

電解晶析法による消化脱離液からのリン除去・回収

鳥取大学	学生会員	○太田	尚輝
鳥取大学	正会員	高部	祐剛
鳥取大学	正会員	増田	貴則
鳥取大学	正会員	星川	淑子

1.序論

近年、人口増加やバイオマス燃料が注目されるようになり肥料の需要が高まっている。リンは肥料の主要な構成要素であるため肥料の需要と比例してニーズが高まっている。しかし、リンは土や水の中であればどこにでも存在するが低濃度でしか存在していない。土壌からリンを抽出する場合、大量の薬品が必要となり、経費が掛かりすぎるという問題点がある。日本では、高純度のリンを得るためにリン鉱石を利用しているが、資源として利用可能な量のリン鉱石を含んだ鉱脈が国内に存在しないため、リン鉱石の全量を輸入に依存している。このため安定した供給を目指して国内でリンの循環が試みられている。

本研究では下水処理工程においてリンを高濃度に含有する消化脱離液を対象に、電気分解を利用した晶析法によるリン回収を試みる。電気分解による晶析法は、従来の晶析法に必要な pH 調整のためのアルカリ剤添加や結晶性物質生成で核となる種晶の添加などの煩雑な工程が不要という利点がある。電気分解を利用した畜産廃液からのリン回収が試みられている。一方で、下水試料を対象とした例は少ない。そこで、本研究では①通電時間の変化が消化脱離液からのリン除去に及ぼす影響、下水試料を電気分解した際に得られるリン化合物の形態の把握、②リン除去阻害要因の検討、③電極での析出物回収を目的とした電極の転極による析出物の剥離の可能性の検討を目的に実験的考察を行った。

2.実験方法

消化脱離液を電気分解装置(電気槽：5 L、通電時間：8 時間)で電気分解を行った。電極には既存研究¹⁾を参考にして表面が白金加工されているチタン電極(縦：180 mm、横：70 mm、厚さ：0.5 mm)を 8 枚使用し、2 枚 1 組(間隔：1 cm)で計 4 組セットし直流電流を流した。実験Ⅰでは電流値を変え(1A, 2 A, 3 A, 4 A)、消化脱離液を 1 時間おきに採取した。実験Ⅱでは、事前に 8 時間消化脱離液の電気分解に使用し、転極を行った電極と転極を行っていない電極で再度電気分解を 8 時間行い、イオンの経時変化をみた。実験Ⅲでは、4 A で電気分解を行い、電気分解を行った後電極の析出物を剥離させるために転極を 15 分間行った。試料の採取は、実験前と転極前、転極後の 3 回行った。

試料について全リン(TP)と溶存態全リン(DTP)、 PO_4^{3-} 、無機炭素(IC)の濃度分析を行った。懸濁態全リン(PTP)は TP と DTP の濃度、溶存有機態リン(DOP)は DTP と PO_4^{3-} の濃度より算出した。

3.実験結果および考察

実験Ⅰの結果を図-1 に示す。本研究では、ヒドロシキアパタイト(HAP)、リン酸マグネシウムアンモニウム(MAP)の析出を予測していたが MAP の構成イオンであるアンモニウムイオン、マグネシウムイオンの減少が見られなかったため MAP は析出しなかったと考えられる。HAP に関しては、カルシウムイオンの減少が見られたため HAP の生成が推測される。HAP は、直接農地利用が可能なため、主に肥料として利用されているリンをこの形態で回収できることは有用であると考えられる。また、各電流値において、3 時間目までは顕著な

キーワード リン除去・回収、消化脱離液、電気分解

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 番

鳥取大学 大学院持続性社会創生科学研究科 環境計画研究室

リン除去が確認された 3 時間目までの結果について、近似直線を引いたところ、1A, 2A, 3A, 4A の傾きの値は、それぞれ -0.629 , -1.16 , -2.43 , -2.43 となるため、電流値が高いほどリン除去速度が高く、リン除去速度は電流値に依存していることがわかる。これは、電流値が高いほど OH^- が供給されるため、析出物生成が生じやすいことが考えられる。いずれの電流値においても、5 時間経過したあたりからリン除去が低下し、リン濃度は約 45 mg-P/L に収束した。

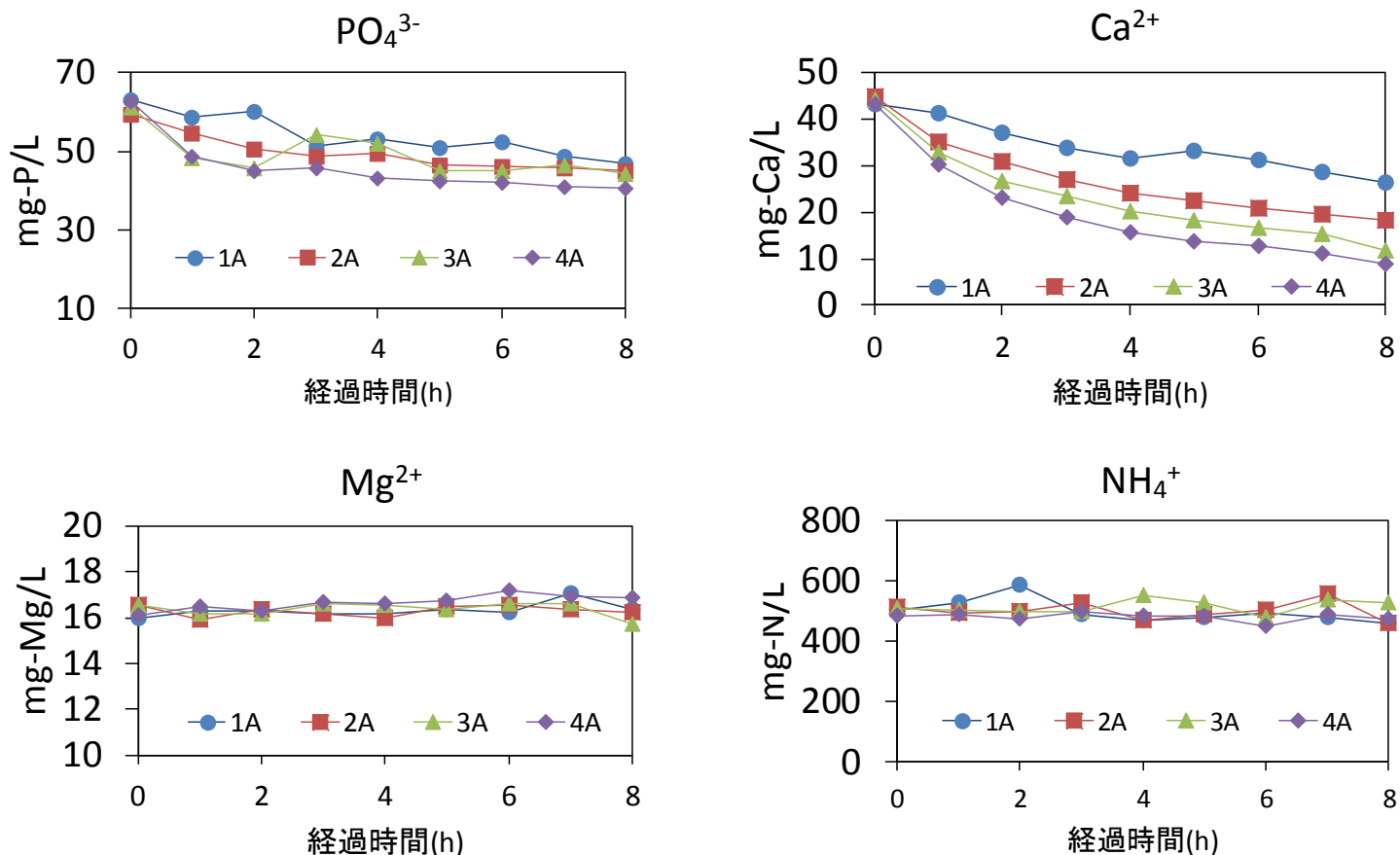


図-1 各イオンの経時変化

実験Ⅱの結果を図-2に示す。HAPの阻害要因として炭酸カルシウムの生成が挙げられると報告されている²⁾ため、本研究では陰極に析出した炭酸カルシウムを含む析出物が阻害要因だと考えた。しかし、転極により析出物を剥離した電極と転極を行わず析出物を剥離していない電極に相違が見られなかったため、電極に析出した析出物が原因ではないと判明した。

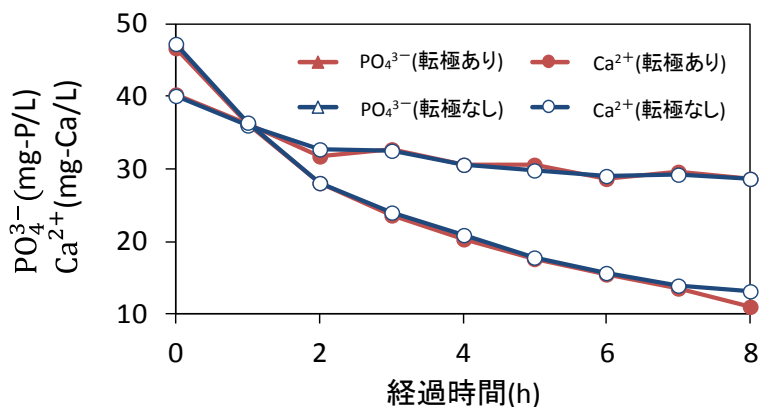


図-2 HAPの構成イオンの経時変化

実験Ⅲの結果を図-3 に示す。PTP は、実験前から転極前にかけて 10 mg-P/L 上昇した。これは、電極から自然に剥離した HAP といった析出物が原因だと考えられる。転極前から転極後にかけてさらに約 9 mg-P/L の上昇がみられた。この結果から電極に付着していた析出物が転極により剥離し消化脱離液内に返ったことが考えられる。また、実験前と転極後でリンの収支が変化していないため、 PO_4^{3-} が PTP に変換したことが明らかとなった。

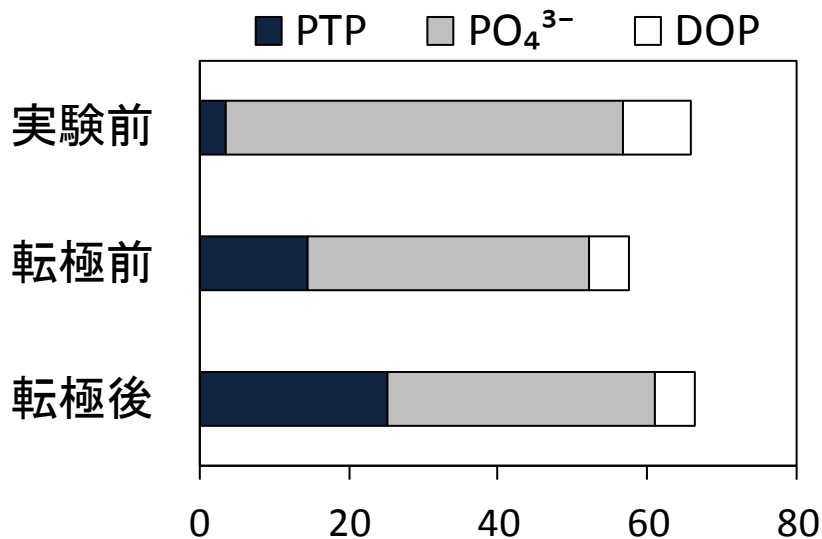


図-3 リンの存在実態

4.まとめ

リン除去速度は電流値に依存していることがわかった。また、 PO_4^{3-} と Ca^{2+} がともに減少していることから、本実験では HAP が析出したことが考えられる。本実験の装置では約 19 mg-P/L のリンが電極に析出し、転極を行うことで電極の析出物の剥離が可能であることが確認できたため、転極を行い、消化脱離液を固液分離することで固形物としてリンの回収が期待できる。

謝辞

本研究は、財団法人クリタ水・環境科学振興財団国内研究助成(16E026)ならびに河川財団河川基金助成(2017-5311-015)によって実施しました。

参考文献

- 1) 田中恒夫, 小池範幸, 佐藤孝志, 新井忠男, 平靖之: 電解法による畜産排水からのリン酸塩の回収, 水環境学会誌, Vol.32, pp.79-85, 2009
- 2) 村田恒雄: 下水の高度処理技術-快適な水環境の創出に向けて, 理工図書, pp.124-138, 1992