

鉄イオン溶出による河川等の水質浄化大型実証試験

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

1. はじめに

筆者らは富栄養化現象としてアオコの栄養源となる溶解性リン D-TP あるいはリン酸体リン $\text{PO}_4\text{-P}$ を鉄イオンの溶出によって削減する取り組みを行っている¹⁾。これらの適用は池やダム湖における静穏な水域を対象としている。

一方、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、茨城県は霞ヶ浦に流入する河川、生活排水路等の水中のリン等を削減する水質浄化技術に取り組んでおり、平成 25・26 年度に土浦市内において鉄イオン溶出体 (以下 D 材) による中型実証試験を実施した²⁾。この試験は最大約 43.2m³/日の流水条件とし、D 材使用量最大 48kg とし、年間平均値として D-TP の低減率 24.8% を得た。

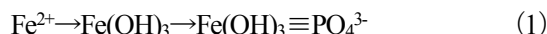
平成 27 年度は実用を目指して大型化し、効果を継続的に発揮できる装置に改良し D-TP または $\text{PO}_4\text{-P}$ の低減率を 30% 以上とする実証試験を進めている。

以下、この実証試験による効果について述べる。

2. 水質改善の原理とカラムテストの評価

鉄イオン溶出体 (特許 5258171, 杉本幹生, 以下 D 材) を水に浸潤させることにより二価鉄イオン (以下, Fe^{2+}) として溶出させる技術をもとに、富栄養の水質改善として式

(1) のように水酸化第二鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ と溶解性リン (D-TP) あるいはリン酸体リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の化学的吸着作用によって溶解性リンを低減させる。



これによって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可能といえる。

ここで、流水条件において D 材を用いることで式 (1) の反応によって D-TP の低減効果を把握するための室内カラムテスト (写真 1) を実施し、その結果は前報で示している³⁾。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、水道水および 1.0mg/L に調整したリン酸水を用いて流量を変化させる実験を行った。



写真 1 D 材を封入した流水条件におけるカラムテスト

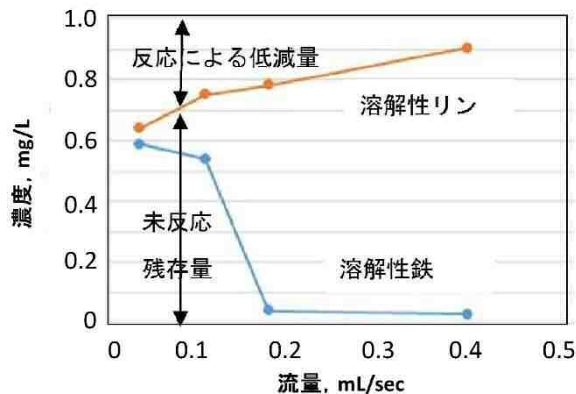


図 1 リン酸調整水 1mg/L の流量と D-TP 濃度・D-Fe 濃度の関係

図 1 に示すように流量を 0.385 から 0.033mL/sec と小さくすると D-TP は D-Fe と反応し 0.91 から 0.64mg/L と低減している。一方、D-Fe は 0.03mg/L から 0.59mg/L と増加している。各流量における D-TP および D-Fe の値は未反応残存量である。D-TP については、初期値 1.0mg/L との差分がそれぞれの流量において瞬時的な反応で低減した量となる。

3. 大型実証試験で必要とされる D 材の量の決定

【D 材必要量の決定】

大型実証試験の処理流量として、実証試験場所に隣接する浄化施設の日処理水量が 350m³/日であることから、この流量に対して中型実証試験の処理水量と D 材使用量の比例関係から必要 D 材を求めると $M_{pd}=390\text{kg}$ ($48\text{kg} \times 350\text{m}^3/\text{日} \div 43\text{m}^3/\text{日}$) となる。これを大型装置の必要量と仮定した。

【カラムテスト拡張による処理可能流量の試算】

カラムテストの結果を拡張して、実証試験の D 材使用量を 390kg とした場合の可能処理流量 Q_a を試算すると以下のように 236m³/日となる。

- 1) カラムテスト D-TP の低減率を 30% とした場合の流量 Q_{c30} (図 1 から): $Q_{c30}=0.1\text{ mL/sec}=0.00864\text{ m}^3/\text{日}$ (2)
- 2) カラムテストの D 材使用量: $M_{cd}=17.9\text{g}=0.0179\text{kg}$ (3)
- 3) $Q_a=(M_{pd}/M_{cd}) \times Q_{c30}=(490/0.0179) \times 0.00864=236\text{m}^3/\text{日}$

4. 実証試験の方法

実証試験の装置は、図 2 に示すように既設浄化施設からポンプアップし、10m³ のノッチタンクと水槽に計画の流量を通水し、それぞれに 2 ユニットの鉄イオン溶出装置、計 4 ユニットをセットする。また、曝気を組み合わせて 5m³

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, 大型実証試験

〒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

の反応槽まで自然流下させ既設浄化施設にポンプアップして放流する。鉄イオン発生装置は1ユニット当りにD材を封入した回転ドラム式カートリッジ(1mm 穴空き, D材 12kg/本)8本がセットされ, モータ駆動させる構造としている。全D材使用量は3.で示した必要量 390kg に対して 384kg となっている。モータ駆動によりD材の酸化皮膜の形成を防ぎ, 継続的に鉄イオンが穴から溶出する。一方, 鉄イオンの溶出により懸濁物質がドラム表面に付着し穴を閉塞することによって鉄イオン溶出の妨げにならないよう刷毛で付着物を除去している。なお, 曝気は式(1)の反応で水中の溶存酸素が減少することへの対策である。

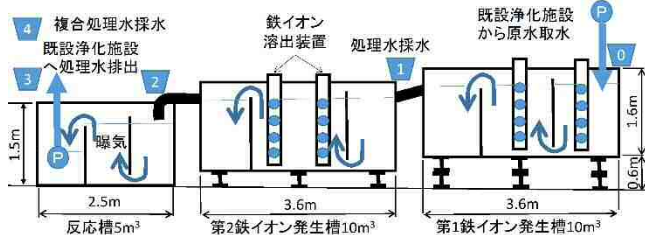


図2 水質浄化装置の模式図(H28.2 変更後)

流量は第1クールで100m³/日, 第2クールで200m³/日, 第3クールで300m³/日と増加させた。今後流量を最終的に600m³/日まで増加させる予定である。水質浄化効果を把握するために原水, 処理水(第1鉄イオン発生槽, 第2鉄イオン発生槽, 反応槽)および既設浄化施設(バイオモジュールによるBOD低減対策)との複合処理水を採水した。

5. 水質浄化効果

【溶解性リンD-TP】

図3に各クールの原水および各段階の処理水のPO₄-Pの経時変化を示した。PO₄-Pの削減率((原水-処理水)/原水)は, 処理水3までは第1クール43%, 第2クール31%, 第3クール47%であった。一方, 複合処理水はそれぞれ33%, 47%, 68%と第1クールを除いて削減率がより増加した。

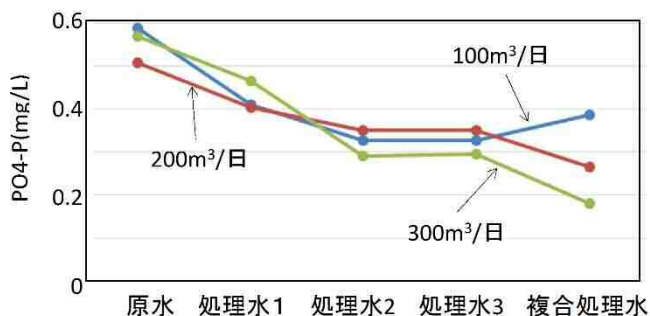


図3 原水および処理水のPO₄-Pの経時変化比較

【全リンT-P】図4に原水および各段階の処理水T-Pの経時変化を示した。T-Pの削減率は処理水3までは第1クール15%, 第2クール11%, 第3クール7%と少なかった。一方, 複合処理水はそれぞれ51%, 49%, 48%と第1クールを除いてより削減率が大幅に増加した。

【溶解性鉄D-Fe】図5に原水および各段階の処理水におけるD-Feの経時変化を示した。処理水3までの濃度は第3クールが他のクールより高い値であったが, 複合処理水で

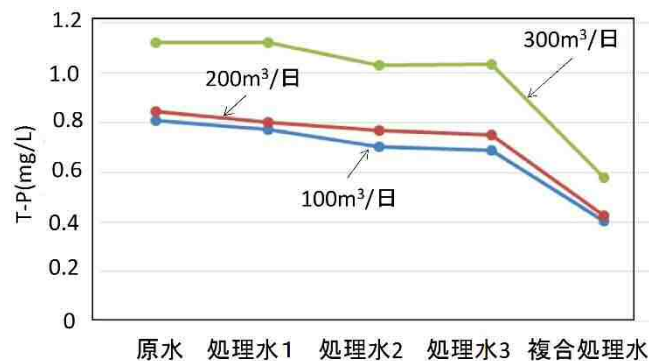


図4 原水および処理水のT-Pの経時変化比較

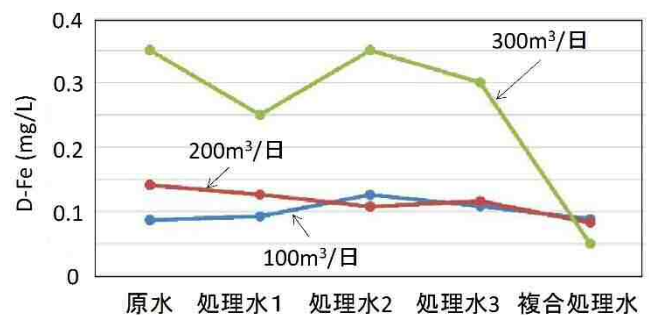


図5 原水および処理水のD-Feの経時変化比較

では0.07mg/Lと低い値となっている。第1クールは0.9mg/L, 第2クールは0.8mg/Lであった。D-Feの値はPO₄-Pとの化学的吸着反応における未反応分に相当する。

6. まとめ

河川等の流水条件下で鉄イオンを継続的に溶出させ, アオコの栄養源となるD-TPやPO₄-Pを低減させるため, 回転ドラム式の装置を改良し大型実証試験を行った。PO₄-Pの低減率は今回の装置では第3クールまでの処理水3において31%~47%と当初目標の30%を上回った。この値は瞬時的な反応といえる。また, 既設浄化施設内の複合処理水で33%~68%と大きくなり, 遅延的反応効果と考える。

一方, T-Pについては, 処理水3までの削減率は15%~7%と低かったが, 複合処理水では51%~48%と増加した。

複合処理水は既設浄化施設の断面が当該浄化施設より3~4倍大きいことから流速が1/3~1/4と減少しているため, 緩やかな流速下で化学的吸着体が沈澱し低減したと考える。

同様に, D-Feも複合処理水で小さい値を示しているが, 遅延的反応の結果と考えられる。以上の成果は現在進行中のものであり, 今後の実証試験で評価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ている。水質分析は県霞ヶ浦環境科学センターが実施し, 評価委員会の委員各位にご指導をいただいた。謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 福田・岡崎・杉本・小浪・遠藤・丸山: 鉄イオン溶出による河川等の水質浄化実証試験, 土木学会全国大会第70回年次学術講演会, pp.71-72, 2015.9.