

## 海水の増加によって海洋底は拡大した The Ocean Floor was Expanded by Increasing Seawater

間遠 伸一郎<sup>1\*</sup>  
MADO, Shinichiro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 間遠総合学術研究所  
<sup>1</sup>MAROSA

### はじめに

本論は、プレートテクトニクスの基礎にある、海洋底拡大説の根拠を、明らかとなった事実と推論とによって否定することを目的とする。既に、S.Mado, 2013<sup>[3]</sup>において、海洋底拡大説の論拠の一つとなっている海嶺を挟む地磁気異常の縞模様が、従来言われているような地球磁場の周期的反転を記録したものではなく、全く異なる別のメカニズムで形成されたものであることは述べた。従って、海洋底拡大説の論拠の一つは否定されているが、本論では、もう一つの根拠である海洋底岩盤の拡大そのものを否定する。

### 問題の所在

プレートテクトニクスはウェゲナーの大陸移動説を端緒にしなが、その後の議論によって進化を遂げ、海洋底拡大説をもとにして概ね現在の理論に落ち着いた。しかし、その海洋底拡大説が、海洋底の岩盤自体の拡大を意味する限り、誤りであることが判明した。それは、海洋底が拡大したのは、海洋底の岩盤が拡大したからではなく、海水が増大したために過ぎないことが分かったからである。その結果、プレートテクトニクスの根拠の一つが失われた。

### 海洋底拡大説

プレートテクトニクスは、海洋底拡大説をもとにして整えられた。プレートの運動速度は、地磁気異常の縞模様のパターンから、海嶺での拡大速度を読み取ることによって求められた。海洋底の玄武岩やその上の微化石の年代が、中央海嶺から離れるにつれて古くなっているほか、地磁気異常の縞模様から推定される海洋底の年代とよく一致し、大西洋では海洋底拡大が年間 2cm の速度で進んだことが実証されたとされた。<sup>[1],[2]</sup>

### 海面上昇と海水の増大

海洋底拡大説が見逃していた重大な事実、海面上昇の事実がある。海底の詳細な地形のデータによって、海底の岩盤が形成された時から今までに、少なくとも 6000m を超える海面上昇があったことが分かる。

海底には多数の太古の河の跡が残されており、その水深は 6000m 以上にも達する。例えば、釧路川の延長は水深 6000m 以上の日本海溝付近の海底にも認められるし<sup>[Fig1-B]</sup>、糸魚川の延長は水深 3500m の日本海の最深部にも認められるのである<sup>[Fig1-A]</sup>。

つまり、海洋の海水の大半は海洋の岩盤が形成された後に生成されたものであり、海底の岩盤が形成された後に海水が大きく増大した結果、海面が大きく上昇して現在の海面に達した。海水の増大の原因として考えられるのは、地殻変動である。地殻変動によって、地殻を構成する岩石から水が絞り出されたものと考えられる。そして、おそらく、その海水の増大は、現在も続いている。その結果、大変ゆっくりとはあるが、海面が徐々に上昇し続けているのである。この事実は、海洋底拡大説では、全く考慮されていない。

つまり、海水が増大するにつれて、海面が上昇し、それとともに海底も拡大したのである。海底の岩盤が拡大したのではなく、海水が増大することによって海底が拡大したのである。

海嶺の付近で年代が新しくなるのは、そこが高くなっているため、水面下に没したのが新しいからである。

### 結論

海洋底拡大説は、海洋底の岩盤自体が長い時間をかけて広がったと主張しているが、海洋底の岩盤の年代と海洋底の年

SCG67-01

会場:414

時間:5月1日 14:15-14:30

代の間には関係が無い。それは、海洋底の拡大が、実は、海水の増加に起因していたからである。海水が増加して、海水面が上昇するにつれ、海底が拡大した。だから、プレートテクトニクスの重要な証拠の一つが根拠のないものであることが明らかになったのである。

#### 参考文献

[1] Maxwell, A. & Von Herzen, R. et al. 'Deep Sea Drilling in the South Atlantic', SCIENCE, Volume 168, pp.1047-1059, 29 May 1970.

[2] Dietz, R. 'Continent and Ocean Basin Evolution by Spreading of of the Sea Floor', NATURE, Volume 190, pp.854-857, June 3, 1861.

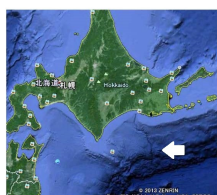
[3] Shinichiro Mado, 'It was not switching global geo-magnetic fields that created the alternating anomalies over oceanic ridges', ABSTRACT of Japan Geoscience Union Meeting, SEM36-P01, 2013.

キーワード: 海洋底の年代推定, 海水面の上昇, 海水の増加, 海洋底の拡大

Keywords: Dating the Ocean Floor, Rise in the Sea Level, Increase of Seawater, Expansion of the Ocean Floor



A



B

Fig 1

## ルイビル海山列が深部マントル起源である証拠 Noble gas evidence of deep plume origin of the Louisville hotspot

羽生 毅<sup>1\*</sup>  
HANYU, Takeshi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Louisville seamount chain has been considered to be one of the long-lived hotspot tracks on the Pacific plate, but its magmatic source has not been well understood. I report noble gas compositions of the drill cores from four of the five seamounts drilled during IODP Expedition 330. Because the samples are aged (50-74 Ma), a stepwise crushing test for noble gas extraction from olivine phenocrysts and submarine glasses was made to assess contamination of post-eruption radiogenic nuclides. This test confirmed extraction of magmatic noble gases with minimal release of post-eruption radiogenic nuclides from the olivine samples; however, this was not always the case for the glass samples. The  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in the olivine phenocrysts range from a value similar to those of mid-ocean ridge basalts (MORB) to slightly elevated ratios up to 10.6 Ra. Although these ratios are not as high as those observed in other ocean island basalts, two Louisville seamount basalts exhibit a primordial Ne isotopic signature that can be clearly discriminated from MORB Ne. The He and Ne isotopic compositions of the Louisville seamount basalts can be explained by the mixing of less degassed mantle and depleted upper mantle with different He/Ne ratios. The presence of the less degassed mantle component in the source of the Louisville seamounts documents the deep origin of the mantle plume.

One of the major objectives of the IODP Expedition 330 was to test the geodynamic model that predicts lateral advection of mantle plumes in the convecting mantle [Koppers et al., G-cubed, 2004; Steinberger and Antretter, G-cubed, 2006]. This model assumes a primary mantle plume that is rooted deep in the mantle, and the trajectory of a plume conduit is influenced by the overall mantle flow, which can be monitored by the hotspot drift on the Earth's surface [Tarduno et al., Science, 2009]. The paleomagnetic and dating results from IODP Expedition 330 verified the geodynamic modeling predictions for the Louisville seamount chain together with the Hawaiian-Emperor seamount chain [Koppers et al., Nat. Geosci., 2012]. The present noble gas data gives a guarantee for the deep-rooted Louisville plume assumed in the geodynamic model.

キーワード: ルイビル海山, マントルプルーム, 深部マントル, 希ガス, 海洋掘削

Keywords: Louisville seamount, mantle plume, deep mantle, noble gases, IODP

「ふつうの海洋マントル」プロジェクトによって明らかになった海洋マントルの構造：序報  
Preliminary result of the oceanic mantle structure revealed by "Normal Oceanic Mantle Project"

一瀬 建日<sup>1\*</sup>; 塩原 肇<sup>1</sup>; 杉岡 裕子<sup>2</sup>; 伊藤 亜妃<sup>2</sup>; 竹尾 明子<sup>1</sup>; 歌田 久司<sup>1</sup>; 川勝 均<sup>1</sup>; 利根川 貴志<sup>2</sup>; 田中 聡<sup>2</sup>  
ISSE, Takehi<sup>1\*</sup>; SHIOBARA, Hajime<sup>1</sup>; SUGIOKA, Hiroko<sup>2</sup>; ITO, Aki<sup>2</sup>; TAKEO, Akiko<sup>1</sup>; UTADA, Hisashi<sup>1</sup>; KAWAKATSU, Hitoshi<sup>1</sup>; TONEGAWA, Takashi<sup>2</sup>; TANAKA, Satoru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域

<sup>1</sup>ERI, Univ. of Tokyo, <sup>2</sup>Institute for Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The oceanic mantle is an important region to understand the Earth system, because more than 2/3 of the surface is covered by oceanic area. Since 1990s, we have operated several seafloor observations by using newly developed long-term broadband ocean bottom seismometers (BBOBSs) in the northwest and central part of the Pacific Ocean. These observations have revealed the structures in and around the subduction zone in the Pacific Ocean and in the Pacific superswells, respectively. However, we have no observation and result in the normal oceanic regions. To reveal the normal oceanic mantle structure from observational approach, we conduct a long-term observation called "Normal Oceanic Mantle Project" (NOMan project) from 2010, deploying ocean bottom geophysical (seismic and electromagnetic) instruments in the northwestern Pacific Ocean. We conduct two arrays in that region. One is northwest side of the Shatsky Rise (Area A) and the other is southeast side of the Shatsky Rise (Area B). Sea floor age of Area A is 125 - 135 Ma, that of Area B is 135 - 145 Ma, so that the shear wave structures of those area should be similar.

By using seismograms of the NOMan project, other BBOBS observations, and permanent broadband seismic stations on land, we have determined the three-dimensional shear wave velocity structure of the upper mantle in the northwestern Pacific Ocean to reveal this area to be really normal. We used a surface wave tomography technique in which multimode phase speed of the surface wave are measured and inverted for a 3-D shear wave velocity structure by incorporating the effects of finite frequency and ray bending.

Our obtained model shows that lateral heterogeneity of each area is not strong and that average structures are different in two areas. Area A is consistent with previous models, whereas Area B is faster than previous models. We think for the present that Area A seems to be normal oceanic mantle, though Area B is not. We will recover all BBOBSs in this year. These BBOBS's data enable us to obtain more reliable mantle structures.

キーワード: 上部マントル, 広帯域海底地震計, 表面波, トモグラフィー

Keywords: upper mantle, BBOBS, surface wave, tomography

広帯域海底地震探査による海洋リソスフェア/アセノスフェアシステムの地震波速度異方性構造推定  
Seismic anisotropy in the oceanic lithosphere/asthenosphere system estimated by the broadband ocean bottom seismology

竹尾 明子<sup>1\*</sup>; 一瀬 建日<sup>1</sup>; 西田 究<sup>1</sup>; 川勝 均<sup>1</sup>; 塩原 肇<sup>1</sup>; 杉岡 裕子<sup>2</sup>; 伊藤 亜妃<sup>2</sup>; 歌田 久司<sup>1</sup>  
TAKEO, Akiko<sup>1\*</sup>; ISSE, Takehi<sup>1</sup>; NISHIDA, Kiwamu<sup>1</sup>; KAWAKATSU, Hitoshi<sup>1</sup>; SHIOBARA, Hajime<sup>1</sup>; SUGIOKA, Hiroko<sup>2</sup>; ITO, Aki<sup>2</sup>; UTADA, Hisashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 海洋開発機構地球内部ダイナミクス領域  
<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>IFREE, JAMSTEC

The uppermost mantle structure beneath the oceanic basins is essential to discuss the oceanic lithosphere/asthenosphere system, the most simple and representative system of the theory of plate tectonics. Seismic anisotropy within the oceanic lithosphere and asthenosphere is especially important, as it reflects the flow and deformation in the uppermost mantle. Previous structural studies have been, however, limited in terms of the depth range: the top of lithosphere at depths of ~10-20 km by refraction surveys, and the structure deeper than ~30 km by surface-wave tomography studies. There has been no discussion from the top of the lithosphere continuously to the asthenosphere, which needs the broadband analysis of surface waves at periods of 3-100 s. In addition, there has been limited discussion about the intensity of seismic anisotropy because of the difficulty of estimating the absolute value of seismic anisotropy by surface-wave tomography studies.

We have developed a new multi-band method to analyze surface waves in broadband array records of ocean bottom seismometers for determining seismic anisotropy structure at depths of ~10-100 km quantitatively (Takeo et al 2013 JGR, submitted to GJI). The method uses the ambient noise cross-correlation method for analyzing surface waves at periods of 3-30 s and to determine structure at depths shallower than ~50 km, as well as the array analysis method of teleseismic waveforms at longer periods for determining deeper structures.

In previous studies, we have applied the multi-band method to records obtained in three oceanic regions: the Shikoku Basin region (Takeo et al. 2013 JGR), the southwestern region of the Shatsky Rise (Takeo et al. submitted to GJI) and the French Polynesia region (Takeo et al. 2012 SSJ Fall Meeting). In this study, we applied the same method to the records of broadband ocean bottom seismometers obtained by the normal oceanic mantle (NOMan) project at two oceanic regions (northwestern and southeastern regions of the Shatsky Rise) from 2010 to 2013. By combining the results for five oceanic regions with different seafloor ages between 20 and 155 Ma, we can discuss the seismic structure and its anisotropy in the oceanic lithosphere and asthenosphere, and the deformation of mantle related to plate motions.

The results for five oceanic regions can be summarized into five points: (i) the high-velocity lid and the low velocity zone corresponds to the oceanic lithosphere and asthenosphere, (ii) the transition from the lithosphere to the asthenosphere occurs at depths of 40-90 km, (iii) the average intensity of S-wave radial anisotropy is 3-6 % at depths of 10-150 km with the velocity of horizontally propagating and vertically polarized S-wave slower than the horizontally polarized S-wave, (iv) the intensity of S-wave azimuthal anisotropy at depths of 10-100 km is weaker than that of S-wave radial anisotropy and weakens with depths, and (v) the azimuth of maximum S-wave velocity is not perpendicular to ancient spreading axis in general. These results indicate complex deformation system in the present and ancient oceanic asthenosphere related to the presence of partial melting, the unusual fabric of olivine and so on. We will summarize these results and discussions, and will also present the potential of the broadband ocean bottom seismology to elucidate structure and deformation in the oceanic lithosphere/asthenosphere system and in other oceanic systems such as hotspots, mid-ocean ridges and subduction zones.

キーワード: 表面波, 地震波干渉法, 異方性, プレートテクトニクス  
Keywords: surface wave, ambient noise, anisotropy, plate tectonics

## 不均質な海洋リソスフェアを伝わる高周波数 Po/So 波の地域性と原因 Locality and cause of the characteristics of high-frequency Po/So wave propagating in heterogeneous oceanic lithosphere

古村 孝志<sup>1\*</sup>; ケネット ブライアン<sup>2</sup>  
FURUMURA, Takashi<sup>1\*</sup>; KENNETT, Brian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> オーストラリア国立大 地球科学研究所

<sup>1</sup> Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup> Research Schoole of Earth Sciences, The Australian National University

### はじめに

海洋性リソスフェアを遠距離まで良好に伝わる高周波数の Po/So 波は、リソスフェアの厚さや不均質性に敏感であることから、海洋底の深部地下構造の推定への活用が期待できる。前研究 (古村・Kennett, 2013JpGU 大会; Kennett & Furumura, 2013, Gephys. J. Int.) では、北太平洋を伝播する Po/So の大震幅かつ長いコーダを持つ波群の成因を、海底地震観測データの解析と、地震波伝播の 2 次元差分法 (FDM) シミュレーションにもとづき評価した。そして、Po/So の成因として、海水層での P 波の多重散乱と、海洋リソスフェア内に発達した横長の短波長不均質構造 (ラミナ構造) における高周波数 ( $f > 2\text{-}5\text{Hz}$ ) 強い前方散乱・トラップ現象を明らかにした。同様の結論は、近年の Shito et al. (2013) による深発地震の解析と FDM シミュレーションからも示された。

本研究では、前研究に引き続き海洋リソスフェアの大きな不均質構造 (トランスフォーム断層、断裂対、プレート境界など) に伴う、Po/So 波の急激な減衰とそのメカニズムを評価し、Po/So 波を用いた海洋底構造探査の可能性について議論する。

### 海域地震観測データで見た、Po/So 波伝播の地域性

東大地震研半球データセンター (OHP DMC) が公開する北太平洋の海底地震観測データと、IRIS データセンター (IRIS DMC) が提供する陸海観測データから、太平洋全域の Po/So 波の伝播特性を調べた。日本に近い北太平洋の東側では、3000km 以上にわたって Po/So 波が良好に観測されるのに対し、東側 (北米大陸側) と南太平洋では Po/So 伝播が弱く、特に So 波の距離減衰が大きい。伝播の地域性は、プレートの年代と良く対応し、年代が若くリソスフェアが薄い海域ほど So の減衰が大きいことがわかった。たとえば、ハワイサンフランシスコ間の海底に設置された、Hawaii-2 観測点 (H2O) では、北米大陸西海岸からの伝播がきわめて弱いものに対して、ハワイ方向からの Po/So 波は明瞭であり、しかも伝播速度に + 数% の強い速度異方性も検出できた。

### 不均質なリソスフェアを伝わる Po/So 波の FDM シミュレーション

東太平洋海嶺から湧き出した海洋プレートは、北米西海岸のトランスフォーム断層を経て、海洋リソスフェアの厚さを増しながら北太平洋に東進しており、リソスフェアの水平不均質性が大きい。また、北太平洋東部には断裂帯が多数存在する。こうした、不均質なリソスフェア構造と So 波の伝播・特性を FDM シミュレーションから評価した。

シミュレーションモデルは、前研究 (Kennett & Furumura, 2013) と同様に、Serenio (1985) による速度構造モデル (4km 厚の海水層、厚さ 0.5km の堆積層 ( $V_s = 1.15\text{km/s}$ )、5km 厚の海洋地殻) をベースとし、海洋地殻、リソスフェア、アセノスフェアには von Karman 型の、速度 ( $V_p$ ,  $V_s$ ) 揺らぎを与えた。FDM 計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータを用いて行ない、周波数 10Hz までの地震動を評価した。

シミュレーションの結果から、So 波の伝播はリソスフェアの厚さに非常に敏感であり、年代が古くリソスフェアが厚い (100km) 北太平洋の東側のモデルでは、1500km 以上にわたって大震幅の So 波の波群が伝わるのに対して、年代が若くリソスフェアの薄い (~30km 程度) 海域では、高周波数地震動がアセノスフェアに流出し、わずか数百 km の伝播で Po 波と同程度にまで So 波が急減する。特に、海嶺で発生する地震では So 波がリソスフェア内で散乱により成長する前にアセノスフェアへの S 波エネルギーの流出が大きく、加えて、薄いリソスフェアの伝播途中で So 波の減衰が大きい。

同様の So 波減衰メカニズムは、短波長不均質構造 (ラミナ構造) が弱い (揺らぎが小さい) 場合や、内部減衰が大きい ( $Q_s$  が小さい) 場合でも確認され、So 波を用いた海洋低下の温度や Q 構造の推定への有効性が確認できた。いっぽう、断裂帯やトランスフォーム断層をイメージした、海洋プレート厚の急変や、薄い低速度・高減衰 (Low-V/Low-Q) 層の陥入による影響は小さく、Po/So 波伝播に与える影響が小さいことも確認できた。不均質リソスフェア内で強い散乱 (拡散) を起こして広がる Po/So 波のエネルギー分布に対して、小さなスケール (数~数十 km) の小さなスケールの速度・減衰異常は影響を与えないためである。ただし、断裂帯やトランスフォーム断層を斜めに通過する場合や、これに沿って伝わる場合についての影響は、今後 3 次元モデルを用いたシミュレーションによる評価が必要である。

## プチスポットの配列と海洋プレートの変形構造 Distribution of petit-spot volcanoes in relation to deformation and structures on a subducting plate

平野 直人<sup>1\*</sup>; 中西 正男<sup>2</sup>

HIRANO, Naoto<sup>1\*</sup>; NAKANISHI, Masao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学 東北アジア研究センター, <sup>2</sup> 千葉大学 大学院理学研究科

<sup>1</sup>Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, <sup>2</sup>Graduate School of Science and Technology, Chiba University

Tiny submarine volcanoes, known as petit-spots, occur in regions of plate flexure prior to subduction and seamount-loading (Hirano *et al.*, 2006, 2013). The surface morphology and distribution of petit-spot monogenetic volcanoes are influenced by the stress field in the lithosphere. The magmas produced by the accumulation of melt originating from asthenosphere just below the site of plate-flexure, are able to rapidly ascend to the surface from the base of the lithosphere (Hirano *et al.*, 2006; 2011; Valentine & Hirano, 2011). As monogenetic petit-spot volcanoes are too small to be detected by satellite altimetry, their study requires a research vessel equipped for shipboard acoustic multibeam surveys. Although previously surveyed areas are limited to the regions off the Japan Trench, the eruption ages of petit-spot volcanoes in this region represent monogenetic eruptions over a period of >9 Myr over a large area, and the eruptions are related to the outer rise bathymetry. Such tiny volcanoes are ubiquitous in regions of plate flexure worldwide, and have been recently reported from the Tonga Trench (Hirano *et al.*, 2008), the Basin and Range province (Valentine & Hirano, 2010), south of Greenland (Uenzelmann-Neben *et al.*, 2012), the Chile Trench (Hirano *et al.*, 2013), an accretionary complex in Costa Rica (Buchs *et al.*, 2013), and submarine French Polynesia (Hirano *et al.*, submitted).

The spatial distribution of submarine petit-spot volcanoes remains poorly constrained because shipboard bathymetry has not covered the entire northwestern Pacific Plate. If petit-spot volcanoes occur only in regions of plate flexure, then tiny submarine volcanoes should appear homogeneously on the submarine surface of outer rises. However, areas devoid of volcanoes and lava have been found surrounding areas of petit-spot volcanoes (i.e., sites A?C in Hirano *et al.*, 2006), indicating that the local characteristics of the lithosphere, in addition to plate flexure, control the occurrence of petit-spot volcanoes. Here we report that the distribution of petit-spot volcanoes is controlled by the tectonic structure of the seafloor. We conducted submersible dives along the linearly distributed petit-spot knolls by JAMSTEC *Shinkai6500* in April 2014. Areas with tectonic fabrics appear on the subducting Pacific Plate off the Japan Trench, including a ridge-perpendicular fabric zone (RPPFZ), ridge-parallel abyssal hills (RPRAH), and subducting 'horst and graven' structures (HAGS) (Nakanishi *et al.*, 2011). At Site C, which is a trench-oceanward slope offshore from Soma City, Fukushima Prefecture, the trend of the Japan Trench changes from N?S in the north to NE?SW in the south, where two areas of trench-parallel HAGSs are intersecting in a complex manner (Nakanishi *et al.*, 2011). The distribution of young volcanic cones of more than 80 petit-spots, reported from Site C by Hirano *et al.* (2008), seems to be controlled by the fabrics of RPPFZ and RPRAH, the trends of which are continuous with the HAGS to the north and south along the trench-oceanward slope, respectively. Although the RPPFZ is not recognized as a fracture zone, its trend is sub-parallel to that of the neighboring Nosappu and Kashima fracture zones (Nakanishi, 1993). As the RPPFZ and RPRAH that control the petit-spot distribution are clearly original structures of the lithosphere (in contrast to HAGS), the occurrence of petit-spot eruptions is possibly related to lithospheric structures.

キーワード: プチスポット, アルカリ玄武岩, 太平洋プレート, アウターライズ, リソスフェア

Keywords: petit-spot, alkali-basalt, Pacific plate, outer rise, lithosphere

## 南インド洋の地磁気異常再考 Magnetic Anomalies in the Southern Indian Ocean Revisited

野木 義史<sup>1\*</sup>; 佐藤 太一<sup>2</sup>; 羽入 朋子<sup>3</sup>  
NOGI, Yoshifumi<sup>1\*</sup>; SATO, Taichi<sup>2</sup>; HANYU, Tomoko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 独立行政法人産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 総合研究大学院大学

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>3</sup>Graduate University for Advanced Studies

Magnetic anomalies in the Southern Indian Ocean are vital to understanding initial breakup process of Gondwana. However, seafloor age estimated from magnetic anomalies still remain less well-defined because of the sparse observations in this area. To understand the seafloor spreading history related to the initial breakup process of Gondwana, vector magnetic anomaly data as well as total intensity magnetic anomaly data obtained in the Enderby Basin, Southern Indian Ocean, are used. The strikes of magnetic structures are deduced from the vector magnetic anomalies.

Magnetic anomaly signals, most likely indicating Mesozoic magnetic anomaly sequence, are obtained almost parallel to WNW-ESE trending lineaments just to the south of Conrad Rise inferred from satellite gravity anomalies. Most of the strikes of magnetic structures indicate NNE-SSW trends, and are almost perpendicular to the WNW-ESE trending lineaments. Mesozoic sequence magnetic anomalies with mostly WNW-ESE strikes are also observed along the NNE-SSW trending lineaments between the south of the Conrad Rise and Gunnerus Ridge. Magnetic anomalies originated from Cretaceous normal polarity superchron are found in these profiles, although magnetic anomaly C34 has been identified just to the north of the Conrad Rise. However, Mesozoic sequence magnetic anomalies are only observed in the west side of the WNW-ESE trending lineaments just to the south of Conrad Rise and not detected to the east of Cretaceous normal superchron signals. These results show that counter part of Mesozoic sequence magnetic anomalies in the south of Conrad Rise would be found in the East Enderby Basin, off East Antarctica. NNE-SSW trending magnetic structures, which are similar to those obtained just to the south of Conrad Rise, are found off East Antarctica in the East Enderby Basin. However, some of the strikes show almost E-W orientations.

Moreover, the thickness of the crust increase just to the north of the Conrad Rise and clear magnetic anomaly signals considered to be magnetic anomaly C34 in this region may indicate continental-ocean boundaries while taking dredged continental origin rock samples at the Ob seamount into account. Therefore, magnetic anomaly C34 identified in the Indian Ocean must be reconsidered. These suggest complicated ridge reorganization occurred during initial breakup of Gondwana in the Indian Ocean.

キーワード: 地磁気異常, インド洋, ゴンドワナ, 大陸地殻

Keywords: magnetic anomaly, Indian Ocean, Gondwana, continental crust



## 地磁気三成分異常に基づくパラオ海盆の起源と西フィリピン海盆拡大モデルの改良 Origin of the Palau Basin and a revised spreading model of the West Philippine Basin deduced from three-component magnet

佐々木 智弘<sup>1</sup>; 山崎 俊嗣<sup>2\*</sup>; 石塚 治<sup>3</sup>

SASAKI, Tomohiro<sup>1</sup>; YAMAZAKI, Toshitsugu<sup>2\*</sup>; ISHIZUKA, Osamu<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>3</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>3</sup>GSJ, AIST

The western part of the Philippine Sea (PHS) plate was occupied by the West Philippine Basin (WPB) in the north and the Palau Basin (PB) in the south. The WPB is generally considered to have opened from about 50 to 30 Ma, but the details are still unclear; in particular the origin and age of the PB was unknown. Studying the history of the WPB is important for understanding better the initiation and evolution of the IBM Arc. Here we discuss the spreading history of the WPB using new data on three-component magnetic anomaly and swath bathymetry acquired in the PB as well as those obtained previously by JAMSTEC fleets in the southern WPB. NS-trending magnetic boundaries and seafloor fabrics occur in the PB, indicating the formation by EW seafloor spreading. With a constraint from a <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age of 40.4 Ma obtained from the northernmost part of the PB, we interpret that the observed magnetic anomalies correspond to polarity reversals from C16n1r to C18n/C18r (35.6 to 38/39 Ma). Previous models of WPB spreading incorporated a spreading-rate decrease around 40 Ma from about 4.4 to 1.8 cm/year. Our study in the southern WPB, however, suggests that the decrease is unnecessary for correlating observed three-component anomalies to the GPTS. A typical profile along 130E corresponds to C16r to C21 (36.3 to 45.3 Ma). The cessation age of the spreading in our interpretation, about 35 to 37 Ma, is older than the previous estimation (about 30 to 33 Ma). It was difficult to constrain rotation of the PHS plate from the magnetic anomaly skewness.

Keywords: Philippine Sea plate, West Philippine Basin, Palau Basin, magnetic anomaly, seafloor spreading

## 西フィリピン海盆内背弧海盆玄武岩組成とマントルダイナミクスとの関係 The composition of back-arc basin basalts in the West Philippine Basin and association with mantle dynamics

原口 悟<sup>1</sup>; 石井 輝秋<sup>2\*</sup>

HARAGUCHI, Satoru<sup>1</sup>; ISHII, Teruaki<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学工学部, <sup>2</sup> 深田地質研究所

<sup>1</sup>(Faculty of Engineering, University of Tokyo, <sup>2</sup>Fukada Geological Institute

フィリピン海プレートは数次に渡る背弧海盆拡大によって拡張してきたが、このうち 25~15Ma に拡大した四国海盆について、拡大時に背弧側より enrich したマントルが流入したことが九州パラオ海嶺、現伊豆弧両方の基盤岩組成から示された (Ishizuka et al., 2011, Haraguchi et al., 2012)。さらに、原口他 (2013 年合同大会、火山学会秋季大会) は DSDP Leg58, ODP Leg131 等の四国海盆内の掘削試料からマントル流入の進行を考察した。本研究では、四国海盆拡大に先行する西フィリピン海盆の背弧海盆玄武岩に検討対象を拡大し、基盤岩組成からマントルダイナミクスを考察したい。

西フィリピン海盆での国際海洋掘削計画 (Deep Sea Drilling Project: DSDP) による掘削は四国海盆と同じく第 31 節が最初で、その後第 59 節、統合海洋掘削計画 (Ocean Drilling Program: IODP) 第 195 節で掘削が行われた。また、拡大軸附近ではよこすか Y9611 航海でしんかい 6500 による潜航、かいいい KR9801 航海ではドレッジによる基盤岩採取が行われている (e.g. Fujioka et al., 1999)。本研究では、これらの採取試料のうち DSDP Leg58 Site446 および ODP Leg195 Site1201 で採取された基盤岩の全岩組成分析を新規に行い、先行研究による四国海盆基盤岩の分析値と比較する。

Site1201 は西フィリピン海盆東部、セントラルベーズンフォールトの北約 500km、九州パラオ海嶺の西約 50km の位置にあり、物理探査点 WP-1 の設置を主目的として掘削された。厚さ 500m 以上の堆積物に覆われているのが特徴である。基盤岩は九州パラオ海嶺に近いにもかかわらず島弧的な特徴が見られず、西フィリピン海盆の BABB である。SiO<sub>2</sub> 量が 49~53 wt% の範囲、MgO 量は 5~8 wt% の範囲で、四国海盆の Site442~444 の基盤岩に類似するが、TiO<sub>2</sub> 量は 0.9~1.0 wt% で、四国海盆基盤岩が 1.2~1.8 wt% なのに対して顕著に低い。アルカリ元素は Na<sub>2</sub>O が 1.6~2.8 wt%、K<sub>2</sub>O が 0.1~1.6 wt% で、四国海盆基盤岩と比べると K<sub>2</sub>O は類似するが Na<sub>2</sub>O は顕著に低い。微量元素は Cr が 320~420ppm と顕著に高く、未分化であることが伺えるのに対して、Sr, Y, Zr が低い。また、Zr/Y 比、Nb/Zr 比も低く、Ishizuka et al. (2011) および Haraguchi et al. (2012) による「四国海盆拡大前の deplete したマントル」の存在が示唆される。

Site446 は大東海嶺と沖大東海嶺の間の南大東海盆西部に位置している。堆積物の厚さは 360m で、基盤岩は掘削孔最下部の約 60m から採取された。音響調査から、この火山岩は基盤ではなく、堆積物中への貫入岩体と考えられる、この火山岩体は、アルカリ系列に属する他、TiO<sub>2</sub> 量が 4~5 wt% 以上と極めて高いのが特徴で、高い TiO<sub>2</sub> 量は西フィリピン海盆北部のウルダネタ海台のプレート内火山活動や、近傍の大東海嶺、沖大東海嶺 (Ishizuka et al., 2013) にも認められないものである。このため、40Ma 頃に西フィリピン海盆西部で活動したとされるマントルプルーム (Dechamps and Laremund 2002) とは異なる化学的特徴を持つプルームが複数回活動していた可能性がある。

これらの分析結果とフィリピン海プレート内他地域のデータを比較し、マグマ起源物質および 30Ma 以前のマントルダイナミクスを考察したい。

キーワード: 背弧海盆玄武岩, 液相濃集元素比, マグマ起源物質, マントルダイナミクス

Keywords: Backarc basin basalts, Incompatible element ratio, Parent material of magma, Mantle dynamics

## 海洋性島弧における地殻内マグマ長距離移動 Long-distance magma transport from oceanic island arc volcanoes

石塚 治<sup>1\*</sup>; 下司 信夫<sup>1</sup>; 川邊 禎久<sup>1</sup>; 荻津 達<sup>1</sup>; 辻野 匠<sup>1</sup>; 坂本 泉<sup>2</sup>; Taylor Rex<sup>3</sup>; 荒井 晃作<sup>1</sup>; 中野 俊<sup>1</sup>  
ISHIZUKA, Osamu<sup>1\*</sup>; GESHI, Nobuo<sup>1</sup>; KAWANABE, Yoshihisa<sup>1</sup>; OGITSU, Itaru<sup>1</sup>; TUZINO, Taqumi<sup>1</sup>; SAKAMOTO,  
Izumi<sup>2</sup>; TAYLOR, Rex<sup>3</sup>; ARAI, Kohsaku<sup>1</sup>; NAKANO, Shun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産総研, <sup>2</sup>東海大学, <sup>3</sup>University of Southampton

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan/AIST, <sup>2</sup>Tokai University, <sup>3</sup>University of Southampton

Long-distance lateral magma transport away from volcanic centers is emerging as a common phenomenon where the regional stress regime is favorable. It should also be recognized as an important factor in the construction and growth of island arcs, and a potential trigger for devastating eruptions. In this contribution, we report on recent investigations into the magma dynamics of Izu-Oshima volcano: an active basaltic volcano with an extensive fissure system.

Geophysical observations in the Izu-Bonin intra-oceanic island arc indicate that magma periodically is moved away from the main basaltic composite volcanoes. When Miyakejima erupted in 2000, seismic activity migrated about 30km northwestward from the volcanic centre (Geshi et al., 2002). This event is interpreted to reflect magma injection and dike propagation at a depth range between 12 and 20km (Kodaira et al., 2002). Long-distance lateral magma transport has also been identified at the Nishiyama volcano on Hachijojima Island using petrological, geochemical and structural studies of satellite vents (Ishizuka et al., 2008). Nishiyama has provided evidence for two types of magma transport: Primitive magma moving laterally for >20km in the middle to lower crust (10-20km deep) and short distance transport (<5km) from shallow, differentiated magma reservoirs. Of these the long-distance transport seems to be controlled by a regional extensional stress regime, while short distance transport may be controlled by the local stress regime resulting from the load of the main volcanic edifice.

Izu-Oshima is flanked by numerous, subparallel NW-SE trending submarine ridges extending up to 22 km to the NW and SE from the center of the volcano. During a recent diving survey we have identified that these ridges are fissures which erupted basaltic spatter and lava flows. Furthermore, lavas are petrographically similar along each ridge, while there are noticeable differences between ridges. The subparallel ridges are observed to transect a series of knolls, the Izu-Tobu monogenetic volcanoes (ITMV), which are dispersed across this area of the rear-arc. However, there is a consistent petrographic difference between these seamounts and the ridges.

We have found similar, and in some cases a matching, geochemistry between the submarine ridges and subaerial ridges of eruptions found ascending the flanks of Izu-Oshima. This implies that the subaerial ridges and submarine ridges together represent the track of a magma transport episode away from the storage system beneath the central volcano.

ITMV and the transecting ridges are found to have quite distinct geochemical characteristics, indicative of different magma sources. Yet, they are essentially found interspersed in outcrop. The most appropriate scenario for their development is one where ITMV are fed by an "in-situ" underlying source, while the NW-SE ridges are fed by lateral magma transport from Izu-Oshima. Unlike Nishiyama volcano, Izu-Oshima does not show a compositional variation along the length of the ridges, and has no evidence of primitive magmas. Hence, the magma transport is likely to be derived from a crustal chamber where crystal fractionation and plagioclase accumulation has taken place.

## 南海トラフにおける海底地殻変動観測—東北地方太平洋沖地震後の経過報告— Seafloor geodetic observation along the Nankai Trough - Progress report after the 2011 Tohoku-oki earthquake -

佐藤 まりこ<sup>1\*</sup>; 渡邊 俊一<sup>1</sup>; 横田 裕輔<sup>1</sup>; 氏原 直人<sup>1</sup>; 石川 直史<sup>2</sup>; 望月 将志<sup>3</sup>; 浅田 昭<sup>3</sup>  
SATO, Mariko<sup>1\*</sup>; WATANABE, Shun-ichi<sup>1</sup>; YOKOTA, Yusuke<sup>1</sup>; UJIHARA, Naoto<sup>1</sup>; ISHIKAWA, Tadashi<sup>2</sup>; MOCHIZUKI,  
Masashi<sup>3</sup>; ASADA, Akira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 海上保安大学校, <sup>3</sup> 東京大学生産技術研究所  
<sup>1</sup>Hydrogr. and Oceanogr. Dept. of Japan, <sup>2</sup>Japan Coast Guard Academy, <sup>3</sup>IIS, Univ. of Tokyo

海上保安庁海洋情報部では、東大生産技術研究所の技術協力の下、主に日本海溝及び南海トラフ沿いの海域において、GPS / 音響結合方式による海底地殻変動観測を行っている。これまでに、海洋プレートの沈み込みに伴う地殻変動や地震に伴う地殻変動を検出し、学会等で報告してきた。

南海トラフにおいては、2002～2004年に、御前崎沖から室戸岬沖にかけての海域に6点の海底基準点を設置し、測量船による繰り返し観測を行ってきた。その結果、2011年3月の東北地方太平洋沖地震前までの観測から、各海底基準点の移動速度として西北西方向に2～5cm/年の速度が得られ、場所による速度の違いが示唆されていた。

さらに、同地震後には、南海トラフで発生する地震の震源域全域をカバーするため、四国沖を中心に海底基準点を9点増設し、地震後の地殻変動の検出を目指して観測を継続している。既設6点を含む全15点で移動速度が得られれば、プレート間の固着状況の空間変化が検出できると期待される。

海底基準点の増設から約2年が経過し、多くの海底基準点でフィリピン海プレートの沈み込みによると考えられる西向き及び北向きの地殻変動が捉えられはじめている。また、場所による移動速度の違いも見えてきている。

本講演では、南海トラフで実施している海底地殻変動観測について、東北地方太平洋沖地震後の経過報告を行う。

キーワード: 海底地殻変動観測, 海底測地, 南海トラフ

Keywords: Seafloor geodetic observation, Seafloor geodesy, Nankai Trough

## 2011年東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動 Postseismic seafloor movements following the 2011 Tohoku-oki earthquake detected by GPS/acoustic positioning

渡邊 俊一<sup>1\*</sup>; 佐藤 まりこ<sup>1</sup>; 横田 裕輔<sup>1</sup>; 氏原 直人<sup>1</sup>; 石川 直史<sup>2</sup>; 望月 将志<sup>3</sup>; 浅田 昭<sup>3</sup>  
WATANABE, Shun-ichi<sup>1\*</sup>; SATO, Mariko<sup>1</sup>; YOKOTA, Yusuke<sup>1</sup>; UJIHARA, Naoto<sup>1</sup>; ISHIKAWA, Tadashi<sup>2</sup>; MOCHIZUKI,  
Masashi<sup>3</sup>; ASADA, Akira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 海上保安大学校, <sup>3</sup> 東京大学生産技術研究所

<sup>1</sup>Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, <sup>2</sup>Japan Coast Guard Academy, <sup>3</sup>Institute of Industrial Science, University of Tokyo

海上保安庁では、GPS/音響結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及び海底基準点の展開を実施し、繰り返し観測を実施してきた。東北地方太平洋沖地震の発生後には、その余効変動を把握するため、定期的に観測を実施している。2014年1月までには、各海底基準点で9-15回の観測を実施した。

各海底基準点は東北地震前に設置したものを使用している。Sato et al. (2011)は、地震の前後の観測から、震央付近に位置するMYGI及びその北北東約70 kmに位置するKAMS海底基準点がそれぞれ24 m, 23 m 東南東に移動していたことを示し、震央付近の領域下で大きなすべりが発生したことを明らかにした。また、震源域南部のCHOS及びFUKUでは1-5 m程度と、比較的小さな変動であったことも示している。

地震後の繰り返し観測の結果、CHOS及びFUKUについては、余効すべりに伴う、時間とともに減衰する東南東向きの変動が捉えられた。これは、陸域の観測結果(Ozawa et al., 2012)と整合的である。一方、MYGI及びKAMSは、ほぼ一定速度で西北西方向に移動している。これは、余効すべりに伴う変動とは全く異なる。また、MYGIの西方約50 kmに位置するMYGWでは南向きの変動が検出されたが、この方向は、プレートの収束方向とほぼ直交している。上下方向の変動については、CHOS以外の観測点で沈降していることが観測された。

このように、海底の測地観測からは、非常に複雑な地殻変動分布が検出されている。本発表では、得られた最新の観測成果について報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: seafloor geodetic observation, the 2011 Tohoku Earthquake

## 受託研究「海底地殻変動観測の高度化」における東北大学の研究成果 A summary of the achievement in the project for advanced GPS/acoustic survey

木戸 元之<sup>1\*</sup>; 藤本 博己<sup>1</sup>; 日野 亮太<sup>1</sup>; 太田 雄策<sup>2</sup>; 長田 幸仁<sup>1</sup>; 飯沼 卓史<sup>1</sup>; 東 龍介<sup>1</sup>; 和田 育子<sup>1</sup>; 鈴木 秀市<sup>2</sup>; 富田 史章<sup>3</sup>; 今野 美冴<sup>3</sup>

KIDO, Motoyuki<sup>1\*</sup>; FUJIMOTO, Hiromi<sup>1</sup>; HINO, Ryota<sup>1</sup>; OHTA, Yusaku<sup>2</sup>; OSADA, Yukihiro<sup>1</sup>; IINUMA, Takeshi<sup>1</sup>; AZUMA, Ryosuke<sup>1</sup>; WADA, Ikuko<sup>1</sup>; SUZUKI, Syuichi<sup>2</sup>; TOMITA, Fumiaki<sup>3</sup>; IMANO, Misae<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東北大学 災害科学国際研究所, <sup>2</sup> 東北大学 地震噴火予知研究観測センター, <sup>3</sup> 東北大学 理学研究科

<sup>1</sup>IRIDeS, Tohoku Univ., <sup>2</sup>RCPEV, Tohoku Univ., <sup>3</sup>Sci., Tohoku Univ.

GPS/acoustic survey is known as a most probable way to measure the crustal deformation of seafloor far from the coasts, where dense GPS network is not available. We, Tohoku University, together with Nagoya University and Japan Coast Guard dedicated in GPS/acoustic survey for more than decade. MEXT has been strongly promotes our activities though financially support as governmental project. We summarize individual topics in the project.

For the moored buoy, collaborating with JAMSTEC and JAXA, we have started long-term continuous and realtime seafloor geodetic survey at Kumano-nada. At the early stage of the project, we employed a small buoy, which can be also used as towing survey, at off-Miyagi site. Because the size of battery is limited, sea-trials was lasting only for two days. However, using this platform, we developed an automatic ranging system and simple on-demand operation technique via UHF communication. In 2012, we have started developing a automatic ranging system in a realistic working condition using a time-proven platform, m-TRITON buoy, operated by JAMSTEC. Together with JAMSTEC and JAXA, satellite communication part and GPS positioning part have been shared for multi-purpose. Tohoku University group concentrate acoustic ranging part and onsite data processing to compute precise traveltimes. Using a limited onsite resource in the buoy, we have eliminated unnecessary and redundant procedure and data as possible. The first sea-trial took place in 2013 for four months and the ongoing second trial has started in 2014 for six months. In the second trial, acoustic ranging data has been successfully transmitted to onshore station every week and we can monitor it from our laboratory.

For the Autonomous Surface Vehicle (ASV) system, we aimed to develop an automatic survey system, which can also be used simultaneous measurements from other platform, such as a research vessel, for improve the ranging accuracy with multi-acoustic-paths. In our system, vehicle is like an unmanned boat (2.4m long and 400kg in weight), whose propulsion system is driven by electric power from onboard diesel generator lasting for a week. As the ASV system demonstrates sufficient performance for our use in GPS/acoustic survey, it can be a candidate of multi surface platform for simultaneous ranging to achieve high accuracy GPS/acoustic measurement taking the spatial sound speed variation into account.

After the Tohoku-Oki earthquake in 2011, the project has an extra mission that significantly enhance the survey framework, especially in deep seafloor (>5000m) near the trench axis. In this extra mission, we have developed a new type of seafloor transponder that works at over 5000m depth and its acoustic communication range is greater than 15km. We made 86 transponders in total and constructed 20 new GPS/acoustic station along the Japan Trench in 2012. In addition, we chartered a research ship for about 50 days per year to construct and observe the new stations. At present we have carried out four times of campaign surveys during 2012-2013. At these new stations, we conducted both moving and stationary surveys, the former generally took several hours and the latter 12 hours for each station. We found a problem in acoustic property in the new transponders, which can be corrected with post-processing shown in Azuma et al. (2014, JpGU). Campaign surveys ranges only about one year, but we have observed post-seismic movement at selected stations. These results are reported in Tomita et al. (2014, JpGU). The new transponders are hybrid type so that Japan Coast Guard has started to make measurements with their own system at several stations above.

This work has been supported by MEXT project for advanced GPS/acoustic survey. Staffs in RCPEV and IRIDeS, Tohoku University gave dedicated support and collaborative operation in the onboard and GPS surveys. The construction and surveys in the new stations were collaboration with Nagoya University.

キーワード: 海底地殻変動観測, 係留ブイ, 自航式ブイ, 日本海溝

Keywords: GPS/acoustic, moored buoy, autonomous surface vehicle, Japan trench

## 海底地殻変動観測による東北地方太平洋沖地震の余効変動検出 Detection of post-seismic movement after Tohoku-oki Earthquake using GPS/Acoustic technique

富田 史章<sup>1\*</sup>; 木戸 元之<sup>2</sup>; 長田 幸仁<sup>2</sup>; 東 龍介<sup>2</sup>; 藤本 博己<sup>2</sup>; 日野 亮太<sup>2</sup>; 飯沼 卓史<sup>2</sup>; 太田 雄策<sup>1</sup>; 和田 育子<sup>2</sup>  
TOMITA, Fumiaki<sup>1\*</sup>; KIDO, Motoyuki<sup>2</sup>; OSADA, Yukihito<sup>2</sup>; AZUMA, Ryosuke<sup>2</sup>; FUJIMOTO, Hiromi<sup>2</sup>; HINO, Ryota<sup>2</sup>; IINUMA, Takeshi<sup>2</sup>; OHTA, Yusaku<sup>1</sup>; WADA, Ikuko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 東北大学災害科学国際研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

GPS/音響結合方式による海底地殻変動観測 (GPS/A 観測) は、陸上の測地観測では得られない海底の変動を直接測定することのできる測位技術である。GPS/A 観測により、2011 年東北地方太平洋沖地震時に海溝近くでの巨大な地震時変位を直接捉える (Kido et al., 2011; Sato et al., 2011) など、陸上から 150km 以上離れた海溝近傍の測位に成功している。

2011 年東北地方太平洋沖地震の発生を受け、我々は地震後の余効変動を捉えるため、日本海溝沿いに新たに 20 点の海底地殻変動観測点を設置した。既設の観測点を含めると合計 23 点となる。我々はこれらの観測点において、地震後 4 回のキャンペーン観測 (2012/9, 2012/11, 2013/8, 2013/10) を実施した。

我々の観測では、各観測点を構成する 3~6 台の個々の海底局位置を求めるための移動観測と、求めた海底局間の相対位置を固定し、その海底局アレイ中心位置を推定し最終的な変位を得るための中心定点観測との 2 通りを行っている。しかしながら、以下に述べる 2 つの問題により、精密な測位結果を求めることが困難となっていた。

1 つ目は、相互相関波形の乱れである。GPS/A 観測における音響測距解析では、送信信号と受信信号の相互相関をとり、その最大ピークの時刻を往復走時として読み取っている。しかし、相互相関波形が 0.3 - 0.5ms 程度の間隔で複数のピークを持ち、それぞれのピークの振幅が海上局と海底局の位置関係に応じて変化している様子が見られた。我々は、複数ピークからショット毎に最前のピークを検出するアルゴリズムを開発し、走時の読み取り誤差を改善した。この問題の詳細と対処法に関しては、東・他 (2014, JpGU) で報告する。

2 つ目は、音響送受波器と GPS アンテナの相対位置の推定精度である。今回の観測では、舷側にポールを設置し、その先に音響送受波器を取り付けていたが、GPS アンテナとの相対位置の事前計測が困難であり、初期値として仮定した暫定位置関係に 1m 程度のオフセットが発生していた。音響送受波器の水平方向のオフセットの影響は、アレイ解析結果に船のヘディングに応じて系統的に表れるため、この性質を利用し、水平方向に関しては 5cm 程度の精度でオフセットを補正することができた。鉛直方向のオフセットは音速の補正に含まれるため、アレイの水平位置の推定への影響は小さいと考えられる。しかしながら、現在のオフセット推定精度では信頼性の高い測位結果を得るには不十分なため、より高精度なオフセット推定を行う方法を検討する必要がある。

本予稿執筆時点では、4 回のキャンペーン観測の内、取得データ量の多い 2012/9 と 2013/7 のデータのアレイ中心位置精密解析を行っているが、上記の補正処理を行うことで、10 観測点での暫定的な変位を得ることに成功している。その結果はおおよそ、宮城沖では陸向き、三陸沖では海溝向きの挙動を示した。本発表では、解析手法の概要を説明するとともに、未処理の 2012/11 と 2013/10 の観測データも含め測位解析を進め、余効変動の最新の推定結果について報告する。

キーワード: 海底測地, 東北地方太平洋沖地震, 日本海溝, 余効変動

Keywords: seafloor geodesy, Tohoku-oki Earthquake, Japan Trench, post-seismic movement

## 海底測地観測を用いた巨大地震発生域の固着回復過程の解明 Understanding recoupling process using a seafloor geodesy in megathrust earthquake zone

長田 幸仁<sup>1\*</sup>; 伊藤 喜宏<sup>2</sup>; 木戸 元之<sup>1</sup>; 日野 亮太<sup>1</sup>; 飯沼 卓史<sup>1</sup>  
OSADA, Yukihito<sup>1\*</sup>; ITO, Yoshihiro<sup>2</sup>; KIDO, Motoyuki<sup>1</sup>; HINO, Ryota<sup>1</sup>; IINUMA, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学 災害科学国際研究所, <sup>2</sup> 京都大学 防災研究所

<sup>1</sup>IRiDes, Tohoku University, <sup>2</sup>DPRI, Kyoto University

東北日本沖の日本海溝は太平洋プレートの沈み込みにより大きな被害をもたらすプレート境界型地震が発生する場所として知られている。2011年東北地方太平洋沖地震では、海溝軸に近づくにつれ急激に大きくなる地震時変位が海底測地観測により捉えられている (Kido et al., 2011; Sato et al., 2011)。このことから巨大地震発生メカニズムを理解する上で海溝近傍での地殻変動観測の重要性が示唆される。

2013年5月10?23日の日程で実施されたKR13-09航海において、2011年東北地方太平洋沖地震の浅部滑り域の直上に地殻歪み速度を調べる目的で海溝陸側斜面、海溝軸、海側斜面の3カ所にそれぞれ1台の海底間音響測距装置を設置し、4ヶ月にわたり機器間の距離の時間変化をモニタリングした。この観測で技術的に困難な点は、1つは海溝軸を挟むように設置するためには、基線長3 km以上で計測することである。従来の海底間音響測距装置は、基線長1 kmを想定したものであったが、基線長を伸ばすため音響信号の受信感度を向上させる改良を施した。改良した装置を用いた試験観測をKR13-04航海で実施し、基線長3.5 kmで音響測距ができることを確認している。もう一つは海底付近の温度深度勾配により音波の波線が下方に曲がるために音源を4~4.5mほど立ち上げると同時に、基線間に音波を遮る地形が存在しないことを確認することが重要である。さらに音源を立ち上げることで増大した底層流の抵抗を回避して長期安定した設置状態を確保する事である。そこで立ち上げ脚の下部とアンカーの間にユニバーサルジョイントを設け装置が自由に傾くことができるようにすることにより、底層流の抵抗が設置部分に不安定をもたらすトルクを与えないように配慮した。また音波の波線を確認するため、投げ入れ設置した3台中1台をかいこう7000により0.5km程度移動させ再設置した。装置の回収は、KH-13-05 (白鳳丸) 航海にて行い、3台とも回収に成功した。

今回回収した装置により、3つの基線のうち海溝軸陸側斜面-海側斜面間 (基線長約7 km) と海溝軸-海側斜面 (基線長約3.6km) で約4ヶ月間のデータを取得できたことが確認された。しかし陸側斜面-海溝軸は、音響波線が地形により遮断される場所に落下してしまったことが投入直後の位置決めで確認されていたが、回収後確認した実データでも測距が成立していない結果が確認された。今後得られた2基線のデータを解析し、日本海溝近傍の地殻変動を考察する予定である。

キーワード: 海底地殻変動, 日本海溝

Keywords: seafloor crustal movement, Japan Trench



## 高潮流域下におけるリアルタイム津波・地殻変動観測ブイシステムの海域試験 Sea trial of tsunami and crustal movement observation buoy system in real-time under environment with high speed sea cur

高橋 成実<sup>1\*</sup>; 石原 靖久<sup>1</sup>; 福田 達也<sup>1</sup>; 越智 寛<sup>1</sup>; 田原 淳一郎<sup>1</sup>; 森 尚仁<sup>1</sup>; 木戸 元之<sup>2</sup>; 太田 雄策<sup>2</sup>; 日野 亮太<sup>2</sup>; 武藤 勝彦<sup>2</sup>; 橋本 剛正<sup>3</sup>; 本橋 修<sup>3</sup>; 金田 義行<sup>1</sup>

TAKAHASHI, Narumi<sup>1\*</sup>; ISHIHARA, Yasuhisa<sup>1</sup>; FUKUDA, Tatsuya<sup>1</sup>; OCHI, Hiroshi<sup>1</sup>; TAHARA, Jun'ichiro<sup>1</sup>; MORI, Takahito<sup>1</sup>; KIDO, Motoyuki<sup>2</sup>; OHTA, Yusaku<sup>2</sup>; HINO, Ryota<sup>2</sup>; MUTOH, Katsuhiko<sup>2</sup>; HASHIMOTO, Gosei<sup>3</sup>; MOTOHASHI, Osamu<sup>3</sup>; KANEDA, Yoshiyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東北大学, <sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup>Japan Agency for for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>Tohoku University, <sup>3</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

(独) 海洋研究開発機構 (JAMSTEC), 東北大学, (独) 宇宙研究開発機構 (JAXA) は共同で津波と地殻変動をリアルタイム観測するためのブイシステムの開発を 2011 年から進めている。南海トラフから南西諸島海域など地震発生域海溝軸付近を念頭に巨大地震発生に伴う津波と地殻変動をリアルタイムでかつ必要な時にデータを収集できるオンデマンドのシステムを目指している。このシステムは、水圧計と音響伝送装置をインストールした海底局、地殻変動観測用の海底トランスポンダーアレイ、位置データや海底から音響伝送されるデータの収集と衛星通信をつかさどるブイから構成される。津波の観測は海底下の水圧計とブイ上の Precise Point Positioning (PPP)、地殻変動は海底トランスポンダーアレイと水圧計、ブイ上の 4 つのアンテナの GPS データを用いて観測する。しかし、日本周辺の地震発生帯は黒潮など高潮流域下にある。このような環境で観測するためには、DART など採用されている緊張係留ではなくスラック係留を採用することが必要である。しかし、スラック係留を採用すると、音響通信の手法やブイの仕様、低消費電力を実現するための工夫等、様々な技術開発が必要になる。昨年度は試作機を製作し、熊野灘沖の海溝軸陸側域において、約 3 か月の海域試験を実施した。その結果、5.3 ノットもの強潮流域下でもブイが走錨せず、定常的な観測が可能であることを確認した。一方で、音響通信や衛星通信、ブイ上のロガー、漁具等に対するブイシステムの耐久性などに課題があることも明らかになった。これらの課題に取り組み、現在、半年の海域試験を実施中である。観測期間を 3 か月から半年に延長するため、電源は多く積む必要があるが、それに応じてスラック比、アンカー重量などを再設計して熊野灘沖に再び設置した。また、今回は海底局の水圧計ロガーに津波モードを実装した。JAMSTEC の地震津波・観測監視システムの水圧計データをもとに、津波検知のシステムを検討、海底局の水圧計ロガーに導入した。長時間平均と短時間平均の比でトリガーをかけるシステムであるが、これまで大潮時にも誤作動することなく、観測を継続中である。本講演では、現在のブイシステムの改訂内容を示し、取得されつつある水圧データを示し、このシステム開発の現状と課題、今後の開発方針を紹介する。

## 海底局マルチ測距による海底地殻変動観測の効率化に向けた検討 Study for improving efficiency in seafloor geodetic observation by means of multi acoustic ranging

横田 裕輔<sup>1\*</sup>; 佐藤 まりこ<sup>1</sup>; 渡邊 俊一<sup>1</sup>; 石川 直史<sup>2</sup>  
YOKOTA, Yusuke<sup>1\*</sup>; SATO, Mariko<sup>1</sup>; WATANABE, Shun-ichi<sup>1</sup>; ISHIKAWA, Tadashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 海上保安大学校

<sup>1</sup>Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, <sup>2</sup>Japan Coast Guard Academy

海上保安庁海洋情報部では、東京大学生産技術研究所の技術協力のもと、2000年からGPS／音響結合方式による海底地殻変動観測を行っている。本観測は、「キネマティックGPS (KGPS) 測位」と「音響測距観測」を組み合わせるもので、測量船を使用して通常1観測点あたりおよそ1日かかる観測を年間2～4回実施し、センチメートルの精度で海底基準点の移動量を求めている。これまでに、2005年宮城県沖の地震(M7.2)の地震発生からひずみの蓄積開始に至るまでの一連の海底の動き、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M9.0)に伴う海底での地殻変動などを捉えることに成功している。

本観測は、東北地方太平洋沖地震の発生を受け、海溝型大規模地震への防災という観点から、より広範囲に密な観測が行われることが期待されている。今後、観測網の大規模化、観測の高頻度化を進めるにあたって、観測時間の短縮が求められる。そこで海上保安庁海洋情報部では、海底局に対して約10秒間隔で1局ずつ音響測距を行っている現在の手法から、複数の海底局に対してまとめて音響測距を行う手法に改め、観測時間を短縮することを検討しており、今後導入する予定である。本発表では、新しい手法と、その結果、海底地殻変動観測の効率化がどの程度可能となるかについて検討し、報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測, 音響測距

Keywords: seafloor geodetic observation, acoustic ranging

東北日本の熱流量異常を説明する熱モデル：海溝軸に向かって厚くなる透水層内で起こる熱水循環による熱の汲み上げ  
Hydrothermal heat mining due to the aquifer thickening toward the trench axis: A model for the Japan Trench

川田 佳史<sup>1\*</sup>; 山野 誠<sup>1</sup>; 島 伸和<sup>2</sup>  
KAWADA, Yoshifumi<sup>1\*</sup>; YAMANO, Makoto<sup>1</sup>; SEAMA, Nobukazu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東大地震研, <sup>2</sup> 神戸大学大学院理学研究科  
<sup>1</sup>ERI, Univ of Tokyo, <sup>2</sup>Kobe University

**観測：**日本海溝には、年代 135 Myr の太平洋プレートが速度約 8 cm/yr で沈み込む。このような古い年代のプレート上の熱流量は、中央海嶺で形成された海洋プレートが海底面から冷やされる熱伝導過程を考えた場合、50m W/m<sup>2</sup> 程度と予想される (Stein and Stein, 1992)。これに対して、これまでに観測された熱流量値は 50-120 mW/m<sup>2</sup>、平均値は 70 mW/m<sup>2</sup> である (Yamano et al., 2008)。この日本海溝では、プレート最上部数 km に高  $V_p/V_s$  の層が観測されている (Fujie et al., 2013)。この層は、海溝の 150 km 海側から海溝にかけて徐々に厚くなっている。熱流量に異常が生じる範囲と、地震波速度に異常が生じる範囲は同程度であり、何らかの関連があることが推察される。

**仮説：**海洋プレートを構成する玄武岩の浸透率が、最上部数 100 m で熱水循環を引き起こす程度に高いことが知られており、この層は透水層と呼ばれている。我々は、Fujie et al. (2013) が観測した高  $V_p/V_s$  層の厚化は、高浸透率の層が厚くなった結果であると考えた。この考えの元、透水層が時間と共に厚くなる系での熱対流モデルを作り、どのような熱流量異常が生じるかを計算した。

**結果：**日本海溝に対する典型的なパラメータを用いて計算を行った。その結果、透水層の厚化とともに熱流量が増加することが分かった。すなわち、Yamano et al. (2008) が観測した高熱流量異常 20 mW/m<sup>2</sup> を説明することができる。この熱流量異常の原因は、時間とともに厚くなる透水層の下からの熱の汲み上げである。深くなるほどプレート温度が高いこと、熱対流が起こる透水層はほぼ等温に置かれることを念頭に置くと、透水層が下方に厚くなることは等温の部分が高温の領域に浸食していくことを意味する。厚くなりつつある透水層は、下方から次々にやってくる熱を強制的に上側に放出することで等温の状態を保つ。このことで、透水層の上側にある堆積層は熱を受け取って温度が上がり、したがって熱流量もまた上がる。

キーワード: 熱水循環, 熱流量, 日本海溝, 地震発生帯  
Keywords: hydrothermal circulation, heat flow, the Japan Trench, seismogenic zone

## インド洋ロドリゲス三重会合点かいいいフィールド熱水域における地震波速度構造と地震活動調査 Seismic structure and seismicity survey at the Kairei hydrothermal vent field in the Indian Ocean

佐藤 利典<sup>1\*</sup>; 高田 裕能<sup>1</sup>; 今井 裕輝<sup>2</sup>; 野口 ゆい<sup>1</sup>; 河野 昭博<sup>1</sup>; 山田 知朗<sup>3</sup>; 篠原 雅尚<sup>3</sup>  
SATO, Toshinori<sup>1\*</sup>; TAKATA, Hiroyoshi<sup>1</sup>; IMAI, Yuki<sup>2</sup>; NOGUCHI, Yui<sup>1</sup>; KOUNO, Akihiro<sup>1</sup>; YAMADA, Tomoaki<sup>3</sup>; SHINOHARA, Masanao<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 千葉大学理学部, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba Univ., <sup>2</sup>Dep. Science, Chiba Univ., <sup>3</sup>ERI, Univ. Tokyo

### 1. Introduction

In the first segment of the central Indian Ridge from the Rodriguez triple junction, the Kairei hydrothermal vent field exists and extrudes hydrothermal fluid with richer hydrogen content compared to other hydrothermal vents in the world. Around the Kairei hydrothermal field, serpentinized peridotite and troctolites, and gabbroic rocks were discovered. These deep-seated rocks exposed around the Kairei field may cause the enrichment of H<sub>2</sub> in the Kairei fluids. At the Kairei field, a hydrogen-based subsurface microbial ecosystem and various hydrothermal vent macrofauna were found. In the TAIGA Project (Trans-crustal Advection and In situ reaction of Global sub-seafloor Aquifer), this area is a representative field of TAIGA of hydrogen. To investigate how the deep-seated rocks (originally situated at several kilometers below seafloor) are uplifted and exposed onto seafloor, and the hydrothermal fluids circulate in subsurface, we conducted a seismic refraction/reflection survey and seismicity observation with ocean bottom seismometers (OBSs).

### 2. Observation

We conducted a seismic survey around the Kairei hydrothermal field from January 27 to March 19 in 2013 using S/V Yokosuka of Jamstec. We used 21 OBSs, an air gun (GI gun) and a single channel streamer cable. Deployed intervals of OBSs are about 7.5 km, and 2 km near the Kairei field. Survey lines are 5 lines NNW-SSE direction parallel to the ridge axis, 5 lines E-W direction, and 5 lines NNE-SSW direction. Line lengths are from 7 km to 30 km. In addition, we conducted other 5 lines pass around the point just above the Kairei hydrothermal field and the Yokoniwa Rise. The air gun was a GI gun with 355 cu. in. (5.5 l), and the shot interval was 40 s (about 100 m).

### 3. Results

From seismicity observation, we found many micro earthquakes in this area. A swarm of micro earthquakes exists at a location about 1 km northwest of the Kairei field. The swarm has a NNW-SSE strike, parallel to the ridge axis. The depth of the swarm is very shallow (~4 km from seafloor). This swarm may be related to the hydrothermal activities of the Kairei field. At the first segment of the central Indian Ridge, many micro earthquakes occurred. The depth of these events is deeper than that of the swarm near the Kairei field.

### Acknowledgements

We thank the captain and the crew of S/V Yokosuka of Jamstec for their support. This work was supported by Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Grant Number 20109002, TAIGA project).

キーワード: 海底下の大河, 熱水地域, 地震活動, インド洋三重会合点

Keywords: TAIGA, hydrothermal area, seismicity, Triple junction in the Indian Ocean

## ホウ素同位体比を用いた沖縄トラフ海底熱水中のホウ素の起源の解明 Origin of boron in Okinawa Trough hydrothermal fluids using B isotope as a tracer

土岐 知弘<sup>1\*</sup>; 蝦名 直也<sup>1</sup>; 新城 竜一<sup>1</sup>; 石橋 純一郎<sup>2</sup>  
TOKI, Tomohiro<sup>1\*</sup>; EBINA, Naoya<sup>1</sup>; SHINJO, Ryuichi<sup>1</sup>; ISHIBASHI, Jun-ichiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学, <sup>2</sup> 九州大学

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, <sup>2</sup>Kyushu University

沖縄トラフは、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでいる琉球弧における背弧海盆であり、複数の海底熱水系が見ついている。海底熱水系の周辺には、海底熱水鉱床が分布していると考えられており、有用な金属も多く含まれている。このような海底熱水鉱床の形成メカニズムや濃集過程を知るためにも、海底熱水循環の経路やその周辺の地質に関する情報、さらにはそれらの温度環境を把握することは大変重要である。沖縄トラフには、ユーラシア大陸から大量の陸源性堆積物が供給されており、海底熱水中の化学組成においても海底堆積物の影響が見られると考えられている。堆積物由来の化学物質としては、メタンやアンモニアの他にホウ素 (B) も挙げられる。B には二つの安定同位体が存在するが、堆積物中には <sup>10</sup>B が選択的に取り込まれることや、<sup>11</sup>B の方が液相に対して高い溶解性を示すことなどが知られている。本研究では、沖縄トラフに見ついている複数の海底熱水系から採取した海底熱水中のホウ素同位体比を調べ、海底熱水が反応した海底下における固相のホウ素同位体比及び反応温度に関する情報を導き出すことを目的としている。

海底熱水試料は、WHATS 採水器を搭載した Hyper Dolphin やしんかい 6500 を用いて、伊平屋北海丘、伊是名海穴 (JADE サイト及び HAKUREI サイト)、鳩間海丘、第四与那国海丘から採取した。試料は、船上においてメッシュサイズ 0.45 μm のメンブレンフィルターを用いてろ過し、HNO<sub>3</sub> を添加して持ち帰った。測定に先だって、5 mL のコニカルバイアル瓶を用いてホウ素を単離し、50 ppb のホウ素が含まれている溶液 0.5~1 mL とした。測定は、Thermo Fisher SCIENTIFIC 社製のマルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置 Neptune plus を用いて行い、標準試料 NBS SRM 951 (<sup>11</sup>B/<sup>10</sup>B = 4.0056 ± 0.5) を用いて規格化した。分析精度は ± 0.3% 以内である。

沖縄トラフ海底熱水中には、堆積物のない中央海嶺における海底熱水系と比べると、ホウ素濃度が高く、<sup>10</sup>B に富んでいた。また、フィールド間においても違いが見られ、第四与那国海丘で最も <sup>10</sup>B に富んでおり、伊是名海穴における JADE 及び HAKUREI サイトがこれに続く値を取り、伊平屋北海丘及び鳩間海丘における海底熱水中のホウ素同位体比 ( $\delta^{11}\text{B}$ ) が最も <sup>10</sup>B に乏しかった。海底熱水中の  $\delta^{11}\text{B}$  と、これまで報告されているメタンの炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ ) とは極めて強い相関を示した。このことから、 $\delta^{11}\text{B}$  の変動要因は、 $\delta^{13}\text{C-CH}_4$  と同様の変動要因である可能性が示唆された。 $\delta^{13}\text{C-CH}_4$  の変動要因は、海底堆積物中の有機物が熱分解して生成するメタンと、微生物が生成するメタンの混合比率であると考えられている。このことから、 $\delta^{11}\text{B}$  も高温で堆積物と反応したか、低温で堆積物と反応したかを表している可能性が示唆された。

You et al. (2001) において、水熱実験から示された固相と液相の同位体分別と反応温度との関係を用いて、反応温度を見積もった。固相の  $\delta^{11}\text{B}$  としては、沖縄トラフの海底表層で採取された海底堆積物の  $\delta^{11}\text{B}$  (- 5.4 及び - 2.2 ‰) を用いて行った。その結果、解の得られない海底熱水系があることが示された。そこで、堆積物からの B の溶出についての下限温度と考えられる 50 °C から、熱水が海底下において臨界点を達する 400 °C までの間で解を持ちうる固相の  $\delta^{11}\text{B}$  を見積もると、- 20~- 10 ‰といった範囲の  $\delta^{11}\text{B}$  を持つ固相と反応すれば解を持ちうることを示された。このことから、反応した固相の  $\delta^{11}\text{B}$  は、沖縄トラフの表層堆積物よりも <sup>10</sup>B に富んだ物質であることが明らかとなった。海底堆積物は熱水変質を受けると、ホウ素同位体比が <sup>10</sup>B に富むことが示されている。このことから、沖縄トラフ海底熱水中の B の起源は、表層堆積物よりも熱水変質が進んだ海底堆積物である可能性が示された。また、反応温度としては、伊平屋北海丘が最も低く、鳩間海丘、伊是名海穴 (JADE 及び HAKUREI サイト)、第四与那国海丘における海底熱水系がこれに続く。このことから、伊平屋北海丘及び鳩間海丘の涵養域には大量の堆積物があり、これらから低温で溶出したホウ素が熱水中に供給されていると考えられる。一方、第四与那国海丘における海底熱水系の場合は、涵養域のみならず、反応域にまで堆積物の分布が達しているために、高温で堆積物から溶出したホウ素が熱水中に供給されていることが示唆された。

キーワード: 海底熱水, 沖縄トラフ, ホウ素同位体比

Keywords: hydrothermal fluid, Okinawa Trough, boron isotope

## 薩摩硫黄島における浅海域熱水由来の鉄とシリカに富むマウンドの構造解析 The structure of iron- and silica-rich mounds at hydrothermal environment in shallow marine, Satsuma Iwo-Jima

倉富隆<sup>1\*</sup>; 清川昌一<sup>1</sup>; 池原実<sup>2</sup>; 後藤秀作<sup>3</sup>; 星野辰彦<sup>4</sup>; 池上郁彦<sup>1</sup>; 蓑和雄人<sup>1</sup>  
KURATOMI, Takashi<sup>1\*</sup>; KIYOKAWA, Shoichi<sup>1</sup>; IKEHARA, Minoru<sup>2</sup>; GOTO, Shusaku<sup>3</sup>; HOSHINO, Tatsuhiko<sup>4</sup>; IKEGAMI, Fumihiko<sup>1</sup>; MINOWA, Yuto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>高知大学海洋コア総合研究センター, <sup>3</sup>産業技術総合研究所, <sup>4</sup>海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>3</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>4</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

薩摩硫黄島は九州より南へ約 38 km に存在する鬼界カルデラの北西端に位置する火山島であり、流紋岩質の硫黄岳と玄武岩質の稲村岳の 2 つの後カルデラ火山が存在している。島の周囲の海水は熱水と海水の混合によって褐色または白色を呈している。島内南西部に位置する長浜湾の海底下からは熱水 (pH = 5.5, 55-60 °C, Si: 51.74 ppm, Fe: 191.00 ppm) が湧出しており (四ヶ浦・田崎, 2001), 鉄とシリカに富むマウンドが成長している。また、長浜湾内の堆積物は 1 年間で約 33 cm と非常に速い速度で堆積している (Ninomiya and Kiyokawa, 2009, Kiyokawa et al., 2012)。本研究において、我々は X 線 CT スキャン, FE-SEM, 薄片による構造観察と EDS, XRF, XRD, そして DNA の分析によって興味深い知見が見出した。サンプルはマウンドから直接採取した 20-30 cm の塊を用いた。当サンプルは肉眼によって表面を覆っている黒色で硬い層と泥質で褐色の柔らかい層に分類した。比較のために遠心分離器によって海水から採取した浮遊物粒子の観察および分析も行った。

X 線 CT スキャン観察から、黒色の層は高密度層、褐色の層は低密度層と定義した。マウンド内部は 3~4 cm 程度の凸状構造の集合体で形成されており、各低密度層は高密度層の殻によって覆われていた。低密度層内部は直径約 1 mm の多量の空洞が複雑に通っている。薄片の鏡下観察から、各層ともにフィラメント状の構造を持ち、その向きは互いに直交していた。また、低密度層から高密度層に向かうに従ってフィラメント状構造に付着する褐色粒子 (約 20 μm) の数が増加していた。FE-SEM 観察から、高密度層のフィラメント状構造は直径約 1~2 μm の粒子が連結した桿菌状の構造をなしていた。一方、低密度層は紐状の構造が多量に観察でき、その表面には直径約 0.5 μm 未満の粒子が付着していた。この紐状の構造は螺旋状、リボン状、ツイスト状の 3 タイプに分類した。長浜湾を褐色にしている浮遊物粒子も同様に観察すると、直径 0.5 μm 未満の微小粒子の凝集物であり、マウンドの主となる形成物である紐状の形態は確認されなかった。XRD, XRF の分析結果は、高密度層 (Si: 26.8 %, Fe: 56.0 %) はフェリハイドライトとオパール A で構成されており、また低密度層 (Si: 36.5 %, Fe: 43.5 %) はフェリハイドライト、オパール A, 石英, クリストバライト, トリディマイトで構成されていた。DNA 分析の結果は、ゼータプロテオバクテリア綱に属する鉄酸化菌として知られる *Mariprofundus ferrooxydans* が卓越した生物環境であることを示した。

長浜湾におけるマウンドの形成過程における初期形態としての低密度層が無機と生物的反応によって形成される。低密度層形成時にはシリカ鉱物として硫黄岳起源の火山灰が混入している。低密度層内部で観察された紐状の構造は好中性の鉄酸化菌が形成したストークであると考えられる。このような鉄酸化菌は熱水と海水が混合する酸化還元境界部を好んで生息すると言われている (Chan et al., 2011)。外部の高密度層の殻はこれらの生物活動によって形成された可能性がある。高密度層の殻の内側では無機、生物的反応が継続することで低密度層より相対的に高い鉄含有率を持つ高密度層が形成される。

低密度層と高密度層が形成されるプロセスが複数回繰り返されることで内部に熱水の通り道である空洞を持った凸状の集合体が形成される。当地域におけるマウンドの高い成長速度はおそらく鉄酸化菌の活動の影響を大きく受けている。

キーワード: 熱水, 水酸化鉄, 鉄酸化バクテリア, 浅海域

Keywords: hydrothermal activity, iron-hydroxide, iron-oxidizing bacteria, shallow marine