

201237006A

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

水道における水質リスク評価および管理
に関する総合研究

平成24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25（2013）年 3月

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

水道における水質リスク評価および管理に関する総合研究

平成24年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦

平成25（2013）年 3月

目 次

I. 総括研究報告	
水道における水質リスク評価および管理に関する総合研究-----	1
松井 佳彦	
II. 分担研究報告	
1. 微生物に関する研究 -----	21
泉山 信司, 秋葉 道宏, 片山 浩之, 松下 拓	
2. 無機物質に関する研究 -----	47
伊藤 雅喜	
3. 一般有機物に関する研究 -----	57
西村 哲治, 秋葉 道宏	
4. 消毒副生成物に関する研究 -----	81
伊藤 慎彦, 浅見 真理	
5. 農薬に関する研究 -----	95
浅見 真理, 西村 哲治, 杉本 直樹	
6. 寄与率に関する研究 -----	101
浅見 真理, 伊藤 慎彦, 広瀬 明彦, 平田 睦子, 西村 哲治	
7. リスク評価に関する研究 -----	107
広瀬 明彦, 平田 睦子	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	147
IV. 研究成果の刊行物・別刷 -----	151

水道における水質リスク評価およ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

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。

一般細菌に比べて高感度な従属栄養細菌の活用例として、貯水槽内の水の滞留に伴う高い従属栄養細菌数や配管内バイオフィームの問題解消の例を示した。凝集-MF 膜処理では 4-Log 以上ノロウイルスの除去率が得られることを検出系に immuno-PCR を用いた VLPs (Virus-like particles) 実験で示した。RNase 処理 RT-PCR 法により、塩素消毒後の大腸菌ファージ Q β の生残数を定量した。耐塩素性病原微生物の濃縮過程における汚染を回避する方法として粉体吸着過程方式の実用性を示した。クリプトスポリジウムとジアルジア遺伝子検出法の検証を新たな事業体で行い、適用性を確認した。また、ヒト感染の可能性のあるジアルジアの遺伝子型の存在が改めて確認された。養豚業におけるオーシストの主排出源は育成豚舎であると思われた。クリプトスポリジウム検査における低退色性の蛍光抗体色素の有効性を確認した。

残留アルミニウム対策では pH 調整、PSI、高塩基度 PAC とも一定の効果は見られ、それぞれの課題を明らかにした。一部の給水装置からの 200 μ g/L 以上の濃度のニッケルの浸出が認められ、めっきの回り込みに関する製品毎のばらつきが原因と考察された。懸濁質によってセシウムの吸着には差があることが明らかとなった。

アニリン、1,2,3-トリクロロベンゼン、ニトリロ三酢酸の分析法を設定し、目標値と比べ非常に低濃度の存在実態を明らかにした。医薬品類は水道原水から数 ng/L～百数十 ng/L の濃度レベルで検出された。浄水ではヨウ素系 X 線造影剤のみが数～数十 ng/L オーダーで検出された。タミフル (OP) とその活性代謝物である OC は通常の浄水処理では除去しきれないことが示された。しかし、純水中ではあるが粉末活性炭 20mg/L で 1 割以下まで除去された。今後注意を払うことの優先度が高い医薬品として、エピナスチン、カンデサルタン、ロラゼパム、スルピリド及びジフェンヒドラジンを示した。

ヘキサメチレンテトラミンはオゾン処理においてホルムアルデヒド以外の物質に分解され、その際には塩素処理によるホルムアルデヒド生成能もほぼ失われることを示した。メチルアミノ基を有する 3 級アミンは塩素処理によるホルムアルデヒド生成率が量論的關係に基づいた推測値と一致する物質群と、推測値よりも低いグループに分かれること、また、3 級以外のアミン類からの生成能は低いことを確認した。淀川水系の浄水中 NDMA 濃度は冬季には高い傾向にあるが、過去数年間は減少傾向にある。LC/MS によるハロ酢酸分析についてその有効性を確認した。ヨウ素系消毒副生成物として浄水中からジクロロヨードメタン等を最大数 100 ng/L の濃度範囲で検出した。

水道統計を元に農薬の検査体制について解析を行ったところ、全対象水道事業 1554 件のうち、約半数が農薬を測定していたが、その中では 1 回/年の測定、102 農薬全てを測定している場合が最も多かった。検出される農薬種類数は減少傾向にあるが、原水では比較的高い濃度で検出される農薬が多かった。また、ジノテフランなどこれまであまり高い濃度で検出されていなかった農薬も検出されていた。農薬使用に関する情報に基づいて農薬の水質管理が行われるようになったためと思われる。昨年の農薬分類見直しに関する成果に実態調査など

の結果を考慮して、新分類として対象農薬リスト掲載農薬類 120, 要検討農薬 16, 除外農薬 14, その他農薬 84 が抽出された。対象農薬リスト掲載農薬類への追加が予定されている農薬類については一部に、標準品が入手できない、純度が低いまたは確認できない等の課題があることが分かった。

曝露経路による体内吸収率補正を行い、経口曝露に換算したクロロホルムの総曝露量分布を算定した。分布の95%値=TDIの条件では評価値が122 µg/L, 割当率が38%と算定された。飲用寄与率の分布に確率分布関数を適用し、ハロ酢酸類の飲用寄与率の推奨値を計算したが、同時にこれらの値はいずれも不確実性が大きいことがわかった。水道水由来の摂水量(炊飯用水など一部の間接的摂取量を除く)は、平均値で夏1159 mL, 冬1124 mL, 95%では夏2400, 冬2200 mLであった。水質基準と給水停止に対する住民の意識に関するアンケート調査では、水質基準超過が数日程度あれば、生活用水確保のために断水を望まない傾向が示された。しかし同時に、基準を満たさないことが健康影響に直結するのではという不安などが示唆された。

化学物質の複合曝露に関して、米国EPAではRelative potency factor (RPF)法もしくはそれに準じた方法により、5つの農薬グループの評価が行われており、現状の曝露レベルでは健康影響の懸念はないと結論された。EFSAでは推奨している段階的アプローチを経常的な手順として適用するには、特にcumulative assessment groupの設定や曝露評価に関して問題点があると結論された。パーフルオロカルボン酸/スルホン酸類の毒性に関しては、perfluorooctanoic acid (PFOA)及びperfluorooctanesulfonic acid (PFOS)以外の、特に炭素数が12を超える物質の情報不足していた。パーフルオロカルボン酸類の毒性強度の炭素鎖長依存性の要因を明らかにすることを目的として分析法を開発し、perfluorooctadecanoic acid (PFOcDA)を投与したラットの保存血清中からPFOcDA以外のパーフルオロ化合物(PFCs)と分岐鎖PFCsを検出した。

これらの成果の一部は、厚生労働省水道課微生物問題検討会、逐次改正検討会の資料として活用された。

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
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 大学院地球環境学堂	教授
伊藤 雅喜	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官

片山 浩之	東京大学大学院工学系 研究科	准教授
杉本 直樹	国立医薬品食品衛生研 究所生活衛生化学部	室長
西村 哲治	国立医薬品食品衛生研 究所生活衛生化学部	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
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等に資すべき化学物質、消毒副生成物、設備からの溶出物質、病原生物等を調査し、それらの存在状況、監視、低減化技術や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、一般的

な有機物質、消毒副生成物、農薬、微生物、水道水質基準評価値における寄与率、さらにはリスク評価について分類すると、各々の研究目標は次のようである。

微生物汚染に係る問題として、従属栄養細菌、腸管系ウイルス、そして耐塩素性病原微生物を検討し、水道の微生物学的な安全性向上を目指した。平成20年4月より従属栄養細菌数の測定が水質

管理目標設定項目に追加され、この指標の活用が期待されている。ウイルスの安全性に関しては知見が少なく、現行の浄水処理による不活化・除去を示すことが、安全・安心につながる。本年度は膜ろ過の処理性の評価を、当該研究で開発した immuno-PCR を応用して行うこととした。

クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物対策としては粉体ろ過法と遺伝子検出法の開発検討を進めてきたが、本研究で検討した試験法は公的試験として使用可能となった（平成 19 年 3 月 30 日付け健水発第 0330006 号厚生労働省健康局水道課長通知、平成 24 年 3 月 2 日一部改正）。従って、今後は普及と実用性をより高めるための改良が求められる。クリプトスポリジウムの粉体ろ過濃縮法における、ろ過の補助装置の汚染とクロスコンタミネーションが懸念されたことから、それらを最小限に抑える方法について検討した。またクリプトスポリジウム遺伝子検出法の導入と、実績の蓄積を目的に、遺伝子検査法と顕微鏡法の比較を継続した。また、クリプトスポリジウム顕微鏡検査においては蛍光抗体染色した後のオーシストの退色が課題であったことから、退色の遅さ安定性の観点から新しい色素の有効性について比較検討を行った。さらに、汚染源の一つとして畜産施設が疑われている相模川・酒匂川系について、豚舎排水処理施設の流入汚水とその処理水中のクリプトスポリジウム調査を実施し、排出特性を調査した。

無機物質に関しては、浄水処理で最も多く使われる無機アルミニウム系凝集剤に起因する残留アルミニウム制御のための方策として、高塩基度 PAC を実浄水場で使用しその効果を検討した。給水用具からの重金属類の溶出については、昨年度に浸出試験の手引きを作成したことを受け、本年度はそれに基づいた浸出試験を実施した。さらに本年度は、比較的半減期が長い放射性セシウムについて、その浄水処理における挙動を調査した。

消毒副生成物と農薬を除いた一般的な有機物質に関しては以下のようなものである。平成 24 年 4 月より、要検討項目にアニリン、キノリン、1,2,3-トリクロロベンゼン、ニトリロ三酢酸(以下 NTA) の 4 物質が新たに追加された。本研究では、分析方法の検討を行い、水道原水及び浄水における存在実態を調査した。また、近年、水環境中からさまざまな医薬品が ng/L~µg/L レベルで検出されていることが報告され、大きな関心を集めている。報告されている検出濃度は極めて低い状況にあるが、医薬品が水道水源に流出した場合、通常の浄水処理では除去されずに水道水中に残留する可能性がある。さらに、これらの化学物質は生理

活性を有することから人への影響が懸念されている。そのため、本研究では、水道水源域の存在実態と浄水処理性を調査した。

消毒副生成物に関しては、昨年までの検討項目に消毒副生成物としてのホルムアルデヒドを加えた以下のような研究目標を設定した。平成 24 年 5 月の利根川水系での断水におけるホルムアルデヒドの前駆体であったとされるヘキサメチレンテトラミンの高度浄水プロセスでの挙動とアミン類など関連物質の塩素処理によるホルムアルデヒドの生成特性について検討した。N-ニトロソアミン類については全実態調査の他、特定の前駆体の寄与率評価を行った。また、複数の事業体においてジクロロアセトニトリル、抱水クロールおよびハロ酢酸の生成実態に力点をおいて調査を行い、既存指標との比較などを行った。さらに、水源における花火大会の過塩素酸イオン濃度への影響と、ヨウ素系消毒副生成物の実態調査を行った。

農薬の販売量および使用量は減少傾向にあるが、新しい農薬も多く登場している。そこで、水道水質に関する農薬類の分類見直しに資するため、実態調査とともに、高効率で監視農薬を選定する方法、定量分析の不確かさの評価法、新規農薬に関する検討を行った。

飲料水寄与率に関する研究目的は以下のように設定した。2011 年 6 月に公表された WHO 飲料水水質ガイドライン第 4 版において、一部の物質について毒性情報や飲料水寄与率の見直しが行われ、さらに、近年の水道水質基準設定においても、水道水寄与率に関する知見は一層重要と考えられる。今年度は消毒副生成物として、クロロホルムとハロ酢酸の寄与率推定に関する検討を行った。クロロホルムについては、経口摂取として水道と食品、またお風呂や調理などによる吸入曝露とお風呂における経皮曝露についての曝露も推定し、体内吸収率の違いを考慮したモンテカルロ・シミュレーションを行って、曝露量分布を推定し、水道への割当率の妥当性を検討した。ハロ酢酸についても曝露経路として飲用、吸入、経皮の 3 経路を想定し、飲用寄与率を推定するとともに、不確実性に関する考察も行った。摂水量関連では、本年度は昨年度の冬期の調査に引き続き夏期の調査を行い、季節の影響などについても考察を加えた。さらに当該年度に起こったホルムアルデヒド水質事故を受け、水質基準と給水停止に対する住民意識に関するアンケート調査を行った。

リスク評価に関して本年度は、以下の 3 つの研究を行うこととした。(1) 昨年度からの継続課題である化学物質の複合曝露によるリスク評価手

法に関して、米国環境保護庁 (United States Environmental Protection Agency: US EPA)及び欧州食品安全機関 (European Food Safety Authority: EFSA)で実際に行われた複合リスク評価の方法を調査し、整理する。(2)パーフルオロ化合物類 (PFCs)の体内動態及び毒性に関する最新情報を収集・整理する。(3)パーフルオロカルボン酸類の毒性強度の炭素鎖長依存性の要因を明らかにするために、ラット血清試料中のPFCsの濃度の測定を試みる。

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11名の他に41もの水道事業者や研究機関などから76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た。研究分科会名は、微生物分科会(研究分担者4名、研究協力者15名)、無機物質(研究分担者1名、研究協力者9名)、一般有機物質(研究分担者2名、研究協力者17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14名)、寄与率(研究分担者5名、研究協力者3名)、リスク評価(研究分担者2名、研究協力者6名)である。

微生物分科会: 従属栄養細菌測定の活用に関しては、飲料水兼用耐震性貯水槽等を対象とし、採水した試料水中の従属栄養細菌は定法に従って測定した。また、配管内のバイオフィーム付着物を滅菌済み薬さじで掻き採り、従属栄養細菌も測定した。さらに、平成19年度から24年度まで継続して検査を行っている都内給水栓45箇所を対象として、検出率・検出数・検出最大値など算出し、各地点間を比較検討した。

腸管系ウイルスに関する研究としては、ノロウイルスのVLPsと大腸菌ファージQ β (以下Q β と表記)とMS2(以下MS2と表記)を札幌市豊平川河川水に同時添加した実験原水を用い、MF、UF膜を使用したろ過処理実験と凝集-MF膜処理実験の大きく分けて3通りを実施した。実験原水及びろ過水のVLPsはimmuno-PCR法、Q β 、MS2はRT-PCR法あるいはブラック法を使用し求めた。Cryonase Cold-active Nucleaseを用いたRNase処理により不完全なウイルス粒子に由来するRNAを分解し、感染価のあるウイルスの遺伝子のみを選択的に検出する手法を新規に開発

し、大腸菌ファージQ β の塩素消毒を評価した。

耐塩素性病原性微生物の粉体ろ過法に関しては、機材を交換洗浄できる吸引ろ過を検討した。大原浄水場浄水約10Lをフィルター径90mm、粉体量3g、ろ過圧27kPaの条件でファンネルを用いてろ過した。その際に、蛍光ビーズ希釈液(2.6 $\times 10^5$ 個)をファンネルに直接添加し、ろ過後、粉体を回収し、溶解後、クリプトスポリジウム検査法に従い蛍光顕微鏡にて蛍光ビーズの数を計数し回収量とした。

クリプトスポリジウム等遺伝子検出法では、RT-LAMP法あるいはLAMP法、qRT-PCR法(TaqManプローブ法、サイクリングプローブ法)、Nested-PCR法を実施した。顕微鏡法検査は定法に従い、遺伝子検出法の結果と比較した。陽性・陰性の定性的判定と検量線より定量を行い、顕微鏡法の結果と比較した。添加回収試験は、検鏡法においてクリプトスポリジウム及びジアルジアが0個/10Lであった河川表流水を用い、標準試料としてUV不活化したクリプトスポリジウムオーシスト及びジアルジアシストを使用した。

また、相模川水系及び神奈川県内の畜産施設の排水処理施設の汚水の原虫試験を継続して実施した。その際、精製操作の磁気ビーズでの洗浄及び回収操作の効率を上げるため、磁力が強いネオジム磁石を使用した。さらに、全国の浄水場30箇所の水道原水10Lのジアルジア試験を定法に従い実施した。畜産排水クリプトスポリジウム調査としては、畜産施設の豚舎の汚水枡等から採取した直接汚水(5か所)と、排水処理施設に流入する流入原水、オキシデーションディッチ法処理水を計4回採取し、クリプトスポリジウム検査を実施した。

安定性の高い色素で標識された蛍光抗体の検討としては、クリプトスポリジウムとジアルジアを試料とし、新しい色素としてDylight標識の直接染色抗体試薬と、従来の色素としてFITC標識試薬を使って定法に従って染色を行い、B励起光を照射し、退色の比較を行った。

無機物質分科会: 残留アルミニウム対策に関する実態調査はヒアリングにより各種の対策の効果を調査した。水道水中のアルミニウム濃度の低減を目的として新たに開発されている高塩基度PACについては、昨年度まで小型浄水処理実験装置による評価を行ってきたが、本年度は福岡県南広域水道企業団荒木浄水場の実プラントにおけるデータを頂き、生物の炭酸同化作用に伴う原水高pH時、原水中のピコプランクトン増殖時、冬期原水(低水温、低濁度、高pH)の処理性を評価・検討した。給水装置からのレアメタル類の

溶出に関しては、湯水混合水栓 16 品目を対象に、原則として厚生省告示第 111 号「給水装置の構造及び材質の基準に係る試験」に示す末端給水器具の定める方法で試験を実施し、補正係数としては通常の接触容積、接触面積比から算出した補正係数に 1/2 を乗じたものを用いた。セシウムの濁質による吸着および凝集沈澱による挙動の検討は、濁質としてはくとう度（カオリン）とベントナイト、天然有機物（IHSS Suwannee River NOM）の共存下でジャーテストを行い、非放射性 ^{133}Cs 除去性を実験した。

一般有機物質分科会：新規追加要検討項目としてアニリン、1,2,3-トリクロロベンゼン、ニトリロ三酢酸（NTA）を対象に分析方法を検討し実態調査を行った。アニリンは、東京都多摩地域地下水を水源とする専用水道の水道原水（26ヶ所）及び飲用井戸水（90ヶ所）を平成 24 年 5 月から 12 月に採水し、固相抽出-GC/MS 法により分析を行った。定量計算はアニリン- d_5 を用いたサロゲート法により行い、定量下限値は 10ng/L とした。固相抽出（SPE）用の固相カートリッジは、ウォーターズ製 Sep-Pak PS-2 plus, GC/MS のカラムには HP-20M を用いた。試薬、器具、装置構成、標準原液の調製は分担研究報告を参照されたい。

1,2,3-トリクロロベンゼンは、仙台市内の主要な 4 浄水場の原水・浄水、および関西地区の水道水質監視地点の水道原水（河川水、湖沼水、地下水）34 地点、大阪市庭窪浄水場の原水及び浄水から採水した試料水について、実態調査を行った。分析方法はページ・トラップ（PT）-GC/MS 法であり、水質基準項目等に設定された VOCs との同時一斉分析を検討した。ただし、大阪市庭窪浄水場の試料水については HS-GC/MS 法で行った。また、異性体の 1,3,5-トリクロロベンゼン、1,2,4-トリクロロベンゼンとの分離についても併せて検討を行った。

NTA の分析法は、物性、構造式が似ている要検討項目の EDTA を参考にして、固相抽出-誘導体化-GC/MS 法により検討した。実態調査は大阪市庭窪浄水場の原水・浄水を対象とした。

水道原水に係る医薬品の存在実態は 2 か所で行い、それぞれ医薬品類 20 物質（アセトアミノフェンなど）を対象とした。直列に配置した固相カートリッジ（PS-2, HLB, RP-2, AC-2）に試料水を通過後、それぞれの固相カートリッジに活性炭カートリッジ AC-2 を連結して、通気乾燥を行い、乾燥後バックフラッシュを行い、溶出液を濃縮・ろ過後、内部標準物質を添加して LC-MS/MS により分析した。

タミフルの実態調査は多摩川流域の下水処理場放流水と河川水について実施した。固相カラム（Oasis MCX plus）に、pH調整した試料を通水し、アンモニア水含有メタノール溶液で溶出後、LC/MSにより分析した。1 $\mu\text{g/L}$ におけるタミフル（OP）とその活性体代謝産物（OC）の変動係数（CV）はそれぞれ7%と8%であった。0.2 $\mu\text{g/L}$ の回収率は100～85%の範囲で、定量下限値は0.002 $\mu\text{g/L}$ とした。また、MilliQ水にOPとOCがそれぞれ0.2 $\mu\text{g/L}$ になるように標準溶液を添加し、塩素（1mg/L）処理及び活性炭処理（5～30mg/L）処理性を検討した。

医薬品類の健康に及ぼすリスクに関しては、全国的に広範囲に一般的に使用されている医薬品から、抗炎症鎮痛解熱薬 28 種、抗アレルギー薬 13 種、糖尿病治療薬 8 種、高脂血症治療薬 4 種、高血圧治療薬 27 種、抗精神病薬 20 種、抗てんかん薬 3 種、パーキンソン病治療薬 2 種、合成抗菌剤 1 種、合計 106 種を選択し、関東地区の代表河川として多摩川、関西地区の兵庫県を流れる 2 河川の実態測定を行った結果を利用した。評価には検出最大濃度を用い、定量下限値未満の値は未検出として評価した。

消毒副生成物分科会：ヘキサメチレンテトラミン（HMT）を含む 24 種類のアミン類を対象として、濃度 2 μM 、塩素濃度が 2 mg/L、反応時間が 24 時間、反応温度が 20 $^{\circ}\text{C}$ 、pH が 7（2 mM リン酸緩衝液）の条件で塩素処理実験を行った。詳細な試験操作手順は分担研究報告を参照されたい。21 種類のアミン類については以下の 9 グループに分類し、結果を考察した。I: HMT, II: アルキルアミノ基の N が C とのみ結合している 3 級アミン, III: アルキルアミノ基の N が C だけでなく N とも結合している 3 級アミン, IV: アルキルアミノ基の N が C だけでなく S とも結合している 3 級アミン, V: グアジニン構造を有する 3 級アミン, VI: チオアミド構造を有する 3 級アミン, VII: メチルピラゾール構造を有する 3 級アミン, VIII: イソチオシアネート構造を有する 3 級アミン, IX: アルキルオキシド構造を有する 3 級アミン, X: 1, 2 級アミン, 4 級アンモニウム, XI: アミノ酸。液体クロマトグラフ質量分析計（LC/MS/MS）を用いた HMT の高感度測定法と、高度浄水処理における処理性については、以下のような手順で調査を実施した。ホルムアルデヒド生成能（FA-FP）は試料水に塩素として 10 mg/L となるように次亜塩素酸ナトリウム溶液を添加し、1 時間後に脱塩素後、FA 濃度を FA-FP とした。高度浄水処理における HMT の処理性実験は、大阪市実験施設（最適先端処理実験施設）の二つの処理系統を用い、

流入水に HMT を 200 $\mu\text{g/L}$ になるように注入し、処理性を調査した。また、オゾン処理塔では複数の採水口を使って採水を行った。

活性炭における N-ニトロソアミン(NDMA)の生物処理効果の有効性を確認するため、阪神水道企業団猪名川浄水場において、従来通り 20%交換補充を行った活性炭槽と全量を新炭に交換した活性炭槽の処理水について調査を行った。また、大阪広域水道企業団村野浄水場、庭窪浄水場、三島浄水場の送水幹線末端における NDMA の実態調査を行うとともに、粉末活性炭による NDMA 前駆物質の除去効果についても検討した。大阪市の NDMA の経年トレンドの整理を行った。

京都市では花火大会後の琵琶湖原水・浄水中過塩素酸イオン濃度のモニタリングを継続した。ハロ酢酸、ハロアセトニトリル、抱水クロラールなどの副生成物については、東京都、北千葉広域水道企業団、奈良県、沖縄県、京都市、川崎市、茨城県において生成実態および低減化技術に関する調査検討を行った。ヨウ素系消毒副生成物についてはジクロロヨードメタン、クロロヨード酢酸等と吸着性有機要素(AOI)に関する実態調査を行った。

農薬分科会：水道で監視すべき農薬の選定に必要な情報の整理を行うとともに、水道統計を用いて農薬測定実態を解析した。農薬分科会及び協力の 11 水道事業者の実態調査結果から農薬検出濃度、検出頻度及び検出指標値(Σ 値)の集計を行った。農薬の出荷量以外に、分解性などの指標にも着目し、より高効率で監視農薬を選定する方法を検討した。新規農薬としてネオニコチノイド系農薬の調査を行った。また、定量核磁気共鳴法(qNMR)による市販標準品の純度検証、定量分析の不確かさの評価法に関する検討を行った。

寄与率分科会：水道水中のクロロホルム(TCM)濃度として水質基準値の 0.06 mg/L 、飲水量 2L/day の飲用を仮定し、経口、経皮、吸入の 3 曝露経路を考慮した TCM 摂取量分布の推計を行った。推計にはモンテカルロ・シミュレーションを用いた。ハロ酢酸については、飲用、吸入、経皮の 3 曝露経路を想定し、曝露媒体である水道水、空気、食品中のハロ酢酸濃度を実測し、各経路による曝露量の評価を行った。ついで被験者ごとに飲用寄与率を試算し、その変動を確率分布で表した後、適切と考えられる値を飲用寄与率推奨値として提示した。なお、食品曝露量について新たに調査を行っている。

昨年度 1~2 月に行った冬期調査と同様の形式でアンケート回答者が同一になるように、インターネット調査(株式会社日経リサーチによる実

施)により夏季平日 2 日、休日 1 日の摂水量アンケート調査を実施し、合計 1914 名から回答を得た。その中から成人男女の回答である 1,278 人の結果を用いて、摂水量の解析を行った。同調査では、合わせて、断水に対する意識と断水時に困る用途に関するアンケート調査を行った。全国 754 世帯の代表者より回答を得た。

リスク評価分科会：複合暴露によるリスク評価手法に関する研究では、US EPA 及び EFSA で実施された複合リスク評価の、主として有害性評価手法について整理した。PFC の体内動態及び毒性に関しては、2008 年以降の最新情報について Toxline や Medline を用いて検索を行い、実験動物を用いた試験/研究に焦点を当て情報収集及び整理を行った。平成 24 年度に実施した長鎖パーフルオロカルボン酸の毒性発現の違いに関する検討では、対照群のラット血清から低投与(40 mg/kg)群と同程度の PFOcDA が検出された。そこで、今年度は、従来の LC よりも装置流路系の内容積が少なく、かつ高理論段数が得られる超高速液体クロマトグラフ(Ultra High Performance Liquid Chromatograph, UHPLC)を使用することで、PFOcDA の LC/MS/MS 装置流路系内の残存量の低減化を図るとともに、PFOcDA を投与したラット血清中の PFCs の再分析を実施した。標準物質および試薬、器具および装置、LC/MS/MS の分析条件、試験溶液の調製など詳細は分担研究報告書を参照されたい。なお、本研究では、実験動物に対する動物愛護等を配慮して実施した過去の別研究で採取した試料を用いているので、倫理面への配慮には該当しない。

C. 研究結果と考察

(1) 微生物

(1-1) 従属栄養細菌の活用に関する研究：飲料水兼用耐震性貯水槽において従属栄養細菌を活用した結果、滞留の恐れを検知し、対策を行うことで緊急貯水槽の衛生状態を向上させることができた。従属栄養細菌数が多く検出された採水地点 11 を精査した結果、その給水栓付近での増殖と判明した。滞留のある配管 5 より、10 cfu/cm^2 とわずかとはいえ、バイオフィームの存在を培養で確認した。バイオフィーム防止に、残留塩素消毒の徹底が重要と考えられた。給水栓の順位付けを行った結果、検出指標による総合順位が高い地点は、検出指標のすべてが高い結果であり、問題のある給水栓と捉えた。総合順位が上位、中位、下位のグループについて設置状況を検討したが、総合順位と設置状況の指標と間に明確な相関はなく、従属栄養細菌の検出は、給水栓の個別の状況

によると考えられた。

(1-2) 腸管系ウイルスに関する研究: ノロウイルス VLPs を定量する immuno-PCR 法の構築に成功し、 $10^{5.7}$ VLPs/mL 程度から検出可能となった。単独ではウイルスを除去できない MF 膜であっても、前処理として凝集処理を導入することで、ノロウイルス VLPs (とファージ) を 4-Log 以上除去できた。RNase 処理 RT-PCR 法により、塩素消毒後の Q β の測定値が低下した。この傾向は初期濃度によって違いが見られ、高い初期濃度 (2mg/L) の方が低い初期濃度 (0.1mg/L) よりも感染価に近い不活化曲線を示す傾向が見られた。

(1-3) 耐塩素性病原微生物の濃縮分離: 吸引ろ過方式の粉体ろ過法 (図 1) は、加圧ろ過方式と同等の捕捉性能評価であり、ろ過水量も濁度 10 度の試料水で 10 L 近くとなり、一定の成果が得られた。従来の加圧ろ過方式は分解洗浄が容易ではなかったが、吸引ろ過方式は単純で使用する器具の洗浄が可能であったり、ディスポーザブルな部品の使用ができるという点で加圧ろ過方式より優れていた。

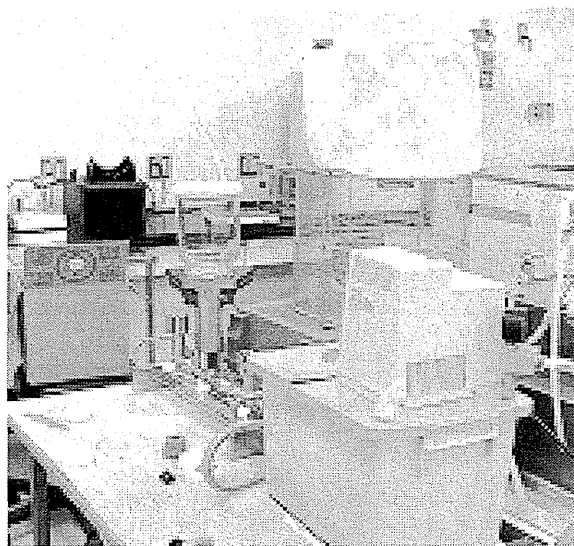


図 1 吸引方式の粉体ろ過

(1-4) クリプトスポリジウム等遺伝子検出法の検討: 導入を目的に qRT-PCR 法を検討した結果、クリプトスポリジウム、ジアルジア共に試料中に 1 個相当の遺伝子が存在していれば検出可能であり、感度は十分であると考えられた。神奈川県内の河川表流水を試料とした添加回収実験では、遺伝子検出法は検鏡法と同じく検出し、回収率も良好であった。さらに、実試料試験では、クリプトスポリジウムは検鏡法とほぼ同一の結果が得られ、有効な方法であると考えられた。

神奈川県企業団の相模川水系において、検鏡法と LAMP 法及び qRT-PCR 法 3 方法の原虫類試験結果を比較したところ、クリプトスポリジウム及びジアルジアともに、80%以上の一致率が得られた。遺伝子法同士の一貫率は高く、qRT-PCR 法からはクリプトスポリジウムとジアルジアの配列が得られており、遺伝子法の特異性に問題はなかった。遺伝子増幅産物の塩基配列を決定したところ、クリプトスポリジウムはブタ由来の遺伝子型が、ジアルジアはヒトが感染する可能性がある遺伝子型が検出された。

全国 30 箇所の水道原水のジアルジア試験では、遺伝子法と顕微鏡法は同程度の検出率であった。方法間に結果の不一致が見られたが、異なる遺伝子法間で結果が一致し、遺伝子増幅産物からジアルジアの配列が得られた。低濃度のジアルジア検出は確率論的な問題を含み、頻回の試験がその解消に有効と考えられた。

(1-5) 畜産排水クリプトスポリジウム調査: オーシストを排泄するブタは、ほとんどが 3 ヶ月齢以下の子ブタであった。排出量は季節にかかわらず、母ブタから離乳したばかりの畜舎 (育成豚舎) が最も多かった。従って、3 ヶ月齢以下の子ブタから排泄される糞便中のオーシストを低減化することができれば、豚舎全体から排出されるオーシスト量を大幅に低減できる可能性が示唆された。糞尿分離を徹底し排水への混入を低減させるか、3 ヶ月齢までの豚のオーシスト含有廃水を別系統で処理するなどの検討も必要と考えられた。越流水から濃度は高くないが、一定レベルのオーシストが常時検出された。排水処理施設のオーシスト除去率は 2.1~4.8-Log と変動が見られたが、おおむね良好な処理状況であった。

(1-6) 安定性の高い色素で標識された蛍光抗体の検討: 従来の FITC 標識の蛍光抗体染色では、染色試料は励起光を連続照射すると退色が進んだ。染色後の試料を冷蔵保存すると 1 日後には蛍光強度が大きく減少し、作成後直ちに観察することが推奨と言えた。一方、新しい蛍光標識 (Dylight) では、図 2 に示すように励起光の連続照射による蛍光の退色が少なかった。7 日間の冷蔵保存を行っても、ほとんど退色しなかった。このような退色の少ない蛍光色素は検査に有用で、活用が期待された。

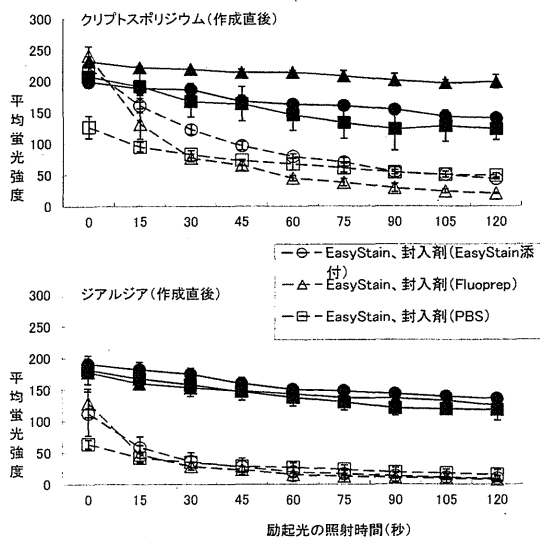


図2 蛍光染色標本の観察時間による退色速度比較

(2) 無機物質

(2-1) 残留アルミニウム対策に関する実態調査: 残留アルミニウム対策としては酸剤の注入, 高塩基度 PAC の使用, PSI 使用などがあり, 複数の浄水場で検討実績がある。PSI の使用はアルミニウム濃度低減には効果があるが, 操作が複雑になる, コストが高くなるなどのデメリットもあった。高塩基度 PAC は広い pH 範囲で使用が可能であるが, 従来 PAC に比べ注入率を下げるができるケースもあったが, 従来 PAC とほとんど効果に差が見られない場合もあり, 原水水質と処理効果の関係についてはさらに検討が必要である。

(2-2) 実浄水場における高塩基度 PAC の評価: 福岡県南広域水道企業団の荒木浄水場において高塩基度 PAC を用いた実験をおこなった。凝集時 pH を 7.0 として従来 PAC と比較した実験では, 降雨による濁度上昇時, ピコプランクトン増殖時においても濁度の処理性, 残留アルミニウムともに高塩基度 PAC の方が良好な結果であった。ピコプランクトン増殖時は従来 PAC の系では沈澱処理水に後 PAC を注入していたが, 高塩基度 PAC の系では後 PAC なしで同等以上の水質が得られた。凝集 pH を変化させる実験では pH 7.3 まででは処理水水質の低下は見られず, 酸剤, アルカリ剤の注入率を低減することもできた。

(2-3) 給水装置からのレアメタル類の溶出に関する研究: 湯水混合水栓 16 製品を試験した結果, コバルト, ゲルマニウム, ストロンチウム, テルルはすべてのサンプルについて不検出であった。リチウムは 2 製品から検出されたが, 補正值で 1 $\mu\text{g/L}$ のレベルであった。ニッケルはすべてのサンプルから検出され数 $\mu\text{g/L}$ ~ 2000 $\mu\text{g/L}$ のレベルであった (図 3)。補正值にすると最大で 262 $\mu\text{g/L}$

であった。ニッケルはめっきの内部の回り込みからの浸出と考えられる。

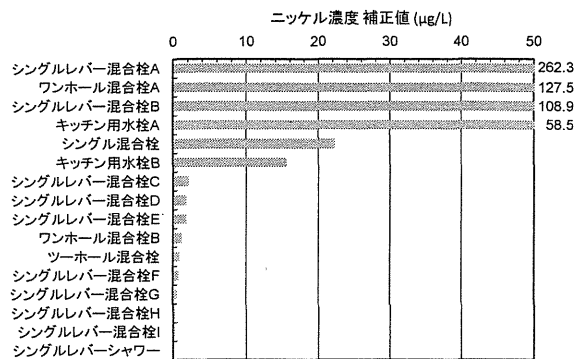


図3 給水栓の浸出試験結果

(2-4) セシウム濁質による収着および凝集沈澱による挙動の検討: はくとう土, ベントナイト, 浄水場流入濁質を用いた吸着実験において Cs は, はくとう土にほとんど吸着せず土壌の種類によって吸着量に差があることが明らかになった。自然由来の NOM への吸着は見られなかった。懸濁質または有機物と溶存態 Cs が共存する系でのジャーテストでは, 溶存態 Cs 濃度の低下は見られず, 溶存態 Cs は通常の凝集処理では除去できなかった。

(3) 一般有機物

(3-1) アニリンはサロゲート (アニリン-d5) を用いて固相抽出-GC/MS 法もしくは HS-GC/MS 法により, 1,2,3-トリクロロベンゼンはトリハロメタン類や VOCs との一斉分析が可能。NTA は固相抽出-誘導体化-GC/MS 法により, 定量下限値は目標値の 1/400 ~ 1/100 が求められる分析法を設定することができた。トリクロロベンゼン類 (1,2,3-トリクロロベンゼン, 1,3,5-トリクロロベンゼン, 1,2,4-トリクロロベンゼン) は VOC23 成分が全て検出された後に鋭敏なピークとして認められた。これらの 3 種類は異性体であり, 同一のマススペクトルを有するが, 本分析条件では検出時間が異なるため分離定量が可能であった。

大阪市庭窪浄水場の浄水, 原水, 淀川流域河川水及び事業所放流水のアニリンの実態調査を実施した結果では, 事業所排水 1 か所において, 定量下限値の 0.2 $\mu\text{g/L}$ で検出されたのみであった。また, 多摩地区の井戸水中のアニリンの検出率は 1%未満 (1ヶ所/116ヶ所) と低く, 検出濃度は 0.02 $\mu\text{g/L}$ と水道水の目標値 20 $\mu\text{g/L}$ と比べ非常に低かった。

1,2,3-トリクロロベンゼンの実態調査の結果では, 関西地区の水道水質監視地点の原水からの検

出頻度は 34 検体中 2 検体（検出率：5.9%）であり、検出値は目標値 0.02 mg/L と比較して十分に低濃度レベルにあり、浄水では不検出であった。また、大阪市庭窪浄水場の浄水、原水、淀川流域河川水及び事業所放流水では、冬季に実態調査を行ったすべての箇所目標値の 1/200 である 0.1 µg/L 未満であり、検出されなかった。

大阪市庭窪浄水場の浄水、原水、淀川流域河川水及び事業所放流水の実態調査を実施した結果では、NTA は原水で 0.7~1.2 µg/L 検出されたものの、目標値の 1/100 以下の低濃度であり、また浄水では未検出であった。

(3-2) 20 種類の医薬品類を対象に、LC-MS/MS 法を用いて、原水の存在実態及び浄水処理過程における除去挙動についても調査した結果、原水から医薬品類が数 ng/L~百数十 ng/L の濃度レベルで検出された。対象とした医薬品類は、凝集沈殿処理、オゾン処理、活性炭処理工程で分解・除去され、浄水では不検出（定量下限値未満）となることが明らかとなった。

また、関西地区の実態調査では、水源池の流入河川でそれぞれ 6 物質から 8 物質が、原水で 3 物質が検出されていたが、いずれもその濃度は徐々に低くなっており、浄水で 2 物質が検出されているだけであった。浄水で検出された医薬品類は、いずれもヨウ素系の尿路・血管用 X 線造影剤であった。この物質は、淀川では µg オーダーで検出されることがある。浄水処理(高度浄水処理)であまり除去されないことが報告されている。今回の調査結果は、淀川を水源とする浄水場の原水・浄水と比較すると、1 オーダー以上低い値であった。

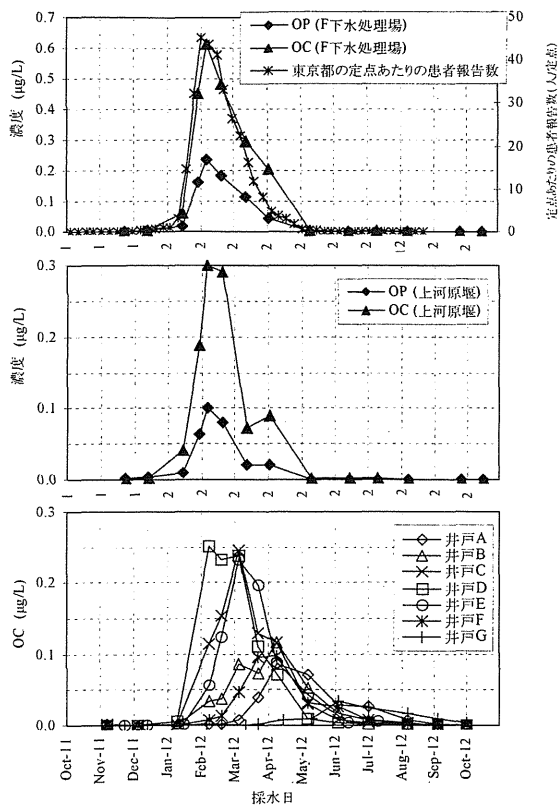


図 4 (a)下水処理場放流水、(b)河川水、(c)地下水におけるタミフル OP と OC のモニター結果

多摩川流域で OP とその活性代謝物である OC の実態調査を行ったところ、インフルエンザの流行に伴って下水処理場放流水と河川水で OP と OC が検出された。地下水の調査では、OP が一部の井戸で検出され、OC はすべての井戸で検出された（最高濃度 0.25 µg/L、図 4）。地下水の OC は涵養源である多摩川より遅れて検出され、この遅れは地下での移動時間に由来すると考えられた。浄水場での調査では、OP は一部の浄水場で検出され、OC はすべての浄水場で検出された。OP と OC はともに浄水でも検出されていることから、浄水処理では除去しきれないと考えられた。浄水処理性を検討した結果、図 5 に示すように塩素処理では OP と OC とともに速やかには処理されなかった。一方、活性炭処理では 20 mg/L で OP と OC（純水中）ともに 1 割以下まで除去された。水道原水中では除去はこれよりも低下すると思われる。

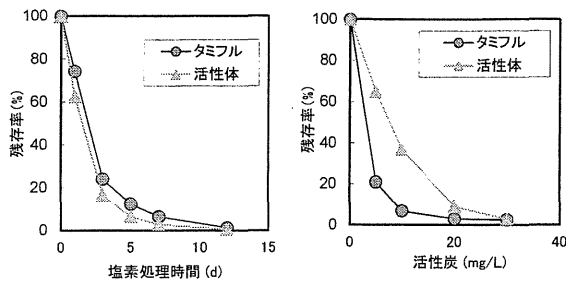


図5 タミフル OPとその活性体(OC)の塩素分解性と活性炭吸着処理性

河川中もしくは下水処理放流水中の最大実測検出濃度を用いて、一生涯飲料水を介して医薬品類を摂取し続けたと仮定した場合のリスクを評価した。摂取した医薬品類が、代謝・排泄されずに体内に蓄積したと想定した場合、一日最大有効

投与量に対する推定生涯最大摂取量の割合は、エピナスチンが 175%、カンデサルタンが 142%、ロラゼパムが 34%、スルピリドが 28%及びジフェンヒドラジンが 26%であった。これら以外の医薬品由来の化学物質は、10%以下であった。最大の割合であったエピナスチンにおいても、一日最大有効投与量に対して、一生涯で2倍以下、一日摂取量については 6.8×10^{-5} であった。この評価において、対象とした 106 種の医薬品に使用されている化学物質の中で、今後の一般公共水域の濃度の推移や、浄水工程における挙動に注意を払うことの優先度が高い物質は、エピナスチン、カンデサルタン、ロラゼパム、スルピリド及びジフェンヒドラミンの 5 物質であることが示された。

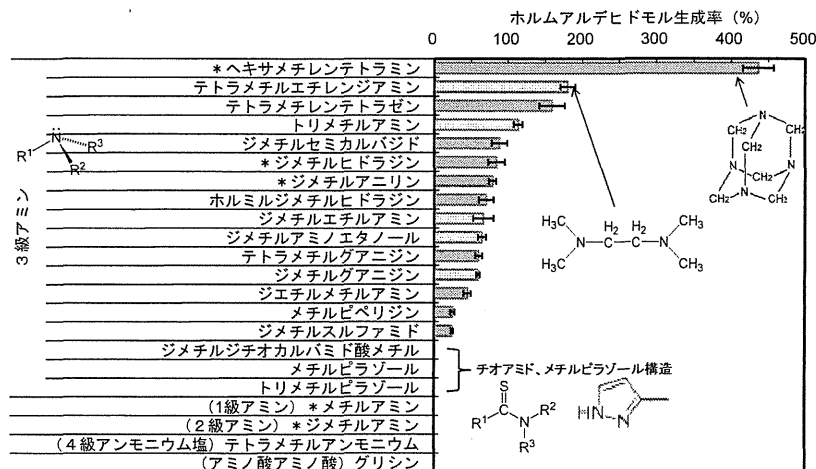


図6 アミン類の塩素処理によるホルムアルデヒド生成能

(4) 消毒副生成物

(4-1) アミン類の塩素処理によるホルムアルデヒド生成能に関する調査: HMT は、酸性条件下でホルムアルデヒドとアンモニアに分解することが知られている。ホルムアルデヒドの測定方法の操作手順には、酸を添加する工程が含まれているが、酸を添加する工程の影響で、HMT が分解し、ホルムアルデヒドが生成していることがわかった。したがって、HMT が存在している場合、上水試験方法にそった方法では、ホルムアルデヒド濃度を正しく評価できないこと、ただし、十分に塩素との反応が進んだ場合にはその影響は無いことがわかった。絶対検量線や内部標準を用いて測定する必要があると考えられた。

アミン類の塩素処理によるホルムアルデヒド生成率の結果を図6に示す。ホルムアルデヒド生成能はHMTが最も高く、生成率は440%であり、文献値 175%~600%の範囲内であった。H24年度

の事故以降に同様の検討を行っている機関への聞き取りでは、塩素処理条件は異なるが、450%~600%程度であるところが多かった。しかし、生成率が700%を超えているところもあり、また、生成率が600%にもかかわらず、有機クロラミンの生成が示唆されているところもあった。HMT以外の3級アミンについて、アミノメチル基当たりの生成率を示す。グループ II, III の場合、生成率は25%~110%、70%~160%で、この値は、塩素が3級アミンのNと反応した後、HClの脱離をするときに反応の選択性がないとの仮定から推定される値と大きくは変わらなかった。

グループ IV に分類される DMS のホルムアルデヒド生成率は24%であり、メチルアミノ基との反応が起こりにくかったと推測された。グループ V に分類される 1,1-ジメチルグアニジン(DMGu)と 1,1,3,3-テトラメチルグアニジン(TMGu)は、それより生成率が高かった。

その他のアミン類、グループは全てホルムアルデヒド生成率<4%であった。

(4-2) 高度浄水処理におけるヘキサメチレンテトラミンの処理特性: HMT は親水性相互作用クロマトグラフィー (HILIC) の極性相互作用により分離・定量した。HMT 200 µg/L を添加した際の、HMT, FA, FA-FP の濃度、及び減少した HMT 濃度に対応する FA 濃度を図 7 に示した。HMT は、その全量の中オゾン処理で分解しており、中オゾン処理以降では検出されず、HMT のオゾン処理分解生成物は FA ではないことが示された。また、FA-FP の低く、FA-FP をほとんど持たない化合物に分解していることがわかった。また、中オゾン接触塔での詳細な濃度推移 HMT 1 mol あたり、オゾン約 1.1 mol が消費される計算となった。砂ろ過処理の前後で HMT 濃度に変化は認められず、砂ろ過処理による HMT 除去は期待できない。また、GAC 処理に流入した HMT 濃度の減少は 2 割程度であった。

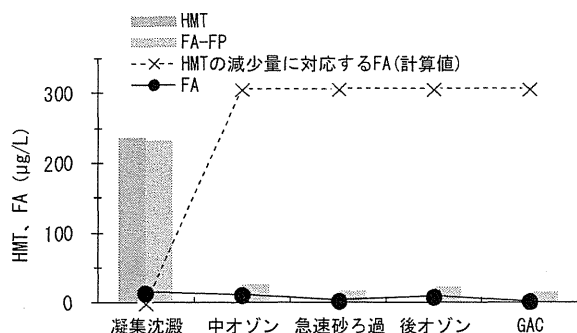


図 7 浄水工程における HMT, FA の挙動

(4-3) N-ニトロソアミン類に関する調査: 図 8 に猪名川と尼崎浄水場における原水水温とオゾン処理水及び浄水の NDMA 濃度の推移を示す。NDMA は冬期に高濃度で生成される傾向となっている。そのため、冬期に淀川の前駆物質が多くなっているものと考えられた。経年的にみると NDMA 濃度が減少しており、原水中の NDMA 前駆物質の濃度が減少傾向であると考えられた。淀川への前駆物質流入状況に変化があったと考えられる。NDMA 濃度は活性炭を全量交換した槽より 20% 交換槽の方が低いことから、DMA の処理性は、物理吸着のみの新炭より、生物効果を有する活性炭が有効であると推定された。一方、粉末活性炭の NDMA 前駆物質の除去効果も確認できた。

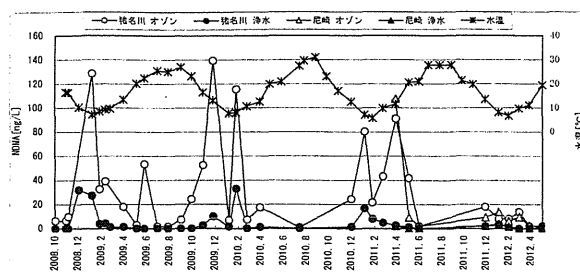


図 8 原水水温とオゾン処理水及び浄水の NDMA 濃度の推移

(4-4) 塩素酸および過塩素酸に関する調査: 水源における花火大会が過塩素酸濃度に及ぼす影響について、琵琶湖第 2 疏水取水口で自動採水された試料で検討した。花火大会終了後、約 6 時間後から急激に濃度が増加し、15 µg/L を超える状態は 4 時間続いた。蹴上取水池では約 6 日でその影響が見られなくなった。

(4-5) 消毒副生成物の生成実態: クロロホルムとトリクロロ酢酸、総 THM と抱水クロラール、クロロホルムと抱水クロラール間に相関係数 $r=0.85$ 以上の高い相関が認められた。高濁度時の浄水の方が平常時よりも消毒副生成物濃度は低いという結果が得られた。凝集剤による消毒副生成物の低減効果は、トリクロロ酢酸、クロロホルム、ジクロロ酢酸の順であった。ジクロロヨードメタンが、給水ではわずかに検出された。

(4-5) ハロゲン化物の管理: ヨウ素化物などについて水道水を測定対象として調査を行った。ヨウ素化物中では、ヨウ素酸イオンが多く割合を占めていた。ジクロロヨードメタン(DCIM)は 26~253 ng/L でトリハロメタン類よりも一桁程度低濃度ではあるが、一定濃度で検出された。クロロヨード酢酸(CIAA)は不検出~27 ng/L, ヨード酢酸(IAA)は検出されなかった。オゾン処理で前駆物質が除去されていると考えられた。

(5) 農薬

水道統計をもとに、H21 年度における全国の水道事業体の農薬の検査体制について解析を行ったところ、全対象水道事業 1554 件のうち、約半数は未測定、約 650 事業が原水測定、約 400 事業が浄水測定を行っていた。測定回数は 1 回の水道事業が最も多かった。測定農薬数は、原水、浄水ともに 102 農薬を測定しているところが最も多かった。

農薬分科会及び協力 9~12 水道事業体では、原水では合計 172 種類の農薬がモニタリングされている。今年度 (9 事業体) の特徴として第 1~3 群以外のその他の農薬の測定が増えていること (昨年 14 種から本年 22 種) が挙げられる。これ

らには農薬の分類見直しを控え、多くの水道事業体独自の判断に基づき新たにモニタリングを開始したことに起因する。第1群農薬（102農薬）は原水、浄水ともに102種であり、今回調査対象となったいずれかの水道事業体で測定が行われている。第1群農薬の検出数は原水で52種と昨年より6農薬減少し、浄水で15種と昨年より6農薬減少している。H24年度の実態調査における原水、浄水別の検出最大濃度、検出率の結果を詳しく見ると、原水において最大検出濃度が1μg/Lを超えたブロモブチド（6.10μg/L）、ピロキロン（6.10μg/L）、ハロスルフロンメチル（4.00μg/L）、ジノテフラン（3.50μg/L）、ベンタゾン（3.19μg/L）、チオファネートメチル（2.94μg/L）、ピラゾスルフロンエチル（2.17μg/L）、アシュラム（1.20μg/L）の8農薬で昨年のブロモブチドとベンタゾンの2種類から増加した。浄水では0.1μg/Lを超えた農薬はベンタゾン（2.23μg/L）、ジノテフラン（2.20μg/L）、ブロモブチド（1.90μg/L）、ピラクロニル（0.34μg/L）、プロピザミド（0.17μg/L）、2,4-D（0.17μg/L）、ピラゾスルフロンエチル（0.17μg/L）の7種類であった。原水において比較的高い濃度で検出される農薬が多かった理由として、水道事業体が情報収集を行い、農薬流出のピークを的確に捉えた結果と考えられる。また、原水におけるジノテフラン、ピラゾスルフロンエチル、浄水におけるジノテフラン、ピラクロニル、プロピザミド、ピラゾスルフロンエチルなどこれまであまり高い濃度で検出されていなかった農薬も検出されており、測定対象農薬も適正に選定された結果と考えられる。最大値個別農薬評価値は、

原水ではフェンチオンオキソン、ピロキロン、モリネートの3種の農薬が0.1以上の値を示し、浄水ではピラクロニルの0.03で最も高く、原水、浄水共に昨年とほぼ同レベルであった。7種のネオニコチノイド系農薬の実態調査の結果、鶴見川では7種が9%～16%の頻度で検出された。琵琶湖周辺の3河川では、いずれの河川でもジノテフランとクロチアニジンが高い頻度で検出された。

平成22年水道統計データや研究協力者による最新の実態調査データ、環境省PEC算定時の基準を検討し、昨年度の検討結果を踏まえて、水質管理目標設定項目の農薬新分類として対象農薬リスト掲載農薬類120、要検討農薬16、除外農薬14、その他農薬84が抽出された（表1）。対象農薬リスト掲載農薬類への追加が予定されている農薬類について、その市販標準品の供給実態を調査した。定量核磁気共鳴法により、市販標準品24種25製品の純度値を求めた結果、その純度値は $89.2 \pm 0.3 \sim 100.1 \pm 0.6\%$ （平均±相対標準偏差）であり、市販標準品に記載の面積百分率による純度値とほぼ同等であることが確認できた。また、純度が計量学的に証明された市販標準品を定量用標準品として用いることによって、精度の高い検査法設定が可能であると考えられた。一方、標準品が入手できない、純度が低いまたは確認できない等の問題により、検査法設定自体が現状では困難であるものが明らかとなった。

測定を優先すべき農薬リスト、出荷量、測定精度の確保に関する情報提供が重要である。これまでの知見を踏まえて、農薬の監視を行う必要がある。

表1 農薬の新分類案

現行分類	見直し前	選択・除外等						見直し後分類				
		選択			除外		項目統合		対象農薬リスト掲載農薬類	要検討農薬類	その他農薬類	除外農薬類
		第2選択基準線内	出荷量50t以上	目標値なし・予定	第2除外基準線内	1%超検出あり	統合減	統合増				
第1候補群	102	0	0	1	20	6	2	1	87	0	0	14
第2候補群	26	17	3	0	0	0	4	0	14	3	5	0
第3候補群	78	12	2	0	0	0	1	0	12	2	63	0
追加農薬類	37	15	6	12	0	0	3	0	7	11	16	0
総計	243	44	11	13	20	6	10	1	120	16	84	14

表2 夏期(2012年8~9月実施)と冬期(2012年1~2月実施)の摂水量調査の結果
(平日1日目の調査結果に基づく統計値)

名目	中央値			算術平均			95%値		
	夏(mL)	冬(mL)	夏/冬	夏(mL)	冬(mL)	夏/冬	夏(mL)	冬(mL)	夏/冬
(非加熱)水道水	390	100	390%	542	255	213%	1676	950	176%
(加熱)水道水	300	500	60%	424	606	70%	1500	1500	100%
水道水/小計	870	800	109%	966	860	112%	2170	1800	121%
スープ・汁物	200	200	100%	193	264	73%	500	600	83%
水道水由来/小計	1055	1020	103%	1159	1124	103%	2400	2200	109%
ボトル水	0	0	—	142	77	186%	800	500	160%
市販飲料	540	350	154%	635	437	145%	2500	1200	208%
液体の全摂水量	1798	1530	118%	1936	1638	118%	3570	2900	123%

(6) 寄与率分科会

科学的根拠に基づいた合理的な水道水質基準における評価値を算定する方法を提案するため、化学物質曝露における、水道水の寄与率に関する最近の知見の収集と寄与率の推定方法に関する研究を実施した。

消毒副生成物のうちクロロホルムとハロ酢酸をとりあげ、水道への割当率および飲用寄与率に関する検討を行った。水道水および食品からの経口摂取による曝露に加え、吸入、経皮という曝露経路についても考慮し曝露評価を実施した。クロロホルムにおいて吸入と経皮曝露における体内吸収率に関する補正を行い、経口経路に換算した補正曝露量分布を算定した。この分布において、95%値=TDI 12.9 µg/kg/dayになるように計算した場合、クロロホルム評価値が122 µg/L、2L/dayの飲水量を想定した割当率が38%と算定された。ハロ酢酸のうち飲用寄与率の確率分布関数が適用できた物質に対し、飲用寄与率の推奨値として、ジクロロ酢酸40%、トリクロロ酢酸30%、ブromokloro酢酸30%、ブromojikloro酢酸60%が計算された。ただし、これらの値はいずれも不確実性が大きく、特に、食品曝露量の変動と地域差、水道水摂取量(2L/日)が大きな影響を与えることがわかった。

2012年度に行った夏期の摂水量調査(n=1278)を表2に示す。平日1日目の結果として、水道水由来の摂水量は、平均値で夏1159 mL、冬1124 mL、95%では夏2400、冬2200 mLであった。この値に、炊飯用水など間接的に摂取する水道水量を今後推定し加えると、日本人の夏期と冬期の直接・間接摂水量についての基礎資料となり得る。

2012年5月のホルムアルデヒド水質事故を受けて、水質基準と給水停止に対する住民の意識に関するアンケート調査を行った。その結果、図9に示すように、住民は水道水質基準を満たしていない水であっても、数日程度あれば、特に生活用

水確保のために断水を望まない傾向が示された。しかし同時に、基準を満たさないことが健康影響に直結するのではという不安や、基準を満たさないこと自体に対する不安があることも示唆された。

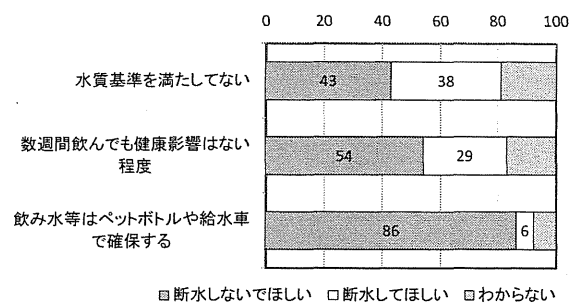


図9 水質基準超過による断水に対するアンケート結果

(7) リスク評価

7-1) 一昨年度から継続して行っている化学物質の複合曝露によるリスク評価手法に関する研究では、米国EPA及びEFSAで行われた農薬の複合リスク評価手法を調査し整理した。米国EPAでは、これまでに、Relative potency factor (RPF)法もしくはそれに準じた方法により、5つの農薬グループの評価が行われており、いずれの農薬グループについても、現状の曝露レベルでは健康影響の懸念はないと結論された。一方、EFSAでは、段階的アプローチを推奨しており、ケーススタディとしてトリアゾール系農薬の複合リスク評価が行われた。最初にHazard Index法による評価が行われ、段階的により詳細で複雑な評価が繰り返行われたが、結果として、この段階的アプローチを経常的な手順として適用するには、特にcumulative assessment groupの設定や曝露評価に関して問題点があると結論された。

7-2) 環境を介した曝露によるヒトの健康への影響が懸念されるパーフルオロカルボン酸/スルホン酸類の毒性に関する最新情報を収集・整理した。

その結果、2008年以降、特に perfluorooctanoic acid (PFOA)及び perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)の肝毒性、発生毒性や免疫毒性に関する多くの研究成果の報告があった。また、これまでに全く報告がなかった物質に関する試験結果の報告も認められた。しかし、PFOA 及び PFOS 以外の物質については毒性情報が未だ十分とは言えず、特に炭素数が 12 を超える長鎖のパーフルオロカルボン酸/スルホン酸類については、ほとんど情報は得られなかったことから、さらなる研究が望まれる。7-3) パーフルオロカルボン酸類の毒性強度が炭素鎖の長さ依存して変化する要因を明らかにすることを目的として、ラットの血清中の PFCs 濃度を測定するための分析法を開発した。平成 24 年度に開発した分析法を改良することにより、分析系内の PFCs 残存量を少なくすることができた。この方法を用いて、PFOcDA を投与したラットの保存血清中の PFCs を再分析したところ、平成 24 年度と同様に PFOcDA 以外の PFCs が検出され、さらに分岐鎖 PFCs も検出された。

D. 結論

微生物：一般細菌に比べて高感度な従属栄養細菌の活用例として、災害時対応用貯水槽内の水の滞留に伴う高い従属栄養細菌数や配管内バイオフィームの問題解消を示した。凝集-MF 膜処理におけるノロウイルスの除去率は 4-Log 以上が得られることを、ノロウイルス VLPs (Virus-like particles) と検出系に immuno-PCR を用いた実験で示した。耐塩素性病原微生物の濃縮ろ過における汚染を回避する方法として粉体吸引ろ過方式を検討し、加圧ろ過方式と同等の 94% の捕捉率が得られ、ろ過水量も濁度 10 度で 10L 近くと十分な実用性が得られた。クリプトスポリジウムとジアルジア遺伝子検出法の検証を、新たな事業体で行い、qRT-PCR 法の感度、回収率も良好であることを確認した。また、ヒトへ感染する可能性のあるジアルジアの遺伝子型の存在が改めて確認された。養豚業におけるオーシストの主排出源は育成豚舎であると思われた。クリプトスポリジウム検査に使われる蛍光抗体色素の FITC は退色する性質があるが、近年は退色しづらい新規の蛍光色素が開発され、こうした新しい色素が実際に検査に有用であることを確認し、今後の顕微鏡試験への応用が期待された。

無機物質：残留アルミニウム対策では pH 調整、PSI、高塩基度 PAC とも一定の効果は見られる。PSI はコストと操作の煩雑さが、高塩基度 PAC は原水水質によっては効果が小さいことがあることがデメリットになる。残留アルミニウム低減の

ための方策として pH 調整は通常 PAC の場合でも効果があるが、高塩基度 PAC は pH 調整酸剤の使用量を削減できる可能性がある。給水装置からの浸出試験で、ニッケルはすべての製品で検出され、補正值としても最大で 200 µg/L 以上の値であった。濃度に製品毎のばらつきが多く、めっきの回り込みからの浸出が原因と思われる。セシウム (Cs) は水中の懸濁物質に吸着するとされているが、懸濁質の種類により吸着量には差があることが明らかとなった。凝集時に粉末活性炭のように濁質を添加することにより、ある程度の処理を期待することができる。

有機物質：アニリンはその d5 体をサロゲートとして固相抽出-GC/MS もしくはヘッドスペース(HS)-GC/MS により、1,2,3-トリクロロベンゼンはヘッドスペースまたはパージ・トラップ-GC/MS により、ニトリロ三酢酸は固相抽出-誘導体化-GC/MS 法により、目標値の 1/400~1/100 の定量下限値を有する分析法を設定することができた。実態調査におけるこれらの物質の濃度は目標値と比べ非常に低かった。水道原水から医薬品類が数 ng/L~百数十 ng/L の濃度レベルで検出された。浄水でヨウ素系の尿路・血管用 X 線造影剤 2 物質のみが数~数十 ng/L オーダーで検出された。タミフル (OP) とその活性代謝物である OC は通常の浄水処理では除去しきれないと考えられた。粉末活性炭 20mg/L で OP と OC とともに 1 割以下まで除去された。今後の一般公共水域や浄水工程で注意を払うことの優先度が高い医薬品は、エピナスチン、カンデサルタン、ロラゼパム、スルピリド及びジフェンヒドラジンの 5 物質であることが示された。

消毒副生成物：ヘキサメチレンテトラミンはオゾン処理においてホルムアルデヒド以外の物質に分解され、その際には塩素処理によるホルムアルデヒド生成能もほぼ失われることを示した。メチルアミノ基を有する 3 級アミンは塩素処理によるホルムアルデヒド生成率が量論的關係に基づいた推測値と一致する物質群と、推測値よりも低いグループに分かれることを明らかにした。また、3 級以外のアミン類については生成能が低いことを確認した。過去数年間淀川水系の浄水中 NDMA 濃度は減少傾向にあるが、冬季には濃度が高い傾向にある。また、花火大会が過塩素酸イオン濃度に及ぼす影響は数日継続することがわかった。LC/MS によるハロ酢酸分析についてその有効性を確認した。ヨウ素系消毒副生成物として浄水中からジクロロヨードメタン等を最大数 100 ng/L の濃度範囲で検出した。

農薬：水道統計をもとに、H21 年度の農薬の検

査体制について解析を行ったところ、全対象水道事業 1554 件のうち、約半数が測定していたが、測定回数 1 回/年が最も多く、102 農薬全てを測定している場合が最も多かった。第一群農薬の検出数は原水で昨年より 6 農薬減少し 52 種と、浄水でも昨年より 6 農薬減少し 15 種となっているが、原水では比較的高い濃度で検出される農薬が多かった。また、ジノテフランなどこれまであまり高い濃度で検出されていなかった農薬も検出されていた。この理由は、農薬使用に関する情報に基づいて農薬の水質管理が行われるようになったためと思われる。昨年の農薬分類見直しに関する成果に実態調査などの結果を考慮して、新分類として対象農薬リスト掲載農薬類 120、要検討農薬 16、除外農薬 14、その他農薬 84 が抽出された。対象農薬リスト掲載農薬類への追加が予定されている農薬類について、その市販標準品の供給実態を調査し、標準品に記載の面積百分率による純度値と定量核磁気共鳴法による実測値がほぼ同等であることが確認できた一方、標準品が入手できない、純度が低いまたは確認できない等の問題により、検査法設定自体が現状では困難であるものが明らかとなった。

寄与率：曝露経路による体内吸収率補正を行い、経口経路に換算したクロロホルムの総曝露量分布を算定した。分布の 95% 値 = TDI 12.9 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ の条件では、クロロホルム評価値が 122 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、割当率が 38% と算定された。飲用寄与率の分布に確率分布関数を適用すると、ハロ酢酸の飲用寄与率の推奨値として、ジクロロ酢酸 40%、トリクロロ酢酸 30%、プロモクロロ酢酸 30%、プロモジクロロ酢酸 60% が計算されたが、これらの値はいずれも不確実性が大きいことがわかった。水道水由来の摂水量は、平均値で夏 1159 mL、冬 1124 mL、95% では夏 2400、冬 2200 mL であった。水質基準と給水停止に対する住民の意識に関するアンケート調査では、基準を満たさない日数が数日程度あれば、特に生活用水確保のために断水を望まない傾向が示された。しかし同時に、基準を満たさないことが健康影響に直結するのはという不安などが示唆された。

リスク評価：化学物質の複合暴露に関して、米国 EPA ではこれまでに、RPF 法もしくはそれに準じた方法により、5 つの農薬グループの評価が行われており、いずれの農薬グループについても、健康影響の懸念はないと結論された。EFSA は推奨している段階的アプローチをルーチンベースで適用するには、特に cumulative assessment group の設定や暴露評価に関して問題点があると結論された。パーフルオロカルボン酸/スルホン酸類

の毒性に関しては、PFOA 及び PFOS 以外の物質、特に炭素数が 12 を超える物質の情報が不足していた。パーフルオロカルボン酸類の毒性強度の炭素鎖長依存性の要因を明らかにすることを目的として分析法を開発し、PFOcDA を投与したラットの保存血清中から PFOcDA 以外の PFCs と分岐鎖 PFCs を検出した。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

Matsushita T, Suzuki H, Shirasaki N, Matsui Y, Ohno K, Adsorptive virus removal with super-powdered activated carbon, Separation and Purification Technology, 107, 79-84, 2013.

白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大芝淳, ウイルス処理に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, 土木学会論文集 G(環境), 68(7), III_41-50, 2012.

Shirasaki N, Matsushita T, Matsui Y, Urasaki T, Ohno K, Difference in behaviors of F-specific DNA and RNA bacteriophages during coagulation-rapid sand filtration and coagulation-microfiltration processes, Water Science & Technology: Water Supply, 12(5), 666-673, 2012.

Kishida N, Miyata R, Furuta A, Izumiyama S, Tsuneda S, Sekiguchi Y, Noda N, Akiba M, Quantitative detection of Cryptosporidium oocyst in water source based on 18S rRNA by alternately binding probe competitive reverse transcription polymerase chain reaction (ABC-RT-PCR). Water Research, 46(1), 187-194, 2012.

Izumi T, Yagita K, Izumiyama S, Endo T, Itoh Y, Depletion of Cryptosporidium parvum oocysts from contaminated sewage by using freshwater benthic pearl clams (Hyriopsis schlegeli), Appl Environ Microbiol, 78(20), 7420-7428, 2012.

泉山信司, 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, 水道協会雑誌, 81(9), 14-22, 2012.

黒木俊郎, 泉山信司, 八木田健司, 遠藤卓郎, 岸田直裕, 島崎大, 秋葉道宏, 水道クリプトスポリジウム試験法の検査体制維持・向上に係る技術研修の役割, 保健医療科学 Vol.61, No.5, 454-463, 2012.

- Kimura M, Matsui Y, Kondo K, Ishikawa T.B, Matsushita T, Shirasaki N, Minimizing residual aluminum concentration in treated water by tailoring properties of polyaluminum coagulants, *Water Research*, 47(6), 2075-2084, 2013.
- Kosaka K, Hayashida T, Terasaki M, Asami M, Yamada T, Itoh M, Akiba M, Elution of bisphenol A and its chlorination by-products from lined pipes in water supply process, *Water Science & Technology: Water Supply*, 12(6), 791-798, 2012.
- Tani K, Matsui Y, Iwao K, Kamata M, Matsushita T, Selecting analytical target pesticides in monitoring: sensitivity analysis and scoring, *Water Research*, 46(3), 741-749, 2012.
- Hirata-Koizumi M, Fujii S, Furukawa M, Ono A, Hirose A, Repeated dose and reproductive/developmental toxicity of perfluorooctadecanoic acid in rats. *J. Toxicol. Sci.*, 37, 63-79, 2012.
- Jo I, Echigo S, Itoh S, Profiles of dissolved organic matter and haloacetic acid formation potential in drinking water treatment by a comprehensive fractionation technique, *Water Sci. Technol.*, 13(1), 89-94, 2013.
- 小坂浩司, 黒田啓介, 村上道夫, 吉田伸江, 浅見真理, 小熊久美子, 滝沢智, 秋葉道宏: 東京の地下水中の塩素酸イオンおよび過塩素酸イオンの実態調査, *土木学会論文集 G(環境)*, 69 (1), 10-18, 2013.
- Luilu G., Kosaka K, Asami M, Chlorine demands of amino acids and amino sugars in water, *J. Water Environ. Technol.*, 10 (2), 141-154, 2012.
- Matsui Y, Yoshida T, Nakao S, Knappe DRU, Matsushita T, Characteristics of competitive adsorption between 2-methylisoborneol and natural organic matter on superfine and conventionally sized powdered activated carbons, *Water Research*, 46, 4741-4749, 2012.
- Matsui Y, Nakao S, Yoshida T, Taniguchi T, Matsushita T, Natural organic matter that penetrates or does not penetrate activated carbon and competes or does not compete with geosmin, *Separation and Purification Technology*, accepted.
- Matsui Y, Nakao S, Taniguchi T, Matsushita T, Geosmin and 2-methylisoborneol removal using superfine powdered activated carbon: shell adsorption and branched-pore kinetic model analyse and optimal particle size, *Water Research*, 47(8), 2873-2880, 2013.
- 田原麻衣子, 中島晋也, 杉本直樹, 有菌幸司, 西村哲治: 水道水質試験の標準液調製における不確かさと定量精度に影響を及ぼす要因. *水道協会雑誌*. 81(5), 10-16, 2012.
- Quan D, Okashita R, Yanagibashi Y, Echigo S, Ohkouchi Y, Itoh S, Jinno H, Exposure to Haloacetic Acids via Typical Components of the Japanese Diet and their Allocations of Drinking Water Ingestion to Total Exposure, *J. Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 2013 (in press).
- Fujitani T, Ohyama K, Hirose A, Nishimura T, Nakae D, Ogata A, Teratogenicity of multi-wall carbon nanotube (MWCNT) in ICR mice, *J Toxicol Sci* 37, 81-89, 2012.
- Hasegawa R, Hirata-Koizumi M, Dourson M.L, Parker A, Ono A, Hirose A, Safety assessment of boron by application of new uncertainty factors and their subdivision, *Regul Toxicol Pharmacol* 65, 108-114, 2013.
- Matsumoto M, Serizawa H, Sunaga M, Kato H, Takahashi M, Hirata-Koizumi M, Ono A, Kamata E, Hirose A, No toxicological effects on acute and repeated oral gavage doses of single-wall or multi-wall carbon nanotube in rats, *J Toxicol Sci* 37, 463-474, 2012.
- Ono A, Takahashi M, Hirose A, Kamata E, Kawamura T, Yamazaki T, Sato K, Yamada M, Fukumoto T, Okamura H, Mirokuji Y, Honma M, Validation of the (Q)SAR combination approach for mutagenicity prediction of flavor chemicals, *Food Chem Toxicol* 50, 1538-1546, 2012.
- Takahashi M, Yabe K, Kato H, Kawamura T, Matsumoto M, Hirata-Koizumi M, Ono A, Hirose A, Reproductive and developmental toxicity screening test of 3-cyanopyridine in rats, *Reprod Toxicol* 35, 7-16, 2013.
- Takahashi M, Kato H, Doi Y, Hagiwara A, Hirata-Koizumi M, Ono A, Kubota R, Nishimura T, Hirose A, Sub-acute oral toxicity study with fullerene C60 in rats, *J Toxicol Sci* 37, 353-361, 2012.
- 高橋美加, 松本真理子, 宮地繁樹, 菅野誠一郎, 菅谷芳雄, 平田睦子, 小野敦, 鎌田栄一, 広瀬明彦, OECD 化学物質対策の動向 (第 19 報) - 第 30 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2010 年パリ) . *化学生物総合管理* 8, 47-53, 2012.
- 高橋美加, 松本真理子, 宮地繁樹, 菅野誠一郎,

菅谷芳雄, 平田睦子, 中嶋徳弥, 小野敦, 鎌田栄一, 広瀬明彦, OECD 化学物質対策の動向 (第 21 報) - 第 32 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2011 年パリ). 化学生物総合管理 8, 166-172, 2012.

高橋美加, 松本真理子, 宮地繁樹, 菅野誠一郎, 菅谷芳雄, 平田睦子, 中嶋徳弥, 小野敦, 鎌田栄一, 広瀬明彦, OECD 化学物質対策の動向 (第 20 報) - 第 31 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2010 年オックスフォード). 化学生物総合管理 8, 54-60, 2012.

平田睦子, 高橋美加, 松本真理子, 川村智子, 小野敦, 広瀬明彦, 小児用玩具に使用されるフタル酸エステル代替可塑剤の毒性影響, 国立医薬品食品衛生研究所報告第 130 号, 31-42, 2012.

松本真理子, 高橋美加, 平田睦子, 小野敦, 広瀬明彦, OECD 高生産量化学物質点検プログラムから OECD 化学物質共同評価プログラムへ, 化学物質総合管理 8, 173-233, 2012.

松本真理子, 宮地繁樹, 菅谷芳雄, 広瀬明彦, OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 31 回初期評価会議概要, 化学生物総合管理 8, 28-36, 2012.

松本真理子, 宮地繁樹, 菅谷芳雄, 広瀬明彦, OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 32 回初期評価会議概要, 化学生物総合管理 8, 37-46, 2012.

2. 著書

なし.

3. 解説・総説

なし.

4. 学会発表

Shirasaki, N., Matsushita, T. and Matsui, Y. (2012) Virus removal by a coagulation-microfiltration process, Proceedings of the 4th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, Tokyo, Japan.

丸林拓也, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦 (2013)

アルミニウム系及び鉄系凝集剤の塩基度がウイルスの処理性に与える影響, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪.

白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大芝淳 (2012) ウイルス処理に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, 第 49 回環境工学研究フォーラム.

白崎伸隆, 田附雄一, 松下拓, 松井佳彦 (2012) ウイルス様粒子と新規イムノ PCR 法を併用したヒトノロウイルスの膜ろ過処理性評価, 第 67 回土木学会年次学術講演会, 名古屋

Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Sato, S., Effective removal of virus by high-basicity polyaluminum coagulation treatment, Proceedings of Particle Separation Conference, Berlin, Germany, 18-20 June 2012.

Shirasaki, N., Matsushita, T., Tatsuki, Y. and Matsui, Y., A new approach to estimate norovirus removal performance in a membrane filtration process by using virus-like particles and immuno-PCR method, Proceedings of AWWA/AMTA 2012 Membrane Technology Conference & Exposition, Glendale, AZ, USA, 27 February-1 March 2012.

白崎伸隆, 大芝淳, 松下拓, 松井佳彦, 凝集剤中のアルミニウム形態がウイルスの処理性に与える影響, 第 63 回全国水道研究発表会, 2012.

大芝淳, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 第 46 回日本水環境学会年会, ウイルス除去に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, 2012.

田附雄一, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 遺伝子組み換えにより発現したウイルス外套タンパク粒子と新規 immuno-PCR 法を用いたヒトノロウイルスの膜ろ過性の評価, 第 46 回日本水環境学会年会, 2012.

岸田直裕, 今野祥顕, 浅見真理, 秋葉道宏, 原本英司, 泉山信司, 水道水源における原虫汚染の全国実態調査, 第 46 回日本水環境学会年会, 2012.

岸田直裕, 吉本泰士, 佐藤逸人, 泉山信司, 秋葉道宏, 遠藤卓郎, クリプトスポリジウム検査における遺伝子検査法の作業性に関する検討, 第 63 回全国水道研究発表会, 2012 年, 島根県松江市

泉山信司, 八木田健司, 森田重光, 宮崎誠生, 蛍光抗体染色用抗クリプトスポリジウムモノクローナル抗体の開発, 第 81 回日本寄生虫学会大会, 2012 年