

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

近年、貴重な水資源である地下水の汚染が明らかになり大きな社会問題になっている。汚染の原因物質の一つである有機塩素化合物についても法的規制が整備され、厳重な監視が行われているが、汚染現場の浄化については効果的手法が確立されておらず、汚染の長期化を許している。汚染浄化手法として、最近では不飽和土壤中に存在する有機塩素化合物ガスを集ガス吸引する「ガス抜き法」が着目されており、現場の特性に応じた浄化対策として試みられている¹⁾。しかし、不飽和土壤中での揮発ガスの移動については移動機構が明らかになっておらず、著者ら²⁾、江種ら³⁾による研究が行われている。本研究ではモデル土壌を用いて、不飽和多孔体中でのトリクロロエチレン(TCE)揮散ガスのガス抜きを行い、ガスの移動状況を実験的に調べた。その際モデル土壌の境界条件を変えることによる影響について検討した。

2. 実験装置および実験方法

実験には図-1に示すような幅120cm、高さ51cm、奥行き5cmの真鍮性2次元槽を用いた。装置下部にはTCE溶液を入れる凹部が3カ所設けて在る。実験時には1カ所のみにTCE原液を注入し、他の2カ所は使用しない。装置の左下部にはガス抜き用のポンプが接続されており、単位幅吸引流量 $q=0.19, 1.9, 19(\text{cm}^2/\text{s})$ で吸引した。モデル土壌としては、

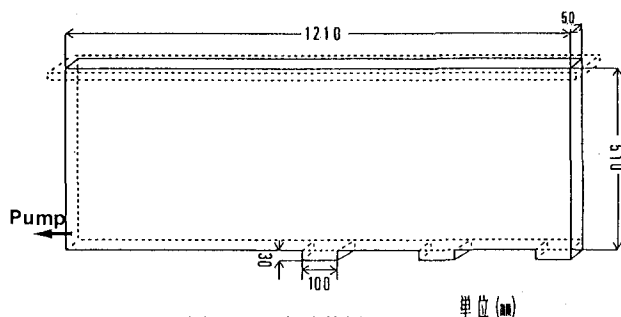


図-1 実験装置

1mm粒径のガラスビーズを完全乾燥状態で充填しており、吸着・溶解の影響は無視できるものとしている。実験は装置場面からのみ空気の流入を許す場合（上面開放）と側面からのみ空気の流入を許す場合（上面閉鎖）の2ケースについて行なう。測定は原液注入後約36時間経過（濃度分布がほぼ定常）後、ガス吸引を開始した。吸引開始後1, 3, 6, 12, 24, 36, 48時間後に採ガスし、ガスクロマトグラフ（ECD）を用いて分析を行った。なお、採ガスによる影響がでないように注意して1mlをモデル土壌中では20点、モデル土壌直上の大気部分で1点測定した。実験は温度による物性変化による影響を考慮して、20℃の恒温室内で行った。座標軸は装置左下を原点とし、水平方向にX軸、鉛直上方にZ軸をとする。

3. 実験結果および考察

ここでは装置中央に TCE原液を注入した場合について示す。図-2、図-3にそれぞれ単位幅吸引ガス流量 $q=0.19, 1.9(\text{cm}^2/\text{s})$ でガス吸引を行った場合の、上面開放時の2次元濃度分布を示す。ガス吸引時を0時間として、0, 1, 6, 12時間後の分布を示す。図中の等高線のガス濃度の値は飽和ガス濃度で無次元化して百分率で表示したものである。図-2の場合は吸引開始後装置左部では吸引部に向かいガスが移動している様子が表れているが、12時間経過後も広範囲に揮散ガスが分布しており残っている。図-3のように吸引流量が図-2の場合の10倍となると揮散ガスの分布範囲が底面付近に分布し、装置右部の濃度は図-2に比べて薄くなっている。図-4に上面閉鎖時で単位幅吸引流量 $1.9(\text{cm}^2/\text{s})$ の場合の2次元濃度分布を示す。図-3、4を比較すると、上面開放時・上面閉鎖時ともにガス吸引開始と共に装置左部では吸引部に向かい等高線が移動している。時間の経過と共に濃度は分布は底面付近に集中している。12時間程度経

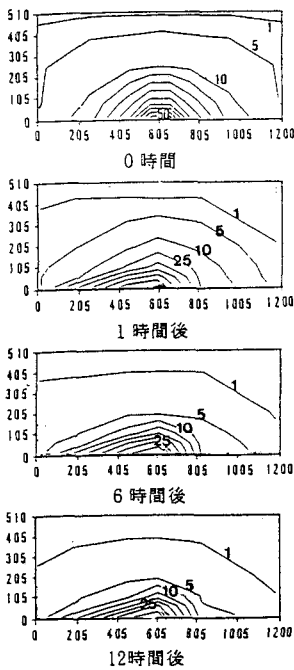


図-2 濃度分布
(上面開放: $q=0.19\text{cm}^2/\text{s}$)

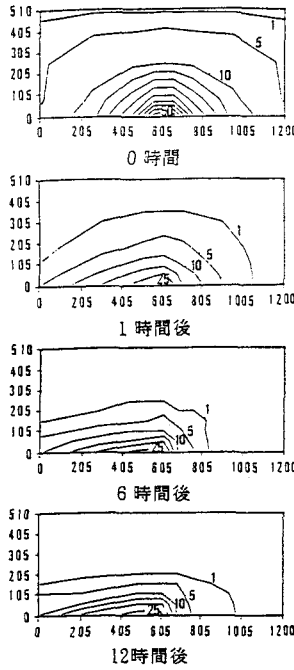


図-3 濃度分布
(上面開放: $q=1.9\text{cm}^2/\text{s}$)

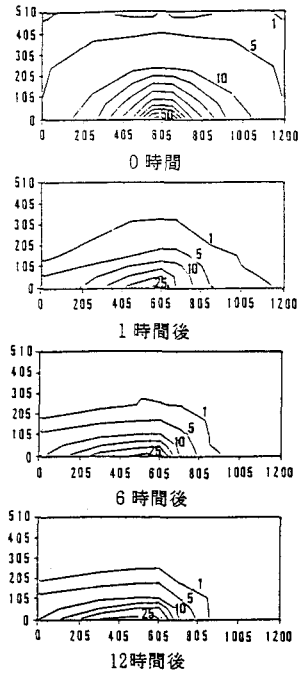


図-4 濃度分布
(上面閉鎖: $q=1.9\text{cm}^2/\text{s}$)

過すると上面閉鎖時には $X=605\sim 1210$ における揮散ガスの分布範囲が上面開放時に比べ狭くなっている。これは上面開放時には外部から流入する空気がガス吸引部上方から多く吸引されており、装置右部からは空気の吸引量が少なくなっている。一方上面閉鎖時には、装置の右端からほぼ一様に空気が流入しているためであると考えられる。図-5に単位幅流量 $q=1.9(\text{cm}^2/\text{s})$ の場合の各時間における吸引ガスの単位幅あたりのフラックスを示す。吸引開始後12時間程度までは上面閉鎖時の方が吸引されている揮散ガスが多いが、24時間後をみると上面開放・上面閉鎖の違いは小さくなっている。

4. まとめ

上面開放・上面閉鎖でモデル土壌中における揮散ガスの挙動に違いが見られたのは、境界条件の違いにより空気の流入状況が異なっていることによる。吸引ガス濃度は上面閉鎖時の方が大きくなっているが、長時間経過すると境界条件の違いは小さくなっている。

最後に本研究を行なうに当たり大阪大学大学院 安松谷隆之君(現 日本道路公団)、大阪大学工学部 河崎透君(現 日立造船)の協力を得た。また、文部省科学研究費補助金(代表:村岡浩爾)ならびに(財)建設工学研究振興会奨励金(代表:石井義裕)の補助を受た。記して感謝の意を表す。

参考文献 1) 鞍谷保之・長藤哲夫: 高槻市における有機塩素化合物汚染の土壌浄化対策, 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) 石井義裕・安松谷隆之・村岡浩爾: 不飽和多孔体中における有機塩素化合物ガス吸引時の2次元流動に関する研究, 第28回日本水環境学会年次講演集, pp. 526-527, 1994. 3) 江種伸行・神野健二: 揮発性有機塩素化合物の不飽和土壌中での輸送特性について, 土木学会第47回年次学術講演会, pp. 572-573, 1992.

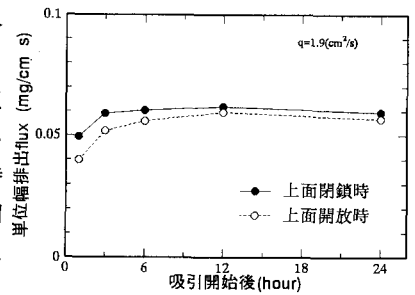


図-5 吸引ガス濃度の経時変化