

浮上担体式縦型硝化脱窒法の研究

日本大学大学院 学生員 ○福田 友一 日本大学工学部 学生員 武田 明仁
 日本大学工学部 田母神 維孝 日本大学工学部 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

浮上担体式縦型硝化脱窒法は、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。また、完全硝化で安定した運転を継続させるには、硝化槽に余裕を持たせることが重要である。

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、硝化槽への BOD 流入負荷を低減させ、硝化ゾーンの拡大及び脱窒槽の能力を最大限に引き出す為には重要である。その手段として、硝化液の脱窒槽への分割注入(以下ステップ脱窒)を導入した。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±1℃となるように温度コントロールした。

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。

逆洗はろ過機能の回復を目的とし、1層 0.2m の逆洗ユニットを全層に設け、水洗及び空水洗を 1 回/日行った。

通水方式は上向流方式とし、ステップ脱窒導入前は脱窒槽下部から原水 Q_S と循環水 $3Q_S$ を混合流入させ、硝化槽上部より処理水を得る方法とした。ステップ脱窒導入後は、脱窒槽下部から原水 Q_S と循環水 $2Q_S$ を混合流入させ、脱窒槽 3 層目から循環水 $1Q_S$ のみを流入させた。尚、循環流量は全体で $3Q_S$ とし総量に変更は無い。

3. 結果及び考察

3.1 NH₄-N 経日変化(ステップ脱窒導入前) (図-2・4 参照)

定常運転に移行してから、汚泥を全層均一に付着させる為全層逆洗を実施した際、一時的に硝化が悪化したが、その後は安定して完全硝化での運転が継続した。しかし、縦方向水質分析を実施した結果、完全硝化ではあるもの

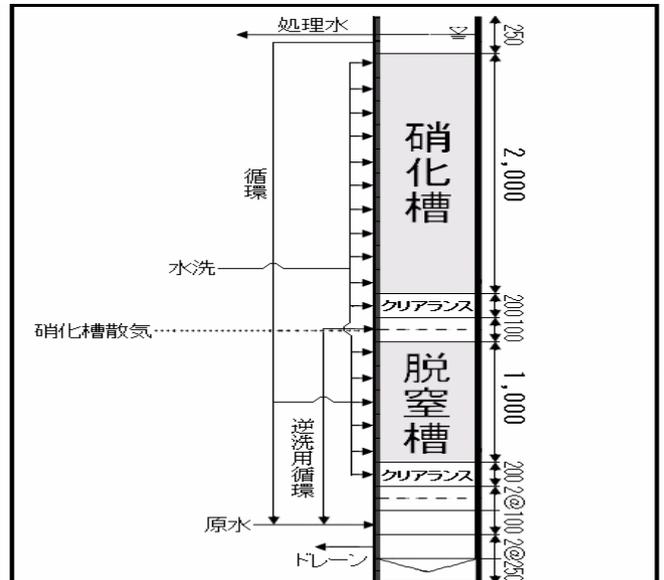


図-1 実験装置概略図

表-1 実験装置仕様

反応槽形式		硝化槽	脱窒槽
装置寸法	(mm)	78φ×4,000H	
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

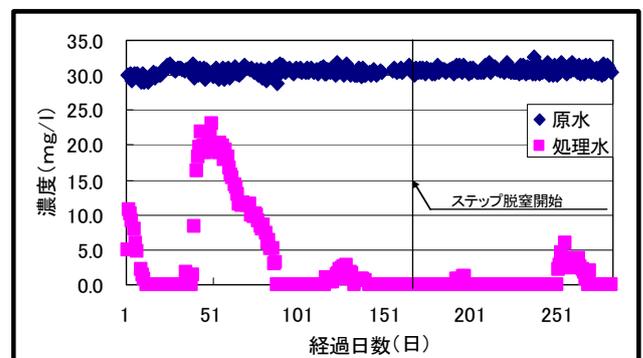


図-2 NH₄-N 経日変化

の、硝化槽に余裕が無い状態での完全硝化である事が分かった。

3.2 NH₄-N 経日変化(ステップ脱窒導入後) (図-2・4 参照)

安定して完全硝化での運転が継続した。また、縦方向水

質分析を実施したところ、硝化槽 7 層目(硝化槽下端から 1.4m)で完全硝化に至っており、硝化槽に余裕が出来る状態での完全硝化であることが分かった。

3.3 T-N 除去率 (表-2 参照)

ステップ脱窒導入前後で T-N 除去率に有意差は見られない。ステップ脱窒導入部分から脱窒槽上端までの距離が短いこと及び炭素源不足により、脱窒が不十分となっていると推定される。

3.4 脱窒槽 COD_{Cr}除去率 (図-3 参照)

脱窒槽上端での COD_{Cr}除去率を比較すると、ステップ脱窒導入前では 60%程度であったのに対して、導入後では 80%程度まで上昇した。これは、ステップ脱窒の導入により、今まで有効に使われていなかった脱窒槽 3 層目(脱窒槽下端から 0.6m)以上にも脱窒細菌が付着し、槽全体に細菌が付着した為と考えられる。

3.5 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、ステップ脱窒導入前で 0.16kg/m³/day、導入後では 0.15kg/m³/dayとなった。最大脱窒速度は 0m~0.4mの位置で求めると、導入前は 0.31kg/m³/day、導入後では 0.33kg/m³/dayとなり導入後の方が僅かに大きくなった。0.8m以降で NO_x-N の消費がある為、この消費開始位置を下げる事で更なる脱窒の向上が見込めるだろう。

3.6 硝化速度 (図-4 参照)

平均硝化速度(硝化槽下端から完全硝化した位置の硝化速度)は、ステップ脱窒導入前で 0.12kg/m³/day、導入後では 0.17kg/m³/dayとなった。最大硝化速度は 0.4mまでが BOD 酸化に使われている為、0.4m~1.4mの位置で求めたところ、導入前は 0.17kg/m³/day、導入後では 0.22kg/m³/day となり、導入後の方が大きくなった。これは、脱窒槽 COD_{Cr} 除去率が上昇し、硝化槽下部への流入 BOD 負荷が低下した事で、硝化開始位置が下がった為と考えられる。

4.まとめ

ステップ脱窒の導入により、脱窒槽上端での COD_{Cr}除去率を 20%程度上昇させることが出来た。また、脱窒槽 COD_{Cr}除去率が上昇したことにより、硝化槽への BOD 流入負荷が低減され、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、硝化ゾーンの拡大及び硝化槽に余裕を持たせた状態での運転が可能となった。

固定床の場合、浮遊性と違い細菌が移動しない為、全層均一に細菌を付着させる方法として、硝化液を分割注入することは有効な手段であることが確認できた。今後は、更な

表-2 平均水質

サンプル 水質項目		原水	処理水	
			ステップ 導入前	ステップ 導入後
pH	(-)	7.1	7.8	7.7
アルカリ度	(mg/l)	174.2	161.5	153.3
BOD	(mg/l)	178.4	4.5	5.4
COD _{Cr}	(mg/l)	262.1	15.0	12.7
COD _{Mn}	(mg/l)	19.9	5.5	5.4
T-N	(mg/l)	39.0	8.5	8.9
NH ₄ -N	(mg/l)	30.7	0.0	0.0
Org-N	(mg/l)	8.2	1.0	1.0
NO _x -N	(mg/l)	-	7.5	7.9
PO ₄ ³⁻ -P	(mg/l)	5.9	5.7	5.3
SS	(mg/l)	-	1.3	1.1
BOD除去率	(%)	-	97.5	97.0
COD _{Cr} 除去率	(%)	-	94.3	95.2
T-N除去率	(%)	-	78.2	77.2

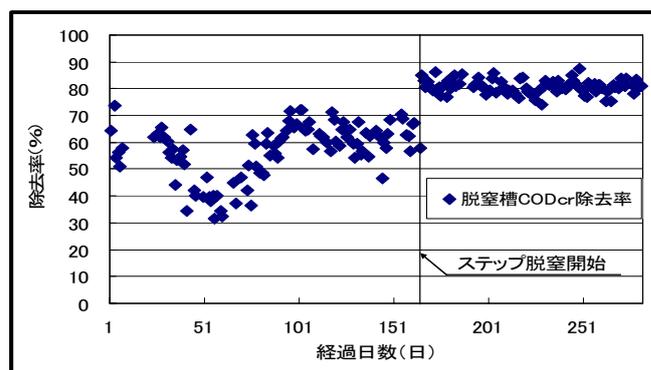


図-3 脱窒槽 COD_{Cr}除去率経日変化

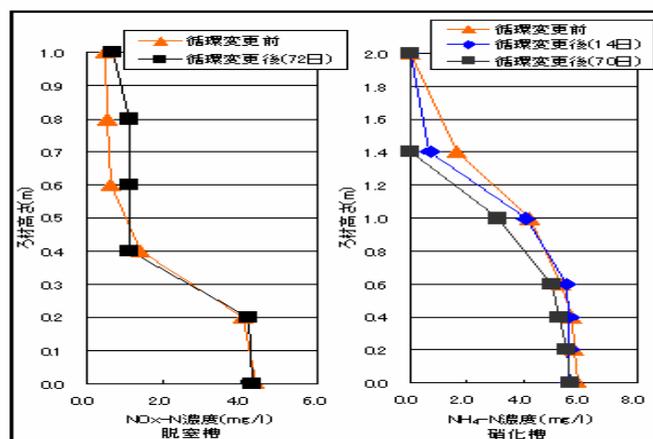


図-4 縦方向水質分析

る脱窒性能の向上を目指し、硝化液分割注入箇所を 1 層下げること及び炭素源不足を解消するために原水の分割注入を検討したい。