

固定床ステップ脱窒を用いた硝化の促進

日本大学大学院 学生会員 ○吉村 友次郎 日本大学大学院 学生会員 田母神 維孝
(株) 日水コン 福田 友一 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工夫、循環液の DO コントロール方法、適切な逆洗方法の確立などが望まれる。

初期運転の方法として、脱窒槽下部から散気して原水中の有機物を消費した。反応槽比は硝化槽 (N) : 脱窒槽 (DN) = 2 : 1 として、硝化を優先する方法で行った。

一般的に、循環式硝化脱窒法の脱窒槽での有機物消費率は最大 60%程度である。また、原水中の有機物を利用して効率的に脱窒すること及び可能な限り消費することが硝化の安定に重要である。

そこで、原水・循環液の脱窒槽への分割注入（以下、ステップ脱窒）を試みたところ、ステップ脱窒は有機物の消費と硝化の促進に有効であることが確認されたので、その運転結果について報告する。

2.実験方法（図－1、表－1・2参照）

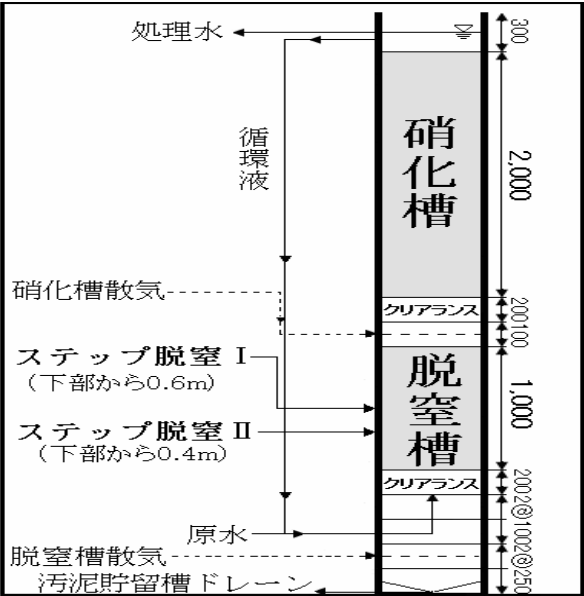
本実験では、硝化槽 2m・脱窒槽 1m を塔状に組み、全長 4m の縦型の実験装置を用意した。担体は硝化槽・脱窒槽ともに直径 4mm の浮上ろ材を用いた。

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。槽内水温は 20±1℃となるよう温度コントロールした。

通水方式は原水を脱窒槽下部から流入させ、硝化槽上部より処理水を得る上向流方式で行った。

逆洗はろ過機能の回復を目的とし、水洗及び空洗を硝化槽と脱窒槽を反応槽毎に 1 回/日行った。

循環変更前までは原水 1Qs と循環液 3Qs を混合させ、脱窒槽下部より流入（定常運転）させた。それを循環変更後ではステップ脱窒とする為、脱窒槽下部から原水 1Qs と循環液 2Qs を混合流入させ、脱窒槽（下部から 0.6m）から循環液 1Qs のみを流入（ステップ脱窒 I）させた。次の実験では、脱窒槽下部から原水 2/3Qs と循環液 2Qs を混合流入させ、脱窒槽（下部から 0.4m）から原水 1/3Qs と循環液 1Qs を混合流入（ステップ脱窒 II）させた。ただし、原水と循環液の総量は変えていない。



図－1 実験装置概略図

表－1 実験装置仕様

反応槽	硝化槽(N)	脱窒槽(DN)
装置寸法 (mm)	78 φ ×4,500H	
原水流量 (l/d)	Qs(50.0)	
循環流量 (l/d)	3Qs(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 運転方法別脱窒槽流入位置

流入位置・量 運転方法	原水		処理水(循環液)		
	下部	下部から 0.4m	下部	下部から 0.4m	下部から 0.6m
定常運転	1Qs	—	3Qs	—	—
ステップ脱窒 I	1Qs	—	2Qs	—	1Qs
ステップ脱窒 II	2/3Qs	1/3Qs	2Qs	1Qs	—

キーワード：窒素除去、固定床（浮上ろ材）、ステップ脱窒、逆洗

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

3. 結果及び考察

3.1 COD_{Cr} 消費率 (図－2 参照)

定常運転では、脱窒槽 COD_{Cr} 消費率は 60% 程度となっていた。その為、硝化槽へ残り 40%程度が流入することで、硝化槽下部で有機物酸化が行われ、硝化槽が有効に使われていなかった。

ステップ脱窒を導入すると、脱窒槽 COD_{Cr} 消費率が 80%程度まで上昇した。これによって、硝化槽への有機物流入負荷が低減され、硝化の安定につながった。ただし、ステップ脱窒 I・II では、COD_{Cr} 消費率に大差はなかった。

3.2 NH₄-N 経日変化 (図－3 参照)

運転開始直後は、逆洗方法が確立できていないので、硝化が悪化してしまう事があった。しかし、定常運転時は完全硝化が継続した。

また、安定した処理には逆洗の適切な方法の確立が必要であり、本方式のような縦型の場合には、硝化・脱窒細菌の混合を避けるように工夫する必要がある。

3.3 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程度となった。最大脱窒速度は 0～0.4m の位置で求めると 0.37kg/m³/day程度が得られた。

ただし、ステップ脱窒では、定常運転に比べ NO_x-N の値が小さくなっているのは脱窒槽内で効率的に COD_{Cr} が消費され、脱窒が進んだものと考えられる。

3.4 硝化速度 (図－4 参照)

平均硝化速度 (硝化槽全体での硝化速度) は、0.17kg/m³/day程度となった。また、最大硝化速度は硝化槽下部 0.4m までが有機物酸化に使われていると考えられ、硝化部分のみでは、0.22kg/m³/day程度となった。

ステップ脱窒の導入によって、脱窒槽での COD_{Cr} 消費率が上昇し、硝化槽内に流入する有機物負荷が低下したことで、硝化開始位置が槽下部へ移動して、硝化が安定して行われるようになった。

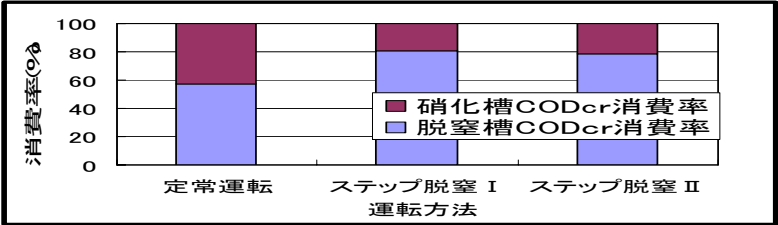
4. まとめ

ステップ脱窒を行うことで、COD_{Cr} 消費率が定常運転時より 20%程度上昇した。このことで、硝化槽への有機物流入負荷が低減し硝化の安定につながった。逆洗は硝化・脱窒細菌の混合を避けるように行う必要がある。

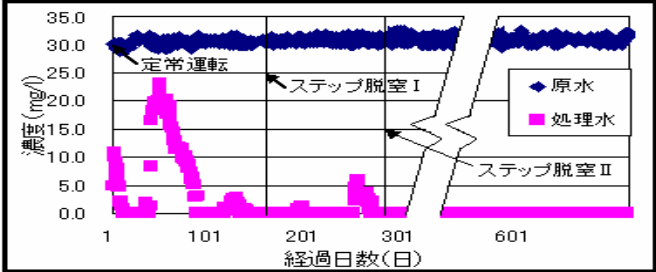
今後、脱酸素槽を設置し、硝化・脱窒の安定・向上につなげる実験を展開していきたい。

表－3 平均水質

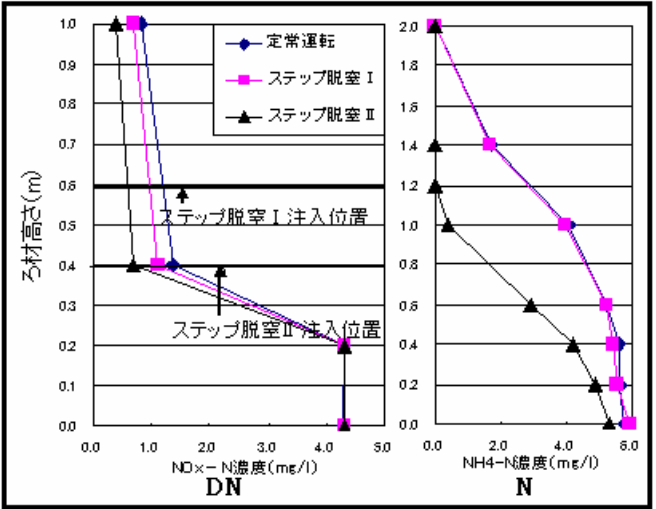
水質項目		サンプル	原水	処理水		
				定常運転	ステップ脱窒 I	ステップ脱窒 II
pH	(－)		7.3	7.8	7.7	7.9
アルカリ度	(mg/l)		175.6	162.0	153.3	140.6
BOD	(mg/l)		186.1	6.7	5.4	2.6
COD _{Cr}	(mg/l)		288.1	16.0	12.7	12.0
COD _{Mn}	(mg/l)		21.3	5.9	5.4	3.0
T-N	(mg/l)		39.2	9.8	8.9	8.0
NH ₄ -N	(mg/l)		30.9	0.0	0.0	0.0
Org-N	(mg/l)		8.3	1.2	1.0	0.8
NO _x -N	(mg/l)		－	8.6	7.9	7.2
PO ₄ ³⁻ -P	(mg/l)		5.4	5.3	5.3	5.2
SS	(mg/l)		－	1.1	1.1	1.2
BOD 除去率	(%)		－	96.4	97.1	98.6
COD _{Cr} 除去率	(%)		－	94.4	95.6	95.8
T-N 除去率	(%)		－	75.0	77.3	79.6



図－2 COD_{Cr} 消費率



図－3 NH₄-N 経日変化



図－4 縦方向水質分析