

II - 497

硫黄脱窒菌を利用した硝酸塩除去プロセスへの有機物添加の効果

茨城大学工学部 学生員○尾林 寿
同 上 正 員 古米 弘明

1.はじめに

地下水中の硝酸塩濃度が経年的に上昇しつつあり、その利水障害に対する懸念が報告されている¹⁾。本研究は、独立栄養の硫黄脱窒菌を利用して生物学的に脱窒を行うる過処理プロセスの可能性を検討することを最終目的としている。前報で²⁾、集積培養硫黄脱窒菌とエタノールを用いて集積された従属栄養菌とを共存させた系において補助的にエタノールを添加した結果、硫黄脱窒菌単独系では蓄積した亜硝酸塩が共存系では従属栄養菌によって消費され、蓄積が解消されたことを報告した。次いで³⁾、チオ硫酸塩のみを添加する単独系と、少量のエタノールをさらに流入原水に添加する共存系について過処理実験を行った。しかし、亜硝酸塩の蓄積はさほど解消されず、エタノールの添加方法に問題があったと考えられた。そこで、エタノールの添加方法を検討する予備実験として、1) 回分実験の時間経過をろ過筒での流下距離に見立てて、両集積培養菌を用いてエタノール添加時期を変化させた回分実験、2) 亜硝酸塩が蓄積している単独系ろ過筒を用いて、直接ろ層部にエタノールを注入する方法で亜硝酸塩蓄積を解消する可能性を検討した。

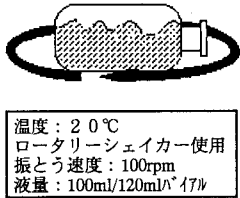


図-1 回分実験装置図

2.実験方法及び結果

2-1 集積培養菌によるエタノール添加方法の検討

集積された硫黄脱窒菌とエタノール培養従属栄養菌を用いて表-1に示す条件で、図-1の実験装置による回分実験を行った。実験は硫黄脱窒菌単独系のSTと、両菌の共存系であり、チオ硫酸塩の添加に加え、エタノールをそれぞれ実験開始0、4、10時間後に別途添加するMT-E0、E4、E10の合計4系列を行った。

表-1 実験条件

添加基質	ST	MT-E0,E4,E10
KNO ₃	20mgN/l	○
Na ₂ S ₂ O ₃ 5H ₂ O	1000mg/l	○
C ₂ H ₅ OH	30mgTOC/l	○ 0、4、10 時間後
NaHCO ₃	500mg/l	○
KH ₂ PO ₄	2.3mgP/l	○
NH ₄ Cl	5mgN/l	○
温度：20℃ 実験液量 100ml バイアル瓶使用 振とう速度 100rpm	略号 S:硫黄脱窒菌 M:共存系 E:エタノール T:チオ硫酸塩	

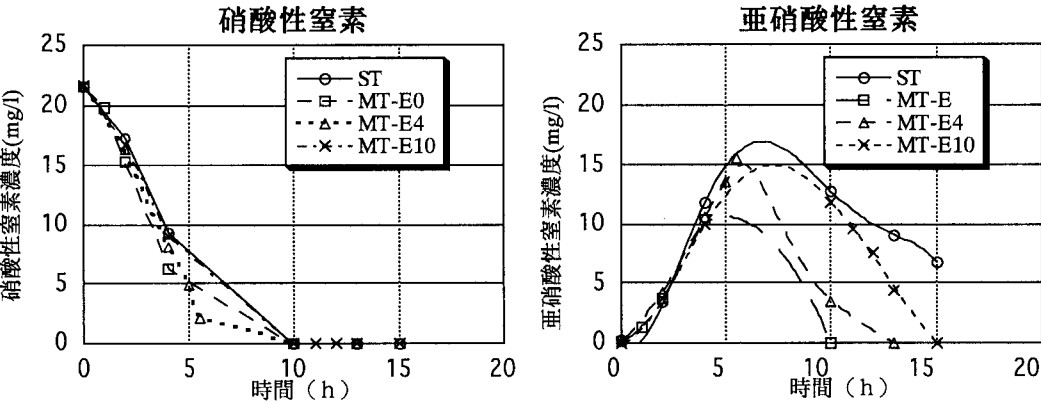


図-2 エタノール添加時期による脱窒変化

図-2にチオ硫酸塩を添加した硫黄脱窒菌単独系と、エタノールの添加時期を変えた共存系の実験結果を示す。硝酸塩の除去はエタノールを早く添加したものほど若干速くなるが、ほぼ同様な傾向で進む。一方、亜硝酸塩の除去はエタノールの添加時期により明確な差違が見られ、エタノールを早く添加したものほど窒素除去が早く終了する。また、MT-E4では4時間後にエタノールを添加したにもかかわらず、直後から亜硝酸塩除去は見られず、さらに蓄積した後、除去が始まる。以上のことより、本実験のようにエタノールが十分存在する場合においては、早い時期に添加するのが亜硝酸塩の蓄積解消に有効であるが、少量のエタノールで十分な効果を発揮させるには、エタノールが硝酸塩から亜硝酸塩への還元を利用されないように、硝酸塩の還元が十分進んだ状態で添加すれば良いと思われる。

2-2 ろ層部へのエタノール直接注入の検討

図-3に示する過筒に表-2の基質条件で連続処理実験を行い、その開始から約100日後に今回のろ層部へのエタノール直接注入実験を行った。このろ過筒は亜硝酸塩の蓄積が流下方向に顕著であり、長期連続処理実験により菌体代謝産物を利用する従属栄養菌の共存が進んでいると思われる単独系ろ過筒である。実験は亜硝酸塩の蓄積が見られる第2サンプリング口から濃縮エタノールをろ層体積分の20mgN/lの

硝酸塩濃度を除去し得る理論量を間欠的に添加した。添加とサンプリングの間隔は表-3に示す。

表-2 添加基質

添加基質	添加量
KNO_3	20mgN/l
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	424mg/l
NaHCO_3	120mg/l
KH_2PO_4	2.2mgP/l

表-3 添加時間およびサンプリング時間

エタノール添加	0 → 1.5 → 3 → 4.5
サンプリング	0- 0.5 → 2 → 3.5 → 5 → 6

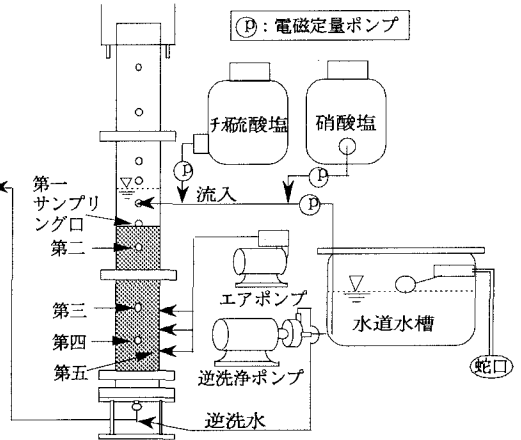


図-3 連続実験装置図

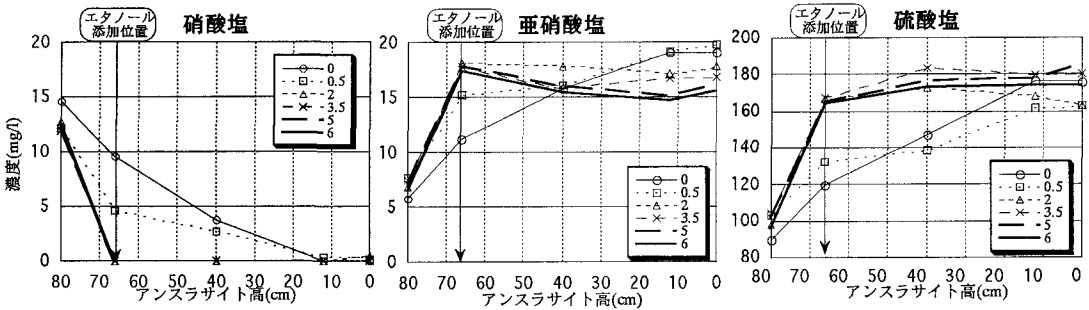


図-4 エタノール間欠添加による水質変化

図-4に実験結果を示す。硝酸塩濃度はエタノール注入後急激に低下を始め、3.5時間目以降はエタノール添加位置で測定されなくなった。また、亜硝酸塩の蓄積量はエタノール添加口付近で硝酸塩の除去に対応して多くなるが、ろ層下部においては、経時的に亜硝酸塩が減少していくのがわかる。

硫酸塩の生成量は経時的に増えており、このことから硫黄脱窒反応が活発になっていくことがわかる。添加したチオ硫酸塩は硫黄脱窒菌が20mgN/lの硝酸塩を脱窒するのに必要な量の2倍であり、このチオ硫酸塩が全て酸化されると、理論的に硫酸塩は約160mg/l生成される。つまり、2時間目以降第二サンプリング口までで全てのチオ硫酸塩が消費されていると考えられる。従って、ろ層下部での亜硝酸塩の減少はエタノールを利用した従属栄養菌によるものと思われる。

3.まとめ

以上のことより次の知見が得られた。

- 1) エタノールを十分に供給する場合においては、早い時期に添加するのが亜硝酸塩の蓄積解消に有効である。また、少量のエタノールで十分な抑制効果を発揮させるには、硝酸塩の還元が十分進んだ状態で添加すれば良いと思われる。
- 2) 硫黄脱窒菌を利用した生物学的ろ過処理プロセスにおいて、エタノールを流入原水でなくろ層部へ直接添加することにより、亜硝酸塩の蓄積がより効果的に解消できるとと思われる。

今後の課題として、少量のエタノールで、より効果的な脱窒を行うための注入方法を検討することが挙げられる。

参考文献

- 1) 日本水環境学会「地下水質保全対策調査」平成3年環境庁委託業務報告書
- 2) 尾林、古米「硫黄脱窒菌を利用した水道原水からの硝酸塩の除去」第48回年次講演会概要集p1224-1225.1993
- 3) 尾林、古米「硫黄脱窒菌を利用した生物ろ過による硝酸塩除去法について」第28回水環境年次講演集p78-79