

嫌気性アンモニア酸化（Anammox）に関する研究

熊本大学工学部（正会員） 古川 憲治
熊本大学工学部（ASCE 会員） Rouse, J.D.
熊本大学大学院（学生会員） ○小田 浩史

1.はじめに

近年、脱窒リアクタ内部での窒素収支の検討からアンモニアの嫌気酸化(Anammox)が提案され⁽¹⁾、新たな窒素変換の経路として注目されている。本研究ではこれまで十分に明らかにされていない Anammox 反応の生起条件を明らかにすることを最終目的に、実験室で馴養している脱窒活性汚泥を種汚泥として行った連続実験の結果について報告する。

2.実験材料並びに方法

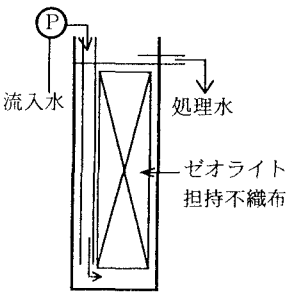
供試汚泥としてはメタノールを脱窒の炭素源とする脱窒培地で長期間 fill and draw 法にて馴養している脱窒汚泥を使用した。Anammox 培地としては表一 1 に示す組成の培地を使用した。

表一 1 Anammox 培地組成

成分	濃度
NaNO ₂	0~100 mg/ℓ
NH ₄ Cl	76 mg/ℓ
KH ₂ PO ₄	27~54 mg/ℓ
KHCO ₃	125~250 mg/ℓ
Micro Fe / EDTA ^{#1}	1 ml/ℓ
Na ₂ S・9H ₂ O	0 or 125 mg/ℓ

#1 MicroFe / EDTA 組成
FeSO₄・7H₂O 9 g/ℓ
EDTA・2Na 5 g/ℓ

実験には図一 1 に示す容量 2 ℓ、直径 8 cm の円筒容器を使用した。馴養脱窒汚泥 12.6 g を菊花状のゼオライト担持不織布を層状に充填した担体（736 cm²）に付着固定化させた。流入量は上向流にて 42 ml/h の流量で供給し、培養は室温（20~30℃）で行った。適宜、流入水、流出水を採取し、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N を分析した。分析はすべて下水試験方法によった。



図一 1 実験装置

3.理論

これまでの知見では NH₄⁺ は嫌気条件下硝化菌によって NO₂⁻、NO₃⁻ に独立栄養的に酸化され、生成した NO₃⁻ は酸素の存在しない条件下（anoxic）で従属栄養の脱窒菌によって N₂ に脱窒される。

表一 2 窒素の循環経路

従来の知見	Anammox 反応
硝化（O ₂ あり） NH ₄ ⁺ → NO ₂ ⁻ → NO ₃ ⁻	e- NH ₄ ⁺ → NO ₂ ⁻ or NO ₃ ⁻
脱窒（O ₂ なし） NO ₃ ⁻ → NO ₂ ⁻ → N ₂ ↑	↓ 5NH ₄ ⁺ + 3NO ₃ ⁻ → 4N ₂ + 9H ₂ O + 2H ⁺ NH ₄ ⁺ + NO ₂ ⁻ → N ₂ + 2H ₂ O

Anammox 反応は NO₃⁻ の還元 NH₄⁺ を電子供与体として使う反応で自由エネルギーの減少する発エルゴン反応であることから、理論的には Anammox 反応によって細菌の生育に必要なエネルギーを供給することができる。

4. 結果と考察

図一2、図一3には、Anammox条件下で約5ヵ月間馴養した汚泥⁽²⁾を用いた場合の各態窒素とTotal-N除去率の経時変化を示した（これを連続実験Aとする）。実験開始66日後からは流入水の $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度を2 mg/ℓ、86日後からは0 mg/ℓ、113日後からは再び2 mg/ℓ、124日後からは5 mg/ℓとした。また、144日後からはORP調整のため $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ を流入水に125 mg/ℓ加えて培養を継続した。ORP調整前までは、流入水からの持ち込みDO等を用いた硝化が起こったと思われ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加しているが、調整後は $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度は低く、少しではあるが $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少に伴い $\text{NO}_2\text{-N}$ も同時に減少する傾向にある。また、Total-N除去率もORP調整後は、ほぼ高い割合になっている。このことから、ORP調整後にAnammox反応と思われる反応が見られ、現在この点を重点的に検討中である。

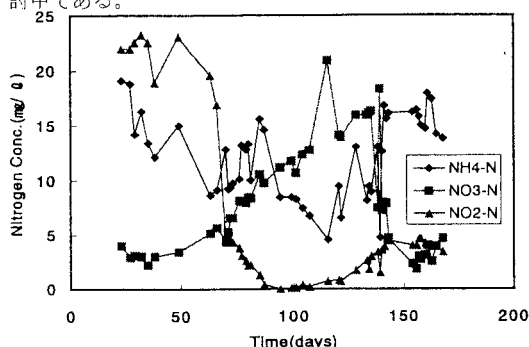


図-2 連続実験Aの流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の経時変化

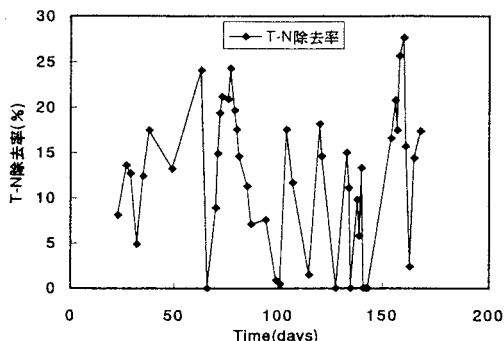


図-3 連続実験AのTotal-N除去率の経時変化

図一4、図一5には、実験室で馴養している脱窒活性汚泥を種汚泥として用いた場合の各態窒素とTotal-N除去率の経時変化を示した（これを連続実験Bとする）。流入水の成分の変化は連続実験Aの場合と同様である。この実験ではAnammox反応は確認できず、Total-N除去率は低い状態で推移した。

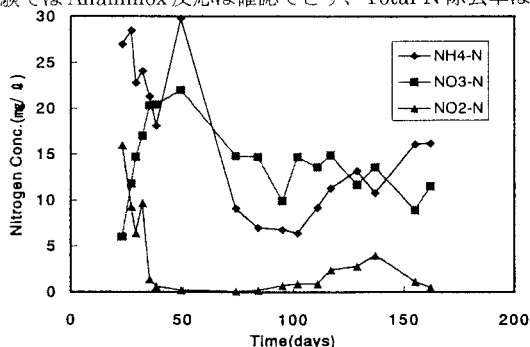


図-4 連続実験Bの流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ の経時変化

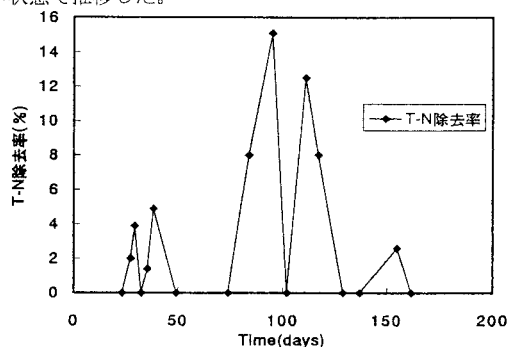


図-5 連続実験BのTotal-N除去率の経時変化

5. まとめ

脱窒汚泥を用いてAnammox反応が実際に起こりうるかどうか連続実験で検討した結果、長期間Anammox条件下で培養した汚泥を用いた実験AでAnammox反応ではないかと思われる反応を認めた。

(参考文献)

- (1) A. Mulder et al. : Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor, FEMS Microbiology Ecology, vol.16, pp.177-184(1995)
- (2) Rouse, J.D., H. Oda, K. Furukawa : 平成9年度土木学会西部支部講演概要集, 其の2, VII-67, pp1070~1071