

砂モデル実験による海岸地下水の挙動

愛媛大学地域共同研究センター 正会員 ○井内国光
 三洋テクノマリン 坂本 光
 愛媛大学工学部 正会員 柿沼忠男

1. まえがき

海岸帯水層に海水が侵入してくることによって起こる地下水の塩水化現象を実験水槽内で再現した。今回は上流部の地下水位を急激に変化させた場合と潮汐影響下での非定常挙動について、塩水侵入の動向を観測し、その結果を考察する。

2. 実験装置

実験水槽(図-1)は厚さ10mmの透明アクリル板を使用し、そのサイズは高さ50mm、長さ90mm、幅40mmである。媒体には平均粒径1.5mmの球形ガラスビーズを用い、透水係数は $1.86\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ である。水槽内には電気伝導率を測定するため0.5mm径の白金線を3mm間隔で埋め込んだ電導度プローブを作成し、帯水層内に固定した。濃度は測定した電気伝導率によって決定した。また、目視観測が可能なように塩水は食用色素赤色102号で着色した。実験は被圧帯水層における塩水侵入の非定常挙動をシミュレートしたものであるが、その場合に

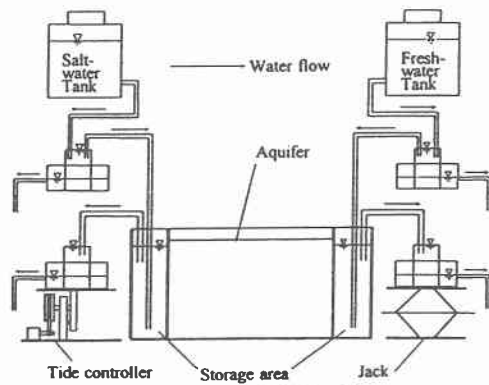


図-1 実験装置

想定した非定常挙動は上流部の地下水位変動と潮汐に伴う海水位変動の2つである。すなわち

①定常状態から淡水層側の水位を急激に上昇あるいは下降させ、

定常状態になるまで持続させた後、水位を下降あるいは上昇させる。

実験Ⅰ：塩水位439mm、淡水位455mmから452mm、定常後再び455mm（変動水位差3mm）

実験Ⅱ：塩水位434mm、淡水位450mmから444mm、定常後再び450mm（変動水位差6mm）

②塩水位を正弦的に変化させ、潮汐変動をシミュレートする。

実験A：振幅5mm、周期26min 実験B：振幅10mm、周期26min 実験C：振幅10mm、周期44min

3. 実験結果と考察

淡水位の変化：淡水位を下降させ、次の定常状態までに要した時間は実験Ⅰでは100min、実験Ⅱでは120minであった。実験Ⅰでは楔の高さは19.5cmから26.2cmに、楔の長さは25cmから43.3cmに増加し、実験Ⅱでは楔の高さは18.3cmから30.0cmに、楔の長さは26.7cmから68.5cmに増加した。楔の長さとは高さの時間変化は、双方とも実験開始直後には急激な変化をみせ、その後緩やかとなるが、この傾向は高さについてより顕著である(図-2, 3の上图)。帯水層出口付近における縦方向の濃度分布をみると、 $t=0$ minにおける分布に比べて $t=5$ min, 10minあるいは30minでは遷移領域が

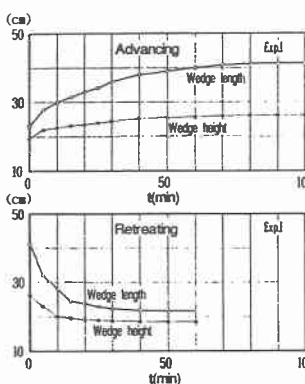


図-2 水位変動に伴う楔の長さtと高さtの変化(実験Ⅰ)

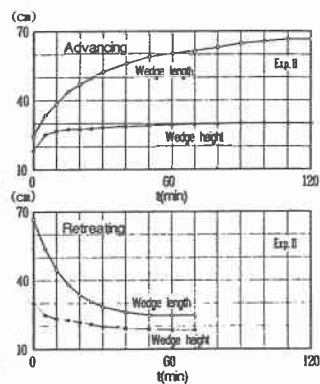


図-3 水位変動に伴う楔の長さtと高さtの変化(実験Ⅱ)

広がった分布となるが、再び次の定常状態に達したと考えられる $t=100\text{min}$ ではかなりシャープな境界面に近い分布形状となった。こうした濃度変化の特性は帯水層底面付近における横方向濃度分布図にもみられた。淡水位を上昇させ、次の定常状態までに要した時間は実験Ⅰでは60min、実験Ⅱでは70minであった(図-2, 3の下図)。この値は上述の淡水位を下降させた場合の約6割にあたり、このことは塩水が後退する場合は侵入する場合より速いことを意味し、柿沼ほか(1984, 1987)による数値計算結果とその傾向を一にする。

潮汐変動: 図-4に実験A、B、Cにおける楔の足の長さ、高さおよび海水位の変化を示す。値は定常状態を0とした相対的なものである。この図に示されるように、海水位の変動に伴い、楔の長さ、高さは正弦運動を示す。海水位変動に比べて楔の長さ、高さには位相の遅れがみられ、長さのほうがより遅れが大きい。実験A、B、Cを比較すると、楔の長さ、高さの振幅は海水位変動の振幅が大きいほど、また周期が長いほど大きくなる。図-5に実験Bでの3周期目の帯水層出口付近の縦方向濃度分布と帯水層底面付近の横方向濃度分布を示す。これらの図より、 $t/T=3.0$ においては縦方向、横方向とも濃度の遷移領域の広がりは少なく、シャープな分布を示すが、 $t/T=3.25$ や $t/T=3.5$ では遷移領域が広がった分布となり、とくに横方向の広がりが最も大きいのは $t/T=3.5$ であり、この時刻は海水位が下げ潮時の平均海面に達する時刻であり、目視境界面が最も侵入する時刻にあたる。このような境界面の侵入と遷移領域の広がりの特性はInouchiほか(1990)による数値計算結果と同一である。

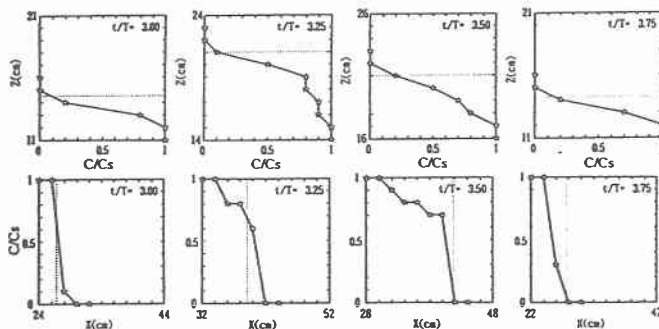


図-5 帯水層出口付近の縦方向濃度分布と
帯水層底面付近の横方向濃度分布
(実験B、点線: 目視境界面)

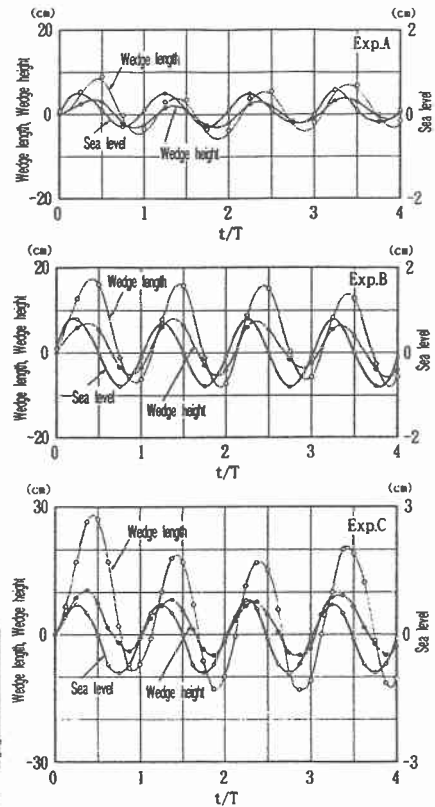


図-4 潮汐に伴う楔の長さ、高さの変化(実験A、B、C)

参考文献

- 1) 柿沼忠男・井内国光・銅金裕司: 被圧帯水層における淡塩水境界面の近似解法について、陸水学雑誌、第45巻、第2号、pp.100-110、1984。
- 2) 柿沼忠男・岸 洋介・井内国光・都築克明: 分散を考慮した海岸地下水の挙動に関する研究(Ⅳ) — 二次元非定常モデルによる数値解析 —、陸水学雑誌、第48巻、第2号、pp.99-109、1987。
- 3) Inouchi K., Y. Kishi and Kakinuma, T.: The motion of coastal groundwater in response to the tide. J. Hydrol., 115, pp.165-191, 1990。