

山梨大学 学生員 本郷 善彦

山梨大学 正会員 竹内 邦良

山梨大学 正会員 坂本 康

1. はじめに

水質成分を用いた流出成分分離の研究のうち、NO₃⁻をトレーサーとして用いたものには、すでに海老瀬ら(オ26回水講, 1982)の研究があり、筆者らもまた、その可能性について検討している(オ27回水講, 1983)。この中で筆者らが示した結論の一つは、NO₃⁻を用いて流出成分分離を行なうためには、表層土壌から浸透水へのNO₃⁻の供給状況、特にその時間変化を解明しなければならないということである。そこで今回は、土壌カラムに人工的な降雨を与えて、NO₃⁻の流出濃度変化を調べる室内実験を行なった。また、その結果から、NO₃⁻の流出モデルを検討した。

2. 実験方法

調査対象の相川(笛吹川の一派川)流域内の4地点(A:桑田, B:傾斜のほとんどない雑木林, C:傾斜のある雑木林, D:桜並木の土手)の表層約20cmの土を現地採取した。実験室に持ち帰った土は、あらかじめふるいにより小石や木の根、枯葉などを取り除き、図1に示すような内径19 cm, 高さ30 cmの塩ビパイプにできるだけ一様に詰め、これに人工的な降雨として、蒸留水を散布した。降雨強度は、アルミ皿の穴にかかる水压を変化させることによって調節した。表1に、実験時(降雨終了直後のものと降雨中の定常状態におけるものと同じ)の土の物理定数を示す。

3. 実験結果

図2に、累加浸透高 ΣR (mm)と流出水のNO₃⁻-N濃度の関係を示す。流出水の濃度は、指数関数的に低減していることがわかる。土A, B, Cでは、降雨強度を変化させて実験を行なったが、各実験における初期濃度 C_0 (mg/l)は異なっている。これは、降雨強度による違いであるとともに、採取土のサンプリングバリエーションと考えられる。しかしながら図2中の表に示したように、 ΣR に関する指数低減係数である勾配 α は、同一地点から採取された土については同一になるという結果が得られた。すなわち、流出水のNO₃⁻-N濃度 C_t (mg/l)は、

$$C_t = C_0 \cdot \exp(-\alpha \cdot \Sigma R) \quad (1)$$

で表わされ、各土の勾配 α は初期濃度 C_0 、降雨強度 r によらず一定である。表1の降雨中の含水比と、図2の勾配 α を比較してみると、含水比が大きいほど勾配 α は小さくなっているらしいことがわかる。そこで以下にこの点を検討してみる。

4. 浸透水濃度の指数低減係数 α の検討

まず降雨中の土中水分量の影響として、浸透水が土壌カラムに滯まるみかけの滯留時間を考える。すなわち、

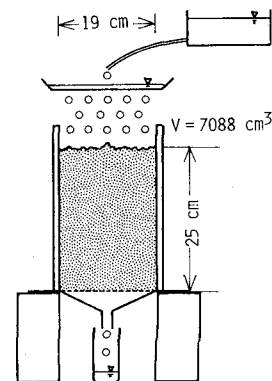


図1 実験装置

表1 実験時の土の物理定数

		湿润密度		含水比		開隙比		飽和度	
		δ_t	平均	W	平均	e	Sr	平均	
A	1	1.40		43.5		1.75	66.7		
	2	1.42		43.4		1.75	67.7		
	3	1.46	1.43	49.4	45.6	1.75	75.8		70.5
	4	1.42		46.1		1.75	71.9		
B	1	1.25		49.8		2.25	59.8		
	2	1.28		54.1		2.25	64.9		
	3	1.25	1.27	50.9	52.1	2.25	61.1		62.5
	4	1.28		53.6		2.25	64.3		
C	1	1.22		80.8		3.07	71.1		
	2	1.27	1.25	88.3	84.6	3.07	77.7		74.4
D	1	1.36		66.1		2.29	77.9		

平均流出量 Q (cm^3/hr) とカラム内の水分容積 V_w (cm^3) とを用いると、カラム内での水のみかけの滞留時間 $\bar{t}$ (hr) は、

$$\bar{t} = V_w / Q \quad (2)$$

で表わされ、 $\bar{t}/\bar{t}_0$ は、土中水のみかけの入替え回数となる。図3に、無次元化した時間であるこの入替え回数と流出水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の関係を示す。ここでも勾配は、同一地点の土については一定であるが、採取地点の違いにより、0.57~1.91まで変化している。

次に、含水比 w の影響について考察してみる。含水比 w が大きいと、土粒子中に保持され滞まっている水分量が大きくなるために、実際には、入替え回数を多くしないと、同じ濃度だけ減少しない。すなわち、低減勾配 α は小さくなるはずである。図4は、この関係を確認するための図である。勾配 α と含水比 w の関係は、両対数紙上で直線となり、その傾きは -2 である。土Dのみがかなりずれているが、他の資料と違って実験サンプルが1つであることから、現段階でその理由を論ずることはできない。ちなみに、勾配 α に含水比 w の2乗を掛けると、表2に示すように、 α は一定に近づく。すなわち、

$$C_t = C_0 \cdot \exp(-\alpha' \cdot \bar{t} / w^2) \quad (3)$$

とすると、 $\alpha' \approx 0.3 \sim 0.4$ となる。さらに粒子の微細構造をも考慮することができれば、よりユニバーサルな値が得られるものと思われる。

5. おわりに

土壌浸透水への表層土壌からの NO_3^- の供給状況は、累加浸透高 ΣR をパラメータとすれば、その低減係数 α は、同一地点から採取した土に対しては、一定になることがわかった。さらに、みかけの滞留時間、含水比をパラメータとして考慮すれば、係数 α は、あらゆる土壌に共通な値として整理しうな可能性のあることがわかった。

流域内各地点の土壌の違いによる物理定数、初期濃度の違い、その他空間的なばらつきは、流出水の成分分離のためには極めて重要な問題であり、今後は、この問題をも含めてさらに検討していきたい。

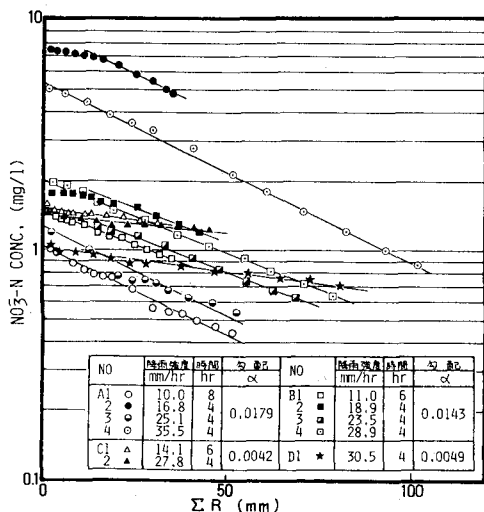


図2 累加浸透高と流出水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

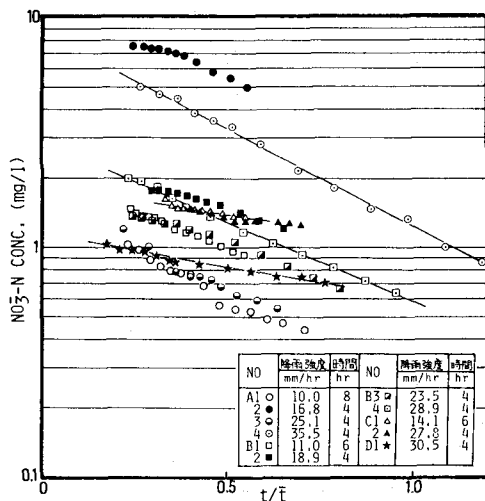


図3 入替え回数と流出水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度

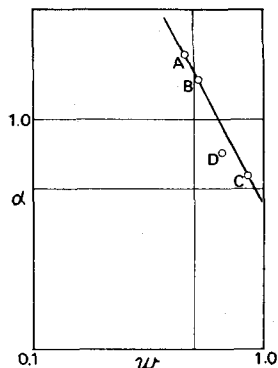


図4 含水比 w と勾配 α の関係

表2 勾配 α の比較

	$\bar{t}/\bar{t}_0$ に 対する勾配	$\bar{t}/\bar{t}_0 \cdot 1/w^2$ に 対する勾配
A	1.91	0.39
B	1.48	0.40
C	0.57	0.41
D	0.72	0.31