

脱窒能を有する嫌気性グラニューール充填型リアクターの構築

群馬大学大学院工学研究科 学生会員 森 俊輔 安藤 雄峰 榆木 成幸
伊藤 司 正会員 渡邊 智秀

1. はじめに

高濃度の有機成分と窒素成分を含有する排水に対して効率的かつ効果的な処理システムを構築するための要件として、後段の好気性処理への負荷低減、槽内の汚泥保持量の向上、有機成分の脱窒への利用とメタン回収等が考えられる。メタン生成菌と脱窒細菌が共存したグラニューールを形成させ、これを安定的に維持することができれば、単一槽で有機物除去と脱窒処理を行える可能性が生じる。このようなグラニューールが形成される可能性はこれまでに報告されているものの、その形成のための条件や窒素および有機物の処理特性などについての詳細は十分に検討されているとはいえない。そこで本研究では、脱窒能を有する嫌気性グラニューールを利用した排水処理プロセスを構築することを目的として、このようなグラニューールの形成条件に関わる流入水中のCOD/N比の影響ならびに脱窒汚泥の植種効果を実験的に検討するとともに、馴養時間とCOD/N比の増大に伴うグラニューールの脱窒活性とメタン生成活性の評価を行った。

2. 実験方法

グラニューールは有機性産業排水のUASB処理槽から採取したものをを用いた。内径約5cmで有効液容積約1.4Lの透明塩ビ製円筒型反応槽に対し、グラニューールを見かけ体積で約430mL充填し、実験を行った。有機炭素源としてグルコースを用いた基質を連続供給して徐々に負荷を増大させながら約4ヶ月間馴致した後、硝酸性窒素の供給を開始した。反応槽は、硝酸性窒素の供給開始に合わせて、予め研究室内で酢酸を唯一の電子供与体として脱窒条件下で長期間培養された脱窒汚泥を約30mg-VSS/Lとなるように添加した系(R1)、外部からの植種をしない系(R2)、硝酸性窒素の供給をしない対照系(RR)の3種類を設けた。各槽にはグルコースを有機炭素源とする基質をCOD容積負荷 $3.4\text{ kg-COD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ およびHRT約1日の一定条件で通水するとともに、上向流速約2.0m/hとなるようにポンプにて液循環させた。R1およびR2では、硝酸性窒素の流入負荷を徐々に増大させながら、COD_{Cr}、形態別窒素、生

成ガス量およびガス組成を測定した。なお、反応槽は約30に制御された恒温水槽内に設置した。

操作条件ごとに定常状態に達したことを確認した反応槽から所定量のグラニューールをバイアル瓶に採取して回分脱窒活性試験およびメタン生成活性試験を行った。採取したグラニューールは、培地溶液で繰り返し洗浄して浮遊微生物の影響を極力低減してから実験に供した。回分活性試験は、一定温度条件下で行い、初期濃度が約 2.1 g-COD/L となるようにグルコースまたは酢酸を炭素源として添加した。脱窒活性試験では、これに加え、初期硝酸性窒素濃度が約 200 mg-N/L となるように調整、一方、メタン生成活性試験は硝酸塩無添加の条件で行った。

3. 結果および考察

3.1 連続処理槽での全窒素およびCOD除去特性

図1に操作条件ごとに定常状態に達した後のCOD除去率ならびにTN除去率を、CODおよび硝酸性窒素の流入負荷の比(図中ではCOD/N比の逆数で表す)の関係として示す。COD除去率は、硝酸性窒素の供給の有無によらずほとんど変化がなかった。また、流入硝酸性窒素負荷の増大(N/COD比の増大)に対しても、N/COD比が0.17(COD/N比として約6)までの範囲において影響を受けず常に90%以上であった。また、TN除去率は、N/COD比が0.1以上では80~90%以上となり、窒素ガス生成量との収支もほぼとれていたことから、脱窒で除去されていると考えられた。その一方で、流入硝酸性窒素負荷が小さい場合にはTN除去率は50%程度に留まった。形態別窒素の測定から、流入水に比べて処理水中のアンモニア性窒素濃度が高くなっており、硝酸性窒素の異化的アンモニア化が系内で生じたことがその主な原因であると考えられた。従って、高COD/N比となる場合にはTN除去率の低下に注意が必要であるといえる。なお、窒素除去に対する脱窒汚泥添加効果は、添加量が少なかった等の影響も考えられるが明確ではなく、あえて外部から添加しなくても嫌気性グラニューールに脱窒活性を持たせることが可能であることが示された。

キーワード 脱窒、嫌気性グラニューール、メタン発酵

連絡先 〒376-8515 桐生市天神町1-5-1 群馬大学大学院工学研究科 社会環境デザイン工学専攻 渡邊智秀
TEL: 0277-30-1631、E-mail: watanabe@ce.gunma-u.ac.jp

図2に流入N/COD比とメタン生成速度の関係を示す。メタン生成速度は、硝酸性窒素負荷の増大に伴って一定割合で減少した。図1に示したようにCOD除去率はほぼ一定であったので、硝酸性窒素負荷に応じた脱窒への有機成分消費が優先し、残留した有機成分がメタンへ変換されていると考えられた。図の曲線を外挿しメタン生成がゼロとなるN/COD比を算出すると約0.22(COD/N比で約4.5)であり、これより硝酸性窒素の割合が大きな条件となると、メタン生成がほとんどなくなるとともに電子供与体の不足で硝酸性窒素も残留すると推察された。

3.2 グラニユールの脱窒活性およびメタン生成活性

図3に連続処理槽の槽内グラニユールの脱窒活性を各N/COD比条件ごとに示す。硝酸性窒素が共存しない条件下(N/COD=0)で採取したグラニユールも脱窒活性を有したことから脱窒細菌はグラニユール内に潜在的に存在していることが伺える。また、N/COD比が大きい条件下でのグラニユールの比脱窒速度が大きな値を示したのは、脱窒細菌数の増大によるものと考えられ、グラニユールに十分な菌体量が保持されるようになっている可能性が示唆された。これに対して、グラニユールのメタン生成活性は、図4に示したように、N/CODが0.1を超えた条件下では明らかな低下傾向を示し、連続槽内で脱窒環境に暴露され続けていたこととメタン生成へ利用可能な有機成分の量が制限状態に置かれていることの影響が生じていると考えられた。

3.3 脱窒活性に対する炭素源の影響

N/COD比が0.033の時点では、グルコース基質の脱窒活性が酢酸基質の脱窒活性に比べ約2倍大きかったが、その後のN/COD比が0.1、0.17、0.2の期間では、酢酸基質の脱窒活性が大きくなる傾向であった(データ省略)。本グラニユール充填型リアクターは有機炭素源としてグルコースを用いて運転しており、グラニユール内におけるグルコースの嫌氣的酸生成プロセスから生じた酢酸が脱窒細菌の電子供与体として利用される経路が形成されていた可能性が示唆された。

4. まとめ

脱窒活性とメタン生成を同時に行うグラニユールの形成が可能であることが示された。グラニユールには脱窒細菌が存在し、N/COD比の増大に伴い、特に酢酸資化性の脱窒細菌の菌体量が増加していることが推察された。今後、リアクターの運転性と処理性の長期安定性の検討と、グラニユールを構成する脱窒細菌群集、脱窒細菌の有機物資化特性とメタン生成菌との共存/競合関係について明らかにしていくことが必要である。

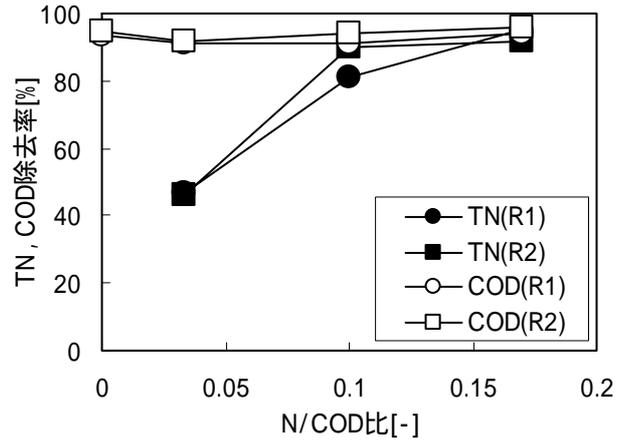


図1 連続処理におけるTNならびにCOD除去率

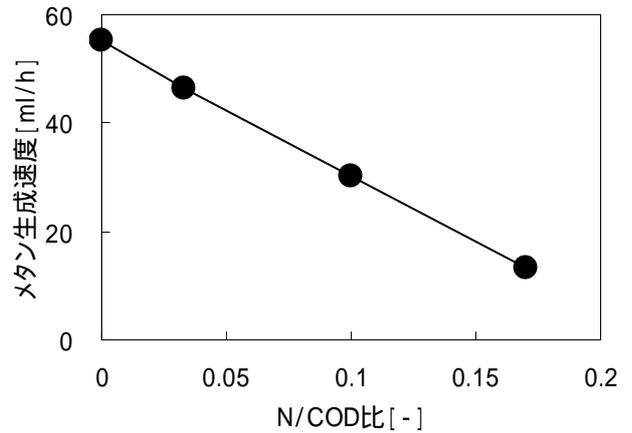


図2 メタン生成速度とN/COD比の関係

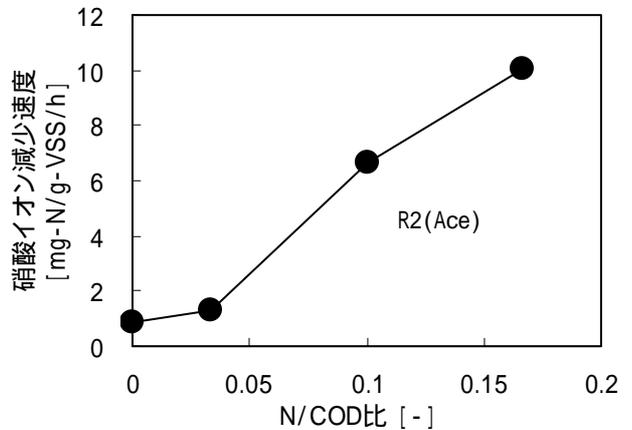


図3 脱窒活性とN/COD比の関係

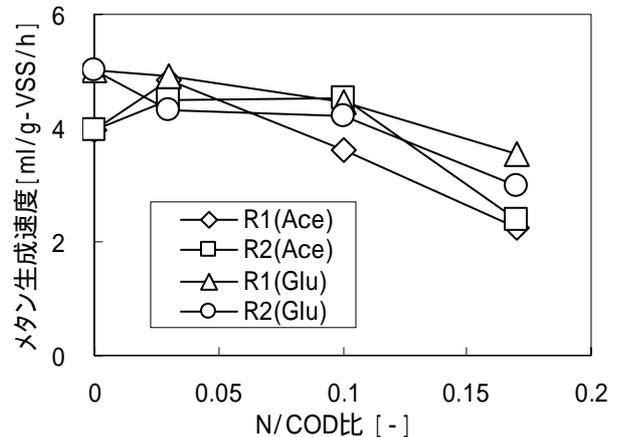


図4 メタン生成活性とN/COD比の関係