

二価鉄イオンによる富栄養池の水質改善水槽実験

復建調査設計(株) フェロー会員 福田 直三
無有産研究所 杉本 幹生
復建調査設計(株) 西本 秀憲・青山勇一

1. はじめに

溜池、公園の池、ダムや水路などの水域において富栄養化によって、アオコ、ヒシや葦などが発生し、景観のみならず利水・悪臭・ヘドロ化などで環境問題を生じている。このような問題に対して、多種の対策が取られているが、決定的かつ効率的な手法は、十分確立されていない状況にあるといえる。第二著者は、これまで二価鉄イオン溶出体（通称、鉄炭ダンゴなど）を用いることによって、富栄養化した水圏の水質改善に取り組んできている¹⁾。

本研究は、実際に富栄養化した池から採水し、二価鉄イオンを供給しリン酸イオン濃度を低減させる効果を水槽実験で確認し、その有効性を明らかにするものである。

2. 二価鉄イオン供給による水質改善の原理

電気陰性度の異なる金属鉄と炭素材（以下、両材料と略す）を接触させた状態で水など電解液に浸潤させると両材料間で局部電池が生じ、金属鉄が二価鉄イオン Fe^{2+} として水中に溶出される（図1）¹⁾。この二価鉄イオンが水域のリン酸イオンと化学結合することによって、水中に溶存する栄養源であるリンイオン濃度を低減させ、アオコの発生やヒシなどの浮草の発生を抑制させるものである。この方法は、一方で、いわゆる磯焼けを生じた貧栄養の沿岸域の藻場再生にも有効であることを報告している²³⁾。

両材料を接触させる特許技術として、例えば使い捨てカイロを使って団子状態する方法（鉄炭ダンゴ、以下D法）や鋳物と炭素材を格子状にする方法（鉄カーボンスクリーン、以下S法）、水中でカーボン含有率を高度にした鉄材を研磨する方法（シグマインテグラ、SI法）がある⁴⁾。

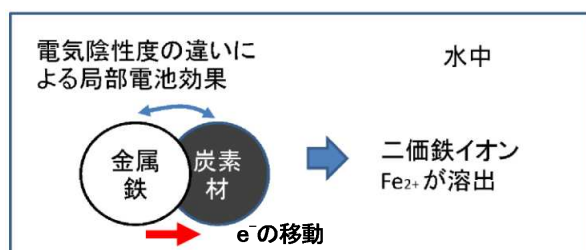


図1 水圏における二価鉄イオンの発生方法

3. 二価鉄イオン溶出能力の水槽実験

本原理による二価鉄イオンの水圏供給能力を確認するために、脱塩素水10LにS材片(171g、ケースP-0)、S材(1056g、ケースP-1)、S材(1324g、ケースP-2)およびD材(322g、ケースD)を図2のような水槽で1週間溶出実験した。

図3は全鉄イオンの溶出濃度の時間的な変化を示したものである。水に浸潤させた直後から高濃度の鉄イオンが溶出



図2 二価鉄イオン溶出水槽実験

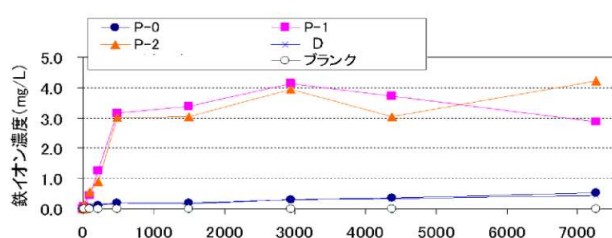


図3 鉄イオン(全鉄)溶出濃度の経時変化

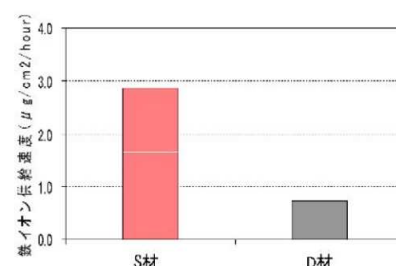


図4 単位時間単位面積あたりの鉄イオン供給速度

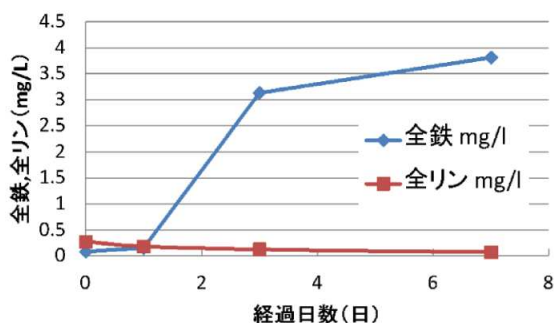
しており、P-1、P-2材については7時間後には3~4 mg/Lとなり、二価鉄イオンの溶出と水酸化鉄の沈殿が平衡状態に達しているといえる。また、図4は比表面積を同じとした場合のS材とD材の溶出速度を比較したものである。この実験条件では、S材はD材の約3倍の供給能力があることを確認できた。すなわち、比表面積を大きくすることによって鉄イオンの溶出速度を向上できることが分かる。

4. 富栄養池水のリン酸イオン濃度低減水槽実験

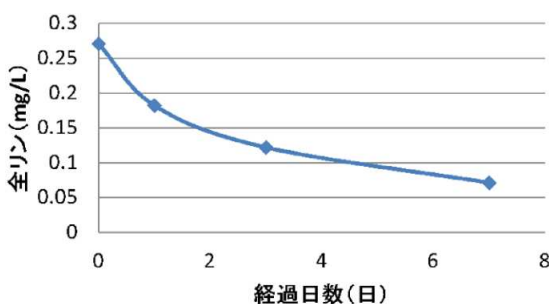
福岡県および長崎県の公園池から採水した富栄養の水に対して、二価鉄イオン供給によるリン酸イオンの低減効果の水槽実験を行った。各池をFt池、No池とする。Ft池では富栄養により浮草や藻の大量発生があり、No池ではアオコの大量発生が問題となっている。

4.1 Ft池におけるリン酸イオン濃度の低減効果

この池の水質は、夏場において全リン0.2 mg/L、全窒素0.1 mg/L、透視度35 cm、DO 11 mg/L、BOD 6.3 mg/Lであった。採水した冬場では全リンは0.028 mg/Lと低い値であったため、池水にリン酸濃度を調整して0.28 mg/Lとした。これを70 L水槽に入れS法とSI法を適用した。図5はS



(a) S 材による鉄イオン濃度の増加とリン酸濃度の低減



(b) リン酸イオン濃度の低減

図5 S 材による鉄イオン供給とリン酸濃度の低減経時変化(Ft 池) 材を浸潤した場合の二価鉄イオン（全鉄）濃度の上昇とリン酸イオン（全リン）濃度の低減状況を示したものであり、1 週間で75%の全リンが鉄イオンに固定され低減されていることが分かる。

図6はSI 法による70L 水槽実験の状況を示したものである。この実験ではSI を8 時間稼働し、その後稼働を止めて24 時間後までの二価鉄イオンの供給とリン酸イオン濃度の低減を確認した。図-7 は溶解鉄と溶解リンの濃度の変化を示したものである。この実験ではSI 稼働後30 分でリン酸濃度は半減し、その後、4 時間までは溶解鉄の増加に対



図6 SI 法による水槽実験状況(Ft 池)

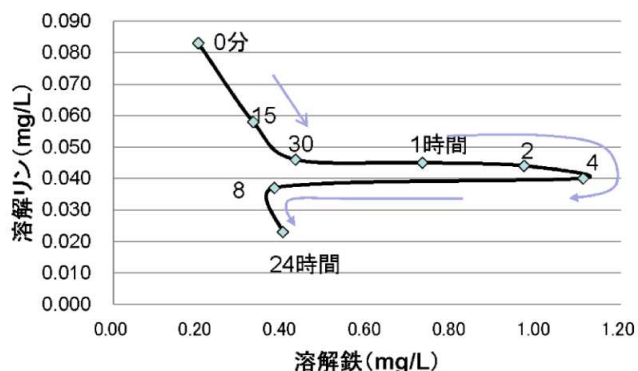


図7 SI 法による溶解鉄供給による溶解リン濃度の低減(Ft 池)

して溶解リン濃度の低減反応の遅れがみられ、4 時間から8 時間の間に溶解鉄が溶解リンと反応して濃度の低下が生じている。その後、SI 稼働停止後も反応は継続し、24 時間後には初期の0.083mg/L が0.023mg/L と当初の28%まで低減した。図5で示すS 材によるリン酸濃度の半減2.5 日が30 分、7 日で75%減が1 日で同程度となる即効性を確認した。

4.2 No 池におけるリン濃度の低減効果

この池の水質は夏場に採水した際、全リン0.408mg/L 溶解リン0.359mg/L と高く、DO は7.44mg/L となっている。これに対してSI 法30 分稼働、S 材、D 材ペレット状（アーモンド大）100g により溶解リンの低減効果を比較した。

図8に示すようにSI 法は30 分稼働により52%とほぼ半減している。また、D 材はペレット状として比表面積を大きくすることによって二価鉄イオンの供給効率が向上し、溶解リン酸濃度の低減がS 材と同等以上に効果的であった。

また、図9は鉄イオン供給1 日後のクロロフィルが6~7 割に低減している結果を示したものである。

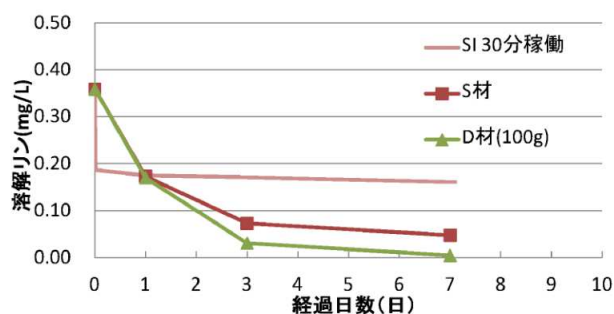


図8 二価鉄イオン供給法と溶解リン濃度の低減の比較 (No 池)

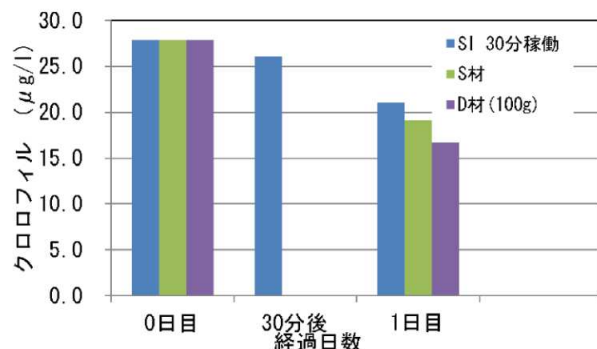


図9 二価鉄イオン供給法とクロロフィル低減の比較 (No 池)

5. あとがき

本報告において二価鉄イオン供給により富栄養池の主要原因であるリン酸濃度を低減する効果およびアオコ（クロロフィル）低減の可能性について水槽実験で示した。なお、実水域での調査も進めており今後報告を予定している。

なお、徳永隆司氏・瀬戸浩嗣氏のご支援に謝意を表する。

参考文献

- 1) 杉本幹生：二価鉄イオン (Fe^{2+}) が地球を救う, グローバルネット, 地球・人間環境フォーラム, 238 号, pp.6-7, 2010.9
- 2) 福田・杉本・高濱・大池：鉄イオン供給技術と藻場再生事例, 土木学会 67 回年次学術講演会, pp.231-232, 2012.9
- 3) (社)海洋緑化協会:鉄炭団子と海洋緑化, 2010.11
- 4) 小澤征昭：海を守る人々(その107), Boat CLUB, pp.81-85, 2009.9