

転極により回収したリン含有電解晶析物の構造解析

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

1. はじめに

近年、人口増加による食糧生産や植物のバイオマス燃料としての利用の増加により、リン肥料の消費が拡大している。日本はリン鉱石を採掘できず全て輸入に依存し、リン鉱石は世界的に遍在しているため、リン鉱石の輸出国が困り込み政策を行った場合、国内でのリン供給が滞ってしまう。安定したリンの供給を目指すためにも、リン供給の1つの場として下水からのリンの循環利用が注目されている。

本研究では下水処理工程において高濃度にリンを含有している消化脱離液を対象に電解晶析法を用いリンの回収を行った。従来の晶析法ではpH調整のためにアルカリ剤や結晶化を促す種晶の添加等の工程が必要であるが、電解晶析法はこれらの工程が不要である¹⁾。既存研究²⁾では陰極に析出したリン化合物を剥離させる際、電流の向きを反転させる転極を行うことで剥離が可能であることが確認されたが、最適な転極時間を研究した例は少ない。そこで、本研究では析出物を剥離させるために必要な転極時間を検討し、また、電解晶析物を対象にX線回析による構造解析を行った。

2. 実験方法

実下水処理場から消化脱離液を採取した。電気分解装置(電気分解槽：5 L，電流：4 A，通電時間：8 時間)を用いて、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8時間流した。電気分解後、電極板に析出したリン化合物を剥離させるために電流の向きを反転させる転極をおこなった。転極時間は1, 3, 5, 10, 15分で行い、採水を実験前、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-} 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。

電解晶析物を対象に、X線回折装置(RINT2500HF, Rigaku)を用いて構造解析を行った。

3. 実験結果および考察

転極時間に関する実験の結果を図-1に示す。転極時間条件1分を例に説明をする。実験前と転極前を比較すると、電気分解により PO_4^{3-} はリン化合物として陰極に析出するため消化脱離液中の PO_4^{3-} は減少し、本実験では約9.4 mg-P/L(21%)減少した。また、析出したリン化合物は陰極に付着しているため、消化脱離液中のTPは約7 mg-P/L(14%)減少した。PTPは約1.6 mg-P/L(27%)増加したが、これは析出したリン化合物の一部が自然に剥離したと考えられる。転極前と転極後を比較すると、転極により電極に付着していたリン化合物が剥離されたため、消化脱離液中のPTPは約10.1 mg-P/L(132%)増加し、TPは実験前と同程度となった。

キーワード リン除去・回収，電気分解，消化脱離液

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101

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

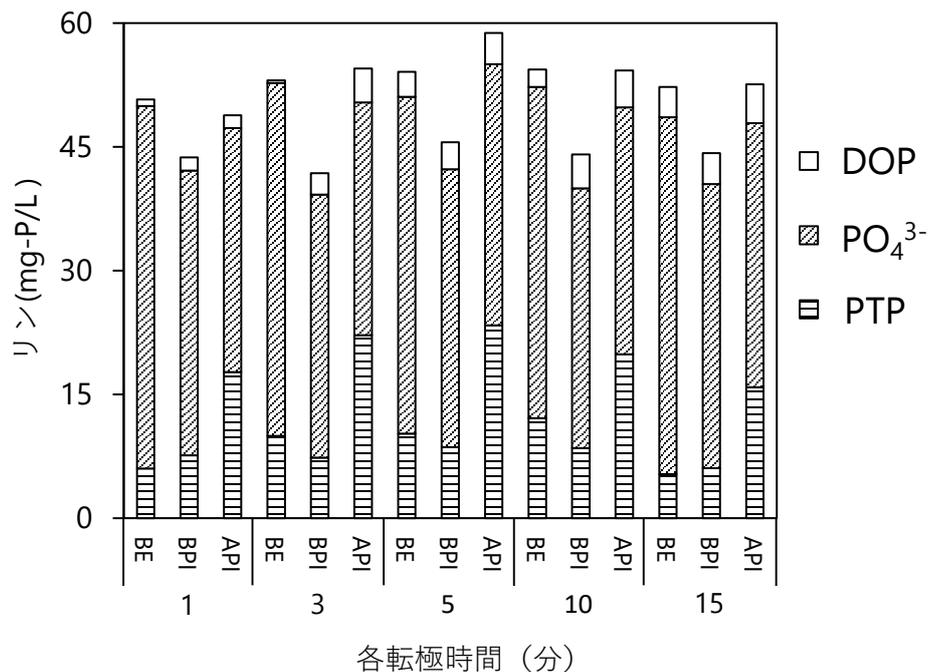


図-1 各転極時間条件におけるリンの存在形態 (BE:実験前, BPI:転極前, API:転極後, n=3 の平均値)

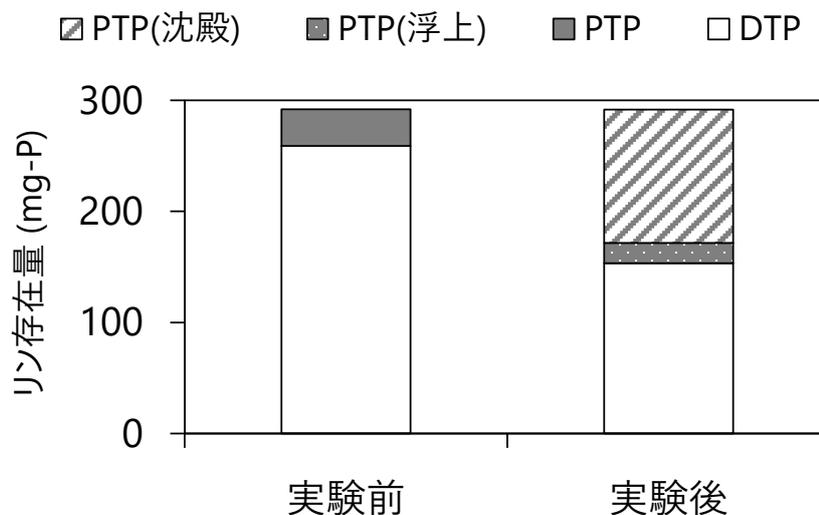


図-2 電気分解前後でのリン存在実態

実験前, 転極前, 転極後の TP について有意水準 5%の基で Tukey-Kramer 検定を行った. 検定結果は各条件において実験前と転極後に有意差が見られなかったため, 転極に必要な時間は 1 分で十分であることが確認された.

電気分解でのリン存在実態を図-2 に示す. 実験開始前は, 系内での 11%のリンが懸濁態リンとして存在していたが, 実験終了後は, 47%のリンが懸濁態リンとして存在し, 割合が増加した. これは, 電解により溶存態リンが析出し, リンを含む析出物が転極により液中に懸濁物として剥離した結果であると考えられる. 本実験においては, 理論的に約 10 L/h の気体 (酸素+水素)が電解により発生するが, 消化脱離液に元々含まれていた懸濁態は, この発生したガスにより水面に浮上する一方で, 電極より剥離した析出物は, ガスの発生にか

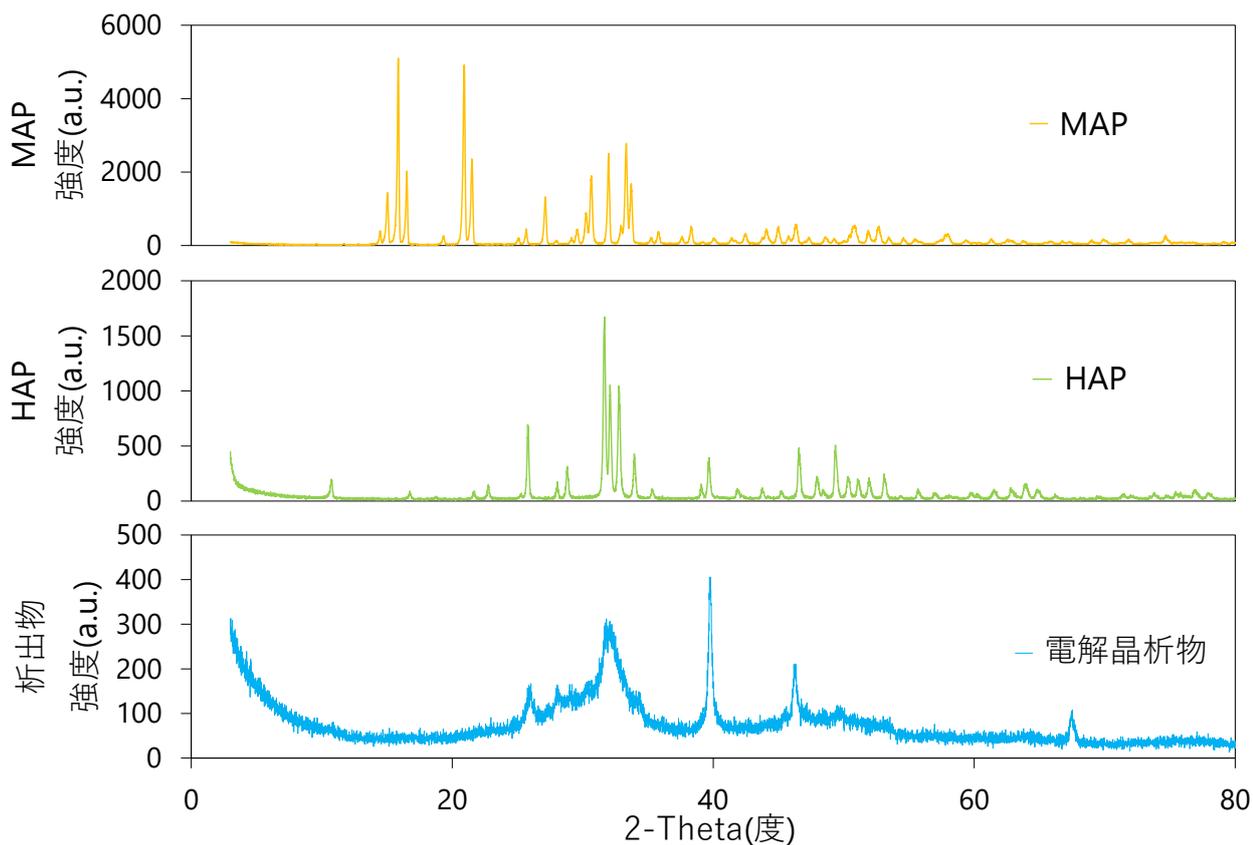


図-3 X線回析の結果

かわらず、ビーカーの底に沈殿することを目視で確認した。結果として、消化脱離液に元々含まれていた懸濁態と電極による析出物が分離され、電解晶析物を多く含む懸濁態 (沈殿)でのリン含有率が 160 mg-P/g と高いことが明らかとなった。

転極により回収された電解晶析物にX線回析による構造解析を行った結果に図-3示す。電解晶析物、また、MAP(リン酸マグネシウムアンモニウム)とHAP(ヒドロキシアパタイト)のスペクトルを比較することで、 31° から 33° のシャープなピークが電解晶析物およびHAPに確認されたことから、電解晶析物の構成要素としてHAPが含まれていると判断された。

4. 結論

消化脱離液を対象とした電解晶析法において、転極によりリン析出物が剥離され、転極は1分で十分であると確認された。また、電気分解の過程で発生するガスにより、消化脱離液に元々含まれていた懸濁態と電解晶析物を分離できる可能性が示された。回収した電解晶析物にはHAPが含有されていると判断された。

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。消化脱離液試料をご提供頂きました下水処理場の方々に感謝申し上げます。

参考文献

1)田中ら, 水環境学会誌, Vol. 32, pp. 79-85, 2009

2)Ota etal, WET 2018, p39, 2018