

固定床縦型硝化脱窒法の初期運転に関する研究

日本大学大学院 学生員 手塚 将貴 日本大学工学部 正会員 西村 孝
日本大学工学部 本田 英生・佐藤美穂・常山洋一

1. はじめに

固定床縦型硝化脱窒法は、浮上る材に硝化・脱窒細菌を付着させた生物膜ろ過による窒素除去技術である。また、沈殿地がないためバルキング等の汚泥管理が不要で、維持管理も容易なことから小規模下水処理場に適しているプロセスと考えられる。

本処理法は硝化槽・脱窒槽を縦方向に組んだ処理装置のため、定常運転に移行する初期運転方法の確立が必要である。両面曝気（硝化槽・脱窒槽別々に曝気）による初期運転方法では、硝化・脱窒細菌を適所に付着・増殖させることに困難を伴った。

本研究では、 NaNO_3 添加による初期運転方法及び浮上る材の処理性能について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

本実験では、硝化槽 1m・脱窒槽 2m を搭状に組み、全長 4m の縦型の実験装置を 2 系列用意した。硝化槽には 1 系に 2mm、2 系に 4mm、脱窒槽にはそれぞれ 4mm の浮上る材を用いた（表 - 1 参照）。

原水 Q_s と循環水 $3Q_s$ を混合させ、装置下部より流入し、上部より処理水を得る上向流方式である。

原水は一般の都市下水を想定した人工下水を用い、BOD 濃度 200mg/l となるように酢酸ナトリウムを、T-N 濃度 40mg/l となるように塩化アンモニウムとポリペプトンを配合した。

NaNO_3 添加の場合、曝気は硝化槽のみとし、添加する NaNO_3 は原水 BOD に対し化学量論的に十分な量を硝化液循環工程より添加した。表 - 1 に実験装置仕様、図 - 1 に実験装置概略図を示す。

逆洗はろ過機能の回復を目的とし、硝化槽・脱窒槽別々に空洗及び水洗を行い、各槽下部のみを 1 回/日逆洗した。逆洗汚泥は、硝化液循環工程、逆洗用循環工程を用いて脱窒槽下部に設けた汚泥貯留槽に返送し、返送された汚泥は硝化液の DO 消費及び脱窒の促進に利用される。

キーワード：窒素除去、浮上る材、生物膜ろ過、高度処理、硝化速度、脱窒速度

連絡先：〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部西村研究室 TEL 024-956-8723

表 - 1 実験装置仕様

反応槽形式	硝化槽		脱窒槽
寸法 (mm)	78 × 4000H		
原水流量 (l/d)	50.0		
循環流量 (l/d)	3.0 Q_s (150)		
ろ材高さ (mm)	1000	2000	
ろ過面積 (m ²)	4.8×10 ⁻³		
反応槽容積 (m ³)	4.78×10 ⁻³	9.55×10 ⁻³	
通水速度 (m/d)	10.5		
滞留時間 (hr)	2.3	4.6	
浮上る材	1 系	2 系	1 系・2 系
	2mm	4mm	4mm

(槽内水温：20)

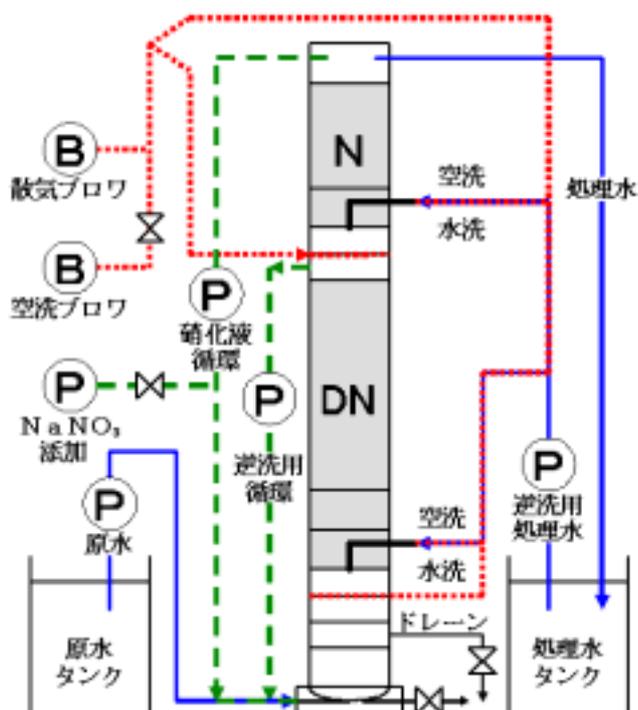


図 - 1 実験装置概略図

3. 実験結果

(1) 処理成績

1 系は両面曝気による初期運転方法により、完全硝化を達成した。一方、2 系では硝化の進行は見られたが、不完全な硝化となり $\text{NH}_4\text{-N}$ が約 12mg/l

残留した。そのため、2系に NaNO_3 を添加し硝化の促進を図った。その結果、硝化槽流入 COD_{Cr} が 36.2mg/l から、10日目には 16.6mg/l まで減少し、硝化の進行が図れた。20日目にはほぼ完全硝化を達成した。 NaNO_3 添加により脱窒槽で有機物が除去され、硝化の促進が図れたと考えられる。完全硝化後、 NaNO_3 の添加を約2週間継続し、35日目に添加を中止した。 NaNO_3 添加を中止すると $\text{NH}_4\text{-N}$ が残留したが、装置を改造し各槽全体の逆洗を1回/週行ったところ、再び完全硝化を達成し定常運転に移行した。槽全体を逆洗すると、適度に攪拌・混合され、硝化・脱窒細菌が浮上る材に均等に付着し良好な処理が行われたと思われる。表-2に完全硝化時の平均水質を、図-2に NaNO_3 添加後の $\text{NH}_4\text{-N}$ 経日変化を示す。

(2) 硝化速度・脱窒速度

定常運転に移行し、両系の処理性能の比較を行うため縦方向水質分析を行った。硝化槽では、下部0.2mでBOD酸化が終了し、0.6mでほぼ完全硝化が達成された。硝化速度は、2系硝化槽1.0mでは $0.22\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ 、硝化槽0.6mで硝化が終了していると判断すると $0.36\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ であった。脱窒槽では0.4mでほぼ脱窒が終了していた。脱窒速度は、脱窒槽2mでは $0.06\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ 、脱窒槽0.4mで脱窒が終了していると判断すると $0.29\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ であった。また、両系の硝化速度・脱窒速度に大きな差は見られなかった。1系は2系に比べ約2倍のろ材表面積を有するが、ろ材粒径が小さい1系では有効な表面積が失われやすいと考えられる。この点については逆洗方法とともに今後の検討課題としたい。図-3に2系縦方向水質分析結果を示す。

4.まとめ

NaNO_3 添加による初期運転方法は、適所に硝化・脱窒細菌を付着させることが容易である。 NaNO_3 添加により脱窒槽で有機物が除去でき、硝化の促進が図れるため、初期運転時に有効な方法であると思われる。

なお、都市下水を対象としたリングレース(ろ材)を用いた場合の脱窒速度は、水温 $15\sim 25$ で $0.10\sim 0.15\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ であった。本研究では、脱窒速度は $0.29\text{kg/m}^3\cdot\text{d}$ が得られた。固定床による窒素除去は、

表-2 平均水質

	原水	1系 処理水	2系 処理水
pH	(-)	8.0	8.1
珪酸度 (mg/l)	195.7	147.5	137.4
BOD (mg/l)	172.7	3.1	3.8
COD_{Cr} (mg/l)	268.0	14.7	15.9
COD_{Mn} (mg/l)	21.8	3.7	5.3
T-N (mg/l)	38.0	8.0	8.3
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	30.5	0.0	0.0
Org-N (mg/l)	7.5	0.5	0.5
$\text{NO}_x\text{-N}$ (mg/l)	-	7.5	7.8
T-P (mg/l)	8.2	6.8	6.7
BOD除去率 (%)		98	98
COD_{Cr} 除去率 (%)		95	94
T-N除去率 (%)		79	78

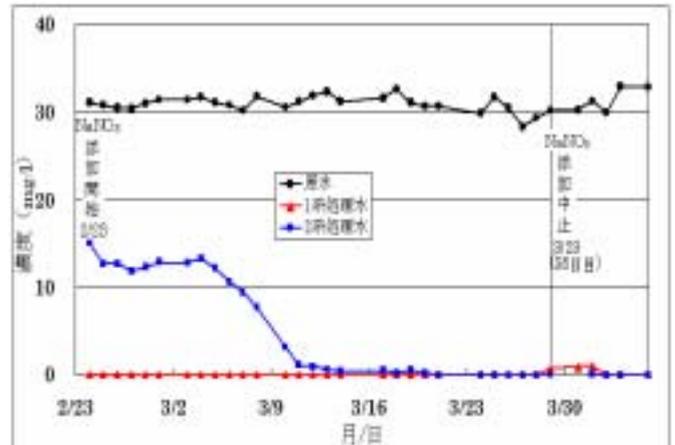
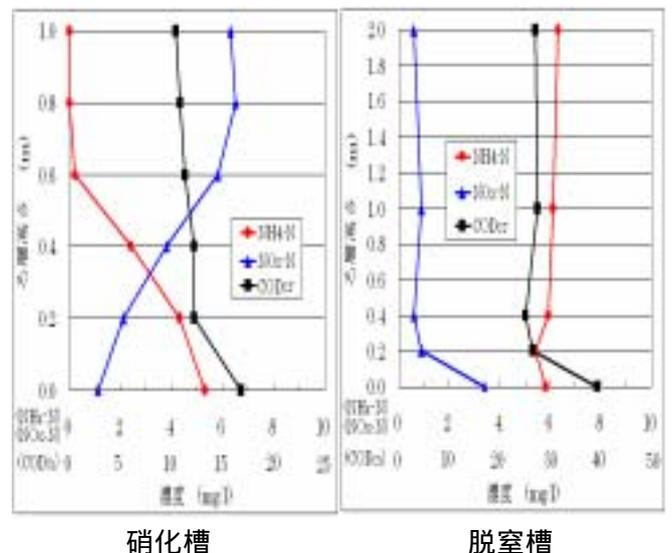


図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 経日変化



硝化槽

脱窒槽

図-3 2系縦方向水質分析結果

組み合わせ技術として各槽の流出水SSと逆洗頻度が密接な関係にあるので、ろ材の選定が重要である。