

国立公衆衛生院 ○ 学生員 倉田 文
正会員 相沢 貴子
正会員 奥村 義基

I. はじめに.

地中における水や物質の挙動については未解明点が多く、これらを解明することは地下水汚染を解決する上でも重要である。特に地下水面上部の毛管水帯の水は、地下水の循環や流出に重要な役割を果たしていると考えられるが、その挙動には不明点が多く残されている。本研究では実験用砂箱を用いて、鉛直二次元流中における水、物質の動きを捉え、特に飽和毛管水帯の水、物質の動きに果たす役割を明らかにすることを目的とした。今回はその基礎実験として行い、定常流における実験結果について報告する。

II. 実験方法.

実験装置は 100 cm H, 100 cm L, 25 cm W の砂箱と左右の水位制御箱で構成されている (図 1)。この砂箱に標準砂 (中粒粒至 0.14 mm) を充填して定常流を設定し、トレーサーを流してその動きを捉えた。砂箱には水 2 ノメートルに接続された 40 本のテンションメータ、トレーサー検出用の 20 本の電導伝導度計のセンサー、および 35 本のサンプリングカップをセットした。また、左右の水位制御箱により 5 cm 間隔に任意に水位を設定できるようにした。トレーサーには NaCl および蛍光染料 (Acid Red 52) を使い、センサーによる電導伝導度の測定、サンプリングによる塩素イオンの分析、写真撮影によりその動きを捉えた。実験は動水勾配を変えて地下水面を適当な位置に設定し、数回行った。

III. 実験結果および考察

全水頭の分布を図 2 に示す。実験 1, 2, 3 は定常状態のもとに動水勾配を各々 0.05, 0.10, 0.15 に設定したものである。地下水面、毛管水帯の上限、および飽和毛管水帯と不飽和毛管水帯の境界は圧力水頭の読みから標準砂の水分特性曲線を用いて算出した。いづれの実験においても、毛管水帯中には飽和帯に類似した偏析浸透流が形成されているが、その流れは一概でなく乱れが存在することが認められる。特に実験 3, 2, 1 の順に乱れが大きくなり、ていくことから、動水勾配が小さい時ほど乱れが大きいと考えられる。一般に、毛管水帯中には静態毛管水と呼ばれるサイフォン状の流れが存在するといわれている。本実験では動水勾配の大きい実験 3 においてそのような傾向が認められるが、実験 1, 2 では明らかではない。すなわち、飽和毛管水帯中には側方浸透流が形成され、その形態は動水勾配が大きい時にはいわゆるサイフォン状であるが、小さい時はそれより不明瞭になる。また、不飽和毛管水帯の中では下流側に二次元的に不連続なシロフлакツス面が形成されることと全実験において明らかとなった。これは特に実験 1 で顕著に認められる。

図 3 はトレーサーの濃度ピークの通過時刻をトレーサー投入後の経過時間で示したものである。飽和毛管水帯下部では飽和帯とほぼ同速度で物質が側方へ移動しているが、地下水面からの高さが増すに従い遅れが生じる。動水勾配の大きいものほどその遅れが大きいことから、物質移動に大きく影響する飽和毛管水帯の厚さは、動水勾配が小さいものほど厚いことが明らか

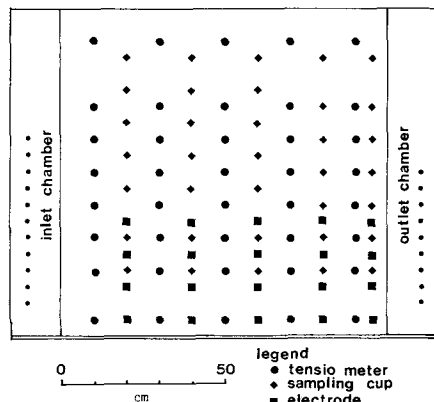


図 1 実験装置図

legend



Unsaturated capillary zone



Saturated capillary zone



WATER TABLE

とつた。また、物質の移動に地下水を境としを明確に区別は認められない。これは、飽和毛管水帯の水が飽和帯の水と実質的には連続しているためである。つまり、水、物質の移動を考える上、飽和毛管水帯は飽和帯の一部とすることとができると考えられる。これに対し、不飽和毛管水帯では極端に物質の移動速度が遅く付いている。これは、間隙の一部が水、残りの部分が空気でおめられている不飽和帯中の凝状水が、飽和帯とは異なる形態の流動をすることを示している。

図4は実験3についてトレーサーに塩素イオンを約300mg注入し、全水頭分布から算出した水

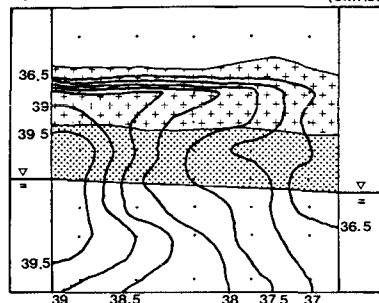
分フラックスにトレーサー濃度の時間積分値を乗じて算出した単位体積当たりのトレーサー全通過量の分布を示す。地下水面直下に300μg以上の大きな値が分布しており、地下水面直下を最も多量にトレーサーが通過している。しかし、飽和毛管水帯においても200μg以上の塩素イオンが通過することから、物質の側方浸透に、飽和毛管水帯も飽和帯に近い役割を果たしていると考えられる。

<参考文献>

アリム・雅根(1983):日本地下水学会 秋季講演会講演要旨

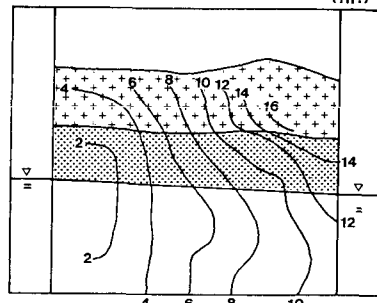
Experiment 1

(cmH₂O)

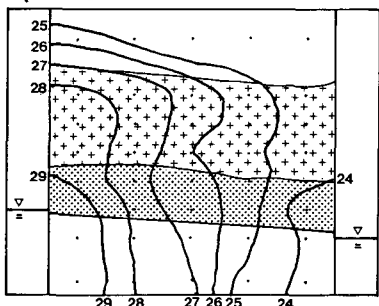


Experiment 1

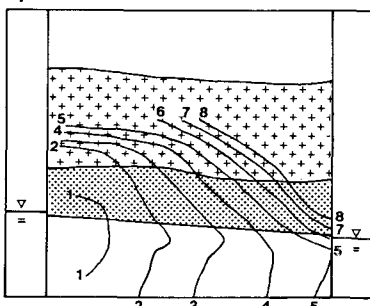
(hr.)



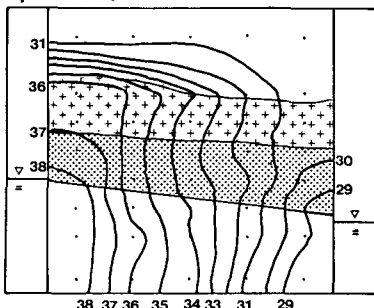
Experiment 2



Experiment 2



Experiment 3



Experiment 3

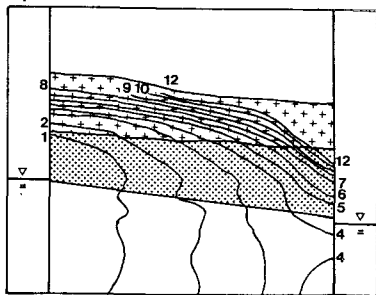


図2 全水頭分布図

図3 トレーサー濃度プロック通過時間
(トレーサー投入時: t=0)

Experiment 3

(μg)

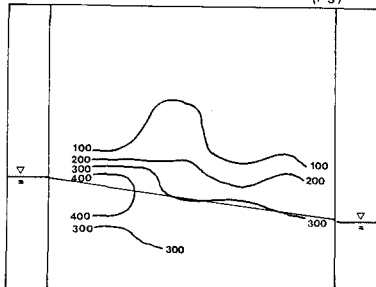


図4 単位体積当たりの塩素イオン全通過量