

電気伝導度から診たプチスポット海域の上部マントル組成

馬場 聖至 [1]; 市來 雅啓 [2]
[1] 東大・地震研; [2] 東工大・院・理工

Upper mantle composition beneath the petit-spot area: Insights from electrical conductivity

Kiyoshi Baba[1]; Masahiro Ichiki[2]
[1] ERI, Univ. of Tokyo; [2] Grad.Sch.Sci.&Eng., TITECH

The mantle composition beneath the petit-spot area, where is about 500 km offshore from Japan Trench in northwestern Pacific, is discussed through electrical conductivity obtained by seafloor magnetotelluric (MT) survey.

The seafloor MT data were collected using ocean bottom electromagnetometers (OBEMs) at four sites with the spacing of 100-150 km, between May and August, 2005. The survey was conducted as a part of the petit-spot multidisciplinary project. The petit-spot is young volcanic activity on very old (about 130 Ma) oceanic plate characterized as a clump of small knolls which erupted strong to moderate alkaline basalt. This volcanic field is associated with neither any plate boundaries nor hot spots. To elucidate the magma generation process of this new-type volcanic activity, a collaborative study of various geophysical and geochemical approaches has been carried out. The MT survey aims to constrain the physical state of the lithosphere and asthenosphere where the petit-spot melt is probably generated.

The acquired electromagnetic field variation data were analyzed with robust processing after appropriate corrections of the instrumental tilt and clock. The MT responses were obtained in the period range between 480 and 122880 seconds. Geomagnetic transfer functions were not obtained with significant coherence in the period range. The MT responses are quite similar among the sites: The off-diagonal apparent resistivities split in shorter periods, which the xy element is larger than the yx element, where x and y are geomagnetic north and east, respectively. The diagonal apparent resistivities are more than one order smaller than the off-diagonal ones. These features suggest that the lateral heterogeneity in electrical conductivity is less significant beneath the survey area. The splitting of the off-diagonal elements and non-zero diagonal elements are likely attributed to large-scale structure around the survey area.

Effect for the ocean-land distribution and seafloor topography on the MT responses was modeled and stripped, based on the method of Baba and Chave (2005). As the result, the corrected responses became close to one-dimensional (1-D) feature as the off-diagonal elements are close each other and much larger than the diagonal elements. The determinants of the MT impedance tensor at the four sites are averaged and inverted using Occam 1-D inversion (Constable et al., 1987). The obtained 1-D model shows a peak in conductivity (0.05 S/m) at about 200 km depth.

The mantle temperature may be calculated from the conductivity using an experimental result for dry olivine (Constable et al., 1992). The resultant temperature is about 1750 C which is lower than the dry solidus for garnet peridotite. Instead, assuming the temperature as GDH1 model (Stein and Stein, 1992) for 130 Myr old mantle, we calculate water content in olivine using an experimental result by Wang et al. (2006). The resultant water content is about 0.001 wt%, which is again too small to decrease solidus and to generate partial melting. Consequently, the conductivity model does not support the melt generation in the asthenosphere. The inconsistency between the conductivity model and the existence of the petit-spot volcanoes may be explained by contribution of material like eclogite which the solidus is much lower than garnet peridotite. An analysis of radio isotopes of the petit-spot basalt suggests such heterogeneity in the mantle (Machida, pers. comm.).

本講演では、日本海溝から約 500km 東の海底で発見されたプチスポット火山海域下の上部マントル組成を、海底電磁気観測によって得られた電気伝導度構造モデルを用いて議論する。

本研究で用いる海底電磁気データは、プチスポット総合観測プロジェクトの一環として 2005 年の 5 月から 8 月にかけて、同海域の 4 つの観測点で取得されたものである。プチスポットは約 130Ma と非常に古い太平洋プレート上に生じた若い火山活動で、アルカリ玄武岩を噴出した小規模な海丘群として分布する。プチスポットは、プレート境界に関連した火山やホットスポットとは異なる新種の火山活動である。この成因を調査するために、様々な地球物理学的・地球化学的な共同調査が立ち上げられた。海底電磁気探査は、プチスポットマグマを生じたと考えられている海洋上部マントルの電気伝導度構造を明らかにすることを目的としている。

取得したデータは、観測機器の傾斜や時計の補正を行った後、magnetotelluric(MT)法に基づく解析を行った。MT レスポンスは、周期 480 秒から 122,880 秒の間で精度よく推定できた。一方で地磁気変換関数は同周期帯では有意な推定値が得られなかった。4 観測点の MT レスポンスは非常に似通った特徴を示している。非対角要素の見かけ比抵抗は、短周期で xy 成分のほうが yx 成分より高くなる。また対角要素の見かけ比抵抗は、非対角要素のそれよりも一桁小さい。これらの特徴は、プチスポット海域下の電気伝導度構造の横方向の不均質が小さいことを示唆する。一方で MT レスポンスの非 1 次元的な特徴は、観測海域を取り囲むより広域の電気伝導度不均質の寄与であると考えられる。

我々は、Baba and Chave (2005) の方法で広域の海陸分布・海底地形による効果を見積もり、観測から得られた MT レスポンスを補正した。補正後の MT レスポンスは非対角要素の差が小さくなり、より 1 次元的特長に近づいた。MT レスポンスの determinant mean をとり、4 観測点の平均値を Occam インバージョン法 (Constable et al., 1987) により逆解析して、

海域内の平均的 1 次元構造を求めた。得られたモデルは、深さ 200km 付近に高電気伝導度のピーク (0.05 S/m) を示す。この電気伝導度を無水かんらん石の電気伝導度測定値 (Constable et al., 1992) を利用して温度構造に変換すると、深さ 200km で摂氏約 1750 度となる。Hirth and Kohlstedt (1996) のガーネットペリドタイトの相図にあてはめると、この温度は無水ソリダスよりも低く、従ってマントルは部分溶融は起こらない。一方 Wang et al. (2006) の含水オリピンの電気伝導度測定結果と、Stein and Stein (1992) の GDH1 温度構造モデルを用いると、温度は摂氏約 1500 度で、かんらん石中の水の量は約 0.001wt% と計算できる。このときの含水ソリダスは、GDH1 モデルよりも高く、やはり部分溶融を生じることができない。したがって電気伝導度構造はアセノスフェアでのメルト生成を支持しない。プチスポット火山の存在と電気伝導度の矛盾を解決する一つの可能性としては、上部マントルの組成が完全なペリドタイトではなく、エクロジャイトなど溶融温度の低い岩石が混ざっていて、その寄与があることが考えられる。実際、プチスポットで採取された玄武岩の同位体組成の分析では、そのようなマントル不均質を示す結果が得られている (町田私信)。