

II-460

有機塩素化合物の土壌吸着特性に与える水分の影響

広島大学工学部 正会員 山口 登志子
 (株)京都水道設計事務所 田中 敢
 日本下水道事業団 正会員 猪木 博雅

1) 目的

現在、世界的規模で揮発性有機化合物による土壌汚染が深刻化している。汚染土壌の浄化対策として汚染地下水抽出、土壌ガス抽出（SVE工法）、気液混合抽出法などがある。本研究ではこれらの浄化対策を念頭に置き、揮発性有機化合物（気相）の土壌内移動特性を評価する指標としての遅延係数を、土壌マイクロカラム法により動的な移流分散の条件で測定し、水分の影響を検討する。更に、流速、温度などの諸因子が遅延係数に与える影響についても検討する。

2) 実験方法

本実験では、土壌マイクロカラム（内径4～10 mm）を用いてガスクロマトグラフにより、移動パラメーター（間隙内平均流速； u 、分散係数； D ）、遅延係数を計測した。移動パラメーターはFig. 1に示すようにカラムの充填土壌を加湿しない状態で、メタンを標準物質として求めた。遅延係数はFig. 2に示すように充填土壌を加湿した状態で計測し、土壌水分量が揮発性有機化合物の遅延係数に与える影響を検討した。また、流速、温度などの諸因子の影響についても調べた。

3) 基礎式

本研究では、吸着項を含む移流分散方程式の基礎式として次式を用いた。

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u_0 \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

R ；遅延係数 $C(x, t)$ ；溶質濃度 D_0 ；分散係数 u_0 ；間隙内平均流速 x ；土壌内距離
 ここで、溶質の移動速度を u 、分散係数を D とすると、

$$u = \frac{u_0}{R}, D = \frac{D_0}{R} \quad (2)$$

（2）式に見るように R の値が大きくなると溶質の移動パラメーターの値が小さくなるという特徴がある。

4) 結果及び考察

本実験により以下のような結果が得られた。

◎流速、カラム形状は遅延係数に影響を与えなかった。Fig. 3は、形状の異なる2本のカラム（凡例 ■▲◆◇；内径10 mm、カラム長20 cm、□△◇；内径4 mm、カラム長50 cm）を用いて各流速での水分量に対応する遅延係数の値を重ね合わせたものを示す。

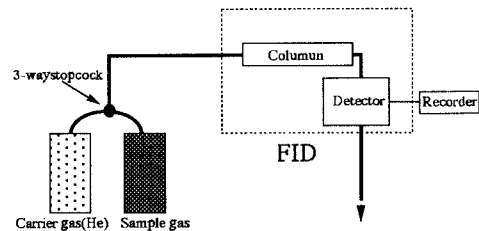


Fig. 1 Schematic diagram of the microcolumn apparatus.

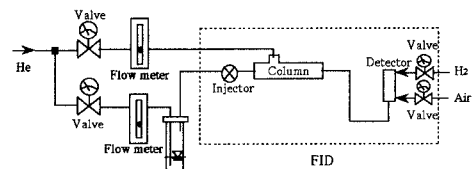


Fig. 2 Schematic diagram of the microcolumn apparatus.

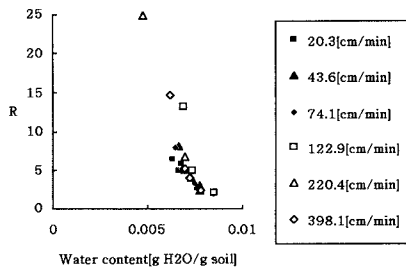


Fig. 3 Effect of column form and flow rate on factor.

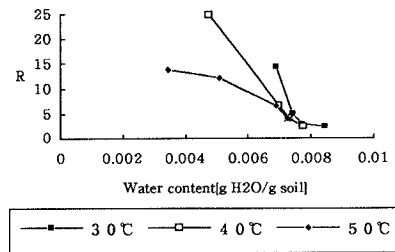


Fig. 4 Effect of temperature on retardation factor.

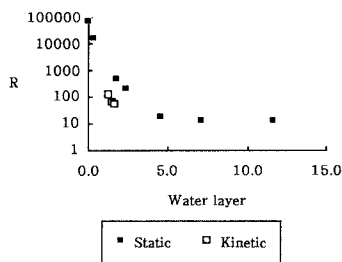


Fig. 5 Comparison between static retardation factor and kinetic retardation factor.

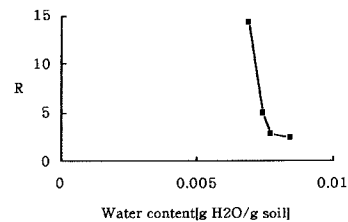


Fig. 6 Effect of water content on retardation factor.
Soil; Masa 425-212 μm ; Temperature 30 $^{\circ}\text{C}$
Sample Chemical Compound; TCA

◎温度が遅延係数に与える影響として本実験の水分量の範囲では、低水分量状態(約0.5%)にあつてはカラム温度が高くなるにつれて、遅延係数が低下するが、高水分量状態(約0.9%)では遅延係数の値は収束した。このことは、吸着の要因として低水分量状態で土粒子表面へ直接吸着する化合物が、分子の熱運動等の影響を大きく受けるのに対して、高水分量状態では土粒子境界水への化合物の溶解が始まっていることが考えられ、このとき溶解度の温度変化の影響が、分子の熱運動等の影響に比べて小さいことが考えられる。Fig. 4に30、40、50 $^{\circ}\text{C}$ での遅延係数の挙動を示す。

◎土壤中に流れのある動的な条件での遅延係数は、流れのない静的な条件ものに比べて10倍近く小さい値を示した。このことは、静的条件では(1)式の u_0 を含む項がなくなることが関係していると考えられる。Fig. 5に動的・静的条件での遅延係数の挙動を示す。

◎流速、温度、動的・静的条件の違い等の諸因子に関係なく、水分量の増加とともに遅延係数の値は小さくなった。S. K. Ong (1991)ら¹⁾の土粒子表面上の水分子層を変化させた場合の揮発性有機化合物の土壌内気体分配係数 $K_{0'}$ の挙動に関する研究では、 $K_{0'}$ 値は土粒子表面を水分子1層が覆う過程では激減し、5層が覆う過程では最も低い値を示し、5層以上になると増加を始める。この $K_{0'}$ 値の挙動の説明は、水分子1層までの場合は土粒子表面への直接の吸着と境界水への吸着の状態、5層までは境界水への吸着と液体としての水層への溶解状態が混在しており、それ以上の水層になると溶解と飽和吸着作用が支配する状態になる。この研究は静的なバッチ試験によるもので本実験の動的条件とは異なるが、静的・動的条件の差がある場合でも遅延係数の増減の傾向は同じであることから、S. K. Ongの報告にある現象は動的条件でも同様であると推測される。水分量が遅延係数に及ぼす影響の一例としてFig. 6を示す。

参考文献 1) S. K. Ong, L. W. Lion: Mechanisms for Trichloroethylene Vapor Sorption onto Soil Minerals, J. Environ. Qual, vol.20, pp180~188, 1991.