

おいしい水の探求-2

中本信忠

生物群集の活躍による生物浄化法

Ecological Purification System for Safe Drinking Water

EPS WATER is BEAUTIFUL

NAKAMOTO Nobutada

追記 日本水大賞・国際貢献賞 受賞

令和元年：2019年8月



図 O-1 JICA 研修で薬を使わない浄化モデルをつくった
JICA trainees made a model of Ecological Purification System.

はじめに 緩速砂ろ過から生物浄化法へ

私はゾウリムシという顕微鏡でしかわからない生物がいたのに驚いて生物学を勉強しました。川の水がダム湖に入る境界に運動能力がある鞭毛藻ペリディニウムが大繁殖する現象を見て環境が変化する場所では新しい環境に適した生物が新たに活動するのに気づきました。

ダム湖はダムの水を利用するのが目的でダム湖流入部の生物現象については研究がほとんどなされていませんでした。理学と工学の境界領域を研究するなら新しい発見ができる可能性があると思いました。

上田市の染屋浄水場の緩速ろ過池で繁殖する藻は嫌われていました。川という横流れ環境がろ過池の上から下への流れになり、新しい環境に適した藻が繁殖していました。信州大学繊維学部応用生物科学科(当時は繊維農学科)に就職し学生と一緒に「ろ過池での藻の役割」に関する研究を始めたのが 1984 年 4 月でした。

2002 年に「生でおいしい水道水ーナチュラルフィルターによる緩速ろ過技術」を、2005 年に「おいしい水のつくり方ー生物浄化法」を築地書館から出版しました。

信州大学を定年退職後も JICA (国際協力機構) 研修や海外支援に協力し新しい発見、知識が増え皆様に伝えたく冊子にしました。前書と重複する所がありますが合わせて読むと理解がすすみます。なお日本語がわからない人へも伝えたいので英語も記した。

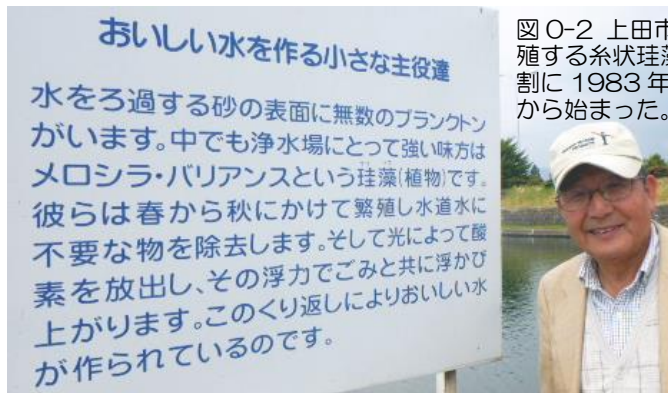


図 O-2 上田市染屋浄水場で繁殖する糸状珪藻メロシラの役割に 1983 年に気づいたことから始まった。

Signboard on the role of filamentous algae beside the filter pond at the Someya Water Works in Ueda, Japan. Algae grow well in warm period, trap turbid matter and produce oxygen on the shallow bottom. Algal mat lifts from the bottom and flows out from scum out.

Introduction to Ecological Purification System

I was surprised the presence of a microscopic organisms of *Paramecium* in a high school. I studied on ecology in the biology department, faculty of science of the Tokyo Metropolitan University. I found a drastic bloom of a flagellate of *Peridinium* at an entrance region where was a boundary region from a river to a reservoir. I noticed new organisms grew well at a new site.

I found a bloom of filamentous diatom of *Melosira* in a slow sand filter pond in Ueda, Japan. I as a biologist wished to find a role of algae in this system and started to study with students in 1984. I found slow sand filter was not mechanical filter. This is an Ecological Purification System (EPS).

I published two books in Japanese: "Delicious tap water - slow sand filter technique by natural filter" in 2002 and "How to make delicious tap water - Ecological Purification System (EPS)" in 2005. I continue to contribute the international training by JICA (Japan International Cooperative Agency) on EPS until now. I got some new findings and knowledges. I compile them into this book as an Eco-Friendly, Smart Technology of EPS.

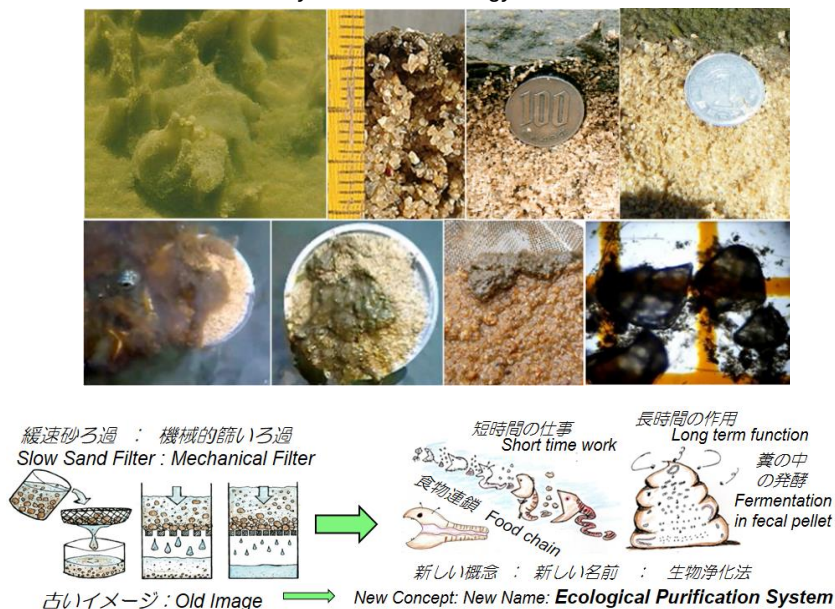


図 0-3 緩速砂ろ過は機械的ろ過でなく砂の上の生物群集による浄化だった。
Slow sand filter is not mechanical filter. Water is purified by microscopic biological community on the bottom sand.

目 次 Contents

はじめに 緩速砂ろ過から生物浄化法へ	2
Introduction to Ecological Purification System	
1. 悪い藻、良い藻⇒生物にとって全て良い藻だ	7
Bad algae, Good algae ⇒ All good algae	
2. 藻は動物の餌、酸素を生産し良い環境にする	8
Algae are food for animal and produce oxygen.	
3. お腹がすいた生物が必死で餌を求め食べる	9
Hungry animals trap particles.	
4. 生物群集が活躍する層を通過する時間は瞬間	10
Passing time during biological active layer is short.	
5. 垂直なら砂礫は動かない	11
Sand and stone are not moved under vertical current.	
6. 凝集薬品沈殿ろ過（急速ろ過）では藻が嫌われる	12
Nuisance algae in chemical treatment of rapid sand filter	
7. 1993 年クリプト事故後アメリカで再認識	14
Refocus after the large outbreak of Cryptosporidium in 1993 in USA.	
8. 沖縄・宮古島の浄水場長が訪ねてくる	15
Plant manager came to my university from Okinawa.	
9. 沖縄県宮古島で 2006 年から JICA 研修	17
JICA training on slow sand filter from 2006 at Miyako-jima, Okinawa.	
10. 世界で緩速ろ過の再認識が進む、JICA も応援	19
Refocus movement for slow sand filter spreads in the world	
11. 濁り対策で薬を使わな上向き粗ろ過	23
Up-flow Roughing Filter	
12. 糸状藻類の連続培養系に注目	26
Continuous culture system of filamentous algae	
13. 光合成による気泡生産は動物群集の活躍に良い	28
Bubble formation by photosynthesis	
14. 英国テムズ水道はろ過速度を 9.6m/d にした	29
Thames Water adopted high filter rate of 9.6m/d.	
15. 水深が浅いなら厳寒期でも糸状珪藻が繁殖	31
Filamentous diatom grows in cold winter in shallow depth.	
16. 急速ろ過用の砂で水深を浅くした	33
Shallow depth makes better condition.	
17. 砂層上部の生物活性層を除いてはいけない	34
Don't remove surface biological active layer.	
18. 薬品処理では臭いは除くのは難しい	36
Hardly remove odor substance by chemical way.	
19. ろ過継続中の砂層は汚れない	38
Sand is clear during filter run under normal operation.	

20. 損失水頭はろ過速度に比例する	40
Head loss is proportional to flow rate.	
21. ろ過継続日数で削り取りをしている	41
Scrape periodically by run days.	
22. 高崎市の浄水場ではろ過抵抗は一年中増えない	43
Filter of Wakata plant, Takasaki does not clog in winter.	
23. 砂礫が転がらないなら生物は繁殖できる	44
Organisms can grow on the surface of stones which do not move.	
24. コマーシャルフィルターとナチュラルフィルター	45
Commercial filter and natural filter	
25. 生物浄化法の名前の起源はバングラデッシュ	46
Ecological Purification System is originated in Bangladesh.	
26. ヤマハ発動機の社会貢献活動に協力	48
Contribute to social action work of Yamaha Motor	
27. 2011 年 JICA 研修からフィジーで EPS 事業	50
EPS project in Fiji started after JICA training in 2011.	
28. 自然界では雨が降らなくても清水が湧いている	56
Spring water always wells even in fine days.	
29. サモアに最新の上向き粗ろ過があった	59
I was surprised with the latest URF in Samoa.	
30. 上向き粗ろ過の礫上に水が無いのが良かった	63
No water is good over the gravel in URF.	
31. ろ過砂は大きい方がろ過抵抗は小さい	66
Larger size of sand makes smaller filter resistance.	
32. ほっほ！ホテル来い。こっちの水は甘いぞ！	68
Welcome to lightning bug!! This is sweet water.	



図 O-4 皆で浄化モデルをつくり仕組みを理解してもらう
When we made a model, we could understand the system.

33. 生物学的鉱物化、軟水化 Bio-mineralization	70
34. 許容できる危険性、簡易細菌検査 Acceptable risk and simple bacteria test	73
35. 中国語に翻訳中の金勝哲さんが四川に建設 Mr. Jin constructed EPS plants just after Great Sichuan Earthquake.	76
36. ラオスでも新しい動きが New movement for EPS in Laos	78
37. JICA-ODA 技術として紹介 Introduction of EPS for Japanese ODA technique by JICA	79
38. 生物浄化法だと設計指針、維持管理法が変わる New EPS manual will be evolved instead of SSF.	81
39. 英国生まれの技術が日本で生まれ変わり世界へ Slow Sand Filtration re-defined in Japan as Ecological Purification System	84
40. 参考 生物は必死に生きようとしている References: Every organism always tries to survive.	86
おわりに 生物の気持ちを代弁しようとしてきた Epilogue: I want to be a spokesman for small organisms.	93
追記 日本水大賞・国際貢献賞 Japan Water Prize: International Contribution Award	98

コラム Column ①卵 egg-9、②セーラム市の緩速ろ過池 Salem SSF-13、③150 年間使い続けた Old filter-15、④硬度 Hardness-16、⑤ブラジルとの縁：サンカルロス大 Brazil-24、⑥洪水 Flood -26、⑦光合成と細胞分裂 Photosynthesis and growth-29、⑧濁度 Turbidity-35、⑨穴釣り Fishing-42、⑩手で食べる Eat by hand-48、⑪閾値 Threshold-50、⑫カバの儀式 Kava ceremony-41、⑬マイマイ Snail-58、⑭サモアとの縁 Samoa relationship-63、⑮血を吸わない蚊 Non-bite mosquito-64、⑯金魚水槽用ろ過機 Aqua-filter-68、⑰検出限界 Non-detect-70、⑱水道統計 Statics-75、⑲浄水場数 Statics-98



図 O-5 生物活性層は均一だった Active layer is uniform.

1. 悪い藻、良い藻⇒生物にとって全て良い藻だ

Bad algae, Good algae ⇒ All good algae

上田市は大正 12 (1923) 年から河床から伏流水を取水し緩速ろ過処理で水道水を供給していた。菅平ダム湖が 1968 年に完成すると水道水は異臭味し問題になった。当時は染屋浄水場のろ過池で藻が繁殖するので殺藻目的で硫酸銅や次亜塩素酸ソーダを添加して緩速ろ過処理をしていた。

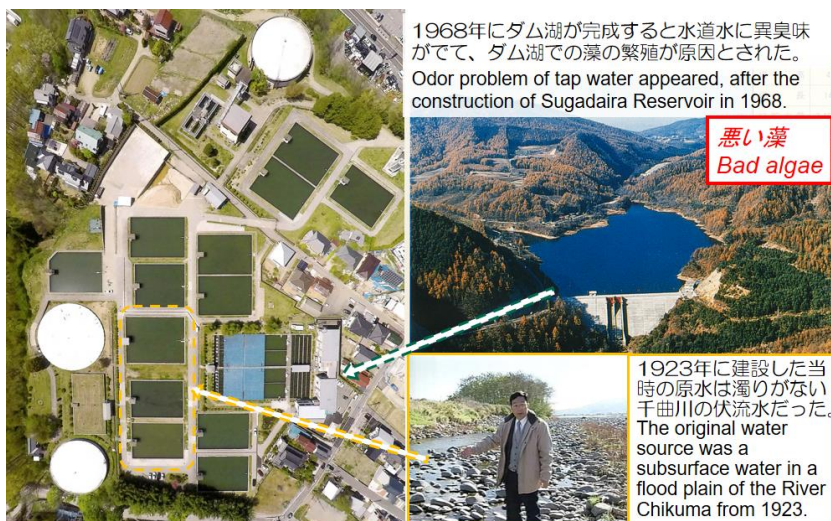


図 1-1 ダム湖ができたら上田市の水道水が不味くなった

When a reservoir was constructed, bad taste appeared in the tap water.

殺虫剤として散布した有機塩素化合物が自然界で活躍している生物群集の食物連鎖で濃縮し想定外の他の動物まで死ぬ危険性について報告したカーソンの「沈黙の春」(Rachel Carson 1962: Silent Spring) が話題になっていた。また 1974 年アメリカのハリス(Robert H. Harris ほか: Is the water safe to drink?) が塩素系殺菌剤で発癌物質トリハロメタンの生成の危険性を報告し水道界は安全な処理法を模索しだした時だった。そこで上田市の染屋浄水場でも緩速ろ過処理なので殺藻目的の薬剤添加を中止した。その結果ろ過池で藻が大繁殖したが水道水はおいしくなった。

ダム湖の生物現象を研究し興味をもっていた私は 1975 年 10 月信州大学繊維学部応用生物科学科に就職し、菅平ダム湖の富栄養化現象を研究した。1983 年秋に研究室を訪問して



図 1-2 殺藻剤を止めたら藻が大繁殖したが水道水は美味しくなった After the stop the algicide, algae grew well, but tap water turned delicious water.

きた丸山巖浄水場長は菅平ダム湖で繁殖する藻は「悪い藻」だが浄水場で繁殖する藻は「良い藻」という。生物屋の考えでは「悪い藻」はいない。応用生態学研究室での卒論テーマとして調査を始めたのが 1984 年 4 月である。

2. 藻は動物の餌、酸素を生産し良い環境にする Algae are food for animal and produce oxygen.

緩速ろ過池は上から下への流れがあり、浅い水深の砂層上部で繁殖する藻は光合成し酸素を生産し微小動物が活躍しやすい環境にしていた。

緩速ろ過処理では細菌やウイルスまで除去できる。砂層上部で活躍する微小な生物群集の活躍、食物連鎖が浄化のカギだった。砂での篩いろ過による浄化ではなかった。活躍している生物は餌がくる砂層表面および砂層上部にしかいなかった。

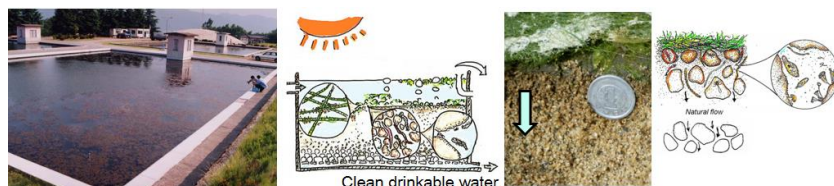


図 2-1 浅い砂ろ過池は上から下への流れ砂の上では藻が酸素を生産する Algae produce oxygen on the sand surface in a shallow filter pond.

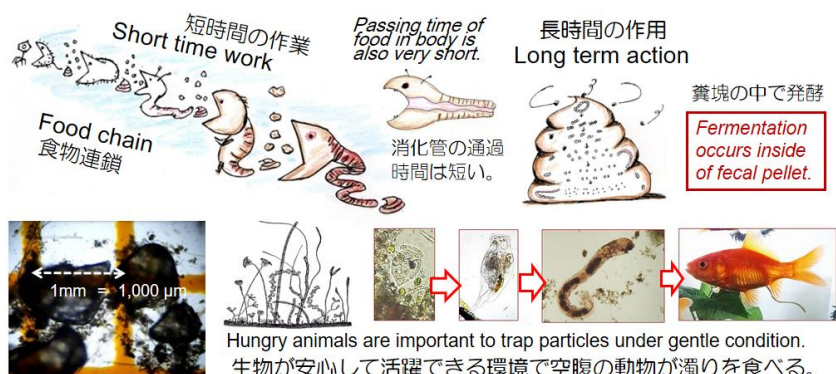


図 2-2 浄化のカギは顕微鏡生物から小動物までの食物連鎖
Food chain is the key from microscopic organisms to small animals.

3. お腹がすいた生物が必死で餌を求め食べる Hungry animals trap particles.

魚に餌をあげると勢い良く食べる。水槽にいる金魚に餌をあげるといくらでも食べ、直ぐに糞をする。餌が腸管を通過する時間は本当に短い。水生昆虫ユスリカの幼虫などが食べた餌が腸管を通過する時間は数分である。こんな短時間では腸管の中で食べたものを分解できない。動物の腸管は外と同じ様なものである。人間でも豆などを食べ、よく噛まないとそのまま糞の中に出てくる。動物は手当たり次第、とりあえず口に入るものを食べ、腸管を通過させて糞塊として出す。動物が腸管の細胞壁から本当の体内へ通過（吸収）できるものは小さな分子だけだ。

糞の中で微生物が活躍し酸素を消費し発酵が生じ大きな分子が小さな分子に分解され



コラム①:卵は他の動物から被害に遭わないため、厳寒期や乾燥し活動できない時期に卵の形になる。

昆虫の幼虫は脱皮をするときは固い殻に覆われ他の動物に食べられにくい姿になり、また泥の深くまで潜り脱皮する。

緩速ろ過の砂層も厚い方が良いのは活躍する生物の逃げ場所を確保するためだ。Living organisms has an ability to bear up and to escape from risks.

る。その小さな分子は吸収できる。人間の腸管の長さは長く発酵が始まるから人間の糞は臭い。でも顕微鏡で見ないとわからない微小動物は腸管を通過する時間は本当に短く発酵されずに通過してしまう。

私たちは発酵物が大好きである。鮭、味噌汁、漬物、ピク

ルス、キムチ、納豆、酢、お酒、チーズ、ヨーグルト、紅茶、ウーロン茶などを好む。消化吸収できる小さな分子が豊富であることを身体は本能的に知っている。金魚やミミズは泥を食べる。排出された糞塊中は酸素不足で発酵が生じ大きな分子は小さな分子に分解される。ミミズは土壌中の小さな分子を吸収するためだ。

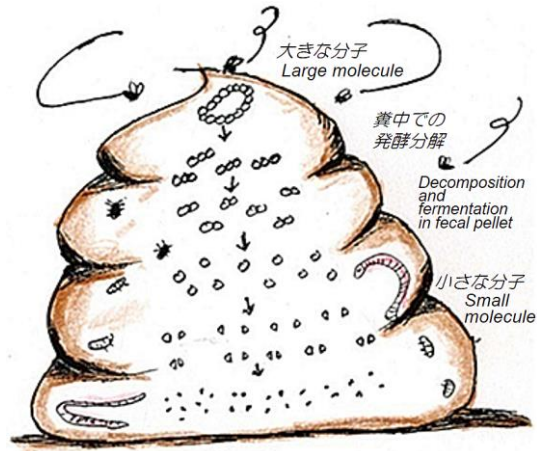


図 3-1 糞の中は酸素不足で発酵が生じ大きな分子が小さな分子に分解する。

Large molecules are broken to small molecules under anaerobic condition in fecal pellets.

4. 生物群集が活躍する層を通過する時間は瞬間

Passing time during biological active layer is short.

緩速ろ過池では上から下への水の流れがある。その速度は英国式の標準ろ過速度では 4.8m/d (20cm/h) で、砂層の上の水がどの位の速度で下がるかを表す。砂層の中では砂粒の隙間を水が通過する。単位容積中の砂層の隙間は約半分なので砂層を通過する速度は倍の 9.6m/d (40cm/h) になる。1 分間に 0.66cm だ。砂層断面をみると生物群集が活躍し変色している厚みは約 1cm。生物群集が活躍する層を通過する時間、つまり生物群集が浄化する時間は 1 分か 2 分と

いうことになる。緩速ろ過処理による浄化時間は非常に長い時間が必要というイメージがあるが、生物群集が活躍して浄化する時間は、実は数分という瞬間浄化だった。

砂ろ過池の砂層の厚みは1 mもある。もし表面近くの生物が何かのショックなどで活動を休止し、流入してくる濁りなどを捕捉、分解できず濁り物質が生物活性層を通過してもその下の砂層の砂粒子の表面で吸着して除ける。不測の事態があっても完璧に濁

りを除去するための保険的な砂層の厚みが1 mなのだ。

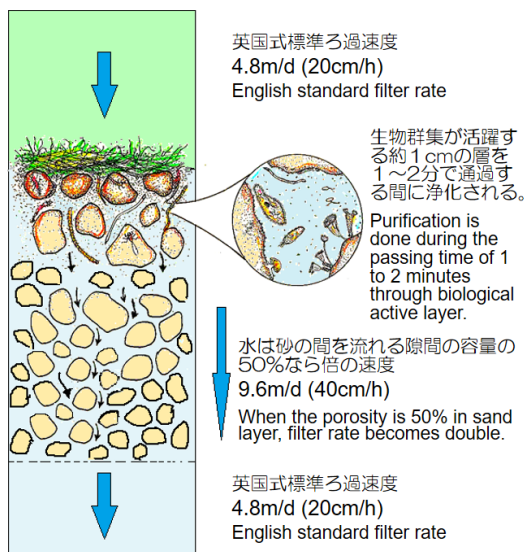


図 4-1 浄化する時間は砂層表面近くで短時間
Purification time is very short near the surface.

5. 垂直なら砂礫は動かない

Sand and stone are not moved under vertical current.

山の溪流で礫が動かないならいつも水は濁らない。砂礫が動かないなら生物群集は安心して活躍できる。礫の表面で藻が繁茂し藻の間や礫の陰で微小動物が活躍し濁りをつかまえるから水は常にきれいなのだ。土壌表面で生物群集が活躍する層を通過して湧き出す清水は濁りがなく安全でおいしい水である。

産業革命時代スコットランド・グラスゴー郊外ペーズリーで染色した繊維を脱色する工場のギブ (John Gibb) は河原で湧き出す濁りがない水を人工的に作ろうとし 1804 年に沈殿、礫ろ過、砂ろ過

で川から取水した水を横に流してつくった。



図 5-1 横流れなら砂礫は転がりやすいが、垂直なら動かない

Easy to roll in horizontal current, but sand does not move in vertical.

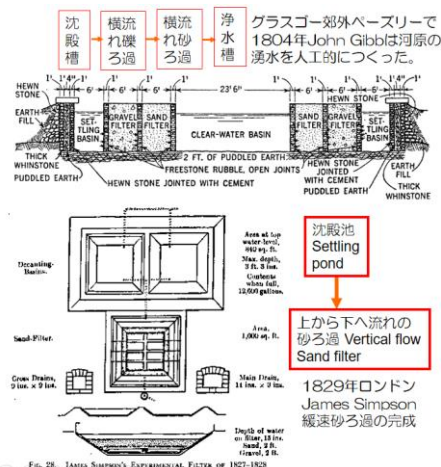


図 5-2 横流れから垂直ろ過へ

From a horizontal system near Glasgow, Scotland in 1804 to a vertical system in London, England in 1829. Completion of slow sand filter as the English filter.

自分の工場に使っても余るので市内中に売り歩いたのが公共水道の始まりとされている。その後ロンドンの切尔西水道会社のシンプソン (James Simpson) は1829年テムズ川の水を取水し沈殿、上から下への砂ろ過をした。英国式緩速砂ろ過の完成である。ろ過速度を変えても砂が動かない仕組みで凄い発明である。

6. 凝集薬品沈殿ろ過（急速ろ過）では藻が嫌われる

Nuisance algae in chemical treatment of rapid sand filter

急速ろ過は凝集薬品沈殿ろ過で、その歴史は100年少ししかない。薬品処理では藻臭やカビ臭が除けず活性炭やオゾン処理が開発さ

れた。また水源での藻の繁殖を抑えようと常に新しい殺藻剤の開発が行われていた。1974 年アメリカの消費者団体が「急速ろ過処理では腐植物質が塩素と反応し発ガン物質が生成している」と警告し世界中で大問題になった。

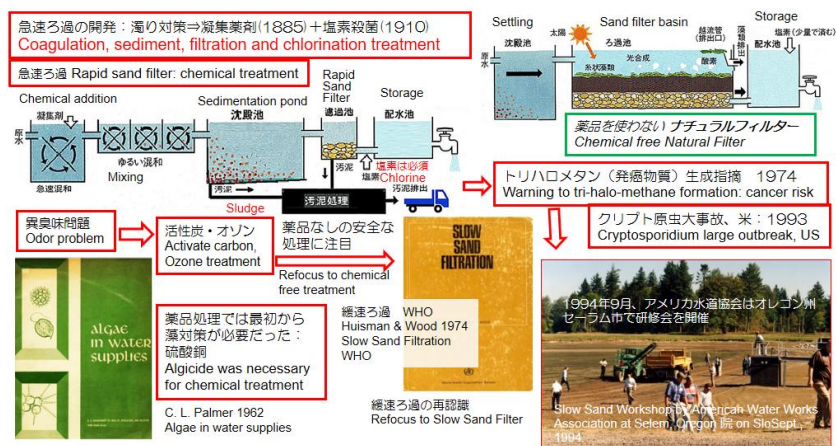


図 6-1 塩素添加で発ガン物質生成、クリプト原虫大事故、緩速ろ過の再認識
Cancer risk and outbreak of cryptosporidium by chemical treatment. Refocus to the safe treatment of chemical free slow sand filter.

1988 年ロンドンで初めての緩速ろ過国際会議が開催された。第 2 回の国際会議がアメリカ水道協会後援で 1991 年に開催された。1993 年アメリカのミルウォーキーでクリプト原虫による 40 万人の大規模な集



コラム②: セーラム市の緩速ろ過池。ろ過水の
水質が良ければどんな構造でも良かった。
Slow Sand Filter in Salem city, Oregon,
USA.

団下痢事故がありアメリカ水道界は安全な水処理はないかと模索し緩速ろ過処理を見直した。翌 1994 年アメリカ水道協会はオレゴン州セーラム市で緩速ろ過研修会を開催した。

当時、私は大学の研究者として世界中の情報をキャッチしないと
いけないと思いアメリカ水道協会雑誌と協会の新聞も購読してい
た。その新聞でオレゴン州で開催する研修会を知り、コロラドの本
部に国際電話をして申し込んで参加した。参加者は現代に通用する
最新技術(Timeless Technology for Modern Application)、再発見
(Rediscovery)、再認識(Refocus)と熱気を感じた。でもコロラド
本部の女性担当 Ms. Trudy Ray さんは「でも皆は新しい技術が好き
なんだ People loves New Technology」と言っていた。

7. 1993 年クリプト事故後アメリカで再認識

Refocus after the large outbreak of Cryptosporidium in 1993 in USA.

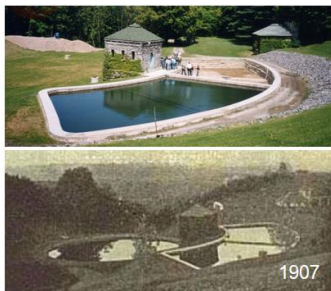
アメリカ、ニューヨーク・イリオンに古い浄水場（1891 年）が
ある。浄水場長マック Michael McCormack がニューヨーク州で緩速
ろ過研究会を組織していたが、1993 年のクリプト大事故を機会に
ニューヨーク州だけでなく広くアメリカ緩速ろ過研究会として
1994 年に再発足しマックが定年退職する 2004 年まで続けた。私は
秋の集会に毎年参加しアメリカの緩速ろ過の現状を視察した。

米国で現在稼働している緩速ろ過の
浄水場で2番目に古い(1891)のは
ニューヨーク州イリオンにある。
The 2nd oldest slow sand filter(1891)
is located at Ilion, NY, USA.



イリオンのマイクは、
クリプト大事故
(1993)の翌年1994
年、アメリカ緩速ろ過
研究会を組織し、定年
退職の2004年まで続
けた。

After the large outbreak in 1993, Mr.
Michael McCormack (Ilion Water
Commission) organized the
American Slow Sand Association in
1994 until his retirement in 2004.

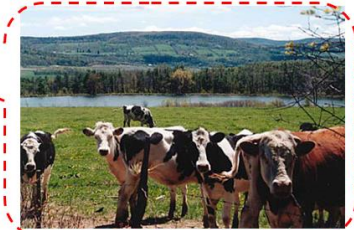
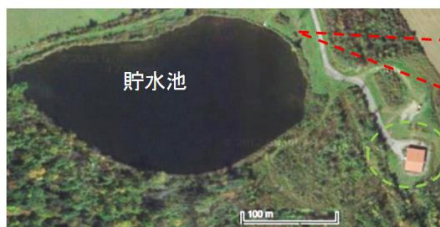


昔1907年の写真では、浄水池に蓋がなかった。The old photo in 1907
showed there was no cover on the filtrate basin.

図 7-1 アメリカでクリプト事故後、緩速ろ過が見直されだした

Refocus slow sand filter after the large outbreak of cryptosporidium.

凝集沈殿薬品ろ過処理の急速ろ過処理ではクリプト原虫の休眠
シストを除くことができず塩素処理でも殺すことができなかった。

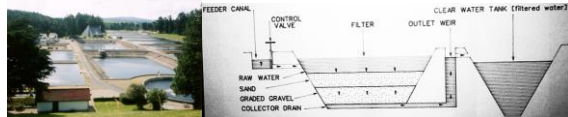


ニューヨーク州セントラルブリッジに、1997年、新しく覆い緩速ろ過の浄水場が完成した。
New covered slow sand filter was constructed in 1997 at Central Bridge, NY, USA.

水源貯水池の周囲には、牛が放牧されていた。緩速ろ過なのでクリプト原虫による汚染は心配していない。They don't care the cattle on the side of the reservoir. They rely the safe of slow sand filter from the cryptosporidium contamination

図 7-2 アメリカでは緩速ろ過はクリプト原虫除去で信頼されている
Slow sand filter is relied to avoid the cotamination of cryptosporidium.

欧米では原水がクリプト原虫で汚染されても緩速ろ過処理では完璧に除けるので絶対に大丈夫という信頼がある。事実ニューヨーク州セントラルブリッジに新たに建設された浄水場の脇の水源貯水池の周囲には牛が放牧されていても何ら問題にしていなかった。



コラム③: アイルランドのダブリンに 1860 年代に建設された Vartry 浄水場を 1998 年 8 月に見学した。ろ過水を貯留する浄水池には覆いがなく、褐色の水であった。市民にこの水を塩素添加なしですっと給水し問題がない。塩素添加で発癌物質ができるのがいけないと言っていた。I visited an old slow sand filter of Vartry plant (1860) in Dublin, Ireland. The filtrate basin was not covered in 1998.

8. 沖縄・宮古島の浄水場長が訪ねてくる

Plant manager came to my university from Okinawa.

墨田区の村瀬誠さんが宮古島で雨水利用サミットを開催した。村瀬さんは 1993 年 6 月長野県薬剤師会主催の菅平水源観察会で私の「おいしい水道水をつくる緩速ろ過処理について」の講演を聞き上

田市の染屋浄水場を見学したことがあった。宮古島には袖山浄水場が緩速ろ過であるのを知り見学をした。ろ過池では藻が繁殖していないので、生物処理の誤解があるのではない、緩速ろ過の事については信州大の中本さんに相談してみたらと進言してくれた。宮古島では当時、ろ過池で藻が繁殖しないように前塩素処理をしていた。

早速、渡真利光俊場長は1997年7月8日信州大の研究室を訪ねた。仕組みを説明し染屋浄水場を案内した。塩素添加を止めるように助言した。その代わり繁殖し過ぎた藻は除かないといけないことも伝えた。塩素注入を止めたら市民から「水道水がおいしくなった」との電話があっ

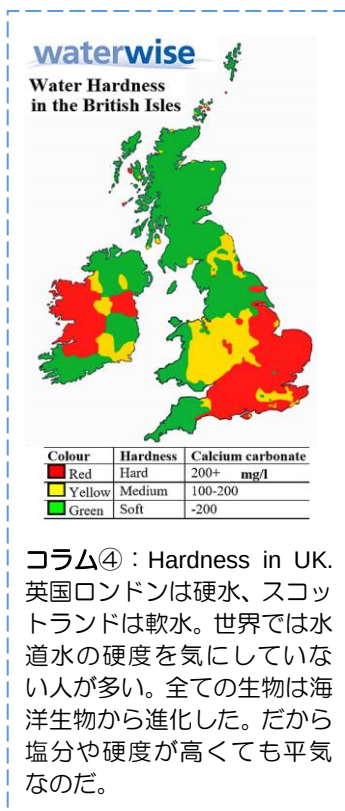


図 8-1 学生らと緩速ろ過のビデオ撮影を終え企業長へ挨拶。

We were greeting to Mr. TOMARI Mitsutoshi, the managing director of Miyako-jima Water Works, after we made a video on “Safe and Delicious Water in Miyako-jima”, in Okinawa with my students

たという。宮古島は隆起サンゴ礁の島。硬度が高い地下水を軟水化する施設を建設中だった。この施設が稼働する前に水道水がおいし

くなったという。それから宮古島袖山浄水場のろ過池を何度も調べさせてもらった。

学生を連れて何年間に渡り浄水場を何回も調査させてもらったお礼に宮古島の水道と浄化の仕組みの解説ビデオを 2003 年秋に撮影し 2004 年 3 月に完成し上水道企業団へ差し上げた。

2005 年には宮古島上水道企業団の支援で技術解説書「おいしい水の作り方」をまとめた。その後 2006 年 11 月から宮古島で JICA 研修を始めた。作成したビデオを研修生に見せたところ英語の字幕スーパーがあるとうれしいとのこと
で 2007 年 10 月に英語スーパー入りをつくった。これを元に 2009 年 3 月に JICA マルチメディア教材が作成された。この教材のタ



<https://jica-net-library.jica.go.jp/lib2/08PRDM007/index.html>

図 8-2 JICA マルチメディア教材、緩速ろ過法
JICA internet text of Slow Sand Filtration.

イトルの Slow sand filtration: creating clean, safe water (緩速ろ過法～安全でおいしい水を求めて) に気づいた JICA 研修生は「Slow sand filtration でなく Ecological Purification System だ」と言ってくれた。

9. 沖縄県宮古島で 2006 年から JICA 研修

JICA training on slow sand filter from 2006 at Miyako-jima, Okinawa.

沖縄県宮古島上水道企業団では職員を大洋州の島嶼に研修に行かせたいと思っていた。私は 1997 年から宮古島の袖山浄水場のろ過池を何回も調査させてもらい緩速ろ過は生物活性が良い暖かい

地域に向いていると確信できた。そこでお礼にと生物浄化法という観点で解説本としてまとめ 2005 年に報告書として印刷した。この本はタイトルと多数の図 (90 枚以上) の説明は日本語と英語で記した。図の英語説明は日本語の直訳でなく、その章の要約を含ませた。日本語を読めない人でも英語だけを見れば理解できるようにと配慮した。この報告書は表紙を変えて築地書館から市販本として出版してもらった。

2006 年 11 月からは宮古島で JICA 研修が始まり、実際の浄水場でろ過池とモデルを使って解説しだした。私は 2010 年の研修最後の終了式での素晴らしいスピーチを忘れることができない。研修生同士が相談し感謝の気持ちをソロモン諸島からのマニスタさんが研修生を代表してスピーチしてくれた。

「教わった生物浄化法には大変に感謝しています。それは、簡単で、自然で、でも水の浄化方法として効果的です。私たち全員、島国に最も適した技術として重要だと確信します。建設費、操作、維持に関する経費が安く最も魅力的です。私たちにとって大変に重要な博士のパイオニア的研究成果を惜しみなく私たちに伝



図 9-1 企業団への報告書
Report to Miyako-jima
Water Works of “How to
make delicious water”.



図 9-2 2006 年から JICA 研修を宮古島で始め浄化モデルで解説
JICA training on Ecological Purification System (Slow Sand Filter) started from 2006 at Miyako-jima, Okinawa.

えてくれ大変に感謝します。大洋州の人々は近い将来、この技術で良質でおいしい水を得ることができるでしょう。」



It is also worth appreciating the Ecological Purification System as taught by you, Dr. Nakamoto; a simple, natural and yet an effective water purification technology, we can all agree to as the most relevant technology for the Islands. It is cheap to construct, operate and maintain which makes it even more attractive. We are grateful to your pioneering research on this technology and for generously impart this to us, so that the people of the Pacific may in the very near future will have access to the high quality and delicious taste that this technology provides.

教わった生物群集による浄化方法には大変に感謝しています。それは、簡単で自然で、それでいて水の浄化方法として効果的です。私たち全員、島国に最も適した技術として重要だと確信します。建設費、操作、維持に関する経費が安く最も魅力的です。私たちにとても大変に重要な博士のバイオオナー的研究成果を惜しみなく私たちに伝えてくれ大変に感謝します。大洋州の人々は、近い将来、この技術で、良質でおいしい水を得ることができるでしょう。

図 9-3 生物浄化法なら自分らでできる技術と喜んでくれた

Unforgettable thanks greeting at the end of JICA training in 2010.

10. 世界で緩速ろ過の再認識が進む

Refocus to slow sand filter spreads in the world.

緩速ろ過の発祥地のロンドンのテムズ水道を訪問したくなった。

1988 年の国際会議で発表したテムズ水道の研究者に連絡を取り 1992 年 8 月スペイン・バル



1988 第1回、緩速ろ過国際会議 英国・ロンドン
The first International conference on Slow Sand Filter at London, UK in 1988

1992.8. テムズ水道研究者と情報交換し、砂面削り取り機械を調査した。
Filter at London, UK in 1988 My first visit to Thames filter at the Ashford Common plant of Thames water in August, 1992 and exchanged the information. I checked the various scrapage machines in Thames water.

図 10-1 国際会議が 1988 年に開催された。1992 年 8 月にテムズ水道を訪問。The First International Conferences were held in 1988. We visited Thames Water in 1992.

セロナでの国際陸水会議へ行く前に世界で一番大きなアッシュフォード・コモン浄水場を訪問することができた。上田での浄水場での糸状藻類の繁殖の有用性などについてテムズ水道の研究者と情報交換し、また削り取り機械についても調査し日本の水道関係者に紹介した。

その後どうしてもテムズ水道の浄水場での藻の発達状況を調べたくなり国際会議を主催したロンドンのインペリアル・カレッジのグラハム (Nigel Graham) 教授 (当時は講師) と日英共同研究を

申請したが日本の審査員は×をつけ実現できず、結局英国のブリティッシュ・カウンセルに直接申請し英国からの助成金で調査することができた。2年目もロンドンに本部があるグレート・ブリテンササカワ財団の助成金で調査を続けることができた。

1996年4月ロンドンでの第3回緩速ろ過会議にも出席

し、ろ過池で繁殖する糸状珪藻の連続培養状態の意義について発表

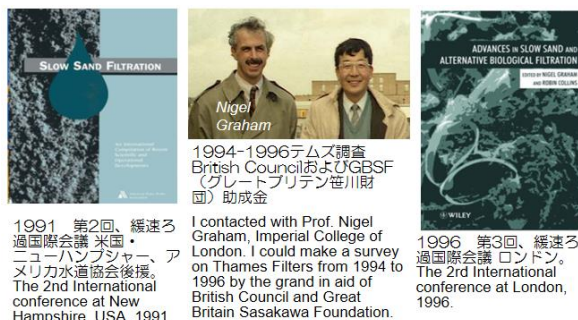


図 10-2 グラハム教授と連絡をとり英国の助成金でテムズ水道の調査が 1994 年から 1996 年できた。I could make a survey on Thames filters during 1994 to 1996 by the grand in aid from the British Council and the Great Britain Sasakawa Foundation.

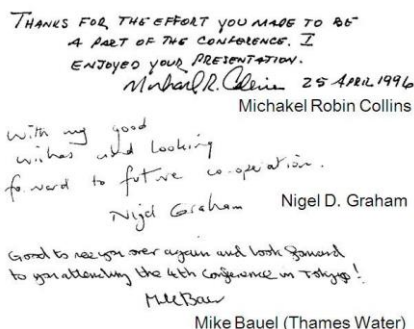


図 10-3 次回は日本と 1996 年会議で次は東京でと言われた。

They expected my work and next conference in Japan in the 3rd conference.

した。この会議で、次の会議は東京ではどうかと言われた。

2006 年 5 月にはドイツのムルハイムで第 4 回の会議が開催された。

ドイツは濁り水対策で伏流水取水、人工の伏流水をつくる堤防ろ過

(Bank filtration) が盛んで、水道原水の 60%

のこのことを知り勉強になった。

名古屋市の鍋屋上野浄水場は創設から 100

年経過し更新し次の 100 年も使い続けることを知り私は第 5 回緩速・生物ろ過国際会議を名古屋市で開催したらと声をかけた。2014 年 6 月に開催することができた。この会議の実現には山村尊房元厚生労働省水道課長の力が大きかった。山村さんは厚生省に入省し直

ぐに英国イ

ンペリア

ルのグラハム

先生の元に

留学した。私はグラハム

先生と連絡

を取りテムズ水道を調査してきた。



図 10-4 第 4 回国際会議はドイツ・ムルハイムで 2006 年で開催。濁り対策で人工の伏流水（堤防ろ過 Bank Filtration）が薬を使わない方法として注目された。

The 4th Conference in Mulheim, Germany. Bank filtration was focused.

5SSABC

第5回 緩速・生物ろ過国際会議 19th(Thu) June - 21st(Sat) June 2014
The 5th International Slow Sand and Alternative Biological Filtration Conference



図 10-5 第 5 回国際会議は鍋屋上野浄水場 100 周年記念で名古屋市で 2014 年 6 月開催。

The 5th conference was held in Nagoya, 2014.

偶然に同じ先生で山村さんと意気投合した。山村さんは関係機関に精力的に働きかけ国際会議が実現した。IWA（国際水協会）出版部編集は会議本の表紙に私が提供したろ過池で活躍する生物群集の写真を多数採用し、緩速ろ過のイメージは生物群集による浄化と強調してくれた。この会議では生態学的視点の重要性が目玉された。

2005 年 9 月には愛知万博で愛・地球賞をもらい受賞者代表のスピーチもした。2002 年 5 月には「生でおいしい水道水ーナチュラルフィルターの緩速ろ過」という本を生物浄化法の視点での技術解説本「おいしい水の作り方」を 2005 年 8 月に出版し、この本の中国語訳本は 2009 年 5 月に北京の科学出版社から、ポルトガル語訳本が 2010 年 7 月にブラジルで出版された。

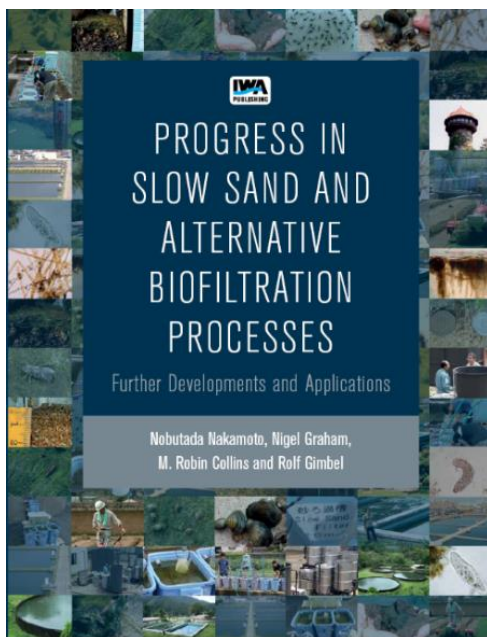


図 10-6 第 5 回国際会議本の表紙は生物群集の働きを強調。

The cover of the proceeding emphasizes the ecological points.



図 10-7 技術解説本「おいしい水の作り方」は中国語とポルトガル語で翻訳された。The My book was translated into Chinese and Portugues.

11. 濁り対策で薬を使わない上向き粗ろ過 Up-flow Roughing (gravel) Filter

1996 年 4 月のロンドンでの国際会議で上向き粗ろ過：上向き礫ろ過（URF: Up-flow Roughing Filter）マニュアルがスイスの SANDEC から近く出版されると知り注文して手に入れたのが 1996 年 10 月。1988 年のロンドンでの第 1 回会議本を読み直したらブラジル・サンパウロ大のベルナルド（Luiz Di Bernardo）が URF の論文を発表していた。驚いたことに彼は私が 1974 年 8 月に OTCA(JICA) 専門家として「ダム湖生態系での食物連鎖を利用した富栄養化防止」プロジェクトの助言で行ったサンパウロ大サンカルロス分校衛生工学科の先生だった。

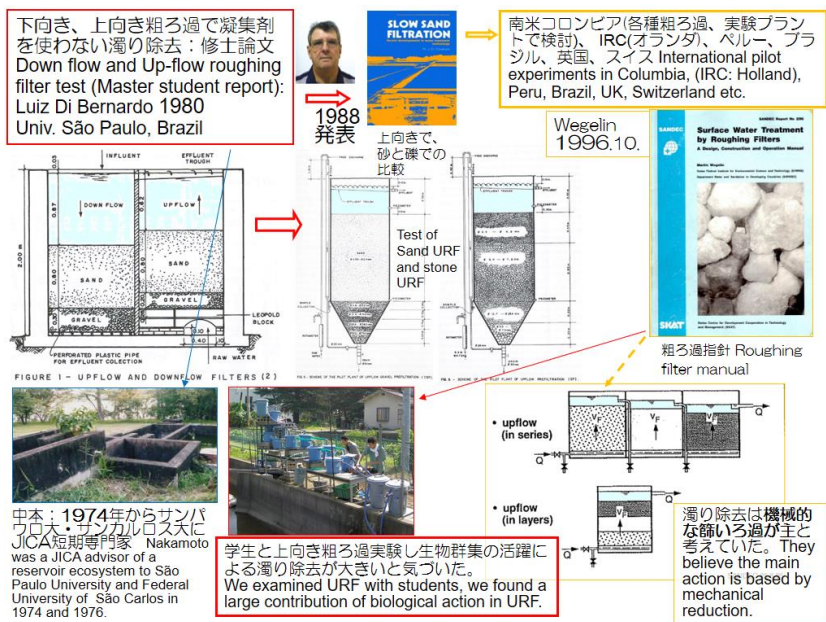


図 11-1 上向き粗ろ過の起源は 1980 年ブラジル、サンパウロ大

The origin of Up-flow Roughing Filter is University São Paulo, Brazil, in 1980.

Costa, R. H. R. の修士論文（1980 年: Experimental Comparison Between Downflow and Upflow Slow Sand Filter:原文はポルトガル語）の内容を発表していた。

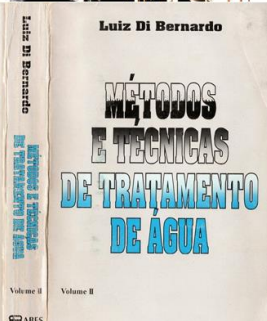
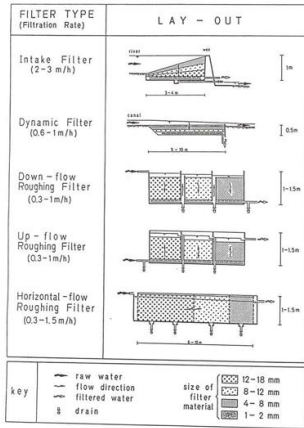


図 11-2 上向き粗ろ過装置と水処理の教科書（1993）

Various roughing filters and Water treatment text by Luiz Di Bernardo, 1993

私は 1976 年に再びサンカルロス国立大へ 1 月間、その後も何度もサンカルロスを訪問した。1974 年から知っている当時大学院生

のオデテ（Odete Rocha）は、ベルナルドの実験を手伝ってプランクトン調査に協力していた。私は 1995 年サンパウロで開催された国際陸水会議の際サンカルロスに行きベルナルドに直接に会って彼が講義で使っている水処理の教科書（1993



コラム⑤： サンパウロ大 (USP: Universidade de São Paulo) は州立大。ブラジルは各州に国立大を創設させていた。サンカルロス国立大 (UFScar: Universidade Federal de São Carlos) は 1970 年創設、ブラジルで最後にできた国立大。私は 1974 年植物プランクトンの Tundisi, J.G. 教授、動物プランクトンの Tundisi 松村貴子（日系）教授夫妻と知り合った。1976 年に日系学生の日野幸三と知り合い、日野一家の協力で日本とブラジルとの共同研究が進んだ。I was a short term JICA expert in 1974 and in 1976, I met Prof. Jose Tundisi, Prof. Takako Tundisi and Mr. Kozo Hino. After these visits, the exchange between Japan and Brazil expanded.

年) を手にいれた。彼は 1980 年から 1995 年まで上向き粗ろ過実験を 15 年間も続けていたことも知った。1993 年に出したベルナルドの本にある上向き粗ろ過の図は 1996 年にウエゲリン (Wegelin) が粗ろ過についてまとめた SANDEC 本 (スイスの ODA 本) に採用されていた。私は SANDEC 本を日本の水道関係雑誌で紹介し、また千曲川からの灌漑用水路の水を原水として学生と上向き粗ろ過実験をした。濁り対策で薬を使わないでも簡単に緩速ろ過に向く水をつくることが可能であるのに感動した。

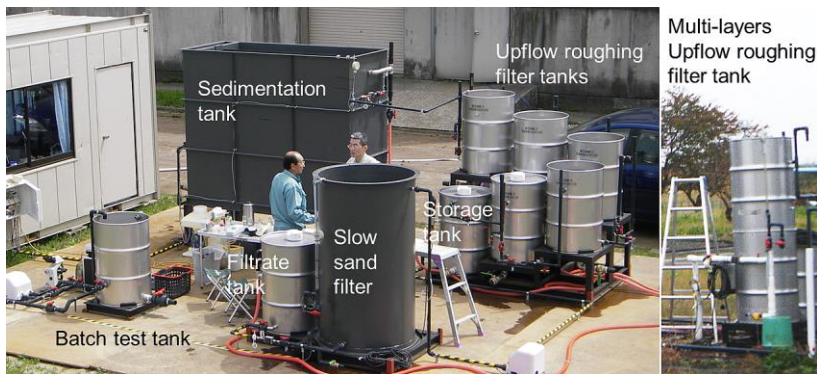


図 11-3 多段式と多層式の上向き粗ろ過実験

Pilot plant experiments for URF series and multilayer types were done.

NPO 地域水道支援センターの瀬野守史さん、荒川朋明さんと私は新潟県見附市で上向き粗ろ過実験をした。濁りの除去は機械的な除去でなく生物群集による除去効果が大きく、礫間は活性汚泥状態である

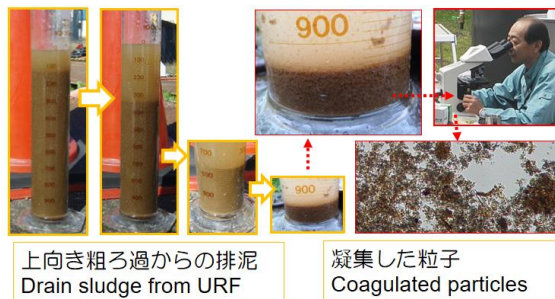


図 11-4 上向き粗ろ過から排泥した汚泥は沈降性が良く活性汚泥と同様だ。Drain sludge settled quickly like an activated sludge. This sludge was a coagulated particulate mass by biological action confirmed by microscopic observation.

とわかった。河原で湧き出す濁りがない湧水で栄養塩が豊富な水を人工的につくる仕組みと気づいた。

水道施設は絶対的に安定した安全な水が必要で、砂層が 1 m と保険の層が厚い。原水の濁り対策で沈殿池や上向き粗ろ過は薬を使わないので生物処理に最適だった。

実際に実験
をしてみると
河川水は降雨
などで極端に
濁ることがあ
り余裕を持った
濁り対策が
必要だった。水
道施設は河川
水が濁っても
断水させるこ
とができない
ので保険的な



コラム⑥：水道施設には保険が必要。台風などで急激な増水による濁りでろ過池が目詰まりする対策が必要だ。沈殿池、上向き粗ろ過、伏流水取水など。ろ過池の生物活躍層は砂層の上だが、砂層が 1 m もあるのも生物群集が活躍できなくても砂層が十分あるなら砂粒表面で吸着するので安心だ。砂が 1 m とは保険の層だった。

Guarantee system for unexpected event such as a storm is necessary to a water supply system. Before a filter, reducing system of unexpected turbid matter such as settling basin and up-flow roughing filter is fail safe system. And deep sand layer is also fail-safe system against unexpected severe load.

余裕をもった濁り対策が望ましいことがわかった。

ベルナルドの教科書や SANDEC 本では濁り除去は機械的除去が主と考え、生物群集による細かな濁りの捕捉と分解機能が大きな役割をしていることを記述していなかった。

12. 糸状藻類の連続培養系に注目

Continuous culture system of filamentous algae

長野県上田市のろ過池では 4 月中旬から 11 月まで糸状珪藻メロシラが優占し連続培養状態になっているのに感動した。

大学院生時代、緑藻クロレラや珪藻の培養系を維持するのに大変に苦労した経験があった。ガラス培養器では藻類が増えだすと容器

内の全ての藻に光を十分に照射するのが大変で、炭酸ガス、栄養塩などが直ぐに欠乏し代謝老廃物が容器内に溜り pH なども変化する。同じ条件で培養状態を維持するのは本当に大変だった。ところが上田市の緩速ろ過池では簡単に糸状藻類の連続培養状態を保ち、常に活性が良い状態の藻が繁殖していたので本当に驚いた。



図 12-1 水温が低い上田市では糸状珪藻メロシラの連続培養状態が目立った
Continuous culture system of filamentous diatom is remarkable in Ueda city, Nagano where is relatively cold water temperature.

学会で緩速ろ過池では糸状珪藻メロシラが優占すると発表したら日水コンの小島貞男さんから「必ずしも珪藻メロシラが常に優占するとは限らない。各地の浄水場を見学しなさい」と助言してくれた。各地を調べたら水温が高い地域の浄水場のろ過池では直ぐに糸状緑藻になっていた。上田市では糸状珪藻メロシラが優占するのは水温が低いから動物の活性が低く藻が食べられにくいからだった。また藻が繁殖し目立つと削り取り作業をし（当時は藻の繁殖は悪いと考え2週間で削り取り作業をしていた）、ろ過継続日数が短い

で捕食動物に藻が食べつくされていなかった。糸状珪藻から糸状緑藻への遷移現象の初期段階でろ過池の削り取り作業をするから遷移の初期段階だけを見ていたことに後で気づいた。

13. 光合成による気泡生産は動物群集の活躍に良い Bubble formation by photosynthesis

日本、世界で緩速ろ過の研究がどれだけあるかを調べた。日本水道協会雑誌を創刊号から調べ近藤正義さんが大阪市水道の柴島浄水場で昭和 8（1933）年から精力的に研究し昭和 10（1935）年～昭和 14（1939）年に「上水道に於ける濾膜の生物学的研究 第 1 報～11 報」を発表していた。緩速ろ過池の生物学的研究を広範囲にわたりほぼ完璧に行っていた。しかし近藤さんは光合成活動や溶存酸素濃度の変化などは研究していなかったので光合成の視点からろ過池の研究を始めた。大学の研究者として研究するには過去の研究より何か新しい視点が必要であった。

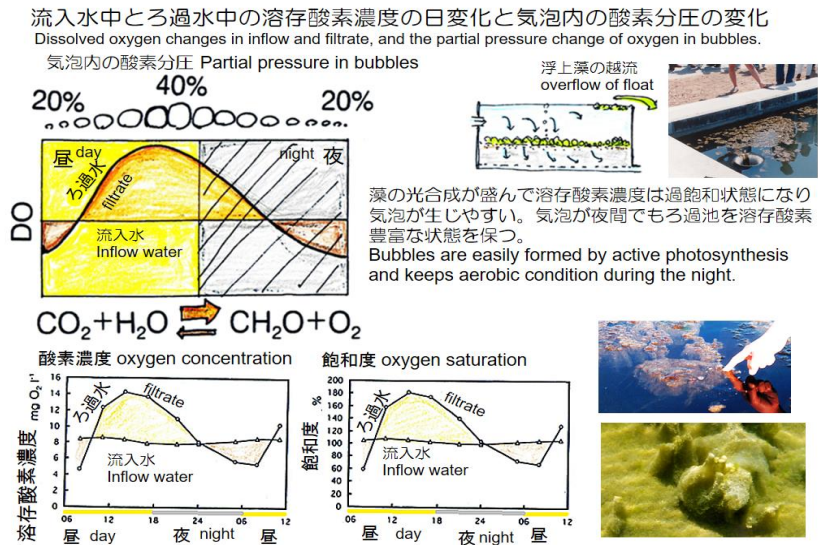
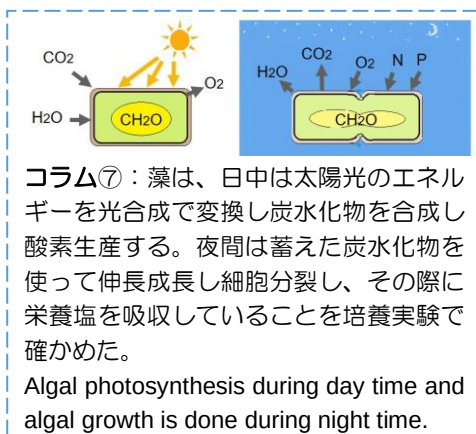


図 13-1 藻類繁殖で酸素が十分な環境になるのは動物群集に良かった
Algal growth keeps aerobic condition and makes better condition for animals.

砂層表面の藻類被膜は光合成が盛んであり溶存酸素濃度の変化はろ過水に表れる。その変化を調べると光合成が一番盛んなのは太陽光が一番強い正午だが数時間も遅れてその影響がろ過水に表れた。さらに日没後数時間経過しても過飽和状態が続き日没後遅くまで光合成の影響が残っていた。光合成により生



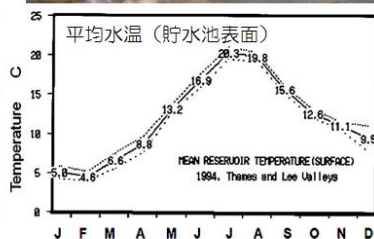
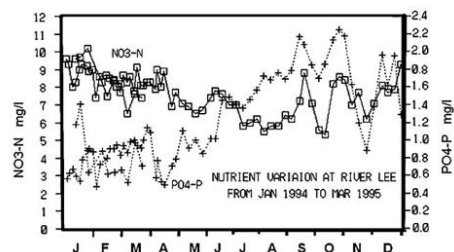
じた気泡の影響だった。光合成の影響がない日の出後の酸素濃度変化は短時間でろ過水に表れた。砂層を水が通過する時間は 2～3 時間なのに溶存酸素濃度の変化とは異なっていた。

英国式の標準ろ過速度は 4.8m/d (20cm/h) で砂層空隙率を 50% とすると砂層を通過する速度は倍の 9.6m/d (40cm/h) になる。1m の砂層を通過する時間は 2～3 時間である。朝の酸素濃度の変化は水の流れる時間と同調していたが、日没後の酸素濃度変化は水の流れよりかなり遅れていた。気泡中の酸素分圧を測定した。光合成で生じた気泡の酸素分圧はほぼ 100%だが、日中光合成が盛んな時でも約 40%であった。気泡が生じた直後から周囲の水との間で酸素の交換があった。夜明け時は 20%で大気と同じ分圧だった。藻が光合成し微小動物が活躍しやすい環境を保っていることがわかった。藻の連続培養状態で藻は活性が良い状態を常に保っていた。また藻は微小動物の餌にもなっていた。

14. 英国テムズ水道はろ過速度を 9.6m/d にした Thames Water adopted high filter rate of 9.6m/d.

英国ロンドン市の水道水源の水質は栄養塩濃度が驚くほど高い。

農耕地や都市下水の影響である。貯水池で1月間以上貯水してから浄化処理をしている。貯水池で大繁殖したアオコなどを除くためマイクロストレーナー（細かな金網）を使っていたが、現在は無薬注の急速砂ろ過（粗ろ過）をしてからろ過池に導水している。



夏は糸状緑藻

Filamentous green algae bloom in summer



冬は糸状珪藻

Filamentous diatom in winter

図 14-1 富栄養化したテムズ川の水を水源とするテムズ水道の浄水場では夏は糸状緑藻が冬は糸状珪藻が大繁殖する。The water source of Thames filters is nutrient rich water of the River Thames. Bloom of filamentous green algae in summer and filamentous diatom in winter are remarkable in Thames filters.

ろ過池では夏は糸状緑藻が冬は糸状珪藻が大繁殖してた。日中はろ過池で繁殖した藻は盛んに光合成し酸素を生産するが夜間は呼吸で水中の酸素を消費する。水中の溶存酸素濃度変化の幅が大きく夜明けに酸素不足になりやすかった。砂層内が酸素不足になると生物が活躍できなくなり水質が悪くなる。そこで酸素不足を解消するためにろ過速度を 4.8m/d から倍の 9.6m/d (40cm/h)にした。機

械的な篩いろ過という考えなら遅い方が良いが生物群集の活躍を考えると溶存酸素濃度が十分ある状態を保つためにろ過速度は速くする方が良かった。ろ過速度を速くすると砂層での抵抗が増えるので砂の粒径は大きい方が良かった。

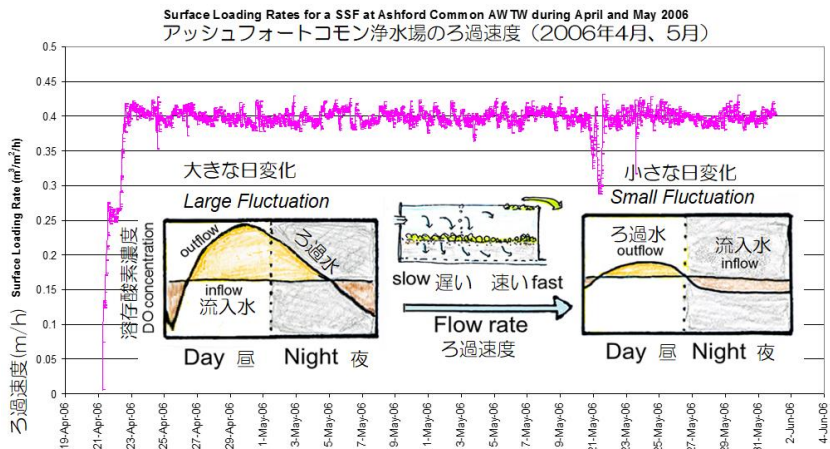


図 14-2 テムズ水道浄水場の実際のろ過速度
The filter rate of 0.4m/h (=9.6m/d) is adopted in Thames filter plants in London to escape oxygen drop in filtrate during the night time.

15. 水深が浅いなら厳寒期でも糸状珪藻が繁殖 Filamentous diatom grows in cold winter in shallow depth.

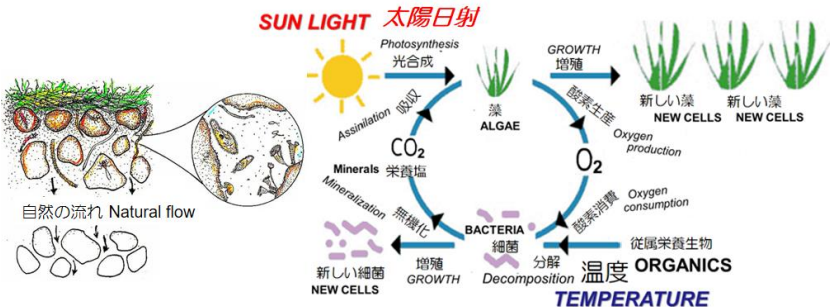


図 15-1 藻は日射量が多いと光合成が盛ん、細菌や動物の分解は水温に関係
Algal photosynthesis relates to solar radiation and the activities of bacteria and animal relate to temperature.

砂層の砂の上には藻が繁殖していた。水深が浅いと光合成が盛ん

で藻が目立った。藻は動物の餌にもなっていた。藻は日射量に関係し動物活性は温度に関係していた。

上田市のろ過池の水深は約 1 m で厳寒期は砂層上で糸状珪藻は繁殖していなかった。でも風呂桶を用いたろ過池モデルでは厳寒期でも糸状珪藻が大繁殖した。その水深は浅く約 5 cm だった。厳寒期でも水深が浅いなら底まで日射が十分に届くので糸状藻類が繁殖することがわかった。通常は流れがあるので細かな糸状珪藻が繁殖していた。水温が低いので動物活性が低いが水深を極端に浅くすると日射量に関係し藻の繁殖が目立った。

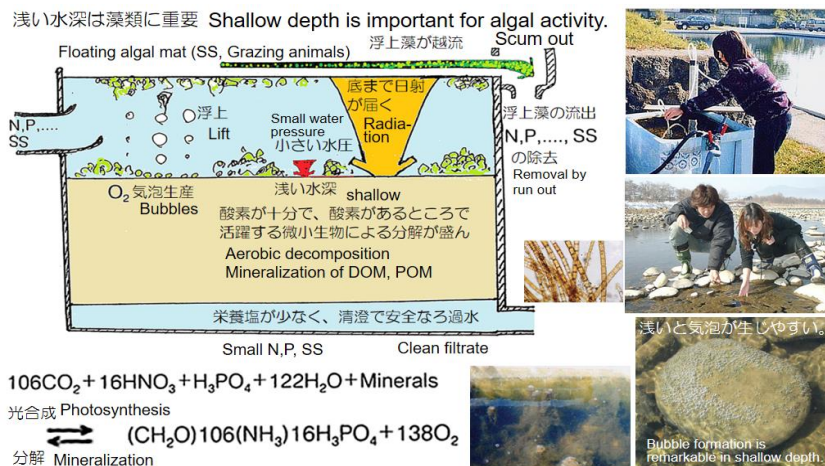


図 15-2 厳寒期でも浅いと水温が低くても糸状藻類が大繁殖

Algae grow well in shallow depth even in cold period. Shallow depth is the key for Ecological Purification System.

河原で水深が浅いところにある石の表面に気泡が生じているのが見られる。水圧が小さいので気泡が生じやすい。水圧が気泡生産に大きく関係し、海拔高度と気圧についても注意する必要があるのに気づいた。

上田市には海拔 500m の染屋浄水場と海拔 700m の石舟浄水場があり海拔が高い浄水場の方が藻の繁殖が良く、その原因は水深が同じでも気圧が小さいので砂面上での水圧が小さいからと気づいた。

溶存酸素飽和度の、水温、気圧、水圧との関係

Saturation of Dissolved Oxygen is related with temperature, atmospheric pressure and water temperature.

1気圧での水温と溶存酸素飽和度：DO saturation with temperature at 1 atmospheric pressure

$$Ds_{\text{sat}}(\text{O}_2 \text{ mg/l}) = 14.161 - 0.3943 \times T + 0.007714 \times T \times T - 0.0000646 \times T \times T \times T$$

水圧を受けた現場での絶対溶存酸素飽和度：Absolute DO under the pressure

$$D_{\text{absat}}(\text{O}_2 \text{ mg/l}) = Ds_{\text{sat}} \times (B_a + B_w) / 1013$$

T:℃ :水温 Temp. Ba:hPa :大気圧 atmospheric pressure Bw:cm: 水深 Water depth

冷たい水 Cold water	暖かい水 Warm water	浅い水深 Shallow depth	深い水深 Deep depth
多いDO Large DO	少ないDO Small DO	小さい水圧 Small pressure	大きな水圧 Large pressure
活性低い Low activity	活性良い High activity	少ないDO Small DO	多いDO Large DO
酸素が十分 Easy to Aerobic	酸素不足に なりやすい Easy to Anaerobic	高い高度 High altitude	低い高度 Low altitude
		小さい水圧 Small pressure	大きな水圧 Large pressure
		少ないDO Small DO	多いDO Large DO

図 15-3 水中に溶解込む溶存酸素濃度は、水温と水圧（水深と海拔高度）に関係する。 Dissolved oxygen is related with temperature and pressure (depth and pressure).

16. 急速ろ過用の砂で水深を浅くした

Shallow depth makes better condition.

群馬県高崎市には若田浄水場という緩速ろ過による浄水場があった。上田市と比較するために調査をさせてもらった。ろ過池水深が約 2m と深すぎたので生物群集による浄化の仕組み、藻の役割などを説明し水深を浅くする方が良いと助言した。

砂層を厚くしろ過抵抗が増えると困ると言われ急速ろ過用の大きな砂を補砂し水深を約 1m することを勧めた。

この浄水場の水は麒麟ビールの醸造工場へ給水していた。少しでも薬品の影響がある水道水を工場では醸造に使ってくれなかった。そこで長谷川宏場長は水道水基準の水でなく本当においしい水にするにはと苦勞をしていた。ろ過池の良い維持管理は自然に任し薬品を決して使わないことだった。



図 16-1 生物群集の活性を高めるために、深い水深を浅くした。大きな砂を補砂しても砂層へ汚れが入っていなかった。

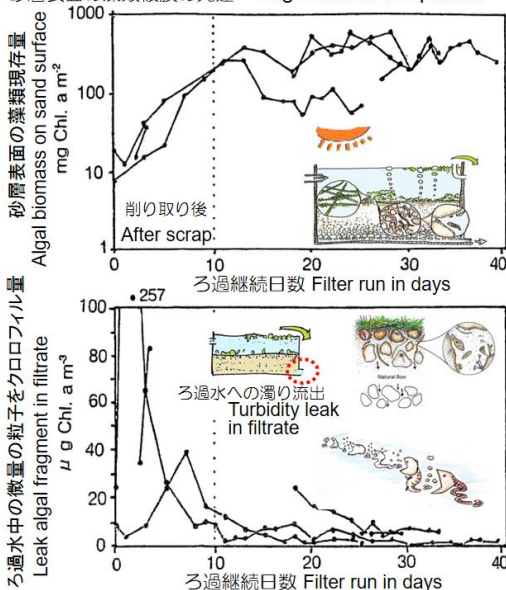
I recommend making shallow depth to put large size of sand for better condition to emphasize biological activity. of Ecological Purification.

砂層表面削り取り時に砂層断面を調べると砂層上部だけは藻があるが砂層内部へは大きな砂でも汚れが入っていなかった。砂の上に真綿がふわっと載っている状態で削り取りも薄かった。砂層表面を削り取る際はろ過速度を変えず砂面上の水を抜き砂面が見えてから直ぐに削り取り作業をし砂面下の水を完全に抜くことをしていなかった。

17. 砂層上部の生物活性層を除いてはいけない Don't remove surface biological active layer.

上田市で緩速ろ過池の調査を始めた当時は、ろ過池での藻の繁殖は悪いという考えがあり、砂面上の藻の繁殖が目立つと砂層表面の削り取りを頻繁にしていた。学生と一緒に、まず、ろ過継続に伴う砂層上の藻類量の変化を調べた。

砂層表面の藻類被膜の発達 Algal mat development



夏の上田市ではろ過開始後、糸状藻の連続培養系が約10日で成り立つ。
Continuous culture system of filamentous algae is observed in 10 days after a scraping.



ろ過水は約10日で非常に清澄になった。生物群集が活躍している砂層表面を取り除いてはいけない。
The filtrate rapidly became very clear after 10 days after a scraping. This means "Don't scrape the surface biological active layer".

図 17-1 泥状の砂層表面は生物活性層、除くところろ過水は汚れる
Surface dirty mud layer is biological active layer. Don't scrape.

夏季は約 10 日で砂層表面の藻類被膜は浮き上がりだし浮上した藻は越流管から流出し連続培養系になった。また砂層を通過しろ過水中に流出（漏出）する藻類の破片などの量を測定した。削り取り直後は極小の藻類や藻の破片が砂層から漏出するが砂層表面で藻類被膜が発達しだすと急激に減少し連続培養系になるとほとんど漏出しなくなった。

藻類被膜が発達すると砂層上

部で微小動物群集が活躍しだし濁りの捕捉が完璧になるからと思われる。藻が繁殖しだすところ過閉塞する可能性があるからと削り取



コラム⑧：水道水基準では浄水濁度は 2.0 度、クリプト原虫対策で望ましい濁度は 0.1 度。染屋浄水場の緩速ろ過処理後の浄水濁度は 0.000 度だ。基準とは何だろうか。

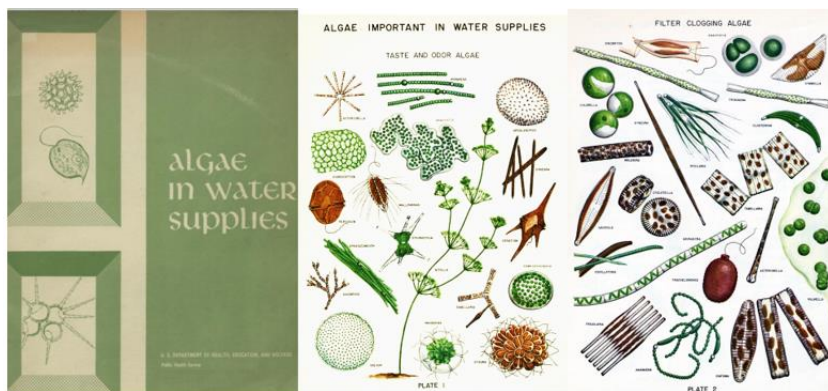
Extremely clear filtrate, super clean delicious water.

り作業をしていた。しかし生物群集が活躍する層を除くと水質が悪くなるので、「削り取り」はしてはいけない作業だった。削り取りをしないでも目詰まりをしない管理はどうしたら良いか考える必要があった。

18. 薬品処理では臭いは除くのは難しい

Hardly remove odor substance by chemical way.

最新技術の凝集薬品沈殿ろ過処理（急速ろ過処理）では水源での藻の繁殖は厄介で藻臭やろ過閉塞をさせた。急速ろ過処理が主流のアメリカでは藻を繁殖させないのが水道の常識となった。



用廃水藻類学、パーマー 桑原訳 用水と廃水 6(7):59-、1964~7(1)59-、1965
C.M. Palmer 1962: Algae in Water Supplies, U. S. Department of Health, Education,
and Welfare, Public Health Service.

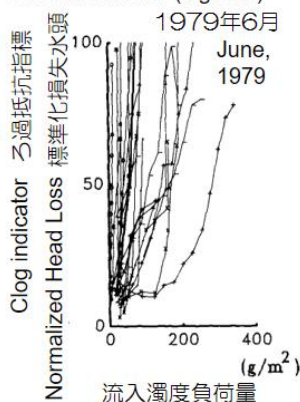
図 18-1 急速ろ過の常識：臭いを着ける藻、ろ過閉塞させる藻

Common Knowledge of algae: Taste, odor, and filter clog in case of chemical treatment of Rapid Sand Filter.

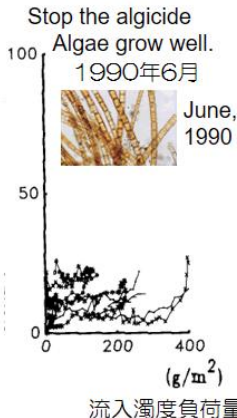
人々は新しい技術が好きで古い技術の緩速ろ過処理を話題にしなかった。最新技術の凝集薬品沈殿処理の急速ろ過では藻の繁殖は薬品に反応しにくく、また取り除けにくく嫌われた。緩速ろ過処理でも生物群集による浄化というのに藻は悪いと考えて殺藻処理をするようになっていた。しかし藻だけでなく顕微鏡で見ないと気づかない微小生物は殺藻剤に敏感に反応し活性を失った。逆に緩速ろ過池の砂層を目詰まりさせ、溶けている臭い物質も通過した。



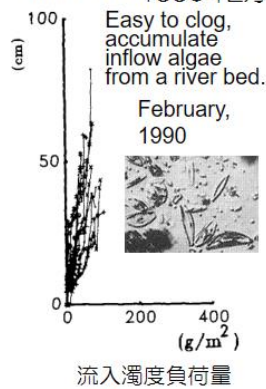
前塩素処理
Pre-chlorination (algicide)



糸状藻類繁殖
Stop the algicide



河床で繁殖した付着藻類
の流入蓄積 1990年2月



Suspended load on the surface of sand bed from inflow water.

図 18-2 殺藻剤はろ過閉塞させる：生物活性が悪いとろ過閉塞する
Filter was blocked by algicide. Extreme low temperature reduces hetero-trophic activity (bacteria, animal etc.).

上田市の水道水が臭く問題になった当時、染屋浄水場ではろ過池での藻類繁殖を抑えるために殺藻剤として前塩素処理や硫酸銅を添加していた。当時はろ過池は直ぐに目詰まりしていた。その後、前塩素処理を中止したら藻が大繁殖したが水道水がおいしくなり、ろ過閉塞しなくなった。ろ過池表面が凍結するような厳寒期の2月は底での藻類繁殖が悪く河床で繁殖していた藻が流入し底に蓄積し、水温が低いので動物活性が悪く直ぐにろ過閉塞した。

現在でも水源貯水池で硫酸銅（殺藻剤）散布を勧めている。しかし人間は大きな動物で鈍感である。顕微鏡で見ないと分からない微小生物は身体の表面全体が反応表面で普通の分析機器では検出できない濃度でも敏感に反応する。凝集剤、殺藻剤を少しでも使用すると生物群集は活躍できず逃げ回りろ過閉塞を助長させた。硫酸銅

散布で殺藻をする必要があるのは急速ろ過処理であった。

19. ろ過継続中の砂層は汚れない

Sand is clear during filter run under normal operation.

水源貯水池で硫酸銅（殺藻剤）を散布するとろ過池の砂層表面では水源で繁殖した浮遊性植物プランクトンが集積する様子が報告されている。ろ過池では殺藻剤の影響が少しでもあると砂層深くまで汚れが入り、ろ過閉塞しやすい。水源貯水池で硫酸銅などを散布するとろ過池で生物群集が活躍できないので砂層内部まで汚れる過閉塞すると推察された。

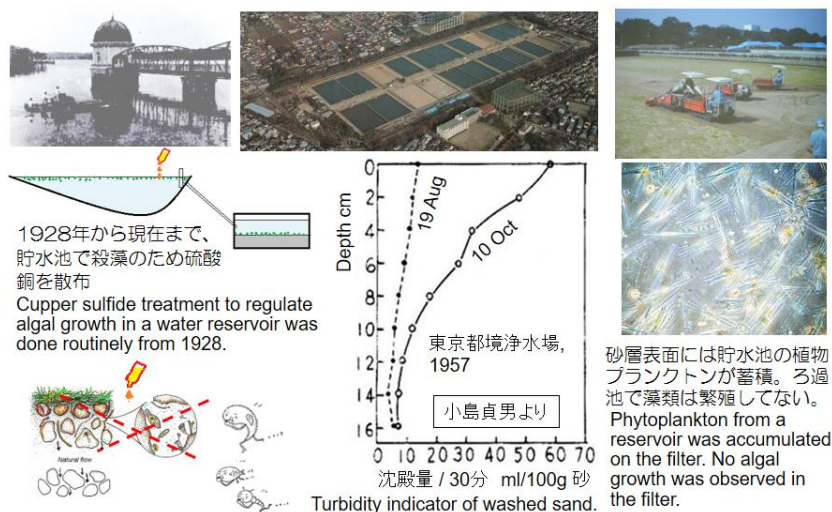


図 19-1 水源貯水池で薬剤による殺藻処理すると緩速ろ過池の生物群集は活性が悪くなり、生物が活躍できないので砂層深くまで汚れる。

Algicide treatment in a water reservoir is not good for Ecological Purification System. Small organisms are highly sensitive to trace of chemicals in water and on the filter surface.

過去の緩速ろ過に関する本を調べたら Allen Hazen (1905) はベルリンのろ過池 (1893) では、細菌や汚れは砂層上部に蓄積し、削り取りの厚みは冬は深くまで、夏はろ過池で藻が大繁殖するが薄い削り取りで良い。覆い緩速ろ過と覆っていない緩速ろ過で 20 年間

調べたところ覆っていない方が細菌除去が良い（砂が深くまで汚れない？）と報告。生物が関与しているが汚れ除去は機械的篩いろ過が主であろうと言及していた。

上田市の緩速ろ過池で削り取り時に砂層断面を調べると上部1cm程度の砂が汚れている（汚砂: dirty sand）と言われている。しかし、ろ過継続中、

砂層表面をそっと採取してみると砂の上に藻があり砂層は一つも汚れていない。採取した砂を水面上に持ち上げると砂面上の藻類被膜などにひっかかるように捕捉されている細かな粒子が藻から

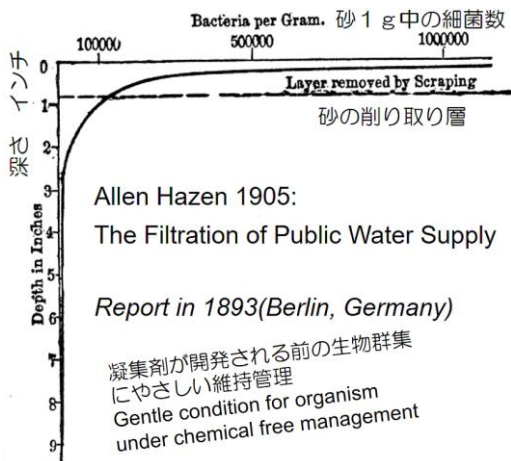


図 19-2 砂断面と細菌数変化(ベルリン、1893)
Bacteria profile in sand column (Berlin, 1893)

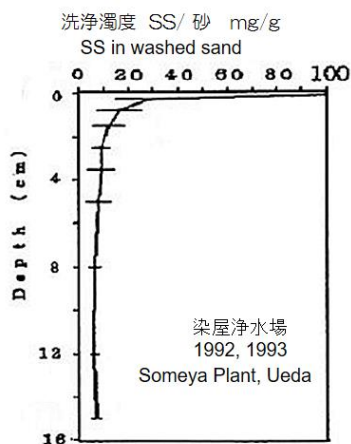


図 19-3 生物群集にやさしい維持管理をするなら砂層は汚れない
Sand beneath the surface in water is clean. When the supernatant water drain off, the trapped SS releases and drops into sand layer.

外れて砂の中に入り砂層上部が汚れてしまう。砂層表面を削り取りをするために落水すると砂が汚れてしまった。

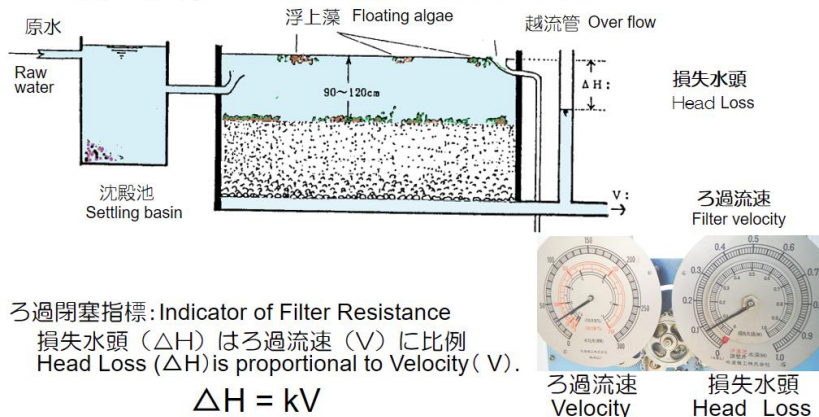
削り取り時に砂層断面を調べると砂層上部が汚れているろ過池と汚れていないろ過池があった。砂層内部へ汚れが落ち込まないように慎重に水抜きをする必要がある。汚れた砂 (Dirty sand) でなく生物活性層 (Biological active layer) である。

汚れている砂を顕微鏡でみると微小生物が活躍していることがわかる。生物が活躍していることを連想させない汚砂 (Dirty sand) という言葉を用いることがいけなかった。

20. 損失水頭はろ過速度に比例する

Head loss is proportional to flow rate.

ろ過閉塞指標: Indicator of Filter Resistance



標準化損失水頭 NHL (Normalized Head Loss: H_n) は標準ろ過速度 20cm/h (4.8m/d: V_n) と実測の損失 (H) と実際のろ過速度 (V) から計算する。

$$H_n = (H \times V_n) \div V$$

実測の損失: H (cm) 標準ろ過速度: V_n (20cm/h or 4.8m/d)
実際のろ過速度: V (cm/h or m/d)

図 20-1 標準ろ過速度でろ過した時の標準化損失水頭を計算する

Normalized Head Loss is calculated with observed head loss and flow rate.

ろ過池とろ過後の水位差、損失水頭で目詰まり度を判断して削り取り作業をしている。しかし損失水頭はろ過速度に比例する。日本

以外の国は実測の損失水頭とろ過速度を測定し標準ろ過速度でろ過した場合の標準化損失水頭をろ過抵抗の指標にしている。この値を用いると異なる浄水場のろ過池状態を比較することができる。

この標準化損失水頭という指標を 1988 年の国際会議論文集で知り、テムズ水道の技術者へ手紙を書いてこの指標の起源について問い合わせた。標準化損失水頭の考えは昔から普通に使われ起源については知らないとの返事があった。

21. ろ過継続日数で削り取りをしている Scrape periodically by run days.

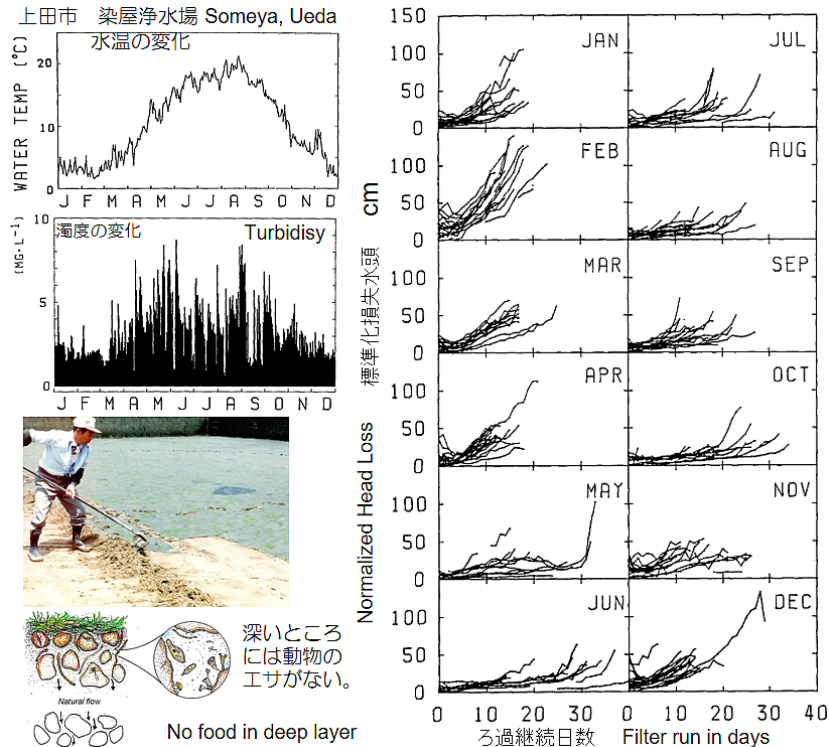


図 21-1 水温が 7°C 以上なら上田市でもろ過抵抗は増えない
Filter resistance does not increase over 7°C (water) in Ueda, Nagano.

ろ過池は目詰まり（ろ過閉塞）すると砂層表面を削り取りしてろ

過閉塞を解消させる。上田市の染屋浄水場のろ過池でろ過継続に伴うろ過抵抗の変化を調べた。ろ過抵抗が増えたから削り取りをするのではなく、ろ過継続の日数で削り取りをしていた。日数での管理の方が楽なようであった。

確かに、水温が低い時期は直ぐに目詰まりをしていた。しかし4月下旬からろ過池で糸状珪藻メロシラが繁殖しだすとろ過抵抗は上がらなかった。

夏は原水濁度が上がるがろ過抵抗は上がっていなかった。水温が高い時期は生物活性が良くなるからである。水温が低い時期は生物活性が悪く、水の粘性も大きくなるので流入してくる細かな濁りが砂層表面近くの砂の間に入り抵抗は徐々に上がっていた。

ろ過継続の最後に急に抵抗が上がった。削り取り予定日近くになるとろ過速度を急に上げ見かけの損失水頭を大きくしていた。この操作で表面の濁りが外れ砂層内に落ち込み実際に抵抗が大きくなっていた。



水温が低い時期、削り取り直後一時的に抵抗が大きくなるのは、空気が砂層上部に入り込み、水温が低いので水の粘性が大きく、細かな気泡が消失しにくいからと推測した。この現象は水温が高く水

の粘性が小さい時期は見られなかった。

22. 高崎市の浄水場ではろ過抵抗は一年中増えない

Filter of Wakata plant, Takasaki does not clog in winter.

群馬県高崎市の若田浄水場のろ過継続に伴うろ過抵抗の変化を調べた。冬でも最低水温が5℃程度しか下がらないのでろ過池の水面は凍結しない。この浄水場では5℃以下になる2月を除いて一年中ろ過閉塞していなかった。この浄水場では急速ろ過用の大きな砂を用いているのでろ過閉塞しにくいのかも知れない。

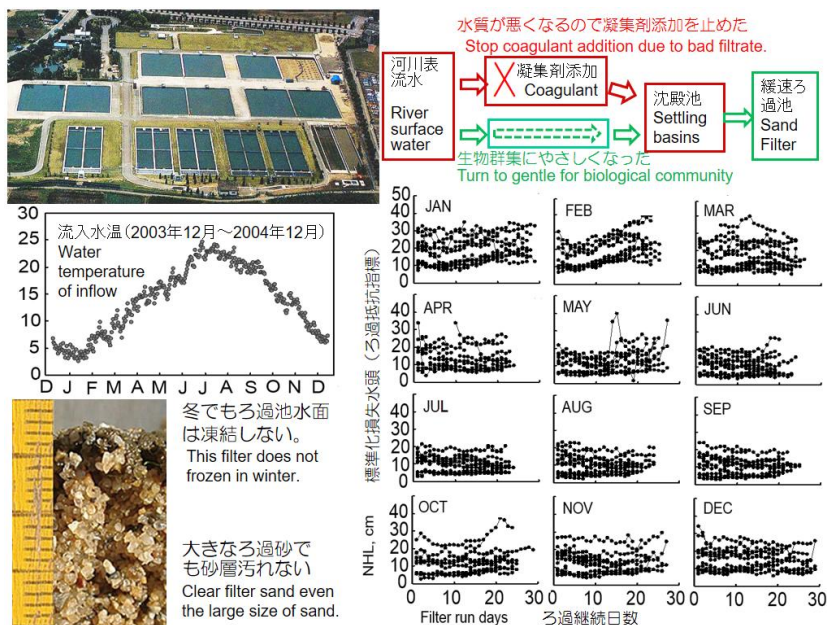


図 22-1 水温が5℃以上なら生物活性が良くろ過抵抗は増えない

Filter of Wakata, Takasaki city does not clog in whole year when water temperature is over 5℃.

またこの浄水場には濁り対策で凝集剤添加の仕組みがあったが凝集剤を使うとキリンビール工場で水を使ってくれないので凝集剤添加を中止していた。ろ過水の水質が少しでも悪くならないようにと神経を使い丁寧な浄水場管理をしていた。急激なろ過速度の変化をさせないようにしていた。結果的に砂層上部で活躍する生物群

集にやさしい管理をするようになっていた。また水温が低くなり水の粘性が大きくなってもら過砂の大きさが大きいのでろ過抵抗が大きくならず抵抗が増えないのかも知れない。

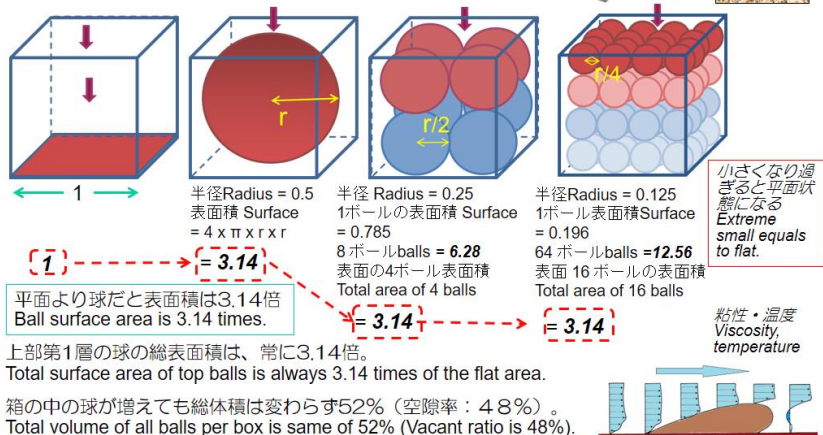
この浄水場の状況から判断すると関東平野より南で冬期でもろ過池の水面が凍結せず、水深が浅いなら生物活性が保たれ、砂の大きさを少し大きくするならろ過閉塞しないと推測された。

23. 砂礫が転がらないなら生物は繁殖できる

Organisms can grow on the surface of stones which do not move.

砂の表面に細かな粒子は付着しやすい。付着した粒子を微小生物が餌として削ぎ取って食べる。単位容積中に付着可能な表面積を計算してみた。平面より球体の方が面積は 3.14 倍になる。球体の大きさを小さくしても上層にある一層の球体総表面積は同じになる。

砂ろ過池では微小生物はエサがくる砂層上部にいる。基質(砂)の表面に生息しエサがくるのを待っている。Small organisms live on the surface of sand particle in the top of sand layer. They wait food which comes.



砂粒子が小さくなるとろ過抵抗が大きくなる。
Flow resistance becomes large in smaller particles.

図 23-1 細かな砂だと間隙が小さく水の粘性で抵抗が増える

Very small particle becomes large flow resistance by the viscosity.

それなら吸着可能な総面積を増やすためには細かい砂の方が良

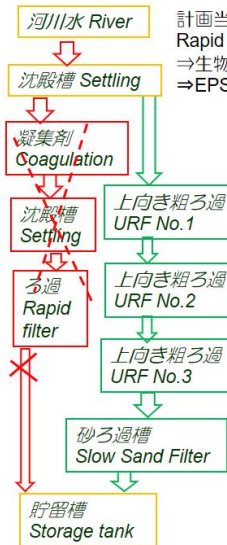
い。しかし砂の大きさが変わっても一定容積中の空隙量は変わらないが、砂と砂の間隔は小さくなる。水には粘性があるので隙間が小さくなると抵抗が増え、余りに小さな砂だとろ過抵抗が増えてしまう。そこで、ある程度大きな砂の方が砂層の抵抗が大きくなるらないので良いということになる。

また流水系でも細かく見ると粒子の陰では水の流れが無い。砂と水の流れを顕微鏡で見る視点で考えると、流れが速い場所と砂の陰の遅い場所が混在していることに気づく。砂の表面および砂の間で活躍する微小生物群集はいろいろな環境があることが良かった。避難でき休憩できる場所が多数あり安心して活躍できた。

24. コマーシャルフィルターとナチュラルフィルター Commercial filter and natural filter

生物浄化法は私たちのための技術 This is our technology.

スリランカの病院用に建設：Rathnapura General Hospital, Sri Lanka



計画当初は急速ろ過→緩速ろ過の検討（信州大へ）
Rapid Sand Filter ⇒ Slow sand filter (Shinshu Univ.)
⇒生物浄化法：沈殿＋上向き粗ろ過＋砂ろ過
⇒EPS (Settling + URF + Sand Filter)



均一の細かな砂は必要ない。
砂は単に住み場所。
Small and uniform fine sand
is not necessary.



これはナチュラルフィルター、
後ろはコマーシャルフィルター

図 24-1 沈殿＋3 段の上向き粗ろ過、砂ろ過は粗い砂を用いた

I recommended EPS (Settling+3steps of URF+Sand filter (large size of sand)) instead of rapid sand filter.

スリランカの国立病院へ水道水を供給するための浄化施設を建

設するのをお手伝いをした。元の計画は凝集沈殿ろ過の急速ろ過であった。日本設計の岡田有弘さんは現地を調査し、現存の急速ろ過処理が良く機能していないのを知っていた。そこで豪雨で濁る熱帯の河川水でも緩速ろ過処理が使えないかと研究室を訪ねてきた。

SANDEC 本（1996 年）を手に入れた時だったので、沈殿槽と上向き粗ろ過をすれば豪雨で河川水が濁っても緩速ろ過処理に向いた原水が得られると説明し、この考えでスリランカのラプラツラ国立病院に生物浄化法の浄化施設ができた。完成後、仕組みを解説したら現場監督アーナンダ（Arnanda Weerante）は「これはナチュラルフィルター、薬品を使う施設はコマーシャルフィルター」と言ってくれた。10 年後に再度訪問したが何ら問題なく稼働していた。

25. 生物浄化法の名前の起源はバングラデッシュ Ecological Purification System is originated in Bangladesh.

世界の緩速ろ過の情報をインターネットで調べていたら地下水が砒素で汚染されているバングラデッシュで緩速ろ過処理を勧めている日本の NGO アジア砒素ネットワークに気づいた。宮崎大学の研究技術者らも協力していた。このグループは汚染した地下水を単に細かな砂で機械的にゆっくりと砂ろ過すれば安全な水ができると考えていた。生物が活躍するという視点が無かった。



表面水は病原菌で汚染され、地下水は砒素に汚染されていた。
Surface water is contaminated with germ cell and underground water contains arsenate.

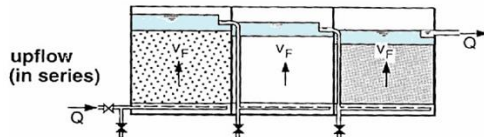


図 25-1 生物群集により分解させる生物浄化法を勧めた。I recommend URF of EPS to reduce and eliminate contaminated matters.

緩速ろ過処理は酸素がある状態で活躍する生物群集による浄化で細かな砂での機械的篩いろ過でない知らせ、解説プリントを送った。そしたら是非宮崎まで来て話をと頼まれ、解説をしたらバン格拉デッシュの現場を是非見てと頼まれ現地にも行き現地の技術者らに浄化の仕組みについて解説をした。

バン格拉デッシ

ユでは日本では使わないような毒性の強い農薬が使われている可能性があり、農薬も何とか除去できる仕組みでバン格拉デッシュの農村でもできる方法を考えてと頼まれた。そこで上向き粗ろ過を4回も繰り返す仕組みを勧めた。上向き粗ろ過の礫層の上で藻を繁殖させ、次の礫層内で動物群集の活躍により藻を分解させることを繰り返した。農薬を動物の糞塊中で酸素不足の中を4回も通過させ、分解を繰り返させ、完全に農薬を分解させることを考えた。

緩速ろ過処理の浄化機能は生物群集の活躍が必須であると川原一之リーダーに説明したところ「緩速ろ過という言葉では生物群集の機能がカギと連想できない。名前を変える必要がある」と言われ



図 25-2 農薬などの難分解性物質の生物分解を徹底するため上向き粗ろ過で藻の繁殖、動物による分解を4回繰り返した。

I advised 4 times of URF steps to eliminate the hardly decomposable matters of harvicide and pesticide by the fermentation action in the fecal pellet of ecological decomposition.

た。川原さんは元新聞記者で名前をつける重要性を認識していた。あらゆる生き物が活躍するイメージと食物連鎖がカギというのを想像させる名前を考え Ecological Purification System (EPS)、日本語では生物浄化法にした。

このグループはその後、何カ所も生物浄化装置を建設している。



コラム⑩：食事を素手で食べる国が多い。調理した食事に小石などが入っていないかを指先で丁寧に探し取り除いて口に入れる。小石を食べて歯を砕いては危険だからだ。

It is popular in the world to eat with our bare hands. We remove the contaminated small stones in food. This is a reasonable way.

26. ヤマハ発動機の社会貢献活動に協力

Contribute to social action work of Yamaha Motor

ボートのエンジン、オートバイを製造しているヤマハ発動機のインドネシア工場では浄水機も製造していた。浄水機はお金に余裕がある人が購入できるが住民は水質が悪い水で困っていた。

社会貢献事業として住民のために緩速ろ過技術で安全な水を供給したいがインドネシアでも実施できるかどうかと八木澄夫さんが大学の研究室を訪ねてきた。そこで濁った灌漑用水の水でも水田に水が入ると自然と澄んだ水になる。水田で微小動物が活躍して濁りを除くからだと説明し、その仕組みを応用すれば濁った水でも緩速ろ過処理に適した水をつくれると教示した。藻の繁殖と捕食動物の活躍の利用で濁りを除去し最後に砂ろ過をして安全な水ができカラワング村の人々に供給することができた。

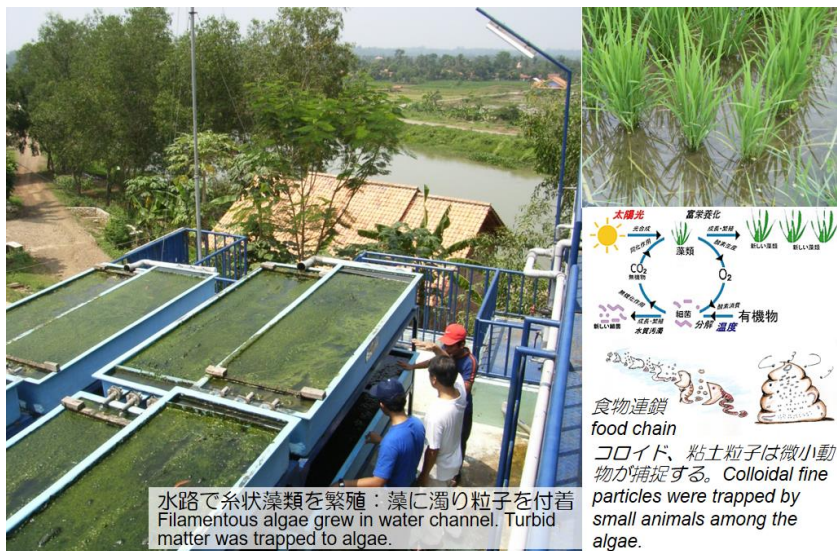
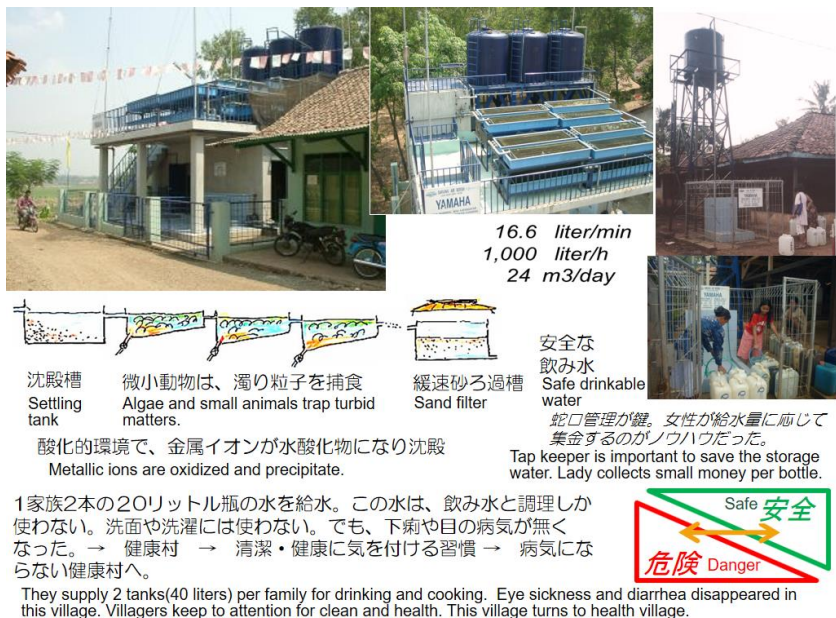
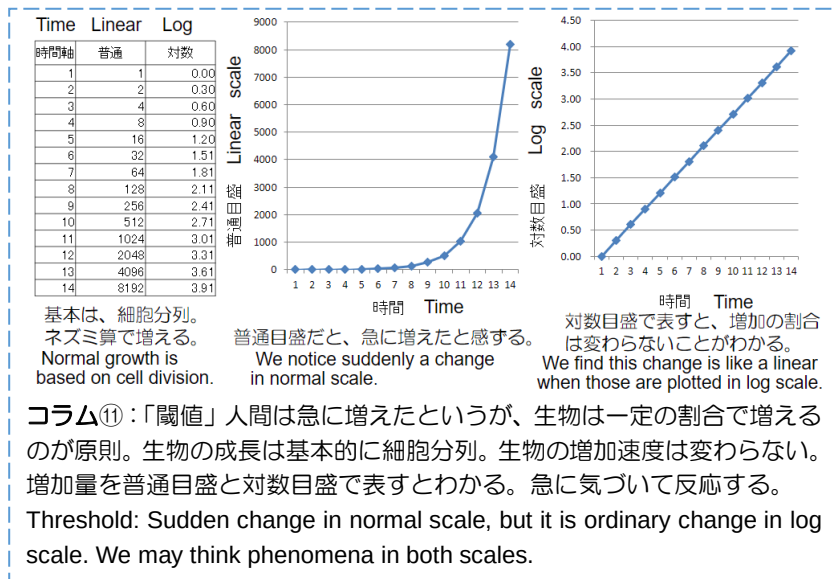


図 26-1 熱帯の泥水でも水田の水は生物群集の働きで透明になる
Water in paddy field is clear by the activity of algae and small animals.



ヤマハ発動機は浄化施設をつくり村に社会貢献事業として寄付し、その後は村人が維持管理をしてもらうように説明した。装置や配管などを長期間使うと劣化し、どうしても更新をする必要があった。その費用は村人が自主的に貯蓄して捻出してもらうように頼んだ。村の1家族当たり20リットルのポリタンクを2本分の水を提供した。20リットルの水の値段をペットボトル1本の値段以下にした。村人は売上を貯金して備えるようになった。

飲み水と調理だけをヤマハの水を利用していたが下痢や目の病氣も無くなった。安全な水があることで清潔意識が向上し健康村になった。



27. 2011 年 JICA 研修からフィジーで EPS 事業 EPS project in Fiji started after JICA training in 2011.

宮古島での2011年夏のJICA研修に参加したフィジーからのジート(Vishwa Jeet)さんは、何度も何度もしつこいほど質問をした。何とか必死で吸収しようとしていた。私はモデルを使って沈殿槽、

上向き粗ろ過槽、自然流下の砂槽、でてきた水を貯水すれば良いと説明した。自然の仕組みの賢い活用で病原菌が除けている安全な水ができると解説した。

モデルで使用した黄色のプラスチックの沈殿槽は上田市の自宅 で用いていた野沢菜の漬物樽である。礫や砂は現地調達で手作りの 装置で浄化の仕組みを教えた。生物浄化法（EPS）はスマート・テ クノロジーだ。



2011年8月、宮古島のJICA研修でVishwa JeetさんはEPSを学んだ。
Mr. Vishwa Jeet learned EPS by JICA training at Miyako-jima, Okinawa in Aug. 2011.

2012年9月28日、世界海洋博でモデルを展示。首 相にJICA研修で教わったEPSの仕組みを説明した。

フィジーに戻りモデルを自作し安 全性を確かめた。He made a model and confirmed the safety.



He explained the EPS to Prime Minister at the World Maritime Festival on Sept. 28, 2012.

2013年1月13日、公共事業省Francis B. Kean大 臣を迎え事業開始研修会を Holiday Innで行った。 The opening ceremony and work shop were held on Jan. 13, 2013.

The Fiji Times ONLINE

Quality water for all

Priya Chand
Thursday, January 17, 2013



New plans for cleaner water

WITH the new Ecological Purification System (EPS) in the pipeline, water quality enjoyed by urban people can now also be made available in rural villages and communities.

A workshop on a new water treatment system, hosted by the Department for Water and in collaboration with the Japan International Cooperation Agency (JICA) in Friday, revealed that EPS was an economical way of purifying water.

Permanent secretary Commander Francis Kean said the system would provide safe adequate water and



図 27-1 自分でモデルをつくり安全性を自分で確かめ、首相に説明

Mr. Vishwa Jeet learned EPS at Miyako-jima, Okinawa and he confirmed it in Fiji. EPS project for rural people in Fiji started in 2013.

ジートさんは帰国し上下水道局の裏庭に雨水貯水タンクの水を 原水として浄化装置をつくり細菌検査し安全性を確かめた。2012 年 9 月世界海洋博に自分がつくったモデルを展示し巡回してきた 首相に解説した。当時フィジーは一時的に軍事政権で近い将来民政 移管のための選挙を控えていた。軍事政権のため各国からの援助が 少なくなっていた。この装置なら海外から資金援助がなくても自分

らでつくれた。地方で安全な水に困っている村人に安全な水を供給できると考え、生物浄化法による安全な水を供給する村落給水プロジェクトが発足した。2013 年 1 月 13 日公共事業省キーン大臣を迎えてプロジェクトの発足式を開いた。宮古島の上地昭人課長と私が発足式に参加した。浄化装置は 2,700 リットルの雨水を貯める水槽を利用することを考えていた。同じ大きさの 3 つの水槽を用い、安全な水なので飲み水だけを村人に共同水栓方式で供給することを考えた。装置の建設を NGO や民間業者に頼もうとし募集したが全く新しい浄化法なので誰も自信がなく応募者がいなかった。そこで政府は直轄で装置をつくることになった。

パイロット施設を 2 カ所に建設しだし再度 3 月に訪問したが出来上がっていない装置を設置する村の場所をみた。村には無処理の水道施設があり一時貯留槽があった。この無処理の水道水を分水して EPS 装置を作る予定であった。仕組みの説明だけで



コラム⑫: フィジーの村ではカバの儀式が頻繁に行われる。胡椒科の灌木の根を乾燥させ粉にしたのを水で溶く。白濁した汁を振舞う。回ってきた杯を飲み干さないと失礼になる。味は太田胃散みたいで覚悟して飲んだ。何杯も飲まれたがお腹は壊さなかった。カバの儀式がある社会では「飲み水は塩素で殺菌する必要がある」とは言いにくい。

Kava ceremony is popular in Fiji villages. I must drink up several cups. I cannot recommend bacteria free water as a safe water to villagers. We should take care about acceptable risk for health.

細かな実際の施工状態をチェックできなかった。

やっと 7 月と 9 月に装置が完成し大臣や JICA 関係者を招き通水式が盛大に行われた。

EPS 事業を展開するにあたりフィジー政府から私に対して派遣要

請があった。しかし私は沖縄での JICA 研修や他国での EPS 事業への助言をし、国内でも活動していたので、約 1 月間の短期派遣を 4 回、2014 年 10 月から 2016 年 6 月まで実施することにした。JICA は 2015 年 1 月から 2 年間シニアボランティア江口秀満さんを派遣し EPS 事業に協力してもらうことにした。

2014 年 11 月に完成した EPS 装置を初めて見てショックだった。既存の貯留槽に常に水があり水圧が十分なら問題がないが、貯留槽の水は少なくなり断水すると上向き粗ろ過の水が逆流してしまう構造だった。そこで逆流させないための一方通行弁をつけるか宮古島でのモデル装置の様に URF (礫槽) の上から底までパイプを通し下から上向きに流す仕組みに改良するように助言した。

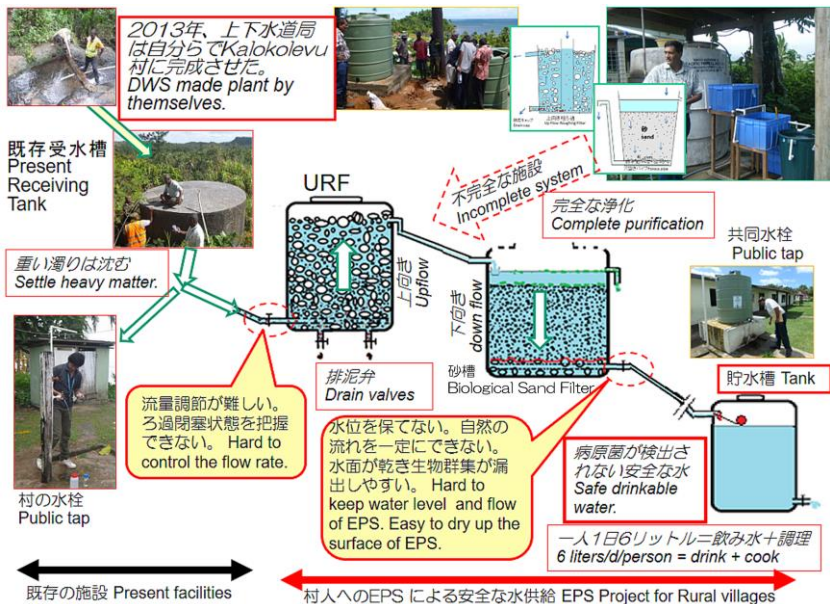


図 27-2 モデルは宮古島と同じでも実施施設は問題があった
Model is OK, but they made an incomplete practical plant by themselves.

さらに砂ろ過槽も流量調節バルブで水位を保つのでなく、ろ過水を宮古島のモデル装置の様にパイプで水面の高さまで持ち上げ自然流下で越流させて水を流し水面を保つようにと指摘した。

各村への浄化装置の建設は、それぞれが個別のプロジェクト事業であり完成するとその事業は終了であった。修理は別のプロジェクトとして予算申請をしないと動かなかった。しかし完成検査を合格し通水式まで行った施設を直ぐに修理することは道理が通らずでできなかった。結局、江口さんの努力でボランティアの事業経費を捻出しパイロットプラントを完璧なものにできたのは2016年8月になった。

小さなEPSモデルは沖縄でのモデルと同じに自分らで簡単につくり安全性を確かめることができたが、本格的な実プラントを建設するのは簡単にはできなかった。現場に適した実用の浄化装置を建設するにはそれなりの工夫が必要だった。

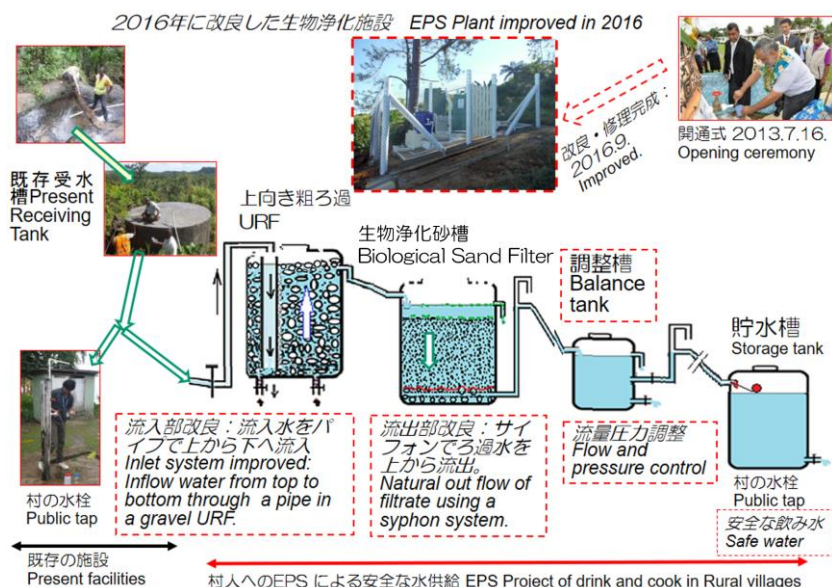


図 27-3 施設は2016年に改良しやっと安心できるようになった
Incomplete plant was improved to a fail-safe system in August, 2016.

EPSによる安全な水供給プロジェクトは飲み水だけを供給する計画だった。しかし2,700リットルの雨水貯水タンクの浄化能力は想像以上に大きい。ろ過速度が遅くなり過ぎ、ろ過池の砂層内部で生

物群集が活躍し酸素不足にならないようにするため砂層の上の水や砂層内の水の交換率を良くすることを考えた。

そこで飲料水だけでなく料理用の水も供給するようにと伝え、EPS プロジェクトでは飲み水だけでなく調理にも使うように一人1日6リットルを使うように勧めた。

表1 2,700 リットルタンクの浄化能力 EPS capacity of 2,700 liters tank

EPS能力 (2,700 リットル槽) EPS capacity of 2,700 liters tank									
半径 radius (r) = 0.7m, ろ過面積 (π × r × r) = 1.54m ²									
ろ過速度 flow rate			ろ過水量 filtrate			給水可人口 Available persons			備考 remarks
m/d	cm/h	m ³ /d	liter/d	liter/h	liter/min	2 liter/d	6 liter/d	100 liter/d	
2	8	3.1	3,080	128	2.1	1,540	513	31	英国1829年の最初のろ過速度 Original flow rate in UK, 1829
5	20	7.4	7,392	308	5.1	3,696	1,232	74	英国式標準ろ過速度 English standard rate
10	42	15.4	15,400	642	10.7	7,700	2,567	154	現在の英国テムズ水道ろ過速度 Present Thames Water rate
15	63	23.1	23,100	963	16.0	11,550	3,850	231	暖かい地域での可能ろ過速度 Possible rate in warm region
20	83	30.8	30,800	1,283	21.4	15,400	5,133	308	暖かい地域での可能ろ過速度 Possible rate in warm region



図 27-4 2014 年から 2018 年末までの 4 年間に全村の 1 割 100 村に浄化装置が完成。100 EPS plants was built during 4 years after 2014 in Fiji.



図 27-5 世界青年の船で若者が EPS(生物浄化法)施設を見学

Young 40 participants from "Ship for World Youth Program" organized by Japanese government visited to EPS plant in Fiji, Feb. 2017.

フィジーの安全水供給事業は全村に安全な水を供給する事業展開が行われている。4 年間に全村の 1 割の 100 村に完成した。私は 1 月間の短期専門家として協力しボランティアに助けてもらった。このフィジーの動きは大洋州ばかりか世界中へ広まると思われる。

宮古島での JICA 研修の成果、技術移転の成功である。JICA は助言だけで建設資金は全てフィジー政府、村人が協力している。

2017 年 2 月には内閣府「世界青年の船」事業で船がフィジーに寄港し希望者約 40 名がカロコレブ (Kalokolevu) 村の完成した EPS 装置を見学した。この事業は JICA の支援なしでも継続中である。

28. 自然界では雨が降らなくても清水が湧いている Spring water always wells even in fine days.

フィジーの EPS で安全な水供給は政府の事業で、全ての村にも設置しようとしている。



図 28-1 一時的に干からびても生物は乾燥に耐え、水がくると活躍しだす
There are dry and re-wetting phenomena. Organisms has an ability to tolerate and escape the severe period.

フィジーは比較的大きな島国で雨期と乾期があり風向きの関係で極度に乾燥する地域があった。使える水がほとんどない地域もある。EPS 装置は本来なら常に水が流れ藻類群集が繁茂し微小動物が活躍するが、断水し干からびてしまった装置があった。水を徐々に導水するとやがて藻や微小動物が活躍しだした。ろ過水は断水してもろ過を再開しても濁らなかった。

生物は乾燥に耐える能力がある。木に付着しているシダ植物や蘭が乾期に干からびても雨が降ると活性が戻る現象と同じである。

バイオサンドフィルターというのがある。毎日上から水を少しだけ注ぐ、砂ろ過して出てきた水を飲料にする装置である。装置内の砂の間隙に入っている水量以上に一度に注いではいけない。原水中の病原菌などは砂槽中の微小生物群集が活躍して除かれる。細菌除去は不完全であるがリスクを大きく減らすので開発途上国では家

庭用のより安全な水供給装置としてかなり普及している。

自然界の生物は常に良い環境の中で活躍しているのではなく、乾燥にも耐えて生きている。海の潮間帯の生物も満潮、干潮を繰り返す環境でも平気な生物である。常に最適な環境が続くとは限らない。生物群集が許容できる環境変化があっても良いという考えが必要だった。

考えてみると山の中腹から湧き出す湧水は、雨が降っても晴天であっても常に水が湧いている。土壌の隙間をゆっくりと流れて出てくる。EPS 装置でも砂槽の中をゆっくりと一定方向に常に流れているなら、栄養、餌がくる砂層表面で生物群集が活躍し砂層深くは汚れが入らない。しかし水質の急激の変化や、生物毒がくると生物群集は表面から逃げる。砂層は深くまで汚れても許容できる範囲なら構わない。



コラム⑬：乾燥しているときは干からびているような状態で耐えているが一旦雨が降ると急に活動し始める。生物は悪い環境にも生きながらえる能力がある。

Snail survives during dry period. When rain comes, snail move around quickly.



図 28-2 常に一定の流れなら境界に生物が常に繁殖。乾燥したりするなら生物群集は安全なところに逃げるか休眠状態になる。

Biological community develops at the boundary region where is almost constant flow. When dry and re-wetting condition or a sudden change of water quality attack to this column, biological organisms escape to deep layer. In the deep layer, escaped organisms become a resting form.

29. サモアに最新の上向き粗ろ過があった The latest technique of URF in Samoa.

2006 年から 2008 年沖縄県宮古島で JICA 研修「緩速ろ過を使用した上水道の管理技術」をし、緩速ろ過処理（生物浄化法）の解説をした。サモアにフォローアップ（事後指導）で宮古島の上地課長

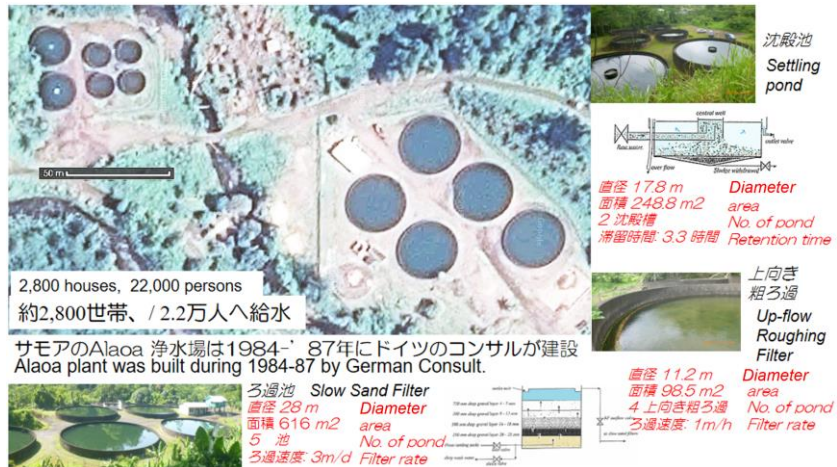


図 29-1 サモアに沈殿槽に小規模だが最新の上向き粗ろ過があった
There is a wonderful system with Up-flow Roughing Filter in Samoa.

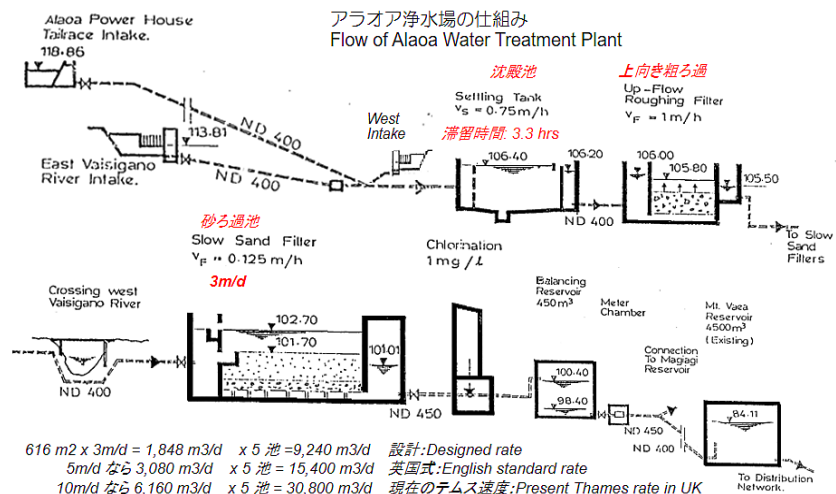


図 29-2 アラオア浄水場の流れ図、ろ過速度が遅い Flow diagram of Alaoa Plant. Flow rate is slow.

と一緒に 2009 年にでかけた。濁り対策としてブラジルで開発された最新の上向き粗ろ過がサモアに導入されてあるのに驚いた。規模は小さいが日本にも導入されていない最新技術だった。しかし雨期の豪雨で河川水が濁りろ過閉塞をするので困っていた。

その後 2010 年～2012 年「サモア水道事業運営（宮古島モデル）支援協力」で宮古島の人たちと出かけた。名護市の金城進さんも協力した。金城さんは JICA 青年協力隊員として 1990 年 12 月～92 年 11 月までサモア公共事業省に派遣され水道事業に協力していた。ま



図 29-3 2010 年から宮古島プロジェクトでサモア水道の維持管理向上へ協力した。

We explained the EPS mechanism using a model in Samoa.

また新潟県見附市で上向き粗ろ過実験をしてくれた荒川朋明さんにも協力してもらい浄水場の維持管理に関し調査し助言をした。

この浄水場は 1984 年から 1986 年にかけてドイツの Joseph River 会社が建設した。世界の常識では標準ろ過速度は 4.8m/d なのに Dorsch Consul の指針（2000 年 4 月）では 3.3m/d と遅かった。原水が濁ることがありろ過速度は遅くした方が良くと考えていた。細かな砂での機械的篩いろ過が基本と考えた設計である。当時は既に緩速ろ過は生物処理というのが常識であったがその考えがなかった。当時の英国テムズ水道ではろ過速度を速くすると水質が良くなることがわかり、ろ過速度を 9.6m/d と速くしていた。上向き粗ろ過に関しても礫表面への機械的な吸着による濁り除去の考えで規模も小さかった。突然の豪雨などでの急激の濁り負荷を考えると、沈殿池や上向き粗ろ過の規模が小さ過ぎた。

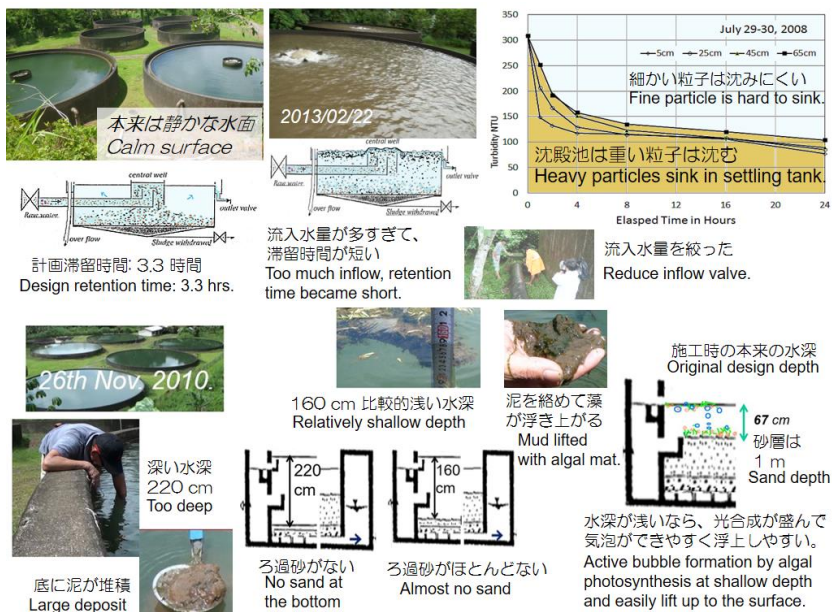


図 29-4 雨期の濁りで困っていたのを JICA で支援

We recommended to reduce inflow water and to make shallow depth.

ろ過池へ濁水が入りろ過閉塞し砂層表面の削り取りが頻繁で十分に補砂されずろ過池の水深が深かった。ろ過池に大量の水を導入すればろ過速度が上が

河口近くの海岸の大きな砂を洗って補砂
Beach sand near a river mouth was washed to make a shallow depth.

水深を浅くした
Shallow depth

ろ過水槽は斜水

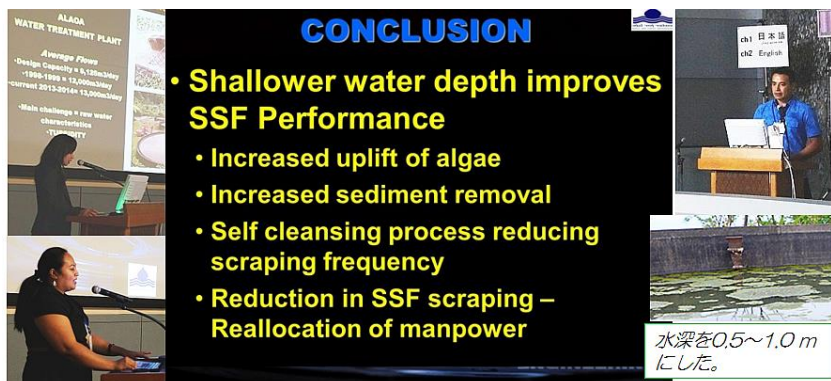
中本は礫の上に布にし、その上は砂だけで良いと助言。
Only the sand was put on the gravel layer using a cloth to separate them.

ろ過水調整槽から溢流
Overflow from the balance tank

図 29-5 河口近くの海岸の砂で補砂、礫の上に布、砂だけ。
Add washed beach sand to make shallow depth.

ると考え沈殿池への流入量が極端に多かった。そこで①沈殿池への導水量を絞り沈殿効果を増やす、②上向き粗ろ過の排泥をする（後でわかったが排泥頻度は少ない方が良かった）、③ろ過池の水深を浅く、の3点を重点的に助言した。

補砂する際は、何層も小石は必要なく、底の集水渠の周囲に礫を、その上に布を敷く施工が楽であると助言した。布の上は粗い大きめの河口付近の海岸の砂を洗って入れる様に勧めた。その結果を削り取り頻度が減少し良質のろ過水が大量に簡単にできた。



第5回 国際会議、名古屋、2014で発表
結論：浅い水深は緩速ろ過の機能を良くする

Stuffs of Samoa Water Authority presented their activity at the 5th Conference at Nagoya, Japan in 2014.

1. 藻類の浮上が多くなる。
2. 堆積泥の除去作用が多くなる。
3. 自動清掃機能が削り取り頻度を減少させる。
4. 削り取りが減少し、人力を他に回せた。

図 29-6 水深を浅くする効果を第5回国際会議（名古屋、2014）で発表
Effect of shallow depth was presented at the 5th Conference (Nagoya, 2014).

サモア水道公社の技術者はろ過池水深を浅くすれば生物活性が上がろ過閉塞防止につながると確信し 2014 年名古屋市で開催された国際会議で発表してくれた。

凝集剤を使わない最新の濁り対策が 1980 年にブラジルで開発された。ポルトガル語の修士論文が発表されてから 4 年後にドイツの Joseph River 会社が 1984 年から 1986（1988？）年に建設した浄水場に最新の上向き粗ろ過が採用されていた。最新技術がサモアにどうして直ぐに伝わったか納得がいかなかった。

2017 年 4 月に佐久市市選挙に立候補した花里信彦さんの新聞記事があった。紹介に 1984 からサモアの水道施設建設に協力したとあった。驚いて花里さんに連絡して会いに行き建設当時の状況を伺った。建設当時のサモア人は無処理の水をそのまま飲んでいた状況で、簡単なる過池だけで塩素で消毒して給水する方式で、沈殿池や粗ろ過などは無かったと言われた。そこで名護市の金城さんにも係った当時(1990 年 12 月から 2 年間)について問い合わせたところ、沈殿池があった場所はジャングルであったのを思い出してくれた。Dorsch Consul の指針が 2000 年 4 月であった謎が解けた。スコールなどでの濁りでろ過池が詰まるので新たに沈殿池と最新の上向き粗ろ過を増設したのだった。



コラム⑭：サモアとのつながり。1969 年私が海洋プランクトン調査で寄港したサモアへ 40 年後の 2009 年から再び行きたした。Alaoa 浄水場を建設していた 1984 年から 87 年に JICA 青年協力隊員として派遣された花里信彦さんが建設に協力していた。花里さんはその後、JICA に就職し最後は JICA 東京国際センター所長をした。その後、2016 年からは沖縄県企業局の桑江淳さんが協力隊員として浄水場の維持管理のお手伝いをしてくれた。サモアとは本当に縁がある。

My first visit to Samoa was in 1969. At that time, I joined a phytoplankton research cruise in Pacific Ocean. Mr. HANAZATO Nobuhiko contributed to Alaoa construction as a JICA volunteer during 1984 to 1987. I met him in 2017 to hear about the Alaoa construction in 1984.

30. 上向き粗ろ過の礫上に水が無いのが良かった No water is good over the gravel in URF.

2017 年 3 月に沖縄連携によるサモア水道公社維持管理能力強化プロジェクト(2014 年 8 月～2019 年 7 月)で浄水場を訪問した。



図 30-1 栄養塩不足のろ過池では藻の活性が悪く捕食動物のユスリカ幼虫が目立った Non-active algal mat and grazing animal of Chironomidae larvae are remarkable in nutrient poor filter bed.

水深が浅いろ過池でも砂層上の藻類は活性が良さそうでなかった。底の藻類被膜は貧弱で、底の藻を擦って水面に浮き上がってくる藻には毛糸屑の形をしたユスリカ幼虫の巣が多数ついていた。藻の活性よりも動物活性の方が良いような気がした。

水深が浅い池でも藻の活性が悪いのはどうしてか不思議だった。指針では上向き粗ろ過槽（URF）は礫層の上の水深が 1 m 以上とあり、この礫層の上の水中で藻が大繁殖していた。URF の砂利層内で微小生物が働き河川中の有機物などが分解され栄養塩豊富な水が湧き出ている。この栄養塩を使い藻が増え、栄養塩が少なくなった水が砂ろ過池へ流入す



コラム⑮：ユスリカと蚊は違う。ユスリカ幼虫は巣をつくり底に生息。流れがあり溶存酸素があるとそこに生息。蚊の幼虫は水面下で泳いでいる。流れがなく水中の溶存酸素が無くても水面から空気を直接に取り込める。ユスリカ成虫は血を吸わない蚊と言われ血を吸う針がない。 Chironomidae larvae live at the bottom surface and make a nest under current condition. Chironomidae is called non-bite midges (mosquito). Mosquito larvae live beneath the surface in stagnant water.

ろ過池がどうしてもろ過閉塞しやすいのかを調べたところ砂の洗浄が悪く細かな粒子が多数混じっていた。そこで日本から輸入した洗砂機で使用している砂を洗浄したが砂にはサンゴの破片が多数入っていて、これを除くのが大変だった。洗砂機で洗浄した砂は確かに細かな濁りが除けていたが、時間当たりの洗砂能力が小さかった。これまでの砂の洗浄は不十分であったので金網での洗浄を2回繰り返してもらったようにした。手作業でも丁寧にすると細かな濁りが除けていた。この細かな砂を除いた砂を使えばろ過閉塞が少なくなると期待している。



図 30-3 砂の洗浄不足でろ過閉塞していた⇒手作業の洗砂でもきれいになる
Filter blog due to the insufficient sand wash ⇒ Clean sand by manual

31. ろ過砂は大きい方がろ過抵抗は小さい

Larger size of sand makes smaller filter resistance.

浅い水深の河原で石（礫）の表面に気泡が付着しているのを見ることがある。石の表面で付着藻類が光合成をして盛んに酸素を放出している。水には粘性があり礫に接している表面の水の流れはほとんどない。石の表面、礫の陰では水生昆虫の幼虫などが流されないのので安心して活躍している。

緩速ろ過池は上から下への流れで砂が動かないので砂層表面で

生物が安心して活躍できる。砂が小さいと砂の隙間が小さくなり水が流れにくくなる。砂が大きければ砂の隙間が大きくなるので水は通過しやすい。水温が低いと粘性が大きくなり抵抗が大きくなる。水温が高いと粘性が小さくなるので抵抗は小さい。

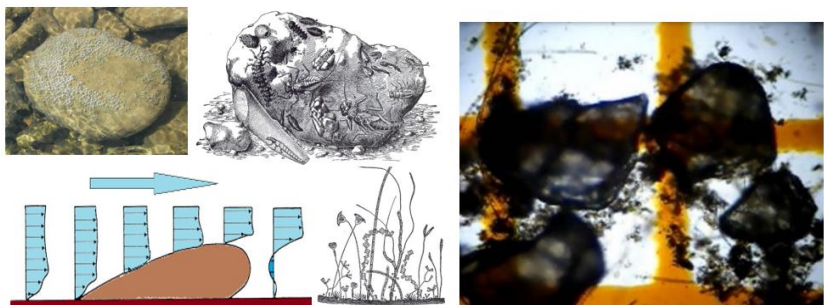


図 31-1 表面に接触している場所の流れはほとんど無い
Almost no current just on the sand and stone surfaces

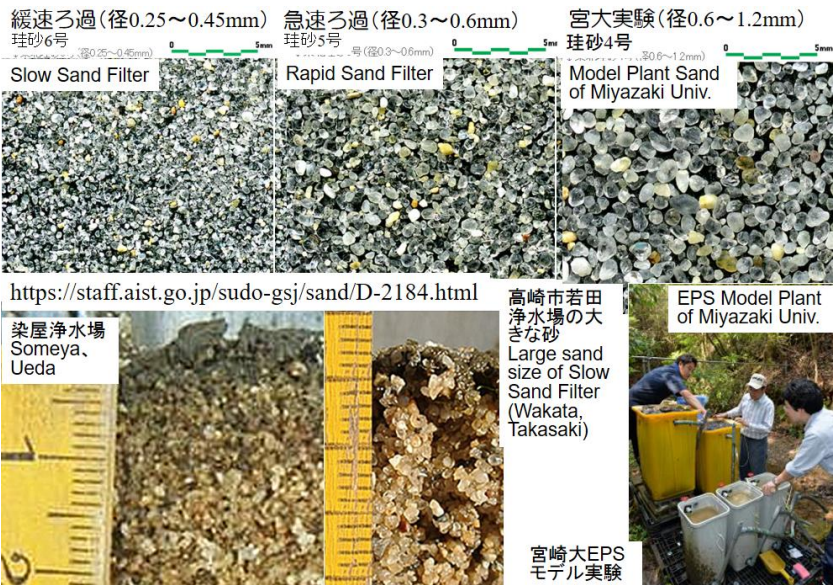


図 31-2 ろ過砂の大きさと実際のろ過池の砂層断面
Sand size in the manual and the practical sand profile.

緩速ろ過は細かな砂での篩いろ過で濁りを除く作用が主と考えられてきたので緩速ろ過用には細かな砂が良いと勧められきた。し

かし砂層の上、砂層上部で活躍する微小生物が濁りを捕捉し浄化していた。砂の大きさと活躍する顕微鏡生物の大きさを考えると機械的篩い過という考えでは説明できなかった。

緩速ろ過処理は細かな砂での濁り除去でなく、砂の上で発達する生物群集による濁りの捕捉と分解である。魚の飼育槽にいてあるフィルターには綿状のプラスチックの細い繊維が入っている。水を循環しているとだんだんと浄化効果がでる。繊維の間にゴミがつまり、微小生物群集が活躍しだすから浄化効果が表れる。

エアコンのフィルターや換気扇のフィルターを掃除したことがある人はフィルターに綿ホコリがフワッとした状態で付着している見たことがあると思う。

砂ろ過池の砂層上では糸状になる藻類がフィルターを形成している。濁りの除去には砂の大きさとは関係がない。その膜と砂層上の

藻や微小動物が活躍して細かな濁りを捕捉している。大きな砂の方が砂の隙間が大きいのでろ過抵抗が小さくなるので良いということになる。



コラム⑩：金魚の水槽用のフィルターにはプラスチックの綿が入っている。Aquarium filter contains just artificial cotton. Its performance becomes effective during filter run and keeps the effective performance.

32. ほっほ！ホタル来い。こっちの水は甘いぞ！

Welcome to lightning bug!! This is sweet water.

自然界の小さな生物、野生動物は安全でおいしい水を本能的に探し求めて行動する。甘露水：甘い露の水は、刺激がなく、甘く感ずる天然の湧水である。山国の日本には、どこにでも名水がある。売られているペットボトルの飲料水は天然の湧水（名水）を詰めたも

が多い。自然界の天然の生物浄化法による水である。



図 32-1 野生動物も人間の天然のおいしい水（甘露水）を好む
Wild small animals and people like the natural sweet and delicious water.

おいしい水、不味い水は飲んで味わって初めてわかる。臭いも嗅覚でわかる。細胞表面で味物質や臭い物質が反応したから感じる。感じるのはその物質と結合したからである。身体の中に入ってしまったら感じない。体積当たりの表面積割合を考えると反応する表面割合が多いのは小さな生物である。細菌などは細胞表面積と体積を比べるとその割合は大きいので極僅かな濃度でも敏感に反応する。

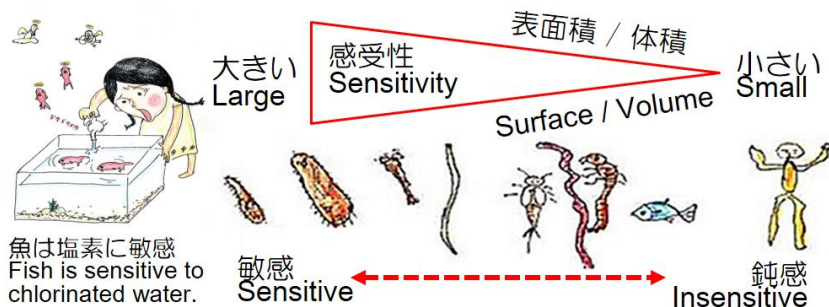


図 32-2 小さな生物は体積当たりの表面積割合が多きく感受性が良い。
Small organisms are larger ratio of surface per body volume. Smaller organisms are more sensitive than larger organisms.

土壌中（砂層中）にいる微小生物群集がいろいろな物質に反応する、つまり物質と結合するので、生物群集を通過すると反応物質が

無くなってしまう。おいしい水とは、敏感な生物群集でも反応する物質が無くなった水である。微生物は酸素がある環境の方が活発に活動する。重金属イオンなども酸素がある環境で酸化物質になり析出し沈殿する。

日本は海に囲まれた島国、山国なので、降った雨が土壌という生物浄化層を通過し、水中に酸素がある状態で土壌間隙、砂礫間隙をゆっくり流れ、湧水として出てきた水がおいしい水である。

燃やす Burn 集める Collect 散らす Scatter

気づかないようにする
検出限界以下にする
Make non-detectable level

小さな生物は人間より極微量
の変化、濃度にも敏感だ。
Small organism is more sensitive
than human being.

コラム⑰: Sensitivity 検出限界。人間は鈍感だ。生物は敏感に反応する。顕微鏡生物は身体全身で周囲の変化を敏感にキャッチする。私たちが気づかない極微量の濃度でも感じて反応する。鮭の稚魚を川に放流し海で大きく成長して放流した川に戻ってくる。どうも自然界の野生生物の感受性の方が優れている。We are insensitive than natural small organisms. Wild organism responses to scarcely small changes in nature.

33. 生物学的鉱物化、軟水化 Bio-mineralization and softening



図 33-1 おいしい水と渋い水 Delicious water and astringent water

名水はおいしい湧水だが、湧水の中には渋い水もある。おいしい水には溶存酸素が十分あるが、渋い水には溶存酸素が少ない水が多い。水中に金属成分などが溶けている地下水の場合が多い。酸素不

足で、還元的な原水は、渋い味、臭い、色がある。酸素に触れると溶けていた鉄やマンガンなどが酸化細菌などの活躍で酸化沈殿する。地下水など酸素不足の原水には、頻繁に曝気して酸素を付与する必要がある。階段状に水を流すのが省エネである。



図 33-2 渋い井戸水を曝気して鉍物分を沈殿除去して砂ろ過
Aeration system for astringent underground water.

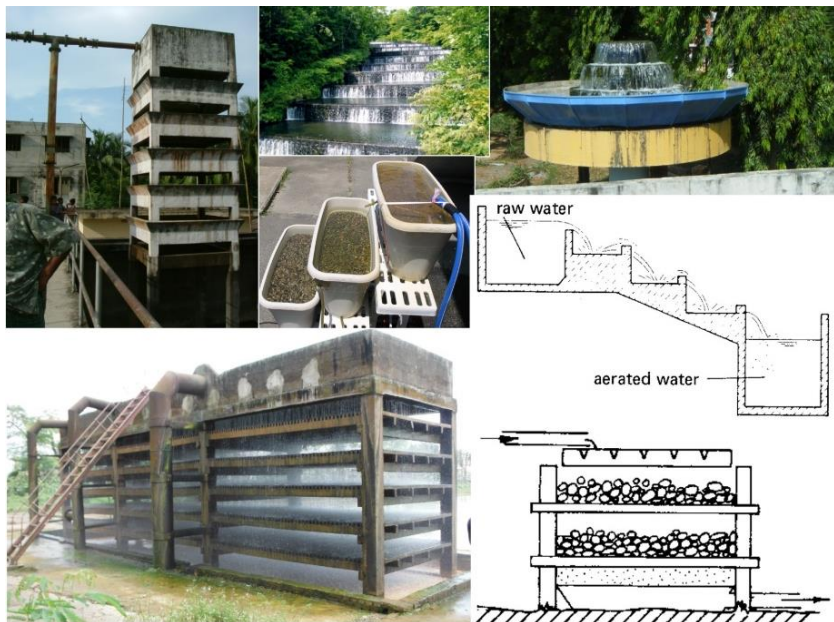


図 33-3 酸素不足の水を酸素付与するための工夫
Various aeration systems for underground water

貯水池水源の場合、気温が下がる秋は湖水が循環し底の低酸素水が上にきて取水することがある。この水はろ過池を閉塞させやすいので予め階段や噴水などをして酸化沈殿させる必要がある。

沖縄宮古島は隆起サンゴ礁の島で硬度が高い地下水を水源とした緩速ろ過池では藻が大繁殖する。この藻を顕微鏡でみると立方体の結晶が付着していた。この試料にお酢（弱酸）を滴下すると気泡が生じた。炭酸カルシウムの結晶が溶けて炭酸ガスが生じたと考えられる。藻が繁殖し水中のpHが高くなり、水中に溶けていた炭酸カルシウムが析出し藻の表面で析出したものと考えられた。

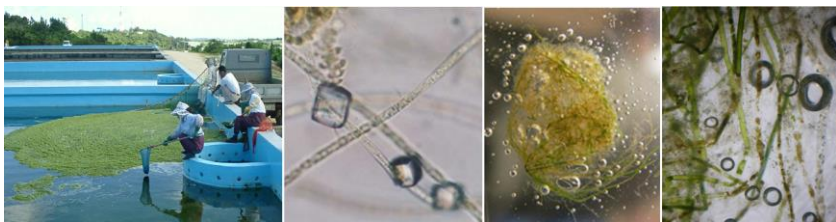


図 33-4 宮古島の硬度が高いろ過池の藻に弱酸を滴下して気泡が生じた。
Algal bloom is remarkable in a slow sand filter pond in Miyako-jima which water source is hard underground water. Bubbles were formed by a dropping weak acid to algal sample.



図 33-5 西表島古見浄水場 Komi WTP in Iriomote-jima

沖縄の西表島は気温が高く生物活性が高い。この島の古見浄水場の緩速ろ過池は目詰まりをしていなかった。そこで砂面の削り取り作業を1年以上しなかったら、ろ過閉塞はしないが砂面が固くなった。流入する河川水中に炭酸カルシウムが溶けていたのがろ過池で藻が繁殖しpHが高くなりサンゴ礁ができる現象と同じことが生じたと推定された。原水中に鉱物成分がある程度ある場合、ろ過閉塞をしなくても削り取り作業が必用な場合もありそうだ。

34. 許容できる危険性 簡易細菌検査

Acceptable risk and simple bacteria test

健康な人は汚れた河川水で沐浴しても何ともない。しかし皮膚に傷があると病原菌などが体内に直接に入ってしまう危険である。ケガしないように、虫などに噛まれたり、刺されたりしないようにするのが大切である。世界中では素手で食事をする習慣はどこでもある。安全のために食べ物の中に小石が入っているのを知らずに食べ歯を欠いてしまうことがある。そこで指で食べ物をこね回して取り除くようにしている。

腸管内も外と同じ様なものである。口に入れた消化できないものは通過し糞として排出する。無菌の料理もない。危険性を減らすのは良いが完全に無菌にする必要はない。

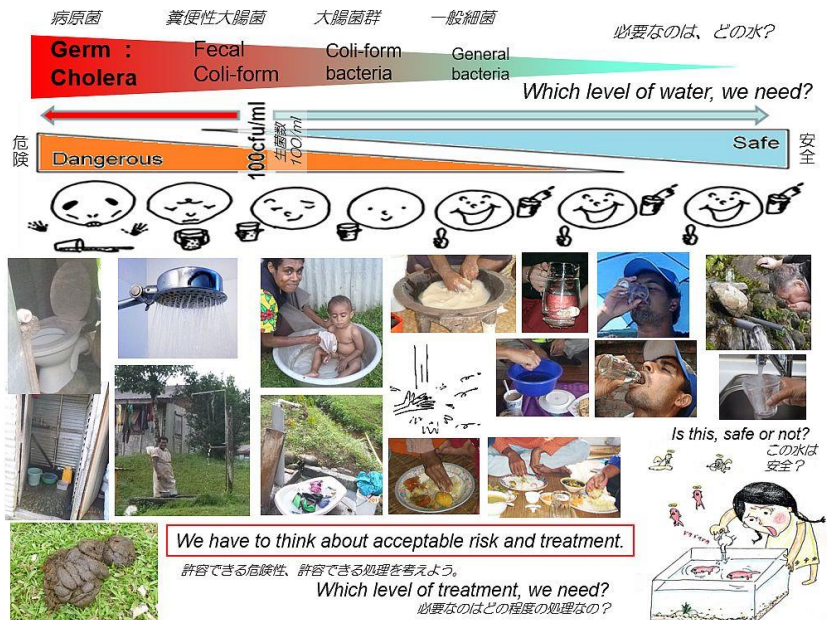


図 34-1 細菌のリスクが異なる水、許容できる危険性を考えよう

Different level of risk in water

自然界にはいろいろな細菌が多数いて自然界での分解、物質循環

に役立っている。汚染の指標と言われる大腸菌群細菌も自然界の土壌中などには多数いる。腸内細菌の大腸菌も自然界にみつかるとは、糞便性大腸菌は人間など哺乳動物の腸内などで消化に重要な役をしている有益菌であるが、その菌が見つかることは、糞便由来の細菌がいるという指標である。本当に注意しないといけないのは病原菌である。手を洗い細菌数を減らし危険性を減らすことをしている。ドイツのハンブルグで水系伝染病のコレラが流行していた 1892 (明治 25) 年ドイツのハンブルグで一般細菌が 1ml 中に 100 個以下なら、安全というのは R. コッホが確かめ、この基準が現在の基準になっている。細菌を殺すために塩素殺菌の方が危険という考えで無菌にする必要はない。

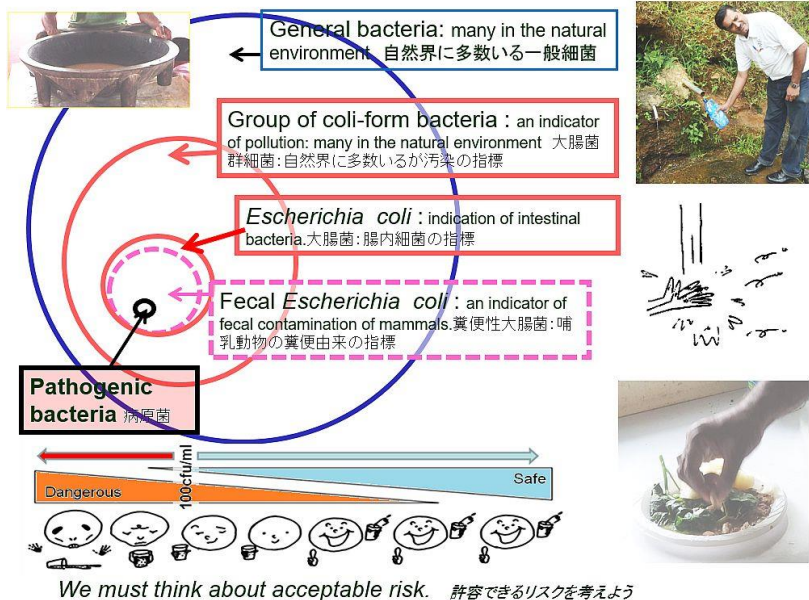


図 34-2 細菌の種類と数のイメージ。

Image of abundance of different bacterial group.

水中の一般細菌や大腸菌群細菌などがどの程度いるかを細菌検査紙（サンコリ細菌試験紙）で調べることができる。サン化学㈱ (<http://suncoli.com/>) が製造している。ネットを調べるとどこから手

に入れるか、使い方がわかる。海外では柴田科学から SIBATA company (<https://www.sibata.co.jp/english/>)手に入る。



general bacteria paper

After one day incubation, pink colonies develop. These colonies are general (total) bacteria



coliform group bacteria and coliform bacteria by UV irradiation

After one day incubation, blue colonies develop. These colonies are Coliform group bacteria. And under UV radiation, luminescence colonies are Coliform bacteria.

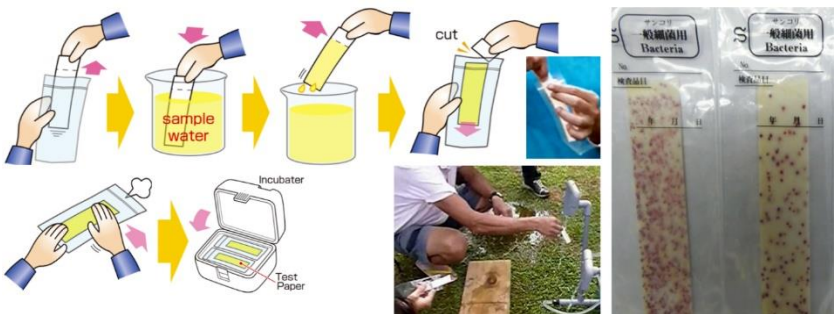
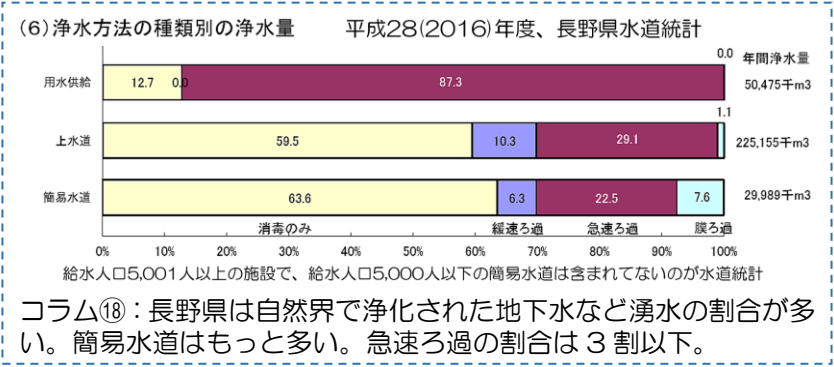


図 34-3 一般細菌の試験紙と大腸菌群細菌の試験紙および使い方
Simple bacteria test pater for general bacteria and coliform group bacteria. And how to use test paper.

この試験紙で簡単に水中の一般細菌や大腸菌群細菌などを測定できる。原水や浄化した水の安全性を自分らで調べることができる。



35. 中国語に翻訳中の金勝哲さんが四川に建設 Mr. Jin constructed EPS plants just after Great Sichuan Earthquake.

大学の研究室で緩速ろ過は生物群集による浄化と情報を発信し技術解説本「おいしい水のつくり方」を2005年8月出版した。

この新しい浄化法に興味を持った金勝哲(Jin Shengzhe)さんが2007年2月24日信州大学の中国人教授の紹介で会いにきた。金さんは京都大に留学し電気技術を学び、その後日本と中国との交流の橋渡しをしていた。そこで金さんに良かったら私の技術解説本を中国語に翻訳してくれないかと頼んだ。



金勝哲(金勝哲)さんは中国語へ「おいしい水のつくり方」を翻訳中、2008年5月12日四川大地震があった。そこで翻訳を中断し、四川にEPSの水道施設を3ヶ所に建設した。
Great Sichuan earthquake was happened during Mr. Jin Shengzhe translated my book "How to make delicious water" into Chinese. He stopped translation, he went to Sichuan province to construct EPS plant for them. He made 3 plants.

日量30トン、沈殿池、
上向き粗ろ過、EPS
30 tons per day,
Sedimentation pond,
Up-flow Roughing Filter,
EPS (Sand) filter.

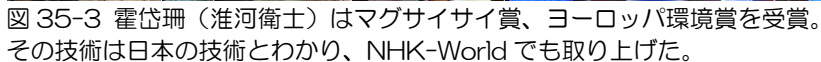
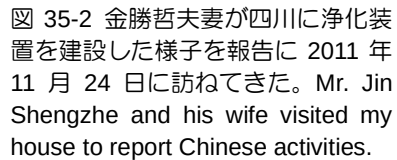


図 35-1 中国には「積善積徳」という格言があるという

A common saying "Accumulation of good deeds and virtues" in China.

金さんは上海の北、南通市で中国語に翻訳しながら自分でモデルをつくり浄化の仕組みを確かめていた。ところが2008年5月12日四川で大地震があり住民は安全な水が無くて困っているのを知り翻訳を中断し現地に行き、生物浄化法で浄化施設を3ヶ所建設してくれた。この建設の様子をビデオ撮影し2011年11月24日に長野

この時、河南省沈丘県で地下水汚染が酷く癌の村と言われる地域があり霍岱珊（Huo Daishan）は工場排水などが汚染の原因と訴えていた。金さんは汚染した地下水でも生物浄化法で安全な飲み水にできると確信し生物浄化法施設を建設するのに協力していると話をしてくれた。



<https://www.youtube.com/watch?v=g7aeuAZQoJk&t=305s>

77

使館は霍さんの活動に対して草の根無償資金を提供した。この動きを 2014 年 12 月 13 日一日に 4 回 NHK-World の英語放送で世界中に放映してくれた。ユーチューブで「淮河衛士」をヒットすると放映する元を見ることができる。私も 2016 年 5 月に河南省を訪問する機会があり実際の施設を見ることができた。



図 35-4 河南省の地下水汚染で癌村に生物浄化法で安全な水を供給
Huo Daishan constructed 40 EPS plants for villagers to supply safe drinking water from the heavily contaminated ground water.

36. ラオスでも新しい動きが New movement for EPS in Laos

さいたま市水道局の下村政裕さんはブラジル・サンパウロ市 JICA 漏水対策のプロジェクト・リーダーを引き受ける際、私にブラジル事情に関し問い合わせがあった。私は 1974 年から大変にお世話になった日系の日野寛幸さんを紹介した。日野さんは「おいしい水の作り方」をポルトガル語に翻訳してくれ下村さんの尽力でポルトガル語訳本をサンパウロで出版することができた。この訳本の最後

に漏水対策プロジェクトについても書いてもらった。

第4回MaWaSU国際セミナー 2016年11月16-18日、ラオス



図 36-1 ラオスでも生物浄化法で地方の人に安全な水をと
Introduction of EPS technique for rural area in Laos

その後、下村さんはラオス国の水道支援プロジェクトのリーダーをしていた。日本の水道関係者が都市給水を支援してくれていたがラオスの地方には私の生物浄化法技術が適していると感じていた。私はラオス、サバナケット市で2016年11月に開催した国際セミナーに招待された。私は次に考えている地方給水プロジェクトでは地方の村人でも維持管理できる生物浄化法技術が有効であるとモデルまで作成し浄化の仕組みを解説した。

37. JICA-ODA 技術として紹介

Introduction of EPS for Japanese ODA technique by JICA

開発途上国へ最新の機器や装置を供与しても、プロジェクトが終了し日本の技術者がいなくなると、最新の機器は故障し維持管理に問題があることが多々ある。高度な技術と維持経費がかかる施設や

80

を使わず、開発途上国の人でも容易にできる。JICA は海外技術援助に適している技術と盛んに紹介してくれている。



図 37-2 JICA 広報誌でも生物浄化法を紹介

EPS technique was introduced by JICA's Public Information Journal.

この考えと技術は「わかる国際情勢」(2014 年 7 月、外務省)、外務省の 2015 年版開発協力白書で生物浄化法技術を紹介してくれた。2016 年版の ODA 白書でも紹介してくれた。

2016 年 5 月号の JICA 広報誌 Mundi は特集「水道日本、世界へ」であった。オール沖縄県のサモア水道支援プロジェクトをまた「生物浄化法を用いたフィジーの給水」についても紹介してくれた。この特集には日本水道協会の JICA 研修で高崎市の緩速ろ過による浄水場を見学している写真も紹介していた。

38. 生物浄化法だと設計指針、維持管理法が変わる New EPS manual will be evolved instead of SSF.

細かな砂でのゆっくりと機械的に篩いろ過させて濁りを除くと

考えられてきた緩速砂ろ過を砂層上部で活躍する生物群集による濁りの捕捉と分解と考える生物浄化法 Ecological Purification System と認識すると設計指針、維持管理方法が変わる。

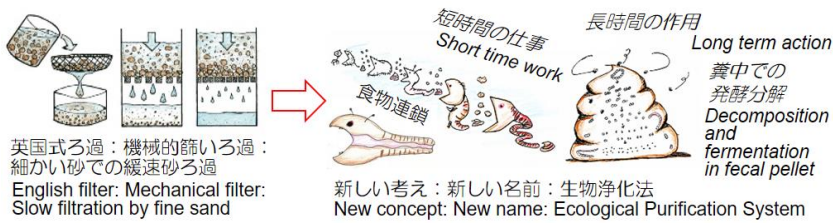


図 38-1 緩速砂ろ過から生物群集による生物浄化法
From mechanical filter of Slow Sand Filter to Ecological Purification System



図 38-2 生物群集が嫌がることをしないことが基本
Gentle for every small organisms is the key of Ecological Purification System.

ろ過池に入ってくる濁りを捕まえるのは顕微鏡でしか見ることができない微小生物から微小動物。濁りを捕まえる時間は瞬間的だった。溶けている物質は細菌や原生動物の細胞表面から吸収される。砂層上部にはあらゆる生物群集が活躍し食う食われるの競争の食物連鎖がある。小さな生物は食べたものは腸管を直ぐに通過してし

まう。排出された糞塊の中で本当の意味での分解が進む。糞塊の中で酸素が無くなった状態で発酵による分解が生ずる。

緩速砂ろ過処理は従来の教科書に書かれている常識とは大きく異なっていた。ろ過池は①Shallow depth: short pass time: 浅い水深だと水の滞留時間が短くなり酸素不足にならない。②Algal growth: 藻を繁殖させ③Photosynthesis: 光合成による気泡で④Lift up: 藻は底から浮上する。⑤Microscopic organisms: 顕微鏡で見ないとわからない生物から微小動物が⑥Trap and decomposition: 濁りなどを捕捉、分解する。浄化には動物群集が必要だった。⑦Food chain: あらゆる生物が関与する食物連鎖が浄化のカギだった。⑧Sand is habitat: 砂は単に生物が活躍する棲み場で砂が動かないことが必須だ。⑨Large size of sand: 大きな砂だとろ過抵抗が小さいので大きな砂が良い。⑩Radiation relates to algal photosynthesis: 藻は日射に、Temperature relates to animal activity: Faster rate in warm condition: 動物活性は温度に関係する。暖かいならろ過速度が速くて良かった。⑪Passing time through active layer: 生物が活躍する層を通過する時間は短時間。⑫Fast filter rate: ろ過速度は速い方が酸素不足にならないので良か



図 38-3 千曲川の河原で湧き出す水は天然の生物浄化法の水、澄んで栄養塩豊富で藻が大繁殖
Seepage water in flood plain is nutrient rich and clear natural EPS water. Algae grow well in shallow depth.



図 38-4 生物群集による浄化の仕組みの理解が良い管理を生む。Understand of EPS mechanism is the key for easy maintenance of the plant.

った。

あらゆる生物（藻、細菌、原生動物から微小動物）が活躍できる環境が望ましかった。動物は酸素が十分ないと活躍できないので流れが必要だった。濁りでろ過池が目詰まりしないように、ろ過池の前に沈殿池や上向き粗ろ過が必要だった。生物浄化法はエコでスマート・テクノロジーだった。

水層から砂層へ流れが急に変化する境界層で新しい生物群集が活躍する。常に安心して生物群集が活躍できるようにやさしくしないとイケない。しかし原水水質が急に変わることがある。それでも生物群集が活躍できるように沈殿槽（池）や上向

き粗ろ過槽がある。これは保険である。砂層表面で生物群集が活躍するが水質の急激の変化があり生物活躍層を通過してしまうことがある。それでも大丈夫なように厚い砂層が 1m もある。砂の表面に吸着するための保険の層だ。想定外の水質変化に対応するために保険（沈殿槽、上向き粗ろ過槽、砂槽）は大きい方が良い。

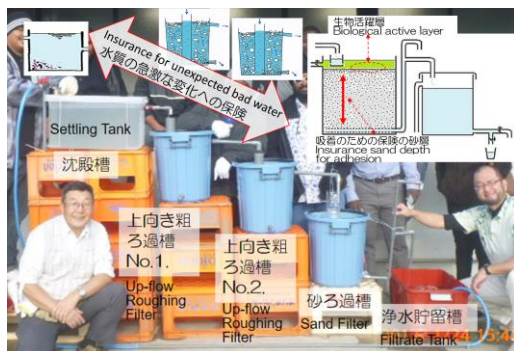


図 38-5 突然の水質変化に対処するため、沈殿池、上向き粗ろ過など、砂層も厚くし、保険は大きいほど良い。

Against unexpected risks, we must have enough insurance and guarantee system.

39. 英国生まれの技術が日本で生まれ変わり世界へ Slow Sand Filtration re-defined in Japan as Ecological Purification System

高緯度で日射量が少なく気温も低い英国生まれの緩速ろ過技術は、夏は暑く冬は寒い日本で生物群集による浄化が主と認識された。

日本発の新しい考えの生物浄化法が世界へ広まりだした。

私は公共水道の発祥地スコットランドのグラスゴー大 (Univ. Glasgow) で 2010 年 5 月 17 日「水処理での食物連鎖：スコットランドの発明、緩速砂ろ過は日本で生物浄化法と再認識された (Food Chains in Water Treatment: A Scottish invention of Slow Sand Filtration re-defined in Japan as Ecological Purification System)」と題して、5 日前の 5 月 12 日は緩速ろ過処理が完成した英国ロンドンのユニバーシティ・カレッジ・ロンドン (UCL: University College of London) で昼講話 (Lunch Hour Lecture: An English invention of Slow Sand Filtration to make safe drinking water is re-defined in Japan as Ecological Purification Systems) をする機会があった。2014 年には第 5 回緩速・生物ろ過国際会議が日本で開催され、生態学の視点が注目された。

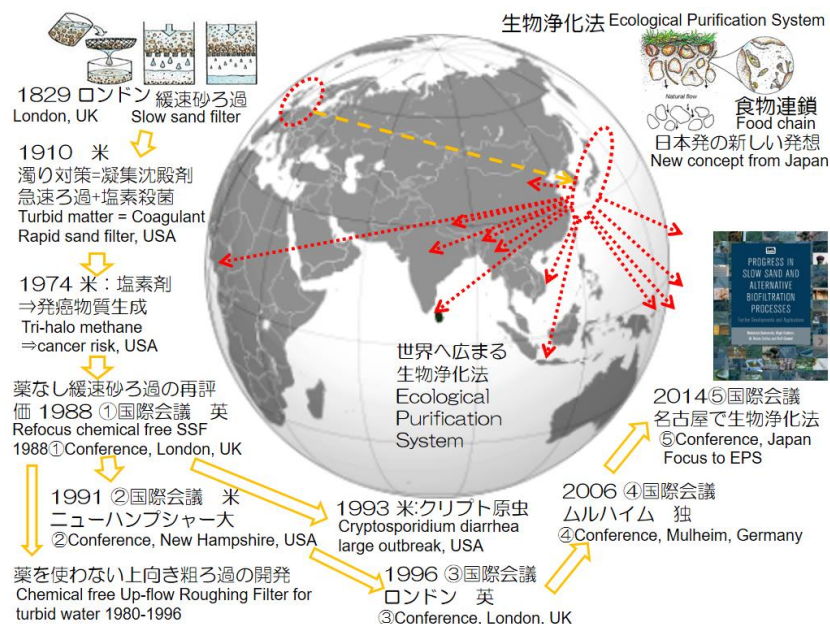


図 39-1 機械的篩いろ過でなく生物群集による浄化だった Safe water was believed by the mechanical filtration with fine sand. The real mechanism was based on the Ecological Purification System which was recognized in Japan.

40. 参考 生物は必死に生きようとしている

References: Every organism always tries to survive.

「生でおいしい水道水ーナチュラルフィルターの緩速ろ過技術 (2002 年、築地書館)」は縦書きの読み物として「おいしい水のつくり方ー生物浄化法ー飲んでおいしい水道水復活のキリフダ技術 (2005 年、築地書館)」は横書きの技術解説本として出版した。

水道関係雑誌の月刊「水」に 1993 年から 2011 年まで長期間に渡り緩速ろ過について多数の解説を発表させてもらった。

① Nakamoto, N. and Okino, T. 1972: Activity of Phytoplankton Excreted by Fish. Bull. Plank. Soc. Jap. 19(1):1-4. 池中の藻や底の表面の藻を金魚は盛んに食べるが緑藻は消化できず通過するだけで珪藻は殻だけになっていた。糞をばらして光合成活性を測定したところクロロフィル当たりの活性は池の水より大きかった。金魚の糞中の緑藻の活性は池中の藻より良くなっていた。緑藻は堅固な細胞膜で覆われ金魚が緑藻を食べても短時間で腸管を通過し生きたまま排出されから池の水は緑色になる。食べたものを全て消化できるとは限らないことを示した。

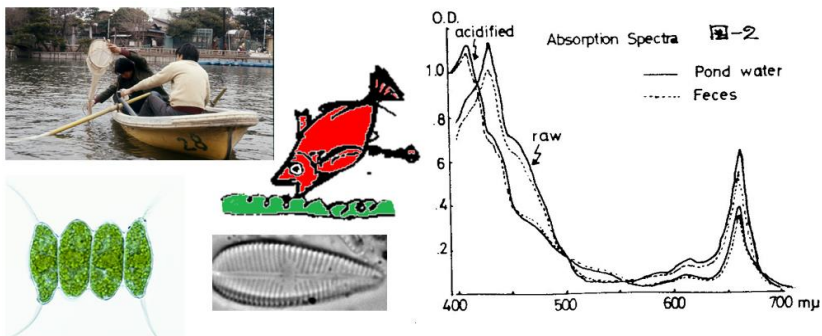


図 40-1 金魚の糞中のプランクトンは、緑藻はそのまま、珪藻は殻だけに。Green alga was live form, but diatom was digested in the fecal pellets.

② Nakamoto, N. 1975: A Freshwater Red Tide on a Water Reservoir. Jap. J. Limnol. 36(2):55-64. 完成したばかりの大き

なダム湖流入部で鞭毛藻が大繁殖→河川と湖沼の中間の人工湖での淡水赤潮現象として報告した。流れがある河川では河床の礫上で繁殖する付着藻類は流されないで繁殖できるが、浮遊性の植物プランクトンは流され繁殖できない。また河床の礫間で活躍する微小動物などによる分解も盛んで栄養塩は豊富になる。

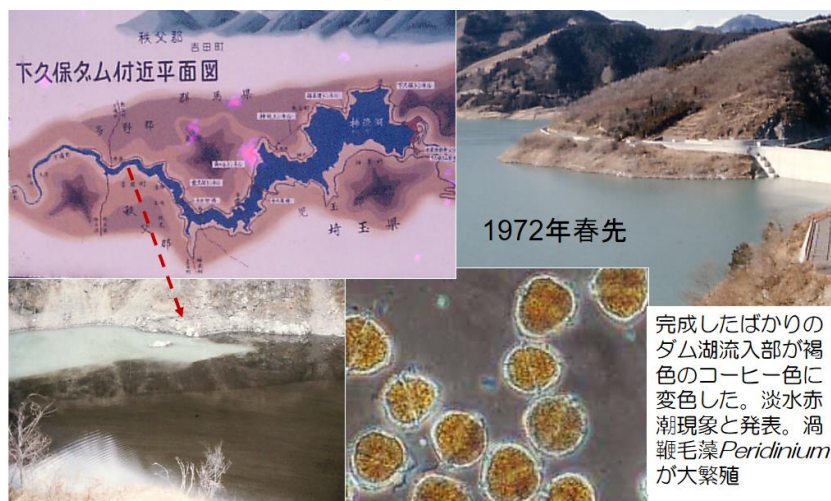


図 40-2 河川水がダム湖に入り、水の流れが急に止まる境界で淡水赤潮現象
Bloom of filamentous alga (*Peridinium*) was remarkable at the boundary region between the river and the reservoir.

流れが急にほとんど無くなるダム湖流入部では、動き回ることができる渦鞭毛藻類ペリディニウムが大繁殖し水面は褐色に変色していた。ダム際には栄養塩が少なく植物プランクトンは繁殖しにくかった。河川生態系から湖沼生態系への遷移現象に注目した。

緩速ろ過池は流入水が砂層を通過するときに流速が急に変化する。この変化した場所で生物群集の交代があり栄枯盛衰の現象があった。流れがあることで酸素不足にならず微小動物が活躍でき分解が進む系だった。

③ 中本信忠 1986：暗中模索：日伯陸水共同研究事始、生物科学（岩波書店）：38(3):140-148. Nakamoto, N. 2011: Idea of

Ecological Purification System for Drinking Water Comes from Broa Reservoir: *Oecologia Australis* 15(3):709-713, September 2011

1974 年ブラジル・サンパウロ州のサバンナ地域のダム湖生態系では活性が悪い藻が多いのに気づいた。長さ約 7 キロの浅いダム湖では表層、低層という考えでなく、流入からダム際への縦断的な変化が重要であるのことに示した。雨が降ると栄養物質がダム湖へ流入し待ち構えていた生物が一斉に動きだしていた。

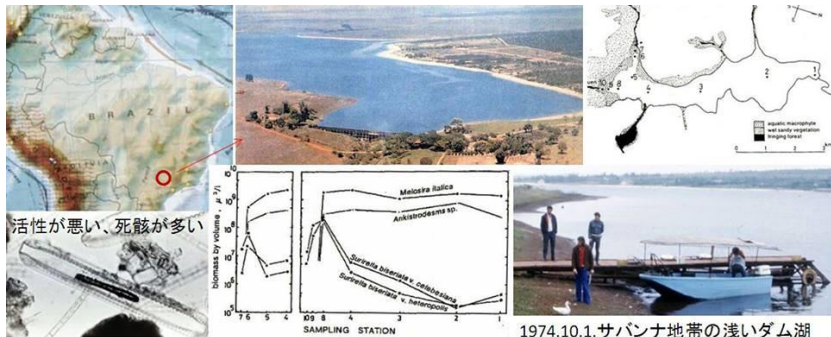


図 40-3 栄養物質は生物が繁殖し直ぐに消費されるから活性が悪かった

We made a survey the longitudinal changes along the line of a reservoir in Brazil. There were so many organisms under extremely hungry condition. I tried to evaluate their condition on the point of biological organisms.

④中本信忠 1983：水中の生物利用可能栄養物質質量の新しい水質評価法、水道協会雑誌 52(12：591 号):14-28. Nakamoto, N. 1981: Evaluation of available nutritional matters in aquatic environment by use of heterotrophic activity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21:719-723.

ブラジルの大陸、サバンナ地域の浅いダム湖の水質を測定したら栄養塩濃度がほとんど無く、化学分析でも評価するのが難しかった。ダム湖の水質を測定するために溶存酸素濃度を測定していた。水質汚濁の指標として BOD を測定し生物利用可能な有機物量を評価することが普通であった。BOD は瓶に入れて溶存酸素濃度を測定し、生物利用可能な有機物を測定する感度が良いバイオアッセイ法だった。そこで生物利用可能な栄養塩（無機物）量を生物の立場で評

価する新しいバイオアッセイ法（MBOD 法）を考えついた。リービッヒの最小律の説明には樽モデルを用いるが生物が必要とする要素量は要素毎にちがう。そこで、三角モデルを考えついた。生物利用可能の無機物量、窒素量、リン量を溶存酸素濃度の測定で評価できた。

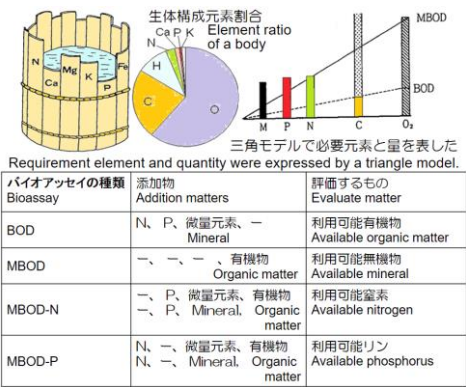


図 40-4 生物利用可能物質の評価
Biological available nutritional matters could be evaluated by MBOD bioassay.

⑤ 中本信忠 1988：緩速ろ過池における藻類被膜の採取道具の試作、水道協会雑誌 57(10) (649 号):17-19. Nakamoto, N. 1993: Schmutzdecke Sampler Reduces Filter Bed Damage. Opflow 19(7):1-4. ろ過継続中でろ過池に水がある状態で、砂層表面の藻類（生物）膜を定量的に採取する道具を開発しアメリカ水道協会に投稿し紹介された。



図 40-5 ろ過継続中でも砂層表面を定量的に採取できる道具を自作する
We can measure the condition and quantitative biomass on the surface of sand bed during a filter run.

自作の採取道具を持参して各地の浄水場を調べるろ過継続に伴い砂層上の生物群集の様子を調べた。何の種類が、どれくらいの量なのかを調査することができた。

⑥ JICA 研修でのモデル作成のための説明図

河川表流水
取水する場合、
降雨で河
川水が濁る。
この濁りが砂
ろ過池へ直接
はいるとろ過
閉塞をする。
そこで、濁り
を沈殿除去さ
せるために、
沈殿池を設け
るのが普通で
ある。

重い濁りが
のぞけるが、
軽い細かな濁
りは沈まない。
細かな軽い
濁りは上向き
粗ろ過内の礫
表面に吸着し、
吸着した濁り
は微小生物が
削ぎ落して底
に団粒構造に
して沈める。

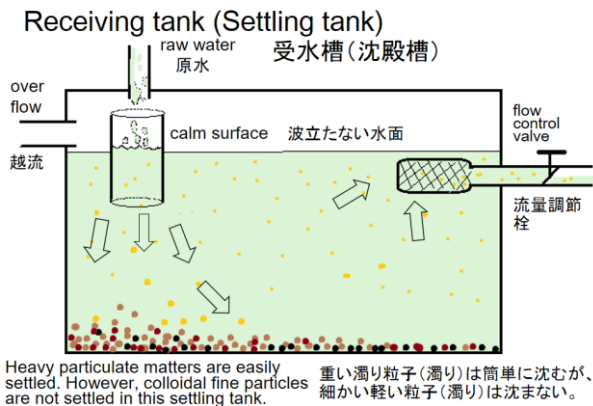


図 40-6 沈殿槽（池）は大きな重い濁りを沈める。滞留時間が長い方が良い。
Heavy turbid matters are settled in a receiving tank. Residence time is the key for settling.

Up-Flow Roughing Filter (URF : gravel filter)

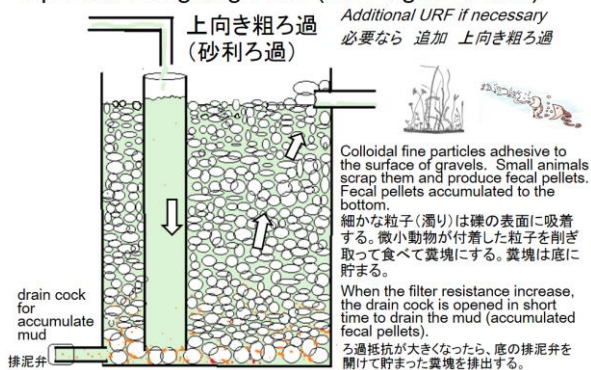


図 40-7 礫の上向き粗ろ過は軽い細かな濁りを除くの
に有効である。礫の表面に吸着した濁りは微小生物の
働きで集められ活性汚泥のように底に蓄積する。
蓄積した量が多くなり過ぎた場合、底から排泥する。
Light colloidal matters are trapped in URF. Adhesion to
the stone surface, biological trap and decomposition
occur in URF. Accumulated mud can be drained using
bottom valve.

濁り除去が不完全なら沈殿槽を大きく、上向き粗ろ過も 2 段階にすると砂ろ過槽が目詰まりしにくい。実際の浄化システムは断水させないようにしないといけない。濁り対策で保険的に大きな能力のシステムにしたい。

上向き粗ろ過槽の底は

5cm 位の大きな礫を、その上は大きさ 1～2 cm 程度の石を使った。砕石でも良い。砂ろ過槽の底には穴あき（切れ目でも良い）パイプを、その周囲にプラスチックの防虫網を巻き砂が入らないようにする。砂ろ過槽には礫は必要なく全て砂を用いる。砂は水を流しながら防虫網で篩い細かな砂を除いたのを使用した。礫や砂を徹底

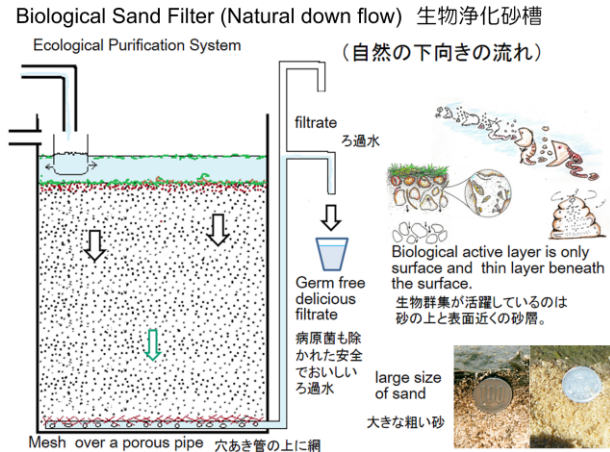


図 40-8 ろ過槽の砂層表面に藻が良く繁殖する。藻を食べる動物がいる。生物が活躍する層は薄い。その下の砂層は、吸着するための保険的な層だ。

Algae and animals grow well on the sand surface. Deep sand layer is a guarantee layer to emergency.

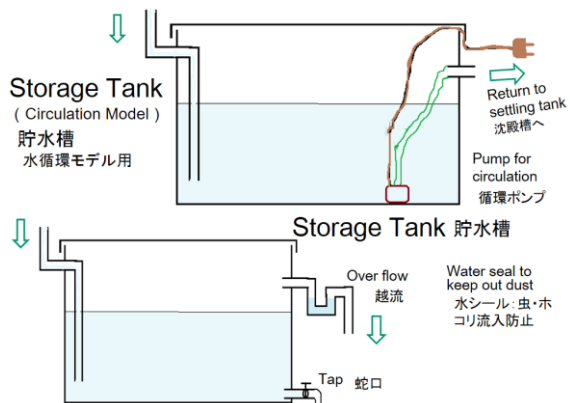


図 40-9 ろ過水貯留槽は蓋をする。
Storage tank for filtrate is covered.

的にきれいに洗う必要はない。水を流していると自然と礫や砂の表面に付着している細かな汚れは生物群集がきれいにしてくれる。

ラオスの国際セミ（2016年11月16日から18日の3日間）で講演した。国際セミだけで前後1日ずつの短期滞在で浄化モデルを作成した。日数の余裕がないので、プラスチック水槽（沈殿槽、上向き砂ろ過槽（バケツ）を2槽、砂ろ過槽（バケツ）、貯水槽）、砂利、砂、長いホース、台は現地で予め調達してもらった。穴をあけるための充電式ドリルなど工具、パイプカッター、鋸、針金、塩ビパイプ、パイプなど細かな部品は日本から持参した。



図 39-10 ラオスでモデルを作成するために持参したパイプ部品
I brought some pipe parts of a model for Laos workshop from Japan.



図 40-11 ラオスで作成したモデル
EPS model which we made in several hours.

原水を着水井から自然流下でモデルに流すことであったが、水圧が足りず水中ポンプを使用した。モデルを作成し現場で仕組みを解説し、顕微鏡を用いて実際のろ過池の砂層表面の生物も観察した。

おわりに 生物の気持ちを代弁しようとしてきた
Epilogue: I want to be a spokesman for small organisms.

高校生時代に生物部で顕微鏡でしかわからない単細胞のゾウリムシが高等生物と同じような機能があるのに驚いた。プランクトンは動きまわる行動で自己主張をしていた。生物をもっと勉強したいと思い東京都立大学理学部生物学科に進んだ。

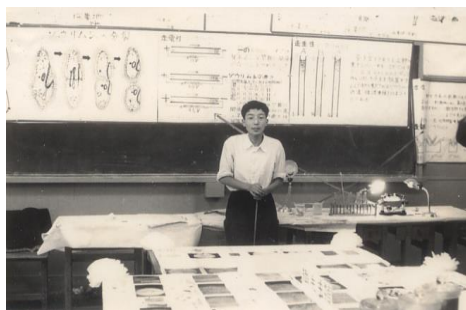


図 E-1 高校文化祭でゾウリムシについて
I presented about *Paramecium* at the annual high school festival.

大学院生時代、海洋調査で外洋航海にでて自分で修理できない道具や機器を持ってきてはいけないと言われ、道具や機器は仕組みを理解しないと使ってはいけないことを知った。何でも自分で工夫し進むことが研究の面白さであった。



図 E-2 1969 年「白鳳丸」で 94 日間調査
I joined a phytoplankton research in Pacific Ocean during the 94 days' cruise in 1969.

中本は水質汚濁、湖沼の富栄養化が問題になりだし有益と思われた化学薬品が生態系のなかで有害物質に変化するという想定外の事実が注目されだした頃に本格的に研究しだした。



R. カーソン
1962
沈黙の春
DDT、枯葉剤、生物濃縮



IS THE WATER SAFE TO DRINK? Robert H. Harrisほか
1974.6.
飲み水は安全か? コンシューマー報告

塩素化合物による発癌物質
トリハロメタン生成リスク

アスベスト管の発ガンリスク

図 E-3 自然界の生態系での生物濃縮が注目された。

Warning that useful chemicals changed to risky matter in the ecosystem.

論文を書く際、過去の研究を徹底的に調べどこが新しい発見なのかを見極めることが必要であった。論文や教科書に書いてあることはさておき自分で確かめた事実を信じ研究を進めるようになった。

中本は海拔 500m の上田市染屋浄水場で藻の繁殖を学生と一緒に研究を始めた。海拔 700m の石舟浄水場での藻の繁殖の方が良かった。その原因は標高差 200m が水深 20 cm 浅い場合の水圧に相当し、気泡が生じやすかった。水深と水圧の関係、水深と日射の関係が藻の光合成に関係していた。常に水温が高い沖縄では捕食動物の影響が大きいことを実感した。英国テムズ水道のろ過池やサモアの浄水場を調べ、砂の大きさ、材質も関係なく、砂が動かないことが重要であった。

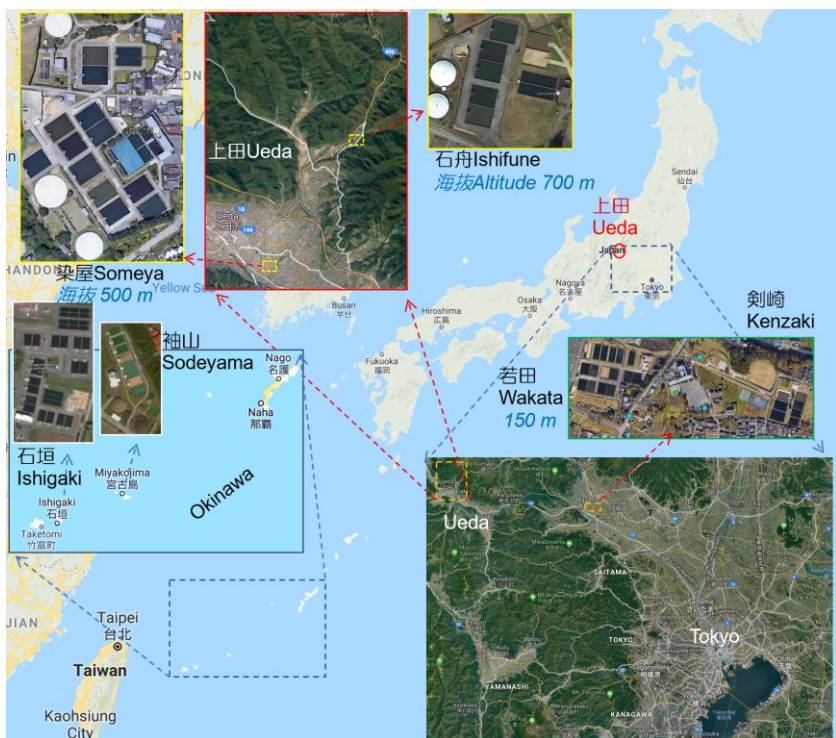


図 E-4 上田、高崎、沖縄の主な研究調査場所 Major study sites in Japan.

生物は水温、日射、水質で反応が異なる。経過日数と共に現れる

生物群集は異なる。変化した環境に順応して活躍するのが生物の姿である。物理化学現象は数値化をしやすいが生物群集が関与する自然現象は数値化が難しい。各自が自分で確かめ、自信をもって自分に適した装置、施設を建設してもらいたい。

薬品を使わず安全な濁り対策として開発された上向き粗ろ過は単に砂利表面での吸着だけでなく、吸着した濁りを生物群集が削ぎ取り、そこで食物連鎖系が成り立っていた。薬品を使わないので生物群集にやさしい濁り対策であった。



図 E-5 生物の立場で考えるの基本だった Ecological point is key.

スーパークリーンの水で、本当においしい水をつくるには、生物群集にやさしくするため化学薬品の影響を極力さけることであるのを高崎市若田浄水場の維持管理で勉強した。夏の豪雨で原水が濁っても凝集剤を使わないことで浄化した水の水質が良くなりキンビール工場が使ってくれた。精密計器での濁度の数値よりもキンビール工場の利き水の専門家の味覚感度の方が良かった。

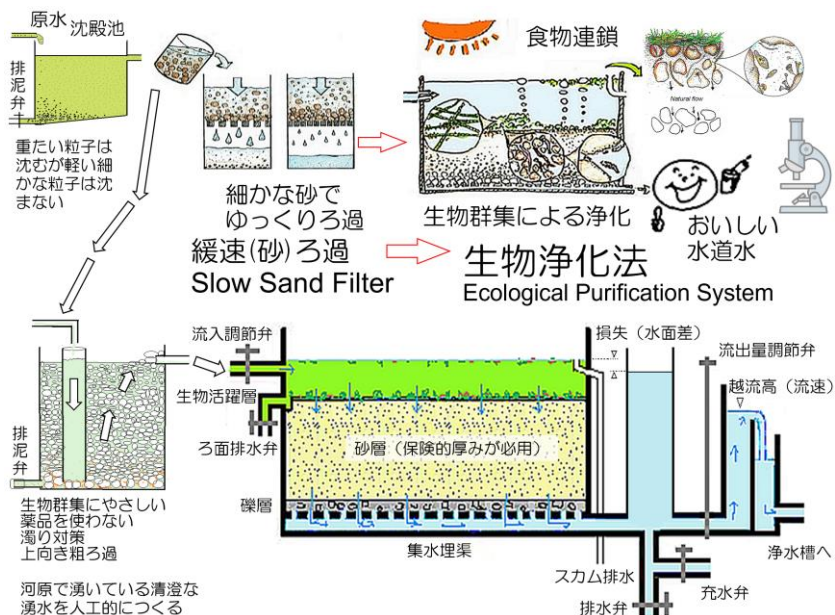


図 E-6 薬を使わず生物群集の気持ちになるのがカギだった
Gentle for small organisms without chemical is key.

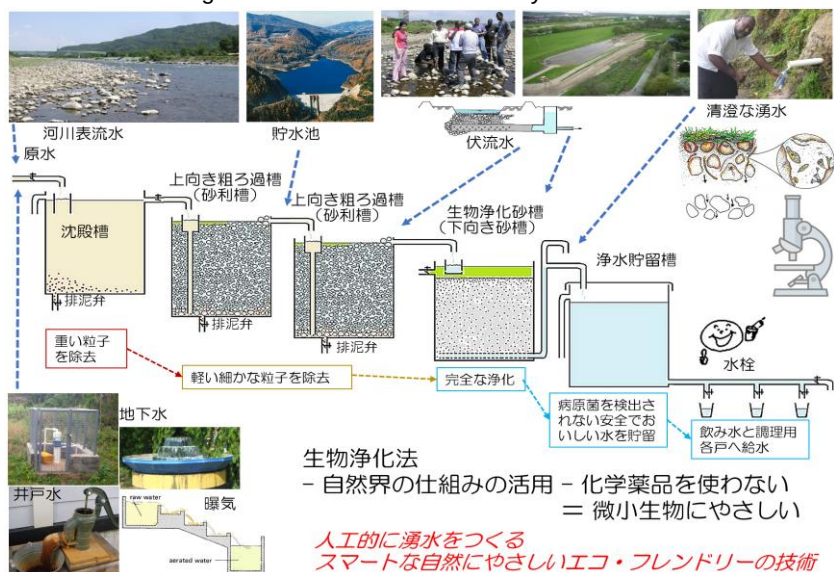


図 E-7 薬を使わない生物浄化法でのおいしい水のつくり方
A design of Ecological Purification System without chemical free.

最後に浄水場研究を続けられたのは上田市水道局の協力があったからで感謝している。沖縄県宮古島の渡真利光俊場長（当時）が信州大を訪ねてき、その後何度も学生と一緒に宮古島の浄水場を調査させてもらった。暖かい地域では生物活性が良く新しい発想が深まり JICA 研修にまで発展した。JICA の応援に感謝している。

多くの浄水場を見学させてもらい比較し生物現象の幅を実感してきた。大変に多くの人にお世話になり皆様に感謝している。

2019 年 8 月

中本信忠

I was interested in phytoplankton in the high school. I found *Paramecium* (Protozoa) and other tiny organisms move around so quickly under a microscope. They look like to struggle seriously for survival. I studied biology and ecology in the Tokyo Metropolitan University. I as a biologist want to be a spokesman for small organisms.

I had a chance to join a phytoplankton research in ocean. For open ocean study, we had to use any instrument and tools which we had to really understand the mechanism. We had to able to repair those things during a cruise in ocean by ourselves. On site decision was necessary and very important to get the good result in the field study.

I must find something new to make a new report during the graduation course. The originality was the most important to write a report. I made thoroughly the investigation of the original research related with my study subject. I became to believe only the real fact which I confirmed by myself. I left aside the subjects in papers and in texts.

The mechanism of Slow Sand Filter has been misunderstood. I recognized this is the Ecological Purification System to make artificial natural safe drinking water. Biological phenomenon is not simple. The phenomenon changes in different environment and during the time of period. The phenomenon of Ecological Purification System is not also simple same as natural phenomena. There is a capacity of adaptability and acceptability to changing environment. This is an Eco-Friendly, Smart Technology. EPS is Beautiful. We would like to confirm the performance of EPS by ourselves. When we understand the system, we can manage it by ourselves. I hope this book is useful to solve your problem.

August 2019.

NAKAMOTO Nobutada

追記 日本水大賞・国際貢献賞

Japan Water Prize: International Contribution Award

中本は本書に書いたこれまでの活動の「生物浄化法による安全な飲料水の普及」で2019年6月25日日本科学未来館にて秋篠宮殿下臨席のもと毛利衛委員長より第21回日本水大賞・国際貢献賞の表彰状を頂いた。



図 P-1 日本水大賞・国際貢献賞を受賞

I received the International Contribution Award of Japan Water Prize in 2019.

3. 都道府県別の浄水場数（平成26年度）

（公財）水道技術研究センター ニュースより
No.547 (H29.1.20.)

以下の図表は、平成26年度における都道府県別の浄水場数を示したものである。

都道府県名	消毒のみ	緩速ろ過	急速ろ過	膜ろ過	浄水場数合計
長野県	346	26	58	13	443
全国合計	3,107	523	1,785	204	5,619

（注）集計対象は「水道用水供給事業及び上水道事業」であり、簡易水道事業は含んでいない。
給水人口5,001人以上の施設で、給水人口5,000人以下の簡易水道は含まれていないのが水道統計

コラム⑭：緩速ろ過の浄水場は、簡易水道には多数ある。

おいしい水の探求-2

中本信忠 信州大名誉教授 理学博士

1942 年東京都世田谷区経堂で生まれる。1965 年東京都立大学理学部生物学科卒、同大学院で微生物生態学、藻類の繁殖と栄養塩に関する研究。また海洋の植物プランクトン研究、ダム湖での淡水赤潮研究をした。

1975 年信州大学繊維学部応用生物科学科助手、1981 年助教授、1990 年教授、2008 年 3 月定年退職、同 4 月信州大学名誉教授。ブラジルのダム湖や自然湖の研究、インドネシア科学院陸水研究センターへの協力、MBOD 法という新しい水質評価法を開発。上田市、高崎市など日本各地、世界各地の浄水場で生物現象を調査、各地で浄水処理の助言などをしてきた。2005 年 9 月「藻の繁殖に注目した緩速ろ過技術」で愛知万博「愛・地球賞」を受賞。2019 年 6 月「生物浄化法による安全な飲料水の普及」で日本水大賞・国際貢献賞を受賞。2006 年から NPO 地域水道支援センター理事長、2015 年から同理事。2018 年から NPO 沖縄 Blue Water 理事。

著書に「生でおいしい水道水（2002 年、築地書館）」、「おいしい水のつくり方（2005 年、築地書館）」がある。

〒386-0032 長野県上田市諏訪形 1218-5

EPS WATER is BEAUTIFUL

NAKAMOTO Nobutada

Professor Emeritus of Shinshu University, Dr. Science.

He was born in Tokyo in May, 1942 and graduated the Tokyo Metropolitan University (Department of Biology, Faculty of Science) in March, 1965. He entered the master and doctor courses of the same university. He studied on microbial ecology, especially algal growth and nutrient in a laboratory experiment and in the fields. He obtained the doctor of science from the Tokyo Metropolitan University in 1980.

After a short term OTCA (JICA) expert of algal culture and eutrophication for the reservoir project of Univ. São Paulo, Brazil in 1974, he appointed a research associate, Department of Applied Biology, Faculty of Textile Science and Technology of Shinshu University in 1975, an associate professor in 1981, a full professor in 1990. After his retirement of the university, he became professor emeritus of Shinshu University in April, 2008. He participated to the Community Water Supply Support Center of Japan (NPO: Non Profit Organization) as the chief director from 2006 to 2017. And he becomes an executive director from 2017 until now. He also participates to the Okinawa Blue Water (NGO) as an executive director from May 2018.





Fiji 村落給水装置 上向き粗ろ過、生物浄化砂槽、貯水槽、給水栓

おいしい水の探求ー２ 中本信忠 2019 年 8 月

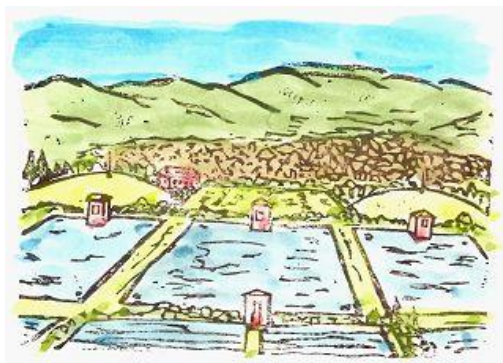
¥1,000.-

ゆうちょ銀行
振替 口座記号
00500 -1

口座番号
103029

払 込 取 扱 票									
00		口座記号・番号はお間違えのように入力してください。							
口座記号		口座番号 (右詰めで記入)						金 額	
00500		1 103029						千 百 十	
各票の 印 通		中本信忠						送金料を 負担して ください	

染屋浄水場、長野県上田市
Someya Water Works, Ueda,
Nagano



〒386-0032 長野県上田市諏訪形 1218-5
中本信忠 cwsckmt@yahoo.co.jp

おいしい水の探求-2

中本信忠

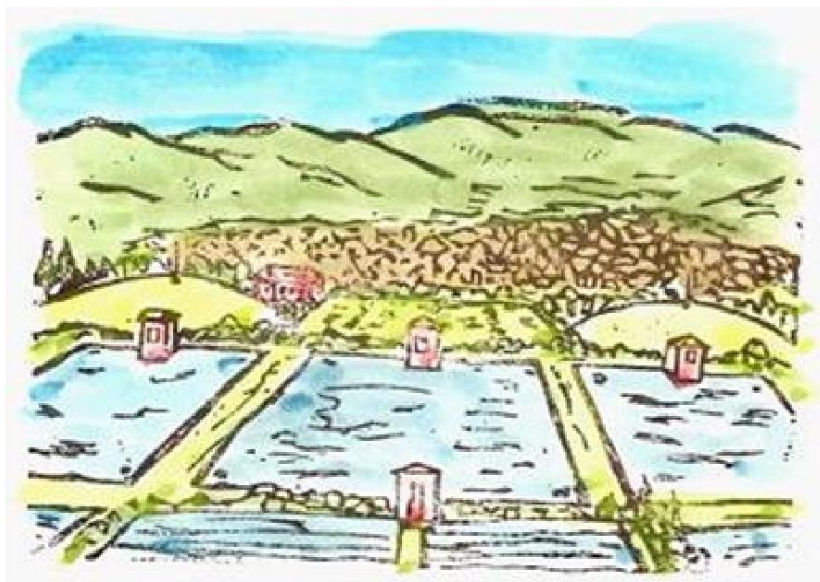
生物群集の活躍による生物浄化法
Ecological Purification System for Safe Drinking Water

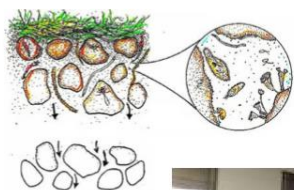
EPS WATER is BEAUTIFUL

NAKAMOTO Nobutada

追記 日本水大賞・国際貢献賞 受賞

令和元年 8 月（2019.8.）





砂が動かないなら生物は安心して活躍できる



生物群集の活動には酸素が必要だ。

おいしい水の探求-2 中本信忠 2019 年 8 月

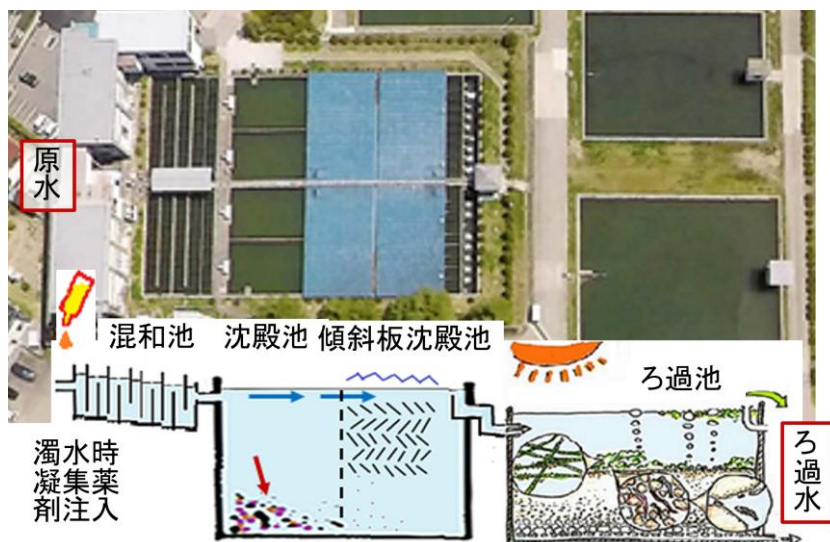
EPS WATER is BEAUTIFUL

NAKAMOTO August 2019

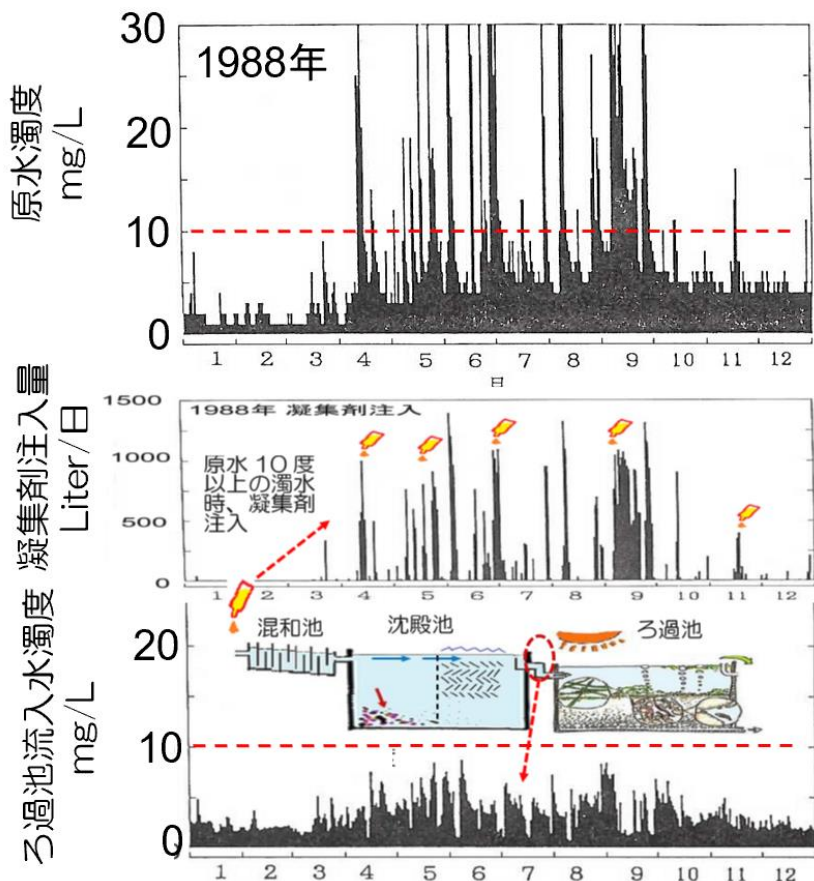
染屋浄水場では濁り対策は沈殿池だけで十分だった。



急速ろ過は、クリプト原虫事故で(p13)、不完全な処理とわかり、日本中で活性炭添加をし濁度基準2度を努力目標の0.1度以下にしないと指導されだした。



染屋浄水場は建設当時は千曲川の伏流水を取水していて沈殿池がなかった。上田市の人口が増えろ過池を増設し、取水を河川表流水に変更した。戦後はの高度成長期は急速ろ過処理が盛んに導入された。当時は、急速ろ過での濁り水対策で凝集剤を使う方法が最新で良いと考えられた。上田市でも生物処理の緩速ろ過での濁り水対策でも凝集剤を添加する仕組みを導入した。



上田市では、私が学生と一緒に調査しだした 1984 年当時から原水濁度が 10 度になると凝集剤を添加していた。1988 年の原水濁度と凝集剤添加量、ろ過池流入水濁度（沈殿後）を調べた。凝集剤を添加するとろ過池流入水濁度は 2 度程度と少なくなった。しかし濁り水が来ても凝集剤を添加しないでも 10 度と超えることがなかった。このことは上田市では生物毒の凝集剤を入れる必要がなかった。

高崎市渡浄水場では、凝集剤を使うと水質が悪くなりキリンピール工場では浄化した水を使ってくれなかった（p43、22 章）。凝集剤を使用するとろ過池での生物群集が驚き、生物活性を損ない生物群集が反応して溶けている物質を分解できなかった。上田市でも、凝集剤の使用を中止すれば、もっと水質が良くなりそうだ。



沈殿池と傾斜板沈殿池での水は、水面近くと流れる。水面下は濁りを沈めるために、水が動かないようにしている。この沈殿池と傾斜板沈殿池を通過時間は、せいぜい 1 時間か 2 時間程度だろう。

ろ過池の水の通過時間は p11、図 4-1 を見るとわかるように、砂層の通過時間は 2～3 時間程度、砂層表面で藻が光合成をし酸素を放出している。日の出と同時に光合成をするので、酸素濃度の変化がろ過水にでてくるのは 2～3 時間程度であった（p28、図 13-1）。浄水場に入ってきた水がろ過水になるまでの時間は、3～5 時間程度である。生物群集が活躍する砂層近くの 1 cm を通過時間は、たった 1～2 分である。緩速ろ過は瞬間浄化であった。