

マウンド型・埋没型鉱床の両方をマッピング可能な海洋電磁探査法の開発

石須慶一*・笠谷貴史**・後藤忠徳*・小池克明***・シリポンバラポンウィラシャイ****・
岩本久則*****・川田 佳史**・石橋 純一郎*****

Development of a marine controlled-source electromagnetic method capable of mapping both mound and blind ore bodies

Keiichi Ishizu*, Takafumi Kasaya**, Tada-nori Goto*, Katsuaki Koike***, Weerachai Siripunvaraporn****, Hisanori Iwamoto*****, Yoshifumi Kawada**, Jun-ichiro Ishibashi*****

*兵庫県立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, University of Hyogo, 2167, Shosha, Himeji, Hyogo 671-2280 JAPAN. E-mail: k.ishizu@sci.u-hyogo.ac.jp

**海洋研究開発機構海底資源センター Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research Institute for Marine Resources Utilization, Kanagawa, Japan.

***京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Katsura C1-2, Kyoto 615-8540, Japan.

****マヒドン大学理学部 Faculty of Science, Mahidol University, Rama VI Rd., Rachatawee, Bangkok 10400, Thailand.

*****日本海洋事業株式会社 Nippon Marine Enterprises, Ltd., 14-1, Ogawa-cho, Yokosuka, Kanagawa 238-0004, Japan.

*****神戸大学 海洋底探査センター Ocean-Bottom Exploration Center, Kobe University, Kobe 658-0022, Japan

キーワード：比抵抗，電磁探査，電気探査

Key words：Resistivity, Electromagnetic method, Direct current resistivity method

1. はじめに

海底熱水鉱床は、周りの堆積物に比べて低比抵抗を示すため、海底下比抵抗構造を調査できる人工電流源海洋電磁探査 (CSEM) 法は海底熱水鉱床の賦存量調査に有効である (Haroon et al., 2018)。海底熱水鉱床は、マウンドやチムニーとして海底面に存在する (マウンド型) のみならず、海底下に埋没したブライント型としても存在する。さらに、近年の掘削調査によって、ブライント鉱体がマウンド鉱体の直下に存在する共存型もあることがわかってきた (Koike et al., 2022)。このようなブライント鉱体とマウンド鉱体の共存型は沖縄トラフの代表的な海底熱水鉱床地域である伊是名熱水域および伊平屋熱水域で発見されたため、沖縄トラフでは一般的に存在するものと考えられる。このような背景があり、沖縄トラフの熱水域において海底熱水鉱床を探査する際は、ブライント鉱体とマウンド鉱体の両方をマッピングできる CSEM 法が必要である。しかし、マウンドとブライント鉱体の両方をマッピングできる CSEM 手法は確立されていない。そこで、本研究は、マウンドとブライント鉱体の両方をマッピングするための海底設置型電場データ (OBE) 受信機および曳航式電磁データ受信機 2 種類の受信機を使用する CSEM 手法を開発した。本手法は、マウンド鉱体に感度が高い曳航受信機データとブライント鉱体に感度が高い OBE 受信機データを組み合わせることでブライント鉱体とマウンド鉱体の両方をマッピングできる。

2. 仮想データへの適用結果

仮想データ・モデルを用いた実験により提案する手法の

有効性を検証した。仮想モデルは $0.2 \Omega\text{m}$ のマウンド型およびブライント型の海底熱水鉱床を模した低比抵抗異常体が $1 \Omega\text{m}$ の海底堆積層中に存在するものを考えた (図 1)。海底面の深度は $z=1000 \text{ m}$ とし、海面を $z=0 \text{ m}$ と設定した。海水および空気の比抵抗は、 $0.3 \Omega\text{m}$, $10^8 \Omega\text{m}$ とした。曳航受信機は送信機から 135 から 190 m 後方に複数台設置されたとし、一方、OBE 受信機は、6 台が海底に設置されたとした。使用したデータの周波数は 0.125 , 0.375 , 0.625 Hz である。このモデルから順解析を行い得られたレスポンスにガウシアンノイズを加えて仮想データを作成した。三次元 Occam 逆解析コード (Ishizu et al., 2022) を本仮想データに適用し海底下比抵抗モデルを推定した。

既存の手法では、曳航受信機のみまたは OBE 受信機のみを用いてきた。本数値実験の結果、曳航受信機型のみを使う方法では、マウンド型鉱体は真のモデルに近く再現できたが、ブライント鉱体は再現できなかった (図 1)。海底受信機データのみでは、マウンド型鉱体とブライント鉱体ともに再現できたが、偽像とともに再現された。一方、提案手法を用いた結果では、マウンド型鉱体とブライント鉱体ともに真のモデルに近く再現できた。

3. おわりに

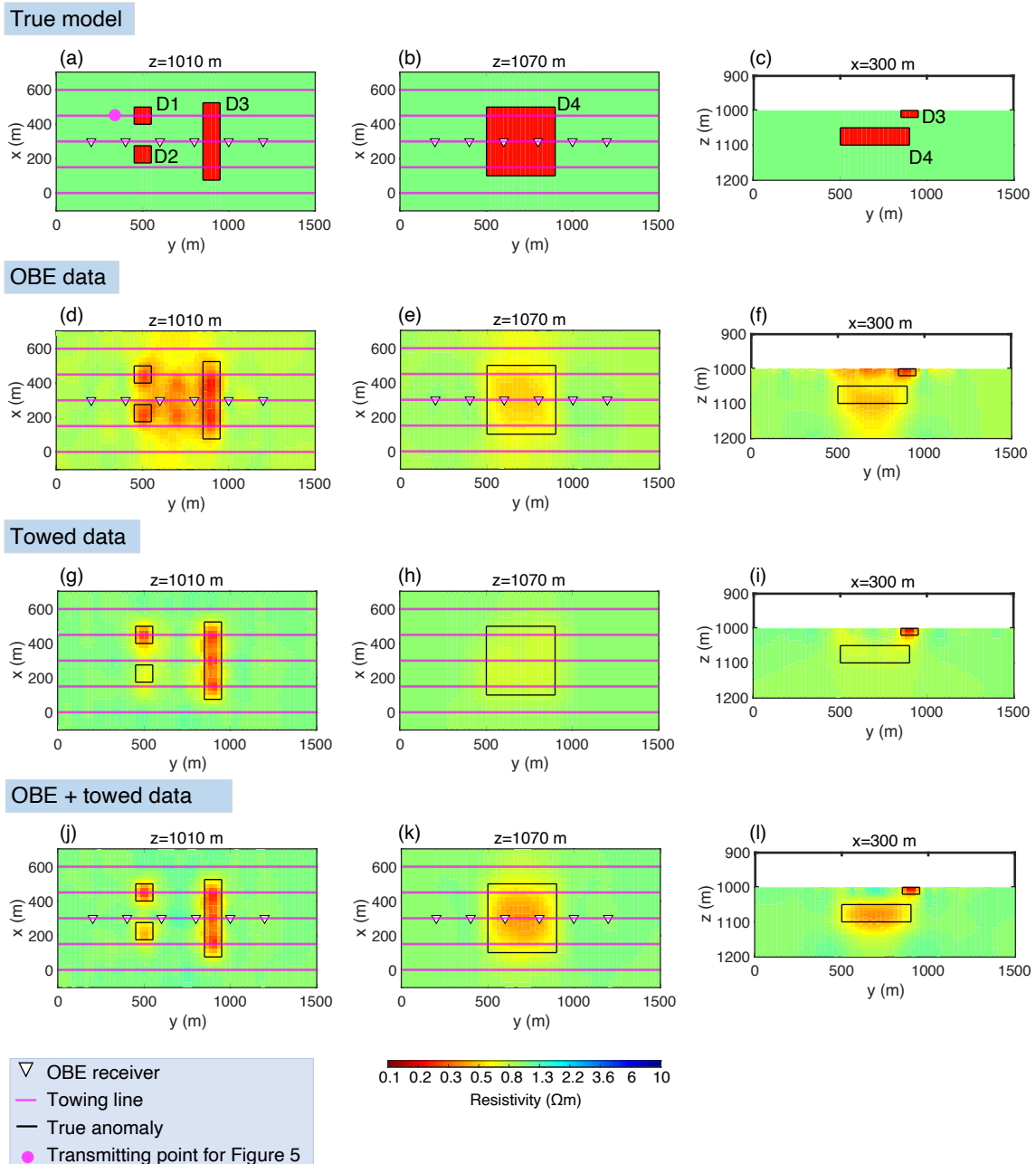
本研究は、マウンドとブライント鉱体の両方をマッピングするための OBE 受信機および曳航式電磁データ受信機 2 種類の受信機を使用する CSEM 手法を開発した。仮想データを用いたテスト結果により、本手法はマウンドとブライント鉱体の比抵抗構造を真の構造に近く再現できること

が明らかとなった。

文 献

- Gehrmann, R. A. S., North, L. J., Graber, S., Sztikar, F., Petersen, S., Minshull, T. A., & Murton, B. J. (2019). Marine mineral exploration with controlled source electromagnetics at the TAG hydrothermal field, 26° N Mid - Atlantic Ridge. *Geophysical Research Letters*, 46(11), 5808-5816.
- Haroon, A., Hölz, S., Gehrmann, R. A., Attias, E., Jegen, M., Minshull, T. A., & Murton, B. J. (2018) Marine dipole-dipole controlled source electromagnetic and coincident-loop transient electromagnetic experiments to detect seafloor massive sulphides: Effects of three-dimensional bathymetry. *Geophysical Journal International*, 215(3), 2156-2171.

- Ishizu, K., Siripunvaraporn, W., Goto, T. N., Koike, K., Kasaya, T., & Iwamoto, H. (2022) A cost-effective three-dimensional marine controlled-source electromagnetic survey: exploring seafloor massive sulfides. *Geophysics*, 87(4), 1-23.
- Koike, K., Yono, O., de Sá, V. R., Tomita, S. A., Nozaki, T., Takaya, Y., & Komori, S. (2022). Effectiveness of neural kriging for three-dimensional modeling of sparse and strongly biased distribution of geological data with application to seafloor hydrothermal mineralization. *Mathematical Geosciences*, 54(7), 1183-1206.



第1図 数値実験に使用した比抵抗モデルと逆解析結果. ピンクの線は、曳航送受信機の測線、三角印は受信機的位置を示す. 仮想モデルは 0.2 Ωm のマウンド型およびブライント型の海底熱水鉱床を模した低比抵抗異常体が海底堆積層中に存在するものを考えた.