

電解法による畜産排水からのリンの回収

前橋工科大学 正会員 ○田中恒夫

前橋工科大学 学生員 荻野 学

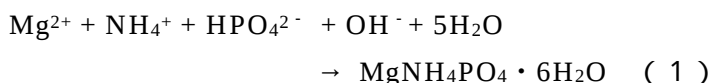
1. はじめに

リン資源の枯渇化問題が世界規模で深刻化している。生産量の年間増加率を 2.8% と仮定した場合、21 世紀の中ごろにリンは枯渇すると予測されている¹⁾。日本の年間輸入量は約 90 万トンにも昇り¹⁾、またその殆どを海外に依存していることから、リン資源の枯渇問題への対策は他国より重要である。現在、リン鉱石の約 8 割はリン酸肥料の原料として使用されているため、農業生産への影響が懸念されている。一方、群馬県のような農業の盛んな地域では畜産排水や農用地から多くのリンが発生しており²⁾、湖沼等の閉鎖性水域における富栄養化（アオコ発生等）を加速させている。このようにリンに関しては、大量生産・大量消費により枯渇問題と富栄養化問題が併発している状況にあるため、リサイクルの必要性が大きく叫ばれている。本研究では特に畜産排水に着目し、電解法によるリンの除去・回収の可能性について実験的に検討した。

2. 電解法の原理

排水からリンを除去する方法としては、生物学的処理法（嫌気・好気法）、フォストリップ法、凝集沈殿法、吸着法および MAP 法などが知られている。なかでも MAP 法は、カリウムを添加すれば肥料の 3 要素を含む生成物が得られることから、リサイクルに適した処理法として近年注目されつつある。

MAP 法とは、リン酸イオン、アンモニウムイオンおよびマグネシウムイオンをアルカリ域で反応させて結晶性のリン酸アンモニウムマグネシウム (MAP) を生成させる、排水からリンを除去・回収する処理法である。MAP の生成は、以下の反応式で表される。



式 (1) のように、MAP 生成において、リン酸イオン、アンモニウムイオン、マグネシウムイオンは等モルで反応する。一般に、排水中に存在するマグネシウムイオンの量は他に比較して少ないため、MAP の生成を促進する目的でマグネシウム塩が添加される。また、pH の制御（アルカリ側にすること）も MAP の生成には不可欠である（式 (1)）。

電解法による排水からのリンの除去・回収は、電解によって生じる電極間の pH 変化（勾配）を利用して MAP の生成を促進する方法である。その原理を図 1 に示す。一對の電極を溶液に浸漬し数ボルト（直流）で通電すると、陽極から酸素、陰極から水素が発生する。電解法では陰極における電極反応を利用するが、陰極では水素の発生と同時にその近傍の pH はアルカリ側に急激に変化し、液本体へ向かって図 1 のような

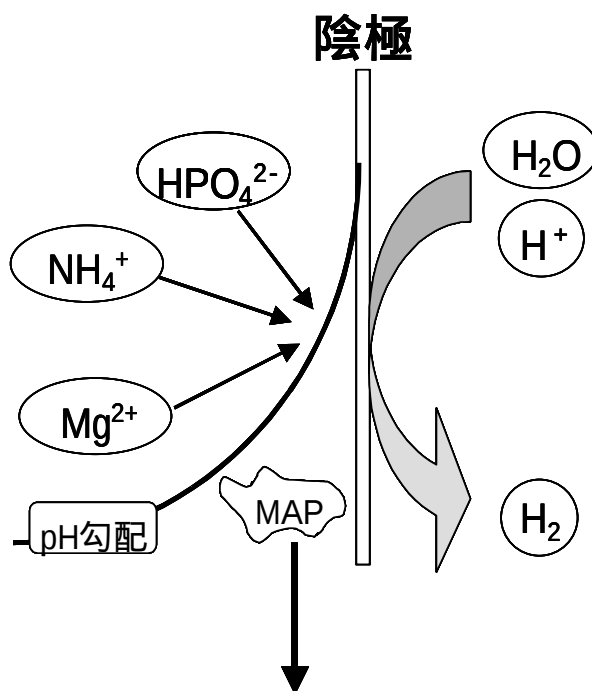


図 1

キーワード：リン資源枯渇，富栄養化，畜産排水，電気分解，MAP

連絡先：〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1 Tel & Fax：027-265-7363

pH 勾配が形成されると考えられる。この pH の変化により、アルカリ剤を添加しなくても MAP の生成（場合によりマグネシウム塩の添加は必要）は可能となる。MAP の生成に必要とされるアルカリ域（pH：8～10）は電極 - 液本体の間で形成されるため、生成した MAP は電極に付着あるいは下部に沈殿する。電極に付着した MAP は極性反転により剥離する。剥離あるいは沈殿した MAP は回収し、農用地において肥料としてリサイクルする。難しい pH 制御を必要とせず、薬品（アルカリ剤）を使用しないことから、従来の MAP 法に比較して持続的なプロセスと考えられる。

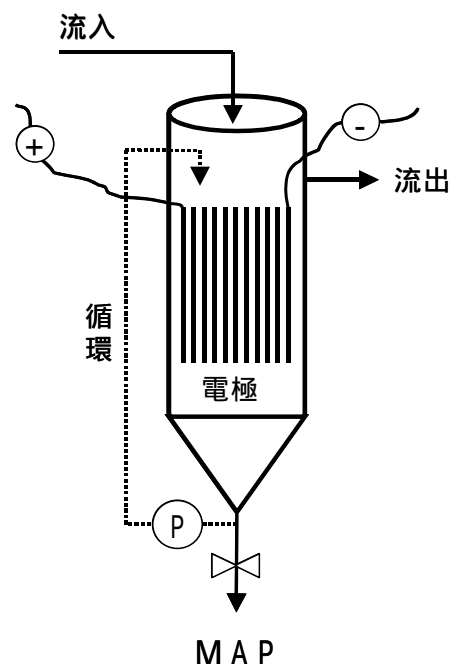


図2

3. 実験装置および方法

実験は電解カラム装置を用いて行った（図2）。カラムの直径は300mm、直管部の高さは約900mm、沈殿部の高さは260mmとした。電極材質はチタン母材の白金コートで、陽・陰極それぞれ13枚充填した。沈殿部は、MAPを回収するために取り付けた。

電流値を1A, 3A, 6Aと変化させて、実畜産排水二次処理水を用いて回分実験を行った。リン酸イオン濃度に対してマグネシウムイオン濃度が低かったため、マグネシウム塩をモル比が約1：1となるように添加した。MAP生成における電流依存性やマグネシウム塩添加効果等について検討した。

4. 実験結果および考察

通電強度によるリン濃度減少率の変化を図3に示す。1A、3Aおよび6A通電時の減少率はそれぞれ約20%、51%、53%で、電流3～6Aの条件では変化はなかったが、1～3Aの条件で通電強度により大きく変化した。電解によるリン除去（MAP生成）は可能であることが再確認できた。電流3Aの条件の時にモル比1：1でマグネシウム塩を添加した（原水のモル比は約0.5）が、それにより減少率は約65%まで上昇した。マグネシウム塩の添加は有効であった。

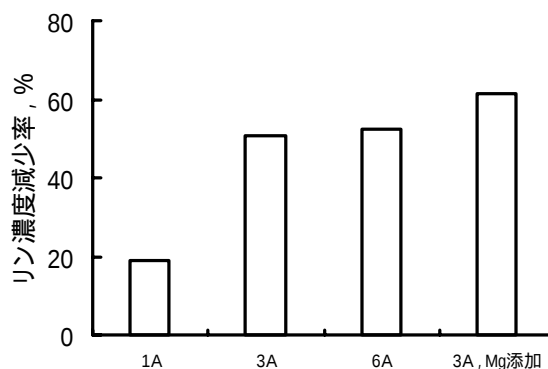


図3

図4には、通電強度によるリン酸イオン、アンモニウムイオン、マグネシウムイオンおよびカルシウムイオンの濃度の変化を示す。全体的に、リン酸イオンの減少量に対してアンモニウムイオンのそれは少ないことがわかる。3Aと6Aの通電条件では殆ど減少しなかった。何れもカルシウムイオン濃度が減少していることから、この原因としてHAP生成も影響していると考えられる。また、マグネシウム塩を添加すると、同時にアンモニウムイオンの減少量は増加した（図4）。マグネシウムイオンが高濃度で存在することにより、MAPが生成され易くなると考えられる。

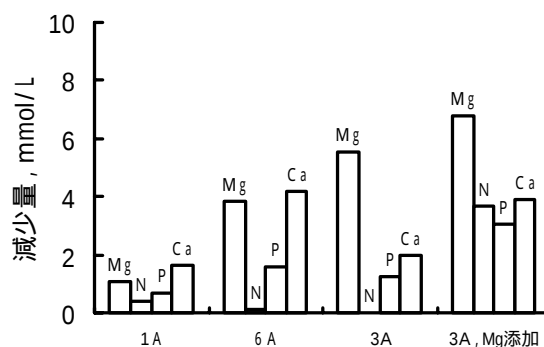


図4

参考文献:

- 1) 小田部廣男(1987): リン資源の現在と未来, Gypsum & Lime, No.20, 307-317.
- 2) 田中恒夫ら(2003): 群馬県におけるリン発生負荷量の推定とその低減策, 環境科学会誌, 16(2), 105-116.