

鉄粉脱リン法と鉄電解法におけるリン除去性能について

金沢工業大学大学院
金沢工業大学大学院 正員 安田 正志

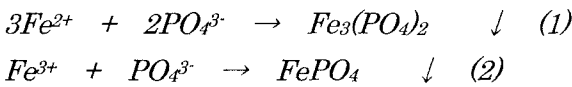
○藤島信一郎

1. はじめに

閉鎖性水域の富栄養化防止には、流入する窒素・リンの削減が重要である。窒素除去法としては生物学的硝化脱窒法が有効となっている。一方、リン除去法としては、種々のプロセスが提案されているが、いまだ確立しているとはいえない。近年、鉄電解法が注目されているが、筆者らは廃棄物となっている鉄粉の再利用に着目して鉄粉脱リン法を考案し、鉄電解法との比較検討を行った。

2. リン除去原理及び実験方法

水中のリンの大部分は、リン酸イオン(PO_4^{3-})として存在している。そこで、鉄粉ないし鉄電極から溶出する鉄イオン(Fe^{3+})と反応させることにより、リン酸鉄を生成させる。右にその反応式を示す。



〔備考〕式(1)中の Fe^{2+} は、水中の酸素により Fe^{3+} に酸化されるため、式(2)が主反応と思われる。

2.1 鉄粉脱リン法

容器中の原水に所定量の鉄粉を添加し、一定時間エアレーションにより攪拌を行う。攪拌停止後、一定時間鉄粉を沈殿させ、その上澄み液を $1\mu\text{m}$ のメンブランフィルターを用いてろ過する。ろ過後の溶液を処理水とし、モリブデン青吸光光度法によりリン酸イオン態リン(以後リンとする)の測定を行った。

2.2 鉄電解法

容器中の原水に電解質として NaCl (100mg/l)を添加する。電極が 4cm 浸るようにセットした後、あらかじめ求めてある電流値(式(4)より)により一定時間通電を行う。通電中は攪拌子により攪拌を行った。通電停止後、 $1\mu\text{m}$ のメンブランフィルターを用いてろ過を行い、ろ過後の溶液を処理水として、モリブデン青吸光光度法によりリンの測定を行う。なお、式(4)は、溶液中のリン除去を行うために必要な電流値を求める式であり、 a は式(2)中の $\text{Fe}^{3+}/\text{PO}_4^{3-}$ モル比(mol/mol)を表している。

$$m_{\text{Fe}} = a \times \frac{M_{\text{Fe}}}{M_{\text{P}}} m_{\text{P}} \quad (3)$$

式(3)、ファラデーの法則により

$$I_t = a \times \frac{P \cdot V}{t} \times 9.3 \quad (4)$$

m_{Fe} =鉄溶出量(mg)、 $a=\text{Fe/P}$ モル比(mol/mol)、 M_{P} =リン原子量
 M_{Fe} =鉄原子量、 m_{P} =リン量(mg)
 I_t =理論電流値(mA)、 t =通電時間(sec)、 P =原水リン濃度(mg/l)
 V =反応槽容積(l)、 $9.3 \times 10^3(\text{g/C})$ =定数

2.3 実験条件

鉄粉脱リン法と鉄電解法の実験条件を表 1 に示す。

表 1 実験条件

	鉄粉脱リン法	鉄電解法
装置	容量:100ml、形状:円錐型(効率よく鉄粉を攪拌)	容量 300ml ビーカー
反応時間	60 (min)	60 (min)
原水リン濃度	5,10,20,30 (mg/l)	10 (mg/l)
鉄粉濃度〔注 1〕	1,3,5,6,7,8 (g/l)	—
Fe/P 比	0~1600 (mg/mg) Fe/P 重量比とする〔注 2〕	0~2 (mol/mol) Fe/P モル比とする〔注 3〕
鉄溶出材料	鉄粉(-150 mesh)	SS400
電極浸水形状	—	(深さ、幅、厚さ) = (40mm、20mm、1mm)

〔注 1〕鉄粉濃度とは、溶液に添加した鉄粉の重量により算出した。

〔注 2〕Fe/P 重量比とは、Fe 濃度(mg/l)/P 濃度(mg/l)を表している。

〔注 3〕Fe/P モル比とは、 $\text{Fe}^{3+}/\text{PO}_4^{3-}$ モル比(mol/mol)を表している。

4. 結果及び考察

4.1 鉄粉脱リン法

図1に鉄粉濃度と処理水リン濃度の関係を示す。原水リン濃度 5、10mg/l の時、鉄粉濃度 5g/l でそれぞれ処理水リン濃度 0.09mg/l(除去率 98.2%、以後カッコ内は除去率を示す)、0.22mg/l(97.8%)であった。原水リン濃度 20mg/l の時、鉄粉濃度 6g/l で処理水リン濃度 0.23mg/l(98.9%)であり、原水リン濃度 30mg/l の時、鉄粉濃度 7g/l で処理水リン濃度 0.31mg/l(99.0%)であった。これより、原水リン濃度が増加した場合においても、鉄粉濃度を増加することにより、96%以上の高い除去率を得ることができた。

図2に Fe/P 重量比と処理水リン濃度の関係を示す。Fe/P 重量比が増加すると処理水リン濃度は減少する傾向が見られ、Fe/P 重量比が 350 以上では処理水リン濃度 0.4mg/l 以下であった。

なお、この実験では、エアレーションにより鉄粉の攪拌を行ったが、溶液中の攪拌方法が鉄粉とリンの接触に影響を与えると考えられるため、今後さらに効率的な攪拌方法について検討が必要である。

4.2 鉄電解法

図3に Fe/P モル比と処理水リン濃度の関係を示す。Fe/P モル比が 0.5 の時、処理水リン濃度 4.43mg/l (57.0%)と原水のほぼ半分の濃度となり、Fe/P モル比を 1 とした時、処理水リン濃度 0.66mg/l(93.6%)が得られた。これより、鉄電解法では若干のバラツキがあるものの(2)式に従い溶出させた鉄量によって除去されるリン量が決まってくることが示された。若干のバラツキは水酸化第 2 鉄の形成などによるものと考えられる。また、Fe/P モル比を 1.5 とすることにより、処理水リン濃度 0.02mg/l (99.8%)が得られた。

5. まとめ

鉄粉脱リン法、鉄電解法ともにリン除去が行えることがわかった。鉄電解法の特徴は、流入するリン量に対応して溶出する鉄量を容易に制御できることである。このことより、鉄電解法の方が優れているようにみられるが、原水リン濃度が高い場合には、高電流を必要とし、また電極の耐用時間が短くなるなども考慮しなければならない。一方、鉄粉脱リン法では、鉄粉の効率的な攪拌が重要なポイントとなることにより、鉄粉の使用方法について更なる検討が必要である。鉄粉の効率的な使用方法としては、次のようなものが考えられる。

- ・ カラム方式 → カラム中に鉄粉を充填し、リンを含む溶液を通過させることによりリン除去を行う。
- ・ 上向流方式 → 上向流装置中に鉄粉を添加しておき、鉄粉を浮遊させてリン除去を行う。

6. 参考文献

1)森泉雅貴、他:リン除去技術における鉄電解法の最適電解条件の検討、水環境学会誌、第 23 巻第 5 号 279-284,2000

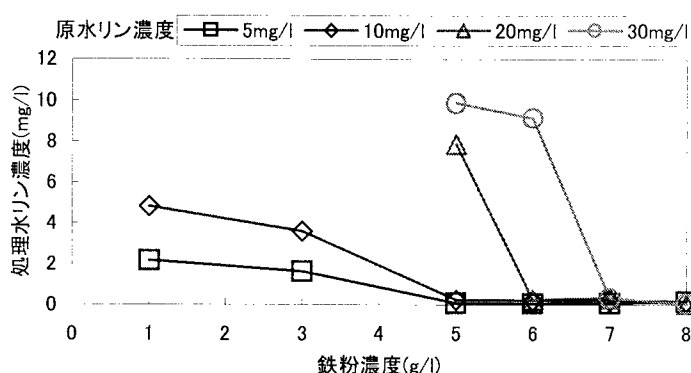


図1 鉄粉濃度(g/l)と処理水リン濃度の関係(mg/l)

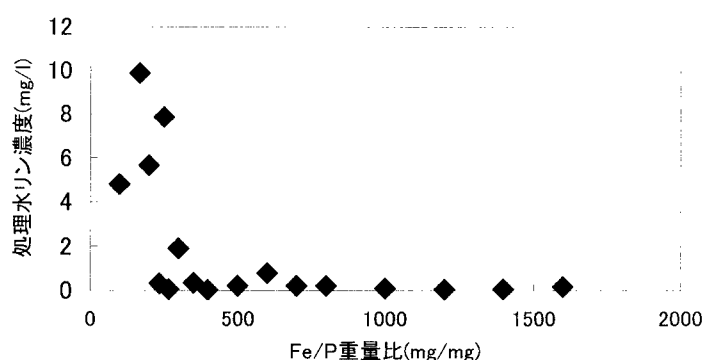


図2 Fe/P重量比(mg/mg)と処理水リン濃度(mg/l)の関係

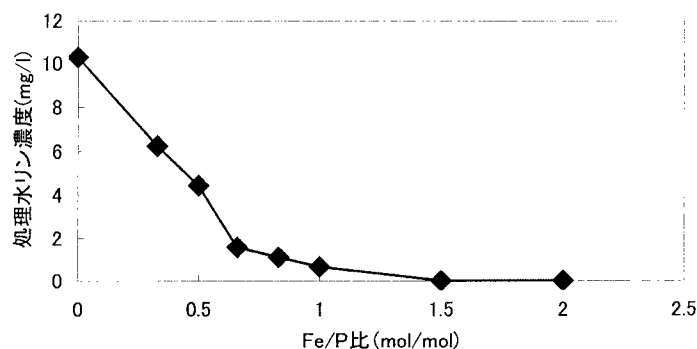


図3 Fe/Pモル比(mol/mol)と処理水リン濃度の関係