

硫黄担体を用いた脱窒リアクターにおける生物膜の特性

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○角野晴彦、大岩勇太、国立環境研究所 正会員 珠坪一晃
 東北大学 正会員 原田秀樹、広島大学 正会員 大橋晶良

1. 目的

我々の研究グループでは、下水の二次処理水を対象とし、硝化槽に DHS (Downflow Hanging Sponge) リアクター、脱窒槽に硫黄脱窒リアクターを直列に接続した窒素除去システムを開発した。DHS リアクターは、無曝気で硝化ができる。硫黄脱窒リアクターは、従属栄養型脱窒と比較し、電子供与体の制御が容易となる。従って、開発システムは、当該排水処理の省エネ・低コストが可能になる。

開発システムのうち、脱窒槽の硫黄脱窒リアクターでは硫黄担体を用いた。ここに付着する生物膜は、バルク(生物膜表面)より電子受容体、硫黄担体(生物膜底部)より電子供与体が供給される特徴がある。そのため、硫黄脱窒を安定的に行うには、この生物膜の管理が重要である。本研究では、この生物膜の種々の状態において、主に脱窒活性を測定し、生物膜の特性を評価した。

2. 実験方法

実験に用いた硫黄脱窒リアクターは、内径 10 cm の円筒形とした。硫黄担体は、市販の硫黄カルシウム材(新日鐵化学、パチルエース)を、見掛けで 4.6 L 充填した(充填高さ 76 cm)。硫黄担体の粒径は、5~20 mm である。HRT の算定には、硫黄担体の充填区間の空体積(硫黄担体を含まない)である 6.0 L を用いた。排水は、上昇流モードで処理される。また、処理水から流入水への循環ラインを設けた。

脱窒活性試験は、培地 a) 硝酸カリウム、チオ硫酸ナトリウム、培地 b) 硝酸カリウムの 2 種類の培地に生物膜の付着した硫黄担体を入れ、無酸素条件下で常時振とうし、硝酸性窒素の消費速度を測定した。脱窒活性は、同条件で 2 検体試験を行い、平均した。汚泥濃度は、タンパク質濃度を指標とした。調査した生物膜は、次の 2 系列の硫黄脱窒リアクターから採取した。

実験 I : 模擬下水二次処理水を DHS リアクターで前処理した排水を流入水とし、硫黄脱窒リアクターによって 670 日間連続処理した。DHS リアクターは安定した処理が行われ、処理水の各水質平均値は全窒素 32 mgN/L、硝酸性窒素 26 mgN/L、アンモニア性窒素 1 mgN/L、全 BOD 1 mg/L であった。連続処理の運転条件は、HRT、循環比、処理温度を変化させた。連続処理の期間中、5 回に分けてリアクター基軸方向 2 カ所の生物膜の脱窒活性を調べた。活性試験の温度は、27.5°C とした。

実験 II : 硝酸カリウム 30 mgN/L に設定した人工排水を流入水とし、硫黄脱窒リアクターによって連続処理した。連続処理の運転条件は、HRT 4.5 h、循環比 15、温度 30°C と一定とした。処理水循環を与えることで、リアクター内を完全混合に近づけた。運転 33 日における生物膜では脱窒活性の温度依存性、運転 40 日にお

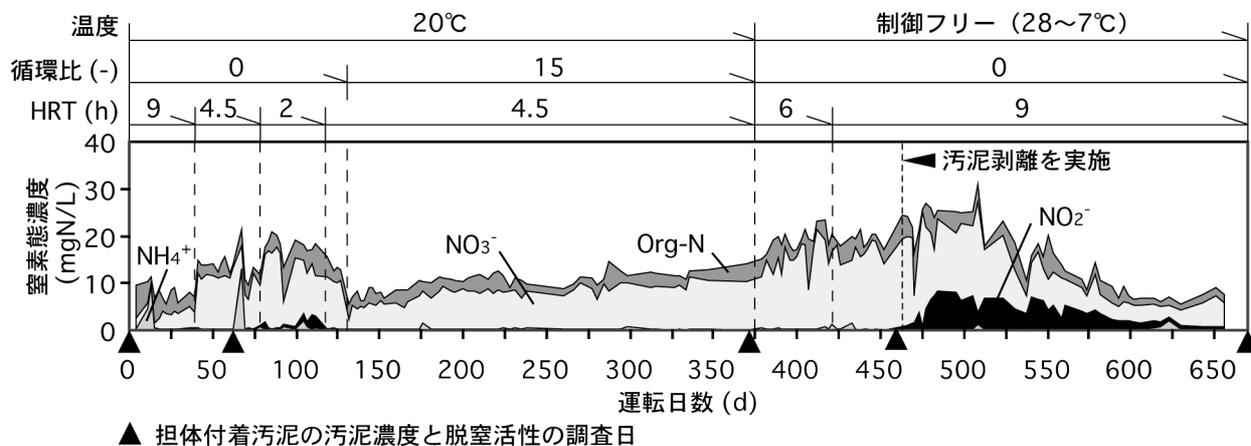


図1 硫黄脱窒リアクター処理水の窒素態濃度の経日変化(実験 I)

キーワード 硫黄脱窒、生物膜、脱窒活性、温度依存性、基質供給停止

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 岐阜工業高等専門学校 TEL058-320-1408

る生物膜では基質供給停止時間が脱窒活性（試験温度 27.5℃）に与える影響を調べた。また、運転 61 日における生物膜では、基質供給停止が菌の生死に与える影響を Invitrogen 社の Live/dead キットによって調べた。

3. 実験結果

(1) 生物膜の汚泥濃度と脱窒活性

図 1 に実験 I における硫黄脱窒リアクターの運転条件と処理水の窒素態濃度の経日変化を示す。処理温度が 20℃の場合、HRT を 4.5 h 以上とすれば、処理水の全窒素は 15 mgN/L 以下にできた。処理が長期（運転 250 日付近以降）に涉ると、処理水質が悪化する傾向があった。硫黄担体に付着した生物膜の剥離による処理性能の回復を図ったが（運転 463 日）、直ちに回復しなかった。また、処理水循環は、処理水質を向上する効果があった（運転 130～374 日）。

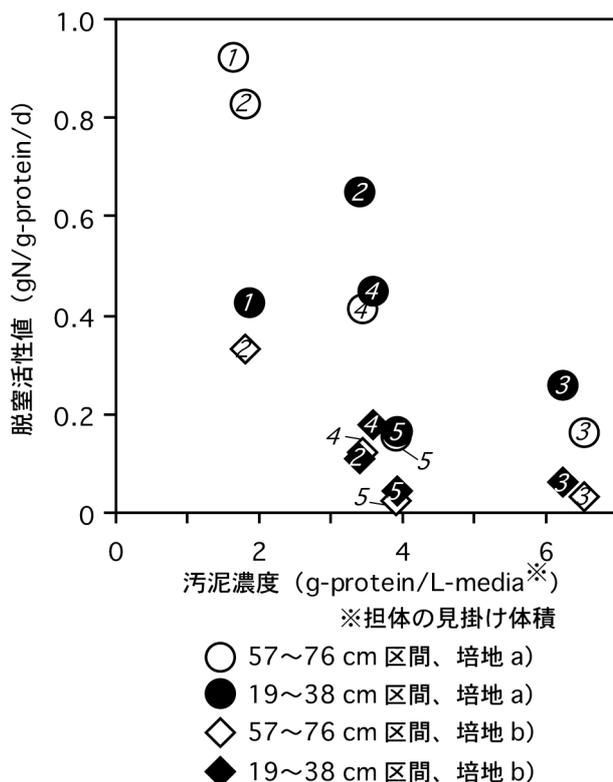
図 2 に実験 I の生物膜の汚泥濃度と脱窒活性の関係を示す。脱窒活性は、培地 a)、b) とともに汚泥濃度が増加（生物膜が成長）すると低下した。バルクから硫黄源と硝酸性窒素を供給する培地 a) の脱窒活性が低下しているのは、微生物自体の活性が低下しているといえる。この原因は、リアクター内で厚くなった生物膜内において、バルクから供給される硝酸性窒素と硫黄担体から供給される硫黄の接触が悪化し、次いで微生物自体の活性低下を導いたと考えられる。

(2) 脱窒活性の温度依存性

図 2 に実験 II、運転 33 日の生物膜の温度依存性を示す。実験 II の連続処理における硝酸性窒素除去率は、安定しており約 95%であった。培地 a) の脱窒活性は 35℃で最大値を示し、0.70 gN/g-protein/d であった。その他の試験温度における最大脱窒活性からの活性残存率（その他の試験温度の活性値/35℃活性値）は、5℃で 4%、10℃で 5%、15℃で 9%、20℃で 21%、および 27.5℃で 46%であった。培地 b) の脱窒活性と汚泥濃度から、処理温度 20、10℃において硝酸性窒素 30 mgN/L の排水を岐阜県の水質目標値である 15 mgN/L まで処理するための HRT を算出すると、それぞれ 5 h、16 h 必要とされた。

(3) 基質供給停止時間が脱窒活性に与える影響

図 3 は実験 II、運転 40 日の生物膜の基質供給停止時間に伴う脱窒活性の変化、運転 61 日の生物膜の基質供給停止時間に伴う死滅菌体割合の変化を示す。基質供給停止時間 0 d の脱窒活性は、培地 a) で 0.32 gN/g-protein/d、培地 b) で 0.19 gN/g-protein/d であった。基質供給停止時間 4 d に涉り、硝酸性窒素と溶存酸素がない状態にしても、脱窒活性は基質供給停止時間 0 d の 9～1.2 割を維持していた。死滅菌体の割合も基質供給停止時間 4 d の間で、大きな変化はなかった。



7~5: 担体採取日 運転 0、75、372、457、670 日
図 2 生物膜の汚泥濃度と脱窒活性の関係（実験 I）

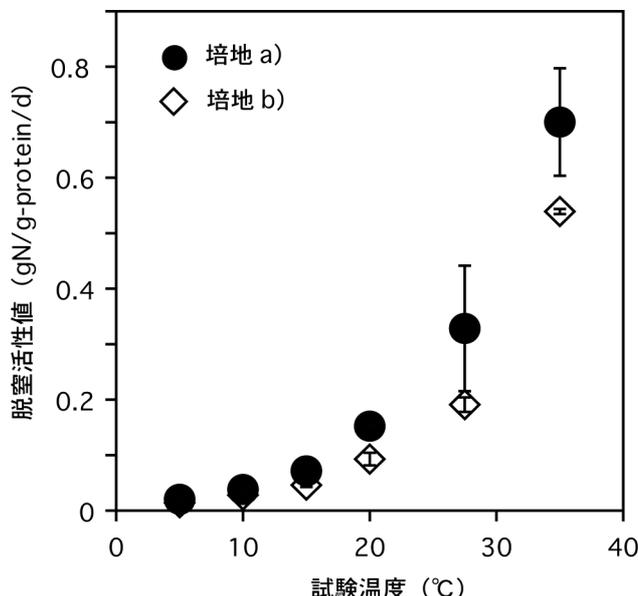


図 3 脱窒活性の温度依存性（実験 II、運転 33 日目）

表 1 基質供給停止時間が脱窒活性に与える影響（実験 II）

生物膜採取日	運転 40 日		運転 61 日
	基質供給停止時間 (d)	脱窒活性 (gN/g-protein/day)	
	培地 a)	培地 b)	死菌数 / 全菌数 (%)
0	0.32	0.19	44
1	0.32	0.23	55
2	0.30	0.17	45
4	0.31	0.20	45