

II-92

土中水の蒸発作用に伴う汚染・浄化過程に関する実験的研究

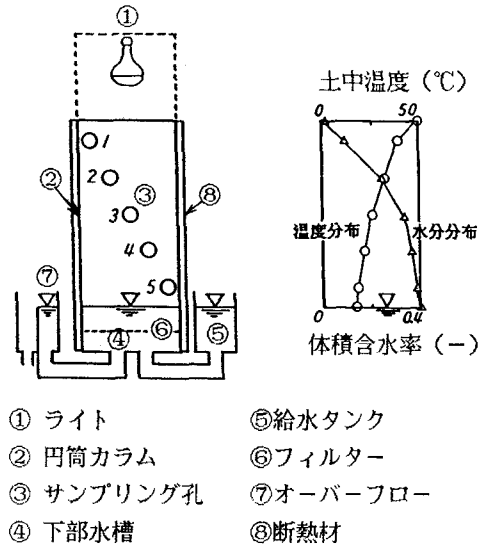
東京理科大学 学生員 ○岡本 雅義
東京理科大学 村山 雅昭
東京理科大学 正 員 大西 外明

1. はじめに

土中水の蒸発過程における溶質の上方移動の問題は土壌汚染の原因の一つとして注目されており、従来から多くの研究成果が報告されている¹⁾²⁾³⁾。しかし、以下の事項について明確にされていないと考える。
①蒸発作用が土壌の浄化にどのように寄与しているか。すなわち、汚染源を絶った時に間隙が再び真水で浄化される過程で汚染物質がどのように排除されるかを想定する。
②蒸発作用が土中水の上方移動の駆動力であるなら下方への重力効果との力関係を考えたとき汚染源の比重の違いによる考察がなされるべきである。一方、上に高く下に低い温度勾配は蒸発を促進することが知られている。以上の見地から本研究では、温度勾配を考慮した上で、蒸発作用による水分の上方移動に伴い間隙水がどのように汚染され、どのように浄化されるかを汚染源の比重を種々に変化させて実験的に検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置および初期の水分・温度分布を図-1に示す。アクリル円筒カラムに標準砂を均一に充填し、下部水槽より真水で徐々に飽和させる。次に、地下水を一定に保ち、表面をライトで加熱し温度勾配を与える。カラム内の水分・温度分布が定常になったところで下部水槽の真水を塩水に切り換え、カラム内の間隙が塩水で置換される様子を観る（汚染過程と称す）。次に、カラム内がほぼ一様に汚染されたところで下部水槽の塩水を再び真水に切り換え、間隙中の塩水が真水に浄化される様子を観る（浄化過程と称す）。測定項目は、カラム内の水分、温度、濃度分布および蒸発量である。実験条件を表-1に示す。case 1（塩水濃度38.0g/l）ではカラム内の汚染過程を、case 2（3.5g/l）では汚染過程と浄化過程を、case 3（10.0 g/l）では浄化過程を観た。なお、汚染源としては土粒子に対してほとんど吸着性がないとされる塩水を使用した。塩水濃度以外の条件は、同じくした。



① ライト ⑤給水タンク
② 円筒カラム ⑥フィルター
③ サンプリング孔 ⑦オーバーフロー
④ 下部水槽 ⑧断熱材

図-1 実験装置および初期水分・温度分布

表-1 実験条件

	case 1	case 2	case 3
塩水濃度 (g/l)	38.0	3.5	10.0
塩水比重 (-)	1.0254	1.0019	1.0077
乾燥密度(g/cm ³)	1.582	1.566	1.596
空隙率 (%)	40.1	40.7	39.6
蒸発率(cm/h)	0.15	0.15	0.11
汚 染 過 程	○	○	
浄 化 過 程		○	○

3. 実験結果とその考察

(1) 汚染過程

図-2は、下部水槽を塩水に切り換えてから各測点で間隙水濃度比が0.5に達するのに要する時間を示す。ここで、間隙水濃度比とは、測定濃度を原液濃度で割った値である。グラフの傾きが汚染の速さを表す。汚染は高さに関係なく下からほぼ一様に進行している。また、汚染源の濃度が高いcase 1の方がcase 2よりも汚染の進行が速いことがわかる。また、汚染の進行と

ともに表面に塩が蓄積したが、塩層の形成とともに蒸発量が減少することが確認できた。

（2）浄化過程

図-3は、カラム内がほぼ一様に汚染された状態から下部水槽を再び真水に切り換えた後、各測点で間隙水濃度比が1.0から0.5に下がるまでの時間を示す。ここで、case 2とcase 3に大きな違いがある。すなわち、カラム内の間隙が低い濃度で汚染されている場合は、下方から順に浄化されされているのに対し、カラム内の間隙が高い濃度で汚染されている場合は、上方から浄化される傾向にある。これには次のような原因が考えられる。まず、表-1に示すように、本実験ではcase 2よりcase 3の蒸発量が下回っているため蒸発作用による上方への駆動力も低かったこと、さらに、間隙水の濃度が高いcase 2は比重が大きいため下に落ち込む重力効果が上方への駆動力より卓越していると考えられることである。また、図-4は、case 2の下部水槽を再び真水に切り換えた後の塩量の累積である。ここからカラム内部が浄化されるにしたがって表面に塩が蓄積されて行くことがわかる。さらに、表面は浄化されないが、表面下1 cm付近まで浄化されていることがわかる。また、図-2、図-3でcase 2に注目すると汚染の進行速さに比べて、浄化がいかにされにくいかわかる。

4. 結論

汚染源の比重が重い方が上方移動が遅いことが確認された。また、下からの汚染源の供給が絶たれた時、土中の汚染物質は、上へ排除される場合と下へ排除される場合の二つの形態が確認された。これらは、蒸発作用による上方への駆動力と比重の違いによる重力効果との力関係によると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤邦明, 西林清茂, 須藤 賢; 伝熱を伴う乾燥過程の不飽和浸透流に関する実験的研究, 土木学会第41回, II-94, P187~188
- 2) 堀田尚哉, 堀内将人, 井上頼輝; 定常温度勾配下での不飽和砂層内物質上方移動の解析, 環境衛生工学研究, 第2巻, 1988, P18~29
- 3) 原田 大, 石原安雄, 下島栄一; 一定深さの地下水面をもつ砂層からの蒸発実験, 土木学会第43回, II-85, P206~207

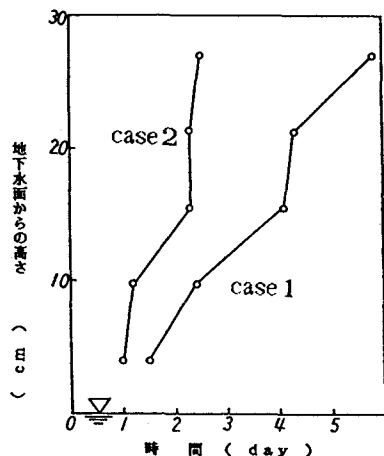


図-2 間隙水濃度比が0.5に達する時間（汚染過程）

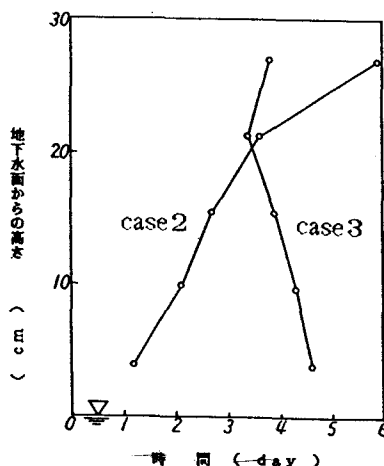


図-3 間隙水濃度比が0.5に達する時間（浄化過程）

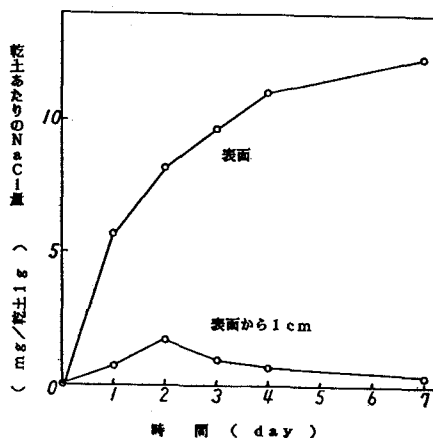


図-4 case 2における表面付近での塩累積量