

主論文審査の要旨

環境負荷低減を目的としてCOD・窒素・リンについて総量規制が実施されており、その低コスト処理技術の開発が進んでいる。その中でも、論文提出者が住む和歌山県においては、捺染染色業が盛んであり、その工場廃水中には高濃度の尿素が含まれていることから、低コストの窒素除去技術の開発が強く求められている。本研究は、一般的な窒素除去技術として最も広く使われている硝化・脱窒法と、近年注目を集めているANA-MMOX法を取り上げ、それぞれの特性を活かした窒素除去システムの開発の成果を取りまとめたものである。

第1章では、日本の排水規制の歴史と和歌山県にかかる現在の排水規制について調査を行うと共に、これまでに研究開発されている硝化・脱窒法について文献調査を行っている。一方で、近年注目を集めているANAMMOX反応を用いた窒素除去技術について、一槽型のANAMMOX反応を中心に文献調査を行っている。

第2章では、ポリエステル製不織布を汚泥付着用固定化担体として用いた固定化材を曝気槽に設置することによって、硝化・脱窒反応だけでなく、COD除去についても同時に行うことのできる処理システムについて検討を行っている。この方法は、和歌山県工業技術センターで下水処理を目的に開発された方法であるが、本章では捺染染色工場廃水への適応を目指し、合成染色廃水を用いて行った実験結果について述べられている。検討の結果、廃水中にリン源を添加することによって、窒素とCODの同時除去が可能になることを明らかにしている。

第3章では、ポリエステル製不織布を用いた固定化材を曝気槽に設置する硝化・脱窒処理システムのパイロットプラントを捺染染色工場に設置し、実際の工場廃水を用いた実験結果が述べられている。捺染工場廃水の処理のためには、前処理として約12時間の空気曝気処理を行うことによって、ノルマルヘキサン抽出物質が本処理システムに影響を与えないレベルにまで分解除去する必要があることを明らかにしている。その前処理液を処理対象として、滞留時間1.5日の条件でTOC源の添加なしに約38%の窒素除去率を達成しているが、実用化のためには、窒素除去効率を高めるための硝化効率の改善と、安定した処理条件の確立が必要であることが述べられている。

第4章では、第3章で得られた課題を解決するために、和歌山県の地場産品であるパイル織物を汚泥付着用固定化担体として用いた硝化・脱窒処理について検討を行っている。14種類のパイル織物について硝化速度と汚泥付着量を評価し、アクリル製でパイル長が3cmのパイル織物を用いることによって硝化効率の大幅な改善が可能になることが明らかにされている。一方で、連続処理を継続した時に課題となるパイル織物のベース部分への汚泥の目詰まりについては、ベース部分の形状が格子状になったアクリル製のパイル織物を用いることによって長期間、安定的に硝化・脱窒処理が出来ることを認めている。さらに、脱窒の電子供与体の添加についての検討も行っており、でん

ぶん、メタノール、酢酸ナトリウムを用いた系では、流入窒素源の2倍程度の炭素源を添加することにより、60%以上の窒素除去率と90%以上のTOC除去率を同時に達成している。また、系内の汚泥の菌叢解析を行ったところ、硝化・脱窒に関わる細菌の他にANAMMOX汚泥の中で発見された細菌に近縁のものも検出されたことが述べられている。

第5章では、まず和歌山市の終末処理場の活性汚泥を種汚泥としたANAMMOX細菌の集積培養を行い、その集積培養に成功したことが述べられている。一方、固定化担体としてアクリル製パイル織物を用いる部分亜硝酸化処理を長期間にわたり継続したところ、SNAP反応と呼ばれる一槽型のANAMMOX反応に移行し、その窒素除去速度は、最大 $2.05 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{day}$ に達したことを明らかにしている。さらに、高負荷運転時には、SNAP反応に加え、従属栄養細菌による脱窒反応が進行していることを確認し、SNAP反応における実験式に、従属栄養細菌による脱窒分を補正した式が実験結果に一致することを示している。さらに、SNAPリアクタから汚泥を採取して菌叢解析を行ったところ、低負荷時には*Candidatus Anammoxoglobus propionicus*に近縁の細菌が、高負荷時には、熊本大学で発見されたKU2株に近縁の細菌が優占種となりANAMMOX反応を担っていることを明らかにしている。また、SNAPリアクタのスタートアップに関する検討も行っており、約3ヶ月で $1.5 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{day}$ 以上の窒素除去速度に達し、立ち上がったSNAPリアクタでの窒素除去特性は、種汚泥を採取した元のSNAPリアクタにおける窒素除去特性と同等になることを明らかにしている。

以上の研究成果の一部は、①日本水処理生物学会誌, 41 (1), pp.1 - 7 (2005)、②日本水処理生物学会誌, 45 (3), pp.99 - 105 (2009)に掲載、③Japanese Society of Water Treatment Biology Vol.46, No.2に掲載予定である。

最終試験の結果の要旨

研究指導委員会では本論文提出者に対して、当該論文の内容及び関連分野について諮問を行った。その結果、論文提出者は当該研究分野および応用領域について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た。さらに、外国語（英語）による論文作成能力も、研究成果を英語論文で発表していることから十分に有していることを認めた。

以上の結果に基づき、最終試験は合格と判定した。

審査委員	複合新領域科学専攻	生命環境科学講座担当教授	氏名	古川	憲治
審査委員	複合新領域科学専攻	生命環境科学講座担当教授	氏名	安部	眞一
審査委員	複合新領域科学専攻	生命環境科学講座担当教授	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担当教授	氏名	北園	芳人