

大阪大学工学部 学生員 ○山内淳平
大阪大学工学部 正会員 石井義裕

大阪大学大学院 学生員 八木誠吾
大阪大学工学部 正会員 村岡浩爾

1. はじめに

トリクロロエチレン(以下 TCE とする)などの揮発性有機塩素化合物による地下水汚染が見られる現場では、降雨や揚水などが原因で生じる地下水位変動により汚染物質濃度が大きく変化することが分かっており、土壌を構成する粒子の粒径が小さい場合、地下水面上に滞留している原液状の汚染物質の存在が、汚染物質濃度変化の原因の1つだと考えられる。そこで本研究は、鉛直1次元方向のみを考慮した場合について、地下水位変動に伴う、地下水面上に滞留した汚染物質の浸透挙動を視覚的に捉えるための可視化実験と、濃度測定によってTCEの拡がりを捉えるためのカラム実験を行った。

2. 可視化実験

2.1 実験方法：内径9.6cm、深さ40.0cmの円筒カラムに完全乾燥状態のガラスビーズを充填し、下方から純水を注水して不飽和帯(20cm)と飽和帯(20cm)を模擬したモデル多孔体を作る。今回は粒径1mm(case1)と粒径3mm(case2)の2ケース実験を行った。そして、カラム最上部より有機染料で着色した汚染物質原液(今回はTCE原液)を15ml滴下し、水面上に滞留させる。その後、水位変動(周期20分、振幅5cm)を生じさせ、15秒毎に水位測定、5分毎に写真撮影を行う。

2.2 粒径1mm(case1)の結果及び考察：水面がTCE原液の層を通過するとき、水の通過の影響でTCE原液の層はわずかに上方に拡がるが、水面がTCE原液の層の通過を通過した後は、水面だけが上昇しTCE原液は同位置に滞留する。しかし、低下してきた水面がTCE原液層の上端に達するとTCE原液は下方に拡がりはじめ、水面の低下が止まるとTCE原液も水面の真下に層となって滞留する。そして再び水面が上昇してもTCE原液は同位置に滞留しており、水面の最下点より下方には浸透しないことが確認された。

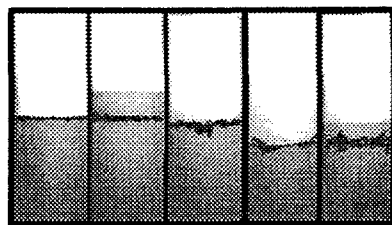


図1 : case1 (粒径1mm)

2.3 粒径3mm(case2)の結果及び考察：case1のときと同様、水面がTCE原液の層を通過するときTCE原液層に若干の拡がりはあるが、TCE原液はほぼそのままの位置に滞留している。しかし、低下する水面がTCE原液層の上端に達すると、case1のときと異なり、水面の低下速度より速い速度で下方に移動し、水面の低下が止まるとTCE原液の移動も止まるが、TCE原液は層とはなっておらず、再び水面が上昇してもTCE原液はそのままの状態を保ちながら滞留する。水面の低下時にcase1とcase2で浸透挙動が異なるのは、間隙規模の違いによるものと考えられる。



図2 : case2 (粒径3mm)

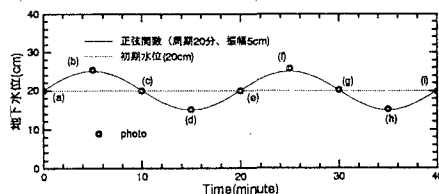


図3 : 水位変動

3. カラム実験(濃度測定)

3.1 実験方法：内径10cm、深さ90cmの円筒カラムに、可視化実験と同様、完全乾燥状態のガラスビーズ(粒径1mm)を

充填し、不飽和帯(20cm)と飽和帯(70cm)を模擬したモデル多孔体を作り、カラム最上部より TCE 原液を 20ml 滴下して水面上に滞留させた後、水位変動(case1:周期 6 時間,振幅 10cm, case2:周期 24 時間,振幅 10cm)を生じさせ、4 分の 1 周期ごとに飽和帯部分の溶液を採取して濃度測定を行った。また、水位変動がない場合(case3)についても同様の実験を行った。

3.2 結果及び考察：case3 では、6 時間後までは下方への溶解はほとんど見られなかったが、12 時間後以降、徐々に溶解していく様子が確認された。それに対し case1 と case2 では、水位の変動範囲内で TCE 濃度は大きい値を示しており、飽和濃度(1100mg/l)を超えている箇所も見られ、この部分では原液が溶解せずに滞留していると考えられる。また水位の変動範囲より下方でも TCE 濃度は出ており、鉛直下方へ浸透するだけでなく溶解もしていることが分かった。さらに水位の変動周期が異なると、同周期後における浸透現象はほとんど変わらないが、鉛直下方への溶解量が case2 の場合の方が case1 の場合より多いことが確認できた。

4. まとめ

以上の 2 つの実験から、地下水面上に滞留した原液状の汚染物質は、水面が上昇するときはほとんど移動しないが、水面が低下するときは水面の低下に従って飽和帯中に浸透し、土壌を構成する粒子の粒径が異なると TCE 原液の飽和帯中への浸透挙動も異なる傾向が見られた。また、地下水位が静止しているときに比べて地下水位が変動するときの方が鉛直方向に対する飽和帯への汚染の進行を促進し、地下水位の変動周期が異なると、TCE 原液の地下水位変動範囲より下方における溶解現象も異なるということも確認できた。この結果から、飽和帯中への汚染物質の浸透・溶解による汚染の進行は、降雨や揚水などによる地下水位の変動に大きく影響されていると考えられる。

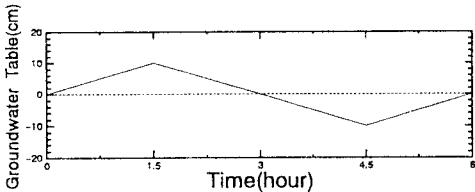


図 4：水位変動

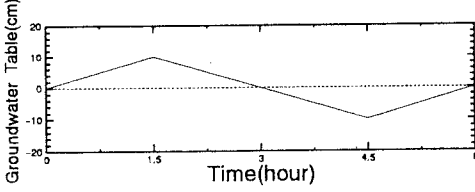


図 7：水位変動

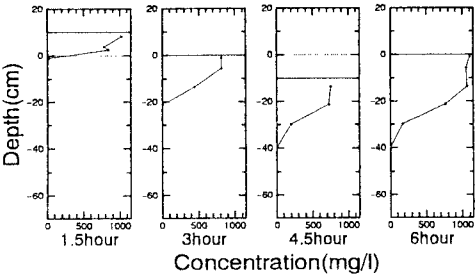


図 5：水位変動時の濃度分布 (case1)

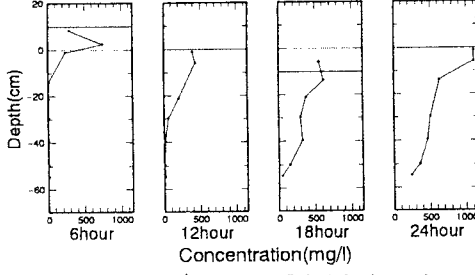


図 8：水位変動時の濃度分布 (case2)

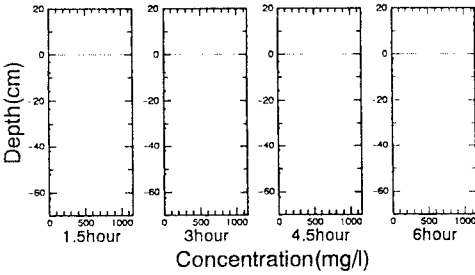


図 6：水位静止時の濃度分布 (case3)

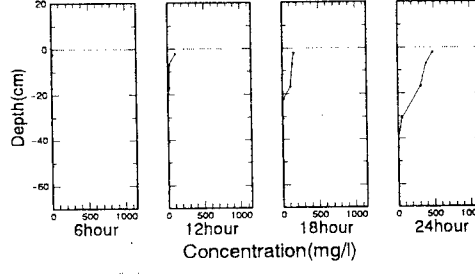


図 9：水位静止時の濃度分布 (case3)