

平成16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16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17（2005）年3月

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16年度総括・分担研究報告書

主任研究者 眞柄泰基

平成17（2005）年4月

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 眞柄 泰基	1
II 分担研究報告書	
1. 無機物質に関する研究 伊藤 雅喜、国包 章一	18
2. 一般有機物質に関する研究 安藤正典、秋葉道宏、西村哲治	23
3. 微生物に関する研究 遠藤卓郎	32
4. 消毒副生成物に関する研究 伊藤禎彦、亀井 翼、浅見真理	43
5. 農薬に関する研究 相澤貴子、西村哲治、松井佳彦、浅見真理	46
6. 水道水質管理に関する研究 国包 章一、米沢 龍夫	54
7. リスク評価に関する研究 江馬 眞、長谷川隆一、広瀬明彦	61
III 研究成果の刊行に関する一覧表	69
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。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、アルミニウムを 0.1 mg/l 以下にするには困難な浄水施設が存在することが明らかとなった。水道用塩化ビニル管から有機スズ化合物の溶出特性を明らかにした。また、ニッケルおよび水銀についても検討した。

一般有機物質については、TOCは過マンガン酸カリウム消費量の約 1/3 の濃度値になることを明らかにした。カビ臭の原因物質である 2-MIB およびジェオスミンは生活排水処理施設放流水中に存在することが明らかとなった。ダム・湖沼など停滞水域を水源とする水道ではピコプランクトンが原水中に存在し、浄水処理での除去率は 90%程度であることが明らかとなった。また、オゾン・活性炭吸着という高度浄水処理施設の処理水中に輪虫等原生動物が漏洩して存在することが明らかとなった。

微生物については、大腸菌は月 1 回検査し測定することとなっているが、その際検出されないということは毎日検査した場合 92%検出されないということになるという統計学的な意味を示した。クリプトスポリジウム等耐塩素性病原微生物についての検査精度を向上させるため、原虫類の微細構造と微分干渉顕微鏡の操作についてのマニュアルを作成した。水道水中の従属栄養細菌の意味を明らかにする目的で、PCR/DGGE 法により細菌叢の構造解析法を確立した。

消毒副生成物については、オゾン処理の副生成物である臭素酸について、その低減化処理操作を明らかにした。水道水中のトリハロメタンは浴室内で揮散し、吸気暴露されることを明らかにした。NDMA の分析法を確立し、遊離塩素処理ではその生成量が少ないと思われるデータが得られた。そのほかハロ酢酸等の消毒副生成物やエストロゲン様活性の塩素処理による挙動についても検討した。

農薬については、全国の 11 水道事業体における今年度の農薬実態調査を行い、原水から 98 種類、浄水から 31 種類の農薬が検出された。全体の検出率は、原水で約 10%程度、浄水で約 2%であった。また、有機リン系農薬は塩素処理によりオキソン体が生成される、水道原水中でも存在することが明らかとなった。ヨウ化 5-メチル-2-テノイルチオコリン (MTTC) を用いた *in vitro* 手法により、有機りん系農薬およびそのオキソン体のコリンエステラーゼ (ChE) 活性阻害に対する複合作用について検討した。オキソン体と変化することで原体に比べ ChE 活性阻害作用が増強した。また、ChE 活性阻害能の強弱にかかわらず複数の有機りん系農薬のオキソン体が共存すると、理論値とほぼ一致する ChE 活性阻害の相加作用がみられた。水津管理目標設定項目 101 農薬以外にも水道原水中に存在する農薬があることが明らかとなった。

水道水質管理については、「水安全計画」を導入するための知見を解析し、特に

危害因子の同定を検討した。給水栓中の鉛については、給水管に鉛管を使用している場合には水質基準を上回ることが明らかとなった。また、水道水のカルキ臭は水道利用者にとって関心が高く、水道水に対する不信感の要因であることが明らかとなった。

リスク評価については、アクリル酸、酢酸ビニル、2,4-ジアミノトルエン、2,6-ジアミノトルエン、N,N-ジメチルアニリン、トリエチレンテトラミン、ヒドラジン、1,2-ブタジエン、1,3-ブタジエン、アセトアルデヒドの10物質について毒性情報を収集し、整理すると共に健康影響評価値の設定が行えるかどうかについて検討した。その結果、アクリル酸および酢酸ビニルに関しては、限定的ながら現状の給水装置の構造及び材質の基準で安全性が担保されることが考えられるが、その他の8物質については、情報が不足しているか、あるいはより詳細な今後の検討が必要であることがあきらかとなった。

分担研究者氏名

亀井 翼	北海道大学大学院工学研究科 助教授
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
米沢 龍夫	(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 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 主任研究管
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 主任研究官
安藤 正典	国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 部長
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	岐阜大学工学部 社会基盤工学科 教授
浅見 真理	国立保健医療科学院 水道工学部 生活衛生適正技 術開発主任研究官

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等をおこなった。

分科会およびそれぞれの課題はつぎのようである。

①無機物質に関する研究

アルミニウム、セレン、フッ素、ホウ素、ニッケル、モリブデン、バリウムの水道における存在状況及び処理性に関する研究
水道用資機材からの有機スズ化合物等の溶出試験方法に関する研究

②一般有機物質に関する研究

全有機炭素(TOC)、生物資化性有機物質(AOC)、塩化ビニル、ピコプランクトンや不快生物の水道における存在状況及び処理性に関する研究
水道用資機材からの異臭味を含めた有機物質の溶出試験方法に関する研究

③微生物に関する研究

従属栄養細菌、腸管系ウイルス及び耐塩素性微生物について、水道における挙動を把握するための検査法、試料の保存方法及びその動態に関する研究

④消毒副生成物に関する研究

臭素系消毒副生成物、ニトロソジメチルアミン等の存在状況及び揮発性消毒副生成物の暴露量評価に関する研究

⑤農薬に関する研究

農薬類の水質検査のプライオリティリストの合理的な見直し方法に関する研究
有機リン系農薬の水道におけるオキソソニ

の挙動とリスク評価に関する研究

⑥水道水質管理に関する研究

水道水安全管理計画並びに水源及び給配水系における合理的な水質モニタリングに関する研究

水道水の快適性に関係するカルキ臭の原因及び低減化対策に関する研究

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のリスク評価に関する研究

⑧総括研究

上記各課題に関する研究成果のとりとめ、水質基準改正のための科学的知見の総括及び基準改正のためのクライテリアの提案を行うこととしているが、来年度以降各分担研究の進捗に合わせて行うこととしている。

C. 結果

①無機物質に関する研究

水道水中のアルミニウムの制御に関する研究では、平成12年～14年度におけるデータ解析を行った。その結果、浄水中のアルミニウム濃度が0.1mg/Lを超過もしくは超過の恐れがある浄水場では、アルミニウムの基準値が引き下げられた場合、対応が困難あるいは難しいとしたものが80%以上となった。

水道用硬質塩化ビニル管等水道用資機材中に含まれる有機スズ化合物の分析方法、試験方法についてこれまでの研究成果を再検討し今後の課題を抽出した。管の浸出試験操作ではコンディショニング初期に比較的高濃度の有機スズ化合物の溶出が認められ、期間が長くなるほど溶出濃度の低下が見られた。

WHO 飲料水水質ガイドラインの逐次改訂項目としてニッケルと水銀についてのドラフトについて検討した。

②一般有機物質に関する研究

水質基準の改正における検査方法では、TOC 計による方法を有機物量の検査方法として採用した。過マンガン酸カリウム消費量 10mg/l の水準は現行の TOC 計による基準値 5mg/l と対応していない可能性があり、過マンガン酸カリウム消費量 10mg/l に見合った TOC の基準値に見直す必要があると考えられることから、過マンガン酸カリウム消費量と TOC との関連性をさらに追跡調査することとした。水道原水および環境水における過マンガン酸カリウム消費量と TOC の関係を検討すると、TOC は過マンガン酸カリウム消費量の約 1/3 であると推定され、TOC として 3~4mg/l となる結果が得られた。しかしながら、水道水ではその値が TOC の検出下限値に近いことが明らかとなった。

揮発性有機物の一つである塩化ビニルの検出状況を検討した結果、水道原水あるいは塩素処理水において僅かに検出されていることがわかった。

カビ臭物質 2-MIB、ジオスミンの発生源としての生活排水処理施設を評価するため実態調査を行った。生活排水処理施設として、下水道終末処理施設（2ヶ所）、農業集落排水処理施設（2ヶ所）を選定し、それぞれの施設の放流水中の 2-MIB、ジオスミンを測定した。放流水中の 2-MIB の濃度は最大 37 ng/L、ジオスミンの濃度は 5 ng/L 以下であった。

水道水源におけるピコプランクトン出現

状況を把握するため、平成 16 年 1~12 月までの 1 年間にわたり（頻度：1 回/月）相模川水系の 10 地点で最大出現数とその時期、季節変動を調査した。ピコプランクトン出現細胞数は、各調査地点ともに夏季の高水温期（6~9 月）に増加した。

2 つの浄水場（A：凝集沈殿+砂ろ過+粒状活性炭、B：凝集沈殿+オゾン+粒状活性炭+砂ろ過）を対象として、原水、粒状活性炭処理水、ろ過水の輪虫の個体数を測定した。輪虫出現個数は 6~9 月に多くなる傾向が見られた。また、粒状活性炭処理水で増加したことから、その発生は粒状活性炭層内で繁殖するものと考えられた。粒状活性炭処理水での最大出現個数は、206 個/L（浄水 0.8 個/L）であった。

③微生物に関する研究

水質基準では毎月 100ml の水の大腸菌を調べており、一度も検出されないことが規定されている。そこで、微生物（大腸菌）の測定値と水中の（大腸菌）濃度の関係について検討した。そこで、日本の 8 河川 9 定点における年間の大腸菌群の濃度（日本河川水質年鑑より）をもとに、対数値の標準偏差を求めたところ 0.66 (\log_{10}) 程度であった。これから、真の大腸菌濃度の平均値は 0.12cfu/100ml 以下であることといえる。

クリプトスポリジウム等に関する暫定対策刺針が出されてより、耐塩素性病原微生物の検査が行われている。しかしながら、蛍光抗体染色ならびに DAPI による核染色の結果に基づいて原虫類の検出が行われている実態が存在し、本検査法の精度を向上させなければならない。それには微分干渉

顕微鏡の操作法に不慣れなこと、あるいはクリプトスポリジウム・オーシストおよび、ジアルジア・シストの微細構造に対する認識の低さが原因しているものと考えられる。そこで、これら原虫類の微細構造と微分干渉顕微鏡の操作法についてのマニュアルを作成した。

水道水の病原微生物汚染は糞便等の混入に限らず、浄水処理から配管系に至る系内で発生するバイオフィーム由来の微生物汚染 (*Legionella* 属菌等を含む) が新たに注目されている。そこで、従属栄養細菌の動的变化を指標として、配水系を含む水道施設の微生物学的な健康度評価システムの構築について研究を行った。その結果、PCR/DGGE 法 (Denaturing gradient gel electrophoresis) 遺伝子解析方法を用い、浄水処理の各工程設備の前後 (上流と下流) をはさんで従属栄養細菌の量的・質的变化を可視化出来ることが明らかとなった。

④消毒副生成物に関する研究

オゾン処理で生成する臭素酸は溶存オゾン濃度を 0.1 mg/L 未満で処理すれば、臭化物イオン濃度が 0.15 mg/L 程度であっても臭素酸を 0.01 mg/L 以下に制御可能であった。また、pH を 7.0 から 6.8 に下げることによって 20% 低減、6.4 で半減でき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濃度について調査した。最大値が 419 mg/L、最小値が 5.1 mg/L、平均値が 63.8 mg/L であり、実測有効塩素濃度の注入率を 1 mg/L とした場合に 0.04 µg/L-10.5 µg/L に相当する臭素酸の増加の可能性があることが明らかとなった。

浴室空气中 THM 濃度の測定を行った。その結果シャワー入浴では浴槽入浴よりも 10-30 倍高い濃度の THM に曝露されていることが明らかになった。給水栓中のクロロホルム濃度を 10 µg/L と仮定すると吸入曝露量は経口曝露量 (20 µg) の 5-300% となる。

この他、消毒副生成物とエストロゲン様活性の低減について E260 の除去率が有効であることを塩素処理について示した。また、塩素処理水の染色体異常誘発性に占める有機臭素化合物の寄与率は、大都市下流域や臭化物イオン濃度が高い地域では 50% を超過する可能性を染色体異常試験と全有臭素 (TOBr) 分析により示した。

⑤農薬に関する研究

都道府県別の農薬原体出荷量情報を把握するために、農薬要覧 2004 における都道府県別農薬製剤出荷量及び、各農薬製剤の農薬原体含有率等の情報から都道府県別農薬原体出荷量情報を算出した。また、農薬の使用用途ごとにも農薬原体出荷量を算出した。

全国 11 水道事業体が監視農薬プライオリティリストに基づき選定した農薬を対象とし、4 月から 10 月に調査を実施した。調査対象となった事業体では、のべ 155 種類の農薬が測定されており、測定項目数が最も多い事業体で 130 項目、最も少ない事業体で 54 項目あり、測定項目が 100 項目前後の事業体と 70 項目前後の事業体に二分されていた。ほとんどの事業体で原水と浄水について、同じ農薬の測定を行っていた。

検出最大濃度は原水において、ピロキロン、ホセチル、ペンタゾンなどが数 µg/L、浄水では、ホセチル、プレチラクロール、

ブロモブチドが原水での最大検出濃度と同等の高い値を示したが、これ以外の農薬は1 μ g/L以下の値であった。一方、農薬の毒性を考慮した個別農薬評価値について見ると、原水では、フェンチオンスルホキシドが1箇所0.780という高い値を示し、これ以外にもダイアジノン、モリネート、メフェナセツが0.2以上の値を示した。浄水では、ジクワットが0.2を示したが、それ以外は0.1を下回った。総じて個別農薬評価値が高い農薬は、検出濃度はそれほど高くないが、評価値が低いため、結果として個別農薬評価値が高い値を示す傾向にあった。今後、評価値を考慮した測定農薬の選定も必要であると考えられた。また、各事業体においてΣ値に対する寄与が最も高い農薬として、イプロベンホス、フェンチオンスルホキシドが挙げられた。

全国12カ所の水道原水と浄水を対象として、LC/MS、LC/MS/MSにより、ウレア系、スルホニルウレア系、有機りん系農薬およびそれら有機りん系農薬のオキソン体20種の存在実態を調査した。これらの農薬の中で、原水および浄水ともジウロンが最も検出率が高く（原水：45.7%；227試料、浄水：22.1%；172試料）、全国的に広範囲に使用されていることと推測された。今回の測定対象農薬の中でもジウロンは浄水工程で十分な除去が難しく、浄水工程の上で挙動の把握に注意を要する農薬の一つであることが明らかとなった。有機りん系農薬のオキソン体の原水および浄水検出率は、原水中のプロチオホスオキソンが15.9%であったことを除き10%未満と比較的低いことが明らかとなった。しかし、原水中からも検出されることから、環境中で生物によ

る代謝や光などの作用による酸化反応によりオキソン体が生成していることが明らかとなった。

有機りん系農薬の毒性は一般にオキソン体が、神経伝達に関与しているアセチルコリンエステラーゼの機能を阻害することによることが知られている。そこで、ヨウ化5-メチル-2-テノイルチオコリン(MTTC)を用いた*in vitro*手法を確立し、有機りん系農薬のコリンエステラーゼ(ChE)活性阻害に対する複合作用について検討した。複合曝露評価として、ChE活性阻害能の強いクロルピリフォスオキソン、イソキサチオンオキソン、ダイアジノンオキソン、DDVP, DDP, ChE活性阻害能の弱いイソフェンフォスオキソン、トリクロフォスメチルオキソン、ブタミホスオキソン、IBP, アセフェートを2種類もしくは3種類、共存させると、相乗作用はみられなかったが、理論値とほぼ一致する相加作用を示すことが明らかになった。

農薬の流出量は水域によってかなり異なるが、その順位は、水域によらず同じであった。グルホシネート、パラコート及びPHCは101農薬の対象外であるが、流出量が比較的多いと考えられた。モデルシミュレーションにより河川水中濃度の時間変化の幅を予測することができた。除草剤チオベンカルブの結果では、実測値が予測値の幅の中にほぼ収まっており、シミュレーションの成功例を示すことができた。農薬濃度は、散布量、散布場所、散布時期（同一原体であっても商品によって異なる）や降雨などによって増減するが、シミュレーションはこれをほぼ忠実に予測していることが明らかとなった。

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¹⁾における「水安全計画」の考え方につき整理した。この「水安全計画」においては、水源から給水栓までの水道システム全体を通じた潜在的な危害因子 (hazard) の同定と起こり得る危害の評価に基づき、水道システム監視計画の策定、体系的な水質管理の実施、現状改善策の明確化、異常時対応方策の確立、その他種々の支援計画の策定などについて盛り込むことが求められている。

また、このような「水安全計画」に関連して、ニュージーランド²⁾では、安全で良質な水道水の連続的な供給が、どの程度まで確実に行えているかを公的に評価するため、保健省が水道事業体の公衆衛生面からの格付けを実施している。

8事業体計29地点において測定された鉛濃度について解析をした。全地点を通じての鉛濃度の最大値は0.008mg/Lであり、いずれも水質基準の0.01mg/L以下を満たしていた。各採水地点において布設されている鉛管の口径は13mm~40mmの4種、延長は1.1~9.2m、布設経過年数は16~43年であった。

水道水の消毒に利用されている塩素は塩素臭を呈し、水道利用者の不快感の原因の一つとなっている。そこで、塩素臭についての水道利用者についての調査結果を解析した。その結果、A水道事業体ではおいしくないと感じる第1の理由であり、B水道事業体では水道水を不安と感じる第1の理由であった。また、C水道事業体では水道水質の関心事項として、「塩素臭(カルキ臭)」が「受水槽の衛生管理」や「トリハロメタンなどの微量有機物質」を大きく上回

っている。また、「残留塩素」についても半数以上の人が関心を抱いている。いずれの事業体でも、給水栓の残留塩素濃度は0.1mg/Lを下回らないよう制御されており、このような条件において半数以上の人は塩素臭(カルキ臭)を感じるとしている。また、C水道事業体の調査結果では、「高度浄水処理を導入したことで水道水の水質がよくなった」と評価する人が半数以上に上っている。よくなったと評価した人に対して水質が改善された具体的理由を尋ねた結果では、90%以上の方が「臭い(カルキ・かび臭など)がなくなった」と回答しており、高度浄水処理は水道水の異臭を低減する上で極めて有効な処理方法であることが明らかとなった。

⑦リスク評価に関する研究

アクリル酸、酢酸ビニル、2,4-ジアミノトルエン、2,6-ジアミノトルエン、N,N-ジメチルアニリン、トリエチレンテトラミン、ヒドラジン、1,2-ブタジエン、1,3-ブタジエン、アセトアルデヒドの10物質について毒性情報を収集し、整理すると共に健康影響評価値の設定が行えるかどうかについて検討した。

DEHPによるげっ歯類の(ペルオキシソーム増殖に関連する)肝腫瘍はヒトを含む他の動物種には関連しないと結論づけた(Group 3)ので、ラットの試験(Poon et al., 1997)における精巣毒性のNOAEL 3.7 mg/kg/dayとマウスの試験(Lamb et al., 1987)の生殖毒性のNOAEL 14 mg/kg/dayから、種差および個体差のUF:100を適用し、TDIを40~140・g/kg/dayとした。

トルエンは1250と2500 mg/kg/dayで海

馬の歯状回と海馬角における神経細胞壊死からなる脳での神経病理学的影響を示し、この影響に基づく NOAEL 625 mg/kg/day (週 5 日での値。週 7 日なら 446 mg/kg/day) を用い、UF に 5000 (種差個体差の UF:100 に、短期間試験による 5 と神経病理変化による 10 を付加) を適用して、TDI : 0.0892 mg/kg/day が導かれた。

塩化ビニルは低用量 (0.014 mg/kg/day) までおこなった Ti1 ら (1991) の試験結果を踏まえ、雌ラットの肝細胞癌の用量反応発生率のみを採用し、(PBPK) モデルによる変換後、LMS モデルにより 10^{-5} リスクとして 0.0875 mg/kg/day を算出した。

有機スズについては、ヒトへの影響として吸収・分布・代謝および排泄について検討した上で、短期毒性、長期毒性および発ガン性、生殖および発生毒性、免疫毒性、遺伝毒性について文献をレビューした。その結果、有機スズ化合物については、生殖発生毒性、ついで免疫毒性に関する研究が多く報告されているが、その他の一般毒性、特に長期曝露に関する情報はほとんどない。生殖発生毒性および免疫毒性に関しては、ブチルあるいはフェニルの三及び二置換体が同レベル曝露で影響を示すのに対して、モノ置換体の毒性は弱いようである。さらに、胎児期および離乳前の投与は、より定量的な毒性発現を引き起こしていることも示された。また、メチルおよびエチルなどの低級アルキル置換体は、それほど多くの報告はないが、生殖発生毒性および免疫毒性よりも神経毒性を示す傾向が高いことが示唆された。

D. 考察

①無機物質に関する研究

浄水中のアルミニウム濃度の高い事業体へのアンケート調査では、水源のアルミニウム濃度の影響は見られなかった。しかし、新たな水源としてのダム (湖沼) やダムから放流され河川自流水と混合した表流水を水源としたため、浄水処理において様々な影響を受けている。

北海道・東北地方では低水温、低 pH、高濁度、関東以南では植物プランクトン、高濁度、高 pH 等の影響を受け、特に、湖沼系の事業体では植物プランクトンの発生に伴う過閉塞、生物漏出抑制等のために凝集操作に問題が起こっている。現在の水道施設は多くが 1960~70 年代に整備されているため、このままでは十分な対応が難しい施設も多いものと考えられる。

形態別有機スズ化合物の分析方法として、誘導体化-SPME (ヘッドスペース) -GC/MS 法と誘導体化-溶媒抽出-GC/MS 法で分析ができることを明らかにしているが、検討に参加した事業体によって測定にばらつきがあり、操作手順を含め分析方法を確立する必要がある。汎用性のある誘導体化-溶媒抽出-GC/MS 法はメチル系有機スズ化合物が濃縮操作で揮散することから、現状では微量分析に不適であり、今後の検討課題である。

コンディショニング期間の違いによる溶出濃度に差が出ることも確認されており、実際の水道水の試験方法としてどのような溶出試験 (時間、繰り返し数など) 手順が最適であるか検討する必要がある。

ニッケルの改定案は体重 1kg あたりの TDI が 5 μg から 1.1 μg への変更に伴うものである。ただし改定案ではニッケルに敏

感な固体の保護もあわせて考慮することをコメントとして追加している。水銀に関する改定案では汚染されていない飲料水中の水銀はほぼすべてが2価水銀(Hg²⁺)の形態であると考えられ、飲料水からの有機水銀化合物、特にアルキル水銀を摂取する直接的なリスクはないものと考えている。これらの結果をふまえて、国内における実態調査が必要であるとする。

②一般有機物質に関する研究

TOCは過マンガン酸カリウム消費量の1/3程度の値であることが明らかとなったが、水道水ではその値がTOCの検出下限値に近いことが明らかとなった。そのため、さらに水道原水・環境水と水道水の全有機炭素量と過マンガン酸カリウム消費量の関係について統計的解析を行っていく必要があると考えられる。

塩化ビニルモノマーの生成量は、塩素との接触時間が長いほど、残留遊離塩素濃度が高濃度であるほど、また反応温度が高いほど、増加する傾向が認められた。また、塩化ビニルモノマー生成の反応は、トリハロメタン生成に比べ長時間直線的に延びる傾向が認められ、その反応速度は遅いと推測された。

カビ臭物質である2-MIBおよびジオスミンの発生源として、藻類だけではなく生活排水処理施設が考えられている。下水道終末処理施設(2ヶ所)の放流水中の2-MIBおよびジオスミンの最高検出濃度は、13 ng/L、1 ng/L以下(n=1)であった。一方、農業集落排水処理施設では、それぞれ37 ng/L、5 ng/L以下であった。今後、さらに調査が必要であると考えられる。

浄水場内の着水井(原水)、沈殿水、ろ過水のピコプランクトン細胞数、濁度を測定した。原水でピコプランクトン細胞数が10⁵個/mLを超えた回数は、全36回の測定中10回、特に7月22日~10月27日の期間(多量存在期間)は、19回の測定中7回であった。各処理過程におけるピコプランクトンの原水に対する残存率(%)は、全期間においては凝集沈殿で45.5%、ろ過水で31.7%、多量存在期間では、凝集沈殿で3.5%、ろ過水39.6%であった。全期間をとおしてピコプランクトン細胞数と濁度の間には相関が見られ、多量存在期間では比較的相関性の高い直線関係が見られた。その関係式は、濁度 = 1.3 × 10⁻⁶X + 0.047 (r²=0.62)であった。

また、2つの浄水場(A:凝集沈殿+砂ろ過+粒状活性炭、B:凝集沈殿+オゾン+粒状活性炭+砂ろ過)を対象として、原水、粒状活性炭処理水、ろ過水の輪虫の個体数を測定した。輪虫出現個数は、A、B浄水場ともに輪虫が6~9月に多く存在する傾向が見られた。また、輪虫が粒状活性炭処理水で増加したことから、その発生は粒状活性炭層内で繁殖するものと考えられた。このようなことから水道水中の不快感に関する調査は今後とも行うべきと考える。

③微生物に関する研究

大腸菌の検査方法で検出されないということは「年間365日の測定を行ったとして、335日以上の不検出」と同じ保証濃度と計算されることが明らかとなり、今後は検査頻度と検出確率から水道水の汚染指標である大腸菌の検査方法についてさらに検討を進める必要があると考える。

クリプトスポリジウム等の検査方法の精度向上のためのマニュアルを作成し、水道水質検査機関でこれが活用されることを期待される。さらに、ヒトに感染性を有するかどうかを判定できる検査法を確立する必要があると考える。

従属栄養細菌の PCR/DGGE 法による遺伝子解析方法を用い、浄水処理の各工程設備の前後（上流と下流）をはさんで従属栄養細菌の量的・質的变化を可視化出来ることが明らかとなった。また、標準的に存在する従属栄養細菌を用いて遺伝子マーカーの作製を行った。この方法により生物活性炭処理における管理指標への応用などが期待できる。また、さらに死菌の検出を避ける目的で DNase 処理あるいは、RT-PCR-DGGE 法の検討を進める必要があると考える。

④消毒副生成物に関する研究

オゾン処理によって生成する臭素酸は、溶存オゾン濃度や pH を制御出来ることが明らかとなったが、さらに詳細な検討が必要であると考えられる。次亜塩素酸ソーダ中の臭素酸については保存期間や保存温度によって変化するものと考えられるのでさらに調査を進める必要がある。

ハロ酢酸等の塩素化副生成物については強化凝集により低減率が高められるという結果が得られたが、さらに検討が必要である。

入浴にともなう THM 曝露量は経口曝露量に対して無視できず、さらなる検討が必要である。NDMA の分析には化学イオン化法 (CI) が適していることがわかった。規制対象のハロ酢酸等その他の消毒副生成物については、十分に制御されていた。消毒副生

成物の生成量の指標として E260、安全性の指標として TOBr の有効性・重要性を示したものと考えられる。

⑤農薬に関する研究

農薬登録情報検索システムより農薬製剤に使用作物別の情報についても収集し、この電子情報と合わせることで、特定の作物を対象とした農薬原体出荷量の算出が可能となったものとする。

農薬の毒性を考慮した個別農薬評価値について見ると、原水では、フェンチオンスルホキシドが 1箇所でも 0.780 という高い値を示し、これ以外にもダイアジノン、モリネート、メフェナセツが 0.2 以上の値を示した。浄水では、ジクワットが 0.2 を示したが、それ以外は 0.1 を下回った。総じて個別農薬評価値が高い農薬は、検出濃度はそれほど高くないが、評価値が低い場合、結果として個別農薬評価値が高い値を示す傾向にあった。今後、評価値を考慮した測定農薬の選定も必要であると考えられた。また、各事業体において Σ 値に対する寄与が最も高い農薬として、イプロベンホス、フェンチオンスルホキシドが挙げられる。また、農薬の使用用途別に Σ 値への寄与を見た場合、原水において、ほとんどの事業体では、除草剤の寄与が高く、特に測定前期（4月から7月頃）において寄与が高い傾向が示された。夏期には、殺虫剤、殺菌剤の Σ 値への寄与が高く、測定後期においては除草剤の寄与はかなり小さくなるものと考えられる。

農薬原体と共にそのオキシソンの水道原水およびその浄水工程における挙動を把握することが重要であることが明らかとなっ

た。また、この結果からプロチオホスは、環境中で比較的オキソン体になりやすいと考えられる。その他、MEP オキソンおよびダイアジノンオキソンは浄水中の検出率が原水中より高く、浄水工程過程で生成すると共に除去性の検討が必要である。

有機りん系農薬およびそのオキソン体の複合曝露評価として、ChE 活性阻害能の強いクロルピリフォスオキソン、イソキサチオンオキソン、ダイアジノンオキソン、DDVP, DDP, ChE 活性阻害能の弱いイソフェンフォスオキソン、トリクロフォスメチルオキソン、ブタミホスオキソン, IBP, アセフェートを2種類もしくは3種類、共存させると、相乗作用はみられなかったが、理論値とほぼ一致する相加作用を示すものと考えられる。

農薬の流出量は水域によってかなり異なるが、その順位は、水域によらず同じであった。グルホシネート、パラコート及びPHCは101農薬の対象外であるが、流出量が比較的多いと考えられた。ADI値を考慮した流出リスク指標においては、ジクワット、パラコート、グルホシネートが上位3位を占めており、これらの農薬の実態把握が重要と考えられた。

農薬の流域流出解析モデルによる農薬の河川中濃度の時間変化予測を行ったところ、濃度変化や予測濃度に基づく農薬のランキングは、おおむね観測結果と一致していることから解析モデルの有用性が明らかになったものとする。

⑥ 水道水質管理に関する研究

世界各国で、耐塩素性原虫クリプトスポリジウムによる水道水の汚染が大きな問題

として取り上げられるようになったことを受けて、WHO 飲料水水質ガイドライン第3版では水道水の水質管理における予防保全の重要性を強く訴えている。「水安全計画」はまさにこのような考え方に基づいて、水道水の安全確保を図るための有力な手法として開発されたものである。「水安全計画」で求められている個々の水質管理手法等は取り立てて目新しいものではないが、これらを新たな枠組みの中で統合した上で「水安全計画」として水質管理計画を策定し、それに基づいて計画的に業務を実施することが今まさに求められている。本年度に整理した情報をもとに、次年度以降は、そのわが国における具体的な適用手法につき検討を進める予定である。

給水栓水の鉛濃度測定手法については、本年度の調査結果等につき詳細な検討を行うとともに、より多くのデータを収集して、鉛濃度を支配する要因や適切な試料採取方法につき検討する必要がある。

カルキ臭という言葉は専門用語ではなく、明確な定義もないが、そのおおよその意味は、「塩素消毒に伴って生じる水道水に特有の不快感な臭気」として理解してよいと考えられる。水道においては、給水栓中に一定濃度以上の残留塩素を保持することが義務づけられており、そのため条件によっては給水栓水の残留塩素濃度がかなり高くなることのあることや、消毒のために注入した塩素と水道原水中の様々な物質が反応して、その結果生成した物質によっては不快な臭気を発生すること等から、水道水のカルキ臭は水道水の快適性を確保する上で大きな問題であり、また、水道水の安全性に対する利用者の不信感を招く主要な要因ともな

っている。このようなことから、さらに水道水の塩素臭（カルキ臭）の原因、塩素と反応して塩素臭（カルキ臭）を強める物質が存在するかどうかや水道に対する利用者の信頼確保を目的とした塩素臭（カルキ臭）の低減化方策をさらに検討しなければならないと考える。

⑦リスク評価に関する研究

TDI と VSD の算出のための一般原理は日本と WHO で同じであるが、選択した重要なエンドポイントの違いが基準値の差異を導いた。

日本の評価では、DEHP の精巢毒性とトルエンの神経毒性が、WHO での肝毒性の代わりに、TDI 算出に用いられた。塩化ビニルの場合と同じ試験が使用されたが、発がんリスク評価についての解釈が異なり、適用された腫瘍性エンドポイントが異なった。ヒトの健康評価のための実験動物における悪影響がヒトへの適切な外挿を毒性の性質やその機構などから考慮する必要があり、最新の日本の決定は前述のように最近の科学的考慮に基づくのでより適切と考えられる。また、TDI からの基準値の算出に関しては、飲料水経由の TDI に対する暴露寄与率も重要である。DEHP の場合、重要なエンドポイントは異なるが日本と WHO で推定された TDI または NOEL のレベルは同様であったが、WHO の寄与率が日本の寄与率の 10 分の 1 であったので、基準値は一桁程度異なっている。

寄与率は、物理化学的性質と同様に環境状況にも依存し、水道設備で供給される飲料水のリスクマネジメントであれば、地域的な暴露評価がそれぞれの化学物質の寄与

率の推定に必要である。しかしながら、ミネラルウォーターとして瓶詰めされた多くの飲料水が世界的に流通し、その化学物質の規制値は飲料水ガイドラインに基づいている。従って、化学物質リスク評価の国際的協調も将来的により必要とされるであろう。

E. 結論

無機物質については、アルミニウムを 0.1 mg/l 以下にするには困難な浄水施設が存在することが明らかとなった。水道用塩化ビニル管から有機スズ化合物の溶出特性を明らかにした。また、ニッケルおよび水銀についても検討した。

一般有機物質については、TOC は過マンガン酸カリウム消費量の約 1/3 の濃度値になることを明らかにした。カビ臭の原因物質である 2-MIB およびジエオスミンは生活排水処理施設放流水中に存在することが明らかとなった。ダム・湖沼など停滞水域を水源とする水道ではピコプランクトンが原水中に存在し、浄水処理での除去率は 90% 程度であることが明らかとなった。また、オゾン・活性炭吸着という高度浄水処理施設の処理水中に輪虫等原生動物が漏洩して存在することが明らかとなった。

微生物については、大腸菌は月 1 回検査し測定することとなっているが、その際検出されないということは毎日検査した場合 92% 検出されないということになるという統計学的な意味を示した。クリプトスポリジウム等耐塩素性病原微生物についての検査精度を向上させるため、原虫類の微細構造と微分干渉顕微鏡の操作についてのマニュアルを作成した。水道水中の従属栄養

細菌の意味を明らかにする目的で、PCR/DGGE法により細菌叢の構造解析法を確立した。

消毒副生成物については、オゾン処理の副生成物である臭素酸について、その低減処理操作を明らかにした。水道水中のトリハロメタンは浴室内で揮散し、吸気暴露されることを明らかにした。NDMAの分析法を確立し、遊離塩素処理ではその生成量が少ないと思われるデータが得られた。そのほかハロ酢酸等の消毒副生成物やエストロゲン様活性の塩素処理による挙動についても検討した。

農薬については、全国の11水道事業体における今年度の農薬実態調査を行い、原水から98種類、浄水から31種類の農薬が検出された。全体の検出率は、原水で約10%程度、浄水で約2%であった。また、有機リン系農薬は塩素処理によりオキソン体が生成される、水道原水中でも存在することが明らかとなった。ヨウ化5-メチル-2-テノイルチオコリン(MTTC)を用いたin vitro手法により、有機りん系農薬およびそのオキソン体のコリンエステラーゼ(ChE)活性阻害に対する複合作用について検討した。オキソン体と変化することで原体に比べChE活性阻害作用が増強した。また、ChE活性阻害能の強弱にかかわらず複数の有機りん系農薬のオキソン体が共存すると、理論値とほぼ一致するChE活性阻害の相加作用がみられた。水津管理目標設定項目101農薬以外にも水道原水中に存在する農薬があることが明らかとなった。

水道水質管理については、「水安全計画」を導入するための知見を解析し、特に危害因子の同定を検討した。給水栓中の鉛につ

いては、給水管に鉛管を使用している場合には水質基準を上回ることが明らかとなった。また、水道水のカルキ臭は水道利用者にとって関心が高く、水道水に対する不信感の要因であることが明らかとなった。

リスク評価については、アクリル酸、酢酸ビニル、2,4-ジアミノトルエン、2,6-ジアミノトルエン、N,N-ジメチルアニリン、トリエチレンテトラミン、ヒドラジン、1,2-ブタジエン、1,3-ブタジエン、アセトアルデヒドの10物質について毒性情報を収集し、整理すると共に健康影響評価値の設定が行えるかどうかについて検討した。その結果、アクリル酸および酢酸ビニルに関しては、限定的ながら現状の給水装置の構造及び材質の基準で安全性が担保されることができると考えられるが、その他の8物質については、情報が不足しているか、あるいはより詳細な今後の検討が必要であることがあきらかとなった。

F. 健康危険情報

特になし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) K. Ohno, M. Uchiyama, M. Saito, T. Kamei and Y. Magara: Practical design of flocculator for new polymeric inorganic coagulant-PSI, Water Science and Technology: Water Supply Vol 4 No 1, pp67-75, 2004
- 2) T. Nishimura, S. Iizuka, N. Kibune and M. Ando, Study of 1,4-dioxane in the total diet using the market-basket method. J. Health Sci., 50, 100-107,

- 2004.
- 3) T. Umemura, Y. Kitamura, K. Kanki, S. Maruyama, K. Okazaki, T. Imazawa, T. Nishimura, R. Hasegawa, A. Nishikawa and M. Hirose, Dose-related changes of oxidative stress and cell proliferation in kidneys of male and female F344 rats exposed to potassium bromate, *Cancer Sci.*, 95, 393-398, 2004.
- 4) 金志勲, 許春蓮, 秋葉道宏, 宮川徹也, 千葉信男, 西村修, 西村哲治, 安藤正典, 水道水源における同化性悠基炭素の動態に関する基礎的研究, 水道協会雑誌, 第73巻 第11号 p11-p18, 2005.
- 5) 越後信哉, 伊藤禎彦, 荒木俊明, 安藤良 (2004). 臭化物イオン共存下での塩素処理水の安全性評価:有機臭素化合物の寄与率, *環境工学研究論文集*, 41: 279-289.
- 6) Echigo, S., Itoh, S., Natsui, T., Araki, T., and Ando, R. (2004). Contribution of brominated organic disinfection by-products to the mutagenicity of drinking water. *Water Sci. Technol.*, 5(5):321-328.
- 7) E. Ayano, H. Kanazawa, M. Ando and T. Nishimura: Determination and quantitation of sulfonamide and urea herbicides in water samples using liquid chromatography with an electrospray mass detector, *Anal. Chim. Acta*, 507, pp. 211-218, 2004.
- 8) 嶋津治希, 杉田育生, 橋渡健児, 米倉祐司, 高尾健一郎, 広田忠彦: 太田川流域の浄水場における農薬類検出実態と原水中濃度の予測, 水道協会雑誌, 74(1), pp. 19-27, 2005.
- 9) E. Ayano, Y. Okada, C. Sakamoto, H. Kanazawa, T. Okano, M. Ando and T. Nishimura: Analysis of herbicides in water using temperature-responsive chromatography and an aqueous mobile phase. , *J. Chromatogr. A* 1069, 281-285, 2005.
- 10) Y. Matsui et al. 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), 2005, in press.
- 11) 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. (投稿中)
- 12) Hasegawa R, Koizumi M, Hirose A (2004) Principles of risk assessment for determining the safety of chemicals: Recent assessment of residual solvents in drugs and di(2-ethylhexyl) phthalate. *Congenit Anom (Kyoto)*, 44(2), 51-59.
- 2) Ema, M., Hrazono, A., Fujii, S. and Kawashima, K. (2004) Evaluation of developmental toxicity of β -thuyaplicin (hinokitiol) following oral administration during organogenesis in rats. *Food Chem. Toxicol.*, 42, 465-470.
- 13) Fukuda, N., Ito, Y., Yamaguchi, M., Mitsumori, K., Koizumi, M., Hasegawa, R., Kamata, E. and Ema, M. (2004) Unexpected nephrotoxicity induced by tetrabromobisphenol A in newborn rats. *Toxicol. Lett.*, 150, 145-150.
- 14) Fukui Y, Ema M, Fujiwara M, Higuchi H,

Inouye M, Iwase T, Kihara T, Nishimura T, Oi A, Ooshima Y, Otani H, Shinomiya M, Sugioka K, Yamano T, Yamashita KH, and Tanimura T (2004). Comments from the Behavioral Teratology Committee of the Japanese Teratology Society on OECD Guideline for the Testing of Chemicals, Proposal for a New Guideline 426, Developmental Neurotoxicity Study, Draft Document (September 2003). *Cong. Anom. (Kyoto)*, 44, 172-177.

15) Hirose A, Hasegawa R, Nishikawa A, Takahashi M and Ema M (2004) Revision and establishment of Japanese drinking water quality guidelines for di(2-ethylhexyl) phthalate, toluene and vinyl chloride - differences from the latest WHO guideline drafts -. *J Toxicol Sci*, 29, 535-539.

16) Takahashi M, Ogata H, Izumi H, Yamashita K, Takechi M, Hirata-Koizumi M, Kamata E, Hasegawa R, Ema M. (2004) Comparative toxicity study of 2,4,6-trinitrophenol (picric acid) in newborn and young rats. *Cong. Anom. (Kyoto)*. 44, 204-214.

17) 広瀬明彦、江馬 眞 (2004) 生殖発生毒性を指標としたダイオキシンの耐容 1 日摂取量 (TDI) 算定の考え方について、*国立医薬品食品衛生研究所報告*122: 56-61

2. 学会発表

1) 秋葉道宏, 安藤正典, 西村哲治, 新垣和一; 水道水の官能試験法に関する一考察, 第 55 回全国水道研究発表会, p654-655, 京都, 2004.

2) 金志勲, 中野和典, 宮川徹也, 秋葉道宏, 千葉信男, 西村修, 西村哲治, 安藤正典; 塩素処理による藻類由来同化性有機炭素の除去性の解析, 第 55 回全国水道研究発表会, p568-569, 京都, 2004.

3) 宮川徹也, 安藤正典, 西村修, 秋葉道宏, 西村哲治; 全国の水道における同化性有機炭素の調査, 第 55 回全国水道研究発表会, p562-563, 京都, 2004.

4) 島崎大, 相澤貴子, 西村哲治, 安藤正典, 国包章一, 眞柄泰基; 水道原水及び浄水における臭素酸イオンの実態調査, 第 55 回全国水道研究発表会, p618-619, 京都, 2004.

5) 眞柄泰基, 安藤正典, 秋葉道宏, 西村哲治; 水道水質基準としての有機物の指標化に関する研究, 第 55 回全国水道研究発表会, p632-633, 京都, 2004.

6) 西本尚文, 西村哲治, 高木博夫, 加藤信弥, 大石克則, 嶋田俊夫, 並木繁夫, 塩出貞光, 嶋津治希, 中野淑雄, 安藤正典; 水質基準改正等に伴う検査方法の検討 (IV) -1,4-ジオキサンの検査方法-, 第 55 回全国水道研究発表会, p640-641, 京都, 2004.

7) 嶋田俊夫, 西村哲治, 高木博夫, 加藤信弥, 大石克則, 並木繁夫, 塩出貞光, 西本尚文, 嶋津治希, 中野淑雄, 安藤正典; 水質基準改正等に伴う検査方法の検討 (VI) -かび臭物質の検査方法-, 第 55 回全国水道研究発表会, p644-645, 京都, 2004.

8) 加藤信弥, 西村哲治, 高木博夫, 大石克則, 嶋田俊夫, 並木繁夫, 塩出貞光, 西本尚文, 嶋津治希, 中野淑雄, 安藤正典; 水質基準改正等に伴う検査方法の検討

(VII) -フェノール類の検査方法-, 第 55 回全国水道研究発表会, p646-647, 京都, 2004.

9) 中野淑雄, 西村哲治, 高木博夫, 加藤信弥, 大石克則, 嶋田俊夫, 並木繁夫, 塩出貞光, 西本尚文, 嶋津治希, 安藤正典; 水質基準改正等に伴う検査方法の検討

(IV) -水道用資機材等の浸出液の検査方法-, 第 55 回全国水道研究発表会, p650-651, 京都, 2004.

10) 田原麻衣子, 中島彩子, 斉藤貢一, 中澤裕之, 西村哲治; 化学物質の光化学反応の解明に向けた光安定性評価法の開発, 第 10 回創薬工学シンポジウム, 東京, 2004.

11) Maiko Tahara, Ayako Nakajima, Jun-ichi Kimura, Tetsuji Nishimura, Yoshihiro Yoshimura, Hiroyuki Nakazawa; Elucidation of photodynamic action for ketoprofen., The XIth International symposium on luminescence spectrometry-detection techniques in biomedical and environmental analysis., p141, Beijing, China, 2004.

12) 島崎 大, 相澤 貴子, 西村 哲治, 安藤正典, 国包 章一, 眞柄 泰基(2004). 水道原水および浄水における臭素酸イオンの実態調査, 第 55 回全国水道研究発表会講演集, 618-619.

13) Dai Simazaki, Mari Asami, Tetsuji Nishimura, Takako Aizawa, Shoichi Kunikane and Yasumoto Magara (2004). Occurrence of bromate in raw and finished waters for drinking water supply in Japan, Proc. 13th Japan/Korea symposium on water environment 2004, 89-95.

14) 新井崇子, 鎌田素之, 島崎大, 伊藤雅喜,

相澤貴子: 水中残留農薬の塩素分解性の評価に関する研究, 第 55 回全国水道研究発表会講演集, pp. 570-571, 京都, 2004.

15) 鎌田素之, 相澤貴子, 島崎大, 伊藤雅喜: 監視農薬プライオリティリストに基づく水道における農薬管理のあり方, 第 55 回全国水道研究発表会講演集, pp. 572-573, 京都, 2004.

16) 西村哲治, 綾野絵理, 安藤正典: 平成 15 年のウレア系およびスルホニルウレア系 8 農薬の検出実態, 第 55 回全国水道研究発表会講演集, pp. 576-577, 京都, 2004.

17) 西村哲治, 高木博夫, 加藤信弥, 大石克則, 嶋田俊夫, 並木繁夫, 塩出貞光, 西本尚文, 嶋津治希, 中野淑雄, 安藤正典; 水質基準改正等に伴う検査方法の検討 (VIII) -農薬類の検査方法-, 第 55 回全国水道研究発表会, p648-649, 京都, 2004.

18) 田原麻衣子, 久保田領志, 徳永裕司, 西村哲治; 有機リン系農薬におけるコリンエステラーゼ活性阻害の評価, 第 10 回バイオアッセイ研究会・日本環境学会合同研究発表会, p64, 千葉, 2004.

19) 田原麻衣子, 久保田領志, 徳永裕司, 西村哲治; コリンエステラーゼ活性を指標とした有機リン系農薬の複合影響の検討, フォーラム 2004: 衛生薬学・環境トキシコロジー, p55, 千葉, 2004.

20) 西村哲治, 綾野絵里, 久保田領志, 田原麻衣子, 安藤正典: 水道原水と浄水におけるウレア系およびスルホニルウレア系 8 農薬の実態調査, 第 41 回全国衛生化学技術協議会年会講演要旨集, pp. 138-139, 甲府, 2004.

21) Maiko Tahara, Reiji Kubota, Hiroyuki Nakazawa, Akihiko Hirose, Makoto Ema,

Hiroshi Tokunaga, and Tetsuji Nishimura;
Evaluation of the additive toxic
influence of organophosphorus
pesticides ., 44th Annual Meeting and
ToxExpo, New Orleans, 20