

II-85

不飽和多孔体における地下水汚染物質ガスの挙動について

建設省 正員 豊口佳之
 大阪大学大学院 学生員 ○安松谷隆之
 大阪大学工学部 正員 石井義裕
 大阪大学工学部 正員 村岡浩爾

1. はじめに

有機塩素化合物による地下水汚染が全国的に確認され、効果的な浄化法の確立が期待されている。その中で、土壌ガスを吸引する事により汚染物質を除去する方法については実施例も報告されており¹⁾、注目されている。こうした背景から、土壌中における同物質の移動機構を明らかにする事は重要であるといえる。そこで本研究では、ガス吸引時におけるガス状態での同物質の挙動について2次元的に実験を行い、同時に数値計算を行ってその適用性について検討した。

2. 実験の概要

図-1に実験装置の概形を示す。85cm×32cm×5cmの直方体の底面中央部に凹部を有する真鍮製の装置である。モデル土壌として、完全乾燥状態の1mm粒径のガラスビーズを凹部より上方に充填している。凹部にはトリクロロエチレン（以下、TCEと記す）の原液を満たしており、上方との接触面は1cm×5cmに縮小している。ここから揮散したTCEガスの拡散が十分進行して定常状態に達した後（設定後24時間後）、装置左端の底面から1cmの所にある吸引口からポンプによりガスを吸引した（6.0、1.1、0.74、0.13、0.056 l/min）。図-2に示す測点でガス濃度の測定を行い、吸引の影響によるTCEの濃度分布の時間的・空間的な変化について調べている。濃度分析にはガスクロマトグラフ（FID、ECD）を用いた。尚、実験は全て20℃の恒温室内で行っている。

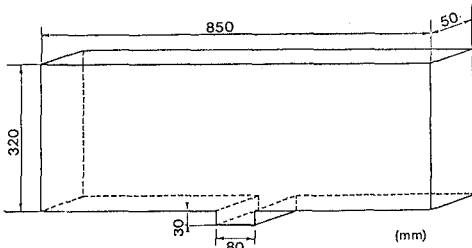


図-1 実験装置

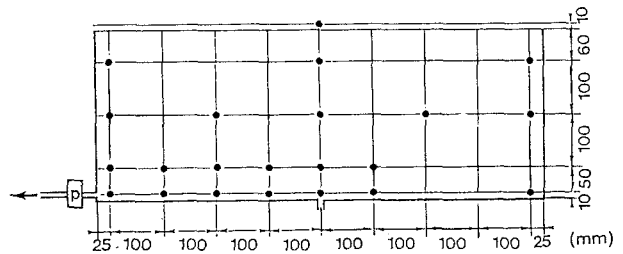


図-2 吸引位置と測点位置

3. モデル化

ガスの吸引を行う前（ $0 \leq t < 24\text{hour}$ ）と、吸引開始後（ $t > 24\text{hour}$ ）では現象が異なり、それぞれ以下のような基礎式で記述される。

$$\text{吸引前} : \frac{\partial C}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 C}{\partial x_i^2} \quad (1)$$

$$\text{吸引後} : \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) \quad (2)$$

ここで、 t : 時刻、 C : ガス濃度、 D_0 : 多孔体を考慮にいたれた拡散係数²⁾、

D_{ij} : 水力学的分散係数、 v_i : x_i 方向流速

初期条件は、 $x=0, y=0$ で $C=C_0$ (C_0 : 飽和濃度)、その他の点で $C=0$ である。境界条件は、底面および側壁で $\partial C / \partial x_i = 0$ であり、モデル土壌表面で $C=0$ (このように仮定して、表面での濃度を全体から差し引いて考えている) としている。

4. 実験結果および計算結果

実験結果・計算結果のそれぞれについて、右図のように濃度等高線図として示す。等高線上の数値は、いずれも気液界面($x=y=0$)におけるガス濃度(飽和濃度)で除して無次元化した値である。吸引開始時における濃度分布について、実験結果(図-3)と計算結果(図-4)を比較すると同様な分布形状が得られ、吸引を行わない状態では拡散方程式でよく表現されているといえる。

吸引後の濃度分布については、ここでは紙面の都合上2ケースについて示している。図-5に示したのは吸引量が小さいケースであり、吸引による移流の効果とともに分子拡散の効果が大きいといえる。そのため、吸引開始時の左右対称な濃度分布から吸引方向へ偏るものの、装置全体にTCEが拡がった状態が維持されている。この傾向は計算結果(図-6)でもよく再現できている。一方、図-7に示したケースでは、移流の効果の方が明らかに支配的であり、1~3時間後には既に、気液界面と吸引口を結ぶライン上に濃度分布が集中した形となっている。このケースにおいても計算結果(図-8)と同様の傾向が確認され、よく再現されているといえる。

5. まとめ

吸引を行わない自然状態では、分子拡散のみで表現できる。吸引を行った場合には、移流分散方程式により、かなりよく再現される事が確認された。

【謝辞】 本研究は文部省科学研究費補助金(代表研究者:村岡浩爾)の補助を受けた事を付記する。

【参考文献】

- 1) 鞍谷保之・長藤哲夫、地下水汚染とその防止対策に関する研究集会第2回講演集、pp.80-85、1992
- 2) 田中伸寿・神山桂一、廃棄物学会誌、Vol.2, No.1、pp.46-58、1991

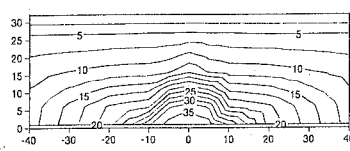


図-3 吸引開始時濃度分布(実験)

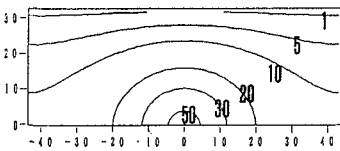
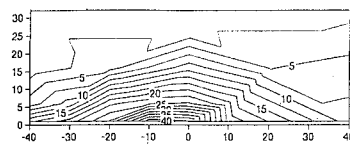
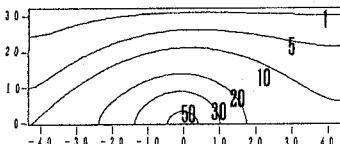


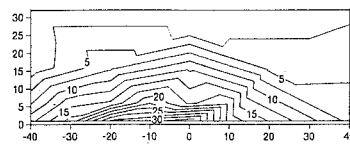
図-4 吸引開始時濃度分布(計算)



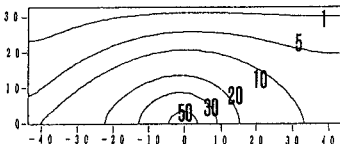
(a) 1時間後



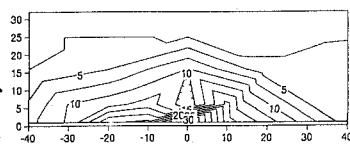
(a) 1時間後



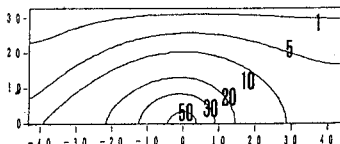
(b) 3時間後



(b) 3時間後



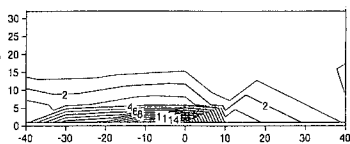
(c) 12時間後



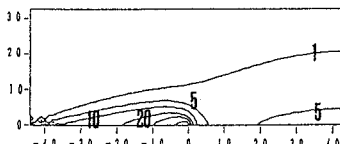
(c) 12時間後

図-5 0.056 l/min吸引時(実験)

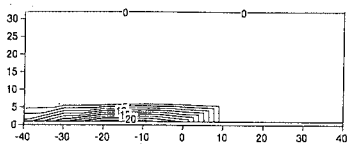
図-6 0.056 l/min吸引時(計算)



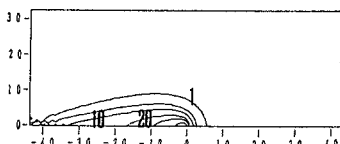
(a) 1時間後



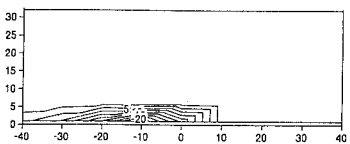
(a) 1時間後



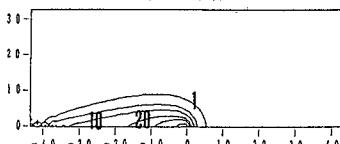
(b) 3時間後



(b) 3時間後



(c) 12時間後



(c) 12時間後

図-7 1.1 l/min吸引時(実験)

図-8 1.1 l/min吸引時(計算)