

水道実務者のための
水資源学入門 -安全な水道水を目指して-

(下)

～ 全国簡易水道協議会-「水道5月号」-より抜粋 ～

水道実務者のための 水資源学入門 —安全な水道水を目指して—

(下)

国立大学法人 鹿児島大学理学部
地球環境科学科教授 坂元 隼雄

5. 水道水を取り巻く水環境

5-1 河川の自浄作用

本来、河川には水を清浄にする能力がある。たとえば、ある自然界にある有機汚染物質が河川に入ると、流れ下る間に汚染物質を溶存酸素や微生物等が酸化・分解し、河川がきれいになる現象を自浄作用といわれている。したがって、河川の自浄能力を超えた汚染物質が加えられると、溶存酸素は消失し、生物が死に絶えた河川となり、自力で蘇ることはできなくなる。また、自然界において分解され難い化学物質は、生物や河川底質（泥）などに蓄積または沈殿する。また、これらの沈殿物などは、洪水などにより最終的には海に入る。しかし、近年、洪水・利水対策として河川がせき止められ、ダムが建設されたことにより、海まで沈殿物などが運ばれないケースがある。

5-2 河川水の汚染（水質汚染）

水は、自然界にあるいろいろな物質を溶かす能力があることは先述した。降水（雨）や地表水（河川水、湖沼水など）は、いずれも純粋な水として存在することは困難である。海面、地表や森林などから太陽の熱エネル

ギーによって水蒸気となった水は、大気中で冷やされて降水（氷雪）となり、大気（空気）の二酸化炭素、硫黄化合物、窒素化合物や浮遊塵などを溶かした酸性雨（pH5.76以下の雨をいう）は、ヒトが100年以上の耐用年数を想定して造ったコンクリート建造物や大理石の石像、湖沼の生物などに影響を及ぼしている。

●水質汚染の原因

水質汚染の原因は、自然界では鉱山地帯からの汚染もあるが、人為的な化学物質によるものが、よく知られている。水質汚染の原因となるものを上げると、

- a) 鉱山排水（低pH）（赤い川：鉄含有量が多い）（有害金属：銅、カドミウム）（有害物質：ヒ素などを含む）
- b) 工業排水（食品工業、パルプ工業、繊維工業、醸造業など）
- c) 農業・畜産排水〔化学肥料（窒素肥料）、農薬（DDVP、CAT、リンを含むもの）、畜産排水（窒素、リン）（富栄養化）、地下水汚染（硝酸性窒素）〕
- d) 生活排水（油、食品の煮汁、洗剤）（BOD、窒素、リン）
- e) 産業廃棄物等からの浸出水〔地下水汚染〕
近年、工場排水は法規制により異常な排水

を放出し続けているものは少なくなった。しかし、公共下水道や合併浄化槽のない地区では、生活排水などが河川や湖水の水質汚染の主な原因となっている。その一つは、家庭生活（炊事、洗濯、食べ残し）である。また、農業・畜産業の盛んな地域では、過剰な施肥や畜産廃棄物である糞尿などの処理・循環が十分でないことが原因で地下水や河川水に影響を及ぼし、硝酸性窒素などの水質汚染を引き起こしている地域がある。このような地域では適正な施肥などのソフト的な面からの指導・協力体制の取り組みが必要である。

5-3 水の浄化

私達が生活に必要な生活用水の水源の約70%は、河川水や湖沼水であり、地下水が約30%を占めている。河川や湖沼の水質が悪化し、殺菌・酸化（分解）の目的で加えた塩素が有機物（フミン質）と結合してできるトリハロメタンや、水中生物の藻から放出されるジェオスミンなどの化学物質が注目されている。

日本は山紫水明の国と言われてきた。しかし、工業、農業・畜産業の発展は大量生産、大量廃棄、人口の都市集中化などにより河川や湖沼に自浄能力を越えた汚染物質が負荷され、河川や湖沼の水質汚濁が、各地で問題になってきている。

私達が生活に利用する水道水の水質を保全するには、汚染物質の河川や湖沼への排出量を制限しなければならない状況にある。私達は文化的で快適な生活を求め、多くの化学物質を造りだし、生活を快適で便利にした代償を払わなければならない時期にきている。さもないと、私達を取り巻く水環境は危機的状況に追い込まれることが考えられる。早急に水道水の安全性の確保に向けた施策が取られるべきである。

次に、私達が飲用する水道水の問題について考えてみよう。

●上水道の浄化システム

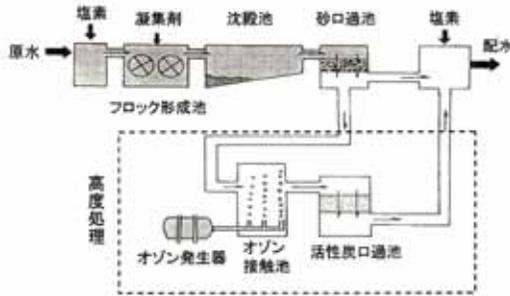
現在の下水道の起源は、1619年ロンドンで始められたとされている。この方法は、砂による緩速ろ過法であった。1892年にコレラ大流行があったが、この緩速ろ過によって水を供給していた都市では、コレラ患者がほとんど発生しなかった。緩速ろ過法は、河川水などの地表水に対する最も良い浄化法であった。

日本で、河川水などの浄化システムが用いられたのは、太平洋戦争後、多量の水水道が必要になってからである。また、ろ過法もゆっくりろ過する緩速ろ過法では間にあわず、硫酸アルミニウムや塩素などの化学薬品を使った急速ろ過法が用いられた。急速ろ過法の欠点は、浄化能力が緩速ろ過法に比較して劣ることである。細菌、プランクトン、臭気などの除去は不完全である。したがって、細菌を含まない安全な（細菌に対して）水を造るには、塩素などによる殺菌が必要である。私達が飲用する水道水の安全を保証するためには、浄水場から最も離れた水道の蛇口で0.1ppmの残留塩素が残っていることが必要である。

また、河川や湖水の汚染が進行し、硫酸アルミニウム（現在使用されているものはポリ塩化アルミニウム）や塩素（現在、次亜塩素酸ナトリウム）（殺菌とアンモニア性窒素を分解するのが目的）を用いる浄水システムでは、藻類による臭気物質や農薬などの汚染物質を除去することはできない。現在の浄水システムでは、活性炭やオゾン処理を付加しなければ、安全性の高い水を得ることは困難である。

図-11に示した従来の浄水システム（上半分）に、点線で囲んだ部分（活性炭やオゾンを用いた処理）は、高度処理と呼ばれ、この方法を用いるとカルキ臭やカビ臭は100%除去できる。また、トリハロメタンの生成は

図-11 水道水をつくる浄水システムの概略図



50%程度少なくできるといわれている。しかし、実用化には、浄水場の整備が必要で、水道料金の20%前後の値上げが必要となるなどの問題がある。

水の利用法は、さまざまであるから、水道水の全てを高度処理するのではなく、飲料水（ヒトの口から入る部分）だけを高度処理すれば良いという意見もある。また、現在の高度処理で全ての有害化学物質が完全に除去できるわけではない。しかし、塩素の使用量を少なくできるので、安全性の高い方向に近づくことは間違いない。私達は、水道水の水源地を化学物質（農薬、殺虫剤、殺菌剤）（生活排水）などの汚染から守ることが最も安価で安全な水道水造りに繋がることを忘れてはならない。

5-4 浄水器

昭和35年後半ごろからの高度成長期に入り、工業活動や乱開発が行われるようになり、工場排水、生活排水、農薬などによる環境汚染が発生し、水道水源地である河川や湖沼の水質が悪化し、水質汚濁防止法などの法規制が実施されることになった。

近年、飲料水に対する関心が高まっている。その理由は「安全・健康」志向を求め、浄水器の普及率が伸びて来ているものと考えられる。はたして浄水器を付けなければ水道水が安心して飲めないほどの状況になって来ているのであろうか？

市販されている浄水器は、活性炭、セラミ

ックス、多孔質中空糸膜などを単独または組み合わせ、水道水を通し、水中の異物（化学物質）を除去する装置が大半である。消費者の要望に答えるために、多数の浄水器メーカーが販売を競っている。一般家庭における平成15年度の浄水器の普及率は約30%に達したといわれている。浄水器を付ければ水道水中のカルキ臭、カビ臭、微生物、濁りなどはほとんど除去できる。しかし、いま問題のトリハロメタンなどの除去は十分ではないが、安価で手軽に使用できる装置として有効である。浄水器の使用において一つ注意しなければならないことは、フィルターなどの定期的な交換などの保守管理を怠らないことである。さもないと、浄水器の中は塩素が除去されると雑菌の温床となることがあることを心得ておくことが必要である。

現在、大都市の水道水の置かれている水環境を考えると、従来の浄水システムにオゾン処理や活性炭などの浄水装置を加えることが水道水を安全に近づける方法の一つである。

6. 水道水の水源地と水質基準

水道水の浄水施設は、私達が健康で快適な生活と経済社会の発展を支える根幹的な施設である。水道の供給が滞れば生活や都市活動に重大な影響を与えることは疑いない。水道水を供給するには水源地を確保する必要がある。水道水源地の確保には、古くから努力がなされてきた。しかし、平成6年夏の全国的な水不足による渇水が、私達の生活や産業に影響を及ぼした例がある。

地表水は、河川の流量が豊富な時は大量に取水できるが降水が少ない時期は渇水となり十分な取水ができなくなる。また、地下水は、水量に限りがあり、工場などで大量に汲み上げると地盤沈下や塩水化などにより安易に取

水量を増やせない場合がある。しかも、水源確保は水道事業者の事情を反映させた計画が必ずしもできない。河川水や地下水の利用には多くの取水者、利用者の利害が関係している。

また、新たなダム建設となるとダム適地の減少から多目的なダムとならざるを得ないといった事情もある。したがって、諸関係者との調整に時間を要する。

日本の水道普及率は約97%を越え、水道の維持管理体制は世界でトップクラスであり、全国どこでも安心して水道水が飲めると言われてきた。ところが、近年、大都會を中心に水道水がまずい、異臭味を感ずるといった声が高まった。特に、夏季にはカビ臭とカルキ臭が強く、とても飲む気がしないという地域が出現した。日本の水道は、現在、大きな転換期を迎えようとしている。20世紀に整備された水道施設の多くが老朽化しつつあり、その更新が課題となっている。また、給水人口の増加、水源開発・水道施設整備といった右肩上がり時代の終わりを告げようとしている。水道及び水道行政の抱える課題（平成11年7月の水道基本問題検討会）で、特に「水道ビジョン」で取り上げられているキーワードの「安心、安定」、いい換えれば、安全で良質な水を安定的に確保し給水することは、水道事業の根幹をなすものである。また、水道需要者が求める「安心、安定」は、水道水の信頼を確保する上で必要不可欠である。

水道水の現況をみると、異常気象による局所的な豪雨や渇水、ダム・湖沼における生活排水、異臭味物質や農薬などによる水質汚染など、水道水源を取り巻く水環境は、水道関係者が無関心ではすまされない状況にある。

また、ダム・湖沼等の水資源開発は、各種の利水者をはじめ、多くの関係者が関与している。また、水資源の水質に係る法制度についても理解しておく必要がある。

水道水は、安心して飲める水であることが必要条件である。このために日本では水道法により、水質基準が定められており、水道水（飲料水）は常にこの基準に適合しなければならないとされてきた。

平成4年(1992年)12月1日、厚生省の生活環境審議会が、水道水の水質基準見直しの答申を行なった背景には、多種多様な有害な化学物質が、水道水源となる河川水、湖沼水や地下水などを汚染しているという深刻な現実があったからである。現行の水質基準26項目を46項目に増やし、さらに26個の監視項目と13個の快適な水質項目を新たに設け、総検査項目は85項目となった。

その後、水質基準の改定が行われ、平成15年(2003年)では水道水質基準が50項目、水道水質管理目標設定項目が27項目、農薬類(水質管理項目設定項目が15項目を含む101の物質)となった。

日本の水道水質基準50項目〔平成15年(2003年)〕を表一7に示す。

また、アメリカでは、84種類の化合物の飲料水質基準が設定されている。EPA(アメリカ環境保護局)は水質汚染に関連して、毒性などで優先度の高い汚染物質129種類を指定している。

近年、生活排水が河川水に多量に流れ込み、その中に含まれる有機物を分解するために、より多くの塩素が加えられ、トリハロメタンの生成が問題になっている。トリハロメタンは、発ガン性が指摘されている化学物質であることから注目を集めてきた。新しい水質基準では、総トリハロメタンの外に、クロロホルム、プロモジクロロメタン、ジプロモクロロメタン、プロモホルムの規制基準が設けられた。また、発ガン性のあるベンゼン、ジクロロメタン、四塩化炭素、ハイテク産業などで使用されているトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ゴルフ場で使用される除

表一 水道水質基準

項目	基準値	項目	基準値
1 一般細菌	1ml の検水で形成される集落数が 100 以下であること	26 総トリハロメタン	0.1mg/l 以下
2 大腸菌	検出されないこと	27 トリクロ酢酸	0.2mg/l 以下
3 カドミウム及びその化合物	カドミウムの量に関して、0.01mg/l 以下	28 ブロモジクロメタン	0.03mg/l 以下
4 水銀及びその化合物	水銀の量に関して、0.0005mg/l 以下	29 ブロムホルム	0.09mg/l 以下
5 セレン及びその化合物	セレンの量に関して、0.01mg/l 以下	30 ホルムアルデヒド	0.08mg/l 以下
6 鉛及びその化合物	鉛の量に関して、0.01mg/l 以下	31 亜鉛及びその化合物	亜鉛の量に関して、1.0mg/l 以下
7 ヒ素及びその化合物	ヒ素の量に関して、0.01mg/l 以下	32 アルミニウム及びその化合物	アルミニウムの量に関して、0.2mg/l 以下
8 六価クロム化合物	六価クロムの量に関して、0.05mg/l 以下	33 鉄及びその化合物	鉄の量に関して、0.3mg/l 以下
9 シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に関して、0.01mg/l 以下	34 銅及びその化合物	銅の量に関して、1.0mg/l 以下
10 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	10mg/l 以下	35 ナトリウム及びその化合物	ナトリウムの量に関して、200mg/l 以下
11 フッ素及びその化合物	フッ素の量に関して、0.8mg/l 以下	36 マンガン及びその化合物	マンガンの量に関して、0.05mg/l 以下
12 钨素及びその化合物	钨素の量に関して、1.0mg/l 以下	37 塩化物イオン	200mg/l 以下
13 四塩化炭素	0.002mg/l 以下	38 カルシウム、マグネシウム等(硬度)	300mg/l 以下
14 1,4-ジオキサソリン	0.05mg/l 以下	39 蒸発残留物	500mg/l 以下
15 1,1-ジクロロエチレン	0.02mg/l 以下	40 陰イオン界面活性剤	0.2mg/l 以下
16 シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/l 以下	41 ジョスミン	0.00001mg/l 以下
17 ジクロロメタン	0.02mg/l 以下	42 2-メチルイソボルネオール	0.00001mg/l 以下
18 1,1,1-トリクロロエチレン	0.01mg/l 以下	43 非イオン界面活性剤	0.02mg/l 以下
19 トリクロロエチレン	0.03mg/l 以下	44 フェノール類	フェノールの量に換算して、0.005mg/l 以下
20 ベンゼン	0.01mg/l 以下	45 有機物(TOC)	5mg/l 以下
21 クロロ酢酸	0.02mg/l 以下	46 pH 値	5.8 以上 8.6 以下
22 クロロホルム	0.06mg/l 以下	47 味	異常でないこと
23 ジクロロ酢酸	0.04mg/l 以下	48 臭気	異常でないこと
24 ジブロモクロロメタン	0.1mg/l 以下	49 色度	5 度以下
25 臭素酸	0.01mg/l 以下	50 濁度	2 度以下

「水質基準に関する省令(平成 15 年 5 月 30 日厚生労働省令第 101 号)」より

草剤シマジンなども基準項目になった。なお、鉛、ヒ素、マンガンや陰イオン界面活性剤の基準が厳しくなった。化学物質の種類とその量が急速に増加している現状を考えれば、今回の水道法の改正は、安全な水道水に近づけるための前進と評価できる。

また、その背景には、ppb(十億分の一)オーダーの超微量成分が迅速で正確、かつ精度よく測定できる分析機器の技術開発があったからである。また、超微量分析を取り扱える環境証明事業所の全国的な広がりを反映し

ているとみることができる。

現在、問題となっているトリハロメタンは、河川や湖沼などの原水に含まれる有機物質と、浄水場で殺菌の目的で投入する塩素とが反応してできることは先述した。原水の有機物質による水質汚濁が進み、投入される塩素の量が増えることになり、水道水中のトリハロメタンが増加する。したがって、水道水中のトリハロメタンを減らす最良の対策は、水道水源に生活排水などによる有機汚染物質を混入させない、または少なくすることである。

6-1 広がる地下水ビジネス

地下水は、降水や表流水などが長時間かけて土壤中に浸透した水で、年間を通して水温の変化が少なくミネラルや二酸化炭素(炭酸)などが溶け込み、良質な飲料水の条件を兼ね備えている場合が多い。さらに、その取水が容易で、安価である。また、その利用に当たっては、伏流水の一部

を除き水利権の許可を必要としない。しかし、大都市などでは大量に地下水を利用する場合は制限をかけているところもある。

地下水は取水が容易で安価ということで大量に利用されてきた。また、その質的な面からの重要性が認識され、良質・恒温性などの地下水の持つ優れた特徴を活用する例がある。

最近はおいしい水・健康志向を求める消費者のニーズに合わせ、ボトル入りのミネラルウォーター等として販売を伸ばしている。

また、地下水の恒温性を利用した例として積雪地域（金沢など）では融雪施設やヒートポンプ等の熱利用機器などの熱源として利用されている。

近年、水道水の大口利用者を対象とする地下水ビジネスが話題となっている。その背景には①地下水の浄水技術の進歩がある。

②大口の水道利用者には、その使用量に相当する高額の水道料金を払わねばならない。

このような側面から大口利用者を対象とした新しいビジネスが生まれている。大口の水道利用者が水道水に要する経費が安くなる地下水の利用へ向かえば、一般の小口水道利用者に料金のしわよせがのしかかって来るという問題がある。

また、地下水が大量に汲み上げられることによる地盤の沈下や水質の変化（塩水化）などが予想され、今後の社会問題の火種となることも考えられる。

地下水の利用に当たっては、地下水障害の発生を防止し、地下水を水資源として保全しながら適正に利用することが必要である。それには、地下水採取規制等による地下水の過剰汲み上げの規制、地下水の利用を表流水へ転換するための代替水源の確保、地下水の採取量を減少させるための節水及び水使用の合理化など、総合的な施策を地域の実情に応じて実施していくことが必要である。一度、引き起こされた地盤沈下や塩水化を元に戻すことは極めて困難であるからである。

日本の各地でハイテク産業やドライクリーニングなどで使用されているトリクロロエチレン、テトラクロロエチレンなどの有機塩素

表－8 平成14年度地下水水質測定結果

項目	概況調査			環境基準
	調査数 (本)	超過数 (本)	超過率 (%)	
カドミウム	3,242	0	0	0.01mg/l 以下
全シアン	2,639	0	0	検出されないこと
鉛	3,484	8	0.2	0.01mg/l 以下
六価クロム	3,308	0	0	0.05mg/l 以下
砒素	3,520	53	1.5	0.01mg/l 以下
総水銀	3,253	0	0	0.0005mg/l 以下
アルキル水銀	1,020	0	0	検出されないこと
PCB	1,738	0	0	検出されないこと
ジクロロメタン	3,635	1	0.0	0.02mg/l 以下
四塩化炭素	3,814	3	0.1	0.002mg/l 以下
1, 2-ジクロロエタン	3,360	2	0.1	0.004mg/l 以下
1, 1-ジクロロエチレン	3,771	1	0.0	0.02mg/l 以下
シス-1, 2-ジクロロエチレン	3,842	8	0.2	0.04mg/l 以下
1, 1, 1-トリクロロエタン	4,270	0	0	1mg/l 以下
1, 1, 2-トリクロロエタン	3,359	0	0	0.006mg/l 以下
トリクロロエチレン	4,414	10	0.2	0.03mg/l 以下
テトラクロロエチレン	4,414	7	0.2	0.01mg/l 以下
1, 3-ジクロロプロペン	3,085	0	0	0.002mg/l 以下
チウラム	2,494	0	0	0.006mg/l 以下
シマジン	2,547	0	0	0.003mg/l 以下
チオベンカルブ	2,487	0	0	0.02mg/l 以下
ベンゼン	3,563	1	0	0.01mg/l 以下
セレン	2,650	0	0.0	0.01mg/l 以下
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	4,207	247	5.9	10mg/l 以下
ふっ素	4,117	16	0.4	0.8mg/l 以下
ほう素	3,989	5	0.1	1mg/l 以下
全体(井戸実数)	5,269	351	6.7	

系の洗浄剤などが地下に浸透し、地下水汚染を引き起こしている地域がある。

平成14年度の地下水の水質測定結果を表－8に示す。また、平成9年から平成13年度の地下水の水質基準超過状況を表－9に示す。表－8、9の中でヒ（砒）素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、フッ（ふっ）素、ホウ（ほう）素や、トリクロロエチレンなどの有機塩素系溶剤などが水質基準を超えている。したがって、一部の地域では地下水は良質という考え方が通用しない例があることを肝に銘じておくべきである。このような水質汚染に対処するためには、普段から飲料水の化学分析を定期的に調べる必要がある。地下水は一度汚染されると、その動きが遅いので回復には

表一 9 飲用井戸のトリクロロエチレン等の水質基準超過状況

項目	平成 9	平成 10	平成 11	平成 12	平成 13
四塩化炭素	25 (0.6%)	27 (0.7%)	16 (0.5%)	16 (0.4%)	19 (0.7%)
1, 2-ジクロロエタン	2 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (0.1%)	4 (0.2%)
1, 1-ジクロロエチレン	18 (0.5%)	13 (0.4%)	6 (0.2%)	20 (0.7%)	13 (0.5%)
ジクロロメタン	1 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
シス-1, 2-ジクロロエチレン	41 (1.0%)	20 (0.5%)	11 (0.4%)	22 (0.8%)	8 (0.3%)
テトラクロロエチレン	453 (4.7%)	350 (4.0%)	323 (4.8%)	265 (4.5%)	223 (4.1%)
1, 1, 2-トリクロロエタン	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
トリクロロエチレン	157 (1.8%)	121 (1.4%)	86 (1.3%)	82 (1.4%)	66 (1.3%)
ベンゼン	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (0.0%)
1, 1, 1-トリクロロエタン	6 (0.0%)	13 (0.2%)	22 (0.3%)	1 (0.0%)	4 (0.1%)

上段：超過井戸数、下段（）：超過率

- (注) 1. 各年度の井戸数は、当該年度において調査された数であり、同一の井戸についての結果が複数年度の数にカウントされている場合もある。
 2. 超過率は当該項目について検査を行った井戸に対する割合。なお、検査項目は井戸によって異なる。
 3. 同一年度内に複数の検査が行われた井戸の場合、一度でも水質基準を超過すれば、超過井戸としてカウントしている。
 4. 対応状況はそれぞれの年度末現在の状況である。

長年月を要する。したがって、地下水を飲料水として利用する場合、周辺の工場等で使用されている化学薬品などの情報を収集し、水道水（飲料水）の安全システムを確立させ、定期的なチェックに努める必要がある。

6-2 水道水の安全性を調べる方法

上述した日本の水道水の基準の改訂は、水道水に不安をもつヒトへの安全性へ向けた進歩である。しかし、この基準を満足すれば、はたして安全な水道水といえるだろうか。毒性のない化学物質に塩素を加え、生成する物質がすべて明らかにされているわけではない。水道水中のごく微量の有害物質をすべて測定し、監視することは、技術的・経済的にも不可能である。危険性は評価できるが、安全性の評価は極めて困難な場合が多い。

水道水の安全性を調べる方法として二つの方法を取り上げることにする。

一つの方法は、毒性のあるグループの含量を測定する。塩素や臭素のついた化合物の合計量（TOX）を測定する方法である。これは、

水道水中の汚染物質を特殊な活性炭に吸着させ、その活性炭を燃やして出てくる塩化水素や臭化水素などの合計量を測定する方法である。

二つめの方法は、細菌を使って毒性を直接測定する方法である。特殊な細菌を使って突然変異を起こす強さ（変異原性）を測定する方法である。これは、普通の状態では増殖できないが、突然変異を起こすと増殖できるようにした細菌に、水道水中から集めた汚染物質を与え、増殖した細菌の数から水道水の突然変異の強さを調べる方法である。

今後、未知の有害物質に対する総括的な安全評価法が開発され、水道水の安全性の向上に繋げなければならない。

6-3 水の値段

水道水の安全性に対する不安や健康志向などからミネラルウォーターの売り上げが急激に伸びたことは前述した。

水道水の値段をハイテク産業などで大量に使用されるようになってきている超純水、私達の身近な清涼飲料水やアルコール飲料などと値段の比較をした。その具体例を表一10に示す。

この表から明らかのように、水道水の値段に比べて市販されている水商品の値段の高さに気付かれると思う。また、水道水の値段の安さが水を大事に使うという感覚麻痺を引き起こしているのではないだろうか？私達は全てのヒトが必要な水道水に、所得の差（貧富）によって安全性の高い水が購入できたり、できなかったりする社会だけは造って欲しくない。水道事業従事者並びに関係行政担当者は、

表一10 いろいろな水商品の値段

水道水	150 円/m ³ (0.15 円/l)
超純水	1,000 円/m ³ (1 円/l)
ミネラルウォーター	150,000 円/m ³ (150 円/l)
スポーツドリンク	400,000 円/m ³ (400 円/l)
缶ビール	550,000 円/m ³ (550 円/l)
スキンケア水	10,000,000 円/m ³ (10,000 円/l)

水道水が全てのヒトが安心して飲める水造りに努めて欲しい。このことが水道水の利用者に信頼を得る最良の方法ではないだろうか。

6-4 安全な水源を守るには

水道水源としての河川、湖沼や地下水が化学物質など汚染を受け、水道水の安全性に不安が生じることで、水道水の数百倍も値段が高いボトルウォーターを使用する社会へ導くことは、本末転倒である。安全でおいしい水道水を得るために、私達が最初になければならないことは、「水源を汚さない」ことである。水源を汚してから再生し、安全性の高い飲料水をつくる技術はあるが、コスト（お金）がかかる。

現在、水源の汚染には、大気汚染、工場排水、生活排水、農畜産排水やゴミ埋め立て地からの浸出水などが関わっている。

また、安全な水源の保全には森林が重要な役割を演じていることを忘れてはならない。都市の住民は、自分達の水道水（飲料水）がどのようにして造られ、蛇口に来ているか、もっと関心をもって欲しい。河川の上流に広葉樹などの森を育てることが清流を生み、安全な水道水を造り、また洪水を防ぐのに役立っていることを知って欲しい。

私達は、大量生産、大量消費、大量廃棄といった物質的な豊かさ・利便さ・快適さを求める生活スタイルを一度見直す時期に来ている。企業によって大量にものが造られ、使用される。その後、廃棄物となるものが循環・再生するリサイクル社会の構築以外に地球環境問題を解決する手段はないと考えている。

日本の行政は、昔ながらの縦割り行政が行われている。この枠を超えた横の協力体制を組み、循環型社会の牽引力となって欲しい。そうしなければ、今後予想される地球の温暖化、砂漠化や化学物質による水質汚染などの広域的な環境問題は解決しないであろう。

7. 今後の展望

21世紀は水の世紀と言われている。発展途上国を中心とする各地で、水不足、食糧不足、水質汚染、感染症などが発生している。

また、最近、世界の各地で集中豪雨による土砂崩れや、洪水、地震（津波）、積雪などによる自然災害が発生している。これらに起因する食糧難、伝染病の発生などが広がることが懸念されている。

また、今後、急激な人口増加、産業開発などで、水をめぐり国際間の紛争が起こることが予想される。最後に、三つの視点から今後の水問題を取り上げてみよう。

7-1 量的な水問題

量的な水問題は、水不足である。水の供給源である降水は、地球規模の気象現象が関与する。水不足の最大の原因は人口増加である。人口増加をコントロールできれば問題は解決するのだが、国際間のこともあって極めて難しい問題である。一案として、発展途上国の生活水準を上げれば人口増加が押さえられると考えられている。しかし、人口問題はそう簡単に片付く問題ではない。私達は使用している水が限りある水資源であることを認識し、地球上を循環している水を使わせてもらって生きているという意識を持てば、必然的に水を大事に使うであろう。

7-2 質的な水問題

過去において、水質汚染といえば工場排水による重金属汚染が中心であった。しかし、近年、一般家庭からの生活排水、農畜産、ハイテク産業、ゴミ焼却炉、ゴミ埋立地などによる富栄養化、硝酸性窒素、有機塩素化合物、地下浸透水、環境ホルモン作用を示す物質などによる環境汚染がクローズアップされてきている。このような環境汚染は、最終的には海洋汚染に繋がり、海産物を食糧とする人間

(ヒト)に影響が及ぶことになる。このような環境汚染を防ぐ方法は、①問題を引き起こす化学物質を使用しないか、②発生源でクロード化して環境中に分散させないようにするしか方法はない。環境中に広げてから汚染物質を回収するとなると膨大な経費がかかり、ほとんど不可能に近い。したがって、良質な水を得るには、行政、事業者、住民が地球環境の保全に向け、一致協力して取り組み、私達などが使用したあとの廃棄物をリサイクルする社会の構築以外にはないと考える。

また、もの造りに携わってヒトは、ものを設計（デザイン）する段階からリサイクルし易い製品造りに徹して欲しい。

7-3 地球環境問題を解決する手段としての水問題

現在、地球上には63億の人間（ヒト）が生活している。先進国のヒトは科学技術を利用して、大量生産、大量消費、大量廃棄を続け、豊かで快適な生活を営んでいる。その結果、多量の二酸化炭素やフロンなどの汚染物質を地球上に撒き散らし、酸性雨、オゾン層の破

壊、砂漠化、水質汚染、土壌汚染などを引き起こしている。私達は、今一度、生活スタイルを見直さなければ地球環境は悪くはなっても良い方向には向かわないであろう。

また、最近の科学技術の中で、私達に最も馴染みの深い水に機能性をもたせ、水のもつ特異的な性質を利用する研究開発が注目されている。その名は活性水、機能水、超臨界水などと呼ばれ、汚された地球環境の修復に役立てようという試みがなされている。今までと異なり、化学物質を使用しない環境にやさしい水を利用した洗浄、消毒、殺菌法、酸化・分解法などとして様々な分野で試みがなされている。

今後、ヒトの安全性を目指した水科学の分野にメスが入り、安心して飲める水道水（飲料水）ができることを切望する。

最後に、本稿の出筆にご助言を賜りました福島県三春町企業局長 遠藤誠作氏に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 高橋 裕編、「水のはなしⅠ」技報堂（1988）。
- 2) 高橋 裕編、「水のはなしⅡ」技報堂（1988）。
- 3) 厚生省令第69号、水道水質基準（1992）。
- 4) 北野 康、化学の目でみる地球の環境、養華房（1992）。
- 5) NHK取材班（眞柄泰基）、「飲み水が危ない」角川書店（1992）。
- 6) 池田早苗、おいしい水と新しい水質基準、第30回分析化学講習会、13-22（1993）。
- 7) 中馬克己、鹿児島の水、春苑堂出版（1994）。
- 8) 地下水問題研究会編、地下水汚染論—その基礎と応用—、共立出版（1994）。
- 9) 不破敬一郎編、地球環境ハンドブック、朝倉書店（1994）。
- 10) 久保田昌治、「知っておきたい新しい水の基礎知識」オーム社（1995）。
- 11) 落合正宏、生活と水、45、103-107（1997）。
- 12) 浦野純平、きれいで安全な水道水を守る方法、化学と教育、45、149-152（1997）。
- 13) 都築俊文、伊藤八十男、上田祥久、「水と水質汚染」（1977）。
- 14) 坂元隼雄、桜島火山地域の地下水の水質、硝酸性窒素を中心として、月刊 水、41-4、61-69（1999）。
- 15) 坂元隼雄、安全な飲料水、自然愛護、27、2-9（2001）。
- 16) 久保田昌治、西本右子、「これでわかる水の基礎知識」（2003）。
- 17) 松井健一、「水の不思議 PART II」（2003）。
- 18) 水道の水はどこから、水道水源開発Q&A（改定版）、日本水道新聞社（2004）。
- 19) 地球上の生命を育む水のすばらしさの更なる認識と新たな発見を目指して、文部科学省科学技術・学術審議会、資源調査分科会報告書（2004）。
- 20) 坂元隼雄、水資源—安全な水道水を目指して—、平成16年度 水道事業実務者研修セミナー 水環境の現状と水道法改正への対応一、株式会社 東洋環境分析センター、1-8（2004）。

著者紹介

1966年 鹿児島大学文理学部理学科卒業
 1966年 鹿児島大学理学部助手
 1988年 鹿児島大学理学部助教授
 1997年 鹿児島大学理学部教授
 2004年 国立大学法人 鹿児島大学理学部教授
 (専門分野) 地球化学、分析化学、環境化学

(主な著書(分担))

- 「海洋環境調査法」恒星社厚生閣(1979)。
- 「地熱流体の化学」東京大学出版会(1985)。
- 「機器分析入門」南江堂(1988)