

## 担体添加型一槽式アナモックスプロセスによるメタン発酵消化液の窒素除去

東北大学工学部

学生会員 ○白砂智将

東北大学大学院工学研究科

馬海元

東北大学大学院工学研究科

牛啓桂

東北大学大学院工学研究科

正会員

李玉友

## 1. はじめに

Anammox プロセスとは、嫌気性条件下で  $\text{NO}_2^-$ -N を電子供与体、 $\text{NH}_4^+$ -N を電子受容体として窒素ガスを生成する反応である。本研究では、メタン発酵脱水ろ液に含まれる窒素を効率的に除去するため、担体添加型一槽式 Anammox プロセスを用いて室温条件で連続実験を行った。直接脱水ろ液を処理した場合、有機物や SS などの影響により硝化や Anammox 反応が阻害され、窒素除去が進まなかったため、膜分離などの前処理を行い SS や有機物を制御することでシステムの改善を図った。

## 2. 実験方法

## 2.1 連続実験

本研究で用いた反応装置の概要を図1に示す。

ろ過装置は容積 2.5L、膜素材は摩擦が少なく強度に優れ、フラックスが良好に確保できるポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を使用し、フラックスを  $0.5\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  に設定して運転を行った。濃縮液は4日ごとに取り出し、水道水による膜洗浄を1時間以上行った。

Anammox 反応槽には有効容積 5L の完全混合型反応槽を2槽用い、運転温度を  $25^\circ\text{C}$  とした。一方の反応槽には表1に示した小サイズの担体を容積比率 30% となるように充填した。もう一方の反応槽には、大サイズの担体を同様の条件で充填し運転を行い、担体への菌体の付着状況と Anammox 反応の活性を検討した。生ごみのメタン発酵脱水ろ液を中空糸膜でろ過し、そのろ液を水道水で2倍希釈したものを基質とした。

## 2.2 Anammox 活性試験

基質が Anammox に及ぼす阻害について検討するために活性試験を行った。湿重量 5g の汚泥をリン酸緩衝溶液 ( $1.09\text{g}/\text{LK}_2\text{HPO}_4$ ,  $0.85\text{g}/\text{LKH}_2\text{PO}_4$ ) で洗浄した後、ガラス瓶に入れて密閉し、 $35^\circ\text{C}$  で震とう培養した。反応

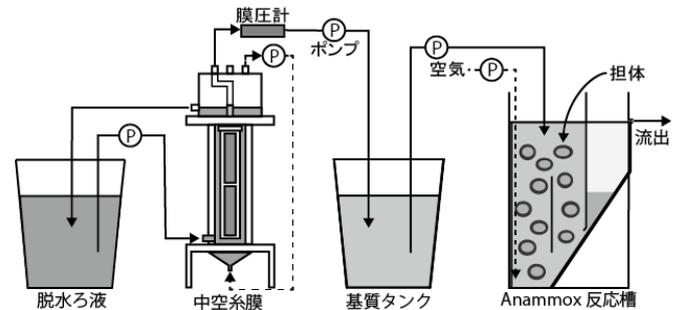


図1 反応装置の概要図

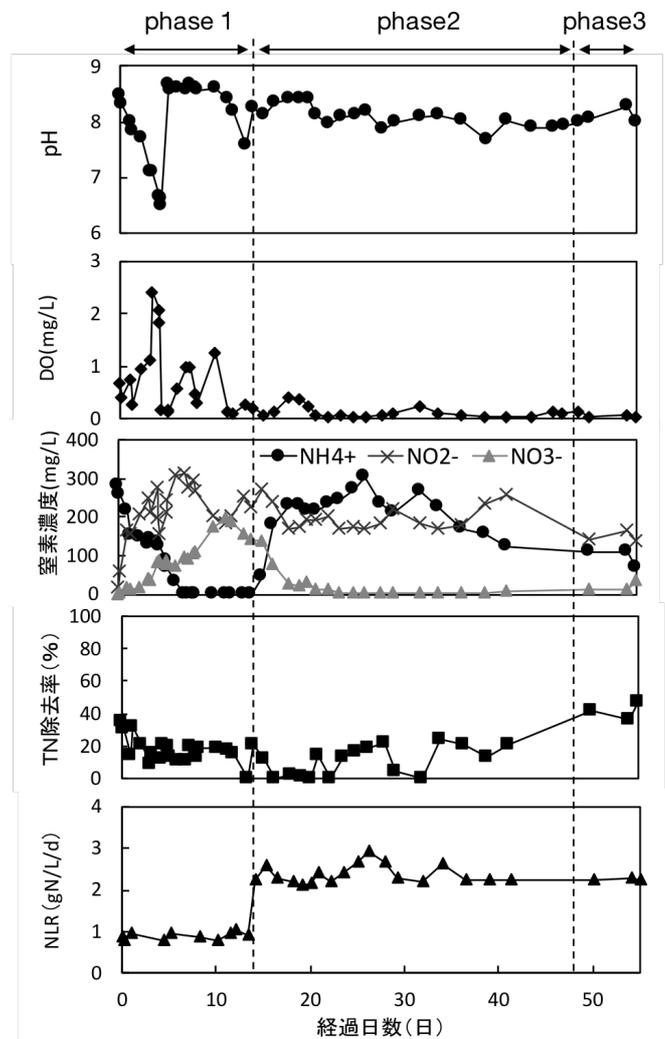


図2 反応槽連続運転の経日変化

キーワード アナモックス 一槽式 固定化担体 メタン発酵脱水ろ液 前処理 SS

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学工学部環境保全工学研究室

TEL 022-795-3102

槽からの流出水および同一の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  濃度の人工基質を作成し、各時間のガス生成量を測定した。

### 3. 実験結果

#### 2.1 連続実験の経日変化

図2に反応槽内の pH, DO, 各態窒素, 窒素除去率,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  の容積負荷 (NLR) の経日変化を示した。図3には遊離アンモニア (FA) と遊離亜硝酸 (FNA) の濃度の変化と窒素除去率の変化を示した。全期間は 3 つの phase に分けられる。

phase1 ではアンモニア酸化細菌 (AOB) の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  酸化反応によってアルカリ度が消費され、流出水の pH が一時的に 6.49 まで著しく低下したため、炭酸水素ナトリウム 1.5g/L をアルカリ剤として基質に添加した。さらに亜硝酸酸化が見られ流出水の  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  濃度が一時的に約 200mg/L まで増加した。

13 日目以降の phase2 では水理的滞留時間 (HRT) を 48 時間から 24 時間に変化させて運転を行った。窒素負荷の上昇による反応槽内の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度の上昇と DO 濃度の低下に伴い FA 濃度が増加し、NOB 活性への阻害が顕著に見られ  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  濃度が低下し最終的に生成しなくなった。その結果、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$  の約半分が  $\text{NO}_2^-\text{-N}$  に酸化される部分亜硝酸化が実現できた。

phase3 では 49 日目に植種汚泥として Anammox 汚泥 100g を添加した。その結果、TN 除去率の向上と  $\text{NO}_3^-\text{-N}$  濃度におよそ 15mg/L 以下であり、AOB への阻害を防ぐことができたと考えられる。

#### 2.2 Specific Anammox Activity (SAA)

活性試験中の  $\text{N}_2$  生成曲線から Gompertz 方程式を用いて生成速度を算出し、試験瓶中の生物量で割ることで SAA を算出した。その計算結果を表2に示した。SAA は基質による Anammox 阻害の比較に用いられる<sup>1)</sup>。

人工基質を用いた場合と比較したところ、反応槽の流出水を用いても高い Anammox 活性が得られたため、連続実験の反応槽において Anammox 阻害因子はないと考えられる。

### 4. 結論

- (1) DO 濃度を 0.1mg/L 以下に制御し、HRT 24 時間、25°C、流入基質の  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  濃度が約 500mg/L で運転した場合、FA 濃度が 15mg/L 以下に保たれ、AOB による部分亜硝酸化が可能であった。

表1 使用した担体の諸元

担体	小	大
直径 (mm)	4	10
長さ (mm)	4	10
比表面積 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	1500	800
真比重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.98	0.98

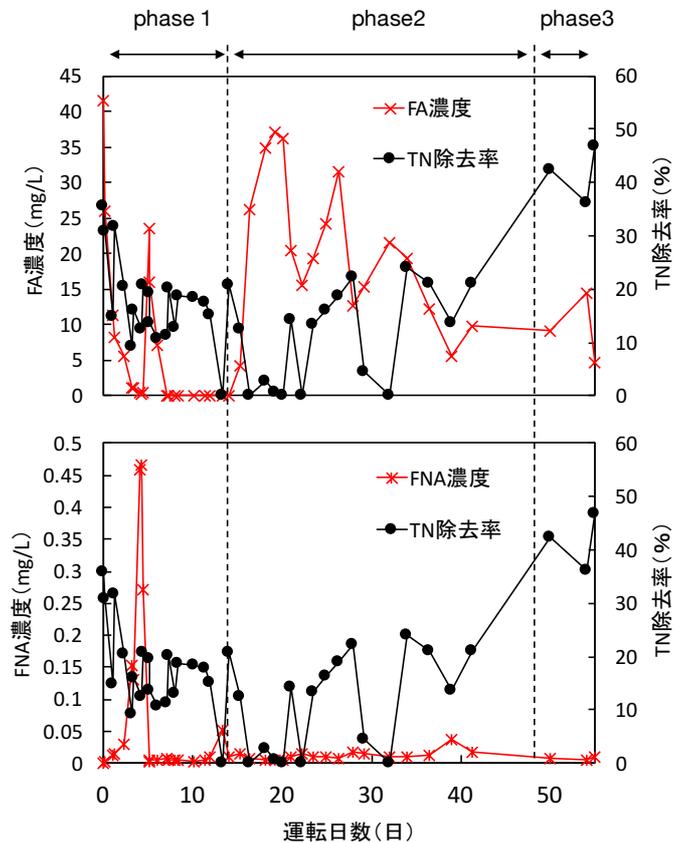


図3 連続実験における FA, FNA と窒素除去率

表2 Anammox 活性試験結果

	SAA ( $\text{gN}/\text{gVSS}/\text{d}$ )
人工基質	0.206
連続実験流出水	0.217

- (2) 中空糸膜を用いた前処理を行うことで COD, SS を含むメタン発酵脱水ろ液の Anammox プロセスによる窒素除去の可能性が示された。

### 参考文献

- 1) 張彦隆, 牛啓桂, 李玉友, 活性汚泥と消化汚泥を用いた Anammox グラニュールの培養及び阻害因子の解析, 土木学会論文集 G (環境), Vol.69, No.7, III\_515-III\_522, 2013