

水・トリクロロエチレン二層界面における溶解現象に関する基礎的実験

大阪大学大学院 学生員○松井俊二

大阪大学工学部 正 員 玉井昌宏

大阪大学工学部 正 員 村岡浩爾

1. はじめに

著者らは有機塩素化合物による地下水汚染現場において地下水の汚染濃度を継続的に観測している。¹⁾その時系列には季節的変動をはじめ様々な時間スケールの変動が現れている。こうした変動特性を理解するためには汚染水の挙動を現地調査及び数値計算等により検討するだけでは不十分である。地中に存在する原液からの溶け出し量に関する定性的・定量的な情報が必要である。本研究では溶解現象に関する基礎的知見を得ることを目的として、有機塩素化合物が不透水層上に堆積して、水との間に成層界面が形成されている場合を想定した実験を行なった。今回は、第一段階として行った水・トリクロロエチレン2層流の溶解実験について報告する。

2. 実験の概要

実験装置は図-1に示すとおり、5cm×5cmの矩形断面を有する長さ100cmのしんちゅう製の管路である。装置中央部にはトリクロロエチレンを入れるために長さ20cmにわたって断面を8cm×5cmに拡大してある。またトリクロロエチレンの循環を防ぐために、段落ち内部には1cm間隔でしんちゅう板を櫛形に立てた。内部の流動を把握するために装置上部はガラス製になっている。装置左端より定量ポンプで純水を注入し、右端より排出される汚染水を定期的に採水した。試水中のトリクロロエチレン濃度はガスクロマトグラフィーFIDを用いて分析した。流速は表-1に示すように平均流速で1.09~23.97m/dayの間で5段階に設定した。レイノルズ数 R 。(= Uh/ν 、 U :上層水の流速、 h :上層水の高さ)は0.63~13.9で層流の範囲にある。また事前に行った可視化実験により鉛直方向の流速分布が放物線型の理論曲線とほぼ一致することを確認している。

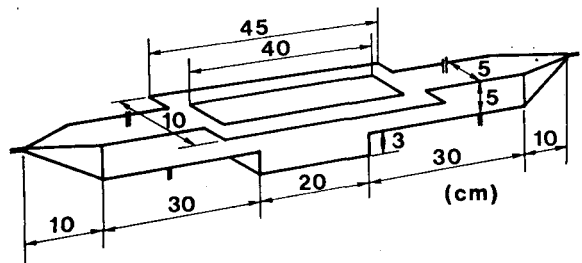


図-1 実験装置

表-1 実験条件

流速(m/day)	1.09	4.76	8.14	16.82	23.97
レイノルズ数	0.63	2.75	4.71	9.73	13.9

試水中のトリクロロエチレン濃度はガスクロマトグラフィーFIDを用いて分析した。流速は表-1に示すように平均流速で1.09~23.97m/dayの間で5段階に設定した。レイノルズ数 R 。(= Uh/ν 、 U :上層水の流速、 h :上層水の高さ)は0.63~13.9で層流の範囲にある。また事前に行った可視化実験により鉛直方向の流速分布が放物線型の理論曲線とほぼ一致することを確認している。

3. 実験結果とその考察

図-2に末端において採水したトリクロロエチレン濃度の経時変化を示す。図の横軸は実験開始からの経過時間、縦軸は検出濃度である。図中には流速1.09及び4.76m/dayのケースの実験結果を示している。いずれのケースも全体を通じてほぼ一定濃度をとっていることがわかる。このことから各流速において水・トリクロロエ

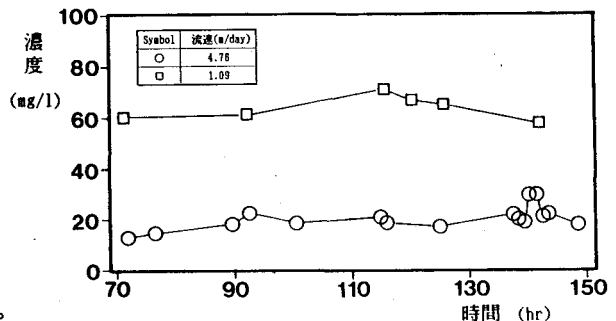


図-2 末端における濃度の経時変化

チレン二層界面からの溶け出しは定常状態にあると考えられる。また、流速が大きくなるほど濃度は低くなることがわかる。

図-3は各実験条件における流速とトリクロロエチレンの平均濃度との関係を示したものである。ここで平均濃度とは末端において検出された濃度の時間的平均値である。横軸は上層水流速、縦軸は平均濃度であり両軸共に対数で示している。流速が大きいほどつまり水とトリクロロエチレンとの接触時間が短いほど検出濃度は小さいことがわかる。

図-4は流速と総溶解量との関係を示したものである。縦軸は各ケースでの平均流速より計算した、単位時間当りの溶解量である。上層水の流速が大きいほど溶解量が多いことがわかる。

これらの実験結果を整理するために単位時間あたりのトリクロロエチレンの溶け出し体積を界面の面積で割りこれを溶解速度 U_d と定義する。すると、単位時間当りの界面からの全溶け出し量と装置末端からの排出量は同等であるため、

$$U_d L \rho_1 = U h \rho_2$$

と表せる。ここで L : 界面の長さ(=20cm)、 ρ_1 : トリクロロエチレン原液の密度(=1.476g/cm³)、 h : 上層水高さ(=5cm)、 ρ_2 : 末端でのトリクロロエチレン濃度である。ここで U_d/U を溶出係数 E と定義すると

$$E = \frac{\rho_2 h}{\rho_1 L}$$

となる。図-5は溶出係数 E とレイノルズ数との関係を両対数上に示したものである。また平

田らにより行われた実験結果を同時に示している。²⁾ 彼らの実験値には多少のばらつきがみられるものの、全体として速度が大きい、つまりレイノルズ数が大きいと E は減少の傾向にある。また今回の実験では両者は線形関係にあり、図に示されるように次式で定式化される。

$$E = 7.73 \times 10^{-6} Re^{-0.664}$$

本研究は昭和63年度東レ科学振興会の助成研究の一部である。記して、関係者に謝意を表する。

(参考文献)

- 1) 玉井・松井・村岡：〇市湧水汚染に関わる地質水理特性に関する一考察、日本陸水学会近畿支部会第一回研究会、1990
- 2) K.Muraoka and T.Hirata: Basic study on TCEs behavior in subsurface environment. International Symposium on Processes Governing the Movement and Fate of Contaminants in the Subsurface Environment, IAWPRC, Stanford Univ., July., 1989

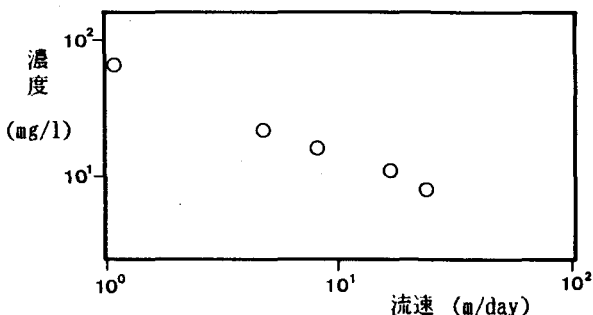


図-3 流速と平均濃度との関係

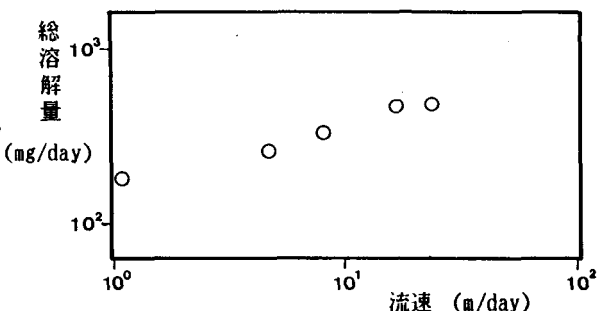


図-4 流速と総溶解量との関係

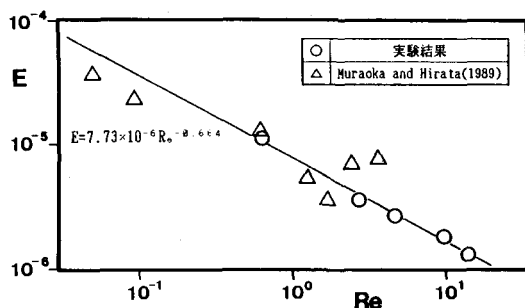


図-5 レイノルズ数と溶出係数との関係