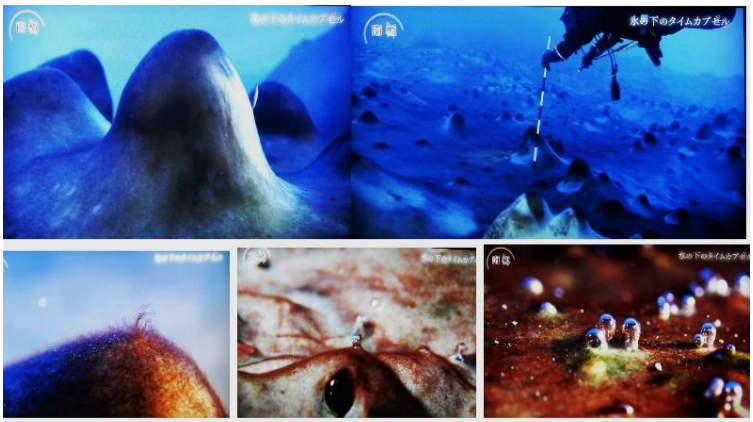
「鉄の惑星 ＆ 水の惑星 地球」シアノバクテリアの不思議な世界 光合成を初めて行い、大気の酸素を作る

われら地球人地球環境変化と「水に少量溶ける二価の鉄の効用」について

鉄の惑星「地球」35億年前 現在の生物起源に遡る原始Iron Roadの絶景　独りよがりの一文かもしれません　by Mutsu Nakanishi

水に極少量溶ける二価の鉄の効用について　https://www.suisui52.co.jp/divalent/より



林立する「こぶ」はシアノバクテリアの集合体　表面の密集した毛状のところから、酸素の泡が出ている
３５億年前の原始の生態系が現在も生き続けているという
こんな不思議な世界が南極の厚さ4m も氷に覆われた極寒の湖の底にある
［BS プレミアム］南極　氷の下のタイムカプセルより

地球が「鉄の惑星　地球」いわれる一方、
「水の惑星　地球」もといわれる
地球創世期　地球全体はすっぽり海に覆われていて、
現生生物が連綿と命を繋いでゆくためには　今もこの「鉄」と「水」が不可欠であるといわれる。
でも　現生動物が命を繋ぐうえで「水」「大気」の重要性はよく言われるが、
「鉄」特に「水中溶け込むことができる二価の鉄」の重要性と効用についてはもうひとつピンと来ないところがある。しいて言うならば　現生動物のエネルギー交換時の酸素と CO_2 の受け渡し交換に鉄の二価・三価の交換が関与している程度にしか知らない。

でも　もし今地球環境が変化し「二価の鉄」が不足していけば、生活環境が激変し、動植物とも生存できなくなるかもしれない。地球環境破壊の今緊急課題として　大気中の CO_2 が広く取り上げられているが、水に溶ける鉄の環境変化もまた、地球環境変化の重要要因として考えねばならない。大げさに言えば、我々が生き抜く為には　地球環境循環の中での大気の酸素量維持や CO_2 量と共に「二価の鉄」の増減：「海水に溶ける二価の鉄」のや「海水・大地」からの放出・循環環境等々にも注視せねばならぬ所に来ている。

例えば　海水中の二価の鉄の量の維持には「海へ放出される大地からの供給・循環環境維持」が重要であると強く意識されるようになってきた。　身近で言えば「山や大地が海を育てる」の叫び。河の護岸・放水規制等を含め、「山や大地が海を育てる」と漁業・養殖関係者が発する中身も「二価の鉄が絡んだ海の環境変化による海中生物の生息変化」によると。　さらにこれらの循環な環境の変化が、我々が体内に取り込む二価の鉄の不足を引き起こすかも‥‥

我々地球人が破壊してきた地球環境は 大気中の CO2 のみならず、二価の鉄にも注視していかねば、すぐに地球に暮らす現生生物に跳ね返ってくる。そしてそれが地球の環境循環にも‥‥‥

そして、われら地球人も含め、地球に存在する現生生物は生きてゆけなくなるのではないかと・・・。

でも　この「二価の鉄」と地球環境・生物の生存循環について　私には今もう一つ明確にお話できずにいる。

先日、この「二価の鉄」の効用について、わかりやすく書かれた一文をインターネットで見つけたのでご紹介。

> いま私たちの周辺でも「二価の鉄」の存在環境が大きく変化しつつあることが指摘されている。
> 現生生物が生き抜いて行くためには大気中の酸素が市重要といわれるが、もともと地球誕生時には大気が存在したのではなく、地球を覆っていた海中で生まれた原生動物シアノバクテリアが光合成を行い生命を維持しつつ、大量の酸素を海水中に放出することにより、大気が形成された。

この「二価の鉄」の効用について　わかりやすく記述した一文を見つけましたので、転記掲載させていただきます。

この「二価の鉄」の一文　海といっても広大　繋がっているといっても　びっくりするようなことが起こってる。

◎　中国の黄沙が偏西風で降り注ぐ地球の海の「二価の鉄」濃度に大きな影響を与える可能性クローズアップ。
◎　植物プランクトンの発生から始まる生物生産は鉄の不足によって制約されているという「鉄仮説」の実証
◎　南極海域の「低二価の鉄」の謎　◎使い捨てカイロの中身は鉄と炭　その「鉄炭素団子」による水質改善　等々

現時点ではまだ定説ではないものもあるが、数々知らぬことやその取組等記述されていて、面白く読みました。

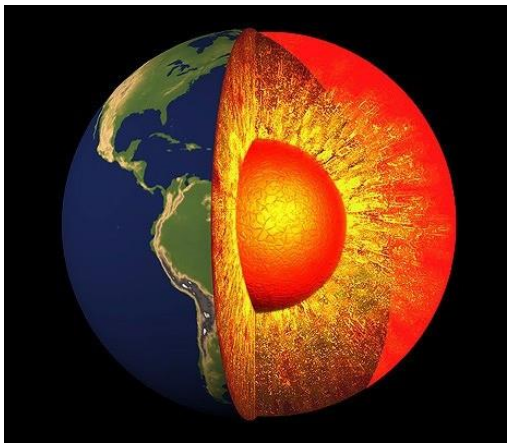
2023.2.3.　Mutsu Nakanishi

二価の鉄の効用について　https://www.suisui52.co.jp/divalent/より転記

有限会社　翠水 Home page　　二価鉄の効用について

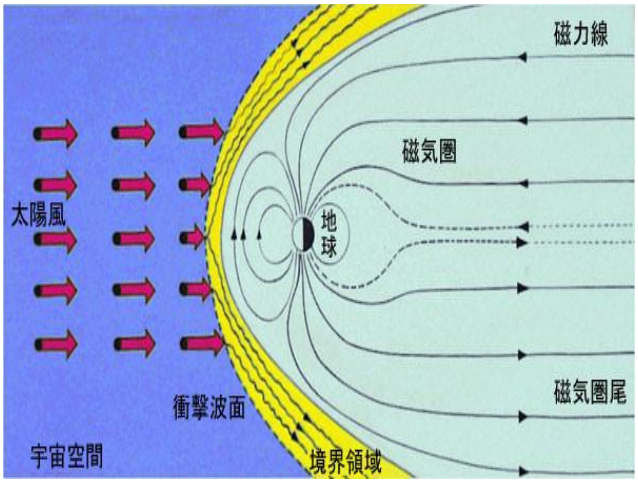
鉄が守る地球上の生命　地球は鉄の惑星

地球に生命の誕生を促し、またその生存を支えてきたのは鉄であるといったら皆さんは驚かれますか？
地球上に存在する鉄の量は３２～４０%で、すべての元素の中で最も多いとされています。一方太陽系にある鉄の存在量は０．００３%質量といわれていますので、地球上の鉄の多さは際だっています。
地球は水の惑星といわれていますが、実は鉄の惑星なのです。

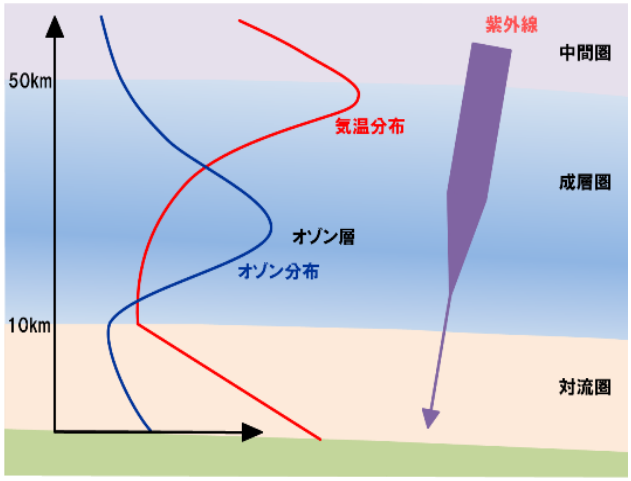


宇宙空間には宇宙線や太陽風など生命に致命的なダメージを与える物質が飛び交っています。太古の地球上にはそれらの有害物質が何の制約も受けずに降り注いでいました。そのような環境にはすべての生命体が対応できず、地球上には全く生き物がいませんでした。

現在の地球の外周には地磁気とオゾン層という２つのバリアーが形成され、地表においても安全に生命活動が営まれるようになっていますが、その形成には生命の進化と同様に長い年月を要し、またそれらが作られるに至った経緯があったのです。
今現在においても地球上には生命にとっては大きな脅威となる物質が降り注いでいます。
人間はもとより様々な生命体が生きていられるのは、これらの有害物質から私たちを守ってくれるガードシステムが地球の外周で機能しているからです。
その一つが地磁気ですが、この恩恵の形成には鉄の存在が大きく関わっていました。



原始の地球には大小様々な隕石が落下し、その衝突エネルギーで高温となった地表はどろどろに溶けた液状となり、様々な金属は自らの重さで地球内部に沈んで行きました。
地球の中心部には鉄が主成分となる液状金属の核ができたと言われています。
そしてさらにその中心部では高圧のために鉄が固まり、固形物である内核と呼ばれるものができました。
これに対して液状の部分は外核と呼ばれます。液状の外核は地球の自転のために一定方向に流れ、電気を起こします。そのため、地球全体が大きな磁石になり、そこから生じた地磁気が地球全体を覆うようになりました。
高エネルギーの宇宙線や太陽風は地球の外周を覆う地磁気によって遮られることとなりました。また海中の生物が作り出した酸素はやがて海水中の飽和状態を経て大気中に放出されましたが、それらの酸素の一部はオゾンへと姿を変えて大気の上層にオゾン層を形成しました。



オゾン層は地球に降り注ぐ紫外線を遮断する機能を持ち、有害な紫外線から地球上の生命を守る働きをするようになったのです。

原始の海には鉄がたくさん溶けていた

鉄の大部分は地球の中心部に沈んでしまいましたが、それでも地表にはまだたくさんの鉄が残っています。現在の地殻には４.７～７.１％の鉄が存在すると言われています。
４０億年程前には地球が冷えて海ができました。現在の海水はｐＨが８以上もあるアルカリ性ですが、当時の海水は原始大気に大量に含まれていた塩化水素の影響で強い酸性でした。そのため岩石中の鉄は海水中に大量に溶け込んでいたのです。酸素を呼吸して生きている現在の私たちには想像もつかないことですが、当時の海水中には（もちろん陸上にも）遊離した酸素が全くありませんでした。水素や炭素と結合した水や二酸化炭素としては存在したのですが、O2 としての単独の酸素分子はなかったのです。従って鉄は酸化されることなく、溶解物（鉄イオン）として海水中にとどまることができました。

生物の細胞液の組成は海水に似ていて、生物が海で生まれた証拠とされていますが、鉄や一部の金属は特別に濃く、鉄にあっては海水の３万倍もあります。それは生命が誕生した時の海水中には鉄をはじめとしたそれらの金属がが多量に溶けていたことを暗示しています。ところがある理由でそれらの金属がほとんど沈殿してしまい、生物が利用しにくくなってしまったため、生物は鉄を確保し、蓄えておくという手段を会得したのです。その結果として生物体内の鉄の濃度が高く保たれているのです。酸素は生命体が作り出した。

地球が地磁気によって守られていることはすでに説明しましたが、最初の頃は地磁気の力もさほど大きなものではありませんでした。やがて地球が冷えて内核の形成が進み、地磁気が現在と同様の強さを持つようになりました。
その結果今まで生命体の存在が許されなかった浅海の安全性が高まりました。
それは太陽光の恩恵を受けられる生物の活躍の場が徐々に増えていったことを意味します。
そこに登場したのがシアノバクテリアの仲間でした。
シアノバクテリアは進んだ光合成システムを持ち、太陽光のエネルギーを使って二酸化炭素と水を原材料として有機物を作り出すことができるようになりました。そしてその際に排泄物として放出されたのが酸素だったのです。

酸素のない世界に生息していた生物にとって酸素は「猛毒」でした。
現代でも問題視される「活性酸素」と同じ感覚で捉えてみればわかりやすいと思います。
シアノバクテリア自身は自らの排泄物である活性酸素を分解する酵素を持っていたとされています。
すなわち本来なら自らの排泄物である酸素の毒性によって繁栄にブレーキが掛かるはずであったシアノバクテリアでしたが、酸素の弊害をコントロールするメカニズムを併せ持ったことにより、当時の地球環境の中ではまさに一人勝ちの状況となったのです。
シアノバクテリアのピークは１９億年前に訪れますが、その繁栄期間中酸素を排泄し、地球環境を汚染し続けました。
その結果それまでの生物界の主役であった「嫌気性生物」は酸素の少ない海底などに追いやられることとなりました。
環境破壊を救ったのは鉄であった。

当時の海水中には二価の鉄イオンが大量に溶けていました。
シアノバクテリアの排泄する酸素は、まずこれを酸化して三価の鉄イオンに変えて行きました。
三価の鉄はさらに酸化されて水酸化物となって沈殿し､海水中の鉄イオン濃度は徐々に減って行くこととなったのです。

海水中の金属イオンの中でもっぱら酸素を引き受けて無害化したのは鉄イオンだけでした。やがて生物は増え続ける酸素の弊害に対処する機能も鉄を利用することで備えることができたのですが、その機能を獲得するまでの進化の時間を稼げたのは海水中の鉄イオンの量が極めて多かったからだといえます。

鉄を求めて陸上進出

酸化するターゲットである鉄が尽きてくると海水中には遊離の酸素が溶け込み、やがて飽和量に達すると気体となって水界から離れ、大気中に貯まって行きました。
酸素呼吸は発酵よりもエネルギー効率が良いため、やがて酸素を利用する（呼吸する）生物が増え、急速な進化を始めました。
１０億年から７億年前に掛けて大気中の酸素濃度が急上昇して現在のレベルに近づきましたが、このころには大気中の遊離酸素からオゾン層が形成され有害な紫外線も遮断されるようになり、海面において効率の良い光合成が安全に行われるようになったのです。

こうして海中の鉄はほとんどなくなってしまうと、逆に生命が必要とする鉄が不足する事態となりました。
生物が地上を目指したのは、そこには鉄があったからなのです。
鉄がほとんどなくなった海中に比べて陸上の岩石は数%もの鉄を含んでいました。
シアノバクテリアや真核藻類、地衣類などのうち鉄を溶かし出す能力を持ったものから地上に進出を始めましたが、やがて根を持つ植物が繁栄を始めました。
これらに付随する動植物の遺体が分解された腐食物質に含まれるフミン酸やフルボ酸が鉄と作ったキレート化合物は川に流れ出し、やがて再び海に鉄を供給することとなりました。
陸上に動植物が進出したことにより、海にも再び豊かな生物相が呼び戻される結果となったのです。

大地は海に鉄を供給している

酸素の増加に伴って大進化を遂げた私たち（好気性の生き物）には遊離酸素 O_2 は無くてはならないものとなりましたが、現在の地球環境では鉄は川の水にも海の水にも長時間溶け続けていることができません。
なぜなら水中に溶け出した鉄（鉄イオン）はすぐに遊離酸素で酸化されて水酸化鉄となって沈殿してしまうからです。
海で生命が生まれた当時の地球の海では周囲に豊富な鉄イオンがあったことから、生命の維持システムの中に鉄は必須の成分として組み込まれたのですが、その後の酸素の大発生の過程で鉄イオンは極めて微量な存在となって生命体の周囲から失われて行きました。

と言っても、資源としての鉄そのものの存在が無くなったのではありません。
水に溶けた状態の鉄、すなわち鉄イオンが微量な存在となっただけです。
生命体にとって体内に取り込むことのできる鉄は水に溶けている（イオン化した）状態のものに限られますから、
固形物としての鉄を水溶物に変える生物側の対応が必要になったのです。
植物の多くは根から酸を出して不溶態の鉄やミネラル成分を溶かして水溶物にする術を獲得しました。
昨今サプリメントとして売り出し中のフルボ酸などもその一つです。
さらに動物は体内に鉄を取り込んだ植物を食べることで間接的に鉄を摂取することとなりました。
つまり陸上では植物が地殻内の鉄を取り込むことで食物連鎖の上位の動物にも鉄が供給される仕組みが完成されたのです。

一方海への鉄の供給は陸上の動植物の残骸を生活の場とする様々な微生物の働きに因っているものと考えられます。
地殻には数%といわれる不溶態の鉄が存在しますので、樹木の落葉が作る腐葉土の中の鉄は、酸化されることなく安定した状態で海まで運ばれ、生物に利用されます。
それは腐食質の中のフミン酸やフルボ酸と呼ばれる有機酸が鉄と結びつくと、その結合する力は遊離酸素との結合力よりも強いため酸化されることなく川を経由して海にたどり着けるからです。

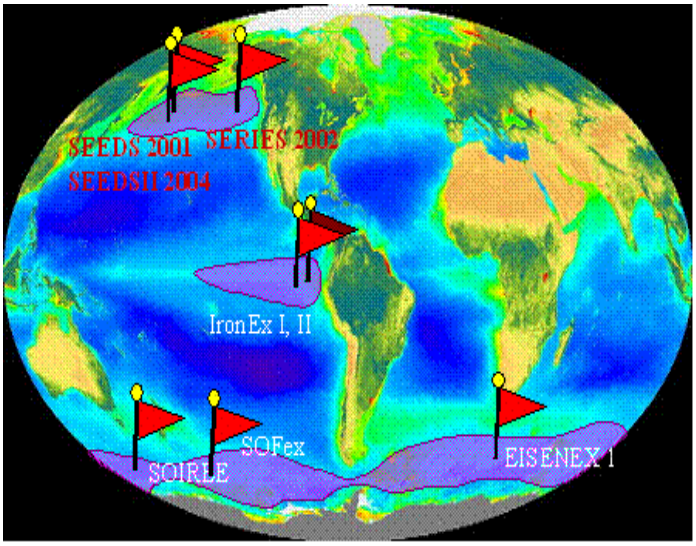
試みに鉄イオンの多い湾内と鉄イオンの少ない外湾の海水を用いて植物プランクトンを培養してみると、鉄を加えさえすれば外湾の海水も湾内の海水同様に大いに増殖することがわかりました。すなわち外湾の海水は栄養分が不足しているのではなく、鉄が不足しているだけだったのです。

「海は広いな大きいな」とは言われますが、そのうち生物が生息しているのは陸地に近いごく限られた海域でしかありません。
それは食物連鎖の最底辺にある植物プランクトンを作り出すために不可欠な鉄が陸地から供給されているからです。
あの広大な海の大部分は陸上の砂漠と同様に生産力が低いがゆえに生物の棲めない不毛のエリアなのです。その理由は陸地から供給される鉄の多くが沿岸部で消費されてしまい、陸地から隔たった外湾部にまで到達しにくいからだと考えられています。

南極パラドックス

栄養塩類豊富な海流が何らかの事情で海面まで上昇すると、植物プランクトンの大発生を促し、それを餌とする小魚やさらに彼等を捕食する大型魚種などが集まり漁獲量の多い漁場を形成します。
このような海流の上昇を　湧昇（ゆうしょう）と呼びます。人工的な構造物を作って湧昇を促す試みも行われているほどです。

ところが南極海では栄養分の豊富な深層海流が南極大陸にぶつかって上昇するにもかかわらず、植物プランクトンの大発生が起こらないという大きな謎があり、これを南極パラドックスと呼んでいました。
近年水中の微量金属の測定技術が飛躍的に発達して分かったことは、これまでの測定方法は極めて不正確なもので、船舶や測定装置などの金属イオンが測定値に誤差を及ぼし、実際の値よりも千倍近くも多い数値が出ていたことが明らかになってきたのです。
また太平洋の赤道域、北東太平洋にも南極周辺海域と同様に高栄養にもかかわらず植物プランクトンの少ないエリアがあることも分かりました。　これらをHNLC（High Nutrinet Low Chlorophyll　高栄養低クロロフィル）海域と呼びます。



外洋における鉄の濃度はnM（ナノモル）という極めて微量のレベルしかないことがわかりましたが、HNLC海域に共通しているのは鉄分がほとんど検出されないということでした。

それらの研究からは植物プランクトンの発生から始まる生物生産は鉄の不足によって制約されているという「鉄仮説」と呼ばれる仮説が生まれました。

南極で採取された氷柱に閉じこめられている大気や化学物質を調べると過去の気候やそれに及ぼした要因が推定できます。
ロシアのヴォストーク基地で採取された氷柱の分析によると、鉄の含有量が多い時期は二酸化炭素濃度が低く、鉄の含有量が少ない時には二酸化炭素濃度が高いことが分かりました。

氷河期の南極周辺は強風が吹き荒れており、周辺の大陸から鉄分を含んだ塵や砂埃などが大量に供給されたのではないかと推測されます。皆さんご存じの中国大陸から飛んでくる「黄砂」は悪いイメージばかりが先行していますが、実はあの黄色は鉄鉱石の一種である「黄鉄鉱」の色であり、海の生産力を左右する重要な要素でもあるのです。

太平洋の亜寒帯の海域では栄養塩類は豊富なのに植物プランクトンの生産量の多いエリアと少ないエリアがあります。
その差は何に起因するかと言いますと、風によって運ばれる「黄砂」の到達距離との関連であることが分かってきました。
「黄砂」の小さな砂粒の中にも微量な鉄分が存在するのですが、その量は海水中の濃度に比べて大変に大きなものです。

偏西風などによって運ばれた「黄砂」が届く範囲では海の生産力は高く、
そのエリアをはずれると鉄が足りないというだけのことで、生産力が激減してしまうのです。
ことほど左様に海は鉄に飢えている実態があるのです。

海洋鉄散布実験

「鉄仮説」を検証するために実際の海洋に鉄を散布して植物プランクトンの増殖を計測するという実験が 1993 年から 2004 年にかけてのべ10回各国の研究機関によって行われました。
これには日本も参加していますが、概ね仮説は実証されたと考えて良さそうです。
相手が広大な海洋であるだけに、鉄の供給によって生産された有機物沈降の部分の解明に難しさが残されているようですが、「鉄仮説」は「鉄理論」として多くの科学者から支持され始めています。

散布実験に際して海中から大気中への二酸化炭素の放出量が 60%減少したとされる論文も発表されていますので、ひょっとしたら地球温暖化を解決する大きな可能性を鉄が握っているかもしれません。
微量な鉄の存在が植物プランクトンの増殖を左右していることは明らかになったのですが、二酸化炭素を吸収した植物プランクトンが海の表層で分解してしまったり、他の生物に直接あるいは間接的に捕食され、呼吸や消化分解によって海水に戻されるのであれば、炭素の固定にはならず地球温暖化の抑止効果は得られません。
生体の死骸や残渣として深海に沈降し蓄積する事実が確認されれば二酸化炭素を海中深くに閉じこめられる可能性が浮かび上がってきます。しかし生態系への影響を危惧する見解を述べる研究者もいることから、その方法論についてはなお慎重な議論が交わされる必要があるでしょう。
地球温暖化については残念ながら効果的な対策がほとんど見あたらないことから、
鉄の海洋散布には大きな期待が寄せられています。

ＮＰＯ法人「森は海の恋人」

今回の震災で大きな被害を受けた宮城県気仙沼に拠点のある自然環境保全を目的とする組織です。
主な活動は森を育てて海を豊かにする為の植林、育林活動ですが、その根底にあるものは、山の植物がもたらす微量成分が海の生産力を左右するという発想です。
内湾で養殖業を営む漁師さんたちがそこに流れ込む河川の上流の山に広葉樹を植林して、養殖環境を保全しようという活動で、「漁師山に登る！」というキャッチフレーズがもてはやされました。法人設立後すでに20年以上の歳月が過ぎていますが、その活動に対する理解と評価は高く、法人の代表である畠山重篤氏は京都大学でフィールド科学教育センターの森里海連環学という新しい概念の学問で客員教授を務めています。
山の植物がもたらす微量成分とはまさにフルボ酸鉄そのものを意味しています。
海の生産力を日々実感している養殖業者である彼等であるからこそ、鉄と生物との因果関係の理解が深いのだと思います。
NPO 法人「森は海の恋人」の HP は[こちら]

「鉄炭団子」（てったんだんご）

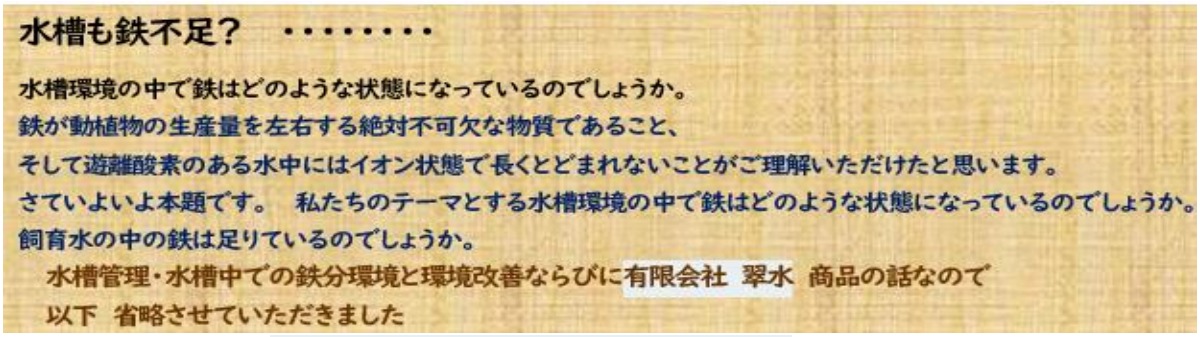
使い捨てカイロの中身は鉄と炭でできています。
これにおかゆとクエン酸を混ぜて直径5㎝ほどの団子状に丸めたものが「鉄炭団子」です。
この団子をヘドロにまみれた河川や海岸に投入するだけで、ヘドロが激減し悪臭も消え、水質が改善されて様々な水生生物が蘇るという環境改善のための取り組みです。
山口県の瀬戸内海側で成果を上げているそうですが、どういうわけかヘドロの少ない日本海側では効果が顕著ではないそうです。

金属にはそれぞれ固有の電位があります。
異なる金属を電気的に結合して電解液（海水）の中に浸漬すると、電位の高い金属から低い金属に電流が流れます。
いわば小さな電池が作られることになるのです。

電位の低い金属は腐食が促進されて金属イオンとして海中に溶け出します。
その結果電位の高い金属は腐食を免れて強度を維持することができるのです。
海岸の岸壁や沖合のシーバースなどはすべて鉄で作られていますが、これらが海水中にもかかわらず錆びずに形を残しているのは電気防蝕というさび止めの技術が施されているからなのですが、他の金属を犠牲にして鉄を錆から守る方法を流電陽極方式と呼んで電気防蝕の重要な技術の一つとなっています。

海水中の鉄の構造物を錆から守るには、アルミニウムや亜鉛など鉄に比べてイオン化傾向の高い（電位の低い）金属のインゴットを電気溶接で取り付けますと、鉄は錆びずにアルミや亜鉛が犠牲になって海水中に溶け出して長期間構造物の崩壊を防ぐことができるのです。
たとえば10円玉と古釘を電線でつないで海水の中に入れますと、10円玉はいつまでもぴかぴかなのに古釘は真っ赤に錆びて、やがて溶けて無くなってしまいます。
これと同様に鉄と炭（炭素）を電気的に結合し（団子にし）て、海水中に放り込むと炭に比べてイオン化傾向の高い鉄が溶け出し、海水中に二価鉄イオンが放出されることになります。
ヘドロの堆積しているような水底はかなりの嫌気環境となっていますので、二価鉄イオンは遊離酸素で酸化されることなく、ヘドロ周辺の微生物に利用されることとなり、その活性を高める結果、ヘドロが分解される好循環が励起されるものと思われます。団子にクエン酸を混ぜるのは鉄を直接溶かし出す他に、フルボ酸鉄に似た有機酸鉄を作ることで遊離酸素による酸化を防ぐ効果が期待できると考えているのでしょう。
この運動が明らかな改善結果をもたらしている事実から、汚染された海の復活にまず必要とされるのが鉄イオンであり、その絶対量の多寡が運動の成否に密接に関わっていることが立証されたと言えるでしょう。

◎ 鉄炭団子の考案者 杉本幹生氏 が起業した水質改善のための会社（株）エプトの HP
http://tottoriept.com/ms



ご興味のある方は 有限会社 翠水 HP から原文をお読みください
https://www.suisui52.co.jp/divalent/

2023.2.2. 作成 by Mutsu Nakanishi

鉄の惑星「地球」35億年前 現在の生物起源に遡る原始Iron Roadの絶景

【参考】 ≪NHK BS ドキュメンタリー「南極 氷の下のタイムカプセル」≫
【映像切りだし私蔵スライド動画】 （再整理 記録） 2018.3.5.
鉄の惑星「地球」35 億年前現在の生物起源に遡る Iron Road の絶景
南極氷の下のタイムカプセル
シアノバクテリアの不思議な世界 光合成を初めて行い、大気の酸素を作る
https://infokkkna.com/ironroad/2018htm/iron14/1803cyanobacteria.pdf

VIDEO 動画 mp4 https://infokkkna.com/ironroad/2018htm/iron14/1803cyanobacteria.mp4

PDF Photo Book https://infokkkna.com/ironroad/2018htm/iron14/1803cyanobacteriaphoto.pdf