

II-133

USB法を用いた高濃度塩分含有排水の脱窒特性

長岡技術科学大学 ○学生員 桂 健治 正員 桃井清至
新潟市 正員 佐々木幸一
建設省土木研究所 正員 滝沢 智

1. はじめに

筆者らは、水道水源中に含まれる低濃度アンモニアの除去システムとして、ゼオライト吸着-硝化-脱窒プロセスを検討している。これまでの研究では、ゼオライトの再生には塩類溶液としてNaCl 300mMを通水するのが最適であるという結果が得られた。しかし、高濃度の塩分とアンモニアを含む再生廃液を生物学的硝化・脱窒プロセスで処理する場合、塩分による微生物活性への影響をできる限り小さく抑える必要がある。硝化細菌の高濃度塩分耐性については既報¹⁾の通り、馴養により高い活性を維持することができた。今回は、高濃度塩分に対する脱窒菌の馴養効果の現れかたと、塩分耐性獲得後における菌数と脱窒活性について報告する。

表-1 基質組成[mg/l]

NO ₃ -N (as NaNO ₃)	200(start up)
CH ₃ OH	NO ₃ -Nの3倍
NaCl	0 or 17,550
MgSO ₄ · 7H ₂ O	6.0
CaCl ₂	3.0
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.4
MnSO ₄ · H ₂ O	0.08
NaMoO ₄ · 2H ₂ O	0.06
ZnCl ₂	0.2
FeCl ₂	0.12
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.0095

2. 実験方法

脱窒リアクターはφ10cm, H100cm(反応容積7ℓ)のUSB(Upflow Sludge Bed)型式であり、実験開始時にA市下水処理場の返送活性汚泥(MLSS=15,600 mg/l)を7ℓ植種した。基質組成を、表-1に示す。馴養効果を調べるために、NaCl無添加系(以下、この系を無添加系、この系の汚泥を淡水汚泥とする)とNaCl 300mM添加系(以下、この系を添加系、この系の汚泥を塩水汚泥とする)の2系列用意し、比較した。また、上昇線速度LVを1[cm/min]に固定し、容積負荷3[kg NO₃-N/m³ · day]でスタートアップし、NO₃-N濃度を段階的に増大させることにより負荷を上昇させた。なお、実験は25℃恒温で行った。

菌数は、塩分耐性獲得後、MPN(5本)法により、30℃で14日間培養後に計数した。培地は表-2に示すとおりであり、淡水汚泥、塩水汚泥それぞれについてNaCl無添加、NaCl 300mM添加の2つの条件で行った(合計4系列)。

脱窒活性は、塩分耐性獲得後、表-3に示す条件でバイアル実験(30℃で振とう培養)により求めた。実験は、淡水汚泥、塩水汚泥それぞれをホモジナイズした分散系とグラニューールのまま用いた非分散系に分け、更にこれら4種の汚泥についてNaCl無添加、NaCl 300mM添加の2つの条件で行った(合計8系列)。

表-2 GILTYの培地

KNO ₃	1.0g
7M'オキシ	1.0g
BTB溶液(1W/V%)	5ml
クエン酸ナトリウム	8.5g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	1.0g
FeCl ₃ · 6H ₂ O	0.05g
KH ₂ PO ₄	1.0g
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0.2g
NaCl	0 or 17,55g
[蒸留水1ℓ中]	

表-3 バイアル実験条件[mg/l]

VSS	7,000
NO ₃ -N (as KNO ₃)	500
CH ₃ OH	NO ₃ -Nの3倍
NaCl	0 or 17,550

3. 実験結果と考察

図-1は、除去率、容積負荷、グラニューール層高の経日変化である。除去率は、無添加系で21日、添加系で28日目にほぼ100%に達し、その後添加系で一時的な低下が見られるものの、両系とも良好な処理状況であった。また、負荷の上昇に伴い、グラニューール層高は急激に増加し、最終的にはリアクター上部まで達した。SEM写真により、両系からメタノール資化性で脱窒能をもったHyphomicrobium様の菌株が観察された。MLSSは、両系とも約50日で10万[mg/l]に達し、その後、生成ガスホルドアップの増大によりやや減少するが、両系とも一定値を示した。VSS/SSの増減はMLSSのそれとほぼ一致しており、無添加系において0.85、添加系において0.80で安定した。グラニューール径は、負荷の上昇に伴い大きくなり、無添加系で20日、添加系で40日目に1mmとなり、その後は約1mmで安定していた。以上のことから、脱窒菌の高濃度塩分含有排水(NaCl 300mM)の馴養は30日で十分であり、馴養後は無添加系とほぼ同等の活性を示すことが示唆された。

Hoek²⁾は、地下水中の硝酸性窒素除去を目的にイオン交換-脱窒プロセスの研究を行っており、USB反応器を用いて脱窒特性を調べている。その結果、収率、CH₃OH/NO₃-NはNaClを添加しても、添加しない系と変わらない値を示すことがわかっている。表-4は、実験期間中の収率とCH₃OH/NO₃-Nを比較したもの

である。本研究において、 $\text{CH}_3\text{OH}/\text{NO}_3\text{-N}$ は両系でほぼ同じ値となり、収率は添加系の方が少し大きくなった。添加系でむしろ増殖が盛んであるということから、脱窒菌は塩分適応性が高いことが示唆された。

表-5は、MPN法による菌数計測、バイアル実験による脱窒活性の結果である。菌数をみると、淡水汚泥の場合、 NaCl 300mM添加の条件で無添加の条件の約1/10に減少する。硝化菌の場合は、既報¹⁾の通り、淡水馴養汚泥(アンモニア・亜硝酸酸化菌とも)の菌数は NaCl 300mM添加の条件で無添加の条件の $10^{-2} \sim 10^{-6}$ に減少する。このことから、脱窒菌は塩分適応性が高いことが示唆された。また、塩分汚泥は NaCl 添加・無添加の条件に関係なくほぼ同じ菌数値となり、脱窒菌は塩分耐性獲得後、 NaCl 無添加の条件下でも増殖可能であることが示唆された。脱窒活性を見ると、塩分汚泥は塩分耐性獲得後、 NaCl 無添加の条件下でも高い活性を示しているのに対し、淡水汚泥は NaCl 300mM添加の条件で活性が低下している。これは、バイアル実験が短時間であったことによる塩分阻害の影響だと思われる。分散・非分散の違いについては、 NaCl 無添加の条件に対しては分散、 NaCl 添加の条件に対しては非分散で活性は高くなると思われたが、本研究ではこのような傾向を示さなかった。また、バイアル実験開始時のリアクター内の脱窒活性は無添加系で0.353、添加系で0.400 [$\text{g NO}_3\text{-N/g VSS} \cdot \text{day}$]であり、さらに負荷を上昇させる余裕があると思われる。

馴養条件と同じ系について、菌数当たりの活性を求めると表-6の様になる。菌数は塩分馴養汚泥の方が少ないが、菌体当たりの活性は塩分馴養汚泥の方が約4倍高くなっている。このことから、脱窒菌が塩分耐性を獲得する方法は、菌の絶対数の増加によるものではなく、代謝活性の上昇によるものであると考えられる。

4. まとめ

- 1) 脱窒菌の高濃度塩分含有排水(NaCl 300mM)に対する馴養は30日で十分であり、馴養後は NaCl 無添加系とほぼ同等の活性を示す。
- 2) 脱窒菌は NaCl 300mM添加の条件でも、無添加の条件と変わらない収率となり、高い塩分適応性を示す。
- 3) 脱窒菌が塩分耐性を獲得する方法は、菌の絶対数の増加によるものではなく、代謝活性の上昇によるものであると考えられる。

(参考文献) 1) 滝沢ら:「生物膜反応器による高濃度塩分含有排水の硝化実験」第25回水質汚濁学会(1991)、2) Hoekら:「Denitrification with Methanol in the Presence of High Salt Concentrations and High pH Levels」Applied and Environmental Microbiology, Vol.27, pp.199-205(1987)

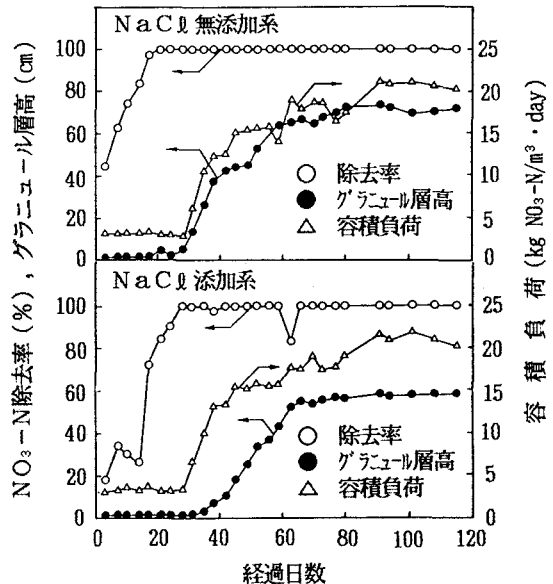


図-1 除去率、容積負荷、グラニュー層高経日変化

表-4 収率、 $\text{CH}_3\text{OH}/\text{NO}_3\text{-N}$

	無添加系	添加系	Hoek ²⁾ ら	
NaCl 濃度 [mM]	0	300	0	340
収率 [g VSS/g N]	0.536	0.571	0.50	0.52
$\text{CH}_3\text{OH}/\text{NO}_3\text{-N}$	2.32	2.28	2.33	2.40

表-5 菌数、脱窒活性

NaCl 濃度 [mM]	淡水汚泥		塩水汚泥	
	0	300	0	300
菌数 [cell/g VSS]	1.3×10^9	1.9×10^8	3.6×10^8	3.0×10^8
脱窒活性 [g N/g VSS·day]	0.515	0.406	0.536	0.446
	0.531	0.383	0.481	0.498

注) 脱窒活性: 上段は分散系、下段は非分散系

表-6 菌体当たりの脱窒活性

NaCl 濃度 [mM]	淡水汚泥		塩水汚泥	
	0	300	0	300
脱窒活性 $\times 10^{-7}$ [mg N/cell·day]	分散系	3.96	14.9	
	非分散系	4.08	16.6	