

有機塩素化合物の土壌コラム鉛直浸出に関する実験的研究

大阪大学大学院 学生員○豊口佳之
大成建設(株) 正 員 松井俊二
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は全国的な規模で確認され、近年大きく関心が持たれている。その対策を講じるうえで地下環境中における同物質の挙動特性を知る事は重要なことである。しかし物質の挙動はその存在状態により様々であるから容易に解明し得るものではない。そこで本研究では何らかの原因により有機塩素化合物が土壌中に存在しそれが降雨浸透により地下水汚染へとつながっていく場に着眼し、そのときの物質の挙動を考察する事を目的として実験を行った。

2. 実験の概要 土壌中に存在する有機塩素化合物は降雨時にその浸透流により地下水帯へと浸出するが、揮発性で水に対して難溶解性であるから、大気中へ揮散する事も考えられる。この降雨による浸出と大気中への揮散の定量的な関係を解明するためこの現象をモデル化したのが図-1に示す実験装置である。内径15cm、高さ60cmのガラス製円筒コラムに1mm粒径のガラスビーズを充填し、その上面から定量ポンプにより連続的に降雨を与えてあらかじめ注入した物質：トリクロロエチレン(TCE)を溶解した浸出水の濃度を測定している。また揮散を許すようにコラム上端は開放しているが、本実験で使用したFID-ガスクロでは揮散ガスのような微小濃度は分析できないため測定していない。溶解や揮散などは温度に影響を受けるため実験はすべて20℃の恒温室において行った。

表-1 実験条件

CASE	降雨強度(mm/hour)	TCE初期注入量(g)
1	5.1	2.2
2	5.1	6.3
3	8.5	2.2
4	8.5	6.3
5	16.5	2.2
6	16.5	3.2
7	16.5	6.3
8	32.3	2.2
9	32.3	6.3

(注) CASE 1, 2を図-2(a)、CASE 3, 4を(b)、CASE 5, 6, 7を(c)、CASE 8, 9を(d)に示す。

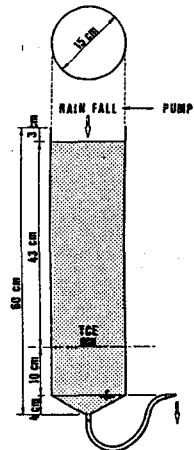


図-1 実験装置

本研究では降雨強度と物質の量をパラメータとしており、表-1に示す4種類の降雨強度とそのそれぞれに対して2～3種類の物質注入量の実験条件で行っている。

3. 実験結果および考察

浸出水濃度は図-2に示すような経時変化をする。この濃度の経時変化より浸出量が計算できる。一方揮散量は不

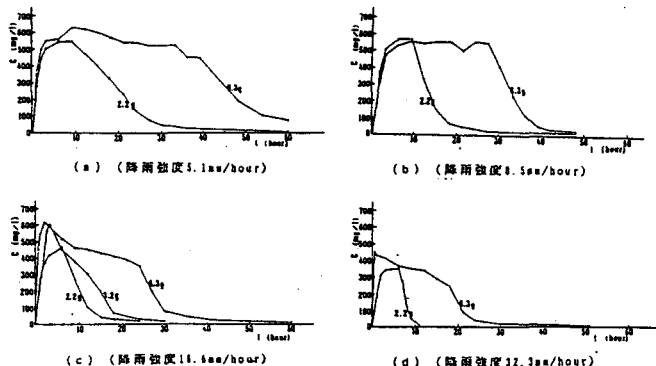


図-2 浸出水濃度の経時変化

明であるが、浸出した総量と物質の初期注入量との差がすべて揮散による減少量であると仮定して総揮散量が求まる。

希薄溶液では溶質の蒸気圧がそのモル分率に比例する（ヘンリーの法則）¹⁾ ことが知られておりまた非常に希薄な溶液溶質のモル分率は濃度と比例するから、蒸気圧と濃度の間には比例関係が成り立つ。本研究で取り扱うTC Eは水に対して難溶解性であるからその水溶液は希薄溶液であり、上記の関係が成り立つ。この法則は一定体積のもとでの気相と液相の平衡状態を表したものであるからこの実験のように気体の交換が行われるような場合の揮散現象には直ちに適用できないが、ここでは仮に浸出水濃度に比例した揮散量があると仮定する。すなわち浸出水の濃度を $C(t)$ [mg/l]、単位時間あたりの揮散量を $A(t)$ [mg/hour]として、

$$A(t) = k C(t) \quad (k; [l/\text{hour}]) \quad (1)$$

が成り立つと考える。このとき浸出量から求めた総揮散量 $(= \int A(t) dt)$ [mg] および濃度の時間積分 $(= \int C(t) dt)$ [mg/l · hour] の関係は図-3 のようにほぼ直線に近似でき（相関係数：0.924）、

$$A(t) = 0.146 C(t) \quad (2)$$

という単位時間あたりの揮散量と浸出水濃度の間の比例関係が確認された。コラムの断面積が 177 cm^2 であるから、降雨強度を I [mm/hour] とすると浸出水濃度が C [mg/l]のときの単位時間あたりの浸出量は $0.0177 I C$ [mg/hour] であり、また単位時間あたりの揮散量は $k C$ [mg/hour] である。故に、物質の体積減少量に占める浸出量の割合：浸出率 R は、

$$R = 0.0177 I / (0.0177 I + k) = I / (I + 56.6 k) \quad (3)$$

で表され、 k は定数であるから I のみの関数である。したがって、不飽和帯中に存在する物質の浸出と揮散のバランスはその物質の存在量とは関係なく、図-4 のように降雨強度により決定されると考えられる。

4. 結果の検討と今後の課題 コラム中のTC Eの揮散は、注入した原液から直接揮散するものと、浸出水に溶解したTC E溶液から気相に揮散するものがある。本実験ではこの2つの量を分離して求める事はできない。一方、ヘンリーの法則はこの後者を説明するものであるから(1)式の仮定は厳密にコラムからの揮散を正しく表すものではない。しかし、単純に(1)式の比例関係があると仮定すれば、図-3および(2)式のように高い相関を持つ関係が得られる。その結果図-4のように、浸出率が降雨強度の値だけで決まるという興味深い特性が得られた。

今後は揮散ガスをECD-ガスクロで測定するなど実験の精度を上げながら、本現象をより理論的に考察する必要があると考えられる。

謝辞 本研究は東レ科学振興会の研究助成による研究計画の一部として行ったもので、同振興会の関係者に謝意を表する次第である。

(参考文献) 1) 篠田耕三：溶液と溶解度、丸善株式会社、昭和52年

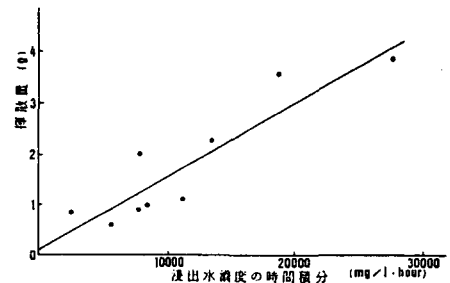


図-3 浸出水濃度と揮散量の相関

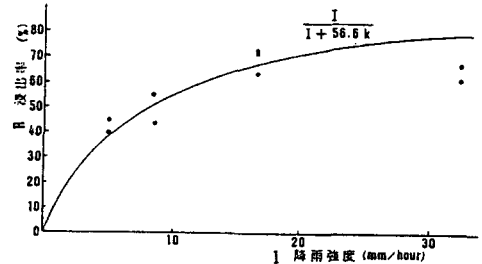


図-4 降雨強度と浸出率の相関