

鉄イオン溶出による河川等のリン削減に関する大型実証試験

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

茨城県土浦市虫掛の新川において、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、流入河川や水路におけるリン等の削減を目的として、鉄イオンを溶出する方法に関する実証試験を実施した。平成 25・26 年度は 3m³ 処理槽による中型実証試験を実施し、リン酸態リン PO₄-P の年平均削減率 24.8%の結果を得た¹⁾。平成 27 年度は回転ドラムカートリッジ（以下、ドラムと称す）方式の装置を改良し、10m³ の処理槽を 2 槽と反応槽 5m³ を用い、処理水量 100~300m³/日の大型実証試験を実施し PO₄-P 削減率を 31.4%~44.1%と計画の 30%を上回る結果を得た。しかし、全リン TP の削減率は 5.1%~14.8%と低いものであった²⁾。

平成 28 年度は上記の結果をもとに、反応槽を 10m³ と大きくし、また放流調整槽（沈澱槽）50m³ を加え、処理流量を 400~550 m³/日と実用レベルに増大させ、PO₄-P のみならず TP の削減率 30%を達成のため装置の工夫を行った。

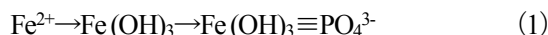
以下、この実証試験による代表的な結果について述べる。

なお、本実証試験は、茨城県による平成 28 年度公募型新たな水質浄化空間創出事業の委託を受け実施したものであり、採水および水質分析は霞ヶ浦環境科学センターにより実施していただいた。

2. 水質改善の原理

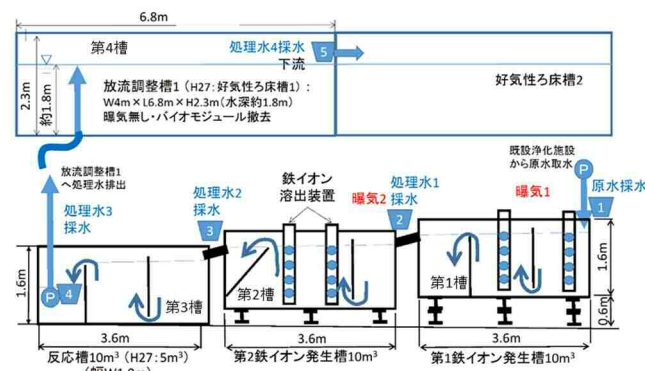
鉄粉材と炭素粉材を固着させた鉄イオン溶出体（以下 D 材と称す）を水に浸潤させることにより、局部電池効果によって鉄が二価鉄イオン（以下、Fe²⁺）として溶出する³⁾。

Fe²⁺は式 (1) に示すように水酸化第二鉄 Fe(OH)₃ に変化し、PO₄-P との化学的吸着反応によって溶存態から懸濁態に変化する。これによって原水である河川水に含まれる PO₄-P 濃度が削減し、また、この懸濁態を沈澱させることによって TP 濃度の削減が図られる。なお、還元条件下では懸濁態が Fe²⁺ と PO₄-P に遊離することが知られている。



3. 装置仕様と実証試験条件

本実証試験は、既設浄化施設（BOD 削減・バイオモジュール法）に併設し、図 1 に示すように同施設から原水をポンプ取水し、第 1・第 2 鉄イオン発生槽（以下、第 1 槽、第 2 槽と称す）および反応槽（以下、第 3 槽と称す）を介して既設浄化施設の放流調整槽 1（以下、第 4 槽と称す）



において懸濁態の沈澱を促進させることとしている。水質

図 1 実証試験装置の配置模式図および採水位置

分析は、原水、第 1 槽下流で処理水 1、第 2 槽下流で処理水 2、第 3 槽下流で処理水 3 および第 4 槽下流で処理水 4 において採水し、行っている。また、ドラム内からも採水し、鉄イオン濃度や溶存酸素 (DO) 濃度を分析した。

表 1 は試験条件（流量、ドラム回転速度、装置ユニット数、曝気の有無・位置）を示したものである。なお、鉄イオン溶出体の全量は既報²⁾のとおり 384 kg（1 ユニット 96 kg）である。各条件の試験期間は 2 週間とした。

表 1 実証試験条件

クール	換算流量 Q	工程	ドラム回転速度	曝気	ユニット数
第4クール 400m ³ /日	400 m ³ /日	第1・2週	1回転/45秒	無し	4
		第3・4週	1回転/30秒	無し	4
		第5・6週	1回転/15秒	無し	4
		第7・8週	1回転/30秒	第3槽2台	4
第5クール 500m ³ /日	500	第1・2週	1回転/30秒	第3槽2台	4
	667	第3・4週			3
	1000	第5・6週			2
	500	第7・8週		第1槽2台	4
第6クール 550m ³ /日	550	第1・2週	1回転/30秒	第1槽・第2槽 各1台	4
		第3・4週			
		第5・6週			
		第7・8週			

注)平成 27 年度の 100~300m³/日を第 1~第 3 クールとしている。

4. 曝気による TP 削減効果

図 2 はドラム回転速度と TP 削減率（比）の関係を示したものである。第 4-1~4-3 クールまでは曝気無しであり、第 4-4 クールでは反応槽に曝気を行っている。曝気の効果として処理水 3 および 4 に着目すると、曝気無しでは TP が増加する不安定な状況がみられたが、曝気を行うことで TP が安定的に削減できていることが確認され、しかも回転削減率も大きくなった。第 5 クールでは曝気の位置を第 1 速度条件が同じ第 4-2 クールと第 4-4 クールを比較すると

キーワード：水質浄化，河川水路，鉄イオン，リン削減，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

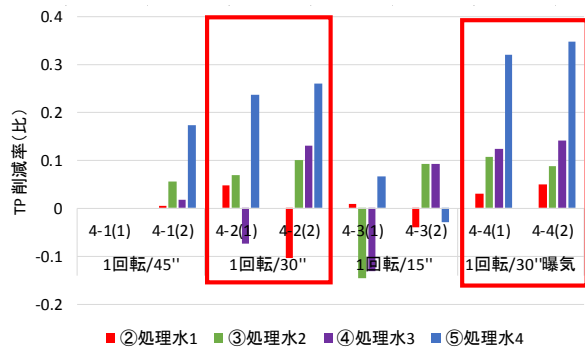


図2 第3槽の曝気の有無によるTP削減効果の比較
槽上流に設置し、同様にTPの安定的な削減が確認された。

5. 充填材設置によるTP削減効果

図3は処理流量550m³/日の条件においてTPの削減効果を比較した結果である。第6-1クール～第6-2クールにおいてTP削減率は処理水3で最大7.2%、処理水4で最大18.8%と計画の30%に対して低い値を示した。したがって、反応槽に中空のプラスチック製の充填材（比表面積500m²/m³）2m³を処理水の流れの抵抗体として設置し、TPの削減効果を試行的に確認した。その結果、処理水3で最大19.3%、処理水4で最大36.1%のTP削減効果が発揮された。

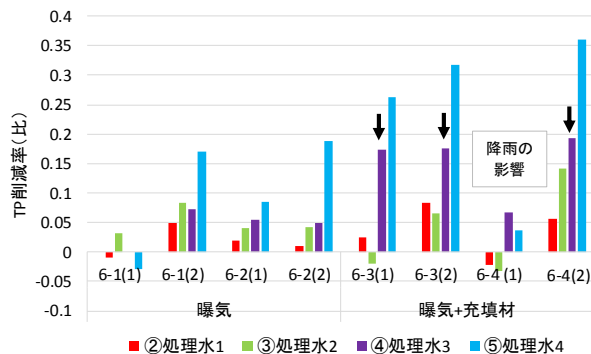


図3 原水および処理水のT-Pの経時変化比較

6. 処理流量と処理水3, 4のTPの削減効果

図4は処理水3における全試験条件におけるTPの削減率を整理したものである。同図より曝気および第6-3クール以降の充填材の設置によるTP削減率（比）の向上が見られるが、目標とする削減率30%には達していない。一方、処理水4については同様に曝気や充填材によるTP削減率の向上がみられ、第4-4クールおよび第6-3クール、第6-4

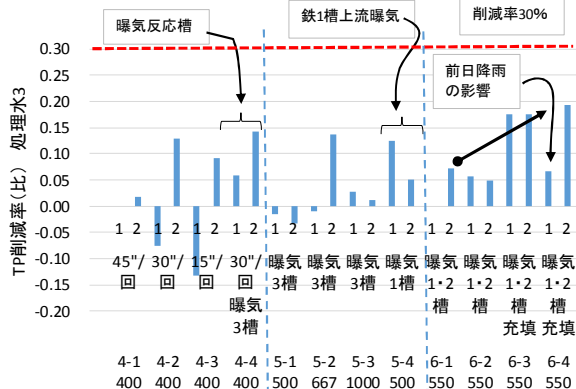


図4 処理流量と処理水3のTP削減率の経時変化

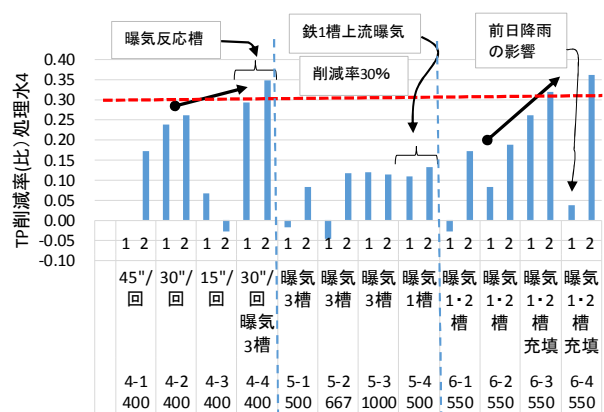


図5 処理流量と処理水4のTP削減率の経時変化

クールで目標の30%削減率を確保することができた。すなわち、処理流量の大きい条件で反応によって溶存態PO₄-Pが懸濁態TPとなり沈澱によりTP削減をするためには本条件では50m³程度の槽の設置により流速を低減させる必要がある。なお、第5から第6-1クールの期間、市街地河川の水質対策として本川から通水されリン濃度が低く削減率も低かった。本方法は低濃度に適しないことを確認した。

7. 処理によるDOの変化と放流水の特性

図6は第6クールにおいて第1槽、第2槽におけるドラム内および水槽内のDOの測定結果を示したものである。ドラム内ではFe²⁺⇒Fe(OH)₃の反応によってDOが最小2.8mg/Lまで低下しているが、水槽内では曝気の効果もあり、5.7～8.4mg/L程度まで増加しており、処理水を河川に放流する際の貧酸素の問題は生じない。なお、pHは7.3～8.1であり環境基準（6.5～8.5）の範囲内であった。

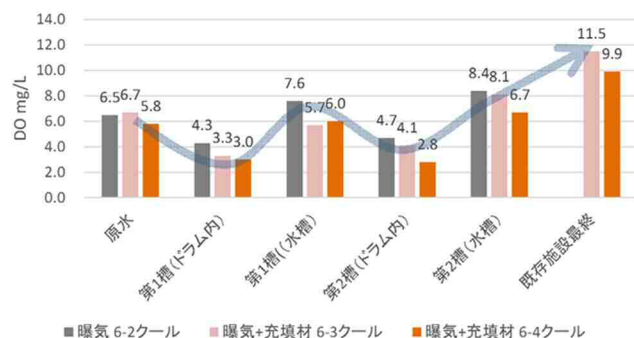


図6 ドラムカートリッジ内、水槽内のDO濃度の変化

8. 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PO₄-Pを低減させるための実用レベルの実証試験を実施し、TP削減率を30%とする場合の装置条件を把握することができた。

参考文献

- 1) 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，VII-036，pp.71-72，2015.9.
- 2) 福田・岡崎・丸山・市川・遠藤・井出・小浪・市川・杉本：鉄イオン溶出による河川等の水質浄化大型実証試験、土木学会全国大会第71回年次学術講演会，VII-134，pp.267-268，2016.9.
- 3) 杉本ほか，特許5258171.