

VII-72

揮発性有機化合物の土壌吸着に与える水分と土壌特性の影響

広島大学工学部

学生員

安渡 之訓

正員

山口登志子

1. 目的

近年、揮発性有機化合物による土壌・地下水汚染が深刻な問題となっている。この浄化方法の有効な手段の1つとして土壌ガス吸引法がある。本研究では、このような浄化対策の効果を明らかにする目的で、揮発性有機化合物（気体）の土壌吸着特性を土壌マイクロカラム法により動的（移流分散）条件で測定し、土壌水分と土壌特性について検討する。

2. 実験方法

本研究では、揮発性有機化合物の土壌吸着特性を評価する指標として遅延係数を用いる。土壌マイクロカラム法により、3種類の土壌（マサ土、Yolo loam, Lundgaard Sand）を用いて、揮発性有機化合物（トルエン）のリテンションタイムを測定し、遅延係数を決定する（Fig.1）。この場合、ガスクロマトグラフ内に設置した土壌マイクロカラムに加湿器で水分を与える。また、Breakthrough Curve（通過曲線）を実測し、標準物質（メタン）の移動パラメータ（間隙内平均流速、分散係数）を決定する。Table.1に土壌マイクロカラム条件、Table.2に土壌特性を示す。

なお、動的条件での遅延係数は、次に示す移流分散方程式の理論解を用いて決定することができる。

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u_0 \frac{\partial C}{\partial x}$$

（ R ：遅延係数、 C ：気体の濃度、 D_0 ：分散係数、 u_0 ：間隙内平均流速、 x ：土壌内距離）
ここで、気体の移動速度を u 、分散係数を D とすると、 $u = u_0 / R$ 、 $D = D_0 / R$ と表せる。これより、遅延係数 R の値が大きくなると気体の移動速度が小さくなるという特徴があることが分かる。

L.W.Petersen(1994)ら¹⁾は、静的（拡散）条件での遅延係数を決定するために次式を用いている。

$$\varepsilon R \frac{\partial C}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad \text{ただし、} R = 1 + \frac{\rho \cdot K_D}{\varepsilon}$$

（ ρ ：かさ比重、 ε ：体積土壌-空気含有量、 K_D ：土壌-気体分配係数）

3. 結果および考察

本実験により以下のような結果が得られた。

(1)土壌特性の遅延係数に与える影響（Fig.2）

マサ土、Yolo loam, Lundgaard Sandの3種類の土壌と比較すると、水分量の増加に伴う遅延係数の減少率がYolo loamで最大であることから、Yolo loamが最も水分の影響を受けやすいことが示された。

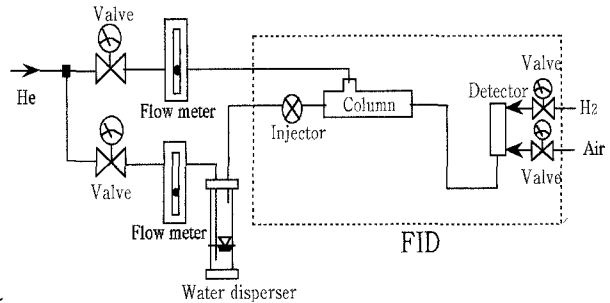


Fig.1 Schematic diagram of the microcolumn apparatus.

Table.1 Characteristics of soil columns.

	Length (cm)	Effective Length (cm)	I.D. (mm)	Soil	ϕ (μ m)	θ (%)
Column A	20	16.5	10.0	Masa	425~212	46.7
Column B	20	21.3	10.0	Yolo loam	425 $\geq$	50.9
Column C	20	15.5	10.0	Lundgaard Sand	425 $\geq$	39.9

Table.2 Properties of soils.

Soil and ϕ (μ m)	Organic C (%)	CEC (me/100g)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
Masa 425~212	0.07	2.7	97.7	1.5	0.8
Yolo loam 425 $\geq$	1.05	21.1	33	49	18
Lundgaard Sand 425 $\geq$	1.12	8.8	80.2	13.2	4.8

土壌特性に関して、土粒子の表面積と有機物含有量では特に低水分量状態において土粒子の表面積の方が遅延係数に与える影響が大きい。

(2)静的・動的条件下での遅延係数の比較

Yolo loam, Lundgaard Sandの両方において、動的条件下と静的条件下の遅延係数の値では差があるものの減少の傾向は相似している。土粒子表面を覆う水層が3層以下では、静的条件下と動的条件下の遅延係数の差が大きく、それ以上になると差は小さくなるという傾向が見られたが、いずれも動的条件下での値の方が静的条件下のものより小さい。ただし、温度、粒径が異なるため、静的条件下と動的条件下の土壌吸着に与える影響の厳密な相違は明らかにできなかった。（Fig.3, Fig.4）

(3)土壌水分が遅延係数に与える影響

Fig.2, Fig.3, Fig.4から分かるように、土壌水分量が遅延係数に与える影響は、特に低水分量の範囲（土粒子表面を覆う水層が約2層まで）で非常に大きい。遅延係数の値は、土粒子表面を覆う水層が3～5層に達するまでは急速に減少し、それ以上の水層になると増加傾向を示した。

4. まとめ

①土壌特性としては、土粒子の表面積と有機物含有量では、特に低水分量の状態において土粒子の表面積の方が遅延係数に与える影響が大きい。

②土粒子表面を覆う水層が3層以下では、静的・動的条件下の遅延係数の値の差が大きく、3層以上になると差は小さくなるという傾向を示した。なお、いずれの土壌においても動的条件下での遅延係数の値の方が静的条件下のものより小さかった。

③土壌水分量が遅延係数に与える影響は、特に低水分量の範囲（土粒子表面を覆う水層が約2層まで）で非常に大きい。

以上のことより、実際の汚染土壌の浄化に土壌吸引法を用いる場合、土粒子の表面積の大きい土壌では、小さいものに比べて浄化が遅れると考えられ、また、水分がほとんど含まれていない土壌では浄化効率が非常に悪いことが予測される。

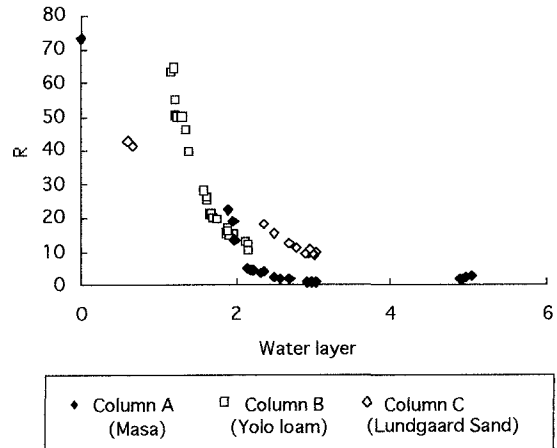


Fig.2 Effect of water layer on retardation factor for three types of soil.

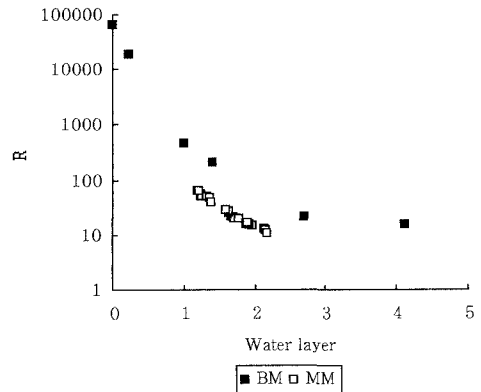


Fig.3 Comparison of microcolumn method (Yolo loam) and Batch Method.

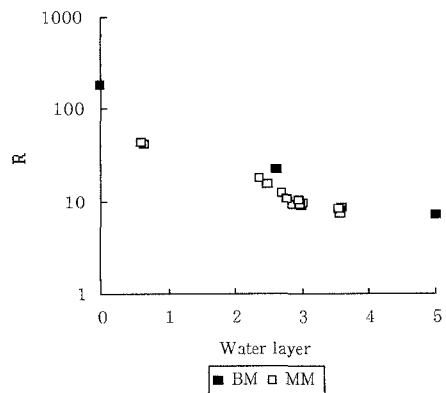


Fig.4 Comparison of microcolumn method (Lundgaard Sand) and Batch method.

参考文献 1) L.W.Petersen, et al.: Volatile Organic Vapor Diffusion and Adsorption in Soil. J. Environ. Qual. vol.23, pp.799~805, 1994.