



生物屋の緩速ろ過池研究

その22 アメリカで再評価されだしたが 生物群集の視点が不十分

信州大学名誉教授 中本 信忠

1 アメリカ水道協会が緩速ろ過を再評価

私は緩速ろ過の研究に着手して、日本での緩速ろ過の情報を得ようとして、日本水道協会の個人会員になり、水処理生物学会の会員にもなった。しかし緩速ろ過の情報がほとんどなかった。世界の情報をと考え Water Research という雑誌を購入していたが、緩速ろ過に関する情報はなかった。水道に関する世界の情報を得るにはと考えアメリカ水道協会の個人会員になった。月刊のアメリカ水道協会雑誌の他に *Opflow* という冊子と *Main Stream* というアメリカ水道協会の新聞も送られてきた。

1993 (平成5) 年のアメリカ・ミルウォーキーでの大規模のクリプト原虫による集団下痢事故の翌年、1994 (平成6) 年7月の *Main Stream* に「オレゴン州で緩速ろ過に取り組み」という記事を見つけた (図1)。

「緩速ろ過は長くから使われてきたが、多くの場合、好ましい選択肢になっていなかった。しかし最近の15年間、細菌、ウイルス、原

生動物、特にギアルジア原虫除去に緩速ろ過は有効であることが示されてきた。アメリカ連邦の規制が厳しくなり、地表水を使用する小規模水道システムは無処理でなく、ろ過を勧められてきた。そこで緩速ろ過は操作が簡単で建設費も廉価な浄化法として認識されてきた。大規模施設でも緩速ろ過法が従来の急速ろ過方法に代わる魅力的な代替手段になる可能性がある」との呼びかけ記事があった。オレゴン州セラム市でアメリカ水道協会主催の緩速ろ過に関する研修会があり浄水場見学会もするという。私はコロラド州デンバー

Slow sand filtration addressed in Oregon

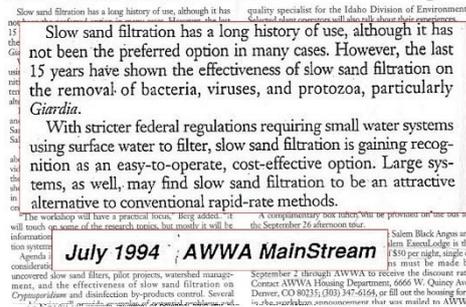


図1 アメリカ水道協会の1994年の緩速ろ過研修会案内

にあるアメリカ水道協会本部の担当へ国際電話をかけて申し込んで参加した。

この研修会へはアメリカ、カナダ以外の参加者は英国テムズ水道からのパウエル (Mike Bauer) と中本だけであった。クリプト原虫による集団下痢事故後のアメリカ水道協会の緩速ろ過への再認識の動きについては、1995 (平成7) 年の日本水道協会雑誌 (64巻5号18-22) で「アメリカ水道業界の緩速ろ過処理に対する再評価」と題して発表した。

この投稿の翌年1996 (平成8) 年6月埼玉県越生町でクリプト原虫による集団下痢事故があり、越生町では急速ろ過処理を止め、膜処理施設を急遽建設した。

日本語社会は世界の情報は日本語に抄訳された情報が主であった。日本社会は世界の情報が直接に入って来ない特殊な日本語社会である。私はアメリカ水道界の雰囲気伝えるために本誌の「連載その6」で「クリプト事故でアメリカでは緩速ろ過を再認識」という題で2022 (令和4) 年3月号に解説をした (図2)。

送られてきたアメリカ水道協会新聞にオレゴンで緩速ろ過研修があるとの記事を見つけ、コロラド州デンバーの本部へ国際電話して申し込んだ。

クリプト原虫による集団下痢事故で、アメリカ水道協会は緩速ろ過へ目を向けた。

オレゴンでの研修会に参加し、もの凄い、熱気を感じた。

ニューヨーク州イリオンのマイクはアメリカ緩速ろ過協会の発足。

水道公論58巻3号43-53,2022

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

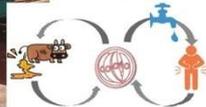


図2 研修会の様子

2 アメリカ緩速ろ過研究会の発足

アメリカのニューヨーク州のほぼ中央イリオン(図3)には1891(明治24)年に建設された浄水場がある。アメリカで現在も使われている浄水場では2番目に古いろ過池である(図4)。また1917(大正6)年に建設された覆い緩速ろ過池も現役だった(図5)。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(昭和57)年に発足させていた。



図3 イリオンの位置

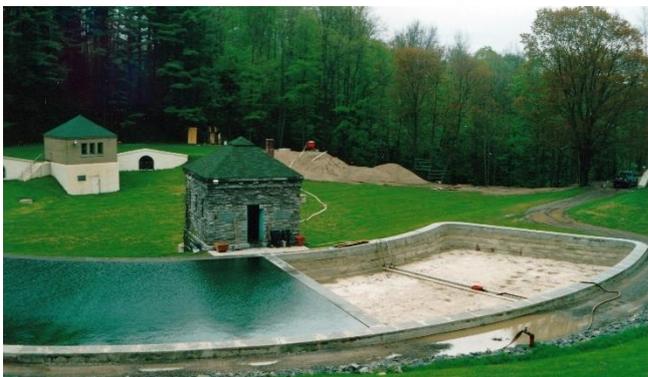


図4 1891年から稼動しているろ過池

1993(平成5)年のミルウォ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オレゴンでの緩速ろ過研修会への参加者に呼びかけアメリカ緩速ろ過協会(The American Slow Sand Association)として1994(平成6)年に再組織した。私はアメリカの緩速ろ過に関する情報を得るために毎年、各地で開かれた研修会へ参加した。研修

会場へ行くために空港からレンタカーを借りて高速道路を時速100キロ位で数百キロも走る必要があった。道路標識を見逃すと大変なので道路地図と標識を見てもう人が必要で学生などを連れて参加した。削り取った汚れた砂を洗う機械も小型で(図6)、貯水池からの水圧がある無処理の原水で洗っていた。アメリカ東海岸のニューハンプシャー大のコーリンス教授とはオレゴン州での緩速ろ過研修会で初めて会い、アメリカ緩



図6 小型洗砂機



図5 覆い緩速ろ過池

速ろ過研修会に行った時は、何度か会いにでかけた。アメリカで緩速ろ過では当時一番古く、1872(明治5)年から稼動しているニューヨーク州にあるポケプシー Poughkeepsie 浄水場を紹介してもらった。その浄水場を1997(平成9)年5月22日に訪問した

ASSA は春と秋の2回、集会があった。アメリカは広いので、空港からレンタカーを借りて集会に参加した。

ろ過した水を貯める浄水池がオープンなのに驚いた。



図7 浄水池に覆いが無い1872年から稼働している浄水場

(図7)。驚いた事にはろ過水を貯める浄水池には覆いがなかった。病原菌などを緩速ろ過で除き最後に塩素殺菌をしているのでホコリや鳥などが飛来しては運んできても、気にしていなかった。またイリオン浄水場についてネットで調べたら1907(明治40)年の写真があった。驚いた事に浄水池がオープンであった(図8)。日本では浄化した後の水は少しでも汚染するといけないと神経を使っているが、アメリカでは余り気にしてい



図8 1907年当時は浄水池は無蓋

いなかった。考えて見ると無菌の料理も無いし、世界では許容できるリスクという考えがあるようだ。

緩速ろ過研究会では1917(大正6)年から使い続けているニューヨーク州にある覆い緩速ろ過のオーバン(Auburn)浄水場も見学した(図9)。毎年の研修会へはアメリカ中から緩速ろ過に興味がある技術者が参加し熱心に説明を聞いていた。

アメリカ緩速ろ過協会はイリオンのマイクが中心で熱心に10年間活動したがマイクがイリオン市を定年退職する2004(平成16)年9月に解散し残余金はアメリカ水道協会へ寄付した。

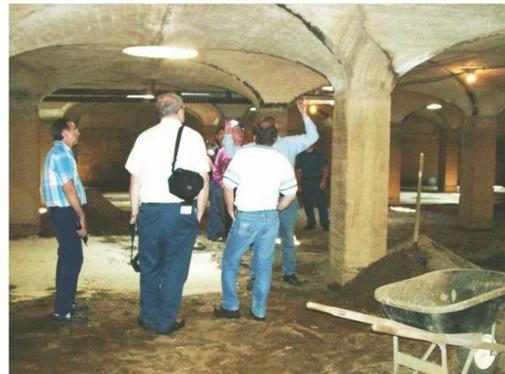


図9 1917年から現役の覆いろ過池

3 ろ過池水面の凍結防止で覆い緩速ろ過を勧める

緩速ろ過は産業革命時代、都市に人口が密集し汚れた河川水をゆつくりと砂層を上から下へ流し清澄な水をつくり、病原菌が除けていたので世界中に広まった。

緩速ろ過処理は日本にも明治時代に英国人の指導で導入された。その結果、戦前は緩速ろ過が主流であった。戦後はアメリカ方式の急速ろ過は塩素殺菌をするので安全な水と宣伝された。また人々はアメリカの最新技術は良いと思っ

研修会では、各地の浄水場を見学した。

私が上田市の緩速ろ過池で、繁殖する糸状の藻の役割を調べた1984(昭和59)年当時は急速ろ過の導入が盛んであった。当時は緩速ろ過の解説で参考になる資料はほとんど無く、戦前の日本の水道に関する本を探して読んだ。緩速ろ過に関して参考になったのは戦前に欧米で出版された本であった。

私は明治時代に日本の水道を指導したバートンの本『都市の水道』(図10)、太平洋戦争で日本の都市が焼け、公衆衛生のためにアメリカのロックフェラー財団が寄贈してくれたベーカーの本『純水の探求』(図11)、100年前のヘーゼンの本『公共水道としてのろ過』(図12)を他の大学などから苦労して借りて全ページのコピーをとつ

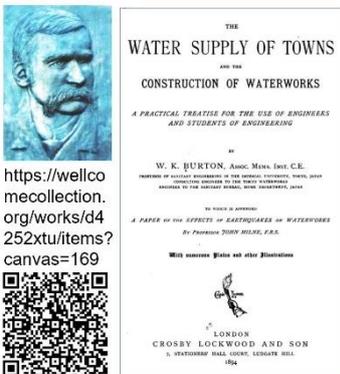


図10 バートンの都市の水道

<https://wellcomecollection.org/works/d4252xtu/items?canvas=169>



緩速ろ過は古い技術なので、昔の緩速ろ過の本を探して、コピーをした。現在は、ネットで無償で簡単にコピーをダウンロードできる。

関東大震災で東大の図書館が消失したのをアメリカ政府は知り、東大に、Allen Hazenの本を寄贈してくれた。私は借りてコピーをしたが、現在はネットでダウンロードできる。

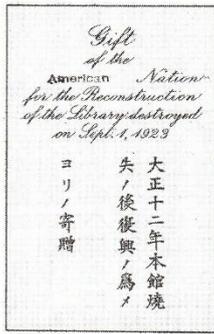


図13 関東大震災後アメリカ政府からの寄贈

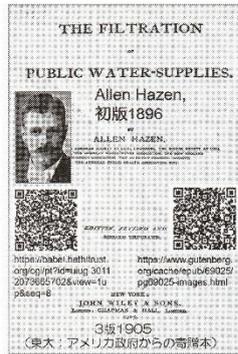


図12 ヘーゼンの公共水道

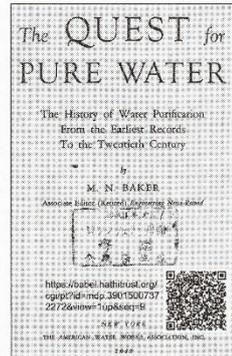


図11 ベーカーの純水の探求

て読んだ。ヘーゼンの本は関東大震災で東大の図書館が消失し、アメリカ政府が寄贈してくれたものであった(図13)。これらの本は現

在、ネットで公開され誰でも簡単にダウンロードして読むことができ、便利になった。これらの本には図面や写真が多くあり、緩速ろ過施設を設計、建設するのに現在でも役立つ。

100年前のヘーゼンの本にはロンドンの浄水場のろ過池の表面が厳寒期に凍結し、それを除くのが大変との記述と写真があった(図14)。ろ過池水面が凍結する場合、ろ過池の壁が傷まないようにろ過池の壁が斜めの写真がある(図15・16)。日本各地の水道を指導したバートンの本のろ過池の壁は英国のろ過池を参考にしており斜め壁の図面が多い。バートンが指導して建設された戦前の日本の浄水場のろ過池の壁は斜めである。WHOから1974(昭和49)年に出版されたが緩速ろ過指針には斜め壁で下層は粘土層で、斜め壁の上は石積みみの図があった(図17)。上田市にある1923(大正12)年にできたろ過池はバートンの助言で完成したものでバートンの教科書の図面の通りであった。私は「斜め壁のろ過池だと水面近くの浅い斜めの壁で藻が繁殖しや

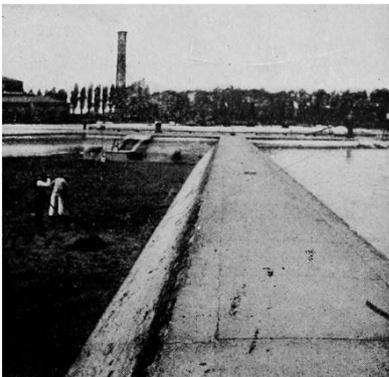
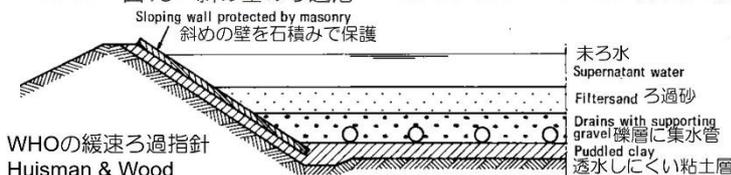


図15 斜め壁のろ過池



図14 氷の除去は大変

すくろ過池の砂層表面の生物群集の発達も良い」と気づいた。ヘーゼンの本には厳寒期の1月



WHOの緩速ろ過指針
Huisman & Wood
1974 60ページ、図12.



1923(大正12)年に上田市に完成した緩速ろ過池は斜め壁、WHO指針と同じで粘土の上に石積。

図17 WHOの本にも斜め壁

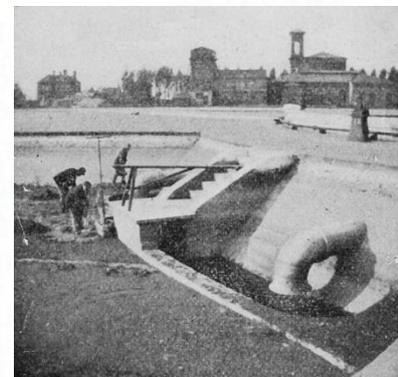


図16 斜め壁には階段

緩速ろ過池の側壁は、斜め壁が普通だった。水を抜いて削り取り作業があるので、内側に力が入る。そこで、斜めの方が壁に良いと考えていた。

1月の平均気温がゼロ度以下なら、覆いろ過池を勧めていた。

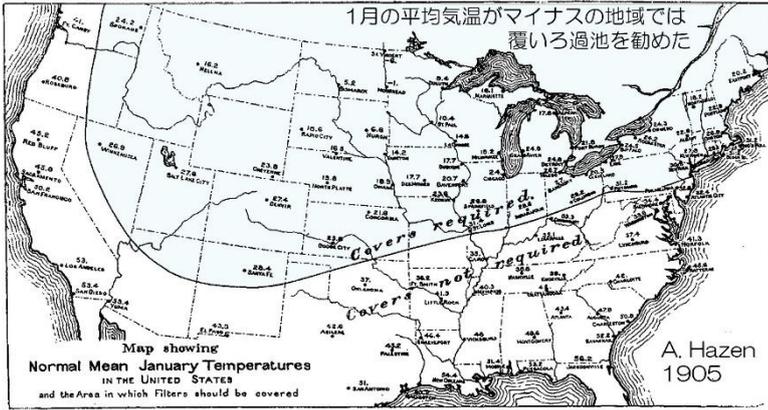


図18 1月の平均気温が零度以下は覆いを勧めた

の平均気温が零度以下の場合ほろ過池を覆うのを勧め(図18)、覆いろ過池の写真(図19)や図面もある。北海道の小樽市には覆いろ過池がある(図20)。ヘーゼンの教科書を参考にしたと思われる1927(昭和2)年から稼働している。日本には寒さが厳しい地方には何カ所か覆いろ過池がある。

日本にも寒い地域には覆いろ過池がある。

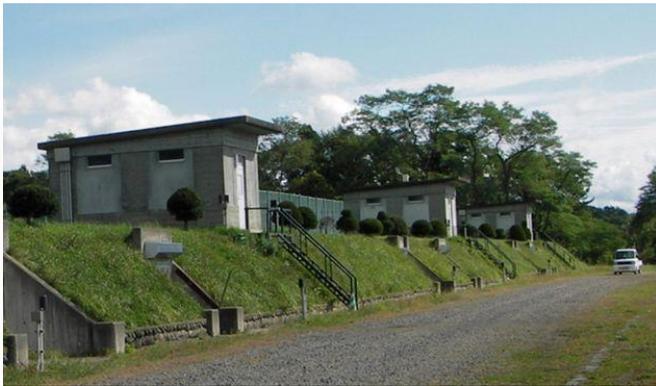


図20 小樽市の覆いろ過池



図19 覆いろ過池

アメリカの下水処理は散水ろ床が普通みたい。

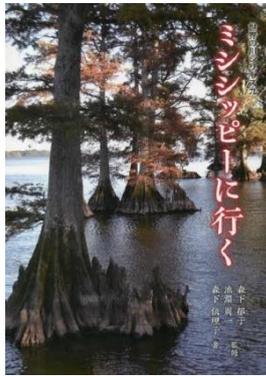


図22 アメリカで下水処理では散水ろ床と記述

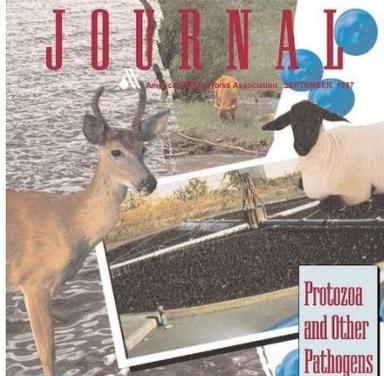


図21 下水処理の散水ろ床の写真

4 欧米では省エネの持続可能なシステムは普通
アメリカ水道協会雑誌1997(平成9)年9月号は水道水由来の原生動物による下痢事故特集だった。その表紙を見て驚いた(図21)。下水処理施設の写りが散水ろ床であった。
アメリカのワシントン大学動物学卒業の森下依理子さんの『ミシ

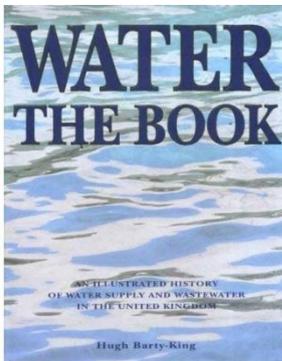


図23 英国の上下水

シッピに行く(図22、森下郁子監修、世界の川シリーズ9、游タイム出版、2020年)の「都市河川の汚濁と下水道の発展」の記述では下水処理についてはろ過処理(散水ろ床)と書かれてあった。
英国の湖沼研究所のパンフレットには「湖が栄養化して湖で植物プランクトンが繁殖する原因は下水処理水の影響」とあり、下水処理施設の写りが散水ろ床であったのを思い出した。また1992(平成4)年に英国で出版されたバーティキングのWater The Book(図23、写真が豊富で英国上下水道の歴史について参考になる本。日本語訳は齋藤博康訳『英国上下水道物語(図24)』日本水道新聞社、1996(平成7)年)には下水処理の写真に散水ろ床があった(図25)。

英国でも、下水処理は、散水ろ床が普通みたい。

散水ろ床は、省エネの下水処理。
礫表面で微生物、微小生物が活躍して有機物を分解する。

英国での散水ろ床についてロンドン大インペリアルカレッジのグラハム教授に「尋ねたところ「英国ではかなりの割合」とのことであった。また英国グラスゴー大学の衛生工学講師のドレア(Dr. Caetano Dorea、現在はカナダのビクトリア大学教授)にも英国での散水ろ床について尋ねると「地方では普通は散水ろ床」とのことだった。

高崎市に散水ろ床の下水処理場



図25 散水ろ床



図24 英国上下水道物語



図26 高崎市にあった散水ろ床

があるのを知り(図26)、学生を連れて何回か見学したことがあったが廃止されてしまったのが残念である。日本は最新システムが良いと宣伝され莫大なエネルギーを使うシステムの導入が盛んである。欧米では自然界の生物群集の活躍による省エネで維持管理が容易なシステムを導入しているのに気づくことがある。欧米では家畜が身近にいるのが普通で、大都会のロンドンでもエリザベス女王の葬儀、チャリー国王の戴冠式などで騎馬隊の行列が現在でも見られる。家畜の糞が身近にあるのが普通で、そんなに毛嫌いをしていない。また野性動物の活躍にも関心が深い。

江戸時代のリサイクル社会が究極の省エネなので関心が向けられてきた。人間は自然界の中で自然と免疫力をつけてきた。しかし最近の日本では清潔志向が強く、無菌、無臭と盛んに宣伝されて虫嫌いの人が増えてきてしまった。

5 厳寒期でも砂層で生物は活躍

ヘーゼンの本には厳寒期の1月の平均気温が零度以下の場合には覆い緩速ろ過を勧めていた(図18、前出)。覆い緩速ろ過池の場合には太陽光が当たらないので藻が繁殖しない。しかし砂層表面近くの砂粒子の表面には細菌などが流入して

るわずかな有機物を取り込んで繁殖し、その細菌を捕食する微小動物が発達する。これらの生物は顕微鏡でしか見ることができない。覆いろ過池では微小動物群集の繁殖が悪く削り取り時に水を抜いても砂面上は生物群集が活躍しているように思われなかった。そのため緩速ろ過という名前もあり、生物群集による浄化とは認識されにくい。

1992(平成4)年に長野県



図27 覆い緩速ろ過池

の飯縄高原の825㍎の位置にある飯縄浄水場の覆い緩速ろ過池の砂層上の生物を調べさせてもらったことがある(図27)。私は緩速ろ過池では生物群集が多い方が良いと思っていたので、当時、「できたら覆いに窓をつけて日射が少しでも入った方が良い」と助言した。何年後に再度見学したところ、屋根から日射が入るように改良をしてくれた(図28)。浄水場職員から「生物群集の発達が良くなり目詰まりしにくくなった」と教えてくれた。

2019(令和元年)11月日本水道協会の水道研究発表会で、函館

覆いろ過池は、生物群集の発達が悪い。

日光が入ると、生物群集が活躍しやすい。



図28 日射が入るようにした覆いる過池

市企業局の升田祐子さんが「赤川低区浄水場の更新—緩速ろ過を中心として水運用を目指して」と題した発表をしていた(図29)。この赤川低区浄水場は水源の笹流ダム(貯水池)が完成した1924(大正13)年に竣工した。

升田さんは「ろ過池の覆いを無蓋化した効果でろ過池の砂面の削り取り回数が激減した」とあり「ろ過池の水位を低くし砂層表面に日光を当て生物層(藻類)を増やすことで浄水量の増加を図る」、「良好な処理ができていゝろ過池の砂を種砂としてろ過池に使用する」などと発表していた。緩速ろ過は

水道研究発表会 令和元(2019)年11月 4-35
赤川低区浄水場の更新—緩速ろ過を中心とした水運用を目指して—
升田祐子(函館市企業局)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwwaproc/2019/0/2019_340/_pdf/-char/ja

8池の覆い緩速ろ過池の半分4池をオープンにした

図29 函館市の浄水場

生物群集による浄化との考えが伝わっていた。

上田市でも、ろ過池の水面が凍結するような厳寒期でも水深が約5mと浅くした風呂桶モデルの砂面で糸状珪藻が盛んに繁殖した(図30)。生物が少しでも嫌がることをしないで、水深を浅くし藻が繁殖しやすいし生物活性を高めて生物群集を多くする方が良さそうである。

6 厳寒期でも生物群集が活躍できればろ過継続が長くできる

長野県須坂市西原浄水場(図31)

水深を浅くし、日光が当たる方が生物群集が活躍しやすいようだ。



図30 水深が浅いと厳寒期でも藻が繁殖

は海拔660mにあり、冬期は積雪量が多い。山の麓から湧き出す湧水がある所に有孔管を埋設して取水した濁りが無い水が水道原水である。緩速ろ過池は濁りが無い原水なので目詰まりしない。建設して4年間、砂層表面を一度も削り取りしないでも大丈夫であった。維持管理はほとんど何もする必要はなかった。

長野県の松本盆地、松本空港西にある山形村の唐沢浄水場は北アルプスの裾野で海拔900m以上の谷合にあり(図32)、1977(昭和52)年に完成(46年前)した。沢水を取水して沈殿池兼貯水池を経由し緩速ろ過をしている(図33)。2023(令和5)年4月末



図32 維持管理が楽な唐沢浄水場

に見に行ったところ、ろ過池には糸状緑藻が繁茂していた。村役場の水道担当の説明だと1年中、藻



図31 維持管理が楽な西原浄水場

薬品を使わないで濁りを沈殿池で除くようにすると良い。

濁りが少ないなら、ろ過池は目詰まりしにくい。



沈殿池・貯水池
緩速ろ過池

海拔915m

図33 沈殿池とろ過池

が繁茂し、常に糸状の緑藻が優占しているとのことで、厳寒期も同様とのことだった。また、削り取りは1年に2回程度という。原水は山間の溪流を堰き止めて取水し、濁っても比較的大きな沈殿池があるので濁りは容易に沈みろ過池への濁り負荷は少ない様であった。また生物群集が嫌がる凝集剤などは使用してないのでろ過池で活躍する生物群集に対して悪い影響はなさそうだった。厳寒期がある地域でも砂層上部の生物群集は生物が嫌がること無ければ活躍できていた。緩速ろ過池のろ過抵抗は厳寒期は水の粘性で大きくなる。どうも

日本は名水が多い。
おいしい湧水が豊富。



図34 天然の湧水を汲みに来る

7 日本の指針の解説は 不十分

厳寒期でも予め葉を使わない濁り対策をし、ろ過池を覆わずにろ過池の水深を浅くし、生物が繁殖しやすくした方が良さそうである。日本は山国で、北海道や長野県のように寒い地域もあり、各地の緩速ろ過の状況の情報交換をしながら、より良い維持管理方法や沈殿処理法、ろ過池構造の改良への知恵と技術が生まれそうである。

山の裾野から常に湧き出す湧水は清澄でおいしい水である(図34)。緩速ろ過は河原で常に湧き出

す清澄なおいしい湧水を真似て人工的につくる方法で省エネである。水道局の人は塩素殺菌した水は安全な飲み水というが人々は塩素殺菌した水道水を嫌って天然の湧水を汲みに行く。長野県でも無処理のおいしい水道水があるのに、小学生は水筒を持って学校に行く。欧米の古い緩速ろ過の解説本

(図10、12、前出)には緩速ろ過の構造や維持管理には自然界の現象の賢い応用が書かれてある。しかし現在の日本の指針では緩速ろ過の記述はほとんどない(図35)。ヘーゼンの本(図12、前出)には、省エネの賢い仕組みの記述が多い。ろ過池の水位を保つためフロートで調節する仕組みの図がある(図36、37)。

日本指針は緩速ろ過の
記述はほとんど無い。



図35 日本の指針の緩速ろ過の記述

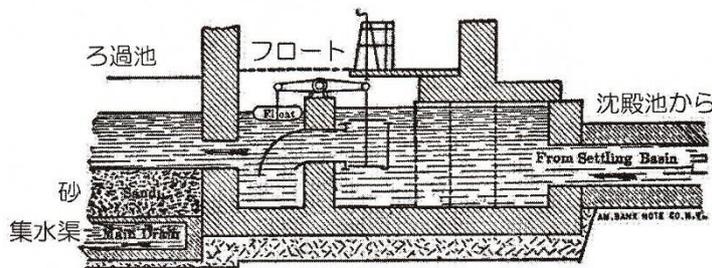


図37 浮き子利用で水位自動調節

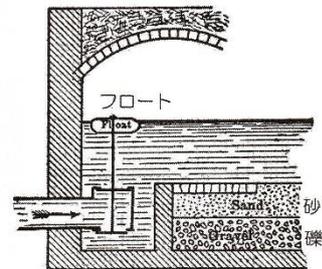


図36 自動的に水位調節する仕組み

緩速ろ過の賢い水制御法

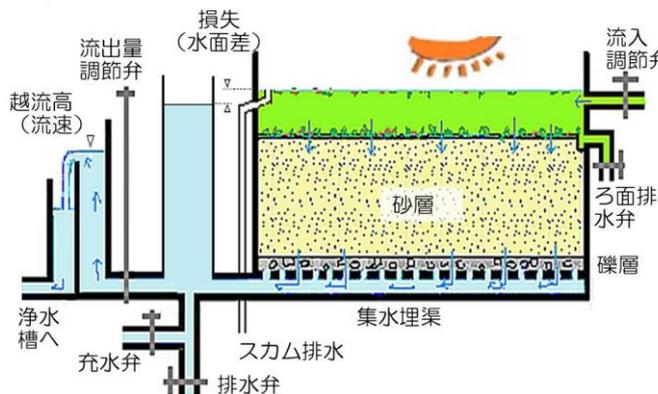


図39 ろ過池の仕組み



図38 染屋浄水場の水位差と流量測定

上田市の染屋浄水場では動力を使わずにろ過池の損失(水面差)

8 緩速ろ過でなく生物群集による浄化の視点が重要
病原菌を除くことができる緩速ろ過は200年前に英国で名前がつけられた。細かな砂の砂層を上

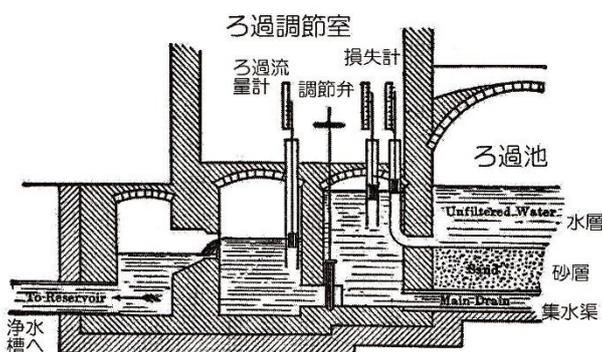


図40 ろ過池の損失測定と流出調節の仕組み

ろ過流量をフロートで測定している(図38・39)。その仕組みの解説図がヘーゼンの本にあった(図40)。水位測定や流量調節バルブも手動のハンドルで行い水位差を利用し外部の電力は必要ない。

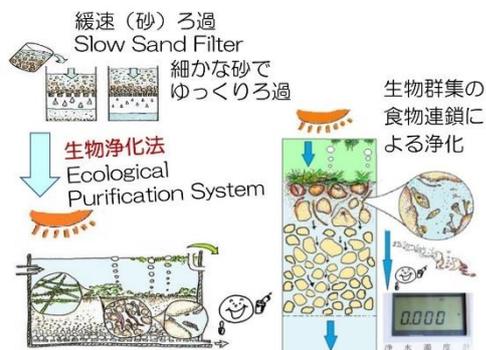


図41 緩速ろ過でなく生物浄化

日光が当たる緩速ろ過池の砂層表面では水中ではフワフワの藻類被膜が発達する(図42)。砂層表面を砂層と一緒に掬い取り水中から持ち上げると藻類被膜はべったりとする。また削り取り時に水を抜くと砂面上で発達した藻類被膜はべったりとした膜に見える(図43)。

から下へ流すと水の汚れが除けた。浄化の仕組みは機械的な篩いる過と思われて、名づけられた。しかし汚れや病原菌が除ける仕組みは砂層上部で活躍する微小生物の食物連鎖だった(図41)。生物が反応する溶けている物質も、生物が吸収し分解をした。



図43 砂面は水を抜くとベタリする



図42 水中の砂面はフワフワ

従来の解説書では、砂層状に薄い粘質状 Slimy Gelatinous の膜 (Schmutzdecke) が発達すると浄化機能が發揮すると記述されている。この説明は水中での状態を表していないため正しくない。またろ過継続が長い場合は糸状珪藻から糸状

緩速ろ過は生物群集による浄化。

砂面上の生物群集は、フワフワ。水を抜くと、水中とは違って見える。水を抜くから、砂が汚れる。

水温が高い期間は、砂面上の糸状の藻は糸状緑藻が目立つようになる。



図44 ろ過継続が長いとベタベタしない

緑藻に遷移したり(図44)、覆い緩速ろ過池の場合は藻類被膜ができない。河川の濁りと浄化処理による濁度を図にした(図45)。生物群集が活躍するならスーパークリーンの水になる。

私は顕微鏡で見ないと分からない微小生物から微小動物までの食物連鎖が浄化の鍵と気づいた。緩速ろ過という名前で誤解されてきたと確信し、2002(平成14)年5月に『生でおいしい水道水』という解説本を、2005(平成17)年8月に「おいしい水のつくり方」という技術解説本を築地書館から出版した(図46)。これらの本は絶版になり、技術解説本を大幅に改定増補して2021(令和

3)年2月に『おいしい水のつくり方-2』を信州大学繊維学部同窓会の千曲会から出版してもらった(図47)。

新しい視点で緩速ろ過を生物浄化法と認識するなら設計基準、維持管理方法が変わってくる。

緩速ろ過は古い技術で完成された技術と思われ、研究者は新しい発見は生まれな思ってきた。しかし、生物浄化法という新しい視点で最適な緩速ろ過池の構造維持管理を考えると新しい発想が生まれる。生物群集にやさしくするにはという視点で、水深、砂の粒径、ろ過速度なども検討の余地がある。また濁り対策での新しい上向流粗ろ過技術も、まだいろいろ検討の余地がある。

現在、省エネで持続可能な技術が望まれている。緩速ろ過を生物浄化法の視点で見直したのは日本発の発想である。私の技術解説本『おいしい水のつくり方-2』と水道公論で連載している解説を参考にしてほしい。

3)年2月に『おいしい水のつくり方-2』を信州大学繊維学部同窓会の千曲会から出版してもらった(図47)。

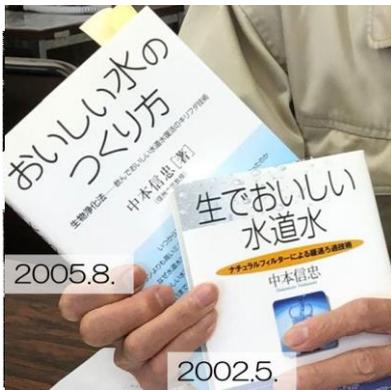


図46 緩速ろ過の見直し本

緩速ろ過の解説本は、この本しかない。

唯一の技術解説本



2021年2月
カラー約160ページ、
カラー写真豊富
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47 唯一の技術解説本



図45 濁りと浄化法