

第Ⅶ部門

Anammox 汚泥のスタートアップと処理能力の検討

大阪工業大学工学部 学生員 ○米田 貴久
大阪工業大学工学部 正会員 石川 宗孝

大阪工業大学大学院 学生員 川合 宏
大阪工業大学工学部 正会員 笠原 伸介

1. はじめに…近年、無機物窒素排水は都市部への人口集中により増加している。しかし、従来の処理法である硝化-脱窒法では、硝化工程での酸素曝気に必要となる動力源や、脱窒工程に大量の有機物を添加することが必要となる。そのため、硝化工程、脱窒工程のどちらも排水を処理する費用を増加させていることが問題となっており、その問題を解決させる処理法が求められていた。その中で、1995年にデルフト工科大学により、従来の窒素変換経路とは異なる Anammox が報告された¹⁾。しかし、この Anammox 汚泥の増殖速度が極めて遅いことや、管理が困難であるなどの問題がある²⁾。そこで、本研究では流入 SS、MLSS、処理水 SS、槽内の DO、pH、処理水の窒素濃度、TOC 濃度の変化を見ることにより Anammox 汚泥の馴養および処理能力を検討した。

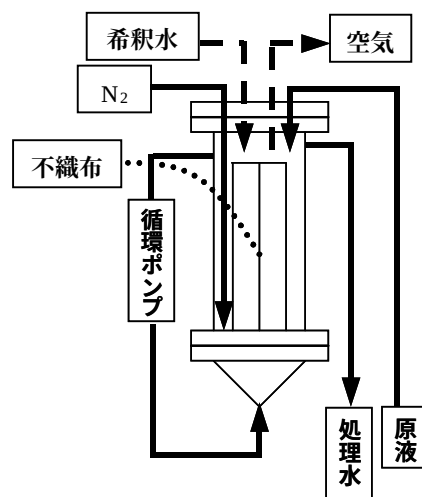


図-1 実験装置の概要

2. 実験方法

2.1 実験装置…図-1 に実験装置の概要、表-1 に実験条件、表-2 に基質の組成、表-3 に原水の平均水質をそれぞれ示す。実験は有効容量 14L(φ160 mm)円筒式の固定床リアクターにより行い、担体に菊花状に成型された不織布(日本バイリーン製)を用い、リアクターの実験開始に先立ち Anammox 活性を有する汚泥を緩やかな窒素曝気により、不織布に汚泥を付着させた。基質は既往の研究³⁾を参考にし、一般下水の C/N が 20 程度であるのに対して、C/N が 0.05 程度の窒素過多である基質を濃縮した原液とし、希釈水とともにリアクター上部から添加されるようにした。また、槽内の水を一部循環させることで上向流を確保した。さらに、Anammox 汚泥は酸素による阻害を受ける性質が報告されているため、常時窒素曝気により酸素の混入を避けた。

2.2 分析方法…NH₄-N、NO₂-N および NO₃-N はイオンクロマトグラフ法、T-N は熱分解法、TOC は燃焼・非分散赤外線分析法、T-P は紫外線吸光度法(波長 880nm)により測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 槽内の経日変化…図-2 に装置管理の経日変化を示す。流入 SS と処理水 SS の差にほとんど変化が無い。また、MLSS が HRT に関係なくほぼ一定の値を維持している。これは、槽内に設置した不織布に汚泥が付着していることと、付着した

表-1 実験条件

RUN	NH ₄ -N (mg-N/L)	NO ₂ -N (mg-N/L)	上向流速度 (L/min)	HRT (day)	運転日数 (day)	温度 (°C)
1				20	3	調
2				10	9	整
3				8	8	な
4				7	13	し
5				6	14	
6	90	120	5.5	5	3	
7				10	24	
8				5	9	30
9				10	9	
10				6	21	
11				5	12	

表-2 基質の組成

(NH ₄) ₂ SO ₄	424	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.43
NaNO ₂	560	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.24
KHCO ₃	500	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.99
KH ₂ PO ₄	27.2	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.25
CaCl ₂ ·2H ₂ O	180	NaMoO ₄ ·2H ₂ O	0.22
MgSO ₄ ·7H ₂ O	120	NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.19
EDTA	20	NaSeO ₄ ·10H ₂ O	0.21
FeSO ₄ ·7H ₂ O	9.14	H ₃ BO ₃	0.014

単位(mg/L)

表-3 原水の平均水質

TOC (mg-C/L)	8.8
T-N (mg-N/L)	218.8
T-P (mg-P/L)	6.8
SS (mg/L)	7.0
pH	8.3

汚泥が剥離せずに保持されていることが考えられる。DOは経過とともに0 mg/L に近づいていったことから、槽内がAnammox 汚泥の活性が得られる嫌気に近い状態となっていることが確認できた。また、初期段階で pH の値が低いのは、運転開始前に槽内を水道水で満たした状態にしていたためと考えられる。

3.2 処理水の経日変化…図-3 に処理水質の経日変化、図-4 に窒素除去速度の経日変化をそれぞれ示す。窒素濃度の変化では初期の段階で $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度が高くなっており、運転開始から約 50 日の時点で $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の同時除去とともに、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成が見られた。また、原水の窒素濃度を高めたことでショックロードを起こし、処理能力が低下した際には $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成を確認できなかった。その後、窒素濃度を元に戻し馴養を行ったことで、実験経過 104 日目に再び $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ の同時除去とともに、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成を確認できた。また、槽内は嫌気だったことを考えると、硝化反応による $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理が行われていないことから、従来の硝化-脱窒法とは異なる Anammox 反応による処理が行われていたと考えられる。また、処理水 T-N 濃度の経日変化はショックロードを起こしたとき以外に大きな変化が無かった。さらに、処理水の TOC 濃度は原水の濃度からほとんど変化が無かったこと、全ての負荷において T-N 除去率 90% の結果が得られた。そのことから、Anammox 汚泥は有機物をほとんど消費せずに、極めて高い窒素除去能力を発揮することが明らかとなった。また、pH の値が大きく変動した後に処理水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高くなっていることや、処理水の T-N 濃度が高くなっていること等から、処理能力と pH の変動が大きく関係していることが考えられるため、Anammox 汚泥の活性が得られる pH の範囲が極めて狭いと考えられる。

4. おわりに…以上の結果より、急激な窒素濃度の変化により pH の変動が確認された。Anammox 汚泥は従来の処理法では処理が困難となる窒素過多にも関わらず、T-N 除去率が 90% を超える結果が得られた。

【参考文献】1) Mulder, A., Gaff, A.A., Robertson, L.A. and Kuenen,

J.G.: Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying bed reactor, *FEMS Microbiol. Ecology*, 16, pp.177-184 (1995) 2) 古川

憲治: 嫌気性アンモニア酸化(Anammox)の発見とその後の研究開発動向, 水環境学会誌 Vol.27, No.7, pp.442-446, 2005 3) 古川憲治: Anammox

プロセスに適したリアクターの検討 水環境学会誌 Vol. 28, No.3, pp.185-190, 2005

【謝辞】実験を行うに際して、Anammox 汚泥を提供して頂いた熊本大学 古川憲治教授、データ採取に北尾高嶺教授、大阪工業大学工学部

都市デザイン工学科 博多俊史君の協力を得たことに心より感謝をいたします。

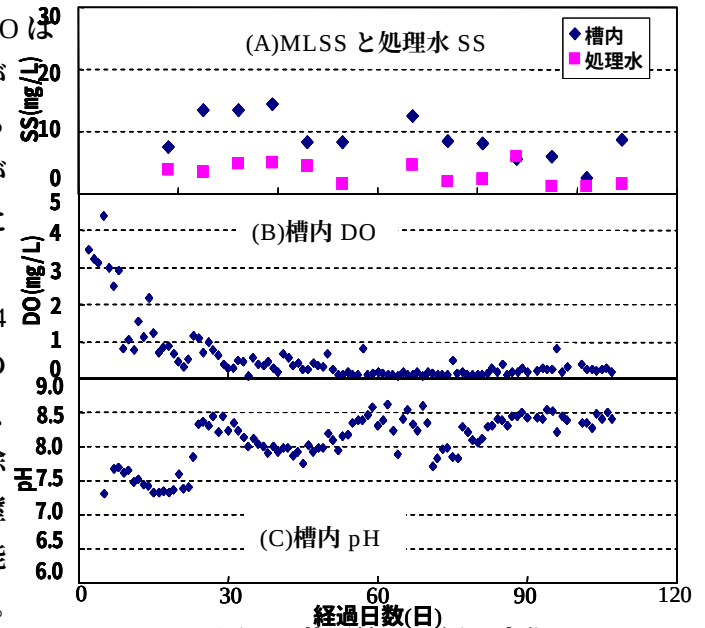


図-2 装置管理の経日変化

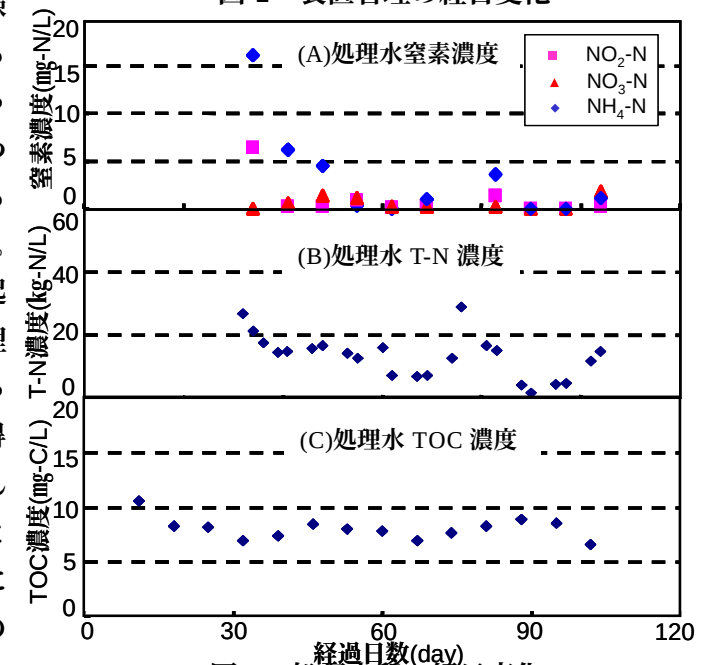


図-3 処理水質の経日変化

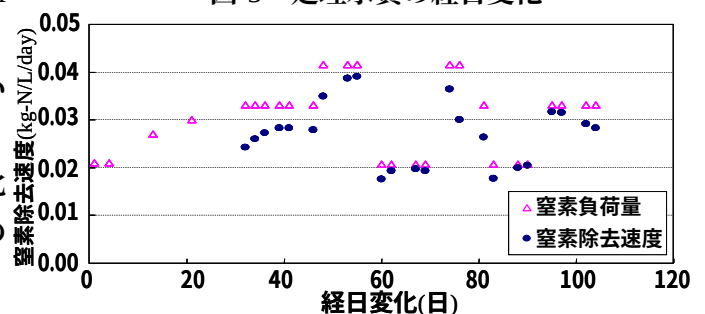


図-4 窒素除去速度の経日変化