

緩速ろ過の誤解と再認識

中 本 信 忠

信州大学繊維学部応用生物科学科

386-8567 上田市常田 3-15-1 fax:0268-21-5388

Misunderstanding of slow sand filtration in Japan and the biological mechanism of its system

Nobutada Nakamoto

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Ueda, 386-8567

E-mail:nnakamt@giptc.shinshu-u.ac.jp SSF home page:<http://water.shinshu-u.ac.jp/ssf.htm>

Abstract

We had a custom of drinking raw water. Recently, problems like odor problem, trihalomethane production, parasites etc. have been appeared in tap water. These problems have been reported in the area where is supplied by the modern system of rapid sand filtration. After the trihalomethane problem in USA, in 1974, safe treatment system has been sought. The refocusing on the timeless technology of slow sand filter has been started.

Slow sand filtration system for drinking water was completed in 1829 in London. This system was a safe treatment for pathogenic bacteria and parasite. However this system has a weak point against turbid water. In 1882, rapid sand filtration using coagulant was developed in USA. And the filtrate was disinfected by chlorine gas in 1910. People loved this new technology to make a safe drinking water to pathogenic bacteria. This chlorine treatment had been popular and it was trusted to every people.

After the famous consumer report on trihalomethane in tap water and cancer in United States of America in 1974, a safe treatment for drinking water has been searched. In 1980' s the slow sand filtration was refocused and massive people attacked with diarrhea was reported. It was caused by the contaminated tap water of the pathogenic protozoa of *Cryptosporidium* and *Giardia*. The oocyst of the pathogenic protozoa was tolerant to chlorine treatment. The old technology of slow sand filtration as a safe treatment was rediscovered.

Odor problem of tap water occurred in Ueda city, Japan in 1970' s. Ueda city (120 thousands inhabitants) was supplied by the treatment of slow sand filtration. However, at that time, the raw water was pretreated by chlorine as an algaecide. The algal bloom in the filter pond was disliked. After the trihalomethane problem, the pretreatment of chlorine was stopped. Odor problem was disappeared and the filter clogging became better. However, a bloom of filamentous algae in a filter pond has been observed and the filter became a continuous culture system of filamentous algae. Filamentous algae act as an oxygen supplier, an eliminator of suspended matter and a nutrient absorber. The filtrate was clean water like as underground water. The water contains low nutrient similar to the upper mountainous stream.

Slow sand filtration system was recognized as a biological treatment system. It must be under suitable condition for all organisms. The application of coagulant for the turbid water was misunderstood and the pre-chlorination to the intake water was also a misunderstand treatment. Sudden change of water quality and toxic chemicals into the raw water were unsuitable treatment for this biological system. At the present time, the timeless technology of slow sand filtration for modern application has been refocused to distribute the safe, reliable and delicious drinking water.

Key words : slow sand filtration, rapid sand filtration, biological filtration, drinking water, 緩速ろ過、急速ろ過、水道水

1. ガソリンより高い水道水

砂漠の石油生産国では、水道水の値段は石油の値段より高いという話を耳にしていた。日本の河川には常に清澄な水が流れ、井戸水が豊富な国であり、高いお金を出して水を買うなんておかしいと思っていた。でも最近のスーパーでは、ペットボトル詰めの飲料水が大量に売られている。

500ml 入りのペットボトルが売られるようになってから、抵抗感もなくあまりなく、平気で買って飲む人が増えてきた。500ml で 100 円、1 リットルで 200 円である。ガソリンは 1 リットルで 100 円以下である。何でこんなに高い水を買う習慣ができてしまったのか。

日本は生水を飲む習慣があったはず。安全な水がどこにでもあった。1999 年 4 月、私の研究室にブラジルから研究者が 1 ヶ月間滞在した。学生がペットボトルの飲料水を飲んでいるのを見て驚いていた。「日本では水道水は飲めないのか？」と質問されてしまった。「日本の水道水は、殺菌消毒され、安全で、どの水道の蛇口の水でも飲める」と返事をした。「でも、何故、学生は、ペットボトルの水を買うのか不思議である。安全な水道水があるのにペットボトルの水を買うなんて、ファッションか、お金があまっているとしか思えない。」と言われてしまった。でも学生は、塩素臭い水道水を信用していない。安心できない。これは人間の本能で危険と判断したからペットボトルの水を買うのである。でも日本は本来、生水が飲める自然豊かな環境なはずだ。

2. クリプトストレス

オーストラリア・シドニーの人口は 370 万人である。この水道水に下痢を起こさせる原生動物の休眠シストが市の水道に混入していることが明らかになり、1998 年 7 月から市当局は「水道水を煮沸して使用しないさい」という事になった。この浄水場は 1993 年に完成した急速ろ過処理による最新の浄水場で、世界一の規模の浄水場である。日本の水道界でもクリプトストレスである。

3. 山の清水は清澄でおいしい

登山で岩陰から湧き出ている水をおいしく飲んだことがある。この生水を飲んでもお腹を壊した記憶がない。子供の頃は井戸水もそのまま平気で飲んでいて、水道の蛇口から直接に美味しく生水を飲んでいて、日本では生水を飲む習慣があった。蛇口から水を飲んで問題がなかった。

近年は塩素臭い水道水、カビ臭い水道水が多くなった。いつのまにか水道水に臭いがつき、安全性にも不安が生じ、都会では生水を飲まなくなった。最近の日本の都会では蛇口からの水を直接に飲まないという習慣ができてしまった。水道水中に発癌物質トリハロメタン生成、水道水由来の原虫による集団下痢の発生、水道水は本当に安全だろうかと不安になる。

しかし、これらの問題はほとんどが急速ろ過処理による水道水での問題である。米国での 1974 年のトリハロメタン騒ぎ以来、安全な浄水処理はないかと模索した結果、古い技術の緩速ろ過処理が再認識された。

しかし、この情報は日本ではほとんど知られていない。日本では、業界側の都合に悪い情報は意図的にカットされ、業界に都合が良い情報のみが流されている。その情報で皆が判断している。

4. 上田市で臭い水騒ぎは誤解処理であった

長野県上田市は生物処理の緩速ろ過処理で給水されているが、東京オリンピックの昭和 39(1964)年頃から上田市の水道水は臭くなり問題になった。しかし、いつのまにか水道水の臭いは問題にならなくなった。生物処理の緩速ろ過処理では異臭味物質は分解され異臭味問題がないはずなのに、異臭味問題が生じた。この原因は誤解処理によるものであった。

上田市は日本で最初の緩速ろ過処理による横浜の浄水場を真似て大正 12(1923)年に建設された。原水は千曲川の右岸の河川敷に集水埋渠を敷設し伏流水を取水しポンプで揚水し緩速ろ過処理で浄化して給水していた。昭和 9(1934)年には水源拡張のため、千曲川を横断し左岸の河川敷にも集水埋渠を敷設した。千曲川の河床が徐々に低下し、集水埋渠に被害が生じ取水している原水が混濁する事故が生ずることがあった。また第二次世界大戦の最中の昭和 18 年、工場を多く誘致するために水源拡充の必要性があった。そこで、昭和 19 年に千曲川の表流水を農業用に取水している枅網用水をも取水するようにした。表流水を粗ろ過をして伏流水と一緒にして揚水して浄水場に送った。

上田市も昭和 22 年駐留軍の指揮下で塩素消毒が始まった。更に水源拡張のため昭和 25(1950)年に千曲川の支流(神川)の表流水も取水するようにした。緩速ろ過処理は高濁度の原水が苦手であるので、降雨による濁水対策として凝集剤を添加する装置を敷設した。また、緩速ろ過池では藻が大量に繁殖するので、殺藻目的で塩素や硫酸銅を原水に添加した。水道界の常識

では藻は浄水処理にとって悪者で、藻の流入および繁殖を抑えるのが主流であった。これは現在でも同じである。

昭和 39(1964)年上流に菅平ダム湖が完成すると、水道水に異臭味問題発生した。その後、昭和 49(1974)年米国で塩素添加により発ガン物質トリハロメタン生成が問題になった。昭和 55(1980)年頃から水道水の異臭味問題がいつのまにかなくなった。ろ過池で藻が大量に発生したが、異臭味はなくなった。この異臭味問題解消は前塩素添加処理を中止したことであるのが後にわかった。過去の資料を解析したところ、原水に添加した殺藻目的の薬品処理によりろ過池での微生物、微小動物の活動が阻害されていたと確信した。異臭味問題発生の原因は、着水井に殺藻剤を添加していたために、生物処理で分解できるはずの異臭味物質をろ過池にいた微生物が分解できず、ろ過池を通過していたのに気づいた。降雨時などの高濁時に添加する凝集薬剤により自然界にないような急激な水質変化が生ずることがわかった。この急激な水質変化がろ過池の生物群集の活動に悪い影響があることがわかった。

5. 日本の水道水

現在、水道の給水量の 75%は、巨大な水道水製造工場のような浄水場で造られている。濁りや溶けている物質を凝集薬品で沈澱させ、最後に粗い砂でろ過をしている。このろ過速度が一日に 120~150 メートルと早い速度であるので急速ろ過処理といわれている(図 1)。細菌や小さな微生物、臭い物質などは完全には除けない。最後に塩素で殺菌し細菌学的に安全な水にしている。

給水量の 5%は自然の生物による浄化力を上手に利用した英国生まれの緩速ろ過処理である。その構造は水泳プールのような池の底に敷き詰めた砂層を通過させて水を集めるだけである(図 2)。砂層の表面と砂層上部には微生物や微小生物、藻類などが活躍して生物

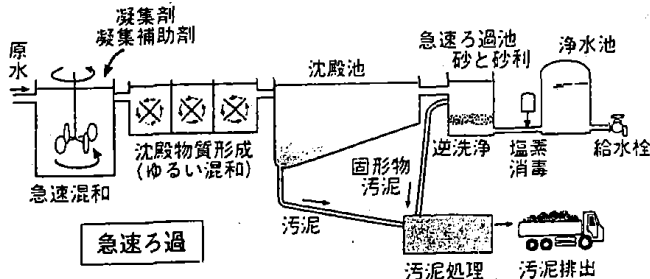


図1 急速ろ過処理の模式図。確かに急速ろ過池の面積は小さいが、付帯施設が多く必要で、その面積が大きい。また排出される汚泥が毎日大量にでる。

の力で水を浄化する。即席に人工的に河床の清澄な伏流水を造る。ろ過池で微小生物が活躍できるように一日に約5メートル(1時間に約20センチメートル)のゆっくりとした速度で砂ろ過をする。戦前の日本ではこの処理が主流であった。

残り 20%は地下水などを塩素で単に消毒して給水している。一番上等な水道水は、自然に浄化された地下水である。2 番目は緩速砂ろ過処理である。

日本経済が発展し高度成長時代から急激に急速ろ過処理に変更してきた。その頃から河川や湖沼の水質汚染がひどくなり、臭い水道水も供給されだした。急速ろ過処理では凝集薬剤などと反応しない異臭味物質が通過してしまった。

6. 緩速砂ろ過処理の完成

約 200 年前、繊維産業が盛んになった産業革命時代の英国では、良質の水を大量にほしかった。スコットランド、グラスゴー郊外のペーズリーでジョン・ギブが自分の繊維漂白工場のために、水質浄化方法を工夫したのが 1804 年のことだった。河川表流水を礫で粗ろ過をし、最後にゆっくりとした速度で砂ろ過をして良質の水を造ることを工夫した。自分の工場での必要量以上にできたので、ペーズリー市全域にこの水を樽に詰め荷馬車に載せて売り歩いた。これが公共水道の始まりである。清澄な水道水を容易に大量に造れたので評判になった。

当時のロンドンのテムズ川は下水で汚染され、水質汚濁がひどかった(図 3)。1824 年、バッキンガム宮殿やウェストミンスター寺院がある地区に水を給水するチェルシー水道会社に 24 歳のジェームズ・シンプソンが就職した(図 4)。この若者は、会社に内緒で水質浄化のためのろ過実験をしたが、すぐに会社に認めら

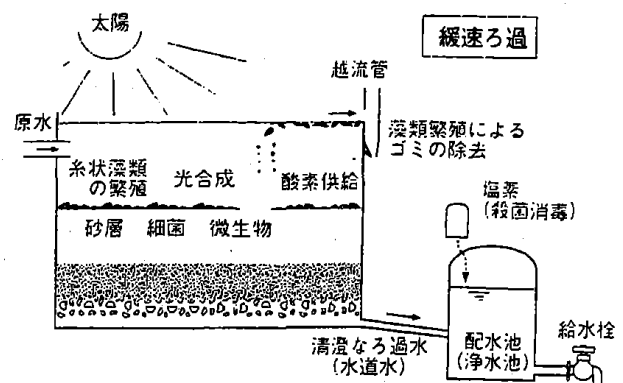


図2 緩速ろ過処理の模式図。自然の仕組みを利用し、河床の伏流水を人工的に造ろうとするろ過池以外の面積はほとんど必要ない。



図3 . ロンドンの浄水場の原水は下水で汚染されたテムズ河の水（1832年の風刺絵）であり、この水でも清澄で細菌学的に安全な水道水が緩速ろ過処理で造れていた。生物処理は微生物、微小生物の繁殖のための餌、有機物などが多くても問題がない。

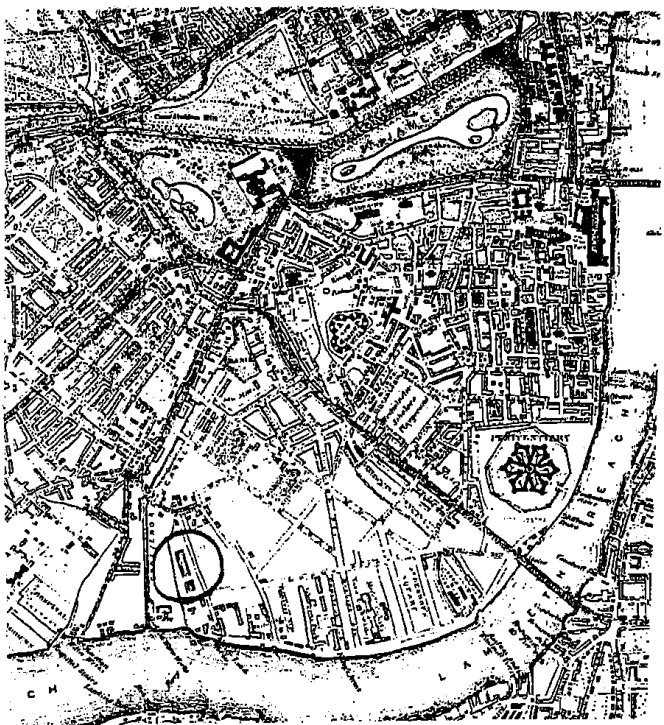


図4 . 1846年発行のロンドン古地図には切尔西病院が、その際にはグランド・ジャンクション水道会社、その下流にはグロスベノル水路に送水する切尔西水道会社があり、その右上に、正方形の池と長方形の池が記載されてある。水色に塗ってあり、多分、正方形の池は沈澱池、長方形の池は緩速ろ過池である。1856年まで使われた。1869年の地図には、この場所には鉄道が建設され、鉄道の下になった。1894年の地図には下水用のポンプ場が建設され、このポンプ場は現在も活躍している。この水道会社はバッキンガム宮殿、ウェストミンスター寺院、国会議事堂など英国では一番重要な場所に給水していた。

れ大がかりな実験を開始した。1827年、28歳のとき、最良の浄水プラントを探して英国中を「最良の処理を探して2,000マイルの旅 (2,000 Mile Inspection Trip of the Quest for Pure Water)」をした。30歳のとき1829年1月14日に現在の形式とほとんど変わらない緩速ろ過処理が完成した。細かな砂層をゆっくりとろ過する方法なので緩速ろ過処理 (Slow Sand Filtration) と云われた。シンプソンは、単に清澄な水が得られる方法で、生物処理による浄化が主であるとは思っていなかった。この水は清澄で良質なので評判になった。

7. 緩速ろ過処理の細菌学的安全性の証明

1800年代後半、チフスやコレラが世界的に流行し、細菌学、病理学が発達した。緩速ろ過処理で清澄な水道水を給水しているロンドンの地域ではこれらの患者の発生が少なかった。下水などで汚染された原水でも緩速ろ過処理で水系伝染病細菌が除去されていたことが判かり、世界各地に普及していった。

1892 (明治25) 年ドイツでエルベ河の下流のハンブルグではコレラで8,605名もの死者がでたが、同じ河川水を取水し緩速ろ過をしていた隣町のアルトナではほとんど死者がでなかった (図5)。このことから、緩速ろ過では水系伝染病細菌もほぼ完全に除去できていたのを確信し、この処理は絶対的信頼を得て世界中に普及していった。

この緩速ろ過処理は、河床で湧き出る伏流水を人工的に造るように工夫した砂ろ過装置である。砂層の上部と砂層内部では微生物、微小動物が繁殖し、1~2ミクロンの病原細菌まで食べてしまったのであった。単に細かな砂で物理的にろ過するのではなく、砂層内で微小生物、微生物が活躍して水質を浄化し、濁り物質も補足してしまう。ゆっくりの速度はこれらの生物が安心して活躍できる速度であった。生物処理であることが初めてわかった。だから塩素で殺菌をしなくても安全で非常に清澄な水道水が緩速ろ過処理で造られていた。

8. 急速ろ過処理の開発と塩素消毒

1832年米国バージニアで採用したが、原水の濁りで目詰まりして失敗した。米国の河川は微生物や微小動物が活躍するための栄養が少なかった。1885年にニュージャージーで濁り対策に硫酸アルミの凝集剤を使用して、清澄な水を造ることに成功し、急速ろ過法として評判になる。消毒が行われたのは1893年オランダでオゾン、1896年ユーゴスラビアでさらし粉、1910年米

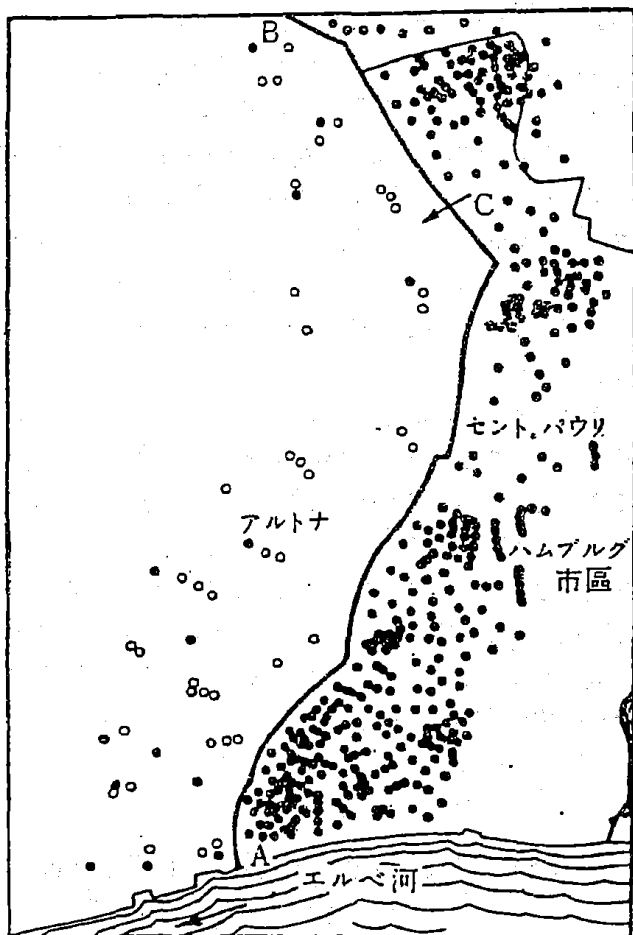


図5. ハムブルグにおける1892年のコレラ流行時の患者発生分布。ハムブルグとアルトナも同じエルベ川の水を利用していた。ハムブルグでは単に沈澱処理した水を給水し、アルトナでは緩速ろ過をして給水していた。アルトナでは子供の患者は非常にわずかで、大人はハムブルグに働きに行き、感染したと考えられた。白丸はハムブルグで感染した患者。この事実で水系病原菌のコレラ菌が緩速ろ過処理で除ける事実が明白になった。(倉塚1950、浄水工学、岩波書店)

国ニュージャージーで塩素ガスを採用。濁り対策に凝集剤を、塩素で細菌学的に安全であるので急速に普及。日本でも1912(明治45)年に京都蹴上浄水場で採用。しかし、臭いが取れないのでシカゴ水道では1924年に活性炭を使用した。日本の原水は良かったので使う必要がなかった。

9. 日本での近代水道の始まり

江戸から明治にかけて世界的に水系伝染病のチフスやコレラが大流行した。日本でも多数の死者がでた。1878(明治11)年5月警視庁令として、また内務省でも「飲料水注意法」が出された。

日本では水系伝染病も防げる安全な水道水は二人の

英国人技術者の寄与による事は有名である。パーマーの指導により1887(明治20)年には横浜に日本で最初の緩速ろ過による浄水場が完成した。パーマーおよびバルトンの指導により1898(明治31)年に東京・新宿に淀橋浄水場が完成した。この二人は日本各地の浄水場建設に協力した。

戦前までは緩速ろ過処理による浄水場が多数建設された。緩速ろ過による浄水場では、塩素による消毒の必要性はほとんど考えられていなかった。塩素消毒は伝染病の流行時のみで、常時塩素消毒がされたしたのは、大都会の急速ろ過による浄水場であった。

10. 戦後の急速ろ過処理の普及と塩素消毒

1945(昭和20)年、駐留軍の監視下で、塩素消毒が指示「浄水場で2ppmを注入し、管末における残留塩素を0.4ppm以上とすること」された。米国では急速ろ過が主流で、この処理は細菌除去が不完全なので処理の最後に塩素を必ず添加する必要があった。駐留軍は塩素で消毒をしていない日本の水道水に不安があった。

塩素消毒が必ずしも必要でなかった生物処理の緩速ろ過による浄水場でも塩素添加が義務づけられた。やがて、塩素の臭いは安全の臭いといわれ、塩素消毒が習慣になり、塩素消毒に過度の信頼が生まれた。そのため日本各地の水道は塩素臭くなった。

景気が良くなり、都会での水道需要の急増に対処するため、近代的な薬品処理が主体の急速ろ過処理へ変更していった。ろ過池の面積が小さく、効率的と思われる急速ろ過処理が近代的で良いと思われ各地で採用されてきた。

11. カシンベック病騒ぎ

オリンピック景気の1962(昭和37)年、多摩川の水質汚濁がひどくなり東京都水道局の玉川浄水場の給水地域でカシンベック病騒ぎがあった。給水地区で児童の中に骨の発育不全の兆候があるというものであった。その原因は汚濁した河川水を浄化する際に塩素を添加する事により河川水中の有機物と化合し、有機塩素化合物が生じたことによるとされた。玉川浄水場では取水停止をして問題は終息した。

原水中の水質汚染物質を酸化分解するのに塩素添加は有効であった。当時の東京都水道局では物理化学処理の急速ろ過処理ばかりでなく生物処理の緩速ろ過処理用の原水にも多量の塩素を添加した。塩素を添加しての生物処理?であった。塩素を添加し、生物を殺して単に細かな砂でろ過をして給水していた。

近頃になって小島貞男先生は「私はとにかく安全に

しようと他の浄水場の20倍もの薬をつかいました。今になってみるとこれはどうかと思います。どんな薬かといいますが、まず塩素です。消毒用の塩素は1ppmでたいいのは消毒できますし、きれいな水なら0.5ppmですみます。それを100ppmも入れたのです。これは世界記録です。未だ破られていません。」(「飲み水は、いま」高橋ほか、研成社、1996)。玉川浄水場は急速ろ過と緩速ろ過の両処理施設があった。取水して原水の前処理を同じにしていた。緩速ろ過処理は生物による処理という基本を忘れてしまった。

12. 水道水が臭くなった

1969(昭和44)年琵琶湖の水を急速ろ過で給水している京阪神地区でカビ臭騒ぎがあった。近代的な浄水処理と云われる急速ろ過処理による給水地域での事だった。その後、日本各地で急速ろ過処理による水道水はカビ臭、藻臭などがするようになった。水質汚濁が進行し、水源の貯水池や河川が富栄養化し、繁殖した生物が分解し、その分解物が急速ろ過の浄水過程で取り除けないためだった。そこで、原水中の水質汚濁物質を分解する目的でも各地の浄水場で多量の塩素を添加するようになった。そのため水道水はカビ臭ばかりでなく塩素臭がするようになった。しかし、明治以来の生物処理の緩速ろ過による水道水には臭いがついていなかった。

13. トリハロメタン問題

1972(昭和47)年オランダのロッテルダム水道のルークはライン河の河川水からトリハロメタンの一種であるクロロフォルムを検出し、河川水を塩素処理することにより生成することを初めて報告し注目された。トリハロメタンは有機物と塩素や臭素と化合してできる化合物で発癌物質として問題にした。

1974(昭和49)年ハリスは米国ミシシッピ州ルイジアナの住民の癌発生率が高く、これは水道水中の有機物(腐植物質)が関係していると報告。世界各地で水道水の安全性について再検討が精力的に行われるようになった。1975年米国の環境保護庁は全米113都市の水道水中の有機物について広範な調査を実施し、発癌物質のトリハロメタンが多く水道で検出されることを明らかにした。

トリハロメタン以外にも多くの健康に影響を及ぼす危険のある有機物が塩素を添加して処理をする急速ろ過の浄水処理過程で生成されることがわかった。

14. 水道水で集団下痢

1980年代は欧米で緩速ろ過が再認識された。

1987年に米国ジョージアで塩素耐性のあるクリプト原虫により13,000人が、1993年にはミルウオーキーで40万人が感染する集団下痢事故があった。

日本でも腸管出血性大腸菌O157の集団下痢で世間を騒がせていた1996年6月埼玉県入間郡越生町で給水人口13,000人の約7割1万人弱の人が集団下痢をする事故があった。塩素臭く安全と言われる水道水を飲んでの事故だった。この事故により塩素臭い水道水の安全神話が崩れた。

集団下痢の原因は原生動物(原虫)のクリプトスポリジウム(クリプト)の休眠状態のオーシストの混入によるものだった(図6)。日本の水道は塩素を添加して殺菌して給水していたが、この原虫のオーシストは塩素で殺すことができなかった。米国では家畜の腸管で繁殖して増え家畜の糞由来の原虫が水道水に混入し、下痢を起こさせるとして知られていた。糞に出されるときは休眠状態のオーシストと言われる固い殻で覆われている。そのため塩素のような強い消毒殺菌剤でも殺すことができなかった。

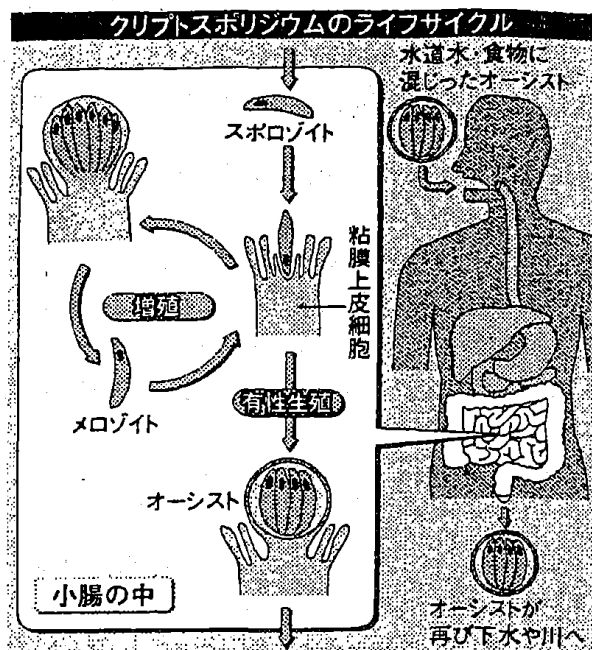


図6. クリプトスポリジウム 孢子虫類のコクシジウム目の寄生原虫。大きさは約1000分の5ミリ。感染すると、腹痛を伴う下痢が3日から1週間続く。免疫機構が正常に働けば自然に治るが、免疫の力が弱っている人は死亡することもある。1993年、米ウイスコンシン州ミルウオーキーで約40万人が感染、約400人が死亡した。人のほか、牛、馬、豚などの家畜、イヌ、ネコ、ネズミなどのほ乳動物が宿主になる。1997.2.14.朝日新聞。

越生町の場合は、浄水場の約 300 メートル上流に下水処理場があった。塩素消毒された下水処理水は追込川に排水されていた。すぐ下で河川水を取水し急速ろ過処理をして塩素消毒し給水していた。原水濁度が 2 度以下であり、水道水基準ではそのまま合格であった。濁り対策で凝集剤を使う必要がなかった。また、濁度が少ないので、凝集剤を添加しても効果がでなかった。塩素耐性のある原虫のオーシストは下水処理および浄水処理過程を通過してしまった。コンサルに相談し、急速ろ過でも対応しにくいので、膜処理を 1 ヶ月以内に導入を決めた。その過程では緩速ろ過処理の導入は一つも検討しなかった。現在の日本では異臭味対策として高度浄水処理を、原虫対策としての膜処理が検討されている。

15. 上田市水道でのカビ臭問題と藻類繁殖

上田市浄水場は創設当時の大正 12 (1923) 年は千曲川の氾濫原に敷設した集水埋渠から河川伏流水を取水していた (図 7)。やがて、河川表流水を取水するようになり、原水が悪いという事になった。上流に菅平ダム湖が昭和 39 (1964) 年に完成してから夏に水道水にカビ臭問題が生じた。この原因は水源ダム湖で植物プランクトンが大繁殖したのが原因とされた。

1960 年代の高度成長期は、日本中の河川の水質汚濁がひどく、湖沼の富栄養化が激しく、湖沼で植物プランクトンの繁殖が凄くなった。湖沼の底層は無酸素状

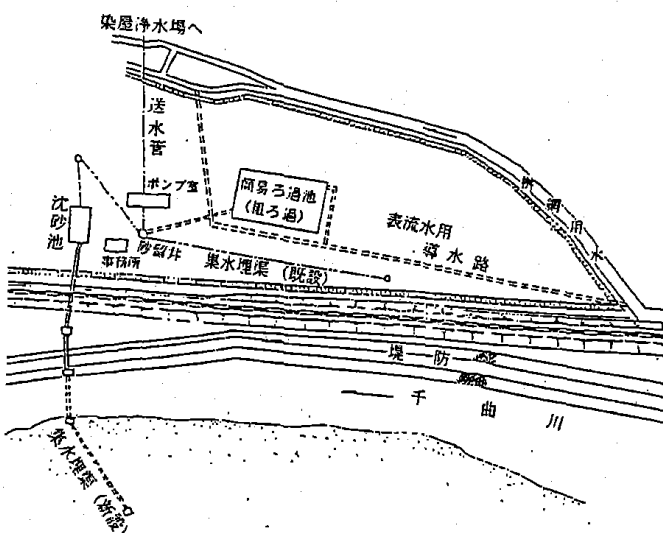


図 7 上田市は 1923 (大正 12) 年、千曲川の氾濫原に敷設した集水埋渠から河床の伏流水を取水していた。水源拡張のため 1934 (昭和 9) 年には千曲川を横断し、河床の伏流水を取水した。1944 (昭和 19) 年には農業用水も取水し粗ろ過し浄水場の原水とした。

態になり、藻類繁殖は悪いという事が定説になった。緩速ろ過池でも糸状藻類が繁殖した。ろ過池で繁殖した藻をスカム排出口から除くための越流管があったのに、越流する水がもったいないとしてスカム排出口を塞いでしまった。そのため、ろ過池で繁殖した糸状藻類はろ過池で分解し、夜明けにろ過水は酸素不足になってしまった。ろ過池で繁殖する糸状藻類繁殖は悪者となり、殺藻目的で前塩素添加や硫酸銅、凝集剤などを東京や大阪で行っていたのを上田市でも採用した。やがて生物処理の緩速ろ過でもカビ臭問題が生じた。

水質汚濁した原水は生物処理の緩速ろ過では無理と考えた。しかし、当時は緩速ろ過処理の原水に生物毒の硫酸銅添加や塩素添加をしていた。トリハロメタン騒ぎで原水への殺藻剤添加を中止したらカビ臭が消えた。臭気物質はろ過池で生物分解したのであった。ろ過閉塞もしにくくなった。しかし再びろ過池で藻が大繁殖した。

16. 緩速ろ過池は糸状藻類の繁殖の場

ろ過池は浅いプールのような池で、上から下への流れが常にある。流入水中に栄養があるなら、湖沼では浮遊性の植物プランクトンが繁殖する。しかし、流れがある環境では流されない糸状の藻類が繁殖する。上田市の緩速ろ過池では糸状珪藻メロシラが優先繁殖し、光合成が盛んな時は、放出された酸素の気泡の浮力で水面に浮上してきた。この浮上した藻はスカム排出口から流亡し、砂層表面には新たにメロシラが繁殖し、ろ過池はメロシラの連続培養状態になっていた。

藻は光合成により盛んに酸素を生産し、砂層内を好氣的に保ち微生物や微小動物が活躍しやすくしていた (図 8)。砂層上に真綿状に繁茂した藻類被膜は流入してきた濁り物質を捕捉し、自ら生産した酸素の気泡の浮力により剥離浮上し、越流口から流出し、砂層への懸濁物質負荷を軽減していた。ろ過池は糸状珪藻メロシラの連続培養系になった。糸状藻類の繁殖でゴミを取り除き、栄養塩を取り込み、栄養塩を除去していた。さらにろ過池から流出する藻を捕集すれば、良質の魚介類の飼料に加工できることもわかった。緩速ろ過処理により懸濁物質が少なく、栄養塩も少ない水ができていた。生物の働きにより清澄な河川上流の伏流水にしていた (図 9)。

日本各地、世界各地の緩速ろ過池を見学すると糸状藻類が繁殖しないろ過池や、糸状珪藻でなく、糸状緑藻が繁殖しているろ過池があった。貯水池水源の場合は糸状藻類の繁殖が悪かった。貯水池で植物プランク

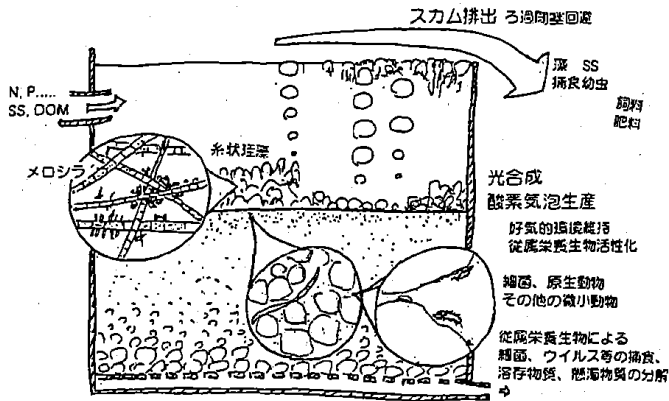


図8. 生物処理の緩速ろ過池における糸状藻類繁殖の様子と従属栄養生物の働きの模式図。ろ過池が糸状藻類の連続培養系の場合、藻類が栄養を吸収し、懸濁物質を捕捉し、越流管から流出する。光合成により生じた気泡中の酸素が過飽和状態になり、夜間は気泡から水中に酸素を放出し、夜間も砂層を好気的環境にする。この酸素は砂層上部の微生物、微小動物の活躍を助けていた。ろ過水は栄養が少ない酸素が豊富な河川上流の清澄な伏流水になる。

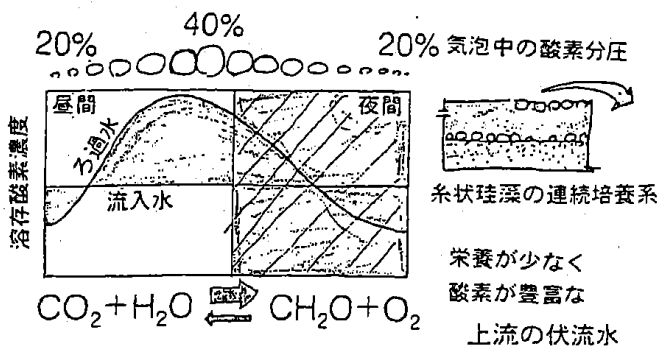


図9. ろ過池が糸状藻類の連続培養系の場合、ろ過水は栄養が少ない河川上流の伏流水ができる。光合成により生じた気泡中の酸素が過飽和状態になり、夜間は気泡から水中に酸素を放出し、夜間も砂層を好気的環境にしていた。

トンが繁殖し、藻類利用可能な栄養塩を使ってしまったからであった。

ろ過継続日数が長い場合、水温が暖かい時期は、糸状珪藻はユスリカなどの捕食動物に食べられ、細胞が大きく食べられにくい糸状緑藻に遷移しやすい事がわかった。

17. 生物処理の緩速ろ過の誤解

良質の水道水をつくることのできる緩速砂ろ過処理は、降雨などによる濁った原水は苦手であった。そこで、濁り水対策として、粗ろ過処理の工夫がなされて

原水が清澄だが時々最高濁度が30度以上になる場合

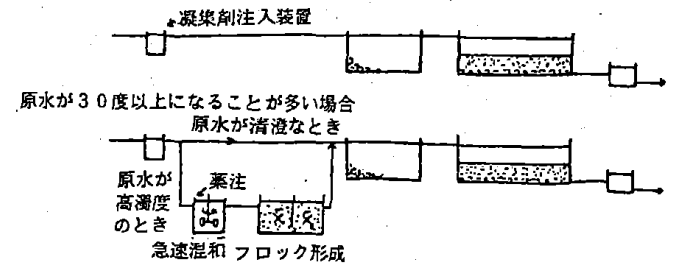


図10. 凝集剤が開発されて、濁り対策に利用されるようになった。一見、良いようであったが、薬品を使わない粗ろ過処理の方が生物処理に向いていた。降雨などの濁り水の水とき、凝集剤を使用した場合、凝集沈殿物質は沈殿池で完全には除去されず、ろ過池まで流入し、ろ過池の砂層を固くした。またろ過池での藻類などの栄養塩や微小生物群集の餌も除かれ、生物活性を阻害した。凝集剤使用による急激な水質変化により、生物群集が驚き、微小生物などがろ過水まで逃げたり、ろ過閉塞しやすくなった。生物処理に薬品を使用する事は禁物であるのを理解されなかった。

いた。河床に集水埋渠を付設して濁り水対策をしていた。また、貯水池を水源とする場合は、粗ろ過だけでなく、低酸素水に対して粗ろ過と通気で異臭味除去を行っていた。

1882年に米国で凝集剤により河川水の濁りを除く方法が開発され、この処理を緩速ろ過の前処理にも採用された。しかし細菌除去は不完全であった。1910年にろ過水に対して塩素ガスにより殺菌消毒する方法が採用されてから、凝集剤を使用する方法でも細菌学的に安全になった。人々は、手軽に清澄で細菌学的に安全な水道水ができる新しい技術を好んだ。凝集剤、殺菌方法の技術開発が盛んになった。水処理専門会社の技術が先行していった。水道関係者は水処理専門会社に相談するようになった。水処理技術が進み、素人の水道関係者では理解するのは難しい技術が次々と発展した。水処理会社は益々、新しい技術の開発を進めた。やがて、古い技術の緩速ろ過に関して熟知した研究者、研究技術者がいなくなった。

緩速ろ過処理は濁りが苦手であった。この濁り対策に凝集剤を使用し全処理をした。一見清澄な原水になったが、濁りだけでなく、栄養物質も沈殿した。生物にとっては極度の水質変化であった。緩速ろ過池に凝集剤が流入しろ過膜生物が驚き、また、ろ過膜が固くなった(図10)。生物処理なのに生物屋がいなく

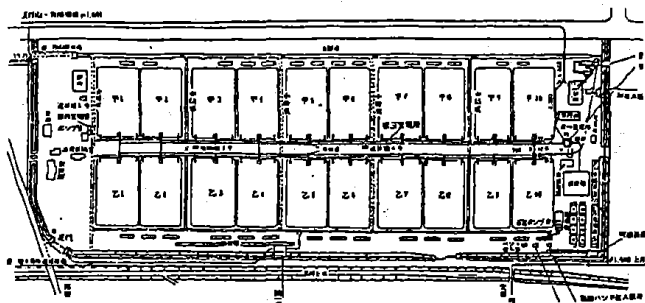


図 11. 大正 13 年に完成した緩速ろ過による東京都水道局境浄水場。日本で現存している緩速ろ過の浄水場で最大規模。4,630m² のろ過池が 20 池あるのみ。標準ろ過速度 5m/d でろ過すると 1 池で 2,3150m³/d の浄水ができる。一人 1 日 0.3mm³ を使用すると 7 万 7 千人分が 1 池で供給可能。20 池だと 154 万人分が可能である。しかし東京都水道局のパンフレットをみると 4 分の一の 5 池が使っていない。

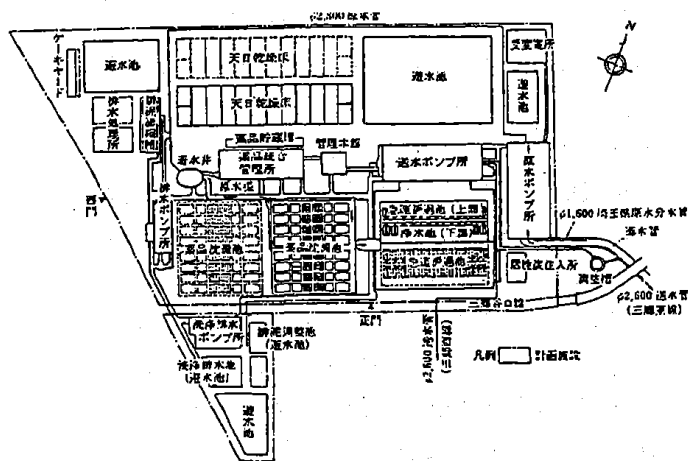


図 12. 昭和 60 年に完成した急速ろ過による東京都水道局三郷浄水場。急速ろ過処理はろ過池以外に多くの施設が必要で、施設総面積当たりの水道水を造る能力は緩速ろ過処理と比べると大きな違いがない。大量にでる汚泥の行き先が問題。

て、解釈できなかった。

緩速ろ過は藻類、微小動物、微生物などのあらゆる生物群集が活躍する必要があった。しかし凝集剤使用は急激な水質変化を生じさせ、栄養塩も除かれ、ろ過池の生物群集をショック状態、飢餓状態にさせ、生物処理が機能しなくなった。ろ過池での糸状藻類繁殖も悪いと誤解し、殺藻処理をした。生物の機能を無視した処理を大都市で行い、地方都市が真似、緩速ろ過処理では無理と誤解した。

18. 緩速ろ過が忘れられた別の要因

生物処理の緩速ろ過処理は古くて効率が悪いとされ

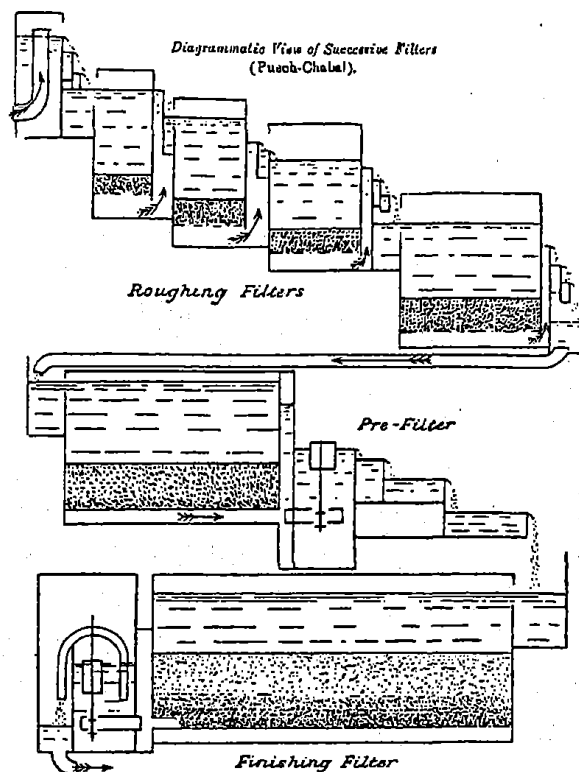


図 13. 河川表流水を取水していた当時は、粗ろ過処理を何段階もして、濁水対策をしていた。下水などによる汚濁水も粗ろ過で分解する。この際の酸素補給も工夫されていた(Baker 1949)。米国で濁水対策用の凝集剤が開発される以前の事である。自然の仕組みの上手な利用の生物処理は薬品処理が苦手であった。

ていた。緩速ろ過処理の最大の欠点は面積が必要といわれている(図 11)。急速ろ過処理のろ過池の面積は緩速ろ過処理と比べると非常に小さいが、前処理のための施設の面積が莫大で、高度な機器がたくさん必要である。全処理行程を比べると、必要施設総面積では大きな違いがなかった(図 12)。また、薬品を多量に使用し、大量の汚泥が毎日生ずる。この処理に苦労していた。しかし汚泥処理といわれ、浄水処理と違うと言われている。

緩速ろ過は生物が利用できない濁りは苦手であった。河川表流水の急激な濁水対策は緩速ろ過が開発された当時から工夫がされていた。それは、粗ろ過のための礫槽を何段階も通過させ、濁りを除く工夫がなされていた(図 13)。また、河床の伏流水の利用も盛んであった。英国人は日本のような環境では河床に集水埋渠を敷設して取水するように指導した(図 14)。貯水池水源や、下水などで汚濁がひどい場合は、酸素不足になりやすいので、予め礫槽を何段階も通過させたりして酸素を補給してから緩速ろ過をしていた。生物由来

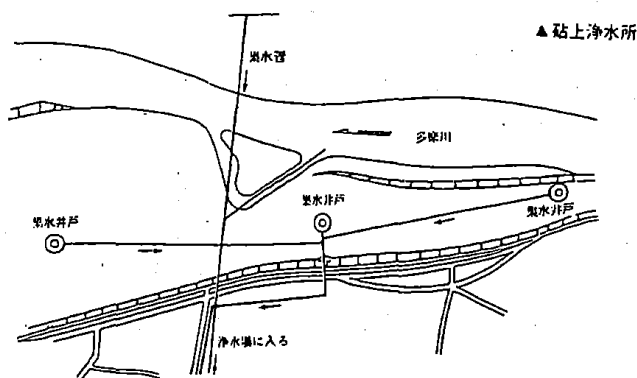


図 14. 日本の河川は降雨時の濁りが極端なので、英国人は河床に集水埋渠を敷設し、伏流水を取水するように指導していた。濁度がない原水の場合は、緩速ろ過池ではろ過閉塞は一切しない。東京都水道局砧浄水場は河床の伏流水を取水方式している。ろ過池で糸状藻類が繁殖してもろ過閉塞はしない。現在、ろ過池を覆いどの程度長く使えるか調べている。

の汚染物質は微小生物の餌で、逆に生物処理に向いていた。さらに、作業に人手がいると言われるが、日本は機械化していないだけだった。

水処理技術が進み、素人の水道関係者では理解するのは難しい技術が次々と開発された。水処理会社は益々、新しい技術の開発を進めた。やがて古い技術の緩速ろ過の実際に関して熟知している大学関係者や水処理専門会社の技術者はいなくなった。浄水場のパンフレットを作成しようとしても、素人の役人には無理で、業者がお手伝いをした。業者に都合が悪いことは書かれていない業者の宣伝パンフレットのみを鵜呑みした。

緩速ろ過のように完成した技術に関しては研究する必要がなかった。維持管理費がかからない研究には研究助成金は会社や工学関係の助成金を出してもらえなかった。大学は貧乏になり、会社から研究費をもらわないといけなくなった。会社のためになる、業界が潤う新しい技術のみを研究した。大学は古い技術の継承という余裕がなくなった。

問題のある急速ろ過処理に対しては、いくらでも予算がついた。厚生省の水道関係者も問題がある急速ろ過の専門家がなくて、その関係者のみになってしまった。問題のない緩速ろ過による浄水場を見学したりする時間の余裕は微塵たりともなくなった。

水道業界も、業界が如何に潤うかを真剣に考え、その方向の情報をスクリーニングして盛んに流すように

した。業界が潤わない自然の仕組みの緩速ろ過処理に関する情報は極力流さないようにした。

行政方針を決定する各種委員会では、業者が集め作成した資料を元に、業者が作成したパンフレットを参考にして、委員会資料を作った。行政の意見に同調する委員を集めて審議し答申書を書く。結果的に自然と業者主導になる。

19. 鳥取市の水道問題

鳥取市水道局は戦後、現在より 30 年も前の事であるが、県知事の指令で鳥取市議会と水道局は共に最良の浄水方法を探るために日本各地の取水方式、浄水方式を視察した。その結果、千代川の河床下 3m に埋設した集水埋渠による伏流水を取水して水道原水方法を採用した。この方式は、自然の緩速砂ろ過処理と同じであり、塩素消毒のみで十分に安全で良質の水道水を給水できるものであった。

最近のクリプト騒ぎで、浄化処理をしていない水道施設は安全であるかどうかを検討することになった。上流にはクリプト原虫排出源の可能性としての農村集落廃水施設や牛の飼育場などがあり、取水している河川表流水にもクリプト汚染と相関がある指標菌が検出されることがあることがわかった。しかし、浄水などには一切、指標菌やクリプト原虫の汚染はなく、浄水濁度は平均で0.03度であり、原水濁度はときどき2度まで上昇することがあった(図15)。厚生省から「クリプト対策暫定指針」が出たので市長は、クリプト対策をしようとし、水道コンサルに依頼して検討した。その結果、急速ろ過処理施設を新設が望ましいということになった。1998年の暮れのことである。正式決定は1999年3月であった。

最初の発表は174億円であった。しかし、その後、配管工事を含めると総額は、300億円に達することを明らかにした。水道事業審議会の答申は31%の値上げであったが、市民の反発が強く値上げは24%に落ち着いた。

その後も水道料金の値上げがあることがわかり、市民は今まで良質の水道水であり安心していただけました。住民は何故急に良質の水道なのに、急速ろ過処理に変更しないといけないのか納得がいかなかった。市議会に対して再検討をしろという声が大きくなった。丁度そのとき、日経 EC021 の 9 月号の「緩速ろ過処理」に対しての取材記事を見た住民は日本海新聞に相談し、私を取材した新聞記事が 8 月 28 日と 29 日に掲載された。住民は有権者の 1 割の署名で、再検討を迫っ

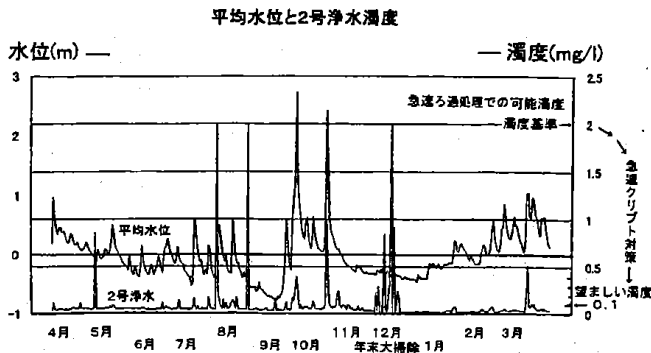


図 15. 鳥取市の水道水源は千代川の河床の下3mに埋設した集水管である。川が増水し濁るときは、ピーク状に原水濁度があがる。水道水基準の2度まで上昇することがあった。2度以上のときは別の水源で補充している。しかし、川が増水していない12月でも濁度が上昇することがある。これは、急に取水量を増やしたことが原因と考えられる。伏流水の取水もポンプ強引に取水するとかき混ぜる状態になり、濁りが生ずる。細かな砂礫で逆洗浄などをしないで砂ろ過すれば、この原水は従来の急速ろ過処理の浄水より清澄である、やはり、人工の伏流水は良い。天然の伏流水は濁らないのは、濁りがくれば、目詰まりする。

鳥取市の原水は、上手に管理すれば、常に0.1度以下になる。それは、着水井や一次貯留槽、配水池の容量を大きくし、取水量を常に一定にすれば良い。やはり、伏流水取水が一番良い方法である。

だが、市議会は、充分検討した結果、急速ろ過が一番良いとの結論であったという事で、住民請求を1999年9月10日に退けた。しかし、反対の声が大きくなったので、市長は、再検討もありうるし、シンポも開催するとのことであった。しかしシンポの開催が延びた。

そこで11月21日、「鳥取の水道を考える市民の会」が自主的に「緩速ろ過の勉強会（安心できるおいしい水道水）」を鳥取県民文化会館で開催し、350人程度が集まった。市水道局も12月1日、水道局主催で、「より安全な水道水を求めて、水道水を考えるシンポジウム」を鳥取市文化ホールで開催し約500人が集まった。公衆衛生院の国包水道工学部部長、中本、東海大茂庭教授の3名がそれぞれ説明した。国包部長は、浄水処理全般について説明し、クリプト対策には膜処理が一番有効と説明した。茂庭教授もきちんと処理すれば急速ろ過でクリプト対策に有効であると説明した。私も20分の持ち時間で、伏流水が一番よく、取り方が問題であった。伏流水の仕組みと緩速ろ過、急速ろ過の仕

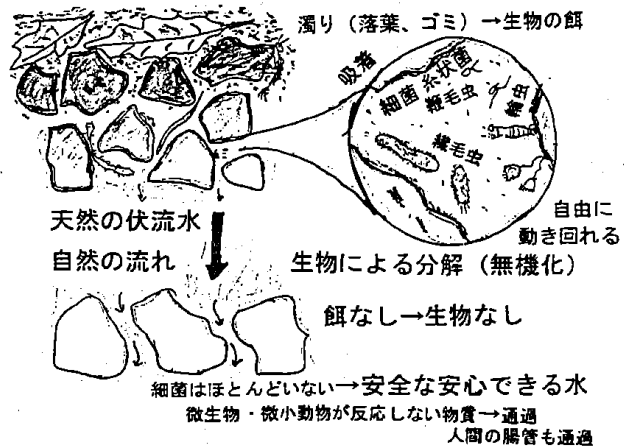


図 16. 緩速ろ過処理は、砂層表面および砂層上部であらゆる生物が安心して活躍できるように一定の流速で、自然の流れでろ過することである。砂層の間隙であらゆる生物が活躍する。分解できない溶存物質は、生物の餌でないので通過する。微生物・微小動物が反応しない物質は人間の腸管も通過する。問題は、生物浄化した後に、塩素で消毒するから、生物が反応する物質（発ガン物質）などを生成する。消毒した後に再度生物処理をした方が安全。

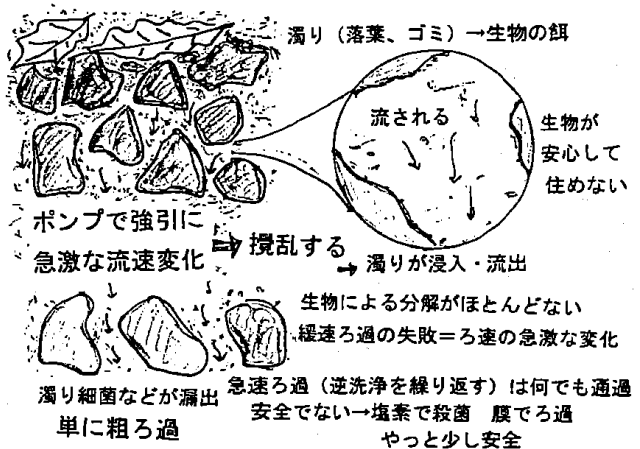


図 17. 伏流水をポンプで強引に吸引し、また急激な流速変化をさせると、砂層内では生物が活躍できない。また砂層表面に吸着した粒子などもながされてしまう。急速ろ過処理は生物処理でない。頻繁に逆洗浄をするから、何でも通過するのが常識。だから安全でないの、塩素で殺菌、膜でやっと少し安全、でも薬品に反応しない物質は通過する。これが異臭味物質である。これを人間は危険と動物の本能で反応する。

組みを短時間で説明した。その後、水道局は、全ての面で、やはり、急速ろ過が良いことがわかったとの結

生物処理の緩速ろ過の再認識

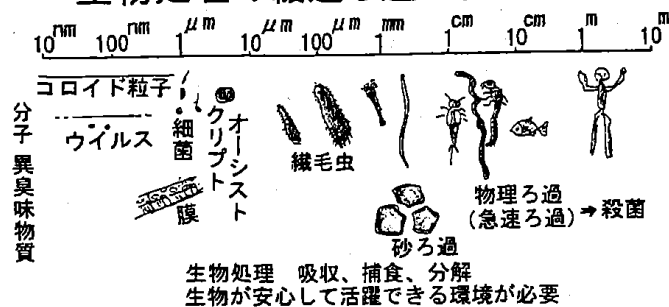


図 18. 砂層の間隙の大きさから考えると何故そんなに小さな物質や溶存物質が除去できるか少し考える必要がある。生物が生息している環境は、生物が安心して活躍できる場である。常に流れがある環境でありながら繊毛虫などが自由に動き回れる。生物の身体の高さと比べて、10~100 分の1 の大きさ以下の物質を餌として補足可能で、糞として排出できる。砂粒の表面には溶存物質が吸着し、それを餌として微生物が繁殖する。臭い物質も生物が反応する物質である。

論で、以前の結論のままにすると発表した。市民の会は、住民の声を聞かない市長と水道局に不満が大きくなり、今度は市長リコールへと運動が進展している。

鳥取市の原水は濁度が上昇することがあり、それは河川水が増水し濁るときであった。その原因は、上流には採石採掘場があり大雨の度に濁水が流れ以前から問題になっていた。自然の伏流水を取水していれば問題がないが、この濁った原水をポンプで強引に取水するので、濁り物質が砂層や礫層を通過してしまい、急速ろ過処理での単なる粗ろ過と同じ状況であることがわかった。また着水井や、一次貯留槽の容量が非常に少なく、ポンプが連続稼働でなく、取水量に応じて稼働していることがわかった。止まったり、稼働したりして、砂礫の表面に付着した懸濁粒子を取り込んでしまっていたことがわかった。伏流水の取水も常に、一定にする必要があった。

緩速ろ過も一定の流速で処理することで、あらゆる生物が活躍できる (図 16)。しかし、急速ろ過では流速が常に変わり、濁りが通過してしまう (図 17)。これが問題と指摘した。

緩速ろ過処理は砂層の間隙の大きさから考えて何故、補足分解できるかは、生物が安心して活躍できる流速と環境であると説明した (図 18)。しかし、20 分で皆に理解してもらうのは無理であった。

20. 技術立国、金満国

日本の都会ではカビ臭や塩素臭のある水道水に対して不安になり蛇口に浄水器をつける家庭が増えている。そこで水道局でも何とか良質で安全な水道水を供給しようと薬品で濁り物質を除くだけでなく、従来の急速ろ過処理過程に加え、さらに高度な処理を付加しようと考えだしている。

これらの高度処理には莫大な費用がかかる。下水処理で河川を汚染させないように莫大な費用をかけているのに、安全な水道水を造るのにお金をもっとかけても良いのではと考えている。

しかし、日本各地を見学すると、小さな自治体には多数の緩速ろ過処理が残されていた。日本では少なくとも約 3,000 の緩速ろ過の施設がある。小さな浄水場は、一人で、熟練で良好な維持管理が行われていた。自然の仕組みを上手に利用した緩速ろ過は自分で理解できる処理であった。経験により良好な維持管理が行われていた。小さな自治体は、余分なお金がないのでコンサルに相談できなかった。そこで自分で工夫をしていた。緩速ろ過処理は自分で理解でき、対処できる処理であった。

大きな自治体は転勤により素人が管理していて、業者まかせて悪い管理をしている場合が多かった。緩速ろ過が日本で見放されたのは、自治体がお金持ちになり、自分で考えず、水処理専門会社に相談した事であった。責任回避が得意な公務員は何でもコンサル会社に相談し、水処理専門会社が主導的に作業をするようになった。水処理専門会社は、自分の技術の売り込みだけを熱心にした。自分で責任をとらない、自分で考えない自治体職員は、丁寧な書類を作成してくれるコンサル会社を頼りにした。業者の売り込んだ新しい技術が良いと自治体職員も考え、急速ろ過、膜処理へと向かって行った。

21. 緩速ろ過の再認識

米国水道界は 1974 年の急速ろ過処理で必須の塩素添加により発癌物質トリハロメタンが生成される事がわかり、精力的に安全な浄水方法がないかを探った。1979 年には飲料水規制を改正した。発癌物質についてはできる限り低濃度におさえるべきであるとした。日本でも 1981 (昭和 56) 年にトリハロメタンの制御目標値を定めた。

米国では塩素消毒に代わる方法としてオゾン処理、膜処理などの開発が盛んになった。薬品を添加しない安全な方法を模索したところ、ニューヨーク州で 1874

年、1893年に建設された緩速ろ過池が創設した当時のままで、現役で問題もなく稼動していたのに気がついた。英国で開発された生物処理の緩速ろ過処理を再認識した。

緩速ろ過は原水水質が良い場合に向いているといわれている。しかし、ロンドンのチェルシー水道会社で緩速ろ過処理を工夫し採用された当時のテムズ川は下水で汚染されどうしようもなかった。この水でも清澄で安全な水道水ができていた。また河川表流水を取水する場合は降雨などで濁るので、濁りを除くために、滞留時間が2カ月もあるような大きな貯水池を造った。この水でも緩速ろ過処理をできるように工夫した。貯水池で繁殖した藻は動物の餌であり、ろ過池で捕食動物が繁殖すればろ過閉塞はしなかった。動物の餌になる濁りは工夫をすれば問題がなかった。

最新技術の膜処理やオゾン処理の研究も盛んであるが、米国水道協会、環境保護局は緩速ろ過処理の研究にも「再研究」などとして盛んに研究助成をしていた。緩速ろ過国際会議が1988年ロンドンで、1991年米国でも米国水道協会主催で開催された。米国では緩速ろ過処理に対して「再認識」、「再発見」、「現代に応用できる技術」、「技術の見直し」、「古くても新しい技術」などと云われ、緩速ろ過処理の浄水場が再び建設された。米国では「緩速ろ過処理は小規模水道（米国では給水人口1万人までを小規模水道）には最も適切な浄化技術だ」、「水道水のクリプト対策では使える技術だ」、「緩速ろ過は、現在の水道水の技術としてローテクだが、ハイテクの世界にも有効であり続ける技術だ」と云われている。欧米では牧畜が盛んである。緩速ろ過処理をしていれば安心している。自然の浄化力をもっと信頼したい。日本の極端な無菌信仰はおかしい。無菌の食事などない。

22. 日本での再評価、再認識

日本でも緩速ろ過の見直しが始まった。新たな浄水場を建設しようとした広島県企業局は、最良な方式を検討していた。古くても現代に通用する技術が緩速ろ過処理であることを認め、大正12年から稼動しつづけている長野県上田市の浄水場を自分の足で確かめに来た。国の急速ろ過、高度処理への大河に逆らってでも、県民のために緩速ろ過へ変更しようと決断した。最良の浄化システムは自然の仕組みを上手に利用した古い技術の緩速ろ過処理であるのに気がついた。公務員は決定した方針を修正しようとしなのが一般的だが、広島県は業者に任せず自分の足で再点検し古い技術へ

の方向転換をしようとしている。再認識する以前に認可を受けた施設は急速ろ過であるが、新たに検討するのは緩速にしようとしている。

群馬県高崎市若田浄水場では、ろ過池での糸状藻類繁殖と連続培養系の維持のために、ろ過池水深を浅くし、藻を積極的に繁殖させるように改良した。名古屋市水道局鍋屋上野浄水場ではろ過池で藻類は繁殖して水面に浮いているのを積極的に排除できるように、水位が変動をしてもスカム（浮いている藻など）を排出できるように上下可動式の越流管に変更した。沖縄県宮古島上水道企業団では藻の繁殖が悪いと創設直後から誤解して前塩素添加処理をしていた。しかし、生物を殺すことは悪いと気づいて前塩素添加処理を止めたら、ろ過池で藻の繁殖が凄くなった。藻には炭酸カルシウムが沈積していた。硬水を生物が軟水化もしていた。水質が良くなり喜んだ。日本の各地で、古い技術の生物による水質浄化処理の緩速ろ過処理の再認識が始まりだしている。しかし、水道業界に不利なこれらの情報は流されないようにしている。

香川県高松市でも、1998年6月30日には緩速ろ過の勉強会を開いた。住民のために本当に良い水道水を供給するにはと動き出した。1998年9月25日には全国簡易水道協議会の第15回簡易水道等実務者担当者地方研修会で「望ましい浄水処理技術—生物処理による水道水の造り方を中心にして」と題して緩速ろ過の勉強会を開催した。新潟県水道協会でも新潟県水道協会の水道技術者講習会として1999年9月2日に勉強会を開いた。

23. 自然の伏流水を再認識したい

浄水場の原水が農耕地排水や都市排水で汚染されている場合は、ろ過池で糸状藻類を繁殖させて、栄養物質を取り除き、河川上流の伏流水にしたい。微生物の活躍を盛んにして水質浄化を盛んにしたい。しかし、降水量が多い国である日本の河川水の水質は欧米と比べ、非常に良い。山地であり、地下水も常に流れている。泉や井戸水、伏流水はそのまま飲んでも問題がない場合が多い。日本には、このような原水を取水して念のために消毒だけして給水している水道施設が多い。自然の天然の緩速ろ過により水質浄化されている。この場合は、藻を繁殖させて栄養塩を除く必要がない。河川上流の伏流水にする必要がない。伏流水を取水している場合は、ろ過池で藻が繁殖してもろ過閉塞はしない。ろ過閉塞は原水中の濁り成分に起因する。

東京都水道局砧浄水場の取水方式のように、河床に

集水埋渠を設けるのが最良の方法である。どうしても河川表流水を取水する場合でも、単に、降雨時の粘土鉱物などの濁り物質がろ過池に流入しないように、粗ろ過を工夫し、緩速ろ過池は覆いをし、単に微生物と微小生物による無機化処理をすれば良い。凝集薬剤を使わず、自然の仕組みを上手に利用すれば充分であることがわかってきた。

一般的な日本の環境は、欧米の悪い原水と比較すると大部分の浄水場の原水は、生物処理では無理という事はない。日本の場合、肥料生分や家庭廃水で汚染されている場合がある。これらの汚染物質は生物の餌である。

24. 緩速ろ過へのゆっくりとした反響

生物処理の緩速ろ過の魅力に魅せられて、いろいろなところに書いたり、話をしてきた。その反響が大きな声にはまだなっていないが少しずつはある。その一部を紹介したい。

伊勢崎市水質検査センターの岡本勉さんさんから電話で月刊「水」を読み、何とかテムズを見たいと電話で問い合わせがあり、テムズ水道の研究者を紹介しました。Oxford から手紙をもらい、Mike が「Dr. Nakamoto はテムズ水道の Ashford Common と Cupper Mills のろ過池全ての生物被膜の採取をしたのには驚いた」と言っていたのが印象的でしたとのハガキをもらいました。下記は日本に帰国して直ぐに感激した平成9年10月22日の挨拶です。私も感激して思わず、パソコンに打って皆に知らせたくなりました。岡本さんには無断です。

此の度は、貴重な情報を提供していただき、ありがとうございました。御陰様で無事テムズ河を中心として英国の水事情を見てくることが出来ました。

レンタカーをヒースロー空港で借り、翌朝ステインのホテルテムズロッジでMike Bauer氏と待ち合わせをし、Ashford Common や Queen Mary 貯水池などを案内していただきました。それからレディングの水質検査センターを Alex Blair 氏のもとで、試料分類、細菌検査及び機器分析について研修を行いました。試験室の規模も相当に大きく（給水人口690万人で、下水処理のサンプルもあるので当然ですが、）自動化が進んでいることが注目されました。

Oxford より先生に葉書をさし上げてから、Cotswolds 地方の村々を巡りました。どこも美しい村々でしたが、中でも Bibury Court Hotel に2日間滞

在し、Bibury の村の foot path を散策できたのが良い思い出です。National Trust 運動の成果か、環境を自然のまま美しく保つ精神がどこにでも生きているように感じられました。

さて、私の念願の Thames Head ですが、予定していた日が朝からの大雨で、イギリスの雨はすぐに止むと聞いていたのですが、あいにく前線が停滞し、終日雨でした。仕方なくその日は Bath の街とローマ風呂を見学しましたが、観光地の常で人の多さに閉口しました。翌日再び、風は強いのですが、雨は幸いにも上がりましたので、石碑探しに出掛けました。

Cirencester から Tetbury へ向かう所で道を間違え、Malmesbury へ行き、また道を引き返しました。何しろ一人なので、なかなか目標に行き着きません。それに英国の田舎道は、車の平均速度が一般道でも信じられない程速いので、英国人の合理的英知が案出した roundabout という一種の平面ロータリー交通方式とあいまって、実際には Thames Head に近づいたり、遠ざかったりしていたのかも知れません。

見知らぬ人の家の呼びリンを当てずっぽうに押して道を尋ねたり、農学校の学生に道を聞いたときには「何でそんなものを探しているんだ」と逆に質問を受けました。結局その学生達も道を知らず、他の学生寮（カレッジの保養所と思われます）を訪ねたとき、「The Thames Head Inn の親父なら詳しく知っているよ」と言われてようやく希望が持てました。

The Thames Head Inn は一階は Pub を兼ねている所でした。今回の旅行ではつくづく London においても Pub に助けられることの多い旅でした。

この主人に道を尋ねると、何と入口の壁に地図があったのです。小踊りして喜び、昨日の雨でぬかった foot path を進み、鉄道を横切り、やっと石碑にたどり着くことができました。とても寒く、冷たい風が吹き抜け、道中多くのウサギとリスに会いましたが、たった一人で周囲に人影がなく、セルフタイマーで写真をとりました。やっとたどり着いた満足感でいっぱいでした。

先生の発表された水 38(7)70 のコピーを持参したのですが、石碑の周囲は随分と変わっていました。途中に標識も見当たらず、石碑の後ろにある柵もみえませんでした。あるいは延びた木の枝の中に隠れてしまったのかも知れません。

それから、ウェールスを回り、Swansea と Cardiff の市庁舎を訪ね、下水の再利用等の実際を見学し、レ

ンタカー(カリスマ 1600cc、マニュアル、走行距離 535 マイル、平均燃費 17.4km/l)を Cardiff の駅前まで返し、ロンドンで本屋と美術館と Pub を巡り 5 日間を過ごし、19 日に帰国しました。まだ jet lag の名残りなのか少し調子が出ませんが、とりあえずお礼まで。ありがとうございました。

貯水池付近において、羊の群がのんびりと草を食む牧歌的風景を眺めていると、クリプトやギアルチア原虫に戦線競々としている日本の水道行政には首を傾げたい気持ちがします。

クリプトスポリジウム汚染などという大仰な言葉が使われていますが、当の原虫にとっては迷惑な話で、オーシストをもつために塩素消毒(時に殺菌とか、滅菌などという用語が使われることもしばしばです。)に対して強い耐性をもつために、近頃すっかり悪者にされた、気の毒な気がします。恐らくクリプト原虫自体は原始の頃から、地上の生物と共生してきた生物であった、人間様の御都合のおかげで、悪者にされているに過ぎないので、存在自体は珍しいものではないと思います。それが広く日本国内に普及した従来の水処理システムに手に余るだけの話であろうと考えます。

そして、あのようのにのんびりと(ただ私の眼にそう映るだけで羊たちにとっては真剣な営為なのでしょう。)草を食む羊の群は、クリプトスポリジウム汚染をもたらす潜在的な排出源ということになってしまうのです。

実は人間だけが、地球環境を汚すという悲劇的な現実、もっと人は謙虚になり、自然を畏敬し生きていかなければならないと思います。

取り留めないことを長々と書いてしまいましたが、老大国イギリスの歴史と英知に出会うにつけ、多くのことを学ぶことができました。どうもいろいろありがとうございました。

----京都の簡易水道の人から

大原簡易水道組合は、京都市左京区の大原に位置する民営の水道で第一浄水場は河川の伏流水を緩速ろ過方式にて 900m³/日、第二浄水場は井戸水による急速ろ過方式 700m³/日で合計 1,600m³/日、給水人口 2,500 人の水道施設です。

第一浄水場は 1971 年に給水を開始し 1996 年に第二浄水場ができるまで第一浄水場にて大原全域を給水していました。

その当時の維持管理を思い出すと給水量は計画水量を大きく上回り予備ろ過池も使用し自転車操業にて給

水しておりました。その上、年間 4 回の削り取り作業を慣例のごとく行い作業数時間後にて給水を開始しているありさまでした。そのため如何にして削り取り作業を少なくできるかが懸案でありました。今思えば、藻やプランクトンによる損失水頭の増加は一時的なものでろ過閉塞は起こしておらず藻やプランクトンの増殖は悪いことと慣例的に削り取りを行っていたものと思われます。

第一浄水場の原水はかなり蒸留水に近く水質基準をほぼ全部が 1/10 以下の水質でどちらかというとミネラル類を含まない味気ない水であるようです。下水道は完備されていない人口 2,500 人の観光客の廃水が加わるにもかかわらず河川の水が豊富で浅瀬なためか河川での自然浄化にて取水口から下流、6 km の表流水でさえ水質に問題がなく自然浄化の素晴らしさを実感しております。

伏流水を使用しているため濁度も年間ほとんど 0 度であることや、原水水質に問題がないことから寒冷地の緩速ろ過池にみられるように屋根があっても問題がないようであることから覆いをしてみようと思いつき 1993 年から蓋をしたところかなり藻の発生が抑えられました。以来プランクトン発生による削り取り作業の頻度が少なくなり年間 1 度程度の削り取りにしました。また水質検査結果も以前と変わりなかったことや 1996 年にろ過砂を入れ替えの機会にろ過砂の状態を調べたところ 20 cm 以下の砂は濁質の捕捉やそのほかの問題がなかったため太陽光を少なくしても問題がないと考えるとともに、削り取り作業の必要性に疑問を抱き 3 年間作業を止めておりますが、今だに継続中ではありますが、損失水頭は日によって 2~3 cm の変化はあるものの 3 年間ろ過閉塞の兆候はありません。(水道施設なので、安全性を考慮し、風呂蓋の材質と同じのを使ってろ過池に浮かべた。)

大原水道の場合、京都市の水道局の指導を受けることになっておりますが、京都市水道局に緩速ろ過方式を実際に維持管理指導した人が現役でないこと、欲すべき指導書が現実でないこと、民営であったため自由がきいたこと、水質自体何ら問題がないために勝手ができたと思っています。

これは大原の場合ですが、ろ過池にできる藻やプランクトンは貯水池とは違い、まず壁やろ床に水垢のような黒い糊状の藻が付着してから植物性浮遊プランクトンに移行し、ミジンコなどの動物性浮遊プランクトンに移行します。その死体の腐食によりミミズなどが

発生します。本来なら魚などが生息すれば捕食するのでしょうが、自然に魚卵や稚魚の流入などにより魚が生息するのは極まれで、そこで食物連鎖が途絶えます。また濁度の多い緩速ろ過池でも泥がみるからにたまっていても損失水頭を計測していないためか気にせず1年ろ過継続しているところもあるようです。プランクトンや濁度とのろ過閉塞の関係やろ過過程にどう関係あるのか理解できませんのでこのことを含めてご指導をいただければ幸いです。

大原から2kmも下れば京都市水道局の急速ろ過方式の水が給水されておりますため水を比べやすいのですが、年中葉臭く夏場に時々カビ臭らしい臭いも感じられます。また配水管の切り管の断面に付着した付着物や鉄管の腐食が大原とは余りに違うことは原水の汚染のてめえと思っていましたが、ろ過方式の違いにあると11年ほど前、初めて知り緩速ろ過について調べましたが、あまりにも資料が乏しいことがわかりました。

私の個人の意見ですが緩速ろ過方式は削り取りの頻度さえ少なくできればこんなに楽で安全で完全なろ過方式はないと思っています。削り取りをしすぎて一人忙しくして緩速ろ過の欠点としてきたのではないかとと思っています。

私自身、緩速ろ過に興味と疑問を持ち始めたのは6年前にろ過池に覆いをしてからです。最初の疑問は覆いしてしまうとろ床の藻類の発生が少なくなります。そうなるともともと濁度の低い原水ですので藻類の腐敗によるろ床の肥沃や損失水頭は抑えられます。そうすると削り取り作業の存在に疑問を持ち始め年3から4回の削り取りを年1回にして1996年以来止めておりますが、全項目水質検査結果は以前と何ら変わりなく削り取り作業とは何なのか、それと今まで抱えてきたイメージしていたろ過膜と呼ばれるものの存在がわからなくなりました。

他の地域の水道関係者に3年間削り取りをしていないと話をすると水道の常識から外れているのをまず驚かれます。しかしアメリカの8年に1度2インチの記述を読み納得し安心しました。確かにろ過砂は表面から1cmが一番汚れ5cmまでが汚れていてそれを取り除くと合理的なのかもしれません。砂層は1mですから、単純計算すれば40cmまででも40年間ろ過を続けることができます。普通15年から25年で砂を入れ替えていましたから緩速ろ過の浄水場の維持管理や費用のかなりをしめる削り取り作業と砂の入れ替え

が軽減されるとお金がほとんどかからないということになります。それこそ先生が言われるように「ただでさえ緩速ろ過は業者が儲からないのに輪をかけて業者の儲けがなくなります」。

私の個人の意見であります。日本ではなぜか緩速ろ過の採用には厳選されたきれいな原水が覆いのでろ過速度の上限を上げるなり改良の余地の余地はあるのではないかと、また画一的な浄水場設計でなく急速ろ過のように原水に合わせて設計しても良いのではないかとと思っています。

京都市水道局の話ですが、浄水場々長の人でも夏場の異臭味の原因が塩素との化学反応による異臭であり緩速ろ過にすれば反応物質の除去ができ臭いが発生しないことを知りません。特に京都の場合は日本で最初に急速ろ過を採用し35年前に緩速ろ過を廃止したので仕方がないのですが、水道に携わっているにしては少し不勉強な気持ちもしています。

---ある水道プラントメーカーへ就職した卒業生から鳥取市の新聞記事ありがとうございます。早速、社内の浄水関係者に回覧しました。緩速ろ過についての話題が少しずつ増えてきたような気がします。メーカーに努めている私が言うのも何ですが、もっと緩速ろ過が世の中に認知されればと思います。

物理化学的な水処理もちろん必要な時代ですが、生物処理についての可能性がもっと広く認められることを希望しています。

実際に浄水処理の設計をしていて感じるのは、「装置の複雑さ」、「客先のメーカーへの依存心の強さ」などです。メーカー依存の体質は都市部の方が強いのではないと思っていましたが、そうでもなさそうです。地方ではベテラン職員が経験で管理している部分が多いようですが、最新の設備を導入すると、その複雑性のためにどうしてもメーカーに依存せざるをえないようです。設備の切替は現場とはあまり関係ないところで決定されているような気がします。

最近、気になったが、「薬品の危険性(取り扱い方法・計算通りに反応しているか)」です。PACなどの凝集剤は以前から使用されていますが、私はその使用方法が適正でない状態(何をもって適正と言うのか?)が、起きる可能性は結構多いのではと感じています。多くの浄水場では電氣的(濁度計や故障でも、薬注配管の破損でも設備が適正に稼働できなくなる要素は多くあります。故障の原因を把握するのも一苦労です。

やはり、設備は極力シンプルであることが一番と思

います。最近手がけた物件は、結構複雑で、客先からは頻繁に電話があります。少々反省しています。

上田市水道局での仕事を中止したと連絡したら
-----とある偉い人から

確かに日本の水道（のみならず他の分野でもあることとおもいますが）に発想の柔軟性が求められているのは事実だと思います。緩速濾過の研究に関しては、基礎的な科学的アプローチが足りない状態のままでいるのは大変残念です。

水道の関係者が柔軟な発想の元に、より安全で安いおいしい水をつくれるようなシステムを作る意思決定機構自体が不足しているのです。今後設備更新時期を迎え、中立の立場で発想をする人が増えることに協力していきたいと思います。

-----良心のある報道関係者から

大変なご苦労と必要の無い心労をお抱えのご様子、非常にお気の毒です。世の中を良い方向へ導くのは、苦難の連続だと思います。悪い方向には簡単に進むのに……。まるで十字架を背負うように仕事をなさる先生には、なんとお声をかけて良いかわかりません。

けれど、先生のなさろうとしたことは、少しずつ浸透していると思います。時間がかかっても本当に良いものが必ず勝つと信じています。

-----ホームページを見た人から

先生は、日本のガリレオですね。

巨人に挑む、ドンキホーテみたい。

25. 自分で確かめることをしたい

鳥取市は昨年から大騒ぎをしていることは地方新聞に頻繁に記事になっていた。大手の新聞の地方版にも掲載されていた。この問題に対して、日本水道協会雑誌や、水道新聞や水道産業新聞にも一切掲載されていなかったが、やっと、12月1日のシンポの記事が両新聞に掲載された。本当の問題は、水道関係者が目に触れる情報が意図的にスクリーニングされていることである。このスクリーニングされた情報により判断されている。

筆者が月刊「水」に投稿したのは、理由がある。日本の水道関係で一番権威のある日本水道協会雑誌に「緩速ろ過にすべきである」との論文を投稿したとき、雑誌の方針に合わないとして却下されたことがきっかけである。「しまった」と思った。この一番権威ある雑誌は「業界雑誌」であったのに気がつかなかった。

そこでどこに発表しようかと考え、水道関係で、何

でも掲載してくれそうな月刊「水」に投稿した。その結果、少しずつだが、日本各地で緩速ろ過への再認識がされるようになった。日本水道協会雑誌には日本各地の新聞に掲載された水道関係記事のタイトルが毎月掲載されている。しかし、緩速ろ過に関する情報や、鳥取での水道問題の記事は一切掲載されていない。業界に不利な情報は意図的に極力流さないようにされている。

私のところに、日本水道新聞が毎回贈呈されてくる。申し訳ないので、緩速ろ過の情報を知らせると「先生、この新聞は業界紙ですから、ご理解を」との返事がある。日本の水道関係者は、これらの情報のみ目にして判断している。

何年か前に上田市の緩速ろ過の様子をNHKのクローズアップ現代で取り上げようとし、ビデオまで撮ったが、放送中止になった。現段階で緩速ろ過が良いと放送すると、給水割合の大部分は急速ろ過であるので、国民を不安にさせるのは良くないとの理由だと聞いている。

このような状況の中で、水道産業新聞と日本水道新聞に12月1日のシンポの記事が初めて掲載された。もししたら、急速ろ過への決定が緩速ろ過処理へ変更するかもしれないと判断したのではないだろうか。少し考えれば、緩速ろ過の方が良いに決まっている。急速ろ過を勧めていた茂庭教授も「急速ろ過の水道と緩速ろ過の水道の両者があったら、私は緩速ろ過の水道を飲みたいですね」と最後に発言した。県庁所在地の浄水処理が緩速ろ過処理の採用という事になれば、日本全国に波及する可能性がある。

それでも、鳥取市水道局は急速ろ過の方が良いと言い張っている。どうなるかは、鳥取市民の声の大きさによる。

パンフレットを鵜呑みするのではなく、問題解決には本当かなと自分で納得するまで確かめないといけない。

カビ臭い、塩素臭い、腐った臭い、異臭味は黄色信号である。自然界の微小生物はこれらの信号をすばやく察知し、回避行動をとる。無酸素の水では魚や水生昆虫の幼虫などは生息できないので、腐敗臭を素早く察知して行動をする。無酸素の水は赤信号である。人間も黄色信号を素早くキャッチし、赤信号になる前に何とか回避したい。

最後に、緩速ろ過の研究がこれまで深く長くできたのは、上田市水道局の理解があり、私達の染屋浄水場での調査研究に協力してくれたからであったことを記

し感謝する。緩速ろ過池の調査研究に協力して下さった高崎市水道局、名古屋市水道局、長野市水道局、宮古島上水道企業団に感謝する。見学などで多数の水道局に協力してもらったことにも感謝している。また日水コンの小島貞男先生にはいつも適切な助言や貴重な文献を貸して頂き感謝している。さらに英国文化協会（ブリティッシュ・カウンシル）とグレイト・ブリテン・ササカワ財団の助成金によりテムズ水道を何度も調べる事ができたことを感謝する。

日本には緩速ろ過の施設は3,000以上も現存している。その多くは簡易水道である。緩速ろ過の良さを再認識してくれるとうれしい。日本は山国である。それぞれの谷間に個々に小さな浄水場を建設すれば良い。原水は都市廃水などによる汚染がひどくないので、原水中の栄養塩を藻を繁殖して取り除くという考えは必要ない。伏流水、井戸水を原水とし、できれば、多段式の粗ろ過をして、徹底的に濁りを除く方式をしてから、覆い緩速ろ過をすれば良い。下水や畜産廃水、農業排水の影響がある場合は、開放式の多段粗ろ過装置をつくり、ここで糸状藻類を繁殖させ、藻を取り除き、最後に覆い緩速ろ過池で安全な水道水をつくるよ

うにすれば良い。このようにすれば、緩速ろ過池の手入れはほぼ永久に必要な。粗ろ過池の手入れをときどきすれば良い。自然の山の林の下から湧き出る天然の清水はいつも清澄であるのと同じである。落ち葉の下には多くの動物が沢山いる。その下には土壌があり、その下は無生物の世界である。生物が食べることができる物質が浸透すればそこで、生物が繁殖する。

生物処理の緩速ろ過の素晴らしさを皆に再認識し、再評価してもらいたく、「現在に通用する緩速ろ過の再認識」と題して簡易水道協議会の機関月刊雑誌「水道」44(4):17-28,1999、44(5):20-31,1999、44(6) : 21-32, 1999 に3回連載で詳しく解説した。また、カラー写真が豊富な下記ホームページを開設した。
<http://water.shinshu-u.ac.jp/ssf.htm>

次のときに改訂したいので各自のパソコンで見て、コメントをくれるとうれしい。この文章を本当かなと懐疑的に見てくれるとうれしい。だがまてよ本当かなと自分で確かめるという習慣をつけたい。

このプリントを自由に複写して興味ある人に配布して構いません。公務員は公共のために奉仕する人 Public Servant である。