

II-24

世界の小島嶼の地下水資源評価

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。さらに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。そこで海面変動や気候変動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、温暖化の影響を受けやすいといわれる小島嶼の水資源量を定量的に評価することを目的とする。モデル開発の地域として、宮城県塩竈市桂島を取りあげ地下水流動解析を行い、水資源量を把握することで小島嶼における水資源の一般評価を行った。

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380人の桂島である。桂島の外形と井戸の位置についてはFig.1に示す。

3. 解析手法

本研究では、USGSが開発した三次元地下水流動解析モデルであるMODFLOW-2000とMODFLOW-GWTを用いる。MODFLOW-2000の基礎式は以下のように与えられる。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

ここで、 K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} はそれぞれ x , y , z 方向の透水係数(m/s), h は水頭(m), W は単位面積あたりの地下水系へ影響を及ぼす水量(s⁻¹)である。 S_s は貯留係数(m⁻¹)である。MODFLOW-GWTの基礎式は以下に示す通りである。

$$\frac{dC}{dt} - \frac{1}{\varepsilon R_f} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\varepsilon D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\sum [W(C' - C)]}{\varepsilon R_f} + \lambda C = 0 \quad (2)$$

ここで、 C は溶質の濃度(g/m³), ε は間隙率, D は拡散係数(m²/s), λ は減衰率(s⁻¹), C' は吸着・脱着源の濃度, R_f は遅れ係数(吸着係数)である。

4. データセット

透水係数宮城県仙台地方振興事務所水産漁業部より頂いた地質分布から、Fig.2に示すように、各地質において透水係数を割り当てた。気象データについては気象庁が観測した塩竈市における2004年の降水量・気

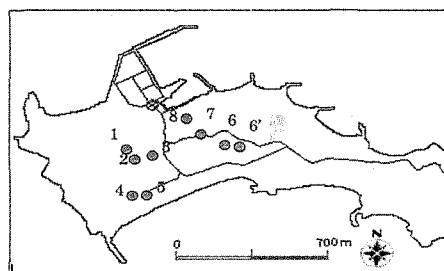


Fig.1 対象地域と井戸位置

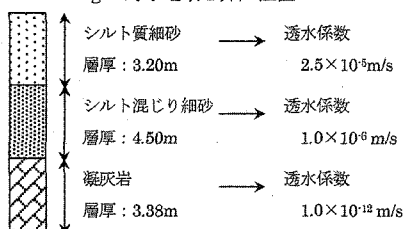


Fig.2 地質データとそれぞれの透水係数

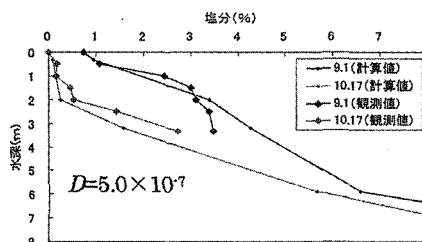


Fig.3 塩分鉛直分布比較

温データを用いた。

5. 解析結果

2004年9月と10月における塩分の鉛直分布をFig.3に示す。ここで、拡散係数を任意に変化させ、観測値に合う拡散係数を求めたところ、 $D=5.0 \times 10^{-7}$ m²/sとなる。この値を島での塩分の拡散係数とする。なお、計算値と観測値の比較は、海岸に近く、塩分に躍層の生じた井戸No.8について行った。さらに本研究において、地下水資源量を評価する指標として地下水ストレスGsと地下水脆弱度Gvを導入する(Fig.4)。地下水ストレスとは涵養量に占める人間の取水する割合を示し、水資源に対する人間の使用量を表し、地下水脆弱度とは、地下水貯留量に占める人間が取水する水量の割合を示したものである。地下水脆弱度を考慮するこ

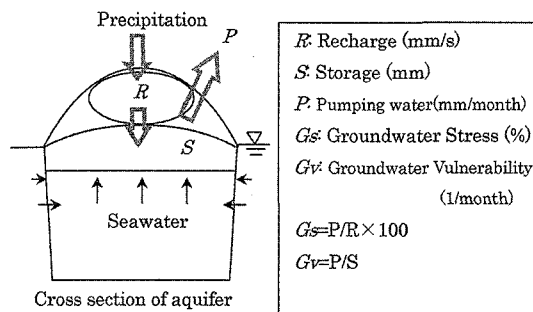


Fig.4 地下水脆弱度概念図

とで、島の地下水がダムの役割を果たすとき、どれほどの貯留能力を持っているかを示すことが可能である。

本研究では、海水濃度 1%未満の地下水を地下水資源とし、また一人あたりの水使用量を 0.2m^3 として考慮する。地下水脆弱度と涵養量・人口密度の関係を示したのが Fig.5 である。涵養量が減少するにつれ脆弱度は増し、また人口密度が増加するにつれ脆弱度が増す。例えば、桂島の 2004 年 2 月時は図中の丸で示す位置にプロットすることができ、脆弱度は 0.08 month^{-1} である。この値の逆数をとると約 12 となり、およそ 12 ヶ月分の地下水資源を有していると推定できる。ここで作成した図の検証を、他島嶼における MODFLOW での解析との比較を行うことで行った。Fig.6 に示したのが栗国島・フィジー・ツバルにおける解析結果と Fig.4 から推定した地下水脆弱度の比較である。透水係数の違いが差に現れているが、おおよそ相関がとれている。さらに過去に起きた水不足の生じたときのデータをプロットすると、四角で示した位置になる。ここでは、2003 年 9 月にフィジーと、2003 年 12 月に沖縄の水不足が生じたときのデータを用いた。これより脆弱度がおおよそ 0.3 以上で地下水量が不足している状態であるといえる。また、Fig.5 より他島嶼のデータをプロットすることで脆弱度を推定することが可能である。

6. 他島嶼への適用

桂島での解析により作成したチャート (Fig.5) を用いて他島嶼において地下水脆弱度を推定した。Fig.7 に南太平洋地域とカリブ海の島嶼における地下水ストレスと地下水脆弱度の分布を示す。Fig.7 より地下水ストレスと地下水脆弱度の両方が高い地域は Hawaii や Tuvalu である。これらの島嶼は人口が多く常に水不足の危険性を有する島であるといえる。また脆弱度が高い地域は Polynesia や Virgin Islands, Bahamas の島嶼にみられる。これらの島嶼の脆弱度はおおよそ 0.3 month^{-1} で、前述したように水不足の危険にあり、およそ 3 ヶ月分の地下水を有していることになる。

7. 結論

桂島での地下水解析より、地下水脆弱度を推定する図を作成した。この図を用いて世界の島嶼における地下

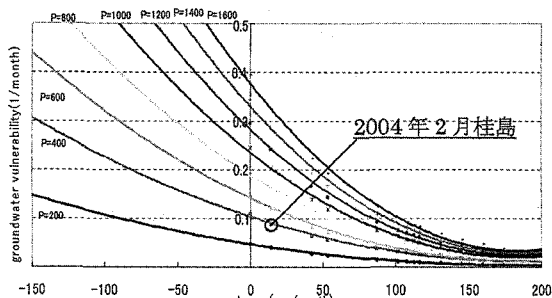


Fig.5 地下水脆弱度推定図(P:人口密度)

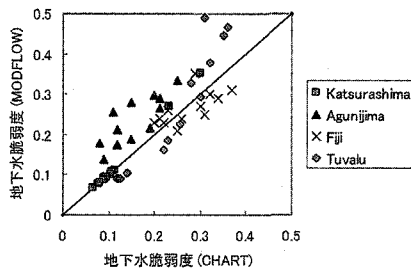


Fig.6 地下水脆弱度の比較

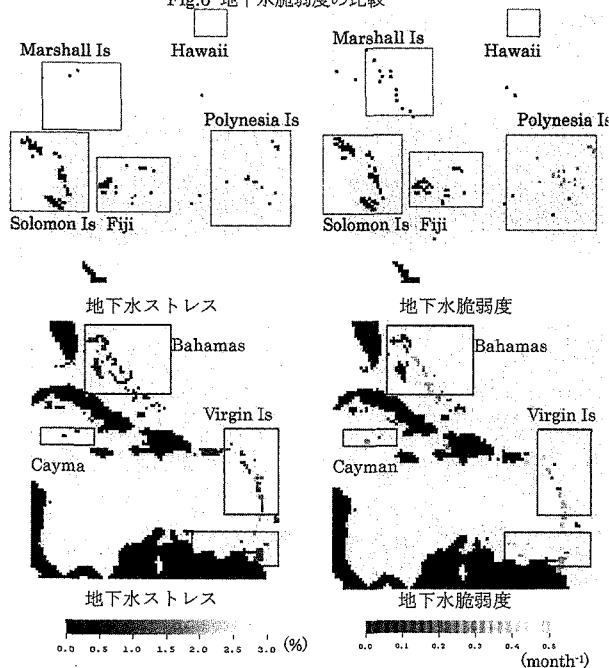


Fig.7 南太平洋とカリブ海における地下水ストレス、地下水脆弱度分布

脆弱度の分布を示し定量的な評価を行った。

謝辞

本研究は地球環境総合推進費の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

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