

■理屈でなく、おいしい水を飲みたい。こっちの水は甘いぞ。

ビールが守った現代に通用する理想的な古い技術(1) 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)

1. 地球温暖化は事実かな

地球温暖化対策で、省エネ技術の開発が盛んである。大気中の炭酸ガスが産業革命頃から年々増加し、人間活動で、化石燃料を使い過ぎと言われている。地球が温暖化するのには、化石燃料を使い炭酸ガス排出量が増えたためと言われている。地球温暖化現象は、どうも事実みただけである。また、大気中の炭酸ガスの増加も事実である。その連動現象から炭酸ガス排出は温暖化をもたらしていると推測している。そこで、省エネ技術を開発し、炭酸ガス排出を減らそうとしている。

しかしながら、炭酸ガス排出と地球温暖化は直接の因果関係があるとは誰も証明していない。だが、温暖化防止につながる可能性があるなら、少しでも炭酸ガス排出を減らそうとしている。緩速ろ過処理は、200年前にはほぼ完成した浄化方法で、電気や薬品を使わないで安全でおいしい飲み水ができる技術である(図1)。正に、今、求められている持続可能な省エネ技術である。

これまで、何度も緩速ろ過処理の生物浄化の仕組みを解説してきたが、必ずしも、読者に十分に伝わっていない。私は、国立大学で国の税金から給料を得て学生を教育し、研究をさせてもらった。大学は、過去の知識や知恵を後輩に伝える場である。しかし、知った人が実行に移さないと真に伝えたとはいえない。教育とは、伝えるために何度も繰り返し返すことが必要である。ここに書いた文章は、これまで発表してきた内容と、多々、重複しているが、繰り返し度々に、常に、新しい視点を加えるように努力をしてきたつもりである。



図1. 緩速ろ過処理では日本一の浄水能力の東京都水道局境浄水場。貯水池水源なので、濁り水対策は必要ないので、ろ過池だけである。污泥処理もほとんど必要ない。薬品処理、機械設備も必要ない。これなら、省エネである。大正13(1924)年完成で、80年以上造りかえもせずに使い続けている。これなら、原価消却はとくに済んでいる。維持管理費は少なく、正に省エネで、21世紀への持続可能な施設ではないであろうか。でも良く見ると、この水道局のパンフレット写真では、どういう訳か、写っているろ過池に水が入っていないろ過池が4分の1もある。



図3. 悩みの種は、ろ過水濁度が0.1度以上になることであった。数値は、激しく変動しているのが、液晶パネルでわかった。原水濁度より高い値になるので困っていた。

ない。計測値に惑わされてはいけ
何のための測定か。急速

2. ろ過水濁度があがる謎は 酸素の気泡だった



図5. 水面に浮いてきた藻類被膜は越流管から流出し、連続培養状態であった。流出口には、藻類被膜が持ち上げた砂が落ちていた。

埋設し、濁りが無い伏流水を取水し、半年以上もろ過閉塞せずに、良好な水質のろ過水を得られている浄水場があった(図2)。しかし、浄水濁度がどうしても0.1度よりも高くなることもあり、問題であった(図3)。晴天の午後から夜にか

河床に有孔管を
ろ過処理では、細菌が漏れてしまうというのは常識である。浄水を塩素で殺菌すれば問題なしと考えていたが、クリプト原虫の漏出で、濁り除去を徹底しないと安心できない。そこで、厳密な濁度管理をしようとし、各地の浄水場で精密濁度計を設置してきた。

ろ過池は透き通り、水深は80cm程度で、ろ過池は糸状珪藻メロシラの連続培養状態になっていた(図4~6)。ろ過水を集める調節井の蓋を開けても、底まで清澄で透明度は数十メートルもあるような水で、どうしても濁度は高いとは思えなかった(図7、8)。でも、濁度計の値では高いという。実際に濁度計を見ると、数値は大きく変動し、濁度の数値は0.2度以上も示すことがあった。この水をコップに汲んで飲んでみても、おいしい水であり、問題があるとは思えなかった。コップの水をジッと見たところ、細かな気泡



図2. H県にある浄水場は隣の河川に有孔管で濁りがない水を取水していた。濁りがない原水なので、ろ過池だけという浄水場である。濁りが無ければ、ろ過継続は長くできる。半年以上ろ過継続しても目詰まりしない。糸状の緑藻や珪藻が繁殖していた。



図4. 一番調子が良さそうなろ過池の砂層表面では糸状珪藻のメロシラが繁茂し、光合成により生じた気泡の浮力で浮き上がり、底には砂の面がパッチ状に見え、そこは藻類被膜が剥離した場所である。



図6. 隣のろ過池では、砂層面に糸状緑藻スピロギラ(アオミドロ)が繁茂していた。糸状緑藻も光合成による酸素の気泡の浮力で浮き上がるので、砂面も見られた。また、ろ過継続が長い証拠に、底には維管束植物の水草が成長していた。



図9. ポンプ室のメーターを見ると、確かに、濁度が高かった。濁度計に入る水を、コップに汲んで良く見たところ、細かな気泡が生じていた。飲んでみても、おいしい水であった。濁度の正体は、ろ過水中の溶存酸素が過飽和状態になり、メーターのところで、攪拌され、大気圧と平衡状態になろうとして気泡が生じていたのがわかった。

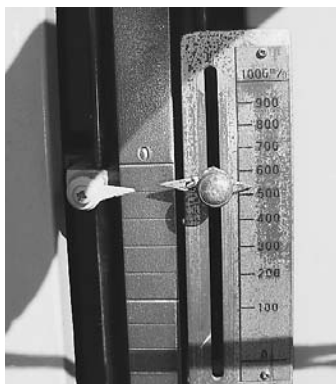


図8. 確かに、損失水頭がなかった。このろ過水の濁度が高いのは、メーターが故障しているのかと疑ってしまった。構造が簡単なメーターは長く使っても故障しにくい。



図7. ろ過水を見たら、透明で、濁度が0.1度もある水とは思えなかった。損失もなく、ろ過抵抗も上がっている様子がなかった。ここで、ろ過閉塞度を比較しやすいように標準化損失水頭の考えを説明した。



図10. 原因は、濁度計に導水するための、採水ポンプであった。本来、濁度は、細菌などの濁りを測定するものである。便宜的に濁度で測定しているのである。そこで、細菌を測定してみたらどうかと勧めた。急速ろ過処理では、藻類が関与しないので、溶存酸素が過飽和になるということはない。

がたくさん生じていた(図9)。濁度の正体は酸素の細かな気泡(マイクロバブル)であった(図10)。藻が光合成をし、水中の溶存酸素が過飽和状態になり、この水が濁度計のところに吸引ポンプで導水し水圧が無くなり、細かな気泡(マイクロバブル)となったのであった。細菌などの濁りではなく、過飽和状態の溶存酸素が、水圧変動で、気泡が生じていた。基準を守るのではなく、本来は何を守るのか。基準をつくる、条例をつくる精神を守らないといけない。薬品処理の急

速ろ過処理を導入した結果、発ガン物質生成のリスクがあるトリハロメタン生成問題(図11)、臭い水問題、クリプト漏出での集団下痢事故、濁度の問題が生じた。更に高度処理は自治体職員では維持管理できない、これら全ての問題は未完全の欠陥処理の急速ろ過を導入した結果であった。自然の仕組みの賢い活用 of 緩速ろ過処理では心配する必要がない。しかし、日本での水道水基準、維持管理基準は急速ろ過での問題を解決するために、場当たり的な対処をしてきた。問題

IS THE WATER SAFE TO DRINK?

Robert H. Harris and Edward M. Brecher
and the Editors of Consumer Reports
Consumer Reports 1974. June: 436-443:
The Problem

Consumer Reports 1974. July: 538-542:
How to make it safer

Consumer Reports 1974. August: 623-627:
What you can do



図11. 飲み水は安全か? 有名なハリスレポート1974の挿絵。コンシューマーレポート6月号は、問題点「塩素殺菌と発ガン性を指摘、石綿管とガン、細菌、ウイルス、重金属、処理後の危険性を指摘。7月号は、安全にするには。8月号は何かができるか。このハリスレポートは塩素と発ガンの危険性を指摘しただけではなかった。石綿管のアスベストから、20年、30年後にガンになる危険性を指摘していた。日本でも、石綿管を製造していたクボタ鉄工は1975年から製造を中止していた。このレポートを読んでいたの



図 12. 大規模のクリプトによる集団下痢事故の翌年、アメリカ水道協会は、オレゴン州のセーラムで 1994 年秋に緩速ろ過研修会をした。日本からは、中本一人が参加した。緩速ろ過に対して、もの凄いの熱気を感じた。

がない緩速ろ過処理でも、その基準、対処方法を押しつける間違いが行われ、現場は混乱している。

基準、対処方法は、何のための方法なのかを考える必要がある。水道での問題は、全てと言って良いくらい、最新技術で高度処理の急速ろ過処理での問題である。

3. スローだが、理解者が増えてきた

生物学を学んで、応用学部で就職し、生物現象の賢い活用で魅せられた。この素晴らしい技術が正しく伝わっていないことがわかり、何とか伝えようと、雑誌に解説を書き、ホームページを開設し、

2002 年には「生でおいしい水道水」という本を築地書館から出版した。スローであるが、緩速ろ過処理を再認識してくれたのを感じている。私は、大学で研究し、その仕組みを技術者にも伝えたかった。そこで、「おいしい水のつくり方」という技術解説本を築地書館から 2005 年に出版した。この本は、タイトルだけでなく、全ての図や写真の説明を日本語と英語で書いた。緩速ろ過処理の新しい解釈は、日本発であるの示したかった。この本がでたので、更に、理解者が増え、自分らで浄化処理装置をつくらうとする人々が現れてきた。

一方、戦後主流になった薬品処理の急速ろ過処理は、技術の改良が盛んで発展してきた。しかし、細菌除去は不完全で、どうしても最後に塩素で殺菌処理が必要であった。

1974 年のハリスレポートで発ガンリスクを指摘してから、世界中で、塩素添加処理をためらった。1993 年、アメリカのミルウォーキーで 40 万人の集団下痢事故で急速ろ過処理は完全な欠陥処理であったと認識された。そこで安全な処理技術は無いかと模索したところ、現代に通用する古い技術があったことがわかり、緩速ろ過処理の再認識に至った(図 12)。

しかし、この技術は、ローテクで、利

益を生みにくい技術で、利益追求の企業は勧めたくなかった。そこで、急速ろ過での欠点である細菌除去を完全にするために、膜ろ過処理が浮上してきた。しかしながら、膜ろ過処理は、莫大なエネルギーを使う技術であり、維持経費が莫大であった。各自自治体は借金が嵩み、更に借金を増やすことはできず、膜処理を導入するのをためらっているのが現状である。そこで、持続可能な 21 世紀に相応しい技術として、緩速ろ過処理を検討する自治体が増えてきた。事実、使っていなかった緩速ろ過池を使い始めた自治

体もある。また、新たに建設されだしているが、これらの情報は、利益追求の企業は知られたくないので、一般にはわからない。更に、JICA(国際協力機構)の研修として、緩速ろ過処理技術の講習を何ヶ所でも行うようになってきた。

4. 社会貢献をしたいと仲間が NPO をつくり動きだした

緩速ろ過を普及させようとする仲間が、NPO 法人「地域水道支援センター」(図 13、14、15) を設立し、活動を始めた。

■NEWS ご覧にふりかた NEWS をクリックしてください。

2007.12.24	臨時総会開催します H20.11.4
2007.12.24	*注 ホームページ移転しました new
2007.11.5	第2回 緩速ろ過セミナー(in 三原) 開催しました
2007.7.1	2007 年度総会での決議内容公開
2007.6.25	ITOTO 水環境基金に応募
2007.5.28	地域水道支援センターホームページ運用開始
2007.5.19	2007 年度総会(in 飯田橋) 開催
2007.4.13	地域水道支援センター正式 HP 立ち上げ
2007.2.22~23	第1回 緩速ろ過セミナー(in 高崎) 開催
2007.1.27	新春情報交換会(in 岡山) 開催
2006.11	『特定非営利活動法人 地域水道支援センター』として東京都より認証

図 13. NPO 法人地域水道支援センターは 2006 年 11 月に東京都から正式に承認された。緩速ろ過処理を普及させようとする志を持ったが、NPO 法人にすれば、自治体などに、働きかけやすいと動きだした。日本だけでなく海外でも活躍している技術者が多く参加している。HP は、<http://www.cwsc.or.jp/> である。3 月 13 日(木)と 14 日(金)に行う「緩速ろ過セミナー in 須坂」の案内も掲載してある。



図 16. 中央環境審議会会長の鈴木基之東大名誉教授も顧問として応援してくれている。総会では、講演をして下さった。



図 15. 岡手で緩速ろ過処理を普及させたいと張り切っている瀬野守史さんが、技術などの実務などを引き受けてくれている。



図 14. NPO 法人地域水道支援センターの設立総会は、2006 年 5 月 11 日、東京・飯田橋レインボービルにて開催した。約 30 名の人が全国から集まってくれた。全国組織なので東京に事務局を置き、東京都に申請するようにした。集まったのは背広姿の技術者がほとんどであった。

この法人は、中本が理事長で、中央環境審議会会長の鈴木基之先生（国連大学最高技術顧問、放送大学教授、東大名誉教授、図 16）も顧問として応援してくれている。この仲間は、ほとんどが水道関係の技術者であり、海外でも活躍している仲間が多数参加している。仲間の間で、活動の趣旨を表すのに適切な英語名は何であろうかとメーリングリストで意見を交換している。

Local Waterworks Support Center: 「Local」と同様に「Regional」という表現も「地域」に対する言葉、一般性が高いような印象を持っております。Regional Waterworks Support Center (RWSC) にしたら。

日本の NPO であることから、英文名のみは、「Japan」を最初に付してはどうか。つまり、「Japan Local（または「Regional Waterworks Support Center」）「Local ではなく Regional」と「Japan をひける」に

賛成です。ただ、「Japan をつける場合は Regional Waterworks Support Center of Japan（あるいは in Japan）」とした方が英語的、略称は RWSC で良いのでは。やはり「of Japan」でしょうね。

Regional Waterworks Support Center of Japan、略称は「RWSC」。

小規模水道の趣旨を生かして、「small-scale」あるいは「on-site」ならどうでしょうか。Local を使って、最後に「Japan をつける手もありそう」。

「Japan Small-scale Waterworks (Support) Center (JSW (S) C)」などは如何ですか。Support は必要でしょうか。資金援助を与えるような印象もありますね。Service Center ではちょっとイメージが違いますか。JSWC が簡単でよいでしょうか。

当方も「Small scale」が適していると思う。いろいろと意見を変えて恐縮ですが、「小規模水道」の趣旨、設立段階のコンセプトを尊重したい。

Small-scale Water Supply Facility という言葉を使っていたら、某国政府から大きな拒絶反応がでました。Small という言葉に、ネガティブな印象があるからという理由でした。そこで Regional Local, Rural いろいろ代替え用語を他のドナー（ヨーロッパの国）も含め長くデイスカッションした結果全員のコンセンサスを得たのが、「Community」でした。Community Water Supply じゃ。

地域の文化・伝統を活かすという視点を重視する趣旨でしたら、community はピッタリと思います。この場合 waterworks より water supply (system) の方が施設よりもシステムを考えるとという意味で、より適しているように思えます。

初心に還って考えますと、私は「community」と「water supply」を入れるといいと思います。

当団体の目的が、地域で維持管理できる水供給のしくみを以って、地域の持続的発展の手助けをするということにあるならば、Waterworks より Water Supply のほうが適当ではないかと思いました。結果として、現在 Community Water Supply Center of Japan、略称は CWSJC が有力である。

スローであるが、確実に、緩速ろ過処理や生物浄化法の理解者が増えてきている。下記は、設立総会での筆者のスピーチである。

4.1 本物の水を生で飲めるように

「おいしい水」を飲みたいと動きだし、フェアリーな気持ちで動きだした仲間が NPO 設立に賛同して下さったと思っています。

緩速ろ過処理の研究がどのような背景で始めたかを書かせてもらいます。私は東京都立大学理学部で生物学を勉強し、就職



図 18. 英国政府から研究助成金を得て、テムズ水道の緩速ろ過池の調査を始めた。最初は夏に行き、テムズ水道の研究者に上田市の緩速ろ過池の状況を説明したら、冬は糸状珪藻のメロシラが凄いと教わった。そこで、観光シーズンでないが、雪が時々、舞ってくる様な3月に調査した。ろ過池の周囲にはレールが敷いてあり、昔は、大型機械で削り取り作業をしたが、水没したことがあり、使わなくなったとのこと。



図 17. 上田市で緩速ろ過処理の研究を始めた 1984 年、ろ過池には、糸状珪藻メロシラがもの凄く繁殖していた。プランクトンでなく、新しい調査方法を考えないといけなくと暗中模索が始まった。まず、採取道具の開発からであった。支柱に網やスコップをつけて、採取しようとした。砂層表面を痛めては浄水場職員から嫌われる。そこで、水を張ってあるろ過池の砂層表面の藻類被膜だけを定量的に吸引採取できる道具を開発し、研究が進んだ。



図 20. 洗砂場所の近くには、山の様に高く積まれたクラドホラがあった。クラドホラは、有機肥料にするとのことであった。原水中に粘土鉱物などの泥成分が少ないと、ろ過閉塞しにくい。植物プランクトンなどは動物の餌であり、夏は動物活性が高いたろ過継続は長く続けることができる。日本でもろ過継続を長くすると、動物に食べられにくい糸状緑藻が出現する。



図 19. テムズ水道では、砂層表面の削り取りは機械化をしていた。夏は、砂層面には糸状緑藻クラドホラが目立っていた。通常の削り取り機械では、取り除くのが大変で、「やっかいな藻」として嫌われていた。

したところが信州大学繊維学部でした。緩速ろ過処理の研究は、1983年秋に上田市の浄水場の場長が研究室を訪ねてくれたことから始まりました。「ダム湖で繁殖する藻は、水質を悪くするが、緩速ろ過池で繁殖する藻は良い藻である」と話してくれました。生物屋の私は「悪い藻」という考えはおかしい。全て、生物の立場で考えると生物が繁殖するのは良い事である」と思っていました。早速、ろ過池を見学させてもらい、生物現象の誤解であると気づき、何とか、その誤解を解こうという正義感から調査研究を始めました(図17)。古い技術で新しい発見は難しく、学術論文になりにくいと予想されました。でも、学生を教育するのが大学です。応用生物科学科の応用生態学講座の研究として最良のテーマであると思い、学生らと研究を始めました。当時は、この研究は5年位で終わる、次の新しいテーマを探さそうと考えていました。これほど長い間、研究を続けているとは、当時は想像しませんでした。緩速ろ過池での研究成果を学会誌に発表しても、古い技術の研究は注目されず無視されました。理学的発想の応用研究で業界の利益にならない研究でした。業界のためにならず、研究費を申請しても、助成金をもらえませんでした。緩速ろ過処理の発祥は英国です。英国の浄水場を見学したいと思いました。日英研究を申請しましたが日本の審査員は採用

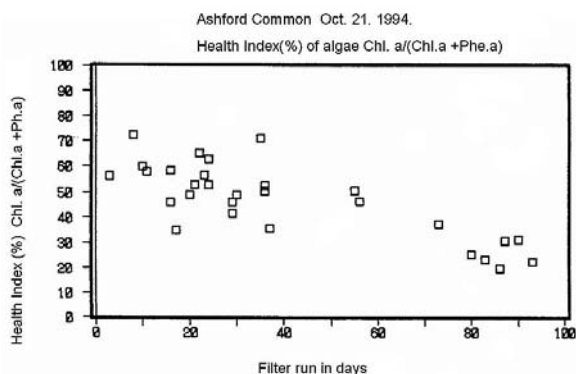


図 22. 藻類活性を調べるために、クロロフィルとクロロフィルの分解物の割合を調べた。クロロフィルの割合はろ過継続が長くなるに従い70%位から30%位に減少した。つまり、生きが悪い藻類の割合がだんだんと増えることが明らかであった。ろ過池で繁殖している藻は、見た目は活性が良さそうでも、実際は、活性が悪い藻が多いという事実があった。

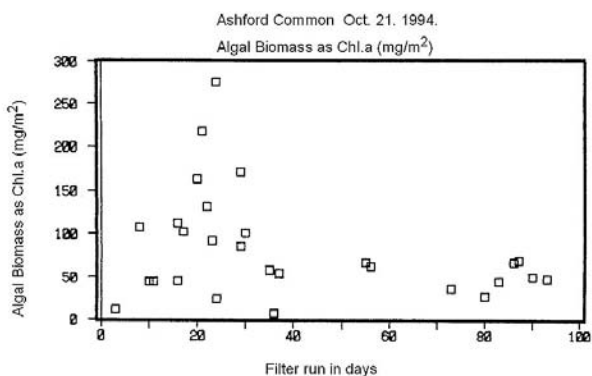


図 21. テムズ水道のろ過池は、10月に調査した時点では、3ヶ月もろ過継続をしていた。手製の藻類被膜採取道具で、砂層面の藻類群集を定量採取してクロロフィル量を測定した。約20日で藻類現存量はピークになり、その後、減少するのがわかった。但し、この採取法では、大型の糸状緑藻クラドホラは採取できない。この値は、クラドホラを除いた藻類の様子を表している。

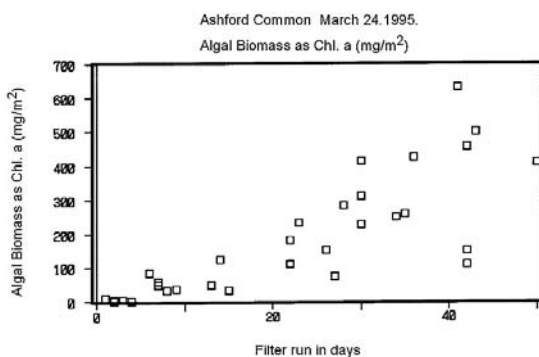


図 24. 水温がまだ低い3月は、クロロフィルはろ過継続に伴い増えていた。顕微鏡観察するとほとんどが糸状珪藻メロシラであった。縦軸は面積当たりのクロロフィル量で、水温が高い時期と比べると増加速度は遅いが、最終的な現存量は、夏とは逆で、ろ過継続40日で、夏の倍になっている。現存量と増加（成長）速度が必ずしも一致しないことがわかる。

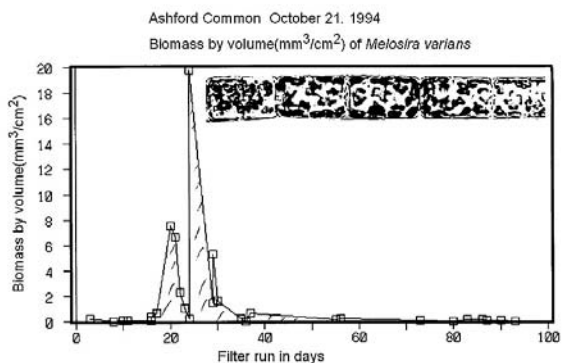


図 23. 試料を顕微鏡観察し、細胞の体積量で現存量を表した。クロロフィルがピークになるときは、糸状珪藻メロシラ (*Melosira varians*) が優占し、その後、減少していた。夏は珪藻は増えないで糸状緑藻が増えると言われたが、パイオニア植物として、テムズ水道でも糸状珪藻が増えていたのがわかった。夏は、珪藻が動物に食べられてしまい、食べられにくい、糸状緑藻に遷移していたのがわかった。

緩速ろ過処理は約200年前に英国でほぼ完成しました。最初は、砂層でゆっくりとろ過をすれば清澄な水ができる物理的なろ過と考え、名前がついたようです。約100年前に、病原菌除去に生物が関係していることがわかり生物処理という認識ができました。しかし清澄な水ができるのは物理的なろ過が主であると考え名前を変更しませんでした。私は、「藻と動物が浄化機能の主役であり、物理ろ過のイメージを与える名前が誤解の原因」と考え、生物浄化法、英語では Ecological (Water) Purification System と名前を変えないといけないと確信しました。砂層上部の砂の間で、微小動物が活躍します。砂層を目詰まりさせないために、砂の

してくれませんでした。そこでロンドン大学の研究者に相談し、英国側に直接申請しました。その結果、英国政府学術会議 (British Council) から助成金をもらい、テムズ水道の浄水場を調べることができました (図18)。ロンドンのテムズ水道のろ過池を調査し、糸状珪藻メロシラが食べられると食べられにくい糸状緑藻に遷移することを知りました (図19、31)。テムズ水道でもろ過池で繁殖する糸状緑藻を「やっかいな藻 (フランケット・ウィード)」と言われかけていました。そこで、藻の役割、ろ過池と砂層で活躍する微小動物の重要性について、誰にも分かりやすく解説する必要があると気づきました。

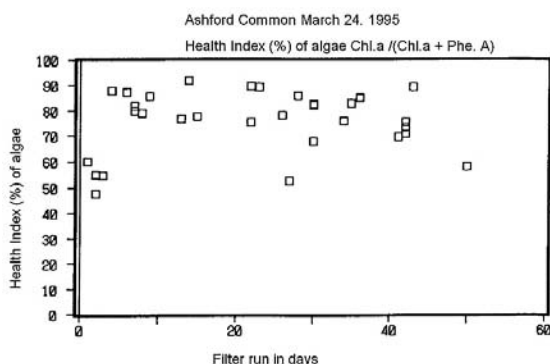


図 26. 藻類活性をやはり、クロロフィルの割合で示したところ、削り取り直後は 60% 程度であったが、その後、クロロフィルの割合が高くなり、80～90% になった。ろ過を続けると少しは活性が悪くなるようであった。しかし、夏と比べると明らかに、活性が良い藻が多いと想像された。これは、水温が低いので、捕食動物の活動が悪いので、藻類が活性が良いのが、分解されずに、そのまま蓄積しているものと考えられた。

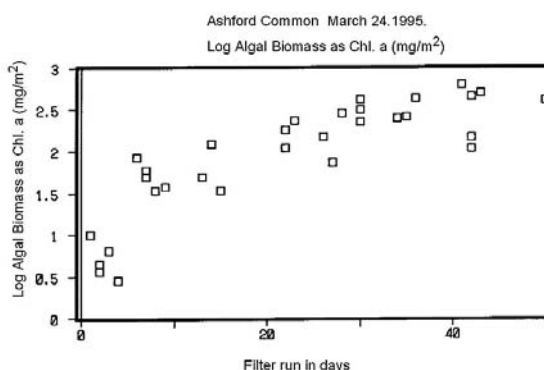


図 25. クロロフィル量を対数目盛で表したところ、ろ過開始後 10 日間程度は、急激な対数増殖をし、その後、増加速度が緩くなり、ろ過継続が 1 ヶ月程度で、現存量の増加はほとんどなく、平衡状態になっていた。現存量の増加を普通目盛りでなく、対数目盛でも表すと現場での藻類の増加傾向が計時的にどのようなようになっているのかわかる。



図 28. テムズ水道の原水は下水の影響で栄養塩が高い。英国より、日射量が多い日本である。冬に珪藻が繁殖しないのは、栄養塩不足である可能性があった。そこで、ろ過池にペットボトルを浮かべ、栄養塩を添加して藻が増えるかどうかと実験をした。その結果、栄養塩を加えたら確かに珪藻は増えた。



図 27. 水温が低い 3 月、ろ過池では、糸状珪藻メロシラが大繁殖していた。上田では、耕作期間で農耕地から流出する肥料成分が増える 6 月から秋にメロシラが大繁殖していた。この違いは、原水中の栄養塩の濃度が千曲川の水より数倍も濃いからかと思われた。

粒径も、粗い方が良いとわかりました。英国に何度か足を運び、そこで体験した事は、フェアリーということでした。本来どうあるべきかを「自然と理解させる」ことでした。緩速ろ過処理という名前は、フェアリーではない事に気づきました。そこで、生物浄化法という新しい名前、新しい概念という事を言い出したのです。また、テムズ水道のろ過池では、藻の繁殖により、ろ過水の溶存酸素濃度の日変化が大きくなり、夜明けに水中の溶存酸素が少なくなり過ぎることがありました。そこで 1 日に 5 m のろ過速度を、倍以上の 12 m でろ過する実験を 10 年以上前にしていました。現在のテムズ水道では全ての浄水場で、一日に約 10 m のろ過速度にしています。日本では、まだ、「ろ過速度は遅い方が良い」と考えられ、「緩速ろ過処理は、面積効率が悪い」とも言われています。もし、日本でもテムズ水道でのろ過速度を採用すれば、「面積効率が良く、廉価に、安全でおいしい水道水」を容易に造ることができ、日本での緩速ろ過処理の復権、生物浄化法の採用への動きになると思われました。

気持ちが良い、そよ風が、吹き出したようです。日本中、世界中で、安心して「生でおいしい水道水」を飲めるようにするには、もう少し、この NPO の仲間が後押しをする必要があります。ゆっくりと一歩、一歩、前に確実に歩きます動きが大切です。よろしくお願いします。



図 30. 上田市は5月中旬から糸状珪藻メロシラが目立ち始める。そこで、4月中旬にも食品添加用試薬の栄養塩を添加する実験をしたが、やはり、藻は繁殖して来なかった。結果がマイナスの論文は、学会誌に投稿しても受理してくれなかった。大金を使ったが、残念であった。後にわかったことは、原水が多少濁っていて水深が深いので、底の砂層面には藻類が繁殖するのに必要な十分な日射が足りなかったのであった。研究は失敗から学ぶことが多いのがわかった。教科書の知識だけでなく、実際に実験をし、確かめないと気づかない。



図 29. そこで、実際のろ過池で、夏の栄養塩濃度より少し多い程度まで増やしてみることをした。実際に飲む水道水をつくるろ過池であるので、保健所長に相談した。試薬特級より値段が高い試薬の食品添加用の試薬を購入した。日本で一番、信頼されている薬品会社の試薬を購入し、添加する実験をした。これでもか、これでもかと肥料成分を加えたが、藻は増殖しなかった。問屋から関東平野中の食品添加試薬は無くなったから、関西から取り寄せるとの問い合わせまできた。2月から3月にかけて実験をしたが、結果はマイナスであった。



図 32. 急速ろ過処理では、クリプト原虫は通過してしまうので、膜処理を導入する施設が建設されだした(埼玉県越生町の浄水場パンフより)。莫大なエネルギーがかかり、維持管理経費が莫大である。借金の原因になる。省エネが緊急課題であるのに逆行している。



図 31. 合成樹脂製の廃棄風呂桶で緩速ろ過モデルをつくり実験をした。冬の寒い時期、隣の実際のろ過池では、糸状珪藻メロシラは繁殖していないが、水深が浅いモデルでは糸状珪藻が盛んに繁殖した。ろ過池が深いためであった。

この地球は、水の星と言われている。水があったから、生命が生まれ、人類が繁栄してきました。しかし、私たちは、これまで、この地球に大きな影響を及ぼしてきました。天然資源が無限にあると思いきや、化石燃料まで無尽蔵と思いきや、使ってきました。その結果、環境汚染が進み、自然環境を破壊してきました。現在、資源の有効利用、自然保護へと目が向いてきました。これまで、莫大なエネルギーを使う技術もありました(図32)。しかし、自然界の現象は、大変に効率が良いのです。私は、安全で、おいしい飲み水は、自然界での生物現象の活用で、できると信じています。河原で湧き出る清水を、人工的につくる技術が、英国で約200年前にほぼ完成しました。ゆっくりと砂でろ過すれば良いことがわかり、緩速ろ過技術、処理と言われました。英語でいいますと、

5. 愛・地球賞―結果があり、本当の仕組みがわかるのは後

2005年の愛知・万博で愛・地球賞をいただき、受賞者代表としてスピーチまでさせてもらった。この賞は21世紀に持続可能な環境技術を選ぶものであった。「藻の繁殖に注目した緩速ろ過技術」は、省エネ技術としても、今こそ注目すべき技術である。下記はその時のスピーチである。

Slow Sand Filtrationです。その後、世界貿易が盛んになり、科学技術が発達し、医学が発達しました。約100年前に、ゆっくり砂ろ過をすれば、病原菌が除けることがわかりました。その仕組みは、生物によるということがわかりましたが、ろ過という物理的な処理が主であると考えられました。そこで、名前を変えません

ろ過施設をつくりました(図34)。現場の技術監督が「これまでの施設はコーマシヤルフィルター」と言いました。薬品を使って、莫大なエネルギーを使う技術でした。最初の薬品が無くなると薬品を買いお金がありませんでした。ですから、使えなくなりました。私が指導してできた施設のことを「ナチュラル

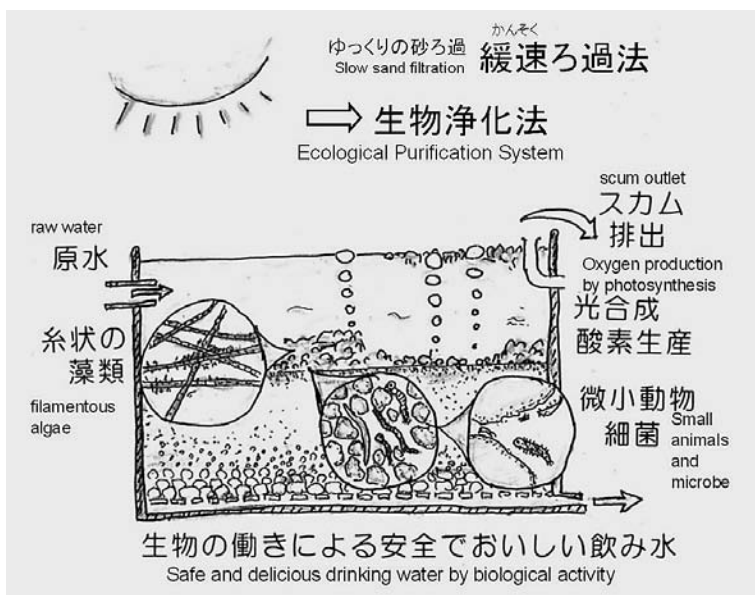


図33. 生物群集の活躍で安全でおいしい水ができる。物理ろ過のイメージを与える緩速ろ過でなく生物浄化法と言いたい。

でした。私は、ろ過池で、藻が繁殖することで、酸素豊富な環境になり、動物の餌をつくることでもあることに気づきました。ろ過池で積極的に藻を繁殖させ、藻の連続培養系にすると、栄養塩まで除けることに気づきました。つまり、栄養塩が少ない、川の上流の水にすることに気づきました(図33)。薬品を使わないで、自然現象の上手な活用で、安全でおいしい水が、簡単にできることを、日本各地、世界各地で指導や助言をしてきました。スリランカに緩速ろ過施設をつくりました(図34)。現場の技術監督が「これまでの施設はコーマシヤルフィルター」と言いました。薬品を使って、莫大なエネルギーを使う技術でした。最初の薬品が無くなると薬品を買いお金がありませんでした。ですから、使えなくなりました。私が指導してできた施設のことを「ナチュラル

フィルター」と言うてくれました。また、バングラデッシュにも昨年、初めての、住民のための緩速ろ過施設ができました(図35)。地下水のヒ素対策で、緩速ろ過施設をつくったのですが、ヒ素は除けました。しかし、ヒ素は元素です。完全に無くすことはできません。そこで、ヒ素を含めない川の表流水を使うことにしました。ただし、この水は病原菌で汚染されています。この水から安全な飲み水をつくる住民のための施設が昨年(2004年)、初めてできました。また、ナイジェリアにもできました。私のホームページを見て、アクセスしてきました。「どうしても来てくれ



図35. 地下水中のヒ素汚染で悩むバングラデッシュで、乾期でも水がある三日月湖の表流水を取水し、水道施設を建設したいと言われた。また、農業もお金をかけずに除去できる装置を考えてと頼まれ、上向き粗ろ過を何回も通して生物のお腹を何回も通過させる方法を考えた。最後に緩速ろ過処理をする。後で、冷静に考えてみると、日本と比べても、農業の使用量は余り変わらなかった。バングラデッシュで国民のための緩速ろ過施設としては初めての施設ができた。



図34. 熱帯で泥水がくる様な河川表流水を取水し、沈澱池、上向きの粗ろ過槽を通して、緩速ろ過処理をする施設がスリランカにできた。現場監督がナチュラルフィルターと言ってくれた。6年後に訪れたが、まだ、問題なく健在で稼働していた。発展途上国に行くと、技術援助で最新技術施設を建設するが、数年で使えなくなっている施設が目立つ。相手の国で、自力で維持管理、修理ができる施設を援助建設するのが本当の意味での国際貢献であろう。

と頼まれたのですが、行くのは、どうも大変なので、お金をとったというこ
とでしたので、日本まで来てもらいまし

ました。住民が大変に喜んでいま
す。この技術は、正に、自然の叡智の結晶
かと思っています。「中略」

現場を見て、それはどうしてだろうか、
本当なのだろうか、いろいろ考えてき

※次号に続く



図 36-2. 灌漑用水を汲み上げて、屋根の上の水槽に水を導水する。浅い水槽では、太陽の日射で藻が繁殖するが、ブラシ状のヒモが何本も張ってあるので、流されない。藻が繁殖するとヒモと藻の周囲には微小動物が増える。この動物がシルトなどの濁りを食べて糞塊にして沈める。底に沈んだ糞や濁りは、底から排出する。増えすぎた藻も時々、取り除く。濁りが無くなった水は、緩速ろ過用の水になる。

た。「わかった」と言って
帰国したのですが、何も
反応がありませんでした。
1年経過したら、写真を
送ってきました。「できた」
というのです。ナイジェリ
アにも私の考えと指導で
浄化施設ができたのです。
また、インドネシアにも
熱帯の泥水から安全な飲
み水をつくる施設ができ
ました(図36)。一切、薬
品を使わないで、住民が維
持管理をし、6年目になり

た結果、こういうことに気づきました。
また、この技術を伝えることの重要性
について考えていました。何とかして、
皆さんに伝えたいと思い、ホームペー
ジを開設したり、本を書いたり、いろい
ろなところでしゃべらせてもらいました
(図37)。



図 37-2. 愛知・万博の国連館の前で学生らと記念撮影。国連館で「藻の繁殖に注目した緩速ろ過技術」を世界にアピールするイベントをしてくれた。



図 36-1. インドネシアで、住民のために、熱帯の泥水でも緩速ろ過で安全な飲み水を供給する施設をつくりたいと言われた。住民が自分等で維持管理できる施設をつくりたいとのことであった。



図 36-3. 安い「おいしい水」が手に入り、飲用と調理にしか使わないが、衛生意識が向上し、健康村になった。この村では、子供の下痢や目の病気も無くなった。2005年夏はテレビ番組制作のために俳優の辰巳琢郎さんも案内した。辰巳さんは、この水を生で飲んで「おいしい」と言ってくれた。



図 37-1. 愛知・万博の国連館では、国連大学がアレンジして「人間と水」のイベントをしてくれた。緩速ろ過の話を中心のイベントで、中本も30分程度、講演もした。