

菅平ダム湖ができれば、上田市の水道水が、不味くなった。
ダム湖が原因でなく、上田市の緩速ろ過池で藻が繁殖するのが嫌で、生物を殺していたのが原因だった。

水道公論 57巻9月号：29-34, 2021
生物屋の緩速ろ過池研究
プロローグ：緩速ろ過は生物浄化法だった

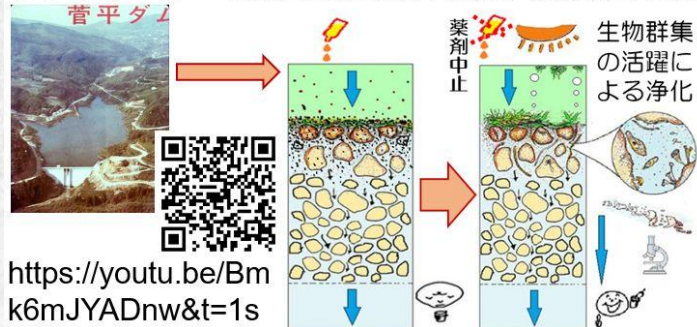


図3 緩速ろ過池研究の紹介

戦後、薬品処理の急速ろ過の導入が盛んになった。高度成長期と言われた当時は、湖沼の富栄養化が進み、藻が大繁殖し問題になっていた。当時の水道関係者は藻の繁殖は浄水処理に悪影響があると嫌がられていた。

上田市ではろ過池で繁殖する藻はろ過水に臭いを付け、目詰まりさせると思い殺藻剤を添加していた。少し調べると、この考えと殺藻処置は上田市だけでなく日本中で行われていた。

2 大先輩が誤解していたのに気づく

大学の研究者は、新しい事実を見つけたら、まず学会などで口頭発表し研究仲間から批判を受けた。その後、発表原稿を修正し学会誌で公表するのが一般的であった。緩速ろ過処理は古い技術なので、何が新しい発見、事実になるか、まず過去はどの程度研究されているか調べる必要があった。

研究を始める前、1983（昭和58）年、緩速ろ過池の生物現象について、国内外の水道関係の本や日本水道協会雑誌の創刊号から緩速ろ過に関する発表を全部調べた。日本水処理生物学会誌の関係論文も創刊号から全て調べた。

日本では戦前、大阪市水質試験所の近藤正義さんが大阪市の柴島浄水場のろ過池を精力的に調べていた。1935（昭和10）年から1939（昭和14）年の間に「上水道に於ける濾膜の生物学的研究」として日本水道協会雑誌に多数の論文を発表していた（図4）。日射が多くなる春に藻類量は多くなり、夏に少し減り、秋にまた多

戦前に、大阪市の柴島浄水場で緩速ろ過処理を勢力的に研究していた。

近藤さんは多岐に渡り、徹底的に調べていた。

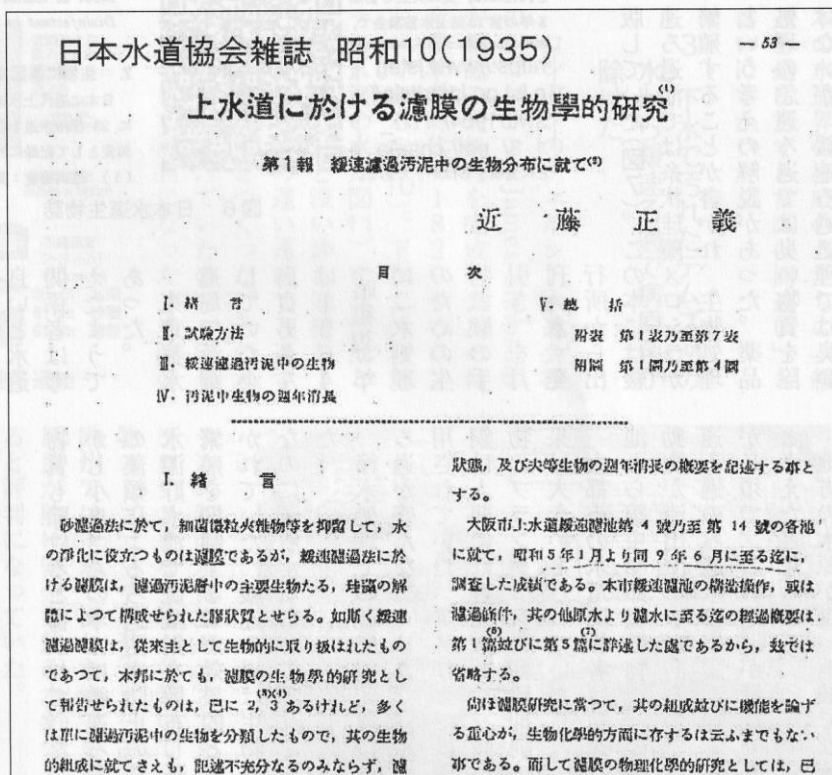


図4 近藤さんの研究

近藤さんは緩速ろ過の濾膜の生物を調べていた。柴島浄水場で、淀川からの取水した導水路に硫酸バンドという凝集剤を添加していると書いてある。おかしいと思っていなかったのかな。

ろ過池の砂層上の汚れと、珪藻量の季節変化。
この珪藻量の季節変化は、湖沼での季節変化と似ていた。

第4図 創設時に於ける汚泥量と汚泥中珪藻数との比較

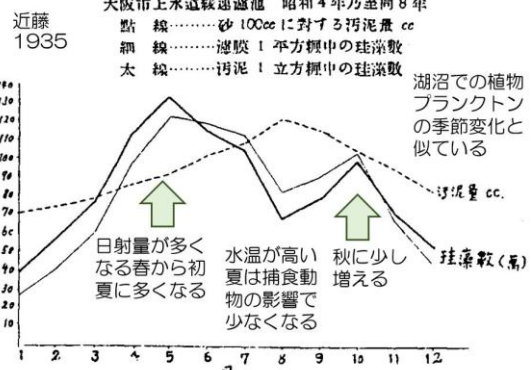


図5 砂層上の藻類量変化

近藤さんは、ろ過池から動物が逃げることは明治時代からあるとあった。

た。私も近藤先生以上に何ができ
るかを考えてしまった。

近藤正義さんは日本水処理生物
学会が発足した1964(昭和39)
年、その創刊号に10ページの総説
「日本水道生物学誌」を発表してい
た(図6)。この総説には明治時代
から水道水に砂層上部で活躍して
いる動物(線虫、環形動物や節足
動物など)が砂層からろ過水へ流
出する事が記載されていた。
ろ過池から微小動物が流出する
のを防ぐため、動物の餌になる藻
の繁殖を減らそうとし水源や導水
路で殺藻剤を添加していた。
昭和の始めには東京市でも貯水

日本水道生物学誌

日本水処理生物学会誌
1巻1号3-12,1964

近藤正義*

1. はしがき

日本における水道の水質検査は、水道の現場から離れた別の試験機関で始められた。したがって、水道生物学もまた水道の水質検査を担当された衛生試験所で誕生した。しかし、明治時代においては給水栓から虫が出たという事故がとりあげられただけのようで、しかもこのような事故は公表をさげられた事情もあって、そのような記録もほとんど残されていない。

生物学者によって水道の生物学的管理がはじめて提唱されたのは、実には大正の初期5年の第13回上水協会で、
https://www.jstag.ejst.go.jp/article/jswtb1964/1/1/1_1_3/_pdf-char/ja
とに裏書するばかりである。

「日本水道生物学誌」と1字変更させていただいたこと
をお許し願いたい。

本文に入るに先立ち、日本における水道生物の草分け
時代に参考された外国文献をここにあげておく。

Whipple, G. C.: *Microscopy of Drinking Water*
(1887)

Kirkpatrick, R.: *The Biology of Waterworks*

Mez: *Mikroskopische Wasseranalyse* (1898)

Moor & Kellerman: *Copper as an Algicide and
Disinfectant in Water Supplies* (1904)

2. 生物に基因する事故例(その1, 明治)

日本に近代水道が創設されて以来、明治時代にす
でに23都市水道を数えるが、その間の水道における生物
異変として記録に残るものは、つぎの2例に過ぎない。

(1) 遠山椿吉: 東京市改良水道ノ衛生学的観察(狗精

図6 日本水道生物学誌

池での殺藻処理が年中行事になっ
ていた。
緩速ろ過が明治時代に日本に導
入された。それは緩速ろ過で病原
菌が除けることで導入された。し
かし緩速ろ過池の砂層から動物が

版していた(図7)。この本には緩
速ろ過池では糸状珪藻メロシラが
繁殖することが書かれ、生物処理
という考えの解説があった。薬品
処理の急速ろ過では臭い物質を除
けないが、緩速ろ過処理では臭い

物質も除けると書かれていた。し
かし小島さんの本には緩速ろ過池
の藻類によるろ過閉塞防止のため
水源貯水池で硫酸銅を散布し藻の
繁殖を抑制するのが効果的とも書
かれていた。緩速ろ過は生物処理
なのに矛盾する事が書かれてあっ
た。
浄水処理での硫酸銅使用は急速
ろ過が盛んなアメリカで盛んに使
用されていた。アメリカでは硫酸
銅は人間には害が少なく、微小生
物のプランクトンの繁殖抑制の効
果は大きいとされていた。
大都市の水道関係者は緩速ろ過
池から線虫や節足動物などの微小
動物が流出する事があるので、急
速ろ過のろ過水に塩素添加するの
が必須で、この処理が最新で良い
と考えたと思われる。
地方の水源が良い地域では緩速

漏れること
は病原菌も
漏れている
可能性があ
ると考え、
藻や動物も
いない方が
良いと水道
関係者は考
えたようで
あった。
東京都水
道局で活躍
していた小
島貞男さん
は1964
(昭和39)年
に『水処理
のための生
物試験の手
引き』を月
刊「水」発
行所から出
版していた

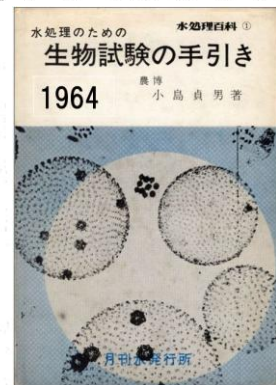


図7 緩速ろ過の解説が主

緩速ろ過では、病原菌が除ける事が重要で、生物現象は重要でなかった。

小島貞男さんは、東京都で、水源と、ろ過池の生物について研究
した。硫酸銅散布で、貯水池でのプランクトン抑制と研究。
緩速ろ過は、ろ過速度は遅い方が良いと思っているようだった。

大先輩は、緩速ろ過は、遅い方が良いと思っていた。夜間に酸素が少なくなり、ろ過池から生物が漏れる事があったとは気づいていなかった。

緩速ろ過といふ名前だけで誤解処理をしていたのに気づいた。

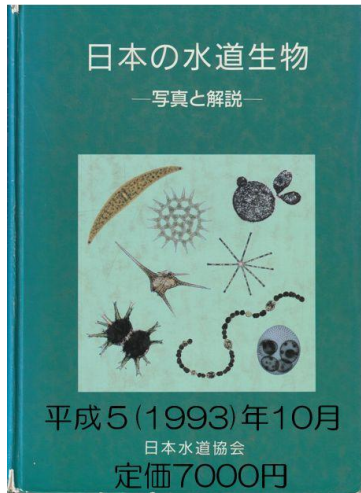


図8 水道生物解説本

ろ過池で、夜間に溶存酸素が無くなると、動物が逃げ出した。

ろ過池から動物が流出する事故は少なかった。動物がろ過池へ流出する事故は大都会で多く報告されていた。そこで日本の水道界の権威者は「緩速ろ過は水源が良い場合に適し、水源が悪い都会には向かない」と言っていた。

1993 (平成5)年に日本水道協会から『日本の水道生物』(図8)が出版された。この本に「貯水池等で障害となる植物プランクトンが増殖する兆候が現れたら、殺藻剤である硫酸銅を散布し、未然に防ぐ」とあり、硫酸銅散布の写真がある。また、ワムシ類について「緩速ろ過池などに普通にみられ、砂ろ過層を通過し、浄水中に出現する」、「線虫類は砂ろ過池から漏出し、塩素に比較的抵抗性があり、給水栓からも生きのまま流出することがある」、ワラジム



図9 ろ過池が漏れる動物

シ、イトミミズ(環形動物)についても「砂ろ過池などで増殖し、浄水中へ漏出することもある」、昆虫類(ユスリカ幼虫、カワゲラ、カゲロウ、トンボなど)については「緩速ろ過池の砂層に穴をあけ、浄水機能を損ね、給水栓から流出するなどの障害を起こす、前塩素処理を行わないろ過池にも生息し、ろ過水に漏出することもある」と解説がある(図9)。

大学で自然界での物質の循環には生物が関与していることを学び、生態学研究室で研究してきた私は「緩速ろ過は生物処理で、硫酸銅添加で生物を殺すのはおかしい」と思った。しかし、日本の大先輩、日

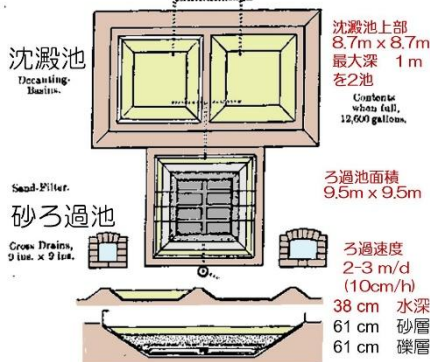


図10 水深が浅い緩速ろ過池

本の水道界の権威の人たちの「緩速ろ過に対する常識は間違い」と言いにくかった。

3 下水で汚れたテムズ河の水から緩速ろ過で病原菌が除けた

ロンドンのチェルシー水道会社のシンプソン (James Simpson) が緩速ろ過処理を完成させたのは産業革命時代、1829年のロンドンである(図10)。下水で汚れたテムズ河の水(図11)を沈澱池と水深が38センチと浅い砂ろ過槽を1日に2〜3回の遅い速度でろ過すると清澄な水をつくった。その水は病原菌が除けていたので、安全な水として評判になった。当時の

テムズ河の水は虫メガネで見るとグロテスクな生物が多数いて「怪物スloop」と言われていた(図12)。欧州では下水で汚れた水でも、病原菌が除け安全な飲み水がつけると評判になっていた。

日本も幕末から明治にかけて多くの人が欧州に行き、最新技術に触れた。明治時代には英国人の指導により英国式緩速ろ過を日本に導入し日本中に広まった。

近藤さんの総説(図6、前出)にあるように、明治時代から砂ろ



図11 下水で汚れたテムズ河

水道原水は、下水で汚れた水で、ろ過池で藻が大繁殖していたと思う。200年前の、ロンドンのろ過池の水深は38cmしかなかった。砂面上の水の通過時間が短いので、酸素不足にならなかった。

テムズ河の汚れた水は、モンスタースープと言われた。

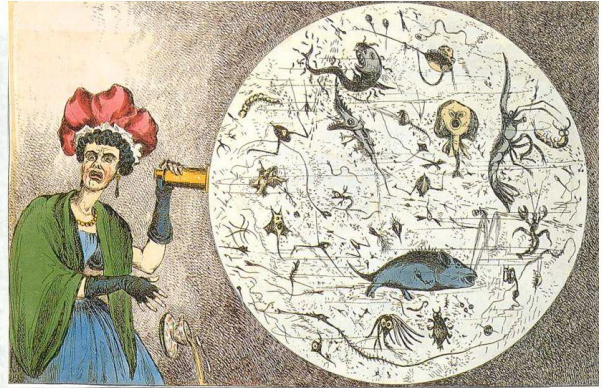


図12 モンスタースープ

日本の設計指針の深さは深すぎる。

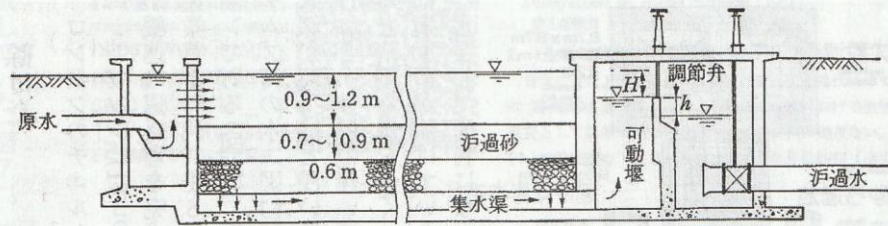
思っていた。

「緩速ろ過で活躍している微小動物（線虫、ワムシ、ミミズ、ユスリカ幼虫など）がろ過水に流出する現象は、ろ過池水深が深く、ろ過速度が遅すぎ、砂層上部で活躍した動物は、夜間に酸素不足になり危険と思つて必死でろ過水の方へ逃げだした」と思った。

シンプソンが緩速ろ過処理を完成させた当時、テムズ河の水は下水で汚れ栄養塩が豊富で緩速ろ過池では、藻が大量に繁殖していたと推測される。砂面上および砂層上部で生物群集が活躍し、日射が当たる日中は、砂面上の藻は酸素を生産するが、夜間は酸素を消費する。ろ過池の水深が38cmと浅く、砂面上の水の滞留時間も短く、水が常に流れているので、砂層上の水の溶存酸素が無くなるということが無く、砂層上部で活躍する微小動物は安心して活躍していたと思われた。

過層から動物が漏れることがあり、日本では緩速ろ過は水源が良い場合に適した処理と思われていた。水源が悪い都会では沈殿池やろ過池で藻が繁殖し、砂層上部で捕食動物が繁殖し、その動物（線虫、ワムシ、ミミズ、ユスリカ幼虫など）が砂層を通過することがあると言われていた。

河川や湖沼での生物現象を研究していた私は図3（前出）に示したように「緩速ろ過処理は自然界の森林土壌と同じで、砂層上部で活躍している生物群集が鍵」と



日本水道協会、水道施設設計指針・解説
ろ過池水深0.9~1.2m、ろ過速度4~5m/dを標準、原水水質が良好の場合、ろ過速度を速くできる。8m/dが限度。

図13 緩速ろ過池の構造図

テムズ水道では原水中の栄養塩濃度が極端に濃く、ろ過池で藻が大量に繁殖し、溶存酸素の日変化が大きい。水深が浅いので夜明けに酸素不足にならなかった。

4 テムズ水道を訪問

私は1992（平成4）年8月にスペインでの国際陸水学会で上田市での糸状藻類の繁殖と溶存酸素の日変化について解説をし、ろ過池での生物群集による浄化について発表した（図14）。

スペインへの学会に行く前にテムズ水道を訪問したいとテムズ水

日本水道協会の『水道施設設計指針・解説』（図13）の緩速ろ過池の構造図のろ過池水深は0.9~1.2mであった。「ろ過速度は1日に4~5mを標準とし、原水水質が良好である場合にはろ過速度を速くできる。この場合でも1日に8mが限度」と記載されている。しかし、2000年前のろ過池の水深は38cmと浅かった。またテ

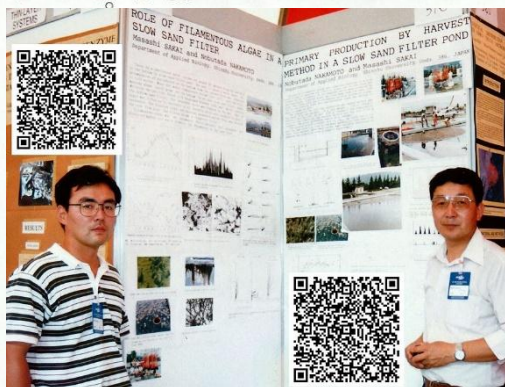


図14 スペインでポスター発表

生物現象なら、溶存酸素濃度と常に考える必要がある。

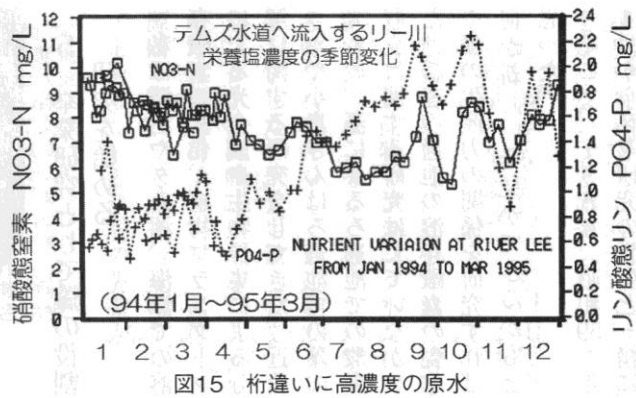
テムズ水道の研究者へ、上田市のろ過池の藻の繁殖と、溶存酸素濃度について解説をしたのは1992年。

テムズ水道の原水の栄養塩濃度は、とんでもなく高濃度。

冬の調査には高校生の娘に手伝ってもらった。

道の研究者に連絡した。この時、自己紹介として上田市での緩速ろ過の研究とスペインでの学会発表の内容を知らせた。するとテムズ水道の研究者から訪問を歓迎すると返事があった。訪問するとテムズ水道の実験をしているケンプトンパークの浄水場のセミナー室に研究者たちが集まってくれていた。この時テムズ水道では夏は3カ月間以上と長いのに、上田市のろ過継続が2〜3週間程度と短いのに驚き「日本はお金持ち」と言われてしまった。また上田市の原水中の栄養塩が豊富で糸状珪藻メロシラの繁殖が凄いと解説したところ、テムズ水道の原水は桁違いに濃いと教えてくれた(図15)。その際、世界で一番大きなアシユフオード・コモン浄水場を見学した。緩速ろ過池では糸状緑藻クラドホラの繁殖が凄かった。テムズ水道では冬は糸状珪藻メロシラの繁殖が凄く、研究者から「冬に来てみたら」と言われた。

私はテムズ水道のろ過池の藻の季節変化を調べてみたくなった。私は国際緩速ろ過会議を開いていたロンドン大学インペリアル・カレッジのグラハム先生に手紙を書き相談をした。その結果グラハム先生のお蔭で英国政府とロンドンに本部があるグレイト・ブリテン・ササカワ財団から私のテムズ水道のろ過池研究調査に助成金をもらうことができた。その助成金でテムズ水道の緩速ろ過池の藻の繁殖状況について1994(平成6)年から2年間、テムズ水道のろ過池での藻の繁殖状況の調査をすることができた(図16)。



水道公論 2022年10月号 58(10) 93-104.
生物屋の緩速ろ過池研究
その13 テムズ水道のろ過池を調べる



この時「研究助成とは、私の研究経費の全てカバーするものではなく、研究を応援するもので、不足するお金は他のお金と合わせて良い」と教わった。会計報告は必要なく、簡単な報告だけで良かった。「助成金は目先の成果を期待するのではなく、私の将来に対して応援するもの」と悟った。

テムズ水道の技術者は、ろ過池での溶存酸素濃度の日変化が大きくなるのが問題というのを認識していた。そこで何とか夜間にろ過水中の溶存酸素濃度が極端に低く

なるのを防ごうと考えた。テムズ水道の研究者は上田市での溶存酸素濃度の日変化にヒントを得たのか、私がテムズ水道のろ過池を調査していた時は、ろ過速度を速くする実験をしていた。

夏のろ過池では糸状緑藻のクラドホラが大繁殖をし、冬は糸状珪藻メロシラが大繁殖していた(図17)。

私は、テムズ水道での調査をしたら、すぐに結果を公表する前に調査のお礼にとテムズ水道の研究者に報告をした。テムズ水道の研究者からは「中本はいつでも歓迎する」と連絡をくれていた。

その後、生物群集が酸素不足でろ過水に逃げるのを防ぎ、悪いろ過水にならないようにした(図18)。テムズ水道は1時間に20%



1992年にテムズ水道に解説し、1996年10月から2年間、テムズ水道の2カ所の大きな浄水場で、藻の発達の日変化を調べた。当時、テムズ水道は、ろ過速度を早め、ろ過水への影響を調べる実験をしていた。

夏は、糸状緑藻が、冬は糸状珪藻が大繁殖していた。

実験をした結果、それまでの標準ろ過速度 4.8m/d の倍、9.6m/d の方が良いという結論になり、テムズ水道では、全ての浄水場で早いろ過速度にした。

(1日に4.8m)から1時間に40センチ(1日に約10m)と速くした。テムズ水道では、緩速ろ過はろ過速度が速い方が良く考えていた。生物群集の活躍を考えて、ろ過速度を速くした。また、緩速ろ過の砂も、何度も洗浄して使っていたので、その砂山の砂を手にとると、日本では考えられないような大きな砂が混じっていた(図19)。細かな砂が良いというのに固執していないようだった。

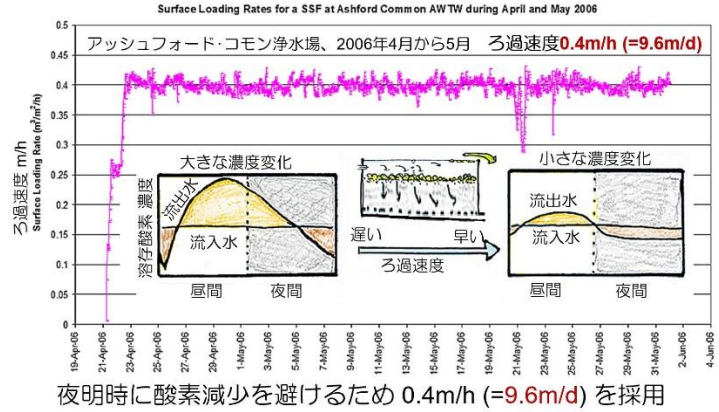


図18 ろ過速度を速くした

私は湖沼やダム湖、海洋での溶存酸素の変化、植物プランクトンによる光合成や生物群集による分解に関する研究をしてきた。近藤さんや小島さんはろ過池での藻の光合成、藻によるろ過池での酸素収支に関する研究はしていなかった。緩速ろ過池の溶存酸素の変化や藻の生産力の関係を研究すれば何か新しい発見ができるかとも思った。

5 卒業研究として藻の役割研究を始める



図19 テムズ水道の洗浄砂

緩速ろ過の砂は細かな均一な砂が必須とは考えていない。

1984年	
調査研究協力依頼書	昭和59年2月10日
上田市染屋浄水場殿	信州大学繊維学部 助教授 中本信忠
依頼者は上田市の上水道源の菅平ダム湖の水質に関して、1976年(昭和51年)5月より調査研究を続けて来ました。菅平ダム湖に繁殖する藻類(植物プランクトン)の増殖とその維持は、その集水域の菅平高原からの肥料成分によるものであることがわかってきた。またその放流水を利用する浄水場の水質に関し興味を持っていたところ、浄水場に繁殖する糸状藻類に関し興味ある現象に気がつき、信州大繊維学部の卒業研究の一環として、下記調査研究をしたく研究協力を依頼するものである。	
研究題目: 緩速ろ過に於ける目詰まり防止に関する研究	
研究期間: 昭和59年4月~昭和60年3月	
研究目的: 緩速ろ過池の汚床の表面には藻類が繁殖するのが一般的である。汚床の藻類は汚床の流速を徐々に減少させることがよく知られている。しかし、糸状藻類は生長が盛んなときは水草のように立っているか、または、真綿状に粗に集合しているので汚床を詰まらせることがなく、藻が水に酸素を供給し、汚過池内を好気的狀態に	
信州大学繊維学部 (1号野紙)	

して、細菌による有機物の好氣的分解を促進し、水質をよくする可能性がある。そこで、上田市染屋浄水場の汚過床でよく繁殖する糸状珪藻(Melosira varians)の汚過池内に於ける生態を研究し、この藻による汚床の目詰まり防止機構を解明し、有効利用の方法を考えることを目的とする。	
研究場所: 上田市染屋浄水場および石舟浄水場の緩速ろ過池	
研究内容: 浄水場への流入水の化学的および生物学的調査および汚過池の環境と汚過床生物の調査。汚過床閉塞防止に関する予備実験。但し、研究内容は調査実施中に、その実状に応じてその内容の変更がありうる。	
研究成果: この研究成果は信州大学繊維学部の卒業研究としてまとめ、その写しを上田市浄水場に提出するものとする。なお学会等に発表しうる成果が得られた場合は、その成果を公表するものとする。	
研究経費: この研究の経費に関しては、大学の研究経費内とし、上田市には負担をかけないこととする。	
研究者および連絡先: 信州大学繊維学部繊維農学学生態学研究室 中本信忠(指導教官)および卒研 平386 上田市常田3-15-1 信州大学 222-1215内288262	
以上	
信州大学繊維学部 (1号野紙)	

図20 研究協力依頼書

ろ過池での藻の生態、藻の役割を確かめる事から研究しだした。上田市水道局へ「緩速ろ過に於ける目詰まり防止に関する研究」として調査研究協力依頼書(図20)を昭和59(1984)年2月に提出

研究協力依頼書 大学の研究室での研究

お金をもらおうと、発表に制約がかかる。学生らに発表させたかったので、上田市からお金をもらわないようにした。

上田市では、ろ過継続は2週間から3週間で、砂面の削り取りをしていた。そのためか、糸状珪藻メロシラが優占していた。

自分の意向で、研究するのは、大変という事を勉強した。

した。

研究目的として「緩速汚過池の汚床の表面には藻類が繁殖するの

が一般的である。汚床の藻類はろ床の流速を徐々に減少させること

がよく知られている。しかし、糸状藻類は成長が盛んなときは水草

のように立っているか、または真綿状に粗に集合しているのか、汚

過床を詰まらせることがなく、藻が水に酸素を供給し、汚過池内を

好気的狀態にして、細菌による有機物の好氣的分解を促進し、水質

をよくする可能性がある。そこで、上田市染屋浄水場の汚過床でよく

研究経費内とし、上田市には負担をかけない」と記載した。

6 お金をもらって自由に発表ができない

私は高校生時代に生物部で活躍し、原生動物やプランクトンに興味を持った。そこで都立大理学部生物学科に1961(昭和36)年入学した。新入生歓迎会で「プランクトンに興味がある」と言ったら、資源科学研究所(通称「資源研」図21)で調査研究のアルバイトをしている学科の先輩がいて、

1941年(昭和16)12月9日(開戦)に設置された大東亜戦争時目的としてGHQの指示を止め、1971年(昭和46)に吸収合併された。



図21 資源科学研究所

手伝ってと言われた。この先輩の誘いで大学1年生から資源研でアルバイトをした。

資源研は太平洋戦争の開戦日1941(昭和16)年12月9日に開所式をした国立の研究所であった。大東亜共栄圏の資源調査(動物、植物、地質、地理、人類の調査研究)を主目的にしていた。GHQの指示で太平洋戦争中に設立した国立の研究所は全て解体させられた。しかし資源研は戦争と関係ない純粋な科学研究をしていたとして、

すぐに文部省などの助成で財団法人として再開した。その後、1971(昭和46)年に国立科学博物館に吸収され閉所した。私は閉所するまでの10年間、学生アルバイトとして河川、湖沼、ダム湖などの調査に協力した。

私は顕微鏡生物の観察、食物連鎖、生態系解析、水質分析、水質汚濁研究のお手伝いをした。関東平野中の河川・湖沼・ダム湖などでも調査をした。この研究所には幾つかの大学の教員や就職前の研究者が関係していた。

資源研で学んだ事は、助成金をもらっての調査や研究は、お金を

出した人の仕事で実際に手足や頭を使った研究技術者は自由に発表できない事を知った。

大学の研究者も補助金、助成金をもらうため、お金を出す側の意向を真剣に考え研究費申請に大きな時間をかけ、頭を絞っていた。お金を貰うにはお金を出す側の意向に沿った研究しかお金を貰えないのを悟った。応用学部の研究者は学生を会社に就職させるために、会社に役立ちそうな研究を熱心に行っていた。

私は染屋浄水場での調査研究は、自然界の浄化の仕組みの賢い活用と思っていた。私は研究成果を自由に発表したく上田市から一切、研究費を貰わないようにした。

7 殺藻剤を中止し、生物が活躍しろ過継続が長くなつた

まず卒業研究として染屋浄水場で殺藻剤を添加している時と、添加を中止している時の月平均のろ過継続日数の季節変化を比べてもらった(図22)。緩速ろ過は生物群集の活躍による浄化なのに、生物活性が良い夏は、ろ過継続日数が

アルバイトで、お金をもらっての研究。委託研究は、委託先の意向に沿った研究と、自分の意向で、研究するのは、大変という事を勉強した。

緩速ろ過は、生物群集の活躍による浄化。殺藻剤はいけなかった。

生物が活躍しない場合と、活躍する場合の効果調べた。

短く、生物活性が悪い冬の方が削り取り回数も少なかった。殺藻剤添加を中止すると、ろ過池で生物群集が活躍できたので生物活性が良い夏はろ過継続が長くなり、削り取り回数が減っていた。

8 藻の活性、溶存酸素の日変化を調べる

私が学生と一緒に染屋浄水場で藻の調査をした時は、既に

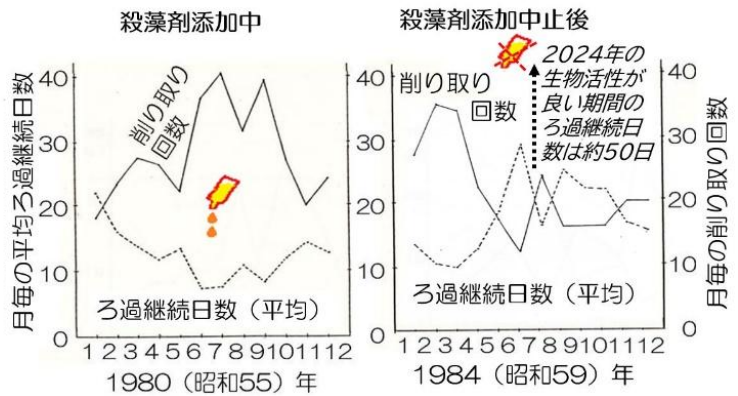


図22 殺藻剤有無の違い

殺藻剤を使っていなかったため、ろ過池の砂面では糸状珪藻メロシラが優占的に繁殖していた。取水している河川の河床では横に水が流れていて、礫面に付着して繁殖する付着珪藻だけが繁殖できた。しかしろ過池は上から下へのゆっくりにした流れがあるので、砂面上で立体的に繁殖できる糸状珪藻だけが繁殖できる環境だった。藻が繁殖する際、光合成で酸素を消費する。夜間は呼吸で酸素を消費する。そこでろ過池での藻類被膜による酸素生産、酸素消費量、その日変化を学生と一緒に調べた。

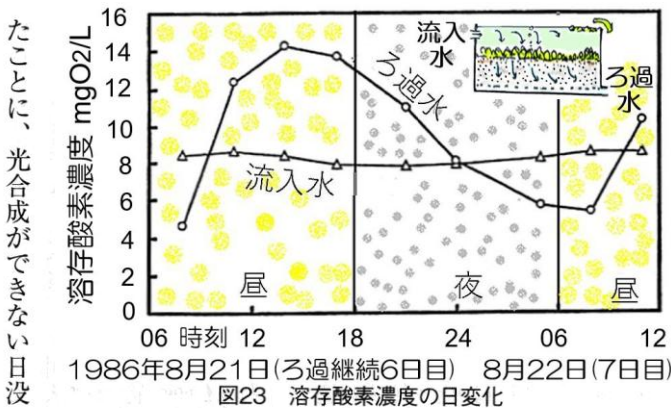


図23 溶存酸素濃度の日変化

の8月21日から22日、削り取り後のろ過継続が異なる5つのろ過池で、数時間間隔にろ過池流入水中の溶存酸素濃度とろ過水中の溶存酸素濃度を測定した。砂面を削り取った後、ろ過池で藻が活発に繁殖した。ろ過継続6〜7日目の藻の日変化(図23)を示した。ろ過池流入水中の溶存酸素濃度の変化はほとんどないが、ろ過水中の濃度は大きく変化していた。その濃度は日の出直後が一番低く、午後3時頃に最大となった。驚い

生物の活躍は、溶存酸素濃度の変化が良い指標だった。

たことに、光合成ができない日没後でも、ろ過水中の溶存酸素濃度は流入水の濃度より高く、真夜中になつと流入水と同じになった。砂面上に発達している藻の光合成は日の出後、すぐに光合成を始めて3時間後にはろ過水中の溶存酸素濃度変化としてすぐに表れた。しかし日没後は光合成をしていないのにろ過水の変化としては3時間ではなく、その倍以上も遅れて表れていた。このろ過池のろ過速度は1日に

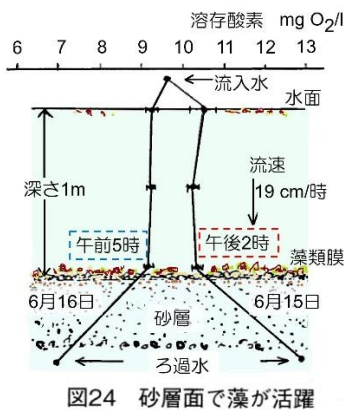


図24 砂層面で藻が活躍

日本の水道の水質検査では溶存酸素を測定する項目がない。

緩速ろ過は、生物活動による浄化。砂面での生物活動による溶存酸素濃度の変化はろ過水に表れる。

砂面で藻が繁殖しだすと、光合成による酸素の気泡が生じる。水深が浅いと気泡がしやすい。気泡ができ、剥離浮上しだす頃は、その下で、微小動物が活躍しだしている。

藻が繁殖すれば、藻を食べる動物が増える。

活動によって生じた酸素の気泡が藻類被膜に絡みつき、藻類被膜が浮き上がろうとしているのが見られた(図25)。光合成で生じた気泡中の酸素濃度(酸素分圧)が高く、この気泡から光合成をしていない日没後に気泡から水中に酸素を付与していると考えられた。

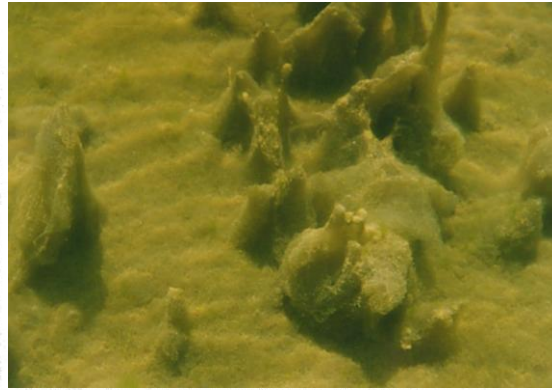


図25 藻類被膜と気泡

9 ろ過速度を速くし生物群集が安心して活躍させるのが良い
 緩速ろ過は細かな砂でゆっくと機械的な篩いる過をするので細菌除去ができると考えられてきた。

砂と、活躍する生物の大きさを比べてみよう。

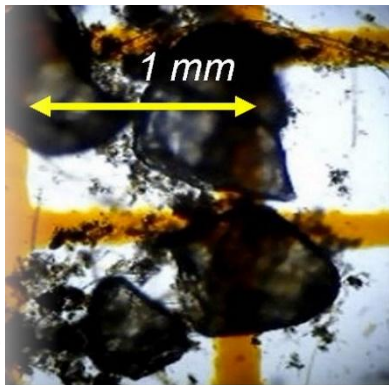


図26 砂と微小生物の大きさ

明治時代から生物群集の活躍が浄化の主役とは思っていなかった。私は顕微鏡で観察すると、緩速ろ過用の砂の大きさと砂層上部で活躍する細菌、原生動物、微小藻類などの大きさを比べると、砂での機械的篩いる過とは考えにくかった(図26)。砂ろ過池で繁殖する藻は光合成をし、酸素を生産し、砂層上部で活躍する微小動物の餌になっていた。砂層付近には細菌から微小動物までの食物連鎖系があった。微小動物は手当たり次第、何でも食べ、糞塊として排出した。糞塊の中で細菌などが活躍し、酸素が無くなり、嫌気状態になり発酵現象が生じた。発酵現象では大きな分子が細かな分子になった。砂層上部で細菌や微小動物が活躍

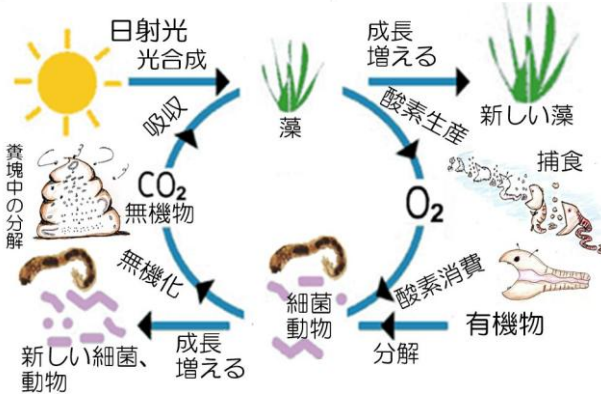


図27 藻と微小生物の関係

し、生物と反応する物質を分解していた(図27)。緩速ろ過池で生物群集が正常に機能しているなら、生物群集は餌がある砂層上部に集まっている。砂層断面の砂層間の汚れを調べると砂層上部だけで、砂層内には汚れはほとんど入っていない(図28)。ろ過を続けると、砂層深部の砂はだんだんと汚れが少なくなり、きれいになる。水源貯水池で殺藻剤を添加すると緩速ろ過池で生物群集が活躍できず、砂層が汚れている状態を小さく

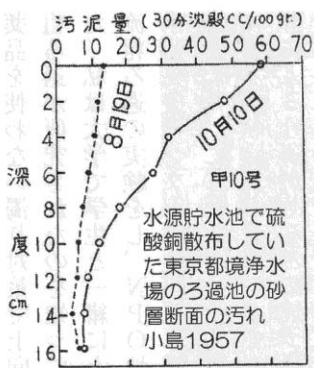


図29 殺藻剤の影響がある砂層の汚れ

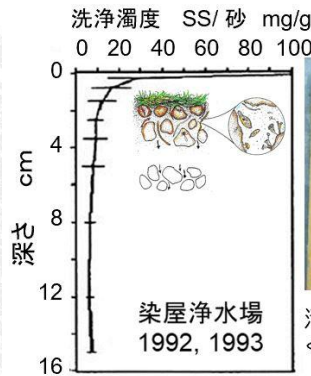


図28 殺藻剤の影響がない砂層の断面

島貞男さんが報告していた(図29)。染屋浄水場の原水に殺藻剤を添加し、ろ過閉塞していた時の砂層の汚れはこの様な状態であったと想像した。森林や草原の土壌での生物分解

生物が活躍するなら、砂層は汚れない。生物は餌を求めて動きまわる。餌は、入ってくる濁りと、砂面で繁殖した藻だ。

生物は動かない砂、礫の表面、礫の蔭で活躍する。
生物が活躍するには、
砂の大きさは関係なかった。



図30 スコットランドの浄水場の砂

と同じ現象が砂層上部であった。
深部の砂が汚れるのは、生物群集が嫌がる薬剤を使った場合で、生物群集が活躍できない場合であった。
英国スコットランドのエジンバラ浄水場を見学したことがある。洗浄した砂を見たら、日本では考えられないような小石みたいな大きな砂が多数混じっていた(図30)。緩速ろ過は砂層上部で活躍する生物群集による浄化であるので、砂の大きさ、均等性に関心が小さいみたいだった。緩速ろ過池での生物群集にやさしくするのが必須であった(図31)。

緩速ろ過池は、自然界での清澄な湧水ができる仕組みの再現。

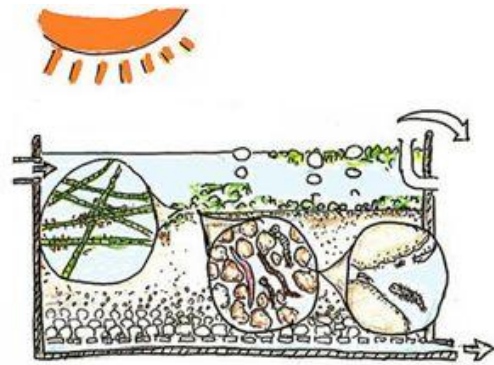


図31 緩速ろ過池は生態系

10 緩速ろ過という名前ではなく、生物浄化

私は「緩速ろ過は生物群集による浄化なのに、名前で細かな砂での機械的な篩いろ過と誤解されてきた」と言っていた。「生物群集が活躍すれば、生物が反応する物質を分解でき、おいしい水になる」と解説をしてきた。そこで、2002(平成14)年に築地書館から縦書きの本『生でおいしい水道水―ナチュラルフィルターによる緩速ろ過技術』を出版してもらった(図32)。

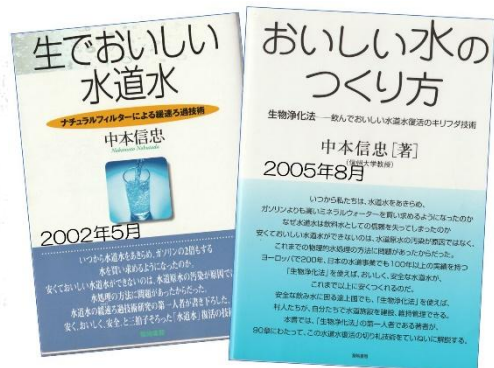


図32 縦書きの解説本

バン格拉デシユで砒素汚染した地下水を利用し、健康被害が酷くなった地域で、安全な水をと緩速ろ過を勧めていた宮崎に本部があるアジア砒素ネットワークというNGOがあった。このNGOの人は緩速ろ過の浄化の仕組み「生物群集による浄化」というのを理解していなかったたので、このグループのリーダーの川原一之さんに手紙を書いて解説をしたところ、「バン格拉デシユまで来て」と言われた。現地に行ったら「日本では禁止された農薬が使われている。何とか難分解性の農薬も除去できる仕組みを教えてください」と言われた。

私は1980年代にブラジルで薬品を使わない濁り対策で上向流粗ろ過が研究されたのを知っていた。私は大学で学生と一緒に上向流粗ろ過の実験をし、NPO地域水道支援センターの仲間とも実験を重ねた。この仕組みは生物群集による濁り除去と糞塊の中でも発酵による分解があるのに気づいていた。
そこで、難分解性の農薬の分解除去で、藻を繁殖させ藻を動物に食べさせ、動物の糞塊の中で農薬の発酵分解が有効と考えた。生物群集が多い方が良いと思った。しかし1度だけの生物分解、一度だけの動物の糞塊の中の難分解性の農薬の分解では不十分と考えた。そこで上向流粗ろ過を4回繰り返す事を勧めた。実際のプラントが完成した時、現地でリーダーの川原一之さんから「この浄化の仕組みは緩速ろ過ではないね、名前を変える必要がある」と言われた(図33)。私は生物群集による食物連鎖が濁り除去と分解の鍵なので「Ecological Purification System 日本語では生物浄化法」と言いだした。

緩速ろ過処理は、生物群集の活躍による浄化。

緩速ろ過処理の解説は、生物屋の解説の方が、分かりやすい。

難分解性の農薬も、生物群集の活躍で、分解できそうだ。
でも、難分解性物質は、何度も、
生物群集による分解を繰り返す
必要がある。

藻を繁殖、動物による分解を4回繰り返した。

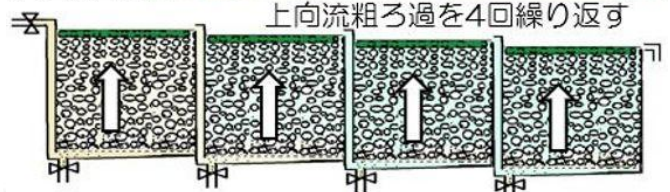


図33 農業分解除去を考えた

私は生物浄化法としての技術解説本を出したくなり2005（平成17）年に『おいしい水のつくり方―生物浄化法―飲んでおいしい水道水復活のキリフタ技術』を築地書館から出版してもらった（図32、前出）。

緩速ろ過でなく生物浄化法の唯一の解説書

私は生物浄化法としての技術解説本を出したくなり2005（平成17）年に『おいしい水のつくり方―生物浄化法―飲んでおいしい水道水復活のキリフタ技術』を築地書館から出版してもらった（図32、前出）。

濁り除去に優れているだけでなく、生物群集による濁りの捕捉と分解を発揮するのに素晴らしいシステムであった。



2021年2月12日
600部 B5版 160p
¥1500+税 ¥150
+送料 ¥250

〒386-0018
上田市常田3-8-37
信州大学繊維学部
同窓会 千曲会
Tel:0268-22-4465
Fax:0268-22-4465
E-mail:
schikuma@siren.
ocn.ne.jp

図34 唯一の技術解説本

緩速ろ過は天然の湧水を人工的につくる方法であるが、2000年前に付けられた「緩速ろ過Slow Sand Filter」という名前が、世界

社会になり皆が本を購入しなくなった。専門書などが高いので、学生は本を購入しなくなった。私は廉価な本を出版し、学生が購入してもらいたいと思った。信州大学繊維学部の同窓会（千曲会）に相談したところB5版160ページ、全頁カラー印刷の『おいしい水のつくり方-2』（図34）を税抜1500円で出版してくれた。



の浄水濁度は常に0.000度である（図35）。バルブ操作は手動で、ろ過抵抗やろ過流量の測定もフロート式のメーターで電気を使わない。長野県で最大で同じろ過面積のろ過池が13池もある。この浄水場での研究から生物浄化法の発想が生まれた。この浄水場を訪問し生物群集の活躍の素晴らしさを

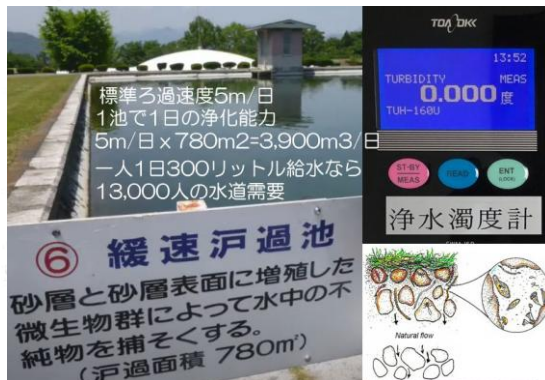


図35 100年以上現役のろ過池

日本で、世界で、緩速ろ過を生物浄化法と認識した場所は、上田市の染屋浄水場。一度は、来て見て、再認識してください。