

画像解析を用いた沿岸帯水層の塩水侵入に関する室内実験 Experiments on saltwater intrusion in coastal aquifer using image analysis

◦ 神谷 智康*・小林 晃*・井上一哉*・青山 成康*
Tomoyasu KAMIYA, Akira KOBAYASHI, Kazuya INOUE, and Shigeyasu AOYAMA

1. はじめに

近年、わが国の至る所で地下水位の低下が報告されている¹⁾。沿岸帯水層において地下水位が低下すると塩水侵入が進行し、地下水が使用困難となる恐れがある。そのため塩水くさびの移動に伴う塩水内および周辺地下水の移動特性を知ることが重要である。そこで本研究では室内での密度流実験と塩水侵入実験を行なった。

2. 密度流実験

2.1 実験概要

本実験では塩水領域内における移動特性を調べるため、3%あるいは10%濃度の静止した塩水内へ種々の塩分濃度を有する着色トレーサを注入し、濃度の異なる2つの塩水に対して密度依存の流れを観察した。試料には粒径0.6mmと0.07mmの2種類のガラスビーズを質量比で9:1の割合に混合して使用した。試料の間隙率は0.35、透水係数は0.01(cm/s)である。実験装置には長さ20(幅)×18(高さ)×4(奥行)(単位cm)の亚克力製容器を使用し、青色1号で着色した種々の塩分濃度のトレーサを3cm³注入した。トレーサの挙動を撮影し、画像解析によりトレーサの輪郭を抽出した。Fig.1とFig.2に画像解析結果の一例を示す。

2.2 実験結果

トレーサの濃度が浸透場の塩分濃度よりも小さいと上方へと移動し、大きければ下方へと移動する。濃度差によってトレーサの移動速度や分散の大きさは異なり、密度依存の流れは複雑であることがわかる。これより塩水領域内では塩水に比して密度の大きい物質は塩水内に溜まり、密度が小さい物質は浮力により鉛直上方へと移動すると考えられる。また、密度の小さい物質が淡水域へと流出する過程では密度差に応じて流出に至る時間や分散の度合いが相当変化すると推察される。Fig.3にトレーサ塩分濃度を浸透場の塩分濃度で除した値をとり、比と図心の移動速度の関係を示す。濃度比と移動速度には線形の関係があることがわかる。

3. 塩水侵入実験

3.1 実験概要

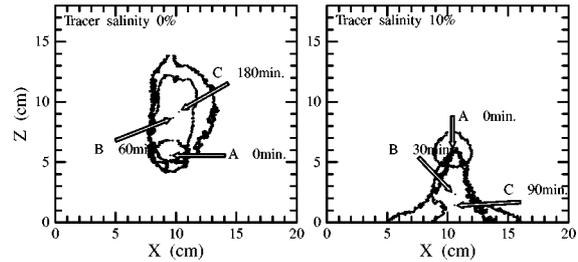


Fig.1 Movement of tracer with 0% and 10% concentration through the field of 3% concentration
塩分濃度3%の浸透場に塩分濃度0%と10%を注入した時のトレーサの挙動

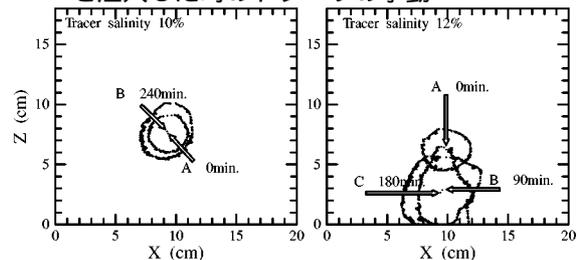


Fig.2 Movement of tracer with 10% and 12% concentration through the field of 10% concentration
塩分濃度10%の浸透場に塩分濃度10%と12%を注入した時のトレーサの挙動

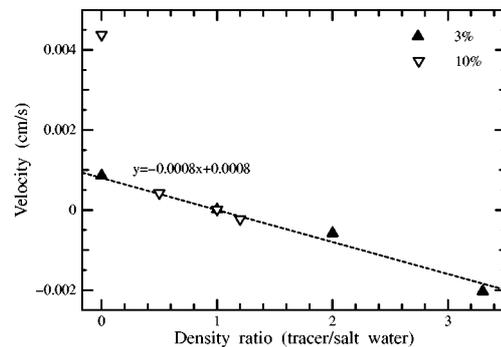


Fig.3 Relationship between ratio and velocity
濃度比とトレーサ移動流速の関係

*京都大学大学院農学研究科 ; Graduate School of Agricultural Science, Kyoto University. キーワード : 塩水侵入, 室内実験, 画像解析

本実験ではまず、水位差 0.7cm と 1.5cm の定常状態の浸透場について検討した。次にこの定常状態から上流水位を下流水位まで低下させて非定常な流れ場を作り出し、地下水位低下時の浸透場について検討した。試料は密度流実験と同様であり、実験装置は長さ 90(幅)×40(高さ)×10(奥行)(単位 cm) のアクリルタンクを使用した。可視化を容易にするため、塩水は赤色 102 号で着色し、トレーサは青色 1 号で着色する。Fig4 に実験装置の概略図を示す。実験は以下の手順により実施した。(1) 水中落下法によりガラスビーズをタンク内に充填する。(2) 上下流タンクの水位を目的の水位まで下げる。(3) 下流タンクから塩水(塩分濃度 10%, 赤色 102 号濃度 $1.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^3$) が内部に侵入する。(4) アクリルパイプを用いてトレーサを注入する。No.1,3 には塩分濃度 10%, No.2,4,5 には淡水をそれぞれ 5cm^3 注入する。(5) 塩水とトレーサの移動をデジタルカメラで撮影し、画像解析に用いる。

3.2 実験結果

Fig5 と Fig6 を見ると、定常状態において、塩水域のトレーサは上流側へ、淡水域のトレーサは下流側へ進むが、拡がりの度合いは大きく異なっている。淡水域のトレーサは塩淡境界面に沿って移動しており、水位差が大きい程、流速も大きくなっている。また、水位差が小さい浸透場の方が塩水くさびは大きく形成されることがわかる。Fig7 と Fig8 を見ると、非定常な浸透場になると塩水の侵入に伴い塩水域のトレーサも上流へ移動し、定常時とは異なった拡がり具合となっている。また、水位低下量が大きいと、塩水くさびは上流方向へ侵入するだけでなく、鉛直上方へも拡がっていく。一方、淡水域のトレーサは侵入してくる塩水に押し上げられるように上流方向へ分散している。トレーサが塩水域に飲み込まれながら上昇していることから、遷移領域を形成しながら移動していることがわかる。つまり、地下水位が低下することにより塩水域が拡大するだけでなく、淡水と塩水は異なった挙動を示すため、帯水層の流れは複雑になる。本実験から水位低下量の違いによって帯水層内の様相が変化することがわかった。

参考文献

1) 地下水問題研究会: 地下水汚染論, 1991.

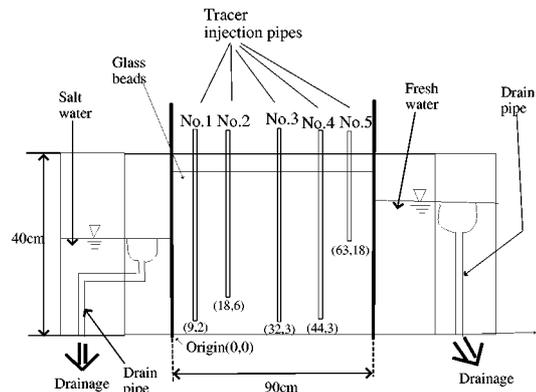


Fig.4 Experimental apparatus
実験装置の概略図

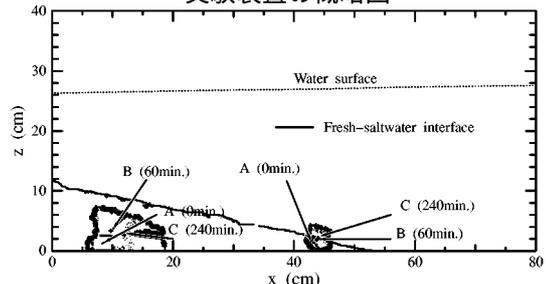


Fig.5 Tracer movement under steady state flow
水位差 0.7cm での定常場における流れ

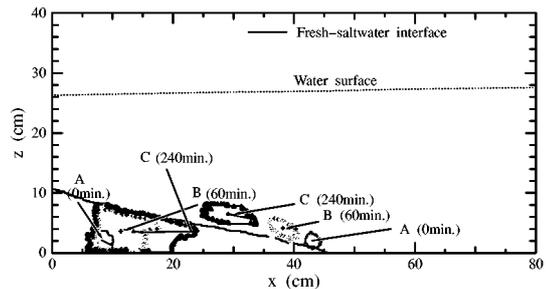


Fig.6 Tracer movement under steady state flow
水位差 1.5cm の定常場における流れ

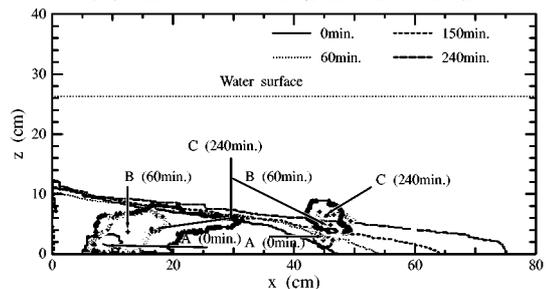


Fig.7 Tracer movement under unsteady state flow
水位低下量 0.7cm の非定常場における流れ

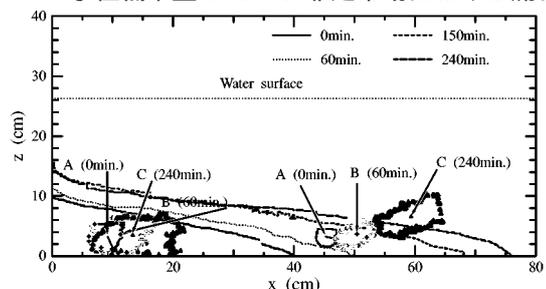


Fig.8 Tracer movement under unsteady state flow
水位低下量 1.5cm の非定常場における流れ