

## 講演「くらしと飲み水」

野田 功

東京都の区部、多摩地区さらには島嶼部における上水道事業及び簡易水道事業について、水道局、衛生局・福祉保健局に在職していた当時を振り返り具体的に語っていただきました。講師は、技報堂出版(株)より出版された『みんなで考える 飲み水のはなし』の共同執筆者(アクア研究会)の一人でもあります。

### 1. 水の日

八月一日は「水の日」です。地球に存在する水の九七・五%が海水であり、残りの淡水のほとんども南極・北極地域の氷や氷河として存在しているため、利用しやすい地表にある河川や湖沼の水はわずか〇・〇一%で、地下水全部を加えても〇・

八%にすぎません。

わが国の水利用量全体に占める各分野の割合は、生活用水が十九%、工業用水が十四%、農業用水が六十七%で、圧倒的に多いのは農業用水です。

水道水は厚生労働省、工業用水は経済産業省、農業用水は農林水産省と所管が縦割り化されており、総合的な水政策が望まれています。

水道水源としては、河川水、湖沼・貯水池水、地下水、伏流水があります。それぞれの特徴は表1の通りです。

全国ベースで水道水源の割合をみますと、河川水が二六%、ダム湖水が四七%、井戸水が二〇%、伏流水が四%となっています。

三園浄水場（板橋区）には水道水を浄水する系列の他に、工業用水を専門に浄水する系列があり、主として下町の工場へ供給していますが、現在ではその一部をトイレの水洗水として大規模な住宅団地にも送水しています。これは工業用水の需要が減少してきていることが背景にあります。

給水人口が五千人を超える場合は上水道事業に、一〇一〜五千人の場合は簡易水道事業に区分されています。

また、専用水道は寄宿舎・社宅などにおける自家用水道で百人を超える者に供給するものを、簡易専用水道は水道事業から供給される水のみを水源とする受水槽の有効容量が一〇m<sup>3</sup>を超えるものをいいます。

東京都で簡易水道事業を実施しているのは、松原村、利島村、新島村、神津島村などです。島嶼部でも大島町と八丈町は、上水道事業と簡易水道事業の二本立てになっています。

東京都では利根川・荒川水系が3/4を占めています。給水系統間や浄水場間をループ化して相

互に融通できるバックアップ体制をとって、渇水時や送水管事故に備えています。例えば、東村山浄水場と朝霞浄水場との間では原水連絡管によって、東村山からは自然流下で、朝霞からはポンプ圧送で相互に融通できます。また、多摩川水系の小河内貯水池への貯水は、渇水時に備える予備的な性格も有しています。

特殊な事例ですが、式根島は島内に水源がないため、隣りの新島（水源は井戸水）からの海底送水管により水道水を確保しています。

上水施設の役割は、①良好な水質 ②必要な水量 ③適切な水圧 を技術的に確保することにあります。上水道の水の流れは、水源、取水、導水、浄水、送水、配水、給水（建物の水栓）の順です。

日本の水道技術の高さを示すものの一つに漏水率（水道管から水が漏れる割合）の低さがありますが、東京の漏水率は約三％です。先進国の都市の平均が一〇％前後と云われるなか、この数値は驚異的です。

水道メーターより外側は水道局の管轄、それよ

表-1 各水源の特徴

水源の種類	特徴
河川水	降雨(豪雨や濁水など)や流域の社会活動の影響(工場からの有害物質の流入など)を受けやすく、水量と水質の変動が大きい。
湖沼・貯水池水	貯留による沈殿作用や自浄作用が働くため、河川水に比べて水質の変動は小さい。しかし、貯留に伴う富栄養化が進むと、藻類の発生による異臭味障害やろ過障害を引き起こすことがある。
地下水	水温やその他の水質の変動が少なく、一般に清浄な水源である。しかし、有機溶剤等で汚染されると浄化が困難となる。
伏流水	浅層地下水の一種であり、地表水(隣接する河川水)の影響を受けやすい。

り内側は私有財産となっています。従って、宅地内であってもメーターより道路側でのトラブルは、水道局で責任をもって対応してくれます。

一般家庭での水使用量は四大家族で一。m<sup>3</sup>/日です。そのうちトイレの水洗水が約1/4を占め

ていましたが、最近では節水型トイレの普及が進み、この比率が下がりがつありつあります。他に、浴室が二五%、洗濯が二〇%、炊事が二〇%です。

現在の東京都の水道事業では三階建ての住宅までは直接給水できます(直圧直結給水方式)。四階建て以上の建物の場合は、揚水ポンプで高置水槽に水道水を一旦貯め、ここから自然圧で各階へ給水する「貯水槽水道方式」、あるいは地上に増圧ポンプを置き、ポンプ圧により各階に給水する「直結給水方式」とがあります。また、最近増えってきました高層建築物では増圧ポンプを、低層用、中層用、高層用などに分けて設置して、末端の給水栓で過剰な水圧にならないよう配慮しています。

## 2. 水質基準

水質基準は平成十五年現在、健康に関連する三十項目、水道水が有すべき性状に関連する二十項目のほか、水質管理目標設定項目としての、健康関連十四項目(農薬類百二物質は一項目としてカウントされている)並びに水道水が有すべき性状

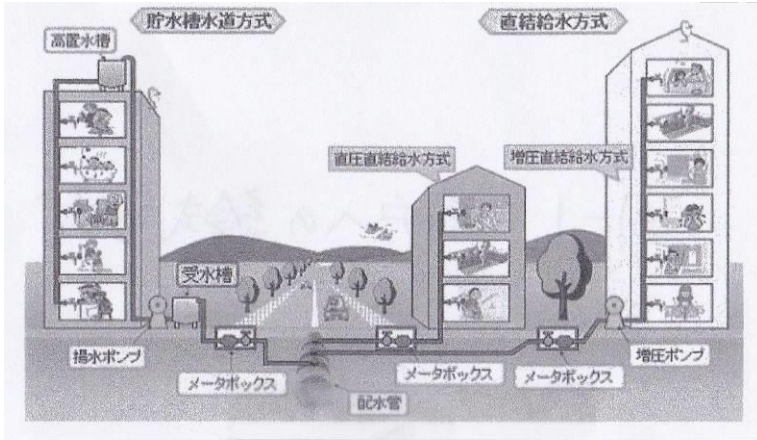


図-1 各戸への給水方式

に関連する十三項目があり、これらとは別に、要検討項目が四十八項目あげられています。水質基準項目の推移を表-2に示します。

表-2 水質基準項目の推移

- 昭和33年(27項目)
- 昭和35年(24項目:1増、4減)
- 昭和41年(26項目:2増)
- 昭和54年(26項目:1増、1減)
- 平成5年(46項目:21増、1減))
- 平成16年(50項目:13増、9減))
- 平成20年(51項目:1増)
- 平成21年(50項目:1減、1項目名変更)

平成五年十二月から実施された「新水質基準」が、従来のもの(昭和五三年制定)と根本的に違っているのは、トリクロロエチレン、トリクロロエタンなどの洗浄剤や、農薬などの化学薬品に対する規制が本格的に入ってきたことです。大きく四つに分けられ、安全な水から美味しい水まで、段階的にチェックできるようになっています。

水道法に基づく水質基準として、どこの水道水でも満たさなければならぬ基準項目は、「健康に  
関連する項目」と「水道水が有すべき性状(味覚、色、匂い、発泡など)に関連する項目」です。この他に、質の高い水道

水の目標値としての「快適水質項目」があり、原水の将来的な悪化に備えての「監視項目」があるという内容になっています。

給水栓において遊離残留塩素を $0.1\text{mg/l}$ 以上保持していることが、水道法によって定められています。主な消毒剤は、液化塩素や次亜塩素酸ナトリウムです。浄水場から送水されるときの濃度は、 $0.7\sim 0.8\text{mg/l}$ 程度です。塩素消毒の際、浄水にわずかながら含まれているある種の有機物と反応して、トリハロメタンなどの副生成物が生じるおそれがあるので、塩素注入量をむやみに増やすことはできません。そこで、水道水を各地域へ送る拠点である給水所に、塩素を追加注入できる設備を整備することで、浄水場での塩素注入量を低減し、浄水場からの距離にかかわらず、残留塩素濃度が適切に保たれるようにしています。

表-3 おいしい水の水質要件

水質項目	数値	摘要
蒸発残留物	30~200mg/L	適度に含まれると、こくのあるまろやかな味になる。
硬度	10~100mg/L	低い水は癖がなく飲みやすいが、高くなると個性が強くなり、おいしくないと感じる人が多くなる。
遊離炭酸	3~30mg/L	水にさわやかな味を与える。多いと刺激が強くなる。
過マンガン酸カリウム消費量	3mg/L以下	多いと渋味が感じられ、水の味を損なう。
臭気度	3以下	少ないほどよい。
残留塩素	0.4mg/L以下	カルキ臭の原因になるが、殺菌力を保つため必要。
水温	20℃以下	15℃から10℃程度がおいしく飲める。

(おいしい水研究会資料)

表-4 消毒副生成物

消毒剤	有機生成物		無機生成物
	ハロゲン化合物	非ハロゲン化合物	
塩素/次亜塩素酸ナトリウム	トリハロメタン類 ハロ酢酸類 ハロアセトニトリル類 抱水クロラール クロロピクリン クロロフェノール類 MX ハロケトン類 有機クロラミン類	アルデヒド類	塩素酸イオン
クロラミン	ハロアセトニトリル類 ハロ酢酸類 抱水クロラール 有機クロラミン類	アルデヒド類	塩化シアン 硝酸イオン 亜硝酸イオン 塩素酸イオン ヒドラジン
二酸化塩素		アルデヒド類	亜塩素酸イオン 塩素酸イオン
オゾン	各種臭素化合物	アルデヒド類 ケトン類 カルボン酸類	臭素酸イオン 過酸化水素

### 3. 凝集沈殿、緩速ろ過、急速ろ過

1m<sup>3</sup>当たり一日四〜五m<sup>3</sup>の緩やかな速さでろ過する方法が緩速ろ過です。砂層表面や砂層内に生息している微生物の働きで臭い成分や有機物が分解されます。東京都では境浄水場で実施されています。

凝集沈殿は、細かい沈殿しにくいものを沈めるため、硫酸アルミニウムを入れて溶解させ、凝集体をつくるなかに沈殿しにくいものを包み込み、沈殿分離する方法です。

急速ろ過は、凝集剤を加えて濁りを除去した後、1m<sup>3</sup>当たり一日二〇〜一五〇m<sup>3</sup>でろ過します。

### 4. 高度浄水処理

利根川水系の金町、三郷、朝霞、三園の各浄水場での異臭味障害を解消するため、高度浄水処理（オゾン処理+生物活性炭処理）が平成元年より導入されるようになりました（平成二十五年中に利根川水系の全量を高度浄水処理することを目指しています）。

オゾン処理は、オゾンの強い酸化力で臭い物質や有機物を分解するものです。

生物活性炭処理は、基本的には、細孔を有する活性炭の吸着能力によって臭い物質や有機物を処理する方法ですが、(粒状)活性炭の表面に微生物が繁殖し、これによる生物浄化能力(有機物やアンモニア性窒素の分解)が加味され、ひいては活性炭の吸着機能を持続させ、結果的に活性炭の寿命が延命します。

高度浄水処理を行うと、カビ臭さの原因となる物質(ある種の藍藻類、放線菌類が産出するジェオスミンや2・メチルイソボルネオール)やカルク臭のもととなるアンモニア性窒素など、通常の浄水処理(凝集沈殿+急速ろ過+消毒)で対応しきれない物質が除去できるほか、トリハロメタン(水中のある種の有機物と塩素が反応することによって生成する物質)生成能を減少させることも可能となります。最近では、この高度浄水処理水をペットボトルに入れ、「東京水」と名付けてイベント会場などで配布しています。東京以外にも「京

の水道 疎水物語」(京都市)、「新しい自由都市堺」(堺市)、「神奈川のおいしい水 森のハーモニー」(神奈川県) などがあります。

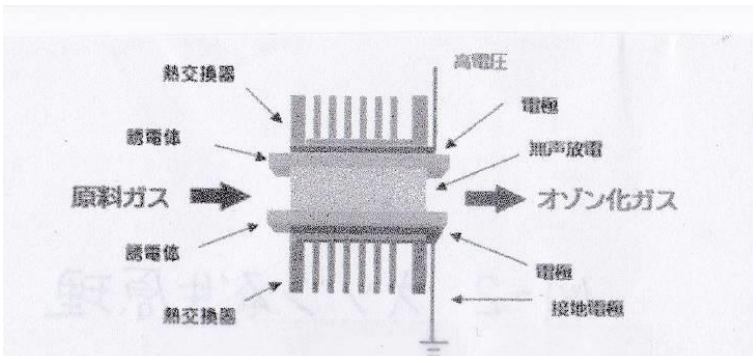


図-2 オゾン発生原理

## 5. 膜ろ過法

近年、膜ろ過法【精密ろ過(MF)、限外ろ(UF)、逆浸透(RO)など】が、島嶼部での井戸水の塩水障害対策への適用ばかりでなく、区部や多摩地区における小規模浄水場においても注目されるようになり、八箇所採用されています。メンテナンステ性に優れているためです。

さらに、伏流水を水源としている砧浄水場の緩速ろ過法も膜ろ過法に変更されました。

ポリエチレン、ポリプロピレン、酢酸セルロースなどからできている有機膜と、アルミナ系などの無機膜とがあります。形状にはスパイラル状や中空糸状があります。細孔径の大きさによって異なりますが、細菌、ウイルスばかりでなく、分子、イオンまでも除去することができます。

MF膜は孔径の大きなものでも0・四 $\mu$ m程度ですので、懸濁物質や大腸菌などはほぼ完全に除去できます。また、UF膜は一部の溶解性高分子物質を、さらに、RO膜はイオンや低分子の溶解性有機物をも、除去が可能です。

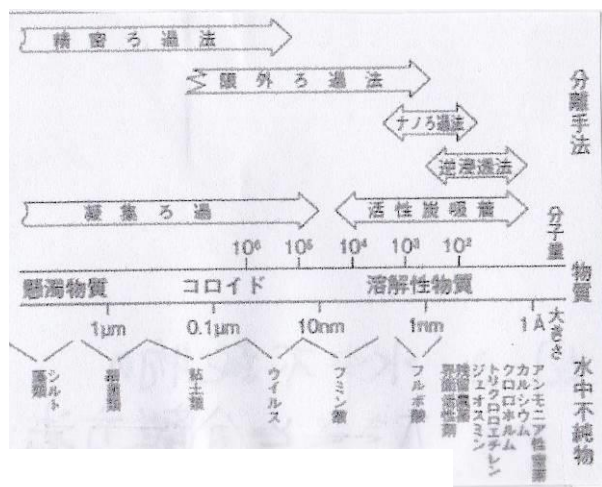


図-3 水中不純物の大きさと分離方法



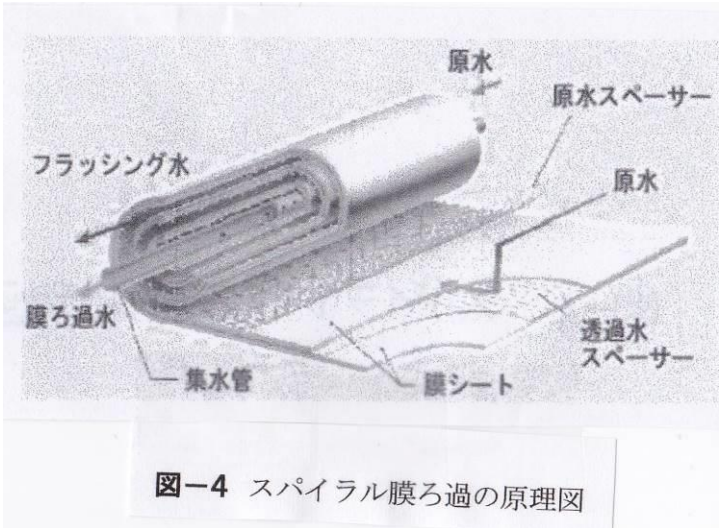


図-4 スパイラル膜ろ過の原理図

## 6. ミネラルウォーター

「飲み水はペットボトル入りの水で！」と云った風潮が起こり、ミネラルウォーターの消費量が増加傾向にあります。国内生産と輸入を合わせる

と三億リットルもあり、これは昭和五十七年の約三六倍の量です。原水や処理方法の違いによって四つに分類されますが、市販されている国産のミネラルウォーターのほとんどは、ナチュラルミネラルウォーター（特定の水源から採水された地下水で、ミネラル成分が溶け込んでいるものを沈殿、ろ過、加熱殺菌処理した水）です。

## 7. 直結給水と水質データの自動計測

水道事業者としては「蛇口からの水を飲み水に！」との思いで、利根川水系の浄水場に高度浄化処理を導入し、さらに上水の風味を損ねるおそれのある貯水タンクをできるだけ経由させずに直接、浄水を蛇口に送水する「直結給水」に努めています。「直結給水」は、現在のところ三階までです。

浄水場の入り口には毒物検知水槽が設置されて

おり、魚をセンサーとして用いてその活動電位を連続的に測定することによって、毒物混入の有無

を監視しています。

さらに、残留塩素、電気伝導度、濁度などを自動的に計測する「水質計器」が都内一三一箇所の給水栓に設置され二四時間連続測定し、そのデータをテレメータにより水質センサーや多摩の水質課に送っています。



写-1 毒物検知水槽



図-5 都内給水栓検査箇所

## 8. 浄水器

日本で一般家庭に浄水器が普及し始めたのは一九七〇年代です。そのきっかけは、琵琶湖の汚染が進んで塩素使用量が増えたことによる近畿地方の水道水の水質悪化（カルキ臭、カビ臭）です。浄水器のブームの陰には、水道水への不安があります。私が経験したものとしては、マンション内の水道配管が老朽化したため上水の風味が悪くなり、浄水器をつけたと云う例がありました。

蛇口直結型は、蛇口の先端に直接取り付けるタイプで、取り付けは比較的手軽ですが、残留塩素が浄水器によって除去されてしまい微生物繁殖の温床となることがあるので、カートリッジの交換は早めにすべきです。

据え置き型は、ホースで蛇口や水道管につなぐタイプで、浄水能力が高く、カートリッジの交換頻度も少なくてすみますが、ある程度の設置スペースを必要とします。

日頃の洗浄を怠れば、水の出口周辺や内部にカビがすぐに繁殖してきます。さらに、カートリッ

ジを適切に取り替えないと、内部に溜まっていた汚染物質までもが蛇口から放水されてしまいます。

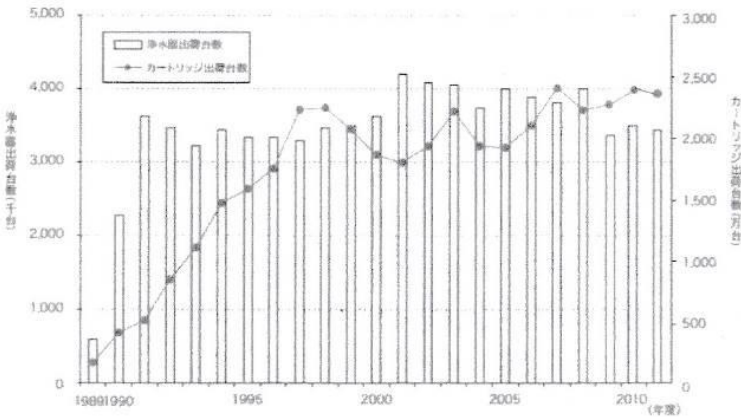


図-6 浄水器・カートリッジの出荷台数の推移

表-5 ろ過材の種類

ろ過材	特徴
活性炭	表面に無数の亀裂や穴が開いた炭で、粒状・粉状・繊維状などの種類がある。この亀裂や穴に水の中の汚れが付着して除去される。塩素臭・かび臭などの臭いを除去する。
中空糸膜	中が空洞であるストロー状の化学繊維の束でできている。このストロー状の繊維には細かな穴が無数開いていて、水が外側からストローの中流れ込むときに雑菌や鉄さびなどを除去する。
セラミック	アルミナや酸化ジルコニウムといった無機素材の微粒子を固めてつくったろ過材で、鉄さびや濁りなど主に水中の微粒子を除去する。
逆浸透膜	中空糸よりずっと小さな穴が開いている膜で、圧力をかけて水を通すことにより、微粒子だけでなく、水に溶けている成分も除去できる。

## 9. 水道施設の耐震化

耐震化工事は、上水道施設ばかりでなく、並行して下水道施設にも実施していかなければなりません。施設を止めて工事を行わなければならぬ困難性があります。

地震から貯水池の堤防を守るために、すでにある堤防にさらに土を盛って強くする堤体強化工事を行なっています。

また、古くなった水道管は地震に強い材質のものに取り替えています。このときに、管の継ぎ手が震動があっても抜け出さない構造のものにしています（二十三年度末の実施率は一九％）。首都中枢機関、災害時拠点病院などへの供給ルートに加え、液状化の被害が大きいとされる地域、避難所に指定されている建物、帰宅困難者が集中する主要駅などへの供給ルートも優先的に耐震継ぎ手化することになっています。

さらに、水道管が地下から個別の建物へ立ち上がる部分をフレキシブルな可とう管にすることに

より、地震時の振動による被害を最小限に抑えられることが明らかになっていきますので、この工事も順次実施しています。

地震で水道管がこわれて、水が出なくなったりのために、公園などの地下に大きな水槽（応急給水槽）が造られているほか、浄水場や給水所にも水が貯えられています。

表・7は、東日本大地震における水道施設の被害概況です。意外に多かったのは、水道水源である地下水（浅井戸）の塩水化でした。沿岸地域の地下水に海水が浸入し、水源である地下水が塩か

らくなってしまうのです。（本文は、当日の講話をもとに再構成したものです。）

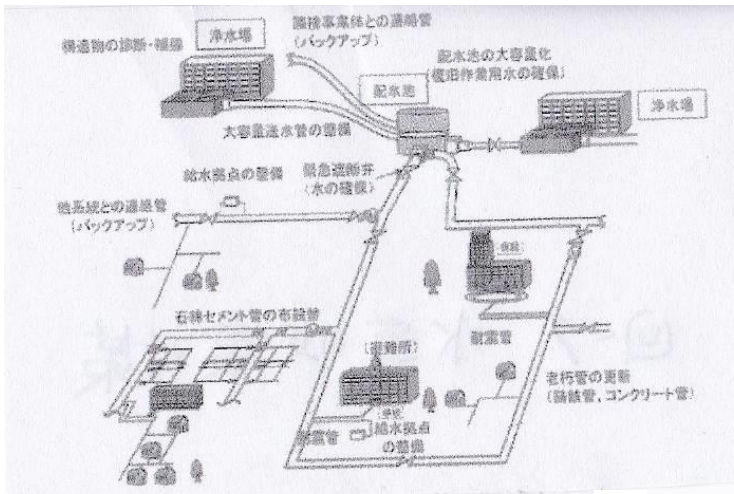


図-7 水道の地震対策

表-6 水道施設の耐震化の状況  
(平成22年度)

	全国	東京都
基幹管路	31.0	30.7
浄水施設	18.7	0.4
配水池	38.0	54.6

表-7 東日本大地震における水道施設の被害概況

- 水源施設: 津波浸水地域において、浅井戸に塩水障害が生じ長期化している。
- 構造物: 一部を除いてコンクリート構造物の被害は少ない半面、ステンレス配水池の被害が見受けられる。
- 設備: 津波浸水地域以外では、一部の深井戸取水ポンプを除くと比較的軽微な被害に留まっている。
- 管路: 地震動による管路被害率は兵庫南部地震と比較すると少ないものの、液状化による被害、管路補修箇所の被害、空気弁等の弁類の被害が生じるとともに、大口径管路の被害も一部で生じた。

二〇一三年一月二十一日、

小平市ふれあい下水道館にて