

Ⅲ－43

低濃度テトラクロロエチレン溶液の地盤中の挙動に関する
室内カラム実験

東北大学 学生員 ○宗像恵子
東北大学 正会員 風間基樹
東北大学 正会員 柳澤栄司

1.はじめに

近年、テトラクロロエチレン（以下PCEとする）等の揮発性有機塩素化合物による土壌・地下水汚染が問題となっている。これらの物質は発癌性物質であるため、地盤・地下水中における挙動を十分に把握する必要がある。原液に近い状態のPCE等に関しては、その性質や地盤中における挙動が、実験的に明らかにされている¹⁾。また、上中の物質移動に関しては、多くの研究がなされてきているが、PCE等を扱ったものは少ない。こうした現状をふまえ、本研究では一次元鉛直カラム実験装置を用いて、比較的低濃度のPCE溶液の移動特性を検討した。

2.実験方法

実験装置は図-1の模式図に示すような鉛直一次元カラムを用いた。試料にはガラスビーズ（ $\phi=0.105\sim 0.250\text{mm}$ ）を用い、添加溶液はPCE標準原液を蒸留水で希釈したものを用いた。実験は温度による影響を避けるため、 20°C 恒温下で行った。通水方向は鉛直下向きである。所定の水頭差で通水し、定常状態が得られた後、注入孔より注射器を用いてPCE溶液5mlを注入した。注入後、排水を10ml毎に採取すると同時に、実験終了後、カラム内の間隙水及び試料に残留するPCE濃度を測定した。実験は添加溶液濃度及び動水勾配を変えて行った。実験条件は表-1に示すとおりである。

また、PCE濃度の測定には液相のものはヘッドスペース法、試料は溶媒抽出法を用い、分析はガスクロマト分析を使用した。分析は表-2の条件下で行った。

3.実験結果

図-2は水頭差を2.5、5.0、10.0と変化させた場合の流出水濃度の時間変化を示したものである。移流速度が速くなるにつれ溶質の流出開始時間も速くなる。流出水は水頭差の変化によらず約14倍の15ppb程度に希釈され流出している。図-3は、水頭差を一定に保ち、初期濃度C0を50、200、500ppbと変化させた結果である。3ケースとも流出開始及び終了時間はほとんど変化がなく、初期濃度に応じピーク濃度が高くなっている。各ケースともピーク値で約15倍に希釈されている。

4.実験結果の解析

PCE溶液の移動は実験結果に見られるように、移流と拡散によるものと見られる。一次元の移流-拡散の基礎方程式は式(1)で表される。ここでDは分散係数（ cm^2/min ）、 v_z は移流速度（ cm/min ）、CはPCE濃度（ppb）とする。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + v_z \frac{\partial C}{\partial z} \quad (1)$$

この式を差分化し、初期条件及び境界条件を与え、実験のシミュレーションを行った。まず、移流速度を流出水のピーク値が得られるまでの時間から逆算した。次に、分散係数の変化に対する流出水のピーク濃度変化を求めたものが図-4である。これより分散係数は $D=0.49\text{cm}^2/\text{min}$ となる。このようにして求めたDの値を用いて、濃度差による流出水の濃度変化及び水頭差の変化による流出水の変化を計算した結果が図-5及び図-6である。解析結果と実験を比較すると解析結果に比べ実験による流出曲線は急な曲線となっている。これは実験値の最大値を対象としてDを同定したためである。実際に、実験においてより細かく試料を採取すれば、最大値はもっと濃く検出されることが考えられる。例として図-7にPCE流出時間間隔が実験値と同じになるように

表-1 実験条件

実験ケース	水頭差(cm)	初期濃度(ppb)
1	5.0	50
2	5.0	200
3	5.0	500
4	2.5	20
5	10.0	200

表-2 分析条件

分析カラム	; DC-550,3m,1.2kg/cm ²
デイスチャージガス	; 0.9k
キャリアーガス	; 1.2k
放電電圧	; 220V
試料気化室温度	; 200度
検出器温度	; 250度
カラム槽温度	; 90度

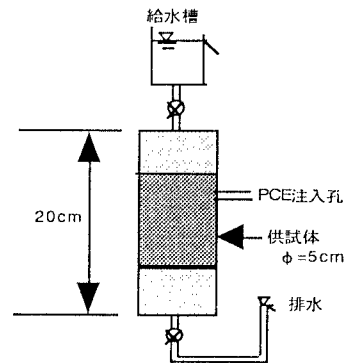


図-1 実験装置概略図

とった場合を示す。

今回の研究から地盤中のPCEの挙動を検討するための基本となる、PCE溶液の多孔体中での移流-拡散特性をカラム実験によって調べることができることを示した。また、原液は滞留を生じている場合でも、一度地下水流れにのるとPCE溶液は拡散し、汚染が広範囲に広がる可能性もあるといえる。

参考文献) (1) 国立環境研究所特別研究報告-土壌及び地下水圏における有害化学物質の挙動に関する研究。

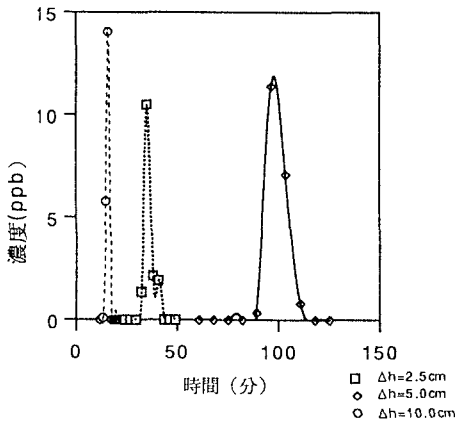


図-2 移流速度の違いによる流出濃度変化(実験値)

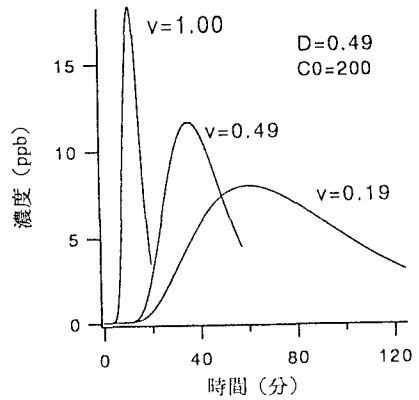


図-5 移流速度の違いによる流出濃度変化(解析値)

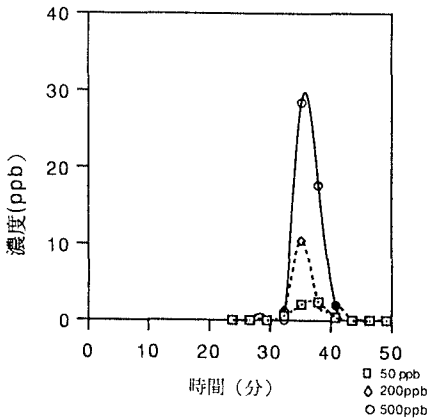


図-3 初期濃度の違いによる流出濃度の経時変化(実験値)

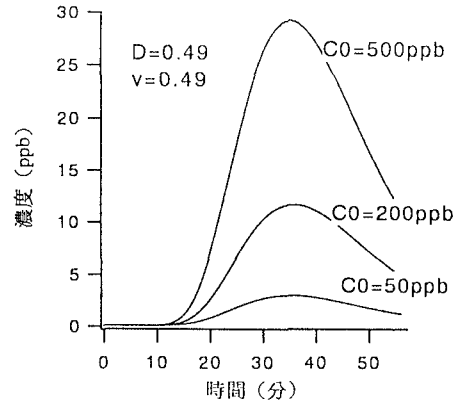


図-6 初期濃度の違いによる流出濃度の経時変化(解析値)

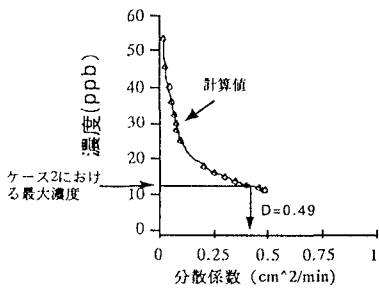


図-4 分散係数とピーク濃度変化

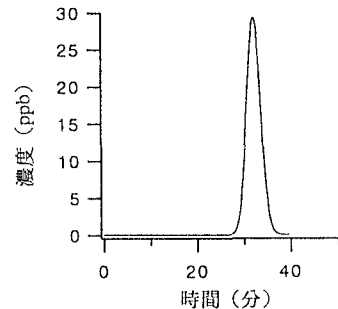


図-7 流出時間を実験値に合わせ計算したときの流出曲線