

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20 日本技術士会で省エネで水質が良い
生物浄化法を解説。

信州大学名誉教授 中本 信忠

唯一の技術解説冊子、160ページ、
全ページカラーで写真が豊富。

産業界で、技術士の資格があると、専門のプロという証



信州大学繊維学部同窓会
千曲会
〒386-0018
上田市常田3-8-37
Tel : 0268-22-4465
E-mail : schikuma@siren.ocn.ne.jp
1,500円本体+150円税
+250円送料



図1 最新の技術解説本

1 日本技術士会上下水道部
会で解説
人々は安全でおいしい水を求め
ペットボトルの水を飲むのが普通
になった。また塩素処理で水中の
有機物と反応し発癌物質が生成す
る事、逆洗浄行程がある急速ろ過
ではクリプト原虫が通過するの
がわかり問題になった。そこで欧米
では緩速ろ過を再評価されてきた。
私は『おいしい水の作り方
2』を2021年2月に信州大学
繊維学部同窓会から出版して
もらった(図1)。この本の解説を本
誌(水道公論)で「生物屋の緩速
ろ過池研究」として2021(令

水道公論「生物屋の緩速ろ過池研究」2021年9月～ 連載の図 YouTube 解説リスト 2023-3-19 作成

プロローグ 生物浄化法 21-09 https://youtu.be/Bmk6mJYADnw&t=1s	その5 ろ過抵抗指標 22-02 https://youtu.be/CWzqVmbtnX0	その10 中本のルーツ 22-07 https://youtu.be/803waoqg1Dg	その15 宮古島・サモア 22-12 https://youtu.be/8TPj1h15xc0
その1 道具ができた 21-10 https://youtu.be/UC36h8MXM9o	その6 クリプト事故 22-03 https://youtu.be/j_NeZ7Z7c_k	その11 インドネシア 22-08 https://youtu.be/hTrRPeUbtqc	その16 省エネ技術 23-01 https://youtu.be/13YUOdBEB7o
その2 生物群集 21-11 https://youtu.be/UJTKt5EHVKY	その7 溶存酸素 22-04 https://youtu.be/zFE6-K3Rj24	その12 上向流粗ろ過 22-09 https://youtu.be/xQMZfmo9eSs	その17 国際研修 23-02 https://youtu.be/vlZ1Liju6y4
その3 おいしい水道水 21-12 https://youtu.be/d5EQwzFPcx4	その8 宮古島 22-05 https://youtu.be/Nv2VTuauNuU	その13 テムズ水道 22-10 https://youtu.be/zbxjUdFdKtk	その18 直線増殖 23-03 https://youtu.be/IN1ziREOHk4
その4 ビールが守った 22-01 https://youtu.be/p2PKxIN1lZY	その9 おいしい水 22-06 https://youtu.be/_dnMrfspdV8	その14 水深、気圧 22-11 https://youtu.be/p4ZNSgPrZgk&t=1s	その19 ハングリー状態 23-04 https://youtu.be/jYV6U_mAAzw

図2 公論のYouTube解説 (毎回約5分、詳しくは本誌を)

和3)年9月から連載している。この連載の図を元にユーチューブで解説もしている(図2)。現在の日本の水道指針には世界と比べて再認識が進んでいる緩速ろ過に
3)。これらの指針は急速ろ過指針

同窓会出版の解説冊子は、普通の本屋の店頭に並んでいない。そこで、皆に冊子の内容の解説を、本誌で2021年9月から連載をし20回になった。もう少し、連載を続ける予定。

戦前の浄水場のほとんどが、緩速ろ過だった。戦後、新設された浄水場はアメリカの最新技術の薬品処理の急速ろ過がほとんどだ。高度な技術で素人では維持管理が難しく、専門技術者が必要になった。最新技術は、次から次へと改良される。

維持管理が楽な緩速ろ過は、解説する必要がないと考えているのかな。



図3 日本の水道指針

私は日本技術士会上下水道部会で「緩速ろ過は生物浄化法だった」と題して2023（令和5）年5月27日（土）13時から15時まで話をすることになった。東京の機械振興会館で技術士合格者祝賀講演会として開催し全国の会員向けにもネット配信をする。

今号はこれまで発表したのと重複する点も多いが新技術士に生物浄化法の考えを認識してもらいたく要点をまとめ直した。

2 緩速ろ過の誤解処理に気づく

菅平ダム湖が1968（昭和43）年に完成すると上田市の水道水が臭くなりダム湖の富栄養化が原因とされた。ダム湖生態系研究をしていた私は1975（昭和50）年10月に信州大学繊維学部繊維農学科（応用生物科学科）に就職した。最初は菅平ダム湖での藻類繁殖を研究し、1984（昭和59）年からは染屋浄水場で繁殖する藻の役

割について研究をした。

戦前の染屋浄水場は千曲川の伏流水を取水して揚水をしていた。戦後、自然流下で導水できる千曲川の支流の河川表流水を取水し、濁り対策での凝集剤の仕組みと沈殿池を増設した（図4）。またろ過池での藻が繁殖するのを抑制するために殺藻剤も添加していた。

調べると上田市で水道水が臭くなった原因は、緩速ろ過におけるろ過池で活躍する生物が嫌がる殺藻剤を使用していたことが原因だった（図5）。また濁り水対策の凝集剤も生物群集が嫌がり、ろ過閉塞させることにも気づいた。

1964（昭和39）年に長野県企業局は上田市左岸に千曲川表流水を取水する急速ろ過の浄水場を完成させた（図6）。

私が染屋浄水場を調べた当時、上田市水道局職員は「急速ろ



図4 染屋浄水場



図6 急速ろ過

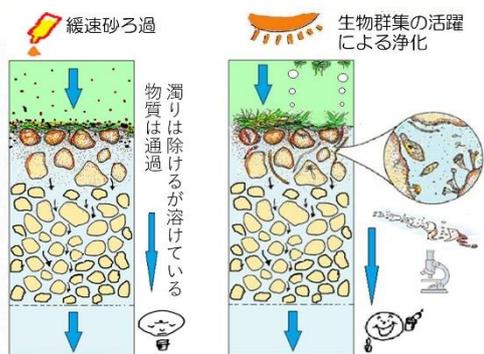


図5 生物浄化の仕組み

過は緩速ろ過に比べろ過効率が各段に良く、操作は自動化できるので新しい技術の急速ろ過にした」と言っていた。

英国で200年前に開発され緩速ろ過の研究では新しい発見や成果はほとんど無いと思われた。そのため緩速ろ過を研究する人は日本だけでなく世界中でほとんどい

生物群集が活躍しないと、おいしい水ができない。

緩速ろ過の浄水場は、敷地の大部分はろ過池だけ。

薬品処理の急速ろ過のろ過池の面積は確かに小さい。でもろ過池以外の面積が大部分。急速ろ過は凝集薬品沈殿処理と呼ぶのがフェアかな。

緩速ろ過（生物浄化法）の解説本は、この2冊しかなかった。この本を出版し、20年近く。新しい情報、知識が増え、技術解説冊子を、増補改訂した。



図7 緩速ろ過の解説本

なくなった。

3 おいしい水を広めたい

私が過去の文献や本を調べたところ、昔から生物処理なのに水道関係者は薬品などを使い、生物が嫌がる事をしていたのがわかった。生物屋の私は緩速ろ過の生物群集による浄化の仕組みを皆にわかってもらおうとして、水道関係者が読みそうな雑誌などに緩速ろ過の解説を書いた。しかし解説をして水道関係者へは伝わりにくかった。仕方がなく水道に関心がある一般の読者に伝えようと『生でおいしい水道水』を築地書館から2002（平成14）年5月に出版した（図7）。その後2005（平成17）年8月に技術解説本『おいしい

い水のつくり方』を築地書館から出版してもらった。

4 英国人技師に教わった日本近代水道

日本での最初の近代水道は横浜に英国式の緩速ろ過による浄化場が計画された。英国人技師パーマー（Henry Spencer Palmer）の指導により1887（明治20）年10月に完成した。

また明治政府のお雇い外国人技師として東京市の上下水道取調主任としてスコットランド・エディンバラ生まれのバートン（William Kinnimond Burton, 1856年5月11日生、在日中はバルトンが一般的）が31歳の時、1887（明治20）年に来日し日本各地の水道について助言をした。バートンは英国の緩速ろ過の知識と日本での経験を元に1894（明治27）年に『都市の水道The Water Supply of Towns』をロンドンの出版社から出版した（図8）。この本の中には日本の事例が多く書かれ現在でも参考になる。

1927（昭和2）年の中島工学士博士記念『日本水道史』（図9）

日本の近代水道は緩速ろ過処理が主流の国の英国人の指導によった。

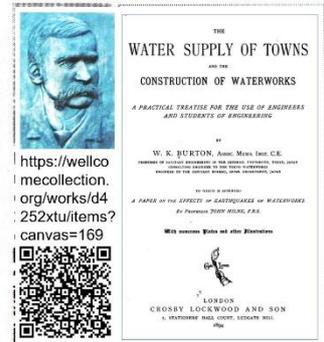


図8 都市の水道



図9 日本水道史

5 戦前の近代水道は緩速ろ過が主だった

200年前、汚れたテムズ河の

によると、上田市の染屋浄水場は上田市の近藤俊太郎技師が設計・施工を行い、1923（大正12）年6月に完成した。バートンの教えを受け、欧米の上下水道技術を学んだ中島鋭治博士が顧問技師として助言をしていた。

水を沈殿池と砂ろ過で清澄な水を作った時のろ過速度は1日に2〜3日であった（図10）。ろ過池の水深も38センチと浅かった。大正12年の都市の水道統計では日本でも自然沈殿で緩速ろ過をするのが普通だった。その時のろ過速度は1日10尺（1日3メートル）であった（図11）。ろ過水に塩素殺菌をしていたのは大都市だけで、普通は塩素殺菌をしていなかった。

6 戦後、都市で急速ろ過が普及

戦後、アメリカから来た進駐軍は日本の水道水は塩素殺菌をしていないのに不安を持ち、進駐軍の強制で日本の全ての水道水に塩素

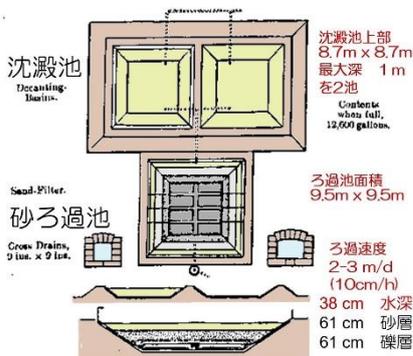


図10 シンプソンの実験用ろ過池

ろ過速度は2〜3m/日だった。水深は、38cmと浅かった。

戦前は、ほとんどが薬品を使わない緩速ろ過。ろ過速度は、10尺/日(3m/日)だった。生物が活躍していた。ろ過水を塩素殺菌していなかった。

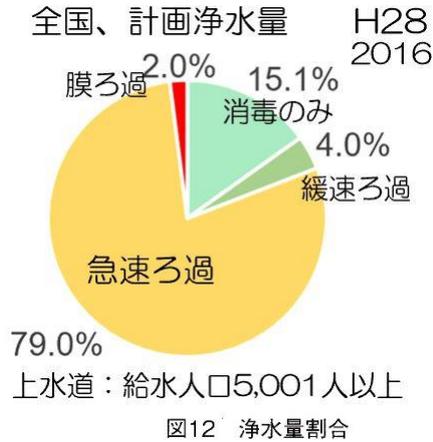
水源及び浄水法並水質試験表(日本水道史より抜粋)

大正12年12月発行上水道統計及報告書

名称	水 源					名称	水 源				
	水源	沈澱法	ろ過法	濾過速度(尺/日)	滅菌法		水源	沈澱法	ろ過法	濾過速度(尺/日)	滅菌法
東京市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	塩素	上野町	湧水	—	—	—	—
京都市	湖水	薬物沈澱	緩速濾過	20.0	塩素	松本市	地下水	—	—	—	—
大阪市	河水	自然沈澱	緩速濾過一部急速	12.0/400	塩素	仙台市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—
神戸市	溪流	自然沈澱	緩速濾過一部急速	8.0/390	—	塩釜町	湧水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	—
横浜市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	—	郡山市	河水池水伏流水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—
名古屋市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	平町	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—
函館市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	青森市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0	—
小樽市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	山形市	伏流水	—	—	—	—
渋谷町	伏流水	—	緩速濾過	15.0	—	秋田市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—
峰山町	溪流	—	緩速濾過	—	—	鳥取市	溪流	—	緩速濾過	10.0	—
堺市	河水伏流水及び井	自然沈澱一部薬物	緩速濾過一部急速	10.0/400	—	松江市	河水	—	緩速濾過	10.0	—
横須賀市	河水地下水	—	—	—	—	岡山市	河水	—	緩速濾過	12.0	—
川崎市	河水伏流水	自然沈澱	緩速濾過	8.0	—	広島市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0	—
尼崎市	伏流水	自然沈澱	緩速濾過	8.0	—	下関市	溪流	—	緩速濾過	10.0	—
長崎市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	—	高松市	伏流水	—	緩速濾過	15.0	—
新潟市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0	—	福岡市	溪流	—	緩速濾過	10.0	—
高崎市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	大牟田市	井	—	緩速ろ過	—	—
宇都宮市	河水	自然沈澱	緩速濾過	13.0	—	門司市	溪流	—	緩速濾過	12.0	—
奈良市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	小倉市	溪流	—	緩速濾過	10.0	—
甲府市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0	—	若松市	河水	—	緩速濾過	8.0	—
長野市	溪流	—	緩速濾過	12.0	—	別府市	溪流	—	緩速濾過	8.0	—
上田市	伏流水	—	緩速濾過	12.0	—	佐賀市	井	—	緩速ろ過	—	—
						鹿屋島市	湧水	—	—	—	—
						玉川水道	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	塩素

図11 戦前の水道施設

人口が多い大都会は急速ろ過なので、浄水量の割合が多い。



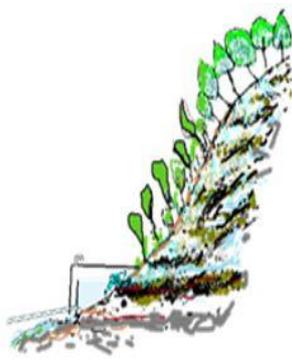
添加を義務づけた。戦後、日本社会は長く高度成長期状態が続いた。戦前は主流であった緩速ろ過は維持管理経費が安い、ろ過速度が遅く効率が悪く古い技術と言われた。経費がかかっても最新で効率が良いと言われる急速ろ過を導入する自治体が増えた。

給水人口5001人以上の2016(平成28)年の水道統計の浄水量割合では約80%が急速ろ過である(図12)。戦前は緩速ろ過であったが、給水量が大きな大都市の浄水施設が急速ろ過に変更したのが大きい。

日本は山国で湧水を利用し浄化処理をせず塩素殺菌だけをしている水道施設は多数ある(図13)。給



図13 湧水を利用した無処理の水道



水人口5001人以上の施設数では無処理で消毒のみが一番多い(図14)。給水人口5000人以下の簡易水道では消毒のみの施設の割合はもっと多い。

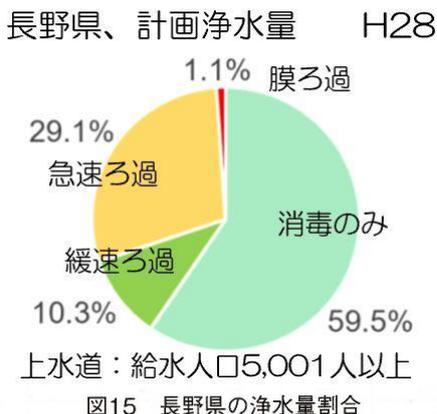
7 都市水道と過疎の地方水道は違う

長野県の場合、給水人口5001人以上の上水道での浄水量割合

地方に行くと、山からの湧水を取水し、塩素殺菌だけで給水している無処理の水道が多い。

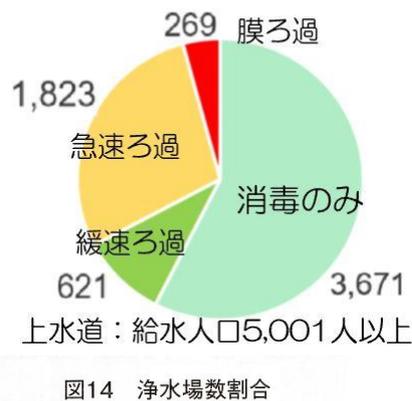
給水人口 5,001 人以上の上水道統計でも、全国では、実は、消毒のみの施設が一番多い。緩速ろ過の浄水場も多い。

給水人口5,001人以上の上水道統計でも、長野県は消毒のみが水道が多い。緩速ろ過も多い。



JICA (国際協力機構) の国際私 (2006 (平成18) 年から) を調べると6割が消毒のみで、緩速ろ過は1割以上もある (図15)。私たちがテレビ、ラジオ、新聞や教科書で見聞きする水道は大都市の大規模水道の例で地方の水道の解説はない。

全国、浄水場数 H28



給水人口5千人以下の簡易水道ではどうだろうか。

研修のお手伝いをしてきた。発展途上国でも大都市だけでなく小さな都市も多数ある。そこで私は自然界の生物群集の活躍による浄化の仕組みの応用が緩速ろ過であると緩速ろ過を解説した。また実際の小規模の浄水場で維持管理も簡単であることを実感してもらった。

8 緩速ろ過は細かな砂でのろ過

砂ろ過池へ入ってくる濁りは砂の表面に吸着 (付着) する。濁りを吸着 (付着) させる面積が広いほど良い。容積中の砂粒子の表面積を広くするには砂粒子の大きさを小さくすると良い (図16)。一般に日本では緩速ろ過用の砂の粒径は0.30~0.45mmで急速ろ過用の砂の粒径は0.45~0.70mmを標準としている。緩速ろ過用と急速ろ過用の砂の粒径の違いは約2倍で、単位容積中の砂粒子の数も約8倍にもなる。実際の砂層では模式図より砂と砂の間はもっと小さい。砂粒子の数も単位容積中の数は図より多くなる。単位容積当りの砂の総表面積も広く

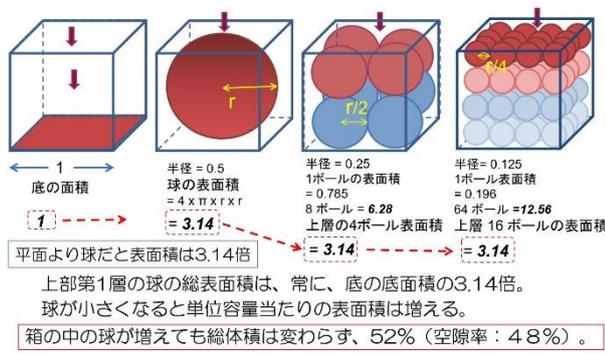


図16 砂の大きさと表面積

なる。濁りの吸着 (付着) を考えると砂の表面積が広い方が良い。急速ろ過より緩速ろ過のろ過水濁度が良いというのにも納得できる。また容積中の砂の隙間は砂の大きさに関係なく、容積の約半分である。砂の間を流れる水は砂の表面に接した部分の流速はほとんどない (図17)。それは水には粘性があるからである。また砂の粒子が小さいと砂の隙間が小さくなり、水の流れが遅くなる。水の流れが遅い

生物が安心して活躍できる砂礫の表面積を増やすのが良い。

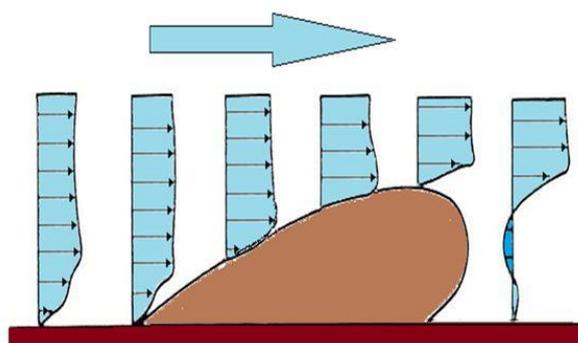


図17 表面での水の流れ

と水中の細かな濁りが砂の表面に吸着 (付着) しやすくなる。河川の流れが急でも河床の礫が転がらないなら付着生物は活躍しやすい (図18)。急速ろ過の砂の粒子は緩速ろ過の砂より大きい。それはろ過速度を速くするために大きな砂粒子で砂と砂の空隙を大きくし抵抗を小さくするためである。緩速ろ過は細かな砂でゆっくりろ過するので濁りが捕捉されると言われている。それは砂と砂の

水の流れが速くても、砂礫が動かないなら、水には粘性があり砂礫の表面の流れは極端に遅い。また砂礫の影も流れはほとんど無い。この場所では生物は流されないの、安心して活躍できる。

砂礫の表面や陰では、動物が活躍している。

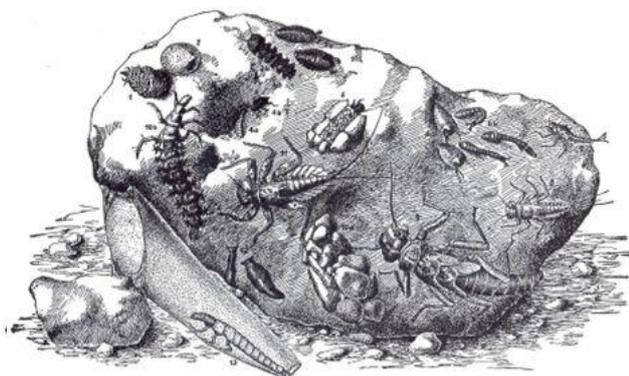


図18 礫面で活躍する生物

空隙が小さく抵抗が大きくなり流速が遅くなるからである。また砂の粒子が粘土粒子みたいに小さいなら粒子間の隙間が小さ過ぎて水が流れなくなる。

9 損失はろ過速度に比例する

緩速ろ過池の砂面上に細かな濁りが蓄積すると水の流れが悪くなる(図19)。ろ過流量はろ過池からの流出量を調節する弁で調節する弁を開いても流れにくくなると、

ろ過抵抗は、水面差で表す。

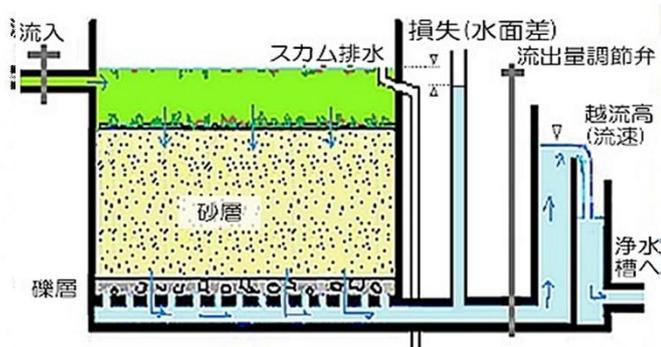


図19 緩速ろ過の仕組み

砂面上の細かな濁りの削り取りを行う。目詰まりを判断するのにろ過池水面とろ過後の水面差(損失 Head Loss)を用いる。ろ過流量調節弁を開いても流出高(流速)が上がらない時は、ろ過閉塞をしたと判断する。上田市の染屋浄水場のろ過池では流量調節は手動でハンドル操作を行い、水面差(損失)とろ過流量(流速)もフローと鎖で連動している指示針の値で計測している(図20)。上田市の

水面差は、流速に比例する。



図20 ろ過流量計

ろ過池管理では電気を一切使っていない。

見かけ(実測)の損失水頭はろ過抵抗指標でなくろ過速度に比例していた。私はJICA研修でバケツモデルを用いて損失は流量に比例する事を実感してもらった(図21)。砂面上に濁りが蓄積すると砂面で抵抗が増えることも理解してもらっている。

しかし日本の指針では、この水面差(損失)でろ過池の状況を判断するとの記載がある。一般に削



図21 バケツモデル

り取り作業後は、ろ過速度を遅くし、だんだんとろ過速度を上げていく。見かけの損失は段々と大きくなり、ろ過閉塞が進行すると判断していた。私は水道局職員へ「見かけの損失はろ過抵抗の指標ではない」と説明しても日本の指針には記載がないので納得しにくかった。

日本の指針には損失はろ過速度に比例するとの記載がない。しかし欧米では実測の損失を標準ろ過速度(1日4・8倍)でろ過した場合に換算した標準化損失水頭(Normalized Head Loss)という指標を使っていた(図22)。

標準化損失水頭という指標はろ過池の状態を把握するのに必要な指標であった。そこで1992(平成4)年に水処理生物学会誌で上

JICA 研修では、バケツモデルで水面差はどのように生じるかを実感してもらった。

1988年の国際学会の論文集で、日本では使われていない本当の抵抗指標の標準化損失水頭という指標を初めて知った。

緩速ろ過池のろ過閉塞指標としての標準化損失水頭と藻類



中本信忠・坂井正
日本水処理生物学会誌
Vol.28(1):7-18,1992
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jswtb1964/28/1/28_1_7/_pdf

水道公論 58巻2号48-57
2022年2月号
生物屋の緩速ろ過池研究
その5 藻の繁殖とろ過継続
<https://youtu.be/CWzqVmbtnX0>

図23 標準化損失水頭の解説



図24 厳寒期はろ過池水面は凍結

田市と高崎市の事例を用いて解説をした(図23)。本誌の2022年(令和4)年2月号(58巻2号)で「その5 藻の繁殖とろ過継続」として解説をした。

ろ過閉塞指標: 損失水頭(ΔH)
損失水頭(ΔH)はろ過速度(V)に比例する。
 $\Delta H = KV$
英国標準ろ過速度20 cm/h (4.8 m/d : V_n).
NHL(標準化損失水頭: H_n) は
実測の損失頭を英国標準ろ過速度で
ろ過した場合に換算する。
NHL:標準化損失水頭: H_n (cm)
 $H_n = (H \times V_n) \div V$
実測の損失水頭: H (cm)
実測のろ過速度: V (cm/h or m/d)
標準ろ過速度: V_n (20 cm/h or 4.8 m/d)

図22 標準化損失水頭

上田市のろ過池水面は、厳寒期には凍結する。

染屋浄水場のろ過池のろ過継続に伴うろ過抵抗を月毎に標準化損失水頭で整理した(図26)。水温が10度以下と低い期間はろ過継続に伴い抵抗は段々と増えていた。し

10ろ過閉塞は水温に關係染屋浄水場の水源は千曲川の支流の神川表流水である。上田市の冬は厳寒で、ろ過池の水面は凍結する(図24)。取水した水は約5キロも地中の導水管で浄水場までくるので温められ着水井の水温(原水)は約4度になっていた。着水井の水温の季節変化を調べると、冬は4度程度で夏は20度位になった(図25)。

水温が低いと、抵抗が増える。水の粘性に關係していた。

かし5月からろ過継続を長くしても抵抗は増えなくなった。厳寒期の流入水濁度は低いが4月頃から降雨があり河川水は濁り、流入水濁度(図27)も濁った。沈

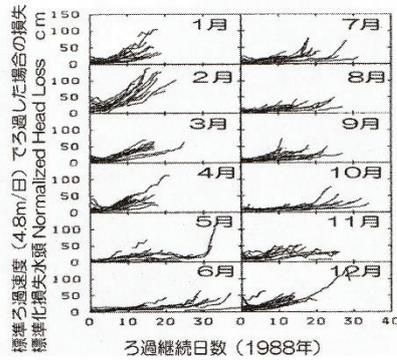


図26 月毎のろ過抵抗変化

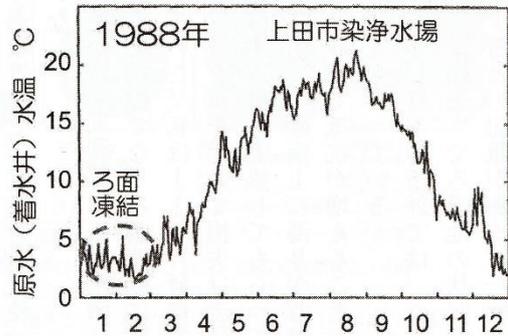


図25 着水井水温の季節変化

殿池後のろ過池流入水濁度とろ過流量からろ過面への濁度負荷の積算量を計算し、ろ過抵抗の関係を月毎に整理した(図28)。ろ過抵抗(標準化損失水頭)は濁度が少ない時期は、すぐに抵抗は上がるが水温が高くなる5月から11月は濁りが入ってきてるろ過抵抗は上がっていないかった。砂ろ過池のろ過抵抗は濁りで抵抗は増えず水温に關係していた。ろ過抵抗は水の粘性に關係していることは明白であった。

日射が増えだすと、山で雨が降り、河川水は濁る。

日射量が多くなり、水温が高くなりだすと、生物が活発に活動します。この期間は、ろ過池の抵抗は上がらなかった。

30)。糸状緑藻が目立つようになる(図29)。

また砂層表面では日射量が増え、4月下旬から糸状珪藻メロシラの繁殖が盛んになり、水温が高い夏は糸状珪藻を好んで食べる捕食動物のユスリカ幼虫の活動が盛んになり、ろ過日数が長くなると糸状緑藻が目立つようになる(図30)。

11 生物群集の活躍が浄化の鍵

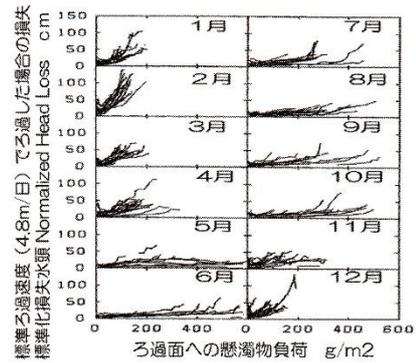


図28 月毎の濁度負荷と抵抗変化

生物は砂礫の表面に付着して増える。藻は日射が到達する砂礫表面で、微小動物も、餌がくる砂層上部にしかいない。



図30 砂層上の藻と砂層断面

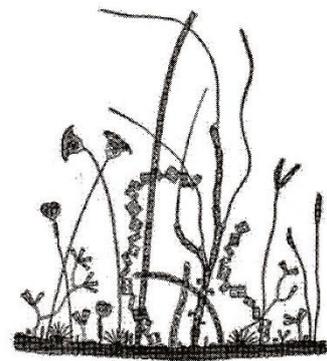


図29 付着面の微小生物

砂層断面で汚れて見える砂は、砂の表面に顕微鏡でみないと分からない微小の生物群集が活躍していて、その糞塊もあるので一見汚れているように見える。

生物群集は餌がある所、餌が来る砂層表面近くで活動している。深い所には餌がないので餌を求め

て砂層近くに集まる。削り取り時に砂層表面を注意深く観察すると多数のユスリカ幼虫が活躍しているのに気づく(図31)。ユスリカ幼虫の捕食活動が盛んで、砂面の糸状珪藻や汚れが無くなることがあるが、砂面下ではハングリー状態の微小生物が入ってくる餌を待ち構えているので、砂面上に藻が無くなっても濁りの捕捉分解という浄化機能は変わらない。

砂層表面、砂層上部で生物群集が活躍し始めると、ろ過抵抗が増えなくなる。水温が低い厳寒期は生物の活動が悪く、水の粘性も大きいのでろ過抵抗は増える。生物群集の活躍による浄化が緩



図31 捕食動物のユスリカ幼虫

速ろ過である。砂層表面および表面直下の砂が汚れているように見える部分では微小生物が活躍している。この部分は生物活躍層だが汚泥とか汚砂と言われ、用語のイメージで誤解を生んでいた。

緩速ろ過池のろ過速度を上げると見かけの損失が大きくなり、ろ過閉塞したと誤解し、実際のろ過抵抗は増えていないのに生物活躍層の削り取りを行っている場合がある。しかし削り取り作業は浄化の主役の生物群集を除く作業なので、できるだけしない方がよい。ろ過継続を長くする方がよい維持管理である。

12 濁り対策で上向流粗ろ過

1960年代に欧米では薬を使わない緩速ろ過が再認識された。1970年代になり河原で湧き出す清澄な水(図32)をヒントに濁り水対策として粗ろ過が研究された。

1988(昭和63)年に初めての国際緩速ろ過会議がロンドンで開催された。ブラジルのベルナルド(Tuiz Di Bernardo)とスイスのウェゲリン(Martin Wegelin)が

砂の間には、多数のユスリカ幼虫が活躍していた。

河原で湧き出る清澄な湧水を人工的につくるのが、緩速ろ過と解説。



図32 河原の清澄な湧水

粗ろ過について発表した。その後、国際共同研究が行われ1996(平成8)年にスイスのSKAT(Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management 技術と管理スイス開発協力センター)から粗ろ過指針が出版された(図33)。この指針には多段式と多層式の上向流粗ろ過の有効性について書かれてあった。しかし生物群集の活躍の重要性についての記述がほとんどなかった。

私は上向流粗ろ過は礫表面に付着したり、流入してきた物質を微

ろ過で用いる礫の大きさは桁違いに大きく4〜25ミである。大きな礫でも生物群集は活躍し細かな濁りや溶けている物質も除ける。河床の藻や動物を調べると河川上流と都市廃水の影響が大きい下流の生物では種類が異なっている。水質の違いで繁殖する生物群集が異なる。

生物群集は急激な環境変化に敏感である。多段式の上向流粗ろ過は急激な高濁度や水質変化に対し

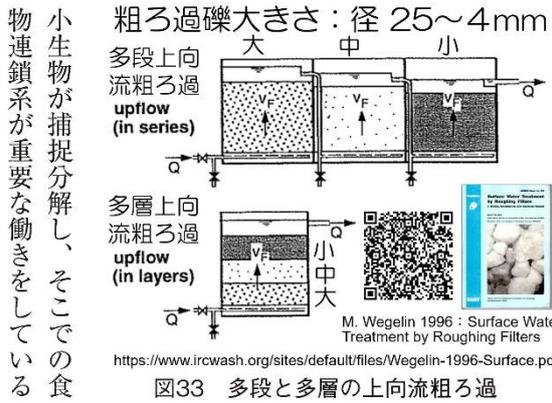


図33 多段と多層の上向流粗ろ過

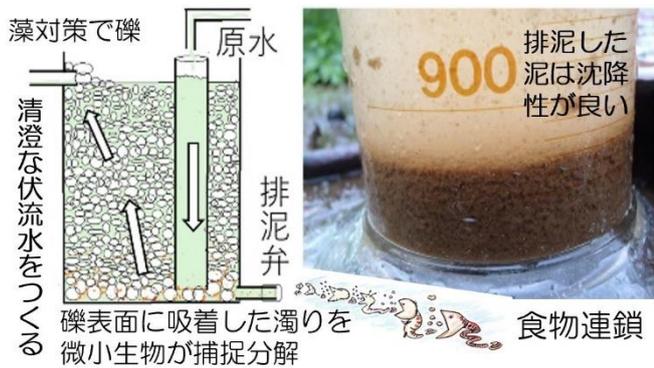


図34 排泥した濁り

緩衝作用がある。最後の砂ろ過槽への水質変化を和らげる効果を大きくするために、多段式が優れていると思っ

13 生物群集の活躍を考える

濁り対策で、薬品を使わない上向流粗ろ過が開発された。

早速、確かめたところ、生物群集の活躍による濁りの除去だった。

浄化は、細かな砂での篩いろ過でなく、生物群集の活躍による浄化だった。

上から下への流れで、砂が動かないことが大切で、砂の大きさは、そんなに重要でなかった

池でろ過をした(図10、前出)。自然の重力で上から下へ細かな砂でろ過をした。水には粘性があるの
ろ過速度は1日に約2〜3層(1時間10センチ)であった。

ろ過池の砂層上には藻が繁殖し日中は光合成をして酸素を生産するが、夜間は藻は光合成ができない。砂層上部では細菌や微小動物の活動で1日中、水中の酸素を消費している。当時のろ過池水深は38センチと浅かった。砂層上で藻や微小動物が盛んに活動しても砂層上の水の滞留時間が短く砂層内は夜間でも酸素不足にならなかった(図35)。

英国式の緩速ろ過の標準ろ過速度は1日に4・8層であるが、テムズ水道ではろ過速度に関して10年間も実験をして現在は1日に約10層にしている。また生物群集の活躍による浄化と認識していた。削り取った砂を何度も洗浄しているの、細かなろ過砂はほとんど無く、ろ過抵抗は小さいと思われる(図36)。

ろ過速度を速くすると砂層上の水の通過時間は短くなる。生物群集の活躍が大きくても夜間に砂層

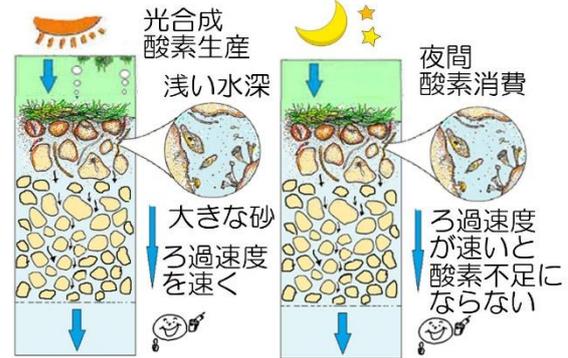


図35 速いろ過速度と生物



図36 テムズ水道の砂

内が酸素不足にならない。砂層内の生物群集にやさしい環境になる。またろ過速度を速くすれば、浄水能力が大きくなりろ過池の面積を小さくできる。

日本各地の緩速ろ過池のろ過速度を調べると1日に1〜2層と極度に遅い浄水場がある。それは日本の指針に標準化損失水頭の記載がないのが原因かもしれない。

14 生物処理の飲み水を飲みたい

河川中の有機物量を調べるためBOD(生物化学的酸素要求量)

で測定する(図37)。湖沼や海洋の水ではCOD(化学的酸素要求量)で測定する。

湖沼や海洋の水中では既に微生物が分解できる有機物は分解し終って、分解しにくい難分解性物質といわれる腐植物質が残っている。そこでその量を測定するために酸化剤で強引に分解させて測定する。

褐色の湿原などでは水中には腐植物質が大量に溶存している。この様な水域でも生物は生息している。腐植物質は生物にとって毒ではない。

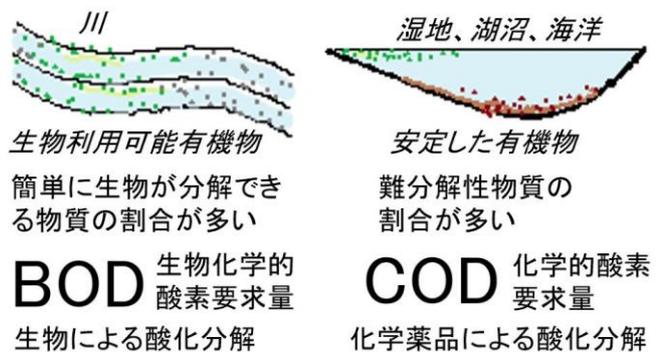


図37 BODとCOD

アメリカで開発された薬品処理の急速ろ過では細菌などの除去が不完全で最後に塩素による殺菌処理が必須であった。必須の塩素添加で発癌物質のトリハロメタンが生成することがわかり大問題になった(図38)。

原水中のトリハロメタン生成能が問題なのは急速ろ過処理の問題で、塩素添加が必須でない緩速ろ過では腐植物質は問題ではなかった。戦後の日本は全ての水道

水質を測定するには、生物が利用できるかを、考えるのが大切だ。

1974年のハリス報告で、塩素添加で発癌物質が生成すると指摘され、世界中で、塩素添加をためらった。薬品を使わない緩速ろ過の再認識されだした。

に塩素添加を義務づけた。急速ろ過の水だけでなく、天然の湧水を利用する無処理の水でも最後に塩素で殺菌処理を義務づけた。

日本の現在の水道水の約80%は急速ろ過により供給されている(図12、前出)。現在の多数の水質検査項目は急速ろ過処理を想定し、安全で安心できる水質にするために制定されたと思われる。緩速ろ過は生物群集の活躍による浄化で濁りや細菌だけでなく、生物が反応する溶けている物質まで生物が分解できる(図39)。生物群集が安心して活躍するには溶存酸素があることが必須である。でも現在



図38 塩素添加で発癌物生成

急速ろ過の水と緩速ろ過の水では、清澄さは桁違い。

の水质検査項目には溶存酸素濃度が無い。私は天然の湧水を人工的につくる緩速ろ過の水と薬品処理の急速ろ過の水道水の検査項目は同じである必要はないと思っ

生物にとってはどういう視点が必要である。ペットボトルに詰め天然の湧水が売られている。地方

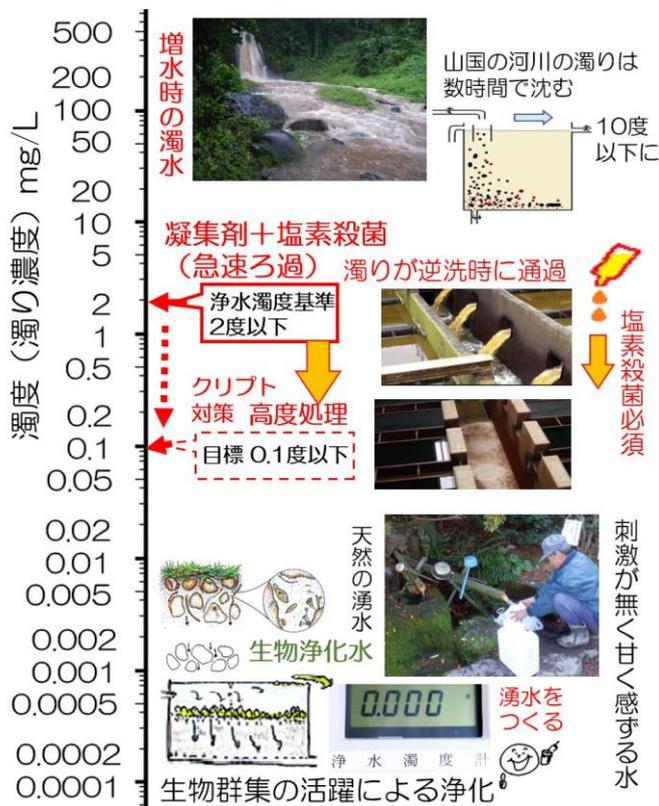


図39 処理と濁度

には無処理のスーパークリーンでおいしい水道水があるに気づいてもらいたい(図40)。

15 生物浄化法は省エネシステム

河原の清澄な湧水を人工的につくる浄化処理は200年前に開発された。当時は生物群集の活躍による濁りの除去、浄化とはわかっていなかった。私は緩速ろ過



図40 無処理のおいしい水道水

(Slow Sand Filter) という用語で本当の浄化の仕組みを誤解したと気づき、緩速ろ過でなく生物浄化法 (Ecological Purification System) と言いつ直そうと2005(平成17)年に『おいしい水のつくり方』で提案した(図7、前出)。

現在、持続可能な社会のためにと安全な省エネの仕組みが求められている。皆が緩速ろ過処理を生物浄化法と認識すれば省エネでスーパークリーンでおいしい水を飲めると思っている。

生物浄化法は薬品、電気や精密機器を使わないでも安全な飲み水ができる。自然災害が多い日本で求められる浄化法である。

長野県は無処理のスーパークリーンで、生でおいしい水道水が供給されている地域が多い。ペットボトルは必要ない。