

マーシャル諸島共和国マジュロ環礁における物理探査による塩淡水境界深度測定

Investigation of freshwater-saltwater interface depths using geophysical prospectings in Majuro atoll, Republic of the Marshall Island

○石田 聡¹・吉本周平¹・小林 勤²・幸田和久²・土原健雄¹・万福裕造²・今泉眞之¹

ISHIDA Satoshi, YOSHIMOTO Shuhei, KOBAYASHI Tsutomu, KODA Kazuhisa, TSUCHIHARA Takeo, MANPUKU Yuzo and IMAIZUMI Masayuki

1. はじめに

地下水を水源としている海洋上の小島嶼においては帯水層下部に塩水が分布し、その上部に淡水が分布している。持続的に水資源を利用していくためには淡水地下水賦存量の把握が重要であるが、塩淡水境界を実測できる井戸に乏しい場合はこれが難しく、物理探査によって補間されている例が多い。本研究は、電気探査法と電磁探査法によって帯水層中の塩淡水境界深度を推定し、淡水地下水分布を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

調査地が存するマーシャル諸島共和国マジュロ環礁は北緯 7° 東経 171° に位置し、人口は約 2 万人である。1971 ~ 2000 年における年平均降水量は 3,300mm、平均気温は 27.5 °C であり、住民の水源地は貯留した降水及び地下水である(緑資源機構, 2008)。調査地であるローラ島は面積 1.8km²、平均標高数 m の低平な島である (Fig.1)。

Fig.2 に調査地点位置図を示す。島内の東海岸から西海岸に至る測線上で、地盤標高 1.95m、深度 10.1m および 13.1m の地下水観測孔において投げ込み式電気伝導度計 (ドイツ WTW 社製 Cond315i) による地下水の電気伝導度測定を行うとともに、ループ・ループ法による電磁探査、ウェンナー法による垂直電気探査を実施した。電磁探査はカナダ Geonics 社製 EM34-3XL を使用し、コイル間隔 10m の垂直ダイポールモードで行い、地盤の見かけ導電率を求めた。電気探査はアメリカ Advanced Geosciences Limited 社製 Sting R1 を使用し、電極間隔を 0.2, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 32m、電流値を 10mA とした。

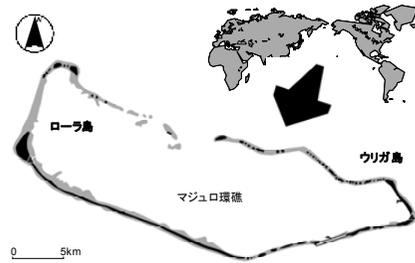


Fig.1 調査地位置図
Location map of study area

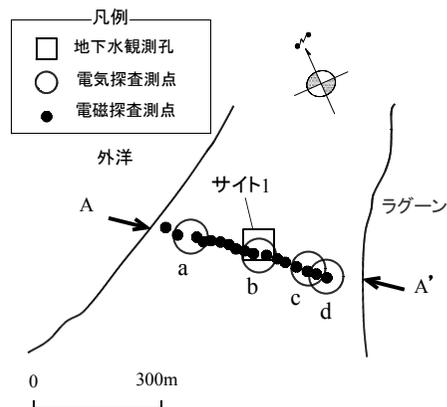


Fig.2 調査地点位置図
Observation points

1(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, 2(独)国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

キーワード: 地下水, 淡水レンズ, 塩淡水境界深度, 電磁探査, 電気探査

3. 結果と考察

電気伝導度は深度 10.1m で 101mS/m, 深度 13.1m で 833mS/m であった. ここで塩淡境界を 200mS/m とすると, 塩淡境界深度は 10.5m となった. **Fig.3** に地下水観測孔と同じ地点で行われた電気探査解析結果を示す. 解析には, 非線形最小二乗法による一次元逆解析ソフト, アメリカ Interpex Limited 社製 IX1D (v3.42) を用, 解析条件は 24 層構造, 最大解析深度 32m の多層モデルとし, オッカムの逆解析によって比抵抗の層状構造を求めた.

ここで, 塩淡境界深度である 10.5m に対応する比抵抗値を **Fig.3** 左より求めると 31.3 Ω m であった. これを基に, 比抵抗値が 31.3 Ω m となる深度を **Fig.2** に示す地点 a, 地点 c, 地点 d について求めるとそれぞれ 3.0m, 8.1m, 7.2m, 標高は 0m, -5.2m, -4.0m であり, この値が各地点の塩淡境界深度・標高であると考えられる.

地点 a, b, c, d に対応する, 電磁探査によって測定された地盤の見かけ導電率はそれぞれ, 6.60, 5.87, 6.07, 6.39mS/m であった. 見かけ導電率 (mS/m) を x , 塩淡境界深度 (m) を y と置くと両者の近似式は,

$$y = -7.5524x^2 + 84.753x - 227.07 \quad (1)$$

となる. これより電磁探査を行った地点の見かけ導電率を塩淡境界深度に換算し, 淡水の断面分布

を求めると **Fig.4** に示すとおりとなる. 淡水域は島の中央部で厚くなっており, その中心はややラグーン側に寄っているが, これは既往の研究 (Presley and Todd, 2005 など) で推定されていたものと整合的であった. 以上より島内に複数の測線を設け, 同様の手法で淡水分布断面を求めれば, 島内の淡水地下水賦存量が推定可能であると考えられる.

謝辞: 本研究の一部は, 農林水産省委託プロジェクト研究「地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発」(45150), 及び科研費 (21580303) の支援を受けて実施した. また現地調査にあたってはマーシャル諸島共和国資源開発省および環境保護局の各位にご協力頂いた. ここに感謝の意を表する.

引用文献: 1) 緑資源機構 (2008): 平成 19 年度循環型水資源有効利用検討調査事業報告書—マーシャル諸島共和国—, xii 2) 石田ら (2011): 物理探査手法を用いた地下水中の塩淡境界測定, 農工研技報, 211, 9-20 3) Presley K. Todd (2005): Effects of the 1998 Drought on the Freshwater Lens in the Laura Area, Majuro Atoll, Republic of the Marshall Islands, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5098, 1-40

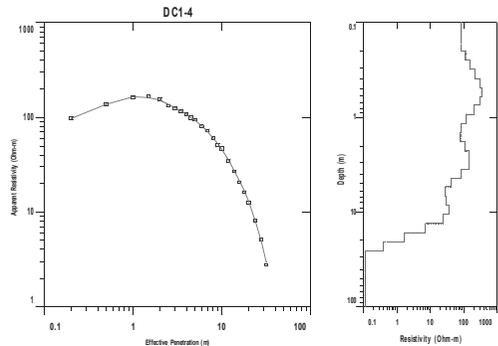


Fig.3 電気探査測定結果 (地点 b) 右が見かけ比抵抗分布, 左が比抵抗層状構造
Result of DC measurement at point b

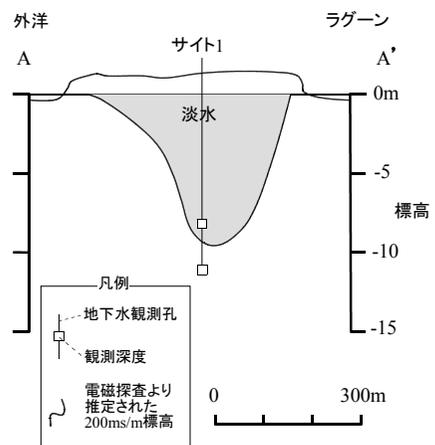


Fig.4 塩淡境界分布断面図
Section of boundary between freshwater and saltwater.