

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）
総合研究報告書

水道における連続監視の最適化および浄水プロセスでの処理性能評価に関する研究

研究代表者 小坂浩司 国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域主任研究官

研究要旨

本研究は、水道水源での監視体制の最適化、浄水プロセスでの処理性能評価手法、水質変動・異常への対応手法を構築することを目的としている。全国の浄水場の水安全計画を入手し、水道システムを「水源」、「浄水プロセス」、「給配」の3要素に分類して解析を行い、優先度を高く設定している危害原因事象と危害因子を抽出した。表流水を原水とし急速ろ過方式を実施している浄水場、地下水を原水とし消毒のみの浄水場については、優先度の高い危害原因事象とその最重要危害因子のセットを決定し、その監視方法、異常の検知方法、異常の事実確認方法、対応基準と対応方法の解析を行った。また、管理基準逸脱時の標準対応マニュアル例の作成を試みた。水質検査計画を解析することで、水道事業体で実施されている水質検査の実態を明らかとすることができた。アンケート調査結果から、障害生物以外の独自項目（病原微生物、指標微生物、異臭味指標物質）の検査を実施しているのは大規模事業体のみ、障害生物については、大規模事業体ほど検査対象とする割合が高まり、アナベナ属やシネドドラ属等が主な検査対象であった。東京都が保有する水源水質事故情報と化学物質を取り扱っている事業所数や化学物質の排出量等の情報について、GISソフトを用いてリスクの高い地点を抽出した。顕在化している水質事故の多い区域として、利根中流域や江戸川下流が抽出され、事業所が多く存在し、潜在的に事故のリスクの高い地点として、多摩川左岸及び荒川支川入間川右岸が抽出された。淀川流域の過去の事故発生総数の原因の約7割が油の流出であった。取扱事業所数や排出量・移動量が多いPRTR物質の結果から、油以外の水質汚染事故が発生する潜在的なリスクとしてVOCの流出が想定された。ガスクロマトグラフ自動連続監視装置（VOC計）による原水中油類の検知について検討したところ、VOC計による監視対象成分としては密度が高く、疎水性が低く、沸点が高い成分が望ましいと考えられた。VOC計を用いた油類検知の確立により、淀川流域において発生ポテンシャルの高いVOCと事故発生件数の最も多い油類を同時に監視することが可能となり、水質汚染事故監視体制の更なる強化が期待できる。連続自動水質計器（水質計器）の設置、活用状況についてのアンケート調査の結果、処理方式によらず、本研究で対象とした浄水場の98%以上で、1種以上の水質計器を設置していた。処理方式によらず、水質計器の活用方法は、管理基準や指標値を設定している場合が多い傾向にあった。新たに開発された水質計器について調査を行い、その情報を設置箇所ごとに整理した。全国20箇所の事業体について、原水の濁度・pH・電気伝導度の連続データを解析した。まず、これら3項目の8指標について解析を行い、それを基に6指標で主成分分析を行ったところ、累計寄与率は3指標で約76%であった。今回解析した3項目は、多くの事業体で比較的入手可能な連続データであり、これらの変動の解析が、原水の水質全体の指標となる可能性が考えられた。同一浄水場の原水、沈殿水、ろ過水の濁度の連続データを解析したところ、ろ過水濁度0.03度以上となったデータは、原水濁度10度未満の場合に多く、原水低濁度時においても濁度管理が課題であると考えられた。浄水の残留塩素の連続データを解析したところ、事業体ごとに設定値の管理の違いがあるが、フィードバック制御で制御されていた。残留塩素の中央値が大きい事業体ほどフィードバック制御のばらつきも大きかった。浄水場で、既設のものに加え、新たに最大3台の溶存オゾン濃度計を設置して、連続デー

タを取得した。調査期間において、溶存オゾン濃度は、活性炭接触槽前は制御値通りに管理されていた。第三接触槽後は、0.22～0.64 mg/L であり、夏季には管理溶存オゾン濃度を低下させているにも関わらず、比較的高濃度であった。第二接触槽後は、概ね第三接触槽後の濃度を追隨していた。第一接触槽後は、最大でも 0.063 mg/L であり、66%の日時で 0.01 mg/L 未満と、注入したオゾンがほぼ消費されていた。構築したオゾン処理性能評価のための逆推定手法により、第一接触槽後から活性炭接触槽前までの 4 点の溶存オゾン濃度の良好な再現が可能であった。オゾン処理性能としてのオゾン Ct 値を推定したところ、温度が高い時期ほど Ct 値は高く、温度が低い時期ほど Ct 値が低く、最大で 10 mg/L・min. 程度であることを明らかにした。既存の関連指針等を参考に、摂取制限等をとまなう給水継続実施にあたっての留意点を検討したところ、特に具体的な周知のあり方の検討が重要であることが分かった。また、海外の事例を元に、海外の公報の取り決め、水質事故時のフローチャートについて示した。

研究分担者

秋葉道宏	国立保健医療科学院 統括研究官
浅見真理	国立保健医療科学院 生活環境研究部水管理研究領域 上席主任研究官
大野浩一	国立保健医療科学院 生活環境研究部水管理研究領域 上席主任研究官
水野忠雄	京都大学大学院工学研究科 講師

行う。危害の場合、水安全計画や各統計情報等を総合的に解析し、中小水道事業体にも適用可能な知見を提供する。監視では、連続性が重視されるため、連続自動水質計器（以下、水質計器）の連続データを解析し、既存の水質計器に加え、新たな水質計器の設置によりデータを取得し、監視手法を検討する。また、突発的水質事故時には、処理は不十分ではあるが、断水による生活用水不足への影響も考慮すると、摂取制限等をとまなう給水継続を行う場合も想定され、その対応策を提示する。

A. 研究目的

日本では、安全な水道水の供給はほぼ達成されているが、平成 24 年度に発生した利根川水系での水質事故のように、特に水道水源での危害が懸念される状況にある。しかし、水源から給水栓までの統合的リスク管理手法である水安全計画の策定率は、策定中も含め全国の水道事業者の約 16%で、危害の把握は十分とは言えず、特に中小水道事業者では困難な状況にある。連続測定データの解析は海外では注目され、変動する原水の処理状況を監視し、水質事故・異常を検知するため、連続監視・制御の果たす役割は大きい。

本研究では、水道水源で優先度の高い危害を抽出し図示する方法を検討するとともに、監視体制の最適化を目指し、浄水プロセスでの処理状況の連続監視データを利用し、変動や処理性能の評価手法の最適化を

B. 研究方法

1) 水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの危害と監視方法の解析

全国の 23 水道事業者から 33 浄水場の浄水場別水安全計画を入手し、それらを基に、危害原因事象の発生箇所を、(1) 水源（流域、水源、取水を含む）、(2) 浄水処理プロセス（浄水、計装設備、薬品を含む）、(3) 給配（配水施設、給水システム、貯水槽を含む）の 3 要素に分類し、リスクレベルが高い（3～5）危害原因事象および危害因子の抽出、解析をした。

次に、そのうち表流水を原水とし、休息砂ろ過方式を実施している 21 事業体 21 浄水場について、上記抽出した危害原因自称と危害因子の中から、「優先度の高い危害原因事象」と「最重要危害因子」を採り上げ、監視方法、対応基準（管理基準を含む）と逸脱時の対応方法を解析した。さらに、基

準逸脱時の標準対応マニュアル例の作成を試みた。また、原水が地下水で、塩素消毒のみの浄水場、塩素消毒と紫外線照射（以下、UV）を組み合わせている浄水場の6事業者12浄水場の水安全計画（一部、上記33浄水場以外の浄水場）を解析し、全リスクレベル（1～5）の危害因子について、上記、表流水を原水としている急速砂ろ過方式の浄水場について行った解析と同様の解析を行った。

2) 水道事業者における水質検査・監視の実態把握

水質検査計画をホームページ上に公開している全国56箇所の水道事業者を対象として、水質検査計画を収集し、水質管理目標設定項目、要検討項目、耐塩素性病原微生物の検査状況、および検査体制について解析した。また、2015年8～10月、主要な浄水場が急速ろ過方式である全国224の水道事業者に対し、（公社）日本水道協会と共同で電子メールにてアンケート調査を行った（154箇所より回答）。5項目（病原微生物、障害生物、病原微生物の汚染指標となる微生物（指標微生物）、汚染指標として使用される濁度、障害生物が関与する異臭味関連項目）について、独自検査項目の有無とその種類、検査結果の浄水場や給配水過程等の管理への利用状況を調査した。また、遺伝子検査法の導入、利用方法も調査した。

3) 水源水質事故対応のためのGISの活用

東京都が保有する平成14年4月から平成25年9月までの水源水質事故情報2,209件、平成22年度末時点の水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報について、東京大学空間情報科学研究センターが提供するCSVアドレスマッチングサービスを利用してアドレスマッチングを行った後、GISソフト（Quantum GIS 2.01）を用いてマッピングを行った。同様に、東京都が保有する平成18年4月から平成28年11月まで約10年間の東京都の水源での水質事故発生情報1996件、平成22年度末時点の利根川、荒川、多摩川水系の当局水源におけるPRTR制度届出事業所3,686件、平成23年度の産業廃棄物処分業の登録を受けている事業者1,590件についてGISソフト（Esri ArcGIS

ver. 10.2.2）を用いてマッピングを行った。4) 淀川流域での危害発生地点と監視地点等の図示化による監視体制の検討

平成15～25年度の淀川流域における水源水質事故情報を基に、原因物質の内訳や、発生地点、原因者が判明した件数等を整理し、危害発生地点をGIS上で図示化した。PRTRデータを用いて、淀川流域内で1kg/年以上の排出・移動があったPRTR物質の排出量・移動量（平成24年度）を抽出した。次に、各物質のオクタノール-水分配係数と経口LD₅₀を整理した。これらのデータをもとにリスクマップを作成した。

油類に特徴的に含まれるVOC成分を取水口の連続自動VOC計（以下、「VOC計」という。）に通水させ、それら成分の検出可能性を調査した。また、淀川水質協議会の構成事業体に聞き取りを行い、原水の臭気試験の事例を調査した。同協議会の資料や聞き取りにより、計器による油類の連続監視状況を調査した。以上の結果をもとに、平成15～25年度における油流出事故の発生地点とあわせ、淀川流域における油類監視体制を取りまとめた。さらに、水道施設で油臭が確認された油流出事故のうち、平成26年9月の油流出事故時及び平成28年3月に発生した油臭事故時におけるVOC計のクロマトグラムを解析した。

5) 連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査

2015年8～10月、4種の処理方式（急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式）別に、全国の水道事業者を対象に浄水場における水質計器の設置、活用状況について、電子メールでアンケート調査を行った。全調査対象事業者数は331で、急速ろ過方式、消毒のみ、緩速ろ過方式、膜ろ過方式でそれぞれ168、45、16、19の浄水場について回答を得た。

各水質計器の設置の有無、自己および委託メンテナンスの状況、活用状況、代替指標としての利用、そして一部の水質計器については測定原理についても質問した。また、設置している水質計器のうち、特に利用価値が高く、推奨できるもの、設置している（設置していた）水質計器のうち、

利用において課題があると考えられるもの、このような機能を持った水質計器があると便利と考えられるもの、水質計器のデータの活用度を高める方法について質問した。

6) 水道水質管理における連続自動水質計器の役割と開発状況

日本国内の水質計製造メーカー各社に対して、比較的最近に製品化された水道向けの水質計器の仕様や適用例についてヒアリングを行った。

7) 連続監視データを用いた原水、工程水の変動解析

表流水を主な原水とする全国 20 浄水場を対象に、原水、凝集沈殿水（以下、沈殿水）、急速ろ過水（以下、ろ過水）、浄水の過去の水質計器の 1 時間毎のデータを入手し解析を行った（一部は原水のみ）。対象期間は 2014 年 4 月 1 日 1:00 から 2015 年 3 月 31 日 24:00 までとした。入手したデータのうち、設置事業体数が多く解析に適している項目として、原水については濁度、pH、電気伝導度、水温を、沈殿水とろ過水においては濁度を、浄水においては残留塩素について変動に関する解析を行った。

8) 連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

I) オゾンおよび HO ラジカル反応評価手法の構築

阪神水道企業団猪名川浄水場の凝集沈殿水を用いて、回分式実験を行った。オゾンとは反応せず、HO ラジカルと反応する *p*-CBA をプローブ物質とし、溶存オゾン濃度および *p*-CBA 濃度を測定した。その結果を基に、オゾンの自己分解と無機炭酸の影響に加え、オゾンおよび HO ラジカルと有機物との反応について、パラメータの推定を行った。

II) オゾン処理槽の運転状況評価

猪名川浄水場のオゾン処理槽を対象に、既存の 1 箇所に加え、3 箇所に溶存オゾン濃度モニター (PL-603、荏原実業株式会社) を設置し、連続データを 1 分ごとに取得した。調査期間は、2016 年 1 月 18 日～11 月 30 日とした。得られたデータについて、外れ値は排除して、その後の解析に用いた。

III) オゾン処理性能評価のための逆推定手法の構築

○設定事項

連続監視や代表的な条件下における流動特性の結果から、以下の設定を行った。

- ・接触槽の流動は完全混合
- ・滞留槽の流動は押し出し流れ
- ・第一接触槽におけるオゾンの分解は非常に速い
- ・第一滞留槽以降におけるオゾン分解は遅い反応のみで、その速度定数は変わらない
- ・オゾンの分解は速い反応、遅い反応ともに、オゾンの一次反応として評価できる

○性能評価指標と推定パラメータ

オゾン処理性能として評価する指標は、オゾン Ct 値とした。オゾン Ct 値算出のための推定パラメータとして、オゾンガスの水中への総括物質移動容量係数 (K_La)、第一接触槽におけるオゾンの速い分解を表す反応速度定数 (k_f)、オゾンの遅い分解を表す反応速度定数 (k_s) を用いた。

○逆推定手法

処理水量 Q 、供給オゾンガス流量 Q_g 、および発生オゾン濃度 G_0 は、計算対象とする時刻の運転条件としての値を用い、その運転条件下における処理の結果として、各接触槽の溶存オゾン濃度 $C_1 \sim C_4$ および各接触槽の平均排オゾンガス濃度が得られた。

以上の設定により、各槽について物質収支式を立式し、定常状態として連立方程式を導き、 K_La 、 k_f 、および k_s を推定した。また、この時得られる溶存オゾン濃度の推定結果を用いて、オゾン Ct 値を算出した。

9) 水質異常時における摂取制限等をとる給水継続への対応

「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」の項目を踏まえ、水質事故対応に関する指針の項目に関する検討を行った。平成 23 年の東日本大震災に伴う原子力発電所からの放射性物質放出事例、平成 26 年 1 月に米国ウエストバージニア州チャールストンで発生した化学物質事故の事例を元に、住民への周知を目標とした公報のあり方について検討した。また、関連の研究、水道事業体の検討事項等を中心に、研修、講演、業務等の機会を通じて情報収集を行

った。

C. 研究結果およびD. 考察

1) 水安全計画を用いた水道水源・浄水プロセス・給配水システムでの危害と監視方法の解析

危害原因事象の発生箇所を(I)水源、(II)浄水プロセス、(III)給配の3つに分類した際の危害因子数(33浄水場の総数)は、全リスクレベルの場合は、浄水プロセス、水源、給配の順に多かった。しかし、リスクレベルが3~5の危害因子数の割合は、給配が最も多く、水源、浄水プロセスの順となった。

リスクレベルが3以上の場合、水源(表流水)において危害因子数が多かった危害原因事象は、「降雨」、「工場、クリーニング排水」、「テロ」、「処理施設からの放流水」、「人為的な不法投棄」であった。水源(地下水)では、データ数が少ないため、系統的な解析は困難であったが、浅井戸・湧水の場合、危害因子数が多かった危害原因事象は「降雨」および「地震等」であった。危害因子の発生頻度と影響程度について、リスクマトリックスを用いた評価をおこなったところ、水源(表流水)では、「降雨」は、起こりやすく、やや影響も大きい、「工場等排水」は、あまり起こらないが影響は大きい、「処理施設放流」と「テロ」は、滅多に起こらないが、影響は甚大、であった。

浄水プロセスについては、「浄水」、「計装設備」、「薬品」に分類した。原水が表流水で急速ろ過の場合、「浄水」では、危害原因事象として、「設定ミス、注入ポンプ等異常」を挙げている浄水場が多く、危害因子は濁度、耐塩素性病原生物および残留塩素が総数と浄水場数のいずれも多かった。「計装設備」では、モニタリング機器異常・故障が、「薬品」では、注入管の目詰まり、薬品受入れミス、注入器の故障、長期保存による劣化などが、危害因子数の多い原因事象であった。

給配水については、「管路(送水・配水・一部給水も含む)」「給水管(管路と明確に区別されている場合)」、「貯水槽」、「配水池」

に分類した。「管路」の場合、管劣化・腐食、クロスコネクション、漏水箇所からの汚染が、「給水管」では給水管の劣化、およびクロスコネクションが、「貯水槽」では清掃不足、テロ、およびクロスコネクションが、「配水池」では停電、およびモニタリング機器異常・故障が、危害因子数が多い、危害原因事象であった。

次に、上述したような取り上げた浄水場数が多かった危害原因事象を優先度の高い危害原因事象とし、そのような危害原因事象と危害因子の組み合わせを抽出し、監視方法について解析した。

(I) 水源

①降雨-濁度、②テロ-シアン・その他毒物、③車両等事故・水上バイク-臭気、④(下水)処理施設からの放流水-耐塩素性病原生物、⑤富栄養化-かび臭物質

①降雨-濁度の場合、連続計器による主要な監視項目として、濁度計、pH計、アルカリ度計が挙げられていた。特に、濁度計が最も多く使用されており、また複数点において監視がされていた。主要監視地点は取水、沈殿水、浄水であった。

(II) 浄水

①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入-残留塩素、②洗浄不足-耐塩素性病原生物

①設定ミス・注入ポンプ異常等による次亜の注入不足・過剰注入-残留塩素の場合、連続計器による主要な監視方法としては、残留塩素計による沈殿水と浄水の監視であった。それぞれ中間塩素、後塩素のポンプ異常の監視に対応していると考えられた。

(III) 給配

①管腐食・劣化-色度、②クロスコネクション-残留塩素

①管腐食・劣化-色度の場合、色度と濁度の2つが危害因子として挙げている浄水場が多かった。このうち色度について解析を行ったところ、給配の中でも給水地点の監視がほとんどであった。監視方法は主に手分析(色度)と現場等の確認であった。

さらに、対応基準とその対応について整理した。

(I) 水源

降雨－原水濁度、降雨－沈でん水濁度、車輛等事故・水上バイク－原水での油、(下水) 処理施設からの放流水－原水での耐塩素性病原生物、(下水) 処理施設からの放流水－ろ過水での耐塩素性病原生物、富栄養化－原水でのかび臭物質」を対象とした。このうち、降雨－原水濁度について見ると、対応基準には、原水濁度とろ過水濁度が設定され、原水濁度の対応基準値は、浄水場によって異なり、20～1500 度まで幅があった。ろ過水濁度の対応基準値は 0.05 度と 0.1 度であった。対応基準値と超過時の対応の関係は、3 つに分類された。①濁度上昇を検知では、対応方法は情報収集、原水監視、浄水処理適正化・強化、浄水処理状況の監視が主体となっていた。②原水濁度 20～1000 度、ろ過水濁度 0.05 度以上、では原水監視と浄水処理強化が主な対応となっていた。③原水濁度 1500 度超過、ろ過池濁度 0.1 度超過、処理困難では、取水停止・取水再開の対応が主体となっていた。

(II) 浄水

設定ミス等による塩素注入過不足－浄水での残留塩素の場合、抽出された対応基準は 23 種類あったがすべて異なっており重複することはなかった。①設定値± a 型の基準値逸脱、では、対応方法は対応協議や残塩監視という簡単なものであった。②運用範囲逸脱(未満・超過)では、逸脱時の対応は塩素注入の適正化、水質監視、注入状況確認、貯蔵改善など塩素注入に関する対応に集中していた。③対応基準値未満では、残留塩素の適正化よりも圧倒的に取水停止の対応が多かった。

(III) 給配

管劣化・腐食－送配水での濁度、クロスコネクション－給水での残留塩素を対象とした。クロスコネクション－給水での残留塩素の場合、対応基準としては、クロスコネクションが発見された場合と影響程度が大きくクロスコネクションが解消されない場合の 2 通りで、主な対応は給水停止、改善指導、洗浄、通水であった。

これらの結果を踏まえ、水源における降雨－原水での濁度、浄水プロセスにおける

設定ミス等による塩素注入過不足－浄水での残留塩素、給配水システムにおけるクロスコネクション－給水での残留塩素について、異常検知方法、異常の事実確認方法、対応基準と対応方法を対応マニュアルの形に落とし込み、管理基準逸脱時の標準的な対応マニュアル例を作成することを試みた。

これまでは、リスクレベルが 3 以上の危害因子を対象としたが、地下水を原水としている浄水場の場合、3 以上のものが少なかったため、リスクレベル 1～5 について、解析した。代表的な危害原因事象－危害因子として、以下の 8 つを抽出した。

(I) 水源

①ケーシング破損－濁度、②肥料流出－硝酸態窒素および亜硝酸態窒素、③地質－マンガン、④畜舎排水の流出－耐塩素性病原微生物

(II) 浄水プロセス

①薬品受け入れミス－残留塩素、②設定ミス、注入ポンプ等異常による次亜の注入不足、過剰注入－一般細菌、大腸菌、③貯留日数大－塩素酸

(III) 給配水

①使用量不足による滞留時間大－残留塩素

これらの 8 つに対して監視方法、監視地点、管理基準を整理した。水源におけるケーシング破損－濁度の場合、「地下水」、「取水」での濁度監視・水質管理が主な監視方法であった。塩素消毒のみの処理では、濁度を除去できないため、浄水場に入る前に取水停止等の対応をとることを目的に管理しているためと考えられた。管理基準については、監視地点が「地下水」、「取水」の場合、濁度を 0.1 度以下に設定している浄水場が多く、水質基準の 2 度以下よりも低く設定している傾向にあった。また、浄水プロセスの薬品受け入れミス－残留塩素の場合、監視項目としては手分析(による残留塩素濃度の測定)、水質計器の残留塩素計が多く、主要な監視点は「浄水池等」であった。残留塩素の管理基準は、重要管理点である「浄水池等」の場合、0.1～0.6 mg/L であった。

対応マニュアルは、水源における濁度異常、浄水における残留塩素異常について作成した。前者の場合、事実確認方法は、計器異常の有無の確認、再検査、影響程度の

判定、原因判断の4つに分類された。対応方法は、対応基準は異なるものの、取水停止が主要な対策であることが明らかとなった。後者の場合、検知方法は、水質計器と水質検査の2つに、事実確認方法は、計器確認、注入設備確認、設備確認、現場確認、原因判断、影響程度の判断の6つに分類された。対応基準には浄水の残塩濃度が設定され、管理基準値は浄水場によって異なっていた。対応方法は、管理基準範囲を逸脱した場合または管理基準値を逸脱した場合と0.1 mg/Lを下回った場合に分けて設定されていた。

2) 水道事業体における水質検査・監視の実態把握

水質検査計画を解析したところ、水質管理目標設定項目および要検討項目の検査項目数は、給水人口が多い大規模事業体ほど検査項目数が多い傾向にあり、要検討項目において特にその傾向が強かった。検査回数は、検査項目同様に、給水人口の多い大規模事業体ほど多い傾向にあった。検査体制は、大規模な事業体では自己検査が多かったが、一方、中小規模の事業体では、委託検査を基本としていることがわかった。

アンケート調査の結果、障害生物以外の項目で独自設定項目を検査していたのは0.5%、一方、障害生物では53%の事業体で検査が実施されていた。障害生物以外の自主検査項目は、ノロウイルス等の病原微生物、腸球菌等の指標微生物、ヘプタジェナール等の異臭味関連項目であった。障害生物では、アナベナ属やフォルミジウム属等のかび臭原因物質産生生物、ろ過閉塞障害を引き起こすシネドラ属、凝集沈殿処理障害等を引き起こすミクロキスティス属等が検査対象となっていた。病原微生物、指標微生物、濁度、障害生物、異臭味関連項目の5項目のうち、浄水場等の管理に最も利用されていたのは異臭味関連項目であった。遺伝子検査法を導入している、導入を検討している、導入の見込みなし、と回答した事業体の割合は、それぞれ11%、6%、83%であり、あまり導入が進んでいなかった。

3) 水源水質事故対応のためのGISの活用

水源水質事故情報をマッピングしたとこ

ろ、利根川中流域、江戸川中～下流域で事故発生密度が高かった。水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報、定期水質調査地点と東京都水道局の浄水場をマッピングしたところ、利根川上流域は、監視が行われていないが事故密度が高かったエリアと重複する流域であった。江戸川下流域の場合、水源水質事故による解析でリスクが高かった地域と重複した。多摩川中流域の場合、水源水質事故の分析結果では比較的风险が低いと評価されたが、届出特定排出事業者が多く分布していた。

また、PRTR制度届出事業所は、多摩川左岸及び荒川支川入間川右岸、埼玉県東南部、利根川中流域で数が多く、密度も高かった。水源水質事故ではないが、江戸川流域も事業所管多い状況であった。産業廃棄物処分の登録を受けている事業者は、利根川中流域の右岸に一部件数が多いところがあるが、左岸はそれほど多くはなかった。PRTR制度届出情報を用い、利根川、江戸川、荒川、多摩川の各水系について、河川における化学物質のリスクマップを作成したところ、水源水質事故情報とPRTR情報のマッピングで、リスクの高い地域の分布については、利根川中流域など、概ね同様の傾向を持つ地点もあった。一方で、水源水質事故については江戸川流域など極端に高い部分もあった。

4) 淀川流域での危害発生地点と監視地点等の図示化による監視体制の検討

淀川流域における、対象期間中の水源水質事故の発生総数は295件であった。内訳をみると、事故原因の約70%が油であった。原因者が特定された件数は131件(45%)であった。原因者の内訳を見ると、事業所以外(不法投棄を含む)が86件、事業所が45件であった。水源水質事故発生地点を事故の種別ごとに図示化したところ、発生件数の多い地点が明確化され、取水口位置と関連付けることで、連続監視装置の効率的な配備計画を検討することが可能となった。

淀川流域における油流出事故の発生地点の総数は213箇所、淀川上流の桂川流域では21箇所、宇治川流域では75箇所、木津川流域では67箇所、これら三川の合流地点より下流側では50箇所であった。

淀川流域の平成 24 年度 PRTR 届出事業所で取り扱われている物質、PRTR 届出排出量と移動量の合計量が多い物質を抽出したところ、いずれも VOC が上位にあった。すなわち、淀川流域で事業所に由来した油以外の水質汚染事故が発生する潜在的なリスクとしては、VOC の流出による事故発生リスクが高いと推定された。

そこで、油類を VOC 計に通水させたところ、1, 3, 5 および 1, 2, 4-トリメチルベンゼンは、監視対象 VOC 成分とピークが重ならなかった。また、アルカンのうち、オクタンとノナンについても同様に VOC 成分と重ならなかった。これら 4 種を検出することで、原水への油類混入を VOC 計で検知できる見込みが示された。さらに、平成 26 年 9 月の油流出事故時の VOC 計によるクロマトグラムを解析した結果、VOC 計を用いることで、油臭が感じられる A 重油の流出を検知できる可能性が示された。ただし、監視対象 VOC としては、トリメチルベンゼンのように比較的密度が高く、疎水性が低く、かつ沸点が高い成分が望ましいと考えられた。

油類の連続監視方法として、油膜検知器、油分モニタ、VOC 計の特徴等を整理したところ、油膜検知器は、構造が簡単で維持管理性に優れているが、センサーの直下に油膜がないと検知できないというデメリットもあった。油分モニタは油膜検知器に比べて構成する機器が多くコストも高いが、油膜にならない油分を検知できるというメリットがあった。VOC 計も油分モニタと同様、付属機器やコストが課題となるが、水中に溶解した油分を検知可能で、かつ淀川流域において発生ポテンシャルが高いと推測される VOC の監視も可能であると考えられた。

淀川流域の水道事業体を対象に、定期検査における臭気検査の実施状況を評価した。その結果、9 浄水場 10 取水系統で、一日 1 回以上の頻度で原水の臭気検査を実施していた。油の連続監視体制を見ると、4 箇所油膜検知器が設置され、3 箇所に油分モニタを設置予定であった。油類検知可能性を検討する VOC 計については、4 箇所に設

置されていた。

5) 連続自動水質計器の設置、活用状況に関する調査

急速ろ過方式では、31 種の水質計器が設置され、いずれかの設置箇所に 1 種以上の水質計器が設置されていた浄水場の割合（以下、設置率）は 99%であった。設置率が 50%以上であった水質計器は 8 種であった。自己メンテナンスの頻度は、1 週間以内、あるいは 1 ヶ月以内の割合が高かった。委託メンテナンスの頻度別は、1 年以内の割合が高かった。水質計器の設置箇所別の活用状況は、管理基準や指標値を設定している水質計器が多く、自動制御を行っている水質計器の数は、凝集沈殿水～浄水の残留塩素計、原水の濁度計が比較的多かった。

消毒のみの場合、設置されていた水質計器は 8 種で、設置率は 98%であった。自己メンテナンスの頻度は、生物センサー以外は、1 ヶ月以内という回答の割合が高く、委託メンテナンスの頻度は、生物センサー以外は、3 ヶ月以内、1 年以内という回答の割合が高かった。活用状況は、全体的に見ると管理基準や指標値を設定している水質計器が多かった。

緩速ろ過方式の場合、設置されていた水質計器は 13 種で、設置率は 100%であった。自己メンテナンスの頻度は、全体的には 1 ヶ月以内が高かった。委託メンテナンスの頻度は、全体的には 1 年以内、3 年以内、不定期の割合が高かった。活用状況は、全体的に見ると管理基準や指標値を設定している水質計器が多かった。

膜ろ過方式の場合、設置されていた水質計器は 17 種で、設置率は 100%であった。自己メンテナンスの頻度は、全体的には 1 週間以内と 1 ヶ月以内の割合が同程度であった。委託メンテナンスの頻度は、全体的には 1 年以内が高かった。水質計器の活用状況は全体的に見ると管理基準や指標値を設定している水質計器が多かった。

代替指標として利用していた水質計器は 13 種で、生物センサー、高感度濁度計、塩素要求量計、紫外吸光度計、電気伝導度計を代替指標として利用しているところ

が多かった。測定原理について見ると、生物センサーは、そのほとんどは魚類監視装置を設置していた。残留塩素計は、回答を得た全てのところでポーラログラフ法を採用していた（複数設置を含む）。無試薬型が多かった。高感度濁度計は、粒子数計測法式が多かった。

設置している水質計器のうち、特に利用価値が高くお勧めのものについて調査したところ、17種類の計器について回答が得られた。これまでに設置した水質計器のうち、利用において課題があると考えられるものについて調査したところ、16種について回答が得られ、メンテナンスが難しい、部品交換頻度が高いなどの理由が多かった。このような機能を持った水質計器があると便利と考えられるものについては、水質計器によらず共通の機能（メンテナンスフリー、自動採水機能を有するもの、簡易的な測定データの遠隔監視）と、21種の水質計器についての回答が得られた。水質計器のデータの活用度を高める方法について意見を求めたところ、水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、測定データの利用に関するものが挙げられた。

6) 水道水質管理における連続自動水質計器の役割と開発状況

ヒアリングの結果、一般的な水質計を除いた連続自動水質計器は56機種あった。測定成分で分類すると22種となった。これら水質計器について、統一した様式で仕様を整理した。

7) 連続監視データを用いた原水、工程水の変動解析

原水の濁度、pH、電気伝導度について、そのトレンドから変動を解析する指標を採り上げ解析した。濁度の場合、突発性の視点から「ピーク数」を、年間変動の視点から「第3四分位-中央値」を指標とした。pHの場合、日内変動の視点から「1日変動の中央値」を、日内変動のばらつきから「1日変動の四分位範囲」を、年間変動の視点から「1日最小値の四分位範囲」を指標とした。電気伝導度の場合、日内変動のばらつきから「1日変動の四分位範囲」を、年

間変動の視点から「相対四分位偏差」を指標とした。

これら8つの指標を用いて主成分分析を行ったところ、pHと電気伝導度に関する固有ベクトルのばらつきが少なく、濁度と電気伝導度も類似の固有ベクトルであった。pHの「1日変動の四分位範囲」と電気伝導度の「中央値」を除き、6つで再度主成分分析を行ったところ、累積寄与率は3項目で75.97%に達した。

この6つの指標を用いて、各事業体を対象にレーダーチャートを作成した。各事業体の濁度、pH、電気伝導度の変動特性や、限定的ではあるが原水安定性を視覚的に把握するためのグラフを作成できた。また、各事業体で各項目の値を求めることで、その浄水場がどのような変動を受けやすいか把握し、同様の水系や水源を持つ事業体間での情報共有に有用であると考えられた。これらの項目は多くの事業体で入手可能な連続監視データであり、これらの変動の解析が原水水質全体の変動の代表となる可能性が考えられた。

次に、濁度を採り上げ、複数の地点での連続データを解析した。原水濁度と沈殿水濁度の関係を見ると、沈殿水濁度が高いのは、見かけ上、原水低濁度時に偏在しており、特定の場合を除き原水高濁度時には各浄水場とも着実に対応していることがわかった。また、沈殿水濁度が高いのは、見かけ上、原水低濁度時に偏在しているように見えたが、実際のデータ分布の比率では、必ずしも原水低濁度時に沈殿水濁度が高くなりやすいとは言えなかった。原水濁度とろ過水濁度の関係を見たところ、全国的に、原水濁度にはばらつきが見られたが、着実に処理を行うことでろ過水では濁度が安定していることが確認できた。しかしながら、ろ過水濁度が相対的に高くなるのは、原水低濁度時に多くなる傾向があり、共通の課題として原水低濁度時にも留意が必要な場合があるということがデータで示された。浄水の残留塩素について、各事業体で比較した。年間の中央値は、事業体ごとでことなり残留塩素の管理の違いが確認できた。

また、4時間変動の中央値はいずれも0.1 mg/L以下になっており、全国的にフィードバックにより着実に制御されていることが示された。残留塩素の年間の中央値が高い浄水場は、4時間変動の中央値も比較的高くなる傾向が見られ、次亜塩素酸ナトリウムの注入量が多い浄水場は、短時間における変動も大きくなりやすく、注入量が少ない浄水場に比べ、フィードバック制御のばらつきは安定しにくいと推察された。

8) 連続自動水質計器を用いた処理性能評価手法の開発

I) オゾンおよびH₂O₂ラジカル反応評価手法の構築

有機物濃度1.2 mg C/L、無機炭素濃度8.2 mg C/L、pH6.9、温度20°C、オゾン注入率0.31~2.1 mg/Lにおける実験結果と数値解析モデルを用いた再現結果を比較した。その結果、初期にオゾンの急激な減少とp-CBAの減少が認められるとともに、そのような急激な変化、その後の緩やかな変化を良好に再現可能であった。また、詳細は記さないが、推定パラメータも妥当な数値として得られており、このような評価を年間を通じて行うなどすることで、H₂O₂ラジカル反応も含めた処理性能評価に発展できる可能性があることが示された。

II) オゾン処理槽の運転状況評価

○処理水流量および供給オゾン流量

本調査期間においては、運用上の変更があった期間を除くと、処理水流量は3030~5035 m³/hの範囲であり、運用上の変更があった期間の最大処理水流量は6025 m³/hであった。供給オゾン流量は557~657.5 m³/hの範囲であった。空気原料のオゾン発生器では、発生器側の制約からガス流量は一定とされるため、非常に狭い幅の間で運転されていた。

○オゾン注入率

オゾン注入率は0.63~3.32 mg/Lの範囲であり、75%の日時で1.59 mg/L以下であった。水源水質の改善、臭素酸問題を反映してか、設計とされる3 mg/Lに比べて低い注入率で運転されていることがわかった。時期としては、冬期に低く、夏期に高いことがわかった。これは、オゾン注入がオゾン

処理後の溶存オゾン濃度で管理されているため、オゾンの分解が速いと注入率が高くなること、また温度が高くなるとガスの吸収効率が低下することによると考えられ、監視データとしてもそのような結果が得られていた。

○溶存オゾン濃度

①活性炭前

一定の期間、制御値が0.20および0.30 mg/Lに設定されていたが、通常は0.25 mg/Lに設定されており、実測値からもほぼそのように管理されていたことがわかった。

②第三接触槽後

全期間を通じて、その範囲は、0.22~0.64 mg/Lであった。夏季に管理溶存オゾン濃度を低下させている期間について、その範囲は、0.35~0.56 mg/Lであり、管理値を低減しているにも関わらず、比較的高濃度であった。夏期は、溶存オゾン濃度の分解が非常に速いことが推察された。

③第二接触槽後

全期間を通じて、その範囲は、0.08~0.32 mg/Lであった。第三接触槽後の濃度に追随している様子がわかった。

④第一接触槽後

全期間を通じて、最大値としては、0.063 mg/Lが検出されているものの、多くの日時でその濃度は低く、66%の日時で監視濃度0.01 mg/L未満であった。

III) オゾン処理性能評価のための逆推定手法の構築

○実測値と推定値の比較

溶存オゾン濃度について実測値と推定値の比較したところ、比較的良好な再現が可能であった。

○推定パラメータ

K_{1a} は吹込み率との関係から報告されている範囲で、 k_s も報告値と同程度であった。それぞれ実験による直接的な評価ではないものの、理論的な立式に基づき、実測値を活用した制約条件下で合わせて推定する本手法は、妥当な評価を与えており、有効性が示されたと考えられた。

○推定オゾンCt値

推定オゾンCt値は、温度が高い時期ほど

高く、温度が低い時期ほど低かった。これは、高水温期にオゾンの分解が速い一方、管理・制御はほぼ同じ値で活性炭前の溶存オゾン濃度を用いて行っているため、第三接触槽もしくは第三滞留槽での溶存オゾン濃度を高く保つためであると考えられた。

ここでは、推定パラメータと同様、データの精査は行っていないが、概ね $3\sim 10$ mg/L・min. 程度の範囲であった。ただし、すべての溶存オゾン濃度のデータがそろっているデータセットを用いて計算される Ct 値と比較すると、その近似曲線は、 $y=1.00x+0.88$ mg/L・min. と切片が若干高かった。この点については、モデル設定の精度を上げることで改善は可能と考えられた。

活性炭前溶存オゾン濃度とそのデータが得られた時の滞留時間とを用いて、積として計算したオゾン Ct 値（オゾン処理槽内の溶存オゾン濃度分布がわからない場合には適用しうる指標）と比較した。本研究で行ったように濃度分布を考慮した解析結果と比べて、低水温期は過大評価を、高水温期は過小評価している可能性が考えられた。

9) 水質異常時における摂取制限等をとまなう給水継続への対応

「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」を参考に、水質事故時の対応について項目立てした場合の例をまとめた。特に、緊急時におけるクライシスコミュニケーションの重要点として、①暫定的であれ行動の基となる基準や指標を関係者及び市民と共有する、②リスクを管理する側は、可能な限り迅速な対応を実施する、③緊急時こそ詳しい事実をすべて可能な限り正確に伝達する、④誤報があった場合は、それに対する理由の説明と誠意ある対応を行う、⑤市民が多様な情報源から一貫した情報が取得できるように、情報提供側が努める、⑥正確な情報を効果的に伝達できる媒体を確保する、⑦市民にもわかりやすい情報を提供する、⑧リスクを軽視せず警告を発する、⑨マスコミ・人々の声を傾聴する、⑩実際には非常に小さいリスクであり、論理的な説明を十分行った場合でも、不安に思う人は存在する、の 10 点を整理した。

平成 26 年 1 月の米国東部ウエストバージニア州カナワ郡チャールストン市で発生した化学物質漏洩による大規模な水質汚染事故を受けて関係者にインタビューを行ったところ、保健衛生部局との連携が非常に重要であること、寒冷地で高低差がある場合は、凍結防止のために水を止められない場合があること、住民への周知など応急対応には他地区からの応援が必要なことをなどが示された。

その他、関連する研究、研修や講演等を通じて情報収集を行った結果、水源汚染の防止や、原水、工程水、給配水の各段階を含む危機管理マニュアルの策定、これらを総合する水安全計画の策定は非常に重要であり、上流において用いられている化学物質を把握すること、水質監視体制の整備も重要であることが示された。加えて、より高感度な理化学的及び生物学的な監視等を行い、水質汚染の早期発見を確実にすることも今後の課題であると考えられた。さらに、実際に水質事故が起こった場合、問い合わせ対応に多くの人員が必要となるため、素早くマニュアルを作成し、他部局の職員等でも回答できる体制を作ることが重要であることもわかった。

E. 結論

1) 策定済みの水安全計画の情報を基に、表流水、地下水を原水としている浄水場を対象に、水道システムを「水源」、「浄水プロセス」、「給配」の 3 つの要素に分類し、それぞれ優先度が高い危害原因事象や危害因子を抽出した。抽出した危害原因事象と危害因子の組み合わせに対し、監視方法、異常の検知方法、異常の事実確認方法、対応基準と対応方法を解析した。また、管理基準逸脱時の標準対応マニュアル例の作成を試みた。

2) 水質検査計画を解析した結果、大規模な事業体では検査項目数・検査回数ともに多い傾向にあり、自己検査の比率も高かった。一方、中小規模の事業体では、委託検査を基本としていた。アンケート調査の結果から、障害生物以外の独自項目の検査を実施しているのは大規模事業体のみであった。異臭味関連項目が最も浄水場等の管理に利

用されていることがわかった。調査対象の事業体のうち遺伝子検査手法を導入していたのは約 11%であった。

3) 東京都の水源水質事故情報と水質汚濁防止法に基づく届出特定排出事業場情報等のマッピングの結果、水源における過去の水源水質事故発生地点を採水地点とした定期的監視の代表地点の設定にもマッピング情報を踏まえて合理的な検討が行えるようになった。また、水質事故時の情報連絡においても各関係者が共通の認識で情報のやり取りが図れ、化学物質を取り扱う水源の事業者に対する注意喚起に関しても、活用できると考えられた。

4) 淀川流域の過去の事故発生総数の約 7 割が油の流出によるものであること、PRTR 物質の情報から、油以外の水質汚染事故が発生する潜在的なリスクとして VOC の流出が想定された。VOC 計は原水中の油類検知可能性があるが、監視対象 VOC としては、比較的密度が高く、疎水性が低く、かつ沸点が高い成分が望ましいと考えられた。淀川流域では、9 浄水場 10 取水系統で一日 1 回以上の頻度で原水の臭気検査が実施され、4 箇所で油膜検知器と VOC 計が設置され、3 箇所で油分モニタが設置予定であった。

5) 4 つの処理方式によらず、本研究で対象とした浄水場の 98%以上で、1 種以上の水質計器を設置していた。消毒のみの場合を除き、濁度計、残留塩素計、pH 計は複数地点で設置している割合が高かった。処理方式によらず、水質計器の活用方法は、管理基準や指標値を設定している場合が多い傾向にあった。水質計器に対する要望としては、メンテナンスフリーであること、コストが低いことが共通していた。水質計器に関する活用度向上としては、水質計器の設置箇所、維持管理、機能に関するもの、測定データの利用に関するものがあつた。

6) 22 測定成分の 56 種の水質計器について、統一した様式で仕様を整理した。

7) 全国 20 事業体の原水の連続監視データのうち、濁度、pH、電気伝導度の連続監視データについて、水質変動の比較解析を行った結果、これら項目は多くの事業体で入

手可能で、その変動解析が原水水質全体の変動の代表となる可能性が考えられた。原水と工程水の濁度の変動を比較解析したところ、多くの浄水場で濁度は安定していた。浄水の残留塩素については、フィードバックにより、残留塩素の短時間の変動は 0.1 以下に制御されていた。

8) 構築したオゾン処理性能評価のための逆推定手法により、4 箇所の溶存オゾン濃度の良好な再現が可能であった。オゾン処理性能としてのオゾン Ct 値を推定したところ、温度が高い時期ほど Ct 値は高く、温度が低い時期ほど Ct 値が低く、最大で 10 mg/L・min. 程度であることを明らかにした。HO ラジカルの反応を連続的に評価する手段は現存しないが、実験および本研究で構築した反応評価のための数値解析モデルなどを用いてある程度のデータを蓄積していくことで、予測式を作成するなどし、オゾン処理性能評価手法に組み込むことで、より精緻な処理性能予測を可能にすると考えられた。

9) 水質事故時の対応、特に摂取制限を伴う給水継続を行う場合の公報では、特に正確な情報を迅速に分かりやすく、徹底して伝達できる情報伝達手段の確保と応援態勢の確保が重要であることがわかった。また、事故対策では、事故が起らないようにすることが最も重要であるが、一方で、起こった後の被害を出来るだけ軽減することも重要であることが示された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 浅見真理. 放射性物質による水質汚染事故対応とリスクコミュニケーションの事例. 水道. 59 (5), 29~37, 2014. (査読無し)
- 2) 金見拓, 高橋和彦. 水源水質汚染事故時の水道事業体の対応 ~近年の事例から. 水環境学会誌, 38A (3), 95~99, 2015. (査読なし)
- 3) 大野浩一. 米国ウエストバージニア州に

- おける化学物質河川流出事故時の対応. 60 (3), 24~34, 2015. (査読無し)
- 4) 大野浩一. 続: 米国ウエストバージニア州における化学物質河川流出事故時の対応—事故後の調査について. 60 (6), 32~40, 2015. (査読無し)
- 5) 岸田直裕, 秋葉道宏. 水中微生物検査のあり方. 日本防菌防黴学会誌, 44 (2), 69~73, 2016. (査読なし)
- 6) 浅見真理, 大野浩一. 水質異常時における摂取制限を伴う給水継続 ~ 不可避な場合のリスク管理~. 水道. 2016, 61 (5), 16~29. (査読無し)

2. 学会発表

- 1) 村田桂子, 日下部貴章, 武井紀子, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた水源における危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21~23, さいたま市, 680~681.
- 2) 日下部貴章, 村田桂子, 武井紀子, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた浄水プロセスにおける危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21~23, さいたま市, 682~683.
- 3) 武井紀子, 村田桂子, 日下部貴章, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた給配水における危害解析, 平成 27 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2015/10/21~23, さいたま市, 684~685.
- 4) 浅見真理. 水道水源の汚染リスクへの備えと危機対応の重要性. 第 29 回公衆衛生情報研究協議会抄録集. 2016. 1. 28, 和光市.
- 5) 佐々木賢史, 小川将司, 大野浩一, 小坂浩司, 秋葉道宏. 水安全計画を用いた優先度の高い危害の監視手法解析. 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2016, 796~797.
- 6) 北なつ海, 田中康夫, 橋本久志. VOC 計を用いた原水中油類の連続監視に関する検討. 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 2016, 676~677.
- 7) 小池友佳子, 宮林勇一, 斎藤健太, 小坂浩司, 浅見真理, 佐々木万紀子, 佐藤三郎,

- 秋葉道宏. 全国の浄水場を対象とした連続自動水質計器の設置, 活用状況に関する調査. 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2016, 670~671.
- 8) 斎藤健太, 朝野正平, 宮林勇一, 小池友佳子, 浅見真理, 小坂浩司. 連続監視データの解析による原水の水質管理に関する検討. 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2016, 672~673 .
- 9) 朝野正平, 斎藤健太, 宮林勇一, 小池友佳子, 浅見真理, 小坂浩司. 連続監視データの解析による浄水の水質管理に関する検討. 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集. 2016, 674~675 .

3. その他

- 1) 浅見真理. 将来の水道におけるリスク管理のあり方. 首都大学東京水道システム研究センター主催公開セミナー. 平成 28 年 10 月 22 日. 東京.
- 2) 浅見真理. 水道水質管理の現状と課題. 簡易水道協議会水道実務者研修. 平成 28 年 10 月 25 日. 東京
- 3) 浅見真理. 水質異常時における摂取制限を伴う給水継続の考え方について. 北陸公衆衛生研究所環境講演会講師. 平成 28 年 11 月 11 日. 福井.
- 4) 浅見真理, 大野浩一. 水質異常時における摂取制限を伴う給水継続の考え方について. 関係者による情報交換会. 平成 29 年 1 月 26 日. 東京.
- 5) 浅見真理. 水質異常時における摂取制限を伴う給水継続の考え方について. 木曾川水系水質保全連絡協議会. 平成 29 年 2 月 1 日. 名古屋.
- 6) 浅見真理. 水道水質管理の現状と課題. 第 49 回水道実務指導者研究集会. 平成 29 年 2 月 23 日. 東京.
- 7) 大野浩一. 水質異常時における摂取制限を伴う給水継続の考え方について. 北千葉広域水道企業団水道関係研修会. 平成 29 年 2 月 23 日. 千葉.

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし