

広島大学工学部 正 山口 登志子

" " 寺西 靖治

広島市 大村 昭彦

日本道路 長江 力

1. はじめに

土壌内浸透処理法において汚水中のN除去の主な機構は植物による吸収と、土壌内硝化・脱窒素である。本研究は土壌内硝化・脱窒素について明らかにすることを目的とする。硝化については飽和浸透流で、脱窒素については飽和浸透流で、それぞれ土壌カラム実験を行い、カラム内の各態N成分($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$)分布を経時的に測定する。さらに土壌内ガス組成、 N_2 ガス発生量、土の硝化・脱窒活性、硝化・脱窒菌分布などについても調べ、考察を加える。

2. 実験方法

硝化・脱窒過程についての実験番号をそれぞれEX-Ni, EX-Deとする。図1にEX-Niの実験装置を示す。図のような土壌カラムを3本作成し、カラム番号をNi-1~3とした。充てん土はマサ土に畑土を2%添加した混合土である。(充てん量: 25.8 kg, 間隙率: 37.8%) EX-Niでは、 NH_4Cl 溶液をカラム上端より供給し、排水口より2~7日毎に土壌内溶液を採取して各N成分を分析した。実験条件を表1に示す。 NH_4Cl 溶液の濃度は20, 40, 60 mgN/lで、 NaHCO_3 , KH_2PO_4 を添加した。

EX-Deでは図1と同様の土壌カラムを用い、 KNO_3 溶液をカラム底部より上方に向、て流れる飽和流で供給した。充てん土はEX-Niと同様の混合土を用いた。(充てん量: 31.1~31.9 kg, 間隙率: 34.7~36.5%) 実験条件を表2に示す。 KNO_3 溶液の供給濃度は20, 40, 60 mgN/lで、有機炭素源にメタノールを用い、 $\text{C/N}=1.0$ とした。いずれの実験においても流出水については各N成分の他にpH, EC, TOC, TN, 酸消費量, BOD, CODなどの分析を行った。また、実験前後の土の硝化・脱窒活性、硝化・脱窒函数、含水比分布についても測定した。EX-Niでは土壌間隙内のガス組成を調べた。EX-Deではカラム上端にガス採取用バッグを取り付け、発生ガス量とその組成を調べた。実験温度はいずれも30°Cである。

3. 硝化過程に関する結果と考察(EX-Ni)

3-1 N成分のカラム内分布: カラムNi-1におけるN成分のカラム内分布の経時変化を図2に示す。ここで各N成分の実測濃度Cは、供給濃度を C_s として相対濃度 C/C_s で表わす。Ni-2, 3においてもNi-1と同様の結果がえられた。硝化が定常に達するには30~40日を要し、いずれのカラムでも5~10 cmで硝化はほぼ完了している。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は実験初期には検出されたが($C/C_s=0.2$ 以下), 5日以降ではほとんど検出されなかった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ が局所的に $C/C_s=1.0$ を超えているのは土に吸着した $\text{NH}_4\text{-N}$ あるいはもともと土に含まれていたNが $\text{NO}_3\text{-N}$ となつて流出したものと考えられる。深さ35~50 cmで $\text{NO}_3\text{-N}$ がやや減少する傾向がみられるので下層部で脱窒素が生じている可能性がある。そこで土壌内ガス組成、土の脱窒活性、脱窒

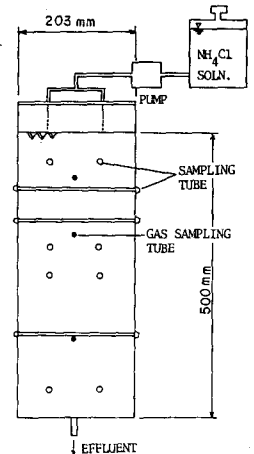


FIG.1 SOIL COLUMN

TABLE 1 DATA OF EXPERIMENT (EX-Ni)

column	concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	application rate (mm/day)	pore-water velocity (cm/hr)	dispersivity (cm^2/hr)
Ni-1	20		3.0	6.3
Ni-2	40	150	3.1	7.6
Ni-3	60		2.9	8.1

period of experiment: 56 days

TABLE 2 DATA OF EXPERIMENT (EX-De)

column	concentration of $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	application rate (mm/day)	pore-water velocity (cm/hr)	dispersivity (cm^2/hr)
De-1	20	170	2.6	3.3
De-2	40	150	2.7	4.2
De-3	60	170	2.8	4.8

period of experiment: 43 days

菌数などを調べたが、とくに上層部との差はなく、脱窒の確認はできなかった。図3はNi-1の $\text{NO}_3\text{-N}$ の時空分布を示したものである。実測値をスプライン補間して $\Delta X = 5\text{ cm}$, $\Delta t = 1$ 日の各点の値を求め、図示した。

3-2 硝化反応速度: 反応物流分散方程式を用いて硝化反応速度係数を求めた。図2に示したようにいずれのカラムでも5cmでほぼ硝化が完了しており、詳しい解析ができないため、反応を1次および0次と仮定してそれぞれの反応速度係数を求めた。えられた1次および0次反応速度係数はそれぞれ $8 \sim 9\text{ hr}^{-1}$, $12 \sim 35\text{ mg/c/hr}$ である。

3-3 土壌間隙内ガス組成: 土壌カラム内の N_2 , O_2 については空気の組成と大差はみられなかった。 O_2 分圧はカラムNi-1, 2, 3でそれぞれ18~21, 17~21, 15~20%で $\text{NH}_4\text{-N}$ 供給濃度が高くなるにつれわずかに分圧が下っている。カラム内の上中, 下層でのガス組成は大差がない。1~3%の CO_2 が検出された。 N_2O は検出されなかった。

3-4 土の硝化活性, 硝化菌数: アンモニア酸化

細菌の分布を図4に示す。実験開始前と比べて0~5cmでは差がないが、中, 下層ではやや減少している。亜硝酸酸化細菌についても同様の結果がえられた。実験前後の土の硝化活性を調べた結果、いずれのカラムでも0~5cmで活性が増加しているのが認められた。

4. 脱窒過程に関する結果と考察 (EX-De)

4-1 N成分のカラム内分布: カラムDe-2におけるN成分のカラム内分布の経時変化を図5に示す。その他のカラムでもほぼ同様の結果がえられた。脱窒が定常に達するには20~30日を要し、いずれのカラムでも5~10cmで脱窒はほぼ完了している。実験初期に $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出されているが、定常期ではほとんど検出されていない。 $\text{NH}_4\text{-N}$ もほとんど検出されなかった。

4-2 脱窒反応速度: 前節3-2で述べた方法により反応速度係数を求めた。えられた1次および0次反応速度係数はそれぞれ $1 \sim 6\text{ hr}^{-1}$, $10 \sim 22\text{ mg/c/hr}$ である。

4-3 ガス発生量と組成: 脱窒に伴い発生したガス組成は N_2 が88~92%, O_2 が約6%で、 CO_2 は検出されなかった。 CO_2 ガスは浸透水に溶解して流出したものと考えられる。 N_2O は検出されなかった。また、 N_2 ガス発生量は $\text{NO}_3\text{-N}$ 減少量がすべて N_2 ガスに変換されたとした場合の理論発生量に対して、De-2, 3では約80%の値がえられた。

4-4 土の脱窒活性, 脱窒菌数: 土の脱窒活性は実験前後で大差はみられなかった。脱窒菌数は実験後、0~5cmでやや増加している。それ以降の距離ではわずかに減少した。

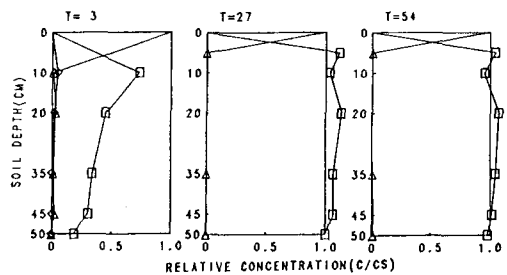


FIG.2 CONCENTRATION PROFILE OF N (Ni-1)

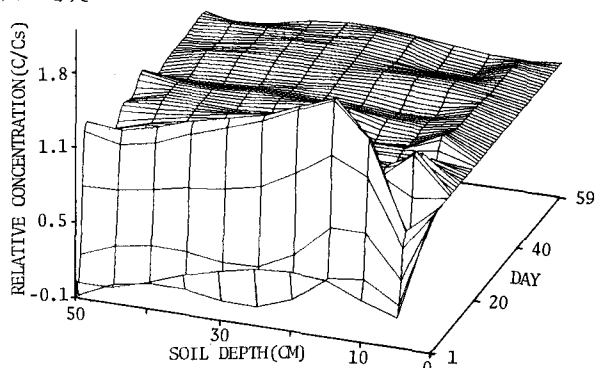


FIG.3 EVOLUTION OF $\text{NO}_3\text{-N}$ PROFILE (Ni-1)

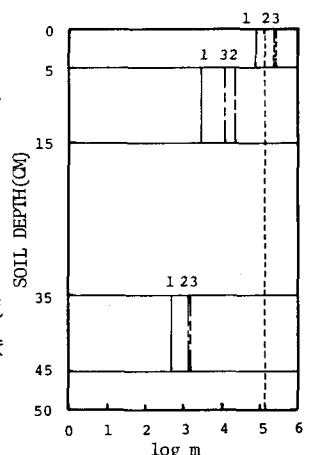


FIG.4 DISTRIBUTION OF AMMONIA-OXIDIZING BACTERIA

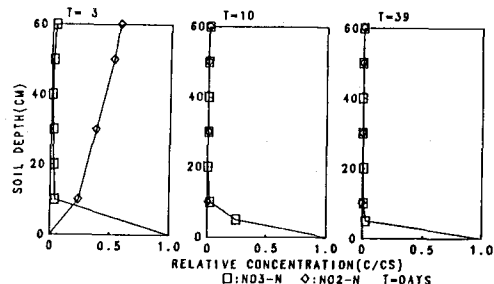


FIG.5 CONCENTRATION PROFILE OF N (De-2)