

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

水道水及び原水における化学物質等の実態を踏まえた水質管理の向上に資する研究

研究代表者 松井 佳彦 北海道大学大学院工学研究院 名誉教授

研究要旨

浄水処理プロセスにおけるウイルス除去遺伝子マーカーとしてのトウガラシ微斑ウイルス(PMMoV)の濃度測定結果は7機関で概ね同様であり、測定濃度の差は最大でもおよそ1 logであったことから、ろ過水PMMoVの管理目標値としての 10^4 copies/Lのオーダー以下は、検査方法の精度の点からも実情に合うと考えられた。水系感染症ウイルスが陽性となった幾つかの試料について、ICC-PCR法による定量を実施したところ、エンテロウイルス及びロタウイルスは感染力を有する状態でそれぞれ10 MPN/L程度、1-3 MPN/L程度であった。エンテロウイルスの感染力評価手法の代替としてPMAxx-Enhancer-PCR法の活用が示唆された。 β -glucuronidase活性の測定手法によりリアルタイムに近い水中大腸菌測定の可能性が示された。

全国21浄水場の原水、ろ過水、浄水でのレジオネラ属菌の遺伝子量を把握した結果、浄水試料ではレジオネラ属菌遺伝子の検出率が低く、浄水処理による低減が示された。レジオネラ属菌の遺伝子が検出した浄水試料では従属栄養細菌数(HPC)とレジオネラ属菌の遺伝子量に弱い正の相関が確認された。給水管内のフラッシング洗浄では高流量ほど再増殖までの期間が長く保持された。クリプトスポリジウム検査については顕微鏡検査と遺伝子検査の結果が一致することを確認した。

鉛製給水管の残存件数の概数を把握する手法について検討した結果、鉛製給水管使用期間中に建築された建物数と鉛管残存件数には一定の関連があることがわかった。しかしながら、この関係には鉛製給水管解消の取り組みの程度や鉛管利用率等が影響していると考えられ、これらの要因を検討することで残存件数の把握が期待された。鉛管長さ7m未満の鉛濃度については流水と滞留法で鉛濃度に顕著な差がなかった。実際に鉛が検出されておらず鉛管の使用が無い経路では、採水・検査負担がより大きい滞水法の必要性は低いと考えられ、その省略要件を示した。

令和3農薬年度の農薬製剤出荷量は約22.2万tonで昨年とほぼ同じであり、検出状況も同程度であった。最近の農薬製剤出荷量などから対象農薬類への格上げ/格下げが推奨される農薬類を選定した。農薬フェントエートは塩素処理より60~80%がオキソソニ体に変換され、オキソソニ体は安定して存在し、コリンエステラーゼ(ChE)活性阻害性も確認された。炭素数が少ない有機フッ素化合物(PFAS)が検出され、浄水処理工程で除去されにくい傾向が認められた。

全国の臭化物イオン(Br⁻)濃度の分布状況と地域的特性を明らかにし、Br⁻濃度が高濃度の地点では、これまで検出が確認されなかったトリブロモ酢酸の検出も確認された。Br⁻が高い地点ではブロモジクロロ酢酸の生成量が最

大で目標値（案）を超過することを確認した。台風等に伴う高濁度時には、原水ではハロ酢酸生成能が増加し、浄水のハロ酢酸濃度は前塩素処理の影響で上昇していた。オゾン処理及び活性炭処理では総トリハロメタン生成能と比べてハロ酢酸生成能は除去されやすい。総ハロ酢酸生成能、総アセトニトリル生成能は、高度浄水処理によって70～80%除去されたが、塩素系成分に比べて臭素系成分は除去性が低いため、その構成割合が高くなった。ラフィド藻類にはトリクロロ酢酸だけでなく、プロモジクロロ酢酸生成にも関与している可能性が分かった。送水ポンプから供給される銅と塩素が入った浄水（海水淡水化水）の接触による臭素酸の増加事例が見られた。水道原水ではおおまかに有機態ヨウ素 > ヨウ素酸イオン > ヨウ化物イオンの大小関係があった。

水道水の臭気強度に対するカルキ臭の割合が高く、残留塩素濃度が高い場合には臭気強度が高い傾向にあった。しかし、同様な残留塩素濃度でも臭気強度が高い場合と低い場合があり、さらなる調査が必要であると考えられた。トリニトロベンゼンスルホン酸を用いた誘導体化高速液体クロマトグラフ質量分析(LC/MS)法により、アミン類を高感度に分別定量する手法を構築した。

2022年の欧州の水枠組み指令の改定案のPFAS24物質のうち、昨年度の調査（欧州飲料水指令）で残された8化合物と国内で検出例が知られている2化合物（4:2FTS, 6:2FTS）について毒性情報収集を行った。HFPO-DA(GEN-X)のNOAELは最も低く0.1 mg/kg/dayで、その他の物質は1-45 mg/kg/dayの範囲と考えられた。テトラクロロエチレン（別名：パークロルエチレン、PCE）のTDIは神経毒性を根拠に設定した0.016 mg/kg/dayであった。

PFASを対象に高速液体クロマトグラフ-トリプル四重極型質量分析計(LC-MS/MS)を用いたスクリーニング分析法の定量精度について検討を行った。装置間で検量線の傾きに違いが認められ、装置状態の把握が重要であるが、スクリーニング分析として活用するには十分な定量精度であった。25種の農薬について液体クロマトグラフ-四重極飛行時間型質量分析計(LC-QTOFMS)を用いたスクリーニング分析法における負イオン化モードのデータベースを構築した。さらに農薬のガスクロマトグラフ質量分析(GC/MS)スクリーニング分析法の実運用案とガイドライン案を策定した。

これらの成果は学術論文や学術集会で多数公表されるとともに、厚生労働省の水質基準逐次改正検討会や水道における微生物問題検討会、水道水質検査法検討会に資された。

研究分担者	所属機関	職名
浅田 安廣	国立保健医療科学院生活環境研究部	主任研究官
浅見 真理	国立保健医療科学院生活環境研究部	上席主任研究官
泉山 信司	国立感染症研究所	主任

研究分担者	所属機関	職名
島崎 大	国立保健医療科学院生活環境研究部	上席主任研究官
高木 総吉	地独)大阪健康安全基盤研究所衛生化学部生活環境課	主幹研究員
広瀬 明彦	国立医薬品食品衛	客員研

	寄生動物部	研究官
伊藤 禎彦	京都大学 大学院工学研究科	教授
越後 信哉	京都大学大学院 地球環境学堂	教授
片山 浩之	東京大学大学院工 学系研究科	教授
小坂 浩司	国立保健医療科学 院生活環境研究部	上席主 任研究 官
小林 憲弘	国立医薬品食品衛 生研究所生活衛生 化学部	室長

	生研究所安全性予 測評価部	究員
増田 貴則	国立保健医療科学 院	総括研 究官
松本 真理 子	国立医薬品食品衛 生研究所安全性予 測評価部	主任研 究員
三浦 尚之	国立保健医療科学 院生活環境研究部	主任研 究官
松下 拓	北海道大学 大学院工学研究院	准教授
白崎 伸隆	北海道大学 大学院工学研究院	准教授

A. 研究目的

本研究の目的は、水道水質基準の逐次見直しなどに資すべき化学物質や消毒副生成物、設備からの溶出物質、病原生物等を調査し、着目すべき項目に関してそれらの存在状況、監視、低減化技術、分析法、暴露評価とリスク評価に関する研究を行い、水道水質基準の逐次改正などに資するとともに、水源から給水栓に至るまでの水道システム全体のリスク管理のあり方に関して提言を行うことにある。研究目的を、ウイルス、細菌・寄生虫、無機物、化学物質・農薬、消毒副生成物、臭気物質、リスク評価管理、水質分析法について詳述すると以下のようである。

ウイルス：PMMoV の管理目標値を設定するために、水道原水において感染力を有する病原ウイルスの実態把握、河川の増水時の水質変動において微生物リスクがどのように影響を受けるかの定量的把握、PMMoV 検査方法の測定精度の把握を目的とした。

細菌・寄生虫：レジオネラ汚染に対する従属栄養細菌の指標性およびクリプトスポリジウムの顕微鏡検出と遺伝子検出の一致の確認について、文献および実態調査を行った。

無機物：「鉛製給水管布設替えに関する手引き」（平成 23 年度）の改定を見据え、鉛製給水管布設実態の把握方法について検討すること

を目的とした。さらに、鉛検査のために実施されている 15 分滞水による採水が省略できる要件について検討した。

化学物質・農薬：農薬と有機フッ素化合物の水源や浄水場での実態調査を実施し、検出傾向の解析を行った。さらに、対象農薬類の格上げ／格下げを検討した。有機リン系農薬については塩素処理分解物の生成と毒性を評価した。

消毒副生成物：臭素化ハロ酢酸、ハロアセトニトリル、臭素酸を対象に、生成実態・特性、管理・低減策について調査を行った。あわせて、消毒副生成物に関する全国調査を行い、物質間の関係性について検討した。さらに、新規の未規制消毒副生成物やその前駆体に関する検討を行った。

臭気物質：昨年度に続き、様々な地域の水道水を対象にカルキ臭に由来する臭気強度の実態について調査した。原水・浄水に含まれるメチルアミン類とプロモジクロロアミンの定量法を検討した。また、実浄水のカルキ臭を対象として GC/olfactometry により臭原因物質の評価を行った。

リスク評価管理：欧州の水枠組み指令の改定案にリストされた PFAS24 物質のうち、昨年度の調査対象以外の 8 化合物と国内で検出例が知られている 2 化合物（4:2FTS, 6:2FTS）の毒性情報収集を行った。WHO ガイドラインの改

定で国内の規準値や目標値と異なる評価がなされた物質として、テトラクロロエチレン（別名：パークロロエチレン，PCE）を取り上げた。

水質分析法：昨年度は PFAS について LC-MS/MS を用いたスクリーニング分析法のデータベースを構築したが，本年度はその定量精度を評価した。負イオン化モードでしか測定できない農薬も存在することから，それら農薬類についてデータベースの構築を行った。農薬 GC/MS スクリーニング分析法の実運用案を策定した。また，ジクロロメタンを用いない固相抽出-GC/MS 一斉分析法についても検討した。

B. 研究方法

原水や水道水質の状況，浄水技術について調査研究を行うため，ウイルス，細菌・寄生虫，無機物，化学物質・農薬，消毒副生成物，臭気物質，リスク評価管理，水質分析法の 8 課題群－研究分科会を構築し，研究分担者 16 名の他に 52 もの水道事業体や研究機関などから 121 名の研究協力者の参画を得て，各研究分担者所属の施設のみならず様々な浄水場などのフィールドにおける実態調査を行った。

水質項目は多岐にわたるため，上述の研究目的に沿って 8 課題群に分けて，研究分科会とグループを構成し，全体会議などを通じて相互に連携をとりながら並行的に研究を実施した。研究分科会は，ウイルス分科会（研究分担者 4 名，研究協力者 11 名），細菌・寄生虫分科会（研究分担者 4 名，研究協力者 14 名），無機物分科会（研究分担者 1 名，研究協力者 9 名），化学物質・農薬分科会（研究分担者 3 名，研究協力者 17 名），消毒副生成物分科会（研究分担者 3 名，研究協力者 12 名），臭気分科会（研究分担者 3 名，研究協力者 5 名），リスク評価管理分科会（研究分担者 2 名，研究協力者 17 名），水質分析分科会（研究分担者 2 名，研究協力者 36 名）である。

ウイルス，細菌・寄生虫，無機物，化学物質・農薬，消毒副生成物，臭気物質，リスク評価管理，水質分析法の 8 課題群それぞれの研究方法

の詳細は，分担研究報告書を参照されたい。
倫理面への配慮：該当しない。

C. 研究結果と考察

(1) ウイルス

水道原水 A においては，PCR 法単独にて定量されたアデノウイルス，エンテロウイルス，ロタウイルスが 10^{3-5} copies/L 程度，また，トウガラシ微斑ウイルスが 10^{6-7} copies/L 程度存在していることが確認された。

PCR 法単独によるウイルス定量においてエンテロウイルス及びロタウイルスが陽性となった試料について，ICC-PCR 法による定量を実施したところ，エンテロウイルス及びロタウイルスが感染力を有する状態でそれぞれ 10 MPN/L 程度，1-3 MPN/L 程度存在することが明らかとなった。エンテロウイルスの定量においては，PM_{Axx}-Enhancer-PCR 法と ICC-PCR 法の間での陽性/陰性の結果が一致したことから，エンテロウイルスの感染力評価手法の代替として PM_{Axx}-Enhancer-PCR 法を活用できる可能性が示唆された。

流入下水に存在する大腸菌を用いて Coliminder の有用性が確認されたため，次年度において水道原水を対象とした調査に用いることが可能と判断された。

PMMoV 濃度がおよそ 10^5 ， 10^4 ， 10^3 copies/L のオーダーで含まれるように調製した高濃度，中濃度，低濃度試料は，研究分担者と研究協力者が所属する 7 機関で概ね同様の測定濃度だった（表 1）。試料送付から 1 週間程度以内に核酸抽出・精製が行われた場合には，同一試料の測定濃度のばらつき 1 log 未満であり，ろ過水における PMMoV の管理目標値として 4 log (10^4 copies/L) オーダー以下と設定することはリアルタイム PCR の測定精度の点からも現実に難しくはないと考えられた。今後は，リアルタイム PCR による計測結果の精度評価法や，操作やデータの解釈の研修等の実施を検討する必要がある。

表 1. 各機関による PMMoV 濃度測定結果

機関	高濃度試料		中濃度試料		低濃度試料	
	平均濃度 [copies/L]	平均濃度 [log copies/L]	平均濃度 [copies/L]	平均濃度 [log copies/L]	平均濃度 [copies/L]	平均濃度 [log copies/L]
A	2.3×10^5	5.4	1.7×10^4	4.2	$1.4 \times 10^3^*$	3.1*
B	3.3×10^5	5.5	3.5×10^4	4.5	3.5×10^3	3.5*
C	5.9×10^5	5.8	5.9×10^4	4.8	6.9×10^3	3.8
D	1.3×10^5	5.1	$1.5 \times 10^{4**}$	4.2**	$1.2 \times 10^3^*$	3.1*
E	7.0×10^4	4.8	3.8×10^4	4.5	5.3×10^3	3.7
F	3.1×10^5	5.5	4.7×10^4	4.7	7.3×10^3	3.9
G	8.0×10^5	5.9	6.7×10^4	4.8	9.2×10^3	3.9

*: 定量下限以下を含む参考値として示した.

** : 3 試料中, 1 試料で得られた濃度を示した.

(2) 細菌・寄生虫

全国 21 浄水場の原水, ろ過水, 浄水でのレジオネラ属菌の遺伝子量を把握するとともに, 従属栄養細菌数(HPC)との相関関係を評価した. その結果, レジオネラ属菌遺伝子の検出率より, 浄水処理によるレジオネラ属菌の遺伝子量の低減効果が示された. 浄水試料でレジオネラ属菌の遺伝子が検出した試料を用いた場合に, HPC とレジオネラ属菌の遺伝子量に弱い正の相関が確認でき (図 1), レジオネラ汚染を把握する上で, HPC 等により, 処理システム内の細菌汚染状況を把握することが重要であることが示された.

水道水試料から分離した *V. vermiformis* の栄養体細胞またはシストを異なる HPC 濃度の水道水試料に植種し, HPC と自由生活性アメーバ(FLA)の再増殖を経時的に調べた. その結果, HPC が低濃度であってもシストが栄養体に変化すること, また初期の HPC 濃度が高い試料

ほど FLA 再増殖までのラグが短くなったことを確認した. 一方, FLA の十分な増殖が起こった試料では, 先行して HPC が 103 CFU/mL 以上に上昇する傾向が確認された.

水道水が長期滞留した給水栓において異なる流量条件で放水を行い, その後の滞留期間におけるレジオネラの再増殖過程を比較した. 高流量条件 (8~25L/分で 60~90 分間) で放水を行った場合, 低流量条件 (3~6 L/分で概ね数分間) での放水よりも給水栓でのレジオネラ濃度を長期間にわたって低濃度に抑制できることが明らかとなった. その一方で, 高流量条件でも 1~2 週間後にはレジオネラが一定レベルまで再増殖したことから, 放水 (フラッシング洗浄) のみでは対策の持続性に限界があることも示唆された.

水道クリプトスポリジウム等の検査における, 顕微鏡検査と遺伝子検査の結果を比較した結果, 7 割程度の一致であった.

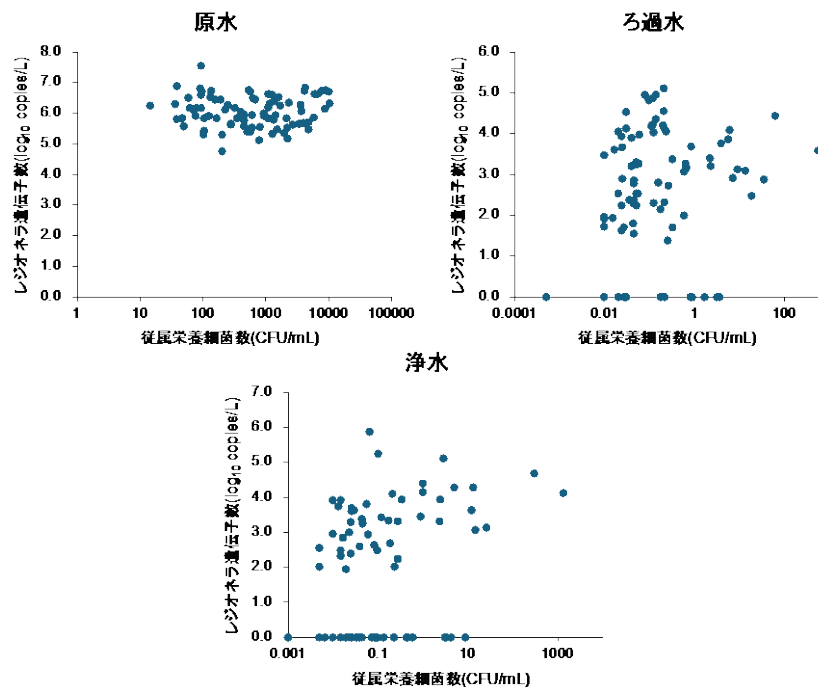


図1. 原水, ろ過水, 浄水試料での従属栄養細菌数とレジオネラ属菌遺伝子量の関係

(3) 無機物

アンケート調査結果より, 今回回答のあった比較的規模の大きい水道事業者では, 給水台帳やマッピングシステム等の既存資料から鉛管残存状況を調査把握している事業者が多かった。公道部の鉛製給水管の布設替えは進んでいるものの, 布設替え工事の実施が困難な場所が依然残っており, 利用者の理解を促し合意形成を進めることが必要であった。すなわち, 公道部と比べて宅地部で残存する鉛製給水管の解消については, 私有地内であるために布設替えといった直接的な対策が困難であり, 多くの事業者では広報活動が中心に行われていた。また, 助成金など補助金制度を設けている場合や, 鉛管解消に向けた専門部署や専門担当者の設置している事業者もあり, これらの取り組みも解消に有効であることが分かった。宅地部の給水管については, 所有者が水道事業ではないため, 公道部と比べて実態の把握が進んでいないことが分かり, 効果的な調査把握手法が必要と考えられた。

鉛製給水管の残存件数(概数)を把握する手法について検討した結果, 該当年度の建物戸数と鉛管残存件数には一定の関連があることが

示唆された。一方で, 鉛製給水管解消の取り組みの程度により建物対鉛管比率に差があることが分かった。今後, 検証する事業者を増やすことで, 地域や取り組みによる差を把握し, 建築年数別建物数から鉛製給水管の残存件数(概数)を把握できる可能性がある。なお分析にあたっては, 空き家の有無や使用期間に建築された建物での当時の鉛製給水管採用率を考慮する必要がある, 今後の課題である。

鉛濃度のデータ群を解析したところ, 滞留法は流水に比べて鉛濃度にばらつきが大きいことがわかった。滞留法および流水ともに, 鉛管長さが長くなるほど鉛濃度の平均値および中央値, 超過率が上昇する傾向を示した。しかし, 鉛管長さ 7m未満の鉛濃度については流水と滞留法で鉛濃度に顕著な差がなかった。実際に鉛が検出されておらず鉛管の使用が無い経路では, 採水・検査負担がより大きい滞水法の必要性は低いと考えられ, その省略要件を示した。

鉛管においては, 温度及び水質により溶出の濃度が異なることが示された。

(4) 化学物質・農薬

令和 4 農薬年度の農薬製剤出荷量は約 22.2 万 t で昨年とほぼ同じであった。登録農薬原

体数は令和5年2月現在592種類であった。登録農薬製剤数は令和4年9月現在、殺虫剤が1033、殺菌剤が866、殺虫殺菌剤が352、除草剤が1609、それ以外が317で、合計は4177であった。

令和5年度の農薬濃度の実態調査では、原水では68種、浄水では35種の農薬および分解物が検出された。検出された農薬を使用用途で見ると、除草剤が原水で42種、浄水では18種と最も多く、監視農薬の分類では対象リスト農薬掲載農薬が原水では42種、浄水では21種であった。個別農薬評価値が最も高かった農薬は、原水ではテフリルトリオン、浄水ではクロロピクリンで、 Σ 値の最高値は、原水では0.96、浄水では0.10であった。

有機フッ素化合物の調査では、浄水からPFOSとPFOAの合計値が暫定目標値の50%を超過する場合もあったが、他の浄水場の浄水と混合されて配水され、給水栓水濃度は低い値になっていた。多種の有機フッ素化合物を調査した事業体の結果では、炭素数が少ないものが検出される傾向、炭素数の少ないものが浄水処理工程で除去されにくい傾向が認められた。水源調査では、いくつかの事業体でPFOAとPFOSの合計値あるいは単独でも50 ng/L超で検出される場合があったが、その原水の全取水量への寄与が小さかったり、取水の抑制等で運用が行われていた。

A浄水場の水源河川を調査し、PFBSの発生源は河川L、河川BとCの上流、河川Dの合計4地点に存在することが推定された。このうち、河川L、河川Dの発生源はそれぞれ廃棄物集積地点、廃棄物埋立地の可能性が考えられた。

塩素処理よりフェントエートはオキソン体に変換され、その変換率は60~80%と高かった。また、塩素共存下でもフェントエートオキソンは安定して存在した。さらに、フェントエート塩素処理試料が誘発したChE活性阻害性は、フェントエートオキソンのみで説明できた。加えて、フェントエートオキシソンのChE活性阻害性は、既に測定対象リストに組み込まれているマラチオンオキソン、ダイアジノンオキソン、メチダチオンオキシソンのChE活性阻害性より大きかった。

各地域で測定を推奨する農薬類として地域

別リストを作成し、各地域の測定推奨農薬を選定した。選定の最大数は関東で75であった。また、対象農薬類への格上げ、対象農薬類からの格下げが推奨される農薬類を選定した結果、2023年度時点でリストアップされていた対象農薬類115種類に対して格上げ対象が6農薬、格下げ対象が8農薬となり(表2, 3)、その結果、対象農薬類を113農薬に更新することを提案した。第1格上げ候補農薬のフェンキノトリオンは出荷量の増加が顕著な水田用除草剤で、10地域中6地域で優先度が高い測定推奨農薬である。

表2. 格上げ対象農薬

選択基準	整理番号	原剤名	用途	主な使用先	ADI (mg/kg/day)	評価値 (μg/L)	登録年	備考
第1	治-177	フェンキノトリオン	除草剤	水田	0.0016	4	2018	
第2	要-010	フルスルファミド	殺菌剤	畑地	0.001	2.5	1992	
第2	他-061	ピメトロジン	殺虫剤	水田	0.013	30	1998	
第2	治-060	シアナミド	成長調整剤	水田	0.002	5	2000	ADI:EFSA値
第2	治-148	イミシアホス	殺虫剤	畑地	0.0005	1.3	2010	
第2	治-150	メソトリオン	除草剤	水田	0.003	7.5	2010	

表3. 格下げ対象農薬

選択基準	整理番号	原剤名	用途	主な使用先	ADI (mg/kg/day)	評価値 (μg/L)	登録年	失効年
第2	対-001	1,3-ジクロロプロベン (D-D)	土壌燻蒸	畑地	0.02	50	1950	未失効
第2	対-006	アジュラム	除草剤	水田	0.36	900	1972	未失効
第2	対-039	クロタロニル (TPN)	殺菌剤	畑地	0.018	50	1965	未失効
第2	対-052	ジメトエート	殺虫剤	畑地	0.002	50	1961	未失効
第2	対-059	チオジカルブ	殺虫剤	畑地	0.03	80	1988	未失効
第2	対-067	トリフルラリン	除草剤	畑地	0.024	60	1966	未失効
第2	対-106	マラチオン (マラソン)	殺虫剤	畑地	0.02	700	1953	未失効
第2	対-109	メタラキシル	殺菌剤	畑地	0.022	200	1984	未失効

(5) 消毒副生成物

臭素化ハロ酢酸に関連する種々の調査を行った。まず、全国のBr濃度の分布状況と地域的特性を明らかにした。また、Br濃度が高濃度の地点では、これまで検出が確認されなかったトリプロモ酢酸の検出も確認された。

各水道事業体の個別の調査結果は次のようである。ジハロ酢酸について、夏季の高温時に配水過程で減少傾向にあった。原水の塩化物イオンと臭化物イオン濃度に差があり、有機物濃度(TOC)が高い浄水場の原水及び工程処理水を対象に、消毒副生成物生成能を実施し、臭素化ハロ酢酸の生成が確認された。プロモジクロロ酢酸の生成量は、臭化物イオンが高い地点では最大で目標値(案)を超過した。臭化物イオンが河川の流下に伴い増加する事例では、支川の排水等から流入する人為的な影響が考えら

れた。

台風や豪雨に伴う高濁度時と平常時の原水のハロ酢酸類生成能及び工程水と浄水のハロ酢酸の挙動を調査した。台風や豪雨に伴う高濁度時には、原水は TOC の上昇と共にハロ酢酸生成能が増加し、工程水、浄水のハロ酢酸濃度、特にジクロロ酢酸及びトリクロロ酢酸の濃度は前塩素処理の影響で上昇することを示した。オゾン処理及び活性炭処理を用いた場合のハロ酢酸生成能の長期トレンドの結果から浄水処理において安定的に生成能を低減できることを示した。また、オゾン処理及び活性炭処理は総トリハロメタン生成能と比べてハロ酢酸生成能は除去されやすいことがわかった。しかし、一部のハロ酢酸において近年、検出濃度が上昇しており、前塩素処理や送水における残留塩素濃度管理値の変更等が影響していることが推察された。濃度は基準値や目標値案と比べて低いが、引き続き前塩素注入が与える影響を調査することは必要であると考えられた。

総ハロ酢酸生成能、総アセトニトリル生成能は、高度浄水処理システムによってそれぞれ約 80%、約 70%除去されており、高度浄水処理による低減効果が高いことが確認された。しかし、ハロ酢酸については、分子構造中の塩素原子数が多い成分ほど浄水処理による除去性能が高くなるため、処理が後段に進むにつれ、臭素系成分の構成割合が高くなった。アセトニトリルについては、ジクロロアセトニトリルを除く成分の除去率が大きくないために、臭素系成分の構成割合が高く、浄水で 60%以上を占めることがわかった。ラフィド藻類は、トリクロロ酢酸だけでなく、ブロモジクロロ酢酸の生成にも関与している可能性が考えられた。栗国村における臭素酸増加の原因は、送水ポンプから供給される銅と、塩素が入った浄水（海水淡水化水）の接触によるものと考えられる。

4-amino-3,5-dichlorophenol (DCAP) の細胞毒性を 2,6-Dichloro-1,4-benzoquinone (DCBQ), 2,6-dichloroquinone-4-chloroimide (DCQC), p-quinone-4-chloroimide (QC) と比較したところ、細胞毒性の強さは $QC \gg DCQC > DCBQ > DCAP$ となった。また、DCAP 塩素処理物の細胞毒性は DCAP 自体の毒性より高く、DCAP は塩素処理によってより毒性の高い物質に変換

されていることが示唆された。

珪藻類 (*Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*) を単離培養し、生成能試験をおこなった。当該生物の生成能は低値であり、異臭リスクは低いことを確認した。単離培養した *Aulacoseira granulata* ver. *angustissima* の 1-hexen-3-one 生成量の経時変化を調査し、1-hexen-3-one は細胞由来と塩素処理由来があることを確認した。

国内の水道原水中のヨウ素の形態別濃度について、全体的な分布として大まかには、有機態ヨウ素 > ヨウ素酸イオン > ヨウ化物イオンといった大小関係があることを示した。形態間の濃度の相関関係は明確ではないが、総ヨウ素と塩化物イオンや臭化物イオン濃度の間には、比例関係が認められた。都道府県別の平均値を見ると特に関東地方の一部で高かった。下水処理水等人為由来と天然由来のヨウ素の影響が考えられるが、特に高かった千葉県については天然由来のものと考えられた。

(6) 臭気物質

全国 5 事業者の給水栓水と浄水を対象とした実態調査の結果、浄水残留塩素がありと無しの場合の臭気強度の差の値について、残留塩素がありの場合の臭気強度に対する比率を求めたところ 63~100% となり (図 2)、その中央値は 87% であった。このことから、水道水の臭気強度に対するカルキ臭の割合が高いことが示唆された。全試料を対象としノンパラメトリック検定であるウィルコクソンの順位和検定を行ったところ、残留塩素濃度が高い場合には臭気強度が高い傾向にあった。しかし、一部の事業者の試料では、残留塩素濃度に対して臭気強度が高い場合、低い場合が認められたため、さらなる調査が必要であると考えられた。

トリニトロベンゼンスルホン酸を用いた誘導体化 LC/MS 法により、アミン類を高感度に分別定量できる手法を構築した。本手法をちば野菊の里浄水場浄水に適用したところ、メチルアミンが最大で 0.5 µg/L 検出されたが、この濃度のメチルアミンが塩素処理を受けることにより生成される臭気強度は 1.3 TON 程度であると計算され、浄水臭気への寄与は大きくないと判断された。

A 浄水場浄水を GC/olfactometry により解析したところ、51 種の臭気が感知され、これらのうち、GC 保持時間 4.7~5.0 分と、6.2~6.7 分の臭気が、浄水由来である可能性が高いと判断された。これらの GC 保持時間には、それぞれブロモジクロロメタン (BDCM) とジブロモクロロメタン (DBCM) が検出されたが、標準品を用いた官能試験の結果、これらの物質の浄水臭気への寄与率は、最大でも 0.01%と 0.7%であると算定され、浄水臭気への寄与は極めて限定的であると判断された。

新規カルキ臭原因物質の候補物質としてブロモジクロロアミンの調製を試み、そのマススペクトルを HS-GC/MS により初めて取得することに成功するとともに、ガスクロマトグラム上での保持時間を確定した。このマススペクトルには、これまでのトリクロラミン分析に用いられていた m/z が含まれていたため、現在までに得られているデータを再解析することで、水道水中のブロモジクロロアミンの存在について調査できる可能性が示された。一方、量論的にはブロモジクロロアミンの生成が優先すると期待された臭化物イオンの添加条件でも、トリクロラミンが主な生成物であった。速度論あるいは多種の中間体の存在の影響が示唆されたため、ブロモジクロロアミンの合成条件を最適化するためには、今後より広い範囲での条件探索が必要であると考えられた。

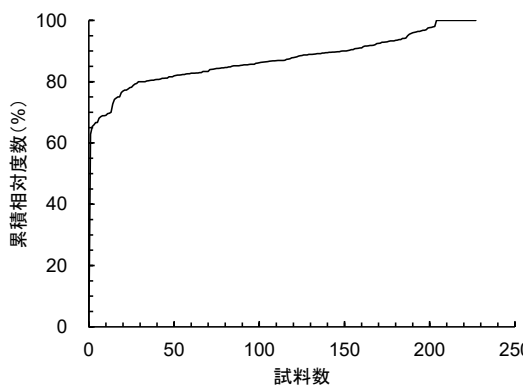


図 2. 臭気強度（残留塩素が存在する場合としない場合の差）の臭気強度（残留塩素が存在する場合）に対する割合の累積相対度数

(7) リスク評価管理

2022 年に欧州の水枠組み指令の改定案にリストされた PFAS24 物質のうち、昨年度の調査(欧州飲料水指令)で対象とならなかった 8 化合物と国内で検出例が知られている 2 化合物(4:2FTS, 6:2FTS)について、体内動態、反復投与毒性、生殖発生毒性、発がん性(遺伝毒性を含む)に関する毒性情報収集を行った。健康影響評価値の設定に必要な体内動態、反復投与毒性、生殖発生毒性、遺伝毒性、発がん性に係る NOAEL などの定量的情報が得られたのは 10 物質中 8 物質であった。ほとんどの化合物で共通して肝臓への影響が報告されており、NOAEL の根拠となっていた。HFPO-DA (GEN-X) の NOAEL は最も低く 0.1 mg/kg/day であったが、その他の物質の NOAEL は 1-45 mg/kg/day の範囲と考えられた(表4)。炭素数が 14 以上のカルボン酸類は、炭素数が多くなるに従い毒性は弱くなる方向であった。

WHO ガイドラインの改定で国内の規準値や目標値と異なる評価がなされた物質の毒性情報の収集整理としては、テトラクロロエチレン(別名:パークロルエチレン, PCE)の毒性情報の収集および WHO における最新評価の概要を整理した。今回、PCE の GV が 40 µg/L から 100 µg/L に改訂された。WHO の改訂で新たに追加されたデータはなかったが、疫学研究の吸入曝露量を PBPK モデルへあてはめて経口曝露量へ変換する手法が適用された。WHO で採用された PBPK モデルは、Health Canada で確立されたモデルであるが、UF の考え方が WHO と異なっており、TDI がより保守的に設定されていると考えられた。

一方、日本では 1992 年に PCE の水質基準値は 0.01 mg/L 以下と設定され、現在もこの基準値が維持されている。基準値の根拠の概要は、『WHO 飲料水水質ガイドライン(1984)および USEPA-HA の根拠データ(NCI,1977)をもとに、リスク外挿法線形多段階モデルによるライフタイム 70 年に対する発がんリスク 10^{-5} の評価より、水質評価値 0.01 mg/L (水道水質基準での採用算定方法).』とされている(国立環境研究所 <https://www.nies.go.jp/eqsbasis/water.html>)。この値は Health Canada (2015) の GV と同値で

ある。

PCE の発がん性毒性の MOA, PBPK 等の評価手法等の新たな情報を鑑み, 基準値の再検討に役立てることが必要であると考えられた。

表4. PFAS 類物質の NOAEL (LOAEL) の一覧

化合物名 (略称)	反復投与毒性	生殖発生毒性
PFTeDA	Hirata-Koizumi M, et al., (2015) 反復生殖併合試験 NOEL:1 mg/kg/day	Hirata-Koizumi M, et al., (2015) 反復生殖併合試験 NOEL:3 mg/kg/day
PFHxDA	Hirata-Koizumi M, et al., (2015) 反復生殖併合試験 LOEL:4 mg/kg/day	Hirata-Koizumi M, et al., (2015) 反復生殖併合試験 NOEL:20 mg/kg/day
PFODA	Hirata-Koizumi M, et al., (2012) 反復生殖併合試験 NOEL:40 mg/kg/day	Hirata-Koizumi M, et al., (2015) 反復生殖併合試験 NOEL:200 mg/kg/day
ADONA	Gordon (2011) ラット90日間試験 LOAEL:10 mg/kg/day	Gordon (2011) 発生毒性試験 NOAEL:30 mg/kg/day
HFPO-DA (GenX)	Caverly Rae et al. (2015) ラット2年間慢性毒性/発がん性複合試験 NOAEL:0.1 mg/kg/day	DuPont-18405-1037 マウス生殖/発生毒性スクリーニング試験 NOAEL:0.5 mg/kg/day
C6O4	-	-
6:2-FTOH	Serex et al. (2014) ラット90日間試験 NOAEL:5 mg/kg/day	Mukerji, et al. (2015) マウス1世代試験試験 NOAEL: 25 mg/kg/day
8:2-FTOH	Ladics et al., (2008) ラット90日間試験 NOAEL:5 mg/kg/day	Mylchreest et al., 2005 発生毒性試験 NOAEL: 50 mg/kg/day
4:2FTS	-	-
6:2FTS	ECHA REACH Dossier 反復生殖併合試験 NOAEL:15 mg/kg/day	ECHA REACH Dossier 反復生殖併合試験 NOAEL:45 mg/kg/day

(8) 水質分析法

PFAS スクリーニング分析法の定量精度の評価: LC-MS/MS を用いた PFAS のスクリーニング分析法について定量精度を評価した(表5)。その結果, 装置間で検量線の傾きに違いが認められた。これは PFAS を TIC でモニターしているため, 汚れ等の PFAS 由来ではないイオンが加算されることが原因と推察された。したがって, スクリーニング分析を実施する際には, 装置状態の把握が重要であることがわかった。

また, 標準液と実試料について通常分析法であるターゲット分析法とスクリーニング分

析法のより得られた定量値を比較した。その結果, その誤差は小さく, スクリーニング分析として活用するには十分な定量精度であった。

表5. スクリーニング分析対象 PFAS

番号	化合物名
1	ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)
2	ペルフルオロオクタナ酸 (PFOA)
3	ペルフルオロヘプタンスルホン酸 (PFBS)
4	ペルフルオロペンタンスルホン酸 (PFPeS)
5	ペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS)
6	ペルフルオロヘプタンスルホン酸 (PFHpS)
7	ペルフルオロノナンスルホン酸 (PFNS)
8	ペルフルオロデカンスルホン酸 (PFDS)
9	ペルフルオロドデカンスルホン酸 (PFDoS)
10	ペルフルオロブタン酸 (PFBA)
11	ペルフルオロペンタン酸 (PFPeA)
12	ペルフルオロヘキサナ酸 (PFHxA)
13	ペルフルオロヘプタナ酸 (PFHpA)
14	ペルフルオロノナン酸 (PFNA)
15	ペルフルオロデカン酸 (PFDA)
16	ペルフルオロウンデカン酸 (PFUdA)
17	ペルフルオロドデカン酸 (PFDoA)
18	ペルフルオロトリデカン酸 (PFTTrDA)
19	ペルフルオロテトラデカン酸 (FTTrDA)
20	ペルフルオロヘキサデカン酸 (PFHxDA)
21	ペルフルオロオクタデカン酸 (PFODA)

農薬類スクリーニング分析法の負イオン化モード用データベースの構築: LC-QTOFMS を用いたスクリーニング分析法におけるネガティブモードデータベースの構築を試みた。その結果, 選定した IS 候補 5 物質は, 適度に保持時間が分散されたため, IS として有用と判断した。次に通知法に記載されたネガティブモードの農薬類 29 種についてプリカーサーイオンおよびプロダクトイオンの検出を試みた。その結果, 25 種の農薬類のイオン化条件を決定することができた。そして, 保持時間の近い IS で補正した検量線を作成した結果, いずれの検量線の直線性は良好であった。農薬類の定量下限値を目標値と比較したところ, トリクロピルを除く 24 種の農薬類は目標値の 1/100 を下回った。

構築した LC-QTOFMS を用いたスクリーニング分析法を用いて, 実試料へ適用について検

証した。その結果、25種の農薬類のうち、9種の農薬類が河川水試料4検体から検出され、その実態を明らかにすることができた。以上の結果より、本法は、これまで構築してきたポジティブモード農薬類に加えて、ネガティブモードのスクリーニング法として十分な感度で定量できることがわかった。また、LC-QTOFMSを用いたスクリーニング分析法は検査対象とする農薬類の選定や検出オーダーの把握に非常に役立つと考えられた。

農薬GC/MSスクリーニング分析法の実運用案の策定:スクリーニング分析法の実運用化に向けては、以下の3ステップに従って進めていくことを考えている。

<レベル1 (部分利用) >

- ・ 標準品が入手困難・高価な異性体・分解物のみに適用する。
- ・ 定性はデータベース登録情報、定量は原体の標準品で作成した検量線を利用する。(メチダチオン⇔メチダチオンオキソン, フェントエート⇔フェントエートオキソン等)

<レベル2 (過去結果の利用) >

- ・ 運用する検査機関自らが同一装置・同一分析条件で過去に測定した結果を基に適用する。
- ・ 定性は過去に測定した結果のRI, マススペクトル等に基づいて判断し、定量も過去に作成した検量線を用いる。

<レベル3 (DB利用) >

- ・ 同一メーカー・同一分析条件で作成した結果をデータベース(DB)として活用
- ・ 定性はDB登録のRI, マススペクトル等に基づいて判断し、定量はDB登録した検量線を用いる。
- ・ 定量精度が悪い農薬、検出頻度・濃度が高い農薬は、都度検量線を作成してもよい。

今後は、上記のステップに従い、レベル1(部分利用)の実運用化に向けた検討と提案を行う予定である。

ジクロロメタンを用いない固相抽出-GC/MS一斉分析法の検討:有害試薬であるジクロロメタンの代わりにヘキサン・アセトン混合液を用いた固相抽出カラムからの溶出について検討した結果、多くの物質について良好な検査精度

が得られたことから、ジクロロメタンの代替としてヘキサン・アセトン混合液を用いた固相抽出法の有用性が確認できた。今後は複数機関によるバリデーション試験を実施する予定である。

D. 結論

(1) ウイルス

PCR法単独によるウイルス定量でエンテロウイルス及びロタウイルスが陽性となった試料をICC-PCR法で定量したところ、エンテロウイルス及びロタウイルスは10 MPN/L程度、1-3 MPN/L程度であった。PMMoV濃度がおよそ 10^5 , 10^4 , 10^3 copies/Lのオーダーで含まれるように調製した高濃度、中濃度、低濃度試料を7機関で測定したところ、測定濃度の差は最大でもおよそ1 logであった。

(2) 細菌・寄生虫

浄水におけるレジオネラ属菌遺伝子の検出率より、浄水処理によるレジオネラ属菌の遺伝子量の低減効果が示された。浄水試料でレジオネラ属菌の遺伝子が検出した試料ではHPCとレジオネラ属菌の遺伝子量に弱い正の相関が確認され、レジオネラ汚染を把握する上でHPCの重要性が示された。HPCが低濃度であってもシストが栄養体に変化すること、また初期のHPC濃度が高い試料ほどFLA再増殖までのラグが短くなった。給水栓では高流量条件で放水を行った場合の方がレジオネラ濃度を長期間にわたって低濃度に抑制できる。クリプトスポリジウム顕微鏡検査と遺伝子検査の結果は7割程度の一致であった。

(3) 無機物

比較的規模の大きい水道事業者では、給水台帳やマッピングシステム等の既存資料から鉛管残存数などを調査把握している事業者が多い。宅地部の給水管については、公道部と比べて実態の把握が進んでおらず、鉛製給水管の残存件数(概数)を把握する手法について検討した結果、該当年度の建物戸数と鉛管残存件数には一定の関連があることが示唆され、過去の鉛管解消の取り組みなどを考慮することで、建築年数別建物数から鉛製給水管の残存件数(概数)を把握できる可能性があることが分かった。鉛管においては、温度及び水質により溶出の濃度

が異なることが示された。

(4) 化学物質・農薬

令和5年度の調査では、個別農薬評価値が最も高かった農薬は、原水ではテフリルトリオン、浄水ではクロロピクリンで、Σ値の最高値は、原水では0.96、浄水では0.10であった。多種の有機フッ素化合物を調査した事業体では、炭素数が少ないものが検出される傾向、炭素数の少ないものが浄水処理工程で除去されにくい傾向が認められた。塩素処理よりフェントエートは変換率60~80%でフェントエートオキソンに変換され、安定して存在した。フェントエートオキシソンのChE活性阻害性は、既に測定対象リストに組み込まれているマラチオンオキソン等よりも大きかった。対象農薬類への格上げ対象が6農薬、格下げ対象が8農薬を提案された。特にフェンキノトリオンは出荷量の増加が顕著な水田用除草剤で格上げ優先度が高いと判定された。

(5) 消毒副生成物

全国のBr濃度の分布状況と地域的特性を明らかにしたBr濃度が高濃度の地点で、トリブromo酢酸が検出され、ブロモジクロロ酢酸の生成量は最大で目標値(案)を超過することを確認した。豪雨に伴う原水TOCによりハロ酢酸生成能が増加し、浄水ではジクロロ及びトリクロロ酢酸濃度は前塩素処理の影響で上昇することを示された。オゾン及び活性炭処理ではハロ酢酸生成能は除去されやすかった。国内の水道原水中のヨウ素の形態別濃度について、全体的な分布として大まかには、有機態ヨウ素 > ヨウ素酸イオン > ヨウ化物イオンといった大小関係があった。

(6) 臭気物質

水道水227試料について、臭気強度に対する残留塩素無しの臭気強度の寄与は小さくなく、水道水の臭気強度に対してはカルキ臭の寄与が大きいことが示された。残留塩素濃度が高い場合には臭気強度が高い傾向にあった。しかし、一部の試料では、この傾向がみられず、さらなる調査が必要であると考えられた。トリニトロベンゼンスルホン酸を用いた誘導体化LC/MS法により、アミン類を高感度に分別定量できる手法を構築し、メチルアミンが0.5 µg/L検出されたが、臭気への寄与は小さいと判断され

た。GC/olfactometryによる官能試験でブロモジクロロメタン(BDCM)とジブロモクロロメタン(DBCM)が臭気原因の候補として検出されたが、それらの臭気閾値濃度は高く、浄水臭気への寄与は極めて限定的であると判断された。

(7) リスク評価管理

2022年に欧州の水枠組み指令の改定案にリストされたPFAS24物質のうち、昨年度の調査(欧州飲料水指令)で対象とならなかった8化合物と国内で検出例が知られている2化合物(4:2FTS, 6:2FTS)について毒性情報収集を行った。ほとんどの化合物で共通して肝臓への影響が報告されており、NOAELの根拠となっていた。HFPO-DA(GEN-X)のNOAELは最も低く0.1 mg/kg/dayであったが、その他の物質のNOAELは1~45 mg/kg/dayの範囲と考えられた。炭素数が14以上のカルボン酸類は、炭素数が多くなるに従い毒性は弱くなる方向であった。PCEの発がん性毒性のTDIおよび非発がん性毒性のTDIの包括的なTDIは、神経毒性を根拠に設定した0.016 mg/kg/dayであった。

(8) 水質分析法

PFASを対象に広く普及している高速液体クロマトグラフ-トリプル四重極型質量分析計(LC-MS/MS)を用いたスクリーニング分析法の定量精度について検討を行った。装置間で検量線の傾きに違いが認められ、装置状態の把握が重要であることがわかった。通常分析法であるターゲット分析より得られた定量値を比較したところ、その誤差は0.51~1.41と小さく、スクリーニング分析として活用するには十分な定量精度であった。

また、25種の農薬について、液体クロマトグラフ-四重極飛行時間型質量分析計(LC-QTOFMS)を用いたスクリーニング分析法における負イオン化モードのデータベースを構築し、トリクロピルを除く24種については検査法としての活用に十分な感度を有することがわかった。これらを踏まえ、農薬GC/MSスクリーニング分析法の実運用案とガイドライン案を策定した。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

Miura, T., Kadoya, S., Miura, Y., Takino, H., Akiba, M., Sano, D., Masuda, T. (2024). Pepper mild mottle virus intended for use as a process indicator for drinking water treatment: present forms and quantitative relations to norovirus and rotavirus in surface water. *Water Research*, accepted.

Canh, V. D., Torii, S., Singhopon, T., & Katayama, H. (2023). Inactivation of coxsackievirus B5 by free chlorine under conditions relevant to drinking water treatment. *Journal of Water and Health*, 21(9). <https://doi.org/10.2166/wh.2023.178>

Nakazawa, Y., Kosaka, K., Yoshida, N., Asami, M., Matsui, Y. Maximum desorption of perfluoroalkyl substances adsorbed on granular activated carbon used in full-scale drinking water treatment plants. *Water Research*, 254, 121396, 2024.

Nakazawa, Y., Kosaka, K., Yoshida, N., Asami, M., Matsui, Y. Long-term removal of perfluoroalkyl substances via activated carbon process for general advanced treatment purposes. *Water Research*, 2023, 245, 120559.

Matsumoto, M., Murata, Y., Hirose, N., Shigeta, Y., Iso, T., Umamo, T., & Hirose, A. (2023). Derivation of subacute guidance values for chemical contaminants of drinking water quality standard in Japan. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 141, 105401.

小林憲弘, 土屋裕子, 木下輝昭, 高木総吉, 中嶋京介, 広木孝行, 平林達也, 藤井裕美, 栗原正憲, 関川慎也, 奥村学, 古口健太郎, 樋口雄一, 大瀧翔吾, 代龍之介, 古川浩司, 松中宗平, 松澤悠, 高原玲華, 五十嵐良明. 液体クロマトグラフ質量分析計による水道水中のメチダチオンオキシソンの分析法の検討と妥当性評価. *水道協会雑誌*, 92(7), 5-17, 2023.

小林憲弘: 水質事故迅速モニタリング手法の開発と普及に関する研究. *地球環境*, 28(2), 171-178, 2023.

小林憲弘, 土屋裕子, 石井一行, 馬場紀幸, 林田寛司: パージ・トラップ・ガスクロマトグラフ質量分析による水道水中の揮発性有機化合物の分析精度に影響を与える要因の解析. *環境化学*, 34, 1 - 8, 2024.

<https://doi.org/10.5985/jec.34.1>

木下輝昭, 小田智子, 栗田翔, 山崎貴子, 猪又明子, 佐久井徳広, 野原健太, 中村李, 土屋裕子, 小林憲弘: 水道水中農薬の GC/MS スクリーニング分析データベースの構築と定性・定量精度の検証. *環境科学会誌*, 37(2), 53-63, 2024.

<https://doi.org/10.11353/sesj.37.53>

2. 著書

なし

3. 解説・総説

小坂浩司. 水道における化学物質に関する最近の話題. *保健医療科学*, 72 (3), 203-211, 2023.

4. 学会発表

福士萌笑, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦. 塩素処理におけるウイルスの高不活化率の評価: 濃縮法を組み合わせた大容量実験系の適用. 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡, 2024/3/6-8.

山口耕平, 白崎伸隆, 松下拓. 感染力評価と外殻タンパク質損傷評価を併用したオゾン処理におけるヒトサポウイルスの不活化特性の把握. 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡, 2024/3/6-8.

三浦尚之, 前田暢子, 東城まゆみ, 吉田伸江, 小坂浩司, 増田貴則. 全国の水道原水における PMMoV 遺伝子マーカーと医薬品の実態調査. 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡, 同講演集, 146, 2024/3/6-8.

白崎伸隆, 胡秋晗, 白川大樹, 高木弘隆, 岡智一郎, 松下拓, 松井佳彦. 汎用細胞増殖系を活用した浄水処理におけるヒトサポウイルスの除去・不活化特性の把握. 第 60 回環境工学研究フォーラム, 山口, 2023/11/29-12/1.

浅川高志, 白川大樹, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦. ヒトノロウイルスの浄水処理性評価に向けた高感度に定量可能な革新的ウイルス様粒子の創製. 第 30 回衛生工学シンポジウム, 札幌, 2023/11/9-10.

福井健暉, 川上悟史, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦. 水道原水に存在する病原ウイルスの感

染力評価：活性炭吸着とUF膜ろ過を組み合わせたウイルス濃縮法の構築と適用. 第30回衛生工学シンポジウム, 札幌, 2023/11/9-10.

三浦尚之, 白崎伸隆, 片山浩之, 増田貴則, 松井佳彦. 水道におけるウイルスのリスク管理の国際動向とPMMoV遺伝子マーカーの有用性. 令和5年度全国会議(水道研究発表会), 東京, 同講演集, 694-695, 2023/10/18-20.

白川大樹, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦. トウガラシ微斑ウイルスの水中病原ウイルスに対する代替指標性と実浄水工程における処理性. 第26回日本水環境学会シンポジウム, 吹田, 2023/9/20-22.

瀧野博之, 浅田安廣, 増田貴則: 実態調査に基づく従属栄養細菌数と一般細菌数の関係性評価. 令和5年度日本水道協会全国会議, 東京, 2023/10/18-20.

泉山信司, 小澤克行: 河川水クリプトスポリジウム等の検査における顕微鏡検査と遺伝子検査の比較. 第82回日本寄生虫学会東日本支部大会, 第56回日本原生生物学会大会および第74回日本衛生動物学会東日本支部大会との合同大会(PPEZ-2023), 東京, 2023/10/20-22.

泉山信司, 北沢和, 藤瀬大輝, 井上亘: クリプトスポリジウム・ジアルジアの下水疫学. 第23回環境技術学会年次大会, 草津, 2023/10/28.

永田莞織, 青井裕亮, 中西智宏, 伊藤禎彦: 建物給水システムにおけるレジオネラ対策からみた給水管の洗浄効果に関する研究. 第60回環境工学研究フォーラム, 山口, 2023/11/29-12/1.

北沢和, 藤瀬大輝, 井上亘, 泉山信司: 都市河川におけるクリプトスポリジウム, ジアルジアの調査手法確立と実態調査. 第58回日本水環境学会年会, 福岡, 2024/3/6-8.

風間真, 泉山信司, 浦山俊一, 高木善弘, 布浦拓郎, 七戸新太郎: ランブル鞭毛虫から検出された5種類のRNAウイルス. 第92回日本寄生虫学会大会, 金沢, 2023/3/29-31.

柳瀬剛士, 北本靖子, 吉村誠司. 「鉛及びその

化合物」の検査における採水方法の影響. 令和5年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 8-31. p.732-733. 東京.

藤田充司, 斎藤直樹, 高橋英司, 植木健一. 鉛管実験プラントを用いた間欠通水条件下における水道水の鉛溶出試験. 日本水道協会中部支部発表会, 2023

Ando, D., Matsushita, T., Matsui Y., Shirasaki, N. Evaluating toxicity of phenthoate during chlorination and identifying toxic transformation products generated by reaction with free chlorine. 9th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition 2023, 2023.

Nakazawa, Y., Kosaka, K., Asami, M., Matsui, Y. Desorption of perfluoroalkyl substances from granular activated carbon used at a full-scale drinking water treatment plant. 12th Congress of the Asia Pacific Initiative on Reproduction (ASPIRE 2023), 2023.

安藤大将, 松下拓, 松井佳彦, 白崎伸隆. 毒性を誘発する農薬ジスルホトンの塩素処理生成物: LCを用いた分画と精密質量分析による推定. 第58回日本水環境学会年会, 2024.

平田蒼太郎, 松下拓, 松井佳彦, 白崎伸隆. カーバメイト系農薬メソミルの塩素処理に伴う毒性の変動に寄与する分解生成物の推定. 第58回日本水環境学会年会, 2024.

中沢禎文, 小坂浩司, 浅見真理, 松井佳彦. 有機フッ素化合物の粒状活性炭からの脱着速度と水質の影響. 第58回日本水環境学会年会講演集, 128, 2024.

平田蒼太郎, 松下拓, 松井佳彦, 白崎伸隆. 塩素処理に伴うカーバメイト系農薬メソミルのコリンエステラーゼ活性阻害性の変動. 第30回衛生工学シンポジウム, 2023.

中沢禎文, 小坂浩司, 吉田伸江, 浅見真理. ペルフルオロオクタン酸とペルフルオロオクタンスルホン酸の分岐鎖の分別定量による水道水源の調査. 第60回環境工学研究フォーラム講演集, 2023.

中沢禎文, 小坂浩司, 吉田伸江, 浅見真理. 粒状活性炭処理における有機フッ素化合物の破過におよぼす水質の影響. 令和5年度全国会議

- (水道研究発表会) 講演集, 336-337, 2023.
- 川上陽介, 小坂浩司, 吉田伸江, 小島邦恵, 東城まゆみ, 越後信哉, 増田貴則. 全国の浄水場の原水の臭化物イオン及び給水栓水の消毒副生成物の実態調査. 第 58 回日本水環境学会年会講演集, 福岡, 2024. 3/6-8, 316.
- 奥大輔, 川上陽介, 小坂浩司, 吉田伸江, 小島邦恵, 東城まゆみ, 越後信哉, 増田貴則. ハロ酢酸やその生成能の浄水プロセス及び配水過程での挙動. 第 58 回日本水環境学会年会講演集, 福岡, 2024. 3/6-8, 317.
- 広瀬明彦, PFAS の環境曝露によるリスク評価の現状と課題, 第 50 回日本毒性学会学術年会, 横浜, (2023.06.21)
- 広瀬明彦, PFAS の健康影響評価における現状と課題, 廃棄物資源循環学会セミナー, 東京, (2023.10.23)
- 松本真理子, 広瀬望, 磯貴子, 村田康允, 重田善之, 長谷川彩由香, 馬野高昭, 広瀬明彦. Derivation of a target value of perfluorooctanesulfonic acid in drinking water (第 50 回日本毒性学会学術年会, 6 月)(2023.6)
- M. Matsumoto, Y. Murata, N. Hirose, T. Iso, Y. Shigeta, S. Hasegawa, T. Umamo, A. Hirose. Derivation of a target value of acrylic acid in drinking water. (EUROTOX2023, 9 月, スロベニア)(2023.9)
- 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明. 水環境におけるヒト用医薬品 111 種の存在実態の調査. 第 31 回環境化学討論会 (第 2 回環境化学物質 3 学会合同大会), 徳島県徳島市, 2023/5/30-6/2.
- Norihiro Kobayashi, Yuko Tsuchiya, Yoshiaki Ikarashi. Occurrence of 111 human pharmaceuticals in Japanese water environment. Water and Environment Technology Conference 2023 (WET2023-online), Online, 2023/7/8.
- 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明. 水道水中農薬の GC/MS スクリーニング分析のバリデーション試験. 環境科学会 2023 年会, 兵庫県神戸市, 2023/9/7-8.
- 高木総吉, 吉田仁, 安達史恵, 小池真生子, 赤木航. スクリーニング分析法の適用における衛生研究所としての役割と課題, 環境科学会 2023 年会, 兵庫県神戸市, 2023/9/7-8.
- 小林憲弘, 土屋裕子, 内山奈穂子. PFOS・PFOA 分岐異性体の定量方法に関する検討. 第 26 回日本水環境学会シンポジウム, 大阪府吹田市, 2023/9/20-21.
- 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 五十嵐良明. 水道水中の有機フッ素化合物 (PFAS) 80 種の LC/MS/MS 一斉分析法の検討と検出実態調査. 令和 5 年度日本水道協会全国会議 (水道研究発表会), 東京都江東区, 2023/10/18-20.
- Norihiro Kobayashi, Yuko Tsuchiya, Sokichi Takagi, Yoshiaki Ikarashi. Development of an analytical method for simultaneous determination of PFAS in Japanese drinking water by liquid chromatography/tandem mass spectrometry (LC/MS/MS). SETAC North America 44th Annual Meeting, Louisville, KY, USA, 2023/11/12-16.
- 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 五十嵐良明. GC/MS スクリーニング分析法を用いた全国の河川・水道水中農薬の実態調査. 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡県福岡市, 2024/3/6-8.
- 山崎貴子, 栗田翔, 木下輝昭, 猪又明子, 野原健太, 中村李, 小林憲弘. GC/MS スクリーニング分析による河川水中農薬類の実態調査. 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡県福岡市, 2024/3/6-8.
- 高木総吉, 吉田仁, 安達史恵, 小池真生子, 長谷川有紀, 赤木航, 小林憲弘. LC-QTOFMS スクリーニング分析法を用いた水道原水および水道水中農薬の実態調査, 第 58 回日本水環境学会年会, 福岡県福岡市, 2024/3/6-8.
- 吉田仁, 高木総吉, 安達史恵, 小池真生子, 赤木航, 小林憲弘. LC-QTOFMS を用いたスクリーニング分析における負イオン化モードデータベースの構築, 第 58 回日本水環境学会年会福岡県福岡市, 2024/3/6-8.
- 高木総吉, 吉田仁, 安達史恵, 小池真生子, 赤木航, 小林憲弘. 液体クロマトグラフ-トリプル四重極質量分析計を用いたターゲットスクリーニング分析法検討, 日本薬学会第 144 年会, 神奈川県横浜市, 2024/3/29-31.

F. 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)

G. 謝辞

本研究課題の遂行に際しては、表 A に示す研究協力者及びその所属組織より協力を頂いた。ここに記して謝す。

表 A

<ウイルス分科会>

小田 琢也	神戸市水道局 水質試験所
齊藤 巧介	神奈川県企業庁 水道水質センター
佐藤 啓貴	埼玉県企業局 行田浄水場
田中 宏憲	千葉県企業局 水質センター
藤原 俊一郎	京都市上下水道局 技術監理室 水質管理センター
鳥居 将太郎	東京大学 大学院工学系研究科
Vu Duc Canh	東京大学 大学院工学系研究科
Miaomiao Liu	東京大学 大学院工学系研究科
佐野 大輔	東北大学 大学院工学研究科
門屋 俊祐	東京大学 大学院工学系研究科
三浦 耀平	東北大学 大学院工学研究科

<細菌・寄生虫分科会>

大河内 由美子	麻布大学生命環境科学部
中西 智宏	京都大学大学院工学研究科
鎌田 智子	神奈川県内広域水道企業

	団浄水部
北沢 和	川崎市上下水道局
古川 紗耶香	青森市企業局水道部
安原 雄作	九十九里地域水道企業団浄水課
橋本 温	県立広島大学生命環境学部
黒木 俊郎	岡山理科大学獣医学科
井上 亘	神戸大学大学院農学研究科
武藤 千恵子	東京都健康安全研究センター薬事環境科学部
梅津 萌子	東京都健康安全研究センター薬事環境科学部
瀧野 博之	国立保健医療科学院生活環境研究部
小久保 敦啓	(株)江東微生物研究所
小澤 克行	(一財)千葉県薬剤師会検査センター

<無機物分科会>

山田 俊郎	北海学園大学 工学部 社会環境工学科
倉本 洋光	札幌市水道局給水部水質管理センター
油川 一紀	青森市企業局水道部横内浄水課
松原 冬彦	新潟市水道局 技術部水質管理課
寺中 郁夫	埼玉県水質管理センター 監視・支援担当
広木 孝行	東京都水道局 水質センター 検査課検査調整担当
小平 哲広	川崎市上下水道局 水道水質課
田辺 茂徳	横須賀市上下水道局 技術部 浄水課
吉村 誠司	大阪市水道局 工務部 水質試験所

<化学物質・農薬分科会>

相澤 貴子	関東学院大学工学総合研究所
鎌田 素之	関東学院大学理工学部理工学科
中沢 禎文	国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域

上條 宏滋	八戸圏域水道企業団水質管理課
寺嶋 誠	仙台市水道局浄水部水質管理課
岡崎 悠佳	茨城県企業局水質管理センター
山田 恵子	千葉県企業局水質センター
荒井 活人	東京都水道局水質センター
小舘 一雅	神奈川県内広域水道企業団浄水部広域水質管理センター
金子 透	神奈川県内広域水道企業団浄水部綾瀬浄水場
高橋 英司	新潟市水道局技術部水質管理課
平林 達也	大阪市水道局工務部水質試験所
山口 敏彦	神戸市水道局事業部水質試験所
尾濱 明子	広島市水道局技術部水質管理課
佐藤 卓郎	福岡県南広域水道企業団施設部浄水管理課水質センター
兼城 貴司	沖縄県企業局水質管理事務所
佐藤 学	神奈川県衛生研究所理化学部生活化学・放射能グループ

<消毒副生成物分科会>

荘司 浩史	茨城県企業局
黒木 隆	北千葉広域水道企業団
石田 直洋	東京都水道局
新井 和也	川崎市上下水道局
岸本 由紀子	神奈川県企業庁
生野 愛	京都市上下水道局
今中 壮一	大阪市水道局
杉野 学	大阪広域水道企業団
打上 恭平	阪神水道企業団
山中 俊弥	奈良県水道局
比嘉 元紀	沖縄県企業局
小牧 裕佳子	静岡県立大学

<臭気分科会>

渡辺 崇一	東京都水道局
-------	--------

生野 愛	京都市上下水道局
古賀 舞香	福岡市水道局
清宮 佳幸	千葉県企業局
伊藤 義隆	新潟市水道局

<リスク評価管理分科会>

鈴木 俊也	東京都健康安全研究センター・薬事環境科学部 医薬品研究科長
西村 哲治	帝京平成大学・薬学部・薬学科
小林 憲弘	国立医薬品食品衛生研究所・生活衛生化学部・第3室長
井上 薫	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第1室長
山田 隆志	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第4室長
小野 敦	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・客員研究員
江馬 眞	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・客員研究員
山口 治子	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・協力研究員
馬野 高昭	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第3室
磯 貴子	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第3室
重田 善之	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第3室
村田 康允	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第3室
広瀬 望	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第3室
川村 智子	国立医薬品食品衛生研究所・安全性予測評価部・第4室
赤堀 有美	一般財団法人化学物質評

	価研究機構・安全性評価技術研究所
福島 麻子	一般財団法人化学物質評価研究機構・安全性評価技術研究所
城島 光司	一般財団法人化学物質評価研究機構・安全性評価技術研究所

<水質分析法分科会>

内山奈穂子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
土屋 裕子	国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部
吉田 仁	地独) 大阪健康安全基盤研究所 衛生化学部
安達 史恵	地独) 大阪健康安全基盤研究所 衛生化学部
小池 真生子	地独) 大阪健康安全基盤研究所 衛生化学部
赤木 航	地独) 大阪健康安全基盤研究所 衛生化学部
鈴木 俊也	東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部
木下 輝昭	東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部
栗田 翔	東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部
山崎 貴子	東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部
小田 智子	東京都健康安全研究センター 薬事環境科学部
上村 仁	神奈川県衛生研究所 理化学部

仲野 富美	神奈川県衛生研究所 理化学部
橋本 博之	千葉県衛生研究所
神力 絢子	千葉県衛生研究所
小倉 裕子	千葉県衛生研究所
大西 健太	埼玉県衛生研究所
峯岸 俊貴	埼玉県衛生研究所
大窪 かおり	佐賀県衛生薬業センター
山本 梓	佐賀県衛生薬業センター
金子 丈志	佐賀県衛生薬業センター
北原 健一	佐賀県衛生薬業センター
森口 知彦	埼玉県水質管理センター
竹内 謙太郎	埼玉県水質管理センター
金井 正和	川崎市上下水道局
川崎 光一	川崎市上下水道局
中嶋 京介	横須賀市上下水道局
平林 達也	大阪市水道局
山本 剛	米子市水道局
粕谷 智浩	一財) 千葉県薬剤師会検査センター 技術検査部
松澤 悠	一財) 千葉県薬剤師会検査センター 技術検査部
山口 和彦	一財) 千葉県薬剤師会検査センター 技術検査部
中村 弘揮	一財) 岐阜県公衆衛生検査センター 検査分析部
岩間 紀知	一財) 岐阜県公衆衛生検査センター 検査分析部
古川 浩司	一財) 三重県環境保全事業団 調査部
門上 希和夫	北九州市立大学