

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

フリガナ 氏名 (姓、名)	イシモト チカコ 石本 史子	授与番号 甲 1549 号
学位の種類	博士 (工学)	授与年月日 2022 年 3 月 31 日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項該当者 [学位規則第 4 条第 1 項]	
博士論文の題名	養豚廃水処理施設における SNAD プロセスによる窒素除去に関する研究	
審査委員	(主査) 惣田 訓 (立命館大学理工学部教授)	神子 直之 (立命館大学理工学部教授)
	樋口 能士 (立命館大学理工学部教授)	
論文内容の要旨	<p>本論文は、フルスケールの養豚廃水処理施設における嫌気性アンモニア酸化 (anaerobic ammonium oxidation, anammox, アナモックス) 菌の集積要因、および集積されたアナモックス菌によって構築された simultaneous partial nitrification, anammox and denitrification (SNAD) プロセスによる窒素除去についてまとめたものである。本論文は 6 章から構成される。</p> <p>第 1 章では、畜産廃水の処理に関する喫緊の課題として、水質汚濁防止法における硝酸性窒素等の暫定排水基準に近い将来に撤廃され、一律排水基準の適用が見込まれるため、アナモックス反応を適用した低コスト型の窒素除去法の開発への期待が述べられており、本研究の位置づけが示されている。第 2 章では、養豚廃水の実処理施設の曝気槽の生物膜・グラニュールにアナモックス菌が集積され、偶発的に構築された SNAD プロセスによって窒素除去が促進された要因が、2 年間にわたる調査結果から考察されている。第 3 章では、実処理施設の曝気槽の環境を再現した小型試験装置によって、アナモックス菌が集積された要因として、溶存酸素濃度および pH がその至適範囲にあり、基質であるアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素が同時に存在することが重要であることを裏付ける結果が示されている。第 4 章では、実処理施設において特定のアナモックス菌 <i>Candidatus Jettenia</i> などが低温期にも高い活性を示す一方、高温期は従属栄養脱窒が優勢となり、加温せずとも安定した窒素除去ができる本施設の SNAD プロセスに特有の利点が示されている。第 5 章では、曝気量の制御システムを実処理装置に導入し、溶存酸素濃度の過剰な増加によるアナモックス反応の阻害を抑制することで硝酸性窒素等の一律排水基準を達成できる検証実験にもとづき、SNAD プロセスによって消費電力量も削減できる経済効果を試算している。最後の第 6 章では、本論文の結論を述べ、今後の課題が言及されている。</p>	

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">論文審査の結果の要旨</p>	<p>本論文の審査に先立ち、公聴会を開催した。公聴会では学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員による口頭試問を行った。</p> <p>本論文では、養豚廃水処理の実施設において偶発的に構築された SNAD プロセスを発見し、アナモックス菌を含む汚水処理に寄与する細菌群の挙動と窒素除去反応の関連性を長期にわたって解析した科学的新規性と、その性能の安定化と施設の省電力化のための制御方法を提案している工学的な実用性に特徴がある。</p> <p>本論文は以下の点で評価される。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 養豚廃水処理施設におけるアナモックス菌の集積要因は、溶存酸素濃度および pH がその至適範囲に維持されており、基質であるアンモニア態窒素と亜硝酸態窒素が同時に存在し、汚泥滞留時間が長いことであることを明らかとした。 (2) 曝気槽または沈殿槽のグラニューールのアナモックス活性と菌量は、低温期に最も高くなる一方、高温期は通常の脱窒活性が高くなることを明らかとした。 (3) グラニューールのアナモックス菌は、年間を通して <i>Candidatus Jettenia asiatica</i> が最優占種であり、特定の菌種が低温にも順化していることを示した。 (4) 低温期と高温期において、アナモックス反応と従属栄養脱窒反応がそれぞれ優勢となる SNAD プロセスにより、加温を行わなくても年間を通して一定の窒素除去が達成されることを示した。 (5) 水量・水質が大きく変動する養豚廃水処理施設において、有機物を十分に除去しつつ、反応槽の曝気量を制御することで突発的な溶存酸素濃度の上昇によるアナモックス反応の阻害を抑制し、硝酸性窒素等の一律排水基準を達成することができ、消費電力量も削減できる可能性を示した。 <p>以上の通り、公聴会での口頭試問結果および論文審査を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">試験または学力確認の結果の要旨</p>	<p>本論文の公聴会は、2021年10月19日（火）17時00分～18時20分、びわこ・くさつキャンパスのトリシア I 環境都市工学演習室 2 において行われた。学位申請者および主査、副査、学内関係者のみ対面、その他の聴講者はビデオ会議システム(Zoom)によるオンライン参加とした。各審査委員および公聴会参加者より、SNAD プロセスの適切な制御運転による窒素除去と消費電力削減の性能評価の方法、曝気量の制御のための溶存酸素量の閾値、温室効果ガスの排出量への影響などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。審査委員会は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していることを確認した。</p> <p>以上の諸点を総合し、審査委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。</p>