

令和4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

7. 水の衛生管理の改善に向けた BEMS データ活用可能性の検討

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

特定建築物等におけるエネルギー利用効率の改善を目的として、近年導入が進んでいるビル・エネルギー管理システム(Building Energy Management System: BEMS)に集約されている情報を活用した建築物内の水の衛生管理の改善手法を検討した。BEMS 集約情報のうち、水に関連する項目としては流量、水温、ポンプ稼働状況など、エネルギー消費量に影響を及ぼす項目が中心となっていた。一方で、水質関連の項目に関しては、調査対象とした建築物の範囲では収集事例が見られなかった。

BEMS で連続データの収集が実施されていた項目のうち、上水流量に関しては、受水槽有効容積と組み合わせることによって受水槽の滞留時間管理に活用できる可能性が考えられる。従って、特定建築物における上水流量の利活用状況を調査したところ、多くの建築物において上水流量の測定結果は活用されておらず、また、一部の建築物においては連続データの収集対象となっていなかった。調査対象とした建築物においては、上水流量の利活用は低調であったといえる。

上水流量測定結果を活用した受水槽滞留時間管理技術に関しても、予備的な検討を実施した。調査対象とした建築物の中から1建築物を選定し、受水槽有効容積と上水流量測定結果から受水槽内滞留時間の12時間平均値を算出した。受水槽設計指針より検討用の滞留時間管理目標値として12時間を設定した場合、深夜から早朝にかけて検討用管理目標値を超過する時間帯が認められた。一方で、上水流量測定結果に応じ、自動的に捨水を実施する受水槽滞留時間自動制御技術を導入した場合を想定した滞留時間算出結果では、検討用管理目標値を超過する時間帯が大幅に減少していた。このような BEMS データを活用した建築物衛生管理手法を導入した場合の効果(消毒副生成物関連項目の改善効果など)を検討することで、IoT を活用した建築物衛生管理手法の検討を促進させることができる可能性が考えられる。

A. 研究目的

前章においては、IoT 技術を活用した特定建築物内の水の衛生管理の改善に向けて、衛生管理業務の実態調査及び要検査項目に対して適用可能な技術の研究、開発及び製品化の動向調査を実施した。技術的な観点においては、今後の適用拡大が期待される状況であることが確認できた一方で、現段階においては特定建築物内の水の衛生管理において IoT 技術が導入されている事例は乏しいものと考えられる。IoT 技術の導入に際しては、連続測定装置並びに各種測定装置と中央監視システムを接続する通信設備の

整備が不可欠である。水質測定装置の追加設置においては、設置場所の確保に加え、採水及び排水設備を増設することが必要となる場合もある。現段階で、測定装置並びに通信設備を備えている建築物が限定されることを考慮すると、IoT 技術を活用した水の特定建築物内の衛生管理手法を採用するためには大幅な設備の改修が必要となる事例が少なくないと考えられ、当該技術の社会実装には一定の時間を要することが予想される。

一方で、特定建築物にすでに設置されている設備、機器を使用した衛生管理改善手法を提案

することができれば、社会実装に要する期間を大幅に短縮することができるものと考えられる。近年、特定建築物においては、ビル・エネルギー管理システム (Building Energy Management System: BEMS) が積極的に導入されている。BEMS は建築物内のエネルギー利用効率の改善を目的に導入されるシステムであり、建築物内に設置された各種センサー等により測定された情報を集約することで建築物内のエネルギー使用の実態を可視化し、改善策の検討に活用できるようにすることができる。BEMS で活用されるセンサー類としては、エネルギー管理を効率化とする導入目的から、室内の温熱環境や設備の稼働状況に関するものが主要なものとなっている。一方で、空調に活用される温冷水の水温やポンプ稼働状況と密接に関連する各種配管における流量のような、建築物内の水使用に関するデータも部分的ではあるものの集約されている。このような BEMS の一環としてすでに設置されているセンサー等から集約される情報を活用した水の衛生管理効率化方を提案できれば、建築物内の水の衛生管理への IoT 技術活用の好事例となるだけでなく、BEMS のプラットフォームを活用して水の衛生管理に必要な情報を集約するシステムの開発につながることで、当該分野における IoT 技術の実装を円滑に進めることができるようになる可能性があるなど、波及効果大きい。

以上の背景から、本検討においては BEMS 集約情報を活用した建築物内の水の衛生管理改善手法を検討するために、既存建築物にすでに導入されている BEMS における水関連の情報集約状況に関する調査並びに実際に集約されている情報を活用した衛生管理改善手法の提案を行うことを目的とした。

B. 研究方法

B1. 水管理関連情報の BEMS 集約状況の調査

空気環境測定において現地調査対象とした物件で、BEMS を運用している建築物に対し、BEMS 集約情報の提供を依頼した。提供された情報の中から水に関連付けられる項目を抽出した。抽出された項目の中から、水の衛生管理に活用できる可能性のある項目を選定し、BEMS

データを提供していただいた建築物におけるこれらのデータの活用状況についても調査を行った。

B2. BEMS データを活用した水の衛生管理手法の検討

上述の調査において、BEMS 集約情報を提供していただいた複数の建築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、(式 1) により受水槽における HRT を算出した。なお、上水流量は時間変動が著しく大きいことから、12 時間の単純移動平均値を算出することで算出される HRT の平滑化を行った。

$$HRT = \frac{V}{Q} \cdot \dots \text{(式 1)}$$

HRT: 水理学的滞留時間(h)、

V: 受水槽有効容積(m³)、Q: 上水流量(m³/h)

受水槽の容量は、計画一日使用水量の 4/10～6/10 程度が標準であるとされている¹⁾。このことを踏まえ、受水槽内 HRT の本検討における管理目標値として 12 時間(一日使用水量標準値の中間値である 5/10 を達成することのできる滞留時間)を設定した(以後、検討用管理目標値と称す)。また、提供を受けた BEMS データを活用して算出した HRT において、検討用管理目標値として設定した 12 時間を超過している時間帯が認められたことから、BEMS に接続されている計量器の記録データを活用した受水槽滞留時間の管理方法についても検討を行うこととした。

C. 研究結果および考察

C1. 水管理関連情報の BEMS 集約状況

特定建築物より提出していただいた BEMS データに集約されている水関連の項目としては、各種ポンプの稼働状況、水槽の水位情報(満水・渴水検知情報など)、漏水検知情報、空調機等に使用される温冷水の水温、流量制御用の弁開度

情報、温冷水・上水の流量が確認できた。多くの項目は、エネルギー使用量と関連付けられる項目であった。一方で、残留塩素濃度をはじめとする水質情報に関しては、調査した範囲では BEMS へ集約されている事例は見られなかった。BEMS への集約実績がある項目の中で、上水の流量に関しては、受水槽前後の流量が把握できる場合、受水槽容積を考慮して受水槽内の HRT を算出することが可能となる。HRT は建築物衛生法で規定される管理項目ではないものの、HRT が極端に長くなった場合、受水槽内における塩素消費が進行すると同時に消毒副生成物(disinfection by-products: DBP)の生成が促進される可能性が懸念される。HRT の時間変動を把握し、それに応じた対策をとることができれば、飲料水の微生物汚染及び DBP の生成に起因する健康リスクの管理が容易になるものと考えられる。以上のことから、受水槽における HRT の時間変動を評価できる頻度で受水槽流入部もしくは流出部の上水流量の連続データ収集が実施されている物件がどの程度存在しているかを調査した。

特定建築物 5 物件に対し、受水槽前後の上水流量の集約状況を調査したところ、1 物件では 2 ヶ月間の総使用量のみが手動で取りまとめられており、上水流量の自動取得は行われていなかった。残る 4 施設では、上水流量の自動取得は実施できる設備構成となっていたものの、4 施設のうちの 1 施設では設備不良に起因すると考えられる不具合により、適切な流量が記録されていなかった。残る 3 施設では、1 時間ごとの上水流量が記録されており、受水槽 HRT の時間変動の評価に活用できる状況となっていると判断された。一方、流量記録設備に不具合が認められた建築物を含め、いずれの建築物においても集約された流量情報は活用されていなかった。上水流量連続データの活用は現段階においては低調であると判断される。

C2. 上水流量を活用した受水槽滞留時間管理方法にかかる検討

図 7-1 に BEMS データを提供していただいた建築物 A における受水槽前後の配管系統図を示す。受水槽は有効容積 13.5 m³ の水槽が 2 槽

設けられているが、提供していただいた BEMS データを取得した時期においては、1 槽のみを使用して施設が運用されていたことから、HRT の算出に活用する受水槽容積としては 13.5 m³ を採用した。建築物 A においては、受水槽のほかに高置水槽も設置されているが、受水槽から高置水槽の間においては上水の総流量は同一であり、かつ高置水槽は受水槽と比較して容積が小さいことから、滞留時間が長期化する懸念の大きい受水槽のみを検討対象とした。

図 7-2 に建築物 A における 1 日の上水使用量の変化及び受水槽内 HRT の 12 時間平均を示す。図 7-2 に示されるように、記録された上水使用量は時間的な変動が大きく、1 時間ごとの滞留時間を算出する方式とした場合、数値が大幅に変動することが見込まれた。一方で、HRT の管理目標値を 12 時間と設定した場合、水使用量が発生していない時間帯(この時間帯の受水槽 HRT は無限大となる)があったとしても、前後の時間帯において十分な水使用が発生していれば、十分な水の置換が行われていると判断することも可能であると考えられる。この点を鑑み、HRT の 12 時間平均値を算出することで算出される HRT の平滑化を図った。なお、提供を受けた BEMS データにおいては、記録されていた上水流量データは 24 時間分に限定されていたことから、算出を行った日の前半 12 時間分に関しては、データ採取日の前日も同一の水使用量となっていたことを仮定して計算を行っている。

図 7-2 より、水使用量が低下する深夜から早朝の時間帯において、受水槽 HRT の 12 時間平均値が大幅に上昇していることがわかる。また、HRT の 12 時間平均値が検討用管理目標値として設定した 12 時間を下回っているのは水使用量が少なかった時間帯を平均算出期間に含む夕方から夜にかけての一部の時間帯にとどまり、その他の大半の時間帯においては、目標を超過した状態となっていた。

そこで、受水槽内の滞留時間の短縮に向けて、BEMS に記録される上水流量の変化に応じて捨水を実施することによる滞留時間管理手法を検討した。本検討では、直近 12 時間平均 HRT が 12 時間を超過した場合に 1.125 m³ (12 時間

平均 HRT を 12 時間とするために必要となる 1 時間当たりの水使用量)を自動的に捨水する設備を設けた場合を想定し、受水槽滞留時間の変化と必要となる捨水量を検討した。結果を図 7-3 に示す。自動捨水設備を設けた場合、深夜から早朝にかけての一部の時間帯において、依然として検討用管理目標値として設定した 12 時間を超過する時間帯は認められるものの、図 7-2 に示した自動捨水未実施の場合と比較すると超過時間並びに超過幅のいずれも大幅に改善されていた。捨水が実施されたのは深夜から早朝にかけての一部の時間帯に限定され、通常の水使用のみで平均 HRT の長期化を防げる時間帯においては、不必要な捨水は実施されていなかった。

本検討において採用した HRT の検討用管理目標値(12 時間)に関しては、現行法令で規制対象となっている項目ではない。しかし、受水槽の HRT を適切に管理することにより、残留塩素濃度の低下や DBPs の生成を抑制する効果は少なからず得られるものと考えられる。当該設備の実装に際しては、受水槽滞留時間と残留塩素濃度や DBPs 生成量との関連性に関して、詳細な事前調査を実施することが必要である。本検討では、自動捨水設備の運用条件として直近 12 時間における平均 HRT に基づく捨水を実施することと設定したが、この運用条件に関しても最適化の余地が残っている。捨水要否判定に採用する平均算出時間や捨水指示が発生した場合の捨水量の最適化など、受水槽 HRT の管理目標値を満足させつつ、捨水量を最小化できる運用方針の検討に関しては、今後の課題となる。一方で、前述したように BEMS データを活用する場合、すでに設置されている測定装置や通信設備を活用できることから、実装に向けて必要となる追加投資が限定されることは利点である。本検討で想定した自動捨水設備では、捨水を行うための電動弁(給水末端付近に設けることが望ましい)と電動弁へ指示を伝達する通信設備、さらには排水設備を設けるだけで、設備面での整備は完了する。このように導入に対する障壁が比較的小さいと考えられる項目から連続データ取得並びに取得したデータの利活用方針の検討を進めていくことによって、IoT 技術

を活用した建築物衛生管理の構築に向けた設備整備や知見・経験の蓄積が進むと考えられる。その結果として、建築物衛生法で規制されている項目に対する IoT 技術の導入も促進することができるようになる可能性が考えられる。建築物衛生法で規制されている DBPs 関連項目(総トリハロメタン濃度など)の制御に対する受水槽滞留時間管理技術導入の効果などを明らかにすることができれば、BEMS データを活用した管理技術の検討並びに導入が加速する可能性が考えられる。上記の例に限らず、建築物衛生法で定期的な水質検査が必要と定められている項目の管理に向けた BEMS データ利用技術の活用効果に関しては、今後、様々な視点からの検討を実施することが望ましい。

D. まとめ

特定建築物に導入されている BEMS に関して、水に関連する情報の収集状況を調査したところ、流量、水温、ポンプ稼働状況など、エネルギー消費量に影響を及ぼす項目を中心として、すでに実際に連続データが収集されている項目があった。一方で、水質関連の情報に関しては、調査した範囲では BEMS への連続データ収集事例は見られなかった。

連続データの収集が少なくとも一部の特定建築物で実施されていた項目のうち、上水流量に関しては、受水槽有効容積と組み合わせることで受水槽の滞留時間管理に活用することが可能である。上水流量データの利活用状況としては、調査対象とした一部の建築物において上水流量の連続データ収集が実施されておらず、また、連続データが収集されていた建築物においても、収集したデータが活用されていた事例は調査した範囲においては見られなかった。上水流量の活用は現段階においては低調であるといえる。

上水流量を活用した受水槽滞留時間管理技術に関しても、予備的な検討を実施した。検討用の HRT 管理目標値として 12 時間を設定し、HRT の 12 時間平均値を評価対象とした場合、検討対象とした特定建築物においては、深夜から早朝の時間帯を中心に多くの時間帯において検討用管理目標値を超過する結果となった。こ

の結果を踏まえ、上水流量測定結果に応じた自動捨水設備を導入した場合を仮定した 12 時間平均 HRT 値も算出したところ、自動捨水設備を導入することで検討用管理目標値超過時間を大幅に短縮することが可能であるものと見込まれた。すでに測定設備、通信設備、並びにデータ集約設備が設置されている BEMS データを活用した建築物衛生管理改善手法を検討することで、建築物衛生法で規定されている管理項目への IoT 技術の導入も促進させることができる可能性が考えられる。

E. 参考文献

- 1) 厚生労働省給水装置データベース、給水装置標準計画・施工方法(2023年4月閲覧)
<https://www.mhlw.go.jp/kyusuidb/kyusui/sys2-3.htm>.

F. 研究発表

該当なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

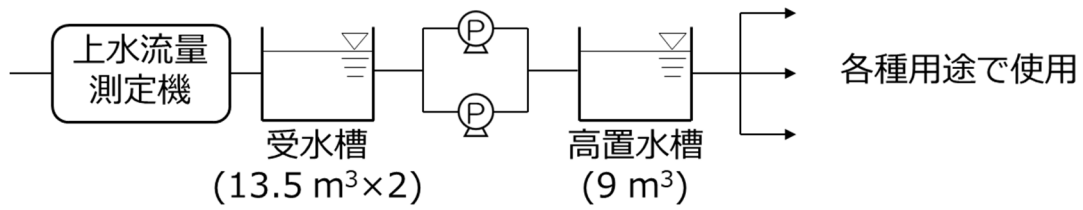


図 7-1 建築物 A における受水槽前後の配管系統図

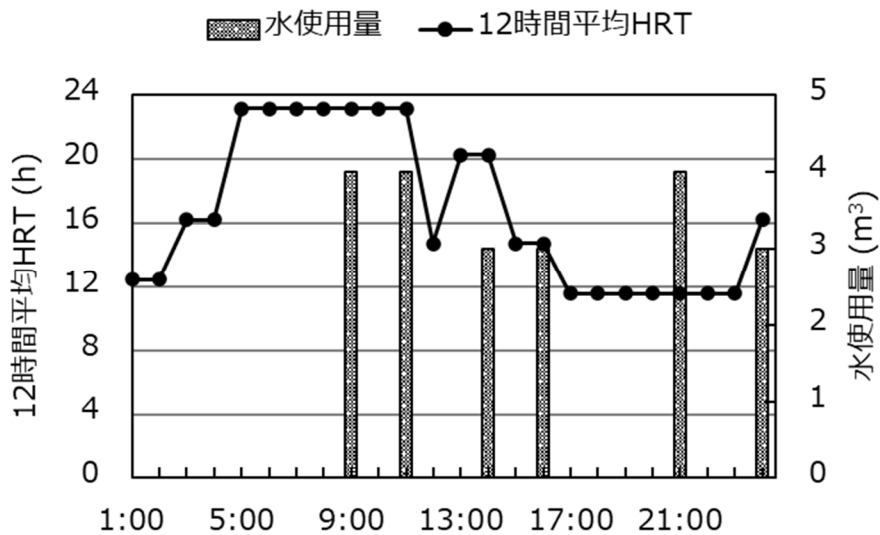


図 7-2 建築物 A における水使用量及び受水槽平均滞留時間

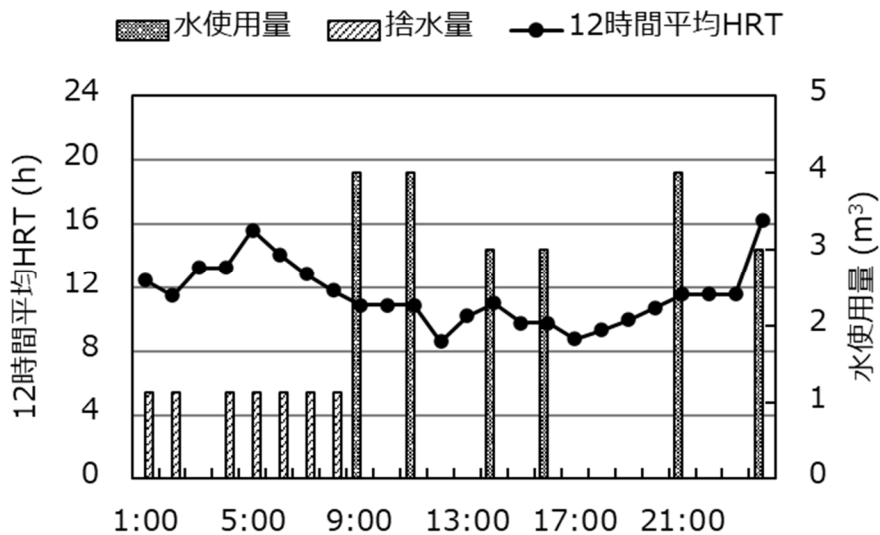


図 7-3 建築物 A において自動捨水を実施した場合の水使用量、捨水量及び受水槽平均滞留時間