

アサマ NEWS レポート

1994-7 No. 41

食 品 衛 生 講 座

41. 飲料水の衛生に関する最近の話題

(その2) おいしい水、まずい水と浄水器

かつて日本の水は世界で一番安全で、しかもおいしいと言われ、“山紫水明”の地とも呼ばれていた。しかし、これは今では昔の物語となってしまった。高度経済成長とともに多くの河川や水源地の汚染は極度に進行し、富栄養化して京都や大阪をはじめ大都市の水道水は不快な「カビ臭」がしたり、また「カルキ臭」とか「カナキ臭」がして、水道水はまずいと言われるようになってきた。前回述べたように、水道原水の汚染の進行につれ、その処理に使用する塩素量が増加し、これに伴い発がん性の危惧されるトリハロメタンの生成などわれわれの健康を脅かす要因まで加わってきた。飲料水はわれわれにとって一日たりとも欠かせないものだけに、その安全対策は公衆衛生上極めて重要なことは言うまでもない。飲料水、ことに水道水がカビ臭、カルキ臭など“まずく”なるにつれ、これらの臭いをとって“おいしい水”を得たいと考えるのは当然の成り行きである。昭和40年代になり高度経済成長とともに活性炭タイプの浄水器が開発され、水をおいしくするということが普及していった。しかし、59年に「活性炭に雑菌が繁殖する」と指摘されたことから、その販売台は激減(35万台)したが、その後「抗菌」や「銀コーティング」の活性炭の開発、さらに雑菌が除去できるという中空糸膜タイプの浄水器が登場してきて、順調に需要を回復していった。最近では、一般市民の環境問題への関心とともに、「おいしい水」、「安全な水」への願望が高まり、浄水器に対する需要は夏場だけでなく、通年需要のある商品となってきたようである。

これまでの浄水器については、除去可能な成分や、規定の浄水性能で除去できる総ろ過水量については基準がなく、表示もまちまちであったが、平成2年、(社)日本水道協会から「浄水器の審査基準」が出され、JIS化についても検討されているようである。国民生活センターでは、平成元年4月に浄水器に関する情報を公表したが、さらにその普及が拡大してきたことおよび新しい基準に基づいた浄水器が出回るようになったので、再度、最新の商品についてテストを行い、その結果を平成3年4月に公表した。ここでは、その報告書などを参考にして、市販の浄水器とその問題点について考えることにした。

1. 「おいしい水」の要件と水質基準

「おいしい水」とは「まずい水」と対比される言葉であるが、従来水のおいしさはもっぱら官能検査で判定してきたし、さらに水のおいしさには嗜好的要素も加わるだけに、特定の成分について科学的な基準を設定するのはかなり難しい面がある。表1には、「おいしい水研究会」の提唱する「おいしい水の要件」を示しておいた。なお、参考のため水質基準の関連基準も記載しておいた。

次に「水のまずさ」の指標となる因子について説明しておこう。

- (1) **カルキ臭**：残留塩素の臭気で、水の味、臭いに与える影響は大きい。現行の水道法施行規則第16条第3項では「給水栓における水が、残留塩素を0.1ppm(結合塩素の場合には0.4ppm)以上保持するよう塩素消毒すること」と規定されている。普通、朝一番に水道栓から出した水はかなり「カルキ臭」が強く感じられる。この臭気は水を十分に煮沸すればかなり減るが、完全に除去しにくく、カルキ臭の強い水で入れたお茶がまずいのは経験的によく知られている。
- (2) **カビ臭**：「カビ臭」はカルキ臭とともに嫌な臭いの成分で、水のおいしさに影響する。主な原因物質は、水源地に増殖した放線菌または藍藻類によって生成されるジオスミンと2-メチルイソボルネオールといわれている。ことに琵琶湖の水を水源とする京都市の水道水がカビ臭いのは有名である。
- (3) **カナキ臭**：鉄分(赤サビ)による臭いで、朝一番に水を使うときなどに赤く濁ったりする水。鉄パイプや鉄製のタンクなどを用いるとカナキ臭が出る。
- (4) **有機物質**：通常COD(化学的酸素要求量)で表示され、過マンガン酸カリウム消費量で表わされる有機物の総量。

表1 おいしい水の要件と水質基準

水質項目	おいしい水の要件	現行の水質基準
蒸発残留物	20～200mg/l	500mg/l以下
硬 度	10～100 "	300 "
遊離炭酸	3～30 "	—
過マンガン酸カリウム消費量	3 "	10mg/l以下
臭気度	3以下	異常でないこと
残留塩素	0.4mg/l以下	0.1mg/l以上
水 温	最高20℃以下	—

資料：「おいしい水研究会」調べ

2. 市販の浄水器の種類と浄水効果の表示
国民生活センターの調査結果から

浄水器は使用するろ材によって活性炭、膜＋活性炭、およびセラミックの3つのタイプに分けられる。活性炭タイプのものは浄水器としては最も古く、多くの銘柄が回っているが、昭和59年に「雑菌が繁殖する」と指摘され大きなイメージダウンを受けたことから、最近では活性炭に銀をコーティングしたり、抗菌力を付与した「抗菌タイプ」などが主流となっている。

国民生活センターでは、平成2年7月から10月にかけて、市販の代表的な浄水器7銘柄（活性炭タイプ3、膜＋活性炭3、セラミックタイプ1）を購入し、それらの浄水能力、ろ過流量、官能テスト、経済性、滞留水の水質、使用性についてテストを行うとともに、北海道消費者センターなど16の地域消費生活センターと共同して、市場調査、コンパクトで設置が簡単な蛇口直結型の浄水器の中から活性炭タイプ16銘柄、膜＋活性炭タイプ11銘柄、セラミックタイプ2銘柄の合計29銘柄についてのテストを行い、その結果を平成3年4月に公表した。テスト結果の中で主として浄水効果についての結果を要約すると次のようになる。

- (1) 残留塩素（カルキ臭）除去効果 3つのタイプの浄水器の中で「膜＋活性炭」タイプのカルキ臭除去効果は大きかった。表示されているろ過能力いっばいに通水した場合を「100%時点」という言葉で表わすと、セラミックタイプのものはろ過能力の半分、すなわち「50%時点」で除去率が50%に落ち、浄水性能として不満足なことが分かった。
- (2) カビ臭の除去効果 すでに述べたカビ臭の主成分ジオスミンと2-メチルイソボルネオールを水に200ppb（1リットル当たり200ミリマイクログラム）になるよう添加し、これをモデル水として浄化効果を調べた（この濃度は全国の水道水で最も高いレベルに相当する）。膜＋活性炭タイプの中で多孔質精密ろ過膜を使用したものは、初期から「100%時点」まで完全に除去できた。しかし、セラミックタイプは初期でも22%しか除去できなかった。活性炭タイプ（銀添着）は初期には70%の除去率であったが、使用して「100%時点」になると、浄水器を通した水の方が浄水器を通さない水より、むしろ濃度が高くなった。これはいったん吸着したカビ臭の成分が再溶離したためである。
- (3) カナキ臭の除去効果 「膜＋活性炭」タイプの浄水器ではろ過能力が「100%時点」まで「カナキ臭」はほぼ完全に除去できる。しかし、活性炭タイプおよびセラミックタイプのものは「カナキ臭」除去効果はほとんどなかった。
- (4) 有機物の除去効果 どの銘柄も過マンガン酸カリウム消費量で評価した有機物の除去率は低く、ことに通水量が増えるに従い、ますます除去率は低下した。つまり、現在の浄水器では有機物の除去効果はほとんど期待できないと言って差し支えない。
- (5) 総トリハロメタン除去効果 国民生活センターが調べた7銘柄中5銘柄が初期には60～80%の総トリハロメタンの除去効果を示したが、「25%時点」で7銘柄中6銘柄が除去率は20%以下になった。つまり、この時点ですでに除去効果はほとんどなくなったといえよう。また、活性炭および膜＋活性炭タイプの4銘柄では、「100%時点」

にトリハロメタンの溶出傾向が見られ、浄水器を通す前の水道水（原水）より、浄水器を通した水の方が総トリハロメタンの濃度が高くなった。これらのことから、市販の浄水器ではトリハロメタンの除去はほとんど期待できない。ことにセラミックタイプのある銘柄は最初から20%しか除去できないにもかかわらず、「トリハロメタンの発生を防止する」という全く意味不明の効果をうたっている。これは誇大広告というより、むしろ明らかに虚偽と言えよう。

(6) 硝酸性窒素の除去効果 水質基準では硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計量が10mg/1（ppm）以下となっている。これらはし尿、畜産廃水などにより井戸水が汚染した際にしばしば問題になる。今回調査した7銘柄の浄水器では全く除去効果は見られなかった。

3. 滞留水の水質

浄水器はその構造上、使用しないときでも常にカートリッジ内外に水が滞留している。そして、浄水器を一定時間以上使用しなかったとき（滞留時間）の取り扱い方（捨て水）についてそれぞれ表示している。国民生活センターでは、滞留水について、それぞれの銘柄に記載された捨て水の条件で採取した水について細菌検査を行ったところ、浄水器は膜＋活性炭タイプの1銘柄のみが、表示された条件では細菌汚染がなく良好であった。しかし、他の6銘柄では水道水の水質基準（100/ml以下）を超える一般細菌数（100～1000/ml以下）が検出された。浄水器は使用しない間に時間の経過とともに滞留水中に細菌が増殖してくる。これは、短時間の捨て水（通水時間）では除去しきれない。すでに述べたように、活性炭タイプの浄水器では「雑菌が増殖する」ということが問題になり、その後浄水器用の活性炭は「抗菌」とか「銀コーティング」に切り換えられたが、実際には改良されたはずの機種でも、依然として滞留水中に雑菌が増殖することが明らかになった。従って、浄水器を使用するに当たっては十分に通水する必要がある—最低2分間。カルキ臭やカビ臭がとれても、雑菌がうようよというのでは何のための浄水器か分らない。

おわりに—浄水器の性能と浄水効果

国民生活センターの市販浄水器の比較テスト結果を通覧して、その評価結果を取りまとめると次のようになる。

- (1) 市販の浄水器では除去できる成分とできないものがある。いわゆるカルキ臭やカビ臭などは除去できるものが多いが、有機物質、トリハロメタンや硝酸性窒素等は除去できないものが多い。
- (2) 浄水器は「まずい水」の改善には効果がある。しかし、浄水器を通して「おいしい水」にはならない。
- (3) 浄水器のろ過能力は思ったより少なく、洗い物など、広い用途に使うには水量の点で無理がある。
- (4) ビルの高層階などで、水道の水圧の低い場合には、浄水器のろ過水量はより少なくなる。
- (5) 浄水器を1日以上使わなかった時には、少なくとも2分間捨て水をする。
- (6) ろ過能力（カートリッジ交換の目安）表示の長いものの方が便利。

（以下次号）

（河端俊治：日本食品・環境保全研究会会長・農学博士）

微生物に関する12章

第3章 微生物細胞は微小であるが
複雑な構造をもっている

1. 微生物細胞の大きさ

自作の顕微鏡でコルクの切片を調べた結果、コルクが蜂の巣のような小箱より成り立っていることを見出したのがフックの法則で有名なロバート・フック（1665年）であり、この小箱を「細胞」と名付けた。生物はこの細胞の集合体であることが明らかになり、その後光学顕微鏡がより精巧となり倍率も大きくなって細胞内の構造も明らかにされた。さらに電子顕微鏡の出現により飛躍的に細胞の微細構造が判ってきた。次に各種の細胞のおおよその大きさを示すことにする。

人間の卵細胞	200μm	人間の肝臓細胞	20~25μm
人間の赤血球	7~8μm	高等食物細胞	10~90μm
杉花粉	20~30μm	アメーバ	100~600μm
ゾウリムシ	200~300μm	ミドリムシ	50~200μm
クロレラ	5~10μm	真 菌	3~10μm
細 菌	0.5~1.0~1.0~50nm		
マイグザマ	100~1200nm	リケッチア	300~1200nm
ウイルス	20~300nm		

さらに細胞内の諸器官の大きさを示すと、細菌細胞壁の厚さ15~80nm（グラム陽性細菌）、7~12nm（グラム陰性細菌）、細菌などの細胞膜の厚さ7~8nm、リボソーム15~18nm、DNA分子2nm、グルコース0.7nm、アラニン0.5nm、原子0.1~0.4nmとなる。従って、微生物のうち細菌は10⁻⁶m、真菌は10⁻⁵m、ウイルスは10⁻⁷mのオーダーにあると見られる。

2. 細胞の形態と微細構造

原生生物細胞の基本的構造としては、細胞壁、細胞膜、細胞質（原形質）に大別することができる。

まず無生物と生物との境界に位置するウイルスは遺伝を司る核酸（コア）としてDNAかRNAのいずれかを含み、その他の器官は持たずこれを保護する外殻たん白（カプシド）よりなり、立方対称、らせん対称、その他の構造のものがある。さらにリボたん白からなるエンベロープといわれる外被に包まれているものもある。

第2章の図3に示したようにリケッチアはウイルスのように宿主細胞中でのみ増殖可能な偏性寄生性の微生物であって、球状、桿状で一般に多形性であって細胞の形態が変化する性質をもっている。微細構造はグラム陰性菌に類似してグラム染色陰性、細胞壁、細胞膜に囲まれ、内部の細胞質にはリボソームが散在し、繊維状構造の核様体が認められ、細胞壁の外側には莢膜様の構造も存在する。

マイコプラズマは細胞壁を欠き三層の膜で囲まれ、大小不同の多形性であり、グラム染色陰性で球状、綿状、分岐状を呈する。

スピロヘータはグラム染色陰性でラセン状の形態を示し、大きさは幅0.2~0.75μm、長さ3~500μmであってラセンの巻き方が様々で3回より18回のものまでのものが存在する。

放線菌は原核細胞よりなり細胞壁にはペプチドグリカンが存在し、細胞の大きさや構造なども細菌に類似して

いる。しかし分岐したり長い菌糸を形成したり、さらに菌糸がからみ合った菌糸体をつくることもある。この菌糸には培地中に侵入する栄養菌糸と空中に伸びる気菌糸とがあり、後者の先端には長い連鎖状の分生子を着生したり、また胞子のう胞子を生成するものもある。これらの点は真菌に類似しているが、分類学上は細菌に所属させている。

粘菌は生活サイクルのある時期に変形体または偽変形体と呼ばれるアメーバ状の多岐の細胞質の塊を形成するのが特徴である。栄養体には細胞壁がなく、大きく巨大化した滑動性のある変形体はやがて細胞壁を有する胞子をつくる。この胞子はやがて出芽して単べん毛遊走子または無べん毛アメーバになる。これらは有性的に融合して再びもとの典型的な変形体へと成長する。

原生動物（原虫）は動物とも考えられるが、単細胞である点が多数の細胞より成り立つ動物と異なる点である。原虫は数千種にも達し種々様々なものが含まれていて、その大きさも細菌程度の微小のものから数ミリメートルの径を有するものまであり、細胞構造も雑多であって、増殖型式も無性のものがあるとともに有性のものも存在する。

細菌は単細胞かまたは単細胞が単に集合した状態で存在しており、細胞質内に特別な組織や器官のようなものを見出すことはできない。しかし中には分岐状を示したり分生子、遊走子を形成するもの、べん毛をもっていて液体培地中で運動するものも多い。さらに細胞壁の表面に線毛、莢膜、粘質物をつくるものもある。細胞内に内生胞子をつくるものがあり、ペプチドグリカンを含む細胞壁を有し、球状、桿状、ラセン状、糸状の4つの形態を示す。球菌では球状もしくは楕円形の細胞よりなるが、分裂方向の特異性から単球菌、双球菌、四球菌、八球菌、連鎖球菌、ブドウ球菌の別がある。ラセン菌はS字形またはラセン状の菌が含まれ、コンマ状のものからラセン屈曲数の多いスピロヘータまで含まれている。糸状形態の細菌に分類されているのは放線菌である。

表5 細菌と真菌細胞の比較

構造的および生理的性質	酵母・カビ細胞	細菌細胞
細胞の幅	通常2μm以上、 酵母の短径：3~6μm カビ菌糸の幅：2~10μm	通常1μm以下、 一般細菌：0.5~0.8μm
核	核膜・仁を有する。	核膜・仁を有しない。
染色体の数	2本ないしそれ以上	1本
細胞質中の構造体	ミトコンドリア、小胞体を有する。	ミトコンドリア、小胞体を有しない。
細胞質膜	ステロールを含む。	ステロールを含まない。
細胞壁	グルカン・マンナン-たん白複合体（酵母）。 セルロース、キチン（カビ類）	ムコ多糖類、タイコ酸、リボたん白質、リボ多糖類。
呼吸型・栄養型	従属栄養型、絶対好気性および通性嫌気性。独立栄養型および絶対嫌気性菌は知られていない。	絶対好気性、絶対嫌気性、通性嫌気性、独立栄養および従属栄養の両型式が知られている。
ウイルス感染	毒性ウイルスは知られていない。	バクテリオファージ。
二形性（dimorphism）	培養条件により酵母形・菌糸形の変換を起こす菌種が知られている。	一般に顕著な二形性を示さない。

真菌は変形体などを形成することではなく、栄養型は菌糸を形成するのが普通であり、繁殖のためには各種の胞子を形成する。単細胞の世代の長い酵母も真菌のうちに分類されている。かび（糸状菌）は糸状の菌糸の集合した菌糸体と胞子の着生する子実体とより成り、菌糸は基中（栄養）菌糸と気菌糸とに分けられ、菌糸は発育するにつれて分岐するが、細胞に隔壁のあるものとないものとがある。子実体上に生成される胞子には胞子のう胞子、分生子、

厚膜胞子、分裂子に分けることのできる無性胞子と、有性胞子としての接合胞子、担子胞子、子のう胞子とがある。真菌は菌糸の隔壁の有無、有性胞子の特徴などによって藻状菌類、子のう菌類、担子菌類、不完全菌類に分類されている。

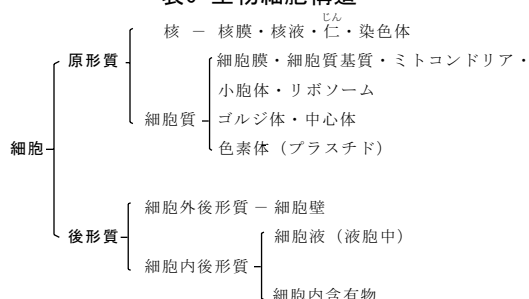
表5は原核細胞をもつ細菌と真核細胞よりなる酵母、かびを比較したものであって、両者の相違点は、細胞の大きさはもちろんのことであるが、核膜の有無、細胞質中の器官としてのミトコンドリア、小胞体などの有無、細胞壁や細胞膜などの成分組成にも相違点が見い出される。

3. 細胞機能

表6は一般生物細胞構造、器官をまとめたものである。これらの構造には動植物細胞に共通の器官があるし、植物細胞特有のものもある。原生生物は組織の分化が少ないが動植物と共通する器官、構造も多い。

次に微生物の諸器官の機能をまとめてみることにした。

表6 生物細胞構造



細胞壁：微生物細胞の外層にあつて細胞の形態の保持、脆弱な細胞膜やその内容物である細胞質を滲透圧、溶菌より保護する働きをしている。グラム陽性細菌での厚さは15～80nmで、*Staphylococcus aureus* 15～20nm、*Streptococcus faecalis* 20nm、*Lactobacillus acidophilus* 80nm、グラム陰性細菌では7.5～10nm；酵母の細胞壁の厚さは100～400nmである。酵母細胞表面には母細胞より分離したときのあととして誕生痕と、出芽により娘細胞を分離したときのあととしての出芽痕がある。かびの細胞壁はセルロース様物質とキチンよりなっている。

表層付属器官：細菌では長さ10μm前後、直径10～20nmのべん毛があり、その数および表面上の配列は分類上の基準となる。べん毛はフラグリンたん白質よりなり細胞質より伸びて細胞壁を貫通して液中での運動に役立っている。またグラム陰性細菌を含む多くの細菌に糸状の線毛（繊毛）をもっている。これはべん毛より短く1つの細胞当たり数百本も生えており幅7～10nm、長さ0.3～1.0μmで、ほとんどたん白質よりなっていて、動植物細胞表面への付着器官として役立っていると同時に2つの細胞間の接合の際に特別の線毛がDNAの移動通路となる役割をもっている。莢膜も細胞壁の周囲に生ずるゼリー状物質で、多糖類を主体とするものとポリペプチドよりなるものがある。病原性細菌では莢膜形成と毒力との間に関係があると考えられている。

以上は細菌の表層器官であるが酵母においてもホスホ

マンナン・デン粉様物質その他多糖類よりなる莢膜で包まれているものもある（例として*Cryptococcus, Rhodotorula*）。

細胞膜：細胞内外への選択的な物質透過の制御が主たる機能である。細菌では器官の分化がなくそのため細胞膜近辺では細胞壁、リン脂質、たん白質の生合成、菌体外酵素や毒素の産生と分泌、電子伝達および酸化的リン酸化反応、DNA合成におけるDNAの固定と複製など生存、増殖にとって不可欠の重要な代謝系が存在する。細胞膜は微生物の種類にかかわらず7.5～8.0nmの二層構造のリン脂質にたん白質（酵素が主）が浮遊している状態にある。

核：遺伝子を含み物質交代と遺伝を支配する機構で核、膜、核液、仁、染色体より成り立っている。

核膜：薄い二重膜で細胞質と核との間の物質の調節を行う働きをもっている。この膜は核の保護膜で、RNA合成材料や中でつくられたRNAは核膜孔から出入りする。細菌では核膜はなくDNAが繊維状をなして密に折りたたまれた状態をしている。大腸菌のDNAの長さは1100～1400μm、DNA鎖約5×10⁶塩基対、分子量3×10⁹の値が示されている。

仁（核小体）：直径15nmくらいの粒子の集合体であつてrRNA合成の場となり、このRNAがたん白質と結合して核膜孔より外に出てリボソームとなる。

染色体（糸）：真菌ではDNAが何本が集まって糸状につながっており、分裂のときはかたまつて染色体となる。核分裂に先立ってDNAの複製を行い、もう1組の染色糸をつくるし、RNAの合成も行われる。

リボソーム：たん白質とrRNAの結合したもので、mRNAがこの粒子に付着して暗号通りにアミノ酸を配列して必要なたん白質を合成する。大腸菌のリボソームはRNA60%、たん白質40%、酵母ではRNA40%、たん白質60%の組成となっている。

ミトコンドリア：呼吸酵素系が局在する場所であつて、クエン酸回路、電子伝達系、酸化的リン酸化反応が行われる。ミトコンドリアは酵母では径0.2～0.3μm、長さ0.4～0.6μmの円筒形で細胞内に数個存在する。

小胞体（膜状構造、網状組織）：この器官は細胞質膜、核膜、ミトコンドリア膜と連絡している膜状組織で、細胞質内の物質代謝の結果つくられた物質の輸送路となるし、また各種物質の合成、分解も行ふ小器官である。

貯蔵顆粒：大腸菌群ではグリコーゲン粒、*Clostridium*ではデン粉粒、*Bacillus*でポリ-β-ハイドロキシ酪酸粒、紅色硫黄細菌で元素状硫黄がエネルギー源として細胞質内に貯えられ、またリン酸貯蔵源としてのポリリン（無機メタリン酸ポリマー）も見い出される。酵母細胞でも脂肪粒、グリコーゲン粒、ポリメタリン酸よりなる液胞も見い出される。

以上より明らかなように表6を基として細胞内の各器官の大きさ、構造、機能を総括して示したが、第4章以下では微生物の個々の器官についてより具体的に説明を加える予定である。従って理解し難い事項であるが、第4章以降を参照しながら理解していただきたい。

（芝崎 勲：大阪大学名誉教授）

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp
<http://www.asama-chemical.co.jp>

・本社	〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3	TEL (03) 3661-6282 FAX (03) 3661-6285
・大阪営業所	〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル	TEL (06) 6305-2854 FAX (06) 6305-2889
・東京アサマ化成	〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5	TEL (03) 3666-5841 FAX (03) 3667-6854
・中部アサマ化成	〒453-0063 名古屋市中村区東宿町2-28-1	TEL (052) 413-4020 FAX (052) 419-2830
・九州アサマ化成	〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11	TEL (092) 582-5295 FAX (092) 582-5304
・桜陽化成	〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18	TEL (011) 683-5052 FAX (011) 694-3061