

厚生労働科学研究費補助金

地域健康危機管理研究事業

最新の科学的知見に基づく水質基準の 見直し等に関する研究

平成18年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 眞柄 泰基（北海道大学大学院）

平成19（2007）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

最新の科学的知見に基づく水質基準の見直し等に関する研究

平成18年度総括・分担研究報告書

主任研究者 眞柄泰基

平成19（2007）年3月

目 次

I. 総括研究報告

- 最新の科学的知見に基づく水質基準の見直し等に関する研究……………1
眞柄 泰基

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. 一般有機物質に関する研究……………26
安藤 正典、秋葉 道宏、西村 哲治
3. 微生物に関する研究……………42
遠藤 卓郎
4. 消毒副生成物に関する研究……………51
伊藤 禎彦、浅見 真理
5. 農薬に関する研究……………56
相澤 貴子、西村 哲治、松井 佳彦、浅見 真理
6. 水道水質管理に関する研究……………66
国包 章一、西野 二郎
7. リスク評価に関する研究……………81
江馬 眞、長谷川 隆一、広瀬 明彦

III. 研究成果の刊行に関する一覧表……………94

IV. 研究成果の刊行物・別刷……………100

総括研究報告書

最新の科学的知見に基づく水質基準の見直し等に関する研究

主任研究者 北海道大学創成科学共同研究機構 眞柄泰基

研究要旨

平成15年5月に水道法に定める水質基準が改定され、平成16年4月より施行されている。この水質基準の改定に際して、今後は最新の科学的知見に従い逐次改正されることとなった。また、答申では今後検討すべき課題も示された。これらの課題に対応するため、無機物質、一般有機物質、微生物、消毒副生成物、農薬、水道水質管理およびリスク評価に関して研究課題を設定して調査研究を行い、水質基準改正のための科学的な知見を集積し、水質基準の逐次改正等について提言することを目的とする研究を行った。

無機物質については、硫酸添加による残留アルミニウム濃度の制御は、水源によって設定 pH が少しずつ異なるものの、硫酸を添加して従来より低 pH 側へ制御することで、アルミニウム濃度を 0.1 mg/L 以下にすることが可能である。「資機材等の材質に関する試験方法」に基づく規定のコンディショニング条件では有機スズとして 0.1 µg/L 以下の溶出量であり、特に問題となることはないと考えられるが、洗浄が不十分であった場合には使用開始時に溶出や臭気発生の問題が起こる可能性がある。

硬度成分と関連する LI の調査研究では、日本の水道水の LI に大きく影響しているのは水源の種類によらず、ミネラル分や溶解性成分であると判断された。また、これらの成分は浄水処理の影響をほとんど受けないため、水源地の土質に大きく影響されるものと考えられる。水源種と LI の関係では地下水水源の LI は地表水の LI に比べ高い値を示した。

主要水道事業体における浄水の TOC は 0.5~0.6 mg/l が中央値であることを示した。

「おいしい水の要件」である過マンガン酸カリウム消費量 3 mg/l に相当する TOC 濃度は以下の計算結果から 2.1 mg/l となった。また、TOC はトリハロメタン生成能やハロ酢酸生成能とも相関がある。臭化物イオンが存在する条件下では、B[a]P は臭化物イオン濃度に依存して一臭素置換体および二臭素置換体を生成する可能性が明らかとなった。

下水処理場放流水からは、濃度の高低はあるが 2-MIB、ジェオスミンが検出され環境水におけるかび臭に影響していることが明らかとなった。閉鎖性水域において夏期に 10,000 ng/l を超える臭気物質が突発的に発生する事例がある他、10℃以下の低水温下における臭気物質の発生、またダム湖水循環に由来すると考えられる事例等が報告された。

浄水工程および配水系における一般細菌や従属栄養細菌の増殖能を把握する指標として、試験菌株が利用できる AOC だけではなく AOC 前駆体を含めた AOC 生成能の指標の有効性を明らかとし、その試験方法を提案した。ピコ植物プランクトンの単位細胞数当たりの AOC 生成量は、 $6.6\sim 9.8\times 10^{-7}$ µg/cell となった。一方、*Pseudomonas fluorescens* P17 株の単位細胞数当たりの AOC 生成量は、 1.5×10^{-7} µg/cell となった。ピコ植物プランクトンの単位細胞数当たりの AOC 生成量は、 $6.6\sim 9.8\times 10^{-7}$ µg/cell となった。一方、*Pseudomonas fluorescens* P17 株の単位細胞数当たりの AOC 生成量は、 1.5×10^{-7} µg/cell となった。

11 水道事業体の平成 18 年度の農薬類実態調査の結果、検出され農薬数は、河川水で 70 種、原水で 74 種、浄水で 45 種であった。浄水の場合、最高濃度で検出された農薬は、昨年度までの濃度より低く、ピロキロンとプロモブチドで、その最高濃度は 1.5 µg/L であった。農薬散布情報の入手と過去の測定データの解析により監視対象農薬の選定が

適正となり、農薬検出時における粉末活性炭の注入等、浄水処理工程で残留農薬に対する水質管理がより徹底して行われるようになったと判断された。農薬の流域への流出量とADIを考慮した流出リスク指標(RRI値)を推定するモデルについて、実際の流出傾向との整合性を高めるため、土壌吸着定数等の変数の設定方法を見直した。

17種の有機りん系農薬では塩素処理によりオキソン体やオキソン体以外の副生成物の生成が認められた。これらにはChE活性阻害や変異原性が認められるモノも存在した。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)、ハロ酢酸を主な対象に、制御技術、分析技術および生成状況について検討を行った。オゾン処理における臭素酸イオンやハロ酢酸の各制御技術の有効性について、長期間の安定性を含めて確認することができた。また、利根川中・下流の河川水を原水とする水道水には10 µg/Lを超える過塩素酸イオンが含まれる場合があることが明らかとなった。さらに、塩素消毒由来の塩素酸イオン抑制対策とその化学量論について検討した。また、浴室空気中からジクロロアセトニトリルや1,4-ジオキサンを検出した。トリハロメタン類の曝露量評価を行い、吸入曝露量が多いことを示した。クロロホルムの飲用寄与率(食品由来を除く試算値)は20%を下回るケースがあることを示した。さらに、換気条件等トリハロメタン類の曝露量に影響する要因について検討を行った。NDMAに関しては今回の調査では浄水中では定量下限以下であったが、過去に検出例もあり、調査の継続が必要と考えられる。また、琵琶湖淀川水系の臭化物イオン濃度分布は比較的安定であることを示した。

「水安全計画」に関しては、東京都水道局、横浜市水道局、大阪市水道局、大阪府水道部、大阪市水道局及び神戸市水道局において引き続きケーススタディーを実施した。これらのうち多くの水道事業体では、すでに試行の範囲を超えてその成果を実務に導入しつつあり、「水安全計画」が水道水質管理に有用であることが示された。

給水栓水の鉛については、東京都が設置している調査用鉛管などを用いた実験により、他の条件が同じであれば、15分滞留水は流水の2倍程度の高い濃度となることが示された。しかし、15分滞留水を採取する方法は十分に適切である。水道水のカルキ臭の主な原因物質は、塩素とアンモニアの反応によって生成されるトリクロラミンであることが明らかとなった。トリクロラミンの生成には、アンモニアなどが原水中に存在することのほか、温度や塩素の添加率と添加方法などが関係するのではないかと推定された。

食品安全委員会で評価が行われた9物質のうち、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロアセトニトリル及び抱水クロラールについては評価が大きく変わっていたものの、それ以外の6物質については平成15年改訂時の評価との違いはほとんど認められなかった。

新生児及び若齢ラットの感受性比較では、対象とした18物質のうちおよそ2/3の物質については、新生児ラットが若齢ラットよりも明らかに高い感受性(新生児ラットで2倍から最大8倍の感受性)を示し、残りの物質については、同等の感受性、もしくは新生児ラットの方が低い感受性(0.1から2倍未満)を示すことが明らかとなった。

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	江馬 眞	国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センタ	室長
遠藤 卓郎	国立感染症研究所寄生動物部	部長	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
国包 章一	国立保健医療科学院水道工学部	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	主任 研究官
西野 二郎	日本水道協会工務部水質課	水質課長			

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	室長
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 水質管理工学	技術顧問
西村 哲治	国立医薬品食品衛 生研究所環境衛生 化学部	室長
松井 佳彦	北海道大学大学院 工学研究科	教授
浅見 真理	国立保健医療科学 院水道工学部	室長

A. 研究目的

平成15年4月の厚生科学審議会答申「水道水質基準の見直し等について」を踏まえ、およそ10年ぶりに水道水質基準が全面的に改正され、今後は最新の科学的知見に従い水質基準は逐次改正されることとなった。また、答申では今後検討すべき課題も示された。一方、WHOでもおよそ10年ぶりの飲料水水質ガイドラインの全面改訂作業がなされ、今後、必要に応じ逐次改訂していくこととし、科学的知見の集積に努めるべき事項が提起された。

これらの課題に対応し、最新の科学的知見に基づく水質基準の逐次改正や水道における水質管理体系の見直しを適正に行うことができるように、水質基準に定められた項目のみならず、新たに設定された水質管理目標設定項目や要検討項目、更にはWHO飲料水水質ガイドラインで逐次改訂を検討すべきとされた事項について、水道における存在状況の包括的な把握、水質基準を達成するための浄水処理技術の開発に関する基礎的知見の集積、水道水質管理における理論的根拠となる浄水処理過程及び給配水過程における挙動の把握、水質検査法の策定、毒性情報の収集・評価、水道水の安全性を確保するための総合的な水質管理手法に関する知見の集積等を総合的に行うことを目的とする。

本研究の成果を踏まえ、水道水質に関する基準が最新の科学的知見に基づき逐次改正されるとともに、水道水質管理の手法及び技術の向上がなされることにより、もって国民の健康の保護に資するとともに、水利用システムの起点としての水道水源の保全等健全な水循環の形成に資することが出来る。また、その成果はWHO飲料水ガイドラインの逐次改訂にも資することも目的としている。

B. 研究方法

主任研究者及び分担研究者の他、水道事業者等技術者、研究者等約60名の研究協力者からなる分科会を設け、全国レベルでの実態調査等をおこなった。

分科会はつぎのようである。①無機物質に関する研究、②一般有機物質に関する研究、③微生物に関する研究、④消毒副生成物に関する研究、⑤農業に関する研究、⑥水道水質管理に関する研究、⑦リスク評価に関する研究

(倫理面への配慮) 研究を進めるにあたり、研究内容について検討したところ人権擁護上の配慮、研究対象者に対する不利益、インフォームドコンセントに係る事項や動物愛護等への配慮は必要でないと判断されたことから、倫理面の問題がないと判断した。

C. 研究結果

無機物質については次のようである。

3個所の浄水場において、凝集操作の前に硫酸を注入してpHを酸性側に設定することによって、残留アルミニウム濃度の低減効果が図られるかどうか検討した結果、図-1に示すように残留アルミニウム濃度を制御できることが明らかとなった。また、アルミニウム系凝集剤の代替凝集剤について検討した結果、ポリマーや鉄系凝集剤も凝集剤として有効であることが明らかとなった。特に、ナノろ過の前処理では鉄系凝集剤を使うことによりファウリングを少なくすることが明らかとなった。

塩化ビニル管からの有機スズ化合物の溶出試験を昨年引き続き行った。その結果、全試験を通じ有機スズ化合物の溶出が見られたのは1社のPVC管のみであった。コンディショニングを行わなかった場合(0日)、1機関を除き最高で1.7 µg/Lのモノメチルスズが、また別の1機関を除き最高で0.5 µg/Lのジメチルスズ、さらに定量下限の関係で1機関のみでの検出であるが、0.01~0.03 µg/L程度の微量のモノおよびジブチルスズならびにモノオクチ

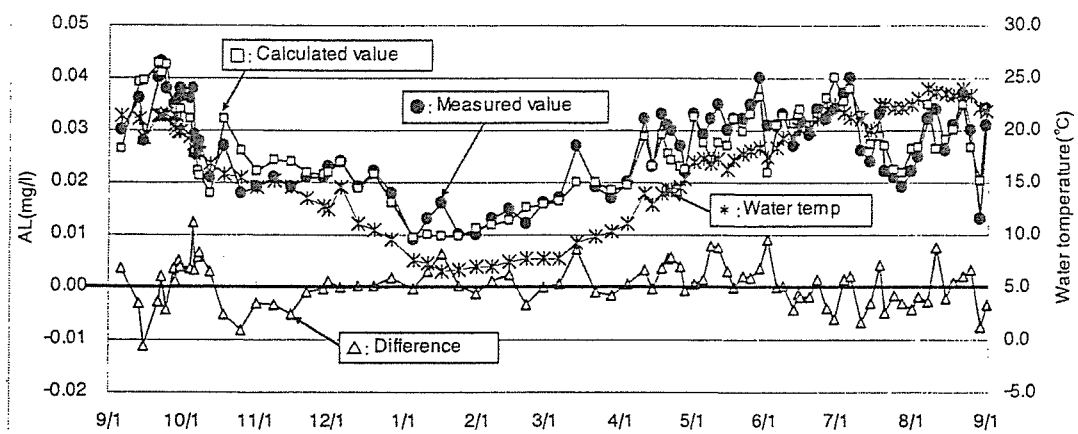


図-1 N浄水場残留アルミニウム濃度実測値と理論計算値、水温

ルスズも検出された。検出された有機スズはいずれも実際に製造工程で添加される時アルキル体よりモノアルキル体の方が高濃度となっており、過去の結果と一致している。

硬度およびランゲリア指数(LI)について、水道統計データ等を用いて解析したところ、ランゲリア指数はミネラル分(硬度、蒸発残留物、アルカリ度)が最も影響を及ぼす因子となり、また、塩化物イオンの濃度が高いほどLIが高くなる傾向が見られた。水道統計データのまとめからは地下水水源のpHは低い傾向にあるにもかかわらず、LIは地表水水源と比較して高い傾向があり、硬度や蒸発残留物が高いためと考えられる。

セレン等の24種の無機物質の浄水での濃度について検討したところ、ビスマスを除いた各項目は総測定値点の98%以上が水質基準値または目標値の70%以下に収まっていた。カドミウム、水銀、セレン、クロム、亜鉛、銅、アンチモン、銀、モリブデンは原水においてもほぼすべての地点で基準値または目標値の10%以下の濃度であった。一方、水質基準項目中超過率が最大であったのはアルミニウムであった。

一般有機物については次のようである。

TOCの定量下限値を日常試験結果から求めたところ0.05mg/l前後(0.0439~0.0687mg/l)となった。定量下限値の確認は、CV値が10%となる濃度を算出した。成績書における定量下限値は0.2mg/lと設定した。TOCは過マンガン酸カリウム消費量、E260、トリハロメタン生成能及びハロ酢酸生成能と相関があることが明らかとなった。しかし、相関の程度は、検討の対象とした浄水場により異

なっていた。しかし、水質基準値である5mg/l以下にすれば消毒副生成物についての基準値を満たすことが出来ることも明らかとなった。

多環芳香族炭化水素類を塩素処理すると、一塩素置換体及び二塩素置換体と同様、一臭素置換体及び二臭素置換体と思われるピークが確認され、生成すると予想される一臭素置換体では330と332、二臭素置換体では408、410、412のそれぞれの分子イオンが同定された。また、それぞれのマススペクトルで推定される相対強度比は、理論値と一致した。二臭素置換体と二塩素置換体は、それぞれ異性体と思われるピークが同時に近接して観察された。

水道水の異臭味物質である2-MIB及びジェオスミンは下水処理場等有機排水の生物処理施設放流水から検出された。2-MIBは最大で500ng/L、ジェオスミンは190ng/Lと高濃度な例もあった。また、河川の底層で増殖する付着藻類や放線菌が2-MIB及びジェオスミンを産性することが明らかとなった。

同化性有機炭素生成能(AOC)は沈殿池で減少し、その後はろ過池、浄水と浄水工程が進むに従って増加する傾向を示した。また、試験菌株P17株とNOX株の最大増殖量の比がP17株:NOX株=51:49であったのに対し、それを炭素換算した比ではP17株:NOX株=76:24であった。ピコプランクトンの定量方法としてDAPI染色法が有効であることが明らかとなった。ピコプランクトンは、春季では1万個/mL以下でも濁度0.1度となるが、夏季5万個/mLを超過しないところ濁度0.1度とならなかった。ピコ植物プランクトンの単位細胞数当たりのAOC生成量は、 $6.6 \sim 9.8 \times 10^{-7}$ $\mu\text{g}/\text{cell}$ であった。

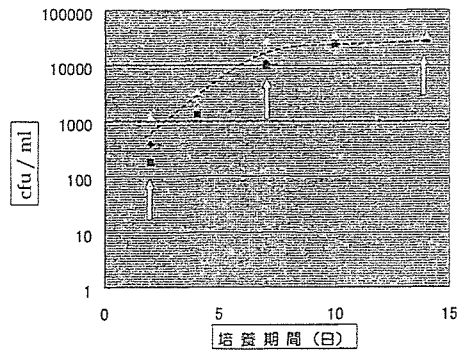


図2. 培養時間と従属栄養細菌数の変化

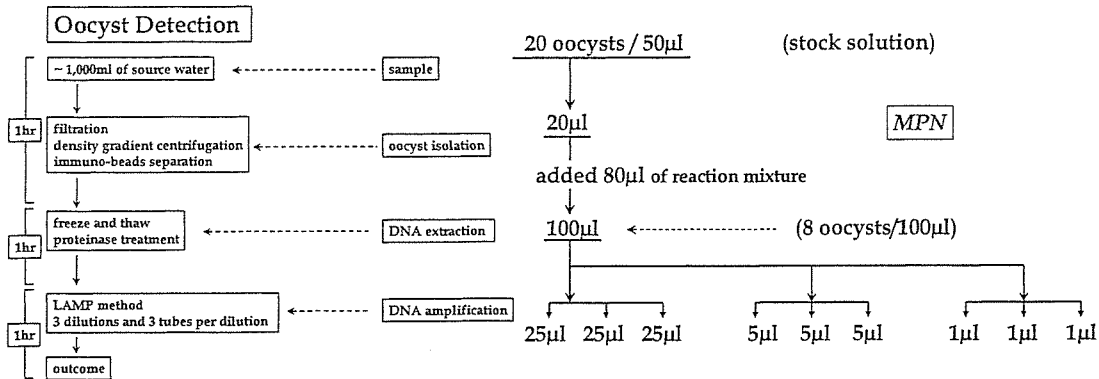


図3 LAMP-MPN法によるクリプトスポリジウム検査法.

微生物については次のようである。

従属栄養細菌の測定条件により、その数値は異なったものとなる。培養日数との関係を示すと図-2のようである。諸培養時間を48時間とした諸外国のガイドライン値(100cfu/mL)は、培養時間を7日間とした場合、概ね2,000cfu/mLに相当することがあきらかとなった。

クリプトスポリジウムによる水系感染症の集団発生の初期に少数の罹患者が約1月間散発的に発生していることが越生町でのケースをはじめとしてあることが明らかとなった。そこで、これらの時期の水道水中のクリプトスポリジウム数を推算したところ、浄水中のオーシスト数はおよそ0.02個/Lと推定された。さらに推定される浄水場の粒子除去率を用い原水中のオーシスト数を算定すると、1~3log₁₀の除去効率の範囲ではそれぞれ0.2~20個/Lと算定される。そこで、これらの濃度のクリプトスポリジウムを短時間で、簡便に測定できる遺伝子検出法であるLAMP法にMPNを組み合わせた試験方法(図-3)を開発した。この方法は試料をケーキろ過することによって高濃度に濃縮することが可能で、ケーキ層も保存可能である。

水道水中から検出される線虫類について、遺

伝子分類と、線虫からの病原微生物の分離試験を行った。その結果、検出された線虫類中に人体寄生性線虫類は認められなかった。またこれら線虫類から病原性を有する細菌ならびにウイルスが分離されなかった。なお、線虫類は遺伝子解析を行い44系列が取得された。また、線虫の表皮及び体内の細菌及びウイルスの検索を行ったところ線虫を含む試料水を塩素処理したケースでは、ヒトの感染症と関連する細菌を呼びウイルスは検出されなかった。ウイルスの大きさより、口径がおおきいMF膜でも凝集前処理することによって、大腸菌ファージQβ(直径約23nm)は610g以上の除去率が得られることが明らかとなった。

消毒副生成物については次のようである。オゾン処理副生成物である臭素酸の制御はオゾン注入率と酸添加によるpH制御で基準値以下にすることが可能であることが明らかとなった。利根川流域で過塩素酸イオンが、最高濃度でそれぞれ340および2,300µg/L検出され、これら2つの地域の近くにその発生源があると推測された。その影響を受けて、利根川中・下流域の河川水の場合、過塩素酸イオン濃度は0.19~37µg/Lの範囲にあり、半分の試料について10µg/Lを超えていたことから、利根川流域の過塩素酸イオンは、広い範囲の水道水に影響

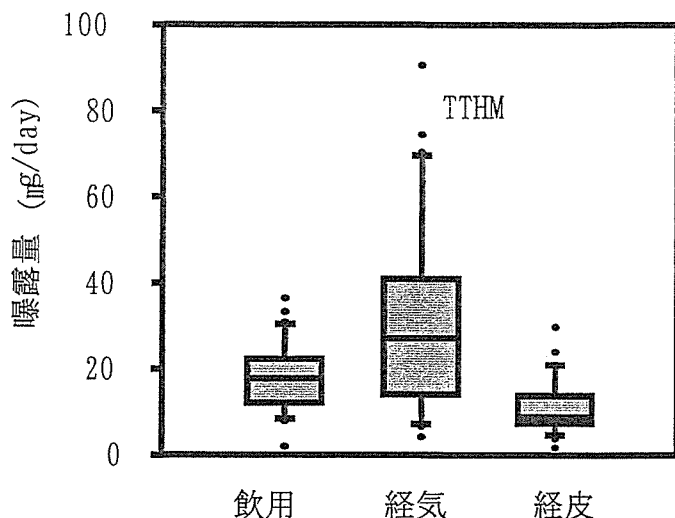


図4 TTHM曝露経路の内訳

響をおよぼしていることが示された。次亜塩素酸ナトリウム中の不純物としての塩素酸イオン及び過塩素酸イオンについて調査したところ、次亜塩素酸ナトリウムの有効塩素の減少と塩素酸イオンとの増加が化学当量論的に証明された。

一般住居内のトリハロメタンの分布を測定した。その結果、空気中の濃度では、浴室内のトリハロメタン類の濃度が圧倒的に高く中央値ではクロロホルム(CHCl_3) $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、プロモジクロロメタン(CHBrCl_2) $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ジブロモクロロメタン(CHBr_2Cl) $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、プロモホルム(CHBr_3) $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったのに対し、他の室内ではやや台所の空気中濃度が高いが大差なく、台所でも中央値は CHCl_3 $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 CHBrCl_2 $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 CHBr_2Cl $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 CHBr_3 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。総トリハロメタンの浴室での中央値は $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、台所では $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、居間では $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。総 TTHM で比較すると、浴室内のトリハロメタン類濃度は他の室内での度と比較して中央値で 40 倍程度高い。これらの結果を基に、トリハロメタンの曝露経路別の寄与率を求めたところ、図-4 に示すように総曝露量に占める飲用経路の曝露量の割合が現行の 20% 付近であり、経気曝露量の占める割合が高いことが明らかとなった。

農薬類について次のようである。平成 16 農薬年度の農薬製剤総出荷量は 27.5 万 t、農薬原体量では約 7 万 t と、前年度までと同様に、総出荷量は減少傾向にあった。一方、平成 18 年 9 月現在、農薬原体としての登録数は 529

種で、使用量と同様に減少傾向にあった。農薬分科会に参加している全国 11 水道事業体の平成 18 年度の農薬類実態調査の結果では、独自に設定した監視農薬プライオリティーリストに基づき測定した農薬数はのべ 158 種で、そのうち検出され農薬数は、河川水で 70 種、原水で 74 種、浄水で 45 種であった。昨年度の結果と比較すると、原水ではほぼ 20 種程度減少していたが、浄水は同数であった。原水で最も高濃度で検出された農薬はプロモブチドで $3.46 \mu\text{g}/\text{L}$ であったが、これ以外に最高濃度が $1 \mu\text{g}/\text{L}$ を超えた農薬は 8 種で、昨年と比べて減少する傾向にあった。一方、浄水ではピロキロンとプロモブチドが最高濃度で $1.5 \mu\text{g}/\text{L}$ を示したが、昨年最も検出濃度の高かったペンタゾンは $0.61 \mu\text{g}/\text{L}$ とそれ程高い値を示さなかった。

監視農薬プライオリティーリストの算定に農薬の土壌吸着定数を K_{oc} から推計するなど、土壌に関する 3 種の変数の設定方法を変更した。その結果、従来の推定に比べて精度を高めることが出来た。この他、監視農薬選定のための流出解析モデルの開発の改良を行った。

有機リン系農薬の分析法の改良と併せて、これらの塩素処理副生成物の分析法とそれらの挙動を調べた。その結果、P=S 型有機りん系農薬 9 種について、9 種混合系で塩素処理における挙動を検討したところ、塩素濃度 $1 \text{mg}/\text{L}$ で全ての農薬が 30 分以内に分解した。このとき、ピリダフェンチオン、DMTP、アニロホス、PAP についてはオキソン体の生成が、SAP についてはオキソン体以外の生成が認められた。その他

からもオキソン体の生成が認められた。17種の有機りん系農薬について、ChE 活性阻害を評価したところ、P=S 型有機りん系農薬は ChE 活性阻害をほとんど示さないものが多かった。P=S 型有機りん系農薬のうち 6 種を対象に、塩素処理にともなう ChE 活性阻害の変化を検討したところ、DMTP、PAP および SAP については変化なかったが、ピリダフェンチオン、ピリミホスメチルおよびクロルピリホスメチルについては塩素処理によって ChE 活性阻害は増加した。また、ブタミホスについては、その塩素処理副生成物である 4-クロロ-5-メチル-2-ニトロフェノールは、S9mix 添加条件において、TA100、YG1026 および YG1029 株に対し変異原性を示した。

これらのことから、農薬の低減に有効である粉末活性炭による吸着処理について検討したところ、農薬によっては活性炭に吸着したものの、塩素が添加されると脱着するものもあることが明らかとなった。

水道水質管理については次のようである。WHO による「水安全計画」のわが国の水道への導入手法、水道水中の鉛に関する基準超過状況やより適切な試料採取方法、及び、水道水のカルキ臭の原因物質とその制御方法につき検討した。「水安全計画」に関しては、東京都水道局、横浜市水道局、大阪市水道局、大阪府水道部、大阪市水道局及び神戸市水道局において引き続きケーススタディーを実施した。図-5には、東京都が策定した水安全計画であり、水源から給水栓までの危害分析に基づき水質管理が行われるようになった。これらの成果を基に、水安全計画策定のための指針を策定した。

水道水中の鉛濃度についてアンケート調査を行った。その結果、試料採取方法が流水から 15 分滞留水に変更された平成 16 年度以降において、基準値 0.01mg/l を超過したケースは 4 件で、その最大値は 0.015mg/l であった。基準値を超過したケースについては、それぞれ、布設替え (1 件)、浄水での pH コントロール (1 件)、飲用注意 (2 件) の対策が講じられていた。また、水温が高くなるほど鉛濃度が高くなる傾向が認められた。なお、停滞水に比べ、流水の鉛濃度が低いことが確認された。

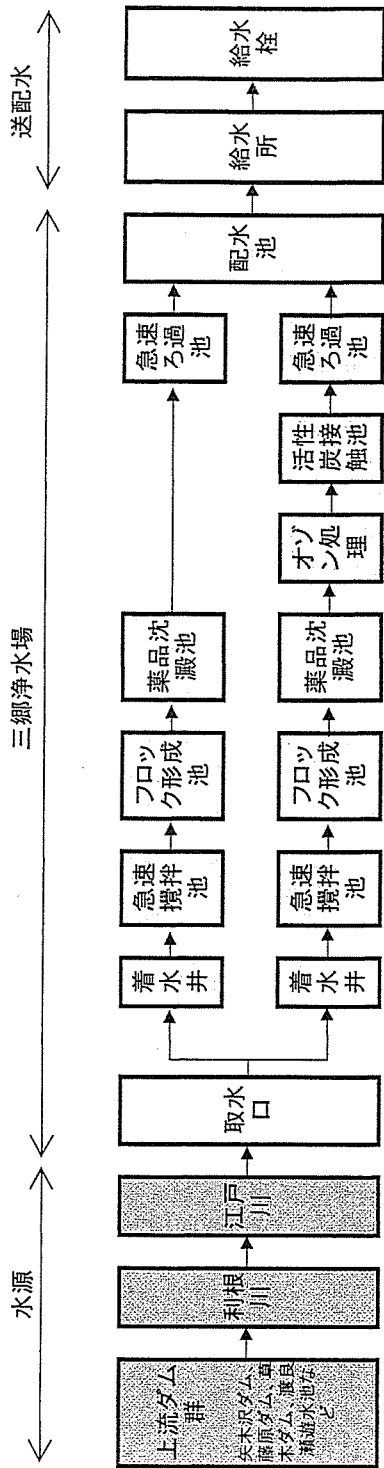
水道水のカルキ臭についてアンケート調査を行った。その結果、カルキ臭による苦情の有無については、回答があった 137 事業体のうち 95 事業 (69.3%) で苦情ありとの回答が寄せられた。地域別に見ると水温の高い九州・沖縄地方や大都市圏でカルキ臭による苦情ありの場合が多く、水温の低い東北や北海道ではカルキ

臭による苦情が比較的少ないことが明らかとなった。カルキ臭の官能試験のために調製した供試水について官能試験を行ったところモノクロラミン、ジクロラミンは比較的高濃度でにおいを感じる人が多かったが、トリクロラミンは低濃度で被験者全員がにおいを感じていた。この結果から、トリクロラミンのにおいが最も強いことがわかった。アンモニア態窒素を含む水に、ブレイクポイントに相当する量よりも多い量の塩素を一度に添加すると、トリクロラミンが生成することが明らかとなった。トリクロラミンの生成を抑制するためには、まずブレイクポイントまで前塩素を注入してアンモニア態窒素を除去し、その後改めて塩素を注入する二段塩素処理を行うことが有効であると考えられる。トリクロラミンの生成を抑制するためには、経験的な知見として、まずブレイクポイントまで前塩素を注入してアンモニアを除去し、その後改めて塩素を注入する二段塩素処理が有効であると考えられる。

リスク評価については次のようである。食品安全委員会において清涼飲料水に係る化学物質の健康影響評価として審議されている物質のうち、9 物質 (1,4-ジオキサン、1,1-ジクロロエチレン、四塩化炭素、シス/トランス-1,2-ジクロロエチレン、塩素酸、ジクロロアセトニトリル、抱水クロラール、塩素 (残留塩素)) について、最新の評価結果と想定される基準値と平成 15 年度改訂基準値の比較検討を行った。1,4-ジオキサンは、エンドポイントはことなるものの TDI の値に差異はない。1,1-ジクロロエチレンはベンチマークドーズ法によって求められた食品安全委員会の TDI は、従来の 7 倍高い値となる。四塩化炭素は同じ値である。シス/トランス-1,2-ジクロロエチレンは、シス体とトランス体の両者に有用なデータがあることから両者の和として TDI を食品安全委員会は示している。塩素酸は同じ値である。ジクロロアセトニトリルについては、食品安全委員会は高い不確実係数を適用したため、TDI の値は従来の約 3 倍低い値となっている。抱水クロラールはエンドポイントが異なるもののほぼ同じ TDI となっている。塩素は同じ値である。

ヘキサブロモシクロドデカン及びテトラブロモビスフェノール A の毒性情報について調査した。その結果、急性毒性、反復投与毒性から発生毒性まで多くの毒性情報を収集でき、両者とも毒性を有することが明らかとなった。

新生児をラットと若齢ラットの 2 群に対して、18 化学物質について毒性試験を行った。



①送水・給水所:ポンプ故障による送水異常、流量変動によるマンガン剥離、管破損、監視機器故障等
②給水栓:貯水槽への毒物混入、クロスコネクション、鉛流出等

①取水:異物混入、毒物投棄、粉末活性炭注入異常(ポンプ故障、詰り)、管破損等
②着水井:pH異常、発泡等
③急速攪拌池:攪拌異常、濁度、色度異常等
④薬品沈澱池:濁度異常、残留塩素異常、アルミニウム流出等
⑤オゾン接触池:臭素酸流出、臭気物質流出、有機物流出、線虫類流出、微粉炭流出による濁度異常等
⑥活性炭接触池:破過・マンガン付着等による臭気物質流出、有機物流出
⑦急速ろ過池:逆洗異常、沈澱濁度高等による濁度流出、塩素不足によるマンガンを流出、濁度異常によるクリプトスピリウム流出等
⑧配水池:残留塩素異常、マンガン剥離、内面塗装剤剥離等

①流域が広く、生活系・畜産系・工業系負荷が大きく、危害影響物質も多い。
②上流ダム群は富栄養化による臭気物質発生がある。
③江戸川に特異的な危害として魚卵による異臭発生がある。
④下水処理場放流水、浄化槽排水の流入による有機物、アンモニア態窒素等の流入がある。
⑤その他、クリプトスピリウム、車両事故による油流出、排水機場運転によるアンモニア態窒素流入、有機物流入等多くの危害がある。

図一五 三郷浄水場の簡易フローと危害分析

その結果、8種の化学物質のうち14物質については、新生児及び若齢試験において概ね同様の毒性プロファイルを示した。3-エチルフェノール及び1,1,2,2-テトラプロモエタンは、若齢ラット及び新生児ラット間で異なる毒性発現を示したが、これは新生児試験で設定した投与量が不十分であったためと考えられる。一方、2,4,6-トリニトロフェノールとテトラプロモビスフェノールAの毒性プロファイルは、以下に示すように、新生児ラット及び若齢ラット間で大きく異なっていた。新生児試験及び若齢試験の結果を比較するための毒性指標として、推定無毒性量(pNOAEL)並びに推定確実中毒量(pUETL)を主試験及び用量設定試験の両試験結果から求めた。

すべての試験結果を再評価した結果、pNOAELについては、ほとんどの対象化学物質について単一値が得られた。pUETLに関しては、3-エチルフェノールについては新生児試験で、また、テトラプロモビスフェノールAについては若齢試験で、最高用量においても明確な毒性発現が認められなかったため、適切な値を得ることが出来なかった。その他の16物質についてはpUETLとして適切な値を設定することができ、このうち8つの値は推測される範囲とした。得られたpUETL比(平均値:3.1)から、5物質(31%)は、新生児ラットで若齢ラットよりも弱いもしくは若齢ラットと同等の毒性を示し(2倍未満)、11物質(69%)は、新生児ラットでより強い毒性を示すこと(2~8倍)が明らかになった。

D. 考察

無機物質については次のようである。アルミニウムの低減化には、凝集操作時のpH制御が有効であることが明らかとなった。これにかかるコストと全体の浄水処理を考えると、硫酸添加によるコスト増と凝集剤注入量の低減による相殺効果がどのあたりにあるか、汚泥処理にかかるコストの削減はあるか、LIが低くなることによる腐食の影響または後処理のコスト等について総合的に検討する必要がある。

塩化ビニル管から有機スズ等化合物が検出されたのは、実験に供した3社の製造メーカーのうち1社のみから有機スズ化合物が検出されたものの他の2社の製品からは有機スズの溶出が認められなくなった。これは安定剤をカルシン(Ca-Zn)系に変えたことが示唆される。しかし、コンディショニング初期に臭気が発出されることが確認された。従ってPVC管の出荷

時や使用時には十分な洗浄が必要であると考えられる

硬度、蒸発残留物は浄水処理による影響をほとんど受けないことを考慮すると、LIは水源水質に大きく依存すると予想される。低硬度で蒸発残留物が少ない水源をもつ浄水場でLIが低い値となる傾向があると考えられる。硬度、マンガンおよび蒸発残留物は水質基準値に対する達成率は概ね良かったが、目標値に対しては超過率が高くなることがわかった。特に硬度と蒸発残留物は味に大きく係わる項目であるので、消費者へ水道水の利用を進めていく上で課題として検討を要するものと考えられる。

一般有機物質については次のようである。TOCと過マンガン酸カリウム消費量の相関について調べた結果、原水と浄水のすべてについて統計処理を行うとよい相関性が認められた。しかしながら、浄水ではすでにTOCが少ないこともあって相関性は低い結果であった。TOCとKMnO₄消費量との関連性を「おいしい水の要件」である過マンガン酸カリウム消費量3mg/lに相当するTOC濃度は以下の計算結果から2.1mg/lとなった。また、TOCと、過マンガン酸カリウム消費量、紫外吸光度、トリハロメタン生成能およびハロ酢酸生成能とは相関があることから、TOCの有機物指標としての意義が確認されたものと考えられる。

多環芳香族炭化水素類を塩素処理をすると、塩素置換体ばかりでなく臭素化置換体も生成する。これは、塩素剤の不純物としての塩化物イオン濃度が臭化物イオン濃度に比べ高い場合は、塩素置換体が優先して生成するが、臭素化イオン濃度の増加にしたがい臭素置換体が増加することが明らかとなり、臭素置換体の生成の可能性が示唆された。しかし、反応生成量については、標準物質の入手が困難であることより明確にはできていないため、今後さらに検討が必要と考える。

下水処理場放流水からは、濃度の高低はあるが、2-MIB、ジェオスミンが検出され環境水におけるかび臭に影響していることが明らかとなった。従って、水道原水の取水口上流に下水処理場がある場合、かび臭物質に注意が必要と考えられる。ジェオスミンの高濃度発生には河川底層の付着性藍藻類と放線菌が関与することが明らかとなったことから、かび臭が発生しやすい栄養条件、温度条件等につき明らかにすることが必要である。

浄水工程および配水系における細菌増殖能の把握指標として、試験菌株を利用して算出できるAOCとしての把握だけでは、原水から給水

栓水に至る過程で種々の処理や反応を受ける結果に対して十分な評価ができないため、前駆体を含めて評価できる AOC 生成能が浄水工程の挙動を把握するためには有効な指標であるものと考えられる。従属栄養細菌増殖能については概ね AOC と比例関係を示し、一般細菌増殖能とともに炭素濃度に依存して増殖能が高くなる傾向が見られ、水道原水中の炭素は AOC の源となりうるものと考えられる。ピコプランクトンが大量に発生すると、ろ過水中に漏洩することがある。ピコプランクトン細胞数が 1 万以下でもろ過水濁度が 0.1 度を超えることもあり、また、AOC 濃度を高めることから、ピコプランクトンを漏洩させない浄水操作の確率を図る必要があると考える。微生物については次のようである。

従属栄養細菌は給配水系での細菌の再増殖を知る上で有効な水質指標であるものの、その意義を確かにするためには、培養時間を 7 日間のみならず、同一プレートを用いて 2 日目および 14 日目も併せて測定することが望ましいと考える。

クリプトスポリジウムを短時間で、簡易に測定でき、試料をケーキろ過することによって試料水中のクリプトスポリジウムを保存可能な、新たに開発された試験方法は、水道における耐塩素性病原性生物の試験方法として有効なものと考えられる。

水道水中から多種の線虫類の遺伝子配列を取得できたが、分離株のうち 30% が *Plectus* 属に分類され、その他の属も土壌線虫の登録配列と類似性が高いものであり、ヒト寄生性の線虫の混入する可能性はきわめて低いものと考えられる。また、水道水は塩素処理されていることから、線虫の体皮および体内から感染性の細菌及びウイルスが検出されなかったことから、水道水中に混入する線虫類により病原微生物が運ばれることはないものと考えられる。

凝集・MF 膜濾過によって、ウイルスが効率的に除去される理由としては、プラーク形成試験により、ウイルスの除去はアルミニウムフロックに吸着・捕捉されることによる除去に加え、PAC1 処理に伴うウイルスの不活化も貢献していることが認められた。膜濾過はクリプトスポリジウムや細菌を除去するばかりでなく、ウイルスに対しても高い除去性を有することから、水道原水がこれらに汚染されている場合には感染症リスクを的確に制御できる水処理技術として有効であると考えられる。

消毒副生成物については次のようである。オゾン酸化副生成物である臭素酸の制御にはオ

ゾン注入率を制御すればよいが、臭化物イオン濃度が比較的高い場合には、オゾンの注入率が極端に制限される、すなわちオゾン処理に本来期待されている処理性が十分に実現できない可能性がある点に注意が必要である。利根川流域から過塩素酸イオンが検出され、その発生源を特定することが出来た。この発生源について、過塩素酸イオンの排出削減を求めたところ適切な措置が取られたことから、その影響は今後は少ないものと考えられる。次亜塩素酸ナトリウム中の不純物としての塩素酸イオンを、制御するためには次亜塩素酸ナトリウムの長期保存を避けると共に、貯蔵温度の制御が必要であると考えられる。

トリハロメタンの曝露経路別の曝露量を求めたところ、経気曝露が最も多いことが明らかとなった。さらに、重回帰分析により、各経路の曝露量および飲用寄与率に対する影響要因を検討した結果、高度浄水処理により総曝露量が低減されることが確認された。一方で、長時間入浴、換気条件不良な場合では、総曝露量が増大する傾向が認められた。飲用寄与率については高度浄水処理により大きな変動がなかったが、長時間入浴と換気条件の不良な場合では低下する傾向が認められた。これらのことから、トリハロメタンについての水質基準値を見直すための調査を今後とも進める必要があると考える。

農薬類について次のようである。検出指標値に関しては一部の河川水で 1 を超えた他、0.5 を超える事例も数件認められ、例年に比べ高い傾向が認められた。また、浄水の検出指標値は最高でも 0.06 であった。全体の傾向としては、監視農薬の選定がより効率化され、かつ調査時期の設定が最適化されたことで、原水の検出率や測定農薬に占める検出農薬の割合などが高くなったと判断された。監視農薬プライオリティリストの改良を加えて、神奈川県域について推計式の電子ファイル化を行い、処理の簡略化が実現できることを確認した。土地面積データを入れ替えれば、他県域への拡張が可能であると考える。

有機リン系農薬等には、それらの塩素処理副生成物が ChE 活性阻害や変異原性を示すものがあることから、これらについても水質管理の対象、すなわち監視対象とすると共に必要に応じて活性炭等の処理により低減を図るべきであると考えられる。しかし、活性炭除去されやすく塩素処理により分解されやすい 38 農薬中では、浄水検出率 1% 以上の農薬は 7 種類であったが、この分類には、塩素処理により速やかにオキシ

ン体に変化する有機りん系農薬も含まれているため、オキソン体も含めた解析では項目数が増える可能性があるため、注意が必要であると考えられる。

水道水質管理については次のようである。水安全計画について水道事業者のケーススタディを基に、その策定のための指針を策定した。この指針によって水道事業者は水安全計画を策定し、「水安全計画」の妥当性について確認するとともに、「水安全計画」や水道システムが安全な水を供給するために適切であったかについて検証する。妥当性の確認の対象や方法を適切に設定する必要があると考えられる。

水道水中の鉛については、試料の採取法が流水を採水するようになってきているためか、鉛濃度が水質基準を超えている検査結果は 332 事業者の内 4 事業者であった。しかし、鉛濃度は水温が高くなると、高くなる傾向が認められたが、鉛管の延長や pH 等との関係は明確ではない。これらの理由としては、pH 制御を行っていたり、流水を採取しているためと考えられるが、15 分滞留水を採取している事業者は 41%にとどまっていた。これらのことから、鉛濃度の検査においては、国による規制が必ずしも十分に守られていないことが明らかであり、今後その徹底を図る必要があると考えられる。

水道水のカルキ臭についての苦情が多いことが明らかとなった。このカルキ臭は塩素とアンモニアや窒素系有機物との反応で生成することから、水道原水のアンモニア性窒素の低減を図ると共に、クロラミンが生成しないような塩素注入技術の開発が必要であると考えられる。

リスク評価については次のようである。食品安全委員会で評価が行われた 9 物質について、評価が大きく変わったのは、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロアセトニトリルと抱水クロラールであった。これらについては、水道水での検出状況や試験及び処理技術上の可能性と併せて検討し、水質基準値の改訂を検討すべきであると考えられる。

臭素系難燃剤であるヘキサブロモシクロデカン (HBCD) 及びテトラブロモビスフェノール A (TBBPA) は、単回強制経口投与でも死亡は認められていないことから、両物質とも急性毒性は低いと考えられる。反復投与毒性に関しては、HBCD については肝臓及び甲状腺への影響が報告されており、最近報告された 28 日間試験では甲状腺重量の変化をもとに BMDL は 1.6 mg/kg/day とされている。一方、TBBPA の 28 日/90 日間反復投与試験では 1000

mg/kg/day 投与によっても明確な有害影響は観察されていなかった。HBCD 及び TBBPA 共に、多くの遺伝毒性試験において陰性結果が報告されていた。HBCD については B6C3F1 マウスを用いた試験において、肝細胞癌、胆癌、肺腺腫、白血病などの腫瘍性病変の発現頻度に用量相関性が認められなかったことが報告されたが、B6C3F1 マウスが本来肝臓の腫瘍性病変に対して高い感受性を示すことから、HBCD の発がん性を評価する系としては疑問があるとするとの意見もあり (Darnerud, 2003)、更なる検討が必要であろう。生殖毒性に関しては、TBBPA の二世代生殖試験において影響が認められなかったことが報告されているが、一方、HDBB の生殖毒性については報告がなかった。

新生児ラットと若齢ラットの感受性の比較研究では、pNOAEL 及び pUETL 比の解析から、両値を設定することが出来た 16 物質を、若齢ラットと比較して新生児ラットの pNOAEL が低い、もしくは同等であったフェノール類 11 物質 (Group I)、そして、新生児ラットの pNOAEL の方が高かったその他の 5 物質 (Group II)、の二つのグループに分けることが出来た。Group I では、新生児ラットにおける用量反応曲線は若齢ラットのそれを左側へ、すなわち低用量側へ平行移動した形になり、Group II では、新生児ラットにおける用量反応曲線の傾きが、若齢ラットと比較して急になると考えられる。pNOAEL 及び pUETL 比の解析から、新生児ラットは、対象とした 18 物質のうち 2/3 に対しては若齢ラットよりも明らかに高い感受性 (最大 8 倍) を示し、残りの物質に対しては若齢ラットと同等の感受性、もしくは若齢ラットよりも低い感受性を示すことが明らかとなった。これらの結果から、新生児に特異的な毒性を示すことを示唆するデータが無い限りは、個人差を考慮した不確実係数 10 及び重要な情報の欠落を考慮した不確実係数 3¹⁰ を用いることで、適切なリスクアセスメントが実施することができると考えられる。

E. 結論

無機物質については、アルミニウムの低減する操作手法を低減することができた。塩化ビニル管から有機スズ化合物が溶出したり、臭気物質も溶出することから、出荷時あるいは使用初期の洗浄が必要である。また、ランゲリア指数が低い水道事業者が多いことや、ピスマスについては原水、浄水とも高いところがあり、より詳細な調査が必要である。

一般有機物については、水質基準に定められ

ているTOCの有機物指標としての意義が過マンガン酸カリウム消費量やトリハロメタン生成能との相関関係等から確認することが出来た。多環芳香族炭化水素のハロゲン置換体が塩素処理によって生成することが明らかとなったが、さらに検討が必要である。水道水の異臭味物質は、湖沼等停滞水域の藍藻類ばかりでなく、下水処理水や河川底層でも産生することが明らかとなり、これらの水域での生成メカニズムの検討がさらに必要である。AOCやピコプランクトンについての水質指標としての意義が明らかとなった。

微生物については、従属栄養細菌が水質管理目標設定項目として採用されることから、培養条件とガイドライン値を検討し、培養時間7日間として概ね2,000cfu/mLとすることを提案した。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開発された試験方法は水道を介した集団感染の発生防止、水源管理強化など水安全計画に沿った対応が可能となる。水道水中から分離される線虫類は多様であるが、それ自体に病原性は認められず、水道水への腸管系ウイルスの混入が憂慮されるところから、水道水中のノロウイルスの感染リスク評価を行った。その結果、ノロウイルスの感染リスクは米国EPAの受容可能リスクを上回るものの、生涯調整生存年は 10^{-6} (DALYs/人・年)のWHOの基準に同等な水準であることが試算された。また、MF膜を用いたPACl直接凝集ろ過により大腸菌ファージQβは $6\log_{10}$ 以上の除去が期待できる。

消毒副生成物については次のようである。オゾン処理における臭素酸イオンやハロ酢酸の各制御技術の有効性については長期間の安定性を含めて確認することができた。また、新たに利根川中・下流の河川水を原水とする水道水には10 µg/Lを超える過塩素酸イオンが含まれる場合があることが明らかとなった。さらに、塩素消毒由来の塩素酸イオン抑制対策とその化学量論について明らかにした。トリハロメタン類の曝露量評価を行い、吸入曝露量が多いことを示した。また、クロロホルムの飲用寄与率は20%を下回るケースがあることを示した。さらに、換気条件等トリハロメタン類の曝露量に影響する要因について検討を行った。NDMAに関しては今回の調査では浄水中では定量下限以下であったが、過去に検出された例もあり、さらなる調査が必要である。

農薬類について次のようである。農薬類の使用量は減少しているものの、新規に登録される農薬類も多いため、水道での監視農薬プライオ

リティリストは、地域の土壌特性や散布時期を考慮して定期的に見直す必要がある。農薬類のうち、分析法が確立していない親水性農薬や有機リン系農薬の塩素処理副生成物であるオキソソンの分析法を確立した。農薬の塩素処理副生成物は、農薬原体と異なる毒性を示したり、粉末活性炭の除去性が異なるものがあることから、これらについては、今後とも調査研究が必要である。

水道水質管理については次のようである。WHOが推奨する「水安全計画」は、今後のわが国の水道水質管理において大いに参考とすべきである。都市水道における「水安全計画」導入のためのガイダンスを取りまとめた。このガイダンスは、今後わが国において「水安全計画」策定のための指針につき検討する際に、大いに役立つものと期待される。

水道水の鉛濃度の制御のためには、鉛給水管の布設替えをより積極的に推進することが必要である。また、試料採取方法として、15分滞留水を採取する方法を周知する必要がある。水道水のカルキ臭の主な原因物質は、塩素とアンモニアの反応によって生成されるトリクロロミンであることが明らかとなった。

リスク評価については次のようである。食品安全委員会における化学物質の健康影響評価法に関しては、対象とした9物質のうち、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロアセトニトリル及び抱水クロラールについては評価が大きく変わっていたものの、それ以外の6物質については、15年改訂時の評価との違いはほとんど認められなかった。

HBCDとTBBPAの毒性情報に関しては、比較的多くのデータを入手することができた。HBCDについては肝臓及び甲状腺への影響が報告されており、最近報告された28日間反復投与試験では甲状腺重量の変化をもとにBMDLは1.6 mg/kg/dayとされている。一方、TBBPAの28日/90日間反復投与試験では1000 mg/kg/day投与によっても明確な有害影響は観察されていない。両物質共に、胎児毒性/催奇形性は認められていないが、最近、神経発達への影響を示唆する変化が報告されている。

新生児ラットと若齢ラットの感受性の比較研究では、新生児ラットは、対象とした18物質のうち2/3に対しては若齢ラットよりも明らかに高い感受性(最大8倍)を示し、残りの物質に対しては若齢ラットと同等の感受性、もしくは若齢ラットよりも低い感受性を示すことが明らかとなった。

最後に、水道法に定める水質基準は最新の科

学的知見に基づき逐次改訂されるべきあり、このような観点からの引き続き行われるべきである。

E. 健康危険情報

平成18年8月、健康危険情報として、利根川中・下流の水道水が過塩素酸イオンで広く汚染されており、その濃度は、RfDに基づくUSEPAの飲料水等価濃度(DWEL) 24.5 µg/Lを超える場合もあることを、国立保健医療科学院及び厚生労働省に報告。

F. 研究発表

論文

T. Ohgai, Y. Oguchi, K. Ohno, T. Kamei, Y. Magara and M. Itoh "Development of evaluation methods to introduce a nanofiltration membrane process in drinking water treatment" *Water Supply* Vol 6 No 2 pp 9-17, 2006

Ogawa Y., Kawamura Y., Wakui C., Mutsuga M., Nishimura T. and Tanamoto, K. Estrogenic activities of chemicals related to food contact plastics and rubbers tested by the yeast two-hybrid assay. *Food Additives and Contaminants*, 2006, 23(4), 422-430.

Tetsuji Okuda, Wataru Nishijima, Mitsumasa Okada : Assimilable Organic Carbon (AOC) Originated From Picophytoplankton in Drinking Water, *Water Science & Technology : Water Supply*, 6 (2), 169-176, 2006.

Masago Y., Katayama H., Watanabe T., Haramoto E., Hashimoto A., Omura T., Hirata T. and Ohgaki S. Quantitative Risk Assessment of Noroviruses in Drinking Water Based on Qualitative Data in Japan, *Environ. Sci. Technol.*, 2006, 40, 7428-7433.

Matsushita, T., Le-Clech, P., Chen, V. and Wickramasinghe, S.R., Behavior of gold colloid as model viruses during filtration through adsorptive ion exchange membranes, *Desalination*, 199 (1-3), 105-107, 2006.

Matsushita, T., Matsui, Y. and Shirasaki, N., Analyzing mass balance of viruses in a coagulation-ceramic microfiltration hybrid system by a combination of the polymerase chain reaction (PCR) method and the plaque forming units (PFU) method, *Water Science and Technology*, 53 (7), 199-207, 2006.

T. Izumi, K. Yagita, T. Endo, T. Ohyama. Detection System of *Cryptosporidium parvum* Oocysts by Brackish Water Benthic

Shellfish (*Corbicula japonica*) as a Biological Indicator in River Water. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 51, 559-566, 2006. T. Izumi, K. Yagita, T. Endo, T. Ohyama. Detection System of *Cryptosporidium parvum* Oocysts by Brackish Water Benthic Shellfish (*Corbicula japonica*) as a Biological Indicator in River Water. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 51, 559-566, 2006.

Katsuhiko Ohata, Kanji Sugiyama, Mitsuaki Suzuki, Rieko Shimogawara, Shinji Izumiyama, Kenji Yagita, Takuro Endo : Growth of *Legionella* in Nonsterilized, Naturally Contaminated Bathing Water in a System that Circulates the Water. IN *Legionella: State of the Art 30 Years after Its Recognition*. Eds. Nicholas P. Cianciotto et al. 2006 ASM Press, Washington, D.C.

Kanji Sugiyama, Katsuhiko Ohata, Mitsuaki Suzuki, Rieko Shimogawara, Shinji Izumiyama, Kenji Yagita, Takuro Endo : Inhibition of *Legionella* Growth in Circulating Bathing Water by Filter Refreshment Method Using High Concentration Chlorine. IN *Legionella: State of the Art 30 Years after Its Recognition*. Eds. Nicholas P. Cianciotto et al. 2006 ASM Press, Washington, D.C.

遠藤卓郎. 提言—新寄生虫事情—食品衛生研究. 56(6), 5, 2006.

Kosaka K., Asami M., Matsuoka Y., Kamoshita M., and Kunikane, S.: Occurrence of perchlorate in drinking water sources of metropolitan area in Japan, *Water Research*. (投稿中).

越後信哉, 伊藤禎彦, 夏井智毅: 染色体異常誘発性からみた浄水プロセスにおけるオゾン/塩素処理の評価, *環境工学研究論文集*, Vol.43, pp.599-604, 2006.

Kuwahara, M., Miura, M., Niwa, A., Echigo, S., and Itoh, S.: Bromide removal by hydrotalcite-like compounds, *Adv. Asian Environ. Eng.*, Vol.5, No.1, pp.47-52, 2006.

1) Matsui, Y., Narita, K., Inoue, T. and Matsushita, T., Screening level analysis for monitoring pesticide in river water using a hydrological diffuse pollution model with limited input data, *Water Sci. & Tech.*, 53(10), pp.173-81, 2006.

Matsui, Y., Narita, K., Inoue, T. and Matsushita, T.: Investigation rice-farming pesticide concentrations in river water using a basin-scale runoff model with uncertain inputs, *Transactions of the ASABE*, 49(6),

pp.1723-1735, 2006.

Tahara, M., Kubota, R., Nakazawa, H., Tokunaga, H. and Nishimura, T.: Analysis of active oxon forms of nine organophosphorus pesticides in water samples using gas chromatography with mass spectrometric detection, *J. Health Science*, 52(3), pp.313-319, 2006.

池貝隆宏:流域の環境負荷評価のための農薬流出推定, *環境情報科学論文集*, 20, 31~36, 2006.

嶋志田公洋, 小坂浩司, 浅見真理, 相澤貴子:塩素処理における有機りん系農薬の類型別反応性とオキソン体への変換について, *水環境学会誌*. (掲載予定)

Ema M, Fujii S, Ikka T, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Early pregnancy failure induced by dibutyltin dichloride in mice. *Environ Toxicol*, 22, 44-52, 2007.

Ema M, Fujii S, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Prenatal developmental toxicity study of basic rubber accelerator, 1,3-di-o-tolylguanidine, in rats. *Reprod Toxicol*, 22, 672-678, 2006.

Ema M, Fukui Y, Aoyama H, Fujiwara M, Fuji J, Inouye M, Iwase T, Kihara T, Oi A, Otani H, Shinomiya M, Sugioka K, Yamano T, Yamashita KH, Tanimura T. Comments from the Developmental Neurotoxicology Committee of the Japanese Teratology Society on the OECD Guideline for the Testing of Chemicals, Proposal for a New Guideline 426, Developmental Neurotoxicity Study, Draft Document (October 2006 version), and on the Draft Document of the Retrospective Performance Assessment of the Draft Test Guideline 426 on Developmental Neurotoxicity. *Cong Anom* (in press).

Ema M, Fukunishi K, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E, Ihara T. Developmental toxicity of dibutyltin dichloride in cynomolgus monkeys. *Reprod Toxicol*, 23, 12-19, 2007.

Ema M, Ito Y, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Combined repeated dose and reproductive/developmental toxicity study of rubber accelerator, N,N-dicyclohexyl-2-benzothiazolesulfenamide, in rats. *Drug Chem Toxicol*, 30 (in press).

Hasegawa R, Hirata-Koizumi M, Dourson M, Parker A, Hirose A, Kamata E, Ema M. Pediatric Susceptibility to 18 Industrial Chemicals: A Comparative Analysis with

Older Experimental Animals. *Regul Toxicol Pharmacol*, 47, 2006 Dec 6; Epub ahead of print PMID: 17157422.

江馬 眞. OECD の高生産量化学物質安全性点検プログラムとその手順, *化学生物総合管理学会*, 2, 83-103, 2006.

江馬 眞. 生殖発生毒性試験の役割, *産科と婦人科* 74 巻 3 号 (特集/妊娠と薬), 309-315, 2007.

高橋美加, 松本真理子, 川原和三, 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 9 報) - 第 17 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2003 年アローナ), *化学生物総合管理学会誌*, 2, 163-175, 2006.

高橋美加, 松本真理子, 川原和三, 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 10 報) - 第 18 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2004 年パリ), *化学生物総合管理学会雑誌*, 2, 286-301, 2006.

高橋美加, 松本真理子, 川原和三, 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 11 報) - 第 19 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2004 年ベルリン), *国立医薬品食品衛生研究所報告*, 124, 62-68, 2006.

松本真理子, 川原和三, 菅谷芳雄, 江馬 眞. OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 21 回初期評価会議概要, *化学生物総合管理学会誌*, 2, 135-146, 2006.

松本真理子, 日下部哲也, 川原和三, 菅谷芳雄, 江馬 眞. OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 22 回初期評価会議概要, *化学生物総合管理学会誌*, 2, 302-312, 2006.

口頭発表

横川宣弘, 伊藤雅喜, 原義和, 福井啓喜, 興儀麻希. 「異なる凝集剤を用いた膜ろ過、砂ろ過の濁質処理性と凝集剤の残留性に関する研究」. 第 57 回全国水道研究発表会; 2006. 5. 24-26; 長崎. 同講演集. P.182-183.

Nishimura T, Tahara M, Kubota R, Shimizu K, Magara Y, Tokunaga H: Formation of The Chlorinated Forms of Six Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Chlorination in The Water. The 26th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs. 2006.8.

西村哲治, 清水久美子, 久保田領志, 田原麻衣子, 徳永祐司: マウス ES 細胞分化系を用いた

環境汚染物質の評価系の確立, 第 12 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, p57, 2006.9.

吉田俊幸, 高橋惇, 千葉信男, 中野和典, 西村修: 同化性有機炭素生成能を用いた浄水処理システムの評価, 日本水処理生物学会第 43 回大会, 2006.11.

大村香織, 安達玲子, 西村哲治, 奥直人, 鈴木和博: 化学物質が免疫系食細胞の分化に及ぼす影響について, 2007.3.

5) Nishimura T, Tahara M, Kubota R, Shimizu K, Ema M., Tokunaga H: Toxicity of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. The 46th Annual Meeting and ToxExpo of Society of Toxicology. 2007.3.

吉田俊幸, 高橋惇, 千葉信男, 野村宗弘, 中野和典, 西村修: 同化性有機炭素生成能の提案と試験方法について, 第 58 回全国水道研究発表会, 2007.05.

Tetsuji Okuda, Wataru Nishijima, Mitsumasa Okada: Assimilable Organic Carbon (AOC) Originated from Picophytoplankton in Drinking Water, The 1st IWA-ASPIRE Conference, in CD-ROM, Singapore, 2005.

上原悠生, 岡田光正, 奥田哲士, 西嶋渉: 塩素消毒におけるピコプランクトンからの AOC 生成, 第 40 回日本水環境学会年会, 仙台, 2006.
阿部律栄, 阿部勇一, 宮基良子, 木村謙治: 低水温期の河川における高濃度カビ臭発生事例, 第 57 回全国水道研究発表会講演集, p572, 長崎, 2006

大沼国彦, 西村哲治: 多環芳香族炭化水素類の塩素化及び臭素化生成物, 第 58 回全国水道研究発表会, 釧路, 2007

Kosaka K., Asami M., Matsuoka Y., Kamoshita M. and Kunikane S.: Occurrence of perchlorate at water treatment plants of the Tone River Basin in Japan, 233rd American Chemical Society (ACS) National Meeting, Chicago IL, 2007.3. (発表予定)

小坂浩司, 浅見真理, 松岡雪子, 鴨志田公洋, 国包章一: 利根川流域の水道における過塩素酸イオンの実態調査, 第 41 回日本水環境学会年会講演集, 大阪, 2007.3. (発表予定)

鴨志田公洋, 小坂浩司, 浅見真理, 松岡雪子: イオン交換カラムを用いた LC/MS による過塩素酸イオン測定法の開発, 第 41 回日本水環境学会年会講演集, 大阪, 2007.3. (発表予定)

Asami, M., Kosaka, K., and Kunikane, S.: Bromate, chlorate, chlorite and perchlorate in sodium hypochlorite used in water supply,

ASPIRE 2007 (投稿中)

小坂浩司, 浅見真理, 松岡雪子, 鴨志田公洋, 国包章一: IC/MS/MS を用いた利根川流域の過塩素酸イオンの実態調査, 環境システム計測制御学会誌, 京都, Vol.11 (2/3), pp.215-218, 2006.10.

浅見真理, 小坂浩司, 松岡雪子, 鴨志田公洋: IC/MS/MS 法を用いた環境水及び水道水中のハロゲン酸分析法と過塩素酸の検出, 第 9 回日本水環境学会シンポジウム講演集, 東, pp.54-55, 2006.9.

Yano Y., Echigo S. and Itoh S.: Screening of chemical structures related to haloacetic acid formation in drinking water chlorination process, Proceedings of IWA World Water Congress and Exhibition, 10-14 September, Beijing, China, 2006.9.

越後信哉, 伊藤禎彦, 丹羽明彦, 笹山航, 桑原昌紘, イオン交換体による臭化物イオンの選択的除去, 環境衛生工学研究, Vol.20, No.3, pp.23-26, 2006.7.

Echigo S., Itoh S., Miyagawa Y. and Tanida S.: Source water quality management for controlling disinfection by-products, Proceedings of JSPS-VCC Conference of Environmental Ethics and Sustainability, 15-16 June, Kuala Lumpur, Malaysia, 2006.6.

Ken T., Muto T., Yanagibashi Y., Itoh S., Echigo S., Ohkouchi Y., and Jinno H.: Exposure assessment of trihalomethanes in households for estimating allocation to drinking water, Proceedings of The 15th Joint KKNN Symposium on Environmental Engineering, 21-24 June, Kyoto, Japan, 2006.6.

大谷真巳, 林田武志, 高橋俊介, 松岡雪子, 浅見真理, 水道用次亜塩素酸ナトリウム中の臭素酸イオンに関する調査, 第 57 回全国水道研究発表会講演集, pp.590-591, 2006.5.

柳橋泰生, 権大維, 武藤輝生, 神野透人, 伊藤禎彦, 越後信哉, 大河内由美子: トリハロメタン類の飲用寄与率推定のため室内暴露量評価, 第 57 回全国水道研究発表会講演集, pp.682-683, 2006.5.

宮川幸雄, 谷田慎也, 越後信哉, 伊藤禎彦: 琵琶湖・淀川水系における臭化物イオンの発生構造, 第 57 回全国水道研究発表会講演集, pp.556-557, 2006.5.

桑原昌紘, 越後信哉, 伊藤禎彦: イオン交換法による臭化物イオンの制御, 第 40 回日本水環境学会年会講演集, p.23, 2006.3.

Matsui, Y., Narita, K., Inoue, T. and Matsushita, T.: Screening level analysis for monitoring pesticide in river water using a hydrological diffuse pollution model with limited input data, 10th International Specialised Conference on Watershed and Riverbasin Management, Calgary, Canada, 2005.

Matsui, Y., Narita, K., Inoue, T. and Matsushita, T.: Precise data sets on farming and pesticide properties verify a diffuse pollution hydrological model for predicting pesticide concentration, 10th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, Istanbul, Turkey, 2006. 31) 村田恵呉, 佐藤和男, 柳川茂, 関根広行, 笠原典秀, 藤巻志津恵: 導水路活性炭の効果, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎, pp.280~281, 2006.

土田佳幸, 成田健太郎, 松井佳彦, 大野浩一: モデルシミュレーションによる監視農薬の選定, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎 pp.564~565, 2006.

鎌田素之, 相澤貴子, 西村哲治, 浅見真理: 農薬実態調査に基づく今後の農薬監視のあり方, 第57回水道研究発表会講演集, 長崎, pp.566~567, 2006.

荒井活人, 森美由紀, 大津光一, 細田憲男, 染谷暁子, 大原憲司: ダラボン(農薬)の消毒副生成物としての検出, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎, pp.580~581, 2006.

鴨志田公洋, 小坂浩司, 浅見真理, 相澤貴子: 有機りん系農薬およびそのオキソンの塩素反応性, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎, pp.584~585, 2006.

西村哲治, 菊池修一, 宇田川富男, 高須豊, 渡部祐介, 宮田雅典, 奥野雅司, 橋渡健児, 安恒実, 安藤正典: 水質管理目標設定項目の検査方法の改正-農薬類-, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎, pp.632~633, 2006.

田原麻衣子, 久保田領志, 中澤裕之, 長岡恵, 徳永祐司, 西村哲治: フェンチオンの環境動態に伴うコリンエステラーゼ活性阻害の増強, 第57回全国水道研究発表会講演集, 長崎, pp.684~685, 2006.

鎌田素之, 相澤貴子, 眞柄泰基: 水道水源における農薬の監視手法に関する検討, 関東学院大学工学部研究報告, 50(1), pp.59~64, 2006.

酒井紳, 佐藤和男, 大谷喜一郎: 導水路内における粉末活性炭の吸着能力: 農薬除去に関する

事例, 第7回水道技術国際シンポジウム講演集, pp.683~684, 2006.

田原麻衣子, 久保田領志, 中澤裕之, 徳永祐司, 西村哲治: コリンエステラーゼ活性阻害の強い構造特性, フォーラム2006 衛生薬学・環境トキシコロジー講演要旨集, p201, 2006.

遠藤治, 鴨志田公洋, 小坂浩司, 浅見真理, 相沢貴子, 鈴木元: プタミホスの塩素処理副生成物の変異原性, 日本環境変異原学会第35回大会プログラム・要旨集, 堺, p105, 2006.

川嶋彩夏, 田原麻衣子, 久保田領志, 徳永祐司, 西村哲治: 有機りん系農薬の塩素処理とその反応試料抽出物の影響評価, 第41回日本水環境学会年会講演集, 大阪, 2007. (発表予定)

川崎寛子, 田原麻衣子, 久保田領志, 徳永祐司, 西村哲治: LC/MS法によるカーバメート系農薬の分析法の確立と浄水工程における除去性の評価, 第41回日本水環境学会年会講演集, 大阪, 2007. (発表予定)

田原麻衣子, 久保田領志, 中澤裕之, 徳永祐司, 西村哲治: チオノ型有機りん系農薬24種の塩素浄水処理における有害リスクに関する知見, 日本薬学会第127年会要旨集, 2007. (発表予定)

相澤貴子, 鎌田素之, 西村哲治, 浅見真理, 小坂浩司: 検出実態を反映した農薬監視体制の提案, 第58回水道研究発表会講演集, 釧路, 2007. (発表予定)

Shoichi Kunikane(2007) Application of "Water Safety Plan" to drinking water quality management in Japan. Proceedings of the Japan-U.S. Governmental Conference on Drinking Water Quality Management and Wastewater Control, Okinawa, January 2007. Ema M. Introduction of Division of Risk Assessment. NIHS/NCBSR-KFDA/NITR Workshop on Regulatory Science and Information in Toxicological Evaluation of Potential High Risk Materials. November 29, 2006, Mita Conference Center.

Ema M. OECD high production volume chemicals programme NIHS/NCBSR-KFDA/NITR Workshop on Regulatory Science and Information in Toxicological Evaluation of Potential High Risk Materials. November 29, 2006, Mita Conference Center.

Ema M, Arima A, Fukunishi K, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E, Ihara T. Prenatal developmental toxicity of dibutyltin in cynomolgus monkeys given on consecutive three days during organogenesis. EUROTOX

- 2006 (9/20-24, Dubrovnik/Cavtat) 9/22, 2006.
- Ema M, Fujii S, Ikka T, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Pre- and post implantation embryonic loss induced by dibutyltin given to mice during early pregnancy. The 26th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs (DIOXIN 2006, Oslo, 8/21-25, 8/24), 2006.
- Ema M, Fujii S, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Teratogenic effects of rubber accelerator, 1,3-di-o-tolylguanidine (DTG), in rats. 27th Annual meeting of American College of Toxicology (10/5-8, Palm Springs), 2006.
- Ema M, Fukunishi K, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E, Arima A, Ihara T. Teratology study of dibutyltin in cynomolgus monkeys given during organogenesis. The 45th Annual Meeting of the Society of Toxicology, San Diego, 2006.
- Ema M, Hara H, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Developmental neurotoxicity of polysorbate 80 in rats. International Conference on Food Contamination and Neurodevelopmental Disorders (12/3-5, 2006, Valencia), 2006.
- Ema M, Matsumoto M, Takahashi M, Hirata-Koizumi M, Hirose A, Kamata E, Hasegawa R, Yamamoto N. The Contribution of the Japanese Government to the OECD High Production Volume Chemicals Programme: Summary of 1st to 21st SIDS Initial Assessment Meetings. First U.S. Conference on Characterizing Chemicals in Commerce: Using Data on High Production Volume (HPV) Chemicals. (12/12-14, 2006. Radisson Inn, Austin, Texas)
- Ema M, Matsuyama T, Matsumoto M, Hirose A, Hirata-Koizumi M, Kamata, E. Toxicity study of ultraviolet light absorber 2-(3',5'-di-tert-butyl-2'-hydroxyphenyl)-5-chloro benzotriazole (DBHCB) in rats during the pre-weaning period. The 46th Annual Meeting of the Society of Toxicology, 2007.
- Fukunishi K, Hirose A, Matsumoto M, Hirata-Koizumi M, Kamata E, Ema M. Combined repeated dose toxicity with the reproductive/developmental toxicity screening test of ultraviolet absorber 2-(3,5-di-tert-butyl-2-hydroxyphenyl)-5-chloro-2H-benzotriazole (DBHCB) in rats. The 46th Annual Meeting of the Society of Toxicology, 2007.
- Hasegawa R, Hirata-Koizumi M, Dourson M, Hirose A, Nakai S, Kamata E and Ema M. 43rd Congress of European Societies of Toxicology, September Dubrovnik/Cavtat, Croatia "Comprehensive Evaluation of Pediatric Susceptibility to 18 Industrial Chemicals", 2006.
- Hirose A, Aisaki H, Oh K, Matsumoto M, Kamata E, Igarashi K, Kanno J, Ema M. Gene Expression analysis in uterus and ovary of mice treated dibutyltin dichloride during implantation. The 26th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs (DIOXIN 2006, Oslo, 8/24), 2006.
- Hirose A, Kamata E, Akiyama H, Takahashi M, Ema M, Hayashi M. Development in silico genotoxicity predictory system on chromosomal aberration for existing chemicals. EUROTOX 2006 (9/20-24, Dubrovnik/Cavtat) 9/21, 2006.
- Hirose A, Yamazoe Y, Ema M, Kawamura Y. Toxicity testing schema for the initial risk assessment of food contact plastics based on the concept of ttc and usage probabilistic factors. The 46th Annual Meeting of the Society of Toxicology, 2007.
- Nishimura T, Tahara M, Kubota R, Shimizu M, Ema M, Tokunaga H. Behavior of fenthion after chlorination treatment and effect of its products on cholinesterase activity. The 45th Annual Meeting of the Society of Toxicology, San Diego, 2006.
- 江馬 眞. 生殖毒性、第7回日本トキシコロジー学会生涯教育講習会 (名古屋、7/3), 2006.
- 江馬 眞、福西克弘、松本真理子、広瀬明彦、鎌田栄一、伊原敏夫. カニクイザルにおけるジブチルスズの発生毒性試験、第46回日本先天異常学会学術集会 (山形、6/29-30), 2006.
- 江馬 眞、藤井咲子、松本真理子、広瀬明彦、鎌田栄一. 加硫促進剤 1,3-di-o-tolylguanidine のラットにおける出生前発生毒性、第33回日本トキシコロジー学会学術年会 (名古屋、7/5), 2006.
- 江馬 眞、松山隆史、松本真理子、広瀬明彦、鎌田栄一. 紫外線吸収剤 2-(3',5'-di-tert-butyl-2'-hydroxyphenyl)-5-chloro-2H-benzotriazole (DBHCB) in rats. The 46th Annual Meeting of the Society of Toxicology, 2007.