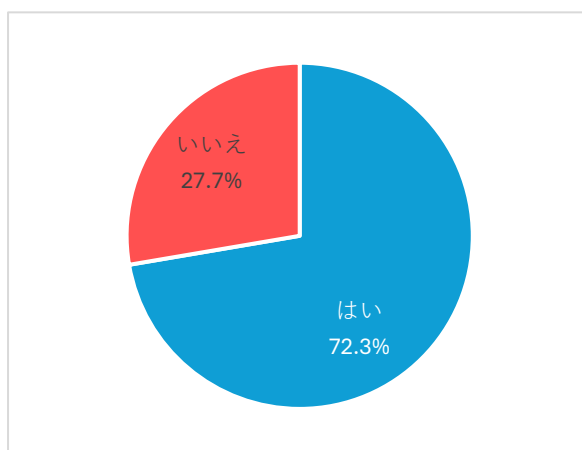
①所属ペストコントロール協会(n=112)



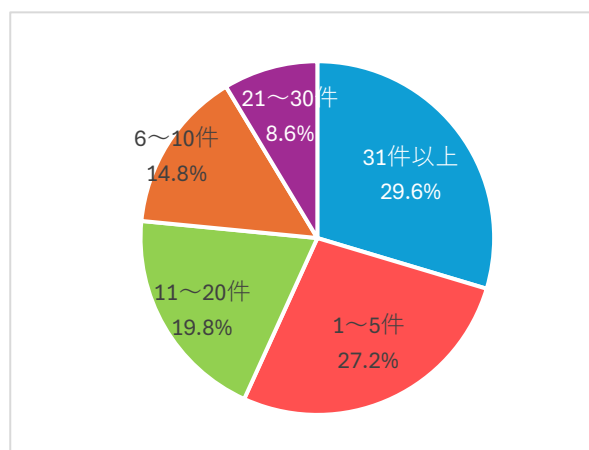
②建築物ねずみ昆虫等防除業の知事登録(n=112)



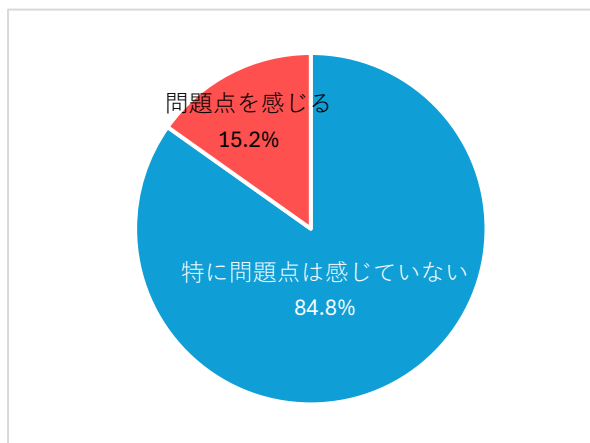
③過去1年間に特定建築物における、ねずみ昆虫等防除の有無(n=112)



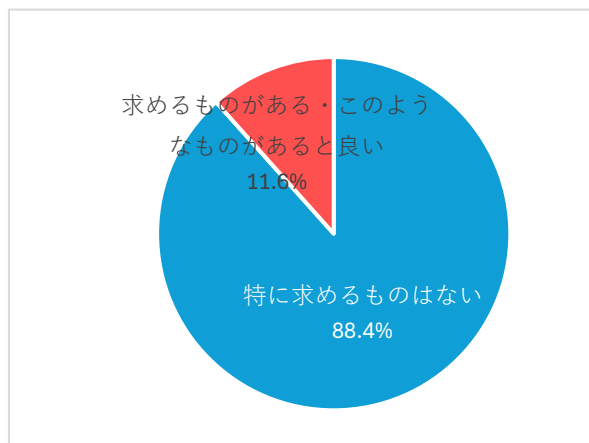
④過去1年間に防除を行った特定建築物の物件数(n=81)



⑤デジタル機器等の仕様や導入等全般について感じている問題点の有無(n=112)



⑥デジタル技術について求めるものの有無(n=112)



⑦ デジタル機器の使用状況

選択肢	No(機種)	レコード番号	回答数	回答数/全回答数 (n=112)
[使用していない]	7	⑤-7-1 J-ラインLight CX / センサー付き捕獲器	112	100.0%
[使用していない]	10	⑤-10-1 Pescle (サーマルタイプ) / 熱感知センサー式カメラ	112	100.0%
[使用していない]	6	⑤-6-1 チュークリンチェッカー / 振動センサー	110	98.2%
[使用していない]	5	⑤-5-1 ラットカウンタCX / 赤外線センサー式カウンタ	109	97.3%
[使用していない]	8	⑤-8-1 CXローチカメラ / 調査トラップ自動撮影装置	109	97.3%
[使用していない]	14	⑤-14-1 PestVision FC型 / 捕虫器 (遠隔監視)	108	96.4%
[使用していない]	15	⑤-15-1 PestVision S型 / AI同定&カウント	107	95.5%
[使用していない]	18	⑤-18-1 With6、with18 / 殺虫器	106	94.6%
[使用していない]	16	⑤-16-1 AI同定システムレイミー / AI同定&カウント	105	93.8%
[使用していない]	12	⑤-12-1 オプトカウンタCX 捕虫器	104	92.9%
[使用していない]	13	⑤-13-1 PestVision R型 / 赤外線センサー式暗視カメラ	104	92.9%
[使用していない]	4	⑤-4-1 ラットカウンター / 赤外線センサー式カウンタ	103	92.0%
[使用していない]	2	⑤-2-1 フリアーC5 / 熱感知 (サーマル) カメラ	102	91.1%
[使用していない]	11	⑤-11-1 ハイカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	100	89.3%
[使用していない]	9	⑤-9-1 Pescle (カメラタイプ) / 赤外線センサー式暗視カメラ	99	88.4%
[使用していない]	17	⑤-17-1 蚊に効くカトリス プロ用 / 殺虫器	96	85.7%
[使用していない]	1	⑤-1-1 工業用内視鏡VFIBER / 工業用デジタル内視鏡	86	76.8%
[使用していない]	3	⑤-3-1 トロフィーカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	52	46.4%
特定建築物で使用	3	⑤-3-1 トロフィーカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	15	13.4%
特定建築物で使用	1	⑤-1-1 工業用内視鏡VFIBER / 工業用デジタル内視鏡	10	8.9%
特定建築物で使用	17	⑤-17-1 蚊に効くカトリス プロ用 / 殺虫器	6	5.4%
特定建築物で使用	4	⑤-4-1 ラットカウンター / 赤外線センサー式カウンタ	3	2.7%
特定建築物で使用	11	⑤-11-1 ハイカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	3	2.7%
特定建築物で使用	12	⑤-12-1 オプトカウンタCX 捕虫器	3	2.7%
特定建築物で使用	13	⑤-13-1 PestVision R型 / 赤外線センサー式暗視カメラ	3	2.7%
特定建築物で使用	6	⑤-6-1 チュークリンチェッカー / 振動センサー	1	0.9%
特定建築物で使用	9	⑤-9-1 Pescle (カメラタイプ) / 赤外線センサー式暗視カメラ	1	0.9%
特定建築物で使用	14	⑤-14-1 PestVision FC型 / 捕虫器 (遠隔監視)	1	0.9%
特定建築物で使用	15	⑤-15-1 PestVision S型 / AI同定&カウント	1	0.9%
特定建築物で使用	18	⑤-18-1 With6、with18 / 殺虫器	1	0.9%
特定建築物で使用	2	⑤-2-1 フリアーC5 / 熱感知 (サーマル) カメラ	0	0.0%
特定建築物で使用	5	⑤-5-1 ラットカウンタCX / 赤外線センサー式カウンタ	0	0.0%
特定建築物で使用	7	⑤-7-1 J-ラインLight CX / センサー付き捕獲器	0	0.0%
特定建築物で使用	8	⑤-8-1 CXローチカメラ / 調査トラップ自動撮影装置	0	0.0%
特定建築物で使用	10	⑤-10-1 Pescle (サーマルタイプ) / 熱感知センサー式カメラ	0	0.0%
特定建築物で使用	16	⑤-16-1 AI同定システムレイミー / AI同定&カウント	0	0.0%
特定建築物以外で使用	3	⑤-3-1 トロフィーカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	56	50.0%
特定建築物以外で使用	1	⑤-1-1 工業用内視鏡VFIBER / 工業用デジタル内視鏡	21	18.8%
特定建築物以外で使用	9	⑤-9-1 Pescle (カメラタイプ) / 赤外線センサー式暗視カメラ	13	11.6%
特定建築物以外で使用	17	⑤-17-1 蚊に効くカトリス プロ用 / 殺虫器	13	11.6%
特定建築物以外で使用	11	⑤-11-1 ハイカム / 赤外線センサー式暗視カメラ	12	10.7%
特定建築物以外で使用	2	⑤-2-1 フリアーC5 / 熱感知 (サーマル) カメラ	11	9.8%
特定建築物以外で使用	4	⑤-4-1 ラットカウンター / 赤外線センサー式カウンタ	8	7.1%
特定建築物以外で使用	16	⑤-16-1 AI同定システムレイミー / AI同定&カウント	7	6.3%
特定建築物以外で使用	18	⑤-18-1 With6、with18 / 殺虫器	6	5.4%
特定建築物以外で使用	12	⑤-12-1 オプトカウンタCX 捕虫器	5	4.5%
特定建築物以外で使用	13	⑤-13-1 PestVision R型 / 赤外線センサー式暗視カメラ	5	4.5%
特定建築物以外で使用	15	⑤-15-1 PestVision S型 / AI同定&カウント	4	3.6%
特定建築物以外で使用	5	⑤-5-1 ラットカウンタCX / 赤外線センサー式カウンタ	3	2.7%
特定建築物以外で使用	8	⑤-8-1 CXローチカメラ / 調査トラップ自動撮影装置	3	2.7%
特定建築物以外で使用	14	⑤-14-1 PestVision FC型 / 捕虫器 (遠隔監視)	3	2.7%
特定建築物以外で使用	6	⑤-6-1 チュークリンチェッカー / 振動センサー	2	1.8%
特定建築物以外で使用	7	⑤-7-1 J-ラインLight CX / センサー付き捕獲器	0	0.0%
特定建築物以外で使用	10	⑤-10-1 Pescle (サーマルタイプ) / 熱感知センサー式カメラ	0	0.0%

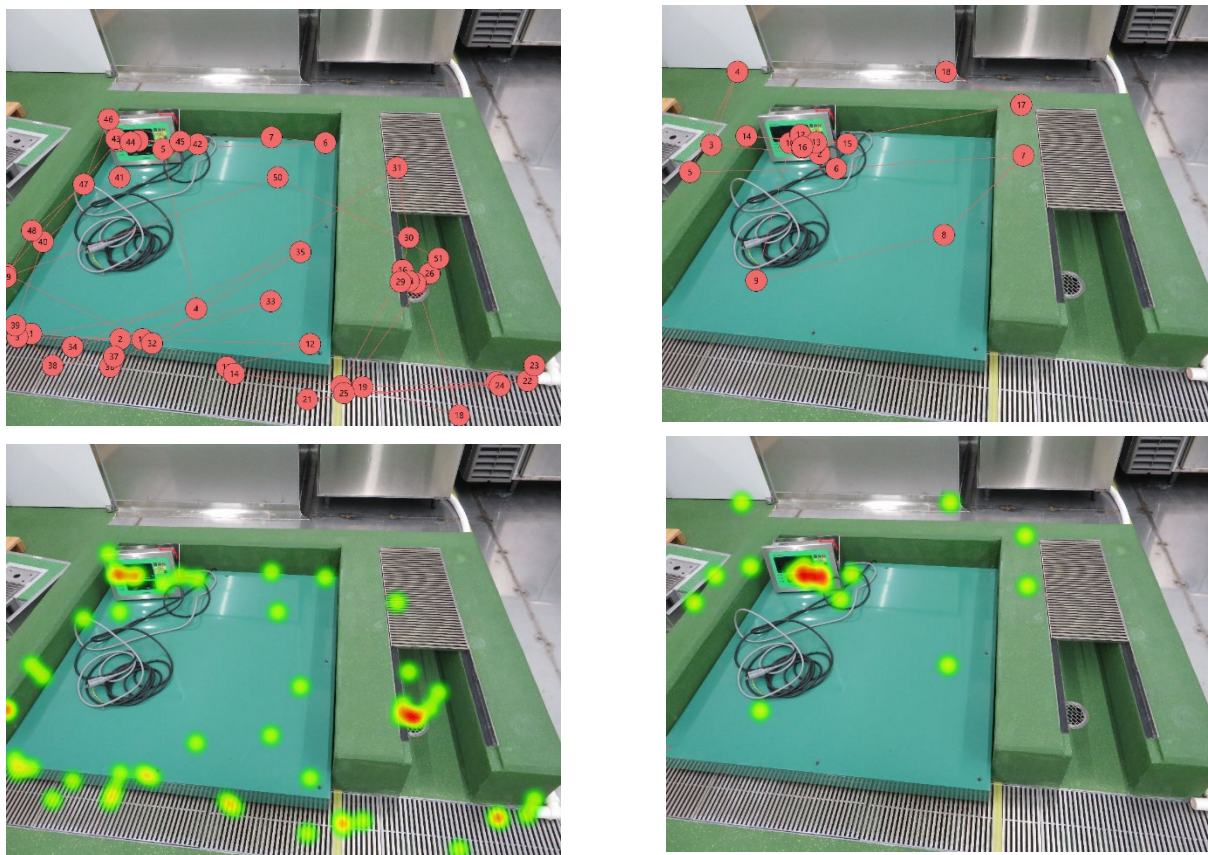
図表 7 点検作業時間と確認場所(左:熟練作業、右:未経験者)

所用時間	場所	確認箇所
00:26.2	厨房	グレーチング・排水溝・計量器下
00:10.0	厨房	壁・天井境目・幅木
00:05.8	厨房	トラップ
00:06.3	厨房	計量器周辺・床
00:10.2	厨房	冷蔵庫(中)
00:25.9	厨房	コールドテーブル(中・周辺)
00:01.9	厨房	ステンレスタンク(丸い入れ物)
00:54.2	厨房	シンク(裏・下・配管周り)
00:07.2	厨房	幅木周辺
00:24.0	厨房	グレーチング・床
00:10.1	2階	消火栓側(壁・梁周辺・配管周辺)
00:14.0	2階	消火栓(中)
00:45.3	2階	段ボール側(デッキプレートの貫通周辺・配管周り)
00:02.2	2階	段ボール側(全体)
00:28.1	2階	段ボール側(近影)
00:11.0	2階	資材側(資材周辺・壁・梁周辺・配管周辺・床の四隅など)
00:33.3	2階	天井(配管・吊りボルト上)
00:15.9	2階	天井(ダクト上)
00:47.5	2階	出入口側(壁・梁周辺・配管周辺)
00:17.3	天井上	壁・壁下
01:12.3	天井上	天井・壁の境目・配管周辺・梁
00:26.8	天井上	床
00:14.4	天井上	配管周辺
00:23.6	天井上	ケーブル、ケーブルラック周辺
00:07.0	天井上	配管周辺
00:06.1	天井上	奥の方の床と配管
00:05.9	天井上	ダクト上
00:09.6	天井上	冷媒管周辺
00:06.3	天井上	冷媒管周辺のダクト上
00:23.1	天井上	通路から見た床
00:27.8	天井上	壁のケーブル

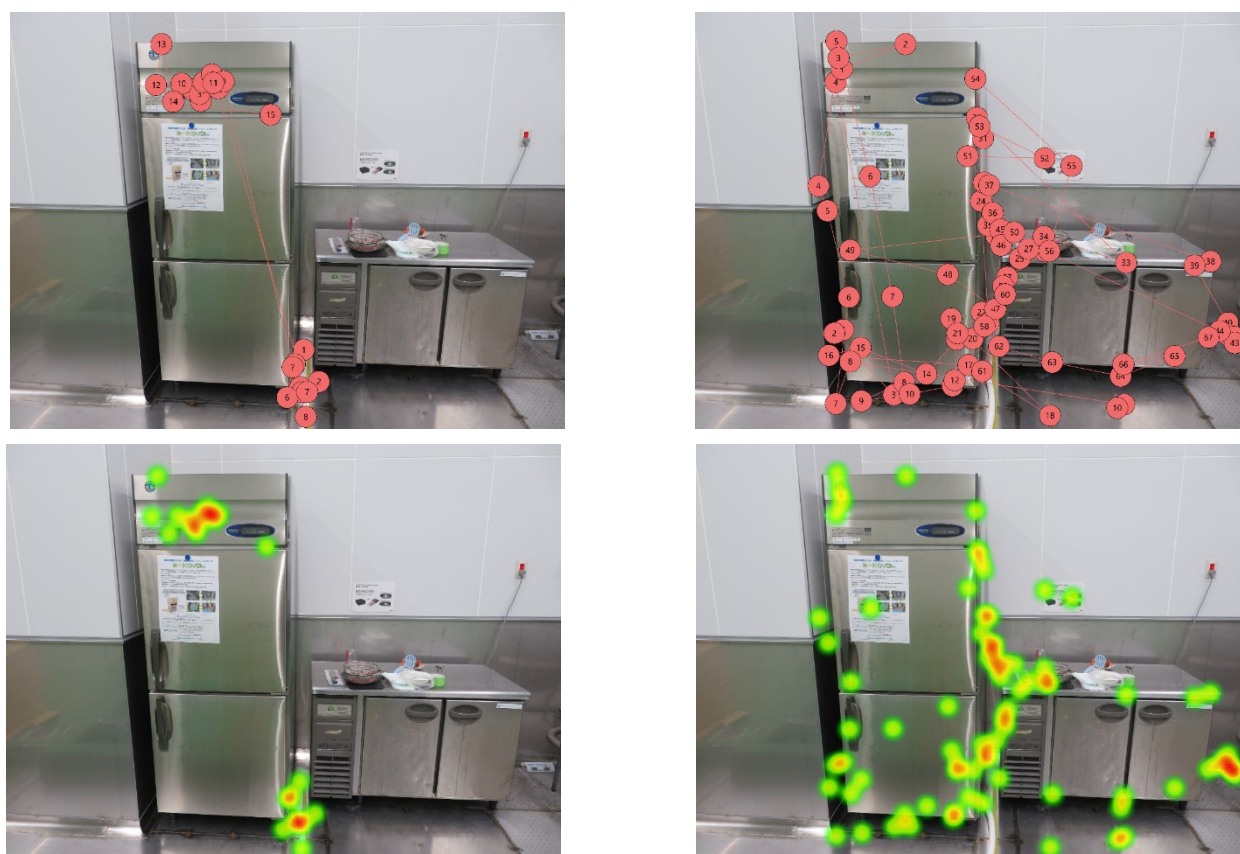
所用時間	場所	確認箇所
00:06.2	厨房	グレーチング・計量器周辺
00:26.2	厨房	冷蔵庫(下・隅)
00:07.2	厨房	ステンレスタンク周辺
00:35.5	厨房	シンク(裏・下・排水溝)
00:06.6	厨房	冷蔵庫(上・裏)
00:12.1	2階	消火栓側(配管周辺)
00:22.5	2階	段ボール側(配管周辺)
00:11.0	2階	段ボール側(配管断熱材)
00:03.7	2階	天井・配管周辺
00:11.1	2階	資材側(消火器周辺)
00:07.3	2階	天井・配管周辺(別角度)
00:21.2	天井上	壁・配管周辺(出入口のすぐ近く)
00:10.2	天井上	配管周辺(出入口付近)
00:04.6	天井上	配管周辺(大きい配管の左側周辺)
00:07.1	天井上	配管周辺(大きい配管の右側周辺)
00:03.2	天井上	配管周辺(頭上注意の看板付近)
00:13.0	天井上	壁・配管周辺(出入口から一番奥の壁付近)
00:08.5	天井上	配管周辺(頭上注意の看板付近)
00:03.0	天井上	配管周辺(大きい配管の左側周辺)
00:05.3	天井上	配管周辺(出入口付近)
00:06.5	天井上	壁・配管周辺(出入口のすぐ近く)

図表 8 アイトラッキングシステムによる点検作業内容の分析結果の例（左：熟練作業者、右：未経験者）

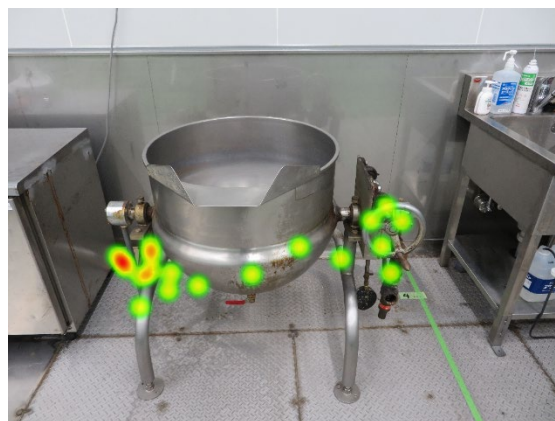
① 確認場所：厨房（グレーチング・計量器周辺）



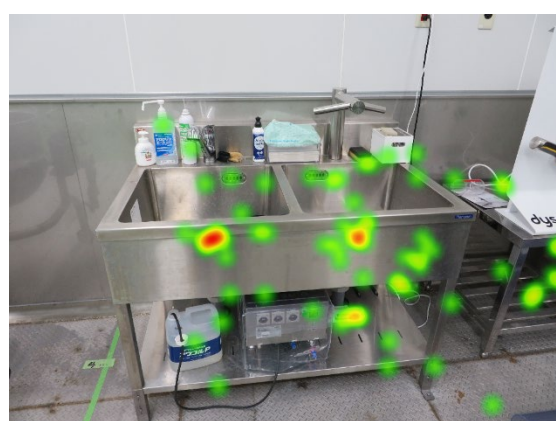
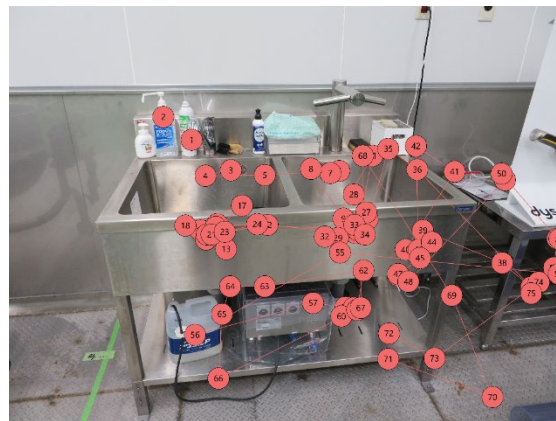
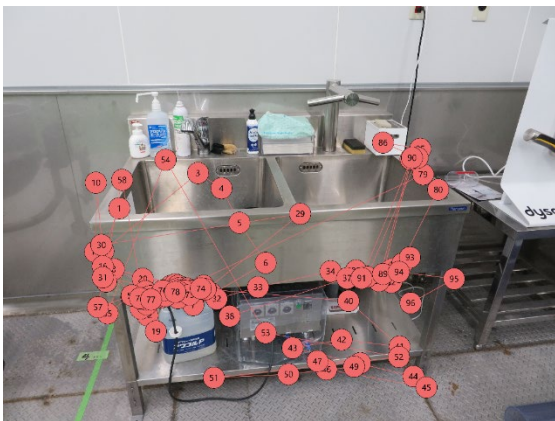
② 確認場所：厨房（冷蔵庫周辺）



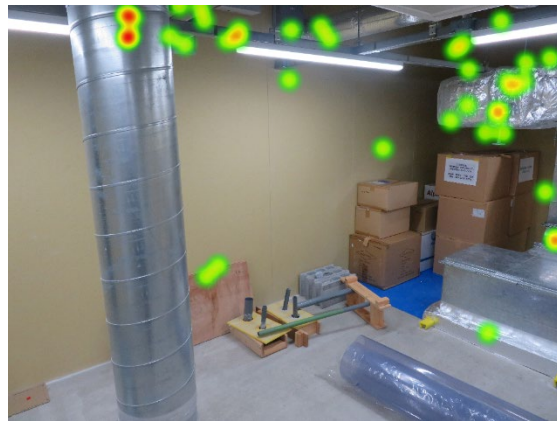
③ 確認場所: 厨房(ステンレスタンク周辺)



④ 確認場所: 厨房(シンク周辺(シンク裏・下・配管周り))



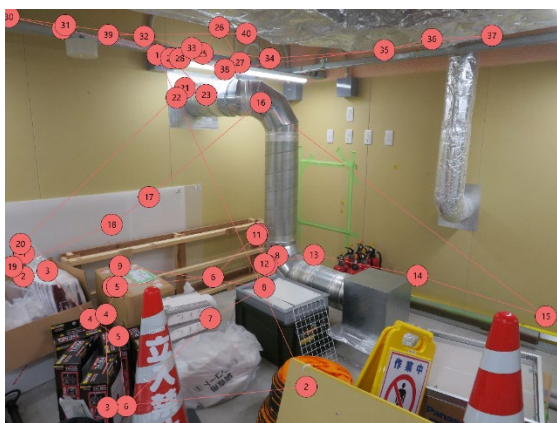
⑤ 確認場所:2 階ボール側(デッキプレートの貫通周辺・配管周辺)



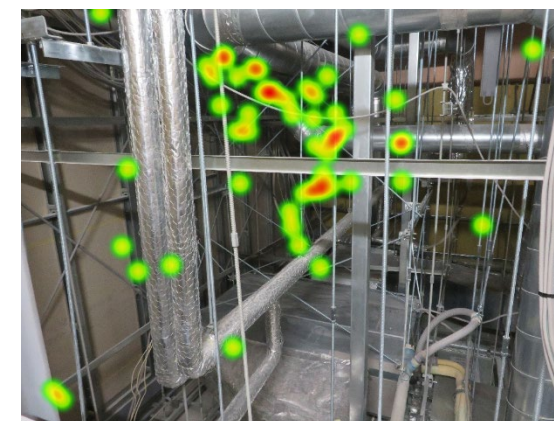
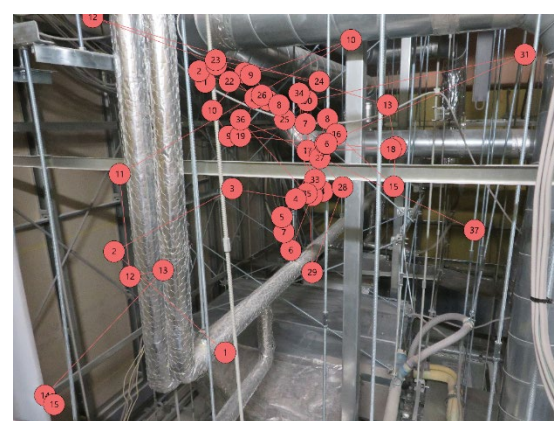
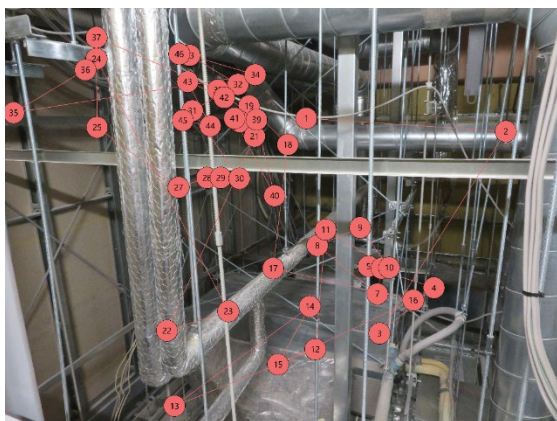
⑥ 確認場所:2 階(段ボール周辺)



⑦ 確認場所:2階(資材周辺)



⑧ 確認場所:天井上(出入口周辺、壁ケーブル周辺)



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

デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究
清掃に関するデジタル化技術の特性および適用課題の検討

研究代表者	阪東 美智子	国立保健医療科学院 生活環境研究部
研究協力者	正田 浩三	東京美装興業株式会社
研究協力者	杖先 寿里	一般財団法人 建築物管理訓練センター
研究協力者	下平 智子	全国ビルメンテナンス協会
研究協力者	栢森 聡	クリーンクリエイターズラボ
研究協力者	杉田 洋	広島工業大学
研究協力者	杉田 宗	広島工業大学

研究要旨

既往研究を整理し論文・資料のデータベースを作成した。

また、清掃分野におけるデジタル機器について収集した情報から、最も導入が容易と思われる清掃点検報告システムを取り上げ、その有用性を検証するために、現在使用している清掃点検報告書を参考に点検報告書のデジタル様式の記入用紙案を作成した。さらに、トイレの清掃維持管理状況を把握するために、マグネットセンサーや人感カウントセンサー、ゴミ箱容量の検知センサー等、各種センサーを用いた実証実験の方法について検討した。

アイトラッキングシステムを使った目視点検のデータ分析からは、どの場所をどのように確認しているのかを「見える化」することで、カメラ等による点検と人による目視との点検内容の違いを具体的に検証できる可能性が示唆された。

A. 研究目的

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

B. 研究方法

B1. 清掃分野に関する既往研究の整理

清掃関連に関する技術の現状と課題を整理するために、清掃に関する学会論文及び関係機関の成果物を収集しリストを作成する。

また、全国ビルメンテナンス協会の清掃点検資格者制度による事務所建築物の点検報告書について詳細分析を行い、事務所建築物の清掃レベルの傾向を把握する。

B2. 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

検索エンジンを用いて、清掃分野におけるデジタル技術に関する情報を収集する。

また、全国ビルメンテナンス協会主催の2023年度ビルメンヒューマンフェアに参加し、展示品

より資料集・面談を行う。併せて、デジタル化技術の実施例を収集する。

B3. デジタル技術を活用した調査方法の精度の検証方法の検討

B2 で収集した情報から、導入が容易で普及性が高いと見込まれるデジタル技術を選定し、導入の課題と有用性について検証を行う。

B4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

清掃に関し、現在の目視による点検作業の詳細を確認するため、アイトラッキングシステムを使用し「見える化」を行う。建築物管理訓練センター・全国ビルメンテナン協会が入居する事務所ビル（全国ビルメンテナン協会が主催する建築物清掃管理評価資格者講習会の会場で、点検作業の実習の場所としても使われている）において、建築物清掃管理評価資格者（インスペクター）に点検作業を行ってもらい、アイトラッキングシステムでデータを収集する。収集したデータを用いて注視した順番を表現した Scan Path と注視した時間の程度を表現した Heat Map を作成し、作業内容を比較する。また、点検作業中の発語を録音し、視線データと照合することにより、作業内容の補足を行う。

C. 研究結果

C1. 清掃分野に関する既往研究の整理

図表 1 に、作成した論文データベースの一部を示す。

日本建築学会のアーカイブ検索により、清掃に関する論文 131 本を収集した。内容により、「美観評価」2 本、「清掃評価」28 本、「快適性・評価法」2 本、「汚れ」99 本の 4 つに分類できた。それぞれの論文について、さらにキーワードや参考文献を整理し、データベース化した。

次に、参考文献 1 から、全国ビルメンテナン協会の清掃点検資格者による事務所建築物約 750 件の点検報告書について特徴を調べた。建物の延床面積は 10,000 m²未満が 65%であり、うち清掃作業面積は 6,000 m²以下が大部分であった。大規

模ビルは 1 社単独で清掃作業を受託することは少なく、複数のビル管理会社で分担して作業を実施することが影響している可能性がある。点検評価シートに記載された得点について、全国ビルメンテナン協会のインスペクター制度の評価を参照すると、標準以上のビルが 16%、標準が 68%、標準未満が 16%であった。総合点に影響を及ぼす場所ごとの得点は、トイレ、事務室、湯沸室、階段の順に相関が高い。

C2. 清掃分野におけるデジタル技術の収集整理

J-STGE、J-dreamIII、メディカルオンラインや、ネット記事から、「デジタル・AI・ロボット・オート・自動・IoT・センサー」と「清掃」をキーワードとして検索した結果、計 184 本の記事を収集した。主要な記事の内容は、清掃ロボットに関するものが多かった。

また、全国ビルメンテナン協会が実施した 2023 年度建築物清掃管理評価資格者講習の受講者アンケート結果（回答者数 450 人）から、インスペクションに使用している機器について調べた。自由記述による回答であるが、「光度計」35（24.3%）、「ブラックライト」25（17.4%）、「ATP 測定器・ルミテスター」24（16.7%）が上位を占めた。「作業管理アプリ・自社開発アプリ」を使用しているとの回答が 5 件（3.5%）あった。

次に、2023 年度ビルメンヒューマンフェアにおいて収集したデジタル機器・ツールを図表 2 に示す。大きくは、作業管理ツールと清掃状況管理報告者作成ツール、報告書作成ツールの 3 種に分類できた。

C3. デジタル技術を活用した調査方法の精度の検証方法の検討

建築物環境衛生管理基準の定期測定である、①清掃管理状況の点検（3 月以内に一回）、②清掃用具・保管庫等の点検（6 月以内に一度）を取り上げ、使用機械の点検表、倉庫の点検表、用具の点検表等を収集して、課題を検討した。

上記の検討結果を踏まえて、清掃分野におけるデジタル機器について収集した情報から、最も導入が容易と思われる清掃点検報告システム「123レポート」(図表 2 中の No.25) を取り上げ、その有用性を検証するために、現在使用している清掃点検報告書を参考に点検報告書のデジタル様式の記入用紙案を作成した。作成したシステムの概要は以下のとおりである。

- ・ インспекションにあたり、当該ビルの場所ごとに「123Reporter」で写真ファイルを作成。写真撮影の際、点検項目と指摘事項を入力する。
- ・ インспекションが終了したら場所ごとのデータをメール送信し、事務所の PC に送る。
- ・ インспекターは帰社後、メールのデータを指定フォルダに入れることにより、現場で撮影した指摘箇所のデータが項目ごとに整理される。次に、インспекターは報告書に採用するデータをチェックするとともに、評価点を報告書に入力。
- ・ 指摘事項の文字を調整すると報告書が完成する。

さらに、トイレの清掃維持管理状況を把握するために、マグネットセンサーや人感カウントセンサー、ゴミ箱容量の検知センサー等(図表 2 の No.3、6、7、8) を用いた実証実験の方法について検討した。

C4. 熟練作業者の目視による点検作業の分析

図表 3 に、熟練作業者の点検作業の時間、場所、確認箇所の一覧を示す。また、図表 4 に作成した Scan Path と Heat Map の例を示す。Scan Path は注視した順番を、Heat Map は注視した時間の程度を表している。

点検は、全国ビルメンテナンス協会が実施している建築物清掃管理評価資格者講習で使用される「作業品質シート」(作業場所、評価項目(箇所・部位)、評価のポイントが一覧で示されてお

り、点検ポイントごとの評価と点検項目ごとの評価及びコメントが記載できるようになっている)の内容に準じて行われていた。各場所においてポイントとなる箇所を重点的にくまなく点検していた。

例えばトイレの点検では、以下のような行動と発話が確認された。

とりあえずは奥から行く。(個室トイレに入る。ミラーを出して便器の奥、裏側を点検。便座を上げて中もミラーで確認。便座をタオルで拭き確認。トイレットペーパーホルダーもミラーで確認。スイッチ部分をタオルで拭き確認。壁、ドアの上をタオルで拭き確認。隅を確認。)綺麗にしているからね。汚していないね。(小便器の水を出し、タオルで拭く。水が流れる排水の中、センサーの反応、水の勢いを確認。小便器の裏をミラーで確認。)センサー反応が良すぎる。壁面を見る(壁、床をタオルで拭き確認)。ここのトイレは幅木だけ。でもだいぶ改善されている。変えたばかりだから。これ、ノーワックスの床材だそう。どこかで密着不良起きている。ここはないのだが、他のフロアで。ゴミ箱(ゴミ箱の中を見る。ずらす)。あと洗面台のちょうど立つところ。床も(床をタオルで拭き確認)。ワックスが効いている。(洗面台の蛇口の裏をミラーで確認。淵をタオルで拭く。)天板とシンクの間の波返しの所がけっこう汚れていることがあるが、綺麗だよ。鏡。悔しいね。(ハンドソープの下をタオルで拭き確認。)沓摺。トイレ消耗品を見てくる。(トイレットペーパーホルダーの上をタオルで拭く。)ここは前から折っている。折る必要はないのだが。(小便器マットを取り出し確認。)一応、小便器の使用頻度が高い所はここここだと思う(小便器3つの左端と右端を指差す)。臭気もないので、大丈夫そう。換気扇。素晴らしい。

D. 考察

建築物衛生法施行規則の第 4 条の 5 第 1 項では、「掃除は、日常行うもののほか、大掃除を、六

月以内ごとに一回、定期的に、統一的に行うものとする。」と規定されている。また、空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準の第5の1第3項には「日常的に清掃を行わない箇所の清掃について、六月以内ごとに一回、定期的に汚れの状況を点検し、必要に応じ、除じん、洗浄等を行うこと。」、第5の2第1項には「真空掃除機、床みがき機その他の清掃用機械及びほうき、モップその他の清掃用器具並びにこれら機械器具の保管庫について、定期的に点検し、必要に応じ、整備、取替え等を行うこと。」、第2項には「廃棄物の収集・運搬設備、貯留設備その他の処理設備について、定期的に点検し、必要に応じ、補修、消毒等を行うこと。」と規定されている。さらに、清掃作業及び清掃用機械器具の維持管理の方法等に係る基準第1の8では、「作業計画及び作業手順書の内容並びにこれらに基づく清掃作業の実施状況について、三月以内ごとに一回、定期的に点検し、必要に応じ、適切な措置を講ずること。」と定められているほか、建築物環境衛生維持管理要領にも清掃における定期点検等について細かな規定がされている。

点検作業の具体的な方法や工程については上記の規則・通知等には示されていないが、全国ビルメンテナンス協会が実施している建築物清掃管理評価資格者講習において、点検作業の一連の手順・工程や評価のポイントが示されている。建築物清掃管理評価資格者は、2001年に全国ビルメンテナンス協会が制度化した認定資格で、現在約5,600人が有資格者となっている。ただし、現場での全国ビルメンテナンス協会のインスペクションシート（「作業品質シート」）の利用は25%にとどまり、55%は自社のシート、15%が顧客指定のシートを用いているとの報告があり¹⁾、点検作業の内容が全国的に標準化されているかどうかは疑問がある。また、有資格者の評価についても、「現行のシステムでは、ビル管理会社が管理している建物を、その会社の社員であるインスペクターが目視により評価する方式であり、評価の客観性に欠ける懸念があった」¹⁾。

このことから、まずは点検作業・内容の標準化を図ることが課題であると考えられる。本研究では、アイトラッキングシステムを用いることにより、点検による作業の工程・内容を「見える化」することを試行することで、点検作業・内容の詳細の具体的な検証が可能であることを示した。次年度以降にさらに詳細な分析を行う予定である。

デジタル機器に関する情報収集からは、清掃ロボットの活用が期待されていることが明らかになったが、清掃の実施状況の確認や点検作業に関するデジタル機器については情報が限られており、普及も進んでいない状況が見られる。

その中で、本研究では、比較的導入が容易である報告書作成の支援ツールについて、実証実験を行うこととし、準備を始めた。この技術が普及・進展すれば、インスペクションデータの蓄積が可能となり、ビッグデータとしての活用やインスペクションシステムの標準化にもつながることが期待できる。

E. 結論

清掃に関する既往研究やデジタル機器に関する情報を収集し、最も導入が容易と思われる清掃点検報告システムを取り上げ、その有用性を検証するために、現在使用している清掃点検報告書を参考に点検報告書のデジタル様式の記入用紙案を作成した。さらに、トイレの清掃維持管理状況を把握する各種センサーの効果や課題を調べるための実証実験の方法について検討した。

アイトラッキングシステムを使った目視点検のデータ分析からは、どの場所をどのように確認しているのかを「見える化」することで、カメラ等による点検と人による目視との点検内容の違いを具体的に検証できる可能性が示唆された。

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

図表 1 論文データベース(一部)

分類	番号	タイトル	著者	題名	出版	分類	リンク有無	PDF有無
実験評価	1	オフィス内における実態評価に関する研究(その2)	正田浩三	塩崎清、杖先隆雄	日本建築学会大会学術講演集 pp. 55-56, 2009.8	室内、点検表、利用者・清掃員	あり(会員のみ)	あり
実験評価	2	建築物の室内汚染の品質評価指標確立についての検討	正田浩三	塩崎清	日本建築学会技術報告集 第23巻 第54号, pp. 607-611, 2009.8	室内、点検表、利用者・清掃員	あり	あり
清掃評価	1	医療・福祉施設における感染症リスク低減に関する研究 その34 診療室における消毒薬使用状況の評価	松村英保	飯島英典、尾方壮行、堀内実、田辺新一、榎賢	日本建築学会大会学術講演集, pp. 775-776, 2016.8	室内、病院、接触汚染シミュレーション	なし	なし
清掃評価	2	トイレの清掃方法改善に関する基礎研究その2 フィールド試験による実態評価	池田健志	日本建築学会大会学術講演集, pp. 593-594, 2015.9	駅トイレ、清掃による除菌効果、除菌、臭いと汚れ除去	あり(会員のみ)	あり	
清掃評価	3	顧客評価による清掃品質管理手法の検証	杉田洋	近藤貴通	日本建築学会計画系論文集, 第77巻 第677号, PP. 1107-1111	スーパーマーケット、室内、清掃品質評価手法の構築、ヒアリング	あり	あり
清掃評価	4	商業施設における顧客評価による清掃品質管理手法に関する研究その2 店舗選択における清掃管理の位置付け	山田寿太	近藤貴通、杉田洋	日本建築学会中国支店研究報告集, 第35巻, PP893-896, 2011	食糧品取扱店、室内、選択条件、ヒアリング	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	5	商業施設における顧客評価による清掃品質管理手法に関する研究その3 評価基準の検証	平塚優樹	近藤貴通、杉田洋	日本建築学会中国支店研究報告集, 第35巻, pp. 897-900, 212	食糧品取扱店、室内、選択条件、ヒアリング	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	6	商業施設における顧客評価による清掃品質管理手法に関する研究その4 品質管理手法の適用	松崎裕香	近藤貴通、杉田洋	日本建築学会中国支店研究報告集, 第35巻, pp. 901-904, 2112	食糧品取扱店、室内、選択条件、ヒアリング	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	7	居住者評価による清掃品質管理手法の検証	近藤貴通	杉田洋、山本忠	日本建築学会計画系論文集, 第75巻 第657号, pp. 2663-2671	マンション、敷設部、アンケート調査	あり	あり
清掃評価	8	大学施設における清掃業務の実態と品質評価に関する研究その1 大学部・前期部における清掃業務のベンチマーク	平松孝一	松岡孝一、太極英典、松岡利典、谷口元	日本建築学会大会学術講演集, pp. 1225-1226, 2010.9	大学室内、清掃時間・経費、清掃頻度	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	9	大学施設における清掃業務の実態と品質評価に関する研究その2 清掃業務の品質評価と顧客満足度	平松孝一	松岡孝一、太極英典、松岡利典、谷口元	日本建築学会大会学術講演集, pp. 1227-1228, 2010.9	大学室内、品質満足度、学生	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	10	オフィス内における実態評価に関する研究(その2)	近藤貴通	塩崎清、杖先隆雄	日本建築学会大会学術講演集, pp. 55-56, 2009.8	室内、点検表、利用者・清掃員	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	11	庁舎における実態評価による清掃品質管理手法に関する研究	近藤貴通	杉田洋	日本建築学会計画系論文集, 第74巻 第637号, pp. 643-653	庁舎室内、実態調査要項表、定期的、曜日ポイント	あり	あり
清掃評価	12	庁舎における清掃品質の評価要因に関する研究	近藤貴通	杉田洋	日本建築学会大会学術講演集, pp. 1289-1290, 2008.3	庁舎室内、実態調査要項表、FIM管理手法	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	13	庁舎における実態評価による清掃品質管理手法に関する研究その1「評価のポイント」の把握	近藤貴通	杉田洋	日本建築学会中国支店研究報告集 第31号PP5-8, 2008.3	庁舎室内、実態調査要項表、FIM管理手法	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	14	庁舎における実態評価による清掃品質管理手法に関する研究その2「管理手法の展開	杉田洋	近藤貴通	日本建築学会中国支店研究報告集 第31号PP5-8, 2008.3	庁舎室内、実態調査要項表、FIM管理手法	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	15	病院における実態評価による清掃品質管理手法に関する研究	佐藤隆良	杉田洋、村川三郎、西木大介、平賀慎	日本建築学会計画系論文集 第60号 pp. 141-148, 2006.9	外、公衆、清掃時間・経費、清掃頻度	あり	あり
清掃評価	16	庁舎における実態評価による清掃品質管理手法に関する研究	杉田洋	佐藤隆良、村川三郎、平賀慎、大石洋二	日本建築学会計画系論文集 第60号 pp. 153-159, 2006.2	庁舎室内、実態による品質評価、全国ビルメンション	あり	あり
清掃評価	17	庁舎におけるFIM管理手法に基づいた清掃品質の評価に関する研究	杉田洋	佐藤隆良、村川三郎、平賀慎	日本建築学会計画系論文集 第60号 pp. 161-169, 2006.2	庁舎室内、アンケート調査	なし	なし
清掃評価	18	庁舎における自主清掃の実態に関する研究(その1) 自主清掃の実態に関する自己評価	佐藤隆良	杉田洋、大石洋二、村川三郎	日本建築学会大会学術講演集, PP. 1331-1332, 2005.9	庁舎室内、アンケート調査	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	19	庁舎における自主清掃の実態に関する研究(その2) 自主清掃の実態に関する自己評価と清掃業務の関連	平賀慎	杉田洋、杉田洋、大石洋二、佐藤隆良	日本建築学会大会学術講演集, PP. 1333-1334, 2005.9	庁舎室内、アンケート調査	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	20	庁舎における自主清掃の実態に関する研究(その3) 清掃業務に基づいた清掃品質の改善に関する検討	杉田洋	平賀慎、佐藤隆良、大石洋二、村川三郎	日本建築学会大会学術講演集, PP. 1335-1336, 2005.9	庁舎室内、清掃回数、改善	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	21	庁舎における清掃品質の評価に関する研究その1「評価のポイント」の把握	佐藤隆良	杉田洋、村川三郎、平賀慎	日本建築学会中国支店研究報告集 第28巻, PP.1-4, 2005.3	庁舎室内、アンケートによる清掃品質の評価基準	なし	なし
清掃評価	22	庁舎における清掃品質の評価に関する研究その2「管理手法の展開	杉田洋	佐藤隆良、村川三郎、平賀慎	日本建築学会中国支店研究報告集 第28巻, PP5-8, 2005.3	庁舎室内、アンケートによる清掃品質の評価基準	なし	なし
清掃評価	23	外来者による実態評価による清掃品質の評価に関する研究	平賀慎	杉田洋、村川三郎、佐藤隆良	日本建築学会中国支店研究報告集 第28巻, PP837-840, 2005.3	庁舎室内、アンケートによる清掃品質の評価基準	なし	なし
清掃評価	24	清掃活動点検をみた清掃内外上材料の耐用性の評価方法に関する研究-清掃時の塵付負荷を中心として-	小関裕司	松崎裕香、村上正三、横山裕、川村清志、石井勇	日本建築学会大会学術講演集, PP.427-428, 1989.10	実験、集った塵の計測、塵付負荷と物理量、光沢度計	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	25	清掃活動点検をみた清掃内外上材料の耐用性の評価方法に関する研究-清掃時の塵付負荷を中心として-	小関裕司	松崎裕香、村上正三、横山裕	日本建築学会大会学術講演集, PP.699-700, 1987.10	実験、集った塵の計測、塵付負荷と物理量、光沢度計	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	26	清掃用具の性能評価用テストの標準化に関する基礎的研究-住宅内床面汚染ダストの特性の把握-	佐藤隆二	嶋崎浩二、大野治代、山中俊夫	日本建築学会近畿支部研究報告集, PP.1203-1204, 1987.10	実験、集った塵の計測、塵付負荷の計測、速度・角質	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	27	清掃用具の性能評価用テストの標準化に関する基礎的研究	佐藤隆二	嶋崎浩二、大野治代、山中俊夫	日本建築学会大会学術講演集, PP.1105-1108, 1987.6	実験、標準テスト、試作	あり(会員のみ)	あり
清掃評価	28	クルーゾールの環境評価に関する実態調査とその3 施工時における清掃活動の清掃効果	深根仁	森川泰成、西原元樹、梅圭洋一郎	日本建築学会大会学術講演集, PP.281-282, 1985.10	クルーゾール、竣工前の清掃、清掃法の検証	あり(会員のみ)	あり
快速性、E	1	色もギャイ法による色変形に対する実態評価の検討	八木完全	石田 新一郎	日本建築学会大会学術講演集, pp. 401-402, 1996.9	実態、色もギャイ法、色の属性、色の配、共通の判断基準	あり(会員のみ)	あり
快速性、E	2	アトリウム環境の快速性の総合的評価に関する試験研究 その2アンケート調査手法及び結果	岡本隆司	木村健一、野下剛、浅田紀行、増田達哉	日本建築学会大会学術講演集, pp. 975-956, 1993.9	実態、環境実態評価手法、アトリウム空間	あり	あり
汚れ	1	各種内外装材の汚れ実態調査と汚れ洗浄処理による印象改善度の評価	大野紀	田村健次	2017年度日本建築学会調査研究報告集 I, PP65-68, 2017	外装石材、意匠調査アンケート、色差、印象評価	あり(会員のみ)	あり
汚れ	2	建築小規模水害における汚染実態調査と改善に向けた基礎研究 その1 建物水被害における屋上防水の重要箇所	藤本雄介	大塚隆之、荒木裕介、松尾隆史	日本建築学会大会学術講演集, PP631-632, 2017.8	建物内、床防水、付着箇所	あり(会員のみ)	あり
汚れ	3	住宅の外装表面の劣化発生による汚染の防止に関する研究 その1 計算による表面劣化メカニズムの検証	高橋大介	中嶋隆起子	日本建築学会大会学術講演集, PP.221-222, 2017.8	外装、住宅、劣化、結露発生	あり(会員のみ)	あり
汚れ	4	住宅の外装表面の劣化発生による汚染の防止に関する研究 その2 実験による表面劣化メカニズムの検証	中嶋隆起子	高橋大介	日本建築学会大会学術講演集, PP.223-224, 2017.8	外装、住宅、劣化、結露発生	あり(会員のみ)	あり
汚れ	5	建築の汚れ評価方法に関する研究 その1 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	金子樹	木村英一、藤井孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1411-1412, 2016.8	屋外暴露試験、国内実態調査、雨水分析、イオン分析	あり(会員のみ)	あり
汚れ	6	建築の汚れ評価方法に関する研究 その2 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	米谷浩司	松崎裕香、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1413-1414, 2016.8	屋外暴露試験、試験内実態調査、汚れ成分分析	あり(会員のみ)	あり
汚れ	7	建築の汚れ評価方法に関する研究 その3 11層高層の汚れ汚染の実態調査	高松誠	和田雅、米谷浩司、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1415-1416, 2016.8	屋外暴露試験、成分分析、全国調査、標準機器	あり(会員のみ)	あり
汚れ	8	建築の汚れ評価方法に関する研究 その4 12層高層の汚れ汚染の実態調査	富田孝志	日本建築学会大会学術講演集, PP.1417-1418, 2016.8	屋外暴露試験、成分分析、全国調査、標準機器	あり(会員のみ)	あり	
汚れ	9	建築の汚れ評価方法に関する研究 その5 13層高層の汚れ汚染の実態調査	高橋大介	中嶋隆起子	日本建築学会大会学術講演集, PP.1419-1420, 2016.8	屋外暴露試験、成分分析、全国調査、標準機器	あり(会員のみ)	あり
汚れ	10	建築の汚れ評価方法に関する研究 その6 14層高層の汚れ汚染の実態調査	高橋大介	中嶋隆起子	日本建築学会大会学術講演集, PP.1421-1422, 2016.8	屋外暴露試験、成分分析、全国調査、標準機器	あり(会員のみ)	あり
汚れ	11	11層の高層ビルにおける実態調査と汚れ評価方法に関する研究(その1) 実態調査	高橋大介	初見友孝、小関裕司	日本建築学会大会学術講演集, PP.439-440, 2015.9	実態調査、実態調査、実態調査、実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	12	11層の高層ビルにおける実態調査と汚れ評価方法に関する研究(その2) 実態調査	初見友孝	高橋大介、小関裕司	日本建築学会大会学術講演集, PP.441-442, 2015.9	実態調査、実態調査、実態調査、実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	13	実態調査に基づく公共賃貸住宅内の汚染の発生実態	長岡由香	千手寿、川上正三	日本建築学会技術報告集 第21巻 第48号, PP.439-442, 2002	室内の汚染、実態調査、実態調査、実態調査	あり	あり
汚れ	14	実態調査に基づく公共賃貸住宅内の汚染の発生実態	藤原孝幸	藤原孝幸、川上正三、佐藤隆良	日本建築学会大会学術講演集, PP.843-844, 2014.8	室内・室外、暴露試験、水色分析による経年変化シミュレーション	あり(会員のみ)	あり
汚れ	15	建築の汚れ評価方法に関する研究 その1 全体概要	高橋大介	和田雅、米谷浩司、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.845-846, 2014.9	外装塗装仕上げ、促進劣化試験方法の構築、国内100箇所	あり(会員のみ)	あり
汚れ	16	建築の汚れ評価方法に関する研究 その2 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	川上正三	藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.847-848, 2014.9	外装用塗料材料、32種塗料材料、9地区	あり(会員のみ)	あり
汚れ	17	建築の汚れ評価方法に関する研究 その3 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	富田孝志	松崎裕香、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.849-850, 2014.9	外装用塗料材料、10地区、6ヶ月暴露	あり(会員のみ)	あり
汚れ	18	建築の汚れ評価方法に関する研究 その4 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	高橋大介	初見友孝、小関裕司	日本建築学会大会学術講演集, PP.851-852, 2014.9	屋外暴露試験、標準機器、測定精度、汚染成分分析	あり(会員のみ)	あり
汚れ	19	建築の汚れ評価方法に関する研究 その5 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	林竹尚	永井善典、佐々木功司、松井勇	日本建築学会大会学術講演集, PP.853-854, 2014.9	外装、外装暴露試験、8ヶ所暴露、塗料	あり(会員のみ)	あり
汚れ	20	実態調査に基づく内装汚染実態調査とその7 外装汚染の実態調査および色の測定結果	寺西吉司	河野俊希、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1139-1140, 2014.9	外装、ソッド仕上げ、北面露出、色分布が一種	あり(会員のみ)	あり
汚れ	21	実態調査に基づく内装汚染実態調査とその8 外装汚染の実態調査および色の測定結果	河野俊希	寺西吉司、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1141-1142, 2014.9	外装、塗装仕上げ、北面露出、色分布が一種	あり(会員のみ)	あり
汚れ	22	実態調査に基づく内装汚染実態調査とその9 外装汚染の実態調査および色の測定結果	田村智雄	長谷川拓哉、千手寿、藤田孝一	日本建築学会北海道支部研究報告集 No.87, PP. 423-426, 2014	2内装仕上げ材、汚れ、公衆建築・賃貸住宅、30ヶ月経過後	なし	なし
汚れ	23	実態調査に基づく内装汚染実態調査とその10 外装汚染の実態調査および色の測定結果	鈴木孝之	八嶋隆之、八嶋隆之、中田洋	日本建築学会大会学術講演集, PP. 833-834, 2013.8	大学生暴露試験、トイレ内汚染率0%	あり(会員のみ)	あり
汚れ	24	建築の汚れ評価方法に関する研究 その3 9層外装試験における各層階別の雨水に関する実態	林竹尚	永井善典、佐々木功司、松井勇	日本建築学会大会学術講演集, PP.1083-1083, 2013.8	屋外暴露試験、凹凸汚染の有無に関する実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	25	実態調査に基づく内装汚染実態調査とその11 外装汚染の実態調査および色の測定結果	藤原孝幸	藤原孝幸、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.1091-1092, 2013.8	建物外装、劣化材料、4年経過	あり(会員のみ)	あり
汚れ	26	建築物の外装の劣化と汚れの実態に関する研究	岡本貴之	松井勇、永井善典、林竹尚	日本建築学会大会学術講演集, PP.1305-1306, 2012.9	外装、劣化汚染、実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	27	建築物の外装の劣化と汚れの実態に関する研究	加藤孝三	林竹尚、佐々木功司、永井善典、藤田孝一、松井勇	日本建築学会大会学術講演集, PP.1309-1310, 2012.9	外装、劣化汚染、実態調査、試験形状	あり(会員のみ)	あり
汚れ	28	建築物の外装の劣化と汚れの実態に関する研究	正田浩三	塩崎清	日本建築学会環境系論文集 第77巻 第677号, PP.615-621, 2012	室内、トイレ、ドアノブ、グレースケール、ATP、細菌	あり	あり
汚れ	29	建築物の外装の劣化と汚れの実態に関する研究	正田浩三	塩崎清	日本建築学会大会学術講演集, PP.677-678, 2011.8	トイレ、ATP、細菌、ドアノブ	あり(会員のみ)	あり
汚れ	30	外装劣化の実態調査と劣化メカニズムの検証(ペイントキープ下塗り・水濡れ汚染の実態調査の検討)	馬場賢作	藤田孝一、三上正三	日本建築学会大会学術講演集, PP. 479-480, 2010.9	外装、ペイントキープ下塗り、再現性確認ソフト作成	あり(会員のみ)	あり
汚れ	31	安全と耐震性を両立したタイル仕上げの建設的実態 その4 劣化耐震性タイルを用いたタイル仕上げの汚染評価	島田健治	中野真行、藤田孝一、水上市也	日本建築学会大会学術講演集, PP.487-488, 2010.9	外装、タイル汚染、劣化耐震性調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	32	外装劣化の実態調査と劣化メカニズムの検証	村川三郎	藤田孝一、三上正三	日本建築学会大会学術講演集, PP. 489-490, 2010.9	外装汚染、デブリ汚染メカニズム、色分布、劣化程度	あり(会員のみ)	あり
汚れ	33	大学内トイレの汚染実態と汚染防止に関する調査研究	正田浩三	塩崎清	日本建築学会大会学術講演集, PP.897-898, 2010.9	トイレ、汚染、ATP、細菌、グレースケール、通行量	あり(会員のみ)	あり
汚れ	34	表裏としてみた汚染実態とその2 汚染の発生メカニズム	塩崎清	藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP. 841-842, 2010.9	風化、建築環境、雨や雪、紫外線、自然災害	あり(会員のみ)	あり
汚れ	35	札幌市の小学校における外装汚染・劣化の実態調査	小関裕司	長谷川拓哉	日本建築学会北海道支部研究報告集No.82, PP.447-450, 2008	外装材、経年変化、実態調査	あり	あり
汚れ	36	札幌市の小学校における外装汚染・劣化の実態調査	小関裕司	長谷川拓哉	日本建築学会大会学術講演集, PP.215-216, 2008.9	外装、汚染、劣化	あり(会員のみ)	あり
汚れ	37	建築物外装の劣化実態に関する研究-壁面の3次元形態と劣化度との関係-	鈴木武	藤田孝一、田村智雄	日本建築学会大会学術講演集, PP.221-222, 2008.9	外装劣化、汚染に当たらず、劣化の程度、壁面の構造	あり(会員のみ)	あり
汚れ	38	木材の劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	高松裕宏	藤田孝一、三上正三	日本建築学会大会学術講演集, PP.225-226, 2008.9	実験、木材劣化の劣化度、劣化度	あり(会員のみ)	あり
汚れ	39	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	中川法雄	寺西吉司、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.233-234, 2008.9	室内仕上げ材、劣化実態アンケート	あり(会員のみ)	あり
汚れ	40	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	藤原孝幸	藤原孝幸、川上正三、佐藤隆良	日本建築学会大会学術講演集, PP.235-236, 2008.9	室内仕上げ材、劣化実態アンケート	あり(会員のみ)	あり
汚れ	41	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	藤原孝幸	藤原孝幸、川上正三、佐藤隆良	日本建築学会大会学術講演集, PP.1039-1040, 2006.9	駅コンコース床、テラゾ、経年調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	42	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	池水博成	日本建築学会大会学術講演集, PP.1075-1076, 2006.9	室内、清掃会社その他の立場に意見の違	あり(会員のみ)	あり	
汚れ	43	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	川村清志	高橋大介、小関裕司	日本建築学会大会学術講演集, PP.315-316, 2005.9	実験、物理量、汚染成分分析、汚染の測定	あり(会員のみ)	あり
汚れ	44	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	高松裕宏	藤田孝一、三上正三	日本建築学会大会学術講演集, PP.317-318, 2005.9	実験、物理量、汚染成分分析、汚染の測定	あり(会員のみ)	あり
汚れ	45	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	曾田大作	藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.319-320, 2005.9	外装材、劣化の実態調査、劣化実態調査と劣化実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	46	オフィス内における実態調査	藤原孝幸	藤原孝幸	日本建築学会大会学術講演集, PP. 323-324, 2005.9	室内、サーバル、調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	47	劣化実態に関する研究-劣化実態に関する研究	馬場賢作	川村清志、小関裕司	日本建築学会大会学術講演集, PP.813-814, 2004.8	実験、室内、手の届く、壁クロス汚染評価方法	あり(会員のみ)	あり
汚れ	48	駅コンコース床の仕上げ材に関する研究 その2 劣化実態に関する実態調査	小関裕司	山崎博司、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一、藤田孝一	日本建築学会大会学術講演集, PP.825-826, 2004.8	駅コンコース床、すり	あり(会員のみ)	あり
汚れ	49	駅トイレにおける劣化実態調査(小規模の劣化実態)	高橋大介	柳川伸一、藤田孝一、木村英典	日本建築学会大会学術講演集, PP.549-550, 2004.8	駅トイレ、用途、劣化実態調査	あり(会員のみ)	あり
汚れ	50	室内の汚染に関する実態調査	山田寿太	池田健志	日本建築学会大会学術講演集, PP. 51-52, 2003.9	実験、場所別、用途別、劣化実態調査	あり(会員のみ)	あり

図表 2 情報収集したデジタル機器の一覧

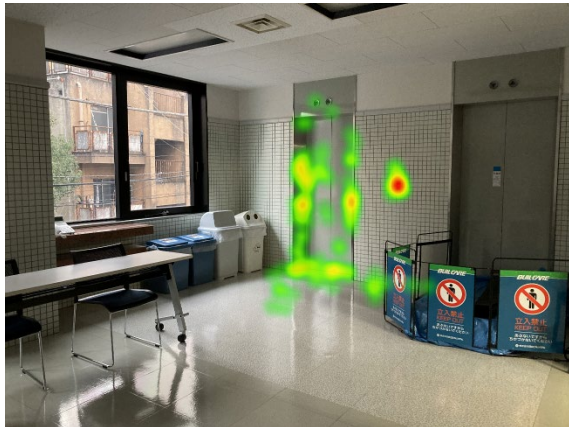
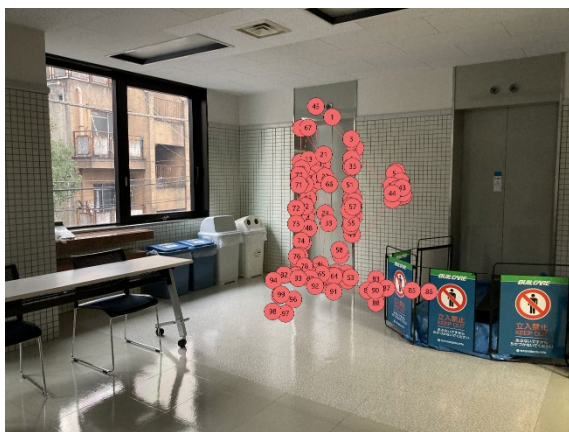
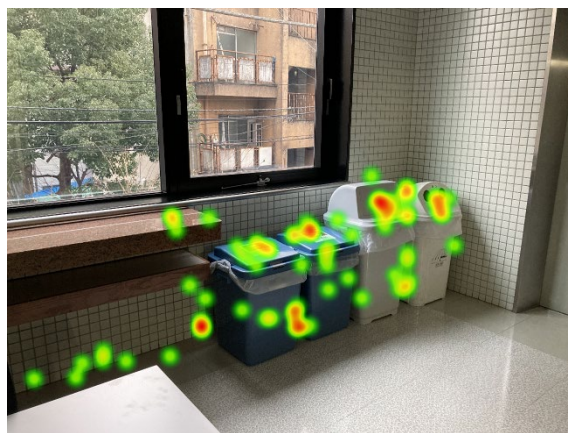
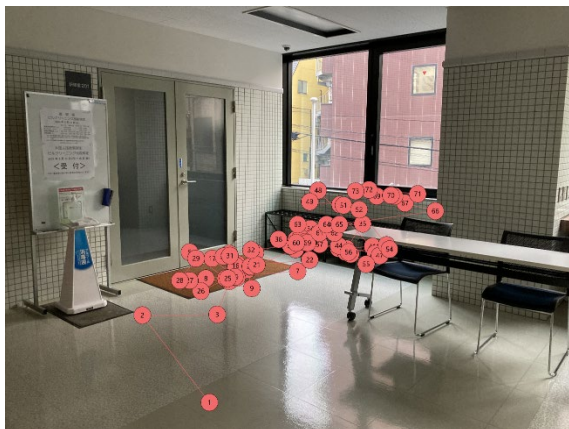
システム概要	商品名	会社名	機能・特徴
作業管理ツール			
1 ボイスシステム	BOISシステム	(株)ボイス	清掃作業全体のPDCA確認
2 CAMPシステム	CAMP System Carpet cleaning	(株)ホスト	カーペット清掃方法の効率化
3 ダストボックス可視化システム	TERAS BOX -テラスボックス-	(株)テラモト	使用状況把握とデータ収集
4 大便器トイレの使用状況	コンドル スマートトイレ管理システム	山崎産業(株)	使用状況把握とデータ収集
5 スマートトイレ管理システム	コンドル スマートトイレ管理システム	山崎産業(株)	使用状況把握とデータ収集
6 大便器トイレの使用状況	TERAS PLACE-テラスプレイス-	(株)テラモト	使用状況把握とデータ収集
7 消耗品可視化システム	TERASTOCK -テラストック-	(株)テラモト	トイレットペーパーの使用状況
8 手洗い用洗剤の使用状況	TERASTOCK -テラストック-	(株)テラモト	使用状況把握とデータ収集
清掃状況管理報告者作成ツール			
9 作業を可視化、作業を効率化する屋内GPS	DX メンテナンス	(株)テラモト	清掃作業全体のPDCA確認、使用状況把握とデータ収集
10 点検・清掃業務の勤怠管理・作業報告作成システム	営業活動管理アプリ「cyzen (サイゼン)」	レッドフォックス(株)	スマートフォンで簡単に使える
11 点検・清掃業務の勤怠管理・作業報告作成システム	建物管理・スケジュール管理ソフト「Planner EX」	石田データサービス(株)	スケジュール管理
12 点検・清掃業務の勤怠管理・作業報告作成システム	Smart Attack®オンプレミス	(株)G-SMART	
13 点検・清掃業務の勤怠管理・作業報告作成システム	Smart Attack®クラウド		建物管理クラウドサービス
14 クラウド型オフィスロボット清掃サービス	ロボ★メン	テルウェル西日本(株)	ロボット清掃の自動化
15 ビル保守点検のDX・働き方改革 (WOSS)	WOSS	(株)Y=ZEN	
16 点検・清掃業務の勤怠管理・作業報告作成システム	クリーンマネージャー	アイデン(株)	
17 客室清掃効率化アプリ	DAYナビ	(株)コンフォール	客室表示管理
18 設備管理業務向け保守管理システム	E-Works	(株)東計電算	請求書管理
19 設備点検・報告書作成システム	KARUTE WEB	(株)東計電算	
20 スケジュール管理クラウド	おたスケ	PaIntnote(株)	スケジュール管理
21 現場作業管理サービス	社会・公共ソリューション「CYDEEN」	(株)日立システムズ	作業内容の標準化
22 ビル管理業務支援アプリ	DK-CONNECT BM	ダイキン工業(株)	
23 ビルの物件・スケジュール管理システム	Webアプリ『スマリブ』	(株)カンキョウ	スケジュール管理
24 着信履歴で出勤管理	ワンコール勤怠	(株)アットデル	スケジュール管理
報告書作成ツール			
25 スマホ報告書	123Reporter	クリーンシステム科学研究所	
その他			
26 確認証入室管理 (セキュリティシステム)	AI顔認証ソリューション『AiFa』(アイファ)	(株)東計電算	検温、マスク認証

図表 3 点検作業時間と確認場所

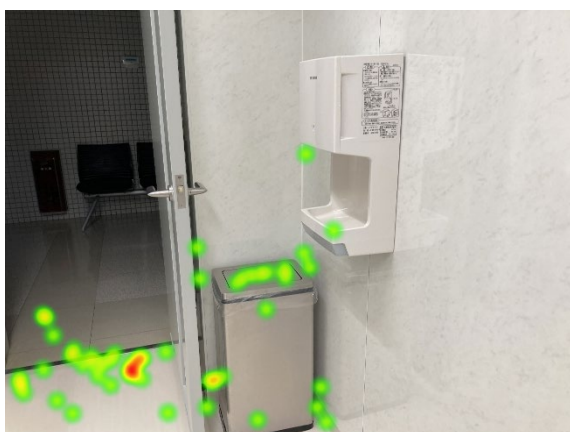
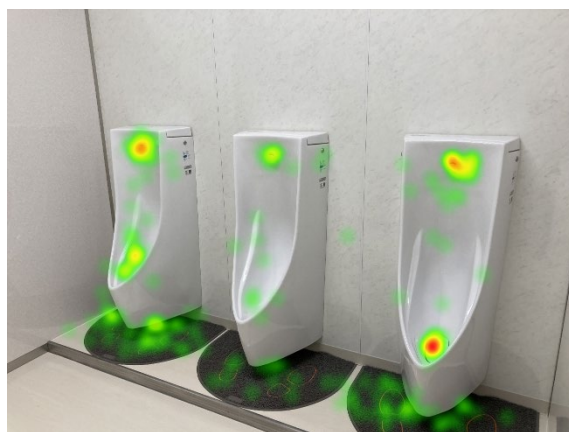
所用時間	場所	確認箇所
00:45.1	1階玄関ホール	床
03:00.2	1階玄関ホール	自動ドア・マット
00:36.8	1階玄関ホール	壁面
00:23.8	1階玄関ホール	案内標示板・看板類
00:46.5	(1階～2階)階段	踏面・け込み板・ノンスリップ
00:24.3	(1階～2階)階段	手すり・手すり下部部分
00:10.6	(1階～2階)階段	踏面・け込み板・ノンスリップ
00:07.8	(1階～2階)階段	踊り場
00:21.7	(1階～2階)階段	踏面・け込み板・ノンスリップ
00:11.8	(1階～2階)階段	手すり・手すり下部部分
00:22.7	(1階～2階)階段	踏面・け込み板・ノンスリップ
00:18.7	(1階～2階)階段	踊り場
00:20.8	(1階～2階)階段	壁面
01:07.0	2階エレベータホール・廊下	床
00:44.3	2階エレベータホール・廊下	屑入れ
01:15.3	2階エレベータホール・廊下	エレベータ関連(表扉・三方枠・スイッチ板)
00:16.7	2階エレベータホール・廊下	扉
00:17.6	2階エレベータホール・廊下	壁面
02:35.1	トイレ	大便器
00:22.7	トイレ	壁面
01:37.4	トイレ	小便器
00:15.5	トイレ	壁面
00:24.0	トイレ	床
00:05.5	トイレ	屑入れ
00:10.7	トイレ	床
00:13.7	トイレ	屑入れ
00:25.7	トイレ	床
00:43.0	トイレ	洗面器・洗面台
00:18.5	トイレ	鏡
00:11.3	トイレ	消耗品
00:37.2	トイレ	壁面
00:13.0	トイレ	入口付近の床
00:12.9	トイレ	消耗品
00:34.7	トイレ	小便器周辺の床
00:05.7	トイレ	換気扇
00:22.4	エレベータ	内側扉インジケータ
00:39.6	エレベータ	壁面
00:02.3	エレベータ	扉溝
00:05.9	エレベータ	床(マット)

図表 4 点検作業内容の例

①2階エレベーターホール・廊下(左上2枚:床、右上2枚:屑入れ、左下2枚:EV関連、右下2枚:扉)



②トイレ (左上 2 枚:大便器、右上 2 枚:小便器、左下 2 枚:壁面・屑入れ・床、右下 2 枚:洗面器・洗面台)



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
貯水槽清掃並びに水関連設備点検に活用できるロボットに関する技術調査

研究分担者	三好 太郎	国立保健医療科学院	生活環境研究部	主任研究官
研究分担者	阪東 美智子	国立保健医療科学院	生活環境研究部	首席主任研究官
研究協力者	徳安 真理奈	国立保健医療科学院	生活環境研究部	

研究要旨

建築物衛生法によって管理される建築物における水の衛生管理では、貯水槽の清掃や貯水槽本体、マンホール等をはじめとする水関連施設の点検を定期的実施することが定められている。これらの定期清掃、定期点検に活用できるデジタル技術として、貯水槽清掃に関連する技術としては水中で稼働する清掃ロボットの、水関連設備定期点検に関連する技術としてはカメラ等により収集した情報に基づき、施設における以上の有無を検知することのできる点検支援技術の開発、販売動向を調査した。水中清掃ロボットに関しては、水道用配水池、養殖地、排水処理施設などへの適用を想定した技術がすでに複数実用化に至っていた。一方で、販売されている製品では手動操作を念頭に置いた製品が主流であり、自動・自立型で清掃を完結させることを念頭に置いた製品は認められなかった。点検支援技術についても、床下などの建築物内狭小空間や可燃物が充満する可能性のある空間などでの点検を支援する技術が複数実用化されている。調査対象とした製品の中では、カメラによる画像、動画の撮影に加え、サーマルセンサーや集音装置なども搭載し、これらの装置から収集した情報を以上診断に活用できる製品も存在した。一方で、点検支援技術についても、手動操作を前提とした製品が多かった。以上から、貯水槽の定期清掃や水関連設備の定期点検の代替として適用可能なデジタル技術に関しては、要素技術の開発は進展しているものの、定期清掃、定期点検の代替に至るまでには多くの技術的課題が残っているといえる。

A. 研究目的

本研究課題においては、特定建築物における水関連の衛生管理のうち、貯水槽等の定期的な清掃並びにマンホール、配管等の水関連設備の定期的な点検に適用可能なデジタル技術に関して、調査を行う。清掃に関しては、室内や建築物内で使用される自動清掃ロボット等が実用化されているが、これらの技術は陸上での稼働を前提としているものが多い。一方で、貯水槽の清掃に関しては、水中で稼働させることのできる自動清掃ロボットが必要となる。水中での動作が可能な自動ロボットの開発がどの程度進展しているかを調査す

るとともに、既存開発技術において想定されている適用先を考慮したうえで、特定建築物内の貯水槽の自動清掃に活用できる可能性のある技術の有無を調査の対象とした。

もう一方の施設・設備点検技術に関しては、近年ではドローン等の新技術を活用した点検支援技術の開発が活発化している。国土交通省事業では、道路橋及び道路トンネルの点検要領において、近接目視による点検に加え、「近接目視による場合と同等の評価が行える他の方法」により必要な情報を収集することが認められており^{1) 2)}、ドローンをはじめとする新技術の活用が進んでい

る。また、プラント分野においても、総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省の3省により「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン」(平成31年3月初版策定、令和4年4月改定)³⁾が策定され、事業者によるドローンの活用が進展している。これらの事例にて活用が想定されている技術は、適切な調整を行うことによって、特定建築物における設備点検にも活用できるようになる可能性が高い。本調査では、ドローン等を活用した点検支援ツールの開発動向に関する情報を収集すると同時に、現在想定されている適用先並びに運用方法を精査し、特定建築物における水関連の定期的な設備点検の代替とすることができる可能性の有無に関して調査を行うことも目的とした。

B. 研究方法

特定建築物における貯水槽の清掃並びに貯水槽、マンホール等の水関連設備の点検に活用できる可能性のある自動化技術として、水中で稼働できる清掃ロボット並びにドローン等を活用した施設・設備点検支援技術について調査を行った。関連すると思われる技術について、インターネット上で公開されている情報に基づき、現状の製品開発状況、実用化状況を取り纏めた。

本調査における調査対象は、特定建築物に限定していない。水中清掃ロボットに関しては、水道用の配水池や浄水処理設備内、さらには水道以外で利活用される貯水設備を想定した技術も調査対象とした。点検支援技術については、建築物の劣化状況を点検するための技術に加え、道路、橋梁といった土木構造物や各種工場のような製造設備での適用が想定されている技術についても取り纏めの対象とした。特定建築物の衛生管理において想定される状況で活用するためには技術的な対応が必要な余地が残っていたとしても、適切な調整、設計変更を通じて適用できる可能性のある要素技術を取り纏めることを本調査における主眼とした。

また、上述した背景から、費用に関しても、取りまとめる技術を選定する段階においては考慮の対象としなかった。各種技術の導入を検討する際に

は導入に係るコストと、導入したことによる労務費等の削減効果を検討することとなるが、これらは事案によって大きく異なることが想定されるため、今後、具体的な建築物への導入を計画する段階で詳細に検討されるべき課題である。

C. 研究結果

C1. 貯水槽清掃技術

表1に国内で販売されている水中用清掃ロボットの一例を示す。水道用配水池、養殖水槽、排水処理施設などで適用できる技術がすでに複数の製造者より市販されていることがわかる。調査対象とした機器の範囲では、給電方式はすべての製品において有線ケーブルによるものとなっていた。水中で、稼働不能となった場合に機器を回収するために陸上施設とワイヤー等で接続することが望ましいことも考慮すると、水中ロボットに関しては、電源供給や操作信号にバッテリーや無線通信を活用して稼働可能範囲を拡大するという要求は大きくないものと推察される。なお、調査対象とした製品のうち、1番及び2番の製品については、一般社団法人日本水中ロボット調査清掃協会が定める「水中調査清掃ロボットの認定に関する規定」に基づく型式認定を受けており、審査過程において日本水道協会が定める浸出試験方法(JWWA Z108: 2016)の水質基準51項目の判定を受けている⁴⁾。これらの製品は水道施設で使用しても水質へ影響しないロボットとして販売されている。

配水池の清掃に関しては、資格を持った作業員が清掃、点検作業を行うことと定められている機器が複数確認された。これは、清掃、点検作業の良否が水道水の安全性に直結することから、作業員の操作技術を一定の水準に保つことが必要であると判断されているためであると考えられる。養殖水槽、排水処理施設などに適用される製品の中には、事前に点検軌道を設定することによる自動軌道制御装置を搭載している機器もあった。このような機材を活用できる場合、清掃、点検の現場に作業員が立ち会

うことが必須ではなくなる可能性も考えられる。

C2. 水関連設備点検技術

貯水槽やマンホールといった水関連の設備の点検に活用できる可能性のある技術についても調査を行った。結果を表2に示す。設備点検技術に関しては、建築物関連でも床下や煙突などの狭小空間での点検を支援することを目的に開発された製品がすでに複数市販されている。また、可燃性ガスが充満する可能性があるなど、点検作業に危険が伴うことが考えられる場合に適用されることを想定した製品も販売されている。これらの製品は、作業員との距離が離れた状態で運用されることを想定しているものが多く、無線通信による遠隔操作が可能なものが多い。また、事前に設定された巡回スケジュールに従う、自動巡回点検が可能となっている製品も存在している。

登載されているセンサー等については、カメラによる画像撮影が主流であり、調査対象としたすべての製品に搭載されていた。これに加えて、可視カメラでは判別が困難な異常を検知するためにサーマルカメラやガス検知器、集音装置、打診システムなどが搭載されている製品も販売されている。これらのセンサー等については、建築物内の水関連設備の異常検知においても活用できる可能性が高い。さらには、AI等を活用した撮影画像解析システムを活用可能な製品もすでに販売されている。

調査対象とした技術にはドローンも含まれている。ドローンを活用することで、陸地走行ロボットでは点検が不可能な貯水槽の壁面なども点検が可能となる可能性がある。一方で、連続飛行可能時間などは制限が生じるため、点検作業計画の際に留意が必要となる可能性がある。表2に取りまとめた製品の中には、壁面を走行し、タイルの劣化などを検知することのできる製品も含まれていた。貯水槽壁面の点検などにおいては、このような技術も活用できる可能性が考えられる。

D. 考察

D1. 貯水槽清掃技術

水中で動作する清掃ロボット自体としては、多くの製品がすでに市販されており、技術的開発動向としては成熟した段階と判断することができると考えられる。一方で、水道用配水池へ適用される機材に関しては、有資格者による操作によって運用されることとなっており、清掃、点検作業者の業務負担の低減には資する技術であると考えられるものの、定期的な点検、清掃の必要性を排除することのできる技術ではないといえる。

養殖水槽や排水処理施設に適用される機材の中には、自動軌道制御装置を搭載した機材もあることから、水中清掃ロボットの自動運転自体は技術的には選択肢となるものと考えられる。例えば、配水池清掃ロボット操縦資格を有する作業者が清掃作業中に下している各種判断の根拠を学習させたAIシステムなどを構築した場合、当該AIによる自動運転により清掃、点検を実施することも技術的には可能となる可能性が考えられる。しかし、調査を実施した範囲ではそのような取り組みは認められず、実現に向けては相当な技術的障壁を克服することが必要であるものと推察される。また、点検を実施しない期間中の保管方法についても、留意が必要である。飲料水と接触し続ける状態での保管は適当ではないことから、清掃、点検終了後は貯水槽外で保管することが必要となる。定期的な清掃、点検の代替技術とするためには、貯水槽外で保管されている水中清掃ロボットを、清掃が必要な時期に自動的に貯水槽内に移動させるとともに、清掃終了後に貯水槽から清掃ロボットを回収する設備も必要となる。これらのことを考慮すると、特定建築物における定期的な貯水槽の清掃、点検作業をデジタル技術で代替するのは現段階では現実的ではないものと考えられる。上述した技術、設備の開発が進んだ際には、現実的な選択肢となる可能性もあるため、技術開発動向に関する調査の継続が必要であるといえる。

D2. 水関連設備点検技術

近接目視と同等の評価を行うために必要な画像情報を取得できる技術として、点検ロボットや点検用ドローンなど多くの製品が開発、販売されていることが明らかとなった。調査対象とした製品の中にはサーマルセンサーやマイク等の集音装置を搭載した製品も存在しており、これらの装置から収集される情報も活用しながら点検を行うことで、異常検知の精度を向上させることが可能となっているものと考えられる。

また、点検支援技術についてはAIの活用に向けた技術開発も進展しており、一部の製品においては点検用ロボットで撮影された画像から異常箇所を検知することのできるシステムが実装されている。このような技術においては、上述したサーマルセンサーや集音装置等で収集された情報もAIの学習方法次第では活用することが可能となると考えられるため、今後は様々な点検項目において、異常の有無を判別できるAIが開発されていく可能性が期待される。

一方、現状においては、調査対象とした製品の大半が手動運転での運用を想定したものであった。すなわち、これらの技術を活用する場合においても、点検作業者が定期的に点検作業を実施するという状況が継続することとなる。そのため、現段階においては、デジタル技術の活用を通じた定期検査の見直しを実施できる段階にはないものと判断される。自走式の点検ロボットを自動型、もしくは自律型として運用できるようになった場合においても、点検経路の確保や異なる階への移動手段の確保などが課題として残るものと考えられる。建築物利用者の活動区域に侵入する必要性が生じる場合においては、利用者との接触事故等が生じないような対策も必要となるものと考えられる。また、ドローンを活用する場合においては、飛行計画の通報や飛行日誌の記載など、法的な対応が必要となる場合も想定される。建築物衛生へのデジタル技術の活用の一環として自動点検

ロボットの活用を検討する際には、これらの点に関しても留意が必要である。

E. 結論

特定建築物における水の衛生管理に活用できるデジタル技術として、水中で稼働できる清掃ロボット並びに貯水槽等水関連施設の点検に活用できる可能性のあるロボット等に関して調査を行った。水中で稼働できるロボットとしては、多くの製品が開発、販売されており、ロボットの技術水準としては活用可能な段階に到達しているものと考えられた。一方、現在販売されているロボットにおいては、点検作業者が手動で操作する製品が中心であり、デジタル技術による定期点検の代替手法として活用されることが想定されている製品は調査した範囲においては見つけられなかった。水関連設備点検技術に関しても、カメラに加え、サーマルセンサーや収音装置などを搭載した点検ロボットや点検ドローンが販売されていることが確認できた。しかし、これらの点検ロボット、点検ドローンにおいても、手動での操作が前提とされているものが主要であった。定期点検、清掃の代替手法としてこれらの製品を活用するためには、現段階では多くの障壁が残されているものといえる。

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) 道路橋定期点検要領（技術的助言）、令和 6 年 3 月、国土交通省 道路局
- 2) 道路トンネル定期点検要領（技術的助言）、令和 6 年 3 月、国土交通省 道路局
- 3) プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン Ver3.0、令和 4 年 4 月、石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議（総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省）
- 4) 一般社団法人日本水中ロボット調査清掃協会ホームページ、URL:
https://jwrca.or.jp/events/20190604_robot_nintei.html、令和 6 年 5 月 13 日閲覧

表1 水中清掃ロボットの例

No.	名称	メーカー	自動/手動	適用先	給電方式	備考
1	水中底面掃除ロボット CUV-40	広和株式会社	手動(有線遠隔 操作)	配水池など	有線ケーブル (AC 100 V)	有資格者が操 作
2	クリア A-1型	株式会社ア ークエンジ ニアリング	手動(有線遠隔 操作)	配水池など	有線ケーブル (AC 100 V)	有資格者が操 作
3	"ドルフィン バイオスター (バキューム式対応型)、ド ルフィン ジャイロ DX(低 水深プール対応型)、ドル フィン マクロ LED(壁面 清掃特化型)	株式会社ジ エイ・シ ー・イー・ オーバーシ ーズ	自動/手動(無 線遠隔操作)	流水地、養殖 水槽、排水処 理施設の貯水 槽など	有線ケーブル (AC 100 V)	自動起動制御 装置搭載 壁面清掃も可 能
4	水中調査清掃ロボット 水 中エニー	トピー工業 株式会社	手動(有線遠隔 操作)	配水池など	有線ケーブル (AC 100 V)	有資格者が操 作
5	水中清掃ロボット The Bull、Mini Bull	千代田商事 株式会社	手動(無線遠隔 操作)	土砂が堆積し た水中部分、 暗渠水路内、 水中構造物内	記載なし	
6	水中ドローン アクアブル ーH01	中里建設株 式会社	手動(無線遠隔 操作)	配水池、浄水 池をはじめ、 開口 60cm 以 上あるほとん どの施設	有線ケーブル	点検用の機材 (清掃機能な し) 複数のセンサ ー、カメラ等 を搭載
7	貯水槽清掃ロボット	株式会社 興和	手動(無線遠隔 操作)	配水池など	有線ケーブル	発電機でも起 動可

表 2 設備点検技術の例

No.	名称	メーカー	手動/自動	適用先	備考
1	床下・設備点検ロボット エニーライト	トビー工業株式 会社	手動遠隔操 作(有線/無 線)	瓦礫などの不整 地、床下や設備 内部など	
2	プラント自動巡回点検防 爆ロボット EX ROVR "ASCENT"	三菱重工	自動(巡回ス ケジュール に従う)	主に可燃性ガス がある危険場 (Zone1)、石油 プラント	可視カメラ、熱画像カメ ラ、ガス検知器、マイク等 を搭載
3	超狭小空間点検ドローン IBIS2	株式会社 Liberaware (リ ベラウェア)	手動遠隔操 作(無線)	下水道、煙突内 部、ボイラー、 蒸留塔内部など	狭小空間への進入が可能 電波が届かない場所への対 応技術あり 最大飛行時間は 11 分
4	点検・測量ドローン ELIOS 3	ブルーイノベー ション株式会社	手動遠隔操 作(無線)	プラント施設、 インフラ施設、 工場、船舶のド ックなど	4K カメラ、サーマルカメ ラ、距離センサーを搭載、 暗闇の中でも人による目視 点検と同等の検知が可能
5	アミューズワンセルフ社 製 「GLOW.H (グロウ.エ イチ)」、「GLOW.L (グ ロウ.エル)」	ソフトバンク株 式会社	手動遠隔操 作(無線)	マンションや商 業ビル、高所ビ ル、森林(現況点 検)、鉄塔や煙 突、架橋など	導入前のサポートからドロ ーン機器の手配、飛行の申 請、取得したデータの AI 自動分析やレポート管理を 受託
6	プラント点検用ドローン Rangle 5	ドローンスポー ツ株式会社	手動遠隔操 作(無線)	プラント、工場 など	点検に必要な機能を厳選し て搭載(低コスト化) 熟練技術者による現場点 検、現場管理、報告書作成 の受託も可能
7	壁面走行ロボットによる 外壁点検システム	高松建設株式会 社、青木あすな ろ建設株式会 社、非破壊検査 株式会社	有線で運用	ビルなどの建築 物	壁面を走行し、タイルの劣 化、損傷を検知 カメラユニットと打診シス テムを搭載
8	インフラ用狭小空間点検 ロボット moogle evo (モーグルエヴォ)	大和ハウス工業 株式会社	手動遠隔操 作(無線)	住宅等の狭小空 間、橋梁、共同 溝など	クラック幅自動判定機能搭 載

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
Kosuke Minakuchi, Koki Kikuta, Hisashi Hagiwara, Kenji Miyazaki, and <u>Motoya Hayashi</u>	Effective Method to Collect Indoor Floating Aerosols Using Cooling Equipment	Atmosphere	14(11)	1648	2023
山田裕巳, 本間義規, 阪東美智子, 林基哉	宿泊施設の衛生的環境に関する実態調査 住宅宿泊事業法施行期の長崎・京都・大阪における室内環境調査	日本建築学会環境系論文集	813	857-868	2023
浅岡凌, 海塩渉, 鎌直樹, 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1）：室内環境の2時点比較および感染症対策との関連	日本建築学会環境系論文集	808	547-555	2023
金勲, 阪東美智子, 小林健一, 下ノ 蘭慧, 鎌直樹, 柳宇, 菊田弘輝, 林基哉	接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策（その1）：建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況	日本建築学会環境系論文集	806	300-306	2023
<u>Motoya Hayashi</u> , Uyanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe	Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan	Atmosphere	14(1)	150	2023

赤松大成,森太郎,林 基哉,羽山広文	新型コロナウイルス感 染症流行下の寒冷地の 学校教室における室内 環境と換気代替手法の 評価	日本建築学会 環境系論文集	803	43-49	2023
林基哉	特集COVID-19を振り 返る 日本政府による 新型コロナウイルス感 染症のエアロゾル感染 対策	空気清浄	60巻5号	4-9	2023
Yanagi U	Fukushima, N.; Nagai, H.; Ye, H.; Kano, M. Bioaerosol Sensor for I n Situ Measurement: R eal-Time Measurement of Bioaerosol Particles i n a Real Environment and Demonstration of t he Effectiveness of Air Purifiers to Reduce Bi oaerosol Particle Conce ntrations at Hot Spots	Atmosphere.	14(11)	1656	2023

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官

(氏名・フリガナ) 阪東 美智子・バンドウ ミチコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官

(氏名・フリガナ) 開原 典子・カイハラ ノリコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 曾根 智史

次の職員の令和5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究

3. 研究者名 (所属部署・職名) 生活環境研究部・主任研究官

(氏名・フリガナ) 三好 太郎・ミヨシ タロウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

国立保健医療科学院長 殿

機関名 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5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 大学院工学研究院・特任教授
(氏名・フリガナ) 林 基哉・ハヤシ モトヤ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

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

国立保健医療科学院長 殿

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5年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業

2. 研究課題名 デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理基準の達成等に向けた検証研究(23LA1006)

3. 研究者名 (所属部署・職名) 建築学部・教授

(氏名・フリガナ) 柳 宇 ・ ヤナギ ウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。

・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

厚生労働大臣
—(国立医薬品食品衛生研究所長)— 殿
(国立保健医療科学院長)

機関名 国立大学法人東京工業大学

所属研究機関長 職 名 学長

氏 名 益 一哉

次の職員の令和5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) 国立大学法人東京工業大学・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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

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

令和 6年3月29日

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5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		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)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

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

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

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

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

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

6. 利益相反の管理

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

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