



生物屋の緩速ろ過池研究

その45 テムズ水道は上田市の研究から学んだ

信州大学名誉教授 中本 信忠

ろ過速度は速い方が良かった。

1 テムズ水道は上田市の藻の役割研究に注目した

私がテムズ水道では。世界中で使われている英国式標準ろ過速度

の1日に4・8^{メートル}（1時間に20センチ）の倍の9・6^{メートル}（1時間に40センチ、図1）と速くしていると信州大学繊維学部同窓会（千曲会）から出版した『おいしい水のつくり方-2』（図2）で解説していた。NPO地域水道支援センターの仲間が、現在も、速いろ過速度でろ過をしているか、問い合わせてくれと頼まれた。昔に知り合ったテムズ水道の研究者たちは退職してしまっていた。

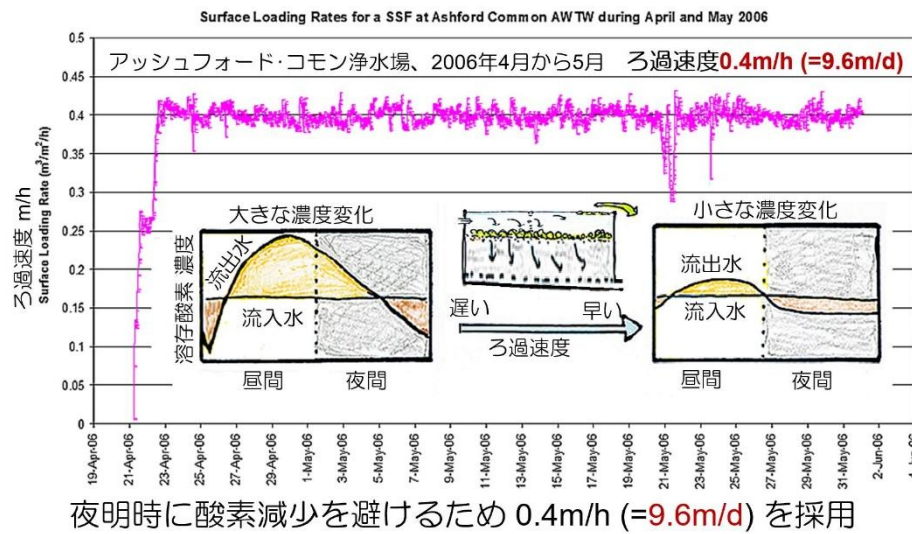


図1 テムズ水道の速いろ過速度

自然環境と共存する建物を勧めていた人が一昨年、広島から上田市にある私の自宅まで訪ねてきた。「雨が多くてもインドネシアではきれいな水に困っている。雨水を利用して生物浄化法で家庭用

この装置の普及のため、絵本『天水ものがたり』をつくり、英語版（図3）もできたとPDFを、この3月に送ってくれた。私は、テムズのろ過速度についてずっと気になっていた。私はやっと、ロンドンのインペリアル・カレッジのグラハム Nigel Graham 教授に「テムズの現在のろ過速度についてテムズ水道に問い合わせたい」と英語版の『天水ものがたり』を添付しメールした。

の浄化装置をつくりたい」との相談だった。生物群集による浄化のコツを教えた。自分らで工夫し、私は広島まで行き助言もし、やっと浄化装置が完成した。



2021年2月12日
600部 B5版 160p
¥1500+税¥150
+送料¥250



〒386-0018
上田市常田3-8-37
信州大学繊維学部
同窓会 千曲会
Tel: 0268-22-4465
Fax: 0268-22-4465
E-mail: schikuma@siren.ocn.ne.jp

テムズ水道は、上田市の藻の研究の解説を聞いてから、ろ過池管理を再検討した。

世界中で、天水（雨水）を利用している。飲んで良い水にしたい。

雨水を何とか利用したい。

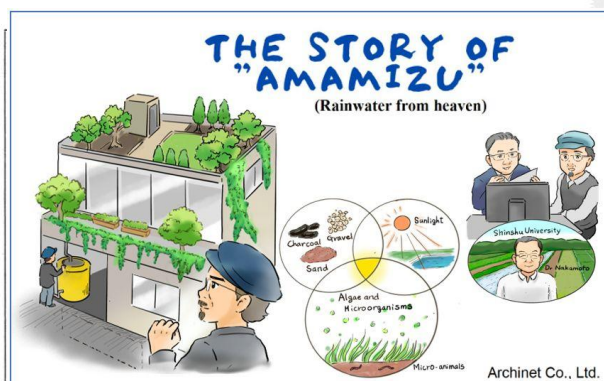


図3 家庭用雨水利用絵本

すぐにテムズ水道のチップス Michael Chipps のメールアドレスとチップスらとの共著論文を送ってくれた。

早速、チップスにメールしたら、「テムズ水道の基準では1時間に0.5 m/h（1日に12 m/h）で操作できる。しかしろ過水がつかれ過ぎ、ろ過池を休ませないといけない。そこで普通は1時間に0.25（0.35 m/h）（1日に6（8.4 m/h））でろ過をしている。時には1時間に0.4 m/h（1日に9.6 m/h）にしないといけない場合もある。私

About higher flow rate from N. Nakamoto 2025/03/18
Thames Water's asset standard says we can operate up to 0.5 m/h, but in reality, we are usually in region of 0.25 to 0.35 m/h, but we can reach 0.4 m/h occasionally if we have to. We do have keep a careful eye on dissolved oxygen (DO). Since your visit we have added DO and turbidity monitoring on the outlet of all SSFs.

Michael Chipps Principal Research Scientist

中本さんの問い合わせ：速いろ過速度

テムズ水道の基準では0.5m/h(12m/日)で操作できます。しかし実際には、普通は0.25から0.35m/h(6から8.4m/日)でろ過をしています。しかし0.4m/h(9.6m/日)にしないといけない場合もあります。私たちは溶存酸素に注意しないといけないです。貴方の訪問以降、テムズ水道では、全てのろ過池のろ過水の溶存酸素と濁度のモニタリングを始めました。

ミカエル・チップス 主任研究者



図4 テムズ水道の維持管理



図5 テムズ水道の研究リーダーと

私たちは溶存酸素に注意しないといけないです。貴方の訪問以降、全てのろ過池のろ過水の溶存酸素と濁度の計測を始めました」と丁寧な返答（図4）があった。メールの中の訪問とは33年前、1992（平成4）年8月の事であった。

何で、こんなに丁寧に親しげなメールなのか、不思議だった。チップスについて調べたら、イングランド南部の海沿いにあるサウサンプトン大学 University of Southampton で生物学を学び、ロンドン大学 University College London での過研究し博士の学位

を取り、テムズ水道に就職した人だった。私が2010（平成22）年5月にロンドン大とグラスゴー大から講演を頼まれた時、久しぶりにテムズ水道のマイク・パウエル Mike Bauer に連絡を取りケンプトン浄水場で会った。その時、一緒に案内してくれた人だった（図5）。マイクは1994（平成6）年9月にアメリカ水道協会の緩速ろ過研修で会い、国際会議でも何度も会っていた人である。グラハム教授から送ってもらった共著論文では「砂層上部を削り

取りする時、水を抜くろ過池での生物活性の回復に時間がかかる。そこで、現在、砂面上に積もっている汚れを、パイロット試験や小規模ろ過池で水を抜かないで水中掃除機みたいので吸引して除く事をしている」と教えてくれた（図6）。

英国ロンドンでシンプソンが下水で汚れたテムズ河の水を水深が

2 緩速の砂ろ過から生物浄化法

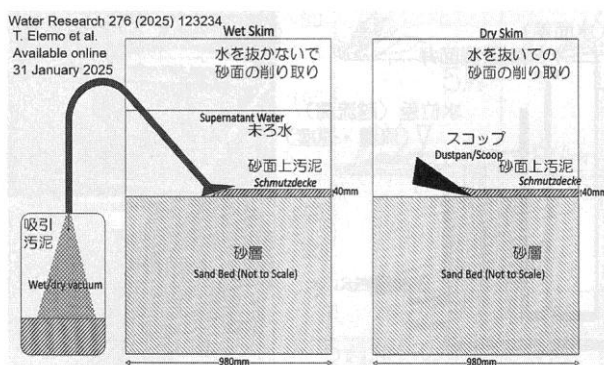


図6 湿式削り取り

砂面を削り取りは、生物群集を除く。それは浄化機能を損なう。砂面の削り取りをしない方が良い。

テムズ水道の研究者は何で親切なのかわかった。

最初は、水深は 38cm と浅かった。

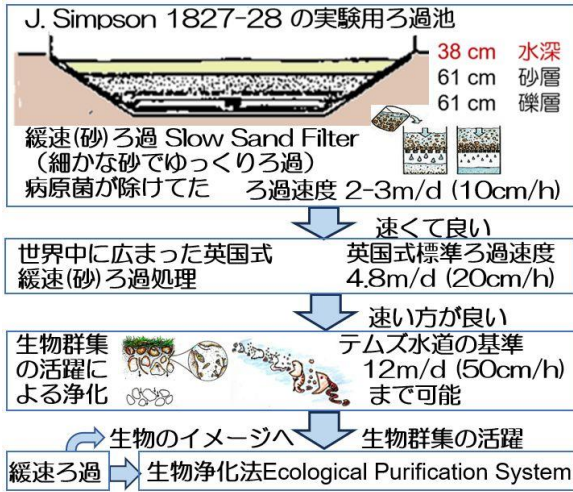


図7 ろ過速度の経緯

この「ゆっくりのろ過速度」は砂層上の水の流速で、砂層を流れる水は砂と砂の隙間を流れている。砂層中を水が流れる速度は約倍の速度になっている。

明治時代に日本に導入された英国式ろ過速度は1時間に10センチメートル(1日に2〜3メートル)であったが、その後、英国式緩速ろ過のろ過速度は倍の1時間に20センチメートル(1日に4〜8メートル)になっていた。その後、生物群集の活躍による浄化とわかりテムズ水道では1時間に50センチメートル(1日に12メートル)までという速いろ過速度を基準にした。その後、私が日本で「緩速Slow」とは速度ではなく、生物群集にやさしくGentleという意味」で、「緩速ろ過Slow Sand Filter」ではなく生物浄化法 Ecological Purification System と名前を変えないと浄化の仕組みを誤解する」と2004(平成16)年に言い出した。

藻が繁殖すると、目詰まりしにくくなった。

緩速ろ過は浄化の仕組みが誤解されていると気づいた。

3 緩速ろ過池の目詰まりは標準化損失水頭が良いと気づく

私は上田市の浄水場長に生物処理では殺藻剤を止めた方がよいと助言をした。その後、上田市で殺藻剤添加を中止したら、藻が繁殖しだし、ろ過閉塞しにくくなり(図8)、ろ過継続が長くなった。それから私は学生と一緒に、上田市でろ過池での藻の役割研究を1988

国式ろ過速度は1時間に10センチメートル(1日に2〜3メートル)であったが、その後、英国式緩速ろ過のろ過速度は倍の1時間に20センチメートル(1日に4〜8メートル)になっていた。その後、生物群集の活躍による浄化とわかりテムズ水道では1時間に50センチメートル(1日に12メートル)までという速いろ過速度を基準にした。その後、私が日本で「緩速Slow」とは速度ではなく、生物群集にやさしくGentleという意味」で、「緩速ろ過Slow Sand Filter」ではなく生物浄化法 Ecological Purification System と名前を変えないと浄化の仕組みを誤解する」と2004(平成16)年に言い出した。

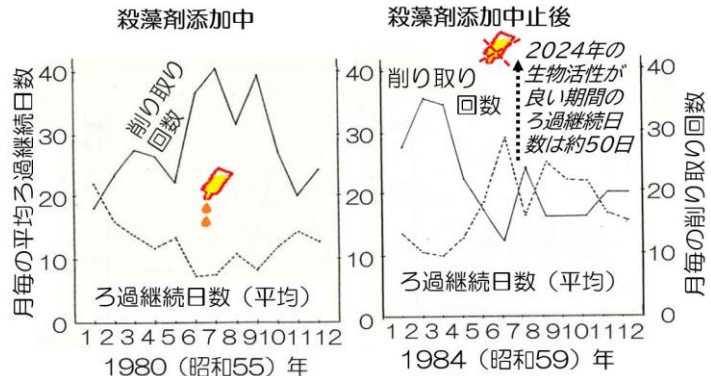


図8 殺藻剤中止で目詰まり無くなる

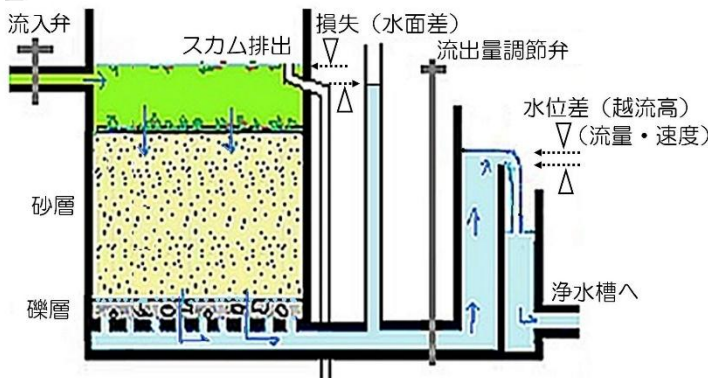


図10 仕組みは簡単

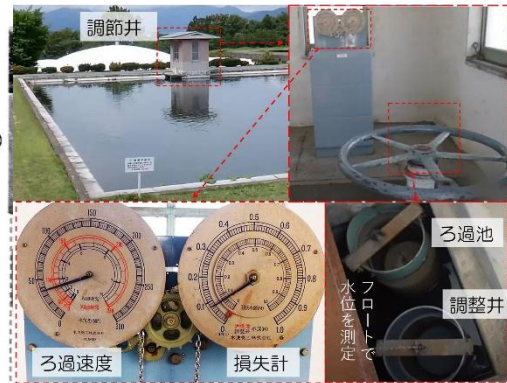


図9 手動でろ過池維持管理

上田市の染屋浄水場のろ過池管理は、手動だ。電気は使わない。

水位差、損失はろ過速度に比例する。世界では緩速ろ過池のろ過抵抗は、標準ろ過速度でろ過した場合の損失に換算して、評価していた。

ろ過抵抗を、標準化損失水頭で表していた。

量)も流出堰の水位をフロートで測定していた。上田市のろ過池管理では、一切、電気を使わず、手動のハンドルで操作し、ろ過速度(ろ過流量)とろ過池の状態の把握も指示板の針を職員が見回って記録していた。

ろ過池の状態把握やろ過池の調節を遠隔で操作すると、実際のろ過池状態を見ることができず、計器が故障し、ろ過池の状態が悪くなっていることも気づかないことがある。

緩速ろ過処理は生物群集の活躍で浄化する処理である。ろ過池状態を見て維持管理する職員が「生物群集がきちんと活躍しているか、大丈夫か」と常に見守る事が重要である。ろ過池を見回し、ろ過池を見ながら手動でハンドル操作をするのが、ローテクみたいだが、良い管理方法であった。

日本の設計指針や維持管理指針をみても、ろ過池の状態を把握するのに大切な目詰まり指標の解説がなかった。ろ過池の状態は緩速ろ過池のろ過抵抗(目詰まり度)を測定する必要があるが、その解説が無かった。そこでろ過抵抗を

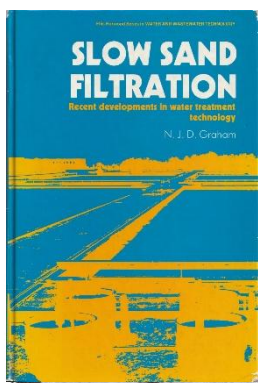


図11 最初の緩速ろ過国際会議

測定する方法を内外の文献を調べた。1988(昭和63)年にロンドンで開かれた緩速ろ過国際会議の論文集(図11)を見つけた。この論文集を見たら、世界中で緩速ろ過池のろ過抵抗を標準化損失水頭 Normalized Head Loss : NHL という指標を使っているのがわかった。見かけ(実測)の損失はろ過速度に比例するので、標準ろ過速度(1日に4・8倍)でろ過した時の損失に計算し評価していた。

緩速ろ過池の状態把握には、この指標を使う必要があると思いいろ過生物学会誌28巻1号(1992年)に「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・坂井)」として発表した。染屋浄水場の月毎のろ過継続に

伴うろ過閉塞状態(ろ過池状態)をNHLで表すと、水温が低い12月から3月は、すぐに目詰まりしていることがわかった(図12)。

染屋浄水場では5月から11月はろ過池で糸状珪藻メロシラの繁殖が目立っていた。この期間、ろ過池の目詰まり度NHLを計算し、図にすると、ろ過池は目詰まりしにくいことが明白であった。ろ過池流入水濁度とろ過水量から計算し、砂面への濁度負荷(積算濁度

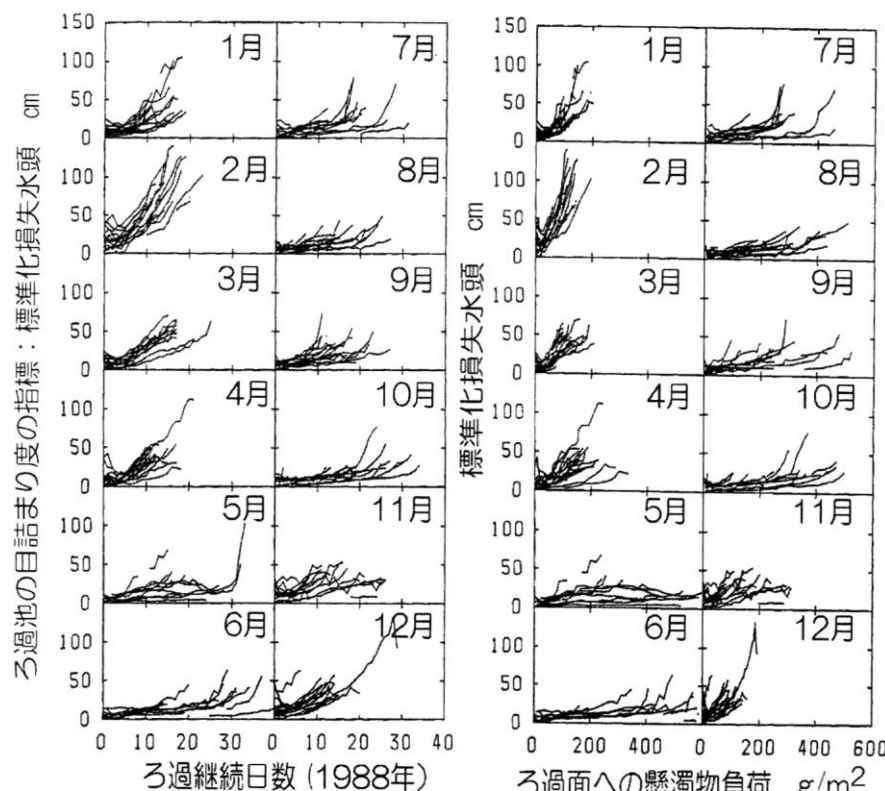


図12 生物の活躍と目詰まりの関係

初めての緩速ろ過国際会議が1988年ロンドンで開催

標準化損失水頭 Normalized Head Loss で表す。ろ過抵抗は、水温に関係しているのが明白。水温は生物活性に関係していた。

日本の指針に標準化損失水頭の説明がない。緩速ろ過処理を理解するには、この指標を使わないといけないと解説をしてきた。

緩速ろ過を研究しだすと、どうしてもテムズ水道を訪問したくなる。

負荷)とろ過抵抗の関係を調べると、藻の繁殖が目立つ5〜10月は極端な濁りが入ってきて目詰まりしていないかった。ろ過池の目詰まり(損失)は水の粘性に関係し、水温が上がれば、生物群集が活発に活動する期間は、ろ過池への流入水濁度とは関係ないのが明白だった。

糸状珪藻メロシラが繁殖している期間、ろ過継続の最後に急に抵抗が増えていた。その原因は、砂層表面を削り取り予定日前に、急激にろ過速度を速くしていたからであつた。藻類被膜や砂層表面近くで、そつと捕捉されていた濁りが、ろ過速度が急に速くなり、この濁りが流され、深い所まで入り、実際のろ過抵抗が増えたと考えられた。

糸状珪藻メロシラが繁殖している期間、ろ過継続の最後に急に抵抗が増えていた。その原因は、砂層表面を削り取り予定日前に、急激にろ過速度を速くしていたからであつた。藻類被膜や砂層表面近くで、そつと捕捉されていた濁りが、ろ過速度が急に速くなり、この濁りが流され、深い所まで入り、実際のろ過抵抗が増えたと考えられた。

ろ過速度で、損失は変わる。損失は抵抗を表していない。

水道公論58巻2号：48-57、2022年2月 その5 藻の繁殖とろ過継続(標準化損失水頭の解説)
見かけの損失はろ過速度に比例



図13 損失はろ過速度に比例

4 初めて英国を訪問

で解説し、さらに本誌(水道公論)の連載「その5、藻の繁殖とろ過継続(標準化損失水頭の解説)」で、標準化損失水頭の計算の仕方などを解説した(図13)。

初めて英国を訪問したのは1989(平成元)年9月末から1週間、ロンドンからスコットランドまで、レンタカーで往復した。淡水生物学研究所の森下郁子所長から「英国の河川・ダム湖の魚道と湖沼の生物観察」に行くので一緒に誘われた。英国の道路は、車は左で日本と同じで走りやすかつ

た。

私は緩速ろ過処理を本格的に研究しだしたのは1984(昭和59)年4月である。緩速ろ過処理技術が生まれた英国に行ってみたくて思っていた。しかし当時、私はテムズ水道の研究者とは面識がなかった。テムズ水道の貯水池やろ過池のプランクトンを調査していたロンドン大学ロイヤル・ハロウェイ・カレッジのダンカン教授(Annie Duncan, Royal Holloway College, London)とは国際学会で面識があつたので手紙で連絡をした。「生憎、東欧で研究集会があり、英国にいない」と返信をもらった。ダンカン教授は私が1974(昭和49)年にブラジルのサンパウロ大に研究指導に行った時、ダム湖調査と一緒にした大学院生オデテ・ロチャ(Odete Rocha)が留学した先生でもあつた。またオデテは、ベルナルド・ルイス・ディ・ベルナルド(Bernardo Luiz Di Bernardo)教授が上向き粗ろ過を実験した際に(図14)、プランクトン計測を手伝った人でもあつた。

Royal Holloway College, London

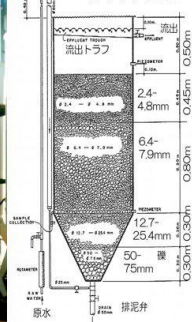


図15 城みたいなカレッジ



図14 上向き粗ろ過実験塔

薬を使わない濁り対策



カレッジは1879年に創立された城のような建物であつた(図15)。このような建物で長い歴史を肌

1974年からの知り合いが、上向粗ろ過実験を手伝い、その後、ロンドンへ留学し、テムズ水道の貯水池でプランクトン調査をしていた。



図16 運河の水は腐植の色

運河の水は、褐色、腐植の色だ。

英国は、家畜と共存する社会であった。

で感じながら勉強や研究できるのは素晴らしいと思った。

イングランドでは運河でボート遊びをするのが有名であり、運河の水は茶色で腐植の色だった(図16)。

この水に家庭排水が流れ込み、微生物が分解し、酸素不足になり、運河の水が臭くなり、河川での有機物汚染の指標であるBOD(生物化学的酸素要求量)の分析法が生まれたのかと思った。褐色の水は泥炭地からの茶色の水で既に生物分解し終わった水であるが魚は

いる。腐植は生物にとって毒ではない。浄水処理では腐植は嫌われるが、殺菌のために塩素剤を入れるから発癌物質ができる。

英国中、イングランド、ウェールズ、スコットランドをレンタカーで走り回ると、どこでも身近に羊がいて、その頭数は人間の数より多いというのを実感した(図17)。現在の日本では家畜と身近に共存していないが、英国では現在でも羊、牛、馬と共存していた。家畜は放牧地で普通に糞尿を排泄する。家畜の糞尿は、その場所で自



図17 羊と共存する社会

ぶいーでも、羊がいる。

然と分解させる。家畜と共存している社会では、人々は、糞尿が自然と分解するのは、自然の生態系の一部と皆が理解していると思っ

た。上下水道処理が発達したのは、産業革命時代に都市に人口が集中し、身近に牧場や畑が無くなったからである。自然界の生物群集の活躍で排泄物を分解させる場所が狭すぎ、莫大なエネルギーを使う浄化システムが導入されてきた。でもこの最新技術が導入されたのは最近の事である。

私は東京から長野県上田市に転居した。人口が密集した都市での上下水道処理と、地方での上下水道処理は異なっていて良いと思っている。山国の地方は外部エネルギーを使わない自然の仕組みの賢い活用ができる。過疎の地域に適した浄化法に目を向けないのはおかしいと思っている。人口が密集した都会での常識が異常と思っている。

5 念願のテムズ水道を訪問し、藻の役割について解説
私は1988(昭和63)年の国

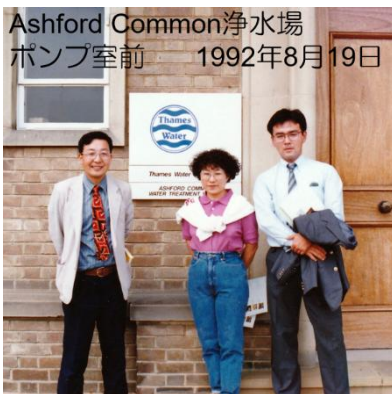


図18 初の浄水場見学

際会議論文集(図11、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。手紙で「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」と質問し、上田市での緩速ろ過の研究の概略を同封した。返事は「標準化損失水頭は昔から普通に使われ、誰が使いだしたかわからない」とあり、訪問を歓迎するとあった。スペインでの国際陸水学会へは緩速ろ過の研究と一緒にしていた坂井正助手と卒業生で菅平ダム湖のプランクトン調査をした新谷朝子さんを誘った(図18)。

8月19日朝、指定されたケン

1992年8月、スペインの学会の前に、初めて、テムズ水道を訪問した。上田市での研究を解説した。

テムズ水道は、汚染しているテムズ河の水を、貯水池で一時貯留し、生物分解をさせてから、緩速ろ過処理をしていた。

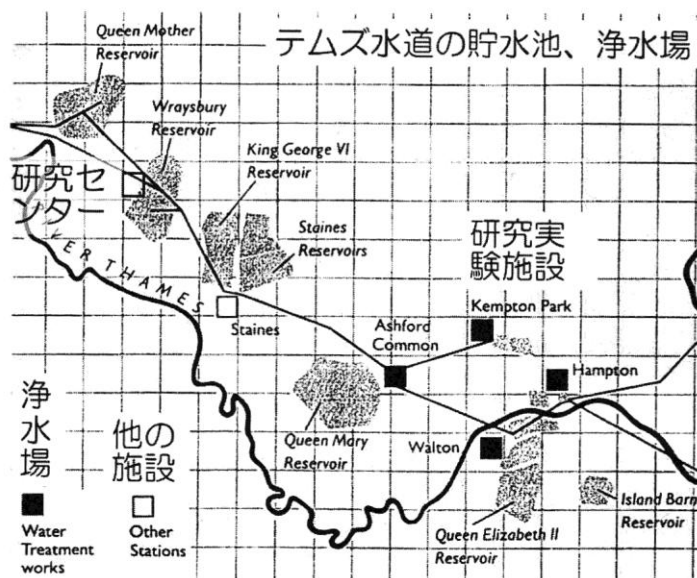


図19 貯水池と浄水場

中本 信忠

なかもと・のぶたけ 信州大学繊維学部応用生物科学科教授/理博

はじめに
日本の水道は明治以来戦前までは、英国ロンドンの浄水場を見習い緩速ろ過処理によって供給されていた。1960年代から急増する水需要に対応するため急に急速ろ過処理が普及し、主流となった。しかし近年、水源が悪化し、急速ろ過処理だけでは臭気物質などがとれないことから、市民の間では良質の水を求める声が上がっている。一方、良質の水が少くない欧米大陸の国では既述の水質が悪くなったこと起因で、日本でも欧米をまねて、瓶詰めの水を飲む習慣がはじめているようである。

1992年8月末、ロンドンの浄水場を視察する機会を持てた。ロン

緩速ろ過のメッカを訪ねて

「水」35巻1号56-58、1993年（平成5年）月刊「水」発行所
<https://eps.watervision.jp/wp-content/uploads/2025/04/34c70a3a9dfd83bbd6ee6ea2afb92db3.pdf>

図20 1992年8月テムズ水道訪問記

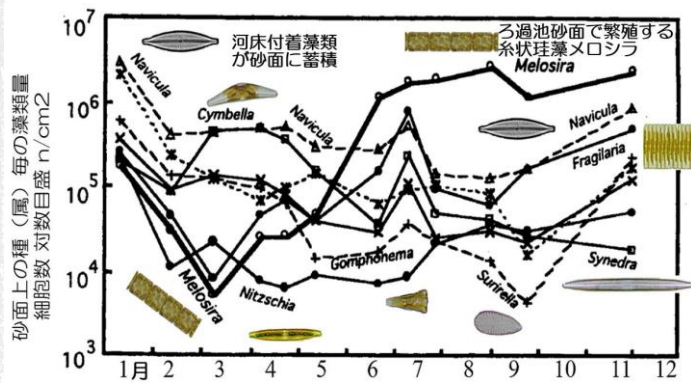


図21 染屋浄水場の藻の季節変化

緩速ろ過を研究しだすと、どうしても、緩速ろ過の発祥地を訪問したくなる。

トンパーク浄水場（図19）に行ったらテムズ水道の多数の研究者が集まってくれていた。この浄水場には実験施設がありセミナー室もあった。この訪問については月刊「水」に書いた（図20）ので参考にしてみたい。この時、上田市の染屋浄水場での藻の繁殖とその役割について次の様な解説をした。上田市の緩速ろ過池では水温が低く日射量が少ない期間は、河川

からの付着藻類が砂面に蓄積していた。日射量が増え水温が上がる5月から糸状珪藻メロシラが繁殖し始め、11月まで優占していた（図21）。ろ過池で藻が繁殖しだすとろ過閉塞が無くなった（図12、前出）。ろ過池で藻が繁殖する事は、光合成で酸素を生産し、藻は砂層上部で活躍している微小動物のエネ

ルギー源にもなり、砂層上部で微小動物が活躍し流入してきた濁りや餌を捕捉し分解し無機化する（図22）。微小動物が餌を求め砂層上部で動きまわることで砂層が目詰まりしにくくなる（図23）。砂層内の微小動物は粒子状の濁りだけでなく、溶けていて生物と反応する物質も吸収、吸着して食物連鎖の過程で分解する。溶存酸素濃度の変化を測定することろ過池での藻と微生物、微小動物の生物群集全体の活性を評

価できると解説をした。染屋浄水場でのろ過池流入水とろ過水中の溶存酸素濃度を測定し、その日変化を解説した（図24）。太陽光が当たる日中は砂面上の藻が光合成し盛んに酸素を生産する。ろ過池は上から下への流れがあるので、砂面上の藻による光合成活動の結果はろ過水にだけ表れる。砂層は1日で、その砂層を通過する時間は2時間半しかからないのに（図

テムズの研究者から、冬は、上田と同じくメロシラが凄いと教わった。

上田市の冬は、水温が低く、生物活性が悪かった。

植物プランクトンから研究を始めたので、藻の役割について最初きづいた。でも藻は、浄化の主役の動物が活躍するのを助けていた。

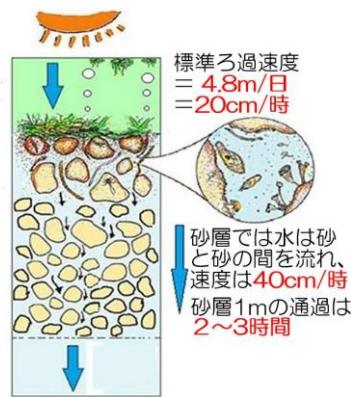


図23 生物は砂層上部で活躍

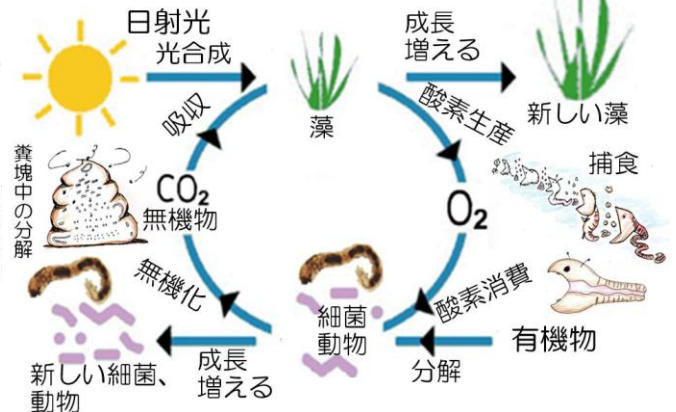


図22 藻と動物の関係

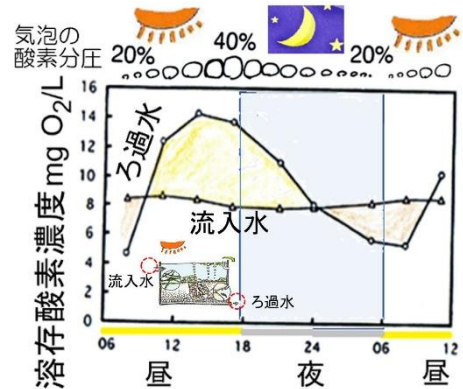


図24 ろ過水の溶存酸素の日変化

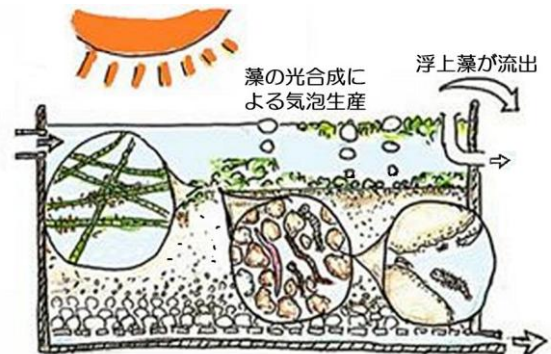


図25 ろ過池での生物

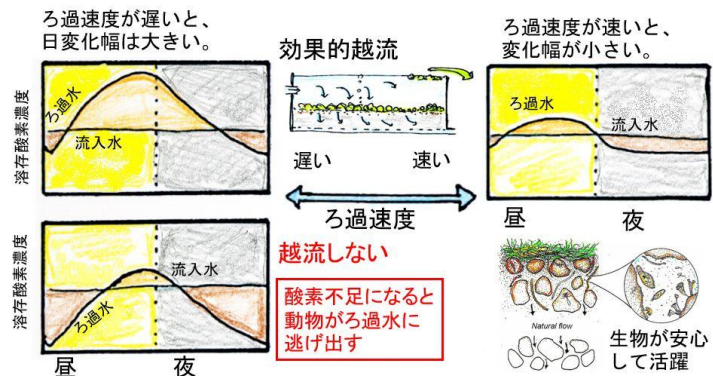


図26 ろ過速度は速い方が良い

藻は光合成をする。それなら、酸素の日変化を測定することがから始めた。

23、前出)、日没後も光合成をしているような結果であった。砂層上の藻や砂層表面には細かな気泡が生じていた。その気泡を採取し、気泡中の酸素分圧(酸素

また、ろ過池の砂面では水中の栄養塩を吸収し藻が増え、光合成の気泡の浮力で砂面から浮上する。この藻が越流管から流出するなら、水中の栄養塩は少なくなり、河川上流の水になると解説した(図25)。砂層上部で活躍する微小動物のために、ろ過速度を速くし、越流管から浮上藻を流出させた方が

良いと解説した(図26)。また水深が浅い方が、砂面への日射量を増やし藻が繁殖しやすくなり生物活性が良くなると解説した。ろ過池での藻の発達と微小動物と浄化能に関する調査結果を示した(図27)。砂面を削り取り後、砂面上の藻類の発達の調査は私が開発した砂面藻類を採取する道具を使った。藻類(図27の上)は細胞分裂をして増えるので、最初の約10日頃までは、藻類量は倍々と対数増加する。その後、砂面に藻全体に藻類被膜が発達すると、藻類

の光合成量は面積当たりの日射量に依存するので、藻類量はほぼ一定になった。削り取り後のろ過継続に伴い、ろ過水へ流出してくる濁りを測定した結果を図27に示した。極微量の濁りを測定するため、当時、一番感度が良いと思われた測定法として、海洋調査で使う方法を用いた。水を大量にろ過して濁りを集めた。ろ紙に集めた濁りや藻類の

緩速ろ過池を理解するには、生態系という考えが大切だった。

ろ過速度が速い方が、全ての生物群集にやさしかった。

手製の採取道具で、ろ過継続中の砂面の藻類を定量採取できた。

破片などに含まれるクロロフィル量を測定した。削り取り直後は、大量の濁りが通過するが、藻類被膜が発達すると、スーパークリーンの水になった。この濃度は、海洋の外洋の水深100m以上も深い海水の濁りの濃度よりも少なくなっていた。

砂面で藻類被膜が発達していない時は、流入してくる細かな濁りは砂層内に入り、砂粒の表面に少しは吸着するが、砂層を通過していた。藻類が増えだし、砂層上部で藻を餌として微小動物が増えて流入してくる濁りを捕捉し分解すると考えられた。ろ過池砂層表面で藻を増やし、微小動物を増やす方がろ過池の浄化機能が上がると解説をした。

また月毎のろ過池のろ過閉塞度(NHL)とろ過継続日数の図(図12、前出)を示し、藻の役割と微

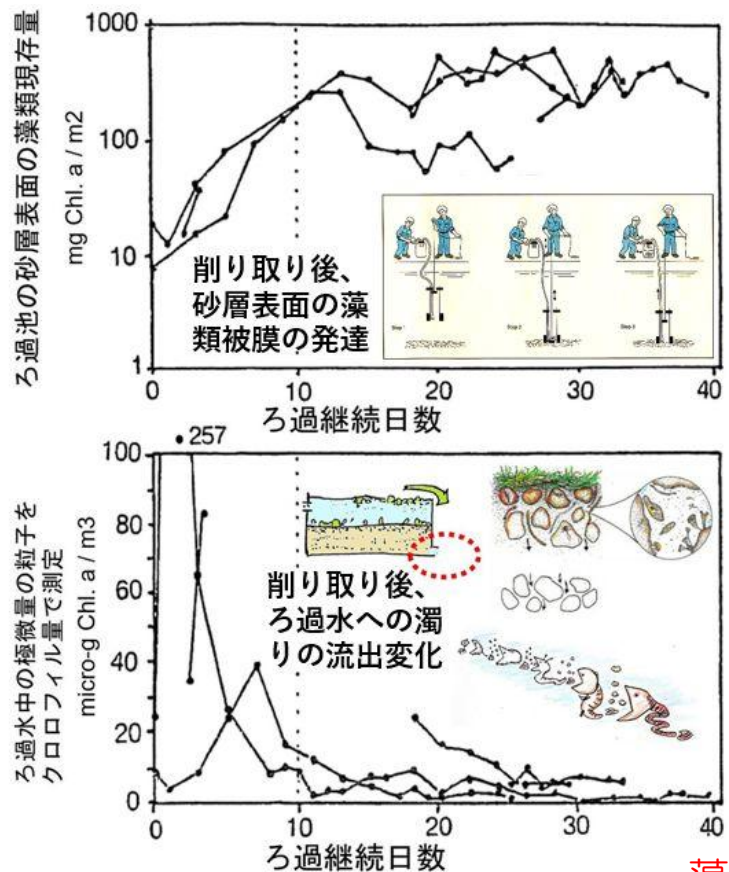


図27 藻の発達とろ過水濁度

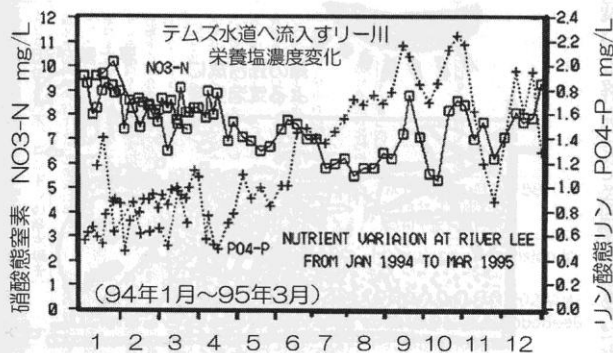


図28 テムズ水道の栄養塩濃度



図29 アッシュフォードコモン浄水場

小動物の関係を解説した。テムズ水道の研究技術者は、日本はろ過池が目詰まりしていないのに、余りにも短い日数で削り取りをしているのに驚き「日本は、金持ちだな」と言われてしまった。

テムズ水道の研究者へ「上田市で糸状珪藻メロシラが大量に繁殖するのは流入原水中の栄養塩濃度が濃いから」と説明したが、テムズ水道の人からは「テムズ河の栄養塩濃度は、下水や農耕地の影響

藻が増えると、ろ過水はスーパークリーンになった。

テムズ水道の原水は、とんでもなく濃かった。

世界一、大きな浄水場のろ過池全てで、砂面上の藻類被膜を採取した。

連続培養系を維持するには、越流する出口は小さ過ぎた。

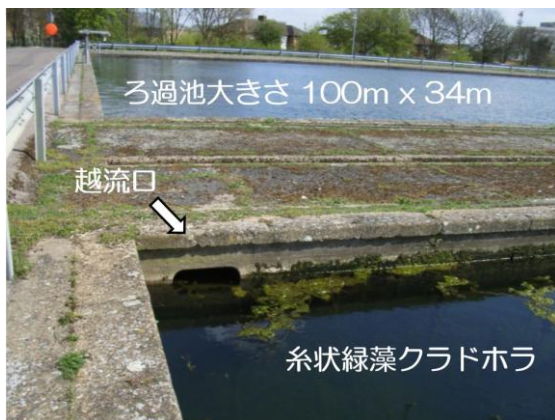


図30 小さい越流口

金網のドラムで除く装置)を使っていたが、薬品を使わない生物学的な粗ろ過装置を建設中であつた。ろ過池の水位を保つためと浮上してきた藻やスカムを排出させる越流管は、ろ過池の壁面に穴があるだけであつた(図30)。ろ過池の面積に比べ、余りにも小さな越流口で浮上してきた藻を効率的に排出させるのは無理と思われた。ろ過池の藻は、上田市の染屋浄水場では糸状珪藻であつたが、糸状緑藻クラドホラであつた。

テムズ水道の研究者から「ロンドンでは、水温が低い冬は上田市と同じ糸状珪藻メロシラの繁殖が凄い。冬に来てみたら」と言われた。水を抜いての砂面の削り取りの際、削り取り機械で砂面上の糸状緑藻を取り除くのが大変で(図31)、やっかいな毛布状の藻(Banket Weed)呼んでいた(図32)。



図31 削り取り機械



図33 手作業での削り取り



図32 やっかいな糸状緑藻

糸状緑藻は、除くのが大変で、やっかいな藻と言っていた。

削り取りの機械化の様子も調べた。

都立大の後輩に渡した。その後、日本でも削り取り機械の開発が始まった。

6 テムズ水道のろ過池での藻の発達を調べる

私はテムズ水道のろ過池での藻

そこで英国だけの助成金申請にした。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。

私はグラハムと何度かファックスで連絡し合い、夏と冬の調査を

研究で助成金をもらうのは大変であるとグラハムへ知らせたら英国だけで助成金を取る努力をすると返事がきた。

日本では緩速ろ過処理に関する研究で助成金をもらうのは大変であるとグラハムへ知らせたら英国だけで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、日本側の審査は採択であつた。

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、日本側の審査は採択であつた。

の繁殖状況を調べたかった。1988(昭和63)年にロンドンで緩速ろ過の国際会議を開催したロンドン大インペリアル・カレッジ(Imperial College, London)のグラハム(Nigel Graham)先生に私の別刷りなどを同封して手紙を送った。グラハムからは直ぐにファックスで共同研究をしようと返事がきた。

テムズ水道は、私の調査に、常に協力的であつた。

テムズ水道の調査は、英国政府 British Council と英国の財団からの助成金で、行うことができた。

冬の調査に学生を誘ったが、余り良い返事がなかった。そこで、高校生の娘と行った。

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されたが、英国から旅費援助を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に振り込まれた。

ハッキリした会計報告はできず、会計報告は必要なかった。詳細な事業報告も必要なかった。

この助成金で助成金 (Aid Support) の本来の意味について気づかされた。助成金は研究者を応援するもので、全ての必要経費を助成したら、そのお金で遂行した研究成果は、助成した側の仕事になり、お金で雇われた事になることであった。

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、さらに「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するので、

その結果、1994 (平成6) 年10月15日から23日までロンドンでの初のろ過池調査が実現した。その後もグラハムが勧めてくれた英国ロンドンにあるCSI財団 (英国の日本財団) へ助成金を申請し、受理され研究を続けることができた。

テムズ水道のろ過池での藻の発達の季節変化を調べ、上田市との違いが何故かがわかった。その時の様子を本誌 (水道公論) の連載、その13「テムズ水道のろ過池を調べる」で報告 (図34) した。

テムズ水道にはアシュフォード・コモン浄水場 (図29、前出) とほぼ同じ規模のカッパーミルズ Copper mills 浄水場があり (図

水道公論 58巻10号: 93-104
2022年10月 その13
テムズ水道のろ過池を調べる



図34 テムズ水道の調査

35、ろ過池の数が多いため、一度の調査でろ過継続に伴う藻の発達の様子を把握できるので、両浄水場の全てのろ過池で藻類被膜を調べた。ロンドンへ着いて直ぐに調査し、数日後、帰国直前にも調査し、同じろ過池での発達の様子も調べた。

水温が高くなる夏はろ過池では糸状緑藻クラドホラの繁殖が著しかったが、冬は緑藻でなく糸状珪藻メロシラの繁殖が凄かった (図36)。

私が開発したろ過池の砂面上で発達する藻類被膜を採取する道具を用いて、テムズ水道のろ過池の藻類被膜の発達状況を調べた (図



図35 カッパーミルズ浄水場

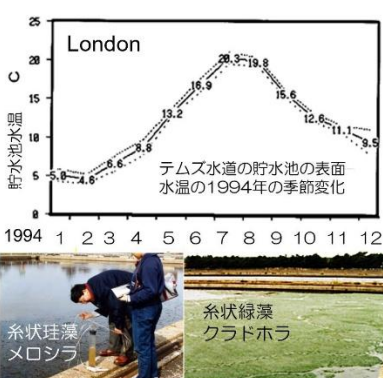


図36 冬は珪藻、夏は緑藻

37。水温が高くなる夏のろ過継続日数は約100日、水温が低い冬は約60日であった。夏のテムズ水道のろ過池では、糸状緑藻クラドホラが繁殖していたが、糸状珪藻メロシラより細胞が大きく堅固な糸状で、私の採取道具では、糸状緑藻のクラドホラを上手く採取で

冬のロンドンには、上田市みたいに厳寒にならなかった。メキシコ湾流と偏西風の影響だ。

テムズ水道には、Ashford Commonと同じ規模の Copper mills 浄水場があるので、両浄水場を調べた。

私の砂面採取道具では、夏の糸状緑藻は上手く採取できなかった。

藻の繁殖は、普通日盛と対数日盛の両方で図示するのが良かった。

私の道具は糸状珪藻メロシラが発達するろ過池での藻類被膜を採取するのに向いていた。テムズ水道でも水温が低い冬のテムズ水道のろ過池では糸状珪藻メロシラが発達していたので、冬の砂面採取

には向いていた。冬の藻類被膜は対数的に増え、削り取り直後の藻類被膜の健康状態は悪いが、直ぐに良くなり、その状態が続いていた。水温が温かくなる夏は、糸状藻類クラドホラロシラが捕食されにくいと考えら

が増えるが、捕食動物ユスリカの影響で、減少していたのがわかった(図39)。冬は日射量が少ないが、糸状珪藻メロシラが繁殖するが、水温が低い冬は捕食動物のユスリカの活動が鈍いので、糸状珪藻メロシラが捕食されにくいと考えら

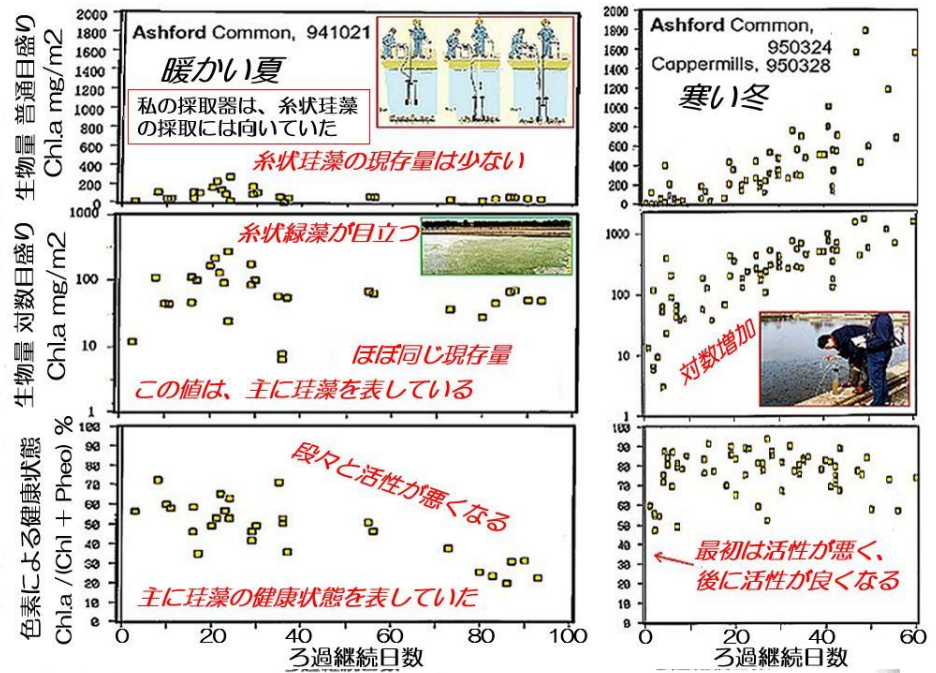


図37 テムズろ過池の藻の発達変化

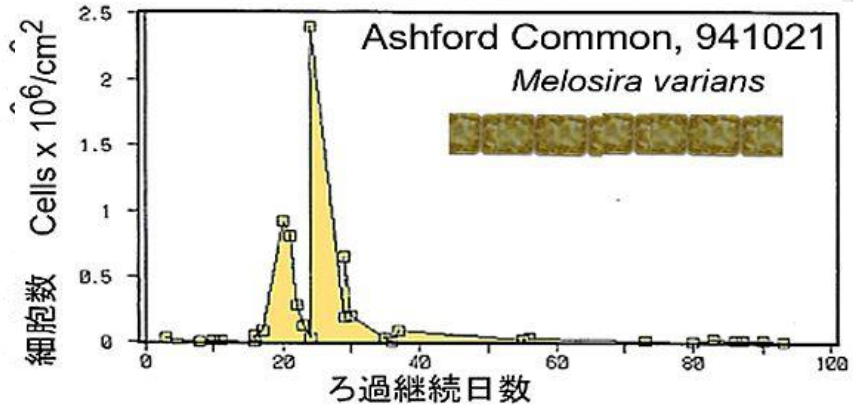


図38 夏でも珪藻のピークがあった

類は主に珪藻で、その量は少なく、その健康状態はだんだんと悪くなっていった。水温が高い時期の糸状珪藻メロシラの細胞数の変化を調べたところ(図38)、ろ過継続20日頃にピークがあるが、その後は少なくなっていた。これらの結果と観察から、テムズ水道の夏でも、糸状珪藻メロシラ

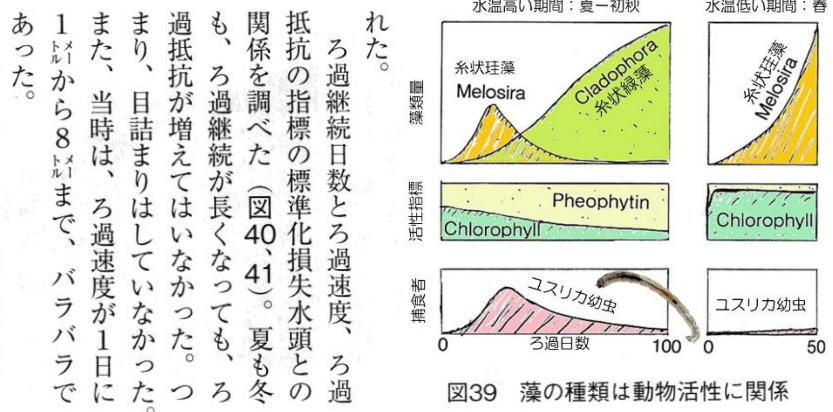


図39 藻の種類は動物活性に関係

夏は捕食動物の影響が大きく表れたのに気づいた。

夏でも糸状珪藻メロシラが繁殖するが、直ぐに減少した。

調査した 1994 年から 96 年、ろ過速度が、何で、バラバラなのか不思議だった。当時、テムズ水道はろ過速度を変える実験をしていた。

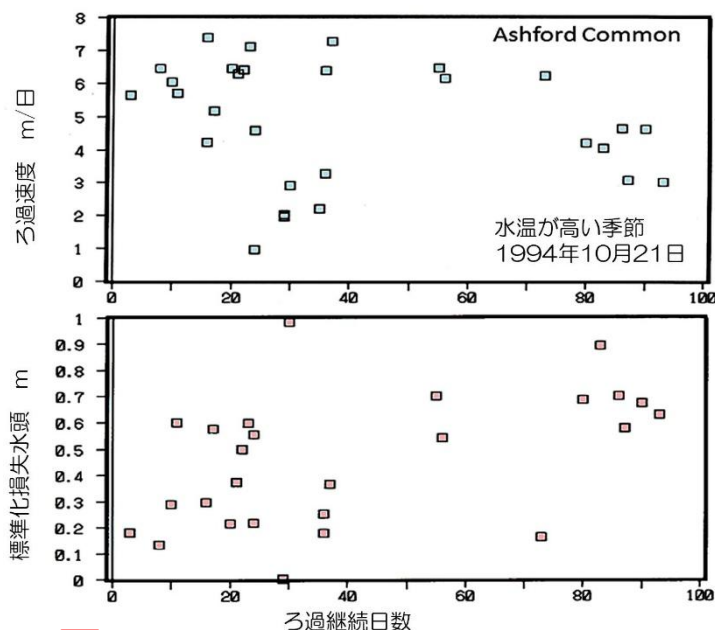


図40 水温が高い10月のろ過速度

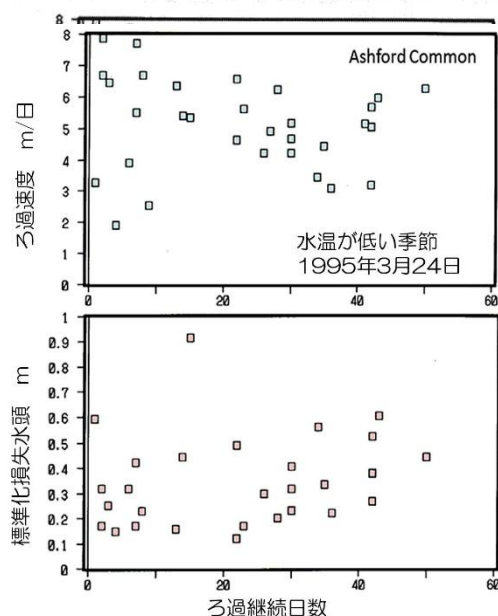


図41 水温が低い3月のろ過速度

夏も、冬も、ろ過速度を変えていた。
テムズ水道は当時、ろ過速度と溶存
酸素濃度の変化を調べていた。

10) 年8月に訪問した時、ろ過池をカバーして藻を繁殖させてない場合と、通常のろ過池での藻を繁殖させる場合とで、ろ過水の状況を調べているのがわかった(図42)。

このテムズ水道の判断結果に私が気づいたのが、2006(平成18)年4月にテムズ水道を訪問した時であった。この時、テムズ水道では全てのろ過池で1日に9.6μでろ過しているとの説明してくれた。そこで頼んでろ過速度の

データをもらい、私は公表していた(図1、前出)。

今回のチップスのメールで、テムズ水道でのろ過池での実験の経緯が私の1992(平成4)年の訪問がきっかけであったと説明してくれた(図4、前出)。

テムズ水道の研究者は、いつも私の訪問に対して、常に親切でテムズ水道の実験施設も自由に使用させてくれた。「中本はいつでも歓迎」と言ってくれた理由がわかったような気がした。

藻類繁殖と、溶存酸素の関係を調べていたのが、わかった。



図42 ろ過池を覆う実験

7 鍵は砂層上部で活躍する微小動物にやさしく

チップスからテムズ水道では「砂層上部を削り取りする時、水を抜くと生物活性の回復に時間がかかる。現在、砂面上に積もっている汚れを、砂面上の水を抜かないで水中掃除機みたいので吸引して除く実験をしている」と教えてくれた(図6、前出)。

私はろ過池の砂面上のフワフワ汚泥は削り取り時に砂面排水をす

ろ過池を覆い、藻を繁殖させない場合との比較も行っていた。



図44 フィジーの村人が協力して建設



図43 砂面排水と砂面上の汚れ

ると、水と一緒に流れさる事に注目していた(図43)。そこで、フィジーの村人が協力して建設した浄



図45 フィジーの村落給水装置

産業革命時代、英国で細かな砂緩速ろ過は生物群集による浄化であった。生物群集が嫌う薬品を使うのを極力避け、濁り対策で上向き粗ろ過が1980年にサンパウロ大で実験され、世界に広まった(図14、前出)。この粗ろ過はテムズ水道でも採用され、私もJICA研修や海外に盛んに勧めてきた。

化施設(図44、45)の維持管理では、砂面上を乾かさないうで砂層上のフワフワ汚泥を舞い上げさせ、砂面排水をして除く方法を勧めていると(図46)、チップスらに知らせた。

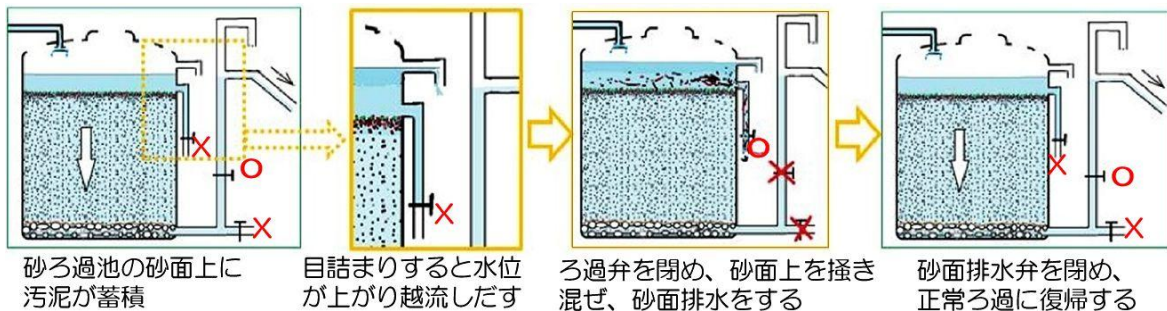
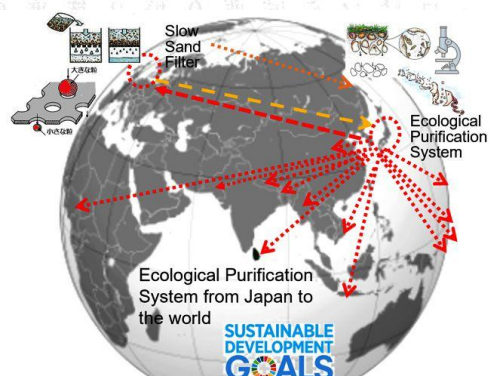


図46 砂層中の生物群集にやさしい砂面上の排泥方法(図2、前出本に解説あり)

でゆっくりと砂ろ過をする緩速砂ろ過Slow Sand Filterが生まれた。この技術は日本で生物群集による浄化なので生物浄化法Ecological Purification Systemとして生まれ代わり、英国へ、世界へと広まりだしている(図47)。

東京都立大で生物学、生態学を学んだ私が応用学部の信州大学繊維学部就職し、染屋浄水場で生物処理なのに誤解されていると気づいた。生物浄化法の考えは、上田市の染屋浄水場での藻の役割研究から生まれた。



英国生まれの緩速ろ過は日本で生物浄化法として生まれ代わり、英国へ、世界へ広まりだしている。

図47 生物浄化法は日本から世界へ

藻と分解者の動物の役割を、テムズ水道も理解してくれた。

上田市の染屋浄水場での研究から、生物浄化法の考えが生まれた。生物浄化法の考えは、テムズ水道へ、世界へと広まりだしている。