

令和 5 年度厚生労働科学研究費補助金
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担研究報告書

6. IoT 技術を活用した建築物衛生管理技術の現状と動向

| | | | |
|-------|-------|-----------|---------|
| 研究代表者 | 金 勲 | 国立保健医療科学院 | 首席主任研究官 |
| 分担研究者 | 三好 太郎 | 国立保健医療科学院 | 主任研究官 |
| 分担研究者 | 増田 貴則 | 国立保健医療科学院 | 統括研究官 |

研究要旨

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。

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。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 項目同時測定のビル管セットでも、現在の人力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。

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。

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。

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であった。

A. 研究目的

建築物の衛生管理に関する自動計測技術の動向と現状、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、関連企業にヒアリング調査を行った。

B. 研究方法

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12社、水質分析関連4社を対象にヒアリングを実施した。

ヒアリング内容は以下の通りである。

- 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。

C. 研究結果および考察

C.1. ビルメンテナンス業

① ビルメンテナンス会社 (A)

<清掃業務>

設備管理、警備、清掃の事業をしているが、設備管理>警備>清掃で賃金が安く、従って設備管理<警備<清掃の順番で人が集まりにくい。

ロボットに関しては、清掃、警備、配送ロボットと3つに分けているが、清掃業務は人が集まりにくいのでロボットの積極的活用をしている。つまり、欠員の補充のためにロボットを投入している。清掃ロボットはバキュームタイプと、床洗浄タイプの二種類がある。

清掃員 (パート) が1時間で担当できる面積は400~450㎡と考えているが、900㎡以上のバキューム対象面積 (※) があり、週3回程程度の清掃頻度があれば、ロボットを投入しても人件費とロボットの月額ランニングコストで利益が出ると見込んでいる。ただし、人を雇えない時には条件に見合わなくてもロボットを導入

する。

※エレベーターホールや共用部ホールの合算である。学校は、廊下や階段などできるところとできないところがある。

ロボットは、フロアの上下移動は難しいため、人が移動させなければならない。自動で行き来するためにはエレベーターとロボットを繋ぐシステムが必要である。新築の段階で提案があれば導入できるが、既存の建築物ではどのような仕様にはなっていない。システム導入には高額な費用がかかる。

清掃ロボットを導入するなら、清掃対象範囲をマッピングしておく必要がある。机などの障害物を躲すことはできるか、障害物が沢山あると自動検知に時間がかかり障害を迂回するための待機時間もかかるので非効率になる。

特定建築物の基準最小値である3000㎡だと清掃だけになり、専用部の清掃も請け負わないとメリットがない。1万㎡を超えると設備員をおけるので、夜間対応でできる。

その他に、試行運用中であるが、人流センサーとのコラボ (例えば、ゴミ箱にセンサーを付け、ゴミのカサが増えた段階で、清掃しに行く) も考えている。

シフト管理・勤怠管理では、会社独自の管理システムがあり、専用のシステムで実施している。

<空調設備>

天井にある隠蔽型のドレンパンをすべて確認するのは負担が大きい。実態としてはしっかりやっていないところも多いのではないかと。保健所の立ち入りがあった時は、保健所の職員と相談し模索しながらやっている。東京都の場合は、同じ環境であれば代表機の確認を行っている。個別空調の場合、一つのビルに何百~数千台もあるため、全機器にセンサーを付けると膨大な費用になり現実的ではない。

ビルの稼働のデータを取りながら、取るべきセンサーの数を限定するような基準を示してもらえると助かる。

現状の空気環境測定も測定点は任意でビルメン会社が決めているし、デジタル化をすることで代表点は増やせるのではないかと。個別空調の場合、点検のしやすさや、人の多さによって

汚染の度合いも変わってくる。また、センサーが取り外し可能なら、定期的にチェックする空調機を変えることができる。

冷却塔は外にある場合が多いし、様々な要因で汚れやすいため、目視確認の必要がある。冷却塔を置いていることは、常駐の管理者がいるのが通常の状態であり、現状も現地の常駐スタッフがやっている。冷却塔は個々にセンサーを取り付けることはあり得ると思うが、常駐管理者がいるのでデジタル化しなくても良いのではないかと考える。

加湿装置は難しく、個別式加湿器の加湿バルブが天井裏にあるが、加湿装置は個別空調4台くらいに一つの割合くらいとなる。ただ、年2回はバルブの開け閉めのため、機械のところに行く必要があり、加湿エレメントの管理も含め、その時に清掃をしている（年1回の清掃は必須）。現状、加湿装置の維持管理には人の手が必要である。

<水質検査>

水質検査は、「給水栓における水の色、濁り、臭い、味その他の状態により供給する水に異常を認めるとき」とあるが、東京都では毎日確認するように指導されている。臭い、味などのアナログな部分があり、人がやるのが前提になっている。3000㎡程度やそれ未満のビルの給水栓の残留塩素の確認は、清掃員が行っているのが現状である。

<貯水槽等>

貯水槽の点検は人の手でやっている状態でデジタル化は進んでいない。

管理技術者がいると巡回点検を行うので、検針は毎回やっている。点検の際に、外観点検もやっており。デジタル化するなら、設備巡回をなくすぐらいのことをしないと意味が無いのではないかと。ボイラ、冷凍機などの匂い、等々の検知が機械化できない限り、人力による作業は残る。

<ネズミ等の防除>

ホテルは開放空間が多いので害虫が多いため自社対応しているが、本格的な防除は外注が殆どである。

② ビルメンテナンス会社 (B)

現在、力を入れているのは警備ロボットである。既に10台以上を導入し、全国で実証実験を行っており、警備員と警備ロボットによるハイブリッド警備を目指しているところである。

<空気環境の測定>

ビル管セットと呼ばれる6項目の同時測定機を持って作業員が現場で測定している。

今後、警備ロボットに環境センサーをつけて運用できないか考えている。

<清掃業務>

清掃ロボット（他社製品）は数台が人1名の代替ができるだろうと思っている。ソフトバンク社のロボット、アマノ社の大型ロボットなどを使って、セントラルパークやビルの共用部に活用している。人からロボットへの置き換えが進んでいる。専用部については、室内のレイアウトによって難しい場合も多く、例えば椅子の移動や段ボールが持ち込まれるなど日々レイアウトが変わるのでプログラム通りに動けず、活用に至っていない。

<空調設備の維持管理>

現状は、設備員で対応をしている。

2017年か2018年に設備のセンサー事業を某大企業とベンチャー企業とコラボして実施したことがあり、空調設備の温度、振動、音、加速度などを検知するセンサーを取り付け、閾値を決めてアラート設定をすることで、問題が生じた場合だけ人が現地に向かう試みであった。また、熟練工のノウハウを学習させ、こういった事象が発生したら、こういう対応をするということを画像・動画ベースのマニュアルを作成してソリューションを開発しようとした。

課題としては、まずは電波の問題があり、地下4～5階など電波が入りにくいところをどうするかというもの（メッシュビーコンを導入する方法があるがコストがかかる）と、もう一つはコストの問題である。点検項目として、加速度、温度をとっても頻繁には検知されないし、コストメリットが出しづらい上、設備機械にすべてセンサーを着けるのはコスト的に無理と判断した。

<水質検査>

管理カメラとして、360度カメラ（広角20倍、ズーム可能）を導入したことがあるが、イニシ

ヤルコスト、ランニングコストの観点から、常駐している設備員がいるなら、その設備員が見に行けば良いことになる。通信料を上回るメリットが出るまでまだ達していない。

<貯水槽等>

設備員の対応に留まっている。

<ネズミ等の防除>

ねずみの侵入経路に、赤外線搭載のカメラを付けてやってみたことがある。動体検知機能もつけて、ネズミの動きを検知したら写真を撮影することができるものである。また、屋外の使用になるが、ソーラーパネル搭載のカメラ(SIM型ゼロエネルギーカメラ)を使ってできないだろうか。

③ ビルメンテナンス会社 (C)

電力・空調・照明・防災・防犯等の各種設備については、防災センターに監視システムを設置し、一貫して管理している。

数年前から建設したビルには最初から設置しており、築年数が古いビルにも順次システムを追加している。

集めたデータの活用は、電力、照明、空調は過去の振り返りに使っているだけであり、予測や故障予知には至っていない。空調機データの自動化の実証実験で、センサーを追加して、将来予測ができないか考えている。

運転時間の予測は、更新の目安に活用が期待できる。

その他、力を入れていることは、全ての現場にベテランを配置できないため、若手にウェアラブルカメラを装備させて現場に向かわせ、ベテランがアドバイスすると言った方法で、個々の業務を対象に、全般的に建物の維持管理として、遠隔作業に取り組んでいる。

正直なところ、建築物衛生法の点検はデジタル化できている部分はない。

<空気環境測定>

建築物衛生法が求める6項目を測定できるビル管セットで測定している。常時測定できるモニター等は使用していない。

<空調設備>

空調設備に関して、コンパクト式の中央管理方式を運用しているが、センサーの置き換えに

は至っていない。20年～30年前は、空調機の台数が少なかったが、昨今は、各階7～10台のコンパクト型中央型管理方式の空調設備があるため、ビル1棟に300台くらいのドレンパンがある状態である。また、構造的にドレンパンは受け皿に過ぎず、水深も薄いため、センサーを置くことも難しく、一個一個センサーを置くとなるとコストが大変なことになる。

空調機点検の自動化の検証もあるが、冷却塔は内部の汚れをカメラで見るのは無理だと思っている。加湿装置は、水質維持、薬液を維持、スライム発生など、抑制剤を混ぜているなかでの薬液の自動投入をしているとのことであるが、点検は人による目視となっている。

<水の衛生管理>

水質管理もアナログ対応。

<ねずみ等の防除>

ねずみ昆虫の防除は、狭いところの裏側を覗いたり、トラップを仕掛けたりするため、そもそもとしてデジタル化の発想はなかった。

<その他要望>

空調点検の排水受けにフォーカスして検討している。平成27年に生活衛生課が出した、個別空調については代表機をもって全体の管理とみなすという通知があるが、現在は中央管理方式(コンパクトエアハン)でも非常に台数が多いため、転用できると良いと思っているところである。

すべての機器にセンサーを付けるとなると、数が増えコストも増大するので、代表機1台にセンサーとAIの判別機器を取り付けることで運用できればデジタル化は進むのではないかと。

毎年1回、保健所等に建物の維持管理報告書を出しているが、これに関して受付システムを作ってもらえると助かる。

居室や事務室にCO₂センサーを導入しており、省エネを図っているが、ビルの監視全てには適用できない。

BEMSデータを取ったり、CO₂デマンドコントロールはビルの運用側になるが、室内環境に代用できるようになれば、監視項目を緩和できるのではないかと。

建物自体も大型化しており、機械室から機械室に移動するのも大変で、AIを活用した監視シ

システムがあれば助かる。

AI やカメラを活用し、各点検の故障時のみ駆けつけるという対応はどうかという議論を、ここ半年くらい社内で話し合っている。懸念事項として挙げられているのは、何かあった時だけ駆けつけるという運用では、平時の状態が分からなくなるため、いざ有事になった時に現場に行ってもすぐに対応できないのではないかとということである。

<清掃業務に関して>

清掃ロボット製造メーカーと協働し、施設内清掃への本格導入に向けて実証試験中である。

現時点で知見は以下の通りである。

- ・オフィスエントランス等、ある程度の広さがある部位については、ロボット清掃への置き換えが容易。

- ・商業店舗階においては、ロボット自体に安全装置（衝突防止等）は付加されているものの、安全への懸念から、営業時間中のロボット稼働には至っておらず、深夜帯に稼働。

- ・商業施設においては、イベントで共用部の配置物の位置などが変わる、大規模商業施設だとテナントの入れ替えが頻繁にあり、共用部の仮囲いの設置場所が変わる。つどつど手間のかかる設定変更（清掃ロボット／ルート設定）が必要になり、かえって手間がかかるため運用が定着していない。

- ・オフィス階では廊下幅が狭く、メーカーによっては清掃ロボット自体のサイズが廊下幅の半分程度であり通行に支障を来すため、利用人数の多い時間帯（平日日中）では稼働させられない。また、フロア移動（上下階移動）の際には、人手による移動が前提のため、大幅な人員削減に至っていない。

※一部メーカーでは清掃ロボット単体で ELV 移動が可能なものもあるが、ELV との連動等設備投資が大きくなる。

- ・専用部清掃（テナント入居部分）においても、平日日中の在室者多数の状況において、清掃ロボットによる清掃作業（発生騒音の影響度合、作業対象面積全てが作業可能か）について、当社で実証試験を行い検証結果を纏め中である。

- ・どの部位（共用部、専用部問わず）においても、清掃ロボットが対応できない部屋の四隅な

ど最も塵埃が滞留する箇所は、必ず人手による清掃が必須であり、ロボット稼働中も異常停止に備え清掃員の配置が必須となる。

- ・現状の清掃ロボットの購入やリースはコストが高く、作業品質では全面的なロボット置き換えに至っていない。ロボット導入に係る費用低減、機能向上を“待ち”の状態である。

<課題>

- ・ロボット清掃への置き換えが容易な対象面積の閾値、及び室用途の設定。

- ・清掃ロボット置き換えが可能な室用途の拡大。

- ・許容すべき作業品質の設定もしくは品質に対する考え方を整理する必要がある。

④ ビルメンテナンス会社 (D)

巡回点検が全体の業務量の 4 割近くあり、人手不足が著しい。某企業のイノベーションセンターでは、IoT ツールを入れる前後で業務が 4 割くらい削減できた。積極的に入れているのはカメラと AI 技術を活用した読み取り技術である。目視で読み取っていたものを、固定カメラと AI 技術によりデータ化してくれるものであり、ピットなどの狭い場所でも使える。また、設定した閾値を超えた場合はレッド表示で送られてくる。このツールは、1 日 3 回の写真撮影で 3 年間バッテリーが持ち、リクエスト撮影も可能である。また、複数の計器をワンショットで見ることにも出来る。最近ではサーモカメラで異常発熱や漏水検知も出来るようになった。また、防爆対応のカメラも出る予定。

当社ではこのカメラを 43 事業所で約 2000 台使っている。人員削減ができるし、地下ピットや遠隔地も見ることが出来る。ドレンパンや加湿器、冷却塔の点検にも使えると思っており、漏水の前の検知も出来るのではないかと考えている。

温湿度は各部屋で取られているし、最近では二酸化炭素の濃度センサーもある。一酸化炭素や気流については、測定できる機器がなかなか無く、安価に導入できれば良いが、空調という観点からは需要が薄い。

ロボットに環境センサーを搭載したものを試行的に運用している。

清掃業務、ネズミ衛生害虫対策のデジタル化

事例は少ない。ロボットの清掃は主流になっており、省人化している。

ネズミの話で、駆除するときに天井内にカメラを設置して、駆除した事例がある。

中性能フィルターについては圧力損失を検知して交換する。プレフィルターには自動で回るロールフィルターを導入しているケースもあるが、大きいので一定以上の大きさの空調機が必要となる。

C.2. 設備設計・施工業及び空調メーカー

① 設備設計・施工会社 (E)

建築設備を提供する企業で、空調、給排水、電気設備が主力である。ビルの情報を必要とされる方たちに、クラウド環境を介して、提供するサービスがある。

クラウドサービスとして、ビルの中に入っている各種システム、センサー、様々な設備が多様な情報を持っており、それをインターネットを介して必要な部署に必要なデバイスで提供している。

建築物衛生法に合わせたサービスを提供した経験は無いが、水質を測る、空気質を測るためのセンサーがビルには張り巡らされていないため、現在は専門の業者がスポット対応しているのが現状である。

ビル管理の中での中央監視室で人がやっていたビル管理業務をデジタル化に置き換えるだけでは、イノベーションが無いと思っている。デジタル化されたデータに第三の付加価値を加えないと新しいサービスとして成り立たない。

空気調和衛生の他、下水処理場やゴミ処理場の中のプラント建設に携わっている。処理場設備の設計、施工はもちろん、特にゴミ処理の中では労働環境が大変なためデジタル技術を活用できないかと工夫している。例えば、ゴミ焼却時に人力でクレーン操作を行っているが、これをステレオカメラと AI に代替するゴミクレーンがある。ゴミ焼却施設では、焼却炉が 365 日運転していて、人手不足で募集をかけても来ない状態であるため、人間が操作するクレーンを自動化できないかという課題があった。

申し送り支援ツールがある。例えば、三交代の場合、少なくとも一班は引き継ぎの場にはい

ないため、紙でのノートやメモでは検索が出来ない。これを解決するために、産業総合技術研究所の技術移転を受けて使用している。また、このツールでは、管理者の目からも管理することができ、引き継ぎ事項が多かった内容をグラフ化したり、キーワード同士の関係性を図示したりできる。こういうことで、トラブルの予兆を把握できる。

② 設備設計・施工会社 (F)

環境モニタリングによる自動計測／中央監視設備によるデータ収集を提供している。

- ・建物をモニタリングする装置 (空気環境設備)
- ・空気環境をセンサーにて計測：温湿度、CO₂以外のセンサーを付けて自動計測することは少ない。

- ・計測したデータは中央監視設備にて一元管理
- ・手動計測データの管理も可能

○中央監視設備

- ・ローカルで計測した温湿度や CO₂ を取り込んで管理するが様々な機能がある。

- ・空調設備を持つ「特定建築物」にはこうした中央監視設備が設置されていることが多い。

- ・建物全体の空調や設備運用システムを分かりやすく表示している。

- ・収集データのグラフ化・分析が可能

 - ー省エネ、環境負荷低減策にも利用

 - ーデータの傾向により設備不具合等の発見、改善が可能。

- ・データ傾向 (トレンド) を見て設備不具合の発見、改善については、AI ではなく人が判断している。まだ導入はしていないが、今後は AI での判定ができるようになっていくと考えている。

○エアコンについて

- ・最近では中央式空調より個別式空調 (エアコン) システムが多い。そういったものはエアコンメーカー (ダイキン、三菱電機など) が監視システムを使っているのも、そちらを入れることも多い。

- ・例えばエアコンメーカーが提供する管理サービスなどと契約し、エアコンの集中監視を行い、トラブルが起これば駆けつけるような契約を結んでいるケースもある。

<モニタリング項目>

○中央監視システムが入っているような大規模・中規模のビルではほぼ温湿度を測定している。殆どの建物では CO₂ 濃度も測定している。

○測定機器の定期点検

・環境測定センサーを利用する場合でも、定期的な校正は必要で費用対効果が課題。

○温度・湿度・二酸化炭素のモニタリング

・一般ビルでは、温度・湿度・二酸化炭素はモニタリングしていることが多く、この3項目は環境衛生の維持管理と言うよりは空調の制御のためにモニタリングしている。CO₂を空調の管理に使っているのは、外気導入量をコントロールするためである。

○浮遊粉じん、一酸化炭素、気流

・費用対効果の点から常時モニタリングすることはほぼない。これらの項目は空調の制御にも関係が無い。

・一般的なビルでは一酸化炭素の発生はほぼなく、気流についても、温度コントロールで済む。

・浮遊粉じんは、ほこりが製品に影響する工場などでは計測しコントロールしているが、一般ビルではほぼ関係ない要素。

○空気調和・衛生管理

・冷却塔・冷却水及び加湿装置の点検が主。
・冷却塔、冷却水は一般的に薬注装置を付けていて、薬注管理のために導電率を計測することが多い。これは、空調設備におけるレジオネラやスライム発生などの汚染状況を薬剤濃度で管理していれば、概ねコントロールできる。

○ファンコイルユニットのドレンパンの点検

・数は多いが需要がない。そのため、常時監視はしていない。

○空調のフィルター点検、送風機等の点検

・フィルター差圧の測定は、遠隔にてモニタリングしている場合も多いが、大型空調（中央式空調）のみ。

・風量計測はセンサーにて可能であるが、通常はほぼ計測しない。

○送風機・排風機点検

・振動計を利用した機器の故障予知をする技術を導入している場合がある。（付加価値の高い設備／工場など）

・常時監視方式は費用対効果の理由から、主に
－重要な機械

－常時稼働

－人が近寄れない場所

－劣化が早い

、といった条件のものについて実施することが多い。

<センサー>

○校正について

環境センサーの校正についてはあまり聞かない。最近では空調用 CO₂ センサーで無校正で 5 年程度は大丈夫なセンサーもある。

<BIM について>

○BIM による維持管理

・DX 推進に伴い、BIM 導入の動きも加速している。建築分野だが、データを活用して容易に最適な維持管理に利用していこうという動きがある。3D モデル+機器情報や部材情報を入力し、履歴などを残して管理していこうというもの。

・BIM については建築など、3D の取り合い調整はほぼ現場でやっていて、それらのデータに情報を付与していく意味での DX を行っている。

・詳細な稼働データなどの入れ込みについてはトライアル中で一般的ではない。

・BIM から情報を取ってきて、維持管理システムと連携できるようなものもある。

・建物管理者が通常使っている維持管理のソフトウェアとの連携が取れればベストと思う。

・BIM に全ての情報を一括で入れると重すぎて使い物にならないため、BIM と様々なアプリケーションを連動していく、データ連携が重要になると考えている。

<AI 活用/AI カメラ>

○AI カメラ等の利用による遠隔監視

・現場管理などに AI カメラを利用している。

・AI カメラは、現在は工事の進捗を管理するために置いている。

・現場管理を遠隔で行うためであり、建築物衛生の用途では使用できていない。

③ 建築・設備システム会社 (G)

建物・設備の運用管理システム (BAS : Building Automation System)、BEMS (Building and Energy Management System)、

センサーなどを提供している。

○BEMS

事務所ビル、病院、学校、ホテル、商業ビルなどを対象に建物のエネルギー消費量を管理・分析するシステムであり、計測、制御、設備保全、遠隔管理などのエネルギーマネジメントを実現する。

○BAS のデータを活用して建物エネルギーフローを分析し、デマンド制御や最適化などを行う。

- ・設備ごとに制御を行っている。
- ・CO₂センサーで室内環境を計測するのは、外気導入量を最小限にするためである。

○保守点検

- ・中央監視装置、自動制御機器
ーリモートメンテナンスを組み込んだ保守点検サービスを提供している。

○中央監視システム・ビル向けクラウドサービス：エネルギー管理者、設備管理者、オフィスユーザー向け、設備管理者向け（熱源最適化）

○遠隔監視での監視業務代行

ー警報発生時に電話で通知

<センサー技術>

○温度センサーが中心：建築物衛生法、WELL 認証では空気質、快適性なら温冷感、将来的には人体の状態の計測も必要であると考えている。

○室内環境やダクト/配管用センサー（壁・天井取り付けなど）：設置場所に応じたタイプ（挿入型や目詰まりセンサーなど）がある。

○センサーで集めたデータを保持して運用している。

- ・室内用（壁取り付け・天井取り付け）
ー温度、湿度、CO₂（0～2,000ppm）
- ・ダクト挿入用
ー温度、湿度、露点温度、CO₂（0～2,000ppm）
- ・その他：駐車場向け CO 濃度センサー、微差圧センサー、電力計、流量計、水質、排煙濃度計、熱量計など

○今後

- ・WP センサー（卓上での温湿度、照度センサー）
- ・赤外線アレイセンサー（表面温度、人の位置・数）
- ・顔認証（顔、体温）

・温冷感申告アプリ：温度設定ではなく、「暑い」「寒い」で温冷感を検知し自動制御を行うもの。

○計測目的の違いによるデータの特徴

・BEMS データは空調制御+見える化に使われることが多い。

・BEMS データについて、見える化のみを目的としたものは少ない。計測周期や欠測時の対応など、データの特徴が異なる。

・空調制御などでは、短い周期、欠測時アラート発生、有線が好まれるなどの特徴がある。

○CO₂センサー

・較正などのメンテナンスが必要：ある期間の最低値を 400ppm にする自動較正が一般的だが、密閉性の高い建物では無人時に濃度が下がりきらないことがあるため、当社製品には自動較正機能を導入していない。これは今後の開発面での課題。会社としては、1年に1回の較正が必要と説明している。

・CO₂センサーで長期間無較正の製品：ドリフトしにくい製品というものもあるが、高価なためあまり売れていない。

○定期的な点検・較正の必要

・温度センサー：素子にほこりや有機溶剤が付着することで経年劣化する。

・センサー素子を洗浄でき、製品や素子ユニットのみを交換できるものも提供。

○現在の BEMS での計測値と建築物衛生法の適合について

- ・CO₂濃度、温度、相対湿度
- ・一酸化炭素は△（駐車場などは計測機器あり）
- ・浮遊粉塵と気流センサー：技術的なハードルはないが、自動制御に対するニーズが今までなかった。

・CO₂などは換気のために計測しているが、やはり浮遊粉塵も、発生源がそこまであるわけではなく、また室内でも課題にはなっていない。ケースが少ないので、ニーズとして求められてこなかったため特段実装していない。

・CO₂センサーの較正：センサーの寿命（素子）は8年～10年持つが、較正頻度は年1回を推奨としている。

ー連続通電時 ±150ppm/年（@1000ppm）

ー無通電放置時（参考）±15ppm/48時間
50%RH時

・温度・湿度の較正頻度：契約の内容次第で較正頻度はある程度変わる。温度についてはあまりドリフトはしない。湿度については、使っている環境によって、センサー素子にほこりや有機溶剤がたまってしまっていて経年劣化する。このため、例えばCO₂センサーを年1回更新するといった契約の際に、一緒に較正する契約になっていることが多い。品質保証部が出してきた数値になるので、通常の使い方をすればおおよそこれ以上にはならないという製品保証の範囲である。

○水に関しては排水の水素イオン濃度や受水槽などの残留塩素濃度についても BEMS 計測はない。

○室内環境測定結果の報告方法について（案）

・マルチセンサー・無線技術・クラウドアプリを活用することで、計測作業、報告の省力化や人周辺の計測に対応できるのではないかと。

・どの場所で、どのような連続データをどのように分析して報告することになるのか検討したい。

○遠隔監視サービス

・大規模ビルでは中央監視設備に常駐員がいることが前提であり、遠隔監視サービスは中小規模のビル向けである。中小ビルではそもそも常駐人員（昼間だけなど）がいないケースもあり、そういった場合に監視を代行するようなサービスであり、イメージ的にはセコムやALSOKのようなサービスに近い。大型のビルだとおおよそ24時間人がいるか、警備員だけ置いて、警備員から顧客に連絡を入れるなどの運用になっている。遠隔前提の運用というのはあまりない。

○BEMS 導入ビル

・新築ベースで BEMS 導入の物件は延床 1 万 m²を超えた施設には大体入っている。2 万 m²であればほぼ確実に入っている。区立の小中学校でも入っているケースがある。しかし、個別空調制御であれば、BEMS を入れる意味はない。85%ぐらいが個別空調（500 m²から 1000 m²などの小規模含む）である。外気処理だけやって室内はビルマルチ、といった建物もそれなりにある。ハイブリッドな形もそれなりがあるので、数字だけで実態をご説明できない。

○BEMS センサーの較正

・BEMS が導入されている建物で、実際にきちんと較正している割合：製品を納めたが、保守契約を結んでいるかは別である。省エネのために入れている部分もあるので、品質を担保するためにも保守に加入していただくようお願いしているが、実態としては半数程度しか保守契約を交わしていない。

・BEMS 製品をリモートメンテナンス（ネットワークで接続し、自己診断など）にてデータを集めている。保守契約を結んでいなくてもデータ自体は集めているので、ドリフトしているから較正を提案しても、せいぜい半数程度の印象がある。

④ 空調機・エアコンメーカー（H）

空調機（エアコン）製造メーカーで設備補修管理や監視サービスなども行っている。

・カメラ映像と AI によるドレンパン監視システムを提供している。顧客から「空気環境測定をIoT化できないか」という依頼から始まった。

・6 項目の精度を確認したうえで寄せ集めセンサーを自作した。小型の室内環境計測器を 1,000 台試作（非売品）、約 50 物件、600 台を設置して試験中である。

・風速・CO についてはセンサー精度の課題を認識している。測定センサー精度は問題ないが、構造上の問題がある。

○小型の室内環境計測器

・試作品・試験のため積めるセンサーを積んでいる。

・温湿度センサー：本体内部と外部に実装。基盤の温度を測定しているため温度追従性が悪い。ファンを付けていないので内部センサーは部品の自己発熱の影響を受ける。

・粉じんセンサー：本体内部。空気通路の設計の影響でセンサー単品より感度が低下。奥の方に搭載してしまうと感度が低下する。

・CO₂センサー：自動較正タイプを実装。自動較正に約 1 週間かかるので、設置直後は精度が保証されない。振動などに弱い。建屋で CO₂ 濃度が外気まで低下しない場合はドリフトする。

・CO センサー：ガス漏れ検知機器のセンサーを利用。低濃度での誤差が大きく実質的には利用し難い。

・風速センサー：水平 0~15° の範囲は精度がいい。斜め・垂直方向の精度は低下。

・その他、PM2.5、磁気、加速度等を搭載している。

○建築物衛生法 6 項目の測定に対応するセンサーをメーカー協力のもと検討している。

・CO₂：NDRI 方式、ZEB 対応（CO₂濃度制御により 400ppm まで下がらない場所）で使えるようなセンサーを選択すれば解消できそう。

・CO センサー：フィガロ CMM5141

○新型の環境測定器を開発中

・セルラー通信でクラウドにデータ保管

・温湿度センサー：MEMS 素子

ー超コンパクトで消費電力が低い。基盤温度を拾う。

・CO₂センサー

ーフィガロ（光学式を採用）

ーCO₂濃度は気圧の影響を受けるため気圧補正が必要。気圧センサー内蔵の CO₂センサーはないため注意が必要・

・PM センサー：筐体に入っているとセンサー単独より精度が低下する。

・CO センサー：困難。専門のセンサーメーカーじゃないと作れないと思う。

・風速センサー

ー小型の IoT 化を考えているが、熱線式のため若干消費電力が大きい。

ーKOA、SGLab は手動でデータ処理して、手動で補正計算をしている。

ーIoT 風速センサーの需要があるかセンサーメーカーから聞かれる。

○建築物衛生法 6 項目をセンサーユニット化する場合の課題

・温湿度、CO₂は安価で高性能なセンサーが流通している。

・粉じんセンサーは日本建築衛生管理教育センサーの基準を満たすと思われる。

・CO、風速はセンサーと回路が一体化したモジュールでないと自社開発できるメーカー以外はユニット製作に負荷が大きい。

・センサー性能自体が良くとも、パッケージ化（筐体）してまとめる中で性能劣化が起こることがある。

<環境センサーでの自動計測>

・常時計測

ー24h 計測可能で計測周期は自由に設定が可能。期間を定めて平均化、MAX、MIN が出せる。

・データ遠隔取得

ーLPWA 技術が普及し低価格化が進んでいる。

ーデータ蓄積サーバも普及している（AWS などのクラウドサービス）

○空間測定を人でやっているコスト

ーIoT に置き換えるうえでのコスト感も考えなければならない。

<ドレンパン点検>

・定期点検作業をカメラと AI 技術で IoT 化。

ー同フロア／系統で代表 1 台に搭載されるケースがほとんど。

ー画像診断・AI で自動判断できるようにしてほしいというニーズがあった。

ー人の作業を削りたいと考えている。現在 2000 台ほど販売済み。

・加湿エレメントも一部見ているが、ほぼドレンパンがメイン。

・汚れ判断

ー商品としては AI でサポートはしている。

ー実際の運用では、月に 1 回の点検時には点検者が確認している。

ーAI 画像解析により、画像変化で汚れ自体の度合いを判定している。

ーカメラ自体は後付け。サイズ感は車のバックモニターサイズ。1.5~2cm 角のカメラ。

ー水にぬれても良い製品を流用している。

・ろ材や集塵部などの汚れ

ーこうした技術を応用して IoT 化できるよう開発を進めている。

ー向き不向きがあるので、すべてがカメラでなく、例えば集塵部であれば風量計を付けるなど、カメラに拘らず応用できる部分は応用していけばできると思う。

・1フロア／系統に 1 台

ー大体そういう感じで設置している。2000 台のうち大半を某社が占めている。

・IoT ツールで問題ないという共通認識が進めば、もっと一気に進むのではないかと考えている。

- ・据え付けのイニシャルコスト
ーランニングコストで回収している。
- ・カメラの給電
ー空調機などの機械から引っ張っている。
- ・カメラの耐久性、動作担保
ーある程度監視できているが、今後問題がありそうなものについては自動検知し、画像をスタッフに確認してもらっている。

⑤ ソフトウェアソリューション開発社 (I)

インフラ側のメーカーでセンサーを使用した使用状況調査、画像解析を利用した DX 化に着手している。

- ・人が現場に行くことには変わらないが、現場情報をデジタルデータとして正確に蓄積していくことが狙い。
- ・固定のネットワークカメラを用いて完全無人化・効率化するつもりで検討を始めたが、コストと設置位置(網羅性のなさ)に課題があった。
- ・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を行う製品をリリースした。製造メーカーの他、ビルメンテナンス会社などから導入申込みがあった。
- ・効率化というニーズもあるが、それ以上に人的ミス、間違いを減らしたいというニーズが強かった。(誤検針による誤請求などを減らしたい)
- ・従来では目視確認、手書きで台帳へ転載というプロセスを経るが、本サービスではアプリを導入したスマホで撮影すれば、数字を読み込んでデータ化し、弊社が用意するクラウド上で保管、帳簿で確認できる。これにより、見間違い、誤記入、転記ミスも同時に回避(時間・手間・コスト削減)
- ・アナログメーター／デジタルメーター／回転式／電流値／横メモリ(アナログ)などに対応している。苦手なものもあるが、バージョンアップで対応を進めている。
- ・メーターを読み取って拾い集めた情報を視覚的に集約する機能があり、短いペースで更新がかかっており、異常値のアラートが出るようになっている。
- ・数字の認識精度は 98.9%程度
- ・点検と合わせてその他事項についても記録できるオプションを提供している。

- ・アクセス権限さえあれば、メーター点検アプリ+WEB 台帳が利用できる。
- ・インターフェースが簡便で IT 知識がなくても覚えてしまえば誰でも使える。
- ・クラウド上のデータサーバーで解析して、数値を返している。
- ・対象の写真撮影も行い、記録として保存できるが、汚染状況の自動判別や画像解析はできない。

C.3. 測定器・センサーメーカー

① 測定器・センサーメーカー (J)

ハンディタイプの風速計、常設の風速計などを製造・販売している。まだ Bluetooth で今すぐ繋がるわけではないが、常時監視できるような測定機器を出していこうと考えている。

○遠隔監視

・遠隔監視ができるサービスは、今のところ CO₂ 等も含め提供していない。

・現在は量産品で提供できているのは手持ちで持ち込める風速計や CO₂ 計などが主体。

○ビル管セット

・30 年ほど前から、それぞれの項目に対応して複数台必要だった空気環境測定機を一つにまとめた機材を提供しており、ビル管セットと呼ばれている。

・最新は一体型の機械を使うだけになっており、現場に持ち込んでタッチパネルを押すだけで計測ができる。

・結果も報告書がデータで自動的に出てくる。csv ファイルをレポートにコンバートできるツールも用意している。

・電源(コンセント)さえ用意できれば長時間稼働自体は可能であるが、連続稼働してデータを連続記録していくとキャリブレーション(校正)が必要となってくる。このため、1 日程度ならともかく、長期間稼働させるのは想定していない。

○データ転送について

・インターフェースとしてポートは複数用意している。USB ポートからの出力が基本。

・USB ポート以外に、LAN ポートなどハードウェア的には用意はしており、将来な拡張には対応できるように準備してある。

・データは測定場所縦軸／測定項目横軸や、測定時間縦軸／項目横軸などの配列で出力できるようになっている。

・ワイヤレス LAN や Bluetooth は実装していない。

<運用面など>

○ユーザーの側でロボットに乗せての検査の取り組みが始まっている。一日に一回のユーザー較正さえしていれば、問題なく使えると思われる。

<技術的な障壁>

○粉じん計や風速計の小型センサーは実用化に至っていない。将来を考えた取り組みとしては考えているが、ニーズについては正直未知数。

○常設のものについては、どの程度まで製品寿命を持たせるべきなのか、どれだけの期間較正しなくてよいか、メンテナンスはどうするのか、が課題。

○風速計であれば、閾値がドリフトしやすいなど、長期間安定して計測するには技術的なハードルがまだまだ存在する。

○低コスト化・小型化を行う上で一番ハードルが高いのが一酸化炭素計である。定電位電解法を採用しているが、化学物質を利用していることもあり、寿命とコストが課題になっている。ほかのメーカーもほとんど同じ状況である。

<廉価な市販品について>

温湿度センサーなどが一般的に流通しているが、精度の担保が最大の問題である。キャリブレーションはしているだろうが、ズレていないか、どう較正して精度を担保していくかが課題と思う。

低コストセンサー類は建築物衛生法で求められている 0.5m/s の微風速の感知などが難しく、廉価品では求められる品質が担保できない部分がある。

② 測定器・センサーメーカー (K)

測定器、センサーやガラス器具を提供しているメーカーである。

<空気質に関する取り組み>

○IoT 化の取り組み

・近距離中継器を用いた粉じん計の遠隔監視など、顧客からの要望に応じてカスタマイズして

都度提供している。

・動作状況の定期的なメール送信を行うサービスや、異常発生メールなどを実施している。

・センサーからクラウドサービスへの展開を行っている。

・精度重視のスタンスであるが、測定精度よりコストを優先した製品群によるクラウドデータ共有について、現在検証を進めている。

・Wifi での接続>ルーター>携帯電波>サーバー

・SIM を使ったデータ集約も検討中である。

・デジタル情報のため、加工すればアラートを出す、メールを出す、データを保管するといったことが可能。

○課題

・技術的には可能だが、設置にかかるコストが課題。測定準備費がアップする。

・使う側の IoT スキル力 (ユーザ、メーカーともに)

・コスト回収の仕組み (マネタイズ方法)

・精度とコストの優先度 (トレードオフ) が課題であるが、当社としてはどちらかという精度を重視している。

・測定する前に校正作業を行い、ゼロガスにより調整してから測定をする。

・常時監視になると、誤差をどうするのが大きな課題になっている。

<データ通信、センサー自体の課題>

・Bluetooth を使った短距離通信で実機

—PC へデータを飛ばすことは成功している。

・ビル管セットは Bluetooth でつなげるか：もともとビル管作業員専用に使っているため、直接 Bluetooth でデータを転送して、直接報告書の形で出力できるようになっている。丸一日 (24 時間) 測定してデータを吐き出すといったことも可能であり、1 分置き、10 分置きなど、情報取得スパンによって情報を取得できる期間が変わる。

・粉じん計であれば、測定前に較正を行ってから実施している。

・常時通信は技術的に問題ないが、センサーそのものが常時稼働に伴う課題が多い。

・ローコストな CO₂ センサーは精度が落ちる。

・電源を入れたままにしていると、ドリフト

(ベースラインの低下) が起きてしまう。その処理をどうするのか、通信以外の課題がある。

- ・粉じん計は汚れをセンサーで拾うので、汚れそのものが溜まっていく。

- ・一酸化炭素と気流：CO と CO₂ 両方測れる機材を近日中に出す予定。気流はまた別なので、測定機としては分ける必要がある。

- ・ビル管セットは、気流も含め一式化しているが、付け足せば付け足すほど大型化・ハイコスト化する。

- ・CO₂ センサーの較正頻度：連続稼働の場合、定期的な較正をどうするかが問題。頻度について厳密にいうと、毎日較正しないと数値はずれる。一週間ぐらいなら大きなずれはない。1ヶ月もするとベースラインがどんどん下がっていく。急激にずれのわけではなく、許容値をどうするか、どこまで精度を担保するのかで相当変わる。一番低いところを 400ppm として自動で較正する自動較正機能があるが、下がりきった数値が本当に 400ppm かどうか担保できない。そのため、毎日較正を推奨している。CO₂ であればゼロガスと 800ppm のスパンガスでしている。気流と粉じんが一番難しい。

<気流>

- ・気流の測定値のばらつき：風速精度という意味で考えるのであれば、精度が高い。

- ・風速センサーは常時監視に耐えられると思われるが、常時監視に使用したことはない。

- ・定期的な較正を行うことが大前提ではある。なお、センサー部位が熱線式の風速計なので壊れやすい。気象庁で使っている超音波式など、常時監視となるとそちらに行ってしまう。技術的にはやればできるが、どこまでやりこんで、どこまで妥協するのかが問題である。

- ・気流速度は 0.5m/s 未満であればただ「未満」として処理することは可能か。そもそも常時監視は必要かという問題もある。省令上は、0.5m/s 以下にするとしか書いていない。：それくらいの精度であれば、下の方 (0.5m/s 以下) についての較正がいらなくなるのでコストを抑えることが出来る。

<水質>

- ・水の残留塩素：水温や pH など諸条件が同じで無ければ、精度よく測定できない。常温 (25

～10℃) レベルの変化でも、測定値に影響は出てしまう。

- ・建築物衛生法上の水関係の測定項目について常時監視：外観と濁度はほぼ同様と思われる。臭気はにおいセンサーがあるので、これに対応できるかはテストしてみないと不明。pH はできる。残留塩素は、常時監視する機器自体は存在しているが、センサー部を定期的に変えなければならないため、その都度図るものが主流になっている。水と接触し続けることで、センサー部分自体が劣化するなどし、精度が落ちてしまう。

- ・排水受けや冷却塔などの濁度 (汚れ) : A : 基準値をどうするのかによるが、できることはできる。また、菌のセンサーはほぼ存在しないと思ってい。染色・発色させるなどで拾うことができれば可能かもしれない。

③ 測定器・センサーメーカー (L)

学校では 3000ppm を超えるような事態が多く眠くなり、集中力持続などのデータ取得に活用しようと開発したがコロナで CO₂ センサーへの需要が高まった。可搬性、設置のしやすさに優れている。

<環境モニタリングシステム (本体) >

- ・搭載センサー：CO₂ (NDIR 方式) / 温度 / 湿度

- ・通信方式 : Bluetooth (BLE)

- ・連続稼働時間：リチウムイオンバッテリーで (フル充電時) 1 年間稼働。再充電でさらに 1 年稼働可能。

- ・小型軽量

<アプリケーションまたはクラウド連携>

- ・その場で直に iOS 端末にデータを飛ばしアプリケーションで確認可能。

- ・アプリケーションはサブスクリプションでの利用をお勧めしたいが、実際は要望により買い切りでも提供している。

- ・その場で写真を撮ると、同時に字幕の形式で日時・温湿度・CO₂ 濃度が併せて記録できる。

- ・病院等でセンサーを持って巡回しながら測定・撮影することで記録していく等を想定した。

- ・実際の事例として飲食店での事例。

—千代田区の保健所がまとめて購入し、補助

金の条件として設置場所を指示して置かせている。

<クラウド版>

- ・センサー>ゲートウェイ>クラウド。
- ・アラート配信、CO₂濃度の推移をグラフ化。
 - －図面と合わせて複数個所の表示ができる。
 - －図面は自前のものを用意して弊社に提供することで、マップ形式で表示可能。
- ・大学での利用事例として、各教室に設置してリアルタイムで監視を行っている。
- ・規程 ppm を超えた際のアラートなども送信する。

<センサーの精度管理>

- ・出荷時にキャリブレーションしている。出荷後の使用中においては、自動補正機能があり、最低値を 430ppm として長期スパンで自動較正をかけている。6 か月内の最低値を補正データとして参照し、一度に大きく下げるのでは無く、なだらかに較正を行っている。
- ・1年に1回はメンテナンスで較正を行うことを推奨している。
 - －ユーザー側からのメンテナンスは実際はあまりいない。むしろ長期間利用いただいているユーザーにはサービスで行ったことがある。
 - －普通の環境であれば 100ppm 未満のずれ程度に収まっているため、余計に較正を依頼されない。
- ・要望があれば自動補正オフにして提供する。

C.4. 水管理

2023年11月から12月にかけて、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。

C.4.1. 各社保有機器における測定項目

特定建築物における水質管理においては、残留塩素濃度の検査は飲料水、雑用水ともに7日以内ごとに1回の検査が規定されており、検査実施頻度が高い。今回、調査対象としたすべての企業において、残留塩素濃度の連続測定機能

を有する測定装置が販売されていた。そのほか、濁度、色度、pHについても、オプションとしての追加装備も含めると、いずれの企業が保有する測定装置においても連続測定が可能であるとの回答があった。上述した測定項目に関しては、連続測定を通じた衛生管理が技術的には可能な水準に到達しているといえる。

上記の項目に加え、複数の企業が保有する測定装置において、電気伝導率、水温、及び水圧の連続測定も可能であるとの回答があった。これらの項目は、定期検査項目ではないものの、水関連施設が健全であることを確認するために活用することができる指標である。

一方で、特定建築物における定期水質測定項目に含まれている味及び臭気に関しては、連続測定が可能な測定装置を保有しているとの回答はなかった。これらの項目は、官能分析により評価される項目であり、特定の物質に着目した測定による評価が困難な指標である。技術開発のニーズを把握している企業はあったものの、いずれの企業からも、技術的な障壁が高いことから実用化に至っている、あるいは実用化が見込まれる技術は保有しているとの回答は得られなかった。

C.4.2. 各社保有装置の想定適用先

ヒアリング対象とした企業からは、現在販売中の装置に関しては、浄水処理施設、給配水システムといった上水道関連施設や簡易水道、さらには水源として利用されている地下水に対して適用されているとの回答が主流であった。これらの適用先においては、比較的大規模な設備を設けることが可能であることが多いため、現在販売中の装置の多くは比較的大型であり、販売価格も高価なものとなる傾向が認められた。建築物の衛生管理に適用するにあたっては、測定機器の設置スペースの確保、並びに導入した際の費用対効果に関して、入念な検討が必要となるものと考えられる。

C.4.3. 出力及び通信機能

今回検討対象とした連続測定装置においては、すべての企業の装置において DC 4-20 mA のアナログ出力機能が備えられていた。この出

力を活用することで、スケーリング機能を有するデータロガーによる記録や制御盤内の入力装置による測定結果の取り込みが可能となる。ヒアリングした企業の中でも、制御盤に出力信号を送信したうえで、制御に活用されているとの事例も複数紹介された。また、納入先の要望に応じてデジタル出力をはじめとする複数の出力方式を採用可能とする回答が主流であった。連続測定装置においては、測定結果の活用が念頭に置かれることから、出力や通信の機能に関しては、各社とも柔軟な対応ができる状況が構築されていた。

C.4.4. 校正頻度

連続測定に使用する想定装置の場合、使用時間が長くなるに従い、真の値と測定値の乖離が拡大することから、定期的な校正が必要となる。今回調査対象とした測定装置の中では、残留塩素濃度に関しては、定期的な手動測定(DPD法による)による測定結果との突合を通じた校正を行う必要があるとの回答が得られた。

必要となる校正頻度については、測定対象とする水の水質によって変動するため、導入後、測定値の乖離状況を監視しながら校正頻度を定めることが望ましいとする回答が複数得られた。水道水を対象とする場合は、少なくとも1カ月に一度の頻度で校正を実施することが必要となるとの見解も複数の企業より得られており、特定建築物における水の衛生管理に適用する場合の校正頻度としては、最低限上記の水準を確保することを想定しておく必要があるものと考えられる。

特定建築物においては、残留塩素濃度の測定は7日以内ごとに1回の頻度で実施することが規定されている。1カ月ごとに1回の頻度で校正が必要となる場合、残留塩素濃度検査4回分にかかる費用が校正1回にかかる費用を十分に下回っていることが必須となる。一方で、前章で述べた通り、実際の建築物においては、建築物衛生法で規定されている頻度を上回る頻度で残留塩素濃度の検査を実施している事例が一定数存在している。そのような管理を実施している建築物においては、連続測定装置を有効に活用できる可能性が高くなる。

C.4.5. 建築物衛生管理への導入状況

調査対象とした企業の中からは、塩素追加設備と併用される形で、受水槽にて連続測定技術が活用される事例があるとの回答も得られたが、連続水質測定技術の販売先として特定建築物における水の衛生管理を販売戦略に位置付けているとの回答は得られなかった。連続水質測定技術の適用先の市場として、特定建築物における水の衛生管理が十分に認知されていないものと考えられる。連続水質測定装置を販売している企業にとって、特定建築物における水の衛生管理が有望な市場となると認知されれば、特定建築物への適用を念頭に置いた測定装置の開発も加速する可能性が考えられる。

D. まとめ

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、測定機器メーカーなど12社、水質分析関連4社を対象にヒアリングを実施した。

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。

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。但し、空調機メーカーではこの6項目が同時測定できる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。

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。

6 項目同時測定のパイル管セットでも、現在の人力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自動化されたデータ処理の必要性については共感していた。

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。

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ようである。

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。

水の衛生管理に関連する項目としては、連続水質測定装置を取り扱っている企業に対し、ヒアリングを実施した。得られた回答を取り纏めたところ、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、ヒアリング対象としたすべての企業において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、地下水などの回答があったものの、特定建築物の衛生管理については、いずれの企業も市場として十分に認知している状況ではなかった。いずれの企業の測定装置も、出力機構として DC 4-20 mA のアナログ出力機能を有しているのに加え、適用先の要望に応じていくつかの通信手段を選択できるとの回答が多かった。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。当該校正期間内に実施する水質検査の回数を考慮の上、費用対効果を判断することが必要となると考えられる。

E. 参考文献

なし

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
3. 著書
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし