

201036024A

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22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23（2011）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23年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 松井 佳彦

平成23（2011）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. 無機物質に関する研究	-----	27
伊藤 雅喜		
2. 一般有機物に関する研究	-----	35
西村 哲治, 秋葉 道宏		
3. 微生物に関する研究	-----	41
泉山 信司, 片山 浩之, 松下 拓		
4. 消毒副生成物に関する研究	-----	67
伊藤 慎彦, 浅見真理		
5. 農薬に関する研究	-----	77
浅見 真理, 西村 哲治, 杉本直樹		
6. 寄与率に関する研究	-----	85
伊藤 慎彦, 西村 哲治, 浅見 真理		
7. リスク評価に関する研究	-----	89
広瀬 明彦, 平田睦子		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	115
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	119

平成 22 年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

水道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。

凝集剤の塩基度を高めることは残留アルミニウム濃度の低下に寄与するとともに、ピコプランクトン増殖に伴う凝集処理の悪化時においても、ろ過濁度を低減することができることが示された。東京都多摩地域の飲用地下水 347 か所を対象として、有機フッ素化合物（PFCs）の存在実態調査を実施した。スルホン酸類は PFOS が最大 1120 ng/L の濃度であり、USEPA 勧告値超過は 12 か所であった。一方、カルボン酸類は、PFOA が最大 200ng/L の濃度で検出された。検出下限値 1ng/L 以上の検出率は PFOA（64%）> PFOS（57%）で、深井戸よりも浅井戸の方が、検出頻度および濃度の中央値で高い傾向がみられた。EDTA と塩化ビニルモノマーはすべての給水栓水中から検出され、濃度範囲はそれぞれ、0.461～11.2 μg/L、0.06～0.50 μg/L であった。

従属栄養細菌濃度は給水栓開栓直後に高く、その後の放流で残留塩素が回復するに伴い、急速に減少することを確認した。浄水場及び給水栓における従属栄養細菌調査では、高度浄水処理では BAC 処理後に検出数が増加するが、急速ろ過、緩速ろ過で濃度が減少する傾向にあり、浄水からはほとんど検出されなかった。浄水と給水栓水で検出される菌叢は異なり、再増殖が示唆された。クリプトスポリジウム等検査法への提案を目的として、遺伝子検出法と粉体ろ過法の複数機関による実地検証を行った。操作法の運用に問題はなく、検査結果も良好であったが、阻害が考えられる試料の試験においては、磁気ビーズの洗浄と阻害阻止剤の添加による対策が重要であることを再確認した。

NDMA（N-ニトロソジメチルアミン）類の全国調査の結果、多くの浄水場の原水・浄水で NDMA が検出されたが濃度は 1 ng/L 未満であることが多かった。また、結合塩素処理による生成能の評価では、多くの水道原水が数 ng/L の NDMA 生成能を示した。N-ニトロソモルホリン（NMor）は 1 箇所 で 1.1 ng/L で検出されそれ以外は痕跡値または不検出であり、N-ニトロソピロリジンは不検出であった。淀川水系における調査では、NDMA のオゾン処理による前駆物質濃度は大きく変動しており、有機物指標とは必ずしも相関がなかった。また、原水の濃度変動に比べて浄水の濃度変動が大きく、処理性が変動しているものと考えられた。ヨウ素系消毒副生成物の前駆体として、原水中有機ヨウ素の調査を行い、最大 20%程度が X 線造影剤由来であることを示した。

農薬に関する 13 事業者の詳細な実態調査において 73 農薬（第一群農薬 59、第二群農薬 2、第三群農薬 5、酸化物・分解物 5、その他 2）が今年度水道原水で検出され、検出率 10%を超える農薬が 12 農薬あった。今年度新たに 2 農薬が検出された。また、第一群以外でも 5 農薬が比較的高い頻度で検出された。浄水では、37 農薬が検出され、2 農薬は検出率は 10%を超えていた。農薬のうち、水田に散布される農薬が流出し検出される傾向が明らかとなった。農薬のうち、水田に散布される農薬が流出し検出される傾向があり、水田への使用割合を考慮した出荷量、さらには、水田管理の状況や新し

いスコア表を用いて農薬の分解や溶解に関する物性値を考慮して流出危険度を評価する必要があることが示された。さらには、農薬出荷量は地域ごとに大きな違いがあることから、観測すべき農薬の選定や農薬の第一～三群の分類見直しには全国一律ではなく地域性を考慮すべきである。さらに、使用量が大幅に増加しているネオニコチノイド系農薬や測定方法の整理を行うことも重要である。

水道水質基準を設定する際に必要な全暴露量に対する水道水寄与率に関して、これまでのデータ整理を行い、摂取量のばらつきも考慮した寄与率の算出を試みたが、水道水の摂取形態と量、嗜好飲料の種類と量及びそれらのばらつきに関する知見が不十分であった。近年、ボトル飲料の販売量が増加していることなどからも、水道水の飲用及びその他の利用形態を把握することが必要であると考察された。

化学物質の複合暴露によるリスク評価手法については、WHO/IPCS、米国、EU 及び EU 加盟各国において多くの検討がなされており、種々の手法やフローチャートが提案されている。作用機序に基づいた用量反応評価手法については、WHO/IPCS 及び ILSI がその枠組みやガイドラインを検討・開発し、国際的な合意を得るに至っている。これらの新しい評価手法を積極的に取り入れた基準値等の設定を推進していくことが望ましいと考えられる。銀の毒性情報としては、ヒトにおける経口無毒性量として生涯総摂取量 10g という値が算出されていたが、近年、ナノ銀の利用が広まりつつあり、比較的高用量であるものの反復経口投与した動物実験において肝臓への影響を示唆する結果が得られている。

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 水道工学部	部長
浅見 真理	国立保健医療科学院 水道工学部	室長
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 水道工学部	室長

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、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。

無機物質分科会では水道水に含まれる無機物質等のうち水質基準項目、水質管理目標設定項目として設定されている物質の他、他の重金属類や既存データのないレアメタルの実態調査まで幅広い範囲を研究対象としているが、本年度の研究では、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対策の現状と制御について、実態調査・検討を行った。

一般有機物質分科会では、水中有機フッ素化合物（PFCs）を ng/L レベルを高精度で分析する方法を確立し、東京都多摩地域の地下水を対象として PFCs 濃度の季節変動や類縁化合物の存在実態調査を行うこととした。さらに、EDTA と塩化ビニルモノマーの低濃度分析法を精査し、給水栓水水質の実態を調査することを目的とした。

微生物分科会では水道の微生物汚染に係る諸問題、すなわち従属栄養細菌、腸管系ウイルス、そして耐塩素性病原微生物を包括的に検討した。従属栄養細菌数については、暫定目標値の 2,000cfu/ml を超過する地点は限られるものの、多くの測定値は不検出ではない有意の値が得られるようになったことを受けて、この指標の現状を明らかにし、活用方法の整理と実践を目的とした。ウイルスの安全性に関しては知見が少なく、塩素消毒等の現行の浄水処理によって十分に不活化・除去されることを示すことが、安全・安心につながる。具体的には浄水中の低濃度の塩素においてもウイルスの不活化が十分になされていることが重要なポイントと考えられるが、低い Ct 値での塩素消毒を正確に評価するには、低濃度の遊離塩素濃度において、短時間の接触時間を制御する実験系の構築が課題となる。そのための、10 秒程度の短い接触時間の試料を採取可能な消毒装置の開発を目的とした。これに加えて、ウイルス粒子検出系として、感度の低い ELISA 法の代替となる高感度な検出法を検討した。

クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物対策では、モニタリングシステムの拡充に向けた試料水の濃縮方法と検出方法の開発検討を進めてきた。その中で、高感度な遺伝子検査法への期待が高かった。また、クリプトスポリジウムの 6 日の潜伏期間を鑑み、過去にさかのぼっての試験を可能とする試料保存の重要性が指摘されているが、それを簡易に実施する方法が求められていた。その要望に応えるべく粉体ろ過濃縮法と迅速遺伝子検出法は開発され、現行試験法への追加を厚生労働省水道課の微生物問題検討会において提案し、実用性の検証が求められている。当該研究では水道事業者、地方衛生研究所、民間検査機関らの協力を得て、検証を行うこととした。

消毒副生成物に関しては、塩素およびオゾン処理副生成物のうち臭素酸イオン、NDMA（N-ニトロソジメチルアミン）、ハロ酢酸、塩素酸、ハロアセトニトリル（HANs）、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とした課題を設定した。特に今年度は N-ニトロソ化合物について、全国調査を行った。さらに、淀川水系における実態調査を継続した。また、複数の事業者においてジクロロアセトニトリルおよび抱水クロラールさらには過塩素酸イオン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。あわせて、消毒副生成物の長期トレンドについても検討した。最後に、ヨウ素系消毒副生成物の前駆体となりうる水中のヨウ素について、琵琶湖・淀川水系において形態別の分布調査を行った。また、オゾン処理水中ヨウ素酸イオン濃度について調査を行った。

農薬の販売量および使用量は、近年減少傾向にあるが、登録農薬製剤数や登録農薬原体数に大きな差異は見られない。新しい農薬も多く登場していることから、農薬の使用実態や地域性を的確に把握し、効率的

な管理を行うことが求められる。これまで、農薬の水質管理は、水質管理目標設定項目で示された 102 農薬を中心に実態調査が行われているが、これまでの実態調査を踏まえ、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うこととした。さらに、近年、新たな殺虫剤として出荷量が増加し、社会的な関心も高いネオニコチノイド系農薬の水質管理上の重要性を判断するため河川において実態調査を行うとともに浄水処理性の評価を行う。また、農薬の流出性や危険性を評価するに際し、散布量や生分解性、吸着性、毒性をランク付けしたスコア表を用いて危険性を算出する評価方法が提案されている。本研究ではモデルシミュレーションによる感度解析に基づきより精度の高いスコア表を作成するとともに、水田と畑地や果樹園用の農薬の流出性を比較するとともに出荷農薬の地域的な偏在を調査し、監視すべき農薬の選定に寄与する事を目的とした。加えて、定量分析値の高精度化を目指し開発を行っている、一次標準測定法の資格を原理的に有する核磁気共鳴装置 (NMR) を用いた SI にトレーサブルな定量分析法 (quantitative NMR: qNMR) により、過去の全国水道事業体の農薬実態調査において、浄水での検出率や個別評価値が高い農薬を中心に測定対象として選定し、qNMR の高い定量精度を応用して、分析精度に影響を及ぼすと考えられる市販標準品の絶対純度を測定する。

寄与率分科会で水道水質基準における評価値導出の際の飲料水への割り当て率について検討することを目的とした。WHO 飲料水水質ガイドラインでは、閾値のある化学物質のガイドライン値は、耐用一日摂取量 (TDI: tolerable daily intake) と TDI の飲料水への割り当て率に基づいて導出されている。しかしその割り当て率を決定する方法論が明確ではないのが現状である。そこで、モンテカルロ・シミュレーションを用いて日本人の有害金属の摂

取量分布の推計を行い、摂取量分布を考慮することによって水質基準における評価値と水への割り当てを合理的に算出する方法を検討した。また、消毒副生成物のうちトリハロメタンとハロ酢酸をとりあげ、飲用寄与率を試算して提示した。飲用曝露量、吸入曝露量、経皮曝露量、食品曝露量に関する実測データに基づいて飲用寄与率を試算したほか、種々の項目に分布を与えた上でモンテカルロシミュレーションによって推定することも試みた。

リスク評価分科会は、飲料水中の化学物質の基準値設定及び改定に資するために、食品安全委員会や WHO が新たに健康影響を評価した化学物質や、新たに健康影響が懸念される化学物質の毒性情報を収集し整理すると共に、化学物質の安全性評価手法に関する最新知見の動向調査を行い、得られた知見の基準値設定等への適用の妥当性について検証することを目的としている。本年度は、環境経路暴露により健康影響が懸念される銀について、体内動態および毒性に関する情報を収集し、整理した。さらに、最新の安全性評価手法として近年注目されつつある、化学物質の複合暴露によるリスク評価手法及び作用機序に基づいた用量反応評価手法について国際動向を含めた最新情報を収集しまとめた。

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 11 名の他に 48 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、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 1 名、研究協力者 8 名)、一般有機物質 (研究分担者 2 名、研究協力者 10 名)、微生物 (研

究分担者 4 名, 研究協力者 30 名), 消毒副生成物 (研究分担者 2 名, 研究協力者 13 名), 農薬 (研究分担者 3 名, 研究協力者 13 名), 寄与率 (研究分担者 3 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。

無機物質分科会では, 残留アルミニウム対策の実態調査として, 水道技術管理者協議会を通じて, 原水の種類, 浄水方式, 原水 pH, アルミニウム対策に関する質問に対するアンケート調査を行い, 回収結果尾を集計し現状分析を行った。残留アルミニウム濃度の低減対策は, 小型浄水処理装置を用い, 比較的凝集処理が悪化する時期 (冬期低水温期, 生物障害発生時など) の原水を対象として実験を行い, 凝集剤の塩基度に着目しポリ塩化アルミニウム凝集剤の性能を検証した。

有機物質研究の内, PFCs の分析は, 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計 (SPE-LC/MS/MS) により行った。固相抽出は, 固相カートリッジにウォーターズ製 OASIS HLB plus を用い SPE 装置は加圧式のセップパックコンセントレーター (ウォーターズ製) を用いて行った。LC/MS/MS の LC 部は Alliance 2695 Separation Module (ウォーターズ製), MS/MS 部は Ultima PT (マイクロマス製), LC 分析カラムは Xbridge C18 であり, 移動相は A 液 10mM 酢酸アンモニウム-アセトニトリル (10:90) と B 液 10mM 酢酸アンモニウムのグラジエント分析で行った。内部標準物質としては PFOA-13C2, PFOS-13C4 を用いた。エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) と塩化ビニルモノマーの分析を東京都内の 28 カ所の給水栓から水道水を採水した試料について行った。EDTA 分析は, 試料水に 16M ギ酸水溶液を添加して pH 3 に調整し, 強陰イオン交換カートリッジに通水し, 固相カートリッジ 6 M ギ酸 3 mL で溶出した。溶出液に内部標準物質として 1,2-シクロヘキサジアン四酢酸溶液を蒸発乾固し, 三フッ化ホウ素メタノール錯体メタノール溶液を

加え加熱・放冷後, ジクロロメタンで抽出分取した検液を, DB-5 フェーズドシリカキャピラリーカラムを用いた EI Positive イオン化法 GC-MS 法で定量することで測定した。塩化ビニルモノマーは AQUATIC キャピラリーカラムを用いた S-trap ヘッドスペース GC/MS 法により定量した

微生物に関する研究の内, 従属栄養細菌については, 処理方法の異なる浄水場の各工程水と, 浄水場からの流達時間が長い給水栓 1 箇所と, その中間に位置する給水栓 2 箇所を選択し, 採水・測定した。測定は R2A 寒天培地を用いた培養および細菌相を明らかにするために 16S rDNA 塩基配列に基づき行った。腸管系ウイルスに関する研究として, 短時短の接触における消毒効果を調べるために連続式押し出し流れ反応装置を開発し, 装置性能の確認に大腸菌の消毒試験を実施した。また, ノロウイルス外套タンパク粒子 (VLPs) に対する ELISA 法 検出系の代替として, immuno-PCR 系を検討した。EcoRI 酵素切断部位を持つタグ配列を抗体に結合し, VLPs と反応した抗体からタグを切断し, 鋳型として SYBR Premix DimerEraser を使用してリアルタイム定量 PCR 法を実施した。

耐塩素性病原性微生物検出法の実地検証は以下のように行った。粉体ろ過法の実用性の検証は, 5 機関 (浜松市上下水道部, 宮城県仙南・仙塩広域水道事務所, 桐生市水道局, 神奈川県企業庁水道水質センター, 新潟市水道局 (順不同)) の協力を得て行った。粉体ろ過法は, 酸溶解性の粒状ハイドロキシアパタイトを用いたケーキろ過フィルターで, 積算流量, ろ過単独の模擬粒子の捕捉性能, 免疫磁気ビーズ法でのクリプトスポリジウム精製操作を含む回収率を中心に評価した。捕捉性能の評価に, クリプトスポリジウムオーシストの模擬粒子としての蛍光ビーズまたはホルマリン固定クリプトスポリジウム, 回収率の評価に固定クリプトスポリジウムを使用し

た。遺伝子検出法は、10 機関（東京都健康安全研究センター、神奈川県内広域水道企業団、財団法人岐阜県公衆衛生検査センター、株式会社環境科学研究所、国立保健医療科学院、愛媛県立衛生環境研究所、神奈川県衛生研究所、東京都水道局、大阪府水道局、茨城県企業局水質管理センター）の協力を得て、実用性を検証した。さらに水道事業体における遺伝子検出法の導入の困難さを確認するため、水道事業体並びに地方衛生研究所等クリプトスポリジウム検査担当者の協力を得て、同一のクリプトスポリジウム凍結試料、試薬、機器を使用し、検量線の作成を qRT-PCR 法 (TaqMan プロブ法) にて実施した。また、クリプトスポリジウム等検査法は濃縮方法と精製方法の組み合わせによっては回収率が得られないことが心配されていることから、アセトン溶解法と免疫磁気ビーズ法、あるいは PTFE フィルター法と免疫磁気ビーズ法の 2 つの組み合わせで回収率を求め、組み合わせ毎に回収率を確認した。

消毒副生成物に関して、国立保健医療科学院では、N-ニトロソアミン類として N-ニトロソモルホリン (NMor) と N-ニトロソピロリジン (NPyr) の 2 物質も対象に含め、淀川水系及び利根川水系の 5 箇所の高度処理浄水場の工程水と全国 15 箇所の浄水場の原水・浄水における実態を調査した。測定試料の前処理は固相抽出法により行い、LC/MS/MS を用い定量した。大阪府では、平成 22 年 8 月 24 日から 26 日にかけて、原水、中オゾン処理水及び浄水の採水箇所に連続採水器を設置し、2 時間ごとに採水を行い、日周変動調査を行うとともに、排出源調査として三川合流点付近及び上流に位置する下水処理場放流水及び工場排水を（平成 22 年 9 月 29 日）、水系別調査として桂川水系（平成 22 年 7 月 26 日）、宇治川水系（平成 22 年 8 月 31 日）、木津川水系（平成 22 年 1 月 20 日）に採水を行った。大阪府では村野浄水場、庭窪浄水場、三島浄水場およびそれぞれの送水幹線末端の岬分岐、八尾分岐、三島分岐にお

ける NDMA の挙動調査を行った。阪神水道企業団では浄水中 NDMA 濃度と水温との関係について検討した。分析は固相抽出 - GC/MS(Cl)により行った。

ハロ酢酸、ハロアセトニトリル、抱水クロラルなどの副生成物と過塩素酸イオンについては、東京都、北千葉広域水道企業団、奈良県、沖縄県、京都市、川崎市において実態と長期トレンドおよび低減化技術に関する調査検討を行った。ハロゲン化物の管理に関しては、琵琶湖淀川水系内のヨウ素の分布についてヨウ化物イオンと吸着性有機ヨウ素(AOI)の形態別に調査を行い、あわせて人為由来の有機ヨウ素として主要なものと考えられるヨード造影剤 (イオパミドールとイオヘキソール) の寄与についても考察を行った。ヨウ化物イオンは、イオンクロマトグラフィーの後、紫外吸光光度検出法で定量した。AOI については、試料を pH 2 に調節後、活性炭カラムに通水し TOX 計で燃焼後ヨウ化物イオンとしてイオンクロマトグラフィーにより定量した。ヨード造影剤濃度の測定は、各試料を固相抽出 (InertSep Slim RP-2) 濃縮後、液体クロマトグラフ質量分析計で測定を行った。

また、浄水プロセス内のヨウ素酸イオンの挙動を調査した

農薬類の実態調査として、農薬分科会の参加 9 水道事業体は、農薬使用量調査等により測定優先度が高いと考えられる農薬類を選定し実態調査を行った。さらに、他の 3 水道事業体からも農薬実態調査結果の提供を受けた。さらに、ネオニコチノイド系農薬については農薬要覧のデータより全国の地域ごとの出荷量とその推移を調べ、LC/MS による分析法を検討し実態調査は鶴見川流域を対象に行った。さらに凝集沈殿処理、塩素処理、活性炭処理実験の浄水処理性について室内実験を行った。これらの調査結果について、農薬検出濃度、検出頻度及び検出指標値 (Σ 値) の集計を行い、存在状況等について把握を行った。葛根田川、相模川、筑後川の 3 流域を対象

として、農薬の水中分解係数が河川中濃度に及ぼす影響を感度解析し、水中分解係数の新スコア表を作成した。次いで、馬淵川、相模川、筑後川を対象として、新旧スコア表により算出されたスコアの値と実測値との相関性を比較し、相関関係から河川中農薬濃度を推定して監視すべき農薬の選定を行った。また、農薬要覧に記載の県別農薬出荷量のデータを整理することで、全国8地域における農薬原体別使用量をまとめるとともに、筑後川流域、馬淵川流域において主用途が水田とそれ以外の農薬の出荷量を推定し、農薬検出率の関係を調査した。qNMRを用いた市販農薬標準品の絶対純度決定は、複数の試薬会社の農薬類標準品を用い、30種、41製品（新品23製品、開封後冷蔵保存約2～5年の18製品）を対象とした。

寄与率に関する研究の内、金属摂取量分布の推計手順の概略を図1に示す。平成21年全国10か所のトータルダイエツト調査による14食品群の金属濃度データと、平成18年国民健康・栄養調査特別集計の食品摂取量分布のデータを用い、モンテカルロ法により金属摂取量分布を算出した。その際に、栄養データを使い食品摂取量間の相関と、調理による間接飲水量も考慮した。水道水中の金属濃度に飲水量2 L/dayを仮定して乗じ、水道水質基準で用いられているホウ素のTDIと50 kg（日本人の平均体重と仮定）で除することにより、水への割り当て率を計算した。消毒副生成物としては、トリハロメタンとハロ酢酸をとりあげ、飲用曝露量、吸入曝露量、経皮曝露量、食品曝露量に関する実測データに基づいて飲用寄与率の分布を、モンテカルロシミュレーションによって推定することを試みた。塩素酸・過塩素酸については、昨年の調査に引き続き、トータルダイエツトスタディ(TDS)試料の分析を行い食品由来の摂取量の推定を行うとともに、食品の前処理方法も考慮して食品と水道水由来の摂取量の比較を行った。

リスク評価に関する研究の内、銀の毒性

及び体内動態に関しては、公表されている評価文書やreviewを基に、関連する文献入手した上で、MedlineやToxlineなどを用いて最新情報を検索、情報の収集及び整理を行った。化学物質の複合曝露によるリスク評価手法に関する情報調査は、2009年12月に欧州共同体の環境総局により公表された『混合物の毒性に関する研究展望報告書』をもとに、国際機関、米国および欧州における規制の状況や動向をまとめ、文献情報を整理した。さらに、作用機序に基づいた用量反応評価手法に関する情報調査をまとめるとともに、毒性発現の作用機序(MOA)に基づいた用量反応評価の適用性を検討したワークショップでの議論内容を整理した。

C. 研究結果と考察

(1) 無機物質

アンケート調査により浄水場で使用している凝集剤はほとんどが(アンケートではすべて)アルミニウム系凝集剤であり、浄水場における残留アルミニウムの制御が課題となることがあらためて明らかとなった。原水pHの変動も大きく、浄水場ではpHの季節、時間変動に注意して制御しなければならない。アンケート調査では約3割の浄水場でアルミニウム対策を講じていたが、講じていないところでも必要性があると認識しているにもかかわらず対策がなされていない浄水場があった。対策を講じている浄水場でも浄水場全体の運用を考えた場合、問題が生じている懸念のある処理などがあり、さらに調査が必要と考えられる。

平成22年7月下旬から9月中旬にかけて、筑後川原水中のピコプランクトン数が千～数万個/mlまで増加し、実プラントのろ過濁度及びアルミニウムが通常時に比べて上昇傾向が見られた際に小型浄水処理装置実験を行った。小型浄水処理装置において、凝集剤を従来PAC(注入率21 mg/L)から高塩基度PAC(注入率21 mg/L)へ切り替えた場合のろ過水の濁度とアル

ミニウムの変化を図1に示した。(凝集時のpHは概ね6.8).濁度については,0.013度から0.004度と60%以上の低減化が確認された。また,アルミニウムについては,懸濁成分で若干の濃度低下が見られたが,溶解成分では有意な差は確認できなかった。アルミニウムの結果に有意な差が確認できなかった要因として,凝集時pHの設定が6.8と低めであったことが考えられる。ろ過アルミニウム低減化の効果については,改めて評価を行う。冬期の原水(低水温及び低濁度化)に対しては,高塩基度PACは従来PACに比べて高凝集pH域でろ過アルミニウム及び濁度を低減化できることを確認できた(H22年度と同等の効果を確認することができた)。

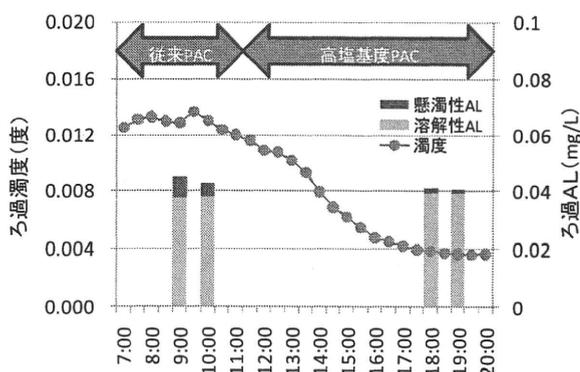


図1 原水中生物増殖時の実験結果 (PAC 21 mg/L)

(2) 一般有機物

東京都多摩地域の飲用としている地下水347か所を対象として,有機フッ素化合物(PFCs)の存在実態調査を実施した。スルホン酸類はPFOSが最大1120 ng/Lの濃度であり,USEPA 勧告値超過は12か所であった。一方,カルボン酸類は,PFOAが最大200ng/Lの濃度で検出された。検出下限値1ng/L以上の検出率はPFOA(64%) > PFOS(57%) > PFHxS(53%) > PFNA(46%) > PFHpA,PFPeA,PFBS(39-41%) > PFHxA(36%) > その他(0-13%)の順で,深井戸(深さ30-300m)よりも浅井戸(深さ0-30m未満)の方が,検出頻度および濃度の中央値で高い傾向がみられ

た。クラスター分析により,PFOSおよびPFHxSが卓越した存在であり,その他,PFBS,PFOA,PFHxAも特徴的な存在であることがわかった。

多摩地域の各地下水PFCsの濃度分布図を調べるためにArcView GIS Ver3.2 for Windowsを用いて,調査対象の地下水をPFCsの検出合計濃度別に地図上にプロットした。PFCsの合計濃度が1000ng/Lを超える地下水は多摩地域の中央部に存在していた。また100~999ng/Lの地下水は多摩地域の北東部に多く存在しており,この地域はVOCや硝酸態窒素が比較的高濃度で検出される地域でもある。

固相抽出-誘導体化GC-MS法を用いて,給水栓水中EDTAの濃度を調査した結果,すべての給水栓水中から検出され,検出濃度範囲は0.461から11.2µg/Lで,平均濃度は2.17±1.93 µg/Lであった。最大濃度で検出された1地点以外の27地点においては,目標値である0.5 mg/Lの1/100以下の4µg/L未満であった。このことから,給水栓水においてもEDTAは低濃度ではあるが存在していることが明らかとなった。

高感度測定が可能なS-trapヘッドスペースGC/MS法を用いて,給水栓水を対象に塩化ビニルモノマーの濃度を調査した結果,すべての給水栓水中から検出され,検出濃度範囲は0.06から0.50 µg/L,平均濃度は0.12±0.08 µg/Lで,最大濃度は0.50µg/Lであったが,採水地点の約90%は目標値2µg/Lの1/10以下であった。

(3) 微生物

i. 従属栄養細菌およびウイルス

全国2年分の従属栄養細菌の測定値の比較では,測定地点の多くは安定した測定値が得られていたが,一部に変動や高い測定値が存在し,その理由としては給水栓の汚染が影響しているのではないかと推測された。水質管理上の指標として,浄水処理過程の評価に活用すべく,処理方法の異なる主要浄水場の各工程水について,従属栄養細菌数を測定した。急速ろ過,緩速ろ過,膜ろ過及び塩素消毒のみの浄水施設で

は、工程を経るに従って検出数が減少し、浄水では概ね従属栄養細菌は検出されなかったが、高度浄水処理では、オゾン処理工程までは処理に伴って検出数が減少したが、BAC 処理水で数十～数万個/mL 程度の従属栄養細菌が年間を通じて検出された（図 2）。検出された従属栄養細菌は BAC 池から漏えいしたものと推測された。

その後の消毒処理でほとんど従属栄養細菌が検出されなくなった。浄水及び給水栓水における従属栄養細菌を同定した結果、検出された細菌相が異なり、浄水場と細菌相に特定の傾向は見られなかった（図 3）。末端での菌数が多く、残留塩素の消費されやすい給水管や末端給水栓等での再増殖と考えられた。

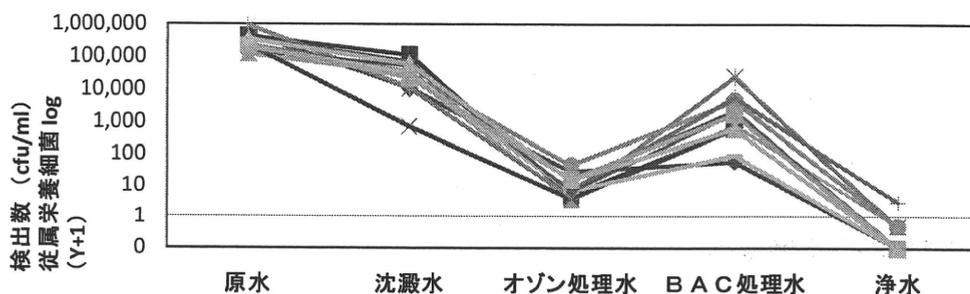


図 2 オゾン処理後の BAC 処理による従属栄養細菌数の増加

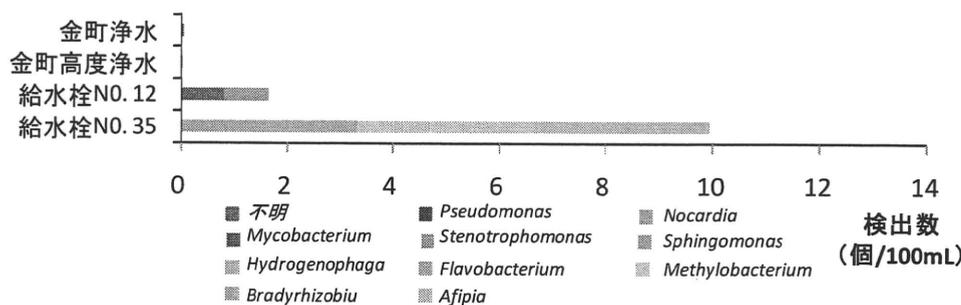


図 3 従属栄養細菌の菌叢変化(平成 20 年 5 月サンプリング)

腸管系ウイルスの塩素消毒効果を低い Ct 値で正確に評価するため、短い接触時間の試料を採取可能な消毒装置を開発した。大腸菌による性能試験で、接触時間 0.5 秒の消毒効果の評価が可能と示された。ウイルス粒子検出系として、従来の ELISA 法の代替となる Immuno-PCR 法を開発し、ELISA 法と同等の感度を得た。

ii. 耐塩素性病原微生物

耐塩素性病原微生物では、試料水の新規濃縮方法としての粉体ろ過法、並びに顕微鏡法に代わる遺伝子検出法の実用性を検証し、現行試験法への追加を目指した。表

2 に粉体ろ過法の捕捉と維持の性能の評価結果を示す。原水のろ過水量は濁度により影響を受けたが、3～63L が 1 時間にろ過可能であった。固定クリプトスポリジウムあるいは蛍光付き粒子をろ過水中に投入し、濃縮物を塩酸溶解後、直ちに顕微鏡下で計数した。ケーキ層の上に残った粒子として回収された割合は、原水と浄水の場合、オーシストと蛍光ビーズを使用した場合のいずれの組み合わせにおいても概ね 7～10 割(最小 67～最大 117%)であった。固定クリプトスポリジウムを使用した回収率の評価では、20～80%程度の回収率が得られた(表 1)。

実施機関	原水				浄水			
	ろ過水量	捕捉性能		回収率	ろ過水量	捕捉性能		回収率
		蛍光ビーズ	オーシスト			蛍光ビーズ	オーシスト	
浜松市上下水道部	3～13L/1h	96～103%	109～117%	61～65%	340～510L/24h	97～111%	100～109%	45～82%
宮城県仙南・仙塩広域水道事務所	31～37L/1h	83～105%	—*	23～57%	370～460L/24h	80～99%	82～100%	—
桐生市水道局	5～63L/1h	81～90%	—	67～83%	280～550L/24～48h	87～101%	103～111%	—
神奈川県企業庁水道水質センター	—	—	—	—	220～340L/24h	99～110%	67～78%	—
新潟市水道局水質課	6～10L/30min	70～92%	—	—	420～480L/24h	81～100%	—	21～53%

*— : no data.

表 1 粉体ろ過法のろ過水量, 捕捉性能, 並びに回収率

原水のろ過水量は3～63Lと濁度によって変動し, 原水濁度が10度を超える場合は, 2回に分けて濾過を行うことで, 現行検査法の10Lをろ過可能と考えられた。浄水のろ過水量は24時間で200～500Lとなり, 濃縮物の一部だけで現行の検査水量20Lが可能であった。ろ過法単体としての捕捉性能は概ね100%近くと理論値に近い性能であった。回収率は20～80%, 概ね60%程度と, 他の濃縮法と遜色なかった。粉体ろ過法の浄水試料保存, ルーチン検査への利用が期待された。以上, 粉体ろ過法では積算ろ過水量, 捕捉性能, 並びに回収率を評価したところ, いずれの協力機関においても使用可能であることを示す

結果が得られた。

遺伝子検出法の感度試験では, 冷凍標品を用いた核酸抽出と反応を行って検証機関の環境整備を行った。反応チューブあたり1個未満のクリプトスポリジウムオーシストとジアルジアシストがRT-LAMP法, qRT-PCR法(サイクリングプローブ法)で検出され, いずれの機関においても高感度であることが改めて確認された。図4に示すように, qRT-PCR法(サイクリングプローブ法)の検量線では, 再現性が確認された。すなわち, RT-LAMP法, qRT-PCR法のいずれにおいても, 遺伝子検出法が高感度であることが改めて確認された。

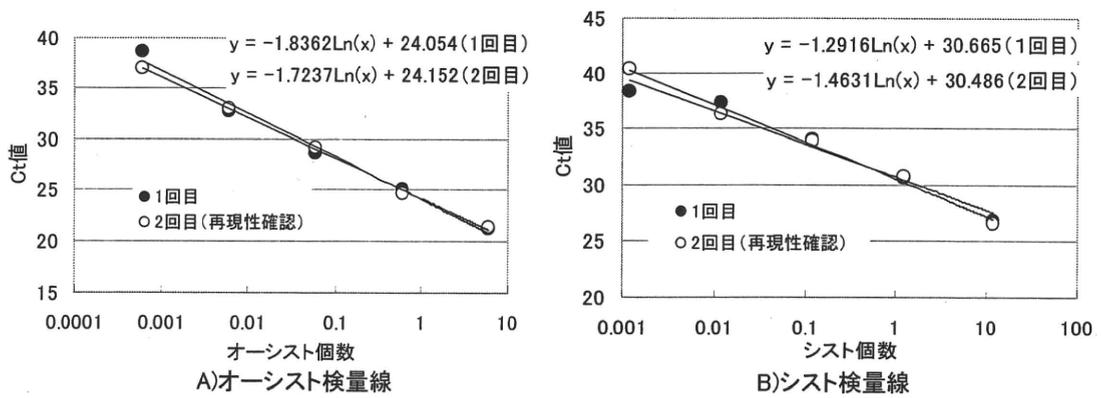


図4 qRT-PCR 感度試験

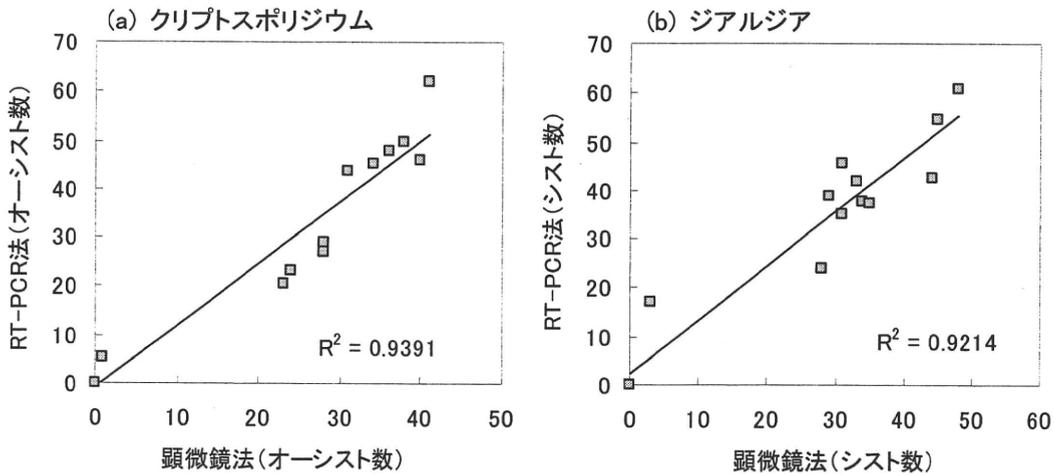


図5 添加回収試験における顕微鏡法とqRT-PCR法定量値の比較

添加回収試験では、図5に示すように顕微鏡法とqRT-PCR法(サイクリングプローブ法)の検出数に相関が得られ、遺伝子検出法での定量が可能であることが示された。さらに、添加試料から陽性、未添加試料から陰性が得られ、RT-LAMP法による定性的な判定は正常に機能した。反応阻害が指摘されたが、鋳型量を抑えること、あるいは阻害を低減する試薬の使用により阻害が回避された。河川試料からのクリプトスポリジウム等の検出については、顕微鏡陽性試料では概ね遺伝子検出法陽性が得られ、遺伝子増幅産物からはクリプトスポリジウム等の塩基配列が確認された。また、qRT-PCR法では汚染の量的把握が可能であった。遺伝子検出法は未経験者で

あっても多少の実習後に試験可能であった。これらの結果からクリプトスポリジウム検査の検出方法の一つとして、遺伝子検出法の実用化は可能と判断された。アセトン溶解法と免疫磁気ビーズ法との組み合わせ、およびPTFEフィルターと免疫磁気ビーズ法との組み合わせの2通りの処理工程を検討し、いずれも方法でもクリプトスポリジウム検査は実施可能であった。

以上、遺伝子検出法の感度試験、添加回収試験、並びに河川水試料からの顕微鏡法と遺伝子検出法の比較試験を実施し、いずれの協力機関においても使用可能であることを示す結果が得られた。

(4) 消毒副生成物

塩素およびオゾン処理副生成物のうち、N-ニトロジメチルアミン (NDMA) 等の N-ニトロソアミン類、ジクロロアセトニトリル、抱水クロラール、トリハロメタン、ハロ酢酸等を対象に、制御技術、分析技術、生成実態について、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。N-ニトロソアミン類については、全国調査の結果、図6に示すように多くの浄水場の原水・浄水でNDMAが検出されたが、今回の調査では1 ng/L未満であることが多かった。また、結合塩素処理によるNDMA生成能は、図7のとおりである。多くの水道原水が数 ng/LのNDMA生成能を示した。N-ニトロソモルホリン (NMor) は1箇所でも1.1 ng/Lで検出されそれ以外は痕跡値または不検出であり、N-ニトロソピロリジンは不検出であった。

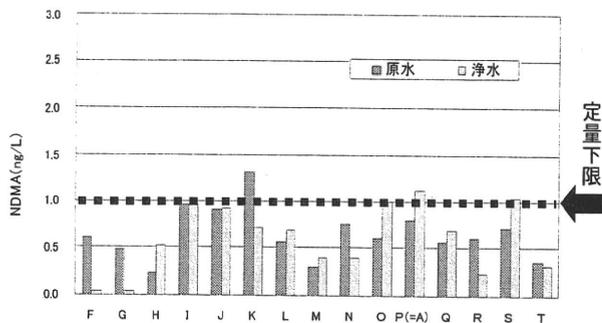


図6 15浄水場のNDMA(9月13日~10月5日採水)

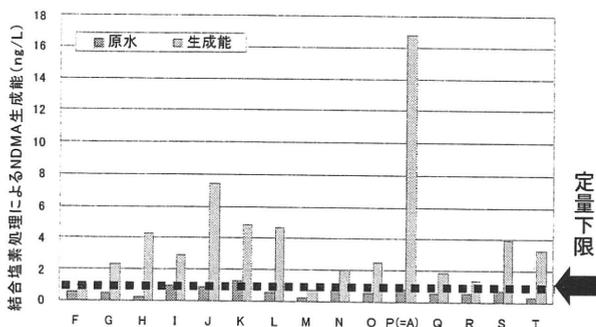


図7 15浄水場原水の結合塩素処理によるNDMA生成能(9月13日~10月5日採水)

淀川水系で検出されたN-ニトロソアミン類はNDMA, NMor及びN-ニトロソジエチルアミンの3物質であった。図8に淀川水系におけるNDMAの日周変動調査結果を示す。平成22年8月24日-25日にかけて原水及び中オゾン処理水を、また8月25日-26日にかけて浄水を、2時間毎に採水を行った。原水についてはN-ニトロソアミン類、中オゾン処理水についてはN-ニトロソアミン類の前駆物質、また浄水については処理性の日周変動について評価した。なお、採水を行った前日に降雨は観測されておらず、安定的な原水水質であったと考えられる。NDMAについては、調査期間中に紫外線吸収強度や溶存有機炭素に代表される原水の有機物指標に大きな変化は認められなかったにもかかわらず、前駆物質の指標となる中オゾン処理水の濃度は、20ng/L-60ng/Lと大きく日周変動していた。また、原水のNDMA濃度に大きな変動は認められなかったが、浄水については、3ng/L-19ng/Lまで大きく変動しており、時間帯によって処理性に差が見られた。

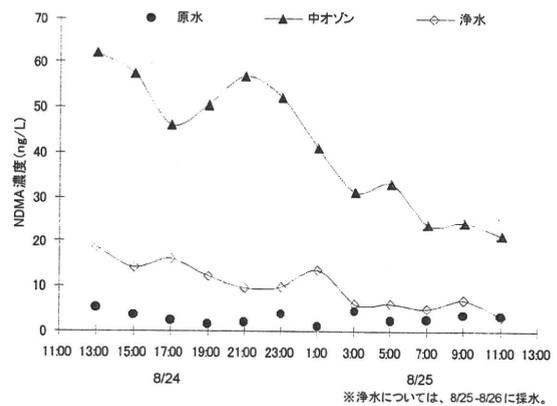


図8 NDMAの日周変動

図9に猪名川浄水場オゾン処理水および浄水中NDMAの経月変化を示した。冬期にオゾン水での生成量が高くなっており、この場合浄水に影響が残る可能性が高いことがわかった。

N-ニトロソアミン類のオゾン処理による分解特性の結果は図10のようであった。20分間オゾン処理を行うことで、概ね50%以上分解できるものと、ほとんど分解しないものがあるこ

とがわかった。全体的に、分子量が高く構造が複雑であるほど、オゾン処理により分解されやすい傾向であった。

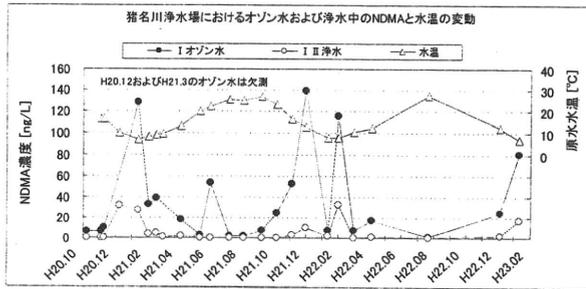


図9 猪名川浄水場におけるオゾン水および浄水中のNDMAと水温の変動

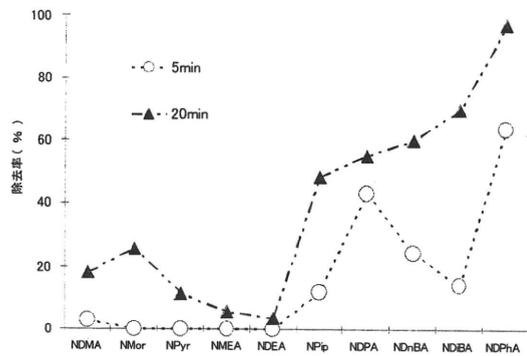


図10 N-ニトロソアミン類のオゾン処理による分解特性

また、配水システム内でのジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、抱水クロラール、ジクロロアセトニトリル濃度は、クロロホルムと概ね相関があった。さらに、図11-13に示すように、東京都における過去20年間の消毒副生成物の長期的傾向を評価し、全体として減少傾向にあることを確認した。

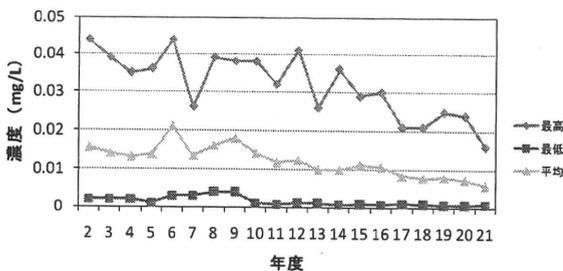


図11 総トリハロメタンの経年変化

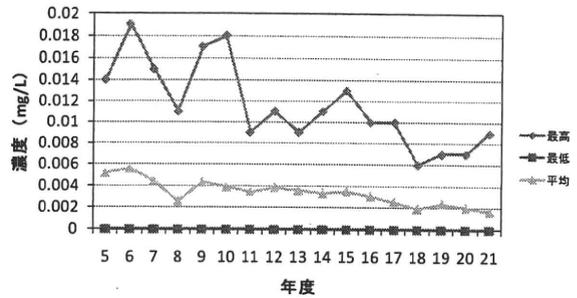


図12 ジクロロ酢酸の経年変化

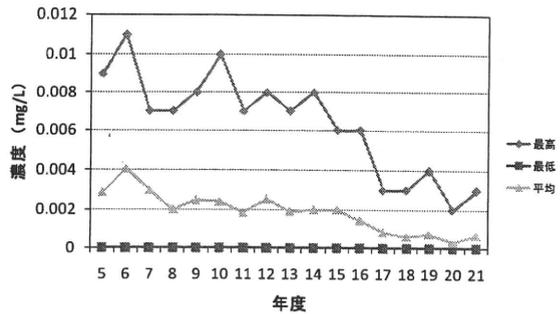


図13 抱水クロラールの経年変化

過塩素酸は火薬等に使用されているため、水源で花火大会が開催されると、その影響で原水中の過塩素酸濃度が上昇する可能性が懸念される。琵琶湖(南湖)において、毎年8月に開催される花火大会の原水に対する影響を調査しところ、花火大会当日から11日後までの蹴上取水池における原水中過塩素酸濃度を測定した結果、図14に示すとおり、大会直後1~3日は5 μ g/L程度検出されたが、その後は徐々に減少し、8日目以降は定量下限値未満となった。

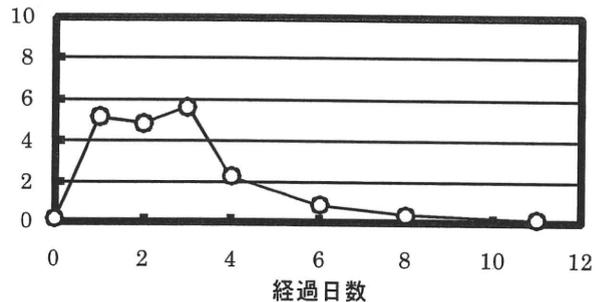


図14 花火大会後の原水中過塩素酸濃度(単位: μ g/L)

ヨウ素系消毒副生成物の前駆体として、原水中

ヨウ素の形態別調査を行い、有機態の比率が高いこと、またそのうち最大 20%程度が X 線造影剤由来であることを示した (図 15)。

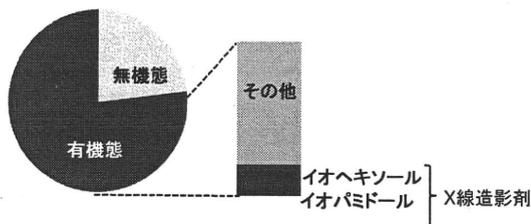


図 15 枚方地点でのヨウ素の形態の内訳

(5) 農薬

平成 21 農薬年度の農薬製剤総出荷量は約 24.6 万 t で引き続き減少を続けている。一例として、ネオニコチノイド系農薬の出荷量の地域差について検討したところ、総出荷量は各都道府県で大きな違いがないが、各農薬原体について見ると大きな違いが認められ、使用実態を考慮し、農薬の監視を行う必要が高いことが示された。

12 事業体の詳細な実態調査において今年度水道原水で検出された農薬は、80 農薬 (第一群農薬 56, 第二群農薬 2, 第三群農薬 5, 酸化物・分解物 15, その他 2) であった。検出率 10% を超える農薬が 13 農薬あった。個別農薬評価値と比較すると、モリネート、プロモブチド、エスプロカルブの 3 農薬が 0.1 を超えて検出された。今年度新たに、ピラクロニル、フェントラザミドが検出された。また、第一群以外では、イミダクロプリド、ピラゾスルフロンエチル、シアナジン、ベンゾフェナップ、イマゾスルフロンが比較的高い頻度で検出された。浄水では、38 農薬 (第一群農薬 31, 第三群農薬 2, 酸化物・分解物 3, その他 2) が検出された。ベンタゾン、プロモブチドの検出率は 10% を超えていた。

神奈川県のある地域を対象とした検討では、農薬のうち、水田に散布される農薬が流出し検出される傾向が明らかとなった。また、水田における殺虫剤のバイジット粒剤 (含有成分 MPP) の一斉散布が中止されたところ、原水の検出指標値が大幅低下した傾向が観察された。水田における農薬散布後の止水の期間が長いと農薬の流出が抑制されるため、農薬散布における水

田管理の状況も検出時期に影響する可能性があることがわかった。

今後は、販売量等に地域的な偏りがある農薬、使用量が大幅に増加しているネオニコチノイド系農薬、新規にゴルフ場使用農薬に加えられた農薬なども含め、測定方法の整理を行うとともに、検出状況等を考慮した農薬の第一～三群の分類見直しに資するデータの構築を行う予定である。

モデルシミュレーションの感度解析に基づいた算出された新しいスコア表を用いて、水質管理目標設定項目に指定されている水田用の殺菌剤と除草剤の中から監視すべき農薬の選定を行い、観測データと比較した結果、新しいスコア表を用いた監視農薬の選定が比較的有効である事が示された。図 16 に示すように、水田用農薬に比べると他の用途の農薬は河川中濃度が低いことから、水田への使用割合を考慮した出荷量、さらには、新しいスコア表を用いて農薬の分解や溶解に関する物性値を考慮して流出危険度を評価する必要があることが示された。さらには、図 17 に示すように、農薬出荷量は地域ごとに大きな違いがあることから、観測すべき農薬の選定は全国一律ではなく地域性を考慮すべきである。

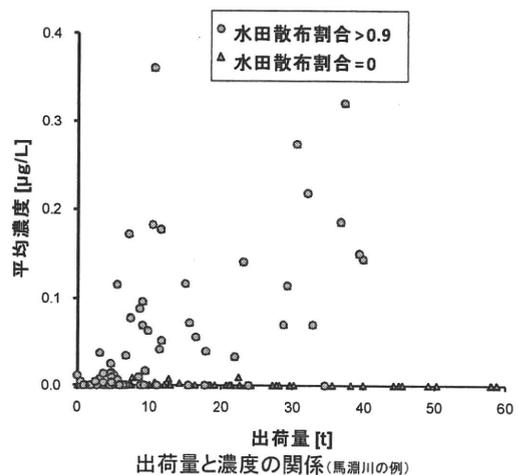


図 16 農薬の平均検出濃度と出荷量の関係 (馬淵川の例)

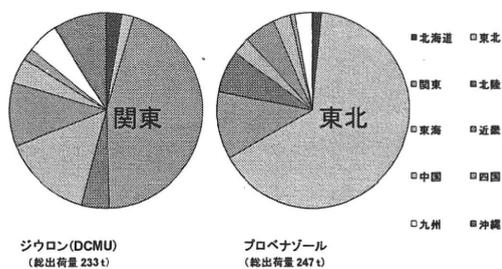


図17 農薬原体の地域別出荷量割合 (2008)

30 農薬類, 41 製品の標準品の純度について, qNMR とクロマトグラフ法で比較を行った結果, クロマトグラフ法による面積百分率により値付けられた試薬メーカーの成績書記載の純度は, 絶対量を示しているわけではなく, 言い換えれば, SI トレーサビリティが確保された絶対量を示していないことが明らかとなった. また, 仮にこれらの市販農薬標準品の純度を 100%としてクロマトグラフ法により検量線を作成し, 定量分析を行ったとすると, 得られる定量分析値は真値より 5.5~43.1%の誤差を生じることになると言える.

近年, 有機リン系農薬に替わり使用量が増加しているネオニコチノイド系農薬に関して国内で登録にある 7 種について LC/MS を用いた分析方法を検討し, 鶴見川流域において実態調査を実施した. また, これらの農薬の浄水処理性評価として, 凝集沈殿処理, 塩素処理, 活性炭処理について検討を行った. ネオニコチノイド系農薬 1999 年~2009 年度までの 10 年間で全国での出荷量が 2.6 倍増加していた. 実態調査では 5 種の農薬が検出され, 中でもイミダクロプリドの検出率は 59.5%と頻繁され, 検出濃度も最も高かったが, いずれの農薬も水質管理目標値と比べる検出濃度は低かった. 浄水処理性に関しては, 凝集沈殿処理ではいずれの農薬も除去がほとんど期待できず, 塩素処理ではニテンピラム以外の農薬は処理性が悪く, 処理時間 24 hr 時における初期濃度に対する割合が 84.7%~94.7%であった. 活性炭処理では, チアクロプリドは比較的良好に除去されたが, それ以外の農薬の除去性は低くことが示された.

(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, 重金属, 消毒副生成物, 微量有機物質等を例として日本人の摂取量調査に関する検討を行った. ホウ素については, モンテカルロ・シミュレーションを用いて日本人の有害金属の摂取量分布の推計を行い, さらに摂取量分布を考慮した TDI に対する水への割り当て率のリスク評価を行った. その結果, 図 18 に示すように, 水道水のホウ素濃度が 0.8 mg/L の場合は, 全ホウ素摂取量の中央値は TDI を超えてなかったが, 95%ile 値は TDI に達し 5%の人口のホウ素摂取量が TDI を超過していることが推定された. ホウ素濃度 0.8 mg/L を飲水量 2 L/day と平均体重 50kg で換算すると, 水への最大可能割り当て率は 34%と計算され, 現行値にほぼ近い値となった.

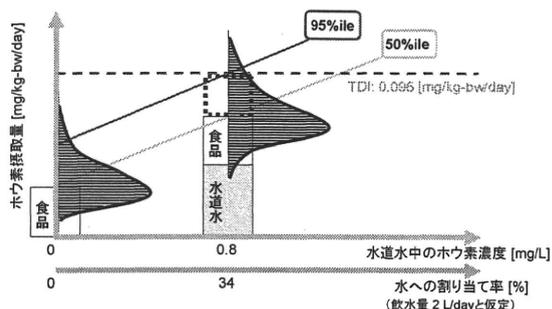


図18 水道水中のホウ素濃度に対するホウ素摂取量の変化と水への割り当て率

消毒副生成物については, トリハロメタンとハロ酢酸をとりあげ, 飲用寄与率を試算して提示した. 飲用曝露量, 吸入曝露量, 経皮曝露量, 食品曝露量に関する実測データに基づいて飲用寄与率を試算したほか, 種々の項目に分布を与えた上でモンテカルロシミュレーションによって推定することも試みた. 安全側とするため 5 パーセントイル値を採用した. この結果, トリハロメタンに対して 5~10%, ハロ酢酸に対して 10~40%を推奨した. その他, これまでにハロアセトニトリルに対し 50%, 抱水クロラルに対し 80%を提示している. 塩素酸・過塩素酸摂取量調査において, 塩素酸は, 水道水中からの寄与率が 47~77%, 過塩素酸では,

水道水の寄与率は、0.6~22%であったが、米の炊飯などに使う水道水の不確実性分析を一部行った結果、水道水摂取量の影響が大きいいため、水道水摂取量について、実態に即したデータを取得するための調査が必要であることがわかった。

(7) リスク評価

環境経由暴露により健康影響が懸念される銀について、公表されている評価文書やreviewを基に、関連する文献入手した上で、MedlineやToxlineなどを用いて最新情報を検索し、体内動態および毒性に関する情報を収集・整理した。銀の毒性情報としては、過量摂取による明らかな徴候は、銀症(皮膚や毛髪の変色)のみであり、WHOの飲料水

ク評価手法及び作用機序に基づいた用量反応評価手法について国際動向を含めた最新情報を収集しまとめた。WHO/IPCS、米国、EU及び欧州各国において多くの検討がなされており、種々のガイドラインや勧告書等が公表されていた。化学物質の複合曝露によるリスク評価手法に関しては、2009年12月に欧州共同体の環境総局(DG Environment)により公表された『混合物の毒性に関する研究展望報告書(State of the Art Report on Mixture Toxicology)』をもとに、化学物質の複合曝露によるリスク評価手法(ヒト健康影響)に関する文献情報を整理し、さらに、国際機関、米国および欧州における規制の状況や動向をまとめた。

毒性発現の作用機序(MOA, Mode of Action)に基づいた用量反応評価のための最新手法の概略をまとめるとともに、核内受容体を介した肝腫瘍発生についてMOAに基づいた用量反応評価の適用性を検討したワーク

水質ガイドラインでは、現時点の疫学および薬物動態的知見から、銀の生涯総経口摂取量、およそ10gをヒトにおける無毒性量と考えることが出来ると結論している。近年、ナノサイズの銀の利用が広まりつつあり、比較的高用量であるものの、ナノ銀を反復経口投与した動物実験において、肝臓への影響を示唆する結果が得られている。この影響がイオン化した銀によるものなのかナノ銀特有の影響なのかさらなる研究が必要である。

化学物質の複合曝露によるリスク評価手法については、近年、多くの研究成果が報告されている。そこで、最新の安全性評価手法として近年注目されつつある、化学物質の複合曝露によるリス

ショップでの議論内容を整理した。作用機序に基づいた用量反応評価手法については、WHO/IPCS及びILSIがその枠組みやガイドラインを検討・開発し、国際的な合意を得るに至っているものの、具体的な方法については未だ十分な検討が行われておらず、現時点では実際のリスク評価に適用する段階には至っていない。実験動物における毒性影響のMOAが実証されると、ヒトへの外挿の妥当性検討のための枠組み(図19)を適用し、実証されたMOAのヒトへの外挿の妥当性を評価する。検討後、結果の信頼性、具体的なデータギャップの指摘、そしてリスク評価への関わりについても、明示しなければならない。これらの手法を用いることで、科学的な根拠に基づいた評価が可能になることから、これらの新しい評価手法を積極的に取り入れた基準値等の設定を推進していくことが望ましいと考えられる。

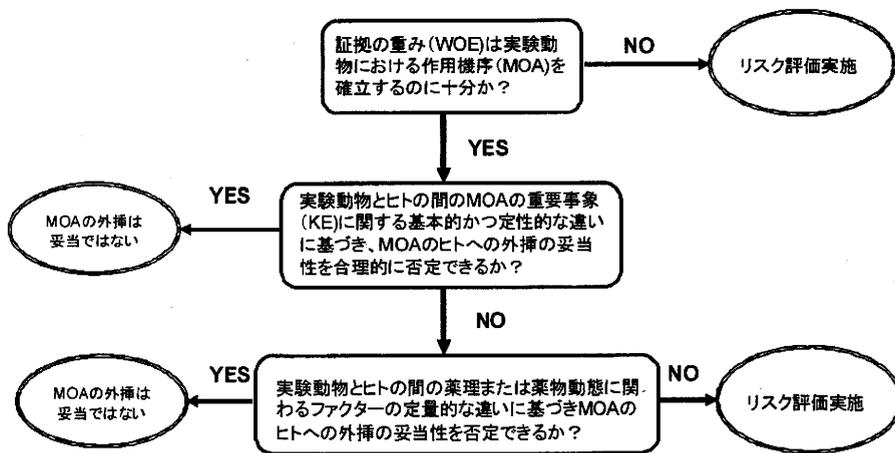


図 19. 作用機序(MOA)のヒトへの外挿の妥当性検討のための枠組み(IPCS, 2007)

この枠組みにおける質問は、「Yes」か「No」いずれかの選択肢を選ぶようになっているが、選択の根拠となるデータの重要性の評価にも配慮している。図の左側の選択肢は、証拠の重要性(WOE)から MOA のヒトへの外挿が否定されることを示す。図の右側の選択肢は、証拠の重要性(WOE)から、MOA をヒトに外挿することが妥当である可能性が高い、もしくは入手できた情報の不確実性からヒトへの外挿の妥当性について結論を下すことができないことを示している。右側の選択肢はどちらの場合もリスク評価実施へと進むが、ヒトにおける暴露情報が評価の対象となるのはこの段階からである。

D. 結論

(1) 無機物質

アルミニウムは凝集剤として原水に注入するものであり、浄水処理工程における管理を適切に行わなければ水質基準値の遵守や水質管理目標を達成することが難しい。このため、水道水中の残留アルミニウムを本年度の研究主対象とした。平成 16 年の水質基準設定後に実態調査を含む研究がなされているが、平成 21 年度の水質管理目標設定項目に設定された以降については、どのような実態であるか明らかになっていない。本年度は水道水中の残留アルミニウムの状況について明らかにすることとした。残留アルミニウムの制御に関しては新たに開発されている高塩基度 PAC について、凝集効果の評価を行ってきた。本年度も小型浄水処理装置を用いた、凝集沈澱・ろ過のシステムで比較評価し、高塩基度 PAC によるアルミニウム等の低減効果を確認した。

アンケート調査により浄水場で使用している凝集剤はほとんどが(アンケートでは

すべて) アルミニウム系凝集剤であり、浄水場における残留アルミニウムの制御が課題となることがあらためて明らかとなった。原水 pH の変動も大きく、浄水場では pH の季節、時間変動に注意して制御しなければならない。アンケート調査では約 3 割の浄水場でアルミニウム対策を講じていたが、講じていないところでも必要性があると認識しているにもかかわらず対策がなされていない浄水場があった。対策を講じている浄水場でも浄水場全体の運用を考えた場合、問題が生じている懸念のある処理などがあり、さらに調査が必要と考えられる。原水中ピコプランクトン増殖に伴う凝集処理の悪化時において、高塩基度 PAC は従来 PAC に比べてろ過濁度を低減することができた。ろ過アルミニウム低減化の効果については、改めて評価を行う。冬期の原水(低水温及び低濁度化)に対しては、高塩基度 PAC は従来 PAC に比べて高凝集 pH 域でろ過アルミニウム及び濁度を低減化できることを確認できた(H22 年度と同等の効果を確認することができた)。