

Ⅱ - 274

陰イオンの土壌内移動特性と濃度の関係

広島大学工学部 正員 山口 登志子
 広島大学工学部 正員 福島 武彦
 広島県 立沢 和聡

1) 研究の目的

近年、土壌汚染や地下汚染が深刻化している。その汚染物質の挙動予測には、一般に塩素イオンなどの陰イオン物質がトレーサーとして利用される。本研究の目的はこれらの陰イオンの土壌内挙動を明らかにすることである。土壌内移動特性を評価する指標として遅延係数（土壌内を流れる水の流速と対象とする物質の流速の比）に着目し、土壌マイクロカラムを用いて遅延係数を測定することにより、陰イオン濃度と遅延係数の間にどのような関係があるのかを検討する。

2) 実験方法および条件

陰イオンの濃度と遅延係数の相関関係を調べるため、図1に示すように土壌を充填したマイクロカラム（土壌カラム）を高速液体クロマトグラフ（HPLC）に直接とり付け、リテンションタイムを測定した。リテンションタイムとは、土壌カラムの上流端からサンプルを注入した後、下流端において流出水に含まれる陰イオンの濃度のピークが現れるまでの時間のことである。用いた陰イオンは、 Cl^- 、 NO_3^- の2種類で、対となる陽イオンが Na^+ 、 Ca^{2+} の2種類で、計4種類となる。陰イオンの濃度は、 $15\text{mg/l} \sim 10000\text{mg/l}$ の範囲で、移動相は水を使用した。

本実験ではHPLC用ステンレスカラム（内径1cm、長さ25cm）に2種類の土壌を詰めたものを土壌カラムとして用いた。土壌は、マサ土、ローム土を用い、粒径はそれぞれ $0.150 \sim 0.075\text{mm}$ 、ローム土 $0.425 \sim 0.150\text{mm}$ である。

遅延係数を求めるには、水（移動相）の流速とサンプルの流速を求めなければならない。水の流速をより正確に求めるため、水に基準となる物質を供給しその流速を決定した。基準物質は水とほぼ同じふるまいをする同位体の重水（ D_2O ）を用いた。

遅延係数Rとそれぞれのリテンションタイムとの関係を次式に示す。

$$R = \frac{R_t}{R_{t_0}} \quad \begin{array}{l} R_t : \text{陰イオン（溶質）のリテンションタイム} \\ R_{t_0} : \text{D}_2\text{O（水）のリテンションタイム} \end{array}$$

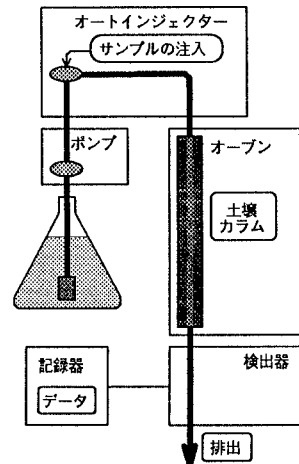


図1 実験装置の概要

3) 結果および考察

図2に示すように D_2O のリテンションタイムは濃度にかかわらず、ほぼ一定の値をとる。このため、 D_2O

表1 土壌カラム内の流速

	充填土壌	間隙率 (%)	*計算値		**測定値	
			流速 (cm/min)		流速 (cm/min)	
			Q=1.0	Q=1.5	Q=1.0	Q=1.5
カラムB	マサ	48.3	2.64	3.96	2.83	4.31
カラムD	ローム	49.0	2.60	-	3.07	-

*計算値；流量と間隙率から求めた流速

**測定値； D_2O の測定から求めた流速

-；測定値なし

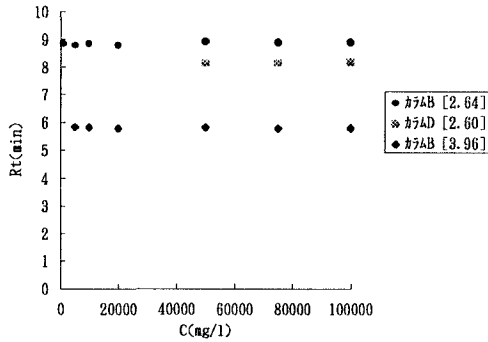


図2 D₂Oの濃度とリテンションタイムの関係

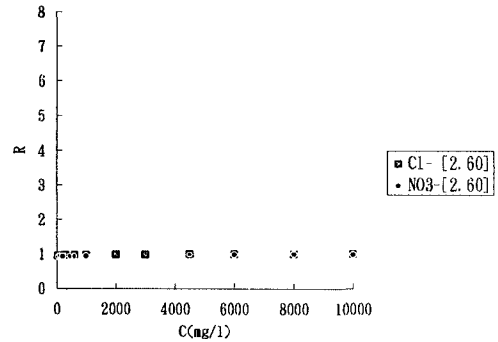


図3 陰イオンの濃度と遅延係数の関係
(条件；カラムD, Ca²⁺)

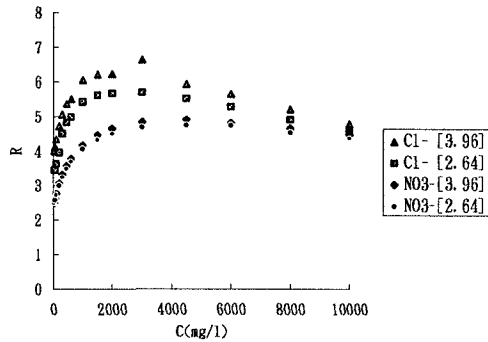


図4 陰イオンの濃度と遅延係数の関係
(条件；カラムB, Ca²⁺)

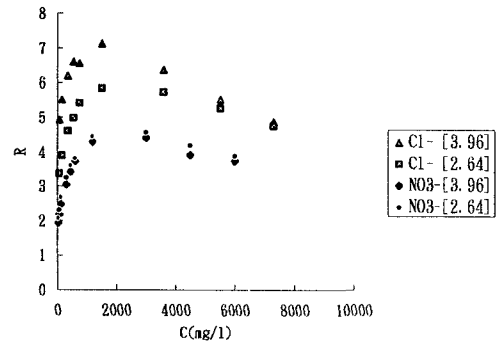


図5 陰イオンの濃度と遅延係数の関係
(条件；カラムB, Na⁺)

図中の[]内は計算値による流速 (cm/min)

のリテンションタイムは平均値とした。また表1に示すように、カラム B, D においてはいずれも、流量と間隙率から求めた流速より D₂O のリテンションタイムから求めた流速がやや大きいことが分かる。

陰イオンの濃度と遅延係数の関係を図3～5に示す。図3より、ローム土（カラム D）では陰イオンの濃度と遅延係数の関係は一定であることがいえる。また図4, 5に示すように、マサ土（カラム B）では対になる陽イオンの種類にかかわらず、陰イオンの濃度の増加につれて遅延係数も大きくなるが、ある濃度を超えると逆に減少するという現象がみられる。

本実験により得られた結果を以下にまとめる。

1. ローム土では陰イオンの濃度によって遅延係数は変化せず、値はわずかに1よりも小さい。つまり、移動相よりも陰イオンが速く流出することが確認された。（図3）
2. マサ土では陰イオンの濃度によって遅延係数が変化し、1より大きい値をとった。遅延係数は濃度とともに増加するが、ある一定以上の濃度を超えると逆に減少する。（図4, 5）
3. どの条件においても Cl⁻ より NO₃⁻ の遅延係数が小さい。つまり、NO₃⁻ の方が速く流出する。

（図3～5）

4. 流速が陰イオンの遅延係数に与える影響は小さい。（図4, 5）

1.については陰イオン排斥の現象であるが、2.については今までに確認されていない新しい現象であり、今後さらに検討すべき課題である。