

A. 研究目的

無機物質分科会では水道水に含まれる無機物質等のうち水質基準項目、水質管理目標設定項目として設定されている物質を主な対象としている。また水道用資機材からの無機物質の溶出による水質汚染のおそれについても検討対象としている。さらに WHO 飲料水水質ガイドラインの改訂項目となる可能性のある無機物質に関しては水質基準改定も視野に入れ、存在状況、処理性等、水質基準逐次改訂作業のための基礎的情報を収集することとした。このほか今後問題となる可能性のある物質群としてレアメタルに関する現状についても明らかにする。

B. 研究方法

本研究を実施するにあたり、大学、地方衛生研究所、水道事業体等の分担研究者、研究協力者による分科会を組織し、研究を実施した。平成 19 年度は以下の 7 課題について調査、研究を実施した。

1) カルシウム、マグネシウムに関する全国水道事業体の実態調査

平成 19 年度は、国認可の水道事業体 427、水道用水供給事業体 86 の計 513 事業体を調査対象とした。各水道事業体に対し、アンケート調査を実施し、測定方法、カルシウム、マグネシウムの分別測定の実施の有無、個別に測定している場合は浄水場出口または給水栓におけるカルシウム濃度及びマグネシウム濃度の、年間平均値、最高値、最低値及び年間測定回数を、水系(浄水場系統)別に調査した。

2) pH に関する水道統計による現状調査

平成 13~17 年度水道統計より全国の事業体・施設ごとのデータを収集した。総データ数は1年度あたり 5,700~6,000 弱である。浄水施設ごとに原水・浄水 pH、水源の種類、浄水

処理方法のデータを抽出し、統計的手法(基本統計量・ヒストグラム作成・クロス集計)にて解析を行った。また、原水・浄水の値を縦軸・横軸にそれぞれプロットし、その分布を確認した。

3) 凝集剤の基準に関する調査

鉄系凝集剤は PAC と同等の処理性能を有すること、有機物の除去性に優れることなど一定の評価を受けているが、JIS 及び JWWA において水道用薬品としての規格が定められていない。このため、市販されている製品は不純物濃度が高く、特にマンガンの濃度は通常想定される注入率(20~30mg/L 以上)において「水道施設の技術的基準を定める省令」別表第 1 の評価基準値を満たさない恐れがある。

今回の調査では、実際に鉄系凝集剤が使用されている諸外国(ヨーロッパ、USA)の鉄系凝集剤(水道用薬品)の規格を収集することで、日本における規格化の際の参考とするものである。

4) 活性炭からの初期溶出に関する調査

研究協力者の水道事業体(9事業体)を調査対象とし、活性炭の使用状況、購入時の品質に関する仕様、規格への適合を確認するための試験方法、業者提出の試験結果、自己試験(委託も含む)の試験結果等について、アンケート調査を実施した。

5) レアメタルに関する基礎調査

最近注目を浴びているレアメタルは、高機能性素材の原料として用いられる重要な金属類である。様々な分野の製品に使用されているが、使用済み製品からの回収・リサイクル率は高いとは言えず、レアメタルの環境への拡散が懸念される。したがって今後の調査の基礎資料とするため、国内の使用状況を把握する目的でレアメタルの年間消費量や用途など概要について文献調査を行った。

6) 食品と飲料水からの無機物質摂取量調査

平成 17、18 年の2年分の食品試料をマーケットバスケット法に従い調製した。試料は国民健康・栄養調査報告(厚生労働省)の食品群別摂取量表から、日常摂取する食品とその一日摂取量を基に、札幌市内の小売店で購入した。調理の必要なものには調理を施したうえで、これらの食品を13群に分類した。これに水道水の群を加え、全14群とした。各群のサンプルを均質化して-30℃以下で保存し、分析を行った。各群毎に0.5~1.5gを量り取り、硝酸、過酸化水素を加えてマイクロ波試料前処理装置にて分解した。測定には内標準を用い、ICP/MSで14元素を、ICP/AESで3元素の計17元素を測定した。

7) 鉄系凝集剤を使用したナノろ過処理に関する研究

ナノろ過(NF)処理においては、有機物のみでなく、カルシウム、残留凝集剤等無機物質も膜面に蓄積される。本年度は、膜面付着物質の挙動に着目し、膜面付着物質の比較をいくつかの原水、運転条件で行い、ナノろ過の時間経過に伴う膜面付着物の推移と、その付着物とファウリングとの関係について検討した。膜は東レ社製 UTC-60(平膜)を使用した。膜間のばらつきを抑えるため3個の平膜用セル

(有効膜面積 32.2cm²)を並列して使用し、測定値は平均値を用いた。

原水は、河川水を塩化第二鉄で凝集沈殿処理した後のMF膜処理水と、さらにその処理水をNFろ過した際に生じる濃縮水を用いた。実験終了後、使用したNF膜を硝酸溶液および水酸化ナトリウム溶液に浸漬させた溶出液の水質分析を行った。また、NF膜の乾燥重量を計測し、膜面付着物質量を推定した。

C. 研究結果

1) カルシウム、マグネシウムに関する全国水道事業体の実態調査

調査対象とした513事業体中、水道事業体334、水道用水供給事業体73の計407事業体から回答が得られた(回答率79.3%)。各水道事業体で用いられている硬度(カルシウム、マグネシウム)の試験方法は、イオンクロマトグラフ法(174事業体)、滴定法(145)、ICP発光分析法(58)、フレイム原子吸光光度法(9)、ICP質量分析法(5)の順であった(複数方法併用の場合は重複集計)。このほか、「委託による」と回答した事業体が23であった。

回答を得た407事業体中、154事業体においてカルシウム及びマグネシウムが個別に測定されていた。このうち102事業体において

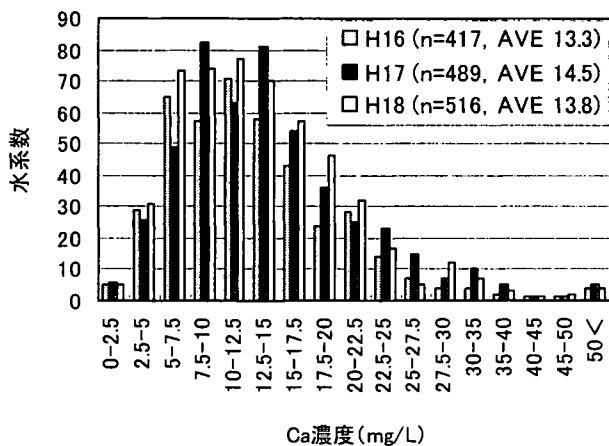


図-1 全国におけるCa濃度の分布

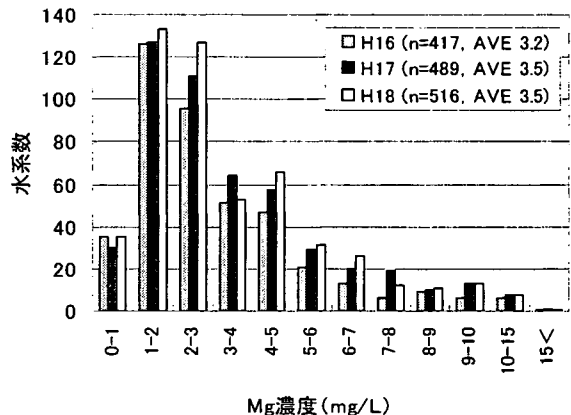


図-2 全国におけるMg濃度の分布

は複数の浄水場系統についてカルシウム、マグネシウムを測定していた。年間測定回数は最高 245 回、最低 1 回であり、年間 12 回測定している事業体が最も多かった。

各水系についての年間平均値から作成した年度ごとのカルシウム及びマグネシウム濃度の度数分布を、図・1, 2 にそれぞれ示す。カルシウム濃度は、5~20 mg/L の範囲にあるものが約 3/4 を占めていた。全国平均は、平成 16 年度:13.3 mg/L、平成 17 年度:14.5 mg/L、平成 18 年度:13.8 mg/L であった。マグネシウム濃度は、1~5 mg/L の範囲にあるものが約 3/4、1~3 mg/L の範囲にあるものが約 1/2 であった。全国平均は、平成 16 年度:3.2 mg/L、平成 17 年度:3.6 mg/L、平成 18 年度:3.5 mg/L であった。

2) pH に関する水道統計による現状調査

浄水 pH のヒストグラムから全国の pH 分布は、ほぼ正規分布になっていることが明らかとなった。また、浄水 pH が基準を満たしていない事業体は存在せず、データの傾向や特徴には、年度間で大きな違いが見られなかった。

図・3 は、H17 年度における各施設の原水・浄水の pH 値を横軸・縦軸にそれぞれプロットしたものである。浄水受水のみで運営している事業体は、原水をもたないものとして除外した。全てのプロットが③線(原水 pH - 浄水 pH = 2)より上側に位置することから、原水 pH より浄水 pH が低い場合も、その差は大きくても 2.0 以内におさまっている。酸処理を行っている施設をグラフ内に濃色のプロットとして示した。浄水 pH 値は 5 年間を通じて 6.8 を下回るものはなかった。また、全ての赤点が上記②式の線より上側に位置しており、酸処理を行っている事業体については、原水 pH より浄水 pH が低い場合も、差は大きくても 1.0 以内におさまっていた。

pH の傾向と原水の種別、浄水方式との関係を調査した。ヒストグラム(正規分布であるとみなす)から、上下各 5% を抽出して、それぞれ『pH 高』『pH 低』と定義し、どちらにもあてはまらないものを『pH 中』と定義した。カテゴリ分けした pH 別にみると、低 pH 側に多い水源は伏流水および浅井戸であった。逆に、高 pH 側に多い水源は深井戸であった。浄水処理方式との関係で見ると、浄水 pH が低傾向なのは、消毒のみの処理を行っている施設である。高 pH 側ではマンガン処理を行っている場合も多い。また、消毒のみの施設において、pH が高くなる場合もあった。

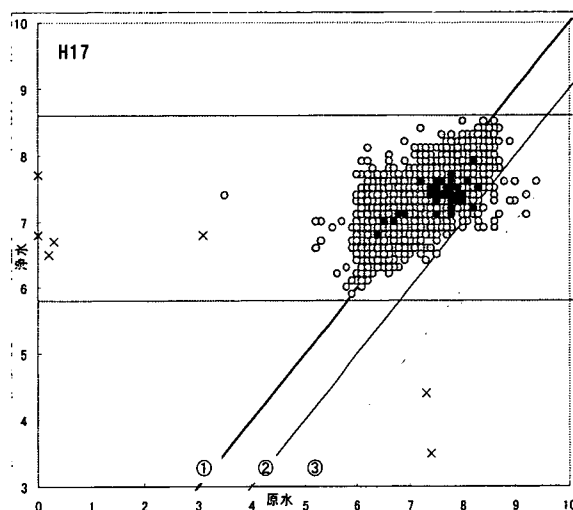


図-3. 各浄水施設別の(原水 pH-浄水 pH)散布図
 図中●プロットは酸処理実施事業体を示す。
 3本の黒線はそれぞれ以下の式を示す：① 原水=浄水 ($y = x$) ② 原水-浄水=1.0 ($y = x - 1$) ③ 原水-浄水=2.0 ($y = x - 2$)。グラフ内×プロットは転記ミスとして除外。

3) 凝集剤の基準に関する調査

日本では、主要な水道用薬品については日本工業規格(JIS)と日本水道協会規格(JWWA)が定められている。なお、JWWA 規格では、水道施設の技術的基準を定める省令の一部を改正する省令の別表第 1(いわゆる、薬品基準)が定められた項目については、省令に基づく評価試験により確認することとし、規格値を定めていない。

海外で水道用凝集剤として使用されている

塩化第二鉄、硫酸第一鉄、硫酸第二鉄については、JIS により硫酸第二鉄のみが試薬としての規格が定められているが、水道用薬品としての規格はない。なお、硫酸第一鉄は平成 3 年に、塩化第二鉄は平成 19 年に工業用薬品としての JIS 規格が廃止となった。JWWA においても、鉄系凝集剤については規格を定めていない。

ヨーロッパでは、ヨーロッパ標準化機構 (CEN) が制定したヨーロッパ規格 (EN 規格) があり、構成各国は国内規格として EN 規格に従うことが義務づけられている。EN 規格では、塩化第二鉄と硫酸第二鉄について凝集剤中の不純物濃度の規格が定められている。

アメリカにおいては、米国衛生財団 (NSF) により水道用薬品規格 (NSF60) を定めている。

米国の多くの州で NSF60 規格に適合する薬品を使用することが義務づけられている。NSF 規格は米国規格協会 (AWWA) で採用されており、米国規格 (ANSI) ともなっている。NSF/ANSI60 は、浄水処理薬品から飲料水に直接添加される薬品、不純物について健康影響に係る最小要件を定めるものであって (日本の薬品基準に相当する)、浄水処理薬品についての性能を定めるものではない。なお、NSF 規格では、日本の薬品基準の最大注入率に相当する、NSF 評価濃度を定めている (NSF60 規格値などの情報は未収集)。

水道用の鉄系凝集剤としては、アメリカ水道協会 (AWWA) により塩化第二鉄 (AWWA 407-97) と硫酸第二鉄 (AWWA B406-97) について規格が定められている。

表-1(a) 塩化第二鉄の規格(製品規格)

項目	ヨーロッパ規格 EN 888	オランダ(KIWA) 規格	USA規格 AWWA B407-97	備考
比重	-	-	1.3~1.5	
塩化第二鉄(重量%)	-	40%	28~47%	AWWA: 鉄(Ⅲ)として9.6~16.2% KIWA: 鉄(Ⅲ)として13.7%
第一鉄(重量%)	-	2.5%以下	2.5%以下	
遊離酸	-	-	1%以下	
マンガン	-	2%以下	-	
不溶解物	-	0.2%以下	0.5%以下	

表-1(b) 塩化第二鉄の規格(不純物濃度)

項目	ヨーロッパ 規格EN 888(タイプ1)	オランダ(KIWA) 規格	USA規格 AWWA B407-97	備考
ひ素	20mg/L	13mg/kg	-	
カドミウム	1mg/L	1.5mg/kg	-	
クロム	50mg/L	100mg/kg	-	
水銀	0.3mg/L	0.3mg/kg	-	
ニッケル	60mg/L	100mg/kg	-	
鉛	35mg/L	13mg/kg	-	
アンチモン	10mg/L	-	-	
セレン	10mg/L	3mg/kg	-	
シアン化合物	-	13mg/kg	-	
二次脂肪族アミン	-	3mg/kg	-	
一次芳香族アミン	-	3mg/kg	-	

塩化第二鉄について、EN 規格、KIWA 規格と AWWA 規格を表-1 に示す。

4) 活性炭からの初期溶出に関する調査

粒状活性炭は4事業体が、粉末活性炭(ドライ)は4事業体が、粉末活性炭(ウェット)は5事業体が使用していた。

自己試験における溶出物質の調査では粒状活性炭では全ての事業体で、定量下限値以上検出されている項目はなかった(ただし、過去においては東京でヒ素の検出例があった)。粉末活性炭では1事業体で鉛が定量下限値レベルで検出されていた。

5) レアメタルに関する基礎調査

レアメタルとは、地球に存在量が少ない金属や、量は多くても経済的・技術的に純粋なものを取り出すのが難しい金属類の総称で、国際的に定まった定義は無い。日本では、工業的需要の観点から、31種(ただしレアアースは17種を総括して1種)を定義している。

鉄以外の非鉄金属資源は、消費量の多い銅・亜鉛・鉛などのベースメタルと、消費量は少ないが、重要な新素材原料であるニッケルやクロム、コバルトなどのレアメタルに大別され

る。日本の産業にとってレアメタルは欠くことのできない重要な原材料で(図-4)、コバルト、ストロンチウム、ガリウム及びインジウムの国別消費量は第一位であり、その他の種においても上位を占めるが、その資源の多くを輸入に頼っている。そのため、日本では供給停止等の障害に備えて主要レアメタル7種(ニッケル、クロム、タングステン、モリブデン、コバルト、マンガ、バナジウム)について国家備蓄を行っている。

6) 食品と飲料水からの無機物質摂取量調査

標準試料の測定は3回ずつ行った。コメについては、NIST 認証値に対する回収率が69%~129%と良好であった。ほうれん草と牛肉においては、回収率は多くの元素において60%~150%の間にあつたが、As, Se, Bの元素では回収率が100%から大きく離れていた。

食品中の各元素のTDI(体重50kgあたり)に対する摂取量比(2年平均)については、TDIが定められている12元素(B, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sb, Pb, U)のうち、TDIに対する飲料水比が10%を超える元素はなかった。全摂取量に対しての飲料水比が

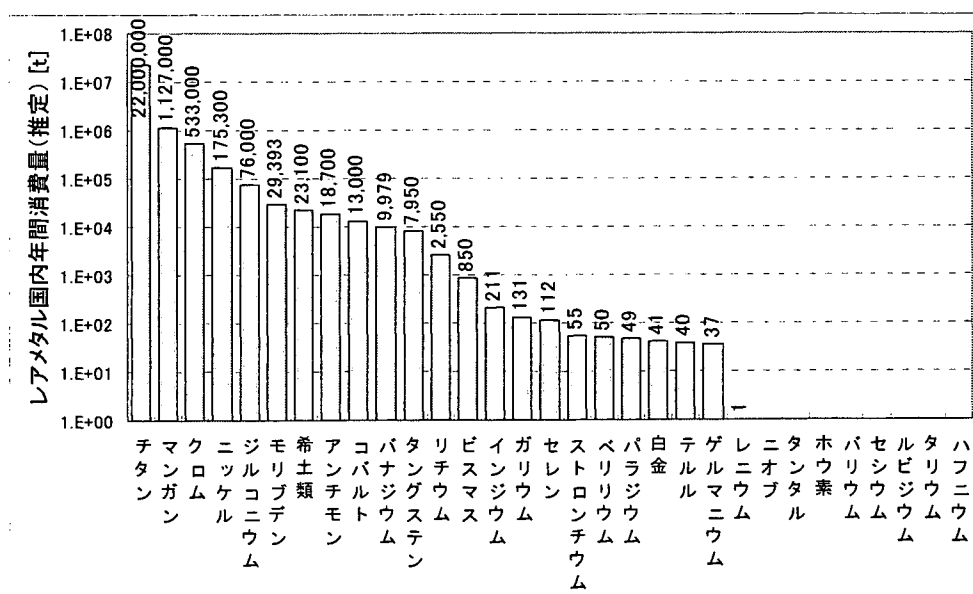


図-4 日本におけるレアメタル年間消費量(推定)

10%を越える元素は B, Sb であった。食品全体の摂取量については、Mn, Ni, As, Mo の摂取量が TDI よりも多かった。必須ミネラルの推奨量等に対する摂取量比については、測定した元素のうち 8 元素(Cr, Mn, Cu, Zn, Se, Ca, Mg, Fe)について、厚生労働省は推奨量等を設定している 1)。本研究では Mn は目安量、Ca は目標量、その他の元素は推奨量における成人の平均値を基準とした。結果として、8 元素のうち Ca, Mg, Fe の 3 元素で摂取量が推奨量等を下回った。

7) 鉄系凝集剤を使用したナノろ過処理に関する研究

図-5 に一例として RUN 1,3 について、各セルのろ過水量から算出した平均透過流束を温度補正した補正フラックスの経時変化を示す。補正フラックスの結果より、同一の原水および運転条件において、ファウリングの再現性が高いことが確認できた。このことは、各物質の阻止率からも確認できた。ろ過継続時間ごとの膜面付着物質重量として、使用済み膜と未使用膜の乾燥重量の差を図-6 に示す。

膜面付着物質重量の増加の内訳として、測定した成分のうち、いくつかは経過時間とともに明らかに増加しているが、全体の増分の大半をカルシウムが占めていた。一方、顕著なフ

ァウリングの進行が見られなかった RUN3 においては、カルシウム、有機物も含めて、測定した成分の増加は確認できなかった。なお、カルシウム重量は、ろ過 52 時間後の膜洗浄廃液においても、0.1mg 未満であった。また、溶性ケイ酸を分光光度計で測定を行ったが、いずれの洗浄液においても定量できなかった。

原水に NF 濃縮水を用い、実験中、塩酸注入により循環水の pH 制御 (pH7±0.3) を行った実験では、pH 制御を行わなかった場合に比べ、補正フラックスの低下は原水を MF 処理水とした Run2 と同程度に大幅に減少していた。

D. 考察

1) カルシウム、マグネシウムに関する全国水道事業体の実態調査

飲料水中の最低濃度として推奨される値と比較した場合、カルシウム濃度が 20 mg/L を超える水系数は、平成 16 年度:65 水系 (15.6%)、平成 17 年度:92 水系 (18.8%)、平成 18 年度:83 水系 (16.1%) であり、8 割以上の水道では推奨最低値に達していなかった。一方、マグネシウム濃度が 10 mg/L を超える水系数は、平成 16 年度:7 水系 (1.7%)、平成 17 年度:9 水系 (1.8%)、平成 18 年度:9 水系

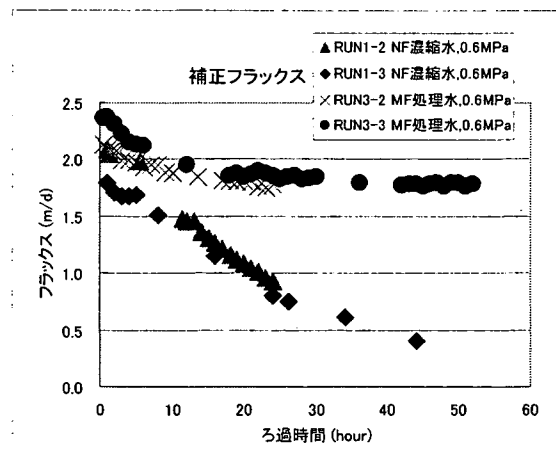


図-5 フラックスの経時変化

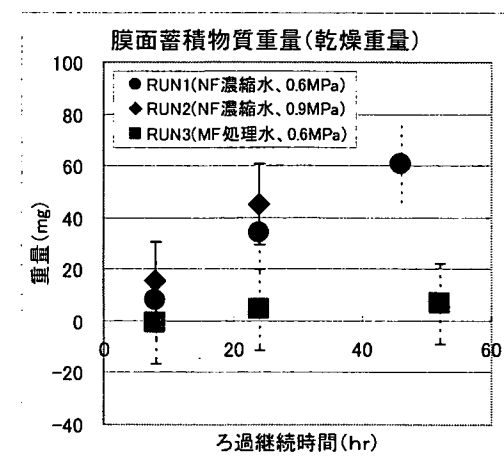


図-6 膜面付着物乾燥重量

(1.7%)に過ぎず、ほとんどの水道で推奨最低値以下であった。地方別では、カルシウム濃度、マグネシウム濃度とも、関東が最も高く、北海道で最も低いことがわかった。

2) pH に関する水道統計による現状調査

全国の浄水 pH の分布は、基本統計量から算出される正規分布と非常によく一致していた。これは年度間で共通している。また、酸処理を行う事によって低 pH に傾向する現象は認められない。むしろ原水との差が 0.1 以内に収まるなど、処理は良好に行われているものと思われる。

基準を超過する事業体は確認されなかったが、伏流水・浅井戸を水源とし、処理は消毒のみで行っている施設において、pH が低い方に傾向するようである。逆に、深井戸を水源とし、処理が消毒のみである施設は高 pH に傾向する。井戸を水源にしている施設数は多いが、浄水処理量は表流水およびダムを水源としている施設が圧倒的に多い。平成 13 年度統計データから、伏流水・井戸を水源とする施設の平均浄水処理総量は 3,900m³/日、表流水・ダムのそれは 24,000m³/日であった(重複あり)。よって、高 pH・低 pH 浄水に傾向しがちであるのは、高度な処理施設をもたない小規模の浄水場であることが伺える。すなわち、浄水 pH が原水の状況に大きく依存していることが主要因であるものと思われる。

3) 凝集剤の基準に関する調査

ヨーロッパ規格、オランダ(KIWA 規格)、米国(AWWA)規格について収集したが、本年度は十分な情報の収集ができなかった。さらなる情報の収集、収集した情報の精査については次年度以降も継続する予定である。

限られた比較ではあるが、塩化第二鉄の規格の比較ではそれぞれの規格に差はあるものの、凝集剤としての濃度、不純物濃度につい

ては同濃度レベル内の設定となっている。

4) 活性炭からの初期溶出に関する調査

今年度の調査結果を基に、次年度以降は次のような調査・研究を行う必要があると考えられる。(a)粒状活性炭を使用している水道事業体を対象に、使用開始時の洗浄方法、ろ過排水の状況等を調査する。(b)粒状活性炭の現場での使用実態を踏まえて、浸出試験(「資機材等の材質に関する試験」)の洗浄時間、浸出時間等を変更した場合の試験を実施し、使用時の技術的注意事項等を検討する。(c)国内の水道事業体全てを対象に、粉末活性炭の使用状況と自己試験の結果等についてアンケートを行い、溶出物の実態を把握する。今年度の調査結果を基に、次年度以降は次のような調査・研究を行う必要があると考えられる。(a)粒状活性炭を使用している水道事業体を対象に、使用開始時の洗浄方法、ろ過排水の状況等を調査する。(b)粒状活性炭の現場での使用実態を踏まえて、浸出試験(「資機材等の材質に関する試験」)の洗浄時間、浸出時間等を変更した場合の試験を実施し、使用時の技術的注意事項等を検討する。(c)国内の水道事業体全てを対象に、粉末活性炭の使用状況と自己試験の結果等についてアンケートを行い、溶出物の実態を把握する。

5) レアメタルに関する基礎調査

各分野に利用されたレアメタルの再利用の度合いは種類毎に異なっており、現在リサイクル技術の開発が進行中である。したがって、使用済み製品に含まれたレアメタルの多くは回収されずに廃棄されているものと考えられる。

レアメタルの中で、水質基準項目、水質管理目標設定項目及び要検討項目に設定されている項目は下記に示した9項目である。

水質基準項目:マンガン、クロム、セレン、
ホウ素

水質管理目標設定項目:ニッケル、
アンチモン

要検討項目:バリウム、ビスマス、モリブデン

これらの項目については、水道水質を適正に保つ観点から水道事業者によって適正に管理が行われており、特に水質基準及び管理目標設定項目についてはデータが集積されていると考えられる。しかし、上記項目以外のレアメタルに関しては、水質管理上の監視体制は無く、データの集積もほとんどないものと推察される。

6) 食品と飲料水からの無機物質摂取量調査

標準試料を用いた分析精度の確認については、概ね良好な回収率が得られた。一部の標準試料において、認証値と測定値の間に解離が見られる元素があったが、この理由としては標準試料中の対象元素の濃度が低いことが推測され、今後食品サンプル分析の定量下限値について検討を行う必要がある。

必須ミネラル摂取量については、2年分の測定における差異が大きく、今後も引き続き調査する必要がある。Ca, Mg については乳類及びその加工品(第 12 群)からの摂取量が大きいのはもちろんのこと、飲料水からの寄与も大きく、飲料水中の濃度が全摂取量に影響を与えていることが示唆された。

今回の予備調査においては、年度ごとに摂取量の差が大きい、特に加工食品等からの摂取量の差が大きいことが示唆された。今後は、全国の各地域においてマーケットバスケット法による無機物質摂取量調査を行う予定であるが、その際、地域差だけではなく年度ごとの差についても検討を行い、水質基準設定に活用できる代表的な摂取量について評価を行うことが重要だと考える。また、加工食品を中心に特定の食品からの摂取についても留意する必要がある。

7) 鉄系凝集剤を使用したナノろ過処理に関する研究

今回の実験では、カルシウムの増加とフラックスの低下傾向が一致することから、ファウリングの主要因であったと考えられる。また、pH を7程度に制御することで、膜面に付着するカルシウムが大幅に減少したことから、少なくとも制御を行わなかった Run1 においては、カルシウムが溶解度を超え、炭酸カルシウムスケールとなって析出したと考えられる。

シリカについては、膜洗浄液の分析で確認出来なかったことや、Run1 の実験開始直後、46 時間後とも供給水の濃度は、30 mg/L 程度であり、中性付近のシリカの溶解度が 125 mg/L 程度(25℃)とすると、スケールとしての析出はなかったと思われる。

E. 結論

カルシウム、マグネシウムに関しては日本の水道水はその多くが軟水であり、地域によりやや差はあるものの、カルシウム濃度、マグネシウム濃度も総体として低いレベルにあることがわかった。調査対象とした水道のうち、飲料水中の推奨最低値を超えるものは、カルシウムで 20%弱、マグネシウムでは 2%程度であった。

水道統計に基づく pH 調査からは、日本国内の水道における浄水の pH 分布は、現行基準値の範囲内で正規分布に近いこと、伏流水・井水を水源として簡易処理を行っている小規模浄水場で pH 値が高・低傾向になることが判明した。現行の pH 基準値を改正し、特に低い方の基準値を引き上げるには、このような簡易処理を行っている事業者において、処理方法の見直しが必要かどうかに着目する必要があると思われる。

鉄系凝集剤は、欧米諸国では一般的に使

用されていることから、多くの国において規格が定められている。我が国でも、将来的なアルミニウムの水質基準値強化を想定すると、鉄系凝集剤の規格化が望まれるところである。また、浄水汚泥の回収及び再利用という観点からも、アルミ系凝集剤を上回る用途が期待される。今後、日本における規格化の際の参考とすべく、諸外国の規格について更なる情報を収集・蓄積していくことが必要である。

活性炭からの初期溶出に関する調査において、今回の調査範囲でないでは特に問題となる溶出は認められなかったが、粉末活性炭で定量下限値以下の鉛の検出事例があったこと、過去に粒状活性炭でヒ素の検出事例があったことなどを考えると、溶出試験の方法、活性炭使用時の洗浄方法等についてさらに検討する必要があると考えられる。

日本で定義されているレアメタルは 31 項目で、このうち 9 項目が水質基準などの水道水質に関連する項目に属している。残り 22 項目については、水質管理に関わるデータの集積はほとんどないものと推察される。レアメタルを含有する製品が生活で多用されるようになった現在、環境中への拡散が懸念される。しかし、各レアメタルの持つ毒性や性質の情報が十分でないため、人体への影響、環境汚染因子となる可能性などは不明な部分がある。今後調査を進めるにあたっては、毒性や性質等の情報収集、測定方法の確立、国内使用量等を勘案し、優先順位を設けて推進することが必要だと考えられる。

マーケットバスケット法による食品と飲料水からの無機物質摂取量の測定を予備調査として行った結果、有害金属 12 元素中 4 元素が TDI を超えていることが示唆された。また、必須ミネラルの摂取量については Ca, Mg の飲料水からの摂取の重要性が示唆された。しか

し、予備調査では不明な部分も多く、今後予定している全国的な摂取量調査において、さらに検討を加えていく必要がある。

ナノろ過のファウリングに関する実験では、原水によっては、高回収率を狙い、ツリー状配列で NF 膜ろ過を行う場合、後段でカルシウムスケールの析出の可能性があることが明らかとなった。pH 制御にあたっては、各段階に薬液注入設備を設けることが配水までの薬品使用量を減らすことができ、望ましいと考えられる。

F. 研究発表

松田康孝、伊藤雅喜。「ナノろ過膜ファウリングと前処理（凝集沈澱・膜処理）及び原水濃度との関係」。第 58 回全国水道研究発表会；2007.5.23-25；釧路。同講演集。P.206-207.

鹿島田浩二、松井佳彦、大野浩一、伊藤雅喜他。「ナノろ過による浄水処理についての研究（I）」。第 58 回全国水道研究発表会；2007.5.23-25；釧路。同講演集。P.210-211.

飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究
一般有機物分科会

分担研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 環境化学研究室 教授
秋葉 道宏 国立保健医療科学院 水道工学部 施設工学室 室長
島崎 大 国立保健医療科学院 水道工学部 生活衛生適正技術開発研究官
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

研究要旨

1. 基準項目 TOC の基準値の改正に向けた健康影響指標との関連性

1) 全国水道事業者に対するアンケートを実施し、67 事業者中、58 事業者の 86.6%から回答が得られ、合計 98 の浄水場となった。

2) 原水+浄水の全国調査の結果は以下のものであった。

TOC の最大値、最小値、平均値、中央値は各々 4.10、0.00、0.94、0.80mg/l であった。TTHM 及び TTHM 生成能では 0.07、0.00、0.01、0.01mg/l であった。HA_c では、0.05mg/l、0.00mg/l、0.01mg/l、0.01mg/l であった。UV260 では 0.50、0.00、0.07、0.04mg/l であった。

3) 原水+浄水における TOC に対する他の化学指標との相関性は、総トリハロメタン 0.671、ハロ酢酸 0.600 を示した。一方、KMnO₄ 消費量に対する他の指標との相関性は、総トリハロメタン 0.754、ハロ酢酸 0.768、UV260 0.832 を示した。また、UV260 と総トリハロメタンとの関係では、0.716、ハロ酢酸では 0.797 であった。総トリハロメタンとハロ酢酸では 0.584 を示した。TOC と KMnO₄ 消費量では 0.827 であった。

4) 浄水の全データの結果は以下のものであった。

TOC の最大値、最小値、平均値、中央値は、各々 1.80、0.00、0.68 及び 0.60mg/l であった。TTHM では各々 0.07、0.0、0.01、0.01mg/l であった。HA_c では各々 0.05、0.00、0.01、0.01mg/l であった。UV260 では各々 0.14、0.002、0.03、0.03mg/l であった。

5) 浄水における TOC に対する他の化学指標との相関性は、総トリハロメタン 0.488、ハロ酢酸 0.525 を示した。一方、KMnO₄ 消費量に対する他の指標との相関性は、総トリハロメタン、ハロ酢酸、UV260 ではみられなかった。総トリハロメタンとハロ酢酸では 0.530 を示した。TOC と KMnO₄ 消費量では 0.221 であった。水温と総トリハロメタンとの間では、0.308 であった。

6) 全データ、原水のみ及び浄水のみにおける回帰式は、原水+浄水の全試料水では、TOC と TTHM、HAc、UV260 との間ではそのほとんどで 0.6 以上の高い相関性が認められ、TOC/TTHM の回帰式は $y=0.021x+1.86E-4^{**}$ 、TOC/HAc の回帰式は $y=0.029-0.012^{**}$ であった。また、TOC/UV260 では $y=4.784x+0.787$ を示した。また、原水のみ相関性でも、0.4 以上の相関性を認められ、直線回帰式が得られたが、浄水のみの場合では、TOC、KMnO4 消費量と TTHM、HAc に低い相関性が見られる程度であった。

2. 衛生性・快適性の指標としての微小生物

神戸市水道局の千苺貯水池および千苺浄水場原水においてピコプランクトンの存在実態調査は、6～9月にかけて増殖が観察された。特に8月から9月にかけて著しく増殖し、9月18日には最高濃度 $5.9 \times 10^5 \text{cells/mL}$ に達した。ピコプランクトンは表面から水深 5m の範囲において多く分布したが、それよりも水深が深くなると急激に減少することが観察された。水深 5.5m およびそれ以下の取水口から取水すると浄水場原水での濃度は $7.2 \times 10^4 \text{cells/mL}$ まで低下した。

3. 臭気物質の実態に関する研究

(1) かび臭対策に対するアンケート調査

全国水道事業体に対するアンケートの結果、かび臭被害は、66 浄水場中、33 浄水場 (49.2%) が被害の発生を経験していた。かび臭被害を受けた浄水場の水源の種類は、河川が 26 浄水場 (60.5%) と最も多く、次いでダム直接 7 浄水場 (16.3%)、湖沼 5 浄水場 (11.6%) の順で、表流水が 88.4% を占めた。かび臭の発生原因は、藍藻類 (シアノバクテリア) 27 浄水場 (67.5%)、放線菌 4 浄水場 (10.0%) であり、77.5% が生物起因であった。

かび臭対策は、「実施している」42 浄水場 (62.7%)、「実施していない」18 浄水場 (26.9%) であった。かび臭対策の内容は、水源対策 20 浄水場 (19.4%)、高度浄水処理の導入 45 浄水場 (43.7%)、浄水処理プロセスの運転条件の変更 38 浄水場 (36.9%) で、高度浄水処理の導入が最も多かった。かび臭の管理指標は、「設けている」26 浄水場 (38.8%)、「設けていない」4 浄水場 (61.2%) であった。モニタリング地点は、浄水 (濾過水) 8 浄水場、原水 6 浄水場、浄水出口水 3 浄水場で、かび臭原因物質を直接測定している浄水場が多く、原水では 2-MIB 及びジェオスミン濃度 $0.000003 \sim 0.00001 \text{mg/L}$ 、浄水では、2-MIB 及びジェオスミン濃度 $0 \sim 0.000005 \text{mg/L}$ であった。

(2) 貯水池におけるかび臭物質実態調査

神戸市水道局の千苺貯水池および千苺浄水場において存在実態調査を行ったところ、千苺貯水池では、4月に堰堤前の表層部で 2-MIB のかび臭の原因生物である *Phormidium tenue* が増殖し、表層から水深約 10m 程度まで分布していたが、増殖することなく約 1ヶ月後に消失した。しかし、2-MIB が約 3ヶ月間残留した。4月～6月初旬において原水中の 2-MIB 濃度が高い状況にあり、最高濃度は 21ng/L に達した。また、粒状活性炭処理において *Phormidium tenue* の細胞内に含まれる 2-MIB は完全には除去されず、粒状活性炭処理水および浄水中の 2-MIB の最高濃度はそれぞれ 8 および 6ng/L であった。

4. 有機フッ素化合物の一斉分析法の開発と実態調査

有機フッ素化合物の水道水を介する曝露量を推定するために、水道原水および水道水中のパーフルオロカルボン酸（炭素数 4~14）とパーフルオロスルホン酸（炭素数 4,6,7,8 および 10）を対象とし、安定同位体標識体を内標準物質として用いた SPE-LC/MS/MS 法により、定量下限値が 0.03~0.2 ng/L の感度の良い、再現性の高い分析方法を確立した。

冬季の多摩川水系および利根川水系において、それぞれで最高値として PFNA で 1.2 ng/L、PFOS で 22.8 ng/L が検出された。測定対象物質の総計として、多摩川水系および利根川水系それぞれで、約 4 ng/L、約 50 ng/L であった。

A. 研究目的

昨年度までの一般有機物分科会では、

- 1) 給配水系における衛生性に関する評価
- 2) TOC の基準値見直しとしての基礎資料
- 3) 地下水中揮発性有機化合物
- 4) 塩素処理生成物
- 5) 閉鎖系水域以外のカビ臭物質の検討
- 6) ピコプランクトンの挙動と処理性
- 7) 水道用資機材からの臭気物質の溶出

等について検討してきた。その結果、1)については AOC 等有機物指標の評価と適正な水質管理の確立、従属栄養細菌の消長と衛生性、2)については浄水における TOC の範囲と定量下限、TOC 分析機器の精度、3)については塩化ビニルモノマーの生成、4)については多環芳香族化合物の生成、5)については生活排水処理施設中の臭気物の存在状況と挙動、6)については利水障害、漏出状況の把握、7)については資機材からの揮発性有機化合物の溶出の可能性を検討した。

今年度からは、昨年度までの結果を基に以下の五課題について検討することとした。

- 1) 基準項目 TOC 値 5mg/l の低減化の可能性
- 2) 衛生性・快適性の指標としての微小生物
- 3) 臭気物質の実態に関する研究
- 4) PFOS および PFOA の実態調査
- 5) 要監視項目の見直しのための検討

また、本研究プロジェクトの3年間の各課

題の目標は以下の通り掲げた。

1) 基準項目 TOC 値 5mg/l の情報収集と新基準値案 3mg/l に向けての意味づけの整理では、

- ①KMnO₄ 消費量と TOC
- ②TOC 値と消毒副生成物の関連性
- ③KMnO₄ 消費量と消毒副生成物の相関性
- ④消毒副生成物の生成と TOC
- ⑤TTHM、ハロゲン化酢酸類と TOC
- ⑥TOC の低減化の可能性=低減化の意味
- ⑦その他化学的指標

また、上記課題の他、以下の研究について考慮していくこととした。

前年度は、TOC と消毒副生成物との関連性のデータが限られた水道事業体に偏っていたため、①広範囲の水道事業体に対して TOC と TTHM、ハロ酢酸などの有害性指標との関連性を検討することとした。そのほか、②残留塩素の管理上、残留塩素の減少率と TOC との関係などの傾向を観ることの可能性並びに環境基準の COD が TOC と改正されることなどを踏まえて、TOC に対する新たな考え方の整理が必要であるとの観点の研究も模索する必要を認めた。

2)衛生性・快適性の指標としての微小生物指標と有機物指標との関連性では、

定量測定が煩雑で困難な従属細菌やピコプランクトンの指標を AOC、TOC、その他の化学的指標などの快適性に関連する代替指標

に置き換えることの可能性について検討することとした。また、TTHM、ハロゲン化酢酸類とTOCの関連性やTOCの低減化の可能性と低減化の意味付けについて検討していくこととした。

また、微生物分科会での範囲は、ウイルス、クリプトスポリジウム、線虫であるので、従属栄養細菌やピコプランクトンは、当分科会で行うこととした。

ピコプランクトンの定量法の開発が前3年間で充実してきたので、“更なる研究の充実を図ることとした。その他、以下のテーマについて検討していくこととした。

- ①AOCの処理性等は、西島先生に前年度に引き続き研究をお願いすることとした。
- ②AOCと蟻酸、酢酸、蔞酸などの有機物指標との関連性等については、中町研究協力が研究の方向性を検討することとした。
- ③AOCと残留塩素との関連性は評価できないかとの意見が出された。
- ④AOC、ピコプランクトン、その他項目を、配給水施設における衛生性の指標としての位置付けの可能性について、新たな考え方を提案していくように努力していくこととした。

3)臭気物質の実態に関する研究では、基準強化に伴う問題点の整理(2-MIB,ジエオキシ 10ng/l)、実態・季節変動の調査を初年度として、全国アンケート調査を実施した。調査を実施するに当たり、種々の考え方の整理が必要で、以下のようなことを検討することとした。

- ①この分科会で取り上げる臭気物質は、藻類由来物質の範囲とする。
- ②臭気物質は現在の基準値 10ng/L であるが、より下限の 1ng/L でもヒトが感知できる。水道水の安全性ばかりでなく、快適性が求められている現状から、①定量

下限の低減化の必要性の検討、②低濃度の測定法の開発、③臭気測定法の見直し、④臭気物質濃度と臭気強度との関係等、基準値 10ng/L 以下を目標とした研究を推進していくこととした。

- ③10ng/L 以下の 1ng/L とした場合、今までに解決していたことになっている⑤活性炭の処理性など、新たなデータや考え方を整理する必要があるとの意見で一致した。
- ④下水処理等からの放線菌による発臭などについても新たな視点での研究の必要が求められていた。
- ⑤異性体の臭気強度や藻類の生成機構等についての研究も求められた。
- 4)PFOS および PFOA の実態調査では、本課題では、主に、PFOS,PFOA 等の実態調査、陰膳方式による摂取量調査及び PFOS および PFOA の処理性の検討を実施していくことを確認した。その他に、
 - ①河川等陸水での分解性を検討していく。
 - ②処理性を検討する中で、水道水の寄与率を把握し、摂取量調査を行う。
 - ③実態調査では、既に東京都や大阪などでは実態や処理性を実施しているが、本研究では特に専用水道、浅井戸等、井戸を中心とした調査並びに季節変動調査を実施する。

既存の研究では、C6~C10 の情報が多いが、④C6~C16 の分析方法を確立し広範囲の研究を推進していく。

- 5)要監視項目の見直しのための検討では、水道水質のより良好な水質を維持するために、水道水質基準とは別に将来の問題の発生を事前に把握する体制として要監視項目が設定されている。このことから、今まで、あまり着手されていなかった新たな化学物質の検索を目的として、本年度は基礎情報を収集することとした。その項目の概

要は以下の通りである。

- ①製造量の多い化学物質の調査
 - ②環境水域からの検出例の多い化学物質
 - ③難分解性、高蓄積性等の化学物質 (POPs 等)
 - ④上記課題の他、以下の研究について考慮していくこととした。
 - ⑤要検討項目の水道原水、水道水の測定方法の開発を行う。
 - ⑥要検討項目の見直しとして、フェノルピタール等医薬品 5~6 種類の選定を考える。
 - ⑦臭素化ビフェニール、臭素化物等の POPs について情報を収集する。
 - ⑧PRTR や黒本(環境省水域環境汚染物質の存在量調査)等などの情報を整理する。
- 以上の内容に従って、研究を推進していくこととした。

今年度の研究課題は、1) 基準項目 TOC の基準値の改正に向けた健康影響指標との関連性、2)衛生性・快適性の指標としての微小生物、3)臭気物質の実態に関する研究、4)有機フッ素化合物の一斉分析法の開発と実態調査とした。また、各課題の研究目標は以下の通りである。なお、研究課題のうち、5)要監視項目の見直しのための検討については次年度以降に検討することとした。

1. 基準項目 TOC の基準値の改正に向けた健康影響指標との関連性

昨年度までの一般有機物分科会の検討項目の中の有機物質 (TOC) については、KMnO₄ 消費量と TOC との関連性を明確にし、水道水質基準の基礎資料を担った。さらに、この基準値は KMnO₄ 消費量の 1/3 程度で十分対応できる 3mg/l で対応可能であるところを、清浄に関わる項目であって、かつ安全性には関連性が少ないことから、全国における浄水場における基準の超過を避けるため、5mg/l

とした。さらに、基準改正後、約 5 年を経過した段階で全国の浄水における TOC 値が 3 を超過することはほとんど無いことが確認されたことから、さらに正常性・快適性を向上させるため、TOC 値の低減の可能性の研究を開始した。その研究の一端として、低減化に向けた資料収集のため、TOC 値と消毒副生成物の関連性について、一部の水道事業体において、原水を同じくするトリハロメタン生成量と TOC が正の相関を有することが示唆された。そこで、本年は、

- ① TOC 値と TTHM の関連性
- ② TOC 値とハロゲン化酢酸の関連性
- ③ KMnO₄ 消費量と消毒副生成物の関連性
- ④ TOC と TTHM、ハロゲン化酢酸類の関連性
- ⑤ TOC の低減化の可能性 = 低減化の意味等について検討していくこととした。

2. 衛生性・快適性の指標としての微小生物

ピコプランクトンは水道原水中に高濃度で含まれる場合、ろ過水中への漏出による濁度上昇など浄水処理工程での障害となりうる。ここでは、貯水池においてにおけるピコプランクトンの出現状況を測定し、最大出現数とその時期、季節変動につき把握を行った。

3. 臭気物質の実態に関する研究

(1) かび臭対策に対するアンケート調査

水道水の異臭味は、使用者に不快感を与え、水の価値を低下させるとともに、水の安全性に対する信頼を失わせかねない。かび臭原因物質 2-メチルイソボルネオール (2-MIB) 及びジェオスミンの水質基準値は、平成 19 年 4 月から、それぞれ 0.00001mg/L 以下に強化され、より一層の水質管理の徹底が求められる。

そこで本研究では、事業体におけるかび

臭被害の発生状況及びその対策等について明らかにするため、アンケート調査を実施した。

(2) 貯水池におけるかび臭物質実態調査

かび臭物質である 2-MIB およびジェオスミンは、特に春期や夏期の湖沼等の閉鎖性水域において、富栄養化に伴う藻類等の繁殖により水道水源中での濃度が増加し、水道の異臭味障害の主な原因物質である。平成 16 年度より施行された現行の水質基準における基準値は共に 0.00001mg/L (10ng/L)と定められており、平成 19 年度末までの現有施設における経過措置 (0.00002mg/L) は完了している状況にある。ここでは国内の水道事業者における水道水源等でのかび臭物質の存在実態につき調査を行った。

4. 有機フッ素化合物の一斉分析法の開発と実態調査

パーフルオロカルボン酸やパーフルオロスルホン酸など有機フッ素化合物 (PFCs) は、PFCs は環境中や生物体内での残留性が高く、発がん性などの毒性も疑われていることから、環境や生物試料の検出事例が数多く報告され、近年、PFCs による汚染が広範囲に及んでいることが明らかとなっている。そこで、水道原水や水道水中の PFCs の存在実態、浄水工程における除去性、経口からの PFCs の摂取量における水道水の割合を明らかにするための PFCs の一斉分析法の開発と実態調査を目的とする。

B. 研究方法

1. 基準項目 TOC の基準値の改正に向けた健康影響指標との関連性

(1) 浄水・原水・処理水等における TOC と消毒副生成物の全国アンケート調査

調査対象は、日本水道協会水道技術管理

者協議会メンバー都市の 51 事業者及び工務常設調査委員会の 16 事業者の合計 67 事業者とした。アンケート調査期間は平成 20 年 1 月 22 日～平成 20 年 2 月末日とし、日本水道協会から発送した。

(2) 調査内容

調査は、過去 3 年間または、平成 19 年 4 月からの TOC とその他の消毒副生成物や有機物指標について水道事業者での情報の収集を行った。

2. 衛生性・快適性の指標としての微小生物

神戸市水道局の千苺貯水池および千苺浄水場原水において、平成 19 年 4～12 月にかけて採水を行った。採水箇所は貯水池表層および取水塔前とし、後者では深さ方向における存在状況について把握すべく、表層から水深 25m の範囲で採水した。試料水は冷蔵して持ち帰り、1mL を孔径 1.0 μ m の親水性 PTFE 膜にろ過後、よく乾燥させ、封入剤 (PBS40% およびグリセロール 60%) で封入した。落射型蛍光顕微鏡の G 励起光観察により、明瞭な自家蛍光を発する長径 2 μ m 以下の粒子をピコプランクトンとして計数した。倍率 400 倍観察で 10 視野計数し、その平均値からピコプランクトン数を算出した。

3. 臭気物質の実態に関する研究

(1). かび臭対策に対するアンケート調査

調査対象は、日本水道協会水道技術管理者協議会メンバー都市の 51 事業者及び工務常設調査委員会の 16 事業者の合計 67 事業者である。アンケート調査期間は平成 20 年 1 月 22 日～平成 20 年 2 月末日とした。

アンケートは、かび臭原因物質 2-メチルイソボルネオール (2-MIB) 及びジェオスミンの水質基準値 (平成 19 年 4 月) がそれぞれ 0.00001mg/L 以下に強化されたことに伴う水道事業者等の対応、及び対応上

の問題点等を把握するため、①水源名②水源の種類③施設能力④配水量⑤かび臭被害の発生⑥かび臭物質の発生原因⑦かび臭物質の基準化⑧経過措置の解除⑨かび臭対策⑩対策の内容⑪かび臭原因物質の管理指標⑫具体的な指標に関しての設問を設けた。

(2) 貯水池におけるかび臭物質実態調査

神戸市水道局の水道専用ダム湖である千苺貯水池では、平成10年度より2-MIBによるかび臭の発生が生じており、浄水場で粒状活性炭処理を行うなどの処理を行ってきた。平成19年度においては、かび臭の発生が例年観察されやすい4~11月の間は週2~4回、11月以降は月1回の頻度で当該の貯水池の採水調査を行い、2-MIB濃度を測定した。採水地点は、貯水地表面4地点（波豆、羽束、合流、郡界）および堰堤前1地点である。堰堤前については、水深に応じて13箇所（水深28mまで）の試料を採水し。また、千苺浄水場の原水、粒状活性炭処理水および浄水を対象として、4月2日~1月4日のうち136日において2-MIBを測定した。なお、4月中旬から下旬に採水した原水試料については、ガラス繊維ろ紙（孔径1 μ m）でのろ過により懸濁態2-MIBを把握した。

4. 有機フッ素化合物の一斉分析法の開発と実態調査

(1) 試薬

有機フッ素化合物（PFCs）は、炭素数の異なる n-butanoic acid、n-pentanoic acid、n-hexanoic acid、n-heptanoic acid、n-octanoic acid、n-nonanoic acid、n-decanoic acid、n-undecanoic acid、n-doecanoic acid、n-tridecanoic acid、n-tetradecanoic acid、1-butanefulfonate、1-hexanesulfonate、1-heptanesulfonate、

1-octanesulfonate、1-decanesulfonate の perfluoro-体 16 種を対象とした。

(2) 固相カートリッジ

固相カートリッジはウォーターズ製 OASIS HLB plus（225 mg）および Sep-Pak plus tC18（400 mg）、GLサイエンス製 Aquasis PLS-3 Jr.（230 mg）、InertSep mini RP-1（230 mg）、および GL-Pak PLS-2（270 mg）、和光純薬製 Presep-C Agri short（200 mg）を用いた。ガラスフィルターは AP40（直径 47 mm、ミリポア製）を使用した。実験に使用した器具は全てガラス製でテフロン製部品を使用していない器具類を事前にメタノールで洗浄後、用いた。

(3) 装置

SPE 装置はセップパックコンセントレーター（ウォーターズ製）を用い、テフロン部品と接触のないものと変換した。水試料をテフロン部品の接触のない吸引法（流速：10 mL/min）により固相カートリッジに通した。

LC/MS/MS は LC 部 Alliance 2695 Separation Module（ウォーターズ製）、MS/MS 部 Ultima PT（マイクロマス製）で構成した。LC の分析条件は、カラム：Capcellpack C18 MG（粒径 5 μ m、2 x 150 mm）、移動相の A 液：10mM 酢酸アンモニウム-アセトニトリル（10:90）、B 液：10mM 酢酸アンモニウムを用い、A 液：40%で1分間保持、20分後に A が 100% になるようにグラジエントをかけ、25分まで保持し、25.1分に A 液を 40%とし、35分まで保持した。カラム温度は 40 $^{\circ}$ C、試料注入量は 10 μ L とした。MS/MS の分析条件はつぎのとおりである。キャピラリー電圧は、1.2kV、イオン源温度は 120 $^{\circ}$ C、脱溶媒温度は 400 $^{\circ}$ C とし、コーンガスは 50L/hr、脱溶媒ガスは 580L/hr で流した。

検出器電圧は 650V で測定した。

(4) 混合標準溶液の調製

PFCs 混合標準溶液 (2 mg/L) 及び内標準物質溶液 (1 mg/L) (PFOA-¹³C₂ および PFOS-¹³C₄) は、メタノールで全量を 100 mL とし、-20°C で保存した。

(5) 水試料

河川水試料は利根川水系 (三郷付近) および多摩川水系 (羽村堰付近) で採水した。

(6) 試験溶液の調製

固相カートリッジはメタノール 10 mL、精製水 5 mL でコンディショニングした。

水試料 500 mL に内標準物質混合溶液 5 μL をマイクロシリンジで添加後十分に攪拌し、流速約 10 mL/min で吸引法により固相カートリッジに通過させた。固相カートリッジは、20 分間通気乾燥させ、メタノール 5 mL を用いてバックフラッシュ法で捕捉成分を溶出した。溶出液は室温で窒素ガス気流下 0.5 mL に濃縮し、これを試験溶液とした。

C. 研究結果

1. 基準項目 TOC の基準値の改正に向けた健康影響指標との関連性

(1) 回答率

調査対象の 67 事業体中、58 事業体から回答が得られ、その回収率は、86.6%であった。各事業体には、その事業体が所有する代表的な浄水場について回答を求めたが、複数の浄水場について回答した事業体もあったため、合計 98 の浄水場となった。アンケートの解析にあたっては、2月27日までに回答が得られた 76 浄水場を対象とした。

(2) アンケート報告数

全国におけるデータを収集したところ、多くのデータが報告されたが、項目によっては多くの欠測データがあることが明らかとなった。特に、消毒副生成物のハロ酢酸のデータは少なく、また、KMnO₄ 消費量については、全有機炭素 (以下 TOC と略す) が基準項目と改正されたことからほとんど測定されていない事業体が多いことが明らかとなった。水道事業体 58 のうち、表 1 に示す通り、全水 (原水 + 浄水) の TOC は 1314、総トリハロメタン (以下 TTHM と略す) は 391、トリハロメタン生成能 (以下 THM 生成能と略す) は 271、総ハロ酢酸 (以下 HAc と略す) は 193 であった。

表 1 アンケート調査で得られたデータ数

	全水(原水+浄水)	原水	浄水	未濾過水	処理水
TOC	1314	669	645	174	300
総トリハロメタン	391	30	361	7	36
トリハロメタン生成能	271	223	48	17	35
ハロ酢酸	193	12	181	0	4
ハロ酢酸生成能	40	34	6	6	6
KMnO ₄	288	170	118	33	72
水温	1518	761	757	374	449
UV260	585	310	275	75	152

(3) 全国調査における相関性と回帰式

1) 全国調査データにおける相関性

① 原水、浄水の全データの最大値、最小値、
平均値、中央値の結果

全国調査データにおける原水、浄水の全データの最大値、最小値、平均値、中央値の結果は表2のようである。TOCの最大値は4.10mg/l、最小値は0.00mg/l、平均値は0.94mg/l、中央値は0.80mg/l、90%タイル値は最大値1.80mg/lであった。TTHM及

びTTHM生成能の最大値は0.07mg/l、最小値は0.00mg/l、平均値は0.01mg/l、中央値は0.01mg/l、90%タイル値は最大値0.02mg/lであった。HAcの最大値は0.05mg/l、最小値は0.00mg/l、平均値は0.01mg/l、中央値は0.01mg/l、90%タイル値は最大値0.02mg/lであった。UV260の最大値は0.50mg/l、最小値は0.00mg/l、平均値は0.07mg/l、中央値は0.04mg/l、90%タイル値は最大値0.18mg/lであった。

表2 原水+浄水の全試料における最大値、最小値、平均値、中央値

	TOC	TTHM	THM生成能	HAc	HAc生成能	UV260	水温	KMnO4
n	1314	391	271	193	40	585	1518	288
最大値	4.10	0.07	0.50	0.05	0.19	0.50	30.50	18.00
最小値	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.50	0.47
平均値	0.94	0.01	0.04	0.01	0.03	0.07	16.86	3.35
中央値	0.80	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	17.20	3.20
幾何平均	—	—	0.00	—	0.02	0.00	—	2.58
90%タイル	1.80	0.02	0.06	0.02	0.07	0.18	24.50	5.90

② 原水及び浄水の全データにおける全有機炭素と消毒副生成物との相関性

全浄水場原水及び浄水の全てのデータにおけるTOCに対する他の化学指標との相関性は、表3に示すように、総トリハロメタンでは相関係数0.671、ハロ酢酸では0.600を示した。一方、KMnO4消費量に対する他の指標との相関性は、総トリハロ

メタンでは相関係数0.754、ハロ酢酸では0.768、UV260では0.832を示した。

また、UV260と総トリハロメタンとの関係では、0.716、ハロ酢酸では0.797であった。総トリハロメタンとハロ酢酸では0.584を示した。TOCとKMnO4消費量では0.827であった。

表3 原水+浄水の全試料における水質項目の毎の相関性

	TOC	TTHM	HA c	UV260	水温	KMnO4
TOC	—					
TTHM	0.671	—				
HA c	0.600	0.584	—			
UV260	0.573	0.716	0.797	—	—	
水温	0.195	0.175	-0.039	—	—	
KMnO4	0.827	0.754	0.768	0.832	0.086	—

2) 全国調査データのうち原水に対する相関性

① 原水データの最大値、最小値、平均値、中央値の結果

全国調査データにおける原水の全データの最大値、最小値、平均値、中央値の結果は表4のようである。TOCの最大値は4.10mg/l、最小値は0.00mg/l、平均値は1.21mg/l、中央値は1.10mg/l、90%タイル値は最大値2.30mg/lであった。TTHM生成能の最大値は0.20mg/l、最小値は0.01mg/l、平均値は0.04mg/l、中央値は

0.03mg/l、90%タイル値は最大値0.06mg/lであった。HA cの最大値は0.19mg/l、最小値は0.01mg/l、平均値は0.04mg/l、中央値は0.02mg/l、90%タイル値は最大値0.12mg/lであった。UV260の最大値は0.50mg/l、最小値は0.002mg/l、平均値は0.11mg/l、中央値は0.10mg/l、90%タイル値は最大値0.21mg/lであった。

KMnO4消費量の最大値は18.0mg/l、最小値は0.50mg/l、平均値は4.86mg/l、中央値は4.90mg/l、90%タイル値は最大値6.30mg/lであった。

表4 原水の全試料における最大値、最小値、平均値、中央値(mg/l)

	TOC	THM生成能	HA c生成能	UV260	水温	KMnO4
データ数	669	223	34	310	761	170
最大値	4.10	0.20	0.19	0.50	30.50	18.00
最小値	0.00	0.01	0.01	0.002	0.50	0.50
平均値	1.21	0.04	0.04	0.11	16.44	4.86
中央値	1.10	0.03	0.02	0.10	16.90	4.90
幾何平均	—	0.00	0.02	0.00	—	4.54
90%タイル	2.30	0.06	0.12	0.21	24.10	6.30

②原水の全有機炭素と消毒副生成物との相関性

原水の TOC に対する他の化学指標との相関性は表 5 に示すように、総トリハロメタンでは相関係数 0.480、ハロ酢酸では 0.583 を示した。一方、KMnO₄ 消費量に対する他の指標との相関性は、総トリハロメタンでは相関係数 0.645、ハロ酢酸では 0.643、UV260 では 0.587 を示した。また、

UV260 とトリハロメタン生成能との関係では、0.662、UV260 とハロ酢酸生成能では 0.776 であった。トリハロメタン生成能とハロ酢酸生成能では 0.575 を示した。TOC と KMnO₄ 消費量では 0.684、UV260 と KMnO₄ 消費量とでは 0.587 であった。水温とトリハロメタン生成能では、0.238 と関連性は薄い結果であった。

表 5 原水における水質項目の毎の相関性

	TOC	TTHM	HAc	UV260	水温	KMnO ₄
TOC	—					
TTHM	0.480	—				
HAc	0.583	0.575	—			
UV260	0.459	0.662	0.776	—		
水温	0.313	0.238	-0.151	0.199	—	
KMnO ₄	0.684	0.645	0.643	0.587	0.318	—

3) 全国調査データに対する浄水における相関性

① 浄水における最大値、最小値、平均値、中央値の結果

全国調査データにおける浄水の全データの最大値、最小値、平均値、中央値の結果は表 6 のようである。TOC の最大値は 1.80mg/l、最小値は 0.00mg/l、平均値は 0.67mg/l、中央値は 0.60mg/l、90%タイル値は最大値 1.10mg/l であった。TTHM の最大値は 0.07mg/l、最小値は 0.00mg/l、平均値は 0.01mg/l、中央値は 0.01mg/l、90%

タイル値は最大値 0.02mg/l であった。HAc の最大値は 0.05mg/l、最小値は 0.00mg/l、平均値は 0.01mg/l、中央値は 0.01mg/l、90%タイル値は最大値 0.02mg/l であった。UV260 の最大値は 0.14mg/l、最小値は 0.002mg/l、平均値は 0.03mg/l、中央値は 0.03mg/l、90%タイル値は最大値 0.05mg/l であった。

KMnO₄ 消費量の最大値は 2.30mg/l、最小値は 0.47mg/l、平均値は 1.19mg/l、中央値は 1.20mg/l、90%タイル値は最大値 1.60mg/l であった。