神戸川の潮発電所水利使用に関する調整会議

意見発表資料

平成 25 年 4 月 30 日

出雲市役所くにびき大ホール

神戸川再生推進会議

結論：絶対に「分水廃止」をすること

出雲市にとって、何より大切なことは水を返し
川と海を本来の自然に戻すことである。

（来島ダムは、57 年経過し、役目は果たした）

57 年に亘る水量不足により水質が悪化した神戸川
分水を廃止して本来の清流豊かな川に戻すこと

「水量不足」による弊害

（1）志津見ダムでのアオコとヘドロ

志津見ダムのアオコ

志津見ダムへの流入量不足による滞留時間の長期化や温暖化などで水温が上昇し、毎年のアオコの大量発生によるヘドロ化と来島ダムから流出したヘドロにより、神戸川の川底が河口までまっ黒で海（大社湾）にまでヘドロがたまってきている。

今、大社漁港でヘドロ混じりの土砂の浚渫が行われている。

大社湾に堆積した砂のしゅんせつ状況

アオコの増殖速度は速く、約 1 週間で沈降し鉄を消費化合してヘドロ（硫化鉄）となる。アオコとヘドロで魚介類が死滅するとも言われている

神戸川の川底の石についた黒いもの、溜まっている黒いものはヘドロであった。神戸川再生会議の独自調査によりヘドロである事が判明した。自然界で黒くなる物質は鉄とマンガンしかなくマンガンが黒くなるのに数百年かかる。（北海道大学名誉教授松永勝彦先生による分析結果からの考察）

（P. 6　資料 1）

志津見ダムのアオコ問題の根本的な解決策

志津見ダムのアオコの発生を改善する根本的な解決策は、現在志津見ダムへの 1 日の平均流入量約 40 万トンに来島ダムの分水を廃止して 1 日の流量約 50 万トンを戻すことである。原因は、本来入るべき約 90 万トンの水量が入ってこないので水の滞留時間が長くなっていることである。志津見ダムには常時約 1,000 万トン水が溜まっており、単純計算すると水が入れ替わるのに約 25 日（1,000÷40）かかっている。

分水廃止すれば、本来の約 10 日の適正な日数となると考えられる。（北海道大学名誉教授　松永勝彦先生による）

（２）水量不足・水温上昇などによる農業への影響

① 神戸堰上流では川幅が約 3 倍広くなったこと、水量不足、滞留などにより、アオコが発生している。
分水廃止すれば馬木地点で日平均流量約１１２万トンが約５０万トン増え、今の約 1.4 倍の約１６２万トンの水量となる。
分水は廃止し、神戸堰で約３～５cm 増えれば水温低下に大きな影響を及ぼすものと考えられる。
おいしい米を作る最大のポイントは、栄養豊かな冷たい水を取り入れ朝晩の温度差をつくることとされている。57 年前の水量に戻り、夜のかけ流しもできることから、日本一おいしい米づくりが期待できる。
長浜、神西地区においては、水量不足から生活下水をポンプアップにより水田に用水を取り入れているところが点在している。

② 分水廃止すれば、米の品質低下の要因の一つとされている農業用天然のケイ酸濃度がより高い大万木山の豊か水でおいしいコメを作ることで出雲ブランド化が期待できる。

（３）水無川化及び維持流量の不足

水量不足により八幡原堰、窪田堰、来島ダム直下流では維持流量が全くない
（河川法１条違反）

（４）神戸川での漁業への影響

水量不足などでアユの餌となる珪藻は、ケイ酸をはじめとする栄養不足や石についたヘドロで育たなくアユを40万匹放流しても4,000匹しか取れない現実がある。

また珪藻にとり大きな要素である鉄、窒素などが志津見ダムでアオコやヘドロに消費され下流に流れない。大万木山から流れるケイ酸やフルボ酸などの栄養豊富な水が江の川に分水されている。

（５）馬木から河口までは２～３倍の川幅になり、滞留により川底はヘドロが堆積

（６）神戸川河口は河口閉塞

神戸川河口は河口閉塞によりアユ、サケの遡上に影響が出ている。船の行き来もできづらくなっており毎年河口を機械掘削により広げてあり、分水廃止し流量が豊富になれば河口閉塞の改善できるものと考えられる。

（７）神戸川から海への水量不足、水質悪化によりブリの餌となるイワシが激減

（イワシの餌となる植物プランクトンの減少）

食物連鎖の破壊でイワシなどの小魚が減少し、大社湾におけるワカナ、ブリが取れなくなっている、漁業経営の衰退が進んでいる。

特筆すべきことは、来島ダムで分水開始した昭和31年から9年間で大社地区のイワシの漁獲量が1,291トンから15トンに激減したことである。

今もわずか5トン程度でありこの57年間で完全に大社湾の海が死んでしまった。

（P.15　資料２－１、P.27　資料２－２）

中国電力の不正などの問題

１、来島ダムから神戸川に１滴も流していなかった
１年間の平均日数　（命令書８条違反）　（P.34　資料３）
５７年間で川も海も死んでしまった！

① 昭和 32 年から昭和 58 年までの 27 年間は、351 日
　環境放流口からの平均放流量は 0.01 ㎥／ｓ　（P.35　資料４）

② 昭和 59 年から平成 23 年までの 26 年間は、150 日
　（S62 年 H2 年は欠測が多いので除外）
　環境放流口からの平均放流量は 0.44 ㎥／ｓ　（P.36　資料５）

③ 昭和 59 年から平成 23 年までの 1 年間で 0.5 ㎥以下しか
　下流へ流さなかった 26 年間の平均日数は、227 日　（P.34　資料３）

④ 環境放流口は、2 ㎥／ｓ流せる構造であるが、約５６年間の平均環境放流量が
　0.24 ㎥／ｓであった。　（P.37　資料６）

⑤ 渇水時のたびかさなる農民からの下流への要請にも渇水調整が機能していなかった「神戸川来島ダム水利等調整員会」の 57 年間
　慣行水利権がある農民よりも利水、発電優先（利権優先）の 57 年間であった。
　河川法 53 条により農業用水の取水が利水よりも優先なのに法律に違反していた。

２、覚書、確認書の契約放流量の不履行

（命令書８条違反）（確認書）　（P.38　資料 7-1、P.39　資料 7-2）

昭和 29 年 3 月 1 日付けの島根県知事から中国電力に下附された［命令書］第八条二、三にかかる下流農業用水不足の場合の約束事が不履行であった。度重なる抗議も受け入れられず不誠実な結果となった。（「神戸川来島ダム水利等調整員会」議事録資料などによる）

３、最大使用水量の不正取水

（来島ダム操作規定３条違反）　　（P.43　資料８、P.44　資料９）

建設大臣から中国電力への許可条件違反・来島ダム操作規定第３条違反（昭和31年から昭和51年の22年間）

潮発電所への最大使用水量15㎥／ｓを超え、最大19.62㎥／ｓを22年間で1,423日累計時間11,737時間の不正取水がある。

昭和34年1年間1,392時間の不正取水量は、　　約650万トン

昭和34年1年間の潮発電所での総使用取水量は、　2億100万トン

４、中国電力八神流量観測所の流量データに問題

（P.45　資料10）

平成18年水害時における流量が来島ダム洪水ゲートからの最大放流量478㎥／ｓより、直下流の八神流量観測所の流量が261㎥／ｓと少ない。流量データが信用できない。

５、来島ダムの流入量計算、算定の問題

洪水時の来島ダムへの流入量算定根拠の問題

（P.46　資料11-1、P.51　資料11-2）

来島ダム操作規定第９条によると、流入量は貯水池の貯水位と貯水量の関係などにより決定されるとあります。

流入量の基本的な計算は貯水池の断面積に高さを乗じたもので計算されるものであり、57年経過して堆積や浸食により数百万㎥変化しているのに、計算が変更されていなく、流入量そのものが信用できない。

島根県は、中国電力に下附した命令書（昭和29年3月1日）、河川法45条に基づいた来島ダム上流に設置してある２ヶ所の流量観測所、雨量観測所のデータも合わせて流入量を調査すべきである。流入量は、洪水時に来島ダムから放流量を決める重要なものである。流入量が多ければ放流量も多くなるし、逆もある。

６、ヘドロの堆積問題

57年経過した来島ダムには堆積しているはずのヘドロや土砂の数量がほかのダムに比較して少ないのではないか調査が必要である。　　（P.53　資料12）

資 料 1

神戸川、ダム下流の石が黒くなった原因

― 理論的考察 ―

2013 年 2 月 20 日

北海道大学名誉教授

松 永 勝 彦

（神戸川再生推進会議資料）

ヘドロとは？

①：溶存酸素がなくなり、硫酸塩による分解になると、分解される速度は1/10に激減する。

②：硫酸塩による分解速度よりも多量の有機物質が存在すると未分解の有機物質が残存し、粘土鉱物と混合したのがヘドロである。

ヘドロは何故黒色なのか？

Cd, Co、Cu, Pb, Sn, Hg, Zn, Ni, Fe
これらの重金属（比重が4以上）は
硫化水素との結合力が極めて強いから
CdS, CoS, CuS, PbS, SnS, ZnS, NiS,FeS
の粒子になる。これらの色が黒のため
ヘドロは黒色になる。溶存酸素が存在
すれば黒色にはならない。

湖底、海底の無酸素化

湖（ダム湖）、海（湾）でも有機物質が底に堆積するが、冬以外水上下混合が起こらないから下層に酸素が供給されなくなるため、未分解の有機物質が堆積する（ヘドロ）

湖：落葉、プランクトン（アオコ）

湾：家庭排水、プランクトン（赤潮）

神戸川、ダム下流の石が黒くなった原因

－理論的、実験的考察－

北海道大学名誉教授
松永勝彦

理論的考察

人間の手が加わっていない河川の石が黒色に染まるということは、ありえない現象であるから、ダム下流のこの現象は、上流に存在するダムにその原因があると考えざるをえない。同時に化学反応により、黒色粒子を形成するのは、鉄（Fe^{2+}）を主としたイオウ（S^{2-}）との化合物及び二酸化マンガン（MnO_2）だけである。従って、黒色粒子の形成過程を理論的に考察する。

ダム湖では水が滞留し、富栄養化するため植物プランクトンが異常に増殖する。死後のプランクトンや枯葉などは湖底に沈積する。これらの有機物は低層の溶存酸素で分解されるが、春から秋にかけては水温躍層が生じるため、低層の酸素が消費されても上層から酸素はほとんど供給されない。そのため、湖底付近は無酸素状態になるが、未分解の有機物質は残存している。

酸素が消費されると、硫酸塩の酸素が未分解の有機物の分解に使われ、硫化水素（H_2S）が発生する。河川水中で濃度の高い重金属は鉄（Fe）、マンガン（Mn）、亜鉛(Zn)、銅(Cu)などである。さらに、S^{2-}との溶解度積が小さい（結合しやすい）重元素は鉄（Fe^{2+}）、亜鉛(Zn^{2+})、銅(Cu^{2+})であるが、河川水中の亜鉛、銅濃度は鉄の１％以下のため、考慮する必要性はないものと思われる。マンガン(Mn^{2+})は鉄の数%程度で存在しているが、S^{2-}との溶解度積は大きいため、MnSの沈殿は生じない。仮にMnSが生じたとしても、その色は薄桃色であり、黒色ではない。

水中の鉄の大部分は酸化物で、いわゆる鉄サビの固体のため、湖底に沈降堆積する。湖底が無酸素状態になると、鉄サビは還元されて溶存種のFe^{2+}になる。その後、硫酸塩が還元され硫化水素が発生する。Fe^{2+}は硫化水素の解離で生じたS^{2-}と結合して黒色で難溶性のFeSの粒子を形成する。一般に、ヘドロの色が黒いと言われているのは、このFeSが形成されるからである。

無酸素状態の湖底でのMnO_2は、鉄と同様還元されてMn^{2+}になる。Fe^{2+}の無機化学的酸化速度は水温の関数であるが、常温でのFe^{2+}の半減期（Fe^{2+}が1/2になる濃度）は１０分程度で、極めて早く酸化されて固体の鉄サビになる。一方、Mn^{2+}の無機化学的酸化速度は極めて遅いため、ダムから流出する湖水中の

MnO_2の存在は考慮しなくてよい。

以上の化学理論から判断すると、石の黒色の起源はダム湖の低層で形成された鉄とイオウが結合した化合物であると推察できる。

実験的考察

神戸川のダム下流から黒色になった石を採取し、石の黒色を酸に溶解し、重金属を測定した。溶解する酸の量によって濃度は変動するため、鉄に対する各金属の重量比を次に示す。

Fe/Mn = 25,　Fe/Zn = 200,　Fe/Cu = 6000　（但し、ZnS 粒子の色は白色）

この結果から、黒色物質を形成する重金属中、約９６％が鉄、４％がマンガンであることを意味している。 ちなみに、閉鎖系内湾で生じたヘドロについては、約９８％が鉄、２％がマンガンであった。

結論

以上、理論、実験結果から明らかなように、黒色を呈するのは鉄とイオウの化合物といえる。その化合物の起源は、ダム湖の無酸素の湖底で形成されたヘドロと考えざるをえない。そのヘドロが下流に流されたため、石を黒く染めてしまったと思われる。それ以外、石が黒色になる要因は理論的にありえない。

なお、一度黒く染まった石が自然石にもどるには、長い時間がかかるものと推測される。

室内実験によるヘドロの形成

三角フラスコに鉱物、米ぬか、$Fe(OH)_3$, Na_2SO_4、河川水を加え、ゴム栓で大気と遮断して放置する（写真１、２）。写真２は赤褐色をおびているが、これは$Fe(OH)_3$の色である。ここでは、プランクトンや枯葉の代わりの有機物として、米ぬかを使用した。

ほぼ１００ml の河川水に含有されている鉄や硫酸塩の量では、肉眼で色の変化を見るのが困難なため、$Fe(OH)_3$やNa_2SO_4を添加した。

常温で米ぬか１００mg を河川水１ℓ（最初の溶存酸素量は９mg/l）に加え、酸素量の経時変化を示したのが図１である。ほぼ４～５日で酸素は完全に米ぬかの分解に消費され、無酸素状態になる。

上記三角フラスコ内では、1 週間後には水中の溶存酸素はゼロになり、酸化還元電位からは理論上、次に鉄の還元が生じ、Fe^{2+}が形成される。その後、硫酸塩が還元され、硫化水素が発生すると同時に鉄と結合し、黒色の FeS が形成される（写真２、2 週間後）。なお、$Fe(OH)_3$だけを含有している溶液では、赤褐色の変化はないことを示している（写真２の右側）。さらに、放置すると 4 週間

後には FeS の生成量が多くなり、黒色が増しヘドロ化が進行する（写真３）。
　三角フラスコの口をゴム栓で塞いでいるが、ゴム栓をとると硫化水素やイオウ化合物による強烈な悪臭がする。

石に付着した着床プランクトン

　ダム下流の河川から黒色になった石を採取、同時にダムの影響のない河川から自然石を採取し、クロロフィル a を測定した。その結果を以下に示す。

自然石：4.6 ± 1.1 μg/cm^2 （n=5）
黒色の石：0.82 ± 0.12 μg/cm^2 （n = 5）
三重県の非汚染河川で採取した石：5.2 ± 0.8 μg/cm^2 （n = 3）
　なお、石の採取はすべて 12 月に行った。

石の採取場所：島根県出雲市佐田町下橋波（志津見ダム下流 3.5 ㎞）
石の採取日時：2012 年 12 月 14 日
資料の作成日：2013 年 2 月 20 日

図1．米ぬかで消費される酸素量（mg/l）

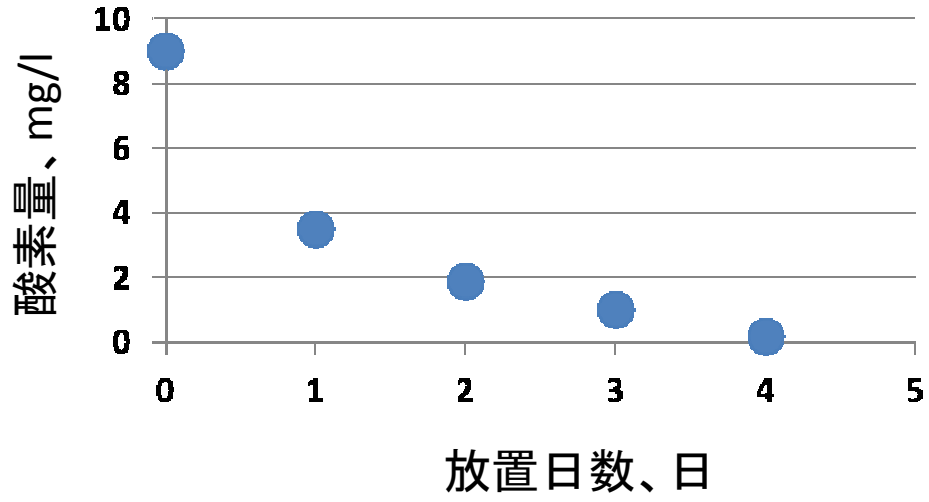


写真1．米ぬかやヘドロのできる成分を入れた状態

写真2．褐色は鉄の色

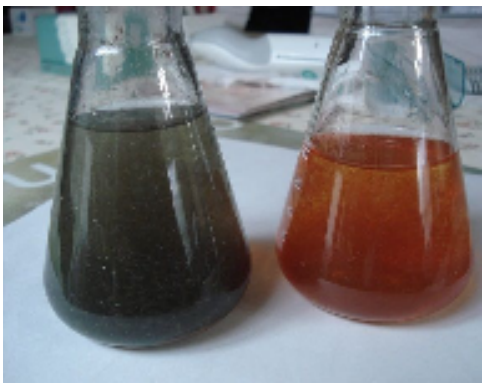


写真3．左：ヘドロ化、右：鉄だけの色

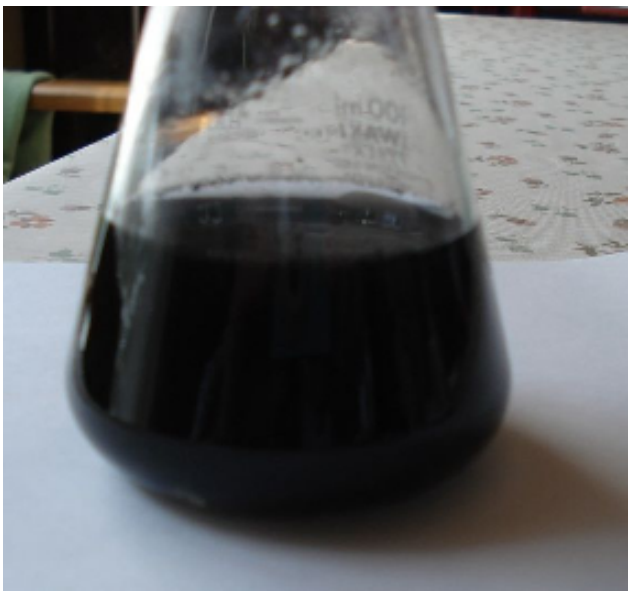


写真4．ヘドロ化の進行

「神戸川の再生を考える会」

特　別　講　演　会

開催日　：　平成 24 年 10 月 28 日（日）

演　題　：　「森が海に果たす役割り」

講　師　：　北海道大学名誉教授

松永 勝彦 先生

＜松永勝彦先生のプロフィール＞

■経　歴：

昭和 17 年四日市生まれ。四日市高校、立命館大学理工学部、大阪大学大学院工学研究科修了後、昭和 41 年北海道大学助手、助教授を経て、昭和 61 年教授。平成 15 年 9 月末で北海道大学を辞職。北海道大学名誉教授(理学博士)。同年 10 月から四日市大学特任教授。平成 24 年 3 月同大学を退職。

■受賞歴：

森林が河川、湖、海の生物に果たす役割に関する研究を行い、第 1 回環境水俣賞、日本海水学会賞、日本分析化学会功労賞、北海道分析化学賞などを受賞。

■執筆・著書：

中学校 1 年の国語の教科書に"魚を育てる森"を執筆。全国で約５０万人の生徒が毎年この教科書で森林の大切さを学んだ。講談社ブルーバックスから『森が消えれば海も死ぬ』（平成 5 年)、『森が消えれば海も死ぬ 第 2 版』（平成 22 年）を出版。

■メッセージ：

戦後、私たちは高価な牛肉を食することは極めて困難であったが、私は伊勢湾の恵みで動物性タンパク質に困らなかった。伊勢湾が豊饒であったのは、森で形成された栄養素が河川を通して湾に流入していたからである。多くの日本人は動物性タンパク質にあまり困らなかったのも、湖、河川、海からの恵みがあったからである。つまり、間接的に森林の恩恵を受けていたのである。

現在、日本全国で漁民の森と称し、魚介類を増やすための植林の輪が広まっている。その科学的根拠が、やっと日本で認められ、苦労が無駄でなかったとの思いだ。

日本はいつまで食料を輸入できるのだろうか。人間（動物）は食料なしでは生きられない。次世代も動物性タンパク質に困らないように湖、河川、海を半世紀前の状態に再生することが、今生きている我々に課せられた責務ではないだろうか。

主　催　：　神戸川再生推進会議

来島ダム直下流の神戸川と支流との合流点（濁水と清流との合流点）

DSCN3242
2012/08/05 16:52:29

来島ダムからの濁った水と清流との合流点

DSCN3340
2012/08/09 13:14:43

来島ダムから流れた濁った水

来島ダム直下流の大神立橋付近（神戸川の川底は真っ黒）

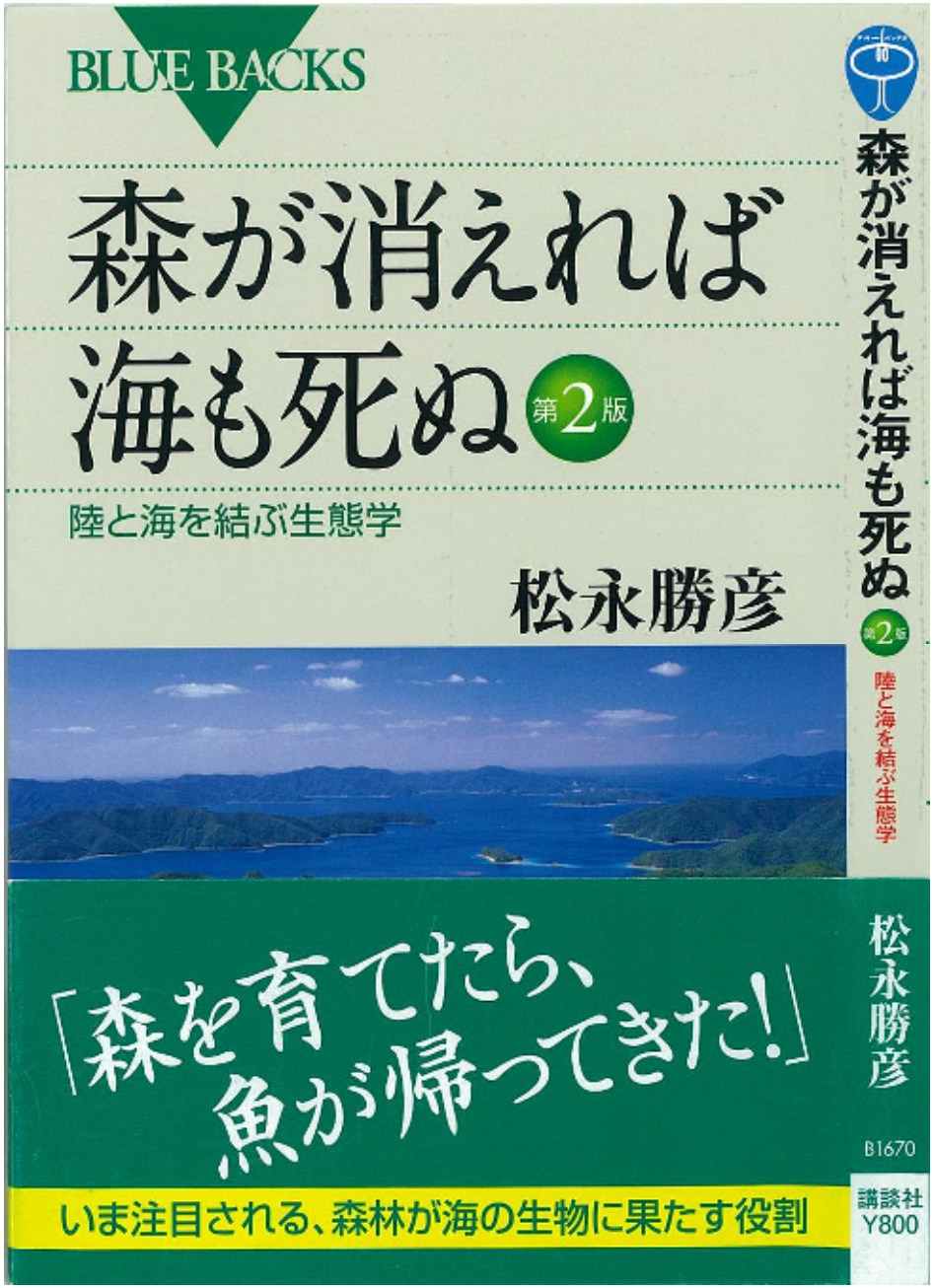
DSCN2445
2012/04/15 7:22:44

神戸川本川は水が真っ黒で、横から入った谷水は透明

DSCN2449
2012/04/15 7:24:12

神戸川本川は水が真っ黒で、横から入った谷水は透明

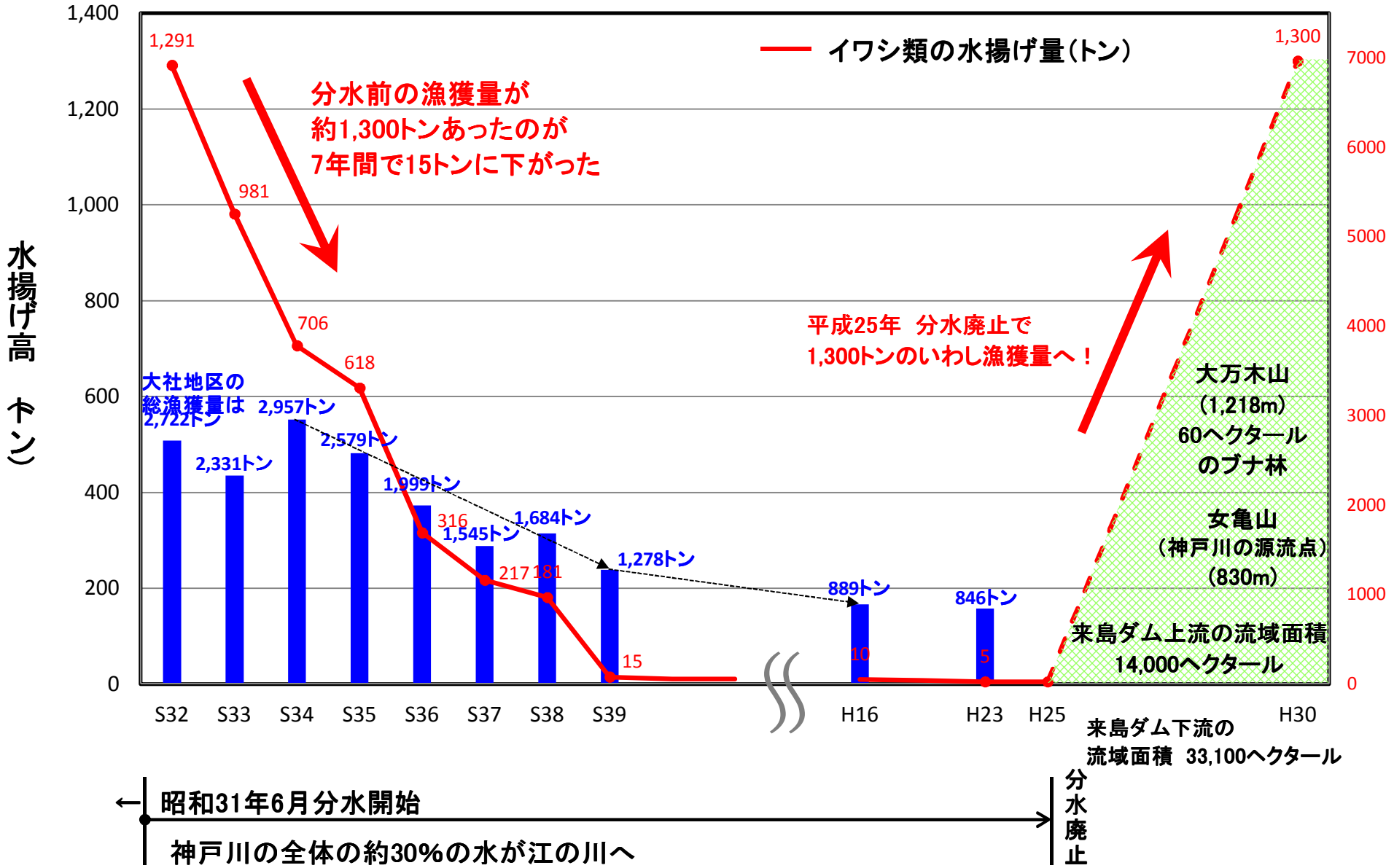
資 料 ２－１


BLUE BACKS
森が消えれば海も死ぬ 第2版
陸と海を結ぶ生態学
松永勝彦
「森を育てたら、魚が帰ってきた!」
いま注目される、森林が海の生物に果たす役割
B1670
講談社
Y800

「森が戻れば海も生きる」

大社地区のいわし類の水揚げ量の推移

中国四国農政局島根統計情報事務所（平成9年3月）
※H16の総漁獲量は、大社町漁業協同組合の資料による。
※H23の総漁獲量は、JFしまね大社支所の資料による。



消滅した森181ヘクタールに植林したら漁獲量100トンが2,000トンに増えた
（北海道えりも町）

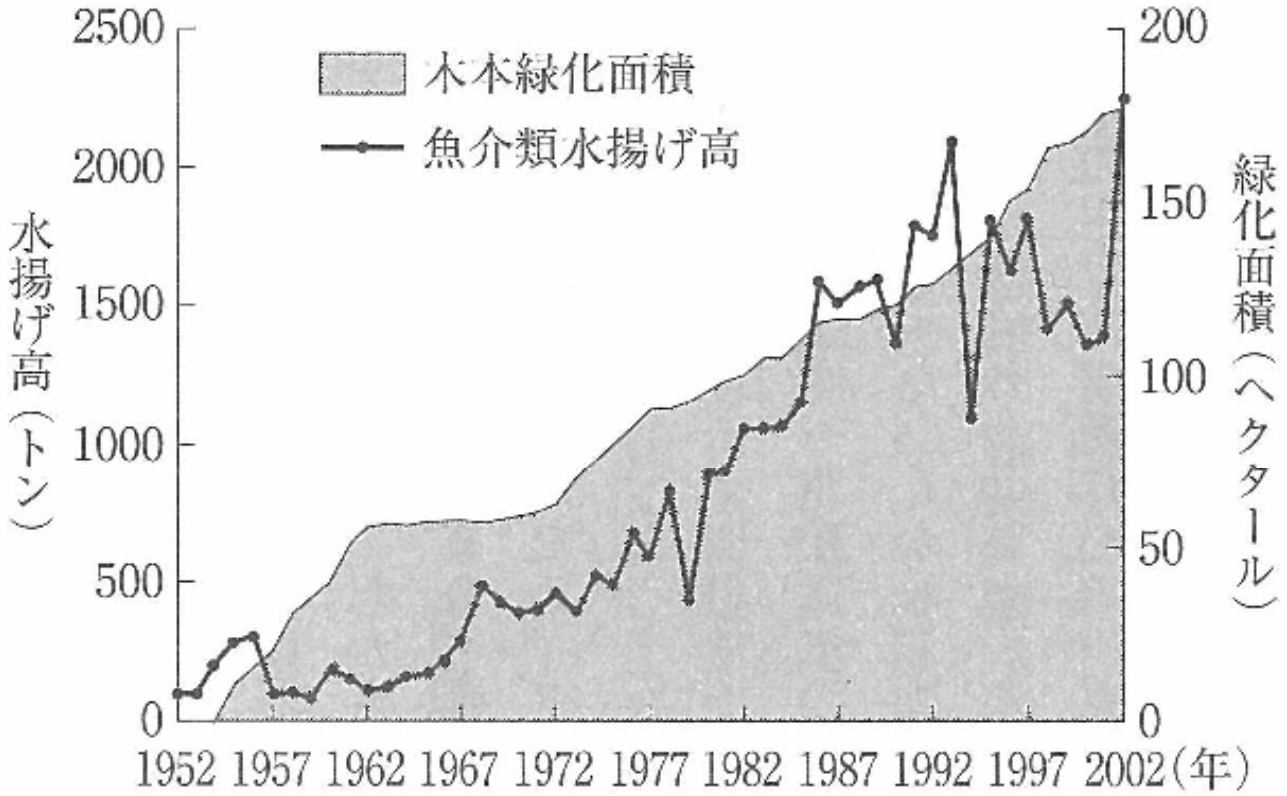


図5-2　木本緑化（植林）を行ったえりも町における魚の水揚げ高の経年変化（北海道森林管理局、2003）

3　木を植える漁民、市民、企業

襟裳岬の再生

北海道襟裳岬の例が、植林と漁場との関係を最もよく表している。二〇〇年前の襟裳岬は広葉樹の原生林で覆われ、アイヌの人々が生活していた。明治以降、本州からの入植者が増え、建材、燃料として森林が伐採され、さらに放牧地としての開拓などで森林の消滅が早まった。草地も過放牧、風雨による浸食により年々荒廃が進んだ。

荒廃が進むにつれ、平均風速が秒速一〇メートルを超える日が年間二七〇日もある襟裳岬では、土砂が風や雨により海に流失したため、沿岸の根付き魚（一生沿岸で過ごす魚）をはじめ回遊魚もそこを回避するようになり、漁獲量は激減した。さらに、コンブなどの海藻も葉に泥が付着したため、枯死した。しかも、岩盤に泥が堆積したため、海藻の胞子が着床できずコンブ以外の海藻も激減した。つまり、漁場ではなくなったのだ。

腐植土層が流失したため、下層の無機質層があらわになった。草木一本もない赤土の禿げ山は「襟裳砂漠」といわれた。この状態では漁師は漁業で生計を立てることもできず、集団移住も検討された。

襟裳岬の再生は一九五三年、浦河営林署に「えりも治山事業所」が新設され、草を根付かせることから始まった。しかし、強風の吹き荒れる襟裳岬では、草さえも根付かせることは困難であった。試行錯誤の結果、種を蒔きその上に粗海藻を敷き詰める「えりも式緑化工法」を考え出し、草の生育に成功した。一九五四年から木を植える木木緑化を実施し、二〇〇七年には砂漠化した約九五パーセントに当たる八一ヘクタールの森林が蘇っている。

森の一〇年は人間の一歳に相当するから、襟裳岬の森林はまだ五～六歳の幼児にすぎない。か

図5-2　木本緑化（植林）を行ったえりも町における魚の水揚げ高の経年変化（北海道森林管理局、2003）

つての森林に戻すには、これから数百年かかるともいわれている。

この緑化事業前後にわたる魚介類の水揚げ高の推移を示したのが、図5-2である。緑化前に比べ現在は約一〇倍の水揚げがある。一九六一年、飛砂防備保安林に指定され、一九九四年には魚つき保安林として指定された。

昔は、夏のコンブ漁を終えると、漁師の多くは半年以上も出稼ぎに出かけ、若者も戦を求め、えりも町を去った。こうした状況は日本海側も同様で、えりも町は過疎法の指定を受けたほどであった。しかしながら、緑化後、冬から春にはウニ、カニ漁を、夏にはコンブ、秋にはサケ、マス漁と海の資源回復によって一年中働くことが可能になった。

一方、日本全国の多くの漁師町では、若者は町を出てしまい、年老いた漁師が細々と漁を行っているが、漁師は知識ではできない。長年の経験が必要なのだ。漁業のみならず、農業、林業も経験なしでは困難なのだ。一次産業の従事者が年々減少する日本は、将来このままでいいのだろうか。真剣に考えなければならない時期に来ている。新政権に国民は期待している。

なお、襟裳岬の場合は、森林の乱伐、それにともなう土砂の流失により漁獲が減少したことは明らかであり、漁獲の減少の原因は森林の消失であると断定できた。襟裳岬のような例は特異なケースであり、フルボ酸鉄などは分析しないと確認できないため、一般には化学的な要因と森林とを結びつけるのはこれまで困難であった。しかし、昨今では私の理論が認識されはじめてきたようだ。研究者として望外の喜びである。

3　岩、岩盤、サンゴ礁の異変

日本の沿岸で進行する磯焼け

半世紀前まで、日本の沿岸の岩や岩盤にはたいてい海藻が生育していた。海藻が生育していなければ、自然石のままか、フジツボなどが岩を覆っていた。しかしながら、半世紀前から海藻がまったく生育せず、まるで白いペンキを塗布したような世界が広がりはじめたのである。ちょうど、草木が一本も見られない陸の砂漠同様の世界なのだ。かつて北海道の日本海側で顕著だったが、今日では日本全国で見られるようになった。

この現象は「磯焼け」と呼ばれ、水温上昇や、土砂が海藻の葉に付着することなどにより、ワカメ、コンブ、アラメなどの海藻が枯死した状態をいう。通常の磯焼けでは、原因となる水温の上昇や土砂の流入がなくなれば、再び海藻は生育する。ところが、石灰藻という海藻が岩や岩盤を覆ってしまうと、ワカメ、コンブなどの海藻がまったく生育できない砂漠化した死の世界に変貌してしまう。これが白いペンキを塗布したような、と表現した状態で、この砂漠化は半永久的に続き、水産資源の減少につながるのである。

石灰藻の主成分は炭酸カルシウムで、そのため写真1-8のように白いペンキを塗布したように見える。海藻といってもワカメ、コンブのように葉のある海藻ではなく、学術的には紅藻綱サンゴモ目サンゴモ科エゾイシゴロモという海藻の一種で、世界中の沿岸で見られる。ちなみに石灰藻とサンゴはともに炭酸カルシウムを主成分とするが、前者は光合成生物であり後者は動物である。

石灰藻に覆われた岩や岩盤には、海藻のみならず、普通の沿岸で見られるカキ、カラス貝、フジツボなどもまったく着床していない。この白い石灰藻で覆われた岩は、水深数十センチメートルから沖に向かって広がっているので、陸からでも容易に見ることができる。

写真1-8に写っている黒い物体はウニである。半世紀前には、無数のコンブ、ウニ、アワビが共存していたのである。ただし、このウニは石灰藻の表面をかじって生命を維持しているだけで、私たちが食べる身の部分（卵巣か精巣）はほとんど発育していない。商品価値がないので獲られることもなく放置されている。石灰藻は極めて硬く、ナイフでも削ることは困難である。ウニは表面をかじることができるが、アワビはかじることは不可能で、ここには生息していない。

このような状態では漁業で生計を立てるのは困難で、年々漁師の数は減少している。現在、全国で二〇万人の漁民がいるが、このうち四〇歳以上がおよそ一七万人である。一年間におよそ一万人の漁師が廃業しており、このままでは二〇年もすれば日本の漁師数は計算ではゼロになることになる。ストレスのたまる都会で生活を送るよりも、親の漁業を継ぎたいと考える若者も多いと思うが、跡を継ぎたくても生活が成り立たないのが現状である。このように水産資源、ひいては漁業に甚大な影響を及ぼす磯焼けの原因は陸（森林）にあるのだが、詳しくは第3章で述べる。

写真1-8　石灰藻に覆われ砂漠化した沿岸部の岩
表面に張り付いている黒い物体はウニ。

河川や河口は水産資源にとって重要である

稚アユは河口両岸1kmの範囲、水深1m以内で生育

The Sea

秋から春まで稚アユは海の動物プランクトンを餌としている

1　白いペンキを塗ったような岩盤

消える海中林

沿岸海域で海藻や海草が繁茂している海域を海中林ということはすでに述べた。ワカメやホンダワラは北海道から九州まで生育しているが、くわえて北海道では寒流系のコンブが、東北の一部を除くと、本州では暖流系のアラメ、カジメ、ヒロメなどが生育している。アマモは北海道から沖縄まで生育しており、沖縄ではジュゴンの餌となっている。アマモは種子で繁殖するので、海藻より高等植物ということができる。

海草のスガモは寒帯で岩盤に砂泥が堆積した場所で生育する。砂場とか泥場というが、粒径が、二ミリメートル以上は礫、二～〇・二ミリメートルは粗砂、〇・二～〇・〇二ミリメートルを細砂、〇・〇二～〇・〇〇二ミリメートルをシルト、それ以下を粘土という。

アサリの潮干狩りを行う干潟は、細砂以上の粒径である砂質干潟のため、足が埋まることはない。一方、有明海は泥質干潟で、ムツゴロウはこの泥質干潟でないと生きられない。ここでは潟スキーがないと、足が泥に埋まって歩くことはできない。

アマモは日本全国で生育している海草であるが、枯死してしまった沿岸が多くなっている。枯死した理由は明らかでない。昨今、アマモを移植する試みがなされているが、生き物の環境を研究している立場からすると、枯死した原因がわからずに移植しても、また枯死するのではないかという、極めて単純な疑問がわいてくる。それは次に述べる、石灰藻に覆われた岩盤や岩に海藻を再生できないのと同じことのように思える。

石灰藻が作り出す不毛地帯

石灰藻は学術的には、紅藻綱サンゴモ目サンゴモ科エゾイシゴロモという海藻の一種で、世界じゅうの沿岸に見られる。海藻といってもコンブやワカメなどのような葉のある海藻ではなく、石灰質が多量に沈着しているため、白いペンキを塗布したような状態である。

第1章で磯焼けの概略を述べたが、磯焼けとは岩石や岩盤から海藻が消滅した現象をいう。暖流水の接近によって、あるいは数マイクロメートルの粘土鉱物が海藻の葉に付着することによって枯死したのも、石灰藻が岩や岩盤を覆って海藻が生育できない現象も磯焼けという。

暖流水や粘土鉱物の付着による枯死では、その要因がなくなれば再び海藻が繁茂する。それに対し、石灰藻に覆われると半永久的に海藻は生育しないので、これらは明確に区別するべきだと

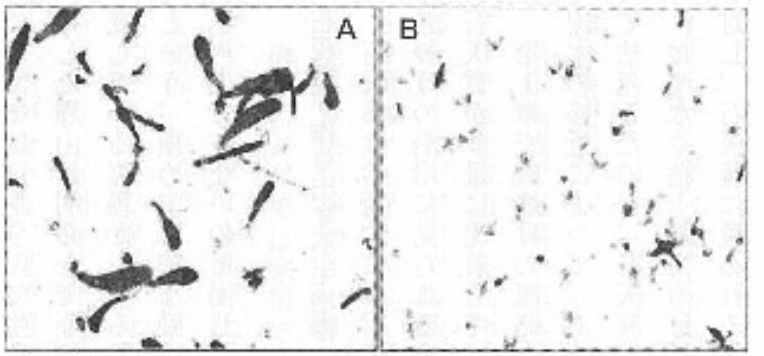


写真3-1　コンブの胞子実験
A：アルコールのみを添加した場合、B：石灰藻の分泌物を含むアルコールを添加した場合。

私は考えている。

現在、北海道の日本海側を中心として進行している現象は後者のほうで、石灰藻が岩盤を覆ってしまっている。石灰藻が覆った岩石や岩盤は、他の生物がいっさい着床できない不毛の世界である。石灰藻上に付着生物が何も生育しない理由は、石灰藻が分泌する物質によって、ワカメ、コンブなどの胞子やフジツボなどがすべて殺されるからである。

実験の詳細は省略するが、石灰藻の分泌成分をエタノール（アルコール）で抽出し、コンブの胞子にアルコールだけを加えた場合と、抽出成分を含むアルコールを加えた場合の結果を写真3-1に示した。写真3-1Aはアルコールのみ、Bは抽出物質を含むアルコールを添加した場合である。抽出物質を含む場合には、コンブの胞子は死滅するが、アルコールだけを添加した場合には胞子は成長する。

このことから、石灰藻上に着床したコンブなどの胞子はすべて殺されるものと思われる。

石灰藻も光合成生物であり、太陽光が遮られると生きられない。このため、表面に着床する異物をすべて殺すのであろう。通常なら海藻やフジツボ、カラス貝、カキなどがびっしり着床している沿岸の岩や石、岸壁なども、石灰藻に覆われていると泳いでも海藻が足に絡むこともないし、貝の殻で足を切ることもない。泳ぐには安全といえるかもしれないが、しかし本来の海の姿とはいえない。私はこの現象を海の砂漠化（シーデザート）と呼ぶことを提唱している。

砂漠化は北海道の日本海側が顕著だ。河川水の影響する海域や、沿岸に道路がなく船でしか行けないような海域には、コンブなどの海藻が繁茂している地帯も残っているが、全体では数百キロメートルにわたり連続して砂漠化している。日本海側が顕著に砂漠化している理由は、山の保水力がなくなったため、流入する河川、小川、沢水の水量が減少または消滅したことによる。河川水が海を覆わなくなったのである。詳しくは次節で述べるが、砂漠化した海水の微量元素と化学成分の濃度は外洋水とほとんど同じで、陸水の影響をほとんど受けていないことがわかる。

北海道同様石灰藻に覆われ、ウニ、アワビの漁獲量に影響していると思われる日本海側の県には、青森県、秋田県、福岡県、長崎県などがある。ただし北海道のように大規模な砂漠化は起きていない。本州の太平洋側では、青森県、岩手県、宮城県、静岡県、三重県、和歌山県、高知

県、宮崎県、鹿児島県などに砂漠化がみられ、全国では一〇〇〇キロメートルに及ぶと推測されている。

なお、宮城県の太平洋側に位置する気仙沼湾の沿岸は海藻地帯であるが、そこから四〇キロメートルほど南に位置する雄勝湾の沿岸は石灰藻に覆われ砂漠化している。同じリアス式湾だが、両湾には決定的な相違がある。気仙沼湾には大河川が流入しているのに対し、雄勝湾にはほとんど河川水が流入しなくなったのだ。河川水量の減少や水なし川は、第1章第3節で述べたように、森林が人の手によって守られていないために全国で見られる現象である。

2　海の砂漠化はどうして起こったか

石灰藻拡大の真の原因

結果は数ページで書けるが、ここにいたるまでには二〇年以上もの年月がかかっている。この間、多くの危険をともなった。多くの学生、職員に雪が舞う真冬の海に潜ってもらうなど、危険をかえりみず協力いただいたため、原因を解明することができたのだ。砂漠化した沿岸の再生も可能になったが、再生事業で得られた益金は社会福祉に寄付し、協力いただいた皆さんに感謝をしたいと私は思っている。

われわれはまず次のような実験を行った。

砂漠化地帯は外洋と同様、鉄がほとんど存在していない。前述のごとく、光合成生物は先に鉄を取り込まないと、窒素、リンを摂取できない。この事実から、鉄の供給がないことが砂漠化の原因ではないかと考えた。

そこで、鋼鉄で作った礁を砂漠化した海域に沈めた。鋼鉄を沈めて鉄イオン（Fe^{2+}）を供給する化学的

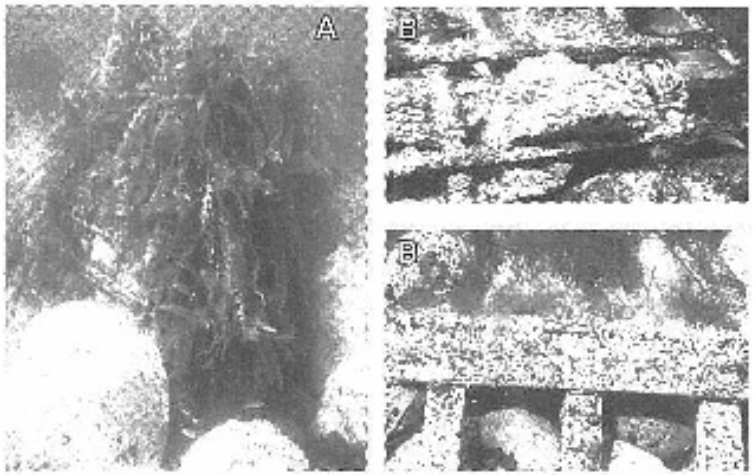


写真３３　鋼鉄礁によるコンブの生育実験
A：実験開始１年目、鉄枠にコンブが繁茂している。
B：２年目、石灰藻が着床しコンブは生育しなくなる。

なしくみは、第2章で紹介した海ぶどうの養殖で述べたとおりである。

実験の詳細は省くが、鋼鉄礁から二〇メートルの範囲にFe^{2+}は拡散し、この範囲に生育している光合成生物は容易にFe^{2+}を取り込めることがわかった。その結果、実験開始一年目には写真3－3Aに示すようにコンブが繁茂した。しかし、二年目から石灰藻が礁に着床しはじめ、コンブなどの海藻は繁茂しなくなる（写真3－3B）。この理由は先のアルコールによる抽出実験で説明したとおりだ。鉄には石灰藻を防ぐ効果はまったくないことが判明したのである。この結論にいたるまでには一〇年を要した。

その後は、鉄粒子に吸着（共沈）すると考えられる、種々の元素や化学物質を用いて試行錯誤を繰り返した。その結果、腐植物質が石灰藻の胞子の成長を阻害することが明らかになった。石灰藻は読んで字のごとく主成分は炭酸カルシウムである。石灰藻の胞子に、腐植物質を添加すると炭酸カルシウムの結晶形成を阻害するため胞子は死滅するが、腐植物質を加えないと、胞子は成長する（写真3－4）。この発見は一九九四年に北海道新聞で報道され、写真3－1、3－4の結果はそれぞれ一九九八、一九九九年に国際誌に掲載されている。

河口域や河川水の影響する範囲では、石灰藻が拡大しないで海藻が繁茂する。その理由は、森林から腐植物質が流入しているからである。北海道の日本海側でも河口域には海藻が繁茂してい

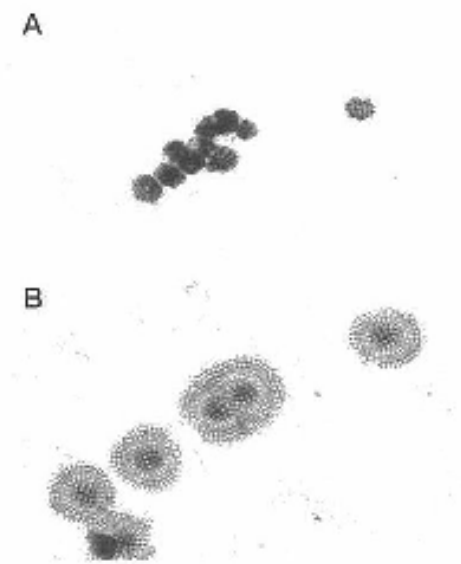


写真3－4　石灰藻の胞子の生育実験
A：腐植物質を加えると胞子は死滅（3日後）。
B：腐植物質を加えないと胞子が生育（10日後）。

る（写真3－5）。また、海峡側の沿岸は落葉樹で覆われ、数百メートルの間隔で沢水が沿岸に流入し、海の表層を覆っているのである。

半世紀前、全国どこでも河川、小川、沢水の水量は多く、常に河川水が広範囲に海を覆っていた。これが、焼畑の拡大を防止していたものと思われる。昨今では、大雨のときには大量の河川水が一度に海に流入するが、腐植物質を含まない蒸留水がいくら海に流入しても意味がないのである。

北海道の道南に位置し、日本海に面する上ノ国町が、同じ日本海側の沿岸の町に働きかけ、大々的な植林を始めている。時間がかかると思われるが、コンブが生育し、ニシンが群来する沿岸に再生できるであろう。

なお、熱帯地方でも河川が流入している海域ではサンゴは生育できない。河口に岩や岩盤があると、サンゴでは

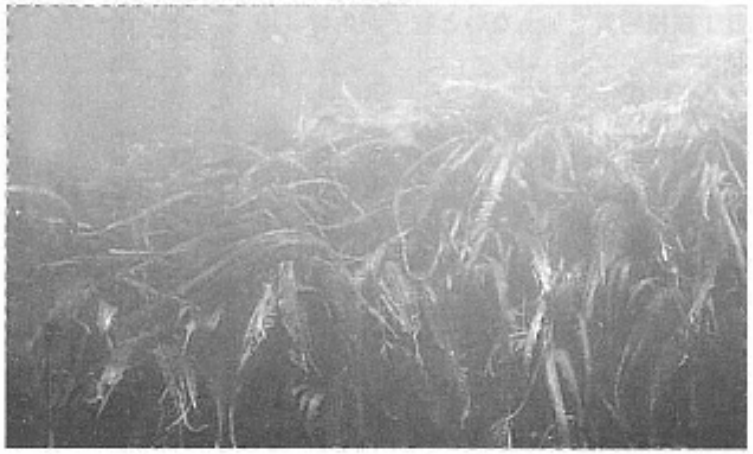


写真3-5　北海道道南における日本海側河口域の様子
上：見市川河口、下：後志利別川河口から沖合１キロメートルの岩盤。いずれも海藻が繁茂しているのがわかる。

なく海藻が繁茂している。サンゴも石灰藻同様、主成分は炭酸カルシウムだからである。

数十年にわたる研究の結果、砂漠化した沿岸の再生は可能になった。二〇〇九年度に三重県で私の提唱する松永方式が採用された。血税で研究させていただいた結果であり、国民に感謝し、益金は社会福祉に寄付する。なお、松永方式で用いる鋼鉄は地元の鉄工所で製作するため、町の活性化にもつながる。

二〇〇四年に韓国のテレビ局（韓国教育放送公社）が取材と撮影のため、私に会いに来た。韓国でも日本海側は砂漠化しており、本書（旧版）を読んで森林の重要性を韓国国民に啓蒙するための番組制作が目的であった。私も三日間、三重県内での撮影に協力した。その後、韓国で四五分番組として二回放映したとの手紙とそのビデオが届いた。それを見ると、韓国の日本海側でも河口域には海藻が繁茂しているが、その他の海域は砂漠化しており、日本と同様の現象であった。