

研 究 成 果

<p>テーマ：畜産環境改善技術 サブテーマ：家畜尿汚水からのアンモニア・リン回収と汚水処理 小テーマ：脱窒オリエンテッドメタン発酵による家畜尿汚水の高度処理方法の実用化</p>
<p>サブテーマリーダー（所属、役職、氏名）：群馬大学（共同研究員）渡邊智秀 研究従事者（所属、役職、氏名）： （財）群馬県産業支援機構（雇用研究員）黒田正和、湯沢恩、細谷佳菜子・群馬大学（共同研究員）渡邊智秀、粕谷健一・（株）ヤマト・大和環境技術研究所（共同研究員）荒井哲雄、小森正人</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要 豚舎排水処理において効果的かつ高効率な窒素処理法の開発が求められている。本研究では、メタン発酵における酸生成過程と生物学的脱窒および硝化過程を組み合わせ、汚水中の有機成分をできるだけ有効かつ高効率に脱窒へ利用するプロセス開発に取り組んだ。また、残留性のない固体電子供与体を利用した生物学的脱窒（固相脱窒法）を応用した処理水中の残留硝酸性窒素のポリッシュアップ法を開発した。さらに脱リン、脱色等の高度処理が可能な方法も検討した。</p> <p>②研究の独自性・新規性 UASB（酸生成）→脱窒槽→UASB（メタン生成）→硝化槽→（脱窒槽へ一部循環）→処理水（系1）のプロセスフローとすることで、二相分離型メタン発酵の間に脱窒槽を設けて汚水成分由来の有機酸を効果的に脱窒へ利用するとともに残留有機物は嫌氣的に分解されるため曝気動力の低減が図れる。さらに、USB（複機能グラニュール槽）→亜硝酸型硝化槽→（USBへ一部循環）→処理水（系2）の構成によりメタン発酵と脱窒の単一槽化（USB）ならびに硝化槽での曝気動力の低減化を図った。また、ポリエチレンスクシナート（PESu）を固体電子供与体とした脱窒法を開発した。さらに、鉄複合材を利用した脱色、脱りんとその生成物によるバイオガスの脱硫方法を開発した。</p> <p>③研究の目標 [フェーズⅠ] (1)1次処理としてスクリーンで除去不能なSSを簡易かつ安定的に除去可能な凝集沈殿法の確立。 (2)系1のプロセスに対応したベンチスケール実験を行い、装置設計の基礎データを収集する。 (3)系2を構成する各過程の基礎として、①複機能グラニュール（メタン発酵+脱窒）の形成条件ならびにその機能や脱窒および有機物除去性能をラボ実験で把握するとともに、②高い処理速度を有する亜硝酸型硝化槽を開発する。</p> <p>[フェーズⅡ] (1)系1についてミニパイロット規模のプロトタイプ装置を畜産農家へ設置し、実証試験を行う。 (2)系2の構成となるベンチスケール実験装置を試作し、人工排水を連続通水して基本的処理特性を把握するとともに、プロセス設計の基礎を確立する。 (3)PESuを電子供与体とする脱窒細菌の集積と機能や脱窒機構を解明し処理技術の基礎を確立する。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>主要な3課題（系1（鉄複合材充填槽による高度処理を含む）、系2および固相脱窒法）のそれぞれを担当するグループが連携を取りながら並行して研究を進めた。なお、固相脱窒法については既存装置へも応用可能なポリッシュアップ技術としてフェーズⅡから加わった。</p> <p>[フェーズⅠ] (1)ジャーテスト等により凝集沈殿操作のみで安定的に一次処理をする方法を確立した。 (2)1次処理水を用いた連続処理実験から安定的に操作可能なBOD容積負荷、TN容積負荷、循環比ならびに硝化槽DO濃度条件を得るとともにプロセス設計データを収集した。 (3)UASBの嫌気性グラニュールが脱窒とメタン発酵の複機能化を獲得する条件を確立するとともに、人工排水を用いてそれを充填したUSB槽の基本的有機物除去と脱窒特性を明らかにした。また、硝化槽について、完全硝化から亜硝酸型硝化へ迅速な移行条件を見い出すとともに多孔性担体を投入することによる安定かつ高速な亜硝酸型硝化処理を達成した。</p> <p>[フェーズⅡ] (1)系1のプロセスフローで総有効液容積が約2.6m³のパイロット試験装置をフェーズⅠでの結果に基づき設計し、養豚農家に設置して実豚舎排水の一次処理水を用いて連続処理実験を行った。 (2)系2のプロセスフローのベンチスケール装置を構築し、人工排水を用いた連続処理実験から操作条件と処理速度の関係ならびにグラニュール活性と構造を明らかにした。 (3)PESuを利用可能な脱窒細菌の集積と単離に成功し、脱窒を担う鍵酵素の一端を明らかにした。ま</p>

た、易分解性の溶解性有機物共存下での脱窒挙動を明らかにした。

主な成果

具体的な成果内容：

- (1) 高分子凝集剤、硫酸バンド、凝集助剤の選定、混合および投入方法の最適化によりろ過を必要とせずに凝集沈殿操作のみで安定的に500mg-SS/L以下にする一次処理の操作方法を確立した。
- (2) 系1の小型パイロット規模試験装置において、BOD/N比約3、BOD容積負荷約11kg/(m³・d)、硝化液循環比約10の条件下でBOD除去率99%以上、TN除去率91%を安定的に達成した。また、鉄複合材槽を硝化槽の後に付帯させることでBOD2mg/L、COD_{Mn}33mg/L、TN126mg/L、色度30、TP1mg/L以下を達成した。加えて、脱りん汚泥にバイオガスの脱硫能があることを見出した。
- (3) 系2のベンチスケール実験で易分解性有機物が主要な有機成分の人工排水を用い、流入N/CODが0.08~0.56、流入COD負荷が約30kg/(m³・d)、流入TN負荷約4kg/(m³・d)および硝化液循環比11までの広範囲の条件下において、COD除去率95%以上と硝化液循環比に対応したTN除去率の達成が可能であることを実証した。さらに実排水処理への移行も比較的容易であることを実証した。
- (4) 単独でPESu分解と脱窒が可能な*Acidovorax* sp. DP5-1株の単離に成功し、PESu分解酵素の生産が本系での脱窒の鍵酵素であることを明らかにした。また、易分解性の溶解性有機物が消費された後にPESu分解による脱窒を開始することがわかり、微生物群集解析により混合培養系でも主要な脱窒細菌となる可能性が示唆された。

特許件数：3件 論文数：8件 口頭発表件数：26件

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

BOD/TN比が約3の高濃度廃水に対して外部から有機物等の電子供与体を投入なく高脱窒率を得ることは一般に困難だが、系1のような構成にすることで達成できた。従来型の活性汚泥法に比べて約25%の曝気風量の低減が可能であった。また、鉄複合材槽で生成した脱りん汚泥の脱硫への有効利用はこれまでにない新規な技術である。系2のプロセスフローは、高N/有機物比の含窒素高濃度有機性廃水へ対応可能な新規な排水処理プロセスである。PESuを用いた生物学的脱窒で分解微生物の単離や分解酵素の同定がされたのは全く新規な成果で、処理技術としての展開が期待される。

2 実用化に向けた波及効果

本研究で開発された高度処理技術のうち、系1の処理システムは、既存の活性汚泥処理施設に付帯させることも可能である。また、鉄複合材槽による高度処理も同様である。系2では高N/有機物比の組成を有する産業排水処理への展開が期待される。一方、固相脱窒法は溶存有機物濃度が極めて小さい硝酸性窒素汚染地下水の浄化処理へも応用可能性を有する。

残された課題と対応方針について

系1のシステムでは、実証試験結果に基づいた各プロセス間の槽容積比を最適化する余地がある。また、実用への課題として畜産農家が設備導入時にリース事業対象であることが望ましいので、(財)畜産環境整備機構「新技術・新製品」としての認定申請を検討する。系2のシステムではパイロット規模実証試験への展開を探る。固相脱窒法では易分解性有機物共存下における有機物消費後のPESuを用いた脱窒への遷移時間の短縮化と装置化への展開が課題である。

	J S T負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	小計	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	小計	
人件費	0	750	1,386	1,405	3,936	3,876	11,352	265	5,788	7,124	10,945	9,917	6,404	40,443	51,795
設備費	0	6,110	6,922	10,440	4,396	0	27,868	0	0	0	0	0	0	0	27,868
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	1,000	6,243	7,006	23,384	6,997	4,058	48,688	0	1,713	1,403	475	393	1,408	5,392	54,080
旅費	0	0	118	24	40	166	348	0	0	0	0	40	42	82	430
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	111	343	520	159	125	1,257	1,257
小計	1,000	13,104	15,431	35,253	15,368	8,100	88,256	265	7,612	8,870	11,940	10,508	7,980	47,175	135,431

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T負担による設備：蛍光顕微鏡 イオンクロマトグラフィー

地域負担による設備：P C R 液体クロマトグラフィー

※複数の研究課題に共通した経費については按分してください。