

西南日本背弧の下部地殻とマントル

The Lower Crust and the Mantle beneath the Back-arc of Southwest Japan

(地球電磁気・地球惑星圏学会推薦)

代表研究者	富山大学	藤 浩明	University of Toyama	Hiroaki TOH
協同研究者	京都大学	大志万直人	Kyoto University	Naoto OSHIMAN
	九州職業能力 開発大学校	下泉 政志	Kyushu Polytechnic College	Masashi SHIMOIZUMI
	東京大学	上嶋 誠	University of Tokyo	Makoto UYESHIMA
	高知大学	村上 英記	Kochi University	Hideki MURAKAMI
	鳥取大学	塩崎 一郎	Tottori University	Ichiro SHIOZAKI
	神戸大学	山口 覚	Kobe University	Satoru YAMAGUCHI
	京都大学	吉村 令慧	Kyoto University	Ryokei YOSHIMURA
	海洋研究開発機構	笠谷 貴史	JAMSTEC	Takafumi KASAYA

Seafloor electromagnetic observations were made off Tottori and Hyogo Prefectures in the Japan Sea together with magnetotelluric (MT) measurements on land. The objective of the observations is to investigate the resistivity structure beneath the San-in region. The San-in region includes Tottori Prefecture and its surroundings in northern Chugoku District, Southwest Japan, where epicenters of microearthquakes show a linear distribution, approximately 4-9km wide, along the coastline of the Japan Sea. The hypocenters are mostly confined to 20km depth. Several large earthquakes of M6.2-7.4 had occurred in 1943, 1983 and 2000 in the seismic belt. Moreover, quaternary volcanoes such as Daisen and Oginosen are located in the belt. Since 1998, land-based wide-band MT observations have been made along north-south profiles in the San-in region to delineate heterogeneity of the crustal resistivity. We found a conductive body beneath the high seismicity belt on each MT profile, and the resistive upper crust corresponding to the seismogenic

zone. The conductive lower crust seems to lie in the almost east-west direction beneath the seismic belt of the same strike, which strongly suggests the presence of crustal fluid in the focal area. We confirmed the seaward extension of the conductive lower crust by the seafloor electromagnetic observations, which implied the influence of the subducting Philippine Sea plate over generation of the crustal fluid and seismovolcanic activity in the San-in region.

研究目的

本研究で取り上げた山陰地方は、次の様な地震学的／火山学的特徴を有している。

まず地震学的には、低周波微動の集中発生帯が存在する事、また、鳥取県西部地震震源域に地震波の縦波／横波速度比の異常域が検出される事などから、プレート境界から地殻深部にかけて流体が分布し、それが山陰地方の地震発生様式と深く関わっていると推測されている。しかし、山陰地方の地下深くに潜り込んでいるはずのフィリピン海プレートは、一定深度を超えると深発地震を起こさなくなる為、その詳細形状は地震学的手法ではまだはっきりと捉えられていない。

また、山陰地方が含まれる西南日本弧では火山の様相が東北日本弧とは一変する、と火山学の分野では指摘されている。すなわち、西南日本では単成火山が卓越し西に行くほど小規模な山体が群れをなす傾向があり、かつ、約500万年前に噴出したアルカリ玄武岩が分布する瀬戸内海側や隠岐諸島の間に割り込む様に、世界最大級の溶岩ドームを持つ大山やドーム＋カルデラの構造を持つ三瓶山といった新しい（百万年以新）酸性の火山が分布している（Kimura et al., 2003）。これら比較的新しい火山の中には、プレート物質の関与や溶融を示唆するアダカイト質マグマを産するものもあり、プレートからの脱水やプレート自身の溶融がこの地域の火山活動の原因となっている事は間違いないが（Iwamori, 1991）、それだけでは東北日本弧とは様相を異にする西南日本弧火山の多様性を説明する事はできない（Tatsumi, 2005）、とされている。これらの火山学的成果は、岩石学や地球化学的手法だけでは西南日本に関わる統一的地学モデルの確立は不可能であり、地球物理学的手法を用いた構造探査の必要性を強く示唆している。

この様に、山陰地方すなわち西南日本背弧を地球科学的にモデル化するには、地球物理学的手法、それも地震学的手法には依らない方法によって、構造決定を行う必要がある。本研究の着想に至った背景の一つに、地球電磁気学的手法による西南日本背弧における下部地殻低比抵抗体の発見がある。これらは陸上電磁気観測によって得られた複数の地殻内比抵抗断面で確認されており（Fig. 1）、その地理的分布は海岸線と平行して二次元的に連なっている。また、低比抵抗体とその上側の高比抵抗体（上部地殻）との境界で、地震が多発している。これらの事と西南日本の火山学的特徴を考え合わせれば、流体を介した背弧マントルと

下部地殻の相互作用, その結果としての地震／火山活動によりこの地域が地球科学的に特徴づけられている事が予想される。

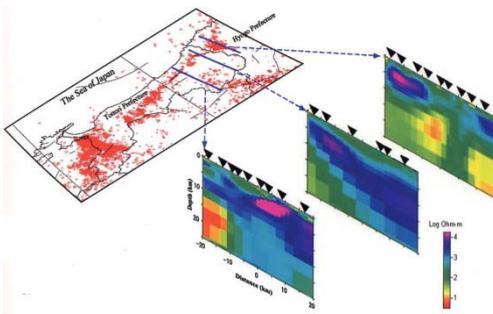


Fig. 1 Three two-dimensional sections of crustal resistivity in the San-in region. Bright colors correspond to low resistivity.

しかし、この点を明らかにするには、必然的により深部でかつ背弧側での観測, すなわち、海域での長期電磁気観測が必要になる。ただし、西南日本の日本海側は水深が数百mより浅い浅海域が広く存在し、活発な漁業活動や強い潮流の為、これらの海域での電磁探査は長い間困難であった。陸域では3次元データが揃いつつある西南日本の背弧で海域観測にこれまで手を伸ばせなかったのは、浅海の占める面積が大きいこの地域に応用できる装置群を我々が持たなかったからであった。本研究が実現したもう一つの理由は、近年協同研究者でもある海洋研究開発機構や九州職業能力開発

大学校の研究者の努力により、浅海でも実用に耐える海底電位差計／海底電位磁力計の開発が進んだ事が挙げられる。海陸共同観測から比抵抗構造を推定するには、浅海を含む海側での電磁気観測が必須であるが、今漸くその準備が整ったと言う事ができる。

以上を踏まえ本研究では、研究援助期間内に少なくとも一本の海底南北測線を鳥取・兵庫県境沖に設け、下部地殻低比抵抗体と背弧マントルとの関係を比抵抗構造と流体の観点から明らかにする事を具体的な研究目的とした。

研究経過

研究目的に掲げた海底南北測線は、2006年8月末から10月中旬にかけての約一か月半と、2007年6月下旬から8月下旬にかけての約二か月間の二年度延べ四回にわたる海域実験により、計七点の海底電磁気観測点を設ける事で実現できた (Fig. 2)。研究援助金は、主に2007年の海底機器敷設及び回収の為の海域実験経費に充当した。2006年の海域実験では、海底機器の敷設に鳥取県の若鳥丸を、回収に東京大学の淡青丸を、2007年には敷設／回収共に気象庁の清風丸が利用できた。

Fig. 2では、海底において地磁気と地電位差両方の時間変化連続観測を行った点を☆印で、地電位差観測のみを行った点を△印で示してある。地球電磁気学的構造探査では、地磁気が時間変化する事によって生じた誘導起電力に対して、実際にどれだけの電場 (地電位差) が発生したかを測定して、地下構造を推定する。この方法を、地磁気地電流法 (MT法) と呼ぶ。一般には、地磁気時間変化の空間スケールが非常に大きい為、どの観測点でも誘導起電力はほぼ一様とみなせる。従って、必ずしもすべての観測点で地磁気／地電位差双方を測定する必要はなく、2007年の観測では図中のサイト103でのみ地磁気変化を測定した。サイト番号は、先頭の桁が零であれば2006年の、1であれば2007年の観測を表している。測定間隔は、サイト102～004が8Hz、最南端の101では毎秒値、最北端 (七観測点中の最大水深2575.7m) の005では毎分値である。地磁気地電流法のように地球内部の電磁誘導現象を利用する方法の場合、海水の様な良導体中では外部起源の地磁気変化が短周期ほど急速に減衰する為、深海

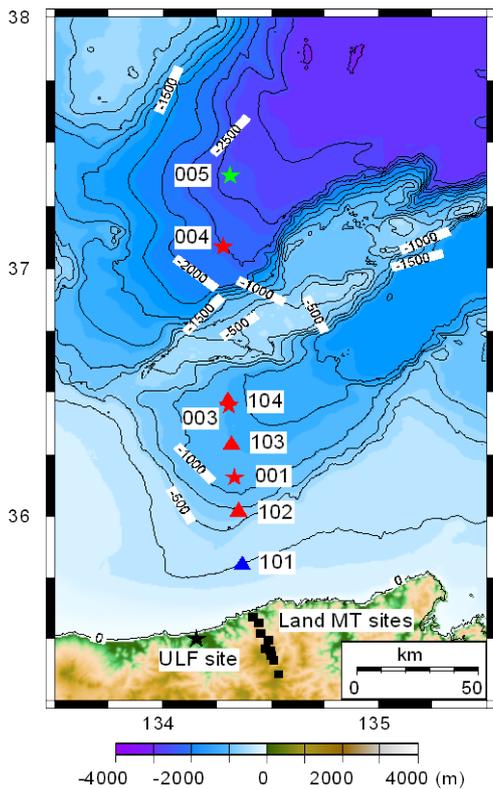


Fig. 2 Seafloor EM array. Symbols are the seven seafloor sites. Land observation sites are also shown.

厚さが非常に分厚く、上部地殻と下部地殻の境界までの深さはおよそ20km、地殻とマンツルの境界であるモホロビッチ不連続面までの深さはおよそ40km程度である。

考察

Fig. 3に示した断面図により、陸上電磁気観測で見つかった西南日本背弧の下部地殻低比抵抗体が、実際には海側背弧にまで延びている可能性が示唆される。従って、西南日本の下部地殻を良導的に行しているのは、恐らく背弧マンツルとの相互作用であり、そこには西南日本の地下に潜り込んだフィリピン海プレートから供給された「水」を始めとする何らかの流体（マンツルの部分溶融を含む）が介在している可能性が高い、と言える。その地殻内流体が「水」だとすれば、上部地殻がimpermeableである為、下部地殻/上部地殻の境界であるコンラッド面に「水」が貯まり易く、それが原因で西南日本の震源分布や長周期微動が特徴づけられているのかもしれない。

地震活動については、これである程度説明がついたが、西南日本背弧における火山の分布/活動については、さらに観測的研究が必要である。なぜなら、この海底測線は、大山や三瓶山などの第四紀火山が存在せず、火山学

底であれば特に高速サンプリングする必要はない。

観測の結果得られた海底における電磁場の生時系列に、時計補正や傾斜補正を始めとする種々の補正を施した後、周波数解析を行って地磁気変化に対する地電位差の比を周波数応答関数として求めた。地磁気地電流法では、電場水平二成分と地磁気水平二成分間の比を用いるので、二階のテンソルとして応答関数を求める事になり、このテンソルは物理的には電場と磁場の比である事から、MTインピーダンス・テンソルと称されている。観測されたMTインピーダンス・テンソルの空間分布と周波数依存性を最も良く説明する地下の比抵抗断面が求められれば、本研究の目的である「西南日本の背弧マンツルは、果たして流体を介した相互作用を下部地殻と行っているのか」に対して、一つの解答を与えられる事になる。

Fig. 3に、本研究の結果得られた地殻内比抵抗断面の模式図を示す。比抵抗断面を求める際は、ボスティック・インバージョン法を用いた。図中、KPCはFig. 2のサイト101に、JAMはサイト103に対応する。日本列島の様に発達した島弧では、マンツルの上に位置する地殻の

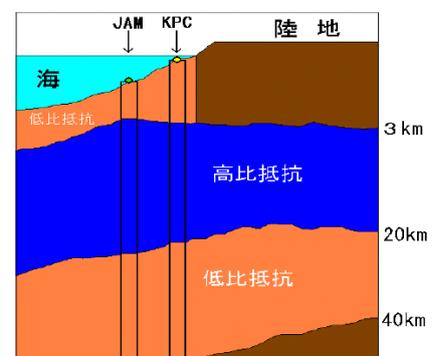


Fig. 3 Schematic section beneath the land-sea boundary of the San-in region.

的には穏やかな地域を通る様に設定した測線だからである。この測線下の比抵抗構造を基本構造として求めておけば、大規模な第四紀火山が存在する地域で得られた構造と比較することにより、これらの火山を作った火成活動の特徴が浮き彫りにできる。このテーマに焦点を絞った研究は今後も継続して行っていく予定であり、平成20年度には大山沖から隠岐島後を通る測線上において、新たに海底電磁気観測を実施する計画を現在進めている。

口頭発表

1. Takafumi Kasaya, Naoto Oshiman, Hiroaki Toh, Masashi Shimoizumi, Ichiro Shiozaki and Ryokei Yoshimura; “Seafloor Electromagnetic Observations off Tottori in the Sea of Japan”, XXIV General Assembly of International Union of Geodesy and Geophysics, Perugia, Italy, July, 2007.
2. 笠谷貴史、大志万直人、藤浩明、下泉政志、塩崎一郎、吉村令慧、藤井郁子、山口覚、村上英記; 「山陰地方における海域・陸域電磁気観測」、地球電磁気・地球惑星圏学会秋季大会（名古屋、2007）
3. Naoto Oshiman, Hiroaki Toh, Takafumi Kasaya, Ryokei Yoshimura, Masashi Shimoizumi, Ichiro Shiozaki, Ikuko Fujii, Masafumi Shingai, Satoru Yamaguchi, Hideki Murakami, Akira Yamazaki and Makoto Uyeshima; “Preliminary Report on Seafloor Electromagnetic Observations off Tottori in the Sea of Japan”, Fall Meeting of American Geophysical Union, San Francisco, US, December, 2007.
4. Takafumi Kasaya, Naoto Oshiman, Hiroaki Toh, Masashi Shimoizumi, Ichiro Shiozaki, Ryokei Yoshimura, Ikuko Fujii, Satoru Yamaguchi, Hideki Murakami and Akira Yamazaki; “Resistivity image around San-in region deduced by Marine and Land MT surveys”, Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari, Chiba, May, 2008.