

ANAMMOX プロセスの窒素除去効果に及ぼすメタン発酵脱離液含有溶存成分の影響

大阪工業大学大学院

学生会員

○麦本佑一郎

大阪工業大学工学部

正会員

笠原 伸介

大阪工業大学工学部

正会員

石川 宗孝

1. はじめに

高濃度窒素過多のメタン発酵脱離液を処理するには、嫌気性独立栄養の ANAMMOX プロセスを適用するのが有効であり、それには、脱離液中の各種成分が ANAMMOX プロセスに及ぼす影響を明確にする必要がある。部分硝化+ANAMMOX プロセスの適用を想定した場合、脱離液中に含まれる高濃度のアンモニア、亜硝酸、難分解性有機物、有機酸、SS およびアルカリ度などが窒素除去効果や汚泥収支に及ぼす影響を明らかにすることがプロセスの実用化に向けて重要である。本研究では、その中で溶存成分に注目し、①脱離液（溶存態）含有量が窒素除去率および汚泥収支に及ぼす影響（実験Ⅰ）ならびに②酢酸濃度が窒素除去速度に及ぼす影響（実験Ⅱ）について検討した。

2. 実験方法

図 1 に、実験装置の概要を示す。本研究では、内径 14.5 mm、長さ 80 mm のガラスカラムを用い、上向流式のグラニュールリアクターを構築した。供試水として、表 1 に示すように、所定の窒素濃度に調整した人工基質¹⁾および畜産廃棄物処理プラントより採取した脱離液（0.45 μm 透過後）を用い、流量 0.37 L/day (HRT=約 50 min)、窒素容積負荷 11 kg/m³・day となるようリアクターに供給した。実験Ⅰでは、2 本のカラムを用い、人工基質のみを連続的に供給した対照系および脱離液含有量を段階的に増加させた試験系として操作した。表 2 に、試験系の実験条件を示す。供試水の組成を変化させる際、水道水、NaNO₂ および H₂SO₄ を添加することにより、窒素濃度（窒素容積負荷）と pH（≒7）が一定となるよう調整した。また、実験Ⅱでは、脱離液供給下で馴致された汚泥を 4 本のカラムに接種し、実験Ⅰ RUN 4 の条件で脱離液を供給した。CH₃COONa を添加することにより、供試水中の酢酸濃度を 0、50、100 および 200 mg -C/L に調整した。

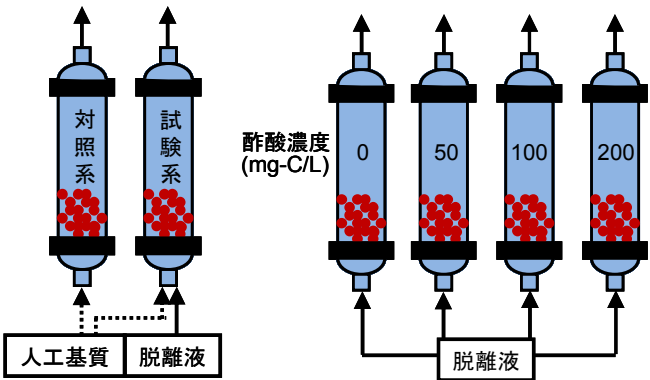


図 1 実験装置の概要（左：実験Ⅰ、右：実験Ⅱ）

表 1 供試水の水质

		人工基質(設定値)	脱離液(実測値)
NH ₄ ⁺ -N	(mg-N/L)	200	2600
NO ₂ ⁻ -N	(mg-N/L)	190	N.D.
NO ₃ ⁻ -N	(mg-N/L)	0	N.D.
TOC	(mg-C/L)	6.0	1100
pH		7	9.1

表 2 実験条件（実験Ⅰ試験系）

		RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4
混合比 (V/V)	人工基質	3	2	1	0
	脱離液 ^{注1)}	0	1	2	3
NH ₄ ⁺ -N(mg-N/L)		200	200	200	200
NO ₂ ⁻ -N(mg-N/L)		190	190	190	190
TOC(mg-C/L)		0	20	40	60

注 1) NH₄⁺-N 濃度が 200mg-N/L となるよう水道水で希釈

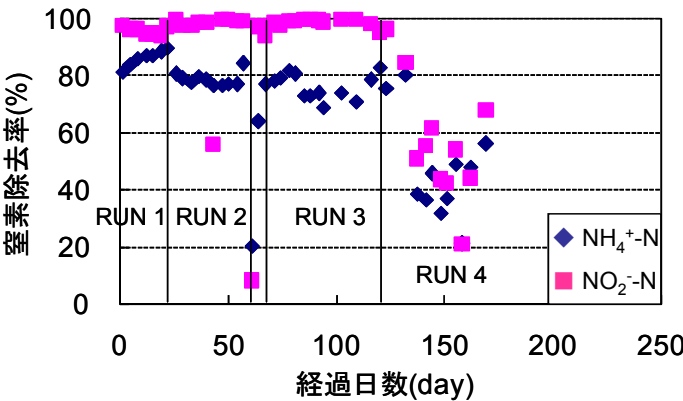


図 2 窒素除去率の経日変化(実験Ⅰ試験系)

キーワード ANAMMOX, メタン発酵脱離液, 窒素除去, 汚泥収支, 酢酸濃度
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. 脱離液含有量が窒素除去率および汚泥収支に及ぼす影響

図2に、実験Ⅰの試験系における窒素除去率の経日変化を示す。RUN 1～3までは制限基質である NO_2^- -Nの除去率は95%以上と高かったが、RUN 4では、条件を切り換えた後3週間程度で約50%にまで低下した。このことは、消化脱離液中の難分解性有機物の汚泥への吸着あるいは人工基質中に溶存する無機栄養塩が消失したことに伴ってANAMMOX活性が低下したことに起因すると考えられる。ここで、 NH_4^+ -N消費量に対する NO_2^- -N消費量および NO_3^- -N生成量のモル比を計算したところ、図3に示すように、RUN 4の対照系では1:1.2:0.1であったのに対し、試験系では1:1.4:0.1と NO_2^- -N消費の割合が高いことが確認され、 NO_2^- -N脱窒が同時に起こっていることが示唆された。次に、図4に、槽内汚泥量と流出SS濃度の経日変化を示す。対照系および試験系のいずれも運転開始162日後には汚泥収支がほぼ一定となったことから、この時点でのSRTを算出したところ、それぞれ37および43日となり、ほぼ同等のSRTとなることが明らかとなった。

4. 酢酸濃度が窒素除去速度に及ぼす影響

図5に、通水開始18～32日における供試水の酢酸濃度と窒素除去速度の関係を示す。これによると、両者の間にはほぼ直線的な関係が認められ、 NO_2^- -Nについては酢酸濃度が50 mg-C/L高いと除去速度が約 $1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day}$ 、 NH_4^+ -Nについては酢酸濃度が50 mg-C/L高いと除去速度が約 $0.3 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day}$ 上昇した。これらのことは、酢酸が従属栄養脱窒の活性向上に大きく寄与することを示すと同時に、金田一ら²⁾が指摘したようにANAMMOX活性の向上にも関与することを示しており、これらの細菌とANAMMOX細菌との競合関係を明確にすることが今後の課題と考えられる。

5. おわりに

本研究により、ANAMMOXグラニュールリアクターに脱離液(約10倍希釈)を供給した場合、窒素除去速度は3週間程度で約50%まで低下すること、脱離液供給時のSRTは約40日であり、人工基質のみを供給した場合とほぼ同等であること、供試水の酢酸濃度が高いと NO_2^- -Nのみならず NH_4^+ -Nの除去速度も上昇することが明らかとなった。最後に、本実験に協力頂いた本学卒業生の久保恵裕君および矢田祐次郎君に対し感謝の意を表します。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、関係各位に謝意を表します。

【文献】

- 1) Van de Graaf *et al.* (1996) Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor, *Microbiology*, **142**, 2187-2196.
- 2) 栗田貴宣, 百合昭太, 金田一智規, 尾崎則篤, 大橋晶良 (2008) 低級脂肪酸がANAMMOX反応に及ぼす影響, 環境工学研究フォーラム講演集, **45**, 82-84

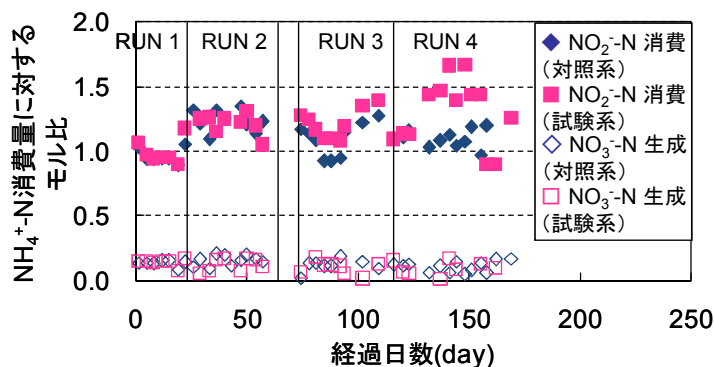


図3 NO_2^- -Nの消費量および NO_3^- -Nの生成量の比(実験Ⅰ)

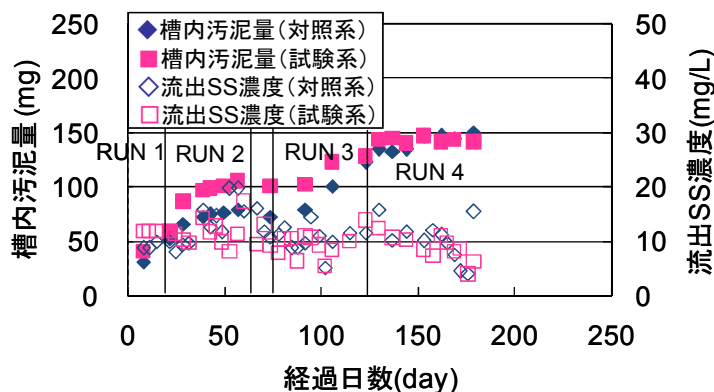


図4 槽内汚泥量^{注2)}と流出SS濃度の経日変化(実験Ⅰ)

注2) 充填密度(予備実験より測定)×充填体積より算出

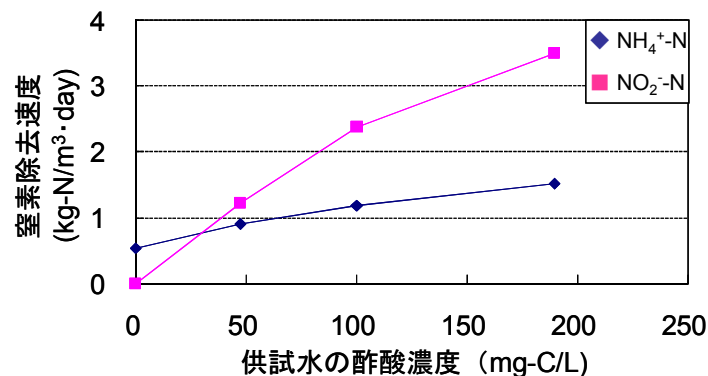


図5 供試水の酢酸濃度と窒素除去速度の関係(実験Ⅱ)