



雑誌の印刷は白黒。写真を元のカラーへ、追記もした。

連載

# 生物屋の緩速ろ過池研究

その52 実学の繊維学部、現場主義で生物浄化法の発想が生まれた

信州大学名誉教授 中本 信忠

繊維学部では現場で設立つ実学と言われた。でも業界の方が進んでいた。

1 理学部生物学科から応用  
学部の繊維学部繊維農学科  
へ

上田市の水道水源の菅平ダム湖が昭和43(1968)年に完成すると上田市の水道水が不味くなった。信州大学繊維学部の先生が調査しダム湖の富栄養化が原因とされた(図1)。

私は東京都立大学で植物プランクトンの生態を研究し、東京都の水道水源ダム湖の一つの下久保ダム湖流入部での鞭毛藻類が大繁殖する現象を研究した。ダム湖の富栄養化現象を研究している人とい

う事もあり、私は昭和50(1975)年10月に信州大学繊維学部繊維農学科(現在の応用生物科学科)の応用生態学研究室の助手に採用された。最初はダム湖の富栄養化現象を研究し、その後、大正12(1923)年から緩速ろ過処理をしている上田市の染屋浄水場のろ過池で繁殖する糸状珪藻メロシラの役割研究をした(図2)。

繊維学部という応用学部、養蚕学科が前身の繊維農学科で、私はダム湖の富栄養化、緩速ろ過池での藻の役割研究をしていたが、私は繊維と関係ない研究をしていた。少し肩身が狭い気持ちがあった。



図1 ダムと浄水場

ろ過池で繁殖する藻は、糸状になれる藻で、糸状という構造が、水を通させるが、糸状の藻に流入してくる濁りが絡みつくという仕組みがあった。繊維状、真綿状という構造が自然界の中で、役立つ構造であった(図3)。

私は理学部生物学科で自然界の生物群集に興味を持ち、世界中で生態学が注目された時に大学生であった。原理の追究の理学部から応用学部、繊維学部就職し、糸状になる藻類が役立っていることに気づいた。緩速ろ過池で繁殖する藻の研究は、繊維と関係がある



東京から信州、長野県上田市の信州大学繊維学部へ。英国式緩速ろ過の浄水場があった。

上田市の水道水が不味くなったのは、ダム湖の富栄養化だと言われたが。どうも違うと、生物屋は、どんな生物も役立っていると考えていた。浄水場での藻の役割研究を始めた。



繊維学部で、糸状、繊維状になる藻の研究を did した。

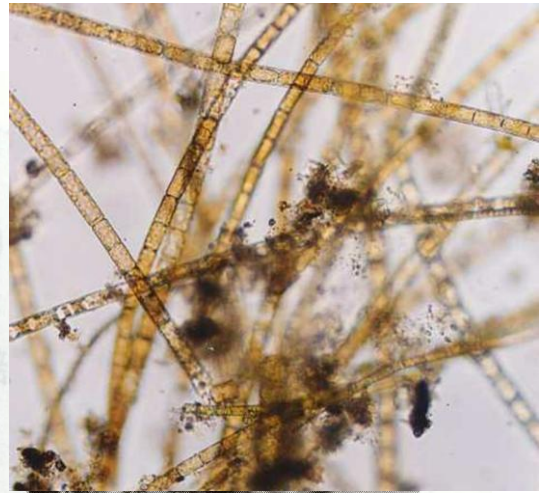


図3 糸状珪藻メロシラ

明治時代から繊維産業が盛んであったが、戦後、繊維産業は、他の産業も盛んになり、勢いが悪くなった。蚕糸専門学校が戦後、信州大学繊維学部になった。

棚に入れていた本にカビが生えてしまう事があった。しかし、上田市では本がカビなかった。また、東南アジアなどで買ってきた木彫りお土産などが、乾燥した気候のため、ひび割れてしまった。

上田市は太平洋、日本海から遠く、盆地で、乾燥地域だった。夏季、太平洋からの湿った南風は、いくつかの山を越える際、空気中の湿気は雨として降り、上田市に届いた空気は乾燥していた。冬は、日本海側からの湿った空気は、日本海側の山で雪となり、上田市に届く時は、乾燥した空気になっていた。

と気づいた。私は自分が研究している事は繊維学部で、やっと胸を張って解説できる気がした。

現在、注目されてきた自然界の生物の構造から学び、それを人工的につくり私達に役立つものをつくるという発想と似ていた。生物模倣技術バイオミメティクス Biomimeticsと言われている。これは正に応用生物科学であった。繊維学部で研究されてきた糸状、繊維状、真綿、服装の仕組みでもあった。

## 2 乾燥した上田市に蚕糸専門学校が設立された

私は東京から上田に転居した際、大量の本を持参した。東京では、本

教授が多かった。世界の情報を日本の蚕糸業の発展への意気込みがあった。第二次世界大戦中の昭和19（1944）年4月、上田繊維専門学校（養蚕学科・製糸学科・紡織学科・繊維化学科）と改称された。

戦後、昭和24（1949）年5月31日「国立学校設置法」が制定され、69の新制国立大学が発足した。長野県内の教育機関の松本医科大学、松本高等学校、上田蚕糸専門学校、長野工業専門学校、長野県立農林専門学校、長野師範学校、長野青年師範学校が統合し信州大学として発足した。

信州大学繊維学部となり養蚕科は、繊維農学科、後に繊維農学科に名称を変えた。私が就職したのは昭和50（1975）年10月であった。当時の学科の教授室、助教研究室にはカーペットが敷いてあり、

東大の先生になった友人が、私の研究室に訪ねて来た時「繊維学部は凄いとこだ」と言っていた。

当時の繊維農学科には養蚕関係の研究室が多かった。学科の教員は「この学部は理学部と違い、実学」と言っていた。当時は各県に

養蚕関係の部署があり、養蚕関係の特別の試験があり、公務員になる卒業生が何人もいた。しかし養蚕業は斜陽になり、各県の養蚕関係の職員も減った。日本は繊維関係の大きな会社があり、多くの先輩が活躍していた。就職先の先輩が卒業生に対して親切に面倒を見てくれていた。

繊維農学科は世の中の変化に対応し、応用生物科学科と改称した。私は応用学部は、社会の変化に対応し、社会の要望に応えるために、次から次へと改組し変化するという事を実感した。「スクラップ・アンド・ビルド、壊しては、作り直す」事をし、社会の変化に対応して行く事を肌で感じた。理学部出身の私には少し違和感があったが、社会の発展に貢献するという応用学部の姿勢を実感した。

繊維学部の正門には10トもある大きな石の門票がある（図4）。これは沖縄本島の離島の津堅島から上田蚕糸専門学校に勉強に来た緑間武さんからの寄贈である。緑間さんは戦前、戦後、専門学校、上田市の皆様に大変に、お世話になったという思いが強かった。

養蚕学科が繊維農学科、応用生物学科に名前を変え、社会の変化に対応してきた。

応用学部は、社会の変化に対応し、スクラップ・アンド・ビルドするところだった。でも、私は、学問は、本質は何かを追究するところと思い、繊維学部で研究をした。



信州大学繊維学部で正門の外、信州大学繊維学部の学生寮があった場所に、繊維学部創立80周年の記念の時、戦前に沖縄から蚕糸専門学校に学びにきた緑間武さんが、個人で寄贈してくれた。



図4 繊維学部の門票

私が就職した時は、繊維学部正門の前に空地があった。戦前は学生寮があった場所であった。平成2（1990）年、繊維学部創設80年の式典に沖縄から緑間さんも参加した。同窓会から緑間さんに「ここに門票があると良い」と言ったところ、母校のためにと緑間さん個人で寄付してくれたものであった。

緑間さんは、昭和18（1943）年4月に製糸学科に入学し、翌年の昭和19（1944）年11月に学徒出陣で南支、仏印の激戦を潜り抜け、マレー半島で終戦を迎えた。現地で苦しい捕虜生活をし、昭和22（1947年）年5月に日本に復員した。

緑間さんは、復員船で故郷沖縄の横を通ったとき、沖縄が全滅したと聞かされ、絶望的な気持ちになった。上田まで帰ってきたら、もとの下宿の伯父さんの香山さんが「よく生きて帰って来た。沖縄は全滅したから、沖縄に帰っても仕方がない、上田蚕糸専門学校に復学して卒業しろ。学費は俺が出す。下宿代もいらない」と言われた。でも生活費が全くなかった。そこで多くの同級生や母校教官から援助を受け、あらゆるアルバイトをした。温かい母校や上田の人々のおかげで自分は何とか卒業できた。その後、大学を卒業し愛知県の紡績会社に就職したが、沖縄に戻って昭和33（1958）年に石材加工会社「沖縄関ヶ原石材」を立ち上げ事業に成功した。

緑間さんは上田の母校や市民の恩に報いるためと献身的に動いてくれていたが、平成4（2022）年8月27日に亡くなった（享年96歳）。

上田という場所の特徴を生かした産業…それが繊維産業だった。

### 3 日本一の水利権がある淡水魚研究の水産研究所が上田市にあった

私は東京から地方大学の信州大学に就職した。研究に必要な機器や薬品などは全て東京から理科学屋が仕入れるので輸送経費がかかるのに気づいた。東京ではカタログの定価の何割か引いた値段で購入できた。定価というのは、地方定価というのを知った。東京と比べ、同じ予算でも実質、予算が少ないのと同じだった。そこで、地方でしかない研究をしようと考えた。野外調査を中心とした研究をし、地域の特徴を生かす研究をする方が良いと考えた。

上田市付近は、乾燥地域なので、溜池が100池以上もあった。そこで、まず溜池を調べた。上田市に水産庁の淡水研究所があり、戦後、溜池養鯉をするための調査報告があった。この研究所は農林省水産試験場上田分室（淡水研、現・上田市立長野大学淡水研究所）が昭和16（1941）年に設立された事がわかった。日本一の水利権（水を使う権利）がある施設であっ



図5 鮎の食痕

た。水産研究の主流は海洋での水産業のためである。千曲川（信濃川の上流部で長野県内の名称）は日本一長い河川である。

私はこの研究所報告の創刊号から全て見て、この研究所には東京から有名な先生方が来所し、共同研究をしていたことがわかった。

上田市付近の千曲川は礫河川で、礫表面で発達する付着藻類の繁殖が良かった。付着藻類を食べる鮎の成長が良かった（図5）。

上田市と西隣の坂城町の境で川魚の漁をしていた小山良一さんがいた。新潟県と長野県の県境に水力発電用の西大滝ダムが完成する

上田市の盆地の中を千曲川が流れている。日本一長い信濃川の上流だ。長野県と新潟県の県境に西大滝ダムができ、海から上田までくるサケ、鮎、ウナギが遡上してこない。鮎は付着藻類を食べて育つ。河川の魚の研究をする、淡水魚の養殖を研究する水産庁の淡水研究所が上田市にできた。



溪流に住むと言われる鮎を、池の水をエアレーション（曝気）すれば、鮎は育つと確かめたのは小山良一さん。日本で初めて、エアレーション（曝気）して魚の養殖をしだした人だった。上田から、全国にその方法を普及させた。

応用学部、珪藻は魚の最良の餌。それなら大量培養をしてみよう閉じ始めた。

と、上田まで鮎やウナギの稚魚、産卵のためのサケが日本海から遡上して来なくなるとわかった。そこで、小山さんは国に川魚の研究を働きかけ、日本一の水利権がある淡水養殖の研究所ができた事がわかった。

鮎は清流に棲む魚と言われているが、小山良一さんは日本で初めて「池の水をエアレーションして鮎を育てること」を成功させた人でもあった。鮎を池中での養殖をした時の餌は、蚕の蛹（サナギ）と米糠との練り餌だった。小山良一さんとその息子の一平（元上田市長、元参議院副議長）さんは、鮎の養殖を日本中へ広めた。今では魚を養殖するのにエアレーションし、水中の溶存酸素が無くならないようにするのが普通と知っているが、その発祥地が上田である事を知っている人は少ない。

#### 4 糸状藻類の大量培養実験

染屋浄水場のろ過池では、糸状珪藻が大繁殖し、ろ過池が糸状珪藻の連続培養系みたいであった。そこで砂面から浮いてくる藻を手製の刺し網で全て捕集し（図6、

水道公論、  
2022年4月  
号：66-74  
生物屋の緩速  
ろ過池研究  
その7  
藻による酸素  
生産と生物群  
集による酸素  
消費



<https://youtu.be/zFE6-K3Rj24>

図6 浮上藻を集める

7、収穫量を測定した。単位面積当たりの収穫量に計算したところ、非常に大きかった（図8）。糸状になる珪藻は捕集が簡単で、魚の餌として有用であった。緩速ろ過池で糸状珪藻を収穫し、飼料として有効活用できないかと考えた。光合成は水深が浅い方が砂面に日射量が多く到達するので良い。そこで、沈殿池の水を原水として、風呂桶を使った培養槽をつくり、培養実験をした（図9）。



図7 浮上藻の取り上げ

しかし、染屋浄水場での藻の培養実験は、緩速ろ過池の浄化能力研究とは目的が違ふと思われ、浄水場から敬遠された。培養実験では大量の水が必要だった。水利権があるところで実験をする必要があった。丁度、家内が小山一平さんのお孫さんの小山まり子さんと知り合いになり、頼んで小山養魚場で実験をさせてもらうことになった（図10）。小山養魚場では、鮎の養殖をしていたが、千曲川の水質が悪くなり、鮎が病気になる個体が増えてきた（図11）。養魚池の一つを使ってい



図9 風呂桶で培養実験

なかつたので、その池を使わせてもらった。原水は千曲川の表流水



図8 収穫量の計測

水を大量に使う。最初は、染屋浄水場で大量培養実験をした。でも、それは、水の浄化と関係ないと、浄水場から嫌がられた。

ろ過池で繁殖する糸状珪藻の繁殖量を測定した。



鮎養殖の餌は、蚕の蛹と米糠で煮た練り餌だった。鮎を養殖していた小山養魚場の池を借りて、鮎の餌として最良の、糸状珪藻の大量培養実験をさせてもらった。大量の水を使うので、水利権がある場所で実験をする必要があった。



図10 小山養魚場

取水する用水で、途中で農薬の影響がないが、濁り水対策はする必要があったが、培養実験を続けることができた(図12)。

千曲川が汚れだし、鮎が病気になるのが多くなり、養魚を止めた。

小山養魚場には小山良一さんの胸像があった(図13)。長野県知事が小山良一さんの功績を称え、制



図12 養魚池を借りて実験



図11 鮎の収穫、選別

小山養魚場には小山良一さんの胸像があった。長野県が作成した。



図13 小山良一さん

ずかしいので、自宅に設置したものであった。

## 5 水道が繊維産業と関係があった

近代水道の歴史を調べたら、産業革命時代に、スコットランド郊外、ペーズリーで、繊維を染色した後の余分な染料を洗い落す仕事をしていたギブ John Gibb はクライデ河の河原にきれいな水が常に湧いているのに気づいた。ギブは濁った河川表流水を、沈殿池、砂利槽、砂槽を横に流してきれいな水を簡単に、大量につくった(図14)。自分の工場で使っても余ったので、市内中に売り歩いたのが公共水道の始まりと言われ、1804年の事であった。近代水道の始まりと繊維産業と関係があったのに驚いた。

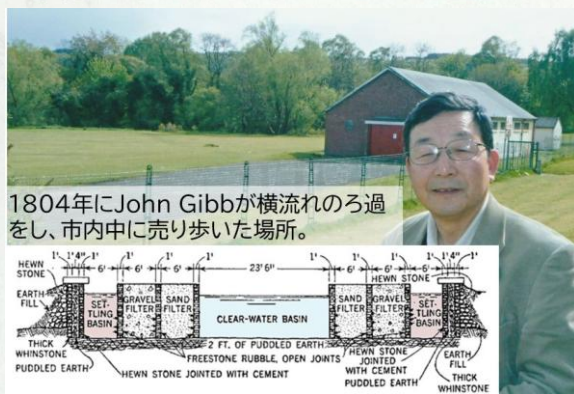


図14 横流れの緩速ろ過

1804年にJohn Gibbが横流れのろ過をし、市内中に売り歩いた場所。

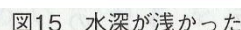
## 6 緩速ろ過という名前で生物群集による浄化を誤解

産業革命時代、都市に人口が集中し、都市河川が汚れた。英国ロンドンのチエルシー水道会社のシンプソン James Simpson はテムズ河の水の濁りを沈殿池で沈め、その上澄みの水を、砂槽でろ過する事で、きれいな水をつくったのが1827年である(図15)。細かな砂でゆっくりと上から下に流した。この時のろ過速度は1時間に10センチ(1日に2〜3メートル)と遅かった。この過程で、病原菌が除けて

横流れで河原の湧水をつくったギブは、繊維を染色した後、繊維の染料を洗い流すのに、きれいな水がほしかった。自分の工場で使っても余ったので、市内中に売り歩いた。公共水道の始まりに、繊維産業が関係していた。



当時は、単に、細かな砂でゆっくりと流すときれいな水ができると考えた。



細かな砂でゆっくりとろ過し濁りが除け、病原菌も除けた

生物が嫌がる薬で生物群集が活躍できないろ過

濁りは除けるが溶けている物質は通過する

機械的な篩いろ過  
 Slow Sand Filter  
 緩速(砂)ろ過

図16 緩速ろ過で誤解した

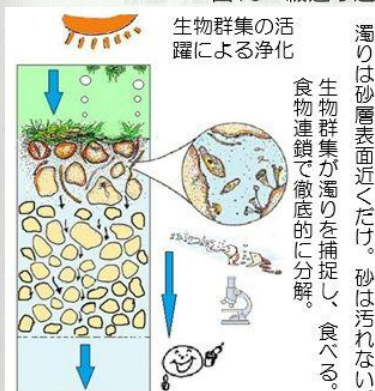


図17 生物群集による浄化

上田市の緩速ろ過池での藻の役割を研究し、生物群集の活躍が鍵と気づいた。

私は上田市の染屋浄水場で糸状藻類の繁殖が浄化に役立っていることに気づいた。藻と微小動物との関係を研究し、食物連鎖が浄化の鍵と気づいた(図17)。緩速ろ過という名前で生物群集の活躍をイメージできなかった。そこで、私は生物浄化法 Ecological Purification System と名前を変え、必要があると平成16(2004)年に提唱した。

そこで日本語の解説「生でおいしい水道水」を平成14(2002)年に、技術解説本を「おいしい水のつくり方」を平成17(2005)年に築地書館から出版した(図18)。

浄化は、生物群集の活躍だった。

応用学部は産業界のための知識や技術を学生に教える現場であった。応用学部は産業界に人材を送りだし、産業界を牽引してきた。産業界も競争社会で、技術開発も進んできた。戦後の大学は、大学で使える国からの助成金はだんだんと減らされてきた。そのため、大学は研究資金を確保するために、産学共同研究をし、業界からの補助金に頼るようになった。


蚕糸専門学校時代は、海外の最

7 産学共同研究で大学は業界の下請けになった

生でおいしい  
水道水

ナチュラルフィルターによる確実な過技術

中本信忠



2002年5月

いかに「水道水」をあたかも、かみしりの2倍もする  
本が「おいしい水道水」になるようにしたのか、  
安くてもおいしい水道水がでてほしい。水道水の品質が原因ではなく、  
水道水の「方法」の問題がもたらなかった。

水道水の純度を競う技術競争の第一、人々が責め下ろした。  
安く、おいしく、安全と「2割」子そめた「水道水」復活の技術。

おいしい水の  
つくり方

生物浄化法—敵人、おいしい水道水復活のプリジパ技術

中本信忠〔著〕  
(信忠 平野郎)

2005年8月

いつの時代にも、水道水を必要とする。ガソリン車は燃料と空気というリソースを必要とするように、のびのびな生活には飲料水としての清らかな水が必要不可欠だ。かつては、水は自然から恵みとらえ、水害などの危機に備えて、こまめに水の確保の努力を怠らないで来たのだ。ところが、2005年までの水道水の方式に問題が生じたのだ。ヨーロッパ、日本では水道水でも100%以上の消毒を待つ「生物浄化法」をえば、おいしい、安全な水道水が、これまでには安くつくれないのだ。

安全な飲料水に必要とされる、生物浄化法に必要は、村人たちが、自分たちで水道設備を整え、維持管理できる。本書では、「生物浄化法」の第一人者である著者が、100年たった、この水道水復活の秘訣を語っている。

河合啓

図18 緩速ろ過の解説本

緩速ろ過でなく、生物群集の活躍と解説する本を、2冊出版。  
縦書きの市民向け、横書きの技術解説本をだした。



緩速ろ過 Slow Sand Filter では生物群集の活躍をイメージできず、皆が誤解してきた。そこで、生物群集の食物連鎖をイメージできるように、生物浄化法 Ecological Purification System と言い直そうと言出した。

簡単な仕組みで、壊れるところがない。これでは水道業界が好まなかった。

新知識を日本の業界のために取り入れる事をしていた。そのため、英語やドイツ語での講義や資料を学生に触れさせ、産業界のためにとの意気込みがあった。

しかし、現在の大学は、産業界のためとの意気込みがあっても、アイデアがあっても実験をするための予算が少なすぎるので、産業界からの補助金に頼るしかできなくなった。補助金をもらうためには、補助金を出す側の意向に付度する必要があった。業界の利益にならない研究には、業界からは補助金を出してもらえなかった。現在の大学は、まるで、業界の下請け状態になってしまった。

緩速ろ過処理は、自然界の浄化の仕組みの応用で、生物が嫌がる薬品を使っただけでなかった。上田市の染屋浄水場では緩速ろ過 Slow Sand Filter という名前でのろ過速度が遅い方が良くと考え、また、戦後、藻の繁殖が悪いと言われ、殺藻剤を使っていた。また河川表流水を取水しだし、濁り対策で凝集剤を使っていた。しかし、これらの薬品は、生物群集が嫌がった。それらは日本の戦後の水

道業界の常識であった。しかし、染屋浄水場での藻の役割研究をし、これらの薬品を使っただけではないと助言し、殺藻剤を使うのを止め、凝集剤も、極端な濁り以外は使わないようにした。私は、何とか生物群集による浄化というのを理解してもらおうように動画での解説をユーチューブにもアップした(図19)。ろ過池の面積と標準ろ過速度から浄化能力を計算できる。電気や機械を使わないで自然流下で省

エネの浄化施設である。ろ過池の維持管理も全て手動で、電気を使っていない(図20)。浄化に関しては、基本的に電気は必要ない施設である。

しかし日本の指針ではこのような省エネの施設の解説がほとんどなく、緩速ろ過は生物群集による浄化の仕組みの解説もないのが残念である。

大学では文部省(文科省)からの助成金や業界などからの外部資金を獲得する必要があった。でも、緩速ろ過の研究は、水道工学の分

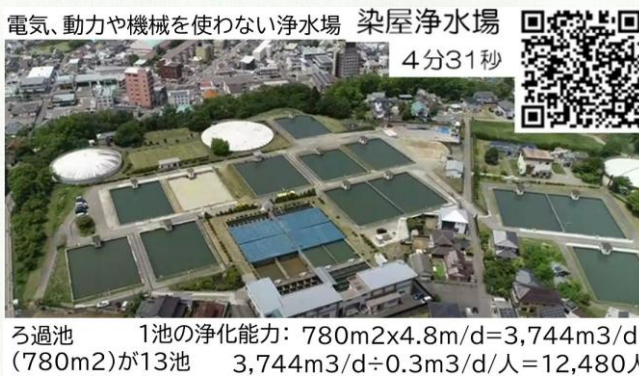


図19 染屋浄水場

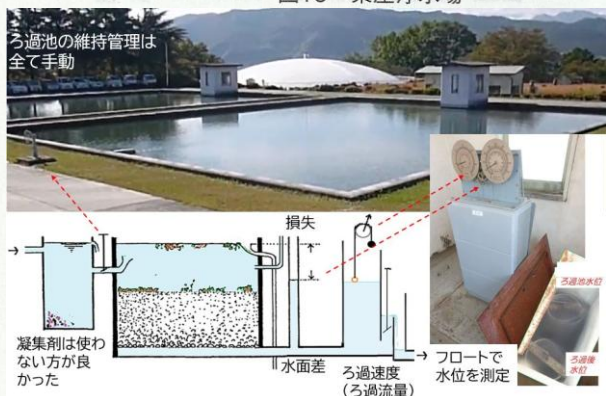


図20 手動でろ過池管理

野で資金申請しても業界の利益にならないとして却下されてしまった。また理学部系に申請しても水道工学の分野であるとされ、それでも無理だった。

幸い信州大学繊維学部には付属工場があり、金工細工などを手伝ってくれる技術員がいた。私は、自分の調査研究に必要な道具を、原材料だけ購入し、自分で技術員に手伝ってもらって工夫をした。私は、金工、木工、ガラス細工、電気工事なども、技術員の助けてもらい工夫をして研究をする事ができた。

また染屋浄水場も大学から1キロも離れていないので、歩いて行く事ができ、上田市水道局の好意で調査研究をすることができた。

## 8 国際研修で生物浄化法を教える

緩速ろ過処理は生物群集の活躍による浄化なので、濁り対策で凝集剤など化学薬品は生物群集が嫌がる。そこで濁り水対策でブラジルのサンパウロ大のベルナルド Luiz Di Bernardoが薬品を使わない上向流粗ろ過実験をし、修士学

上田市の染屋浄水場は、基本的に、薬品も使わず、電気も必要なかった。

維持管理も、手動のハンドル操作。



ブラジルで、1980年に、濁り水対策で、薬品を使わない上向流粗ろ過を研究した。1988年、ロンドンの国際会議で発表。

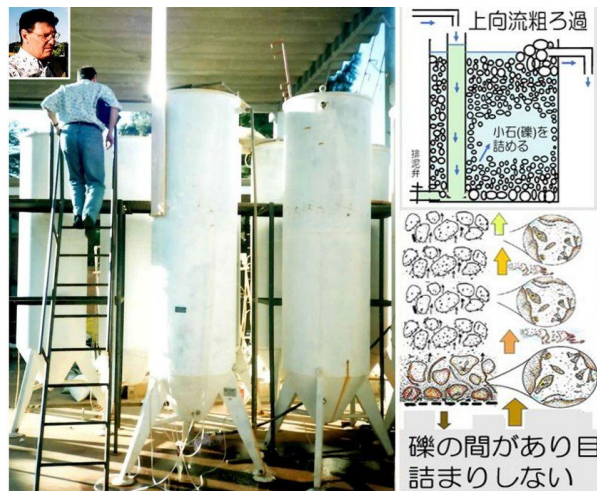


図21 上向流粗ろ過の開発

私が修士論文として昭和55(1980)年にまとめた。それを昭和63(1988)年にロンドンで開催された最初の緩速ろ過国際会議で発表した(図21)。この会議ではスイスのウェゲリンMartin Wegelinが濁り対策での過去の粗ろ過方法を発表した。緩速ろ過処理の前処理としての粗ろ過は話題になり国際共同研究が行われ、ウェゲリンがまとめて、粗ろ過指針が平成8(1996)年にスイスで出版された(図22)。私はこの指針を手にいれ実験をし、その有効性を確かめた。

私は平成18(2006)年から沖縄で生物浄化法としての緩速ろ

1996年に、スイスから粗ろ過指針が出された。

生が修士論文として昭和55(1980)年にまとめた。それを昭和63(1988)年にロンドンで開催された最初の緩速ろ過国際会議で発表した(図21)。この会議ではスイスのウェゲリンMartin Wegelinが濁り対策での過去の粗ろ過方法を発表した。緩速ろ過処理の前処理としての粗ろ過は話題になり国際共同研究が行われ、ウェゲリンがまとめて、粗ろ過指針が平成8(1996)年にスイスで出版された(図22)。私はこの指針を手にいれ実験をし、その有効性を確かめた。



図23 バケツモデル作成

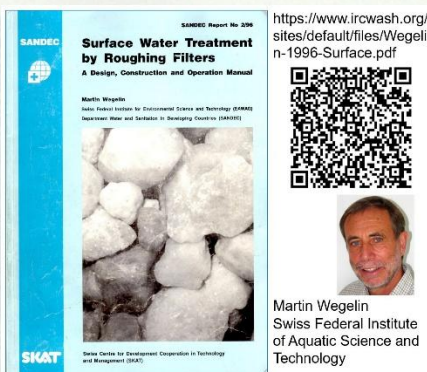


図22 粗ろ過指針

2006年からのJICA研修では、必ず、上向流粗ろ過を教えた。



図24 生物浄化法の解説本



図25 テムズ水道を初めて訪問

私はこの20年間、海外で求める人へと生物浄化法の考えの浄化施設建設や維持管理での助言をしてきた。平成17(2005)年に築地書館から出版した技術解説本「おいしい水のつくり方」を出版してから、新しい知識が増えたので、「おいしい水のつくり方2」として増補改訂をし、信州大学繊維学部同窓会の千曲会から出版してもらった(図24)。現在の学生は専門書でも本を購入しなくなった。私は印刷した本を学生に読んでもらいたく、何とか廉価な本を考えた。同窓会にお願いした。でも同窓会は出版事業の宣伝が上手くないので、本誌で、解説の連載を通じて

私は、それを手に入れ、日本で実験をして確かめた。

PRしている。

## 9 広がりだした生物浄化法の考え

緩速ろ過の研究をすると、どうしてもロンドンのテムズ水道を見学したくなる。私は平成4(1992)年8月にテムズ水道を訪問し、上田市での研究で藻と動物との活性は溶存酸素濃度を調べるとわかったと説明し、その成果を解説した(図25)。テムズ水道は全てのろ過池での溶存酸素濃度とろ過水の濁度を調べ、ろ過速度を変えての実験、ろ過池を覆って、藻の繁殖の影響も調べた。その結果、ろ過速度を速くした方が良いとの確証を得て、現在のテムズ水道のろ過速度は1日に12回まで良いことに

私は、1992年に、ロンドンのテムズ水道で、上田市での生物群集の役割を解説し、溶存酸素濃度が、活性の指標として有効と解説した。



テムズ水道は、私が1992年8月に訪問し、溶存酸素濃度が生物活性の指標になるのを解説してから、全てのろ過池で溶存酸素濃度を測定したと解説してくれた。その結果、1日に12ヵ所まで良いとした。

About higher flow rate from N. Nakamoto 2025/03/18  
Thames Water's asset standard says we can operate up to 0.5 m/h, but in reality, we are usually in region of 0.25 to 0.35 m/h, but we can reach 0.4 m/h occasionally if we have to. We do have keep a careful eye on dissolved oxygen (DO). Since your visit we have added DO and turbidity monitoring on the outlet of all SSFs.

Michael Chipps  
Principal Research Scientist

中本さんの問い合わせ：速いろ過速度

テムズ水道の基準では0.5m/h(12m/日)で操作できます。しかし実際には、普通は0.25から0.35m/h(6から8.4m/日)でろ過をしています。しかし0.4m/h(9.6m/日)にしないといけない場合もあります。私たちは溶存酸素に注意しないといけないです。貴方の訪問以降、テムズ水道では、全てのろ過池のろ過水の溶存酸素と濁度のモニタリングを始めました。

ミカエル・チップス 主任研究者

図26 テムズ水道のろ過速度



砂面上の藻は、粘質状でなく、フワフワ。

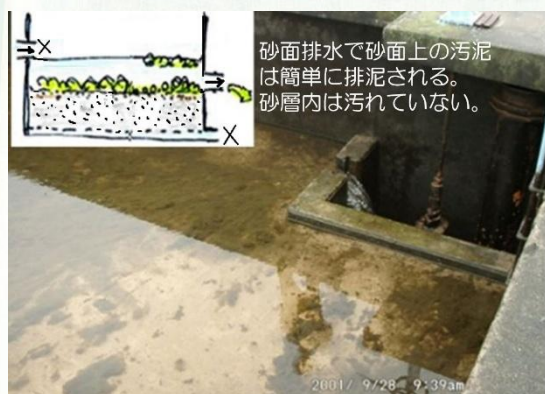


図28 砂面排水

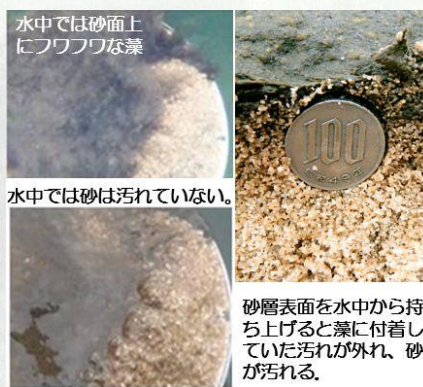


図27 砂面の砂層採取

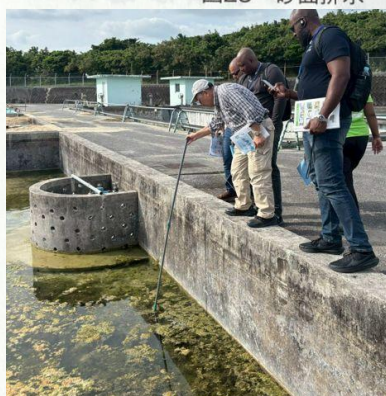


図29 砂面上汚泥を採取



図30 砂面上の汚泥観察

また生物群集が活躍するならば、砂層内部が汚れないのを(図17、前出)、沖縄でのJICA研修で、実際のろ過池の削り取り作業やろ過継続中の砂層上部を採取して研修生に教えた(図27)。小さなろ過池なら砂面排水を有効に使うなら、簡単に砂層上の汚れを除くことが

砂は汚れてなく、砂の上の藻は、簡単に、砂面排水で除けた。

していた。しかし日本の指針では1日に8ヶ所が最大としている。上田市での藻の役割研究から生物浄化法の考えの重要性に気づいた。その解説で、テムズ水道の維持管理方法に影響を与えていたのをテムズ水道の主任研究者からのメールで知った(図26)。

できる事を教えた(図28)。特に、暖かい地域では、生物群集の活躍が盛んで、ろ過抵抗が生じないので、削り取り作業がほとんど必要ないことを教えた。但し、

観察すると小さな緑藻や微小動物も活躍していた(図30)。硬度が高い原水なので、砂面上で硬度成分が析出し、若干であるが硬度低減化が生じていると考えられた。

実際、2025年11月のJICA沖縄での研修で訪問した浄水場の緩速ろ過池の砂面は白かった。その白い面には、巻貝も見られた。このろ過池のろ過継続は1年間も目詰まりしないで使っていた。しかし原水の硬度が高い地下水なので、砂面上で繁殖する藻類の光合成で水中の水素イオン濃度が高くなり、炭酸カルシウムが析出し、また生物群集の死骸や動物群集の死骸などでフワフワとした白い汚泥で、その厚みは約1センチメートルもあった(図29)。その汚泥の下は砂は一つも汚れていなかった。顕微鏡で

観察すると小さな緑藻や微小動物も活躍していた(図30)。硬度が高い原水なので、砂面上で硬度成分が析出し、若干であるが硬度低減化が生じていると考えられた。一時的に軍事政権であった南太平洋の人口90万人のフィジーでは、民間移管を前提に、新しい憲法がつくられた。その36条には「全ての国民はきれいで安全な水を受けることができる権利がある」とあった。平成23(2011)年8月の沖縄でのJICA研修に参加したフィジー政府上下水道局のジートVishwa Jeevanは、沖縄で学んだ生物浄化法なら、自分らで装置を建設し、村人が維持管理できると



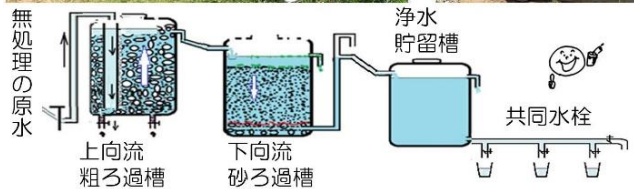


図31 フィジーの小規模浄水施設

フィジーでは、村中に、生物浄化法で、安全な飲み水を供給するプロジェクト。それに協力した。

フィジーでは私が直接に関係した4年間はフィジー政府上下水道局が直轄で事業展開をし、約100村に生物浄化法による浄化施設(図31)が建設された。その後は、都市部の上下水道事業を担当している上下水道公社Water Authority of Fijiに事業が移され、建設が続けられた。私たちの関与が終わった後、フィジーに巨大なサイクロンが襲来で、何力所かの

思った。フィジーに戻ったジードさんは自分で装置をつくり、水の安全性を確かめ、フィジーでの「村落給水事業」が平成25(2013)年1月から始まった。

浄化装置が甚大な被害に遭遇し、修復に年月がかかった。また、人口が多い年の上下水道事業と、過疎の村落での事業展開には、予想以上に難航し、新たな事業展開は難航した。そこで、村落給水事業は政府の上下水道局が直接に担当

して事業展開をするようになっていた。どうも、過疎の村への交渉や村民への事業の説明と協力を依頼するのが大変なようであった。それでも、現在はフィジー中の、137の村落で稼働し、人口90万人のフィジーで7807家族、3万6609人に安全な水を供給している(図32)。

が嫌がる薬品などの影響がないので、砂層内は汚れない。そこで砂面上を掻き混ぜ、砂面上を濁り水にして、砂面排水をする方法を勧めた(図33)。

この装置の砂ろ過池の砂面上に蓄積した汚泥の排出方法は、生物群集

**Right to adequate food and water**  
36-(1): to clean and safe water in adequate quantities.

フィジーの新しい憲法：全ての国民は「きれいで安全な水を享受できる権利がある」と記載された。

2013年1月16日「安全な水を全村落へ」の始まり 1分45秒  
<https://www.youtube.com/watch?v=wxAGhj7e40>

EPS JICA 2015-2017

ハリケーンで多数、損傷、⇒修復、  
2025年には137村で稼働している。  
7807家族、36609人に供給

フィジー政府上下水道局が直接に事業展開  
中本：JICA短期専門：4年間に8回、  
毎回約1月間(2014.10.~2018.11.)  
2015~2016：JICAボランティア(江口秀満)  
2017~2018：JICAボランティア(塩入勇)  
2014~2018.1.の4年間に98の施設完成

2019年からフィジー上下水道公社へ事業移管  
現在は、政府上下水道局、直轄で事業展開

図32 フィジーのEPSの展開

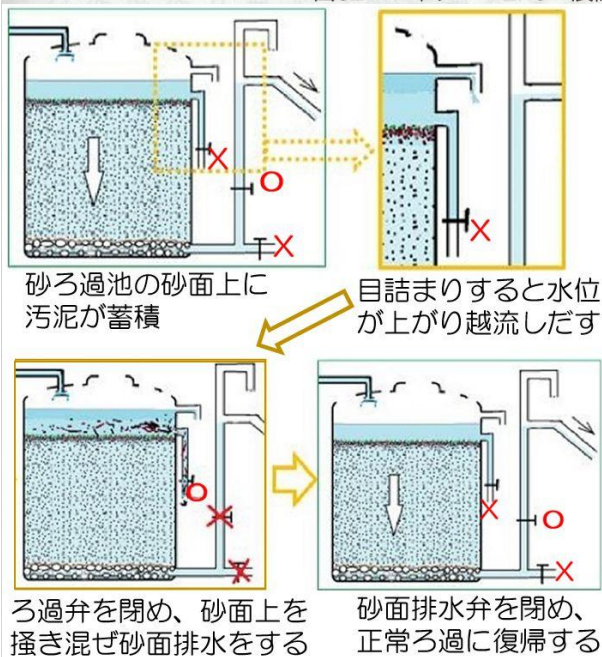


図33 砂面上の排泥法

4年間に、全国の村の約1割に設置した。

お金が無くてもできる浄化装置を、フィジーでは国家事業で実施した。

砂面上に蓄積した汚れに見えるのは、砂面排水を賢く使って、排出するようにした。



砂面排出の代わりに、プールの底の汚れを除く方法でも良かった。その仕組みも教えた。

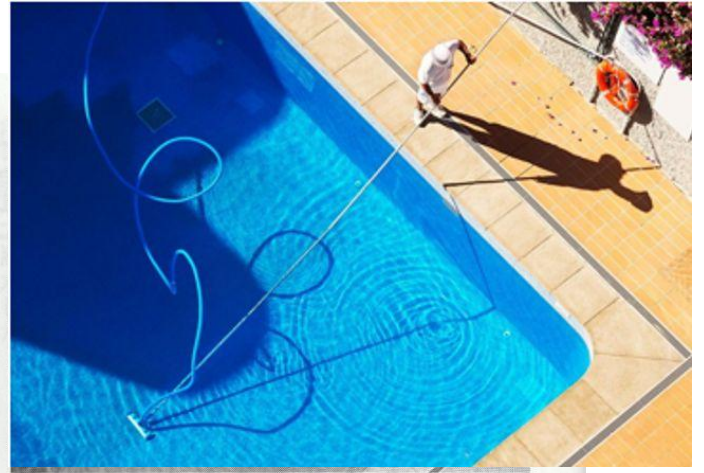


図34 プールの清掃法

お金が無いと、

新しい発想が生まれる。

英国生まれの緩速ろ過処理は緩速ろ過Slow Sand Filterという用語で、誤解を生んだ。当時は顕微鏡も発達していず、微小生物の活躍がわからなかった。私は植物プランクトンの生態を研究していたので、まず顕微鏡で活躍する生物を観察した。上田市の浄水場が大学から近くにあり、現場に気軽に足を運び、調査研究をすることができた。生物群集による浄化なのに名前で誤解していたと気づき、生物浄化法という名前にしないと誤解すると気づいた。最初につけられた名前を変えるのは本当に大

現場に足を運び「どうしたらよいか」と考え、新しい発想が生まれる。

## 10 現場主義で社会貢献をしたい

変であるが、名前を変えると、ろ過池の構造や維持管理方法が新しくなった。まず、現場を良く観察することが必要であった。日本発、上田発の考えが確実に世界へ広がりだしている。

戦後の日本は、科学技術がもの凄く早い勢いで発展してきた。その恩恵を私達が享受している。しかし、新しい技術は、次の新しい技術に直ぐに入れ替わってしまう。

近代水道の歴史はたった200年の歴史しかない。それ以前は、自然界で浄化された水を利用していた。何百年、何千年もその仕組みを活用してきた。人口が都市に集中し身近な水が汚染され、緩速ろ過処理が開発された。でもその名前で浄化の仕組みが誤解されたのに気づいた。

JICA研修に参加する人々は、日本の様な大都会から来た人とは限らない。むしろ、日本の過疎の市町村での生活の知恵を教える方が良い場合もある。省エネで維持管理が楽な方法は、私が上田市で気づいた生物浄化法の方が良い場合がありそうである。

上田市に大正12(1923)年に染屋浄水場が建設された。当時は千曲川の伏流水を取水していたので、ろ過池と浄水池で2池が常用で1池が予備であった(図35)。当時の人口は約3万人で、大正9年の申請では6計画人口6万人だった。

戦後、河川表流水を取水し、ろ過速度は遅い方がよいと考えていた。その結果、ろ過池は13池にもなった(図19、前出)。現在の染屋浄水場の給水人口は約7万人である。一人1日300リットル給水なら1池の浄化能力は1万2千人以上で、浄化能力の半分以下と言う過大な施設であった。私は現場主義で研究をし、日本中で緩速ろ過は誤解されていると気づいた。

私はJICA研修で、その国に適した技術として生物浄化法としての緩速ろ過技術を教えてきた。大洋州や東南アジアなどでも浄化施設建設や維持管理に協力してきた。日本の常識は海外とは違うと感じていた。

大洋州諸国で活躍してきたJICA関係者が、JICAは日本の世界貢献をしている事を皆に知らせようとして、大学教育出版から『大洋州における国際協力入門』という本を出版した(図36)。私もフィジーの国家事業について書かせてもらった。

私は皆が現場主義に関心をもってもらいたいと思っている。それが持続可能な社会につながると思っている。



図36 大洋州での国際協力



図35 創設時の染屋浄水場

現場主義、現場を良く観察することが、始まり。彼等が、彼等でできる方法をどうしたら良いかと考える。新しい発想が生まれる。