

# 鉄イオン溶出による河川等の水質浄化実証試験

復建調査設計(株) フェロー会員 ○福田直三 岡崎由憲  
 無有産研究所 杉本幹生  
 岡三リビング(株) 正会員 小浪岳治  
 (株)ゲット 遠藤茂  
 (株)ジオデザイン 丸山健吉

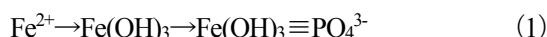
## 1. はじめに

霞ヶ浦の植物プランクトンの発生抑制及び湖内の水質浄化を図るため、霞ヶ浦に流入する河川、生活排水路または農業排水路の水中のリン等を削減する水質浄化技術の一つとして鉄イオンの溶出による実証試験を平成 25 年度から 26 年度にかけて茨城県の土浦市虫掛地内において実施した。この技術による水質浄化効果については、これまで池<sup>1)</sup>やダム湖<sup>2)3)</sup>の静水条件で検証しているが、本試験では河川等の流水条件で効果を実証するものである。

以下、この実証試験による当該技術の効果について述べる。

## 2. 鉄イオン溶出による水質改善の原理

鉄を水中に置くだけではイオン化させることは困難であり、溶出しても極微量である。これに対して共著者である杉本は電気陰性度の異なる金属鉄と炭素材とを固着させた鉄イオン溶出体<sup>4)</sup>を電解液に浸潤させることにより両材料間で局部電池が生じ、金属鉄(0価)が二価鉄イオン(以下、Fe<sup>2+</sup>)として高濃度で溶出させる技術を開発した。このFe<sup>2+</sup>を富栄養な水域に溶出させると水酸化第二鉄 Fe(OH)<sub>2</sub> となり、溶解性リン(D-TP)を式(1)のように化学的に吸着する。



このメカニズムによって水域のD-TP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に寄与することができる。

なお、鉄イオン溶出体には幾つかのタイプがあるが本試験では鉄炭ダンゴ法(D法)を適用した。

## 3. 流水条件における室内カラムテスト

流水条件においてFe<sup>2+</sup>を溶出させた場合のD-TPの低減効果を把握するために、現場では気象条件や水質条件の変動が生じることから、室内カラムテスト(写真1)を実施した。すなわち、カラム(長さ10cm、内径19mm)内に直径約10mmのD材17.9g(実証試験と同じD材)を封入し、流量を変化させて水道水および1.0mg/Lに調整したリン酸水を通水させる実験を行った。



写真1 D材を封入した流水条件でのカラムテスト

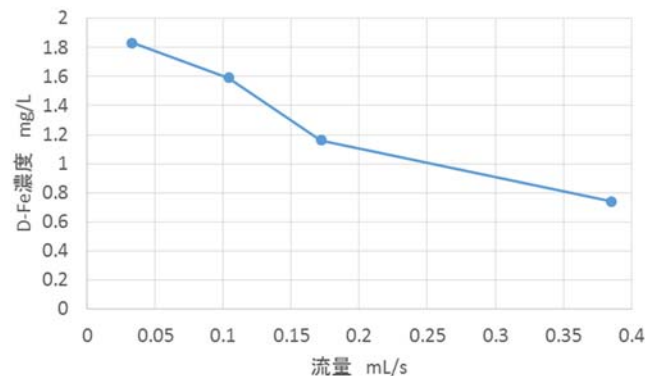


図1 水道水の流量と溶解性鉄(D-Fe)濃度の関係

図1の水道水実験では流量が0.033から0.385 mL/sと遅くなると、溶解性鉄(D-Fe)濃度は1.83から0.74 mg/Lと希釈されて小さくなる傾向が確認された。

図2は同じカラム条件で1.0mg/Lに調整したリン酸水を通水した実験結果であり、流量を0.385から0.033 mL/sと遅くすると、D-FeはD-TPと反応して0.03から0.59 mg/Lに増加し、一方、D-TPは0.91から0.64 mg/Lと低減している。すなわち、流水条件下でもD-FeとD-TPとが短時間に化学的吸着を生じてD-TP濃度を低減させ、流速が遅いほど低減効果が高くなることを明らかにした。

なお、図2中のD-Fe濃度はD-TPとの未反応残留分であり、図1との差分がこの反応で消費された量となる。

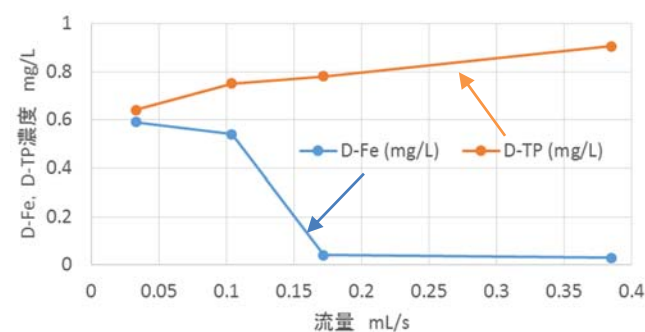


図2 リン酸調整水1mg/Lの流量とD-TP濃度・D-Fe濃度の関係

## 4. 実証試験方法と課題

実証試験の装置は、既設の浄化施設の沈砂槽から原水をポンプによって採水し、図3に示すような処理槽(ノッチタンク約3m<sup>3</sup>)に設置したD材を封入したカートリッジ(2kg/本、計24本)をノッチ①および②に設置し、これに通水し流量43.2m<sup>3</sup>/日で水質浄化を実施した。この試験期間

キーワード: 水質浄化, 河川水路, リン等低減, 鉄イオン溶出体, 二価鉄イオン, 実証試験

〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-8-15 復建調査設計(株)東京支社 TEL03(5835)2631 FAX03(5835)2632

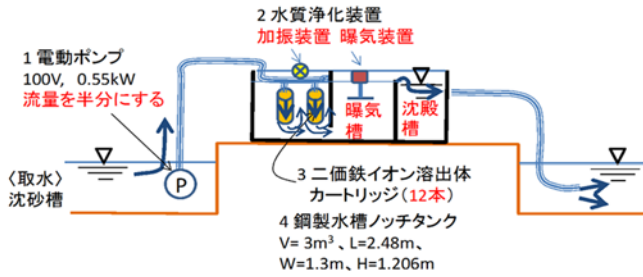


図3 水質浄化装置の模式図(H26.5.26の変更後)

中  $Fe^{2+}$  が多量に溶出し水質浄化効果が発揮される一方で、原水中の懸濁物質の凝集物や鉄バクテリアが装置に付着し、 $Fe^{2+}$  の溶出を妨げる課題が生じた。したがって、5月26日に装置構成としてカートリッジを12本(ノッチ①)とし、同1本あたりの通水量を同様とする25.9m<sup>3</sup>/日とし、さらに、ノッチ①のカートリッジに加振(46.5Hz, 遠心力0.05N, 30分毎の稼働停止), ノッチ②に曝気(80L/分)を行なうこととし、装置への付着防止による課題を解決した(写真2)。



写真2 カートリッジ付着物の除去効果(右:対策後)

## 5. 水質浄化効果

【溶解性リンD-TP】図4に原水および処理水のD-TPの経時変化を示した。気象条件等による変動が見られるが原水は0.06~1.00mg/L(平均0.338)に対して、処理水は0.09~0.59mg/L(平均0.254)であり、平均の低減率は24.8%であった。なお、台風出水による多量の懸濁物質の影響でカートリッジが閉塞し異常値を生じたため分析から除外した。

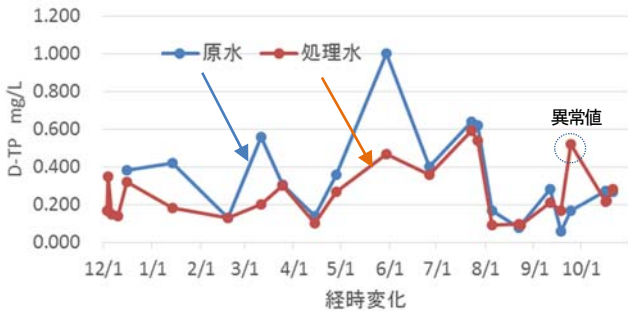


図4 原水および処理水のD-TPの経時変化比較

【COD】図5に原水および処理水のCODの経時変化を示す。原水で5.3~13mg/L(平均9.37)であった。本装置の処理水は6.2~10mg/L(平均8.38)で全体に低めの値を示し、平均の低減率は10.8%であった。

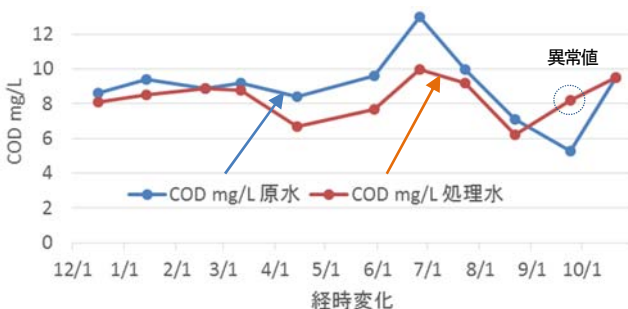


図5 原水および処理水のCODの経時変化比較

【クロロフィル】図6に原水および処理水のクロロフィルの経時変化を比較した。原水は3.9~26.0μg/L(平均9.6)に対して、処理水は1.9~20.0μg/L(平均6.5)であり平均の低減率は32.3%であった。



図6 原水および処理水のクロロフィルの経時変化比較

【DO】図7に原水および処理水のDOの経時変化を比較した。原水のDOは季節的な変動があり特に5月から6月にかけて3mg/L前後の貧酸素状態が生じ、全データ平均は5.8mg/Lであった。一方、処理水のDOは最低でも5.8mg/L、全データの平均で7.3mg/Lと改善されている。 $Fe^{2+}$  の溶出に伴う水質浄化のメカニズムは前掲式(1)に示すように、水中の溶存酸素が消費されるが、曝気効果が確認できた。

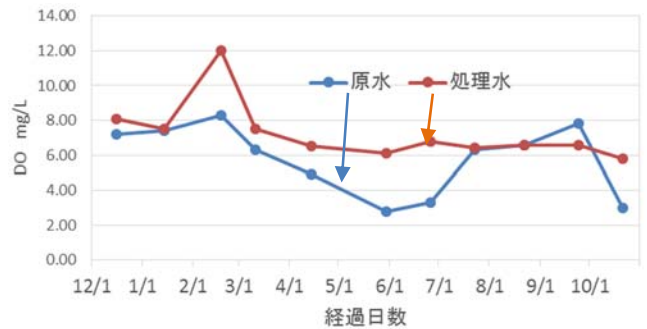


図7 原水および処理水のDOの経時変化比較

## 6. あとがき

河川等流水条件下で  $Fe^{2+}$  の溶出による D-TP 等を低減させる実証試験を行い、低減率24.8%を確認した。また、上述のCOD・クロロフィル・DOのほか、T-P (-23.6%), T-N (-9.9%) 等からも水質改善効果が確認できた。今後、効率性・実用性を高めるための装置の改良を行なう予定である。なお、当実証事業は、茨城県の公募型新たな水質浄化空間創出事業における委託業務として実施したものである。

また、この実施にあたり徳永隆司氏 (ENJEC) からの助言並びに関係各社の調査協力を得た。謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 福田・青山・清川・松山・杉本・遠藤：二価鉄イオンによる富栄養ダム湖の水質改善追加調査，土木学会西部支部研究発表会，pp.135-136，2015.3.
- 4) 杉本：鉄イオン溶出体，特開2007-268511.