

審査の結果の要旨

氏名 イッテイスポンラット スダー (ITTISUPORN RAT SUDA)

本論文は「Effect of sludge retention condition on operational performance, bacterial community and enzymatic activities in inclined plate membrane bioreactors (傾斜板付き膜分離活性汚泥法における処理性能、細菌叢および酵素活性に対する汚泥滞留条件の影響)」と題し、傾斜板を挿入した無酸素槽を前置した硝化液循環式膜分離活性汚泥法 (MBR) という、設計条件も未だ確立されていない次世代 MBR について、実際の都市下水を対象として、包括的設計パラメータである汚泥滞留時間 (SRT) が及ぼす運転性能、細菌叢、酵素活性への影響を実験的に検討し、新処理方法としての有用性と処理装置内の細菌叢の変遷を初めて詳細に明らかにした独創的研究である。

第1章は「序論」である。研究の背景、目的と位置づけ、及び論文構成等を述べている。

第2章は「文献レビュー」である。MBR について概説した後、下水処理用 MBR、傾斜板付き MBR (ip-MBR)、SRT の影響、MBR における微生物叢や酵素活性等について、既往の知見をまとめている。

第3章は「材料及び方法」である。以下の各章に詳細な実験方法の記述があるが、ここでは本研究全体を通して共通する実験方法や分析方法についてまとめている。

第4章は「二つの異なる SRT それぞれの運転条件下での二つの同一装置 (ip-MBR) における処理性能、細菌叢、酵素活性結果の再現性」である。流入水質が常に変動し、その制御が事実上不可能である実下水を用いているため、たとえ同一構造の装置を用い、同一条件の運転を行ったとしても、複雑系カオスが生じる可能性が否定できない。従って、結果の再現性を調べ、得られた結果の相異が運転条件によるものなのか、流入条件の微妙な変化によるものなのかを明確にしなければならない。本章の目的はここにある。本章で用いた実験装置や材料、方法を記述したのち、結果として再現性が得られたことを検証している。細菌叢については、個々のメンバーの再現性というよりは、集団としての高い類似性が認められた。

第5章は「異なる運転条件下での ipMBR の運転性能及び傾斜板の機能」である。前章で再現性が保証できたことを受け、異なる運転条件下での処理性能等

を明らかにしたものである。既往の研究によれば、汚泥引抜なしでの運転が可能であるという結果が得られていたが、本研究により、傾斜板の機能を維持するという観点からは、汚泥引抜なしの条件で都市下水を処理することには無理があり、またSRTを短くすると汚泥保持が不安定となり硝化性能が低下することから、硝化脱窒と汚泥保持の観点から、設計条件としてSRT40日から80日が推奨されることを示した。これは、ipMBRの実用化に当たって、工学的に極めて重要な成果である。

第6章は「ipMBRにおけるSRT, 細菌叢、酵素活性の関係」である。本章で用いた実験装置や材料、方法を記述したのち、上記の関係について、特に細菌叢の時間変化、装置内での空間変化に注目して具に調べた結果をまとめている。順・逆両方向の断片ペアリングを伴ったT-RFPL(末端標識制限酵素断片多型分析)によるメンバー解析、相対存在量解析により、安定運転が可能である如上の推奨SRT条件下では、細菌叢は時間的には遷移していくにも関わらず、ipMBR内の非常に異なった生育環境(好気、無酸素、嫌気)における空間分布に顕著な相違は認められないこと、逆にSRTが短い標準活性汚泥法からの汚泥試料や他の汚泥生産を目的としたMBRからの汚泥試料とは細菌叢が大きく異なること等を明らかにした。空間分布に顕著な相違は認められないという結果は、事前の予想を覆す意外な結果であるが、硝化液循環式として装置内の循環があれば装置内の空間的環境変化が与える細菌叢への影響は緩和され、汚泥滞留に関する設計条件を空間的に細分化しなくても包括的なSRTで設計可能であることを示しているとも言える。クローン解析によりいくつかの細菌の同定に成功しているが、それ以上に如上の結果は、SRTを適切に選ぶことにより運転の安定性が高まることに対する基礎情報として重要な工学的成果である。

第7章は「結論と今後の展望」である。

以上要するに、本論文は、都市下水を対象とした傾斜板を挿入した無酸素槽を前置した硝化液循環式膜分離活性汚泥法(MBR)の運転条件や設計条件を得るための、基礎的かつ学術的情報を与える独創性の高い研究であると評価できる。また、本研究で得られた知見は、都市環境工学の学術の発展に大きく貢献するものである。

よって本論文は、博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。