

土壌内硝化・脱窒による汚水の窒素除去

広島大学 正員 寺西 靖治
 “ “ 〇山口 登志子
 西松建設 盛重 知也

1. はじめに 土壌内急速浸透処理法において、汚水中のNは主として硝化・脱窒素により除去される。筆者らの従来の研究により、不飽和浸透流における土壌内硝化、飽和浸透流における土壌内脱窒素はそれぞれ、比較的容易に進むことが明らかとなった¹⁾²⁾。そこで、本研究では、これらの2つのプロセスを組み合わせるN除去を試みる。同一土壌カラム内に不飽和流域と飽和流域を作り、 NH_4Cl 溶液および有機炭素(メタノール、グルコース)を供給して、カラム内のN分布を経時的に測定し、Nの挙動について考察した。

2. 実験方法

2-1 実験Ⅰ 本研究では、まず実験Ⅰで、脱窒素に必要な有機炭素(メタノール)が硝化に与える影響について調べた。用いた土壌カラムは塩化ビニルパイプ(長さ45cm、内径10cm)にマサ土を40cmまで充填したもので、深さ20cmに水位を作り、0~20cmを不飽和流域、20~40cmを飽和流域とした。この土壌カラムを3本作成し、番号をそれぞれ、S1, S2, S3とした。マサ土の充填量は20.0kg(乾土)、空隙率は39%である。実験条件を表1に示す。供給液は NH_4Cl 溶液(20mgN/l)に、 NaHCO_3 , KH_2PO_4 を添加したもので、カラムS1~S3についてメタノールをC/Nとして、1.0, 1.5, 2.0となるよう加えた。S1はひき続きRun2としてメタノール無添加で行った。各N成分分布を測定し、Nの挙動について調べた。温度は30℃である。

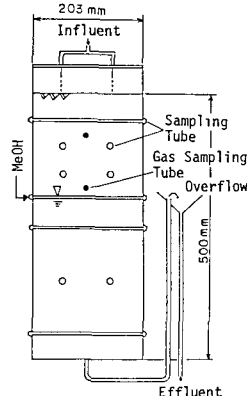


FIG.1 SOIL COLUMN

2-2 実験Ⅱ 本実験は図1に示すような土壌カラムを用いて、実験Ⅰとほぼ同様の条件で行った。土壌カラムを2本作り(L1, L2)、最初Run1として有機炭素無添加で NH_4Cl 溶液を供給し、土壌内硝化過程が定常に達したのち、メタノールおよびグルコースをそれぞれL1, L2に供給した(Run2)。メタノールの供給は、実験Ⅰの結果をふまえて、深さ20cmの地帯から直接飽和流域内にポンプで注入した。グルコースは供給液に添加した。実験条件を表2に示す。マサ土の充填量はL1, L2でそれぞれ、26.4, 25.8kg、空隙率は36, 38%である。

TABLE 1 DATA OF EXPERIMENT(I)

Column	$\text{NH}_4\text{-N}$ applied (mg/l)	Application rate (mm/day)	MeOH applied(C/N)	
			Run1	Run2
S1	20	140	1.0	0
S2			1.5	—
S3			2.0	—

Run1=61 days, Run2=21 days

実験Ⅰと同様、各深さの試料溶液および流出水の $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ を経時的に測定した。その他、土壌内のガス組成、土の硝化・脱窒活性、硝化菌、脱窒菌分布、土のTNなどについても測定した。温度は30℃である。なおRun2のL1へのメタノールの供給は200mgC/lのメタノール溶液を流量20ml/hrで注入し、飽和流域内でC/Nがほぼ1.0となるようにした。

TABLE 2 DATA OF EXPERIMENT(II)

Column	Run1		Run2	
	Application rate(mm/day)	Organic carbon	Application rate(mm/day)	Organic carbon
L1	200	0	220	MeOH C/N=1.0
L2	190	0	200	Glucose C/N=1.5

Run1=51 days, Run2=25 days, $\text{NH}_4\text{-N}$ applied=20 mg/l

3. 結果と考察

3-1 実験Ⅰ NH_4Cl 溶液にメタノールを添加して供給すると、土壌内硝化は阻害をうける。カラムS1のRun1, Run2におけるカラム内N成

分分布を図2に示す。Run 1で供給液にメタノールを添加 (20 mg C/l) すると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成は C/C_s (供給液のN濃度に対する実測N濃度の比) で0.4程度である。S2 (30 mg C/l)、S3 (40 mg C/l)でもほぼ同様の結果をえた。Run2でメタノールの添加を中止すると、図2に示す通り、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成量が増加して約10 cm 以内で硝化は100%進行した。

3-2. 実験II 実験Iの結果から、メタノールにより硝化が阻害されることがわかったので、実験IIでは、まずRun1でメタノール無添加で実験を行い、硝化が定常に達した後、Run 2としてメタノールおよびグルコースを供給した。カラムL2のN分布を図3に示す。L2では表2に示したように、Run2でグルコースを供給液に添加した (30 mg C/l)。図3から、Run1では硝化は10 cm 以内で完了しているが、Run2では硝化が阻害され、 $C/C_s = 0.2 \sim 0.3$ 程度であることがわかる。飽和領域内で脱窒素もほとんど起こっていない。これは供給液中のグルコースが土中の微生物に消費され、飽和領域まで達しなかつたためと思われる (TOCの分析結果から)。L1ではL2と同様、Run1で有機物無添加、Run2でメタノールを供給した。実験Iの結果をふまえて、メタノールは2-2で述べたように深さ20 cm の地点から飽和領域に直接、注入した。結果を図4に示す。Run1ではL2と同様、硝化は約5~10 cm で完了した。Run2では明らかに15 cm 以下で $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少がみられる。不飽和領域で脱窒素が生じているのは、メタノールの毛管上昇によるものと考えられる。Run2の流出水におけるN除去率は65~95%であった。

ここで、カラムL1の $\text{NO}_3\text{-N}$ 実測濃度分布から、反応物流分散方程式の逆問題として、反応項 (硝化・脱窒速度) の時空分布を求めてみる。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の実測データと $\Delta x = 5 \text{ cm}$ 、 $\Delta t = 2 \text{ 日}$ としてスプライン補間し、差分化した反応物流分散方程式から硝化・脱窒速度を計算した。Run2における深さ方向の分布を図5に示す。ここで、脱窒速度とは、正確には $\text{NO}_3\text{-N}$ 消費速度であり、図では負の値となっている。図5より、硝化は主に5~10 cm で進み、脱窒素は15~35 cm で進んでいることがわかる。

4. まとめ

本研究の実験条件下でえられた結果は次の通りである。

- ①硝化は5~10 cm で完了し、メタノール添加により、脱窒素は15~35 cm で進む。
 - ②脱窒素によるN除去率は65~95%であった。
 - ③硝化速度は $0 \sim 300 \text{ mg/l/day}$ 、脱窒速度は $0 \sim 100 \text{ mg/l/day}$ であった。
 - ④メタノールおよびグルコースは、硝化を阻害する。 ($C/N = 1.0 \sim 1.5$)
- 1)山口, 手西, “飽和流における土壌カラム内脱窒素”, 下水道協会誌, 22 (249) p 55~59 (1985)
- 2)山口, 手西, “土壌内硝化速度の時空分布”, 衛生工学研究論文集, 22 p.1~6 (1986)

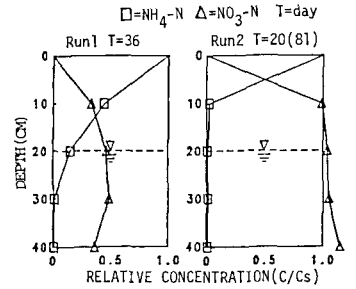


FIG.2 CONCENTRATION PROFILE OF N(S1)

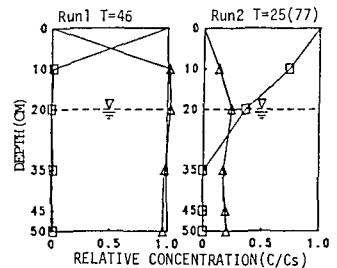


FIG.3 CONCENTRATION PROFILE OF N(L2)

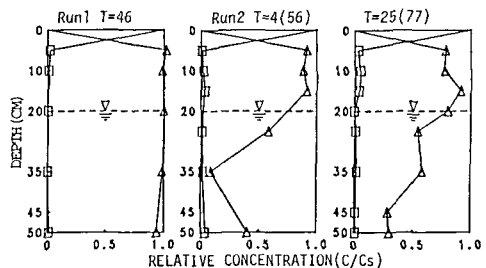


FIG.4 CONCENTRATION PROFILE OF N(L1)

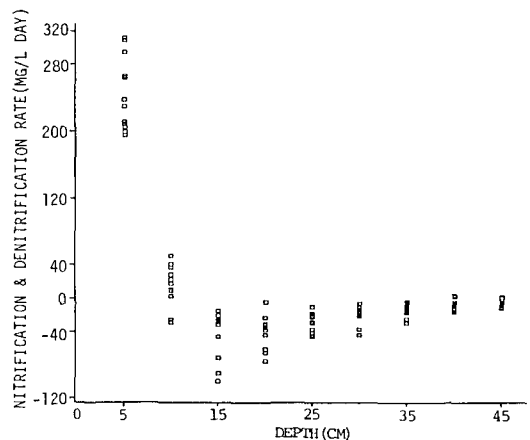


FIG.5 DISTRIBUTION OF NITRIFICATION & DENITRIFICATION RATE IN SOIL