

脱窒能を有する嫌気性グラニューール充填槽を組み込んだ排水処理システムの構築

群馬大学大学院 正会員 渡邊 智秀、○高寄 真、伊藤 司
群馬大・工 丸尾 俊文、松島 克典

はじめに： 嫌気性グラニューールを適当な脱窒環境下へ曝していくと、見かけ上メタン生成能を維持しつつも脱窒能を併せて持つ状態が形成可能であることが報告されている¹⁾。この安定的な利用が図れれば、単一槽でメタン発酵を経由する有機物除去に加えて脱窒も可能となり、硝化プロセスと組み合わせることで、窒素成分を含有する高濃度有機性排水に対して、効率的な処理システムへと展開する可能性が考えられる。そこで本研究では、このような機能を有するグラニューールを充填した反応槽の基本的な脱窒とメタン生成特性ならびに硝化プロセスの効率化を念頭においた亜硝酸型硝化槽の硝化特性を実験的に把握した。それらに基づいて、両プロセスを組み合わせた処理システムを構築してアンモニア性窒素含有有機性排水の連続処理実験を行い、その特性を検討した。

実験：(1) グラニューール充填槽の連続処理実験： 予め脱窒環境下で馴致しておいた嫌気性グラニューール¹⁾を有効容積約 1.4 L で内径 8 cm の円筒型反応槽へ見かけ容積基準で約 30% となるように充填した。これを 2 槽用意し、上向流速が約 2 m/h となるように液循環させながら、硝酸性窒素とグルコースの濃度比が N/COD_{Cr} 比(重量基準)で 0.1 および 0.2 に調整した人工排水をそれぞれへ連続通水した(以下 COD_{Cr} は単に COD と記す)。これらに、当初から脱窒環境へ全く暴露していない対照系(N/COD 比 0)も加えた計 3 系列を並行して運転し、HRT や流入濃度等の操作条件を徐々に変更しながら、定常状態における水質やガス生成量等を測定した。

(2) 亜硝酸型硝化処理実験： 活性汚泥を種汚泥として研究室内で運転している完全硝化槽へ約 1 ヶ月間投入して硝化細菌を付着させた約 2.5mm 角の多孔性 PVA 担体を有効容積約 4L の槽へ見かけの容積基準投入率で約 40% となるように投入した。所定の条件下でアンモニア性窒素含有水を連続通水して、安定した亜硝酸型硝化が進行する状態へ遷移させてから実験に供した。実験期間中、槽内 pH は約 7.6 となるように炭酸水素ナトリウム水溶液を添加して制御した。液本体 DO 濃度、HRT および流入アンモニア性窒素濃度等の操作条件を変更しながら定常状態における形態別窒素等の水質を測定した。

(3) 連結システムでの連続処理実験： 上記の実験と同様な手順で作製したグラニューールならびに亜硝酸型硝化担体をそれぞれみかけの容積基準の投入率で約 30% および約 25% となるように投入した容積約 5 L および約 3L の円筒型反応槽をグラニューール充填槽および亜硝酸型硝化槽として用い、これらをこの順に連結した。模擬アンモニア性窒素含有有機性排水(アンモニア性窒素濃度約 5g-N/L で、グルコースが主成分の COD 濃度約 15g/L)をグラニューール充填槽へ連続通水し、後段の硝化槽から硝化液の一部をグラニューール充填槽へ循環させながら、流入水に等しい水量を処理水として排出させた。実験は、流入負荷や硝化液循環流量等の操作条件を徐々に変更しながら、各槽における水質やグラニューール充填槽での発生ガス量と組成を測定した。

結果および考察：(1) グラニューール充填槽の特性： グラニューールの見かけの充填容積基準で表した COD 流入

負荷に対する COD 除去速度および除去率を図 1 に示す。実験した条件の範囲では、N/COD 比が異なる系ごとで流入負荷にほぼ比例して除去速度が増大した。このとき、系列間で若干の相違が生じる傾向が見受けられるものの、除去率はいずれの条件でも約 90% 以上に維持された。また、窒素除去に関し、図 1 に示された COD 負荷に対応して設定された硝酸性窒素流入負荷に対する脱窒速度と除去率の状況を図 2 に示す。COD の場合と同様に、流入負荷に対応して除去速度が増大しており、除去率も平均 90% 以上に維持されることがわかった。メタンガス生成量から推算した槽内での COD 除去に対するメタン生成の寄与率と負荷条件の関係を図 3 に示す。メタン生成の寄与率は、流入 COD

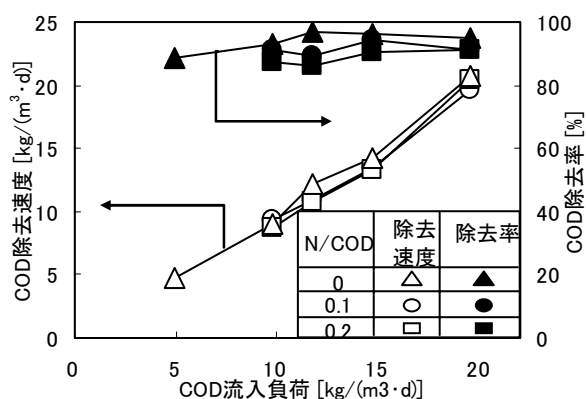


図 1 流入 COD 負荷に対する除去速度と除去率

キーワード 嫌気性グラニューール、脱窒、亜硝酸型硝化、メタン発酵、高濃度有機性排水

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 TEL: 0277-30-1631

負荷の大小によらず N/COD 比が等しい条件ごとではほぼ一定であった。また、流入水の N/COD 比が増大するに伴い、メタン生成に伴う COD 除去の割合は低下することがわかった。槽全体の COD 除去率は条件によらずほぼ一定であったので(図 1)、脱窒に伴う有機物分解による COD 除去がそれに相当するだけ増大していたといえる。しかし、N/COD 比が高くなってもメタン生成が十分に確認されたのは、メタン発酵微生物が予めグラニュール化されていることで、増殖の速い脱窒細菌が共存する系であっても安定して槽内へ保持され、その活性も維持されていたことによると考えられた。

(2) 亜硝酸型硝化特性： 図 4 に硝化槽でのアンモニア性窒素流入負荷と亜硝酸蓄積および槽内の形態別窒素濃度の関係の例を示す。液本体 DO 濃度が約 3mg/L において本処理槽の亜硝酸性窒素蓄積速度(槽容積基準)は最大で約 1.5 kg/(m³・d)であった。また、それに近い流入負荷条件では、残留アンモニア濃度を約 20mg/L 程度まで低減可能であり、その状態で安定的に亜硝酸型硝化を維持することも可能であった。なお、硝酸性窒素は常に約 6mg/L 以下であり、ほとんど蓄積しなかった。

(3) 硝化脱窒処理特性： 上述のような特徴を持つ 2 つのプロセスを組み合わせた処理システムの運転例として、流入 COD 負荷 7.5 kg/(m³・d) でアンモニア性窒素/COD 比が約 0.3 の人工排水を連続通水した場合における硝化液循環比の影響を図 5 に示す。TN 除去率は硝化液循環比の増大に対応して上昇し、それぞれの操作条件と完全反応を仮定した量論関係から推算される最大 TN 除去率とほぼ同じであった。つまり亜硝酸型硝化と脱窒がそれぞれの槽で良好に進行していたといえる。一方、システム全体の COD 除去率は約 90% で、循環比による大きな相違は認められなかった。また、各槽での COD 濃度の相違から、COD 除去はほぼすべてがグラニュール充填槽内で起こっていると推定された。なお、グラニュール充填槽からの発生ガス中には脱窒に伴う窒素ガスに加え、メタンが含有され、その量は、硝化槽での完全硝化とグラニュール充填槽での硝酸性窒素の脱窒の進行を仮定した推算値に比べて明らかに大きかった。すなわち、本システムでは、亜硝酸性窒素を経由する脱窒により、電子供与体となる有機成分の必要量が減少してメタンへ移行しやすくなったといえる。また、硝化槽内での好氣的な有機物除去がほとんど生じていない操作条件であったことも、安定した亜硝酸型硝化の維持に関与している可能性が考えられた。

まとめ： 脱窒能を有する嫌気性グラニュールの充填槽と亜硝酸型硝化槽を組み合わせた処理システムで TN と COD 除去ならびにメタン回収が可能であることが実証された。今後は、操作条件を広範囲に変化させてその影響や長期安定性を検討していく予定である。

【参考文献】 1) 森ら：第 62 回土木学会年次学術講演会講演概要集，VII-236 (2007)

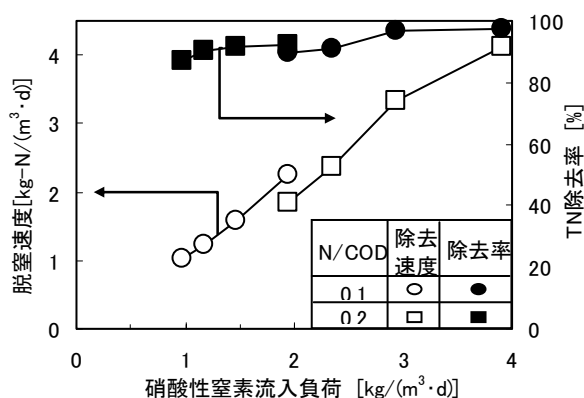


図 2 流入硝酸負荷に対する脱窒速度と除去率

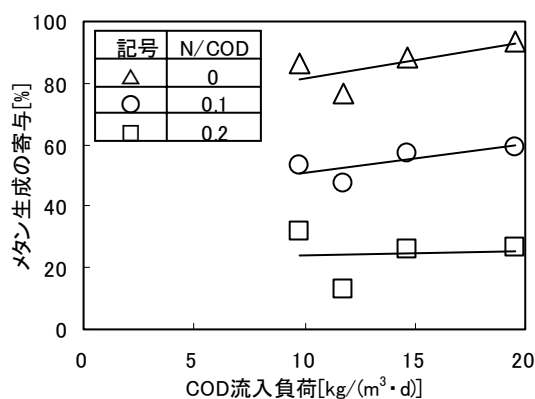


図 3 COD 除去に対するメタン生成の寄与と操作条件の関係

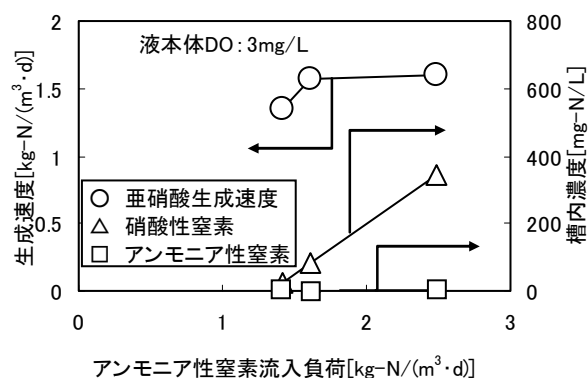


図 4 流入負荷に対する亜硝酸性窒素生成速度と槽内形態別窒素

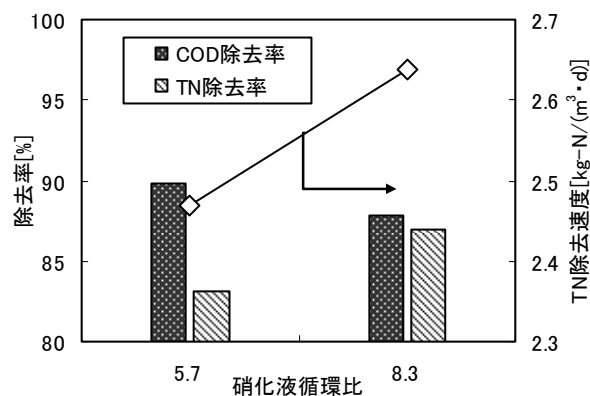


図 5 硝化液循環比の COD 及び TN 除去率と除去速度への影響