

大阪大学大学院 ○田村道昭, 大阪大学大学院 八木誠吾
大阪大学大学院 李 昌洙, 大阪大学工学部 村岡浩爾

1. はじめに

有機塩素化合物の不飽和帯中における挙動については、従来より研究が行われてきているが、気液界面からの有機塩素化合物ガスの揮散量に対する考慮や、揮散量にどのような要因が影響を与えているのかについては、あまりよく分かっていない。そこで、本研究では拡散現象による揮散ガスの移動について、気液界面からの揮発係数を実験的に推定し、有機化合物溶液の初期濃度・モデル土壌の粒径・不飽和多孔体の深さ等の要因が揮発係数に与える影響について調べた。

2. 揮発係数の算出

Pengら¹⁾は溶液相から気相への揮発係数を k_{Lg} を使って、静止状態の水溶液からの揮発による濃度変化を式(1)の様に示している。

$$\frac{\bar{C}_L - C_E}{C_0 - C_E} = \exp(-k_{Lg}t) \quad (1)$$

ここで、 $\bar{C}_L$ ：時間 t での液相の平均濃度、 C_E ：気相と平衡状態になった時の溶液濃度、 C_0 ：溶液の初期濃度、 k_{Lg} ：揮発係数である。ここで、界面近傍での濃度平衡が直線関係であることと、バックグラウンドの気相濃度を無視できるとすれば、式(1)は式(2)の様に表せる。

$$\bar{C}_L = C_0 \exp(-k_{Lg}t) \quad (2)$$

そこで、溶液からの揮発量を考えるには揮発係数 k_{Lg} の値について考えることとする。以下の実験において揮発係数 k_{Lg} は、(2)式を用いて実験値より最小二乗法で求めた。

3. 溶液初期濃度が揮発係数に与える影響

溶液の初期濃度が揮発係数に与える影響を調べるための実験を行った。試験管(容量12mL, 内径1.5cm)に汚染現場で見られるような範囲の濃度のトリクロロエチレン(以後、TCEと略記)溶液を入れる。初期濃度として 95.3, 43.0, 14.2, 6.9(mg/L)の溶液を用いた。試験管に入れた溶液の液面は試験管上端から2mmの位置にある。濃度測定は実験開始後 1, 2, 4, 6, 9, 12, 24時間に実施し、各測定時間に1本ずつ試験管を取り出し上面をアルミホイルで閉ざした上、よく振とうすることで試験管内を均一な濃度とした。この試験管内の溶液を採取しガスクロマトグラフ(FID/ECD)を用いて濃度を測定する。実験は一貫して20℃の恒温室内で行った。

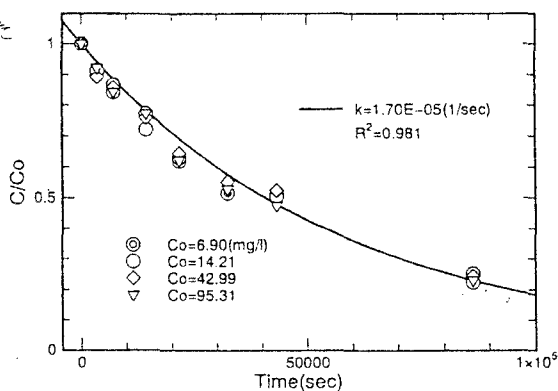


図1: 初期濃度と溶液濃度の経時変化

実験結果を図1に示す。図1は横軸に実験開始後の時間、縦軸に初期濃度で無次元化した溶液濃度を表示してある。実験に用いた初期濃度の範囲においては、無次元化された平均濃度は経時変化に対して初期濃度に関わらず同様の値を示している。図中の実線は4ケースのデータを回帰した曲線である。こ

れより、この範囲の4種類の初期濃度が揮散量に与える影響は小さいことが分かる。ただし、回帰して得られた揮発係数 K_L の値については、試験管の容量により値が変化すると考えられる。

4. モデル土壌粒径の揮発係数に与える影響

飽和土壌帯の粒径が揮発係数に与える影響を調べる実験を行った。実験はシャーレ(内径8.8cm, 深さ1cm)にモデル土壌としてガラスビーズ(粒径:1mm, 3mm, 5mm)をシャーレの深さ一杯になるように入れた場合3ケースと、モデル土壌を何も入れない場合について行った。このシャーレにTCE溶液を注ぎ、完全飽和状態となるようにする。溶液の濃度測定は実験開始後1, 2, 4, 6, 9, 12時間後に行った。

実験結果を図2に示す。図2は横軸にガラスビーズの粒径、縦軸に揮発係数をとっている。図中の実線はガラスビーズのない場合(溶液のみの場合)の値を示している。図のようにガラスビーズの粒径が大きくなるにつれて、揮発係数が大きくなっており、揮散量が増加していると考えられる。

5. 不飽和帯深さが揮散係数に与える影響

浅層に汚染物質や汚染地下水が存在している場合と深層に存在している場合では、上部に存在している汚染された気相により汚染源からの揮散量に影響が与えられると考えられる。そこで飽和帯上部の不飽和帯の深さによる影響について実験を行った。

実験装置には円筒型真鍮製1次元カラム(直径10cm, 高さ5または10cm)を数個重ね合わせたものを用い、カラム中にはモデル土壌を入れ不飽和多孔体とした。カラムの最下端にはTCE溶液を貯留できるようになっている。モデル土壌としては粒径1mmの完全乾燥状態のガラスビーズを用いているが、カラム下部に設置したスクリーンでTCE溶液とガラスビーズとは分離されており、溶液の毛管上昇は生じていない。実験ケースとしては不飽和多孔体層の厚さを10cm, 30cm, 50cmとする3ケースについて行った。

実験結果を図3に示す。横軸は不飽和帯の深さ、縦軸は揮発係数をとっている。図中の深さ0cmの値はこの装置において、不飽和帯を設定しなかった場合の揮発係数であるが、深さ10, 30, 50cmの場合に比べると1桁以上大きな値を示しており、不飽和多孔体の存在により揮発が抑制されていることが分かる。しかしながら、10, 30, 50cmの深さの違いに対しては揮発係数の差は少なく、この範囲の不飽和帯厚さでは揮発係数に影響が表れていないことが分かった。

6. まとめ

今回行った実験より(1)揮発係数は実験を行った範囲の濃度については初期濃度には依存しない、(2)飽和帯粒子の粒径は揮発係数に影響を及ぼしている、(3)実験で行った深さの範囲では、不飽和帯の深さは揮発係数に影響を及ぼしていないことが分かった。

参考文献 1)J. Peng J., K. Bewtra and N.Biswas : Prediction of the volatilization of Selected Organic Compounds from Quiescent Water, Journal of Environmental Engineering, Vol.120, No.3,1994.

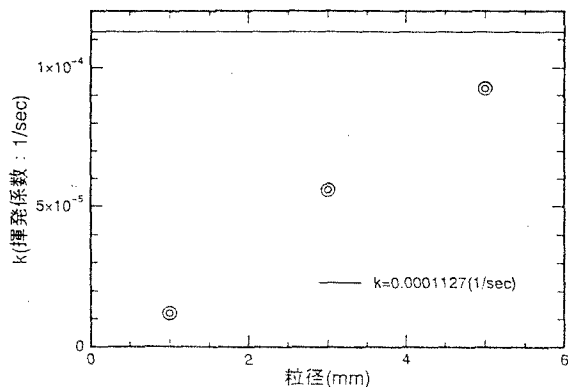


図2: 粒径と揮発係数の関係

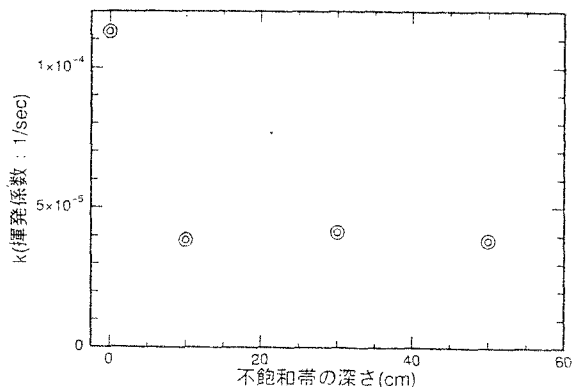


図3: 不飽和多孔体深さと揮発係数の関係