

沖縄県多良間島における電磁探査法を用いた淡水レンズ調査

Investigation of freshwater lens on Tarama Island using electromagnetic soundings

○石田 聡、土原健雄、吉本周平、皆川裕樹、増本隆夫、今泉眞之

Satoshi ISHIDA, Takeo TSUCHIHARA, Shuhei YOSHIMOTO, Hiroki MINAKAWA,
Takao MASUMOTO, Masayuki IMAIZUMI

1. はじめに

淡水レンズとは、島や半島において海水を含む帯水層の上部に、密度差によってレンズ状に浮いている淡水域を指すものである。これらは、1) 地球温暖化に伴う海面上昇によって塩水化が進むと予想される、2) 揚水量の増加や干ばつ等による涵養量の減少の影響を受けやすい、など水資源としては脆弱であり、地下水環境の保全と水資源の持続的利用を両立させる研究開発が求められている。淡水レンズの賦存量については、これまで観測孔を掘削し、孔内の地下水の塩分濃度を深度毎に測定することによって把握されてきた。しかしこの方法は観測孔が設置されていない地点では、塩淡境界深度を把握できないという問題がある。これに対して近年、電磁探査法（電磁プロファイリング法）を用いて塩淡境界を推定する方法が研究されている。電磁探査法は地上から電磁波を発信し、反射された電磁波の強度等によって地下の状態を推定する物理探査法であり、非破壊かつ測定方法が簡便であるという利点を持つ。特に塩水と淡水のような比抵抗が大きく異なる媒体の識別には、有効な手法であるが、これまで日本の石灰岩帯水層において適用された事例は少ない。このため本研究では石灰岩帯水層に淡水レンズが発達している沖縄県多良間島において電磁探査を実施し、淡水レンズ形状を明らかにすることを目的とする。

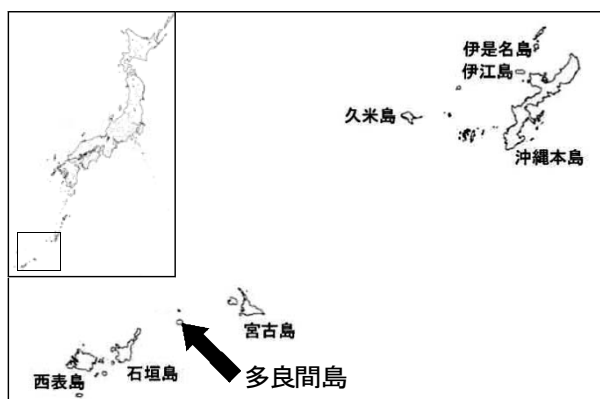


Fig.1 調査地位位置図

Location map of study area

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 (Fig.1)、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) が分布しており¹⁾、淡水レンズは石灰岩帯水層中に形成されている。

調査は島内の 7 箇所の観測孔において、深度 1m 毎の電気伝導度 (EC) 測定及び電磁探査を行い、EC 測定によって求められた塩淡境界深度と電磁探査結果との関係を求めた。

(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、電磁探査法、地球温暖化、地下水

さらに塩淡境界深度が未知な 14 地点において電磁探査を行い、先に求めた関係から塩淡境界深度を求め、島内における淡水レンズ賦存状況を推定した。

電磁探査装置は Geonics 社製の EM34-3 を用いた。各地点における測線間隔は 10, 20, 40m とし、それぞれ 100 回の測定 of 平均値を測定結果とした。

3. 結果と考察

地下水の EC は 60 ~ 4,500mS/m の範囲内であった。Fig.2 に観測孔における EC 観測結果例を示す。EC は地下水表面付近では概ね 200mS/m 以下で推移し、特定の深度(図では約 20m)からは深度を増すにつれて上昇し、海水に近い値に至る。観測孔 7 箇所における EC が 2,000mS/m の深度(以下塩淡境界深度と呼ぶ)は 14.6 ~ 23.7m であった。

Fig.3 に電磁探査結果と、塩淡境界深度との関係を示す。いずれの測線間隔においても両者は負の相関を示すが、相関係数は測線間隔が長くなるほど大きくなる。一方、今回使用した機器の公称探査深度は、測線間隔 10m、20m、40m に対してそれぞれ 7.5m、15m、30m とされている。これらのことから、本地区における塩淡境界の推定には測線間隔 40m での測定値を用いることとし、上記 7 地点以外においては Fig.3 に示す近似式(相関係数 $R^2=0.92$)を用いて塩淡境界深度を推定した。

実測した EC と、電磁探査結果によって推定した塩淡境界深度を基に、EC が 2,000mS/m 以下の領域(以下淡水レンズと呼ぶ)の厚さ分布を求めた図を Fig.4 に示す。淡水レンズの厚さは島の中央付近で 10m を超え、縁辺部ほど薄くなるが、その中心はやや北に偏っている。これは、島の北側に標高 30m 程度の小丘が発達していることから、涵養水のポテンシャルが若干高くなっているためと考えられる。

今回の調査により、電磁探査法は塩淡境界深度の把握において、観測孔での実測を補完しうると考えることができる。今後の課題としては、より EC の低い領域の推定方法の確立が挙げられる。

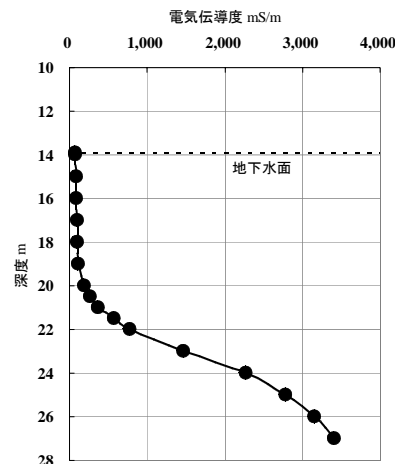


Fig.2 地下水中の電気伝導度分布
Electric conductivity of groundwater

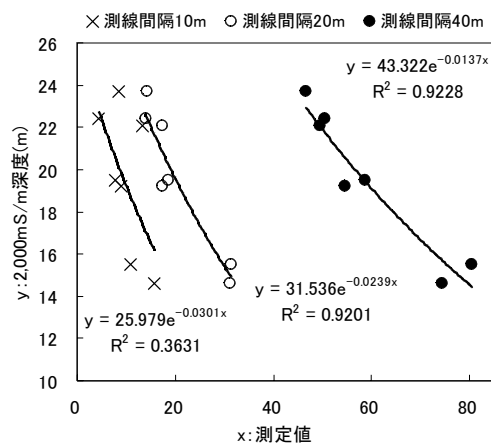


Fig.3 電磁探査結果と塩淡境界深度の対比
Comparison of 2,000mS/m depth and result of electromagnetic soundings

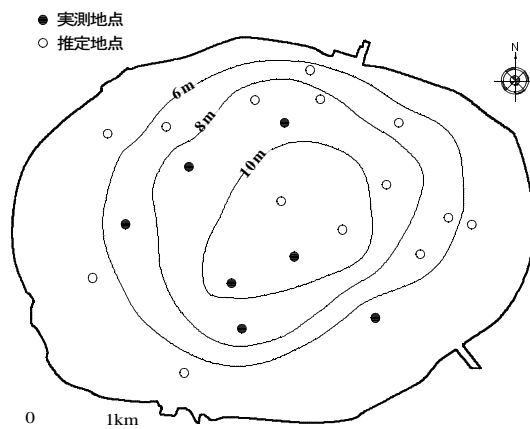


Fig.4 淡水レンズ層厚分布(2,000mS/m 以下)
Distribution of freshwater lens thickness