

ANAMMOX リアクターを用いたメタン発酵消化液からの窒素除去に関する基礎的検討

大阪工業大学大学院 学 ○麦本佑一郎

大阪工業大学 工学部 正 笠原伸介、石川宗孝、古崎康哲、北尾高嶺

日鉄環境エンジニアリング(株) 非 米田貴久

1. はじめに

メタン発酵に伴って生成される高濃度の窒素廃液(以下、消化液)を処理するには、有機物添加が不要で嫌氣的にアンモニア酸化を行い得る ANAMMOX 反応の適用が有効と考えられる。しかし、ANAMMOX 菌は倍加時間が長く集積培養が困難であること<sup>1)</sup>や、有機物の種類や濃度によっては増殖が阻害される<sup>2)</sup>ことが知られており、実廃液に適用するには効率的なリアクター開発と共存成分の影響評価が不可欠である。

そこで本研究では、容積、形状が異なる複数の ANAMMOX

リアクターを操作し、各種リアクターの窒素除去特性について検討するとともに、人工無機培地と実消化液を用いて ANAMMOX リアクターを操作し、TOC 濃度と窒素除去速度の関係について検討した。

2. 実験概要

本研究では、各種リアクターにおける窒素除去特性を評価するための実験Ⅰと消化液由来の TOC が窒素除去速度に及ぼす影響を評価するための実験Ⅱを行った。実験Ⅰでは、図-1 および表-1 に示す全てのリアクターを用い、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  と  $\text{NaNO}_2$  を主成分とする無機培地<sup>3)</sup>を窒素容積負荷  $0.1 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$  より段階的に増加させて供給した。容積 14 L のリアクターNo.1 においては槽内水を流量  $15 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  で循環させた。実験Ⅱでは、リアクターNo. 4 を 3 筒用い、実験Ⅰで用いた無機培地と食品廃棄物のバイオマスプラントより採取した実消化液(表-2)を所定の TOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$  および  $\text{NO}_2\text{-N}$  濃度となるよう混合して供給した(表-3)。消化液は、12800 g で 45 min 間遠心分離した後  $0.45 \mu\text{m}$  メンブレンフィルターで加圧ろ過し、実験に供した。3 筒それぞれの HRT は、4、2 および 1 hr (窒素容積負荷は 3.0、6.0 および  $12 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ ) となるよう操作した。

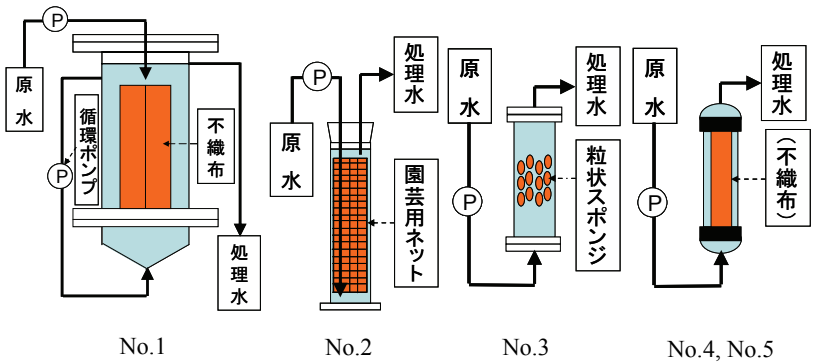


図-1 実験装置の概要

表-1 リアクターの諸元

| リアクター No.                | 1      | 2      | 3      | 4     | 5   |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|-----|
| 有効容積 (L)                 | 14     | 1.25   | 0.5    | 0.2   | 0.2 |
| カラム直径 (mm)               | 160    | 65     | 50     | 47    | 47  |
| 使用担体                     | 菊花状不織布 | 園芸用ネット | 粒状スポンジ | 平板不織布 | —   |
| 担体表面積 (cm <sup>2</sup> ) | 4,400  | 196.7  | 188.8  | 122.2 | 0   |

表-2 消化液の性状

| 項目                 | 単位                      | 原液    | 0.45 μm ろ液 |
|--------------------|-------------------------|-------|------------|
| TS                 |                         | 15956 | 2678       |
| SS                 | (mg・L <sup>-1</sup> )   | 13278 | -          |
| VTS                |                         | 3983  | 1020       |
| VSS                |                         | 2963  | -          |
| TOC                | (mg・C・L <sup>-1</sup> ) | 3208  | -          |
| DOC                |                         | -     | 955        |
| T-N                |                         | 4086  | 3032       |
| NH <sub>4</sub> -N | (mg・N・L <sup>-1</sup> ) | -     | 3026       |
| NO <sub>2</sub> -N |                         | -     | 1.09       |
| NO <sub>3</sub> -N |                         | -     | 5.15       |

表-3 供試水の条件 (実験Ⅱ)

| RUN                                        | 1 | 2  | 3   | 4  | 5  |
|--------------------------------------------|---|----|-----|----|----|
| 運転日数 (day)                                 | 7 | 7  | 7   | 7  | 7  |
| NH <sub>4</sub> -N (mg・N・L <sup>-1</sup> ) |   |    | 260 |    |    |
| NO <sub>2</sub> -N (mg・N・L <sup>-1</sup> ) |   |    | 237 |    |    |
| TOC (mg・C・L <sup>-1</sup> )                | 7 | 12 | 18  | 35 | 42 |

キーワード ANAMMOX, 窒素除去, メタン発酵消化液, TOC 濃度, リアクター

連絡先 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 工学部 環境工学科 TEL 06-6954-4375

### 3. 各種リアクターの窒素除去特性

図-2 に窒素容積負荷と窒素除去速度の推移を示す。いずれの条件においても、ANAMMOX リアクターは運転開始後速やかに立ち上がり、容積が小さいリアクターNo.4 および5 では運転開始直後より、容積が大きいリアクターNo.1 でも運転開始3週間後にはANAMMOX 反応による明確な窒素除去が確認された。また、その後得られた窒素除去速度に注目すると、リアクターの容積や担体の有無に関係なくいずれも窒素容積負荷の70~80%に達し、最大窒素除去速度は、容積14 LのリアクターNo.1において $2.8 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ 、容積0.2 L (担体無し)のリアクターNo.5において $9.8 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ と高速で窒素除去を行えた。

### 4. TOC 濃度と窒素除去速度の関係

実験Ⅱでは、図-3 に示すように無機培地を用いて窒素容積負荷を徐々に上昇させ、 $9.8 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$  (窒素除去速度 $=7.3 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ ) に到達した段階でHRTの調整および消化液の供給を開始した。図-4 に投入基質のTOC濃度と窒素除去速度の関係を示す。TOC濃度が $35 \text{ mg-C}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下の場合、HRT=4、2、1 hrにおける窒素除去速度は $2.5\sim 2.8$ 、 $4.7\sim 5.5$ 、 $8.3\sim 8.7 \text{ kg-N}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{day}^{-1}$ とTOC濃度の上昇に伴う窒素除去速度の顕著な低下は見られなかったが、TOC濃度が $42 \text{ mg-C}\cdot\text{L}^{-1}$ では、HRT=1 hrにおいて窒素除去速度が約30%低下した。このことは、消化液中の有機物によるANAMMOX細菌の活性阻害もしくは従属栄養脱窒との競合による窒素除去速度の低下に起因すると考えられ<sup>2)</sup>、有機物を含む消化液にANAMMOXリアクターを適用する場合、HRTを長く設定することが重要であることが示唆された。

### 5. おわりに

本研究では、無機培地を用いたANAMMOXリアクターの早期立ち上げと高速窒素除去に成功し、メタン発酵消化液中に含まれる溶存有機物濃度と窒素除去速度の関係を明らかにした。今後は、より高濃度領域でのリアクターの適用とSS成分への対応を想定した検討が必要である。

最後に、種汚泥をご提供頂いた熊本大学 古川教授ならびに広島大学 金田一先生に感謝致します。また、本研究の一部は、国土交通省より助成を得て遂行したことを付記し、関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】1)今城麗ら, (2001) ANAMMOX 微生物の集積培養とその形態学的特徴, 第35回水環境学会講演集, 78. 2)稲森悠平ら, (2007) 有機物が嫌気性アンモニア酸化反応場へ及ぼす影響, 第41回水環境学会講演集, 304. 3)Van de Graaf et al., (1996) Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor, Microbiology, Vol.142, 2187-2196.

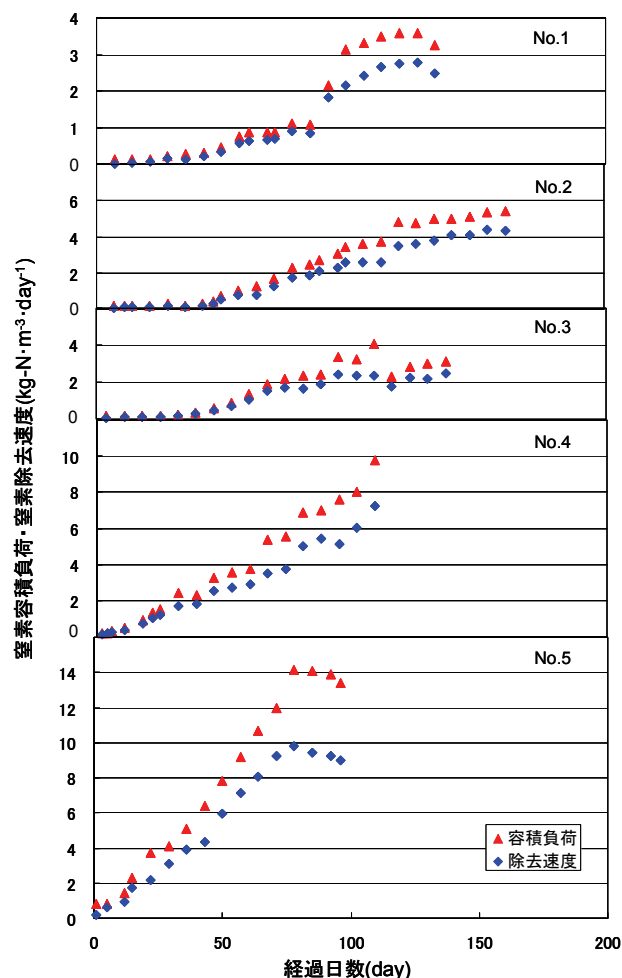


図-2 窒素容積負荷と窒素除去速度の推移

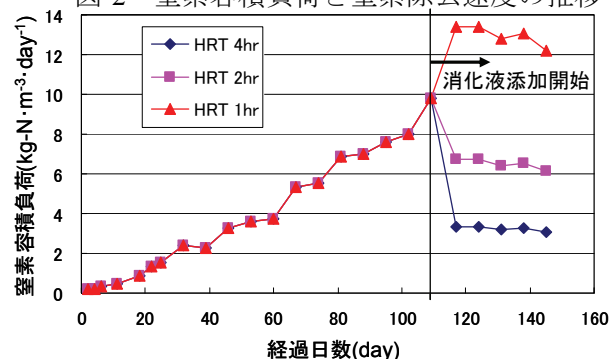


図-3 窒素容積負荷の推移

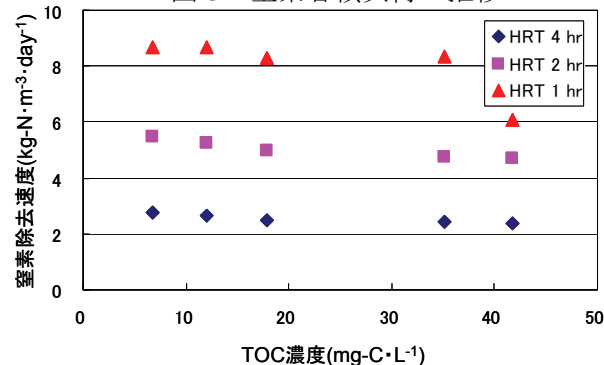


図-4 TOC 濃度と窒素除去速度の関係