

## 南マリアナトラフ熱水地域における地震波速度構造と地震活動

## Seismic structure and seismicity at the southern Mariana Trough with hydrothermal activities

佐藤 利典<sup>1\*</sup>, 水野 真理子<sup>1</sup>, 高田 裕能<sup>1</sup>, 山田 知朗<sup>2</sup>, 一瀬 建日<sup>2</sup>, 望月 公廣<sup>2</sup>, 篠原 雅尚<sup>2</sup>

Toshinori Sato<sup>1\*</sup>, Mariko Mizuno<sup>1</sup>, Hiroyoshi Takata<sup>1</sup>, Tomoaki Yamada<sup>2</sup>, Takehi Isse<sup>2</sup>, Kimihiro Mochizuki<sup>2</sup>, Masanao Shinohara<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba University, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

### 1. Introduction

The Southern Mariana Trough back-arc spreading system shows asymmetry spreading, and has high relief at spreading axes, which infers abundant melt supply. Furthermore, five hydrothermal vents that extrude different water contents, exist within 5 km near the spreading axis. To investigate upper mantle structure, crustal structure and hypocenter distribution provide important constraint on following four main points to understand the back-arc spreading system; 1) imaging melt delivery to the spreading axis and off axis seamount including volcanic arc, 2) production and character of the crust, 3) relationship between melt supply and crustal formation, and 4) pathway and heat source for hydrothermal circulation with related to its formation.

### 2. Observation and analysis method

We conducted a seismic reflection/refraction survey and seismicity observation at the hydrothermal area in the Southern Mariana Trough from August to November in 2010. We used 9 ocean bottom seismometers, an air gun (GI gun) and a single channel streamer cable. We took 7 parallel lines and 7 perpendicular lines to the spreading center. Line length was 15 km each, and line interval was 2.5 km.

In analysis of refraction data, we firstly made 2D cross sections of survey lines A1, A4, A7, B1, B4 and B7 using the progressive model developing method (Sato and Kennett, GJI, 2000). Then we made 3D initial models and conducted 3D inversion using FAST (Zelt and Barton, JGR, 1998).

### 3. Results

In refraction analysis, we used more than 9000 P-wave arrivals (hand picked). In 3D inversion, RMS was reduced from 120 ms (initial model) to 30 ms (after 10 iterations). The result of 3D inversion shows low velocity at the central part of the spreading ridge and high velocity under the off axis seamount. The high velocity under the off axis seamount suggests thick layer 3 and past magma intrusion from the mantle. The reflection survey shows that some reflectors exist under the hydrothermal area. From seismicity observation, we obtained very low seismicity at the hydrothermal area in the 3 month's observation. This suggests that hydrothermal activities are not related to tectonic stresses.

### Acknowledgements

We thank the captain and the crew of R/V Yokosuka of Jamstec for their support. This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 20109002.

キーワード: 海底下の大河, 熱水地域, 地殻構造, マリアナトラフ

Keywords: TAIGA, hydrothermal area, crustal structure, Mariana trough

## 海底熱水循環系を伴う背弧拡大軸の磁化構造：南部マリアナトラフの例 Magnetic Structure of Back-arc Spreading Axis with Hydrothermal Vents; the Southern Mariana Trough

藤井 昌和<sup>1\*</sup>, 沖野 郷子<sup>1</sup>, 本荘 千枝<sup>1</sup>, Jerome Dymant<sup>2</sup>, Szitkar Florent<sup>2</sup>, 望月 伸竜<sup>3</sup>

Masakazu Fujii<sup>1\*</sup>, Kyoko Okino<sup>1</sup>, Chie Honsho<sup>1</sup>, Jerome Dymant<sup>2</sup>, Szitkar Florent<sup>2</sup>, Nobutatsu Mochizuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> パリ地球物理学研究所, <sup>3</sup> 熊本大学

<sup>1</sup>AORI, the University of Tokyo, <sup>2</sup>Institut de Physique du Globe de Paris, <sup>3</sup>Kumamoto University

Geological and geophysical characterization of seafloor hydrothermal system is important in investigating the mineral deposits, habitat of microbial communities and heat and chemical fluxes, and especially near-bottom geophysical mapping is an useful technique for the investigation. To reveal the high-resolution magnetic structure of oceanic crust with hydrothermal alteration zones, I constructed a new technique of three-dimensional forward modeling using three component of magnetic anomaly. I applied this technique to the near-bottom data acquired by submersible Shinkai 6500 at an altitude of 1 -100 m above seafloor in five hydrothermal vent sites near the Southern Mariana Trough (SMT), backarc spreading axis. In addition, I compared the results with NRM measurements of basalt samples and with magnetic signatures observed by AUV with higher altitude. Important results are detailed below.

The distribution of estimated absolute magnetization well corresponds to the seafloor geological characters such as hydrothermal deposits and fresh pillow lava. The value of absolute magnetization is almost equal to measured NRM of collected samples, demonstrating the reliability of new processing technique. The result is also consistent with the equivalent magnetization deduced from the previous AUV survey and shows more detailed structure.

My results reveal that hydrothermal alteration zones are accompanied with distinct low magnetization as some previous studies reported in mid-ocean ridges. It is considered that this low magnetization is caused by demagnetization of high temperature hydrothermal circulation exceeding Curie temperature or alteration of magnetic minerals in stockwork pipe.

The horizontal scale of low magnetization zones around the off-axis vent sites is almost 10 times larger than those around the on-axis sites. I consider that the longer duration time of hydrothermal circulation in off-axis sites makes the alteration zone larger.

We obtain extremely high magnetization just on neo volcanic zone (NVZ) and relatively low magnetization away from the NVZ, suggesting a very rapid decrease of magnetization by low-temperature oxidation. My results shows higher decay rate than suggested by previous study.

キーワード: 3成分地磁気異常, 南部マリアナトラフ, 海洋性地殻, 熱水循環系, 背弧拡大軸部, 磁化

Keywords: vector magnetic anomaly, Southern Mariana Trough, oceanic crust, hydrothermal system, back-arc spreading center, magnetization

## 北部伊豆-小笠原弧明神礁カルデラの火山地質と海底熱水鉱床

### Volcanic features and volcanic massive sulfide deposit of Myojinnsyo caldera, Izu-Ogasawara Arc.

坂本 泉<sup>1\*</sup>, 志多泊龍一<sup>1</sup>, 八木雅俊<sup>1</sup>, 横山由香<sup>1</sup>, 岡村聡<sup>2</sup>, 東海大学海洋資源学科乗船者一同<sup>1</sup>

Izumi Sakamoto<sup>1\*</sup>, Ryuichi Shitahaku<sup>1</sup>, Masatoshi Yagi<sup>1</sup>, Yuka Yokoyama<sup>1</sup>, Satoshi Okamura<sup>2</sup>, Shipboard scientific party<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学海洋学部, <sup>2</sup> 北海道教育大学

<sup>1</sup>Tokai Univ., <sup>2</sup>Hokkaido Education Univ.

東海大学海洋資源学科では2009年度、2010年度、2011年度、2012年度に実施された海洋調査船望星丸航海によって青ヶ島リフト、北部明神リフト、明神礁カルデラ周辺で熱水鉱床探査を目的とした調査を行ってきた。この中で2012年には明神礁カルデラ周辺において地形・採泥・地磁気を含む調査を行った。

明神礁カルデラは、その西側外輪山に相当するところにベヨネーズ列岩が位置し、北東側外輪山上には明神礁(水深50 m)が存在している。さらに南東にも水深300 mの頂上を有する高まりが存在している。これらのピークに囲まれたカルデラは東西約8km、南北約6kmのサイズで、外輪山の比高は約700 mである。カルデラ中央部には中央火口丘の高根礁がある。この東海大学海洋資源学科では2009年度、2010年度、2011年度、2012年度に海洋調査船望星丸によって青ヶ島リフト、北部明神リフト、明神礁カルデラ周辺で海底カルデラの成因と熱水鉱床探査を目的とした調査を行ってきた。この中で2012年には明神礁カルデラ周辺において地形・採泥・地磁気を含む調査を行った。

明神礁カルデラは、その西側外輪山に相当するところにベヨネーズ列岩の存在するブロックが存在し、北東側外輪山上には明神礁(水深50 m)ブロックが存在している。さらに南東にも水深300 mの頂上を有するMSE(仮称)ブロックが存在している。これらのピークに囲まれたカルデラは東西約8km、南北約6kmのサイズで、外輪山の比高は約700 mである。

カルデラ中央部には中央火口丘の高根礁(水深約370 m)がある。この中央火口丘は、比高が約700 mであり、明神海丘やスミスカルデラ等の海底カルデラと異なり異常に比高が約700 mと高く、カルデラ壁とほぼ同じか部分的にはカルデラ壁よりも高い。この中央火口丘の南および北側には東-西方向を呈する急斜面が発達し、これらはカルデラ壁の外側まで発達している。また中央火口丘の東側は緩やかな斜面が発達しており、カルデラ壁の東側斜面と連続するように類似した特徴を呈している。

カルデラ周辺で8点の採泥を行った。これにより外輪山の下部(水深1000-800 m)は変質した軽石または凝灰岩からなる火山砕屑物から構成され、中部(水深800-600 m)は塊状の安山岩-デイサイト質の火山岩体およびその砕屑物、上部(600 m以浅)には新規のデイサイト質火山砕屑物から構成されている事が明らかになった。またMSE外輪山中部斜面からは、浅海生のサンゴ破片や二枚貝の密集した化石試料も複数採取された。中央火口丘は安山岩-デイサイト質の火山岩から構成され、南西斜面からは重晶石・方鉛鉱・閃亜鉛鉱などからなる熱水性硫化物が採取された。中央火口丘の東側斜面はなだらかな斜面が発達し、デイサイト質の軽石が多量に採取された。

中央火口丘とMSEカルデラ壁の火山岩は、安山岩からデイサイトであり、化学組成的に類似している。ベヨネーズ列岩北方斜面上には塩基性から酸性の多様な火山噴出物が採取されている。これらの内一部を除く多くの酸性火山噴出物は、カルデラおよび中央火口丘の組成と一致し、背弧側のカルデラ類とは明瞭に区分される。

キーワード: 海底カルデラ, 火山性塊状硫化鉱床, 明神礁

Keywords: submarine caldera, volcanic massive sulfide deposit, Myojin-sho

## 伊豆・小笠原弧明神海山及び明神リフトから採取された珪長質火成岩の島弧横断方向変化

### Across-arc geochemical variation of felsic rocks dredged from the Myojin Seamount and the Myojin Rift, Izu-Bonin arc

吉田 尊智<sup>1\*</sup>, 岡村 聡<sup>1</sup>, 坂本 泉<sup>2</sup>, 池田 保夫<sup>3</sup>, 足立 佳子<sup>4</sup>, 小島 萌<sup>4</sup>, 菅原 誠<sup>5</sup>, 志多 伯龍<sup>—2</sup>

Takanori Yoshida<sup>1\*</sup>, OKAMURA, Statoshi<sup>1</sup>, SAKAMOTO, Izumi<sup>2</sup>, IKEDA, Yasuo<sup>3</sup>, ADACHI, Yoshiko<sup>4</sup>, KOJIMA, Moeru<sup>4</sup>, SUGAWARA, Makoto<sup>5</sup>, SHITAHAKU, Ryuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道教育大学札幌校, <sup>2</sup> 東海大学, <sup>3</sup> 北海道教育大学釧路校, <sup>4</sup> 新潟大学, <sup>5</sup> 三菱マテリアルテクノ株式会社

<sup>1</sup>Hokkaido University of Education, Sapporo, <sup>2</sup>Tokai University, <sup>3</sup>Hokkaido University of Education, Kushiro, <sup>4</sup>Niigata University, <sup>5</sup>Mitsubishi Materials Techno Corporation

明神海山(北緯31度55分, 東経140度01分)は, 北部伊豆・小笠原弧火山フロント上に位置する大きなカルデラを伴った海底複式火山である。明神海山西方には, 正断層地形を呈する現在活動的な背弧リフトである明神リフトが存在する。明神海山は, 玄武岩, 安山岩, デイサイト, 流紋岩から構成される。一方, 明神リフトは, 玄武岩と流紋岩から成るバイモダルな活動で特徴づけられる。明神海山及び明神リフトの珪長質岩は, 主に種々の程度に発泡した軽石からなり, その他少量の流紋岩熔岩と酸性深成岩から構成される。珪長質岩は, 液相濃集元素及び同位体組成から3つのタイプに分けられる。Type 1 珪長質岩は低いNa<sub>2</sub>O, Zr, LREE含有量及び高いBa, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比; Type 2 珪長質岩は, 低いK<sub>2</sub>O, Rb, Ba含有量, 及び高い<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比; Type 3 珪長質岩は, 高いNa<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb, Zr, Nb, LREE含有量, 及び低いBa, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比で特徴づけられる。

Type 1 珪長質岩は, 火山フロントの明神海山に産し, Type 3 珪長質岩は, 明神リフトから産する。Type 2 珪長質岩は, 火山フロントから背弧リフトに広く分布している。火山フロントから産する玄武岩はType 1 及びType 2 珪長質岩と同様の同位体組成を有する。一方, Type 3 珪長質岩の同位体組成は, 明神リフトから産する玄武岩と同様の組成を示す。同位体組成からType 1 珪長質岩は, 現在の火山フロントで活動する玄武岩と関連する玄武岩質下部地殻, Type 3 珪長質岩は, 現在背弧リフト域で活動する玄武岩と関連する玄武岩質下部地殻の部分溶融の産物であると考えられる。同位体組成においてType 1 珪長質岩とType 2 珪長質岩は類似性が強いが, 同一起源物質の異なった条件下(fO<sub>2</sub>)での溶融(Sisson et al., 2005; Tatsumi and Suzuki, 2009)によって, 両者の各種主要元素含有量の差異を導くことができない。Type 2 珪長質岩は, Type 1 及びType 3 の起源物質とは別の起源物質, すなわち背弧リフトのリフティング開始より前に形成された地殻を起源とする可能性がある(例えば, Tamura et al., 2009 に示される漸新世の地殻)。Type 2 珪長質岩の広範囲の分布は, リフティング以前の地殻がリフティングの進行に伴って現在火山フロントから背弧域にわたって点在するというモデルと調和的である。

キーワード: 伊豆・小笠原弧, 明神リフト, 明神海山, 中部地殻, 火成岩, 珪長質

Keywords: Izu-Bonin Arc, Myojin Rift, Myojin Seamount, Middle Crust, Igneous Rock, Felsic



## 深海巡航探査機を用いたマルチビーム測深機およびサイドスキャンソナーによるベヨネーズ海丘カルデラ熱水サイトのマッピング Mapping hydrothermal sites in the Bayonnaise knoll caldera using acoustic sonars with an autonomous underwater vehicle

本荘 千枝<sup>1\*</sup>, 浦環<sup>2</sup>, 浅田昭<sup>2</sup>, 金岡秀<sup>2</sup>, 永橋賢司<sup>2</sup>

Chie Honsho<sup>1\*</sup>, URA, Tamaki<sup>2</sup>, ASADA, Akira<sup>2</sup>, KIM, Kangsoo<sup>2</sup>, NAGAHASHI, Kenji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 東京大学生産技術研究所海中工学研究センター

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup> Underwater Technology Research Center, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

ベヨネーズ海丘カルデラは、伊豆・小笠原弧の背弧リフト東縁に位置する直径約 3 km の海底カルデラである。2003 年にカルデラ底南東縁部に大規模な熱水性硫化物鉱床（白嶺鉱床）が発見され、海底資源開発の観点から大きな関心を集めている。我々は、海洋研究開発機構の研究船「よこすか」による YK11-11 航海（2011 年 12 月）において、深海巡航探査機（AUV: Autonomous Underwater Vehicle）「うらしま」を用いた深海音響観測を実施し、カルデラの南半分をカバーするサイドスキャンソナーおよびマルチビーム測深データを得た。

マルチビーム測深データは、ピング毎にデータの外れ値を検出し除外した後、AUV の姿勢データおよび位置データと合わせて各ビームの位置を決定し水深データを作成した。白嶺熱水サイト周辺では特に密な測線が取られたため、隣り合う測線間でかなりの測深データがオーバーラップし、それらには少なからぬ食い違いがあった。これらのミスフィットは AUV の位置データを適切に補正することで大幅に改善され、最終的に数十センチメートル程度の解像度を持つ詳細な海底地形図が作成された。白嶺サイトにおいては、硫化物チムニーや硫化物マウンドと思われる数～十数メートルスケールの起伏に富む特徴的な地形が明瞭に確認された。

サイドスキャンデータについては、まずビーム方向に平坦な海底面を仮定した斜距離補正および反射強度補正を行い、モザイク図を作成した。しかし、起伏の大きい海底を低高度で観測しているため、地形歪みが極めて大きく、また反射強度が海底の傾斜を強く反映したイメージとなった。そこで、マルチビーム測深データを用いて各ピングのフットプリントを確定し、これらの地形歪みと反射強度の補正を試みた。その結果、実際の地形とよく合致し、また、反射強度の入射角依存性が適切に補正されたイメージが得られた。白嶺サイトは、比較的強い反射とごく弱い反射とが短波長で入れ替わる特徴的なパターンを示した。これは、測深データからも確認された地形の細かな起伏による、音響的な光と影を表していると考えられる。また、このモザイク図を用いて海底の底質分類を行ったところ、観測域は複数のカテゴリーに分類され、白嶺サイトはそのうちの一つに分類された。

また、マルチビームの反射強度を用いて、もう一つのモザイク図を作成した。白嶺サイトでは、サイドスキャンイメージに見られたパターンとは異なる、極めて特徴的な斑点状の模様が確認された。両イメージの差は、音波の周波数の違いや、起伏によるサイドスキャンイメージの歪みなどによるものであろう。強い反射を示す斑点は、直径が数メートル～十メートルほどで、測深データとの照合から、チムニー群と思われる地形的な高まりに対応していることが分かった。フィルタリング等の処理により、この特徴的な斑点パターンを抽出し分布を調べたところ、白嶺サイト以外にも複数の場所に同様のパターンが確認された。またこの分布は、サイドスキャンイメージによる底質分類から示された白嶺サイトを含むカテゴリーの分布とよく合致した。これらの結果から、ベヨネーズ海丘カルデラ南部においては、白嶺サイトを含む複数の場所で熱水活動が起きていると考えられる。

本研究により熱水サイトが他と区別可能な音響的特徴を持つことが示唆された。今後の熱水鉱床探査において、AUV による深海音響観測は、広域を効率的に探査するために極めて有効な手段であると考えられる。

キーワード: 熱水鉱床, AUV, サイドスキャン, マルチビーム

Keywords: hydrothermal sites, AUV, side scan sonar, multibeam sonar

## 鬼界カルデラ薩摩硫黄島における、鉄とシリカに富む浅海性熱水活動に伴うチムニーの構造

### The structure of chimney at iron-silica rich hydrothermal environment in shallow marine, Satsuma Iwo-Jima, Kikai caldera

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>, 池上郁彦<sup>1</sup>, 蓑和雄人<sup>1</sup>

Takashi Kuratomi<sup>1\*</sup>, KIYOKAWA, Syoichi<sup>1</sup>, IKEHARA, Minoru<sup>2</sup>, GOTO, syusaku<sup>3</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センター, <sup>3</sup>産総研地質調査総合センター

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Center for advanced marine core research, Kochi University, <sup>3</sup>Geological survey of Japan, AIST

Satsuma Iwo-Jima Island is a volcanic island in the northwestern rim of Kikai caldera. There are two post-caldera volcanoes in this island: the rhyolitic Iwo-dake and basaltic cone Inamura-dake. Iwo-dake has volcanic and hydrothermal activities at the present. Because of hydrothermal activity, seawater around the island is discolored to brownish and white color. Ferrous-rich hot spring (pH=5.5, 55-60 degree Celsius) discharges from the sea-floor at the Nagahama bay in the southwestern island. Brownish-color ferric particles that were produced by mixing of the hot spring water with seawater, discolor the seawater to brownish color (Shikaura and Tazaki, 2001). The bay is half-closed environment topography. There is a breakwater for a fishing port into two parts: East site and West site. Kiyokawa et al, (2012) indicated that the deposition rate of iron-rich sediments at West site is about 1 m per ten years. The deposition of sediment was influenced by tide, rain and wind. At East-site, the iron-rich chimney-complex mounds were found. The growth process of the chimney-complex mound is not studied so far. In order to understand the growth process of the chimney mounds, we observed structure of chimneys sampled from the chimney complex mounds at East-site.

Samples used in this study were massive chimneys (20-30cm). We observed the structure of chimneys with X-ray CT scan and FE-SEM and from the thin section samples, and analyzed the chemical composition with EDS. The massive chimney is classified into two parts seen with the naked eye: black high density-hard layer and brownish low-density soft layer. Additionally, we analyzed floating particles collected from seawater by a centrifugal separator.

The results of X-ray CT scan observation shows that the inside of chimney is constructed from the aggregation of convex structures (3-4cm). Low-density layers of the chimney have many pipe-like structures (typical radius: 1mm). Petrographic observations indicate that both high- and low-density layers have a filament-like form, however the form at the low-density layer are vertical to high-density layer. In the low-density layer, the number of particles attaching to the filament-like form increases toward the high-density layer. FE-SEM observation shows that filament-like form at the high-density layer consists of aggregation of bacillus-like form that is observed as the chain of particles (about 2μm). At low-density layer, on the other hand, there is bacteria-like form with particles (<1μm). Bacteria-like form could be classed into 3 types (helix, ribbon-like, twisted).

The floating particles were observed as an aggregation of fine particles (<0.5μm). The particles show no bacteria-related form. EDS analysis shows that all particles are consist of Fe, Si and O, and are chemically homogeneous.

According to the observation results above, we present a hypothesis of growth process of a chimney-complex mound in Nagahama bay. The chimney was constructed from aggregation of convex structure with many pipes that probably work as the hydrothermal vent. All particles are consist of Fe, Si, and O. This suggests that the particles are silica rich iron-hydroxides. Bacteria-like structure may be Gallionella spp. known as iron-oxidizing bacteria because of those forms. This bacterium is known as neutrophilic bacteria that prefer an environment of redox interface (Weber et al., 2012). The increasing of the number of particles on filament-like form and the character of bacteria support that the activity of bacterium around hard rim makes high-density layer. The growth of chimney is likely to be influenced by microbes' activity.

<Reference>

Shikaura.T and Tazaki.K (2001), clay mineral 40,4,229-241.

Kiyokawa S., Ninomiya T., Nagata T., Oguri K., Ito T., Ikehara M. and Yamaguchi K. (2012), Island Arc 21. 66-78.

Karrie A. Weber, T.L. Spanbauer, D. Wacey, M.R. Kilburn, D.B. Loope, and R.M. Kettler (2012), Journal of Geology 40. 8. 747-750

キーワード: 熱水活動, チムニー, バクテリア, 水酸化鉄

Keywords: hydrothermal activity, chimney, bacteria, iron-hydroxide

## 反射法地震探査から得られた四国海盆東部における地殻構造の特徴と沈み込む影響 The subducting effect and characteristics of crustal structure in the east side of Shikoku Basin obtained by seismic ref

山下 幹也<sup>1\*</sup>, 小平 秀一<sup>1</sup>, 高橋 成実<sup>1</sup>, 仲西 理子<sup>1</sup>, 尾鼻 浩一郎<sup>1</sup>, 下村 典生<sup>1</sup>, 朴 進午<sup>2</sup>, 三浦 誠一<sup>1</sup>, 金田 義行<sup>1</sup>

Mikiya Yamashita<sup>1\*</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>1</sup>, Ayako Nakanishi<sup>1</sup>, Koichiro Obana<sup>1</sup>, Norio Shimomura<sup>1</sup>, Jin-Oh Park<sup>2</sup>, Seiichi Miura<sup>1</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>AORI

四国海盆は約 30-15Ma に拡大したと考えられている背弧海盆であり、北端部では南海トラフで沈み込んでいる。この四国海盆は地磁気・重力などの各種データが最も揃っている背弧海盆の一つである。Okino et al.(1994) 等によって磁気異常の研究から詳細な拡大過程が明らかになっている。また伊豆小笠原島弧から四国海盆にかけて北東南西方向の走向を持つ雁行状の海山列を形成している。四国海盆の地殻構造を理解することで、伊豆小笠原島弧と背弧拡大の関係が明らかになり島弧成長過程の解明に繋がると考えられる。また四国海盆が沈み込む南海トラフで繰り返し発生する巨大地震の中には、東海・東南海・南海地震が連動して発生する超巨大地震のケースがあることが指摘されている。このような超巨大地震について、どのような場合に連動あるいは非連動性の巨大地震となるのかを明らかにすることが必要である。そのため、海洋研究開発機構では文部科学省からの受託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価のための調査観測・研究」として地殻構造と地震活動を把握する目的での調査を実施してきた。そこで 2011~2012 年にかけて紀伊半島沖~東海沖の東南海・東海地震破壊域における沈み込みに関する詳細な構造のイメージングおよび地震のアスペリティに関する構造を明らかにすることを目的に延べ 300 台の海底地震計を設置してエアガンを用いた屈折法地震探査、およびマルチチャンネル反射法地震 (MCS) 探査を実施した。特に東海沖では Nakanishi et al. (1998) や Takahashi et al.(2002) で地殻構造が得られて以降、調査がほとんど行われておらず、銭洲海嶺周辺では内部構造が不明瞭のため伊豆小笠原島弧との繋がりが不明瞭である。そのため本研究では新しい高分解能 MCS 探査で得られた地殻構造から沈み込みの形状・分布を把握することで、東海・東南海連動地震破壊域における沈み込み前後の地震活動や連動メカニズム解明に資する不均質構造を明らかにすることが目的である。また測線は海盆中央から銭洲海嶺にかけて設定されているため、拡大の影響や銭洲海嶺の成因の解明にも繋がると考えられる。MCS 探査は 2011 年度に 5 測線 (総延長 500km), 2012 年度に 7 測線 (総延長 1300km) を実施した。それぞれの調査期間中は比較的天候が安定していたため、全体的に良好な反射断面が取得された。四国海盆および南海トラフ中の堆積層が明瞭に確認でき、地殻内にも多数の反射面が確認できるほか、連続性のよいモホ面が見られるなど過去の研究では報告されていない結果が得られた。特に銭洲海嶺周辺では南側では堆積層が隆起した構造が見られ、北側では堆積層は確認できず、傾斜した内部構造が南海トラフ内まで追跡できる。四国海盆を横断する反射断面からは東海地震の破壊域に対応している領域では四国海盆の堆積層の上部に陸側からの堆積層が厚く堆積していることが明らかになった。このような特徴を空間的にマッピングすることにより、紀伊半島沖から伊豆半島にかけての四国海盆の沈み込む影響を明らかにしていく。

キーワード: 反射法地震探査, 古島弧, 背弧海盆

Keywords: MCS survey, paleo-arc, backarc basin



## フィリピン海プレート北西端における北大東海盆および南大東海盆の地震学的構造 Seismic structure of the Kita-Daito Basin and Minami-Daito Basin in the northwestern Philippine Sea plate

西澤 あずさ<sup>1\*</sup>, 金田 謙太郎<sup>1</sup>, 及川 光弘<sup>1</sup>

Azusa Nishizawa<sup>1\*</sup>, Kentaro Kaneda<sup>1</sup>, Mitsuhiko Oikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部

<sup>1</sup> Japan Coast Guard

フィリピン海プレート北西端には大東海嶺群の3つの高まり、すなわち北から奄美海台・大東海嶺、沖大東海嶺が存在し、それらは15 kmを超える厚い地殻をもつ島弧的な地震波速度構造を有することがわかってきた。今回は、これらの高まりの間に存在する海盆である、北大東海盆および南大東海盆の地震学的構造を対象としてその特徴を報告する。

北大東海盆は奄美海台と大東海嶺の間に位置する、東西約400 km、南北約150 kmの広がりを持ち、平均水深5300 m程度の海盆である。海盆中には海丘・海山が点在しており、音響層序解析の結果から最下位の地層は中期始新世と見積もられている。東西走向を持つ地磁気異常が存在し、Tokuyama et al.(1986)ではこれを背弧拡大によると解釈したが、磁化の様な磁性岩体の起伏によって説明できる可能性もある(春日ほか, 1986)。一方、南大東海盆は大東海嶺と沖大東海嶺との間にあり、東西約500 km、南北約250 kmの広がりを持ち、全体的に北側に傾斜している。平均水深は、北大東海盆に比較してやや浅く5000 m程度である。2つの海盆の水深は大きく違わないが、過去の重力の測定から、南大東海盆は北大東海盆とは異なり重力異常が負であり、南大東海盆下にはより厚い地殻が存在すると推定されていた。また、地磁気異常のデータも考慮すると、かつて南大東海盆と沖大東海嶺が一つの島弧であったという考えもある(沖野・加藤, 1992)。

2004年から2008年にかけて実施した大規模な大陸棚調査において、両海盆を横断する複数の地震探査測線を設定し、マルチチャネル反射地震断面図とともに詳細なP速度構造モデルを得ることができた。北大東海盆は、海洋性地殻の性質を持つ。その地殻の厚さは4-6 km程度で、フィリピン海盆上の背弧海盆である四国海盆やパレスベラ海盆と同様に、標準的な海洋性地殻よりもやや薄い。北大東海盆下の最上部マントルの速度(Pn速度)は7.9-8.1 km/sであるが、北大東海盆南端の大東海嶺との遷移域では8.3 km/sと速くなっている。一方、南大東海盆は、北大東海盆よりも厚い地殻を有し、東端の九州・パラオ海嶺との遷移域では厚さが10 kmを超える。下部地殻底の速度はやや速めで7.2 km/s程度であり、Pn速度も8.0-8.2 km/sでやや速い値を示す。沖大東海嶺北部を特徴づける厚い中部地殻( $V_p = 6.3-6.8$  km/s)は南大東海盆では見られなかったが、南大東海盆の地殻の速度構造はむしろ島弧拡大をした九州・パラオ海嶺の構造に似ている。

沖大東海嶺北端部および大東海嶺北端部での各海盆との境界における構造は、周辺よりも地殻が薄く、Pn速度が速いという特徴がある。奄美海台南端部での北大東海盆との境界部も同様で、このような特徴は九州・パラオ海嶺の東端部でも見られ、島弧のリフティングに関連する構造ではないかと考えられる。

キーワード: 地震学的構造, 北大東海盆, 南大東海盆

Keywords: marine seismics, Kita-Daito Basin, Minami-Daito Basin



## フィリピン海プレートの深い沈み込み Aseismic deep subduction of the Philippine Sea plate

趙 大鵬<sup>1\*</sup>, 黄 周伝<sup>1</sup>, 築田 高広<sup>1</sup>, 長谷川 昭<sup>1</sup>, 海野 徳仁<sup>1</sup>, J.H. Park<sup>2</sup>, I.B. Kang<sup>2</sup>

Dapeng Zhao<sup>1\*</sup>, Zhouchuan Huang<sup>1</sup>, Takahiro Yanada<sup>1</sup>, Akira Hasegawa<sup>1</sup>, Norihito Umino<sup>1</sup>, J.H. Park<sup>2</sup>, I.B. Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学・理, <sup>2</sup> 韓国・地球科学と鉱物資源局

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>KIGAM, South Korea

The fundamental cause of the seismic and volcanic activities in the Japan Islands is the active subduction of the Pacific and Philippine Sea (PHS) plates. It has been well known that the Pacific plate has subducted deeply to the mantle transition zone and lower mantle, finally reaching the core-mantle boundary. In contrast, it is still not very clear whether the PHS plate has subducted deeply beyond the depth limit of the intraslab seismicity and how deep the tip of the slab has reached in the mantle. We attempt to address this issue in the present study. The PHS plate is one of the marginal sea complexes in the western Pacific and it started to subduct northwestwards ~40 Ma ago when the Pacific plate changed its direction of motion from NNW to WNW. Along the Nankai Trough off Southwest Japan, the PHS plate is composed of several blocks with ages increasing from the east to west, which are the Izu-Bonin arc and back-arc (0-2 Ma), Shikoku Basin (15-30 Ma), Kyushu-Palau Ridge, and Amami Plateau (40-49 Ma). Within the PHS slab, earthquakes occur actively down to ~80 km depth under western Honshu and down to ~180 km depth under Kyushu. Recently we have made great efforts to collect and combine a large number of high-quality local and teleseismic arrival-time data recorded by the dense seismic networks in both South Korea and Western Japan. As far as we know, this is the first time that a large number of Korean and Japanese seismic data sets are analyzed jointly. As a result, a high-resolution 3-D P-wave velocity model down to 700-km depth under South Korea and Western Japan is determined, which clearly shows that the PHS slab has subducted aseismically down to 460-km depth under the Japan Sea, Tsushima Strait and the East China Sea. The aseismic PHS slab is visible in two areas: one is under the Japan Sea off western Honshu (Shimane Prefecture), and the other is under the East China Sea off western Kyushu. However, the aseismic PHS slab is not visible between the two areas, where a slab window may be formed. The slab window is located beneath the center of the present study region where many teleseismic rays crisscross very well. Detailed synthetic tests were conducted, which indicate that both the aseismic PHS slab and the slab window are robust features. Using the teleseismic data recorded by the Japanese stations alone, the aseismic PHS slab and the slab window were also revealed (Zhao et al., 2012), but the ray paths in the Japanese data set do not crisscross well offshore. The local and teleseismic data recorded by the dense seismic networks in both South Korea and Japan lead to very good ray-path coverage under the Tsushima Strait area, hence our new results on the aseismic PHS slab and the slab window are much more robust and convincing. These new findings are considered to be important for improving our understanding of the subduction history of the PHS plate and the dynamic evolution of the Japan subduction zone.

### Reference

Zhao, D., T. Yanada, A. Hasegawa, N. Umino, W. Wei (2012) Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands. *Geophys. J. Int.* 190, 816-828.

キーワード: フィリピン海プレート, 沈み込み帯, 非地震性スラブ, 太平洋スラブ, マントル遷移層, スラブ脱水

Keywords: Philippine Sea plate, subduction zone, aseismic slab, Pacific slab, mantle transition zone, slab dehydration

## プレート運動の精密な可視化 Precise visualization of global plate motions

荒巻 祥平<sup>1</sup>, 加藤 忠義<sup>1</sup>, 原田 靖<sup>1\*</sup>  
Shohei Aramaki<sup>1</sup>, Tadayoshi Kato<sup>1</sup>, Yasushi Harada<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東海大学 海洋学部 海洋資源学科

<sup>1</sup> School of Marine Science and Technology, Tokai University

近年 GPlates (<http://www.gplates.org/>) に代表されるようにプレート運動の可視化するフリーのソフトウェアが開発されつつあるが、まだ細かな部分で不完全な点が多く、例えば海嶺上にある Hotspot が海嶺の両側に 1 つ 1 つの海山列を作る様子を詳細に観察したいといった用途には十分に対応できていない。これらの問題は例えば、使われるグローバルな地形データをより詳細なものに更新したり、Isochron データを精密なものに置き換え、且つ各 Isochron の補間作業をより精密に行い、さらにプレート回転計算に使われるオイラー回転のデータをより正確なものに修正して計算しなおすことによって改善可能である。

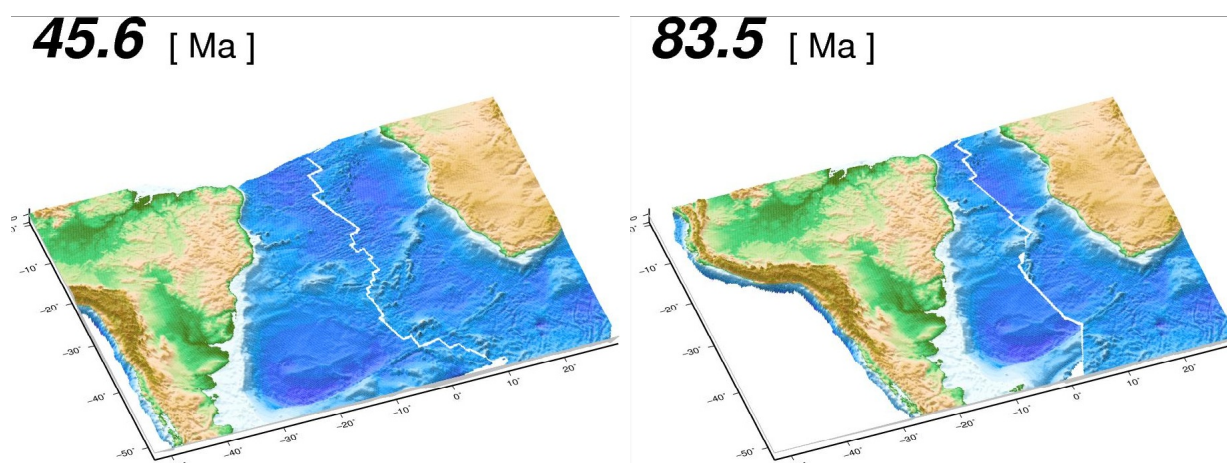
本研究では自前のプログラムでこの部分を改善して、地形、重力異常、ジオイド等の各種地球科学データを使って過去のプレート形状と位置をできるだけ精密に復元し、その可視化を試みた。その結果いくつかの成果が得られたので、本発表で紹介する。図は 4 千 5 百年前の南大西洋の過去のプレート形状と位置に復元した例であるが、表示方法、地形や重力などの使われるデータ、アニメーションの時間分解能などすべての要素が任意に変更可能である。

現在の地形や重力異常、ジオイド面を過去の位置に復元すると過去の世界を跨いでプレート間で垂直方向の値に大きなギャップが生まれることが多いが、適当な物理過程を設定すれば垂直方向の不連続性も補正することができる。今回は南太平洋の重力異常についてこの補正を行い過去の南米プレートの重力異常を復元した。このように本研究は例えば過去の地球のジオイド形状を推定する手がかりを与える可能性があり、将来の研究テーマとして非常に重要なものに成り得る。また本研究で作成された正確なアニメーションは地球科学の教育目的としても今後貢献度が高いと考えられる。

<http://kutty.og.u-tokai.ac.jp/~harada/> に本研究で作成されたアニメーションを公開するので参照・活用されたし。

キーワード: プレート運動, 可視化, 海洋底磁気異常, 重力異常, リコンストラクション

Keywords: Plate Motion, Visualization, Magnetic Anomaly, Gravity Anomaly, Reconstruction of plates



## フレンチポリネシア海域の海底火山探索 Exploring submarine lava fields in the French Polynesian region

平野 直人<sup>1\*</sup>, 中西 正男<sup>2</sup>, 阿部 なつ江<sup>3</sup>, 町田 嗣樹<sup>4</sup>

Naoto Hirano<sup>1\*</sup>, Masao Nakanishi<sup>2</sup>, Natsue Abe<sup>3</sup>, Shiki Machida<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 千葉大学, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構, <sup>4</sup> 早稲田大学

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>Chiba University, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>Waseda University

The initial phases of a hotspot volcano and/or submarine tiny volcano must be complemented by sampling of present-day submarine volcanic activity. The large number of small and active volcanoes suggests that many volcanic systems are initiated prior to large or subaerial volcanoes at hotspots, which has been carried out at the Loihi Seamount of the Hawaiian chain (e.g. Moore et al., 1979), the Macdonald Seamount of the Austral chain (e.g. Johnson, 1970), the Adams Seamount of the Pitcairn chain (Devey et al., 2003), and on the Vailulu'u Seamount of the Samoan chain (e.g. Hart et al., 2000). Although the submarine samplings and their dating have often complicated the simple hotspot model, the distribution of submarine volcano is critical to recognize the hotspot and seamount chain. It is not only about hotspot, but unexpected submarine volcanoes, petit-spot volcanoes and arch lavas were newly found by the shipboard acoustic surveys off the NE Japan on the subducting Pacific Plate and at the flexural Hawaiian arch 300?500 km off the Hawaiian Islands, respectively (Hirano et al., 2006; Holcomb et al., 1988). The shipboard multibeam surveys, therefore, are necessary to find the submarine volcanisms and to know submarine portion around a volcanic island, expecting their future sampling.

The shipboard multibeam data for the French Polynesian region were obtained by two research cruises. The R/V Mirai cruise, MR08?06 Leg1, transited from south of the Tuamotu Islands to the eastern Austral Islands in the southern Pacific Ocean by JAMSTEC (<http://www.jamstec.go.jp/e/database/>). The data near the Marquesas Islands, northern French Polynesia, from R/V Melville's PANR06MV and WEST13MV cruises, are supplied from the Geological Data Center, Scripps Institution of Oceanography (<http://gdc.ucsd.edu/>).

Some potential young volcanoes and lavas are newly found on the southern/eastern offshore of Marquesas hotspot, the north of western tip of Pukapuka Islands, and the southeastern offshore of Macdonald seamount. The sidescan imagery of some volcanic edifices shows high reflectivity because these young lavas are covered with only a thin layer of soft pelagic sediment, much thinner than the surrounding pelagic layer on the Pacific Plate. These data show more than three times as high as the reflective values of surrounding abyssal plain excluding the portions of steep slope (Hirano et al., 2008). Some of them do not build apparent edifices in spite of showing a high acoustic reflectivity, which the high reflective portion sparsely distribute to avoid the terraces and knolls. Some of volcanic clusters are found as young volcanic cones. Newly found potential young lavas might correspond to the portion above low velocity part of the shallow mantle (Suetsugu et al., 2009). Otherwise, they may be the submarine tiny volcano related to a stress field on the moving plate (i.e. petit-spot volcano) (Hirano et al., 2006). Understanding of volcanic distribution and future rock samplings will provide us the information about the stress field of the "hot" Pacific Plate on the plume, and the geochemical structure of Southern Pacific Superplume, awaiting future discovery.

キーワード: 海底火山, ポリネシア, マントル・ブルーム, 太平洋プレート, プチスポット

Keywords: submarine volcano, polynesia, mantle plume, Pacific plate, petit-spot

## 北西太平洋に存在するプチスポットマグマの成因を実験岩石学で制約しようプロジェクト：第1弾

### Experimental constraint on magma genesis for petit-spot in the northwestern Pacific: the first step

町田 嗣樹<sup>1\*</sup>, 小木曾 哲<sup>2</sup>, 平野 直人<sup>3</sup>

Shiki Machida<sup>1\*</sup>, Tetsu Kogiso<sup>2</sup>, Naoto Hirano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学環境資源, <sup>2</sup> 京都大院人間環境, <sup>3</sup> 東北大東北アジア研

<sup>1</sup>Waseda University, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Tohoku University

A comprehensive investigation for petit-spot in the northwestern Pacific had been conducted using geological, petrological, electromagnetic, and seismological approaches. During the investigation, we faced some critical problems for petit-spot genesis as follows. (1) Although the "plate flexure model" (Hirano et al., 2006, Science) is trying to explain the eruption mechanism by magma exuding where the Pacific plate flexes and fractures before subducting, it does not explain the melting mechanism. (2) Supposing that the "plate flexure model" accompanying outer rise formation only constrains petit-spot genesis, volcanoes should be continuously distributed along with outer rise. However, distribution of the petit-spot in the northwestern Pacific, as an example, is limited to three regions, and is not continuous at least. This observation suggests that the restriction by melting mechanisms is the key to understanding the petit-spot genesis. (3) The "small-scale recycled plate material melting model", proposed on the basis of Sr, Nd, and Pb isotopic composition of lavas (Machida et al., 2009, GCA), is strong constraint on melting mechanism. However, the nature of source material is still not clarified, because the model is absolutely qualitative. Furthermore, (4) we could not detect heat anomaly, as well as melting region, by electromagnetic and seismological observations. In order to solve these problems, independent-determination of temperature and pressure for magma production on each volcanic edifice will be the breakthrough, thereby addressing construction of a comprehensive model for petit-spot genesis. We thus consider that multiple saturation experiment is the best way to determination of melting conditions. And, as the first target, we select a youngest knoll situated in flexed region of the northwestern Pacific plate.

We conducted melting experiments using 1/2-in.-diameter piston cylinder type high-temperature and high-pressure apparatus at Kyoto university. A starting material was prepared from mixture of oxide and carbonate reagents, representing the major element compositions of a primary magma equilibrated with Fo=90 olivine (obtained by the olivine maximum fractionation model) and including 10% CO<sub>2</sub> (estimated on the basis of vesicularity of lavas (Okumura and Hirano, in prep.)). All experiments were configured by complete melting of starting material under a target pressure and 1400°C in graphite capsule within outer sealed platinum capsule for 2 hours, followed by equilibrating of melt and solid phases under a target temperature with constant pressure for 2 hours. As a result, the primary magma is saturated with olivine and orthopyroxene or clinopyroxene at 1280°C and 2.1-2.2 GPa. Therefore, it is revealed that petit-spot magmas were equilibrated with depleted peridotite (harzburgite) at the lower part of lithosphere, in consideration of 82 km deep for lithosphere-asthenosphere boundary beneath WP2 (Kawakatsu et al., 2009, Science) in the northern Pacific.

キーワード: プチスポット, 複数相飽和実験

Keywords: petit-spot, multiple saturation experiment



## 超深海海底間音響測距の開発

## Development of an ultra-deep seafloor acoustic ranging system

長田 幸仁<sup>1\*</sup>, 木戸 元之<sup>1</sup>, 伊藤 喜宏<sup>2</sup>, 日野 亮太<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>1</sup>

Yukihito Osada<sup>1\*</sup>, Motoyuki Kido<sup>1</sup>, Yoshihiro Ito<sup>2</sup>, Ryota Hino<sup>2</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学災害国際センター, <sup>2</sup> 東北大学地震噴火予知研究観測センター

<sup>1</sup>Irides, Tohoku University, <sup>2</sup>RCPEV, Tohoku University

2011年東北地方太平洋沖地震が発生し、東北地方沿岸に甚大な被害をもたらした。この地震前後の海底地殻変動観測により、これまでひずみが蓄積されていないと考えられていた海溝軸付近で大きなすべりが発生したことが分かった。海溝軸付近でのひずみの蓄積、すなわちプレートの固着状態は陸上のGPS観測網では解像することができないため海域での直接観測が必要であり、特に海溝軸での海底地殻変動観測が可能になれば、非常に高い分解能で海溝付近でのプレート固着状態を把握できるようになる。海底で地殻変動を検出する方法としてGPS音響方式、海底間音響測距、海底圧力観測があるが、本研究では海底間音響測距を用いて海溝軸近傍の地殻変動の検出を目的として装置の開発を行った。海底間音響測距は、海底の局所的な地殻変動を観測する方法であり、断層などの両側に1~2 km程度離し、装置を設置しその間の相対距離を計測することで変位を捉えるものである(Osada et al., 2008; Osada et al., 2012)。この手法を海溝軸近傍で適応するためには幾つかの改良が必要と考え、現状のシステムでどの程度の基線長で観測できるか、また音響信号(5次M系列(2波)、ステップスイープ、チャープ、7次M系列)の中でどれが最適かを調べるに海域実験を行った。その結果、現システムでは、基線長3.5kmでは、データを計測する主局から従局への音波は計測できたが、従局から主局への音響信号が受信できないこと。また使用する信号にたいしては、基線長が短い(1km以下)場合ではどの信号を用いても問題がなかったが、この基線においてはステップスイープが最適であることが確認された。これらを踏まえ海溝軸付近の大水深に対応できるようにガラス球を9000m耐圧に変更、受信感度と返信信号の増幅率変更、データ収録方法の変更等の改良を行った。試験航海を2012年2月にかいれい航海で行う予定である。本発表では、この結果について議論を行う予定である。

キーワード: 海底測地, 音響測距, 日本海溝

Keywords: seafloor geodesy, acoustic ranging, Japan Trench

## 2011年東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動

### Postseismic seafloor movements associated with the 2011 Tohoku Earthquake detected by GPS/acoustic geodetic observation

渡邊 俊一<sup>1\*</sup>, 佐藤 まりこ<sup>1</sup>, 石川 直史<sup>2</sup>, 氏原 直人<sup>1</sup>, 望月 将志<sup>3</sup>, 浅田 昭<sup>3</sup>

Shun-ichi Watanabe<sup>1\*</sup>, Mariko Sato<sup>1</sup>, Tadashi Ishikawa<sup>2</sup>, Naoto Ujihara<sup>1</sup>, Masashi Mochizuki<sup>3</sup>, Akira Asada<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/音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施している。2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、宮城沖の海底基準点で15~24m、福島沖で約5m、銚子沖で約1.3mの東南東方向の動きが検出された。以後も、東北地方太平洋沖地震の余効変動を把握するため、日本海溝沿いの6点の海底基準点において、繰り返し観測を実施している。

2012年12月までの観測の結果、東北地方太平洋沖地震の震源域の南部にあたる「銚子沖」及び「福島沖」の海底基準点については、余効変動とみられる東南東向きの変動が捉えられており、その変動は時間とともに減衰している様子がうかがえる。累計変動量は「銚子沖」で36cm(期間は2011年4月から2012年11月)、「福島沖」で65cm(期間は2011年3月から2012年12月)となっている。これらの結果は、国土地理院による陸上のGNSS観測結果と整合的である。

一方、東北地方太平洋沖地震の震央周辺に位置する「宮城沖1」及び「釜石沖1」、「釜石沖2」では西北西方向の地殻変動が、「宮城沖2」では南方向の地殻変動が、それぞれ検出されている。特に、本震時に24mの変動が観測された「宮城沖1」では、余震の影響を受けていないと考えられる2011年8月から2012年12月までの約1年3ヶ月の期間で22cmの変動量が観測されている。また、本震時に23mの変動が観測された「釜石沖1」でも、観測データのばらつきは大きいものの、2011年4月から2012年12月の観測までで、約20cmの変動が観測されている。

さらに、本観測で得られた海底地殻変動データと陸上の地殻変動データを用いて、Yabuki and Matsu'ura (1992)に基づく半無限弾性体のインバージョンを行い、地震後の断層すべり分布モデルを推定した。その結果、観測データを説明するには海溝軸側と陸側で逆センスのすべりが必要であることがわかった。

本発表では、日本海溝沿いの海底基準点で得られた最新の観測結果を報告するとともに、最新の海陸の地殻変動データから得られた断層すべり分布モデルについても報告する予定である。

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

## 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について

## Development of GPS/acoustic survey sites along Japan Trench and getting started on their first measurement

木戸 元之<sup>1\*</sup>, 長田 幸仁<sup>1</sup>, 山本 淳平<sup>1</sup>, 藤本 博己<sup>1</sup>, 太田 雄策<sup>2</sup>, 中山 貴史<sup>2</sup>, 海田 俊輝<sup>2</sup>, 田所 敬一<sup>3</sup>, 渡部 豪<sup>3</sup>, 永井 悟<sup>3</sup>, 奥田 隆<sup>3</sup>, 安田 健二<sup>3</sup>

Motoyuki Kido<sup>1\*</sup>, Yukihito Osada<sup>1</sup>, Jumpei Yamamoto<sup>1</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>1</sup>, Yusaku Ohta<sup>2</sup>, Takashi NAKAYAMA<sup>2</sup>, Toshiki Kaida<sup>2</sup>, Keiichi Tadokoro<sup>3</sup>, Tsuyoshi Watanabe<sup>3</sup>, Satoru Nagai<sup>3</sup>, Takashi OKUDA<sup>3</sup>, Kenji Yasuda<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> 名古屋大学大学院 環境学研究科

<sup>1</sup>IRIDeS, Tohoku Univ., <sup>2</sup>RCPEV, Tohoku Univ., <sup>3</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

After the occurrence of the devastating M9.0 earthquake, MEXT, Japan promoted the development of seafloor geodetic stations, such as cabled pressure gauge and seafloor transponders for GPS/acoustic survey in order to monitor the crustal movement associated with the earthquake. Our group of Tohoku University and Nagoya University have constructed up 20 GPS/acoustic stations. Each station consists of at least three and at most six transponders, which results in 86 transponders in total. Most of them were installed near trench over 4000m depth, where is found to play an important role on the occurrence of low-frequency giant earthquake.

Transponders were installed on September 2012, using chartered vessel, Shinkai-maru, Shin-Nihon-Kaiji and the first observation including initial positioning has started this and subsequent cruises, using Tubasa, Dokai-Marine on November. We employ shipboard transducer system rather than towing buoy system. For the noise-level, S/N ratio of replied acoustic signal from seafloor over the ship-noise is still in good condition even in thrusting mode for shallow survey sites (<3000m), but S/N ratio getting worse for deeper sites, in where we have to declutch and keep drifting. Improving the software algorithm to handle acoustic waveform will reduce this problem. For the survey style, these cruises were good opportunity to compare the stationary and moving survey styles, because we sufficiently took both types of data. We consider new analytical algorithm to integrate or involve any kind data is needed to efficiently use all the data taken in various opportunity of ship-time. In this talk, as well as technical report addressed above, the result of these initial observation and expectation of precision are presented by introducing an example data.

キーワード: 東北沖地震, 日本海溝, 海底測地

Keywords: Tohoku-oki Eq., Japan Trench, seafloor geodesy

## 海上保安庁による海底地殻変動観測の現状と今後の展望

### Current status and future prospect of GPS/acoustic seafloor geodetic observation by Japan Coast Guard

佐藤 まりこ<sup>1\*</sup>, 氏原 直人<sup>1</sup>, 渡邊 俊一<sup>1</sup>, 石川 直史<sup>2</sup>, 藤田 雅之<sup>1</sup>, 望月 将志<sup>3</sup>, 浅田 昭<sup>3</sup>

Mariko Sato<sup>1\*</sup>, Naoto Ujihara<sup>1</sup>, Shun-ichi Watanabe<sup>1</sup>, Tadashi Ishikawa<sup>2</sup>, Masayuki Fujita<sup>1</sup>, Masashi Mochizuki<sup>3</sup>, Akira Asada<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> 東大生産研

<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、東京大学生産技術研究所の技術協力の下、GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施している。我々の海底基準点は、主に日本海溝及び南海トラフ沿い陸側に設置しており、測量船による繰り返し観測を行っている。

2008 年からは、観測効率の向上と観測データの空間バランスの改善による安定性の向上を目指して、測量船「明洋」(550 トン)の船底に音響トランスデューサ(送受波器)を常設し、航走観測を開始した。航走観測の実現により、従来の漂流観測よりも安定した観測結果が得られるようになった。また 2009 年からは、既設の海底局の更新作業を開始し、長期間の観測を行う体制を確保している。

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、震源のほぼ真上の海底基準点が東南東方向に 24m 移動し、3m 隆起したことを捉え、海溝付近での大きなすべりを観測で実証した。東北地方太平洋沖地震後は、同地震後の震源域における地殻変動を監視するため、宮城県沖の海底基準点を中心に観測を継続している。

さらに、2012 年 1 月には、東海・東南海・南海地震の想定震源域における観測を強化するため、既に設置されている御前崎沖から室戸岬沖までの 6 点の海底基準点に加え、新たに 9 点の海底基準点を西側及び陸側に設置し、面的に海底地殻変動観測を行う体制を整備した。これまでに各点 3 回程度の観測を実施しており、今後 2 年程度の観測により、移動速度の暫定値を得たいと考えている。

また、ハード面では、2012 年 12 月に大型測量船「昭洋」に海底地殻変動観測用の観測機器を搭載した。これにより、海洋情報部所有の測量船 5 隻中 4 隻に海底地殻変動観測装置が搭載されたことになる。

今後は、日本海溝沿いの海底基準点においては、引き続き、東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動を監視するための観測を行う。さらに、東北大学が設置した観測点についても可能な範囲で観測を行い、宮城県沖の地殻変動の空間的な把握に努める。また、南海トラフ沿いの海底基準点については、増設点を中心に年 3 回程度の観測を継続していく予定である。

本発表では、海上保安庁が実施している海底地殻変動観測の現状と今後の展望について報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測, 宮城県沖, 南海トラフ

Keywords: seafloor geodetic observation, off Miyagi Prefecture, Nankai Trough



## 高潮流域下で観測可能な新しい津波・地殻変動観測ブイシステムの開発 New buoy observation system for tsunami and crustal deformation for strong ocean current

高橋 成実<sup>1\*</sup>, 石原 靖久<sup>1</sup>, 越智 寛<sup>1</sup>, 福田 達也<sup>1</sup>, 田原 淳一郎<sup>1</sup>, 前田 洋作<sup>1</sup>, 杉山 智彦<sup>1</sup>, 木戸 元之<sup>2</sup>, 太田 雄策<sup>2</sup>, 武藤 勝彦<sup>3</sup>, 橋本 剛正<sup>3</sup>, 小暮 聡<sup>3</sup>, 金田 義行<sup>1</sup>

Narumi Takahashi<sup>1\*</sup>, ISHIHARA, Yasuhisa<sup>1</sup>, OCHI, Hiroshi<sup>1</sup>, FUKUDA, Tatsuya<sup>1</sup>, TAHARA, Jun'ichiro<sup>1</sup>, MAEDA, Yosaku<sup>1</sup>, SUGIYAMA, Tomohiko<sup>1</sup>, Motoyuki Kido<sup>2</sup>, Yusaku Ohta<sup>2</sup>, MUTOH, Katsuhiko<sup>3</sup>, HASHIMOTO, Gousei<sup>3</sup>, KOGURE, Satoshi<sup>3</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>1</sup>

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

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

The off Tohoku earthquake did severe tsunami damage to coastal residents around the Tohoku region. In particular, Japan surrounded by subduction zones has high risk of the tsunami. The tsunami early warning system using a buoy has developed by many countries, which are US, German, Indonesia and Malaysia. These are similar system of the buoys named by DART system, which was developed by NOAA, and it is working in several seas. However, it is not useful under a condition of the strong ocean current. There are many ocean currents around Japan, and the most famous one is the Kuroshio with the maximum speed of over 5 knots. To realize the earliest report of tsunami, we have to observe them near trench axis with deep sea water and the strong ocean current. The most convenient tool is ocean bottom cables with pressure sensors like dense ocean floor network system for earthquake and tsunami (DONET). However, the cost is very expensive and it takes long time to complete the installation. Therefore, we developed new buoy system for the tsunami observation and detection of crustal deformation under the strong ocean current and adopted the TRITON buoy system developed by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) using slack mooring. Pressure data collected on the seafloor is sent to the buoy using acoustic transmission. Tuning of directivity and sound pressure level of transponders used for the transmission is needed for the observation point due to the slack mooring. In addition, we decided to use time difference of the double pulses to express the observed pressure value to save battery, and the transducer to hear the acoustic signals from the seafloor was set on the end of 1000 m-wire rope to minimize error of the data transmission brought by strong heterogeneity of the shallow water structure. We observe water pressure with a sampling interval of 15 seconds and the collected data is sent to the buoy with an interval of one minute in normal mode or 15 seconds in tsunami mode. At the seafloor, not only pressure sensor but six transponders to detect crustal deformation were deployed. We installed four antennas on the buoy to determine attitude of the buoy precisely and estimates the position of transducer on the buoy to communicate with seafloor transponders. The distance between the buoy and six transponders is measured with an interval of one week. The collected data of tsunami and distance between buoy and the transponders are transmitted to our land station via iridium satellite transmission. And a test satellite 'KIKU No.8' is also used for the data transmission to it in realtime to keep the redundancy. In addition, we have a plan to observe of sea surface height in realtime using a quasi-zenith satellite 'Michibiki'. The observation using a technique of a precise point positioning (PPP) estimates the position with an accuracy of approximately 10 cm. Now we are in a stage of sea trial in the rupture area of the Tonankai earthquake with a magnitude of 8. Because we selected a location near the trough axis with a depth of approximately 3000 m and it is expected future large crustal deformation. We introduce the specification of the new buoy system, report a preliminary result of the sea trial and future issues to be fixed and resolved.

キーワード: 津波, 地殻変動, 観測ブイ, リアルタイム伝送

Keywords: tsunami, crustal deformation, observation buoy, realtime data transmission

## 自律型無人潜水機を用いた新規開発海中重力計の海域実証試験観測

## The first observation of a newly developed underwater gravimeter by using autonomous underwater vehicle

篠原 雅尚<sup>1\*</sup>, 山田 知朗<sup>1</sup>, 金沢 敏彦<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>3</sup>, 石原 丈実<sup>4</sup>, 新谷 昌人<sup>1</sup>, 飯笹 幸吉<sup>5</sup>, 月岡 哲<sup>6</sup>, 植平 賢司<sup>2</sup>

Masanao Shinohara<sup>1\*</sup>, Tomoaki Yamada<sup>1</sup>, Toshihiko Kanazawa<sup>2</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>3</sup>, Takemi Ishihara<sup>4</sup>, Akito Araya<sup>1</sup>, Kokichi Iizasa<sup>5</sup>, Satoshi Tsukioka<sup>6</sup>, Kenji Uehira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所, <sup>3</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所, <sup>5</sup> 東京大学新領域創成科学研究科, <sup>6</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>National Research Institute for Earth Science and disaster Prevention,

<sup>3</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, <sup>4</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>5</sup>Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, <sup>6</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We developed an underwater gravimeter for exploration of a seafloor hydrothermal deposit. Our hybrid gravimeter system consists of an underwater gravimeter and an underwater gravity gradiometer, and we present the system of the underwater gravimeter and first observation by using autonomous underwater vehicle. Gravity survey is one of powerful method to obtain density structure in crust. In marine area, surface ship gravimeter and ocean bottom gravimeters are often used. For survey of a seafloor hydrothermal deposit, they are required to survey a wide area quickly and to have a higher resolution than that obtained by the surface survey. On the other hand, because technology of autonomous underwater vehicle (AUV) is been developing, there is a possibility to measure the gravity by using AUV's.

To obtain a position and amount of seafloor hydrothermal deposit that has a diamond shape with a diameter of 400m, 20m thick at the center and density difference of 1 g/cm<sup>3</sup>, a resolution of gravity measurement should be less than 0.1 mgal. In addition, measurement must be carried out 50m above a seafloor. AUV is suitable for such measurement near seafloor.

We adopted Micro-g LaCoste S-174 as a gravity sensor. The sensor is mounted on a gimbal mechanism with a fiber gyroscope (IXSEA PHINS). A titanium sphere contains the sensor system. For acquisition of high resolution gravity data, the gravity sensor must keep a constant temperature (60.4C) and avoid effect of magnetism. The sensor is heated and is totally covered with thermal insulation and sheet of permalloy. Maximum depth rating is 4,200 m. The data are sent to a recording system housed in another cylinder-shape capsule. The whole system is controlled and monitored via acoustic link of the AUV. During test measurement on land, the resolution was estimated to be 0.02 mgal after compensation of tilt, acceleration and low-pass filtering.

In September 2012, the first practical measurement in marine area was carried out by using JAMSTEC's AUV Urashima to evaluate performance of the system. The gravimeter and gravity gradiometer were simultaneously mounted on the Urashima. The first measurement was performed in Sagami-Bay. One profile was laid on smooth seafloor and another has rough seafloor topography. From these surveys, we obtained the gravity data and supplemental data for compensation of the gravity data with good quality. From preliminary analyses, the resolution of the gravity data from the first practical measurement is estimated to reach 0.1 mgal.

## 鬼界カルデラ 7300BP 幸屋火砕流に対比されるとみられる音響的に透明な堆積物層 Acoustically transparent deposits possibly originated from 7300 BP Kikai Koya PDC

池上 郁彦<sup>1\*</sup>, 清川 昌一<sup>1</sup>, 大岩根 尚<sup>2</sup>, 中村 恭之<sup>3</sup>, 亀尾 桂<sup>4</sup>, 蓑和 雄人<sup>1</sup>, 倉富 隆<sup>1</sup>

Fumihiko Ikegami<sup>1\*</sup>, Shoichi Kiyokawa<sup>1</sup>, hisashi Oiwan<sup>2</sup>, Yasuyuki Nakamura<sup>3</sup>, Katsura Kameo<sup>4</sup>, Yuto Minowa<sup>1</sup>, Takashi Kuratomi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学理学府地球惑星科学専攻, <sup>2</sup>国立極地研究所, <sup>3</sup>海洋研究開発機構, <sup>4</sup>東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>Japan Agency for Marine Earth Science and Technology, <sup>4</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Kikai caldera (Matsumoto, 1943) is a mostly submerged highly active caldera complex located in 40 km off Kyushu Island. The caldera is considered to be the source of Akahoya tephra (Machida and Arai, 1978) which date was determined as 7300 cal. BP (Fukusawa, 1995). The climactic ignimbrite of the eruption was Koya-Takeshima PDC (pyroclastic density current), which extent was reached the deep inland of Kyushu (Ono et al., 1982). Recent work by Maeno and Taniguchi (2007) provided much detailed insights for the escalating evolution of magma-water interaction in the eruption, however present mostly subaqueous setting prevents further understanding of its geographical distribution and morphology. Here we report with the observation of seismic reflection, relatively thick (100~ m) and acoustically transparent layer that can be compared to Koya-Takeshima PDC because of its substantiality.

The seismic reflection observations were held in two survey cruises (KT-10-18 and KT-11-11) in 2010 and 2011 using a research vessel Tansei-maru of JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). The sound source was a 150 cubic inches G-I gun with 10 seconds of shot interval, and a 48-channled 1.2 km-length streamer cable was used for acquisition. Totally 24 profiles were obtained with the speed of 4 knots.

The caldera has 20 km wide rim and 10 km wide inner ring fracture. They were previously speculated as two different calderas of outer-older one and inner-newer one (e.g. Yokoyama et al., 1966), however it is unlikely according to our interpretation because both of their structure is fresh. At the southeastern end of the caldera, the rim is appeared as a major fault for caldera basin subsidence, which the latest displacement can be expected for 400 m in maximum. The inner fracture is the deepest structure in the caldera (~600 m), which is characterized as poorly deposited subcircular valleys surrounding the central rise of the caldera.

The distinctive transparent layer is named A3 in our interpretation. We assume that because of its wide distribution (most areas in Kikai except the central rise) and voluminosity (40~ cubic km), A3 is the submarine counterpart of the climactic Koya-Takeshima PDC. The morphology of A3 is highly constrained by its bottom unconformative terrain therefore A3 is possibly some kind of flow deposits at least. It shows the maximum thickness at the southwestern caldera rim (~150 m) while it quickly loses its transparency and turned into chaotic facies at the caldera outskirts. The chaotic counterpart extends every direction from Kikai caldera with the constant thickness of about 100 m. Absence of A3 equivalent facies at the central peaks of the caldera supposes the area was a topographical high at the A3 outbreak.

キーワード: 鬼界カルデラ, 反射法探査, 海底火山, 海洋地質, カルデラ噴火

Keywords: Kikai caldera, Seismic reflection observation, Submarine volcano, Marine geology, Caldera formation

## 四国海盆玄武岩の化学的特徴とマグマ発生環境の地域性 Geochemical variation of backarc basin basalts and magma genesis in the Shikoku Basin

原口 悟<sup>1\*</sup>, 石井 輝秋<sup>2</sup>, 町田 嗣樹<sup>3</sup>  
Satoru Haraguchi<sup>1\*</sup>, Teruaki Ishii<sup>2</sup>, Shiki Machida<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院工学系研究科, <sup>2</sup> 深田地質研究所, <sup>3</sup> 早稲田大総合理工学部

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, University of Tokyo, <sup>2</sup> Fukada Geological Institute, <sup>3</sup> Waseda University

四国海盆は現伊豆小笠原弧の背後に位置する背弧海盆で、25Ma 頃より拡大を開始し、15Ma 頃に拡大が終了したと考えられている (Okino et al., 1994, 1999)。海盆の西側には伊豆小笠原弧より分裂した古島弧である九州パラオ海嶺が位置しており、東側は 15Ma 以降の伊豆小笠原弧の活動による雁行海山列が位置している。北側は南海トラフより西南日本弧下に沈み込んでおり、その沈み込みプロセスは西南日本の島弧火成活動を理解するに当たって年代論、化学的特徴の両面で重要視されている。

四国海盆での国際海洋掘削計画 (Deep Sea Drilling Project: DSDP) による掘削は第 31 節が最初で、背弧海盆の拡大および南海トラフへの沈み込みを主題として現在の統合海洋掘削計画 (Integrated Ocean Drilling Program: IODP) まで数次に渡り調査が行われている。このうち第 58 節の Site 442~444 の 3 地点では海盆中部より背弧海盆玄武岩 (Backarc basin basalt: BABB) がボーリングにより採取された。IODP expedition 333 節では紀伊半島沖で南海トラフを横断する掘削が行われ、このうち、四国海盆側の Site C0012 では 500m 以上の堆積物層下から BABB が採取された。本研究では、この Site C0012 の BABB の岩石学的、化学的特徴を報告するとともに、これまで四国海盆から採取されている BABB および四国海盆を挟む九州パラオ海嶺、現伊豆小笠原弧の島弧火山岩と比較し、四国海盆でのマグマ発生課程を考察する。

Site C0012 の BABB は  $\text{SiO}_2$  量が 47~55 wt% の範囲で、 $\text{MgO}$  量は 5~8 wt% の範囲である。 $\text{TiO}_2$  量は 1.5~1.8 wt% のものが多く、九州パラオ海嶺、伊豆小笠原弧の火山岩が 0.7~1.0 wt% なのに対して顕著に高い。アルカリ元素は  $\text{Na}_2\text{O}$  が 2~4 wt%、 $\text{K}_2\text{O}$  が 0.4~2 wt% の範囲から  $\text{Na}_2\text{O}$  は 7 wt%、 $\text{K}_2\text{O}$  は 4 wt% までの分布を示すが、マグマ起源物質の違いを反映する HFSE 比等のパラメータは紀南海山列や Site 444 のアルカリ岩には類似せず、Site 442~444 の BABB に近いことから、このアルカリ元素の濃集はアルバイト化作用等の海洋底変質作用を受けたことを示すと考えられる。また、Na と K は濃集する層準が異なっており、アルバイト化作用の温度変化を示すと考えられる。全岩の  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  比は岩石中の斜長石の灰長石 (Anorthite: An) 成分量を反映するとされる (e.g. Tamura et al., 2009) が、アルバイト化作用によって斜長石の An 含有量は減少するため、元の岩石の組成が狭い範囲に特定できる場合、 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  量の変化は海洋底変質作用の度合を示すと考えられる。Site C0012 の BABB は  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  比は 0.55~0.7 の範囲のものが多く、0.4 以下まで分布が広がっており、海洋底変質作用の影響を示している。また、 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  比の減少に対して  $\text{SiO}_2$  量と  $\text{Na}_2\text{O}$  量は増加の傾向を示すが、 $\text{FeO}/\text{MgO}$  比は減少、 $\text{Mg\#}$  は増加しており、結晶分化による  $\text{SiO}_2$  量の変化とは反対の傾向を示すことから、これらの元素比の変動は変質作用によるものと考えられる。

Ishizuka et al. (2011) と Haraguchi et al. (2012) はともに九州パラオ海嶺と現伊豆小笠原弧の火山岩の化学的特徴から、四国海盆拡大時に背弧側より enrich したマントルが流入しこれによって島弧活動が enrich したものに变化したことを示した。四国海盆玄武岩もこの enrich したマントルからもたらされたと考えられるが、四国海盆中部の Site 442~444 に対し、Site C0012 の BABB は HFSE 比に微妙な差が認められ、BABB マグマ起源物質組成の地域差が存在することを示唆する。他、四国海盆拡大開始から現在に至るまでの時間変化と絡めてこれらの火山岩の比較を行い、マグマ発生環境、起源物質の変化を考察したい。

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

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



## 新しいGANSEKI: システム更新と機能強化 New GANSEKI: Major System Revision and Improved Usability

富山 隆将<sup>1\*</sup>, 市山 祐司<sup>1</sup>, 堀川博紀<sup>1</sup>, 佐藤 悠介<sup>1</sup>  
Takayuki Tomiyama<sup>1\*</sup>, Yuji Ichiyama<sup>1</sup>, HORIKAWA, Hiroki<sup>1</sup>, Yusuke Sato<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>JAMSTEC

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の研究船や探査機により、毎年数百個の岩石サンプルが採取されている。深海底は、研究者単独ではアクセスが困難な場のひとつであり、これらの岩石サンプルは、利用可能な数量の上でも、採取に必要なコストや技術の上でも、貴重である。近年では深海の有用鉱物資源の探査やその利用を視野に入れた研究も注目されており、深海底の岩石には、社会の各方面から自然史的な知識の探求のみに留まらない興味が寄せられている。

JAMSTEC の岩石サンプルやその関連データを有効利用するためには、航海当時の研究課題だけにとらわれず、広く一般の研究・教育を目的とした二次利用に提供することが大切である。そのため、JAMSTEC は、岩石サンプルやその関連データの保管・管理に取り組み、国内外の研究・教育や、報道・広報などの企画への提供を行ってきた。岩石サンプルと関連データの公開は、インターネット上に開設されたデータベース「深海底岩石サンプルデータベース (GANSEKI) [1]」を通して行われており、2006 年度の運用開始以来、掲載データやサンプルの拡充と機能強化が進められてきた。

JAMSTEC におけるこのような取り組みは、岩石サンプルだけでなく、コアサンプルや生物サンプル、航海・潜航情報や映像データなど、多岐にわたる。データベースの利便性の向上と用途の拡大には、それぞれのデータベースが密接に連携することが重要である。2012 年度には、旧「JAMSTEC 観測航海データサイト」を置き換える形で機能強化された「航海・潜航データ探索システム (DARWIN) [2]」が公開され、種々のデータ管理の変化に対応する形で、GANSEKI にも大幅な改修が加えられた。

これまでの GANSEKI は、サンプルの取得情報 (メタデータ) や保有情報 (インベントリデータ)、化学分析データや画像データを公開する仕組みを備えており、国際的岩石化学ポータルサイト "EarthChem [3]" との連携などを進めてきた。しかし、旧システムは、各サンプルに関連する航海・潜航情報データベースとの連携や、多様な分析データへの対応、画像データの閲覧性などの点では、改善の余地が大きかった。今回行われた GANSEKI の改修は、システム部分の置き換えを伴っており、管理側・ユーザー側ともにインターフェースが一新され、データの検索性と閲覧機能が大幅に強化された。新しい GANSEKI では、DARWIN を始めとする複数の WEB サイトの参照、分析データの数値検索、薄片写真やサンプル写真などの画像検索などを、より快適な操作で行うことができるようになり、一層利便性が高いものとなっている。

参考: [1] 「深海底岩石サンプルデータベース (GANSEKI: Geochemistry and Archives of Ocean Floor Rocks on Networks for Solid Earth Knowledge Information)」<http://www.godac.jamstec.go.jp/ganseki/>. [2] 「JAMSTEC 航海・潜航データ探索システム (DARWIN: Data Research System for Whole Cruise Information in JAMSTEC)」<http://www.godac.jamstec.go.jp/darwin/j>. [3] "EarthChem" <http://www.earthchem.org/>.

キーワード: 岩石サンプル, キュレーション, データベース, 海洋底  
Keywords: rock sample, curation, database, seafloor

## 音響映像を用いた海底熱水噴出計測手法の開発

## Development of observation method for seafloor hydrothermal flow based on acoustic image

望月 将志<sup>1\*</sup>, 田村肇<sup>2</sup>, 木下正高<sup>2</sup>, 浅田昭<sup>1</sup>, 玉木賢策<sup>3</sup>

Masashi Mochizuki<sup>1\*</sup>, TAMURA, Hajimu<sup>2</sup>, KINOSHITA, Masataka<sup>2</sup>, ASADA, Akira<sup>1</sup>, TAMAKI, Kensaku<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学生産技術研究所, <sup>2</sup>(独) 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>1</sup>Institute of Industrial Science, University of Tokyo, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>School of Engineering, University of Tokyo

We have been developing a method of observation for seafloor hydrothermal flow. The system is based on acoustic video camera 'DIDON'. DIDSON (Dual-Frequency IDentification SONar) is acoustic lens-based sonar. It has sufficiently high resolution and rapid refresh rate that it can substitute for optical system in turbid or dark water where optical systems fail.

DIDSON equipped on the submersible Shinkai6500 could capture sliced images of the seafloor hydrothermal flows at the Rodriguez segment of the Central Indian ridge, in YK09-13 Leg.1 cruise. We could identify shadings inside the acoustic movie images of the hydrothermal flows. Silhouettes of the hydrothermal flows varied from second to second, and the shadings inside them also varied. These variations were thought to be corresponded to internal structures and flows of the plumes. These are only a few acoustic video images of the hydrothermal plumes. Results from this observation show that DIDSON has a potential of equipment for hydrothermal flow observation.

We performed a tank experiment so that we will have acoustic images of water flow under the control of flow rate. The purposes of the tank experiment were to delineate water flow images in the tank and to get clue to estimate the volume of the water flow.

Water was heated in the hot tub and pumped to the water tank through the silicon tube. We observed water flows discharging from the tip of the tube with DIDSON. Flow rate had been controlled and temperatures of the discharging water and background water had been measured. The proposed method to observe and measure hydrothermal flow is the one to utilize a sheet-like acoustic beam. Scanning with concentrated acoustic beam gives distances to the edges of the hydrothermal flows. And then, the shapes of the flows can be identified even in low and zero visibility conditions.

Preliminary result of the tank experiment showed that 3D images of water flows in the tank could be reconstructed with the proposed method. We have been trying to estimate the volumes of water flows based on the reconstructed images, on the assumption that the water flows were in a constant state of movement.

We will report the overview of the tank experiment and proposed observation method in this presentation.

キーワード: 海底熱水噴出, 音響ビデオカメラ

Keywords: seafloor hydrothermal flow, acoustic video camera

## 深海調査映像の海洋底地球科学への利用可能性 Availability to the ocean floor geoscience of the deep-sea videos

北山 智暁<sup>1\*</sup>, 田中克彦<sup>1</sup>, 荻堂盛誉<sup>2</sup>, 伊禮一宏<sup>2</sup>, 嘉陽牧乃<sup>2</sup>, 齋藤秀亮<sup>1</sup>, 華房康憲<sup>1</sup>, 仲村亮<sup>2</sup>, 園田朗<sup>1</sup>  
Tomoaki Kitayama<sup>1\*</sup>, TANAKA, Katsuhiko<sup>1</sup>, OGIDO, Moritaka<sup>2</sup>, IREI, Kazuhiro<sup>2</sup>, KAYO, Makino<sup>2</sup>, SAITO, Hideaki<sup>1</sup>, HANA-FUSA, Yasunori<sup>1</sup>, NAKAMURA Makoto<sup>2</sup>, SONODA Akira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (独) 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> (株) マリン・ワーク・ジャパン

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Marine Works Japan LTD

深海調査で得られた映像は、調査・採集が困難な深海底の地質・地形、深海環境の経時変化、極限環境における生物の生育等成育等を知る上での貴重な情報源であり、海洋・地球科学における利用価値とその重要性は高い。例えば、深海生物の観察映像はその行動を知る上で必要不可欠であり、海洋生物の多様性・分布情報を扱う統合データサイト「Biological Information System for Marine Life (BISMaL)」では、映像の撮影位置情報を元に分布の可視化が行われている。

独立行政法人海洋研究開発機構地球情報研究センター (JAMSTEC/DrC) では、潜水調査船や無人探査機により撮影された膨大な深海調査映像に、撮影潜航調査のメタ情報や撮影内容 (生物名や地質環境等) を付与し公開している。また、映像動向の進展に合わせた深海調査映像の品質最適化や、深海調査映像から広範囲の深海底環境を再現するパノラマ技術を用いた映像解析技術の導入を図るなど、海洋・地球科学における深海調査映像の研究データとしての利用価値向上を目指している。

本発表では、JAMSTEC/DrC における深海調査映像の研究利用を促進するための取り組みの紹介とともに、海洋底地球科学における深海調査映像の利用可能性について報告する。

キーワード: 深海調査映像, 研究データ, 利用促進

Keywords: deep-sea video, research data, utilization promotion

## フィリピン海プレート周辺の海底下の3次元電気伝導度構造

## The three-dimensional conductivity structure beneath the Philippine Sea and the western Pacific Ocean

多田 訓子<sup>1\*</sup>, 馬場 聖至<sup>2</sup>, 歌田 久司<sup>2</sup>

Noriko Tada<sup>1\*</sup>, Kiyoshi Baba<sup>2</sup>, Hisashi Utada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>ERI, University of Tokyo

The electrical conductivity of the upper mantle beneath the Philippine Sea and the western edge of the Pacific Ocean was imaged in three-dimension (3-D) for the first time from marine magnetotelluric (MT) data.

We performed 3-D inversion analysis for the MT responses at 25 sites, which were obtained by a previous study (Baba et al., 2010) as a part of the Stagnant Slab Project (Shiobara et al., 2009). 21 sites of all sites were located on the Philippine Sea plate, while 4 sites were on the Pacific plate. The inversion scheme that we applied in this study was newly developed for this study to treat the effect for both regional large-scale and local small-scale topographic changes on MT responses (Tada et al., 2012; Baba et al., submitted) because the bathymetry and land/ocean distribution are known to significantly affect seafloor MT responses because of high contrast in the conductivity between seawater and crustal rocks..

The area imaged in this study is more than 3,000 x 3,000 square kilometers. The resolution of the electrical conductivity structure is at least 500 km x 500 km. This is small enough to discuss differences or similarities among basins in the Philippine Sea plate. And also we can discuss differences/similarities between the Philippine Sea mantle and the Pacific mantle from the electrical conductivity structure.

The best electrical conductivity model shows four features. (1) The conductivity of the Philippine Sea mantle is higher than that of Pacific mantle for the depths shallower than 200 km, and become almost equal to that of Pacific mantle in deeper parts, suggesting thinner young Philippine Sea Plate and thicker old Pacific Plate. (2) A conductive anomaly is located below 125 km depth beneath the Sikoku and Parece-Vera Basins. (3) A resistive anomaly is located at shallower than 40 km depth beneath the Daito and Oki Daito ridges. It might reflect complex tectonic history such as paleo Daito Ridge island arc-trench system (Tokuyama, 1995). (4) A resistive anomaly is located at shallower than 240 km at the northern part of the Shikoku Basin, which indicates the subducted Pacific Plate.

The next step will combine our result with other parameters such as seismic velocity structures in order to understand an evolution of the Philippine Sea plate in detail.

キーワード: 3次元電気伝導度構造, フィリピン海, 海底 MT 法, インバージョン

Keywords: 3-D conductivity structure, Philippine Sea, Marine MT method, Inversion



## 電気伝導度構造が示唆するプチスポットメルトの起源 Origin of the petit-spot melt suggested from electrical conductivity structure

馬場 聖至<sup>1\*</sup>, 阿部 なつ江<sup>2</sup>, 平野 直人<sup>3</sup>, 市来 雅啓<sup>4</sup>  
Kiyoshi Baba<sup>1\*</sup>, Natsue Abe<sup>2</sup>, Naoto Hirano<sup>3</sup>, Masahiro Ichiki<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, <sup>3</sup> 東北大学東北アジア研究センター,  
<sup>4</sup> 東北大学大学院理学研究科地震・火山噴火予知研究観測センター

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>Institute for Research on Earth Evolution, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, <sup>4</sup>Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University

北西太平洋のプチスポットは約 130 Ma 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と考えられている。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。我々は、2005 年の 5 月～8 月および 2007 年の 5 月～2008 年 8 月に、合計 9 観測点で海底電位磁力計 (ocean bottom electromagnetometer; OBEM) を用いた電磁気探査を実施し、7 観測点で良好なデータを取得した。これに 2003 年 7 月～2004 年 11 月にかけて別のプロジェクトで取得された 2 観測点のデータを加えて、9 観測点の電磁場データを解析した。まず全観測点のデータを平均的に説明する 1 次元電気伝導度構造モデルを求めた。1 次元構造解析においては、Baba et al. (2010) の手法を用いて海陸地境界と海底地形の効果を適切に取り除いて、より尤もらしいモデルを構築した。この 1 次元構造モデルを初期モデルかつ先見モデルとし、3 次元インバージョン解析を実施した。インバージョンは、WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005) を海底 MT データ用に拡張した Tada et al. (2012) のプログラムを用いた。したがって、海底地形および海陸境界がモデルに組み込まれている。

得られた 3 次元電気伝導度構造モデルは、以下の特徴を示す。1) 北緯 37.5 度、東経 149.8 度のプチスポット火山群 (湯川海丘群) 周辺のリソスフェアは周囲よりも電気伝導度が高い。電気伝導度値は深さ約 70 km で約 0.003 S/m である。この特徴は、鉛直断面図においては低電気伝導度層がプチスポット周辺の海底下でその周囲に比べて薄くなっている様子として確認できる。2) 深さ約 200 km をピークとする高電気伝導度層 (約 0.1 S/m) は、湯川海丘群直下に孤立しているのではなく、観測海域の広い範囲に分布する。ただし湯川海丘の北西側は比較的低電気伝導度である。チェッカーボードテストおよびフォワードモデリングテストからは、これらの特徴はデータにより比較的良好に分解できているものと考えられる。

電気伝導度値は、適切な仮定の下でオリビンやメルトの電気伝導度測定の結果を適用することで、温度構造やメルト量に変換することができる。本研究では、Hirschmann (2010) に基づき、オリビンおよびメルトへの水や二酸化炭素の分配とマントルペリドタイトの相平衡を考慮して、マントルの部分熔融条件とも整合的な温度およびメルト量を電気伝導度値より見積もった。その結果、湯川海丘下深さ 200 km の電気伝導度は、含水ペリドタイトとごく少量 (0.004-0.033%) の含水ケイ酸塩メルトで説明できるが、そのときの温度は 1600～1720 と非現実的に高い。一方マントルが二酸化炭素を含むとすれば、より現実的な温度 (1400 ) で 0.25% の炭酸塩メルトで電気伝導度を説明できる。プチスポット玄武岩は発泡度が高く、水に加えて二酸化炭素も豊富に含んだことが見積もられており、電気伝導度の解釈と矛盾しない。以上の議論より、高電気伝導度異常の分布は、アセノスフェアが部分熔融しており、プチスポット活動によってメルトがリソスフェア内に上昇したことを示唆していると考えられる。

キーワード: プチスポット, 北西太平洋, 電気伝導度, 海底電位磁力計, マグネトテルリック法

Keywords: petit-spot, northwestern Pacific, electrical conductivity, ocean bottom electromagnetometer, magnetotellurics

## 船上地磁気3成分磁力計からみる中央海嶺の拡大速度と磁気境界走向の関係 Using STCM data, relationship between spreading rate and magnetic boundary strike in mid ocean ridge

佐藤 幸隆<sup>1\*</sup>, 松本 剛<sup>1</sup>, 野木 義史<sup>2</sup>

Yukitaka Satoh<sup>1\*</sup>, Takeshi Matsumoto<sup>1</sup>, Yoshifumi Nogi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

中速拡大海嶺に分類される南東インド洋海嶺での砕氷艦「しらせ」とJAMSTECの研究船「みらい」によって2003年と2004年に取得された船上地磁気3成分磁力計による地磁気異常データを用いて拡大速度と拡大の安定性に関する研究を行った。その結果、海底地形とISDV(Intensity of the Spatial Differential Vectors)から求めた磁気境界走向(MBS: Magnetic Boundary Strike)について高速拡大に近い地形である東経90°付近ではMBSの値がほぼ一定にそろっており、低速拡大に近い地形の東経110°ではMBSの値がばらついているという事を示した(佐藤ほか, 2012; JpGU発表)。

本研究では、典型的な低速拡大海嶺である大西洋中央海嶺(MAR)と高速拡大海嶺である東太平洋海膨(EPR)での地磁気3成分データの解析を行い、ISDVからMBSを求め、その標準偏差を求める事で海底拡大の安定性を求めた。また全磁力異常値とモデル値の比較から片側拡大速度を算出した。大西洋でのデータは「みらい」のMR03-K04 leg4航海。太平洋はMR09-01 leg1航海で取得されたデータを用いた。

MARでは海嶺の東側でのMBSの標準偏差が小さく片側拡大速度はほぼ一定であったが、東側ではMBSのばらつきが大きく、片側拡大速度もばらつきが見られた。しかしながら、EPRではMBSのばらつきが西側で小さく、東側で大きかったのにもかかわらず、片側拡大速度はどちらも一定ではなかった。

したがって、片側拡大速度とMBSの安定性について明確な関係が見られなかった。また地形との比較でも南東インド洋海嶺とは異なった結果となった。

キーワード: 中央海嶺, 地磁気異常

Keywords: Mid ocean ridge, Magnetic anomaly

## 平成23年東北地方太平洋沖地震震源域東方の日本海溝海側斜面における断層地形と火山地形

### Active topographic features on the oceanward plate of the Japan Trench near the hypocenter region of the 2011 Tohoku Earthquake

中西 正男<sup>1\*</sup>

Masao Nakanishi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Chiba Univ.

平成23年東北地方太平洋沖地震後に、日本海溝海側においてアウターライズ地震が何度か発生した。将来マグニチュード8以上のアウターライズ地震が発生する可能性も示されている。これは、アウターライズ地震はプレート間のカップリング状態と相関があるため、プレート間地震によって応力状態が変化し、アウターライズ地震が起こりやすくなると考えられたためである。アウターライズ地震については、その発生頻度、どこでも同じ頻度で発生するのかなど不明な事柄が多く、その理解はあまり進んでいない。アウターライズ地震について理解を深めるためには、アウターライズ周辺の海底地形や地殻構造を知ることが欠かせない。アウターライズ地震の実像を解明するためには、起震断層の正確な位置や形状、活動履歴などを明らかにすることが必要である。したがって、海溝海側斜面の断層地形に関する研究は、アウターライズ地震に関する研究において、重要な役割を果たす。

アウターライズの頂上付近から海溝軸までの海側斜面には正断層起源の地塁地溝地形（以下、断層地形と記す）が発達している。断層地形は、海洋リソスフェアが海溝に沈み込む際に屈曲し、それに伴いリソスフェアの上面が張力場になることから形成されると考えられている。この断層地形の形成過程においてアウターライズでは地震が発生すると考えられている。一般に、断層地形は海溝軸と平行な走向を持つと考えられている（Masson, 1991; Kobayashi et al., 1998; Ranero et al., 2003）。しかし、千島海溝西部、日本海溝南部、伊豆・小笠原海溝北部などでは、海溝軸と平行でない断層地形も存在する（例えば、Kobayashi et al., 1998）。これらの地域の断層地形は、海底拡大過程に起因する構造（abyssal hills やトランスフォーム断層）の再活動によると考えられている。

日本海溝の走向は北緯38度付近より北側ではほぼ南北であるが、北緯38度より南ではN30Eである。海溝軸の水深は南に行くに従って深くなる（7,500 m から 8,000 m）。日本海溝のアウターライズ（海溝周縁隆起帯）は北海道沖の千島海溝西部に比べて規模は小さい。北緯37度より南では、アウターライズに相当する隆起帯はみられない。アウターライズに相当するところには、常磐海山列が存在する。

断層地形の多くは、5,600 m の水深より深い海側斜面に存在する（Nakanishi, 2011）。アウターライズより外側には存在しない。断層地形の走向は大きく2つのグループに分けられる。1つは海溝付近で新たに形成された断層地形である。その走向は海溝軸の走向とほぼ同じである。もう一つは、海底拡大過程に起因する構造的弱線が再活動したグループである。このグループの断層地形の走向は、海溝軸とは異なる。海山が沈み込む周辺の海底の一部では、この2つのグループのいずれにも属さない断層地形が見られる。

北緯38度付近の海側斜面には、多数の海丘が存在している（Hirano et al., 2008）。これらの海丘はプチスポット火山より規模が少し大きい。これらの海丘には堆積物は存在しないか、非常に薄い。そのため、これらの海丘は最近の火成活動により形成されたと考えられる。

#### 参考文献：

Hirano N., Koppers A. A. P., Takahashi A., Fujiwara T., and Nakanishi M., Seamounts, knolls and petit-spot monogenetic volcanoes on the subducting Pacific Plate, *Basin Res.* doi: 10.1111/j.1365-2117.2008.00363.x, 2008.

Nakanishi, M., Bending-related topographic structures of the subducting plate in the northwestern Pacific Ocean, in *Accretionary prisms and convergent margin tectonics in the northwest Pacific Basin, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, 8, edited by Y. Ogawa, R. Anma, and Y. Dilek, Springer Science+Business Media B.V., pp. 1-38, doi 10.1007/978-90-481-8885-7\_1, 2011.

キーワード: 断層地形, プチスポット火山, アウターライズ地震, プレート屈曲, 日本海溝海側斜面

Keywords: bending-related topographic features, petit-spot volcanoes, trench-outer rise earthquake, oceanic spreading fabric, Japan Trench

## 1998年パプアニューギニア津波波源域の底質分布 Seafloor mapping of the 1998 Papua New Guinea earthquake and tsunami source area

松本 剛<sup>1\*</sup>  
Takeshi Matsumoto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学理学部

<sup>1</sup> Faculty of Science, University of the Ryukyus

1998年7月17日にニューギニア島北岸沖のニューギニア海溝域で発生したパプアニューギニア地震は、約2200名の犠牲者をもたらした津波を伴い、その津波の規模としては、北岸域のシッサノ・ラグーンで最大波高15mにも上るものであったとされている。地震のマグニチュードはM7.1と推定され、地震断層の規模から津波を考えた場合、「最大波高15m」が説明出来ないため、地震断層運動の他に海底地すべり(スランプ)が発生した可能性が指摘されていた。

この津波の波源域については、1999年及び2001年に、海底地形調査、海底目視観察、シングルチャンネル音波探査による海底下の構造把握など、さまざまな調査航海が行われてきた。特に海底目視観察については、当時の海洋科学技術センター(JAMSTEC)の保有する深海無人探査機「ドルフィン3K」による6潜航、潜水調査船「しんかい2000」による7潜航の、計13潜航に亘って行われてきたが、それらすべてをまとめた海底地質構造ルートマップがこれまでに作成されていなかった。今般、同地震津波を引き起こした海底変動を明らかにし、今後の津波研究に資するため、これまでに得られた全ての情報を結集し、同海域の広範囲の海底地質構造ルートマップを作成し、それによる同海域での海底変動を考察した。

方法としては、1999年にJAMSTECによって行われたSOS-2調査航海(「なつしま」/「ドルフィン3K」第398~403潜航)と、SOS-3調査航海(「なつしま」/「しんかい2000」第1155~1161潜航)によって得られた海底映像を記載し、潜航域海底の堆積物、クラックの状況、崩落跡の様子、化学合成生物の種類・分布状況を把握した。その上で、潜航航跡上に記載内容に基づいて海底地質構造ルートマップを作成した。

変動域の北側の海域においては、地形調査の段階で断層地形が見られ、1998年の地震の際に動いたものか否かを調べるために2潜航(#399・#403)が行われた。岩石の崩落跡は見られたが、その上に泥を被っていた。また、海域北部の海山の麓に化学合成生物を確認し、断層に伴う冷水湧出があることが示唆された。

調査海域南側では、円形劇場型の地形(amphitheatre)に沿って主に潜航が行われ、雁行配列のクラック(crown cracks)が多くみられた。また、斜面に沿って崩落痕も多数見られた。地形調査の段階で、調査海域の南端域に沈んだ環礁の跡が確認されていたため、その地点でも潜航が行われた。この地点では大規模な変動があった様子は見られなかったが、環礁が沈んだ場所で化学合成生物が確認できた。

観察結果から得られたことから、調査海域の北部の断層は岩石の崩落跡に泥を被っていたことから、最近動いたものではないと判断された。また、化学合成生物の分布から、この海域の下には小規模な伏在断層が多数あると考えられる。スランプは、円形劇場型の斜面に沿って約10kmの距離で発生し、またスランプに沿って崩落した土砂の体積は約5.4km<sup>3</sup>であると推測される。



## 海底地殻変動観測における緊急観測時の観測・解析方法の検討 Study for observation and analysis method in urgent seafloor geodetic observation

氏原 直人<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>

Naoto Ujihara<sup>1\*</sup>, Mariko Sato<sup>1</sup>, Shun-ichi Watanabe<sup>1</sup>, Tadashi Ishikawa<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>JHOD, JCG, <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」を組み合わせることで、測量船を使用して通常1観測点あたりおよそ1日かけて観測を実施し、センチメートルの精度で海底基準点の位置を求めている。この観測を繰り返し行うことにより、海底の地殻変動を監視している。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することに成功している。

海上保安庁海洋情報部では、巨大地震発生後において、速やかに観測を行い、観測結果を公表するよう努めてきた。例えば、2011年3月の東北地方太平洋沖地震発生後には、日本海溝沿いの各海底基準点において通常の1/4程度の観測（約5～6時間）を行い、寄港翌日に暫定結果を導出した。この際、取得データ量を1/4にしたのは、陸上のGPS観測結果に基づく断層モデルから海底基準点で数m～10mの変位が予想されたことと、それまでの精度評価により、1/4程度のデータ量でも10cm程度の精度で位置決定ができることがわかっていたことによるものである。しかしながら、測量船には緊急物資輸送路確保のための水路測量を実施する任務があるため、一箇所あたり5～6時間の観測時間すら確保することが難しい場合もある。緊急時における観測の機会を最大限に活用するためには、より短時間（1～2時間）の観測精度を事前に把握しておくことが重要である。また、データ解析は、現状ではKGPS解析に陸上のGPSデータを必要とするため、寄港後に実施しているが、船上で一連の解析を実施することができれば観測結果の速報性を上げることができる。

本発表では、地震等に伴い海底基準点で大きな変位が発生したと予測される際の緊急観測の観測方法及び解析方法について検討し、報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測

Keywords: Seafloor geodetic observation

## 複数ブイを用いた海底地殻変動観測手法の開発 -音速構造の空間変化の克服を目指して-

### Development of a new method for GPS/Acoustic seafloor observation using multi-buoy system

向山 遼<sup>1\*</sup>, 生田 領野<sup>2</sup>, 田所 敬一<sup>3</sup>, 永井 悟<sup>3</sup>, 渡部 豪<sup>3</sup>, 佐柳 敬造<sup>4</sup>

Haruka Mukaiyama<sup>1\*</sup>, Ryoya Ikuta<sup>2</sup>, Keiichi Tadokoro<sup>3</sup>, Satoru Nagai<sup>3</sup>, Tsuyoshi Watanabe<sup>3</sup>, Keizo Sayanagi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学理学研究科, <sup>2</sup> 静岡大学理学部, <sup>3</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>4</sup> 東海大学 海洋学部

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Shizuoka University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Shizuoka University, <sup>3</sup>Graduate School of Environment Studies, <sup>4</sup>School of Marine Science and Technology, Tokai University

我々は船上 - 海底間の音波測距と GPS による船の測位を組み合わせた海底地殻変動観測の開発を行っている。これはキネマティック GPS 技術によりその位置を正確に決められた観測船と海底に設置した海底局との間で音波測距を行い、海底局の位置を推定するものである。この複数日にわたる観測を長期間繰り返し、海底局の移動を追うことで地殻の変動を検出できる。現在我々のグループは、静岡県駿河湾と紀伊半島沖の熊野灘に海底局を設置している。海底局位置の決定精度は、駿河湾の水平成分で  $\pm 5\text{cm}$  である (Ikuta et al. 2008)。これは、2 年の観測で  $39\text{mm/year}$  のプレート運動を捉えられるレベルであり、実際 Tadokoro et al. 2006 では、2004 年 7 月から 2006 年 8 月までの期間の 6 回の海底地殻変動観測で、熊野灘の水平成分で安定して rms ベースで  $\pm 3\text{cm}$  の再現性を持つ海底局位置の決定ができていた。しかしながらこの精度は陸上の GPS の位置精度 (数 mm; Sagiya et al. 2004) に比べると一桁以上悪いものである。精度を悪化させている原因の 1 つとして船を用いた海底地殻変動観測では海底局位置決定の際に海水が水平成層していると仮定していることが考えられる。海水が水平成層していない時に、水平成層を仮定すると海底局決定の精度が悪くなってしまう (Ikuta et al. 2009)。この問題を解決するため、現在複数ブイを用いた海底地殻変動観測を開発している。この新たな観測システムでは、現在の観測システムで船が担っている役割を全てブイに任せる。海上に浮かべた複数のブイから同時に観測を行うことで、海底局位置とともに海中の音速構造の空間変化に感度を持たせ、これにより海底局位置をより精度よく求めることが期待できる。2012 年 11 月 9 日に複数ブイを同時に用いた海底地殻変動の試験観測を駿河湾で初めて行った。この結果、ブイ間での音速構造の明確な違いが検出され、音速構造の時間・空間変化を分離することに成功した。この試験観測を通じて開発途上でのブイシステムの問題点なども明らかになったので、この改善策も合わせて紹介する。

キーワード: 海底地殻変動, 繫留ブイ, GPS/音響結合方式, 音速構造, 時空間変化

Keywords: seafloor crustal deformation, moored buoy, GPS/Acoustic, sound velocity, spatio-temporal variation

## 相模湾初島沖深海底で観測された2011年東北地方太平洋沖地震後のガンマ線変動 Gamma-ray fluctuation observed on deep seafloor off Hatsushima Island in Sagami Bay after the 2011 Tohoku Earthquake

岩瀬 良一<sup>1\*</sup>, 高橋 一郎<sup>2</sup>

Ryoichi Iwase<sup>1\*</sup>, Ichiro Takahashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(独) 海洋研究開発機構, <sup>2</sup>(株) マリン・ワーク・ジャパン

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Marine Works Japan, Ltd.

Long-term gamma-ray observation with NaI(Tl) detector attached to the cabled observatory on deep seafloor at a depth of 1175 m off Hatsushima Island in Sagami Bay has been carried out since 2000. It has multi-channel (256 ch) pulse height analyzer and energy spectra of gamma-ray can be obtained.

Temporal fluctuation of net area of each peak in the energy spectra, which corresponds to radiation dose rate, of Bi-214 (U series), K-40 and Tl-208 (Th series) between January 2010 and December 2012 was studied this time. Although each peak shifts to lower channel as time passes because of the aging of the equipment, in order to prevent discontinuity, ROI (Range of Interest) for each peak was set constant and spectra were averaged for one day. Because of the trouble at the shore station caused by typhoon, the observation stopped from 21st September to 5th October in 2011.

Just after the off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11th in 2011, sudden increase of radiation dose rate of Bi-214 occurred. It continued to increase until April in 2011. It began to decrease gradually in January until June in 2012. On the other hand, the fluctuations of those of Tl-208 and K-40 are not so significant except sudden decrease in February in 2012 which is probably caused by the work of ROV (Remotely Operated Vehicle) on seafloor near the observatory. The temporal fluctuation of Bi-214 might reflect crustal deformation, however, because of poor resolution in energy spectra, the Bi-214 peak might contain the dose rate of Cs-137 associated with atomic power plant accident to some extent. More detailed analysis would be necessary.

キーワード: ガンマ線計測, 相模湾初島沖深海底, 2011年東北地方太平洋沖地震

Keywords: Gamma-ray observation, deep seafloor off Hatsushima Island in Sagami Bay, Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake in 2011

## DONETで観測された海洋長周期重力波の位相速度・到来方向の決定 The phase velocity and arrival direction of infragravity waves observed by DONET

東野 陽子<sup>1\*</sup>, 西田 究<sup>2</sup>, 深尾 良夫<sup>1</sup>, 藤 亜希子<sup>1</sup>, 高橋 成実<sup>1</sup>  
Yoko Tono<sup>1\*</sup>, Kiwamu Nishida<sup>2</sup>, Yoshio Fukao<sup>1</sup>, Akiko To<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Institute for Research on Earth Evolution / Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

海底下浅部構造推定法の一つに海洋を伝播する長周期重力波 (IG 波) の圧力とそれに伴う海底面の動きを応答関数 (compliance) として求め、観測点下の S 波・P 波速度構造を推定する手法がある (Crawford et al., 1991)。我々は、南海トラフ付加帯の応力・歪状態をモニタリングする一手段として、DONET を用いて IG 波を検出し compliance を長期連続測定することを試みている。本研究では、DONET で観測された IG 波の位相速度・到来方向について報告し、これらの結果を踏まえネットワーク全体の応答関数だけでなく、よりローカルな応答関数を求めることを試みる。

2011 年 1 月から 2012 年 12 月までの広帯域地震計上下動成分、水晶水圧計圧力記録に対してスラントスタックによる IG 波の検出を行った。波形データのセグメント長を 3600 秒とし、各 slowness ベクトル に対し観測点ペアごとに波形をずらしてスタッキングをする。同様のプロセスを 1 日分 24 セグメントについて繰り返し、各セグメントのスタック波形を足し合わせる。局所ノイズを防ぐため大きな地震の影響のある期間とスタッキングした 1 セグメントの rms が他の平均値と極端に大きい場合は局所的ノイズとして取り除いた。スタッキングは周波数領域で行ない 0.005-0.025 Hz での 1 日分の rms 振幅のうち最大値を示す slowness と方位を決定し、一日ごとの位相速度・到来方向のモニタリングを行った。

DONET は、2011 年 1-3 月中旬まで 8 点で稼働し、観測点の設置されている水深は約 2000m であったが、3 月に KMC09 (設置水深 3513m)、7 月末には KMC10 (4247m)、11 (4378m)、12 (3782m) が設置され現在計 20 台で稼働している。IG 波の位相速度は水深によって異なるため、同じ波長の波を深さ 2000m と 4000m で観測した場合、速度が変化する。実際に、水深の深い観測点の増える 2011 年 8 月までは平均速度約 125m/s、8 月以降で平均速度 130m/s と明らかに異なった結果を示した。水深 2000m で観測された速度 125m/s の波の波長は約 11.4km となることから、同じ波長の波を水深 4000m で観測すると約 130m/s の速度を持つことが予測されるが、解析する観測点の設置水深の違いによって測定される IG 波の速度が変わることを避けるために、設置水深約 2000m の観測点だけをを用いて測定した。2011 年 10 月までは速度 120-135m/s、方位 100-180 度の範囲で変動が大きく不安定な値を示したが、10 月以降は安定的な結果を示し、2 年間で得られた結果では 123-127m/s の位相速度を示すものが全体の 57 %、方位については同心円状に高い rms 振幅を示し様々な場所で励起された IG 波が到来していることがわかるが、北から約 70 度、120 度、150 度の 3 方向に最大値を示すことが多く、特に 140-160 度の東南方向で励起された波が季節変動などを持たず安定的に到来しており、全体の 48 % と卓越した結果となった。

この安定的な励起源が何かは今後の課題の一つではあるが、設置水深 2000m の観測点には東南方向から速度 125m/s の IG 波が常に到来していると仮定し、各観測点もしくは観測点ノードごとの 4 点アレーを用いてスタック波形を作成し、より局地的な compliance の測定を試みる。

キーワード: 長周期重力波, DONET, compliance

Keywords: Infragravity wave, DONET, compliance



## 日本周辺海域におけるブーゲー重力異常 Bouguer gravity anomaly of Japan's adjacent seas

藤岡 ゆかり<sup>1\*</sup>, 金田謙太郎<sup>1</sup>, 及川光弘<sup>1</sup>, 堀内大嗣<sup>1</sup>, 西澤あずさ<sup>1</sup>, 森下泰成<sup>1</sup>

Yukari Fujioka<sup>1\*</sup>, KANEDA, Kentaro<sup>1</sup>, OIKAWA, Mitsuhiko<sup>1</sup>, HORIUCHI, Daishi<sup>1</sup>, NISHIZAWA, Azusa<sup>1</sup>, MORISHITA, Yasunari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁

<sup>1</sup>Japan Coast Guard

海上保安庁では、1983年から2008年までの間、大陸棚調査として、海底地形調査、海上磁気測量、海上重力測量、及び地殻構造探査を実施してきた。長年にわたる調査海域は広大で、日本の南方域において、海岸線から350海里を超えるまでの範囲に及んでいる。今回、大陸棚調査が一段落したことに伴い、これらの成果をもとに、日本の周辺海域における最新のブーゲー重力異常図を作成したので報告する。

大陸棚調査で取得した重力データは、出入港時に測定した船上重力でドリフト補正を行った後、測位情報を元にエトベス効果の補正が施される。この重力値に最新の正規重力式を適用することでフリーエア重力異常値が算出される。大気補正は適用していない。これを基に1kmメッシュの重力グリッドデータを作成し、地殻の平均密度を2.67 g/cm<sup>3</sup>と仮定した地形補正を適用して、ブーゲー重力異常を算出した。地形補正では、1km×1kmにグリッド化した海底地形の角柱モデルを与え、角柱が半径40km以内に与える重力の影響を、半無限積分を用いて計算した。海底地形モデルには、大陸棚調査を通じてマルチビーム音響測深機により収集した水深データを主に使用し、調査の空白枠においてはETOPO1の水深を用いて補完した。堆積層の効果は考慮していない。

作成したブーゲー重力異常図は、2005年度までの大陸棚調査で得られた成果を用いて作成したブーゲー重力異常図（及川・金田、2007）と比較して、より正確な地形補正の効果を考慮したほか、九州・パラオ海嶺南部、日本海溝沖、南鳥島周辺、伊豆・小笠原海嶺北部、奄美海台周辺等、これらをはじめとする海域におけるブーゲー異常値が追加されているのが大きな特徴である。

海域における地震学的地殻構造の把握は地殻の形成過程を探る一助となるが、すべての海域において地殻構造調査を行うことは現実的ではない。一般的に地殻の厚さはブーゲー異常の主要因の一つであり、マントル以深の密度構造を一定と仮定すれば、地殻の厚さが薄い場所ほどブーゲー異常の値が大きくなる傾向になる。このブーゲー異常と地殻の厚さの関係を用いることで、地殻構造調査を行っていない海域についても、地殻の厚さを推定できる可能性がある。そこで、新たに得られたブーゲー異常値と屈折法地震探査から求められた地殻の厚さの関係について、海域ごとに比較を行った。関係を比較するには調査対象が単純な構造である方が容易であるため、上に広がる堆積層が重力値に与える影響が少なく、また、比較的構造が均質であることを条件とし、結果、海洋性地殻において比較を行うこととなった。

海洋性地殻の厚さは、地磁気のリニエーションが観察される海域において実施された屈折法地震探査の解析結果から抽出した。地殻の厚さとそれに対応するブーゲー重力異常値のデータセットは、四国海盆及び西部パレスペラ海盆、西フィリピン海盆北端及び東部海域、及び太平洋プレート北西部南鳥島周辺といった、地殻形成過程の異なる三つのグループに分類し、各海域における特性を調べるため表にプロットした。その結果、いくつかの傾向が確認できた。

四国海盆及び西部パレスペラ海盆では、ブーゲー異常の値が増加すると地殻の厚さが減少するという傾向を示した。一方、南鳥島周辺の海域では、地殻の厚さがほぼ一定にもかかわらず、ブーゲー異常の値は340~440 mGalの広い範囲で変化した。南鳥島周辺の海山はスーパーブルーームによるプレート内火成活動で形成されたため、地殻の厚さによらないブーゲー異常値の変化はマントル内の大規模な不均質を反映している可能性がある。

キーワード: ブーゲー重力異常

Keywords: Bouguer gravity anomaly

## 西フィリピン海盆北西部玄武岩の Hf 同位体組成の特徴

## Characteristics of Hf isotopic composition of basalts from northwestern part of the West Philippine Basin

護得久 奈央<sup>1\*</sup>, 新城 竜一<sup>2</sup>

Nao Goeku<sup>1\*</sup>, Ryuichi Shinjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 琉球大学理学部

<sup>1</sup>Dept. Physics & Earth sci., Univ. Ryukyus, <sup>2</sup>Dept. Physics & Earth sci., Univ. Ryukyus

本研究では西フィリピン海盆北西部の海底基盤岩の Hf 同位体比の特徴を明らかにすることを目的とした。フィリピン海プレートはいくつかの海盆や海台、島弧から成り立っており、その中でも西フィリピン海盆は最も古い背弧海盆とされている。同海盆の琉球海溝に近い西部には、NE-SW 方向の沖縄・ルソン断裂帯 (Okinawa-Luzon Fracture Zone: OLFZ) が存在している。白橋 (2007, 琉大修論) は OLFZ を中心とした海底からの岩石の Sr-Nd-Pb 同位体比がインド洋 MORB と類似した同位体的特徴を示すことが明らかにした。本研究では白橋 (2007, 琉大修論) で使用されたサンプルの Hf 同位体比の分析を行った。すべてのサンプルは、eHf-eNd 図でインド洋 MORB の領域にプロットされ、Hf 同位体組成もインド洋 MORB タイプの特徴を持つことが明らかとなった。微量元素濃度で OIB や MORB の特徴をもつ岩石の両方がインド洋タイプを示すことから、西フィリピン海盆下部のアセノスフェア深部までその同位体特徴を持つことが推測される。また、フィリピン海プレートの他のより若い背弧海盆の玄武岩もインド洋 MORB タイプの Hf 同位体比を示す。これはフィリピン海プレートの形成初期から現在までインド洋 MORB タイプの同位体的特徴を持つアセノスフェアが、フィリピン海プレートの形成に関わっていることを示唆している。

## オマーンオフィオライト溶岩層における Nd および Hf の同位体比の特徴 Nd and Hf isotopic compositions of the Oman ophiolite extrusive rocks

伊計 杏<sup>1\*</sup>, 新城 竜一<sup>2</sup>  
Anzu Ikei<sup>1\*</sup>, Ryuichi Shinjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup> 琉球大学理学部

<sup>1</sup>Dept. Physics & Earth sci., Univ. Ryukyus, <sup>2</sup>Dept. Physics & Earth sci., Univ. Ryukyus

Peri-Arabian オフィオライトベルトは、トルコの南にあるキプロス島から、シリア北西、トルコ南東、イラク北東、イラン南西をへてオマーンまで約 3000 km の大収束縁であり、ネオテチス海の北側の沈み込み（白亜紀後期 100 Ma）に伴って形成された。このオフィオライトベルトの一部であるオマーンオフィオライトは、アラビア半島の東端において北西-南東方向に約 600 km、幅約 80 km にわたって露出する世界最大のオフィオライトで、マントル-海洋地殻層序の初生的な構造をよく保存している。オマーンオフィオライトの溶岩層は、V1 (Geotimes Unit)、V2 (Alley Unit)、V3 (Salahi Unit) の3つに区分される。これらの層序学的区分は広く受け入れられているが、Lasail Unit に関しては未だ V1 と V2 のどちらに区分されるのか議論がなされている。

本研究では、オマーンオフィオライト噴出岩の地球化学的特徴を明らかにすることを目的として、岩石の Nd および Hf 同位体比の測定を行った。微量元素組成から、本研究の用いたサンプルは N-MORB タイプ、非常に枯渇したタイプ、U 型タイプの3つに分けられる。これらは、それぞれ V1、V2、ボニナイトと調和的である。Nd と Hf の組成から、全てのサンプルがインド洋 MORB タイプのマントルを起源であることがわかった。Pb 同位体システムに基づいた過去の研究から、ネオテチス海が現在のインド洋地域のほとんどを覆っていたことが明らかになっている。本研究で分析したサンプルのほとんどが  $\epsilon_{Nd} > 8$  であり、 $\epsilon_{Nd} < 6$  以下のものもわずかにみられた。この  $\epsilon_{Nd}$  値の低いサンプルは、ボニナイトタイプのものと非常に枯渇したタイプのもので、高い La/Sm 比をもつ。これは沈み込み成分として堆積物を含んだマグマが溶岩として噴出したためである。