

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

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た。そのための研究内容は以下の4項目と設定している。

- (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討
- (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

本研究では2022年度～2023年度の2年間、下記項目に関する研究を遂行した。

- 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水の衛生管理の実態調査とIoT技術活用可能性に関する検討
- ⑥IoT技術を活用した建築物衛生管理技術のヒアリング調査及びデジタル技術の活用に関するアンケート調査

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種類を対象に長期間比較評価を行った。2022年度は建物7施設（11フロア）に自動計測センサーを設置し、6施設9フロアに対して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。2023年度は建物10施設16室に自動計測センサーを設置するとともに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。

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。

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、気流速度が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。特に測定頻度の高い、空気

環境の6項目、水質の塩素濃度に関しては自動測定の必要性や要求があることから技術開発が進んでいる。

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

特に、空気環境6項目 (浮遊粉じん、CO、CO₂、温度、相対湿度、気流) 及び水質 (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

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種類を対象に長期間比較評価を行った。

2022年度は建物7施設 (11フロア) に自動計測センサーを設置し、6施設9フロアに対して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。2023年度は建物10施設16室に自動計測センサーを設置し、6施設9フロアに対して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。

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

2022 年度は建物 7 施設（11 フロア）に小型連続測定器を設置し、6 施設 9 フロアに対して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。2023 年度は建物 10 施設 16 室に小型測定器を設置するとともに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。対象建物及び設備に関する情報は担当者へのヒアリングや建築図面から収集した。

現場立入測定では空気環境の管理項目 6 項目を同時に測定できる 2 種類の環境測定モニター（ビル管セット）を用いて、建築物衛生法で定める測定項目に加え、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測定を行った。

また、小型連続測定器を設置して二酸化炭素（CO₂）濃度、温湿度、粒径 2.5 μ m 以下の微小粒子状物質（PM_{2.5}）の連続自動測定を行っている。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小型測定器の活用手法の検討

小型連続測定器（温度、相対湿度、CO₂ 濃度）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。初年度は 4 種のセンサー、2 年目は 3 種のセンサー間の比較を行った。

ここでは、①複数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、などを実施した。

初年度は 6 件（北海道 2 件、関東近郊 6 件）で 9 室、2 年目は 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している。

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。

関東地方に所在し、BEMS を導入している 3 棟のオフィスビルを対象とした。3 棟とも、空調機 Air Handling Unit (AHU) を基本とした空調方式であった。窓は閉状態で運用されていた。A, F ビルは OA フロアを利用した床吹出・天井吸込であり、E ビルのみ天井吹出・天井吸込であった。

B.5 水の衛生管理の実態調査とIoT技術活用可能性に関する検討

(1) 水の衛生管理における実態調査

全国の特定制建築物の統括管理者(グループA)並びに空調給排水管理者(グループB)に対して、水の衛生管理の実態に関するアンケートを実施した。

(2) 自動測定及び連続測定が可能な水質測定技術の動向に関する調査

水質分析装置を販売している企業4社に対してヒアリングを実施した。ヒアリングでは、各社が販売している水質の連続測定が可能な装置の測定項目、各測定装置において想定されている適用先、出力・通信機能、正確な測定のために必要な校正頻度、並びに建築物の衛生管理への導入状況に関して情報を収集した。また、自動測定及び連続測定が可能な水質測定技術の開発動向に関する調査を行った。調査対象は飲料水管理において検査対象の項目となる指標のうち、6ヵ月毎に1回以上の検査が必要となる項目とした。

(3) BEMSデータを活用した水の衛生管理手法の検討

BEMSデータを提供していただいた建物において集約対象となっていた項目のうち、上水流量に着目し、受水槽の水理学的滞留時間(hydraulic retention time: HRT)の評価に活用した。1時間毎の上水流量値が利用可能であった建築物を対象として、受水槽容量の聞き取りを行い、受水槽におけるHRTを算出した。

B.6 IoT技術を活用した建築物衛生管理技術のヒアリング調査及びデジタル技術の活用に関するアンケート調査

(1) IoT技術を活用した建築物衛生管理技術のヒアリング調査

空衛学会の関連委員会、ビルメンテナンス協会、建築衛生管理教育センターの協力の下、建

築・設備・環境衛生関連企業、空調機・エアコンメーカー、測定機器メーカーなどに対象にヒアリング調査を行った。本報告では、そのなかから12社の結果を纏めた。

ヒアリング内容は以下通りである。

- ① 保有又は活用している技術、製品、サービス
- ② 建築物衛生管理におけるデジタル技術の活用に係る課題
- ③ デジタル技術を活用した建築物衛生管理の見直しに向けた提案・要望
- ④ 無線(Bluetooth, Wi-fi, 5G)による計測結果収集の安定性、クラウドへのデータ集約とデータ解析の現状、データの解析とフィードバックの事例(AI、クラスター分析、手動)、等。

(2) デジタル技術の活用に関する認識調査

建築物環境衛生管理の有資格者を対象にアンケート調査を行った。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。

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)
- ・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、等を設問した。

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二酸化炭素濃度、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、一酸化炭素、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年度は二酸化炭素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。二酸化炭素濃度の不適率が最も高かった2017年度は二酸化炭素、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%と二酸化炭素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。原因は新型コロナ感染症防止対策として、換気量を増強した事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) 2種の空気環境6項目測定器を用いて現場立入測定を行った結果、ガラス面積率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。冬期は相対湿度が40%RHを下回る建築物も存在した。なお、夏期・冬期含めたすべての測定において2種の測定器の差の平均値は温度が0.2K、相対湿度3%RH、気流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、測定精度が重要である。

(2) TVOC (Total Volatile Organic Compounds) が暫定目標値(400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を超過する建築物が1件のみあったが、厚生労働省の指針となっている13物質については全て指針値以下であった。

(3) 浮遊粉じん濃度は、いずれも管理基準濃度0.15 mg/m^3 に比べて低濃度であった。計測機器によっては感度や測定周期の違いによる測定値に差が生じることが確認された。

6粒径を対象にした浮遊粒子状物質測定では、全体的に1.0 μm 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室内が外気より高くなる室がより増えた。1.0 μm 以下の細かい粒子はOA機器や個別式加湿器などの影響が考えられるが、殆どの場合、室内濃度は外気より低くなっており、外気濃度に追従して増減していた。

(4) COの外気と室内濃度は0.1ppm程度と大差なく、室内CO濃度はその殆どが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に関しては管理基準1000ppmを上回る建物はなく、いずれの建物も1000ppmより低いレベルで管理されていた。2022年度は外気濃度平均470ppm程度に対して、室内平均630~710ppm程度、2023年度は外気濃度平均400ppm程度に対して、室内平均は389~989ppmであった。

機器による測定値の差は、COは2022年度0.026 \pm 0.015ppm、2023年度測定では0.032 \pm 0.049ppmであった。CO₂濃度では2022年度75 \pm 40ppm、濃度差の範囲は4~141ppm、2023年度は38 \pm 24ppm、濃度差範囲は0~87ppmであった。

(5) 室内エンドトキシン濃度は検出限界以下~10EU/ m^3 超まで幅広く分布し、夏期より冬期の室内濃度平均がやや高くなっていった。平均濃度としても既往研究の1.0EU/ m^3 以下が多い結果に比べやや高い濃度となった。また、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。

(6) ASHRAE (アメリカ暖房冷凍空調学会)

の温熱環境基準である ASHRAE 55 の最新版の 2023 年版の文献調査を行い、ASHRAE 55 に準拠した室内温熱環境測定を行った。ASHRAE 55 の旧版（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。また、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。また、冬期は上下方向の空気温度や放射温度に大きな差が生じることもあるため少なくとも高さ 0.1m と 1.1m の 2 点、また水平方向にも室中央と最も大きい窓際の 2 点を計測することが望ましい。

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) 小型測定器の建築物衛生管理への適用可能性検討として性能の異なる 3 種の小型測定器を比較したうえで、小型測定器の設置の容易さから複数点に設置した時の平面分布を把握するとともに、連続測定が可能であることから 2023 年夏期（6～8 月）と 2024 年冬期（12～2 月）の室内環境評価と建築物環境衛生管理基準値内である時間率による年間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 100ppm 以上の差が生じていた。一方、自動校正機能が有効に働く例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ことも示さ

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・時別集計値・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、空調が稼働していない時期に建築物環境衛生管理基準値を逸脱する時間帯があった傾向を把握できた。

(2) 第 2 章に示した現場立入測定の結果と小型測定器と比較するとともに、2 か月以内ごとに 1 回実施されている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法定測定による測定値とも比較した。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の温度の一致率が低下した。また、室内の CO₂ 濃度が 400ppm まで下がらない環境下に設置された CO₂ 測定器は自動校正が稼働すると一致率が低下することが確認された。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があり、平面代表性についても留意が必要である。

(3) 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、2.5 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。

C.4 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

空間分布に関するデータ分析の結果、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が、空調ゾーニングや還気方式に注意が必要であること、②相対湿度は一貫した結果が得られず、空気環境管理への応用に向けたハードルが高いこと、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が、センサーの精度をいかに保つかが重要であることが示唆された。

時系列分析では、温度が朝の空調立ち上がり時に逸脱すること、特に建物を使用していない連休明けに注意が必要であることが示された。

以上より、温度とCO₂濃度については空気環境管理への活用可能性が示唆されたが、相対湿度の活用には課題があり、同時にBEMSでは通常測定されない浮遊粉じんやCO、気流の測定が必要であることを考慮すると、人的コストの削減に繋げることは現段階では難しい。

一方で、従来のスポット測定では得られない、時間的解像度の高いデータが得られるというBEMSセンサーの長所は積極的に活用すべきである。連続測定ができるため、管理基準を逸脱している場合の原因特定が容易になることは勿論、空気環境の良し悪しが「適合か不適合か」の2値ではなく、「どれだけの時間、基準を逸脱しているか」という時系列でも評価が可能となる。このBEMSの有意性を活用することで、建築物衛生法の目的である「公衆衛生の向上及び増進」への更なる貢献が期待される。

C.5 水の衛生管理の実態調査とIoT技術活用可能性に関する検討

(1) 衛生管理実態調査においては、残留塩素濃度、濁度、色度、pHといった検査項目において、建築物衛生法で規定されている検査頻度を上回る頻度で検査を実施している建築物が少なからず存在していることが明らかとなった。このような事例においては、IoT技術を活用した連続測定装置を導入した場合の検査費用削減効果が大きくなるものと考えられる。

(2) メーカーヒアリングにおいては、建築物衛生法で定期検査が必要であると規定されている水質測定項目のうち、残留塩素濃度、濁度、色度、pHに関しては、連続測定が可能な装置

がすでに多くのメーカーから実用化されていることが明らかとなった。特定建築物への導入に向けては、費用面や運用面の課題が残るものの、技術的な観点では連続測定の実施は可能である。一方で、味や臭いといった項目については、連続測定が可能な技術はいずれのメーカーからも実用化されていなかった。水質の自動測定、もしくは連続測定技術に関する技術開発動向を調査したところ、適用対象を上水道に限定しない場合、建築物衛生法にて定期検査が必要とされている項目に関しては、上述した味や臭いを含む多くの項目において自動、もしくは連続測定技術の研究、もしくは開発が進められていた。IoT技術の活用に向けて、連続測定のニーズが増加した場合には、実用化に向けた開発が加速する可能性が考えられる。

(3) BEMSデータの活用に関しては、取得した上水流量を活用して受水槽の滞留時間を評価したところ、上水使用量の少ない時間帯で滞留時間が過剰となっていたが、上水流量測定結果に基づく捨水を実施することで、過剰な滞留を軽減できる可能性が示された。

C.6 IoT技術を活用した建築物衛生管理技術のヒアリング調査及びデジタル技術の活用に関するアンケート調査

(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い。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され、導入事例もあった。この技術はコンパクトエアハンの加湿装置やドレンパンの監視にも活用例があった。

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った。浮遊粉じん、CO、気流速度

は連続測定に向いているセンサーがまだ開発されていない状況であった。センサー精度確保のために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回以上が勧められていた。

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。

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。

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。メーター検診と台帳管理の効率化に加え、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。

(2) 建築物環境衛生管理技術者などを対象に行ったアンケート調査では、管理業務の期間は平均 8.3±1.2 年で、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。

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。水管理への活用は項目毎に 2 割未満と高くはないが、貯水槽水量、流量、減水量申請、水温、水質などに活用しているところがあった。

管理技術者業務の効率化を考えると帳簿関連が最も需要が多く、他にはネズミ・衛生害虫、貯水槽の点検、冷却塔・冷却水・加湿装置の点検と空調のドレンパン点検などに需要があると判断される。

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%と、業務方式の改善が必要である。

D. まとめ

建築物環境衛生管理分野における人手不足や昨今の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が求められている。

本研究では 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、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的な維持管理手法を調べることを目的とした。

得られて結果及び知見を以下に纏める。

(1) 統計報告から、ここ 30 年間は特定建築物の空気環境 6 要素の中で 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、上昇する傾向にある。ただ、CO₂濃度、温度、相対湿度の不適率は 2017 年度 27.7%、31.9%、57.2%に対し、2022 年度は 12.5%、36.4%、60.2%と CO₂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。コロナ対策で換気が励行されたことが原因と見られる。

(2) 室内環境に関する現場測定から、夏期に 28°C を超過する場合があります、冬期は相対湿度が 40%RH を下回る建築物も存在した。CO₂に関しては管理基準 1000ppm を上回る建物はなく、いずれの建物も 1000ppm より低いレベルで管理されていた。浮遊粉じん、CO、気流、化学物質濃度は基準値や指針値より低く管理されていた。温熱環境では平面上の測定位置、上下温度さが生じる物件があり、特に冬期は上

下方向の空気温度や放射温度に大きな差が生じることもあるため少なくとも高さ 0.1m と 1.1m の 2 点、また水平方向にも室中央と最も大きい窓際の 2 点を計測することが望ましい。

(3) 小型測定器の比較では、相対湿度で 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 機種で約 1 年経過後 100ppm 以上の差が生じていた。一方、自動校正機能が有効に働く例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ことも示された。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 項目測定を実施し適合・不適合を判断するが、小型測定器を利用することで時系列の評価ができるなど、より多様な評価が可能となる。

法定測定による測定値と小型測定器との比較では、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の温度の一致率が低下した。また、室内の CO₂ 濃度が 400ppm まで下がらない環境下に設置された CO₂ 測定器は自動校正が稼働すると一致率が低下することが確認された。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があり、平面代表性についても留意が必要である。

(4) BEMS データは温度と CO₂ 濃度については空気環境管理への活用可能性が示唆されたが、相対湿度の活用には課題が示された。一方、BEMS では通常測定されない浮遊粉じんや CO、気流などの項目があることは課題である。更に、従来のスポット測定では得られない、時間的解像度の高いデータが得られるという BEMS センサーの長所は公衆衛生の向上及び増進の面からも積極的に活用すべきである。

(5) 水質測定項目のうち、残留塩素濃度、濁度、色度、pH に関しては、連続測定が可能な

装置がすでに多くのメーカーから実用化されていることが明らかとなった。技術的な観点では連続測定の実施は可能である項目も一方で、味や臭いといった項目については連続測定が可能な技術はまだ実用化されていなかった。BEMS データの活用に関しては、取得した上水流量を活用して受水槽の滞留時間を評価したところ、上水使用量の少ない時間帯で滞留時間が過剰となっていたが、上水流量測定結果に基づく捨水を実施することで、過剰な滞留を軽減できる可能性が示された。

(6) 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され、導入事例があった。

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った。浮遊粉じん、CO、気流速度は連続測定に向いているセンサーがまだ開発されていない状況であった。センサー精度確保のために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。

帳簿管理の効率化と電子化も求められており、メーター検診と台帳管理の効率化に加え、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も強かった。

管理技術者業務の効率化を考えると帳簿関連が最も需要が多く、他にはネズミ・衛生害虫、貯水槽の点検、冷却塔・冷却水・加湿装置の点検と空調のドレンパン点検などに需要があると判断される。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%と、業務方式の改善が必要である。

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。