

河川水のリン削減効果を高める循環方式による実証試験

復建調査設計(株) フェロー会員 ○福田直三・高濱繁盛
 (株)ゲット 遠藤 茂・林 誠
 (株)ジオデザイン 丸山健吉・菊池信夫
 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

筆者らは富栄養化した水域における植物プランクトンの栄養源となるリン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$ 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。適用としては池やダム湖など静穏な条件を対象とする場合と河川や水路^{2,3)}など流水条件を対象とする場合がある。後者は特に瞬時的な効果の発揮が必要となる。

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(以下、本方法)に関する実証試験を実施し、実用に供するための装置仕様について検討した。

本報告は本方法をより効率化させる目的で処理水を還流させる方法の効果を示すものである。

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に追加して実施した。

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)を水に浸潤させると、局部電池効果によって鉄が二価鉄イオン(以下、 Fe^{2+})として溶出する(図1)⁴⁾。

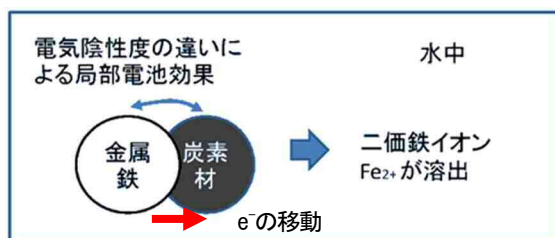
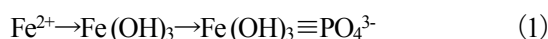


図1 鉄イオン溶出の原理

Fe^{2+} は式(1)に示すように水酸化第二鉄 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ に変化し、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 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 $\text{PO}_4\text{-P}$ 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。



3. 装置仕様と実証試験条件

3.1 自然流下方式

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2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

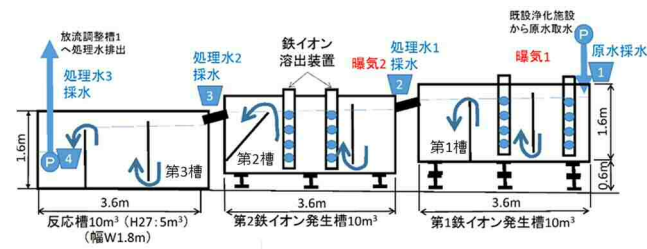


図2 自然流下による装置の配置模式図および採水位置

と称す)から反応槽(以下、第3槽と称す)まで処理水を自然流下させ、既設浄化施設に処理水をポンプ排出する。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を採水し実施した。鉄イオン溶出装置は4ユニットを設置している。各ユニットには回転ドラム式カートリッジ(以下、ドラムと称す)8本が装着されており、各ユニットのD材量96kg、4ユニットで384kgとなる。このD材量は原水の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度に対して室内カラム実験から削減率目標を30%として設定したものである³⁾。

3.2 還流方式

図3は還流方式の装置配置を模式図として示したものであり、還流量を $100\text{m}^3/\text{日}$ および $200\text{m}^3/\text{日}$ とし還流効果を自然流下方式と比較する。すなわち、既設浄化施設より原水をポンプ取水し、第1槽のノッチで処理流量 $300\text{m}^3/\text{日}$ を制御し、また原水を採水する。第2槽には鉄イオン溶出装置2ユニット(D材192kg)を設置する。第2槽での流量は第3槽からの還流分が加わり $400\text{m}^3/\text{日}$ および $500\text{m}^3/\text{日}$ となる。第2槽下流で処理水1を採水する。第3槽ではTPの低減として充填材(比表面積 $500\text{m}^2/\text{m}^3$)を 2m^3 設置している。また、ノッチで $300\text{m}^3/\text{日}$ を制御するとともに既設浄化施設に同量をポンプ排出させ、処理水2を採水する。さらに、放流調整槽(容量 50m^3)を経由した処理水3採水する。

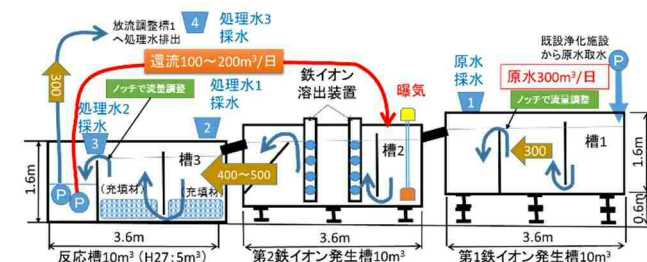


図3 還流方式による装置の配置模式図および採水位置

キーワード: 水質浄化, 河川水路, 鉄イオン, リン削減, 実証試験, 還流方式

〒732-0052 広島市東区光町2-10-11 復建調査設計(株) TEL082-506-1811

4. 自然流下方式によるリン削減効果

表 1 は自然流下方式による各流量における TP および PO₄-P の削減結果を示したものである³⁾。TP の削減率は処理流量が増大によって 14.8%~5.1%に減じている。一方、PO₄-P については第 2 クールが 31.4%と低いものの全クールで目標としていた削減率 30%を達成できた。

表 1 処理流量と TP, PO₄-P の削減率(自然流下方式)

クール	原水・ 処理水	TP		PO ₄ -P	
		濃度(mg/L)	削減率(%)	濃度(mg/L)	削減率(%)
第1クール 100m ³ /日	原水	0.81		0.59	
	第2槽	0.70	13.6%	0.33	44.1%
	第3槽	0.69	14.8%	0.33	44.1%
第2クール 200m ³ /日	原水	0.84		0.51	
	第2槽	0.77	8.3%	0.35	31.4%
	第3槽	0.75	10.7%	0.35	31.4%
第3クール 300m ³ /日	原水	0.78		0.34	
	第2槽	0.73	6.4%	0.19	44.1%
	第3槽	0.74	5.1%	0.20	41.2%

(注)削減率=(原水-処理水)×100/原水

5. 還流方式によるリン削減効果

写真 1 は第 2 槽における還流の状況である。還流 200m³/日のケースは還流 100m³/日に比較して攪拌の影響が大きい。

図 4 および図 5 は処理流量 300m³/日における TP および



写真 1 第 2 槽における還流状況(左: 100m³/日, 右 200m³/日)

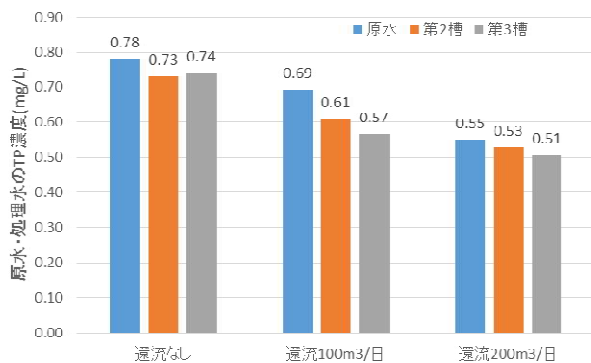


図 4 還流の有無による原水・処理水の TP 濃度比較

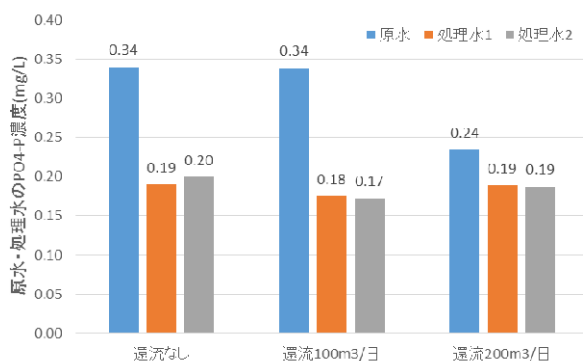


図 5 還流の有無による原水・処理水の PO₄-P 濃度比較

PO₄-P の原水と処理水の濃度を還流の有無として比較した。

図 6 および図 7 は同様に TP および PO₄-P の原水と処理水の濃度の変化を還流の有無として比較した。

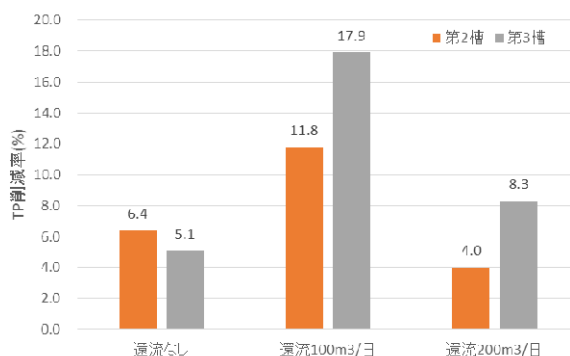


図 6 還流の有無による原水・処理水の TP 削減率の比較

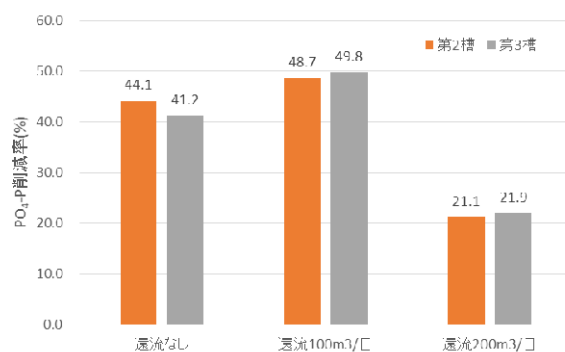


図 7 還流の有無による原水・処理水の PO₄-P 削減率の比較

TP の削減率は 30%に至っていないが、第 2 槽の 100m³/日の還流のケースでは自然流下より削減率が 6.4%から 11.8%と増加した。一方、還流 200m³/日の削減率は還流無しより小さくなった。なお、第 3 槽の還流ケースでは充填材の設置により自然流下方式より削減率が高い。

PO₄-P の削減率は還流 100m³/日の場合 48.7%と目標の 30%を上回った。

6. まとめ

本実証試験から、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リンを削減させる装置として適度な還流により効果の向上が図れることが確認できた。本試験では 300m³/日の処理流量に対して 100m³/日の還流が有効であった。今後の実用レベルの装置として基本の処理流量と還流との関係を検討していきたい。

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, VII-036, pp.71-72, 2015.9.
- 3) 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.
- 4) 杉本ほか, 特許 5258171