

不飽和鉛直浸透のパラメータにおけるスケール依存性の 実験的研究

山梨大学大学院 学生員 竹花 智章
山梨大学工学部 正 員 坂本 康
山梨大学工学部 西田 継

1. はじめに

近年、土壌浸透での選択的な流れの研究が進展しているが、溶質移動に与える影響について十分には解明されていない。そこで本研究では、選択的な流れの影響が現れる不飽和浸透の模擬実験を行い、溶質移動のパラメータのスケール依存性にどのように関係するかを検討した。

2. 実験方法

2-1 実験手順

内径 2 cm、高さ 2 cm で切断してある塩化ビニル製パイプを鉛直に 25 個積み重ね、塩化ビニル用耐水テープでつなぎ合わせた。この下に 1 m の塩化ビニル製パイプをつなぎ、これにガラスビーズを入れた後振動させ均一にした。次にマイクロチューブポンプを用いて上部から蒸留水を注入し、電気伝導度が安定したところで NaCl 溶液に替えて実験条件に従うように注入した。その後すばやく切断し、各パイプに含まれている NaCl の濃度を電気伝導度より求めた。

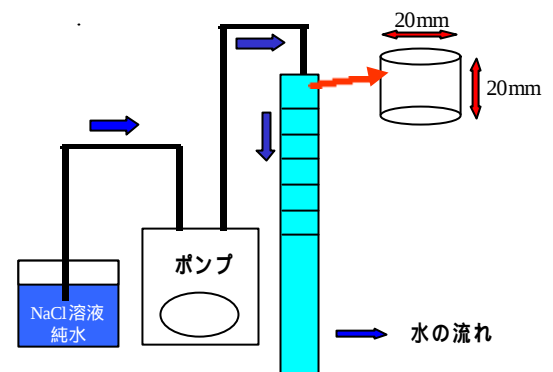


図1 実験装置

2-2 実験条件

実験で用いたガラスビーズの粒径、注入時間を表1に示す。また、異なる流量での結果を比較をするときには、注入流量 7.0ml/min のデータのうち、0.42 ~ 0.84mm のときには 60sec、0.84 ~ 1.00mm のときには 20sec のデータを用いた。

表1 実験条件

粒径 (mm)	注入流量 (ml/min)	注入時間 (sec)
0.42 ~ 0.84	3.5	90
	7.0	30、60、90、120
	14.0	30
0.84 ~ 1.00	3.5	30
	7.0	10、20、30、40
	14.0	15

3. 解析方法

実験結果より平均電気伝導度を NaCl 溶液濃度に変換し、次式によって相対濃度 C_r を求めた。この実験値に計算値を近づけ、カーブフィッティング (図2) によりパラメータとなる平均移流速度、分散係数を算出した。

$$C_r = \frac{C - C_B}{C_0 - C_B}$$

C_0 : 最大濃度
 C_B : 最小濃度

4. 結果および考察

4-1 粒径の相違が与える影響

図3に平均移動距離と分散係数、平均移流速度の関係を示す。ガラスビーズの粒径の大きさにかかわらず移動距離の増加に伴って平均移流速度、分散係数は減少する傾向が見える。つまり、これらのパラメータには見かけ上のスケール依存性が現れている。図4に平均移流速度と分散係数の関係を示す。

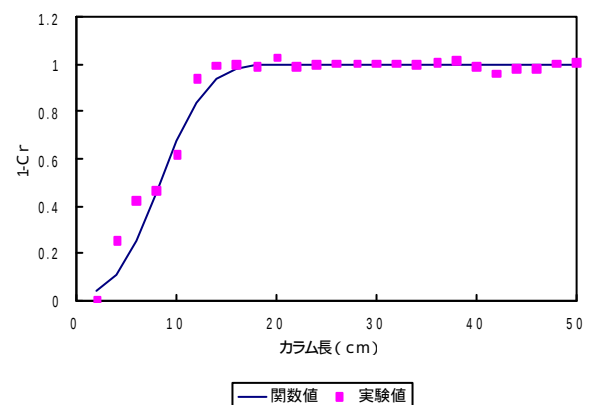


図2 カーブフィッティングの例

キーワード 不飽和層、浸透のパラメータ、スケール依存性

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8591 FAX 055-220-8770

ガラスビーズの粒径の大きさに関わらず移流速度の増加に伴って分散係数も増える傾向が見えるが、注入時間が短いとき（図中では塗りつぶした記号）に分散係数が他と比べ大きいために $D=au+b$ （ D ：分散係数、 u ：平均移流速度、 a 、 b ：係数）という一つの式で表すことは困難であった。

4 - 2 流量の相違が与える影響

図5に注入流量と分散係数、平均移流速度の関係を示す。図のように、7ml/min(134mm/hr)まではガラスビーズの粒径の大きさに関係なく注入流量の増加にしたがって分散係数、平均移流速度は増加している。しかし、14ml/min(268mm/hr)では平均移流速度が7ml/minの場合と同程度であった。このことから、流量が大きいほど水みちは多くできるが、各水みちでの流速（移流速度）については変わらないと考えられる。

5. まとめ

本研究では、不飽和浸透層内部の濃度分布を測定し、浸透のパラメータの見かけのスケール依存性を見いだした。浸透距離が長くなると見かけの平均移流速度がかなり小さくなることから、見かけのスケール依存性の原因は、可動水から非可動水への溶質移動ではないかと考えられる。この機構のために、非可動水ができやすい粒径が大きい層及び表層でパラメータの値が大きく変化したと考えられる。選択的な流れでは、水の流れみちができる過程で非可動水も生じる。したがって、選択的な流れが生じる場では非可動水の影響も正しくみつめることが重要であると考えられる。

[参考文献]

長裕幸：下層条件の違いがフィンガーに及ぼす影響について、農業土木学会論文集、NO.181、pp. 1～10、(1996)

松林宇一郎：不飽和透水係数と非電気伝導度のスケールリングについて、水工学会論文集、第40巻、pp. 1113～1116、(1996)

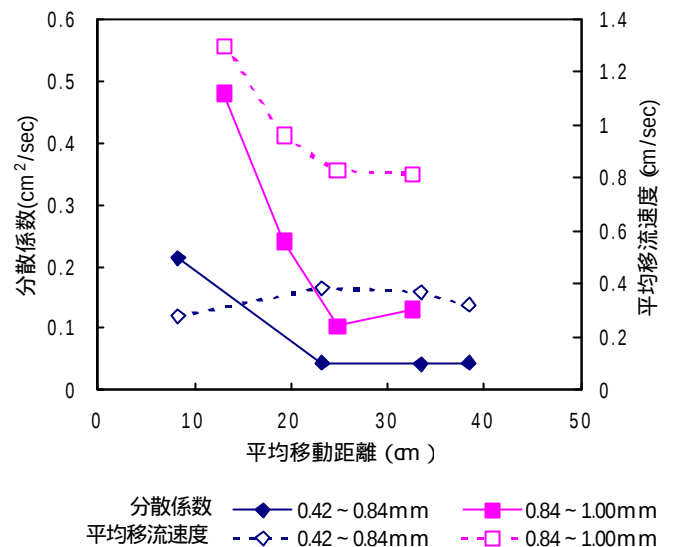


図3 平均移動距離と分散係数、平均移流速度

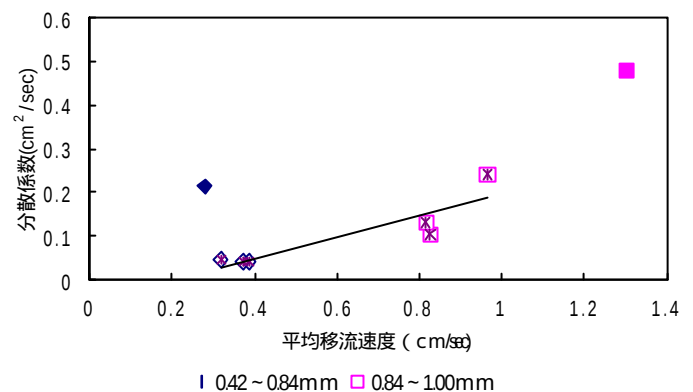


図4 平均移流速度と分散係数

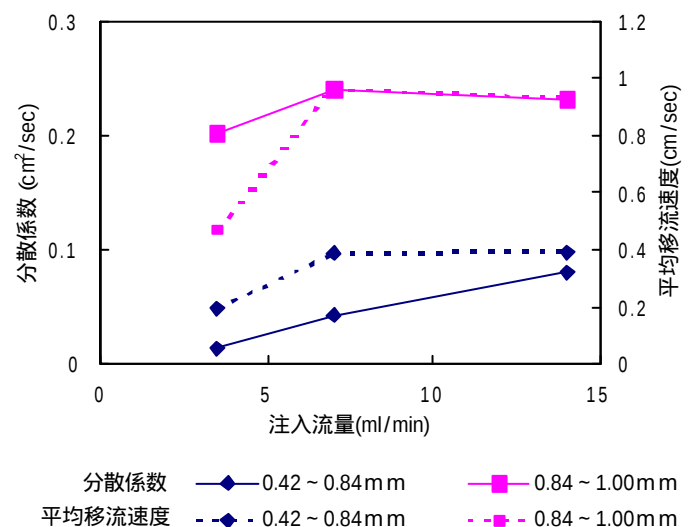


図5 注入流量と分散係数、平均移流速度