

II-337 間隙流速の分布に基づく多孔体中の分散特性に関する考察

名古屋大学工学研究科

正会員

井上 康

住都公団

正会員

菅沼 誠

名古屋大学難処理人工物研究センター 正会員

松林 宇一郎

1. はじめに

帯水層中での物質移動を表すパラメータのひとつである分散度に関して、測定スケールの拡大とともに分散度の値が大きくなるという、分散度のスケール依存性についての議論がある。一般に、このスケール依存性については、場の不均質性にその原因があるといわれている。つまり、透水性の非一様性を含むより大きな体積全体で平均をとることによって、巨視的分散と呼ばれる現象が起きると考えられているわけである。しかし、目黒(1998)によると、均一な3号珪砂のみを用いた実験においても、分散度のスケール依存性が確認されている。そこで、本研究では、均一な3号珪砂を用いた浸透場における一次元トレーサー実験により、局所的な間隙流速の分布を求め、それをもとに間隙流速の自己相関特性を調べることで、分散度のスケール依存性と、場の局所的不均質性との関係という問題を考察する。

2. 実験方法

図1に実験装置の概要を示す。浸透層は長さ180cm、幅60cm、厚さ2cmであり、内部には3号珪砂を飽和状態で詰めてある。また、槽内には、トレーサーによる比電気伝導度の変化を測定するための直径2mmのステンレス製電極が流下方向に1cm間隔で1列につき135点、6列で計810点取り付けられている。流れの向きは鉛直上向きとなっている。上流端に多数の穴を開けた真鍮製のパイプが設置しており、トレーサーはここから断面一様に注入される。実験Ⅰでは、このトレーサー注入位置から38cm、68cm、98cm、128cm離れた各点におけるトレーサー濃度の経時変化を測定し、分散係数Dを求める。実験Ⅱでは、トレーサーの注入方法が異なる。電極9つおきに設置してあるゴム製のセプタム（直径5.5mm）を通じて少量のトレーサーを注入する。そして、1cm間隔で設置してある電極から比電気伝導度の経時変化を測定し、各電極での伝導度の値がピークを迎える時刻を求め、そこから各点における間隙流速を算定する。

3. 結果及び考察

実験Ⅰから得られた結果を図2に示す。これは横軸に時間、縦軸に比電気伝導度の値をとったもので、各点でのトレーサー濃度の経時変化を示している。Dおよび実流速vの算定は、まず仮に定めたD、vの値を(1)式に代入し、計測値との比較を行う。そして試行錯誤の結果、最小自乗法により、計算値と計測値との誤差の総和が最も小さくなるD、vの組み合わせを探し、それを対象実験場でのD、vと決定す

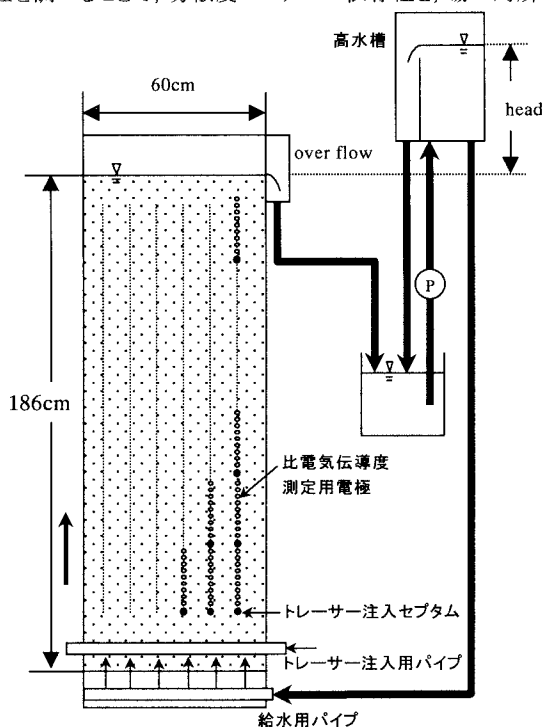


図1 実験装置図

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

$$D = \alpha v \quad (2)$$

$$R = \exp\left(-\frac{d}{L}\right) \quad (3)$$

キーワード：分散度、スケール依存性、積分特性距離、自己相関係数、不均一性

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-5858 FAX 052-789-5857

る。

また、分散度は(2)式に示す関係式から求める。その結果を図3に示す。これは、測定スケールと分散度との関係を示すグラフであるが、スケール依存性が存在する個とがわかる。

次に、実験Ⅱに関してであるが、間隙流速の分布を求めた後に、ある空間スケールについて、1cm, 2cm, ... という空間ラグ d だけ離れた2点間の間隙流速の自己相関係数 R を求める。そして、(3)式から場の積分特性距離 L を計算する。

図4には、このようにして求めた積分特性距離 L を、測定スケールを横軸にとってプロットしている。 L の値も測定スケールの拡大とともに増加していることがわかる。積分特性距離は、平均的な相関の長さを表す値であり、これが大きくなるということは、測定スケールを大きくすると、相関が遠くまで及ぶようになる、ということの意味している。この原因は以下のように考えられる。

3号珪砂のみを用いた場であるとはいっても、その珪砂はある粒径分布を持っており、中には細かい粒子もあれば粗い粒子もある。そのため、実験装置製作段階において、よく混合してから珪砂を詰めたつもりであっても、局所的には、細かい粒子が偏って存在している群や、逆に粗い粒子が偏って存在している群があるものと考えられる。その偏った粒子群の内部の点においては、間隙流速は高い自己相関性を示し、それを越える空間ラグにおいては相関は低くなる。次に、観測のスケールをもう少し大きくとって考えると、細かい粒子の偏っている群が多く集まっている部分と、粗い粒子群が多くある部分とに別れ、それらの部分を流れる間は高い相関を示すようになる。さらに観測スケールを大きくすると、今度はそれらの部分が多い箇所内部では、相関が高くなり... というように、観測スケールの拡大とともに相関の及ぶ空間ラグも大きくなっていくわけである。このように、局所的な不均一性が集まって少し大きなスケールでの不均一性をもたらし、さらにそれが集まり大きなスケールでの不均一性をもたらす、といった現象が推測され、そのため、分散度も、観測スケールとともに大きくなると考えられる。

4. まとめ

- 1) 均一場においてもスケールの依存性は存在し、測定スケールが大きくなるにしたがい、分散度も増加する。
- 2) 間隙流速の自己相関係数から求めた場の積分特性距離は一定値とはならず、測定スケールと共に大きくなる。
- 3) 分散度のスケール依存性は局所的な浸透場構成粒子の不均一性の集積により発生すると考えられる。

参考文献

中川・神野・細川(1998): 不均一浸透場におけるトレーサ輸送の微視的分散と巨視的分散に対する水理学的考察, 水工学論文集, 第42巻, pp385-390

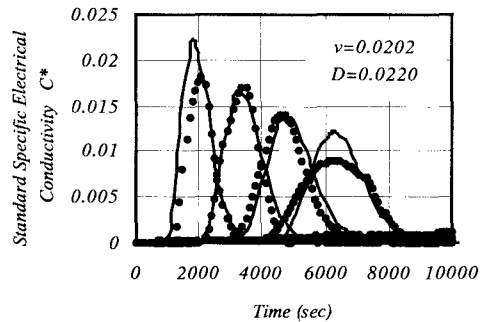


図2 実験値と理論値の比較

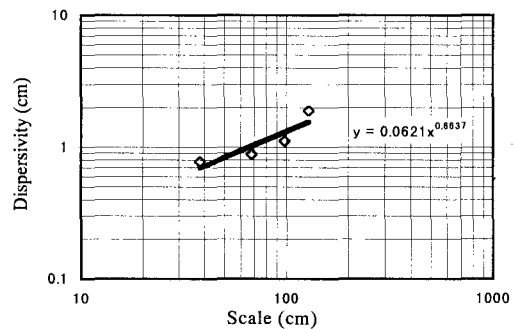


図3 分散度のスケール依存性

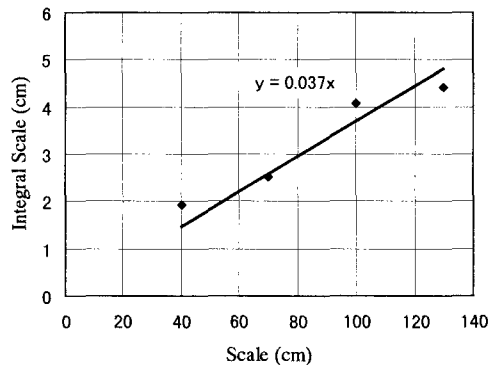


図4 積分特性距離