

低温土壌内硝化過程

広島大学 正 員 寺西 靖治
 ” ” 山口 登志子
 ” 学生員 ○ 本田 俊広
 広島県 箱田 伸洋

1. はじめに

汚水の土壌内浸透処理法におけるN除去機構は主に硝化・脱窒素という2つのプロセスからなる(急速浸透法)。筆者らの従来の研究から比較的高温(20℃, 30℃)の条件下では不飽和浸透流における硝化過程は容易に進行することが明らかになった。そこで本研究では冬期や寒冷地を想定した低温(10℃)での土壌内硝化過程について明らかにする目的で、土壌カラムを用いて NH_4Cl 溶液の連続供給実験を行い、カラム内のN成分($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$)の経日変化を測定し、考察を加えた。

2. 実験方法

実験に用いた土壌カラムを図1に示す。土壌間隙中の溶液を採取する採水口と間隙内のガスを採取するガス採取口を取付けた土壌カラムを3本製作し、カラム名をNM20, NM40, NS20とした。NM20とNM40のカラムにはマサ土を、NS20のカラムには川砂を充填した(充填量=25.5~26.2kg, 間隙率=39.3~40.3%)。充填した土壌には硝化活性を高めるため畑土を重量比で2%添加した。実験条件を表1に示す。供給液である NH_4Cl 溶液の濃度はNM20, NS20は20mgN/l、NM40は40mgN/lとし、無機炭素源として NaHCO_3 を理論値の1.5倍、P源として KH_2PO_4 をP/N=0.1となるよう添加した。供給液の流量は200ml/hr(148mm/day)とし、実験温度は10℃とした。各カラムに NH_4Cl 溶液を連続的に供給し、カラム側面の各採水口から採取した土壌間隙水の各態窒素成分を経日的に調べた。流出水については各N成分の濃度の他にpH, TOC, TNなどの分析を行った。また土壌間隙内のガス組成や、実験前後の土の硝化活性・硝化菌数についても測定した。

3. 結果と考察

3-1 N成分のカラム内分布: カラム内N分布の経日変化を図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。各カラム別にみると、NM20では深さ5~15cmで硝化は活発であり、流出水における硝化率は約80%であった。NM40とNS20ではそれぞれ深さ20~25cm, 5cm前後で硝化は活発であり、硝化率は約65%, 約95%であった。硝化に与える温度の影響をみるため筆者らがNM20・NM40と同様の実験条件(マサ土, NH_4Cl 溶液の濃度=20mgN/l または40mgN/l, 流量=200ml/hr)で温度のみを30℃として行った研究と比較する。実験温度30℃では硝化が定常に達するのに要した日数はNの濃度に無関係に40日前

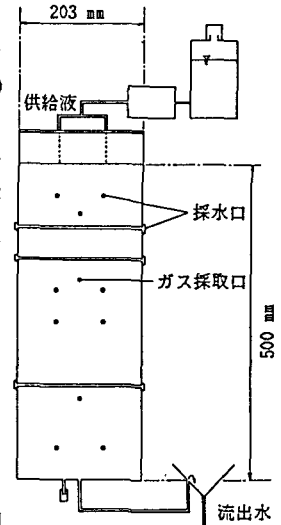


表1 実験条件

	NM20	NM40	NS20
供給液濃度(mgN/l)	20	40	20
実験期間(days)	140		
温度(℃)※	9.9±0.2		
流量(l/day)※	5.0±0.2	4.9±0.2	4.9±0.2
溶液供給量(mm/day)	153	151	150
窒素供給量(mg/day)	99.0	195.0	97.1

※は平均値±標準偏差で示している

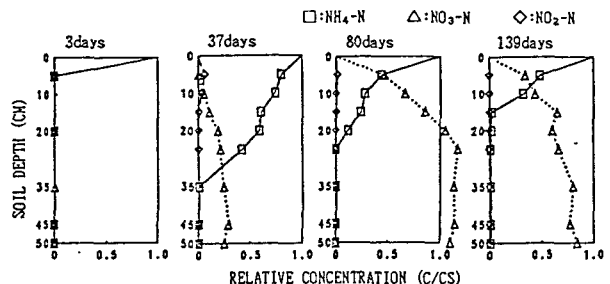


図2 カラム内窒素分布の経日変化(NM20)

後であり、深さ5 cmで硝化はほぼ完了し、硝化率は100%である。NO₂-N は実験初期には検出されたが、5 日以降はほとんど検出されていない。一方、本研究ではNO₂-N が検出されなくなるまで40日以上を要し、硝化が完了する位置は深さ20cm前後と深い位置になっている。

3-2 硝化活性・硝化菌数：実験前後の土の硝化活性と硝化菌数を表2、表3に示す。表2において30℃の硝化活性は2日、7日ともマサ土の活性が高いが、10℃の硝化活性は川砂の方が高くなっている。表3においてNM20とNS20を比較すると硝化菌数はNS20の方が多いにもかかわらず30℃、7日の硝化活性はNM20の方が高くなっている。また、全てのカラムで深さ0~25cmの範囲で硝化活性も硝化菌数も著しく大きくなっている。

3-3 カラム内のガス組成：各カラムとも下層におけるO₂分圧はほぼ空気中の割合に等しい。上・中層におけるO₂分圧はNM20が15~21%、NM40が14~21%、NS20が11~20%であった。N₂分圧は76~86%と空気中のN₂分圧に比べてやや高くなっており、カラム内で脱窒素が起っている可能性も考えられるが、本研究では確認できなかった。CO₂分圧もO₂と同様に上・中層で高くNM40では5%となる時もあった。なお、N₂Oは検出されなかった。

3-4 基質変換速度(硝化速度)の時空分布：各カラムのNO₃-N の実測データをもとに反応移流分散方程式により反応項(硝化速度)の時空分布を求めた。NO₃-N の実測データをΔX=5cm, Δt=2日でスプライン補間し、次式に示す差分化した反応移流分散方程式により基質変換速度(Φ_{i,n})を計算した。

$$\Phi_{i,n} = \frac{C_{i,n+1} - C_{i,n-1}}{2\Delta t} + u \frac{C_{i+1,n} - C_{i-1,n}}{2\Delta X} - D \frac{C_{i+1,n} - 2C_{i,n} + C_{i-1,n}}{(\Delta X)^2}$$

ここに、C：基質濃度、u：間隙内平均流速、D：分散係数、X：土壌内深さ、t：時間、Φ：反応項(硝化速度)である。ΔX, Δtは距離および時間方向の格子間隔でiΔX, nΔtにおける基質濃度をC_{i,n}、反応項をΦ_{i,n}とする。

NM20における土壌内硝化速度の時空分布を図3に示す。約40日以降、深さ5~15cmで主に硝化が進んでいるのがわかる。硝化速度の値は0~160mg/l・dayであった。NM40では約40日以降、主に深さ20~25cmで、NS20では約20日以降、深さ0~5cmでそれぞれ硝化が進行している。硝化速度の値はそれぞれ0~210, 0~220mg/l・dayであった。

4. まとめ

本研究で得られた結果は次のとおりである。1)硝化は10℃においても65~95%進行した。2)高温時(20℃, 30℃)では深さ0~10cmの位置で硝化がほぼ完了したが、10℃では0~25cmの比較的深い位置で硝化が進行した。3)土壌内硝化速度の最高値は160~220mg/l・dayであった。

参考文献

- 1) 山口・寺西, 衛生工学研究論文集, Vol.22, 1-7 (1986)
- 2) 山口・寺西, 土木学会第39回年次学術講演会講演概要集(第2部), pp.779~780 (1984)

表2 実験前の硝化活性および硝化菌数

		硝化活性(%)			硝化菌数 (MPN/g)	
		2日, 30°C	7日, 10°C	7日, 30°C	亜硝化菌	硝化菌
マサ土	上部	1.0	0.0	4.8	5×10 ²	8×10 ²
	下部	1.4	0.4	7.8	3×10 ³	1×10 ³
川砂	上部	0.6	0.8	1.4	5×10 ³	4×10 ³
	下部	0.6	0.4	1.2	3×10 ²	6×10 ²

表3 実験後の硝化活性および硝化菌数

カラム名	深さ(cm)	硝化活性(%) 7日, 30°C	硝化菌数 (MPN/g)	
			亜硝化菌	硝化菌
NM20	0~5	10	6×10 ⁵	8×10 ³
	5~15	6	9×10 ⁴	6×10 ²
	15~25	5	6×10 ⁴	6×10 ³
	35~45	0	6×10 ³	9×10 ²
NM40	0~5	14	4×10 ⁵	9×10 ²
	5~15	10	2×10 ⁵	9×10 ²
	15~25	15	4×10 ⁴	3×10 ³
	35~45	5	6×10 ⁴	9×10 ³
NS20	0~5	9	9×10 ⁵	4×10 ³
	5~15	5	5×10 ⁵	4×10 ³
	15~25	2	5×10 ⁴	4×10 ³
	35~45	0	4×10 ³	2×10 ³

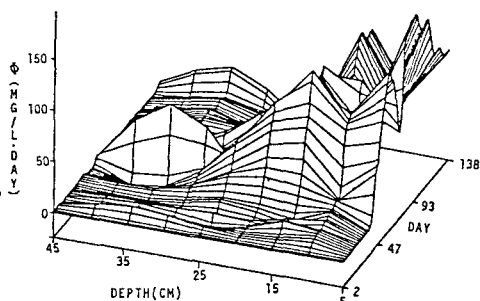


図3 基質変換速度の時空分布(NM20)