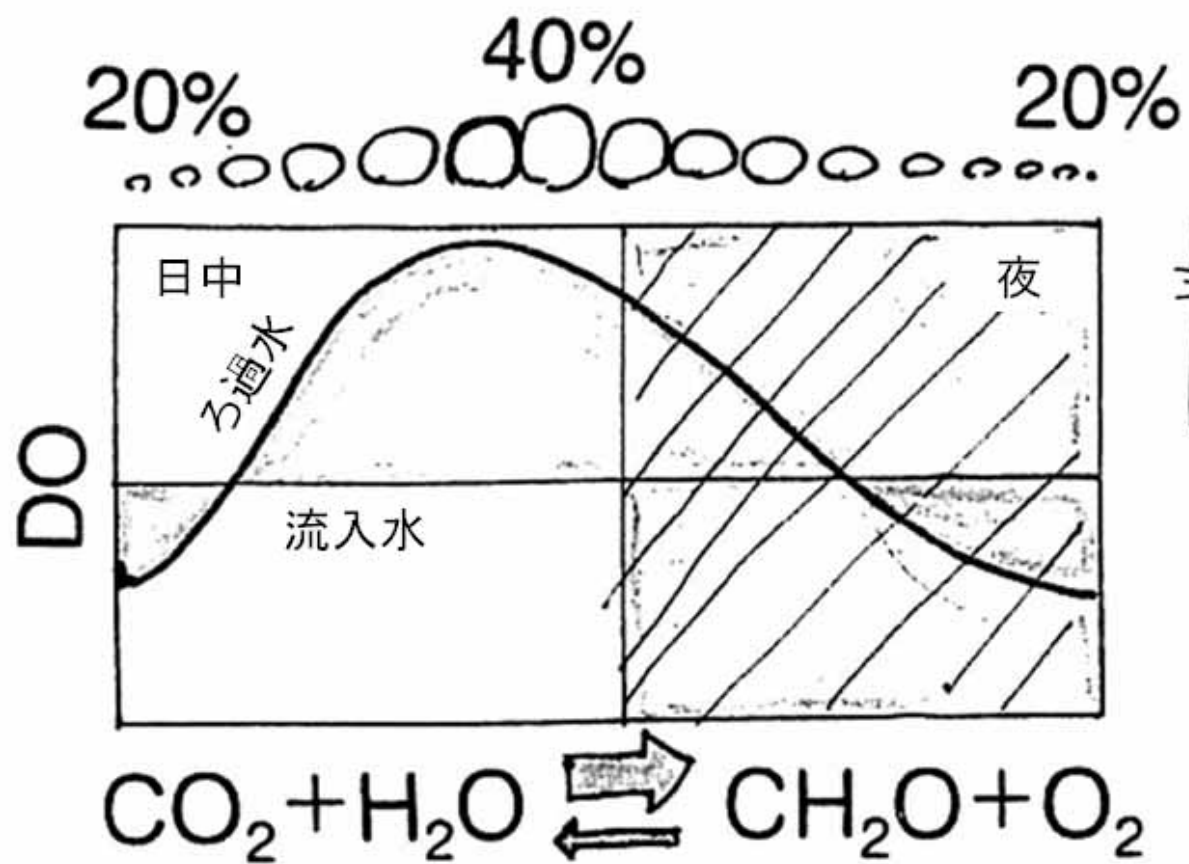
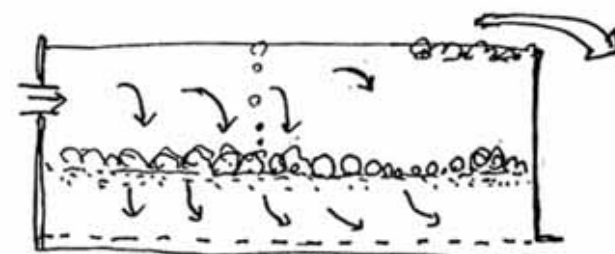


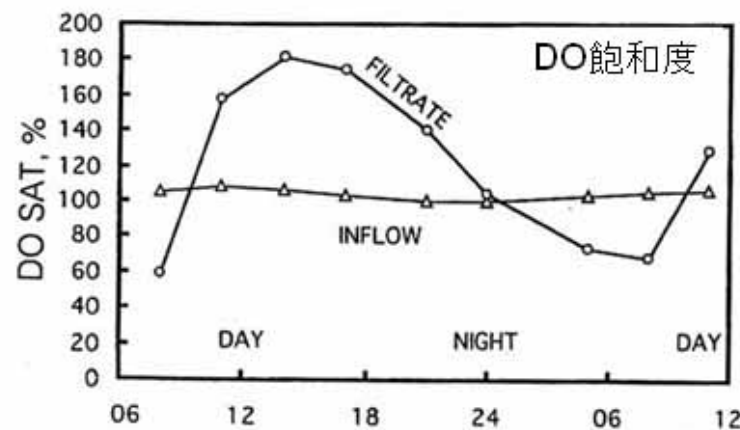
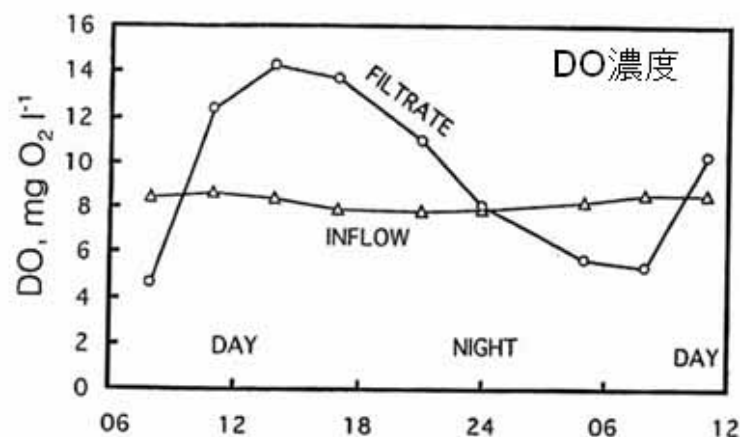


砂面の気泡中の
酸素分圧



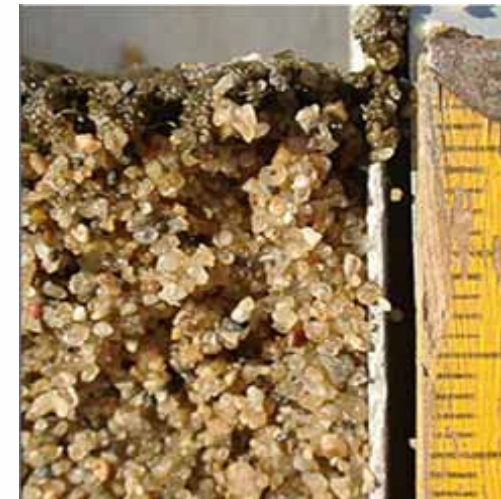
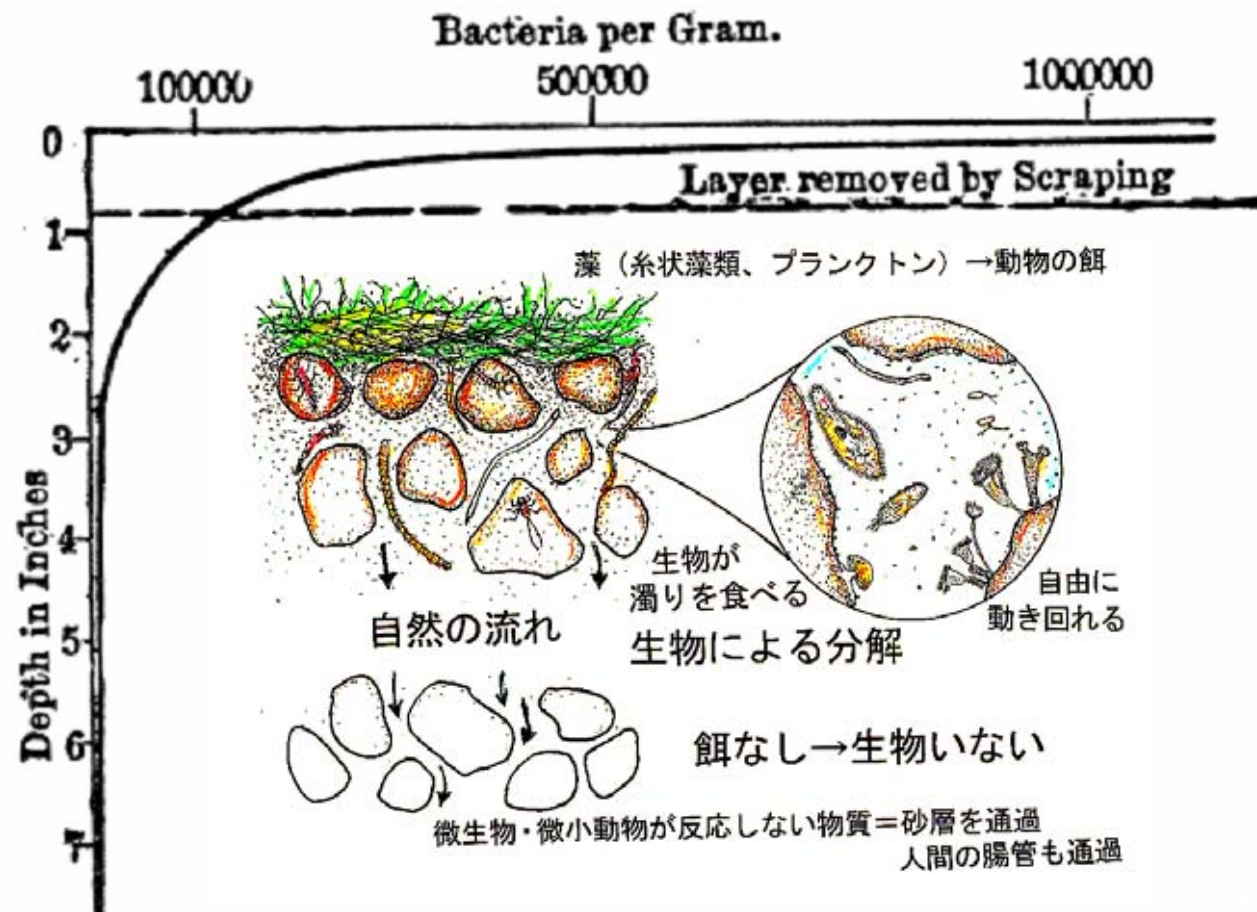
糸状藻類の連続培養

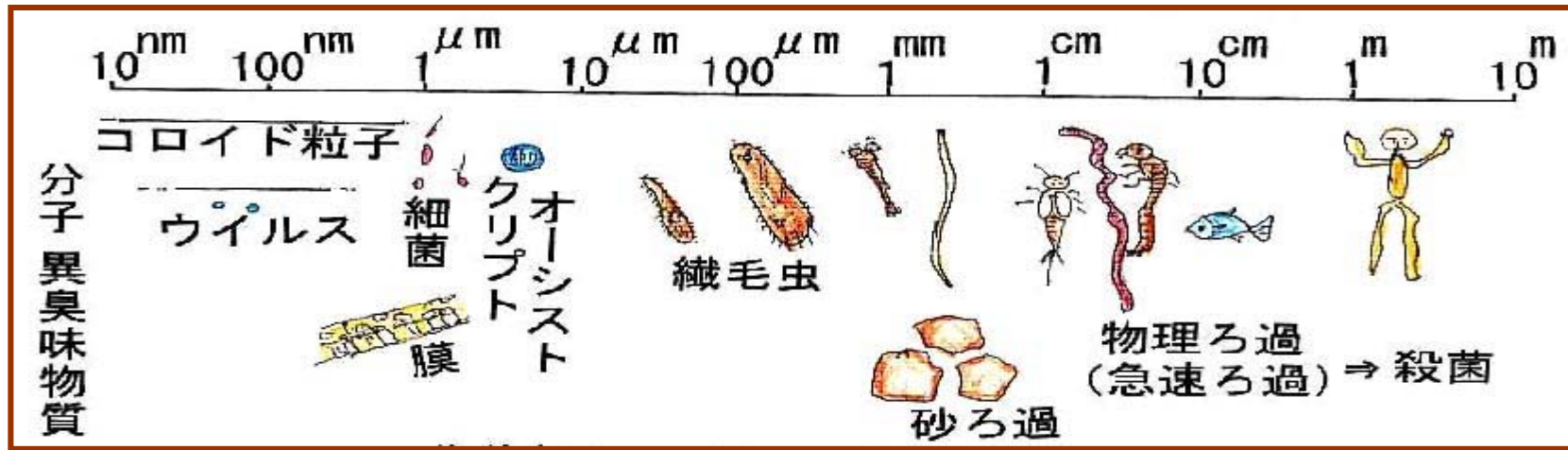
ろ過水は酸素豊富な
上流の伏流水



砂層約1~2cmを通過するだけで生物による浄化される。通過時間は数分=生物による瞬間浄化である。

砂層が1mとは、保険だ。





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。

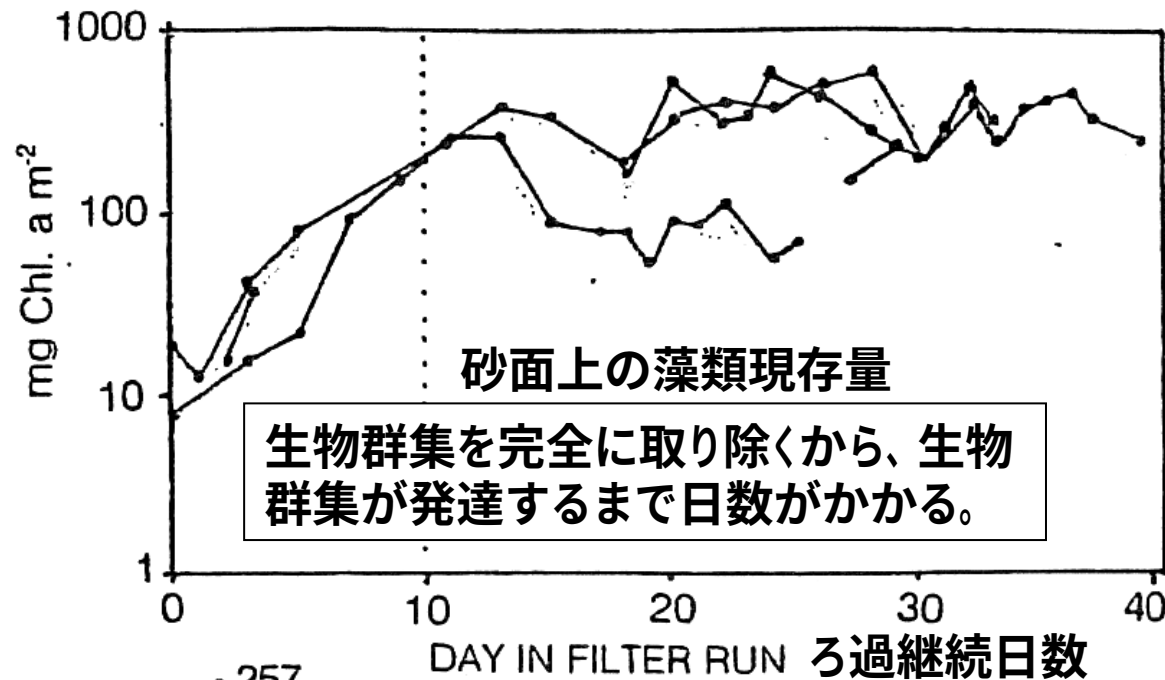
藻→酸素、動物の餌

生物浄化 (短時間の作業＋長時間の作用)

採食食物連鎖：短時間＋腐植食物連鎖：長時間

動物は濁りを集めて、上に持ち上げる (糞は上に)

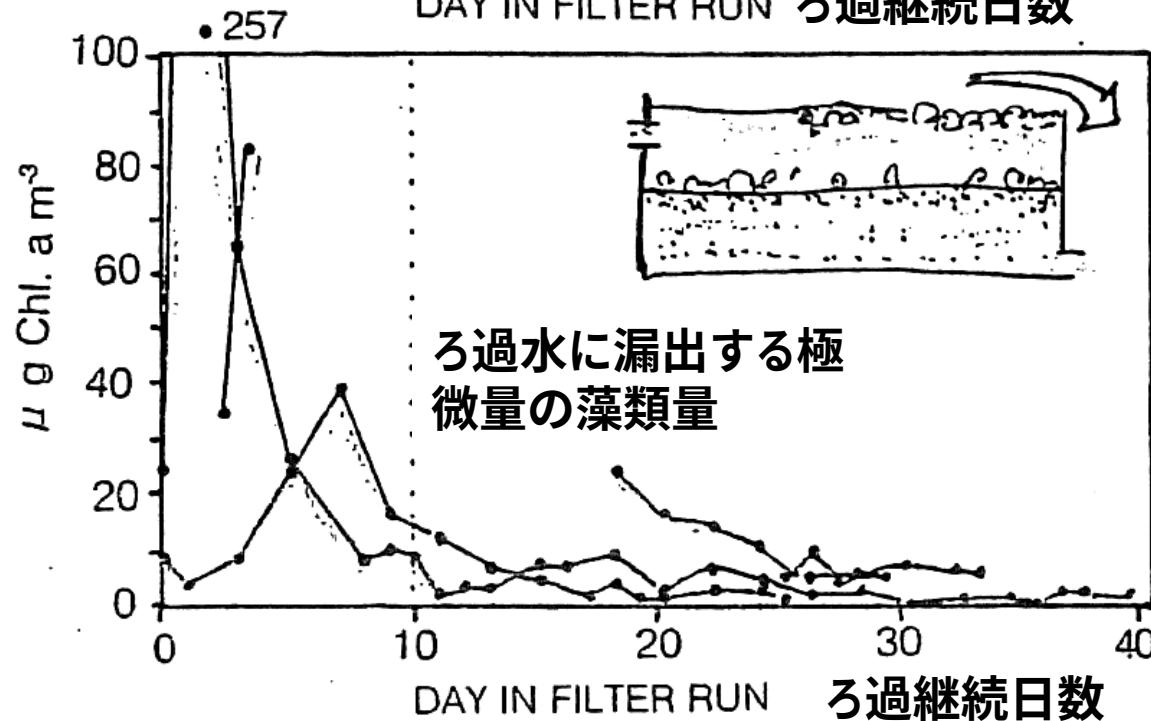
動物の糞塊 (団粒構造：嫌気、外は好気)



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。



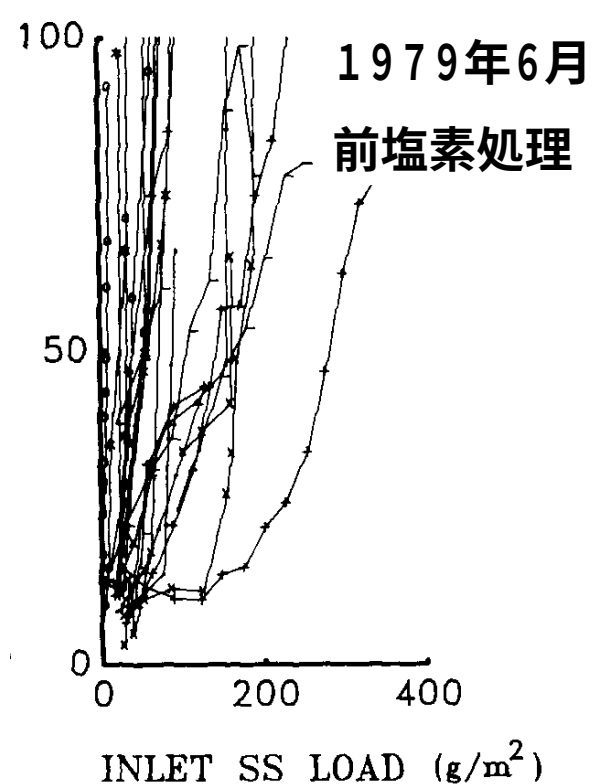
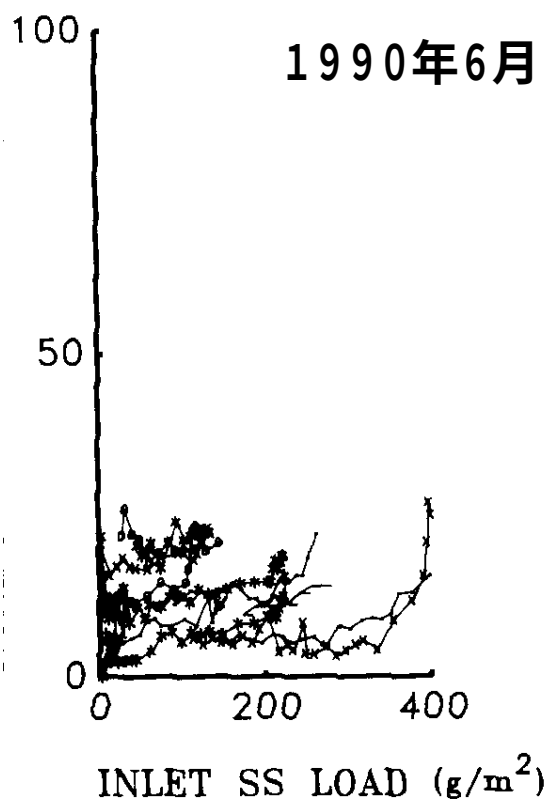
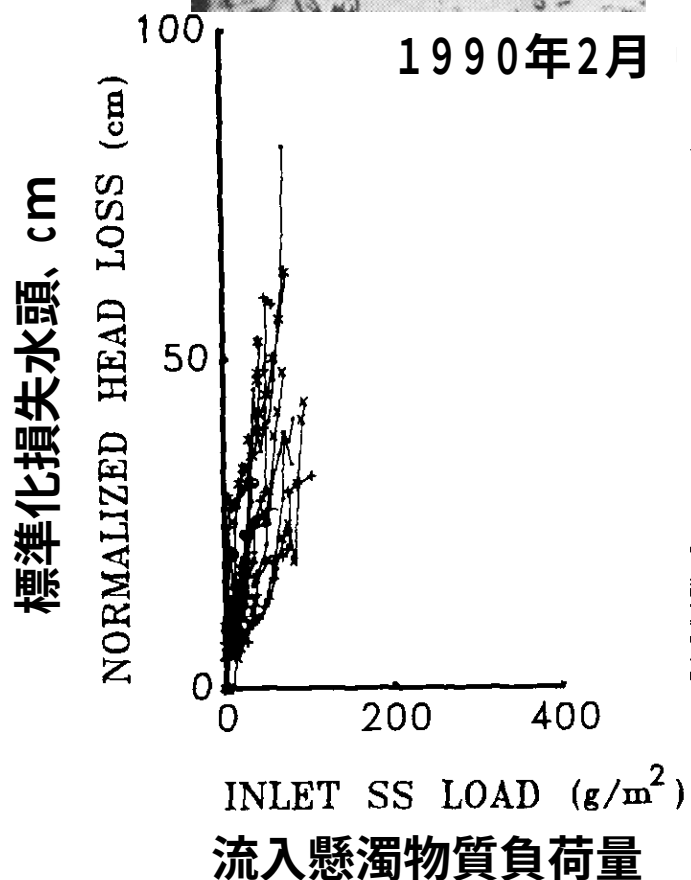
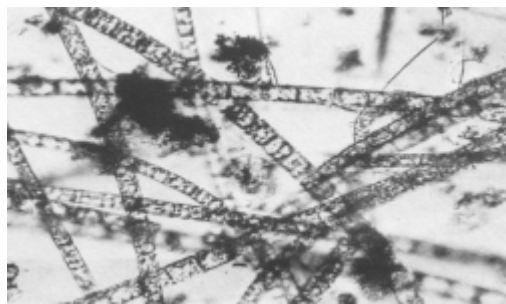
夏は、約10日で、理想的なる過水になる。



夏は、この作業は必要ない。汚泥がでない。良い水質になると、悪い水にしている間違い作業。

前処理薬剤（凝集剤、殺藻剤）とろ過抵抗

臭い水騒ぎの時は、
前塩素添加し、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。



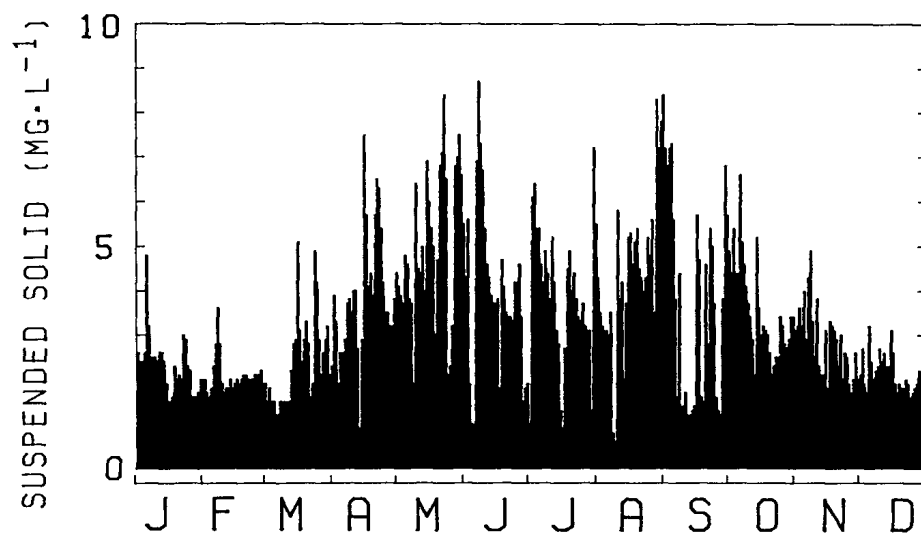


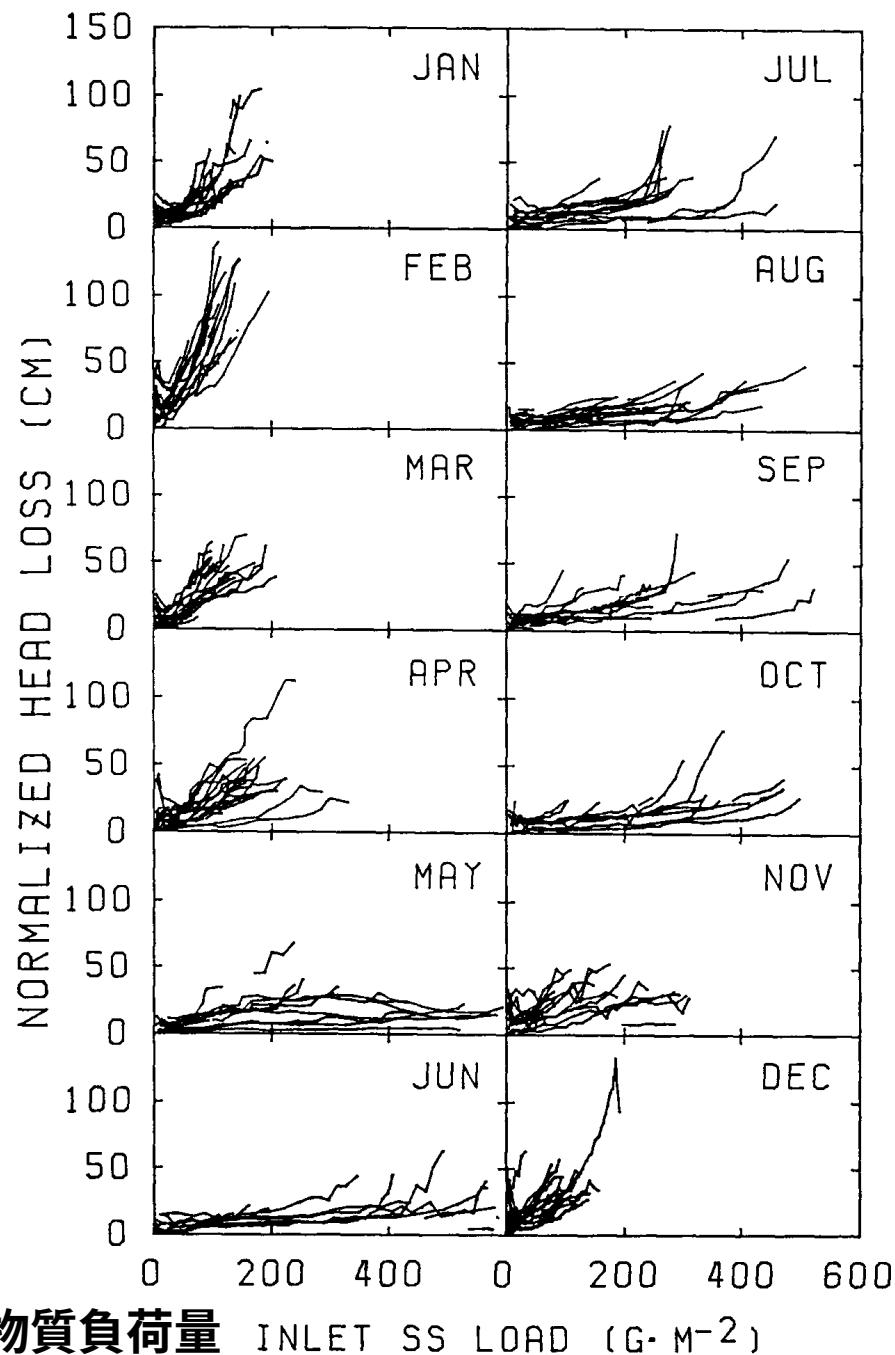
Fig. 6 . Seasonal variation of suspended solid concentration in the inflow water.

濁度が高い時期は抵抗が増えない

水温、日射が多い＝生物活性が高い時期＝藻類被膜が発達する期間は目詰まりしない

連続培養系により藻類被膜に捕捉した濁りが除かれる＋微小動物が濁りを捕捉し、砂層表面に運び上げ、分解する。生物活性が高い時期は、目詰まりしない。

標準化損失水頭、cm



流入懸濁物質負荷量 INLET SS LOAD (G·M⁻²)

Fig. 7 . Relationship between load of suspended solid on the filter and normalized head loss in each month.



昭和39(1964)年完成 若田浄水場

自然沈澱池 $3\text{m} \times 10.5\text{m} \times 50\text{m} = 1,575\text{m}^3$ 10池

容量 $1,575\text{m}^3 / 5,000\text{m}^3 = 0.315\text{日} = 7\text{時間半}$ (滞留)

ろ過池 $31\text{m} \times 41\text{m} = 1,250\text{m}^2$ 10池

ろ過速度 4m/d $5,000\text{m}^3/\text{d} \times 9\text{池} = 45,000\text{m}^3$

一人1日 0.3m^3 とすると15万人分の水道需要

明治43(1910)年完成 剣崎浄水場

沈澱池: $45.95\text{m} \times 30.8\text{m} \times 2.75\text{m} = 3,863\text{m}^3$ 2池

$35.91\text{m} \times 36.36\text{m} \times 2.75\text{m} = 5,296\text{m}^3$ 1池

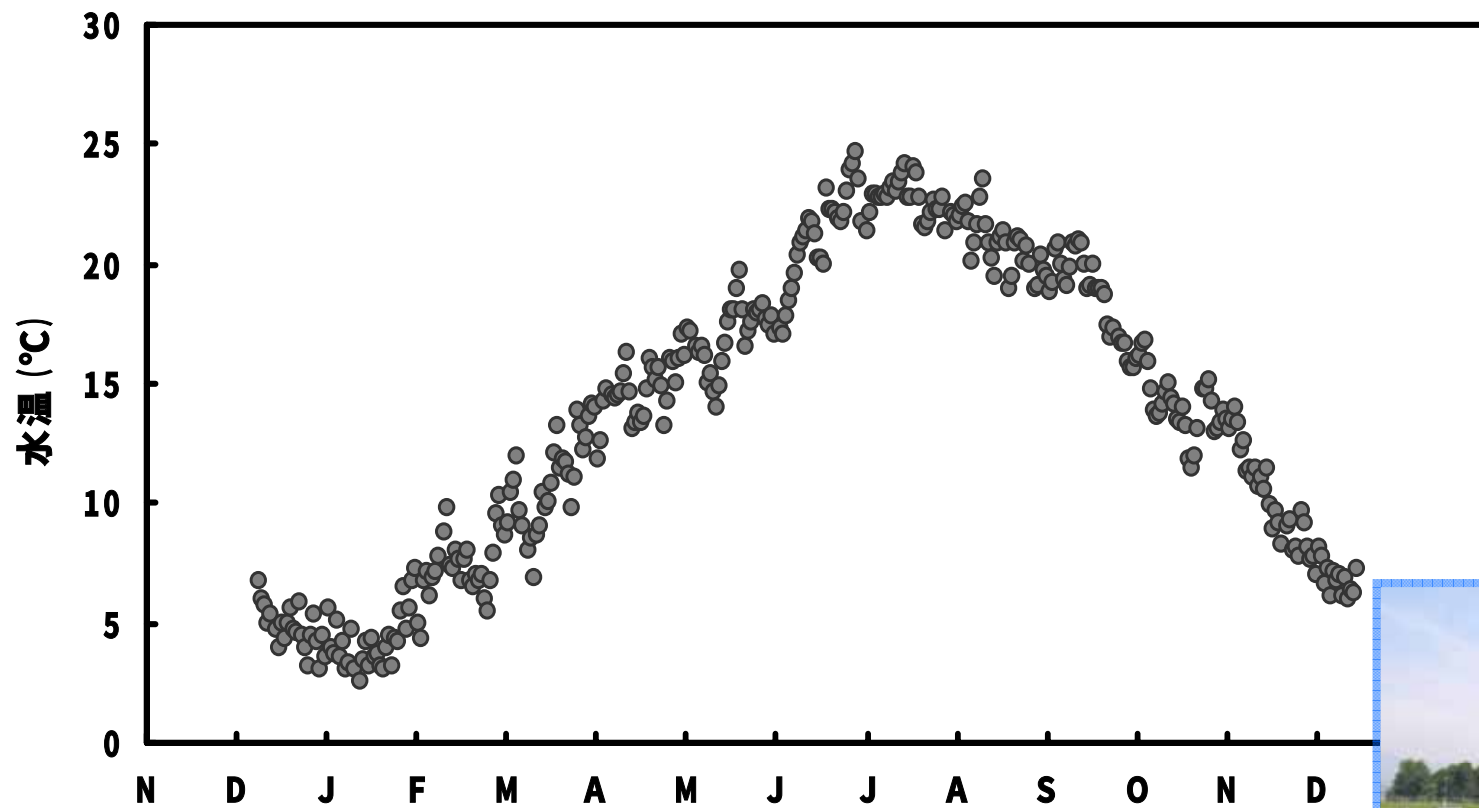
容量計 $13,022\text{m}^3$ 滞留:2.4日

ろ過池 $35.91\text{m} \times 28.33\text{m} = 1,000\text{m}^2$ 4池

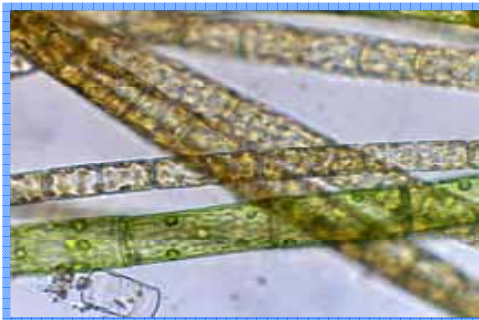
ろ過速度: $3 \sim 4\text{m/d}$ $3,500\text{m}^3/\text{d} \times 4\text{池} = 14,000\text{m}^3$

4万7千人分の水道需要

若田浄水場で、藻類被膜の発達と捕食動物の関係を調べた。



若田浄水場、ろ過池流入水の平均水温の季節変化
(2003年12月から2004年12月)



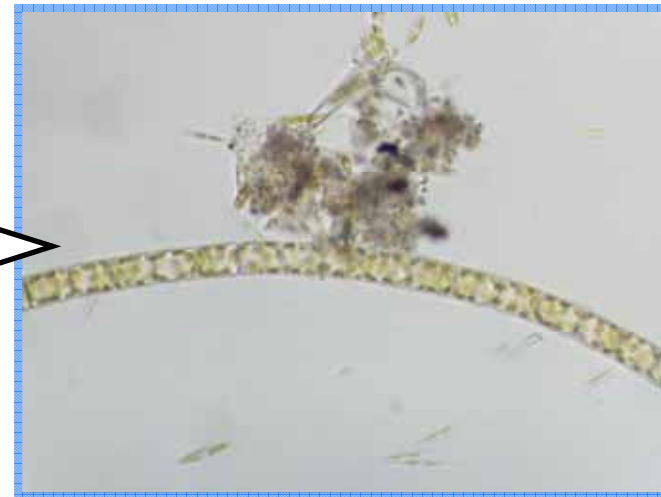
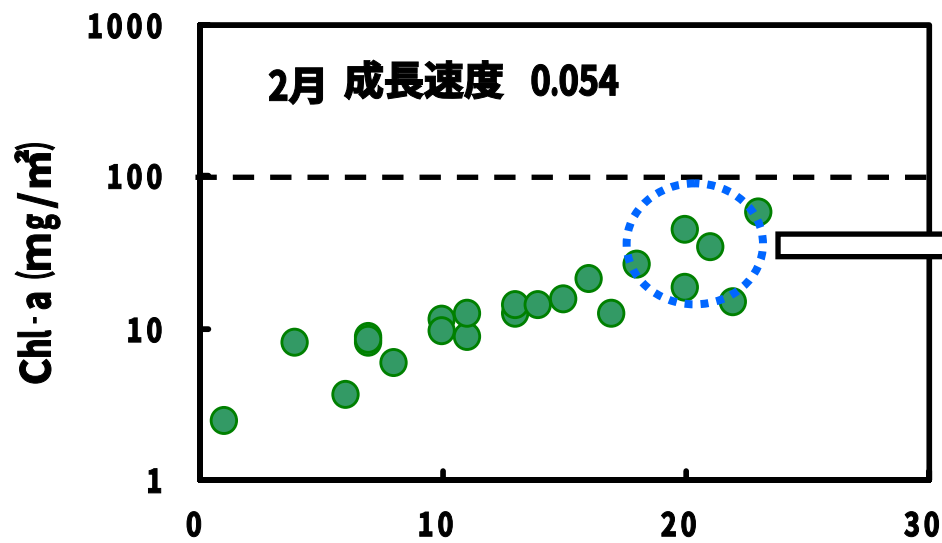
糸状藻類 (被膜中の優占種)



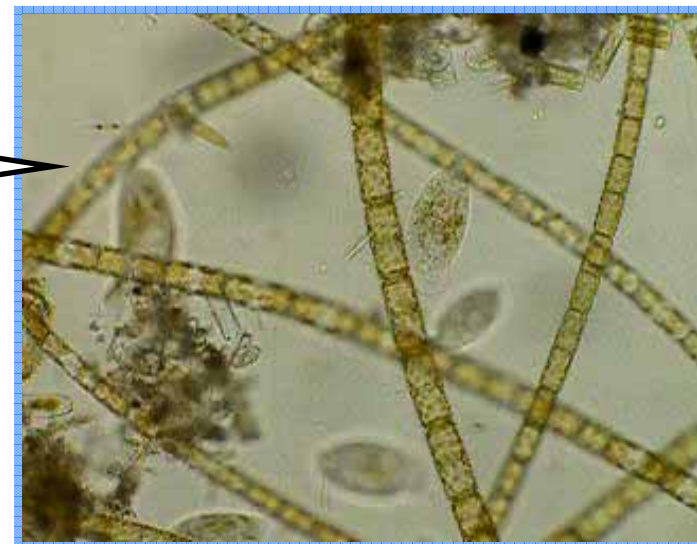
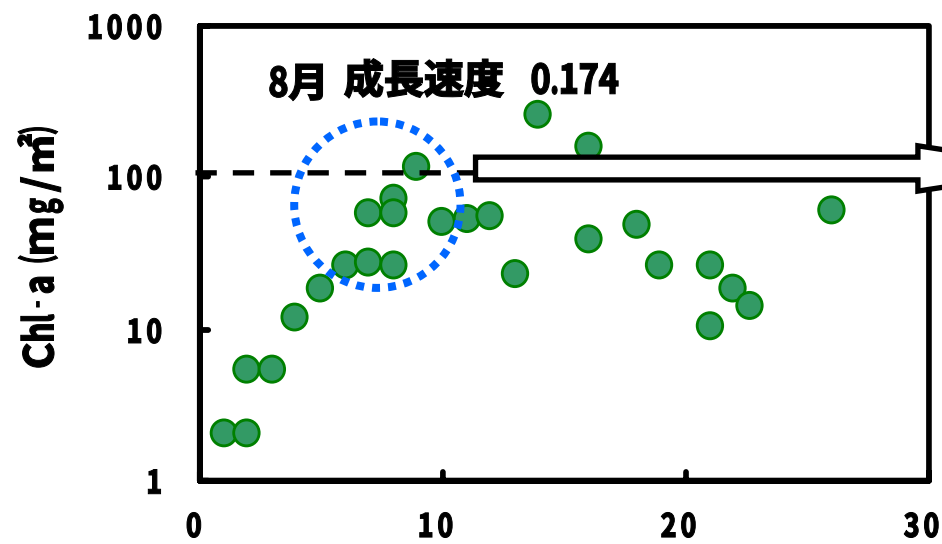
珪藻の捕食動物ユスリカ幼虫



藻類被膜のクロロフィルa量



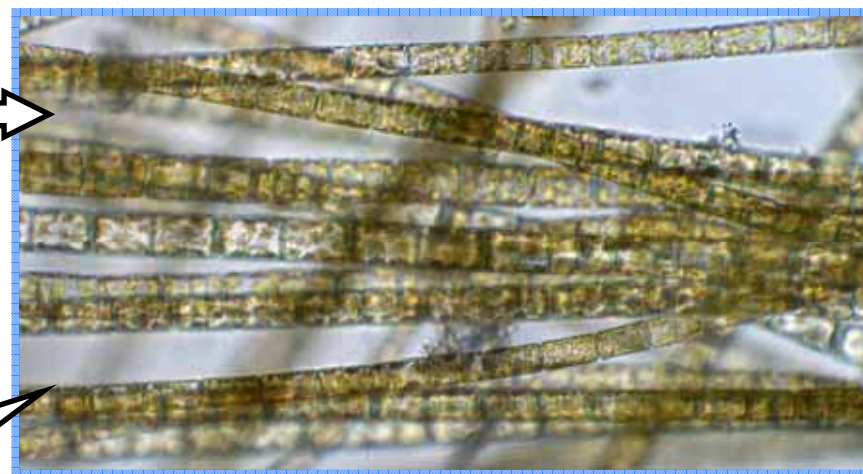
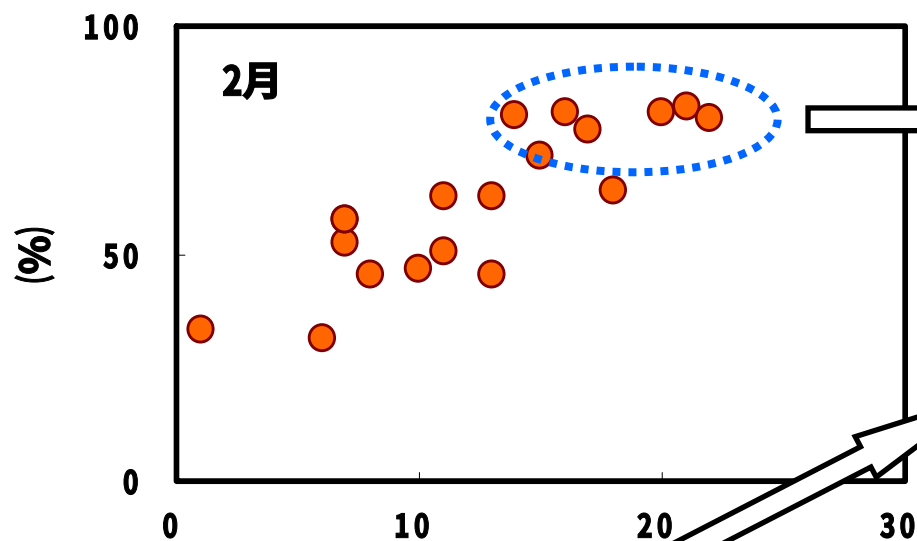
Melosira varians 2.5E+09cells/m²



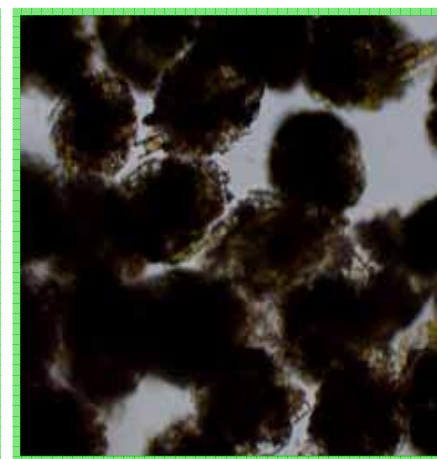
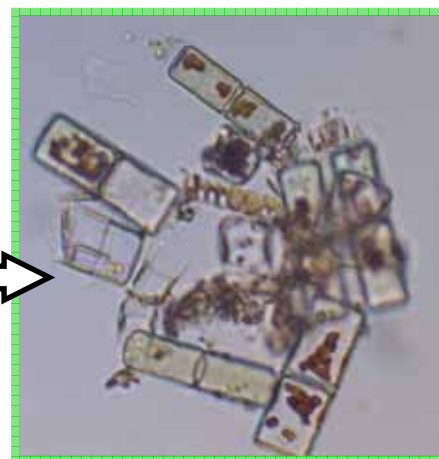
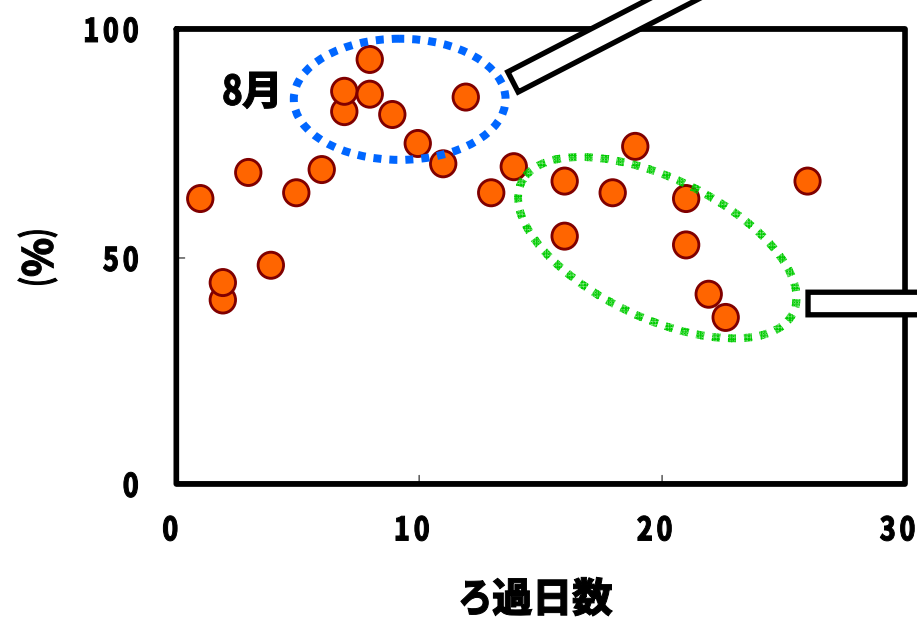
Melosira varians 2.6E+10cells/m²

ろ過日数

藻類被膜の活性(%): $\text{Chl.a}/(\text{Chl.a}+\text{Phe.a})$

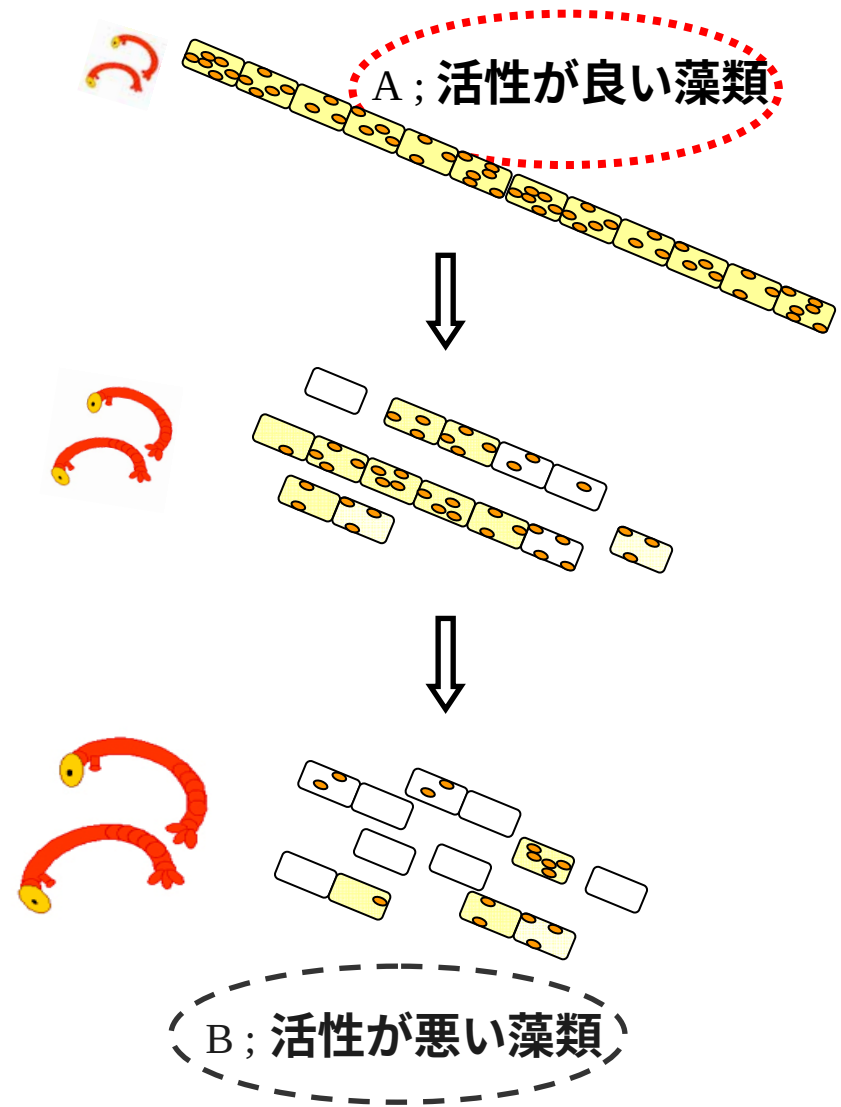
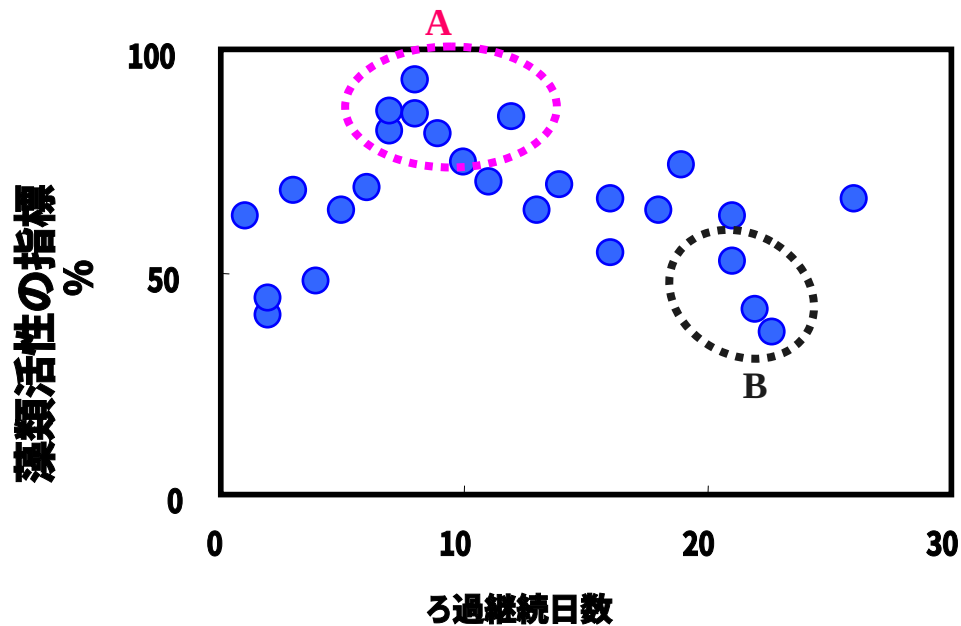
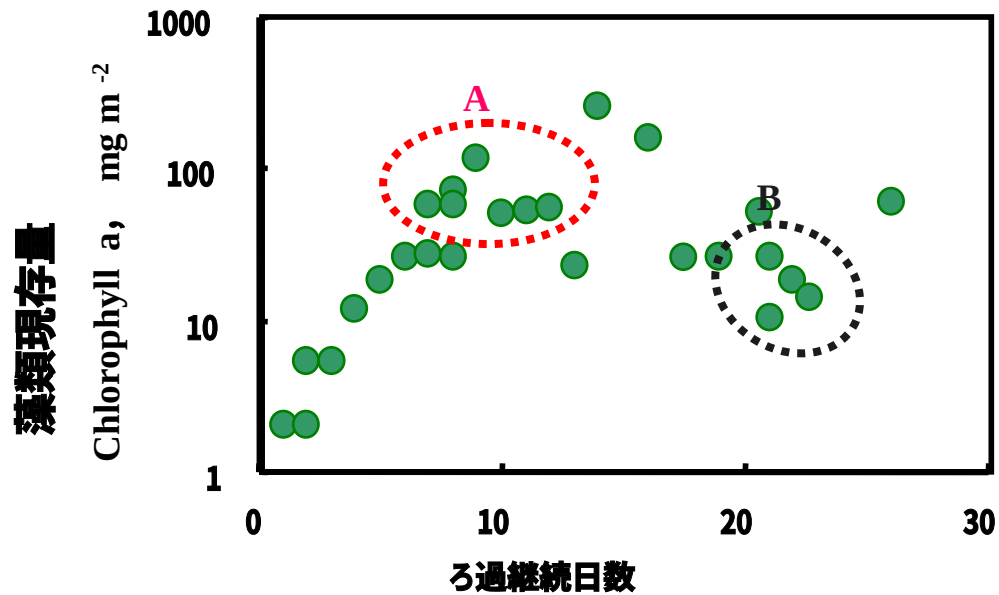


活性が良い*M.varians*



ユスリカ幼虫の捕食が進み、
活性が低下した*M.varians*

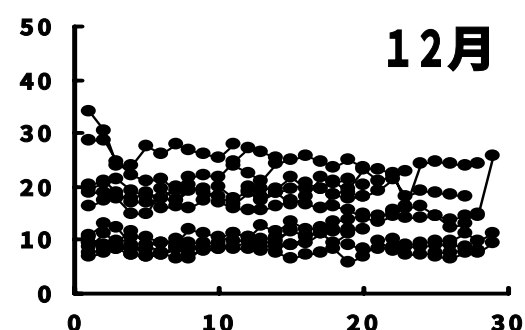
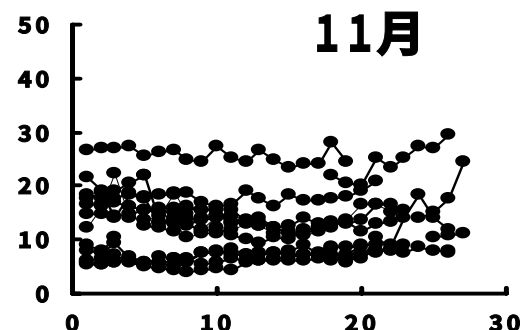
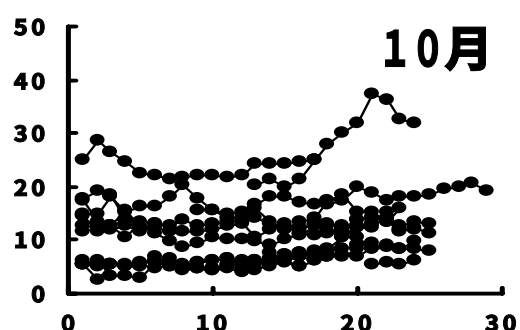
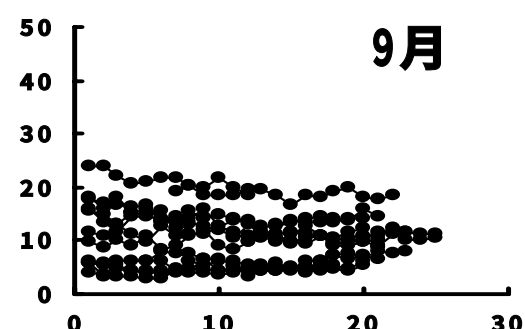
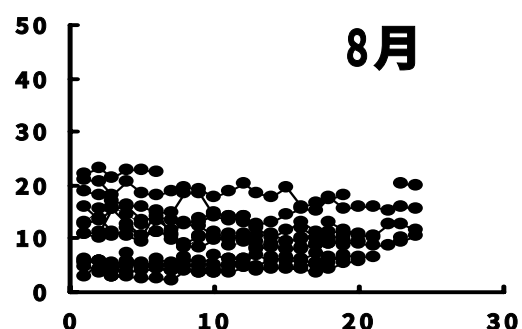
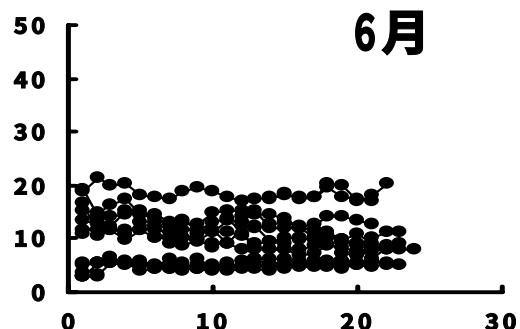
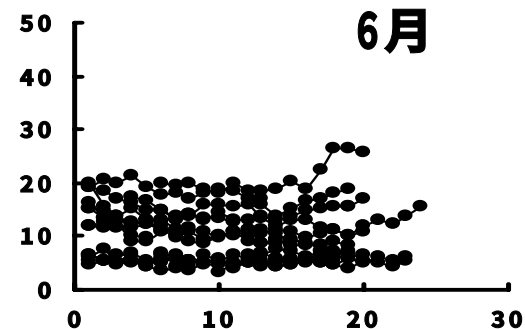
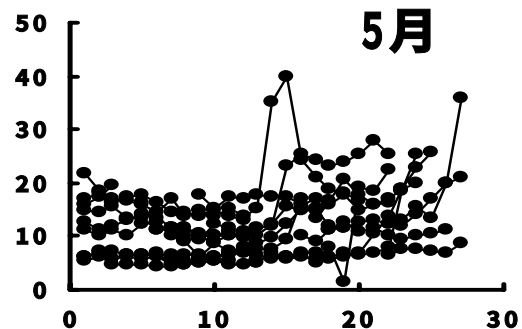
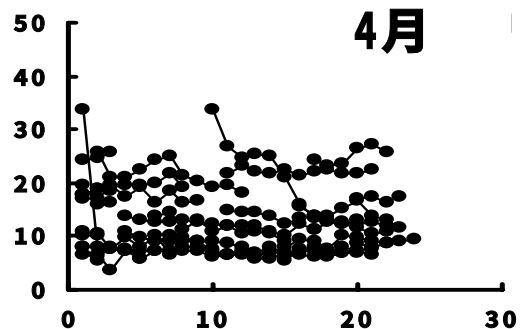
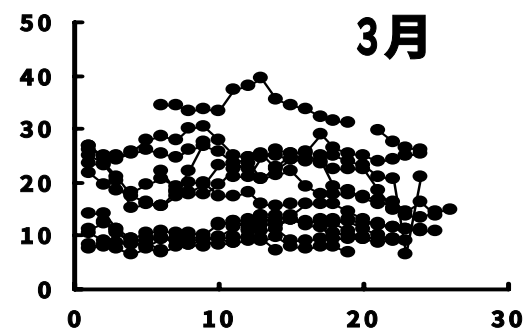
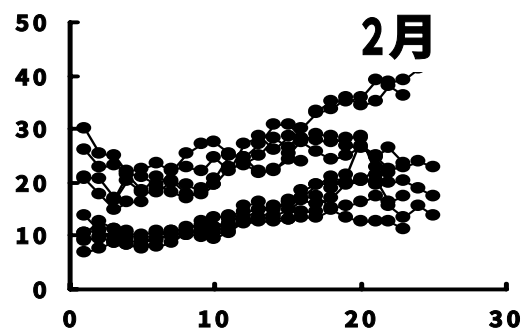
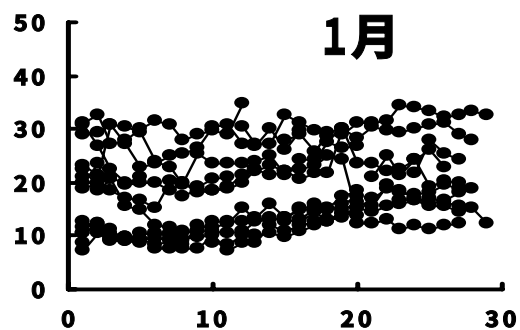
夏のクロロフィル量で調べた藻類の発達。ろ過継続に伴う糸状珪藻の減少は、ユスリカ幼虫による捕食である。この減少は、水温が高い夏に顕著である。



NHL標準化損失水頭, cm

4.8m/dでろ過したときの損失水頭に換算した損失

1年中
目詰ま
りしてい
ない。



ろ過継続日数



冬、寒くても、太陽光が十分当たるなら、光合成をする藻が繁殖する。



水深が深く、光が底に十分届かない過池で、藻が繁殖しにくかった。そこで、水深を浅くし、生物活性を高めるように改良した。

高崎市若田浄水場



平成4(1992)年
の削り取り

削り取り



鋤取り(取り
除く厚みが
大きい)

汚泥(汚
砂):生物群
集を取り除く



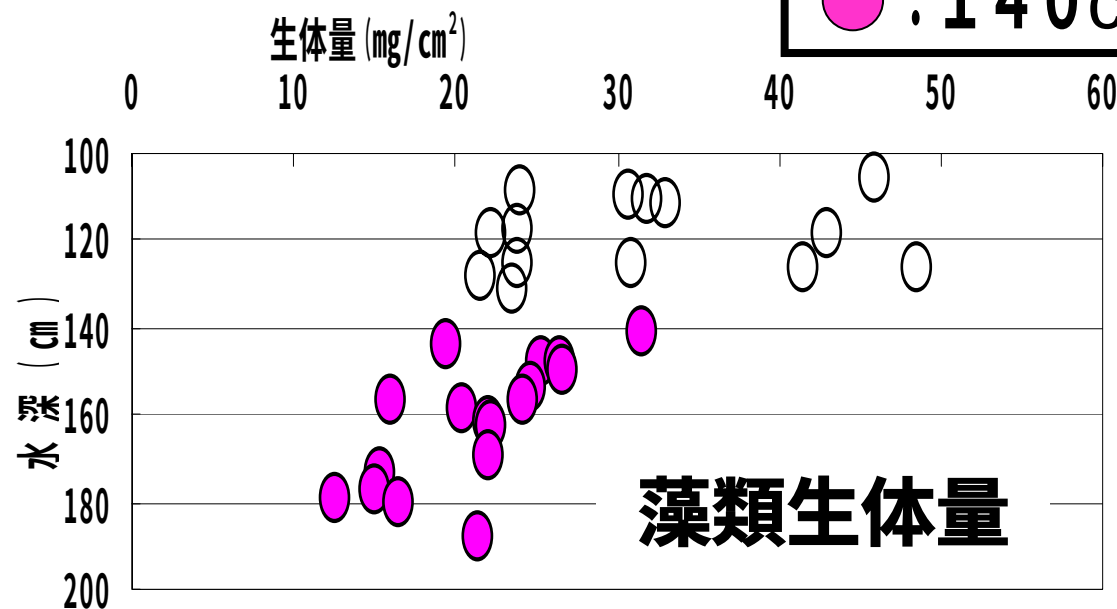
平成13(2001)年制
作、群馬テレビより

鋤取り状況



水深と生体量

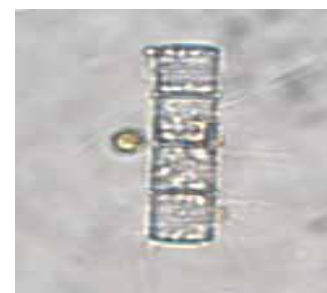
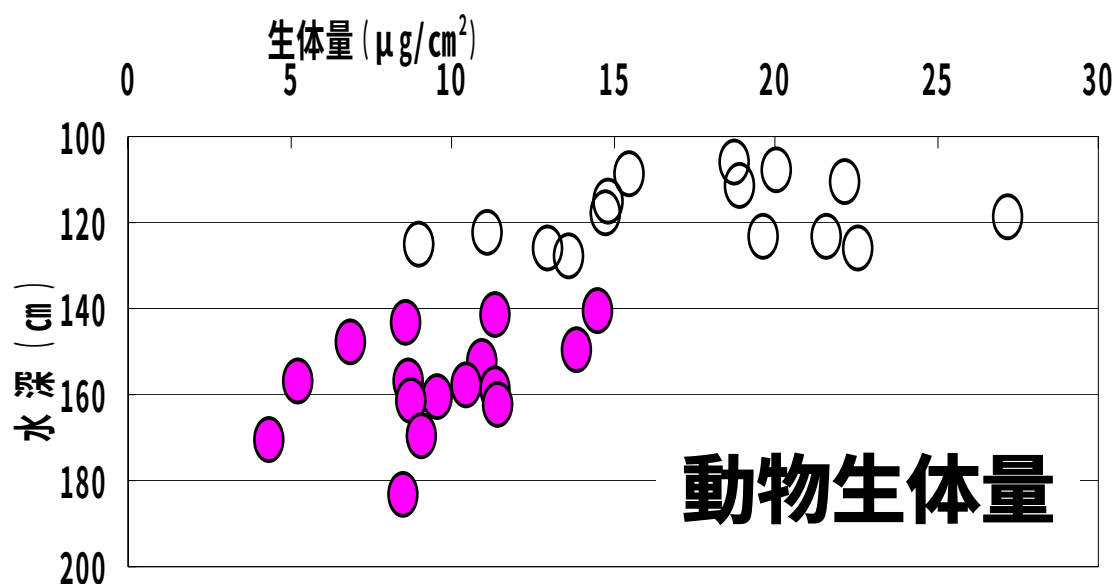
○ : 100cm~140cm未満
● : 140cm~200cm未満



ろ過継続7日以降の砂層表面の藻類量は、水深が浅いと多く、深いと少なくなる。



浅いろ過池には、活性が良い珪藻多い。



深いろ過池には珪藻の死骸が多かった。

動物量も、同じで、水深が浅いと多く、深いと少なくなっている。

ろ過継続とろ過抵抗 (標準化損失水頭NHL)

冬季は抵抗が直ぐ上がる
藻類被膜が発達すると抵抗が上昇しない

水温が低い時期、初期は砂層内の気泡が抵抗になる。夏は、水温が高く、気泡は直ぐに無くなる。水の粘性に関係。

夏にろ過継続最後に、抵抗が上がるのは、急激にろ過速度を早くし、濁りが砂に入ってしまうから。

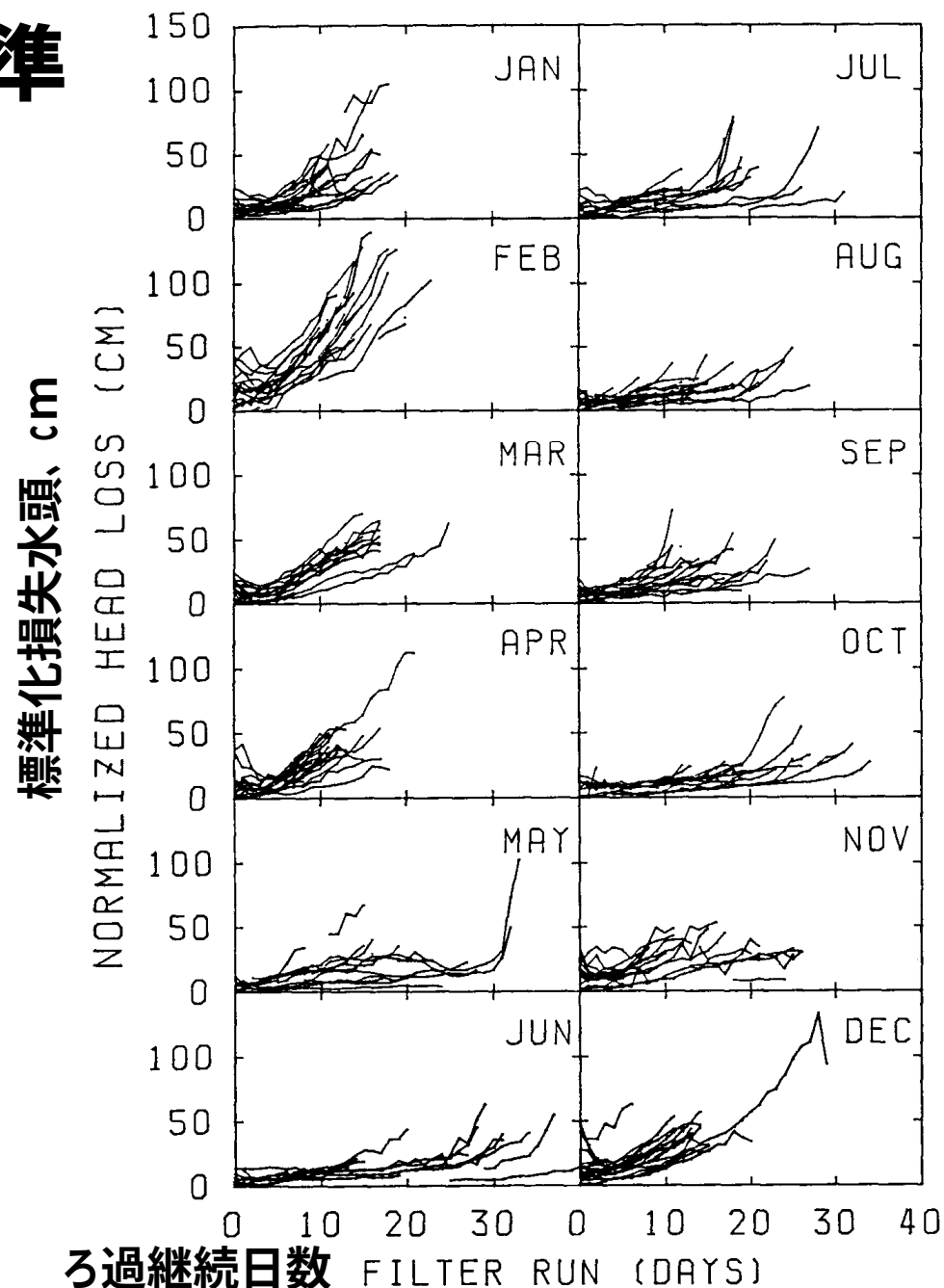


Fig. 4 . Relationship between days of filter run and normalized head loss in each month in 1988.



名古屋市水道局鍋屋上野浄水場

浮いてくる藻
を積極的に
排出できる
ように改良

藻の連続培養系の認識





糸状珪藻メロシラ



ユスリカ幼虫の脱皮殻、成虫が目立つ



ろ過継続が短いと糸状珪藻メロシラが優占：遷移現象の初期



糸状珪藻が捕食されると、糸状緑藻 (*Cladophora*, *Spirogyra*, *Hydrodictyon*, など) に遷移する。

その後、歯を持つ巻き貝も現れる。





隆起珊瑚礁の島、沖縄宮古島 (地下水利用)

殺藻剤添加を中止、藻類を繁殖させ、取り除いた

→水がおいしくなった

**→光合成が盛ん、pH上昇、炭酸カルシウム
が析出→軟水化 (Bio-Mineralization)**

自宅で緩速ろ過



鉄、マンガンを含む、井戸水を水路で細菌、藻、動物を繁殖させ、酸化沈殿させる前処理。緩速ろ過用の原水になる。



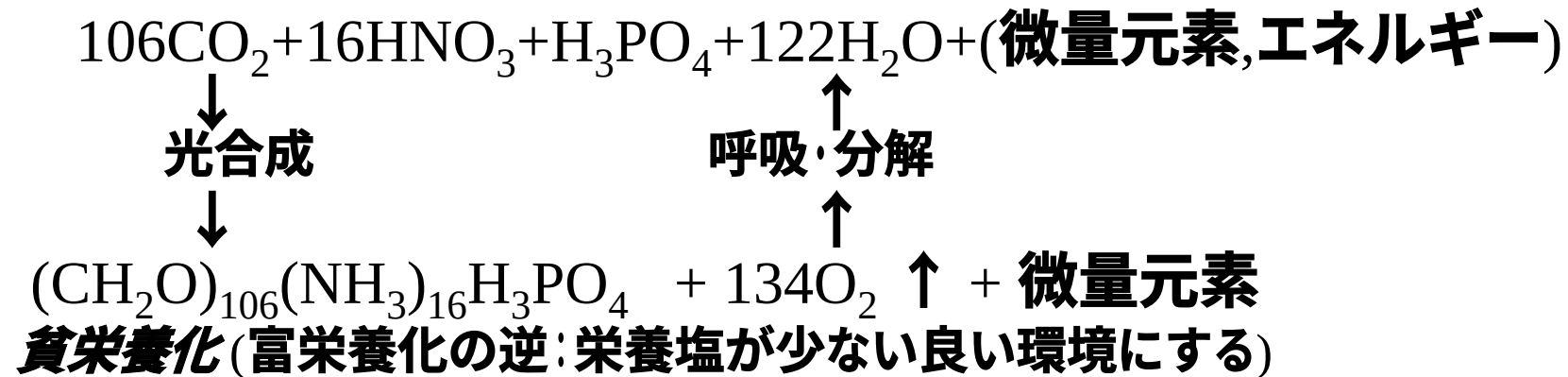
塩素臭い水道水を飲みたくない。井戸を掘ったが、鉄やマンガンが多かった。駐車場の屋根の上に水路をつくり、生物を繁殖させ、十分に酸化処理をする。その後、最後に緩速砂ろ過（駐車場の中）をして、自宅用の水とする。自己責任で塩素を添加しない水。

生物浄化法 (Ecological Purification System) での藻の役割

☆光合成による酸素生産 (付与)

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
従属栄養生物のために好氣的環境 (分解者: 細菌、微小動物)

☆藻類の増殖による栄養塩削減



☆従属栄養生物への餌、エネルギー源の供給

藻類は従属栄養生物の最良の餌

☆光合成により、高いpHへ、高い溶存酸素

(低い炭酸濃度が高いpH環境にする)

重金属イオンは、容易に水酸化物になり沈積する

生物による鉱物化現象: *bio-mineralization*

重金属イオンの削減

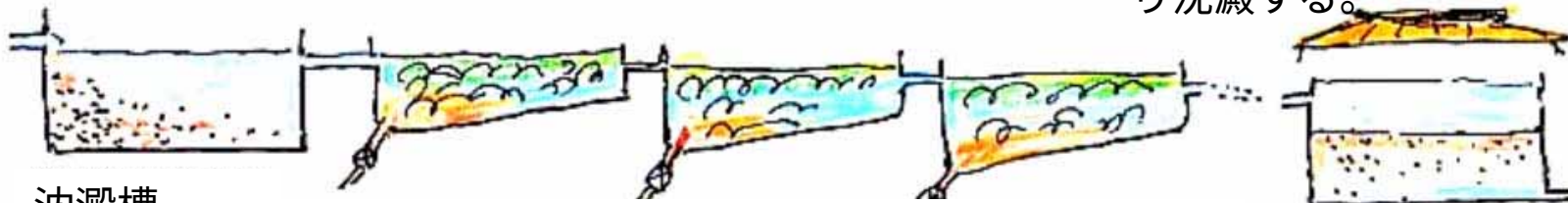
インドネシアの住民のため



New biological pre-treatment for SSF
 Active growth of algae : holding stick (code) for filamentous algae
 $O_2 \uparrow \rightarrow$ bubbles $\rightarrow$ keep aerobic condition
 $pH \uparrow \rightarrow$ precipitate oxide and hydroxide complexes.

水路で藻類と動物を繁殖させ、濁りを除く。
 水路にブラシ状のヒモ、藻類と動物の住処

藻：光合成、酸素生産、
 pH 上昇、重金属は水酸化物になり沈澱する。



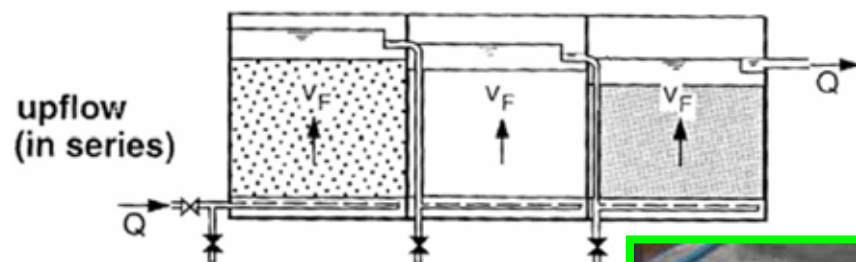
沈澱槽

定期的な沈澱污泥の引き抜き

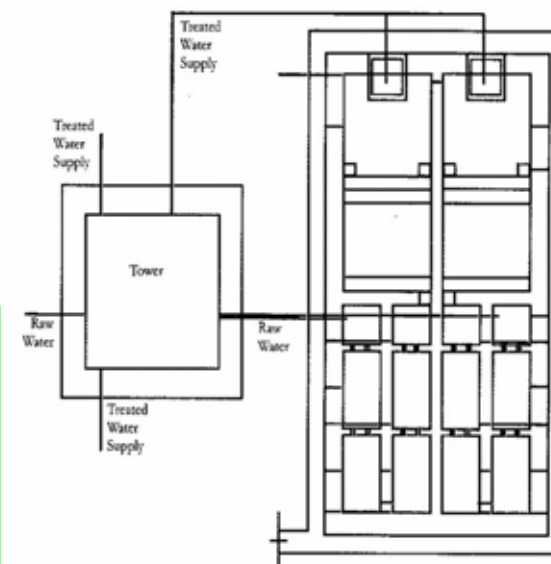
動物は、濁り物なら、何でも捕捉し、糞塊として沈める

安全な飲み水

ゆっくりの砂ろ過槽 (緩速ろ過槽)



上向き粗ろ過は、
目詰まり物質の除
去が楽：分解－生
産を繰り返す



バングラデッシュ：砒素対策で、
富栄養化した湖水の水から
安全な水へ。生物浄化法



藻の繁殖、微生物、動物の活性が高い、酸素の日変化が大きくなる。ろ過速度を早くする必要がある。

緩速ろ過処理は寒い北欧で開発された。生物群集が活躍して浄化する。生物群集を健全にする。熱帯なら生物活動が活発。ろ過速度は、数倍で良い。生物群集の視点が重要。物理ろ過でない。



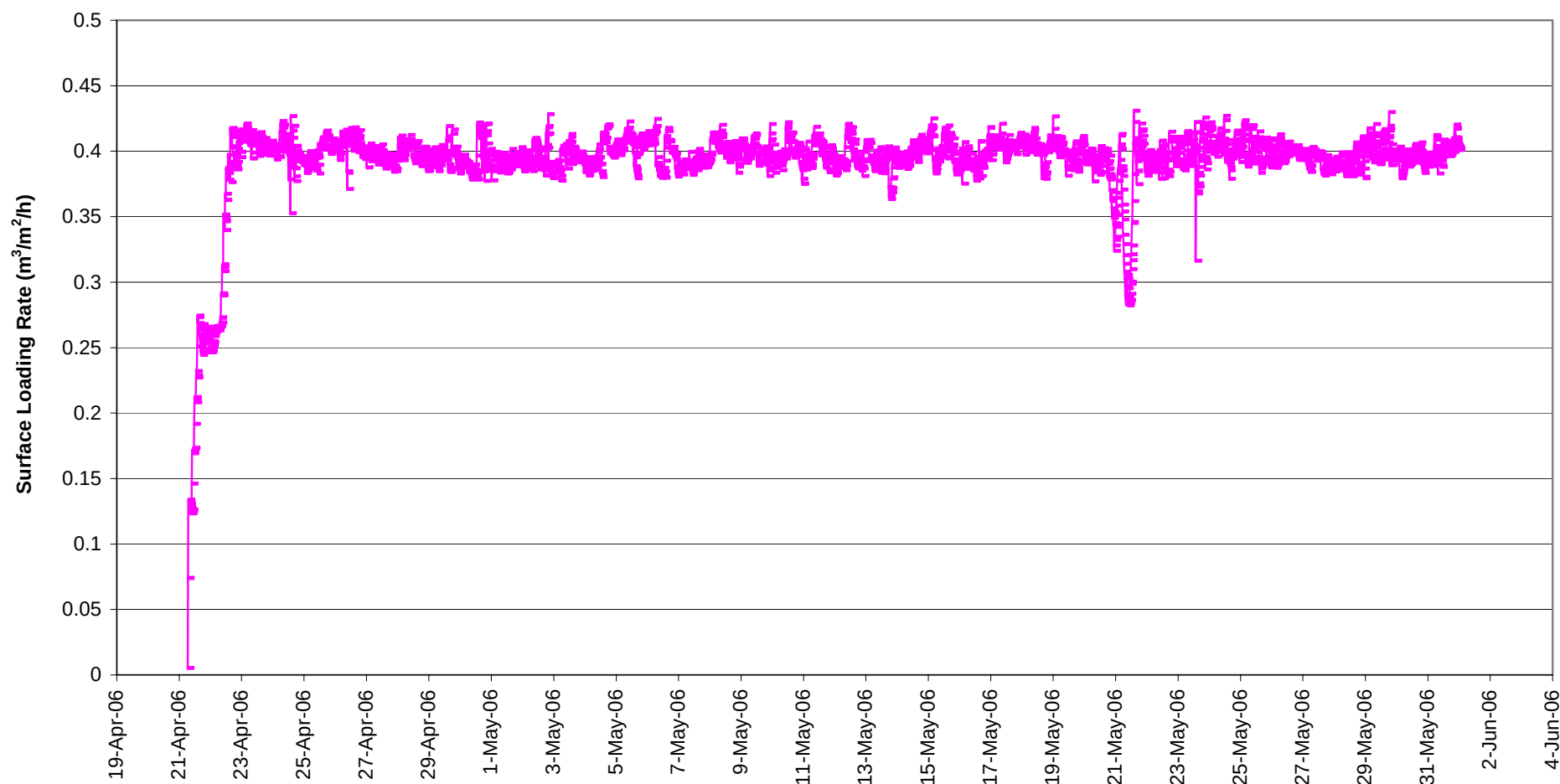
英国・ロンドンは100%緩速ろ過処理

川の水が悪いので、貯水池に水を溜めてから、緩速ろ過処理をする。

ろ過速度は、日本の標準の倍、1日に約9.6mの速度に変更していた。

水温、日射を考慮すると、日本はもっと速くて良い。

Surface Loading Rates for a SSF at Ashford Common AWTW during April and May 2006



テムズ水道のろ過速度は、1日10m (0.4m/h) を標準としていた。早いろ過速度の方が、水質が良い。それは、ろ過池で藻が繁殖し、酸素の日変化が大きくなる。そこで、夜明けの酸素不足を解消させるためにろ過速度を早くした。

玉川浄水場

塩素＋活性炭で真っ黒な緩速ろ過池
この処理を全国で真似た

「私はとにかく安全にしようと他の浄水場の20倍もの薬
を使いました」

塩素を添加生物を殺して単に細かな砂でろ過をしていた。
緩速ろ過は生物によるという本来の仕組みを誤解した。



砦 (上) 浄水場は多摩川の伏流水：濁りが無い：ろ過閉塞しない

標準ろ過速度は8.5m/d (砦下は9.5m/dが標準)：英国ロンドンと同じ様に早い速度が標準だった。

ろ過池 (面積2,690m²) x 6池 = 16,140m²

6池で137,190m³/d 一人1日0.3m³使うと457,300人分

東京都水道局、砧浄水場

ろ過池へ直接に塩素添加する実験

ろ過池に塩素を

藻の繁殖は悪い
腐って、酸素消費する

→藻を殺すためにろ過
池に塩素を

東京都水道局（日本の水道
界のリーダー）は、生物処理
を見事に誤解している

ろ過池へ直接に本格的
に塩素添加

越流管から流出しない



越流管にコンクリート



水面で藻が腐る



糸状緑藻に遷移



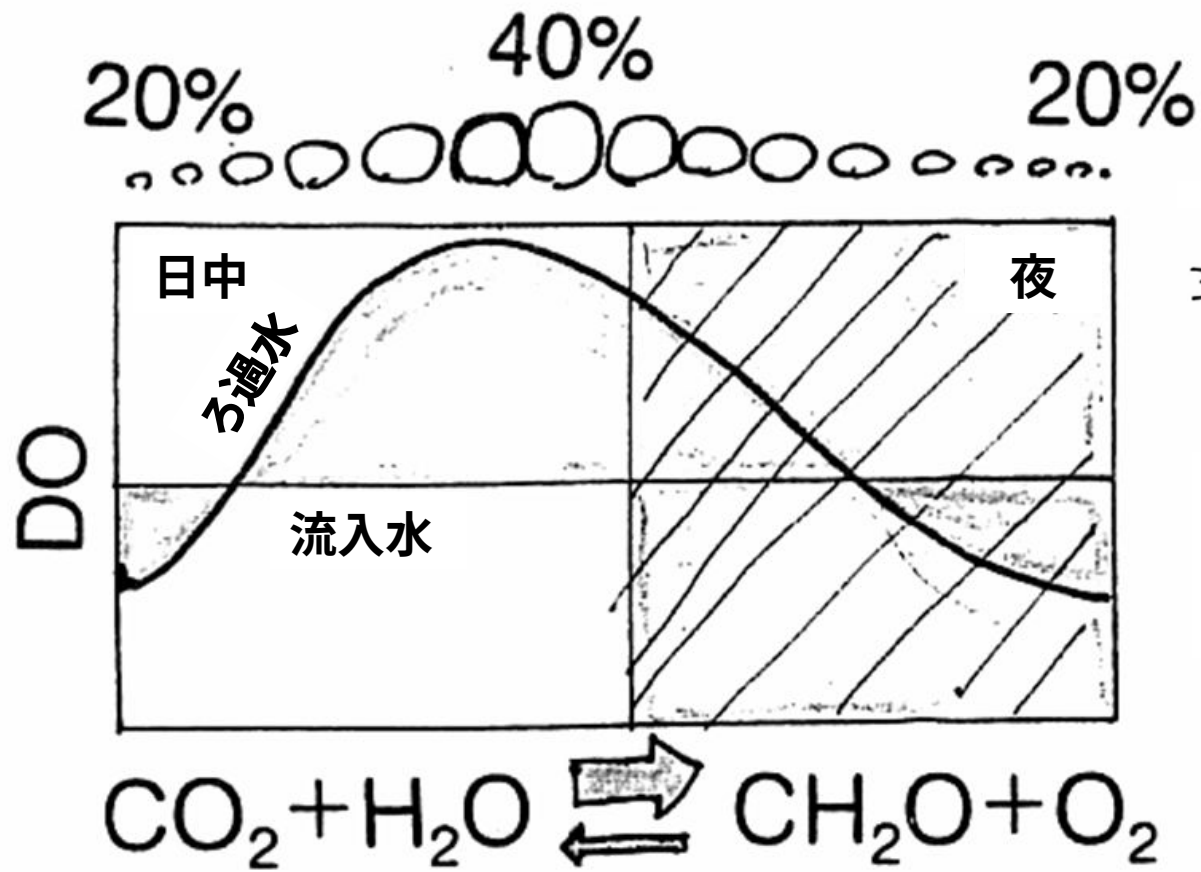
水面吸油式ポンプで排出

藻を繁殖させないため：ろ過池を
カンバスシートで覆う

原水は、河原の伏流水、暗闇で
既に砂ろ過された水。

光を当てないで砂ろ過をする
＝何もしないのと同じ

東京都水道局では、生物処理を誤解し、古く、耐用年数
が来たので、高度処理（膜処理）に変更する予定。原水
は、河原の伏流水なので、廉価においしい水道水をつ
れるのに、つくろうとしていないのが東京都水道局。18

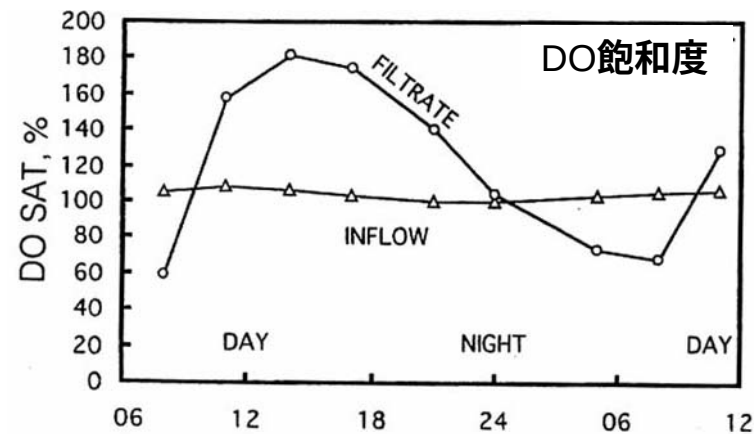
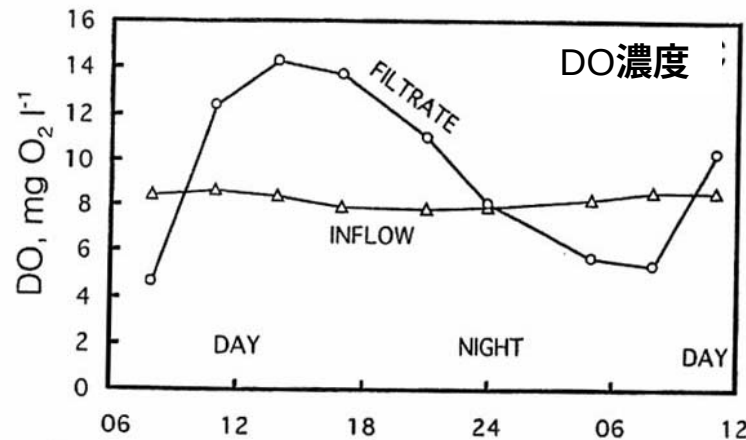


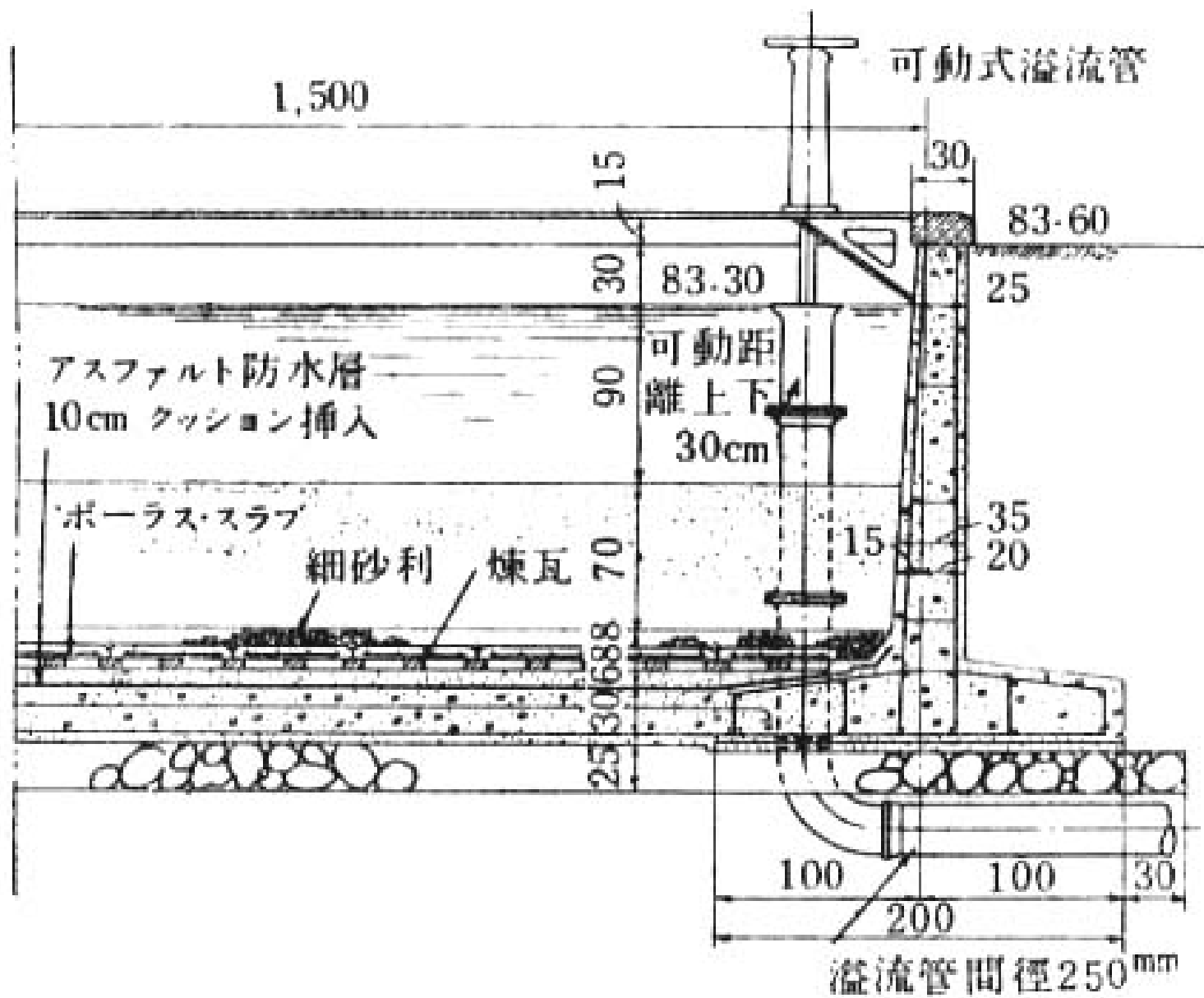
砂面の気泡中の
酸素分圧



糸状藻類の連続培養

ろ過水は酸素豊富な
上流の伏流水



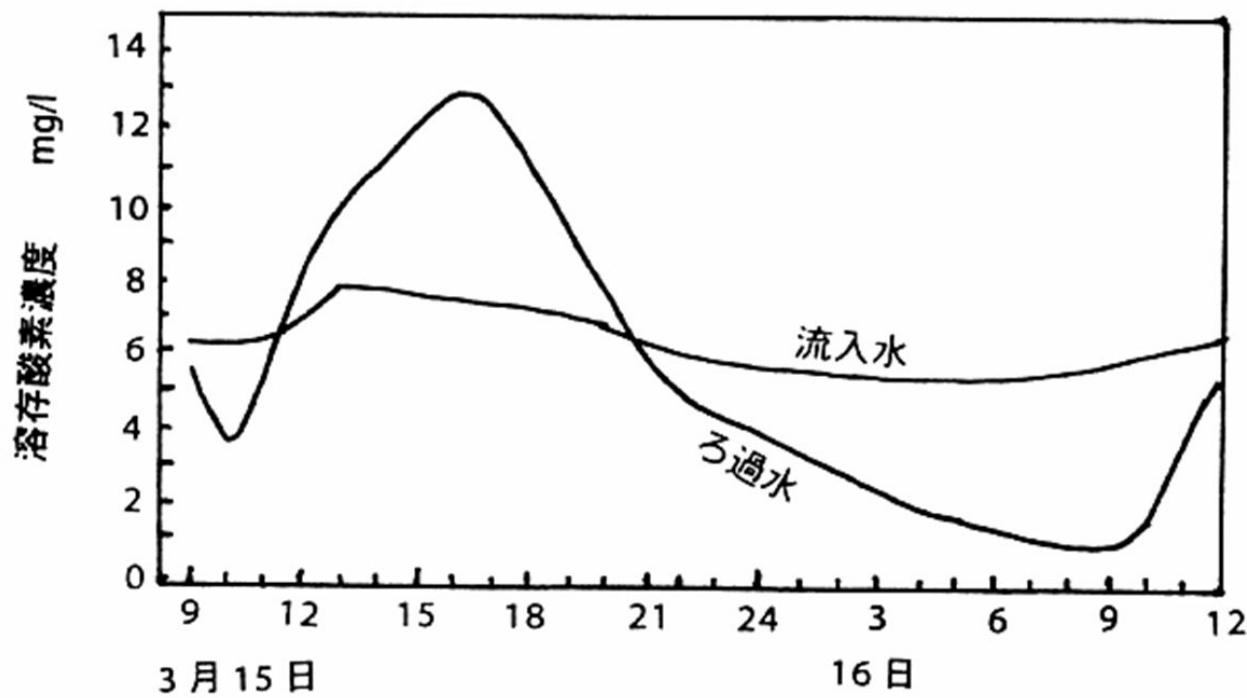


戦前の京都山科浄水場

ろ過池のみ：東京都水道局境浄水場（大正13（1924）年から稼働
1池で7万7千人分これだけの施設で154万人分の水道水。

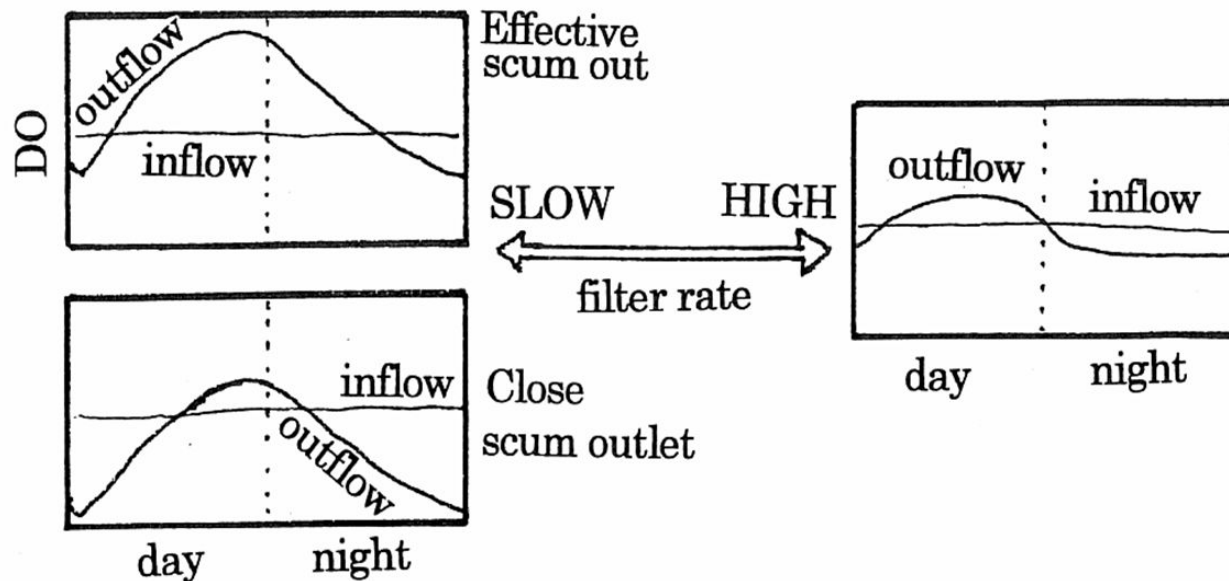
皇居にはこの水が→絶対的な信用

目詰まりするのは、山口・村山貯水池でプランクトンの
繁殖を防ぐために生物毒の硫酸銅を散布するから。



東京都水道局砒浄水場でろ過速度が遅いために酸素不足になり、悪いろ過水になった。

多分、ろ過速度は2m/d以下であろう。



テムズ水道では、ろ過速度を5m/dでなく、10m/dと早くし、酸素不足にならないようにした。



**ろ過池のみ：東京都水道局境浄水場：大正13（1924）年から稼働
1池87mx54mで7万7千人分これだけの施設で154万人分の水道水。**

全部使っていない。目詰まりするから、砂層を洗う必要がある：山口・村山貯水池でプランクトンの繁殖を防ぐために生物毒の硫酸銅を散布しているから。

約50人の職員

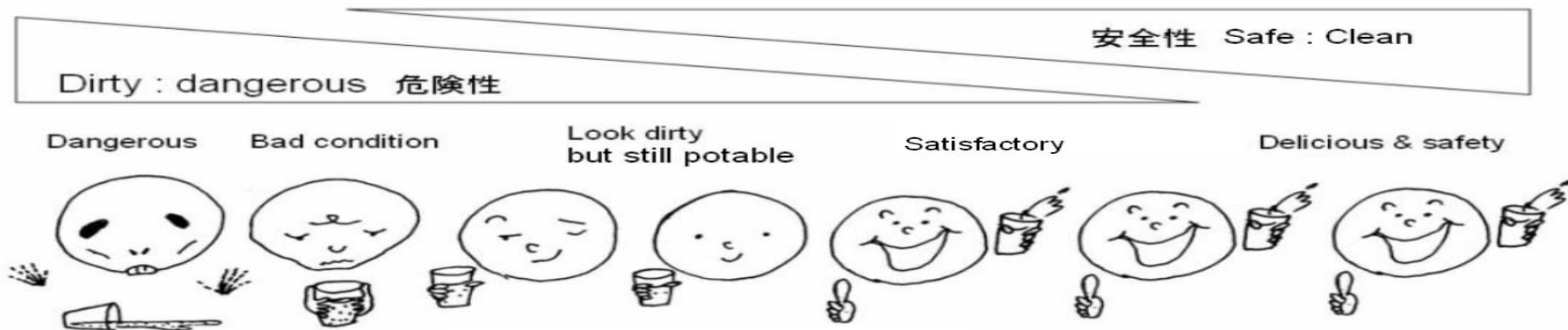
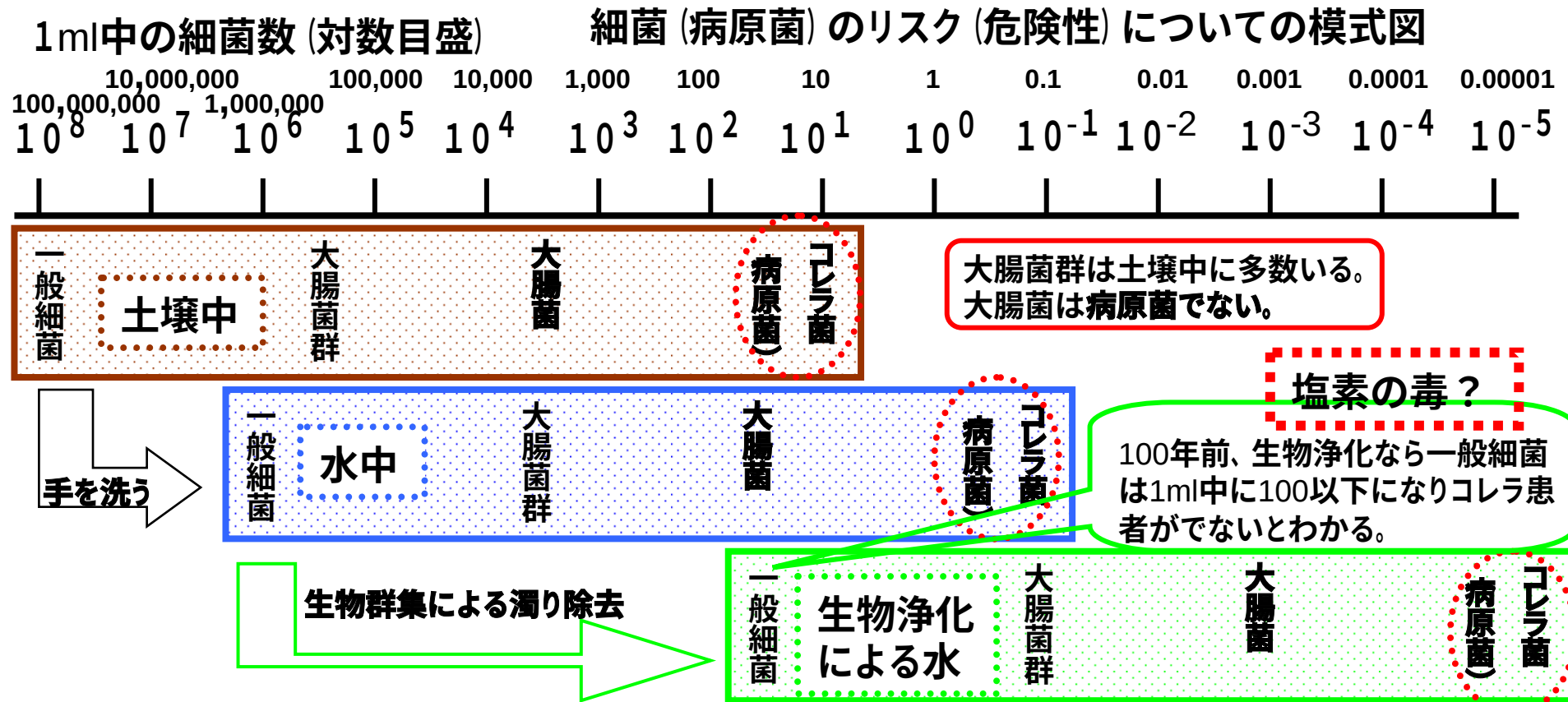
削り取り作業は業者委託

現在の英国テムズ水道のろ過速度は、4.8m/dの倍、9.6m/dでろ過している。それなら、1池で15万人分、全部で300万人分の水道水ができる。



ドイツ、エッセンの隣町、鉄工業で栄えたムルハイムの浄水場：ルール川の河川水を氾濫原で地下浸透し、取水する：人工の伏流水を取水：ドイツでは、井戸水や人工の伏流水取水は水道水の6割：4－5割は、無処理で、塩素添加なし。

許容できるリスクを考えよう。



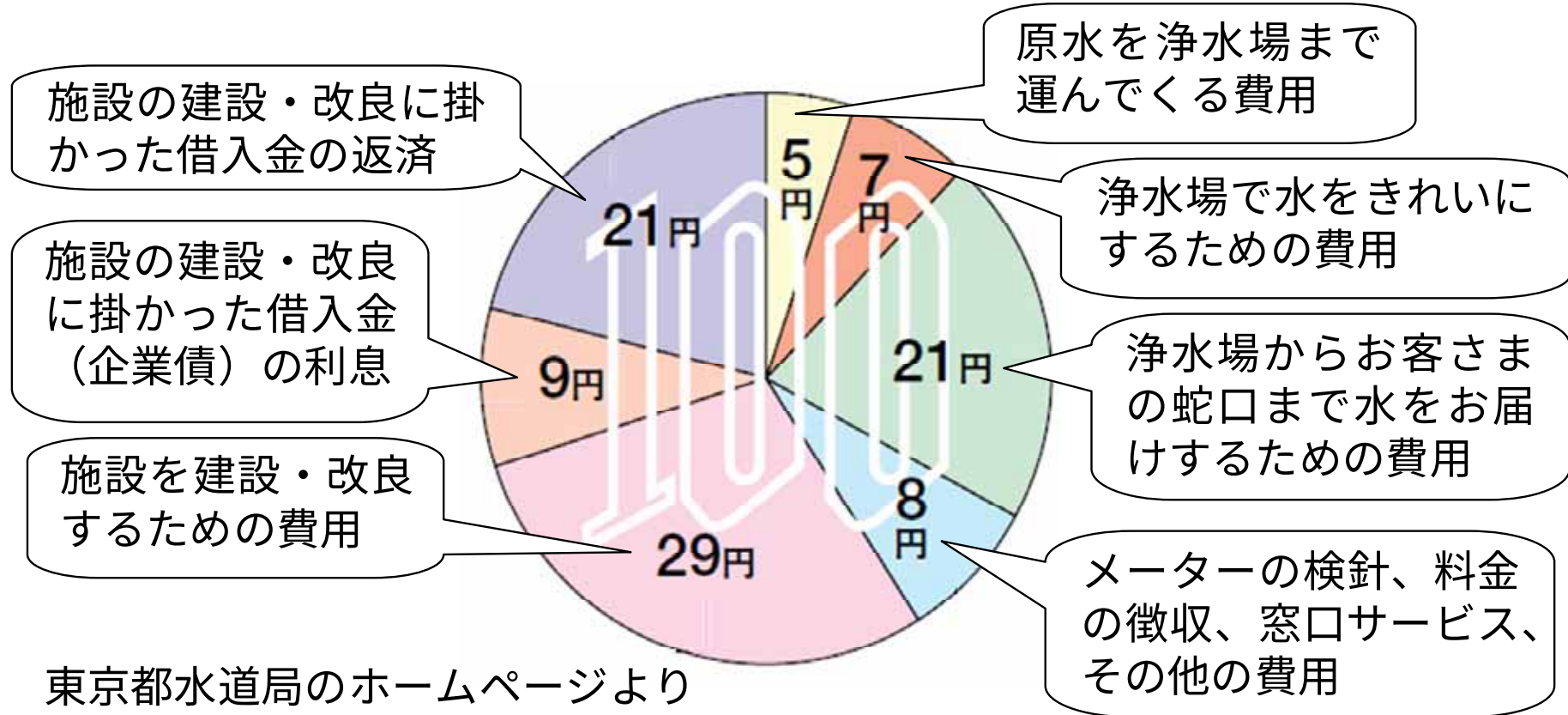


**水源池の周囲にクリプト原虫の排出源の牛を放牧しても緩速ろ過処理なら問題にしていな
い。(アメリカ、
ニューヨーク州)**

**英国テムズ水道のろ過池では、白鳥が遊んでいる。鳥インフルエンザウィルスなど、問題に
していない。**



水道料金100円の使い道 (2003年度)



水道法：清浄にして豊富低廉な水の供給、飲み水を供給

水道局は水道法違反をしているのでは？自然の仕組みの活用をしていたら、安全で、甘い、おいしい水を安くできたのではないか。

NHK「ゆうどきネットワーク（首都圏放送）」「続々登場 こだわりの水道水」

2006.10.12夕方6時半過ぎは当初 20 分間放送予定だったが 25 分間に延長した。

ペットボトルに対抗：東京都の「おいしい水（高度処理）プロジェクト」（水道水の塩素が問題として取り上げたかった。）→安全な浄化法：緩速ろ過（生物浄化法：高崎）、中本、滋賀県の西浅井町。本当は、ハリスレポート（塩素と発ガン物質）をとりあげたかった。厚生労働省を取材し、塩素肯定、高度処理肯定への流れになり、迫力が無くなった。東京都水道局の「東京水」は高度処理した水から塩素を抜いてペットボトルに詰めて販売しているのを紹介し、水道の蛇口からの水道水ではないと言ってくれた。

（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：

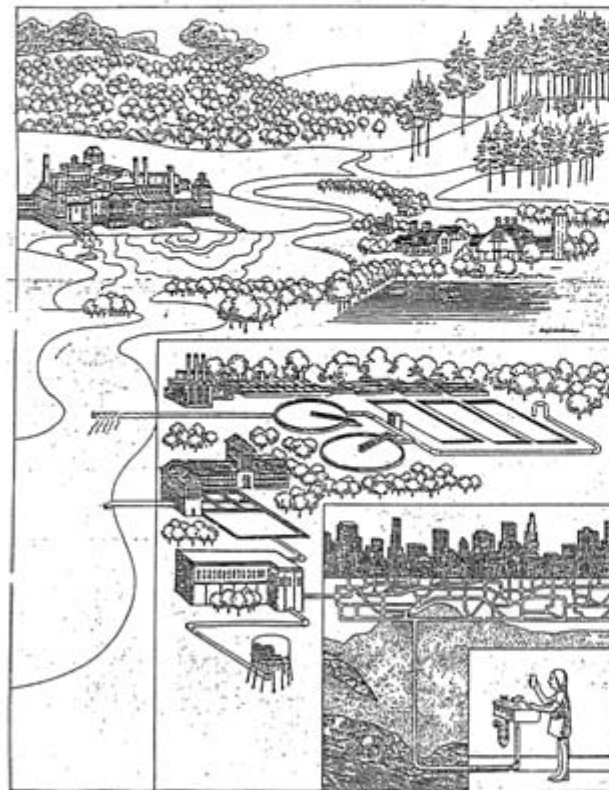
436-443：問題点「塩素殺菌と発ガン性を指摘、石綿（アスベスト）管とガン、細菌、ウイルス、重金属、処理後の危険性」、7 月号 538-542：安全にするには、8 月号 623-627：何ができるか

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であろう。

行動規範とし、清廉潔白な経済人としての姿勢を貫き、多くの人々の尊敬を集めた（現在でも）。

渋沢栄一は、天保 11 年（1840 年）、現在の深谷市血洗島の農家に生まれた。24 歳のころ、徳川幕藩体制に疑問を抱き尊皇攘夷運動に加わったが、その後一橋家及び幕府に仕え、慶応 3 年（1867 年）、第 15 代将軍徳川慶喜の名代徳川昭武に随行して渡欧。約 1 年滞在する中で、ヨーロッパの進んだ思想・文化・社会などを目の当たりにし、大きな影響を受けた。



この NHK の放送を見た渋沢栄一財団の月刊誌「青淵（せいえん）」の編集の人から、原稿依頼があった。この雑誌を読んでいる人は、日本の経済界のトップの人が多い。まだ、渋沢の思想：論語の精神が生きてい

長野オリンピック

景気良くなる。

水需要増

古い緩速では無理

ダム、急速ろ過新設

30年間の借金

人口減少

10年後、急速ろ過は壊れだす。サラ地獄から脱出したい。

80年前の旧式復活

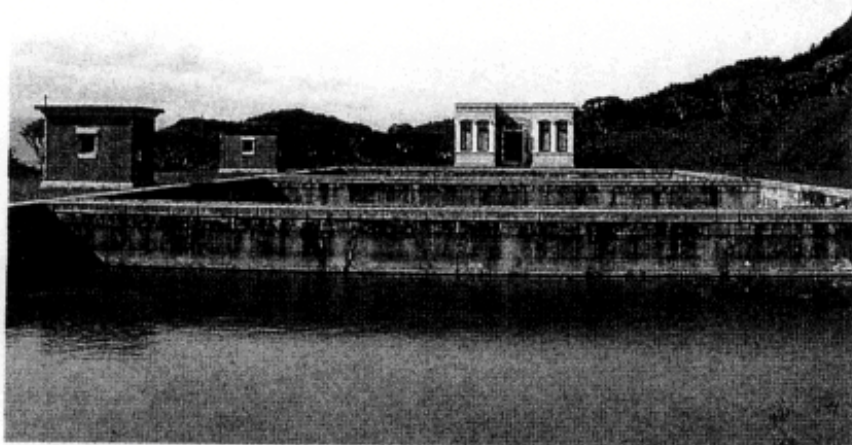
を取り除くことから、薬品を使う新型浄水場より「安くておいしい水」が期待できるという。昔の浄水施設の復活は全国的にも珍しく、財政難の地方自治体による「妙手」としても注目を集めそうだ。

(浜田陽太郎)

須坂市

80年前の大正末期に建設され、取り壊しを免れていた浄水場を、須坂市が「現役復帰」させる検討に入った。人口減などで水の需要も減り、新型浄水場の運営コストが重荷になってきた。しかも「旧式」は微生物の力を借りて水の臭みなど

水需要減でコスト高の「新式」重荷



復活するのは1926(大正15)年に完成した「坂田浄水場」。底に砂を敷き詰めた濾過池に、市内を流れる灰野川の伏流水を引き込み、砂の中に生息する微生物などの働きで汚れを分解する。

これは「緩速濾過」と呼ばれる方法で、1日あたり3400立方メートルを処理する能力があった。急速な人口増が続くことを見込んで、市も約27億6千万円を負担した県の豊丘ダムが完成したの

よみがえる旧式浄水場

生物利用、うまい水期待

に伴い、1日9500立方メートルの処理能力を持つ最新式の「塩野浄水場」(事業費28億円)が96年に稼働。「坂田浄水場」は10年間、使用を休止していた。

だが人口は、冬季オリンピックのあった98年の約5万4800人をピークに、05年までに1100人以上減った。96年に4万2千立方メートルと設定した1日当たりの計画給水量も、04年には3万2600立方メートルに下方修正された。「塩野」1個分の需要が減った計算だ。

「塩野」では年間、ポンプで水をくみ上げるだけで電気代が700万円、濁りを沈殿させる

大正時代に完成した坂田浄水場(休止中)。伏流水が自然に濾過池に引き込まれ、微生物などの力を借りて浄化される(須坂市水道局提供)

急速濾過と緩速濾過の
過)は原水
溶けている物質を薬品
させ、最後に粗い砂で
成長期、汚濁が進ん
理するのに普及した。
と国内浄水量の77%を

琵琶湖北湖沿岸
の簡易水道



溪流に穴開きパイプ

不織布（フェルトみたいな）を粗ろ過、砂層の上に使用。生物の住み場所であり、砂でのろ過ではない。最後に塩素を添加していない。

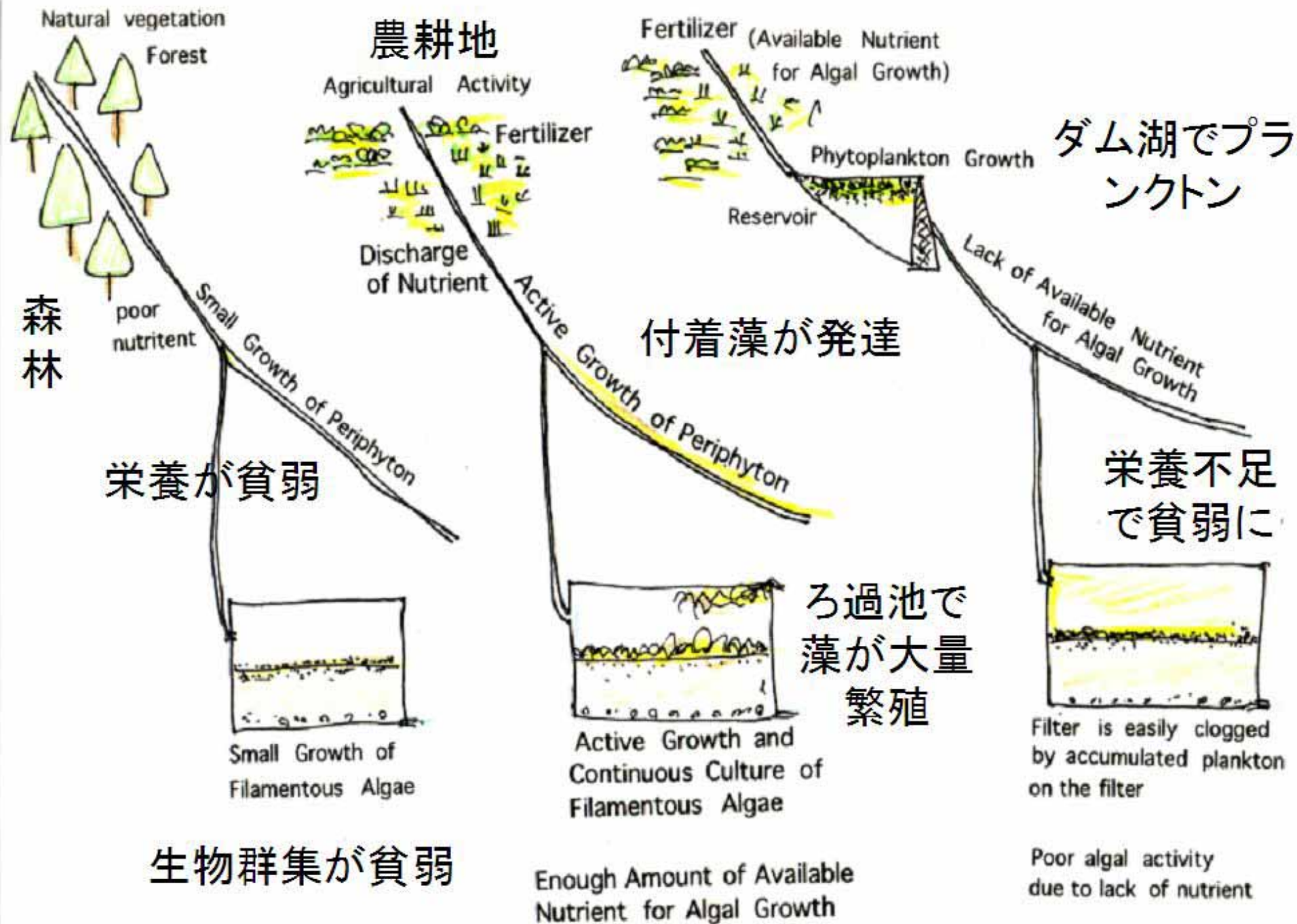
**砦上・下で:83名
削り取り作業は業者委託**



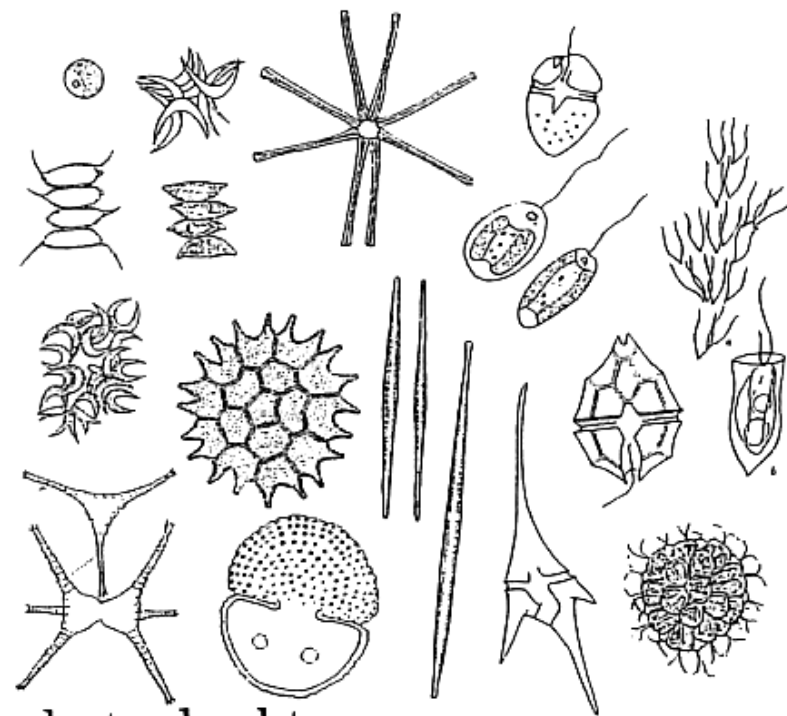
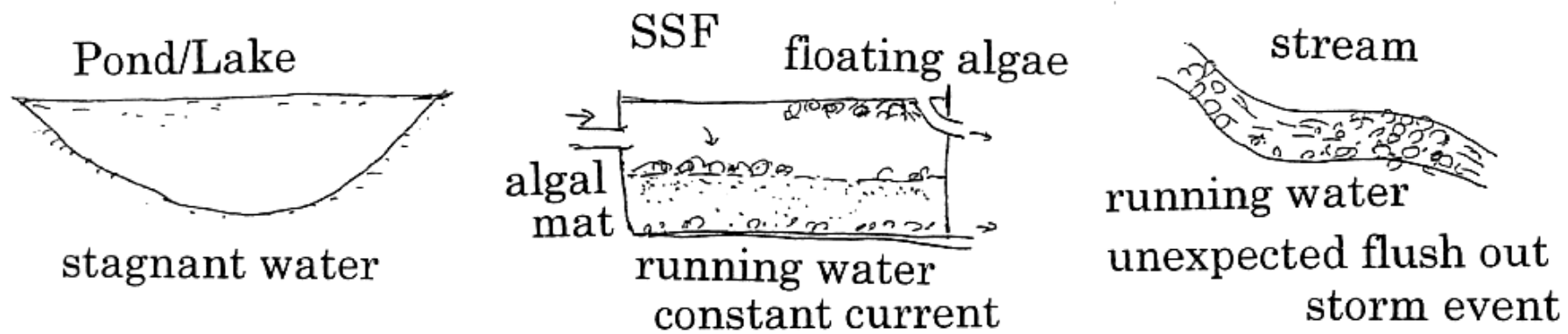
砦浄水場 (多摩川の伏流水) を取水:ドイツならどうするか。



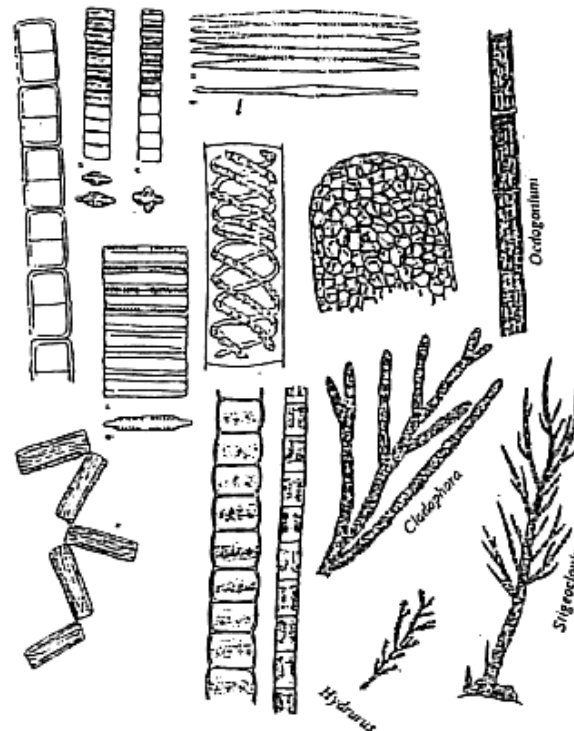
藻が腐る:塩素で殺藻→遮光カバー 伏流水=天然の砂ろ過=何もしていないのと同じ:生物処理の無理解者=東京都水道局



SSF(Ecological Purification System) 生き物は適した場で繁殖



phytoplankton
floating algae



filamentous algae



periphyton
attached algae





水源貯水池：植物プランクトンブルーム対策として硫酸銅散布（年数回？）

ろ過閉塞防止のため：硫酸銅は殺藻目的

藻だけでなく、ろ過池の微小動物が死に、逆に、ろ過閉塞する。

戸隠貯水池

往生地浄水場, 1915.

ろ過池面積：860m² (x 3 池 = 計 2,580 m²).

貯水槽容量：8,760 m³

創設時：60,000人 (1915.)

標準ろ過速度 5m/d なら、12,900 m³/d できる。

43,000 人の供給量 (0.3m³/d/人).

英国の新しいろ過速度 (10m/d) なら、8万6千人分に相当。





長野県須坂市、西原浄水場。伏流水取水（濁りがほとんどない）2年間以上、削り取りなし。ろ過池面積: $6.8\text{m} \times 13.5\text{m} = 91.8\text{m}^2$ 1池のろ過量: $459\text{m}^3/\text{d}$. 1池で、1500人分 ($0.3\text{m}^3/\text{d}$). 2池で、3千人分に供給可能。もし、英国の新しいろ過速度なら、6千人分。



**西原浄水場の水源（山裾のヨシ湿地
に有孔集水管）**