

連載

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

信州大学名誉教授 中本 信忠

1 緩速ろ過は生物群集による浄化なのに

緩速ろ過処理は英国で200年前に完成した古い技術である。大学は教育機関、緩速ろ過は生物現象の賢い活用なので学生への教育の一環として調査を始めたのは1984（昭和59）年である。

私が大学で生物学を学んだ当時、河川や湖沼の水質汚濁が問題になっていった。水道水源の河川や湖沼での藻の繁殖は嫌われ、水源貯水池や緩速ろ過の浄水場でも殺藻処理を盛んに行っていた。殺藻処理をすると浄化の主役である微小

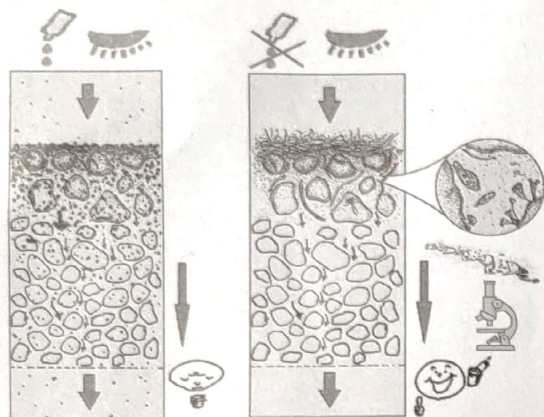


図1 生物が活躍しないと砂が汚れる

動物や細菌も活躍できず、生物と反応する溶けている物質も分解できず水道水が臭くなる問題が生じた（図1）。また、緩速ろ過池から濁りや細菌も通過するので、ろ過水の殺菌が必要であった。私は生物群集による浄化であるのに水道関係者は誤解していると思っていた。そこで生物が活躍している指標である藻の繁殖の有用性について発表してきた。

日本でも蛇口にフィルターをつけ、浄水器をつける家庭が増えた。フィルターの定期的な掃除をする。塩素の臭いだけでなく水道水中にゴミなどの濁りも通過しているのがわかった。蛇口からの水道水は信頼されなくなり、日本でもペットボトルの飲み水を飲む習慣が生まれた。

上田市に1964（昭和39）年に長野県企業局の急速ろ過の浄水場（図2）が完成した。急速ろ過のろ過速度は1日に120倍で緩速ろ過のろ過速度の4・8倍の25倍で操作も自動化されていた。

一方、染屋浄水場ではろ過池の削り取り作業は1から2週間間隔で手作業で行っていた。藻の繁殖

は悪いと思い、藻などの生物群集の発達が目立つと削り取りをしていた。ろ過池の流量調節も手作業でハンドル操作をしていた。当時の上田市水道局職員は古い技術で、ろ過効率が悪い緩速ろ過から新しい技術で自動化できる急速ろ過へ早く変更したいと言っていた。高度成長期の日本では急速ろ過は新しい技術として盛んに宣伝され、古い技術の緩速ろ過の研究や解説は見向きをされなくなった。

私は生態学や水環境関係の学会の会員になっていたが、緩速ろ過関係の情報がなかった。そこで水



図2 クリプト事故前の急速ろ過の浄水場

処理生物学会、日本水道協会の個人会員になり日本の水道界の情報を得ようとしたが、緩速ろ過池に関する情報はほとんど無かった。そこで世界の緩速ろ過に関する情報を得ようとアメリカ水道協会の個人会員になり雑誌を購読した。会員には協会の新聞Main Streamおよび情報誌Opflowも送られてきた。

2 欧米での薬を使わない緩速ろ過処理への再認識

欧米では薬品処理の急速ろ過では発ガン物質が生成することがわかり、薬品を使わない安全な浄化処理の緩速ろ過へ目が向けられ、

世界保健機構(WHO)から緩速ろ過指針(Huisman and Wood, 1974, Slow Sand Filtration 図3)が1974(昭和49)年にだされた。

薬品を使わない緩速ろ過による浄化施設は欧州の植民地であった国々の人でも建設し、維持管理できるので再認識が進みだした。ドイツのヒーバー(G. Heber 1985, 図4)は緩速ろ過池の設計や簡易浄化法に関する有益な指針を出版した。この指針には処理法の選択として原水が極端に汚染されていないなら殺菌を勧めていなかった(表1)。当時の欧州では緩速ろ過による浄化処理施設が多く、最後

に塩素殺菌をしない水道水が多かった。欧州では水道水源は腐植の影響が強く、処理水に塩素添加をすることで発ガン物質が生成するリスクが大きくなることが問題になっていった。欧州では浄水場では残留塩素を検出されないようにしているのが普通であった。またオランダのビッシャーら(J.T. Visscherほか、1985, 図5)は発展途上国の人々へ緩速ろ過を分かりやすい絵で解説した冊子を出した。なお現在では、これらの冊子はネットで見れる。

日本水道協会雑誌でも海外の情報は日本語に抄訳され紹介されていたが、世界の緩速ろ過の情報はなかった。一方、アメリカ協会雑誌には日本よりは緩速ろ過の情報が多数あり、世界では緩速ろ過処理の再評価が進み、小規模水道施設や発展途上国へ緩速ろ過を勧めていた。

3 アメリカでクリプト原虫による大規模集団下痢

アメリカ中部ミシガン湖西岸の人口60万人のウィスコンシン州ミルウォーキー市で住民40万人が集団下痢をするという大事故が1993(平成5)年春にあった

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>

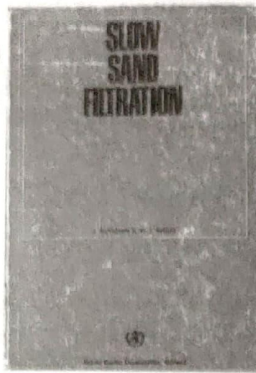


図3 緩速ろ過指針WHO 1974

Heber, G. 1985,
学際事業コンサル、ドイツ
Simple Methods for Treatment of Drinking Water

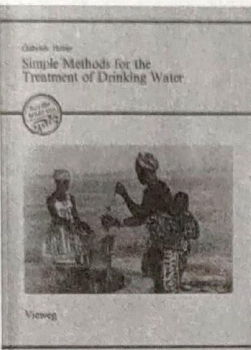


図4 簡単な浄化法の緩速ろ過指針

表1 濁りと処理法

原水中の濁度と大腸菌による処理方法。一般にエアレーションで原水に溶存酸素を付与するのが良い。Heber 1985

平均濁度 NTU	大腸菌 MPN/100mL	処理法
~10	10	処理不要
10	100	殺菌のみ
100	1000	緩速ろ過
250	1000	前処理+緩速ろ過
250	10000	前処理+緩速ろ過+殺菌
1000	100000	前処理の工夫 ①沈殿+粗ろ過、 または凝集剤/フロック形成+沈殿 ②引き続き、緩速ろ過+殺菌
100	2000	急速ろ過+殺菌
1000	3000	前処理+急速ろ過+殺菌

Visscher, J.T.
ら1985, IRC-
NPO, オランダ
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/255.1-85SL-1994.pdf>

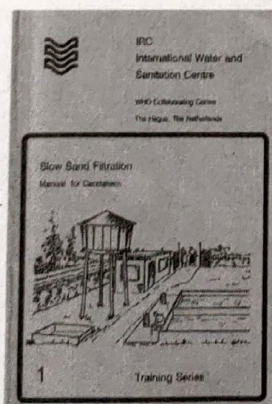


図5 緩速ろ過処理の図解指針

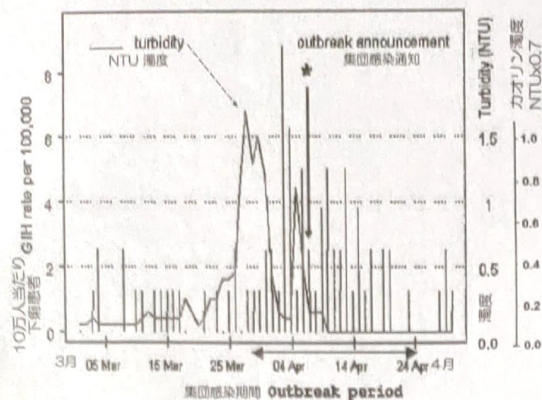


図7 浄水濁度と下痢患者数



図6 ミルウォーキーの位置

(図6)。市には急速ろ過の浄水場が2つあり、南部の浄水場の水道水がクリプトスポリジウム(通称クリプト原虫)に汚染された(図7)。3月末の雪解けで農場などか

クリプト原虫による水様性下痢症状が現れる動物は腸管が長い哺乳動物だけだった。クリプト原虫は腸管の中で活動し哺乳動物は水性下痢症状になった。クリプト原虫が体外に排出されるときは固い殻で覆われた鶏卵のようになり休眠状態(オーシストまたはシスト)になった。このシストの殻は腸管の中で溶け、長い腸管で活動しだす。体外に排出される時は周囲が殻に覆われ、休眠状態になった。野外では長期間に渡り休眠状

4 クリプト原虫の休眠シスト

ら大量の濁水が浄水場に入り、処理水濁度が上がりNTU濁度で1・5度(日本のカオリン濁度で1・2度)に達した。農場などからのクリプト原虫の休眠シストが急速ろ過の浄水処理でも除けず、クリプト原虫に汚染された水道水を市民が飲み、水様性下痢症状がでた。大規模の集団下痢事故前を調べると、市民の間に下痢症状がでていたことがわかった。その時の浄水のNTU濁度は0・2度(カオリン濁度で0・15度)であった。



図8 腸管の長い哺乳動物だけが水様性下痢をする

態であった。この休眠シストが人間の口に入り水様性下痢症状が現れた(図8)。ミルウォーキー北部の浄水場からの給水地域は下痢症状の人がいなく、処理水濁度を調べると南部の処理水はNTU濁度で1・5度(日本のカオリン濁度では1・2度)まで上がったが、北部の処理水は0・2度(日本のカオリン濁度では0・15度)程度であった(図9)。

原水の濁り対策で凝集剤を使う急速ろ過では、急速ろ過槽が目詰まりするのでろ過水で逆洗浄させる行程がある。洗浄が終わるろ過を再開する際に、濁りが通過し、細菌も通過する。急速ろ過では通過する病原菌を殺すために最後に殺菌処理が必須であった(図10)。しかし、クリプト原虫のシストは、凝集剤で沈殿除去できず、急速ろ過槽を通過し、塩素でも殺せなかつ

5 急速ろ過は逆洗行程で濁りが通過

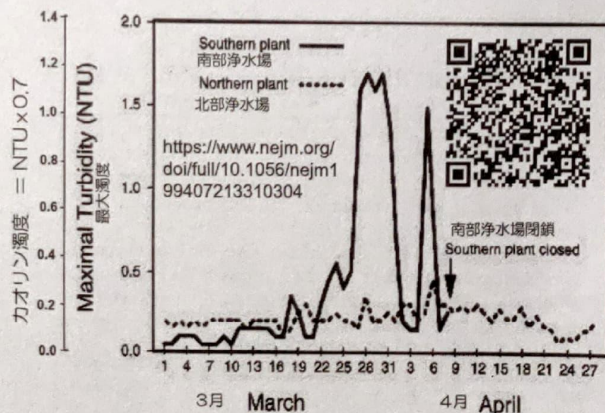


図9 浄水濁度が0.2度以下なら大丈夫

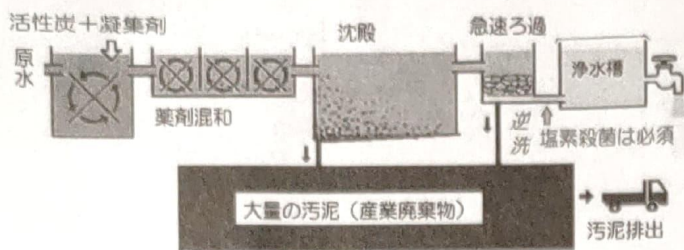


図10 急速ろ過のフロー



図11 急速ろ過池を徹底的に洗浄

た。凝集剤は粘土鉱物などと良く反応し沈殿させることはできたが、藻などは凝集剤と反応しにくく、急速ろ過槽を目詰まりさせ、藻が死に、藻臭を生じさせるので、活性炭などを使う処理も必要になっていた。

浄水場ではクリプト原虫のシストが急速ろ過槽の砂層に捕捉され、洗浄が不完全と考えられ、浄化処理を止める過槽を徹底的に洗浄した(図11)。

6 アメリカ水道協会の緩速ろ過研修

アメリカ水道協会雑誌の1993(平成5)年12月号85巻の33ページにはコリンズ(R. Collins, New Hampshire大)が企画した「ろ過の再認識(Refocusing on Filtration)」があり「クリプト対策で生物処理の緩速ろ過を再認識し、現代に通じる技術として再評価(Re-evaluate)した」とあった。

た。

アメリカ水道協会はクリプト原虫による大規模事故の翌年1994(平成6)年、急速、浄化効率が良いクリプト対策で最適な浄化方法は緩速ろ過と判断し研修会を開くことにした。

アメリカ水道協会の会員には水道協会の新聞Main Streamが送られてきていた。その7月号に9月26・27日にオレゴン州セーラム市で緩速ろ過研修会があるとの記事を見つけた(図12)。

「緩速ろ過がオレゴンで」、「緩速ろ過は古くから使われてきたが、多くは特異な例とされてきた。しかし最近の15年間に、緩速ろ過は細菌、ウイルス、原生動物の除去に効果があることがわかってきた。地表水を使用する小規模施設で必要とする厳しい連邦規制により、緩速ろ過は、操作が簡単で費用効果が良いので増えている。大規模なシステムでも、緩速ろ過が従来の急速ろ過の魅力的な代替手段であることがわかる」とあった。

この新聞が大学に届いたのは船便なので8月下旬、9月2日まで申し込みとある。航空便で手紙

Slow sand filtration addressed in Oregon

Slow sand filtration has a long history of use, although it has not been the preferred option in many cases. However, the last 15 years have shown the effectiveness of slow sand filtration on the removal of bacteria, viruses, and protozoa, particularly *Giardia*.

With stricter federal regulations requiring small water systems using surface water to filter, slow sand filtration is gaining recognition as an easy-to-operate, cost-effective option. Large systems, as well, may find slow sand filtration to be an attractive alternative to conventional rapid-rate methods.

The workshop will have a practical focus, Berg added. "It will touch on some of the research results, but mostly it will be a hands-on experience." A complimentary breakfast will be provided on the morning of the September 26 afternoon tour. Salem Black Angus and

図12 緩速ろ過研修会案内

を書いて申し込みをしても間に合わない。時差があるので自宅から国際電話でコロラド州デンバーの水道協会本部へ申し込んだ。

ポートランド空港でレンタカーを借りてオレゴン州第二の都市セーラム市へ一人で行った。研修初日、ホテルでの朝7時半からの朝食を兼ねた開会式ではセーラム市長の「おはようございます」の日本語の挨拶から始まった。日本から誰か参加しているのかと思いき、100名以上の参加者をキヨロキヨロ見回したがわからなかった。

日本人の参加者は私一人で、アジアから参加した私を意識しての挨拶だった。

朝8時半からの会議では厚み4センチもあるA4両面刷りの論文集が配られた(図13)。冒頭、アメリカ水道協会主催で1991(平成3)年10月27-30日ニューハンプシャー大で緩速ろ過の国際会議が開催され、その論文集がアメリカ水道協会から直ぐに発行されると紹介があった。また緩速ろ過の初めての国際会議は1988(昭和63)年11月23-25日英国のロンドン大学で開催されたと紹介があった。国際的にも緩速ろ過へ目が向けられているのを肌で感じた。

最初の発表「何故緩速ろ過? 大きな絵 (Why Slow Sand Filtration? The Big Picture)」はアメリカ環境保護庁のキム・フォックス (Kim Fox) であった。緩速ろ過の歴史から浄化の仕組みの解説があった。その中で、緩速ろ過による除去割合はヘーゼン (A. Hazen, 1900, The Publication of Public Water Supply) 以来多くの研究者の発表で従属栄養細菌は2桁(100分の1)以上の除

去が、ベラミー (Bellamy, 1985) の報告では原生動物は4桁(1万分の1)除去、ウィルス除去も3-5桁の除去 (Poynter, 1977)、クリプト原虫も除去できると紹介した。集団下痢の原因生物のクリプト原虫の除去に関する信頼があるのを強調していた。「緩速ろ過は何が新しいのか (What's New in Slow Sand Filtration?)」ではニューハンプシャー大のコリンス (Robin Collins) と英国テムズ水道のマイク・バウエル (Mike Bauer) が発表した。「緩速ろ過は最も廉価で簡単な処理行程、操作や維持が楽で、それでいて飲料水を作る浄化

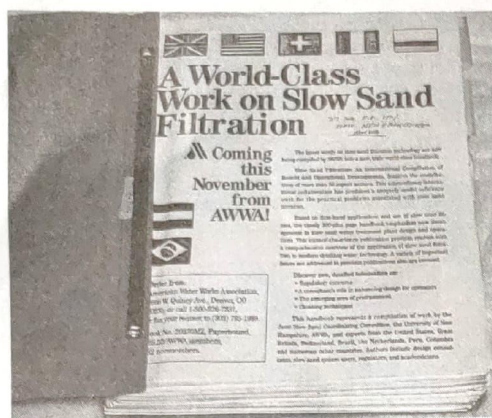


図13 緩速ろ過研修会論文集

法として最適である」と発表した。当時、緩速ろ過を強く勧めていたのはニューハンプシャー大のコリンス (Robin Collins)、テムズ水道のマイク (Mike Bauer)、アメリカ環境保護庁のキム (Kim Fox)、オハイオ州の水研究所 Black & Veatch のギャリー (Gary Logsdon) であるのがわかった(図14)。

水し溜池みたいな沈殿池(図15)の隣に溜池みたいな緩速ろ過池があった。周囲の壁は土手のままで流入口には砂が流されないように大きな礫が置いてあった(図16)。ろ過した水を底から取水するコンクリートの取水用の調節弁が無ければ単なる溜池としか見えない。この浄水場では薬品を一切使わずに浄化し、ろ過池の削り取りは2カ月に1度であるが見学会に合わせて削り取り作業をしてくれた(図17)。砂層上部を見ると、日本砂と泥みただった(図18)。

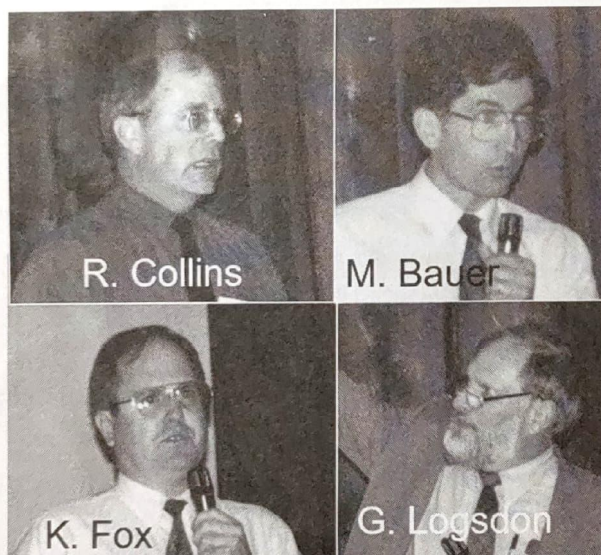


図14 緩速ろ過のリーダーたち

この研修会に参加した当時の私は、アメリカや世界の緩速ろ過についての情報について探ろうとしていた。今回、この原稿を書くために当時の論文集を読み直したら、濁り水対策で薬品を使わない上向流粗ろ過 (URF: Up-flow Roughing Filter) についても紹介していた。

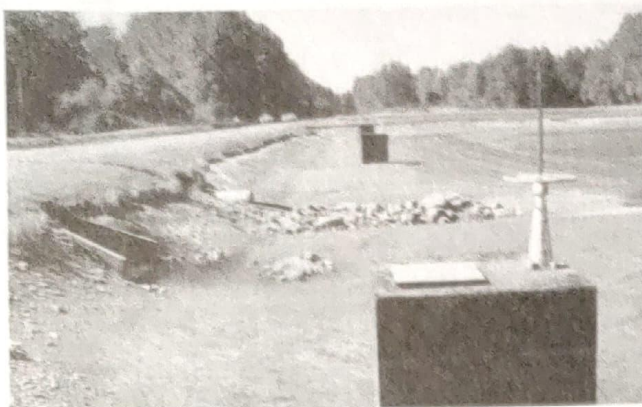


図16 緩速ろ過池

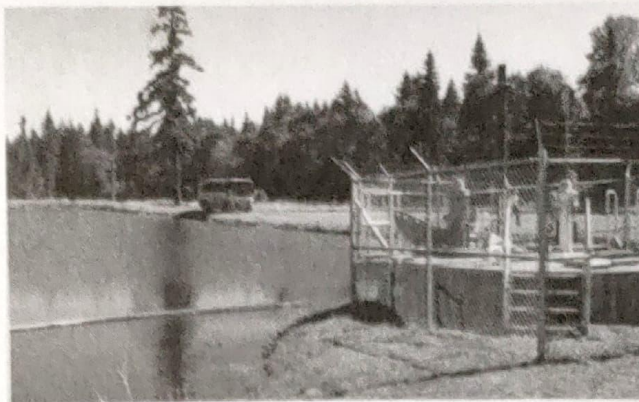


図15 ジラン浄水場沈殿池



図17 削り取り作業

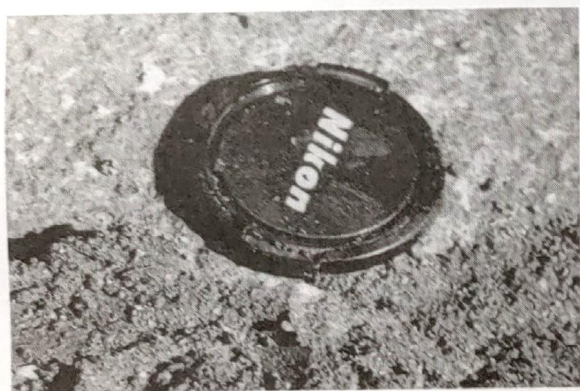


図18 細かいろ過砂

私がロンドンで開催された1996（平成6）年の国際会議でインペリアル・カレッジ（Imperial College of London）のグラハム（Nigel Graham）から濁り対策での新しい技術のURFについて教えてくれるまで気づかなかった。私たちは講演を聞いたり、論文を読む時は、自分の興味という色眼鏡をかけて聞き、読んだりする。何年か経過すると、色眼鏡の色が変わり、過去の論文を読み直すと新しい発見があった。

この研修会でアメリカでは1960年代から小規模の緩速ろ過施設が多数建設されていたのを知った。この研修会では皆が「現代に通用する時代を超越した技術（Timeless Technology for Modern Application Technology）、再発見（Rediscovery）、再認識（Refocus）」と言い熱い熱気を感じた。またアメリカ水道協会のトルデー・レイ（Trudie Layオランダ系アメリカ女性）は「人々は新しい技術が好きなんだ（People loves New Technology）」と小さな声で皮肉を言っていた。

私は日本の水道界の人々へアメリカや世界の緩速ろ過への見直しが進みだしているのを知らせるために日本水道協会雑誌（64巻5号18-22、1995）に「アメリカ水道業界の緩速ろ過処理に対する再評価」と投稿した。また、ほぼ同じ内容を信州大学環境科学年報で発表した。この年報は現在、ネットで見ることができる（図19）。

7 越生町での集団下痢

アメリカでのクリプト原虫による大規模の集団感染事故後の2年

環境科学年報—信州大学—
[Ann. Environ. Sci., Shinshu Univ.]
17巻：69-72, 1995

アメリカでの
緩速ろ過処理の再評価

中本信忠

信州大学繊維学部応用生物科学科

図19 信州大環境科学年報1995



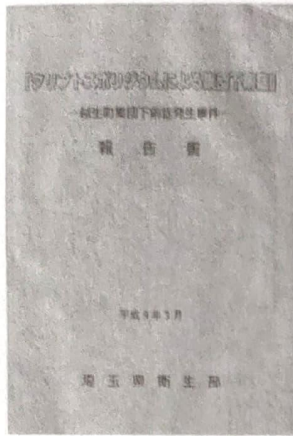


図20 越生町クリプト報告書

後1996(平成8)年6月に埼玉県越生町でも大規模の集団感染事故があった。事故の様子を埼玉県衛生部報告(平成9年3月、図20)を参考にまとめ直した。

6月3日頃から越生町の小学校の児童生徒に集団下痢、腹痛が発生した。6月10日から原因を調査し、有症者の検便でクリプトスポリジウム(クリプト原虫)が6月17日に検出され、その後、水道水からも検出された。旅行歴がある人と無い人を調べると旅行とは関係なかった(図21)。

埼玉県越生町の住民約13,000人のうち8,700から8,800人に下痢、腹痛が発生した。クリプト原虫の混入した下水処理の放流水が越辺川に流れ込み、数十年ぶりの渇水で川の水量が減って

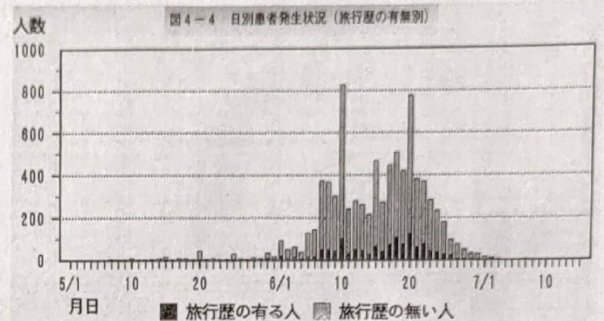


図21 越生町の下痢患者発生状況

いたこともあり、下流の大満浄水場で取水した水にクリプト原虫が混入したと推定された。この事故は日本で水道水を介した初めての大规模の集団感染事故になった。浄水場の600以上流と1・3キロ上流に、1000世帯分の雑排水と尿尿を処理する2つの集落排水処理施設があった。排水処理施設から感染者の便に含まれていたクリプト原虫が混入した放流水が越辺川に流れ込んだ。下流の大満浄水場では塩素殺菌では死滅させることができず水道水に混入した。

町では県、厚生省と検討し安全な水道水を供給するために、急遽、膜処理施設を導入することを決めた。

私は、この事故から2カ月後の8月に越生町の現場を訪問し、緩速ろ過の導入を検討をしたのかを尋ねたが、緩速ろ過については検討していなかった。

8 クリプト原虫対策で浄化処理の強化

急速ろ過では急速ろ過槽の逆洗行程があり、濁りや細菌が通過してしまう(前出図10)。細菌が多少通過しても塩素で殺菌するので安全と考え日本は浄水濁度基準を2度(カオリン濁度)にしていた。

クリプト原虫による集団下痢事故で、塩素殺菌が病原生物に対して万能という前提は崩れた。

そこで、日本もミルウォーキーキーの事例を参考にし、水道水の安全性を確保するには水源の監視から浄水濁度0・1度以下になる浄水処理が必要となった(前出図9)。

厚生省は急遽、1996(平成8)年10月、「水道におけるクリプ

トスポリジウム暫定対策指針」を作り、全国618の浄水施設に改善を要請した。

①水道の水源の近傍上流域に、人間又は哺乳動物の糞便を処理する施設等の排出源がある場合は、水道原水の糞便による汚染の有無を把握し、クリプト原虫による水道水の汚染のおそれがあるかどうかを判断する。②クリプト原虫によって水道原水が汚染されるおそれのある浄水場では、浄水処理の徹底(例えば膜ろ過法や急速ろ過法等により、水道水の濁度を0・1度以下に維持)、取水口の移設、あるいは汚水処理施設等の排水口移設等の実施を図るであった。

厚生省が全国94水源282地点で調査した結果(1997(平成9)年7月公表)、秋田、山形、群馬、栃木、熊本、沖縄の6水源8地点からクリプト原虫を検出した。2007(平成19)年厚生労働省令第54号の「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針(案)」では「水道水がクリプトスポリジウム等に汚染された可能性のある場合には、浄水場からの送水を停止する等の措置を講じた上

で、浄水処理の強化を行うか、または、汚染されているおそれのある原水の取水停止・水源の切り替え等を実施すること」とある。

上田市にある県企業局の急速ろ過の浄水場は千曲川の左岸から取水していた。同じ左岸上流に丸子町（人口約2万人）の終末下水処理場が1999（平成11）年に完成した。下水処理場の放流口から1・7キロ下流に取水口があった。クリプト対策指針を受け、下水処理水の放流口を約200メートル



図22 急速ろ過は真っ黒の汚泥が大量に排出されだした

上流に変更し、急速ろ過の浄水場では、沈砂池に活性炭を注入する装置を、また浄水場では活性炭と凝集剤を常時注入するようにした。その結果、天日乾燥床は真っ黒な汚泥が常時多量に排出されるようになった（前出図2、図22）。またクリプト原虫による汚染時には取水停止しても大丈夫のように浄水池を増設した。

日本各地の急速ろ過の浄水場では越生町の事故以降、クリプト原虫対策で真剣に、浄水濁度を0・1度以下を維持しようとした。しかし、転勤が頻繁な浄水場職員では対応しきれず、専門業者に依存しないといけない状態になった。

9 クリプト原虫事故後のアメリカ

1993（平成5）年のミルウォーキー市での集団下痢事故後、アメリカ水道協会は真剣にクリプト原虫の汚染状況を調べた。アメリカ水道協会雑誌1996（平成8）年12月号Vol.89(12) 8ページの巻頭言でハース（Charles N. Haas）の「許容できる微生物リスク（Acceptable Microbial

Risk）」があった。同誌1997（平成9）年9月号は原生動物などの特集だった（図23）。その表紙は家畜や野生動物、それに散水ろ床の下水処理施設の写真だった。アメリカで下水処理と言えば普通は省エネの散水ろ床である。英国の下水処理も普通は散水ろ床であるの思い出した。

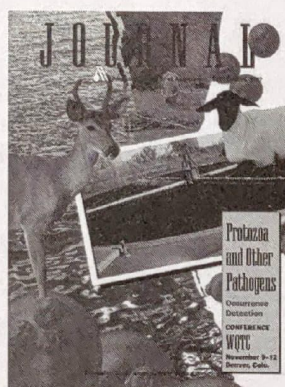


図23 アメリカ水道協会雑誌
表紙は原生動物汚染

アメリカ水道協会の会員に送られてくる情報誌Opflowの1997（平成9）年10月号に「ウイスコンシン州の南北の浄水場処理水中にはクリプト原虫は検出されていないが、表流水を供給している水の85%でクリプト原虫は検出されている。浄水場の処理水濁度が0・1度（NTU）以下でもクリプト原虫は25%以上に検出される」の記事があった（図24）。

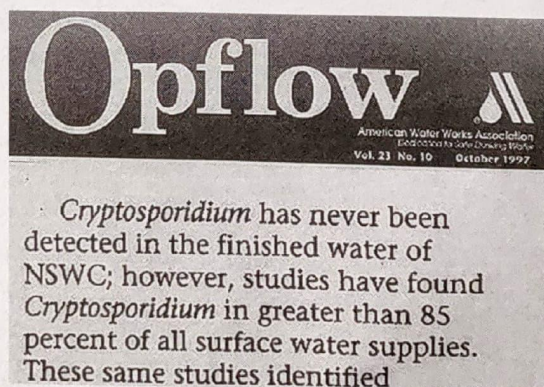


図24 原虫はどこにでもいる0.1度以下でも原虫がいる

アメリカ水道協会雑誌1997（平成9）年12月号Vol.89(12) 8ページの巻頭言ではフロストら（Floyd Frostほか）の「非常に多くのオーシストが検出されるが、余りにも少ない感染者（So Many Oocysts, So Few Outbreaks）」があった（図25）。

「浄水中にクリプト原虫のオーシストが発見されても、何故、住民の中に明らかなクリプト原虫による症状がでないか解釈に苦しむ。オーシストが検出された地域でもクリプト原虫による症状がでないのは獲得していた免疫力で説明できる」とあった。「地下水を水源と



So Many Oocysts, So Few Outbreaks

Floyd Frost, Gunther F. Craun,
Rebecca Calderon, and Stephen A. Hubbs

centuries people more common occurrence of disease is infections rather
to alter an infection, "endemic." With endemic disease, most However, this is
to become ill from exposures result in asymptomatic infec- of the scattered ill

図25 多くの原虫がいても感染者がでない

する水道水を飲んでいる住民はクリプト原虫による免疫力は小さい。水道水が水系感染菌などに汚染された場合、病人の大部分は幼児、訪問者、最近転居してきた住民である。感染者は結婚式に参加した訪問者が多かった」とある。この号の14・15ページにはアイダホ州で緩速ろ過の施設を普及させているタンナー(Stephen A. Tanner)が「緩速ろ過:新しい規制の下で、まだ時代を超越した技術(Slow Sand Filtration: Still a Timeless Technology Under the New Regs)」の投稿記事があった。「緩速ろ過は小規模水道(アメリカでは給水人口1万人以下)には最も適切な技術である。緩速ろ過でク

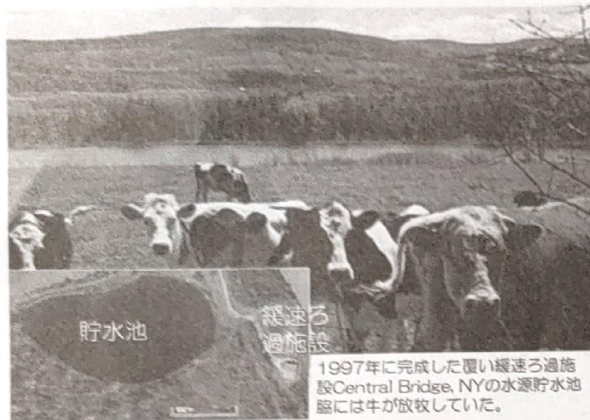


図26 緩速ろ過ならクリプト汚染は関係ない

リプトシストを少なくとも100分の1以下にできる。水道水のクリプト対策で使える技術。現在の水道技術として緩速ろ過はローテクであるがハイテクの世界でも有効だ」とあった。

私はニューヨーク州セントラルブリッジに1997(平成9)年5月に完成したばかりの覆い緩速ろ過の浄水施設を見学した(図26)。水源貯水池の周囲には牛が放牧されていたが、緩速ろ過施設なのでクリプト原虫汚染は気にしていなかった。

私は欧米での緩速ろ過事情につ

いて上下水道関係者が読んでいた月刊誌「水」(月刊「水」発行所)に1994(平成6)年から2001(平成13)年に渡り解説した。また築地書館から2002(平成14)年に『生でおいしい水道水(ナチュラルフィルターによる緩速ろ過技術)』を、2005(平成17)年に『おいしい水のつくり方(生物浄化法 飲んでおいしい水道水復活のキリフダ技術)』という技術解説本を出版した。現在、両本とも絶版で、その後の新しい情報が集積したので2021(令和3)年2月に『おいしい水のつくり方1・2(緩速ろ過でなく生物浄化法)』を千曲会(信州大学繊維学部同窓会)から出版した。

10 生物群集が活躍すれば生でおいしい水道水になる

日本では明治から現在まで、緩速ろ過は細かな砂でゆっくりとしたろ過速度で機械的にろ過すると思われている。アメリカで開発された濁り対策での薬品処理が最新技術で良いと思っていた。明治時代から現在まで生物処理の緩速ろ過でも生物が嫌がる処理を行って

いた。ろ過池は目詰まりし、溶けている物質ばかりか細菌も緩速ろ過でも通過した。そのため、処理水に塩素で殺菌が必要とされてきた。緩速ろ過は古い技術で効率が悪いとされ、見向きされなくなつた。

日本の水道界のリーダーたちには「緩速ろ過は無理」という常識が定着していた。そこで古い技術の緩速ろ過の情報を無視し、緩速ろ過の情報に気づかない色眼鏡をしている状態であった。事実、厚生労働省や日本水道協会のホームページで緩速ろ過を検索しても出てこないし、現在の指針でも緩速ろ過の解説はほとんどない。

しかし、上田市の緩速ろ過によるろ過水は常に0・000度である(図27)。山国の長野県だからおいしい水が飲めると言われるが、細かな砂でのろ過でなく、生物群集の活躍でおいしい水ができていく。

日本ではクリプト原虫による事故前は浄水濁度は2度でも塩素で殺菌するので安全な水道水と考えられてきた。クリプト原虫事故後、浄水濁度は0・1度以下を目標と



図28 水の濁りと処理水

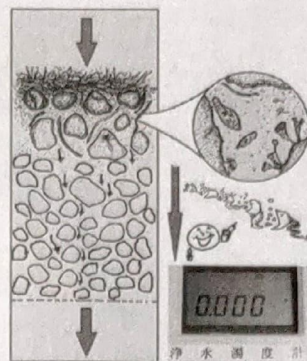


図27 生物群集が活躍するな
らる過水は0.000度

し、高度処理が必須になった(図28)。そのため、従来の急速ろ過処理に加え高度処理、膜処理が必要になった。

私は人口が集中した日本の都会でも、緩速ろ過を見直し、生物浄化法として維持管理し、生物群集が安心して活躍できるようにすれ



図29 タイムズ紙のボトルを忘れ、蛇口か
らの水道水を

英国ロンドンのテムズ水道ではろ過速度9・6分という早いろ過速度を採用し、高度処理をしないくても安全でおいしい水道水をロンドン市全域に給水している。2002(平成14)年7月10日のロンドンタイムズには「ボトルを忘れよう、蛇口からの水道水の方が良い水だ」という記事があった(図29)。事実、英国を始め欧州ではペットボトルの水でなく水道水を飲むようになってきた。

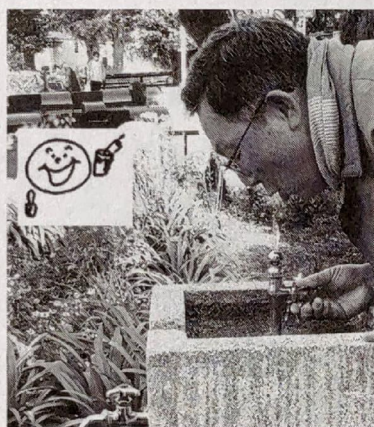


図30 生でおいしい水道水は飲める

ば、生でおいしい水を飲めると確信している。生物浄化法なら水源のクリプト汚染を気にする必要はない。高度処理も必要もない。ペットボトルの水を飲む必要もない(図30)。

私はオレゴンでの緩速ろ過研究会でアメリカ水道協会のトルーデー・レイが「人々は新しい技術が好きなんだ(People loves New Technology)」と小声で言っていたのを忘れられない。現在SDGsが話題になっている。日本でも省エネの技術で持続可能な社会のために緩速ろ過・生物浄化法が良く見える色眼鏡を架ける人がでてくることを願っている。

11 長野県企業局が安全な飲み水へと動きだした

長野県企業局は上田市に1964(昭和39)年に急速ろ過の浄水場(前出、図2)が完成した。その後、取水地点から1・7キロ上流に下水処理場ができ、クリプト汚染対策で苦労してきた。長野県企業局スマート化推進センター所長の関一規さんはクリプト対策としてアメリカで再認識された緩速ろ過処理に気づいた。長野県には、山間で小さな浄水場が多数あり、市町村が維持管理するには緩速ろ過が最適であると判断した。幸い、上田市には緩速ろ過による染屋浄水場があり私が長い間、緩速ろ過を研究してきたので、私に解説をとの依頼があった。そこで、長野県企業局には緩速ろ過による浄水場はないが、この2月3日午後3時間半の研修会を企画した。しかし、新型コロナのオミクロン株が流行しだし、Web会議方式になった。長野県以外でもこの研修会を視聴したいという希望があり、長野県で使っているWeb会議方式の配信だけでなく

YouTubeでも配信を考えた。その結果、北海道から沖縄までの関心がある多くの人が視聴した(図31・図32)。録画配信は途中で録画を止め、スライドを拡大したり、繰り返し視聴できた。セクター所長の「水道従事者の皆様に伝えたいこと」という意向に適した方法だった。

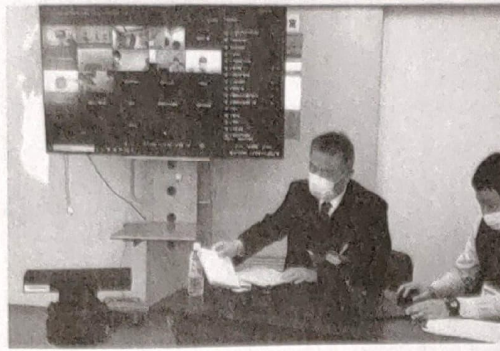


図31 長野県企業局のWebでの勉強会



『伝承!緩速ろ過技術の極意』(Web会議)
令和4年2月3日(木)
13:00~16:30

<https://youtu.be/Gxo4scBpqJ8>

図32 Net配信された研修会

12 自分で確かめ自分で判断する

欧米では塩素添加で発ガン物質が生成することがわかり、より安全な処理法として緩速ろ過処理の再認識が進みだした。世界保健機構(WHO)も1974年に緩速ろ過指針を発行した(前出図3)。その後、アメリカでクリプト原虫による大規模集団下痢事故があり、急速ろ過が主流のアメリカ水道協会は緩速ろ過の研修会を開いた。家畜が多いアメリカでは表流水中はクリプト原虫はどこにでも検出され、許容できるリスクについて解説が多数発表されていた。

アメリカのニューヨーク州イリオンには1891年に建設された浄水場がある(図33)。アメリカで現在も使われている浄水場では2番目に古い施設である。管理者のマイク(Michael McCormack)はニューヨーク州緩速ろ過技術者協会(Slow Sand Operators For New York State)を1982年に発足させていた。

ミルウオーキーでのクリプト大事故後、マイクはニューヨーク州

だけでなく広く情報交換をしようとし、アメリカ緩速ろ過協会(The American Slow Sand Association: ASSA)として1994年に再組織し、年2回の会合と研修会をした。私も毎年、日本から学生などを連れて参加した。このイリオン浄水場には規模が小さいので砂の洗浄機も小さいのがあった(図34)。会員数は約100名になったが、マイクがイリオン市を退職する2004年9月に、ASSA協会は10年間で解散しASSA協会の残余金はアメリカ水道協会に寄付した。

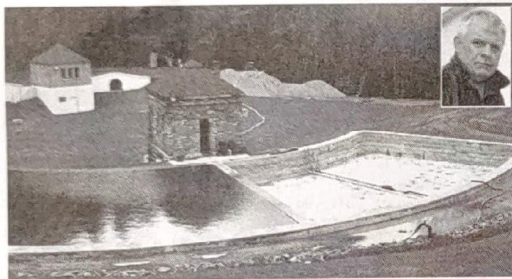


図33 1891年から稼働しているイリオン浄水場とマイク

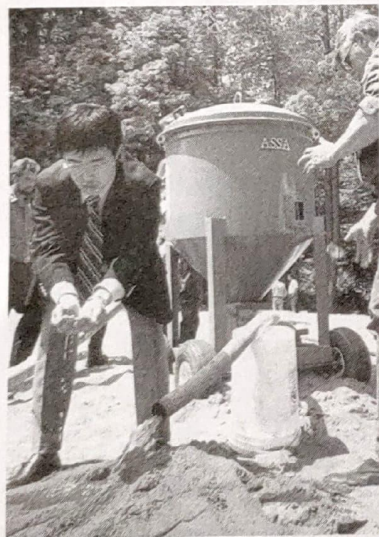


図34 小型洗砂機

アメリカは広大な国で、多くの国からアメリカに移住した価値観の異なる人々で構成されている。私たちはアメリカは発展した大都会の国をイメージするが、大部分は人口が少ない過疎の地域が普通である。そこでは他人に頼らず自分でできることは自分で判断し行動するのが基本だった。また訴訟社会でもある。

薬品処理の急速ろ過は人口が集中している都市に向いている技術として発達した。日本も人口が少なく、農耕地や山地が多い地域では、自然の仕組みの活用の単純な仕組みの緩速ろ過の方が向いていると思っている。