

日本水道新聞社の月刊雑誌：
水道公論 62 (4) : 75-86, 2026 年 4 月号

雑誌の印刷は白黒。写真を元のカラーへ、追記もした。

生物屋の緩速ろ過池研究

その55 大規模から小規模まで生物浄化法が良い

信州大学名誉教授 中本 信忠

おいしい水は、刺激がない水。自然界の生物がおいしい水をつくる。

1 水道法と「おいしい湧水」

私は上田市の水道水源ダム湖が完成すると水道水に異臭味が出たことで、1975 (昭和50) 年10月に信州大学繊維学部部に就職した。それから水道に関して勉強をはじめた。水道法は1957 (昭和32) 年に公布されていた。

この水道法では「豊富低廉な水を提供」「飲用に適する水」とあった。

しかし「飲み水としての水道水」があっても「塩素臭い水」を嫌って、スーパーでは大量の「ペットボトルの飲料水」が売られている。

私は自然界での「清澄でおいしい湧水(図1)」ができるのは土壌表面で活躍する生物群集が濁り物質だけでなく溶けている物質でも生物が反応する物質なら食物連鎖の過程で分解されると思っていた。

緩速(砂)ろ過は単に細かな砂での篩いろ過(図2)でなく、生物群集の活躍による浄化であった(図3)。緩速(砂)ろ過Slow Sand Filtrationという名前で、生物群集の活躍が鍵とはイメージできず、世界中で浄化の仕組みを誤解して

いた。

私は緩速Slowとは「ゆっくりの速度」でなく「生物群集にやさしい」という意味と気づいた。水には粘性があり細かな砂だと砂の隙間が小さいので水がゆっくりと流れ、生物群集が安心して活躍できた。ろ過池の水深が浅いと太陽の日射が十分に届き砂層の上に藻が盛んに繁殖した。藻は光合成をし、酸素を生産し、微小動物の餌にもなった。動物は餌がある砂層上部で活躍していた。



図1 天然の甘露水

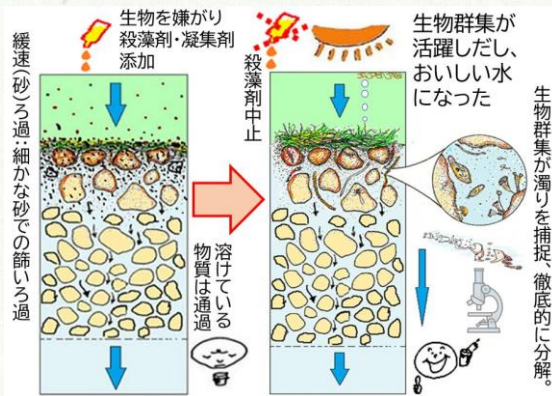


図3 生物群集による浄化



図2 緩速ろ過のイメージ

緩速ろ過池で安心して生物群集が活躍できるなら、生物が反応する物質を分解した。緩速ろ過池を

天然の「おいしい水」を「甘露水」という

緩速ろ過 Slow Sand Filter という名前のイメージで、生物群集の活躍を無視してしまった。生物浄化法と名前を変える必要がある。生物群集にやさしくするのが鍵。

200年前、ロンドンで、テムズ河の下水で汚れた水を、水層は水深38cmと浅かった。その下に、砂層と礫層で、きれいな水をつくった。この水は、病原菌が除けていて、安全な英国式ろ過として、世界中へ広まった。



明治時代に、日本も英国式の緩速ろ過処理を英国真の指導で導入した。

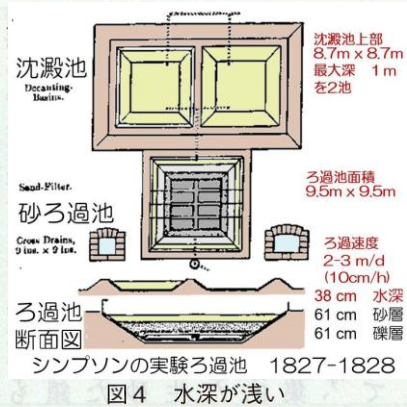
通過した水には、生物が反応する物質が無くなり、清澄で、刺激がない、おいしい水になった。緩速ろ過処理は、自然界の湧水を人工的に作る方法だった。

日本は山国で、この様な「清澄な湧水」が身近にあり、昔から飲用として利用していた。

2 近代水道の起源と日本の水道

英国の産業革命時代に都市に人口が集中し、身近な水が汚染された。そこで浄化処理をする近代水道が開発された。

英国ロンドンで汚染されたテムズ河の水を、そのまま給水していたチェルシー水道会社に就職したシンプソンJames Simpsonは28歳の時、浄化技術を調べるため英国中を回った(The Quest for Pure Water)。その後テムズ河の汚れた水を取水し、沈殿池を経由させ砂ろ過をし、きれいな水を作る実験をした(図4)。この時のろ過池砂面上の水深は38cmと浅く、ろ過速度は1時間に10cm(1日に約2から3cm)であった。その後1829年1月14日に1エーカー



(4047平方メートル)の実用ろ過池を完成させた。残念だがこの図面は残されていない。

シンプソンは細かな砂でゆっくりと砂ろ過するときれいな水ができたので、緩速(砂)ろ過処理Slow Sand Filtrationと言った。その後、緩速ろ過処理をした水には水系病原菌が除けていると分かった。英国式ろ過は評判になり世界中に広まった。

日本でも英国人パーマーHenry Spencer Palmerの指導で横浜に1887(明治20)年10月に完成した。その後、日本中に英国式ろ過は広まり、戦前は主流になった。新大陸のアメリカで、濁り水対策で凝集剤を使う急速ろ過処理Rapid Sand Filtrationが1885

(明治18)年に開発された。しかし急速ろ過処理には逆洗行程があり、病原菌が通過してしまった。そこでろ過後の水に塩素殺菌を行い安全な水にしたのは1910(明治43)年で、アメリカ式の急速ろ過の完成であった。

日本には京都の蹴上浄水場で最新技術を1912(明治45)年に完成させた。急速ろ過処理はろ過速度が速いので効率が良いと宣伝されたが、機械や薬品などの維持管理が大変で大都市以外は普及しなかった。

日本では急速ろ過処理が普及しただけで、戦後の事である。日本は緩速ろ過処理の水道水が多く、進駐軍が日本の水道水には塩素の匂いがないので、不安になり、日本の全ての水道水に塩素注入し、管末の残留塩素濃度を1リットル中に0.4mg以上と指導した(図5)。

現在の日本の水道は、戦後の進駐軍の支配下のままのようである。

3 大学の研究者として世界の情報を探り国際研修に協力

大学では学生に過去の技術や知

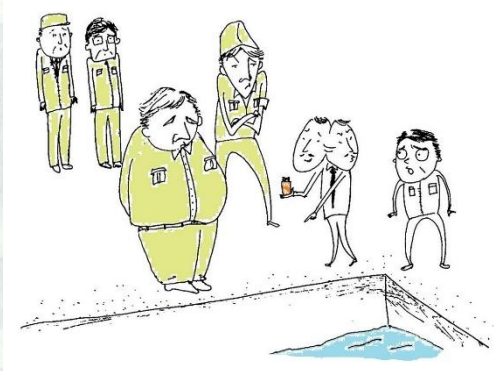


図5 進駐軍が塩素を強制した

識も教える必要があった。緩速ろ過処理は古い技術と考えられ、世界中で緩速ろ過の研究はほとんどされていなかった。水道関係者は「緩速ろ過処理は完成された技術」と考え研究対象にしていなかった。一方、急速ろ過処理は未完成の技術なので研究開発が盛んであった。欧米の水道関係の本を調べても、緩速ろ過処理は単に細かな砂で篩っているのが基本(図2、前出)と考えていた。急速ろ過処理の研究は、日本でも世界でも都市水道を対象としていた。

上田市営水道は1923(大正12)年から緩速ろ過処理をしてい

上田市は、緩速ろ過処理だった。緩速ろ過処理について世界の情報を調べた。

戦前の大部分の浄水場は、緩速ろ過を採用されていた。最後に塩素で殺菌していなかった。終戦で、進駐軍が日本に来て、水道水に塩素が添加されていないので、不安になり、日本の全ての水道水に塩素添加を強制した。それが、現在まで続いている。

生物群集が活躍して、安全で、おいしい水ができるというのを知らない人が多い。
それは、日本の小学校の教科書には、急速ろ過処理の解説しかなく、皆が知らない。

日本政府は、海外へは、私の解説を紹介してくれている。日本国内へは宣伝しない、業界に遠慮しているのかな。おかしいな。

るが、同じ上田市には1964(昭和39)年に長野県企業局の急速ろ過処理が完成していた。生物屋の私は教えた学生が水道関係へ就職し、元気に活躍してもらうことを願って「緩速ろ過処理の素晴らしさ」について解説をしていた。

日本の水道関係の解説は、大きな都会の大規模水道施設に関する解説がほとんどであった。地方の小さな市町村で行われている緩速ろ過処理に関しては、ほとんど解説が無かった。それは水道法の対象が「給水人口五千人以上の施設の水道」で、給水人口が五千人以下の施設は「簡易水道事業」として区別し「水道法の水道」ではなかった。

私は2006(平成18)年から沖縄で、大洋州やアジアを対象に水道に関するJICA(国際協力機構)研修に協力するようになった。研修で「日本では給水人口が五千人以下である水道は統計に入っていない」と説明しても研修生は納得しなかった。JICA研修に参加している研修生は大都会からの研修生とは限らなかった。研修の国では、日本の簡易水道規模以下の施設が多く、その国に適した浄化法、研修生自身で維持管理できる技術が必要であった。

私は長い間、JICA研修に協力してきた。2021(令和3)年2月に日本の外務省は私の活動を「Japan Video Topics」で「世界の水をきれいに」日本の浄水技術」として7カ国語で紹介してくれた(図6)。また2023(令和5)年7月には、日本政府の海外向け英語広報KIZUNAの「衛生と福祉」で「微生物を活用した水の浄化と公衆衛生の向上」で紹介してくれた(図7)。

日本は海外向けには生物浄化法を勧めている。

私は2006(平成18)年から沖縄で、大洋州やアジアを対象に水道に関するJICA(国際協力機構)研修に協力するようになった。研修で「日本では給水人口が五千人以下である水道は統計に入っていない」と説明しても研修生は納得しなかった。JICA研修に参加している研修生は大都会からの研修生とは限らなかった。研修の国では、日本の簡易水道規模以下の施設が多く、その国に適した浄化法、研修生自身で維持管理できる技術が必要であった。

Web Japan Ministry of Foreign Affairs of Japan JAPAN VIDEO TOPICS
世界の水をきれいに〜日本の浄水技術〜
2021年2月Japan Video Topics - 外務省 7ヶ国語で公開



図6 外務省広報で紹介

JAPAN GOV THE GOVERNMENT OF JAPAN
KIZUNA Health & Welfare 健康・福祉 07/07/2023
日本政府 海外向け広報 微生物を活用した水の浄化と公衆衛生の向上



図7 政府のKIZUNAで紹介

4 厚労省の基盤強化水道施設・最適配置計画・モデル案は大丈夫か

2021(令和3)年3月厚生労働省は「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業務(モデル事業案)」を公表した(図8)。それは次の3課題(図9)を上げ、人口減少時代に対応できる持続可能な仕組みを考えた検討計画だった。①水道料金収入が大幅に減少する。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。③水道事業を支える人材不足。

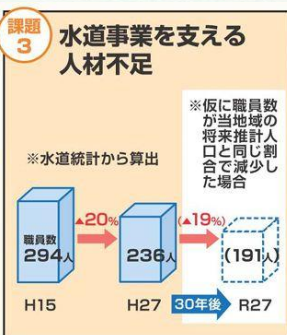
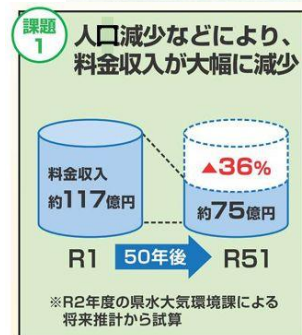


図9 水道の3課題



図8 厚労省のモデル事業案

現在の3つの課題：広域連携する必要性は、戦後勧めてきた、未完成の欠陥処理のため。生物処理の緩速ろ過をしていれば、何も、問題なかった。

高崎市と上田市でビデオ撮影した。生物群集が活躍して、きれいでおいしい水ができる仕組みを解説した。

上田市の施設が浄化能力に余裕があるから、それを利用しようと考えた。

長野市や千曲川沿いの氾濫原に発達して市や町は、地下水が豊富。水源開発をしてこなかった。何で、上田から長野市まで水を送るのか、それは、災害対策にならない。基本が間違い。

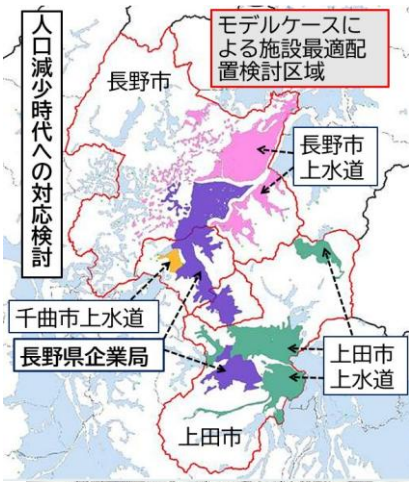


図10 広域化検討区域

厚労省の検討計画では、上田市の浄化施設能力は十分に余裕があるのに注目し、その水道水を長野市まで送水し、下流にある浄水施設の幾つかを廃止し効率運用をす

モデル事業案に関する長野市長、上田市長、千曲市長、坂城町長は2021（令和3）年7月に企業局を管理する長野県知事に「水道広域化に係る要望書」を提出していた（図12）。要望書には3市1町と県企業局において「2014（平成26）年8月に水道事業運営研究会」を組織し、「他地域に先

災害対策なら、それぞれの地域で、水源を確保し、給水するのが良い。

この解説図を見よう、上田市の緩速ろ過の水を新しい送水管で下流へ。



図11 上田市の水を長野市まで

「モデル事業案」では上田市の染屋浄水場の竣工年は1923（大正12）年なのに1960（昭和35）年で、令和元年時点で経過年数は60年と記載されていた（図13）。また、浄水場の維持管理費の内訳も納得できなかった。

染屋浄水場は動力をほとんど使っていないのに動力費と委託費が大きいのでは？と疑問を抱いて、染屋浄水場に問い合わせた。そして2019（令和元）年10月の台風第19号の影響があった年の数値であった。神川から取水している取水堰が土砂で埋設したので土砂の撤去費用が大きく、千曲川からポンプ揚水していた期間が長かったと教えてくれた。

2 浄水場の経年化状況・稼働率

事業者	施設名称	施設能力	竣工年度	経過年数
上田市	染屋浄水場	46,800 m ³ /日	1960	60

実際の竣工年 ⇨ 1923(大正12) 100

6 浄水場の維持管理費 上田市は緩速ろ過で経費が廉価なのにおかしい。

事業者	施設名称	施設能力	1mあたり			
			動力費	薬品費	委託料	修繕費
長野県企業局	四ツ屋浄水場	52,000	10.4	0.7	2.4	14.9
	諏訪形浄水場	48,000	5.7	2.7	13.4	20.3
上田市	染屋浄水場	46,800	6.4	0.9	7.9	2.0

(円/m³) (円/m³) (円/m³) (円/m³)

図13 数値がおかしい

長野県知事 阿部守一様

水道事業の広域化に係る 要望書

令和3年7月12日 2021年

長野市長 加藤久雄
上田市長 土屋陽一
千曲市長 小川修
坂城町長 山村弘

平成26(2014)年8月に、3市1町と県企業局において「水道事業運営研究会」を組織し、他地域に先駆け、将来の広域連携等を見据えて、地域のふさわしい水道事業のあり方について、検討を重ねてまいりました。

図12 関係市町からの要望

厚労省の検討報告書は、特異的な数値を元にしてきた。基本的な竣工年なども明らかに間違いがあったので、上田市に指摘し、修正するように伝えたが、コンサルなどに伝えなかった。この誤った

補助金がもらえるからと、陳情。でも3割だ。残りは各自治体で負担。県は水道事業から撤退。

千曲川の右岸の大きな送水管の必要性は、長野県企業局の送水管の更新のためだった。明治時代の手堀の生活道内に送水管があり、狭くて更新できなかった。それなのに、災害対策で2重化と言う。詭弁だな。

県営の浄水場は、廃止予定だったので、新しいバイパス隧道内に送水管を入れなかった。

数値の報告は、厚労省から国土交通省のホームページに誤った数値のまま引き継がれ公開されている。私は「この検討案を懐疑的にみる必要がある」と思った。

この「最適配置計画の検討」は明らかに間違いな数値を元にしていたので「基本的な間違いがある」と指摘したのに、自治体関係者は「どうして何もしないのか」不思議である。それは「何でもコンサル頼り」にされていて、コンサルに白紙委任し自分で考えず、自分らで精査しないとしか思えなかった。

何故、上田市から長野市まで700mの大口径の送水管を二重管(図11、前出)にする必要があるのか大きな疑問があった。

千曲川左岸の半過岩鼻という場所には1909(明治42)に完遂した手堀した隧道の生活道があった。隧道内に県企業局の送水管が敷設してあった(図14)。千曲川沿いの岩鼻地区の崖下脇に県道があったが、崩落の危険が常にあった。そこで国はバイパス隧道を建設し2005(平成17)年に完成させた。その隧道工事の発破振動で手堀した隧道の岩が崩落しない

かど、ひやひやであったと県企業局水道事業報告(図15)にあった。長野県は厚労省と相談し、水道広域化モデル事業として「耐震化のために水道本管を二重化にする

と、ひやひやであったと県企業局水道事業報告(図15)にあった。長野県は厚労省と相談し、水道広域化モデル事業として「耐震化のために水道本管を二重化にする



図15 半過岩鼻付近

https://www.pref.nagano.lg.jp/kigyo/kensei/soshiki/soshiki/kencho/kigyokuyoku/sogojoho/documents/05_60thsuido.pdf 水道事業のあゆみと未来



図14 手堀隧道内を点検作業

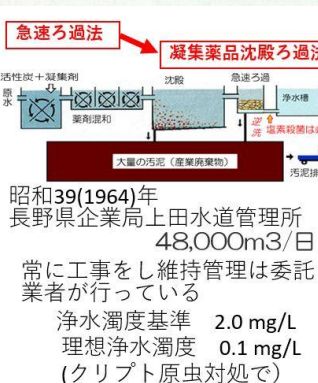


図16 県企業局の浄水場



図17 上田市営の浄水場

5 上田市の緩速ろ過処理の素晴らしさに注目した

上田市左岸の長野県企業局の急速ろ過の諏訪形浄水場は、私の自宅から数百mの位置にある。この浄水場は常に工事をしてきた(図16)。薬品処理の急速ろ過による浄化施設には高度な精密機器や機械

が多く、「老朽化」と称し最新機器へと更新が頻繁であった。それは浄化処理が不完全であることを意味していた。また数年で、転勤する県職員では最新の精密機器を維持管理できず、「人材不足」といい、専門業者に頼っていた。

長野県企業局は水力発電事業と水道事業を行っていた。長野県は厚労省のモデル事業(図8、前出)を推進するため2021年4月に長野県企業局にスマート化推進センターを発足させた。

電気事業から水道事業のセンター初代所長になった関一規さんは緩速ろ過処理の染屋浄水場(図17)を初めて見学し「施設を市職

が多く、「老朽化」と称し最新機器へと更新が頻繁であった。それは浄化処理が不完全であることを意味していた。また数年で、転勤する県職員では最新の精密機器を維持管理できず、「人材不足」といい、専門業者に頼っていた。

長野県企業局は水力発電事業と水道事業を行っていた。長野県は厚労省のモデル事業(図8、前出)を推進するため2021年4月に長野県企業局にスマート化推進センターを発足させた。

電気事業から水道事業のセンター初代所長になった関一規さんは緩速ろ過処理の染屋浄水場(図17)を初めて見学し「施設を市職

が多く、「老朽化」と称し最新機器へと更新が頻繁であった。それは浄化処理が不完全であることを意味していた。また数年で、転勤する県職員では最新の精密機器を維持管理できず、「人材不足」といい、専門業者に頼っていた。

長野県企業局は水力発電事業と水道事業を行っていた。長野県は厚労省のモデル事業(図8、前出)を推進するため2021年4月に長野県企業局にスマート化推進センターを発足させた。

電気事業から水道事業のセンター初代所長になった関一規さんは緩速ろ過処理の染屋浄水場(図17)を初めて見学し「施設を市職

が多く、「老朽化」と称し最新機器へと更新が頻繁であった。それは浄化処理が不完全であることを意味していた。また数年で、転勤する県職員では最新の精密機器を維持管理できず、「人材不足」といい、専門業者に頼っていた。

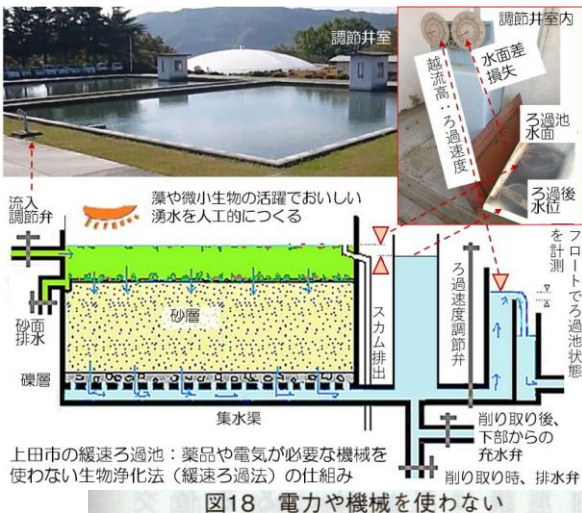
長野県企業局は水力発電事業と水道事業を行っていた。長野県は厚労省のモデル事業(図8、前出)を推進するため2021年4月に長野県企業局にスマート化推進センターを発足させた。

上田市営の浄水場は、緩速ろ過で、100年間以上、何も問題なく稼働している。自然流下で、動力も必要ない。生物浄化法なので、薬品も使わない。それでいて、ろ過水濁度は常に、0.000度。基準は2度なのに。



配水池浄水濁度

染屋浄水場は、自然流下で動力が必要ない。ろ過池操作も、手動ハンドル。ろ過池状態把握も、浮きで水面差を測定。



「両施設のろ過水濁度を比べる」
県企業局の水力発電事業の仕組みは、技術更新はほとんど必要なく、基本的に維持管理を企業局職員が担当していた。しかし、県企業局の水道事業は急速ろ過処理では技術更新が頻繁であった。「薬品処理の急速ろ過は、未完成技術だった」のに気づいた。

員で大正12年から100年間（厚労省報告では60年間と誤記）維持管理し、問題なく稼働し、基本的に電気は必要なく、水質浄化に関しては精密機械も必要なく、維持管理は手動で（図18）、生物群集の活躍で浄化し水質が良い（図19）のに気づいた。

こんな素晴らしい仕組みを、どうして国は、解説しないのか。

水の濁りを比べると、緩速ろ過は、桁違いに良い。



図19 濁りの比較

と明らかに違い、水道水基準は急速ろ過処理の水を合格させるため」と気づいた。「染屋浄水場には浄化のためにはろ過池しかなく、その浄化能力が非常に大きく、効果が良い（図20）」のに驚いた。

私は「生物群集が活躍して浄化する仕組み、染屋浄水場の浄化能力」に関し1984（昭和59）年から学会や講演、本などで解説し続けてきた。

関センター長は「染屋浄水場の緩速ろ過方式を山国の長野県で推奨する方が最善」と考えた。そこで長野県内の全水道事業者向けに長野県企業局主催の「緩速ろ過の極意」という3時間の実務者研修を2022（令和4）年2月と3



図21 黒曜の水



図20 大きな浄化能力

水道水があるのに、山の湧水を汲みにくる。水道法では、飲み水を給水するとあるのに、飲まれない水を給水している。どこか、おかしい。

染屋浄水場のろ過池の浄化能力を計算すると、1池で1万3千人に給水できる。この浄水場には13池もある。でも、実際の給水人口は、7万人程度。施設能力に余裕があるのに、県や国が注目したようだ。

厚労省の水道広域化モデルで、上田・長野間が対象だった。長野県企業局にスマート化推進センターが設置され、初代所長は、長野県は、緩速ろ過が良いと判断した。そこで、中本は、2回も解説をした。

企業局の研修で、私の本の内容を解説した。



図22 企業局の研修

月の2回も実施した(図22)。当時、新型コロナウイルスが流行中のためネットで実施した。私は「ネット研修なら、全国の関係者でも視聴可能なので、全国に公開しては」と相談した。関センター長は「長野県が全国に先駆け、緩速ろ過を推奨しているのを知らせるのは良い」と判断し、私の提案を了承してくれた。関センター長は、ネット研修の冒頭で、私の最新の技術解説本『おいしい水のつくり方-2』(図23)を熱心に推奨してくれた。私は本の内容を解説した。なお、このネット研修の動画は現在でもQRコードから視聴できるので



図23 最新の技術解説本

6 水道関係者は生物処理を誤解している…藻は悪者でない

ヒットし見てくれるとうれしい。

上田市で殺藻剤添加を中止したら水道水が美味しくなった。それまで藻の繁殖は悪いと思われていたが、緩速ろ過池で藻が繁殖する方が良かった。染屋浄水場で繁殖する藻は糸状になる珪藻だった(図24)。顕微鏡で観察すると糸状の珪藻に流入してきた細かな濁りなどが付着していた(図25)。日射量が多くなると、砂層表面で藻の光合成が盛んになった。光合成で生じた酸素の気泡の浮力で藻が水

上田市の浄水場で、生物群集が活発に活動します。糸状になる珪藻の繁殖が目立った。

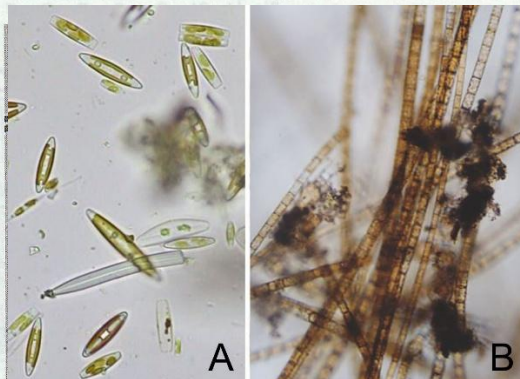


図25 夏と冬の藻の違い



図24 糸状の藻が目立つ

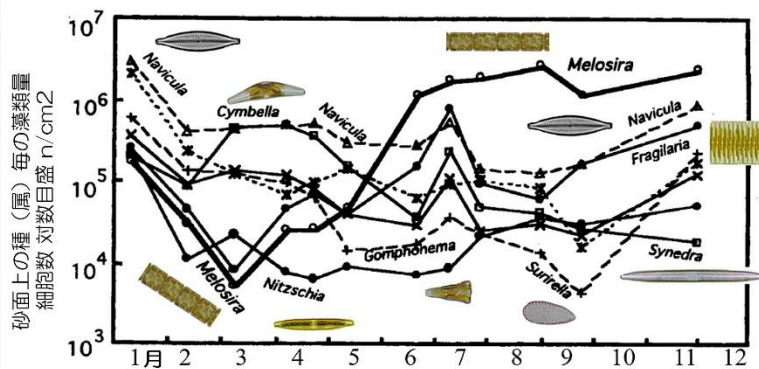


図26 藻の季節変化

面に浮き上がり、ろ過池の隅にある越流管から流出していた。砂面上の藻類の季節変化を調べると、厳寒期はろ過池の砂面では藻が繁殖しないで、取水河川の河床の礫表面で繁殖する付着藻類が剥がれて流れ込み、砂面に蓄積しているのがわかった(図26)。なお厳寒期の上田市は、ろ過池表面は凍結するほど寒い(図27)。戦後、急速ろ過が盛んになり、急速ろ過処理では藻が異臭味を生産し、ろ過池を目詰まりするとして嫌って、急速ろ過処理では、殺藻処理するのが普通であった。でも、この処理は藻だけを殺すので

上田市の冬は、厳寒で、ろ過池には、河床で繁殖した付着藻類が流れ込んでいた。日射が増えだすと、糸状珪藻メロシラの繁殖が目立った。

上田市の染屋浄水場のろ過池は、厳寒期は、水面は凍結する。でも砂面では、水温が低くても、活性はすごくないが、微小生物は活動している。して誘って、調査した。



図27 厳寒期は凍結する水面

溶存酸素濃度の変化は、光合成活性に依存した。日没後も活性があるみたい。それは気泡の影響だった。

なく、砂層で活躍する微小生物も殺してしまった。そのため、緩速ろ過処理では、異臭味が分解して除けるのに、殺藻剤の影響で異臭味が生じた。

7 藻の活性を調べる

緩速ろ過池では、上から下への流れが常にあり砂面上で、藻が繁殖していた。砂面上で繁殖した藻は光合成をし、酸素を生産する。夜間は呼吸をする。また砂層上部では、微小生物（動物）が活躍していた。ろ過池内の溶存酸素濃度とろ過後の溶存酸素濃度の変化を測定するならば、藻と微小生物群集の活性を測定できることが分かった

(図28)。光合成の影響は、ろ過後の水だけに表れた。流れが速い河川表流水が原水なので、ろ過池の流入水中の溶存酸素濃度は、ほとんど日変化が無かった。ろ過後の溶存酸素濃度だけが大きな日変化をした(図29)。また、日没後も光合成をしているようであったが、それは、日中に光合成をし、細かな酸素の気泡が藻や砂面に付着し、日没後に、その気泡から水中に酸素を溶け込ませていることが、気泡中の酸素分圧を測定してわかった。

また単位面積当たりの藻の光合成活性を測定し、その季節変化を調べた(図30)。光合成活性が一番良いのは、5月で、水温が高くなる夏は日射量があっても活性が悪

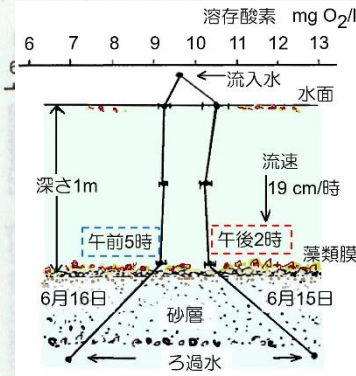


図28 酸素濃度の変化は砂面

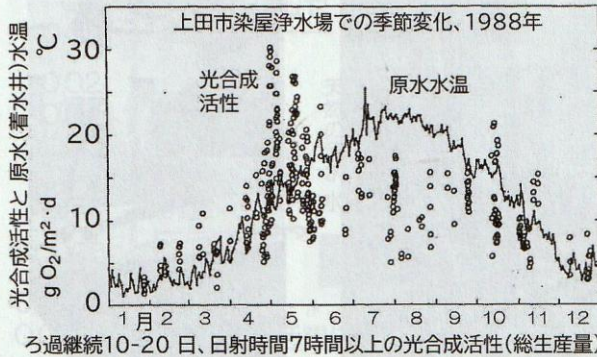


図30 光合成活性と水温の季節変化

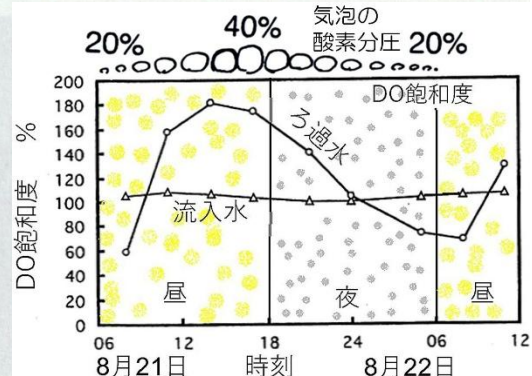


図29 酸素飽和度の日変化

8 ろ過抵抗は水の粘性に関係し、生物が活躍するろ過池は目詰まりしなかった

緩速ろ過池のろ過池水面とろ過後の水面差を損失(図18、前出)というが、この損失は、ろ過速度に比例し、そのままでは、ろ過抵抗指標にはならなかった。海外の文献を調べると、標準化損失水頭 Normalized Head Loss: NHL という指標を使っていた。実測損失を標準ろ過速度にした場合の NHL に計算して比較していた。

日本の指針にはこの解説がなく、緩速ろ過池のろ過抵抗を評価できなかった。上田市の場合、砂面の削り取り直後は、ろ過速度は遅いが、段々ろ過速度を速くしていた。そのため「実測の水面差はだんだんと、大きくなり、ろ過抵抗が増えてきたと勘違い」をしていた。私は上田市に「NHLに換算

ろ過池での生物群集の活性は、水温と日射に関係していた。夏、活性が悪くなるのは、藻を食べる捕食動物の活性が大きくなるからだった。

ろ過池での生物群集の活性を、流入水とろ過水の溶存酸素濃度の差から測定した。

ろ過池のろ過抵抗を、月毎に、ろ過継続に伴う変化を調べた。ろ過抵抗は、水温に関係し、藻が繁殖し、生物群集が活発になると、抵抗は増えなかった。つまり、目詰まりしなかった。

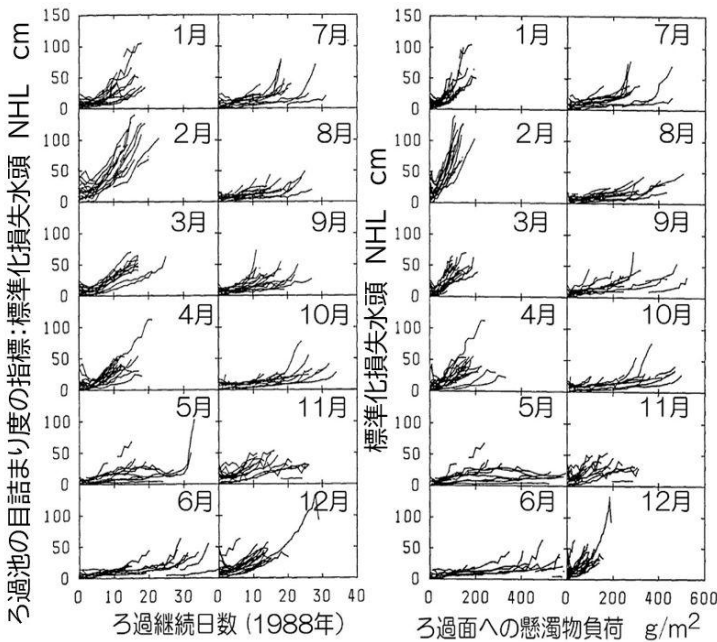


図31 月毎のろ過抵抗の季節変化

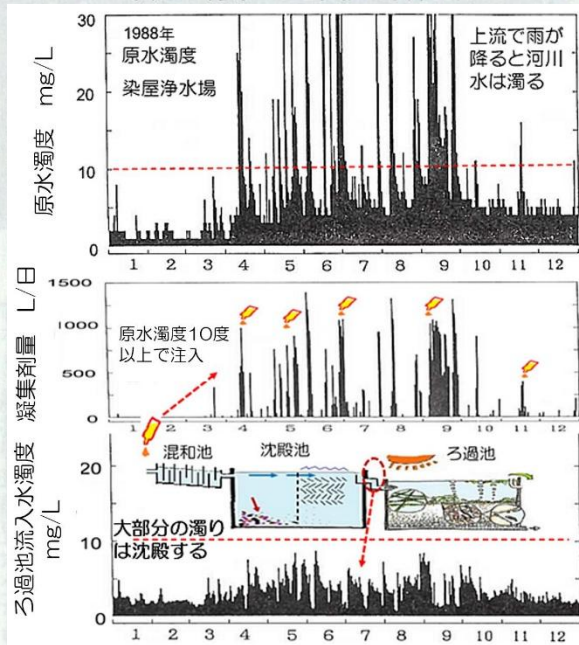


図32 濁度の季節変化

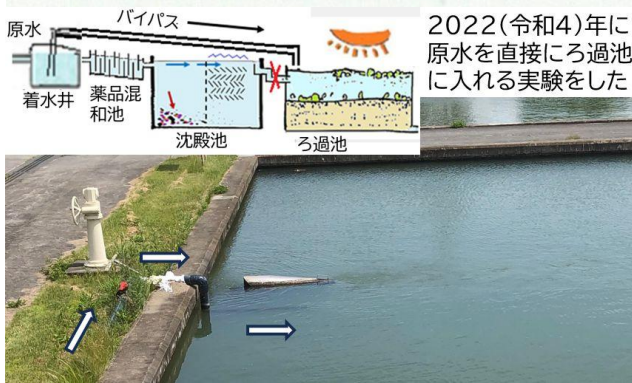


図33 原水を直接にろ過池

誤解を与える日本の指針のため、上田市を説得するのが大変だった。

して目詰まり度を評価しないといけない」と説明していたが、日本の指針には無い指標なので聞き入れてくれなかった。

ろ過継続日数とろ過抵抗指標 NHL の関係を月毎に整理してみた (図31)。ろ過池で藻が繁殖している5月から11月までろ過抵抗 NHL は増えていなかった。ろ過抵抗は、厳寒期の1月から3月はすぐに目詰まりをしていた。ろ過池へ流入する濁り(濁度)との関係を月毎に比べると、厳寒期は、少し

の濁りが入ってもすぐに目詰まりしていた。砂面上に藻が繁殖するのと、濁りが入ってきても、目詰まり (NHL) していなかった。

浄水場へ入ってくる原水の濁度の季節変化を調べると、藻が繁殖している期間は、上流での降雨もある期間で、流入水濁度が大きくなっていた (図32)。上田市では、原水濁度が10度を超えるとパック(凝集剤)を添加していた。私は浄水場にグラフを見せ、上田市には沈殿池もあるので、生物群集が嫌

がるパックは入れない方が良いと伝えたが、日本の指針では「濁り対策で凝集剤を使う」とあり聞き入れてくれなかった。

驚いた事に2022(令和4)年に原水をろ過池に直接に入れる実験をしてくれた(図33)。その後から極端な泥水が流入しない限り、凝集剤は必要ないかもと判断してくれ、これまでの凝集剤の添加を極端に減らしてくれた。

9 テムズ水道は上田市の研究から学び、ろ過池管理を改良した

緩速ろ過処理を研究するとテムズ水道を見学したくなる。1992(平成4)年8月、スペインの国際陸水学会前に、テムズ水道を訪問し「上田市での藻と微小生物の役割の研究」を解説した(図34)。その後、1994(平成6)年から1996(平成8)年にかけて、英国から助成金をもらい、テ

誤解、降水による懸濁物の濁りが、その時期でも、目詰まりしていない。

それなら、凝集剤 PAC は必要ないと、上田市に、1988年から指摘したが、だめだった。でも、2019年に高崎市の浄水場から場長に来てもらい、上田市を説得してもらった。2022年に実験をしたら、PAC を入れなくても、目詰まりしないのを、わかってもらった。

1992年8月、テムズ水道を初訪問し、上田市のろ過池の溶存酸素濃度を測定すると、生物活性を測定できることを解説した。その後、テムズ水道では、全てのろ過池で溶存酸素濃度を測定した。ろ過速度が速い方が良いとの結論になった。

「中本は、いつでも訪問して良い、歓迎する」という理由がわかった。

テムズ水道のろ過池での藻の発達状況の季節変化を調べさせてもらった。
テムズ水道では、極端に富栄養化していたテムズ河の水を取水し、貯水池で貯留してからマイクロストレーナーでプランクトンを除いてから砂ろ過をしていた(図35)。当時、マイクロストレーナーの代わりに「生物学的急速ろ過」と言っていた粗ろ過に変更する工事をしてきた。粗ろ過は1988年の国際緩速ろ過会議で話題になった濁り対策(図36)であった。

1998(平成10)年8月にアイルランドでの国際会議の後に、テムズ水道を訪問したら、ろ過池を覆って、緩速ろ過池で藻を繁殖させない実験もしていた(図37)。2006(平成18)年5月にドイツ

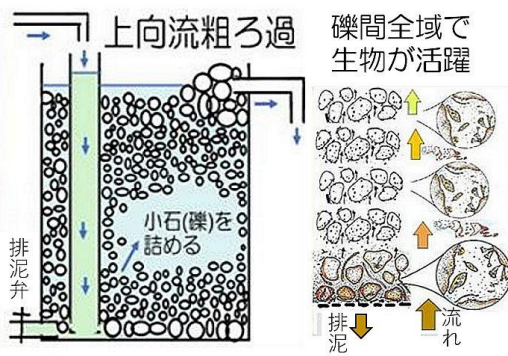


図36 生物が活躍する粗ろ過



図34 初めてテムズ水道訪問

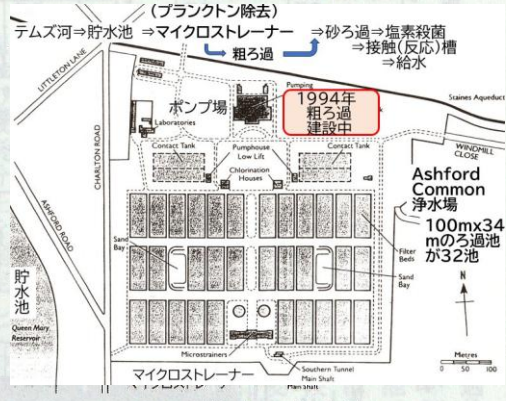


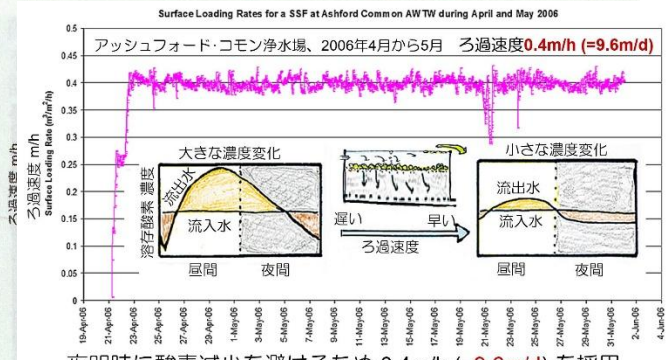
図35 世界一の浄水場



図37 覆いろ過実験

ツでの緩速ろ過国際会議の前に、テムズ水道を訪問した際、「ろ過速度を1時間に40センチ(1日9・6メートル)にしている」と教わった(図38)。日本では緩速ろ過速度は「1日4・8メートルが標準で最大でも8メートルを越えてはならない」と指針に書かれてあるのに驚いた。この時、「ろ過速度を速くした方が、生物群集の活躍に良い」との説明をしてくれた。

昨年2025(令和7)年3月にテムズ水道の主任研究員にろ過速度について再度、問い合わせをしたところ、私が1992(平成4)年8月、上田での研究を解説した(図34、前出)してから、「テムズ水道では、全てのろ過池で藻の繁殖と溶存酸素濃度の変化を測定して生物活性を調べた」と教えてくれた。テムズ水道では、「生物群集の活躍を正確に評価しよう」として、テムズ水道では「ろ過池の水を抜いて削り取り(図39)をするのは、浄化の主役の生物群集を除くので、砂面上に蓄積している汚



夜明時に酸素減少を避けるため 0.4m/h (=9.6m/d) を採用

図38 速いろ過速度

覆いろ過も比較実験をした。その後、覆わない方が良いとの結論に。

2006年に、テムズ水道を訪問したら、ろ過速度を9.6m/日にしていた。驚いて、データももらった。ろ過速度を早くし、砂層内を、酸素不足にさせないためだった。

現在、テムズ水道では、水を抜いて、砂面を削り取ると、砂層上部の生物群集を除くとわかった。浄化機能が回復するのに日数がかかる。そこで、水を抜かないで、砂面上の汚れを除く実験をしていた。



<https://www.thameswater.co.uk/about-us/innovation/sandscape-project>



図40 砂面上の汚れを吸引で除く



図39 生物群集を除く削り取り

泥だけを水を抜かないで削り取りする実験をしている」と教えてくれた(図40)。

砂面の削り取り作業車の写真を撮り、東京都水道局に渡した。

10 砂面を削り取らない方が良かった

緩速ろ過処理では、目詰まりしたら砂面表面を削り取り、目詰まり物質を除く必要があると言われている(図41)。ろ過池が目詰まりしないのに(図31、前出)、ろ過抵抗を標準化損失水頭で評価せず、ろ過速度を徐々に速くすると水面差(損失)も徐々に増えるので、ろ過抵抗が上がると誤解していた。また藻が繁殖するのが悪いという急速ろ過処理の考えで、砂面の削



図41 削り取り作業は大変

砂面の削り取り作業は大変だった。それは、してはいけない作業だった。

り取りをしていた。日本の各地の山間の小さな緩速ろ過池を見学すると、長期間、砂面の削り取りをしていない施設が多く、また損失計が無く、または壊れている施設も多数あった。それでいて良質のろ過水が常にできていた。簡易水道施設や、それ以下の小さな施設を持つ自治体は、「コンサルに相談する予算が無いのが良かった」と思っている。自然界の美しい湧水は、何もしていないのに、維持できている。生物群集が活躍しておいしい水ができるという仕組みを理解するならば、生物浄化法で小規模でも、大規模でも維持経費が安い施設を簡単に建設できる。

長野県企業局の3つ課題(図9、前出)は、未完成の急速ろ過処理での問題である。生物浄化法で、小規模施設を建設するならば、管路が細く、長い管路を必要としない。水道料金は長い管路維持費の割合が大きい。厚労省が管轄していた水道が、国交省と環境省に移管された。国交省になってからは大規模広域化でなく、維持管理経費が少ない、小規模分散独立に目を向けた、それなら生物浄化法が良い。緩速ろ過処理を生物浄化法として評価しなおした場所が、長野県上田市である。英国テムズ水道は上田市の研究を参考した。水道関係者は、一度は染屋浄水場の実際を見学するのが良い。休日は見学できないが連絡をして下されば、案内したい。

11 地元で維持管理している理想的な小規模施設の実際を見学しよう

NPO 地域水道支援センターは、緩速ろ過処理は、過疎の地域で、安全な飲み水を供給できる方法と考え、それを広める活動をしてきた。今、小規模分散の水道システムが見直されてきた。

NPO 地域水道支援センターでは、ブラジルで開発された、上向流粗ろ過のプラント実験をし、その有効性を確かめた。



図42 上向流粗ろ過の実験

その後、瀬野さんは岡山県の北東部に位置する津山市から「過疎の集落用の小規模の浄化施設」の相談を受けた。見附市での実験で自信をつけた瀬野さんは上向流粗ろ過と緩速ろ過による小規模飲料水供給施設を提案した。瀬野さん

NPOの仲間は、岡山県津山市で集落の水供給組合へ、新見市で簡易水道へ、上向流粗ろ過と緩速ろ過の改善をした。

は2009（平成21）年から2015（平成27）年にかけて渓流水を原水とし上向流粗ろ過と緩速ろ過の施設を6カ所、建設した。

瀬野さんは積雪がある北海道などでは覆い緩速ろ過でも問題がないのを知っていた。津山市の渓流水中には多少の有機物が入っている。粗ろ過槽、緩速ろ過槽では微小生物が活躍し生物浄化が進むと考えた。そこで維持管理が楽なように粗ろ過、緩速ろ過は覆って、藻が繁殖しないようにした。最後のろ過水が貯水槽に入る前に、乾電池で駆動する塩素添加装置を設置した。その結果、維持管理にほとんど手間がかからないで、安全でおいしい水ができた。

また現在、NPO地域水道支援センターの常務理事をしている三田克征（三恭コンサルタント株式会社取締役）さんは、岡山県北西部に位置する新見市から簡易水道施設改良の依頼を受け、上向流粗ろ過を導入し、維持管理が楽な素晴らしい施設にした（図43）。



新しい技術に更新が必要であった。大規模施設は効率が良く宣伝され、だんだんと規模が大きくなった。管路も長くなり、維持経費も大きくなった。災害が多発する日本である。小規模分散が良いのに矛盾している。明治時代に日本に導入された緩速ろ過技術は自然の仕組みの利用で施設更新は必要なかった。日本は近代化と称し、大規模な上下水道施設が広まった。「ポットンと一軒家」という番組をみていると、自然界での浄化の仕組みを、上手に利用をしている。高価な精密な浄化施設は必要ない。自分らで安全で良質な水を廉価に省エネで確保できことを伝えた。

ページ <https://cwsc.or.jp> を入力してぜひ見てほしい。地方の人でも安全な飲み水を確認できるようと仲間が集まってNPO地域水道支援センターは発足した。今回の岡山県新見市でのセミナーは、その実際を見ることが、実感できる良い機会である。

12 金が無いと維持管理が楽で省エネ方法を考える

日本は戦後、高度成長期に、急速ろ過処理はろ過効率が良いと宣伝されて普及した。でも未完成の浄化技術であった。水質も悪く新

お金が無いと、コンサルに相談できない。自分で考える。それが良い。

追記・5月10日(日)午後1時から5時、上田市文化会館で「おいしい水を広める市民の会」は「里山資本主義」を提唱する藻谷浩介さんを招き講演会を開く。多くの人

2026年10月末に、NPOセミナーを開催する。是非参加し、実際を見てほしい。

お金が無いと、コンサルに頼めないから、自分で、何とかしようと、考える。それが良かった。補助金は、業界へお金が流れる方向にしかくれない。それでは、ますます、借金が増える。これからは、自分で考えて、できることを、実行する時代だ。