

I. 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）

総括研究報告書

水道の基盤強化に資する技術の水道システムへの実装に向けた研究

研究代表者 清塚 雅彦 公益財団法人水道技術研究センター 常務理事

研究要旨

我が国では、水道事業に携わる職員が不足する中、水道システム全体において水質の安全性を確保しつつ、適正な維持管理を行う手法の導入による経営効率化を図ることが求められている。

本研究では、水質変動や異常時における早期発見を目的とするシステム導入を目指して、監視すべき水質指標を特定し、それらを効率的に監視する技術を開発するとともに、当該技術を組み込んだ水道システムの評価や改良点等をまとめるもので、具体的には以下のような4つの課題について取り組んでいる。

- (1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出
- (2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発
- (3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討
- (4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発等

本研究の実施期間は、令和2年度から令和4年度の3カ年を予定しており、令和3年度は3カ年計画の2年目である。研究体制は清塚雅彦（水道技術研究センター常務理事）を研究代表者とし、学識者および水道技術研究センター職員を研究分担者とするとともに、水道事業体の技術者を研究協力者とした。

令和3年度の研究成果の概要は次のとおりである。

- (1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出

自動監視装置における測定データの活用方法や今後の展望を把握すべく、令和2年度にアンケート調査を実施した31事業体の中から9事業体と自動監視装置を製造する8社に対してヒアリングを実施した。その結果、自動監視装置が浄水処理の指標等として重要な役割を果たしていることや、十分な実用性を有していることが確認できた。一方で、官と民ではデータ活用の考え方等にギャップがあり、水道事業の更なる基盤強化のためには、このギャップの解消が重要であることが確認できた。

国内外の文献調査では、水質指標項目の連続測定や、深層学習による早期の水質予測等測定データ利活用、新規水質センサーの開発状況について、キーワード検索によりヒットした文献の中から、要旨や結論等の内容から当研究の趣旨に該当すると考えられる文献を選定し最新動向を把握するとともに、課題点の抽出を行った。

(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発

水道において連続的にモニタリング可能な新たな水道指標として三次元蛍光分析に着目し、文献調査、ヒアリング及び実測調査を実施した。結果、水分野において三次元分析を利用した研究は2018年以降顕著に増加しており、従来のDOMの挙動や消毒副生成物のモニタリングに加え、バイオフィームや藻類由来の有機物による消毒副生成物前駆物質の特定や再生水等の窒素化合物の評価など様々な場面で広く利用されており、有用なツールであることが示された。一方、事業者へのヒアリングから導入に際しては多くのデータや煩雑な解析が必要となること、装置の価格や設置場所等、解決すべき問題があることも確認できた。三次元蛍光分析に関する実測調査からは、蛇口水において降雨やダム放流による水質変動を検出可能なことや三次元蛍光スペクトルにより油類の種類を判断できる可能性が示された。

(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討

浄水場が保有する残留塩素濃度の時系列データに着目し、長期短期記憶ネットワーク(LSTM)アルゴリズムにより、給水末端における3時間、6時間、12時間、24時間先の残留塩素濃度予測モデルの構築を試みた他、モデルの構築に必要な最小限のデータ量を検討した。その結果、モデル構築にあたって最適なブロックは24時間であり、予測誤差目標値を $\pm 0.025\text{mg/L}$ 以下に収めるためには、予測時間を6時間以下にする必要があることが確認できた。また、6時間先の残留塩素濃度をLSTMにより目標誤差以下で予測するために必要最小限のデータは、残留塩素濃度の1時間間隔の時系列データ4ヶ月分であることがわかった。

(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発

経済的な水質センサーの開発に向けて、計測の簡素化方法、およびそれを可能とする水質計を提案・検証し、データ伝送・活用方法の提案をすることを目的に、提案に基づき試作した簡素な水質計を民間施設における給水地点に設置し原理評価を実施するとともに、課題の抽出とそれに基づく改良を実施した。

**研究分担者氏名・所属研究機関名および
所属研究機関における職名**

- 市川 学・公益財団法人水道技術研究センター 主幹 浄水技術部長
- 島崎 大・国立保健医療科学院 上席主任研究官
- 鎌田 素之・関東学院大学 准教授
- 山村 寛・中央大学 教授
- 三宅 亮・東京大学 教授

A. 研究目的

我が国では、水道事業に携わる職員が不足する中、水道システム全体において水質の安全性を確保しつつ、適正な維持管理を行う手法の導入による経営効率化が求められている。そこで、水質変動や異常時における早期発見を目的とするシステム導入を目指し、監視すべき水質指標を特定してそれを経済的に連続監視する技術を開発するとともに、当該技術を組み込んだ水道システムの評価や改良点等をまとめることを目的としている。

B. 研究方法

令和3年度は、「(1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出」「(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発」「(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討」「(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発」に取り組んだ。

(1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出

自動監視装置を製造する企業8社（A社～H社）および9事業体に対してヒアリン

グ調査を実施し、自動監視装置による連続測定の実施状況や今後の展望、自動監視装置により得られた連続水質データの利活用方法および今後の展望等について調査を行い、官と民の両側からの考え方について整理を行った。

海外文献調査は国立保健医療科学院内にて利用可能な学術文献データベース（Web of Science Core Collection, JDream III, CiNii Articles, J-STAGE）を用い、設定したキーワードにて文献検索を実施し、34文献を選定した。

国内文献調査は国立保健医療科学院内にて利用可能な学術文献データベース（CiNii Articles, CiNii Books, J-STAGE, NDL Online, Google Scholar）を用い、設定したキーワードにて文献検索を実施し、31文献を選定した。

(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発

J-Dream3 または PubMed を用いて、水分野における三次元蛍光分析の研究事例に関する文献調査を実施した。文献調査等の結果を踏まえ、三次元蛍光分析の研究実績がある大阪市水道局へ三次元蛍光分析の活用事例、導入の経緯等についてヒアリングを実施した。

三次元蛍光分析の実用可能性を検討するため、水源河川における降雨情報や水質事項に対応する日の試料を選定し三次元蛍光分析を実施することにより、蛇口水における水質変化の検出可能性について検討した。加えて、河川水に油類を添加し、三次元蛍光分析による検出が可能かについて基礎的な検討を実施した。

(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討

本研究では、神奈川県内広域水道企業団、および沖縄県企業局の水質データを用いて残留塩素濃度低減量を予測するモデルを構築した。水質データは、神奈川県内広域水道企業団の相模原浄水場出口、上和田給水地点、西谷給水支店での2018年7月1日から2020年6月30日(2年間)における5分間隔の残留塩素濃度(mg/L)、水温(°C)、電気伝導度(mS/m)をデータセットA、2010年4月1日から2020年3月31日(10年間)における1時間間隔の残留塩素濃度(mg/L)、水温(°C)、電気伝導度(mS/m)をデータセットBとした。また、モデルの汎用性の評価として沖縄県企業局の石川浄水場を起点として、金武調整池、東恩納調整池、山城調整池および具志川調整池における残留塩素濃度低減量を予測するモデルを構築し、それぞれの調整池での2018年4月1日から2021年3月31日(3年間)における1時間間隔の残留塩素濃度(mg/L)をデータセットCとした。全データセットにおいて、異常値の除去及びノイズ除去したものを学習・検証に使用した。データセットは任意の割合でモデル構築用の学習データとモデル精度検証用のテストデータに分割した。

モデル構築作業では、任意時刻における浄水場出口の残留塩素濃度と給水地点の残留塩素濃度の差を「残留塩素低減量」として、電気伝導度、水温および残留塩素低減量をLSTMの入出力値に用いた。

残留塩素低減量予測モデルの精度は、二乗平均平方根誤差(RMSE)により評価した。残留塩素の連続測定装置の検出限界値 0.05

mg/L を勘案して、 ± 0.025 mg/L を許容誤差範囲とし、この範囲内に予測結果の最大値が収まることをモデル構築にあたっての目標とした。

(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発等

簡素化水質計を用いた原理評価により確認された課題を解決するため、耐水構造の見直しや、電子回路基板の極小化・内蔵化を進めた。

また、透過光量変化の信号から、塩素由来の信号値を補正する方式を新たに提案するとともに、これらに関するプログラムコードを開発した。

C. 研究成果

(1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出

企業へ「コスト」「維持管理性」「装置の大きさ」のうち、どれが重要であるかをヒアリングした結果、コストが最も重要で次いで維持管理性が重要であるという回答が多く得られた。また、装置導入の際に問合せが多い事項については、メンテナンス性、導入・維持管理コストや測定精度が多いとの回答であり、令和2年度に実施したアンケート調査(以下、令和2年度調査と表記。)より明らかとなった民側が考える重要事項と概ね一致する結果となった。

また、企業へ水質データの利活用方法についてヒアリングしたところ、ビッグデータ解析を実施することで配水傾向を予測するシステムを有していると回答した企業がある一方で、多くの企業では水質データの

入手が難しく、利活用が進んでいないとの回答であった。しかしながら、データが自由に活用できるのであれば、運転制御の指標として使用するなどの意見も見受けられ、データの入手が容易となれば、更なる水質データの利活用が進むと考えられた。

事業者へのヒアリングからは、濁度や残留塩素など浄水処理の指標として活用している水質項目がある一方で、データを活用しきれていない項目があることが確認できた。また、自動監視装置に関して期待することについては、どれだけ人の手間を減らすことができるかが重要、装置の導入維持管理コストが委託費よりも安く抑えることができればよいや、自動監視装置の精度を上げてほしいとの意見が得られ、事業者側はコストの低減や維持管理性の向上に期待していることが確認できた。

文献調査における連続測定可能な(代替)水質指標および迅速モニタリング技術については、微生物指標に関するものが主であった。

水質変動の早期予測等測定データ利活用については、原水、処理工程水、配水過程それぞれにおいて研究事例が報じられていた。原水においては、水源域における藍藻類および関連水質指標の予測、原水中の濁度予測や水質項目の予測事例が多く見受けられた。処理工程水では、浄水処理の各工程における処理条件の最適化や自動化について、機械学習の適用等による検討が行われており、配水過程では水質変化予測、水質異常検知に関する検討、水道管路の維持管理や水質管理についての検討が多く報告されていた。

新規水質センサーについては、微生物、フ

ッ素や消毒副生成物を対象とした研究が進められていることが確認できた。

(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発

海外における三次元蛍光分析の研究事例として、PubMed を用い“EEM Drinking water”および“EEM water”のキーワードで検索したところ、2018年以降、水分野において三次元蛍光分析を活用した研究事例が増加していることが確認された。

事業者へのヒアリングより、消毒副生成物の予測、水質事故等に対応できる新たな手法を検討した結果、消毒副生成物の予測精度の向上事例が報告されていることや吸光度及びTOC等とは異なる物質を同定可能な分析手法であることが三次元蛍光分析の導入のきっかけであったとの回答を得た。また、三次元蛍光分析により消毒副生成物のより詳細な予測や前駆物質の挙動の把握が可能となったが、浄水処理工程の特性上、常時監視の必要性が低いことから連続的なモニタリングは行っていないとのことであった。加えて、三次元蛍光分析は、測定自体は簡便であるが PARAFAC 解析の作業が煩雑であり、解析ソフトが高価であるとの課題があるとの回答も得られた。

三次元蛍光分析の実用性を検証するため、蛇口水の採水および測定を実施した。その結果、蛇口水では腐食性物質に対応するコンポーネント (C1) に顕著な増加が認められたが、以前に同流域で測定を実施し、PARAFAC 解析の結果が得られていた C1 以外の 5 つのコンポーネントについては大きな変化は認められなかった。これより、水質変動を蛇口水でも検出可能であることが示

された。また、河川水に油類を添加して三次元蛍光分析を実施した結果、得られた三次元蛍光分析スペクトルより油類の種類を判断できる可能性が示された。

(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討

データセット A 中、入力を残留塩素低減量、電気伝導度および水温とし、出力を 6 時間後の残留塩素低減量とした際に、ブロックサイズがモデル精度に及ぼす影響を検討したところ、上和田給水地点及び西谷給水地点においてブロックが 12~48 時間で、すべてのプロットが目標精度である実測値±0.025mg/L 以内に収まった。特に、ブロックを 24 時間に設定した際に最も高い精度が得られた。これは、対象とした地域の水質変動パターンが 24 時間周期であったことに起因すると考えられた。一方で、ブロックの設定を 48 時間または 168 時間に設定した際には、モデルの出力ができなかった。

データセット A 中、入力を残留塩素濃度低減量、電気伝導度および水温とし、出力を 3、6 および 12 時間先の残留塩素濃度低減量とした際に、予測時間の増加に伴って精度が徐々に悪化する傾向が得られた。予測時間を 12 時間とした際に、一部のプロットにおいて、実測値±0.025mg/L から逸脱する点を確認されたが、予測時間を 6 時間に設定した場合には、すべてのプロットが実測値±0.025mg/L 以内に収まったことから、より高い精度で予測するには、予測時間 6 時間が望ましいことがわかった。

モデル構築に最小限必要となる項目を検討するため、各項目の予測精度に対する影響を分析した。データセット A を対象とし

て、入力項目のうち残留塩素濃度低減量、電気伝導度および水温から、電気伝導度を削除した場合、水温を削除した場合、電気伝導度と水温を削除した場合の 4 条件で 6 時間後の残留塩素濃度低減量を予測するモデルを構築し、予測精度を比較した。入力項目を残留塩素濃度低減量のみとした場合とその他の場合の RMSE に大差がみられなかったことから、水温と電気伝導度がモデル精度に及ぼす影響は小さいことが明らかとなった。

モデル構築に必要となるデータ量（データ蓄積期間）について、データセット B を用いて検討した。入力項目は残留塩素濃度低減量とし、年度毎に使用するデータを 12 ヶ月分から 1 ヶ月ずつ減少することで、6 時間後の残留塩素濃度低減量を予測するモデルの精度にデータ量が及ぼす影響を検討した。学習データを減少した際に、4 ヶ月分までは同程度の精度を維持したものの、3 ヶ月分になると急激に精度が悪化した。このことから、モデル構築には最低でも 4 ヶ月間の学習データが必要となることが示唆された。4 ヶ月間の学習データについて、1 年のデータを 4 ヶ月毎に区切り開始月と終了月を変化させてモデルを構築（12 パターン）することで、精度の悪化を誘発するデータ群を検索した。その結果、4 ヶ月間の学習データであっても、用いたデータ期間によって精度が異なることが明らかとなった。

LSTM モデル構築アルゴリズムの汎用性を検証するため、データセット C を用いて、ブロックサイズを 24 時間、予測時間を 6 時間として予測モデルを構築したところ、それぞれの調整池地点における RMSE は目標精度である±0.025mg/L 以内に収まってい

た。続いて、モデル構築に必要となるデータ量とデータの質が予測精度に与える影響について検討したところ、4ヶ月分までは同程度の精度を示したものの、3ヶ月分になると急激に精度が悪化した。これらの結果はデータセット B の結果と同様であり、データによってモデル精度が変化することが明らかとなった。

(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発

防水・耐水構造および電子回路基板の内蔵化による改良を行った結果、外部からの水の侵入は無くなり、装置も直径 60mm、高さ約 350mm まで小型・簡素化された。

また、塩素由来の信号値に吸光度信号を補正した信号強度補正や流速変化を加味した補正を加えることにより、安定した吸光度信号値を得ることに成功した。加えて、安定的に信号値を受信できるよう、遠隔にて自動的に気泡除去動作を行う系を開発した。

上記に加え、水質センサーの代替として、樹脂ポリイミドフィルムを用いて電極センサーを試作した。

D. 考察

(1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出

企業ヒアリングおよび事業者ヒアリングの結果より、両者ともにコストや維持管理性を重要視しており、特に事業者では安価で維持管理が容易かつ高精度で測定できる装置が望まれていることが確認できた。装置の性能向上のためには、企業だけでなく、装置を実際に運用している事業者の意見や

測定データのフィードバック等が重要となることから、企業と事業者との間で今まで以上に意見交換の場が必要になるものと考えられた。

また、測定データの利活用については、令和 2 年度調査において、大学や研究機関に対し水質データを提供できると回答した事業者は 11 事業者 (11/32=34%) であり、企業へのデータ提供となるとさらに低くなると考えられ、企業側がデータを活用するのが難しい現状と一致する。しかしながら、AI 等による水質予測技術の開発のためには、水道事業者の抱えるビッグデータが必要不可欠であり、水質予測技術の開発を進めていくうえでは、水道事業におけるオープンデータ化が重要となるだろう。

文献調査の結果から、連続測定可能な(代替)水質指標および迅速モニタリング技術について、水道水源における酵素活性を用いた測定では、クリプトスポリジウム等の病原体との相関性が高く、汚染イベント発生時の採水が最適化できると考えられた。また、浄水や配水過程における菌数を対象としたオンライン型フローサイトメトリーの適用により、衛生状況の変化が把握できると考えられた。

水質変動の早期予測等測定データ利活用については、水道水源・浄水処理工程・配水過程においてオンライン測定データを用いた水質予測や自動制御が試みられており、実用化・商品化されている技術も見受けられた。深層学習モデルにおける予測精度はデータセットの質や量、データ前処理に依存するものの、高い評価を受けており、特に短期長期記憶 (LSTM) モデルの予測精度は優れていた。

新規水質センサーの開発に関する最新動向および課題点に関しては、糞便汚染指標として規制される細菌類や消毒副生成物のオンライン連続測定に対するニーズが高いことが確認できた。消毒副生成物のオンライン連続測定を目的とした電気センサーの開発が進められているものの、対象物質や認識物質の長期保持など、技術的な課題が大きい状況にあった。

(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発

文献検索によると、海外ではこれまで研究が行われてきた原水中に含まれる天然のDOMの特性把握やそれらに由来する消毒副生成物の評価だけでなく、バイオフィルムや藻類由来の有機物の特性把握、消毒副生成物の生成ポテンシャルや硝酸対窒素のような畜産由来の汚染の特定および監視にも活用されている。一方で、今回文献調査の結果、本研究と関係性の高いと考えられた論文の多くが中国で実施された研究であり、我が国の水道事業者へ適用するには、装置の確保や測定体制などを検討する必要があると考えられた。

水道事業者へ三次元蛍光分析を導入する際の課題として、PARAFAC解析を実施する場合には一定数のサンプル数が必要であること、解析に煩雑な操作が必要なことや装置が高価であるため、単一の項目をモニタリングする目的での導入は難しく、装置のコストダウンや複数項目のモニタリングに活用するなどの工夫が必要になったことが明らかとなった。

三次元蛍光分析により油類の種類を判断できる可能性が示されたが、分析には油類

の濃度として 1ppm 程度が必要であることから、連続的な油類の監視については分析方法の最適化とモニタリング箇所の選定等の課題があることが示された。

(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討

ブロックサイズがモデル精度に及ぼす影響を検討した際、ブロックを 48 時間または 168 時間に設定したときにモデルの出力ができなかったが、これはパラメータが複雑となりモデルが収束しなかったことが原因と考えられた。

予測期間がモデル精度に与える影響について検討した結果、データセット A を用いて、入力を残留塩素濃度低減量、電気伝導度および水温とし、出力を 6 時間先の残留塩素濃度低減量とした際のモデルの予測誤差は 0.008mg/L となった。これは機械学習を用いた既往研究における予測誤差と比べ低い値であり、LSTM による予測精度は既往研究よりも高いことが示された。

また、データセット A を用いてモデル構築に最小限必要な項目を検討した結果、水温と電気伝導度がモデル精度に及ぼす影響は小さいことが明らかとなった。残留塩素濃度低減量を予測する物理モデルについて検討する既往研究においては、水温や電気伝導度を環境因子とする研究が散見されるが、LSTM により構築したモデルは、これらの環境因子を参照せずに、残留塩素濃度低減量の経時変化を捉えることで、将来を予測していると推測される。

モデル構築に必要なデータ量の検討から、用いたデータによってモデル精度が変化することが明らかになった。

精度に影響する学習データ特性を検討するため、特に精度が高いモデルおよび低いモデルの構築に用いた学習データについて、最大値、最小値、中央値、四分位値を算出した。精度が高いモデルのデータ分布はテストデータの中央値、四分位値とおおむね一致していたのに対し、精度が低いモデルのデータは中央値、四分位値がテストデータと大きくずれていた。このことから、モデルの適用にあたって、学習データとテストデータの中央値、四分位値を比較することで、モデルの適否を迅速に評価できる可能性が示唆された。

(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発

水質計においては、長期的には貯留槽から分析ユニットに至る流路内への汚れや詰まり等により流動抵抗が増加、流量が変化する可能性があり、継続的な検証およびアルゴリズムの修正が必要である。これらについては、令和4年度に実環境における中長期の設置評価にて検証する予定である。

一方、電極センサーについては、改良した水質計に実装し、試薬による湿式分析との相関性の確認や、相補的活用法等について検証する予定である。

E. 結論

(1) 水質管理の強化に係る既存・将来技術の文献調査と課題抽出

自動監視装置が浄水処理の指標等として水質管理において重要な役割を果たしているとともに、十分な実用性を有していることが明らかとなった。

しかしながら、企業側へのデータ提供が難しく、技術開発が進まないという課題があることも明らかとなった。水道事業の基盤強化のためには、水道事業者がデータの公開や産官学の共同研究への協力等を進めていくことに加え、企業側が装置のより一層の性能向上や水質予測技術の開発を進めていくことが重要となるだろう。

国内外の文献調査から、水質指標項目の連続測定に関しては、迅速に細菌を検出可能な酵素活性やフローサイトメトリーといった測定手法が実施されていることが確認できた。また、人工衛星等によるセンシングならびに画像解析技術により、広域における水源水質の把握や漏水探知が早期、省コストかつ省力的に実現できる可能性があり、大いに注目すべきと考えられた。深層学習による早期の水質予測等測定データ利活用に関しては、各測定データを活用することにより、浄水場の運転管理や水質管理のみならず水道事業に係る広汎な業務を支援できると考えられた。一方、新規水質センサーの開発状況については、研究開発は進展しているものの、水道事業者のニーズが高いと想定される消毒副生成物の電気化学センサーについては、対象物質や認識物質の長期保持などに技術的な課題があることが確認できた。

(2) 連続測定が可能な水質指標の特定と測定手法の開発

水道事業において連続的にモニタリング可能な水質指標として、三次元蛍光分析に着目し、文献調査、ヒアリングおよび実測調査を実施した。結果、水分野において三次元蛍光分析を利用した研究は2018年以降に増

加しており、従来の DOM 挙動や消毒副生成物のモニタリングにとどまらず、バイオフィルムや藻類由来の有機物による消毒副生成物前駆物質の特定や再生水等の窒素化合物の評価など様々な場面で広く利用されており、有用なツールであることが確認できた。一方、事業者へのヒアリングから、導入に際しては多くのデータや煩雑な解析が必要なこと、装置の価格や設置場所について解決すべき課題があることが確認できた。また、蛇口水に対する実測調査から、降雨やダム放流による水質変動を蛇口水でも検出可能なことや三次元蛍光スペクトルより油類の種類を判断できる可能性が示された。

(3) ビッグデータに基づく水質変動の早期予測手法の検討

モデル構築にあたって最適なブロックは 24 時間であり、誤差目標値±0.025mg/L 以下に収めるには、予測時間を 6 時間以下にする必要があることが判明した。また、モデル構築に必要な最小限のデータは、残留塩素濃度の 1 時間間隔の時系列データ 4 ヶ月分であり、この期間のデータを学習させることができれば、6 時間先の残留塩素濃度を LSTM により高精度で予測できることがわかった。

(4) 水道システム全体を視野に入れた経済的な水質センサーおよびデータ活用手法の開発

センサーデータのポスト処理の品質を確保しつつ、経済的なセンサーを提案するために、既開発の湿式水質計の採取部と分析ユニット部を一体化した構成の簡素な水質計を試作し、民間施設における給水地点に

設置、原理評価を行うとともに、課題の抽出とそれに基づく改良を実施した。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

1) Dai Simazaki, Takuya Marubayashi, Takahiro Yokoi, Akie Watanabe, Shigeyuki Nomoto, Manabu Ichikawa, Masahiko Kiyozuka, Questionnaire Survey on Installation of Online Water Quality Monitors and Data Utilization for Water Supply Systems in Japan, Journal of Water and Environment Technology, Vol.20, No.1: 21-27, 2022.

2. 学会発表

1) Dai Simazaki, Takuya Marubayashi, Takahiro Yokoi, Akie Watanabe, Shigeyuki Nomoto, Manabu Ichikawa, Masahiko Kiyozuka, Questionnaire Survey on Installation of Online Water Quality Monitors and Data Utilization for Water Supply Systems in Japan, Water and Environment Technology Conference (WET2021)-online 11 Aug 2021, Session 2A 2-b.

2) 横井 貴大, 丸林 拓也, 市川 学, 清塚 雅彦, 島崎 大, 自動水質監視装置の利活用の実態と今後の可能性, 日本水道協会令和三年度全国会議 (水道研

究発表会) オンライン開催, 2022/2/1-
2022/2/28.

3) 山村 寛, 石井 崇晃, 小野 一樹, 市
川 学, 清塚 雅彦, 長短期記憶ネット
ワークによる給配水系統における残留
塩素濃度低減量の予測. 環境工学フォー
ラム, 環境工学研究論文集, 77 巻
7 号 p. III_293-III_301, 11 月,
2021 年.

4) Yuta Kozuka, Zhou Lu, Tsukuru
Masuda, Shintaro Hara, Toshihiro
Kasama, Ryo Miyake, Norifumi Isu,
and Madoka Takai, “EVALUATION OF
BACTERIAL ADHESION STRENGTH ON
ANTIFOULING COPOLYMER FILMS BY
USING MICROFLUIDIC SHEAR DEVICES” ,
Proceedings of MicroTAS 2021, DOI;
978-1-7334190-3-1/μTAS2021

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予 定を含む)

1. 特許取得

(該当なし)

2. 実用新案登録

(該当なし)

3. その他

(該当なし)