

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

近年、硝酸性窒素による地下水の汚染が進行しつつあり⁽¹⁾、飲料水の水質基準である 10 mg/l を上回る井戸が増えてきている。硝酸性窒素あるいは亜硝酸性窒素は、メトヘモグロビン血症の原因物質であり、強力な発ガン性物質であるニトロソアミンの前駆物質⁽²⁾でもある。一般に地下水は清澄で、その水量が安定した質の高い水源である。したがって、貴重な水道原水として、また地下水以外の代替水源を求められない地域において、硝酸性及び亜硝酸性窒素の除去は重要な課題である。生物学的脱窒による除去としては従属栄養菌による有機物添加方式が一般的であるが、処理速度は高いものの残留有機物や余剰汚泥によるろ層閉塞など、汚泥管理に問題があることが指摘されている。そこで本研究では、ろ層閉塞や残留有機物などの問題が起きにくい生物学的ろ過処理プロセスを開発することを目指して、無機物である還元硫黄化合物に脱窒の際の電子供与体を求める独立栄養菌の硫黄脱窒菌を主に利用した除去を考えた。その第一段階として硫黄脱窒菌の集積培養菌を用いた回分脱窒活性試験を行いその硝酸塩の除去特性を評価、検討した。

2. 実験方法

図-1に示すような 300 ml 三角フラスコを用いた脱窒活性試験を表-1に示した条件で行った。事前に集積培養した硫黄脱窒菌の単独系（実験Sシリーズ）と、その培養懸濁液と従属栄養脱窒菌（エタノールを有機源として培養した脱窒菌）を混合した系（実験Mシリーズ）を準備し、表-2の基質を添加して窒素の除去能力を調べた。水質分析項目として、pH、ORP、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素、全窒素、TOC、チオ硫酸塩濃度を測定した。汚泥濃度指標としてMLSS、MLVSSを測定した。

3. 実験結果及び考察

3-1 硫黄脱窒菌による窒素除去におけるアンモニア性窒素の役割

実験S-1、S-2の2つの条件において初期アンモニア性窒素濃度を約 1 mg/l とし、反応の進行にともなって消費され消失する条件を設定し実験を行った。

図-2に示したとおり両実験ともアンモニア性窒素濃度がほぼ 0 mg/l となっていた7時間以降の反応がほぼ停止していることがわかる。今回使用した菌がアンモニア性窒素が存在する条件で培養されたものであるため明確な判断はできないものの、細胞合成のための窒素源として硝酸性窒素よりアンモニア性窒素が利用可能な条件の方が除去性能は高くなるものと予想される。したがって水道原水中に全くアンモニア性窒素量が存在しない場合には、適量添加することも重要な操作因子になると予想される。

表-1 実験条件

実験名	pH	温度(℃)	添加基質	使用菌体
S-1 S-2	7	20 25	チオ硫酸塩	硫黄脱窒菌
S-3 M-1 M-2	7	25	チオ硫酸塩 チオ硫酸塩 チオ硫酸塩 + エタノール	硫黄脱窒菌 硫黄脱窒菌 + エタノール脱窒菌 硫黄脱窒菌 + エタノール脱窒菌

表-2 添加基質

基質項目	S-1 S-2	S-3 M-1 M-2
$\text{NO}_3\text{-N}$	20 mg/l	
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	500 mg/l	1000 mg/l
TOC($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)	-	30 mg/l
NaHCO_3 , 150 mg/l KH_2PO_4 , 200 mg/l		

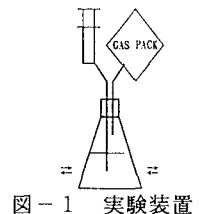


図-1 実験装置

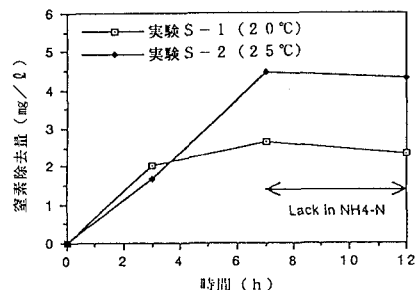


図-2 窒素除去量の変化

3-2 硫黄脱窒菌単独系と共存系の比較（エタノール無添加）

図-3のa)、b)に示されているように、単独系（実験S-3）より共存系（実験M-1）の除去量が上回っている。また、単独系では硝酸塩が還元されて生成される亜硝酸塩の蓄積が顕著に見られるものの、共存系ではその蓄積がほとんどない。どちらもエタノール（有機源）を添加していないので、共存系の従属栄養菌は働かないと考え両実験ともほぼ同一の動向を示すものと予想していた。しかし実験初期でのTOC分析結果を見ると相当量の有機炭素が存在していることが明らかである。このTOC成分は硫黄脱窒菌集積培養液中に蓄積していた有機代謝産物と考えられ、共存系での窒素除去は主にこのTOC成分を用いて従属栄養脱窒菌（エタノール培養脱窒菌）が行ったものと思われる。

3-3 共存系におけるエタノール添加、無添加の比較

図-3のb)、c)に示されている共存系のエタノール無添加の場合（実験M-1）に比べて添加した場合（実験M-2）の方が窒素除去量が多いことがわかる。これは添加したエタノールを利用して従属栄養脱窒菌により脱窒が盛んに行われたためと考えられる。実験M-2において、TOCの減少が2段階で起こっているが、これはエタノールと代謝TOCの利用にそれぞれ対応したものと思われる。

以上のことから、独立栄養菌である硫黄脱窒菌のみの処理プロセスではなく、積極的に従属栄養脱窒菌と共存させたプロセスを考えることで、窒素除去効率の向上が見込めることが推察される。すなわち、主に無機物であるチオ硫酸塩を添加して余剰汚泥発生量の少ない硫黄脱窒菌を処理プロセスに保持し、補助的に微量の有機物（エタノールなど）を添加することにより、亜硝酸性窒素の蓄積を抑えて、安定した処理（硝酸塩除去）を行える可能性がある。

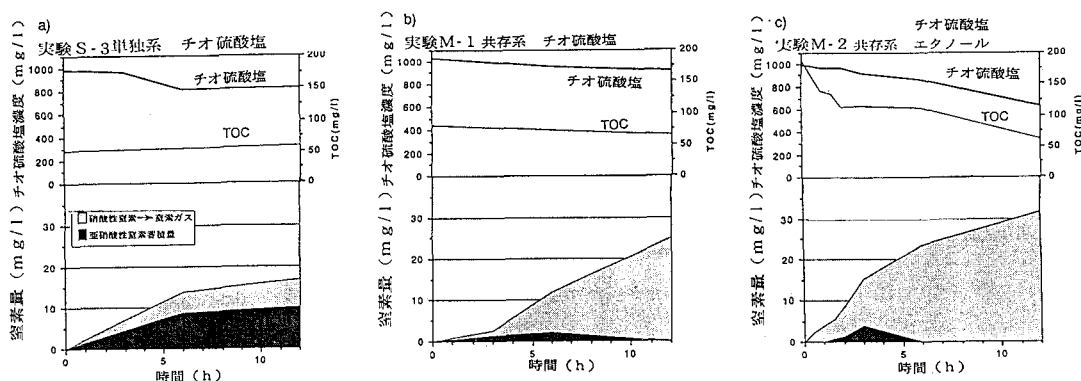


図-3 共存系比較

4. おわりに

本研究により以下の知見が得られた。

- 1) 硫黄脱窒菌による脱窒過程において、アンモニア性窒素の欠乏はその硝酸塩除去能力の低下を招くおそれがある。
- 2) 硫黄脱窒菌による脱窒では、亜硝酸塩が蓄積する傾向が見られたが、従属栄養脱窒菌の共存によりその蓄積は解消できる可能性がある。
- 3) エタノールで培養した従属栄養脱窒菌は、硫黄脱窒菌により生成された有機代謝産物（TOC成分）を利用しても窒素除去が行える。

参考文献

- (1) 環境庁（1983） 昭和57年度地下水汚染実態調査結果 昭和58年8月
- (2) 厚生省 国立公衆衛生院 「公共用水域における窒素系汚染物質の利水障害とその制御に関する研究」 24-1~24-23