

平成30年8月24日 矢作川流域圏懇談会「山部会」資料

## 「シジミ、アサリを増やす森と里からの湧水」 ～農・林・水産部門技術士の継続研鑽から～

海部会 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)

矢作川流域圏懇談会 市民会議海部会長

日本陸水学会 東海支部会会長

土岐川・庄内川流域ネットワーク会長

伊勢・三河湾流域ネットワーク共同代表世話人

「22世紀奈佐の浜プロジェクト」愛知県代表委員

1

## 「海と湖の貧栄養化問題」(2015地人書館)

「はじめに(山本民治)」より

- 1971年「水質汚濁防止法」施行、1973年「瀬戸内海環境保全臨時措置法」成立、1978年「瀬戸内海環境保全特別措置法」成立。これらによる窒素・リン・CODの水質総量規制強化
- 2005年からの第6次水質総量規制で環境省は「湾の窒素やリンも適度であれば漁業にプラスであり澄んだ海と魚の豊富な海は必ずしも両立しない」との共通認識を示すに至る
- 生態系の「豊かさ」を取り戻すことに方向転換

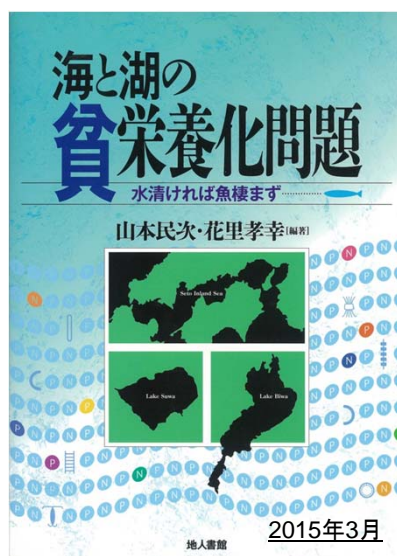
2

## 同書の提言(鷺尾圭司)

- ① 漁業において少量多品種生産という質を重視した発想転換
  - ② 海の環境要素に多様性をもたらし、森川里をも関連させた順応型の環境管理
  - ③ 海域ごとの経済性のみならず、社会性や文化性についての合意形成
  - ④ 世界的な食糧問題をもとにした、生物生産力を高める国民運動的物質循環に配慮した持続可能モデルの構築
- 貧栄養化問題は栄養を足せばよいという問題ではない

3

## 書籍紹介



4

## 「システムとしての〈森・川・海〉」の主張

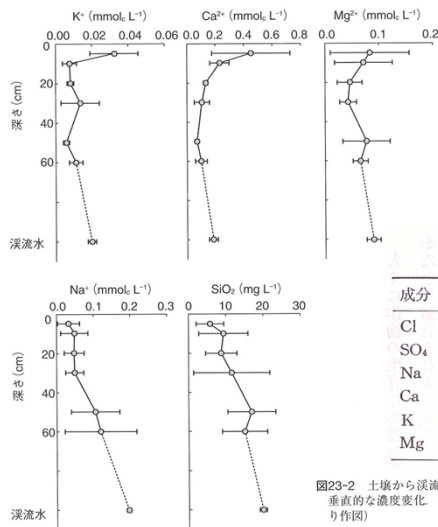
- 『山の森、河川、そして海を一つのシステムとして理解し、林業、農業、漁業そして都市生活も、水を媒体としたシステムの流れの中で生きていかねばならない。そのシステムは、多くの地域的システムの集積である以上、その利用・管理の主体は地域社会でなければなるまい。川上から川下を含む流域社会に住み、生産活動をしている人びとこそが、その主役でなければならぬはずである。』（長崎福三）

5

## 森川里海の循環で確認したいこと

- 森からのミネラルが豊かな海を育む
  - ① ミネラルとは何を指すか？ ② 森と里からのミネラル(栄養塩類)の違いは？
- 生まれた川に戻るサケは森への魚体肥料！だとすれば森は基本的には貧栄養？
- 干潟形成と森と河川構造物の関係は？
- 矢作川の原点“濁水に挑む”の理由は？
- 森川海をシステムとして理解した上での順応管理とは？

## 森林土壌における栄養塩の挙動



カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)は50cm程の土壌層で減少(消費)するのに対し、ナトリウム(Na)とケイ酸は土壌層で深さによる増加(消費されない)傾向が見て取れる。土壌から付加されると考えられる

表4 日本における降水の平均化学組成

(菅原, 1963)

成分	含有量(mg/L)	成分	含有量(mg/L)	成分	含有量(mg/L)
Cl	1.1	Si	0.83	Zn	0.0042
SO <sub>4</sub>	4.5	Fe	0.23	I	0.0018
Na	1.1	Al	0.11	As	0.0016
Ca	0.97	F	0.089	V	0.0014
K	0.26	P	0.011	Cu	0.00083
Mg	0.36	Sr	0.011	Mo	0.00006

図23-2 土壌から溪流にかけての垂直的な濃度変化。(大類ら<sup>1)</sup>より作図)

7

## トランス・サイエンス思考

- 米国の核物理学者のアルヴィン・ワインバーグが1972年にTrans-Scienceを提唱。ここでは
  - ① 科学と社会の相互作用で発生する
  - ② 科学によって問うことができるが、科学で答えることができない ①と②の問題とする
- トランス・サイエンス領域では、科学者・利害関係者・問題に関心をもつ多様な市民を巻き込んだ公共的討議が必要

その前提は「確からしい情報全ての共有」(私見)、今回の話題提供はその一事例

8

## 「水清ければ魚棲まず」もTS問題

- 「水清ければ」に対する一般人と専門家の相違

一般人: そうか! 澄むより濁った方が良さそうだ!

専門家: 蒸留水ではなく適度な栄養が必要

関連情報: 補足すると透明度は大事です。「バック氏の1956年の報告があります。39の養魚池で、スズキとプランクトンの生産量の割合を調査しました。澄んだ池は、中間の池に対し、魚1.7倍、プランクトンは8倍でした。また濁った池に対しては、魚は5.5倍、プランクトンは13倍という結果でした。」この出典は、小泉清明著「川と湖の生態」共立出版(1971)です。

## 富・貧栄養化対策のTS

- 現時点では窒素とリンの過剰・不足のジレンマ
- ①陸域からの窒素・リンの過剰供給で富栄養化
- ②環境基準を決め窒素・リンを削減(浄化推進)
- ③漁獲低下やノリの色落ち被害は、窒素・リンの過剰な削減に起因する(水産側の問題提起)
- ④窒素・リンの下水処理場からの供給策を実施
- ④で富栄養化にならず、豊さが戻る根拠は?
- 貧栄養に対する森林の役割は? 窒素・リン?
- 窒素・リン供給策以外の対策は?

10

# 貧栄養化はアサリでは「食」問題

- 三河湾ではアサリの生長不良、漁獲低迷回避が喫緊の課題。関係者は”餌不足“で一致
- アサリ餌料は微細藻類では「ケイ藻」が定説
- アサリの衣食住の課題は、貧酸素、餌(クロロフィル)不足、ヘドロ化が代表的
- 貧酸素回避、干潟造成の並行施策は不可欠
- 環境問題としての赤潮は、有害種の渦鞭毛藻類による貝毒被害や、死滅後の貧酸素問題。青潮は硫化水素発生によるへい死問題

2005/12/15 水道産業新聞 第4201号



元建設省下水道課長 亀田泰武さん

## 「ケイ酸付加技術」の意義と調査背景

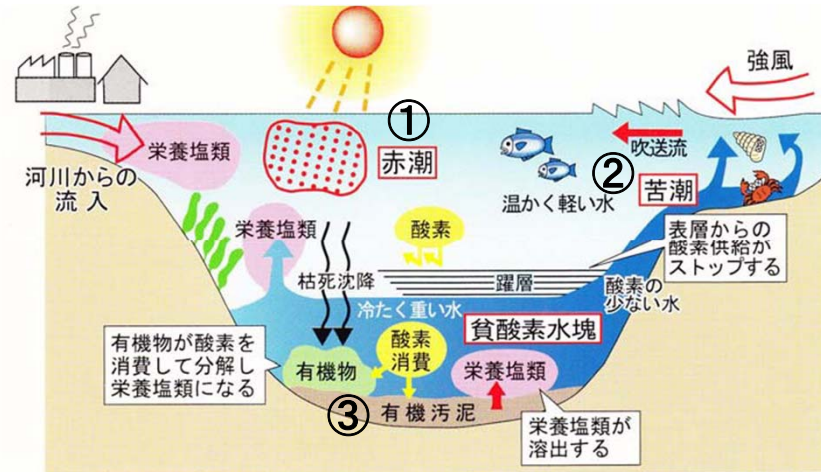
### 良好な食物連鎖の創生へ向け

**視点21** 生き活きとした東京湾に  
するために新たな発想を

元建設省下水道課長 亀田泰武さん(左)は、11月19日、東京湾の植物プランクトン、動物プランクトン、高次の捕食者へと連なる、良好な食物連鎖を形成する重要な要素として珪藻プランクトンの存在が重要です。

—中略—珪藻プランクトンの生育のため栄養塩類とケイ素の濃度比が一定値(ケイ素/リン比で16)必要とされていますが、東京湾のようにケイ素に比べ大量の栄養塩類が流れ込む水域では、その比が狂ってしまいます。その結果、生産が活発となる春夏時期、水中のケイ素が足りなくなり、珪藻プランクトンが増殖できなくなって、アサリの餌が不十分となっている可能性があります。

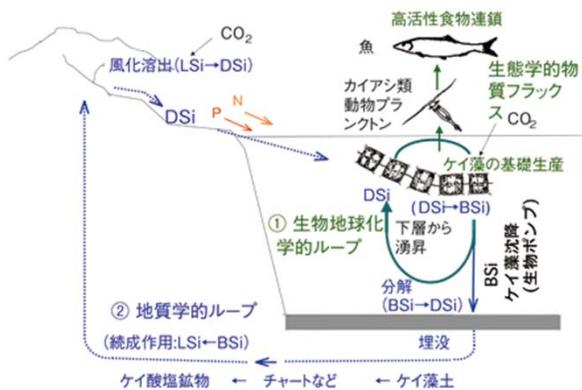
## 窒素・リン付加で下図をどう変える？



富栄養化を原因とする「赤潮」「苦潮」(愛知県水試資料)

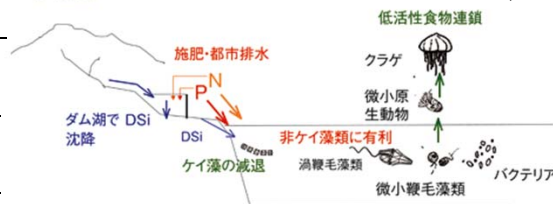
13

## 富・貧栄養化に対し高・低活性食物連鎖論



環境省広報誌「環境儀」No. 39号から原島省氏による「高活性食物連鎖」と「低活性食物連鎖」の概念図(注:DSi:溶存ケイ酸態ケイ素)

### 改善すべき生態系 ↓



**DSiの減少は、ダムその他、土壌浸透面積の減少(都市化、間伐遅れ人工林の土壌消失等)が大きく影響。湖沼や内湾の水底湧水はDSi供給源**

14

## 高活性・低活性食物連鎖論への私見

- 富・貧栄養化説は“豊かな海”への具体的イメージが湧かないのに対し、豊かさが具体的
- 上流域で溶存ケイ酸が減少すると、非ケイ藻類が優占し、魚介類資源の低下を示唆
- 新説ではなく、角皆静男や児玉真史の「シリカ欠損仮説」を踏襲し、それを一般論化した
- 技術者はケイ酸供給を技術目的にできる
- ケイ酸減少はダムだけには止まらない

## 高活性食物連鎖モデル

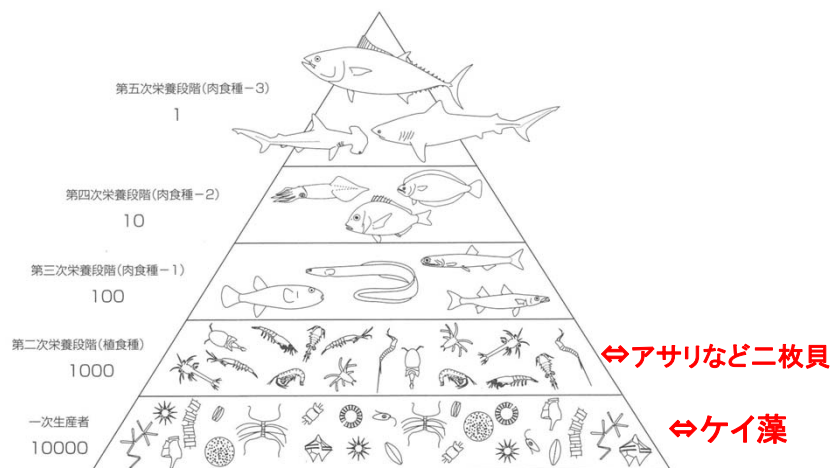


図 2.1 海洋の生態ピラミッド  
図中の数字は第五次栄養段階生物の量を1とした場合の下の生物の捕食される量。

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.9



## DSi(溶存ケイ酸態ケイ素):DIN(無機態窒素)比 ドナウ川と矢作川での変化 (児玉真史論文から)

シリカと窒素比の影響について

単位  $\mu\text{M}$

項 目	時 点	DSi	DIN	DSi:DIN
ドナウ川	開発前	140	(3.3 $\mu\text{M}$ )	42
	開発後	58	(20.7 $\mu\text{M}$ )	2.8
矢作川(34km)	50年前	240	15	16
	2007年	185	41	4.5
矢作川(12km)	2007年	—	—	2.36

ドナウ川ではダム建設と窒素負荷の増大という人為的な開発の影響によってDSi:DIN比が大幅に低下し、黒海において、鞭毛藻赤潮の頻発を引き起こしたとされている  
山本・岡井によれば1980~1991年の三河湾における春季赤潮延べ日数は鞭毛藻類によるものが珪藻類を大きく上回っており、矢作川のDSi:DIN比の低下時期との対応が認められる

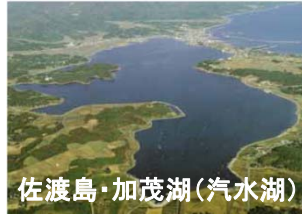
17

## 植物プランクトンは全種類が餌か？

- ケイ藻のレッドフィールド比(広島大学 山本民治教授)  
 $\text{Fe:C:N:P:Si} \Rightarrow 0.001:106:16:1:15 \sim 50$
- 経験則ではケイ藻類優占が水産資源を維持
- 富・貧栄養化論議はN、P主体(Fe、Siは対象外)
- 内湾でも海洋と同様にクロロフィル量で生産餌料の植物プランクトン量(「食」)を評価→ケイ藻、非ケイ藻類(渦鞭毛藻等)を同一に評価
- メンバーにシリカ、ケイ藻に着目する研究者がいないとシュミレーションに反映されない(辻本)

18

## カキを活かすも殺すも種類しだい



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)



カキの餌料のケイ藻

レッドフィールド比

鉄:リン:窒素:ケイ素:炭素

ケイ藻類:0.001:1:16:15:106

非ケイ藻類:0.001:1:16:0:106

ケイ藻もヘテロカプサもクロロフィル保有

19

## ケイ藻優占水質把握上の課題

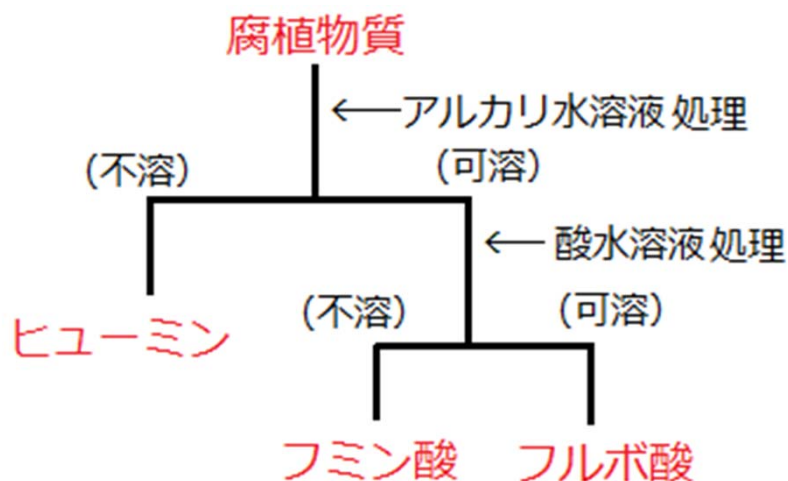
- ケイ酸量を把握せず、窒素・リンの供給増だけで、定量的なケイ藻優占を実現できるか
- 生物浄化法(緩速ろ過法)がケイ酸供給機能を持つ可能性がある。下水処理水を生物浄化法を通した場合に、この影響はどう出るか
- 長野県伊那市衛生センターではケイ酸供給によるし尿・浄化槽汚泥処理を実施中。ケイ酸収支の把握が可(豊橋技科大・北尾着目)

## 森林土壌の生態系サービス

- 松永勝彦著「森が消えれば海も死ぬ」(講談社ブルーバックス1993)で「フルボ酸鉄」の有用性指摘
  - 同「森が消えれば海も死ぬ第2版」(2010)で、湿地、水田からの鉄供給も大きいと追記
  - 内湾や海の生態系ピラミッドの底辺を支えるのがケイ酸を必須栄養素とする「ケイ藻類」と記述
- 仮説: 鉄は水田からシリカ欠損。雨水中に微量なケイ酸が森林土壌浸透で増加
- ケイ酸供給が森の生態系サービスの一つ
  - キレート作用を持つフルボ酸と二人三脚?

21

## 腐植の画分



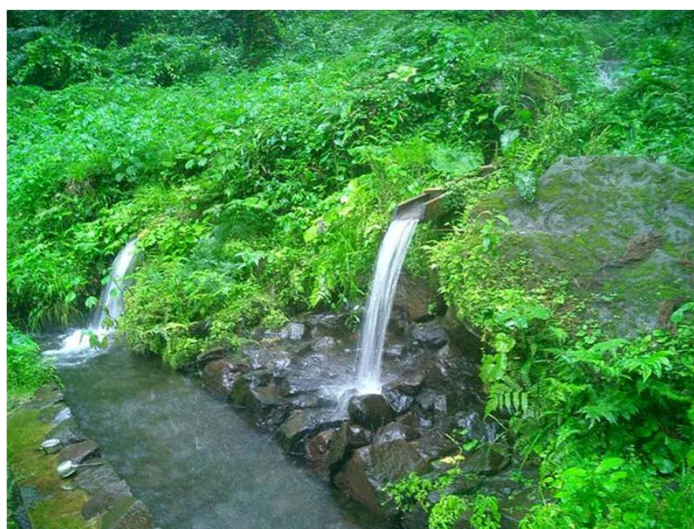
22

八郎湖で起きたこと  
～男鹿半島の森の「木と土」の恵み～



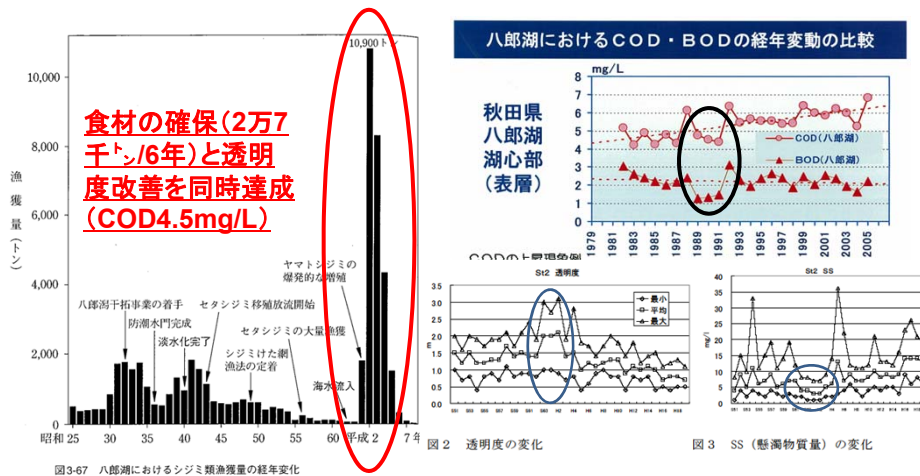
23

男鹿半島は湧水半島



24

## 八郎湖で自然が見せた突然の 「W生態系サービス(自然の恵み)」



25  
25

## ヤマトシジミの爆発的増殖の理由

- 海水の流入による繁殖可能環境の発現(種)
- 受精卵に始まり、D型幼生、稚貝、漁獲サイズまでの衣食住環境が適合(発芽⇒生長)
- 着底容易な底質が必要面積存在(「住」問題)
- 大量のシジミ資源のろ過機能で、透明度が上昇し、貧酸素化を抑制(「衣」問題)
- 資源量を維持できる大量のケイ藻類発生(「食」問題)浮遊性と付着性ケイ藻の相乗効果

## ケイ藻ケイ酸殻の物質循環

- ケイ酸は窒素・リンと異なる循環時間⇒ケイ藻は増殖時に溶存ケイ酸を固定⇒死滅時に窒素・リンは短時間で溶出、ガラス質の殻の溶解には要時間
- 極微量が溶解する鉄に比較して、ケイ酸は常時地球生物化学的に高濃度で水圏に供給(粘土に変換)
- 窒素・リンがレッドフィールド比と同価に対し、潤沢なケイ酸はレッドフィールド比より大きな濃度勾配要求
- バイオミネラリゼーション(生物鉱物化)でガラス化した殻は、有光層で溶解すれば再利用されるが、多くは深層水中に沈積。珪藻土は溶解せず堆積した殻

## 薪が燃料資源時代の近郊山地



愛知県尾張旭市

## ハゲ山でも豊かな三河湾仮説

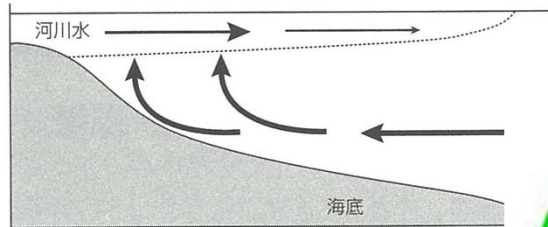
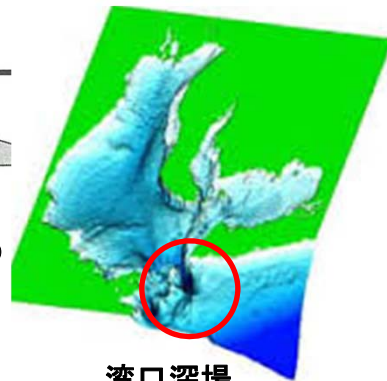


図 8.1 エスチュアリー循環流の概念図

伊勢湾の湾口深層水：渥美半島先の湾口部に深場が存在。ここに程々の窒素・リンと大量のケイ酸が存在してエスチュアリー循環で三河湾内に流入すると、流域の三河の山がハゲ山でも豊饒の海であり得た。(仮説)



湾口深場

29

## 土壌が流亡した現代版はげ山



30

# 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

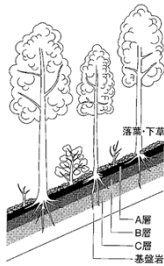
「山地小流域における地下水・渓流水のSiO<sub>2</sub>濃度形成」(水文・水資源学会誌 1992)

矢作川流域 50%間伐実施林



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<sub>2</sub>濃度は  
18mg/L上限

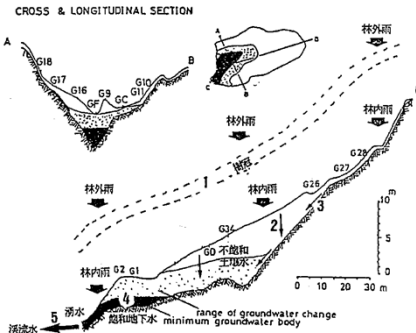


図-5 地下水帯の断面形状

土壤微生物風化によるケイ素供給を示唆

31

# 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.

32



## ケイ素供給機能施設 緩速ろ過(生物浄化)池

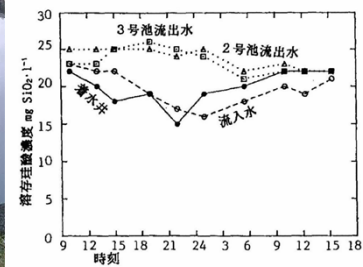
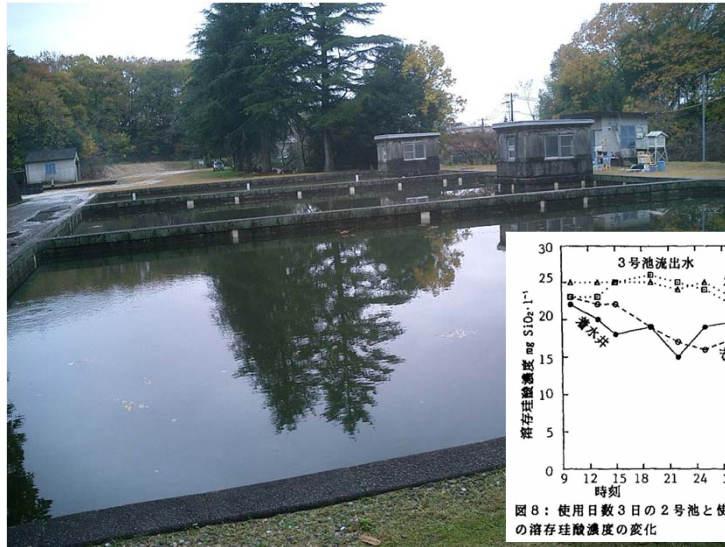


図8: 使用日数3日の2号池と使用日数11日の3号池での溶存珪酸濃度の変化

中本原図

## 宍道湖のヤマトシジミ餌料として 期待される*Cyclotella*培養ケイ酸添加効果 (島根大学大谷教授私信)



対照

粒剤

粉末剤

34

# 先行研究「珪藻増殖を目的とした湖沼・河川における窒素・ケイ酸濃度制御方法に関する実験」 琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター年報第11号(H20年度)

## 1. 目的


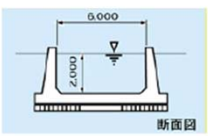
湖沼や河川において水質中の過剰な窒素を除去し、不足しがちな溶存態ケイ酸を補給することにより、珪藻の増殖を促進し、結果的に藍藻の異常増殖を抑制する。これらの現象を屋外水槽実験により確認する。

## 2. 実施方法

屋外水槽実験は琵琶湖・淀川水質浄化実験センター(以下Biyoセンターという)の深池型実験施設を用い、表2-1に示す区画を設けた。測定頻度を表2-2に、測定項目を表2-3に示す。

表2-1 実験施設概要

実験場所	滋賀県草津市 琵琶湖・淀川水質浄化実験センター(Biyoセンター)
実験水槽	深池型浄化実験施設(長さ20m、深さ2m、幅3m×2本並列)
原水	葉山川

35

# 先行研究の成果 ①

## 3. 実験結果および考察

### ① 藻類の異常増殖の抑制

盛夏の7月～8月において、ブランク槽では水面を覆うほどの緑藻類が異常増殖したが、実験槽では藻類の異常増殖は生じなかった。

### ② 藍藻類の抑制

アオコの異常増殖は実験期間中みとめられなかったが、実験槽の藍藻類はブランク槽に比較して細胞数で約30%抑制されていた。



写真 3-1 実験状況 (7月撮影)

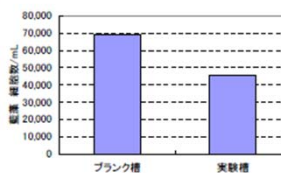


図 3-1 藍藻の細胞数 (9月測定)

### ③ 健全な生態系の構築

植物プランクトンの量はブランク槽で大きかったが、以下のような動物プランクトン等の食餌圧を受けていることをみると、実際にはより多くの珪藻を中心とした植物プランクトンが発生し、高次の生態系を支えているものと推察される。

36

## 先行研究の成果 ②

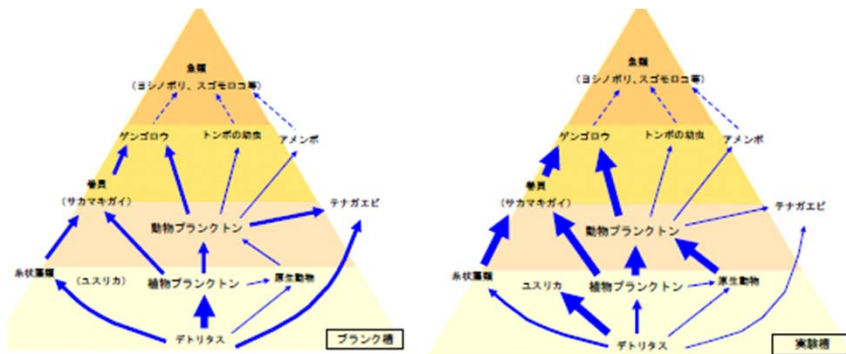


図 3-2 ブランク槽と実験槽の生態系ピラミッドの相違（矢印の太さは出現数に比例）

37

## ケイ酸供給視点でダムを見ると！

★ ケイ藻にとっては必須だが、緑藻・藍藻にとっては不要の溶存態ケイ素の減少

① ダム湖でケイ藻が発生し溶存態ケイ素減少

② ダム堰堤や湛水で雨水の不浸透面積が増加し、ケイ素供給が減少

⇒ダムによる減少分を補う手立ての必要性

★ 濁水の長期化により下流域での透明度低下期間が増加し、光量が不足し光合成が十分にできないと底生ケイ藻量が減少する

38

# ケイ素収支に与えるダムと下水処理場の影響

多摩川流域のケイ素収支(井上・赤木2006)小河内ダムで14%のケイ素の減少(1800ト入り1550トが流出、差の250トが減少)。中流域で下水処理水起源の流入で地下水由来のケイ素増加

多摩川におけるケイ素収支にあたるダムおよび下水処理場の影響

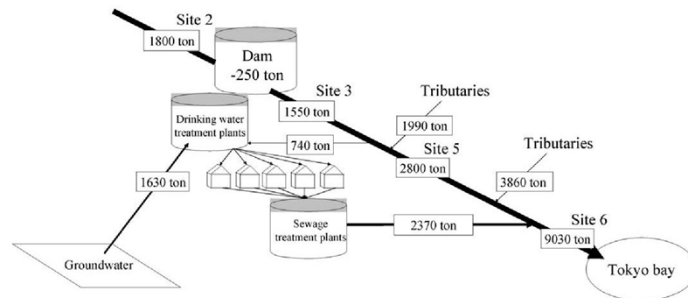


Fig. 6 Schematic diagram showing the annual Si budget along the Tamagawa river.

## フルボ酸鉄に高い関心

みやま市沿岸漁業振興対策協議会



長洲町などの取り組みが報告された意見交換会  
みやま市沿岸漁業振興対策協議会  
みやま市沿岸漁業振興対策協議会  
みやま市沿岸漁業振興対策協議会

### 「覆砂併用が理想」 市や漁業者ら意見交換

みやま市の沿岸漁業に関する意見交換会(みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催)が、同市田代町センターで開催された。市や漁業者ら約20人が出席。アサリ回復の成果を見せ始めている福岡県の覆砂事業と、玉名郡長洲町のフルボ酸鉄シリカ資材を使った漁場改善実験について報告があった。同町の取り組みにみやま市漁業者が関心を持ち、覆砂と併用するなどの意見もあがった。

手掛かりがつかないアサリ回復の取り組みが報告された意見交換会。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。

その後の調査結果も活用を期待している。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催の意見交換会。

2017年5月18日、みやま市の有明海再生に関する意見交換会(みやま市沿岸漁業振興対策協議会主催)が開催された。

市や漁業関係者ら約20人が出席。アサリ回復の成果を見せ始めている福岡県の覆砂事業と、玉名郡長洲町のフルボ酸鉄シリカ資材を使った漁場改善実験について報告があった。

1. 底質改善効果を目指した覆砂事業により、保護区でアサリが生長。生息密度が高すぎるために他の優良漁場に移殖放流し、5月5日からの8日間で74.5トの水揚げ
2. フルボ酸鉄シリカ資材を干潟に投入し、平成27年に始めた実験区では50cm四方に平均200個体を確認
3. 2000㎡当り費用比較
  - ① 覆砂事業 約400万円
  - ② 資材投入事業 53万円

## 生分解性プラスチックバックタイプ (50cm × 40cm × 9cm 約15kg) 5m間隔敷設干潟(熊本県長洲地先)



材料費試算: (1ha当りで換算、1袋の影響範囲は2.5m四方⇒6.25㎡/袋)  
 $10000\text{㎡} / 6.25\text{㎡} = 1600$  (袋)  $10000\text{円} / \text{袋} * 1600\text{袋} = 1600\text{万円}$

41

## フルホ`酸・鉄・シリカ資材試用例

- 熊本県有明海長洲地先干潟(福岡大学)
- 福岡県伊万里湾干潟(福岡大学)
- 藤前干潟中堤現況調査の内(中部大学)
- 宍道湖 東部/佐陀川(漁協・佐陀シジミ組合) 西部/新建川(漁協・宍道湖)
- 検討依頼中 東幡豆漁協(矢作川流域圏懇談会海部会)

成果: 効果が確認できているのは、福岡大の実験地だけ。他との相違点は干満差の大きさ

42

## 藤前干潟・宍道湖佐陀川の実験風景



上: 庄内川右岸中堤  
右: 宍道湖の佐陀川



## フルボ酸鉄シリカ資材による実証試験例



場 所: サロマ湖(北海道)  
対 象: アサリ  
研究機関: 網走水産試験所  
研究協力: 湧別漁協  
試験面積: 1,600m<sup>2</sup>  
設 置 量: 15kg × 25袋  
開始時期: H29. 7. 20~

場 所: シブノツナイ湖(北海道)  
対 象: ヤマトシジミ  
研究機関: 東京農業大学  
研究協力: 湧別漁協、紋別漁協  
試験面積: 900m<sup>2</sup>  
設 置 量: 15kg × 16袋  
開始時期: H29. 8. 31~

場 所: 八郎湖船越水道(秋田)  
対 象: ヤマトシジミ  
研究機関: 秋田県立大学  
試験面積: 100m<sup>2</sup>  
設 置 量: 15kg × 6袋  
開始時期: H29. 7. 28~

水道機工社提供資料

## あいち森と緑づくり生態系ネットワーク 形成事業への参画は可能か？

- 事業目的: 生態系ネットワーク形成のための屋外調査事業
- 参画組織: NPO、漁協、企業、行政などとの協働的取組
- 共有目標: 目標種や目標環境を設定する等目標を共有
- 提案調査(2件)
  - ① 生態系接続環境として、生態系サービス技術である生物浄化法に着目。下水道処理水調整水質の有効性調査
  - ② フルボ酸、ケイ酸等森の恵みを指標にする干潟の生産性向上の確認調査。確認後、新素材「フルボ酸含有ゲルカルチャー(仮称)」の開発企画
- 提出先 環境部自然環境課国際連携・生態系グループ
- 交付額の上限 1件当たり 300万円 2件で600万円

45

# PE INTERVIEW

**井上 祥一郎**

Inoue Shoichiro

**INTERVIEWER 春田 章博**

Haruta Akihiro

井上祥一郎氏は、環境に関わる技術を8部門9科目の技術士試験で合格し、環境分野の技術士として活躍され、異なる技術分野を連携させる「流域環境修復実学」を提唱している技術士です。近年では、市民科学(Citizen Science)を技術の領域に展開した「オモシロ技術情報資料室」で活動を展開しています。

Mr.Inoue Shoichiro has accomplished his professional skills in environmental engineering. He acquired qualifications of Professional Engineer in eight department including nine courses. Recently, he started "Omoshiro Engineering Information Center" where he aims to make "citizen science" be widely applicable to the field of engineering, and hard at it.

**キーワード：顧問技術士、技術市民、流域環境修復実学、高活性食物連鎖、市民科学**

## 1 はじめに

**名刺交換をしたら二枚頂きました。この意味は？**

「1枚は、普通の名刺で、「顧問弁護士」に倣い、「顧問技術士」として技術参与である会社のもので。もう1枚は、「市民科学」に倣い「技術市民」として、これからの人たちが、技術を正しく理解し、活用する社会の実現を目的として活動するときに使っています。

名刺の裏面には、信条である“平和の基礎は飢餓のないこと。日本は新しい農本主義、一次産業を大切に作る国に変る。その時迄に魚が湧くと言われた地先の海の底質改善、農地の地力回復と、人工林整備による建築材の確保・森林の保全に技術貢献”を記しています。約15年前からになります」

## 2 経歴など

### 2.1 どのようなお子さんでしたか？

「京仏師という職人の家に生まれ育ちました。

小学生では野球部、中学生、高校生では、生物部で、化石や植物、とくにシダ類、蘚苔類の採集に明け暮れました。こうした活動が今の私の原点です。1962年、高山のコケの研究を志し、信州大学農学部に入りました」

### 2.2 大学生の頃の生活はいかがでしたか

「信州大学は、教養課程を松本市で過ごします。下宿から薄川沿いに美ヶ原に良く登りました。こ

こからみる松本平や北アルプスの眺望、満天の星と天の川、鮮やかな紅葉、冬季にできる“エビの尻尾”など、下町育ちの私には感動の連続でした。乗鞍岳での高山植物監視のアルバイトで、初めて校章であるコマクサに直面し、可憐な花に感動しました。農学部は上伊那郡南箕輪村の標高700mの標高地にあり、ここでの3年間の生活は、第二の故郷という言葉そのまま。東に標高3033mの南アルプス仙丈岳、西には中央アルプスの将基頭山(2730m)を間近に見る毎日でした。下宿は伊那市にあり、農家を借り切った「翠明寮」で、卒業まで当番制で自炊生活をしました。部活動のサッカー、スキー場や山小屋のアルバイト、暇があれば山登りと、青春を謳歌しました。大学周辺は桑畑が広がり、収穫したばかりのナシ、ブドウ、リンゴはおいしく、贅沢の極みでした。ビーナスライン美ヶ原線、中央高速自動車道や長野自動車道、南アルプススーパー林道などまだない時代でした。

農学部では造林学研究室に進み、赤井龍夫助教授のご指導のもと、「間伐によるカラマツ林の林分成長について」の卒業研究をしました」

### 2.3 どのような職業を希望されていましたか

「高校生のときから教師の志望があり、生物教員になりたいと思っていました。しかし、家庭教師で、教える難しさを知り、教員の道は断念しました。

農学部では国立公園のレンジャーに憧れ、厚生



(株)名邦テクノ 技術参与(愛知環境カウンセラー協会顧問)  
 (株)エステム, (有)アーステクノ, (株)日吉 技術顧問 併任  
 日本陸水学会 東海支部会会長, オモシロ技術情報資料室 共同室長  
 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)

1943年~1962年 名古屋市中区生れ 市立松原小学校 市立伊勢山中学校 県立明和高校卒業  
 1966年 信州大学 農学部林学科卒業 (株)ベニア商会入社(日本プライフォーム(株)出向)  
 1972年~現在 伊藤忠林業(株), 環境技術エンジニアリング(株), (株)エステム, (株)名邦テクノ勤務  
 1997年~2003年 社団法人日本技術士会 理事1期, 監事2期(衛生工学部会推薦)  
 1998年~2002年 国立豊田高専非常勤講師 2000年~2002年 東海工業専門学校非常勤講師  
 2003年~2004年 信州大学教育学部非常勤講師 1999年~2002年 「土と基礎」誌講座委員



井上 祥一郎氏

省の上級試験を受けましたが、山の自然以外の知識が不足していたのか、不合格でした」

## 3 就職

### 3.1 社会人第一歩はいかがでしたか

「造林学研究室の浅田節夫教授の紹介で、東京新橋に本社があった新建材問屋「(株)ベニア商会」に1966年入社、すぐに型枠用合板の専門販売会社「日本プライフォーム(株)」に出向し、同年8月には大阪に転勤しました。当時は最先端だった型枠用合板の技術営業を担当し、大阪万博の本部ビル現場にも納入しました。このとき覚えた建築・土木の知識や用語は、その後の技術者生活に大いに役立ちました。

万博開催の直前、名古屋に転勤しました。技術営業は好きでしたが、年を追って価格競争が激しく悩み、転職を考えました。社会に出て7年後の1972年、29歳のころでした」

### 3.2 それで林業会社に転職された訳ですね

「生きた木の仕事をしたいという私に、大学の先輩が「伊藤忠林業(株)」を紹介してくれ、1973年元旦付で入社しました。

初仕事は、インドネシア共和国東カリマンタン州における熱帯林開発でした。仕事は楽しかったのですが、開発途上国の原木輸出の制限などもあり、国内事業の拡充のために帰国。大学で学んだ造園学の知識を生かし、工場立地法にともなって義務化された工場緑地の事業を立ち上げました。このときから、技術者として自立したように思います。

伊藤忠商事には、グループ会社の社員も参加できる懸賞論文制度があり、これに5回応募し、3回受賞しました。文章訓練にもなり、後の技術士

受験に役立ちました。これらの論文が契機になり、国土庁委託の「地方文化活動整備の手法に関する調査」(1978・79年度)のメンバーに入りました。

委員長には大谷幸夫東大教授、委員は朝日新聞社の記者で、その後千葉大に移られた木原敬吉さんや衛藤征士郎前大分県玖珠町長(現衆議院議員)などでした。都市計画の技術者と取り纏めたこの業務は、後に技術士として自覚する契機になり、技術士受験申込書の経歴欄にも記載しました」

### 3.3 最初に技術士となった“林業(現森林部門)”の経験論文は?

「技術士受験における実務経験は、熱帯林での木材資源に関するものと、「土壌浄化法」でした。「土壌浄化法」は、汚水中の有機物が土壌微生物の分解を受け浄化するもので、専門誌「林業技術」の論文で知りました。この技術の開発者は在野の研究者の新見正氏で、積極的に特許申請していました。技術士の田中義朗氏(農業部門)も着目し、工場緑地の有効利用の一方法として実用化しました。その後、一般財団法人農村開発企画委員会の委託で、神奈川県有林内を流れる生活排水を林地で土壌処理する業務を担当し、それを経験論文にして、林業部門森林土木科目を受験しました」

## 4 技術士試験の8部門9科目合格

### 4.1 他部門受験の動機

「1965年ころ、生活排水や食品工場、養豚場等からの汚水は、湖沼や内湾の富栄養化を引き起こし、対策として、窒素・リンの除去が求められました。

ヨーロッパやアメリカでも未確立の生物学的脱窒素技術を、NGOの「農村環境研究会(宇井純・

岸博代表)が「低負荷・半回分活性汚泥法(以下、複合ラグーン法)」で、栃木県のハム工場廃水で実用化していました。1槽で、流入⇒曝気⇒沈殿⇒放流を繰り返し、溶存酸素濃度の立ち上りを検知して曝気時間を自動制御していました。低負荷は有機物濃度が低いことで、細菌による硝化が確実に起きる条件でした。宇井氏は当時東大の助手で「自主講座」を開き、技術開発の拠点としていました。

「複合ラグーン法」をもとに、汚水の代りにヘドロ水を流入水にしたのが「底質改善法」です。私の修得した技術は、「土壌浄化法」と、後述する「吸引・送気微生物発酵法(以下、吸引・送気法)」の4つになりました。これらは、豊かな土壌圏、ヒトの生活圏、汚濁の影響を受ける水圏の流域圏における環境技術といえます。

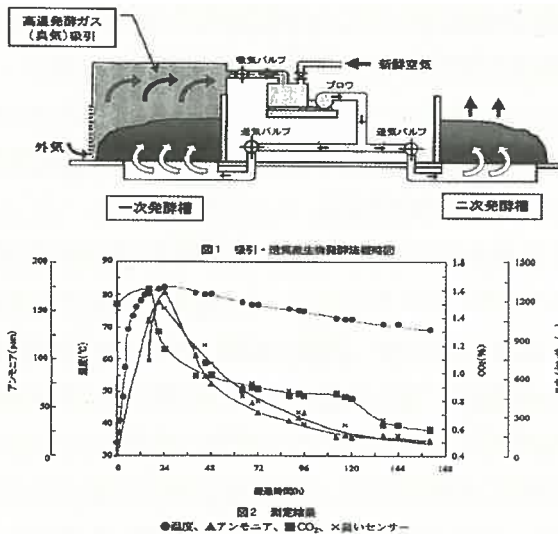


図1 吸引・送気微生物発酵と計測記録  
出典:『水』(月刊『水』発行所 2002年2月)

田中淑郎技術士(農業部門)に指導を受けた、「吸引・送気法」は、発酵工程で発生する高温・多湿の空気を吸って、それを堆肥中に吹き込む方法で、季節の気温や湿度の変化に関わらず、易分解性有機物が消え、高品質の堆肥が製造できるものでした(図1参照)。緑化事業の延長として、污水处理に取り組んだことが、その後の他技術士部門の受験動機になりました。

47歳で18年間勤めた「伊藤忠林業(株)」を退職した後、「環境技術エンジニアリング(株)」に勤務した2年間に、水道、衛生工学部門を、その後定年までの12年間勤務した「(株)エステム」で、農業(畜産)、水産、建設、環境、応用理学、

農業(農村環境)の部門を受験・合格しました」

#### 4.2 積みあげた技術の集大成

「修得した4つの技術は、土壌圏、生活圏、水圏における環境保全の技術であり、再現性が高く、実用性があるものです。これを「流域環境修復実学」と名付けました。しかし、「土壌浄化法」では、汚水や雨水は入ったり止ったりする間欠流入です。「複合ラグーン法」、「底質改善法」、「吸引・送気法」は回分処理です。間欠流入や回分式は、技術的には少数派であり、多数派である連続処理に遅れを取っています。今後、これらの技術が適正を発揮できる分野では、普及が必要と考えています。

2008年、自然環境復元学会誌「自然環境復元研究」(第4巻)に「流域の環境コミュニケーション成立のための共生技術網私案」として報告しました。近年、瀬戸内海、三河湾等内湾の貧栄養化がいわれませんが、この解決策として、下水処理場からの窒素・リン供給を考えるだけでなく、国立環境研究所広報誌「環境儀」(No.39)に原島省研究官が「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質で提唱された「高活性食物連鎖」に着目した技術開発も期待されるものです」

#### 4.3 改めて複数部門の受験動機を聞かせて下さい

「社会人第一歩から中小企業の技術職でした。修得した4つの技術は、自分では優れた技術とと思っていましたが、客観的な評価が不足しているとも感じていました。技術士制度を知り、その合格が評価になると思い、積極的に受験しました。

4部門に合格した50歳頃、複数部門の技術士であることと専門性について、月刊『技術士』において、「自己研鑽のための多部門受験」を投稿し、1999年7月23日発行の「日経コンストラクション」誌に、「スーパー技術士が語る合格のコツ-最多8部門をもつのはこの人」というインタビューによる記事を書いていただきました。

異分野交流到来という時代の流れを感じていません。複数部門の技術士であることは、異分野の技術士の方々との交流を可能にしていると思います」

## 5 技術士活動

### 5.1 日本技術士会の活動をされていますね

「日本技術士会入会は1992年5月、(株)エステム入社を機に入会しました。1997年、衛生工学部会の推薦で立候補し、理事になりました。理事1期を就任した後、監事に立候補し、2期4年間務めました。

2017年、釜山で開催された日韓技術士会議の分科会で、トリウム熔融塩炉について発表しました(写真1)。トリウム熔融塩炉技術は、技術士の父「土光敏夫」氏と、技術者の先達「西堀榮三郎」氏が期待した技術です。日韓技術士会議 in 水原(2013年)において「日本の技術士は原発をどう考えているか」との問いに対する4年間の学習の中間報告でした。島根県技術士会の最新号の「研究報告書」(個人研究の部)に全文が掲載されています。

釜山の会議では、大学の同窓で、異なる学部の高木茂知日本技術士会会長と楽しく歓談しました」



写真1 日韓技術士会議(釜山)における発表風景

### 5.2 「オモシロ技術情報資料室」とは

「原子力資料情報室」と、島根県技術士会の「オモシロ技術塾」から着想を得て、名付けました。

市民が、技術について正しく理解し、その成果を社会に反映していくためには、技術についての正確な知識が欠かせません。また、技術者には、自らの技術分野を越えて異分野の技術と連携することが求められます。市民科学(citizen science)を技術の領域に展開した新しい考え方、つまり「技術市民」が必要と考えています。直面する多くの問題を議論し、方向を決め、解決

するために必要な技術についての情報の収集と提供を目的として、公益確保の義務活動と位置づけ、行動しています。

現時点では、ケイ酸供給、トリウム熔融塩炉、シカの食害対策としてのオオカミ復活の3つに着目しています。人の活動の結果、湧水減少が起きてケイ酸供給量が減少しました。ウラン軽水炉を選択した結果、過酷事故と蓄積したプルトニウムの処理に悩んでいます。牧畜保護の目的でオオカミを駆除した結果、シカが増殖し、生態系をゆがめ山地崩壊を招いています。これらは、数十年の時を経て顕在化した「公害」であり、解決が求められています」

## 6 日本技術士会や技術士全般について

### 6.1 日本技術士会や技術士についてのご意見は

「諏訪湖で活動していますが、長野県技術士会には入会できません。会員なら、どこの技術士会にも参加できる制度があるとよいと思います。

技術士同士の交流は大切です。信州大学を卒業した技術士による技術士会もあると良いですね」

### 6.2 若い技術士に対し、ご意見をお願い致します

「窒素とリンの収支だけの富栄養化・貧栄養化の議論、ウラン軽水炉に限定した原発、ジビエ(野生動物)料理頼りのシカ対策など、多数派の技術に迎合するのではなく、技術を見極め、技術士法に則った、科学的で、問題意識を持った技術士として行動していただきたいと思っています」

### ■インタビューを終えて

インタビューでは、8部門9科目の技術士となったいきさつをはじめ、幅広くお話を伺いました。「技術市民」の活動は、AIなどに代表されるこれからの社会を生きる人たちのために必要なものでしょう。

**春田 章博** (はるた あきひろ)  
技術士(建設/環境/総合技術監理部門)

春田環境計画事務所  
代表  
e-mail: KGH06737@nifty.com



# 下水汚泥を用いた フルボ酸鉄シリカ資材による 干潟浄化実証研究



福岡大学工学部 教授 渡辺 亮一

## 1 はじめに

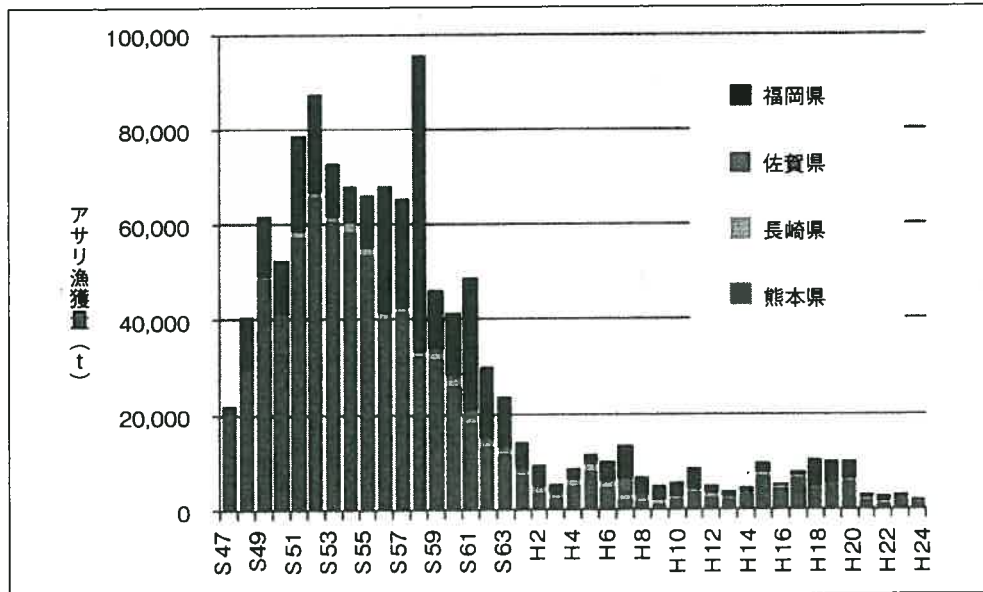
1980年代後半から、日本全国各地の干潟においてアサリが減少しているという報告は非常に多くなったと言われている。その減少原因を解明するために多くの研究者が、さまざまな視点から観測などを実施し現象解明に着手しているが、現在のところその原因と対策は明らかになっておらず、アサリの資源量回復についての取組みも決め手がないのが現状である<sup>1)</sup>。対策として、別の場所の海砂を採取し、アサリなどの生育域の海底にまく覆砂事業が実施されているが、コストがかかり、砂の量も限られているので永続的に続けるのは難しいと言われている<sup>2)</sup>。また、底泥を除去する浚渫もあるが、これは特別な運搬設備や大規模な処理場を必要とし、浚渫された底泥の減容化や機械脱水等の処理にコストがかかるうえ、浚渫による底泥の巻き上げによって濁水を生じさせる可能性がある。

このような状況下で有明海においては、アサリ等の二枚貝類をはじめ多くの水生生物が激減していることが明らかとなっている<sup>3)4)</sup>。図-1は、昭和47年から平成24年の40年間の有明海に面する福岡県、佐賀県、長崎県、および熊本県のア

サリ漁獲量の推移を示している。この図から、有明海のアサリの漁獲量は昭和58年に約9万5千tの漁獲を記録した後、翌年には5万tを下回るまでに減少し、それ以降減少し続けここ20年間は1万tにも満たない年が多く、近年のアサリの漁獲量減少は顕著な状態となっているのは明らかである。現在、諫早湾干拓の開門調査に関して裁判が行われているが、有明海での二枚貝の減少は、諫早湾を締め切る以前から進行していると考えるのが妥当であると思われる。

これまでの研究により、有明海での二枚貝減少の要因として、底質の泥化、貧酸素化、赤潮の発生などの現象が、アサリの生息環境の悪化に影響を与えていると考えられている。特に、我々の研究グループでは、干潟のヘドロ化に着目し、実証研究に着手した。これは、元々砂干潟であった場所にヘドロが堆積している場合には、アサリなどの二枚貝が生息できない状態になっている場所が多く存在し、漁業者から早急な底質改善が望まれているからである。そこで、本研究室では6年前から底質浄化効果が期待されているフルボ酸鉄シリカ資材に注目し実証研究を繰り返している。本研究では、熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟での底質浄化に伴う環境修復によって、アサリ等の二枚貝類への影響を把握するために、現地に資材を施

図-1 福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県のアサリ漁獲量の推移



出典：農林水産省統計情報 年次別漁業・養殖業生産統計年報

工した箇所でコドラート調査を行い、フルボ酸鉄シリカ資材を投入することによってどの程度のアサリが回復するかを把握することを目的としている。

## 2 フルボ酸鉄シリカ資材

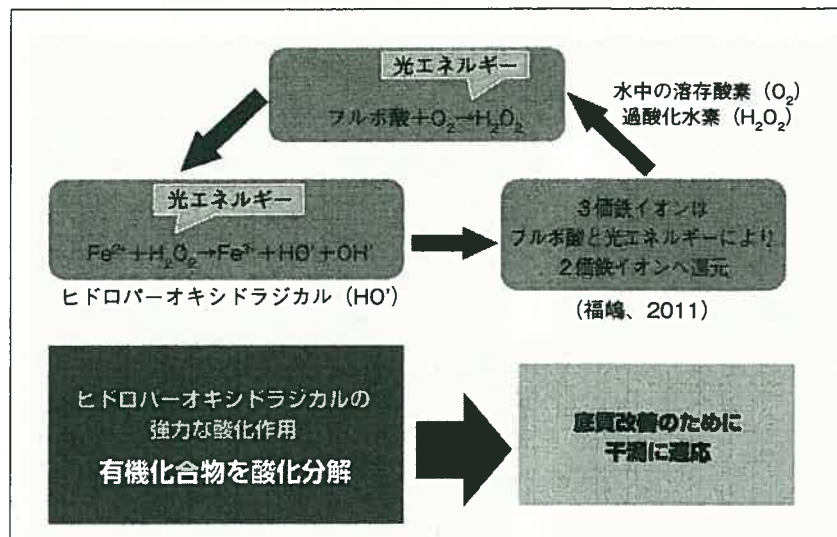
今回の実証研究に用いたフルボ酸鉄シリカ資材を写真-1に示す。使用したフルボ酸鉄シリカ資材（1袋15kg）は、フルボ酸鉄浄化資材7.5kg、海砂7.5kgを生分解性の袋に入れたもので、1袋15kgである。フルボ酸鉄シリカ資材は、環境改

写真-1 フルボ酸鉄シリカ資材  
(外側の袋の素材は生分解性)



善に不可欠なフルボ酸鉄を多く含んだ製品であり、フルボ酸鉄シリカ資材の特徴は、主に下水汚泥（現地周辺の下水処理場で発生した物）・木クズ・食品腐敗物等のリサイクル原料の発酵処理品とシリカ・鉄からなる添加物を混合し、人工的に容易に、安価に製造できるところにある。また、この資材中にはフルボ酸鉄・可溶性シリカ・リンが含まれており、環境改善に必要な成分が含まれている。これまでに現地での実証実験として、佐賀県伊万里市瀬戸町沿岸干潟では、今回使用するフルボ酸鉄資材と同じ資材による底泥環境改善の実証実験が、2012年10月17日（水）～12月13日（木）にかけて行われた。その結果、フルボ酸鉄資材による干潟の調査地点における地盤高の低下、底泥の強熱減量・有機炭素量の減少が確認された。また、2013年～2014年にかけて有明海に面する福岡県柳川市橋本町沿岸干潟において、同じ資材を用いたヘドロの浄化実証実験を行い、底泥の泥分率や有機物量の減少傾向が顕著に見られ、この観測期間の干潟地盤高は最大で約20cm程度低下することが確認された。また、持ち帰った底泥のコアサンプル分析結果より、特に底泥表層での含水比・泥分率・強熱減量・有機炭素量の減少より、底泥の浄化が進んでいることが確認された。

図-2 フルボ酸鉄によるヘドロ浄化機構模式図



このフルボ酸鉄による底泥の浄化効果は、図-2に示す光フェントン反応<sup>5)</sup>による効果が表れていると考えている。フルボ酸は元々植物の葉や茎の部分が腐食することで、腐食物質中に形成される。このフルボ酸は土中や水中の鉄とキレート反応を起こし、フルボ酸鉄が生成される。イオン化された二価鉄でないと生物は吸収できないが、鉄は一般的にすぐに酸化し、不可溶性となってしまう。可溶性であるフルボ酸鉄はイオン化された二価鉄の状態では河川水とともに海に運ばれ、海域への鉄供給源として近年その重要性が指摘されている<sup>6)</sup>。二価鉄は光に当たると底泥中の有機成分を分解する作用があるとされている。資材から溶出したフルボ酸鉄により干潟では光フェントン反応が促進し、底泥の浄化作用が促進すると考えられている。現在、干潟がヘドロ化している原因として、流域の都市化に伴う水処理施設の普及やダム湖内での腐食物質の堆積により、人為的影響が大きい河川や干潟ではフルボ酸鉄の存在量そのものが少なく植物プランクトンが利用可能な鉄不足に陥っていると考えられているため、フルボ酸鉄シリカ資材から溶出するフルボ酸鉄によってこの状況を改善することを実証しようと試みている。

### 3 実証方法

実証実験地は熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟(図-3)である。2015年7月14日に53袋のフルボ酸鉄シリカ資材を海岸から約240mの地点に設置した第1施工区(2,000m<sup>2</sup>:5m千鳥格子状設置:以下図-4参照)と2017年12月23日に第1施工区の東側に50袋のフルボ酸鉄シリカ資材を投入した第2施工区(2,100m<sup>2</sup>:縦10m×横10m間隔で設置)、施工区の南側にフルボ酸鉄シリカ資材を設置していない対照区の3カ所に区画を設けた(2018年5月時点で、もう2カ所新たに資材の投入区を設定し、2018年7月以降に新たにもう1カ所を実証を行う予定である)。干潟における環境改善効果を確認するために行った観測および分析項目は、①単位面積当たりのアサリ生息量観測、②干潟の地盤高の測量、③底泥の分析、④ORP(酸化還元電位)の測定である。①に関しては50cm×50cm(深さ20cm程度)のコドラート内(写真-3参照)底泥を4.75mm篩で篩った後、研究室に持ち帰り二枚貝の同定を行った。②に関しては、RTK測量機器(TrimbleR8 GNSs\R6\5800)を用いて、フルボ酸鉄シリカ資材を設置した施工区内の地点とその周辺の地盤高を測量した。③に関しては、現地干潟に堆積

図-3 長洲町干潟における実証試験施工区概略

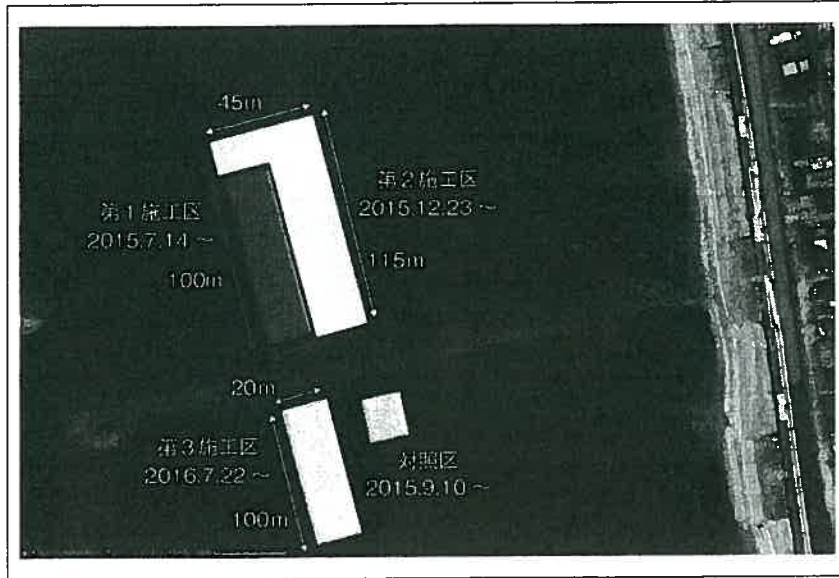
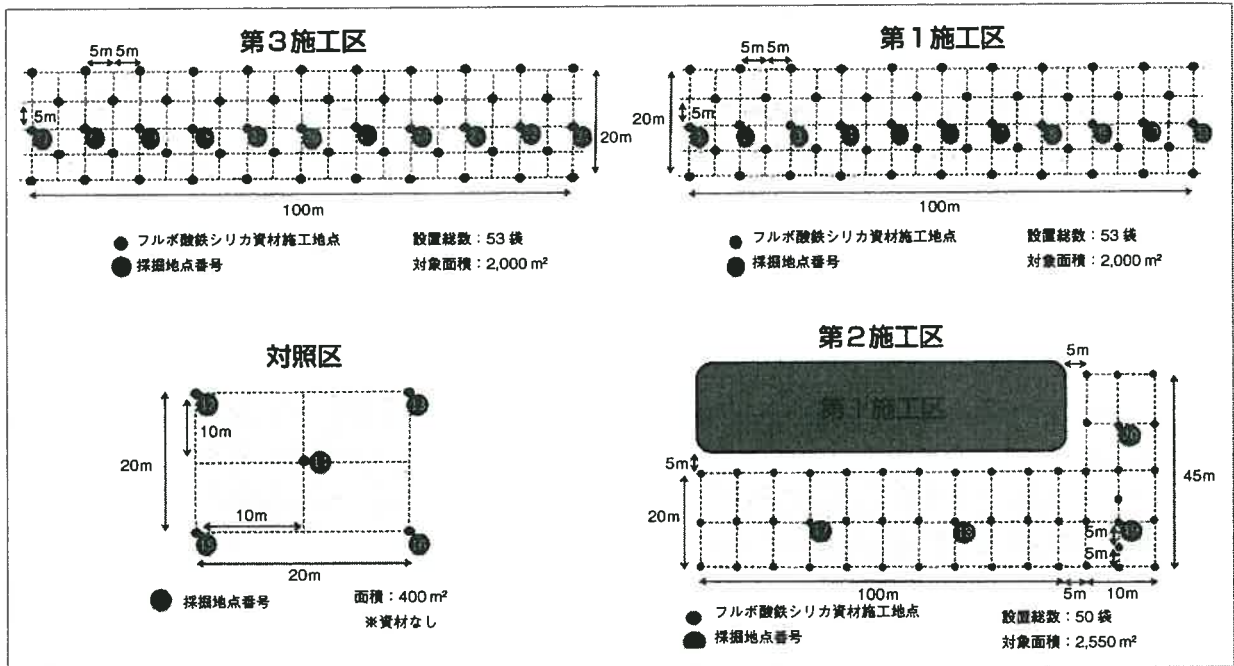


図-4 実証干潟における各施工区の資材設置条件



した底泥をアクリル製のコアサンプラー（ $\phi$  50 mm、深さ 200mm）を用いて採取・保存した。コアサンプラーに採取した底泥は、表面から 2cm までを表層土とし、2～4cm、4～6cm、6cm～余りに切り分けて実験に使用した。採取した底泥を用いて、含水比試験（JIS A1203）、強熱減量試験（IL）（JIS A1226）を行い、CN コーダー（ヤナコ社製 MT-700）による有機炭素量の測定、泥分率（粒

径 75 $\mu$ m 未満の粒子の質量構成率）を求めた。④に関しては、ORP（酸化還元電位）は ORP 計（東亜ディーケーケー社製 PST-2739C）を用いて測定を行った。

今回の報告では、①のアサリの生息量把握に関して観測結果を以下に述べることにする。二枚貝の生息状況は、第 1 施工区 5 地点、第 2 施工区 3 地点、対照区 1 地点で月に一度コドラート調査を

行い、二枚貝類の現存量を把握している。

## 4 実証結果と今後の展開

### 4.1 実証地干潟表面の変化

ヘドロ化した状態の長洲町干潟に2015年7月資材を設置した。設置した施工区内の状況を写真-2に示している。この写真より、施工区内はわずか1ヵ月程度で、観測時に長靴で移動可能となる程度にまで改善していることがわかる。また、写真-3は、フルボ酸鉄シリカ施工後2ヵ月が経過した段階での施工区内（右）と対照区内（左）での干潟表面の状態変化を表している。この写真から、施工区内の表層に堆積していたヘドロ化した底泥がなくなっている様子が確認され、フルボ

酸鉄シリカ資材を投入した施工区のほうは全体的にヘドロが浄化され、ヘドロの下に堆積していた貝殻が表層に表れていることが確認された。また、同じ袋に砂のみを入れている対照区のほうは、袋の周辺のみ変化が表れていることが確認できる。

### 4.2 実証干潟でのアサリ生息量の変化

図-5は第1施工区と第2施工区および対照区における0.25m<sup>2</sup>当たりのアサリの総個数変動を示している。この図から、第1施工区では、15年7月時点でアサリはほとんど生息していなかったが、15年9月からアサリ稚貝が確認され始め、15年12月にピークを示した後8ヵ月程度はほぼ同程度の個体数が維持されていたことがわかる。16年7月に当初の半分ほど資材を投入した後、徐々に総個体数が減少し始め、施工後2年経

写真-2 資材施工直後（左）と施工後1ヵ月（右）での実証干潟の比較

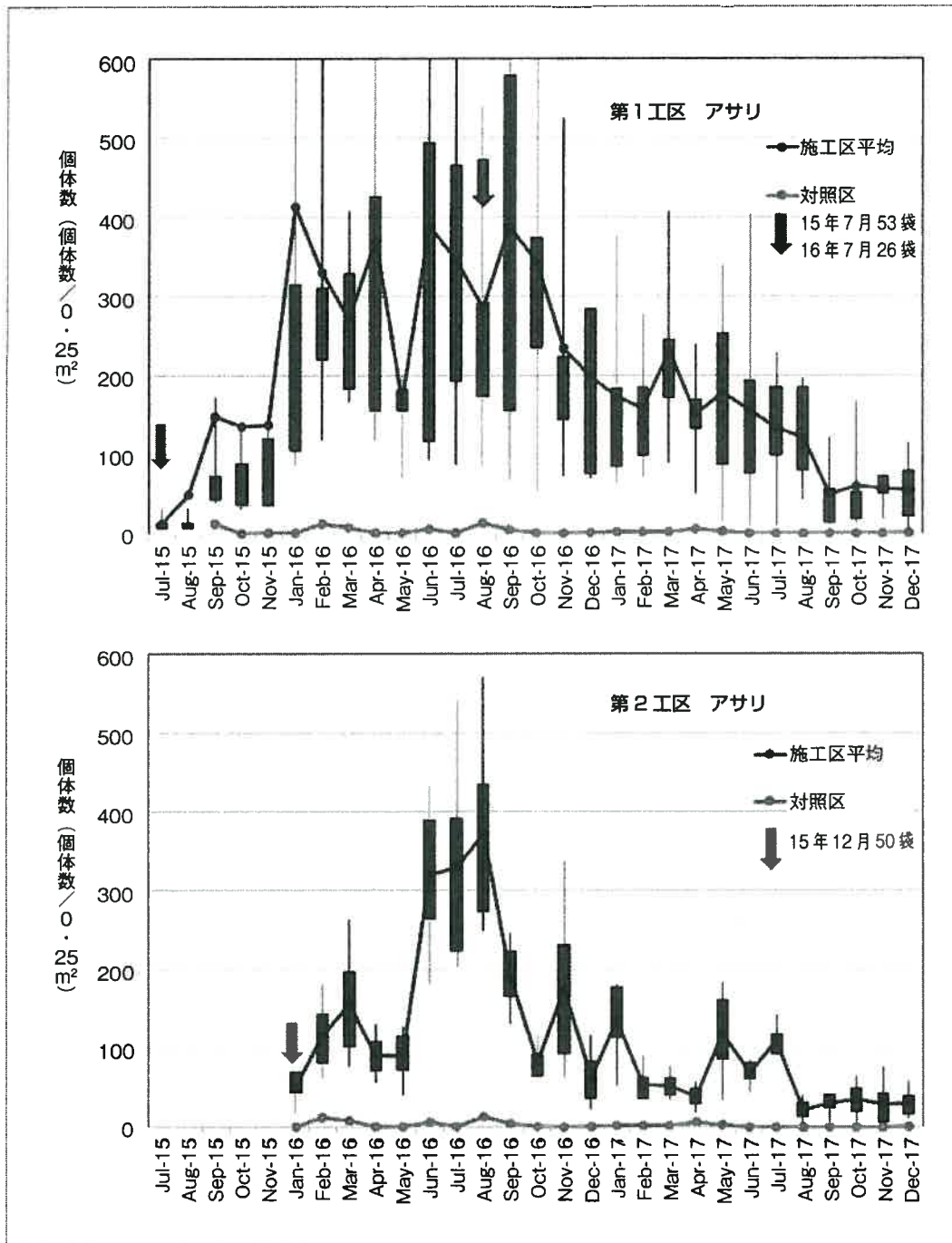


写真-3 資材施工後2ヵ月経過後の施工区（右）と対照区（左）の比較





図-5 施工区と対照区でのアサリの個体数比較



過した17年8月以降は総個体数が減少し始めたことが確認された。しかしながら、第1施工区内では資材投入後2年以上が経過しても1 m<sup>2</sup>当たり300～400個程度のアサリが確認され、対照区内では1 m<sup>2</sup>当たり10個前後で推移していることから、その効果は持続していると考えられる。また、第2施工区では、資材を10 m × 10 m間

隔で設置した15年12月以降約7ヵ月間は第1施工区とほぼ同じ傾向で総個体数が推移し、その後、個体数が減少し始め、施工後1年が経過した16年12月以降は第1施工区同時期の半分以下の生息量で推移していることがわかる。第2施工区内では、資材投入後2年以上が経過した段階で1 m<sup>2</sup>当たり120～150個程度のアサリの生息が確

認されていることから、対照区と比較した場合、第1施工区と同様にその効果が持続していると考えられる。

これまでに得られている実証実験結果より、フルボ酸鉄シリカ資材をヘドロが堆積した干潟に投入することによって、アサリが生息可能な環境が修復される可能性が示されていると考えられる。アサリの減少は有明海のみの問題ではなく、全国各地の干潟で報告されている。我々が提示している干潟浄化手法の有効性が十分に確認できれば、有明海および全国各地の干潟で問題とされているヘドロの浄化を現地で発生する下水汚泥を用いて行うことが可能となり、物質循環の観点から考えてもとても魅力的な環境修復手法となる可能性が高いと考えられる。

#### 〈参考文献〉

- 1) 鳥羽光晴：アサリ資源の減少に関する議論への再訪、日本水産学会誌、2017、83.6: 914-941
- 2) 加藤治, et al：有明海湾奥部で施工された覆砂の効果の持続性について、佐賀大学農学部彙報／佐賀大学農学部、2007、92:25-32
- 3) 堤裕昭：有明海に面する熊本県の干潟で起きたアサリ漁業の著しい衰退とその原因となる環境変化、応用生態工学、2005、8.1:83-102
- 4) 高橋徹：熊本のアサリ資源回復をめざして、日本比較内分泌学会ニュース、2006、2006.12.1:121\_13-121\_16
- 5) 福嶋正巳、岩井久典：Characterization and binding of Fe (II) in organic matter in a fertilizer including steel slag and compost to supply soluble Fe (II) to barren ground in coastal areas (海洋理工学会平成 22 年度秋季大会シンポジウム特集 鉄を利用した沿岸海域環境修復の現状と展望)、Journal of Advanced Marine Science and Technology Society, 2011, 17.1:1-8
- 6) 松永勝彦：森林起源物質が海の光合成物質に果たす役割、日本海水学会誌、2000、54.1:3-6

#### 環境新聞 購読のご案内

環境新聞は郵送により直接読者の皆さまへお届けしております。購読料は前払いを原則としておりますので、購読ご希望の方は次の要領によりお申し込み下さい。



- 発行日＝月 4 回水曜日
- 購読料＝年間24,000円＋税
- 申し込み方法＝電話、ハガキ、現金書留、郵便振替（東京00150-5-20286）のいずれでもお申し込みできます。

- 申し込み先＝環境新聞社  
東京都新宿区四谷3-1-3（第1富澤ビル）  
Tel.03-3359-5371  
環境新聞社大阪支社  
大阪市中央区久太郎町3-1-15（メビウス御堂筋本町BLD）  
Tel.06-6252-5895
- 見本誌ご希望の方はご連絡下さい。

環境新聞社・購読係

龍宮の遣い製品カタログ

干潟へドロを  
魚介の餌に変換する。



【ご注文はこちらへ】

Empty rectangular box for ordering information.

フルボ酸鉄シリカ 水質浄化資材

龍宮の遣い®

Ryugoo no Tsukai

浄化ではなく正常化。

私たちがたどり着いたのは「正常化」という答えでした。

昨今、山から海へと流れ出る養分は海の幸を豊かにするだけでなく、  
環境を整える（浄化作用）もあることがわかってきました。

そのカタチを凝縮したのが「龍宮の遣い」です。

有害物質を即座に無害化し、閉鎖的な環境でも自然界に近い状態を  
つくり出す効果があります。

こうして正常化された環境は水中生物にとって自然そのものです。

さらに「龍宮の遣い」には川や海を正常化するという使命があります。

広域干潟のヘドロを分解し、きれいな砂地になった上に

アサリ貝が戻って来ました。

また、水槽でのホタル養殖にも成功しています。

「自然のちからを取り戻す」それが可能な製品です。

コヨウ株式会社 代表取締役 古賀 大貴



# 浄化ではなく正常化。

自然界では山の中で長時間かけ、草木が腐植してフルボ酸が生成された後、川を通して海へ運ばれることで、浄化サイクルを作り出します。「龍宮の遣い」はこのメカニズムを閉鎖的な環境で再現することが出来る商品です。

## 自然界の浄化メカニズム



## ▼主な成分

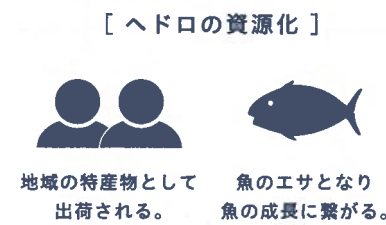
[フルボ酸]	Fulvic acid	約9,500 mg/L
[二価鉄]	Fe <sup>2+</sup>	約3,400 mg/L
[シリカ]	SiO <sub>2</sub>	約7,600 mg/L

※二価鉄とシリカはフルボ酸に結合された状態です。

80ℓの水に15kgの浄化資材を入れた場合の数値

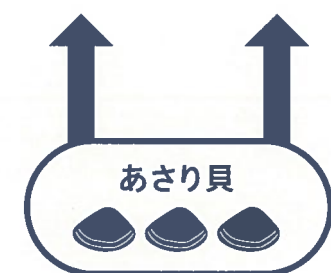
## フルボ酸の原料は、木・竹・草などの植物

自然界では長時間かけて生成されていますが、この原理を天然の微生物を利用し工場内で再現しました。約3ヶ月程度でフルボ酸が生成されます。



## 投入直後に始まる高い即効性

1000ℓの生質に龍宮の遣い1000を投入した場合、約30分で浄化成分が全体へ行き渡り、水中環境が改善されます。



## 優れたコストパフォーマンス

水中環境改善により魚貝類の死亡率の低下、生質内の水替え頻度が減る等の採算性に対し、約4～6ヶ月効果が持続する高いコストパフォーマンス。

## ヘドロの資源化

分解されたヘドロはアサリ貝が好む珪藻に変換され、餌として取り込まれ、採貝漁業に貢献。ヘドロは邪魔者ではなく、重要な資源です。

## ■活魚水槽に設置する環境について

水中に溶け込んだ酸素と反応して浄化成分を生成しますので継続的な酸素供給(ブLOWER)が必要です。また光の動き(フェントン反応)で浄化成分を再生しますので光のあたる所に配置してください。光は強ければ再生効果が高まりますが、蛍光灯程度の光でも再生されます。

## ■効果的な設置場所

成分の比重が高いため、上層部に配置することをおすすめします。浄化資材の頭部にあるタグは、生質内の上層部や水の流れのある所へ掛ける際にご使用ください。循環装置がある場合、配置場所に関係なく効果を発揮します。

## ■使用量のめやす

- 500ℓ生質に対して「龍宮の遣い500」1個が使用量のめやすです。
- 生質内の生物が多い場合や甲殻類(エビ・カニ)の場合は、浄化資材の消耗が激しいので「龍宮の遣い1000」の使用をおすすめします。



- 浄化資材の成分である鉄が水中状況によって成分濃度が高くなり、水の色が若干茶色になる場合がありますが、生物への悪影響はありません。
- 鑑賞を目的とする場合は、にごりの出にくい「龍宮の遣い(鑑賞用)」をおすすめします。

# 環境改善 施工事例

1  
case

〔導入商品〕  
龍宮の遣い 特注海水30t用×53

## 熊本県玉名郡長洲町沿岸干潟



福岡大学 工学部 社会デザイン工学科  
流域システム研究室

渡辺 亮一 教授



施工も容易で、ヘドロを浚渫することなく  
資源に変換する画期的な浄化資材です。

入念な計測(コドラート調査)により、最初の1ヶ月(気温が高い7月)で表面のヘドロ(20cm~40cm)が取れ、ヘドロの下にある貝の死骸が現れ、干潟一面が白く色が変わりました。ヘドロは波の影響で設置外の場所から移動を繰り返すも、フルボ酸鉄シリカ資材の効果で、順調に貝の餌に変換されて、少し離れた場所にいるアサリ貝の卵が着床して時間経過とともに増え、稚貝は多い時で1300個/0.25㎡まで増加

し、殻長も3cm以上となり、350個/㎡程度で推移。福岡大学の室内試験で、干潟のヘドロは珪藻の一種で、特にアサリ貝が好むスケルトネマ【図1】に変換されていることが確認された。これにより、干潟のヘドロは有用な餌に変換されてアサリ貝に捕食され我々の食料資源となることで減少することが判明し、干潟ヘドロは人間にとって有用な資源であることが判明した。同時に砂地だけの場所よりもヘドロと砂が混じる場所の方がアサリ貝がたくさん増殖することも判明した。

【図1】



### ◀ スケルトネマ

アサリ貝が好むとされる珪藻の一種。有明海の干潟ヘドロを福大の実験室水槽に持込み、龍宮の遣いを加えて発生させた顕微鏡写真。

### ▼ コドラート調査の様子



約2,000㎡に均等に50袋を効率よく投入する為、満潮時に作業を行う場合もある。

● 柳川もつこらうランド沖

有明海

● 長洲町沿岸干潟

随時見学受付中

2  
Case

[導入商品]  
龍宮の遣い 特注海水50t用×108

## 柳川市 むつごろうランド沖

福岡大学 工学部 社会デザイン工学科  
流域システム研究室

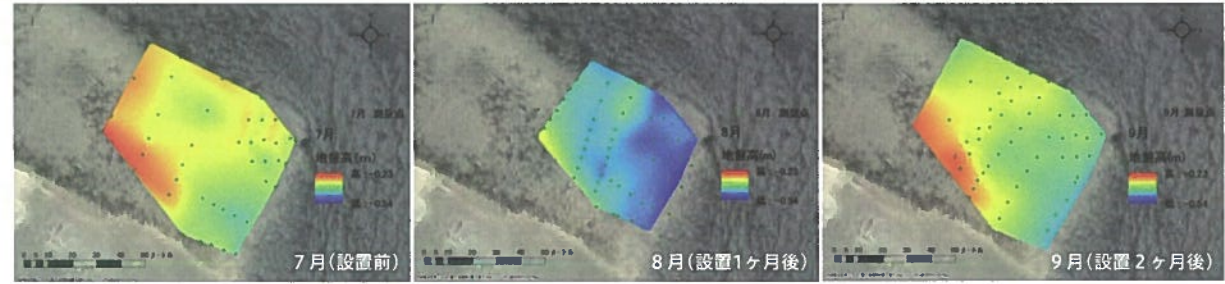
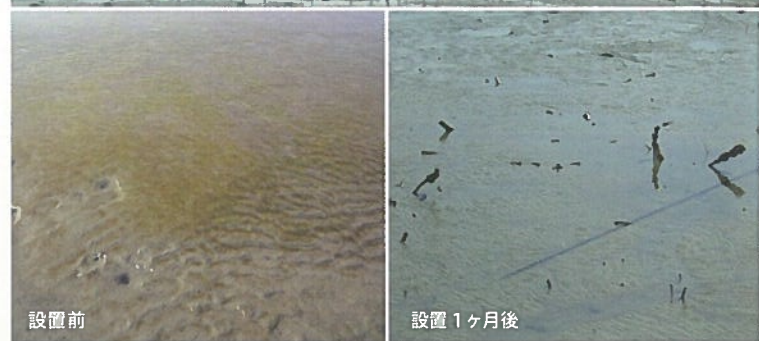
渡辺 亮一 教授

干潟のみならず、  
応用範囲の広い浄化資材です。

今までいろいろな浄化材を干潟で試したが、自分が試した浄化材の中では、この龍宮の遣いが最もヘドロ減少効果が高い結果となり、今後に期待しています。また、干潟のみならず応用範囲の広い新しい浄化資材です。



約1ヶ月後に、一旦、完全にヘドロがなくなった状態



1 龍宮の遣いを設置前の試験場の標高。(GPS測定 誤差±2cm)赤いところが標高の高い地点。  
2 全体的に赤色が減り、標高が下がった結果。設置前に比べると、標高が下がっていることが判明。戻った濁泥も分析の結果、設置前のヘドロに比べて成分が改善したことを確認。  
3 全体的に赤色が増え、濁泥の戻りをする結果。設置前に比べると、標高が上がっていることが判明。戻った濁泥も分析の結果、設置前のヘドロに比べて成分が改善したことを確認。

## ヘドロ改善 実証試験

干潟ヘドロの減少・砂地化および貝類の増殖を目的とし、定期的にGPSによる高さの測定やヘドロのサンプリングを実行。

試験実施主催：福岡大学 工学部 社会デザイン工学科 流域システム研究室 渡辺亮一教授  
試験場提供：福岡県有明海漁業協同組合連合会  
試験方法等の内容チェック：福岡県水産海洋技術センター有明海研究所 資源増殖課  
試験施工協力：柳川市沖端漁業組合会員の皆様(漁船3隻・固定用海苔竿120本)  
浄化資材提供：コヨウ株式会社(フルボ酸鉄浄化資材) 製品名：「龍宮の遣い(海用)」



3  
Case

[導入商品]  
龍宮の遣い 特注淡水30t用×80

## 国連ハビタット 福岡本部 アジア太平洋担当者さま

ミャンマー連邦共和国ヤンゴン市にあるカントジ湖に龍宮の遣いを援助物資として投入。30%以上の水質浄化効果結果に市役所の担当者も満足との回答を得ています。



## 源氏ホタルの完全養殖に成功しました！

[導入商品]  
column 龍宮の遣い 特注淡水30t用×1

福岡大学 工学部 社会デザイン工学科  
流域システム研究室

渡辺 亮一 教授



捕獲した番の源氏ホタルに卵を産ませ孵化した後、餌のカワニナと共に水槽へ。ホタルの幼虫、カワニナ共に龍宮の遣いで元気に育つ。学内のビオトープ池に戻し蛹へ。1番(つがい)から500匹程度の源氏ホタルが毎年生まれます。龍宮の遣いを利用して、うまく養殖できるようになりました。



# 納品事例紹介



飲食店



魚市場



養殖場 など

4  
case

【導入商品】

龍宮の遣い 循環式生質用1000×10

福岡県柳川市

川口鮮魚店 さま

安心安全な鮮魚を  
お届けするために。

もともと活魚水槽の管理には日頃から特に手入れをして、問題は少なかったのですが、更に安心安全を求めて龍宮の遣い1000を10袋使用しました。元気でピチピチ・活き活きとしたお刺身・お魚を地域の皆様にお届けしています。



6  
case

【導入商品】

龍宮の遣い 循環式生質用1000×3

佐賀県 藤津郡

海鮮料理店 三宝 さま

カニの死亡率が  
劇的に少なくなりました。

竹崎カニと共に40年この仕事をしていますが、春になると多い日には50~100杯のカニが死んでいくのが悩みの種でした。龍宮の遣いを入れてみたところ、死んでいくカニが劇的に少なくなり、(カニの死亡率低下をコストで換算すると)1日で浄化資材代を回収できました。また水替えの頻度も極端に少なくなり、大変助かっております。



5  
case

【導入商品】

龍宮の遣い 特注海水50t用×1

福岡県柳川市

夜明茶屋 さま

抜群のコストパフォーマンスと  
即効性に驚きました。

生質に龍宮の遣いを入れてみたところ、翌日何も知らないスタッフが驚くほど、特にアワビ、さざえ、クルマエビの死亡率が改善されました。水換えの頻度も少なくなり、コストパフォーマンスといい、これまでに会った浄化資材の中で最高の商品であると自信を持っておすすめいたします。





長時間の移動後も  
魚が元気に動き回るようになりました。



7  
case

〔導入商品〕

- ・活魚水槽：龍宮の遣い 特注海水50t用×1
- ・活魚輸送車：龍宮の遣い 循環式生簀用1000×5



福岡県魚市場 株式会社  
筑後中部魚市場さま

カンパチ生簀に龍宮の遣いを入れると、魚が元気に動き回るようになりました。元気な状態のまま活魚輸送車へ移動し、輸送車の水槽にも龍宮の遣いを入れています。



8  
case

〔導入商品〕

龍宮の遣い 特注海水50t用×10



佐賀県竹崎漁港

牡蠣養殖場

「勇栄丸」大鋸勇哉船長さま

美味しいブランド牡蠣の養殖を目指しています。

牡蠣のサイズUPを実証。

試験区と対象区より各100個採取したほぼ同等の殻の大きさの牡蠣5個の平均値

	〔対象区〕	〔実験区〕	
グリコーゲン	63.9mg/g	↗ 74.2mg/g	16.2% 増加
グリシン	12.7mg/L	↗ 22.3mg/L	76.2% 増加
平均内容量	23.0g	↗ 26.8g	16.5% 増加



9  
case

〔導入商品〕

龍宮の遣い 特注淡水50t用×3

福岡県柳川市  
松尾鰻養殖場 松尾駿さま

稚魚の餌食いの勢いが  
良くなったと実感しています。

龍宮の遣いを使用して、池の色が緑から茶色に変わり、稚魚の餌食いの勢いが良くなったことを感じています。柳川鰻ブランドでより天然に近い鰻の養殖を目指しており、出来るだけ早く、完全養殖に成功したいです。天然に近いフルボ酸鉄で育てた柳川ブランド鰻の養殖を目指しています。



フルボ酸鉄シリカ水質浄化資材

## 龍宮の遣い



龍宮の遣い [500]

龍宮の遣い [1000]

基本形の循環式生資用「500」と「1000」に加えて、業務用サイズもご用意しております。また、鑑賞を目的とする水槽の場合には、にごりの少ない「鑑賞用」や、ため池等に適した「淡水用」もございますので、お気軽にご相談ください。

成分：フルボ酸・フルボ酸に結合された鉄・シリカ・ゼオライト  
容量：500/210g(充填時) 1000/420g(充填時)

龍宮の遣い 姉妹品

農業用フルボ酸鉄シリカ配合肥料

## FS88



## 美味しくて安全な 野菜作りをたのしもう

フルボ酸のキレート作用により、鉄分などの有用ミネラルを多く蓄えることができ、加えて窒素・リン酸・カリウムの理想的な配合により野菜が濃く鮮やかなみずみずしい色に育ちます。また可溶性シリカが植物に吸収され病気になりにくい強い稲、野菜に。植物の「ヘモグロビン」と呼ばれているフルボ酸は植物の吸収を良くする働きに加え、土壌や水路のヘドロを分解、環境改善にも役立つ強い味方。土中に含まれる水銀やヒ素など有害物質の根からの吸収を抑えてくれる、「安心安全」な野菜作りを応援してくれます。

成分：フルボ酸・フルボ酸に結合された鉄・シリカ・窒素・りん酸・カリウム 容量：20kg(充填時)

コヨウ株式会社 関連商品

## エコバイオ・ブロック

毎年進化を続ける納豆菌群を封入した、  
浄化ブロックの開発・製造元！

日本とアメリカにて  
特許取得済み

【日本国内特許】  
第4065402号  
【米国特許】  
US 6,989,266 B2



福岡県久留米市バイオバレーで発見された浄化性能が高い自然界のパチルス菌(納豆菌群)を個別に純粋培養し、相性のいい数種類を混ぜ合わせて封入した浄化用コンクリートブロック。封入された浄化菌は水中の有機物を分解して水質浄化を行います。水槽用は全国のDIY・ペットショップで販売されています。

池用

水槽用



### EBB-oct

池・湖沼・タメマスに。  
目安：水量1tに5~10個

EBB-oct[M] 90×90×80mm



### EBB-wave

河川および大きな池・水路に。  
目安：水量3~5tに1個

EBB-wave 390×190×90mm

特注品



### EBB-clover

小魚の魚道を確保するEBB。  
目安：水量3~5tに1個

EBB-clover 390×190×100mm



### EBB

水量に限定せず、自由な使い方が可能。

EBB-200 200×200×60mm  
目安：水量1tまたは1㎡に1個

EBB-300 300×300×60mm  
目安：水量3~5tまたは2~4㎡に1個



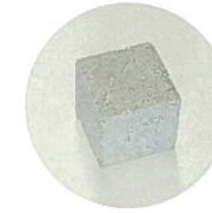
### EBB-ball

観賞用水槽内のアクアリウムとも相性の良い、岩の形状です。

EBB-ball[SS] 30×30×30mm  
目安：10L以下の小さな水槽用

EBB-ball[S] 直径50mm不定球形  
目安：10~30Lまでの小型水槽用

EBB-ball[M] 直径55~95mm不定球形  
目安：60~100Lまでの大型水槽用



### EBB-cube

10~30Lまでの小型水槽に。積み重ねて独自の水槽空間を表現できます。

EBB-cube 60×60×60mm



### EBB-oct M

60~100Lの大型水槽に。リング形状にすることで大型水槽でも充分に発揮します。

EBB-oct M 90×90×80mm

### OEM生産のご案内

成育する生物に合わせた配合や、業務用サイズなどお客様の要望をお聞かせください。

