

水道水質の評価及び管理に関する総合研究

研究代表者 松井 佳彦 北海道大学大学院工学研究院 教授

研究要旨

塩素消毒の消失に伴う蛇口水の汚染が懸念されているが、実態調査対象の医療機関では開栓直後の初流水で実際にレジオネラが培養により検出された。凝集沈殿 - 砂ろ過に加え、凝集 - MF 膜ろ過でのトウガラシ微斑ウイルスの除去率は各種ウイルスと同程度あるいは安全側であることが分かり、ウイルス指標として有効と考えられた。クリプトスポリジウムの河川汚染実態から養豚排水の対策が汚染の低減に必要と考えられ、低減方法を検討した。

浄水において検出最大濃度が $1 \mu\text{g/L}$ を超えた農薬はプロモブチド、ピロキロンであり、昨年 14 農薬と比べて減少した。基準改正に伴い新たに追加された農薬が検出農薬数の $1/4$ を占め、分類見直しの測定指標値が有効である一方、8 農薬が今後、対象農薬リスト掲載農薬類への追加を検討すべき候補として抽出された。フィプロニル等の農薬の分解物と平成 25 年に登録されたイプフェンカルバゾンの実態調査を開始した。ネオニコチノイド系は 5 農薬が検出された。テフリルトリオンについて検討を進め、分解物 CMTBA は個別農薬評価値への算入は必要ないことを確認した。化学物質の検出状況としては、1,2-エポキシプロパン（酸化プロピレン）、アクリロニトリル、ヘキサメチレンテトラミン、ヒドラジン等の検出濃度が仮の評価値に比べて高かった。化学物質の基礎情報と検出状況についてデータベースを作成し、インターネットで公表できるようにした。

浄水処理対応困難物質のうちクロロホルム前駆体 6 物質について、オゾン処理、GAC 処理ともにクロロホルム生成能の大幅な低減に効果があることを示した。新規消毒副生成物であるハロアセトアミド類の実態調査を行い、浄水中に普遍的に存在していること（総濃度 $0.3\text{--}3.8 \mu\text{g/L}$ ）、ジハロアセトアミドの濃度・検出頻度が高いことを示した。浄水場におけるハロ酢酸生成実態を把握するとともに、塩素消毒位置の変更と粉末活性炭使用という軽微な対策によってもトリクロロ酢酸等が低減可能なことを示した。カルキ臭原因物質として有機物質が無視できない可能性を示した。フェルニルアラニンの塩素処理由来の臭気に関して、2-クロロ-2-フェニルアセトアルデヒドが新たに検出され、全臭気の 60% が説明できた。クロラミン類生成原因物質の除去についてオゾンや PAC 処理の効果は限定的であった。カルキ臭の予測手法として揮発性窒素分析（TPN）の検討を進め、官能試験による測定の長期トレンドに TPN が追随する傾向があることを示した。トリクロラミンの活性炭処理での挙動と反応機構を数値計算モデルにより把握することができた。

農薬の分解物に対する毒性評価法としてオキソン体以外の有機リン系農薬分解物の低濃度検出法を検討した。その第一段階としてコリンを LC/MS/MS にて定量するコリンエステラーゼ活性阻害性試験を構築した。飲料水質評価値の算定のための暴露評価法の開発の第一段階として、浴室におけるトリクロロエチレン（TCE）とテトラクロロエチレン（PCE）の濃度を実測し、トリハロメタン類と揮発性を比較した。水質管理項目に記載されている有機化学物質を中心とした 8 物質の亜急性参照値を設定した：水質管理項

目の目標値に対して概ね4 - 30倍高い値となった。一方、ニッケルの国際的評価の情報を収集し、アレルギー反応を基に許容値等が設定される方向にあることが示された。アレルギー反応が急性影響であり、さらに体内吸収率の違いを考慮する必要があると考えられた。

水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドをDNPHで誘導体化しLC/UVあるいはLC/MS/MSにより測定する方法および水道水中の臭素酸をLC/MS/MSにより測定する方法の妥当性評価を実施した、これら分析法は水道水の標準検査法として利用可能と考えられた。また、標準物質を用いずにデータベースに登録された物質のスクリーニング分析を行うためのGC/MS用データベースに153種の農薬を登録できた。

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、厚生労働省告示や厚生科学審議会生活環境水道部会、水質基準逐次改正検討会資料に資された。

研究分担者	所属機関	職名
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	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	上席主任研究官
泉山 信司	国立感染症研究所寄生動物部	主任研究官
伊藤 禎彦	京都大学大学院工学研究科	教授
越後 信哉	京都大学大学院工学研究科	准教授
小坂 浩司	国立保健医療科学院生活環境研究部	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
高木 総吉	大阪府立公衆衛生研究所衛生化学部生活環境課	主任研究員
宮脇 崇	福岡県保健環境研究所計測技術課	研究員
広瀬 明彦	国立医薬品食品衛生研究所安全性予測評価部	部長
山田 隆志	国立医薬品食品衛生研究所安全性予測評価部	室長
西村 哲治	帝京平成大学薬学部	教授
松下 拓	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、微生物、化学物質、消毒副生成物、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。

微生物: 水道水は、塩素消毒が消失すると雑

菌、自由生活性アメーバ、ひいてはレジオネラ属菌 (*Legionella*) の増殖につながるが、このことにあまり注意が払われてこなかった。そこで、従属栄養細菌数の応用の延長として、医療機関を対象に選定し、蛇口におけるレジオネラ属菌汚染の実態と対策について検討することとした。

植物ウイルスであるトウガラシ微斑ウイルスは水道原水を含む水環境中において、他の水系感染症ウイルスよりも大幅に高い濃度で存在し、そのほとんどがヒト糞便由来とされていることから、水道のウイルス指標としての有効性を検討する。これまでに水系感染症ウイルスとトウガラシ微斑ウイルスの凝集沈澱-砂る過

処理における除去率は、同程度との結果が得られている。この時は新砂を用いており、実際の砂ろ過池で使用されている熟成砂での再現試験を企図し、処理性を比較・確認した。さらに、膜処理における水系感染症ウイルスと、トウガラシ微斑ウイルスの処理性を比較した。

クリプトスポリジウム遺伝子検出法の適用実績はまだ少なく、さらなる知見の積み重ねと応用が求められている。そこで原虫類の検出事例の多い相模川をモデルとして、検出法の比較とその有効性、汚染実態と低減化対策の必要性を検討することを目的とした。

化学物質・農薬：水道水源で使用される農薬等の化学物質の状況を把握し、水道の水質管理の向上に資するため、実態調査を実施し、検出傾向の解析を行った。特に水源となる流域に開放的に使用される化学物質として量が多い農薬について重点的に解析を行う。

また、近年の使用量の増加している農薬について、実態調査に関する検討、実態調査、浄水処理性に関する検討を行った。農薬以外の化学物質については、過去の事例等の情報収集を行い、検出状況に関して検討を行った。

消毒副生成物：窒素系副生成物は既知の消毒副生成物よりも強い毒性を有すると報告されている。そこで、窒素系副生成物の一種であるハロアセトアミド類の全国実態調査、および、浄水プロセスにおけるハロアセトアミドの挙動を調査した。

カルキ臭抑制のためには、原因となる有機クロラミンの前駆物質を特定することが重要となるが、極微量の複数の物質が相乗的に影響していることも考え、はじめにアミン類を総量として分析し、臭気との関連を調査した。さらに、アミノ酸のひとつであるフェニルアラニンを題材にトリクロラミン以外の塩素処理由来のいわゆるカルキ臭の原因物質を探索するとともに、水道水中の残留塩素を DPD 法で測定した際に検出されるクロラミン類（結合塩素）の由来と処理性について調査した。実際の浄水を対象として臭気強度を測定し、全揮発性窒素（Total Purgeable Nitrogen, TPN）、残留塩素濃度、トリクロラミンとの相関を把握し、水道水のカルキ臭強度の指標としての TPN の妥当性を評価することを目的とした。トリクロラミンの活性炭処理工程における挙動を、室内実験とモデルシミュレーションにより把握した。また、ハロ酢酸の制御、クロロホルム前駆物質の高度浄水処理における除去性、下水処理放流水についてホルムアルデヒドの挙動を調査した。

リスク評価管理：わが国の水道水質基準において、農薬は水質管理目標設定項目として農薬本体と主要な分解物であるオキソソニドは共に管理されているが、農薬は様々な分解物に変化することも知られており、これら分解物に対する毒性を評価することは水道水のリスク評価および管理における今後の議論として必要である。本研究では有機リン系農薬を題材とし、塩素処理による毒性（ChE 活性阻害性）変化とオキソソニド以外の毒性に寄与する分解物を検出する手法の開発を目標とした。

飲料水質評価値を TDI から設定する場合において、飲料水経路の暴露（吸入暴露も含む）が主要な暴露経路となりうる場合などでは、デフォルト値以外の割当率が使われるが割当率値の評価法は明確にされていない。そこで、割当率の算定に必要なより精度の高い暴露評価法の開発を目的とし、本年度の研究では、塩素消毒副生成物のトリクロロエチレン（TCE）とテトラクロロエチレン（PCE）を対象に入浴中の浴室における空気中濃度を実測し、水からの揮発分による濃度上昇率を算定した。

短期的な水道水質汚染が生じた際に有用な亜急性参照値の設定に関する研究において、H28 年度は水質管理項目に記載されている有機化学物質を中心とした 8 物質について、短期間曝露を対象とした亜急性評価値[亜急性参照量: Subacute Reference Dose(saRfD)]の算出し、亜急性参照値の設定を試みた。また、WHO の逐次改正で検討中のニッケルの健康影響評価について、最近の国際的評価についてその情報収集を目的とした。

水質分析法：水質分析法に関する研究として、水質分析をより簡便・迅速かつ高精度に分析できる新規分析法を開発するとともに、平常時および異常発生時の簡便かつ網羅的な水質スクリーニングを行うことができる分析手法について検討した。また、これらの分析法の妥当性評価を行うとともに、水道事業者および地方衛生・環境研究所、保健所へ普及を図ることで、水質検査に関わる機関の分析技術の向上と水質監視体制の強化に資することを目的とした。

ホルムアルデヒドは水質基準項目に該当し、水道法に基づき水道事業者等に定期的な水質検査が義務付けられている。しかし、厚生労働省から告示されている現行の検査方法（以下、告示法）では、検査結果を得るまでに長時間かかり、水質事故時の迅速な対応が困難なこと等の課題がある。以上のことから、水道水中のホルムアルデヒドをより迅速・簡便に、かつ

GC/MS を使用せずに分析できる方法が開発できれば、水質基準の適合評価時および水質汚染事故発生時の水道水質検査に非常に有用と考えられる。臭素酸 (BrO_3^-) についても現行の告示法では検出感度が良好とは言えない課題があった。そこで、今年度は、水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドをDNPHで誘導体化した試料をLC/UVあるいはLC/MS/MSにより測定する方法および水道水中の臭素酸をLC/MS/MSにより測定する方法の妥当性評価を実施した。

一方、世界で使用されている化学物質の数は70,000~100,000物質に登ると推定されているが、水道水および環境水中の濃度が測定されている物質は非常に限られており、汚染事故や災害時の2次被害などの防止には不十分である。このような背景の元、スクリーニング分析用にGC/MS向け自動同定定量データベースシステムを構築してきたが、今年度は、水質管理目標設定項目に含まれる農薬類を対象に、GC/MS用データベースの拡充と、LC/MS/MS用データベースの構築にあたって、データベースに登録する物質を選定した。

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、微生物、化学物質・農薬、消毒副生成物、リスク評価管理、水質分析法の5課題群 - 研究分科会を構築し、研究分担者14名の他に47もの水道事業体や研究機関などから83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5課題群に分けて、研究分科会を構成し、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、微生物分科会（研究分担者3名、研究協力者16名）、化学物質・農薬分科会（研究分担者2名、研究協力者16名）、消毒副生成物分科会（研究分担者5名、研究協力者12名）、リスク評価管理分科会（研究分担者4名、研究協力者7名）、水質分析分科会（研究分担者3名、研究協力者30名）である。

微生物、化学物質・農薬、消毒副生成物、リスク評価管理、水質分析法の5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) 微生物

(1-1) 水道蛇口のレジオネラ汚染対応

蛇口のレジオネラ汚染を改めて確認した。1医療機関で追加塩素消毒を行い、蛇口の塩素濃度を改善することができた。使わない蛇口は廃止、汚れの酷い箇所は洗浄や捨て水を行い、塩素濃度を維持し続けることで、安全性が向上すると考えられた。

(1-2) トウガラシ微斑ウイルスの指標としての有効性

凝集沈澱-砂ろ過処理におけるアデノウイルス、コクサッキーウイルス、A型肝炎ウイルス、マウスノロウイルスの除去率をPCR法にて評価した結果、昨年度報告した除去率と同程度であったことから、実験の再現性が確認された。トウガラシ微斑ウイルスの除去率と水系感染症ウイルスの除去率の間には高い相関関係が認められることを再確認した（図1）。砂ろ過に使用する砂の熟成の有無は、除去率にほとんど影響しなかった。トウガラシ微斑ウイルスは、水系感染症ウイルスの凝集沈澱-砂ろ過処理性を評価する上で有効なウイルス指標と期待された。一方、凝集-MF膜処理において、トウガラシ微斑ウイルスと大腸菌ファージMS2は、水系感染症ウイルスと同程度あるいはいくぶん小さい除去率であった。すなわち、トウガラシ微斑ウイルスが水系感染症ウイルス指標として有効であることが示された。

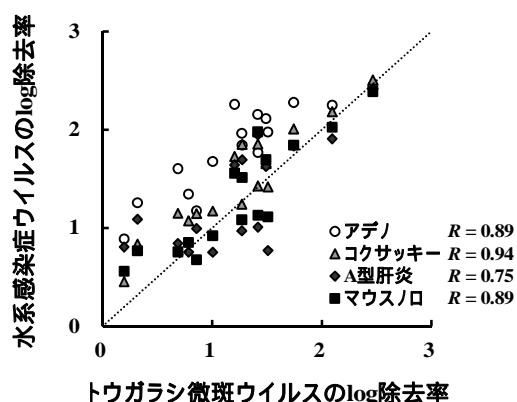


図1 凝集沈澱処理、および凝集沈澱-砂ろ過処理におけるトウガラシ微斑ウイルスと各種ウイルスの除去率の関係

(1-3) 相模川水系における遺伝子検出法を用いた原虫調査

相模川水系におけるクリプトスポリジウム汚染の実態を改めて確認した。顕微鏡法と遺伝子

検査法のクリプトスポリジウム数はおおよそ相関した(図2)。遺伝子増幅産物の塩基配列は、ブタ由来の *Cryptosporidium suis* が多く検出され、養豚場の畜産排水が問題と考えられた。汚染低減の対策案として、アンモニアによるクリプトスポリジウム不活化法を検討した。rRNA量の減少からクリプトスポリジウムは死滅したと考えられ、アンモニアによるクリプトスポリジウム不活化法の可能性が示唆された。

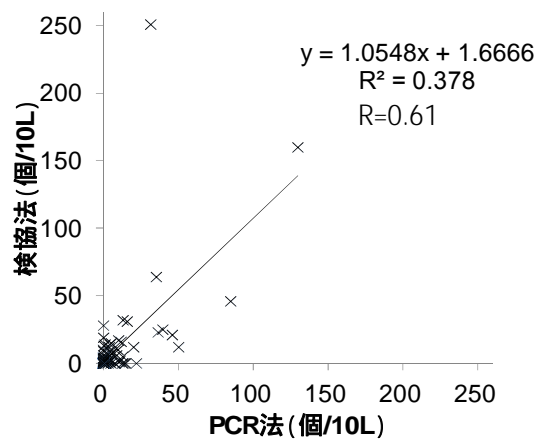


図2 クリプトスポリジウム検査の PCR 法と顕微鏡法の相関

(2) 化学物質・農薬

農薬要覧 2016 に記載されている平成 27 農薬年度(平成 26 年 10 月～平成 27 年 9 月)における農薬製剤出荷量は約 22.8 万 t で昨年より約 0.9t 減少していた。平成元年比では、殺虫剤 42%、殺菌剤 42%、殺虫殺菌剤 32%、除草剤 53%であり、除草剤のみが増加に転じている。登録農薬原体数は新たに 8 化合物が追加され、平成 28 年 9 月現在 579 種類で、平成 16 農薬年度以降増加傾向にある。登録農薬製剤数は平成 27 年 9 月現在、殺虫剤:1097、殺菌剤:911、殺虫殺菌剤:527、除草剤:1509、合計:4375 となっていた。

出荷量が多く、出荷量が増加傾向のある農薬原体の一例として、例えば、平成 27 農薬年度の出荷量が 50t 以上、平成 22 農薬年度比で 20% 以上増加として 13 農薬(グリホサートカリウム塩、イソチアニル、クロチアニジン、プロスルホカルブ、カーバマナトリウム塩、DCMU、プロマシル、ポリオキシエチレンメチルポリシロキサン、メタミトロン、ソルピタン脂肪酸エステル、ピラクロニル、MCPP カリウム、MCPA ナトリウム塩)が該当した。このうち、クロチ

アニジンがネオニコチノイド系農薬であった。

農薬実態調査は全国 13 水道事業体(八戸圏域水道企業団、仙台市、茨城県、千葉県、東京都、神奈川県、神奈川県内広域水道企業団、新潟市、大阪市、奈良県、神戸市、広島市、福岡県南広域水道企業団)で実施された測定結果を集計し、検出された農薬についてとりまとめた。平成 28 年度実態調査における検出指標値の最大値は、河川水が 0.37、原水が 1.02、浄水が 0.15 となり、これまでと比べ若干高い値を示した。平成 21 年以降の検出指標値の推移を見ると河川水、原水、浄水共に上昇傾向にある。

平成 28 年度の実態調査の結果、河川水で 77 種、原水 111 種、浄水では 62 種の農薬が検出された。検出農薬を監視農薬のカテゴリー別に見ると、対象リスト農薬掲載農薬(以下対象農薬)が河川水では 52 種、原水では 72 種、浄水では 35 種が検出され、要検討農薬は河川水では 4 種、原水では 7 種、浄水では 5 種が検出されている。農薬の用途別では、除草剤が最も多く、河川水で 34 種、原水は 53 種、浄水は 29 種であり、分解物も原水で 10 種、浄水で 5 種検出されていた。

個別の農薬に関しては、河川水において検出最大濃度が $1 \mu\text{g/L}$ を超えた農薬はプロモブチド、メトミノストロピン、アシュラム、ピロキロン、ベンタゾン、ブタクロール、イプロベンホスの 6 農薬でいずれも対象農薬であった。浄水において検出最大濃度が $1 \mu\text{g/L}$ を超えた農薬はプロモブチド、ピロキサールの 2 農薬となり、昨年の 14 農薬と比べて減少した。

基準改正後の 3 年間における測定実績に基づき、新農薬リストの農薬の検出状況を分析するとともに、分類見直しに用いられた測定指標値の妥当性について考察した。測定指標値を用いて、今後、対象農薬リスト掲載農薬類への追加を検討すべき農薬を検討したところ、8 農薬(エチプロール、ヒメキサゾール、プロマシル、メタルデヒド、ピラゾルスフロニエチル、フラメトピル、イプフェンカルバゾン、オキサジアゾン)が抽出された。今後、農薬の実態調査を実施し、水源における存在状況を確認する予定である。

ネオニコチノイド系農薬としては、相模川の調査で、イミダクロプリド、クロチアニジン、ジノテフラン、ニテンピラムが検出された。イプフェンカルバゾンについて測定方法の検討を行い、神奈川県内の 5 河川で実態調査を実施したところ、調査を実施したいずれの河川からもイプフェンカルバゾンが検出され、最大検

出濃度は 0.025 µg/L であった。イブフェンカルバゾンは平成 25 年に登録されたが、出荷量が急増しており、テフリトリオンとほぼ同じ出荷量となっており、知見の収集が必要である。

テフリトリオンは環境中や浄水処理の塩素処理によりほぼ等量の CMTBA に変化するが、CMTBA はトリケトン構造を有しないため、個別農薬評価値への算入は必要ないと考えられたが、その他にも分解物の検討が必要な農薬があると考えられた。また、フィプロニル等の農薬の分解物について検討を行ったところ、いずれの河川からもフィプロニルとその分解物であるフィプロニルスルフィドとフィプロニルスルホンが検出された。フィプロニルスルフィドの検出濃度はフィプロニルの検出濃度の概ね 4 割程度であり、フィプロニルスルホンの検出濃度はフィプロニルの検出濃度の概ね 2~3 倍程度であった。

アクリロニトリル及び酸化プロピレンについて、原水、浄水の存在状況調査を実施した。アクリロニトリルは、いずれも原水には痕跡以上の物質は検出されなかった。浄水試料では、2つの浄水場の浄水で検出された。値はいずれも 0.02 µg/L であった。検出された浄水場の工程について調査を行ったが、アクリロニトリルは全ての検体において不検出 (<0.02 µg/L) であった。ただし、ある浄水場については、ろ過池前は定量下限値未満であるが、ろ過池後で参考値にすると 0.01 µg/L 相当検出された。酸化プロピレンは全ての検体において不検出であった。

(3) 消毒副生成物

緩速ろ過池の砂層上に、粒状活性炭を層厚 20 cm で直接敷き込み、推ろ過水色度上限の引き上げと原水ピークカット値引き下げを組み合わせた制御を行った。トリクロロ酢酸濃度の最大値は 0.001 mg/L と水質基準値を大きく下回り、粒状活性炭の運用可能日数を延長できることが確認された。

塩素注入点において、紫外吸光度 (250 nm, 50 mm)、水温を用いて、塩素注入点の変更や粉末活性炭処理を実施し、給水末端でのハロ酢酸濃度を管理 (ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸ともに 0.015 mg/L 以下を目標) した。その結果、当初の課題であった夏期の濃度上昇を抑制し、年間を通じ概ね目標濃度 0.015 mg/L 以下に維持することができた。

塩素処理によりクロロホルムを生成しやすい物質として、「浄水処理対応困難物質」に位

置付けられた 6 物質 (アセトンジカルボン酸 (ADC)、1,3-ジハイドロキシベンゼン (DHB)、1,3,5-トリヒドロキシベンゼン (THB)、アセチルアセトン (ACA)、2'-アミノアセトフェン (2'-AAP)、3'-アミノアセトフェン (3'-AAP)) を調査対象とした。その結果、オゾン処理ならびに GAC 処理では、すべての物質に対して高い処理性を示した (図 3, 4)。急速砂ろ過処理では、ADC を除いて、全ての調査対象物質の除去性は低いことがわかった。

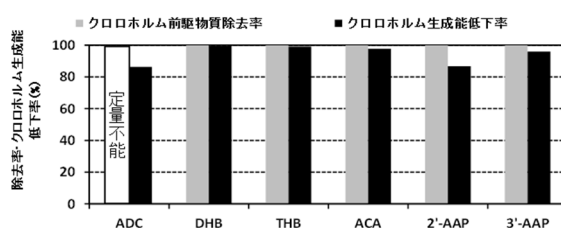


図3 クロロホルム前駆物質の中オゾン処理性調査結果

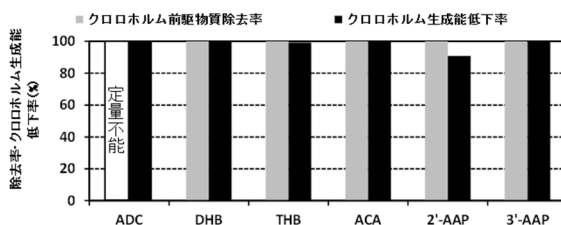


図4 クロロホルム前駆物質の GAC 処理性調査結果 (GAC は通水開始から約 6 年が経過)

放流後のホルムアルデヒドの挙動を調べるため、鳥羽水環境保全センター吉祥院支所放流口の上流、放流水及び下流 1.6 km までの 4 力所において西高瀬川の採水を行った。下水処理水に含まれるホルムアルデヒドが比較的短時間で河川水中で分解することを確認した。

ハロアセトアミド類 (HAcAms) のうち、クロロアセトアミド (CAcAm)、プロモアセトアミド (BAcAm)、ジクロロアセトアミド (DCAcAm)、プロモクロロアセトアミド (BCAcAm)、ジプロモアセトアミド (DBAcAm)、ジプロモアセトアミド (TCAcAm) の 6 物質を対象とした全国実態調査を行った。総濃度およびその内訳を図 5 に示す。総濃度は 2015 年 9 月で 0.3~3.8 µg/L、2016 年 2 月で 0.3~1.8 µg/L であった。総濃度は、夏季の方が高い結果であった。Di-HAcAms が主な HAcAms であった。

過去の報告では，HAcAms の総濃度は米国では 7.4 $\mu\text{g/L}$ ，中国では 8.18 $\mu\text{g/L}$ ，西オーストラリアでは 10.27 $\mu\text{g/L}$ ，英国では 7.0 $\mu\text{g/L}$ と報告されており，これらの値に比べて低い値であった。

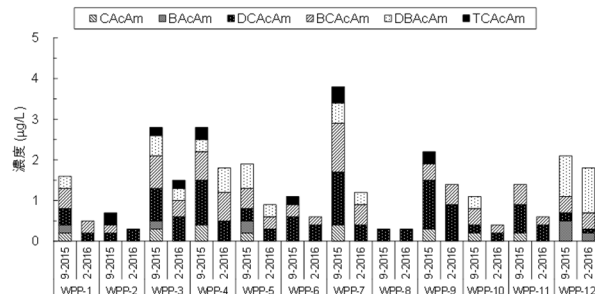


図5 全国 12 浄水場の水道水中の HAcAms 濃度

前塩素処理に起因する HAcAms は活性炭処理で低減するが，その後の塩素処理で再度生成することを確認した。

給水末端，受水池，浄水場内浄水中のトリハロメタンおよびハロ酢酸の濃度をモニタリングし，原水水質等との関連について検討したところ，水源におけるラフィド藻発生時には給水末端でもトリクロロ酢酸が高くなる可能性が示された。

2016 年に出版された論文について，chlorination AND by-products の条件で SCOPUS 上にて消毒副生成物に関する文献調査を行った。関連文献数が増加していること，ヨウ素含む副生成物に関する研究，個別物質と塩素の反応生成物に関する研究が多いことを示した。

GC-MS-O 分析と臭気三点比較法を組み合わせることにより，臭気強度が未知の物質を探索し，その臭気強度を推定した。図6に示すようにフェニルアラニン塩素処理溶液が有する臭気のうち，60%を説明することができた。その内訳は，遊離塩素 13%，2C2PAA 13%，トリクロロアミン 12%，PAA 11%，PAN 8%，NCPAAI 2%であった。このように，混合物中に存在しているため，臭気の有無の判断ができなかった個々の物質に対し，GC-MS-O 分析を行うことにより，臭気の有無の判断ができることが示された。また，本研究で用いた GC-MS-O 分析と臭気三点比較法を組み合わせることにより，標準物質の有無に関わらず，臭気原因物質を探索できることが示された。

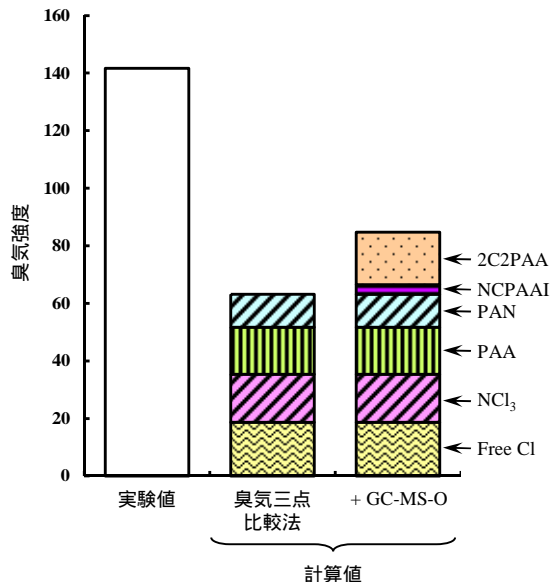


図6 フェニルアラニン塩素処理溶液の臭気強度の実験値と計算値の比較 2C2PAA,2-クロロ-2-フェニルアセトアルデヒド;NCPAAI,N-クロロフェニルアセトアルドイミン;PAN,フェニルアセトニトリル;PAA,フェニルアセトアルデヒド;NCl₃,トリクロロアミン;free Cl,遊離塩素

下水処理水の割合が高い河川水を原水として，凝集沈殿・砂ろ過した試料を新炭及び経年炭カラムで処理を行い，アンモニア態窒素，TOC，UV₂₆₀ 及び有機アミノ化合物を測定し，さらに塩素処理後に臭気試験を行った。経年炭処理水の方が臭気を強く感じたことから，有機アミノ化合物から生成するクロラミンがアンモニア態窒素から生成されるクロラミンよりも臭気に寄与する影響が大きいと考えられた。江戸川水系におけるクロラミン類生成量の変化の調査では，オゾン処理や PAC 処理によるクロラミン類の原因物質の除去性は限定的であった。

高度浄水処理を行っている浄水場の浄水を対象に，トリクロロアミン濃度のカルキ臭を含む臭気強度に対する全揮発性窒素 (TPN) の追従性を調査し，全揮発性窒素のカルキ臭強度指標としての TPN の妥当性を評価した。遊離塩素濃度やトリクロロアミン濃度よりも TPN の方が追従性が高い可能性が示された(図7～10)。ただし，実際の浄水について TPN と臭気強度が対応しない場合もあった。

トリクロロアミンの活性炭処理工程における濃度変化を表現可能な拡散 - 反応モデルを構

築し、様々なトリクロラミン濃度、活性炭の粒径や添加濃度の実験データとの適合性より、活性炭によるトリクロラミンの挙動を把握することができた。分解には2つの異なるメカニズムが働いていることが示唆された。一方は、1次反応として表現される活性炭母材によるトリクロラミンの還元的分解であり、他方は、2次反応として表現される活性炭母材末端に存在する還元性官能基によるトリクロラミンの還元的分解である。

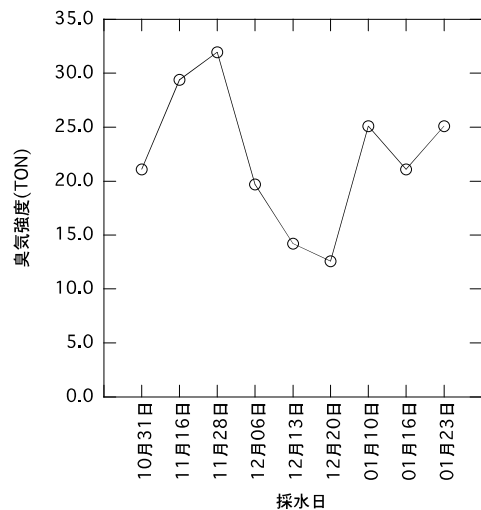


図7 臭気強度の推移

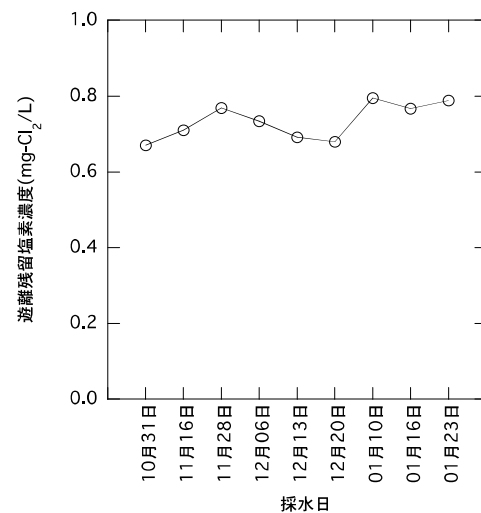


図8 遊離残留塩素濃度の推移

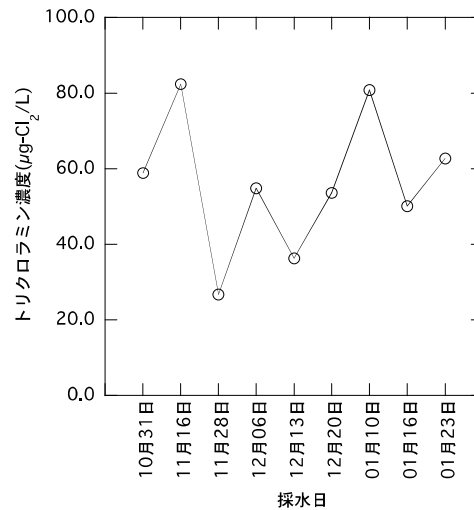


図9 トリクロラミン濃度の推移

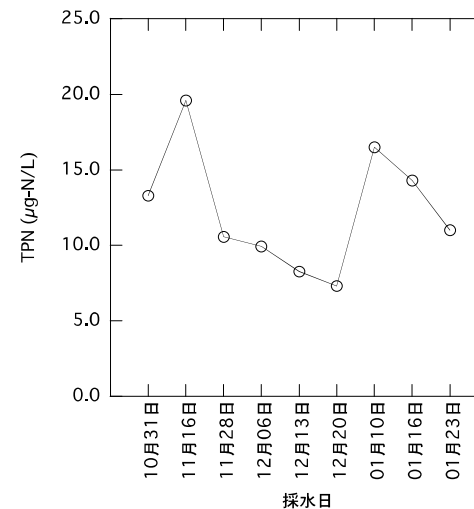


図10 TPNの推移

(4) リスク評価管理

ChE により ACh から生成される Ch を LC/MS/MS にて定量することにより試料の ChE 活性を定量する ChE 活性阻害性試験(質量分析法)を検討し、フェンチオンオキシソルホン体の ChE 活性阻害試験の検出下限を求めたところ、0.2 mg/L であった。これに対し、従来の吸光度法の検出下限は 3.125 mg/L であり、15 倍の検出感度をもつ ChE 活性阻害性試験を開発することができたと判断された。

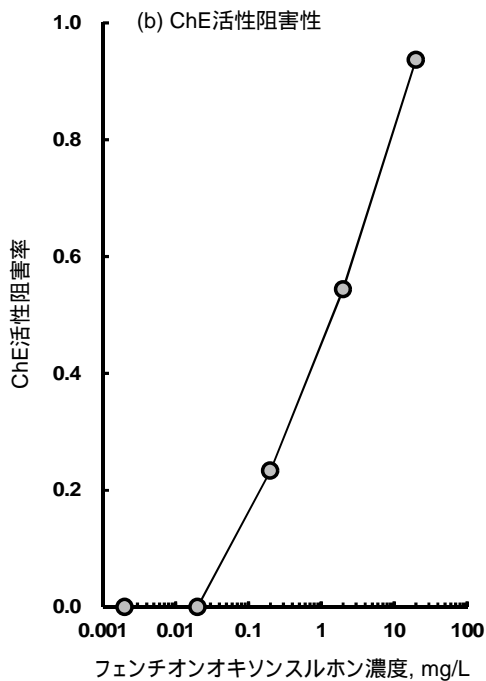


図10 フェンチオンオキシソルスルホン体濃度とコリンエステラーゼ活性阻害率

トリクロロエチレン, テトラクロロエチレン, トリハロメタン類を水道水質基準の濃度範囲で添加した水道水を用い, 実験用浴室を使ってシャワーなどを使った際の浴室空気中濃度と水中濃度を測定した。さらに, 室外空気中濃度も測定し, 次式により揮発性を算出した。

$$b_k = \frac{\text{室内空気中濃度} - \text{室外空気中濃度}}{\text{水中濃度}} \quad (1)$$

トリクロロエチレンはクロロホルムの3.75倍, プロモジクロロメタンの4.46倍の揮発量になっていることが分かった。また, テトラクロロ

エチレンはクロロホルムの11.14倍, プロモジクロロメタンの13.05倍の揮発量になっていることが分かった。そこで, 実際の家庭で得られたクロロホルム, プロモジクロロメタンの b_k 値の分布と本実験から得た比率を用いてトリクロロエチレン, テトラクロロエチレンの b_k 値分布を作成した。

対象とした8項目の saRfD と, それらの値を TDI (Tolerable Daily Intake: 耐容一日摂取量) 又は VSD (Virtually Safe Dose: 実質安全量) と比較した結果を表1に示す。表2に成人及び小児の参照値と, 各項目の目標値との比較結果を示す。DEHPでは, saRfD と TDI (または VSD) の比率は1であった。これは, DEHPのエンドポイントが発生毒性であり, 毒性の発現のリスクが慢性・亜急性の別に因らないためである。このような項目については, 水道水質汚染が生じた際に注意が必要となる。また, 亜急性参照量は目標値に対して概ね4~30倍高い値として設定できたが, MTBEと1,1,1-トリクロロエタンについては, 数百倍から千倍近い高い値となった。この理由は, これらの物質が慢性毒性影響に基づく値より一桁程度低い臭味の閾値を元に目標値が設定されていることによるものであった。しかし, MTBEの異臭閾値は20~40 µg/Lという値が概算されており, 閾値の1000倍相当の成人の参照値20 mg/Lという値が現実的に許容出来るのかと言う点を考えると, 臭味が目標値の設定根拠となっている項目の扱いについて更なる検討が必要であると考えられた。今後は, 評価書公表時以降の新しい情報を入手した上で, 値の適切性を再評価する必要がある。

表1 Subacute Reference Dose (SaRfD) 設定値と TDI または VSD との比較 (* : saRfD を TDI または VSD で割った値)

項目	POD (mg/kg/day)	UF	TDI・VSD (µg/kg/day)	POD (mg/kg/day)	UF	saRfD (µg/kg/day)	比率*	
1,2-ジクロロエタン	VSD(10 ⁻⁵ 発がんリスク)		0.16	VSD10 ⁻⁵ 発がんリスクの10倍		1.6	10	
トルエン	NOAEL	446	3000	NOAEL	446	300	1490	10
メチル-t-ブチルエーテル (MTBE)	NOAEL	143	1000	NOAEL	64	100	640	4.5
1,1,1-トリクロロエタン	NOAEL	600	1000	NOAEL	600	100	6000	10
フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)(DEHP)	NOAEL	3	100	NOAEL	3	100	30	1
ジクロロアセトニトリル	LOAEL	8	3000	LOAEL	8	300	27	10
抱水クロラール	LOAEL	13.5	3000	NOAEL	1.89	100	18.9	4.2
1,1-ジクロロエチレン	BMDL ₁₀	4.6	100	NOAEL	28.6	100	286	6.2

表2 成人及び小児の参照値及び目標値との比較(*:目標値は臭味で設定)

項目	saRfD ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)	目標値 (mg/L)	成人参照値 (mg/L)	比率 (参照値/目標値)	小児参照値 (mg/L)	比率 (参照値/目標値)
1,2-ジクロロエタン	1.6	0.004	0.04	10	0.02	5
トルエン	1490	0.4	40	100	10	25
メチル-t-ブチルエーテル (MTBE)	640	0.02*	20	1000	6	300
1,1,1-トリクロロエタン	6000	0.3*	200	667	60	200
フタル酸ジ(2-エチルヘキ シル) (DEHP)	30	0.08	0.8	10	0.3	3.75
ジクロロアセトニトリル	27	0.01	0.7	70	0.3	30
抱水クロラール	18.9	0.02	0.5	25	0.2	10
1,1-ジクロロエチレン	286	0.1	7	70	3	30

経口経路によるニッケルの毒性情報について、最近の評価を調査した。平均値としての $40 \mu\text{g}/\text{L}$ は、ニッケルアレルギー患者が通常飲用する場合において、全身性アレルギー症状を起こす可能性は低いと考えられる。一方、EFSA の評価で得られた高用量暴露群の一日摂取量が $13 \sim 14 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ であるが、そのほとんどが食品由来の暴露である。吸収率の違いを考慮すると飲水摂取換算では $1.4 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ に相当する暴露量であると考えられる。この暴露量は、動物実験から求めた TDI の約 50% に相当する。この暴露評価に基づき、TDI の寄与率を 50% に対して、体重 60 kg のヒトが一日 2 L の飲料水を摂取すると仮定すると、健康影響評価値として $[1.4 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{day} \times 60 \text{ kg} / 2 \text{ L}] 40 \mu\text{g}/\text{L}$ を導出することが可能となる。また、この評価は健康影響評価値を TDI の上限まで許容した場合の評価なので、安全側の評価として、WHO がデフォルト値として用いている寄与率 20% を準用して、 $16 (= 20) \mu\text{g}/\text{L}$ を健康影響評価値として設定できるかもしれない。以上の検討より、 $20 \sim 40 \mu\text{g}/\text{L}$ のニッケル濃度は、アレルギー患者を対象とした急性の全身症状と一般の人に対する慢性的な健康影響を防ぐという両方の目的に対応できる値であると考えられた。

(5) 水質分析法

(5-1) 液体クロマトグラフィーによる水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド同時分析法の開発と妥当性評価

水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドを迅速・簡便に分析するために、DNPH で誘導体化した試料を LC/UV あるいは LC/MS/MS により測定する方法を検討した。前処理方法の検討の結果、水道水 10 mL に対して 1% 塩化アンモニウム溶液 $50 \mu\text{L}$ を加えて残留塩素を除去した後、20% リン酸 0.2 mL と

$0.1\% \text{ DNPH}$ 溶液 0.5 mL を加えて混合し、室温で 20 分間静置して誘導体化した試料を試験溶液として測定した。分析フローチャートを図 11 に示す。

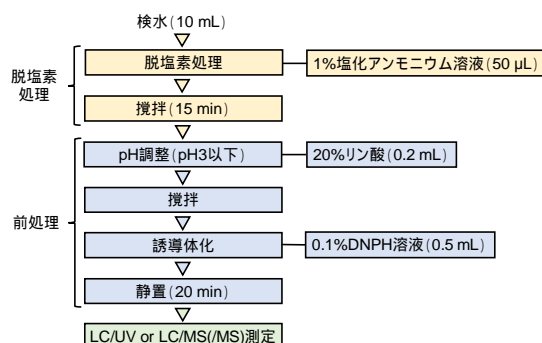


図 11 最適化した分析フロー

UV と MS/MS (SIM および SRM) いずれの検出器を用いた場合もホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド-DNPH 誘導体のピークは短時間で良好に分離し、ホルムアルデヒドの基準値の $1/10$ の濃度 ($0.008 \text{ mg}/\text{L}$) まで高精度に分析できた。さらに、本研究で確立した分析法が全国の水道水質検査に適用できるかどうかを検証するために、15 機関において水道水を用いた添加回収試験を行った。その結果、UV と MS/MS (SIM および SRM) いずれの検出器を用いた場合も、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドについて「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」の真度、併行精度および室内精度の目標を満たした。以上のことから、本分析法は水道水の標準検査法として利用可能と考えられる。

(5-2) 液体クロマトグラフィータンデム質量分析による水道水中の臭素酸分析条件の検討と妥当性評価

水道水中の臭素酸を既存の告示法よりも高

精度かつ迅速・簡便に分析するために、陰イオン交換と逆相の両方の機能を有するミックスモードカラムを用いて、水道水中の臭素酸と他の陰イオンを分離できる LC/MS/MS 分析条件について検討した。さらに、本研究で確立した分析法が全国の水道水質検査に適用できるかどうかを検証するために、水道事業者等の 23 機関において水道水を用いた添加回収試験を行い、得られた結果について解析・評価した。その結果、機関の試験の真度は 73～118% の範囲にあり、いずれの機関においても厚生労働省の「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」の目標(70～120%)を満たす良好な結果が得られた。また、各機関の併行精度は 0.43～14% の範囲にあり、ほとんどの機関で 10% 未満であった。さらに、各添加濃度における室間精度は、添加濃度 0.01 mg/L で 9.1%、添加濃度 0.001 mg/L で 10% であり、上記の妥当性評価ガイドラインの室内精度の目標(基準値の 1/10)において<30%、基準値において<20%)を満たした。以上のことから、本分析法は水道水中の臭素酸を基準値の 1/10 まで精度よく分析可能な方法であると評価できる。なお、本分析法は塩素酸についても分析が可能であり、現在、別表第 16 の 2 (イオンクロマトグラフ法)のみが規定されている塩素酸についても、より高精度に分析が可能であると考えられることから、今後は、本分析法を用いて塩素酸の分析精度についても検証する予定である。

(5-3) GC/MS および LC/MS スクリーニング分析用データベースの構築

対象農薬リスト掲載農薬類(旧 1 群農薬)、対象農薬リスト掲載農薬(新規追加)、要検討農薬類、その他農薬類(分析対象 84 種)および除外農薬類(分析対象 16 種)のスクリーニング分析用データベースの開発状況のまとめを表 3 に示す。対象農薬リスト掲載農薬類(分析対象 143 種)、要検討農薬類(分析対象 16 種)、その他農薬類(分析対象 84 種)および除外農薬類(分析対象 16 種)を併せた合計 259 種農薬のうち、GC/MS データベースについては、既に 153 種(全体の 59%)を登録できた。今後は、さらに 17 種の農薬を登録し、170 種(全体の 66%)の農薬をスクリーニング分析可能なデータベースの構築を目指す。一方、LC/MS/MS データベースに関しては、204 種(全体の 79%)の農薬の登録を目指す。

これらのデータベースを用いたスクリーニング分析の適用により、水道水質の安全性確保に貢献できると考えられる。

表3 農薬類のデータベース開発状況まとめ

分類	GC	PT	LC
農薬 DB に既に登録済みの物質数()	153	0	0
農薬 DB にこれから登録予定の物質数()	17	2	204
完成版の農薬 DB の合計物質数(+)	170	2	204
現在の農薬 DB のリスト掲載全農薬のカバー率	59%	0%	0%
完成版の農薬 DB のリスト掲載全農薬のカバー率	66%	1%	79%

D. 結論

(1) 微生物：

蛇口のレジオネラ汚染を改めて確認した。追加塩素消毒による蛇口の塩素濃度を改善することができた。トウガラシ微斑ウイルスと水系感染症ウイルスの除去率の間には高い相関関係が認められ、トウガラシ微斑ウイルスは、水系感染症ウイルスの凝集沈澱-砂ろ過、凝集-MF 膜ろ過での処理性を評価する上で有効なウイルス指標と期待された。相模川水系におけるクリプトスポリジウム汚染の実態を改めて確認した。顕微鏡法と遺伝子検査法のクリプトスポリジウム数はおよそ相関した。汚染低減の対策案として、アンモニアによるクリプトスポリジウム不活化法の可能性が示唆された。

(2) 化学物質・農薬：

農薬要覧 2016 に記載されている平成 27 農薬年度における農薬製剤出荷量は微減していたが、除草剤は増加傾向にあった。平成 28 年度の実態調査の結果、河川水で 77 種、原水 111 種、浄水では 62 種の農薬が検出されている。分解物も原水で 10 種、浄水で 5 種検出されていた。

基準改正後に伴い新たに追加された農薬が検出農薬数の 1/4 を占め、分類見直しの測定指標値が有効である一方、分類見直し基準の設定方法に課題があることも示された。

今後対象農薬リスト掲載農薬類への追加を検討すべき 8 農薬を抽出され、イブフェンカルバゾンは実態調査を実施し、最大検出濃度は 0.025µg/L であった。ネオニコチノイド系農薬としては、イミダクロプリドなど 4 農薬が検出された。テフリルトリオンの分解物 CMTBA はトリケトン構造を有しないため、個別農薬評価値への算入は必要なかった。フィプロニルについては、その分解物であるフィプロニルスルフ

イドとフィプロニルスルホンが検出された。(酸化プロピレン), アクリロニトリル, ヘキサメチレンテトラミン, ヒドラジン等の検出濃度が仮の評価値に比べて高かった。

(3) 消毒副生成物:

クロロホルムの生成に関連する浄水処理対応困難物質は, オゾン処理ならびに GAC 処理で処理される。下水処理水に含まれるホルムアルデヒドは比較的短時間で河川水中で分解する。全国 12 浄水場の全ての水道水から 1 種以上の HAcAms の存在が示され, その総濃度は 0.3~3.8 µg/L の範囲であった。水源におけるラフィド藻発生時には給水末端でもトリクロロ酢酸が高くなる可能性が示された。GC-MS-O 分析と臭気三点比較法を組み合わせることにより, 臭気原因物質を探索できることが示された。有機のカルキ臭原因物質が無視できない可能性を示した。オゾン処理や PAC 処理は, クロラミン類原因物質の除去性は限定的であった。TPN はカルキ臭を含む臭気強度への追従性が高い可能性が示された。活性炭によるトリクロラミン処理は, 1 次反応として表現される活性炭母材によるトリクロラミンの還元的分解と 2 次反応として表現される活性炭母材末端に存在する還元性官能基によるトリクロラミンの還元的分解により生じることを実験と数値計算モデルで解明した。

(4) リスク評価管理:

Ch を LC/MS/MS にて定量する ChE 活性阻害性試験(質量分析法)を開発した。従来の吸光度法による ChE 活性阻害性に比べて検出下限値を 1/15 程度まで低減することができた。TCE は, TCM の 3.75 倍, BDCM の 4.5 倍の揮発量となることが, PCE は TCM の 11 倍, BDCM の 13 倍の揮発量になることが示唆された。亜急性評価値に関しては, 水質管理目標設置項目の 8 項目に関する saRfD (µg/kg/day) を定め, 参照値 (mg/L) を提案した。ニッケルについて, 最近の国際的評価についてその情報を収集した。近年は, 動物実験における慢性影響ではなく, ヒトのニッケルアレルギー患者のアレルギー反応を基に許容値等が設定される方向であるが, 急性影響であることや体内吸収率の違いを考慮に入れて評価値を設定する必要があると考えられた。

(5) 水質分析法:

現行の告示法よりも迅速・簡便な水道水中のホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, 臭素酸の分析方法を確立し, さらに「水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン」の真度, 併行精

度および室内精度の目標を満たしたことから, 本分析法は水道水の標準検査法として利用可能と考えられた。合計 259 種農薬の内 153 種(全体の 59%) を GC/MS データベースに登録できた。これらのデータベースを用いたスクリーニング分析の適用により, 水道水質の安全性確保に貢献できると考えられる。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

小坂浩司, 浅見真理, 佐々木万紀子, 松井佳彦, 秋葉道宏, 全国の水道事業を対象とした農薬類の測定計画と検出状況の関連解析, 水環境学会誌, 2017, 40(3), 125-133.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Murai, K., Assessment of the efficacy of membrane filtration processes to remove human enteric viruses and the suitability of bacteriophages and a plant virus as surrogates for those viruses, *Water Research*, 2017, 115, 29-39.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Murai, K. and Aochi, A., Elimination of representative contaminant candidate list viruses, coxsackievirus, echovirus, hepatitis A virus, and norovirus, from water by coagulation processes, *Journal of Hazardous Materials*, 2017, 326: 110-119.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Marubayashi, T. and Murai, K., Investigation of enteric adenovirus and poliovirus removal by coagulation processes and suitability of bacteriophages MS2 and φX174 as surrogates for those viruses, *Science of the Total Environment*, 2016, 563-564: 29-39.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Marubayashi, T., Effect of coagulant basicity on virus removal from water by polyferric chloride, *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 2016, 65(4), 322-329.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Ohno, K., Characterization of recombinant norovirus virus-like particles and evaluation of their applicability to the investigation of norovirus removal performance in membrane filtration processes, *Water Science and Technology: Water*

Supply, 2016, 16(3), 737–745.

泉山信司, 遠藤卓郎, 水道における人への危害が問題となる病原微生物とその対策, 水環境学会誌, 2016, 39(2), 54-58.

Kamata M, Asami M, Matsui Y, Presence of the β -Triketone Herbicide Tefuryltrione in Drinking Water Sources and its Degradation Product in Drinking Waters, *Chemosphere*, 2017, 178, 333-339.

佐藤学, 上村仁, 小坂浩司, 浅見真理, 鎌田素之, 神奈川県相模川流域における河川水及び水道水のネオニコチノイド系農薬等の実態調査, 水環境学会誌, 2016, 39, 153-62.

Kosaka K., Nakai T., Hishida Y., Asami M., Ohkubo K. and Akiba M., Formation of 2,6-dichloro-1,4-benzoquinone from aromatic compounds after chlorination, *Water Research*, 2017, 110, 48–55.

Kosaka K., Ohkubo K. and Akiba M.: Occurrence and formation of haloacetamides from chlorination at water purification plants across Japan, *Water Research*, 2016, 106, 470–476.

小坂浩司, 浅見真理, 大久保慶子, 秋葉道宏, ミックスモードカラムを用いた液体クロマトグラフタンデム質量分析計による水道水中の臭素酸イオンとハロ酢酸の一斉分析法の検討, 水道協会雑誌, 2017, 86(2), 2–12.

中村暁彦, 細田耕, 加々郁子, 勢川利治, 花火大会が水道原水及び給水における過塩素酸濃度に与える影響, 水道協会雑誌, 2017, 86(1), 2-10.

小林憲弘, 鈴木俊也, 小杉有希, 菱木麻佑, 加登優樹, 金田智, 植田紘行, 河相暢幸, 北本靖子, 土屋かおり, 木村慎一, 古川浩司, 岩間紀知, 中村弘揮, 粕谷智浩, 堀池秀樹, 京野完, 高原玲華, 馬場紀幸, 佐藤信武, 久保田領志, 五十嵐良明, 液体クロマトグラフィによる水道水中のホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド同時分析法の開発と妥当性評価, 水環境学会誌, 2016, 39(6), 211–224.

Hirata-Koizumi M, Ise R, Kato H, Matsuyama T, Nishimaki-Mogami T, Takahashi M, Ono A, Ema M, Hirose A, Transcriptome analyses demonstrate that Peroxisome Proliferator-Activated Receptor α (PPAR α) activity of an ultraviolet absorber, 2-(2'-

hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)benzotriazole, as possible mechanism of their toxicity and the gender differences, *The Journal of Toxicological Sciences* 2016, 41, 693-700.

2. 著書

Kosaka K.: Analysis of oxyhalides and haloacetic acids in drinking water using IC-MS and IC-ICP-MS, In Michalski R. (ed.) *Application of IC-MS and IC-ICP-MS in Environmental Research*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2016, 152–177.

3. 解説・総説 なし

4. 学会発表

黒木俊郎, 泉山信司, 大屋日登美, 鈴木美雪, 前川純子, 倉文明, 医療機関の給水系におけるレジオネラ属菌汚染調査, 日本水道協会水道研究発表会, 京都市, 2016/11.

泉山信司, 倉文明, 大屋日登美, 黒木俊郎, 病院の蛇口におけるレジオネラ汚染の検出, 環境技術学会, 姫路市, 2016/9.

高力聡史, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, トウガラシ微斑ウイルスと水系感染症ウイルスの塩素消毒耐性の比較: 感染性評価手法と PMA-PCR 法の併用による評価., 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本, 2017/3/15–17.

白崎伸隆, 村井一真, 松下拓, 松井佳彦, 膜ろ過処理による水系感染症ウイルスの除去, 第 19 回日本水環境学会シンポジウム, 秋田, 2016/9/13–15.

中野勲, 鈴木允執, 吉田圭吾, 泉山信司, 遠藤卓郎, 橋本温, 水道原水を対象としたクリプトスポリジウム計数への MPN 法の導入, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

泉山信司, 飲料水の危機事案に対する関係機関の連携, 病原微生物への対応, 第 29 回公衆衛生情報研究協議会シンポジウム, 埼玉県和光市, 2016/1.

Torrey, Jason; Asami, T., Katayama, H., Furumai, H., and Hashimoto, A., Evaluating Virus Removal Efficiency in Drinking Water Treatment Plants with Indigenous Pepper Mild Mottle Virus, 第 50 回日本水環境学会年会, 徳島, 2016/3/16-18.

Vu, D, C., Katayama, H. and Furumai, H., Behavior of humic acid recovery during the Mg²⁺ concentration method for drinking water samples, the 12th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, pp.397-402, Hanoi, Vietnam, 2016/11/28-30.

Vu, D, C., Katayama, H. and Furumai, H., Applicability of EMA-qPCR method to detect damaged virus in drinking water under presence of organic compounds, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本, 2017/3/15-17.

渡邊洋大, 泉山信司, 岩谷梓, 齊藤巧介, 成澤千秋, 上村郁子, 関山真樹, 北村壽朗, 相模川水系における遺伝子検出法を用いた原虫調査, 日本水道協会水道研究発表会, 京都市 2016/11.

泉山信司, 松下拓, 秋葉道宏, 片山浩之, 水道の微生物学的な安全性向上に向けた取り組み, 日本水道協会水道研究発表会, 京都市 2016/11.

小坂浩司, 浅見真理, 大久保慶子, 秋葉道宏: ミックスモードカラムを用いた LC/MS/MS による水道水中の臭素酸イオンと八口酢酸の一斉分析法の検討, 第 53 回全国衛生化学技術協議会年会講演集, 198-199, 青森, 2016/11.

浅見真理, 水道水・環境水中の無機物質と今後の動向, 日本分析化学会第 76 回分析化学討論会, C2001, 岐阜, 2016/5/29.

浅見真理, 小坂浩司, 菅原 玲, 松井佳彦, 水質汚染の可能性のある化学物質の基本情報, 環境中の検出状況に関するデータベース作成, 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会), 同講演集, 790-791, 京都, 2016/11.

鎌田素之, 浅見真理, 松井佳彦, 水道原水および浄水における農薬類の検出実態, 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会), 同講演集, 690-691, 京都, 2016/11.

伊藤禎彦, 越後信哉, 小坂浩司, 北本靖子, 田中康夫, 百々生勢, 消毒処理水の全体毒性の評価に関する研究動向, 平成 28 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, 718-719, 京都, 2016/11.

菱田祐太, 森智裕, 河内智彦, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, 粉末活性炭処理による八口ベンゾキノン類生成能の低減効果, 平成 28 年度

全国会議(水道研究発表会)講演集, 710-711, 京都, 2016/11.

小坂浩司, 福田圭佑, 中村怜奈, 浅見真理, 越後信哉, 秋葉道宏: 高度浄水プロセスにおけるトリクロロミン生成能の挙動, 第 25 回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, 85-88, 京都, 2016/5.

Sakuma, M., Matsushita, T., Matsui, Y., Aki, T., Isaka, M., Hatase, T. and Shirasaki, N., Investigating mechanism underlying removal of trichloramine with super-powdered activated carbon, IWA World Water Congress 2016, Brisbane, Australia, 2016/10/9-14.

畑瀬大樹, 佐久間美紀, 松下拓, 田澤しおり, 松井佳彦, 白崎伸隆, 浄水カルキ臭の制御に向けた GC-Olfactometry による臭気評価法の確立: フェニルアラニン塩素処理由来の臭気を用いた検討, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本, 2017/3/15-17.

榎本剛司, 奥野美帆, 秋山由華, 小林憲弘, 塩化スズ()を用いたジチオカルバメート系農薬の分析法の検討, 第 25 回環境化学討論会, 新潟県新潟市, 2016/6/8.

小林憲弘, 塚本多矩, 堀池秀樹, 久保田領志, 五十嵐良明, 水道水の検査対象農薬の LC/MS/MS 一斉分析法の検討, 第 25 回環境化学討論会, 新潟県新潟市, 2016/6/10.

Kobayashi, N., Tsuchiya, Y., Kubota, R., Igarashi, Y., Formation of prothiofos-oxon by chlorination of prothiofos in tap water, Water and Environment Technology Conference 2016 (WET2016), 東京都文京区, 2016/8/28.

小松原由美, 江里口知己, 小林憲弘, 化学物質運命予測モデルを用いた環境水中農薬の動態予測, 海洋理工学会 平成 28 年度秋季大会, 京都府京都市, 2016/10/28.

小杉有希, 渡邊喜美代, 鈴木俊也, 保坂三継, 都内専用水道における深井戸掘削に伴う非イオン界面活性剤の検出事例, 日本水道協会, 平成 28 年度全国会議, 京都府京都市, 2016/11.

木下輝昭, 小杉有希, 鈴木俊也, 保坂三継, LC/MS による水道水中の八口オキソ酸の一斉

分析法, 日本水道協会, 平成 28 年度全国会議, 京都府京都市, 2016/11.

小田智子, 木下輝昭, 鈴木俊也, 保坂三継, 水道水中におけるアミトラスの加水分解挙動, 日本水道協会, 平成 28 年度全国会議, 京都府京都市, 2016/11.

渡邊喜美代, 小杉有希, 木下輝昭, 鈴木俊也, 保坂三継, HS-GC/MS 法による水道水中のダゾメット, メタムおよび MITC の分析法, 日本水道協会, 平成 28 年度全国会議, 京都府京都市, 2016/11.

Kobayashi, N., Tsukamoto, T., Horiike, H., Kubota, R., Igarashi, Y., Development of a simultaneous analytical method for agricultural chemicals in tap water using LC/MS/MS, 7th SETAC World Congress/37th SETAC North America Annual Meeting, Orlando, FL, USA, 2016/11/7.

小林憲弘, 久保田領志, 五十嵐良明, 水道水の検査対象農薬の LC/MS/MS 一斉分析法の開発と妥当性評価, 第 53 回全国衛生化学技術協議会年会, 青森県青森市, 2016/11/17.

土屋裕子, 小林憲弘, 久保田領志, 五十嵐良明, 水道水中プロチオホスの塩素処理によるオキソン体の生成, 第 53 回全国衛生化学技術協議会年会, 青森県青森市, 2016/11/17.

川元達彦, 谷畑智也, 井上亘, 吉田昌史, 鈴木俊也, 小杉有希, 吉田仁, 高木総吉, 安達史恵, 水道法規制・未規制金属類の多成分一斉分析法の妥当性評価試験結果-異なる多原子イオン抑制法を適用した ICP/MS 法を中心として-, 第 53 回全国衛生化学技術協議会年会, 青森県青森市, 2016/11/17.

木下輝昭, 小田智子, 鈴木俊也, 保坂三継, 水道水中のアミトラスの分解挙動, 第 53 回全国衛生化学技術協議会年会, 青森県青森市, 2016/11/17.

小林憲弘, 小松原由美, 江里口知己, 五十嵐良明, 環境水中農薬の動態予測モデルの構築と適用, 第 51 回日本水環境学会年会, 熊本県熊本市, 2017/3/17.

Yamada T, Hirata-Koizumi M, Ise R, Kato H, Matsuyama T, Nishimaki-Mogami T, Takahashi M, Kawamura T, Ema M, Hirose A, Ono A.

Transcriptome analyses of an ultraviolet absorber, 2-(2'-hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)benzotriazole in rats, DIOXIN 2016 FIRENZE, Florence, Italy, 2016/8.

広瀬明彦, 平田睦子, 小野敦, 山田隆志, 山口治子, 西村哲治, 水道水汚染物質の亜急性評価値に関する研究, 平成 28 年度全国会議, 京都府京都市, 2016/11.

5. その他

Kosaka K., Detecting carcinogens in drinking water, The Column, 2016, 12 (12), 2-6.

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

< 微生物分科会 >

栗田 志広	神奈川県内広域水道企業団
大谷 喜一郎	元神奈川県内広域水道企業団
江原 和宏	東京都水道局
中嶋 健二	浜松市上下水道部浄水課水質管理グループ
松島 有希子	桐生市水道局水質センター
渡邊 洋大	神奈川県企業庁水道水質センター
庭山 秀一	新潟市水道局
田部井 由紀子	東京都健康安全研究センター
黒木 俊郎	神奈川県衛生研究所
玉井 拙夫	神奈川県立足柄上病院
安藤 正典	元山梨大学工学部
橋本 温	県立広島大学生命環境学部
大河内 由美子	麻布大学生命環境科学部

片山 浩之	東京大学大学院工学研究科
春日 郁朗	東京大学大学院工学研究科
遠藤 卓郎	国立感染症研究所細菌第一部

川村 智子	国立医薬品食品衛生研究所
加藤 日奈	国立医薬品食品衛生研究所
山口 治子	国立医薬品食品衛生研究所
五十嵐智女	国立医薬品食品衛生研究所

< 化学物質・農薬分科会 >

相澤 貴子	(公財)水道技術研究センター
鎌田 素之	関東学院大学理工学部
小坂 浩司	国立保健医療科学院
西野 真之	八戸圏域水道企業団
高橋 英司	新潟市水道局
三浦 晃一	仙台市水道局
川上 夏紀	茨城県企業局
渡部 祐介	千葉県水道局
江崎 智昭	神戸市水道局
河村 裕之	神奈川県内広域水道企業団
桐山 秀樹	奈良県水道局
三枝 慎一郎	広島市水道局
井上 剛	福岡県南広域水道企業団
佐藤 学	神奈川県衛生研究所
成田 健太郎	株式会社 NJS 東部支社

< 水質分析法分科会 >

五十嵐 良明	国立医薬品食品衛生研究所
内野 正	国立医薬品食品衛生研究所
土屋 裕子	国立医薬品食品衛生研究所
吉田 仁	大阪健康安全基盤研究所
安達 史恵	大阪健康安全基盤研究所
鈴木 俊也	東京都健康安全研究センター
木下 輝昭	東京都健康安全研究センター
小杉 有希	東京都健康安全研究センター
小田 智子	東京都健康安全研究センター
渡邊 喜美代	東京都健康安全研究センター
門上 希和夫	北九州市立大学
大窪 かおり	佐賀県衛生薬業センター
上村 仁	神奈川県衛生研究所
仲野 富美	神奈川県衛生研究所
辻 清美	神奈川県衛生研究所
古川 浩司	三重県環境保全事業団
中村 弘揮	岐阜県公衆衛生検査センター
川元 達彦	兵庫県立健康生活科学研究所
井上 亘	兵庫県立健康生活科学研究所
谷畑 智也	兵庫県立健康生活科学研究所
宮本 紫織	愛媛県立衛生環境研究所
柴田 智弘	埼玉県水質管理センター
齋藤 賢知	埼玉県水質管理センター
佐田 麻紀	川崎市上下水道局
野村 あづみ	川崎市上下水道局
林 幸範	横須賀市上下水道局
粕谷 智浩	千葉県薬剤師会検査センター

< 消毒副生成物分科会 >

高田 裕志	大阪広域水道企業団
福原 次朗	沖縄県企業局
小林 利男	東京都水道局
佐藤 賢	茨城県企業局
城山 二郎	奈良県水道局
田中 康夫	阪神水道企業団
中井 喬彦	横浜市水道局
宮田 雅典	大阪市水道局
山中 伸行	京都市上下水道局
木村 直広	北千葉広域水道企業団
仲田 義信	川崎市上下水道局
篠田 豊	東京都水道局
清宮 佳幸	千葉県水道局

< リスク評価管理分科会 >

小林 憲弘	国立医薬品食品衛生研究所
江馬 眞	国立医薬品食品衛生研究所
長谷川 隆一	国立医薬品食品衛生研究所
小野 敦	国立医薬品食品衛生研究所
三浦 稔	国立医薬品食品衛生研究所
平田 睦子	国立医薬品食品衛生研究所
高橋 美加	国立医薬品食品衛生研究所
松本 真理子	国立医薬品食品衛生研究所