

沖縄県多良間島における淡水レンズ地下水厚の変動について

Fluctuation of freshwater lens thickness on Tarama Island

○石田 聡, 白旗克志, 土原健雄, 吉本周平, 今泉眞之

Satoshi ISHIDA, Katsushi SHIRAHATA, Takeo TSUCHIHARA, Shuhei YOSHIMOTO, Masayuki IMAIZUMI

1. はじめに

沖縄県多良間島では、海水を含む帯水層の上部に密度差によって淡水域が分布する、いわゆる淡水レンズが発達していることが知られており、内閣府沖縄総合事務局によって水源開発を含むかんがい排水事業の地区調査が2012年度より実施されている。島嶼の淡水レンズ賦存量を把握するためには、淡水域と塩水域の境界（塩淡境界）を面的に把握し、淡水域の3次元形状を求める必要があり、これまでは島内に設けた20箇所以上の地下水観測孔において、測定者が携帯用測定器を用いて深度1m毎に地下水の電気伝導度（EC）を測定する手法がとられてきた¹⁾。しかし観測孔内の塩淡境界は潮汐の影響を受けて変化するため測定は小潮の日に限定され、降雨に対する連続的な淡水レンズ厚の変化を把握することは困難であった。このような問題を解決する一手法として、自記EC計の導入が考えられる。これまで自記EC計は非常に高価であり、導入する数が限られてきたが、近年比較的安価な機器が市販されるようになり、淡水レンズの動態を観測するツールとしての選択肢の一つとなってきた。自記EC計によって淡水レンズ厚の変化を観測する場合、塩淡境界を挟んだ複数深度で同時に測定を行い、各深度におけるECから塩淡境界深度を推定し、淡水厚の変動を連続的に把握することになるが、これまで実施された研究例は殆ど無い。このため、本研究では観測孔内の複数深度に自記EC計を設置し、自動記録することで淡水レンズの動態把握を試みた。

2. 研究方法

調査地である多良間島は、宮古島と石垣島のほぼ中間に位置しており、総面積は約20km²、標高十数mの低位段丘が広がる平坦で楕円形の島である。地質は上位から石灰質砂から成る砂丘砂層（層厚10～20m）、石灰藻球・サンゴなどを起源とする琉球石灰岩層（層厚50～60m）、石英質砂岩から成る多良間砂層（下部島尻層群に対比）が分布している。淡水レンズは石灰岩帯水層中に形成されており、その厚さは島の中心ほど厚くなり、最大で7m程度である²⁾。

自記EC計を設置した観測孔(19T4)は島の中央付近に位置する。Fig.1に設置時(2011年12月26日)に測定した深度別EC分布、および自記EC計の設置位置を示す。設置標高は0m、-5m、-8m、-11m、-14mである。連続測定に使用した自記EC計は応用地質(株)社製S&DL mini ECメータ(φ22mm×L200mm)であり、測定間隔は1時間とした。ECの測定誤差は0.3%FS以内である。併せて大気圧測定器(応用地質(株)社製S&DL mini用バロメータ)を1機設置した。設置方法はステンレスワイヤーで5本の自記EC計を数珠つなぎにし、ワイヤーを観測孔の蓋に取り付けたフックで吊り下げる形式とした。測定データの回収は2012年10月11日及び2012年11月30日に行った。回収にあたっては全ての自記EC計を引き上げ、データを回収した。併せて孔内のEC鉛直分布を設置前と同様の方法で測定した。このときはEC分布を子細に把握するため、塩淡境界付近では測定間隔を0.05m程度まで小さくした。

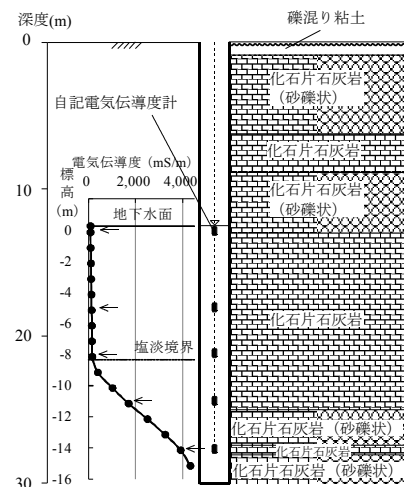


Fig.1 地質柱状図および電気伝導度鉛直分布(2011年12月26日)

Geological columnar section and distribution of electric conductivity of groundwater (Dec-26, 2011)

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

キーワード: 淡水レンズ, 地下水, 電気伝導度, 連続測定, 気候変動

3. 結果と考察

EC はすべての深度において概ね 25 時間の周期で変動したが、変動幅は深度によって異なり、標高-8m における振幅が最も大きかった。25 時間周期の孔内 EC の変動は潮汐の影響と考えられ、ここでは EC 値の 25 時間平均を取ることによって周期的な潮汐の影響を排除した。観測孔内の塩淡境界（ここでは 200mS/m）標高を求めるにあたっては、塩淡境界を挟む 2 深度の EC 計の測定値を直線近似すると誤差が大きくなる。一方で、塩淡境界付近の EC は標高が減少するにつれて直線的に減少し、その勾配はほぼ一定であった（Fig.2）。このことから、塩淡境界に最も近い EC 計の測定値と、Fig.2 の勾配から塩淡境界標高を推定した。淡水厚は、推定した塩淡境界標高と地下水位標高の差を取ることによって求められる。Fig.3 に淡水厚の経時変化を示す。Fig.3 には併せて多良間島に台風が接近した日を矢印で示しているが、台風が接近した日前後においては短期的に淡水厚が大きく変動している。このことは非周期的な潮位変動の影響は EC 値を 25

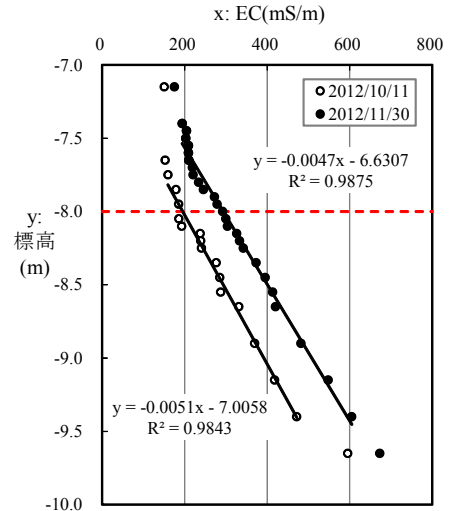


Fig.2 塩淡境界付近における EC 分布
Distribution of electric conductivity around freshwater - saltwater interface.

時間平均しても取り除けないことを示しており、これらの期間は求めた淡水厚が地盤中の淡水厚と一致していないと考えられる。

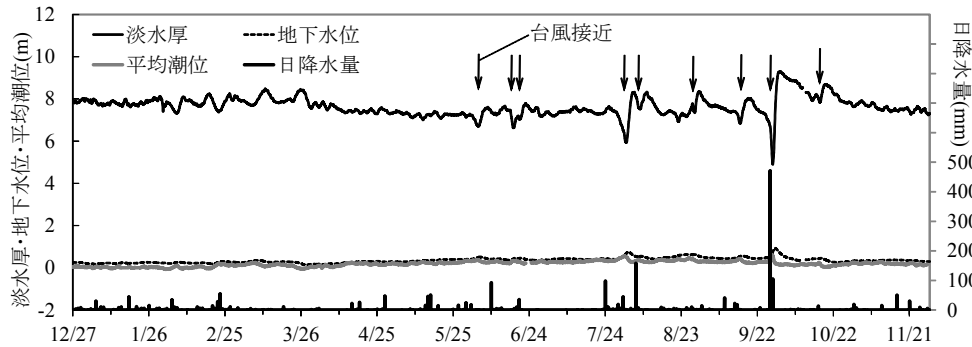


Fig.3 淡水厚の変動
Fluctuation of thickness of freshwater in 19T4

測定期間中の
2012 年 9 月 28

日に最接近した台風 17 号は 2 日間で 576mm の降水量をもたらし、このとき記録された 24 時間降水量 573mm は多良間島における 50 年確率 24 時間降水量を超えた。台風 17 号通過前において潮位偏差が 0 ~ 1cm と安定していた 9 月 24 日 13:00 ~ 25 日 0:00 における孔内淡水厚の平均値 7.4m を基準とすると、台風通過時の一時的な潮位変化が治まった 10 月 4 日 6:00 ~ 10:00 (潮位偏差 -6 ~ -5cm) における孔内淡水厚は 9.0m で、台風通過前に比べて 1.6m の増となった。ここで多良間島同様琉球石灰岩が分布し河川が発達していない宮古島の地下水かん養率 40% である。多良間島において地下水かん養率を宮古島と同じ 40% と仮定し、上昇した孔内淡水厚を地盤の淡水レンズ厚の増加と考えると、多良間島における石灰岩の貯留係数 S は、

$$S = 576 \times 0.4 / 1600$$

で計算され、概ね 0.14 と見積もられる。この値は宮古島の値である 0.1 より若干大きく、揚水試験や室内試験で得られる値や、地下水かん養率の精査等による検証を待ちたい。

このように、地下水観測孔内に複数の自記 EC 計を設置し連続観測することで、潮位偏差が大きい期間を除けば淡水レンズの動態を把握することが可能であることが示された。測定の目的が塩淡境界の変動を求めることのみであれば、設置する EC 計は 2 本程度でも良い。今後の展望としては、本手法による測定箇所を島内に面的に配置することによって、島内の淡水レンズ賦存量と降水量・降雨パターンとの関係を明らかにすることができると考えられる。

引用文献：1) 白旗克志 (2010)：地下水電気伝導度測定による淡水レンズ水収支分析，水土の知，78 (6)，32-33
2) 石田 聡・土原健雄・吉本周平・皆川裕樹・増本隆夫・今泉眞之 (2011)：沖縄県多良間島における淡水レンズ賦存量の推定，農業農村工学会論文集，273，7-18