水道水の緩速ろ過技術について

中本信忠　NPO地域水道支援センター　理事
理学博士　信州大名誉教授
cwscnkmt@yahoo.co.jp
https://blogs.yahoo.co.jp/cwscnkmt

１：経営審議会委員（定数15人）
２：市議系議員（定数38人）
３；盛岡市上下水道局職員のうち
受講を希望する者

１：水道とは：給水人口5,001人以上の大規模水道。簡易水道以下の水道は含まない。

水道： 給水人口5,001人以上	簡易水道： 給水人口101人～5,000人	給水人口100人以下 自己責任の水道（統計がない）

２：近代水道：明治以降の都市水道　（緩速ろ過→戦後高度成長期以降　急速ろ過の普及）
水道の歴史　補助金による水道施設の普及→水道技術の専門家

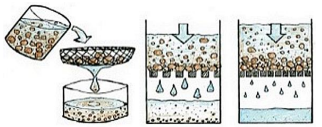
３：凝集薬品処理（急速ろ過）の問題：臭い、塩素殺菌（発ガン物質生成）
→　安全な浄化処理（緩速ろ過）の再認識・再評価

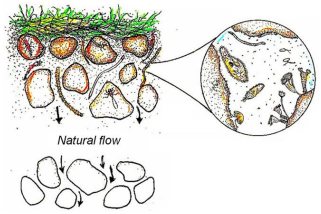
４：薬品を使わない安全な濁り対策：上向き粗ろ過の開発（1980：ブラジル）

５：社会貢献技術として緩速ろ過の研究・評価普及（沖縄宮古島→JICA）

６：緩速ろ過→生物浄化法の認識（*理学部出身の生物屋の発想*）
緩速ろ過の研究技術者が居ない（育たない）仕組

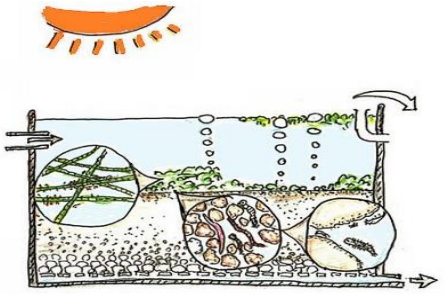
７：自分らのための浄化技術として評価されだした
（宮古島、フィジー、国際緩速生物ろ過会議）





1942年 東京都世田谷区経堂で生まれる。
1965年 東京都立大学理学部生物学科卒、同大学院で微生物生態学、藻類繁殖と栄養塩に関する研究。また海洋の植物プランクトン研究、ダム湖での淡水赤潮研究。

1974年 ブラジル：サンパウロ大、1976年 ブラジル：サンカルロス大（JICA専門家）
ブラジルのダム湖や自然湖の研究、インドネシア科学院陸水研究センターへの協力、
MBOD法という新しい水質評価法を開発。



1975年 信州大学繊維学部応用生物科学科助手、1981年助教授、
1990年教授
1984年から上田市の緩速ろ過による浄水場調査
高崎市など日本、世界各地の浄水場で生物現象を調査、
各地で浄水処理の助言、JICA研修協力。

1994－96：英国ロンドン・テムズ水道調査
（英国の助成金）

JICA:Net教材 英語・日本語

2002年5月：「生でおいしい水道水」出版
2005年8月：「おいしい水のつくり方」出版
2009年3月：JICAネット教材作成協力

たて書き　技術解説：英語補足

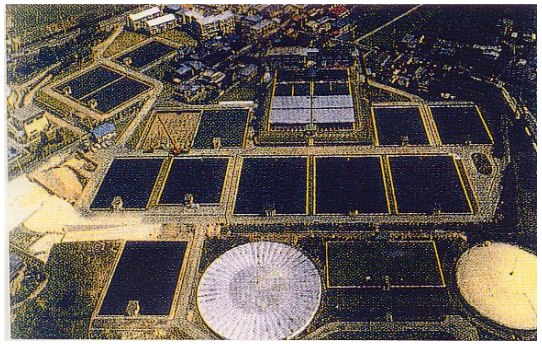
2005年 「藻の繁殖に注目した緩速ろ過技術」で愛知万博「愛・地球賞」を受賞。
2006年からNPO地域水道支援センター理事長、2015年から同理事。

2008年3月定年退職、同4月信州大学名誉教授。

愛・地球賞
受賞者代表講演

2014年6月：第5回緩速生物ろ過国際会議（名古屋市）開催に協力
2017年の現在も、JICA国際研修、JICAによる海外での助言などに従事

菅平ダム湖の富栄養化が臭い水導水の原因
⇒　1975: 信州大繊維学部へ就職



菅平ダム湖
藻類繁殖

悪い藻

水道水に異臭味

殺藻剤使用

殺藻剤中止

水道水がおいしくなった

良い藻

1984-4 緩速ろ過研究開始
藻類の役割研究

戦前：大阪の近藤正義さんが精力的に研究
近藤1935（昭和10）年：大阪の柴島浄水場の淀川からの取水導水路に硫酸アルミニュウム（凝集剤）を常時注入

戦後：小島貞男さんが研究
水源（村山）貯水池で硫酸銅散布し殺藻をしていた。
現在でも水源貯水池で殺藻剤として硫酸銅散布

殺藻処理

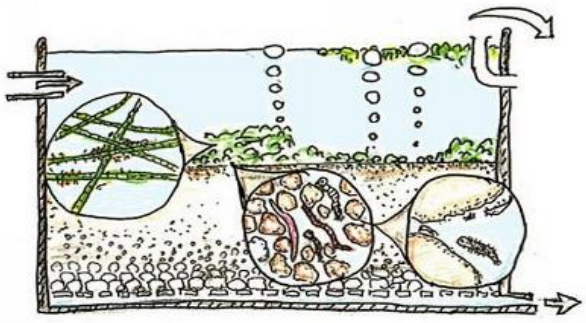
急速ろ過処理のための処理

越流口を塞ぐ

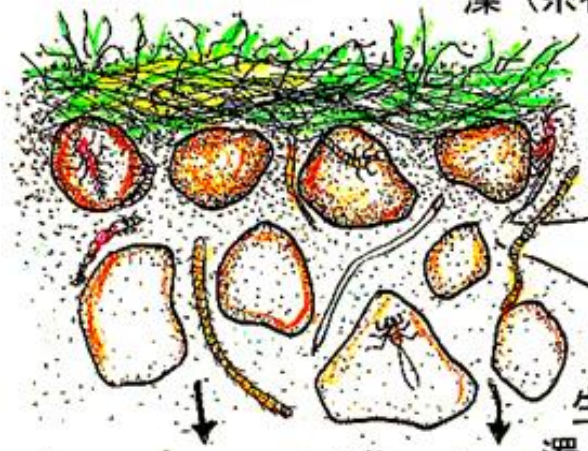
研究を始めた当時の東京都：
細かな砂でゆっくりの機械的な篩いろ過の認識

海外の文献を調べても：
発表がほとんどない。

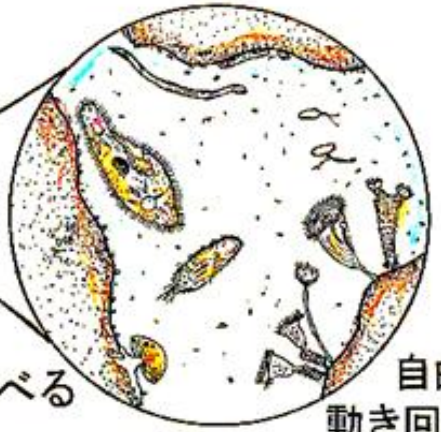
ろ過池へ直接
殺藻剤添加



藻（糸状藻類、プランクトン）→動物の餌



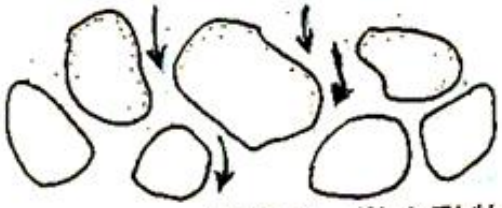
生物が
濁りを食べる



自由に
動き回れる

自然の流れ

生物による分解



餌なし→生物いない

微生物・微小動物が反応しない物質＝砂層を通過
人間の腸管も通過

食物連鎖

お腹が空いた生物が活躍

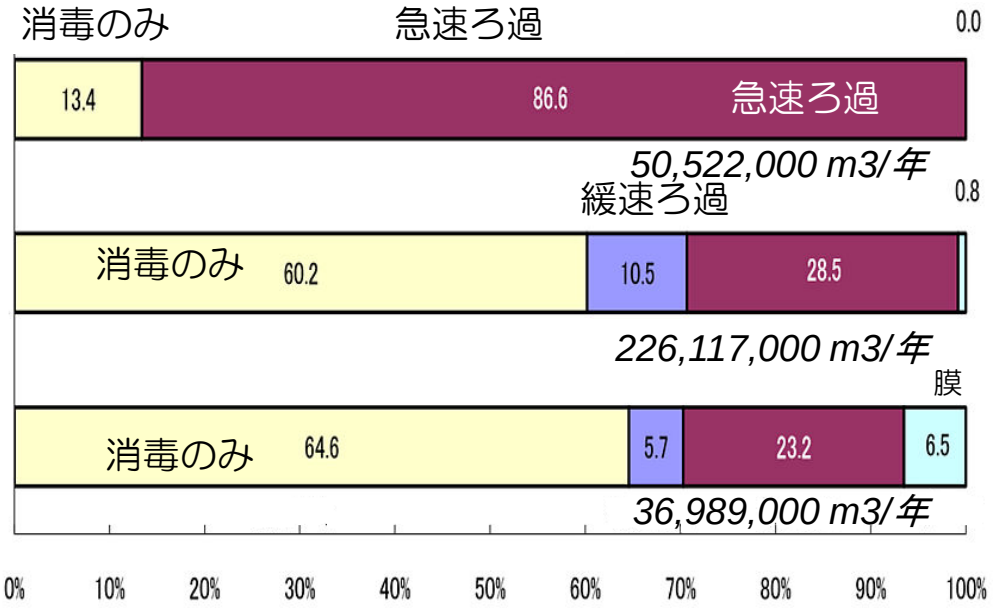
塩素を添加していないおいしい水

この水は天然の生物浄化法の水

最後に塩素殺菌のみ
(湧水、地下水、伏流水)

山地の長野県の水道統計（2012）

浄水処理方法別、浄水量の割合（%）



長野県の場合
消毒のみ＋緩速ろ過
の割合は約7割

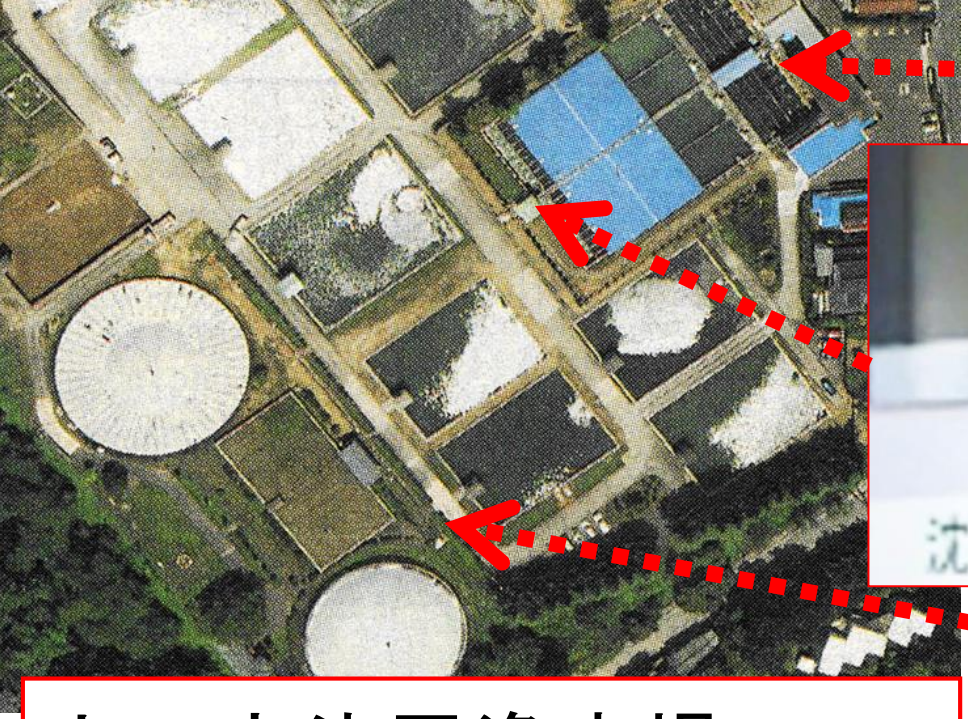
急速ろ過は3割ない

給水人口100人以下の水道統計はない。

薬品処理の急速ろ過は都市水道として発達した。

上田市染屋浄水場：
大正12（1923）年
給水能力
56,000m3/d
94年
直営
施設面積当
たりの浄化
能力はほぼ
同じ
レジデンス染谷
上田市上下水道局
浄水管理センター
大きな面積
はろ過池
マンションコピス
Google

県営上田水道管理事務所：
昭和39(1964)年
53年
給水能力
48,000m3/d
現在は業者が
維持管理
ろ過池以外の
面積は莫大
上田水道管理事務所
天日乾燥床
常時活性
炭添加



上田市染屋浄水場
2012年5月1日、濁度計
原水濁度　　4
沈殿水濁度　2.7
ろ過後浄水濁度　0.000

浄水基準濁度　2.0
クリプト対策で好ましい濁度　0.1

超超清澄なろ過水

基準は急速ろ過のため

明治20（1887）年に英国人ヘンリー・スペンサー・パーマー氏指導、横浜に日本最初の近代水道が誕生

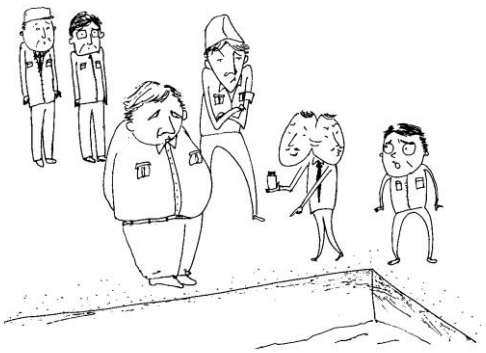
明治45（1912）年京都：蹴上浄水場：急速ろ過が採用

大正12(1923)年：上田市染屋浄水場
当時はほとんどが緩速ろ過

昭和9(1934)年：米内浄水場

戦前は緩速ろ過が主流で、緩速ろ過による水道水へ塩素滅菌をしていなかった。

戦後、進駐軍の指令で塩素添加は義務付けられた。



塩素の臭いは安全の印→金魚は死ぬ

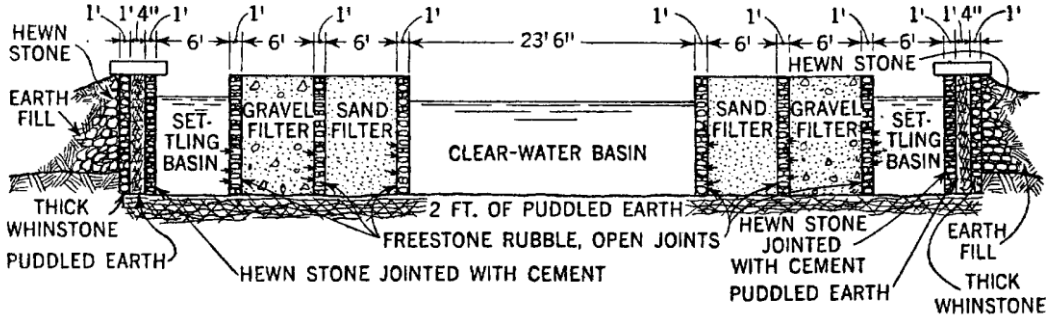
水源及び浄水法並水質試験表（日本水道史より抜粋）

大正12年12月発行上水道統計及報告書

	水源	浄水法				水質試験 源水		水質試験 濾過水	
名称	水源	沈澱法	ろ過法	濾過速度（尺／日）	滅菌法	過マンガン酸カリウム消費量	細菌聚落数	過マンガン酸カリウム消費量	細菌聚落数
東京市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	塩素	2.208	3	0.654	13
京都市	湖水	薬物沈澱	緩速濾過	20.0	塩素	3.479	66	1.229	5
大阪市	河水	自然沈澱	緩速濾過一部急速	12.0/400	塩素	5.694	8	2.857	31
神戸市	渓流	自然沈澱	緩速濾過一部急速	8.0/390		3.613	332	1.998	27
横浜市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0		2.196	149	1.229	2
名古屋市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		3.831	423	2.947	13
函館市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		2.935	31	2.633	26
小樽市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		2.290	215	2.730	34
渋谷町	伏流水	—	緩速濾過	15.0		1.088	4	0.764	2
峰山町	渓流	—	緩速濾過	—		0.001	—	—	—
堺市	河水伏流水及び鑿井	自然沈澱一部薬物	緩速濾過一部急速	10.0/400		3.291	86	2.501	44
横須賀市	河水地下水	—	—	—		—	24	—	—
川崎市	河水伏流水	自然沈澱	緩速濾過	8.0		1.943	333	1.408	13
尼崎市	伏流水	自然沈澱	緩速濾過	8.0		7.040	0	5.308	0
長崎市	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0		5.688	345	2.346	39
新潟市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0		2.110	948	0.550	19
高崎市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		2.104	786	0.913	8
宇都宮市	河水	自然沈澱	緩速濾過	13.0		1.264	509	0.956	8
奈良市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		4.424	493	4.256	445
甲府市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		3.488	374	2.616	19
長野市	渓流	—	緩速濾過	12.0		2.431	15	1.500	8
上田市	伏流水	—	緩速濾過	12.0		1.360	7	1.000	3
上諏訪町	湧水	—	—	—		—	4	—	—
松本市	地下水	—	—	—		—	6	—	—
仙台市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		—	—	5.000	183
塩釜町	湧水	自然沈澱	緩速濾過	12.0		—	—	—	—
郡山市	河水池水伏流水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		3.002	426	0.847	13
平町	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		3.187	1270	2.594	325
青森市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0		1.071	17	—	—
山形市	伏流水	—	—	—		0.316	75	0.316	66
秋田市	河水	自然沈澱	緩速濾過	10.0		3.608	90	—	—
鳥取市	渓流	—	緩速濾過	10.0		0.843	48	—	—
松江市	河水	—	緩速濾過	10.0		5.610	256	2.870	34
岡山市	河水	—	緩速濾過	12.0		1.490	641	0.904	13
広島市	河水	自然沈澱	緩速濾過	8.0		2.587	416	1.383	8
下関市	渓流	—	緩速濾過	10.0		6.104	32	1.506	7
高松市	伏流水	—	緩速濾過	15.0		0.000	8	0.000	276
福岡市	渓流	—	緩速濾過	10.0		3.014	310	1.249	12
大牟田市	鑿井	—	キャンデー式急速ろ過			1.264	6	1.106	3
門司市	渓流	—	緩速濾過	12.0		3.060	70	2.070	8
小倉市	渓流	—	緩速濾過	10.0		3.472	114	2.754	13
若松市	河水	—	緩速濾過	8.0		5.046	1820	2.212	55
別府市	渓流	—	緩速濾過	8.0		3.875	39	2.626	20
佐賀市	鑿井	—	キャンデー式急速ろ過			5.875	—	5.067	—
鹿児島市	湧水	—	—	—		8.640	12	—	—
玉川水道	河水	自然沈澱	緩速濾過	12.0	塩素	1.258	2	0.610	42

繊維産業が盛んな産業革命時代、都市に人口が集中

スコットランド、グラスゴー郊外ペーズリーでJohn Gibbは、1804年、河原での清澄な湧水を人工的につくった。



水平

河川表流水 → 濁り対策沈殿池 → 上から下砂ろ過 → 清澄なろ過水

河川表流水 → 横流れ礫ろ過 → 横流れ砂ろ過 → 清澄なろ過水

垂直

James Simpson：ロンドンのチェルシー水道会社、1829年完成

最初のろ過速度 2-3 m/d (10cm/h).

細かな砂でゆっくりろ過：緩速砂ろ過　Slow Sand Filter：名前の起源

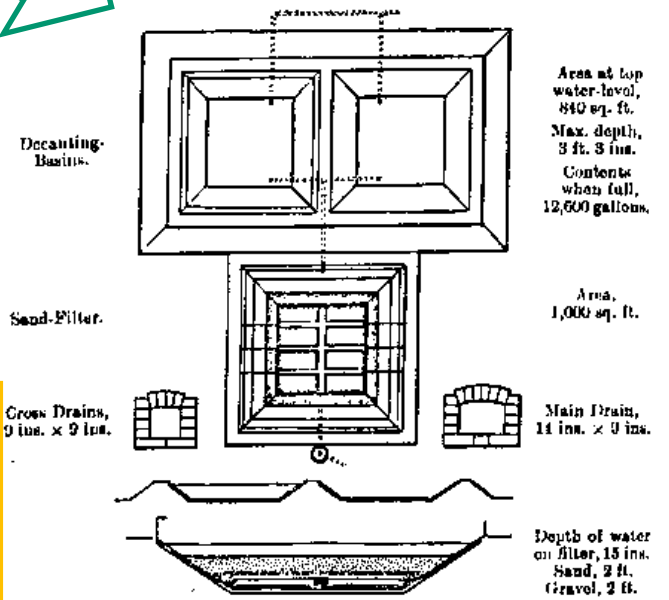
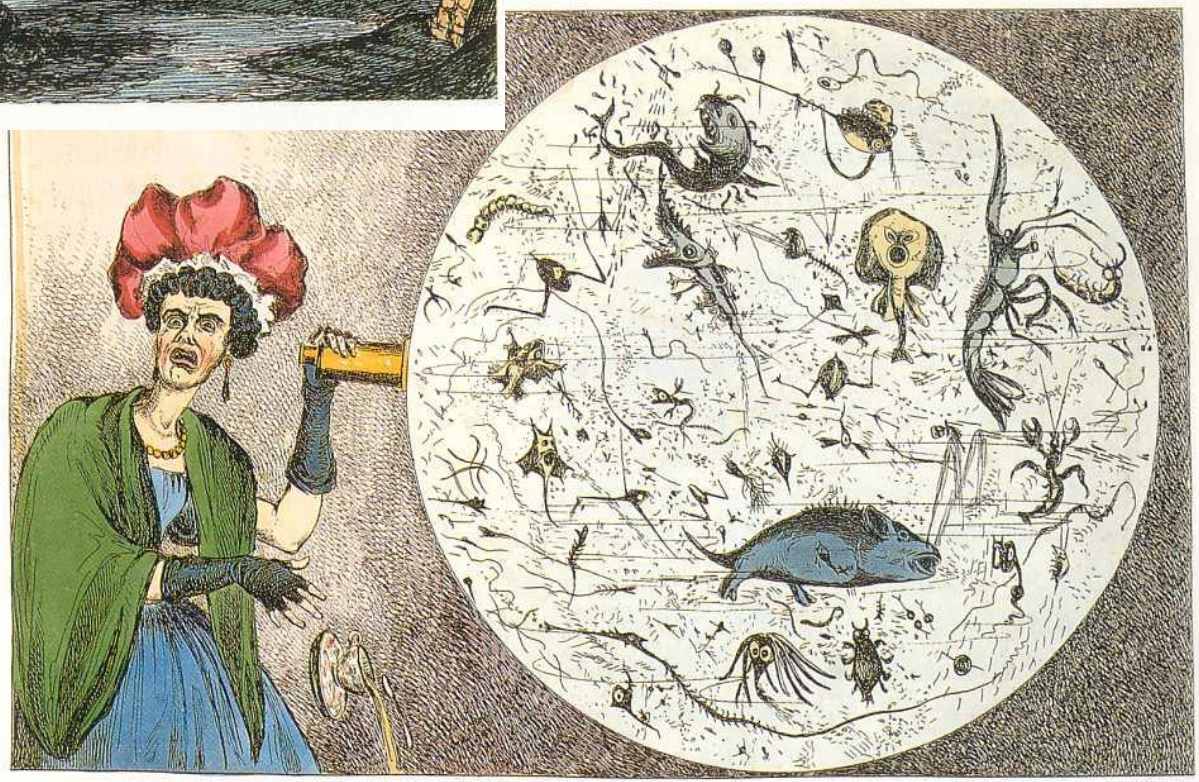
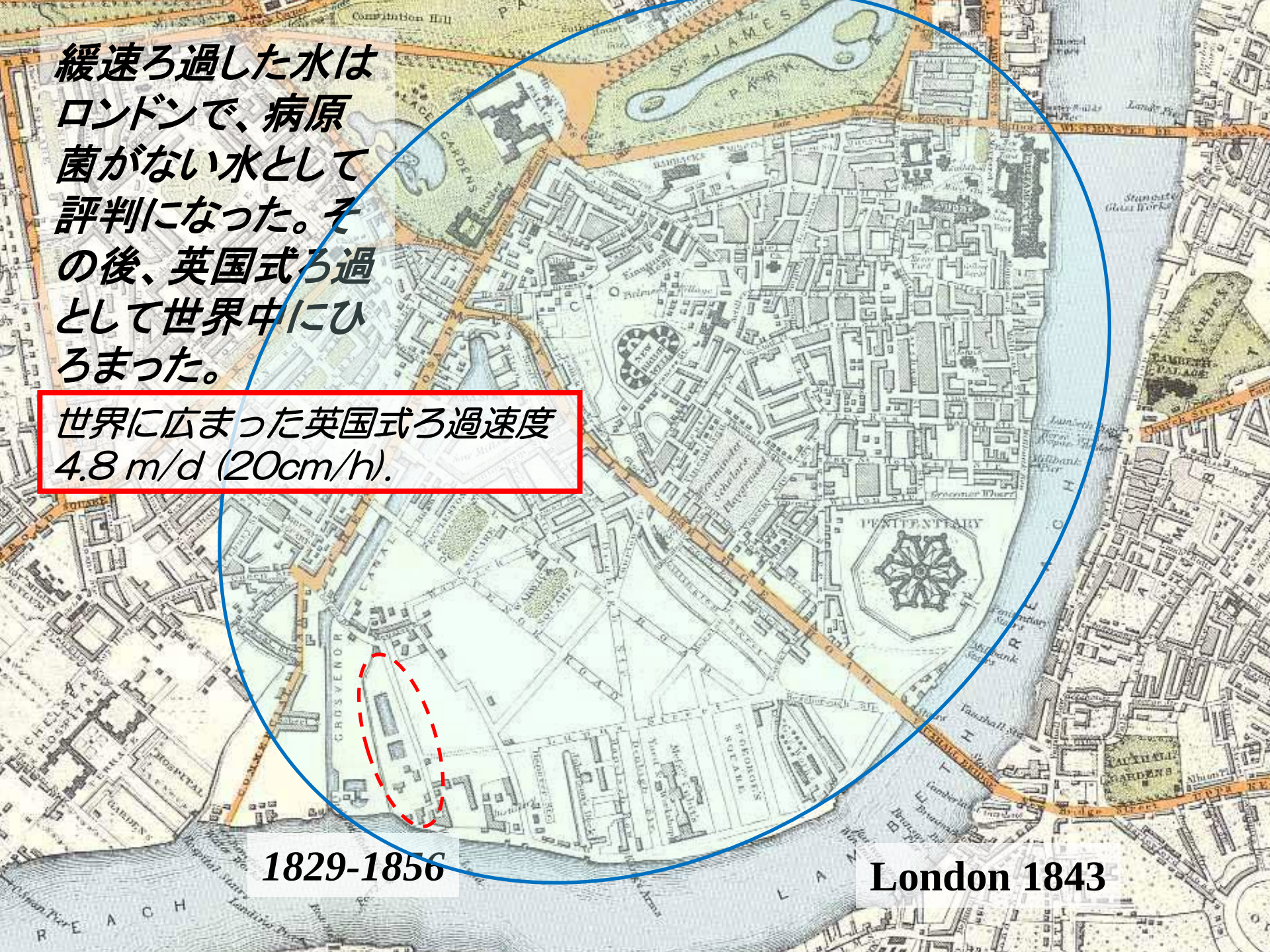


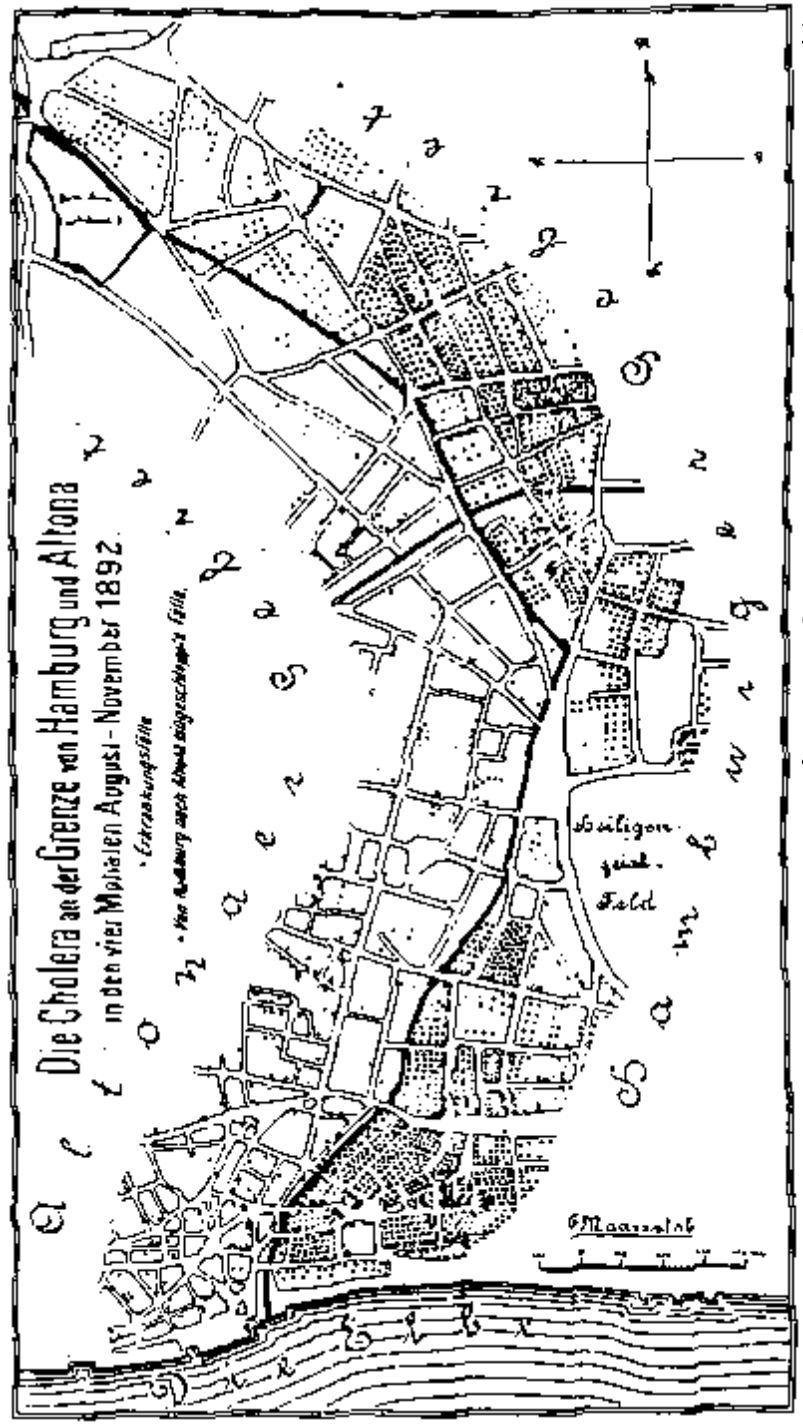
FIG. 28. JAMES SIMPSON'S EXPERIMENTAL FILTER OF 1827–1828

1832 年:
サウザーSouthwark 水道の水源。下水がテムズ河に流れ込んでいる。

1828年
テームズ河の水虫メガネで見ると、グロテスクの生物が多数いた「怪物スープ」と言われた。



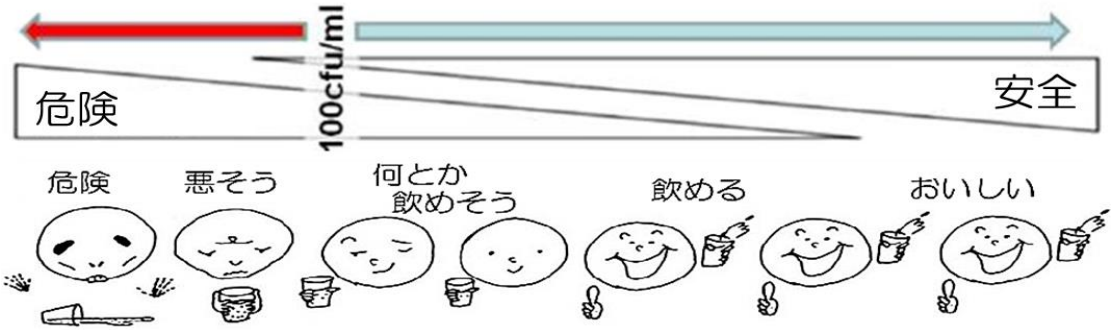

緩速ろ過した水はロンドンで、病原菌がない水として評判になった。その後、英国式ろ過として世界中にひろまった。
世界に広まった英国式ろ過速度
4.8 m/d (20cm/h).
1829-1856
London 1843



緩速砂ろ過効果の明白な証拠1892（明治25）年：**ハンブルグは、コレラが大流行し、**7,500 の死者がでた。しかし、緩速ろ過をしていたアルトナでは、患者がほとんどでなかった。

コッホRobert Koch は緩速ろ過の水の細菌を調べた。一般細菌数が1 *ml* 中に、100コロニー以下ならコレラやチフスに対して大丈夫であった。

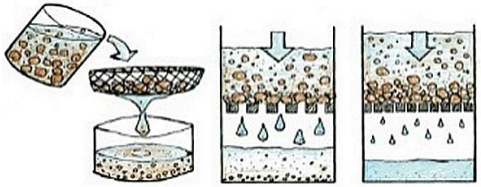
この数値は現在の水道水基準に継承



この考えは許容できるリスク（危険性）

1829 : J. Simson,涼しいロンドン (2m/d)
安全な都市水道として世界へ：英国式ろ過 (4.8m/d)
1892（明治25）：ドイツ・ハンブルグで病原菌除去確信

当時は細かな砂でゆっくりと機械的篩いろ過で清澄な水ができると信じていた。



新大陸は河川の水質汚濁はなく生物のエサが少ない
1882（明治15）：NJ, USA;濁り対策で凝集剤:急速ろ過の起源
1910（明治43）：塩素殺菌で安全な水：アメリカ式ろ過の起源（完成）

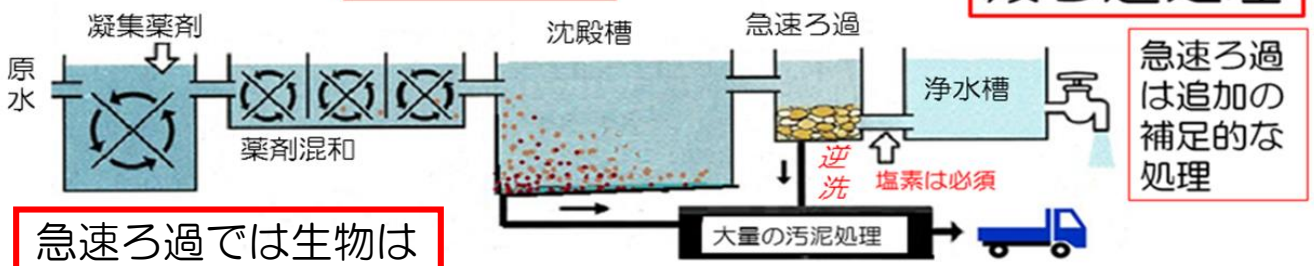
急速ろ過
Rapid Sand Filter

化学薬品処理が主

最後に急速ろ過

凝集薬剤沈殿ろ過処理

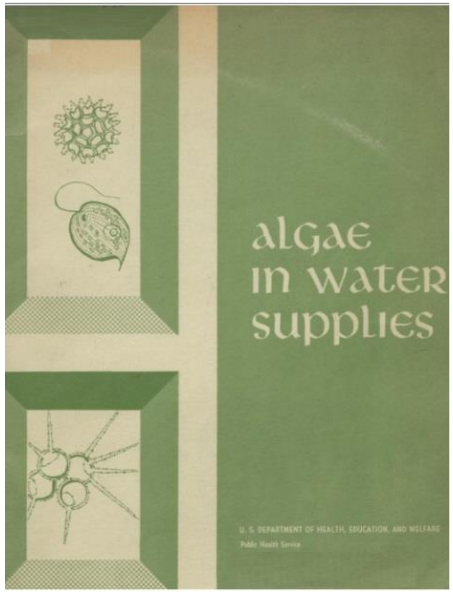
凝集薬品処理の急速ろ過が主の米国水道業界では藻類は障害生物とされ、味、臭い、ろ過閉塞を生じさせると水道マニュアルに記されている。



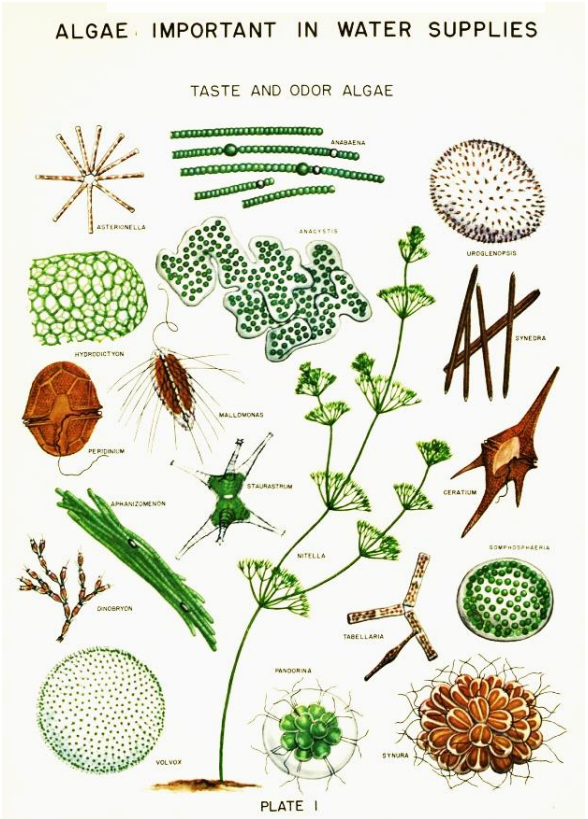
急速ろ過では生物は嫌われた：殺藻処理

Algae in water supplies: an illustrated manual on the identification, significance, and control of algae in water supplies. C. M. Palmer 1962

用廃水藻類学、パーマー　桑原訳　用水と廃水 6(7):59-,1964～7(1)59-,1965

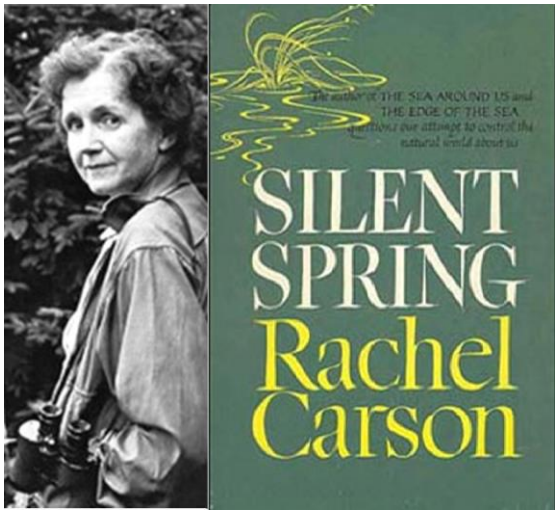


味、臭いをつける藻



ろ過閉塞させる藻

生物群集が活躍するのが緩速ろ過
⇒生物群集を殺す誤解処理がされた。
水道業界の常識：生物は悪者

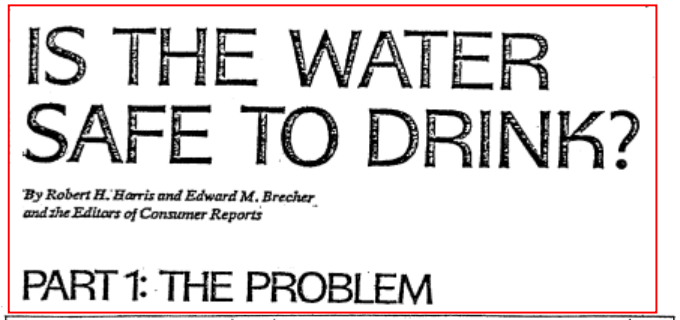


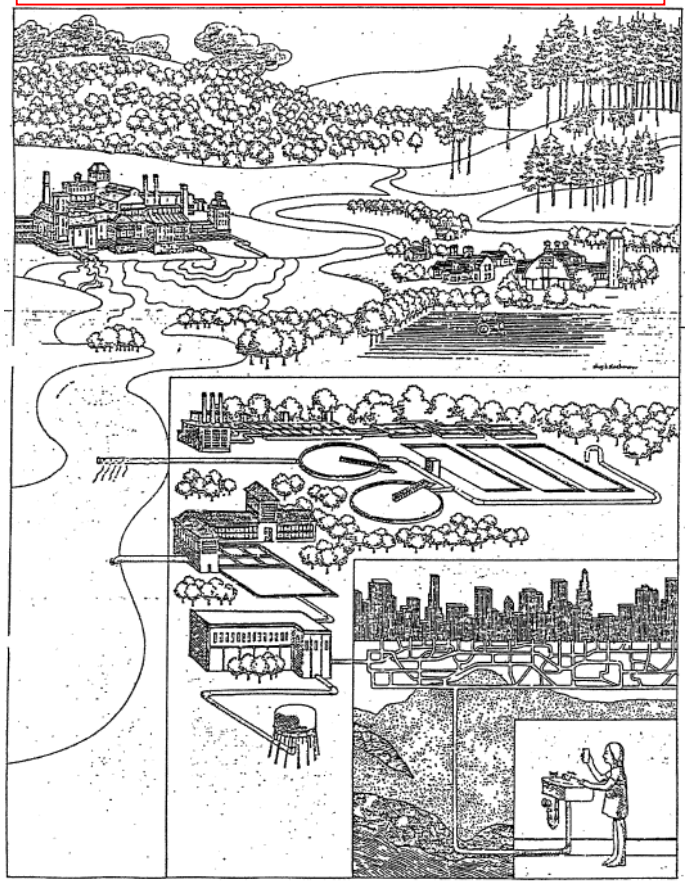
1962 レーチェル・カールソン　沈黙の春（生と死の妙薬）

殺虫剤のDDT、食物連鎖、生物濃縮、**有機塩素化合物の危険性**

1974-6　ハリス 消費者報告

飲み水は安全か





Robert H. Harris and Edward M. Brecher and the Editors of Consumer Reports
Consumer Reports 1974.June：436-443：Part 1:The Problem: July:538-542： How to make it safer　August:623-627： What you can do

　ニューオリンスなど多くの都市はミシイッピ河の様に極度に汚染された水から飲み水をつくっている。多くの工場からは廃水が川へ、上流の多くの都市下水も川へ排出している。降った雨は、殺虫剤、除草剤、肥料や他の農業用薬剤を洗い流し、汚染物質の負荷を増やしている。

水中の有機塩素化合物と塩素処理で発がん物質生成の危険性指摘。

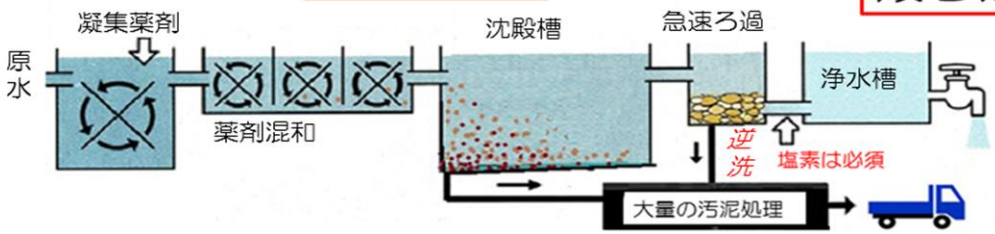
1962 :**カシンベック病騒ぎ（東京都大田区、玉川浄水場の給水地区）⇒中止、工業用水へ）**

急速ろ過
Rapid Sand Filter

化学薬品処理が主

最後に急速ろ過

凝集薬剤沈殿ろ過処理



急速ろ過は追加の補足的な処理

凝集剤＋塩素殺菌

欧米では発がん物質を生成しない浄化法を模索

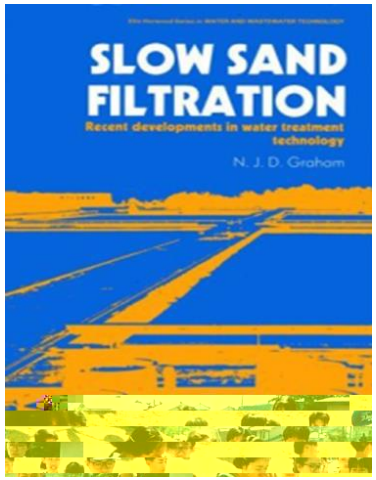
薬剤を使わない安全な浄化法

薬剤を使わない緩速ろ過法の再認識・再評価

1974 WHO 緩速ろ過
Huisman/Wood

第1回、緩速ろ過国際会議
英国・ロンドン　1988

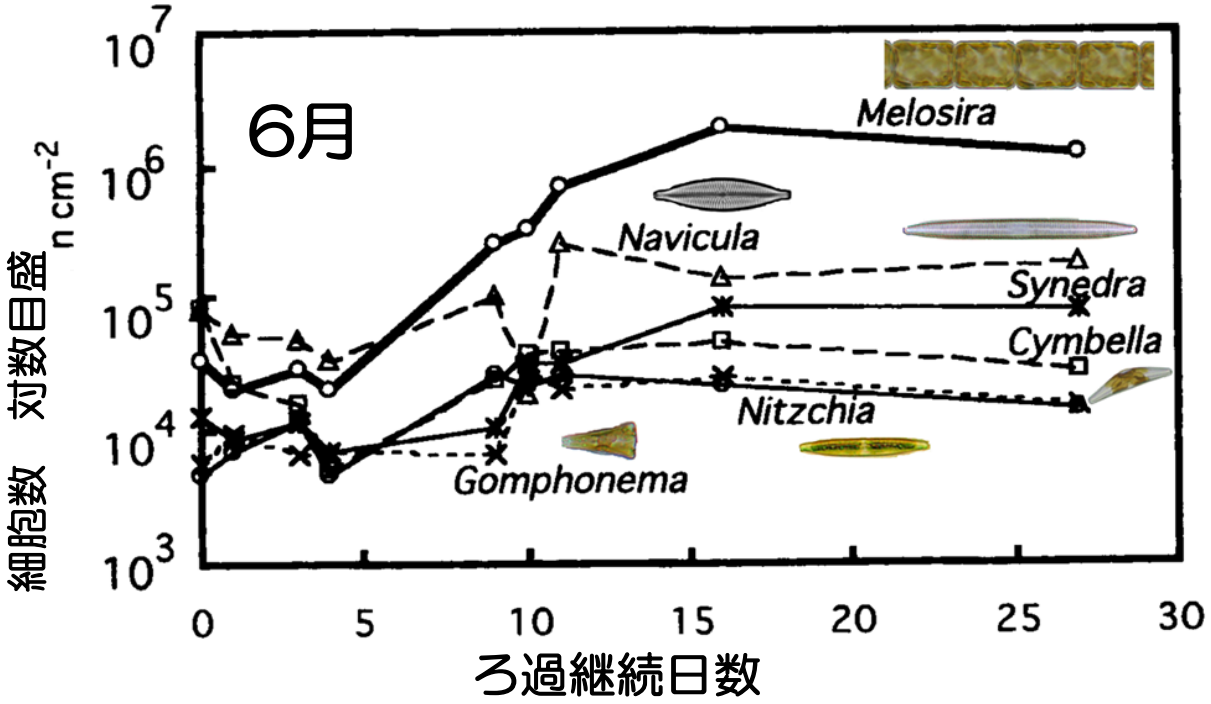
第2回、緩速ろ過国際会議
米国・ニューハンプシャー　1991



1974年当時の認識：
細かな砂でゆっくりの篩いろ過が主

Hazen 1905:The Filtration of Public Water Supply \　L

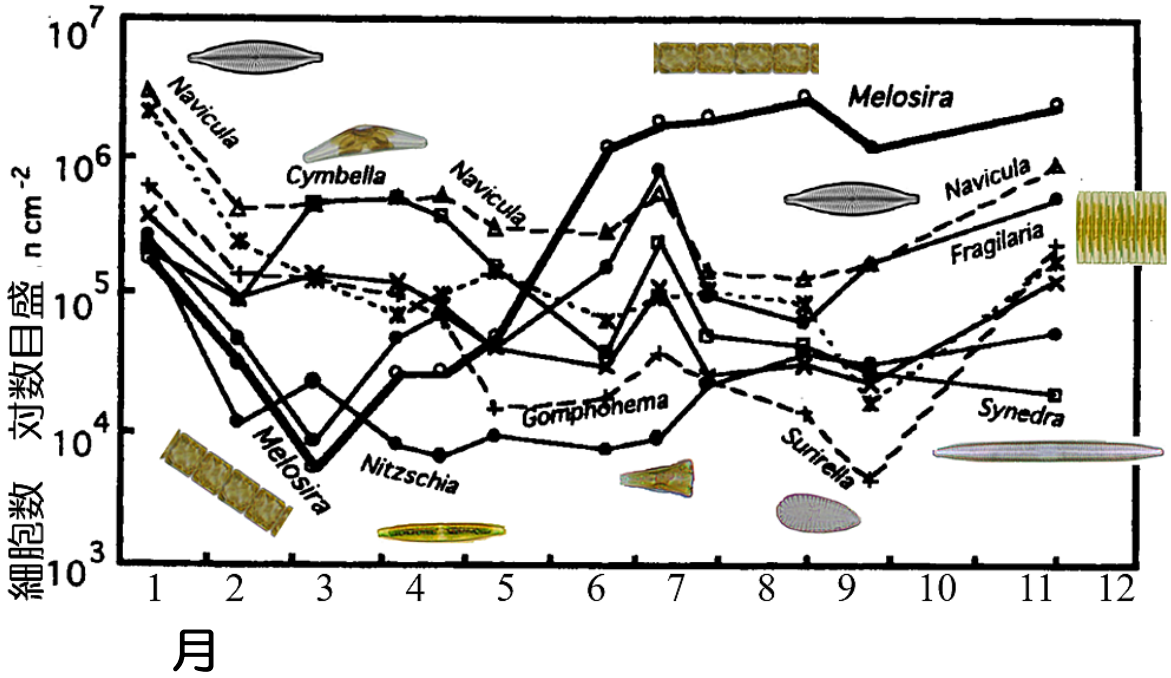
アメリカ水道協会後援



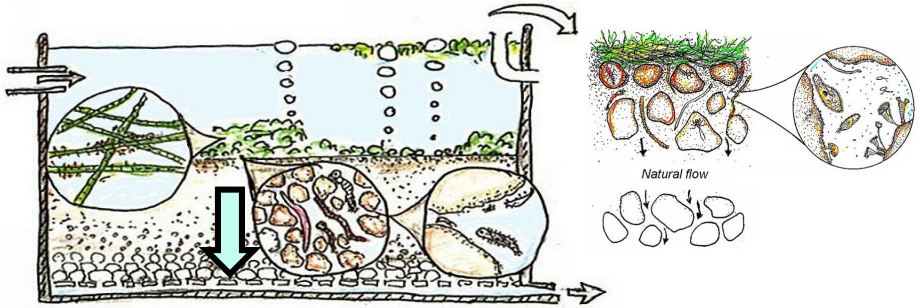
6月、藻類被膜の発達状態を調べた。最初は、河床の付着藻類と同じ。ろ過継続に伴い、糸状珪藻メロシラが優占した。

ろ過継続10日以降の藻類被膜状態の季節変化を調べた。

水温が低い冬季は、河床の付着藻類と同じで、日射量が増え、水温が高くなる時期から、糸状珪藻メロシラが優占し、12月まで優占していた。



ろ過池は、上から下への流れは、砂が動かず生物群集にやさしい環境。

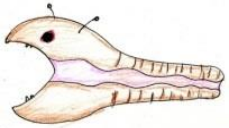


流れがあるので糸状藻類が砂層の上で繁殖。エサを求めて微小生物が砂の上、砂の間で活躍。

病原菌のいない安全な飲料水

エサがくる表面近くで微小生物は濁りを捕捉する。

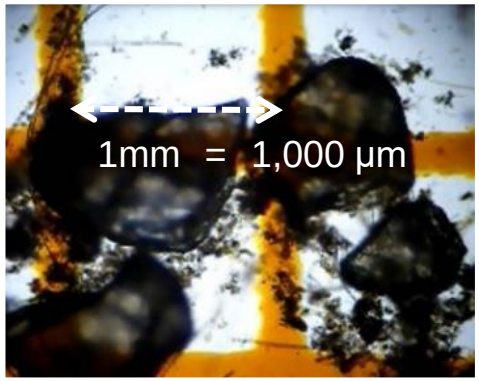
微小生物は短時間で懸濁物を捕捉。消化管を通過する時間は短い。

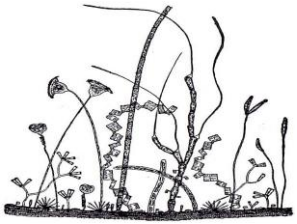


微小生物群集による食物連鎖が浄化のカギ

糞塊の中で発酵

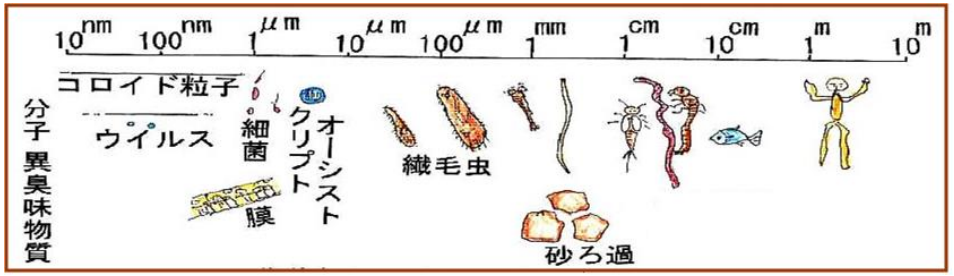
深いところにはエサがない。



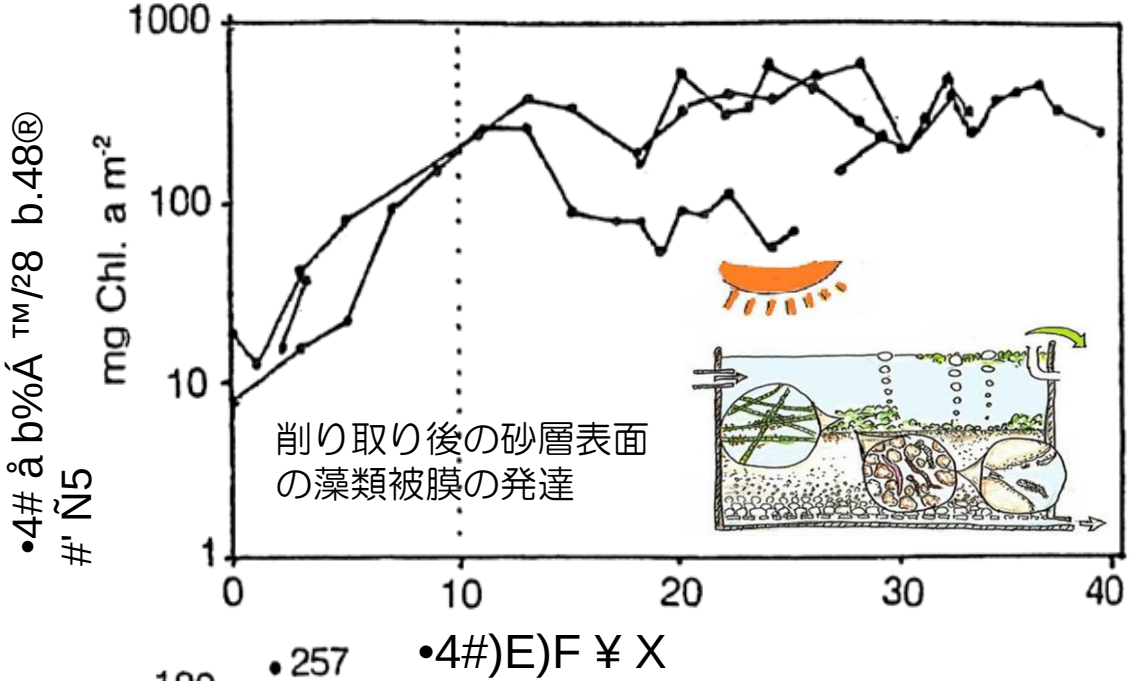


空腹で、健康な微小動物が安心して活躍できるのが大切。

微小動物にとって酸素は必須



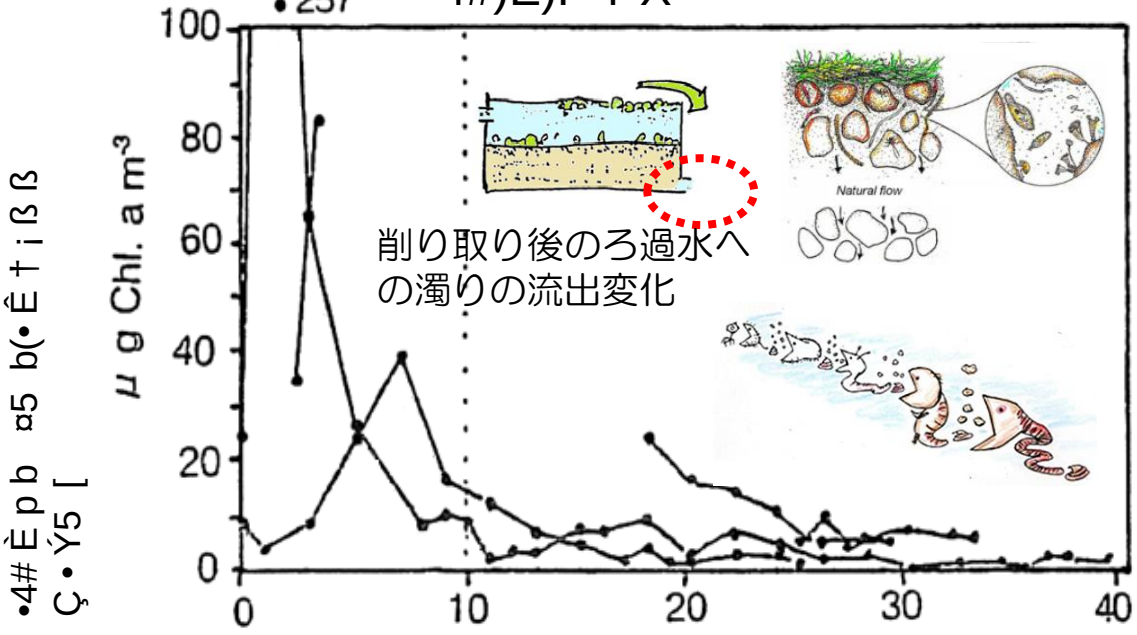
急速ろ過では藻類は困る。緩速ろ過では藻は役立っている。汚泥・汚砂でなく、生物活性層。



•4# å b%Á ™/28 b.48®
#' Ñ5

•4#)E)F ¥ X

上田市染屋浄水場、夏は藻類繁殖が著しい。ろ過開始後、約10日間で糸状藻類の連続培養系が成り立つ。



•4# È p b ¤5 b(• Ê † i ß ß
ç • Ý5 [

•4#)E)F ¥ X

ろ過水は約10日間で非常に清澄になった。生物群集が活躍している砂層表面を取り除いてはいけない。

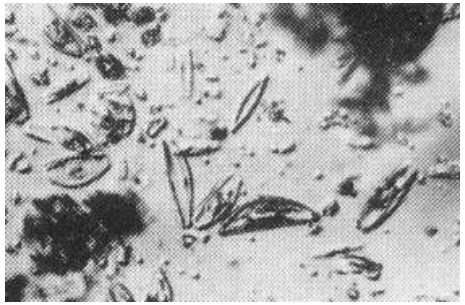
補砂し水深を浅くする必要がある。

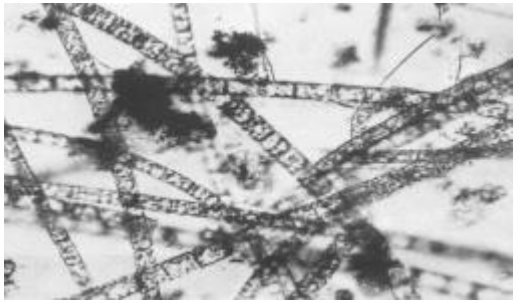
水面の凍結防止の工夫

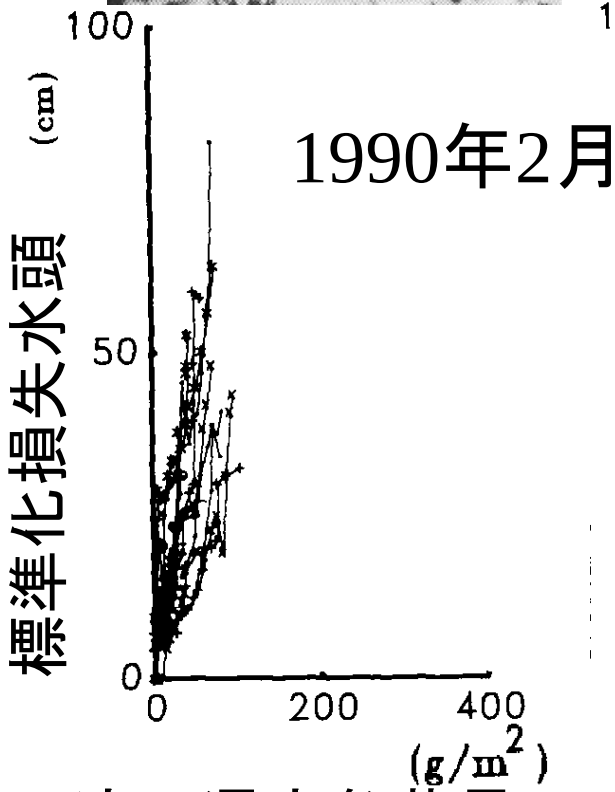
砂は汚れていない。削り取りは必要ない。

殺藻剤としての前塩素処理とろ過抵抗

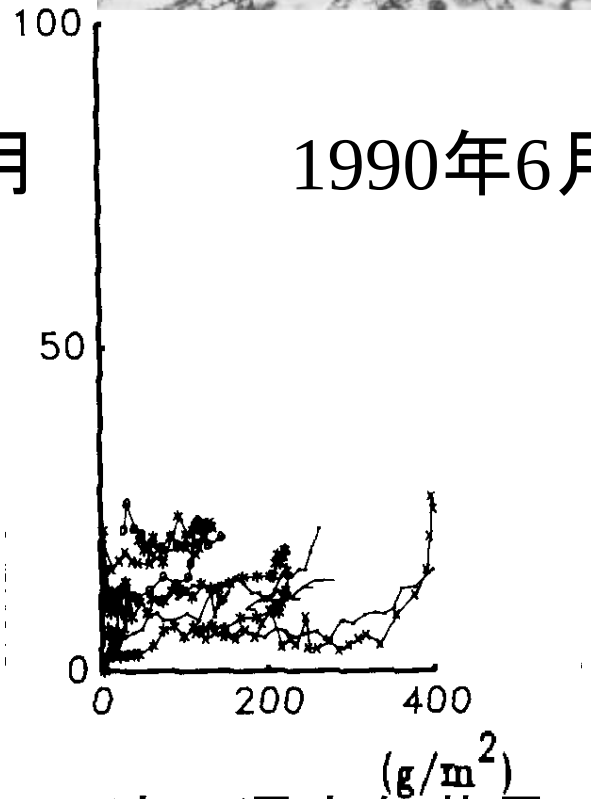
上田市染屋浄水場では藻類繁殖を抑えるために殺藻剤として前塩素処理や硫酸銅を添加していた。当時は直ぐに目詰まりしていた。





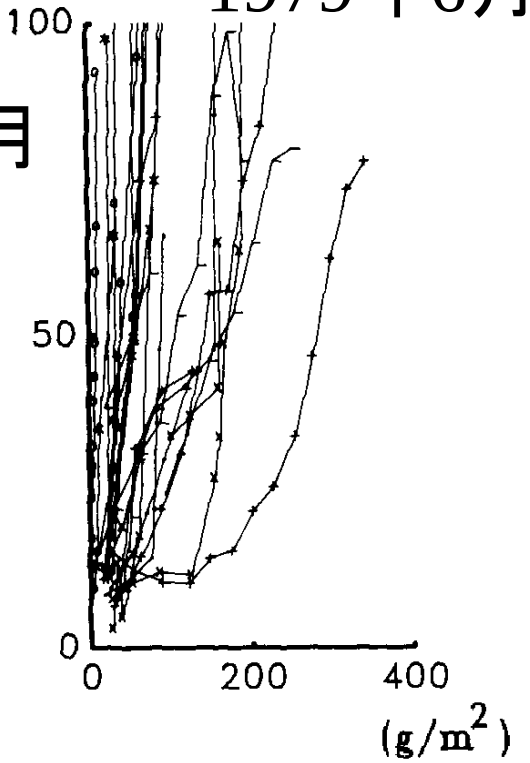


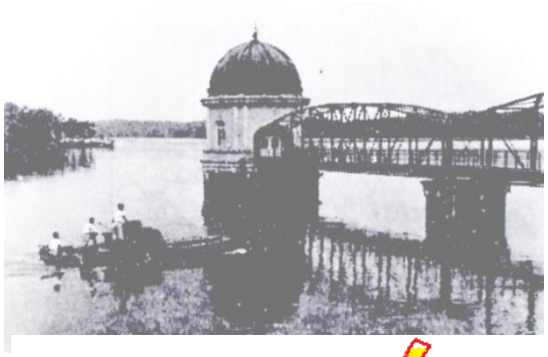
1990年2月

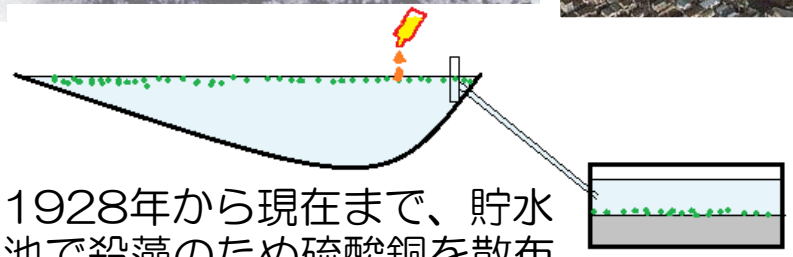


1990年6月

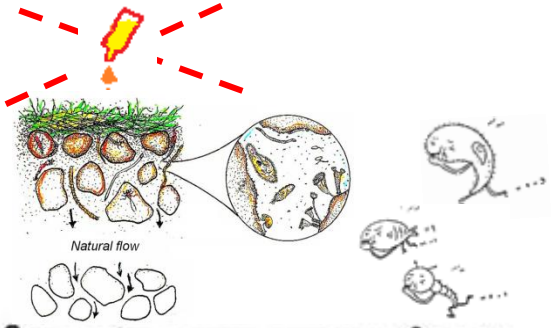
前塩素処理
1979年6月

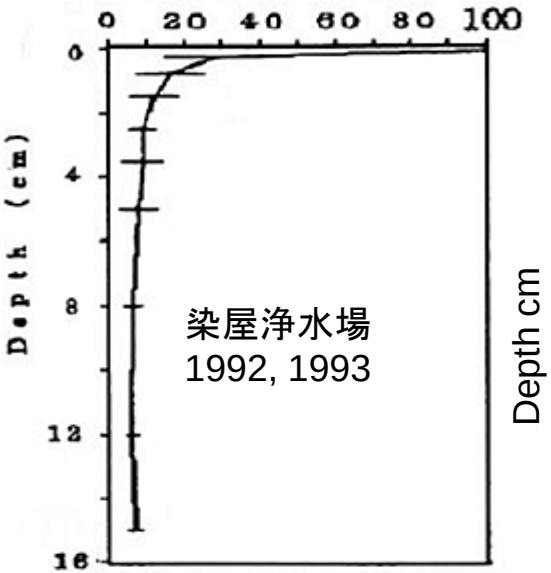




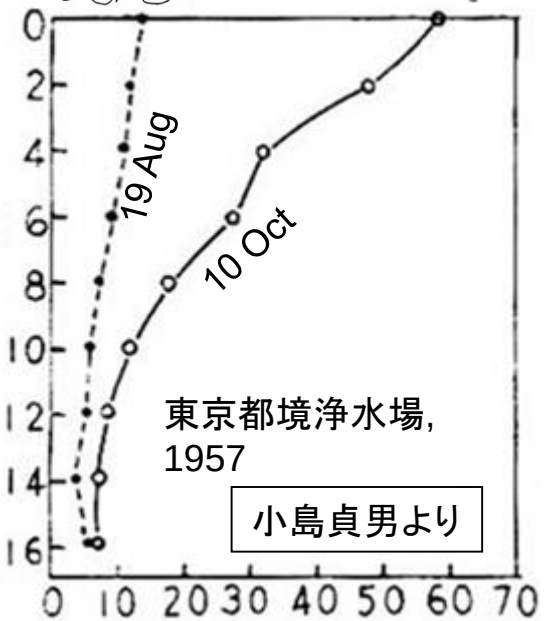


1928年から現在まで、貯水池で殺藻のため硫酸銅を散布





洗浄濁度
SS/ 砂　mg/g



Depth cm

沈殿量 / 30分　ml/100g 砂

ろ過池の砂層表面には貯水池で繁殖した植物プランクトンが蓄積している。ろ過池では藻類は繁殖してない。

微小生物は、微量の毒物質にも敏感に反応する。

糸状緑藻クラドホラ

1992年8月、テムズ水道を初めて訪問。糸状緑藻が目立った。「メロシラの繁殖が著しいのは冬で、来てみたら」と言われた。その後、1994年から96年にかけテムズ水道のろ過池を調べた。

ロンドン市は、緩速ろ過で100%が給水。水源はテムズ川で、最初に沈殿池で約1カ月間貯留。プランクトンを除くため、薬品を使わない粗ろ過（急速ろ過）、オゾン処理をしてから緩速ろ過をする。

Kempton

p • c British Council | Great Britain Sasakawa Foundation b “ B5 [
94 º ? } 96 º _ 1* m • G | @ [A S

ろ過速度は、英国式標準ろ過速度の倍の、
9.6 m/日 (40cm/時間)に変更。

Queen Mary 貯水池

Ashford common

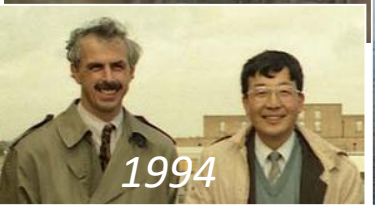
Hampton

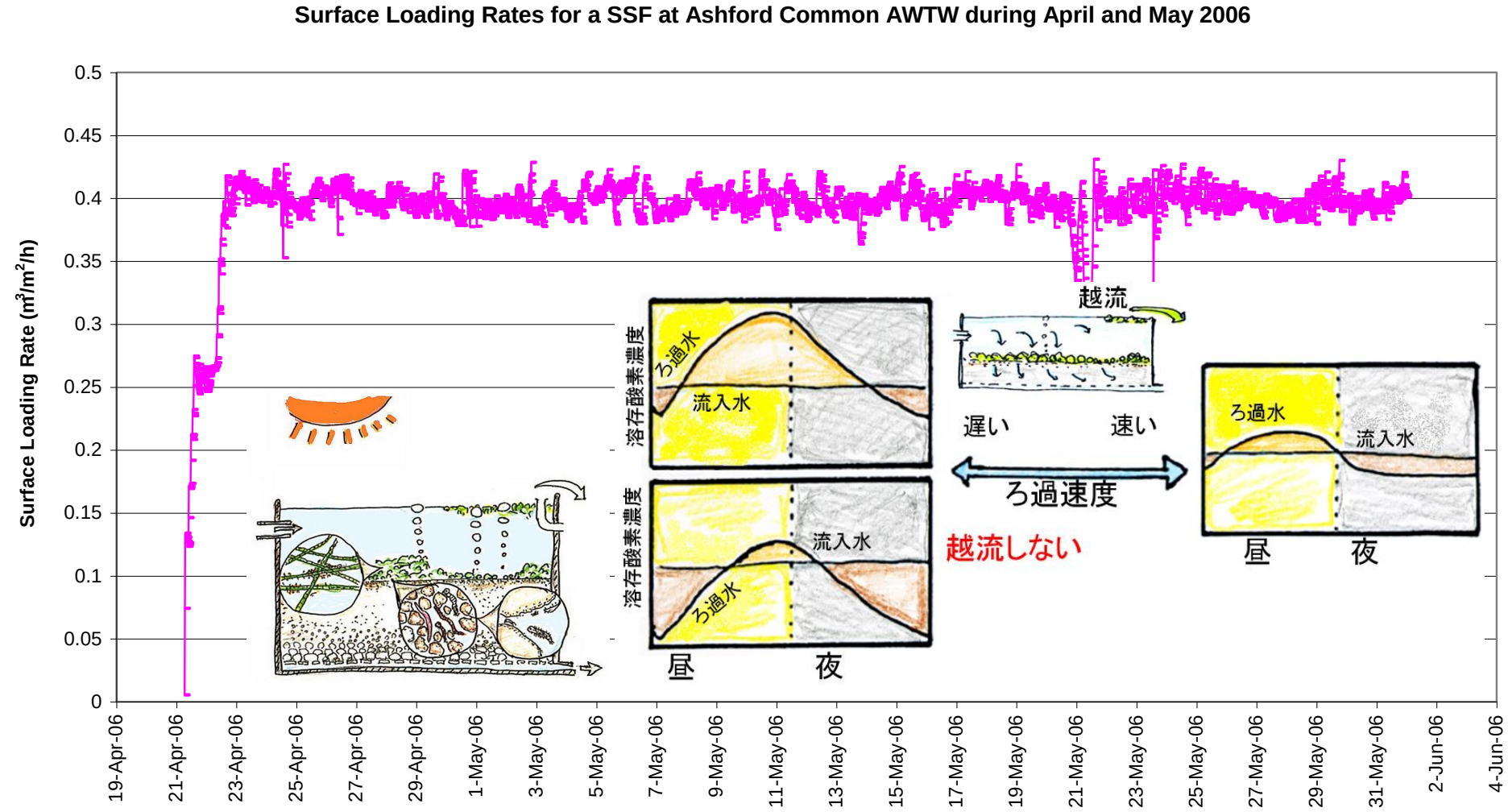
Ashford Common WTP

100mx 34m,
32 å

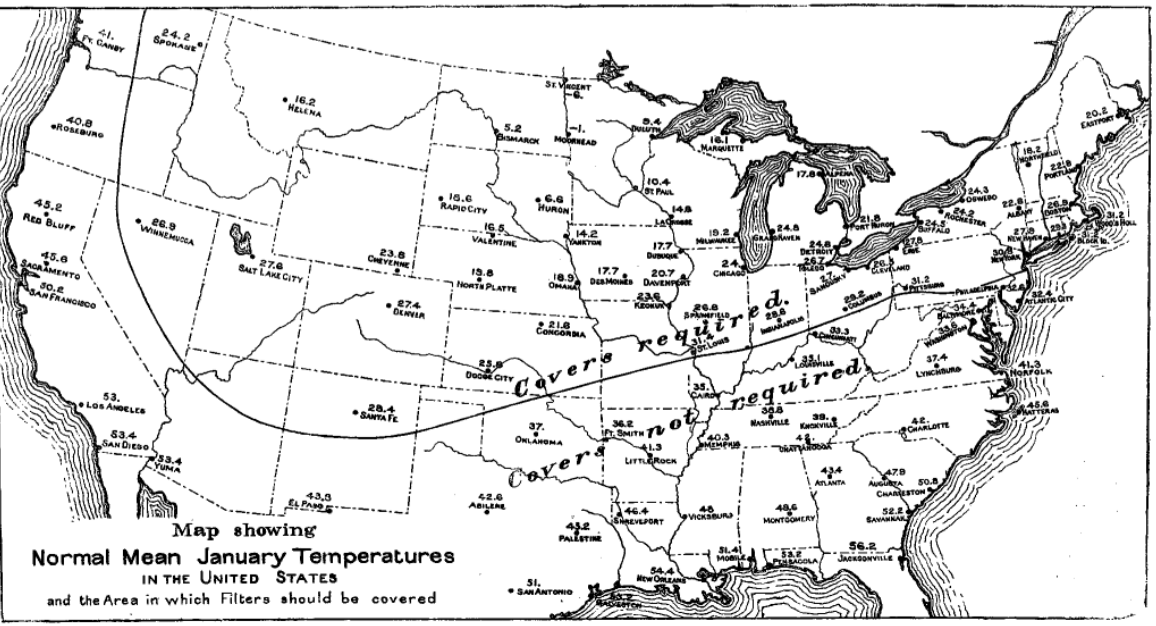
Cuppermills WTP

34 å





テムズ水道の全ての浄水場で、既に、9.6m/日 (0.4m/時)の速いろ過速度に変更していた。速いろ過速度だと、溶存酸素の日変化が小さく、夜明け時に、酸素不足にならず、砂層内の微小生物群集にやさしい環境になるからである。



Map showing
Normal Mean January Temperatures
IN THE UNITED STATES
and the Area in which Filters should be covered

Removing Ice from a Filter, East London.
This represents the greatest accumulation of ice in the history of the works.

冬季、ろ過池の表面が凍結した場合、砂層表面の削り取りには、氷を除くのは大変なので、寒い地域は、カバーするのを勧める。 Hazen, A. 1905

北海道小樽市　潮見台浄水場
（1927年：昭和2年）

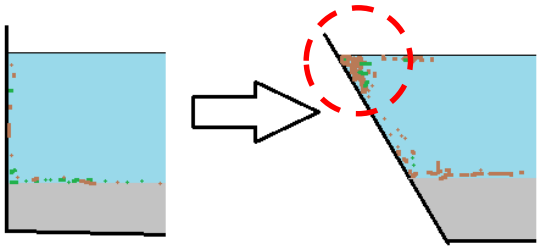
長野県飯縄浄水場

日射が入るように改良

完全に覆っていたが、窓を付け太陽光をいれ、生物活性を高める様に助言したら目詰まり度が減少した。

寒い冬でも、水深が浅いなら、日射が十分当たるので、藻類は良く繁殖する。

垂直壁



斜め壁だと、水面近くで藻が良く繁殖する。

テムズ水道では冬でも藻が大繁殖していた。

上田では水温が低い時期にろ過池で藻類が繁殖しないのは、畑からの流出する栄養塩が少ないと考え、栄養塩を添加してみた。

ボトルでの栄養塩添加効果で藻が繁殖

１～2月、ろ過池へ栄養塩添加したが藻は繁殖しなかった

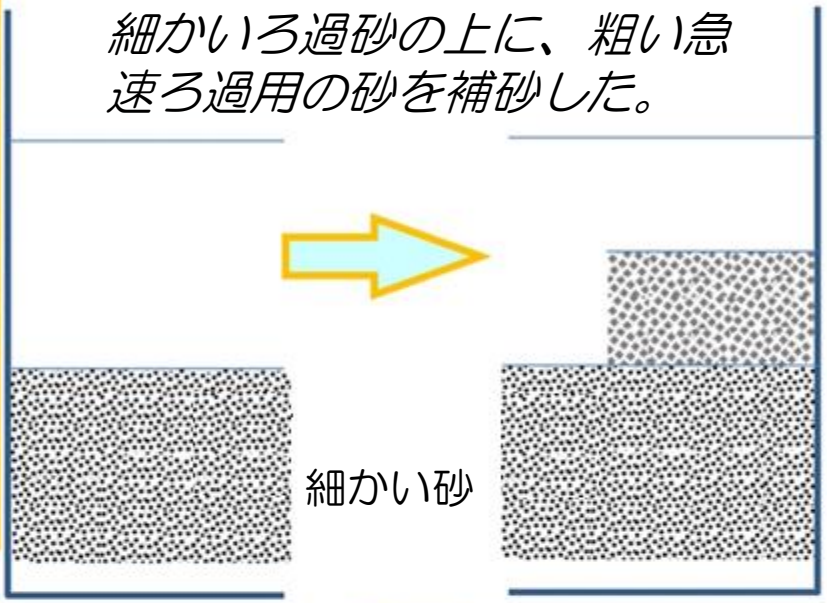
３月でも、栄養塩添加効果はなかった

浅い水深だと、水温が低くても、藻類は繁殖する。

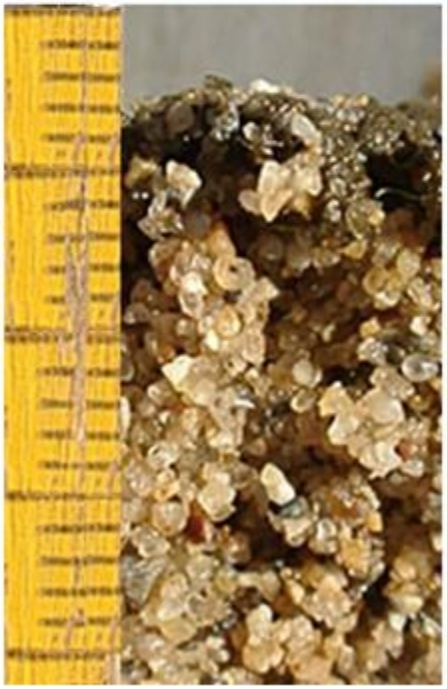
藻の繁殖には栄養塩より浅い水深が重要

生物群集の活性を高めるために、深い水深を浅くした。

細かいろ過砂の上に、粗い急速ろ過用の砂を補砂した。



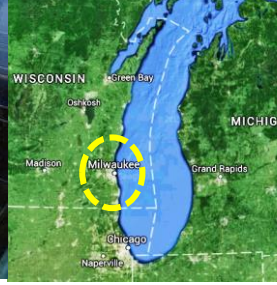
自然のやさしい流れ

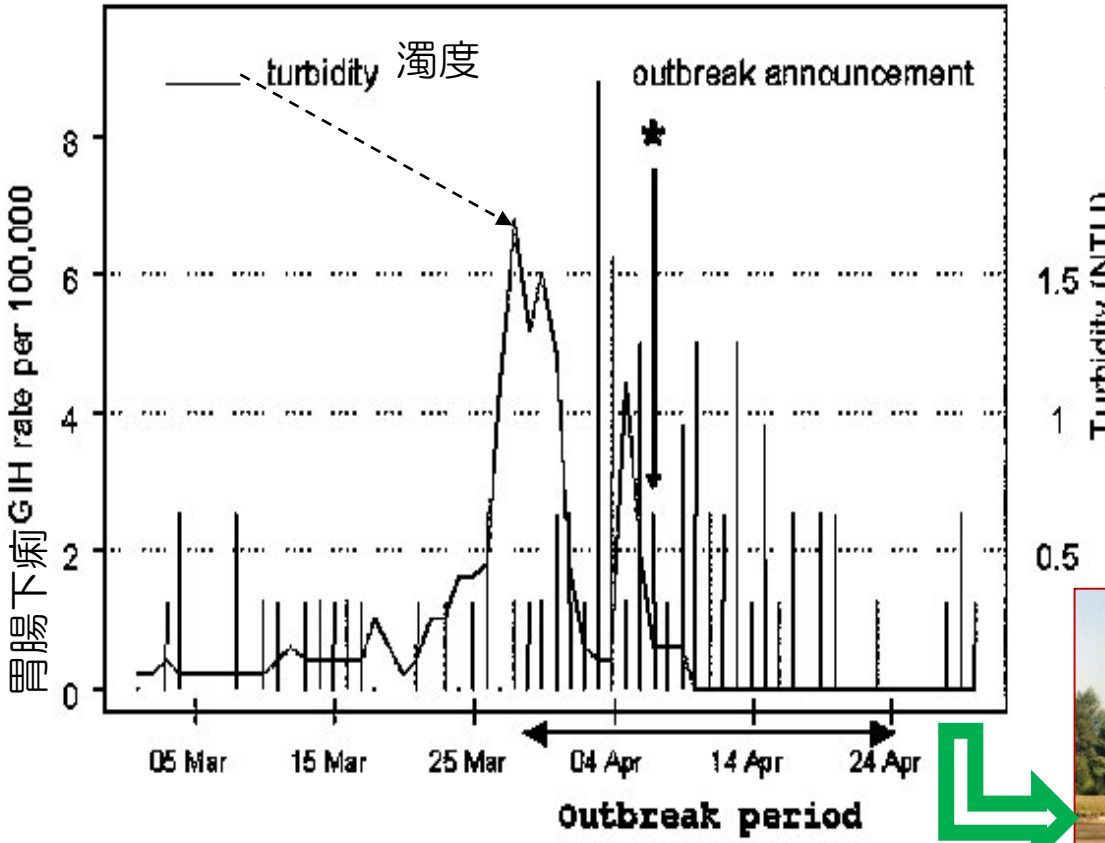


砂は何回も洗って使用するので、大きな砂だけ残る

削り取り時に、砂を柱状に採取してみると、砂は汚れていない。

急速ろ過の降参！！





1993年4月、 Milwaukee, USA 、40万人以上がクリプト原虫による大規模の集団下痢事故。

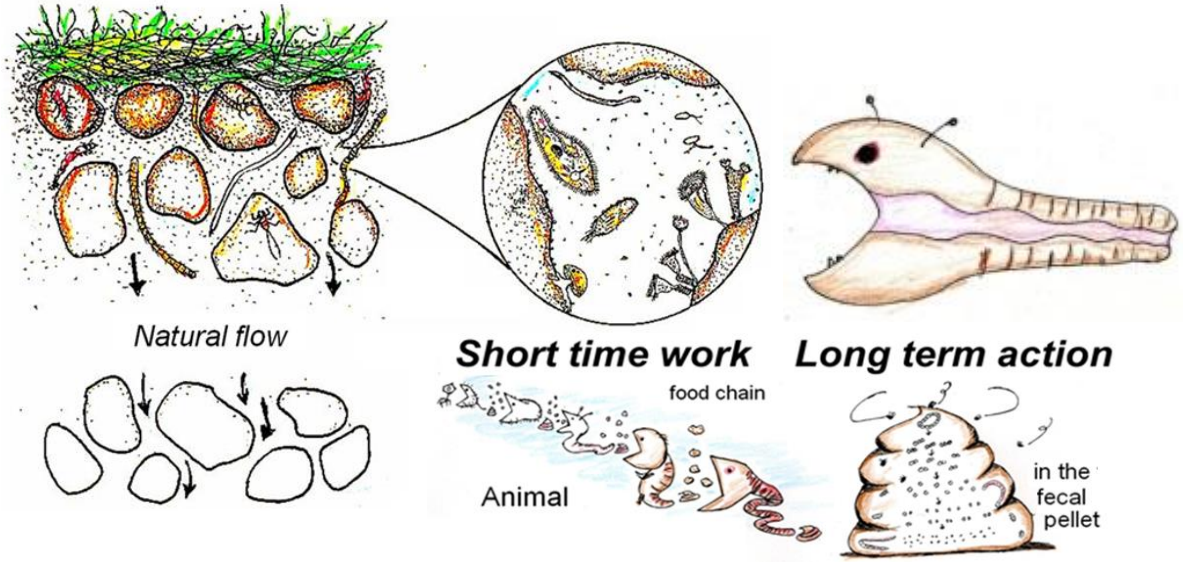
1996年6月埼玉県越生町クリプト集団下痢 ⇒ 日本：膜処理の勧め

人は業界が盛んに宣伝する新しい技術が好き

アメリカ水道協会は緩速ろ過を再認識し、1994年9月、オレゴン州セーラム市で研修会を開催。

再認識、再発見、現代に通じる技術

表面が固いのはリスクを回避するため。乾燥や寒さに耐える仕組み・能力がある。

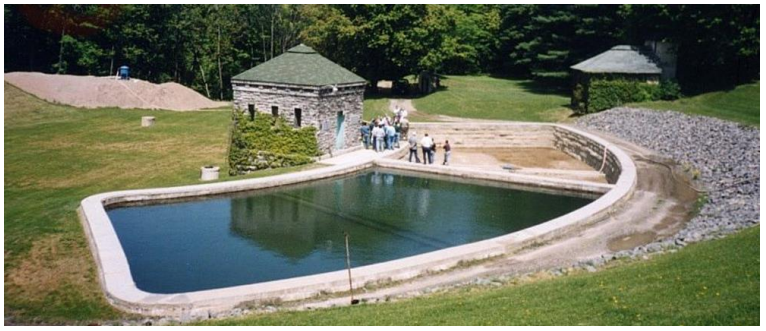


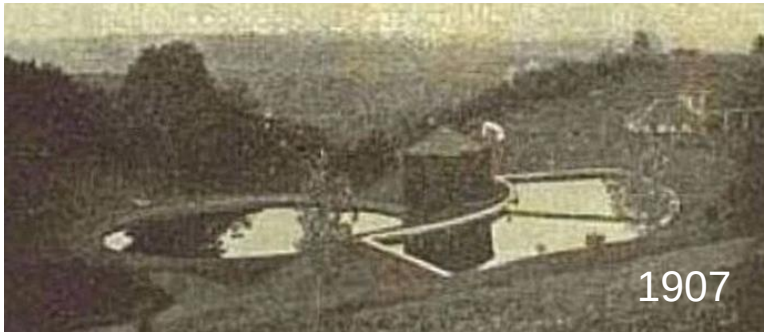
卵は他の動物から被害に遭わないため、厳寒期や乾燥し活動できない時期に卵の形になる。昆虫の幼虫は脱皮をするときは固い殻に覆われ他の動物に食べられにくい姿になり、また泥の深くまで潜り脱皮する。

良い環境に戻ると活躍しだす。

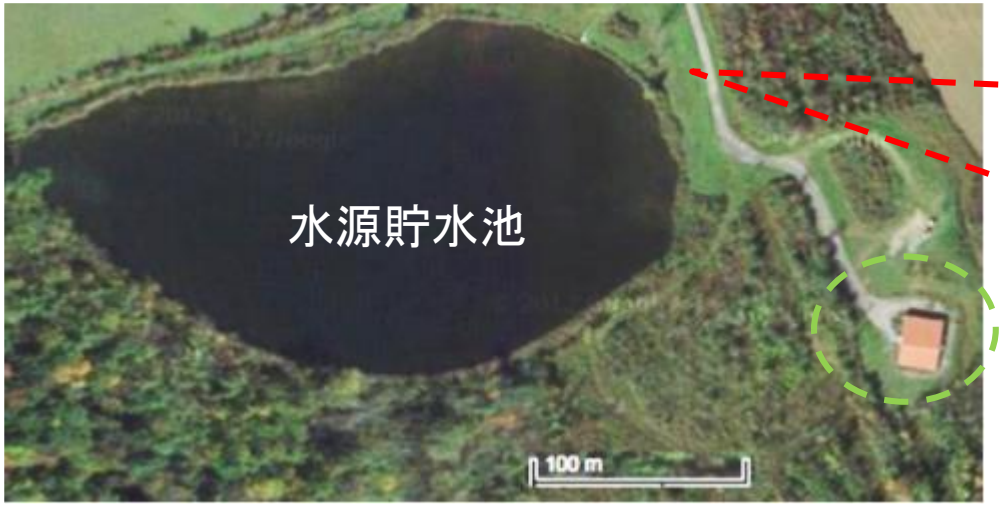
現在稼働している緩速ろ過の浄水場で2番目に古い(1891)のはニューヨーク州イリオンにある。

イリオンのマイクMr. Michael McCormack (Ilion Water Commission)は、クリプト大事故(1993)の翌年1994年、アメリカ緩速ろ過研究会を組織し、定年退職の2004年まで続けた。





昔1907年の写真では、浄水池に蓋がなかった。



ニューヨーク州セントラルブリッジに、1997年、新しく覆い緩速ろ過の浄水場が完成した。

水源貯水池の周囲には、牛が放牧されていた。緩速ろ過なのでクリプト原虫による汚染は心配していない。

Opflow
American Water Works Association
Dedicated to Safe Drinking Water
Vol. 23 No. 10 October 1997

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.

1997年10月：表流水の８５％以上にクリプト原虫が検出されるのに、処理水にはクリプト原虫は検出されない。

同時に、浄水濁度0.1ntu度以下の処理水の25%以上にクリプト原虫は検出されているとの報告もある。

オーシストは多数あるが、下痢事故はない。

VIEWPOINT

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

So Many Oocysts, So Few Outbreaks

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

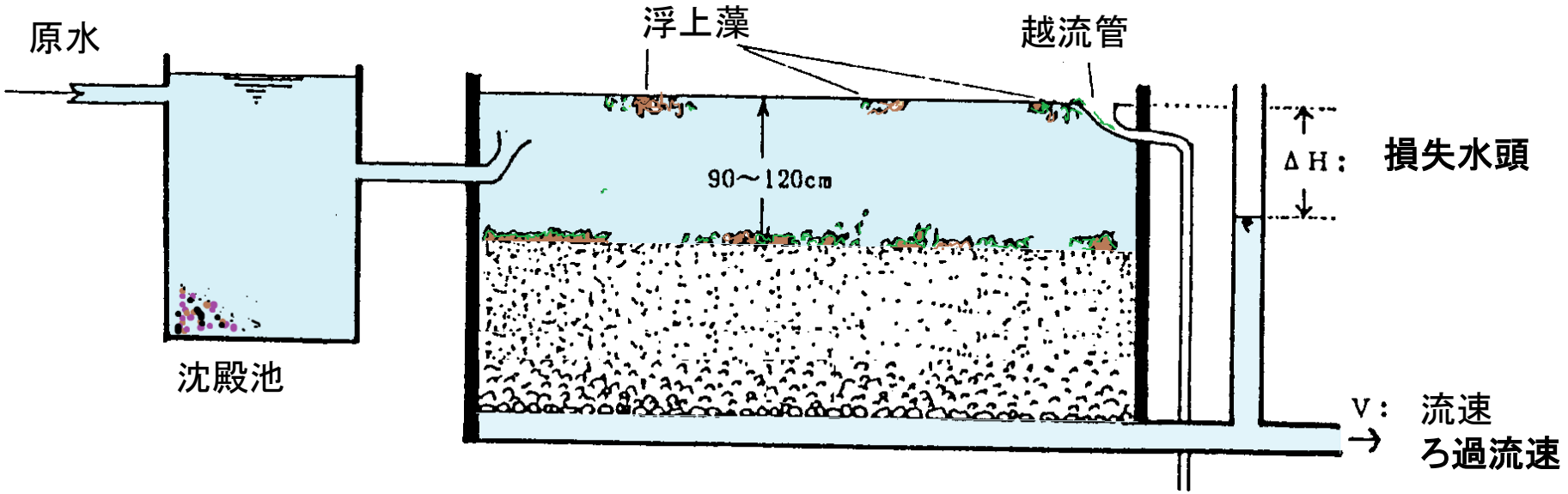
For centuries people have understood that after an infection, a person is less likely to become ill from a subsequent exposure. The ancient Chinese, realizing that those who survived childhood smallpox became immune to the disease, intentionally infected their children. Modern vaccination programs are variants of this ancient approach.

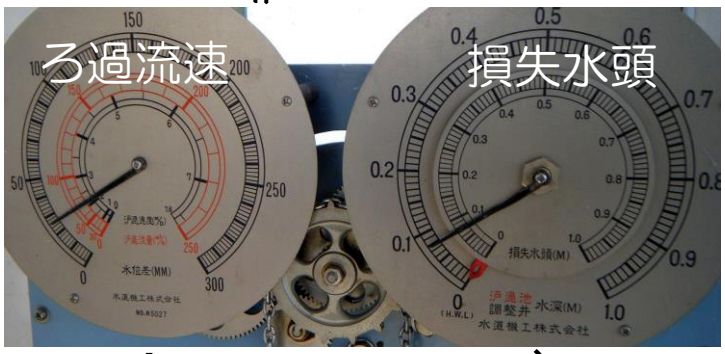
Unfortunately, prior infection does not uniformly protect people from contracting subsequent diseases caused by all pathogens. Some infections confer immunity for varying periods of time; others confer little or no immunity at all. Although prior infection with cryptosporidiosis does not appear to completely protect people from subsequent *Cryptosporidium* infections, ... 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 result in illnesses. This ... 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 cryp-

日本の業界はクリプトのリスクを盛んに宣伝：欧米は冷静だ。

ろ過閉塞指標：日本以外は標準化損失水頭を使っている





ろ過閉塞指標 ： 損失水頭（ΔH) は
ろ過流速(V)に比例

$$\Delta H = kV$$

標準化損失水頭NHL(Normalized Head Loss ：Hn）は、

標準ろ過速度 20cm/h (4.8m/d ：Vn).と実測の損失と実際のろ過速度から計算する。

NHL: Normalized head loss：Hn (cm) 標準化損失水頭

$$Hn=(H \times Vn) \div V$$

実測の損失 ： H (cm)　　標準ろ過速度 ： Vn (20cm/h or m/d)

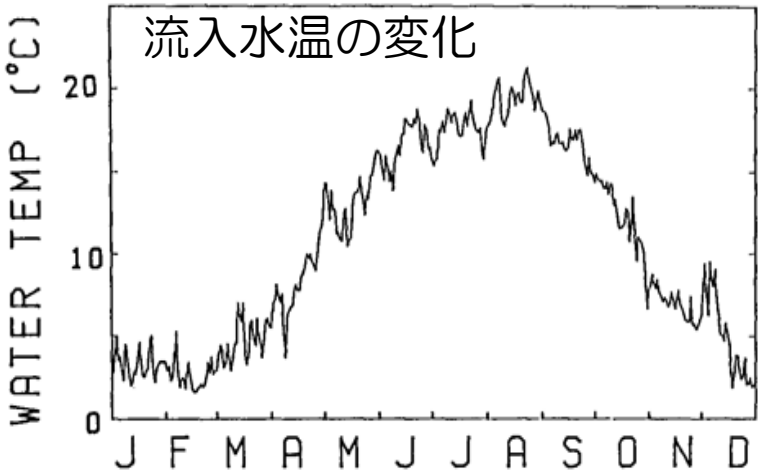
実際のろ過速度 ： V (cm/h or m/d)

ろ過継続とろ過抵抗 (NHL)

冬期の抵抗：ろ過継続日数に比例

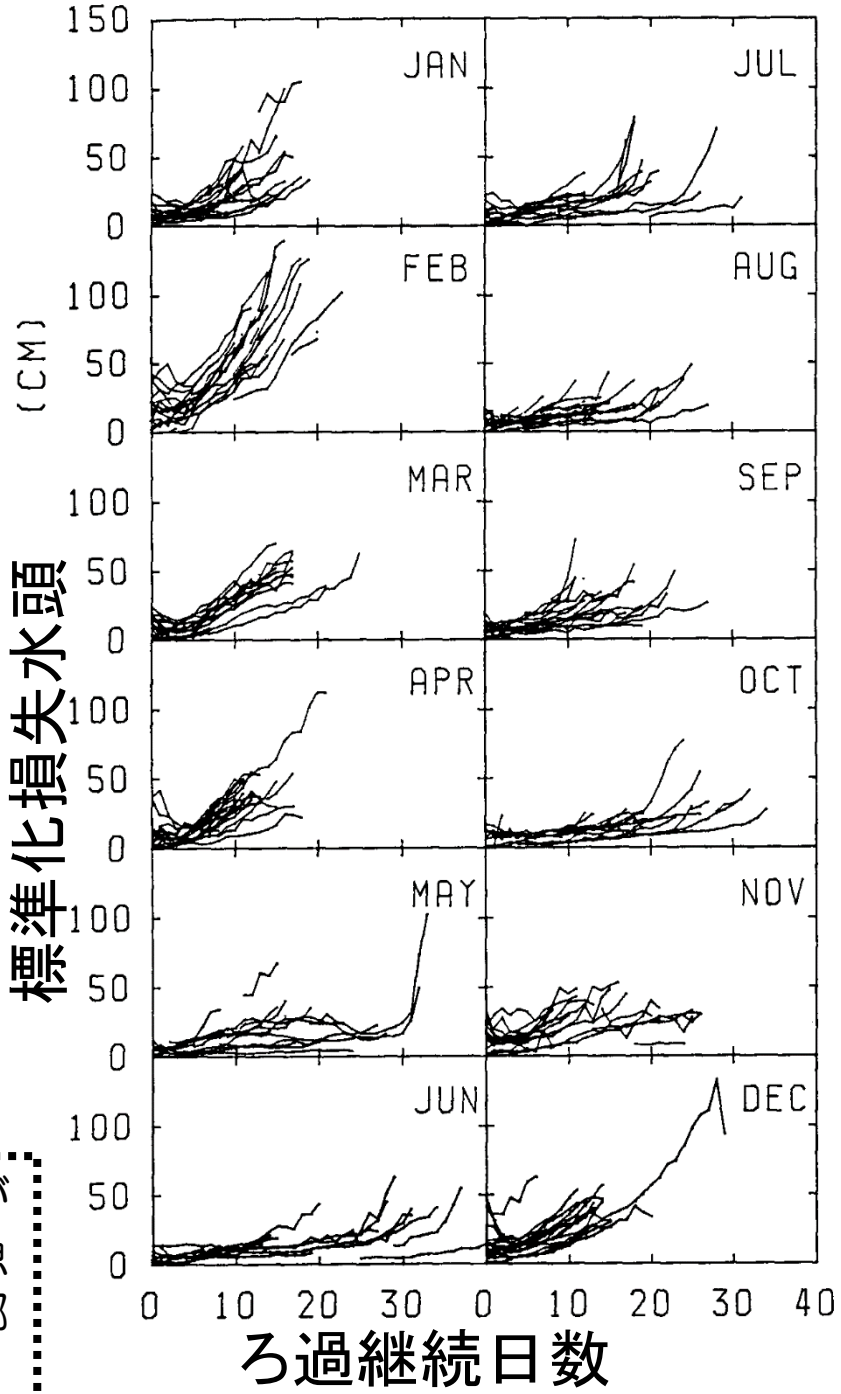
海抜500mの上田市染屋浄水場では冬期は機械的篩いろ過。ろ過池で藻類が繁殖しだすとろ過抵抗は増えない。

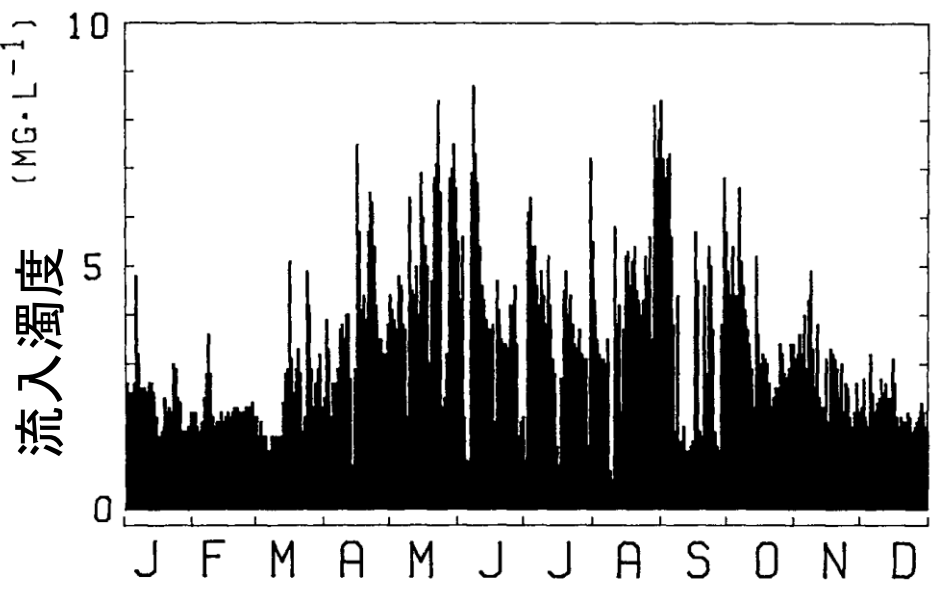
流入原水は菅平高原からの河川表流水。厳寒期はろ過池水面は凍結。雪解けの影響が4月までである。



削り取りを日数で行っている。寒い季節は、削り取り時に砂層内部に入った気泡が、なくなるのに日数が必要。冬期は、水の粘性が大きいのが原因と思われる。

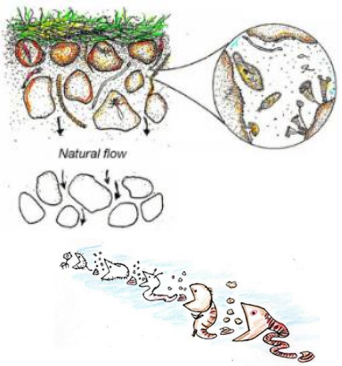
水温が高い夏に、ろ過継続最後に、ろ過抵抗が急激に上昇するのがあった。削り取り前に、急激にろ過速度を上げるために、濁りが砂層内部に引き込まれるためと推測される。

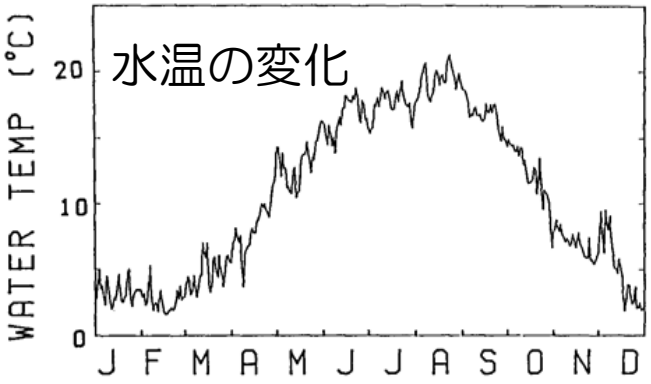


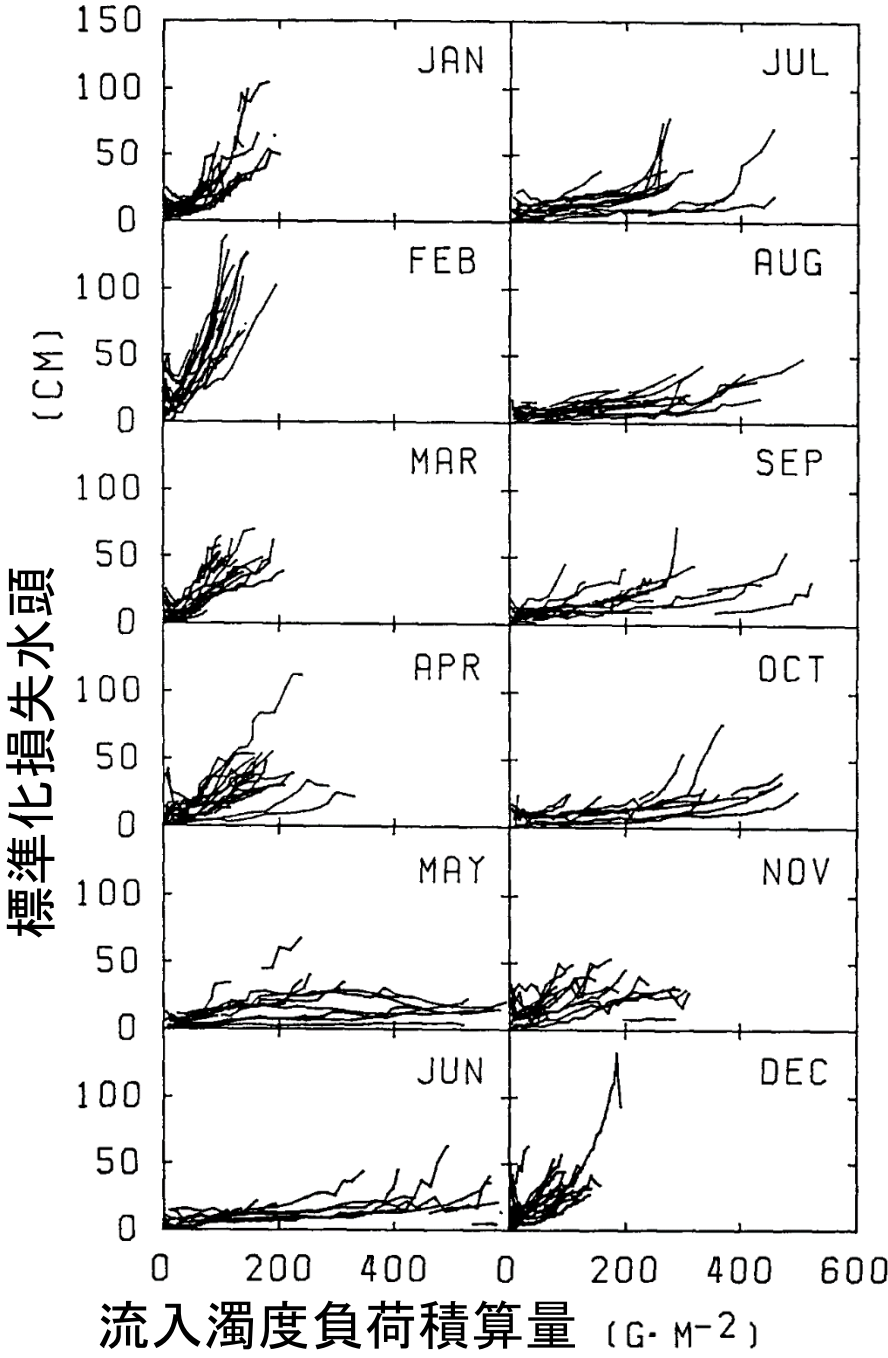


流入水中の濁度の季節変化

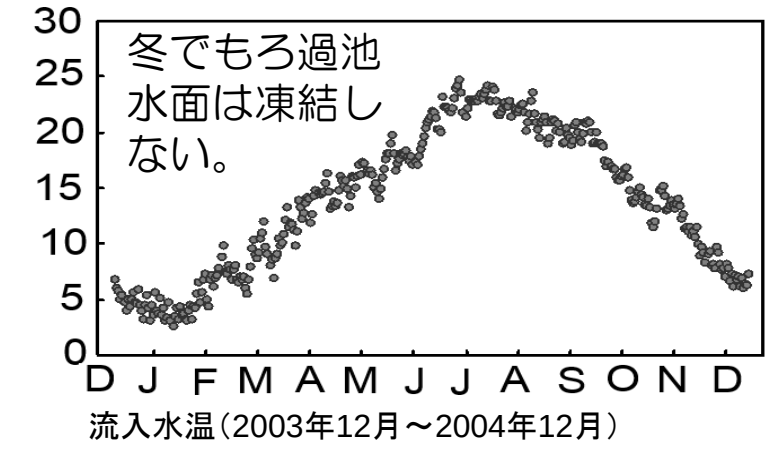
厳寒期は生物活性が低く直ぐにろ過抵抗が直ぐに大きくなる。
夏は、濁度が高くても、ろ過抵抗は増えない。夏は生物活性が高いので、ろ過抵抗が増えない。



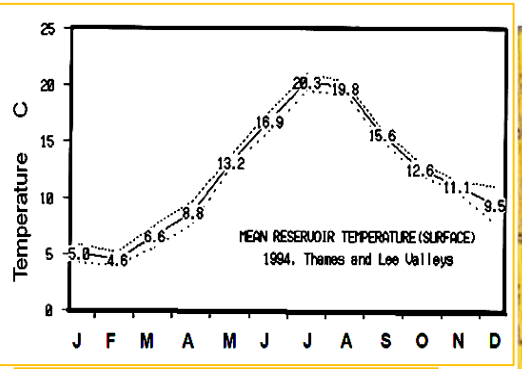




群馬県高崎市若田浄水場は1年中ろ過閉塞しない

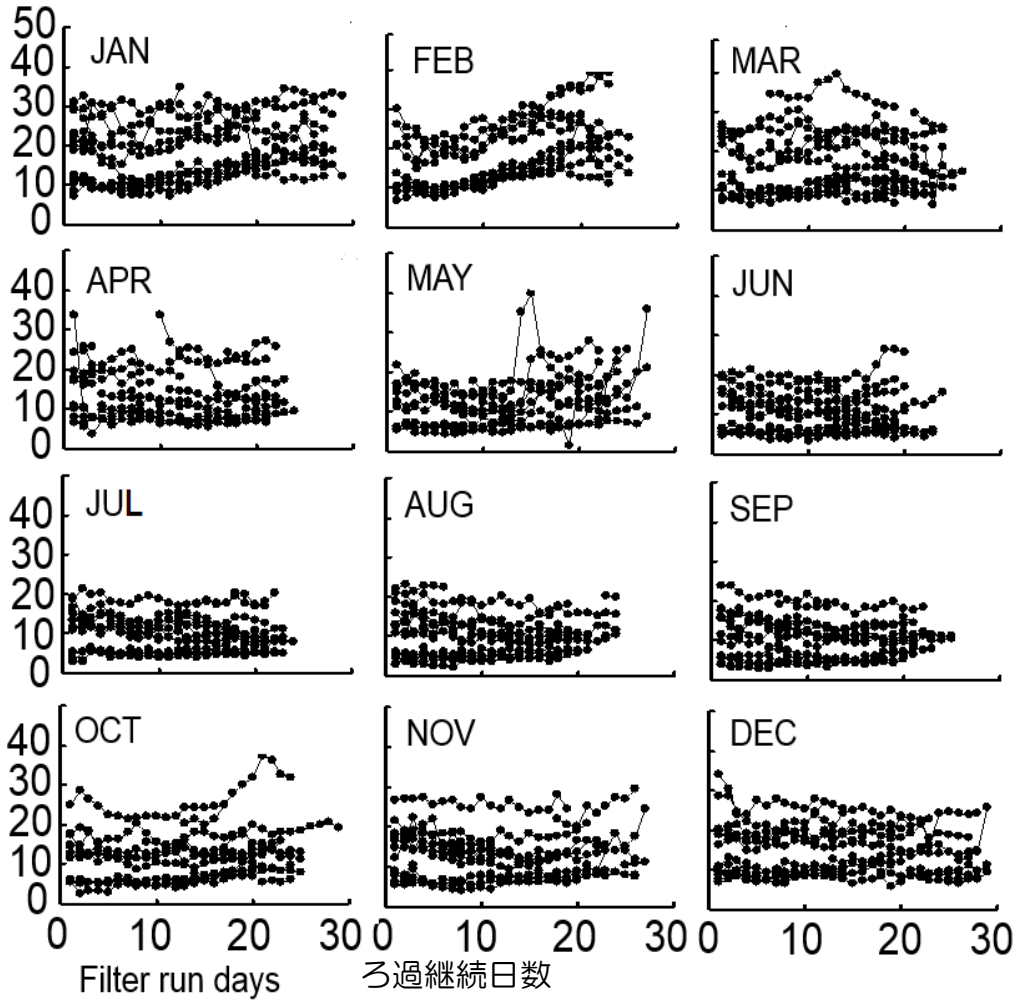


流入水温（2003年12月～2004年12月）

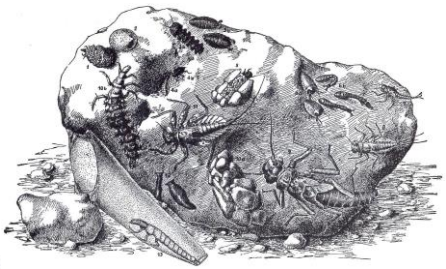


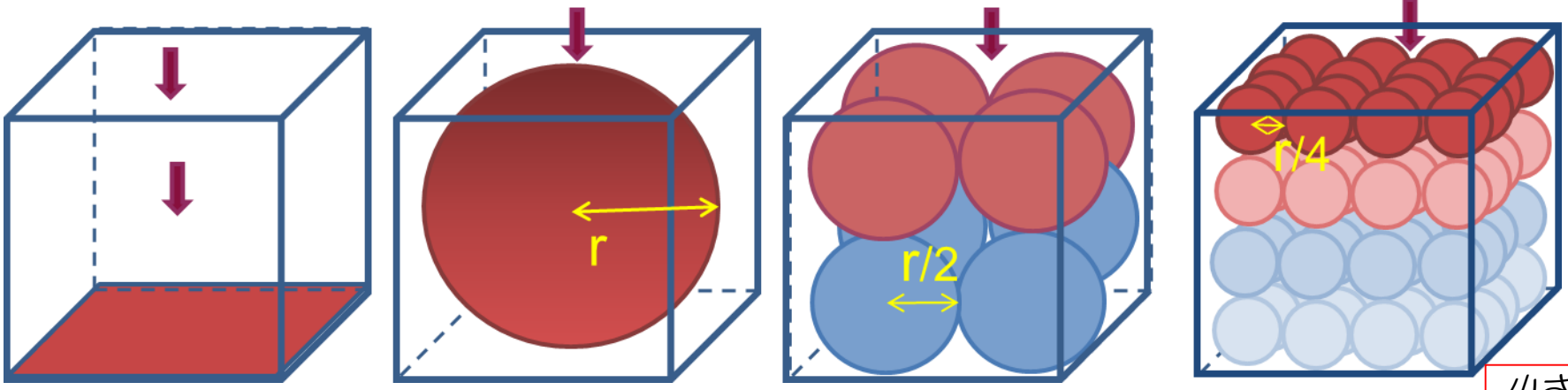
英国テムズ水道の流入水温。メキシコ湾流の影響で高緯度でも低温にならない。

大きなろ過砂でも砂層深くまで汚れない



ゆっくりの流れ環境では、大部分の微小生物は基質（砂）の表面に生息している。エサがくる砂層上部にいる。エサを常に待っていて空腹だ。





1

半径 = 0.5
表面積
= 4 x π x r x r

半径 = 0.25
1ボールの表面積
= 0.785
8 ボール = ***6.28***
表面の4ボール表面積

半径= 0.125
1ボール表面積
= 0.196
64 ボール =***12.56***
表面 16 ボールの表面積　。

小さくなり過ぎると平面状態になる

1 → ***= 3.14*** → ***= 3.14*** → ***= 3.14***

平面より球だと表面積は3.14倍

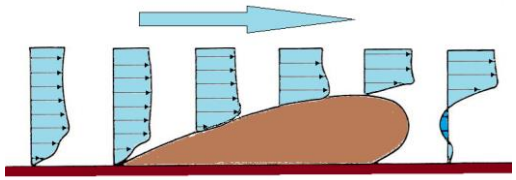
上部第1層の球の総表面積は、常に3.14倍。

球が小さくなると単位容量当たりの表面積は増える。

箱の中の球が増えても総体積は変わらず、52%（空隙率：４８%）。

砂粒子が小さくなるとろ過抵抗が大きくなる

粘性・温度



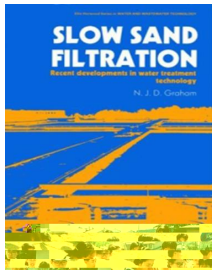
濁りが少ないならろ過速度を早くできる

凝集剤を使わない濁り対策

南米コロンビア(各種粗ろ過、実験プラントで検討), IRC(オランダ)、ペルー、ブラジル、英国、スイス

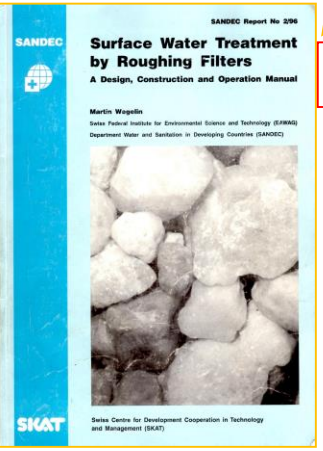
Luiz Di Bernardo 1980
Univ. Sao Paulo, Brazil

上向き粗ろ過：急速ろ過や緩速ろ過の濁り水対策で考えた(検討：修士論文)



1988　発表

È Û ª Ý [b É Û å ° 9,2§



粗ろ過の検討

この報告では濁り除去は**機械的な篩いろ過が主**の考え

Wegelin 1996.10.

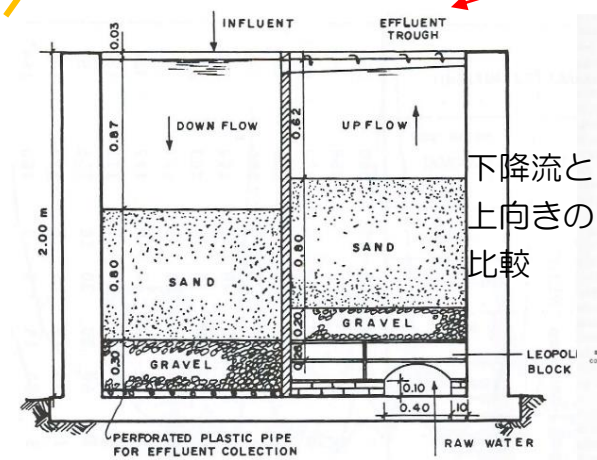


FIGURE 1 - UPFLOW AND DOWNFLOW FILTERS (2)

下降流と上向きの比較

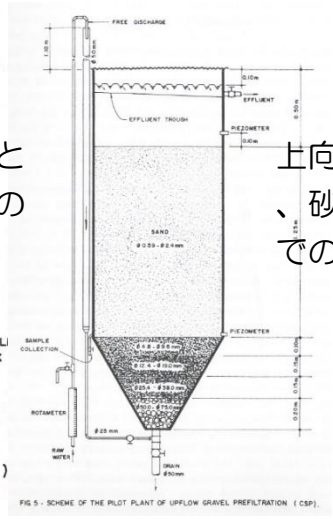


FIG 5 - SCHEME OF THE PILOT PLANT OF UPFLOW GRAVEL PREFILTRATION (CSP).

上向きで、砂と礫での比較

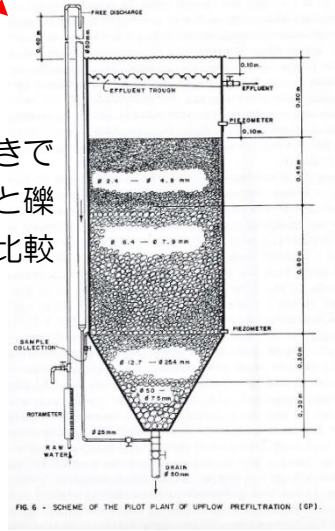
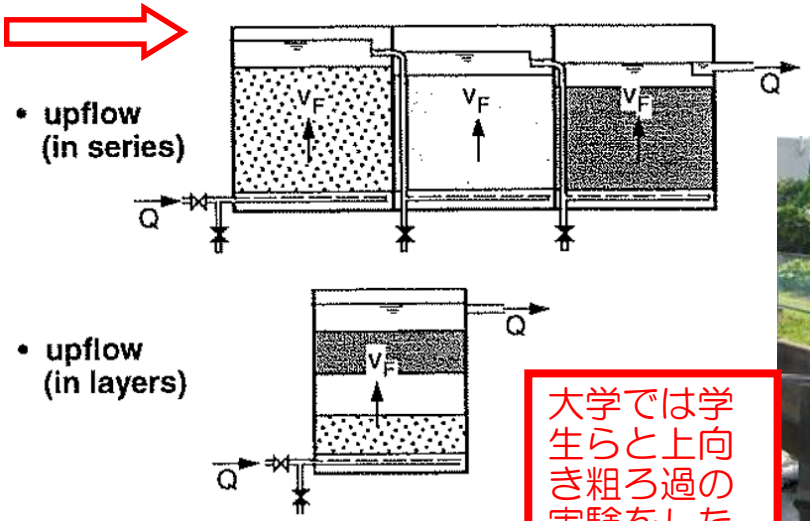


FIG 6 - SCHEME OF THE PILOT PLANT OF UPFLOW PREFILTRATION (GP).



生物群集の活躍による濁り除去が大きいとは気づいていない

生物群集の役割が大きかった

大学では学生らと上向き粗ろ過の実験をした

SANDEC

JICA研修2011年8月、フィジーでモデルを作成し効果を確かめ、首相に解説

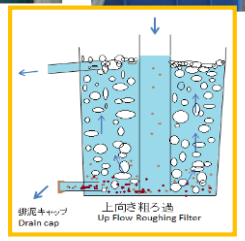
2013.1
.
2013年1月、安全な水供給事業が始まった

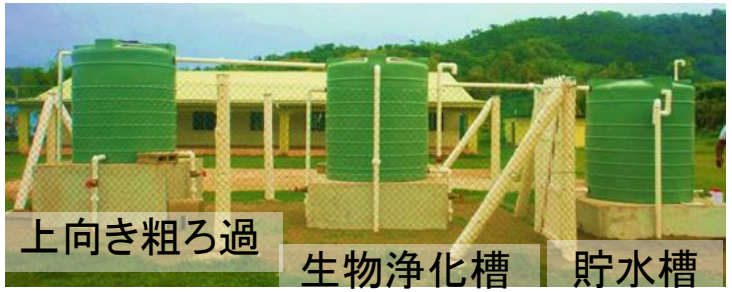
水源

沈殿槽

上向き粗ろ過槽

下降流砂ろ過槽



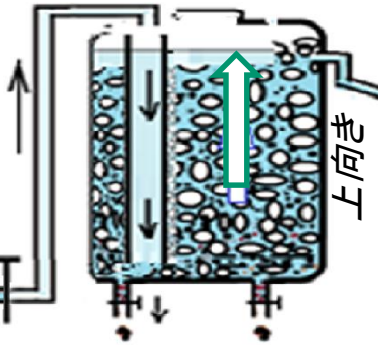


受水槽で重い濁りは沈む

受水槽

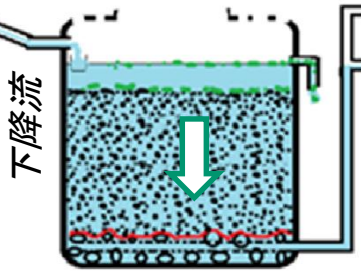
濁り対策

上向き粗ろ過（礫槽）



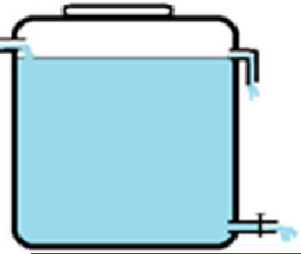
濁りが礫面に吸着。微小動物が濁りを捕捉。濁りで閉塞したら底から排泥。

生物浄化槽（砂槽）



自然の生物群集が砂層上部で上から下へのゆっくりの流れで活躍し浄化する。

病原菌がない安全な水を貯水



共同水栓方式

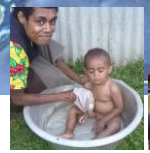
村の共同水栓

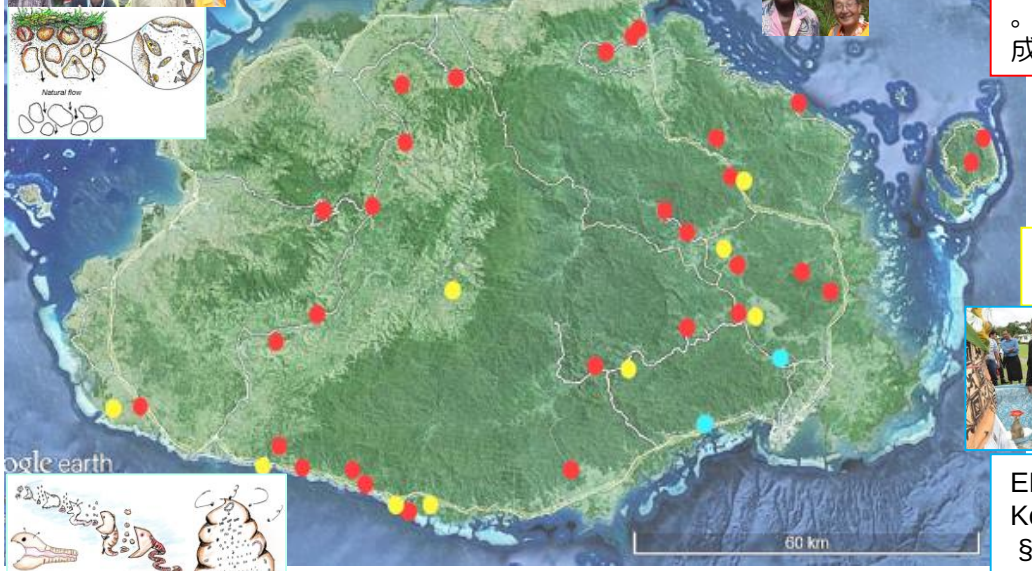
既存給水システム

村落へ安全な水供給プロジェクト

飲み水と調理
6リットル/人/日

フィジーの村落への生物浄化法による安全な水供給事業





2 村(青)：パイロット村　Kalokolevu、Navatuvule（2013）。 2015年中に46村（赤）、2016年5月までに 12村（黄）完成。2016年6月までに総計60村（５８＋２）に完成。

EPS •/¡*…
%Ê Ÿ 2015

EPS ¦ c　2013 º
Kolokolevu　Navatuvula
§ ? } r W S

JICA û#ì
1* Z (
± N ž j

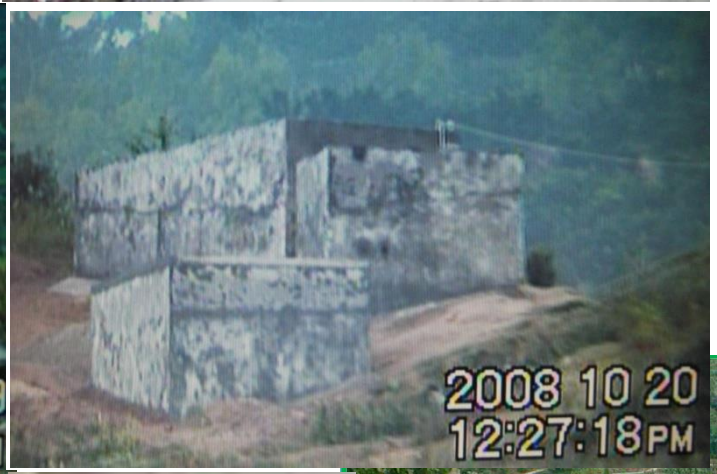
JICA © ½ ”
Î Û å ¸ ”
ä •&½ 6

JICA%· ‡ S6Û
p • ™ Å

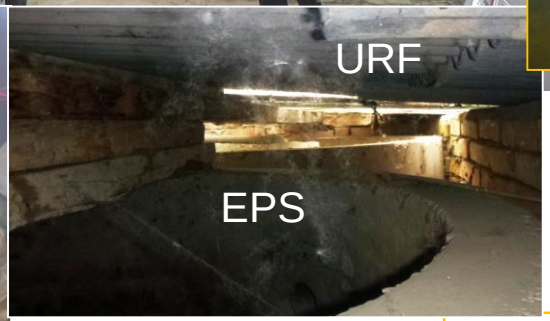
8×"@4 6P @ •

「おいしい水のつくり方」を中国語に翻訳していた金　哲Jin Shengzhe>&金勝哲）さんは2008年四川大地震の直後に、四川でEPSの水道施設を３ヶ所に建設した。

日量30トン、沈殿池、上向き粗ろ過、EPS



中国、河南省沈丘県の霍岱珊Huo Daishanは金　哲 Jin Sheng Zheの指導で汚染された地下水を2008年初めてEPS装置を建設し生物浄化法で安全な飲み水にした。

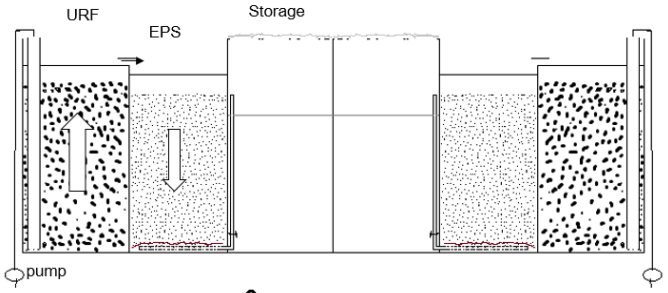


70–80 º å / ¥, 4,600 Ç
(246 #Õ •) 16 Ü µ º Ý / Ç/ ¥
•4# å (2 m x 4 m) x 2 - µ º
(URF+EPS)

6 º å / ¥, 500 Ç.
12 Ü µ º Ý / Ç/ ¥
u … \7Á
Š j)%*…
b Ž d _
c)% È

§ Ç _ c
¹ È &
‰ '

2016.5.



7Ì Ã# Huo Daishan ¶ \ % Ê c 40 è d _ 0¿

わかる！国際情勢　外務省 Ministry of Foreign Affairs of Japan

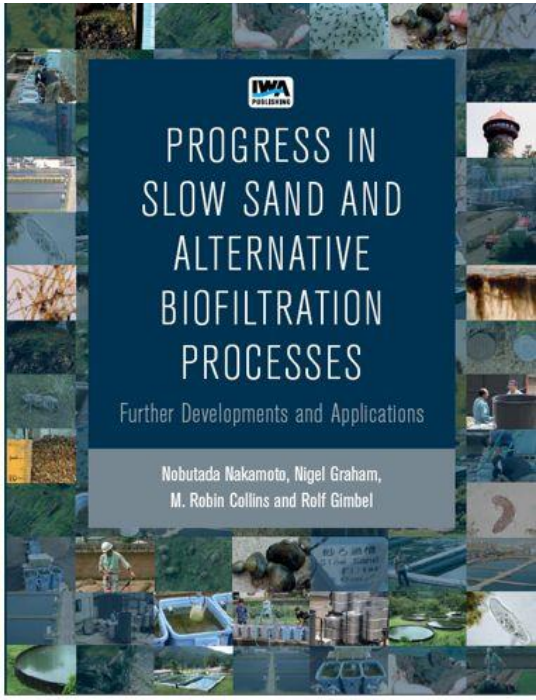
Vol.116　2014年7月1日

「未来への投資」としてのODA　～　国際協力60周年

サモア・水道事業運営（宮古島モデル）支援協力　JICA提供

平成28年3月11日　外務省
2015年版　開発協力白書　日本の国際協力
「生物浄 化法」といわれる技術

水槽事業改善に共同で取り組むサモアおよび宮古島の人々（写真：JICA）



2014年6月名古屋市で
第5回緩速・生物ろ過国際会議

「淮河衛士」（Huahe River Guardian）会長霍岱珊氏に2012 年度エナジーグローブ賞（National Energy GlobeAward 2012）を受賞。

国連工業開発機関（UNIDO）、国連環境計画（UNEP）、EU グローバルエネルギー組織等関連機構

2014年12月13日 NHK-World
淮河衛士の活動を取り上げ

英語放送で1日4回放送された。

英語放送の地アグネス・チャンらの解説を除く日本語版はYouTubeで見られる。YouTubeで「淮河衛士」（わいがえいし）を検索するとヒットする。

淮河衛士
de獣 干活
1 年前・視聴回数 80 回
「淮河衛士」とは中国最も汚染された川「淮河」に20年間環境保護活動を行っているNGO団体です。

https://www.youtube.com/watch?v=g7aeuAZQoJk

独立行政法人 国際協力機構

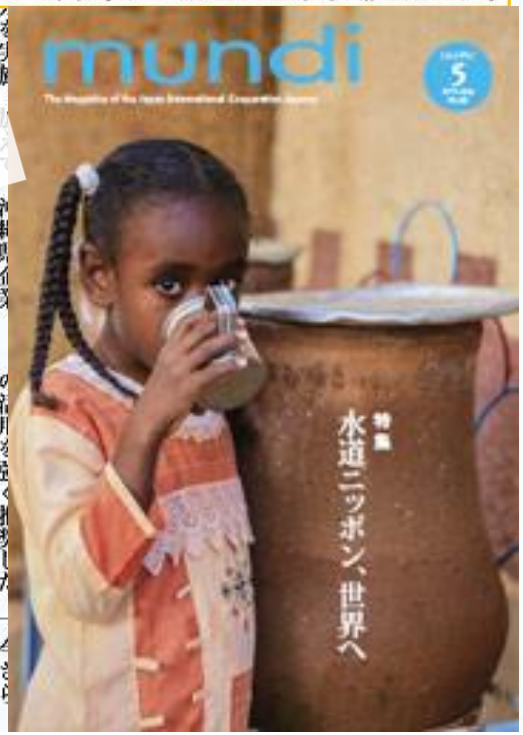
広報誌　mundi 2016年5月号

「水道日本、世界へ」の特集でフィジー、サモアへの生物浄化法の活動を取り上げた。日本水道協会も高崎の若田浄水場での研修を始めてた。

特集
水道ニッポン、世界へ

日本水道協会が実施する研修

研修の一環として高崎市の緩速ろ過浄水場を訪れた。



英語版JICA広報誌　JICA's World
2016年11月号でも取り上げ

サモア水道公社の職員らに生物浄化法に基づく浄水場の運転・維持管理法を解説する中本さん(左)。バケツを用いたモデルも製作し、理解促進に役立てた

島

しょ国の多い大洋州は、年間降雨量は多いものの、人口が少なく国土が広範囲に分散しているため、特にサンゴ礁の上に形成される島では利用できる水源が限られている。JICAは、同様の課題を抱え、限られた水源を有効に活用してきた沖縄県などと連携して、島しょ国に合った水道技術の改善や施設整備を支援してきた。

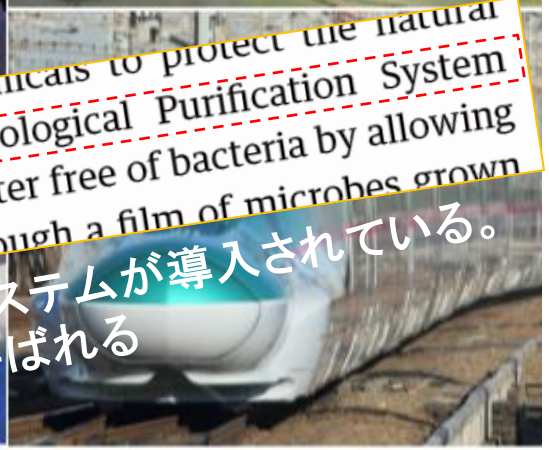
例えば、フィジーでは微生物の働きなどを利用して水をろ過する生物浄化法を用いて、村落給水の仕組みづくりを支援している。この仕組みは、施設の維持管理の負担も少なく、持続可能な水供給に貢献している。

生物浄化法を用いたフィジーの給水装置

HIGHLIGHTING
Japan
VOL. 105
JANUARY 2017

does not rely on chemicals to protect the natural environment. The Ecological Purification System creates non-turbid water free of bacteria by allowing the water to pass through a film of microbes grown

薬品を使わないシステムが導入されている。
「生物浄化法」と呼ばれる



SAFETY FIRST

Feature SAFETY FIRST

SWA staff members connect water pipes under the guidance of Japanese experts. Photo: Courtesy of JICA

Water Wisdom Shared

Water experts from Okinawa are introducing water supply technologies to the Polynesian islands of Samoa.

TOSHIO MATSUBARA

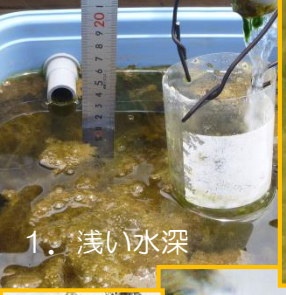
In Japan, where the water supply service is operated by approximately 1,700 municipalities, people everywhere have access to clean drinking water simply by turning on the tap. Many Japanese municipal water service providers have been sharing their water supply knowledge and expertise with other countries. Okinawa, a subtropical archipelago of approximately 160 islands where water resources are limited, is one example.

Miyako-jima Island in Okinawa Prefecture, which has no river and depends on groundwater for most of its water resources, has introduced a system that does not rely on chemicals to protect the natural environment. The Ecological Purification System creates non-turbid water free of bacteria by allowing the water to pass through a film of microbes grown on the sand surface which traps bacteria and decomposes dissolved solids to some extent as the water passes slowly through the sand filter. The system, which features low cost and easy-to-maintain operation, is considered to be an effective water purification method in subtropical and tropical areas, where biological activity is strong.

Taking advantage of technologies such as these that it has nurtured locally, Okinawa has been providing continuous assistance with the water supply service to Samoa, an islands state with a similar climate to its own in the South Pacific, in cooperation with the Japan International Cooperation Agency (JICA). In Samoa, a country comprising two large and several smaller islands, the water supply service is operated by the Samoa Water Authority (SWA), which provides water to 85% of its total population, approximately 160,000 people. However, the SWA faces a variety of challenges including certain unachieved water quality standards as well as a high non-revenue water ratio. Non-revenue water is produced water for which a supplier cannot bill for reasons such as water leakage, inaccuracy of customer meters or water theft.

The water supply unit of the aforementioned Miyako-jima City in Okinawa has been providing assistance with the strengthening of water treatment operation capacity of its Ecological Purification System since 2006. In addition, the Capacity Enhancement Project for Samoa Water Authority in Cooperation with Okinawa (CEPSO), a five-year technical cooperation Project supported by JICA, kicked off in 2014 with the participation of experts from several water service providers in Okinawa Prefecture. In the Project, technical cooperation is underway in the Alaoa water supply scheme, which provides water to

内閣府の広報誌において、紹介(2017.1. Vol.107. p18)宮古島JICA研修から始まったサモア水道支援プロジェクト。漏水対策と生物浄化法による浄水場維持管理への支援。

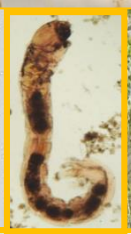

1．浅い水深

2．光合成

3．気泡

4．浮上

5．顕微鏡生物



7．食物連鎖

6．捕捉、分解

１０．温度と日射

１１．通過時間は数分

8．砂は住場

9．大きな砂

１２．早いろ過速度

薬を使わず
生物群集に
やさしく

濁り対策で上向き
粗ろ過の導入を

緩速ろ過でなく生物浄化法と呼ぼう
Eco-Friendly, Smart Technology

生物浄化法は自分らの簡単な技術

スロー(ゆっくり)とは「生物群集にやさしい」

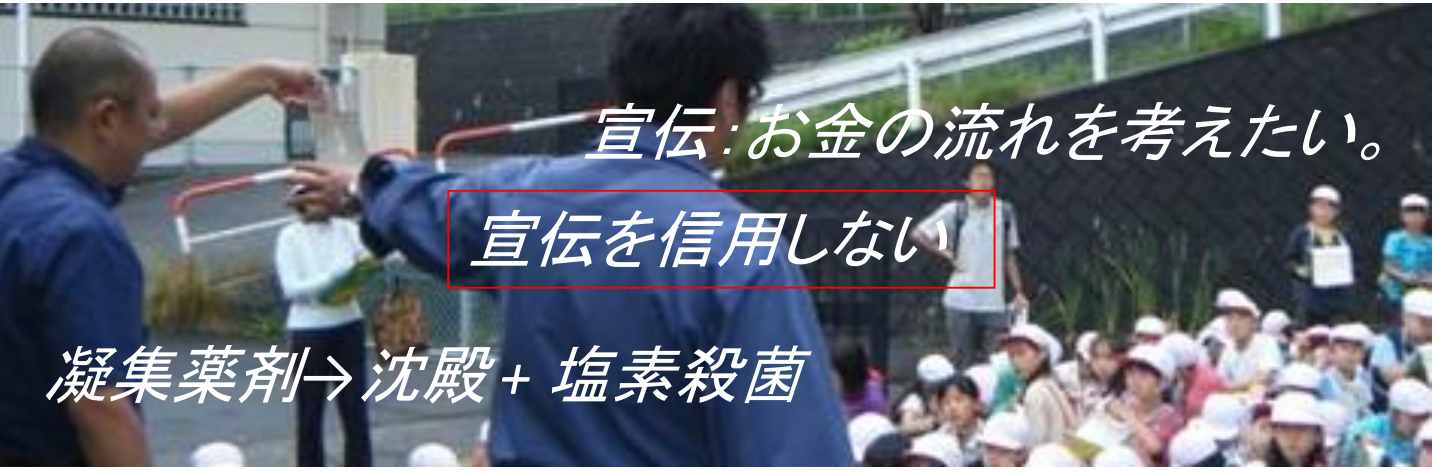
自分らでも建設できる。

均一の細かな砂は必要ない。
砂は生物の棲み場所。

この技術は利益追求の水道業界は宣伝しない。

*“#Õ"@*L7Ÿ_ | • w ì b)†3ÿ • 4# c ¼ ³ × Û Ý Ç • Ý ± î 7Ÿ. #. b ô3ÿ •4# c ¥ Ð î © Õ Ý Ç • Ý ± î ”*

無菌の料理はない。世界中では素手で食べるのが多い。



宣伝:お金の流れを考えたい。

宣伝を信用しない

凝集薬剤→沈殿+塩素殺菌

基準の清澄さ＝本当に安全?

何故、塩素殺菌は必要?

`0d • … æ È4(\ ±0d •4” w È4(

!“ #. @ ¨ 8 w ì #. @ ¨ 8
+¬!›#ú b w ì
4#$/ Ç • &7Ÿ
ƒ È P'Ç

細い水道管：安くて、高度な専門技術は必要ないかな.

人口密度が低いので、小規模水道施設が良い。地方水道は、水道本管は細くて長いので、これでも経費がかかる。

大きな水道本管：高価だし、素人はできない。

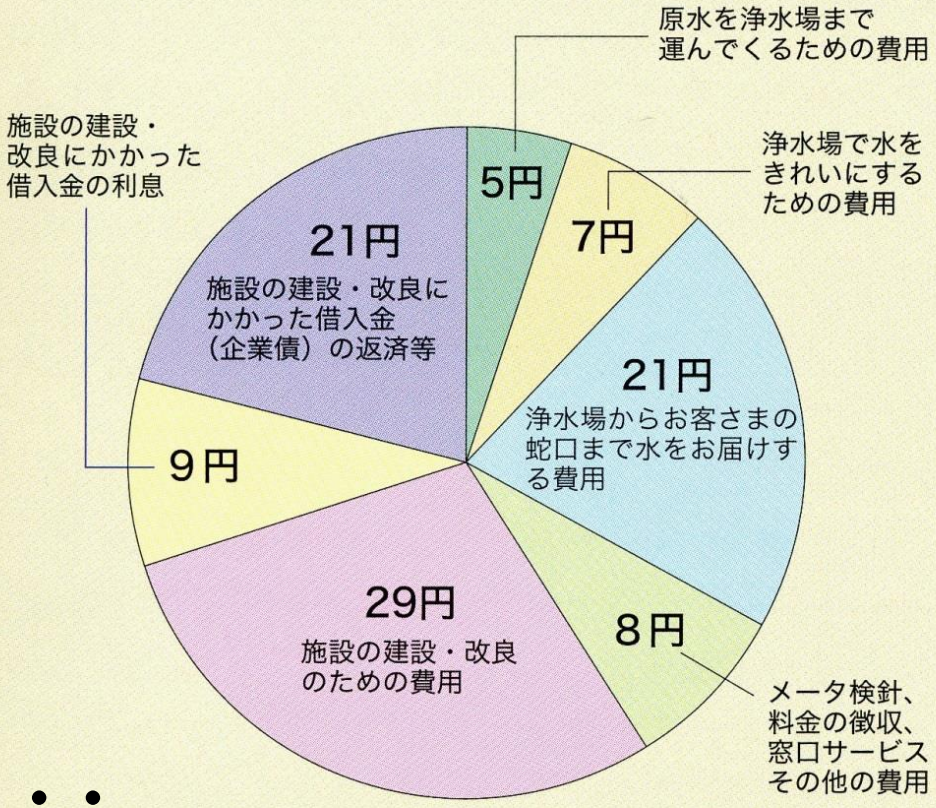
大規模の都市水道では必要。でも、人口が密集し、一人当たりの経費は少ない。

水道法
第一条 ・・、
清浄にして豊富低廉な水の供給・・・

大規模水道にすると素人で維持管理できない。
専門家が入る。業者のいいなり。借金だらけになる。

水道料金100円の使い道

安全でおいしい水を安定的にお届けするために、お客さまからいただいた水道料金は次のように使われています。



宣伝は意図がある⇒金の流れを考える

業界は知られたくない、無視したい緩速ろ過技術

スリランカ：計画は急速ろ過⇒緩速ろ過検討（信州大へ：2002年）
⇒緩速ろ過（生物浄化法：沈殿＋上向き粗ろ過3段＋砂ろ過）
コマーシャルフィルター　⇒　ナチュラルフィルター

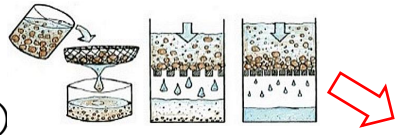
１：水道（給水人口5,001人以上）⇒業界は大きな浄化施設をつくりたい
：簡易水道（5,000～101人）、100人以下は自己責任

２：近代水道（大航海時代⇒産業革命：自分らが安全な水を確保：緩速ろ過の広まり）
濁り対策：凝集沈殿薬品処理＋塩素殺菌　水道業界の発達

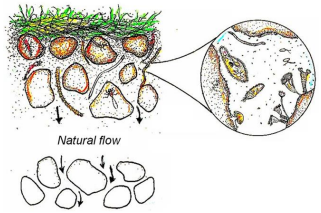
３：凝集薬品処理（急速ろ過）の問題：臭い、塩素殺菌（発ガン物質生成）、クリプト原虫
→　緩速ろ過の再認識・再評価：日本では世界の英語情報を翻訳されない

４：薬品を使わない安全な濁り対策：上向き粗ろ過の開発（1980:ブラジル、1988:国際会議、1996:国際共同調査報告）

５：社会貢献技術として緩速ろ過を評価普及（沖縄宮古島→JICA)、1999頃から:インドネシア:ヤマハ社会貢献・スリランカ、バングラデッシュ:アジアヒ素ネットワーク）、2000:サモアへ独導入。2008:四川、2009:津山市簡易水道へ導入。



６：緩速ろ過→生物浄化法の認識（*理学部出身の生物屋の発想*）
緩速ろ過の研究技術者が居ない（育たない）仕組



７：***自分らのための良心的な浄化技術***として認識⇒***自分らで考え動き***だした
（宮古島から始まったJICAの流れ、フィジー、国際緩速生物ろ過会議）