

令和6年度～令和7年度厚生労働科学研究費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
総括総合研究報告書

IoT、AI等の最新技術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 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生行政における空気環境、水質検査等の定期検査・点検規制については、令和4年12月21日公表の「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」において「新たな規制の在り方の検討」という方針が示されている。建築物衛生法における測定・検査・点検は測定技術者による現場立入調査が基本となるが、近年はIoTやセンシング技術の発展により、建築物環境衛生管理の人手不足や中小規模建築物の自主管理の可能性なども視野にこのような技術を活用すべきという声も上がっている。

本研究では、自動測定によるデータの精度を検証するとともに、自動測定で得られるデータを活用することによって、現行の測定方法よりも適切な維持管理ができるかを検証する。加えて、自動測定が既存測定と同程度以上の精度であると判断できる条件を明確化する。更に、自動測定が既存測定（手動測定）と同程度以上の精度であると判断できる条件（センサー精度、測定箇所、測定機器の校正の頻度等）を明確化することで、特定建築物のより適切な維持管理手法を確立することを目標とする。

本研究は全2年計画として、建物7施設10フロアに自動計測センサー（小型測定器）を設置し長期計測を行うと共に、冷暖房期には法定測定法による管理基準項目6項目の立入調査を行った。また、一部建物においてはBEMSデータ、測定技術者による報告調書を収集して、連続計測小型センサー及び法定立入調査結果と精度の比較検討を行った。建築物環境衛生管理に携わっている技術者を対象に、業務上負担の実情、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を設問するアンケート調査を行い、約500件の有効回答が得られた。アンケート結果から水質管理、空調及び空気環境の維持管理に関して解析を行った。また、最終年度にはAI画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システムの紹介とシステムによる汚れ度判定性能とスライム発生、レジオネラ属菌の発生有無に関して報告した。本研究では、下記項目に関する研究を実施した。

- ① 特定建築物の報告統計
- ② 室内環境に関する現場調査
- ③ 空気環境衛生管理に向けたIoTセンサー活用手法の検討
- ④ 空気環境管理に向けたBEMSデータ活用手法の検討
- ⑤ 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）
- ⑥ 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の維持管理）
- ⑦ AI画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

研究組織

研究分担者

鍵 直樹（東京科学大学）
海塩 渉（東京科学大学）
中野 淳太（法政大学）
増田 貴則（国土技術政策総合研究所）
三好 太郎（国土技術政策総合研究所）
下ノ菌 慧（国立保健医療科学院）

研究協力者

白根 和明（アズビル（株））
原山 和也（アズビル（株））
三浦 眞由美（アズビル（株））
吉村 太志（日本カノマックス（株））
内山 功（日本カノマックス（株））
東山 泰造（日本カノマックス（株））
小島 謙太郎（柴田科学（株））
檜山 功（柴田科学（株））
黒田 洋平（ダイキン工業（株））
笹井 雄太（ダイキン工業（株））
堂前 浩（ダイキン工業（株））
渡邊 大智（ダイキン工業（株））
平敷 勇（三菱電機（株））
関内 健治（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）
谷川 力（日本ペストコントロール協会）

A. 研究目的

昨今の人手不足に加えデジタル技術の発展により、建築物衛生法においても管理・点検・検査業務に対してデジタル技術を活用した効率化の検討が行われている。

建築物衛生行政における空気環境、水質検査等の定期検査・点検規制については、令和4年12月21日公表の「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」において

「新たな規制の在り方の検討」という方針が示された。

本研究は IoT/AI 技術を含む自動測定によるデータの精度を検証し、「現行の測定方法よりも適切な維持管理を行うことができるかどうか」、また「自動測定と既存測定（手動測定）が同程度以上の精度であると判断できる条件を明確化」することで、特定建築物のより適切かつ効率のよい維持管理手法を提案することを目的とする。

本研究では、空気環境、空気調和設備、給水等の衛生管理に関して、以下の事項を行う。

- ① これまで研究してきた自動測定手法、異常の判別基準及びその方法並びに精度管理方法のさらなる検証
- ② 現場調査
- ③ デジタル技術（IoT/AI 等）に関する国内外の文献調査及びメーカーとの情報交換、管理技術者向けアンケート調査等
- ④ 法令・通達等の改正に必要な科学的エビデンスの蓄積

B. 研究方法

本研究では2年計画として、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(22LA1010、R4～R5年度、代表：金勲)」から選別した温湿度・CO₂濃度センサー2種類、PM_{2.5}センサー2種類、また更に改良された Air Quality Sensor を用いた中長期間比較評価を行った。

また、特定建築物7件（宮崎県3件、関東圏4件）10フロアを対象に小型測定器の設置、空気環境6項目測定、化学物質濃度・浮遊微粒子個数濃度、上下温度分布に夏期及び冬期測定を実施した。

一部建物においては BEMS データ、測定技術者による報告調書を収集して、小型測定器及

び法定立入調査結果と精度の比較検討を行った。

また、建築物環境衛生管理技術者や建築物の環境衛生全般に関する維持管理に携わっている関係者を対象に、業務上負担の実情、業務効率化のためのデジタル技術の活用に関する認識と需要を設問するアンケート調査を行った。

最後に、AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システムの紹介とシステムによる汚れ度判定性能とスライム発生、レジオネラ属菌の発生有無に関して報告した。

B.1 特定建築物の報告統計

これまでの研究結果を踏まえて、厚生労働省から公表された全国の立ち入り調査のデータを用いた空気環境項目の不適率の最新動向について整理した。

B.2 室内環境に関する現場調査

特定建築物 7 施設 10 フロアに小型測定器を設置し、夏期及び冬期に建築物衛生法で定める従来の法定手法で空気衛生環境 6 項目（浮遊粉じん、CO、CO₂、温度、相対湿度、気流）を測定すると共に、化学物質濃度、浮遊粒子状物質濃度などの空気環境の測定を行った。

空気環境 6 項目の測定器 2 種類を用いて 2024 年秋期（10 月）、2025 年冬期（1～3 月）、2025 年夏期（8 月）と 2026 年冬期（2 月）の代表 1 日を選定して、各測定点にて 20 分間測定した。

更に、浮遊粒子状物質濃度は法的管理項目ではないが、PM_{2.5} を念頭に浮遊粒子状物質（Particulate Matter）の 6 粒径 0.3、0.5、1.0、3.0、5.0、>10 μ m に対して計測した。

長期計測用の小型測定器は二酸化炭素（以降、CO₂）濃度、温湿度、粒径 2.5 μ m 以下の微小粒子状物質（以降、PM_{2.5}）を対象にしている。

更に、温熱環境に関する最新の基準 ASHRAE55-2023 に準拠して室内温熱環境の特性を調査した。

B.3 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

特定建築物 7 施設 10 フロアに小型測定器を設置し、CO₂、濃度、温湿度、PM_{2.5} の中長期間の連続自動測定を行った。

CO₂ 濃度の自動校正機能の検証については、2 種の小型測定器に対して自動校正機能を On とした機器と Off とした機器を隣接させて設置した。

計測データは測定期間中の平日 9～17 時（12～13 時除く）の空気温湿度と CO₂ 濃度の特別集計値、基準値内時間率等で評価した。

現行測定と小型測定器の比較については、冷暖房期共に代表 1 日に現場立入による現行測定法に準じた空気環境 6 項目測定（現場立入測定）を実施するとともに、建築物衛生法の環境衛生管理基準に従い 2 か月以内ごとに 1 回測定技術者によって実施されている法定測定による報告結果を入手し、当該時刻の小型測定器の値と比較した。この比較には、現場立入測定若しくは法定測定の測定値に対して小型測定器の温度が ± 0.5 K、相対湿度が $\pm 5\%$ RH、CO₂ 濃度が ± 50 ppm 以内の値である場合に両者は同値であると見なし、全測定回数に対する同値である測定回数の比率（一致率）で評価した。

B.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

BEMS の環境衛生管理への活用を見据え、居住域・壁面（インテリア・ペリメータ）・還気ダクトの各所に設置されたセンサーの値の差異について検討してきた。また、居住域内における温湿度の空間分布について詳細な検討を行った。

関東地方で BEMS を導入したオフィス 3 棟を対象に、温度、相対湿度、CO₂濃度を測定した。BEMS センサーの設置箇所(居住域、壁面、還気ダクト)による違いや季節の影響を評価するため、居住域に設置したデータロガーの値を基準に、暖房期・冷房期・中間期を含む実データを分析した。

B.5 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

公益財団法人日本建築衛生管理教育センターの協力を得て、建築物環境衛生管理の有資格者である統括管理者及び空調給排水管理監督者を対象に自身の管理業務に従事する建築物等についてアンケート調査を行った。

設問内容は以下通りである。

- ・ 建築物の所在地
- ・ 建築物を管理していた時期
- ・ 業務内容（現場管理者や管理会社職員など）
- ・ 建物属性（用途、所有区分、使用状況、延床面積、階数、竣工年）
- ・ 設備概要（空調方式、水源、給湯方式）
- ・ 帳簿の作成、管理及び報告方法（電子・紙媒体）
- ・ 理想的な帳簿の作成、管理及び報告方法
- ・ 身体的、精神的、時間的な負担が大きな作業
- ・ 水の管理（検査実施頻度及び実施方法、検査に要する時間など）
- ・ 中央監視システムや BEMS（Building Energy Management System）の導入状況
- ・ 中央監視システムや BEMS の活用状況

本項では、水質管理業務に関する IoT 技術活用方針を検討することを目指し、水質検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査業務外部委託比率をとりまとめた。水質管理に関し

ては、1 年目 120 件、2 年目には 318 件の、計 438 件の有効回答が得られた。

B.6 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

アンケートでは「B.5 水質管理」と共に、空調及び空気環境の衛生管理に関する調査を行っている。1 年目の 181 件に加え、本年度は 318 件の有効回答が得られ、計 499 件に対する統計解析を行った。

B.7 AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

建築物衛生法では、空調機のドレンパン（排水受け）について使用開始時及び使用期間中 1 ヶ月以内ごとに 1 回、汚れ及び閉塞の状況の点検を行い、必要に応じて清掃及び換水等を行うこととしている。個別式空調やコンパクトエアハンなど小型空調機の普及により点検箇所の増大は現場に大きな負担となっている。

本項では、空調機排水受けの AI 画像解析システムによる汚れ度判定技術を紹介すると共に、システム設置建物におけるスライム発生及びレジオネラ属菌に関する調査結果を報告した。

C. 研究結果

C.1 特定建築物の報告統計

CO₂濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。一方、浮遊粉じん、CO、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、2024 年度は CO₂濃度の不適率が減少していたが、徐々に増加に転じ

ている。一方、温度、相対湿度の不適合率が2024年度には40%、60%と高い水準を維持しており、新型コロナウイルス感染症対策として換気量を増加させたことも一因と推察される。

C.2 室内環境に関する現場調査

特定建築物7件（宮崎県3件、関東圏4件）で10フロアを対象に小型測定器の設置、空気環境6項目測定、化学物質濃度・浮遊微粒子個数濃度の夏期及び冬期測定を実施し、以下の結果を得た。

(1) 空気環境管理項目6項目について環境測定器2種類を用いて2024年秋期(10月)、2025年冬期(1～3月)、2025年夏期(8月)と2026年冬期(2月)の代表1日を選定して、各測定点にて20分間測定した。

温度と気流はいずれの建物においても基準値内であったが、相対湿度は2025年冬期に5室、2026年冬期に2室において40%RHを下回っていた。また、窓面積率(窓面積/外壁面積)が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く27°Cを超えていた。

(2) ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値物質を中心に調査した。アルデヒド類、厚生労働省で指針値が定められている13物質、TVOCの暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過する建築物は無かったが、2E1Hについては1件の建築物以外で検出され、特に高濃度で検出された建築物もあった。

(3) 浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 に比べると低濃度であった。測定機器間の測定値平均の差は $0.0046 \pm 0.0049 \text{ mg}/\text{m}^3$ であった。IES-5000がModel-2100より若干高い値を示しているが、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 より1/12～1/250程度低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。

6粒径を対象にした浮遊粒子状物質(パーティクル)測定では、1.0 μm 以下の小さな粒子では全測定結果から室内濃度(IA)が外気(OA)より低い傾向を示した。10 μm 以上の粒子においては室内(IA)が外気(OA)より高くなる室が複数存在していた。粒径別のIO比平均も0.3、0.5、1.0、3.0 μm では $\text{IO}<1$ であったが、10 μm では $\text{IO}>1$ と高くなる傾向を示した。

(4) COの外気濃度は約0.1ppm、室内CO濃度も殆どが0.1ppm程度と外気濃度と大差なくいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。

CO₂に関しては外気濃度の平均は約400～500ppmに対して、室内濃度の全体平均は管理基準1000ppmを上回る建物が1年目、2年目共に1件ずつ存在した。換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられた。他の建物は1000ppmより低いレベルで管理されていたが、1000ppmに近い濃度で管理されている物件も複数存在していた。

機器による測定平均値の差は、COは $0.06 \pm 0.11 \text{ ppm}$ 、濃度差の範囲は0～0.6ppm、CO₂は $19 \pm 15 \text{ ppm}$ 、濃度差範囲は0～57ppmであり、校正による誤差等が考えられる。

(5) BEMSデータを建築物衛生管理に援用する可能性を踏まえ、空間の様々な位置での室内環境の代表性を検証した。高さ5点に温湿度計を固定したポールを6本用意し、0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.4～2.7mの位置で空気温湿度を測定した。いずれの建物でも、高さ1.1mにおける衛生管理基準の空気温度の範囲を満たしていた。しかし、条件によって特徴的な空間温度分布が観察され、0.1mと2.6mの温度差は5Kとなる建築物もあった。空間内の温度分布は季節、空調の吹き出し位置、空間構成、日射の状況、人員密度、部屋の広さ等の影響を受けることが明らかとなり、これら要因を十分に把握し

たうえで、室内の代表測定点を決定することが望ましい。

C.3 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

建築物衛生管理における自動計測センサー（小型測定器）の活用に向けて小型測定器による室内環境評価ならびに現行測定と小型測定器の結果を比較した。

CO₂ 濃度の自動校正機能の検証については、経時的に両者の差が大きくなる傾向が見受けられた。また、自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。小型測定器による冬期の室内環境評価については、基準値内時間率という指標により、現行測定よりも詳細な評価が可能となると考えられる。現場立入測定と小型測定器の比較では、冬期の相対湿度の一致率は 80%以上と高い結果であったが、空気温度と CO₂ 濃度の一致率はいずれも 50%以下であった。特に、冬期の CO₂ 濃度の一致率が低くなっているが、小型測定器による測定値が全体的に低い傾向が見られ、小型測定器の自動校正の値が 400ppm であることが一要因と考えられる。測定技術者による法定測定と小型測定器の比較では、一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂ 濃度が 24%であった。法定測定では、CO₂ 濃度の校正が成されていない可能性があり、一致率の低下の要因につながったと考えられる。

小型測定器を活用することで室内環境を詳細に評価可能となるほか、現行測定の課題（前室の測定の影響や CO₂ 濃度の校正）への対応が可能となる等の利点がある。なお、現場立入測定と小型測定器による比較では CO₂ 濃度は小型測定器の方が低い値となったが、自動校正値が 400ppm であることが要因と考えられ、近

年の大気中の CO₂ 濃度に合わせて校正することが望ましい。

C.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

関東地方で BEMS を導入したオフィス 3 棟を対象に、温度、相対湿度、CO₂ 濃度を測定した。BEMS センサーの設置箇所（居住域、壁面、還気ダクト）による違いや季節の影響を評価するため、居住域に設置したデータロガーの値を基準に、暖房期・冷房期・中間期を含む実データを分析した。

BEMS の高時間解像度データによって、環境基準を逸脱する場合の原因特定や、逸脱時間割合を指標とした詳細な環境評価が可能となった。空間・季節変動の分析では、冷房期や中間期の温湿度、および CO₂ 濃度は、センサーの設置箇所にかかわらず居住域の値を良好に捕捉もしくは推定できた。暖房期の温度には設置箇所による差異が、湿度にはセンサー個体差による一定のズレが見られたが、これらは特性を把握することで補正可能と示唆された。経年変化の検討では、温湿度の劣化は軽微であったものの、CO₂ センサーは 1 年間で約 100ppm の誤差が生じ、定期校正の重要性が示された。

BEMS を活用した管理手法は、人手不足が叫ばれる建築物衛生管理業界において、業務効率化に大きく寄与する。一方、実用化に向けては、①浮遊粉じん等、BEMS で通常取得しない管理項目への対応（測定頻度の緩和など）、②センサー未設置部屋が存在することに伴う管理単位の再考、③連続データに基づく評価指標の確立、④CO₂ センサー等の定期的な校正頻度の規定、という 4 つの課題を整備する必要がある。本研究の成果は、デジタル技術を活用した次世代の空気環境管理に向けた重要な第一歩となることが期待される。

C.5 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

水質管理に関しては、1年目 120 件、2年目 318 件、計 438 件の有効回答が得られた。

水質検査体制ごとの検査頻度及び検査項目ごとの検査業務外部委託比率をとりまとめた。アンケート調査は、両年度に渡って実施したが、いずれの年度の調査においても、調査対象とした水質項目(残留塩素濃度、濁度、色度(雑用水については外観)、pH)に関しては、いずれの項目においても、飲料水、雑用水を問わず、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。特に雑用水に関して、雑用水の用途に関わらず、比較的高頻度での検査が必要となる外観及び pH については、検査を外部委託している建築物においては 70~80%程度が不適合となっており、改善の余地が大きいことが明らかとなった。

自己測定にて検査を実施できる体制が構築されていない項目において、検査頻度の不適合率が上昇しやすくなっていることが明らかであるため、どのような測定項目において、外部委託率が高くなっているのかを調査した。検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度(外観)、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託されていた。

IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が高いことが明らかとなった。

C.6 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

空調及び空気環境の衛生管理に関する設問からは、1年目 181 件、2年目 318 件の計 499 件の有効回答が得られた。

管理している（または管理していた）建物の管理業務の期間は平均 10.1±10.2 年で、度数としては 2 年以下が最も多く、次いで 4~6 年、2~4 年の順となった。

業務内容としては、管理会社や部署の職員が 57%と最も多く、次に建物の現場管理者 33%、自社ビル管理会社(組合)職員が 4%であった。建物の主な用途は、事務所が 55%、店舗(百貨店) 13%、旅館・ホテル 5%、学校(研修所) 8%、興行場 5%、その他が 13%であった。

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン (PAC) 26%、排水受け_空調機 (AHU) 26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。また、飲料水_残留塩素濃度 21%、飲料水_貯水槽の点検 19%、ネズミ・衛生害虫等が 22%であった。

中央監視システム+BEMS の導入は 13%と少なく、中央監視システムのみ導入が 43%、両方導入無しも 27%あった。中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂ は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8~10%程度であった。

データの水管理への活用は貯水槽水量が 17%と最も高く、流量 13%、水質 10%、減水量申請 8%、水温 9%と全体的には空気環境より低い活用度となった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境 6 項目の測定などが挙げられる。

C.7 AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

結果として、AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。PAC（パッケージエアコン）4 系統共にスライムが発生していたが、レジオネラ属菌が検出されたのは2 台であり、スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。スライム発生リスクの高い代表機 1 台で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げるのが可能であり、AI 画像監視システム（カメラ）を設置する代表機としては在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。

D. まとめ

本研究では建築物衛生法においても管理・点検・検査業務に対してデジタル技術を活用した効率化の検討を目的にし、以下内容の研究を実施した。

(1) 特定建築物の報告統計

CO₂ 濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高く、上昇する傾向となった。それぞれが、省エネ法の改正、建築物衛生法の改正、東日本大震災の影響が示唆された。一方、浮遊粉じん、CO、気流、ホルムアルデヒドについては、低い不適率で推移している。

なお、新型コロナウイルス感染症による建築物衛生への影響として、2024 年度は CO₂ 濃度の不適率が減少していたが、徐々に増加に転じている。一方、温度、相対湿度の不適率が 2024 年度には 40%、60% と高い水準を維持している。

(2) 室内環境に関する現場調査

温度と気流はいずれの建物においても基準値内であったが、相対湿度は 2025 年冬期に 5 室、2026 年冬期に 2 室において 40%RH を下回っていた。また、窓面積率（窓面積／外壁面積）が大きい建築物において空気温度の平均値が最も高く 27℃ を超えていた。

ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針値物質調査からは、指針物質 13 成分及び TVOC の暫定目標値（400μg/m³）を超過する建築物は無かったが、2E1H については 1 件の建築物以外で検出され、特に高濃度で検出された建築物もあった。

浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度 0.15mg/m³ に比べると低濃度であった。測定機器間の測定値平均の差は 0.0046±0.0049 mg/m³ であったが、管理基準濃度 0.15mg/m³ よりも著しく低い濃度での測定となっているため、基準に対する測定精度の影響は小さいと考えられる。6 粒径を対象にした浮遊粒子状物質（Particulate Matter）測定では、0.3、0.5、1.0、3.0μm では IO<1 であったが、10μm では IO>1 と高くなる傾向を示した。

CO の外気濃度は約 0.1 ppm、室内 CO 濃度も殆どが 0.1ppm 程度と外気濃度と大差なくいずれも管理基準値に比べると低い水準であった。CO₂ に関しては外気濃度の平均は約 400～500ppm に対して、室内濃度の全体平均は管理基準 1000ppm を上回る建物が 1 年目、2 年目共に 1 件ずつ存在した。換気量に比べ在室人数が多いことが原因と考えられた。他の建物は 1000ppm より低いレベルで管理されていたが、1000ppm に近い濃度で管理されている物件も複数存在していた。機器による測定平均値の差は、CO は 0.06±0.11ppm、濃度差の範囲は 0～0.6ppm、CO₂ は 19±15ppm、濃度差範囲は 0～57ppm であり、校正による誤差等が考えられる。

BEMS データを建築物衛生管理に援用する

可能性を踏まえ、空間の様々な位置での室内環境の代表性を検証した。高さ 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m、2.4～2.7m の位置で空気温湿度を測定し、いずれの建物でも、高さ 1.1m における衛生管理基準の空気温度の範囲を満たしていた。しかし、条件によって特徴的な空間温度分布が観察され、0.1m と 2.6m の温度差は 5K となる建築物もあった。空間内の温度分布は季節、空調の吹き出し位置、空間構成、日射の状況、人員密度、部屋の広さ等の影響を受けることが明らかとなり、これら要因を十分に把握したうえで、室内の代表測定点を決定することが望ましい。小型センサーは移動が比較的容易であり、室内温熱環境特性を踏まえて設置位置を決定することが、質の高い環境運用につながると考えられる。また、空間内温度分布に影響する要因に変化がないか、定期的に確認することが望ましい。

(3) 空気環境衛生管理に向けた自動計測センサーの活用手法の検討

CO₂ 濃度の自動校正機能を利用しない場合には 298ppm となる時間帯もあることから、測定の精度が低下している可能性がある。

小型測定器による冬期の室内環境評価については、基準値内時間率という指標により、現行測定よりも詳細な評価が可能となると考えられる。

現場立入測定と小型測定器の比較では、冬期の相対湿度の一致率は 80%以上と高い結果であったが、空気温度と CO₂ 濃度の一致率はいずれも 50%以下であった。測定技術者による法定測定と小型測定器の比較では、一致率は空気温度が 29%、相対湿度が 64%、CO₂ 濃度が 24%であった。

小型測定器を活用することで室内環境を詳細に評価可能となるほか、現行の法定測定の課題（前室の測定の影響や CO₂ 濃度の校正）への対応が可能となる等の利点がある。

(4) 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

BEMS の高時間解像度データによって、環境基準を逸脱する場合の原因特定や、逸脱時間割合を指標とした詳細な環境評価が可能となった。空間・季節変動の分析では、冷房期や中間期の温湿度、および CO₂ 濃度は、センサーの設置箇所にかかわらず居住域の値を良好に捕捉もしくは推定できた。

経年変化では、温湿度の劣化は軽微であったものの、CO₂ センサーは 1 年間で約 100ppm の誤差が生じ、定期校正の重要性が示された。

BEMS を活用した管理手法は、人手不足が叫ばれる建築物衛生管理業界において、業務効率化に大きく寄与する。一方、実用化に向けては、①浮遊粉じん等、BEMS で通常取得しない管理項目への対応（測定頻度の緩和など）、②センサー未設置部屋が存在することに伴う管理単位の再考、③連続データに基づく評価指標の確立、④CO₂ センサー等の定期的な校正頻度の規定、という 4 つの課題を整備する必要がある。

(5) 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（水質管理関連）

水質項目（残留塩素濃度、濁度、色度（雑用水については外観）、pH）に関しては、いずれの項目においても、飲料水、雑用水を問わず、検査を外部委託することにより、検査頻度が低下する傾向が認められた。特に雑用水に関して、雑用水の用途に関わらず、比較的高頻度での検査が必要となる外観及び pH については、検査を外部委託している建築物においては 70～80%程度が不適合となっており、改善の余地が大きいことが明らかとなった。

検査項目ごとの検査業務の外部委託比率に着目すると、残留塩素濃度については、検査を自己測定により実施している事例が主流であったものの、濁度、色度（外観）、pH に関しては、30%を超える建築物において、検査が外部委託

されていた。IoT 技術を活用して、これらの項目に関する自動水質管理を実施できる体制を構築することができれば、飲用水のみならず、雑用水の衛生管理水準の改善に資する可能性が高いことが明らかとなった。

(6) 建築物衛生管理へのデジタル技術の活用に関するアンケート調査（空調及び空気環境の衛生管理）

負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 55%と最も多く、清掃作業 38%、加湿装置の点検 28%、冷却塔・冷却水の点検 26%、排水受け_パッケージエアコン (PAC) 26%、排水受け_空調機 (AHU) 26%であった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。

中央監視システム+BEMS の導入は 13%と少なく、中央監視システムのみ導入が 43%、両方導入無しも 27%あった。中央監視や BEMS データの空気環境管理への活用としては、温度 44%、相対湿度 36%と高い活用度を示し、CO₂ は 19%、気流、CO、浮遊粉じんは 8~10%程度であった。

業務効率化において急務となっているのは帳簿管理の電子化であり、後は清掃作業、加湿装置や空調排水受けの点検、冷却塔・冷却水点検、そして空気環境 6 項目の測定などが挙げられる。

(7) AI 画像解析技術を用いた空調ドレンパン監視システム

AI 画像解析システムがスライムを検知している代表機がある階では、他の系統でもスライムが発生していることが確認された。スライムが発生してもレジオネラ属菌が必ず存在する訳ではないが、スライム発生がレジオネラ菌の発生リスクを高めることが確認された。スライム発生リスクの高い代表機 1 台で汚れ程度を早めに検知し、他の空調機も含め清掃を行うことでレジオネラ属菌の発生リスクを下げることが可能であり、AI 画像監視システム（カメ

ラ）を設置する代表機としては在室者が多い執務室などに設置されている空調機が望ましいと考えられる。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

1) 下ノ菌慧, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 金勲. 建築物環境衛生管理への小型連続測定器・BEMS の活用可能性に関する検証. 第 57 回空気調和・冷凍連合講演会; 2024.4.18-19; 東京. 同講演論文集. 20. p.147-152.

2) 海塩渉, 鍵直樹, 金勲, 下ノ菌慧, 中野淳太. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考 (第 3 報) ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気環境管理. 令和 6 年度空気調和・衛生工学会大会; 2024.9.11-13; 佐賀. 同学術講演論文集. p.117-120.

3) 金勲, 海塩渉, 鍵直樹, 中野淳太, 下ノ菌慧. 建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考 (第 4 報) 建築物環境衛生管理技術者の業務に関する認識調査. 令和 6 年度空気調和・衛生工学会大会; 2024.9.11-13; 佐賀. 同学術講演論文集. p.121-124.

4) 金勲, 下ノ菌慧, 増田貴則, 三好太郎, 鍵直樹, 海塩渉, 中野淳太. デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理の効率化に関する管理技術者の認識調査. 第 83 回日本公衆衛生学会総会; 2024.10.29-31; 札幌. 同抄録集. O21-2-2, pp.310

5) 金勲, 下ノ菌慧 他, デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 1 業務の効率化に関する認識調査、2025 年度公衆衛生学会総会講演集、静岡、2025.10、PA-21-01-3

6) 下ノ菌慧, 金勲 他, デジタル技術を活用した建築物衛生管理手法 その 2 小型測定器

による室内環境評価、2025 年度公衆衛生学会
総会講演集、静岡、2025.10、PA-21-01-4

7) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲、
建築物衛生法における建築物環境衛生管理手
法の再考（第 5 報）建築物衛生管理への小型測
定器の活用に向けた精度検証、2025 年度空気
調和・衛生工学会大会講演論文集、高松、2025.9、
pp.49-52

8) 金勲、下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、
建築物衛生法における建築物環境衛生管理手
法の再考（第 6 報）建築物環境衛生管理技術者
のデジタル技術活用に関する認識調査、2025
年度空気調和・衛生工学会大会講演論文集、高
松、2025.9、pp.53-56

9) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲、
建築物環境衛生管理への小型測定器の活用に
向けた CO2 濃度の自動校正の検討、第 58 回
空気調和・冷凍連合講演会、2025.04、東京、
pp.49-52.

「総説」

1) 下ノ菌慧、海塩渉、鍵直樹、中野淳太、金勲.
デジタル技術を活用した建築物環境衛生管理
の効率化の検討. 病院設備. 2024;66(4):34-37
(報告)

2) 海塩渉、鍵直樹、金勲、下ノ菌慧、中野淳太.
建築物の空気環境管理における BEMS 活用の
可能性. 病院設備. 2024;66(4):38-41 (報告)

3) 海塩渉. BEMS の建築物環境衛生管理への
活用可能性の検討. 空気清浄. 2026;63(5):11-17
(報告)

4) 下ノ菌慧. 建築物環境衛生管理への小型測
定器の活用可能性の検討. 空気清浄.
2026;63(5):18-22 (報告)

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

該当なし。