

宍道湖活動中間報告

公益財団法人 宍道湖・中海汽水湖研究所協力員

有限会社 宍道湖 ファミリー

MB21 「漁民の森づくり活動調査」委員

株式会社 名邦テクノ 技術参与

井上 祥一郎

1

本日の話題

1. 宍道湖の注目課題⇒ヤマトシジミ漁獲減少
地域資源のヤマトシジミ漁獲回復支援
⇒将来的には三河湾のアサリに技術移転
2. ヤマトシジミの衣食住環境整備の内
「衣」:水質⇒硫化水素(青潮)解決策進展
「食」:微細藻類⇒アオコ・赤潮対策着手
「住」:砂質底質⇒ヘドロ問題未着手
3. 地域の「知」と、多様な主体との協働

2

島根県・宍道湖ショック！！！！

4年前(2012年)の状況



過去にない不漁となった宍道湖のシジミ漁 (資料)

宍道湖は、梅水流入で湖水位が低下し、湖底のシジミが乾燥して死滅した。湖底のシジミは、湖底に埋もれて死滅した。湖底のシジミは、湖底に埋もれて死滅した。

12年都道府県別シジミ漁獲量

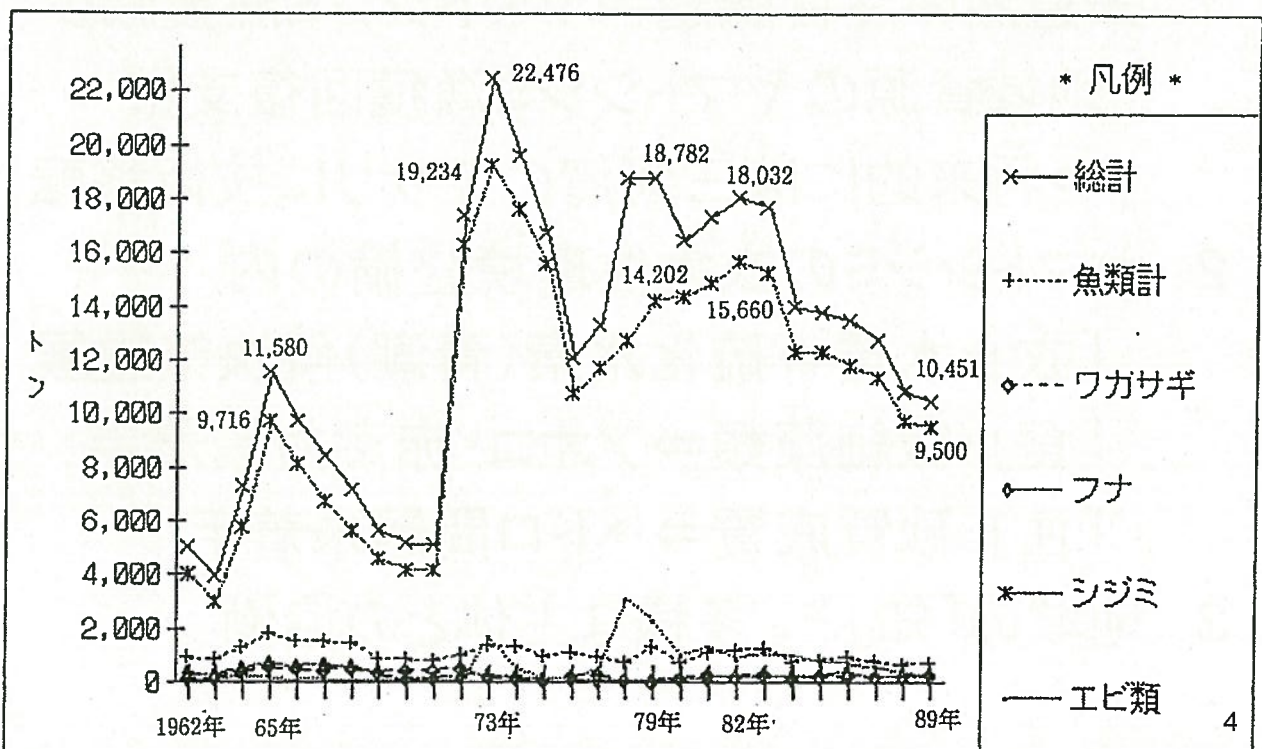
島根 1873ト 全国 2位

資源回復せず 前年比21%減

島根県は、2012年の都道府県別シジミ漁獲量を調査して、宍道湖の漁獲量が前年比20.6%減の1873トとなり、11年連続して、全国2位の漁獲量を記録した。漁獲量の減少を目的に、湖底のシジミを乾燥させて死滅させた。湖底のシジミは、湖底に埋もれて死滅した。

山陰中央新報 4月24日付け24面

3日間で湖水全量ろ過は80年代後半の漁獲(1992年度汽水湖研究第2号引用)



再現！！偶然の所産「ヤマトシジミ爆発的増殖」 「一度の産卵でトリプル生態系サービス提供」

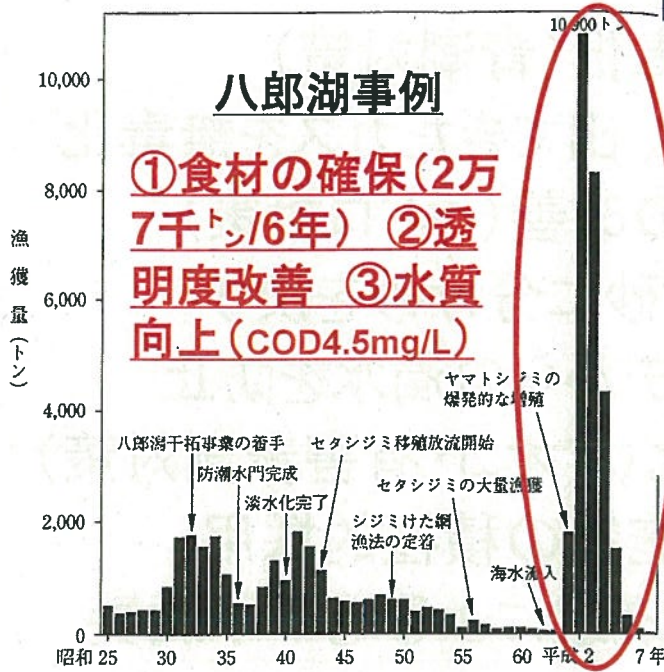
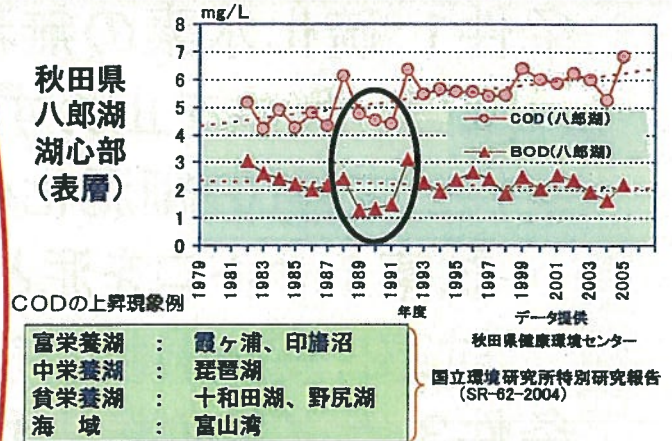
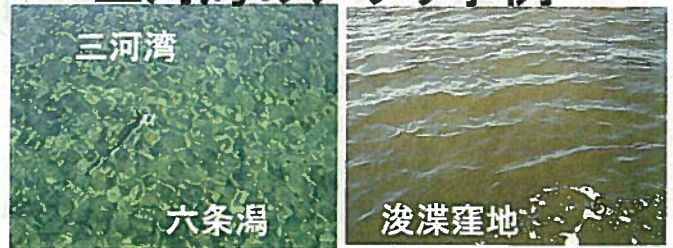


図3-67 八郎湖におけるシジミ類漁獲量の経年変化

八郎湖におけるCOD・BODの経年変動の比較



三河湾のアサリ事例



宍道湖の課題・アオコ・青潮・ヘドロ ～フジBS番組「一滴の向こう側」から～

海と湖が悲鳴を...
美しい「地域資源」の「ゼオライト」を使って宍道湖のヤマトシジミ復活に人生を賭ける会社員の活動の紹介番組

水質汚染

① アオコ

② 青潮

③ ヘドロ

二枚貝復活の条件と試案の考え方

条件1: 硫化水素の無毒化(青潮対策)

試案: 発生を止めず、出てきたガスを無毒化

条件2: 底質の細泥化の改善(ヘドロ対策)

試案1: ヘドロを泥と砂に分け砂を戻す

試案2: 森・農地・マチからの濁水を防止

条件3: ケイ藻の優占化(アオコ・有害赤潮対策)

試案1: ケイ酸付加施策の積極的採用

試案2: 雨水の土壌浸透による地下水涵養

黒字はエンジニアリング、緑字は流域レベルで考える試案 7

島根大学汽水域研究センター新春恒例汽水域研究発表会・汽水域研究会例会 合同研究発表会 (開催地: 松江市)

- 2013年: 「衣」条件: 赤土利用の硫化水素対策の再現
- 2014年: 「住」条件: 細泥化の根治策としての土砂対策
- 2015年: 「食」条件: ケイ藻卓越支援に係るケイ酸供給法
- 2016年: 民・産・学・官協働モデル(案)提言
地域の知的・現物的資源および地域振興制度を生かす硫化水素(青潮)対策を例にして

「人工水底窪地を原因とする 青潮発生抑制法」の紹介

中海発青潮抑制技術の温故知新

技術市民 井上祥一郎

伊勢・三河湾流域ネットワーク 共同代表世話人

技術士：森林・上下水道・衛生工学・農業・水産・建設・環境・応用理学部門
(名邦テクノ・エステム・アーステクノ・日吉)

9

汽水域研究合同研究発表会 会場：島根県民会館

拝啓！ダムと田んぼの管理者殿

—漁業者・技術者協働の濁水対策—

平成26年1月12日

技術市民 井上 祥一郎

技術士：森林・上下水道・衛生工学・農業・水産・建設・環境・応用理学部門(技術士登録事務所：(株)名邦テクノ)、環境カウンセラー(事業者・市民部門)

10

餌料のケイ藻卓越手段としての 溶存ケイ酸態ケイ素供給法の探究 ～ヤマトシジミの衣食住条件の内 「食」環境の充実に向けて～

(株)名邦テクノ・(株)エステム・(有)アーステクノ・(株)日吉

技術市民 井上 祥一郎

(技術士:森林・上下水道・衛生工学・農業・水産・建設・環境・応
用理学部門/環境カウンセラー:事業者・市民部門)

11

平成28年1月9日 島根大学汽水域研究センター第23回新春恒例
汽水域研究発表会・汽水域研究会第4回例会 合同研究発表会

民(NPO・市民)・**産**(漁協・コンサル等)・**学**・
官(土地連・市・県・国等)協働モデル(案)提言

地域の知的・現物的資源および地域振興制度を生かす
硫化水素(青潮)対策を例にして

公益財団法人 宍道湖・中海汽水湖研究所協力員

有限会社 宍道湖 ファミリー

島根県技術士会 会員

株式会社 名邦テクノ 技術参与

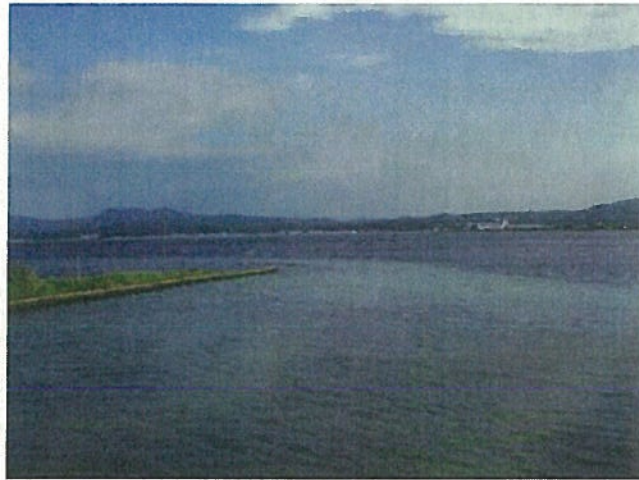
井上 祥一郎

12

宍道湖西岸なぎさ公園で魚類へい死発生 (国交省出雲河川事務所) 24年9月20日

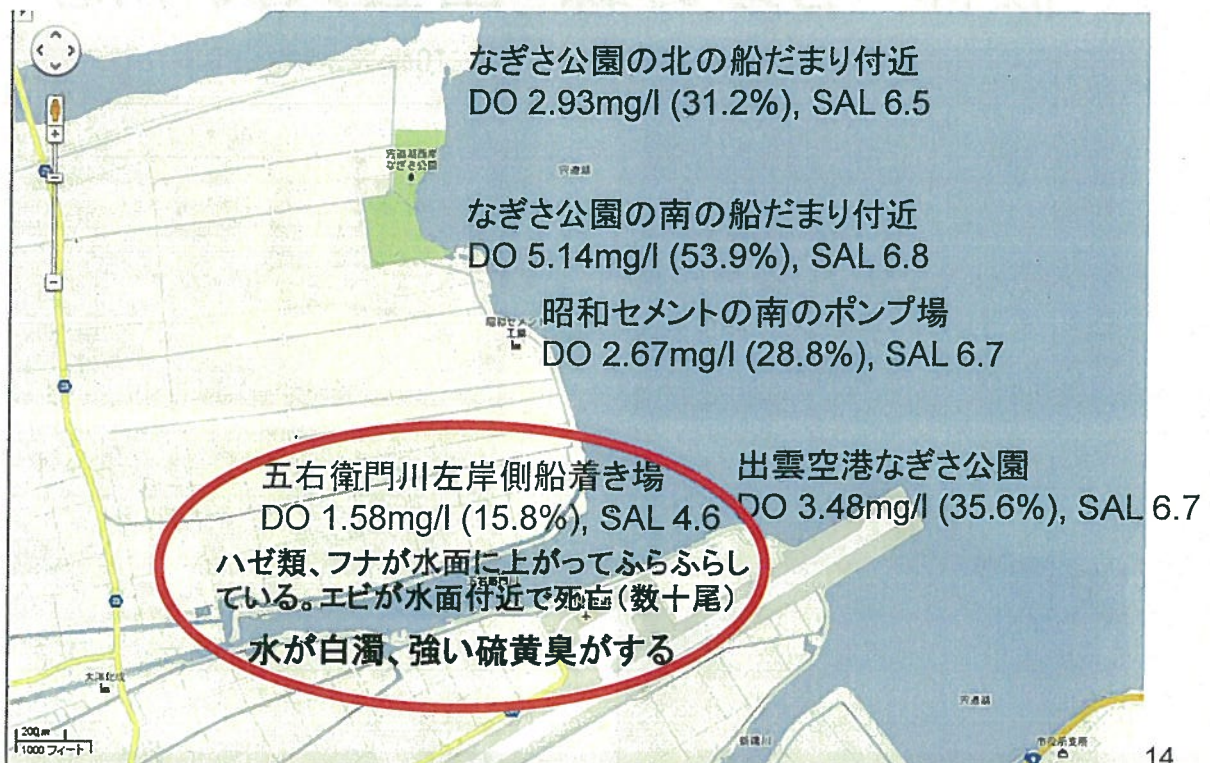
内容:当日は10時頃から約10m前後の西風が継続して吹いており、底層の塩分濃度が高い貧酸素水塊が移動したと考えられる。塩分が11.4psu、水が白っぽく、硫化水素臭があった。

2012



13

青潮発生時の状況



14

宍道湖西岸に活動拠点設置



15

～「活動拠点における木使い」～ 仮称 七珍の森 出雲久兵衛庵



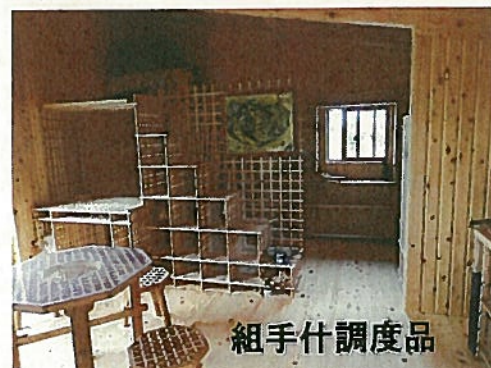
三河湾のモデル「宍道湖」



10cm角3m材600本/10坪



宍道湖西岸まで200歩



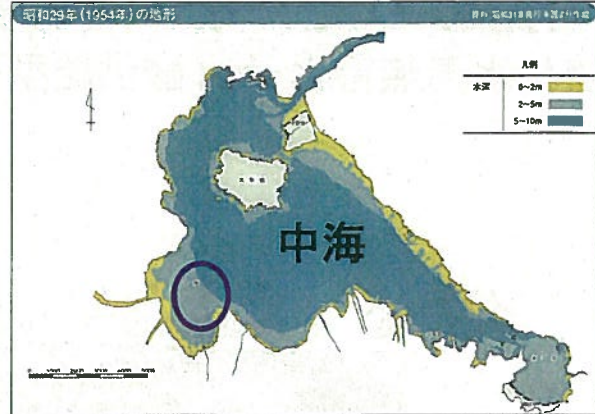
組手什調度品

16

63年前赤土客土法で青潮被害軽減



松江市内の赤土の崖



中海藻貝(サルボウガイ)成貝生存率(昭和28年10月14日)島根水試報告書
(単位 個)

区分	生貝(期待値)	死貝(期待値)	計	生存率%	
客土区	a区	106(95.7)	15(25.3)	121	87.6
	b区	98(88.4)	14(23.6)	112	87.5
対照区	c区	32(38.7)	17(10.3)	49	65.3
	d区	35(42.6)	19(11.4)	54	64.8
	e区	26(31.6)	14(8.4)	40	65.0
計	297	79	376	平均 79	

油ヶ淵底質改善実験施設

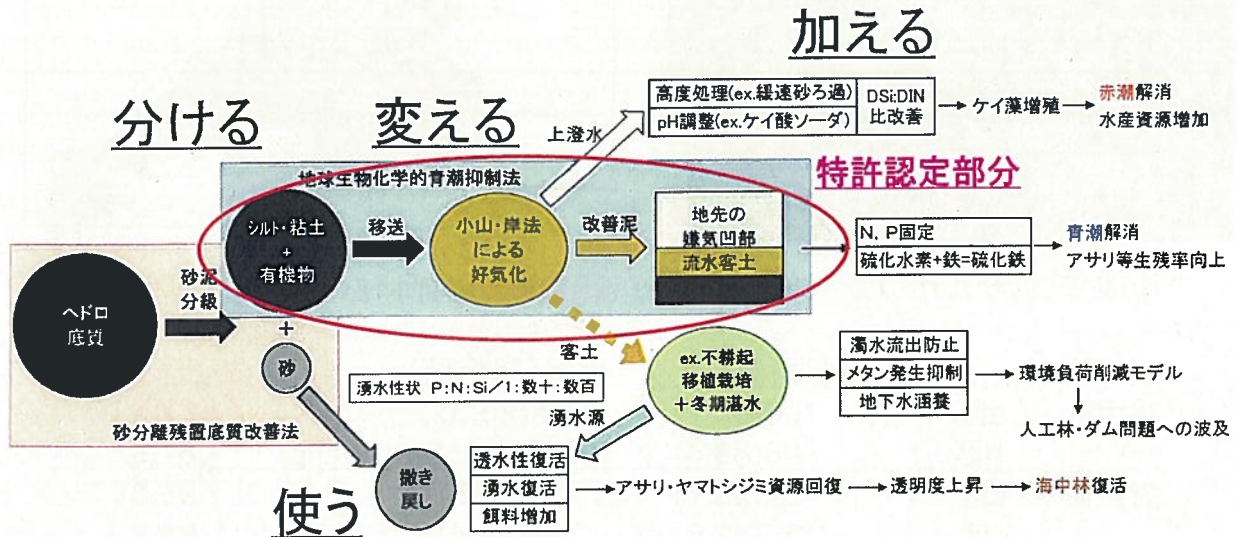
(愛知県知立土木事務所:清流ルネッサンスⅡ事業)(2003~2004)

技術概念:底泥の遷移(Succession)と、二枚貝類生息環境整備を重視



混じったヘドロ、分けて資源に！！

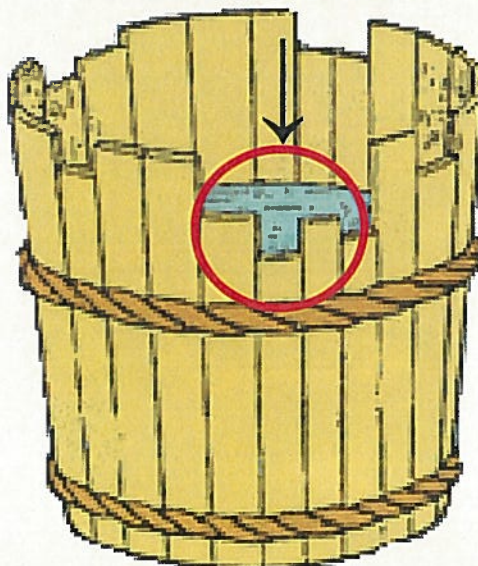
硫化水素無害化・ケイ酸供給型砂分離残置底質改善法を開発



油ヶ淵実験と地域知による井上試案 ～ヤマトシジミ等の衣食住条件を同時並行的に整備～

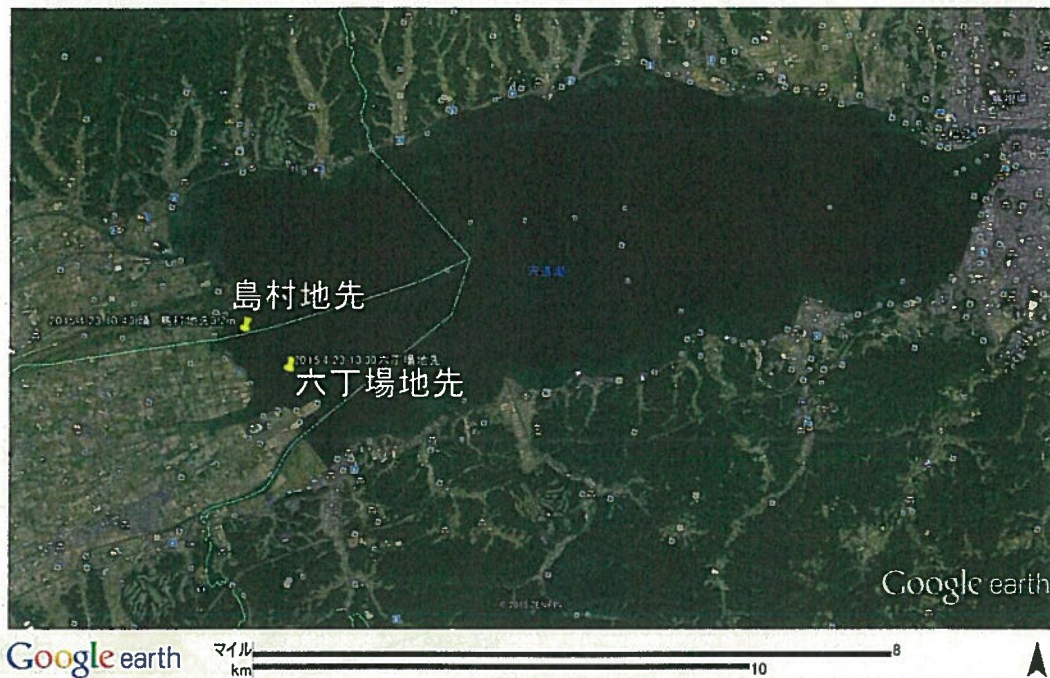
青潮は60年前に中海において赤土客土法の実績があり、赤土代替材の確保ができれば、**実用化は難しくない。**

アオコや有害赤潮はヤマトシジミや動物プランクトンにとって不適餌料。良い餌のケイ藻優占にはケイ酸が相対的に不足。**対策は十分な量のケイ酸供給**



ヘドロ化対策は当面覆砂や分級砂利用で対応が可能だが、本を正すには水田濁水、森林の表土流出、ダム濁水長期化等の**流域対策**が必要

宍道湖西岸地先で底泥採取



21

宍道湖西岸地先2地点の底泥比較

分析項目	島村地先	六丁場地先
水素イオン濃度 (H_2O)	5.4	5.5
半定量法:酸化 水素イオン濃度 (H_2O_2)	4.2	3.1 (酸性土壌)
鉄分含有量 mgFe/kg	39000 (3.9%)	47000 (4.7%)

pH測定委託先: 島根県農業技術センター

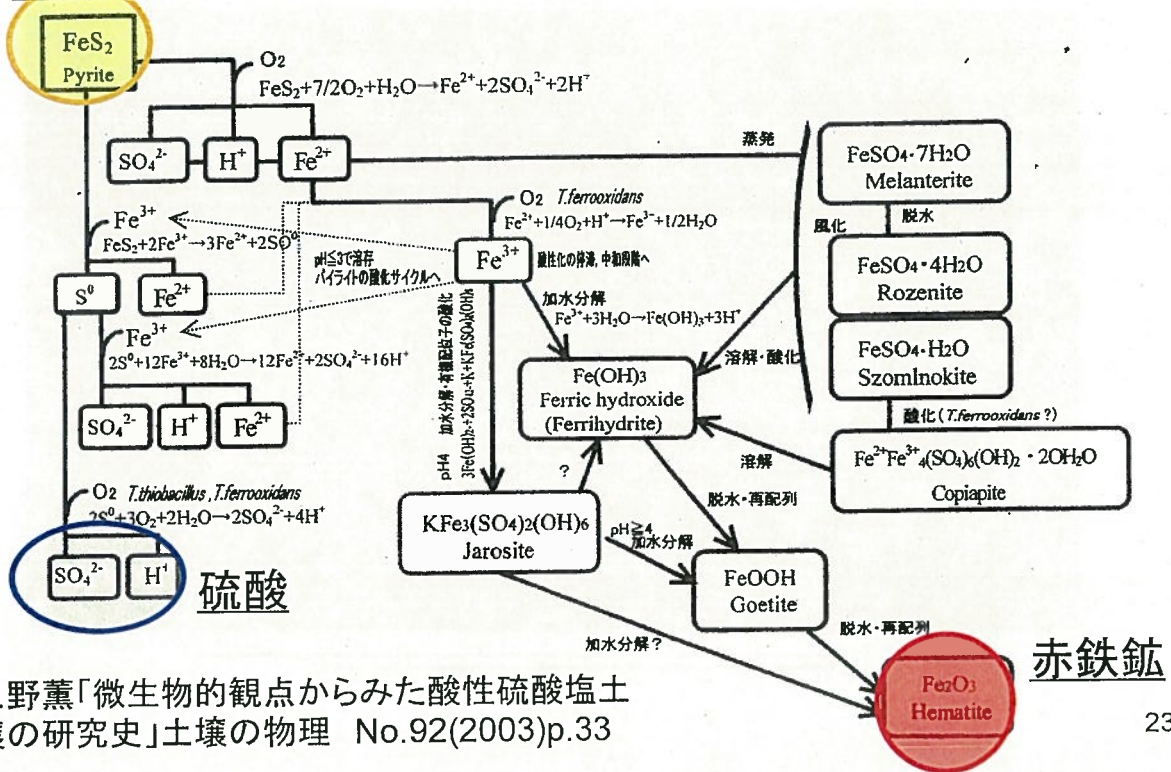
鉄分測定委託先: 株式会社 エステム

(底泥1kg当り鉄分は普通、実験泥の $\approx 1/10$)

22

酸性土壌中の黄鉄鉱⇒赤鉄鉱＋硫酸

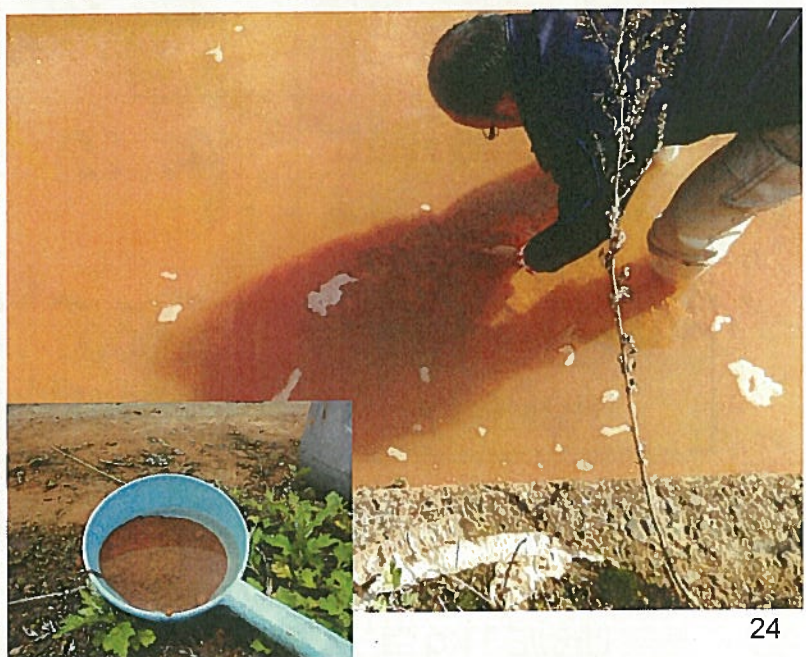
黄鉄鉱 鉄バクテリアと硫黄バクテリアの働き



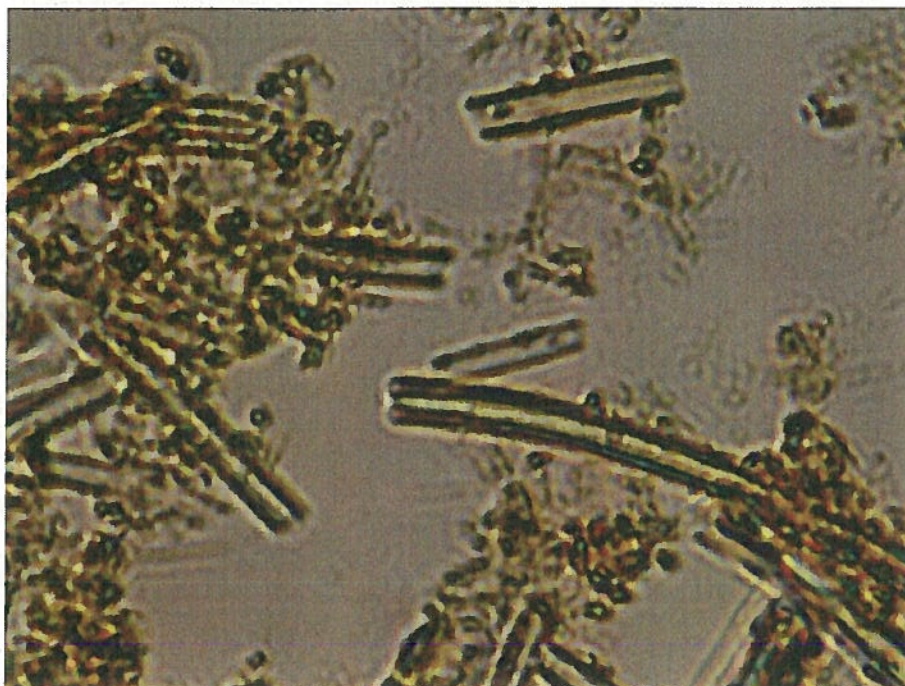
上野薫「微生物的観点からみた酸性硫酸塩土壌の研究史」土壌の物理 No.92(2003)p.33

赤土代替材：鉄バクが造った用水路の鉄(カ)気

斐川町 今在家 三面張り水路

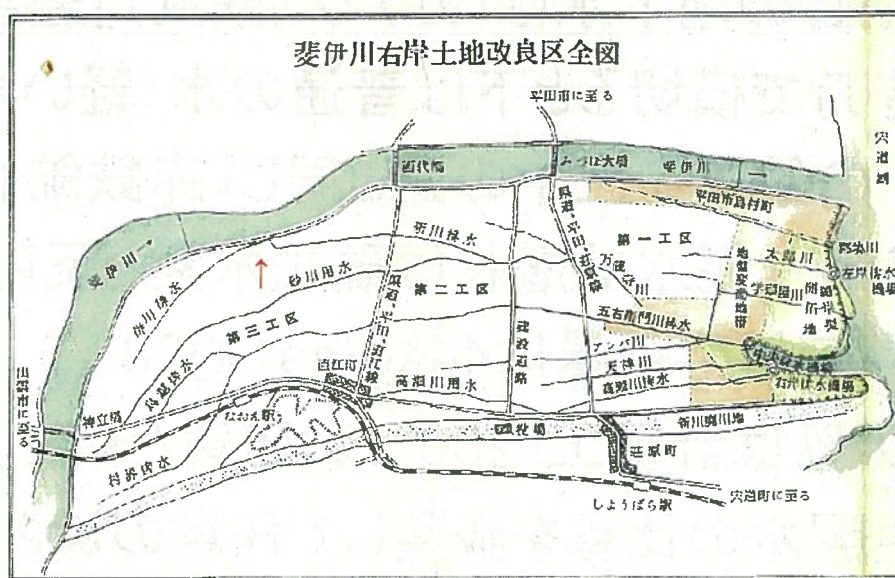


鉄バクテリアが生成した 赤色泥の鞘状物質(赤鉄鉱70%強)



25

簸川平野斐伊川右岸土地改良 土地改良事業概要(昭和36年10月)



26

分析資料: 斐川町今在家産赤色泥



29

泥水と乾泥の有機物量と鉄等の量

1. 泥水としての分析

項目	MLSS	MLVSS	MLVSS/MLSS
上澄み	5mg/L	1mg/L	20.0%
沈澱泥	71000mg/L	17000mg/L	23.9%
攪拌	27000mg/L	5200mg/L	19.3%

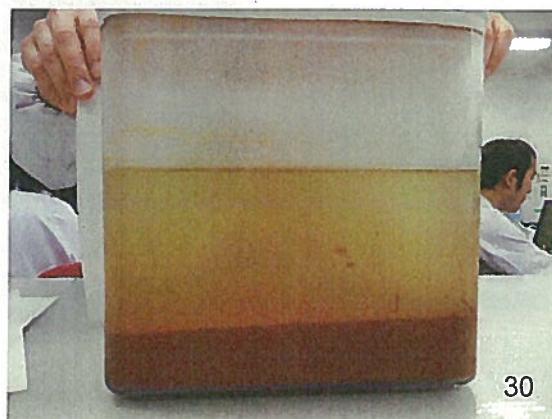
2. 乾泥としての分析

浮遊物質中の成分および強熱減量

鉄 310000mgFe/kg
(310gFe/kg)

マンガン 830mgMn/kg

強熱減量 20.2%(有機物)

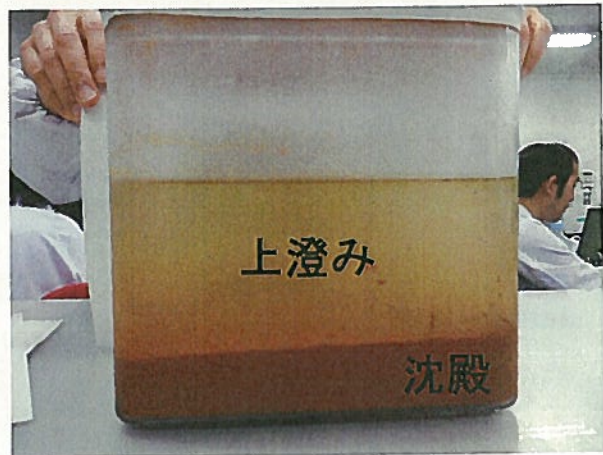


30

比重調査(分離時データ)

- 項目 比重 水温
- 攪拌 1.030 21.0°C
- 上澄み 1.000 21.8°C
- 沈澱 1.178 21.5°C

☆比較 海水比重 1.025前後



31

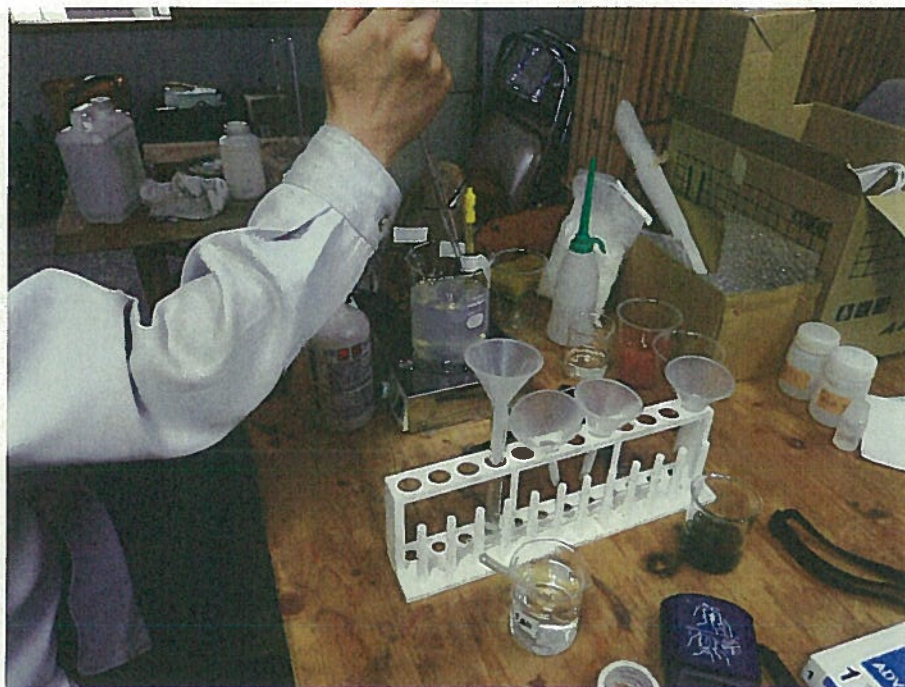
試験に用いた赤色泥



32

硫化水素水の作成

(試薬: 硫化ナトリウム五水和物)



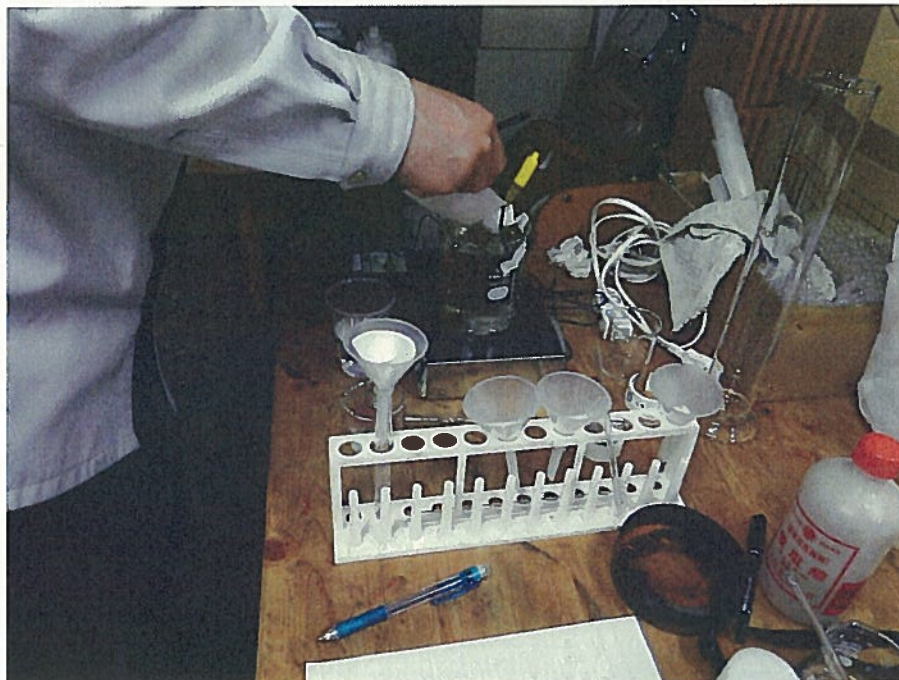
33

赤色泥粉末(乾燥品)



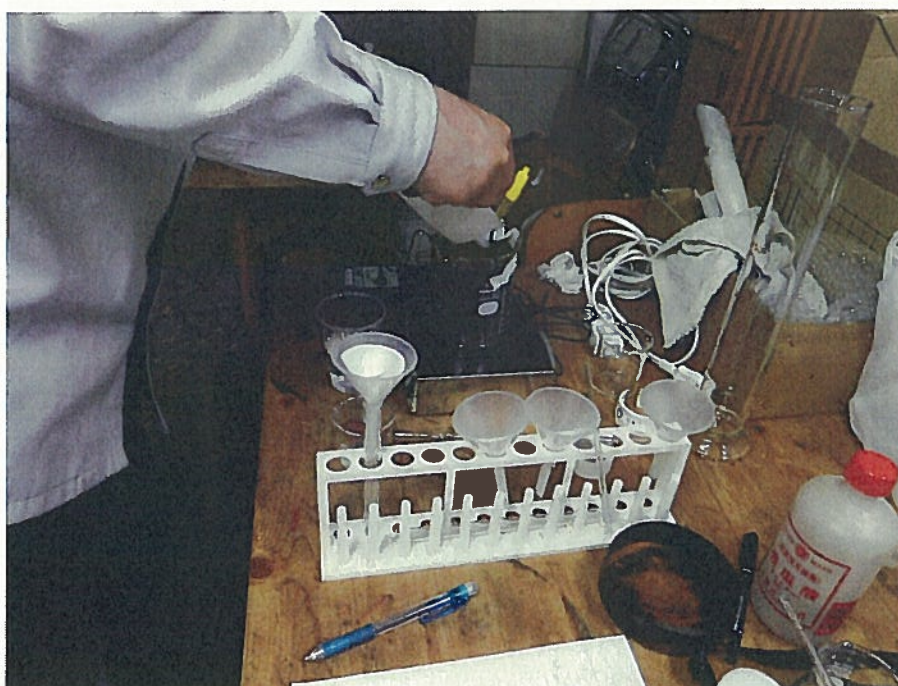
34

攪拌条件下で乾燥赤色泥粉投入



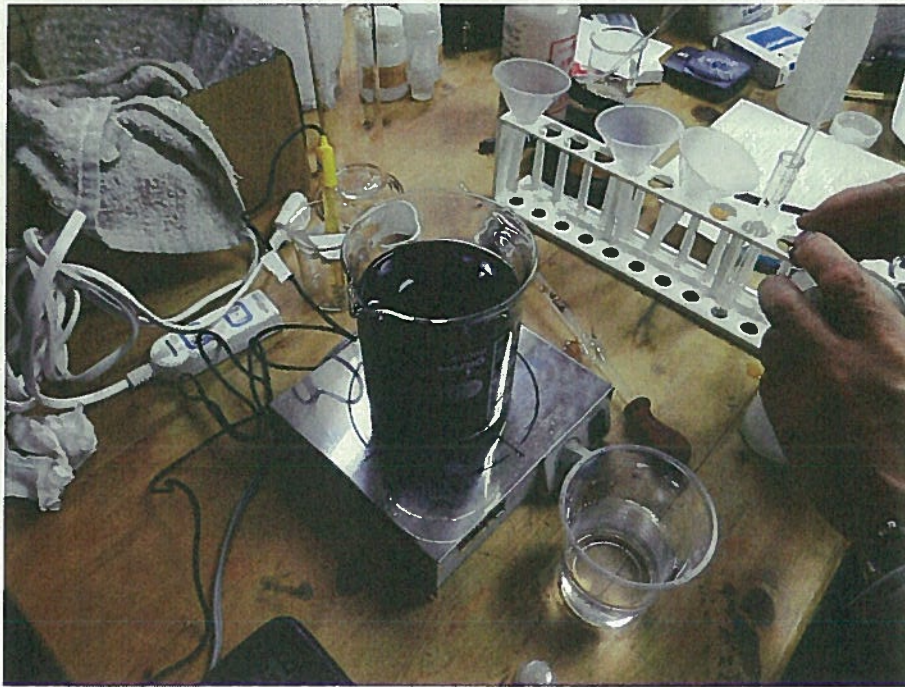
35

粉末投入と同時に反応



36

黒色に変化(硫化鉄化)



37

濁水のダム湖等への貫入(密度流)

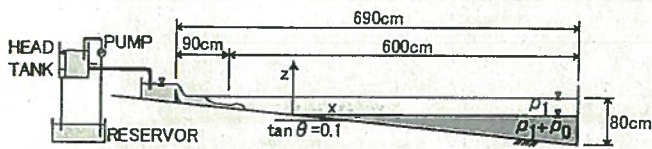


図-2 福嶋 (1981) の実験装置

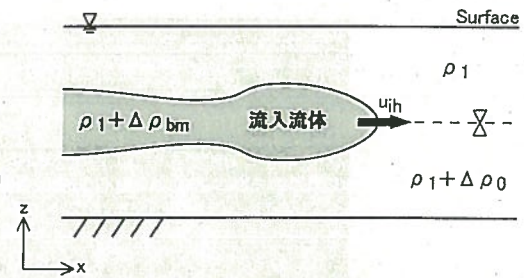


図-1 中層密度流の模式図

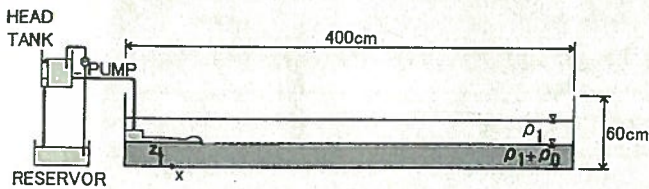


図-3 中層密度流貫入実験の実験装置

新規に発生した濁水は密度が等しい層に潜り込んでいく。塩淡境界も関係。

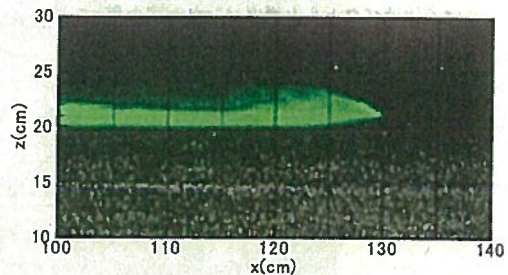


図-13 実験画像
(Run1-1, 中層:1.0%-下層:4.0%)

「 $k-\epsilon$ 乱流モデルを用いた中層密度流の解析」増戸・細山田・福嶋 38

赤色泥水による実用化イメージ

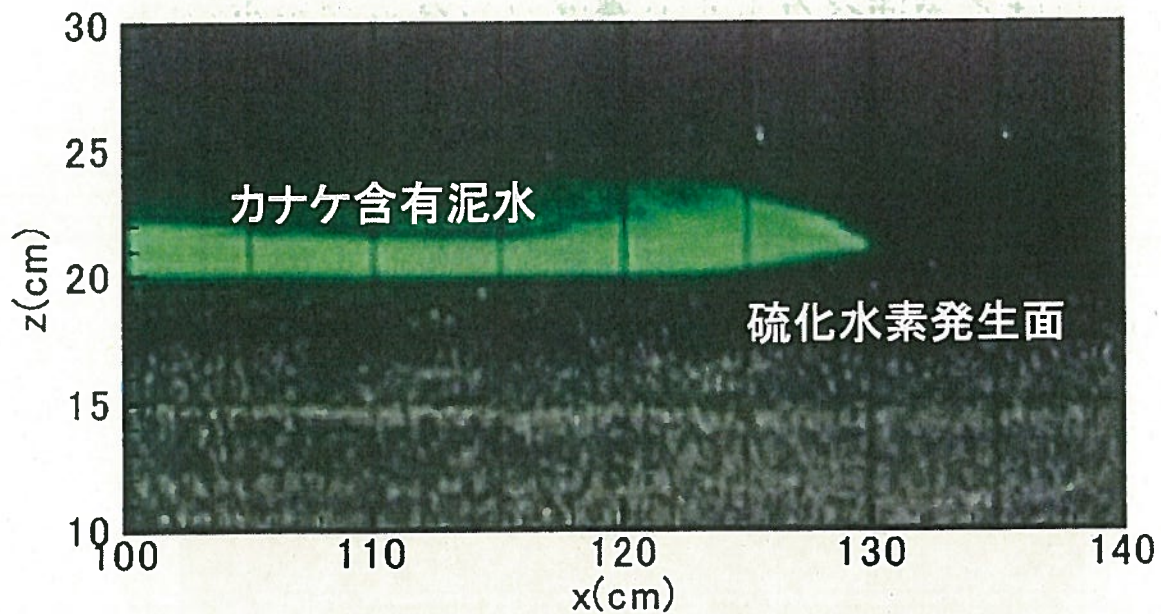
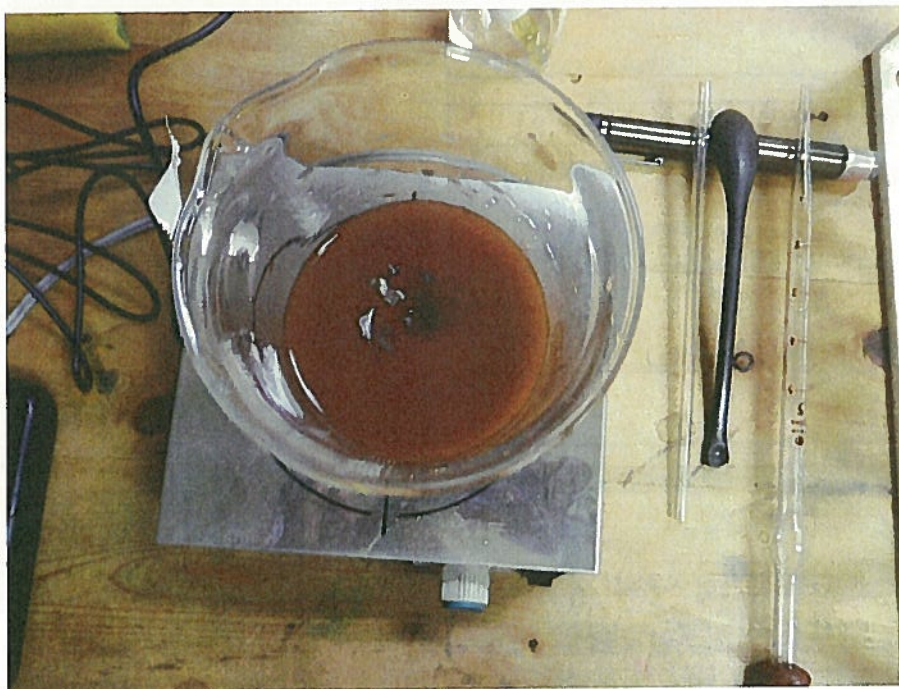


図-13 実験画像

(Run1-1, 中層:1.0%—下層:4.0%)

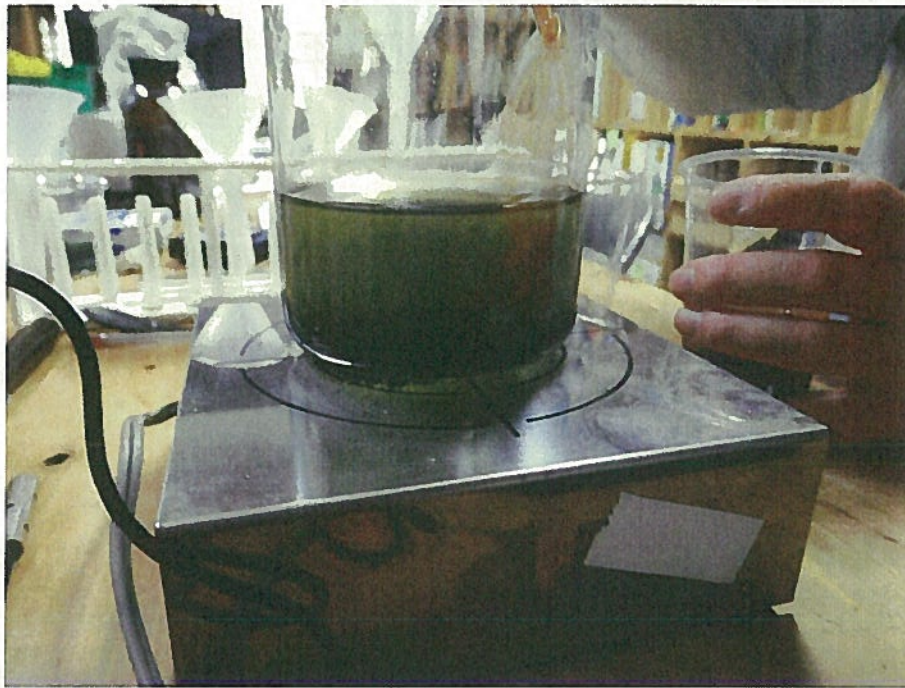
39

乾燥粉末を所定量の水と混合



40

調整赤色泥水を人工躍層に注入 (ほぼ瞬時に反応)



41

静止状態でも黒色に変化



42

特許申請に結実した協働

(特願2015-215369)

- 特許願い提出日 平成27年11月2日
- 特許出願人
 - ① 宍道湖漁業協同組合
 - ② 株式会社 名邦テクノ
- 発明者
 - ① 原 昭二(有限会社 宍道湖)
 - ② 武田育郎(島根大学 教授)
 - ③ 上野 薫(中部大学 講師)
 - ④ 井上祥一郎(名邦テクノ、宍道湖・中海汽水湖研究所、島根県技術士会)

43

農用排水路赤色泥の有効活用への道

- 平成18年度に全国約600の地域で、実験的な取り組みを支援(農地・水・環境保全活動支援実験事業)

テーマ例1: 農業と**鮭**を育む用水が地域を結ぶ
福島県双葉郡浪江町「三大字地区」

田園地帯・中山間地農業・100ha以上

テーマ例2: 水土里ネットが資源の保全を橋渡し
岐阜県恵那市「佐々良木西地区」

田園地帯・中山間地・100ha未満

44

農地・水・環境保全活動支援実験事業を経て 日本型直接支払制度発足

• 平成28年度予算概算要求額 約800億円

1. 多面的機能支払交付金

(1) 農地維持支払(ここに水路の泥上げ項目)

(2) 資源向上支払

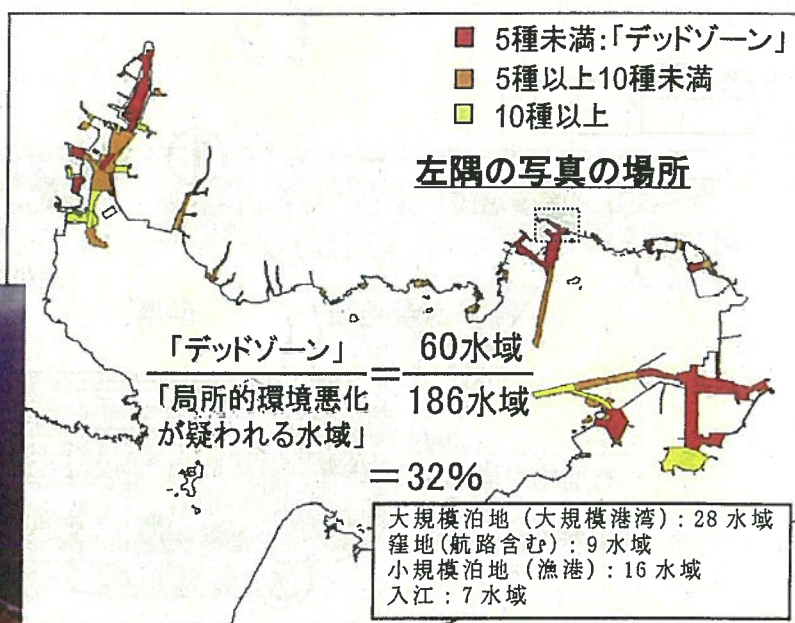
2. 中山間地域等直接支払交付金

3. 環境保全型農業直接支払交付金

⇒ 島根県技術士会入会を機に、水土里ネット
島根(島根県土地改良事業団体連合会)の技術士に相談

45

三河湾の喫緊の課題：苦潮(青潮) デッドゾーン発表から数年経過 技術的見通しは？



愛知県水産試験場提供

46

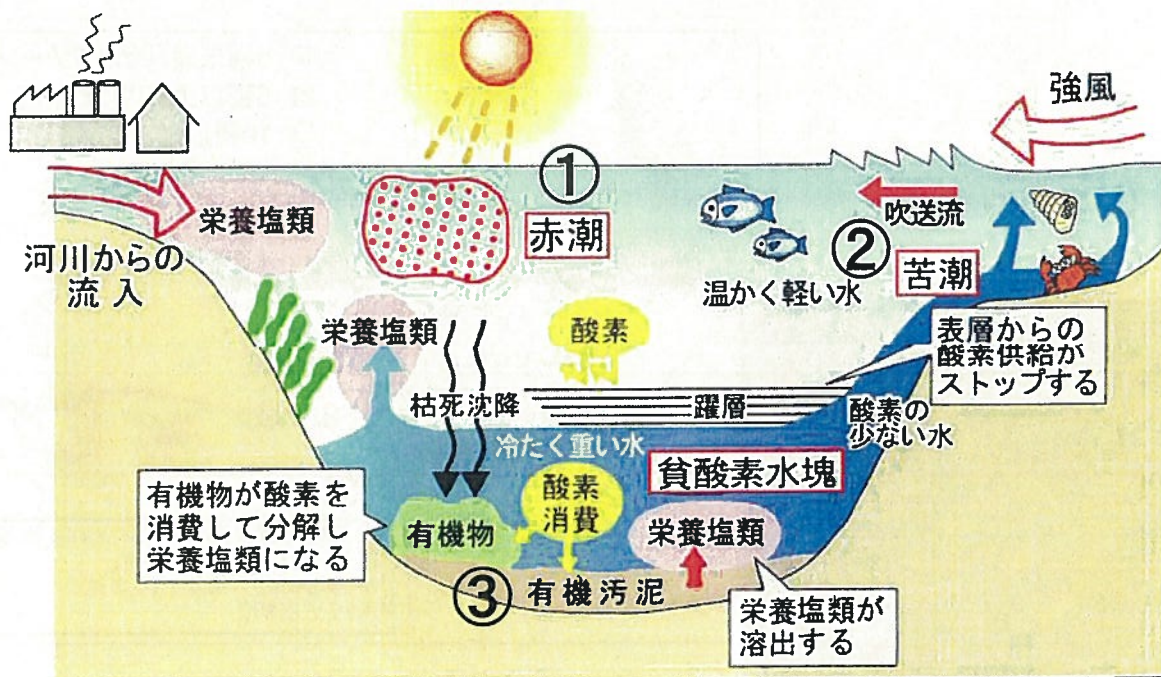
今後の現場実験イメージ

右側水路の底層からサイフォンで左側排水路に
硫化水素含有水を送り赤色泥との反応確認



47

愛知県の課題：赤潮・苦潮・有機汚泥 (愛知県水産試験場資料)



有機汚泥対策として「底質改善」の掛け声で、浚渫・覆砂事業 48

「アサリ受難の海」三河湾の現状

1. 青(苦)潮⇒硫化水素による大量へい死
2. 赤潮⇒渦鞭毛藻のヘテロカプサは殺貝藻類
渦鞭毛藻(二枚貝拒食性)⇒餌不足
3. ヘドロ⇒着底不能(水田濁水も原因)



青(苦)潮

赤潮(ケイ藻? 鞭毛藻?)

濁水流入

49

中国の水産教科書 硫化水素対策「紅色土壤」

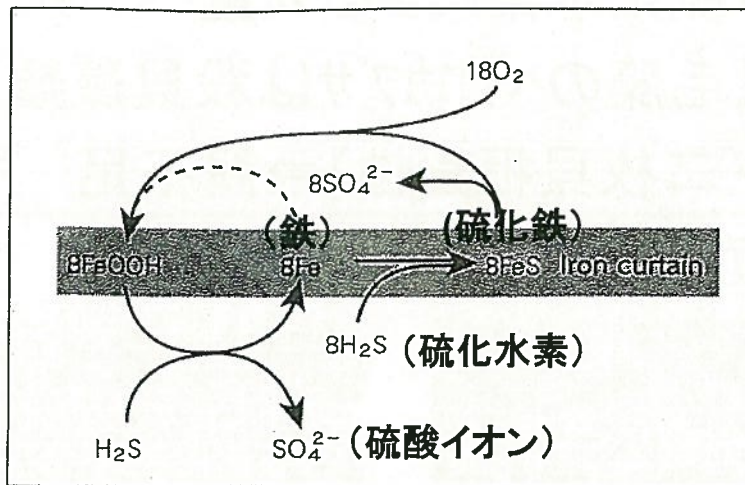
☆魚池における硫化水素対策

☆陳祖洪主編「水化学—水産養殖環境保護実
業用—」(中国農業出版社 2004)P.145

(一)硫化水素除去

**3. 魚池的処理: 撒鉄的化合物、
或いは含鉄高的紅色土壤**

デンマーク発「鉄のカーテン」法 ～地中海の赤土客土法と同系技術～



硫酸還元菌が海水中の硫酸イオンを利用して有機物を分解すると硫化水素が発生。そこに鉄があると硫化鉄に変化し無害化

山室真澄・石飛裕・中田喜三郎・中村由行共著「貧酸素水塊—現状と対策—」生物研究社(2013), 上図の技術紹介は中田先生執筆部分 (2013年—1953年=60年)

51

二番目の話題提供 ヤマトシジミ資源を支える餌を増殖

☆ヤマトシジミの資源量が8万トンと多かった1997年の宍道湖における大量へい死は「餌不足による体力低下＋無機濁水による鰓詰まり」仮説

- ① 飢餓による体力不足で無機浮遊物を擬糞として排除する機能が使えず鰓閉塞で窒息？
- ② 産卵後の体力回復が不十分？
- ③ 貧酸素・硫化水素に対する耐性低下？

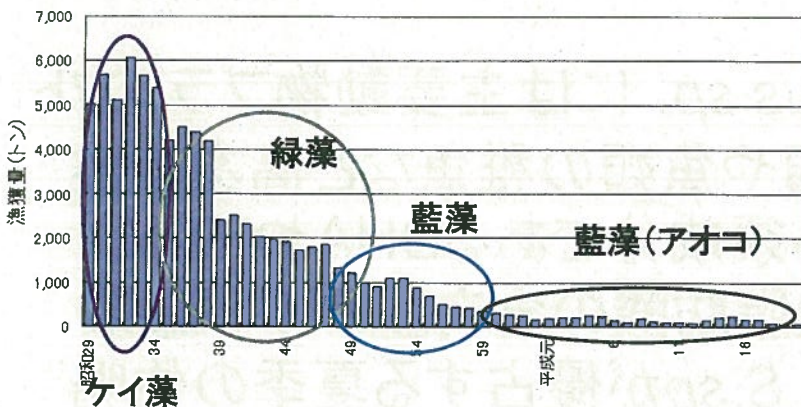
52

シジミの餌料に関する情報

- ☆ ヤマトシジミの餌は「主体はケイ藻であるが、ケイ藻だけでは炭水化物が不足するので、アシなどの植物繊維を取り込み補足する。そのためのセルロース分解酵素を持つ。」(博士論文 片山亜優「ヤマトシジミの生物生産構造に関する研究」平成25年度東北大学大学院農学研究科)(¹³C、¹⁵Nトレーサーを利用)
- ☆ 「1910年代の諏訪湖ではマシジミの再生産が活発に行われており、この当時のプランクトン相は夏季でもケイ藻類の*Melosira*と*Asterionella*(ホシガケイソウ)が優占種であったこと(山岸ほか、1974)を考えると、シジミにとって好ましい環境はケイ藻類が優占となっている湖水であろうと思われる。」(長野水試研報第1号1984 薄井孝彦・山本長「諏訪湖におけるシジミの移殖効果について」)

53

琵琶湖のセタシジミ漁獲と植物プランクトン相推移



セタシジミの漁獲推移

植物プランクトン相異変推移

- 1960年以前 ケイ藻類優占
- 1960年頃 ミカヅキモ優占
- 1977年5月 ウログレナ優占
- 1983年 アオコ発生(南湖)
- 1989年 ピコプランクトン発生
- 1991年 チオプロローカ発生
- 1990年代 藍藻類優占

水質悪化前は季節毎のケイ藻の出現種はほぼ一定。セタシジミの主要餌料はケイ藻とされる。汚濁の進行に伴い緑藻類を経て藍藻類が優占。セタシジミにとって食料不足状態に移行。1960年代前半の大量へい死は除草剤PCPによるとされる。昭和43(1968)年に大濁水。(小谷博哉「水」1999)

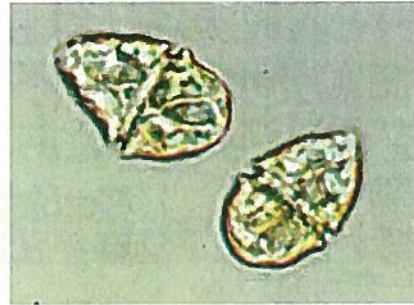
54

カキの命を左右する植物プランクトン

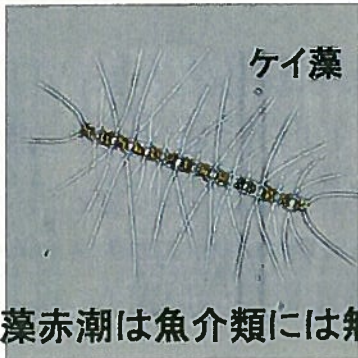


佐渡島・加茂湖(汽水湖)

2009年 ヘテロカプサ被害2億円弱



二枚貝を殺す渦鞭毛藻類のヘテロカプサ
(1992年英虞湾でアコヤガイ30億円、95年から98年にかけて広島湾でカキ44億円被害)



ケイ藻

ケイ藻赤潮は魚介類には無害

ケイ素が必須のケイ藻と使わない鞭毛藻

鉄:リン:窒素:ケイ素:炭素(レッドフィールド比)

0.001:1:16:15:106(ケイ藻類)

0.001:1:16:0:106(非ケイ藻類)

55

非ケイ藻類の餌としての不適性

- *Synechococcus sp.* には主要動物プランクトンである甲殻類や魚類の稚魚など高次捕食者にとっての必須成分であるDHAやEPAなどの3ω不飽和脂肪酸の含有量がケイ藻類に比べて低い。*S.sp*が優占する夏季の佐鳴湖は高次捕食者に対して“餌としての質”が悪いこと、つまり、植物プランクトン⇒動物プランクトン⇒高次捕食者への食物連鎖が旨く働かない状態が考えられる(谷幸則2009)

新しいケイ酸供給剤 ゲルカルチャー

発明の名称: 藻類用ケイ酸成分供給剤、および藻類へのケイ酸成分供給方法
 発明者: 岡内正典
 その他の機関 富士シリシア化学株式会社
 公開番号: 特開2008-5835

解決すべき課題

- ・珪藻類の培養にはケイ酸が必要であり、水ガラスなどが使用される。
- ・水ガラスやメタケイ酸ナトリウムを使うと培養水が白濁し、アルカリ性になる。
- ・珪藻類がケイ酸を吸収し、増殖するにつれ、培養液中のケイ酸濃度が急減する。

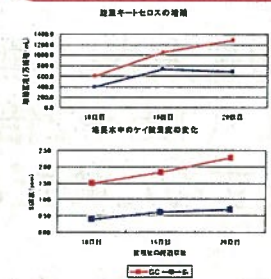
⇒ **培養水がアルカリ性にならず、長期間ケイ酸を出し続ける方法の開発が必要。**

発明のポイント

水に溶けやすく、培養液を中性に保ち、長期間ケイ酸を供給し続けるケイ酸成分供給剤(ゲルカルチャー)(図1)を、富士シリシア化学㈱との共同研究により開発し、商品化しました。



図1. ゲルカルチャー 図2. 商品と通気口に吊したゲルカルチャー(一) 図3. 珪藻キートセロスの培養. GC:ゲルカルチャー使用区, Si: 水ガラス使用区



ゲルカルチャーを通気口に吊しておくだけで(図2)、培養20日目でもケイ酸濃度は高く(図4)、珪藻の増殖もよい(図3、4)ことがわかりました(GC:ゲルカルチャー使用区、Si: 水ガラス使用区)。

二枚貝類や甲殻類などの餌として重要な珪藻類を簡単に生産するために役立ちます。

図4. 珪藻キートセロスの増殖と培養液中のケイ酸濃度の変化
 (独)水産総合研究センター水産技術交流プラザ(知財担当)TEL045-227-2692

島根大学教育学部大谷研 ケイ酸添加キクロテラ培養予備試験



神西湖と宍道湖

植物プランクトン比較(崎幸子発表)

- 神西湖の出現種が限定される理由は、塩分濃度の変化が大きいことにあると考えられる
- 塩分濃度が大きく変わるという環境の変化に耐えられるのは、珪藻と緑藻の限られた種と考えられる
- このため、種としての多様性は宍道湖よりも神西湖は低い状態にあると思われる
- 神西湖のシジミは宍道湖よりも大きい理由は、宍道湖よりも湖内の栄養分が多い(1.5~2倍)こと、シジミのえさとなる珪藻が多く存在するためだと考えられる

59

聞き取りによる宍道湖の出現微細藻類

★塩分濃度が高い時

プロロセントラム(*Prorocentrum*) 赤潮が発生

★塩分が低い時(日照時間が少ない年を除く)

ミクロキスティス(*Microcystis*) アオコが発生
コエロスファエリウム(*Coelosphaerium*)の名前もある。

★塩分が8PSUの時

プロロセントラム、ミクロキスティス及び淡水水草の生育が抑えられる塩分濃度で、N・Pはケイ藻類の適応種が利用(ケイ素制限?)

60

ケイ藻類の生育環境特性

- ケイ藻はどのような水域にも必ず顔を出す適応能の強い種のグループ。“常に共存する種は環境に対して相似の反応を示す。淡水中の水中ジャングルに800種、海産種をあわせると20000種(渡辺仁治1996)
- **栄養塩として充分量のケイ酸が必須**
- 海水から汽水・淡水まで、また、汚濁から清水まで隈なく適合種が棲息する。水底堆積物中のケイ藻種類から過去の環境復元が可能

61

ケイ藻の生き方(浮遊と付着)

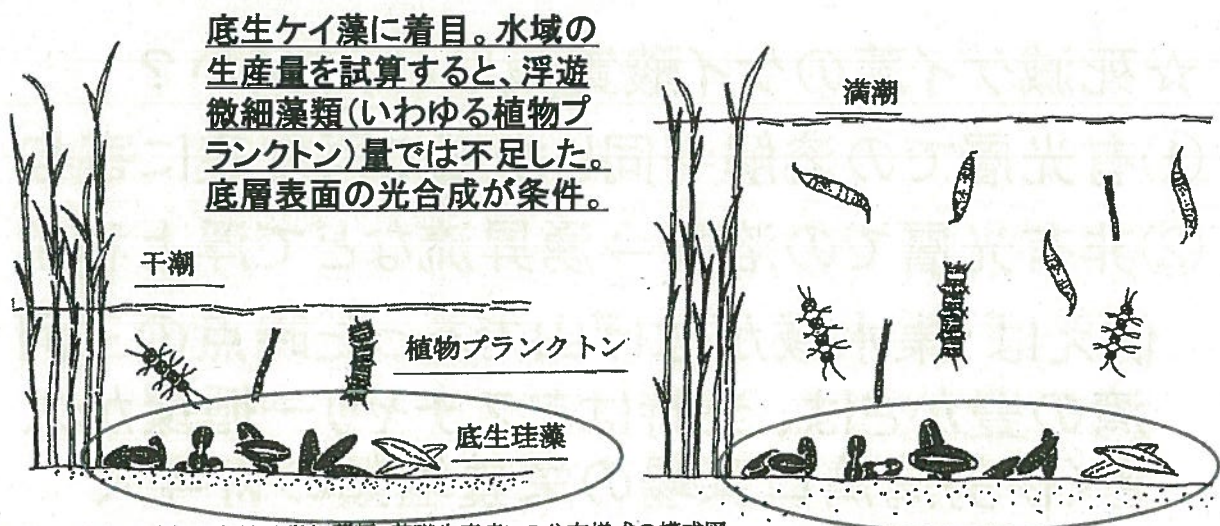


図4 河口汽水域における微細藻類(基礎生産者)の分布様式の模式図。

伊藤絹子・佐々木浩一・南卓志「河口汽水域生態系の特性—基礎生産における二重構造と高次消費者へのつながり—」月刊海洋2009年4月号

62

レッドフィールド比の鉄とケイ素

- Fe(0.001) : Si(15~50) : N(16) : P(1) : C(106)
- Feは好気条件下で不溶化、微細藻類が取り込む
溶存鉄は微量。効率的に使って0.001
- Siの数値の幅は、淡水性は殻が厚く、海産は薄いとされる。Si:Nは海産ではほぼ1であるが、河口のDSi:DIN比が2.8でも鞭毛藻赤潮が発生(黒海)。感覚的には流入河川水のDSi:DIN比は10以上が望ましい。ケイ酸は風化で岩石等から無限に供給され不足しないとするのは誤解

63

ケイ藻の殻のケイ酸の行方

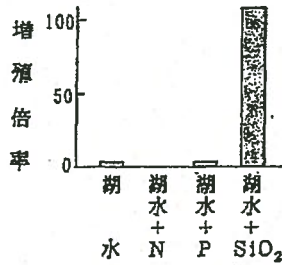
☆死滅ケイ藻のケイ酸質殻はどう動くか？

- ①有光層での溶解⇒同じ水域で再生産に寄与
 - ②非有光層での溶解⇒湧昇流などで浮上利用
例えば:集水域がはげ山であった時点の三河湾の豊かさは、当時はエスチャリー循環が大きく伊勢湾湾口深場の栄養塩類の寄与大
 - ③溶解しないで堆積⇒珪藻土⇒七輪製造
- ∴ケイ酸は窒素・リンと異なる循環時間軸

64

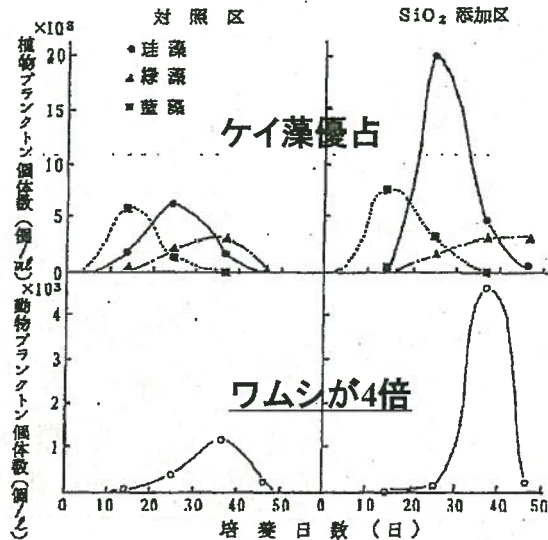
霞ヶ浦の湖水で試されたケイ酸添加

- 茨城県内水面水産試験場(1981)の成果



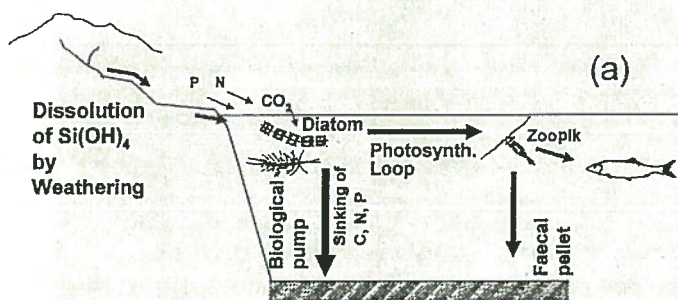
第12図 湖水への各種添加と Synedra sp.の増殖

湖水にケイ酸ソーダ(水ガラス)を添加して、DSiを増やしてDSi:DIN比を上げた条件でケイ藻が優占している



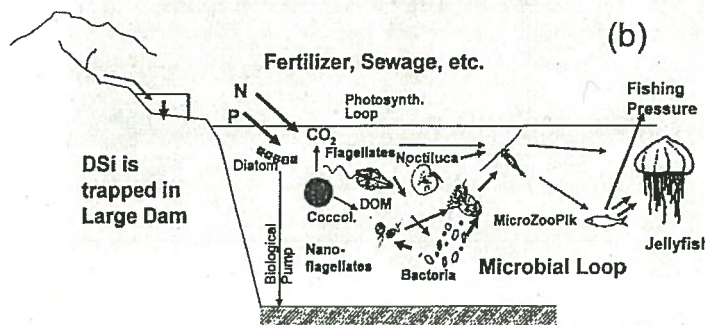
第11図 植物プランクトンの種類と動物プランクトンの生産

高活性・低活性食物連鎖仮説 (国立環境研究所 原島省 2007)



(a)高活性食物連鎖

ケイ藻を一次生産者とした魚介類世界の現出



(b)低活性食物連鎖

ダム等でケイ酸がトラップされて海ではケイ藻に変わり渦鞭毛藻類等が優占、従来型の食物連鎖が壊れてクラゲ類などが繁殖

海の生態系ピラミッド

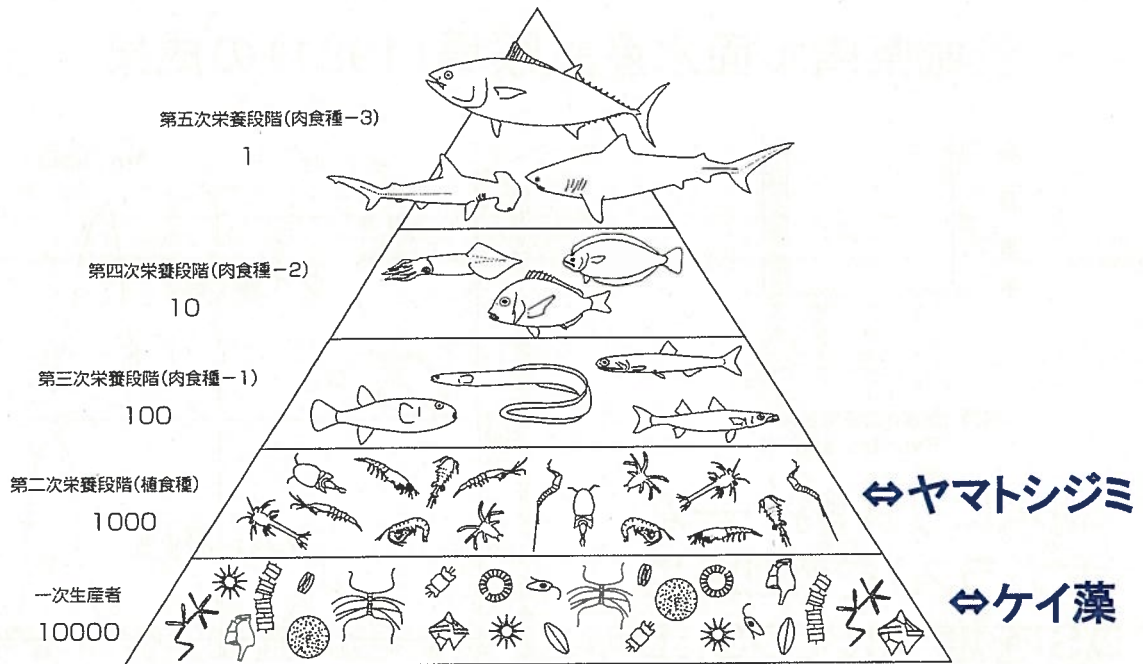


図 2.1 海洋の生態ピラミッド
 図中の数字は第五次栄養段階生物の量を 1 とした場合の下位の生物の捕食される量。

多田那尚・一見和彦・山口一岩「海洋科学入門」恒星社厚生閣(2014)p.9⁶⁷

富ケイ酸環境下でのケイ藻優占試験 (宍道湖漁協津ノ森ワカサギ孵化場)



健全な森林土壌づくりがケイ酸供給策

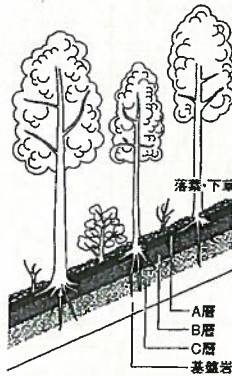
京都大学滋賀県演習林での調査結果: 島田緑子・大手信人・徳地直子・鈴木雅一
 「山地小流域における地下水・渓流水の SiO_2 濃度形成」(水文・水資源学会誌 1992)

矢作川流域 50%間伐実施林
 間伐材を使う⇒涸れ沢に湧水戻る⇒ケイ酸(シリカ・ケイ素)供給

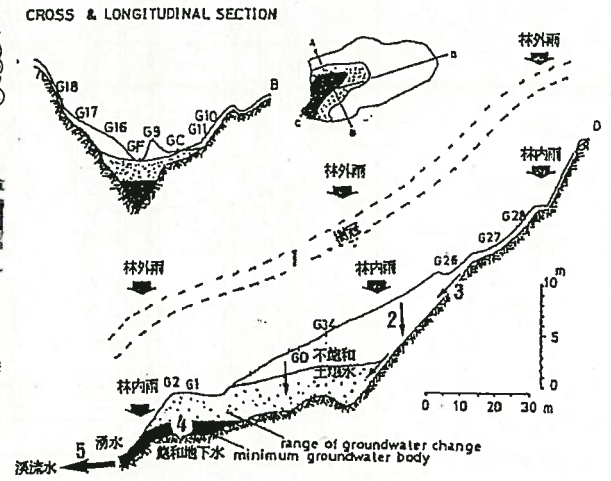


健全な森林土壌があれば、時間150mmの雨も全量浸透。太田猛彦「森林飽和」(2012)NHKブックス

健全な状態



この地域(桐生流域)での SiO_2 濃度は18mg/L上限



図一5 地下水帯の断面形状

土壤微生物風化によるケイ素供給を示唆

森林土壌によるケイ素の供給(仁淀川)

深見公雄(2009)

表2 森林土壌経由水の栄養塩類の特徴

項目	DIN	DIP	Si
降水中(μM)	8.23	0.07	0.54
対降水倍率	4.5	8.9	350
湧水中(μM)	37	0.62	189
N:P:Si	60	1	303

N:窒素 P:リン Si:ケイ素

仁淀川に対し、四万十川下流部での年平均のN:P:Si比は160:1:1820。(和吾郎・木下泉・深見公雄2008)

DSi:DINは仁淀川が5.1、四万十川が11.4.

ケイ素循環に寄与する土壤中の有殻アメーバ(名大構内産)

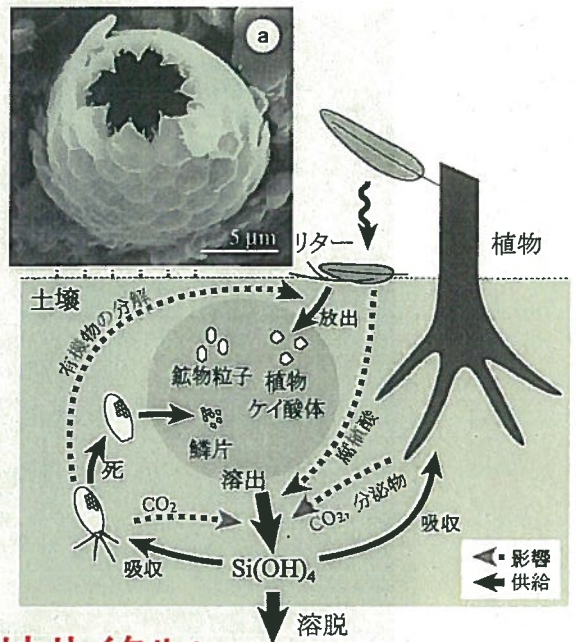
表2 各土壤に生息する有殻アメーバの数⁶⁾

	個体/g乾土
鈹質土壤	100 - 1,000
草地土壤	1,000 - 10,000
リター	10,000 - 100,000

表3 有殻アメーバ, 植物の生物体に蓄えられているバイオシリカの量と1年間に土壤に供給されるバイオシリカの量

	有殻アメーバ*	植物 ¹⁾
生物体に蓄えられているバイオシリカ量 (kgSiO ₂ ha ⁻¹)	0.19 - 0.97	193 - 1784
土壤に供給されるバイオシリカ量 (kgSiO ₂ ha ⁻¹ yr ⁻¹)	10 - 227	11 - 295

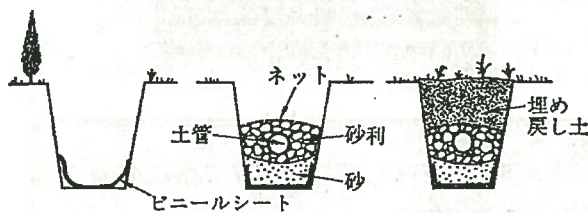
* 個体密度, 生産量より算出¹⁰⁻¹²⁾



青木義幸博論「土壤有殻アメーバと森林シリカサイクル」

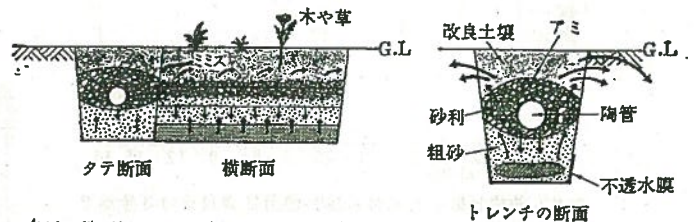
土壤浄化法による雨水処理

・毛管浸潤トレンチの概要



- 溝を掘って, 底に不透水膜を作る
- 砂, 土管, 砂利の順に積み上げ, その上にネットをかぶせる
- ネットの上に, 土を埋め戻せば, できあがり

図8-9 毛管浸潤トレンチの作り方



(汚水は横に流れながら上方に毛管流動する。この過程で微生物や土壤動物, 植物の根などで分解, 吸収される。)

図8-10 毛管浸潤トレンチのなかでの水の移動

(押田勇雄編ソーラーシステム研究グループ著
「都市の水循環」NHKブックス 1972)

馬ヶ城浄水場の緩速生物ろ過池



75

緩速生物ろ過池のケイ酸供給能

N県S市浄水場データ

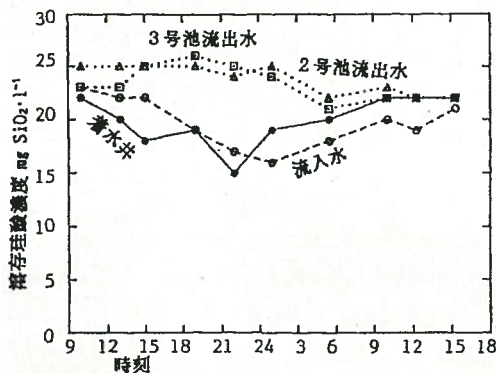


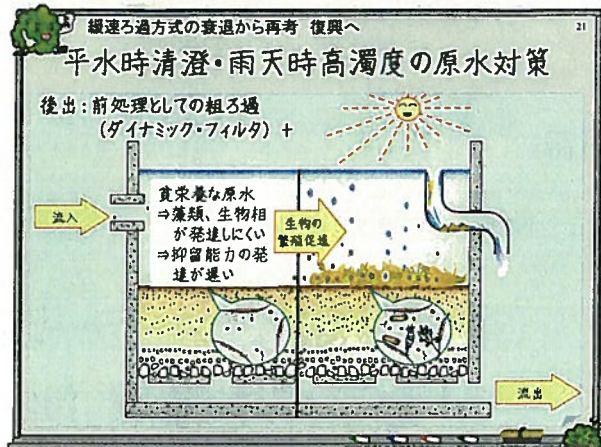
図8：使用日数3日の2号池と使用日数11日の3号池での溶存珪酸濃度の変化

**国際緩速ろ過学会(6月名古屋)で
ケイ酸供給仮説のポスター発表。**

**数ミリの生物膜に過ぎないが、森林
土壌と同様の機能を発揮していると
想定している**

群馬県 高崎市 剣崎浄水場
明治43年(1910)建設
国内で20番目の浄水場
土木学会認定 土木遺産

・実質耐用年数:100年
→LCCはきわめて廉価
→土木技術が生んだ
まさに子々孫々に誇れる正の遺産



活動成果を無にする原発事故！

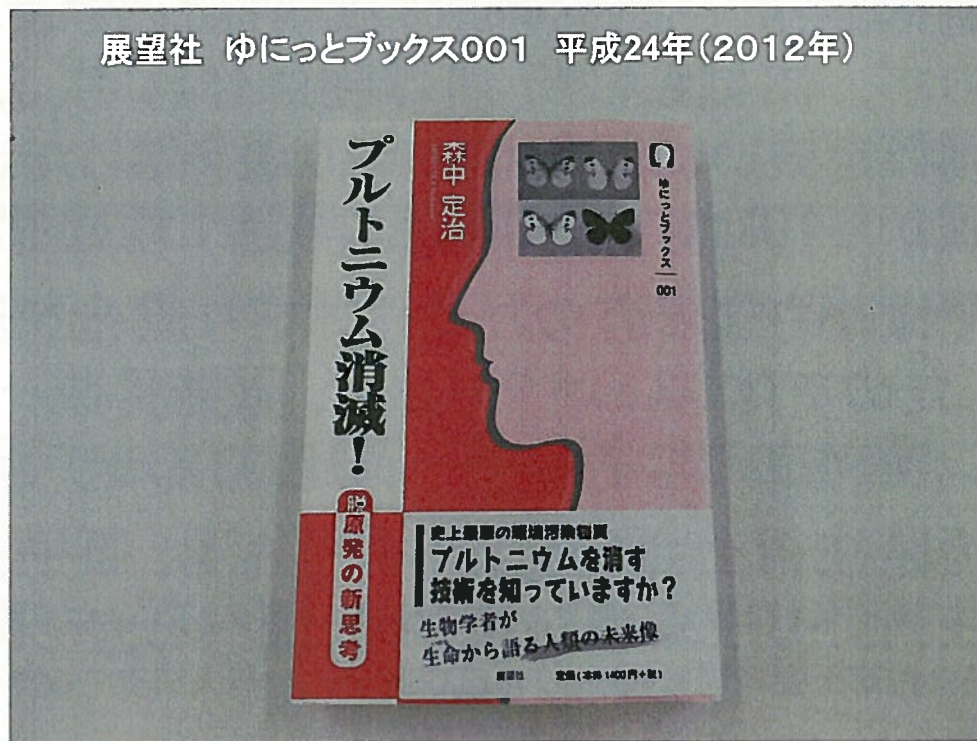
- 東電福島第一原発事故の放射能飛散で、水は飲めず、木は使えず、農作物は作れず、漁場は価値を失い、地域の生業の場を壊した。宍道湖から10kmに島根原発。再発に危機感
- 原発は小さな安心のために大きな安全を犠牲にしたのではないか？しかし、原発賛成・反対の二項対立でエネルギー問題は解決するか？
- 島根県技術士会研究誌に「門外漢、原子力発電技術『トリウム熔融塩炉』を調べる」を発表
(島根県技術士会⇒刊行物⇒27年度研究発表⇒個人研究で検索)

77

情報過少の原発技術紹介

- トリウムを原料としプルトニウムが殆どできず【核兵器廃絶】、プルトニウムが燃やせ【使用済み核燃料処理】、液体燃料なので過酷事故が原理的に起きない「トリウム熔融塩炉」が存在
- 1960年代に米国で開発、当時の国益に合わないと実験炉成功するも研究中止命令。日本の古川和男氏が研究継続。試験機の設計図完成済み。実証炉に300億円、300人、3年
- 静岡県知事記者会見：トリウム熔融塩炉に言及
- 佐藤栄作賞第22回最優秀論文賞 古川論文
- ウラン軽水炉推進・原発絶対反対に不利な情報⁸

原発について半分しか知っていない ～トリウム熔融塩炉はベター選択～



79

松井賢一著 「福島原発事故を乗り越えて」 副題: グローバル・エネルギー・シフトの時代

- 『小型炉に欠点があるとすれば、逆説的になるが、あまりに安全で安く手がかからないことなのかもしれない。要するに、あまり儲からない、多くの技術者を必要としない、核兵器物質生産が難しいといったところで、これまで大型原子炉路線を推進してきた人たちにとっては、うまみや面白みがなかったのである。』
- この発言をどのように捉えるかが問われている

80