

アナモックスによる廃水からの窒素除去

鹿島建設(株) 正会員 ○多田羅 昌浩
石川 秀, 上野 嘉之

1. はじめに

廃水中の窒素除去では、硝化脱窒を基本原理とする技術が広く適用されている。しかし、エネルギー消費、薬剤添加量、余剰汚泥の生成などに課題があり、代替の技術が望まれている。アナモックスは、1990年代に、新たに発見された窒素除去反応¹⁾であり、硝化脱窒技術の課題をクリアする技術として近年盛んに開発が進められている。本報告では、アナモックス菌を利用した廃水処理技術の実用化を目的に、アナモックス菌群の集積、およびアナモックスリアクタとして最適な形式について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2-1. アナモックス菌の集積

集積には、ポリエステル製の担体を充填した有効容積750mLの固定床式リアクタを使用した(図-1)。リアクタには廃水処理施設から採取した活性汚泥を種汚泥として接種した。原料は、表-1に示すアンモニアと亜硝酸を主成分とする合成培地を使用し、窒素ガスで脱気し溶存酸素濃度が0.5mg/L以下となったものを供給した。水理学的滞留時間(HRT)が2日となるように供給を開始し、アナモックス反応が見られた時点でHRTを短縮することで窒素負荷を上昇させた。集積温度は35°Cで行った。同様の試験を、下水汚泥、水槽汚泥、土壌、し尿汚泥、中温消化汚泥でも実施し、異なる種汚泥からの集積を試みた。

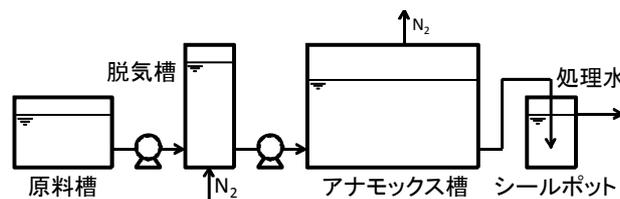


図-1 実験装置の概略フロー

表-1 培地組成

Substrates	Concentration [mg/L]	Trace Element S1	
		Substrates	Concentration [g/L]
NaNO ₂	172	EDTA	5
(NH ₄) ₂ SO ₄	175	FeSO ₄	5
KHCO ₃	500	Trace Element S2	
KH ₂ PO ₄	27	Substrates	Concentration [g/L]
MgSO ₄ ·7H ₂ O	300	EDTA	15
CaCl ₂ ·2H ₂ O	180	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.43
Trace Element S1	1 (mL/L)	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.24
Trace Element S2	1 (mL/L)	MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.99
		CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.25
		NaMoO ₄ ·2H ₂ O	0.22
		NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.19
		NaSeO ₄ ·10H ₂ O	0.21
		H ₂ BO ₃	0.014

2-2. アナモックスリアクタによる連続処理

集積したアナモックス菌を用いて、廃水処理で用いられる代表的な3種類のリアクタで、窒素除去特性を比較検討した。検討したリアクタ形式は、固定床式、浮遊床式、およびプラグフロー式である。リアクタは、容量140mLのガラスカラムを使用し、35°Cの恒温槽内に設置した。固定床にはポリエステル製の不織布を使用し、浮遊床式のリアクタは、ゼオライトの微粉を核とし、グラニュールを形成させた。原料は、表-1に示す合成培地を使用した。窒素負荷の上昇は、HRTを短縮することでを行い、HRTが1日となった時点で培地中のアンモニア、亜硝酸濃度を上昇させた。

3. 実験結果および考察

3-1. アナモックス菌の集積

実験開始約9か月後に、廃水処理施設から採取した汚泥をシーディングしたリアクタで、アナモックス反応によると考えられる窒素濃度の低下を確認した(図-2)。窒素濃度の低下が観察されたリアクタは、継続して運転を行い、アナモックス菌の集積を行った。集積の進んだリアクタでは、アナモックス菌に由来すると考えられる赤色のバイオフィルムを確認できた。用いた種汚泥のうち、窒素濃度の低下を確認できたリアクタは、下水汚泥、および廃水処理汚泥をシーディングしたものだけであった。この結果から、下水汚泥と廃水処理汚

キーワード：アナモックス, 窒素, 廃水処理

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6339

泥はアナモックス菌を集積するための種汚泥として有効と考えられた。アナモックスリアクタの立ち上げは、人工培地を用いた場合でも9か月という長期間を要することがわかり、早期立ち上げ法の確立が必須であることが確認できた。

3-2. アナモックスプロセスに適したリアクタ形式

3種類のリアクタに、廃水処理汚泥から集積を行ったアナモックス汚泥 (KA-01 汚泥), および下水汚泥から集積を行ったアナモックス汚泥 (KA-02 汚泥) をシーディングし、窒素除去特性を比較したところ、いずれのリアクタ形式においても、KA-01 汚泥をシーディングしたリアクタにおいて、高い窒素除去速度が観察された (表-2)。KA-01 汚泥をリアクタ形式で比較すると、固定床式リアクタが最も高い窒素除去速度を示した。KA-01 汚泥をシーディングした固定床式リアクタの最大許容窒素負荷は、

8.0kg/m³/dayであった。KA-02 汚泥は、プラグフローリアクタでは、汚泥がウォッシュアウトし、運転が不可能であった。浮遊床リアクタにおいても、グラニュールの形成が悪く、窒素負荷を 0.8kg/m³/day 以上に上昇させることができなかった。KA-01 汚泥は、プラグフローリアクタ底部にグラニュールが形成されていることを確認しており、浮遊床式リアクタでも、直径1~2mmのグラニュールを容易に形成した。このことから、KA-02 汚泥は、グラニュール形成能が低いため、固定床式リアクタ以外では、アナモックス菌がウォッシュアウトし、低い窒素除去速度となったと考えられた。これらの結果は、集積したアナモックス汚泥の性質によってリアクタとの適合性も異なり、結果的に処理特性にも影響を与えることを示している。

4. まとめ

アナモックスプロセスを利用した廃水からの窒素除去は、従来の硝化脱窒法にない多くのメリットを持ち、期待の大きい技術であるにもかかわらず普及には至っていない。その理由の一つとしてアナモックス菌の集積が容易ではなく、プロセスの立ち上げが困難なことがあげられる。本研究では、活性汚泥など容易に入手できる種汚泥を用いて、比較的容易にアナモックス微生物を集積し、リアクタのスタートアップを行うことを念頭に、人工廃水を用いた検討を行った。その結果、適当な微生物付着担体を用いた固定床式バイオリアクタを利用することで、アナモックス菌の集積が可能であった。また、集積したアナモックス菌は、固定床式リアクタで最も良い処理性能を示すことも明らかとなった。

今後は実廃水に対して同様の実験を実施し、本研究で得られた結果を検証していくとともに、実廃水処理における問題点を抽出していくことが技術開発の課題である。これらを克服していくことで技術の実用化につなげていきたい。

参考文献

1) A. A. Graaf, P. Bruijn, L. A. Robertson, M. S. M. Jetten, J. G. Kuenen ; Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor, Microbiology, Vol.142, (1996), pp. 2187-2196.

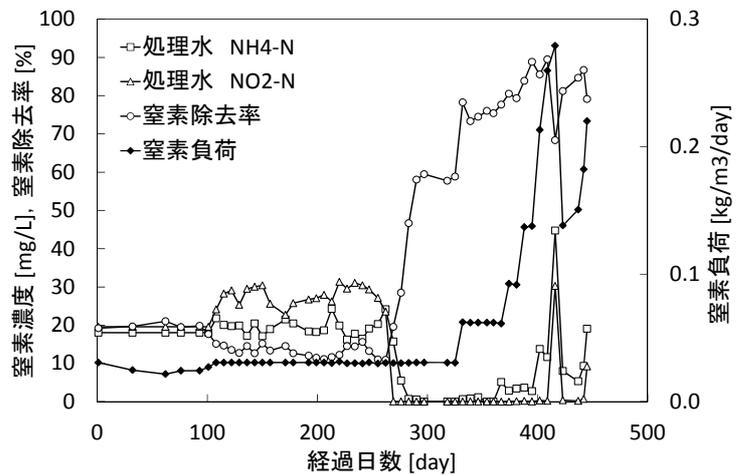


図-2 集積リアクタでの窒素除去の経日変化

表-2 リアクタ形式と窒素除去特性

リアクタ形式	アナモックス汚泥	窒素負荷 [kg/m ³ /day]	HRT [hour]	窒素除去率 [%]	窒素除去速度 [kg/m ³ /day]
プラグフロー	KA-01	7.5	0.7	75	5.6
	KA-02	-----	-----	-----	-----
固定床	KA-01	8	0.7	80	6.4
	KA-02	6	1.3	80	4.8
流動床	KA-01	3.4	1.8	80	2.7
	KA-02	0.8	6.8	83	0.7