

■理屈でなく、おいしい水を飲みたい。こつちの水は甘いぞ。

ビールが守った現代に通用する理想的な古い技術(3)

省エネ技術でも注目したい生物浄化の緩速ろ過

中本 信忠

(なかもと のぶただ II 信州大学繊維学部応用生物科学科教授)

6-11. ろ過池での殺藻処理は

生物活性を悪くする

河川表流水を取水し、ろ過池での藻類繁殖が悪いと考えて着水井で次亜塩素酸ソーダを常に添加している浄水場がある。このろ過池の砂層表面を採取し、顕微鏡で観察すると、河原の礫面で繁殖している藻類が流入し砂層面に蓄積しているのがわかる。しかも、藻類の死骸が目立っていた。同じく、殺藻処理をしていない浄水場では、糸状の藻類が繁殖し、活性が良いが多かった。なお、ここで観察では、細胞の中に細胞質が充満している細胞を活性が良いと判断した。しかしながら、実際には、見た目では、細胞質が充満していても、やっと生きながらえているような状態でも活性が良いと

判断される。実際の活性は、この顕微鏡での観察よりも悪いと思われる。

河原の礫面の付着藻類を観察すると、必ずしも活性が良い藻類だけではなかった。河原で繁殖した藻が流され、動物などに捕捉され、分解途中の藻や礫の間に沈殿した流下藻類が動物などにより捕捉し更に分解作用を受ける。河川水中には、これらの残渣が流れていて、河床の礫面に沈積しているものと考えられる(図88、95)。

6-12. 貯水池での硫酸銅による

殺藻は急速ろ過処理のため

1962年に出版されたC. M. Palmerの *Algae in Water Supplies* (用廃水藻類学、桑原訳、「用水と廃水」に1964年から1965年に連載)で、アメリカ

では貯水池で藻類繁殖を抑制するために、貯水池で硫酸銅散布を勧めていることを紹介していた(図96)。しかしながら、この処理は薬品処理の急速ろ過処理に対する処置である。

水源貯水池で硫酸銅散布を行っている浄水場のろ過池の砂層表面の生物膜を調べる機会があった。毎年、春から夏にかけて、また、秋にも、水源貯水池で植物プランクトンは繁殖していた。そこで植物プランクトンが繁殖しだすと、水源で硫酸銅を散布した。また、硫酸銅が湖水に一樣に混ざるように空気揚水塔を使用していった。しかし、この水を取水して緩速ろ過処理をすると、ろ過池が目詰まりし、極端な場合は、10日間でもろ過閉塞することがあった。流入水濁度は10度以下でも1ヶ月もしないでろ過閉塞をする状態であった。この浄水場の砂層表面の



図 88. N 県の浄水場で、河川表流水を取水し着水井で、殺藻目的で、次亜塩素酸ソーダを常時注入している。ろ過池の脇に行くとい塩素の臭いがする。河川水が濁ると凝集剤を添加するようにしている。

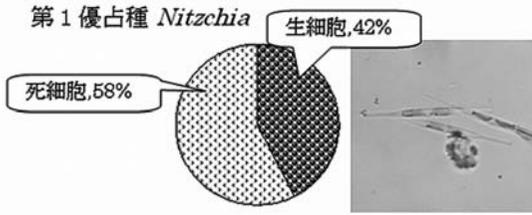


図 90. 第1 優占種は礫面で繁殖するニツシアであり、細胞質が入っていない死骸が目立った（河川表流水）。



図 92. 千曲川上田市付近の河原は大きな礫が目立つ。その礫面では付着藻類の繁殖が良く、この付近はアユの釣り場としても有名である。

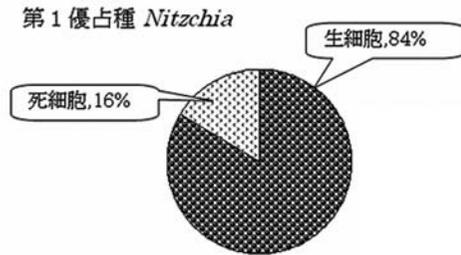


図 94. 第1 優占種はニツシアであり、全ての細胞に細胞質が充満しているとは限らなかった。それは、付着藻類が剥離して動物などに食べられたのが流下し、付着したり、藻類被膜が厚くなり藻類被膜中の細胞が全てが活性が良いとは限らないことを意味している（河床礫面）。

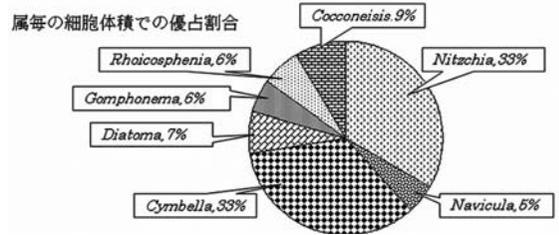


図 89. 河川表流水を取水する浄水場のろ過池の砂層表面の藻類相を見てみた。大きさが異なる藻であるので、細胞体積量に換算して表した。単細胞で繁殖する藻が大部分であった。着水井で殺藻処理をしているので原水由来の藻が砂層面に蓄積していた。

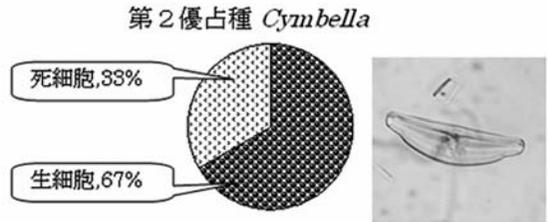


図 91. 第2 優占種も礫面で繁殖するキンベラであった。細胞質が入っていても、活性が悪い可能性がある。見た目だけでは判断しにくい（河川表流水）。

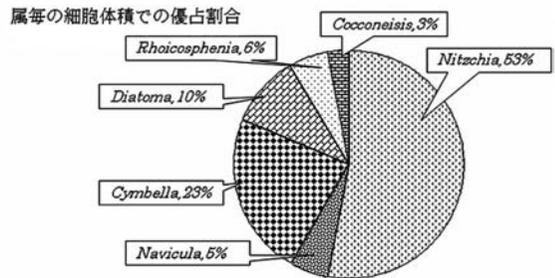


図 93. 礫面の藻類を採取してみると、藻類の細胞体積割合での現存量を整理した。ニツシア、キンベラなどが優占していた（河床礫面）。

濁り水対策に凝集剤を使う考えがなかった時代に建設された浄水場では、河川表流水を取水する場合は、大きな沈殿池を設置していた。群馬県高崎市にある剣崎浄水場は、明治43年に完成し現在まで稼働し続けている。この沈殿池やろ過池の壁は、斜め壁で、この壁面で藻類が繁殖するので、ろ過面でも直ぐに藻類が繁殖しだし、ろ過閉塞はしにくいことがわかった。

東京都にある砧浄水場は、多摩川が降

6-13 薬を使わない濁り対策

ろ過閉塞することは無いと考えられる。

る過膜には、水源貯水池で繁殖した植物プランクトンの死骸が多かった（図97）¹⁰⁵。

東京都水道局境浄水場で、砂層内に珪藻の死骸が侵入し、また、植物プランクトンによりろ過閉塞する場所があると指摘されていた。この水源は、村山貯水池であり、植物プランクトンが繁殖すると直ぐに、殺藻目的で硫酸銅を散布していた。そのため、ろ過池の砂層表面で微小動物が活躍できないので、砂層内部まで流入プランクトンの死骸が侵入し、またろ過閉塞をしていると推測される。ろ過池で生物群集が活躍するなら、砂層内にプランクトンが侵入することはないし、流入プランクトンは、微小動物の餌となるので、ろ過閉塞することは無いと考えられる。

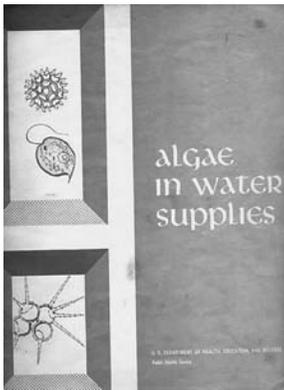


図 96. 浄水処理で硫酸銅散布による殺藻を勧めているのは、アメリカのこの本に起因するかもしれない。急速ろ過処理では、藻類はやっかいものであるが、緩速ろ過処理では、必ずしもやっかいものではない。



図 98. 貯水池で硫酸銅を散布した水を原水とする浄水場。ろ過閉塞が著しい時は 10 日間で削らないといけない。水源で植物プランクトンが繁殖しないときは、ろ過継続は長い。

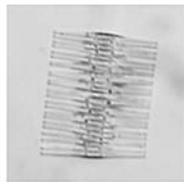
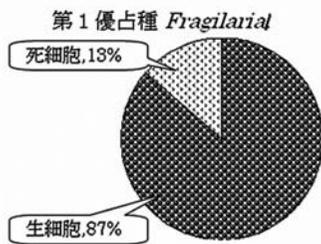


図 100. 第 1 優占種は、フラジリアであった（貯水池水源）。

一番簡単な濁り対策は、河床に穴空きパイプを埋設することである。上田市も戦前は、千曲川の河原に穴空きパイプを埋設して濁り水が無い水を取水していた（図 108）。現在、研究室では、河川表流水を取水する場合を想定し、上向き粗ろ過処理で濁り対策をする実験をしている。粗ろ過をするのに直径 1 cm から 2 cm 程度の小石を使っていたが、上向き粗ろ過でも、洗浄などが大変であった。そこで、

緩速ろ過処理のための理想的な取水方式をしている浄水場である。しかしながら、維持経費がかからない方式にするために、膜処理を導入し、一部のろ過池を使わないようにした。しかしながら、最新技術の膜処理装置は莫大な電気エネルギーを使い、高圧の水で強制的にろ過をする。果たして何年使えるだろうかと心配している。

雨で河川表流水が濁っても大丈夫なように、河川敷に穴空き集水管を埋設し、河原の伏流水を取水するようにしていた。この場合、濁りが無いので、ろ過池は一切、目詰まりをしない。河川表流水を取水する場合は、濁り物質などでろ過閉塞することがあるので、砂層表面の閉塞物質を取り除く作業は必要である。しかし、昭和 3（1928）年に稼働開始した砧浄水場は、目詰まりをしないので、砂層表面を削り取る必要がなく、また、砂層内も汚れることがない（図 106 から 107）。

第 2 優占種 *Cymbella*

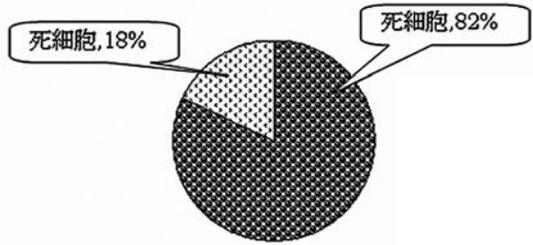


図 95. 第 2 優先種はキンベラであった（河床礫面）。



図 97. 水源貯水池で藻類繁殖するところ過閉塞するとして、水源貯水池では、硫酸銅を散布し、良く攪拌するように、空気揚水塔を設置している。パーマーの本を見習ったのであろう。

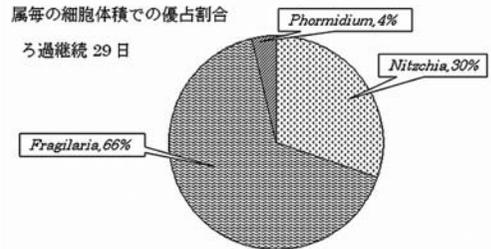


図 99. 砂層表面の試料の顕微鏡観察結果。水源貯水池で繁殖したプランクトンが多かった。



図 102. 長野県須坂市には、山裾で小川の横でヨシが生えている場所に有孔管を埋設し浅い伏流水を原水とする西原浄水場ある。濁りがほとんど無いので、緩速ろ過池は稼働を開始してから2年間一切何もしないで良質のろ過水を供給し続けている。

第1 優占種 *Melosira*

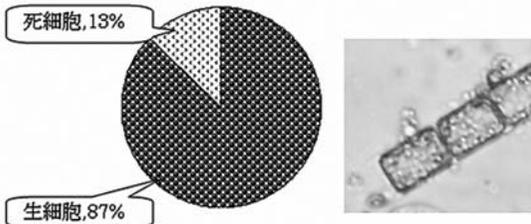


図 104. 第1 優占種は、糸状珪藻メロシラであった。活性が良い細胞が多いが、少しは活性が悪い藻もある（伏流水水源）。



図 106. 東京都水道局砧浄水場は昭和の初めに建設された。日本の天候を考えると河川表流水は濁り水になりやすい。そこで維持管理が楽な方法を考えていた。

水路に1mm目程度の野菜類の収穫ネット（網袋）を多数用いて濁り対策をしたところ、かなり効果的であった（図109～111）。外国の本には、薬を使わない濁り水対策、人工の伏流水をつくる多数の工夫が示されている。日本でも検討する価値がある（図112、113）。

日本でも素晴らしいアイデアの持ち主もいる。飲み水を山の谷川から取水して使っている人から手紙をもらった（図114～117）。山の中腹で谷の水をコンクリートでせき止め、その小さな堰の底に穴を多数あけたパイプを取りつけて取水口に

第2 優占種 *Nitzschia*

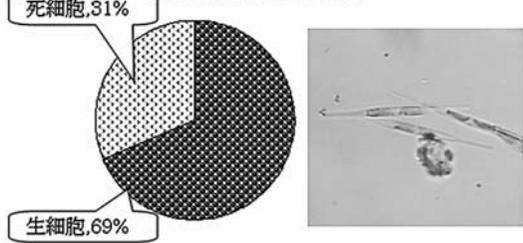


図 101. 第2 優占種は、ニツチアで、水源で繁殖したのがろ過池に流入してきたと考えられる（貯水池水源）。

属毎の細胞体積での優占割合

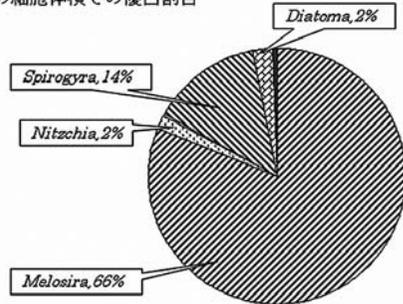


図 103. 藻類相は、糸状珪藻または糸状緑藻が優占している（伏流水水源）。

第2 優占種 *Spirogyra*

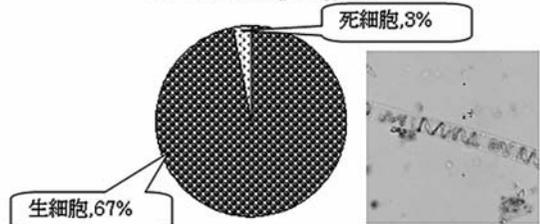


図 105. 第2 優占種は、糸状緑藻のアオミドロであった。動物に食べられにくいので活性が良い細胞がほとんどであった。この浄水場を注意深く見ていると、糸状珪藻と糸状緑藻が繰り返し繁殖していた（伏流水水源）。



図 107. 砧浄水場の原水は、河川敷に埋設した集水管で伏流水である。欧米などで見直されてきた堤防ろ過方式である。濁りが無い水なら、緩速ろ過処理では、一切、目詰まりしない。ろ過速度も早くても良い。しかし、この浄水場は、維持管理が楽な様にと膜処理施設を導入した。莫大は電気エネルギーを使う施設で、省エネでない。



図 109. 千曲川からの灌漑用水路に汚泥ポンプを設置し、粗ろ過の仕組みをいろいろ工夫して実験をしている。日本の山間での小規模浄水施設を考えると、ポンプで水を汲み上げ、水圧調整をし、流速を安定化する。その後、粗ろ過装置を何回か通してから緩速ろ過槽に水を導入するようしている。

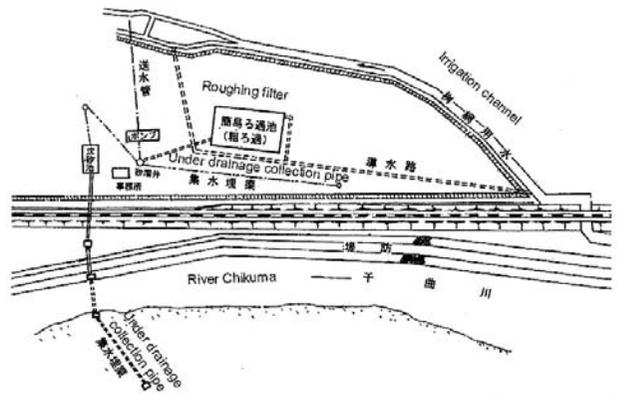


図 108. 上田市水道局の浄水場は、建設当時は、千曲川の河原に埋設した集水管で濁りが無い水を原水としていた。戦後になり、河川表流水を取水するようになり、維持管理が大変になった。



図 111. 徹底的に濁り除去をするために、水路に網目 1 ミリ程度の野菜用収穫ネットを多数敷き詰め、粗ろ過効果を期待した。人工の伏流水を考へ、ネットの上に、暗幕で暗くした。



図 110. 粗ろ過装置は、上向きに水を流し、粗ろ過槽で藻類を繁殖させる場合と、させない場合での濁り除去効果を実験した。

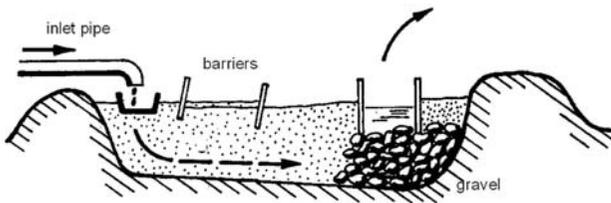


図 113. 濁り水対策で、簡単な工夫でできる (Heber 1985)。

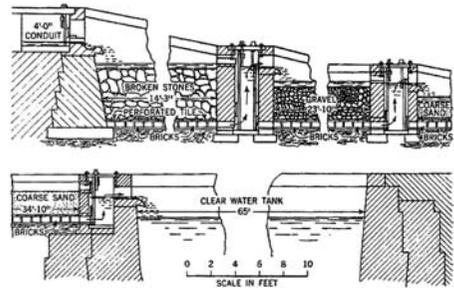


図 112. 凝集剤を使うという考えがなかった時は、濁り対策でいろいろ工夫をしていた。グラスゴーでの段階的に濁り除去をする工夫をしていた (Baker 1949)。

細かい点を書く、実際のろ過槽では、砂面の上の水がゆっくり回転するように水の出口を横方向に向ける。出口を横向きにするだけでろ過池の水はゆっくり回転する。私のろ過槽は四角ですから、四隅に砂を盛り上げ池が丸くなるようにしている。水面の高さは砂の上面から約 5 cm。ろ過槽の中央に排水パイプが砂の中央から数センチ出ている。ここから入水する水の量の 6割、7割ほどが排出されるようにしている。(排水パイプはサイホンになっていてろ過槽よりも約 1 m 下まで伸びている。いきおいよく吸い出しているという感じ。3割、4割が砂に込み込んでいくことになる。そして水道の蛇口をすこしひねったくらいの水がろ過されてでてくる (1日 2、5 トン)。

している。その水を網目の網を利用してゴミをとりのぞく。これで粗ゴミは取り除けるが、天候のいい日でも落ち葉の非常に小さなゴミが常時すこしずつ流れ込んでくる。大降りの雨がふれば茶色にごった泥水も流れてくる。このような水を、そのまま砂ろ過の砂の上面に流し込めばすぐに砂が目詰まりしてしまふ。しかし砂の目詰まりを大幅に減らす方法はある。原理は簡単。タライの中の汚れた水を、手をつかって回転させるとすぐに浮かばないゴミはタライの底の中央に集まる。浮かぶゴミは浮かんまま中央付近に集まる。この集まったゴミを吸い出せばいい。

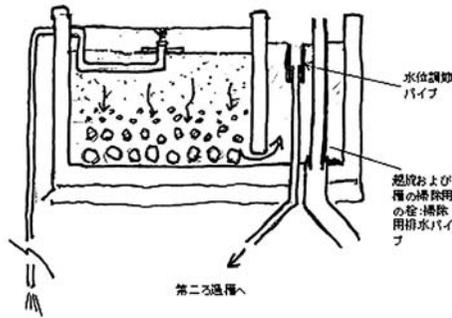


図 115. 一次ろ過でも十分使えそうな仕組みである。安全のためにと、2次ろ過槽を設けていたが、2年以上何もしていない。実際に見たが、目詰まりをしていない。

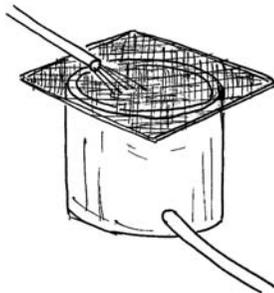


図 116-2. 流水中の大きなゴミが流される仕組みを図解した。網の上のゴミは、流され、網を通過した水が下の桶に入る。

このろ過された水を1トンの貯水タンクのために使用している。ちなみに排水パイプの内径は小指くらい。排水口の口にはちいさな竜巻状の渦ができる。(洗面台の水を一気に抜いたときに排水口できる渦と同じ。)砂をかき混ぜると茶色の細かいゴミが大量に浮かんでくる。五分もたてばゴミはほとんど中央付近に集まり排水口から吸い出され、そして入水口からは新しい水が入ってくるので澄んで綺麗な水になる。見ていだけで楽しい。

砂の掃除は雨が多い時期で一ヶ月に一回位。雨の少ない時期は二ヶ月か三ヶ月位に一回です。ろ過槽の上はトタンで蓋をしている。藻等は生えていないので、

緩速ろ過池が流入する濁り物質などで、目詰まりしたら、砂層表面の目詰まり物質を削り取りし、目詰まりを回復させる必要がある。日本各地を見学すると、目詰まりをしたから削り取り作業をするのでなく、目詰まりするといけないうから、目詰まりする前に、早めに削り取り作業をしていた。

目詰まりの指標は、損失水頭である。損失水頭とはろ過池の水面の高さとろ過した後の水面の高さの差である。砂層が目詰まりすると抵抗が増えて、水位差が大きくなる。しかし、この水位差は、ろ過速度に比例している。しかしながら、現場では、ろ過速度に関係なく、水位差だけを注目し、本当の抵抗はいくつかという点に無頓着であった(図118~120)。

長野県上田市の浄水場で、生物活性が良くなると、ろ過継続を長くしても、ろ

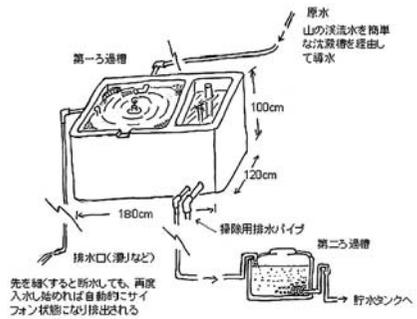


図 114. 取水した水を横に吹き出し渦を起こして濁りを真ん中に集めてサイフォンで除く。使えるアイデアである。



図 116-1. 山の中腹で谷の水取水し、その水を網戸の網を利用してゴミをとり除く仕組み。勢いがあるので、ゴミなどは押し流されてしまう。



図 117. 渦をつくって濁りを自動的に除くろ過槽。実際は、トタンで覆っている。

「覆い緩速ろ過」です。

私たちが濁り対策で苦勞をしていたので、早速、実物を見に行つた。維持管理が楽で効率的な方法は、取水した水を全量使うのではなく、一部を使う様にするのがコツであるのを悟つた。原水を取水する場合も、一部を、粗ろ過でも一部を、緩速ろ過でも一部をというのがコツである。

6-14. 見かけの目詰まりを上げる操作

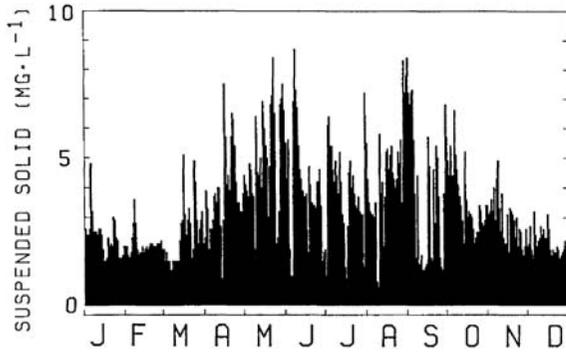


図 119. ろ過池への流入水中の濁度の季節変化。夏は濁りが多くなる。夏に時々、濁度が少なくなる日がある。それは、濁り対策で凝集剤を使用したためである。この時は、ろ過池の水は澄むが、砂層面の藻類被膜の上は、白い粉を撒いた様になる。凝集剤が沈澱池で落ちきれずにろ過池まで流入する。そのため、このろ過池の砂層は固くなっている。

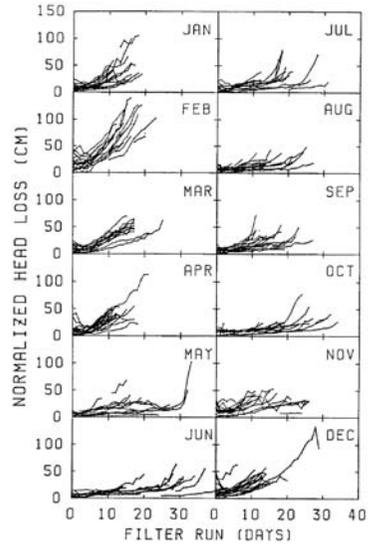


図 118. 上田市染屋浄水場では、ろ過閉塞したら、削り取りでなく、日数で削り取り作業をしている。月毎のろ過継続に伴う標準化損失水頭 (NHL:標準のろ過速度にした場合の損失) 変化。水温が低い2月、3月は、削り取り後に、抵抗が小さくなり、その後、大きくなる。しかし、水温が高い時期は、ろ過抵抗が上がらないことがわかる。ろ過の最後に抵抗が急に上がることがある。それは、削り取りの前に、損失が上がらないので、急にろ過速度を上げ、見かけ上の損失を上げる操作をするためである。冬にろ過開始直後に、抵抗が下がるのは、削り取り時に、砂層の中に気泡が入り、その気泡が無くなるから抵抗が小さくなる。夏に、この現象がはっきりしないのは、水温が高く、水の粘性が小さいので、気泡が砂層の間に留まりにくいからである。

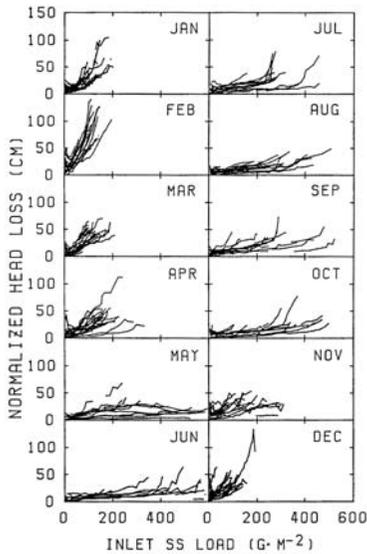


図 120. ろ過池への流入濁度の積算値とろ過抵抗の関係を見ると、水温が低い時期は、少しの濁度で抵抗が上がる。砂層表面で糸状珪藻が繁殖したと、抵抗は大きくなる。生物群集が活躍するからである。

過閉塞しにくかった。水位差が生じなく、損失水頭は変わらなかった。しかし、ろ過を長くすると目詰まりするといけなさと考えて、削り取り作業をしていた。見かけ上の損失水頭が大きくなるように、削り取り作業の数日前から、急激にろ過速度を速くし損失水頭を大きくするようにしていた。実際の抵抗の標準化損失水頭で表すと、ろ過速度を速めると確かに抵抗が大きくなった。この抵抗の上昇は、ろ過速度を急激に速めたから、濁りなどが砂層内に入ってしまうからであった。もし、ろ過速度を急激に変更しないなら、このような抵抗の増加にはならないと思われた。そこで、実測の損失水頭で表記するのでなく、標準ろ過速度にした時に換算した損失水頭として表すようにと提案したが、まだ認められていない。それは、日本の水道のバイブルである設

計指針や維持管理指針に、この考えを記されていないので、私の考えを取り入れようとしなかった。しかしながら、この考えは、欧米では常識である。

6-15. 生物群集を取り除く作業はしてはいけない

上田市では、ろ過抵抗が上がらないのに、ろ過継続1ヶ月程度で、削り取り作業をしている。砂層表面の生物群集を完全に除去し、変色した砂層が無くなるので良いと誤解していた。削り取り作業後、ろ過を開始すると砂層表面で藻が繁殖する。夏でも約10日で、ろ過池は糸状珪藻の連続培養系になった。この時に、ろ過水中に漏出してくる濁り物質を測定した。調査した当時、自分らで実測できる方法で、感度が一番良いのは何かと考えた。そこで、ろ過水が集まる調節井からビニールホースを使い、サイホンで水を流し、途中にガラス繊維ろ紙を装着したスイネックスというろ過器を装着し、ろ過水をプラスチック槽に貯めることで、ろ過水量を測定し、ろ紙に捕捉された濁りを集め、クロロフィル量の測定をした。ろ過水量は、直径47mmのガラス繊維ろ紙で約100リットルもろ過して僅かな濁りを集めた。その結果、ろ過膜が発達しないときは、濁りが大量に漏れたが、藻類被膜が発達し、ろ過膜が剥離浮上するようになると、ろ過水は大変に清澄に

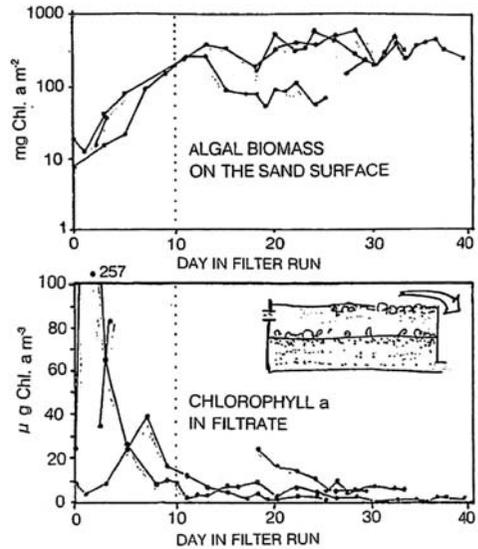


図 121. ろ過継続に伴う砂層表面の藻類現存量の変化を対数目盛で表した。ろ過開始後、10日間程度で糸状珪藻メロシラの連続培養状態になった。ろ過水に漏れる微量の藻類起源の粒子を集めて調べたところ、藻類群集が発達しない10日以前は、大量に漏出する。糸状藻類の連続培養状態になると、ほとんど漏出するものがなくなる。藻類群集が発達すると、砂層内に微小動物が繁殖し、流入してくる細かな懸濁粒子を捕捉する。つまり、削り取り作業は、生物群集を除くので、してはかない作業である。

なった。ろ過膜が剥離浮上する様になると、砂層内で微小動物が活躍し、砂層内に侵入してきた濁りを捕捉する結果と解釈された。

しかしながら、ろ過継続が長くなり、せっかく良い水質の浄水ができるようになる、削り取り作業をして悪い水をつくることをしていた(図121)。

山の裾野の森林から湧き出る清水は清澄な水である。森林土壌をはぎ取り、土壌をかき混ぜては、清水は濁ってしまう。緩速ろ過池でも、茶色に変色している土壌のような汚砂と言われる砂層を取り除く作業は、浄化の主役である生物群集を取り除く作業で、したくない作業である。削り取りをするにも、できるだけ、

薄く、砂層表面の目詰まり物質を取り除くことである。茶色の部分を全て取り除く、鉄取り作業はしてはいけない。できるだけ、長く、ろ過を続けることがろ過池の良い維持管理である。しかしながら、過剰な濁りがろ過池に急激に流入すると目詰まりをさせるリスクが大きくなる。そこで、前述の様な濁り対策が必要である。

6-16. 削り取り作業は短時間でやる

砂層表面を削り取る作業は大変なので、砂層面を乾かして作業をしている浄水場がある。1日目に水を抜き、砂面を

完全に乾かしてから、2日目に汚砂を取り除く作業をしている浄水場がある。この場合は削り取り作業は楽であるが、砂面や砂層上部が乾くので、砂層上部で活躍していた線虫やミミズなどの貧毛類は砂層深くに逃げ、時には、調節井にまで漏出することがある。緩速ろ過では、動物が漏出するとは、この様な間違い作業をしているからである(図122)。

できるだけ、短時間で行うことが必要である。水を抜く場合も、砂面下20cm程度になったら、水抜き作業を中止する。砂面上の水が無くなったら直ちに砂面上の汚れている濁りを薄く削り取り、削り



図 122. 良く、砂層表面を削り取るのに砂面を乾かしてから竹箒などで集めると良いと言われたことがあった。しかし、砂層が乾くと、砂層上部で活躍していた動物が下へ逃げ、ろ過水まで出ることがある。

取り後は、直ちに、ろ過水を下から充水し砂面上に水が表れたら、直ちに上からも充水し、ろ過をなるべく早く再開することである。この様になると、砂層上部で活躍している微小動物は逃げまどくことがなく、ろ過を再開しても、直ぐに良好なるろ過水が得られるようになる。

7. ビールが守った生物浄化

高崎市若田浄水場は、キリンビール(株)の要請で建設され稼働を1964年に開始した。キリンビールの工場では水道水を醸造に使っていた。当初から、この浄水場の水道水の大口消費者であった。この工場は、福島、新潟、長野、山梨、静岡まで含む関東一円にビールやジュースを供給していた。少しでも悪い水質の水道水を供給すると工場から直ちに苦情の電話がきたという。濁り水がきて凝集剤を使用すると「こんな水は醸造に使えないから、捨てた」との苦情であった。工場で使ってもらえるにはどうしたら良いか思案した。相談するところがないので、自分らで考え工夫をした。

隣にある剣崎浄水場では、濁り水対策で凝集剤を添加する装置は無かった。そこで、若田浄水場でも、剣崎浄水場に見習い、凝集剤を添加しないようにし、自然に任せるようにしたところ、工場では水道水を

使ってくれた。

日本水道協会や厚生省の指導に従わず、何もしないで自然にすれば、工場が醸造に使ってもらえる水になることがわかった。この様な時に、筆者は調査を始めた。

当時は、ろ過池水深は深く、藻の発達が悪く、生物群集の発達が悪かった。より良質の浄水するには、水深を浅くし、ろ過池での生物群集を発達させることであると助言をした。この浄水場では、一度もろ過池の砂層の天地替えをしていなかった。調べたところ、砂層内は、少しも汚れていなかった。

そこで、キリンビールが喜ぶような水質にするため、ろ過池の水深を浅くする工事をした。ろ過池では、藻の発達が良くなり、見た目は悪くなったが、生物活性が良いろ過池になった。

しかしながら、高崎の醸造工場は、ビールを増産するにも、敷地が狭く、敷地に余裕がある宇都宮に移転してしまった。

私は、ビール工場が使える良質の水をつくろうと努力していた浄化処理方法が、厚生労働省や水道協会が指導する浄化方法になってしまっているのではないかと不安になった。そこで、多くの人に、高崎の浄水場を案内するようにした。「ビールが守った日本一おいしい水をつくり方」は、どのようにするのか、「基準でなく、本当においしい水をつくり方」を実感してもらおうとしてきた。

8. 生物浄化法と名前を変えると

設計思想、維持管理方法が新しくなる

緩速ろ過処理は「ゆっくりの砂ろ過」という意味である。この言葉から連想するのは、ろ過速度が遅く、砂での機械（物理）的な篩い作用である。本来は、生物群集による浄化である。緩速ろ過では、この浄化の機構を想像できない。名前を変える必要があった。そこで、2005年の「おいしい水をつくり方」という本で、生物浄化法という言葉が初めて使われた。英語では、Ecological Purification Systemである。ろ過という言葉では、一枚の薄い紙を想像してしまう。前処理で濁りを少ない水にする必要がある。藻類と動物の活躍が必須である。そこでシステムという名前を使うようにした。

9. 注目したい緩速ろ過の再評価への動き

長野県須坂市は長野オリンピックの時に、水道需要が大きくなると考え、80年前に完成した坂田浄水場を中止して、ダムを造り、急速ろ過処理の塩野浄水場を

建設した。しかし、人口は増えず、逆に減少し水道需要は少なくなった。急速ろ過処理の浄水場の施設は10年経過したら、壊れだした。ダムをつくる費用と浄水場を建設する費用は、30年間の借金であった。借金を返済しなくても借金は増え続け、サラ金地獄に陥っている状態になっていることがわかった。そこで、思い切って、80年前の緩速ろ過処理の浄水場を復活させようと考えた。急速ろ過処理の浄水場を中止しても、建設費の20年間の借金が残っている。頭の痛いことである。でも、借金が増え続けるよりは良いと判断したのである（図123、124）。

自然の仕組みを活用すれば、本当に省エネである。もうこれ以上借金を増やしてはいけない。本当の意味での省エネ技術は何であるのかを自分から考える必要がある。

広島県三原市は「人と環境にやさしい施設づくり」をコンセプトに平成16（2004）年3月に1075²m²の緩速ろ過池を8池、浄水能力1日30000³m³という大きな浄水場を建設した。「水は自然の恵みです」その恩恵を受けて、おいしい水はつくられている。筆者もこの浄水場建設には応援してきた（図125）。

10. 省エネ技術としても見直そう

緩速ろ過処理は、自然の仕組みの賢い活用である。古くから使われている技術



図 123. 長野県須坂市は借金会計から脱却するために、10年間休止していた坂田浄水場を復活させようとした。朝日新聞 2006.10.20. 長野県版。



図 124. 凝集剤を一切使用していないかった浄水場である。砂層深く掘ってみたが、一切、砂泥は砂層内部に侵入してはいなかった。創設から80年経過したが、天地替えなどを一切していなかったが、砂層は汚れてはいなかった。天地替えは、凝集剤を使用したり、生物毒を入れたりする浄水場で、必要な作業である。本来は必要ない作業である。



図 125. 広島県三原市のホームページには、<http://www.mihara-waterworks.jp/sensei/> をヒットする緩速ろ過の解説がある。

は、経済的で無駄なエネルギーを使っていない。浄水場を一度建設すれば、50年でも100年でも使い続けることができる。建設費はかかっても、原価消却はできる。

薬品を使わず、機械もほとんどない。壊れるところがない。ろ過速度や損失水頭を測定する装置（メーターなど）があるが、日本各地の浄水場を見学すると、メーター類は、まともに表示しているのは、ほとんどない。つまり、メーターで正確に測定する必要がないのである。メーターが故障しても、自然の仕組みが勝手に活躍して安全でおいしい水ができるの

で、問題が無いのである。結果が良ければ全て良しである。

東京都水道局のホームページに水道料金の内訳を示した円グラフがあった（図126）。現在の水道料金の半分以上は借金である。水道管の維持費も無視できない。しかし、自然の地下水脈は閉塞して取り替える必要はない。緩速ろ過処理なら薬品を使わないので、水道管は詰まることは無い。浄水場で莫大な動力費や薬品費を使う必要がない。莫大な産業廃棄物をつくることもない。未完成の欠陥処理の急速ろ過処理であるから、次から次への施設を改良し、作り替えることが必要

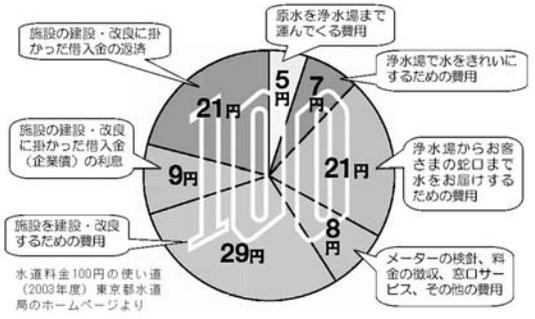


図 126. 東京都水道局の水道料金の内訳についてわかりやすい円グラフがあった。

で、借金だらけになった。もし、緩速ろ過処理を導入し、それを維持すれば、水道料金は確実に安くなり、電気エネルギー消費も少なく、自治体での理想的な省エネ対策になる。

都市で大きな電気エネルギーを使うのは最新技術と言われる上下水道施設である。戦後主流となった米国式の急速ろ過処理は、薬品と電気を莫大に使い、大量の産業廃棄物をつくる技術である。一方、英国式の緩速ろ過処理は、人工の伏流水をつくる方法で、自然界の生物活性を利用し安全でおいしい飲み水をつくれる。この処理では薬品や電気はほとんど使

われない。正に、省エネ技術である。日本の上下水道技術は莫大なエネルギーを使い、処理効率を上げようとしてきた。しかし、英国は、100年持続する技術は何かと考えて自然の仕組みの活用をしてきた。英国ロンドンには、100%緩速ろ過処理である。数年という目先の効率でなく、真に省エネの技術は何かと考える国で育った技術である。

地球温暖化で、無駄なエネルギーを使わないように、省エネ技術の英国式緩速ろ過処理を再認識し再評価しようではないか。古い技術でも最新技術より、現代に通用するより良い技術がある。

11. 「もったいない」という言葉は、本来の生態系にはないーハングリー状態が普通である

「おいしい水のつくり方」と「生でおいしい水道水」を読んで、生物処理の緩速ろ過の研究をしたいと中部大学から信州大学の大学院に入学した川本剛君とう学生がいた。私はアジアヒ素ネットワークのプロジェクトのお手伝いにもバングラデッシュに行く機会があった。研究室の学生も行きたいとのことであったので、一緒に誘った。皆が真剣に安全な飲み水をつくるには、どうしたら良いかと真剣に考えて行動していた。世界で代表的な貧乏国の一つと言われている。現地に行くと、それなりに、皆が一生懸命

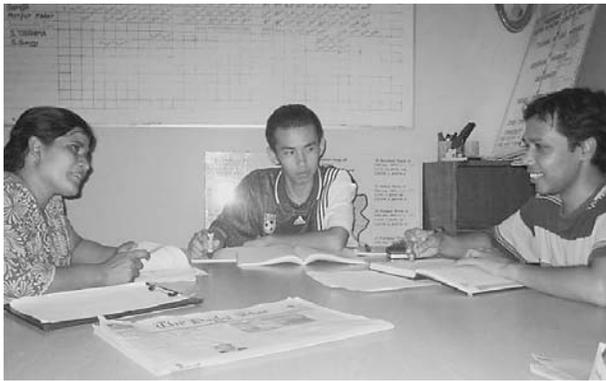


図 127-1. 卒業生の川本君はバングラデッシュで緩速ろ過の指導をしている。

に働いていた。研究室では、修士の実験では緩速ろ過の前処理の研究をしてくれた。修士2年の夏には水処理会社に就職が内定していたのに、内定を断わり、バングラデッシュでアジアヒ素ネットワークの仕事を手伝いたいとボランティアに行く決心をしました。現在、バングラデッシュで緩速ろ過施設の維持管理などでアドバイスをしている。

デング熱にかかり、入院もしたが、回復した。川本君の最新ブログで、マータイさんが感動した日本語の「もったいない」という言葉は、こちらでは存在しない



図 127-3. 最上部には1日分の使用量(1.2トン)の貯留槽。3段の粗ろ過槽に1槽の砂ろ過槽を常に流れるように工夫した。現地では数軒分の必要量が賄えるモデルが完成した。汚れた池の水でも造って1ヶ月で大腸菌もでない安全な飲料水ができるようになった。



図 127-2. 川本君は中本がポリバケツで造った装置(前号図39)を改良してくれた。電動ポンプでなく、手動ポンプで揚水するようにし、現地では手に入り易く、廉価な煉瓦で装置を造ってくれた。

いとという(図127)。ものが余り、廃棄するということはないという。ゴミから有用物を回収し生計をたてている人はいる。レストランでも注文しからつくる。

店に商品が、有り余っているという事はなく、注文してから取り寄せるのが普通である。必要なものを最低限の量だけを用意する。無駄とか余分という事はない。

確かに、自然の生態系では、全ての物質は循環している。余って滞ることはない。私は、大学でオダム流の生態系



図 128. 生物浄化法の基本は物質循環生態系である。筆者も若い時(1970年5月)にアメリカ、ジョージア大のオダムを尋ねたことがあった。オダムの自宅を訪問した時の写真。

生物処理の緩速ろ過処理でも、ハングリー状態の生物が多数いるのが正常である。入ってきた濁りを何でも食べる生物群集が必要である。

現在の日本は、家庭からも事業所からも大量の廃棄物が毎日だされている。その処分場に困っている。自然の生態系から考えると異常である。江戸時代のリサイクル社会が本来の正常な生態系であろう。廃棄物の有効利用、活用が徹底的に行われていたので、環境汚染というのが無かった。大量消費の現代がおかしい。電化製品も十分まだ使えるのに、部品がなくなり、買い換え、廃棄物をつくり出す。物質循環、生態系のバランスをもっと実感しないといけない。

生態学を学んできた(図128)。生物の成長と制限要因について常に考えてきた。自然界の生態系では、生物が対数増殖するのは、一瞬しかない。春のブルーム現象が一年中続くことはない。栄養塩、日射などの制限がかかり、その要因の量に依存して増える。自然界の生物は、常にお腹が空いた飢餓状態が普通であるのをブラジルのサバナ地域のプロア貯水池の調査で気づいた(図129、132)。全ての生物はハングリー状態が自然で、餌が豊富過ぎると、余剰物が溜まり腐ったりして生態系は病んでしまうことを学んだ。



図 130. テクニシャンと一緒に何度も、このダム湖を調査した。長さ7キロのダム湖であるが、ブラジルでは、小さなダム湖である。このダム湖から、ブラジルの湖沼生態系の研究が始まった。



図 129. サンパウロ州のサバンナ地域でのプロア貯水池。ハングリー状態なのが正常とわかったのは、1974年にブラジルに湖沼生態系の指導に出かけた時に気づいた。



図 132. ブラジルから帰国する1974年11月、主任教授ツンジシの家でサンカルロス大スタッフや学生に声をかけ、サヨナラパーティーを盛大にしてくれた。それから、何度もブラジルに行くことになった。

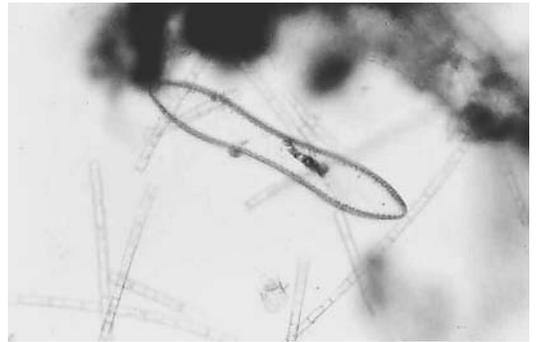


図 131. プランクトン試料を顕微鏡で観察すると、日本の湖沼のサンプルと比較すると、死骸が多く、活性が悪い状態の細胞が多かった。活性が悪いのが多いのが自然。常に足りない、常に制限されているというのが正常というのに気づいた。



図 133. テムズ水道の水源貯水池は、ロンドン市民がヨット遊びをする場所である。この貯水池には、夏はアオコが一杯になるが、緩速ろ過処理なので心配していない。



図 134. 日本からの若い研究者に、テムズ水道のろ過池調査をするのに、快く施設を使わせてくれた。テムズ水道からは「中本は、いつでも歓迎する」とまで言われている。

12. 本来、科学技術は人のため 企業のためでない

中本は、税金から給料をもらい、研究費をもらい、国立大学の教員として学生を教育し、研究をしてきた。

私が研究をするのに多くの学生に協力してもらった。

上田市水道局を始め、日本各地の浄水場、テムズ水道の人々から親切にもらい、

有益なデータや情報ももらうことができた。誤解を改めてもらうと努力してきたつもりである。良い事例は発表できても悪い事例は発表できなかった。緩速ろ過処理に関して、理想的で良い事例は皆無と言っても良い状況であった。そこで、

ハッキリと悪い点を指摘して示さないといけないと判断し、指摘もしてきた。だが、水道局長さんから「業者のためにならない研究は困る」とまでハッキリと言われたこともあった。浄水場から嫌われ、追い出されもされた。国立大学は独立法人になり、研究費は自分で稼がな



図 136. 読売新聞で、初めて緩速ろ過処理を取り上げてくれた。夕刊のため、大都会しが配られなかったのは残念であるが、大きく取り上げてくれた。

第4341号 第3種郵便物認可

Water and environment
Net Work

環境破壊の代表 ボトル水購入を永久禁止

～サンフランシスコ・水道水を飲むべき～

米国では環境意識の高まりに、ボトル水を運ぶ輸送が膨張している。例えば5大湖周辺から生産されるボトル水の州外移動禁止や、環境学者レスター・ブラウン氏による「ボトル水は環境破壊の代表で、水道水を飲むべきだ」と水道関係者にとり興味のある話題が沸騰している。

この様な背景下で、サンフランシスコ市のキャビン・ニューソム市長は世界で

レスター・ブラウン氏によれば、米国人が購入するボトル水容器の材料として年間4000万ガロンを超える石油が消費されている。更に廃棄物問題を引き起こしていると指摘している。

2004年に於ける世界のボトル水の需要は410億ガロンであり、これは過去5年間で57%の増加を示している。そのボトル水のコストも水道水と比べ240倍から1万倍に達している。

図 135. 水道産業新聞2007.8.20.には「環境破壊の代表 ボトル水購入を永久禁止」と題する記事が掲載された。自治体が率先して環境破壊をしてはいけないという。日本では、会議にはペットボトルの水やお茶がでる。ペットボトルという廃棄物を減らさないといけないのに、日本はどうであろうか。本来はどうしたら良いかと考える必要がある。

いといけない状況になった。研究費をもらうことは、研究費を出す側にメリットが無いといけない。応用科学技術は、企業利益と関係があった。企業利益と結びつかない緩速ろ過処理の技術は研究しにくい状況であった。そのため、日本中で、この技術に関して研究する人は、唯一なくなってしまった。

これまで、緩速ろ過処理に関して研究費を快く出してもらったのは英国政府と英国の財団からだけである(図133、134)。

日本の文部省(文科省)や自治体からは一切もらえなかった。緩速ろ過処理は衛生工学の分野であり、理学の分野へ申請しても応用として却下され、応用学部に申請しても、企業利益に逆らうので審査員は「○」をつけることが無い。そこで申請するのを諦めてしまった。

各地の浄水場を見学し、維持管理ミス、設計ミスに気づいたが、その事実を公表しにくかった。これまで、この研究を長く続けることができたのは、精神的にも多くの人々の応援に支えられてきた結果と思っている。特に、月刊「水」では多くの私見を発表させてもらった。この事には感謝の気持ちが一抔である。

急速ろ過処理の本場のサンフランシスコ市では「環境破壊の代表 ボトル水購入を永久禁止」という新聞記事が2007年8月20の水道産業新聞に掲載された。環境意識が高いサンフランシスコ市のキャビン・ニューソム市長

最後に、本文中の顕微鏡写真や、調査結果は、私が指導した学生の卒論や修論から引用させてもらった。これまで仕事でできたのは、学生の協力があってできたことを記し感謝する。

は市役所および関係出先機関でのプラスチックボトル水の購入を禁止するという。ボトル水は便利だが、廃棄物処理に莫大な人力と経費に税金がかかっている(図135)。日本でも見習いたい動きである。間違いを素直に認め、修正する姿勢を持ちたい(図136)。間違い、誤解を公開することで、技術は良い方向へ発達する。

2007年は3ヶ所でJICA(国際協力機構)関連での国際研修で緩速ろ過の講義や実習をした。新しい考えの緩速ろ過処理が生物浄化法として世界へ広まりつつある。現在、「おいしい水のつくり方」の本は中国語とポルトガル語に翻訳中で、少し加筆した。

私は2008年3月に国立大学法人信州大学を定年退職する。定年後は、NPO法人地域水道支援センター理事長として持続可能な社会に貢献したく日本ばかりでなく世界中で働きたい。気軽に声をかけて下されば、この素晴らしい技術の解説に出向くつもりである。交通費だけでも負担してください。うれしい。水戸黄門みたいに、各地の浄水場を見学するかもしれないが、その時はよろしくお願いしたい。