

広島大学工学部 正員 寺西 靖治
 広島大学工学部 正員 山口 登志子
 広島市役所 正員 向井 隆一

1 はじめに

下水の土壌散布処理においては、まず好氣的条件下で、下水中の窒素が酸化されて硝酸性窒素となる硝化反応が起こり、次に嫌氣的条件下では、硝酸性窒素が窒素ガスとなる脱窒反応が起こる。下水の土壌散布処理の利点の1つは、これら2つの反応を土壌という単一の処理体で行い、下水中の窒素を窒素ガスとして安全に大気中に揮散させることが可能な点である。本研究は、このうち脱窒反応に着目し、種々の環境因子の変化が与える影響について明らかにしたものである。また、下水の土壌散布処理におけるガス発生量の測定、および、ガス組成の分析による脱窒反応の確認を行った。

2 実験方法

実験装置として、直径10^{cm}・高さ100^{cm}の塩化ビニール製円筒型ライシメーターに、底から25^{cm}・50^{cm}・75^{cm}の位置に集水パイプを取り付けたものを使用した。排水方法は、人工下水としてグルコースを加えた硝酸カリウム水溶液4^lをあらかじめライシメーターに注入しておき、その後土壌11^{kg}を充増して、ライシメーター内の土壌中に気泡が残らないように封水状態にした。排水させた人工下水は、経時的に集水パイプより採水し、窒素成分の分析を行った。流出水の分析項目は、pH・EC・ORP・有機性窒素(org-N)・アンモニウム性窒素(NH₄-N)・亜硝酸性窒素(NO₂-N)・硝酸性窒素(NO₃-N)全窒素(T-N)である。NO₃-Nはイオンメーターにより、T-Nは全窒素分析装置(住友化学工業GCT-12N)により測定した。制御する環境因子としては、(1)散布NO₃-N濃度 (2)C/N比 (3)排水深さ (4)土壌の種類 (5)養生温度 (6)散布pH の6因子とし、それらの条件は表-1に示す通りである。ガス発生に関する実験においては、1000^{cc}のガラスビン内の土壌に人工下水を排水させ、ガス発生量の経時変化の測定、および、収集したガスの組成分析を行った。

表-1 環境因子と条件

環境因子	条 件
散布NO ₃ -N濃度 ^{mg-N/l}	30 60 150
C/N比	0.8 1.5 3.0 6.0
排水深さ (cm)	25 50 75
土壌の種類	マサ マサ+フシグ
養生温度 (°C)	10 20 30
散布pH	5.0 7.0 9.0

3 実験結果

本研究では、脱窒反応における窒素の除去率を次式のように定義し、窒素除去率によって、各環境因子が脱窒反応に与える影響を考察する。

$$\text{除去率 (\%)} = \frac{T-N(\text{散布時}) - T-N(\text{採水時})}{T-N(\text{散布時})} \times 100$$

3-1 散布NO₃-N濃度 (マサ, C/N比0.8, 排水深さ75^{cm}, 20°C)

図-1に示す通り、散布NO₃-N濃度が60^{mg-N/l}のとき最終除去率が最大値を示した。このことより、少なくとも30^{mg-N/l}と150^{mg-N/l}の間に除去率を最大にする最適散布NO₃-N濃度が存在すると考えられる。

3-2 C/N比 (マサ, 散布NO₃-N: 30^{mg-N/l}, 排水深さ75^{cm}, 20°C)

図-2に示す通り、C/N比の増加につれて除去率は高くなる。これはどの散布NO₃-N濃度についても同様であり、少なくともC/N比6.0までは、有機炭素源の増加が除去率の増大に有効であると言える。最適C/N比については今後の研究の課題である。

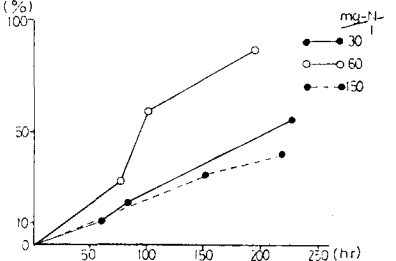


図-1 散布NO₃-N濃度—除去率

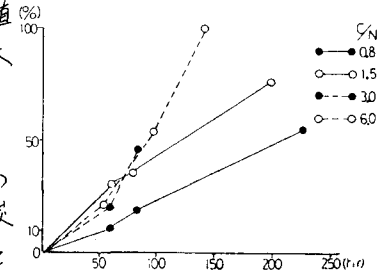
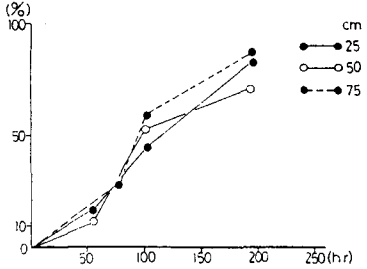


図-2 C/N比—除去率

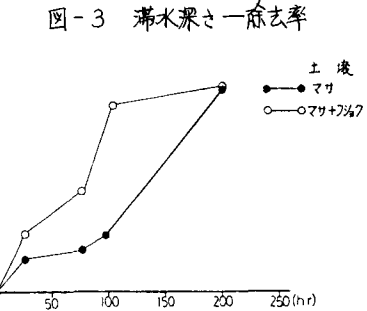
3-3 滞水深さ (マサ, 散布 NGS-N: 30%, %v/v60, 20%)

図-3に示す通り、どの滞水深さにおいても除去率の経時変化には大差がない。下層(75cm)の方がやや除去率は高いが、これは、上層(25cm)では水面からの酸素の溶解により充分な酸素状態が維持されないためと考えられる。このことは同時に測定した土壌のORPの値が、上層: 0mV, 下層: -100mVの結果を示したことからも判断される。



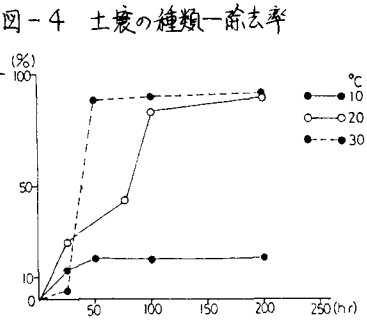
3-4 土壌の種類 (散布 NGS-N: 60%, pH7.0, %v/v60, 20%)

マサ+フジョクは重量比で9:1の混合土を使用した。図-4に示す通り、最終除去率には大差は見られないが、初期の除去速度が、フジョクを混合したものの方が、マサのみのものの約2倍となっている。これは、フジョクに含まれる有機炭素源や微生物などの影響により、脱窒反応が早い時期に促進されたためと思われる。フジョクとマサの最適重量比の決定は、今後の研究の課題となろう。



3-5 養生温度 (マサ+フジョク, 散布 NGS-N: 60%, %v/v60, pH7.0)

図-5に示す通り、30℃の場合が最も除去速度が大きい。30℃の場合、約50時間後にはほぼ最終除去率に達したが、20℃の場合は約100時間を要している。10℃の場合は最終除去率は約20%であった。養生温度は、脱窒菌の生育に重要な因子となるもので、その上限は一般に50~60℃とされているが、今回の実験において、20℃と30℃ではその最終除去率に大差はなく、脱窒反応に関する最適養生温度は、30℃前後にあるものと思われる。

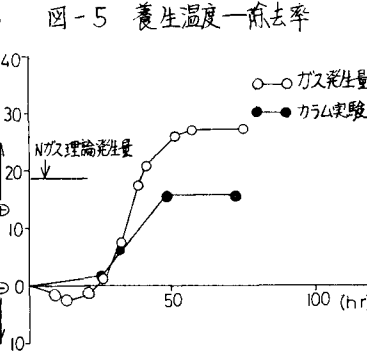


3-6 散布pH

一般に脱窒菌に対する最適pHは弱アルカリとされていることから、散布水のpHは重要な因子と考えられるが、今回の実験では明らかな影響は認められなかった。流出水のpHは、散布水のpHにかかわらずいづれも6.0前後で一定しており、むしろ、ライシメーター内のpHの制御が重要な問題となると考えられる。

3-7 ガス発生に関する実験結果

ガス発生量の経時変化は、図-6に示す通りであり、比較として、カラム実験による窒素除去量から計算したガス発生量を付加した。発生量の経時変化はよく一致しており、脱窒によるガス化の裏付けとらえることが出来る。ガスの組成は、表-2に示す通りである。



4 おわりに

本研究は、土壌中での下水の脱窒反応に対する環境因子の影響について行い、以下のことが判った。
(1)最適散布 NGS-N濃度が存在する。(2)%の増大が脱窒を促進する。(3)土壌はマサ+フジョクの混合土がよい。
(4)最適養生温度は、30℃前後である。(5)散布水 pH・滞水深さによる影響は、ほとんど認められない。

図-6 ガス発生量の経時変化
表-2 ガスの組成

No.	土壌の種類	工程下水の散布量 (mL)	ガス発生量 (mL)	窒素の除去量 (mg)	GAS (%)				Total
					N ₂	O ₂	H ₂	CO ₂	
1	マサ+フジョク	350	20.6	12.0	43.2 (8.9)	4.4	Trace	49.5	97.1
2	マサ	350	10.0	15.6	71.0 (7.1)	12.0	Trace	13.0	96.0
3	マサ	350	5.9	—	50.8 (3.0)	13.6	35.6	—	100.0
4	マサ	350	11.0	—	79.1 (8.7)	17.3	3.6	—	100.0
5	マサ	700	50.6	35.7	37.0 (18.7)	0.0	56.1	16.2	109.3

※装置内の間隙をAとガスで置換した。また、光を遮断ヤザを行った。