

主論文審査の要旨

《本文》

近年、嫌気性アンモニア酸化（anammox）反応を利用した新しい窒素除去技術の開発が進められている。anammox 反応を排水からの窒素除去に適用できれば、従来技術に比べ、空気供給や薬品添加に係るランニングコストを低減でき、設備面積を縮減できることから、低コスト・省エネルギーの窒素除去技術になると期待されている。本論文では、anammox 反応を利用した窒素除去技術として固定床型亜硝酸化/anammox プロセスを開発し、そのための基礎実験および実排水処理に対する実行可能性の研究成果を取り纏めている。

本論分は、全7章から構成されている。

第1章では、anammox を含む窒素除去技術の必要性を説いた背景と、anammox に関する文献調査の結果を取り纏めるとともに、本論文の目的および構成を述べられている。

第2章では、anammox 細菌の代謝反応を効率的に利用するため、ラボスケールの anammox リアクタを用いた運転条件の最適化が検討されている。本検討では、温度、pH の最適条件は 30-35°C、pH 8.0 であることを明らかにし、anammox 細菌の阻害因子とされる NO<sub>2</sub>-N の阻害濃度は 150 mg-N/L 程度であることを明らかにしている。

第3章では、亜硝酸化処理の制御運転方法が検討されている。本検討では、温度、pH を制御することで、亜硝酸酸化細菌（NOB）の活性はほぼ抑制できることを明らかにし、その抑制条件は、温度は 30°C 以上、pH は 7.5 以上としている、DO 濃度は、亜硝酸化率の制御を行なう上で、重要な要素であることを明らかにしている。

第4章では、固定床型亜硝酸化/anammox プロセスの実行可能性を評価するため、実排水（消化汚泥脱水ろ液）を用いたベンチスケールの実証試験を行なった結果を纏めている。亜硝酸化工程では、流入 SS 濃度を凝集沈殿等で制御することで長期的に安定した運転が得られたとしている。anammox 工程では、運転開始直後から明確な窒素除去が見られ、90 日後には最大窒素除去速度 2.9 kg-N/m<sup>3</sup>/d を達成している。anammox プロセスとしては、80%程度の窒素除去率を維持でき、負荷変動運転においても、顕著な性能低下が見られることなく、ほぼ同等の処理性能が得られることを明らかにしている。

第5章では、anammox プロセスの適用に対する経済性評価を行なうため、実施設における窒素除去に導入した場合のケーススタディを実施している。anammox プロセスを導入することで、従来プロセスに対して、プラントスケール、ユーティリティ費は、それぞれ 46%、56%の削減効果が得られると試算している。

第6章では、単槽型 anammox プロセス（SNAP）について検討している。本検討では、長期間にわたる連続通水実験にて安定して SNAP 反応は進行し、窒素負荷 0.8 kg-N/m<sup>3</sup>/d に対して、最大 0.68 kg-N/m<sup>3</sup>/d の窒素除去速度を達成している。

第7章では、以上の研究成果の総括として、本研究では、anammox 細菌の生理特性について重要な知見が得られ、これらの研究成果に基づいた実排水試験においても有用なデー

タが得られたことから、anammox プロセスの実行可能性が実証できたとしている。

以上の研究成果の一部は、①Japanese Journal of Water Treatment Biology、 Vol. 47、 No.2、 pp.87-94、 2011 ②Japanese Journal of Society for Biotechnology、 Vol. 89、 No.9、 pp.1-6、 2011 ③Japanese Journal of Water Treatment Biology、 Vol. 48、 No.1 (2012.3.15 発行予定) に掲載済みである。

以上の理由により、審査委員会は本論文が学位論文に値するものと判定した。

#### 最終審査の結果の要旨

研究指導委員会では、本論分の学位審査の結果、全般的な構成および内容は十分であり、学位申請者は水環境工学に対する高度の理解力と独創的な研究を遂行するに十分な能力を有するものと判断し、本論分は博士論文審査の対象に値するものとの見解に達した。学位の名称は本論分の内容が排水処理一般に係る幅広い技術に関係することから、博士(工学)が妥当であると認めた。

|      |                      |     |    |       |
|------|----------------------|-----|----|-------|
| 審査委員 | 複合新領域科学専攻複合新領域科学講座   | 教授  | 氏名 | 古川 憲治 |
| 審査委員 | 複合新領域科学専攻複合新領域科学講座   | 教授  | 氏名 | 瀧尾 進  |
| 審査委員 | 環境共生工学専攻社会環境マネジメント講座 | 教授  | 氏名 | 北園 芳人 |
| 審査委員 | 理学専攻生命科学講座           | 准教授 | 氏名 | 北野 健  |