

日本ユニシステム(株) 正員 ○ 李 圭太
 福山大学工学部 正員 尾島 勝
 福山大学大学院 学生員 大賀祥一

1. まえがき 地下水の塩水化現象は、過剰揚水に起因する被圧地下水帯のみならず、農業用・養殖漁業用としての揚水量の増大や河道改修に伴う漏水量の減少に起因するものとして、海岸部低平地の自由地下水帯においてもかなり深刻化しつつある。本研究は、塩分侵入機構を移流分散過程としてとらえるときとくに塩分侵入速度ならびに分散係数値の算出精度を高めることを主要課題としている。実験方法については紙面の都合上割愛する(第33回水理講演会と同様である)。

2. 塩分侵入機構に関する考察 塩分侵入機構を解明しようとするとき、塩分侵入速度の計測あるいは算定が一番問題となる。現状ではフィールドにおいても実験室においても浸透流速を直接的に計測することは非常に難しく、流量・水位あるいは塩分濃度値の経時変化を介して間接的に算出するしかない。ここでは、著者らがすでに提示している地点塩分濃度値の経時変化に基づく方法の妥当性を検証する目的で、総侵入塩分量の経時変化(平均濃度フラックス値)に基づく方法との比較考察を行った。本解析における平均濃度フラックス値に基づく侵入流速の算出方法は次のようである。①各井戸断面を通過する平均濃度フラックスを求める。②塩分Cが流れる速度uに乗りきつて移動するものとすればフラックスは、 $\langle \text{FLUX} \rangle = \langle cu \rangle = \langle C \frac{dM}{dt} \rangle$ と表されるが、右辺第2項の大きさを逆同定してやるために、この項を無視して、 $\langle u \rangle = \langle \text{FLUX} \rangle / \langle C \rangle$ から流速値を求める。算出結果の一例として図-1に塩分濃度値から計算値をDS、濃度フラックスからの値をFSとして、その経時変化を示した。図中△印は地点塩分濃度変化から算出した侵入流速DS(cm/sec)あり、○印は濃度フラックス値から求めた侵入流速FS(cm/sec)である。これらの図から明らかになった事項を簡潔に示せば次のようになる。(紙面の都合上割愛している考察図がある。)

1) 無揚水条件の実験シリーズについてみれば、矢板開度が大きいケース10, 8, 6はFS値の変動幅が若干大きいものの、その速度減衰の様相はDSのそれとよい一致を示している。また、それらの速度値の最終定常値は矢板開口比が小さくなる傾向が現れており、FS値とDS値の差は小さくなっているといえる。しかしながら、開口比が5/10, 4/10 とさらに小さくなり、矢板による阻止効果が大きくなる場合には、DS値はむしろ大きくなり、時間的にみてもほぼ一定($7 \sim 8 \times 10^{-4}$ cm/sec)であるのに対し、FS値は時間経過とともに急速に減衰して他のケースとほぼ同じ定常値 $7 \sim 8 \times 10^{-5}$ cm/sec となっている。2) 塩水槽近傍上部揚水のU3シリーズでは、DSの最終定常値は矢板開口比の減少とともにケース4-U3まで漸減して、 3×10^{-4} cm/secまで低下するが、開口比2/10の2-U3では 1×10^{-3} cm/secに再び大きくなっている。一方、

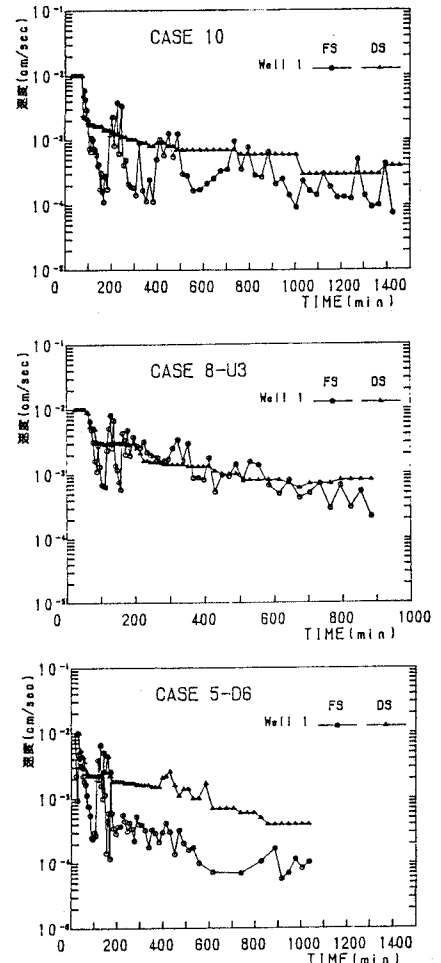


図-1 主流方向の速度図

FS値の最終値のちがいはほとんどないがD3シリーズの方がDSとFSの速度減衰の様相がよく一致している。3) 塩水槽遠方上部揚水条件であるU6シリーズについてみれば8-U6, 6-U6, 5-U6では侵入過程の後半では、DSとFSの値はほぼ一致していることがわかる。D6シリーズでは8-D6と6-D6で上記と同様の傾向を示している。以上のように各シリーズ毎の変化特性を明かにしたが、揚水による吸引の影響が強くなれば、侵入流速値も大きくなるが、その定量的評価ができたことになる。また、FS値の最終定常値が揚水条件および矢板開口比条件の相違にかかわらずほぼ一定値となることから拡散項の影響は小さいといえよう。

3. 一次元移流分散係数に基づく考察 分散係数は場の定数であるから、本研究のような基礎的モデル実験から得られた値も、矢板開口条件や揚水条件の相似性が保たれる現場には適用が可能であろう。したがって、このような基礎的モデル実験の結果として、複合条件下における分散係数値の変化特性とその収束値が求められるならば、未知量は、流速と塩水化水深の2つにかかわるから、水位境界条件の設定と限られた測点における水位および塩分濃度の観測値に基づいて、対象域全体の塩分挙動の再現計算や将来予測が可能となる。

一次元移流分散方程式は、
$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = -DL \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{1}{h} \frac{\partial C}{\partial x} \frac{\partial h}{\partial x} \right)$$

であり、これを次のように差分化して、分散係数DLを求める。

$$\frac{C_i^t - C_i^{t-1}}{\Delta t} + u_i^t \frac{C_i^t - C_{i-1}^t}{\Delta x} = -DL \left\{ \frac{C_{i+1}^t - 2C_i^t + C_{i-1}^t}{(\Delta x)^2} + \frac{1}{h_i^t} \frac{(C_i^t - C_{i-1}^t)(h_i^t - h_{i-1}^t)}{(\Delta x)^2} \right\}$$

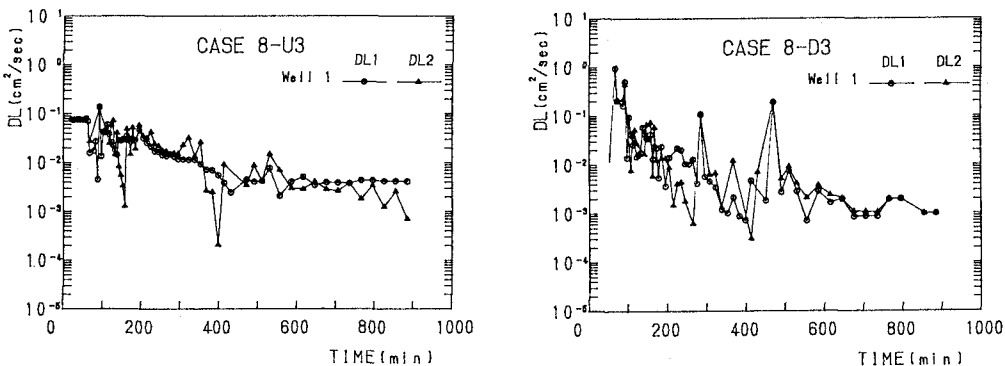


図-2 DLの経時変化図

今回、前節で求めた流速FS、およびDSより移流分散係数を算定したものをDL1, DL2 とした。図-2は数ケースについてDL1, DL2 は明確に一致していることが明かである。とくに、2節で考察したように揚水を考慮しDL1, DL2 は明確に一致する。揚水条件を付加した実験ケースに着目すると、ケース8-D3と8-U3を比較対象すれば明かなように吸引効果の増大によってDL値は増大する傾向にある。8-D3では 10^{-3} (cm²/sec)程度に収束し、さらに減少していることなどからも明確である。揚水高さに着目すると、収束する時間に差はあるもののDL値はほぼ同じである。また矢板開口比の減少とともに値は多少ではあるが、小さくなる。揚水の吸引効果の増大による影響がさらに強くなれば、見かけ上DL値に負値も現れる。

4. あとがき 今回の報告では、フラックスから算出した流速値の理論的論拠があいまいであり、今後この点を明確にする必要がある。さらに、ここで得た分散係数値を用いた現地における現象解析を進め、その適用性の評価を行いたい。