



Title	亜硝酸型硝化とAnammox(無酸素アンモニア酸化)を組み合わせた高効率窒素除去システムの開発
Author(s)	徳富, 孝明
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57532
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	とく 徳 ひとみ 富 たか 孝 あき 明
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 8 6 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学 位 論 文 名	亜硝酸型硝化とAnammox(無酸素アンモニア酸化)を組み合わせた高効率窒素除去システムの開発
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 池 道彦 (副査) 教 授 加賀 昭和 准教授 惣田 訓

論 文 内 容 の 要 旨

Anammox反応はアンモニアと亜硝酸を窒素ガスに転換する反応であり、排水処理に適用すると、エネルギー・資源の消費、廃棄物の発生を大幅に減らすことができ、高効率処理が可能であると言われている。実用化に向けた技術的課題で最も重要なものは、反応に必要な亜硝酸を安定して生成することである。このような背景から、本研究はAnammox反応を利用した窒素除去技術の確立を大きな目標とし、まず、亜硝酸型硝化について実験的検討を行い、安定な亜硝酸型硝化プロセスの構築を目指した。その後、研究開発を別途に行っていたAnammoxプロセスと亜硝酸型硝化を組み合わせ、各種排水を用いてプロセス全体の処理性能を確認し、開発したプロセスを国内初となる実規模施設に適用した。

第1章では、Anammox反応の特徴と亜硝酸型硝化の維持方法に関する既往研究を整理した。既存の方法にはそれぞれ欠点があり、より安定した亜硝酸型硝化の方法が求められていることを確認した。

第2章では、好気グラニュール法を用いた亜硝酸型硝化について検討し、溶存酸素を制限する方法では長期間の運転後に亜硝酸型を保てなくなる可能性があることを確認した。また、無機炭素濃度がアンモニア酸化細菌の活動に大きな影響を与えていることを発見し、無機炭素濃度を制御することにより亜硝酸型の硝化反応へ移行が可能であることを見出した。

第3章では担体添加型曝気槽を用い、亜硝酸型硝化の安定維持方法を検討した。無機炭素濃度の制御によって、温度19℃以上の条件で硝化の型を制御でき、生物膜の内部から亜硝酸酸化細菌が排除されることを明らかにした。

第4章では、担体添加型曝気槽を用いた亜硝酸型硝化プロセスと、別途開発を行ってきたAnammoxプロセスを組合せ、性能検証を行った。濃度、共存物の異なる5種類の実排水を用いて通水試験を行い、亜硝酸型硝化とAnammoxを組み合わせたシステムにより、BOD、窒素を従来型処理と同等まで除去でき、亜硝酸型硝化槽においては亜硝酸への転換負荷として0.8～1.6kgNO₂-N/m³/d、Anammox槽においては窒素除去負荷として2.2～5.0kgN/m³/dと従来型と比較して数倍の高負荷処理が可能であることを示した。

第5章では、水量550m³、亜硝酸型硝化槽300m³、Anammox槽58m³の実規模設備において、反応槽の立ち上げとその後約1年間にわたる性能検証を行った。Anammox槽は、わずか3ヶ月の運転期間で設計負荷に到達させることができた。亜硝酸型硝化槽においては、無機炭素濃度の制御による亜硝酸型硝化が長期間安定して維持可能であること、濃度変動に対しても自動制御により亜硝酸生成量を適正範囲に維持できることを実証した。定常運転において亜硝酸型硝化槽はNO₂-N転換負荷として0.27～0.48kgNO₂-N/m³/dを、Anammox槽は最大3.6kgN/m³/dの窒素

転換能力を示した。

第6章では、本研究で得られた成果を総括し、今後の展望についてまとめた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

Anammox(無酸素アンモニア酸化)反応は、アンモニアと亜硝酸を窒素ガスに転換する反応であり、排水から効率的に窒素を除去することが可能であると言われているが、実用化のためには反応に必要な亜硝酸を安定して生成することが最も重要な課題とされている。本研究はAnammox反応を利用した窒素除去技術の確立を大きな目標とし、安定な亜硝酸型硝化プロセスの構築、並びに、これとAnammoxとを組み合わせた実用的な窒素除去システムの開発に関して行った研究をとりまとめたものであり、その成果を要約すると以下ようになる。

(1) 好気グラニュール法を用いた亜硝酸型硝化プロセスの構築を試み、溶存酸素を制限する方法では長期間の運転で安定な反応が維持できなくなることを明らかにしている。また、無機炭素がアンモニア酸化細菌の挙動に影響を及ぼしていることを見出し、無機炭素濃度を制御することによって亜硝酸型硝化反応の安定維持が可能であることを明らかにしている。

(2) 担体添加型曝気槽を用いた、無機炭素濃度制御による亜硝酸型硝化プロセスの構築について種々検討し、無機炭素を高濃度に保つことによって、担体中の生物膜から亜硝酸酸化細菌が排除され、亜硝酸型硝化反応が長期間安定維持できることを明らかにしている。また、本制御においては、水温19℃の低水温下においても、安定かつ比較的効率的な亜硝酸化が行えることを示している。

(3) 窒素濃度や共存物の異なる種類の実排水（半導体工場排水、嫌気性消化槽脱離液、樹脂製造工場排水、食品工場排水）に対し、担体添加型曝気槽を用いた亜硝酸型硝化プロセスとAnammoxプロセスを組み合わせた窒素除去システムの性能検証を行い、適正な前処理を行うことで、窒素を従来型処理方法と同等以上に除去できることを示している。ここで、亜硝酸型硝化槽においては亜硝酸への転換負荷として0.8～1.6kgNO₂-N/m³/d、Anammox槽においては窒素除去負荷として2.2～5.0kgN/m³/dと、従来型の窒素除去システムの数倍の高負荷処理を達成している。

(4) 以上の成果に基づき、亜硝酸型硝化槽300m³、Anammox槽58m³の実規模窒素除去システムの立ち上げと約1年間にわたる性能検証を行っている。実規模施設においても無機炭素濃度制御によって亜硝酸型硝化反応が安定に行うことができ、曝気量の自動制御によって亜硝酸生成量を適正範囲に維持できることを実証し、亜硝酸への転換負荷として0.27～0.48kgNO₂-N/m³/dを達成している。また、A Anammox槽の立ち上げは僅か3ヶ月の期間で可能であり、最大3.6kgN/m³/dの高い窒素除去能力が得られることを実証している。さらに、本窒素除去システムは、従来型の硝化脱窒型システムと比較して、電力消費量、メタノール消費量、余剰汚泥発生量が大幅に削減できるものと評価している。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に亜硝酸型硝化とAnammoxを組み合わせた高効率窒素除去システムの発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。