

海岸被圧帯水層からの淡水取水に伴う淡塩水境界面の分散について

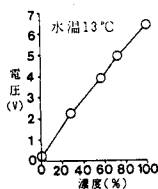
九州産業大学 正会員 ○ 細川土佐男
九州大学工学部 " 神野 健二

1. まえがき 地下水のかん養量の減少や地下水の取水に伴う淡水のポテンシャル低下により、淡水と塩水の平衡が乱れ内陸に塩水が侵入する塩水化現象は、地下水を取水利用する上で1つの問題となっている。このような現象については、従来より数多くの研究が行なわれているが、そのほとんどが淡塩水境界面に生じる分散・混合を無視して取り扱っている。しかし、淡水取水に伴う塩水化現象では、塩水の侵入と共に淡塩水境界面上で局所的な流れの変化が生じる為に分散・混合zoneが拡がりこれを無視できないであろう。そこで本報は、砂モデルを用いて、被圧帯水層内に設けた取水設備を作動あるいは停止した場合について室内実験を行ない、塩水の挙動と分散・混合とに関する実験結果を報告するものである。

2. 実験装置及び実験方法 実験装置を図-1

に示す。水槽は長さ120cm、幅8cm、高さ60cmで、前面をアクリ張りとし、両端部にスクリーンと水位調節用の昇降できる排水管が付けられている。また、 $x=76.0\text{cm}$ 、 $y=31.0\text{cm}$ の位置に直径3.0cmの取水暗渠が設置されている。水槽内に適量の水道水を入れておき、スクリーンで囲った領域に砂を落とし入れながらよくかきまて後かろくつきかため砂層内に気泡が入らないように注意して充填し、長さ100cm、幅8cm、高さ50cmの被圧帯水層の砂模型を造った。水槽前面には

表-1に示す位置に6mmのねじ孔をあけ、図-2に示している塩水濃度検出のためのプローブがとりつけられ、図-2 プローブのように作られている。プローブは、直径2mmの塩化ビニール棒に直径0.35mmのステンレス線を巻き付けた長さ6.5mmの検出部を、ねじ切りした真鍮管に埋めこんだものを試作使用した。塩水濃度は、4極導電率計(計測技研製, 6ch)を用いて、プロ



ープから導電率として検出しついで 図-3 検定曲線

電圧に変換されて測定される。濃度と電圧との関係を表す検定曲線の一例を図-3に示す。測定には、塩水濃度を検出するプローブの数が49本に対して導電率計の増幅器は6chである為と自動計測を行なう為に図-4に示している装置を用いた。6本のプローブ集団を1ブロックとして6ブロックに分け各ブロックの切替えとA/D変換をマイクロ・コンピュータで行なう為に濃度(電圧)は一定時間ごとに自動計測されディスプレイとプリンターに表示される。実験終了と同時に一旦ディスクに収納された後、プローブの検定値を用いて電圧は濃度に換算される。なお、実験に使った砂は透水係数 $k \approx 0.313\text{cm/s}$ 、空隙率 $\lambda \approx 0.221$ の相馬砂である。また、塩水には、水道水に食塩を溶かし、その比重を1.025とし、さ

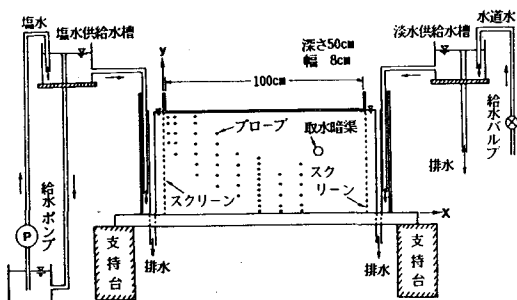


図-1 実験装置

表-1 測定位置

y (cm)	x (cm)									
	2.5	5.0	15.0	25.0	35.0	45.0	55.0	65.0		
35.0	20.0	15.0	15.0	10.0	2.5	2.5	2.5	2.5		
40.0	25.0	20.0	20.0	15.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
45.0	30.0	25.0	20.0	17.5	7.5	10.0	10.0	10.0		
47.5	35.0	30.0	30.0	25.0	10.0	15.0	15.0	15.0		
—	40.0	35.0	35.0	30.0	12.5	20.0	20.0	—		
—	45.0	40.0	40.0	—	15.0	—	25.0	—		
—	47.5	45.0	—	—	17.5	—	—	—		
—	—	47.5	—	—	20.0	—	—	—		
—	—	—	—	—	22.5	—	—	—		
—	—	—	—	—	25.0	—	—	—		
—	—	—	—	—	27.5	—	—	—		

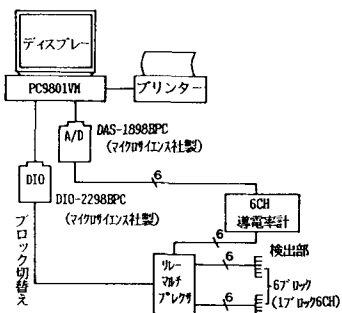


図-4 測定装置

らにこれに食用色素赤色2号を溶かし、赤紫色に着色した物を用い、淡水には水道水をそのまま使用した。次に実験は、塩水位を53.0cm、淡水位を54.90cmに設定して目視による淡塩水境界面がほとんど変化しない定常状態から、取水量 $q=1.875\text{cm}^2/\text{s}/\text{cm}$ で取水を35分間行ない、塩水が淡水領域に徐々に侵入してゆく過程とその後取水を停止し、淡水が塩水を徐々に排除して行く過程とについて行なった。

3. 実験結果及び考察 図-5に濃度の経時変化を示す。取水時より取水停止時があるいは塩水域の上端より下端の方が濃度変化が緩やかで塩水域の移動速度が遅いことがわかる。とくに、15%程度からの減少は緩やかである。図-6に取水時の、図-7に停止時の鉛直方向の濃度分布の経時変化を示す。取水時には時間の経過とともに分散幅が拡がり、取水開始から5分経過後には分散幅が約5cmであったのがその後30分経過すると約15cmの3倍になっている。特に、70%~100%の濃度域の幅が顕著に拡がっている。また、停止時には、時間の経過とともに分散幅は狭くなっている。しかし、取水時よりも拡い。図-7に取水時の等濃度線により表わした塩水域の経時変化を示している。時間の経過とともに、塩水が淡水域に侵入して塩水域や分散幅が拡がっている。特に、低濃度域の侵入形状は等濃度線が取水暗渠に向かって上昇してupcornが形成されている。

図-9に停止時の塩水域の経時変化を示している。時間の経過とともに塩水域は淡水によって押しもどされ、分散幅とともに狭くなっている。侵入時に形成されたupcornは、時間とともに境界面上を海側に排出されていることがわかる。

4. あとがき

以上のように本報では、境界面の全域で分散・混合zoneが存在し、しかも境界面が取水暗渠に近づくにつれて低濃度域の侵入速度が高濃度域の侵入速度より

りも一段と速くなり、分散幅も顕著に拡がることを確認された。従って、本報のような現象では分散を考えた取り扱いが必要であると考え。そこで今後は、分散を考慮した数値解析を行ない、本報との比較検討を行なう予定である。

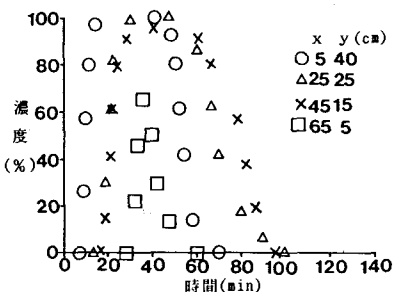


図-5 濃度の時間変化

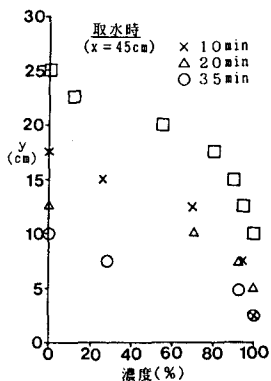


図-6 濃度分布の経過

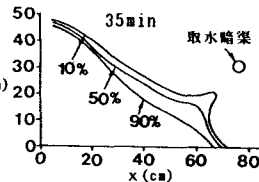
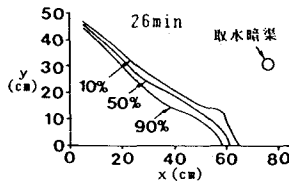
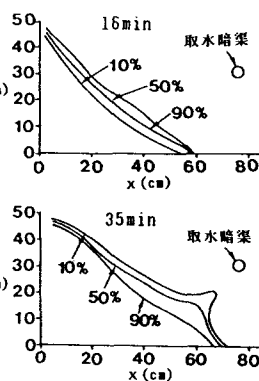
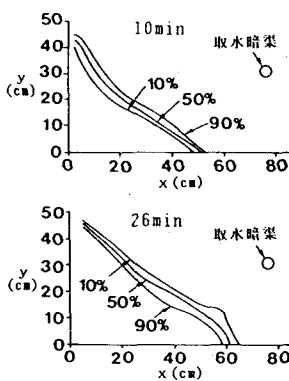


図-7 塩水域の時間変化(取水時)

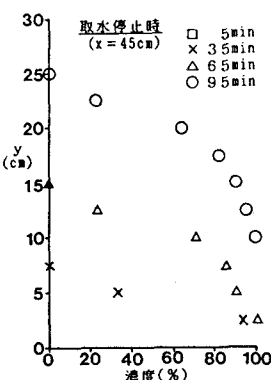


図-8 濃度分布の経過

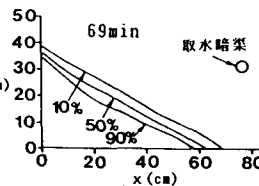
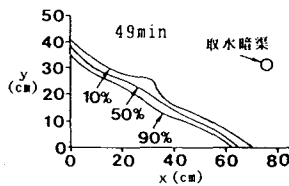
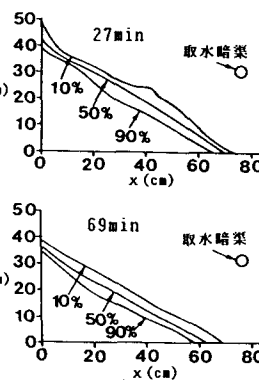
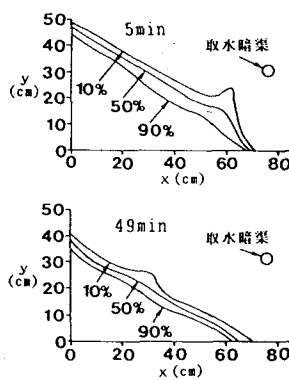


図-9 塩水域の時間変化(取水停止時)