

一槽式アナモックスリアクタによる実廃水からの窒素除去

鹿島建設(株) 正会員 ○多田羅昌浩 柴田晴佳 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、薬剤の添加、余剰汚泥の生成などの課題があり、代替技術が望まれている。アナモックスは、1990年代に発見された窒素除去反応¹⁾であり、好氣的条件下で廃水中のアンモニアの一部を亜硝酸化し、生成した亜硝酸と残りのアンモニアで、嫌気条件下で独立栄養的に脱窒を行う。そのため、酸素供給に伴うエネルギー消費、メタノールなどの薬剤、余剰汚泥発生量などを低減する利点を有している。

筆者らは、これまで、アナモックス菌を独自に集積し菌叢解析を行うとともに、窒素除去特性および、亜硝酸化制御条件を最適化してきた²⁾。アナモックスプロセスは、亜硝酸化とアナモックス反応を別の槽で行う二槽式プロセスと、両反応を同じ槽で行う一槽式プロセスに大別されるが、ここでは、一槽式アナモックスリアクタを用いて実廃水の連続処理を行なった結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 供試廃水

硫酸アンモニウムを窒素源とする人工廃水(表-1)および、醸造廃水のメタン発酵脱水ろ液(表-2)を実廃水として使用した。

2.2 実験装置

攪拌機構を備えた有効容積 5.5L (人工廃水)、2.5L (実廃水) のジャーファーメンタに、塩化ビニリデン製でモール外径 25mm のひも状固定床担体を充填したリアクタを用いた。温度、pH、DO は、それぞれ 35℃、7.6、0.5mg/L になるように制御した。

人工廃水処理実験の種汚泥には、廃水処理施設の活性汚泥を使用した。実廃水処理実験の種汚泥には、人工廃水処理実験リアクタより採取したものを使用した。

2.3 菌叢解析

担体に付着したバイオフィルムの表面、深部から菌体をニードル付きシリンジで採取し、16S rRNA 遺伝子を標的とした pyro-tag シークエンスによる菌叢解析を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 連続処理実験

人工廃水では、実験開始直後から亜硝酸化が観察され、30 日後からアナモックス反応による窒素除去が確認された(図-1)。窒素除去速度の上昇時に、一時的に亜硝酸態窒素の残留が観察されたが、90 日以降は

表-1 人工廃水組成

Substrates	Concentration [mg/L]
(NH ₄) ₂ SO ₄	1,750
KHCO ₃	1,000
KH ₂ PO ₄	27
MgSO ₄ ・7H ₂ O	300
CaCl ₂ ・2H ₂ O	180
Trace Element S1	1 (mL/L)
Trace Element S2	1 (mL/L)

Trace Element S1

Substrates	Concentration [g/L]
EDTA	5
FeSO ₄	5

Trace Element S2

Substrates	Concentration [g/L]
EDTA	15
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	0.43
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.24
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 ₃ BO ₄	0.014

表-2 実廃水の組成

	Concentration [mg/L]
T-COD _{Cr}	739
T-BOD	308
T-N	619
K-N	619
NH ₄ -N	538
PO ₄ -P	<0.05
SS	42
VSS	32
n-Hex	2.0

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

低濃度で安定した。最大窒素除去速度は 1.7kg N/m³/day であった。

一方、実廃水では、実験開始直後から窒素除去活性速度が上昇した。52日目、170日目に pH 制御のトラブル、原料中のアンモニア態窒素濃度の上昇による窒素除去速度の低下がみられたが、速やかに回復する傾向を示した(図-2)。最大窒素速度は 0.46kg N/m³/day であった。

3.2 菌叢解析

ひも状固定床担体に付着したバイオフィルムの深部に、アナモックス菌と考えられる赤い菌塊、表面に白い細菌の層が、目視により、観察できた(写真-1)。それぞれの菌体を採取し、菌叢解析を行ったところ、表面に比べ、深部にアナモックス菌が多く存在し、深部に比べ、表面に亜硝酸化菌が多く存在することが明らかとなった(表-3)。人工廃水の表面でもアナモックス菌が検出されたが、これは、表面の亜硝酸化菌層が薄かったため、試料採取時に混入したためであると考えられる。これらのことから、ひも状固定床担体を使用することで、アナモックス菌と亜硝酸化菌が棲み分けたバイオフィルムが形成されることが確認できた。この棲み分けにより、バイオフィルムの表面では、好気性の亜硝酸化菌がアンモニアを亜硝酸に酸化することで酸素を消費し、深部では、無酸素状態となり、嫌気性のアナモックス菌が窒素ガスに変換していると推察された。

4. まとめ

ひも状固定床担体の設置と、DO の制御によって、好気性菌である亜硝酸化菌と嫌気性菌であるアナモックス菌からなるバイオフィルムを構成させ、一槽式でアナモックスによる窒素除去が可能であることが確認できた。今後、窒素除去速度の向上、安定性の検討を行う。

参考文献

- 1) A. A. Graaf et. al. ; Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor, Microbiology, Vol.142, (1996), pp. 2187-2196.
- 2) 多田羅ら; アナモックス処理のための連続亜硝酸化, 土木学会第 71 回年次学術講演集, VII-105, 2016.

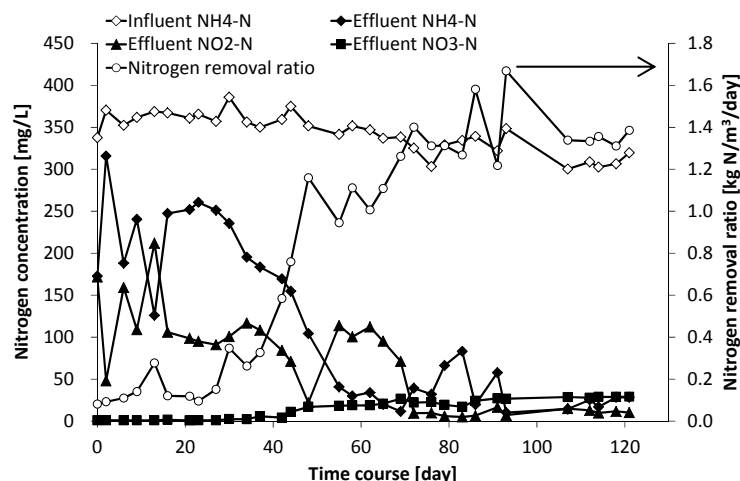


図-1 人工廃水の窒素濃度、窒素除去速度の経日変化

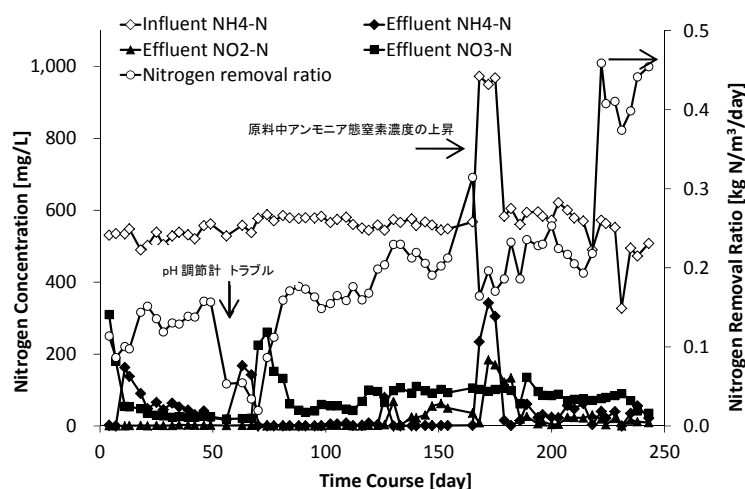


図-2 実廃水の窒素濃度、窒素除去速度の経日変化



写真-1 担体に付着したバイオフィルムの状況

表-3 菌叢解析結果

		割合 [%]	
		表面	深部
人工廃水	アナモックス菌	45.6	66.6
	亜硝酸化菌	10.0	1.3
実廃水	アナモックス菌	1.9	15.8
	亜硝酸化菌	5.2	1.7