不均一浸透層における不飽和浸透についての実験的研究

九州大学大学院農学研究院　正会員　中川　啓
九州大学大学院生物資源環境科学府　学生員　岩田将英
九州大学生物環境調節研究センター　筑紫二郎

1. はじめに

一般に、土壌構造はその連結した空隙の分布や透水性に関して、不均一であるといわれている．農薬等の汚染物質が地表面に散布された場合、降雨の浸潤に伴い、その不均一な土壌中を浸透していき、やがて地下水面へ達する．汚染物質が不均一な土壌中を浸透するメカニズムを把握することは、汚染対策を講じるうえでも重要な課題である．本研究は、模擬的に作成した不均一浸透層に対するトレーサーの浸透挙動について検討したものである．

2. 実験装置

(1) 不均一場の発生方法

図 1 に本研究で用いた実験浸透層の不均一場を示す．この不均一場の発生は次式による．

$$\log k = \overline{\log k} + \sigma\varepsilon$$

ここで、k は透水係数、σ は標準偏差、ε は平均 0, 分散 1 の正規乱数である．log$k$ の平均値と σ を与えることで任意の不均一場が発生できる．発生された k を準備したガラス球の粒径区分ごとに 6 クラスに分けた．

(2) 実験装置の概略

実験装置は不均一浸透層、降雨発生装置、TDR プローブとテスター、テンシオメーターから構成される．浸透層は 6 種の粒径(0.1mm, 0.2mm, 0.4mm, 0.6mm, 0.8mm)のガラス球で 1 ブロックが 5×5×10cm の大きさで縦 10 個×横 10 個の合計 100 個の均一ブロックで作成し、上部に 0.1mm の層、下部に 0.8mm の層を設けた．

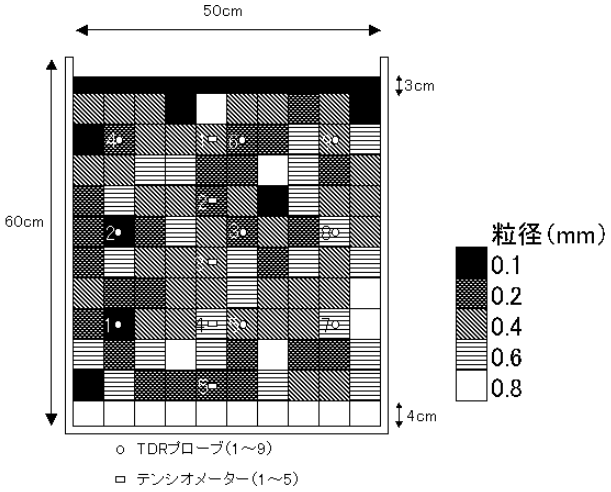

図1 発生した不均一場

3. 実験

(1) トレーサー試験

トレーサーとしては、NaCl(0.5g/L)と食紅(10g/L)を用い、それぞれについてトレーサー試験を行った．実験は、まず浸透層に脱イオン水を降雨発生装置から約 10mm/h の降雨強度で与え、浸潤前線が浸透層下端に到達してから、一旦降雨装置を取り外し、トレーサーを 500mL 地表面に散布し、トレーサーが浸潤してから再び模擬降雨を与え、下端からの流出水の濃度が十分低くなったところで終了とした．計測項目は、NaCl を用いたとき、TDR プローブで土壌水分量と電気伝導度、テンシオメーターで圧力水頭、浸透層下端の流出水量とその電気伝導度を計測している．食紅を用いたときは、デジタルカメラでトレーサーの浸潤挙動を撮影した．

(2) 結果と考察

写真 1 に食紅で着色したトレーサーの浸透の様子を示す．トレーサーは主に浸透層右側を選択的に流れ下端に至っている．トレーサーは、水分量の大きい透水係数の小さい部分を選択して流下したように見える．**図**

キーワード　不均一場、不飽和浸透、土壌汚染、トレーサー、TDR
連絡先（福岡市東区箱崎 6-10-1・092-642-2845・092-642-2845）

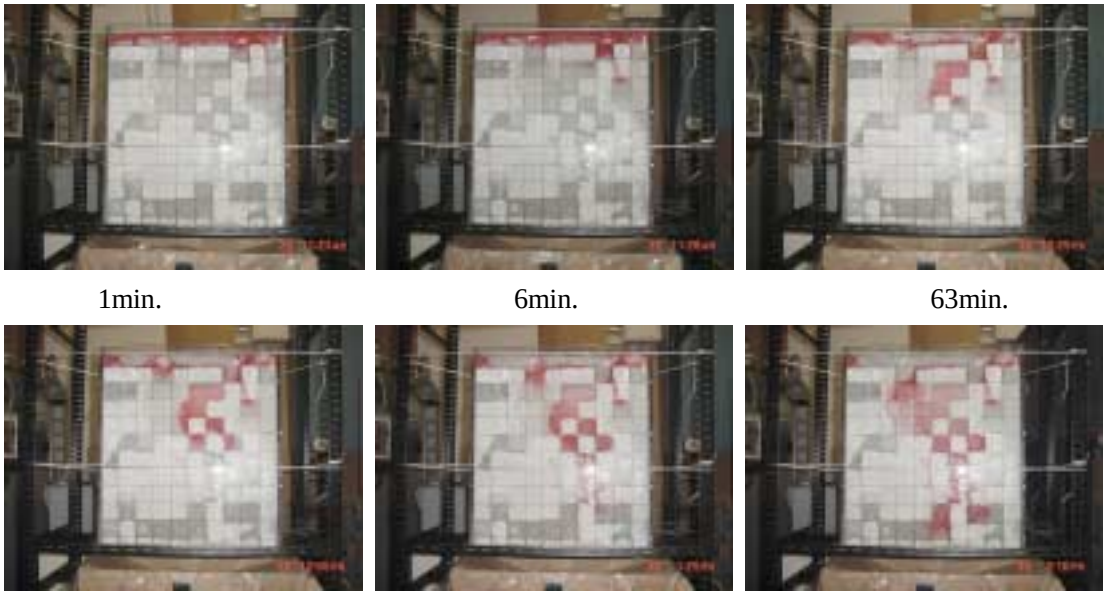

写真 1 食紅トレーサーの浸透の時間変化

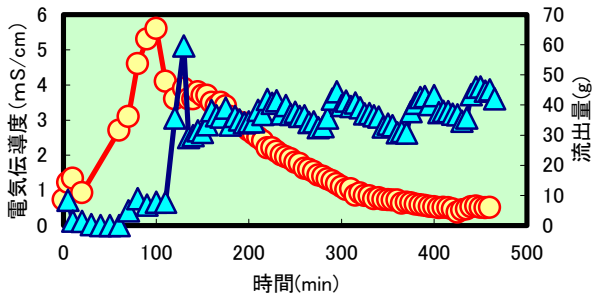

図 2 浸透層下端からの流出水の電気伝導度と流出量

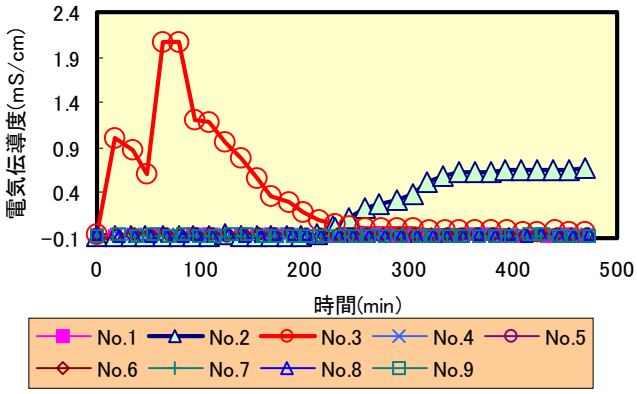

図 3 TDR プローブにより計測された電気伝導度

2 に浸透層下端からの流出水の電気伝導度の変化を示す．長いテーリングを示し、普通の解析解では表現し得ない分布となることを確認でき、浸透層の不均一性により巨視的な分散を起こしたことが分かる．**図** 3 には TDR プローブにより計測された電気伝導度の変化を示すが、No.2 では下端からのものと同様の傾向を示した．No.3 ではトレーサーを散布してから 5 時間後頃から立ち上がり始め、大きなピークは示していない．したがって、トレーサーの経路ではあるが、主要な経路ではないことが分かる．なお他の計測点では検出することができず．これらの点へはトレーサーが流下しなかったと考えられる．TDR プローブにより計測された水分量の変化によれば、No.2 と No.3 以外は概ね一定値で推移しており、常時保水していることが分かった．また No.2 や No.3 ではトレーサーが流下してきた時点で急激に増加し、その後一定値で推移している．テンシオメーターで測定された圧力水頭の分布によれば、初期を除けば概ね一定値で推移しており、実験が定常に近い状態で行われたことを示している．

4. おわりに

本研究では不均一場に対する不飽和浸透に関する知見を得るため、NaCl と食紅を用いたトレーサー試験により検討した．今後は、得られたデータをもとに巨視的分散係数の評価や、それと浸透層の不均一性との関係などを調べることを考えている．