

200501217A

平成17年度厚生労働科学研究費補助金

健康科学総合研究事業

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17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18(2006)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 分担研究報告書	
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	25
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	53
伊藤禎彦、浅見真理	
5. 農薬に関する研究	57
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	65
国包 章一、西野二郎	
7. リスク評価に関する研究	71
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	85
IV 研究成果の刊行物・別刷り	

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 眞柄 泰基 北海道大学創成科学共同研究機構 特任教授

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。そこで、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アルミニウムの水質基準を0.1 mg/Lへ引き下げた場合の対応可能性等について詳細な分析を行った。対応策としては凝集剤の多量注入、アルカリ剤や硫酸等によるpH値の改善などがあるが、対応に苦慮している事業者が多い。新たな高度処理として期待されるナノろ過では、膜供給水のアルミニウム濃度を低濃度におさえることにより、ファウリングが抑制できること、鉄系凝集剤の使用ではアルミニウム系凝集剤に比べファウリングがおきにくいことが示された。

PVC管からの有機スズの溶出試験において、製品によって差はあるものの、一部の製品ではコンディショニング期間が短い試料で数種類の有機スズの溶出が認められた。飲料水のカルシウム、マグネシウムの推奨値としてカルシウムの最低値20mg/L、適正值40~80mg/L、マグネシウムの最低値10mg/L、適正值20~30mg/Lが報告されている。わが国でも従来の水の腐食性に加え、健康影響リスクの観点から硬度の分布特性や技術的対応などについての調査・研究が必要になると考えられる。モリブデン、バリウム、ベリリウムの実態調査では、限られたデータではあるが3週類の金属すべてにおいて、WHOガイドライン値にふれるほどの高濃度の検出は認められなかった。

有機物質については浄水におけるTOCの平均値はそれぞれ0.64mg/lと0.68mg/l、中央値は0.55mg/lと0.64mg/lであった。また、最大値はそれぞれ1.90mg/lと2.26mg/l、90%タイル値は1.00mg/lと0.97mg/lで、2mg/lを超えた浄水は、平成16年度は0試料、平成17年度は670浄水中3試料(2.00、2.00、2.26mg/l)のみであった。TOCを本格的に導入して以来の浄水におけるTOCは、2mg/lを越えることはほとんどないと考えられた。

塩化ビニルを水道原水に使用している地下水3カ所と河川水4カ所およびその給水4カ所を測定した結果、すべての地点において設定した定量下限値未満であった。また、固相抽出-LC/MS法によるPFOSおよびPFOAの測定方法を定め、多摩川の2地点及び主要浄水場の原水、浄水を測定した結果、多摩川下流、地下水系浄水場の原水(井戸水)及び浄水から、PFOS、PFOAがわずかながら検出された。水中に存在するBaPを含む6種の多環芳香族炭化水素は、塩素と反応して一塩素置換体もしくは二塩素置換体を生成し、24時間後にも塩素置換体の存在を確認することができた。

下水処理場放流水から2-MIB、ジェオスミンが検出され、下流の環境水のカビ臭に影響していることが明らかとなった。かび臭物質の除去率はかび臭物質濃度、オゾン注入率(D)、オゾン接触時間(T)に依存し、D*T値が20での除去率が2-MIBで80%、ジェオスミンで90%程度であるが、D*T値が20未満では除去率が急激に低下する。

16S rRNA遺伝子については、すべての浄水場の原水・活性炭試料から増幅産物を得ることができた。浄水場Bの原水では藍藻類*Cyanobacteria*に近縁なクローンが優占していたのに対して、活性炭試料では、*Proteobacteria*、*Acidobacteria*、*Planctomycetes*などに近縁なクローンが優占しており、原水と活性炭試料では、細菌群集構造が大きく異なることが明らかとなった。

線虫等の不快生物の浄水からの検出例が認められた。また、ピコプランクトン数も増加し、ろ過水の濁度も上昇した。AOC濃度は凝集・沈殿処理により減少し、急速ろ過池ではその直前の中塩素処理を行うと凝集・沈殿処理後のAOCより増加していることが分った。原水にはAOC前駆物質が存在することが明らかとなった。急速ろ過処理水に対するAOC+AOCFP濃度は凝集・

沈殿処理水の AOC+AOCFP 濃度より増加し、ろ過池において懸濁性有機物質が塩素と反応して溶解態の AOC 成分を溶出させることが示唆された。

従属栄養細菌・一般細菌にかかる検査法、原水ならびに給水における検出状況を検討した。両者の検出対象が異なることから、検出される菌数に 1 log 以上の差が認められる。浄水場の管理に重点を置けば迅速性に富み直ちに管理に反映することのできる一般細菌が、バイオフィルムの定着など配水システムの管理には従属栄養細菌の利用が適していると考えられる。

耐塩素性病原微生物対策でのごく短期間の高度な汚染による集団感染発生の予兆を検出するための検査方法として 1 日に 100ml の試料を 3 本ずつ測定する最確値 (MPN) 法が適用できる可能性を論じた。

クリプトスポリジウムおよびジアルジアの遺伝子検査法の開発として、Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP 法) を取り上げ、クリプトスポリジウムおよびジアルジアの検出を目的としたプライマーセットの開発を行うことができた。本方法はわが国で独自に開発された手法で、迅速性、簡便性、特異性に優れた方法である。

消毒副生成物の検出状況としては、臭素酸が 20 件、その他クロロホルム、総トリハロメタン、プロモジクロロメタンで数件の超過があった。臭素酸抑制に関しては、注入率・溶存オゾン濃度制御併用の有効性について検証した。次亜塩素酸ナトリウム中の臭素酸および塩素酸抑制には次亜塩素酸の管理も重要であることがわかった。また、気道経由の THM 曝露量は経口曝露量に対して同等かそれ以上であることを示した。さらに NDMA は数 ng/L レベルで浄水に存在することを示した。また、規制対象のハロ酢酸等その他の消毒副生成物について現行の対策の安定性について確認した。この他、原水臭化物イオン濃度への人為由来の臭化物イオンの寄与は大きい。排出源での制御は難しく浄水場内での対応が必要であることを示した。

全国 11 水道事業体の平成 17 年度の農薬類実態調査の結果、検出された農薬の種類は、原水及び浄水でそれぞれ 97 及び 45 種であった。全国 2031 地点を対象とした、平成 16 年度の農薬類測定結果では、原水 703 地点のうち検出指標値が 1 以上、0.7~1 及び 0.1~0.7 の地点は、それぞれ 1、4 及び 51 地点であった。一方、浄水 525 地点では検出指標値が 1 以上の地点はなく、0.7~1 及び 0.1~0.7 の地点はいずれも 4 地点であった。各農薬類の個別農薬評価値を見ると、原水において 0.7 以上で検出された農薬は、第 1 群農薬のフェニトロチオン、クロロニトロフェン (CNP)、CNP アミノ体、イミノクタジン酢酸塩及び第 3 群農薬のフィプロニルの計 5 種であった。一方、浄水において 0.7 以上で検出された農薬はフェニトロチオン (1 地点) のみであった。

P=S 結合を有する 10 種の有機りん系農薬の塩素との反応性は、グループ別に見ると、アミデート型、EPN、ジチオ型、チオノ型の順に高かった。このとき、有機りん系農薬のオキシソニン体 (P=O 結合) への変換率は、アミデート型の 2 種を除いて 80%以上、一方、アミデート型については、オキシソニン体への変換と P-O-アリアル結合の切断が約 50%ずつであることが明らかとなった。また、通常の塩素処理によって生成したオキシソニン体は、塩素との反応によってその一部は減少するが、その多くがオキシソニン体として残存していることがわかった。

「水安全計画」に関してのケーススタディーに着手した。これらのうち大部分の水道事業体では、危害因子の同定や、現状における水質管理業務の整理を行っている段階であるが、一部の水道事業体では平成 18 年度水質管理計画に取り込んでいる。

水道水中の鉛に関しては、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、流水よりも 15 分滞留水の方が、また、採水前の滞留時間が長くなるほどその濃度が高くなることを明らかにした。

水道水のカルキ臭に関しては、文献調査により、トリクロラミンが有力な原因物質であること、並びに、低 pH 下、もしくは、中性 pH 域でもアンモニアに対して塩素が過剰な条件下でのアンモニアと塩素との反応によって、臭気が強くなることを確認した。また、ロイシンなど、特定のアミノ酸と塩素との反応によっても臭気が強くなることも併せて確認した。

1,1-ジクロロエチレン、臭素酸、ホルムアルデヒド、水銀、クロロホルム、トリクロロエチレンの 6 化学物質について有害性評価手法の調査を行った。これら最新の評価では、ベンチマークドースや PBPK 手法の適用、遺伝毒性発がん物質に対してのベンチマークドースからの直性外挿による評価法の適用が特徴的であった。また、近年その環境汚染濃度の上昇が懸念されている臭素化難燃剤のうちポリ臭素化ジフェニルエーテルの毒性情報の収集、整理を行った。その結果、限られた毒性データではあるが、多くの場合数 mg/kg 以上で、肝重量の増加と T4 の減

少、生殖発生影響が認められている一方で、胎生期および新生児期のより低用量での影響（精子数減少や行動異常など）が一部の同族体（BDE-47 や BDE-99）で認められていることが示された。さらに、近年、化学物質のリスク評価として注目されている乳幼児や子供への健康影響の観点から、化学物質に対する新生児の感受性を明らかとするため、6種の化学物質についての新生児ラット（生後4日から21日投与）および若齢ラット（5-6週齢から28日間投与）へ毒性試験結果の比較検討を行った。その結果、例外として trityl chloride については若齢ラットの方が新生児ラットよりも明らかに感受性が高いという結果が得られたが、ほとんどの場合、新生児が若齢より2-5倍高感受性であることが示された。

分担研究者氏名

伊藤 禎彦	京都大学大学院工学研究科 教授
遠藤 卓郎	国立感染症研究所 寄生動物部 部長
国包 章一	国立保健医療科学院 水道工学部 部長
西野 二郎	(社)日本水道協会 工務部水質課 課長
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ー 総合評価研究室長
長谷川隆一	国立医薬品食品衛生研究所 医薬安全化学部 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 主任研究官
伊藤 雅喜	国立保健医療科学院 水道工学部 水道計画室長
秋葉 道宏	国立保健医療科学院 水道工学部 施設工学室長
安藤 正典	武蔵野大学 薬学部 教授
相澤 貴子	横浜市水道局 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 第3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 主任研究官

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1

0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の全面改訂に際して逐次改訂で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を行うことを目的とする。

B. 研究方法

主任研究者及び分担研究者の他、水道事業体等技術者、研究者約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や室内実験等をおこなった。

①無機物質に関する研究

アルミニウムについては、技術的な対応可能性の観点から基準値が設定され、更なる低減での可能性を検討すべきことが指摘されていることから、アルミ系凝集剤を利用している浄水施設で、浄水中のアルミニウムについての実態調査を行い、アルミニウム濃度が高い施設の原水特性及び浄水処理上の問題を明らかにし、それらの要因をもとに、pH調整処理を含めて浄水処理の改善方法を検討した。ニッケル、ホウ素、バリウム等についてもわが国の水道における存在状況を調査した。有機スズ等の有機金属類は、塩化ビニル管など水道用資機材等に利用される合成樹脂製品の製造過程で利用されているため、水道水中への溶出量についても室内実験を行った。

②一般有機物質に関する研究

水質基準が過マンガン酸カリウム消費量からTOC（全有機炭素）に移行されたことに伴い、

原水及び浄水についてT O Cの実態調査を行ったによる適正な水質管理のあり方の提言を行う。

給配水系でのスライム生成や災害対応のための緊急貯水槽での水質劣化は病原生物の増殖のおそれを増加させるなど衛生上の問題が発生する原因となる場合があることから、これらの指標となるA O C（生物資化性有機物質）濃度の実態調査を行った。

浄水処理上の障害や利水障害等水質管理上の障害が発生しており、その対策が課題となっていることから、これらの原因となりうるピコプランクトンや線虫類等の不快生物の浄水過程における除去性の調査をおこなった。

地下水で汚染が見られるトリクロロエチレンなど揮発性有機塩素化合物から塩化ビニルモノマーが生成される可能性が指摘されており、地下水を水源としている水道等での実態調査を行った。

水道用資機材等から溶出する様々な有機物について、特に異臭味について閾値等について調べた。

③微生物に関する研究

水質管理上の基礎データとなる水道水中の微生物の現存量把握を目的とした検査方法として、一般細菌数（現行基準）、従属栄養細菌数等の培養法、全菌数測定、生菌数測定等の顕微鏡的測定法（フローサイトメーターによる自動測定を含む）及び遺伝子解析法の比較検討を行った。

水道原水中の微生物ならびに水道管内の微生物群集に係る構造解析方法の確立及び水道における微生物データベースの構築を行う。

水道水のリスク評価の観点から病原微生物種の潜伏期間を考慮した効率的・経済的な試験方法を検討した。また、保存方法とその期間を提言するクリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物について迅速・簡便な遺伝子検出法の適用を検討した。

④消毒副生成物に関する研究

水道水のリスク評価の観点から、特に知見の集積の必要性が指摘されている臭素系副生成物について実態調査等を行った。また、発ガン物質であるニトロソジメチルアミンについて試験方法を確立するとともに、実態調査をおこなった。

トリハロメタンなど揮発性消毒副生成物の水質基準を設定するにはシャワーや調理等の際に空気中に移行するトリハロメタンの経気暴露量もあわせて評価する必要があるため、水道水から揮発した消毒副生成物の経気暴露量調査法を確立し、暴露量を明らかにする調査を行った。

⑤農薬に関する研究

農薬の使用実態は年度及び地域によって異なり、農薬の水質管理にあたってはこれを的確に把握することが課題となっていることから、新たに必

要となる農薬の存在状況等の検討を含め、水質管理目標設定項目で現在示されている約100種類の農薬の検査対象プライオリティリストの改編を合理的に行うことのできるデータベースを確立するための調査を行った。

有機リン系農薬について、塩素処理やオゾン処理によって生成するオキソン体は遅発性神経毒性を有するとの報告が最近なされたことから、全オキソン体を測定できる分析法を確立し、その存在状況について調査を行った。

⑥水道水質管理に関する研究

水道の水質管理においていわゆるH A C C P的な考え方を取り入れた水道水の安全管理の有効性が指摘されており、そのための水道水の安全管理のための計画の策定に資するため、水質に影響を及ぼす管理における単位操作等の要因を抽出し、管理のための評価指標を明らかにするとともに、水源の種類、浄水方式、給水規模を考慮した合理的な水質モニタリング計画策定手法を検討した。

鉛については給水管に使用されており試料の採取方法により給水栓での検出濃度が異なり、平均暴露濃度の把握等が課題とされており、鉛による健康影響リスクをよりの確に把握するため、試料の採取方法の違いによる鉛検出濃度への影響を明らかにするための調査を行う。また、水道水質について最も関心の高いカルキ臭について、塩素剤、原水水質を考慮したカルキ臭の原因物質、発生メカニズムについて調査を行った。

⑦リスク評価に関する研究

水道水中から検出される内分泌攪乱化学物質、クロロフェノールや要検討項目等の水道水のリスク評価の観点から知見の集積の必要性が指摘されている項目について、毒性評価をおこなった。また、クロロフェノール等6化学物質について胎児・乳児期のラットによる毒性発現について実験を行った。

⑧総括研究

各分科会の成果をとりまとめ、水質基準改定のための科学的な知見を総括し、基準改正のクライテリアについて検討した。

C. 結果

①無機物質に関する研究

水道水のアルミニウムは、1,636の浄水場の0.8%に当たる14の浄水場で0.2mg/Lを上回っているが、94%に当たる1,543浄水場でアルミニウム濃度が0.1mg/L以下であった。アルミニウム濃度は水源由来のプランクトン・高濁度・低濁度・低水温・高pH等による凝集処理能力の低下に起因すること、及び施設的な問題として、老朽化に伴う浄水処理機能の低下・薬品注入設備の未整備等があげられた。対策としては、凝集処理能

力低下時の過剰注入・pHコントロールや、凝集悪化時の取水停止・プランクトン発生時の選択取水等であった。

ナノろ過の前処理に使用する凝集剤の検討ではアルミニウム系凝集剤添加時にファウリングの発生を確認し、NF膜供給水のアルミニウム濃度を低減することでファウリングを抑制することが出来ること、鉄系凝集剤を用いことによりNF膜供給水中の残留成分がアルミニウム系凝集剤より低くなる可能性が示唆された。

誘導体化-SPME(ヘッドスペース)-GC/MS法により、3種(A、B、C社)のPVC管からの有機スズの溶出実験を行ったコンディショニングを行わなかった場合、A社製のPVC管からは、最高で13 μ g/L(測定機関平均で8.4 μ g/L)の高濃度のモノブチルスズ、0.1~0.4 μ g/L程度のモノ及びジオクチルスズが測定されたB社及びC社製のPVC管からは、ブチル系あるいはオクチル系の有機スズ化合物が測定されたが、その値は0.01 μ g/Lオーダーの極微量であった。

海水淡水化施設等におけるホウ素濃度は0.02~1.71 mg/L、平均0.60 mg/Lであった処理水で基準値を超過した施設は4施設であった。

飲料水中のカルシウム、マグネシウム及び硬度と循環器系疾患について疫学調査を検討したところ、マグネシウムは最低10mg/L、20~30mg/Lが、カルシウムについては最低20mg/L、おおよそ50(40~80)mg/Lが適正であるとしていることが明らかとなった。また、水道原水および浄水、給水栓水のモリブデン、バリウム、ベリリウムを8水道事業体で測定したが、WHO飲料水ガイドラインで検討されているガイドライン値以下であった。

②一般有機物質に関する研究

浄水におけるTOCの平均値はそれぞれ0.64mg/lと0.68mg/l、中央値は0.55mg/lと0.64mg/lであった。また、最大値はそれぞれ1.90mg/lと2.26mg/l、90%タイル値は1.00mg/lと0.97mg/lで、2mg/lを超えた浄水は平成16年度は0試料、平成17年度は670浄水中3試料(2.00、2.00、2.26mg/l)のみであった。これに対して、TOCとKMnO₄消費量との関連性は、原水と浄水を合わせたR(2)の関係が0.522(平成16年度)、0.722(平成17年度)と高い相関性は認められたが、浄水のみではR(2)が0.298(平成16年度)、0.136(平成17年度)と全く相関性は認められなかった。

塩化ビニルモノマーの検出濃度は、地下水3カ所すべてにおいて要検討項目目標値の1/100である0.00002mg/L未満であった。また、河川水4カ所、給水4カ所についても、すべての地点において0.001mg/L未満であった。河川水および給水中の酢酸ビニル、1,2-ブタジエン、1,3-ブタジ

エン、スチレン、キシレン、N,N-ジメチルアニリンについても全ての地点において0.001mg/L未満であった。

PFOSおよびPFOAの分析方法として、Presep-C AgriとWaters製Sep-Pak Plus PS-2の2つの固相カートリッジでpH9に調整した試料から固相抽出し、グラジエントLC/MSで測定する方法を確立した。この方法により、多摩川下流の調布取水堰で採水した試料水からPFOSが38ng/l、PFOAが9ng/l検出された。表流水系の原水(8ヶ所)および浄水(8ヶ所)からは両物質とも検出されなかったが、地下水系浄水場の原水(井戸水)からPFOSは7ヶ所中6ヶ所から7~42ng/l、PFOAは7ヶ所中5箇所から8~14ng/l、地下水系浄水場の浄水から、PFOSが25ng/l、PFOAが10ng/l検出された。

6種の多環芳香族炭化水素類は、塩素と反応して一塩素置換体および二塩素置換体が生成することを確認した。一塩素置換体は、塩素添加語1時間目に検出されて4時間目まで減少し、それから24時間目までほぼ同程度の量が検出された。二塩素置換体は、1時間目に検出され、24時間目まで時間に依存して増加した。

排水処理施設や水道原水等における2-MIBおよびジェオスミン濃度の実態調査により、下水処理場などからも2-MIBが6~64ng/l、ジェオスミンが23~52ng/lが存在するように、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。かび臭物質の除去率は実証プラント実験の結果から、かび臭物質濃度、オゾン注入率(D)、オゾン接触時間(T)に依存し、D*T値が20での除去率が2-MIBで80%、ジェオスミンで90%程度であり、かび臭は完全に除去できることが期待できた。しかし、オゾン処理により臭素酸イオンが生成するためオゾン注入率を抑制しているが、オゾンでのかび臭物質除去率は、D*T値が20未満では除去率が急激に低下するので、高濃度でかび臭が発生した場合には除去率に注意する必要がある。

資機材から溶出する化学物質の臭気の閾値はトルエンが著しく低く(0.05mg/l)、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、テトラヒドロフラン、アセトンの4物質(5~20mg/l)とは2桁の相違があった。

細菌群集の16S rRNA遺伝子については、すべての浄水場の原水・活性炭試料から増幅産物を得ることができた。浄水場Bの原水、活性炭試料について、16S rRNA遺伝子のクローンライブラリーを構築した。原水では藍藻類Cyanobacteriaに近縁なクローンが優占していたのに対して、活性炭試料では、 *β -Proteobacteria*、*Acidobacteria*、*Planctomycetes*などに近縁なクローンが優占しており、原水と活性炭試料では、

細菌群集構造が大きく異なることが示唆された。

原水の線虫については、湖沼系原水より河川系原水で多く、12月、3月より6月、9月に多い傾向であった。湖沼系原水は年間を通して同じ検出状況であった。浄水の線虫については、河川系原水を処理する浄水場で多く、季節的には6月、9月の平均値(7.6/L)は12月、3月の平均値(2.2/L)に対して3.5倍検出されており、夏期に漏出のリスクが高く、湖沼系の浄水は、原水と同様に年間を通して同じ検出状況であった。また、浄水の線虫の生死判定結果は、63%の高い生存率であり、そのうち、河川系浄水の生存率で70%、湖沼系浄水の生存率で57%であった。

琵琶湖瀬田川でのピコプランクトン数の最高値は370,000細胞/mLで平成16年度の最高値(340,000細胞/mL)とほぼ同様であった。A貯水池に*Microcystis*によるアオコが発生したため硫酸銅を散布(水深5m層までの水量に対し、0.25mg/lの濃度で貯水池全面に散布)した結果、*Microcystis*は減少したもののピコプランクトンが増加し、450,000cells/mlに達した。

原水のAOC濃度は95 μ g/Lであった。AOCの成分の割合はAOC-P17成分が81 μ g/Lで、およそ85%を占めていた。AOC濃度は凝集・沈殿処理により減少して、その濃度は約66 μ g/Lであった。中塩素後のAOC濃度は凝集・沈殿処理後のAOC濃度とほぼ同じであった。その後、急速ろ過池ではAOC濃度が沈殿処理後のAOCより増加していることが分かった。後塩素処理においてのAOC濃度はろ過池のAOC濃度とほぼ同じであった。貯水池原水を沈殿濃縮液(ピコ植物プランクトン濃度が高い)と上澄み液(ピコ植物プランクトン濃度が低い)に分別した結果、ピコ植物プランクトンを完全に沈殿分離することはできないが、沈殿濃縮液と上澄み液ではピコ植物プランクトン濃度は16倍異なり、一方で細菌数はほとんど変わらない2液を得ることができた。それぞれの液を塩素処理し、AOCを測定した。溶存として持ち込んだAOCは沈殿濃縮液と上澄み液でそれぞれ77 μ g/lと69 μ g/lとなった。

③微生物に関する研究

水道水中の従属栄養細菌の測定や出現状態について調べた結果次のことが明らかとなった。従属栄養細菌の試料を採水する場合は、5L/分の放流速度で5分以上の放水を行うことが必要であった。統計処理の結果から、河川水と湖沼水における従属栄養細菌と一般細菌は対数正規分布をしており、従属栄養細菌は一般細菌の約16倍程度の菌数が得られた。処理過程での変化では、一般細菌は塩素処理を行うと急激に減少し、ろ過処理水では検出されなかったが、従属栄養細菌は残存する場合があった浄水と給水における出現状況は、従属栄養細菌で58%、一般細菌で3%であ

った。また、従属栄養細菌の検出率は浄水の46%に対して給水では64%と配水システムにおいて高くなっていた。

水質基準で定められているように大腸菌は不検出であるが、毎日検査で不検出の意義を統計学的に保障される濃度は算術平均値で 1.3×10^{-4} [CFU/mL]となると推定された。浄水池出口において遊離塩素0.1mg/L以上が確保されているとすると、20Log以上の不活化を行っていることになり、原水の大腸菌濃度を考慮すると、 10^{-17} [CFU/mL]よりも低い値をとるものと推定された。

クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原性物に関する検査では、検査法が煩雑であることから検査回数が限られている。これを補うべく、耐塩素性病原微生物対策でのごく短期間の高度な汚染による集団感染発生の予兆を検出するための検査方法として1日に100mlの試料を3本ずつ測定する最確値(MPN)法が適用でき、3本とも陰性の場合には上側信頼限界で10オーシスト/lであることとなる。

*Cryptosporidium*属および*Giardia*属を対象とする遺伝子検出法の開発を行った。すなわち、Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP法)を取り上げ、クリプトスポリジウムおよびジアルジアの検出を目的としたプライマーセットの開発を行った。*Cryptosporidium*属の18S rRNA遺伝子を標的遺伝子とし、LAMP法のプライマー候補の塩基配列を選択し、*Cryptosporidium*属内種での相同性、他の原生生物の塩基配列からの独立性に注意してプライマーの設計を行った。上記プライマー領域を含む18SrRNAの部分配列を組み込んだプラスミドを鋳型として感度試験を行い、6コピー(6分子)を最少単位として40分以内に陽性反応を濁度計で検出した。本プライマーセットの特異性の検証には*C. parvum*および*C. hominis*(*C. parvum* human genotype)を中心とした6種類の鋳型を用いた。また、*Cryptosporidium*と同時に検出対象となっている*Giardia*とは交差反応しないことも確認した。上記と同様に*Giardia*属検出用のプライマーの設計を行った。

④消毒副生成物に関する研究

消毒副生成物の検出状況について解析した結果、基準項目中(水道統計対象地点約6000箇所)では、臭素酸が20件、その他クロロホルム、総トリハロメタン、ブロモジクロロメタンで1~4件の超過が見られた。水質基準が改正される以前は、原水中の臭化物イオン臭化物イオンが比較的高い(100~150 μ g/L)ため、臭素酸イオンが10 μ g/lをこえることがあった。O県では、オゾン注入率を0.5mg/L程度以下に、また、溶存オゾン濃度を0.1mg/L未満にすると臭素酸を

10 $\mu\text{g/L}$ 以下、あるいはさらに低い濃度で制御することができることが明らかとなった。なお、この浄水場では、オゾン処理の前段の中間塩素処理により生成した THM は生物活性炭で低減するため、浄水における THM は増加しないことを確認している。この他の浄水場でも同様な対策を講じることにより臭素酸の低減化を図っていることが明らかとなった。

次亜塩素酸ナトリウム原液中の臭素酸、塩素酸、亜塩素酸について調査し、有効塩素濃度が低いほど臭素酸および塩素酸濃度は高い傾向にあることを明らかにした。特に塩素酸については、製造時の生成を抑制すると共に、生成から使用までの期間を短縮することが重要であることを指摘した。また、次亜塩素酸ナトリウム中の臭素酸の生成速度は、温度によらないが、塩素酸生成速度は高温で増大することを示した。

陰イオン交換体であるハイドロタルサイト様化合物により、原水中の臭化物イオンの除去について室内実験を行ったところ、イオン交換容量の範囲内では臭化物イオンを選択的で高い除去率が得られることが明らかとなった。なお、琵琶湖・淀川水系において臭化物イオンに関する調査を行った結果、人為由来の臭化物イオンの寄与が大きいこと、これらの排出パターンが非点源的であることが明らかとなった。

高度処理水を含む浄水中で、1-5 ng/L 程度の NDMA が存在する可能性が明らかとなった。水道水中の THM 等揮発性の有機物質は、浴室や加熱調理過程で揮散し、室内空気中に移行し、それらを経気で曝露することになる。このようなことから室内空気中の THM 濃度の測定に基づき、THMs の経気道及び経皮曝露量を算出した。その結果、1.7 - 2.2 L の水道水を飲用した場合に相当する量の THMs を経気道及び経皮的に摂取していることが明らかになった。同様な調査を関西地方でおこなったが、経口曝露ばかりでなく経気曝露量も高いことが明らかとなった。

⑤ 農薬に関する研究

平成 15 農薬年度の農薬原体総出荷量は 30 万 t 弱で、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 15 農薬年度の使用農薬原体数は 485 で、前年度までと比較してほとんど変化がなかった。

全国 11 水道事業者の平成 17 年度の農薬類実態調査の結果、検出された農薬の種類は、原水及び浄水でそれぞれ 97 及び 45 種であった。昨年度の結果と比較すると、原水ではほぼ同程度であったが、浄水では大幅に増加していた。

検出濃度は、原水の場合、プレチラクロールが最高濃度で検出され、プロモブチド、イソプロチオラン、チオベンカルブ及びベンタゾンの 4 種が 5 $\mu\text{g/L}$ 以上で検出された。一方、浄水の場合、

ベンタゾンが最高濃度 (3.5 $\mu\text{g/L}$) で検出され、プロモブチド及びピロキロン の 2 種が 1 $\mu\text{g/L}$ 以上で検出された。個別農薬評価値は、原水では、1 回の結果ではあったが、フェンチオン (MPP) が 1.9 という非常に高い値を示した。MPP スルホキシド、フェニトロチオン、モリネート、ダイアジノン、チオベンカルブ、メフェナセツト及びカフェンストロールの 7 種が 0.3 以上の値を示した。浄水では、MPP スルホン及びフェントエートの 2 種が 0.1 以上の値を示す場合があった。検出指標値に関しては、原水で、MPP の個別農薬評価値によって 1.9 という高い値を示した例を除いては、ほぼ昨年と同じ傾向、すなわち、原水では概ね 0.5 以下、浄水では概ね 0.1 以下であった。

全国 2031 地点を対象とした、平成 16 年度の農薬類測定結果では、原水 703 地点のうち検出指標値が 1 以上、0.7~1 及び 0.1~0.7 の地点は、それぞれ 1、4 及び 51 地点であった。一方、浄水 525 地点では検出指標値が 1 以上の地点はなく、0.7~1 及び 0.1~0.7 の地点はいずれも 4 地点であった。各農薬類の個別農薬評価値を見ると、原水において 0.7 以上で検出された農薬は、第 1 群農薬のフェニトロチオン、クロルニトロフェン (CNP)、CNP アミノ体、イミノクタジン酢酸塩及び第 3 群農薬のフィプロニルの計 5 種であった。一方、浄水において 0.7 以上で検出された農薬はフェニトロチオン (1 地点) のみであった。

農薬の施用情報と作付面積から流域別の農薬散布量を推定するとともに、散布環境をモデル化して河川への流出量を包括的に算出する手法を検討し、神奈川県相模川及び酒匂川水系で使用される農薬の時期別推定流出量を算出したところ、流出量が多く環境負荷が高いと考えられる農薬の約半数が 101 農薬以外の農薬であることが示された。

不確実性を考慮した農薬出荷量の予測値と過去の気象データを基に、河川中農薬濃度のモデルシミュレーション予測を行ったところ、濃度予測結果は、農薬出荷量と農薬散布時期の予測精度に大きく影響し、濃度予測値は必ずしも観測値と必ずしも一致しなかった。

P=S 結合を有する有機りん系農薬である MPP を紫外線照射したところ、MPP は速やかに分解し、4 種の反応生成物が確認された。そのうち、1 種は MPP スルホキシドと同定され、1 種は 0、0-ジメチル S-[3-メチル-4-(メチルチオ)-フェニル]ホスホロチオレートと推定された。MPP を遊離塩素濃度 1 mg/L で塩素処理したところ、MPP は反応時間 5 min で完全に分解され、反応生成物として MPP スルホキシドと MPP スルホンが検出された。さらに反応が進むと、MPP スルホキシドと MPP スルホンは、それぞれオキソン体へと変化した。MPP、その酸化物及びそれらのオキソン体の計 6 種の

コリンエステラーゼ (ChE) 阻害活性を比較した結果、MPP、MPP スルホキシド及び MPP スルホンの 3 種は ChE 阻害活性をほとんど示さないこと、一方、これら 3 種のオキソンの ChE 阻害活性の程度は、MPP オキソン、MPP オキソンスルホキシド、MPP オキソンスルホンの順に高いことがわかった。

P=S 結合を有する 10 種の有機りん系農薬の塩素との反応性は、グループ別に見ると、アミデート型、EPN、ジチオ型、チオノ型の順に高かった。このとき、有機りん系農薬のオキソン体 (P=O 結合) への変換率は、アミデート型の 2 種を除いて 80%以上、一方、アミデート型については、オキソン体への変換と P-O-アリアル結合の切断が約 50%ずつであることが明らかとなった。また、通常の塩素処理によって生成したオキソン体は、塩素との反応によってその一部は減少するが、その多くがオキソン体として残存していることがわかった。

⑥水道水質管理に関する研究

WHO 飲料水水質ガイドライン第 3 版では、食品分野等における HACCP の考え方を新たに取り入れた「水安全計画」を、各水道事業者が作成するよう勧告しており、わが国におけるその円滑な導入手法につき検討した。そのため東京都水道局、横浜市水道局、大阪府水道部、大阪市水道局及び神戸市水道局の協力のもとに、これらの各水道事業者において「水安全計画」策定に関するケーススタディーの実施に着手した。このケーススタディーでは、水道システムをフローダイアグラムで整理し水質監視点を明らかにする方法、水道水の汚染リスクを自然リスク、社会系リスク及び人的リスクに分類して、HACCP 手法による方法、これまでの各種管理マニュアルを統合化する方法、WHO 水安全計画の内水質管理に重点をおく方法等種々の方法が考えられることが明らかとなった。表-1 は大阪市での例を示すものであるが、水質項目毎に関係する要因を取り上げる考え方を示している。

給水栓水中の鉛濃度は採水前の滞留時間の長さに応じて、例えば 4 時間滞留すると濃度が 2 倍に達するように、鉛管から溶出する鉛濃度が高くなる傾向が明確に認められた。大阪市の調査では、平成 14~15 年度の流水による調査において、鉛濃度と鉛管延長及び水温の間に明確な関係が認められた。また、基準超過率と鉛管延長及び水温との間にも、同様に明確な関係が認められたしかしながら、平成 16~17 年度の 15 分滞留水による調査においては、鉛濃度と鉛管延長及び水温との間に明確な関係は認められなかった。

水道原水中のアンモニア性窒素濃度は、下水道整備などにより近年では減少傾向にあり、現在では国の水道水源 (表流水) のうちその濃度が

0.1mg/l を超えるものは約 4%である。例えば、埼玉県大久保浄水場における水中のアンモニア性窒素濃度も、1980 年代後半から 2000 年代前半にかけて 0.4mg/l 程度から 0.2mg/l 程度にまで減少してきている。また、アンモニア性窒素濃度は、夏に低く冬に高い傾向が顕著であるこれに対して、水道水の臭気強度は夏に高く冬に低い傾向があるその原因として、水温が高い時の方が臭気を感じやすいことが考えられる。

水道水のカルキ臭は、pH が非常に低い条件で、アンモニアと塩素が反応した場合、pH が中性域であっても、アンモニアに対する塩素のモル比が非常に高い条件で、アンモニアと塩素が反応した場合およびアミノ酸と塩素が反応した場合に強くなることが報告されており、その原因は遊離残留塩素が存在してもジクラミンやトリクロラミンが微量ながら生成するためである。

⑦リスク評価に関する研究

WHO の水質ガイドラインとして 2005 年に公表された 6 物質 (1,1-ジクロロエチレン、臭素酸、ホルムアルデヒド、水銀、クロロホルム、トリクロロエチレン) について、ベンチマークドースや遺伝毒性発がん性物質の評価手法の適用について情報収集を行った。

1,1-ジクロロエチレンについて、IPCS (2003) は、Quast ら (1983) の経口投与による臨界影響 (雌の Sprague-Dawley ラットにおける肝細胞中間帯の微少な脂肪変化) に基づいて 1,1-ジクロロエチレンの TDI を算出することとした。BMDL10 は 4.6 mg/kg/day となり、UF には 100 (種差と個体差) が用いられ、TDI は 0.046 mg/kg となった。

臭素酸について、IPCS (2000) では、臭素酸の発がん性に関して、線形多段階モデルによる発がん性評価を行い、また、非線形アプローチにより TDI を求めた。ラットに 1.3 mg/kg/day を投与した試験 (Kurokawa ら、1986b) における腎腫瘍発生の NOEL と不確実係数 1000 (種差 10、個体差 10、発がんの可能性 10) により、TDI は 1 µg/kg であった。IPCS (2000) では、臭素酸の発がん性に関して、線形多段階モデルによる発がん性評価を行い、また、非線形アプローチにより TDI を求めた。ラットに 1.3 mg/kg/day を投与した試験 (Kurokawa ら、1986b) における腎腫瘍発生の NOEL と不確実係数 1000 (種差 10、個体差 10、発がんの可能性 10) により、TDI は 1 µg/kg であった。IPCS (2000) では、さらに、同じ試験 (Kurokawa ら、1986b) において 2 年間臭素酸カリウムを飲水投与された雄ラットの腎腫瘍は発生率が増加したことから、生涯発がんリスクレベル 10^{-5} を 0.1 µg/kg/day とした。生涯発がんリスクレベル 10^{-5} の上限の飲水濃度の 2 µg/L は、Kurokawa ら (1986b) の試験からの得られた値と同様である。

表-1 水質項目の水質管理上の評価および過去の濃度とその範囲の検討
(平成18年度 大阪市水道・水質管理計画参考資料の一例)

大分類		1	1	1
中分類		25	26	27
項目名		臭素酸	総トリハロメタン	トリクロロ酢酸
分類		水質基準	水質基準	水質基準
基準値・目標値(mg/L)		0.01	0.1	0.2
発生源	水源 ¹⁾	「-」 下水(オゾン処理)	「-」	「-」
	浄水場	オゾン処理で副生 次亜塩素酸中の不純物	塩素処理で副生	塩素処理で副生
	配給水			
影響	健康影響 ²⁾	急性、慢性、発がん(G2B)	「クロロホルム」、「ジブロモ クロロメタン」、「ブロモジクロ ロメタン」、「ブロモホルム」の 項参照	発がんなし(G3)
	快適性・ 利水障害			
監視	水源	○定期測定・トレンド分析	○総トリハロメタン生成能の 挙動	
	浄水場	○定期測定	○定期測定	○定期測定
	配給水	○定期測定	○定期測定	○定期測定
対応	水源			
	浄水場	・オゾン注入率の適正化・次 亜塩素品質確認・オゾン処 理におけるpH調整	・オゾン処理・GAC処理	・オゾン処理・GAC処理
	配給水			
(測定値が基準 値、目標値の1 0分の1以上と なった回数) / 総測定回数 (平成14~16 年度)	原水	0/36	0/72	
	浄水	48/48	15/120	0/72
	給水栓水	252/252	188/378	0/120
基準値(あるいは目標値) と測定値の範囲の検討	実施 「浄水場水質管理計画」で対 応を検討 (参考資料3. 2)		実施	
「水質管理計画」における 対応	「浄水場水質管理計画」での 測定頻度見直し 1/月→1/週(5~10月)、1/ 月(4月、11~3月)		変更なし	変更なし

PQL (経験的定量値) の 1 $\mu\text{g/L}$ を達成するのは多くの研究機関において困難であり、より現実的な PQL は約 5 $\mu\text{g/L}$ である。さらに、現在の技術で飲用水から臭素酸を除去できるのは、10 $\mu\text{g/L}$ までであろう。それゆえ、健康を考慮した 2 $\mu\text{g/L}$ という値は分析と技術の実現性から、10 $\mu\text{g/L}$ となり、暫定的評価値は 10 $\mu\text{g/L}$ が推奨される。この値は生涯発がんリスク 5×10^{-5} の上限である。

ホルムアルデヒドは反応性が高いので、投与で直接接触した組織では、総摂取量より濃度と関連しやすくなる。IPCS (2002) では、ラットの 2 年間飲水投与試験 (Til ら、1989) における口腔や胃の粘膜の組織学的影響に関する NOEL 260 mg/L に基づき、また、不確実係数には 100 (種差と個体差) を用いて、耐容濃度を 2.6 mg/L としている。

水銀について、IPCS 作業グループ (IPCS、2003) は、NTP によるラットの 26 週間試験における腎影響のための NOAEL 0.23 mg/kg/day (週 5 日を調整) に基づき、また、不確実係数 100 (種差と個体差) を用いて、無機水銀の TDI を 2 $\mu\text{g/kg}$ と推奨した。

トリクロロエチレンについて、発がんリスク評価としているラットの尿細管腺がんのユニットリスクは、雄で $1.16 \times 10^{-4} (\text{mg/m}^3)^{-1}$ 、雌で $7.84 \times 10^{-5} (\text{mg/m}^3)^{-1}$ であった。最も高いリスクを示した $7.80 \times 10^{-4} (\text{mg/kg/day})^{-1}$ を用いて、健康指針値として生涯発がんの信頼上限リスク 10^{-5} の濃度を求めたところ、400 $\mu\text{g/L}$ であった。また、非発がんリスク評価では Dawson ら (1993) の試験は、その方法からリスク評価に使うには理想的ではないが、飲料水を媒介に用い、また、最も感受性の高いエンドポイント (生殖) であり、さらに、明瞭な用量反応関係が認められたので、最適の試験とみなされ、基準値の算定に用いられた。この試験では LOAEL しか確認できないので、NOAEL の推定にはベンチマークドーズ (BMD) (Health Canada、2003b) が用いられた。BMDL₁₀ の 0.146 mg/kg/day が NOAEL に相当する値として選ばれ、不確実係数 100 (種差及び個体差) を用いてトリクロロエチレンの TDI は 0.00146 mg/kg となる。

クロロホルムについて IPCS (2004) はクロロホルムのリスク評価には Heywood ら (1979) のイヌの試験が最適とし、TDI は 0.015 mg/kg とし、PBPK モデリング、不確実係数 25 (個体差 $10 \times$ 種差トキシコダイナミクス 2.5) を用い、体重は 64 kg 、飲水量は 2L であった。この TDI から導かれたクロロホルムの基準値は、水の寄与率を 75% とし 60kg の成人が 1 日 2 リットルの水を摂取すると仮定すると 300 $\mu\text{g/L}$ となる。

難燃剤として主に 3 種の製品 (penta-BDE、octa-BDE、deca-BDE) ポリ臭素化ジフェニル

(PBDE) の毒性情報について検討した。毒性としては、短期毒性、長期毒性発ガン性、遺伝毒性、生殖発生毒性、神経毒性について調べた。その結果いづれの毒性も認められ、また、過去 30-40 年に渡って保存されていたサンプルの最近の解析では、環境中や欧州アメリカのヒトの試料中の PBDE 汚染が増加してきていることが示されている。

新生児ラットと若齢ラットの毒性指標に基づく感受性の比較検討するため、2-chlorophenol (2CP)、4-chlorophenol (4CP)、p-(α , α -dimethylbenzyl) phenol (DMBP)、(hydroxyl phenyl)methyl phenol (HPMP)、trityl chloride (TTP)、1,3,5-trihydroxybenzene (THB) の 6 物質を対象とした動物は SD SPF ラットの雌雄 4-5 週齢あるいは妊娠ラットを Charles River Japan より購入し、馴化した後で使用した。若齢試験は化審法の 28 日間試験法に基づいて GLP で実施した。新生児試験は自然分娩により得られた 1 腹の新生児から雌雄 4 匹ずつ選び、1 匹の里親当たり 8 匹の新生児を保育させながら生後 4 日から 21 日まで化学物質を強制経口投与した。維持回復群は生後 12 週目に解剖した。検査項目は若齢試験と同様であるが、追加として発育、反射機能及び性成熟指標を検査した。なお、新生児試験も GLP で実施した。これらの結果から、これらの化学物質のリスク評価を行った。すなわち、6 物質を用いた新生児ラットと若齢ラットの毒性指標に基づく感受性の比較検討では、pNOAEL (推定無毒性値) 及び pUETL (推定確実中毒量) の比較に基づけば、殆どの場合に新生児ラットは若齢ラットより 2~5 倍高感受性であった。しかし、例外的に、TTC は若齢ラットの方が明らかに新生児ラットより感受性が高かった。

⑧総括研究

水質基準改定のためのクライテリア等については、3 年間の研究成果をとりまとめてき区政することとしている。

D. 考察

①無機物質に関する研究

凝集障害は多様であり年間を通して様々な影響を受け、生物の障害では 2~3 ヶ月、他の障害では数週間の単位で対応を余儀なくされている。現在の水道施設での対応の多くは、物理的・機能的にも十分とはいえない状況であり、水質面からも多くの問題を抱えたままである。これらの対策としては凝集剤の多量注入、アルカリ剤・硫酸・炭酸ガス等による pH 値の改善、取水停止、選択取水、などで凝集処理改善を図っているが、問題の多くが自然現象・季節変動等であり、財政面を含め対応に苦慮している。

「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による浸出試験では、市販のPVC管からはいずれも有機スズとして0.3µg/L以下の溶出量であり、現在までに得られている毒性情報からみて、特に問題はないと考えられる。しかしながら、PVC管の中には使用初期（コンディショニング初期）に有機スズ化合物として10µg/Lを超えるような溶出量をみたものもあり、出荷時や使用開始時には十分な洗浄が必要と思われる。

ホウ素低減対策としては2段処理が最も効果的である特に陸水系浄水との混合が不可能な施設や原水をかん水に変更できない海水淡水化施設では2段処理が必要となる。今回の測定結果において処理水で基準値を超過した4施設については、3施設は陸水系浄水と混合して給水しており、当該施設設置者が実施した検査結果では基準値以下であった。今回は基準値を下まわった施設でも、基準値に近い場合には処理条件によっては超過する恐れがあり低減化措置が必要と思われる。

カルシウムとマグネシウムについては、次期の大幅な改訂の際にそれら以外のいわゆる必須元素とともにレビューの対象となっている。従来の水の腐食性（ランゲリア指数）に加えて、健康影響リスクの観点から、わが国の水道水の硬度の分布特性などについての調査や硬度調整についての技術的な検討が必要と考えられる。

今回の調査からは、ベリリウム等3種の金属全てにおいてWHOガイドライン値に触れるほどの高濃度の検出は認められなかった。しかし、短期間で限られた事業体、期間における調査であり、また、回数や測定頻度、測定時期もばらつきがある。水源の種類・地域差などを考慮して対象事業体を拡大し、データ収集・確認することが望ましいと考えられる。

②一般有機物質に関する研究

TOCの平均値はそれぞれ0.64mg/lと0.68mg/l、中央値は0.55mg/lと0.64mg/lであった。また、最大値はそれぞれ1.90mg/lと2.26mg/l、90%タイル値は1.00mg/lと0.97mg/lで、2mg/lを超えた。浄水は平成16年度は0試料、平成17年度は670浄水中3試料(2.00、2.00、2.26mg/l)のみであった。TOCを本格的に導入して以来の浄水におけるTOCは、2mg/lを越えることはほとんどないと考えられた。これらのことから、水質基準値である5mg/lは、より良質の水道水を供給するという観点から低減化を検討すべきと考える。

塩化ビニルの検出状況は、全てにおいて設定した定量下限値未満であった。塩化ビニルの前駆物質であるテトラクロロエチレンおよびトリクロロエチレンの検出状況は、平成17年度の緊急用地下水源(1回/年×3カ所)および各浄水場原水(1回/3ヶ月×5カ所)の調査においてもすべて

0.001mg/l未満であった。この結果より、水道原水がテトラクロロエチレンおよびトリクロロエチレンに汚染されていないことから、塩化ビニルの環境中における生成も微量であると推測され、全地点で不検出となったものと考えられる。

PFOSおよびPFOAが検出された浄水の源となっている各井戸の混合割合と検出濃度から、PFOS、PFOA濃度を推計すると、0.026、0.010µg/lとなり、浄水の濃度(0.025、0.010µg/l)とほぼ一致していた。しかし、検出された浄水のPFOS濃度は、環境省が設定した暫定無毒性量(NOEL、0.025mg/kg/d)の4%に相当することから水質基準に追加する必要は無いものと考えられる。

多環芳香族炭化水素類は塩素処理により、一塩素置換体および二塩素置換体が生成することが明らかとなったことから、今後、塩素置換体の健康に対する影響を検討することが重要であると考える。

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カビ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。オゾンでのかび臭物質除去率は、D*T値が20未満では除去率が急激に低下するから、高濃度でかび臭が発生した場合には、オゾン副生成物である臭素酸の抑制とともに浄水操作の適正さを図る必要が有ると考える。

原水では藍藻類 *Cyanobacteria* に近縁なクローンが優占していたのに対して、活性炭試料では、*β-Proteobacteria*、*Acidobacteria*、*Planctomycetes*などに近縁なクローンが優占しており、原水と活性炭試料では、細菌群集構造が大きく異なることが示唆された。原水中の細菌群集構造は浄水場によってばらつきがあるものの、活性炭上の細菌群集構造のパターンは浄水場間で類似していることが示唆された。

線虫等の不快生物の漏出を最小限に抑えるためには、浄水場では、前塩素処理、適切な凝集剤等の注入や早めのろ過池洗浄など適切な運転管理が必要である。河川系原水を処理する浄水場では、浄水への漏出リスクが高く、特に夏期の漏出リスクが高いので注意が必要である。一方、不快生物は、耐塩素性が強いいため完全に不活化させることは難しいとされている。今回の線虫の調査結果では、浄水中の生存率が63%と高い生存率であり、また、浄水処理工程における生存率は25%しか減少していないことから、耐塩素性の強いことが明となり、その制御については今後とも調査が必要であると考える。

ろ過水濁度とろ過水中のピコプランクトン数の関係は、春期では1万細胞/mL以下で濁度が0.1度程度であったが、夏期は5万細胞/mLで濁

度が0.1度を超過した。ピコプランクトン細胞数と濁度の回帰式の傾きから、ピコプランクトンのみの濁度を推定すると、濁度(0.1度)の寄与率は、通常時は春期が1.5万細胞/mL、夏期が8万細胞/mLとなった。細胞が大きいほど濁度への寄与率が大きいことが判明した。濁度管理にはピコプランクトンの除去が必要であると考えられる。

AOC濃度は凝集・沈殿処理により減少し、急速ろ過池ではその直前の中塩素処理を行うと凝集・沈殿処理後のAOCより増加していることが分かった。浄水場以降の配水システム中のAOCの挙動について調査した結果、給配水は浄水場出口水より高い場合が多い傾向を示していた。AOCと細菌増殖能の関係を詳細に調査した結果、従属栄養細菌はAOC 0.011mg-C/L以下で増殖しなくなり、一般細菌は0.022mg-C/L以下で増殖しなくなる結果であった。塩素が存在する場合の細菌の挙動を調査した結果、遊離残留塩素を保持すれば細菌増殖は抑制できることが明らかとなったことから、残留塩素の保持は必要であると考えられる。

③微生物に関する研究

従属栄養細菌と一般細菌の検査では検出対照となる細菌類が異なり、検出される菌数に1log以上の差が認められる。浄水場の管理に重点を置けば培養期間が短く(迅速性)直ちに管理に反映することのできる一般細菌が、バイオフィルムの定着など配水システムの管理には従属栄養細菌の利用が適していると考えられる

大腸菌検査では不検出の状態が維持されている。この事実から、総合的に水道水中に大腸菌の汚染は無いとの蓋然性は主張できるが、統計学的には測定値に基づいて大腸菌汚染を否定することはできない。また、現行では塩素処理による大腸菌の不活化を過小評価している可能が指摘された。

耐塩素性病原微生物対策でのごく短期間の高度な汚染による集団感染発生の予兆を検出するための検査方法として1日に100mlの試料を3本ずつ測定する最確値(MPN)法が適用できる可能性があるものと考えられる

クリプトスポリジウムおよびジアルジアの属特異性LAMP法用のプライマーの特異性ならびに感度(最少6コピーの鋳型で陽性反応)が保証されていることが示された。今後、水道原水中に存在する可能性のある原生生物あるいはその他の生物との交差反応性の有無を検証し、併せて、実際の検査機関へ試験導入を図り、本検査法の便益性の検討を行うべきと考えられる。

④消毒副生成物に関する研究

水質基準で定められている消毒副生成物で基準値を超えていた事例が多いのは臭素酸であるが、これはオゾン処理副生成物が原因であるよりは、消毒剤として利用されている次亜塩素酸塩中の

副生成物であることが多く、薬品の品質管理が重要であると考えられる。

オゾン副生成物として生成する臭素酸を抑制するには、オゾン注入率を抑制し、有機物を酸化するために必要な最低限のオゾンを注入し、過剰なオゾンが塩化物イオンとの反応を抑制することが必要であることが明らかとなった。また、次亜塩素酸塩中の臭素酸および塩素酸の濃度を抑制するためには、市販次亜、生成次亜とも製造後長期間保管することなく、速やかに使用すべきであると考えられる。なお、高純度次亜塩素酸塩の利用や保管しなければならない場合では低温で保管する必要があるものと考えられる。

陰イオン交換体であるハイドロタルサイト様化合物により、原水中の臭化物イオンの除去ができることが明らかとなったが、さらにイオン交換容量の高い吸着体の開発が必要であると考えられる。

水道水中のNDMAがごく微量で存在することが明らかとなった。WHO飲料水ガイドラインでもNDMAが検討の対象となっており、今後とも実態調査を含め調査が必要であると考えられる。

トリハロメタン等揮発性に有機物質の曝露は経口曝露ばかりでなく揮散した室内空気中のそれらを経気曝露が大きいことが明らかとなった。このことより、それらの水質基準の策定には経気曝露を考慮すべきと考えられるが、そのためには今後とも実態調査を行う必要があると考えられる。

⑤農薬に関する研究

平成15農薬年度の農薬原体総出荷量は30万t弱で、前年度までと同様に、総出荷量は減少傾向にあり、農薬の使用量が引き続き減少するものと考えられる。農薬分科会に参加している全国11水道事業体の平成17年度の農薬類実態調査の結果、検出された農薬の種類は、原水及び浄水でそれぞれ97及び45種であった。昨年度の結果と比較すると、原水ではほぼ同程度であったが、浄水では大幅に増加していた。これは、水質管理目標項目で101農薬を対象としているため、これまで測定されていなかった農薬が測定されるようになったためと考えられる。

検出濃度は、原水の場合、プレチラクロール、プロモブチド、イソプロチオラン、チオベンカルブ及びベンタゾンの4種が5 μ g/L以上で検出された。一方、浄水の場合、ベンタゾンが最高濃度(3.5 μ g/L)で検出され、プロモブチド及びピロキロンの2種が1 μ g/L以上で検出された。検出指標値に関しては、原水で、MPPの個別農薬評価値によって1.9という高い値を示した例を除いては、ほぼ昨年と同じ傾向、すなわち、原水では概ね0.5以下、浄水では概ね0.1以下であった。浄水において0.7以上で検出された農薬はフェニトロチオン(1地点)のみであった。このようなことから今後とも農薬については水質検査計

画を適正に立て、地域の実情にあったモニタリングを行う必要があるものとする。

異なるシミュレーションモデルを用いて流出予測を行ったが、流出予測には農薬の散布時期の適確な情報が必要であることが明らかとなり、今後とも情報の確度を高める必要があるものと考えられる。

P=S 結合を有する有機りん系農薬は光分解により、速やかに分解し、4種の反応生成物が確認された。そのうち、1種はMPPスルホキシドと特定され、1種は0,0-ジメチルS-[3-メチル-4-(メチルチオ)-フェニル]ホスホロチオレートと推定された。また、有機りん系農薬の塩素との反応性は、グループ別に見ると、アミデート型、EPN、ジチオ型、チオノ型の順に高かった。このとき、有機りん系農薬のオキシソニン体 (P=O 結合) への変換率は、アミデート型の2種を除いて80%以上、一方、アミデート型については、オキシソニン体への変換とP=O-アリアル結合の切断が約50%ずつであることが明らかとなった。これらオキシソニン体はChE阻害活性を有するものもあり、有機りん系農薬についてはそれらの生成物も水質管理の対象とすべきであるとする。

⑥水道水質管理に関する研究

水安全計画についてケーススタディを行うこととしているが、これを実施する事業体毎にこれを実施するためのモデルが異なっている水道事業が水源を始めとしてそのおかれた環境により多様であることから、当然のことと考えられる。しかし、次年度以降に実施する結果を基に、もっとも適確なモデルを策定する必要があるものとする。

水道水の鉛に関して、採水方法によりその試験結果が異なることが明らかとされたが、鉛管および鉛を含む材料が使用されている限り、水道水に鉛が溶出することから、早急にそれらを更新する必要があるものとする。さらに、水安全計画と連携して、鉛管を使用している水道利用者にはその濃度を知らせる等のリスクコミュニケーションが必要であるとする。

水道水のカルキ臭については、その原因が明らかとなったが、最新の分析手法を用いて、その生成機構を明らかにするとともに、低減策を確立するための研究を継続すべきとする。

⑦リスク評価に関する研究

2005年に公表されたWHOの水質ガイドラインの評価手法の各物質における特徴としては、1,1-ジクロロエチレンではBMDL₁₀を用いた評価が、臭素酸ではTDIと数理モデルの両アプローチを行い、数理モデルとしてはBMDL₁₀を用いた直線外挿法を用いたこと、ホルムアルデヒドでは、局所影響が主であるため、影響は摂取量より濃度に依存するとして評価したこと、水銀では、JECFA等で

用いられたメチル水銀に基づいた評価ではなく、飲料水での存在形式を考慮したHg²⁺による実験動物のデータを用いたTDIアプローチを用いたこと、クロロホルムではPBPK手法により実験動物より人への外挿を行い、さらにBMDL₀₅をTDI算定の出発点として評価法を用いたこと、トリクロロエチレンでは、TDIと数理モデルの両アプローチを用い、TDI法ではBMDL₁₀をTDI算定の出発点として用いたことが、それぞれ特徴として上げられる。

PBDEに関する毒性情報としては、限られた毒性データではあるが、一部を除いて数mg/kg以上で、肝重量の増加とT4の減少、生殖発生影響が認められているが、胎生期および新生児期のより低用量での影響(精子数減少や行動異常など)が一部の同族体(BDE-47やBDE-99:Penta-BDEの主成分)で認められていることが明らかとなった。今後は、暴露情報と共に、他の同族体での低用量影響や、代謝物での影響を調べる研究が必要であると考えられる。

新生児ラットと若齢ラットの毒性指標に基づく感受性の比較検討では、化学物質に対する新生児と若齢ラットの感受性比較を行うため、2つの新規毒性指標としてpNOAELとpUETLを設定した。これは本試験及び用量設定試験からの全データに基づいて適切かつ注意深く推定すると定義した。この新規な指標を用いることは、出来る限り同一実験条件下で実施された新生児と若齢ラット試験結果をより実際的に比較するための適切な新規解析手法であると考えられる。

E. 結論

無機物質に関する研究は次のようである。アルミニウムの実態調査を行い、水質基準を0.1mg/Lへ引き下げた場合の対応策としては凝集剤の多量注入、アルカリ剤や硫酸等によるpH値の改善などを行っているが、財政面を含め対応に苦慮している事業体が多い。

ナノろ過では、膜供給水のアルミニウム濃度を低濃度におさえることにより、ファウリングが抑制できること、鉄系凝集剤の使用ではアルミニウム系凝集剤に比べファウリングがおきにくいことが示された。

PVC管からの有機スズの溶出試験において、一部の製品ではコンディショニング期間が短い試料で数種類の有機スズで溶出が認められた。

文献調査から飲料水のカルシウム、マグネシウムの推奨値としてカルシウムの最低値20mg/L、適正值40~80mg/L、マグネシウムの最低値10mg/L、適正值20~30mg/Lが示されている。わが国でも従来の水の腐食性に加え、健康影響リスクの観点から硬度の分布特性や技術的対応などについての調査・研究が必要になると考えられる。

モリブデン、バリウム、ベリリウムはWHOガイドライン値以下であったが、実態調査の精度を上げるためには水源の種類、地域差、時期などを考慮して対象事業体を拡大したデータ収集が望ましいと考えられる。

一般有機物に関する研究では次のようである。水道水の質の向上の観点から踏まえて、高品質を求める消費者に対応することが求められ、TOCを水質基準項目として導入した以降の実態と基準値の見直しのために、詳細な検討が必要となってきた。昨年度と本年度の浄水におけるTOCの平均値はそれぞれ0.64mg/lと0.68mg/l、中央値は0.55mg/lと0.64mg/lであった。また、最大値はそれぞれ1.90mg/lと2.26mg/l、90%タイル値は1.00mg/lと0.97mg/lで、2mg/lを超えた浄水は、平成16年度は0試料、平成17年度は670浄水中3試料(2.00、2.00、2.26mg/l)のみであった。TOCを本格的に導入して以来の浄水におけるTOCは、2mg/lを超えることはほとんどないと考えられた。

要検討項目の一つである塩化ビニルの実態把握として、水道原水に使用している地下水3カ所と河川水4カ所およびその給水4カ所を測定した結果、すべての地点において設定した定量下限値未満であった。固相抽出-LC/MS法によるPFOSおよびPFOAの測定条件を検討し、測定を可能とすることができた。定量下限値はいずれも5ng/lであった。この分析方法で、水道原水及び浄水から、PFOS、PFOAがわずかながら検出された。

水中に存在するBaPを含む6種の多環芳香族炭化水素は、塩素と反応して一塩素置換体もしくは二塩素置換体を生成し、24時間後にも塩素置換体の存在を確認することができた。

下水処理場放流水から2-MIB、ジェオスミンが検出され、下流の環境水のカビ臭に影響していることが明らかとなった。したがって、水道原水の取水口上流に下水処理場がある場合、かび臭物質の挙動に注意が必要であることが明らかとなった。実証プラント実験の結果から、オゾン注入率(D)、オゾン接触時間(T)に依存し、D*T値が20未満では除去率が急激に低下する。したがって、高濃度のかび臭が発生した場合には、オゾン注入率と接触時間による除去率に注意をする必要がある。水道用資機材由来の化学物質の臭気閾値については、含有成分の中でトルエンが著しく閾値が低く、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、テトラヒドロフラン、アセトンの4物質とは2桁の相違があった。

16S rRNA遺伝子については、すべての浄水場の原水・活性炭試料から増幅産物を得ることができた。浄水場Bの原水、活性炭試料について、16S rRNA遺伝子のクローンライブラリーを構築した。原水と活性炭試料では、細菌群集構造が大きく異

なり、原水中の細菌群集構造は浄水場によってばらつきがあるものの、活性炭上の細菌群集構造のパターンは浄水場間で類似していることが示唆された。

線虫等の不快生物の浄水からの検出例が認められ、河川系原水を処理する浄水場では漏出しリスクが高く、特に夏期の漏出しリスクが高いことが明らかとなった。

ピコプランクトンは表層から水深5.5mの水深部に大部分が分布し、1日での垂直分布の変動は無いと推測された。水源のピコプランクトンの増殖により、浄水場原水のピコプランクトン数も増加し、ろ過水の濁度も上昇した。AOC濃度は凝集・沈殿処理により減少し、急速ろ過池ではその直前の中塩素処理を行うと凝集・沈殿処理後のAOCより増加していることが分かった。

微生物に関する研究では次のようである。従属栄養細菌・一般細菌にかかる検査法、原水ならびに給水における検出状況を検討した。両者の検出対象が異なることから、検出される菌数に1log以上の差が認められる。浄水場の管理に重点を置けば迅速性に富み直ちに管理に反映することのできる一般細菌が、バイオフィルムの定着など配水システムの管理には従属栄養細菌の利用が適していると考えられる。

耐塩素性病原微生物対策でのごく短期間の高度な汚染による集団感染発生の予兆を検出するための検査方法として1日に100mlの試料を3本ずつ測定する最確値(MPN)法が適用できる可能性を論じた。

クリプトスポリジウムおよびジアルジアの遺伝子検査法の開発として、Loop-Mediated Isothermal Amplification(LAMP法)を取り上げ、クリプトスポリジウムおよびジアルジアの検出を目的としたプライマーセットの開発を行うことができた。本方法はわが国で独自に開発された手法で、迅速性、簡便性、特異性に優れた方法である。

消毒副生成物に関する研究では次のようである。臭素酸抑制に関しては、従来の制御法の安定性の確認とともに、注入率・溶存オゾン濃度制御併用の有効性について検証した。次亜塩素酸ナトリウム中の臭素酸および塩素酸抑制には次亜塩素酸の管理も重要であることがわかった。また、気道経路のTHM曝露量は経口曝露量に対して同等かそれ以上であることを示した。さらにNDMAは数ng/Lレベルで浄水に存在することを示した。また、規制対象のハロ酢酸等その他の消毒副生成物について現行の対策の安定性について確認した。この他、原水臭化物イオン濃度への人為由来の臭化物イオンの寄与は大きい、排出源での制御は難しく浄水場内での対応が必要であることを示した。

農薬に関する研究は次のようである全国 11 水道事業体の平成 17 年度の農薬類実態調査の結果、検出された農薬の種類は、原水及び浄水でそれぞれ 97 及び 45 種であった。

P=S 結合を有する 10 種の有機りん系農薬の塩素との反応性は、グループ別に見ると、アミデート型、EPN、ジチオ型、チオノ型の順に高かった。このとき、有機りん系農薬のオキソン体 (P=O 結合) への変換率は、アミデート型の 2 種を除いて 80%以上、一方、アミデート型については、オキソン体への変換と P-O-アリアル結合の切断が約 50%ずつであることが明らかとなった。また、通常の塩素処理によって生成したオキソン体は、塩素との反応によってその一部は減少するが、その多くがオキソン体として残存している。

水道水質管理に関する研究では次のようである「水安全計画」策定に関する東京都、横浜市、大阪府、大阪市及び神戸市でのケーススタディーは、本年度から来年度にかけて実施する予定である。「水安全計画」は水道の実務と深い関わりがあるので、これらの水道事業体においては、このケーススタディーが単なる調査にとどまらず、その結果が実務のあり方に反映されつつある。

給水栓水の鉛濃度については、調査用鉛管などでは、流水の場合に比べて 15 分滞留水の場合により高い鉛濃度となることが明らかとなった。

水道水のカルキ臭は、アンモニアと塩素との反応により生成されるトリクロラミンや、その他アミノ酸と塩素との反応生成物が、その主な原因物質であると考えられた。今後さらに生成機構やその原因などにつき検討が必要である。

リスク評価に関する研究は次のようである。1,1-ジクロロエチレン、臭素酸、ホルムアルデヒド、水銀、クロロホルム、トリクロロエチレンの 6 化学物質について有害性評価手法の調査を行った。これら最新の評価では、ベンチマークドースや PBPK 手法の適用、遺伝毒性発がん物質に対してのベンチマークドースからの直性外挿による評価法の適用が特徴的であった。また、近年その環境汚染濃度の上昇が懸念されている臭素化難燃剤のうちポリ臭素化ジフェニルエーテルの毒性情報の収集、整理を行った。その結果、限られた毒性データではあるが、多くの場合数 mg/kg 以上で、肝重量の増加と T4 の減少、生殖発生影響が認められている一方で、胎生期および新生児期のより低用量での影響(精子数減少や行動異常など)が一部の同族体 (BDE-47 や BDE-99) で認められていることが示された。

さらに、近年、化学物質のリスク評価として注目されている乳幼児や子供への健康影響の観点から、化学物質に対する新生児の感受性を明らかとするため、6 種の化学物質についての新生児ラット (生後 4 日から 21 日投与) および若齢ラッ

ト (5-6 週齢から 28 日間投与) へ毒性試験結果の比較検討を行った。その結果、例外として trityl chloride については若齢ラットの方が新生児ラットよりも明らかに感受性が高いという結果が得られたが、ほとんどの場合、新生児が若齢より 2-5 倍高感受性であることが示された。

F. 健康危険情報
なし

G. 研究発表

1. 論文発表

T. Nishimura, S. Iizuka, N. Kibune, M. Ando and Y. Magara. Study of 1,4-dioxane intake in the total diet. J. Health Sci., 51(4), 514-517, 2005.

F. Kura, J. Amemura-Maekawa, K. Yagia, T. Endo, M. Ikeno, H. Tsuji, M. Taguchi, K. Kobayashi, E. Ishii and H. Watanabe. Outbreak of Legionnaires' disease on a cruise ship linked to spa-bath filter stones contaminated with *Legionella pneumophila* serogroup 5. Epidemiol. Infect., 134, 385-391, 2006.

Tadashi Itagaki, Shisuka Kinoshita, Mikiko Aoki, Naoyuki Itoh, Hideharu Saeki, Naoto Sato, Junya Uetsuki, Shinji Izumiyama, Kenji Yagita, Takuro Endo. Genotyping of *Giardia intestinalis* from domestic and wild animals in Japan using glutamate dehydrogenase gene sequencing. Veterinary Parasitology., 133, 283-287, 2005.

遠藤卓郎、黒木俊郎. クリプトスポリジウム・ジアルジア感染症 - 話題の疾患と治療. 感染・炎症・免疫 35(3), 77-79, 2005.

遠藤卓郎、八木田健司、泉山信司. いま、知っておきたい話題 クリプトスポリジウム症. 日本醫事新報 No.4236, 33-36, 2005.

黒木俊郎、泉山信司、遠藤卓郎. [話題の感染症] クリプトスポリジウムの最近の知見. モダンメディア 51(4), 75-80, 2005.

遠藤卓郎、八木田健司、泉山信司. <特集 ヒトと動物の新興感染症> クリプトスポリジウム症. Medical Science Digest 31(1), 27-30, 2005.

T. Izumi, Y. Itoh, K. Yagita, T. Endo, T. Ohyama. Brackish Water Benthic Shellfish (*Corbicula Japonica*) as a Biological Indicator for *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Ricer Water. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 72:29-37, 2004.

遠藤卓郎、泉山信司. 「病原微生物対策への理解に向けて」 Safe Drinking-Water: for the

- Control of Microbial Hazards. 用水と廃水 46(7), 43-49, 2004.
- 遠藤卓郎、黒木俊郎、泉山信司. <話題の感染症>ジアルジア症 モダンメディア 50(4), 73-77, 2004.
- 遠藤卓郎、八木田健司、泉山信司. レジオネラ症 Update - 宿主アメーバからみたレジオネラの水系汚染対策. 臨床と微生物 32(4), 383-388, 2005.
- Ayano, E., Okada, Y., Sakamoto, C., Kanazawa, H., Okano, T., Ando, M. and Nishimura, T.: Analysis of herbicides in water using temperature-responsive chromatography and an aqueous mobile phase, *J. Chromatogr. A*, 1069, pp. 281-285, 2005.
- 西村哲治: バイオアッセイの未来, *環境浄化技術*, pp. 1~6, 2005.
- Tahara, M., Kubota, R., Nakazawa, H., Tokunaga, H. and Nishimura, T.: Use of cholinesterase activity as an indicator for the effects of combinations of organophosphorus pesticides in water from environmental sources, *Water Res.*, 39(20), pp. 5112-5118, 2005.
- Matsui, Y., Inoue, T., Matsushita, T., Yamada, T., Yamamoto, M. and Sumigama, Y.: Effect of uncertainties of agricultural working schedule and monte-carlo evaluation of the model input in basin-scale runoff model analysis of herbicides., *Water Sci. & Tech.*, 51(3-4), pp. 329-337, 2005.
- 新井崇子, 鎌田素之, 島崎大, 浅見真理, 相澤貴子: 農薬の分子構造別の塩素分解性に関する研究, *水環境学会誌*, 28(7), pp. 437~444, 2005.
- Ema M, Kimura E, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Reproductive and developmental toxicity screening test of basic rubber accelerator, 1,3-di-*o*-tolylguanidine, in rats. *Reprod Toxicol* (in press)
- Ema M, Fukunishi K, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Evaluation of Developmental Toxicity of Ultraviolet Absorber 2-(3',5'-Di-tert-butyl-2'-hydroxyphenyl)-5-chlorobenzotriazole in Rat. *Drug Chem Toxicol* (in press)
- 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 8 報) - 第 16 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2003 年パリ)、*化学生物総合管理学会誌* (印刷中)
- 松本真理子、高橋美加、平田睦子、広瀬明彦、鎌田栄一、長谷川隆一、江馬 眞、OECD 高生産量化学物質点検プログラム: 第 18 回初期評価会議までの概要、*化学生物総合管理学会誌* (印刷中)
- Hamamura M, Hirose A, Kamata E, Katoku K, Kuwasaki E, Oshikata T, Nakahara Y, Ema M, Hasegawa R. Semi-quantitative immunohistochemical analysis of male rat-specific alpha(2u)-globulin accumulation for chemical toxicity evaluation. *J Toxicol Sci.*, 31: 35-47, 2006.
- Takahashi M, Hirata-Koizumi M, Nishimura N, Ito Y, Sunaga M, Fujii S, Kamata E, Hasegawa R, Ema M. Susceptibility of newborn rats to 3-ethylphenol and 4-ethylphenol compared with that in young rats. *Congenit Anom Kyoto*, 46: 26 -33, (2006)
- Ema M, Hirose A. Reproductive and developmental toxicity of organotin compounds. Golub MS, Ed. *Metals, Fertility, and Reproductive Toxicity*, CRC Press, Boca Raton, 2006, pp. 23-64.
- Hayashi M, Kamata E, Hirose A, Takahashi M, Morita T, Ema M. In silico assessment of chemical mutagenesis in comparison with results of Salmonella microsome assay on 909 chemicals. *Mutat. Res.*, 588:129-135, 2005
- Hirata-Koizumi, M., Hamamura M, Furukawa H, Fukuda N, Ito Y, Wako Y, Yamashita K, Takahashi M, Kamata E, Ema M, Hasegawa R. Elevated susceptibility of newborn as compared with young rats to 2-tert-butylphenol and 2,4-di-tert-butyl phenol toxicity. *Congenit Anom Kyoto*, 45, 146-153, 2005.
- Hasegawa R, Hirata-Koizumi, M., Takahashi M, Kamata E, Ema M. Comparative susceptibility of newborn and young rats to six industrial chemicals. *Congenit Anom Kyoto*, 45, 137-145, 2005.
- 松本真理子、鈴木理子、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 20 回初期評価会議概要, *化学生物総合管理学会誌* 1, 445-453, 2005.
- 高橋美加、平田睦子、松本真理子、広瀬明彦、鎌田栄一、長谷川隆一、江馬 眞、OECD 化学物質対策の動向 (第 7 報) - 第 15 回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議 (2002 年ボストン)、*衛研報告*, 123, 46-52, 2005.
- 松本真理子、田中里依、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 19 回初期評価会議概要, *化学生物総合管理学会誌* 1, 280-288, 2005.
- Hirata-Koizumi, M., Nishimura, N., Enami, T., Wada, H., Ogata, H., Yamamoto, Y., Ito, Y., Kamata, E., Ema, M. and Hasegawa, R. The susceptibility of new born rats to the hepatotoxicity of 1,3-dibromopropane and

1,1,2,2-tetrabromoethane, compared with young rats. *J. Toxicol. Sci.*, 30, 29-42, 2005. Ema M, Hara H, Matsumoto M, Hirose A, Kamata E. Evaluation of developmental toxicity of 1-butanol given to rats in drinking water throughout pregnancy. *Food Chem Toxicol*, 43, 325-331, 2005.

高橋美加、平田睦子、松本真理子、広瀬明彦、鎌田栄一、長谷川隆一、江馬 眞、OECD 化学物質対策の動向(第6報) - 第14回 OECD 高生産量化学物質初期評価会議(2002年パリ)、化学生物総合管理学会誌、1、46-55、2005.

2. 学会発表

中曾根盛利、赤嶺永正、崎山里志、大谷努、眞柄泰基、伊藤雅喜、松本直秀、杉本隆仁、古屋弘幸、高木亮太、太田直輝、町田幹彦. 循環型ナノろ過試験装置を用いた実規模装置の性能予測に関する研究(I) - 運転性能予測の検討 - . 第56回全国水道研究発表会; 2005. 5. 18-20; 米子. 同講演集. P. 286-287.

大谷努、眞柄泰基、伊藤雅喜、中曾根盛利、赤嶺永正、崎山里志、松本直秀、杉本隆仁、古屋弘幸、高木亮太、太田直輝、町田幹彦. 循環型ナノろ過試験装置を用いた実規模装置の性能予測に関する研究(II) - 水質予測及び除去性能の検討 - . 第56回全国水道研究発表会; 2005. 5. 18-20; 米子. 同講演集. P. 288-289.

太田直輝、大谷努、眞柄泰基、伊藤雅喜、中曾根盛利、赤嶺永正、崎山里志、松本直秀、杉本隆仁、古屋弘幸、高木亮太、町田幹彦. ナノろ過法を用いた急速ろ過池洗浄からの浄水直接回収法の検討. 第56回全国水道研究発表会; 2005. 5. 18-20; 米子. 同講演集. P. 290-291.

森真由子、伊藤雅喜. ナノろ過におけるファウリングの原因物質に関する研究 - カルシウムの影響評価 - . 第56回全国水道研究発表会; 2005. 5. 18-20; 米子. 同講演集. P. 292-293

山下孝光、坪上雄一、中西正治: 村野浄水場における粒状活性炭吸着池からの生物漏出対策, 第49回研究発表会(日本水道協会 関西地方支部), p126-129, 2005.

金志勲、千葉信男、許春蓮、許仕栄、秋葉道宏、中野和典、西村修、オゾン処理による同化性有機炭素生成能の測定方法の開発, 第39回日本水環境学会年会, p. 528, 千葉, 3月, 2005.

金志勲、中野和典、千葉信男、宮川徹也、秋葉道宏、西村修、西村哲治、安藤典、オゾン処理による同化性有機炭素とトリハロメタン生成能の解析, 第56回全国水道研究発表会, p. 610~611, 米子, 5月, 2005.

Jihoon Kim, Shunhwa Lee, Shirong Xu, Michihiro

Akiba, Munehiro Nomura, Nobuo Chiba, Kazunori Nakano, Osamu Nishimura, Assimilable organic carbon formation from algogenic organic matter and its variation by chlorination, International Water Association (IWA) - Asia Pacific Regional (ASPIRE) Conference, July, 2005 (Singapore). Osamu Nishimura, Ji-Hoon Kim, Michihiro Akiba, The Problem of Eutrophication Control in Water Resources: Formation of Assimilable Organic Carbon from Algogenic Organic Matter and Its Variation by Chlorine Oxidation, The First International Conference on Sustainable Water Environment: Water Resource and Quality Management, November, 2005 (Taiwan, R. O. C.).

Tetsuji Nishimura, Eri Ayano, Maiko Tahara, Reiji Kubota, Kumiko Shimizu, Masanori Ando and Hiroshi Tokunaga. Identification of chlorinated polycyclic aromatic hydrocarbons. 25th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs. August, 2005 (Toronto, Canada)

泉山信司、八木田健司、藤原正弘、遠藤卓郎: 紫外線照射による *Cyclospora cayatanensis* の発育阻止、日本寄生虫学会東日本大会(東京)、2005年10月

泉山信司、縣 邦雄、遠藤卓郎: 浴槽水における有機物汚染の蓄積に関する考察、環境技術学会(大阪)、2005年9月

泉山信司、遠藤卓郎: 我が国で発生した *Cryptosporidium* 集団感染に関する考察、日本臨床寄生虫学会(東京)、2005年6月

泉山信司、黒木俊郎、押部智宏、辻英高、八木田健司、遠藤卓郎: クリプトスポリジウム症の潜伏期間の再検討、日本寄生虫学会(米子)、2005年4月

黒木俊郎、泉山信司、八木田健司、宇根有美、鳥羽道久、遠藤卓郎: 爬虫類における *Cryptosporidium* の保有状況、日本原生動物学会(山口)、2004年11月

泉山信司、八木田健司、遠藤卓郎、藤原正弘: *Giardia* の紫外線消毒における付着濁質の影響、環境技術学会(大阪)、2004年9月

泉山信司、八木田健司、下河原理江子、朝倉登喜子、遠藤卓郎: 温水環境より分離した *Naegleria* 属アメーバの遺伝子型別、日本寄生虫学会(前橋)、2004年4月

桑原昌紘、越後信哉、伊藤禎彦(2006). 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.

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. *Proc. IWA 10th International Specialised Conference on Watershed and Riverbasin Management*, Calgary, Canada, CD-ROM, 2005.

小椋淳二, 田中航也, 服部晋也, 塩出貞光: 農薬監視における効果的な対象項目選択手法の検討, 第56回全国水道研究発表会講演集, pp. 568~569, 米子, 2005.

相澤貴子, 西村哲治, 鎌田素之, 浅見真理, 小坂浩司: 多地域における水道原水及び浄水中の農薬の検出状況, 第56回全国水道研究発表会講演集, pp. 578~579, 2005.

相澤貴子: 水道における残留農薬の監視について, 第22回農薬環境動態研究会 農薬の多成分一斉分析-需要動向と手法開発-講演集, pp. 9~16, 2005.

鴨志田公洋, 小坂浩司, 浅見真理, 相澤貴子: 有機りん系農薬の塩素処理におけるオキシソソ体への変換について, 第40回日本水環境学会年会講演集, 仙台, p. 368, 2006.

Kamata, M., Aizawa, T., Asami, M. and Magara, Y.: The priority list for selecting pesticide on water quality management, *International Water Association, World Water Congress and Exhibition*, Beijing, China, 2006. (発表予定)

江馬 眞, OECD 発生神経毒性試験ガイドラインについて, 第17回神経行動毒性研究会, 2005.

江馬 眞, 藤井咲子, 松本真理子, 広瀬明彦, 鎌田栄一, 有機スズ化合物の生殖発生毒性: ジブチルスズのマウスにおける胚致死作用, 第7回環境ホルモン学会研究会, 2005.

Ema M, Kimura E, Hirose A, Kamata E. Reproductive and developmental toxicity screening test of 1,3-di-o-tolylguanidine in rats. *EUROTOX 2005*.

Hasegawa R, Hirata-Koizumi M, Takahashi M, Kamata E, Ema M. Susceptibility of new born rats to six chemicals, compared with young rats. *EUROTOX 2005*

江馬 眞, 福西克弘, 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-chlorobenzotriazole のラットにおける発生毒性, 第32回日本トキシコロジー学会学術年会, 2005.

平田睦子, 楠岡 修, 西村信雄, 和田 肇, 緒方英博, 福田苗美, 伊藤義彦, 鎌田栄一, 江馬 眞, 長谷川隆一, 化学物質に対する新生児の感受性に関する研究: 1,3-ジブプロモプロパン及び1,1,2,2-テトラブプロモエタン, 第32回日本トキシコロジー学会学術年会, 2005.

江馬 眞, 原 洋明, 松本真理子, 広瀬明彦, 鎌

田栄一, ブタノールのラットにおける発生毒性の検討, 第45回日本先天異常学会学術集会, 2005. 江馬 眞, OECD 神経発生毒性試験ガイドライン426 (ドラフト) の進捗状況, 第45回日本先天異常学会学術集会 BT シンポジウム, 2005.

Hasegawa R, Hirata-Koizumi M, Takahashi M, Kamata E, Ema M. Susceptibility of newborn rats to six chemicals, compared to young rats. 42nd Congress of European Societies of Toxicology, Cracow, Poland. September, 2005.

Hirose A, Aisaki K, Hara H, Takahashi M, Igarashi K, Kanno J, Ema M. DNA Micro-Array Analysis of Gene Expressions in Mice Uterus Exposed with Dibutyltin Chloride during Implantation. The 25th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs (DIOXIN 2005). Toronto, Canada, Aug, 2005.

Hirose A, Kanno J, Tokunaga H, Nakazawa K, Honma M, Inoue T. Initial investigation on the assessment of nanomaterial safety by the Japanese MHLW. 2nd International Symposium on Nanotechnology and Occupational Health, Minneapolis, USA, Oct. 2005.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

クリプトスポリジウム並びにジアルジア検出用 Lamp プライマー (出願予定)

ハイドロタルサイト様化合物, 臭化物イオン交換体, 及びその利用 PCT/JP2006/301368