

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

人口減少社会における情報技術を活用した水質
確保を含む管路網管理向上策に関する研究

令和元年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 佐々木 史朗

令和2 (2020) 年 5 月

目 次

I.	総括研究報告	
	人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む 管路網管理向上策に関する研究	1
	佐々木 史朗（公益財団法人 水道技術研究センター）	
II.	分担研究報告	
1.	送配水管における水質管理等の既存技術の海外文献等調査	25
	島崎 大（国立保健医療科学院）	
2.	送配水管における水質等の変化の予測及び実証	30
	荒井 康裕（首都大学東京）	
3.	送配水管における水質等の変化の実証に関する調査／研究	35
	長岡 裕（東京都市大学）	
4.	水質計の開発及び実証	39
	三宅 亮（東京大学）	
III.	研究成果の刊行に関する一覧表	45
添付資料		
1.	研究体制	46
2.	事前ヒアリング調査票	
2.1	事業体ヒアリング調査	47
3.	ヒアリング調査議事録	
3.1	事業体ヒアリング調査	65
4.	検討WG会議議事録	77
5.	研究会会議議事録	98

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

人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策
に関する研究

研究代表者 佐々木 史朗 公益財団法人 水道技術研究センター技術顧問

研究要旨

我が国では、人口減少に伴う水需要の減少による給水収益の悪化及び水道事業に携わる職員の減少等により、特に小規模水道事業において事業の持続が困難になりつつある。また、水需要の減少により、水道管内での水の滞留に伴う水質悪化等が懸念される。

このような状況下でも送配水管においては、管路網の管理及び末端給水での水質管理の確保、向上を図ることが求められており、遠隔監視制御技術の活用による水質管理を含む効果的な管網管理手法が望まれる。しかし、遠隔監視制御を送配水管の水質管理等に積極的に実施している事例は国内に少なく、一般的に高価なシステムであるため、特に小規模水道事業における普及が進んでいない状況である。

このような背景から、本研究は、将来にわたり適切な管路網管理を持続していくために、最近進展が著しい情報通信技術を活用し、少ない職員で広い地域の送配水管を効果的に管理するための遠隔監視制御手法及び小型水質計の提案を目的としており、以下のような具体的な4つの課題に取り組んだ。

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出
2. 送配水管における水質管理等の既存技術の調査
3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証
4. 水質計の開発及び実証

本研究の実施期間は、平成29年度～令和元年度を予定しており、令和元年度は3か年計画の3年目である。研究体制は、佐々木史朗（水道技術研究センター技術顧問）を研究代表者とし、学識者及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、水道事業者の技術職員を研究協力者とした。

令和元年度の研究結果の概要は次のとおりである。

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出

平成29、30年度に実施したヒアリング調査結果を基に、最終成果の取りまとめを行った。調査結果より、遠隔監視制御装置に求めるニーズとして、「コスト低減化」、「設定変更の容易化」、「装置の小型化と可搬式装置」、「水質の維持管理の自動化・省力化」を提案事項として取りまとめを行った。また、毎日検査データの活用方法については、ヒアリング調査より明らかとなった活用目的、活用上の課題等の整理結果を踏まえ、「蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握」、「トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化」、「データ可視化による情報共有・現状把握」、「住民からの苦情が来た際の事象確認」を提案事項として取りまとめを行った。また、本研究に参画している水道事業者（以下、「協力事業者」という。）の実務担当者を対象に、これら提案事項に関するヒアリング調査を実施したところ、水道事業の実務に役立つ提案事項であることを確認した。

ヒアリング調査を実施した水道事業者の中には、遠隔監視制御装置等の導入が進んでおらず、毎日検査に関して、人手による測定データに基づく水質管理が実施されている水道事業者が存在した。これを受けて、本研究の提案事項の実用化が進めば、遠隔監視制御装

置等の導入による連続監視と水質ビッグデータを活用した水質予測制御、異常時の早期警報システム、汚染事故の監視等を行うことが可能となり、人手による感覚的（測定者の主観的判断）な水質管理の改善や毎日検査項目のきめ細かな測定、欠測防止等が可能となり、情報通信技術を活用した毎日検査の強化や維持管理の効率化、適正化が期待される。

2. 送配水管における水質管理等の既存技術の調査

送配水管における水質管理等の既存技術の調査では、平成 29、30 年度に実施した水道事業者、国内企業ヒアリング調査等より、送配水管における水質管理等の機器及び遠隔化・省力化につながる技術の実態把握を行い、既存技術の適用性に関する検討を行った。

既存技術の適用性に関する検討結果では、「遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能」、「装置の小型化と可搬式装置」、「メンテナンス（清掃、点検、校正作業）の適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能」、「残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能」等、省力化につながる技術シーズがあることを確認した。一方、三宅研究分担者において開発された小型水質計に対して、本研究期間内に反映可能な既存技術等は見受けられなかったものの、維持管理の省力化、保守点検の最適化を目的として、遠隔操作による校正技術やリモートメンテナンス、メンテナンスの適切時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能の技術等、将来的に水道事業（特に遠隔監視装置や水質計等）へ適用可能となれば、維持管理の適正化に寄与する技術であることが明らかとなった。

国外の学術文献調査では、米国環境保護庁（USEPA）による「配水システムにおける遠隔水質監視システムの導入に関するガイドライン」を参照し、遠隔監視制御に関しての我が国との共通点や相違点、導入にあたっての留意点を抽出して考察を行った。当ガイドラインでは、遠隔監視システムは、日常的な水質変化の発生並びに突発的な汚染事故の発生を正確、即時、かつ安価に検知できる技術として位置付けられていた。人口減少社会を背景とした技術者や水需要の減少は想定されていないものの、従来よりも正確かつ精密な水質管理の実施を通じて、より安全かつ信頼性の高い水道サービスを提供可能とする方向性は一致していた。また、残留塩素濃度の管理は重要課題となっており、優先的な監視場所として、配水システムの流入地点、運転操作管理地点、重要施設・顧客、配水システムの遠方に位置する区域が示されていた。一方、遠隔水質監視システムの導入により、水質管理に関する省力化や効率化、さらなる精緻化が期待されるものの、水質データの解析や遠隔監視装置の維持管理に関する人材の確保や育成が課題としてあげられた。

3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証

送配水管における水質等の変化の予測では、末端給水に位置する個人宅に設置した自動水質測定計器の測定データを用い、管網末端での残留塩素濃度の減少幅を予測するニューラルネットワーク（NN）モデルを構築した。この NN モデルを応用し、浄水場での塩素注入量の適正化を検討するための残留塩素濃度の低減化シミュレーションを試みた。学習期間を 2 週間分とする NN モデルでは、テスト期間の前半において、予測精度が ± 0.1 (mg/L) 程度であり、入力値を仮想的に減少させると出力値もそれに追従して減少する時系列の応答反応が確認できた。さらに、NN モデルに異なる送配水管系統での測定データを適用して得られた予測値の精度検証では、同様の結果が得られたことから、本研究における予測モデル構築のアプローチの汎用性を確認した。

送配水管における水質等の変化の実証では、河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場（S、K 浄水場）系統の実証フィールドを対象に水質分析を行ったところ、送配水管路内において微細なたんぱく質を含む粒子が発生しており、それらも一つの要因となって、水道水の送配水管路内での流下に伴い水道水中の残留塩素濃度が低減することや、残留塩素濃度の減少速度は水道水の水温に強く影響されることが示された。また、荒井研究分担

者によって構築された NN モデルによる残留塩素濃度低減速度の推定値は、残留塩素濃度減少速度の実測値と整合するものとなり、同モデルの実用性を実証することができた。

4. 水質計の開発及び実証

科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計を水道用に開発・改良した水質計を用いて、協力事業者が所管する実証フィールド内の実管路において性能評価を行い、実用化に必要な性能諸元、最適配置及び活用形態等について提案した。具体的には、平成 29、30 年度の評価結果を踏まえて、令和元年度は、改良計器を実証フィールド内に設置し、性能評価及びそれに伴う採取インターフェースの開発、通信環境の改良を試みた。また、実証フィールドでの評価に基づき、水質計の性能諸元及び装置の活用指針として、技術面・コスト面からの配置案及び活用形態の提案を行った。

研究分担者氏名

安藤	茂	水道技術研究センター	理事長
島崎	大	国立保健医療科学院	上席主任研究官
長岡	裕	東京都市大学	教授
荒井	康裕	首都大学東京	准教授
三宅	亮	東京大学	教授

A. 研究目的

我が国では、人口減少に伴う水需要の減少による給水収益の悪化及び水道事業に携わる職員の減少等により、特に小規模水道事業において事業の持続が困難になりつつある。また、水需要の減少により、水道管内での水の滞留に伴う水質悪化等が懸念される。

このような状況下でも送配水管においては、管路網の管理及び末端給水での水質管理の確保、向上を図ることが求められており、遠隔監視制御技術の活用による水質管理を含む効果的な管網管理手法が望まれる。しかし、遠隔監視制御を送配水管の水質管理等に積極的に実施している事例は国内に少なく、一般的に高価なシステムであるため、特に小規模水道事業における普及が進んでいない状況である。

このような背景から、本研究では、将来にわたり適切な管路網管理を持続していくために、最近進展が著しい情報通信技術を活用し、少ない職員で広い地域の送配水管を効果的に管理するための遠隔監視制御手法及び小型水質計の提案を目的としている。

B. 研究方法

令和元年度は、1.送配水管における水質管理等の課題の抽出、2.送配水管における水質管理等の既存技術の調査、3.送配水管における水質等の変化の予測及び実証、4.水質計の開発及び実証の4つの研究課題に取り組んだ。

送配水管における水質管理等の課題の抽出では、平成29、30年度に実施した水道事業者へのヒアリング調査結果を基に、水道事業者が遠隔監視制御装置に求めるニーズや毎日検査におけるデータの活用方法等の提案に関する取りまとめを行った。

送配水管における水質管理等の既存技術の調査では、送配水管における水質管理等に適用可能な技術について、水道事業者、国内企業への遠隔監視制御装置に関するヒアリン

グ調査及び国外学術文献から情報収集を行った。これら調査結果を基に、送配水管における水質管理等の機器及び遠隔化・省力化につながる技術の実態把握を行い、既存技術の適用性に関する検討を行った。

送配水管における水質等の変化の予測及び実証のうち、水質等の変化の予測では、平成29年度に選定したフィールド（以下、実証フィールド）を対象として、入手した既存測定データに基づき、機械学習のひとつであるニューラルネットワーク（NN）を用いて残留塩素濃度の減少幅を予測するモデル（NNモデル）の構築を行い、そのNNモデルを応用して、浄水場での塩素注入量の適正化を検討するための残留塩素濃度の低減化シミュレーションを試みた。また、NNモデルに異なる地域での測定データを適用して得られた予測値の精度を検証することにより、本研究における予測モデル構築のアプローチの汎用性について検討した。

水質等の変化の実証では、平成30年度に対象とした実証フィールド及び新規の実証フィールドにおいて、採水した試料水の水質試験を実施し、実証フィールドにおける送配水管路内の水質の実態把握及びNNモデルの推定精度の実証を行った。

水質計の開発及び実証では、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計をベースに、水道用に開発・改良した水質計に関して、試料水の採取インターフェース部や通信機器を搭載した試作装置を開発し、協力事業者が所管する実証フィールド内の実管路で現場評価を行った。また、実証フィールド内での性能評価に基づき、水質計器の性能諸元をまとめ、それを基にした技術面・コスト面からの配置案、活用形態の提案を行った。

また、最終成果をまとめるに先立ち、本研究に参画している協力事業者の実務担当者を対象として、提案事項に対するヒアリング調査を実施した。

次に、具体的な研究方法を示す。

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出

送配水管における水質管理等の課題の抽出では、平成 29、30 年度に実施した水道事業者へのヒアリング調査結果を基に、遠隔監視制御装置の導入障壁や課題等から装置に求めるニーズの整理を行った。また、毎日検査データの活用方法や活用目的、活用上の課題等の整理を行い、毎日検査におけるデータの活用方法の提案に関する取りまとめを行った。

追加ヒアリング調査では、協力事業者の実務担当者を対象に、本研究の成果である遠隔監視制御装置に求めるニーズや毎日検査データの活用方法の提案事項、NN モデルの活用可能性、小型水質計の導入可能性及び計器に求める性能・要件等に関するアンケート調査を行った。また、ヒアリング調査により得られた実務担当者から意見等については、実務に役立つ提案事項として取りまとめにあたって、参考とした。

2. 送配水管における水質管理等の既存技術の調査

既存技術の適用性に関する検討では、送配水管における水質管理等に適用可能な技術について、水道事業者や関連技術を有する企業等へのヒアリング調査、国内外の事例や関連資料等の調査より、送配水管における水質、水圧管理等の機器やシステム及び管内水質管理等の遠隔化・省力化につながる技術の実態把握を行い、水質計の開発及び水道事業への適用可能性について検討を行った。

国外の学術文献調査では、米国環境保護庁水局水安全部門が 2018 年 4 月に公開した ” Online Water Quality Monitoring in Distribution System For Water Quality Surveillance and Response Systems ” の一部をかか参照し、我

が国との共通点や相違点、導入にあたっての留意点を抽出した。

3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証

送配水管における水質等の変化の予測及び実証のうち、水質等の変化の予測では、図 1 に示す実証フィールドの送配水管系統を対象とし、ニューラルネットワーク (NN) を活用して、水質等の変化を予測するモデル (NN モデル) を構築した。分析対象となるデータは、K 浄水場計測データ (送水流量・浄水濁度・残留塩素濃度・pH)、配水流量データ (S 系第一配水流量・M 系-d 配水流量・M 系-o 配水流量)、個人宅計測データ (濁度・残留塩素濃度・pH・水温・色度・電気伝導率・水圧) の 14 種類である。

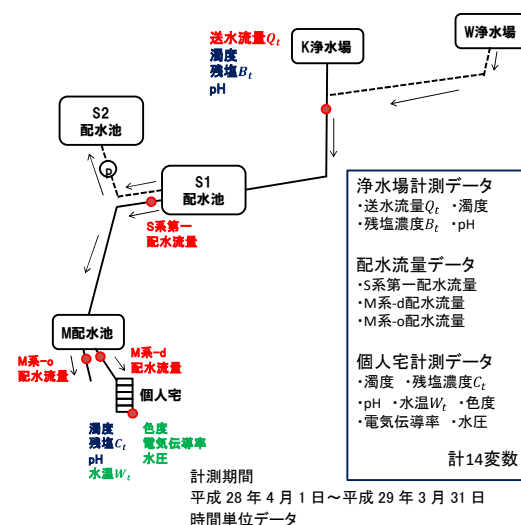


図 1 対象とする送配水管系統

データとして、平成 28 年 4 月 1 日から平成 29 年 3 月 31 日までの時系列データを用い、変数間の相関関係や時間差 (time lag) を整理した上で、NN モデルの説明変数及び目的変数を設定した (図 2 及び図 3 参照)。さらに、得られた NN モデルの精度を向上させるため、学習処理を適宜変更することで本研

究の最適な NN モデルの構築を行った(図 4 参照)。

また、構築した NN モデルを応用して、テスト期間(平成 28 年 7 月 24 日~7 月 31 日)の入力データである残留塩素濃度 (Bt) を段

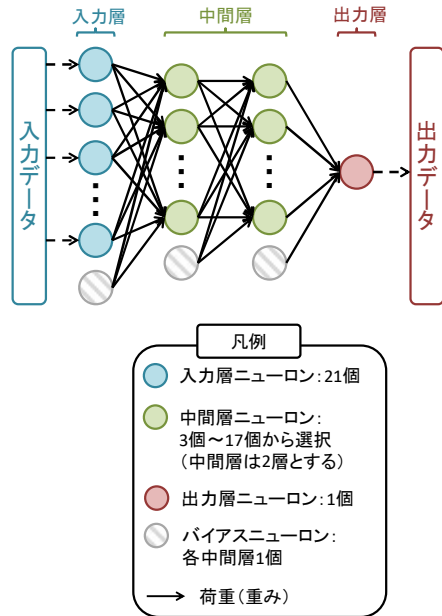


図 2 本研究のニューラルネットワーク

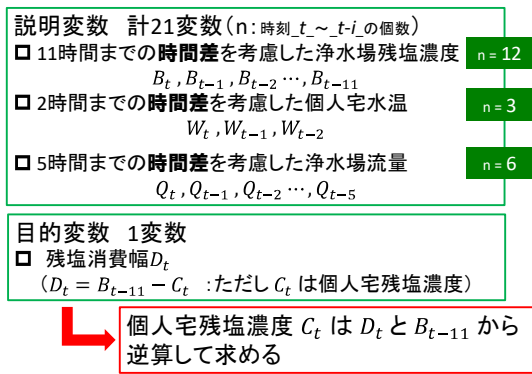


図 3 NN モデルの説明変数及び目的変数

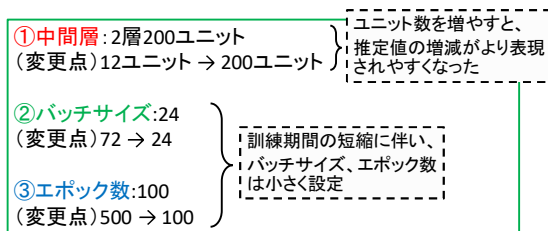


図 4 モデルの学習処理に関する設定内容

階的に減少させて、残留塩素濃度の低減化シミュレーションを試みた。NN モデルの訓練期間は、テスト期間の直前 2 週間 (平成 28 年 7 月 10 日~7 月 23 日) に設定した。本研究で試みる残留塩素濃度の低減化シミュレーションのイメージを図 5 に示す。また、このシミュレーションを実現するための NN モデル構築手順を図 6 に示す。

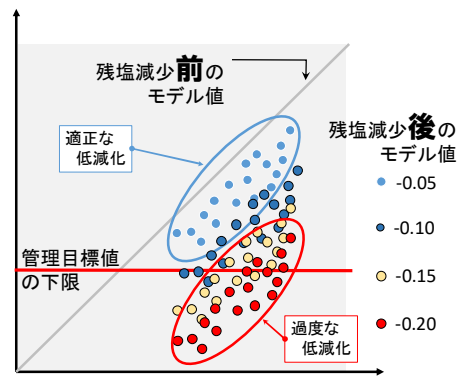


図 5 低減化シミュレーションのイメージ

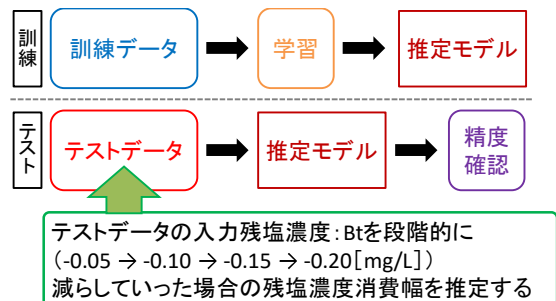


図 6 モデル構築手順 (訓練とテスト)

さらに、NN モデルに異なる地域での測定データを適用して得られた予測値の精度を検証することにより、本研究における予測モデル構築のアプローチの汎用性について検討した。

水質等の変化の実証では、小規模水道事業の基幹管路において求められる、監視項目と監視方法の提案を目的に、河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場 (S 浄水場) から延長約 3km ダクタイル鋳鉄管の送配水管路において、原水、浄水、消火栓 7 箇所から

3回採水し、水質試験を行った。また、実験室内において試料水を孔径 $0.5\mu\text{m}$ PTFE膜及び $0.45\mu\text{m}$ PVDF膜でろ過し、微粒子のろ過抵抗を測定するとともに、膜に捕捉される微粒子の元素組成及び有機物の官能基の定性・定量分析を行った。図7に、調査地点(S浄水場系統)の概要を示す。なお、同系統は、令和元年10月の台風19号によって被災したため、その後の調査が不可能となった。そこで、平成29、30年度に実施した採水調査の精度向上を目的として、同年12月より、膜ろ過方式の小規模浄水場(K浄水場)から延長約6kmダクトイル鋳鉄管の送配水管に



図7 S浄水場系統の採水場所

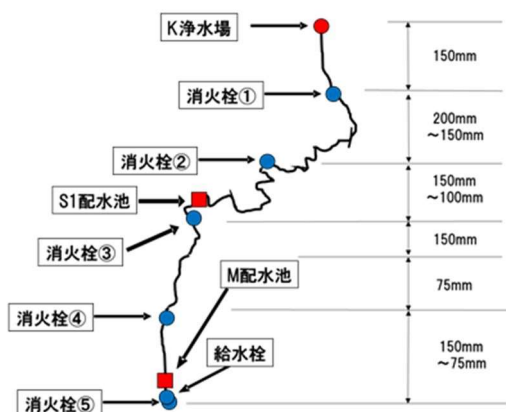


図8 K浄水場系統の採水場所

において、原水、浄水、消火栓5箇所等から2回採水し、水質試験及び定性・定量分析を行った。図8に、調査地点(K浄水場系統)の概要を示す。

4. 水質計の開発及び実証

水質計の開発及び実証では、令和元年度において水道用に開発・改良した計器を実証フィールド内に設置し、性能評価及びそれに伴う採取インターフェースの開発、通信環境の改良を試みた。

図9に開発した採取インターフェース部を示す。夾雑物除去時の圧力損失を低減するために、フィルタ構造としてクロスフロー型フィルタを採用した。また、計測開始時に採取部途中に滞留する水道水(残留塩素濃度濃度低下の可能性)を排除し、水道管内の新鮮な水道水を取り込むために一時貯留槽を設け、一定量の水をオーバーフローさせた後、分析部へ搬送する系及び自動化機構を構築した。

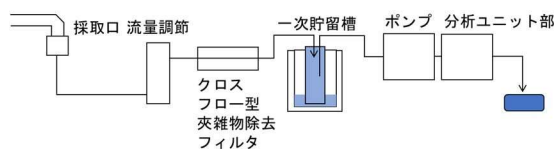


図9 採取インターフェース部の開発

開発した採取インターフェース部と水質計等分析ユニットを一体・内蔵化した試作装置の開発を試みた。試作装置の外観及び内部構

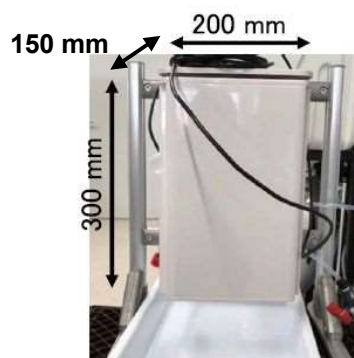


図10 試作装置外観

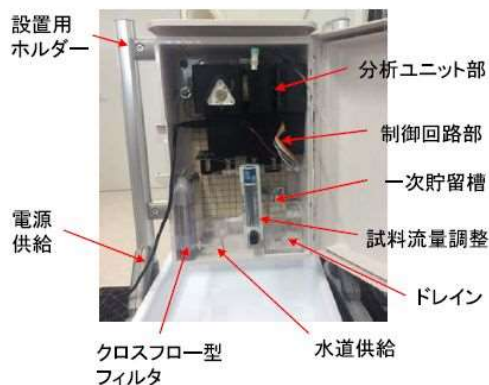


図 11 試作装置内部

成を図 10、図 11 示す。これら試作装置を実証フィールドにて、性能評価を行った。なお、実験操作の便宜上、各要素間は余裕をもって配置したため、装置全体の大きさは高さ 300mm×幅 200mm×奥行き 150mm 程度となった。

通信については、試作装置と自律型ゲートウェイステーションとの間を無線通信で行い、その後、インターネット回線を介して遠隔場所から制御可能とした。また、この設置環境を利用して、採取インターフェースの機能、給電環境、無線制御等の性能評価を実施した。

C. 研究成果

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出

ヒアリング調査結果を基に、遠隔監視制御装置に求めるニーズの整理を行った。調査結果より、遠隔監視制御装置に対しては、設置費、付帯設備費等コストが高額であることが導入障壁となっていることから「コストのかからない装置」、設置場所の用地取得が難しいといった課題があることから「設置場所を選ばない小型化された装置」、装置の操作が煩雑で使用できる担当者が限られているため「誰でも操作可能な設定等を容易化した装置」、水の滞留時や残留塩素濃度低下時に人手を必要としない「自動排水制御機能を搭載

した装置」等が求められていることが明らかとなった。これらを踏まえ、水道事業者が遠隔監視装置に求めるニーズとして、「コスト低減化」、「設定変更の容易化」、「装置の小型化と可搬式装置」、「水質の維持管理の自動化・省力化」を提案事項として取りまとめを行った。これら求めるニーズについて、三宅研究分担者と情報共有を行うことで連携を図り、「装置の小型化と可搬式装置」については、三宅研究分担者の最終成果である水質計の活用指針の配置案及び活用形態の提案に反映した。

毎日検査におけるデータの活用方法等の提案は、ヒアリング調査結果から明らかとなった毎日検査データの活用方法や活用目的、活用上の課題等の整理結果を踏まえ、「蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握」、「トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化」、「データ可視化による情報共有・現状把握」、「住民からの苦情が来た際の事象確認」を提案事項として取りまとめを行った。

追加ヒアリング調査結果では、これら提案事項に対する協力事業者の実務担当者の意見として、蓄積した毎日検査データをトレンド化して傾向把握に活用することや局内での情報共有として活用することで、異常時の早期対応等が可能となるなど、適正な水質管理に向けた方法として、活用可能性があることが確認された。また、協力事業者の中には、独自に開発した残留塩素濃度管理システムを利用して、毎日検査データを配水系統ごとにトレンド化・可視化して水質管理を実施しており、提案事項を実務に活用している事例もあることから、その有用性についても確認された。

2. 送配水管における水質管理等の既存技術調査

既存技術の適用性に関する検討では、送配水管における水質、水圧管理等の機器やシス

テム及び管内水質管理等の遠隔化・省力化等につながる技術の実態把握を行い、これら技術の水道事業や本研究において開発に取り組んでいる水質計への適用可能性について検討を行った。

調査結果から明らかとなった技術として、「遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能」、「装置の小型化と可搬式装置」、「メンテナンス（清掃、点検、校正作業）の適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能」、「残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能」があげられる。各技術に関する適用可能性の検討結果を以下に示す。

「遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能」では、自動校正機能を搭載した機器は一般化されてきているが、あくまでも緊急時対応としての機能であり、最終的には人手による校正が必要なことや水質検査機器として採用している測定方法は告示法を遵守する必要があり、連続測定器による測定結果と手分析法による測定結果を比較し、一致しない場合は手分析値に合わせることを要求されていることから、現時点では、遠隔でのリモートメンテナンスや全自動化による管理を実施することは難しいことが明らかとなった。

「装置の小型化と可搬式装置」では、装置の小型化については、測定項目が多くなれば、必要部材が増えることや装置のメンテナンススペースを確保する必要があることから、小型化は限定的であること、また、可搬式装置については、バッテリー電源を搭載する必要があり、測定頻度が高くなると消費電力が大きくなることから、太陽光発電等による自己給電機能を搭載するといった対策が必要となり、コスト面や技術面、維持管理面等、多くの課題があることが明らかとなった。

「メンテナンス（清掃、点検、校正作業）の適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能」では、現時点において、予測判断機能を開発する技術的

ハードルが高いことや水系によって水質は異なることから汚れ具合の基準設定が難しく、また、機器自体の故障予備点検も含めての定期メンテナンスであるため、汚れ具合の指標判断だけでは自己診断機能を活用した定期メンテナンスの適正化は難しいことが明らかとなった。

「残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能」では、既に国内企業において製品化されており、水道事業で活用されていることが明らかとなった。排水機能の機器搭載にあたっては、水質計内部でのデータ処理に伴って、消費電力が大きくなる点や排水制御部、バルブ部等、必要部材が増えることによる機器の大型化といった、水道事業者が求めるニーズに相反する開発方向性となることが課題として明らかとなった。

検討結果より、本研究において開発に取り組んでいる水質計に直ちに反映可能な技術等は見受けられなかったが、将来的に水道事業へ適用することで維持管理の適正化に寄与することが期待される技術を見出すことができた。

文献調査した、米国環境保護庁（USEPA）によるガイドラインでは、配水システムにおける日常的な水質変化の発生並びに突発的な汚染事故の発生を正確、即時、かつ安価に検知できる技術として遠隔水質監視システムを位置付けていた。米国では遠隔監視システム（Online Water Quality Monitoring in Distribution Systems : OWQM-DS）を活用した水質管理が行われており、これらの装置は壁掛け式かつ自動採水機能を有していた。また、遠隔監視システムの設置場所として、①配水システムへの流入地点（浄水場出口等）及び②運転操作管理地点（配水施設、追加塩素注入施設、ポンプ場等）を基本とし、追加の監視場所として③病院等の重要施設や④水質上の問題が生じやすい区域等があげられていた。

水質監視項目では、中核となる測定項目と

して、①残留塩素濃度、②pH、③電気伝導率、④水温であった。また、追加の水質項目として、⑤アルカリ度、⑥遊離アンモニア(NH₃)、⑦色度、⑧溶存酸素濃度(DO)、⑨溶存性有機炭素(DOC)・全有機炭素(TOC)、⑩消毒副生成物、⑪炭化水素、⑫硝酸塩および亜硝酸塩、⑬オルトリン酸塩、⑭酸化還元電位(ORP)、⑮分光吸光度、⑯濁度、⑰UV₂₅₄が示されていた。この遠隔監視システムは、全17種類の水質項目を測定でき、監視場所や水道事業者が必要とする監視項目に応じた組み合わせが可能であることが示されていた。

ケーススタディとして米国内の大規模(フィラデルフィア水道局:給水人口約160万人)及び中規模(デイトン市水道局:給水人口約40万人、モホーク渓谷水道庁:給水人口約12.6万人)の各水道事業者における適用事例が記載されており、各水道事業者とも、遠隔水質監視システム導入の目的として、汚染事故の監視並びに配水システムにおける水質の最適化をあげていた。フィラデルフィア水道局は、移動型の水質監視装置を保有しており、必要に応じて一時的に設置し監視することを可能としていた。各水道事業者において共通して測定対象とする水質項目は、全

塩素または遊離塩素、pH、電気伝導率、水温、濁度であった。ただし、モホーク渓谷水道庁では、一部の設置場所では全ての水質項目を測定するものの、他の場所では遊離塩素のみを測定していた。

3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証

水質等の変化の予測では、ニューラルネットワーク(NN)を用いて、管網末端の残留塩素濃度の減少幅を予測するモデル(NNモデル)を構築した。具体的には、訓練期間(平成28年7月10日~7月23日)の入力データで学習させたNNモデルに対し、テスト期間(平成28年7月24日~7月31日)の入力データを用いてモデルの学習処理を行い、残留塩素濃度減少幅 D_t の予測検証を行った。検証結果では、図12の時系列図が示すように、テスト期間の前半頃まで(図中の赤矢印で示す範囲)は、NNモデルが±0.1(mg/L)程度の誤差で減少幅を予測可能であることが明らかになった。また、NNモデルの予測値と実測値を散布図で比較すると、図13のような結果となる。

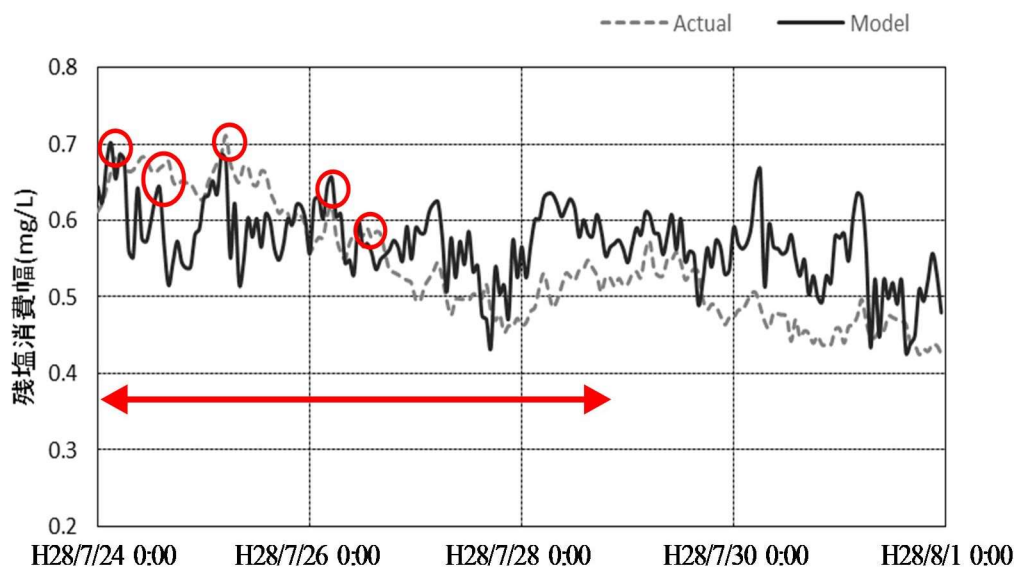


図 12 残留塩素濃度の減少幅 D_t (予測値と実測値)

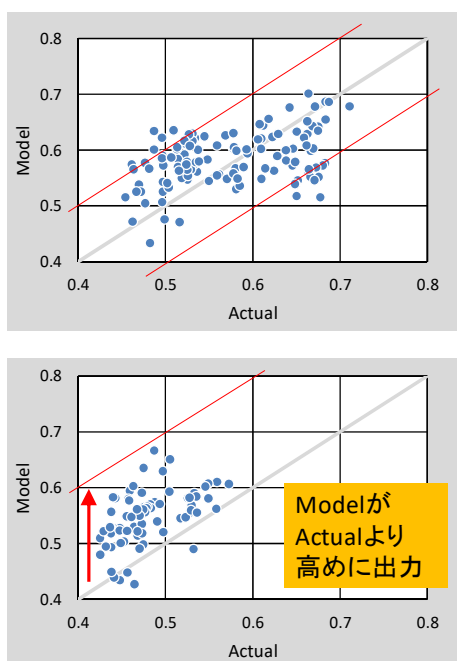


図 13 テスト期間の予測値と実測値の散布図
(上：前半4日間、下：後半3日間)

これら NN モデルを応用し、K 浄水場系統での浄水場の塩素注入量の適正化を検討するため、テストデータの入力残塩濃度 (B_i) を段階的に減少 (-0.05→-0.10→-0.15→-0.20 [mg/L]) させて管網末端の残留塩素濃度 (C_i) の変動を確認することで、モデルのシミュレーションを試みた。検証結果より、入力データである残留塩素濃度 (B_i) を仮想的に減少させると管網末端の残留塩素濃度 (C_i) もそれに追従して減少する時系列の応答反応が確認できた (図 14 参照)。

また、NN モデルの対象地域 (旧地域：K

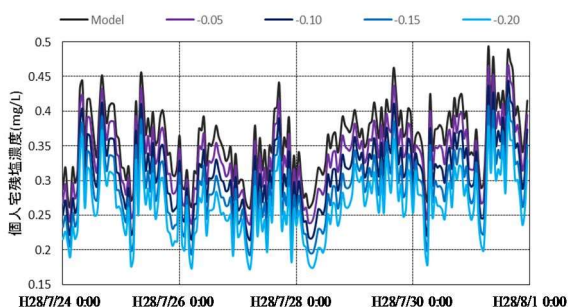


図 14 低減化シミュレーションの結果

浄水場系統) に加え、異なる地域 (新地域：S 浄水場系統) の測定データをモデルに適用した場合、同様の結果が得られるのか否かを検証した。この検証では、相互相関分析に基づく説明変数の「時間差 (TD) の調整」(表 3 参照) 並びに「訓練期間」の長さによる感度分析も同時に実施した。組み合わせ数は表 1 に示す計 12 通りである。表 2 に示す訓練期間でモデルを構築し、各々の推定精度を集計したところ、図 15 のような結果が得られたことから、新地域においても旧地域と同程度の推定精度が得られることが確認できた。ただし、旧地域では説明変数の時間差を考慮することで効果が現れたのに対し、新地域ではそうした傾向が確認されなかった。異なる 2 地域においても、3 つの説明変数、すなわち①浄水場残留塩素濃度、②浄水場流量、③個人宅水温の測定データを基に構築した NN モデルが一定の予測精度を有することから、

表 1 地域・時間差の調整・訓練期間の組み合わせ

地域	時間差の調整	訓練期間
K 浄水場系統	TD調整：有	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
	TD調整：無	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
S 浄水場系統	TD調整：有	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
	TD調整：無	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)

表 2 訓練期間の詳細

長さ	期間
2週間	平成28年7月10日～7月23日
1週間	平成28年7月17日～7月23日
1ヵ月	平成28年6月24日～7月23日

表 3 時間差の調整に伴う説明変数の変更

(旧地域 : K 浄水場系統)	
説明変数 (時間差の調整 : 有)	説明変数 (時間差の調整 : 無)
$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-11}$	$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-11}$
$Q_t, Q_{t-1}, \dots, \underline{Q_{t-11}}$	$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-11}$
W_t, W_{t-1}, W_{t-2}	$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-11}$
(新地域 : S 浄水場系統)	
説明変数 (時間差の調整 : 有)	説明変数 (時間差の調整 : 無)
$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-6}$	$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-8}$
$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-7}$	$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-8}$
$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-8}$	$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-8}$

* 表中の下線部は図 3 と異なる設定を表す

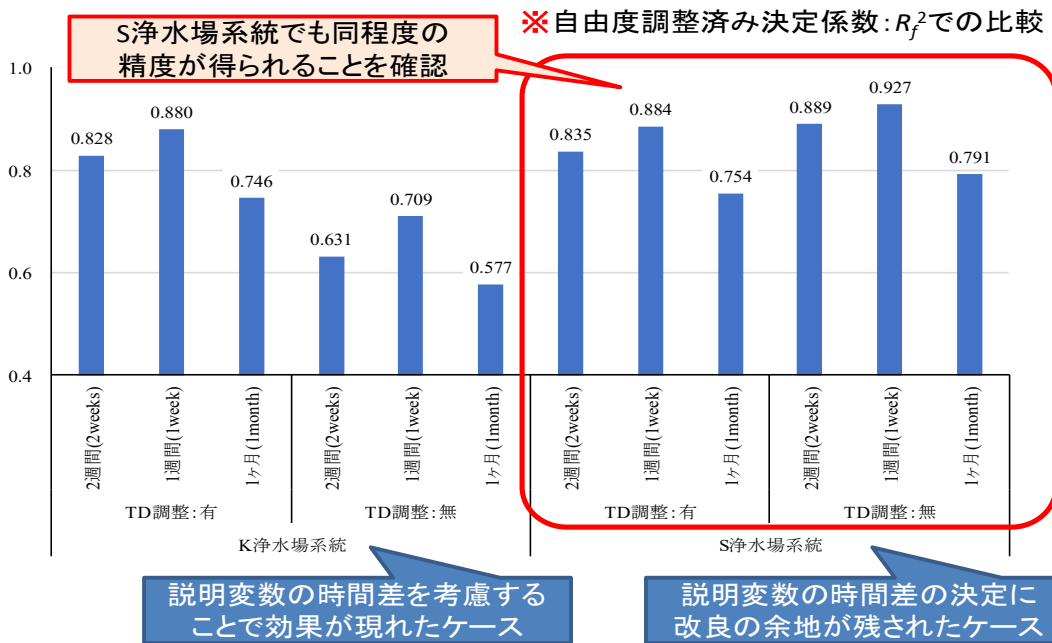


図 15 予測精度に関する旧地域 (左) と新地域 (右) の比較

本研究で提案したアプローチの汎用性の高さが示されたと判断できる。

追加ヒアリング調査結果では、これら提案事項に対する協力事業者の実務担当者の意見として、人手不足等の課題を抱えている小規模水道事業者では、山間部などの電源が

ない地域において、測定データのみで末端の残留塩素濃度を推定することができることに加え、浄水場での末端水質管理や人手による測定などの省力化を図ることが可能となるため、モデルを活用した水質管理は有効であるとの意見を得た。一方、NN モデル導入にお

ける課題として、系統が合流している配水系統では、水質が混合するため残留塩素濃度を推定する事は困難であることや、一部の水道事業者ではおいしい水の管理目標値として、0.2~0.4mg/Lの間で管理することを目標としており、検証結果では推定値が0.1mg/L以上の誤差が生じていることから、管理目標値を基準とした場合、0.1mg/L以上の誤差精度では活用可能性は低いといった意見を得た。これらを受けて、NNモデルの導入を促すためには、さらなるモデルの推定精度向上（誤差を0.1mg/L以下）を図る必要があることが確認された。また、職員でモデル構築検討を行うのであれば、それなりのノウハウや労力がかかり、人手の省力化による水質管理にはつながらないのではないかとといった意見や、モデルは構築時の管網形態を対象としているため、管路工事による管網形態が変わることで、NNモデルの再構築や修正検討を行う必要があることが、かえって維持管理の労力増大につながる点が懸念事項として確認された。

送配水管における水質等の変化の実証では、ダクタイル鋳鉄管の送配水管路において、原水、浄水、消火栓等から採水し、水質分析を行った。図16、図17に、各浄水場系統における残留塩素濃度の変化を示す。

図16のS浄水場系統では、浄水場から800m付近までは残留塩素濃度が減少する傾向を示した。一方、それより下流では一律に減少する傾向は示さなかったが、配水池下流では大きく減少する傾向が示された。図17のK浄水場系統では、管路末端付近において大きな減少速度を示しているが、全体としてはほぼ直線的に残留塩素濃度が減少していることが確認された。なお、図17には平成29、30年度の結果を併せて示している。

図18に、図17のデータを直線近似して得られた残留塩素減少速度 [mg/L/km] と浄水場出口における水温との関係を示す。ま

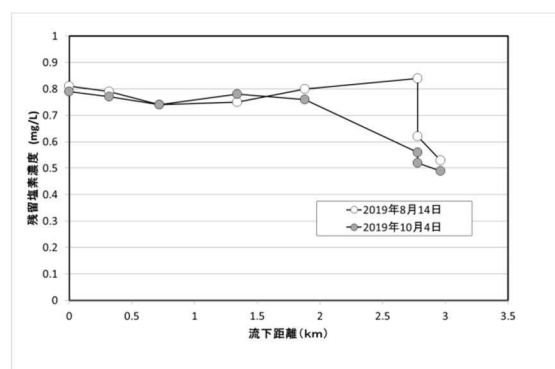


図16 S浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

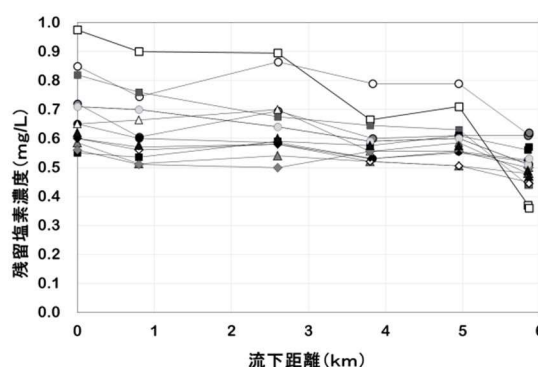


図17 K浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

た、同図には、荒井研究分担者によって構築されたNNモデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値（平成28年8月1日~7日、同年9月1日~9月7日の1時間ごとの予測値）を併せて示す。なお、荒井研究分担者のモデルでは、管網末端の水温データを用いているため、この水温から4℃を減じた値を浄水場出口の値とした。水温の上昇とともに残留塩素濃度減少速度が大きくなること、NNモデルの予測値を用いた推定値は、実測値と矛盾しない領域に分布していることが示され、本測定によって荒井研究分担者の構築したNNモデルの有効性を示すことができた。

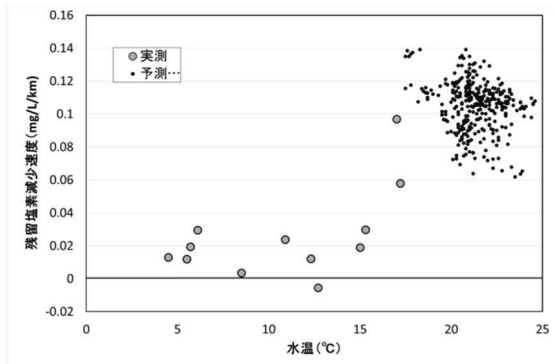


図 18 残留塩素濃度減少速度と
浄水場出口水道水の水温との関係

図 19 に、令和元年 12 月に採水を行った K 浄水場システムの試料水を PTFE 膜でろ過した残渣物の IR スペクトルを示す。前 2 年間のデータと同様に、波数 1540cm^{-1} 、 1650cm^{-1} 、 3300cm^{-1} において透過率のピークが見られている。これらは、N-H 結合及びアミド結合の C=O 結合に由来するものであり、たんぱく質の存在を示しているものと考えられる。

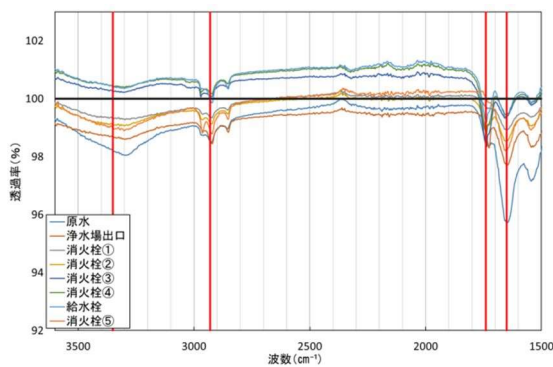


図 19 令和元年 12 月の K 浄水場システムから
採水した PTFE 膜上残渣物の
IR スペクトル

これらのピークは原水で大きく、水道水では小さい傾向があり、ある程度の定量性を示していると考えられたため、 1650cm^{-1} のピークの大きさをスペクトル図より読み取り、その大きさと管路の流下距離との関係を示したものが図 20 である。図 20 の縦軸は水道水中のタンパク質の濃度と相関関係がある指標

と考えられるが、原水を膜ろ過して減少したたんぱく質が送配水管路を流下するにしたがって徐々に多くなっている様子が見られ、送配水管路中で何らかのたんぱく質の微粒子が発生していることが伺える。

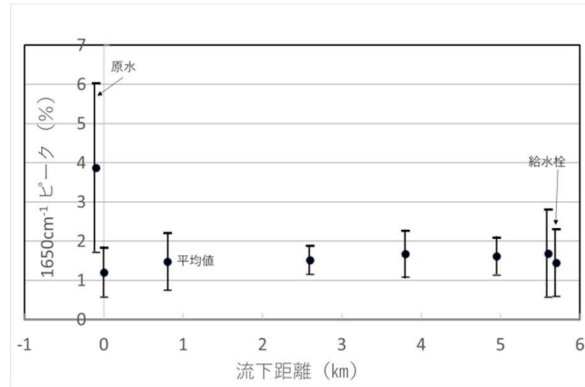
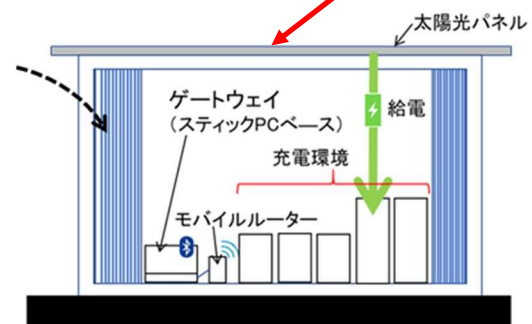
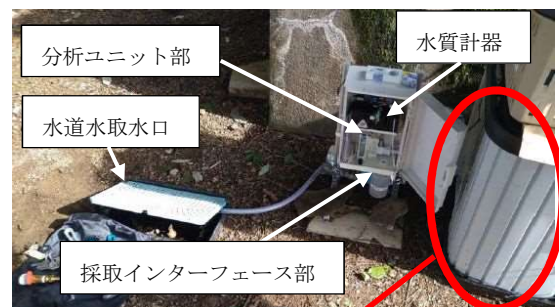


図 20 流下距離と PTFE 膜 ($0.5\mu\text{m}$) 上の
ろ過残渣物の IR スペクトルの
 1650cm^{-1} 付近のピーク高さとの関係

4. 水質計の開発及び実証

図 21 に試作装置を実証フィールドに設置した状況を示す。



自律型ゲートウェイステーション

図 21 実証フィールドへの設置状況

本研究で試作した装置は、実験操作の便宜上、各要素間は余裕をもって配置したため、装置全体の大きさは、高さ 300 mm×幅 200 mm×奥行 150 mm程度となった。この試作装置を1週間程度、現場に設置した結果、水道管と試作装置をつなぐ接手部から漏水が発生した。水道管から直接試料水を採取する場合は、耐圧性の高い接手の採用や漏水の遠隔診断、遠隔回復機能等が重要な課題であることが確認された。

表4に装置に設定されている無線機能(近距離無線)における通信距離を

表4 水質計の信号到達距離の評価

障害物条件	距離(m)				
	0	10	20	50	100
無	◎	◎	◎	◎	○
1層	◎	○	○	△	×
3層	◎	△	×	×	×

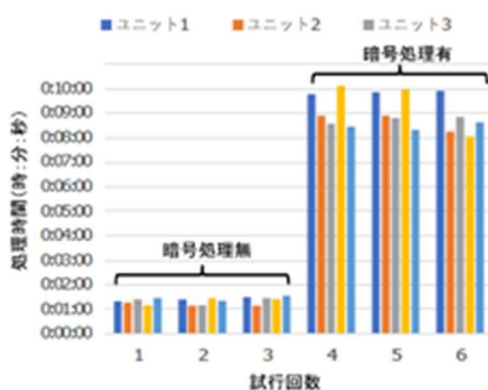
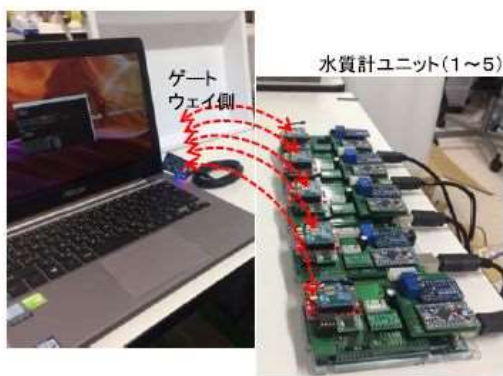


図22 通信データの安全性向上

(暗号化処理) と必要処理時間

評価した結果を示す。金属等のパッケージ被覆がない場合、100 m程度まで通信可能であることが判明した。一方、障害物として薄い金属箔が1層間に存在するだけで、通信距離は50 m程度まで低下することが判明した。今後の装置の外装パッケージの仕様や設計、アンテナの配置等の設計指針に反映させる必要がある。

図22は、取得される情報の漏洩防止及び安全性を向上させる目的で、水質計から発信される信号に暗号処理を施した際のゲートウェイでの復号化処理を含めた処理時間を検証したものである。これによると、5台相当の計器において、信号を復号するのに最大10分程度の時間を要することが明らかとなった。

以上の検討結果を受けて、開発した水質計の現状での性能達成状況を表5に示す。参考として、目標とする性能諸元についても併記する。全体を構成する要素としては、概ね対応済であるが、直接水道配管から試料水を採取する場合、水漏れしない接手、漏水の診断機能の搭載等が必要である。全体の寸法については、目標とする寸法には至っていないが、目的に沿って構成や実装を最適化することで150mm立方(マンホール内設置)に収めることは可能と考える。一方、現状では試薬の劣化が抑えきれず、特に低濃度の計測時には誤差が含まれる場合があり、さらなる解決策、工夫が必要である。計測頻度を上げる上で最も律速となるのは、試薬の搭載量である。試薬搭載量を増加させるか(装置が大型化)、あるいは1回の計測での試薬消費量を減らす(分析精度とのバランス)ことで計測頻度を増加させることは可能である。通信距離は、現状では50 m程度であるが、山間部での利用を考えると200 m程度は必要である。今後の通信機器の性能向上が待たれる。情報安全性については、暗号化、特に復号化に時間を要するため、現状では1計測に10分を要する。これが計測頻度を制限する要因

となっている。分単位の時系列生データを直接、送出していることが原因である。例えば、水質計本体やゲートウェイ等に演算機能（エッジ処理）を搭載し、濃度値を算出、濃度値データのみを送信できれば解決できる。エッジ処理については、今後、検討すべき課題である。

追加ヒアリング調査結果では、これらの提案事項に対する協力事業者の実務担当者の意見を求めたところ、水質計に求める性能・要件として、可搬式の水質計、排水機能、屋外設置での耐久性や経済性、維持管理のしやすさ、電源のないような山間部にも設置できる機器（自動水質測定装置に電源を内蔵）、

動校正機能を搭載した装置、維持管理に人手を必要としない遠隔監視制御装置、水の滞留屋外でも設置しやすい小型の水質計等があげられた。また、水質計が可搬式であれば、測定地点を自由に変えることができ、必要最低限の機器で水質管理ができるため、機器の導入費用を抑えた効率的な管理が期待できる点や、管末では、滞留による残留塩素濃度低下時に管理排水を行う必要があるため、水質計に排水機能が搭載できれば、さらに導入可能性が高まるのではないかといった意見を得た。

表 5 小型水質計の性能諸元

項目	目標性能諸元	現状
構成	水質計本体、通信機能、フィルタ部、採取部	水質計本体、通信機能、フィルタ部
寸法	～150 mm 立方	～200 mm x 300 mm
計測項目	残留塩素、水温、色度、濁度、水圧	残留塩素(水温、水圧)
計測レンジ、安定性	0.1 ～ 2.0 ppm, ±3 %	0.3 ～ 2.0 ppm, ±5 % (課題: 試薬安定性)
計測頻度	1 回/分	1回/時間
利用環境耐性	-10 ～ 60 °C	-10 ～ 35 °C (課題: 高温耐性)
保守性能	試薬交換 1 回/3ヵ月	試薬交換 1 回/1ヵ月
通信距離	200 m	～50 m
情報安全性	無線通信時、暗号化・復号化処理	無線通信時、暗号化・複合化処理可 (ただし所用時間～10分)
給電	無給電(太陽光発電)	バッテリー駆動
コスト(試作ベース)	～ ¥ 100,000	水質計本体: ～ ¥ 50,000 通信部: ～ ¥ 10,000 フィルタ部: ～ ¥ 100,000 電源: ～ ¥ 50,000

D. 考察

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出

ヒアリング調査結果より、水道事業者が求める水質計の性能及び開発の方向性について、設置場所の制限が少ない小型化された装置やコストを抑えた安価な装置、遠隔による自

時や残留塩素濃度低下時に自動排水制御機能を搭載した装置等が求められていることが明らかとなった。これらの調査結果を踏まえ、水道事業者が遠隔監視制御装置に求めるニーズとして、「コスト低減化」、「設定変更の容易化」、「装置の小型化と可搬式装置」、「水質の維持管理の自動化・省力化」を提案

事項として取りまとめた。これら求めるニーズを遠隔監視制御装置に反映することが可能となれば、中小規模水道事業においても装置導入が促進され、少ない職員で効率的な水質管理を行うことが可能となり、維持管理の適正化が期待される。

水質管理の一環として、水道法で規定されている毎日検査に関して、人手による測定が安価なため、住民委託による毎日検査を行っており、その測定データが活用されていない水道事業者が多いことが明らかとなった。このことから、毎日検査におけるデータの活用方法については、「蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握」や「トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化」、「データ可視化による情報共有・現状把握」、「住民からの苦情が来た際の事象確認」を提案事項として取りまとめた。

海外文献調査では、米国において遠隔監視制御装置の活用方法として、配水系統での意図的な汚染、テロ対策及び運転操作時に生じる水質変動監視、異常時の早期警報システム、汚染事故の監視、配水システムの水質最適化、浄水処理の評価等に活用されていることが示されていた。

これらに関して、協力事業者への追加ヒアリング調査の結果、一部の水道事業者において、毎日検査データを配水系統ごとにトレンド化・可視化して水道局内での情報共有や水質管理に活用しており、提案事項を実務に活用している事例もあることから、本研究で取りまとめた提案事項の有効性についても確認された。ただし、これら提案事項については、季節変動を考慮した連続測定データが必要となるため、装置導入が進んでいない中小規模水道事業者では、装置導入による連続測定データの取得が必要となってくる。これらの活用方法を水質管理手法の一つとして適用することで、水質管理の適正化や精緻化、水道水質の安全性及び信頼性のさらなる向上、

毎日検査の強化につながると考える。

水道事業に携わる職員の減少等により、特に小規模水道事業において事業の持続が困難になりつつある中、将来にわたって適切な管路網管理を持続していくためには、情報通信技術を活用した水質管理が有効である。これら遠隔監視制御装置等、情報通信技術を活用した連続監視及び水質ビッグデータを活用した水質予測制御等を水質管理に活用することで、人手による感覚的（測定者の主観的判断）な水質管理の改善や毎日検査項目のきめ細かな測定、欠測防止等が可能となり、毎日検査の強化や維持管理の効率化、適正化、省力化が期待される。

2. 送配水管における水質管理等の既存技術の調査

既存技術の適用性に関する検討結果では、調査結果から明らかとなった技術として、「遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能」、「装置の小型化と可搬式装置」、「メンテナンスの適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能」、「残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能」が確認された。これらの技術の適用可能性に関する検討結果では、本研究期間内において三宅研究分担者が開発する小型水質計に適用可能な技術は見受けられなかったが、将来的に水道事業や水質計の開発への適用に参考となる技術が見出された。

海外文献調査の中で、米国環境保護庁によるガイドラインでは、当研究における人口減少社会を背景とした技術者や水需要の減少は想定されていないものの、遠隔監視システムは、従来よりも正確かつ精密な水質管理の実施を通じて、より安全かつ信頼性の高い水道サービスが提供可能となる点が共通していた。遠隔監視システムの設置場所については、導入コスト等の面から優先度の高い場所を中心とすることが記されていた。米国においては、我が国のように末端給水での毎日検

査は義務づけられていないため、末端給水における監視の優先度はあまり高くないと考えられた。一方、水質上の問題が発生した場所の一つに、配水システムの遠方に位置する区域があげられており、ここでは残留塩素の減少や消失が想定されると考えられた。基本的な水質項目として残留塩素濃度、pH、電気伝導率、水温があげられており、残留塩素濃度の監視が中核である点は共通していた。

米国では、アンモニア注入によるクロラミン処理やリン酸添加による水道管路の腐食防止が行われているため、遊離アンモニア、硝酸塩および亜硝酸塩、オルトリン酸塩が測定対象となっている点が、我が国と大きく異なる。また、腐食防止の観点から、アルカリ度やORPも追加の測定対象に含まれていた。さらに、汚染事故等による水質異常を検知する面から、分光吸光度、UV254、炭化水素の測定が活用されていた。

ケーススタディに記載された各水道事業者とともに、遠隔水質監視システム導入の目的として汚染事故の監視および配水システムにおける水質の最適化があげられていた。後者については、当研究でも想定されている水質管理に関する効率化や省力化、さらなる精緻化も期待できると考えられる。

一方で、水質データの解析や遠隔監視装置の維持管理に関して、職員への研修や新規職員の雇用など人材育成が必要であるとしている。同様の課題は当研究でも見受けられており、遠隔水質監視システムを導入した後、限られた数の技術職員でいかに効率的かつ省力的な水質管理を行うことが望ましいものであるのか、人材面での課題があると考えられた。

3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証

水質等の変化の予測では、ニューラルネットワーク (NN) を用いて残留塩素濃度の減少幅を予測するモデル (NN モデル) を構築した。この NN モデルを応用し、浄水場での

塩素注入量の適正化を検討するためのシミュレーションを試みた。検証結果より、浄水場での塩素注入量を減少させると管網末端の残留塩素濃度もそれに追従して減少する応答反応が確認できた。これは、浄水場での塩素注入量の適正化につながるものと考えられる。

また、異なる送配水管系統の測定データを NN モデルに適用した結果、同等の精度であることを確認した。このことから、本研究で提案した予測モデル構築のアプローチは、それぞれの送配水管系統に応じたチューニングが必要とされるものの、多くの水道事業において活用可能な汎用性の高い手法と考える。

三宅分担者が開発した小型で可搬式の自動水質測定計器を活用し、より多くのフィールドの測定データを収集・蓄積すること、また、それらが容易かつ計器のコスト低減化等が可能となれば、本研究で展開した AI 技術等を援用した残留塩素濃度の管理手法は有効な手段になり得るものと考えられる。

追加ヒアリング調査結果では、人手不足等の課題を抱えている小規模水道事業において、測定データのみで末端の残留塩素濃度を推定可能なことに加え、浄水場での管網末端の水質管理や人手による測定などの省力化を図ることが可能となることから、NN モデルを活用した水質管理は有効であることが確認された。一方、NN モデルの導入課題として、系統が合流している配水系統では、水質混合による推定することの困難さや、推定精度が 0.1mg/L 以上の誤差精度では活用できないといった意見を得た。これらを受けて、NN モデル導入促進における課題として、さらなるモデルの予測精度向上 (誤差を 0.1mg/L 以下とする) を図る必要があることが確認された。また、NN モデルは構築時の管網形態を対象としているため、管路工事による管網形態が変わることで、NN モデルの再構築や修正検討を行う必要があることが、維持管理の労力増大につながる点が懸念事項として確認された。

水質等の変化の実証では、膜ろ過を浄水システムとして採用している小規模水道において、送配水管内の流下とともに残留塩素濃度が減少し、その減少速度が水温によって大きく左右されることが示された。また、荒井研究分担者によって構築されたNNモデルにより推定された残留塩素濃度減少速度は、流下方向に残留塩素濃度を測定した結果を直線回帰して得られた減少速度と矛盾しない値となっており、モデルの有効性が示されるとともに、モデルの推定結果(配水システムの入口(浄水場出口)と出口(管路末端)のみの値による予測)を配水管路延長で内挿しても問題がないことを示している。また、送配水管路内で微小なたんぱく質粒子が発生していることが伺え、これも残留塩素濃度減少の要因であることが推察された。

4. 水質計の開発及び実証

表6に、現状での達成状況を基に想定される小型水質計の活用形態案を示す。活用形態案として、大きく随時利用(可搬式装置)と常時設置の2案に分けられる。前者

は、水質計自体を持ち運んでスポット的に計測に利用する方法や、一定期間だけ所定の場所に設置して水質の変動データを取得するものである。特に、荒井研究分担者において構築された水質変化の予測するNNモデルの学習データを取得する際に有用と考える。一方、後者の常時設置については、該当する地域に分散設置して継続的に水質状態を観測する利用法である。ただし、計測頻度は1回/10分程度が上限であり、現状の電極型水質計と比較して見劣りする。そのため水需要や気候が安定している場合、長い時間スパンで計測し、急激な需要量の変化や大量の河川水量の増大などがある場合において、短い時間間隔での計測に切り替えるなどの対応が考えられる。これにより、試薬の消費を抑え、試薬交換無しで長期間連続計測を可能とする。また、**図23**に示すように、各々の水質計での計測タイミングを少しずつずらして計測する。これと水質変化の予測モデルと連動させることで、計測時間インターバル間の水質測定値の変化を補間する方法も考えられる。

表6 小型水質計の活用形態案

活用形態		用途	システム規模	水質計の運用形態	課題	対応状況	
随時利用	①可搬利用	ポイント・短時間での残留塩素などの計測	1～少数台	・レンタル ・少数台保有し随時利用	・簡便な水採取技術	○	
	②モデル支援利用	水質変動予測モデル向けに地域配管網の特性データ取得用	数台程度(モデル対象規模に依存)	・レンタル ・予測サービス事業に含まれる定期計測サービス	・着脱容易な配管接続技術 ・モデル構築に適した採取箇所の選定	○	
常時設置	③計測頻度変動型	通常時は低頻度で測定、水利用増大時あるいは緊急時には高頻度測定	地域毎に～十台+ゲートウェイ	・計測事業受託(配水運用向けデータ取得用)	・頻度変更システムの開発 ・ダウン制御技術の開発	△	
	計測頻度固定型	④低頻度	水質計毎に測定タイミングをずらして補間補正、見かけ上高頻度化	地域毎に～十台+ゲートウェイ	・計測事業受託(同上)	・補間補正方法の技術開発 ・通信距離拡大	△
		⑤高頻度	各水質計で同時・同期計測	地域毎に数十台+複数ゲートウェイ	・事業者にて運用(含エビデンス利用)	・計測高頻度化 ・初期投資額	×

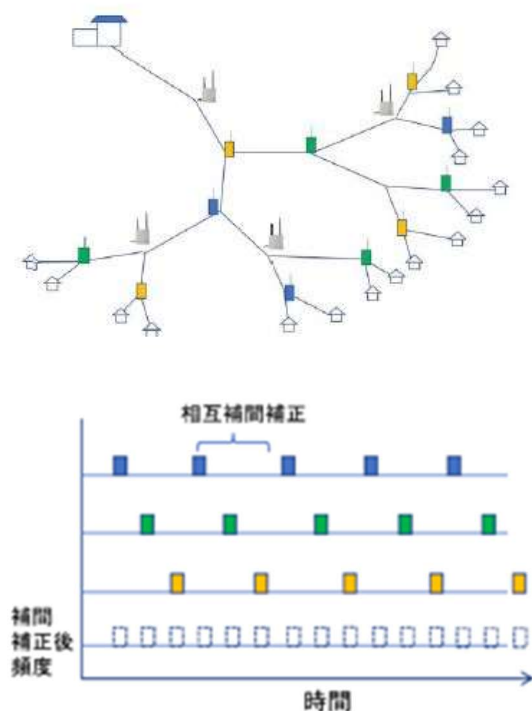


図 23 水質変化予測モデルとの連動による水質測定値補間

本研究で開発した水質計は、各要素間は余裕をもって配置したため、装置全体の大きさは、高さ 300 mm×幅 200 mm×奥行 150 mm程度となったが、最終的な機能、要素配置等が決定されればさらなる小型化は可能である。

追加ヒアリング調査結果では、水質計に求める性能・要件として、可搬式の水質計、排水機能、屋外設置での耐久性や経済性、維持管理のしやすさ、電源のないような山間部にも設置できる機器(自動水質測定装置に電源を内蔵)、屋外でも設置しやすい小型の水質計等が求められており、概ね、本研究における水質計の開発の方向性と水道事業者が水質計に求める要件とが合致していることも確認できた。これらの要件を水質計に反映することができれば、特に中小規模水道事業において導入促進が期待される。また、可搬式装置が実現できれば、必要に応じて測定地点を自由に変えることができ、必要最低限の機器

で水質管理が可能となり、費用を抑えた効率的な水質管理が期待できることが確認された。

E. 結論

1. 送配水管における水質管理等の課題の抽出

水道事業者が遠隔監視制御装置に求めるニーズとしては、

- ・コスト低減化
- ・設定変更の容易化
- ・装置の小型化と可搬式装置
- ・水質の維持管理の自動化・省力化

を提案事項として取りまとめた。

毎日検査におけるデータの活用方法等については

- ・蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握
- ・トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化
- ・データ可視化による情報共有・現状把握
- ・住民からの苦情が来た際の事象確認

を提案事項として取りまとめた。

2. 送配水管における水質管理等の既存技術の調査

既存技術の適用性に関する検討では、送配水管における水質、水圧管理等の機器やシステム及び管内水質管理等の業務の遠隔化・省力化等につながる技術として

- ・遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能
- ・機器の小型化による可搬式装置
- ・メンテナンス(清掃、点検、校正作業)の適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能
- ・残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能

が確認された。

これら技術の適用性に関する検討結果では、残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能等、一部の技術は水道事業へ適用されている

ものの、その他の技術については適用されず、水質計等に搭載する技術的ハードルや開発に伴うコスト増加等、課題を抱えていることが確認された。今後、これら技術を遠隔監視制御装置に搭載するなど、水道事業へ適用可能となれば、維持管理や労力等の削減につながり、適正な水質管理に寄与することが期待される。

米国環境保護庁による配水システムにおける遠隔監視システムの導入に関するガイドラインを参照したところ、日常的な水質変化の発生並びに突発的な汚染事故の発生を、正確、即時、かつ安価に検知できる技術として位置付けられていた。人口減少社会を背景とした技術者や水需要の減少は想定されていないものの、従来よりも正確かつ精密な水質管理の実施を通じ、より安全かつ信頼性の高い水道サービスを提供可能とする方向性は一致していた。また、残留塩素濃度の管理は共通の重要課題となっており、優先的な監視場所として、①配水システムへ流入する地点、②運転操作管理地点、③重要施設・顧客、④配水システムの遠方に位置する区域が示されていた。一方、遠隔監視システムの導入により水質管理に関する効率化や省力化、さらなる精緻化が期待されるものの、水質データの解析や遠隔監視装置の維持管理に関する人材の確保や育成が課題としてあげられていた。

海外文献調査等からは、水質管理に関する技術開発の方向性として、

- ・既存の計測機器の組み合わせによる水質汚染物質の検知システム
- ・遠隔監視システム及び測定データの多様な活用方法

が確認された。

3. 送配水管における水質等の変化の予測及び実証

水質等の変化の予測では、ニューラルネットワーク (NN) を用いて残留塩素濃度の減少幅を予測するモデル (NN モデル) を構築

した。この NN モデルを応用し、浄水場の塩素注入量の適正化を検討するためのシミュレーションを行った。検証結果より、入力データである浄水場残留塩素濃度 (B_i) を仮想的に減少させると管網末端の残留塩素濃度 (C_i) も減少する時系列の応答反応が確認できた。これは、浄水場での塩素注入量の適正化につながるものと考えられる。

また、異なる送配水管系統の測定データを適用した場合、同様の結果が得られるのか否かを検証したところ、新たな系統においても同程度の予測精度が得られることが確認できた。異なる 2 地域においても、3 つの説明変数、すなわち①浄水場残留塩素濃度、②浄水場流量、③個人宅水温の測定データを基に構築した NN モデルが一定の予測精度を有することから、本研究で提案した NN モデル構築のアプローチの汎用性の高さが示されたと判断できる。

水質等の変化の実証では、小規模な膜ろ過浄水場の送配水管系統において、水質分析を行った結果、送配水管路内の流下に伴い、残留塩素濃度の減少速度が水温の影響を強く受けることを確認した。また、NN モデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値は、残留塩素濃度減少速度の実測値と整合性のあるものとなり、NN モデルの有効性及び NN モデルの配水管延長内での内挿が可能であることを示した。

送配水管路内では、微細な粒子 ($0.5 \mu\text{m}$ 以上) の濃度のたんぱく質が増加している傾向があることが伺え、それらも一つの要因となって水道水中の残留塩素濃度が減少していることが推察された。

4. 水質計の開発及び実証

平成 29、30 年度に実施した実証フィールドでの水質計本体の検証・改良を経て、令和元年度は、採取インターフェースを備えた試作装置の開発を行った。この試作装置を実証フィールド内に設置し、性能評価及び通信環

境の改良を試みた。その評価結果として、本水質計の水道事業での実用化については、解決すべき課題はまだあるものの、かなりなレベルまで高めることができたものとする。

また、実証フィールドでの評価に基づき、現状での水質計の性能諸元をまとめ、それを基にした技術面・コスト面からの配置案、活用形態の提案を行った。

F.健康危険情報

特になし

G.研究発表

1. 論文発表

1) 佐藤 友美, 室岡 駿, 三橋 雅彦, 田澤 英克, 笠間 敏博, 三宅 亮, マイクロ流路へのDiamond Like Carbon コーティング法, 日本機械学会第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム講演論文集, 20-m3-PN3-22, (2019) .

2. 学会発表

1) 川上 堯, 佐々木史朗, 島崎大, 安藤茂, 中川慶太:小規模水道事業における送配水管の水質管理等に関する実態調査 (II)、令和元年度全国水道研究発表会講演集、2019、pp.774-775

2) 武内宝巨、島崎大 : Significance of Remote Water Quality Monitoring for Water Distribution Network Management.第8回国際水協会アジア太平洋地域会議 (IWA-ASPIRE) 香港、2019年、10/31~11/2.

3) 荒井康裕・中岡祐輔・稲員とよの・酒井宏治・小泉明・佐々木史朗:配水管網の水質監視データ活用とニューラルネットワークモデルによる残留塩素濃度推定、土木学会第74回年次学術講演会、2019年9月、VII-32-VII-33

4) 中岡祐輔・荒井康裕・酒井宏治・小泉明・佐々木史朗:送配水過程における残留塩素濃度減少の推定モデルに関する一考察、令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集、2019年11月、pp.836-837

5) 長岡裕:小規模水道の送配水管における残留塩素濃度及び濁質の挙動、令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集、pp.484-485、2019年11月

6) Shun Murooka, Tomomi Sato, Toshihiro Kasa-ma, Zhou Lu, Keiichiro Kushiro, Madoka Takai, Ryo Miyake, Evaluation of mineral precipitation and bacteria adhesion on Diamond-like carbon coated microchannel, Inter-national Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM) , 2019/5/18.

7) 室岡 駿, 佐藤 友美, 笠間 敏博, 陸 洲, 久代 京一郎, 高井 まどか, 三宅 亮, DLC薄膜を用いたオンサイト水質計向けマイクロ流路表面処理技術, 第39回化学とマイクロ・ナノシステム学会, 2019/5/28.

8) 室岡 駿, 佐藤 友美, 笠間 敏博, 三宅 亮, 試料液中の懸濁微小物質付着・滞留評価のためのマイクロ流路評価実験系の構築, 第40回化学とマイクロ・ナノシステム学会, 2019/11/19.

9) 佐藤 友美, 室岡 駿, 三橋 雅彦, 田澤 英克, 笠間 敏博, 三宅 亮, マイクロ流路へのDiamond Like Carbon コーティング法, 日本機械学会第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 2019/11/20.

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

図 10,表 1 差し替え ➡地名を無記名化しものに差し替え
図 1、表 5、表 6 ➡文字大きくしたものの差し替え

Ⅱ. 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）

「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」

分担研究報告書

送配水管における水質管理等に適用可能な技術開発動向の文献調査

研究分担者 国立保健医療科学院 島崎 大

研究分担者 水道技術研究センター 安藤 茂

研究要旨

国内外の学術文献や学会発表要旨を中心に送配水管における水質管理等に適用可能な要素技術を収集し、近年の開発動向や方向性を取りまとめ、わが国の水道分野への適用を考慮する上での注意点を抽出、考察を行った。近年の研究により、従来よりも更に小型かつ安価な遠隔水質監視センサーの開発が進展していた。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられていた。多くの場合、特異性や検出感度の確保、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられていた。検出対象物質に適した水質項目の判断や、異常値を判断するアルゴリズムの構築、閾値の設定等が課題であった。

A. 研究目的

情報通信技術やオンラインセンサー技術を送配水管網における水質管理に活用することで、水道事業者の限られた技術系職員で効果的な管理が可能となるのみならず、従前よりもさらに高度な水質管理（例えば消毒副生成物の精密制御など）が可能になると考えられる。ここでは、遠隔水質監視に活用されている（あるいは実用化が検討されている）国外の要素技術や利用事例の情報を学術文献から収集し、わが国の水道分野への適用を考慮する上での注意点について抽出することを目的とした。

B. 研究方法

海外の学術文献を検索し、水道の送配水過程を対象とした水質監視技術の最新動向に係るレビュー文献等を選定、管網内での常時遠隔監視技術に関する開発動向のうち、実用化が検討されている水質項目や技術手法、導入時や運用上の課題等を抽出した。

C. 研究成果

(1) 送配水過程を対象とした常時遠隔水質監視における新規技術の開発状況

近年の研究により、従来よりも更に小型かつ安価な遠隔監視水質センサーの開発が進展していた。主な技術開発の方向性は、以下のものであったり。

①マイクロ流体型センサー

マイクロ流体素子技術を適用した水質センサーであり、これまでに農薬類、リン酸、アンモニア態窒素、ヒ素、水銀などの化学物質、大腸菌 O157、サルモネラ菌などの微生物の検出に成功している。小型であり試験水の液量が微量であるなどの利点があるものの、特殊な装置や前処理を要することなどの課題を有している。

②電気抵抗・誘電抵抗スペクトルセンサー

いずれの方式のセンサーも、微生物やバイオマーカーの検出に多く用いられている。誘電抵抗センサーについては、施肥由来の水環境中の硝酸態窒素の検出に用いられた事例がある。簡易かつ安価な装置であるものの、検出感度が低いことや光などの阻害因子について課題がある。

③吸光・蛍光スペクトルセンサー

各物質の有する吸光光度や蛍光発光の特性に基づいた分析方法である。水中の溶存有機物 (DOM) の他、アンモニア態窒素、硝酸態窒素等の無機イオンの分析に適用されている。センサーが小型である等の利点がある一方、測定可能である水質項目が限られている、周辺の温度の影響を受けやすい等の制限がある。

④赤外線・中赤外線・遠赤外線センサー

代表的な分析方法は FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) であり、対象物質に赤外線等を照射してその吸収スペクトルから物質の同定や定量を行う方法である。油分や有機溶媒などの分析に用いられている。迅速かつ現場での測定に適している等の利点をもつが、水による妨害や信号強度の弱さなどの課題がある。

⑤ラマンスペクトルセンサー

ラマン分光法及び表面増強ラマン分光法が検討されており、後者は検出感度だけでなく、分子構造などの情報量に優れるとされる。水環境中の残留医薬品や、微生物の分離同定が試みられている。小型であり検出感度が高いなどの利点があるものの、構造が複雑である、高額である等の課題が指摘されている。

⑥バイオセンサー

近年、とりわけ病原体の検出において進展が進んでおり、対象となる微生物が特異的に有する酵素や抗体などの標識を基に検出を行う。また、重金属類の検出にも適用されている。特定の微生物の検出に有用である、小型であり反応が迅速であるなどの利点を有するが、組み替え微生物を用いることによる法的制限や環境中への放出の可能性、測定法の不安定性などの懸念がある。

(2) 特定の監視対象項目に対応した新規センサーの技術開発状況

微量化学物質の検出については、前項の様々な電気化学的手法を用いたセンサーの活用が将来的に有望視されている。Díaz-González らは、最新の EU 飲料水枠組み指令(2013/39/EU) に記載されている 45 化学物質の電気化学的測定法による検出可能性について、①重金属、②農薬、③炭化水素、④ハロゲン化炭化水素、⑤アルキルフェノールに分類してレビューを行った²⁾。既存の開発技術の中には、EU 指令にて求められている濃度レベルでの高感度の検出が可能となっているものが既に含まれており、特に重金属は近い将来の実用化が想定されている。一方、農薬やアルキルフェノールについては選択性や安定性の面から更なる

開発が必要であると評価している。一方、電気化学的バイオセンサーは将来的に迅速、簡易、選択的かつ安価となる有力な手法であるとしている。

微生物については、Lopez-Roldan らのレビューによれば³⁾、送配水管網内を対象としたオンラインまたはオフラインの細菌検出手法として、これまでに①光散乱検出法（多角度光散乱（MALS）検出法など）、②ATP 蛍光光度法、③免疫アッセイ法（免疫抗体磁気ビーズ法など）、④PCR 法（マルチプレックスリアルタイム PCR 法など）、⑤酵素的蛍光反応法、⑥FISH 法（マイクロ流体装置との組み合わせ）、⑦分子鋳型ポリマー法（MIPs）、⑧電気化学蛍光法、⑨ラマンスペクトル法、⑩染色剤含有高分子微粒子法が開発されている。このうち、いくつかの技術は既に製品化されており、その一部はオンラインでの常時分析が可能であることが示されている。

監視対象としている微生物は、ほとんどが大腸菌 *E. coli* であり、他には大腸菌群数、耐熱性大腸菌、緑膿菌、サルモネラ菌が挙げられている。今後の研究開発の課題として、特異性や感度が十分に確保されること、コストや維持管理が適当であることが指摘されている³⁾。

(3) 既存の水質項目を組み合わせた水質監視システムの開発状況

前項とは別の方向性として、既存の一般水質項目を対象とするセンサーを組み合わせ、各センサーの応答により特定の化学物質や微生物による汚染の早期検知を行うことを目的とした水質監視システムの開発が試みられている。

Lambrou らは、既存の水質センサー各種（濁度、ORP、水温、pH、電気伝導率、流量）を組み合わせた低コスト（プロトタイプとして 400 ユーロ程度）のオンライン型水質監視システムを構築した。濁度については、赤外線 LED を照射して透過光及び散乱光を測定する小型センサーを新規開発し、その測定範囲は 0-100NTU、分解能は 0.1NTU であった。通常濃度範囲から逸脱した汚染イベント発生を検知するアルゴリズム 2 種（Vector Distance Algorithm 及び Polygon Area Algorithm）を比較したところ、各アルゴリズムともに大腸菌は 5×10^{-1} CFU/mL 以上、ヒ素は 25 μ g/L 以上の汚染イベントを検出できたが、後者の方が応答性や誤検出の面から優れるとした⁴⁾。

Ikonen らは、配水管網における微生物汚染の検知を目的として、既存のオンライン型水質センサー（電気伝導率、pH、水温、濁度、UV254、微粒子数）の組み合わせによる検討を行った。パイロット規模の模擬給水システムを構築し、1.5m³ の貯水槽に 10⁶ CFU/mL の大腸菌 *E. coli* を 2 リットル投入（すなわち、水中の大腸菌濃度は 10³ CFU/mL 程度）、通水したところ、電気伝導率、濁度、UV254、微粒子数は汚染イベントを検知可能であった。一方、pH 及び水温はバックグラウンドの変動範囲内にとどまった⁵⁾。

Che らは、水道の配水管網における早期汚染警報システムの開発を目的として、既存の水質センサー（pH、濁度、電気伝導率、水温、ORP、UV254、硝酸イオン、リン酸イオン）を組み合わせた。パイロット規模の模擬配水管網に農薬（グリフォサート）を所定濃度で添加し、各水質項目の相関係

数の変化により応答をみたところ、0.8mg/Lの農薬を1分後に検出可能であったが、検出感度は閾値の設定に大きく依存するとした⁶⁾。

D. 考察

大半は研究段階ではあるものの、従来より更に小型かつ安価な方向での遠隔監視水質センサーの開発が進展している。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられている。しかしながら、各技術のほとんどが検出感度や精度、ならびに特異性の確保といった検出法自体に関する課題を有し、加えて、前処理の必要、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。さらに、水中に含まれる夾雑物質や、温度など設置場所の周辺環境による影響も想定されており、実際の測定現場等での検証を重ねる必要があると思われる。

一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられている。平成29年度の分担研究報告書でも、米国環境保護庁（USEPA）による既存の水質監視センサー製品を対象とした性能評価試験⁷⁾を紹介したが、当性能評価試験でも個々の汚染物質を正確に同定し定量することは技術的に困難であることや、配水過程に数多く配置するための経済性を考慮して、様々な汚染物質により水質に生じる特異的な変化を検出可能な、汎用的な水質項目に着目していた。個々の水質センサーは既に製品として確立しており、ここでの開発の中心は、特定の監視対象物

質に適した水質項目の組み合わせ、汚染の発生に相当する異常値とバックグラウンドノイズ値とを区別するアルゴリズム（モデル式）の構築、ならびに、適切な閾値の設定であった。各研究とも、配水過程において対象物質により生じた汚染イベントを迅速に検出可能としていたものの、多くの場合は突発的な高濃度の汚染を想定しており^{5,6)}、日常的な水質管理というよりは、危機管理対策（テロ対策等）として適していると考えられた。一方、Lambrouらの検討では、大腸菌 5×10^{-1} CFU/mL 以上、ヒ素 25 µg/L 以上の汚染イベントを検出可能としており⁴⁾、アルゴリズムや閾値の見直しなどにより、当研究にて想定するような日常的な遠隔水質管理・監視への適用も将来的に可能であると考えられた。

E. 結論

管網内での常時遠隔監視技術に関する海外の開発動向のうち、実用化が検討されている水質項目や技術手法、運用上の課題等を抽出したところ、従来よりもさらに小型かつ安価な方向での遠隔監視水質センサーの開発が進展していた。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられていた。多くの場合、特異性や検出感度の確保、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられていた。検出対象物質に適した水質項目の判断や、異常値を判断するアルゴリズムの構築、閾値の設定等が課

題であった。

F. 研究発表

1. 論文発表

(該当なし)

2. 学会発表

(該当なし)

G. 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)

参考文献

- 1) Syahidah Nurani Zulkifli, Herlina Abdul Rahim, Woei-Jye Lau: Detection of contaminants in water supply: A review on state-of-the-art monitoring technologies and their applications, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, pp.2657-2689, 2018.
- 2) María Díaz-González, Manuel Gutiérrez-Capitán, Pengfei Niu, Antoni Baldi, Cecilia Jiménez-Jorquera, César Fernández-Sánchez: Electrochemical devices for the detection of priority pollutants listed in the EU water framework directive, *Trends in Analytical Chemistry*, 77, pp.186–202, 2016.
- 3) Ramon Lopez-Roldan, Pol Tusell, Sophie Courtois, Jose Luis Cortina: On-line bacteriological detection in water, *Trends in Analytical Chemistry*, 44, pp.46–57, 2013.
- 4) Theofanis P. Lambrou, Christos C. Anastasiou, Christos G. Panayiotou, Marios M. Polycarpou: A low-cost sensor network for real-time monitoring and contamination detection in drinking water distribution systems, *IEEE Sensors Journal*, 14(8), pp.2765-2772, 2014.
- 5) Jenni Ikonen, Tarja Pitkanen, Pascal Kosse, Robert Ciszek, Mikko Kolehmainen, Ilkka T. Miettinen: On-line detection of Escherichia coli intrusion in a pilot-scale drinking water distribution system, *Journal of Environmental Management*, 198, pp.384–392, 2017.
- 6) H. Che, S. Liu.: Contaminant detection using multiple conventional water quality sensors in an early warning system, *Procedia Engineering*, 89, pp.479–487, 2014. (16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014)
- 7) U.S.EPA: Distribution System Water Quality Monitoring: Sensor Technology Evaluation Methodology and Results, 2009. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?subject=Homeland%20Security%20Research&dirEntryId=212368

II. 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）

「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」

分担研究報告書

送配水管における水質管理等に適用可能な技術開発動向の文献調査

研究分担者 国立保健医療科学院 島崎 大

研究分担者 水道技術研究センター 安藤 茂

研究要旨

国内外の学術文献や学会発表要旨を中心に送配水管における水質管理等に適用可能な要素技術を収集し、近年の開発動向や方向性を取りまとめ、わが国の水道分野への適用を考慮する上での注意点を抽出、考察を行った。近年の研究により、従来よりも更に小型かつ安価な遠隔水質監視センサーの開発が進展していた。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられていた。多くの場合、特異性や検出感度の確保、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられていた。検出対象物質に適した水質項目の判断や、異常値を判断するアルゴリズムの構築、閾値の設定等が課題であった。

A. 研究目的

情報通信技術やオンラインセンサー技術を送配水管網における水質管理に活用することで、水道事業者の限られた技術系職員で効果的な管理が可能となるのみならず、従前よりもさらに高度な水質管理（例えば消毒副生成物の精密制御など）が可能になると考えられる。ここでは、遠隔水質監視に活用されている（あるいは実用化が検討されている）国外の要素技術や利用事例の情報を学術文献から収集し、わが国の水道分野への適用を考慮する上での注意点について抽出することを目的とした。

B. 研究方法

海外の学術文献を検索し、水道の送配水過程を対象とした水質監視技術の最新動向に係るレビュー文献等を選定、管網内での常時遠隔監視技術に関する開発動向のうち、実用化が検討されている水質項目や技術手法、導入時や運用上の課題等を抽出した。

C. 研究成果

(1) 送配水過程を対象とした常時遠隔水質監視における新規技術の開発状況

近年の研究により、従来よりも更に小型かつ安価な遠隔監視水質センサーの開発が進展していた。主な技術開発の方向性は、以下のものであったり。

①マイクロ流体型センサー

マイクロ流体素子技術を適用した水質センサーであり、これまでに農薬類、リン酸、アンモニア態窒素、ヒ素、水銀などの化学物質、大腸菌 O157、サルモネラ菌などの微生物の検出に成功している。小型であり試験水の液量が微量であるなどの利点があるものの、特殊な装置や前処理を要することなどの課題を有している。

②電気抵抗・誘電抵抗スペクトルセンサー

いずれの方式のセンサーも、微生物やバイオマーカーの検出に多く用いられている。誘電抵抗センサーについては、施肥由来の水環境中の硝酸態窒素の検出に用いられた事例がある。簡易かつ安価な装置であるものの、検出感度が低いことや光などの阻害因子について課題がある。

③吸光・蛍光スペクトルセンサー

各物質の有する吸光光度や蛍光発光の特性に基づいた分析方法である。水中の溶存有機物 (DOM) の他、アンモニア態窒素、硝酸態窒素等の無機イオンの分析に適用されている。センサーが小型である等の利点がある一方、測定可能である水質項目が限られている、周辺の温度の影響を受けやすい等の制限がある。

④赤外線・中赤外線・遠赤外線センサー

代表的な分析方法は FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) であり、対象物質に赤外線等を照射してその吸収スペクトルから物質の同定や定量を行う方法である。油分や有機溶媒などの分析に用いられている。迅速かつ現場での測定に適している等の利点をもつが、水による妨害や信号強度の弱さなどの課題がある。

⑤ラマンスペクトルセンサー

ラマン分光法及び表面増強ラマン分光法が検討されており、後者は検出感度だけでなく、分子構造などの情報量に優れるとされる。水環境中の残留医薬品や、微生物の分離同定が試みられている。小型であり検出感度が高いなどの利点があるものの、構造が複雑である、高額である等の課題が指摘されている。

⑥バイオセンサー

近年、とりわけ病原体の検出において進展が進んでおり、対象となる微生物が特異的に有する酵素や抗体などの標識を基に検出を行う。また、重金属類の検出にも適用されている。特定の微生物の検出に有用である、小型であり反応が迅速であるなどの利点を有するが、組み替え微生物を用いることによる法的制限や環境中への放出の可能性、測定法の不安定性などの懸念がある。

(2) 特定の監視対象項目に対応した新規センサーの技術開発状況

微量化学物質の検出については、前項の様々な電気化学的手法を用いたセンサーの活用が将来的に有望視されている。Díaz-González らは、最新の EU 飲料水枠組み指令(2013/39/EU) に記載されている 45 化学物質の電気化学的測定法による検出可能性について、①重金属、②農薬、③炭化水素、④ハロゲン化炭化水素、⑤アルキルフェノールに分類してレビューを行った²⁾。既存の開発技術の中には、EU 指令にて求められている濃度レベルでの高感度の検出が可能となっているものが既に含まれており、特に重金属は近い将来の実用化が想定されている。一方、農薬やアルキルフェノールについては選択性や安定性の面から更なる

開発が必要であると評価している。一方、電気化学的バイオセンサーは将来的に迅速、簡易、選択的かつ安価となる有力な手法であるとしている。

微生物については、Lopez-Roldan らのレビューによれば³⁾、送配水管網内を対象としたオンラインまたはオフラインの細菌検出手法として、これまでに①光散乱検出法（多角度光散乱 (MALS) 検出法など）、②ATP 蛍光光度法、③免疫アッセイ法（免疫抗体磁気ビーズ法など）、④PCR 法（マルチプレックスリアルタイム PCR 法など）、⑤酵素的蛍光反応法、⑥FISH 法（マイクロ流体装置との組み合わせ）、⑦分子鋳型ポリマー法 (MIPs)、⑧電気化学蛍光法、⑨ラマンスペクトル法、⑩染色剤含有高分子微粒子法が開発されている。このうち、いくつかの技術は既に製品化されており、その一部はオンラインでの常時分析が可能であることが示されている。

監視対象としている微生物は、ほとんどが大腸菌 *E. coli* であり、他には大腸菌群数、耐熱性大腸菌、緑膿菌、サルモネラ菌が挙げられている。今後の研究開発の課題として、特異性や感度が十分に確保されること、コストや維持管理が適当であることが指摘されている³⁾。

(3) 既存の水質項目を組み合わせた水質監視システムの開発状況

前項とは別の方向性として、既存の一般水質項目を対象とするセンサーを組み合わせ、各センサーの応答により特定の化学物質や微生物による汚染の早期検知を行うことを目的とした水質監視システムの開発が試みられている。

Lambrou らは、既存の水質センサー各種（濁度、ORP、水温、pH、電気伝導率、流量）を組み合わせた低コスト（プロトタイプとして 400 ユーロ程度）のオンライン型水質監視システムを構築した。濁度については、赤外線 LED を照射して透過光及び散乱光を測定する小型センサーを新規開発し、その測定範囲は 0-100NTU、分解能は 0.1NTU であった。通常濃度範囲から逸脱した汚染イベント発生を検知するアルゴリズム 2 種 (Vector Distance Algorithm 及び Polygon Area Algorithm) を比較したところ、各アルゴリズムともに大腸菌は 5×10^{-1} CFU/mL 以上、ヒ素は 25 μ g/L 以上の汚染イベントを検出できたが、後者の方が応答性や誤検出の面から優れるとした⁴⁾。

Ikonen らは、配水管網における微生物汚染の検知を目的として、既存のオンライン型水質センサー（電気伝導率、pH、水温、濁度、UV254、微粒子数）の組み合わせによる検討を行った。パイロット規模の模擬給水システムを構築し、1.5m³ の貯水槽に 10⁶ CFU/mL の大腸菌 *E. coli* を 2 リットル投入（すなわち、水中の大腸菌濃度は 10³ CFU/mL 程度）、通水したところ、電気伝導率、濁度、UV254、微粒子数は汚染イベントを検知可能であった。一方、pH 及び水温はバックグラウンドの変動範囲内にとどまった⁵⁾。

Che らは、水道の配水管網における早期汚染警報システムの開発を目的として、既存の水質センサー（pH、濁度、電気伝導率、水温、ORP、UV254、硝酸イオン、リン酸イオン）を組み合わせた。パイロット規模の模擬配水管網に農薬（グリフォサート）を所定濃度で添加し、各水質項目の相関係

数の変化により応答をみたところ、0.8mg/Lの農薬を1分後に検出可能であったが、検出感度は閾値の設定に大きく依存するとした⁶⁾。

D. 考察

大半は研究段階ではあるものの、従来より更に小型かつ安価な方向での遠隔監視水質センサーの開発が進展している。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられている。しかしながら、各技術のほとんどが検出感度や精度、ならびに特異性の確保といった検出法自体に関する課題を有し、加えて、前処理の必要、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。さらに、水中に含まれる夾雑物質や、温度など設置場所の周辺環境による影響も想定されており、実際の測定現場等での検証を重ねる必要があると思われる。

一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられている。平成29年度の分担研究報告書でも、米国環境保護庁（USEPA）による既存の水質監視センサー製品を対象とした性能評価試験⁷⁾を紹介したが、当性能評価試験でも個々の汚染物質を正確に同定し定量することは技術的に困難であることや、配水過程に数多く配置するための経済性を考慮して、様々な汚染物質により水質に生じる特異的な変化を検出可能な、汎用的な水質項目に着目していた。個々の水質センサーは既に製品として確立しており、ここでの開発の中心は、特定の監視対象物

質に適した水質項目の組み合わせ、汚染の発生に相当する異常値とバックグラウンドノイズ値とを区別するアルゴリズム（モデル式）の構築、ならびに、適切な閾値の設定であった。各研究とも、配水過程において対象物質により生じた汚染イベントを迅速に検出可能としていたものの、多くの場合は突発的な高濃度の汚染を想定しており^{5,6)}、日常的な水質管理というよりは、危機管理対策（テロ対策等）として適していると考えられた。一方、Lambrouらの検討では、大腸菌 5×10^{-1} CFU/mL以上、ヒ素 $25 \mu\text{g/L}$ 以上の汚染イベントを検出可能としており⁴⁾、アルゴリズムや閾値の見直しなどにより、当研究にて想定するような日常的な遠隔水質管理・監視への適用も将来的に可能であると考えられた。

E. 結論

管網内での常時遠隔監視技術に関する海外の開発動向のうち、実用化が検討されている水質項目や技術手法、運用上の課題等を抽出したところ、従来よりもさらに小型かつ安価な方向での遠隔監視水質センサーの開発が進展していた。電気化学的手法や分子生物学的手法の組み合わせなどにより、特定の化学物質や微生物を特異的に検出する技術開発が試みられていた。多くの場合、特異性や検出感度の確保、寿命、コスト、維持管理といった実用化に向けた課題が見られた。一方、既往のオンライン型水質センサーを組み合わせ、特定の汚染物質の早期汚染検知を目的とした水質監視システムの開発が試みられていた。検出対象物質に適した水質項目の判断や、異常値を判断するアルゴリズムの構築、閾値の設定等が課

題であった。

F. 研究発表

1. 論文発表

(該当なし)

2. 学会発表

(該当なし)

G. 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)

参考文献

- 1) Syahidah Nurani Zulkifli, Herlina Abdul Rahim, Woei-Jye Lau: Detection of contaminants in water supply: A review on state-of-the-art monitoring technologies and their applications, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, pp.2657-2689, 2018.
- 2) María Díaz-González, Manuel Gutiérrez-Capitán, Pengfei Niu, Antoni Baldi, Cecilia Jiménez-Jorquera, César Fernández-Sánchez: Electrochemical devices for the detection of priority pollutants listed in the EU water framework directive, *Trends in Analytical Chemistry*, 77, pp.186–202, 2016.
- 3) Ramon Lopez-Roldan, Pol Tusell, Sophie Courtois, Jose Luis Cortina: On-line bacteriological detection in water, *Trends in Analytical Chemistry*, 44, pp.46–57, 2013.
- 4) Theofanis P. Lambrou, Christos C. Anastasiou, Christos G. Panayiotou, Marios M. Polycarpou: A low-cost sensor network for real-time monitoring and contamination detection in drinking water distribution systems, *IEEE Sensors Journal*, 14(8), pp.2765-2772, 2014.
- 5) Jenni Ikonen, Tarja Pitkanen, Pascal Kosse, Robert Ciszek, Mikko Kolehmainen, Ilkka T. Miettinen: On-line detection of Escherichia coli intrusion in a pilot-scale drinking water distribution system, *Journal of Environmental Management*, 198, pp.384–392, 2017.
- 6) H. Che, S. Liu.: Contaminant detection using multiple conventional water quality sensors in an early warning system, *Procedia Engineering*, 89, pp.479–487, 2014. (16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014)
- 7) U.S.EPA: Distribution System Water Quality Monitoring: Sensor Technology Evaluation Methodology and Results, 2009. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?subject=Homeland%20Security%20Research&dirEntryId=212368

II. 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）

「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」
分担研究報告書

送配水管における水質等の変化の予測及び実証（予測）

研究分担者 氏名：荒井康裕 所属：首都大学東京

研究要旨

小規模水道事業者における効率的な管網管理手法の提案を目的に、給水末端の個人宅に設置した自動水質測定計器のモニタリングデータを用い、管網末端での残留塩素濃度の減少幅を予測するニューラルネットワーク（NN）モデルを構築した。この NN モデルを応用し、浄水場での塩素注入量の適正化を検討するための残留塩素濃度低減化シミュレーションを試みた。学習期間を2週間分とする NN モデルでは、テスト期間の前半において予測精度が ± 0.1 （mg/L）程度であり、入力値を仮想的に減少させると残留塩素濃度も減少する時系列の応答反応が確認できた。また、NN モデルについて、異なる地域のデータを適用した場合、同様の結果が得られるのか否かを検証し、NN モデルの汎用性を確認した。

A. 研究目的

管網末端で適正な残留塩素濃度を維持するには、送配水中の塩素消費量を考慮し、浄水場における塩素注入量を適切に管理する必要がある。本研究では、平成30年度において、機械学習のひとつであるニューラルネットワーク（NN）を用いて残留塩素濃度減少幅を推定し、NNモデルの有用性に関する評価を試みた。令和元年度は、構築した NN モデルを応用し、残留塩素濃度の低減化を目的としたシミュレーションを行い、浄水場での塩素注入量の適正化に関する検討を試みる。また、NNモデルについて、異なる地域のデータを適用した場合、同様の結果が得られるのか否かを検証する。

B. 研究方法

分析対象となる地域は、図1に示す送配水管系列である。分析対象となるデータは、K浄水場計測データ（送水流量・濁度・残留塩素濃度・pH）、各配水流量データ（S系第一配水流量・M系-d配水流量・M系-o配水流量）、

個人宅計測データ（濁度・残留塩素濃度・pH・水温・色度・電気伝導率・水圧）の14種類である。

なお、各データは平成28年4月1日から平成29年3月31日までの時間単位データである。

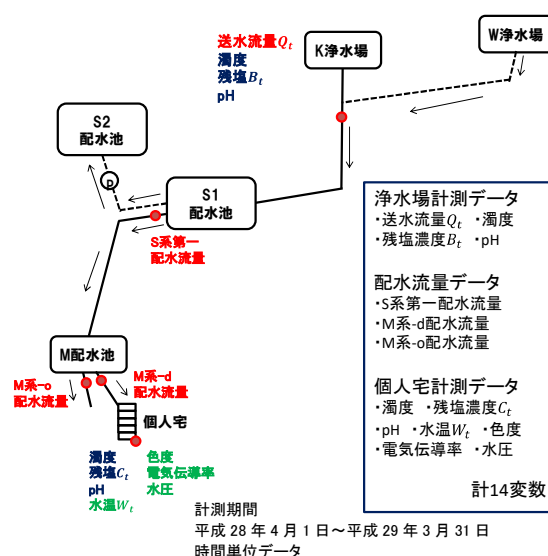


図1 対象とする送配水管系列

以上の時系列データを用いて変数間の相関関係や時間差 (time lag) を整理した上で、NNモデルの説明変数及び目的変数を設定する (図 2 及び図 3 参照)。さらに、得られた NNモデルの精度を向上させるため、学習処理を適宜変更することで本研究の最適な NNモデルを決定した (図 4 参照)。

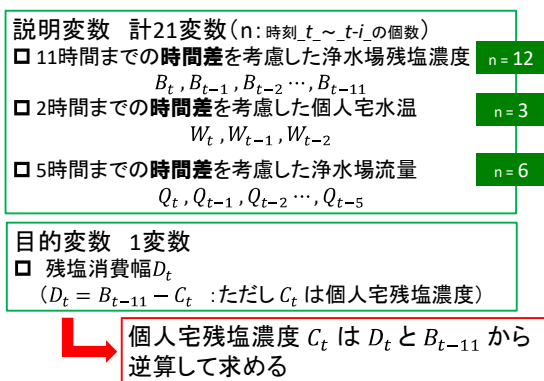
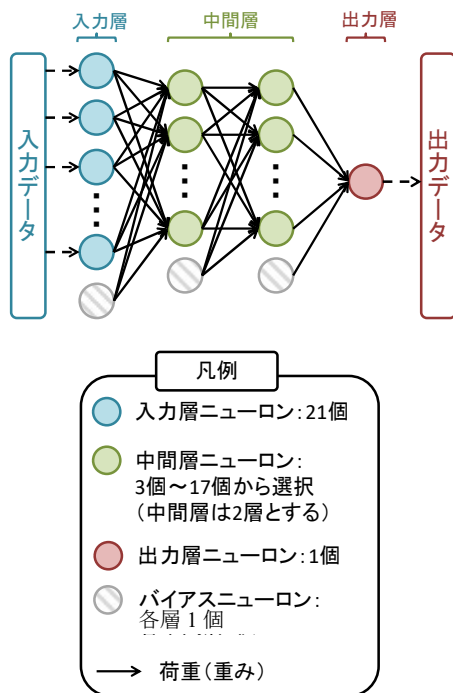


図 3 NNモデルの説明変数及び目的変数

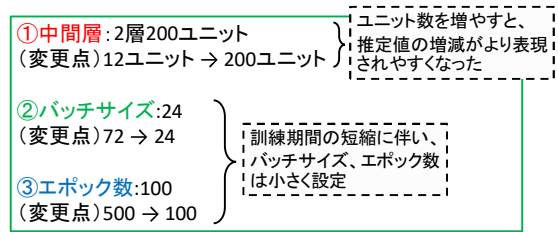


図 4 モデルの学習処理に関する設定内容

C. 低減化シミュレーションの方法

本研究で試みる残留塩素濃度の低減化シミュレーションのイメージを図 5 に示す。また、このシミュレーションを実現するための NNモデル構築手順を図 6 に示す。

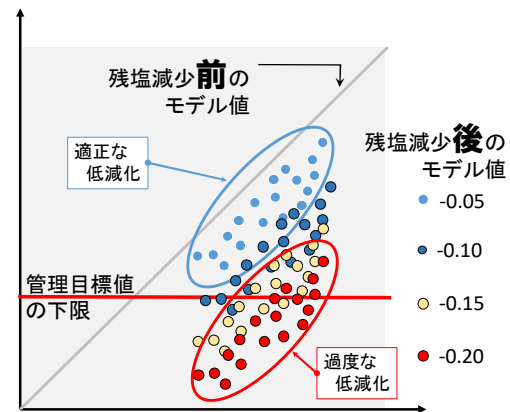


図 5 低減化シミュレーションのイメージ

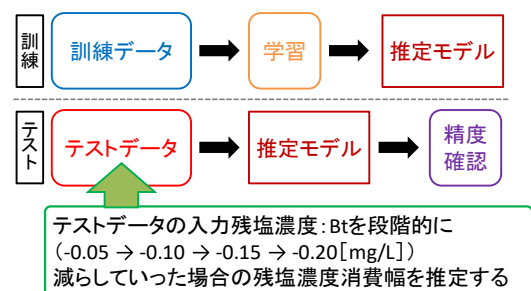


図 6 モデル構築手順 (訓練とテスト)

D. シミュレーション結果と検証

(1) NNモデルの推定結果

本研究では、テスト期間の直前2週間を訓練期間に設定した。具体的な期間は次のとおりである。

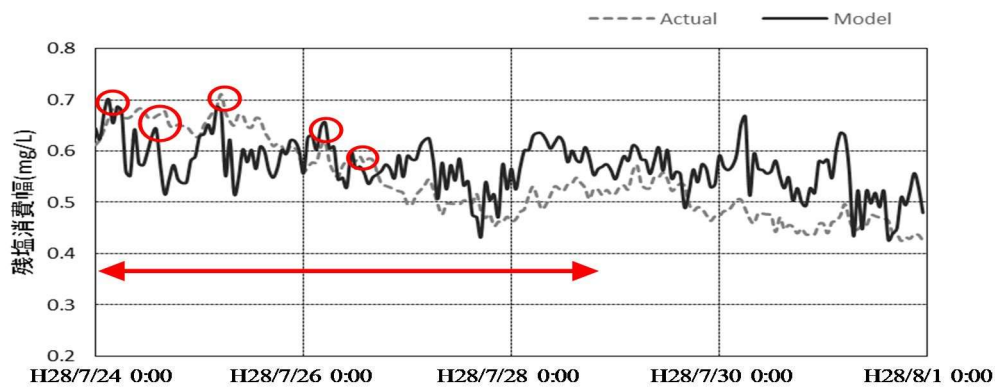


図 7 残留塩素濃度の減少幅 D t (予測値と実測値)

- ・訓練データ : 平成 28 年 7 月 10 日から 7 月 23 日までの 2 週間分
- ・テストデータ : 平成 28 年 7 月 24 日から 7 月 31 日までの 1 週間分

上記のデータを用いてモデルの学習処理を行い、残留塩素濃度減少幅 (D t) を予測すると、図 7 に示すような時系列図が得られた。テスト期間の前半頃まで(図中の両矢印で示す範囲)は、NN モデルが±0.1 (mg/L) 程度の誤差で減少幅を予測可能であることが明らかになった。また、NN モデルの予測結果と実測値を散布図で比較すると、図 8 のような結果となる。

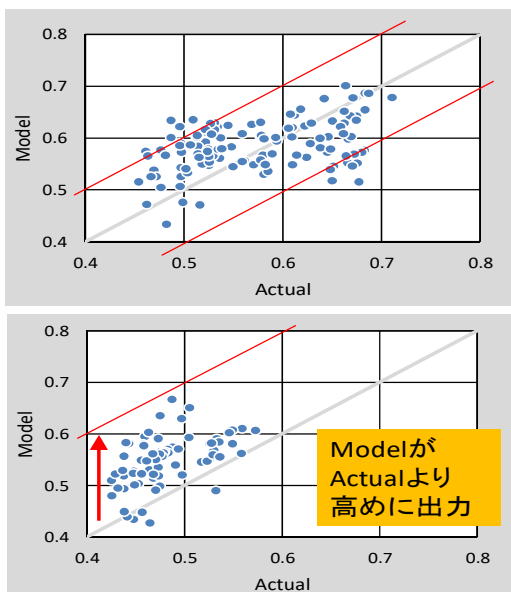


図 8 テスト期間の予測値と実測値の散布図 (上:前半 4 日間、下:後半 3 日間)

(2) シミュレーションによる残留塩素濃度の低減化検討

構築した NN モデルを活用し、テストデータの入力残塩濃度 (B t) を段階的に減少 (-0.05 → -0.10 → -0.15 → -0.20 (mg/L)) させた場合、図 9 に示すシミュレーション結果 (C t の時系列と散布図) が得られた。

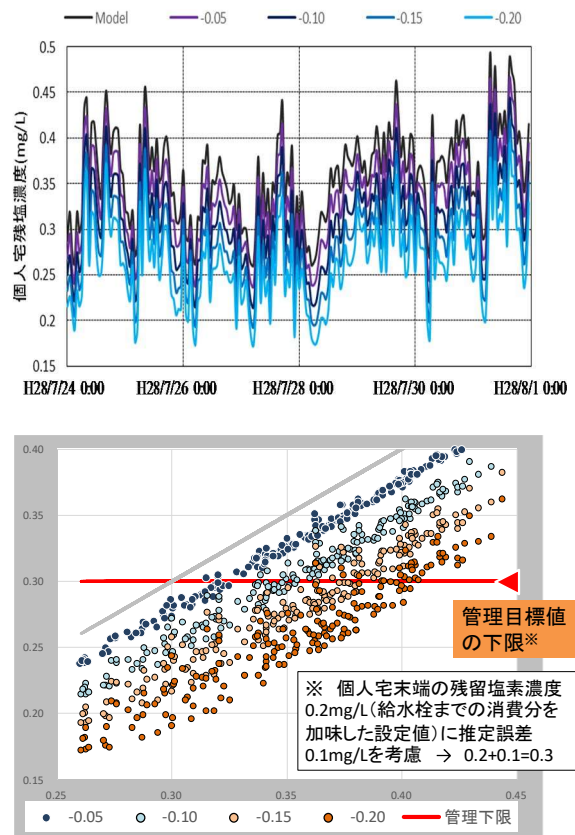


図 9 低減化シミュレーションの結果 (上:時系列図、下:散布図)

(3) NN モデルを異なる送配水管系統に

適用した場合の推定結果と汎用性の検証

前述の NN モデルの対象送配水管系統に加え、異なる系統の測定データを適用した場合、同様の結果が得られるのか否かを検証した。

この検証では、相互相関分析に基づく説明変数の「時間差 (TD) の調整」(表 1 参照)、並びに「訓練期間」の長さによる感度分析も同時に実施した(表 1 の下線部: 令和元年度

表 2 地域・時間差の調整・訓練期間の組み合わせ

地域	時間差の調整	訓練期間
K 浄水場系統	TD調整: 有	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
	TD調整: 無	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
S 浄水場系統	TD調整: 有	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)
	TD調整: 無	2週間(2weeks)
		1週間(1week)
		1ヶ月(1month)

表 3 訓練期間の詳細

長さ	期間
2週間	平成28年7月10日～7月23日
1週間	平成28年7月17日～7月23日
1ヵ月	平成28年6月24日～7月23日

に再検討し、適切な値に設定を変更)。組み合わせ数は表 2 に示す計 12 通りである。表 3 に示す訓練期間でモデルを構築し、各々の推定精度を集計したところ、図 10 のような結果が得られた。新地域 (S 浄水場系統) においても旧地域 (K 浄水場系統) と同程度の推定精度が得られることが確認できた。ただし、旧地域では説明変数の時間差を考慮することで効果が現れたのに対し、新地域ではそうした傾向が確認されなかった。異なる 2 地域においても、3 つの説明変数、すなわち①浄水場残留塩素濃度、②浄水場流量、③個人宅水温の測定データを基に構築した NN モデルが一定の推定精度を有することから、本研究で提案したアプローチの汎用性の高さが示されたと判断できる。

表 1 時間差の調整に伴う説明変数の変更

(旧地域: K 浄水場系統)

説明変数 (時間差の調整: 有)	説明変数 (時間差の調整: 無)
$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-11}$	$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-11}$
$Q_t, Q_{t-1}, \dots, \underline{Q_{t-11}}$	$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-11}$
W_t, W_{t-1}, W_{t-2}	$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-11}$

(新地域: S 浄水場系統)

説明変数 (時間差の調整: 有)	説明変数 (時間差の調整: 無)
$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-6}$	$B_t, B_{t-1}, \dots, B_{t-8}$
$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-7}$	$Q_t, Q_{t-1}, \dots, Q_{t-8}$
$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-8}$	$W_t, W_{t-1}, \dots, W_{t-8}$

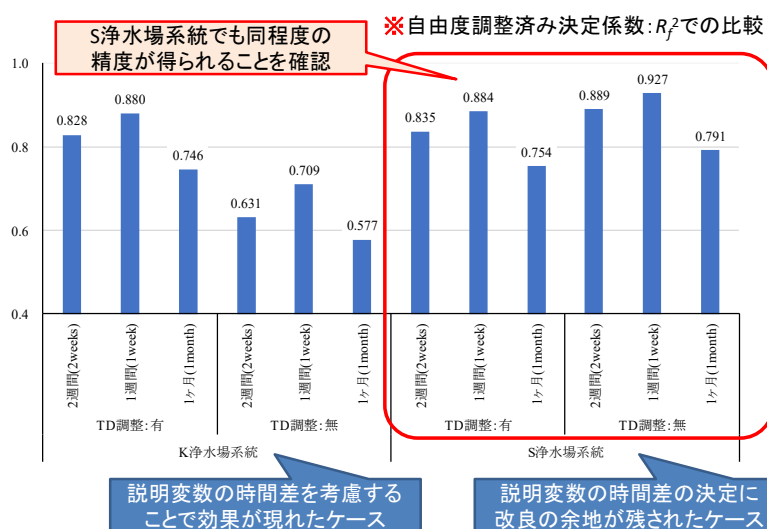


図 10 推定精度に関する K 浄水場系統（左）と S 浄水場系統（右）の比較

E. 結論

本研究では、ニューラルネットワーク (NN) を用いて残留塩素濃度の減少幅を予測するモデルを構築した。構築した NN モデルを応用した残留塩素濃度のシミュレーションを試みた結果、浄水場での塩素注入量の適正化を図る方策の実現可能性を示すことができた。異なる地域での適用結果が示すように、本研究で提案した NN モデル構築のアプローチは、それぞれの対象地域に応じたチューニングが必要とされるものの、多くの水道事業者において活用可能な汎用性の高い手法と考えられる。三宅研究分担者が開発した可搬式の自動水質測定計器を活用し、より多くのフィールドの測定データを収集・蓄積すること、またそれらが容易かつコスト低減化が可能となれば、本研究で展開した AI 技術等を援用した残留塩素濃度の管理手法は、「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策」として有効な手段になり得る。

F. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

- 1) 荒井康裕・中岡祐輔・稲員とよの・酒井宏治・小泉明・佐々木史朗：配水管網の水質監視データ活用とニューラルネットワークモデルによる残留塩素濃度推定、土木学会第 74 回年次学術講演会、VII-32-VII-33、2019 年 9 月
- 2) 中岡祐輔・荒井康裕・酒井宏治・小泉明・佐々木史朗：送配水過程における残留塩素濃度減少の推定モデルに関する一考察、令和元年度全国会議（水道研究発表会）講演集、pp.836-837、2019 年 11 月

G. 知的財産権の出願・登録状況

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

II. 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）
「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」
分担研究報告書

送配水管における水質等の変化の予測及び実証（実証）

研究分担者 氏名：長岡裕 所属：東京都市大学工学部

研究要旨

小規模水道事業者の基幹管路において、求められる監視項目と監視方法の提案を目的に、実証フィールドである、河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場（S 浄水場）から延長約 3km ダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 7 箇所から 3 回採水し、水質分析を行った。また、微粒子の存在濃度に関連するろ過抵抗を測定するとともに、膜に捕捉される微粒子の元素組成及び有機物の官能基の定性・定量分析を試みた。なお、同系統は令和元年 10 月の台風 19 号によって被災したため、その後の調査が不可能となった。そこで、平成 29、30 年度に実施した採水調査の精度向上を目的として、同年 12 月より、同じく膜ろ過方式の小規模浄水場（K 浄水場）から延長約 6km ダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 5 箇所等から 2 回採水し、水質分析及び定性・定量分析を試みた。その結果、管路内において微細なたんぱく質を含む粒子が発生しており、それらも一つの原因となって、水道水の配水管内での流下に伴う水中の残留塩素濃度が低減することや、減少速度は水道水の水温に強く影響されることが示された。また、荒井研究分担者によって構築された NN モデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値は、実測値と整合するものとなり、同モデルの実用性を実証することができた。

A. 研究目的

小規模水道事業者の基幹管路である小規模送配水管系統の実証フィールドにおいて、水質測定等を行い、管内での水質変化等を実証することにより、管路網管理の向上に向けた、監視項目と監視方法について提案することを目的としている。

併せて、測定結果は、荒井研究分担者が構築する NN モデルの実証と実用性を裏付けることを目指すものである。

B. 研究方法

図 1 に、S 浄水場系統における調査地点の概要を示す。河川水を原水とする膜ろ過

方式の小規模浄水場から延長約 3km のダクタイル鋳鉄管（150mm）の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓等 7 箇所から採水を行った。なお、この系統には配水池が 1 箇所存在している。

図 2 に、K 浄水場系統における調査地点の概要を示す。河川水を原水とする膜ろ過方式の小規模浄水場から延長約 6km のダクタイル鋳鉄管の送配水管系統において、原水、浄水、消火栓 5 箇所、末端に位置する公園の給水栓の合計 8 箇所から採水を行った。なお、この系統には配水池が 2 箇所存在している。



図 1 S 浄水場系統の採水場所

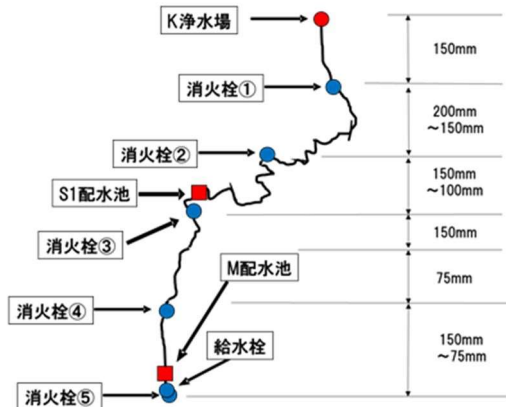


図 2 K 浄水場系統の採水場所

採水調査は、S 浄水場の送配水管系統を対象とし、令和元年 8 月～11 月までに 3 回採水し、現地における残留塩素濃度の測定等を行い、実験室内において試料水を孔径 0.5 μ .PTFE 膜及び 0.45 μ .45 実験膜でろ過を行い、微粒子のろ過抵抗を測定するとともに、膜に捕捉される微粒子の元素組成及び有機物の官能基の定性・定量分析を行った。なお、同系統は、令和元年 10 月の台風 19 号によって被災したため、その後の調査が不可能となった。そこで、平成 29、30 年度に実施した K 浄水場の送配水管系統における水質分析等の精度向上を目的として、令和元年 12 月～令和 2 年 2 月までに 2 回採水を行い、S

浄水場系統と同様な水質分析及び定性・定量分析を行った。

C. 研究成果

図 3 に、S 浄水場系統における残留塩素濃度の変化を示す。浄水場から 800m 付近までは残留塩素濃度が減少する傾向を示した。一方、それより下流では一律に減少する傾向は示さなかったが、配水池下流では大きく減少する傾向が示された。

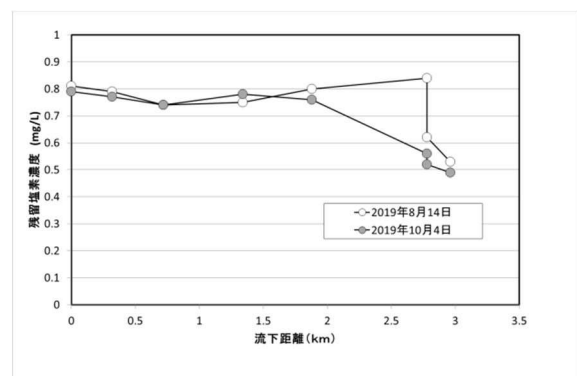


図 3 S 浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

図 4 に、K 浄水場系統における残留塩素濃度の変化を示す。なお、図 4 には平成 29、30 年度の結果を併せて示している。管路末端付近において大きな減少速度を示しているが、全体としてはほぼ直線的に残留塩素濃度が減少していることが確認された。

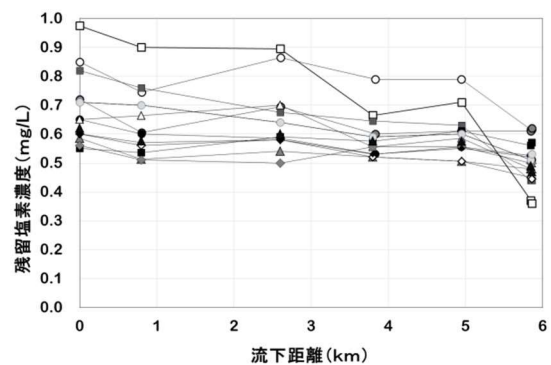


図 4 K 浄水場系統における流下距離と残留塩素濃度との関係

図 5 に、図 4 のデータを直線近似して得られた残留塩素減少速度 (mg/L/km) と浄水場出口における水温との関係を示す。また、同図には、荒井研究分担者によりニューラルネットワークを活用して構築した残留塩素濃度減少幅を予測する NN モデルによる予測値 (平成 28 年 8 月 1 日~7 日、同年 9 月 1 日~9 月 7 日の 1 時間ごとの予測値) を基にした、残留塩素濃度減少速度の推定値を併せて示す。なお、荒井研究分担者のモデルでは、給水末端の水温データを用いているため、この水温から 4℃を減じた値を浄水場出口の値とした。水温の上昇とともに残留塩素減少速度が大きくなること、NN モデルによる推定値は、実測値と矛盾しない領域に分布していることが示され、本測定によって荒井研究分担者の構築した NN モデルの妥当性を示すことができた。

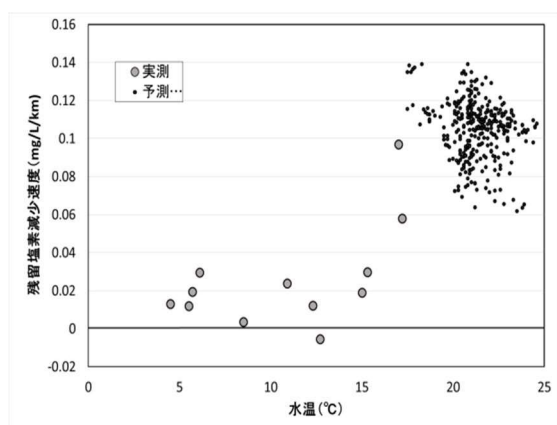


図 5 残留塩素濃度減少速度と浄水場出口水道水の水温との関係

図 6 に、令和元年 12 月に採水を行った K 浄水場系の試料水を PTFE 膜でろ過した残差物の IR スペクトルを示す。過去 2 年間のデータと同様に、波数 1540cm^{-1} 、 1650cm^{-1} 、 3300cm^{-1} において透過率のピークが見られる。これらは、N-H 結合及びアミド結合の C=O 結合に由来するものであり、たんぱく質の存在を示しているものと考えられる。

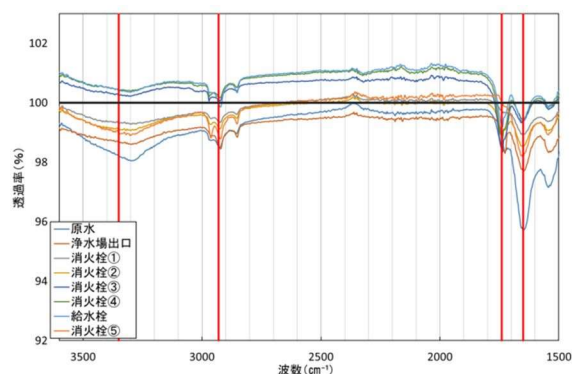


図 6 令和元年 12 月の K 浄水場系から採水した PTFE 膜上残差物の IR スペクトル

これらのピークは原水で大きく、水道水では小さい傾向があり、ある程度の定量性を示していると考えられたため、 1650cm^{-1} のピークの大きさをスペクトル図より読み取り、その大きさと管路の流下距離との関係を示したものが図 67 である。図 7 の縦軸は水道水中のタンパク質の濃度と相関関係がある指標と考えられるが、原水を膜ろ過して減少したたんぱく質が管路を流下するにしたがって徐々に多くなっている様子が見られることから、管内で何らかのたんぱく質の微粒子が発生していることが伺える。

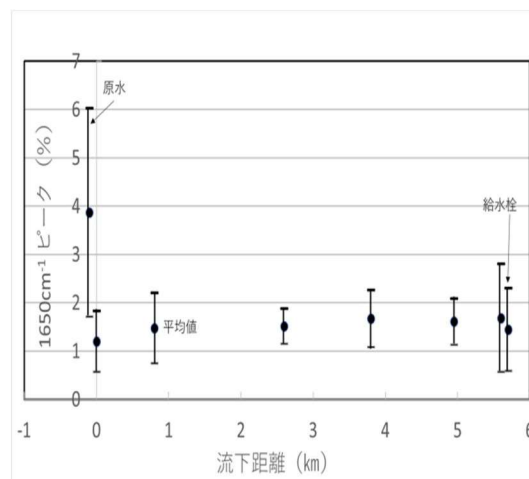


図 7 流下距離と PTFE 膜 ($0.5\mu\text{m}$) 上のろ過残差物の IR スペクトルの 1650cm^{-1} 付近のピーク高さとの関係

D. 考察

膜ろ過を浄水システムとして採用している小規模送配水管系統において、配水管における流下とともに残留塩素濃度が減少し、その減少速度が水温によって大きく左右されることが示された。

図 5 に示すように、荒井研究分担者によって構築された NN モデルによる残留塩素濃度減少速度の推定値は、流下方向に残留塩素濃度を測定し、その結果を直線回帰して得られた減少速度の実測値と矛盾しない値となっており、NN モデルの妥当性が示されるとともに、NN モデルの推定結果（配水系統の入口（浄水場出口）と出口（管路末端）のみの値による予測）を配水管路延長で内挿しても問題がないことを示している。

送配水管内で微小なたんぱく質粒子が発生していることが伺え、これも残留塩素濃度減少の要因であることが推察された。

E. 結論

小規模な膜ろ過浄水場を出発点とする小規模送配水管系統において、水質分析を行った結果、送配水管の流下に伴う残留塩素濃度の減少速度が水温の影響を強く受けることを確認した。

残留塩素濃度減少速度の NN モデルによる推定値は、実測値と整合性のものとなり、NN モデルの妥当性及び NN モデルの配水管延長内での内挿が可能であることを示した。

送配水管内では、微細な粒子ある（ $0.5 \mu\text{m}$ 以上）の濃度のたんぱく質が増加している傾向があることがうかがえ、それらも一つの原因となって水道水中の残留塩素濃度が減少していることが推測された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

1) 長岡裕：小規模水道の送配水管における残留塩素濃度及び濁質の挙動，令和元年度全国会議（水道研究発表会）講演集、pp.484-485、2019 年 11 月

G. 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

Ⅱ. 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）
「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」
分担研究報告書

水質計の開発及び実証

研究分担者 氏名：三宅亮 所属：東京大学工学系研究科

研究要旨

科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計を用いて、協力を得た水道事業者が所管するフィールド内の実管路において実地検証を行い、水道用の水質計を開発・改良すること並びに実用化に必要な性能諸元、最適配置及び活用形態等について提案することを目的としている。平成 29、30 年度には、実地検証等を通して、水質計内の流路・フローセルへの泡がみに起因すると想定される特徴的な変動・ばらつきが確認された。これを受けて水質計の動作プログラムの改良と、それらを搭載した現場設置制御用 PC 及び通信環境の改良を行い、浄水場内へ水質計を再度設置し、改良した通信環境のもとで評価を行ったところ、計測データの変動・ばらつきは抑えられ、比較的安定したデータが得られる見通しを得た。以上を受けて令和元年度は、改良計器を実証フィールド内に設置し、性能検証及びそれに伴う採取インターフェースの開発、通信環境の改良を進めた。また、実証フィールドでの検証に基づき、現状での水質計器の性能諸元を取りまとめるとともに、装置の活用指針として技術面・コスト面からの配置、活用形態の提案を行った。

A. 研究目的

近年、研究が進められている小型水質計（残留塩素濃度等）について、実管路において実地検証を行い、実用化の可能性を調査する。これらの結果を水質計の開発に関する提案に反映させる。具体的には、科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業において開発された小型水質計を用いて、協力を得た水道事業者が所管するフィールド内の実管路網（以下、実証フィールドという）において実地検証を行い、実用化に必要な性能諸元、最適配置及び管理方法等について提案することを目的とする。

以上の目的を受けて、平成 29 年度には、新たに無線通信系を付加した水質計を用いて、実地検証を実施したところ、計測データに特徴的な変動・ばらつきが確認され、水質計内の流路やフローセルでの泡がみが直接的

な要因であると考察された。そこで平成 30 年度は、水質計の動作プログラムの改良（泡がみの抑制、気泡の除去判断等）とそれらを制御するための現場設置制御用 PC 及び通信環境の改良を行った。改良した水質計を浄水場内へ設置し、改良事項の評価を行うとともに、課題の抽出と改良案の提示を行うことを目的とした。以上を受けて令和元年度は、改良計器を実証フィールド内に設置し、性能検証及びそれに伴う採取インターフェースの開発、通信環境の改良を試みた。また、実証フィールドでの検証に基づき、現状での水質計の性能諸元をまとめ、それを基にした技術面・コスト面からの配置案、活用形態の提案を行った。

B. 研究方法

図 1 に、開発した採取インターフェース部を示す。夾雑物除去時の圧力損失を低減するために、フィルタ構造としてクロスフロー型フィルタを採用した。また計測開始時に採取部途中に滞留する水道水(残留塩素濃度濃度値劣化の可能性)を排除し、水道配管内の新鮮な水道水を取り込むために、一時貯留槽を設け、一定量の水をオーバーフローさせた後に、分析部へ搬送する系及び自動化機構を構築した。

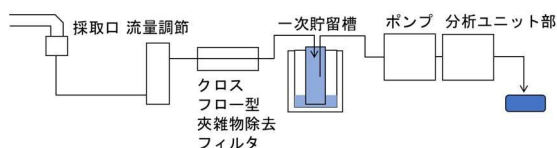


図 1 採取インターフェース部の開発

採取インターフェース部と、分析ユニットを一体・内蔵化した試作装置の外観及び内部構成を、図 3 に示す。実験操作の便宜上、各要素間は余裕をもって配置したため、装置全体の大きさは高さ 300 mm×幅 200mm×行き 150 mm 程度となったが、最終的な機能、要素配置等が決定されれば、更なる小型化は可能である。

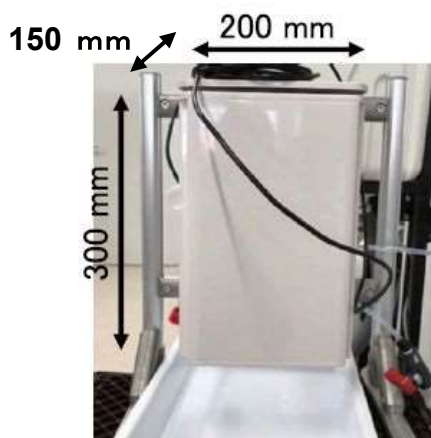


図 2 試作装置外観

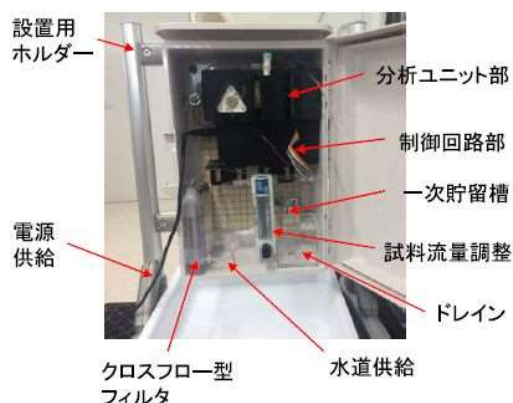
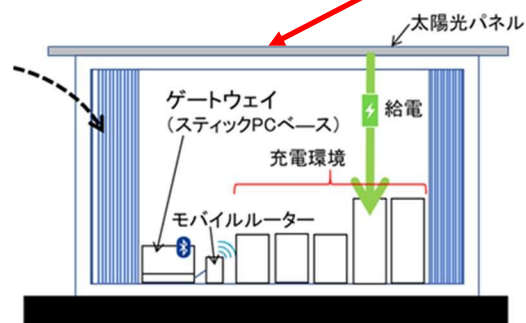


図 3 試作装置内部

C. 研究成果

図 4 に、試作装置を屋外の実証フィールドに設置した様子を示す。開発した水質計を組み込んだ試作装置は、自律型ゲートウェイステーションとの間を無線、その後、インターネット回線を介して遠隔場所から制御可能とした。この設置環境を利用して、採取インターフェースの機能、給電環境、無線制御の検証などを実施した。



自律型ゲートウェイステーション

図 4 実証フィールドへの実装状況

本試作装置を1週間程度、現場に留置した結果、水道配管と試作装置をつなぐ接手部から漏水が発生した。水道配管から直接試料水を採取する場合は、耐圧性の高い接手構造や漏水の遠隔診断、遠隔回復機能等が重要な課題であることが確認された。

表 1 に、試作装置に設定されている無線機能（近距離無線）における通信距離を評価した結果を示す。金属等のパッケージ被覆がない場合は、100 m 程度まで通信可能であることが判明した。一方、障害物として薄い金属箔が一層存在するだけで、通信距離は 50 m 程度まで低下することが判明した。今後の装置の外装パッケージの仕様決定や設計、あるいはアンテナの配置等の設計指針に反映させる必要がある。

表 1 水質計の信号到達距離の評価

障害物条件	距離(m)				
	0	10	20	50	100
無	◎	◎	◎	◎	○
1層	◎	○	○	△	x
3層	◎	△	x	x	x

図 5 は、取得される情報の漏洩防止、安全性を向上させる目的で水質計から発信される信号に暗号処理を施した場合、ゲートウェイでの復号化処理を含めた処理時間を検証したものである。これによると、5 台相当の計器において、信号を複合するのに、最大 10 分程度の時間を要することがわかった。

以上の検討結果を受けて、開発した水質計の現状での性能達成状況を表 2 に示す。参考に目標とする性能諸元についても併記する。全体を構成する要素としては、概ね対応済であるが、直接水道配管から試料水を採取する場合、水漏れしない接手、漏水の診断機能の搭載等が必要である。全体の寸法については、目標とする寸法には至っていないが、目的に沿って構成や実装を最適化することで 150mm 立方（マンホール内設置を想定）に

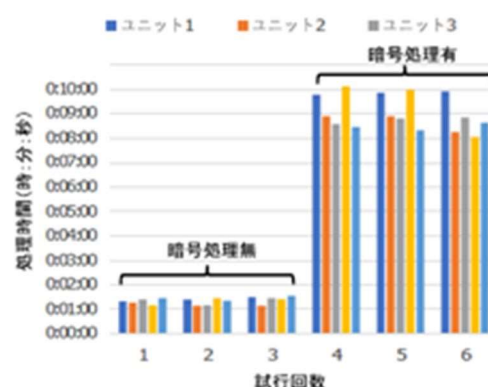
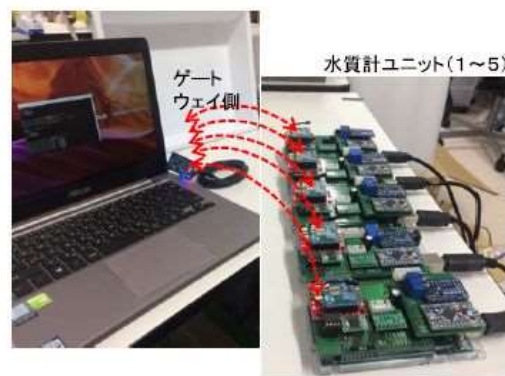


図 5 通信データの安全性向上（暗号化処理）と必要処理時間

収めることは可能と考える。一方、現状では試薬の劣化が抑えきれておらず、特に低濃度の計測時には誤差が含まれる場合があり、更なる解決策、工夫が必要である。通信距離は、現状では 50 m 程度であるが、山間部での利用を考えると 200 m 程度は必要である。今後の通信機器の性能向上が待たれる。計測頻度は、情報安全性を確保するため、暗号化、特に復号化処理を行う必要があり、これらの処理は分単位の時系列生データを直接、送出している。これが計測頻度を制限する要因となり、現状では 1 計測に 10 分程度を要する。計測頻度を上げるためには、例えば、水質計本体やゲートウェイ等に演算機能（エッジ処理）を搭載し、濃度値を算出、濃度値データのみを送信できれば解決可能だが、エッジ処理については、今後、検討すべき課題である。計測頻度を上げる上で最も律速となるのは、

表 2 小型水質計の性能諸元

項目	目標性能諸元	現状
構成	水質計本体、通信機能、フィルタ部、採取部	水質計本体、通信機能、フィルタ部
寸法	～150 mm 立方	～200 mm x 300 mm
計測項目	残留塩素、水温、色度、濁度、水圧	残留塩素(水温、水圧)
計測レンジ、安定性	0.1 ～2.0 ppm, ±3 %	0.3 ～ 2.0 ppm, ±5 % (課題: 試薬安定性)
計測頻度	1 回/分	1回/時間
利用環境耐性	-10 ～ 60 °C	-10 ～35 °C (課題: 高温耐性)
保守性能	試薬交換1回/3ヵ月	試薬交換1回/1ヵ月
通信距離	200 m	～50 m
情報安全性	無線通信時、暗号化・復号化処理	無線通信時、暗号化・複合化処理可 (ただし所用時間～10分)
給電	無給電(太陽光発電)	バッテリー駆動
コスト(試作ベース)	～ ¥100,000	水質計本体: ～ ¥50,000 通信部: ～ ¥10,000 フィルタ部: ～ ¥100,000 電源: ～ ¥50,000

試薬の搭載量である。試薬搭載量を増加させるか(装置が大型化)、あるいは1回の計測での試薬消費量を減らす(分析精度とのバランス)ことで計測頻度を増加させることは可能である。

D. 考察

表 3 に、現状での達成状況を基に想定される小型水質計の活用形態案を示す。活用形態

案として、大きく随時利用と常時設置の2案に分けられる。前者は、水質計自体を持ち運んでスポット的な計測に利用する方法や、一定期間だけ所定の場所に設置して水道水質の変動データを取得するものである。特に、荒井研究分担者が構築した水質変化の予測モデル(NNモデル)の学習データを取得する際に有用と考える。一方、後者の常時設置は、該当する地域に分散設置して継続的に水

表 3 小型水質計の活用形態案

活用形態	用途	システム規模	水質計の運用形態	課題	対応状況
随時利用	①可搬利用	1～少数台	・レンタル ・少数台保有し随時利用	・簡便な水採取技術	○
	②モデル支援利用	数台程度(モデル対象規模に依存)	・レンタル ・予測サービス事業に含まれる定期計測サービス	・着脱容易な配管接続技術 ・モデル構築に適した採取箇所の選定	○
常時設置	③計測頻度変動型	地域毎に～十台+ゲートウェイ	・計測事業受託(配水運用向けデータ取得用)	・頻度変更システムの開発 ・ダウン制御技術の開発	△
	計測頻度固定型	地域毎に～十台+ゲートウェイ	・計測事業受託(同上)	・補間補正方法の技術開発 ・通信距離拡大	△
	④低頻度				
⑤高頻度	各水質計で同時・同期計測	地域毎に数十台+複数ゲートウェイ	・事業者にて運用(含エビデンス利用)	・計測高頻度化 ・初期投資額	×

質状態を観測する利用法である。ただし、計測頻度は1回/10分程度が上限であり、現状の電極型水質計と比較して見劣りする。そのため水需要や気候が安定している場合は、長い時間間隔で計測し、急激な需要量の変化や、河川水量の増大などがある場合において、短い時間間隔での計測に切り替えるなどの対応が考えられる。これにより試薬の消費を抑え、試薬交換無しに長期間連続計測を可能とする。また、図6に示すように、各々の水質計での計測タイミングを少しずつずらして計測する。これとNNモデルと連動させることで、計測時間インターバル間の水質値変化を補間する方法も考えられる。

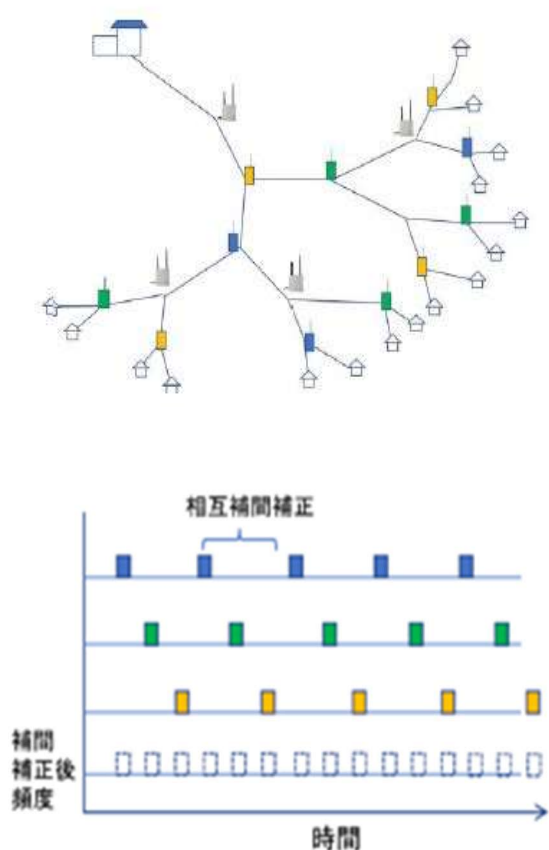


図6 水質変化予測モデルとの連動による水質値補間

E. 結論

平成29、30年度に実施した実証フィールドでの水質計の検証、改良を経て、令和元年度は、採取インターフェースを備えた試作装置を製作した。本試作装置を実証フィールド内に設置し、性能検証及び通信環境の改良を行った。また、実証フィールドでの検証に基づき、現状での水質計の性能諸元を取りまとめ、それを基にした技術面・コスト面からの配置案、活用形態を提案した。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) 佐藤 友美, 室岡 駿, 三橋 雅彦, 田澤 英克, 笠間 敏博, 三宅 亮, マイクロ流路へのDiamond Like Carbon コーティング法, 日本機械学会第10回マイクロ・ナノ工学シンポジウム講演論文集, 20-m3-PN3-22, (2019).

2. 学会発表

1) Shun Murooka, Tomomi Sato, Toshihiro Kasa-ma, Zhou Lu, Keiichiro Kushiro, Madoka Takai, Ryo Miyake, Evaluation of mineral precipitation and bacteria adhesion on Diamond-like carbon coated microchannel, International Symposium on Microchemistry and Microsystems (ISMM), 2019/5/18

2) 室岡 駿, 佐藤 友美, 笠間 敏博, 陸 洲, 久代 京一郎, 高井 まどか, 三宅 亮, DLC薄膜を用いたオンサイト水質計向けマイクロ流路表面処理技術, 第39回化学とマイクロ・ナノシステム学会, 2019/5/28.

3) 室岡 駿, 佐藤 友美, 笠間 敏博, 三宅 亮, 試料液中の懸濁微小物質付着・滞留評価のためのマイクロ流路評価実験系の構築, 第40回化学とマイクロ・ナノシステム学会, 2019/11/19.

4) 佐藤 友美, 室岡 駿, 三橋 雅彦, 田澤 英克, 笠間 敏博, 三宅 亮, マイクロ流路への Diamond Like Carbon コーティング法, 日本機械学会第 10 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム, 2019/11/20.

G.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

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌の時は、雑誌名、巻数、論文名）、刊行年月日、刊行書店名、執筆者氏名

該当なし

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌の時は、雑誌名、巻数、論文名）、刊行年月日、刊行書店名、執筆者氏名

該当なし

人口減少社会における情報技術を活用した
水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究

令和元年度 総括研究報告書

添付資料

研究体制

厚生労働科学研究費補助金による

「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」

研究体制

研究代表者	佐々木 史朗 ((公財) 水道技術研究センター 技術顧問)
研究分担者	安藤 茂 ((公財) 水道技術研究センター 理事長) 島崎 大 (国立保健医療科学院 上席主任研究官) 長岡 裕 (東京都市大学 教授) 荒井 康裕 (首都大学東京 准教授) 三宅 亮 (東京大学 教授)
研究協力者	木村 勇太 (神奈川県企業庁 谷ヶ原浄水場浄水課 主任技師) 渡邊 紀之 (静岡市上下水道局 水道部 水道施設課 主任技師) 今中 公政 (岡山市水道局 浄水課 課長代理) 向野 邦彦 (下関市上下水道局 浄水課 主任) 足立 和裕 (大分市水道局 浄水課 浄水管理担当班 参事補) 清塚 雅彦 ((公財) 水道技術研究センター 常務理事) 中川 慶太 ((公財) 水道技術研究センター 管路技術部長) 川上 堯 (同 研究員) 武内 宝巨 (同 研究員) 栗田 翔 (同 研究員)
予算執行管理者	中川 慶太 ((公財) 水道技術研究センター 管路技術部長) 武内 宝巨 (同 研究員)
経理事務担当者	北 富雄 ((公財) 水道技術研究センター 事務局長) 横田 彩子 ((同 主事)

事前アンケート調査票

事業体ヒアリング調査

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)

『人口減少社会における情報技術を活用した 水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究』

ヒアリング調査

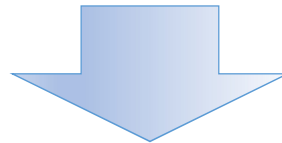


最終成果の素案事項

毎日検査におけるデータ活用方法の提案

◆ 提案

- 1.蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握(季節的特性)
- 2.トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化
- 3.データ可視化による情報共有、現状把握
- 4.住民からの苦情が来た際の事象確認



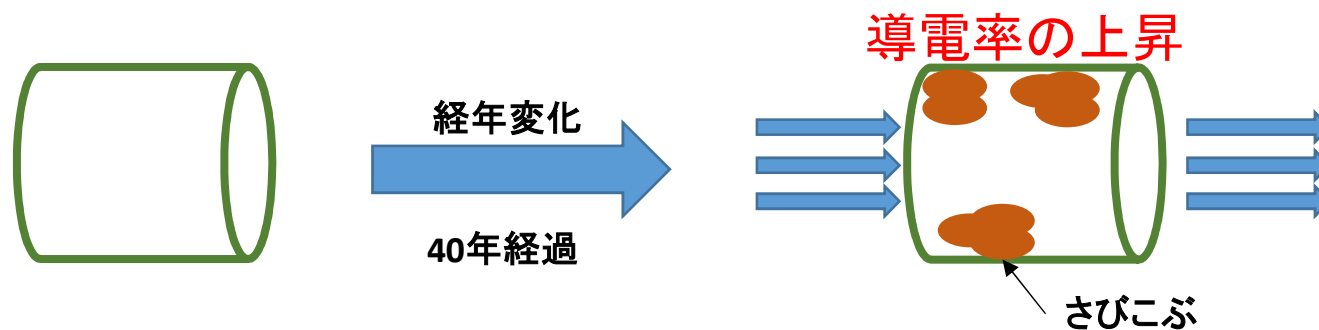
◆ 期待される効果

- 1.毎日検査結果の有効活用による水質の維持向上及び水質管理の適正化
- 2.残留塩素濃度の低下傾向に応じて速やかに塩素注入強化や排水等の対策を
施し、その効果を速やかに確認するといった予防的・即時的な水質管理が可能

今後の装置開発の方向性

◆ 導電率を活用した管路の老朽度予測

- 管網については、管の老朽化を導電率で判断できる可能性
- 管路内がきれいであれば、導電率は変化しないが、老朽化している場合はさびこぶの影響で導電率が上昇
- 気温によっても変わってくるので、夏冬など季節に応じて老朽化を判断できる指標検討



導電率と管路の経年化に対する相関を明らかにできれば、水質測定だけで老朽化予測が可能

今後の装置開発の方向性

◆ **メンテナンスフリー※の残留塩素濃度測定機器の開発**

- ✓ 導電率の測定機器(ポータブルタイプ)は、メンテナンスフリーであるため、残留塩素の測定に代わる指標として活用できれば、維持管理による省力化を図ることが可能
- ✓ 今後、導電率と残留塩素の相関などが明らかになれば、残留塩素測定に代わる指標としての活用可能性

※メンテナンスフリーとは、測定部に汚れが付着した場合、水洗い程度で管理可能であることを指す
基本的には、1年に1回程度の水洗いで管理可能

◆ **ビッグデータの活用**

- ✓ ビッグデータを活用した製品づくり、人手を必要としないデータ駆動型の社会を目指した製品の開発
⇒集めたデータの活用方法、アウトプットについて考えていく
- ✓ ビッグデータを活用することで、ベテラン職員がもつ経験的な技術の代替

今後の装置開発の方向性

◆ **メンテナンス時期を自己診断する機能を搭載した機器開発**

水質によって汚れの付着具合が異なり、それによって必要となるメンテナンス期間は違ってくるため、定期メンテナンスの適切な時期を機器の汚れ具合によって予測判断する自己診断機能を搭載した機器の開発検討

ただし、水道分野へ適用するためには、実証実験等を行い、使用できることが証明できない限り、製品化することは難しい

◆ **参考**

予兆診断システム

- ✓ プラントの稼働状況をモニタリングし、いつもと違う点を検知することでオペレータに注意を促し、事前保全をサポートするシステム(付帯設備の膨大なデータを用いて、いつもの状態を解析・学習させることで少しの変化を検知させる)
- ✓ 産業分野と同様に設備の監視制御により運転する水処理プラントへの適用ができるのではないかと考える(ポンプ等が故障する前の予兆システムなど)

送配水管における水質等の変化の予測

◆ NNモデルを活用した予測モデルの構築

- ✓ 配水システムの浄水場出口と末端水質データを用いてモデル構築
- ✓ 管網解析等を用いた水質予測では、管路や微地形情報が必要であるが、NNモデルでは水質データのみで予測可能
⇒管路情報や微地形情報がない中小規模事業者でも適用可能

◆ 適用条件

NNモデルの適用検討を行う上での必要データ
(モデル学習に利用する情報)は以下を基本とする。
時間間隔: 1時間単位の測定データ

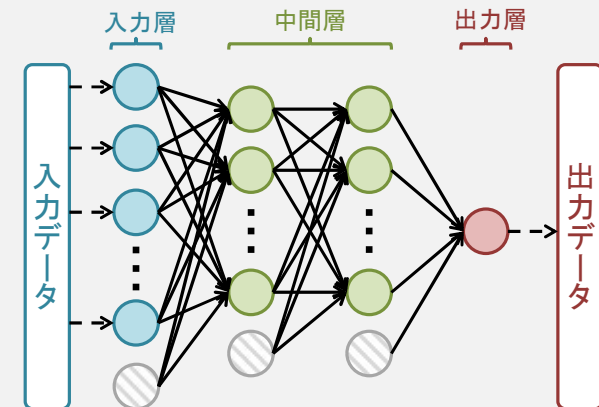
① 上流側の測定項目(浄水場での常時観測)

- ・残留塩素濃度[mg/L]
- ・流量[m³/h]

② 下流側の測定項目(管網末端の個人宅等での自動水質測定)

- ・残留塩素濃度[mg/L]
- ・水温[°C]

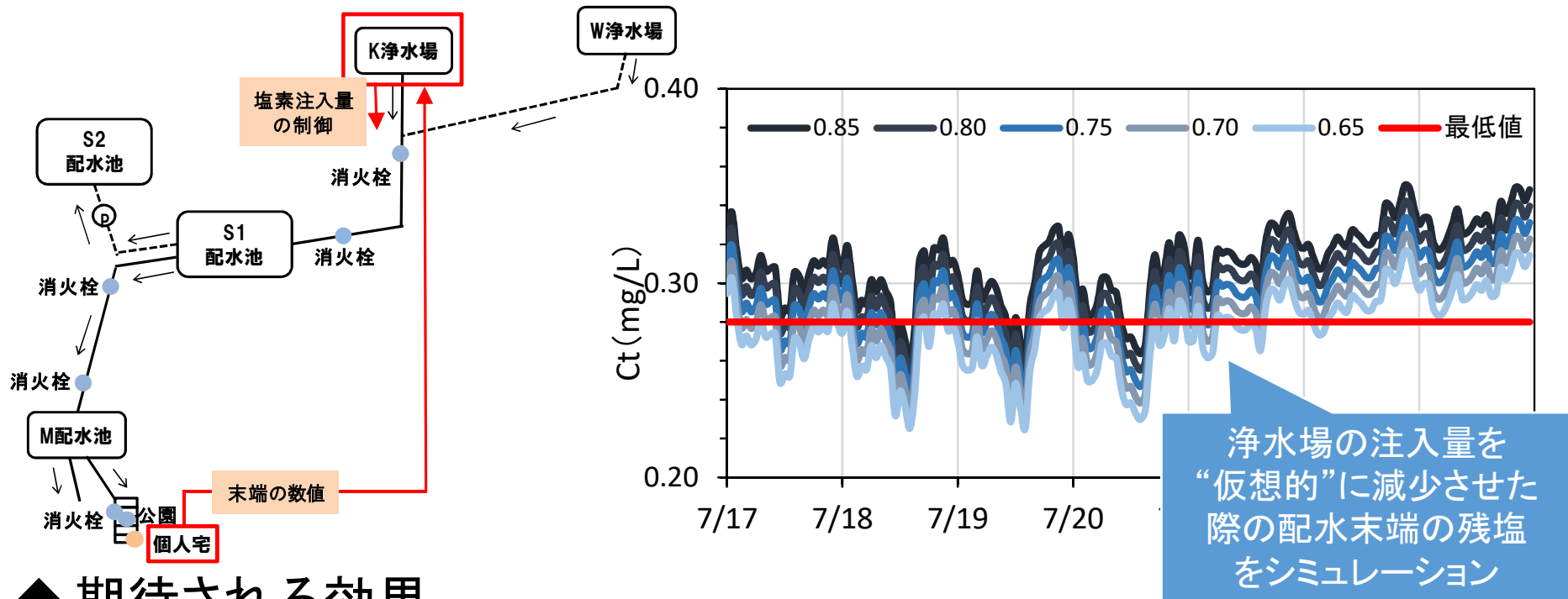
上流と下流の2点間の関係に注目
途中をブラックボックスとして捉える。



送配水管における水質等の変化の予測

提案

NNモデルを用いた配水末端の残留塩素濃度予測



◆ 期待される効果

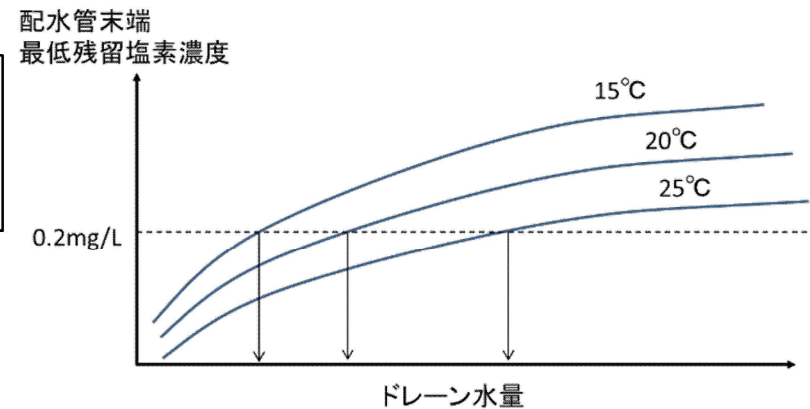
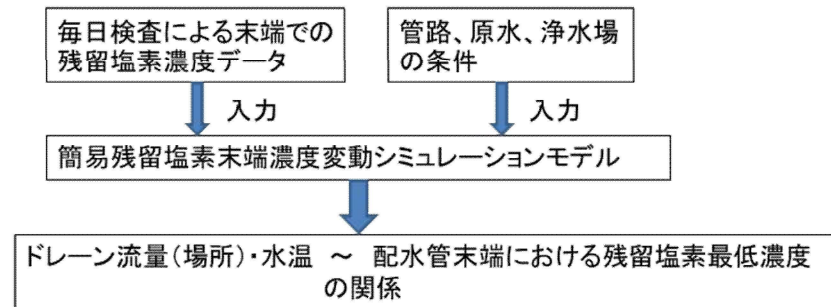
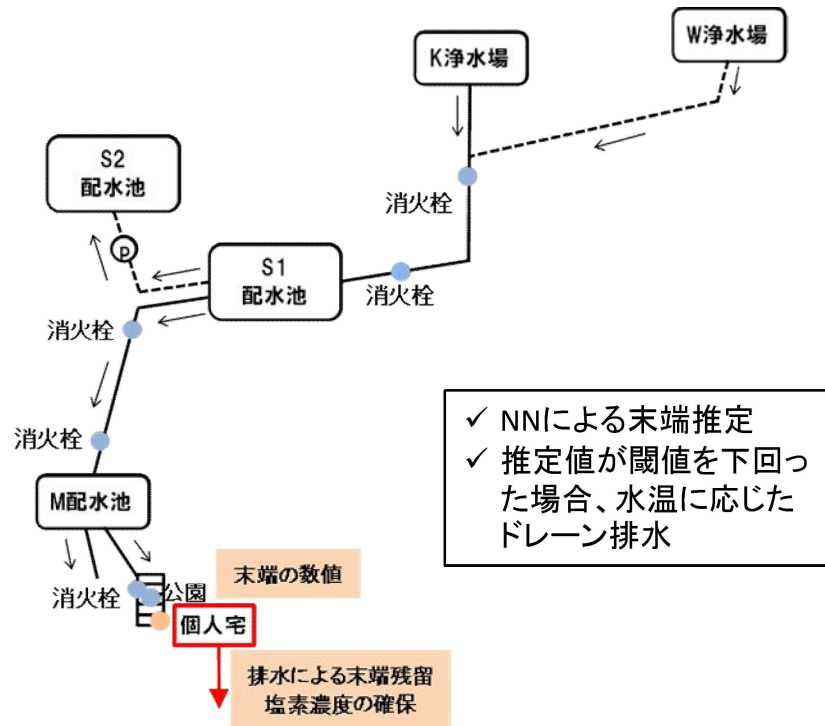
- ✓ 残留塩素濃度推定モデルの活用による水質管理の省力化
⇒ 適切な塩素注入量による水質管理の維持向上
- ✓ 浄水場での塩素注入量の制御(フィードフォワード制御)が可能

送配水管における水質等の変化の実証

提案

- ✓ ドレーン水量・水温と残留塩素濃度の相関関係を基にシミュレーションによる最適なドレーン排水量の設定、残留塩素濃度管理の適正化
- ✓ 残留塩素の水質管理に関する留意事項の抽出
併せて、管路内の水質に関する留意事項の抽出

送配水管における水質等の変化の実証

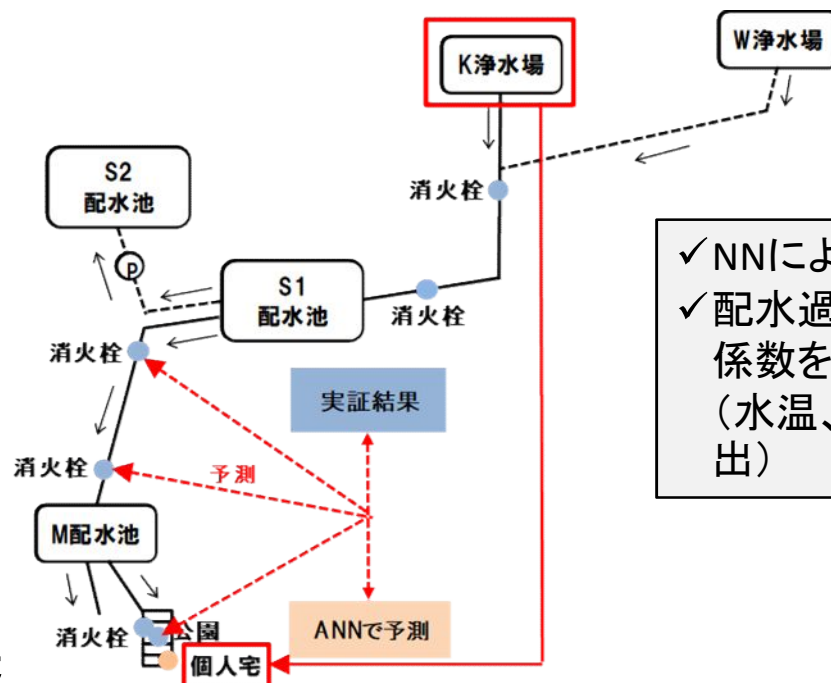


◆ 期待される効果

- ✓ 水質に関する留意事項を抽出することで、水質管理の維持管理の適正化
- ✓ シミュレーションモデルを活用した末端ドレーン排水による残留塩素濃度の適正管理が可能

提案

自動計測により測定した測定データを用いて、NNモデルで末端水質を予測し、その結果と実証結果を合せて他地点の残留塩素濃度の挙動を予測



- ✓ NNによる末端推定
- ✓ 配水過程での残留塩素濃度低減係数を活用した中間地点の予測 (水温、管種等から低減係数を算出)

◆ 期待される効果

- ✓ 少ないデータ(浄水場出口と配水末端)を用いることで、配水管網全域の予測が可能となり、水質管理の省力化・最適化
- ✓ 中間地点の水質管理の向上、適正化

小型水質計の開発

安価な小型水質計が開発可能となれば...

- 「コスト」や「設置場所の確保」等が機器導入の障壁となっている事業体でも、導入の可能性が広がる
- 配水末端に設置することで、リアルタイム監視及び人手による検査の代替可能

◆ 期待される効果

- ✓ リアルタイム監視と測定精度の向上による水質管理の適正化
- ✓ 従来の水質計と比較して、安価であるためイニシャルコストを低減可能
- ✓ NNモデルの適用条件である配水末端データの取得が可能
- ✓ 小型化による設置場所の自由度の向上

ヒアリング調査項目

12

Q1.毎日検査におけるデータの活用方法に関する提案について、
貴事業体での活用可能性はありますか。（P2参考）

Q2.毎日検査におけるデータの活用方法で提案した活用方法の他、貴
事業体が考える活用方法等がありますか。（P2参考）

Q3.今後の製品開発の可能性について、もし開発された場合、水質管
理の省力化につながる可能性はありますか。また、実用化が可能と
なった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。導入可能性が
ない場合、その理由もお聞かせください。（P3～5参考）

ヒアリング調査項目

13

Q4.NNモデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。（P6～7参考）

Q5.NNモデルを導入する場合、貴事業体考える懸念事項等ありますか。（P6～7参考）

Q6.NNモデルを導入した場合、貴事業体ではどのような課題解決が期待できそうですか。（P6～7参考）

Q7. NNモデルと内挿による中間地点の水質予測が可能となった場合、導入可能性はありますか。また、導入可能性がある場合、貴事業体ではどのような課題解決が期待されますか。（P8～10参考）

Q8. 末端の残留塩素濃度の推定値を基に、浄水場での塩素注入量を制御する手法（フィードフォワード制御）が可能となった場合、省力化につながりますか。（P8～10参考）

ヒアリング調査項目

15

Q9. ドレーン水量・水温と残塩濃度の相関関係から、最適なドレーン排水量を推定するシミレーションモデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。（P8～10参考）

Q10. シミレーションモデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。（P8～10参考）

ヒアリング調査項目

16

Q11.安価な小型水質計の開発・製品化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。（P11参考）

Q12.小型水質計を導入した場合、貴事業体での水質管理等、どのような効果が期待されますか。（P11参考）

Q13.本研究で開発している小型水質計は、測定項目を残留塩素のみに特化していますが、その他、貴事業体が考える監視すべき測定項目はありますか。（P11参考）

ヒアリング調査項目

17

Q14. 貴事業体が小型水質計に求める性能、要件等がありますか。
(P11参考)

Q15. 本研究に対するご意見等ありましたら、お聞かせください。

ヒアリング調査議事録

事業体ヒアリング調査議事録

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」の事業体ヒアリング調査
開催日時	令和元年 9 月 30 日 (月) 14:00～16:30
開催場所	岡山市水道局 三野浄水場 2階会議室
出席者	<p>【国立保健医療科学院】</p> <p>研究分担者 島崎 大</p> <p>【首都大学東京】</p> <p>研究分担者 荒井 康裕</p> <p>【公益財団法人水道技術研究センター】</p> <p>研究協力者 中川 慶太</p> <p>同 武内 宝巨</p> <p>【岡山市水道局】</p> <p>豊谷 泰之 様 (三野浄水場 浄水課 課長)</p> <p>難波 徹 様 (旭東浄水場 浄水課 課長補佐)</p> <p>青江 洋典 様 (三野浄水場 浄水課 整備係長)</p> <p>今中 公政 様 (矢原浄水場 浄水課 課長代理)</p> <p style="text-align: right;">計 8 名</p>
議題	議題 1：研究進捗状況及び最終成果（案）の報告
会議資料	資料Ⅰ：厚労科研の概要説明資料 資料Ⅱ：3ヵ年研究計画フローシート 資料Ⅲ：ヒアリングシート
会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）	
<p>【議題 1】 毎日検査に関わるヒアリング調査について</p> <p>資料Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに基づき、JWRC より岡山市水道局へ厚労科研の概要説明及び最終成果（案）の報告を行った。</p> <p>（説明内容）</p> <ul style="list-style-type: none"> 本ヒアリング調査は、厚生労働科学研究費補助金による研究の一環として、本研究の進捗状況や最終成果の提案事項である NN モデルの適用可能性、毎日検査の活用方法の素案報告等を実施し、事業体からの意見を最終成果に反映することを目的として実施する。岡山 	

市水道局より研究進捗状況及び最終成果（案）について意見回答をいただいた。主な内容を以下に記載する。

〈回答〉

【毎日検査におけるデータ活用方法について】

- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項について、貴事業体での活用可能性はありますか。
 - ・ 毎日検査データについては、可視化による情報共有や現状把握、蓄積データのトレンド化を行うなど、活用できている。
 - ・ 当市は、残塩管理システムを導入しており、過去2年間分のデータをトレンド化・可視化（地図上で測定地点の残留塩素濃度を確認）して系統ごとに管理を行っている。測定地点は500点以上あり、人手による測定（保育所に委託）や自動水質測定装置による連続測定を行っている。
 - ・ 毎日検査を委託している保育所では、残塩 Web システムにアクセスして Web ブラウザ上でデータを入力できる。
 - ・ システムを導入した背景は、残留塩素臭気の苦情対応や管末残留塩素管理情報を局内（配水末端管理部署やお客様管理センター、浄水場管理部署等）で情報共有するためである。これら情報は、局内共有ドライブにあり、職員がだれでも閲覧できる。
 - ・ 残塩管理システムに活用しているデータ頻度は、日単位データであり、自動水質測定装置による連続測定地点については、決まった時間帯（朝9時ごろ）の残留塩素濃度値をその日の測定値としている。
 - ・ 残塩管理システムでは、浄水場出口から各測定地点の測定データをトレンド化しているため、配水末端に自動水質測定装置がない場合においても、トレンドグラフの傾向をみることで末端の残留塩素濃度を推定することが可能である。
 - ・ 残塩管理システムのように、途中地点までの残留塩素濃度の傾向を把握できれば、ある程度、末端の残留塩素濃度を推定できるので、必ずしも末端に自動水質測定装置を導入しなくても水質管理を行うことが可能であると考える。
- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項の他、貴事業体が考える活用方法はありますか。
 - ・ 末端での毎日検査では、人手による測定を実施している地点もあり、そのような測定箇所では1日1回の測定頻度であるため、安価な小型水質計が開発されれば連続測定が可能となり、データの活用方法もよりきめ細かな活用ができるのではないかと考える。
- 小型水質計が開発された場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 自動水質測定装置は、維持管理に要する労力がかかり、機器自体の費用も高額であるため、安価になるのであれば導入の可能性はある。また、当市では残塩濃度が低下しやすい期間・場所のみ、残塩モニタリングを行うニーズがあるため、持ち運びが容易な可搬式の水質計であれば、測定地点を変えることができ、さらに導入可能性は高まるのではないかと考える。
 - ・ 当市が管理している地域に離島があり、現地に行くだけでも時間を要するので、移動時間がかかる離島では自動水質測定装置による遠隔監視が望まれる。また、水質計の性能とし

て、測定だけでなく残留塩素濃度が低下した時に排水する機能があればよいと考える。

- ・ 水質計が小型になれば、盗難などされやすくなるため、導入するのであれば設置条件として、盗難対策などの予防措置の確立も必要になってくるのではないかと考える（バルブ BOX 内設置）。
- ・ 通信については、連続通信する必要はない。

【NN モデルの構築検討について】

- NN モデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 現状、残塩管理システムがあり、毎日検査を活用した水質管理ができていますので、導入可能性は低い。しかし、人手不足等の課題を抱えている小規模事業体では、NN モデルを活用した末端の水質予測することは有効であると考えます。
- NN モデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。
 - ・ システムが合流している配水系統では、推定するのはかなり難しいのではないかと考える。
 - ・ 当市では、おいしい水の管理目標値として、0.2~0.4mg/L の間で管理することを目標としているが、検証結果では推定値が 0.1mg/L 以上の誤差が生じていることから、管理目標値を基準とした場合、0.1mg/L 以上の誤差精度では活用できないと考える。
 - ・ NN モデルを導入するのであれば、さらに推定精度を高める（誤差を 0.1mg/L 以下とする）必要があると考える。
- NN モデルと内挿による中間地点の水質予測が可能となった場合、導入可能性はありますか。また、導入可能性がある場合、貴事業体ではどのような課題解決が期待されますか。
 - ・ 残塩管理システムを活用して、中間地点の測定管理はできている。
- 末端の残留塩素濃度の推定値を基に、浄水場での塩素注入量を制御する手法（フィードフォワード制御）が可能となった場合、省力化につながりますか。
 - ・ モデル構築するにあたっては、実際の現場での長期間の連続データ取得など多くの検証を重ねる必要があり、かえって労力がかかるのではないかと考える。
- シミュレーションモデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。
 - ・ シミュレーションモデルを導入するにあたって、だれがモデル構築を行い、管理するのかといった懸念がある。もし、職員でモデル構築検討を行うのであれば、それなりのノウハウや労力がかかり、人手の省力化による水質管理にはつながらないのではないかと考える。

【小型水質計について】

- 安価な小型水質計の開発・製品化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 管末については、ドレーン排水を行う必要があるため、水質計にドレーン機能が追加されれば、導入可能性は高まるのではないかと考える。

- 小型水質計を導入した場合、貴事業体での水質管理等、どのような効果が期待されますか。
 - ・ 可搬式であれば、測定地点を変えることができ、必要最低限の機器で水質管理ができるので、機器の導入費用を抑えた効率的な管理が期待できるのではないかと考える。

- 本研究で開発している小型水質計は、測定項目を残留塩素のみに特化していますが、その他、貴事業体が考える監視すべき測定項目はありますか。
 - ・ 残留塩素濃度の消費量と水温は高い相関があるため、測定項目として水温が追加されれば良いのではないかと考える。

- 貴事業体が小型水質計に求める性能、要件等がありますか。
 - ・ 小型水質計に求める性能、要件としては、可搬式の水質計、ドレーン機能の追加を求める。

以 上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」の事業体ヒアリング調査
開催日時	令和元年 12 月 5 日 (木) 10:00～14:00
開催場所	下関市上下水道局 長府浄水場 2階会議室
出席者	<p>【首都大学東京】</p> <p>研究分担者 荒井 康裕</p> <p>【公益財団法人水道技術研究センター】</p> <p>研究代表者 佐々木 史朗</p> <p>研究協力者 川上 堯</p> <p>同 武内 宝巨</p> <p>【下関市上下水道局】</p> <p>友澤 俊昌 様 (水質管理センター センター長補佐)</p> <p>安岡 亘昭 様 (北部事務所 所長補佐)</p> <p>富田 光 様 (北部事務所 主任)</p> <p>向野 邦彦 様 (浄水課 主任)</p> <p style="text-align: right;">計 8 名</p>
議題	議題 1：研究進捗状況及び最終成果（案）の報告
会議資料	資料Ⅰ：厚労科研の概要説明資料 資料Ⅱ：3 ヶ年研究計画フローシート 資料Ⅲ：ヒアリングシート
会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）	
<p>【議題 1】 毎日検査に関わるヒアリング調査について</p> <p>資料Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに基づき、JWRC より下関市上下水道局へ厚労科研の概要説明及び最終成果（案）の報告を行った。</p> <p>〈説明内容〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 本ヒアリング調査は、厚生労働科学研究費補助金による研究の一環として、本研究の進捗状況や最終成果の提案事項である NN モデルの適用可能性、毎日検査の活用方法の素案報告等を実施し、事業体からの意見を最終成果に反映することを目的として実施する。下関市上下水道局より研究進捗状況及び最終成果（案）について意見回答をいただいた。主な内容 	

を以下に記載する。

〈回答〉

【毎日検査におけるデータ活用方法について】

- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項について、貴事業体での活用可能性はありますか。
 - ・ 提案事項の活用可能性はあると考える。
 - ・ 下関市では、提案事項にある傾向把握についての取り組みを実施している。
 - ・ 取り組み内容としては、一部の配水区域を対象とした毎日検査データ（住民実施）をグラフ化して、浄水場出口での残留塩素濃度との相関関係を検証している。なお、相関関係については検証段階であるため、季節に応じた傾向把握まではできていない。
 - ・ 毎日検査は市内 56 箇所で実施しており、一日一回（時間指定なし）の毎日検査データを活用してグラフ化を行っている。
 - ・ 毎日検査データは、共有フォルダに保存して他部署との情報共有を図っているが、浄水場での運転管理にまでは反映できていない。
 - ・ 管路末端の残留塩素濃度や過去データの確認、過去の経験則等も踏まえて、浄水場出口での塩素注入量を設定している。
 - ・ 住民への報奨は、約 6,200 円/月である。

- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項の他、貴事業体が考える活用方法はありますか。
 - ・ 当市では、提案事項に示す活用方法以外は、特に考えられない。
 - ・ 毎日検査データを運転管理に活用するためには、管理設備等に見える化した形でデータ活用すべきであると考ええる。

- 今後の製品開発の可能性について、もし開発された場合、水質管理の省力化につながる可能性はありますか。また、実用化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 当市では、多くの浄水場は表流水を水源としており、表流水は導電率の変動が大きいことから、導電率を活用した残留塩素濃度の管理は難しいと考える。また、降雨によっても導電率は変わってくるため、導電率と残留塩素濃度の相関性を明らかにすることは難しいと考える。
 - ・ その他、導電率と相関のあるパラメータ（水温、溶解成分、水源等）についても検証する必要があると考える。
 - ・ メンテナンスフリーの測定機器が開発されれば、維持管理に要する労力削減等につながるため、導入可能性はある。
 - ・ 自動水質測定装置の導入障壁としては、通信費や維持管理費等のランニングコストが挙げられる。

【NNモデルの構築検討について】

- NNモデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 当市では、自動水質測定装置導入によるリアルタイム監視が可能となれば、NNモデル導入可能性はある。(コスト面を考慮しない場合)

- NNモデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。
 - ・ NNモデルは構築時の管網形態を対象としているため、管路工事による管網形態が変わることで、NNモデルの再構築や修正検討を行う必要があることが懸念事項としてある。

- NNモデルと内挿による中間地点の水質予測が可能となった場合、導入可能性はありますか。また、導入可能性がある場合、貴事業体ではどのような課題解決が期待されますか。
 - ・ 中間地点の予測が可能となれば、追加塩素の適正注入等に活用することができると考える。

- 末端の残留塩素濃度の推定値を基に、浄水場での塩素注入量を制御する手法（フィードフォワード制御）が可能となった場合、省力化につながりますか。
 - ・ フィードフォワード制御が可能となった場合、省力化につながると考える。

【小型水質計について】

- 安価な小型水質計の開発・製品化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 毎日検査の代替となれば導入可能性はあるが、コスト面が導入の検討材料となる。

- 小型水質計を導入した場合、貴事業体での水質管理等、どのような効果が期待されますか。
 - ・ 人手で行っている毎日検査を自動水質測定装置による自動監視で行うことで、人労削減が期待される。

- 本研究で開発している小型水質計は、測定項目を残留塩素のみに特化していますが、その他、貴事業体が考える監視すべき測定項目はありますか。
 - ・ 水質計が監視すべき測定項目は色、濁り、残留塩素濃度が必要であると考え。その他、pHも測定すべき項目であると考え。

- 貴事業体が小型水質計に求める性能、要件等ありますか。
 - ・ 小型水質計に求める性能、要件としては、屋外設置での耐久性や経済性、維持管理のしやすさを求める。

【その他】

- ・ 電気伝導率は、降雨が発生すると低下傾向にあることが分かっているが、管路老朽化との相関までは明らかとなっていない。
- ・ 岡山市水道局が取り組んでいる残塩管理システムによる水質管理については、非常に良い取り組みであると考えており、当市でも検討材料として積極的に毎日検査データの活用・見える化を行っていきたいと考える。

以 上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」の事業体ヒアリング調査
開催日時	令和元年 9 月 20 日 (金) 13:30~16:00
開催場所	静岡市上下水道局 門屋浄水場 2階会議室
出席者	<p>【国立保健医療科学院】</p> <p>研究分担者 島崎 大</p> <p>【首都大学東京】</p> <p>研究分担者 荒井 康裕</p> <p>【公益財団法人水道技術研究センター】</p> <p>研究協力者 中川 慶太</p> <p>同 武内 宝巨</p> <p>【静岡市上下水道局】</p> <p>渡邊 紀之 様 (水道部 水道施設課 葵北施設係 主任技師)</p> <p>水野 真児 様 (水道部 水道施設課 葵北施設係 主任技師)</p> <p>小松 憲明 様 (水道部 水道施設課 葵北施設係 係長)</p> <p style="text-align: right;">計 7 名</p>
議題	議題 1：研究進捗状況及び最終成果（案）の報告
会議資料	資料Ⅰ：厚労科研の概要説明資料 資料Ⅱ：3 ヶ年研究計画フローシート 資料Ⅲ：ヒアリングシート
会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）	
<p>【議題 1】 毎日検査に関わるヒアリング調査について</p> <p>資料Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに基づき、JWRC より静岡市上下水道局へ厚労科研の概要説明及び最終成果（案）の報告を行った。</p> <p>〈説明内容〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 本ヒアリング調査は、厚生労働科学研究費補助金による研究の一環として、本研究の進捗状況や最終成果の提案事項である NN モデルの適用可能性、毎日検査の活用方法の素案報告等を実施し、事業体からの意見を最終成果に反映することを目的として実施する。静岡市上下水道局より研究進捗状況及び最終成果（案）について意見回答をいただいた。主な内容 	

を以下に記載する。

〈回答〉

【毎日検査におけるデータ活用方法について】

- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項について、貴事業体での活用可能性はありますか。
 - ・ 毎日検査データをデータベース化して、水質管理に活用することは有効であると考え。現状、1ヵ月分のデータを月末に回収するので、リアルタイムに活用することはできていない現状である。また、トレンドグラフ化などの活用はできていないため、季節に応じた傾向把握を行い、水質管理の向上に向けた一つの方法として、活用可能性はあると考え。
- 毎日検査のデータ活用方法の提案事項の他、貴事業体が考える活用方法はありますか。
 - ・ 末端の残留塩素濃度については、週1回委託業者に測定を依頼しており、残留塩素濃度が低い場合に追塩を行っている。そのため、季節に応じた傾向把握することができれば、委託業者にも情報共有することができ、指標（夏場はある地点で低下しやすい等）として活用できるのではないかと考える。
- 今後の製品開発の可能性について、もし開発された場合、水質管理の省力化につながる可能性はありますか。また、実用化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 伝導率から管路の老朽度がわかるようになれば、管路更新の優先順位付けに活用することができ、効率的に更新を行うことが可能になると考える。ただし、管路の耐用年数は40年と長く、活用し続けるツールとしては難しいのではないかと考える。

【NNモデルの構築検討について】

- NNモデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 浄水場データのみで末端の残留塩素濃度が予測できるようになれば、浄水場での末端水質管理や人手による測定などの省力化を図ることができるため、導入可能性はある。また、山間部などの電源がない地域では、測定データのみで末端の残留塩素濃度を推定することができる点も有用であると考え。
- NNモデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。
 - ・ NNモデルを構築する上で、末端データが必要になってくるのが懸念事項としてある。水質計を設置していない区域では、末端データを取得するために水質計を設置する必要があるが、小規模な配水系統では、財政上、イニシャルコストの高い機器を導入できない。
 - ・ 水道法による毎日検査が義務付けられているため、NNモデルによる末端推定だけでは毎日検査の代替にはならない点も懸念事項としてある（結局、末端には自動水質測定装置や人手による測定値が必要となってくる）。ただし、水質管理の適正化という面においては、

有効であると考えます。

- NN モデルと内挿による中間地点の水質予測が可能となった場合、導入可能性はありますか。また、導入可能性がある場合、貴事業体ではどのような課題解決が期待されますか。
 - ・ 中間地点の予測よりは、最も残留塩素濃度が低くなる末端を推定すべきだと考える。

- 末端の残留塩素濃度の推定値を基に、浄水場での塩素注入量を制御する手法（フィードフォワード制御）が可能となった場合、省力化につながりますか。
 - ・ 現在、週 1 回の業務委託により末端の残留塩素濃度を測定しているが、浄水場でのフィードフォワード制御が可能となった場合、業務委託の削減による省力化やコスト低減が期待される。
 - ・ ただし、浄水場での塩素注入については、経験のある職員でないと適切な塩素注入量の調整が難しいため、フィードフォワード制御を行う以前に、技術を有する人手確保も必要となってくる。

- ドレイン水量・水温と残塩濃度の相関関係から、最適なドレイン排水量を推定するシミュレーションモデルの構築が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 残留塩素濃度が低下した時の対応策として、浄水場での追塩を行って対応しているが、配水管内での水の滞留によって、残留塩素濃度が低下した状況が続く場合がある。そのような場合、末端での常時ドレイン排水（1 箇所 20L/分）を行って対応しているが、常時ドレイン排水箇所は少なく職員だけで対応できているため、当市では導入可能性は低いと考える。

- シミュレーションモデルを導入する場合、貴事業体が考える懸念事項等ありますか。
 - ・ 常時ドレイン排水を行う上で、有収率の低下が懸念される。当市では、有収率 85～90%を目標にしている。

【小型水質計について】

- 安価な小型水質計の開発・製品化が可能となった場合、貴事業体での導入可能性はありますか。
 - ・ 自動水質測定装置の導入障壁として、インシヤルコストや通信費の問題があるが、水質計自体が安価になれば、導入可能性はあると考える。

- 小型水質計を導入した場合、貴事業体での水質管理等、どのような効果が期待されますか。
 - ・ 人手で行っている毎日検査を自動水質測定装置による自動監視で行うことで、人労削減が期待される。

- 本研究で開発している小型水質計は、測定項目を残留塩素のみに特化していますが、その

他、貴事業体が考える監視すべき測定項目はありますか。

- ・ 毎日検査については、自動水質測定装置等によって行うことで、人手の省力化ができるという点に期待している。よって、水質計が監視すべき測定項目は色、濁り、残留塩素濃度が必要であると考えます。
- 貴事業体が小型水質計に求める性能、要件等がありますか。
 - ・ 小型水質計に求める性能、要件としては、屋外設置での耐久性や電源のないような山間部にも設置できる機器（自動水質測定装置に電源を内蔵）、屋外でも設置しやすい小型の水質計を求める。

以 上

検討 WG 議事録

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤専務理事)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第1回 WG 会議
開催日時	令和元年 6 月 4 日 (火) 9:30~11:30
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室
出席者	<p>研究代表者 佐々木 史朗 (JWRC)</p> <p>研究分担者 安藤 茂 (JWRC)</p> <p>同 島崎 大 (国立保健医療科学院)</p> <p>同 荒井 康裕 (首都大学東京)</p> <p>同 三宅 亮 (東京大学)</p> <p>研究協力者 木村 勇太 (神奈川県企業庁)</p> <p>同 清塚 雅彦 (JWRC)</p> <p>同 中川 慶太 (JWRC)</p> <p>同 栗田 翔 (JWRC)</p> <p>同 川上 堯 (JWRC)</p> <p>同 武内 宝巨 (JWRC)</p> <p style="text-align: right;">計 11 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>
議題	<p>議題 1：令和元年度の研究進捗状況について</p> <p>議題 2：新規実証フィールドについて</p> <p>議題 3：今後のスケジュールについて</p> <p>議題 4：その他</p>
会議資料	<p>資料 I -1：令和元年度の研究進捗状況【島崎先生・安藤専務】</p> <p>資料 I -2：令和元年度の研究進捗状況【荒井先生】</p> <p>資料 I -3：令和元年度の研究進捗状況【三宅先生】</p> <p>資料 II：新規実証フィールドについて</p> <p>資料 III：今後のスケジュール</p> <p>別添資料 1：座席表</p> <p>別添資料 2：出席名簿</p> <p>別添資料 3：平成 30 年度 総括分担研究報告書</p>

会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）

【議題 1】 令和元年度研究の進捗状況について

資料 I に基づき、各研究分担者より令和元年度の研究進捗状況について報告を行った。

<資料 I -1> 令和元年度の研究進捗状況 担当：島崎先生、安藤専務

資料 I -1 に基づき、安藤専務より令和元年度の研究進捗状況における送配水過程の水質管理等に係る既存技術の調査について報告を行った。

■ **【説明】** 安藤専務より説明を行った。

- ・ 「送配水管における水質管理等の既存技術の調査」について、米国環境保護庁 (USEPA) によるオンライン水質モニタリングに関するガイダンス書類一覧より情報収集を行った。
- ・ ガイダンス書類一覧の中で、水源監視や配水管網等に関するガイダンスが発刊されており、本研究の参考になるのではないかと考える。
- ・ USEPA による取組から、水質監視・対応システムのための配水システムにおけるオンライン水質モニタリングに関しての資料文献があり、オンラインモニタリングシステムの設計のための枠組みやモニタリング場所の選定と設置場所、水質モニタリングのケーススタディ等がまとめられていた。
- ・ 米国では、一般的なモニタリング場所として、浄水場出口やポンプ所、配水池等が適切であることが示されていた。
- ・ 米国の残留塩素の管理基準は、0.2mg/L～4.0mg/L であることが示されていた。
- ・ 米国水道協会は、配水管理者向けのガイダンスが作成されており、採水サンプルの適切な場所として、事業体職員の自宅や公共施設が推奨されていた。また、適切でない採水場所として、公園などが示されていた。
- ・ 今後は、これまで実施してきた国内外の文献調査結果が本研究成果にどのように活用できるのか、提案事項としてまとめを行っていく。

■ **【意見】** 研究分担者より意見・発言があった。

➤ 東京大学 三宅先生

- ・ 米国の残留塩素濃度の水質管理基準値は 0.2mg/L～4.0mg/L であり、日本の水質管理基準値と比較して上限値が高いが、管理上問題ないのか。
⇒実際の水質管理では、水質基準のひとつとしてトリハロメタンを抑制する規定もあるため、上限値 4.0mg/L ほど残留塩素濃度は高くないと思われる。(安藤専務)

<資料 I -2> 令和元年度の研究進捗状況 担当：荒井先生

資料 I -2 に基づき、荒井先生より令和元年度の研究進捗状況における送配水管の水質等の変化予測について報告を行った。

■ **【説明】** 荒井先生より説明を行った。

- ・ ニューラルネットワーク (NN) モデルの構築は、目的変数である残留塩素濃度消費幅を推定するため、NN モデルの説明変数に浄水場残留塩素濃度、個人宅水温、浄水場流

量をデータとして活用してきたが、新たに原水濁度のデータを追加して NN モデル構築の追加検討を行った。

- ・ 原水濁度については、雨の影響（雨が降ると原水濁度が上昇すること）を考慮して、説明変数に加えた経緯もある。
- ・ 2016 年の原水濁度データを訓練期間、2017 年の原水濁度データをテスト期間に活用した。
- ・ 原水濁度データを説明変数として追加検討を行う上で、予備検討を行った。具体的には、原水濁度の時間遅れを明らかにするため、過去の研究を踏まえて、モデル_0-1（時間遅れを 48 時間から 96 時間までの 4 時間毎のデータ 13 種類を説明変数として活用）とモデル_0-2（浄水場残留塩素濃度と同じく、11 時間までの時間遅れを考慮した 12 種類のデータを説明変数として活用）の 2 パターンで時間遅れの検証を実施した。
- ・ モデル_0-1 の検討結果では、訓練期間（モデル作成のための試行期間）とテスト期間を比較したところ、訓練期間では精度が高く学習がうまくいっていたが、テスト期間では汎化能力が低下して精度が低くなったことが明らかとなった。
- ・ NN モデル構築の最終目標は、汎化能力の高いモデル作成することが目的であるため、モデル作成期間である訓練期間で精度が学習させるデータの使い方も考慮する必要があることが検討結果から明らかとなった。
- ・ 原水濁度を説明変数に追加すると推定結果が良くなる期間と悪くなる期間が現れた。特に、2017 年 10 月の期間では、実測値と推定値の乖離が大きいことが明らかとなった。
- ・ 2016 年の時系列図より、原水濁度が上昇すると 36 時間～48 時間程度遅れて残留塩素濃度消費幅に影響を及ぼしていることが明らかとなった。よって、説明変数に加える原水濁度データは 48 時間まで遡った 12 種類のデータを活用することとした。
- ・ 48 時間までの時間遅れデータを説明変数に加えて検証した結果、訓練期間は、原水濁度データを追加した方が精度が高くなった。しかし、テスト期間（5～10 月の 6 か月間）は、原水濁度を追加していないモデルと比較してばらつきが見られ、精度が低くなったことが明らかとなった。そこで、テスト期間の 10 月分データを除外して検討した結果、精度は改善されたが、ばらつきは見られた。
- ・ 原水濁度の追加は、残留塩素濃度消費幅の推定の精度向上に寄与する反面、年度によって、時系列特性が異なるようなデータがあった場合、説明変数として加えると、かえって精度が低くなることもあることが明らかとなった。
- ・ 今後は、訓練期間の長さ（1 ヶ月・6 か月）と原水濁度の有無の 4 パターンの比較を行い、モデルのトレーニングに用いるデータの「量」と「質」の影響を明らかにする。
- ・ また、So 浄水場での検討を行い、原水濁度を追加した場合の影響についても検討を行っていく。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者、研究協力者より意見・発言があった。

➤ 神奈川県企業庁 木村協力者

- ・ 原水濁度の時間遅れは何時間程度、考慮しているのか。

⇒原水濁度の時間遅れは、47 時間まで考慮している。（荒井先生）

⇒Ka 浄水場から自動水質装置の末端までは、配水池の滞留時間等を考慮すると、72 時間程度は時間遅れがあるのではないかと推察される。（木村委員）

⇒今後、原水濁度を追加した NN モデル構築検証を進めていく中で、適切な時間遅れにつ

いても検討していく。(荒井先生)

➤ 東京大学 三宅先生

- ・ 原水濁度の濃度によって、残留塩素の消費量が影響することは理解できたが、水温の時間遅れについても時系列を広げると、季節変動による水温変化等が考慮されて NN モデルの精度向上につながるのではないかと考える。

⇒現在、水温については、2 時間遅れまでを考慮して検討を行っているが、今後の検証では水温の時間遅れについても時系列を広げて検証を行っていく。(荒井先生)

➤ 水道技術研究センター 安藤専務理事

- ・ 2016 年 8 月の原水濁度は、1000 度を超過しており、基準値を大きく上回るがこのような高濁度が発生した場合、なにか対応しているのか。

⇒配水池の容量にもよるが、一時的に取水停止して対応している。取水停止時間については、長くても半日程度だと考える。(木村委員)

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ Ka 浄水場は膜処理の前工程として、凝集剤をいれているか。
- ・ また、原水濁度は浄水場出口で膜処理されており、残留塩素の消費については限定的ではないかと考える。つまり、残留塩素の消費に影響を与えている要因として、濁度以外の物質（有機物、アルカリ等）も影響しているのではないかと考える。

⇒凝集剤は入れておらず、膜処理のみで対応している。(木村委員)

⇒濁度以外の影響要因については、データ提供の可能有無や研究成果までの期間等を考慮して検討できればと考える。(荒井先生)

<資料 I-3> 令和元年度の研究進捗状況 担当：三宅先生

資料 I-3 に基づき、三宅先生より令和元年度の研究進捗状況における小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】 三宅先生より説明を行った。

- ・ 研究進捗状況としては、今後、屋外での実地検証を行う上で、採水方法や通信の課題があるため、採取部の改良検討を進めているところである。
- ・ 計器を屋外に設置する上で、防護するための BOX（縦 300mm×横 200mm）の試作を行った。なお、BOX は市販のものを使用している。
- ・ 今後は、BOX を屋外に設置して、内部室温や耐熱性、耐久性等についても検討を進めていく。
- ・ 試料水を採取する際に、採取口から分析部までのチューブ管が細いため、残留塩素濃度が（0.3mg/L 程度）消費されてしまった経緯がある。今後は、チューブ管の太さや材料等の再検討を行っていく。
- ・ 電源については、バッテリーを搭載させることを考えており、最終的には太陽電池で計器を稼働できるように考えている。
- ・ データについては、無線で飛ばすことを考えているが、無線データの中継地点としてゲートウェイを設置する必要があり、ゲートウェイ用の電源確保といった課題もある。

■ 【意見】 研究代表者、研究協力者より意見・発言があった。

- 水道技術研究センター 佐々木技術顧問
 - ・ 価格はどの程度、見込んでいるか。
 - ⇒研究段階では計器の材料コストだけを考えているが、実用化した場合、組み立て・設置コスト等も考慮する必要があるため、現段階ではわからない。(三宅先生)
- 水道技術研究センター 川上協力者
 - ・ バッテリーは BOX 内に内蔵できるのか。
 - ⇒BOX 内部に内蔵するのは難しいため、BOX 設置する周辺に設置することを考えている。(三宅先生)
- 水道技術研究センター 栗田協力者
 - ・ DPD 法で使用する試薬について、劣化を考慮すると、交換頻度はどの程度、見込んでいるか。
 - ⇒劣化を抑えるための取組(無酸素状態で試薬を保持する等)は行っているが、3 か月まで劣化を抑えるまでには至っていないため、定期的(1 ヶ月~2 か月程度)に交換する必要がある。(三宅先生)

【議題 2】新規実証フィールドについて

資料Ⅱに基づき、新規実証フィールドについて説明を行った。

- 【説明】中川部長より説明を行った。
 - ・ 令和元年度は、これまでに実施してきた Ka 浄水場系統での測定結果の一般化を図ることを目的に、Ot 浄水場系統と So 浄水場系統の 2 系統を新規実証フィールド候補とした。今回は、現地調査によって決定した新規実証フィールドについて報告する。
 - ・ Ot 浄水場系統の浄水方法は膜処理であり、浄水場から末端までの距離が 3.5km である。送水方法は、加圧ポンプ式であり、浄水場から個人宅末端までの管路口径は φ200、φ150 である。
 - ・ 計測項目は、原水については、濁度、浄水池は残留塩素濃度、濁度、pH、流量、個人宅末端は濁度、残留塩素濃度、pH、水温、色度、電気伝導率、水圧である。
 - ・ So 浄水場系統の浄水方法についても、膜処理であり、浄水場から末端までの距離が 3.0km である。
 - ・ So 浄水場系統の浄水方法は膜処理であり、浄水場から末端までの距離が 3.0km である。送水方法は、自然流下であり、浄水場から個人宅末端までの管路口径は φ150 である。
 - ・ 計測項目は、原水については、濁度、浄水池は残留塩素濃度、濁度、pH、流量、個人宅末端は濁度、残留塩素濃度、pH、水温、色度、電気伝導率、水圧である。
 - ・ Ot 浄水場系統の現地調査結果は、比較的交通量が多く、消火栓の設置箇所についても道路の真ん中に設置されているなど、採水しにくい場所にあった。
 - ・ So 浄水場系統の現地調査結果では、交通量が少なく、消火栓が設置されている場所は道路幅員が確保されていることから、採水しやすいことが明らかとなった。
 - ・ 消火栓の採水場所、現地までのアクセス、提供可能データ等を踏まえて、So 浄水場系統を新規実証フィールドとして選定した。
 - ・ 今後のスケジュールは、2019 年 7 月頃から 2020 年 1 月頃までに 5~6 回程度、採水を行う予定である。
 - ・ 採水地点は、So 浄水場原水、So 浄水場出口、浄水場から個人宅末端までの途中管 4

箇所、Ti 配水池入口付近、Ti 配水池出口付近の合計 8 箇所から採水を行う。

- ・ 測定項目は、水温、圧力、残留塩素濃度とし、分析項目は TOC、濁度、膜ろ過抵抗、濁度元素分析、濁度有機物定性分析を行う予定である。

■ 【意見】研究代表者、研究分担者より意見・発言があった。

➤ 首都大学東京 荒井先生

- ・ Ka 浄水場系統と同様のデータを提供いただけるのか。
- ・ So 浄水場系統は、他系統からの流入はないか。

⇒Ka 浄水場系統と同様のデータ（浄水場データ（送水流量、濁度、残塩濃度、pH）、Ti 配水池流量データ、個人宅計測データ（濁度、残塩濃度、pH、水温、色度、電気伝導率、水圧）を提供可能である。（木村委員）

⇒So 浄水場系統は、他系統からの流入はない。（木村委員）

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 浄水場出口の計測項目として、水温は計測していないか。

⇒水温は計測していないと記憶しているが、再度確認を行う。（木村委員）

【議題 3】今後のスケジュールについて

資料Ⅲに基づき、今後のスケジュールについて、事務局より説明を行った。

今後の主なスケジュールは以下のとおり。

■ 令和元年度

- ・ 第 1 回研究会議

開催時期：7 月 17 日（水）15:00～17:30

開催場所：水道技術研究センター 第 1 会議室

出席者：厚生労働省、代表者、分担者、事業体委員、事務局

※会議後、意見交換会を実施

- ・ 研究分担者間 WG 会議について

開催時期：9 月、12 月

開催場所：水道技術研究センター開催予定

出席者：代表者、分担者、事務局

- ・ 研究会議について

開催時期：6～7 月、10～11 月、1～2 月（年 3 回開催予定）

開催場所：水道技術研究センター開催予定

出席者：厚生労働省、代表者、分担者、事業体委員、事務局

【議題 4】その他

- ・ 平成 30 年度の総括分担報告書を 5 月末に国立保健医療科学院へ提出した。報告書の

詳細内容については、各自で目を通しておくこと。

以 上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第2回 WG 会議
開催日時	令和元年 9 月 17 日 (火) 9 : 30 ~ 12 : 00
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室
出席者	<p>研究代表者 佐々木 史朗 (JWRC)</p> <p>研究分担者 安藤 茂 (JWRC)</p> <p>同 島崎 大 (国立保健医療科学院)</p> <p>同 荒井 康裕 (首都大学東京)</p> <p>同 長岡 裕 (東京都市大学)</p> <p>同 三宅 亮 (東京大学)</p> <p>研究協力者 木村 勇太 (神奈川県企業庁)</p> <p>同 清塚 雅彦 (JWRC)</p> <p>同 中川 慶太 (JWRC)</p> <p>同 栗田 翔 (JWRC)</p> <p>同 川上 堯 (JWRC)</p> <p>同 武内 宝巨 (JWRC)</p> <p style="text-align: right;">計 12 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>
議題	<p>議題 1：研究進捗状況について</p> <p>議題 2：最終成果のまとめイメージ (案) について</p> <p>議題 3：今後のスケジュールについて</p> <p>議題 4：その他</p>
会議資料	<p>資料 I -1：研究進捗状況【荒井先生】</p> <p>資料 I -2：研究進捗状況【長岡先生】</p> <p>資料 I -3：研究進捗状況【三宅先生】</p> <p>資料 II -1：最終成果のまとめイメージ (案)【島崎先生・安藤理事長】</p> <p>資料 II -2：最終成果のまとめイメージ (案)【荒井先生】</p> <p>資料 II -4：最終成果のまとめイメージ (案)【三宅先生】</p> <p>資料 III：今後のスケジュール</p>

	別添資料 1：座席表 別添資料 2：出席名簿 別添資料 3：ヒアリング調査詳細
会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）	
<p>【議題 1】令和元年度研究の進捗状況について</p> <p>資料 I に基づき、各研究分担者より令和元年度の研究進捗状況について報告を行った。</p> <p><資料 I-1> 研究進捗状況 担当：荒井先生</p> <p>資料 I-1 に基づき、荒井先生より研究進捗状況における送配水管の水質等の変化予測について報告を行った。</p> <p>■ 【説明】 荒井先生より説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ KaKa 浄水場系統のデータを用いた NN モデル構築では、2016 年 5 月～10 月を訓練期間、2017 年 5 月～10 月をテスト期間として検討を行った。検討結果では、訓練期間の推定精度のみが向上し、テスト期間では過学習状態であることが明らかとなった。 ・ 訓練期間データとテスト期間データの傾向が異なるため、テスト期間では過学習が起こったのではないかと考える。 ・ そこで、2017 年 5 月～10 月の時系列データを訓練期間データ、2016 年 5 月～10 月の時系列データをテスト期間データとした逆モデルを作成し、推定精度の検討を行った。 ・ 逆モデルを使った推定では、従来モデルと比較して訓練期間、テスト期間ともに、相関係数が 0.8 程度となり、精度向上（訓練期間の推定値とテスト期間の推定値の乖離を小さくすること）できたことが明らかとなった。 ・ モデルの汎用性の観点から言えば、逆モデルの方が望ましいモデル構築であることも明らかとなった。 ・ NN モデルを作成する際は、様々な期間のデータを訓練データに用いることが適切であることが示唆された。 ・ 新規実証フィールドである So 浄水場系統のデータを用いた NN モデル構築では、Ka 浄水場系統と同様の説明変数を用いることで、Ka 浄水場系統で構築した NN モデルと同様に推定できるか、比較検証した。 ・ 訓練期間データは 2016 年 5 月～10 月、テスト期間データは 2017 年 5 月～10 月のデータとした。 ・ NN モデル構築に用いる説明変数は、浄水場残留塩素濃度 B_t、浄水場流量 Q_t、個人宅水温 W_t とし、時間遅れに関しては、Ka 浄水場系統で検討した NN モデルと同等に設定して検討を行った。 ・ 原水濁度 R_t を加えたモデルについても構築を行い、原水濁度の有無で推定精度の比較検証を実施した。なお、原水濁度と残留塩素濃度消費幅の時間遅れについては、相互相関コログラムで検証を行い、9 時間と設定した。 ・ 原水濁度なしとして NN モデルの構築を行った場合、エポック（モデルの学習回数）ごとの損失関数（数値が高くなるほど過学習状態であることを表す）の推移は、訓練期間では損失関数が低くなったが、テスト期間ではほとんど変わらない結果が示された。 	

- ・ エポック（モデルの学習回数）ごとの相関関数（実測値と測定値の間に相関がどの程度あるのかを表す）の推移では、訓練期間とテスト期間ともに、相関係数が 0.7 程度となった。
- ・ 原水濁度ありとして NN モデルの構築を行った場合、エポックごとの損失関数の推移は、テスト期間で損失関数が増加し、過学習状態であることが示された。また、訓練期間とテスト期間の相関関数との間には、乖離がみられた。
- ・ 原水濁度なしとした場合の実測値と推定値の相関係数では、訓練期間とテスト期間ともに 0.7 程度であった。
- ・ 原水濁度ありとした場合の実測値と推定値の相関係数では、訓練期間において 0.9 となり、高い相関が示されたが、テスト期間については 0.5 程度となり、実測値と推定値の間に乖離が見られた。
- ・ また、実測値に対して推定値は、残留塩素濃度消費幅が少なく推定されていたため、安全面の観点から好ましいとは言えない。ただし、残留塩素濃度消費幅の挙動について局所的に変化している箇所について、再現できている期間もあることが確認できた。
- ・ 一方、原水濁度を説明変数に追加することが、汎化能力の向上に結びつくとは言えないことが示唆された。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者、研究協力者より意見・発言があった。

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ 残留塩素濃度消費幅について、実測値の時系列データに消費幅 0.8mg/L とあるが、正しいデータであるか。
⇒間違いがないか確認を行う。(荒井先生)

➤ ※確認の結果、消費幅で間違いがないことがわかった。国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ So 浄水場システムデータを用いた NN モデル構築検討では、逆モデルで検討を行っているか。
⇒逆モデルでの検証は行っていないため、今後、検証できればと考える。(荒井先生)

➤ 水道技術研究センター 安藤理事長

- ・ 9 月のテスト期間における原水濁度ありとなしの推定結果を比較すると、原水濁度ありの推定値が大きく乖離しているが、その要因はなにか。
⇒現時点での判断では、原水濁度を追加した場合、訓練期間においては精度が向上するのに対して、テスト期間では精度が低下するといった結果だけが明らかとなったが、その要因については今後、明らかにしていく。(荒井先生)

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ So 浄水場システムにおける個人宅水温は、浄水場出口と配水末端で大きく異なることが明らかとなった。また、So 浄水場システムの Ti 配水池は、配水池水位が下がってきた場合、一定量供給される仕組み（配水池での滞留が発生）であるため、配水池の中で、残留塩素濃度が消費されている可能性がある。管網が単純だからといって、残留塩素濃度

の消費量も単純になるとは限らないのではないかと考える。

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ 浄水場出口から配水末端までの時間遅れが3日程度あると考えられるが、NNモデル構築検討する際に考慮されているのか。

⇒説明変数における時間遅れは、Ka浄水場システムで用いた説明変数である。今後、各変数の時間遅れについても検討を進めていく。(荒井先生)

⇒流域ごとに時間遅れについては違いが出てくると考えられるので、検討いただきたい。

➤ 水道技術研究センター 佐々木顧問

- ・ 水道では、「時間遅れ」という言葉は妥当であるか。「時間遅れ」という表現は、到達時間が遅くなることを意味する。本研究では、過去の影響範囲や末端で計測された値が、過去に遡ったデータがその数値に影響を与えているかを意味しているため、時間遅れという表現を定義した方がいいのではないか。

⇒時間遅れという表現についても検討を行う。(荒井先生)

<資料 I-2> 研究進捗状況 担当：長岡先生

資料 I-2 に基づき、長岡先生より研究進捗状況における送配水管の水質等の変化の実証について報告を行った。

■ 【説明】 長岡先生より説明を行った。

- ・ 8月14日にSo浄水場システムにて採水調査を実施した。
- ・ 残留塩素濃度の消費量については、配水池入口から出口にかけて大きく低減しているため、配水池内での滞留による影響が大きいと考えられる。ただし、同じ水塊を追って採水していないため、多少の影響があるかもしれない。
- ・ 水温については、浄水場から消火栓④までに6℃ほど上昇していることが明らかとなった。このことから、残留塩素濃度消費に影響を与えている可能性がある。
- ・ XRF分析結果では、Al濃度がTi配水池流入までは上昇していたが、配水池出口以降は減少したことが明らかとなった。

■ 【意見】 研究分担者、研究協力者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 中川部長

- ・ 今後の採水スケジュールについて、教えていただきたい。

⇒スケジュールについては、今後検討していく。(長岡先生)

➤ 東京大学 三宅先生

- ・ 配水池出口で残留塩素消費幅が大きいということは、不確実性が高いといえる。その点を踏まえると、水質計の設置候補場所として、不確実性の高い地点に設置する必要があるため、配水池出口も設置場所として考えられる。

<資料 I-3> 研究進捗状況 担当：三宅先生

資料 I-3 に基づき、三宅先生より研究進捗状況における小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】 三宅先生より説明を行った。

- ・ 研究進捗状況としては、桃山配水池にて水質計の実地検証を行った。
- ・ ポータブル電源と水質計を分けて設置し、検証を実施した。
- ・ 水質計で測定したデータ送信については無線で行い、通信距離は 100m 程度である。
- ・ 設置した翌日に台風が直撃したが、特に影響はなかった。
- ・ 水質計設置後、研究室でデータ受信を行っていたが、装置に試料水を送水する管が圧力によって抜けてしまい、測定ができなくなった。そのため、もう一度、実地検証を行う予定である。
- ・ ポータブル電源については、4 日程度で切れてしまうことが明らかとなった。
- ・ 今回の実証実験では、電源の確保や低消費電力化、水道からの引込管の強度設計、漏水等が発生した際の遠隔での状況把握と対応方法が課題として明らかとなった。
- ・ 今後は、消費電力の低減方法、引込管の強度設計等についても検討を進めていく。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者より意見・発言があった。

➤ 国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ 水質計の試料水については、引き込みの際にある程度、圧力が必要か。
⇒水圧は、ある程度必要ではあるが、試料水を引き込むときは、一次溜容器に水を溜めて、引き込んでいる。(三宅先生)

➤ 水道技術研究センター 安藤理事長

- ・ ヒアリング調査結果では、水質計を公共施設（消防団小屋の壁）や電柱に設置していた。公共施設等に水質計を設置すると電源の確保も可能となるため、課題は解消されるのではないか。
⇒以前、電柱に設置して実証実験することを検討していたが、試料水の採水方法に課題があったため、実施しなかった経緯がある。今回の実証実験の目的としては、過酷な環境下に設置した場合の評価を行うことが目的であったため、Mo 配水池に設置した。今後、引込管の強度設計等を行い、公共施設等に設置可能な水質計の開発を目指す。(三宅先生)

➤ 首都大学東京 荒井先生

- ・ 電力消費の割合を教えてください。
⇒主な電力消費は、モバイルルーターによるデータ通信に消費されている。これは、計測したデータを送信する際に、ルーター内で計測データの自動計算を行っていることが電力消費が大きくなる要因だと考えられる。水質計自体は、全体の 20%程度である。(三宅先生)

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 水質計の計測がうまくいかなかった理由は、通信不具合によるものか、水質計の計測によるものか教えてください。
⇒試料水を引き込む引込管が抜けていたことが計測不具合の原因である。(三宅先生)

【議題 2】最終成果のまとめイメージ（案）について

資料Ⅱに基づき、各研究分担者より最終成果のまとめイメージ（案）について報告を行った。
＜資料Ⅱ-1＞最終成果のまとめイメージ（案） 担当：島崎先生
資料Ⅱ-1に基づき、島崎先生より送配水過程の水質管理等に係る実態把握、既存技術の調査・課題の抽出について、最終成果のイメージ（案）の報告を行った。

■ **【説明】** 島崎先生より説明を行った。

- ・ 配水過程の水質管理等の課題の抽出は、最終成果として遠隔監視装置に求めるニーズと毎日検査におけるデータの活用方法等の提案を行うことを考えている。
- ・ 配水過程の水質管理等の既存技術の調査は、小型水質計の開発に反映可能な技術整理、実用化が期待できるシーズ整理を最終成果のイメージとして考えている。
- ・ 水道事業者が遠隔監視制御システムに求めるニーズとして、これまでのヒアリング調査を踏まえて、「コストの低減化」、「設定変更の容易化」、「装置の小型化」を提案できればと考える。
- ・ 毎日検査におけるデータ活用方法の提案については、蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握やデータ可視化による情報共有・現状把握、トレンドに応じた残留塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化を提案できればと考える。
- ・ 提案事項が実現可能となれば、毎日検査の有効活用による水質の維持向上及び水質管理の適正化が期待される。
- ・ 過去の企業ヒアリング調査等から、小型水質計に適用可能な技術整理を行い、その適用性に関する検討を行った。
- ・ 遠隔操作による校正やメンテナンス等の全自動化について、自動校正機能を搭載した機器は一般化されてきているが、あくまでも緊急時対応としての機能であり、最終的には人手による校正が必要となるため、全自動化は難しいことが伺えた。
- ・ 機器のコンパクト化は、機器自体は必要部材で構成されているため、コンパクト化は限定的であることが明らかとなった。また、開発を進めていけば、ある程度の小型化は可能であるが、機器が小さくなるとメンテナンスの際に支障になってしまうことが伺えた。
- ・ 定期メンテナンスの適切な時期を水道水質の汚れ具合によって予測判断する自己診断機能を搭載した機器の開発では、水質は日々刻々と変化しており、「汚れ具合」の基準設定が難しく、仮に機能を追加した場合、イニシャルコストが高くなることも明らかとなった。
- ・ 今後の装置開発の方向性について、導電率を活用した管路の老朽度予測を行う機器開発やメンテナンスフリーの残留塩素濃度測定機器の開発が検討されていた。いずれも、導電率と残留塩素の科学的相関性を明らかにする必要があると、製品化までの技術的ハードルが高いことが伺えた。

■ **【意見】** 研究代表者、研究分担者より意見・発言があった。

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ 導電率を活用した管路の老朽度予測について、導電率だけでは残留塩素濃度の変化をとらえることは難しいのではないかと。
⇒あくまでも、開発の方向性としてのヒアリング調査結果であり、今後、実用化するためには導電率だけでなく、その他の水質項目についても検討する必要があると考える。（島崎先生）

- 水道技術研究センター 佐々木技術顧問
- ・ 水道法の毎日検査に関して、見直しの必要性を最終成果に盛り込むことは考えているか。
⇒毎日検査は、昭和 32 年に制定されており、今回の研究テーマにもある情報技術を活用する観点から、機器による連続測定義務化等、見直し提言も必要ではないかと考える。(安藤理事長)

<資料Ⅱ-2>最終成果のまとめイメージ(案) 担当:荒井先生

資料Ⅱ-2に基づき、荒井先生より送配管における水質管理等の変化の予測について、最終成果のイメージ(案)の報告を行った。

■ 【説明】荒井先生より説明を行った。

- ・ 最終成果として、NNモデルを活用した残留塩素濃度の予測モデル構築提案を考えている。
- ・ 配水システムの浄水場出口と末端水質データを用いて、モデル構築を行うため、従来の管網解析による水質予測と比較して、管路情報や地盤情報を必要とせずに予測することが可能となる。そのため、中小規模事業者では、少ないデータで予測可能となり、適用可能性が広がるのではないかと考える。
- ・ 適用条件としては、上流側の測定項目として、残留塩素濃度と流量の時間単位データが必要となり、下流側の測定項目は残留塩素濃度と水温の時間単位データが必要となる。上流側の測定については、中小規模事業者でも測定していることが多いが、下流側は測定している事業者が少ないため、三宅先生が開発する安価な小型水質計を導入できれば、モデル構築に必要なデータを取得できると考える。
- ・ NNモデルを活用した推定モデルを構築できれば、水質管理の省力化や適切な塩素注入量による水質管理の維持向上、浄水場での塩素注入量の制御が可能となる。

<口頭説明>最終成果のまとめイメージ(案) 担当:長岡先生

長岡先生より送配管における水質管理等の変化の実証について、最終成果のイメージ(案)の報告を行った。

■ 【説明】長岡先生より説明を行った。

- ・ 最終成果については、実証結果を踏まえた水質管理の在り方を提言できればと考える。
- ・ 残留塩素濃度の低減係数と内挿による中間地点の予測モデル構築を考えていたが、最終成果の提案としては難しいと考える。

■ 【意見】研究代表者より意見・発言があった。

- 水道技術研究センター 佐々木技術顧問
- ・ NNを活用した予測モデルと残留塩素濃度の低減係数を用いて、中間地点の予測は可能か。
⇒当初は、荒井先生の推定モデルと実証結果を踏まえた、残留塩素濃度の低減係数等の内挿による中間地点の予測モデル構築を計画していたが、研究を進める中で難しいことがわかった。最終成果の提案事項については、再考する。(長岡先生)

<資料Ⅱ-4>最終成果のまとめイメージ(案) 担当:三宅先生

資料Ⅱ-4に基づき、三宅先生より小型水質計の開発及び実証について、最終成果のイメージ

(案)の報告を行った。

■ 【説明】三宅先生より説明を行った。

- ・ 最終成果として、小型水質計の実フィールドに向けた外装・採取部の開発と評価と実フィールドの検証に基づく水質計器の諸元及び活用方針の提案を考えている。
- ・ 小型水質計の実フィールドに向けた外装・採取部の開発と評価は、屋外設置向けの水質計を開発するための外装構造及び採取インターフェースを開発する。
- ・ 実フィールドの検証に基づく水質計器の諸元及び活用方針の提案については、測定安定性向上策を盛り込んだ性能諸元や利用方法、配置案、計測頻度等を行うことを考えている。
- ・ 小型水質計の利用方法としては、常時設置用としてではなく、荒井先生のモデル構築に必要なデータ取得を目的とした利用方法等も提案事項として考えている。
- ・ また、配水池などの水質が不安定箇所を中心に設置することも案として考えている。

■ 【意見】研究代表者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 小型水質計は、製品化するレベルまで達しているか。
⇒屋外での実証実験の評価段階であり、製品化するレベルには達していない。(三宅先生)

【議題3】今後のスケジュールについて

資料Ⅲに基づき、今後のスケジュールについて、事務局より説明を行った。

今後の主なスケジュールは以下のとおり。

■ 令和元年度

- ・ 第2回研究会議

開催時期：11月13日 9:30～12:00

開催場所：水道技術研究センター 第1会議室

出席者：厚生労働省、代表者、分担者、事業体委員、事務局

※会議後、意見交換会を実施予定

- ・ 第3回研究会議

開催時期：2月(予定)

開催場所：水道技術研究センター 第1会議室

出席者：厚生労働省、代表者、分担者、事業体委員、事務局

※会議後、意見交換会を実施予定

- ・ 第3回WG会議について

開催時期：12月12日 9:30～12:00

開催場所：水道技術研究センター 第1会議室

出席者：代表者、分担者、事務局

【議題 4】 その他

事業体ヒアリング調査について報告した。以下にスケジュールを示す。

➤ 静岡市上下水道局

- ・ 日時：9月20日（金）13:30～17:00
- ・ 内容：ヒアリング調査及び現地調査
- ・ 参加者：島崎先生、荒井先生、中川部長、武内

➤ 岡山市水道局

- ・ 日時：9月30日（月）13:30～16:00
- ・ 内容：ヒアリング調査及び現地調査
- ・ 参加者：島崎先生、荒井先生、中川部長、武内
- ・

以 上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第3回 WG 会議
開催日時	令和元年 12 月 12 日 (火) 9:30~12:00
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室
出席者	<p>研究代表者 佐々木 史朗 (JWRC)</p> <p>研究分担者 安藤 茂 (JWRC)</p> <p>同 島崎 大 (国立保健医療科学院)</p> <p>同 荒井 康裕 (首都大学東京)</p> <p>同 長岡 裕 (東京都市大学)</p> <p>同 三宅 亮 (東京大学)</p> <p>研究協力者 清塚 雅彦 (JWRC)</p> <p>同 栗田 翔 (JWRC)</p> <p>同 川上 堯 (JWRC)</p> <p>同 武内 宝巨 (JWRC)</p> <p style="text-align: right;">計 10 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>
議題	<p>議題 1 研究成果申告書の作成内容の確認について</p> <p>議題 2 最終成果に向けた分担者間の連携確認・情報交換等について</p>
会議資料	<p>資料 I -1 研究成果申告書 (第 1 稿)</p> <p>資料 I -2 資料集【島崎先生・安藤理事長資料】</p> <p>資料 I -3 資料集【荒井先生資料】</p> <p>資料 I -4 資料集【長岡先生資料】</p> <p>資料 I -5 資料集【三宅先生資料】</p> <p>別添資料 1：座席表</p> <p>別添資料 2：出席名簿</p> <p>別添資料 3：ヒアリング調査結果の報告</p>
会議内容 (決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者 (敬称略) など)	
<p>【議題 1】令和元年度研究の進捗状況について</p> <p>資料 I に基づき、各研究分担者より研究成果申告書の作成内容について報告を行った。</p>	

<資料 I-1、I-2>担当：島崎先生

資料 I-1 及び資料 I-2 に基づき、島崎先生より研究成果申告書（第 1 稿）作成内容における送配水管における水質管理等の課題の抽出、送配水管における水質管理等の既存技術の調査について報告を行った。

■ 【説明】 島崎先生より説明を行った。

- ・ ①-3 関連資料の調査により、送配水管における水質管理等の実態把握について、関連する全国水道研究発表会講演集、EICA 誌等の文献情報の収集を行った。調査結果では、既存測定データを活用して、残留塩素濃度と季節変動や流量・水温等の相関関係を明らかにし、適切な塩素注入量を決定する等の残留塩素濃度低減・均等化に向けた取り組み事例等が見受けられた。
- ・ ①-4 関連資料の調査結果から課題の抽出について、自動水質測定装置の導入に伴うコストや中央監視システムでの一括管理に向けた通信環境整備の必要性、運転管理者の確保等の課題があることが明らかとなった。
- ・ ②-3 国内外の事例や関連資料の調査について、国内外の学術文献を中心に送配水管における水質管理等に適用可能な要素技術の開発動向や方向性を取りまとめを行った。
- ・ ②-5 既存技術の適用性に関する検討について、平成 29、30 年度に実施した事業体、国内企業ヒアリング調査等より、送配水管における水質管理等の機器及び業務の遠隔化・省力化につながる技術の実態把握を行い、既存技術の適用性に関する検討を完了した。
- ・ ②-6. 検討結果を情報通信技術の活用及び水質計の開発へ反映では、既存技術の適用性に関する検討結果では、本研究期間内に反映可能な既存技術は見受けられなかったが、将来的な水質計開発の参考となる情報知見を得た。

■ 【意見】 研究代表者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 資料集の様式等に決まりはあるか。
⇒資料集の様式に決まりはないが、ある程度、体裁を整えて提出する必要がある。（島崎先生）
⇒事務局にて、各研究分担者の資料集の体裁を整えることとする。（武内）

<資料 I-1、I-3>担当：荒井先生

資料 I-1 及び資料 I-3 に基づき、荒井先生より研究成果申告書（第 1 稿）作成内容における送配水管の水質等の変化の予測について報告を行った。

■ 【説明】 荒井先生より説明を行った。

- ・ ③-4 予測モデルを活用した自動測定計器の活用に関する検討について、研究課題名の用語に「活用」が重複しているため、改めて研究課題名を再考する。
- ・ 達成状況については、残留塩素濃度減少幅を予測する NN モデルを構築し、浄水場の塩素注入量を変化させた場合の管網末端（個人宅）の残留塩素濃度をシミュレーションを行った。

- ・ また、モデル構築に用いるデータは、浄水場出口と末端水質データであることから、管路情報や微地形情報が無い中小規模事業体においても、可搬式の自動水質測定装置の併用によるデータ取得を行うことで適用可能と判断される。

■ 【意見】 研究代表者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 研究課題③-3 についても本年度の記載内容ではないか。
⇒ そのとおりである。研究課題③-3 についても追加記載する。(荒井先生)
⇒ 事務局にて研究成果申告書の作成指示案の再整理を行い、後日、追加の記載依頼を行うこととする。(武内)
- ・ 「ANN モデル」と「NN モデル」が混在しているが、統一すべきではないか。
⇒ 「NN モデル」に統一することとする。(荒井先生)

<資料 I-1、I-4>担当：長岡先生

資料 I-1 及び資料 I-4 に基づき、長岡先生より研究成果申告書（第 1 稿）作成内容における送配水管の水質等の変化の実証について報告を行った。

■ 【説明】 長岡先生より説明を行った。

- ・ ③-7 実証結果の予測モデルへの反映については、達成状況が当初予定していた期間より延長した形で変更修正して記載する。(達成見込み 令和 2 年 3 月に変更)
- ・ ③-7 の達成状況は、実証フィールドにおける分析結果より、配水管内の流下に伴う残留塩素の低減速度の解析を進行中である。また、濁度、膜ろ過抵抗、元素分析結果などの相関関係の分析を進めており、③-3 で達成した管内水質モデルへ反映させるための基礎的データを蓄積しているところである。
- ・ ③-8 実証結果より、小規模水道の管内水質に求められる監視項目と監視方法の提案についても、達成状況に変更があるため、修正を行うこととする。
- ・ ③-8 の達成状況は、フィールドにおける分析結果より、配水管内の流下に伴う残留塩素の低減速度の解析、濁度、膜ろ過抵抗、元素分析結果などの相関関係の分析を進め、管内水質の劣化メカニズムについて検討を進めているところである。
- ・ 資料集についても、添付図等修正したものを再提出する。
- ・ 荒井先生が取り組む研究課題との関連については、NN モデルを活用した「浄水場出口と末端の残留塩素濃度の予測値」と「水温と残留塩素濃度の低減速度」との整合性を図ることで連携を取る予定である。

■ 【意見】 研究代表者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ So 浄水場系統での採水調査結果についてはどうするか。
⇒ 本研究の参考として、最終的な報告書に記載することとする。(長岡先生)

<資料 I-1、I-5>担当：三宅先生

資料 I-1 及び資料 I-5 に基づき、三宅先生より研究成果申告書（第 1 稿）作成内容における

小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】 三宅先生より説明を行った。

- ・ ④-4 実証フィールド内に小型計測機器を設置し、性能検証の実施について、平成 30 年度に提案した改良策（気泡除去動作プログラム、マイクロ分析流路の改良等）の機器への実装及び実フィールド対応の外装構造及び採取インターフェースを開発、これらを盛り込んだ小型計測機器を実証フィールド内に設置し、性能検証を実施し、採取インターフェース部の実用上の課題抽出と対応策を提案した。
- ・ ④-5 小型水質計器の実用化に必要な性能諸元、最適配置及び管理方法の検証については、達成状況を変更した形で修正する。
- ・ 達成状況は、小型水質計器に必要な性能諸元として、実フィールド評価に基づき採取インターフェース部の必要仕様を明らかにしたほか、ゲートウェイまでの通信可能距離の評価結果に基づく計器の配置案、機器の消費電力量及び所用通信時間（暗号化処理を入れた場合）に基づく機器の管理方法案を提示した。

■ 【意見】 研究代表者より意見・発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 資料集については、記載内容を増やしてはどうか。
⇒取り組み状況等、もう少し詳細に記載し、ボリュームを増やした形で作成する。（三宅先生）

【議題 2】 最終成果に向けた分担者間の連携確認・情報交換等について

■ 【意見・発言】 研究代表者、研究分担者より意見・発言があった。

➤ 国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ 研究課題②-3 について、米国の海外文献調査について、記載忘れていたため、申告書の方に追加記載する。

➤ 水道技術研究センター 安藤理事長

- ・ 最終成果については、毎日検査の提言についても記載してよいのではないかと。
⇒報告書へ記載する場合、厚生労働省へも内容確認すること。（佐々木技術顧問）
- ・ 研究成果の普及活動として、研発等で発表すべきではないかと。
- ・ 今後の展開として、報告していくべきだと考える。（佐々木技術顧問）

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 成果申告書に添付する資料集について、今年度実施した外部への発表内容（研発、IWA 等）を添付してはどうか。
⇒提出した論文集を添付することとする。（武内）
- ・ 研究課題②-5、②-6 についての資料集を添付してはどうか。
⇒研究課題②-5、②-6 に関する資料集を添付することとする。（武内）

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 資料集にヒアリング調査議事録は添付するか。
⇒資料集に議事録は添付しない方針とする。（武内）

【議題 3】 その他

別添資料 3 に基づき、事業体ヒアリング調査について報告した。以下にスケジュールを示す。

- 下関市上下水道局
 - ・ 日時：12月5日（木）10:00～14:00
 - ・ 内容：ヒアリング調査及び現地調査
 - ・ 参加者：佐々木顧問、荒井先生、川上研究員、武内

- 予算執行については、令和 2 年 2 月 29 日までに執行していただき、費目別の収支簿を 3 月 15 日に提出していただく。別途、各研究分担者の経理担当に通知する。

以 上

班會議 議事録

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤専務理事)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第1回研究会議																																
開催日時	令和元年7月17日(水) 15:00~17:30																																
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室																																
出席者	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">研究代表者</td> <td>佐々木 史朗 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>研究分担者</td> <td>島崎 大 (国立保健医療科学院)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>長岡 裕 (東京都市大学)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>荒井 康裕 (首都大学東京)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>三宅 亮 (東京大学)</td> </tr> <tr> <td>研究協力者</td> <td>木村 勇太 (神奈川県企業庁)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>今中 公政 (岡山市水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>向野 邦彦 (下関市上下水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>足立 和裕 (大分市水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>清塚 雅彦 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>中川 慶太 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>栗田 翔 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>川上 堯 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>武内 宝巨 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>オブザーバー</td> <td>菖蒲 光徳 (厚生労働省)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">計 16 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>	研究代表者	佐々木 史朗 (JWRC)	研究分担者	島崎 大 (国立保健医療科学院)	同	長岡 裕 (東京都市大学)	同	荒井 康裕 (首都大学東京)	同	三宅 亮 (東京大学)	研究協力者	木村 勇太 (神奈川県企業庁)	同	今中 公政 (岡山市水道局)	同	渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)	同	向野 邦彦 (下関市上下水道局)	同	足立 和裕 (大分市水道局)	同	清塚 雅彦 (JWRC)	同	中川 慶太 (JWRC)	同	栗田 翔 (JWRC)	同	川上 堯 (JWRC)	同	武内 宝巨 (JWRC)	オブザーバー	菖蒲 光徳 (厚生労働省)
研究代表者	佐々木 史朗 (JWRC)																																
研究分担者	島崎 大 (国立保健医療科学院)																																
同	長岡 裕 (東京都市大学)																																
同	荒井 康裕 (首都大学東京)																																
同	三宅 亮 (東京大学)																																
研究協力者	木村 勇太 (神奈川県企業庁)																																
同	今中 公政 (岡山市水道局)																																
同	渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)																																
同	向野 邦彦 (下関市上下水道局)																																
同	足立 和裕 (大分市水道局)																																
同	清塚 雅彦 (JWRC)																																
同	中川 慶太 (JWRC)																																
同	栗田 翔 (JWRC)																																
同	川上 堯 (JWRC)																																
同	武内 宝巨 (JWRC)																																
オブザーバー	菖蒲 光徳 (厚生労働省)																																
議題	議題 4-1 平成 30 年度第 2 回研究会議 議事録について 議題 4-2 研究進捗状況について 議題 4-3 今後のスケジュールについて 議題 4-4 その他																																
会議資料	【資料 I】 ：平成 30 年度 第 2 回研究会議 議事録 (案) 【資料 II-1】 ：【島崎先生・安藤専務】 【資料 II-2】 ：【荒井先生資料】																																

	<p>【資料Ⅱ-3】：【長岡先生資料】</p> <p>【資料Ⅱ-4】：【三宅先生資料】</p> <p>【資料Ⅲ】：全体研究スケジュール</p> <p>【別添資料 1】：座席表</p> <p>【別添資料 2】：出欠名簿</p> <p>【別添資料 3】：平成 30 年度 総括分担報告書</p> <p>【別添資料 4】：ヒアリング調査について</p>
<p>会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）</p>	
<p>【議題 1】平成 30 年度第 2 回研究会議 議事録（案）について</p> <p>資料 1 に基づき、JWRC より平成 30 年度第 2 回研究会議議事録（案）について説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 特に質疑事項等は無く、正式に議事録として承認された。 <p>【議題 2】研究進捗状況について</p> <p>資料Ⅱに基づき、各研究分担者より令和元年度の研究進捗状況について報告を行った。</p> <p><資料Ⅱ-2> 【荒井先生資料】 担当：荒井先生</p> <p>資料Ⅱ-2 に基づき、荒井先生より令和元年度の研究進捗状況における送配水管の水質等の変化予測について報告を行った。</p> <p>■ 【説明】荒井先生より説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平成 30 年度に実施した NN モデル構築検討では、説明変数に 11 時間までの時間遅れを考慮した浄水場残留塩素濃度、2 時間までの時間遅れを考慮した個人宅水温データ、5 時間までの時間遅れを考慮した浄水場流量データを活用して推定を行った。 ・ 令和元年度は、説明変数に原水濁度のデータを追加して残留塩素濃度消費幅の推定検討を行った。 ・ 原水濁度のデータを追加した理由は、雨が降ると原水濁度が上昇し、それに伴い、残留塩素濃度も低下（追加塩素の注入率等も上昇）するため、原水濁度を降雨に代わる指標として間接的に活用した経緯がある。 ・ 原水濁度データを説明変数として追加検討を行う上で、予備検討を行った。具体的には、原水濁度の時間遅れを明らかにするため、過去の研究を踏まえて、モデル_0-1（時間遅れを 48 時間から 96 時間までの 4 時間毎のデータ 13 種類を説明変数として活用）とモデル_0-2（浄水場残留塩素濃度と同じく、11 時間までの時間遅れを考慮した 12 種類のデータを説明変数として活用）の 2 パターンで時間遅れの検証を実施した。 ・ モデル_0-1 の検討結果では、訓練期間（モデル作成のための試行期間）とテスト期間を比較したところ、訓練期間では精度が高く学習がうまくいっていたが、テスト期間では精度にばらつきがみられ、汎化能力が低下して精度が低くなったことが明らかとなった。 ・ 予備検討のまとめとしては、原水濁度を説明変数に追加すると推定結果が良くなる期間と悪くなる期間が現れた。特に、2017 年 10 月の期間では、実測値と推定値の乖離が大きいことが明らかとなった。 ・ また、浄水場の残留塩素濃度管理の影響を受けている可能性があり、そのような期間 	

の推定は現モデルでは難しいと考える。

- ・ 原水濁度の時間遅れなどの条件を変更するなどの対応が必要であることが明らかとなったため、時系列図を確認し、現状の時間遅れの見直しを行った。
- ・ 2016年の時系列図より、原水濁度が上昇すると36時間～48時間程度遅れて残留塩素濃度消費幅に影響を及ぼしていることが明らかとなった。よって、説明変数に加える原水濁度データは48時間まで遡った4時間毎の12種類のデータを活用することとした。
- ・ 48時間までの時間遅れデータを説明変数に加えて検証した結果、訓練期間は、原水濁度データを追加した方が精度が高くなった。しかし、テスト期間（5～10月の6か月間）は、原水濁度を追加していないモデル（原水濁度なし： $r=0.886$ 、原水濁度あり： $r=0.940$ ）と比較してばらつきが見られ、精度が低くなったことが明らかとなった。
- ・ そこで、テスト期間の10月分データを除外して検証した結果、推定精度は改善されたがばらつきは見られた。
- ・ 原水濁度を追加したことで、訓練期間の精度は改善されたが、テスト期間に関する精度は同等か、それ以下になる可能性もある。
- ・ 原水濁度の追加は、残留塩素濃度消費幅の推定の精度向上に寄与する反面、年度によって、時系列特性が異なるようなデータ（浄水運転の人為的な操作等が起因している可能性のあるデータ）であった場合、説明変数として加えると、かえって精度が低くなることもあることが明らかとなった。
- ・ 原水濁度をモデルの説明変数に追加した場合の効果を比較検証した場合、原水濁度データ量（①濁度データなし、②12時間分、③24時間分、④48時間分）を増やしていくと、訓練期間の精度は向上していくが、テスト期間の精度は反比例して低下していく結果が得られた。このことから、モデルの過学習の可能性があり、汎化能力の低下を招いていると考えられる。
- ・ 今後は、訓練期間の長さ（1ヵ月・6ヵ月）と原水濁度の有無の4パターンの比較を行い、モデルのトレーニングに用いるデータの「量」と「質」の影響を明らかにしていくことを考えている。
- ・ また、So浄水場システムのデータを追加検討し、原水濁度を追加した場合の影響についても検討を行っていく。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ 実測値と推定値の散布図において、0～1で表現されているが、単位はなにか。

⇒残留塩素濃度消費幅（mg/L）だと認識しているが、改めて確認を行う。（荒井先生）

- ・ NNモデルの説明変数（浄水場残留塩素濃度、個人宅水温、浄水場流量）は、なにを根拠に決めたのか。

⇒初年度に実施した重回帰分析にて用いた計測データのうち、残塩消費幅と各要因との相互相関分析を行い、時間遅れが24時間以内となる範囲で最も相関が高くなる時間とその相互相関係数を基に時間遅れ及び説明変数を設定した。（荒井先生）

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 原水濁度が残留塩素濃度の消費に影響を与えていることはわかるが、高濁度が発生した場合、取水停止しているため、膜処理後の水質データを活用すべきではないか。

⇒膜処理後の濁度は、処理されており、ほぼ一定値であるため、活用しても検討結果に

影響を与えないと考えられる。(荒井先生)

- ・ 2017年10月の原水濁度の時系列図より、残留塩素濃度消費幅が低下する箇所がみられるが、原因はなにか。原因が分かれば、評価対象(説明変数として検討すべき計測項目)も明らかになるのではないかと考える。

⇒浄水場での追加塩素濃度を調整したため、末端での残留塩素濃度は減少しなかったことが考えられる。その他、残留塩素濃度を消費する物質(溶存成分等)が減少したことも要因としてあるのではないかと考える。(木村委員)

⇒溶解成分が残留塩素濃度の消費幅に影響しているのであれば、色度データ等も活用すると、より精度が上がるのではないかと考える。(向野委員)

▶ 大分市上下水道局 足立委員

- ・ Ka浄水場システムの現地確認として、原水濁度が高くなる(50度を超過する)と原水取水弁を止めて対応すると認識しているが、取水停止している間は膜処理も停止させているのか。

⇒原水取水弁のあとに原水池(150m³程度)を設けており、取水停止しても池の水を膜処理して対応している。(木村委員)

資料Ⅱ-3に基づき、長岡先生より令和元年度の研究進捗状況における送配水管の水質等の変化実証について報告を行った。

■ 【説明】長岡先生より説明を行った。

- ・ 昨年度までの検討結果について、流下距離に応じて残留塩素濃度が低下していることが明らかとなった。
- ・ 水道水中の濁質に起因する通水距離当たりのろ過抵抗と流下距離の関係では、流下距離に応じて、ろ過抵抗が大きくなっていくことが明らかとなった。
- ・ PTFE膜上の残渣物のIRスペクトルでは、1650cm⁻¹付近にピーク高さがみられ、これはたんぱく質由来のアミド結合であると推察される。また、流下距離に応じて、ピーク高さが高くなっていることからわかるように、管内にたんぱく質の発生源があることが明らかとなった。
- ・ これらたんぱく質が残留塩素濃度の消費に影響を及ぼしているのではないかと考える。
- ・ 新規実証フィールドの検討では、落合浄水場システムとSo浄水場システムの2システムを対象に現地調査を行った。
- ・ 現地調査の結果より、主にアクセス面や消火栓からの採水しやすさを踏まえて、So浄水場システムを新規実証フィールドに決定した。
- ・ 今後は、2019年7月頃～2020年1月頃までに5回程度、採水調査を行う予定である。
- ・ 検討を行った両水系(Ka浄水場システム、So浄水場システム)の原水及び管路プロフィールの違いに着目して、測定結果の整理を行う。

■ 【意見】研究代表者、事業体委員より意見、発言があった。

▶ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ So浄水場システムでは、12月頃に浄水場からTi配水池への配水管の更新工事がある(GPφ125の配水管をGXφ150へ更新)。そのため、採水調査を行う際は、工事の影響等を考慮して12月前後での採水調査を控えるよう留意する必要がある。

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ たんぱく質の発生については、さびこぶが要因であるのか。
⇒バイオフィームがさびこぶに付着することで、残留塩素濃度の消費に影響を及ぼしているのではないかと考える。さびこぶが多いと、付着するバイオフィームの量も増加するため、さびこぶがたんぱく質発生要因の一つであると推察される。(長岡先生)

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ IR スペクトルの検証結果において、 1650cm^{-1} でのピーク高さがたんぱく質の発生を示唆していることはわかったが、たんぱく質以外の発生物もあるか。
⇒ 3300cm^{-1} 付近でもピーク高さが高くなっているが、これもたんぱく質由来のアミド結合が要因であると推察される。その他、 2900cm^{-1} 付近でもピーク高さが高くなっているが、発生物質について検討中であるため、今後、明らかにしていく。(長岡先生)

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ 最終的なアウトプットとしては、どのような着地点を考えているか。
⇒荒井先生の最終成果である NN モデルの構築では、末端の残留塩素濃度予測は可能であるが、途中地点については、長岡先生の実測を踏まえて、推測可能な提案をできればと考える。(佐々木顧問)

資料Ⅱ-4に基づき、三宅先生より令和元年度の研究進捗状況における小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】 三宅先生より説明を行った。

- ・ 令和元年度の研究計画は、実証フィールド (Ka 浄水場系統) に小型水質計を設置し、性能検証を行う。また、採取インターフェースと通信環境の改良検証についても検討を進めていく。
- ・ 小型水質計の設置箇所を選定するため、Ka 浄水場系統での現地調査を実施した。現地調査結果より採水やアクセスの容易さ、小型水質計の設置場所が確保できるという点から、Mo 配水池にて、実地検証することが決まった。
- ・ 現地で検証する小型水質計の形状は、小型水質計本体に電源供給するためのポータブル AC 電源、取得データを送信するための無線ルーターを搭載した BOX タイプ ($90 \times 52 \times 100\text{cm}^3$) である。
- ・ 小型水質計を駆動する際や遠隔で測定データを送信するために電源が必要となってくるが、Mo 配水池では電源が確保できないため、ポータブル AC 電源を活用して検証を行う。
- ・ 従来のノート PC では、消費電力 (MAX : 60W) が大きく、ポータブル AC 電源の電力容量を 2 日間で消費したため、消費電力の少ないスティック PC (MAX : 10W) に代替して消費電力持続性の検討も行っている。
- ・ 現地での実証実験を行う際は、夏季高温下での検証となり、BOX 内に内蔵しているポータブル AC 電源等が高温となり、発火事故の恐れがあるため、定期監視を行いながら検証を実施する。
- ・ 今後の予定としては、8 月中に現地での検証を実施し、高温下での検証結果と測定データの精度検証を行い、その結果を踏まえて、再度、現地での検証を行う予定である。

■ 【意見】 研究代表者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 大分市上下水道局 足立委員

- ・ 水質計は小型であるため、必然的に測定する試料水量が少なくなり、水質計測定部に

たどり着くまでに試料水が滞留し、残留塩素濃度低下の恐れがあるのではないかと。⇒一次貯留槽を設けて、そこから採水を行うため、常にフレッシュな水を採水することが可能である。(三宅先生)

➤ 静岡市上下水道局 渡邊委員

- ・ 現地での実地検証において、水質計の設置条件などはあるか。
⇒現地での実地検証では、ポータブル AC 電源や PC 等も設置するため、盗難防止として人目のつかない場所に置くことを考えている。また、PC 等も設置し、夏季高温下では故障の原因になる可能性があるため、設置条件等含めて今後検討していく。(三宅先生)

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ 外部電源を使用した場合、雷の対策も必要になってくるのではないかと。
⇒太陽光発電や蓄電池で対策することを検討している。(三宅先生)

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 現地での実地検証では、ポータブル AC 電源や PC を内蔵した BOX タイプの簡易物置 (90×52×100cm³) を設置して検証するが、外部電源を使用した場合、さらに小型化することは可能か。
⇒外部電源を使用するとなると、ポータブル AC 電源部分がなくなるため、さらに小型化することは可能である。(三宅先生)

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ 今後、小型水質計を実用化するにあたり、現地で PC は必要なのか。
⇒測定データを送信するためのゲートウェイの役割を担っているため、PC は必要となってくる。(三宅先生)

資料Ⅱ-1に基づき、島崎先生より令和元年度の研究進捗状況における送配水管における水質管理等の既存技術の調査について報告を行った。

■ 【説明】島崎先生より説明を行った。

- ・ 海外文献調査の一環として、米国環境保護庁 (USEPA) によるオンライン水質モニタリングに関するガイダンスの中で、監視場所の選定と設置場所、水質モニタリングのケーススタディ等に関する情報があり、本研究の参考知見として情報収集を行った。
- ・ 水質モニタリングは、水質変化を検出して、その原因を特定するために活用することができる監視システムである。
- ・ 本来は、監視すべき全ての箇所での監視することが理想であるが、予算上の制約により監視できる場所が限られる。
- ・ 米国では、配水系統の下流地点で汚染事故等が発生した場合、基準値として活用することができる浄水場流入地点や運転操作管理地点にあたる追加塩素注入施設やポンプ所、配水池等が一般的な監視場所として示されていた。
- ・ 病院、大学、娯楽地区、大量の水を使用する製造業者、過去に水質に関する問題が発生した区域等も追加の監視場所として示されていた。
- ・ 水質モニタリングの主な水質監視項目は、残留塩素濃度、pH、電気伝導率、水温であることが示されていた。
- ・ また、水道事業体の特性に応じて、アルカリ度、遊離アンモニア、溶存酸素、消毒副生成物、硝酸及び亜硝酸、酸化還元電位等も追加の監視項目として示されていた。
- ・ 残留塩素濃度は、遊離塩素 (0.2~4.0mg/L) とクロラミン (0.5~4.0mg/L) という管理目標値を設定していることが示されていた。
- ・ ケーススタディの一例として、Fi 水道局では、水質モニタリングを導入している理由

として、配水系統での意図的な汚染及び運転操作時に生じる水質変化を監視することを目的に導入していることが示されていた。

- ・ 監視項目は、残留塩素濃度、pH、電気伝導率、酸化還元電位、水温、濁度、UV-254 など様々な水質項目を監視していた。

■ 【意見】 事業体委員より意見、発言があった。

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ ケーススタディの中で、8つの移動ステーションとあるが、可搬式の自動水質測定装置という認識で間違いないか。

⇒可搬式の自動水質測定装置のことである。大きさは、スーツケース程度の大きさであると推察する。(島崎先生)

■ 本年度は、研究最終年度となるため、最終成果に向けて協力事業体より意見をいただきたい。

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ 下関市上下水道局が所管する配水系統の大多数が、管末に自動水質測定装置が設置されていない状況である。そういった中で、本研究成果である NN モデルによる末端残留塩素濃度の推定や安価な小型水質計が開発されれば、中小規模事業体にとって、課題解決の一助になるのではないかと考える。

- ・ 下関市上下水道局の実態として、主要な配水系統の浄水場では、7項目を監視していたが、監視項目が多くなると、それに伴ってメンテナンス費用がかかることから、残留塩素濃度、濁度、色度の3項目のみに絞った経緯があり、そのことから残留塩素濃度の監視が重要であると考ええる。

➤ 大分市上下水道局 足立委員

- ・ 自動水質測定装置を導入する場合、費用が高額になってしまうことから、安価な小型水質計が開発されれば、中小規模事業体でも導入が進むのではないかと考える。また、自動水質測定装置を導入することで、NN モデルを活用した末端の水質管理も可能となり、職員が少ない事業体などでも省力化を図った適切な水質管理が可能になると考える。

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ 水質監視で一番重要なのは、残留塩素濃度と考える。
- ・ 岡山市が所管する山間部の水道では、末端を連続して測定できていない場所があるため、安価で小型で可搬式の水質計が開発されれば、導入が可能となり、さらなる水質管理の向上につながると考える。
- ・ 常設の水質測定装置をたくさん設置しても、校正などのメンテナンスができなくて正しいデータが送られてこないと意味がない。残塩の連続した傾向が見えれば管理をするうえで大変参考になるので、常設ではなく、可搬式の水質計になれば、活用の幅が広がるのではないかと考える。

➤ 静岡市上下水道局 渡邊委員

- ・ 小型水質計については、例えば、蛇口さえあれば設置できるような小型の水質計を開発していただければ、需要もあり、適切な水質管理を実現できるのではないかと考える。

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ 可能であれば、水質計の適切な設置箇所についての提案をしていただければ、中小規

模事業体としても、費用を抑えた適正管理を行うことができるのではないかと考える。

【議題 3】今後のスケジュール

資料Ⅲに基づき、今後のスケジュールについて、事務局より説明を行った。主なスケジュールは以下のとおり。

➤ 第 2 回 WG 会議について

- ・ 開催時期： 9 月 17 日（火） 9 時 30 分～12 時 00 分
- ・ 開催場所：水道技術研究センター 第 1 会議室
- ・ 出席者：研究代表者、研究分担者、JWRC

➤ 第 3 回 WG 会議について

- ・ 開催時期： 12 月 12 日（木） 9 時 30 分～12 時 00 分
- ・ 開催場所：水道技術研究センター 第 1 会議室
- ・ 出席者：研究代表者、研究分担者、JWRC

➤ 第 2 回 研究班会議について

- ・ 開催時期：11 月 13 日（水） 9 時 30 分～12 時 00 分
- ・ 開催場所：水道技術研究センター 第 1 会議室
- ・ 出席者：厚生労働省、研究代表者、研究分担者、事業体委員、JWRC

【議題 4】その他

- ・ これまでの取組状況や最終成果（案）を研究協力事業体へ報告・提案を行って意見等いただき、最終成果に反映することで、より良い成果にすることを目的にヒアリング調査を実施予定である。
- ・ ヒアリング調査時期は、9 月～10 月を予定している。
- ・ 日程調整や詳細については、今後、進めていく。
- ・ すべての研究協力者から、倫理教育受講証明書を受理した。

以 上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第2回研究会議																																				
開催日時	令和元年 11月13日(水) 9:30~12:00																																				
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室																																				
出席者	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">研究代表者</td> <td>佐々木 史朗 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>研究分担者</td> <td>安藤 茂 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>島崎 大 (国立保健医療科学院)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>長岡 裕 (東京都市大学)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>荒井 康裕 (首都大学東京)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>三宅 亮 (東京大学)</td> </tr> <tr> <td>研究協力者</td> <td>木村 勇太 (神奈川県企業庁)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>今中 公政 (岡山市水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>向野 邦彦 (下関市上下水道局)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>清塚 雅彦 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>中川 慶太 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>栗田 翔 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>川上 堯 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>武内 宝巨 (JWRC)</td> </tr> <tr> <td>オブザーバー</td> <td>菖蒲 光徳 (厚生労働省)</td> </tr> <tr> <td>同</td> <td>草川 祐介 (厚生労働省)</td> </tr> <tr> <td>Program Officer</td> <td>武村 真治 (国立保健医療科学院)</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">計 18 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>	研究代表者	佐々木 史朗 (JWRC)	研究分担者	安藤 茂 (JWRC)	同	島崎 大 (国立保健医療科学院)	同	長岡 裕 (東京都市大学)	同	荒井 康裕 (首都大学東京)	同	三宅 亮 (東京大学)	研究協力者	木村 勇太 (神奈川県企業庁)	同	渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)	同	今中 公政 (岡山市水道局)	同	向野 邦彦 (下関市上下水道局)	同	清塚 雅彦 (JWRC)	同	中川 慶太 (JWRC)	同	栗田 翔 (JWRC)	同	川上 堯 (JWRC)	同	武内 宝巨 (JWRC)	オブザーバー	菖蒲 光徳 (厚生労働省)	同	草川 祐介 (厚生労働省)	Program Officer	武村 真治 (国立保健医療科学院)
研究代表者	佐々木 史朗 (JWRC)																																				
研究分担者	安藤 茂 (JWRC)																																				
同	島崎 大 (国立保健医療科学院)																																				
同	長岡 裕 (東京都市大学)																																				
同	荒井 康裕 (首都大学東京)																																				
同	三宅 亮 (東京大学)																																				
研究協力者	木村 勇太 (神奈川県企業庁)																																				
同	渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)																																				
同	今中 公政 (岡山市水道局)																																				
同	向野 邦彦 (下関市上下水道局)																																				
同	清塚 雅彦 (JWRC)																																				
同	中川 慶太 (JWRC)																																				
同	栗田 翔 (JWRC)																																				
同	川上 堯 (JWRC)																																				
同	武内 宝巨 (JWRC)																																				
オブザーバー	菖蒲 光徳 (厚生労働省)																																				
同	草川 祐介 (厚生労働省)																																				
Program Officer	武村 真治 (国立保健医療科学院)																																				
議題	議題 4-1 第1回研究会議 議事録(案)について 議題 4-2 令和元年の研究最終成果について 議題 4-3 ヒアリング調査結果報告について 議題 4-4 研究成果申告書について 議題 4-5 今後のスケジュールについて																																				

	議題 4-6 その他
会議資料	<p>【資料Ⅰ】：令和元年度 第1回研究班会議 議事録（案）</p> <p>【資料Ⅱ-1】：令和元年度最終成果のまとめ（島崎先生・安藤理事長）</p> <p>【資料Ⅱ-2】：令和元年度最終成果のまとめ（荒井先生）</p> <p>【資料Ⅱ-3】：令和元年度最終成果のまとめ（長岡先生）</p> <p>【資料Ⅱ-4】：令和元年度最終成果のまとめ（三宅先生）</p> <p>【資料Ⅲ】：ヒアリング調査結果のまとめ</p> <p>【資料Ⅳ-1】 令和元年 研究成果申告書 様式</p> <p>【資料Ⅳ-2】 令和元年 研究成果申告書の提出スケジュールについて</p> <p>【資料Ⅴ】 今後のスケジュール</p> <p>【別添資料 1】：座席表</p> <p>【別添資料 2】：出欠名簿</p> <p>【別添資料 3】：IWA-ASPIRE 報告</p>
会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）	
<p>【議題 1】 令和元年度第1回研究班会議 議事録（案）について 資料 1 に基づき、JWRC より令和元年度第1回研究班会議議事録（案）について説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 特に質疑事項等は無く、正式に議事録として承認された。 <p>【議題 2】 令和元年の研究最終成果について 資料Ⅱに基づき、各研究分担者より令和元年の研究最終成果について報告を行った。</p> <p><資料Ⅱ-1> 【島崎先生・安藤理事長資料】 担当：島崎先生 資料Ⅱ-1 に基づき、島崎先生より令和元年の研究最終成果における既存技術の調査について報告を行った。</p> <p>■ 【説明】 島崎先生より説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 送配水管における水質管理等の課題の抽出では、最終成果として遠隔監視装置に求めるニーズ及び毎日検査におけるデータの活用方法等の素案をまとめた。 ・ 送配水管における水質管理等の既存技術の調査は、小型水質計の開発に反映可能な技術整理、実用化が期待できるシーズ整理を行った。 ・ 遠隔監視装置に求めるニーズについては、人手による維持管理の省力化やイニシャルコストの低減化が求められていた。また、遠隔監視システムは、操作が煩雑で使用できる担当者が限られているため、誰にでも容易に操作可能なシステム開発が求められていた。 ・ 毎日検査におけるデータ活用方法の提案については、蓄積データをトレンド化して季節・水温等に応じた傾向把握やトレンドに応じた塩素注入量の調整による残留塩素濃度の低減化・適正化、データ可視化による情報共有を素案としてまとめた。 ・ 期待される効果として、毎日検査結果の有効活用による水質の維持向上及び水質管理の適正化と残留塩素濃度の低下傾向に応じて速やかに塩素注入強化や排水等の対策を ・ 施し、その効果を速やかに確認するといった予防的・即時的な水質管理が可能となる。 ・ 企業ヒアリング調査から既存技術の調査と適用性に関する検討を行った。遠隔操作に 	

よる水質計校正やメンテナンスの全自動化については、水質検査機器で採用している測定手法は、告示法を順守する必要があり、連続測定器による側手結果を手分析による結果と比較し、一致しない場合は手分析値に合わせこむことが要求されていることから、現時点では全自動化によるメンテナンスは難しいことが明らかとなった。

- ・ 機器のコンパクト化については、測定項目を絞れば小型化することは可能であるが、機器自体は必要部材で構成されているため、小型化については限定的であることが明らかとなった。
- ・ 定期メンテナンスの適切な時期を水道水質の汚れ具合によって予測判断する自己診断機能を搭載した機器開発では、「汚れ具合」の基準設定が難しいことや機器自体の故障予備点検も含めての定期メンテナンスのため、「汚れ具合」の指標だけでは定期メンテナンスの適正化は難しいことが明らかとなった。
- ・ 将来的に実用化が期待できるシーズについて、導電率の測定機器（ポータブルタイプ）はメンテナンスフリーであるため、残留塩素濃度の測定に代わる指標として活用できれば、維持管理による省力化を図ることが可能となる技術であることが明らかとなった。ただし、導電率と残留塩素の相関性を明らかにする必要がある。

■ 【発言】事業体委員より意見、発言があった。

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ 導電率と残留塩素濃度の相関は、単管路については相関性を見出すことは可能性としてあると思うが、管路延長が長く複雑になれば、相関性を見出すことは難しいのではないかと考える。

➤ 静岡市上下水道局 渡邊委員

- ・ 導電率や様々な水質項目を測定監視し、相関性を明らかにすることは水質管理やデータ蓄積として有効であると思うが、手間とコストを天秤にかけたときに、中小規模事業体などでは厳しいのではないかと考える。

資料Ⅱ-2に基づき、荒井先生より令和元年の研究最終成果における送配水管の水質等の変化予測について報告を行った。

■ 【説明】荒井先生より説明を行った。

- ・ NN モデルに入力する浄水場出口残留塩素濃度データを段階的（-0.05⇒-0.10⇒-0.15⇒-0.20）に減少させた場合、末端での残留塩素濃度消費幅がどのように変化するかシミュレーションを実施した。このシミュレーションを行うことで、浄水場出口での塩素注入量をどの程度、低減可能か推定することが可能となる。
- ・ 今回、検証を行うために活用した訓練データは、2016年7月10日～7月23日のデータを活用してモデルを構築した。テストデータは、2016年7月24日～7月31日のデータを活用してシミュレーションを実施した。
- ・ 学習条件は、ユニット数を増やすと推定値の増減がより表現されやすくなったため、前回の12ユニットから200ユニットに変更して検証を行った。
- ・ 訓練期間の短縮に伴い、バッチサイズは72から24、エポック数は500から100へ小

さく設定した。

- ・ 「時間遅れ」という表現を「時間差」と改めた。
- ・ 検証期間の前半頃（2016年7月24日～28日）までは、 $\pm 0.1\text{mg/L}$ 程度の誤差で推定することが可能であることが示された。
- ・ 後半（2016年7月29日～31日）は、残留塩素濃度消費幅の誤差が大きくなっているが、安全側に推定されたことが明らかとなった。
- ・ 構築した推定モデルを活用して、段階的に入力データである残留塩素濃度 B_t を減少させた場合、それに応じて残留塩素濃度消費幅も減少することが明らかとなった。また、残留塩素濃度消費幅を個人宅残留塩素濃度 C_t に差し引くと、同様に低下していくことが証明された。
- ・ シミュレーションの結果から、末端残留塩素濃度 C_t が管理目標値 0.28mg/L （モデル推定値の推定誤差を考慮して設定）の下限より低下する期間も存在することが明らかとなった。
- ・ このモデルを活用することで、浄水場残留塩素濃度 B_t をどの程度まで低減すればよいかを検討することが可能であることが示された。
- ・ 補足として、訓練データを2ヵ月学習させて場合の検証も実施した。検証結果では、残留塩素濃度消費幅の推定値の取り得る範囲が広くなり、推定精度が低下したことが明らかとなった。これは、長期間学習させたことで季節変動を考慮した推定結果となったため、推定幅が大きくなったと考える。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ 管理目標値の下限値 0.28mg/L は、どのように設定したのか。
⇒初年度の検討内容を踏まえ、個人宅末端の残留塩素濃度 0.2mg/L （給水栓までの消費分を加味した設定値）に推定誤差 0.08mg/L を考慮した値である。（NNモデルの推定誤差を基準にする場合、 0.08 ではなく 0.1 に設定するのが適切）（荒井先生）

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ NNモデルの構築は、四季を考慮した場合、1年を通したデータを活用して構築すべきだと考えるがどうか。
⇒長期間のデータを活用してNNモデルを構築した場合、推定誤差が大きくなる懸念がある。本来は、1年を通したビッグデータを活用してNNモデルを構築することが理想ではあるが、季節ごとに分けて構築する方が推定精度としては高くなる。（荒井先生）
⇒推定モデルでは長期の予測は必要なく、少なくとも1週間先の推定値が予測できれば、フィードフォワード制御を行うことが可能だと考える。（佐々木顧問）

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ 推定モデルを一般化するためには、学習条件の設定を容易することが必要であると考ええる。設定や構築が容易になれば、職員でもNNモデルを構築することが可能となり、中小規模事業体でも導入しやすくなるのではないかと考える。

資料Ⅱ-3に基づき、長岡先生より令和元年の研究最終成果における送配水管の水質等の変化実証について報告を行った。

■ 【説明】長岡先生より説明を行った。

- ・ 新規実証フィールドの So 浄水場が台風 19 号により被災し、浄水場が停止している。そのため、Ta 浄水場から配水を行っているが、通常の配水と逆送して配水しており、今後の採水調査が困難な状況である。
- ・ 残りの研究期間では、Ta 浄水場での採水調査を行うこととする。
- ・ So 浄水場系統での流下距離と残留塩素濃度の関係では、Ti 配水池まで流下距離に応じて残留塩素濃度が微増している結果となったが、試料水は水塊を追っていないためだと考える。また、Ti 配水池から先の残留塩素濃度は配水池の流入が間欠的であり、配水池内での水の滞留による塩素消費されたことが原因だと考えられる。
- ・ Ti 配水池流入までは、浄水と比較して Al 濃度の上昇がみられるが、配水池出口以降は減少した結果が示された。原因は不明である。
- ・ FT-IR 分析では、 1650cm^{-1} と 3300cm^{-1} 付近にピーク高さが示されており、他の採水箇所においても同様にピーク高さが示されていることから、たんぱく質由来の微粒子が発生していることが明らかとなった。
- ・ 荒井先生とのシミュレーションの実証を行う予定であったが、So 浄水場系統が停止しており、厳しい状況である。今後、荒井先生が取り組む研究とどのように関連させて研究成果を示していくのか検討する。

■ 【意見・発言】研究代表者、研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ So 浄水場の被害状況は、台風 19 号により取水口が土砂に埋まってしまい、浄水場近くで大規模な土砂崩れや配管等に被害があったため停止している。令和 2 年に So 浄水場は停止予定であったため、前倒しした形で廃止し、今後復旧は考えていない。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 水塊を追うような採水調査を行うことはどうか。
⇒水塊を追った採水調査を行うとなると、採水箇所には人員配置して調査を行う必要があり、現状の研究班体制では厳しい。(長岡先生)

➤ 東京大学 三宅先生

- ・ XRF 分析の検証結果において、炭素が上昇しているがなぜか。
- ・ ⇒炭素が増加した理由については不明であるが、PVDF 膜ろ過の膜素材が要因ではないかと考える。(長岡先生)

資料Ⅱ-4に基づき、三宅先生より令和元年の研究最終成果における小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】三宅先生より説明を行った。

- ・ 9 月に実施した屋外での実証実験結果のまとめ報告を行った。実証実験では、水道からの引込部の漏水が発生し、採水ができなかったことを踏まえて、水道からの引込管の強度増加と漏水等の事故発生時の遠隔での状況把握を対応策として抽出した。
- ・ 管路内での試料水長期滞留による塩素濃度の減少を防ぐため、フラッシュ採水方式と一次貯留槽の連動実装を行うことを対策案とした。
- ・ 通信環境の改良については、水質計と末端ゲートウェイとの間に外部障害物を設置して、

通信到達距離 (0m, 10m, 20m, 50m, 100m) の評価を実施した。障害物 (金属層) がない場合、水質計の通信制御部から末端ゲートウェイまで 100m 程度、通信可能であることが明らかとなった。

- ・ 障害物 (金属層) を 1 層はさむと、通信距離は 20m 程度まで通信可能であったが、通信距離が 50m の場合、データの欠損がみられた。
- ・ 障害物 (金属層) が 3 層の場合では、通信距離が 10m の場合においてもデータ欠損等の障害がみられた。検証結果より、障害物があると極端に通信到達距離が減少することが明らかとなった。
- ・ 通信データの安全性向上のため、データの暗号化処理を行う検証を実施した。検証結果では、データを暗号化する際の所要時間が 10 分程度かかり、暗号化する際の複合化処理が処理時間に影響を与えていると考えられる。
- ・ 給電環境の整備では、従来のノート PC をゲートウェイとして使用すると、消費電力 (MAX : 60W) が大きいため、消費電力の少ないスティック PC (MAX : 10W) に代替して消費電力持続性の検討を実施した。
- ・ 最終成果として、実フィールド検証に基づく水質計性能諸元及び活用方針 (利用法、配置案、計測頻度等) について提案を行う。

■ 【意見】 研究代表者、研究分担者、事業体委員、厚生労働省より意見、発言があった。

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 通信システムについてはどのような仕組みを考えているか。

⇒水質計から末端ゲートウェイまでは有線によるデータ送信を行い、ゲートウェイから先は公衆回線を使用してデータ送信することを考えている。(三宅先生)

➤ 国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ 暗号化処理はどの段階で行っているのか。

⇒暗号化処理については、水質計で行っている。(三宅先生)

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ 屋外での実証実験中に雷の影響等はどうだったか。

⇒水質計を屋外設置した期間が短く、天候変化までは把握できていないため、雷の影響があったかは不明である。(三宅先生)

➤ 神奈川県企業庁 木村委員

- ・ 今後、屋外での追加実証実験は考えているか。

⇒検証したいと考えているが、高温下での性能検証評価を検証目的のひとつとしていたため、夏季期間を過ぎたこの時期に実証実験を行うかどうかは今後検討する。(三宅先生)

➤ 厚生労働省 水道課 菖蒲課長補佐

- ・ 研究内容はおおむね、進捗とおりに進んでおり、研究内容についても非常に有意義なものであると考える。また、水道法が改正されて、基盤強化が謳われている中で基盤強化につながる施策、将来的に転用活用できるような研究成果を出していただければと考える。

➤ 国立保健医療科学院 武村様

- ・ 研究進捗状況については、進捗とおりに進んでいると感じる。残りの研究期間においても引き続き、研究成果に向けて取り組んでいただければと考える。

【議題 3】 ヒアリング調査報告について

資料Ⅲに基づき、JWRC より静岡市上下水道局、岡山市水道局でのヒアリング調査結果の報告を行った。

■ 【説明】 中川部長より説明を行った。

- ・ 静岡市上下水道局、岡山市水道局でのヒアリング調査結果について、報告を行った。

【議題 4】 研究成果申告書、研究計画書（継続申請用）について

資料Ⅳ-1、Ⅳ-2に基づき、JWRC より研究成果申告書作成依頼について、説明を行った。

■ 【説明】 武内研究員より説明を行った。

- ・ 研究成果申告書の「目標・成果物」及び「目標・成果物の達成状況(3年目評価時点)」の記載を12月4日(水)までに作成いただきたい。
- ・ 「資料集」へ添付する達成状況を証明する資料についても作成を行うこと。
- ・ 研究成果申告書の提出目途としては、12月26日(木)とする。

【議題 5】 今後のスケジュール

資料Ⅴに基づき、今後のスケジュールについて、事務局より説明を行った。主なスケジュールは以下のとおり。

➤ 第3回 WG 会議について

- ・ 開催時期：12月12日(木)9時30分～12時00分
- ・ 開催場所：水道技術研究センター 第1会議室
- ・ 出席者：研究代表者、研究分担者、JWRC

➤ 第3回研究班会議について

- ・ 開催時期：2月26日(水)14時00分～17時00分
- ・ 開催場所：水道技術研究センター 第1会議室
- ・ 出席者：厚生労働省、研究代表者、研究分担者、事業体委員、JWRC

【議題 6】 その他

- ・ IWA-ASPIRE (香港) にて、厚労科研の一部内容を発表した。詳細については、別添資料3を参照すること。

以上

研究代表者 (佐々木技術顧問)	研究分担者 (安藤理事長)	予算執行管理者 (管路技術部長)	予算執行管理者

会 議 録

作成 武内

会議の名称	厚生労働科学研究費補助金による「人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究」 令和元年度 第2回研究会議
開催日時	令和2年2月26日(水) 14:00~17:30
開催場所	水道技術研究センター 第1会議室
出席者	<p>研究代表者 佐々木 史朗 (JWRC)</p> <p>研究分担者 安藤 茂 (JWRC)</p> <p>同 島崎 大 (国立保健医療科学院)</p> <p>同 長岡 裕 (東京都市大学)</p> <p>同 荒井 康裕 (首都大学東京)</p> <p>同 三宅 亮 (東京大学)</p> <p>研究協力者 木村 勇太 (神奈川県企業庁)</p> <p>同 渡邊 紀之 (静岡市上下水道局)</p> <p>同 今中 公政 (岡山市水道局)</p> <p>同 向野 雅彦 (下関市上下水道局)</p> <p>同 清塚 雅彦 (JWRC)</p> <p>同 中川 慶太 (JWRC)</p> <p>同 栗田 翔 (JWRC)</p> <p>同 川上 堯 (JWRC)</p> <p>同 武内 宝巨 (JWRC)</p> <p style="text-align: right;">計 15 名</p> <p>※JWRC：水道技術研究センター</p>
議題	<p>議題 4-1 第2回研究会議 議事録(案)について</p> <p>議題 4-2 3ヵ年研究の最終成果について</p> <p>議題 4-3 総括分担報告書及び総合報告書の作成について</p> <p>議題 4-4 その他</p>
会議資料	<p>【資料Ⅰ】：令和元年度 第2回研究会議 議事録(案)</p> <p>【資料Ⅱ-1】：最終成果のまとめ(島崎先生・安藤理事長)</p> <p>【資料Ⅱ-2】：最終成果のまとめ(荒井先生)</p> <p>【資料Ⅱ-3】：最終成果のまとめ(長岡先生)</p>

	<p>【資料Ⅱ-4】：最終成果のまとめ（三宅先生）</p> <p>【資料Ⅲ-1】：報告書作成についての説明資料</p> <p>【資料Ⅲ-2】：令和元年度 総括分担報告書 作成要綱</p> <p>【資料Ⅲ-3】：令和元年度 総合報告書 フォーマット（科学院省提出用）</p> <p>【資料Ⅲ-4】：令和元年度 総合報告書 フォーマット（厚労省提出用）</p> <p>【資料Ⅲ-5】：令和元年度 総括分担及び総合報告書作成スケジュール</p> <p>【別添資料 1】 座席表</p> <p>【別添資料 2】 出欠名簿</p> <p>【別添資料 3】 平成 28 年度 総合報告書（保健医療科学院提出用）</p> <p>【別添資料 4】 平成 28 年度 総合報告書（厚生労働省提出用）</p>
<p>会議内容（決定・確認事項、発言内容、決定理由、発言者（敬称略）など）</p>	
<p>【議題 1】 令和元年度第 2 回研究会議 議事録（案）について 資料 1 に基づき、JWRC より令和元年度第 2 回研究会議議事録（案）について説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 特に質疑事項等は無く、正式に議事録として承認された。 <p>【議題 2】 3 カ年研究の最終成果について 資料Ⅱに基づき、各研究分担者より 3 カ年研究の研究最終成果について報告を行った。</p> <p><資料Ⅱ-1> 【島崎先生・安藤理事長資料】 担当：島崎先生 資料Ⅱ-1 に基づき、島崎先生より 3 カ年研究の研究最終成果について、送配水管における水質管理等の課題の抽出及び既存技術の調査について報告を行った。</p> <p>■ 【説明】 島崎先生より説明を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 送配水管における水質管理等の課題の抽出では、平成 29、30 年度に実施した事業体ヒアリング調査結果等を踏まえ、遠隔監視制御装置に求めるニーズ及び毎日検査におけるデータの活用方法等の最終成果の取りまとめを行った。 ・ 遠隔監視制御装置に求めるニーズは、装置の小型化、装置の設定変更・操作の容易化、コスト低減化を提案事項とした。 ・ これら遠隔監視制御装置に求めるニーズを実現できれば、遠隔監視制御装置の普及促進につながるとともに、水質管理の適正化・省力化の両立が実現でき、水質の確保及び維持管理業務の向上が期待される。 ・ 毎日検査におけるデータ活用方法の提案では、蓄積データをトレンド化して季節等に応じた傾向把握、トレンドに応じた塩素注入量調整による残塩濃度の適正化、データ可視化による情報共有、現状把握、住民からの苦情が来た際の事象確認を提案事項として取りまとめた。 ・ これら提案事項を活用することで、毎日検査結果の有効活用による水質の維持向上及び水質管理の適正化、残留塩素濃度の低下傾向に応じて速やかに塩素注入量の強化、排水等の対策を施すことが可能となり、その効果を速やかに確認するといった予防的・即時的な水質管理が期待される。ただし、毎日検査データを活用するためには、トレンド化作業や一定期間のデータ（最低でも 1 カ年分）確保、データ可視化に伴う作業人員の確保等が課題である。 	

- ・ 送配水管における水質管理等の既存技術の調査は、小型水質計の開発に反映可能な既存技術整理、実用化が期待できるシーズ整理を行い、適用性に関する検討を実施した。
- ・ 既存技術の適用性に関する検討では、送配水管における水質、水圧管理等の機器やシステム及び管内水質管理等の業務の遠隔化・省力化等につながる技術として遠隔操作による校正やリモートメンテナンス機能、機器の小型化による可搬式装置、メンテナンス（清掃、点検、校正作業）の適切な時期を水質のコンディションベースで予測判断する自己診断機能、残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能が確認された。
- ・ これら技術の適用性に関する検討結果では、残留塩素濃度の低下傾向に応じた排水機能等、すでに水道分野へ適用されている技術もあるが、その他の技術については、水道分野へ適用する上で技術的ハードルや開発に伴うコスト増加等の課題を抱えていることを確認した。
- ・ 送配水管における水質管理等の既存技術の調査のまとめとして、事業体が求めるニーズ把握及び企業シーズと開発方向性について知見を得ることができた。また、将来的に水道分野へ適用することで水質悪化の予防保全や維持管理の省力化に寄与する技術が明らかとなった。
- ・ その他、別研究テーマである小型水質計の開発との連携を図り、将来的な開発の方向性を示すことができた。
- ・ 取組課題を踏まえた今後の方針では、企業がもつシーズ技術を活用した毎日検査等、水質管理の強化に向けて、ICT 技術を活用した連続監視による精度向上、水質ビッグデータを活用した水質予測制御、水質異常時の早期警報および迅速対応の3つを提案事項として取りまとめた。

■ 【発言】研究代表者、研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ 毎日検査の提案事項については、データを可視化することで水道事業者の水質管理に対する意識が高まり、水質管理の向上につながるきっかけとなるのではないかと考える。

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ 遠隔監視制御装置の導入コストと導入効果等、B/Cに関する文献等はあるのか。
⇒B/C等示すことができれば理想的ではあるが、文献調査の中では見受けられなかった。（島崎先生）

➤ 静岡市上下水道局 渡邊委員

- ・ これまでの事業体ヒアリング調査では、毎日検査方法として、手分析による測定と遠隔監視制御装置による測定はどちらが多い傾向であったか。また、装置の導入促進に向けて、必要なことはなにか。
⇒手分析による測定と遠隔監視制御装置による測定は、事業体によって異なるため、一概には言えない。（島崎先生）
⇒装置の導入促進に向けて、末端まで適正な水質管理を図っていくことを意識することが重要であると考え。（島崎先生）

➤ 水道技術研究センター 佐々木技術顧問

- ・ 毎日検査のあり方については、どう考えるか。
⇒ICT 技術を活用することで毎日検査方法のグレードアップを図っていくことが望ましいと考える。(島崎先生)

資料Ⅱ-2に基づき、荒井先生より3ヵ年研究の研究最終成果における送配水管の水質等の変化予測について報告を行った。

■ 【説明】荒井先生より説明を行った。

- ・ 既存測定データによる基本統計量の把握と相関分析では、浄水場残塩 Bt と個人宅残塩 Ct の差分を「残塩減少幅 Dt」と定義し、これをモデル化した。
- ・ 残塩減少幅 Dt との相関分析により、NN モデルの説明変数（時間差）を決定した。
- ・ 説明変数は、11 時間までの時間差を考慮した浄水場残塩濃度、2 時間までの時間差を考慮した個人宅水温、5 時間までの時間差を考慮した浄水場流量とした。
- ・ 検証を行うために活用した訓練データは、2016 年 7 月 10 日～7 月 23 日のデータを活用してモデルを構築した。テストデータは、2016 年 7 月 24 日～7 月 31 日のデータを活用してシミュレーションを実施した。
- ・ 学習条件は、ユニット数を増やすと推定値の増減がより表現されやすくなったため、前回の 12 ユニットから 200 ユニットに変更して検証を行った。
- ・ 訓練期間の短縮に伴い、バッチサイズは 72 から 24、エポック数は 500 から 100 へ小さく設定した。
- ・ 検証期間の前半頃（2016 年 7 月 24 日～28 日）までは、±0.1mg/L 程度の誤差で推定することが可能であることが示された。後半（2016 年 7 月 29 日～31 日）は、残留塩素濃度消費幅の誤差が大きくなっているが、安全側に推定されたことが明らかとなった。
- ・ 予測モデル構築における自動測定計器の測定データ活用に関する検討では、NN モデルに入力する浄水場出口残留塩素濃度データを段階的（-0.05⇒-0.10⇒-0.15⇒-0.20）に減少させた場合、末端での残留塩素濃度消費幅がどのように変化するかシミュレーションを実施した。
- ・ 段階的に入力データである残留塩素濃度 Bt を減少させた場合、それに応じて残留塩素濃度消費幅も減少することが明らかとなった。また、残留塩素濃度消費幅を個人宅残留塩素濃度 Ct に差し引くと、同様に低下していくことが明らかとなった。
- ・ シミュレーションの結果から、末端残留塩素濃度 Ct が管理目標値 0.28mg/L（モデル推定値の推定誤差を考慮して設定）の下限より低下する期間も存在することが明らかとなった。
- ・ このモデルを活用することで、浄水場残留塩素濃度 Bt をどの程度まで低減すればよいかを検討することが可能であることが示された。
- ・ 補足として、訓練データを 2 ヶ月学習させて場合の検証も実施した。検証結果では、残留塩素濃度消費幅の推定値の取り得る範囲が広くなり、推定精度が低下したことが明らかとなった。これは、長期間学習させたことで季節変動に伴う変動幅が大きくな

ったことが原因と考える。

- ・ 異なる地域のデータを用いた NN モデルの汎用性の検討を行った。検討条件は、地域 2 種類（鎌沢浄水場、底沢浄水場）、時間差の調整 2 種類（調整有り、調整無し）、訓練期間 3 種類（1 週間、2 週間、1 ヶ月）とし、これらを考慮した全 12 パターンで比較検討を行った。また、時間差の調整とは、相互相関コログラムから最適だと判断した時間差を説明変数に適用することを示している。
- ・ 訓練期間 3 種類については、2 週間の訓練期間を 2016 年 7 月 10 日～7 月 23 日、1 週間の訓練期間を 2016 年 7 月 17 日～7 月 23 日、1 ヶ月間の訓練期間を 2016 年 6 月 24 日～7 月 23 日とした。
- ・ 説明変数の浄水場残留塩素濃度については、11 時間前までの遡行平均をとったところ、時系列の整合性、精度ともに向上したため、遡行平均を適用した。
- ・ パターンの訓練期間での精度比較したところ、鎌沢浄水場では時間差調整を行ったほうが、精度向上したが、底沢浄水場では調整無しのほうが若干、精度が向上したことが示されたが、両地域では、同程度の精度が得られた。
- ・ 異なる地域のデータを用いて検討し、訓練期間での精度を比較した結果、提案するアプローチの汎用性が確認できた。
- ・ 提案したアプローチは、必要とするデータを最小限に留めているため、多くの事業体で適用する可能性は高いと言える。
- ・ 精度の面では改善の余地が残されていると考える。さらなる精度向上を図るためには、リカレントニューラルネットワークの一種である Long shortterm memory (LSTM) モデルの援用等が有用と考えられる。

■ 【意見】研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 東京都市大学 長岡先生

- ・ 訓練期間はいつの時期のデータを使用しているか。また、時間差調整無しの方が説明変数が多いが、精度低下する要因はなにか。
⇒訓練期間については、1 週間の訓練期間を 2016 年 7 月 17 日～7 月 23 日、2 週間の訓練期間を 2016 年 7 月 10 日～7 月 23 日、1 ヶ月間の訓練期間を 2016 年 6 月 24 日～7 月 23 日とした。（荒井先生）
⇒説明変数の多い時間差調整無しの方が訓練期間の精度が低下する要因については、後日、回答する。（荒井先生）

➤ 下関市上下水道局 向野委員

- ・ 訓練期間が短い方が精度向上しているが、要因はなにか。
⇒訓練期間が長くなると、季節性の変動幅が大きくなり、それに伴い予測幅も大きくなるためだと考える。（荒井先生）

資料Ⅱ-3 に基づき、長岡先生より 3 ヶ年研究の研究最終成果における送配水管の水質等の変化実証について報告を行った。

■ 【説明】長岡先生より説明を行った。

- ・ 新規実証フィールドの底沢浄水場では、3回ほど採水調査を行ったが、台風19号により被災し、採水調査が困難な状況となった。
- ・ 残りの研究期間では、谷ヶ原浄水場での採水調査を行った。
- ・ 測定項目は、残留塩素、E260、TOC、水温、圧力、膜ろ過抵抗（ $0.45\mu\text{m}$ または $0.5\mu\text{m}$ ）、濁質元素組成、濁質FT-IRとした。また、測定方法は元素分析、FT-IR分析を実施した。
- ・ FT-IR分析では、 1650cm^{-1} と 3300cm^{-1} 付近にピーク高さが示されており、他の採水箇所においても同様にピーク高さが示されていることから、たんぱく質由来の微粒子が発生していることが明らかとなった。
- ・ 残留塩素濃度低減速度とNNモデルで予測した残留塩素消費幅の比較を行い、連携を図ったところ、おおむね、一致していた。
- ・ 送配水管の流下に伴う残留塩素消費速度が水温の影響を強く受けることを確認した。
- ・ 残留塩素低減速度の実測値は、予測モデルによる値と整合性のあるものとなり、予測モデルの妥当性およびモデルの結果の配水管延長内での内挿が可能であることを示した。
- ・ 送配水管内では、微細な粒子（ $0.5\mu\text{m}$ 以上）の濃度が増加している傾向を確認した。
- ・ 管内ではたんぱく質などの有機物が発生していると推定された。
- ・ 提言として、送配水管の末端において、残留塩素を自動計測することによってモデルを構築し、浄水場から流下方向の残留塩素濃度の挙動を予測することができる。ただし、途中の配水池や他系統からの合流の影響等に留意する必要がある。
- ・ 送配水管の定期的な維持管理（洗管など）の必要性について、今後、考慮する必要がある。

■ 【意見・発言】研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 国立保健医療科学院 島崎先生

- ・ 残留塩素低減速度（実測値とモデルによる予測値との比較）グラフにおいて、水温データの測定箇所が実測値と予測値で異なる（浄水場出口水温と個人宅末端水温）ことから、どちらかの水温データに合わせて表現してはどうか。
⇒個人宅末端の水温データを浄水場出口水温に合わせて表現する。（長岡先生）

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ 残留塩素濃度が流下距離に応じて上昇している箇所が見られるが、なぜか。また、残留塩素計は同じ計器を使用しているのか。
⇒水塊を追って採水調査を行っていないため、上昇している原因については不明である。（長岡先生）
⇒水質計は同様のものを使用して測定している。（木村委員）

資料Ⅱ-4に基づき、三宅先生より3ヵ年研究の研究最終成果における小型水質計の開発及び実証について報告を行った。

■ 【説明】三宅先生より説明を行った。

- ・ これまでの実証実験では、泡かみ判断プロトコルの搭載や試薬バッグの耐久性向上等、改良を重ね、検証を実施した。
- ・ 通信環境の改良については、水質計と末端ゲートウェイとの間に外部障害物を設置して、通信到達距離（0m, 10m, 20m, 50m, 100m）の評価を実施した。障害物（金属層）がな

い場合、水質計の通信制御部から末端ゲートウェイまで 100m 程度、通信可能であることが明らかとなった。

- ・ 障害物（金属層）を 1 層はさむと、通信距離は 20m 程度まで通信可能であったが、通信距離が 50m の場合、データの欠損がみられた。
- ・ 障害物（金属層）が 3 層の場合では、通信距離が 10m の場合においてもデータ欠損等の障害がみられた。検証結果より、障害物があると極端に通信到達距離が減少することが明らかとなった。
- ・ まとめとして、小型水質計の実フィールド設置に向けた外装・採取部の開発と評価を行った。
- ・ 最終成果では、実フィールド検証に基づく水質計性能諸元及び活用方針（利用法、配置案、計測頻度等）について取りまとめた。

■ 【意見】 研究分担者、事業体委員より意見、発言があった。

➤ 岡山市水道局 今中委員

- ・ コスト低減化等を考慮して、通信しない方法もあると考える。また、測定周期については、1 時間に 1 回程度でよいと考える。

➤ 水道技術研究センター 安藤理事長

- ・ 管網管理の観点から、水圧や流量等も測定可能となれば、実用化の実現に近づくのではないかと考える。

【議題 4】 総括分担報告書及び総合報告書の作成について

資料Ⅲに基づき、JWRC より総括分担報告書及び総合報告書の作成について、報告を行った。

■ 【説明】 武内より説明を行った。

- ・ 令和元年度総括分担報告書及び総合報告書の作成スケジュールは、資料Ⅲ-5 に示すとおりである。
- ・ 分担報告書及び総合報告書（厚労省提出用）については、研究要旨、研究目的、研究方法、研究成果、考察、結論を科学院から通知された留意事項を踏まえて、作成すること。
- ・ 作成形式（文体、フォントの大きさ等）については指定されていないが、統一した形式で提出を行うため、あらかじめ JWRC にて作成形式を決定した。分担報告書作成時には、JWRC 指定の形式を踏まえて、作成を行うこと。（資料Ⅲ-2 参考）
- ・ 分担報告書（第 1 稿）及び総合報告書（第 1 稿・科学院提出用）の提出期限は、3 月 9 日（月）とする。
- ・ 総合報告書（第 1 稿・厚労省提出用）の提出期限は、3 月 19 日（木）17 時までとする。

以上

令和2年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 公益財団法人水道技術研究センター

所属研究機関長 職名 理事長

氏名 安藤 茂



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 理事長
(氏名・フリガナ) 安藤 茂・アンドウ シゲル

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和2年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 公益財団法人水道技術研究センター

所属研究機関長 職 名 理事長

氏 名 安藤 茂



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 技術顧問
- (氏名・フリガナ) 佐々木 史朗・ササキ フミオ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和2年3月23日

国立保健医療科学院 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 福島 靖正 印



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管理網管理向上策に関する研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 生活環境研究部・上席主任研究官
(氏名・フリガナ) 島崎 大・シマザキ ダイ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

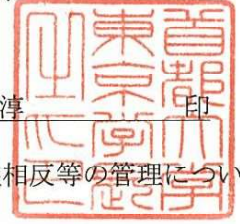
令和2年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 首都大学東京

所属研究機関長 職名 学長

氏名 上野 淳



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 都市環境学部・准教授
(氏名・フリガナ) 荒井 康裕・アライ ヤスヒロ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

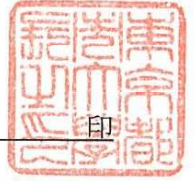
令和2年 3月 31日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 東京都市大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 三木 千壽



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 工学部・教授
(氏名・フリガナ) 長岡 裕・ナガオカ ヒロシ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

機関名 国立大学法人東京大学
 所属研究機関長 職 名 総長
 氏 名 五神 真 印



次の職員の令和元年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 人口減少社会における情報技術を活用した水質確保を含む管路網管理向上策に関する研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 大学院工学系研究科国際工学教育推進機構・教授
 (氏名・フリガナ) 三宅 亮・ミヤケ リョウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
 ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。