

下水道展'24東京併催！！
令和6年度 下水道の市民科学発表会
水環境保全技術と地域連携

令和6年7月31日 対面＋Live

諏訪湖クラブ監事 “下水道の市民科学” & “
湖沼水環境保全に関する自治体連携”担当

技術市民 井上祥一郎

NPO法人 アイ環境研究所

『堀川1000人調査隊2010「自由研究隊」』関連活動)

「下水道」の市民科学とは！

- 市民科学 (Citizen Science) とは「市民が能力や時間、エネルギーを使ってサイエンスにアプローチする取り組み」
- 主な目的は①市民による研究活動 ②研究活動を通じた社会貢献 ③フィールド調査による市民教育 ④新たな政策提案と実現
- 下水道分野で市民科学を行っているのは世界でも初めての取り組み
- 出典：下水道協会誌10月号(2021) 巻頭言 東京大学下水道システムイノベーション研究室加藤裕之特任准教授

諏訪湖クラブ 下水道の市民科学活動

- 昨年の下水道展’23札幌併催では、**諏訪市立四賀小学校から“下水管7.1km、約2時間で下水処理場に着くウンチ君の旅”活動をGKPのご協力を得て発表(田代理事担当)**
- 長野県地域元気づくり支援金事業でウンチ君の旅活動を含む**「水の学習“水はどこから来てどこに行くのか！”」**を今年2月に発行
- 今回：“諏訪湖創生ビジョン”と“湖沼水環境保全に関する自治体連携”を“下水道の市民科学”活動の“SDGs技術”でつなぐ提言

提言を行う理由

- 諏訪湖クラブ(沖野会長)は“みずとみどりの研究会”の全国一斉水質調査に参加。事務局長から“下水道の市民科学”の紹介を受け参画
- 最近、処理水放流水域の**ワカサギ味覚**問題、連携団体と行政の報告会で示された放流先感潮域での**硫化水素臭**、**白濁**問題や、地下水導水に伴う**赤色泥管理**、他水源からの**導水水質の更なる適正化管理**等の共通課題を確認
- 情報交換会(6/27)で別部署との連携は無いと複数回答。技術情報共有は技術者に求められる“公益確保の責務”の実践に当たると認識

“諏訪湖創生ビジョン”について

- 20年後（2038）の将来像『人と生き物が共存し誰もが訪れたいくなる諏訪湖』の実現ビジョン
- 「水環境保全＝環境」、「漁業・観光振興＝経済」、「学び・まちづくり＝社会」の総合的な取り組みによるSDGsの具体化を指向。
- トピックス
 - ① 諏訪湖の日 10月1日（諏訪湖流域下水道供用開始日）
 - ② 泳ぎたいくなる諏訪湖実現、シジミが取れる諏訪湖まだ
 - ③ 流域下水道“クリーンレイク諏訪”からの高度処理水放流先水域に、激減しているワカサギが群れているが味が悪く漁師は獲らないとの漁協情報

漁獲激減のワカサギが群れているが塩素のせいかわ味が悪く漁師は獲らない(6/21WG)水域は釜口水門上
“ペンキを流したような”時代が“4.3km幹線放流管”を
要求。“澄んで豊かな再生湧水化”は46年経過の老朽幹線放流管を不要とし、反時計回りで漁業振興？



放流水と諏訪湖水の水質比較

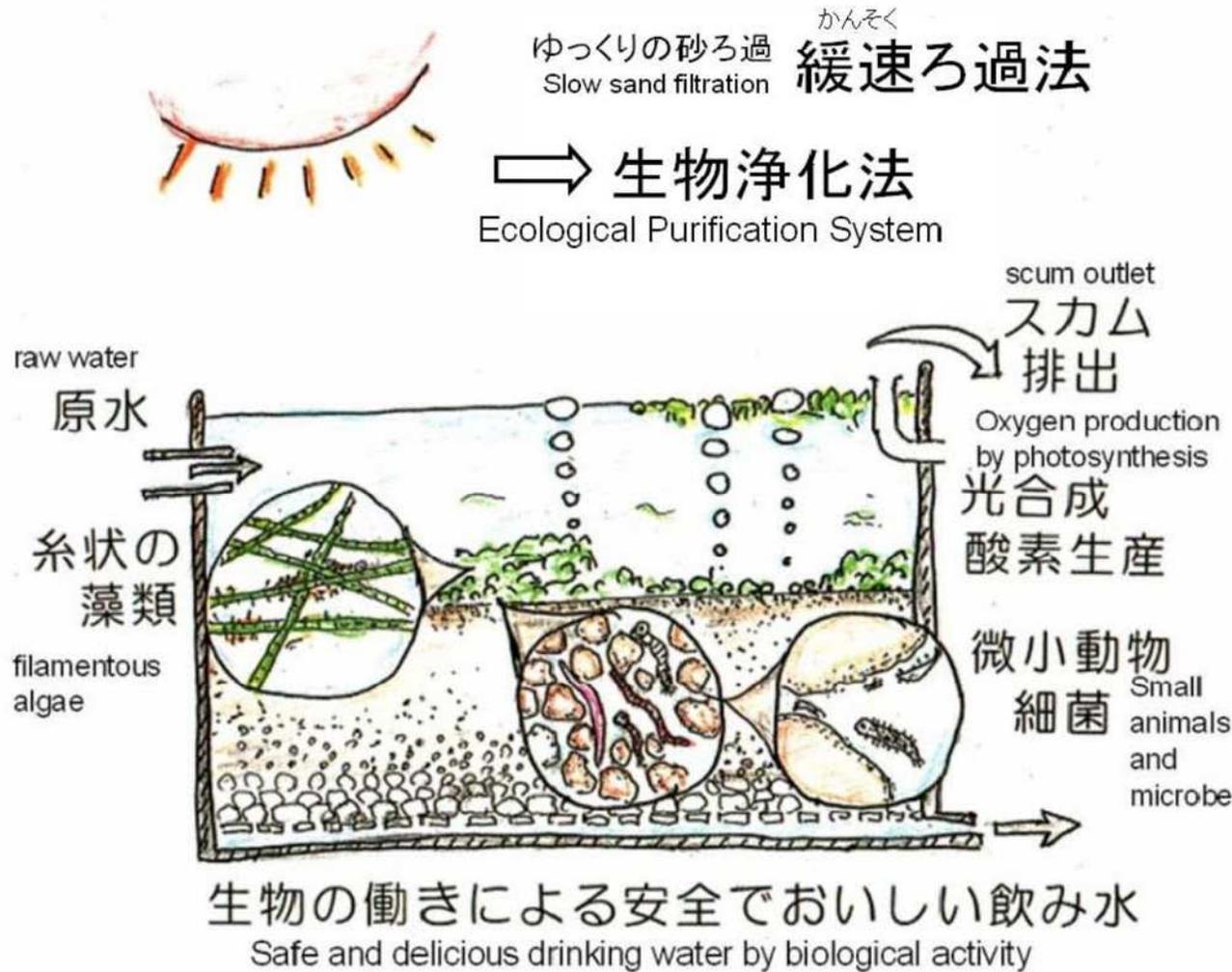
- 化学的酸素要求量(COD)(mg/L)
処理水 4.7 湖水 4.8 同程度で水質階級Ⅲ
- 全窒素(mg/L)
処理水 8.4 湖水 0.83 処理水は湖水の10倍
- 全リン(mg/L)
処理水 0.33 湖水 0.063 処理水は湖水の5倍

解説: 透明度は恐らく処理水>湖水。COD値は共に水質階級Ⅲで、飲み水(浄水場)原水並み。しかし、諏訪湖創生ビジョンの“シジミの棲める”水質階級Ⅱには未達。一方、窒素とリンは5~10倍で、仮に、湖水が貧栄養であれば未利用資源。また“泳ぎたくなる諏訪湖”には、湖水の衛生面と透明度、底質のサクサク(砂の感触)感が好まれる。砂地はシジミも好む。

土木研究所の「霞ヶ浦湖水実験」

- アオコ発生の際の霞ヶ浦湖水を原水とした生物浄化法利用実験報告
- 水工学論文集 第37巻 1983年2月丹羽薫他共著 “糸状藻類を活用した貯水池水質保全対策”の除去したい代表物質を藻類、カビ臭物質とする“放流水浄化設備”が生物浄化法
- 興味ある記述：流入水の $\text{PO}_4\text{-P}$ が低ければ $\text{PO}_4\text{-P}$ の除去率はマイナスとなり、高ければプラスになる。(P.269)

上田市染屋浄水場の生物浄化法



水深を浅くし、藻類を繁殖させ、微小動物を増加させる。ろ過継続を長くする。砂の粒径は大きくする。ろ過速度は、早い方が、夜明けの酸素不足にならないで良い。

削り取り回数はできるだけ少なくする。削り取りで、砂層内の生物群集を除かないようにする。砂での機械的なる過でなく、生物群集による浄化である。

自然の森林や畑の土壌層と比較しよう。土壌を除いては、生物は活躍できないし、分解できない。

上田市浄水場の水質資料から

- 信州大学繊維学部中本研究室修士論文の上田市浄水場の過マンガン酸カリウム資料(岩瀬私信)。(注:上水の有機物評価は現在はTOC)
- KMnO_4 を物差しにすれば、**染屋原水は水質階級Ⅲ(汚れた水)**、**ろ過水は同階級Ⅱ(ややきれいな水)**

染屋、石船、若田の KMnO_4 を図から解読 単位: (mg/L)

項目	染屋 平水時	染屋全体	石船	若田
原水	5.7	6.4	7.7	3.3
未ろ水	4.3	3.8	4.1	3.1
ろ過水	2.6	2.4	1.9	1.4

緩速ろ過/生物浄化法実験装置

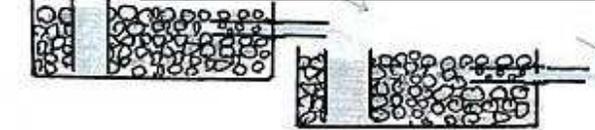


To keep continuous flow by a small pump

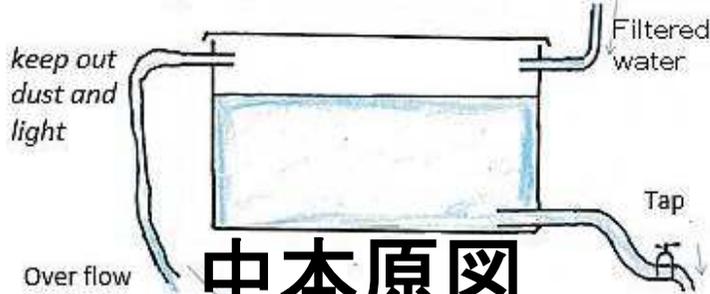
Up-flow roughing filter

To make subsurface suspension free clean water in the flood plain.

上向式粗ろ過槽



Filtrate storage tank



中本原図

keep out small animals



生物浄化槽

Under drainage porous pipe covered with mesh cloth.



生物浄化槽

実験水路例 土木研究所 下水処理水のセセラギ 用水利用実験 平成20年度(微生物保持担体反応槽)



水質項目	単位	新技術処理水	砂ろ過水
T-N	mg /L	16.24	15.71
T-P	mg /L	0.37	0.44
T-Mn	mg /L	0.0008	0.0190
D-Mn	mg /L	0.0006	0.0159



きれいで豊かな水は“湧水”

- 「水清ければ魚棲まず」に対し「豊かな清らかな水」は“湧水” 下水高度処理水の生物浄化法処理水は“再生湧水”か？の検証に期待
- 近年の陸水学は、湖沼内湾等の栄養塩類が河川由来か地下水由来かを分析。後者は水量で劣るが高濃度で結果的に供給量で勝るケースの報告（日本水産学会監修「地下水・湧水を介した陸-海をつながりと社会」水産学シリーズ185 恒星社厚生閣平成29年3月）

重ねて「水清ければ魚棲まず」 は誤解を招く不正確な表現

小泉清明著「川と湖の生態」共立出版(1971)

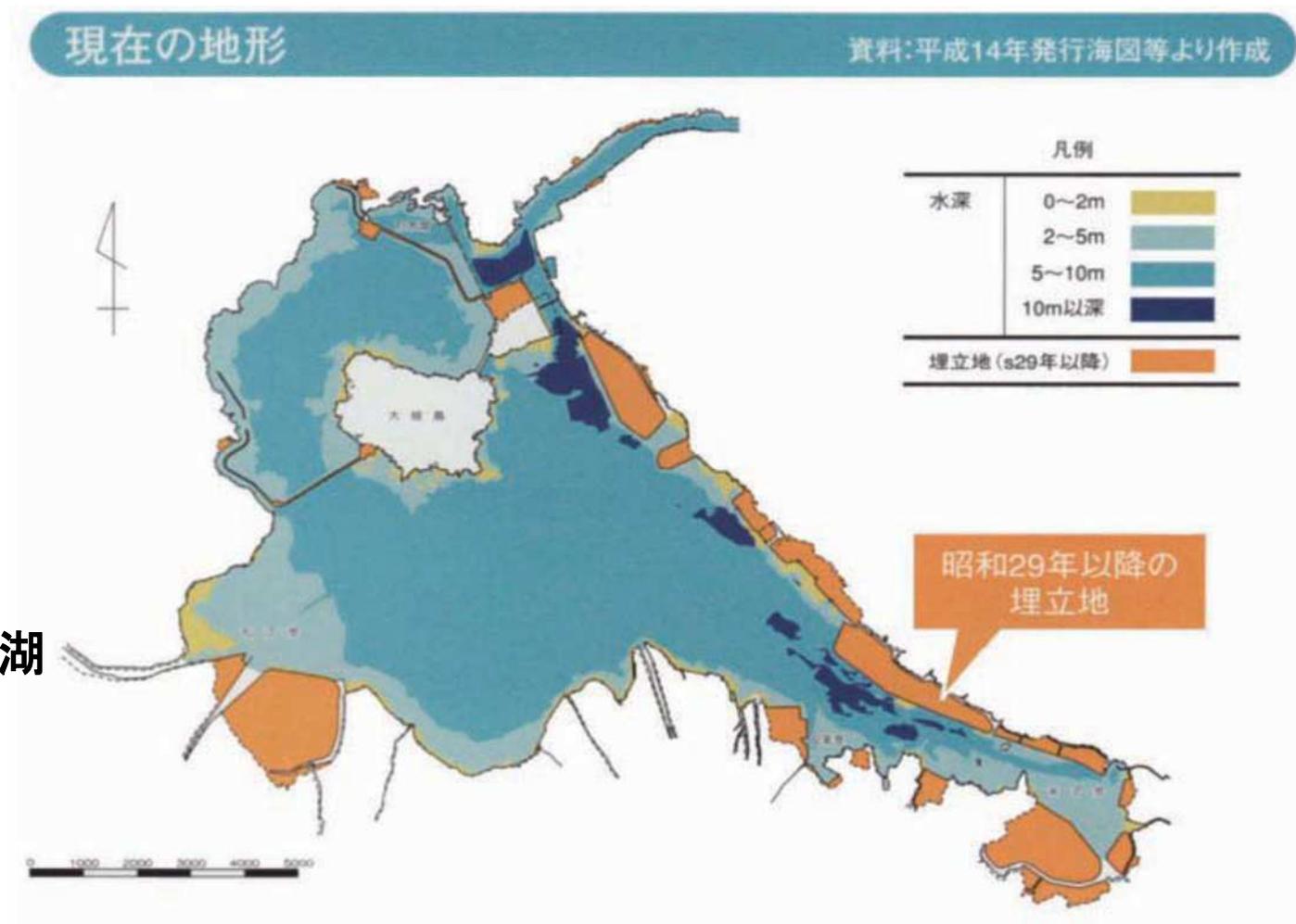
- ① ベンネット(1940) イリノイ州の湖で1人1時間に釣った魚の数を報告 透明度4.0フィートの時6.53匹、1.03フィートの時3.02匹
- ② バック(1956) 39の養魚池で澄んだ池、濁った池、中間の池でスズキとプランクトンの生産量の割合を調査。澄は中間に対し魚1.7倍、プランクトンは8倍、また(澄は)濁に対しては魚は5.5倍、プランクトンは13倍という結果

“湖沼水環境保全に関する自治体連携”

第17回世界湖沼会議期間中の平成30(2018)年10月16日設立
宍道湖・中海(島根・鳥取)、琵琶湖(滋賀)、諏訪湖(長野)、霞ヶ浦(茨城)



自治体連携湖沼で干拓中止後の中海(島根・鳥取)浚渫窪地は硫化水素発生水源



浚渫窪地深掘り跡 総計 800ha 3千万 m^3

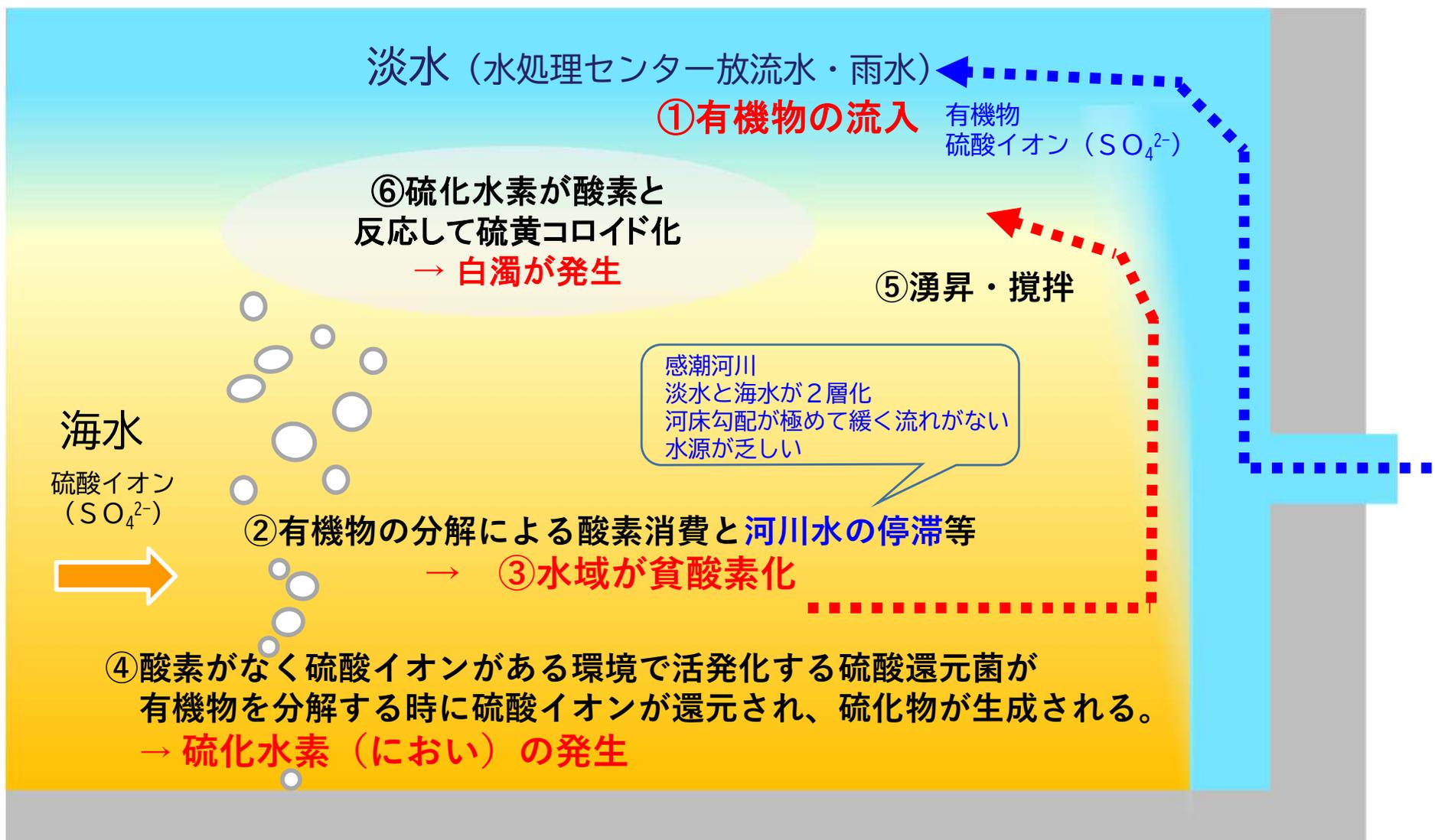
下水道の市民科学団体“堀川 1000人調査隊2010”研究発表会 (3/23)で市側から更なる課題提起

- 新堀川の“臭気・白濁”(次頁参照)と、地下水導水施設での“赤色泥”発生問題を市が明示
- 赤色泥は硫化水素臭と硫黄粒による白濁の解消に寄与する底質改善材として利用できる旨、研究発表の会場から発言
- 自然発生の赤色泥鉄と、ヘドロ中の鉄利用法を紹介。この検証活動を大学等と協働予定

2. 水質シミュレーションを用いた浄化施策の効果検証(堀川1000人調査隊発表資料)

5 水質シミュレーションによる効果検証の結果(新堀川上流部の「におい」)

■ 新堀川でのにおい(硫化水素臭)の発生メカニズムのイメージ



※丸数字は、現象が起こる順番

硫化水素対策に鉄利用

- 名古屋市新堀川の“①硫化水素臭・硫黄粒白濁”を地下水導水の際発生する“②酸化鉄含有赤色泥”を利用して解消する底質改善技術(特許第6499562号)の検証
- 筆者の所属するNPO法人“アイ環境研究所”(理事長(株)エステム鋤柄修名誉会長)の個人会員活動として“堀川1000人調査隊2010「自由研究隊」”への参加を準備中。中部大学上野研究室との協働研究で進める予定

出雲平野水田地帯の用水路の鉄(カ+)気

地下水導入施設で発生する赤色泥と同質

斐川町 今在家 三面張り水路



泥水と乾泥の有機物量と鉄等の量

泥水としての分析

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

乾泥としての分析

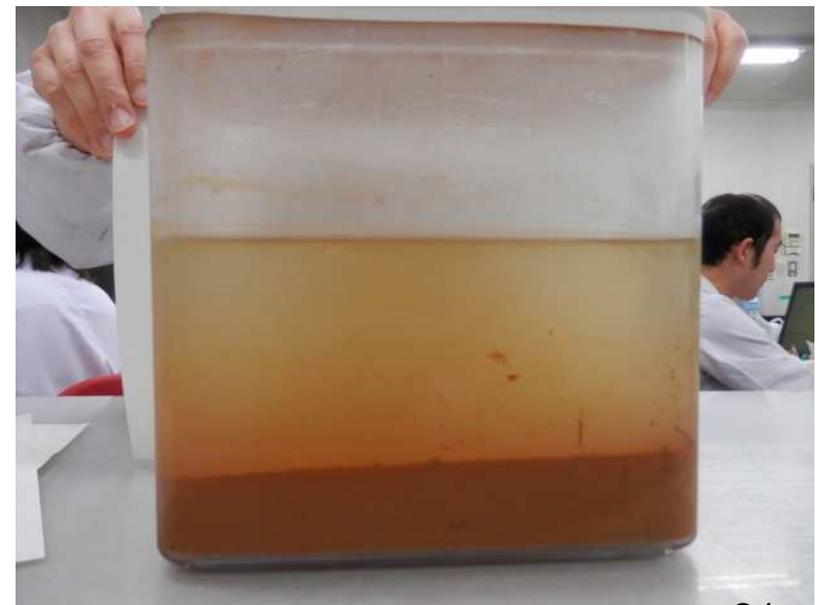
浮遊物質中の成分および強熱減量

鉄 310000mgFe/kg
(310gFe/kg)

マンガン 830mgMn/kg

強熱減量 20.2%(有機物)

実験者:野々部顕治技術士(上下水・衛生工学)



準備作業：硫化水素水の作成

(試薬：硫化ナトリウム五水和物)



1-1 攪拌条件下で乾燥赤色泥粉投入



1-2 黒色に変化(硫化鉄化)



1-3 静止状態でも黒色に変化



2-1 乾燥粉末を所定量の水と混合



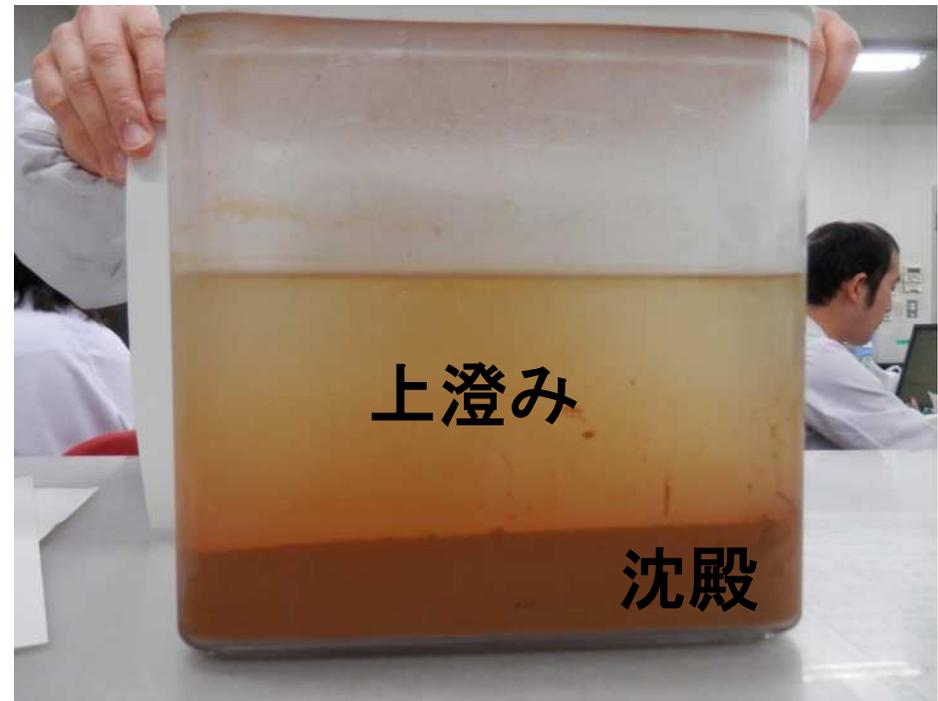
2-2 調整した赤色泥水を注入 (ほぼ瞬時に反応)



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
• 沈殿	1.178	21.5°C

☆比較 海水比重 1.025前後



赤色泥水の湖沼底層貫入(密度流) イメージ

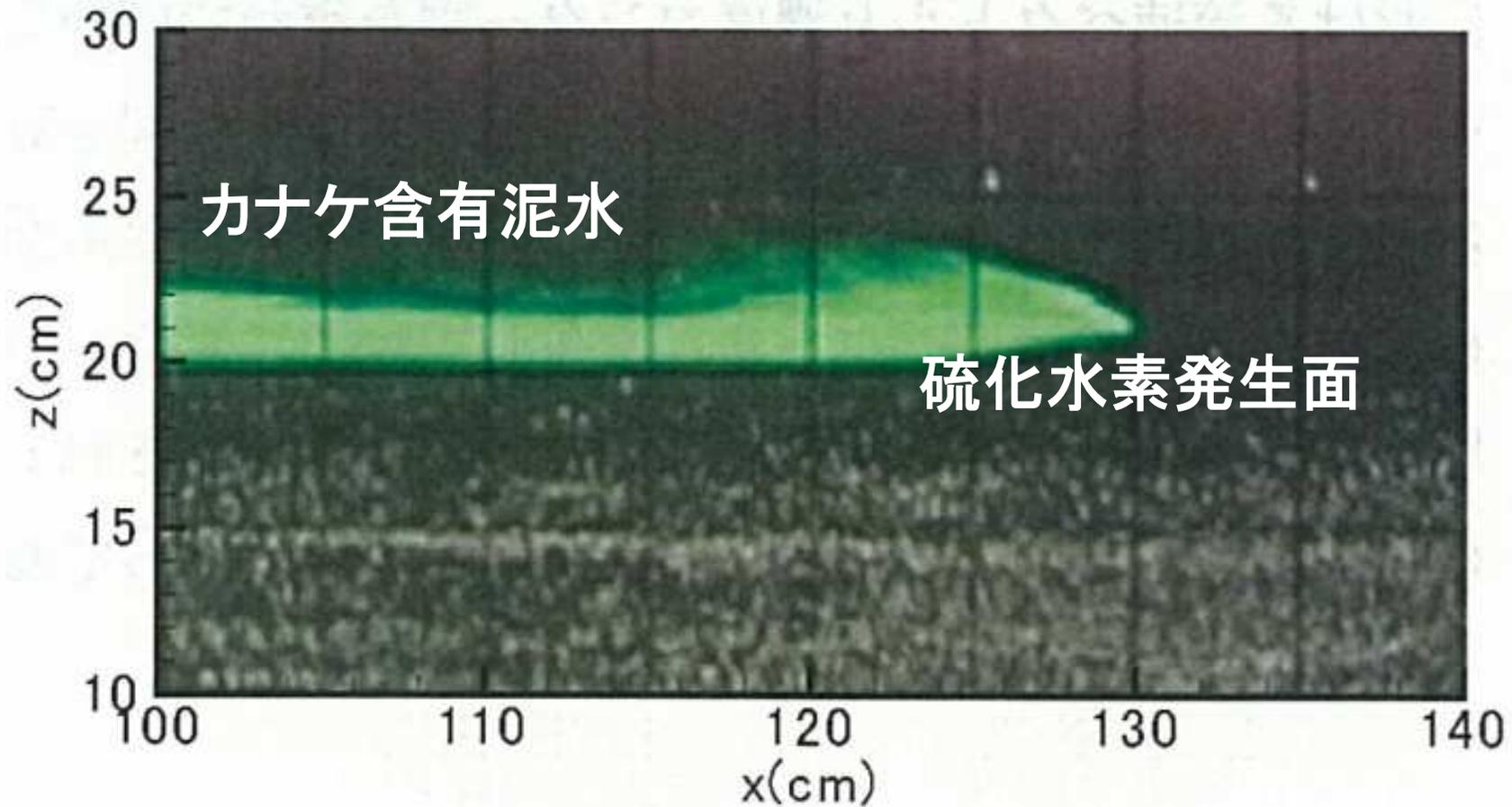


図-13 実験画像

(Run1-1, 中層:1.0%—下層:4.0%)

宍道湖西岸なぎさ公園で魚類へい死発生

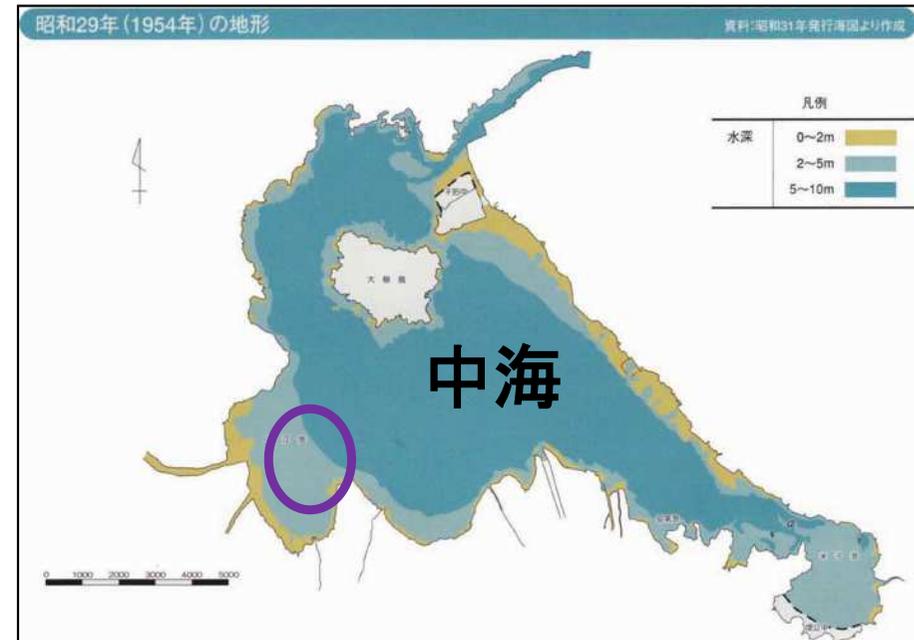
(国交省出雲河川事務所) 24年9月20日

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



赤土のカナケで藻貝の青潮被害軽減



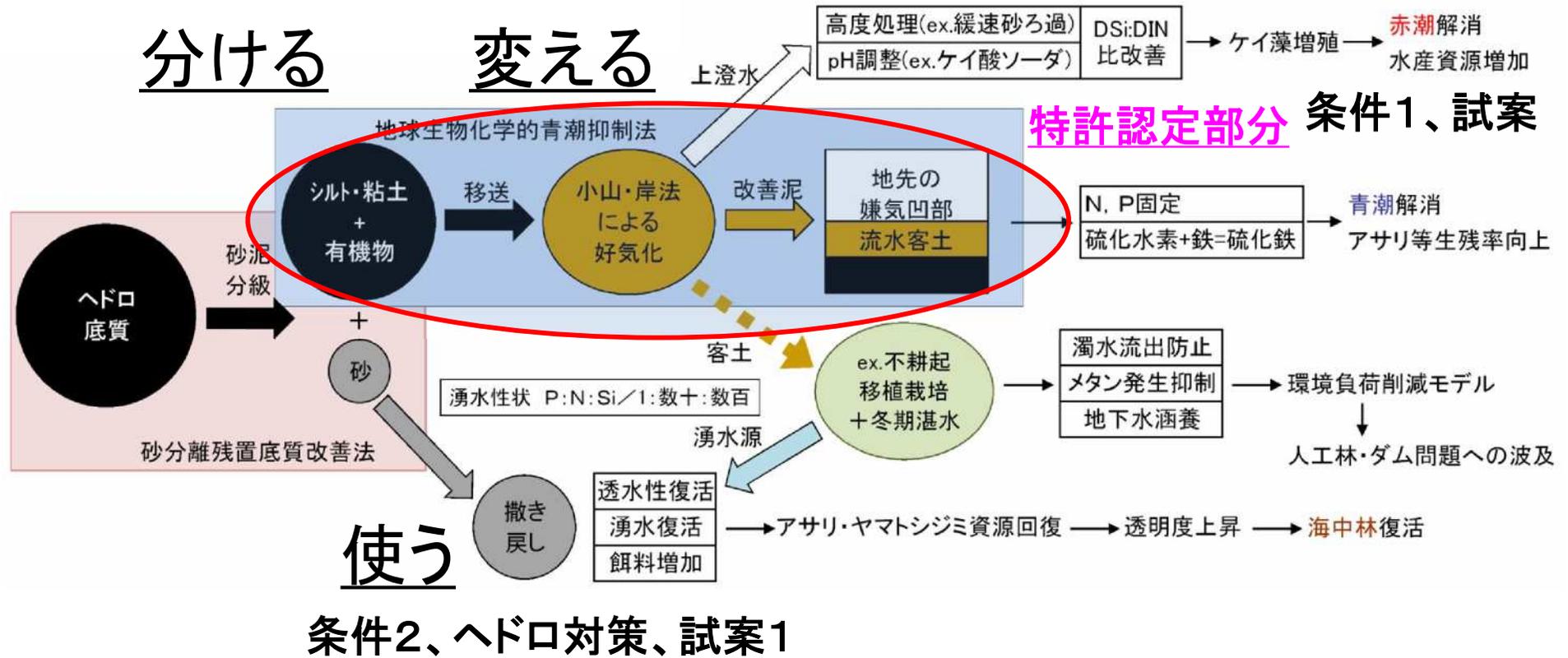
中海藻貝(サルボウガイ)成貝生存率(昭和28年10月14日)島根水試報告書
(単位 個)

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	

自然の赤色泥不足時の補填技術

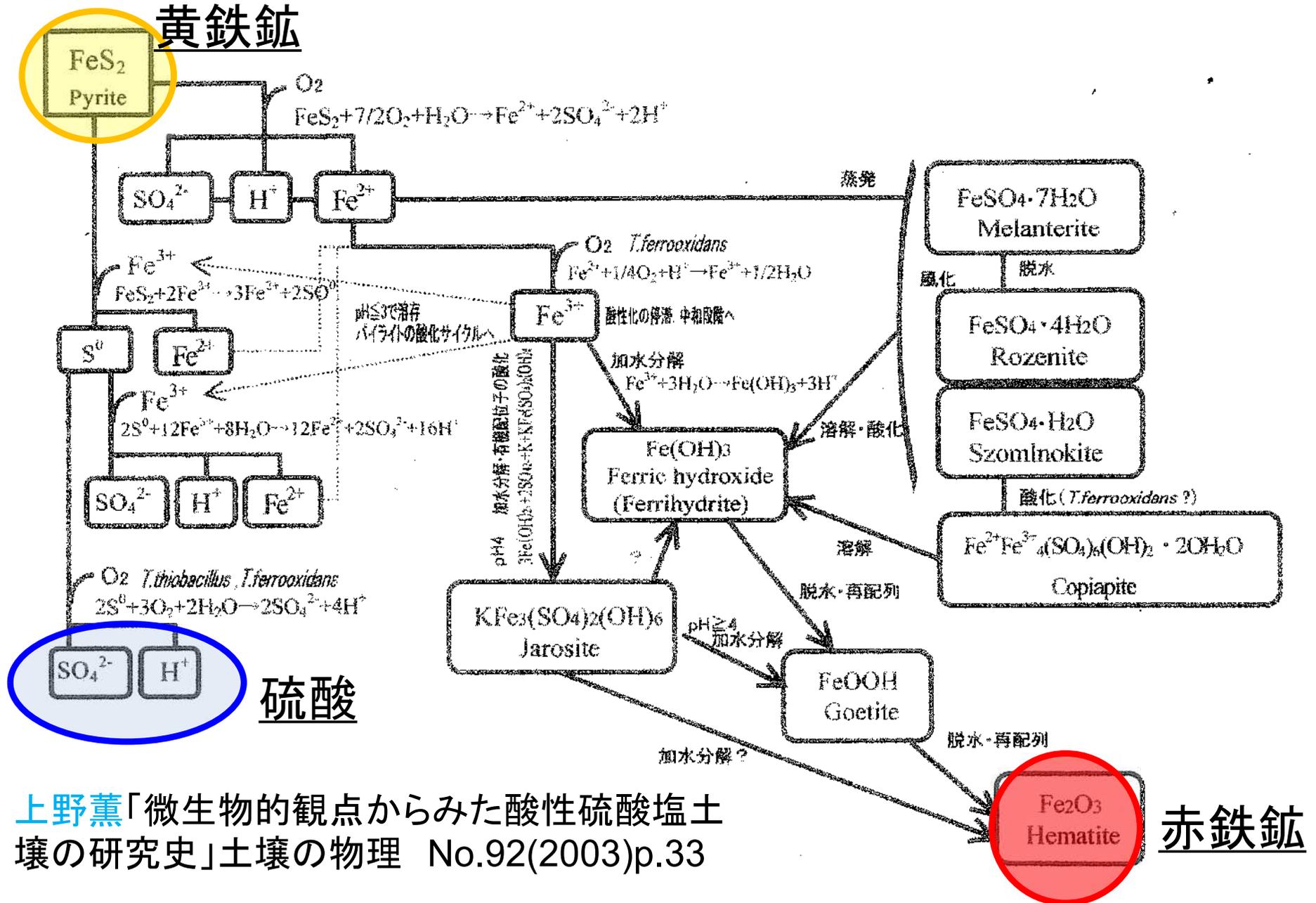
硫化水素無害化・ケイ酸供給型砂分離残置底質改善法を開発

条件3、ケイ藻優占、試案1
加える



鉄バクテリアと硫黄バクテリアの働き

黄鉄鉱(パイライト)が赤鉄鉱(ヘマタイト)と硫酸に変わる

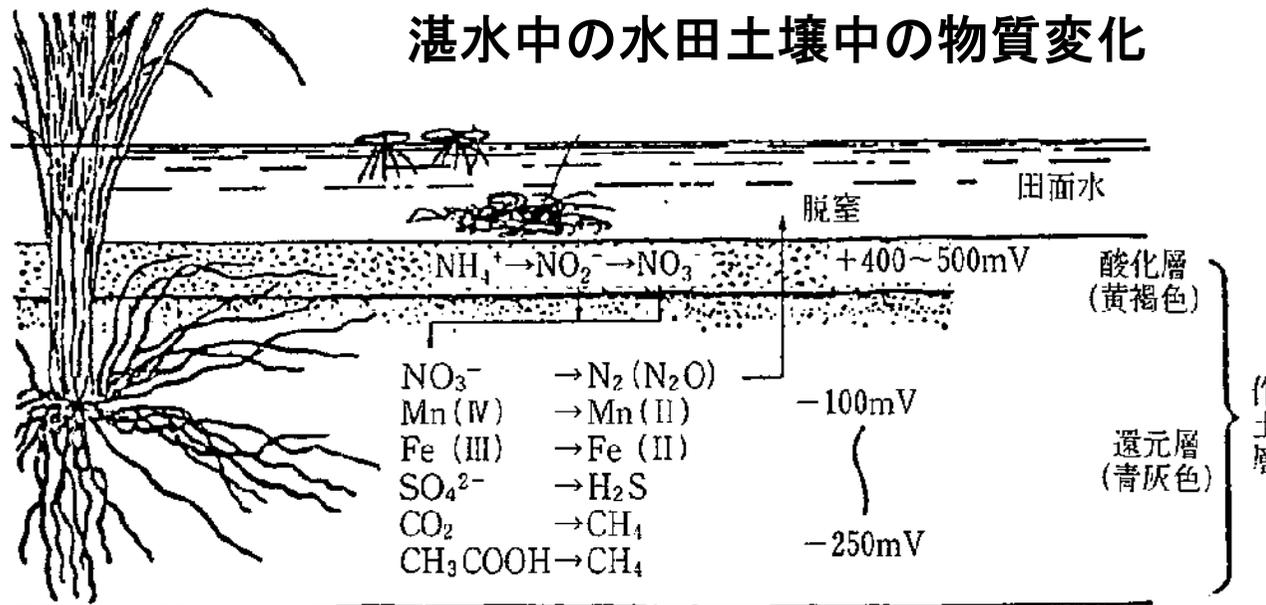
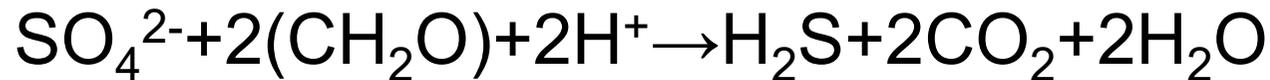


上野薫「微生物的観点からみた酸性硫酸塩土壌の研究史」土壌の物理 No.92(2003)p.33

基礎は水田土壌の生態系反応科学



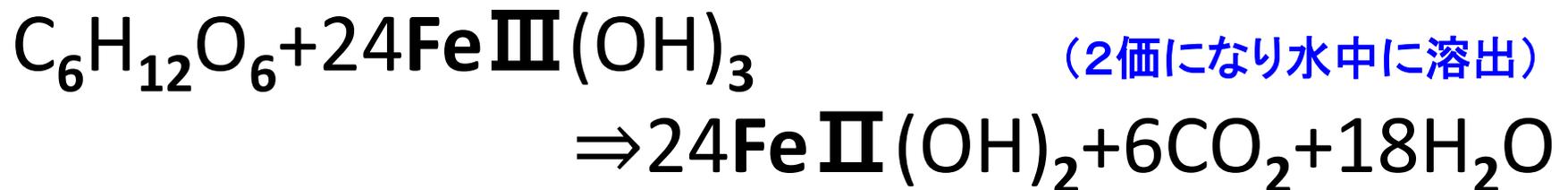
硫酸還元で生成する H_2S (海水中では HS^- に解離)



Ⅲ価の鉄から硫化水素と反応するⅡ価の鉄になる時に、(1)式のように有機物を分解する。鉄の含有量は油が淵で4~5%、島根では10%以上。 $Fe < S$ 条件だとパイライトに至って安定化。

名古屋に帰り最初に会いに行った 小山忠四郎名古屋大学名誉教授 からの受け売り知識

⇒鉄は好気条件下では三価で、酸化鉄として底質中に固体で存在。有機物の流入でその分解に水中酸素が消費されると、下の式に従い、有機物分解に寄与し、二価になって水中に溶出。溶出先の水中に酸素が戻ると反応し、三価になって底質に戻る。すなわち、水中の酸素を底質に運ぶ働きを持つ。



愛知県の汽水湖“油ヶ淵”底質改善実験

(愛知県知立土木事務所:清流ルネッサンスⅡ事業)(2003~2004)

米国特許保持者「農村環境研究会(岸博代表東京都文京区)」の技術概念:

底泥の遷移(Succession)と、二枚貝類生息環境整備を重視

遠心分離機→

遠心分離機



油ヶ淵の底泥データと ヤマトシジミ衰退原因の推定

- 青潮によるへい死⇒硫化水素障害：根拠 ①
- 餌料のケイ藻不足仮説⇒渦鞭毛藻類の優占
- 細粒化による不適底質化：根拠 ②

①青潮発生の痕跡：潜在的酸性硫酸塩土壌

項目	黒色シルト・粘土	改善泥	参考： 児島湖 浚渫土
pH(H ₂ O)	7.42	3.59	7.07
pH(H ₂ O ₂)	3.05	2.96	3.02

② 細泥化：透水係数比較

項目	原底泥	分離砂	好気化 処理後泥
透水係数 (cm/day)	0.874	1,598	1.346
原底泥基準 の倍数	1.0	1,828	1.54

ゴカイが棲む底質の透水速度

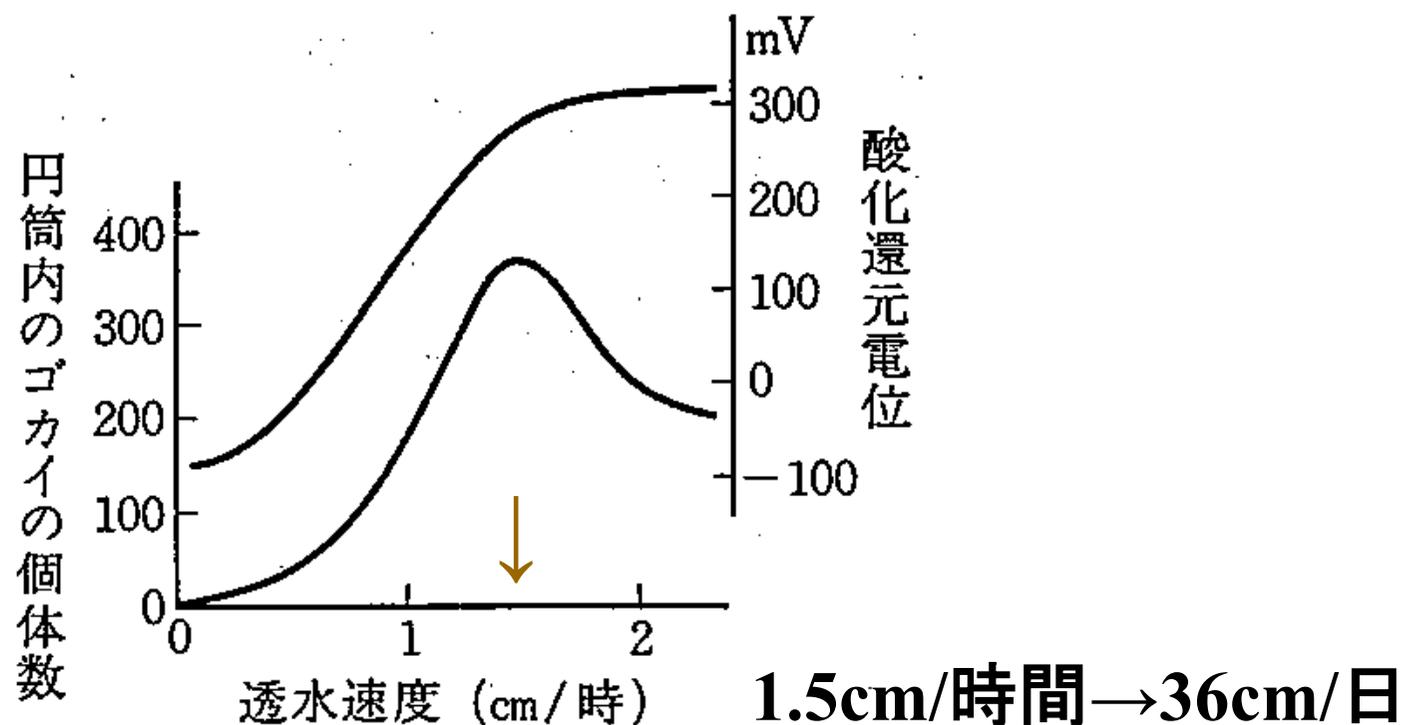


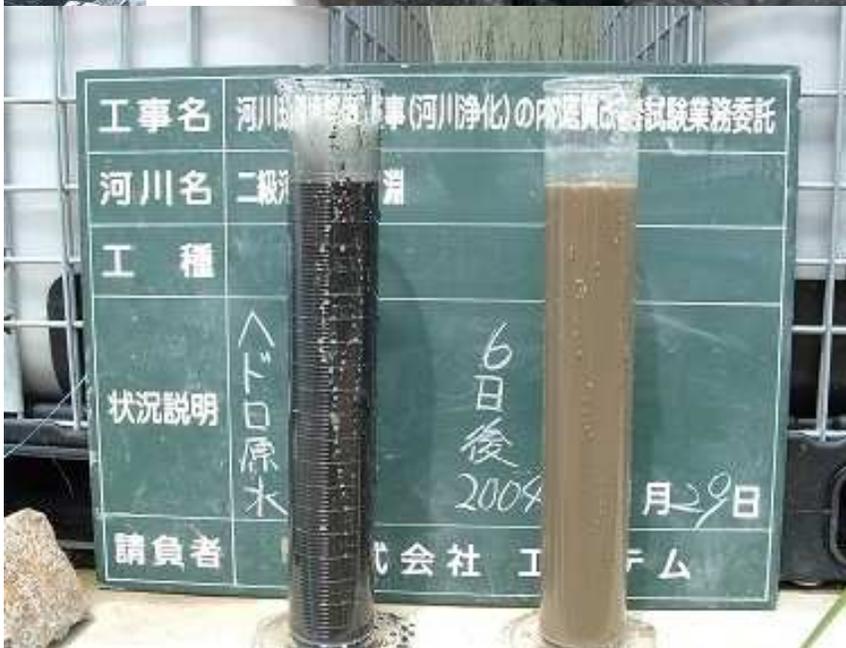
図 12 透水速度と酸化還元電位、
ゴカイの個体数との関係(矢島
孝昭ら)

栗原康(1980)「干潟は生きている」(岩波新書)p.54

どうやって変えるか？分離泥水の曝気による好気化 鉄酸化細菌と硫黄酸化細菌の働き



(仮称: 小山・岸法)



曝気前 曝気後



この工程で硫酸でpH低下

“下水道の市民科学”

&

“湖沼水環境保全に関する自治体連携”

- 当併催発表会における“新堀川の硫化水素対策”は、“中海の浚渫窪地”で応用可。下水高度処理水の湧水再生法は5湖沼全てが対象。両技術はSDGs(生態系サービス)の範疇
- 2018年の世界湖沼会議時に設立の“湖沼水環境保全に関する自治体連携”が、次回日本で開催の“世界湖沼会議”に成果発表ができるよう“諏訪湖クラブ”は積極的に活動します