

II-71

桂島における地下塩分濃度解析

東北大学大学院 学生会員 ○工藤 真
東北大学大学院 正会員 風間 聡
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. 序論

近年、温暖化の影響に伴い海面が上昇することで海岸・低地の水没、海岸浸食などの影響が生じるといわれている。その中でも沿岸部の地下水において淡水資源が減少するという問題を引き起こすと考えられる。そこで将来的な海面上昇の影響を考慮し利用可能な水資源を把握していくことが重要になる。本研究では、周りが海に囲まれ温暖化の影響を受けやすい小さい島を対象とすることで、島における将来の利用可能な水量を推定し、その水量から将来的の居住可能な人口を評価していくことが本研究の目的である。

今回の発表では、観測するのに比較的容易でかつ現場の状況や気象の状況について把握しやすい宮城県塩竈市桂島を取り上げ、地下水解析を行いその挙動についての考察を行う。

2. 対象地域

対象地は塩竈湾内に位置し、仙台市塩竈港から沖合約5kmに位置する、面積約0.8km²、周囲約7km、人口約450人の島である。昭和30年代後半まで各家庭に井戸があり、井戸水を生活用水として利用していた。現在は上水道の設備も整い給水された水を飲用水として利用している。島内に井戸は数十箇所残っており、現在では農業やのりの製造、植物菜園に用いている。桂島の外形と井戸の位置についてはFig.1に示す。

3. 地下水解析

3-1 データセット

(a) 塩分濃度分布・水位分布

島における塩分の分布状況と水位の分布状況を知るために現地観測を9月1日、10月17日、12月14日の3日間行った。Fig.1に示した井戸(point.1~8)について水面から50cm間隔で電気伝導度($\mu S/cm$)を測定した。本研究では塩分分布がきれいに現れたpoint.2と8におけるデータを用いて解析を行うもの

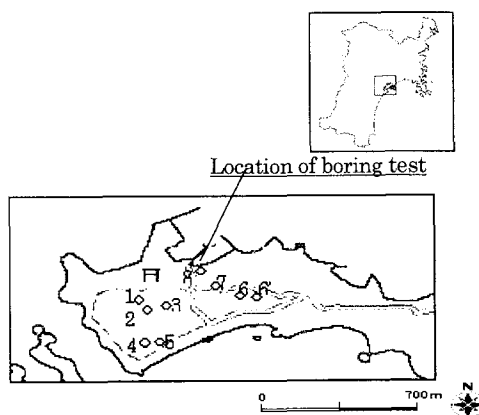


Fig.1 Study area and well point

とする。Point.2, 8における実測結果をFig.2に示す。なお、海水の電気伝導度は $32.2 \mu S/cm$ である。また塩分データをモデルに適用する際に、海水濃度の50%になる深さを知る必要がある。これはFig.2において塩分の変化していない部分を、井戸水が混合したため生じたものと想定し、Fig.2に示すように塩分変化を一次式で近似することで推定した。

(b) 透水係数

宮城県仙台地方振興事務所水産漁業部が行った桂島のボーリング試験結果より得られた地質分布より、以下に示す式(1)を用いて透水係数を推定した¹⁾。

$$k = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + k_3 h_3}{h_1 + h_2 + h_3} \quad (1)$$

ここで、 k は島における平均透水係数(m/s)、 k_1, k_2, k_3 は各地質により算出される透水係数(m/s)、 h_1, h_2, h_3 は各地質の層厚(m)である。式(1)により桂島において平均透水係数は $k=1.89 \times 10^{-4} m/s$ と算出される。これを島において一様に与えるものとする。

(c) その他のデータ

標高データについても、宮城県仙台地方振興事務所水産漁業部より頂いた桂島平面図より作成した。降雨データは気象庁で管理しているアメダスの塩竈における日降水量データを用いた。

3-2 地下水解析モデル (Sharp Interface Model)

地下水解析には、沿岸域における地下水流を解析するのに用いられる Sharp Interface Model を用いた。このモデルは、流量フラックスと圧力の連続性に基づいた淡水と塩水それぞれの流れを組み合わせたモデルである。これにより、海水の 50% 濃度分布(Sharp Interface)が推定される。式は以下に示す通りである。

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x (h^f - h^i) \frac{\partial h^f}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y (h^f - h^i) \frac{\partial h^f}{\partial y} \right] + q \\ = S_f \frac{\partial h^f}{\partial t} - \theta \left[(1 + \delta) \frac{\partial h^f}{\partial t} - \delta \frac{\partial h^f}{\partial t} \right] \\ \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x (h^f - h^i) \frac{\partial h^f}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_y (h^f - h^i) \frac{\partial h^f}{\partial y} \right] + q_f \\ = S_f \frac{\partial h^f}{\partial t} - \theta \left[(1 + \delta) \frac{\partial h^f}{\partial t} - \delta \frac{\partial h^f}{\partial t} \right] \end{aligned}$$

$$h^i = \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_f} h^s - \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h^f$$

ここで、 ρ : 密度、 h : ピエゾ水頭、 q : 流量、 K : 透水係数、 S : 貯留係数、 θ : 間隙率、また各パラメータに付いている f, s はそれぞれ淡水と塩水を示している。

4. 解析結果と考察

9 月 1 日における観測データに Sharp Interface model を適用することで Sharp Interface (界面) の位置の変化を推定した。解析結果を Fig.3 に示す。界面の鉛直方向の挙動に着目し考察するため、point.8 における界面の位置を Fig.3 に示した。ここでは界面の位置について観測値と計算値の比較を示している。また Fig.3 に示した潮汐については、気象庁で測定している鮎川における潮位データを用いている。解析結果より、計算値についてはモデルが降雨の影響を大きく受け界面が変動している。しかし計算値と観測値では傾向に差が生じた。これは潮汐による影響も考えられるが、潮汐データを見てみると観測値は潮汐の影響とは逆の変動を示している。つまり潮汐ではなく島の形状や地質に要因があるのではないかと考えられる。今後、連続観測により潮汐と界面との関係を明確にし、界面に及ぼす影響について明らかにしていく必要がある。

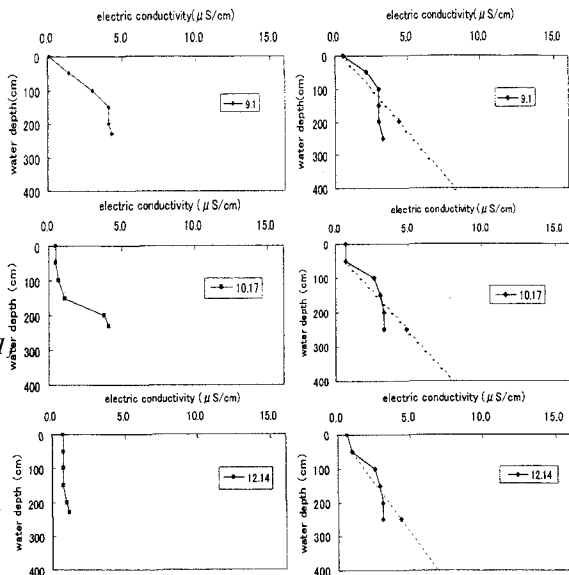


Fig.2 result of observation (left: point.2, right: point.8)

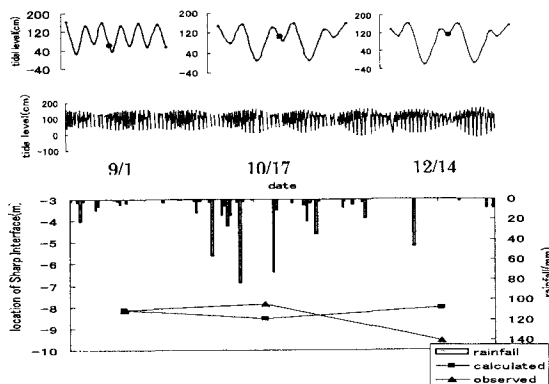


Fig.3 comparison of calculated interface with observed one

謝辞

桂島における観測に際して協力して頂いた桂島の方々、また潮汐データを頂いた宮城県仙台地方振興事務所の遠藤学氏に謝意を表します。また本研究は科研費（代表：三村信夫）の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) R.Allen Freeze/John A.Cherry : GROUNDWATER, Prentice-Hall, Inc. 1979 pp.29-30
- 2) Jacob Bear : Hydraulic of Groundwater, McGRAW-Hill, 1979