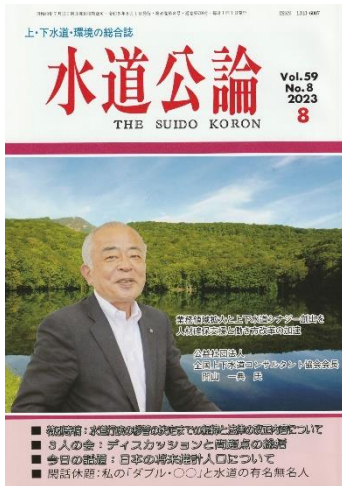




水道公論 59 (8) : 79-90, 2023 年 8 月号

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23 国際緩速ろ過会議

信州大学名誉教授 中本 信忠

塩素の臭いがある水道水が嫌われ、おいしい水へを求めだした。

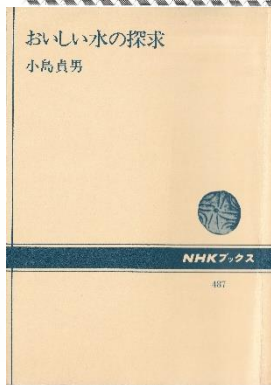


図2 小島1985年の本

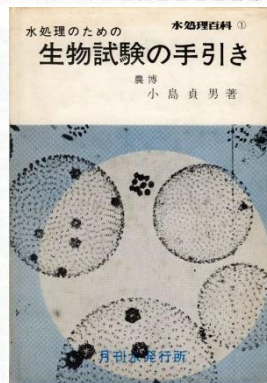


図1 小島1964年の本

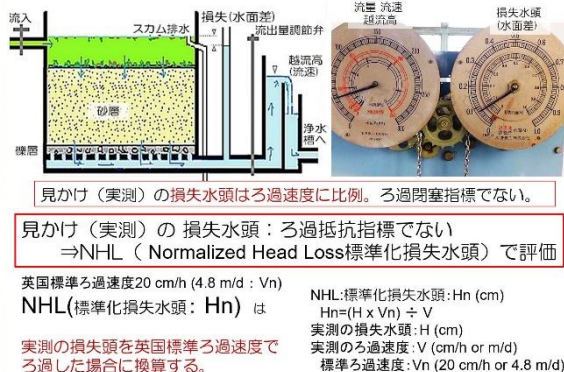


図3 標準化損失水頭の計算法

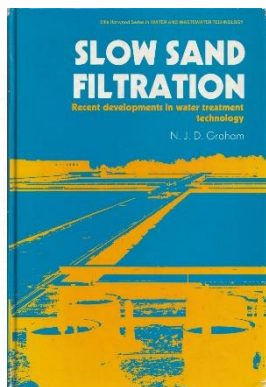


図5 1988年の最初の国際会議本

水道公論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

損失水頭はろ過速度に
比例する

標準化損失
水頭の解説

<https://youtu.be/CWzqVmbtnX0>



図4 損失とろ過速度

1 テムズ水道の浄水場を訪問

緩速ろ過の研究を開始して、参
考にしたのは東京都水道局から日
水コンの研究所に転職した小島貞
男さんが1964 (昭和39) 年に
出版した『水処理のための生物試
験の手引き』(図1)と1985
(昭和60)年の『おいしいの水の探
求』(NHKブックス、図2)であ
る。学会でお会いした方などから、
緩速ろ過の情報はロンドンのテム
ズ水道に集まっていると教わった。
緩速ろ過池の維持管理ではろ過

緩速ろ過に関する最初の国際会
議が1988 (昭和63) 年11月に
ロンドン大学の一つのインペリア
ル・カレッジのグラハム (Nigel
Graham) が呼び掛けて開催され

論文集が出版されていた(図5)。
この論文集では、世界中で緩速ろ
過池のろ過抵抗指標として標準化
損失水頭 (NHL: Normalized
Head Loss) という指標が普通に

世界は、薬品処理の急速ろ過でなく、緩速ろ過へ目を向けだした。

緩速ろ過を研究すると、どうしてもテムズ水道の浄水場を見たくなる。

スペインでの学会の前に、テムズ水道を訪問。



図6 1992年にテムズ水道初訪問

使われているのを知った。テムズ水道の研究者に手紙で標準化損失水頭という指標はいつ頃から使われているかを尋ねたところ、昔からとのことだった。

スペイン・バルセロナで国際陸水学会が1992（平成4）年8月にあった。スペインに行く途中にロンドンに寄り、標準化損失水頭について問い合わせをしたテムズ水道の研究者に会いに行った。上田のろ過池で繁殖する藻の役割についてテムズ水道の研究者と情報交換し、テムズ水道のアッシュフォード・コモン浄水場を案内してもらった（図6）。

スペインでは「緩速ろ過池の糸状藻類の役割（坂井・中本）」と「緩速ろ過池での収穫法による一



緩速ろ過池の糸状藻類の役割 緩速ろ過池での収穫法による一次生産量

図7 国際陸水学会で報告

次生産量（中本・坂井）」と題して染屋浄水場での研究成果を国際会議で初めて発表した（図7）。

また緩速ろ過国際会議を開いたグラハムとも連絡をとり、英国からの助成金で1994（平成6）年10月から2年間、テムズ水道のろ過池で繁殖する藻の調査を行った。これらのテムズ水道の訪問の様子とテムズ水道のろ過池調査の成果について本誌連載「その13」（2022年10月号）で解説した（図8）。

注：英国の大学は一般に、カレッジ・システムを採用している。ロンドン大学はロンドン市内の多数のカレッジの連合を意味する。ロ

水道公論 58巻10：93-104、
2022年10月
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



図8 テムズ水道ろ過池を調べる

ンドン大学（カレッジ連合）本部自体には学生はいない。ロンドン大学本部は幕末に日本の若者が留学したユニバーシティ・カレッジ（University College of London：UCL）と大英博物館の間にある。オックスフォード大学もケンブリッジ大学もカレッジ・システムである。

2 テムズ水道のろ過池と浄水能力

私はろ過継続に伴い、藻類被膜の発達状態を調べたかった。1つの浄水場に多数のろ過池があるなら、1回の調査で全てのろ過池を

調べると、ろ過継続とろ過膜の発達状態を一度に把握できた。そこでいつも、ろ過池が多数ある浄水場を調べさせてもらっていた。

テムズ水道にはロンドン市西部に長さ100m、幅34mのろ過池が32池もあるアッシュフォード・コモン浄水場（図9）があり、ロンドン市北東部にも同じ大きさのろ過池が34池もあるカップパーミル浄水場があった（図10）。この2つの浄水場の全ろ過池を1回の調査で、藻類被膜のろ過継続日数に伴



図9 アッシュフォード・コモン浄水場

アッシュフォードコモン浄水場は広大だった。



図10 カッパーミル浄水場

う発達状況を調べた。藻類の発達は季節により異なるので、年に数回、2年間にわたり調査を行った。テムズ水道の水道水源は農耕地と都市廃水の影響でとんでもなく富栄養化した河川表流水である。河川水をまず貯水池で長期間貯水していた(図11)。農耕地の影響がある河川水中には難分解性の農薬も含まれていると考えていた。そこで人間という生物への安全性を高めるために自然界での生物群集の活躍による長期間の生物分解が必要と考えていた。

日本では貯水池での藻の繁殖を嫌がり殺藻剤として硫酸銅などを散布している。英国では身近に多数の羊、馬、牛などの家畜がいる。テムズ水道の研究者から貯水池の水循環により藻が繁殖しにくくするための数々のアイデアを教

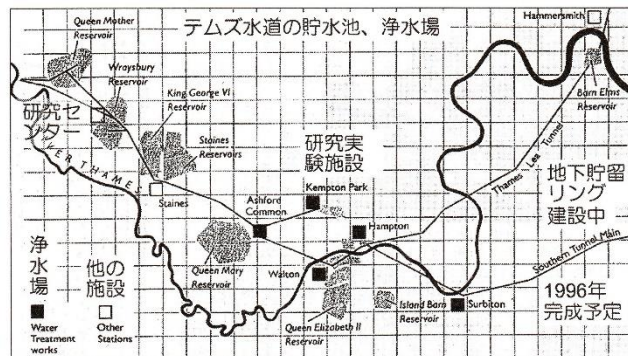


図11 貯水池と浄水場

ロンドンでは、貯水池に貯留しそれから緩速ろ過をしていた。

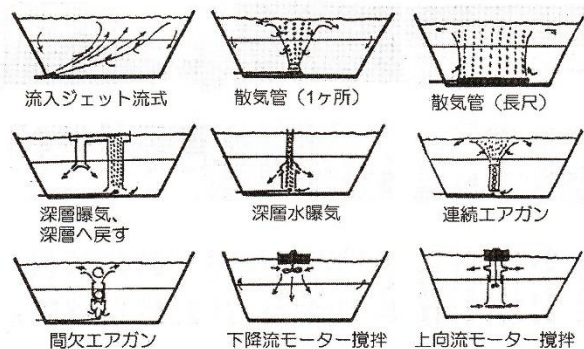


図12

わった(図12)。貯水池流入水を貯水池の底に導水管で流入させる方法が省エネで良いと言っていた。小島貞男さんがアッシュフォード・コモン浄水場を訪問したときは細かな金網(マイクロストレーナー)でプランクトンを除いていた。私が調査したときは、貯水池で繁殖したプランクトンを除くために両浄水場では薬品を使わず粗ろ過を採用していた。この粗ろ過についてテムズ水道の研究者は生物学的急速ろ過と言っていた。こ

の粗ろ過は下水処理の礫間浄化の散水ろ床の応用で、礫表面で繁殖する生物群集より貯水池で繁殖した藻を分解させていた。テムズ水道の研究者は、緩速ろ過は砂層での生物群集の活動が浄化の鍵と理解していた。ろ過池での生物群集の活動で溶存酸素濃度変化を小さくするために実験をしていた。

テムズ水道では1988(昭和63)年頃から実際のろ過池でろ過速度を速める検証試験をしていた。私が1994(平成6)年10月から2年間、テムズ水道の浄水場を調査した期間もテムズ水道ではろ過速度を速める実証試験をしていた。2006(平成18)年にテムズ水道を訪問したとき、ろ過速度を1日に9・6倍と速くしていた(図13)、テムズ水道の研究者に尋ねたら、既に全てのろ過池で速いろ過速度を採用していると教わった。

テムズ水道では、ろ過速度が速い方が水質が良くなるとわかり、テムズ水道の全ての浄水場で、0.4m/h（9.6m/日）を採用していた。

えてはいけないとある。それは日本の水道界を指導している人々が「緩速ろ過は細かな砂層での機械的な篩いる過が主」と考えているからである。生物群集の活躍と認識しているテムズ水道や国際学会で知り合った世界の研究者の認識とは大分違う。

テムズ水道のろ過速度（1日に9・6m）から計算するとアッシュフォード・コモン浄水場の給水能力は約400万人の水道需要に相当する大きな浄水場である（図

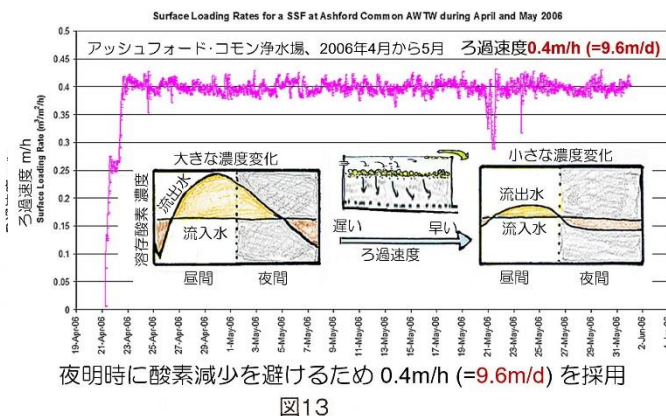


図13

14)。私が調査した2つの浄水場だけで約800万人へ給水可能な能力がある。テムズ水道にはロンドン市西部にアッシュフォード・コモン浄水場の他に4つの浄水場（普通の人々がテムズ水道を見学に行くハンプトン浄水場、ワルトン浄水場、サービトン浄水場、テムズ水道の研究施設があるケンプトンパーク浄水場）がある（図11、前出）。ロンドン市の人口は約1千万人と言われているがテムズ水道の緩速ろ過による浄化能力はロンドン市の全水道需要を十分にカバーできる能力がある。

アッシュフォード・コモン浄水場能力
1池ろ過面積：100mx34m
テムズ水道のろ過速度：9.6m/d
1池の1日のろ過水量：
 $100\text{m} \times 34\text{m} \times 9.6\text{m/d} = 32,640\text{m}^3/\text{d}$
一人1日250リットル（0.25m³）使用なら
 $32,640\text{m}^3/\text{d} \div 0.25\text{m}^3/\text{d} = 130,560\text{人}$ の水道需要
32池中2池が削り取りなどで30池稼働中なら
 $32,640\text{m}^3/\text{d} \times 30\text{池} = 979,200\text{m}^3/\text{d}$
 $979,200\text{m}^3/\text{d} \div 0.25\text{m}^3/\text{d} = 3,916,800\text{人}$ の水道需要
（約400万人の水道需要）

図14

3 第2回国際緩速ろ過会議

アメリカ水道界では、化学薬品処理の急速ろ過で必須の塩素添加で発癌物質生成の危険性が大きな問題になっていた。1974（昭和49）年のハリス報告「飲み水は安全か」（図15）が大きな話題になっていたのである。また同年にWHO（世界保健機関）は『緩速ろ過指針』（図16）を出版した。世界中の水道関係者は化学薬品を使わない安全な処理として緩速ろ過を再認識されだした。日本は日本語に翻訳されないと世界の情報は伝わりにくい日本語社会であった。米国ニューハンプシャー大のコレリンス（M. R. Collins）はトリハロメタンを生成しにくい緩速ろ過に注目し、アメリカ東部の緩速ろ過の浄水場を調査し、緩速ろ過のパイロット実験をした（図17）。その実験結果を1988（昭和63）年11月にロンドンのインペリアル・カレッジで開かれた最初の緩速ろ過会議（図5、前出）で「緩速ろ過によるトリハロメタン除去」と題して発表をしていた。コレリンスはアメリカ水道協会が

後援して第2回国際会議をニューハンプシャー大で1991（平成3）年10月27日から30日に開催した。会議はアメリカだけでなく、英国、ブラジル、コロンビア、グアテマラ、オランダ、スイス、ペ

Huisman & Wood 1974
緩速ろ過指針 WHO
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38974/9241540370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

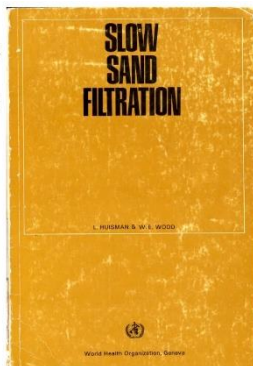


図16 1974年のWHO指針



図15 1974年の飲み水は安全か

薬品を使わない安全は浄化法として緩速ろ過池が世界中で注目された。

ルーなどから参加し、発表も多岐にわたっていた。そこでコリンズとアメリカ水道協会が中心となり「現代に通用する時代を超越した技術『Timeless Technology for the Modern Applications』という作業委員会をつくり、国際会議の全発表論文を編集し直し、単なる論文集でなく、緩速ろ過に関し教

科書的な指針本にすることにした。私はアメリカでのクリプト原虫による大規模事故の翌年1994（平成6）年9月にアメリカ水道協会主催のオレゴンでの緩速ろ過研修会に参加した（図18）。この研修会で1991（平成3）年10月にニューハンプシャー大での第2回国際会議での発表をまとめた本が

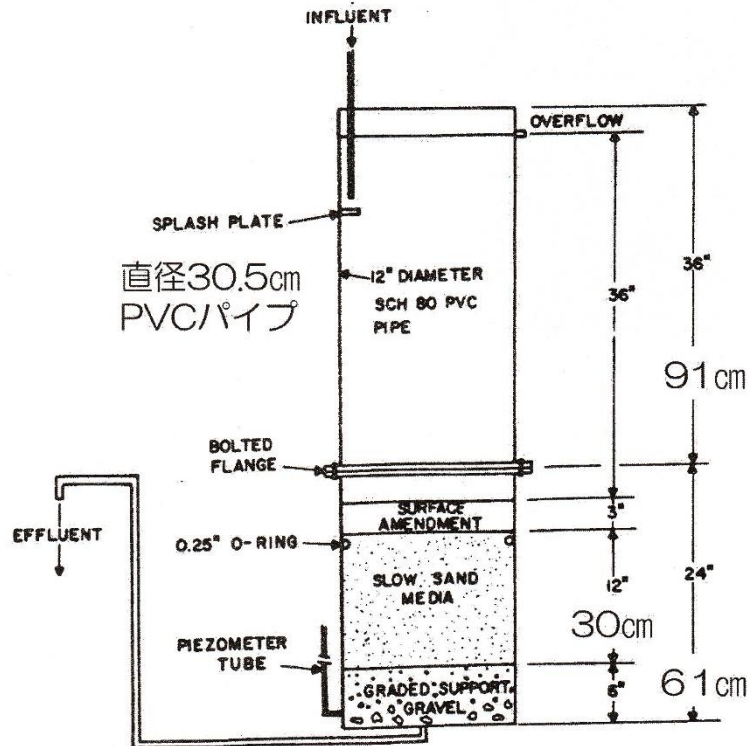


図17 コリンズの実験

アメリカ水道協会から近く出版されると知った（図19）。そこでアメリカ水道協会に注文した。この本はアメリカ水道協会から1994（平成6）年11月に322ページの『緩速ろ過』として出版された（図20）。本に挟んであった私のメモによると会員価格は25・5ドルであつたが送料他の手数料が加わり35・7ドルで注文して中本の所に届いたのは船便で翌年の4月17日であつた。この本は当時の世界の緩速ろ過に関する動向をまとめて報告してあつた。

水道公論 58巻3：43-53、
2022年3月
生物屋の緩速ろ過池研究
その6 クリプト事故でアメリカ
では緩速ろ過を再認識



https://youtu.be/j_NeZ7Z7c_k

図18 オレゴンでの研修会

4 第3回国際緩速ろ過会議
ロンドンのインペリアル・カレッジのグラハム（Nigel Graham）の助言で、テムズ調査を1994（平成6）年10月から2年間、テムズ水道のろ過池で繁殖する藻の調査を実施できた。その最後の年の1996（平成8）年4月22日から24日にグラハムはインペリアル・カレッジで第3回の国際緩速ろ過会議を開いた。
会議は予め発表論文を投稿しグラハムとニューハンプシャー大の



論文集

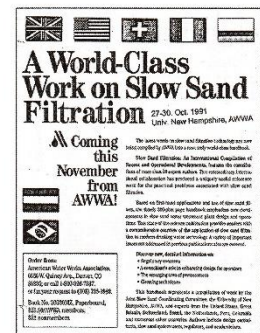


図19 アメリカ水道協会の緩速ろ過会議の宣伝

第3回も英国ロンドンで開催

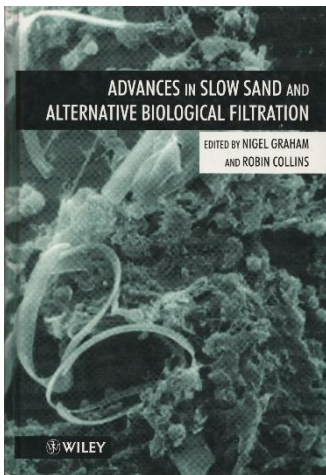


図21 第3回国際会議論文集

コリンズ (M. R. Collins) が査読して発表可となった原稿を収録した論文集『Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration』(英国 John Wiley 出版、50ポンドで市販) が学会当日に参加者に配られた(図21)。会議の前日4月21日から会議受付開始で、予め論文集を受け取ることができるとあるのでインペリアル・カレッジに行く建物入口の大きなドアにB4位の紙が貼りつけてあった。黒マジックの手書きで会議名と会場の部屋番号が記入されていた。日本では大学で国際会議をする、大々的に宣伝をし大きな立て看板があるのが普通だった。ロンドン市内の大学では国際会議があるのは珍しくなく、皆に宣伝する必要がないのかと思った。

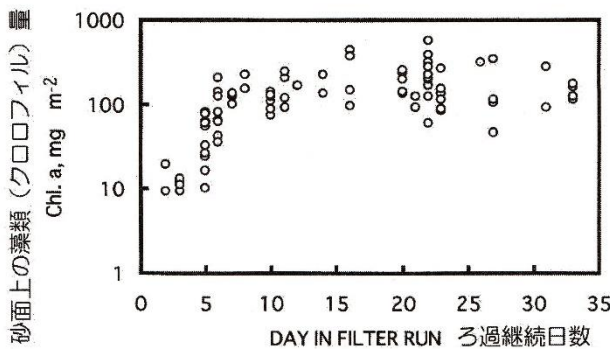


図22 ろ過池砂面での藻の発達

この国際会議で発表するには半年以上前に予め原稿を投稿し査読を受ける必要があった。私は調査中のテムズ水道のろ過池調査結果を発表するには早すぎると思った。そこで上田市の染屋浄水場で研究して気づいた事を「糸状珪藻の繁殖は自動浄化者としての役割 Role of Filamentous Diatom as an Automatic Purifier in a Slow Sand Filter」の題で投稿した。染屋浄水場の6月のろ過池ではろ過継続に伴い、砂面の削り取り

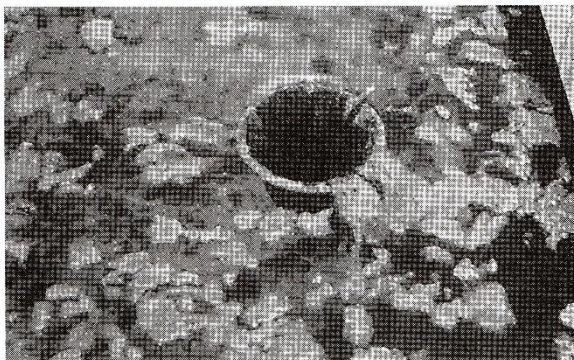


図23 浮上藻の越流

後、最初の10日間は対数増加し、その後、砂面上の藻類量はほぼ一定になった(図22)。私は写真で、砂面で繁殖した藻類被膜が光合成により作られた酸素の気泡で剥離浮上し、越流管から流出する連続培養系になっている様子を示した(図23)。砂面上の藻類を種類毎に計数すると、糸状珪藻メロシラの増殖が著しく、他の藻類は流入河川の河床で繁殖し砂面に蓄積していた(図24)。

ろ過池の砂面上の藻類量を種類毎に調べると水温が低い時期は糸状珪藻が少なく、水温が高く日射が増える時期は糸状珪藻が優占していた(図25)。浄水場へ入ってくる窒素(図26)とリン(図27)の栄養塩の季節変化は糸状珪藻が繁殖しない1月から3月は低く、糸状珪藻が繁殖する期間が高い事を示した。この期間は集水域内の農作業が盛んな期間と一致していた。長野県のように山が多い地域の河川水中の栄養塩は、その時期の農作業の影響が直ぐに現れていた。ろ過池のろ過抵抗は水温が低く

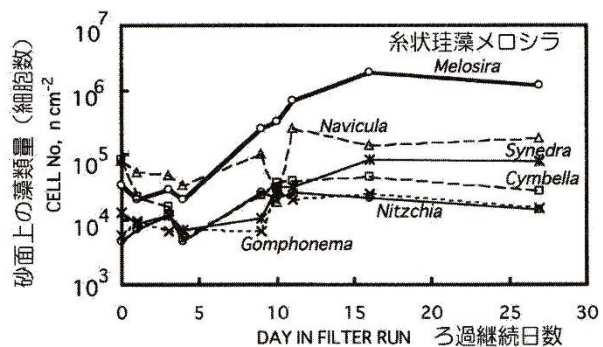


図24 糸状珪藻だけが繁殖

厳寒期は、流入藻類が、日射量が増えだすと糸状珪藻メロシラが繁殖

生物活性が悪い2月はろ過継続に伴って抵抗が増え、糸状珪藻メロシラが盛んに繁殖する6月は抵抗が増えないことを、標準化損失水頭という世界中で使っている指標で示した(図28)。日射量が多くなる夏の期間は集水域内の降雨も多くなり、河川水は濁るが、ろ過池のろ過抵抗は水温に関係し、水の粘性が大きく関係しているのがろ過抵抗を標準化損失水頭で表すところ、日本の水道界では

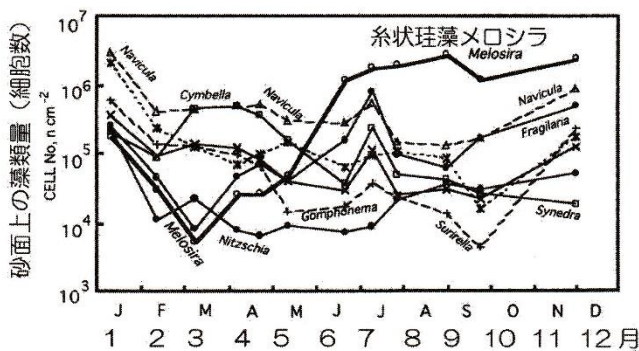


図25 糸状珪藻は夏期は繁殖

世界中で使われている標準化損失水頭という指標が広まっていなのが残念である(図3、前出)。ろ過池への流入水とろ過水中の溶存酸素濃度の日変化(図29)を示し、原水が河川表流水なので日変化はほとんどないが、ろ過水は光合成の影響で大きな日変化があることを示した。流入水は河川表流水なので大気とのガス交換があるので、溶存酸素飽和度はほぼ1

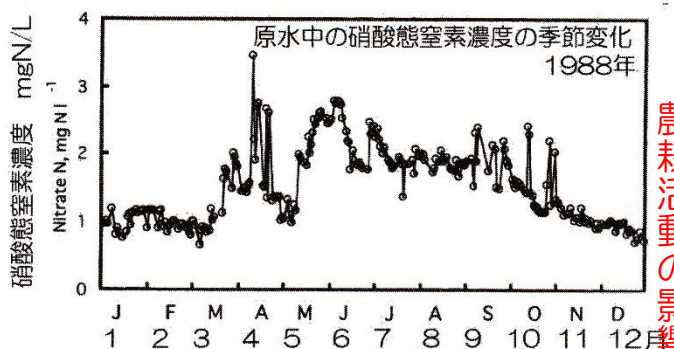


図26 硝酸態窒素は夏が多い

0.0%で一日中変わらないが、ろ過水の飽和度は光合成の影響で過飽和状態であり、最大は午後2時には180%にも達していた(図30)。日射量が一番多いのは12時である。砂層の厚みが1.5mありその厚みを通過する時間は2~3時間で、砂面上での藻の光合成が盛んな時刻の水が通過する時刻と納得した。しかし日没は午後6時頃で光合成が行われないのに、午

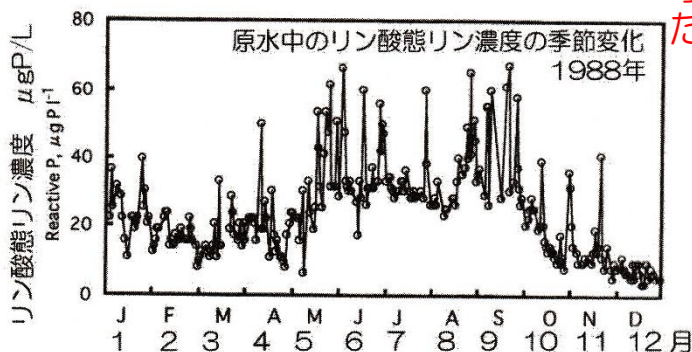


図27 リン酸態リンは夏は多い

後6時のろ過水中の溶存酸素飽和度は160%もあり、夜中まで過飽和状態であった。日没後も過飽和状態が続くのは、砂面上の水と藻類被膜に過飽和状態の細かな気泡が付着し、夜間にその気泡から酸素を水中に溶け込ませていると考えた。

ろ過池で流入水中の栄養塩を使って糸状珪藻メロシラが盛んに繁殖することは水中の栄養塩濃度

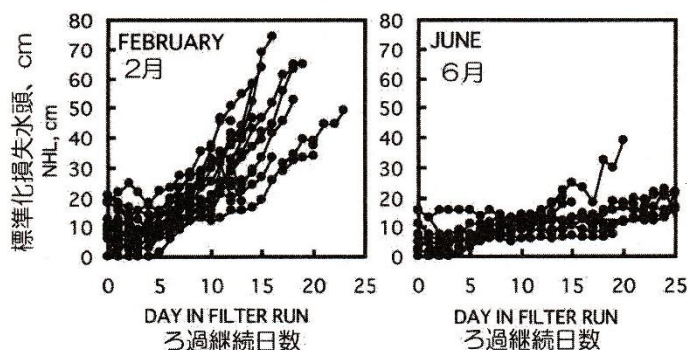


図28 ろ過抵抗は水温に関係

生物繁殖期は栄養塩も多くなる。
農耕活動の影響だった。

TIME IN DAY (時刻)	OUTFLOW DO SAT (%)	INFLOW DO SAT (%)
06:00	60	105
09:00	160	108
12:00	180	105
15:00	175	102
18:00	140	100
21:00	100	102
24:00	75	105
03:00	70	105
06:00	130	108

時刻 (Time)	流入水 DO (mg/L)	流出水 DO (mg/L)
06:00	8.5	4.8
12:00	8.8	12.5
15:00	8.5	14.5
18:00	8.0	13.8
21:00	7.9	11.0
24:00	8.0	8.0
06:00 (next day)	8.4	5.8
09:00	8.8	5.5
12:00 (next day)	8.7	10.5

を減少させる。また砂層を常に酸素豊富な状態を保ち、砂層内の生物群集の活動を活発にし、生物分解を促進させていると報告した。

私はる過池での生物群集の役割に注目した発表はユニバーシティ・カレッジ・ロンドン (UCL) のウットン (Roger Wotton) の「砂層で不快昆虫ユスリカの巢の作成とろ過の役割と潜在的な不愉快な The Colonisation, Role in Filtration and Potential Nuisance Value of Midges in Slow Sand Filter Beds」の発表で、不快昆虫ユスリカ幼虫は砂層上部で有機物残渣を集めて巣をつくり、砂層に穴をあけ水を通り易くしている。砂層での有機物分解に寄与していると発表していた。またロンドン市郊外でテムズ水道の施設が近くにあるサリー大 (University of Surrey) でる過池の動物生態を研究していたロイド (B. J. Lloyd) の「原生動物の微生物捕食の実験」の報告が印象に残った。

この会議では水道工学屋の発表が多く、砂の大きさ、均一性、水深、モデルでの検証などの報告が多かった。生物屋の私としては「生

物群集による浄化」という緩速ろ過処理の本来の浄化の仕組みを扱う研究が少なく、本質とは少し違うと思った。

私は会議の最終日に論文集にコ
リンズとグラハムとテムズ水道の
マイクにサインをしてもらった
(図31)。コリンズは「私の報告に
感動した」と記してくれた。グラ
ハムは「今後一緒にしよう」と
またテムズ水道のマイク・パウエ
ルは「第4回は東京で開こう」と
記してくれた。この時、コリンズ
とグラハムから「中本はプラント
実験でなく実際のろ過池で実験を
しているから凄い」と言われた。

最終日の午後は貸し切りバスで移動してハンプトン浄水場を見学した。会議の翌日は希望者だけの追加ツアーでオランダの砂丘地での人工的に地下浸透させて浄化してから緩速ろ過をするライデン浄水場を見学した。この追加ツアーは各自がロンドンからオランダへ

行き アムステルダム駅から各自が列車で浄水場の最寄り駅まで行き、現地集合であった。日本の学会なら丁寧にあんずするが、各自の責任で移動しないといけなかった

THANKS FOR THE EFFORT YOU MADE TO BE
A PART OF THE CONFERENCE. I
ENJOYED YOUR PRESENTATION.
Mubal R. Cherie 25 APRIL 1996

With my good
wishes and looking
forward to future cooperation.
Nigel Gresham

Good to see you over again and look forward
to you attending the 4th Conference in Tokyo!

M. L. Bae

この会議でグラハムからスイスのウエゲリンが纏めた緩速ろ過の前処理として有効な粗ろ過指針がスイスから近く出版される事を教えてくれた(図³²)。日本に帰国し早速、ロンドンの本屋に注文して粗ろ過指針を11ポンドで手に入れた。後書きを見たところ、これまでの緩速ろ過会議に参加した主だった研究者が原稿の草稿をチェックしていた。

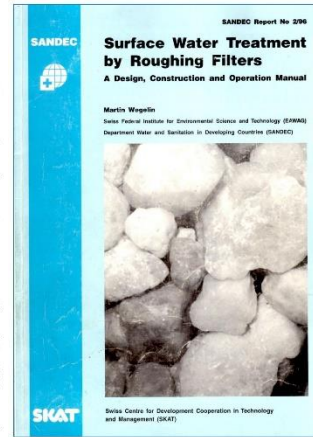
この第3回の会議の論文集を見直したら1988(昭和63)年の第1回の会議で粗ろ過の報告をしたスイスのウエゲリンは「カメルーン農村部における緩速ろ過施

次は、日本で国際会議をとサイン

凝集剤を使わない濁り対策で、粗ろ過が注目

設の修復と新しい処理施設の設計
Rehabilitation of Slow Sand
Filters and New Treatment
Plant Designs in Rural
Cameroon」を発表し、各種の粗
ろ過(図33)を紹介し、原水の濁
り対策で既設の沈殿槽や緩速ろ過
池に上向流粗ろ過を組み込む(図34・
35)方法を紹介していた。日本で
も原水の濁りで困っている浄水場
で簡単に導入できそうに検討した
アイデアである。

また1988(昭和63)年の第
1回の会議でブラジルのベルナル
ドは濁り対策で下向き粗ろ過と上
向粗ろ過の比較実験(図36)を報
告していたが、この会議ではベル
ナルドは粗ろ過でなく上から下へ



<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

の通常のろ過でのパイロット試験
(高さ3.5m、径80cmの円筒)
でろ過砂の均一性、ろ過速度を1
日に3m、6m、9m、12mと変
えた場合の砂層内への濁りの侵入
の砂層内への濁りの侵入について
報告していた。

私は1974(昭和49)年から
ブラジルのサンパウロ州立大とサ
ンカルロス連邦立大へ藻類培養指

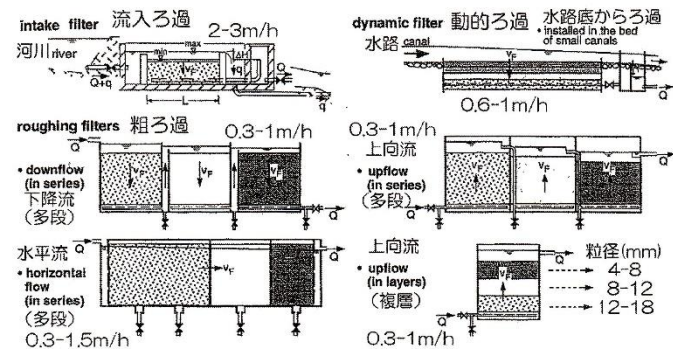


図33 各種粗ろ過

各種粗ろ過

導とダム湖生態系指導で何度も
行っていた(図38)。当時の私はプ
ラジルのダム湖生態系に熱心に取
り組んでいた。最初にブラジルに
行ってから10年後の私は緩速ろ過
池研究をしていた。1974年に
一緒にダム湖の動物プランクトン
の研究をしていた大学院生のオデ
テがサンパウロ州立大衛生工学科
ベルナルドの粗ろ過実験を手伝っ
ていたのを知った(図39)。オデ
テがベルナルドを紹介してくれ粗ろ
過実験装置を見せてくれた(図

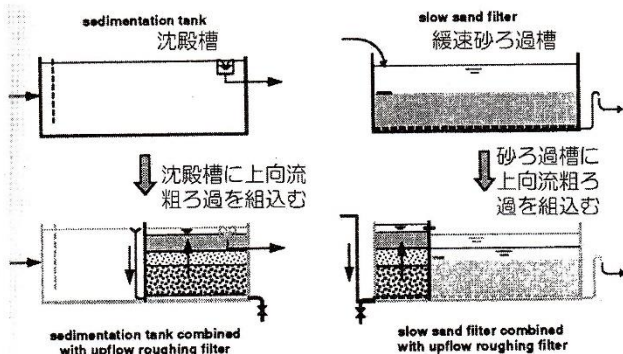


図34 濁り対策の工夫

既設施設に粗ろ過を導入する工夫

粗ろ過の工夫

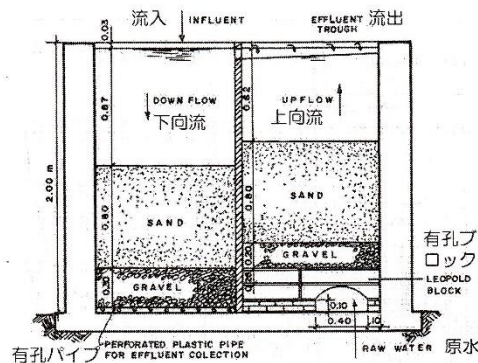


図36 下降流と上向流の比較

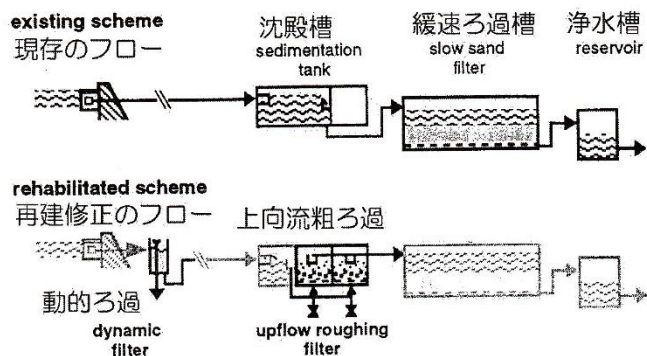


図35 粗ろ過の導入

水道公論59巻4: 66-76, 2023年4月号
生物屋の緩速ろ過池研究
その20 ブラジルでハングリー状態は
普通と気づいた

1974年8月



https://youtu.be/jYV6U_mAAzw

図38 1974年からブラジルへ



図39 最初の院生オデテ（手前、1976年）

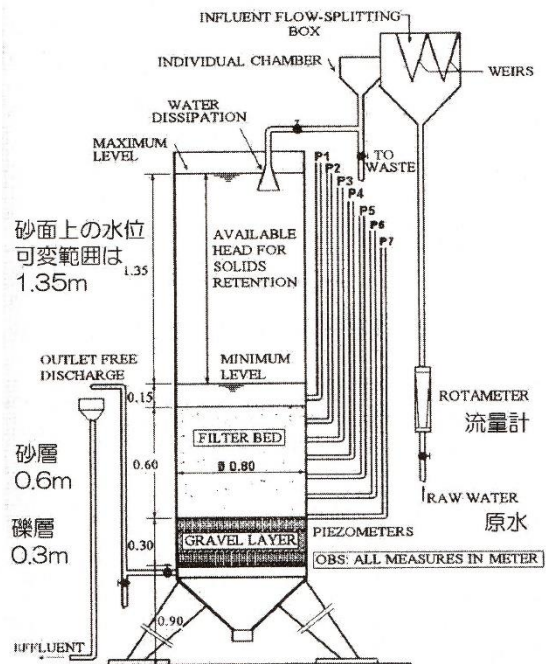


図37 砂面上水深の検討



図40 粗ろ過実験塔

40)。しかもオデテは後にロンドン大ハロウェイ・カレッジに留学し、テムズ水道の貯水池の動物プランクトン調査をしていた。
なお50ポンドのハードカバーで461ページもある論文集は私の発表論文の共著者全員（一緒に研究した山本満寿夫助手、坂井正助手、一緒に研究をした学生の野崎健太郎、岩瀬範泰、安田光晴、北田卓也）にも出版社から各人に郵送してくれた。

5 濁り対策の粗ろ過

生物屋の私はグラハムが勧めてくれたウェゲリンが纏めた指針を見て、上向流粗ろ過は濁り対策として凝集剤を使わないので生物群集にやさしいので素晴らしいと感じた。その後、河川表流水を使っ



図41 バケツで粗ろ過

は、必ず上向流粗ろ過をしてから緩速ろ過の実験をした（図41）。またNPO地域水道支援センターの仲間にも上向流粗ろ過の素晴らしいさを伝え、見附市でのパイロット試験も行った（図42）。
宮古島で2006（平成18）年からJICA（国際協力機構）の水道研修にも協力した。研修では最初から世界の最新の濁り対策は上向流粗ろ過で、緩速ろ過で生物群集が活躍できれば薬品を使わずに安全で良質な飲み水ができると教えた。そこでバケツモデルを用い自分らでもできる濁り対策、生物群集にやさしい浄化の仕組みを実感してもらうようにしてきた

JICA 研修では粗ろ過を教えた

粗ろ過のプラント実験で効果を確認めた。



図43 2006年から粗ろ過を教える



図42 粗ろ過パイロット試験

モデルを皆で作って仕組みを理解してもらった。



図44 JICA研修で粗ろ過

（図43）。その後、宮古島で始めた JICA 研修は沖縄県企業局が主導して県内の各市町村の協力で現在まで続いている（図44）。
現在の日本では、緩速ろ過処理は突然の濁り水がろ過池に流入すると砂面上に濁りが蓄積するので河川が濁りやすい場合は緩速ろ過は不向きと言われていた。そこで濁り対策で貯水池や沈殿池を設けるが、前出の図34・35の様に沈殿池やろ過池を少し工夫して上向流粗ろ過を追加で設置すると良い。そうすれば突然の濁りがあっても生物群集が嫌がる凝集剤を使わないうで済みそうである。なおウエゲリンが纏めた粗ろ過指針（図31、前出）は、現在はネットでダウンロードできるので日本の水道関係者も濁り対策として参考にしてみたい。

生物屋の私は、この粗ろ過指針は生物群集の役割の記述が少ないと思っている。上向流粗ろ過は河川での礫間浄化作用を応用し、下水を礫槽の上から下へ流して生物群集による浄化をさせる散水ろ床の応用と思っている（図45）。有機物と濁りが入った水を礫槽の礫間の下から上に流し、礫面での生物群集による濁りの捕捉と分解作用が鍵と思っている。散水ろ床は上から下だが、下から上に流すことで、下部へ糞塊が蓄積する。この蓄積した糞塊に常に流入してくる水の溶存酸素に触れ、酸素不足に



図45 散水ろ床

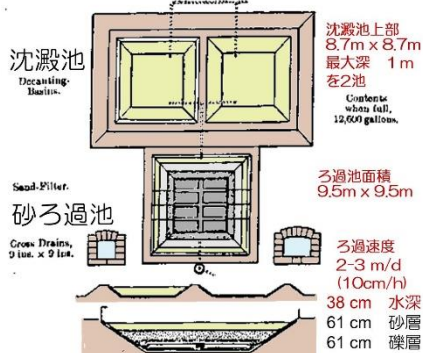


図46 200年前のろ過池水深は38cmだった

しない仕組みが素晴らしいと思っている。さらに排泥もバルブ操作だけで良く賢い仕組みと思っている。ウエゲリンの指針にはこのような生物屋の考えが入っていないのが少し残念である。
2000年前に、ロンドンで汚れたテムズ河の水を、沈殿池と砂ろ過で上から下へとゆっくりとろ過し、病原菌が除ける水を作った。当時のろ過速度は遅かった。そこで、ゆっくりの砂ろ過という意味の緩速（砂）ろ過 Slow Sand Filter という名前がつけられた（図46）。
当時の水深は38センチと浅かった。浅い水深で光合成をする藻と微小生物が繁殖し活躍した。夜間のろ

礫間浄化の散水ろ床も粗ろ過。

都市廃水で汚れた水を 38 cm と浅い水深のろ過池で処理した。

緩速砂ろ過 Slow Sand Filter では生物群集の活躍をイメージできない。

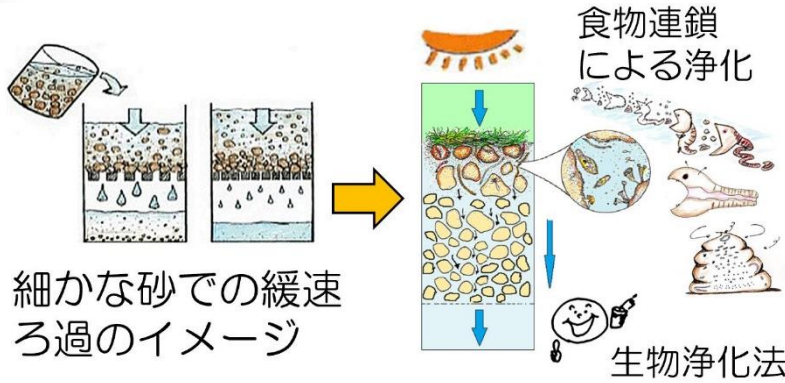


図47 緩速ろ過は生物浄化法

緩速ろ過の水は、スーパークリンの水。



図48 0.000度の浄水濁度



図49 浄水能力は良い

過水中の溶存酸素が少なくなったと思われるが、水深が浅いので水の滞留時間が短く極端な酸素不足にならないかったと思われる。当時は細かな砂でのゆっくりろ過の緩速ろ過処理は生物群集の活躍による濁りの捕捉と分解とは気づいてなかったと思う。生物屋の私は活躍する生物群集が嫌がることをし

ないことが重要で食物連鎖が浄化の鍵と気づき生物浄化法 Ecological Purification Systemと呼ぼうと言いつ出した(図47)。

6 スーパークリンの水

生物群集が安心して活躍できれば、ろ過水はスーパークリンで安全でおいしい水ができる。上田

市の染屋浄水場のろ過水の浄水濁度は常に0.000度(㎎/L)を示している(図48)。上田市には1923(大正12)年から稼働し続けている斜め壁のろ過池がある(図49)。このろ過池の面積は780平方メートルで、標準ろ過速度の4.8メートルでろ過し一人1日の水道需要を250リットルとするなら、ろ過池の

浄化能力は1池で約1万5000人の水道需要に相当する。もし現在のテムズ水道のろ過速度なら、この倍に給水可能である。染屋浄水場には同じろ過面積のろ過池が13池もある。自然流下で動力を使わず薬品も使わない。本当かなと確かめに上田市の浄水場を見にきてくれるとうれしい。正にSDGsである。この水道水を給水している市内のホテルに宿泊し風呂の水の清澄さを実感してくれるとうれしい。

本当かなと、実際の緩速砂ろ過池を見に来て。