

大阪工業大学 学生会員 ○郷間 優至
 大阪工業大学 正 会 員 笠原 伸介
 大阪工業大学 正 会 員 古崎 康哲
 大阪工業大学 正 会 員 石川 宗孝

1.はじめに

メタン発酵過程で生じる脱離液は高濃度アンモニア性窒素過多の廃液であり、部分亜硝酸化+ANAMMOX プロセスの適用が有効である。しかし、脱離液中の固形物や有機物等は槽内の硝化、脱窒および ANAMMOX の各反応に関与するため、操作因子次第では窒素除去速度の低下や N_2O 生成量の増大を招きかねない。そこで本研究では、部分亜硝酸化+ANAMMOX プロセスの気相を含めた窒素収支の解明を目指し、脱離液を対象とした部分亜硝酸化リアクターの構築を試みた。人工基質¹⁾を用いた連続実験により、pH および DO と $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度との関係について検討するとともに、人工基質と脱離液を用いた回分実験により、担体が有する硝化ポテンシャルについて評価した。

2.実験装置と実験方法

2.1.連続実験

実験には有効容積 1000 ml の円筒型アクリルカラムを用い、マグネティックスターラーを用いて攪拌した(図-1)。種汚泥として硝化汚泥が付着したスポンジ立方状担体(担体 A)を 200 個投入し、その後、槽内汚泥を保持するためにポリエステル異形断面柱状担体(担体 B)を 100~350 個投入した。供試水として $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度 400 mg-N/L の人工基質を流量 2 ml/min で供給し、間欠曝気により酸素を供給した。流入および流出中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を Phenate Method²⁾により、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ および $\text{NO}_3^-\text{-N}$ をイオンクロマトグラフィー法により、槽内の pH および DO を電極法によりそれぞれ測定した。

2.2.回分実験

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を 10 または 100 mg-N/L に調整した人工基質および脱離液(畜産廃棄物を対象としたメタン発酵槽より採取(表-1))を三角フラスコに 200 ml 採り、連続実験のリアクターより採取した担体 B を 10 個投入した(図-2)。その後、マグネティックスターラーを用いて攪拌し、連続実験と同じ要領で三態窒素、pH および DO をそれぞれ測定した。

3.結果と考察

3.1. pH および DO の検討

連続実験を行ったところ、運転開始直後から部分亜硝酸化反応が起こり、極初期の段階で供給したアンモニアの約 15% が亜硝酸に変換された(図-3)。その後、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度はスターラーのトラブルによる攪拌不良の期間を除き、担体投入量の増加

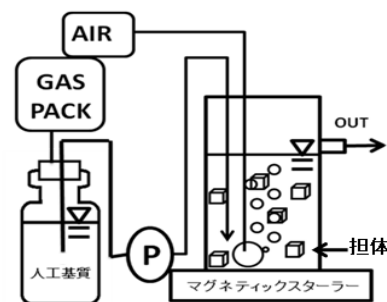


図-1 連続実験装置の概要

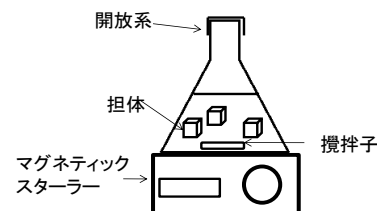


図-2 回分実験装置の概要

表-1 脱離液(0.45μm 透過後)の組成

アンモニア性窒素	1190 mg-N/L
亜硝酸性窒素	N.D.
硝酸性窒素	N.D.
全窒素	1207.25 mg-N/L
全有機窒素	758.5 mg-C/L
E260	24.9 1/cm
DOC/E260	30.5

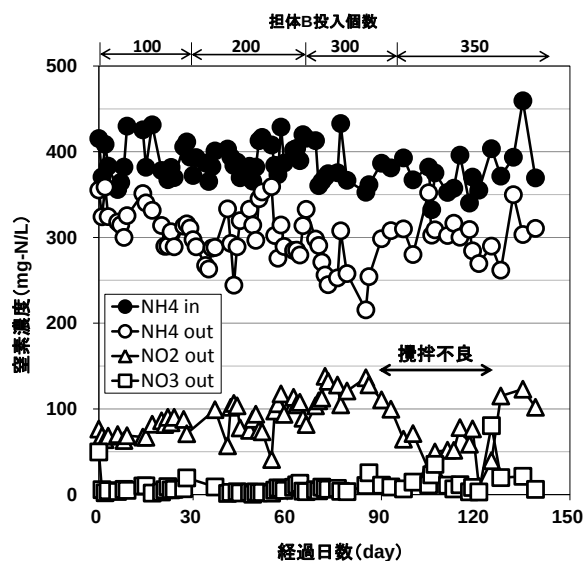


図-3 窒素濃度の経日変化

に伴って上昇し、運転開始 85 日後（担体投入量 300 個）には供給したアンモニアの約 40%が亜硝酸に変換された。ここで、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度と槽内 pH および DO の関係をプロットしたところ、槽内 DO との間に一定の関連性が見られ、DO が 1.5 mg/L 以上では約 0.1~0.2 kg-N/m³/d の比較的高い $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度が得られたのに対し、1.5 mg/L 以下では高い $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度が得られなかった（図-4）。

3.2. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度および基質の検討

回分実験を行ったところ、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が同じであれば基質の種類に関係なく三態窒素の推移は類似し、アンモニア酸化反応速度定数にも大きな違いは見られなかった（図-5、表-2）。このことから、人工基質で馴養した汚泥に脱離液を供給しても $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度や硝化反応の律速過程に大きな変化は生じないことが示唆された。一方、いずれの基質においても $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が高い時には $\text{NO}_2^-\text{-N}$ が蓄積されたが、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が低い時には $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が生成され、担体内には活性が低いながらも亜硝酸酸化細菌が生息していることが示唆された。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と $\text{NO}_2^-\text{-N}$ および $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の推移から判断して、部分亜硝酸化反応を維持するには、概ね 20~40 mg-N/L の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が必要であることが示された。

4. まとめ

1. 連続実験における $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度と pH および DO との関係を調べたところ DO との関連性が明確に現れ、DO を 1.5 mg/L 以上とすることにより、0.1~0.2 kg-N/m³/d の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度が得られた。
2. 人工基質で馴養された汚泥に脱離液を供給しても $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度や硝化反応の律速過程に大きな変化は見られなかった。また、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が低いと完全硝化が起こることが確認され、部分亜硝酸化反応の維持には概ね 20~40 mg-N/L の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が必要であることが示された。

最後に、本研究を行うにあたり、脱離液と種汚泥を快く提供して頂いた北海道大学佐藤久先生ならびに実験データの採取にご協力頂いた本学 4 年生の阿部純平君と甲賀伸治君に対し、心より感謝致します。また、本研究の一部は（財）関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団の助成を得て実施されたことを付記し、関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) Astrid A. van de Graaf *et al.* : Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor , Microbiology , vol . 142, pp . 2187 – 2196 , 1996
- 2) Andrew D. Eaton *et al.* : 21st Edition STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER , pp 4-114 , 2005

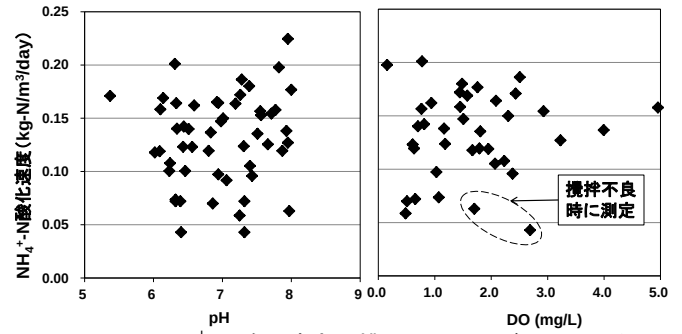


図-4 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 酸化速度と槽内 pH および DO の関係

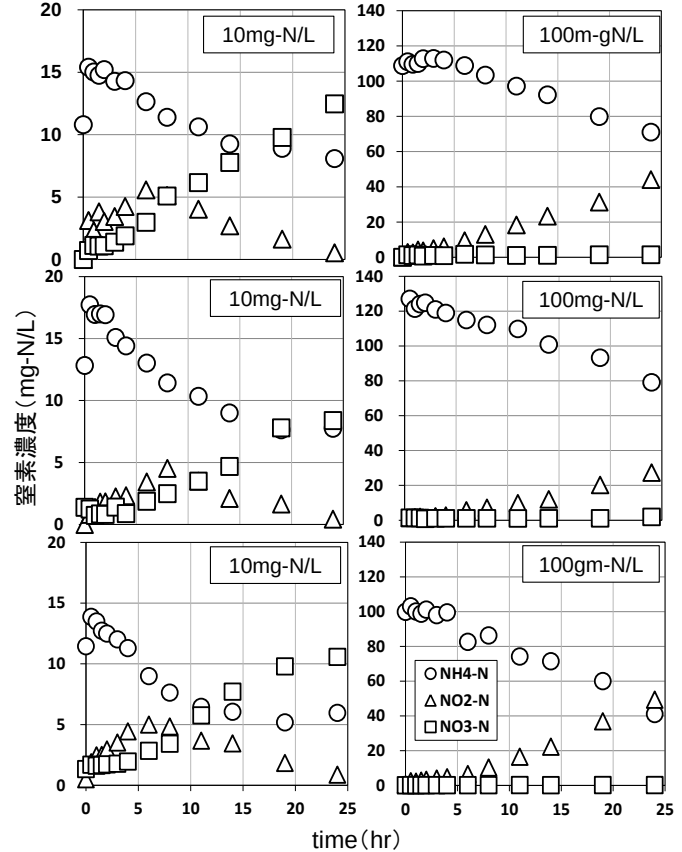


図-5 三態窒素の濃度変化（数字は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 初期設定濃度）
（上段：人工基質 中段：脱離液（栄養塩添加） 下段：脱離液）

表-2 担体 1 個当たりの 1 次反応速度定数（初期設定濃度 10mg-N/L の場合）および 0 次反応速度定数（初期設定濃度 100mg-N/L の場合）

	1次反応速度定数 (1/個/d)	0次反応速度定数 (mg-N/L/個/d)
人工基質(26.0→25.8℃)※	0.072	4.2
脱離液(24.0→25.3℃)※ (栄養塩添加)	0.096	4.5
脱離液(24.0→29.4℃)※	0.106	5.9

※実験期間(24hr)中の水温変化