

学位論文審査の結果の要旨

氏名	大島 久満
審査委員	<u>主査 佐藤 利夫 印</u> <u>副査 野中 資博 印</u> <u>副査 北村 義信 印</u> <u>副査 服部 九二雄 印</u> <u>副査 緒方 英彦 印</u>
題目	ハイドロタルサイト担持繊維を用いた排水からのリン除去・回収・再資源化システムの開発に関する研究 (Development of Phosphorus Removal, Recovery and Recycling System from Wastewater Using a Hydrotalcite-Carrying Fiber)
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>本研究は、湖沼や内湾等の閉鎖性水域における富栄養化進行の原因物質であり、一方では枯渇資源でもあるリンの排水からの高度除去技術と、除去したリンの回収・再資源化技術を同時に開発し、システムとして実用化することを目的に、高度かつ効率的にリンの脱着が可能なリン吸着材であるハイドロタルサイト担持繊維(HTCF)の開発およびこれを用いたリン除去・回収・再資源化システムの確立を目指したものであり、その内容は以下のように要約される。</p> <p>ハイドロタルサイト粉体(HT)のリン吸着能力を十分に発揮できる実用的な担持成形体を開発することを目的に、多孔質構造の繊維状樹脂に HT を重量比で 80%以上担持させた HTCF を試作し、そのリン酸イオン吸着能力(吸着速度・平衡吸着量)と、二液再生法を適用した場合のリン酸イオン脱離速度・脱離率、HTCF の再生速度・再生率および繰り返し再生使用した場合の再生率の変化を基礎的に検討した。その結果、HTCF は速いリン酸イオン吸着速度と高い平衡吸着量、速いリン酸イオン脱離速度と高いリン酸イオン脱離率、速い再生速度と高い再生率を有していることが分かった。また、HTCF は 10 回まで 80%以上の再生率で再生可能なことが分かった。</p> <p>吸着除去したリン酸イオンの回収・再資源化を目的に、リン酸イオンを吸着させた HT 粉体から二液再生法によりリン酸イオンを脱離させ MAP 生成により回収・再資源化するための最適 pH 条件、脱離液に加える再生液と塩化アンモニウム溶液の最適混合量、最適攪拌時間を検討した。また、脱離液と再生液の繰り返し使用が HT の再生率および MAP 生成によるリン回収率に与える影響を検討した。その結果、MAP(HT-MAP)生成条件は、初期 pH が 12 で収束 pH が 8.7、混合量(モル比)はリン酸イオン：マグネシウムイオン：アンモニウムイオン=1:3:5、攪拌時間が 5 分であり、この</p>	

条件でリン含有脱離液中からリン酸イオンを HT-MAP とし 99 %以上の回収率で回収できることが分かった。また、脱離液および再生液を 5 回繰り返し使用しても 80 %以上の HT の吸着能力の再生、99 %以上のリン回収率を維持できることが分かった。次に、リン酸イオンを吸着させた HTCF に対しても同様な検討を行った。その結果、HTCF でも HT 粉体の場合と同条件で MAP 生成 (HTCF-MAP)により 99 %以上の回収率でリン回収ができることが分かった。

HTCF の実用性を検討するため、リン試料水(精製水で調整 ; 夾雑物質なし)および実排水(農業集落排水処理施設の二次処理水)を用いて、HTCF のリン除去速度および貫流容量をカラム法により検討した。その結果、リン試料水および実排水のいずれを用いた場合でも、HTCF のリン酸イオン除去速度および貫流容量は SV 条件の影響をほとんど受けず一定であり、実排水に対しても安定な吸着能力を発揮することがわかった。しかし、貫流容量はリン試料水を用いた場合と実排水を用いた場合では明らかに差があり、各 SV 条件における HTCF の貫流容量は、リン試料水で $28.72\sim 30.68 \text{ mg-P}\cdot\text{g}^{-1}$ 、実排水で $15.32\sim 16.27 \text{ mg-P}\cdot\text{g}^{-1}$ であり、実排水では貫流容量が低下することが分かった。この原因を検討した結果、実排水に含まれる炭酸イオンの競合的吸着によるリン酸イオン吸着阻害が主であることが示唆された。次に、実排水からのリン除去に使用した HTCF を二液再生法により再生させた場合の再生率、また使用した脱離液および再生液を用いた MAP 生成によるリン回収率を検討した。その結果、実排水からのリン除去に用いた HTCF でも二液再生法により高い再生率で再生できること、また再生に使用したリン含有脱離液と再生液からリン酸イオンを HTCF-MAP として 99 %以上の回収率で回収できることが分かった。

HTCF を用いたリン除去・回収・再資源化システムを農業集落排水処理施設に適用した場合のコストをモデル的に試算し、現行のリン除去技術である凝集沈殿処理法のコストと比較することにより、本システムの経済的優劣を検討した。その結果、HTCF を用いたリン除去・回収・再資源化システムと凝集沈殿処理法の処理水 1 m^3 当たりのコストを比較すると、6 倍以上であることが分かった。しかし、担持成形体の改良(ホローファイバー化)、効率的脱炭酸法の導入(膜分離脱気法の導入)等による HTCF の貫流容量の増加および HTCF の繰り返し使用回数の増加が図れれば現行の凝集沈殿法の 2 倍程度となること、リン資源の価格上昇等の社会的ニーズにより、将来的に本システムの普及は可能であるとの結論に達した。

以上の結果より、HTCF は排水からのリン除去・回収・再資源化を可能とし、繰り返し再生使用も可能な高性能なリン吸着材であることが実証された。また二液再生法によりゼロエミッション方式によるリン除去・回収・再資源化システムの確立も可能なことが実証された。さらに、実用化および普及に向けた課題も抽出され明確にすることができた。これらの資源循環型排水高度処理システムの開発に関する一連の研究業績は、現在顕在化している水環境問題と将来起こりうる資源枯渇問題をリンクさせ同時に解決できることを示す研究開発事例であり、また実用化まで踏み込んだ研究開発事例でもあり、博士の学位を与えるに十分な価値を持つものと判定した。