

II-351 土壌カラム中での硝化・脱窒作用に関する研究

京都大学工学部 正会員 ○津野 洋
 京都大学工学部 正会員 宗宮 功
 環境庁 島田 幸司

1. はじめに

地下水汚濁、非点源汚濁負荷、きめ細かい水質保全対策、雨水や排水の土地還元等の観点から、土壌環境中での汚濁物の消長が注目されているところである。本研究では、土壌のもつ汚濁物の浄化能のうち特に大きな役割を果たしている土壌微生物に注目し、また挙動が複雑である窒素を対象とし、土壌カラム実験による検討を試みる。

2. 実験方法

実験は、図1に示される装置を用いて行った。上段のカラムでは土壌表層の不飽和浸透流を、下段のカラムでは地下水面を想定し飽和浸透流を設定した。各カラムに、深さ30cmの土層となるように、雄琴川河口付近より採取後2mmのふるいを通させた砂質土壌を充填した。各カラムの土量は乾重で3.5Kgであり、下段カラムには実験開始直前に蒸留水1.1リットルを注入し湛水状態とした。この上下段直列カラムを三系列作成し、恒温室(20℃)に設置した。なお、供試土壌の性質は表1に示すとおりであり、砂質土壌であるため含水率が著しく低く、また窒素含有量及び細菌数も低い値である。

これら各系列に、グルコース、 NH_4Cl 及び KH_2PO_4 を成分とする二次処理水相当の人工汚水 (TOC 10mg/l, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 20mg/l, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 1mg/l) を各々 5、10、20cm/dayの負荷速度で滴下した。散水スケジュールは、12時間滴下-12時間停止のサイクルで行った。各系列での各水質の容積負荷率 ($\text{Kg/m}^3 \cdot \text{day}$) は、TOCで 0.85、1.70及び3.40、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ で1.70、3.40及び6.80、並びに $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ で 0.085、0.170及び0.340 程度となる。

通水開始後、経時的に各カラムの流入水及び流出水を採取し、各態窒素、TOC 等について分析を行った。また、土壌中の各態窒素、全炭素、窒素変換関連細菌群数の測定も行った。

3. 結果及び考察

通水期間中の各カラムの表層での窒素変換関連細菌群数の変化を図2に示す。アンモニア酸化菌は、汚水散水開始後数日から20日程度で 10^8 から 10^4 のオーダーに増加し、その後実験期間中はほぼ一定であること、及び湛水カラムでの増殖が速く、また散水負荷速度 5cm/dayの不飽和カラムでは増殖の遅れないこと等が示されている。亜硝酸酸化菌は、数日で 10^6 前後まで増殖するがその後暫減し 10^4 前後となることが示されている。硝酸還元菌は、数日で 10^4 から 10^6 のオーダーに増殖しその後ほぼ一定であること、及び湛水カラムでの数が多いことが示された。脱窒菌は、数日で増殖しその後ほぼ一定或は暫減傾向にあることが示され、その数は、湛水カラムで 10^5 前後、不飽和カラムで 10^2 から 10^4 のオーダー

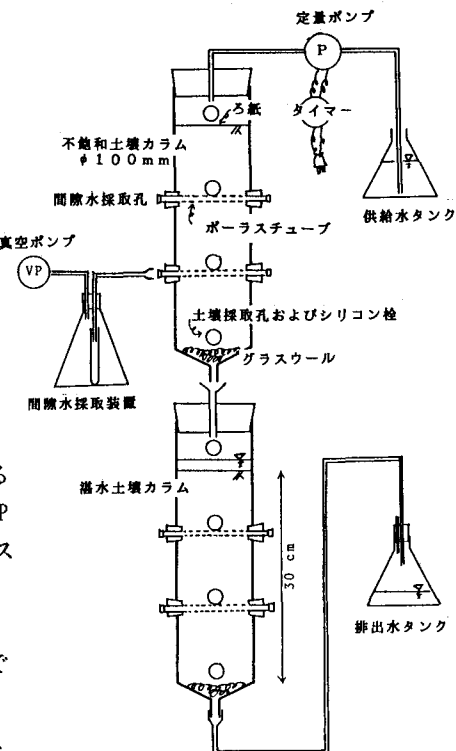


図1 実験装置の概要

表1 供試土壌の性質

項目	測定値	
物理	比重	2.65
	含水比	1.25 %
化学	pH H_2O	6.60
	KCl	5.68
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	1.4 μgN^*
	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	0.06 μgN^*
生物学	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	0.91 μgN^*
	Total N	81.3 μgN^*
	Total C	905 μgC^*
	アンモニア酸化菌	N. D.
亜硝酸酸化菌	1.2×10^2 個*	
硝酸還元菌	3.3×10^2 個*	
脱窒菌	N. D.	

*: 1g乾土当りの数値

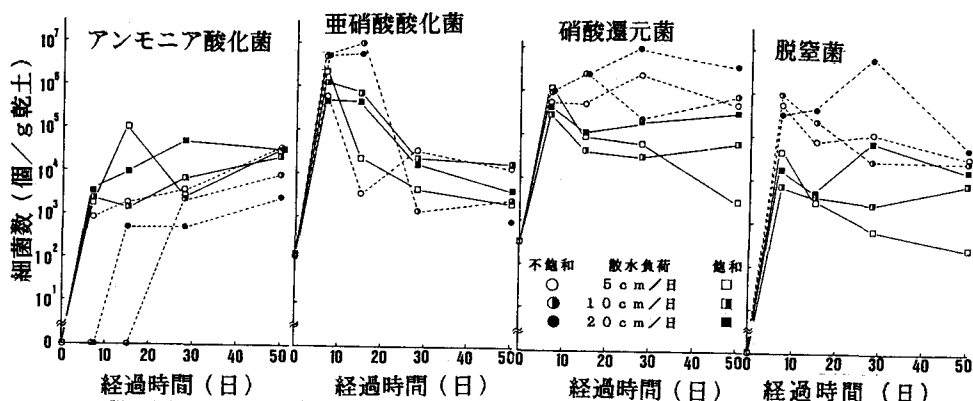


図2 窒素変換関連細菌群数の経時変化

であり、散水負荷が高い程多いことが示された。

通水期間中の各カラムからの流出水中の各態窒素濃度の変化を図3に示す。窒素は、アンモニア性窒素のかたちで 20mgN/lの濃度で散水したが、不飽和カラムからの浸出水中のその濃度は数日後で 10mg/l前後となりその後、散水負荷速度 5 及び10cm/dayではほぼ一定であるが、散水負荷速度 20cm/dayでは20日以降増加する傾向にあり実験終期ではほぼ全量が流出した。湛水カラムからの浸出水中のその濃度は、初期では 0であるが、10ないし40日以降より増加する傾向にあり、その時期及び程度は散水負荷が高いほど早くまた大きいことが示されている。不飽和カラム表層土壌中のアンモニア性窒素は15日程度で 0.05mgN/g乾土程度となりその後ほぼ一定であった。湛水カラム表層土壌中のアンモニア性窒素の濃度は30日で 0.1-0.15mgN/g乾土まで増加しその後ほぼ一定であった。不飽和カラム浸出液中の硝酸性窒素濃度は、散水開始後10日頃から増加し始めており、実験終期では、散水負荷の小さい順に20、10、及び 3mg/l程度となった。湛水カラム浸出水中のその濃度は10日頃から増加し始め5-10mg/l程度で安定した。実験期間中の不飽和層における窒素除去は、散水負荷速度の小さい順に23、28、31%であり、飽和層でのそれは67、42、19%であった。

湛水カラムの深さ方向の窒素の挙動の例を図4に示す。これより散水負荷速度 5cm/dayでは、湛水層で脱窒作用が卓越していることが示されている。

TOC 10mg/lの濃度で与えたが、不飽和カラムではほぼ全量が減少した。

4. おわりに

土壌カラム中での窒素の挙動について、浸出液中及び土壌カラム中の各態窒素濃度、並びに窒素変換関係細菌数の変化により実験的に検討を試み、その特性を提示した。

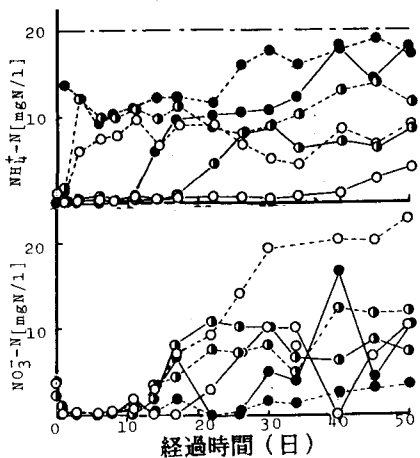


図3 アンモニア性窒素及び硝酸性窒素の濃度の経時変化

○; r=5, ⊙; r=10, ●; r=20cm/day
 - - - 不飽和層 — 飽和層

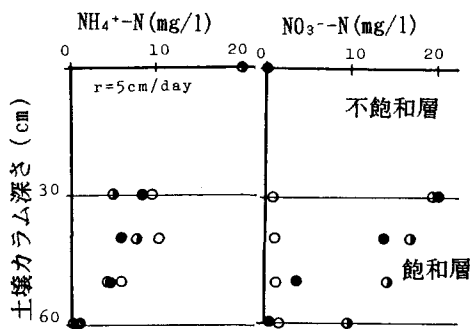


図4 アンモニア性窒素及び硝酸性窒素の濃度の深さ方向の分布
 (○11日目、●30日目、●40日目)