

脱窒能を有する嫌気性グラニュール充填型リアクター構築のための基礎的研究

群馬大学 学生員 ○安藤 雄峰 榎木 成幸
伊藤 司 正会員 渡邊 智秀

はじめに： 高濃度の有機成分及び窒素を含有する排水に対して、好気性処理への負荷の低減、槽内での汚泥保持量の増大、有機成分の電子供与体としての脱窒への利用ならびにメタン等としての回収が達成することは、効率的かつ効果的な処理システムとなるための要件であると考えられる。メタン発酵微生物と脱窒細菌が複合したグラニュールを形成し安定的に維持することができれば、これらが満たされ、さらに単一槽での有機物ならびに脱窒処理の可能性も生じると考えられる。このようなグラニュ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、その条件や特徴の詳細は十分に検討されているとはいえない。

本研究では、脱窒能を有する嫌気性グラニュ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、まず、このようなグラニュ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グラニュールの脱窒活性ならびにメタン生成活性を評価しその特性を検討した。

実験： 有機性産業排水の UASB 処理槽から採取したグラニュールを内径約 5cm で有効液容積約 1.4L の透明塩ビ製円筒型反応槽に見かけ体積で約 430mL の量を充填し、実験に供した。グルコースが主体の基質を連続供給して徐々に負荷を増大しながら約 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併せて、予め研究室内で酢酸を唯一の有機物電子供与体として脱窒条件下で培養しておいた脱窒汚泥を約 30mg VSS/L となるように添加した系 (R1)、および外部からの植種をしない系 (R2) に加えて硝酸性窒素の供給をしない対照系 (RR) の 3 種類とした。各槽にはグルコースを主たる有機炭素源として COD 容積負荷 $3.4\text{kg COD}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 及び HRT 約 1d 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し、R1 及び R2 では、硝酸性窒素の流入負荷を徐々に増大しながら、CODcr、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ルをバイアルに採取して回分脱窒及びメタン生成活性試験を行った。採取したグラニュールは、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。バイアル試験は、一定温度条件下で行い、初期濃度が約 2.1g 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 200mg/L となるように調整し、メタン活性試験では硝酸性窒素は添加しなかった。

結果および考察：

(1) 連続処理槽での窒素ならびに COD 除去特性

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 除去率と COD 及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) の関係を示す。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、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要な原因であると考えられた。従って、高 COD/N 比の操作となる場合には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。

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

キーワード 脱窒、嫌気性グラニュール、メタン発酵

連絡先〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部建設工学科 TEL: 0277-30-1631、E-mail: watanabe@ce.gunma-u.ac.jp

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すべてが脱窒されるのではなく残留すると推察された。

(2) グラニユールの脱窒およびメタン生成活性

N/COD 比条件ごとに定常状態となった連続槽から採取したグラニユールの脱窒活性の例を図3に示す。硝酸性窒素が共存しない系 (N/COD = 0) で採取したグラニユールも脱窒活性を持っていることから潜在的に脱窒細菌がグラニユール内に存在していることが伺える。また、N/COD 比が大きい条件からのグラニユールの比脱窒速度が大きな値を有するのは、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数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、図4に示したように、メタン生成活性は、N/COD が 0.1 を超えた条件下からのグラニユール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) 炭素源の影響

グルコースが主体の基質で運転されている連続槽から採取したグラニユールは当初、酢酸での脱窒活性がグルコース基質に比べ小さかったが、N/COD 比が増大して脱窒環境に暴露され続けているグラニユールでは、酢酸での脱窒速度が大きくなる傾向があった(データは省略)。このことから、グラニユール内において嫌氣的な酸生成プロセスから生じた酢酸を電子供与体として脱窒に利用する経路が形成されている可能性が示唆された。

まとめ： 脱窒活性に加え、残留した有機成分のメタンへの変換もするグラニユールの形成が可能であることが示された。グラニユールの活性試験からグラニユールに脱窒細菌が付着固定しており、N/COD 比の増大に伴ってその量が大きくなっていることが推察された。今後は、長期安定性に加え、グラニユールを構成する微生物群集と機能解析によりその機構を明らかにしていくことが必要である。

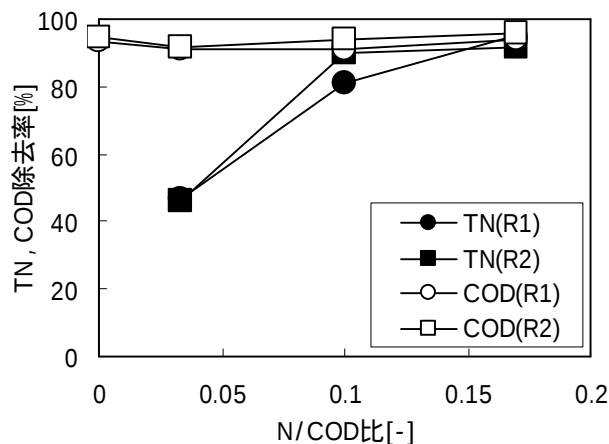


図1 連続処理における TN ならびに COD 除去率

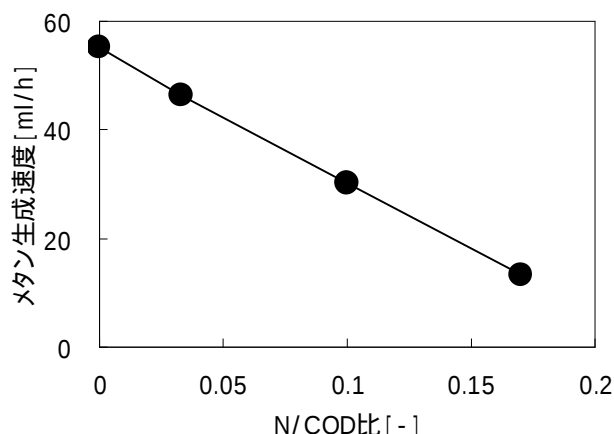


図2 メタン生成速度と N/COD 比の関係

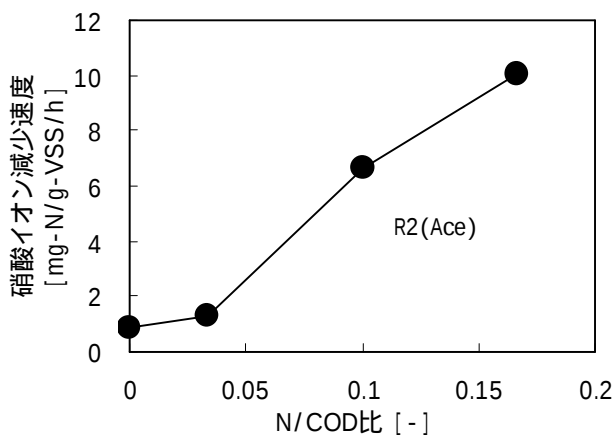


図3 脱窒活性と N/COD 比の関係

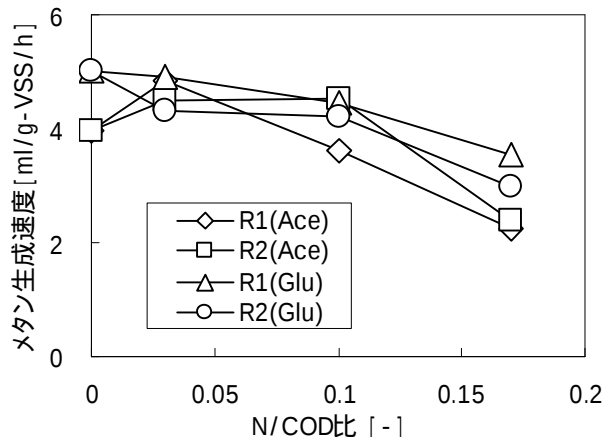


図4 メタン生成活性と N/COD 比の関係