

鉄含有新素材による水環境改善効果の検討

大分県 正会員 ○林 達也
山口大学大学院 学生員 中村良一
山口大学大学院 正会員 樋口隆哉

山口大学大学院 正会員 関根雅彦
山口県 川島敏幸
山口大学大学院 正会員 今井 剛

1.研究背景および目的

近年、温室効果ガスの急激な増加が深刻な問題となっている。特に、二酸化炭素は気温上昇に対して 60% 以上の比重を占めるといわれている。そのような中で、大気中二酸化炭素量の約 60 倍もの無機炭素を溶解している海洋についての関心が高まってきている。海洋が二酸化炭素を吸収する能力は、植物プランクトンの量と密接な関係があることが分かっている。しかし、一部の海域では栄養塩が豊富に存在するにもかかわらず、鉄不足のため植物プランクトンが制限されてしまっているとの研究結果がある。そのため、海洋への鉄供給による環境改善が注目されている。一方、安価な原料を用いて鉄を供給することを意図した新素材が山口県下で開発された。鉄工所などで発生する銑ダライと竹炭を豆炭形状に焼き固めた竹鉄豆炭と、鉄粉の酸化熱を利用する使い捨てカイロの廃材に炭素源を加えて焼き固めたカイロ団子である。いずれも、酸化還元反応に基づく電子の放出が、炭素を介して鉄イオンの生成とは異なる位置で発生することで、鉄イオン溶出速度が鉄単体より大きくなることが期待されている。また、新素材に含まれる有機物がキレート作用などによって鉄と結びつくことで、溶出した二価鉄イオンがさらに酸化を受けて不溶性の酸化第二鉄となることを妨げ、植物プランクトンが利用しやすい溶存鉄が生成される可能性がある。本研究では、今回開発された新素材を用いて鉄の溶出能力の把握、植物プランクトンの活性化、安全性について分析・検証することを目的とする。

2.好気下での鉄の溶出試験

2-1.実験内容・方法について

密閉容器に DO が飽和状態に達している蒸留水 800mL の中に試料を投入した。0.2(L/min) の空気曝気を行いながら 120(rpm) の攪拌速度で攪拌をする。飽和状態を保ちつつ、一定時間経過後に全量を採水し Fe^{2+} 、D - Fe、T - Fe について測定を行った。採水後は、DO が飽和状態に達している蒸留水を入れて実験を継続した。実験には、竹鉄豆炭 98.3g(含有鉄量 59.0g)と、比較対象として原材料である銑ダライ 50g を使用した。

2-2.結果および考察

竹鉄豆炭の単位時間溶出速度変化を図 - 1 に示す。竹鉄豆炭の 1 日目の溶出速度平均値(mg/h)は、T - Fe14.46、D - Fe7.40、 Fe^{2+} 0.25、2 日目は T - Fe5.63、D - Fe3.67、 Fe^{2+} 0.00 であった。また、銑ダライの 1 日目の溶出速度平均値(mg/h)は、T - Fe6.04、D - Fe0.71、 Fe^{2+} 0.56、2 日目は T - Fe1.18、D - Fe0.01、 Fe^{2+} 0.01 であった。新素材は原材料のみの場合と比較して T - Fe、D - Fe が多く溶出していることが明らかとなった。

3.嫌気下での鉄の溶出試験

3-1. 実験内容・方法について

湖底のような嫌気性の場所に試料を散布した場合を想定し、試料周辺の環境が嫌気的な場合での鉄の溶出について実験を行った。嫌気下では、溶出した鉄は酸化されないと考えられるため、分析対象形態は Fe^{2+} のみとし、測定に必要な 25mL のみ採水し、採水後は 25mL の脱気水を加えて実験を継続した。実験に使用する試料は、竹鉄豆炭 101g(含有鉄量 60.5g)と、カイロ団子 133g(含有鉄量 89.0g)、銑ダライ 50g の 3 種類とした。

3-2.結果および考察

各試料の溶出速度変化を図 - 2 に示す。嫌気性では DO の消費による OH^- の発生がないため酸化還元反応が進行せず、鉄は溶出しにくいものと考えていた。しかし、実際にはわずかに残存する DO (0.51mg/l) のため Fe^{2+} の溶出が確認された。実験開始 1 日目の Fe^{2+} の溶出速度平均値(mg/h)は、竹鉄豆炭は 0.20、カイロ団子は 0.87、銑ダライは 0.00 となった。このことから、湖底のように嫌気的である

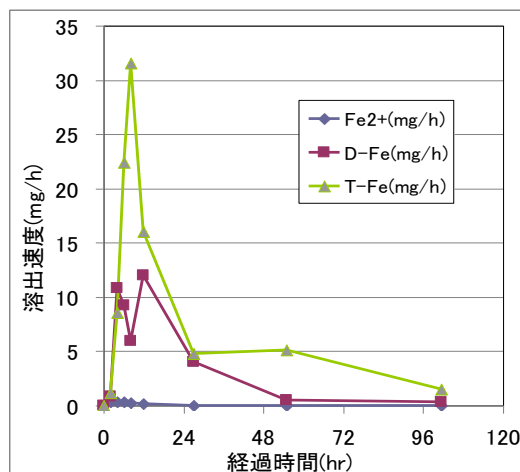


図 - 1 竹鉄豆炭の単位時間溶出速度変化

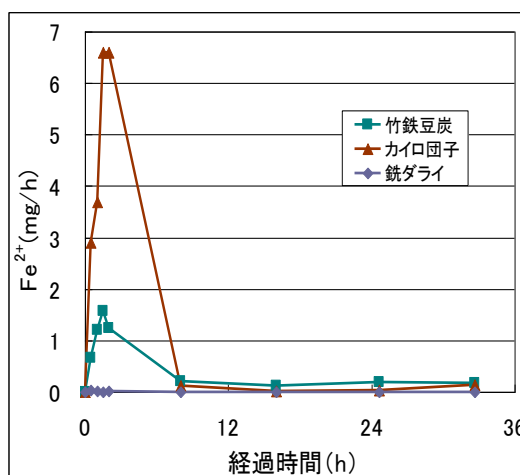


図 - 2 各試料の Fe^{2+} の溶出速度変化

水環境において試料を散布しても、鉄の溶出が期待できるものと考えられる。

4.現地溶出試験

4 - 1.調査・分析内容

実環境中では試料周辺の水が入れ替わるため、試料の鉄供給能力がより大きくなる可能性がある。試料周囲の水が絶えず交換されている状態での Fe^{2+} 、D - Fe、T - Fe の溶出を測定した。水切り用ネットに竹鉄豆炭、カイロ団子を入れて沢波川と宇部港に垂下し、定期的に現地で採水した水 1L に浸漬して 15 分間溶出させて溶出量の測定を行った。

4 - 2.結果および考察

海水と河川水での D - Fe、T - Fe の溶出速度変化の結果を図 - 3、4 に示す。海水に浸漬後 1 日目の溶出速度平均値(mg/h)は、竹鉄豆炭では T - Fe27.4、D - Fe0.08、 Fe^{2+} 0.00、カイロ団子では T - Fe149.4、D - Fe0.00、 Fe^{2+} 0.52、浸漬後 2 日目は竹鉄豆炭で T - Fe37.44、D - Fe0.00、 Fe^{2+} 0.00、カイロ団子で T - Fe63.4、D - Fe0.08、 Fe^{2+} 0.76 であった。河川水に浸漬後 1 日目は、竹鉄豆炭で T - Fe35.36、D - Fe7.76、 Fe^{2+} 0.08、カイロ団子で T - Fe107.4、D - Fe36.16、 Fe^{2+} 0.04、浸漬後 2 日目は、竹鉄豆炭で T - Fe23.24、D - Fe0.08、 Fe^{2+} 0.16、カイロ団子で T - Fe114.8、D - Fe90.48、 Fe^{2+} 0.08 であった。竹鉄豆炭の好気下での一日目の D - Fe の溶出速度と、現地実験の浸漬後一日目の D - Fe の溶出速度を比較してみると、河川時の 7.76 が最も多く、次いで好気下での 7.40、海水時の 0.08 となった。好気下では河川の流れを想定した攪拌を行っていたので、海水時よりも D - Fe が溶出したものと考えられる。このことから、河川のように試料表面の更新が行われやすい環境であることが、試料の鉄供給能力にとって重要であることが明らかとなった。

図 - 3 海水での鉄の溶出速度変化

図 - 4 河川での鉄の溶出速度変化

5.明暗瓶による植物活性化試験

5 - 1. 実験内容・方法について

鉄供給試料から溶出する鉄が、河川や湖沼水に含まれる生物に活性化効果をもたらすのかについて、明暗瓶を用いて検証を行った。添加サンプルは竹鉄豆炭、カイロ団子、 Fe^{2+} (硫酸第一鉄アンモニウム六水和物)の三種類で、実験に使用する環境水は海水と河川水とし、5 日後の DO を測定した。

5 - 2.結果および考察

明ビンで増加した DO を純生産、純生産と暗ビンで減少した DO との差を総生産とし、実験結果を表 - 1 に示す。河川水での結果を見ると、竹鉄豆炭で植物の活性化が見られた。しかし、他に鉄を添加したサンプルでは活性化が見られなかった。海水についても同様であった。実験より、環境水中に鉄が不足していない場合、過剰な鉄を供給してもあまり効果が得られないことが分かった。

6.まとめ

新素材の鉄の供給能力について竹鉄豆炭では河川水中で最も D - Fe を供給することが明らかとなり、溶出速度(mg/h)は 7.76 であった。鉄単体に比べ、供用初期では数倍から数十倍の溶存鉄、全鉄供給能力を示した。ただし、鉄供給持続時間は数時間から数日であり、河川のように試料表面の更新が行われやすい環境下においてのみ持続性が認められた。また、植物活性化試験より、鉄が不足していない水域に鉄を供給しても十分な効果が得られないことが明らかとなった。本新素材が高流水圧下で持続的に供給可能な全鉄は、他の微生物の働きを介して生物活性化効果を持つ可能性がある。本新素材の散布による海産物の増産効果などの報告があることも考えると、本新素材の評価のためには、本研究とは異なるフィールドと評価の視点を設ける必要があろう。

表 - 1 明暗ビンによる実験結果

環境水	サンプル	純生産(mg/L)	総生産(mg/L)
川	コントロール	0.07	0.60
	Fe^{2+} (硫酸第一鉄)	-0.12	0.48
	竹鉄豆炭	0.37	0.87
	カイロ団子	-0.20	0.42
海	コントロール	13.60	14.73
	竹鉄豆炭	12.61	13.52
	カイロ団子	11.00	11.91
	Fe^{2+} (硫酸第一鉄)	12.75	12.75