

1. 緒言

地下水が海へ流水する場合、淡水が塩水の上へのし上つたような状態でそれらの境界を接しながら互いに運動をしている。この時、塩水の比重が淡水のそれに比して大きいため、いわゆる「塩水楔」とよばれる塩水塊の front が淡水塊の下に頭をつつこんだような格好で海岸線から陸側へ浸入している。しかも、これらの両水塊の運動はゆつくりした層流状態で動いている。何故ならば、この両水塊の境界面は決して静止してはいるのではなくて潮汐現象による海面の干満、地下水流の流量や水面勾配の変化などに応じて絶えず運動をし且つその形状が変化しているからである。その上に、実際の地層は決して等方性且つ均等質のものではなく透水性を異にする地層が互層をなしている場合が普通である。従つて仮りに海面が一定潮位を保ち、しかも地下水自身も流量などに変動がなく一定で、たとひ地下水の運動が定常状態の場合であつても、上記境界面の形状は実際の場合はかなり複雑である。諸条件を単純化すると、このような流れや境界面の形状の理論的解析も可能であるが、実際の場合のような複雑な条件の下では理論的解析はほとんど不可能である。

他方、このような場合の模型実験も必ずしも容易ではない。特に、sand model によつてこのような問題の解析を行うことはほとんど不可能であらう。何故ならば、砂中における上記境界面の細部に亘る形状とその時間変化の観測の困難性、普通は模型をかなり小さくしなければならぬ関係上砂の毛管現象のために塩水と淡水とが実験開始時にそれぞれの自由水面より上の領域に浸入し、しかも一旦この領域に浸入した塩水や淡水は容易に排除され難いことおよび過大な毛管水流の存在による悪影響、現象が極めて緩慢であるために現象の観測に長時間を要するという実験操作上の困難性などの大きな障害があるためである。従つて、著者は sand model による実験的研究の代りに、この種の研究を Hele-Shaw の装置による実験的研究によつて行うことにした。

2. 模型実験に対して考慮すべき条件

密度、粘性、毛管力などが異なる2種の液体が重力の場において境界を接して透水層中において相対運動をなす問題を模型実験によつて研究を行う際に考慮すべき諸条件について一言する。このような条件については Craig¹⁾ などの示したものもある。模型と実物とにおいてつぎのような諸値が同じ値を値さなければならぬ。

$$R_1 = \frac{L}{H} \left(\frac{k_H}{k_L} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ここに k_H, k_L : 透水層の鉛直および水平方向の透水係数
 H, L : 透水層の鉛直および水平方向に測つた長さ

$$R_2 (\text{Mobility Ratio}) = \frac{k_1/\mu_1}{k_2/\mu_2} \quad (2)$$

ここに k_1, k_2 : 液体1 (水) の透水性係数と液体2 (塩水) のそれ
 μ_1, μ_2 : 液体1 (水) の粘性係数と液体2 (塩水) のそれ

$$R_3 = \frac{v_T \mu_0 L}{k_L^{1/2} G \cos \theta} = \frac{\text{viscous force}}{\text{capillary force}} \quad (3)$$

ここに G : 液体1 と全2 との interfacial tension
 θ : 全上の接触角
 μ_0 : 液体2 (塩水) の粘性係数
 v_T : 液体1 の流量と液体2 のそれとを合計したものを q_T を断面積 A で割った値

$$R_4 = \frac{v_T \mu_0 L}{(k_L k_H)^{1/2} \Delta \rho g} = \frac{\text{viscous force}}{\text{gravitational force}} \quad (4)$$

ここに $\Delta \rho$: 液体1 と液体2 との密度差
 g : 重力の加速度

3. Hele-Shaw の装置による実験に関する事項

Hele-Shaw の装置を用いて地下水の海への流水問題を研究する時の利便は、上で述べた Sand Model によるこの種の実験を際して直面する各種の困難は較ばれる。欠点は同一透水層で k_L と k_H とが異なる場合は実験不可能であることである。また、透水性係数の異なる地層が互層をなしている実際の場合をこの装置を模型に移すには実際の透水性係数の平方根に比例して粘性液を流す間隙を調整して均一厚さの間隙に仕上げることがかかりむづかしい。粘性液として著者は「ふのり」液に適当に蒸留水を加えて蒸留水の粘性係数の約6倍のある値の粘性係数を有する液としてこの模型に使用し、実際の地下水の淡水に対応させた。また実際の海水に対応するものとして、前記の「ふのり溶液」に砂糖溶液を入れよく攪拌混和して、混和液の比重を海水のそれと一致させたものを使用した。この混和液の粘性係数は「ふのり溶液」のそれとほとんど同じである。さらに、普通の場合では capillary force の影響は viscous force や gravitational force に比して小さいものとして無視されるのである。

4. 実験装置による模型と実験結果

実験装置は図-1 に示す通りのアクリライト樹脂板と木材とを用いて作った装置を使用した。この装置には、神戸市東部海岸の埋立工事などでみられるように現在の海岸線近くには巾員数十米のクリークを設け、その陸側に設けられた鉛直護岸に多数の小孔を穿って地下水の流通に便し、さらに護岸の下をくぐって運河底から運河に地下水が流出する場合をとりあげた。さらにその他の場合についても実験を行った。実験は干潮に対応した海面の昇降などの変化を与え、海水の密度を変え、地下水の水面勾配を変えなどのいろいろな条件について行った。写真-1 は実験結果の1部である。

実験結果をとりまとめるとつぎのようである。



