

人工電流源を用いた海底電磁探査法による海底下資源の検出について

中島 崇裕 [1]
[1] 静岡大・理・客

Detection of sub-seafloor natural resources by marine electromagnetic sounding method

Takahiro Nakajima[1]
[1] Shizuoka Univ.

Recently marine electromagnetic sounding methods have been applied for oil and gas exploration, and are being applied for mineral deposits. In this paper, we examine the possibility of the detection of reservoir or mineral deposits layer by the marine CSEM method using various types of current sources and electromagnetic observations. Using the same numerical method by Chave and Cox (1982), we calculate the electromagnetic fields excited by a current dipole near the seafloor on 1D earth model. We investigate the dependency of the signal on frequency and the distance between the source and the receiver. Where the distance is larger than the near field region, the signal of the reservoir model becomes much larger than that of the ore model, since the propagation of the signal in the reservoir has less attenuation than the sediment or ore layers. Because of the radiation pattern of the current dipole and the reverberation of the electromagnetic waves in the earth, the differences of observed field between the uniform earth model and reservoir/ore model become larger at a certain frequency and distance ranges. The Ez component for horizontal dipole has such effect, therefore the observation of Ez components may provide useful information for CSEM exploration. These estimations may not be realistic as the actual earth, but these calculations suggest the requirements for the observation and also utilize for the exploration plan.

海底下の資源探査として、反射法地震探査だけでなく、電磁探査法が近年用いられるようになってきた。人工電流源を用いた海洋電磁探査は、海洋地殻の比抵抗を求めるための学術ベースでの研究から始まったが (e.g. Constable, 2006), 2000年以降、特に石油・天然ガス調査を目的とした探査が増えている。また、日本国内においても、メタンハイドレート調査のための海底電気探査 (後藤他, 2008) や、熱水鉱床等の鉱物資源の調査を行うための基盤ツール開発の研究が進められている (佐柳他, 2009)。これらの電磁気による探査の結果は、他の探査法の結果と組み合わせで解釈を行い、地下の状態をより正確に把握するために用いられる。

本研究では、この海洋資源探査に関する人工電流源を用いた電磁探査法において、様々な送受信方法の組み合わせによる地下鉱物の検知可能性について調べた。地下構造は、海洋堆積物の中に、低電気伝導度層 (貯留層) または、高電気伝導度層 (鉱床) がある場合の両方を考え、1次元の地層における応答で確認することにした。ただし比較のため、堆積層とのインピーダンスコントラストは同等とした。人工電流源は、水面下 1000km の海底付近の、電流ダイポールによって送信するものとした。電流ループを考えなかった理由は、地上での探査と異なり高電流が流しやすい状況にあることと (送信電極は海水と接触)、電流ループは電流ダイポールより探査距離で劣ると考えられるためである。海底電磁送信において、地上と大きく異なる点は、海水は良導体であるため、海水中に電流が流れやすい。それだけでなく、電磁波伝播速度が大きく異なる。空気中は光速に近い速度で電磁波が伝わるのに対し、海水中の伝播速度は海底下の堆積層よりも遅く、周波数 1Hz において約 900m/s であり、周波数の平方根に比例して大きくなる。

計算には、Chave and Cox (1982) に示されているのと同様な、積分が含まれる解析解を数値積分によって求める計算方法を用いた。海底下 100m に堆積物と異なる層が挟まれている場合に、送受信点間距離依存性および周波数依存性を調べた。送受信点距離に応じて、dipole geometry (Near field) の効果が大きい領域と、下部層内での減衰の影響がでる領域に分かれる。Near field の領域は、ほぼ DC の電気探査でカバーできる領域である。下部層内での減衰の影響がでる範囲において、貯留層の場合と鉱床の場合に振幅に大きな差がでた。これは貯留層の方が信号の減衰が少ないことも関係があるが、貯留層の方が電磁波伝播速度が速いために、地震探査でいう Head wave 的な信号が伝播してきていると考えられる。また、一様堆積物の場合との差を取ると、地下からの反射成分が大きくなる周波数や送受信点間距離の範囲があることが分かった。これは、送信ダイポールからの放射パターンや、往復伝播時間に対応する周波数に対応していると考えられる。特に、一般には測定していなかった、水平電流ダイポール送信に対する Ez 受信成分に関してこのような特徴が見られた。

本研究では、単純な地下モデルに対し送受信点間距離と探査周波数をスキャンし、地下鉱物の検知可能性について調べた。スケールリング則により、より深い貯留層や鉱床に対する探査にも応用でき、探査に必要な観測機器のスペックや探査計画を立てることに用いることができる。しかし、まだ実際の探査に即した見積もりであるとはいえず、今後より現実的な地下構造に対して計算を行っていくことが必要であろう。