

自然浄化機能を活用した 生物ろ過(緩速ろ過)によるおいしい水のつくり方 途上国で求められている技術はなにか？

中本信忠

NPO 地域水道支援センター 理事長
信州大学 名誉教授



Community Water Supply
Support Center of Japan

地域水道支援センター

<http://www.cwsc.or.jp>

第2回 中海『水』フォーラム

平成21年3月8日(日)13:30~16:30
松江市総合文化センター(プラバホール)

を少し改訂

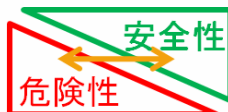


レストランで
コップに水

身近に安全でおいしい
水が豊富にある証拠



自然が浄
化した水



水道水があっても、
湧水を汲みに来る



北海道 ニセコ名水 甘露水

洞爺湖サミットで使用



2002年5月 ナチュラル・フィルターによる緩速ろ過技術



2005年8月 生物浄化法 新しい名前を提唱、タイトル・図写真説明：英語併記

2009年 中国語訳も、科学出版社(北京)で発行予定



2001年、スリランカ、JICA

2009年3月 生物浄化法(緩速ろ過)の動画と資料、日・英版CDがもうすぐ完成、JICA



東京都立大・理・生物 卒
 1973: 神流湖での「淡水赤潮」現象を発表
 ダム湖流入部での鞭毛藻によるブルーム
 1974: ブラジル、生態系活用でダム湖の水質浄化
 1975: 信州大学繊維学部(応用生物科学科)就職:
 ダム湖富栄養化研究、理学から応用学部へ
 生物の立場で水質評価するMBOD法を発表
 1984: 緩速ろ過池での藻類繁殖研究開始
 2007: 愛知万博「愛・地球」賞
 2008: 信州大定年退職
 現在: NPO地域水道支援センター理事長

Nobutada Nakamoto



NOBUTADA NAKAMOTO

Nascido em Tokyo - Japão, em 1942, concluiu em 1965 o curso de Ciências Biológicas na Universidade Municipal de Tokyo e Pós Graduação na mesma Faculdade, capacitando-se em ecologia de macroorganismo, estudando a relação entre o desenvolvimento das algas e os nutrientes; pesquisou também o fitoplâncton do oceano e realizou um estudo sobre a maré vermelha das águas das represas hidroelétricas. Veio, em 1974, a Universidade de São Paulo a Universidade Federal de São Carlos, como especialista em cultura de algas e ecossistema de represas hidroelétricas pela GTCA (Overseas Technical Cooperation Agency of Japan - ex-JICA, Japan International Cooperation Agency). Em 1975 tornou-se professor assistente da Universidade de Shinshu; em 1981 professor adjunto e em 1990 professor titular na mesma Universidade. Integrou-se ao Grupo de Pesquisa, Brasil-Japão sobre represas hidroelétricas e lagos artificiais do Brasil, o que lhe permitiu viajar ao país por sete vezes, cooperou com o Centro de Limnologia da Academia de Ciências da Indonésia na elaboração das novas "Normas de Qualidade da Água Potável" - método MBOD, assessora na melhoria das estações de tratamento de água destinadas ao Ubatuba, Takazaki, Mirna, Mirna, Nagayak, Takamatsu e de países como Síria, Indonésia, Bangladesh, Nigéria e Vietnã. Publicou o livro <生でおいしい水道水> "Água Saborosa da Torreira - Técnica de Filtração Lenta - Elina Filtração Natural" (Editora Tsuiki-Shokan). Recebeu o prêmio <愛・地球賞> "Amor - Mundo Planeta" (10 Edições - 2000, por sua pesquisa sobre o papel das algas no Sistema de Filtração Lenta. Assentou-se em março de 2005 pela Universidade de Shinshu e, hoje, é Professor Emérito da mesma Universidade. É Diretor Superintendente do "Non Profitable Organization of Community Water Supply Support Center of Japan" - uma ONG pela qual iniciou o movimento "安全でおいしい水を皆に" "Água segura e saborosa a todos" e criou o website "Água segura e saborosa em várias partes do mundo".

PRODUZA VOCÊ MESMO UMA ÁGUA SABOROSA

Sistema de Purificação Ecológica
 Revendo a Tecnologia de
 Produção de Água Potável

2009年3月末 ポルトガル語版、ブラジルJICAで出版

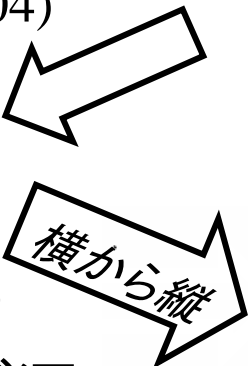
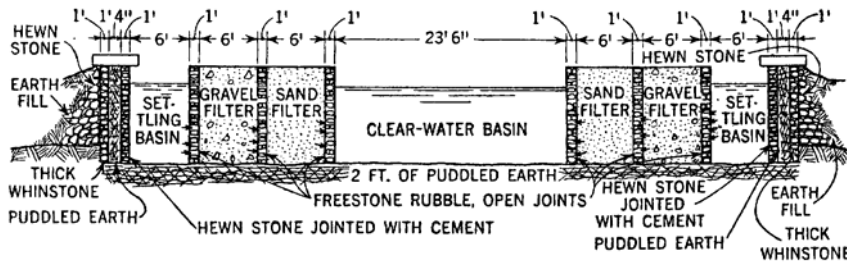
JICA、日伯移民100年(1908-2008)祭マーク入り

Em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, há uma grande parte da população sem acesso à água potável. Com o intuito de atingir cada vez mais essa população, o Sistema de Purificação Ecológica vem sendo utilizado com sucesso há 200 anos na Europa e 100 no Japão. Por meio dele é possível produzir água segura e saborosa com uso de tecnologia simples, baixo custo e pouca manutenção. Neste livro, o Prof. Nakamoto explica, os processos biológicos envolvidos no Sistema de Filtração Lenta em Areia, e que o levou a dar-lhe novo nome: - Sistema de Purificação Ecológica. Trata-se de um livro que revê a antiga filtração lenta à luz de novas concepções científicas.

JICA
 Japan International Cooperation Agency

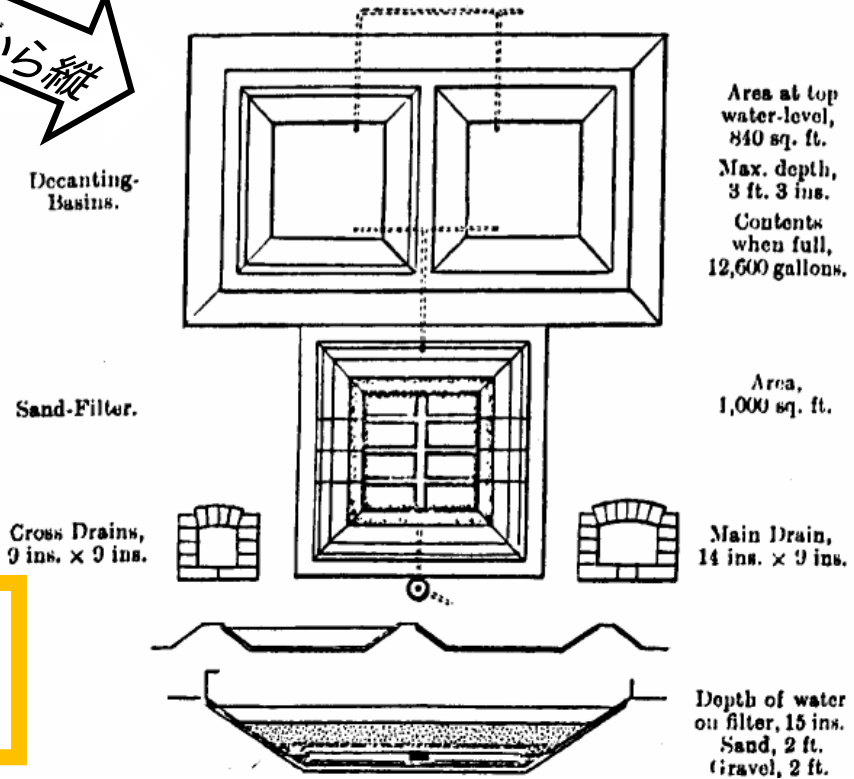
緩速(砂)ろ過処理: Slow

Sand Filtration: 河川水を礫と砂の槽を横に流して清澄な人工的な伏流水をつくり、市内中に売り歩いた(公共水道の起源: John Gibb, Scotland, 1804)



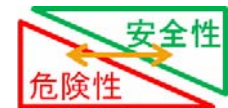
James Simpson, 1829.1.29. テムズ河の水を沈殿池と砂ろ過で清澄な水を給水する施設を完成。上から下へ流すゆっくり砂ろ過、砂層表面の削り取りでろ過閉塞回避も開発。

砂礫で機械(物理)的なる過で清澄な水、細菌除去ができると考えた。



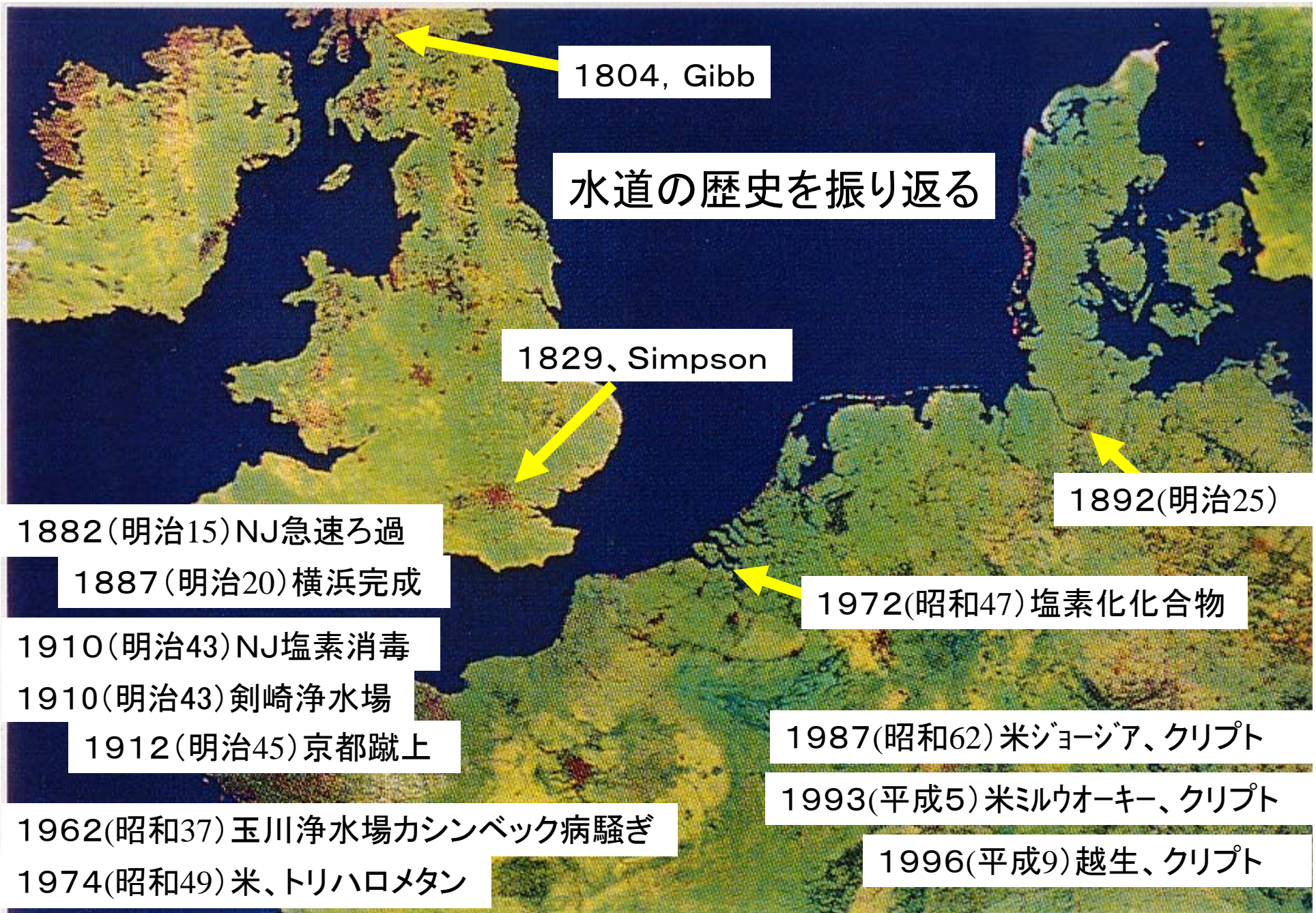


1832:水道水源はこんなだった。汚水で汚れた水でした。こんなに汚い水でも緩速ろ過処理で、病原菌が除けていた。



怪物スープ (Monster Soup)
呼ばれるテムズの水:こんな水をおいしく安全な飲み水にできた(1828:風刺画)。





1804, Gibb

水道の歴史を振り返る

1829, Simpson

1892(明治25)

1882(明治15)NJ急速ろ過

1887(明治20)横浜完成

1910(明治43)NJ塩素消毒

1910(明治43)剣崎浄水場

1912(明治45)京都蹴上

1962(昭和37)玉川浄水場カシンベック病騒ぎ

1974(昭和49)米、トリハロメタン

1972(昭和47)塩素化化合物

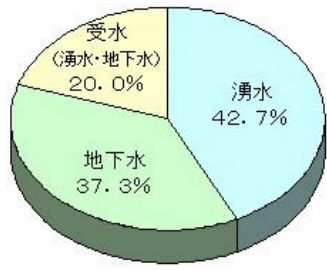
1987(昭和62)米ジョージア、クリプト

1993(平成5)米ミルウォーキー、クリプト

1996(平成9)越生、クリプト

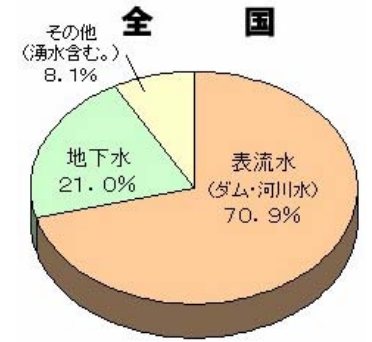
緩速ろ過(清澄)→コレラに安全→急速ろ過(+塩素)→塩素化化合物→膜の勧め

佐久水道企業団

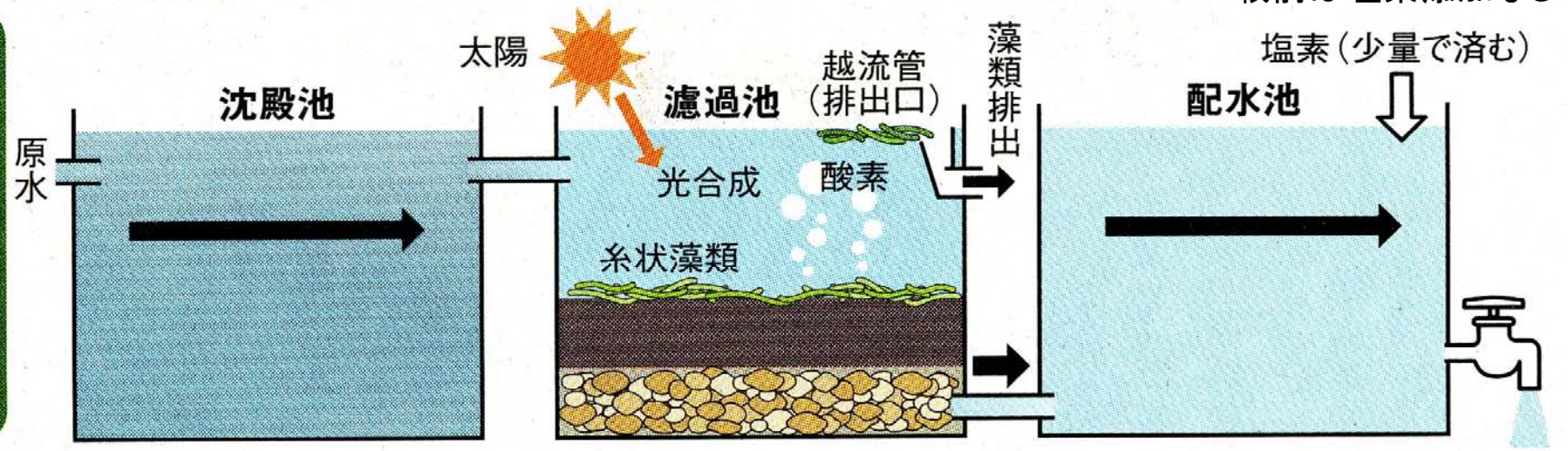


緩速ろ過処理 Slow Sand Filtration =物理(機械)ろ過でない

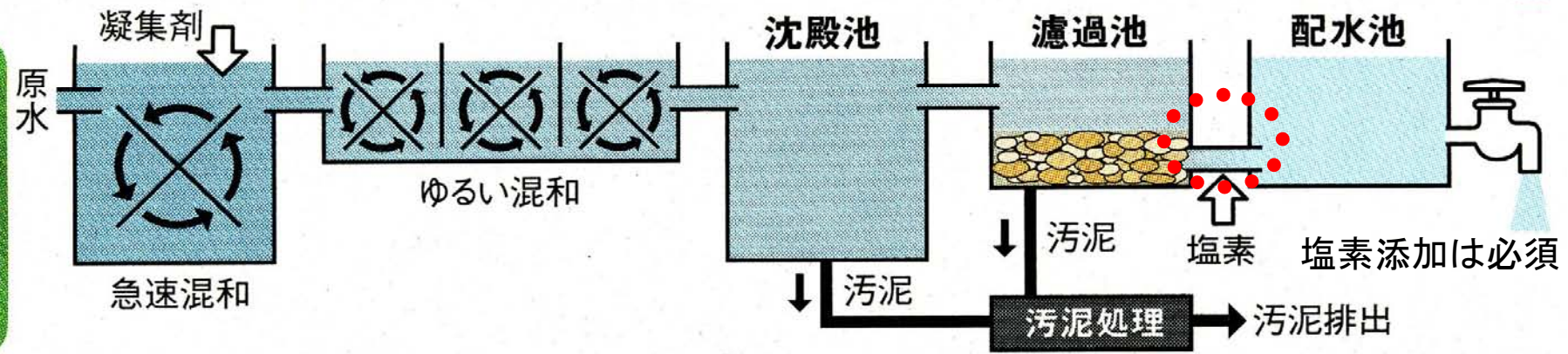
→生物浄化法 Ecological Purification System: 酸素不足にしないように、ろ過速度も速い方が良い。



生物浄化



急速濾過





どちらが、省エネ。環境にやさしいの。

朝霞浄水場概要

名前がFair でない。名前を変えよう。
YES! WE CAN.

緩速ろ過 Slow Sand Filtration

急速ろ過 Rapid Sand Filtration

ゆっくりの砂ろ過
とは
生物群集による浄化

速いろ過 とは
ろ過池だけ、その他の施設でかかる時間
を言わない: 全行程なら、余り変わらない

生物浄化法
Ecological Water
Purification System

凝集薬品沈殿ろ過法
Chemical and
Mechanical Treatment

Natural Filter: 自然界の生物
群集による浄化法: English

Commercial Filter: 企業にお金
が流れる未完成の技術: American

Filter

Filter

急速ろ過処理への警告

凝集薬品沈殿処理への警告

ハリスレポート1974: 飲み水は安全か? :
IS THE WATER SAFE TO DRINK?

*Robert H. Harris and Edward M. Brecher and
the Editors of Consumer Reports*

Consumer Reports 1974.6月号: 436-443: 問題点
The Problem: 「塩素殺菌と発ガン性を指摘、石綿(アスベスト)管とガン、細菌、ウイルス、
重金属、処理後の危険性」,

7月号538-542: 安全にするには, How to make
it safer

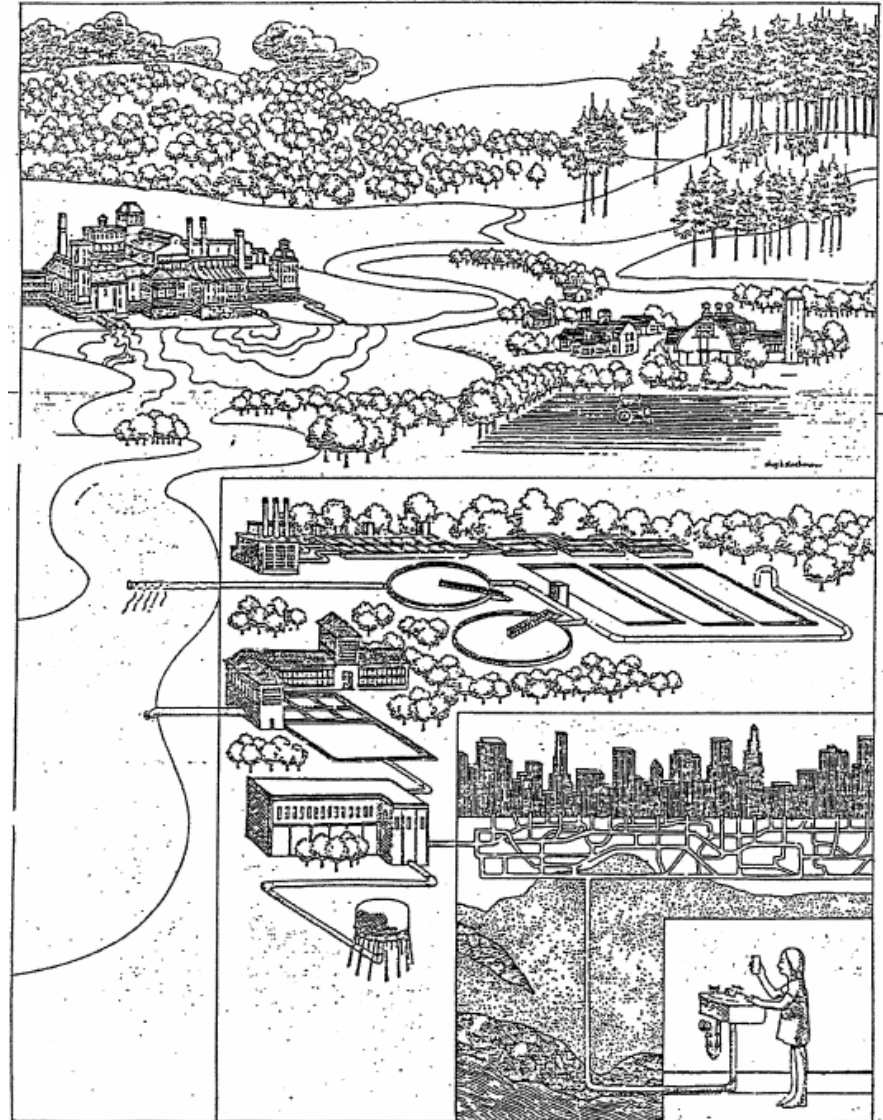
8月号623-627: 何ができるか What you can
do

このハリスレポートは塩素と発ガンの危険性を指摘しただけではなかった。石綿管のアスベスト: 20年、30年後にガンになる危険性も指摘していた。

石綿管を製造していたクボタ鉄工は、1975年から製造を中止していた。このレポートを読んでいたのであろう。



IS THE WATER SAFE TO DRINK?





ろ過池の削り取り作業を見学、Salem, Oregon, USA

1993年、Milwaukee市で、急速ろ過処理で除去できなかったクリプト原虫による40万人の集団下痢事故があった。その1年後、1994年、アメリカ水道協会はOregon州 Salem市で緩速ろ過処理研修会を開催。Refocus, Rediscovery, Timeless Technology for Modern Application. しかし、People loves New Technology.

実際にリスクは、あるのか？



1997.10.アメリカ水道協会情報誌

Cryptosporidium has never been detected in the finished water of NSWC; however, studies have found *Cryptosporidium* in greater than 85 percent of all surface water supplies. These same studies identified *Cryptosporidium* in more than 25 percent of the treated (filtered) water supplies with effluent turbidities of less than 0.1 ntu.

表流水(85%以上)のどこにでも
0.1ntu以下の浄水の25%以上で検出

A diagram at the top right shows a green triangle pointing right with the word '安全性' (Safety) inside, and a red triangle pointing left with the word '危険性' (Danger) inside. A yellow double-headed arrow connects the two triangles.

A stylized icon of a human head in profile, with a lightbulb inside, representing a viewpoint or idea.

VIEWPOINT

So Many Oocysts, So Few Outbreaks

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

enturies people after an infection, become ill from. The ancient Chinese who survived me immune to infected their tion programs approach. fection does le from cons s caused by ons confer ds of time; nity at all. ith cryp- to com- sequent lence is

more common occurrence of disease is "endemic." With endemic disease, most exposures result in asymptomatic infections rather than illness. The significance of endemic infections is seldom recognized.

If a large number of people in a community are immune to illness caused by *Cryptosporidium* oocysts because of prior infections (corresponding to high levels of endemic infection), fewer illnesses will result from each new exposure. Eventually, such a large percentage of the community's population becomes immune that new exposures cause few illnesses. This phenomenon was observed for *Entamoeba histolytica* infections in India and possibly for *Cyclospora* infections in Peru. In the case of both these pathogens, little evidence of outbreaks

infections rather than disease outbreaks. However, this may prevent detection of the scattered illnesses associated with consumption of drinking water contaminated with oocysts. Continued low level contamination may maintain such a high degree of immunity in the population that overt outbreaks of waterborne cryptosporidiosis are prevented. Therefore, surveillance programs that rely only on the detection of cases of illness may not be sufficient to assess the risk of waterborne transmission of cryptosporidiosis. The effect of immunity should be considered when a surveillance program is planned.

Am Water Works Assoc.
1997;89(12):8-9.

クリプト原虫シストがいても、
下痢患者がいない。どうしてか。



アメリカ、ニューヨーク州に新設された緩速ろ過の浄水場(Central Bridge)の水源池の周囲でクリプト原虫の排出源の牛を放牧しても緩速ろ過処理なので問題にしていない。

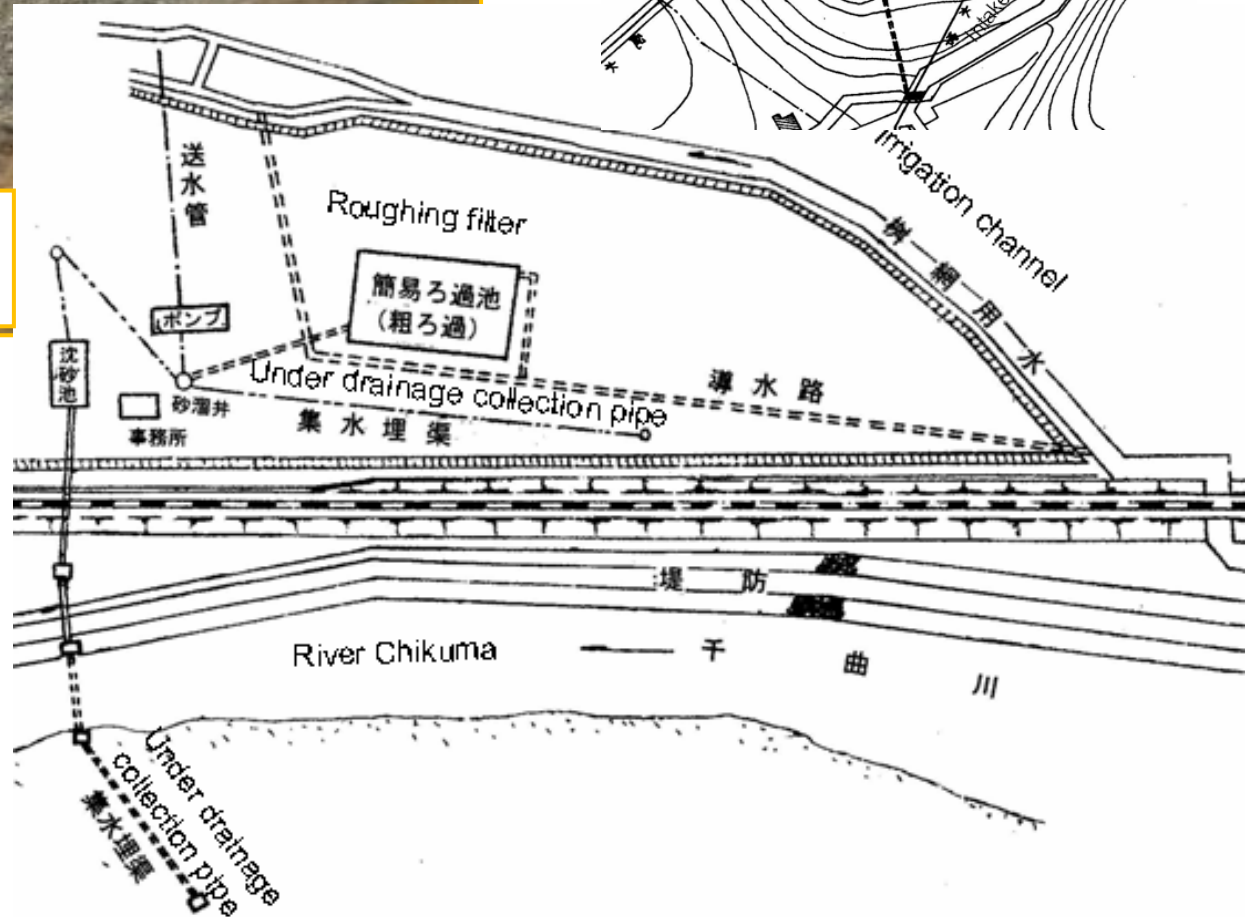
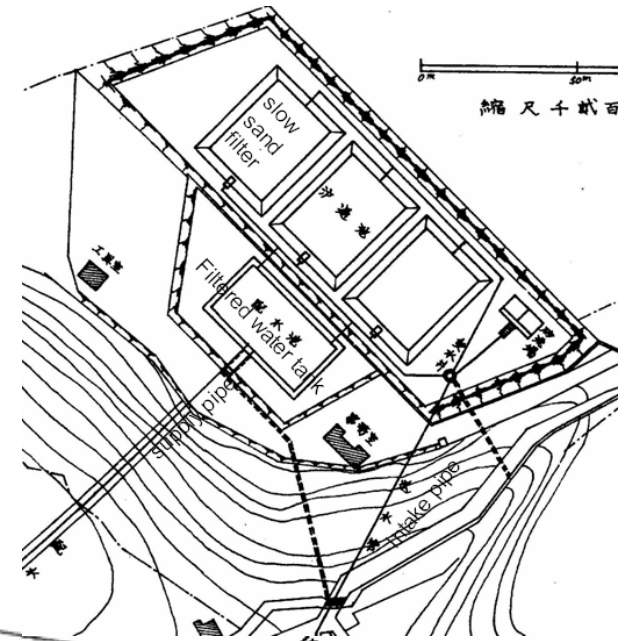
英国、ロンドンのテムズ水道Ashford Common浄水場のろ過池では、白鳥が遊んでいる。鳥インフルエンザウィルスなども気にしていない。





戦前に千曲川河川敷内に敷設した集水埋渠の撤去作業

上田市は大正12年に完成した時は、欧米で再認識されてきた取水方式をしていた。泉町ポンプ場：河川表流水を取水するように変更し、濁り対策で生物毒の凝集剤を使うようになった。



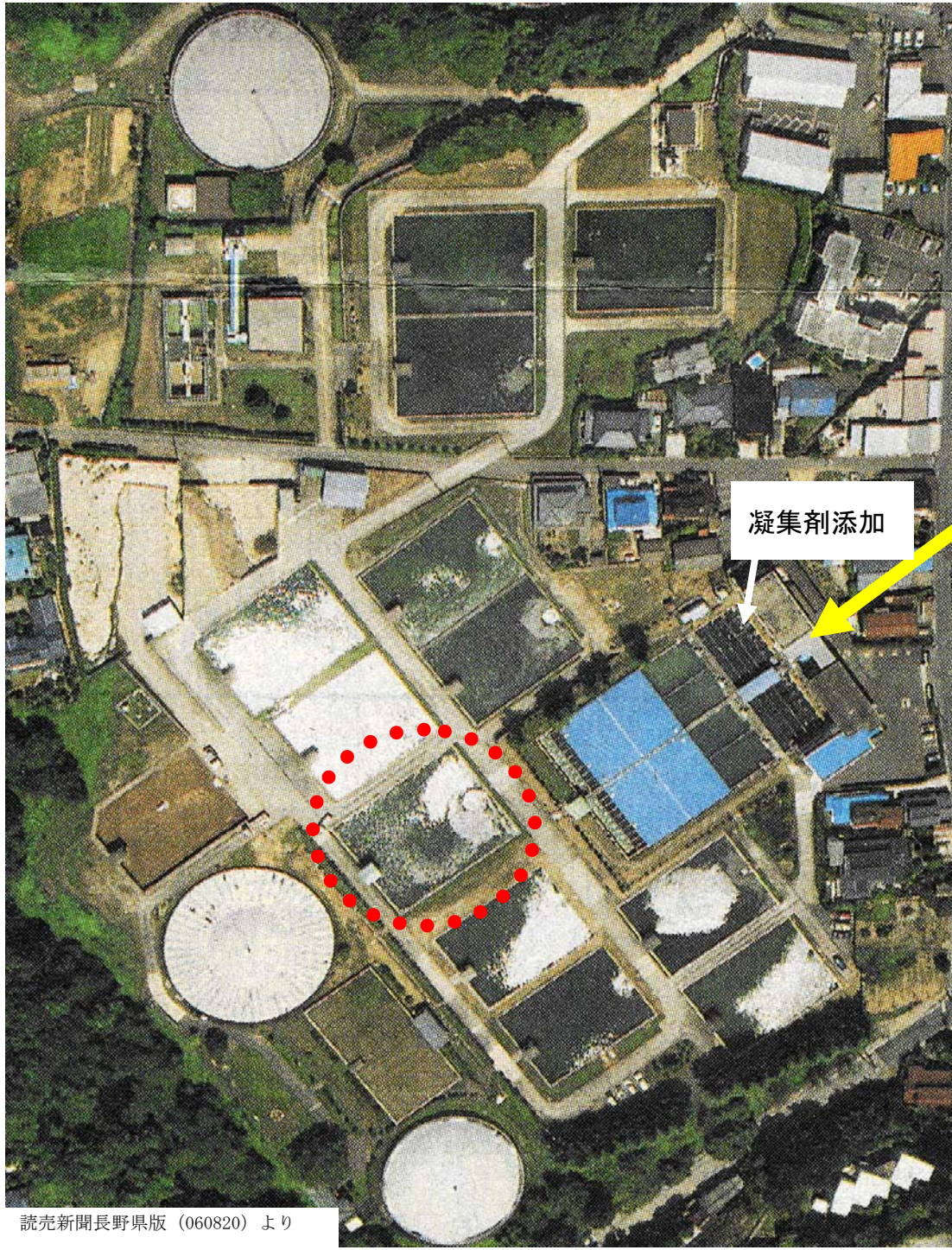
菅平ダム

川の伏流水、川の表流水→おいしい水道水。
1964年、菅平ダム湖完成。菅平高原で施肥した肥料の影響で、ダム湖では大量の藻が繁殖：臭い水道水供給。

藻は臭い水をつくる原因と考えて、殺藻処理をするのが一般的であった。実は、急速ろ過処理での対策。

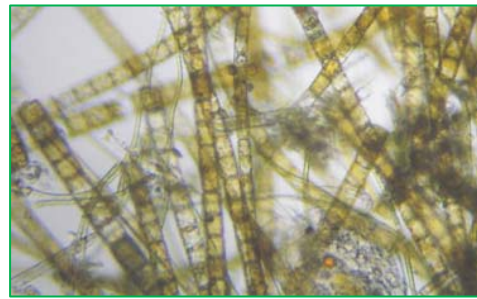
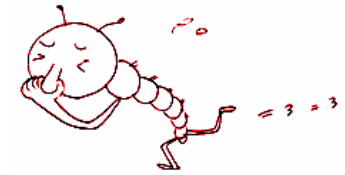
染屋浄水場では、殺藻剤を使用していた。濁り対策でも、凝集剤を使用。そのため、ろ過池で、生物が活躍できず、臭い水騒ぎが生じた。

緩速ろ過池は13池（1池は780m²）、4.8m/dでろ過すると、48,672m³/d (= 10,140m²x4.8m).の水ができる。一人1日、0.3m³の使用と考えると、162,240 人の水道需要。



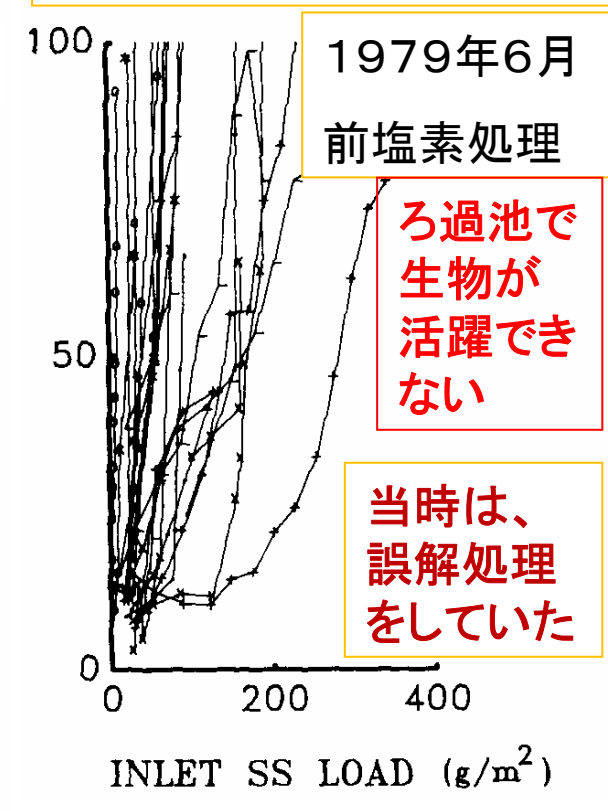
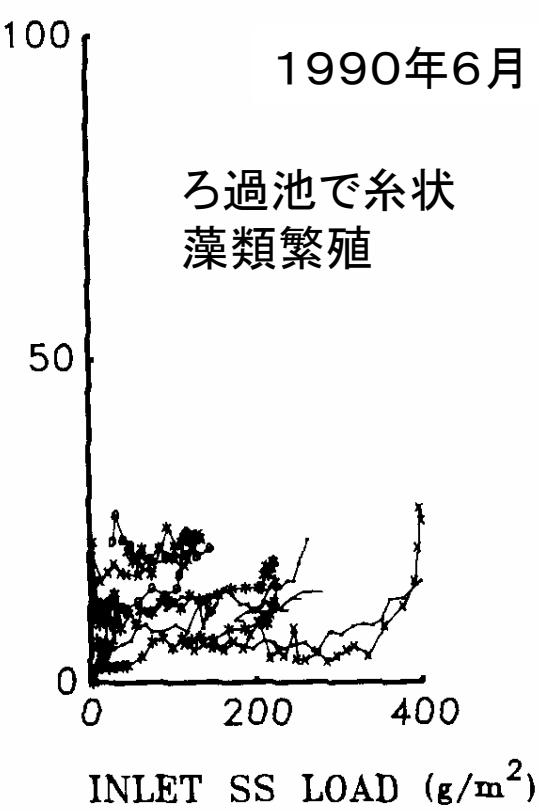
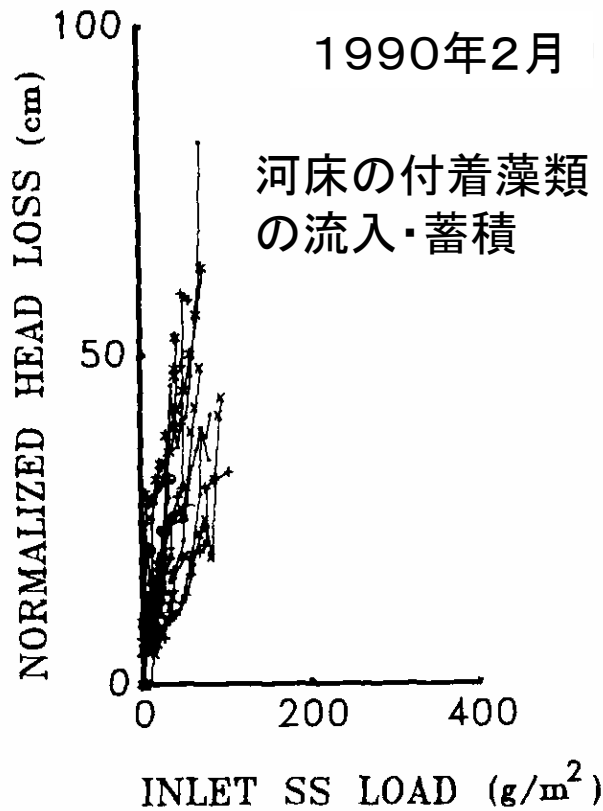
凝集剤添加

前処理薬剤(凝集剤、殺藻剤)とろ過抵抗



上田市染屋上水場での臭い水騒ぎの時は、前塩素・硫酸銅を添加し、生物が繁殖していなかった。生物が活躍せず、ろ過閉塞状態になっていた。

ろ過抵抗の指標：標準化損失水頭、cm



ろ過池で生物が活躍できない

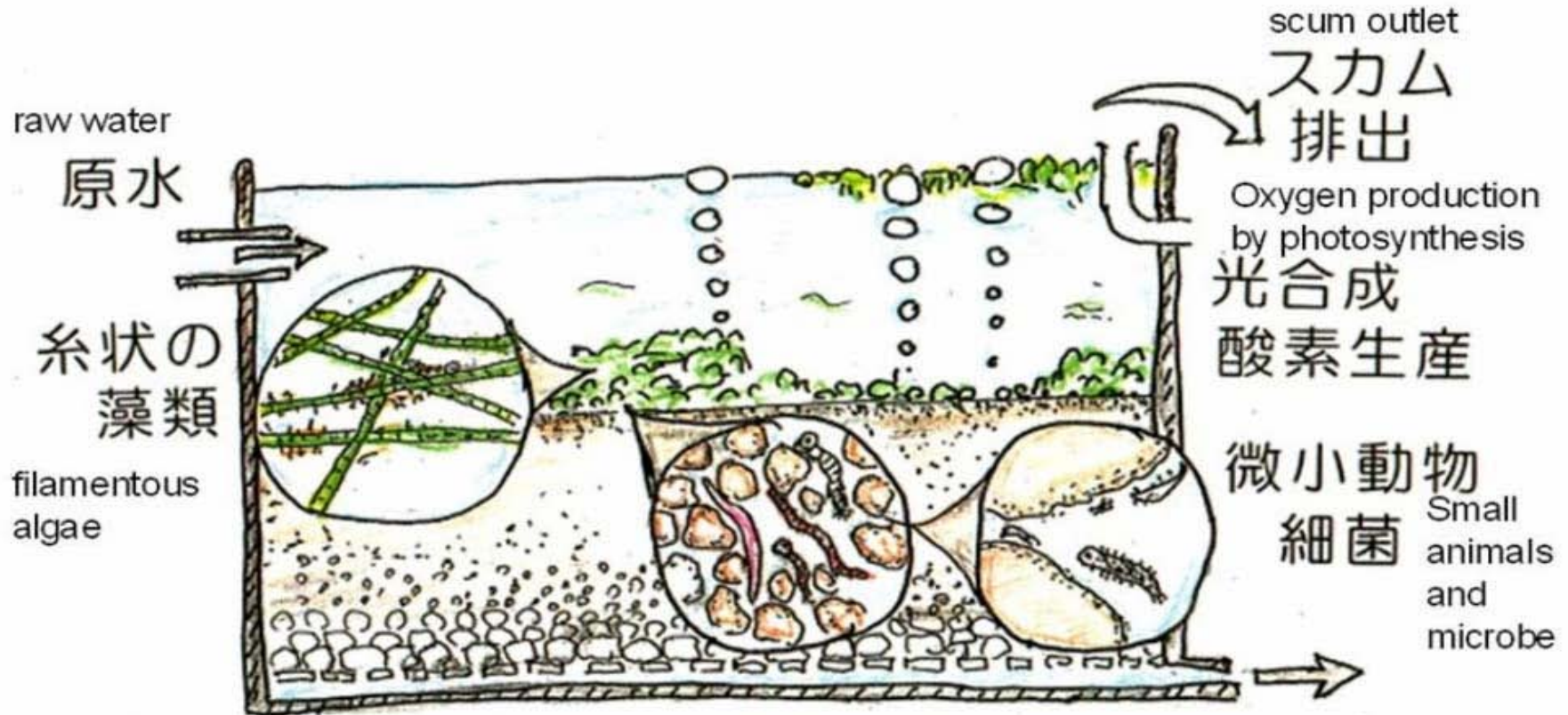
当時は、誤解処理をしていた

ろ過面への流入懸濁物質負荷量



ゆっくりの砂ろ過 ^{かんそく} 緩速ろ過法
 Slow sand filtration

⇒ 生物浄化法
 Ecological Purification System



生物の働きによる安全でおいしい飲み水
 Safe and delicious drinking water by biological activity

生物群集の働きによる浄化：河原の伏流水を人工的につくる

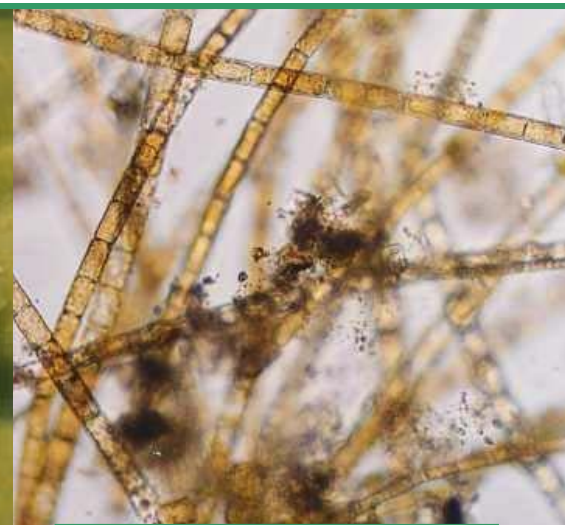
生物浄化法の考え

藻の役割、動物群集の役割に注目



長野県上田市染屋浄水場
大正12(1923)年完成

原水中に栄養塩が豊富、砂面の削り取りが頻繁だと、**糸状藻類の連続培養系**となりやすい。



光合成による酸素生産(気泡生産)

濁りの捕捉



砂ろ過→生物群集の働きによる浄化

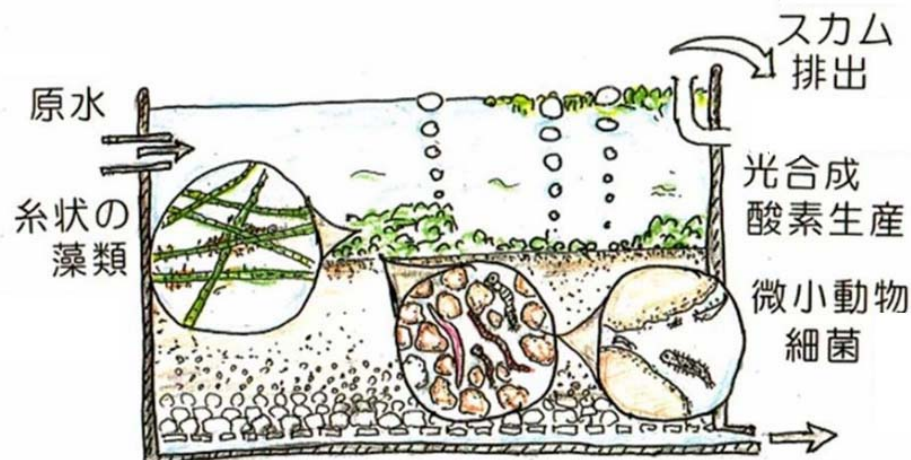
砂の大きさは関係なかった。砂や石の間で生物が活躍する。

ゆっくり→生物群集が安心して活躍できる。



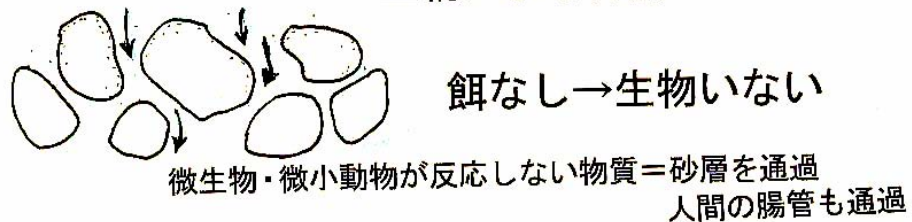
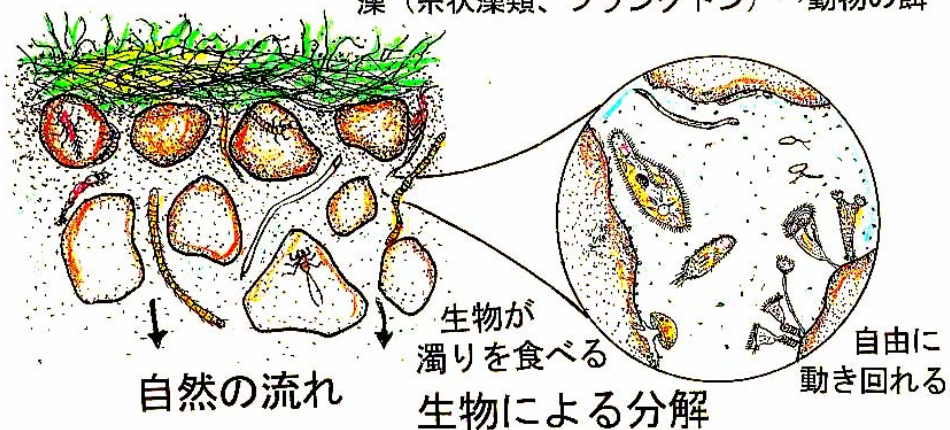
ゆっくりの砂ろ過 かんそく 緩速ろ過法
Slow sand filtration

⇨ 生物浄化法
Ecological Purification System



生物の働きによる安全でおいしい飲み水

藻（糸状藻類、プランクトン）→動物の餌



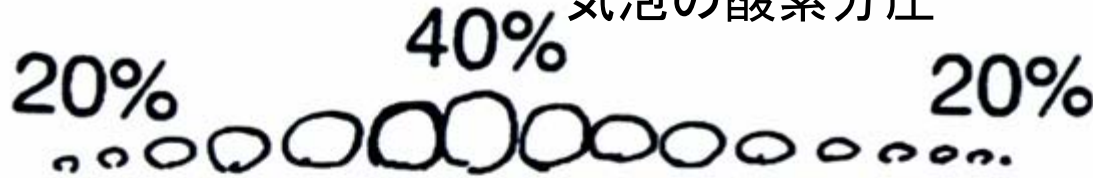
日本では、戦後、米国の指導等により塩素消毒が導入された。



河原の伏流水を人工的に
つくる(工事中のろ過池の
断面:上田市染屋浄水場)

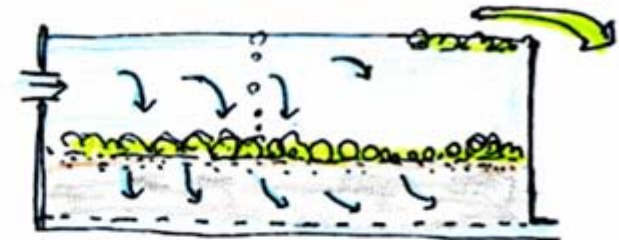
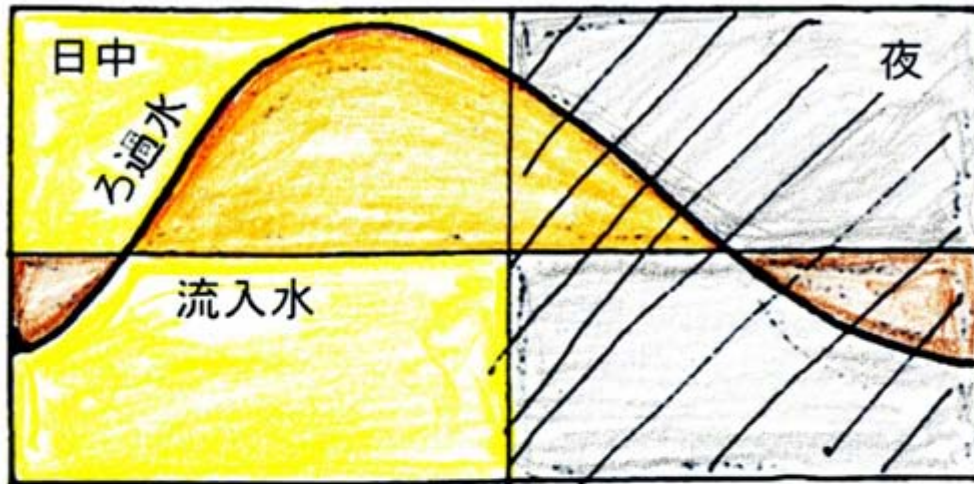
流入水とろ過水中の溶存酸素濃度の変化と気泡の酸素分圧

気泡の酸素分圧



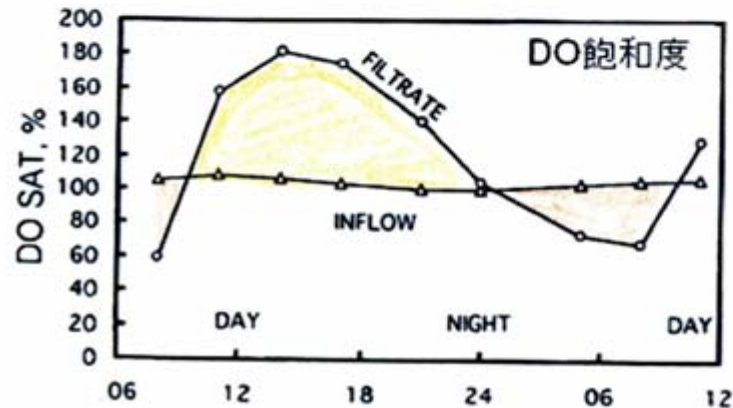
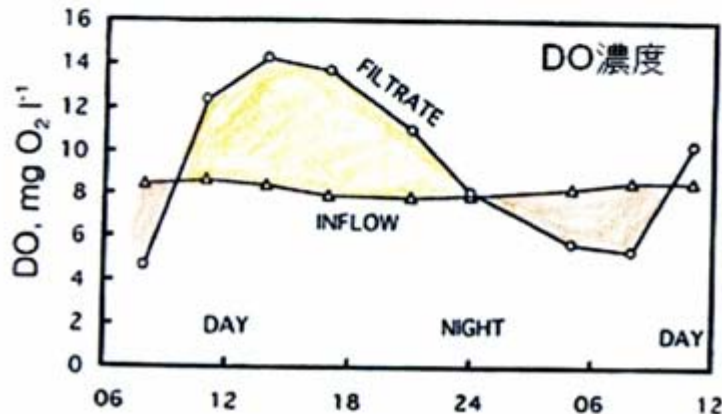
浮上した藻が越流

溶存酸素濃度
DO



砂面上に藻類が繁殖。
光合成により、酸素の
気泡が生じる。

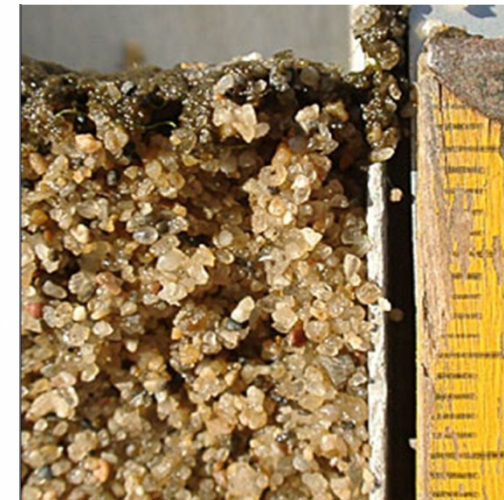
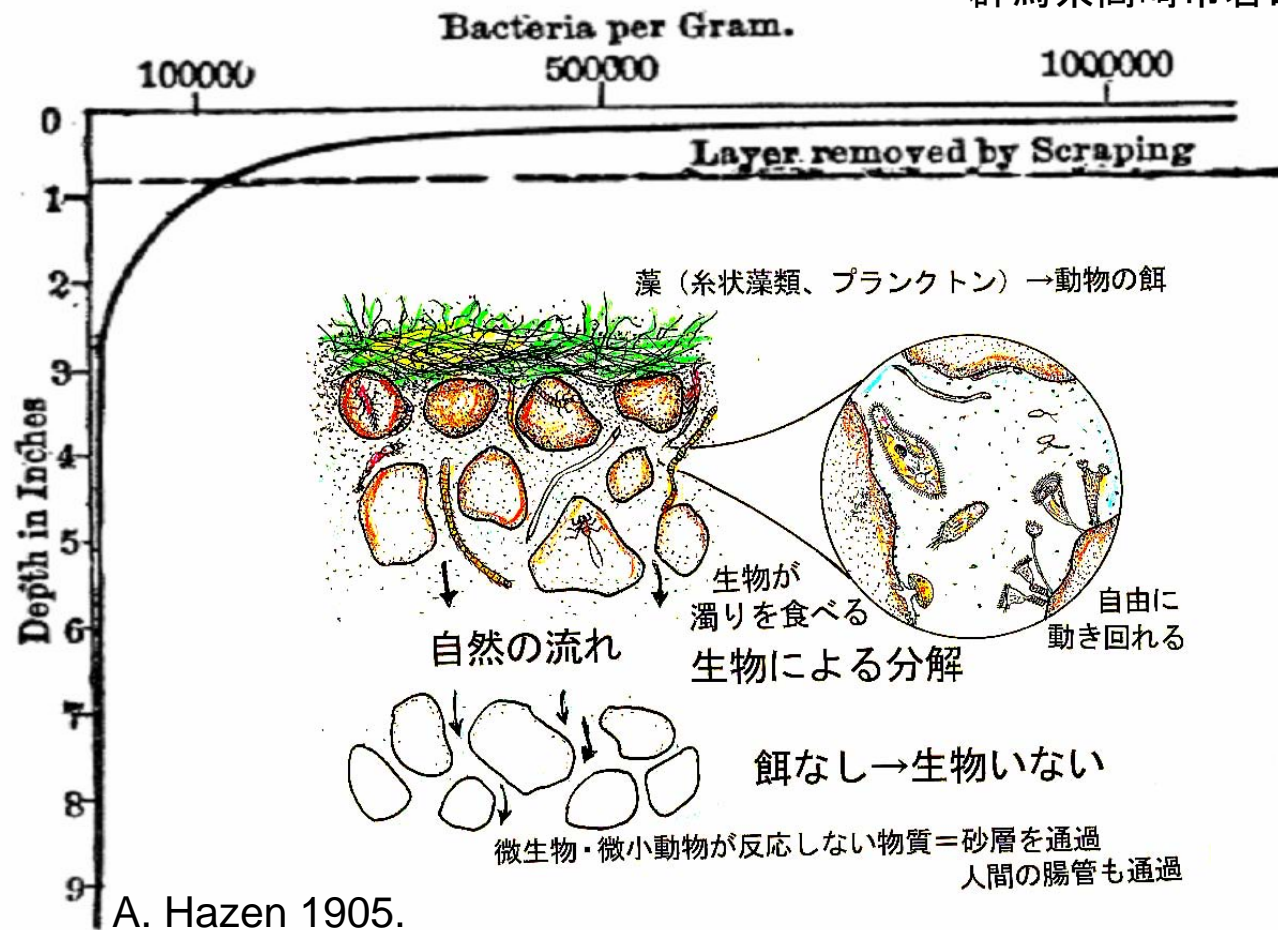
藻類の連続培養状態だと、
ろ過水は酸素が豊富になる。

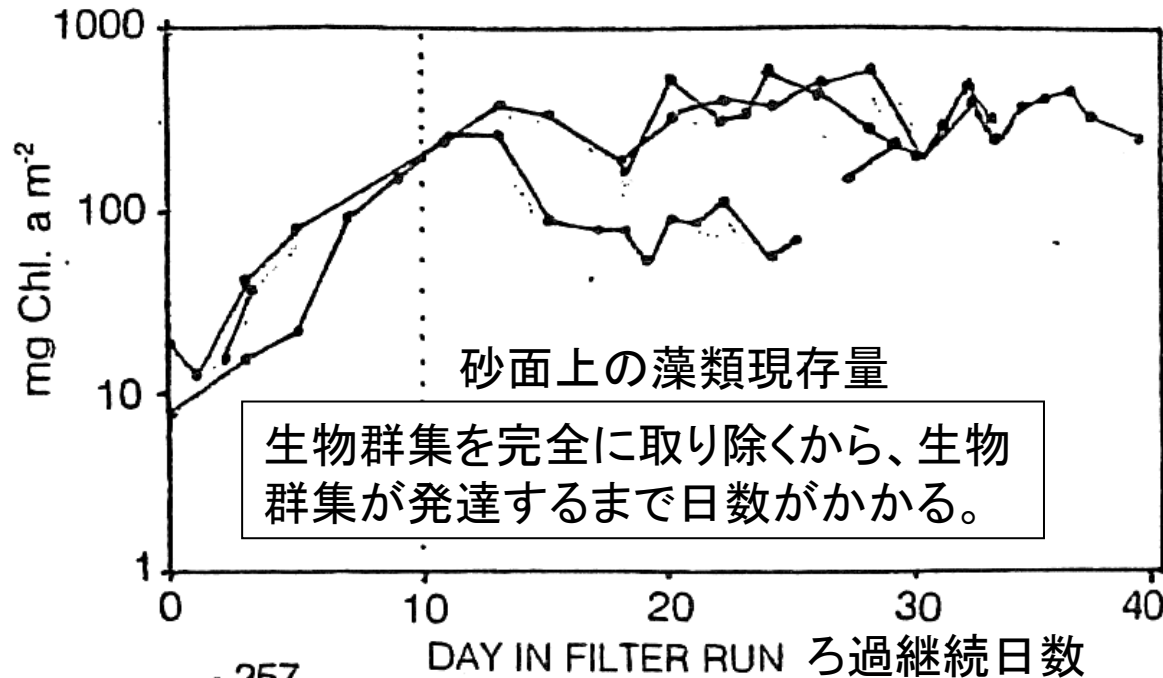


生物群集が活躍している砂層は数cm。
 この部分を通過するだけで浄化される。
 この間を通過する時間は数分＝生物
 群集による瞬間浄化。でも安全のため
 砂層は1m。



群馬県高崎市若田浄水場 昭和39(1964)年完成

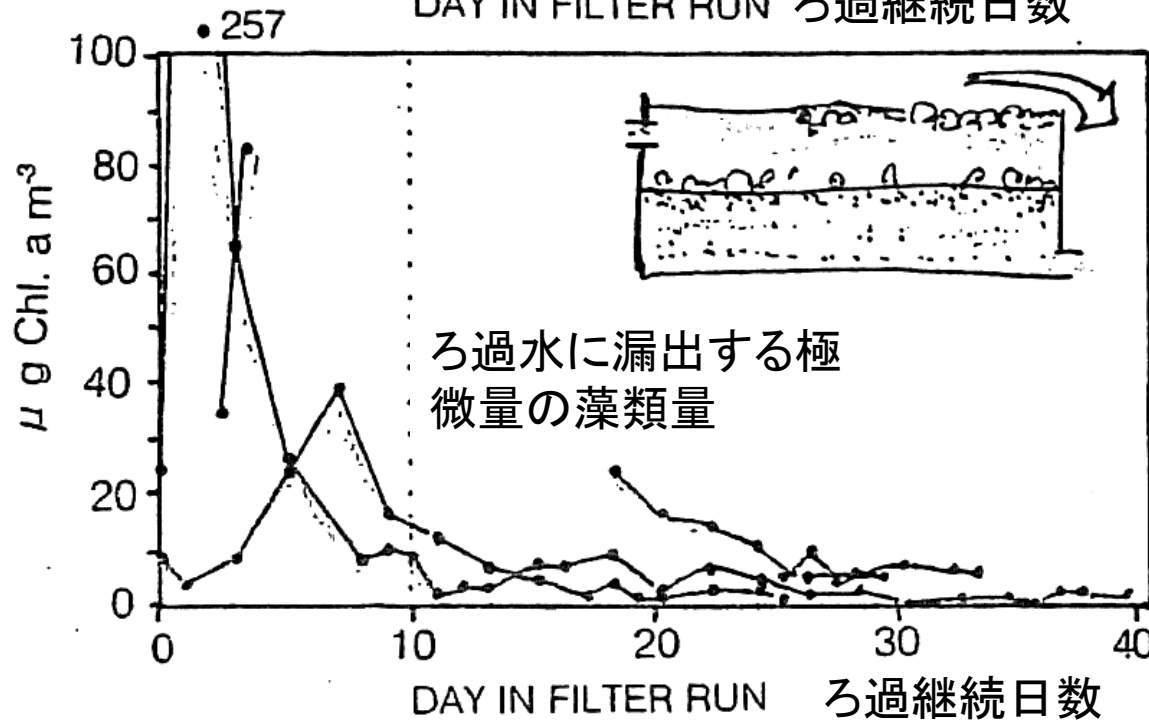




夏は、約10日で、藻類被膜が発達し、藻類の連続培養系になる。

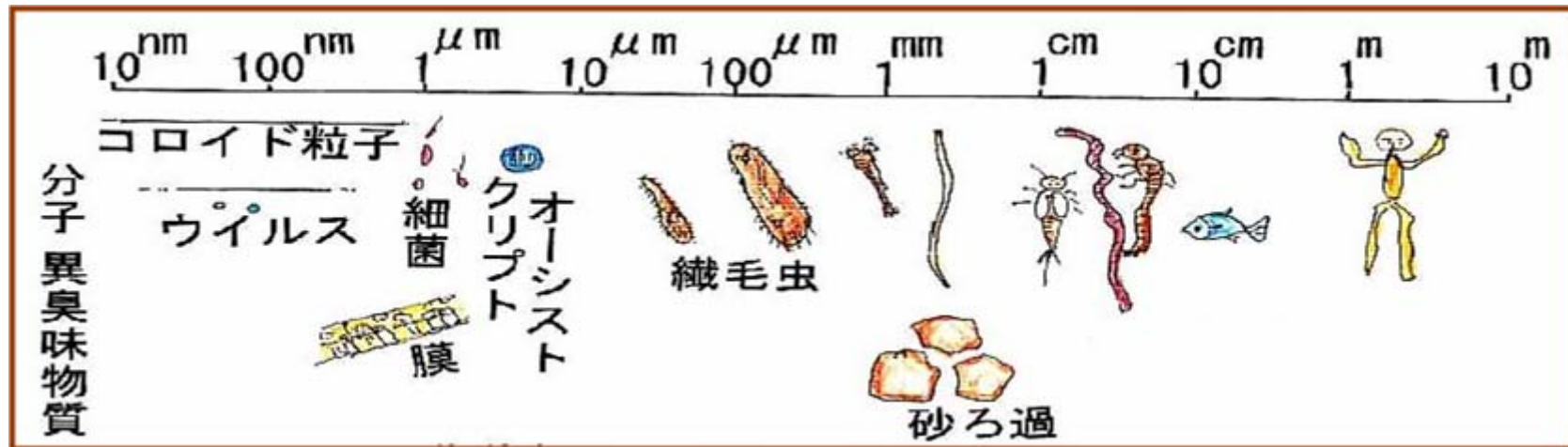


夏は、約10日で、理想的なる過水になる。



夏は生物活性が高く、目詰まりしにくい。この作業は必要ない。良い水質になると、悪い水にしている間違い作業。

生物浄化 *Ecological Purification System* の仕組み



あらゆる生物群集の活躍で、安全でおいしい飲み水ができる。

藻は酸素を生産し、動物の餌にもなる。

動物が餌を食べる時間は短時間、糞塊の中での分解は長時間

食物連鎖が重要。動物は濁りを集めて、上に持ち上げる(糞は上に)
動物の糞塊(団粒構造:中は嫌気、外は好気)

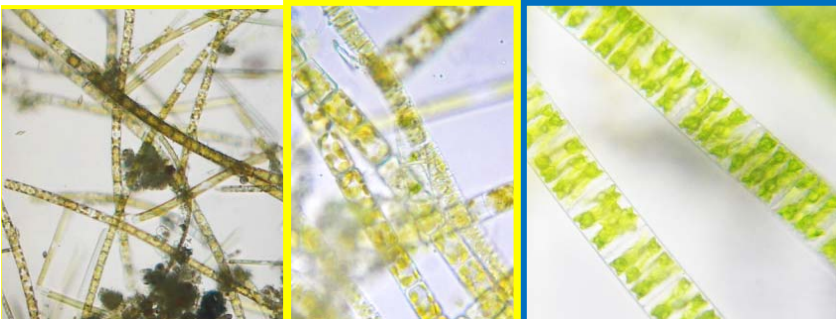
河原で湧き出る水は清澄



糸状珪藻 *Melosira varians*

濁りが無い、流れがあっても、糸状の珪藻が繁殖しやすい。成長速度が速い藻が優先し、繁殖しやすい。安定する期間が長いと動物が食べにくい糸状緑藻がでてくる。

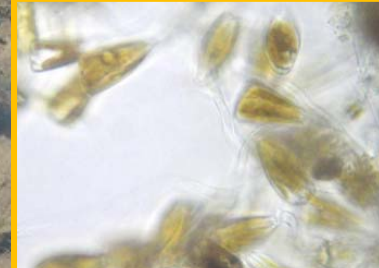
糸状緑藻 *Spirogyra* sp.



千曲川上田市付近の河原では、礫が目立つ。急激な増水が時々ある証拠。



流れが速い礫面に強固に付着：
Navicula, Cynedra, Nitzschia



流れが緩い礫面に緩く付着：

Gomphonema

河岸で浅いところの礫面では、付着藻類が繁殖。流下藻類を捕食する水生昆虫の巣のネットが礫間に目立つ。

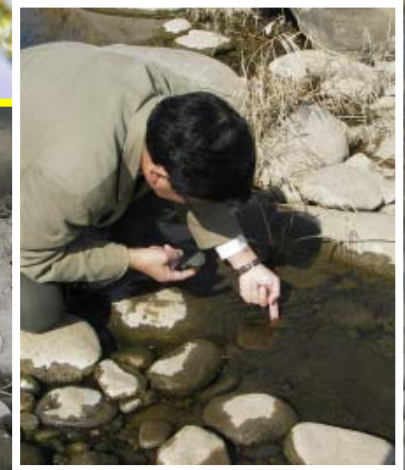
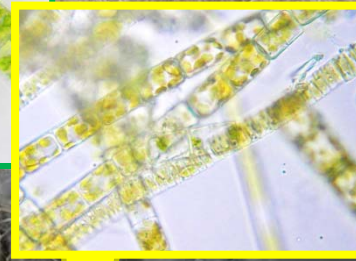
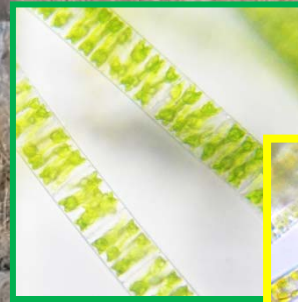
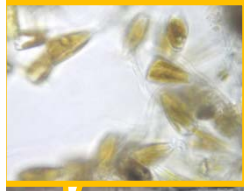
本流の礫面にゆるく付着していた付着珪藻:*Gomphonema*

流れが速い礫面に強固に付着:
Navicula, Cynedra, Nitzschia

千曲川上田市、2009.2.6.

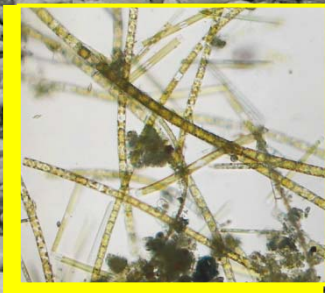
糸状緑藻:*アオミドロ*

糸状珪藻:*メロシラ*



WT
4.5°C

糸状珪藻:*Melosira*



WT
4.5°C

ユスリカ



WT
4.5°C

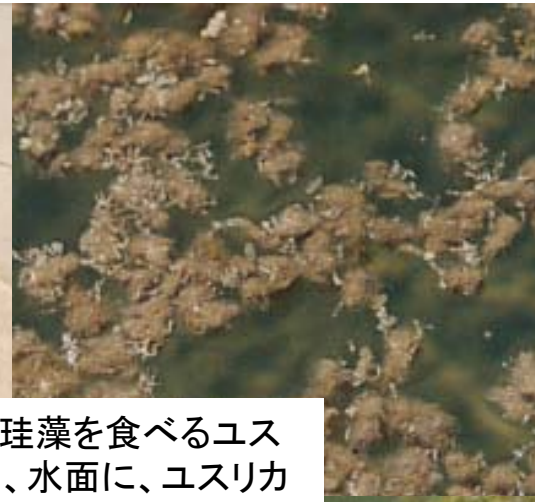
湧水(伏流水)

WT
7.2°C

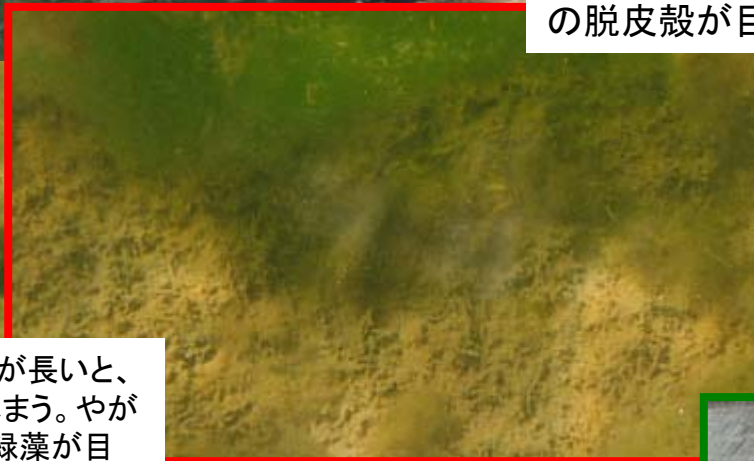
ろ過継続が長いと珪藻から緑藻に遷移する。



栄養が豊富で、削り取り頻度が多いと糸状珪藻が優占する。



水温が高いと、珪藻を食べるユスリカ幼虫が増え、水面に、ユスリカの脱皮殻が目立つことがある。



最初は、糸状珪藻が優占するが、ろ過継続が長いと、珪藻が水生昆虫の幼虫などに食べられてしまう。やがて、糸状珪藻は、細胞膜が厚く頑丈な糸状緑藻が目立つようになる。この現象は、水温が高い夏に顕著。

底には、動物に食べられた珪藻が目立つ。やがて肉食の動物もでてくる。

水田などで繁茂する糸状緑藻と同じ種類が繁茂する (*Cladophora*, *Spirogyra*, *Hydrodictyon*, etc.)。緑藻が増えると緑藻を食べる、軟体動物(貝類)がでてくる。この現象は、水温が高い熱帯地域では一般的。



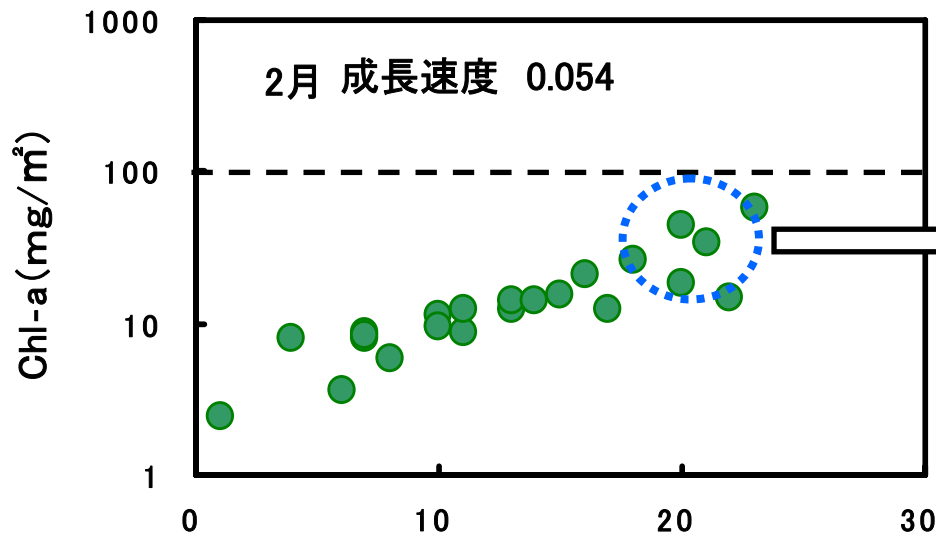
夏で、ろ過継続が長いと糸状緑藻が目立つ: 上田市染屋浄水場



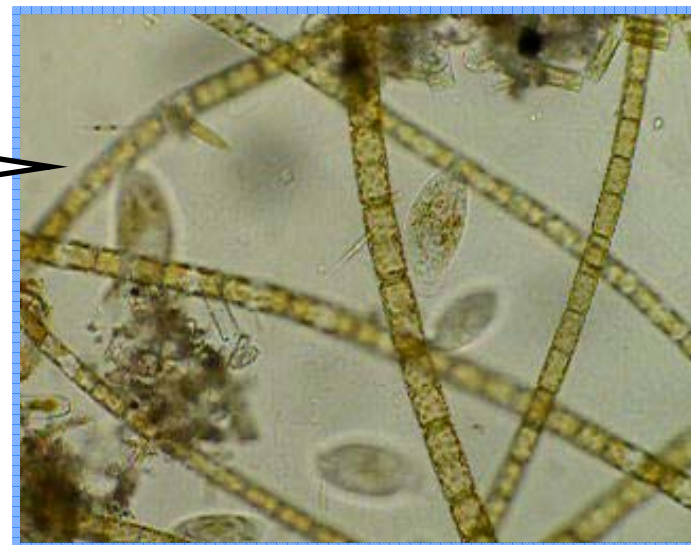
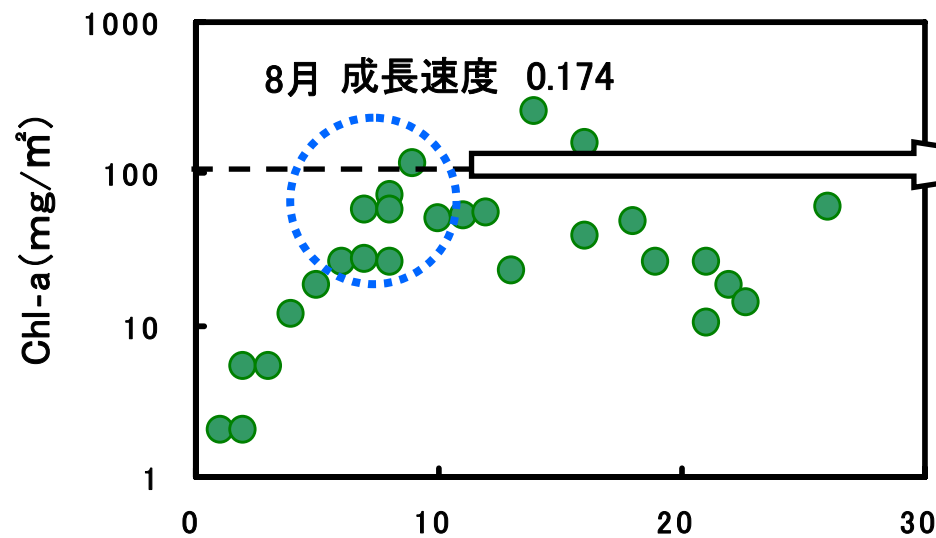
夏で、ろ過継続が長いと糸状緑藻が増える: 高崎市剣崎浄水場

ろ過継続に伴う藻類被膜のクロロフィルa量 (藻類量の指標)の変化(高崎市若田浄水場)

藻類の発達は、
冬は遅く、夏は速い。



Melosira varians 2.5E+09cells/m²



Melosira varians 2.6E+10cells/m²

ろ過日数