

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 小野寺 利仁

本論文は「磁気分離を活用した窒素・リン回収可能な新たな排水処理プロセスの創成」と題し、1)強磁性非晶質ケイ酸カルシウム(m-CSH)による下水処理プロセスからのリン回収法、2)畜産廃水中の窒素、リン成分の回収・肥料化と廃水浄化を両立させた水処理法について提案し、実廃水を用いた実験によって有用性を明らかにしたものである。

地球温暖化やマイクロプラスチックの地球環境問題は、利便性を最優先し、持続的発展への配慮を欠いた技術の進歩により生じたものといえる。その反省に立ち、SDGsの達成が推進されている現在、水処理分野においても持続的発展に配慮した技術革新を目指す必要があると考え、廃水浄化と資源回収の両立を目標に掲げて研究が進められた。本論文は、未来指向の水処理技術の創成を目指したものとして学術的意義が認められる。

本研究において得られた主な成果は次のようにまとめることができる。

- 1) 下水中には我が国のリン輸入量を上回るリンが含まれるとされ、リン回収法の研究例は多い。しかし、下水からの回収リン肥料が現行のリン肥料に代わるには、より効率的な回収法の開発が必要である。本研究は、リン回収に用いられる非晶質ケイ酸カルシウム(CSH)の短い回収時間 (0.5 h程度)の利点を維持したまま、マグネタイトを添加し、強磁性を有するCSH (m-CSH)とすることで、固液分離と濃縮操作を従来のCSHの1-2時間から1分程度まで高速化した。設備を数分の1に小型化でき、リン回収のコスト削減が期待できる。m-CSHに含まれるマグネタイトは無害で、回収物そのまま肥料として利用できる。磁気分離を可能とした工夫によって、水環境保全と資源回収を両立させた新たなリン回収プロセスを提案した。本研究成果は公開特許となっており、リン回収法としての進歩性が認められたといえる。
- 2) 畜産廃水からの窒素、リン成分の回収・肥料化の検討では、初段で窒素、リン成分の大部分を回収するプロセスフローが工学的に独創的なものといえる。微生物による水処理法は適切な濃度の窒素・リンを必要とし、前段でこれらを除去するプロセスは通常は使われない。一方、窒素成分の回収はアンモニアで存在する生物処理の前段が有利である。そこで、窒素、リン成分が欠乏しても安定処理を維持できる磁化活性汚泥法を活性汚泥法に代えて適用した。これにより、排水中の窒素成分を水酸化カルシウムによるpH操作のみでアンモニアガスとして取り出し、硫酸で吸収することで硫酸アンモニウムとして回収できた。同時にリンはリン酸カルシウムとして回収できた。回収物そのまま肥料として農場内で活用できる。廃水処理の負担も軽減され、水処理プロセスとしての性能も、各種汚濁指標を一般排水基準の半分以下まで浄化するなど大きく向上した。本研究成果は2021年11月に査読付き英文誌に掲載されており、廃水浄化と資源循環の両立を目指した未来指向の新たな水処理法と認められる。

本論文については、令和4年2月9日にオンラインで、審査委員全員と関連分野の研究者の出席のもとに公聴会が開催され、研究成果の発表と質疑応答が行なわれた。公聴会終了後に学位審査委員会を開催し、本論文の内容について詳細に検討した。その結果、本研究により新たな知見が得られたことが認められた。さらに本研究は工学的価値が高く、研究の独創性および研究内容の学術的レベルにおいて優れていると判断した。よって、本論文を博士(工学)の学位論文に値するものと認める。