

流動床式生物膜装置を用いた窒素除去技術の基礎研究

神鋼パテック株式会社 ○熊野晋 川嶋淳 野中 信一

1. はじめに

近年、窒素の排水規制に伴い、各種の窒素除去装置やシステムの開発が行われている。当社では浮遊担体を用いた流動床式生物膜処理装置を開発している。欧州ではこの装置を用いた窒素除去プロセスが下水分野や食品工場等実績を有するが、窒素濃度や性状の異なる排水に適用するために、ベンチスケール実験により硝化・脱窒それぞれの基本処理性能を調査した。

本装置を硝化・脱窒単独処理に適用した場合、優れた性能を有することを確認できたので報告する。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を図1に示す。装置の形状は硝化槽が角形、脱窒槽は円筒形であり、有効容積は各々 5L、3.5Lである。担体の材質は高密度ポリエチレンであり、形状は直径10mm、高さ7mmの円筒形である。円筒内は十字の仕切が、また周囲にはフィンが付いている。十字の仕切は担体の強度アップと表面積の増加に、フィンは攪拌効率の向上に役立っている。実験における担体の充填率は硝化槽、脱窒槽いずれも67%とした。

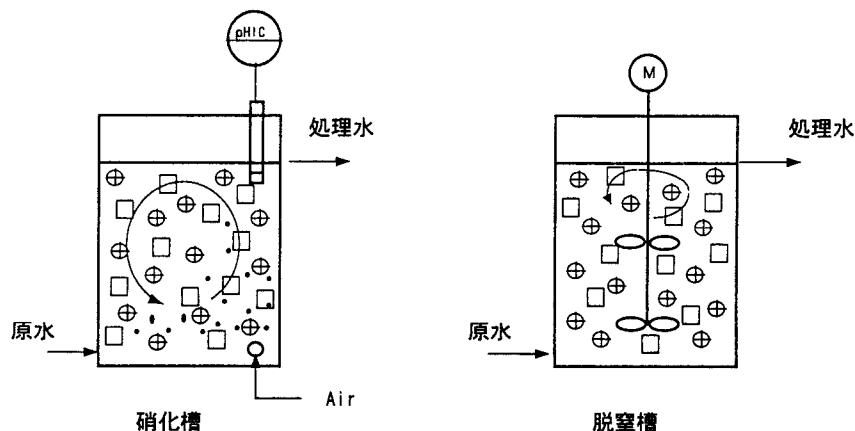


図 1 実験装置

実験には合成排水を使用した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 源には塩化アンモニウムを、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 源には硝酸ナトリウムを使用し、その他にリン、カルシウム等の無機栄養成分を排水に添加した。脱窒槽の水素供与体にはメタノールを使用した。実験において、pHは硝化槽のみ7.5にコントロールし、脱窒槽はコントロールしなかった。また、水温は10～26℃の範囲に調整した。実験では硝化、脱窒槽の処理能力に及ぼす水理学的滞留時間(HRT)と $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 容積負荷の影響、及び水温の影響等を調査した。

3. 実験結果及び考察

(1) HRTの影響

原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をそれぞれ12～25mg/L、35～50mg/Lに固定し、HRTを段階的に短縮した。硝化及び脱窒処理におけるHRTと $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率及び $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率の関係を図2、3に示す。硝化処理ではHRT 1～4hrの範囲で概ね98%以上の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率が得られ、HRT 0.5hrにおいても約90%の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率が得られた。

一方、脱窒処理ではHRT 0.5～3.5hrの範囲で98%以上の $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率が得られた。本流動床式の硝化、脱窒処理ではHRTが0.5hr以上であれば、HRTに影響されずに90%以上の高い除去効率が得られることが確認できた。

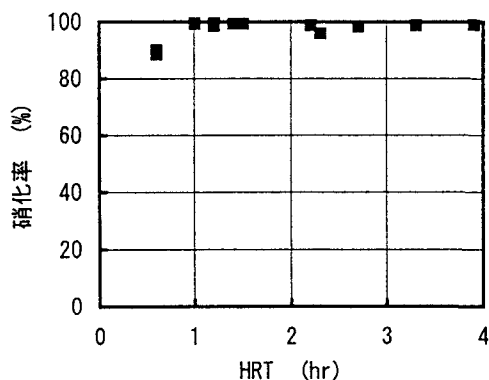


図2. 硝化槽HRTと $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率の関係

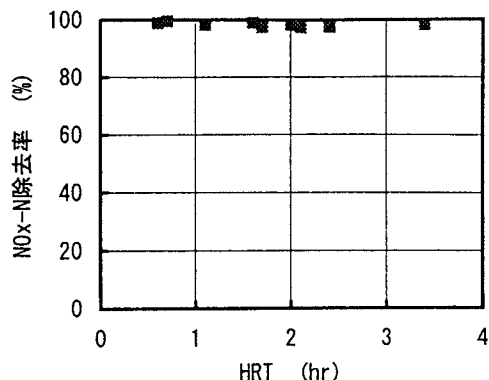


図3. 脱窒槽HRTと $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率の関係

(2) 容積負荷の影響

HRTをそれぞれ所定時間に固定し、原水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を段階的に高めた。硝化、脱窒処理における容積負荷と $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去速度の関係を図4、5に示す。硝化处理では $\text{NH}_4\text{-N}$ 容積負荷が $0.9\text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$ 以下であればほぼ100%の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率が得られることが図4から判る。一方、脱窒処理では $\text{NO}_x\text{-N}$ 容積負荷 $8.5\text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$ の高い負荷でも $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率は低下することなく低負荷時と同様の除去率が得られることが図5から判る。

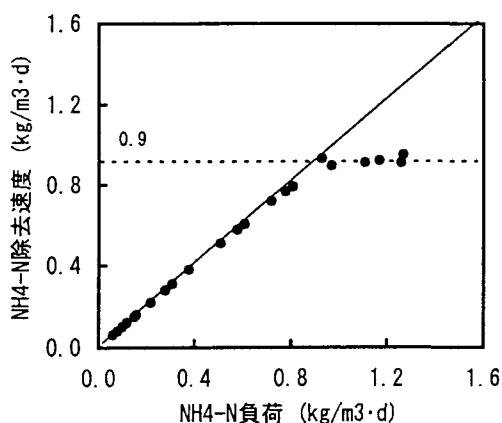


図4. $\text{NH}_4\text{-N}$ 負荷と $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去速度の関係

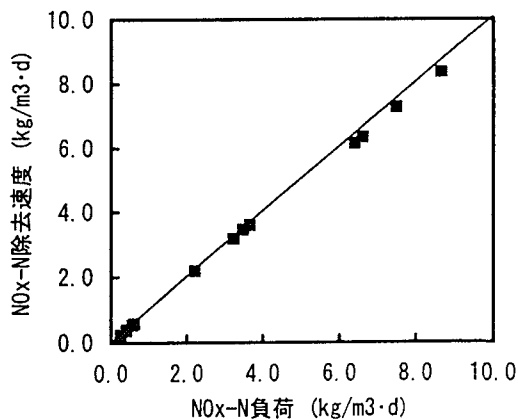


図5. $\text{NO}_x\text{-N}$ 負荷と $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去速度の関係

(3) 担体付着汚泥量及び単位SS当たりの除去能力

超音波洗浄器（日本エマソン（株）ブラソニック2210DTH型、47kHz、125W）を用いて、担体付着汚泥を剥離させ、剥離液のSS濃度を測定することによって担体付着汚泥量を求めた。ここで、担体付着汚泥量は有効容積基準の保持SS濃度に換算して表した。

測定結果を表1に示すが、硝化、脱窒ともに担体付着汚泥量は容積負荷に比例して増加する傾向が見られた。実験における付着汚泥量の最大値は硝化槽で 992 mg/L 、脱窒槽で $3,020\text{ mg/L}$ であった。本実験ではSSを含まない合成廃水を使用しているため VSS/SS 比は約0.95と高く、付着汚泥のほとんどは菌体とみなすことができる。なお、槽内の浮遊汚泥量は硝化、脱窒ともに非常に少なく、いずれも 10 mg/L 以下であった。

表 1. 担体付着汚泥量測定結果

調査時の負荷 kg/m ³ ・d	硝化槽NH ₄ -N負荷			脱窒槽NO _x -N負荷	
	0.61	0.97	1.27	0.50	3.48
付着汚泥量(mg/L)	289	755	992	457	3,020
VSS/SS比 (-)	0.94	-	0.96	-	0.96
N除去能力(kg/kg・d)	1.48	1.18	1.02	1.07	1.15

表 2. 硝化槽における水温の影響

水温	NH ₄ -N 除去速度 kg/m ³ ・d	24℃に対 する割合 %
10℃	0.60	67
15℃	0.75	83
24℃	0.90	-

硝化、脱窒槽の単位SS当たりのNH₄-N、NO_x-N除去能力を付着汚泥量測定結果と連続処理における容積負荷及び除去率から求めた。硝化槽の単位SS当たりのNH₄-N除去能力は表 1 に示したように平均1.22kg/kg・dで、脱窒槽のNO_x-N除去能力は平均1.11kg/kg・dであった。合成排水を使用したときの20℃におけるNH₄-N、NO_x-N除去能力はそれぞれ0.25、0.31kg/kgVSS・dであったとの報告例¹⁾があるが、実験結果はこれらの値と比較すると3～4倍高い。本装置では担体が激しく流動しているため、担体に付着した生物膜は過剰に肥大することなく一定の厚みが維持され、基質や酸素の拡散速度が大きいこと、及び常に世代更新された活性の高い菌体が保持されることが高い除去能力が得られる要因と推測される。

(4) 温度の影響

硝化槽における温度の影響調査結果を表 2 に示す。10℃及び15℃のNH₄-N除去速度はそれぞれ24℃の値の67%、83%であり温度の影響は小さかった。10℃と24℃の時の運転条件はpH、担体付着汚泥量等ほぼ同じであったことから、前記数値は温度のみの影響と考えられる。なお、NH₄-N除去速度は次式で表すことができる。

$$N_{Hr} = 0.47 \exp(0.028T) \cdots \cdots (1)$$

$$N_{Hr} : \text{NH}_4\text{-N除去速度} [\text{kg/m}^3 \cdot \text{d}]$$

$$T : \text{硝化槽の水温} [^\circ\text{C}]$$

4. あとがき

実験により本法は高負荷、短時間処理が可能であり、また処理能力は温度にあまり影響されない等、優れた性能を有することが確認できた。硝化と脱窒を組み合わせた種々の窒素除去プロセスについても実験を行っており、単独処理の場合と同様に優れた性能を有することが確認されている。

[参考文献]

1) (財) 土木研究センター建設省総合技術開発プロジェクト：バイオテクノロジーを活用した新排水処理システムの開発報告書（下水道編），P.634～635（平成3年2月）