

氏名(国籍)	李 文 奇 (中 国)
学位の種類	博 士 (農 学)
学位記番号	博 甲 第 2,033 号
学位授与年月日	平 成 11 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	ロックウールを用いた固定床メタン発酵装置の開発に関する基礎研究
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 木 村 俊 範
副 査	筑波大学教授 農学博士 黒 田 健 一
副 査	筑波大学教授 工学博士 田 中 秀 夫

論 文 の 内 容 の 要 旨

メタン菌の基質消費速度が好気菌と比較して低く、メタン菌がアンモニアに敏感である難点は従来のメタン発酵装置の普及を制御する原因とされている。これに対し、微生物の固定化、例えば、生物膜法、包括固定法、UASB法、菌体を膜で分離する方法及び2相式メタン発酵法の確立などで高速メタン発酵装置いわゆる第二世代メタン発酵装置が開発されている。しかしながら、上述の方法は実用上いくつか解決しなければならない問題が残っている。即ち安価で且つ機能の優れた担体の開発、膜の閉塞防止、アンモニアに耐性のあるメタン発酵装置の開発等である。

本研究は担体材料としてのロックウールをメタン発酵槽に応用し、アンモニア濃度を調節した合成廃水や牛糞尿廃水を用いて、メタン菌へのアンモニア阻害を克服する可能性を検討し、高速メタン発酵プロセスの達成と発酵槽のコンパクト化を目的とした。

1. ロックウールを固定床としたメタン発酵槽と完全混合発酵槽(CSTR)の特性比較

有機物のメタン処理プロセスに生成したメタンは75%以上中間生成物である酢酸から分解したものであるため、酢酸酸化メタン菌の増殖は有機物の嫌気性処理プロセスにおける分解の律速要因と考えられる。従って、酢酸を単一エネルギー源とする合成廃水を用いて、ロックウールを担体とした固定床メタン発酵槽特性をCSTRの特性と比較して検討を行い、①同一運転条件でロックウールの固定床発酵槽の酢酸除去率は、完全混合メタン発酵槽のものより高い値を示した②固定床部の菌体はロックウールに付着した状態と固定床内部の液体に捕捉された状態で存在しており、後者の菌体密度は希釈率2(1/day)と酢酸負荷7(g/L・day)の操作条件では前者のもの約4倍であった。固定床メタン発酵槽の菌体密度は希釈率の増加による影響を受けずロックウールは良好なメタン菌の固定機能を示し、発酵液のpHの変化に対して緩衝能があった③ロックウールを含有容積の32%程度充填することで増殖の遅いメタン菌を発酵槽に集積でき、有機性廃水の嫌気性メタン菌を発酵槽に集積でき、有機性廃水の嫌気的処理の高速化を可能とする結果を得た。

2. ロックウール固定化メタン発酵槽のアンモニア阻害抵抗性の検討

ロックウール固定床に固定された酢酸酸化メタン菌のアンモニア阻害抵抗性を解明し、①アンモニア瞬時添加の時、HRT 1日及び酢酸負荷1.5, 4, 7g/L・dayの時、発酵が順調なアンモニア態窒素の最大瞬時添加濃度はそれぞれ20, 20, 12g-N/Lであった。有機酢負荷が同じく、HRT 5日の時、メタン発酵の耐えられるアンモニア態窒素最大瞬時添加濃度はそれぞれ20, 15, 8g-N/Lであった②アンモニア連続添加の場合、メタン発酵槽の耐えられる最大アンモニア態窒素濃度は発酵槽酢酸負荷と相関は見られたが、HRTとの相関は認められなかった。酢

酸負荷1.5, 4, 7g/L・dayの時, HRT 1と5日ともに発酵槽の耐えられる最大アンモニア態窒素濃度はそれぞれ16.5, 15, 12g-N/Lであった③アンモニアに阻害され, メタン発酵プロセスが停止した直後に, 発酵槽内部のアンモニアを洗い出す操作を実施した後, 2週間にメタン発酵プロセスは完全に回復できる結果を得た。

3.カルシウム, マグネシウム及びマンガンイオンの添加によるアンモニアに阻害された酢酸資化メタン菌活性の回復の促進作用の検討

アンモニアに阻害された酢酸資化メタン菌の回分培養においてカルシウム, マグネシウム及びマンガンイオンの添加の効果を解明し, ①酢酸資化メタン菌はアンモニアに阻害されるとATPがかなり減少した②阻害されたメタン菌の活性回復へのカルシウム, マグネシウム及びマンガンイオンの効果を明らかにし, その有効性は $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Mn^{2+}$ であった③メタン菌活性の回復中の菌体密度の変化は少ない結果を示した。

4.牛糞尿廃水の2相式メタン発酵システムにロックウールを固定床としたメタン発酵槽の応用効果の検討

ロックウールの固定床メタン発酵槽をCSTR酸発酵と組合せ, 牛糞尿の2相式メタン発酵を行い, ①ロックウール固定床発酵槽は実牛糞尿廃水の発酵での高アンモニア濃度12g-N/Lへの耐性がある②牛糞尿をCSTRによって酸発酵させ, 酸発酵液の上澄みをロックウール固定床発酵槽に供給して, 全HRTを4日とする高速度メタン発酵が達成でき, 固定床の閉塞の発生を防止できた。

審査の結果の要旨

本研究は発展途上国でも使える堅牢, 多孔質, 安価なロックウールを担体とする固定床メタン発酵槽を試作し, 酢酸を基質とした人工合成廃水及び牛糞尿廃水のメタン発酵特性を検討したものである。特にC/Nの低い廃棄物のメタン発酵では高濃度のアンモニア阻害を引き起こし易いので, これを克服するために開発したロックウール固定床メタン発酵槽とCSTRメタン発酵槽との比較実験を実施し, ロックウール担体のメタン発酵特性を明らかにした。その結果, ロックウール担体のアンモニア阻害耐性はCSTRのその4~5.5倍に達していることは評価に値する。さらに, アンモニア阻害の発生後の回復方法を検討し, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} の順にこれらの物質が有効であることを確認し, これらの物質が比較的多くロックウール担体にも含まれていることより, アンモニア阻害に対してロックウール担体が有用であることを実証した。

また, 本研究の成果は実際の廃棄物に対してロックウール固定床メタン発酵装置は従来の2相式メタン発酵装置より約4倍の濃度のアンモニア耐性を持つこと, 及び従来の2相式メタン発酵の2倍の発酵能力を持つ知見が得られており, 廃水処理工学, 廃棄物工学など農業工学分野への寄与は極めて大きく, 今後の実用化への貢献が大いに期待できる。

よって, 著者は博士(農業)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。