

八木高壽 正 爵・森野和憲
九サ大 正 爵 上田年比呂
九サ大 学 生 爵 平野文昭

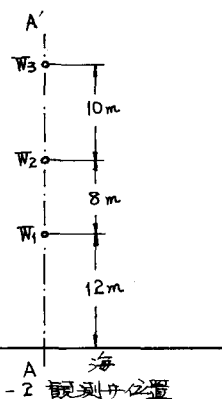
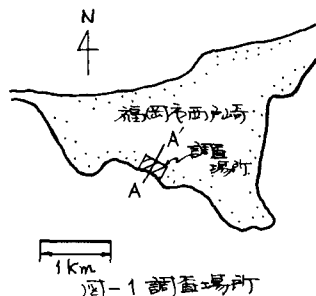
1. まえがき

海岸近くの帯水層には塩水楔が形成され、地下密度流になっている。この領域での現象の取扱いの多くは、淡水と塩水の間では混合・拡散が無視できるものとして解析がなされている。しかし実際には潮汐による塩水の上下運動、淡水流速の変化によるもの、分子拡散により多少なりとも混合現象が見られる。

混合・拡散現象の解明は有限要素法や差分法を用いてなされているが、拡散係数が小さい場合にはほとんど十分に現象を表わし得ないようである。本報は、福岡市西戸崎で、潮位、地下水位、塩分濃度分布の現地調査を行い、調査結果について若干の考察を行い、濃度分布について相似則が適用できるものとして、近似的な拡散方程式を用いて、濃度分布の算定を行ったものである。

2. 現地調査地と地質構造

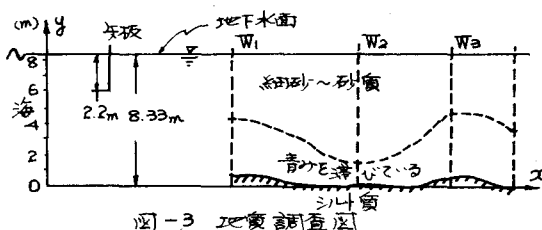
現地調査として福岡市西戸崎地区において潮位、地下水位および塩分濃度の測定を行った。西戸崎は福岡市の北東部に位置しており、南方は博多湾に面している。観測井は図-2に示すような位置にあり、塩分濃度測定は海岸線より内陸部へ12、20、30mの長の3つの井戸を行った。以下3つの井戸をそれぞれ W_1 、 W_2 、 W_3 と呼ぶ。測定場所近くの海岸線ほぼ直線となっており、断面2次元の流が適用できるものと考えられる。図-3に図-2のA-A'線に沿う縦断方向の地質分布を示す。地質構造は上層に細砂・砂層、下層に砂礫リシルトとなっており、シルトを含む層を不透水層として不透水壁として取扱えば、ほぼ平均潮位以下の帯水層厚は約8.4m程度となっている。すなわち自由地下水を形成している。



3. 調査結果

潮汐の周期 $T=376$ 分、振幅 $a=0.84$ m、平均潮位は不透水層上部より 0 m とすると $H_0=8.33$ m であった。また透水係数 $k=0.03$ cm/sec、空げき率 $\mu=0.4$ である。

図-4に地下水位の時間的変化を示す。図-5に塩分濃度 20000 ppm をほぼ濃度 50% と見なし、この長を淡水境界面として、時間的変化を示したものである。観測井 W_3 はほとんど変化しない結果が得られているが、これはこの長近傍での地質がシルトを多分に含み、透水係数が小さいため塩水位の上下運動がかなり遅延しているものと考えられる。淡水流速について、 W_2 、 W_3 の地下水位について各時間ともに水位勾配が等しく、また塩水位もほぼ等しいことにより調査時間内では一定と考えられる。図6~8の各観測井の13~15時の1時間置きの濃度分布であり、この時長での地下水位は下降状態であり、また淡水境界面は上昇状態となっている。



4. 濃度分布の算定

潮流に伴う塩分濃度変化は非定常解析を行う必要があるが、ここでは簡単化取扱いとして、拡散係数に非定常性をもたせ、定常的な濃度分布の算定を行った。

拡散方程式は

$$u(t, x) \cdot \partial S / \partial x = \partial (D \cdot \partial S / \partial x) / \partial y \quad (1)$$

ここで D : 拡散係数 $= 0.036 \nu^{0.3} \{u(t, x) \cdot d_0\}^{0.7}$ d_0 : 代表粒径、 ν : 動粘性係数、 S : 濃度である。 $u(t, x)$ はここでは淡水流速で代表させる。

濃度 S について相似則が適用できると仮定すると、

$$S = S_1 + (S_2 - S_1) f(\eta) \quad (2) \quad \eta = x / R(x) \quad (3)$$

ここで S_1 : 淡水濃度、 S_2 : 塩水濃度、 $f(\eta)$: 相似関数、 $R(x)$: 拡散幅を規定する x の関数である。

式(2)、(3)を式(1)に代入すると、

$$-u(t, x) \cdot dR(x)/dx \cdot \eta \cdot df(\eta)/d\eta = \{D/R(x)\} \cdot d^2f(\eta)/d\eta^2 \quad (4)$$

式(4)より $f(\eta)$ 、 $R(x)$ を求めると、

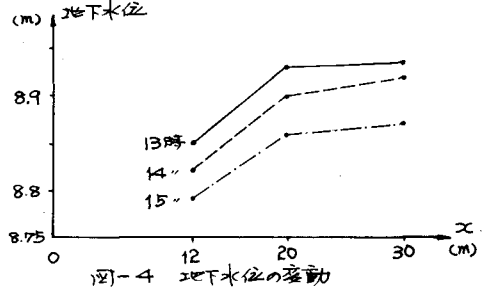


図-4 地下水位の変動

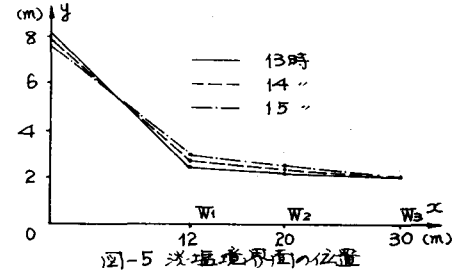


図-5 淡水境界値の位置

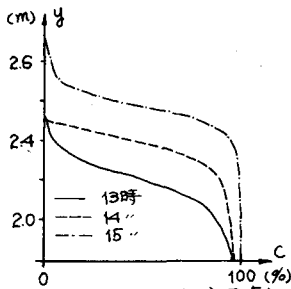


図-6 W1の濃度分布(実測値)

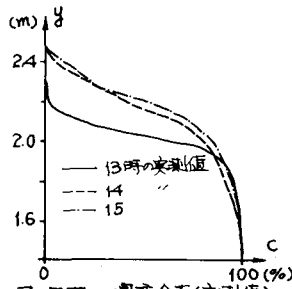


図-7 W2の濃度分布(実測値)

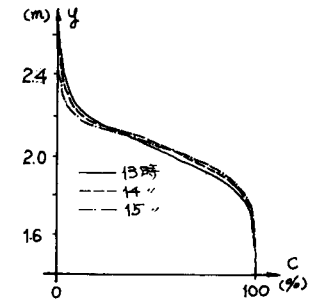


図-8 W3の濃度分布(実測値)

$$f(\eta) = (1/\sqrt{2\pi}) \cdot \int_0^\eta e^{-\frac{1}{2}\eta'^2} d\eta' \quad (5)$$

$$R(x) = [C_0 \{D/u(t, x)\} \{dx + C_1\}]^{1/2} \quad (6)$$

ここで C_0 、 C_1 は積分定数であり、境界条件が明らかでないため、 W_2 、 W_3 の観測結果を境界条件として求めさせる。なお $u(t, x)$ を一定とすると、式(6)より $R(x) = (C_0 x + C_1)^{1/2}$ となり、 C_0 、 C_1 はそれぞれ 10^{-2} 、 10^2 のオーダーとなる。なお拡散係数 D は分子拡散係数のオーダーと同程度の $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 程度である。図-9、10に W_2 、 W_3 の実測値と計算値の比較を示した。

5. まとめ

濃度分布の算定方法については、まだ多くの検討課題が残っているが、本報の相似係数 $f(\eta)$ はほぼ現象を表わしうなと考えられる。しかしここでは淡水流速を一定としたが、変化している場合、濃度分布との間には時間の遅れ等が予想され、今後この点についても室内実験を行い、検討してゆきたい。

参考文献

- 1) D.R.F. Harleman "Longitudinal and lateral dispersion in an isotropic porous medium" Journal of Fluid Mech. Vol 16 part 3 July 1963

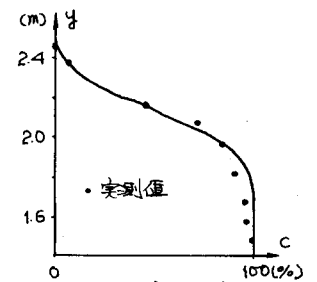


図-9 W2の実測値と計算値の比較

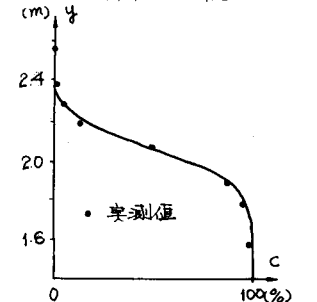


図-10 W3の実測値と計算値の比較