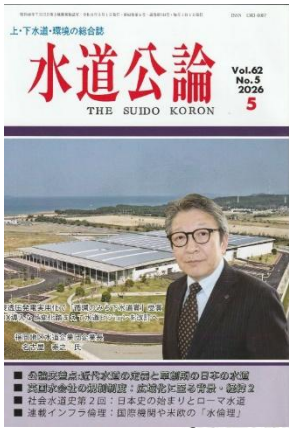


雑誌の印刷は白黒。写真を元のカラーへ、追記もした。



載

# 生物屋の緩速ろ過池研究

## その56 上田市から生物処理の再認識が始まった

信州大学名誉教授 中本 信忠

戦前の日本は英国式の緩速ろ過が主流だったので、水道水に塩素は添加していなかった。

### 1 戦後、急速ろ過処理が普及した

日本は山国で、身近に湧水やきれいな溪流水があり、その水を利用していた。また、身近に良質の井戸水もあり、その利用も盛んであった。

幕末から明治になる頃、水系伝染病が流行し、明治時代に英国式の緩速ろ過処理が導入された。その後、日本では英国式の緩速ろ過処理が普及した。緩速ろ過処理で病原菌が除けるのでろ過水に塩素で殺菌をする事をしていなかった。戦後、進駐軍が「日本の水道水に塩素殺菌をしていない」のに気づき、進駐軍は日本の全ての水道水に塩素添加を強制した(図1)。

### 2 人口が大都会へ集中し、地方は公共施設の維持が大変

薬品処理の急速ろ過処理では、水源水質や変化に対処して適切な薬品を使う必要があり、技術開発

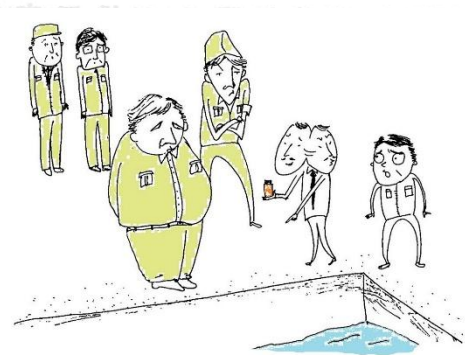


図1 塩素添加は進駐軍の強制による

が盛んであった。浄化施設が複雑になり、水道技術の専門家が維持管理をするようになった。

また大規模施設で広域水道が良いと宣伝された。その結果、給水区域が広範囲になり、給水管が長くなり、大口径になった。管路の維持経費が莫大になり財政負担が大きくなった。

水道法の水道とは「導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体」をいう。水道事業は「原則として市町村が経営すること」とされている。昭和40年代以降、高度経済成長期を中心に整備され、

全国に普及した。

人口が大都会に集中し、地方は人口減少が顕著となった。その結果、地方では、あらゆる公共施設の維持が大変になった。

そこで国は「人口減少に伴う水の需要の減少、水道施設の老朽化深刻化する人材不足等の水道の直面する課題」に対応し、「水道の基盤強化を図るため、水道法を改正した(令和元(2019)年10月1日施行)。

この改正に伴い、厚生労働省は「水道基盤強化計画策定に向けた、水道施設の最適配置計画の検討」を行い、2021(令和3)年5月に報告書が公開された(図2)。厚生労働省は上田市の緩速ろ過処理の浄化施設が1923(大正12)年から現在まで、省エネで、水質



図2 水道基盤強化モデル案

戦後、アメリカ式の化学薬品処理の急速ろ過が最新技術で良いと宣伝され、普及した。

急速ろ過 Rapid Sand Filter の水は、水質が悪く、問題だった。業者頼りの水道事業になった。導入を間違えたと言わなかったのが、深みに入り、困っている。

上田市は、大正12年から緩速ろ過処理。ろ過池で、生物群集が活躍して浄化している。



浄化能力は良く、水質も良かった。

私も良く、維持管理が容易な施設で、浄化能力も大きいのに注目した。私が上田市染屋浄水場（図3）に関する緩速ろ過処理の能力、水質維持管理方法に関し、検証できる数値を公表していたので参考にしたいと思われた。そこで厚労省は水道広域化のモデルケースとして公表した。

780m<sup>2</sup>のろ過池で5m/dでろ過するなら  
1池の浄化能力 = 3,900m<sup>3</sup>/d = 13,000人/日  
13池中12池使用で = 46,800m<sup>3</sup>/d = 156,000人/日

図3 上田市染屋浄水場

緩速ろ過は、機械も薬品も使わない、省エネだった。

水道の課題は、急速ろ過処理の問題だった。

**課題1** 人口減少などにより、料金収入が大幅に減少

**課題2** 施設の老朽化などにより、維持管理や更新に膨大な費用が必要

**課題3** 水道事業を支える人材不足

図4 水道の課題

また、水利権を確保するために菅平ダム湖建設にも協力してきた。一方、長野市や、途中の千曲川沿いの千曲市や坂城町は伏流水が豊富で、水源開発（水利権確保）をする必要がなかった。モデル案は上田市の緩速ろ過施設で浄化した水を既存の送水管を更新して、水が豊富な長野市まで送水し、下流の地域の効率が悪い施設を廃止する案であった。「水道基盤強化」の必要性として3課題（図4）が挙げられていた。課題①人口減少による料金収入の大幅な減少。課題②施設の老朽化で維持管理や更新に膨大な費用。課題③水道事業を支える人材不足。

私は「3課題は高度成長長期に盛んに導入した化学薬品処理の急速ろ過処理が問題」と思っている。①急速ろ過は莫大な経費がかかり、水道料金を上げる必要がある。一方、上田市の施設は現在でも過大な施設で縮小できる。②急速ろ過施設は未完成の欠陥処理で施設更新が必須で、それを誤魔化すために「老朽化」という用語を用いている。緩速ろ過処理は自然界での河原の湧水を人工的につくる方法で、完成された技術で更新する必要はない。③急速ろ過は高度技術で次から次へと更新し、転勤が頻繁な素人職員では維持管理できず専門業者に任せる必要がある。上田市の緩速ろ過の施設は市職員で維持管理できている。私は戦後、国が勧めてきた急速ろ過処理は緩速ろ過処理に比べ、「未完成の欠陥処理だった」ので困り、「導入を間違えました」と言えず、「屁理屈を言っている」と思っている。小学4年生は水道について教科書で勉強をする。長野県で採用されている文部省検定の教科書には、

上田市で使われている「緩速ろ過処理の解説がなく、急速ろ過処理の解説しかない」のが問題とされている。国が「省エネで維持管理が容易で、水質が良い、緩速ろ過処理を知らせよう」としないのが問題である。先日、読売新聞の記者に上田市の浄水場を案内したら、「浄水場は、機械や精密機器が動いている音がしたが、この浄水場は水が流れているだけで、何もなく静かですね。初めて緩速ろ過処理の浄水場を見学した」と言ってくれた。この水道公論の連載「生物屋の緩速ろ過池研究」を参考に、上田市の浄水場で浄化の仕組み、生物現象の実際を見学すると「目からウロコ」と実感すると思う。

**3 小規模分散・独立なら緩速ろ過処理が良い**

厚労省のモデル案が2021（令和3）年5月に公表された後、水道事業に関する行政は、2024（令和6）年4月1日より、厚生労働省から「国土交通省」および

緩速ろ過は、山の湧水、河原で湧きだす湧水を人工的につくる仕組み。それなら、小規模でも、大規模でもできる。

阪神淡路大震災、東北大震災、能登半島地震、大地震は、忘れた頃でなく、忘れない内に、起こっている。大震災での被害は、広範囲、復旧に年月がかかる。それなら、小規模、分散、独立が良い。

上田市の染屋浄水場では、戦後、神川の表流水を集水しだした。濁り対策で凝集剤、藻の繁殖対策で、殺藻剤を使いだした。

戦後の、日本は、アメリカ方式の急速ろ過だけを盛んに宣伝された。日本は、これまでも勧めてきた大規模広域化の方向でなく、小規模分散・独立へ目を向けた。人口減少しても、200年前に開発された英国式の急速ろ過処理であれば、人口が減少した地域でも、維持管理が可能で、良質の水道水を作ることができる事を再認識した。

上田市は100年間以上も、生物処理の緩速ろ過処理を維持管理している。自然流下を利用し、動力も機械も使わない施設である。水道法で塩素添加を義務付けられているので、最後に塩素添加をする。基本的には薬品は使わない施設である。



図5 戦後誤解処理が始まった



菅平ダム:長野県営の多目的ダム(かんがい・上水道・水力発電)

図6 菅平ダム湖

上田市は1923(大正12)年から千曲川の伏流水を取水して緩速ろ過処理をしていた。ポンプで50㍓も揚水するので電気代が大変で、1953(昭和28)年から支流の神川から自然流下で取水するようになった。その際、ろ過池を増設し、濁り水対策で凝集剤を使い、殺藻剤も使い始めた(図5)。

上田市での生物群集による浄化の仕組みの誤解の始まりである。戦後の日本では化学薬品処理の急速ろ過の導入が盛んであった。急速ろ過処理では濁り水対策で凝集剤を使うのが必須であった。また急速ろ過処理では藻の繁殖は悪いと考え、殺藻剤も使っていた。最新技術は良いという盲信があった。水道水源の神川の上流に菅平ダム湖(図6)が1968(昭和43)年に完成すると上田市の水道水に異臭味が生じ問題になった。信州大学繊維学部の先生らが異臭味原因の調査をして「菅平ダム湖が富栄養化し水道水が不味くなった」と報告された(図7)。当時は都市

4 生物処理なのに殺藻剤で水道水が不味くなった

上田市での急速ろ過池研究がきっかけで、日本中、世界中で、緩速ろ過処理の見直しが始まった。今号で、再度、上田市で私がしてきたことを解説したい。

上田市での生物群集による浄化の仕組みの誤解の始まりである。戦後の日本では化学薬品処理の急速ろ過の導入が盛んであった。急速ろ過処理では濁り水対策で凝集剤を使うのが必須であった。また急速ろ過処理では藻の繁殖は悪いと考え、殺藻剤も使っていた。最新技術は良いという盲信があった。水道水源の神川の上流に菅平ダム湖(図6)が1968(昭和43)年に完成すると上田市の水道水に異臭味が生じ問題になった。信州大学繊維学部の先生らが異臭味原因の調査をして「菅平ダム湖が富栄養化し水道水が不味くなった」と報告された(図7)。当時は都市

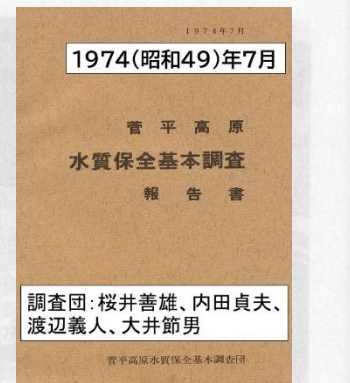


図7 異臭味報告書

神川の上流にダム湖が完成したら、上田市の水道水が不味くなった。

私は「水道水の異臭味の原因はダム湖の富栄養化とされていた」ので、まず菅平ダム湖での植物プランクトンの繁殖と水質の調査をした。

私は小島貞男さんが1964(昭和39)年に月刊「水」発行所で出版した「水処理のための生物試験の手引き」で水道に関する生

私は当時、東京都立大学でダム湖での藻の繁殖を研究していた。私は各地のダム湖などを視察していた。繊維学部繊維農学科(後の応用生物科学科)で助手が採用できる事になり、私は1975(昭和50)年10月に信州大学繊維学部に33歳で助手として初めて就職できた。

河川の水質汚濁が問題になり湖沼でも藻が大繁殖し水質問題が生じていた。

私は当時、東京都立大学でダム湖での藻の繁殖を研究していた。私は各地のダム湖などを視察していた。繊維学部繊維農学科(後の応用生物科学科)で助手が採用できる事になり、私は1975(昭和50)年10月に信州大学繊維学部に33歳で助手として初めて就職できた。

水道水が不味くなった原因は、ダム湖の富栄養化とされた。

小島さんの本に、緩速ろ過処理なら、異臭味も除けるとあった。緩速ろ過処理では生物群集が異臭味物質を分解するとあった。



図8 生物処理の解説本

物の関わりを参考にした。

私は信州大学の先生らの報告の「ダム湖での藻類繁殖が水道水の異臭味の原因」とは思えなかった。私は「当時の上田市の浄水場では、ろ過池で藻が繁殖しないように殺藻剤を添加していたのが原因」と気づいた。当時は信州大学へと声をかけてくれた先生方や上田市水道局職員は「緩速ろ過処理が生物群集の活躍が鍵」なのを誤解していた。

### 5 殺藻剤を中止したらおいしい水になり目詰まりもなくなった

私は河川やダム湖、湖沼などの水質汚濁と浄化、そこでの生物群集の役割を解説していた。私の話を聞いた浄水場の場長は、浄水場での殺藻剤添加を1981

上田市は、生物群集の活躍が鍵と気づいてくれた。

(昭和56)年から中止した。それから水道水の異臭味が無くなり「おいしい水」になり、またろ過池の目詰まりもしくなくなった(図9)。上田市の浄水場長は生物処理の緩速ろ過処理を誤解していたのに気づいてくれた。

しかし殺藻剤を中止したらろ過池で藻が大量に繁殖した。小学生などの見学者が、見た目が悪く、おいしい水をつくるろ過池なのに、藻が繁殖していて「汚い」と言う。そこで「おいしい水を作る小さな主役達」という看板をろ過池の脇に建ててくれた(図10)。また「ろ過池の底の砂層表面で増殖する微

昭和60(1985)年7月22日(月)信濃毎日新聞(科学欄)

藻類(植物プランクトン)は臭い水の原因ともなるが、上田市の浄水場は、逆に、ある種の藻を積極的に利用し、ろ(過)過池の目詰まり防止に役立っている。上田市水道局の染谷浄水場と石舟浄水場で活躍しているのはメロシラ・パリアンスと、呼ばれる糸状の(珪)藻。砂で出きたろ過池の目詰まりに手を焼いた浄水場のスタッフが、信大機軸学部の中本信忠助教授(応用生物科学科)のアドバイスで昭和五十六年導入した。1981年

図9 殺藻剤を止めた



図11 生物処理の解説



図10 藻の役割解説

生物群により水中の不純物を捕捉・分解する」という解説看板もつくってくれた(図11)。殺藻剤は化学薬品処理の急速ろ過処理では必要だったが、生物処理の緩速ろ過処理では使ってい

### 6 大都市で生物処理を誤解しているのは残念

大都会で緩速ろ過処理をしている浄水場では殺藻剤を使っていた。例えば、東京都境浄水場を見学したとき、ろ過池の砂層表面の生物を解説してくれた。そのスライドを見たところ、水源貯水池で繁殖した植物プランクトンが流入し、ろ過池では生物が繁殖していない状態だった(図12)。東京都水道局

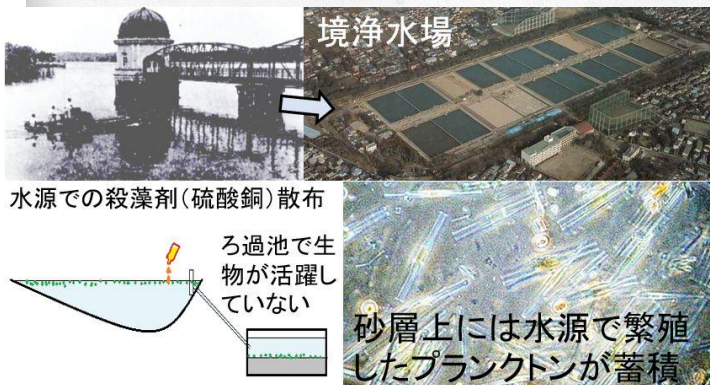


図12 生物処理の誤解

東京都水道局は、緩速ろ過処理は、生物群集の活躍による浄化なのに、誤解していた。東京都水道局で活躍していた小島さんが居たのに、本の中身と、東京都での実際の行動が違っていた。

上田市は、生物処理を誤解しているの気づいてた。

水源貯水池で散布された殺藻剤の影響が浄水場にもあった。ろ過池の藻だけでなく、微小動物へも影響があり、そのため砂層内へ、汚れが入り込んでいた。

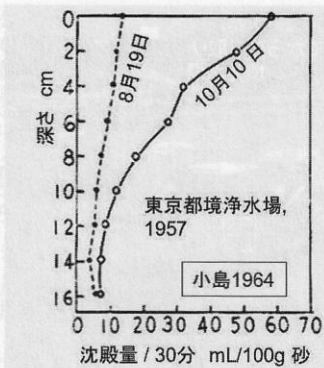


図13 砂層深部まで汚れていた

上田市の染屋浄水場で砂層の汚れ具合を調べると表面近くだけしか汚れていない(図14)。ダンカンではテムズ水道での砂層内の汚れは砂層表面だけと報告している(図15)。この報告では、ろ過速度が1

では、水源貯水池で植物プランクトンが繁殖すると緩速ろ過池の砂層が目詰まりすると誤解し貯水池で殺藻のために硫酸銅を散布していた。その影響で、境浄水場でのろ過池の砂層内部まで汚れていると小島さんは報告している(図13)。小島さんは生物処理のリーダーであるのに「緩速ろ過処理の原水に生物群集を殺す殺藻剤の使用」を推奨していたのは残念である。殺藻剤の使用は急速ろ過処理が盛んな米国での常識である。

自然界の土壌では、表面近くで生物が活躍する。

日に4・8日でも9・6日でも汚れは砂層上部だけである。

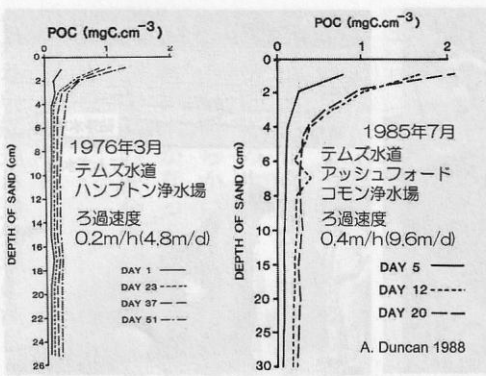


図15 テムズろ過池の砂層も汚れていない

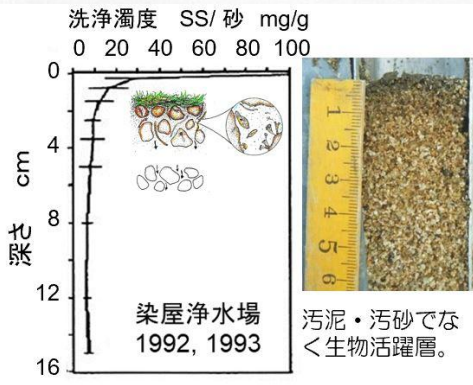


図14 上田市では砂層は汚れていない

ろ過池の砂層で生物群集が活躍するのは餌がくる表面近くであった。

東京都は生物群集の活躍を嫌だった。



図16 越流管を閉める誤解

緩速ろ過処理は生物群集の活躍による浄化であるのに、名前で浄化の仕組みを誤解されてきた。私は上田市で、緩速ろ過池は糸状藻類の連続培養系の有用性によるものだと気づいた(図16)。東京都水道局の砧・境浄水場を見学したら、両浄水場とも越流管を塞いでいた。また藻の繁殖が嫌で、ろ過池に殺藻剤を添加する実験もしていた(図17)。砂層面の削り取りが大変という事で、東京都水道局に就職

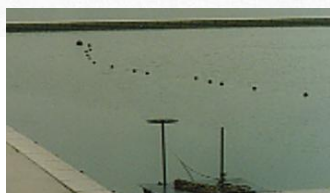
7 砂層内部は汚れない、砂層上部の生物群集を除いてはいけない

した後輩に頼まれ、テムズ水道の削り取り機械の写真を渡した。その後、小さな削り取り機械を開発し、現在は使っている。境浄水場での削り取りの状態を見たところ、砂面を乾かしてから削り取りをしていた(図18)。生物群集は餌がくる砂面で活躍する。また水が流れ、溶存酸素がある環境で活躍する。砂面が乾いてしまうと、砂層表面で活躍していた生物は、水を求め



図17 殺藻剤添加の違い

東京都の砧浄水場では、ろ過池へ直接に、殺藻剤を添加する実験をした。



生物群集が活躍できないと、ろ過池は直ぐに目詰まりする。目詰まりした砂層を、削り取りするのに砂面を乾かし機械を使った。砂面が乾くと、水がある場所で活躍する生物は、深くまで逃げ、砂層全体が汚れた。



図18 乾かして削り取りで砂が汚れる

テムズ水道では、生物群集を除くのは良くないと考え、砂面の汚れを水中吸引掃除機で除く実験をしている。

て、砂層表面から深い砂層の深部へ逃げてしまう。砧浄水場では、藻の繁殖を嫌い、ろ過池を覆う実験をした(図19)。

テムズ水道でも、ろ過池を覆う実験をした。溶存酸素の日変化、生物群集の活躍を考え、ろ過池を覆うのを止めた。ろ過速度を変え、溶存酸素濃度の変化を調べ、生物群集の活躍には、ろ過速度が速い方が良いという結論になった。その結果、ろ過速度は、1日に12回まで良いことにしている。また「砂面の削り取りは生物群集を除いてしまう」ので、水を抜かないで砂面を削り取らない実験をしていると教えてくれた(図20)。



図20 砂面の削り取りを止める実験

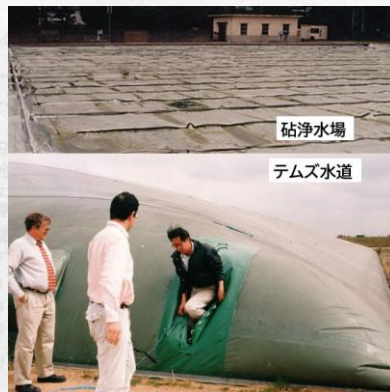


図19 ろ過池を覆う実験

テムズ水道では、藻や微小生物の役割を実験で確かめた。



図21 湧水はおいしい

日本の水道界のリーダーたちが、緩速ろ過処理を再認識してくれるなら、維持管理が容易で廉価に良質な水道水を供給できるように「スーパークリーンでおいしい水が蛇口から飲める」ようになる。

自然界の湧水は「刺激がない、生物が反応しない水」で、私たちは「おいしい」と感ずる。この「おいしい水」は土壌の表面近くで生物群集が活躍しているからである(図21)。

雨水は細かな土壌粒子の層を通過するが、水には粘性があるので細かな粒子の層だと水がゆっくりと流れる。流れがゆっくりだと生物群集が安心して活躍できた。生物群集は濁り物質だけでなく、溶けている物質も生物が反応する物質を食物連鎖の過程で分解した(図22)。この生物群集が活躍した

### 8 生物群集がおいしい湧水をつくる

飲まれない水道水を供給するのでなく、「飲みたい水道水を供給できる」ようにしたい。

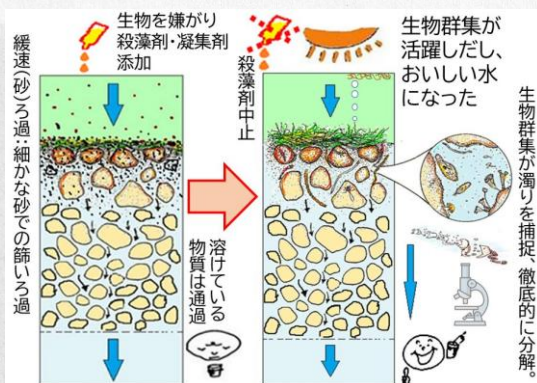


図22 生物群集による浄化

層を通過した水を私たちは「刺激がなく、少し甘い水」と感ずる。急速ろ過処理では生物群集が活躍できず、溶けている物質は浄化処理過程を通過してしまう。この水はおいしくない。

緩速(砂)ろ過の英語名はSlow Sand Filtrationである。緩速(砂)ろ過という言葉のイメージは単に細かな砂での篩いろ過である。この名前では生物群集の活躍をイメージ(図23)できなかった。

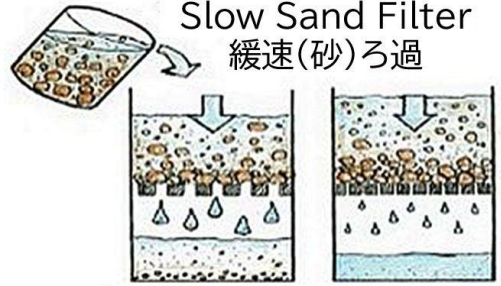
私は緩速Slowとは「ゆっくりの速度」でなく「生物群集にやさしくGentle」という意味と気づいた。

東京都は、生物群集が活躍するのを嫌った。

テムズ水道では、生物群集による浄化能力を上げるためにと、実験をしていた。

緩速ろ過 Slow Sand Filter という名前が、日本だけでなく、世界中で誤解の元になっている。上田市から、信州大繊維学部から、新しい発想の浄化法が生まれた。もう少し、宣伝する必要がありそうだ。

細かな砂での篩いろ過  
Slow Sand Filter  
緩速(砂)ろ過



細かな砂でゆっくりと砂ろ過し、濁りが除け、病原菌も除けていた。

図23 緩速ろ過のイメージ

生態系、生物濃縮というのが注目された。

9 化学薬品の安全性が問題になる

私は東京オリソピックの直前、同度成長期の1961(昭和36)年に大学に入学した。当時は生態系が注目された頃だった。生物群集間の食う食われる関係の食物連鎖、分解と生産、栄養塩の循環などが話題になっていた(図24)。またベトナム戦争が激しくなっていた頃だった。1962(昭和37)年にレーチェル・カーソンは「沈黙の春 Silent Spring (初訳:生と死の妙薬)」(図25)を出版し世界



図25 沈黙の春



図24 生態系が話題になる

化学薬品は想定外の問題を起すリスクを考えだした。

中で話題になった。枯葉剤、殺虫剤の塩素系化合物が食物連鎖を通じて想定外の生物にまで濃縮される事実が明らかになり問題になった。この本がきっかけで、世界中で化学薬品の安全性に注意を払うようになった。世界保健機構(WHO)は薬を使わない緩速ろ過処理に注目し1

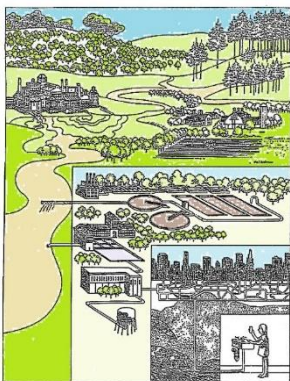


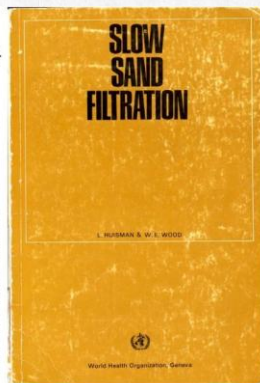
図27 飲み水は安全か?

IS THE WATER SAFE TO DRINK?  
飲み水は安全か  
ハリス 消費者報告  
1974年6月  
Cl - C - H  
Cl  
有機物と塩素添加で発癌物質生成の危険性指摘。

Huisman & Wood 1974  
緩速ろ過指針 WHO  
<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/3af36e0c-fdfa-466a-a168-ab10d4031d57/content>



図26 緩速ろ過指針



974(昭和49)年に緩速ろ過指針を出版した(図26)。アメリカでは化学薬品処理の急速ろ過処理が盛んであった。アメ

生態系、食物連鎖、生物経済学という考えが世界中で話題になっていた時だった。ブラジルで都市近郊のダム湖で植物プランクトンが大繁殖し、水質問題で困っていた。サンパウロ州のほぼ中央にあるサンパウロ州立大 Univ. São Paulo 工学部衛生工学科およびサンパウロ州にある唯一の連邦立のサンカルロス連邦立大 Federal Univ. São Carlos 生物科の先生らは「ダム湖で繁殖する植物プランクトンを、食物連鎖を利用して魚を繁殖させ人間の食料に」と考えた。まずダム湖生態系、ダム湖内での生物群集の研究を始め、藻類培養を始めようとした。藻類培養は日本が有名であったので、日本

10 食物連鎖を活用しダム湖で魚類生産を考えたブラジル

リカの消費者団体のハリスらは、「飲み水は安全か?」と言う報告(図27)を1974(昭和49)年に出した。この報告は世界中で注目され、その後、世界中で薬品処理の急速ろ過処理の安全性について神経質になりだした。

自然界の生態系の機能を賢い活用を考え、実践しようとしたブラジルの大学へ、1974年に出かけた。

ダム湖生態系の研究を始めた。その研究の助言で私はでかけたのが1974年。長さ7<sup>キロ</sup>の小さなダム湖が実験対象だった。一人で、奮闘した。



図28 ダム湖生態系調査対象地

に専門家が来た。私は東京都立大でダム湖生態系研究、藻類培養などをしてきた。そこで私は1974（昭和49）年に海外技術協力事業団OTCA（後に国際協力機構JICA）に変更）の短期専門家としてブラジルのサンパウロ大とサンカルロス大へ、藻類培養とダム湖生態系研究の指導にでかけた。サンカルロス市郊外には長さ7<sup>キロ</sup>の小さな発電ダム（図28）があり、それを大学でのダム湖生態系研究の対象にしていた。

ブラジルは世界の最先端を実際に実験しようとする国だ。

ベルナルドは、何年間も、上向流粗ろ過の実験を繰り返して来た。それを、動物フランクトン屋のオデテが手伝っていた。

としてでかけた。

私は藻類の培養を教えながら、大陸の熱帯サバナ地帯にあるダム湖の調査にも協力した。

日本は山国である。南米大陸のサバナ地帯の浅いダム湖は日本のダム湖との違いはどうか、大変に興味があった。彼らにダム湖内の現象は集水域の影響が大きいと教えた。

サンパウロ大とサンカルロス連邦立大の先生らはブラジルの科学技術を牽引し、世界と競争しようとしていた。世界の情報をキャッチし、世界の最新の知識や技術を検証し導入しようとしていた。

### 11 葉を使わない濁り水対策・上向流粗ろ過の開発

私が1974（昭和49）年に行ったサンパウロ大衛生工学科のベルナルドProf. Luiz Di Bernardoは凝集剤を使わない濁り対策を考えた。

緩速ろ過処理は河原で湧き出る伏流水がヒントで生まれた。緩速ろ過処理は砂層と礫層を上から下へ流した。ベルナルドは濁り水を逆に下から上に流すアイデアを1

上から下への監獄ろ過を、逆に流して、濁り対策を実験した。

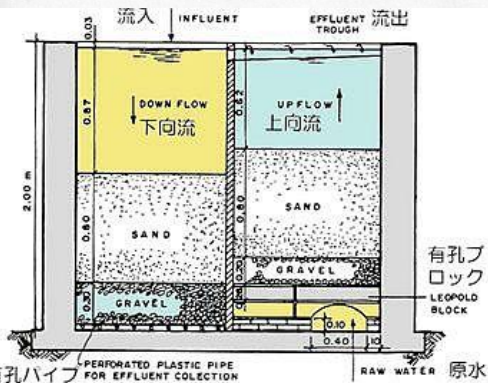


図29 緩速ろ過槽を逆に流す

970年代後半に考えついた（図29）。そこでベルナルドの修士学生コスタP. Costaに修士の研究として実験してもらった。凝集剤を使わないでも容易に濁りが除け、その成果を修士論文（ポルトガル語）として1980（昭和55）年にまとめた。

ベルナルドは、その後も上向流粗ろ過Up-flow Roughing Filter（URE）の実験を勢力的に繰り返した（図30）。その成果を1988（昭和63）年に英国ロンドンで開催された最初の国際緩速ろ過会議で発表した（図31）。

ベルナルドは緩速ろ過用の細かい

な砂より、少し大きな直径2〜5ミリの砂層と6〜8ミリの砂層で実験をしていた。粗ろ過・上向流粗ろ過は砂礫表面への細かな濁りの吸着が主と考え礫が小さい方が良く考えていた。ベルナルドの実験を動物フランクトン屋のオデテ Odete Rochaが手伝っていたが生

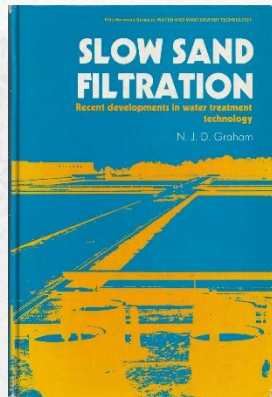
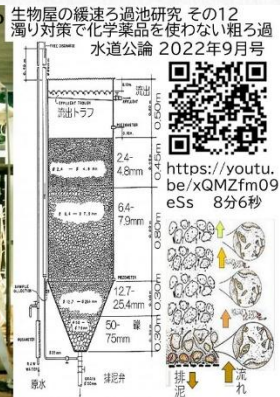


図31 初の緩速ろ過国際会議本

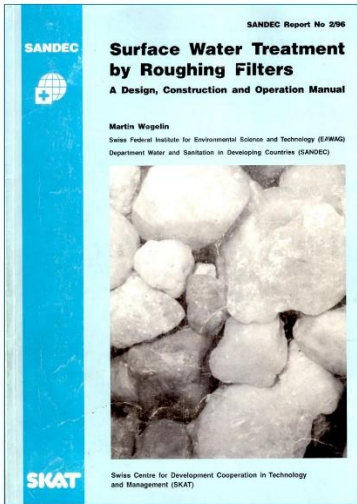


図30 上向流粗ろ過実験



ベルナルドは1988年ロンドンでの最初の緩速ろ過国際会議で発表し、話題になった。

1988年の国際会議で粗ろ過が話題になり、国際共同研究が行われた。その後、スイスのウェゲリンが纏めて、スイスから「粗ろ過指針」が1996年に出版された。



<https://www.ircwash.org/sites/default/files/Wegelin-1996-Surface.pdf>



Martin Wegelin  
Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology

図32 粗ろ過指針

私は粗ろ過指針を元に、上田で上向粗ろ過実験をした。

物屋の感覚がベルナルドの研究に反映していなかった。

最初の国際緩速ろ過会議で薬品を使わない濁り対策の粗ろ過が話題になり、国際共同研究が行われた。粗ろ過指針として報告が1996（平成8）年にスイスから出版された（図32）。私はWHOの指針（図26、前出）、国際会議論文集「粗ろ過指針を読み、世界の最新の緩速ろ過に関する動向を探った。」私は「生物処理なのに、生物屋の生物学、生態系の知識が十分に緩速ろ過処理に活用されていない」と思った。

私は信州大学で学生らと灌漑用水路の水を原水として、上向流粗ろ過実験をし、砂礫の表面に濁りが吸着し、それを微小動物が削り取りをしているのに気づいた。あらゆる生物群集が活躍する事が重要であった。それには、均等大大きさの砂礫の層であるより、むしろ、いろいろな大きさの砂礫が混在していた方が良いと思われた。それは千曲川の河原の砂礫は均一でなくても砂礫が流されないなら生物群集が活躍すれば水がきれいになるのと同じであった。砂礫が動かないという事が鍵と考えた。

いろいろな生物群集が活躍しない、砂礫表面への吸着が主と考えるなら、均一の砂という考えが生まれる。しかし、自然界では、必ずしも均一な細かな砂とは限らないでも、水は浄化されていた。凝集剤を使わず多段の上向流粗ろ過を導入すれば効率的に濁りが除ける事は確かである。粗ろ過も古い技術であるが、まだまだ生物屋のセンスを生かして研究をする必要があると思っている。

治時代から上田町では先人が苦労して何とか緩速ろ過処理による浄水場をつくりたいと動いていた。上田町では「国からの補助金をもらうには市」とわかり、町村合併して上田市になり大正時代に人口を少し多めの3万人として申請し、補助金をもらい、やっと染屋浄水場が1923（大正12）年に完成した。上田市には1964（昭和39）年に長野県企業局の急速ろ過処理の諏訪形浄水場が完成し、その水が供給されている区域があった。同じ市民なのに「水道水が不味く、水道料金が高い」との不満があった。私は上田市染屋浄水場の浄水能力に余裕があるのを知っていた。そこで「同じ上田市民なので染屋浄水場の水を何とか給水できないか」と思っていた。

人工癌を世界で初めて作った山極勝三郎博士が創立した上田郷友会で2018（平成30）年7月7日に「上田のおいしい水」という話をした。そこで「浄化方法の違いで水道水のおいしさが違う。染屋浄水場には浄化能力に余裕がある」と解説した。この話を聞いた市民の中に「染屋浄水場のおい

## 12 水の会ができた

上田市には日本一乾燥し、降水量が少ない上田の盆地がある。明

い水道水のおいしさが違う。染屋浄水場には浄化能力に余裕がある」と解説した。この話を聞いた市民の中に「染屋浄水場のおい

い水道水」という動きができ、その後「おいしい水を広める市民の会」が2018（平成30）年に発足した。市民の会では上田市に働きかけをしてきた。

まず市民に染屋浄水場の仕組みを知ってもらおうと考えた。そこで市民の水の会として、市民に2019（令和元）年7月から「水は第一なので、毎月第一水曜日に染屋浄水場見学会」を開催し、緩速ろ過処理は省エネで廉価に、生物群集がおいしい水をつくと解説してきた。

上田市は濁り対策で凝集剤は生物群集の活性を損なうので、凝集剤添加を止めてもらおうと、1988（昭和63）年から進言していたが無理だった。そこで2019（令和元）年9月4日（水）の水の会の染屋見学会に高崎市の若田浄水場の場長らに来てもらった。私は「上田市は流入水濁度が増えても、生物が活躍するならば抵抗力は上がらない」と解説し、高崎市の場合にも上田市を説得してもらった（図33）。その後、上田市は、凝集剤を添加しない実験をし、「極端な濁りが来ない限り凝集剤は使

私は海外での活動が一段落するの、今度は上田に来てもらおう、上田市のおいしい水の話をした。

2018年7月に話をしてから、上田市の市民の中で、市内の急速ろ過の地域へ緩速ろ過の水をと「おいしい水を広める市民の会」ができた。

2019年は毎月、第1水曜日は、染屋浄水場の見学会を開いた。何とか、上田市で、濁り対策の凝集剤を使うのを止めてもらおうと、2019年9月4日に、高崎市の場長に貴て、上田市を説得してもらった。この時、若い、斉藤市議会議員も同席してくれていた。



2019年9月4日(水)  
流入濁度とろ過抵抗の解説

図33 凝集剤中止を説得

「わななくてもよさそう」という結論になった。  
この見学会には斉藤達也市議員も参加し(図34)、生物群集の活躍、濁度と凝集剤の関係についての解説を聞いてくれていた。  
また市民に対し上田市中央公民館大会議室を借りて「全ての市民へ緩速ろ過の水道水を」と第1回の勉強会を2020(令和2)年2月2日に開催した(図35)。コロナの流行前は毎月、染屋浄水場の

斉藤市議は、熱心に、私たちの解説を見て、聞いてくれていた。

斉藤市議は、現在の水道広域化はおかしいと発言し、2026年3月の市長選に立候補し当選した。

見学会も行い、高崎市の浄水場の見学会も行った。

この会が発足した翌年2021(令和3)年に厚労省は水道基盤強化のモデル事業として「上田長野間の水道広域化案」を公表した(図2、前出)。上田市は県企業局が主導したモデル事業に賛同し、上田

市広報で盛んに「モデル案は上田市にとってメリットがある」と宣伝をした。  
市民の会では「上田・長野間の水道広域化は災害が多い日本では、おかしい」と気づき、市民に「どこが問題なのか」の解説を続けてきた。

市民の会の勉強会の第10回は本年2026(令和8)年3月1日に開いた。中央公民館での勉強会には毎回100名以上も参加してくれた。  
土屋市長と上下水道局には、これまで何回も直接に、「この案は上田市にとってメリットが無い」と解説をしてきたが「補助金をもらう方が市にとって良い」という姿勢で市民への説得を繰り返してきた。

染屋浄水場見学会 2019年9月4日(水)  
おいしい水を広める市民の会、毎月第1水曜日



図34 真剣な斉藤市議

「おいしい水を広める市民の会」  
第1回勉強会 2020年2月2日



第10回勉強会 2026年3月1日



図35 おいしい水の勉強会

### 13 上田市で50歳の市長が誕生した

2026(令和8)年3月29日に上田市長と市議会議員の選挙があり、市議会議員を2期務めた若い50歳の斉藤達也さんが「上田市は財政赤字が段々と膨らんでいる。何とかしないとイケない。上田市

テムズ水道も、上田市の研究を参考にして、維持管理方法を改善した。上田市が、世界の水道の浄化法の再認識の起点である。私は多くの水道関係者が上田市の浄水場を見学に来てもらう事を願っている。連絡をしてくれば、案内したい。

2020年2月からの勉強会は、2026年3月までに10回も開いた。



この号の水道公論の画像を元に、YouTubeに投稿した。

(2026/5月号)

[https://youtu.be/p\\_7RZeizVbl](https://youtu.be/p_7RZeizVbl)

