

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 国立保健医療科学院 上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法の空気環境に関しては、「浮遊粉じん、一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO₂)、温度、相対湿度、気流速度」に対して2ヶ月以内ごとに1回(1年に6回以上)の測定が義務づけられている。給水に関しても項目によって測定義務が定められている。

測定は測定技術者による現場測定が基本となるが、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を行うことができるかどうかを検証する。加えて、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。

本年度は2年計画の2年目として、連続計測用小型センサーとして、温湿度・CO₂濃度センサー3種類、PM_{2.5}センサー2種類を選定し、特定建築物を対象に長期間比較評価を行った。建物10施設16室を対象に自動計測センサーの設置と法定測定法による管理基準項目6項目の立入調査を実施した。また、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。また、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った。建築物衛生管理におけるIoT技術の現状と動向把握として関連会社25社以上のヒアリング調査を行う、そのうち建築・設備・環境衛生関連12社、水管理関連の4社の内容を整理した。

本年度は、下記項目に関する研究を行いまとめた。

- 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小型測定器の活用手法の検討
- 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
- ⑥IoT技術を活用した建築物衛生管理技術の現状と動向

研究組織

研究分担者

樺田 尚樹 (産業医科大学)
鍵 直樹 (東京工業大学)
海塩 渉 (東京工業大学)
中野 淳太 (法政大学)
増田 貴則 (国立保健医療科学院)
三好 太郎 (国立保健医療科学院)
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))
近藤 純史 (ダイキン工業 (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。

本研究はIoT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な維持

管理手法を確立することを目的とし、以下4項目の研究を遂行した。

- ① IoTを活用した建築物衛生管理基準関連の計測技術に関する調査
- ② 自動測定と既存測定(手動測定)によるデータ精度、測定位置、代表性に関する比較検証
- ③ BEMSデータの活用手法
- ④ 建築物衛生管理基準に対する適切な測定方法及び維持管理手法に関する提案

また、本研究では空気環境6項目(浮遊粉じん、CO、CO₂、温度、相対湿度、気流)及び水管理(残留塩素濃度)など測定義務として頻度の高い項目を対象とした。

B. 研究方法

本年度は(2年計画の2年目)、連続計測用小型センサーとして、温湿度・CO₂濃度センサー3種類、PM_{2.5}センサー2種類を選定し、特定建築物における長期間の比較評価を行った。

本年度は10件(北海道2件、関東近郊6件、近畿圏2件)で16室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た。

また、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の、業務上負担の実情と、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把握する目的でアンケート調査を行った。

更に、IoT技術の建物設備衛生管理への活用、現状と動向に関する企業ヒアリング調査を実施し、そのうち建築・設備・環境衛生関連12社、水管理関連の4社の内容を整理した。

B.1 特定建築物の報告統計

厚生労働省から公表されている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合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

建物 10 施設（北海道 2 件、関東近郊 6 件、近畿圏 2 件）で 16 室を対象に小型測定器を設置して二酸化炭素（以降、CO₂）濃度、温湿度、粒径 2.5μm 以下の微小微粒子状物質（以降、PM_{2.5}）の連続自動測定を行っている。また、建築物衛生法で定める 6 項目に加え化学物質濃度、浮遊粒子状物質濃度及びエンドトキシン濃度の夏期及び冬期測定を実施した。

また、温熱環境の関する最新の基準 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小型測定器の活用手法の検討

10 件（北海道 2 件、関東近郊 6 件、近畿圏 2 件）で 16 室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測定を実施した。

3 種類の小型測定器の測定値比較ならびに小型測定器と建築物衛生法に準じた現場立入測定の測定値比較により、小型測定器の建築物衛生管理への利用可能性について検討した。対象項目は温度、相対湿度、CO₂ 濃度である。ここでは、①3 種の小型測定器の測定値比較、②小型測定器と現場立入測定の測定値比較、③温度・相対湿度・CO₂ 濃度の平面分布の測定、を実施した。

B.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

建築物の空気環境管理への Building Energy Management System (BEMS) データの応用可能性の検討にあたって、BEMS の空調関連データとして通常取得しているデータを整理し、建築物環境衛生管理基準の項目との比較を行った。

BEMS には温度、相対湿度、二酸化炭素 (CO₂) 濃度の 3 項目が取得されていたため、このデータを空気環境管理に応用できる可能性について検討した。

本年度は 2022 年度に実施した暖房期の調査に引き続き BEMS を導入している 3 棟のオフィスビルを対象に冷房期のデータ収集を行い、BEMS データの空気環境管理への応用可能性について検討を行った。対象ビルには、温度、湿度、CO₂ 濃度の連続測定データロガーを設置し、同時期の BEMS データの収集を依頼した。

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

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の、業務上負担の実情と、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把握する目的でアンケート調査を行った。回答で想定する管理建物としては「現在管理されているか、最近管理された特定建築物」とした。

B.6 IoT 技術を活用した建築物衛生管理技術の現状と動向

建築物の衛生管理に関するデジタル技術の動向と現状、計測器の使用状況、並びに IoT を活用した計測技術と事例調査を目的として、建築・設備・環境衛生関連企業、空調機・エアコンメーカー、測定機器メーカー、水質分析関連会社を対象にヒアリングを実施した。

C. 研究結果

C.1 特定建築物の報告統計

特定建築物の各環境要素について CO₂、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、2022 年度は CO₂ 濃度の不適率が大幅に減少する一方、温度及び相対湿度は上昇している。CO₂ 濃度の不適率が最も高かった 2017 年度は CO₂、温度、湿度の不適率がそれぞれ 27.7%、31.9%、57.2%であったが、2022 年度は 12.5%、36.4%、60.2%と CO₂ 濃度は大幅に減少している反面、温度と相対湿度は過去最高値を更新した。

原因は新型コロナウイルス感染症防止対策として、換気量を増強したことによるものと考えられる。

C.2 室内環境に関する現場調査

(1) 10 件の建物概要として立地・竣工年月・延床面積・階数・軒高・構造のほか、外皮断熱仕様や空気調和設備を整理した。

(2) 空気環境管理項目 6 項目のうち、温度、相対湿度、気流について現場立入測定を実施した結果を示した。2 種の空気環境 6 項目測定器（ビル管セット）を用いて各室 15～30 分間測定した。ガラス面積率が大きい建築物においては夏期に 28℃ を超過する場合があり、冬期は相対湿度が 40%RH を下回る建築物もある。2 種の空気環境 6 項目測定器の差の平均値は温度が 0.3K、相対湿度が 4%RH、気流が 0.02m/s であり、相対湿度は測定機器によって 40%RH の適・不適合が分かれる建築物もあったことから、精度管理が重要である。

(3) 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。TVOC 暫定目標値（400 μ g/m³）を超過する建築物が 1 件のみあったが、個別物質はそれぞれの指針値以下であった。

(4) 浮遊粉じん濃度及び浮遊粒子状物質 6 粒径の計測結果を報告した。浮遊粉じんはいずれの建物も管理基準濃度 0.15mg/m³ に比べると低濃度であり、計測機器間では平均 0.0058 \pm 0.0068 mg/m³ の差が見られた。

6 粒径浮遊粒子状物質では、全体的に 1.0 μ m 以下の小さな粒子では室内濃度（IA）が外気（OA）より低い傾向が見られる一方、5 μ m 以上の粒子においては室内（IA）が外気（OA）より高くなる室がより増える傾向を示した。

(5) CO の外気濃度は約 0.1 ppm、室内 CO 濃度も 0.1ppm 程度と大差なく、室内 CO 濃度は外気由来によるものと判断された。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平均 400ppm 程度に対して、室内平均は 389～989ppm 程度と管理基準 1000ppm を上回る建物はなかった。

機器による測定平均値の差が見られ、CO は 0.03 \pm 0.05ppm、濃度差の範囲は 0～0.02ppm、CO₂ は 38 \pm 24ppm、濃度差範囲は 0～87ppm であった。

(6) 室内濃度平均は 2～3EU/m³、濃度分布は定量限界以下～10EU/m³ 程度まで幅広い。既往研究の室内濃度は 1.0 EU/m³ 以下が多い結果に比べやや高い濃度となった。外気の湿度が高く、雨天の日は外気 ET 濃度が高い傾向が見られた。

(7) ASHRAE（アメリカ暖房冷凍空調学会）の ASHRAE 55 の最新版（2023 年）の文献調査を行い、5 件の建築物において ASHRAE 55 に準拠した温熱環境評価を行った。旧版（2020 年版）から「居住者の温熱調整レベル」が追加され、パーソナル空調など個人による温度調節を前提とした空調システムが導入されている場合は 2023 年版に基づいて評価する必要があ

る。結果、室中央のインテリアと窓近傍のペリメータを比較したときに、大差が見られない建物がある一方、ペリメータで上下温度差が大きくなり、放射環境の分布が大きくなる建物も見られた。空調設備のほか外皮断熱性能も把握する必要がある。

C.3 空気環境衛生管理に向けた小型測定器の活用手法の検討

(1) 2023年夏期(6~8月)と2024年冬期(12~2月)の室内環境評価を行った結果を示した。3種の小型測定器の比較では、相対湿度は他の小型測定器と比較して5%RH以上差が生じる小型測定器があるほか、経年的に測定値が上昇する小型測定器が見られたことから、定期的な交換・校正の必要性が示された。

CO₂濃度は自動校正機能が搭載された2機種 of 測定値が約1年経過後も100ppm以上の差が生じていた。一方、測定初期にCO₂濃度が低く測定されるよう校正されていた場合には自動校正機能は有効に働くことも示されたことから、自動校正の方法やタイミングを十分に検討した上で有効に活用できる可能性も示された。

夏期・冬期の室内環境評価では、平日9~18時の室内環境ヒストグラム・特別集計値・空気線図・建築物環境衛生管理基準値内である時間率を示した。現行の建築物衛生法では午前と午後1回ずつ空気環境6項目測定を実施するが、小型測定器を利用することで多様な評価が可能となる。特に、建築物環境衛生管理基準値内である時間率は適合・不適合のみではなく、適合である時間率という評価が可能であり、建築物間の評価も可能となると考えられる。

(2) 第2章に示した現場立入測定の結果を用いて小型測定器と比較するとともに、建築物衛生法の環境衛生管理基準に従って2か月以内ごとに1回実施されている測定(法定測定)に

よる測定値が入手できた5件の特定建築物では比較結果を示した。

本研究で測定した建物において、相対湿度は約90%の一致率であったが、ガラス面積率が大きい建築物では夏期温度の一致率が低下する。また、室内最低CO₂濃度が400ppmまで下がらない状況下でCO₂濃度の自動校正機能が稼働すると一致率が低下する課題が見られた。また、比較的大平面な建築物においては測定点によっても結果が大きく変わることから、これらの点に留意する必要がある。

(3) 屋外では微小粒子状物質(PM_{2.5})の大気環境基準が設けられているが、建築物衛生法では浮遊粉じんだけとなっている。PM_{2.5}はほぼ100%肺胞まで到達するため健康への影響も大きいことから、室内環境で適用できる小型連続測定機器の調査ならびにその計測値の比較を行った。室内PM_{2.5}濃度の測定に際しては測定精度、換算係数の設定、2.5μmカットを行わない測定機器、校正の方法等に関して適切なものを選択する必要性が示唆された。

C.4 空気環境管理に向けたBEMSデータ活用手法の検討

冷房期において、①温度は居住域と壁面(インテリア・ペリメータ)、還気ダクトに設置されたセンサーで近い値を取るため、空気環境管理に利用できる可能性が高いこと、②相対湿度は一貫した結果が得られないこと、③CO₂濃度は空間的に大きく離れた還気ダクトに設置されている場合でも居住域と近い値を取ることが示唆された。

また、時系列データによる検討の結果、温度は朝の冷房立ち上がり時に高く、特に建物を使用していない連休明けに管理基準の逸脱に注意が必要であることが示された。また、暖房期に比べて、冷房期の相対湿度の逸脱時間割合は

小さかったことから、夏季の高湿度環境よりも冬季の低湿度環境に注意を払う必要がある。

以上より、冷房期の温度とCO₂濃度については空気環境管理への活用が可能であると考えられるが、相対湿度の活用は難しいと考えられる。これは暖房期と同様の傾向であった。今後は暖房期を含む年間を通じた検討によって、季節や空調方式（床吹出 or 天井吹出）等の違いを考慮しつつ、BEMS 活用可能性について更に検討を深めるとともに、活用する場合の注意点を整理していく必要がある。

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

(1) 管理業務の期間は平均 8.3±1.2 年で、度数としては 4～6 年が最も多く、10 年以下が大多数を占めていた。業務内容としては、管理会社や部署の職員が 48%と最も多く、次に建物の現場管理者 39%、自社ビル管理会社（組合）職員が 8%であった。建物の主な用途は、事務所が 64%、店舗（百貨店）13%、旅館・ホテル 5%、学校（研修所）10%、興行場 2%、その他が 7%であった。

(2) 中央監視システム+BEMS の導入は 17%と少なく、中央監視システムのみ導入が 45%、両方導入無しも 24%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 47%、相対湿度 41%と両項目がやや高い活用度を示した。

(3) 負担が大きな業務内容として、帳簿の管理と報告が 64%と最も多く、ネズミ・衛生害虫等が 30%、飲料水_貯水槽の点検が 28%、次いで冷却塔・冷却水の点検／加湿装置の点検／排水受け_空調機（AHU）／清掃作業がそれぞれ 26%の回答があった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。帳簿関連業務は管理技術者が自分で行う業務であり、空気環境の測定や水質検査などは委託が多いことが原因と考え

られる。帳簿関連業務に関しては電子ファイルも認められているが、未だに紙媒体が多く、特に行政報告は紙が 75%、紙・電子媒体両方が 25%と電子媒体のみは 0%であり、業務方式の改善が必要である。

(4) 水の衛生管理関連では、残留塩素濃度、濁度、色度、pH といった項目において、建築物衛生法で規定された検査頻度を上回る頻度で検査を実施しているとの回答が一定数得られた。これらの項目に関しては、連続測定技術の導入による検査費用削減効果が大きくなるものと考えられる。一方、官能検査による評価が必要となる味、臭いなどは採取作業が必須であるが、採水にかかる作業負荷の低減は限定されたものと考えられる。建築物衛生法で定められている頻度を満足している範囲において適切な検査頻度を改めて検討していくことが必要となるものと考えられる。

C.6 IoT 技術を活用した建築物衛生管理技術の現状と動向

(1) 空調設備に関しては BAS、BEMS の導入とそれに伴う設備側の管理・運用の自動化は進んでいるが空気環境の衛生に関連するデジタル化は実例が少なかった。空調機やエアコンのドレンパンの監視に関しては需要が高いことから固定カメラ+AI 判読による汚れ度判定技術が開発・普及しつつある。

(2) 空気環境の管理項目 6 項目のうち、温度・湿度・CO₂ は建物や設備側で連続モニタリングされることも多く、法定測定の代用の可能性がある一方、浮遊粉じん、CO、気流速度は連続測定には向かない認識が多かったが、空調機メーカーで 6 項目同時測定用の小型環境測定器の開発に取り組んでいた。センサー精度の確保と校正に関しては、メンテナンスと校正が必要である認識は共通しており、CO₂ センサーの場合は 1 年に 1 回以上は勧められていた。6 項目

同時測定の実績も、現在の人手によるデータ管理がメインとなっているが、各メーカーは無線やクラウド通信によるデータ収集と統一フォーマット、自動化されたデータ処理の必要性については共感があった。

(3) 冷却塔・冷却水においては、現状では薬注の自動制御が行われている他のデジタル化は難しいという評価が多かった。

(4) 建築物衛生法における帳簿管理の効率化と電子化も必要とされている。スマートフォンで撮影した画像をAIで解析し、メーター検診と台帳管理を行うサービスは建築・設備・ビルメンテナンス業界からの導入依頼も多かったようで、効率化に加え、人的ミス、間違い（誤検針と誤請求）を減らしたいというニーズが強いそうである。

(5) 清掃業では人手不足が深刻で清掃ロボットの導入がかなり進んでいた。ロボットは上下階移動、平面レイアウトによっては効率が低下、通行の妨げ、などが課題として挙げられた。また、現場配置の人員が足りないことから、新人教育や現場監視にデジタル技術を駆使した遠隔システムを活用するケースも増えている。

(6) 水管理の測定項目については、必要となる検査頻度が高く、かつ連続測定技術が確立している残留塩素濃度については、ヒアリングした全企業が連続測定装置を取り扱っていた。販売されている連続測定装置には、定期検査項目である濁度、色度、pHに加え、電気伝導率や水温、圧力といった項目も同時測定できるものが含まれていた。原理的に連続測定が可能な項目については、適用可能な技術がすでに開発・販売されていることが明らかとなった。

一方で、味や臭いといった官能分析による評価が必要な項目に関しては、技術開発の途上であり、現段階で実用可能な技術を有しているとの回答は得られなかった。適用先に関しては、上水道関連施設、簡易水道、地下水などで、特

定建築物への導入事例は少ない。校正頻度に関しては、月1回程度の校正は最低限必要となるとの回答が主流であった。

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

2022年度は12.5%、36.4%、60.2%とCO₂濃度は大幅に減少している反面、温度と相対湿度は過去最高値を更新した。

CO₂濃度、温度、相対湿度の不適率の経年変化は、いずれも値が高い傾向にあった。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。

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、2022年度はCO₂濃度の不適率が大幅に減少する一方、温度及び相対湿度は上昇している。

② 室内環境に関する現場調査

空気環境6項目に関しては2種類の6項目同時測定器（ビル管セット）を用いて測定した。ガラス面からの影響が大きい建築物においては夏期に28°Cを超過する場合があります。冬期は加湿不足により相対湿度が40%RHを下回る建築物がある。2種の測定器の差の平均値は温度が0.3K、相対湿度が4%RH、気流が0.02m/sであり、相対湿度は測定機器によって40%RHの適・不適合が分かれる建築物もあった。

ホルムアルデヒドを含む厚生労働省の指針物質13物資で指針値を超える成分はなかった。

浮遊粉じん濃度はいずれの建物でも管理基準値を大きく下回っている。6粒径浮遊粒子状物質では、全体的に1.0μm以下の小さな粒子では室内濃度が外気より低い傾向が見られる一

方、5 μm 以上の大きな粒子においては在室者の影響によって室内が外気より高い室が増える傾向を示した。

室内 CO 濃度は 0.1ppm 程度と殆どが外気由来によるものと判断された。CO₂ に関しては、外気濃度平均 400ppm 程度に対して、室内平均は 389~989ppm 程度と管理基準 1000ppm を上回る建物はなかった。機器のよる測定平均値の差が見られ、CO は 0.03 \pm 0.05ppm、濃度差の範囲は 0~0.02ppm、CO₂ は 38 \pm 24ppm、濃度差範囲は 0~87ppm であった。

エンドトキシンの室内濃度平均は 2~3EU/m³、濃度分布は定量限界以下~10EU/m³程度まで幅広かった。既往研究の室内濃度は 1.0 EU/m³以下が多い結果に比べやや高い濃度となった。

ASHRAE 55 に準拠した温熱環境評価を行った。結果、室中央のインテリアと窓近傍のペリメータを比較したときに、大差が見られない建物がある一方、ペリメータで上下温度差が大きくなり、放射環境の分布が大きくなる建物も見られた。空調設備のほか外皮断熱性能も把握する必要がある。

③ 空気環境衛生管理に向けた小型測定器の活用手法の検討

3種の小型測定器の比較では、相対湿度は他の小型測定器と比較して 5%RH 以上差が生じる小型測定器があるほか、経年的に測定値が上昇する小型測定器が見られた。

CO₂濃度は自動校正機能が搭載された2機種 of 測定値が約1年経過後も 100ppm 以上の差が生じていた一方、自動校正が有効に機能するセンサーもあることから自動校正の方法やタイミングを十分に検討した上で有効に活用できる可能性も示された。

小型測定器を利用することで多様な評価が可能となり、定点における適合・不適合のみではなく、適合時間率などの評価や建物性能とい

った建築物間の評価も可能になると考えられる。

現場立入測定、小型測定器測定と共に、2ヶ月に1回以上の法定検査結果が得られた5件の建築を比較した。相対湿度は約 90%の一致率であったが、ガラス面積率が大きい建築物では夏期温度の一致率が低下し、室内 CO₂ の最低濃度が 400ppm まで下がらない環境下では自動校正機能でむしろ一致率が低くなるという課題が見られた。また、比較的大平面的な建築物においては測定点によっても結果が大きく変わることがあった。

建築物衛生の管理項目ではないが健康影響への重要性から、室内環境で適用できる PM_{2.5} 小型連続測定機器の調査ならびにその計測値の比較を行った。測定精度、換算係数の設定、2.5 μm カットを行わない測定機器、校正の方法等に関して適切なものを選択する必要性が示唆された。

④ 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

温度は居住域と壁面（インテリア・ペリメータ）、還気ダクトに設置されたセンサーで近い値を取るため、空気環境管理に利用できる可能性が高いこと、相対湿度は一貫した結果が得られないこと、CO₂濃度は空間的に大きく離れた還気ダクトに設置されている場合でも居住域と近い値を取ることが示唆された。

冷房期の温度と CO₂濃度については空気環境管理への活用が可能であると考えられるが、相対湿度の活用はまだ課題があると考えられる。

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

中央監視システム+BEMS の導入は 17%と少なく、中央監視システムのみ導入が 45%、両方導入無しも 24%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

47%、相対湿度 41%と両項目がやや高い活用度を示した。

負担が大きき業務内容として、帳簿の管理と報告が 64%と最も多く、次にネズミ・衛生害虫等が 30%、飲料水_貯水槽の点検が 28%、次いで冷却塔・冷却水の点検／加湿装置の点検／排水受け_空調機（AHU）／清掃作業がそれぞれ 26%の回答があった。空気環境 6 項目の測定は 23%であった。

水の衛生管理関連では、残留塩素濃度、濁度、色度、pH といった項目において、建築物衛生法で規定された検査頻度を上回る頻度で検査を実施しているとの回答が一定数得られた。味、臭いなどは採取作業が必須であるが、採水にかかる作業負担の低減は限定されたものと考えられる。建築物衛生法で定められている頻度を満足している範囲において適切な検査頻度を改めて検討していくことが必要となるものと考えられる。

⑥ IoT 技術を活用した建築物衛生管理技術の現状と動向

空調設備に関しては BAS、BEMS の導入とそれに伴う設備側の管理・運用の自動化は進んでいるが空気環境の衛生に関連するデジタル化は実例が少なかった。空調機やエアコンのドレンパンの監視に関しては需要が高いことから固定カメラ+AI 判読による汚れ度判定技術が開発・普及しつつある。

温度・湿度・CO₂は建物や設備側で連続モニタリングされることも多く、法定測定の代用の可能性がある一方、浮遊粉じん、CO、気流速度は連続測定には向かない認識が多かった。

センサー精度の確保と校正に関しては、メンテナンスと校正が必要である認識は共通していた。

冷却塔・冷却水においては、現状では薬注の自動制御が行われている他のデジタル化は難しいという評価が多かった。

建築物衛生法における帳簿管理の効率化と電子化も必要とされていた。こちらは、効率化に加え、人的ミス、間違い（誤検針と誤請求）を減らしたいというニーズが強かった。

清掃業では人手不足が深刻で清掃ロボットの導入がかなり進んでいた。ロボットは上下階移動、平面レイアウトによっては効率が低下、通行の妨げ、などが課題として挙げられた。

水管理の測定項目については、残留塩素濃度や濁度、色度、pH、電気伝導率や水温、圧力といった項目も同時測定できるものが含まれていた。一方で、味や臭いといった官能分析に関連する項目は技術開発の途上であり、現段階で実用可能な技術は確認できなかった。また、導入先は上水道関連施設、簡易水道、地下水などで、特定建築物への導入例は少なかった。校正頻度に関しては、月 1 回程度の校正は最低限必要となるとの回答が主流であった。

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事例が増えていることが確認された。

関連しては、報告書の自動作成など、建築物衛生分野でも IoT 技術を駆使した技術が開発され、実際にサービスを提供している企業も増えており、人員削減・コスト削減の観点から自動調査・自動測定の技術の建築物衛生管理への適用が期待できる。

一方で、現場技術者の業務負担としては帳簿関連が最も大きかったが、未だに紙媒体を使用することが多く、特に行政報告は紙が 75%、紙・電子媒体両方が 25%と電子媒体のみは 0%であり、業務方式の改善が必要であることが浮き彫りとなった。

E. 健康危険情報

該当なし。

F. 研究発表

1) 金 勲、下ノ 藺 慧、増田 貴則、三好 太郎、
鍵 直樹、海塩 渉、中野 淳太、樺田 尚樹、建
築物衛生法の空気環境衛生管理に向けた小型
連続測定センサーの活用に関する検討、第 82
回日本公衆衛生学会総会；2023.10.31-11.2；つ
くば. 抄録集 O-21-1-5、p. 319.

2) 金勲、鍵直樹、富田怜、海塩渉、下ノ
藺慧、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 1 報）建築物環
境衛生管理におけるデジタル技術の活用及び
小型 CO₂ センサーの精度. 令和 5 年度空気調
和・衛生工学会；2023.9.6-8；福井. 同学術講
演論文集. E-46 p.185-188.

3) 海塩渉、鍵直樹、富田怜、金勲、下ノ
藺慧、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 2 報）空気環境
管理へのビルエネルギーマネジメントシステ
ム活用手法の検討. 令和 5 年度空気調和・衛生
工学会；2023.9.6-8；福井. 同学術講演論文集.
E-47 p.189-192.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

該当なし。