

氏名(本籍)	北村豊 (北海道)
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	博乙第1,020号
学位授与年月日	平成6年10月31日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	農学研究科
学位論文題目	菌体の高密度滞留型メタン発酵槽の開発に関する研究
主査	筑波大学教授 農学博士 前川孝昭
副査	筑波大学教授 農学博士 天田高白
副査	筑波大学教授 農学博士 鈴木光剛
副査	筑波大学教授 農学博士 山口彰
副査	筑波大学教授 工学博士 田中秀夫

論文の要旨

本論文は、合成廃水や畜産・食品工業廃水を用いたベンチスケール高密度菌体滞留型メタン発酵槽による廃水処理実験を行って、その操作条件や廃水処理能力に関する特性を明らかにし、これらの研究成果に基づき、菌体を高密度に発酵槽に滞留させるパイロットスケール膜分離嫌気性接触型発酵槽を開発して、廃水処理能力とメタン発酵の安定性の向上を確認し、実プラント設計のための基礎資料を取得すうために取りまとめたものである。

流動床型メタン発酵槽の処理特性の検討：生物膜法を応用した流動床型発酵槽に投入する種汚泥は、酸素に接触しない状態で固形物除去を行う必要があり、窒素で空気をパージしたチャンバ内で篩いを用いて固形物除去を行った種汚泥の投入により、迅速なスタートアップが可能となった。本発酵槽は同一条件で操作した懸濁型の発酵槽と比較して、10倍以上の菌体密度を示し、pHおよびガス発生量も安定していること、流動床型発酵槽では担体に生物膜として補足された菌体量は全菌体量の約30%であり、懸濁液中にも高密度の菌体が保持されていることを確認した。また、本発酵槽による豚糞尿上澄液の連続処理実験では懸濁型の2相式メタン発酵法による豚糞尿の処理実験で得られた有機物除去率及び消化ガス収率の値を上回った。

流動床型メタン発酵槽の動力学的検討：生物膜法を利用した流動床型メタン発酵槽につき、有機物負荷や希釈率を変化させた酢酸合成廃水による実験を行い、85%以上の基質除去率を得る希釈率は、0.38 (1/day) 以下であった。希釈率の増加に伴って汚泥滞留時間 (SRT) は減少し、SRTの限界は10日であり、これが基質除去率の低下につながることを明らかにした。流動床型メタン発酵槽の動力

学モデルによる実験データの解析から、流動床型メタン発酵槽はメタン菌の中でも基質の消費・増殖活性の小さいメタン菌を高密度に滞留させて、高い処理能力を発揮することを知った。

膜分離嫌気性接触型発酵槽の処理特性の検討：流動床型メタン発酵槽の研究成果に基づいて、菌体を高密度に発酵槽に維持するために限外ろ過（UF）膜を組込んだベンチスケール嫌気性接触型の発酵槽を試作し、pH や C/N 比が低くメタン発酵処理が困難であるとされる麦焼酎の蒸留廃液を原料とする実験を行った。麦焼酎蒸留廃液のメタン発酵で生成した NH_4^+ により菌体密度が減少し、消化ガス発生速度が不安定になることを観測した。単位菌体密度当たりの NH_4^+ 濃度、すなわち、菌体の比アンモニウム濃度を調べた結果、この値が低い時、消化ガス発生速度を安定させ、HRT9.6日、 L_{vs} 5.8kg-VS/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}$ の操作条件において、 $0.5 \text{m}^3/\text{kg-VA}$ の消化ガス収率と80%のVA除去率を得た。

膜分離嫌気性接触型発酵槽の実用化の検討：パイロットスケール膜分離嫌気性接触型発酵槽に膜透過能力の高いUF膜を組み込み、発酵槽内の NH_4^+ 濃度を2000mg/l に保ことのできる水希釈倍率に設定された麦焼酎蒸留廃液を原料とした処理実験では、発酵槽内の NH_4^+ 濃度は約2000mg/l を維持し、アンモニウムによる発酵阻害は認められなかった。菌体密度は最大で16g-VSS/l まで増加し、発酵槽内の有機酸濃度および消化ガス収率は、それぞれ1000~2000mg/l、 $0.4 \sim 0.6 \text{m}^3/\text{kg-VS}$ の範囲にあり、メタン発酵は良好に進行した。UF膜面透過流量の適正維持のためには、現在の膜面積算定結果に安全率を加える必要性を認めた。消化ガスの発生速度や収率を最大にする有機物負荷と有機酸の除去率を最大にする有機物負荷とはその最適範囲が異なった。さらに、発酵槽内 NH_4^+ 濃度を2000mg/l 以下に維持可能であったことにより、ベンチスケールの実験データを上回った。膜分離嫌気性接触型発酵槽の実用化にあたって、UF膜の洗浄系の改良、膜の透過性能の確保と2相式メタン発酵の併用が指摘された。

このように、C/N比の低い畜産・食品工業廃水のメタン発酵処理ではメタン菌体密度を高く保ことが有効であり、このためにはUF膜が有用であること、さらに比アンモニウム濃度を低く押さえる操作によって高い処理能力を保持できると結論される。

審 査 の 要 旨

本論文はC/N比の低い畜産・食品工業廃水のメタン発酵処理で問題となっていた発酵槽の操作性、処理能力及び安定性を著しく低下させる要因を実験的に解明し、その解決策として、メタン菌を高密度に発酵槽内に滞留させることが有効であることを明らかにした。さらに、限外ろ過（UF）膜を利用して、メタン菌の高密度化を図ること、死滅菌体由来の窒素成分を考慮した原料の希釈算定式ならびに発酵の安定性を保持するためのメタン菌体密度あたりのアンモニウム濃度として比アンモニウム濃度を提案し、これらが低C/N比の畜産廃水や食品工業廃水の処理に有用であることを明らかにしたことは、廃水処理工学上高く評価できる。また、生物膜法を応用したベンチスケール流動床メタン発酵槽を懸濁型のそれと比較し、前者は高い菌体密度の維持が可能であり、担体に保持された菌体の割合から判断して、UF膜が高い菌体密度の維持に有効であることを明らかにした。ついで、流動床メ

タン発酵槽の動力学的検討より、メタン発酵槽内に基質の消費や増殖活性の小さいメタン菌を高密度に滞留させていることを明らかにした。これらの知見を応用して、パイロットスケール膜分離嫌気性接触型メタン発酵槽を試作して、その処理能力の確認のための実証試験を実施し、実プラント設計のための基礎資料をとりまとめた。これらの一連の研究成果はメタン発酵による有機系廃水の処理法の一端を明らかにしたと考えられ、農業工学ならびに食品工学に寄与するものである。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有すると認める。