

PS-30 海底熱水鉱床の電位異常計測

海洋先端技術系 * 平尾 春華, 篠野 雅彦

1. 緒言

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の次世代海洋資源調査技術¹⁾において、海底熱水鉱床を対象に、概査、準精査、精査の順に観測を行う手法が開発された。熱水鉱床では、海底面に近い部分では酸化反応が進行し海底下の部分では、熱水による還元反応が進行するため、自然電位が発生する²⁾。自然電位による電圧を測定する装置が自然電位計である。本研究では自然電位計を航行型 AUV³⁾で曳航する手法について技術開発を行った。

2. 自然電位計

自然電位計は、海底鉱物等が作る自然電位を測定することを目的とした、微小な電圧を測定する機器である。電圧を測定して、測定した電圧を航跡に沿って積分することによって、電位を得る。海底熱水鉱床を探す場合、得られた電位から負の電位異常箇所を探す。

2.1 機器構成

自然電位計は、データロガー、電極(4 極)、導線からなる。

データロガー部は、電圧計およびデータ収録機能を有し、耐圧水深 2,000 m の容器に格納されている。基準電極(Gnd)を含む 4 つの電極間の電圧を記録することが出来る。データロガーは、250 Hz、±20 mV の記録が可能である。外観は図-1 に示す通りである。

電極は、水との電極電位の差が小さい銀-塩化銀電極を利用した。外観は図-2 に示す通りである。



図-1 データロガー



図-2 電極

2.2 AUV への取り付け、運用

電極を曳航する際に電極とロガーをつなぐ導線の距離を一定に保つため、また、導線に強い荷重がかかって断線するのを防ぐため、図-3 のように、FRP でできているロッドに導線を這わせ、強い荷重がかからないようにしている。また、曳航部全体を中性浮力にするために、浮力約 4 N の浮力体を 3 個取り付けている。

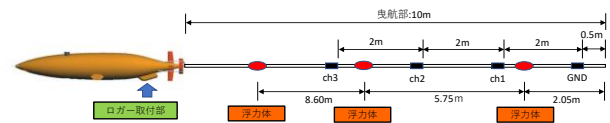


図-3 自然電位計の曳航時の AUV への取り付け

2.3 AUV での運用の確認

曳航部の長さが 10 m と 15 m の 2 種類を用意し、駿河湾にて航行型 AUV 3 号機および 4 号機を用いて曳航試験を行った。15 m の曳航部では、AUV の制御が不安定になったため、10 m で計測に臨むことにした。

センサー間隔が長い程、電圧信号が大きくなり、微小な電位異常を捉えやすくなる。

3. 小笠原諸島海域での計測

2018 年 10 月に小笠原諸島海域で、調査航海を行った。AUV からのノイズの影響を小さくするために、基準電極を AUV から一番遠い最後方に設置した。センサーの配置、浮力体の位置は図-3 の通りである。図-4 に観測の様子を示す。

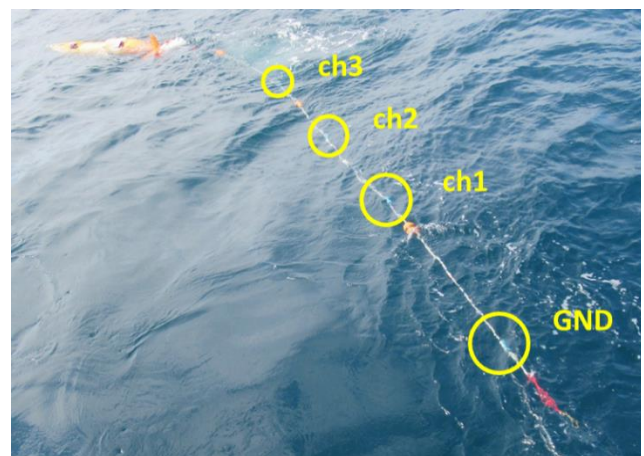


図-4 小笠原諸島海域での観測の様子

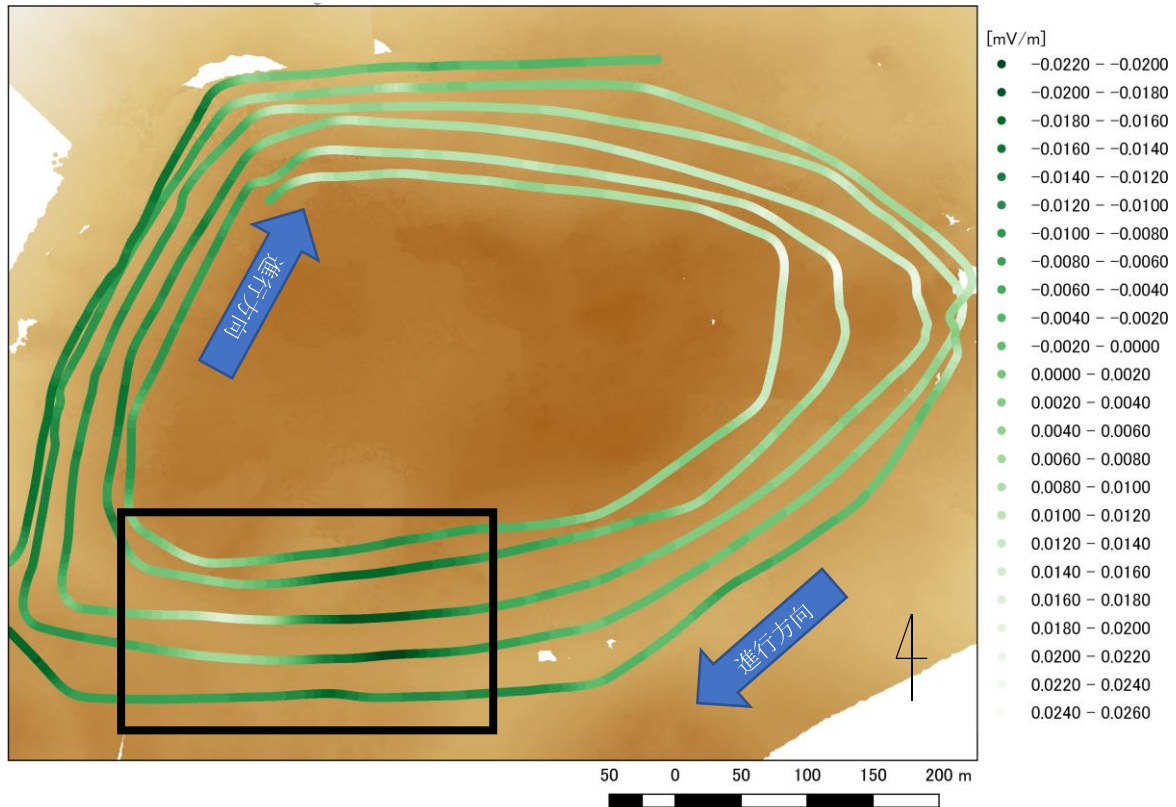


図-5 小笠原諸島海域で観測結果(2018/8/14に航行型AUV 3号機にて高度80 mを1.8 m/sで曳航, 北が上)
 (AUVは内側から外側に向けて右回りに航行. 緑の濃淡は計測電圧を表す. 背景の茶色の濃淡は水深を表し, 濃い方が高く薄い方が低い)

4. データ解析

計測電圧データを $e(t)$ [mV], 電極間距離を l [m], AUV対地速度を $\vec{U}_e(t)$ [m/s], ノイズを $\varepsilon(t)$ [mV]とすると, 電場 \vec{E} [mV/m]と計測値の関係は式(1)のように表される.

$$e(t) = \left(\frac{\vec{U}_e(t)}{|\vec{U}_e(t)|} \right) \cdot \vec{E}(t) l + \varepsilon(t) \quad (1)$$

計測データを図-5に示す. 北へ航行中に負の計測電圧(図中の西側), 南に航行中に正の計測電圧(図中の東側)であり, 進行方向に依存するデータが入っている. 図の南側(四角の範囲)ではほぼ同一方向に進んでいる際に計測電圧が低くなった後, 高くなっている. つまり, 負から正の計測電圧の移行が確認でき, この地点を中心に負の電位異常があり, 資源がある可能性が高い.

5. 結言

自然電位計を航行型AUVに搭載し, 海底熱水鉱床の準精査を可能にした. 小笠原諸島海域において観測を行い, その結果を示した.

謝辞

AUVおよび自然電位計に関連する研究は内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムの「次世代海洋資源調査技術」(海のジパング計画, 管理法人: JAMSTEC)の一環として行われた. SIP関係者各位に感謝の意を表す. また, 観測に協力していただいた海洋調査協会の各位, 宮本一之氏, 白石和広氏に感謝の意を表す.

参考文献

- 1) 次世代海洋資源調査技術ホームページ (<https://www.jamstec.go.jp/sip/>)
- 2) 佐藤信也, 後藤忠徳, 笠谷貴史, 川田佳史, 岩本久則, 北田数也, 「独立成分分析を用いた海底自然電場データのノイズ除去」, 物理探査, 第70巻, 42-55頁, 2017年
- 3) Takumi Sato, Kangsoo Kim, Motonobu Imasato, Saori Yokota, Yuzuru Itoh, “Sea trials of a high maneuverability compact autonomous underwater vehicle”, Proceedings of 2018 OCEANS - MTS/IEEE Kobe, 2018
- 4) 後藤忠徳, 笠谷貴史, 木下正高, 三ヶ田均, 島田純, 佐藤壮, 「地下水流動に伴う海底自然電位異常検出の試み」, JAMSTEC 深海研究, 第24号, 13-24頁, 2004年