

論文内容の要旨

論文題目：

下降流懸垂型スポンジ反応器における真核生物の群集構造と下水処理特性との関連性に関する研究

氏名 宮岡 佑馬

生物学的下水処理では、反応器内の保持汚泥中の微生物が汚濁物質の分解を担っており、その群集構造を把握することは処理の安定化・効率化を図るうえで重要である。現在まで、主として処理の効率化を目的として、反応器内の保持汚泥中に存在する原核生物の群集構造に着目した解析が行われてきたが、食物連鎖網の上位に位置する真核生物の群集構造に着目した研究は少ない状況にある。そのため、反応器内における真核生物群集の制御や最適化に必要な基礎知見（運転条件、真核生物群集構造、処理特性などに関する知見）は不足している。本論文は、食物連鎖網の上位に位置する生物が保持汚泥中に豊富である、下降流懸垂型スポンジ（down-flow hanging sponge : DHS）反応器における真核生物群集構造と下水処理特性との関連性を評価することを目的として、基本的な運転条件である有機物負荷（固形性有機物濃度および水理的滞留時間）の変動に着目した解析を行った結果を報告したものである。本論文は7章から構成されており、各章の概要を次に示す。

第1章では、研究の背景として、DHS反応器における真核生物群集構造と下水処理特性との関連性を解析する意義を整理し、本論文の目的について述べた。

第2章では、既往の知見として、下水・排水処理汚泥における真核生物群集の特徴、DHS反応器による下水処理特性やその処理機構、真核生物の18S rRNA遺伝子配列に基づくクローン解析方法の特徴やその問題点を取りまとめることで、本論文の意義を明確にした。

第3章では、下水処理 upflow anaerobic sludge blanket 反応器の後段に設置した DHS 反応器に関して、季節毎に変動する保持汚泥中の真核生物群集構造と処理特性の解析を行った。その結果、下水水温や有機物負荷の変動の影響を受けて、保持汚泥中の真核生物群集構造も変動していることを明らかにした。また、保持汚泥中において優占的に存在する真核生物の18S rRNA 遺伝子配列を決定するために、マイクロマニピュレーターを使用して、数種類の主要な真核生物を保持汚泥中から1個体ずつ単離し解析に供した。この結果から、18S rRNA 遺伝子配列に基づくクローン解析に使用するプライマー対の検討を行った。

第4章では、下水処理 DHS 反応器に関して、流入下水の固形性有機物濃度（有機物負荷）の上昇前後における、保持汚泥中の真核生物群集構造（18S rRNA 遺伝子配列に基づくクローン解析および検鏡）と下水処理特性の解析を行った。その結果、保持汚泥中に存在する鞭毛虫と繊毛虫グループは、固形性有機物を捕食し、処理水質向上に寄与していることを示唆する結果を得た。また、クローン解析の結果、superkingdom *Nucleotmycea*（真菌）の genus *Trichosporon* および genus *Funticula* に属する真核生物の割合が植種汚泥よりも増加していたことを明らかにした。この結果から、これらの真核生物群集が DHS 反応器において下水処理機構の何れかに係わっている可能性が示唆された。

第5章では、人工排水処理 DHS 反応器に関して、1日の中で数倍に変動する水理的滞留時間（有機物負荷）が、保持汚泥中の真核生物群集の細胞密度に与える影響について解析を行った。具体的には、滞留時間 0.8 時間（高負荷）および滞留時間 15 時間（低負荷）を交互に繰り返す運転方法を適用した。その結果、スポンジ担体を通過する線流速の増加により、保持汚泥の剥離が促進され、それらを捕食する真核生物群集の細胞密度が 2-3 倍に増加していた。この結果より、DHS 反応器における真核生物群集の高密度化を目的とした制御手法として、水理的滞留時間の能動的な変動が有効であることを明らかにした。

第6章では、バンコク（タイ）の集合住宅排水処理設備に設置した実証規模 DHS 反応器に関して、供給する下水の組成や濃度（有機物負荷）の変動が生じる運転条件において、保持汚泥中の真核生物群集構造と下水処理特性の解析を行った。下水の連続処理実験の結果、水理的滞留時間 3 時間の条件のもと、DHS 反応器は高い処理性能（BOD 除去率 91%、 NH_4^+ -N 除去率 95-98%）を安定的に示した。また、18S rRNA 遺伝子配列に基づくクローン解析の結果、組成や濃度変動の生じる下水を処理する DHS 反応器の保持汚泥中から、*phylum LKM11* に属する機能未知な真核生物が高頻度に検出された（存在割合は全体の 9-48%）。この *phylum LKM11* に属する真核生物は、第4章の DHS 反応器においても、その存在が確認されており（存在割合は全体の 4-5%）、DHS 反応器による下水の処理機構を理解するうえで重要な系統分類群であると推測された。

第7章では、本研究にて得られた知見を総括した。

以上のように、DHS 反応器の保持汚泥中における真核生物群集構造と下水処理特性との関連性を、詳細に解析し、真核生物群集の制御手法を検討するうえで必要な基礎知見を多く得ることができた。また、これらの結果は、DHS 反応器における下水処理機構を理解するうえで有益な基礎知見であり、下水処理の安定化・効率化に貢献するものと考えられる。