

## 独立栄養的に脱窒する生物膜の活性評価

岐阜工業高等専門学校 ○大岩勇太 (学)、多田吉宏、角野晴彦 (正)  
 国立環境研究所 珠坪一晃 (正)、東北大学大学院 原田秀樹 (正)、広島大学大学院 大橋晶良 (正)

### 1. はじめに

硫黄担体を用いた独立栄養型脱窒（以降、硫黄脱窒）は、電子供与体の連続的な添加が不要であるため、従属栄養型脱窒と比較して、電子供与体の制御が容易かつ処理水を有機物で汚濁しない長所を持つ。本研究では、硫黄脱窒の特徴を発揮できる低 C/N 排水として下水二次処理水を対象とし、硝化槽に DHS (Down-flow Hanging Sponge)、脱窒槽に硫黄脱窒で構成した新規な窒素除去システムを開発した。DHS は曝気による酸素供給が不要なため、開発システムは低コスト処理・低炭素社会に貢献できうる技術である。

硫黄脱窒が安定した性能を発揮するためには、硫黄担体に付着する生物膜を肥大化させない管理が重要である<sup>1)</sup>。しかしながら、この生物膜の管理方法は経験によるところが多く、生物膜の様々な状態における工学的知見は少ない。本研究では、開発システムによって模擬下水二次処理水の連続処理を行い、硫黄脱窒の硫黄担体に付着した生物膜について、汚泥濃度と脱窒活性の関連性、温度低下の影響を調査した。

### 2. 実験方法

連続処理実験に用いた硫黄脱窒は、円筒形カラム（内径 10 cm、高さ 80 cm）に見掛けで 4.6L の硫黄担体を 4 層に分けて充填した。充填高さは 76 cm (19 cm×4 層) となった。HRT の算定には、担体充填区間の空容積 (6.0 L) を用いた。流入水は、硫黄脱窒の下部より上昇流モードで処理され、上部で処理水となる。また、処理水を流入部へ循環させるラインを設けた。硫黄担体には、新日鐵化学のパチルエースを用いた。粒径は 5~20 mm、平均粒径は 8.9 mm である。連続処理実験の期間中、HRT、循環比、処理温度を変化させた。

運転 0、75、372、457、670 日に硫黄脱窒の基軸方向 19~38、57~76 cm 区間の硫黄担体を採取し、硫黄担体に付着した生物膜の汚泥濃度と脱窒活性を調査した。汚泥濃度はタンパク質濃度を指標とし、Lowry 法に準じて測定した。脱窒活性試験は、a) 硝酸塩、チオ硫酸塩、b) 硝酸塩の 2 種類の培地に採取した硫黄担体を入れ、常時振とうし、硝酸塩の消費速度を測定した。試験温度は、27.5℃とした。加えて、運転 670 日は試験温度 10℃での脱窒活性を調査した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 連続処理性能

流入水 (DHS 処理水) は、全窒素で平均 32 mgN/L、硝酸塩で平均 26 mgN/L、アンモニアで平均 1 mgN/L、全 BOD で 1 mg/L であった。DHS 処理水の硝酸塩濃度は、HRT 1 hr、処理温度 7℃の条件下においても低下しなかった。

図 1 に硫黄脱窒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 20℃ (運転 0~374 日、運転 62 日を除く) では、HRT 9~4.5 hr において全窒素で 15 mgN/L 以下であった。運転 250 日付近より、全窒素が徐々に増加した。また、運転 130 日より流出水の循環 (循環比 15) を行ったところ、処理が向上する効果があった。

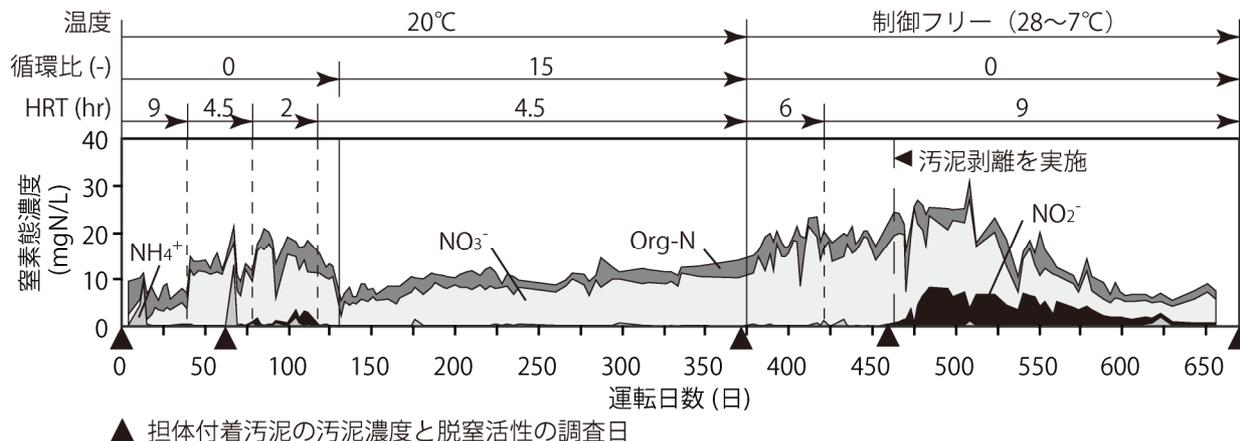


図 1 硫黄脱窒処理水の窒素態濃度の経日変化

運転 375～670 日 (2007 年 10 月～2008 年 7 月) では、屋内で温度制御フリーとした。この期間では、運転 250 日付近からの全窒素の増加傾向と処理温度の低下が伴い、運転 417 日 (HRT 6 hr、処理温度 13°C) で全窒素は 24 mgN/L となった。運転 422 日より HRT 9 hr としたが、処理水質は改善しなかった。

運転 463 日に硫黄担体に付着した生物膜の剥離を行った。直後から亜硝酸塩が検出されたことから、生物膜が初期化されたと考えられる。運転 520 日付近より、全窒素は徐々に減少し、運転 630 日は全窒素で 6 mgN/L となった。ただし、運転 520～630 日で処理温度が 8～22°C まで上昇した。

### (2) 生物膜の汚泥濃度と脱窒活性の関係

図 2 に硫黄担体に付着した生物膜の汚泥濃度と脱窒活性の関係を示す。培地 a)、b) の脱窒活性は、汚泥濃度が増加 (生物膜が成長) すると低下した。培地 a) は電子供与体にチオ硫酸塩を含んでおり、潜在的な脱窒活性を求められるとした。したがって、生物膜の肥大化により潜在的な脱窒活性が低下したことを表す。一方、培地 b) の電子供与体は、元素硫黄のみである。汚泥濃度と両培地の脱窒活性の比率 (培地 a) / 培地 b)) の関係から、生物膜の肥大化が元素硫黄を用いる脱窒活性に影響するかを調べた。両者の関係は、明確ではないものの、汚泥濃度の増加に伴い、両培地の脱窒活性の比率は増加している様相であった (データ不提示)。すなわち、汚泥濃度の増加に伴い、硫黄酸化細菌が利用しやすいチオ硫酸塩の効果が増した。これより、生物膜の肥大化によって、チオ硫酸塩を用いる脱窒活性よりも、元素硫黄を用いる脱窒活性が低下したと考えられる。

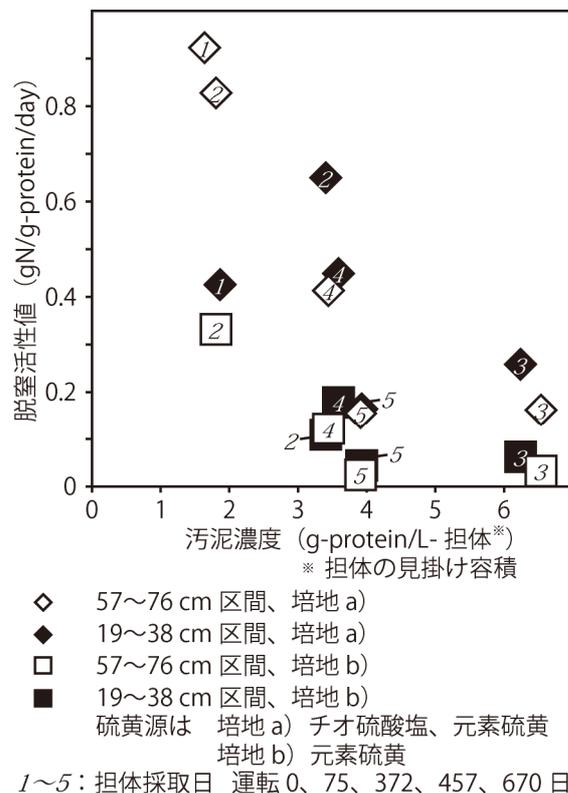
リアクターのポテンシャルを表す単位容積当たりの脱窒活性は、汚泥濃度 3.9 g-protein/L-担体以上で極端に低下した (データ不提示)。本リアクターの汚泥管理は、この値を上限とすることが適切である。

### (3) 温度低下による脱窒活性の影響

図 3 に運転 670 日における硫黄担体に付着した生物膜の 27.5°C と 10°C の脱窒活性を示す。10°C における活性残存率を 10°C 活性 / 27.5°C 活性で表すと、19～38 cm 区間の汚泥では培地 a) で 70%、培地 b) で 43% となり、57～76 cm 区間では培地 a) で 29%、培地 b) で 23% となった。両培地において活性残存率は 57～76 cm 区間より、19～38 cm 区間が高かった。この理由は不明である。両区間において両培地の活性残存率を比較すると、培地 a) より培地 b) の方が低い。培地 b) の電子供与体は、元素硫黄であることより、温度低下によってチオ硫酸を用いる脱窒活性よりも元素硫黄を用いる脱窒活性が影響を受けると考えられる。

## 4. まとめ

硫黄脱窒によって硝酸塩含有排水 (硝酸塩で平均 26 mgN/L) を連続処理し、硫黄担体に付着した生物膜の汚泥濃度と脱窒活性を調査した。脱窒活性は、汚泥濃度が増加すると低下した。本実験における硫黄脱窒の生物膜の汚泥濃度は、3.9 g-protein/L-担体以下が望ましい。10°C の脱窒活性を調べたところ、元素硫黄を用いる脱窒活性は、チオ硫酸塩を用いる脱窒活性よりも、温度低下に弱かった。



1～5: 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

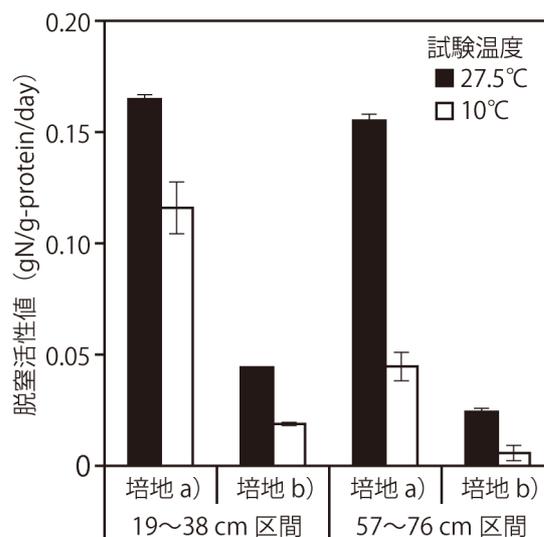


図 3 温度低下による脱窒活性の影響