

網目構造回転翼による硝酸性窒素除去に関する研究

宮崎大学工学部 学員 ○甲斐 傑  
 宮崎大学工学部 正員 増田 純雄  
 (株)清本鐵工 藤本 健二

1. はじめに

現在、農地での過剰な施肥等による地下水の硝酸性窒素汚染や下水処理施設からの窒素、リンの放流による河川、湖沼等の富栄養化が問題となっている。環境省は、要監視項目であった硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の合計値(10mg/L)を H11 年度に環境基準としたが、H13 年度の調査対象井戸の約 5.8%が基準値を上回っているという報告がされている<sup>1)</sup>。宮崎県内においても、都城、山田地区、児湯郡地区等で地下水の硝酸性窒素濃度が環境基準値を超えている井戸が存在する。このような現状を考えると、小規模でかつ維持管理が容易で高効率の脱窒装置の開発が必要である。

筆者らは網目構造回転翼(直径 3mm のアクリル製)を用いた硝酸性窒素除去の実験(NO<sub>3</sub>-N : 25mg/L)を行い、水理的滞留時間(HRT) : 20 分,40 分の条件で、脱窒率がそれぞれ 80,90%行われる結果を報告した<sup>2)</sup>。

本論文では金網製(直径 1mm)の回転翼を用いた硝酸性窒素除去の実験を行い、硝酸性窒素濃度,回転数,滞留時間と脱窒率との関係について若干の知見が得られたので報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験装置は図-1 に示すように、内径 10.7cm、高さ 22.5cm のアクリル円筒中に、直径 1mm の金網で作製した回転翼から構成されている。回転翼は 8 枚、網目の大きさは 5×5mm で、回転翼の 1 枚の大きさは縦 15.3cm、幅 4.5cm である。実験は人工基質とメタノールを別々のタンクからポンプで供給し、回転翼の回転数を 30~120rpm で攪拌混合した。人工基質の成分を表-1 に示す。なお、NO<sub>3</sub>-N 濃度 30,60,120mg/L の場合にも KNO<sub>3</sub> 以外の成分は同一量とした。C/N 比は 2.5、水理的滞留時間は 40 分、屋内温度は 25℃に固定し、DO は 1.0mg/L 前後に調整して行った。水質測定項目は NO<sub>3</sub>-N 濃度(カドミウム還元法),DO(ウィンクラー法 - アジ化ナトリウム変法)と pH である。

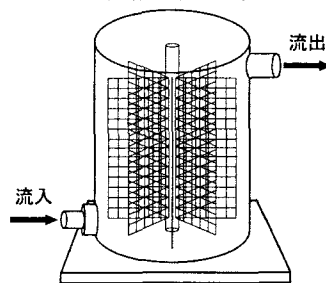


図-1 網目構造回転翼装置

3. 実験結果と考察

図-2 に回転円板法と網目構造回転翼の拡散層厚と回転数の関係を示す。

拡散層厚の計算は Levich の計算式<sup>3)</sup>を用いた。回転円板法では通常回転数が 2~3rpm で運転されており、そのときの拡散層厚は Levich の計算式より算出すると 360~430 μm となる。また、円板と円板の間が生物膜により閉鎖し、生物膜表面が有効に利用できない欠点がある。本装置では 2~3rpm で軸からの距離が 2cm のときに、拡散層厚は 63~72 μm となり、回転円板法に比べて拡散層厚が薄くなるために、より効率的な脱窒が可能と考えられる。また、流動床法による実装置の流速を用いた粒子表面の拡散層厚<sup>4)</sup>を計算すると、拡散層厚は 57 μm となる。本実験装置の場合にも回転数の増加とともに拡散層厚は薄くなり、回転数 30rpm で拡散層厚は 30 μm となり、流動床法より薄くなる。また、過去の実験で行なったアクリル製の回転翼(径 3mm)より、本実験で用いた金網製の回転翼(径 1mm)は計算上拡散層厚が薄く、より効率的な脱窒が期待できる。

表-1 人工基質中の成分 (mg/L)

NO <sub>3</sub> -N濃度		15	30	60	120
成分	KNO <sub>3</sub>	108	217	433	866
	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>		140		
	NaCl		120		
	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O		60		
	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>		70		

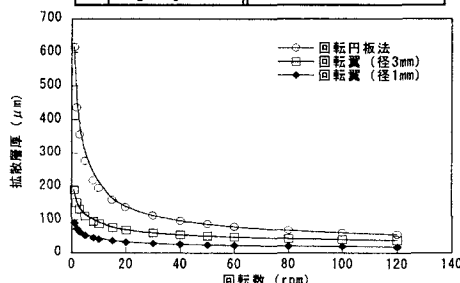


図-2 拡散層厚と回転数の関係

図-3 に流入の NO<sub>3</sub>-N 濃度を 15mg/L とした場合の脱窒率

の経日変化を示す。開始 16 日目には脱窒率が 60%前後まで得られたが、それ以上脱窒率が增加する傾向がなかったため、37 日目に  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  を混入し DO を 1mg/L 前後まで調整した。その結果、各回転数の装置の脱窒率が 90%を超え安定した。特に、90,120rpm の回転翼の脱窒率は高脱窒率であり、この原因は拡散層厚の影響によるものと考えられる。

図-4 に流入の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を 30mg/L とした場合の脱窒率の経日変化を示す。開始 10 日目に  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  を混入すると、前回同様に除去率が增加し、90%を超えた段階で安定した。このように、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が 30mg/L になると拡散層厚よりも、濃度勾配による物質移動が大きくなるために、付着生物膜量の多い回転数の遅い方の脱窒率が若干よくなっている。

図-5 に流入の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を 60mg/L とした場合の脱窒率の経日変化を示す。開始後 5 日目に脱窒率が增加し始め、安定後の脱窒率には回転数により大きな差が見られた。回転数の増加と共に脱窒率が増加した原因は、低回転数の回転翼の場合、網目が付着した生物により閉塞した状態となり、表面積が減ったことと、槽内の混合が十分行われなかったためである。高回転数の回転翼の場合には、回転翼の網目が生物で閉塞せず、槽内の攪拌が良好に行われたためである。

以上のように、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が低い場合の窒素除去は、拡散層厚の影響により高回転数が効率がよく、 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が 30mg/L 前後になると拡散層の影響は小さくなり、生物膜量の多い低回転数が効率が良い。 $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度が 60mg/L と高くなると、槽内の攪拌が必要となり、高回転数が効率が良いことが分かった。また、筆者らの過去のデータと比較すると、流入の  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を 30mg/L とした実験では、アクリル棒での除去率より約 5% 高い除去率を示した。計算した拡散層厚から、金網の回転翼は高除去率と予想したが、それほど大きな差が得られなかったことから、金網製もアクリル製の回転翼ともほぼ同等の脱窒率が得られたことが分かった。

#### 4. おわりに

網目構造回転翼による硝酸性窒素除去の実験を行い、以下のような結果が得られた。

- 1) 低濃度( $\text{NO}_3\text{-N}$  : 15mg/L)の場合には拡散層厚が脱窒率に有効である。
- 2) 高濃度( $\text{NO}_3\text{-N}$  : 60mg/L)の場合には拡散層よりも槽内の攪拌が有効である。
- 3) DO 濃度を調整する事で高脱窒率を得ることができた。
- 4) 金網製,アクリル製回転翼とも同等の脱窒率を得ることができた。

なお、本研究は平成 15 年度宮崎県「新産業創生共同研究委託事業」の助成を受け、その一部を使用して道行されたことを付記し、謝意を表します。

<参考文献>

- 1) 「水道における硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素対策の手引き」 社団法人 日本水道協会 1999,12
- 2) 永田典子、増田純雄、岩崎義彦、Mohad.Fauzi : 「網目構造回転翼による硝酸性窒素の除去に関する研究」 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 2002,3
- 3) Veniamin G Levich 「Physicochemical Hydrodynamics」 (Prentice-Hall,Inch.1962)
- 4) Jeannette Seamon ら「Biological upflow fluidized bed denitrification reactor demonstration project-Stamford,Ct,USA」

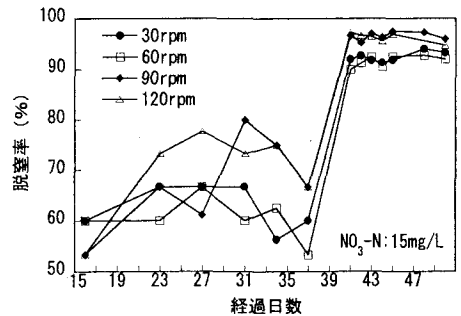


図-3 脱窒率と経過日数の関係

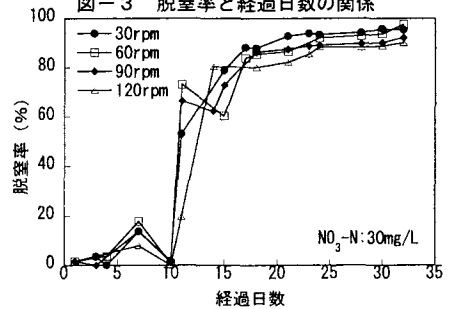


図-4 脱窒率と経過日数の関係

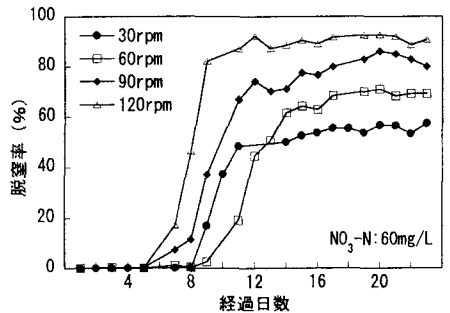


図-5 脱窒率と経過日数の関係