

<研究発表>

リン資源回収を志向した排水処理プロセスの開発

近藤貴志¹, 蛭江美孝¹, 常田 聡², 稲森悠平³, 徐 開欽¹

(独)国立環境研究所 循環型社会・廃棄物研究センター(〒305-8506 つくば市小野川 16-2 E-mail:kondo.takashi@nies.go.jp,

近藤貴志; ebie.yoshitaka@nies.go.jp, 蛭江美孝; joexu@nies.go.jp, 徐開欽)¹

早稲田大学 理工学術院(〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 E-mail:stsuneda@waseda.jp)²

福島大学 理工学部(〒960-1296 福島市金谷川 1 E-mail:ina0120@sss.fukushima-u.ac.jp)³

概要

生活系・事業場系排水に含まれるリンは富栄養化の制限因子であると同時に枯渇化が懸念される資源であることから、その回収・再利用技術の開発が期待されている。本研究では、分散型生活排水処理施設としての高度処理浄化槽におけるリン除去・回収技術として鉄電解脱リン汚泥からのリン回収、ジルコニウム系吸着脱リン剤を用いたリン回収技術を導入し、リン除去・回収技術の最適化に向けた解析・評価を行った。また、生物脱リンが広く採用されている事業場系排水処理施設において派生する余剰汚泥からのリン回収技術として、微細気泡化オゾン処理・吸着脱リン剤によるリン回収技術の導入に向けた基礎的検討を行った。

キーワード:リン除去・回収, 鉄電解脱リン, 吸着脱リン, 生物脱リン, 微細気泡化オゾン処理

1. はじめに

環境低負荷資源循環型の社会を構築するための新技術開発は重要な位置づけにある。特に、環境負荷削減項目のリンは、閉鎖性域では規制値対応施設の導入が行われつつある一方、リンは枯渇化資源であり、リンを100%海外依存する我が国では、リン回収循環利用を図るシステムの構築が将来的な見通しから重要課題となっている²⁾。

本研究では、分散型排水処理システムである浄化槽に適用される吸着脱リン法、鉄電解脱リン法で派生するリン含有物の資源化技術および集中型排水処理システムである事業場系処理場における高度処理システムに適用される生物学的脱リン法において派生する高濃度リン含有余剰汚泥の資源化技術・適正維持管理技術の開発を行った。

2. 検討項目

2.1 小規模分散型の浄化槽における吸着脱リン法の導入と評価

家庭用浄化槽(5~10人槽)において、BOD・窒素除去型浄化槽にジルコニウム系吸着剤を用いた吸着脱リン法を組み合わせたシステムを構築し、長期的な季節変動等を踏まえたモニタリング解析を行った。吸着剤の破過点は $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ と設定し、破過に達した吸着剤は脱離・再生工程を経て、現場に再導入し、再生吸着剤の特性評価としての未使用吸着剤との機能比較・解析を行った。脱離工程は、吸着剤に捕捉されたリンを7%NaOHにより解離・回収する2段階脱離法により行った。高濃度のリンを含有する脱離液は、リンの水酸化ナトリウムへの溶解度差を利用して、低温真空濃縮法によりリンを析出・分離させた。

2.2 小規模分散型の浄化槽における鉄電解脱リン法の導入と評価

実家庭に設置された10基の鉄電解脱リン方式高度処理浄化槽を対象として調査を行った。浄化槽の処理水、担体に付着した生物膜、嫌気槽貯留汚泥を採取し、運転操作条件、処理性能等について解析・評価を行った。また、鉄電解脱リンによって除去された汚泥の特性解析として、鉄電解法により生成したリン酸鉄を含む貯留汚泥のリン含有率等の測定を行った。さらに、硫酸溶液による汚泥からのリン溶出試験を行い、リン含有汚泥からのリン回収のための適正条件の検討を行った。

2.3 事業場系排水処理システムにおける余剰汚泥減容・リン回収システムの検討

生物脱リン法における高濃度リン含有汚泥からのリン回収を目的として、微細気泡化オゾン処理による余剰汚泥減容・汚泥内リン溶出工程、吸着脱リン法による溶出リンの回収工程を付加した嫌気・好気・無酸素プロセスにおける窒素・リン除去特性、汚泥減容化効率等について解析・評価した。

3. 結果および考察

3.1 小規模分散型の浄化槽における吸着脱リン法

吸着脱リン法を導入した現場において長期的なモニタリングを行った結果、いずれの現場においても吸着脱リン装置の処理水T-P濃度は極めて安定的に $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下が達成できることが明らかとなった。また、吸着剤が破過に達した時点で、吸着剤を回収し、脱離・回収および吸着剤の再生を行い、現場に再導入した。再生した吸着剤は新品の吸着剤と同等の除去性能が得られ(Fig.1)、本吸着剤は繰り返し使

用可能であり、長期・安定的なリン除去・回収およびコスト低減が可能となることが明らかとなった。さらに、長期間使用による吸着剤劣化等も認められず、吸着塔は1日1回の逆洗を行うことにより、目詰まりなどの発生も無かった。これらのことから、本法は、小規模分散型の浄化槽におけるリン除去・回収システムとして有効に活用可能であることが示唆された。

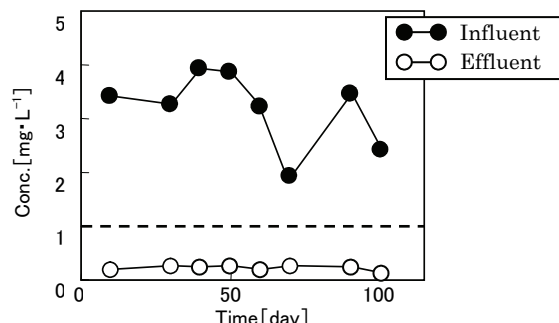


Fig.1 Phosphorus concentrations in influent and effluent of the phosphorus adsorption system packed with the reused resin.

脱離工程においては、脱離液中のリン濃度 $2,500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 程度と高濃度にすることができた。脱離液は、低温真空濃縮法により濃縮し、徐々に冷却することで、リン酸塩を回収することが可能であり、効率的リン回収のための濃縮条件および乾燥条件の基盤的操作因子を明らかとすることができた。

3.2 小規模分散型の浄化槽における鉄電解脱リン法の導入と評価

モデル地域の実家庭に設置した鉄電解方式高度処理浄化槽について調査を行った結果、リンについては調査開始当初6割の現場で目標水質 ($\text{T-P } 1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) が達成されていなかったが、実使用人員に対応した初期設定値から電流値を上げて調査を継続した結果、処理性能の向上が認められ、鉄電解脱リン法で安定したリン除去性能が得られることがわかった。このことにより、現場の状況に合わせた適切な維持管理が重要であることが示唆された。

また、鉄電解方式の浄化槽においては、浄化槽汚泥のリン含有率は6%程度と高い値が得られ、リン除去機能のない浄化槽の嫌気槽貯留汚泥のリン含有量と比べると6倍程度高いという結果となった。さらに、リン含有汚泥からのリン回収のための溶出試験を、硫酸濃度条件等をパラメーターとして試験を行った結果、 $\text{pH}3$ 以下でリンの溶出が開始し、 $\text{pH}2$ 以下であれば、低濃度の硫酸でリンを溶出できることが示唆され、鉄電解脱リン汚泥からのリン回収のための前処理条件の基盤を明らかにすることができた (Fig.2)。

3.3 事業場系排水処理システムにおける余剰汚泥減容・リン回収システムの検討

余剰汚泥減容・リン回収工程を付加した生物脱リンシステムにおける窒素・リン除去特性、汚泥減容化効率、リン回収効率等について解析・評価した。微細気泡化オゾン処理に投入する汚泥量を変化させて運転を行った結果、生物反応槽における MLSS 濃度を一定に保つ条件においてオゾン

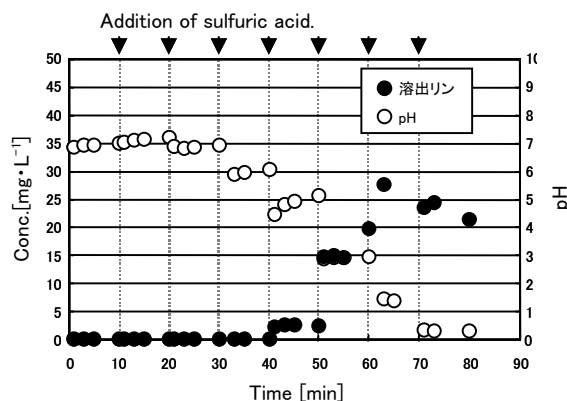


Fig.2 Phosphorus elution from the iron-phosphate containing sludge under acidic condition using sulfuric acid.

処理を行った条件においては、窒素除去性能が悪化する事がわかった。これは増殖速度の遅い硝化細菌群の個体数密度が減少するためであると考えられ、窒素・リン除去性能を安定化させるためにはオゾン処理汚泥量の適切な維持管理が重要である事が示唆された。

一方、オゾン処理において汚泥から溶出したリン濃度は約 $30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ であり、このリンのほぼすべてが吸着脱リン法により吸着する事ができた。以上の結果から、オゾン処理条件を適切に維持管理することにより、生物脱リン法におけるリン除去システムからのリン回収が可能となる事がわかった。

4. 結論

浄化槽に吸着脱リン法を導入することにより、生活排水生物処理水から効果的に $\text{T-P } 1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下に除去可能であり、吸着されたリンを脱離・回収する事ができた。鉄電解脱リン法を導入した浄化槽では、生物処理と物理化学的処理の最適組み合わせによる効率的な運用が可能であることがわかった。また、鉄電解脱リン汚泥は低濃度の硫酸酸性下において、短時間で高いリン溶出率を得ることができた。さらに、生物脱リン法において汚泥内に高濃度に蓄積されたリンに対しては、微細気泡化オゾン処理システムと吸着脱リン法を組み合わせ、オゾン処理条件を適正化することにより、高濃度のリン溶液からのリン回収が可能となる事がわかった。

[謝辞]

本研究の一部は、平成18年度環境省廃棄物処理等科学研究費補助金(K1815)を受けて実施したものである。

[参考文献]

- 1) Steen, I., "Phosphorus availability in the 21st century: management of a non-renewable resource", *Phosphorus Potassium* (1998): 217, 25-31.
- 2) 越野正義、「リンの現状と展望」、『環境浄化技術』, 第4巻第7号 (2005年), 1-4.