

固定床式硝化脱窒法の研究

日本大学大学院 学生員 ○福田 友一

日本大学大学院 本田 英生

日本大学工学部 正会員 西村 孝

山岡工業(株) 山岡 和男

1. はじめに

固定床式硝化脱窒法は、浮上ろ材に硝化細菌及び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。沈殿池が無いバルキング等の汚泥管理が不要で、維持管理も容易な処理プロセスと考えられる。

ところが、縦に配置した循環式硝化脱窒法(固定床)は適切な初期運転の方法が不明確である。本方式は硝化液のみが循環し、硝化細菌及び脱窒細菌は移動しないため、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、横に配置した循環式硝化脱窒法の原理は、原水中の BOD(有機物)を脱窒により合理的に消費し、硝化を促進するプロセスである。

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。本研究は初期運転を②の方法により、反応槽比を硝化槽:脱窒槽=2:1 として行った。その初期運転の方法について報告する。

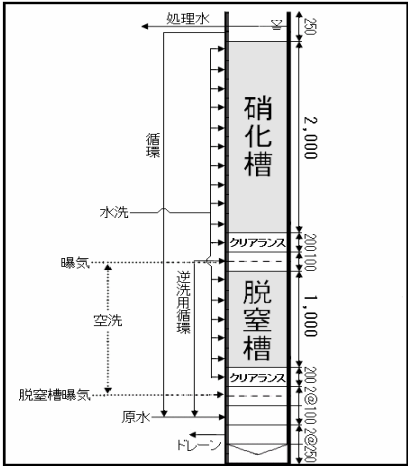


図-1 硝化脱窒実験装置概略

2. 実験方法 (表-1 図-1 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。担体には直径 4mm の浮上ろ材を用いた。

原水 Q_S と循環水 $3Q_S$ を混合し、装置下部より流入させ、上部より処理水を得る上向流方式とした。槽内水温は $20\pm1^\circ\text{C}$ 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。

表-1 硝化脱窒実験装置仕様

反応槽形式	硝化槽	脱窒槽
装置寸法(mm)	78Φ×3,000(4,450)H	
原水流量(l/d)	Q_S (50.0)	
循環流量(l/d)	$3.0Q_S$ (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

逆洗はろ過機能の回復を目的とし、1 段 20cm の逆洗ユニットを全層に組み込み、水洗、空洗及び空水洗を 1 回/日行った。逆洗で剥離した汚泥は、循環工程・逆洗用循環工程により、脱窒槽下部に設けた汚泥貯留槽に返送される。

3. 結果及び考察

3.1 汚泥の付着操作

固定床方式では浮遊性と異なり、汚泥はろ材に付着して移動しない。縦に配置した固定床は横に配置したものより、汚泥付着に工夫が必要である。

縦に配置した固定床の汚泥付着操作は原水流入端の下層部から次第に上層部へと移動させる事である。下層部では肥大化した汚泥を逆洗により剥離させ機能を維持しつつ、上層部へ汚泥を移動付着させる操作を行う事である。この事は全層均一に汚泥を付着させ、ボリュームあたりの能力を拡大させる事になる。

3.2 NO_x^- 添加方式と散気方式

- ①前年度の実験(NO_x^- 添加方式)は反応槽比を硝化槽:脱窒槽=1:2 とした。 NO_x^- 添加方式では適切な位置に必要な量の細菌を付着させる事が可能である。反面、添加薬品によりランニングコストが増加する。装置の構造的欠陥(硝化槽が小さい)により硝化が安定しなかった。また、比較運転した散気方式による初期運転では、脱窒槽の途中で BOD 酸化が終了し、脱窒槽に硝化細菌が付着した。循環開始により脱窒槽の散気を停止した結果、硝化が不完全になった。
- ②本年度の実験(散気方式)は反応槽比を硝化槽:脱窒槽=2:1 とした。散気方式は薬品を添加していない分ランニングコストが抑えられる。反面、硝化細菌及び脱窒細菌を適正な位置に付着させるためには、硝化の進行状況に応じた散気のコントロールが必要である。本年度の装置は前年度の反省を踏まえ、硝化槽のろ材高さを 2m にした。これにより完全硝化となり安定するはずだった。しかし、循環を開始し、散気箇所を硝化槽のみと変更した事及び循環による DO 持込みにより、脱窒槽で BOD 酸化が不十分となり硝化が不完全になった。

3.3 初期運転における散気方式 (表-2, 3 図-2 参照)

①Run1 は全面散気で運転した。脱窒槽下部からのみ送風量 5.0l/分で散気した。 COD_{Cr} 除去率は脱窒槽でほぼ除去 (95%
キーワード: 窒素除去、浮上ろ材、生物膜ろ過、固定床型処理、循環式硝化脱窒法、二酸化炭素

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-2 運転条件

Run	名称	散気方式
Run1	全面散気	脱窒槽
Run2	両面散気	硝化槽+脱窒槽
Run3	正常散気 I・II	硝化槽

程度)されたが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 24%程度(同化)で停滞した。

②Run2 は両面散気で運転した。脱窒槽下部からは送風量 3.6l/分で、硝化槽下部からは送風量 5.0l/分で散気した。 COD_{Cr} 除去率は脱窒槽で 96%程度であり、両面散気することにより硝化が進行した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 51%程度になった。

③Run3 は正常散気で運転した。硝化槽下部からのみ送風量 5.0l/分で散気し、循環工程を作動させた。硝化が進行し、 COD_{Cr} 除去率は処理水で 92%程度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 67%程度となった。その後、全層を逆洗することにより脱窒槽での BOD 除去が悪化し $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率が低下した。再び硝化が進行し、 COD_{Cr} 除去率は処理水で 95%程度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 43%程度に回復した。

全ての散気条件で COD_{Cr} 除去率は 90%以上となった。以上の結果、処理水 DO 濃度は飽和溶存酸素濃度を超過しており、DO 不足による硝化の阻害はありえないと思われる。

3.4 散気方式による硝化槽内 CO_2 濃度 (表-2, 3 図-2, 3 参照)

①Run1 は硝化槽 CO_2 濃度が 45mg/l 以上と高い値を示しており、硝化は停滞状態にあった。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 24%程度であった。

②Run2 は CO_2 濃度が 30 mg/l 程度と低下し、硝化は進行していた。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 51%程度であった。硝化槽下部からの散気開始により CO_2 濃度が低下したと考えられる。

③Run3 の正常散気 I では硝化槽のみの散気となったことから硝化槽の半分近くが BOD 酸化槽となり、硝化槽の上部のみで硝化が進行していた。 CO_2 濃度は 40mg/l を下回り、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は 67%程度であった。

Run3 の正常散気 II では硝化槽の曝気強度を増加させたので、 CO_2 濃度が 30 mg/l 程度まで低下した。

次第に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率は上昇し完全硝化が達成された。

CO_2 濃度がある基準を超えた場合、硝化細菌の呼吸機能に障害をもたらすものと思われる。本研究では、 CO_2 濃度が 30mg/l 以上で硝化の進行を阻害する傾向を示した。

3.5 組合せろ材の脱窒特性の検討 (図-4, 5 参照)

原水流入端でろ床の閉塞が起こりやすい。よって、逆洗による表面積の維持が容易であるリングレースを下層に、高いろ過機能を有し、処理水 SS を抑制する浮上ろ材を上層に配置した。流入端にリングレースを配置したため逆洗頻度を低下させる効果があると考えられる。

①リングレースは充填率(7%)が低いことから、目詰まりを起こし難い。また、逆洗による表面積の維持が容易である。しかし、SS 捕捉能力が浮上ろ材より低く、ろ過能力が乏しい。逆洗頻度は都市下水を対象とした場合、1 回/月程度で運転されている。

②浮上ろ材は充填率(49%)が高く、ろ過能力が優れている。しかしながら、目詰まりによるろ床の閉塞を起こしやすい。逆洗頻度は都市下水を対象とした場合、1 回/日程度で運転されている。

浮上ろ材又はリングレースのみで処理した場合より組合せろ材を用いた場合の方が脱窒槽流出水SSを抑制し、維持管理が容易で安定した脱窒が行われた。脱窒槽及び硝化槽の逆洗防止対策として有効であろう。

4. まとめ

各散気方式における COD_{Cr} 除去率から判断すると、BOD酸化のみならず CO_2 濃度も硝化の阻害要因と考えられる。本研究から、硝化を阻害する CO_2 濃度は30mg/l程度と考えられる。また、反応槽比を硝化槽:脱窒槽=2:1とし、硝化槽容積を大きくとれば安定した硝化が生じるとと思われる。

組合せろ材として、脱窒槽の上層に浮上ろ材、下層にリングレースを用いることにより、逆洗回数が低減され、維持管理の容易なプロセスとなる。また、上層と下層の間にクリアランスを設けることも有効である。

表-3 平均水質

サンプル 水質項目	原水	処理水
水温	16.3	20.0
pH	7.4	8.2
アルカリ度	157.8	214.1
BOD	193.8	11.1
COD_{Cr}	273.4	13.2
COD_{Mn}	19.4	5.6
T-N	39.2	23.2
TK-N	39.2	20.0
$\text{NH}_4\text{-N}$	31.1	17.8
Org-N	8.1	2.3
$\text{NO}_x\text{-N}$	-	3.3
$\text{NO}_2\text{-N}$	-	2.0
$\text{NO}_3\text{-N}$	-	1.2
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	5.6	5.1
SS	-	1.1
$\text{NH}_4\text{-N}$ 硝化率	-	42.8
BOD 除去率	-	94.4
COD_{Cr} 除去率	-	95.2
(T-N 除去率)	-	(40.8)

※ 水温:℃ pH:単位無し 他項目:mg/l



図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 経日変化

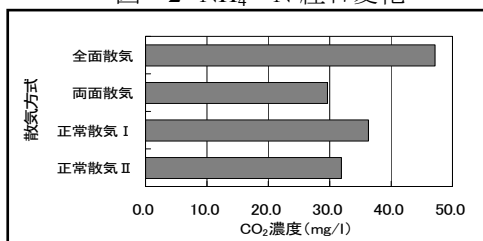


図-3 散気方式別硝化槽 CO_2 濃度

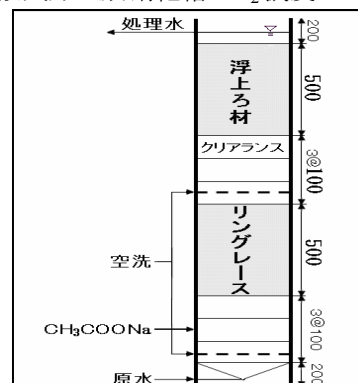


図-4 脱窒実験装置概略

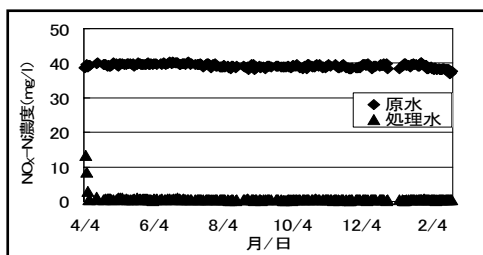


図-5 $\text{NO}_x\text{-N}$ 経日変化