二価鉄イオンによる富栄養ダム湖の水質改善追加調査

復建調査設計㈱　フェロー会員　福田直三・青山勇一・清川秀樹
曽於南部土地改良区　松山貴幸
無有産研究所　杉本幹生
㈱ゲット　遠藤 茂

1. はじめに

アオコや富栄養化によって有害植物プランクトンや藻草類が発生している溜池、公園の池、ダムや水路などに対し、筆者らはこれまで鉄イオン溶出体を設置する室内実験や現地調査により水圏環境改善効果について検証している[1)2)3)]。

鹿児島県鹿屋市に位置するダム湖は年間を通して程度の違いはあるがアオコが**写真 1** のように発生している。

写真 1 ダム湖のアオコ発生状況

平成 24 年 9 月から 3 月にかけて本技術の効果を現地調査で確認した[3)]。今回は装置の改良を行なうとともに夏場を含めた平成 26 年 8 月から 12 月までの現地調査を追加した。以下、本技術によるアオコ対策の効果について述べる。

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）を接触させた鉄イオン溶出体を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（以下、Fe^{2+}）として水中に溶出される[1)2)]。この Fe^{2+} は水中において水酸化第二鉄 $Fe(OH)_3$ となり、溶解性リンを式(1)のように化学的に吸着する。

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \equiv PO_4^{3-} \quad (1)$$

これによって、水域に解けている溶解性リンの減少が図れることから、これを栄養源とするアオコや水生植物の繁茂を抑制する。

鉄イオン溶出体には鉄炭ダンゴ法（以下 D 法）や鉄カーボンスクリーン法（以下 S 法）、シグマインテグラ法（以下 SI 法）があり、Fe^{2+} の水圏への供給能力は異なる[2)3)]。現地の状況にあわせて、各手法を選択することになる。

3. 実証調査方法

今回の現地調査は既報告[3)]と同様に 5m 四方の枠体に不織布で仕切った調査枠の内側に浮体式装置を設置した（**写真 2 左**）。この装置は D 法の鉄イオン溶出体 3kg/本を封入したカートリッジ 2 本を浮体に固定した水中ポンプに接続し、また、水質改善効果を向上させるために曝気装置を加えた。**写真 2 右**は装置を設置した状況である。なお、調査地点の水深は 0.8～1.5m と沖合に向け深くなっている。

写真 2 調査枠と浮体式装置の設置状況（初期 8/7）

調査は調査枠の内外で透視度と水質分析（SS、全鉄 T-Fe、溶解性鉄 D-Fe、COD、全リン T-P、溶解性リン D-TP、全窒素 T-N）を期間中 8 回実施し対策効果を比較した。調査期間中 2 度の台風（18 号 : 10/6、19 号 : 10/14）の影響で装置にトラブルを生じたため、10 月 23 日に SI 法を代替し、11 月 5 日に D 法を再設置した。

4. 実証調査の経過観察

写真 3 は調査開始後 2 週間（8/27）および 4 ヵ月後（12/12）の状況であり調査枠内の透明度が向上している。

写真 3 調査枠内の透明度の向上（上 : 8/27、下 12/12）

5. 水質の改善効果

ここでは今回の現地調査において調査枠内外の水質計測および水質分析結果による水質の改善効果を示す。

【透視度】図 1 に 4 ヶ月間の調査枠内外の透視度を比較した。10 月は台風の影響などで枠内外の透視度の有効な差が見られないが、8 月および 11 月以降枠内の透視度が向上し、12 月には計測能力を超える 50cm 以上であった。このときには調査枠外の透視度も向上していた。

【SS】図 2 に SS の経時変化を比較した。初期の 1 ヶ月は透視度があがっているものの SS の差は見られないがその後は調査枠内の SS が低下し、12 月には枠外の SS も小さ

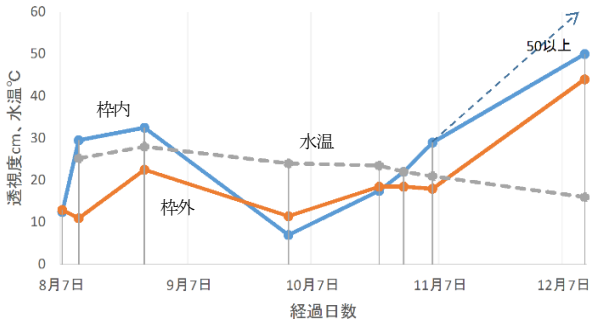

図 1 調査枠内外の透視度比較

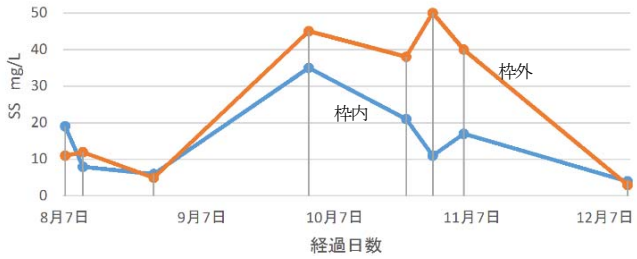

図 2 調査枠内外の SS 比較

くなり水質が改善されている。

【全鉄 T-Fe】図 3 に T-Fe の経時変化を比較した。調査枠内で鉄イオンを溶出させているため枠内の T-Fe が高い。10 月の特に高いケース（2.3 倍）を除いて枠内は枠外の 1.3 倍程度であった。なお、D-Fe の濃度は T-Fe の約 0.5 倍であるが、リン酸イオン等との反応の未消費分である。

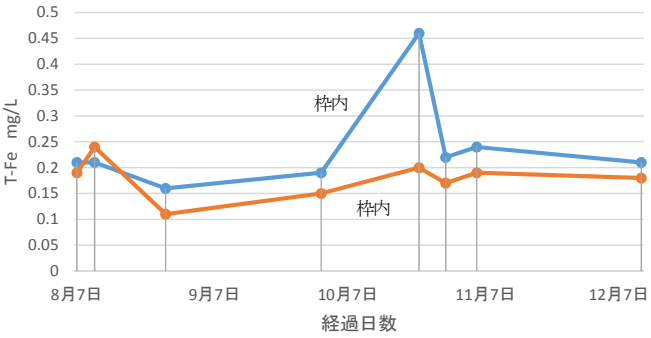

図 3 調査枠内外の T-Fe の比較

【COD】図 4 に COD の経時変化を比較した。8 月の 3 回の調査では枠内外とも 3.4～12.7mg/L と低めの値を示している。10 月以降では枠外は、18～23mg/L と高くなり水質の悪化が見られる。10 月 1 日には枠内も 19mg/L（枠外 23mg/L）と高くなっているが、以後 8～10.4mg/L（0.36～0.58 倍）と

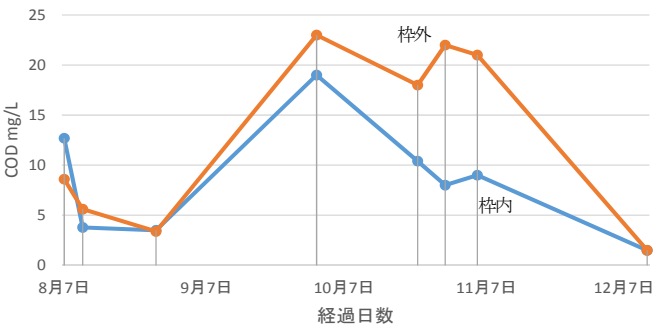

図 4 調査枠内外の COD 比較

低くなり対策効果が確認できる。12 月には枠内外の COD は 1.5mg/L と共に低くなり水質が改善されている。

【全リン T-P】図 5 は T-P の経時変化を比較した。8 月は調査枠内外での差異はあまり顕著でない。しかし、10 月以降では枠外では T-P が 0.33～0.41mg/L と高い濃度を示しているが、枠内では 0.32～0.09mg/L 程度と 0.77～0.28 倍に減少し水質が改善されている。12 月には枠内外とも 0.049、0.058mg/L と大幅に低下し水質が改善されている。

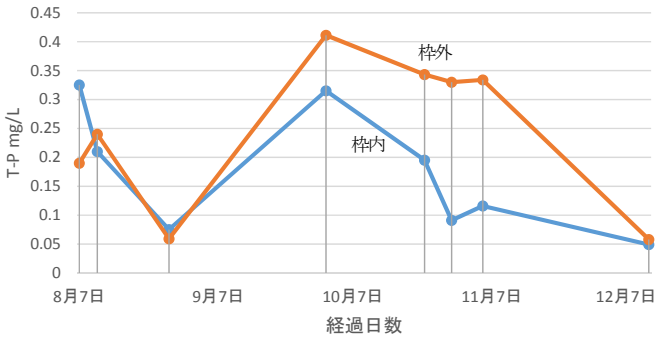

図 5 調査枠内外の T-P 比較

【全窒素 T-N】図 6 に示すように 8 月の測定の 3 点は枠内外の有意差は見られないが、10 月以降は枠外で 3.92～4.60mg/L と高濃度であるのに対し、枠内では 3.94～2.14mg/L であり枠外の 0.86～0.5 倍と水質改善が図られている。12 月には枠外が 2.79mg/L に、また、枠内は 2.72mg/L とほぼ同じ値となっている。枠外の水質も良くなっている。

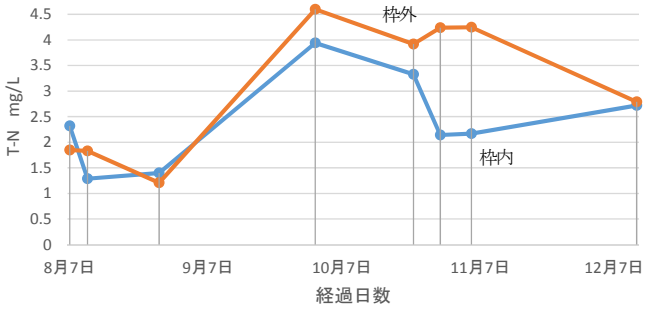

図 6 調査枠内外の T-N 比較

6. あとがき

ダム湖のアオコ対策として Fe^{2+}を溶出させ、また曝気を組み合わせてアオコの栄養源となるリン酸イオンの低減を主目的としたが、透視度・SS・COD・T-N からも水質改善効果が確認できた。

なお、本調査には装置制作等において㈱ジオデザイン・丸山健吉氏、岡三リビック㈱・小浪岳治氏、復建調査設計㈱・下薗幸弘氏のご支援を得た。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・西本・青山：二価鉄イオンによる富栄養池の水質改善水槽実験，土木学会西部支部研究発表会, pp.223-224, 2013.3.

3) 福田・杉本・松山・西本・青山・菅野・遠藤：二価鉄イオンによる富栄養ダム湖の水質改善調査、土木学会西部支部研究発表会, pp.183-184, 2014.3.