

固定床循環式硝化脱窒法における問題点の改善

日本大学大学院 学生員 ○福田 友一 日本大学大学院 学生員 武田 明仁
日本大学大学院 学生員 田母神 維孝 日本大学大学院 学生員 吉村 友次郎
山岡工業(株) 山岡 和男 日本大学工学部 正会員 西村 孝

1. はじめに

固定床循環式硝化脱窒法は、浮上担体に硝化・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。本方式は、硝化液のみが循環し、硝化・脱窒細菌は移動しない為、必要な位置に必要な量の細菌を付着させる必要がある。

初期運転の方法として①脱窒槽に NO_x^- を添加して、原水中のBODを消費する(NO_x^- 添加方式)、②脱窒槽を散気して、原水中のBODを消費する(散気方式)などが考えられる。本研究では、反応槽比を硝化槽(N):脱窒槽(DN)=2:1として、初期運転は②の方法により行った。

一般的に、循環式硝化脱窒法の脱窒槽でのBOD消費率は最大で60%程度と言われている。原水中のBODを脱窒槽で可能な限り消費することが、硝化ゾーンの拡大及び硝化の安定に重要である。その手段として、原水・循環水の脱窒槽への分割注入(以下、ステップ脱窒)を導入した。また、適切な逆洗方法の確立と脱窒槽への NO_x^- 添加が、硝化の改善に有効であるかどうかの確認を行った。その方法と効果について報告する。

2. 実験方法 (図-1・表-1 参照)

本実験では、硝化槽 2m(0.2m×10層)・脱窒槽 1m(0.2m×5層)を搭状に組み、全長 4m の縦型の実験装置を用意した。担体は、硝化槽・脱窒槽ともに直径 4mm の浮上ろ材を用い、槽内水温は $20\pm 1^\circ\text{C}$ となるよう温度コントロールを行った。

原水是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。逆洗はろ過機能の回復を目的とし、通常反応槽下部の水洗及び空洗を 1 回/日行った。また、1 層 0.2m の逆洗ユニットを全層に設けてあり、必要に応じて水洗を行った。通水方式は上向流方式とした。

3. 結果及び考察

3.1 脱窒槽 CODcr 除去率(図-2 参照)

定常運転(Run1)では、脱窒槽 CODcr 除去率は 60%程度で安定し、残り 40%程度は硝化槽に流入していた。その為、硝化槽下部が BOD 酸化ゾーンとなり、硝化槽全層が本来の硝化機能を発揮しているわけではなかった。

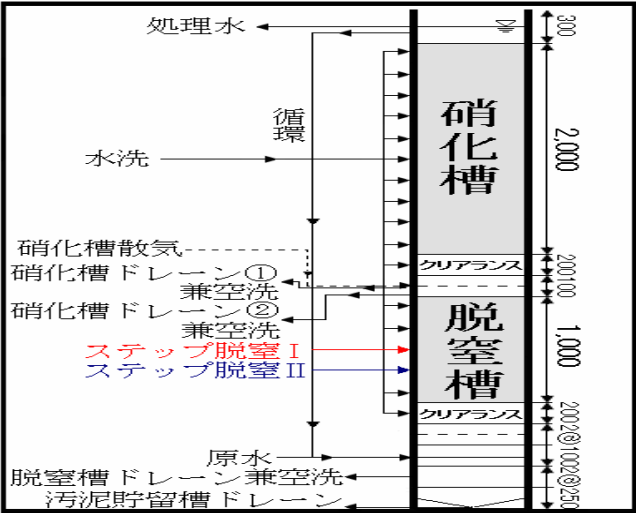


図-1 実験装置概略図

表-1 実験装置仕様

反応槽形式		硝化槽(N)	脱窒槽(DN)
装置寸法	(mm)	78φ×4,500H	
原水流量	(l/d)	$Q_s(50.0)$	
循環流量	(l/d)	$3Q_s(150.0)$	
ろ材高さ	(mm)	2,000	1,000
ろ過面積	(m^2)	4.78×10^{-3}	
反応槽容積	(m^3)	9.56×10^{-3}	4.78×10^{-3}
通水速度	(m/d)	10.5	
滞留時間	(hr)	4.6	2.3

表-2 運転方法別流入方式

流入位置・量 運転方法	原水		循環水			NO _x
	DN0	DN2	DN0	DN2	DN3	DN0
定常運転(Run1)	Q_s	—	$3Q_s$	—	—	—
ステップ脱窒 I (Run2)	Q_s	—	$2Q_s$	—	Q_s	—
ステップ脱窒 II (Run3)	$2/3Q_s$	$1/3Q_s$	$2Q_s$	Q_s	—	—
NO _x -添加(Run4)	Q_s	—	$3Q_s$	—	—	添加

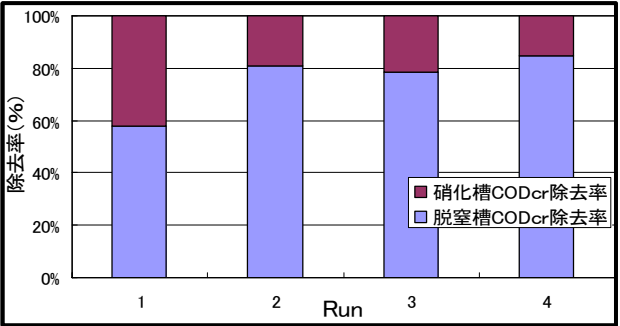


図-2 脱窒槽 CODcr 除去率

ステップ脱窒Ⅰ・Ⅱ (Run2・3) では、脱窒槽 CODcr 除去率が 80%程度まで上昇した。ステップ流入させることで、脱窒槽全体を効率的に使用し、除去率が上昇したと考えられる。これにより、硝化槽流入 BOD 負荷は Run1 の半分程度になり、硝化ゾーンが拡大して、硝化の安定に繋がった。

NO_x⁻添加方式 (Run4) では、脱窒槽 CODcr 除去率が上昇した。本方式の様に、反応槽比が N:DN=2:1 の場合においても、NO_x⁻添加の有効性が確認された。

3.2 NH₄-N 経日変化と逆洗方法 (図-3 参照)

有効な材表面積の確保を目的とし、定期的実施した全層逆洗直後は硝化が悪化する傾向があったが、通常時は完全硝化が達成され、安定した処理が継続できた。

安定した処理には、適切な逆洗方法の確立が不可欠である。本装置のように縦型の場合は、硝化・脱窒槽を別々に実施し、水洗時に細菌の移動混在が生じないように行う必要がある。

3.3 NO_x⁻添加の有効性

硝化悪化時の対応として、脱窒槽への NO_x⁻添加を化学量論的に必要な量の 5.5 倍の量で行った。NO_x⁻添加の有効性は、N:DN=1:2 とした過去の実験においても確認されている。本装置のように N:DN=2:1 と脱窒槽容積が硝化槽容積の半分の場合でも、有効な方法であることが分かった。

3.4 脱窒速度 (図-4 参照)

平均脱窒速度 (脱窒槽全体の脱窒速度) は、0.16kg/m³/day 程度が得られた。一方、最大脱窒速度は 0m~0.4m の位置で求めると、0.39kg/m³/day 程度となった。Run3 は原水・循環水のステップ流入を行ったことで、更に脱窒が生じ脱窒槽全体が有効に使われるようになり、CODcr 除去率も上昇した。

3.5 硝化速度 (図-4 参照)

平均硝化速度 (硝化槽全体の硝化速度) は 0.17kg/m³/day 程度となった。一方、最大硝化速度は BOD 酸化に使われている下部 0.4m を除く、完全硝化達成位置で求めると、0.22kg/m³/day 程度が得られた。原水・循環水をステップ流入させた事で、硝化開始位置が下がり、有効な硝化ゾーンが拡大した為と思われる。

4. まとめ

ステップ脱窒の導入で、脱窒槽 CODcr 除去率が 20%程度上昇した。これにより、硝化槽への BOD 流入負荷が低下し、BOD 酸化ゾーンとなっていた硝化槽下部でも硝化が進行し始め、完全硝化達成位置を下げる事が出来た。

固定床の場合、全層均一に細菌を付着させる方法として、ステップ脱窒は有効な手段であり、原水・循環水を同一位置から流入させることで、その効果が大きくなることが分かった。

また、適切な逆洗は硝化・脱窒槽を別々に行い、水洗時に細菌の移動混在が生じないように行うことが有効である。

表-3 平均水質

サンプル 水質項目		原水	処理水	
			Run1	Run3
pH	(-)	7.0	7.9	7.9
アルカリ度	(mg/l)	165.0	161.5	141.4
BOD	(mg/l)	187.2	4.5	2.4
COD _{Cr}	(mg/l)	271.8	15.0	11.3
COD _{Mn}	(mg/l)	20.5	5.5	2.9
T-N	(mg/l)	39.1	8.5	7.9
NH ₄ -N	(mg/l)	30.8	0.0	0.0
Org-N	(mg/l)	8.3	1.1	0.7
NO _x -N	(mg/l)	—	7.4	7.2
PO ₄ ³⁻ -P	(mg/l)	5.8	5.6	5.3
SS	(mg/l)	—	1.1	1.3
BOD 除去率	(%)	—	97.6	98.7
COD _{Cr} 除去率	(%)	—	94.5	95.8
T-N 除去率	(%)	—	78.3	79.8

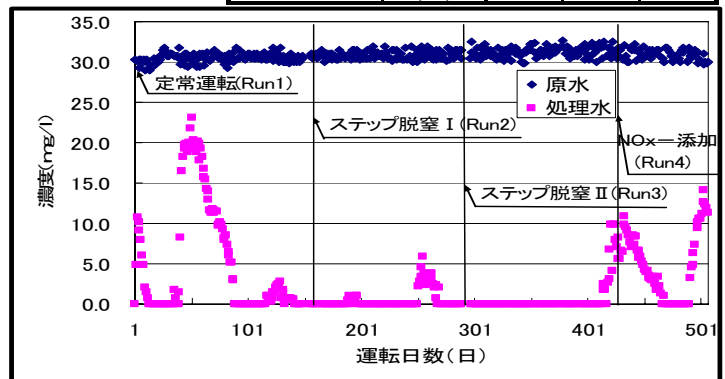


図-3 NH₄-N 経日変化

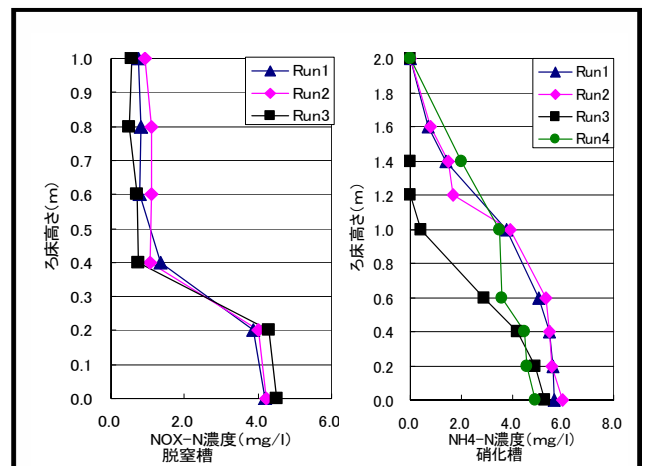


図-4 縦方向水質分析