

海底熱水鉱床で得られた岩石サンプルの諸物性とそのモデル化

大田優介*・後藤忠徳*・柏谷公希*・林為人*・多田井修**・笠谷貴史**・金松敏也**・町山栄章**

Measurement of physical properties of rocks at seafloor sulfide mounds and the physical modeling

Yusuke Ohta*, Tada-nori Goto*, Kouki Kashiwaya*, Weiren Lin*, Osamu Tadai**, Takafumi Kasaya**, Toshiya Kanamatsu** and Hideaki Machiyama**

*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 C1-2-225, Kyoto 615-8540, Japan.
E-mail: ohta.yusuke.58z@kyoto-u.ac.jp (Ohta)

**海洋研究開発機構 Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

キーワード：アーチーの式，導電率，物理モデル，海底熱水鉱床

Key words: Archie's law; Electrical conductivity, Physical models, Sea-floor hydrothermal deposit

1. はじめに

現在、海底熱水噴出地域においては物理探査による広域調査が進められている。特に潜頭性の海底熱水鉱床の場合は、海底地形調査やサイドスキャンソナーにより発見することは困難であり、物理探査の活躍が期待されている。しかしながら、物理探査によって得られる情報は限られており、海底熱水鉱床の形状、特に深度方向の規模（鉱床の厚さ）を推定するまでには至っていない。そのため、物理探査データを解釈する技術の向上が求められている。

物理探査データの解釈技術のひとつとして、岩石物理学による複合解析という手法が知られている。これは、対象地域の岩石サンプルに対して室内試験を実施し、物性・成分といった情報を基に、岩石物理学モデルを構築し、複数の物理探査データを用いることで対象となる岩石の物性や成分を推定する、というものである。既存の適用例として、地震探査データや電気探査データなどを基に地下の透水係数を推定するという手法が、地盤工学の分野で用いられている。

海底熱水噴出地域における物理探査の課題を解決するためには、岩石サンプル中の金属元素の含有率と諸物性の関連性をモデル化することが必要になる。そこで本研究では、海底熱水噴出地域に適した金属元素含有量推定モデルを構築することを最終的な目的としつつ、その前段階として、岩石物理学モデルの構築のために必要となるさまざまな物性・成分の測定と比較検討を行い、金属元素含有率と他の物性の相関性を調査した。

2. 対象海域と岩石サンプルの概要

本研究において使用した岩石サンプルは、海洋研究開発機構による2つの調査航海（調査船「よこすか」YK15-06航海、調査船「なつしま」NT15-17航海）にて中部沖縄トラフ伊是名海穴、野甫サイトで採取されたものである。海底から採取された8個の岩石から、測定用のコア状試料を作製し、物性測定および金属含有率測定を行った。

3. 物性測定および成分分析手法

本研究が対象とした物性・成分は、比抵抗、間隙率、粒子密度、自然残留磁化、金属元素含有率である。

3.1 比抵抗

比抵抗測定においては、直径40mm、長さ40mmのコア状試料に整形した岩石サンプルを用い、海底と同条件での測定を行うため、NaCl溶液に岩石を浸し、強制湿潤法により飽和状態とした後、間隙水と溶液の濃度が均一になるように、最低1週間安置した。測定では専用のサンプルホルダーにコアサンプルを挿入し、1~100kHzの周波数帯での比抵抗測定を、導電率の異なる6つの濃度のNaCl溶液に対して行った。（溶液の導電率は、0.006, 0.025, 0.1, 0.4, 1.6 [S/m]）なお、周波数帯は高倉・佐々木(2011)を、溶液の導電率は鈴木(2003)をそれぞれ参考にした。

なお、本研究における強制湿潤法とは、岩石を湿潤させる溶液に岩石サンプルを完全に浸したのち、0.01MPaの低圧力下で最低6時間放置する操作のことである。

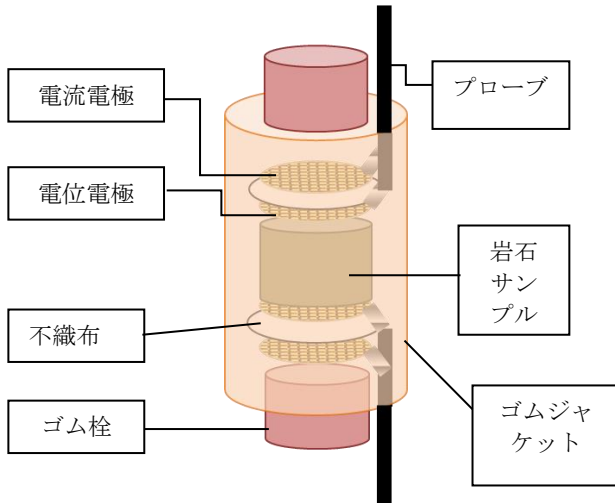
測定のため作成した専用のサンプルホルダーの概略図を第1図に示す。完全湿潤状態のコアサンプルを電極セットとゴム栓で挟み込み、ゴムジャケットで外側を覆っている。

3.2 間隙率・粒子密度・自然残留磁化

間隙率・粒子密度はともに、サンプルの質量から浮力法を用いて計算を行った。自然残留磁化に関しては、各岩石サンプルから直径20mm、長さ25mmのコア状試料を整形し、超導磁力計を用いて測定した。

3.3 金属元素含有率

分析試料として、比抵抗測定に用いたコアサンプルを1個ずつ選択し、コアの側面にハンドヘルド型蛍光X線分析装置を押し当て分析を行った。分析位置は上下底面と、側面2点の計4点とした。分析に用いた蛍光X線分析装置で測定可能な元素は原子量がMg以上の元素であり、軽い元素はLE (Light Element) としてまとめて扱われる。



第1図 サンプルホルダーの模式図

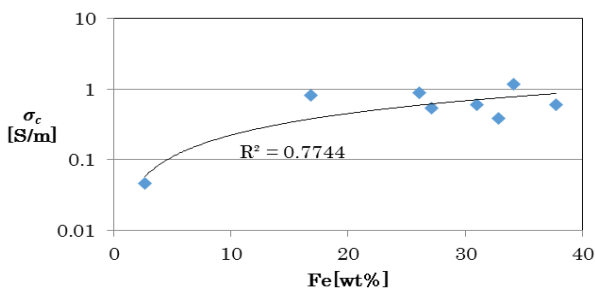
4. 各物性・成分の比較結果

4.1 比抵抗値

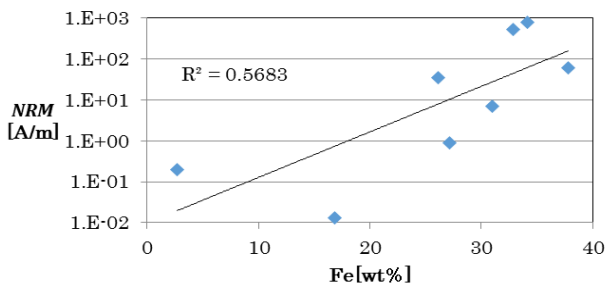
岩石の電気特性の解明のため修正アーチーの式の並列回路モデルを用いたが、本研究で取り扱った岩石サンプルのうち、単体が良導電性を有する金属元素（本研究では Fe, Al, Zn とした）の含有率が 25% を超えるサンプルに関しては、間隙水の導電性の上昇によるサンプル全体の導電性の上昇が著しく、並列回路モデルが適用できなかった。そのため岩石の表面伝導による導電率が溶液の導電率の一次関数となる修正モデルを用い、その計算結果を比抵抗値として与えた。この修正モデルでは、岩石の導電性は間隙水と表面電気伝導と導電性粒子の並列回路によって表わされる。

4.2 物性・成分間の相関性

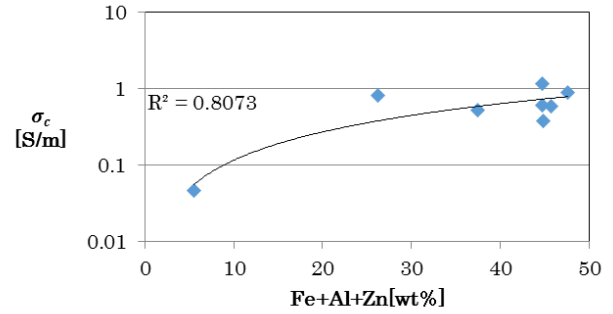
Fe 含有率と導電性粒子の導電率（粒子導電率）（第 2 図）、および Fe 含有率と自然残留磁化（第 3 図）に有意な正の相関性が見られた。また、良導電性金属元素の含有率と岩石サンプルの粒子導電性の間（第 4 図）にも有意な相関性が見られた。



第2図 Fe含有率と粒子導電率の関係



第3図 Fe含有率と自然残留磁化の関係



第4図 良導電性金属元素含有率と粒子導電率の関係

5. まとめ

今回、海底熱水鉱床の岩石を対象に物性・成分の検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

修正アーチーの式の並列回路モデルでは海底熱水鉱床の高間隙率、高導電性の岩石の電気特性を説明できない。また、岩石の表面電気伝導は岩石内の良導電性金属元素の含有率と溶液の導電率に依存することが明らかとなった。良導電性金属元素の含有率が多いほど、岩石の粒子導電率や表面伝導の溶液依存係数は大きくなることも明らかとなった。

今後の展望としては、1) 岩石の電気特性をより高精度に説明できる岩石物理学モデルの構築、および 2) 構築したモデルにおける各種パラメータと他の物性との関連性の解明が挙げられる。また、これと平行して、岩石の測定システムのさらなる高度化も行っていく予定である。

文 献

高倉伸一・佐々木裕 (2011) 黄鉄鉱や磁鉄鉱を含む人工試料の複素比抵抗, 物理探査学会第 124 回学術講演論文集.
鈴木浩一 (2003) 結晶質岩及び堆積岩試料の比抵抗特性に関する研究—間隙水比抵抗と表面伝導現象が岩石比抵抗に及ぼす影響について—. 物理探査, vol. 56, no. 2, pp. 107-116.