

200840027A

厚生労働科学研究費補助金
地域健康危機管理研究事業

飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦（北海道大学）

平成21（2009）年 3月

厚生労働科学研究費補助金

地域健康危機管理研究事業

飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究

平成20年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦

平成21(2009)年 3月

目 次

I. 総括研究報告		
飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究	-----	1
松井 佳彦		
II. 分担研究報告		
1. 無機物質に関する研究	-----	19
伊藤 雅喜, 国包 章一		
2. 一般有機物に関する研究	-----	33
安藤 正典, 秋葉 道宏, 西村 哲治		
3. 微生物に関する研究	-----	45
遠藤 卓郎, 松下拓		
4. 消毒副生成物に関する研究	-----	65
伊藤 慎彦, 浅見真理		
5. 農薬に関する研究	-----	73
相澤 貴子, 西村 哲治, 浅見真理		
6. 水道水質管理に関する研究	-----	83
国包 章一, 西野 二郎		
7. リスク評価に関する研究	-----	137
長谷川 隆一, 広瀬 明彦, 平田睦子		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	159
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	165

平成 20 年度厚生労働科学研究（地域健康危機管理研究事業）

総括研究報告書

飲料水の水質リスク管理に関する総合的研究

研究代表者 松井 佳彦 北海道大学大学院工学研究科 教授

研究要旨

水道水質基準の逐次見直し等に関して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、暴露評価とリスク評価に関する研究を行った。ニトロソジメチルアミン(NDMA)は原水と浄水過程で検出され、WHO ガイドライン値の1/10 を超える場合があった。ただし、夏期には砂ろ過により減少し浄水からは検出されなかった。オゾン処理における NDMA 前駆物質の一部として、黄ばみ防止剤を同定した。ヒトノロウイルスの浄水処理性を調べたところ、ノロウイルス VLP を用いた実験ではポリ塩化アルミニウムによる凝集沈殿砂ろ過処理にて 2.5log 以上の除去が、マウスノロウイルスを用いた実験では塩素処理にて 3mg/L・min で 4log 以上の不活化が期待された。クリプトスポリジウムの遺伝子検査に RNA 検出を適応することで検出感度を 0.006 個/test 程度まで向上させ、併せて浄水中の濃縮装置の改良に努め、核酸検査法の実用化に向け前進した。ポリ塩化アルミニウム凝集剤の塩基度を高めることにより、凝集処理後の残留アルミニウム濃度を低減化できる可能性が示された。水質管理目標設定項目第1群の中でも検出されない農薬があることから、第1群に入れるべき農薬の選定ルールと濃度の監視のためのプライオリティリスト算定のためのスコア値法の見直しを提案した。暴露評価に関しては、水道水を用いた調理により水道水寄与率が高くなることが示された。その他、水質基準内外の約 300 項目・物質について検討を行った。

分担研究者	所属機関	職名
伊藤 禎彦	京都大学大学院工学研究科	教授
遠藤 卓郎	国立感染症研究所 寄生動物部	部長
国包 章一	静岡県立大学環境科学研究科	教授
西野 二郎	日本水道協会 工務部水質課	課長
長谷川隆一	国立医薬品食品衛生研究所医薬安全科学部	部長
広瀬 明彦	国立医薬品食品衛生研究所総合評価研究室	室長
平田 睦子	国立医薬品食品衛生研究所総合評価研究室	主任研究官

伊藤 雅喜	国立保健医療科学院水道工学部	室長
秋葉 道宏	国立保健医療科学院水道工学部	部長
安藤 正典	武蔵野大学薬学部 薬学研究所	教授
相澤 貴子	横浜市水道局	技術顧問
浅見 真理	国立保健医療科学院水道工学部	室長
西村 哲治	国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部	部長
松下 拓	北海道大学大学院工学研究科	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等に資すべき化学物質や消毒副生成物、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、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等に資するとともに、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。

無機物質に関しては、水道水や食品からの摂取状況、環境中での存在状況、処理性等、水質基準逐次改訂作業のための基礎的情報を収集することとした。特に、食品と水道水における有害元素のTDIに占める割合・ミネラルの推奨量に対する割合について元素ごとに調査すること、また、飲料水からの暴露の寄与率がどの程度なのかを調査する。また水道用資機材等からの無機物質の溶出による水質汚染のおそれについても検討対象とした。このほか今後問題となる可能性のある物質群としてレアメタルに関する現状についても明らかにする。

消毒副生成物と農薬以外の一般有機物質については、以下のようである。平成15年のTOC基準化以降の浄水におけるTOCとKMnO₄消費量がどのように推移してきたかを検証する。さらに、塩素消費量低減化を目的に、各種の浄水処理方法・条件と除去される有機物質(TOC)の特性とを比較・解析し、塩素消費量を低減できる処理法や条件を検討する。有機フッ素化合物(PFCs)については、昨年度確立した高感度の分析法を用いて、水道原水として利用されている東京都に隣接して流れている都市河川水中PFCsの実態調査を実施した。また、水道事業体におけるかび臭被害の発生状況及びその対策等について明らかにするため、アンケート調査などを実施し得られた回答結果を解析し、かび臭物質の推移および対策方法に関する知見の収集を行った。

微生物関連については、昨年に引き続き、耐塩素性病原微生物、腸管系ウイルス、バイオフィーム対策の指標として従属栄養細菌数測定の利用について研究を進める。まず、平成20年度より水質管理目標設定項目に加えられた従属栄養細菌について各地の

届け出情報をもとにトレンドの把握に努めた。耐塩素性病原微生物対策としては汚染状況のモニタリングシステムの構築に向けて、多量の浄水からのクリプトスポリジウムオーシスト検出の試み塩素耐性病原微生物検出に向けた迅速遺伝子検査法の改良、あわせて汚染実態調査が行われた。ウイルス汚染のモニタリングに関しては、新たな指標の検索・検証実験、ならびにマウスノロウイルスを代替指標とした塩素感受性試験が行なわれた。

消毒副生成物については、塩素素およびオゾン処理による副生成物のうち臭素酸イオン、NDMA(N-ニトロジメチルアミン)、ハロ酢酸、塩素酸イオン、ハロアセトニトリル、抱水クロラール等を対象に、生成実態、制御技術および曝露量について、水質基準の逐次改正に関する検討に重要と考えられる事項を中心に調査を行った。特に今年度はNDMAの生成実態調査、ハロアセトニトリルおよびハロ酢酸の複数経路を考慮した曝露量評価、ジクロロアセトニトリルおよび抱水クロラールの生成実態に力点をおいて調査を進めた。

農薬は年度および地域によって使用される種類・量が大きく異なることから、検出実態を調査し、検査対象農薬を合理的に選定する手法について検討を行うと共に、選定に必要な情報の整理を行った。特に今年度は、モデルシミュレーションによる感度解析を行い、農薬の流出性や危険性を評価するための高精度のスコア表を作成し、優先的に監視すべき農薬の評価、あるいは優先的に監視すべき農薬の選定に寄与する事を目指した。さらに、有機りん系農薬について、そのオキソン体が入手可能な場合はオキソン体についても分析法を確立し、それらの存在状況について調査を行うとともに、有機りん系農薬のリスク評価を行う。

以上のような水質項目別の検討に加えて、水道水の安全性を確保するための集水域管理及び水質管理について、制度の現状等を含めて諸外国の優れた点を整理し、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低減方策を検討した。また、水道水の塩素酸濃度の低減対策について明らかにするため、

水道事業体における次亜塩素酸ナトリウム溶液の購入や保管の実態調査と、それらと塩素酸濃度との関連についても検討を加えた。

また、水質基準設定に関するリスク評価に関して、昨年度はニトロベンゼンや perfluorooctanoic acid (PFOA) 及び perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) について、多くの毒性情報を入手した。PFOA や PFOS については、製造量の減少に伴い、環境中濃度が減少することが予測されるが、一方で、その代替物質となりうる perfluoroalkylcarboxylic acid (PFAC) や perfluoroalkylsulfonic acid (PFAS) 類については、その製造量や環境中濃度の増加が予測され、これらの物質についてもヒトの健康への影響が懸念される。そこで、本年度は PFOA 及び PFOS 以外の PFAC 類及び PFAS 類について体内動態及び毒性に関する情報の収集及び整理を行った。さらに、最新の安全性評価手法を検討するために、最も適切な実験的実データに基づいた、確率論的アプローチによる新規不確定係数 (Uncertainty Factor: UF) の提案を試みた。

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、研究分担者 14 名の他に 42 もの水道事業体や研究機関などから 67 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、これらを上述の研究目的に沿って 7 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ている。研究分科会名は、無機物質分科会 (研究分担者 2 名、研究協力者 12 名)、消毒副生成物 (研究分担者 2 名、研究協力者 12 名)、農薬 (研究分担者 3 名、研究協力者 15 名)、一般有機物質 (研究分担者 3 名、研究協力者 15 名)、微生物 (研究分担者 2 名、研究協力者 7 名)、水道水質管理 (研究分担者 2 名、研究協力者 8 名)、リスク評価 (研究分担者 3 名、研究協力者 4 名) である。

無機物質分科会は、食品や水道水からの

無機有害物質の摂取量についてトータルダイエット調査を全国 6 ヶ所で実施した。鉄系凝集剤が使用されている諸外国 (ヨーロッパ, USA) の鉄系凝集剤 (水道用薬品) の規格情報を調査し、日本で使用されている鉄系凝集剤との比較を行った。一方、ポリ塩化アルミニウムの塩基度を高めることによるアルミニウムの凝集処理後の残留性の低減化を目的に、協力水道事業体 (9 水道事業体) の原水を用いてジャーテストを実施した。さらに、活性炭からの重金属などの溶出に関する調査、鉄系凝集剤を使用したナノろ過処理水と膜面付着物質の小型並列平膜用セルを用いた定量、レアメタルの年間消費量や用途など概要について文献調査を行った。

一般有機物分科会では、都市河川水中有機フッ素化合物の実態調査として、利根川水系 (中川の三郷付近)、多摩川水系 (羽村堰、日野橋、関戸橋、多摩川原橋付近) で採水を行い、試料をガラスフィルター後、固相カートリッジで濃縮メタノール回収後、固相抽出-高速液体クロマトグラフィー/タンデム型質量分析法を用いて測定した。浄水・原水・処理水等における TOC と消毒副生成物およびかび臭対策に関して、日本水道協会水道技術管理者協議会メンバー都市の 51 事業体及び工務常設調査委員会の 16 事業体の合計 67 事業体を対象にしたアンケート調査を行った。塩素消費速度と残留溶存有機物質との関係については、河川水と水源池水を対象に、ポリ塩化アルミニウム (PAC) による凝集沈殿処理水後の水の塩素消費量を測定した。このとき溶存有機物の性質と塩素消費量の関係を調べるために、溶存有機物質中の炭素量である DOC と、二重結合の量に応じて強度が増すと考えられる UV254 の測定を行った。

微生物分科会では、平成 20 年度より水質管理目標設定項目に加えられた従属栄養細菌の検出事例の収集、河川水における従属栄養細菌数と一般細菌の特性の検討 (特に他の水質項目との関係)、低濃度残留塩素存在下で従属栄養細菌のリグロースのおきる条件の検証を行った。また、多量の浄水中の耐塩索性

病原微生物をろ過し鏡検する際、粒状ハイドロキシアパタイトの純度によっては不溶性の不純物が鏡検の障害になることから、精製ハイドロキシアパタイトの使用による改良を試みた。また、免疫磁気ビーズ分離法との併用を検討した。クリプトスポリジウムの迅速な検査として RT-LAMP 法の実用性を評価するために、添加回収実験及び感度試験を行った後、種々の環境水を用いてクリプトスポリジウムを検査し、検鏡法による結果と比較、検討した。クリプトスポリジウムにおいては遺伝子検査の標的をコピー数が少ない DNA から、多量のコピー数が期待できる RNA を標的とした RT-LAMP 反応に置き換えることの有効性を検討した。さらに、実態調査として、相模川水系においてクリプトスポリジウムの検出と得られたオーシストの遺伝子解析を実施した。また、昨年引き続き、バッチ式凝集-沈澱-砂ろ過処理によるノロウイルス VLP(virus like particle)処理性(処理工程における挙動)を実験的に検討し、大腸菌ファージ等の処理性と比較した。さらに、マウスノロウイルス、ポリオウイルス 1 型、及びヒトノロウイルスを用いて塩素処理後の PCR 増殖性(遺伝子の構造的変性)の比較、およびマウスノロウイルス、ポリオウイルス 1 型の生残率の類似性からヒトノロウイルスの塩素感受性を類推した。

消毒副生物分科会では、NDMA に関して K 下水処理水中に含まれる前駆体の調査と、利根川中流域 8 ヶ所の河川水と全国 10 ヶ所の水道における原水を採水し、NDMA 濃度および生成能の調査を行った。NDMA およびその前駆体の分析方法、NDMA 生成能の測定方法は消毒副生物分科会の分担研究報告書を参照されたい。さらに全国 6 ヶ所のトータルダイエツト調査試料を用いて食品中の塩素酸・過塩素酸イオンの摂取量調査を行った。さらに、マーケットバスケット方式により無作為に購入した 17 食品群の 121 種類の食品について、水道水と精製水でそれぞれ調理後のサンプルを作成し、食品経由のハロ酢酸曝露量評価における調理時の水道水の影響を調べた。東京都、神奈川県及び埼玉県の一般家庭 12 世帯で水

道水、浴槽水及び浴室空気中のジハロアセトニトリル類濃度を測定し、曝露量評価を実施した。その他、オゾン処理における臭素酸イオン低減化については酸注入、CT による制御の効果を、ハロ酢酸等その他副生成物については生成実態および低減化技術に関する調査検討を、実施等で評価した。

農薬分科会では、農薬類の実態調査を継続するとともに、本年度は、より効率的な農薬管理を行うため検出実態に基づき、第一群(102 農薬)から除外する農薬についての検討を行った。相模川及び酒匂川に加え、利根川、筑後川水系をモデル水域に選定し、3 次メッシュ単位で流域別土地利用情報を整理し、土地利用情報は 32 種の作物区分に対応させ、農薬要覧から得た都道府県・農薬製剤別出荷量情報と農薬製剤別農薬原体含有率情報を用いることで農薬製剤を用途ごとに分類し、流域別農薬原体使用量の算出を行った。岩手県雫石町を中心とした葛根田川を対象流域として、除草剤プレチラクロールと殺菌剤イソプロチオランをモデルに、農薬の散布量、土壌中分解係数、土壌有機炭素吸着定数が河川中濃度へ及ぼす影響について感度解析を行い、散布量、生分解性、LogKOW のスコア値表を改良した。チオノ型有機りん系農薬ピリミホスメチルの塩素曝露における挙動と反応生成物の GC/MS 法での測定条件を検討するとともに、ピリミホスメチルの塩素処理水の抽出物、クロルピリホスメチルオキシソン、ネオニコチノイド系農薬であるイミダクロプリドおよびアセタミプリドについて、コリンエステラーゼ活性(ChE)阻害の評価を行い、埼玉県羽生市から東京都江戸川区を流れる中川河川水の ChE 活性阻害と農薬類の測定を行った。ブタミホスの塩素処理生成物とその関連物質の変異原性を Ames 試験で評価した。

水質管理分科会は、昨年度に引き続き、カナダ、ヨーロッパ連合(EU)、ドイツ、イギリス、韓国、オランダ、ニュージーランド、スイス及びアメリカ合衆国を対象に、水道の水質管理及び集水域の管理につき、

ウェブ情報等に基づき調査した。水道における次亜塩素酸ナトリウム溶液の適切な管理に関しては、水道事業体における次亜塩素酸ナトリウムの購入実態、保管方法等についての変更点等について昨年度に引き続き大規模の水道事業体及び水道用水供給事業体の 18 事業体 49 施設と次亜塩素酸ナトリウムの注入率の高い水道事業体 21 事業体 24 施設（についてアンケート調査を実施しアンケート調査を実施し、9 事業体 9 施設については実調査も行った。

リスク分科会では、PFOA 及び PFOS 以外の PFAC/PFAS 類について体内動態及び毒性に関する情報の文献検索、収集及び整理を行った。対象物質は、環境中やヒトの血中/組織中からの検出の報告がある PFAC/PFAS 類とした。実験動物からヒトへの外挿に関する実験的情報について 63 種の抗がん剤に関する実験動物とがん患者を比較した資料、ヒトでのばらつきに関しては、新生児ラットと若齢ラットに関する資料を用いて、確率論的アプローチによる新規不確実係数 (UF) の背景を議論した。

C. 研究結果と考察

(1) 無機物質

水道水、食品からの摂取量調査では、全摂取量に対する水道水からの寄与率は 2% 以下であり、TDI に対してほとんど影響はなかった。また、食品と水全体の摂取量で TDI を超えたマンガン、ヒ素、モリブデンおよび平均で TDI の 50% を超えたセレン以外の元素は TDI に対して余裕があり、水道水からの摂取量が 10% になったとしても問題がないと考えられる。最近開発された高塩基度 PAC の処理性に関する研究では従来の PAC と濁度、色度の処理効果はほぼ同等であったが、同 pH における残留アルミニウム濃度は従来の PAC より低い傾向があり、従来の PAC より残留アルミニウム濃度の制御が容易になる可能性が示された。

浄水処理過程における消石灰添加は、その注入率とカルシウム濃度の変化がよく対応しており、水道水のカルシウム濃度の保持に効果的であることが明らかとなった。また、低 pH の施設の実態調査では、浅井戸及び深井戸を

水源とし、消毒のみを行なう施設で浄水 pH 値が低い傾向があることがわかった。

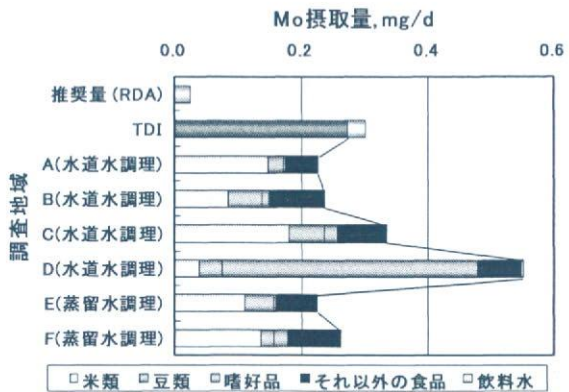


図1 モリブデンの摂取量

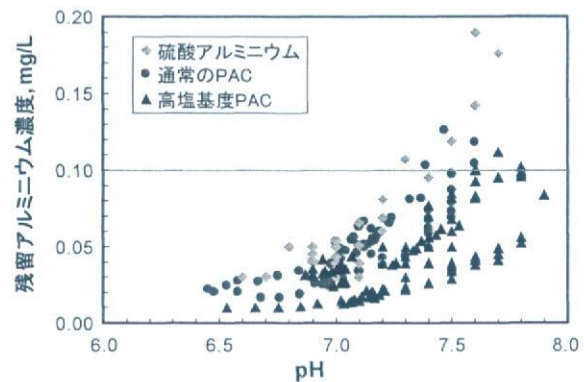


図2 ジャーテスト・メンブレンフィルター過後のアルミニウム濃度

粒状活性炭について、浄水場によっては立ち上げ時に微量の金属類が浄水に溶出している恐れのあることが明らかとなった。粉末活性炭について、運転管理において特に問題となる溶出物はないが、吸着能力の不足した活性炭の納入事例のあることがわかった。不良品の納入を防止するためには、自己検査の実施や品質に関する仕様の変更などを行う必要がある。

レアメタルの基礎的調査により、今後水の汚染物質と成る可能性があり、調査の優先順位が高い項目としてコバルト、ゲルマニウム、ストロンチウム及びテルルが挙げられた。特にゲルマニウムについては、今後の調査により検出率及び検出濃度が高くなる可能性も考慮される。これらの物質については実態調査により、

分布状況等の把握が必要であると考えられる。

NF 膜処理における膜の薬品洗浄の際の金属類の除去には、アルカリ洗浄に比べて酸洗浄が有効で、鉄の除去には、シュウ酸が有効であった。カルシウムスケールが析出した膜の洗浄にシュウ酸を用いた場合、シュウ酸カルシウムが生成される可能性が高いことが明らかとなった。

(2) 一般有機物

TOC は平成 15 年の基準化によって明らかに低減し、平成 19 年度ではほぼ一致した数値を示していた。同時に、KMnO₄ 消費量、消毒副生成物濃度も減少していた。この結果は、浄水の水質が有機物量として均質であることを示唆しており、TOC 基準化が達成されたことが明確となった。

固相抽出-高速液体クロマトグラフィー/タンデム型質量分析法を用いて水道原水として利用されている都市河川水中有機フッ素化合物の実態調査を 2008 年 1 月から 12 月にかけて実施した。多摩川水系について、上流域の羽村堰付近の濃度は比較的 low、パーフルオロカルボン酸類 (PFCA) 0.7~5.1ng/L、パーフルオロスルホン酸類 (PFCS) 0.2~30.4ng/L であったが、中流域の濃度は PFCA 14~59.9ng/L、PFCS 17~167.7ng/L と上流域に比べ高く、下水処理場の下水処理水が負荷源と推定された。多摩川中流域の PFCA の存在比は PFNA(43%)>PFOA(32%)>PFHxA(9%)が高く、PFOA よりも炭素鎖が長い PFCA も検出された。PFCS の存在比は PFOS(77%) > PFHxS(18%) > PFBS(4%)であった。利根川水系の中川三郷付近の濃度は PFCA 14.5~40.9ng/L、PFCS 10.5~50.9ng/L であり、有機フッ素化合物の存在比は多摩川中流域の存在比と同様な結果であった。

全国 67 事業体を対象にかび臭対策に対するアンケート調査を実施し、かび臭被害の具体的な対策方法や管理指標等を明らかとした。かび臭被害は 34 浄水場 (50.7%) で発生し、かび臭被害を受けた浄水場の主要な水源の種類は、河川が 23 浄水場 (67.6%)、ダム直接 7 浄水場 (20.6%)、湖沼 4 浄水場 (11.8%) の順

であり、全て表流水であった。かび臭被害の発生割合は地域によって異なるものの北日本ほど割合が低いという傾向は見られなかった。また、かび臭被害の発生した浄水場は全て対策を実施しており、発生していない浄水場でも 14 浄水場 (42.4%) は予防対策を実施していた。かび臭対策の内容は、水源対策 20 浄水場 (19.4%)、高度浄水処理の導入 45 浄水場 (43.7%)、浄水処理プロセスの運転条件の変更 38 浄水場 (36.9%) で、高度浄水処理の導入が最も多かった。さらに、独自の管理指標を設けている浄水場の割合は 38.8% であり、浄水プロセスの出口側で管理を行っている浄水場では、平均で 2-MIB:2.7 ng/L、ジェオスミン:3.6 ng/L という基準値より厳しい管理指標を設けていることがわかった。カビ臭被害を受けたと回答した一部の浄水場について、厚生労働省が行っている異臭味等による水道の被害状況の調査結果から、カビ臭被害への対応状況を調べた結果、多くの浄水場で過去数年に渡り粉末活性炭の投入等の対応を長期間行っていることがわかった。一部の浄水場では年間 100 日以上カビ臭対策への対応を行っていた。

カビ臭被害が生じている千苺貯水池を対象として、かび臭物質の詳細な推移を調査し、同時に有効な対策方法を模索した結果、季節によって、カビ臭物質濃度のみでなく、原因となる障害生物種が大きく異なることがわかった。一方、一部のケースでは原因微生物を特定することが困難であった。障害微生物対策としては取水口の変更で対応出来るケースもあるが、対応できない場合は、活性炭処理が必要であった。

安全でおいしい水を供給する観点からは、給水栓での残留塩素濃度は 0.1~0.4 mg/L の範囲で制御することが望ましいが、配水中における残留塩素の減少は主として溶存有機物質等による塩素の分解反応や水道管壁面における塩素の分解反応によって消費されるため制御することが難しい。有機物質との反応は、DOC や UV₂₅₄ によって予測可能であるとの報告もあるが、本来構造が異なれば塩素との反応性も異なると考えられる。本研究では、水源、

時期の違いや各種処理工程の違いによって、溶存する有機物質の特性に違いが生じ、その違いが塩素消費に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。時期、採水場所が異なる原水とその凝集沈殿処理水を用いた。3 日後の残留塩素濃度が 0.2~0.4mg/L になるように塩素添加した。塩素減少には変曲点があり、変曲点前の急速な塩素消費及び変曲点後の緩やかな塩素消費のいずれにおいても塩素消費量を初期の DOC や UV254 では予測、整理できないことが明らかとなった。また、UV254 で残留塩素濃度の減少を予測できないのは、溶存有機物質の骨格中に、塩素と反応する二重結合以外にも UV254 で検出される部位が存在し、かつ異なる種の溶存有機物質ではその量が異なるためと考えられ、残留塩素濃度の減少を予測するためには新たな指標の導入が必要であることが明らかとなった。

(3) 微生物

従属栄養細菌数関連：東京都健康安全研究センターと神奈川県内広域水道企業団のデータをまとめると、原水では、表流水で 30~720,000cfu/ml、浅井戸、深井戸、湧水では 2~330cfu/ml の範囲であった。浄水については、多くの地点で 10cfu/ml であったが、ろ過処理のない塩素消毒のみの浄水で高くなる傾向が認められた。また、インターネット上で公開されているデータでは浄水場出口、給水栓などの浄水系試料の最高値は 5900cfu/ml であった。水質管理目標項目の目標値(2000cfu/ml)を超えた報告は 1 例のみであった。水道水中の従属栄養細菌のデータ収集(作業中) 0.05~0.2mg/L 程度の低残留塩素を維持して水を保存した場合、暗所に 20℃で 10 日間ほどの保存では遊離残留塩素が 0.05mg/L 程度であっても従属栄養細菌のリグロースは観察されなかった。

耐塩素性病原微生物関連：クリプトスポリジウムの迅速検出法として、遺伝子検査法(LAMP 法)の開発の一環として、検査のプロトコルの作成と感度評価を行なった。最適な核酸抽出法の検討を行い、RNA/DNA 抽出法として磁気ビーズ法から核酸抽出後にアルカリ熱抽出を提案した。

河川水濃縮物にオーシストを添加し、磁気ビーズ法で回収後に核酸抽出、LAMP を実施した。最終の DNA 抽出液は 25 μ L とし、このうちの 5 μ L を用いた LAMP 反応では確実にクリプトスポリジウムを検出することが再確認された。ところで、クリプトスポリジウムの検査指針では 1 個のオーシストを検出することが求められていることから、常に濃縮検体(その抽出 DNA)の全量を 1 反応に用いなければならず、実用性に欠けることが指摘される。上記のことを受け、RNA 検出(RT-LAMP 法)に切り替えるべく検討がなされた。その結果、オーシスト 0.006 個まで検出可能であることが確認され、RT-LAMP 法にすることで実用性が確保されることが示された。

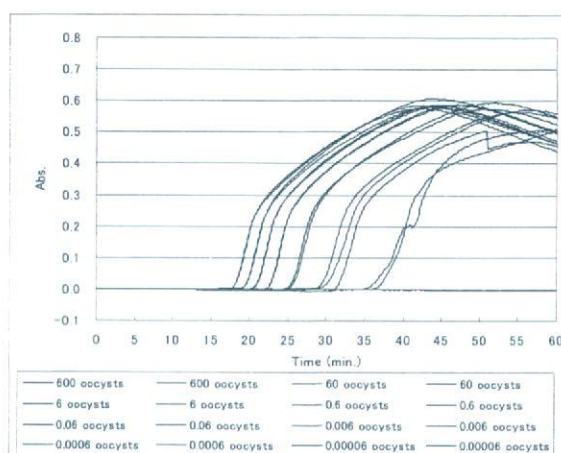


図3 RT-LAMP の検出感度

ウイルス関連：ノロウイルスの VLP (Virus-like Particle: ノロウイルスゲノムの構造蛋白質領域をバキュロウイルスに組み込み、カイコで発現させて獲られたウイルス粒子に酷似した粒子)を作成し、標品が直径 35-39nm の粒子状であることを確認した。これを大腸菌ファージ Qb, MS2 を共存させ、浄水処理性の比較を行うことで浄水処理性(凝集沈殿砂ろ過)の評価系を構築し、NL-VLP は大腸菌ファージ Qb と類似した挙動をとること、ポリ塩化アルミニウムによる凝集・沈殿・砂ろ過で 2.5log 以上の除去率であることなどが示された。

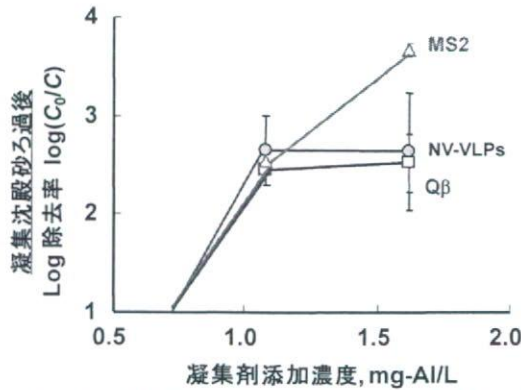


図4 凝集沈殿後のノロウイルス VLP 粒子とバクテリオファージ MS2, Qβの除去率

ノロウイルスに類縁のマウスノロウイルスを用いてウイルスの塩素耐性を評価した。その結果、 $3\text{mg/L} \cdot \text{min}$ の遊離塩素消毒により $4\log$ 以上の不活化が達成されることを明らかにした。一方、塩素消毒におけるノロウイルス GII とマウスノロウイルスの遺伝子残存率が同程度であったことから、ノロウイルス GII も $3\text{mg/L} \cdot \text{min}$ の遊離塩素消毒により $4\log$ 以上不活化することが期待された。実務的には、 $0.1\text{mg/L} \cdot \text{min}$ の遊離塩素濃度を保った配水システムにおいては 30 分間の接触で $4\log$ 以上のノロウイルス不活化が期待できるものと評価された。

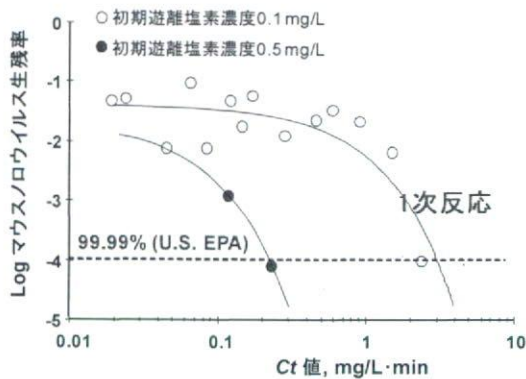


図5 塩素 Ct 値とマウスノロウイルスの生存率の関係

(4) 消毒副生成物

下水流入水からオゾン処理による NDMA 前駆物質として黄ばみ防止剤である HDMS と TMSD の 2 物質を同定した。河川(原水)の NDMA 生成能を調査したところ、遊離塩素処

理での NDMA 生成能は見られなかったが、原水の水質によっては結合塩素処理によって NDMA が生成することが分かった。NDMA 等ニトロアミン化合物の実態調査では、原水には NDMA 及び NMor が検出され、NPyr は NDMA と同様に中オゾン処理により増加した。原水と浄水過程における NDMA 濃度には WHO ガイドライン値の $1/10$ を超える場合があったが、浄水からは検出されなかった。塩素酸イオンと過塩素酸イオンの食品からの摂取量調査を行ったところ、それぞれの耐容一日摂取量(TDI)より低い値であった。ジハロアセトニトリルの曝露量評価を行い、気相経路の曝露量について初の試算を行った。食品由来のハロ酢酸の曝露量評価において調理に用いる水道水中のハロ酢酸濃度の影響が無視できないことを示した。

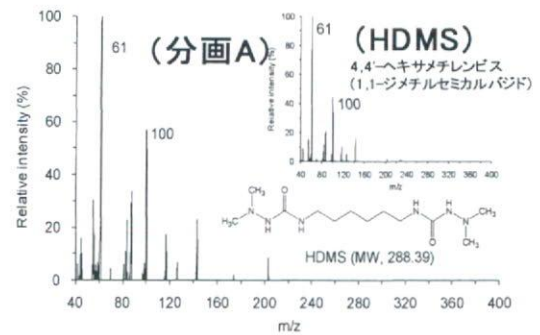


図6 分画 A 中のピークと試薬 HDMS の MS/MS スペクトル(右上)

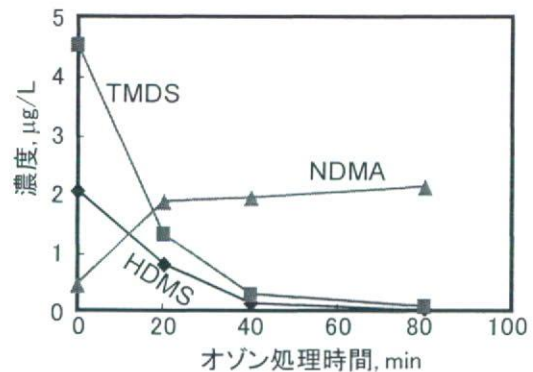


図7 オゾン処理における NDMA と NDMA 前駆物質濃度の経時変化

臭素酸イオンの抑制に関して、酸注入・CT 値による制御の効果について検証を行った。抱水クロラールおよびジクロロアセトニトリルの実態調査では、それぞれ最大で水質管理目標値改正案の 50%および 35%の濃度が検出された。



図8 消毒副生物の暴露量の経路割合

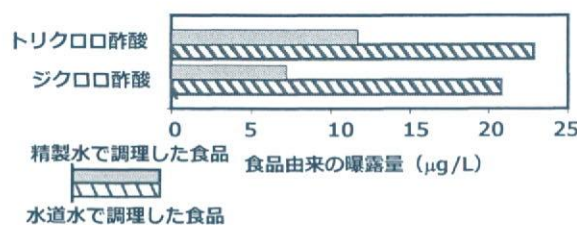


図9 トリクロロ酢酸, ジクロロ酢酸の食品経由暴露量

(5) 農薬

平成 18 農薬年度の農薬製剤総出荷量は約 26.1 万 t で、原体換算では約 5.7 万 t で初めて 6 万 t を下回った。また、登録農薬原対数は 530 種で、平成 12 年をピークに減少し、登録農薬製剤数も 10 年間で約 1,000 種減少し、4,241 種類となった。環境への負荷に関しては、各農薬原体の出荷量を ADI で除した値を算出したところ、総出荷量の減少と同様に減少する傾向が示され、徐々に減少している傾向にあることが示された。

全国 13 水道事業体を対象に 146 箇所の測定地点で実態調査を行ったところ、計 143 種の農薬が測定され、河川水で 54 種、原水で 84 種、浄水で 44 種の農薬が検出された。最大検出

濃度が 1 µg/L を超えた農薬が河川水で 8 種、原水で 14 種確認され、シメリン、イミノクタジン三酢酸塩は 10 µg/L を超える値で検出された。浄水では 0.1 µg/L を超えた農薬は 19 種類確認され、ピロキロンが特に高い値を示した。最大値個別農薬評価値は、河川水ではフェンチオンスルホキシド、フェンチオンが、原水ではイミノクタジン三酢酸塩とモリネートが高い値を示した。検出頻度は河川水でイミダクロプリド、ベンタゾン、ベンタゾ、クロロネブが 50%以上と非常に高い値を示し、原水ではプロモブチド、ベンタゾン、イミダクロプリド、イソプロチオラン、ダイムロン、メフェナセット、プレチラクロール、ベンスルフロメチル、モリネート、トリシクラゾールが 20%以上の高い値を示し、浄水ではベンタゾン、プロモブチド、プレチラクロール、プロモブチドデプロモ、トリシクラゾールが 10%以上の高い値を示した。測定毎の検出指標値に関しては、河川水において 1 を超えるケースが 3 度認められ、原水では 0.5 を超えるケースが 7 度認められた。河川水、原水ではこれまでの実態調査結果と比較しても特に高い値が認められたが、フェンチオンおよびその酸化物やモリネート、イミノクタジン三酢酸塩等、特定の農薬の寄与が大きかった。浄水では最大で 0.12 であった。今回の調査から全国的に見て特に注意が必要な農薬として、原水では、プロモブチド、モリネート、イミノクタジン三酢酸塩、メフェナセット、プレチラクロール、シメリン、カフェンストール、スプロカーブ、浄水ではベンタゾン、プロモブチド、フェノブカルブ、ピロキロン、トリクロピルが挙げられる。特に、ベンタゾン、プロモブチド、ピロキロンは原水と浄水でリストアップされることから監視の重要度の高い農薬である。

また、効率的な農薬管理を行うため、実態調査結果に基づき第一群(102 農薬)から除外する候補について①浄水で検出されない(浄水における検出率が 0%)、②原水で検出されない(原水における検出率が 0%)の 2 つの条件を設定したところ 102 農薬中 27 農薬が該当した。今後、過去の調査結果や水道統計データ等の情報を用い、個別の事業体後との検討もを行い、系統化された選定方法を確立し、その内容

を検証する必要がある。

モデル地域を対象とした流域別農薬使用量に関する検討として、福岡、佐賀、熊本、大分の4県を対象として筑後川とその周辺流域および東京、千葉、埼玉、群馬、栃木、茨城の6都県を対象として利根川およびその周辺流域についての解析を行った。結果、利根川水系の6都県を対象とした場合もExcelを用いて簡易的なGISとして視覚的に表示することが可能であり、同様の方法で全国に適用できることが示された。また、農薬用途別に流域ごとの使用量を算出した結果、筑後川では、殺虫剤としてジクロロボス、フェントエート、フェントロチオン、DCIP、殺菌剤としてホセチル、イプロジオン、塩基性塩化銅、メプロニル、フルトラニル、除草剤として塩素酸ナトリウム、グリホサート、グルホシネート、ダイムロン、ACNの使用量が多いことが示された。また、ソフトを用いて農薬の物性情報の算出とデータベース化を行ったことから、今後、使用量と物性情報を活用し、より詳細な監視農薬の選定が可能になると考える。

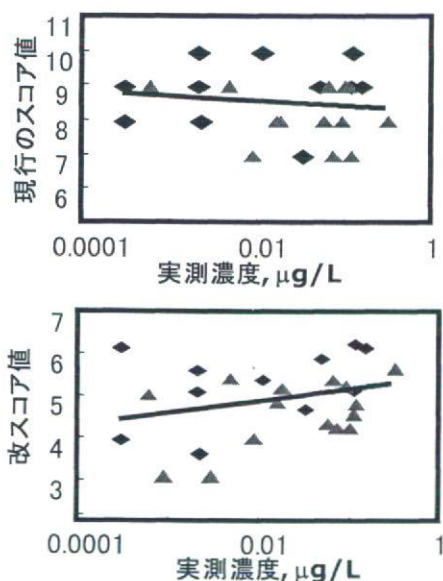


図10 新旧スコア表によるスコア値と農薬濃度実測値の比較

詳細な入力データが得られている地域を対象として、農薬流出解析モデルを用いて河川中農薬濃度の感度解析を行い、その結果をもとに農薬濃度監視プラオリティーリスト作成の

ためのスコア表を改良した。感度解析の結果、農薬の散布量が河川中農薬濃度に最も大きく影響を与えており、その次に農薬の土壌に対する吸着性、その次に分解性という順に影響力が小さくなる結果となった。感度解析結果に基づいて改良されたスコア表を用いて、スコア値と河川の農薬検出率や河川中平均濃度との相関性を評価した結果、これまでのスコア表を用いた場合に比べて相関性が向上したことから、モデルシミュレーションの感度解析に基づいた新しいスコア表の有効性が示された。

有機リン系農薬の一つであるピリホスメチルについて、塩素曝露における挙動について検討し、塩素と速やかに反応し、マスペクトルによりオキソン体と推定される反応生成物が生成することを明らかにした。ピリホスメチルおよび反応生成物であるオキソン体の固相抽出-GC/MS法による十分な感度と精度を備えた分析法(定量限界値が10 μg/L)を作成した。クロルピリホスメチルオキシンの急性毒性の発現の指標であるChE阻害活性は非常に強く、20%阻害濃度は0.0022 mg/Lとなり、これまで検討した有機リン系農薬オキソン体の中で強い作用を示したクロルピリホスオキソン(0.0011 mg/L)、イソキサチオンオキソン(0.0013 mg/L)、ダイアジノンオキソン(0.0089 mg/L)などと同程度であることが明らかとなった。ピリホスメチルの塩素反応生成物中にChE活性阻害物質が含まれており、オキソン体が生成していることが示唆された。河川水中には、年間を通じてChE活性を阻害する物質が含まれていることが明らかとなった。GC/MSによる測定対象農薬の分析の結果、MPPおよびカルボフランの存在が推定され、最大推定濃度はそれぞれ0.12、0.55 mg/Lであった。ニコチン性アセチルコリン受容体に結合して神経を興奮させ続けることにより有害作用を示すネオニコチノイド系農薬であるイミダクロプリドおよびアセタミプリドについては、ChE阻害活性を示さなかった。

ブタミホスの塩素処理生成物である5M2NPの異性体(2M5NP)とその関連物質について、変異原性を評価した結果、5M2NPの場合と同様、塩素化することで変異原性は増加した。

2M5NP の塩素処理を行い、その抽出物を、YG1029 株を用いて Ames 試験したところ、変異原性は反応初期において増加したが、反応が進むと低下した。通常の浄水処理で想定される塩素濃度で 6C2M5NP を塩素処理した結果、24 時間後では、2M5NP は、2 塩素化物、あるいは 2 塩素化物がさらに分解した物質として存在していることが示された。

(6) 水質管理分科会

水道の水質管理及び集水域の管理について、諸外国の関連情報を昨年度に引き続いて収集・整理した。イギリス、ドイツ及びスイスでは、全国的に水源保全区域を設定して水道水源の保全に努めていること、さらに、このうち特にイギリスにおいては、国土の 55% に及ぶ地域を硝酸塩監視区域に指定して、地下水の硝酸塩による汚染の防止を図っていることなどを示した。水道水質基準については、全国一律でなく水道ごとにその状況に応じて基準項目をきめ細かく指定しているニュージーランドや、通常の基準項目の他に浄水処理の管理に関する項目及び原水監視のための項目を定めているオランダなど、柔軟に対処している例があることが認められた。このほか、ニュージーランドにおける水道事業者の公衆衛生面からの格付け、韓国における浄水場運営・管理実態の評価など、情報公開を梃子にした現状改善・向上策は、今後、規制を補完する有力な政策手段となり得ると考えられた。国内の水道事業者における次亜塩素酸ナトリウム溶液の管理実態についても、昨年度に引き続いて調査し、以前に比べて改善が図られているものの、塩素注入率が高い事業者などにおいて、依然として問題が認められる場合があることを明らかにした。

(7) リスク評価

最新のリスク評価のための毒性情報収集及び安全性評価に関する研究を行った。本年度は、昨年度に毒性情報の収集及び整理を行った perfluorooctanoic acid (PFOA) 及び perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) 以外の perfluoroalkylcarboxylic acid (PFAC) や perfluoroalkylsulfonic acid (PFAS) 類について、

その毒性情報を収集し整理すると共に、最新の安全性評価手法に関する研究として、新規の不確か係数 (Uncertainty Factor: UF) を提案する。PFAC/PFAS 類の毒性情報としては、ラットを用いた反復投与毒性試験において、貧血、肝臓、甲状腺及び腎臓等への影響が、さらに、ラットやマウスを用いた生殖発生毒性試験では、生存胎児数や児重量の低下、生後発達や性成熟の遅れなどが報告されており、これらの影響は炭素数の長い PFAC/PFAS 類で強い傾向が見られた。PFAC/PFAS 類の血清/血漿排出半減期は、炭素数に依存して長くなる傾向がみられ、その値には明確な種差が見られた。PFOA や PFOS 以外の PFAC/PFAS 類については、慢性毒性/発がん性試験の報告はなく、さらに、特に強い影響が懸念される炭素鎖の長い PFAC/PFAS 類については生殖機能や生後発達への影響を調べた報告もないため、さらなる研究や試験の実施が望まれる。最新の安全性評価手法に関する研究では、新規 UF を提案するために、最も適切な実験的実データを用いて確率的アプローチによる計算を実施した。その結果から、2 主要素(種差とヒトのばらつき)に対応する UF としては、各々の要素の中央値と幾何標準偏差値を用いた計算により、掛け合わせ後の分布の 95% タイル値を用いるのが適切であると考えられた。

D. 結論

(1) 無機物質:凝集剤由来の残留アルミニウム濃度低減化の可能性を検討した。塩基度を高めたポリ塩化アルミニウム凝集剤(PAC)は、現行の PAC に比較して、濁度、色度の除去性は同等以上であり、残留アルミニウム濃度も同等またはそれ以下になることが示された。食品、水からの無機物質の摂取量調査では 21 元素について分析を行った。有害元素については、食品からの摂取量平均値で TDI を超えたものは 3 元素(マンガン、ヒ素、モリブデン)あった。一方、残りの多くの元素においては、食品からの摂取は TDI の半分以下であり、TDI に対して大きなマージンがあった。カルシウム等の摂取が推奨される元素については、摂取量が推奨量を下回る傾向が見られた。水道水由来の

摂取は推奨量の 5%であり、カルシウム摂取にあまり貢献していないことが示唆された。

(2) 一般的な有機物:全国 67 事業体(66 浄水場)を対象に、かび臭被害に関するアンケート調査を実施し、かび臭被害の発生割合は地域によって異なるものの北日本ほど割合が低いという傾向は見られなかった。TOC の水道水質基準値化に伴い、浄水の TOC 値は全国的に減少していることが認められた。配水過程において残留塩素濃度を一定範囲内に収めるための塩素消費物質としての TOC を検討した。塩素濃度は初期の急激な減少後緩やかに低下するが、減少速度の定式化は DOC や UV254 では予測、整理できず、残留塩素濃度の減少を予測するためには新たな指標の導入が必要であることが明らかとなった。有機フッ素化合物類は、多摩川水系について上流域の羽村堰付近の濃度は比較的 low、パーフルオロカルボン酸類(PFCAs)0.7~5.1ng/L、パーフルオロスルホン酸類(PFCSSs)0.2~30.4ng/L であったが、中流域の濃度は PFCAs14~59.9ng/L、PFCSSs17~167.7ng/L と上流域に比べ高く、下水処理場の下水処理水が負荷源と推定された。

(3) 微生物:ノロウイルスの NL-VLP (Virus-like Particle) を用い、浄水処理性を評価した。NL-VLP は大腸菌ファージ Q β と類似した挙動をとること、凝集沈殿砂ろ過で 2.5log 以上の除去率であることが示された。マウスノロウイルスを用いてヒトノロウイルスの塩素耐性を推定したところ 3mg/L \cdot min、実務的には、0.1mg/L \cdot min の遊離塩素濃度(水道法)を保った配水系においては 30 分間の接触で 4log 以上の不活化が期待された。従属栄養細菌の増殖は残留塩素 0.05~0.2mg/L 程度の環境下、20 $^{\circ}$ C の暗所で 10 日間ほどの保存では認められなかった。クリプトスポリジウムの遺伝子検査において検水中の 1 個のオーシストを検出するためには、DNA-LAMP 法では濃縮検体全量を 1 反応に用いなければならない、実用性に欠けている。この点の解決に向けて RNA 検出(RT-LAMP 法)に変更し、検出感度を 0.006 個/test 程度まで向上させた。これにより核酸検査法の実用化に向け前進した。併せて、浄水の濃縮装置

の改良に努めた。

(4) 消毒副生成物:塩素およびオゾン処理副生成物のうち NDMA (N-ニトロジメチルアミン)や、ハロ酢酸、塩素酸、ハロアセトニトリル、抱水クロラール、臭素酸及び、米国環境保護庁で暫定健康勧告濃度が公表された過塩素酸を対象に、生成実態、曝露量等について調査を行った。NDMA 等 10 種のニトロアミン化合物のうち、淀川水系原水で NDMA、N-nitrosomorpholine、オゾン処理水で NDMA、N-nitrosopyrrolidine が検出され、NDMA は WHO ガイドライン値の 1/10 を超える場合もあった。ただし、夏期には後段の砂ろ過により減少し、浄水からは、いずれの物質も検出されなかった。オゾン処理における NDMA 前駆物質の一部として、黄ばみ防止剤を同定した。水道水中の抱水クロラール・ジクロロアセトニトリルは、クロロホルムと概ね良好な相関があり、最大で水質管理目標値改正案のそれぞれ 50%、35%の濃度が検出された。ただし、後者は配水距離(時間)が長い場合、分解している可能性があった。ジハロアセトニトリルの気相経由の曝露量は水道水経由よりも少ないこと、食品由来のハロ酢酸・塩素酸・過塩素酸の曝露量評価においては調理に用いる水道水の影響があることがわかった。国内の水道事業体における次亜塩素酸ナトリウム溶液の管理実態についても、昨年度に引き続いて調査し、以前に比べて改善が図られているものの、塩素注入率が高い事業体などにおいて、依然として問題が認められる場合があることを明らかにした。

(5) 農薬:平成 19 年農薬年度の農薬取締法への登録原体数は 524 種であり、製剤総出荷量は約 26 万 t で、これまで同様減少傾向にあった。農薬検出実態調査を全国の主要 13 水道事業体で実施し、一部でフェンチオンの分解物であるスルホキンド体やオキシソニオン体が高濃度で検出され、それらが検出指標値を高めることがわかった。農薬は薬剤耐性の変化から使用状況が変化する傾向があり、平成 15 年度に設定された第 1 群農薬でも使用実態が変わり、検出されなくなる農薬もあることから、一定のルールに基づき見直しを行った結果、27 農

薬が入れ替え候補としてリストアップされた。現在、監視農薬を選定するための優先順位は、農薬総生産量、TDI、LogKow、生分解性の5段階スコアの総スコア値が高い順に設定しているが、総スコア値と農薬検出率ならびに検出濃度との相関性が低いことから、農薬流出モデルを用いた感度解析により、スコア値算出法を見直した。新スコア値を用いることで農薬濃度、検出率との相関が良好になった。筑後川流域を対象に、各種データベースを活用し流域別の農薬使用量を推定し簡易GISとして視覚的に表現した。ピリホスメチルの濃度測定法を開発した。

(6) 水質管理:集水域管理及び水質管理に関する諸外国の制度を収集・整理した。イギリスでは地下水の肥料などによる汚染防止を目的として、イングランド及びウェールズの約55%もの広範な地域を、硝酸塩監視区域として指定していることが注目された。ニュージーランドにおける水道事業体の公衆衛生面からの格付けや、韓国における全浄水場を対象とした管理運営実態の評価など、単なる規制とは異なる情報公開を楨にした取り組みは、わが国でも今後大いに参考にすべきであると考えられた。水質基準についても、ニュージーランドでは全国一律ではなく水道ごとに基準項目を指定しており、また、オランダでは浄水処理の管理に関する項目や原水を対象とした項目を設定するなど、柔軟に対処している例がいくつか認められた。

(7) リスク評価:本年度は、昨年度に毒性情報の収集・整理を行った perfluorooctanoic acid 及び perfluorooctane sulfonic acid 以外の perfluoroalkylcarboxylic acid (PFAC) や perfluoroalkylsulfonic acid (PFAS)類について、その毒性情報を収集し整理すると共に、最新の安全性評価手法に関する研究として新規の不確実係数 (Uncertainty Factor: UF)を提案した。PFAC/PFAS 類の毒性情報としては、ラットを用いた反復投与毒性試験において、貧血、肝臓、腎臓等への影響が、さらに、ラットやマウスを用いた生殖発生毒性試験では、生存胎児数や児重量の低下、生後発達の遅れなどが報告されており、これらの影響は炭素数の長い

PFAC/PFAS 類で強い傾向が見られた。新規UFを提案するために、最も適切な実験的実データを用いて確率論的アプローチによる計算を実施した。その結果から、2 主要素(種差とヒトのばらつき)に対応するUFとしては、各々の要素の中央値と幾何標準偏差値を用いた計算により、掛け合わせ後の分布の95%タイル値を用いるのが適切であると考えられた。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

小坂浩司, 伊藤雅喜, 中澤祐貴, 森一晃, 国包章一, 水道におけるポリ塩化ナフタレン及び塩素化多環芳香族炭化水素類の実態調査, 水道協会雑誌, 77(8), 2-12, 2008

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Urasaki, T. and Ohno, K., Comparison of behaviors of two surrogates for pathogenic waterborne viruses, bacteriophages Q β and MS2, during the aluminum coagulation process, *Water Research*, 43(3), 605-612, 2009

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Kobuke, M. and Ohno, K., Comparison of removal performance of two surrogates for pathogenic waterborne viruses, bacteriophage Q β and MS2, in a coagulation-ceramic microfiltration system, *Journal of Membrane Science*, 59(2), 195-201, 2009

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Ohno, K. Effects of reversible and irreversible membrane fouling on virus removal by a coagulation-microfiltration system, *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 57(7), 501-506 2008

Kuroki, T., Izumiyama, S., Yagita, K., Une, Y., Hayashidani, H., Kuro-o, M., Mori, A., Moriguchi, H., Toriba, M., Ishibashi, T. and

- Endo, T. Occurrence of *Cryptosporidium* sp. in snakes in Japan, *Parasitology Research*, 103(4), 801-805 2008
- 高木正明, 鳥海宏, 遠藤卓郎, 山本徳栄, 黒木俊郎, プール水を介したクリプトスポリジウム症集団発生事例, *感染症誌*, 82, 14-19, 2008
- Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Kobuke, M., Urasaki, T. and Ohno, K., Coagulation–ceramic microfiltration hybrid system effectively removes virus that is difficult to remove in conventional coagulation–sedimentation–sand filtration process *Proceedings of ICOM2008*, 2008
- Shirasaki, N., Kobuke, M., Urasaki, T., Matsushita, T., Matsui, Y., and Ohno, K., Difference in behaviors of two indicator bacteriophages for waterborne pathogenic viruses during drinking water treatment process, and their effective removals by using coagulation–ceramic microfiltration hybrid system *Proceedings of IWA Regional Conference–Membrane Technologies in Water and Waste Water Treatment*, 2008
- 浅見真理, 小坂浩司, 吉田伸江, 松岡雪子, 国包章一, 水環境, 水道水及び次亜塩素酸ナトリウム溶液における塩素酸と過塩素酸の存在状況と相互関係, *水道協会雑誌*, 77(4), 7-22, 2008
- Oya, M., Kosaka, K., Asami, M. and Kunikane, S., Formation of N-nitrosodimethylamine (NDMA) by ozonation of dyes and related compounds, *Chemosphere*, 73, 1724–1730, 2008
- Asami, M., Kosaka, K. and Kunikane, S., Bromate, chlorate, chlorite and perchlorate in sodium hypochlorite solution used in water supply, *Journal of Water Supply: Research and Technology–AQUA*, 58(2), 107-115, 2009
- Asami M, Oya M and Kosaka K, A Nationwide Survey of NDMA in Raw and Drinking Water in Japan, *Science of the Total Environment*, Vol.407, pp.3540-3545, 2009
- Echigo, S., Itoh, S., and Ando, R., Contribution of organic bromines to the genotoxicity of chlorinated water *Kranifil, T., Krasner, S. W., Westerhoff, P. and Xie, Y., Disinfection By-Products in Drinking Water: Occurrence, Formation, Health Effects, and Control*, American Chemical Society Washington, DC, 65-79, 2008
- 伊藤禎彦, 権大維, 武藤輝生, 岡下亮介, 越後信哉, 大河内由美子, 複数経路の曝露を考慮したハロ酢酸の曝露量評価, *環境工学研究論文集*, 45, 553-561, 2008
- 浅見真理, 水道水源および消毒剤中のハロゲン酸の存在状況と動向, *水環境学会誌*, 31(9), 508-513, 2008
- 伊藤禎彦, 消毒副生成物に関する国内外の研究動向, *水環境学会誌*, 31(9), 502-507, 2008
- Ohno, K., Minami, T., Matsui, Y. and Magara, Y., Effects of chlorine on organophosphorus pesticides adsorbed on activated carbon: Desorption and oxon formation, *Water Research* 42(6-7), 1753-1759, 2008
- Tahara, M., Kubota, R., Nakazawa, H., Tokunaga, H. and Nishimura, T., The behaviour and cholinesterase inhibitory activity of fenthion and its products by light and chlorination, *Journal of Water Supply: Research and Technology–AQUA*, 57(3), 143-151, 2008
- 田原麻衣子, 久保田領志, 中澤裕之, 徳永裕司, 西村哲治 塩素反応生成物を含めた有機リン系農薬のための水道水の安全性評価, *用水と排水*, 50(6), 483-487 2008
- Tani, K., Matsui, Y., Ohno, K. and Matsushita, T., Sensitivity analysis of factors affecting pesticide concentration in river water by use of a diffuse pollution hydrological model,

Proceedings of IWA DIPCON, 312-313, 2008

Kamata, M., Aizawa, T., Ikegai, T. and Magara, Y., Estimation of pesticide runoff to evaluate the monitoring priority of pesticide on water quality management, Proceedings of IWA World Water Congress, 2008

寺嶋勝彦, ニュージーランドにおける水道水質の管理, 水道協会雑誌, 投稿中

山田俊郎, 金京柱, 崔宰熏, 福士謙介, 滝沢智, 国包章一 大韓民国における水道水質管理制度, 水道協会雑誌, 投稿中

Ema, M., Fujii, S., Hirata-Koizumi, M., and Matsumoto, M. Two-generation reproductive toxicity study of the flame retardant hexabromocyclododecane in rats., *Reproductive Toxicology*, 23, 335-351, 2008

Ema, M., Fukunishi, K., Hirose, A., Hirata-Koizumi, M., Matsumoto, M., and Kamata, E., Repeated-dose and reproductive toxicity of the ultraviolet absorber 2-(3',5'-di-tert-butyl-2'-hydroxyphenyl)-5-chlorobenzotriazole in rats., *Drug and Chemical Toxicology*, 31, 399-412, 2008

Ema, M., Fukunishi, K., jii, S., Matsumoto, M., Hirata-Koizumi, M., and Ihara, T., Developmental toxicity of dibutyltin dichloride given on three consecutive days during organogenesis in cynomolgus monkeys. *Drug and Chemical Toxicology*, in press

Harada, T., Kimura, E., Hirata-Koizumi, M., Hirose, A., Kamata, E., and Ema, M., Reproductive and developmental toxicity screening study of 4-aminophenol in rats., *Drug and Chemical Toxicology*, 31, 473-486, 2008

Hirata-Koizumi, M., Matsuyama, T., Imai, T., Hirose, A., Kamata, E., and Ema, M., Gender-related difference in the toxicity of ultraviolet absorber 2-(3',5'-di-tert-butyl-2'-hydroxyphenyl)-5-chlorobenzotriazole in rats., *Drug and Chemical*

Toxicology, 383-398, 2008

Hirata-Koizumi, M., Matsuyama, T., Imai, T., Hirose, A., Kamata, E., and Ema, M., Lack of gender-related difference in the toxicity of 2-(2'-hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)benzotriazole in preweaning rats., *Drug and Chemical Toxicology*, 31, 75-287, 2008

Hirata-Koizumi, M., Matsuno, K., Kawabata, M., Yajima, K., Matsuyama, T., Hirose, A., Kamata, E., and Ema, M., Gender-related difference in the toxicity of 2-(2'-hydroxy-3',5'-di-tert-butylphenyl)benzotriazole in rats: relationship to the plasma Concentration, in vitro hepatic metabolism and effects on hepatic metabolizing enzyme activity., *Drug and Chemical Toxicology*, in press

Matsumoto, M., Hirose, A., and Ema, M., Review of testicular toxicity of dinitrophenolic compounds, 2-sec-butyl-4,6-dinitrophenol, 4,6-dinitro-o-cresol and 2,4-dinitrophenol., *Reproductive Toxicology*, 26, 185-190, 2008

Takahashi, M., Sunaga, M., Hirata-Koizumi, M., Hirose, A., Kamata, E., and Ema, M., Reproductive and developmental toxicity screening study of 2,4-dinitrophenol in rats., *Environmental Toxicology*, in press

2. 学会発表

長峯知徳, 伊藤雅喜, 三輪信一, 小松良光, ナノろ過ファウリング進行過程における膜面付着物質の推移, 第59回全国水道研究発表会, 204-205, 2008

宮ノ下友明, 伊藤雅喜, 惣名史一, 藤原正弘, 水質に応じた最適浄水システムの構築手法, 第59回全国水道研究発表会, 244-245, 2008

小林琢也, 松井佳彦, 大野浩一, 伊藤雅喜, 植木誠, 吉沢健一, 三木一弥, 青井健太郎, 岡崎素弘, 森川則三, ナノろ過膜による浄水処理についての研究(II) -多段型NF

装置の連続運転経過一, 第 59 回全国水道研究発表会, 206-207, 2008

田中宏樹, 松井佳彦, 大野浩一, 伊藤雅喜, 植木誠, 吉沢健一, 小林琢也, 三木一弥, 青井健太郎, 岡崎素弘, ナノろ過膜による浄水処理についての研究(Ⅲ)ー高度浄水処理/通常処理との水質比較ー, 第 59 回全国水道研究発表会, 208-209 2008

林田武志, 伊藤雅喜, 門田卓三, 斉藤孝志, 菊池良和, 減圧式逆流防止器における弁差圧と流量の関係を利用した異常検知手法の開発に関する研究, 第 59 回全国水道研究発表会, 428-429, 2008

鈴木俊也, 宇佐美美穂子, 保坂三継, 西村哲治, 矢口久美子 環境水中の有機フッ素化合物の分析法, 第 17 回環境科学討論会, 2008

鈴木俊也, 宇佐美美穂子, 西村哲治, 矢口久美子, 小縣昭夫 水環境中の有機フッ素化合物ー多摩川水系における存在実態ー, 第 45 回全国衛生化学技術協議会年会, 2008

大芝淳, 白崎伸隆, 浦崎稔史, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, 浄水処理におけるノロウイルスの処理性評価, 第 60 回全国水道研究発表会, 2009

白崎伸隆, 浦崎稔史, 小泓誠, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, ノロウイルス外套タンパク(NV-VLPs)を用いたノロウイルスの浄水処理性評価, 第 45 回環境工学研究フォーラム, 151-153, 2008

浦崎稔史, 白崎伸隆, 小泓誠, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, 浄水処理過程におけるバクテリオファージの処理性比較, 第 16 回衛生工学シンポジウム, 2008

浦崎稔史, 白崎伸隆, 小泓誠, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, 浄水処理におけるバクテリオファージの処理性の違い, 第 59 回全国水道研究発表会, 2008

猪又明子, 保坂三継, 泉山信司, 百田隆祥, 大谷喜一郎, 遠藤卓郎, 環境水中の原虫類検出を目的とした LAMP 法の検討 第 59 回全国水道研究発表会, 2008

泉山信司, 大内一敏, 遠藤卓郎, 粉体ろ過によるクリプトスポリジウム濃縮保存法の開発, 第 59 回全国水道研究発表会, 2008

百田隆祥, 小島禎, 泉山信司, 遠藤卓郎, LAMP 法 (Loop-mediated Isothermal Amplification) を用いたクリプトスポリジウムおよびジアルジアの高感度迅速検出, 第 43 回日本水環境学会年会, 2009

泉山信司, 遠藤卓郎, 酸溶解性ケーキろ過によるクリプトスポリジウム濃縮法の開発, 第 8 回環境技術学会研究発表大会, 2008

小坂浩司, 大谷真巳, 浅見真理, 国包章一, 高度浄水処理工程および下水処理工程における NDMA とオゾン処理による NDMA 生成能, オゾン協会第 18 回年次研究講演会, 21, 2008

大谷真巳, 小坂浩司, 浅見真理, 国包章一, 染色関連物質のオゾン処理による NDMA の生成 オゾン協会第 18 回年次研究講演会, 2008

大谷真巳, 小坂浩司, 浅見真理, 国包章一, 高度浄水処理工程, 河川および下水処理工程における NDMA とその生成能に関する調査, 第 59 回全国水道研究発表会, 542-543, 2008

関川慎也, 浅見真理, 小坂浩司, 吉田伸江, 杉野秀治, 塚田貴文, 水道水保存による塩素酸・過塩素酸の挙動と市販飲料における実態調査, 第 59 回全国水道研究発表会, 544-545, 2008

浅見真理, 大谷真巳, 小坂浩司, LC/MS/MS を用いたニトロソジメチルアミン(NDMA) の分析方法と水源実態調査, 第 17 回環境化学討論会, 198-199, 2008

今野裕介, 阪野正明, 垣花久好, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, 利根川流域及び国内水道原水における NDMA とその生成能, 第 43 回日本水環境学会年会, 2009

今野裕介, 小坂浩司, 浅見真理, 秋葉道宏, オゾン処理による NDMA 前駆物質の同定—下水処理流入水からの退色防止剤検出—, 第 60 回全国水道研究発表会, 2009

伊藤禎彦, 権大維, 武藤輝生, 岡下亮介, 越後信哉, 大河内由美子, ハロ酢酸の食品経路の曝露量評価, 第 59 回全国水道研究発表会講演集, 538-539, 2008

徐育子, 越後信哉, 伊藤禎彦, 古澤彰太, ハロ酢酸生成能からみた親水性溶存有機物の重要性, 第 59 回全国水道研究発表会講演集, 534-535, 2008

谷田慎也, 越後信哉, 伊藤禎彦, 宮川幸雄, 琵琶湖・淀川水系における消毒副生成物の前駆体としてのヨウ素の形態別分布, 第 59 回全国水道研究発表会講演集, 536-537, 2008

谷幸二, 土田佳幸, 成田健太郎, 大野浩一, 松下拓, 松井佳彦 モデルシミュレーションによる除草剤プレチラクロールの河川中濃度に関する感度解析, 第 59 回全国水道研究発表会, 522-523, 2008

相澤貴子, 鎌田素之, 池貝隆宏, 眞柄泰基, 使用実態を反映した農薬監視への試み, 第 59 回全国水道研究発表会, 524-525 2008

田原麻衣子, 田中美穂, 久保田領志, 中澤裕之, 徳永祐司, 西村哲治 塩素反応試料における挙動解析と生理作用への影響評価の重要性, 第 59 回全国水道研究発表会, 574-575, 2008

西村哲治, 水道水質管理におけるバイオアッセイの適用—有機リン系農薬のための水道水の安全性評価手法— 第 14 回バイオアッセイ研究会・日本環境毒性学会合同研

究発表会, 3-6, 2008

香川(田中)聡子, 神野透人, 古川容子, 大河原晋, 安藤正典, 西村哲治, 埴岡伸光, 成松鎮雄 含フッ素芳香族ピレスロイドの加水分解に関与するヒト Carboxylesterase に関する研究, フォーラム 2008・衛生薬学・環境トキシコロジー, 258 2008

神野透人, 香川(田中)聡子, 古川容子, 辻清美, 林留美子, 田中博子, 大河原晋, 安藤正典, 西村哲治 常温揮散性ピレスロイドの経気道暴露評価に関する研究, フォーラム 2008・衛生薬学・環境トキシコロジー, 259, 2008

田原麻衣子, 久保田領志, 中澤裕之, 西村哲治, 利根川水系(中川)における河川水中コリンエステラーゼ阻害物質の存在実態, 第 45 回全国衛生化学技術協議会年会, 141-142, 008

谷幸二, 土田佳幸, 成田健太郎, 松井佳彦, 松下拓, 大野浩一 河川中農薬濃度に影響を与える因子の感度解析, 第 16 回衛生工学シンポジウム, 2008

高橋美加, 松本真理子, 宮地繁樹, 菅野誠一郎, 菅谷芳雄, 広瀬明彦, 鎌田栄一, 江馬眞, OECD 化学物質対策の動向(第 14 報)—第 23 回、第 24 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議(2006 年済州、2007 年パリ), 化学生物総合管理, 4, 225-236, 2008

松本真理子, 宮地繁樹, 菅谷芳雄, 江馬眞, 広瀬明彦, OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 26 回初期評価会議概要, 化学生物総合管理, 4, 245, 2008

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
(該当なし)