

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

信州大学名誉教授 中本 信忠

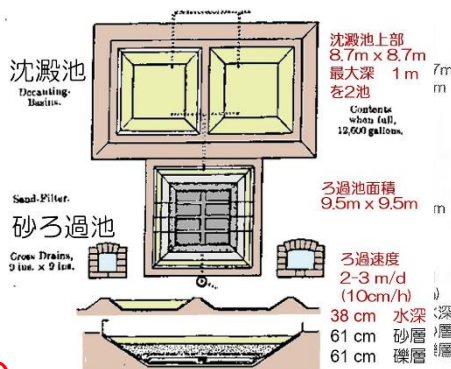


図1 シンプソンの緩速ろ過

産業革命時代、ロンドンのシン
プソンがテムズ河の水を導水し、
沈澱と砂ろ過の実験施設(図1)
で濁りが無い水をつくり、実用施
設(残念だが図面は残されていない)
を完成させたのが1829年
である。砂ろ過のろ過速度が1時
間に約10センチと遅く、緩速砂ろ過
Slow Sand Filterと呼ばれた。こ
の仕組みを引き継いでいるのがロ
ンドンのテムズ水道である。
化学薬品を使わない安全な浄化
法の緩速ろ過が再認識され197
4(昭和49)年にWHO(世界保
健機関)から『緩速ろ過指針(図

1 薬品を使わない緩速ろ過の再認識

2」が出版された。
緩速ろ過の本について調べてい
たら、WHO指針と同じ名前の本
があり、苦労して手に入れたら1
988(昭和63)年にロンドン大
インペリアル・カレッジ(Imperial
College London)で開催された緩
速ろ過国際会議の論文集であった

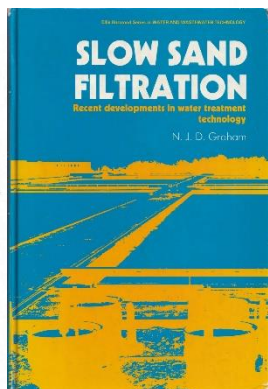


図3 緩速ろ過論文集1988

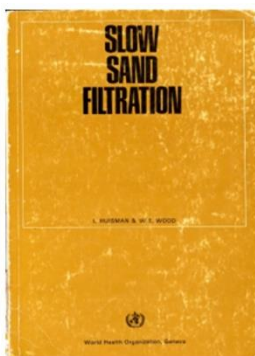


図2 WHO緩速ろ過指針1974

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38974/9241540370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Huisman & Wood 1974

1970年代、化学薬品を使わない安全な
浄化処理の緩速ろ過が再認識された。

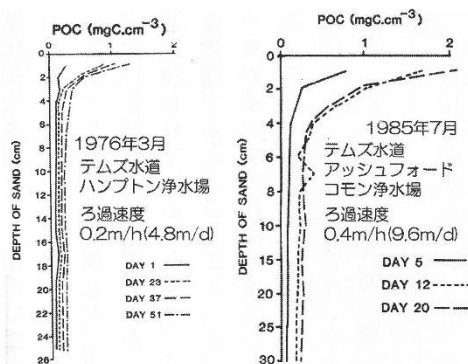


図4 有機物と砂層断面

(図3)。この本は世界の緩速ろ過
に関する当時の最新情報が詰まっ
ていた。
この会議でロイヤル・ハロウェ
イ・カレッジのダンカン (Annie
Duncan, Royal Holloway College,
London) 教授がテムズ水道のろ過
池の研究について「緩速ろ過池の
生態 (The Ecology of Slow Sand
Filters)」と題して発表を行った
(図4)。私はダンカン教授とは1
980(昭和55)年8月に京都で
開催された国際陸水学会で面識が
あった。また1974(昭和49)
年からブラジルと一緒に研究した
ことがあるサンカルロス連邦立大

緩速ろ過を研究すると、テムズ水道を訪問したくなる。

テムズ水道では、1985年に、
標準ろ過速度 4.8m/d の倍 9.6m/d での
実証試験をしていた。

る過閉塞指標は、標準化損失水頭を使っていた。

(UFSCar)で動物プランクトン研究をしていたオデテ(Odete Rocha)の留学先の先生でもあった。当時、オデテはサンパウロ州立大(USP)サンカルロス分校のベルナルド(Luiz Di Bernardo)の上向流粗る過のパイロット実験の生物調査の手伝いをしていたので、緩速ろ過の事も知っていた。

私は1984(昭和59)年から緩速ろ過池の藻の役割について研究し、その成果を1992(平成4)年8月末にスペインのバルセロナで開催される国際陸水学会で発表する予定であった。そこで、その前にロンドンに寄りダンカン教授に会いたいと手紙を書いた。しかし、学会直前までポーランドで用事があり、無理とのことであった。

2 目詰まり指標は標準化損失水頭

緩速ろ過国際会議論文集には各国の研究者は緩速ろ過池の状態を把握するのに標準化損失水頭(Normalized Head Loss: NHL)という抵抗指標を使っているのを知った。1974(昭和49)年のWHO指針(図2、前出)では、砂

層の抵抗を表す損失はろ過速度に比例すると記載されていたが、標準化損失水頭の考えや記述はなかった。

日本では緩速ろ過池の目詰まりについて、ろ過池水面とろ過後の水面差を表す損失で評価していた。見かけの損失はろ過速度で変動するの、そのままではろ過抵抗指標にならないということにもかかわらず、この指標が使われていた。そこで私は上田市と高崎市での緩速ろ過池でのろ過抵抗の状況を標準化損失水頭で評価し、1992(平成4)年に日本水処理生物学会誌で解説した(図5)。この指標は、日本の最新の設計指針や維持管理指針にも記載はなかった。

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

図5 標準化損失水頭の解説

3 念願のテムズ水道を訪ねる

私は1988(昭和63)年にロンドン大での国際会議論文集(図3、前出)で発表していたテムズ水道の研究者に「1992(平成4)年8月末のスペインでの国際陸水学会の前にテムズ水道を訪問したい」と手紙を書いた。私は標準化損失水頭という指標が気になっていた。手紙には私が行ってきた緩速ろ過の研究の概略と「標

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6 ユーチューブで損失解説

しかし、緩速ろ過池の状態をこの指標で評価する必要があると思ひ、本誌(水道公論)の本年2月号でも解説し、またユーチューブでも解説した(図6)。

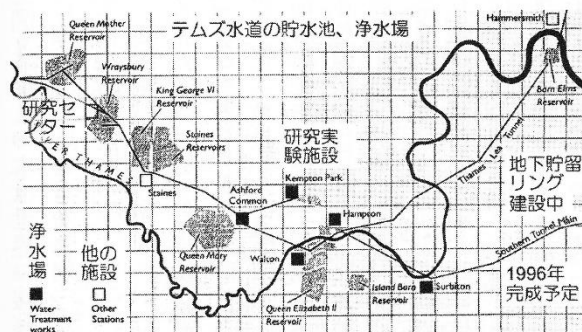
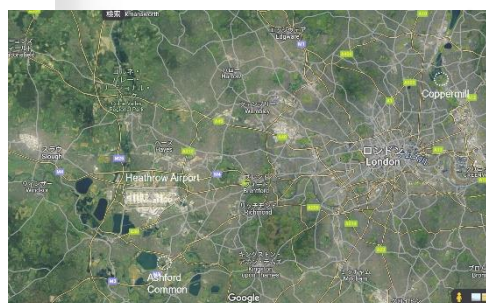


図7 テムズ水道の貯水池と浄水場

標準化損失水頭という指標は誰が使いだしたか、いつ頃から使われているか」と質問を記載した。返事では「標準化損失水頭は昔から普通に使われている」とあり、訪問を歓迎することであった。スペインでの国際陸水学会へは、緩速ろ過の研究を一緒にした坂井正助手と、卒業生でプランクトン調査をしていた新谷朝子さんを誘った。

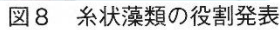
8月19日朝からケンプトンパークの浄水場(図7)に、テムズ水道の多数の研究者が集まってくれ



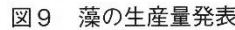
世界中で使われている標準化損失水頭を日本でも使うようにと解説。

ロンドンのテムズ水道は、汚れたテムス河の水を、人工の貯水池で約1月間貯留し、それから緩速ろ過をしていた。

上田市での緩速ろ過研究の成果を国際会議で発表



ペインでの国際陸水学会で上田での緩速ろ過池の研究成果を発表する予定だったのでちょうど良かった。学会では「緩速ろ過池で繁殖する糸状藻類の役割 (Role of filamentous algae in a slow sand filter)」(図8)と「緩速ろ過池での収穫法による光合成量 (Primary Production by harvest method in a pond of a slow sand



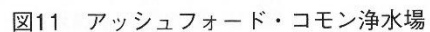
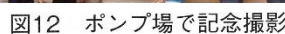
リン濃度、硝酸態窒素濃度は、上田市の10倍近く」と教えてくれた。

テムズ水道のろ過池では、夏は糸状緑藻が繁殖するが、冬は糸状珪藻メロシラが繁殖するので、「冬に来てみたら」と言われた。

その後、テムズ水道では、欧州の

午後は、縦100^{メートル}、横34^{メートル}のろ過池が32池もある1958（昭和33）年完成のアッシュフォード・コモン浄水場（図11・12）を案内してくれた。もらった図ではろ過後に塩素殺菌をしていた。でも添加量を少なくし、残留塩素をできるだけ少なくするようにして、給水栓で残留塩素が検出されないように気を使っていた。

各ろ過池の面積は広く、砂面の削り取り作業は機械で行っていた。「削り取り機械は日本では導入されておらず、手作業で行っている」と説明したら、「作業員の労賃が高いのに、日本は金持ちだな」と皮肉られた。この削り取り機械でも糸状緑藻を除くことが大変で、手作業も必要だった(図13)。この糸



状緑藻の事を、毛布状の厄介な藻
(Blanket Weed)と言った(図
14・15)。

翌日はロンドン市内から西へ50
キロメートル、レディングにあるテムズ水
道の研究開発センターに行った
(図16)。午後は、レイズバリー貯

(95)

1992 年は貯水池で繁殖したプランクトン対策で、マイクロストレーナーを用いていたが、後に、急速粗ろ過に変更した。



上田市の流入河川の栄養塩濃度は、テムズと比べると、少なかった。

水温が高い期間はろ過池では糸状緑藻クラドホラが大繁殖し、除くのが大変だった。厄介な藻ブランケット・ウィードと言っていた。

日本でも、夏期に長期間ろ過継続すると糸状緑藻が繁殖。

生物屋の実験室があるレイズバリー研究センター

4 生物学的急速ろ過
 水池脇にある研究センターでテムズ水道の生物屋に貯水池管理方法などについて解説してもらった。



図14 糸状緑藻採取



図13 削り取り機械



図16 レイズバリー研究センター



図15 採取した糸状緑藻



図17 マイクロストレーナー

殺藻剤を使わず、動力エネルギーも使わずに貯水池で藻類を繁殖させない工夫をしていると解説してくれた(図19)。流入水を導水管で貯水池の底へ導水しジェット

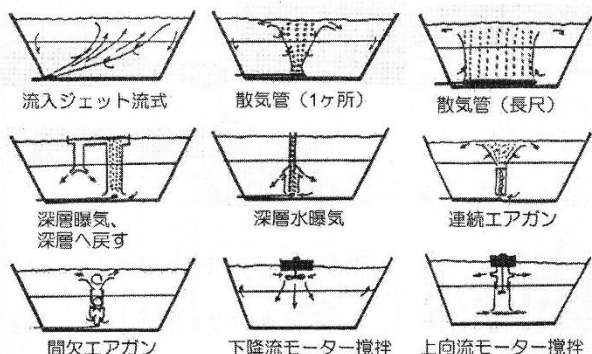


図19 貯水池の水循環方法

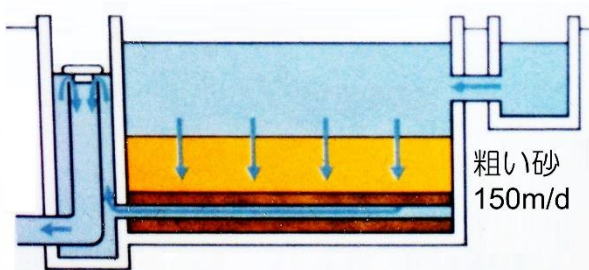


図18 生物学的急速粗ろ過

薬品を使わない急速ろ過

薬品を使わない水源でのプランクトン対策。

テムズ水道は緩速ろ過を研究する人にとり特別の場所。

緩速ろ過のメッカを訪ねて
月刊「水」35(1):56-58,1993



決まっているとはいえないテムズの水が、
今もロンドン水道の原水となっている。
それを可能にしているのは緩速ろ過だ。



図20 テムズ水道初訪問記



Nigel Graham
Imperial College
London
水道工学

図21 ナイジェル・グラハム

5 英国から助成金をもらう
研究室に1994(平成6)年
5月に届いた雑誌Water Research
にロンドン大学のグラハム(Nigel

ト流式に上に放流するのが省エネ
で良いと言っていた。最後に「次
回は駆け足でなく、もっとゆっく
りと来い」と言ってくれた。
なお、テムズ水道への最初の訪
問について月刊「水」に「緩速ろ
過のメッカを訪ねて(月刊「水」
35(1):56-58,1993)」として
投稿した(図20)。「水」の小林伸
光編集長は「決まっているとはいえ
ないテムズの水が、今もロンド
ン水道の原水となっている。それ
を可能にしているのは緩速ろ過
だ」と副題をつけてくれた。

(Graham)の緩速ろ過に関する論文
を見つけた。グラハムは1988
(昭和63)年にロンドン大インペリ
アル・カレッジ(Imperial College
London)で開催された緩速ろ過国
際会議(図3、前出)の主催者(図
21)であった。もしかしたらテム
ズ水道の浄水場を調べるための許
可申請に協力してくれるかと思い
私の別刷りなどを同封して手紙を
送った。グラハムからはすぐに共
同研究をしようと返事がファック
スで送られてきた。日本では、緩
速ろ過処理に関する研究では助成
金をもらうのは大変であることに
知らせたら、英国でも助成金を取
る努力をすると返事がきた。
私とグラハムとの共同研究を日
本と英国の両方で申請をした。日
本からは学術振興会、英国からは
英国文化協会(British Council)に

申請した。しかし英国側の審査は
採択されたが、日本側の審査は不
採択であった。
緩速ろ過発祥の英国では緩速ろ
過は主流の浄水処理である。現在
でもロンドン市の水道水は全量を
テムズ水道は緩速ろ過処理で供給
している。この英国生まれの浄水
処理を、日本の研究者が研究した
いとの申請を英国側の審査員は採
択してくれた。しかし戦後の日本
の水道界は、薬品処理の急速ろ過
を盛んに勧めていた。緩速ろ過は
古い技術で、省エネであるが薬品
や動力を使わず、業界にメリット
がないので敬遠されていた。日本
側の水道工学の審査員は、緩速ろ
過の研究を不採択にしたのである。
この共同研究は、日本側の審査と
英国での審査の両方で採択される
必要があった。

私は「緩速ろ過の研究では日本
で助成金を取るのは難しい」と日
本の事情をグラハムに知らせたら、
グラハムが提案した英国文化協会
(British Council)科学部に相談し
た。グラハムと何度かファックス
で連絡をとりながら、共同研究の
申請を英国側だけにした。英国文
化協会には夏と冬の調査を考え、
私の往復のエコノミークラスの飛
行機代、ロンドンでの滞在費、そ
の他必要経費などを申請した。
英国文化協会は申請した金額の
半分程度に減額したが、英国から
旅費の援助をしてもらえることに
なった。助成金は信州大学の会計
を通さず、英国大使館から中本の
個人の銀行口座に直接振り込まれ
た。
この助成金の算定基準は廉価な
飛行機切符を使い、廉価なホテル
に滞在することであった。親切に
ロンドンのホテル代の目安も教え
てくれた。助成金は最小の実費の
みで旅行保険などは自己負担で
あった。英国文化協会から「この
助成金の研究では英国のバージ
ン・アトランテックの特別割引の
飛行切符が使える」と知らせてく
れた。さらに「英国文化協会の助
成金で足りない分は、申請者の個
人のお金や他の助成金と混ぜて研
究を遂行して構わない」とあり、
「減額した助成金でも中本さんの
研究は出来るでしょう」とのこと
であった。私的な個人のお金や他
のお金と混ぜて研究を遂行するの

グラハム先生のお陰で、英国から助成金をもらえ、テムズ水道の調査ができた。

補助金は研究する人を応援するため。全額を補助しない。足りない
なら、別のお金と合わせて遂行することを勉強した。

グラハム、中本、フィル・レントン（テムス水道の生物屋）



図26 浄水場で記念写真

驚いていた。採取した試料は、1992（平成4）年に訪問したことがあるテムズ水道のレイズバリー実験研究室で、藻類被膜を採取した試水を日本に持ち帰ることができるよう、ろ過濃縮、顕微鏡観察用にホルマリン固定試料を作成し、帰国後に信州大で詳しく分析した。自作したろ過膜採取道具、採取用ポリ容器（図27）、試料を濃縮するためのプラスチック製吸引吸引ろ過紙乾燥用ドライヤー、乾燥材なども持参した。



図27 持参したポリ瓶

がテムズ水道のろ過池調査をしていることを知って連絡があり、テムズ水道の削り取り機械の導入を検討しているのを調べてほしいと頼まれた。そこでテムズ水道には何種類もの削り取り機械があったので、多数の写真を撮り後輩に渡した（図28）。その後、東京都水道局は三菱重工に依頼し、その子会社を日本向けに小型に改良した機械を東京都に納入した。



図28 削り取り機械でニコニコ

7 糸状緑藻は捕食者の影響だった

ロンドンの緯度は樺太と同じで日本と比べ高緯度なのに、テムズ水道の原水水温は5度程度しか下がらず、また夏の水温は20度までしか上がっていない。メキシコ湾流という暖流と偏西風の影響であつた。そのため、水温が低い冬でも水中の生物が活発に活躍でき、ろ過池では糸状珪藻メロシラが大繁殖をしていた。水温が高い夏は糸状緑藻のクラドホラ(Cladophora)が大繁殖をしていた（図29）。水温が高い期間のろ過継続は3カ月以上と長かったが、ろ過継続に伴う砂面上の藻類被膜を採取したところ、最初に糸状珪藻メロシラが

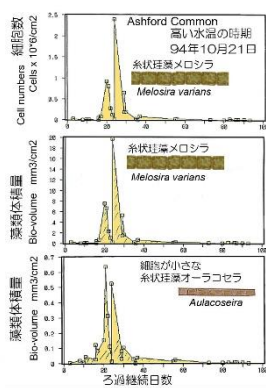


図30 夏は最初に糸状珪藻ピーク

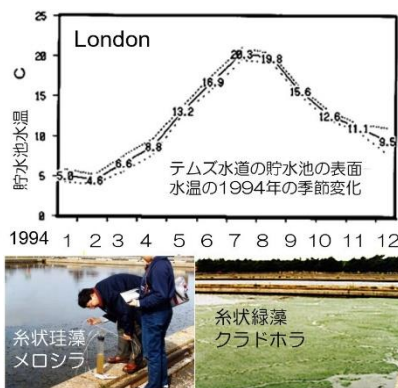


図29 冬は珪藻、夏は緑藻

繁殖して増え、1月間位したら減少していた（図30）。小さな細胞の糸状珪藻オウラコセイラ Aulacoseiraも同じ変化があつた。その後、糸状緑藻クラドホラが大繁殖し、それが目立つことがわかった。上田市の染屋浄水場のろ過池の砂層表面では、流入してくる河床で繁殖した付着珪藻が砂面に蓄積

珪藻は初期に繁殖していたが捕食者に直ぐに食べられていた。

真冬でも、水温が5度程度。真夏でも、高緯度のロンドンには、暑くない。

海外調査では自分で全て持参するのが鉄則。



ロンドン市北東部のリー河と貯水池、 カッパーミル浄水場がある。

プランクトン対策で急速粗ろ過
が導入されていた。

夏のろ過池は藻類量が少なく、
食動物の活性が悪く、冬は捕
藻が多かった。

またロンドン市北東部にはもう
1つ、1972（昭和47）年に完
成した大きなカッパーミルズ浄水
場（図31）があり、ここは縦10
0メートル、横34メートルの過池が34池もあ
る。この最新の浄水場では貯水池
で繁殖した藻対策として、既に一
次ろ過として生物学的急速ろ過
（図18、前出）が導入されていた。
緩速ろ過は二次ろ過と言っていた。
ロンドン市の2つの大きな浄水
場の全てのろ過池で砂層表面の藻
類被膜を定量的に採取して、ろ過

し、また1年中、糸状珪藻メロシラ
が繁殖していた。またろ過継続日
数も2週間程度で、夏でも糸状緑
藻が繁殖した事前に削り取り作業
をしていた。そこで上田市の場合、
通年、砂層上の藻は珪藻が主なの
で、私が開発した採取道具（図25、
前出）で、砂層表面の藻類被膜を
定量的に採取することができた。
しかし水温が高い期間にテムズ
水道で目立つ糸状緑藻クラドホラ
は細胞が大きく堅固であり、糸状
に成長する。砂面上の糸状緑藻を
私が開発した道具では簡単には採
取できず、定量的に採取すること
は難しかった。

継続日数と藻類被膜の関係を調べ
た（図32）。藻類の繁殖量は水温が
高い期間より、水温が低い期間の
方が多かった。しかし、私の採取
道具では糸状緑藻の採取が不十分
なので、夏期の実際の全藻類量を、
正確に表していないと思われる。
また水温が高い期間は藻類量を
対数目盛で表すと、ほぼ一定で
あった。しかしながら水温が高い
時期のテムズのろ過池では糸状緑
藻が目立っていた。水温が低く、日
射量も少ない時期の藻類被膜は、
糸状珪藻メロシラが主で定量的に
採取できた。その藻類量は対数的

に増加していた。
水温が高い期間は藻類色素で
の活性は徐々に悪くなる。水温が
低い期間では、削り取り直後は悪
いが、直ぐに活性が良くなり、ろ
過を続けても良い活性を維持し
ていた。削り取り直後は砂層内に
侵入し活性が悪くなっていた珪
藻を採取されるので、砂面は活性
が悪い藻として表現された。この
現象は上田市や高崎市でのろ過
池で藻類被膜の顕微鏡観察結果
と同じだと気づいた（図33）。
水温が高い時期に採取して、ホ
ルマリン固定した試料を顕微鏡

観察し、ろ過継続に伴う珪藻の種
類毎の割合を調べた。単位面積当
たりの細胞数から生物容積（体積）
量に換算して、図にした（図34）。
削り取り直後と珪藻の繁殖のピー
ク時は、糸状緑藻の割合が多かつ
た。糸状緑藻クラドホラが繁殖し
だすと、糸状緑藻クラドホラの細
胞表面に付着して増える小判形の
付着珪藻コッコネイス（Cocconeis）
が増えだしているのが分かった。
1992（平成4）年8月にU
CLのロジャーは、ろ過池での生
物群集の役割を認識し学生がユス
リカの羽化調査（図23、前出）を

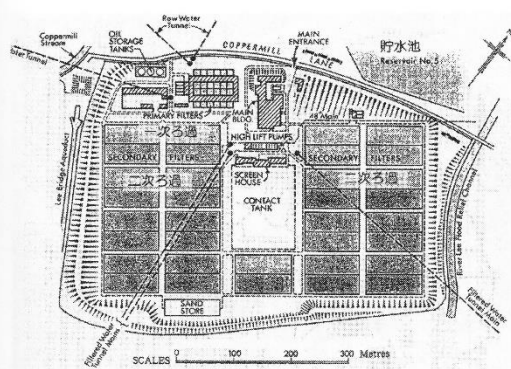


図31 1972年完成のカッパーミルズ浄水場

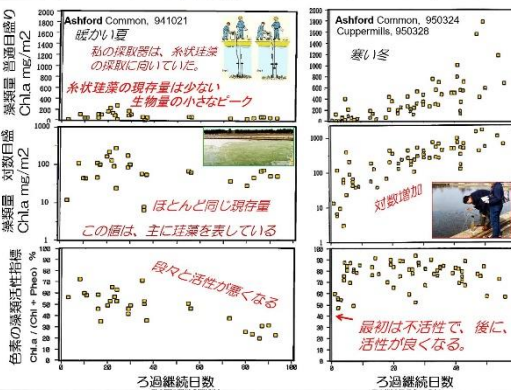


図32 夏と冬の藻類被膜の発達

水道公論 2021年10月号
57(10) 47-53.

生物屋の緩速ろ過池研究
その1 道具ができて
研究が進む



<https://youtu.be/UC36h8MXM90>

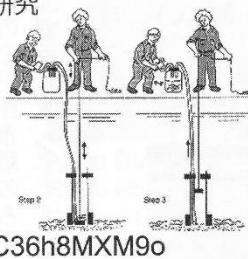


図33 藻類被膜採取道具と藻の活性

私の藻類被膜採取道具は、糸状珪藻メロシラには最適。
しかし、糸状緑藻の採取は不完全だった。

糸状緑藻には、小判珪藻が多数付着していた。

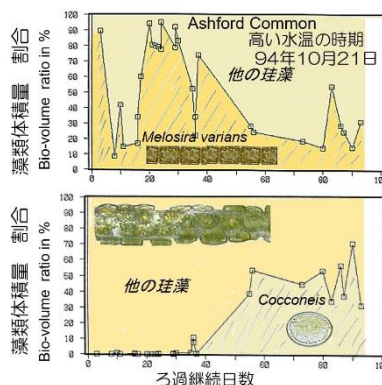


図34 糸状緑藻に小判珪藻が繁殖

夏は捕食動物の影響が大きかった。

していたのに納得した。ろ過池での糸状珪藻メロシラが増えないのはユスリカ幼虫の捕食活動の影響だった(図35)。採取された珪藻はユスリカに捕食され死骸が多くなり、珪藻の藻類活性も悪いと表現された。水温が低い期間は変温動物の水生昆虫の活動が鈍く藻類が捕食されにくく藻類活性が良いと表現された。光合成は日射量に関係し、水温に関係ないので糸状珪藻メロシラが低温でも春先に大繁殖していた理由がわかった。

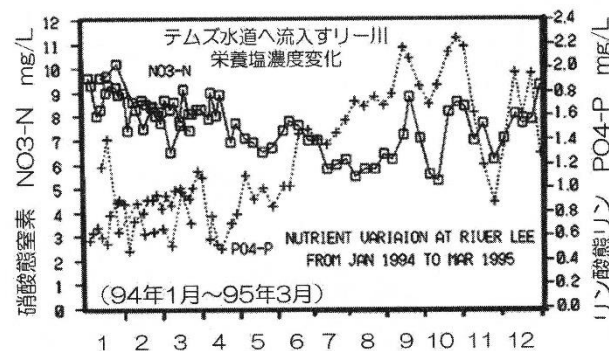


図36 流入原水の栄養塩濃度

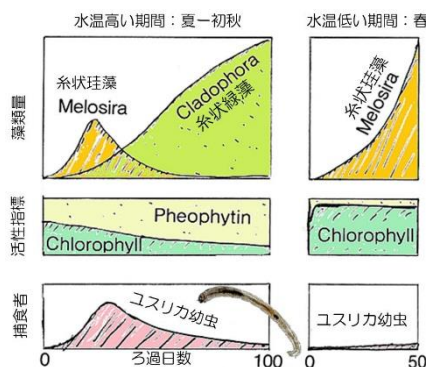


図35 夏は糸状珪藻はユスリカにより捕食される

上田市と比べると、栄養塩濃度は、
とんでもなく、濃かった。

テムズ水道の調査をして、ろ過抵抗を標準化損失水頭で表現すると、生物群集が安心して活躍できればろ過速度に関係なく、ろ過抵抗は増えていなかった。またろ過抵抗は夏だけでなく(図37)、冬でもろ過抵抗は増えないということもわかった(図38)。

2000年前シンブソンが実験し

たるろ過速度は1日に2〜3倍と遅く、緩速ろ過と言われた。その後、世界中に伝わった時の標準ろ過速度は1日に4・8倍(1時間に20倍)であった。しかし1988(昭和63)年のロンドンでの初めての国際緩速ろ過会議の時、テムズ水道では既に、速いろ過速度の実験をしていたのが、ダンカンの発表(図4、前出)でわかった。

私が上田で、緩速ろ過池の藻の繁殖の有用性に気づき研究を始めたのは1984(昭和59)年である。私がテムズ水道のろ過池の藻類被膜の調査をしていた時は、ろ過速度を速やめる実証実験をしていた時期であったのがわかった。

1992(平成4)年8月に初めてテムズ水道を訪問し、私が藻の役割、生物群集を解説をしたのを、テムズ水道の研究者が納得してくれ、その後の私の調査を快く引き受けてくれたと考えられる。

その後、2006(平成18)のドイツでの国際会議の後に、テムズ水道を再訪した際、テムズ水道では、全ての浄水場において2006(平成18)年には、既に、1日に9・6倍、(1時間に0・4

テムズ水道ではろ過速度を速める実証試験をしていた。

テムズ水道ではろ過速度を速くしろ過抵抗がどうなるかを調べていた。

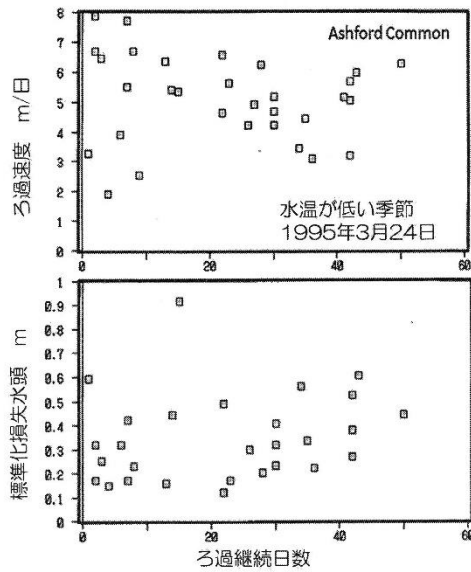


図38 冬、ろ過速度を変えて実験

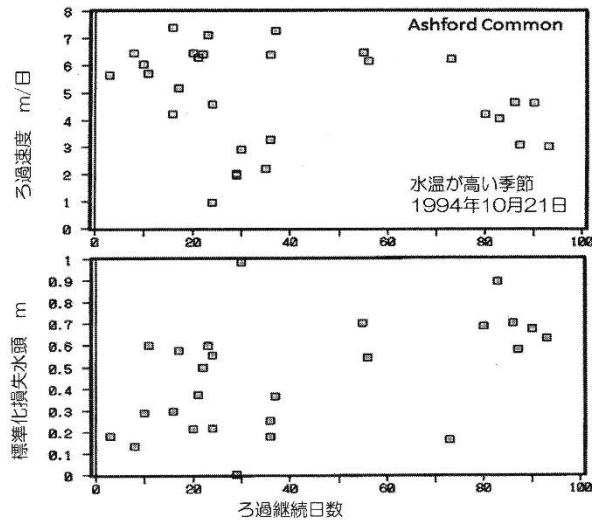


図37 夏、ろ過速度を変えて実験

実際のデータをもらいたいと、案内してくれたテムズ水道の研究者に頼んだ。外部にデータを公開するので許可をもらうのに数カ月もかかったが、データはきちんと送られ

てきた。テムズ水道ではろ過速度が速い方が砂層内での溶存酸素の日変化が小さく、夜明け時に、酸素不足にならない環境になるからと理解をしたようである(図40)。

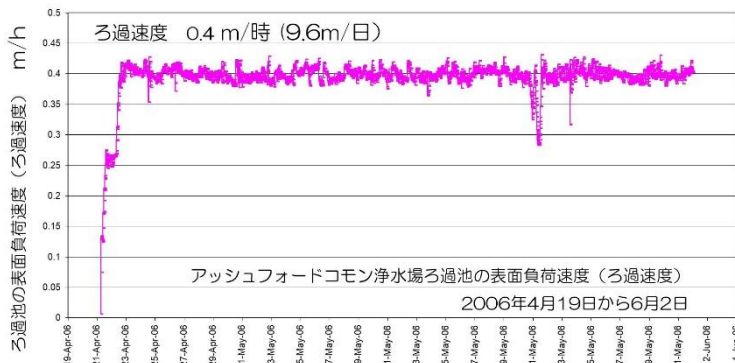


図39 2006年には9.6m/dにしていた

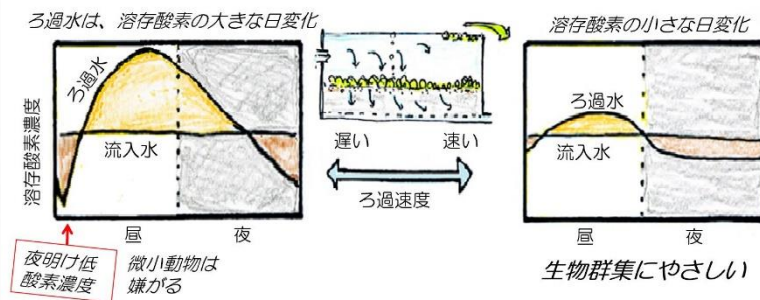


図40 ろ過を早めると酸素環境が良くなる

を繁殖させない場合とでの水質の比較実験(図41)を行った。緩速ろ過による浄化は微生物、藻、動物がいた方が生物処理としては良いという結論になったようである。

9 緩速ろ過は名前で誤解されていた

テムズ水道ではプラント実験だけでなく、実際のろ過池で粒状活

テムズ水道では、全ての浄水場で、1日に9・6mのろ過速度にした。

ろ過速度が遅いと、酸素の日変化が大きい。生物が多いと、夜明けに酸素不足になりやすい。

テムズ水道は、パイロット試験だけでなく、本物のろ過池を使って実証試験をしていた。

活性炭投入試験も現場で行っていたが、その後は、止めたようだ。



図41 覆いろ過の実証試験

活性炭を砂層の間に挿入して、活性炭の効果を確認する実証実験を1994（平成6）年に行っていた（図42）。有効性は明確でないようで、その後は、そのままであった。また、テムズ水道の研究者も、細かな砂でのろ過と言っていたが、浄水場の洗砂場所（図43）から洗砂した砂を手にとって見ると、実際は、砂の大きさ、均等係数も問題にしているとは思えなかった（図44）。



図43 洗砂場と砂山



図42 砂層に活性炭層を挿入試験

てきたが、未完成の技術でまだ研究の余地があるようだ。テムズ水道の研究者からは「テムズ水道のろ過池を徹底的に調べたのは世界中で日本の中本だけ。中本はいつでも来て良い、歓迎す

る」と言われた。しかし、テムズ水道は民営化されたので、知り会った多数の研究者の多くが、退職してしまったのが残念である。また、グラハムからは「中本はモデルやプラントだけでなく、実際のろ過池で実証試験をしている研究者だ」と言われた。

10 飛行機代を学生へ補助してロンドンへ

インペリアル・カレッジのグラハムのお陰で英国からの助成金でテムズ水道の調査ができた。浄水場でのろ過膜採取を1人で行うのは大変なので、格安切符の

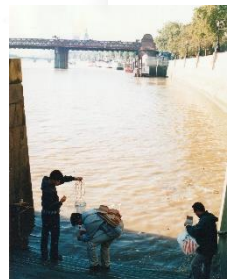
飛行機代だけを補助し学生らを連れていった（図45）。上田から成田空港までの往復は私の自家用車を使い、JR代金も節約した。ロンドンのホテルは日本のビジネスホテルと変わらない安宿にし、食事も日本でも必用なので自己負担、旅行保険も学生負担にもらった。現地ではレンタカーを借りて移動した。英国からの補助金だけでは足りないので、私の個人のお金と別の研究で得た研究費から工面した。



図45 テムズ河口堰前で

テムズ水道にはろ過池の数が30池以上もある大きな浄水場が2つもある。毎回、約1週間で2回、2つの浄水場で調べた。その間にテムズ河の水源から河口まで観光を兼ね、テムズ河の流下藻類も調べ

毎回、学生らに声をかけ、飛行機代だけを援助した。



砂山の砂を手にとると、大きな砂も入っていた。

冬は、学生らは、観光シーズンでないので行きたがらなかった。そこで、娘を連れて行った。

た。

観光シーズンでない冬の調査では、学生は行きたがらないので、高校生の娘を調査助手とカメラマンとして連れて行った(図46)。



図46 冬は手伝いで娘を

11 生物浄化法の理解を

日本での浄水場調査だけでなく、テムズ水道のろ過池を調べた結果、ろ過池での藻や微小動物の役割が明確になり、私なりに自信がついた(図47)。私の考えとして、次のようにまとめてみた。

テムズ水道の調査で、
よる浄化と確信した。

ろ過池は生物群集に

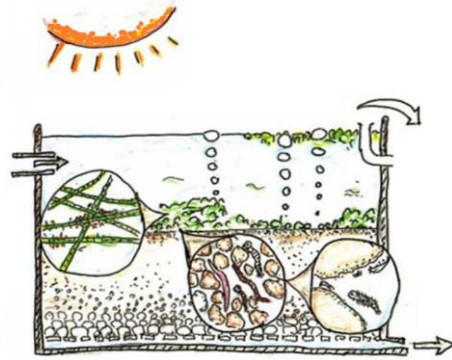


図47 ろ過池と生物

①藻類は昼間、日射で光合成し酸素を生産する。②藻類や従属栄養生物(細菌、原生動物、微小動物など)は1日中(昼間も夜間も)、酸素を消費している。③藻類自体は動物の餌になる。④砂層上部で活躍する微小動物はどんな濁りも捕捉し、食べる。排出された糞塊の中で発酵分解が生ずる。⑤微小動物は餌がくる砂層表面近くで活動している。砂層深くは餌が無いのでいない。⑥微小動物は砂層の間を動き回り、ろ過閉塞させない。⑦藻類や微小動物の現存量(生物量)が多いとろ過水の溶存酸素濃度の日変化が大きくなる。⑧ろ過速度が遅いと日の出頃、

ろ過水中の溶存酸素濃度が極端に少なくなり、微小動物が嫌がる状態になる。酸素不足になると酸素が多いところを求めて必死で逃げる。⑨砂面上で繁殖した藻が捕食動物に食べられても、砂層内には空腹の動物が入ってくる濁りを必死で捕捉分解をする。⑩ろ過速度を遅くしない方がよい。速いろ過速度は、水中の溶存酸素濃度が十分に高く保たれ、微小動物にとって良い環境になる。⑪ろ過速度が速いと、微小生物にとって安心して生きる良い環境になる。生物群集による食物連鎖が浄化の鍵である。緩速ろ過(Slow Sand Filter)の「Slow(ゆっくり)」とは「速度」を意味していない。「ゆっくり」とは「微小生物にやさしい」という意味だった。生物群集が安心して活躍できれば常にスーパークリーンのおいしい水ができた(図48)。

そこで私は「緩速ろ過Slow Sand Filter」では、浄化の仕組み、維持管理方法を誤解すると思い、生物群集の活躍による浄化なので「生物浄化法Ecological Purification System」と言うべきだと思った。

これまでの緩速ろ過の指針を、



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49 生物浄化法解説

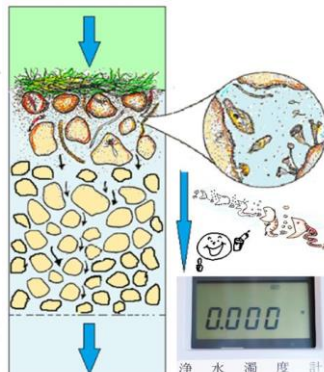


図48 生物は砂面近くで活躍

生物浄化法という視点で改訂する必要があり、私はその解説を『おいしい水の作り方-2』として信州大学繊維学部同窓会から出版してもらった(図49)。

『おいしい水の作り方-2』は唯一の技術解説本だ。
全ページカラーで、写真が豊富。