

## ナタルバレー及びモザンビークリッジ周辺海域での Gondwana 初期分裂過程

Initial break-up process of Gondwana around the Natal Valley and the Mozambique Ridge, off South Africa.

\*羽入 朋子<sup>1</sup>、野木 義史<sup>2</sup>、Jokat Wilfried<sup>3</sup>

\*Tomoko Hanyu<sup>1</sup>, Yoshifumi Nogi<sup>2</sup>, Wilfried Jokat<sup>3</sup>

1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所

1.Graduate University for Advanced Studies, 2.National Institute of Polar Research, 3.Alfred Wegener Institute

The Natal Valley and the Mozambique Ridge are considered to be formed during the initial break-up stage of Gondwana, however the detailed opening process is not well defined because of the poor geophysical survey data set in this region. To understand the crustal nature and history of the Natal Valley and the Mozambique Ridge, vector magnetic data are obtained during R/V Pelagia cruise 2009. Vector magnetic anomalies and magnetic boundary strikes are calculated from vector magnetic data. The total magnetic anomalies around this region are compiled by using those calculated by vector magnetic anomalies and marine magnetic anomalies from National Geophysical Data Center (NGDC) as well as the EMAG2 digital magnetic anomaly data set. Intensity of the crustal magnetization is deduced from the total magnetic anomalies incorporated with ETOPO1 topography data and offshore global sedimentation model. 2D magnetic block models are also estimated along some of the magnetic anomaly profiles. Moreover, crustal thickness is estimated from satellite derived gravity anomalies using with ETOPO1 topography and offshore global sedimentation model.

It is unlikely that the total magnetic anomalies in the northern Natal Valley (NNV) indicate the magnetic lineations proposed by previous studies. Low intensity of crustal magnetization similar to that of adjacent African continental area is observed on the area of the thick crust (about 14km) that is predominant in the NNV. The thick crust (about 14km) with the low intensity of magnetization most likely shows stretched continental crust. Areas of high intensity of crustal magnetization (more than  $+3A/m$ ) with thin crust (about 12km) would represent the basaltic crust, and account for about 30% in the NNV. Magnetic boundary strikes obtained in the NNV most likely indicate the boundaries between basaltic intrusion and the stretched continental crust. The basaltic intrusion might be related to Karoo volcanism. In the southern part of the southern Natal Valley (S-SNV), NW-SE magnetic boundary strikes along the total magnetic anomaly profiles show the magnetic isochrones M10-M0 proposed by previous studies. Several fracture zones are suggested from the magnetic boundary strikes and intensity of crustal magnetization along observation lines. In the northern part of the southern Natal Valley (N-SNV), low intensity of crustal magnetization with the 9-11km crustal thickness are observed and these imply the stretched continental crust similar to the stretched continental crust area of the NNV. The N-SNV most likely shows the edge of the stretched continental crust, and seafloor spreading in the S-SNV started at the time of M10. In the northern part of the Mozambique Ridge (N-MOZR), features of intensity of crustal magnetization and crustal thickness are also similar to those in the NNV, suggesting the same formation process of the NNV. In contrast, high intensity of crustal magnetization is dominated in the southern part of the Mozambique Ridge (S-MOZR). The magnetic boundary strikes show the clear NW-SE trend however the magnetic anomaly pattern is not clear and crustal thickness is thicker more than 11km. High intensity of crustal magnetization and thick crust probably indicates that the S-MOZR was formed with excessive volcanism such as hotspot. NW-SE trend of magnetic boundary strikes may represent the trend of the spreading ridge. These results suggest that there is continental ocean boundary between the N-MOZR and the S-MOZR.

We will present the crustal features deduced from magnetic anomalies and gravity anomalies in the Natal Valley and the Mozambique Ridge, and discuss about the initial break-up process of Gondwana in this region.

キーワード：地磁気3成分、ゴンドワナ分裂、ナタルバレー、モザンビークリッジ

Keywords: vector magnetic anomalies, break-up of Gondwana, Natal Valley, Mozambique Ridge

## インド洋口ドリゲス三重会合点かいいい熱水域における地震活動: その2

## Seismicity at the Kairei Hydrothermal Vent Field Near the Rodriguez Triple Junction in the Indian Ocean: Part 2

\*森 大湧<sup>1</sup>、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>

\*Taiyu Mori<sup>1</sup>, Toshinori Sato<sup>1</sup>, Hiroyoshi Takata<sup>1</sup>, Yuki Imai<sup>2</sup>, Yui Noguchi<sup>1</sup>, Akihiro Kono<sup>1</sup>, Tomoaki Yamada<sup>3</sup>, Masanao Shinohara<sup>3</sup>

1.千葉大学大学院理学研究科、2.千葉大学理学部、3.東京大学地震研究所

1.Graduate School of Science, Chiba University, 2.Faculty of Science, Chiba University,

3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo

### 1. はじめに

インド洋口ドリゲス三重会合点の北側、中央インド洋海嶺の第1セグメント東側には、かいいい熱水域があり、水素を多量に含む熱水が噴出している。この熱水域周辺の海底面で、蛇紋岩や斑レイ岩、かんらん岩などの岩石が採取されている。本来深部にあるはずのこれらの岩石が浅いところにあるので、熱水に水素が豊富に含まれると考えられている。また、この熱水域には、水素を活動源にする生物が生息している。「海底下の大河」プロジェクト（海底下での熱水循環に関わる生物・地学的現象の解明研究）では、この地域を「水素の大河」と呼んでいる。かいいい熱水域において、深部岩石がどう分布しているのか、また、熱水循環がどうなっているのかを調べるために、海底地震計の用いた地震活動と地殻構造の調査を行った。

2015年連合大会では、約50日間の観測で5000個以上の微小地震を求め、かいいい熱水域の北西1-3kmのところに群発地震があり、深さ約8kmまでのところで起きていて、そのメカニズムは正断層型であったことや、海嶺軸での群発地震の分布は、熱水域のものとは深いことなどを報告した。

今回は、より詳しく震源分布を見るために、震源の相対位置がよく求まるHypoDDプログラム (Waldhauser, 2001) 用いて震源再決定を行った。

### 2. 観測・解析概要

2013年1月27日から3月19日にかけて海洋研究開発機構、観測調査船「よこすか」を用いて自然地震観測を行った (YK13-01航海、YK13-03航海)。使用した海底地震計は全部で21台である。

震源決定は、HypoDDプログラム (Waldhauser, 2001) 用いて行った。使用した構造は、高田 他 (2015) の3次元速度構造から、地震が集中している地域の代表的な速度を1次元速度構造にして用いた。

### 3. 結果

かいいい熱水域の群発地震は、深さ約4-7kmまでのところに集中していて、そのメカニズムは正断層型であった。海嶺軸部の群発地震は、深さ約6-8kmのところに集中している。その分布は上下に2つに分かれていて、両者ともに西に60°~70°傾斜している。そのメカニズムは正断層型である。

現在、より詳細な3次元的速度構造を求めるために、TomoDD (Zhang and Thurber, 2003) を用いて震源分布と速度構造の同時決定を試みている。

### 謝辞

観測に関して、海洋研究開発機構の観測調査船「よこすか」の船長と乗組員の方々の協力を頂きました。本研究は科研費新学術領域20109002の助成を受けて行われました。

キーワード：海底下の大河、熱水地域、地震活動

Keywords: TAIGA Project, hydrothermal area, seismicity

## KH-15-5 白鳳丸研究航海速報：長大トランスフォーム断層と海嶺活動 CIR13°-18°S

Preliminary report of KH-15-5 R/V Hakuho-maru cruise: Long-offset transform and ridge processes along the Central Indian Ridge 13-18°S

\*沖野 郷子<sup>1</sup>、島 伸和<sup>2</sup>、砂村 倫成<sup>3</sup>、町田 嗣樹<sup>4</sup>、KH-15-5 研究者

\*Kyoko Okino<sup>1</sup>, Nobukazu Seama<sup>2</sup>, Michinari Sunamura<sup>3</sup>, Shiki Machida<sup>4</sup>, KH-15-5 scientific team

1.東京大学大気海洋研究所、2.神戸大学、3.東京大学、4.海洋研究開発機構

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.Kobe University, 3.The University of Tokyo, 4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

KH-15-5 R/V Hakuho-maru cruise was conducted from 17<sup>th</sup> to 26<sup>th</sup>, January, 2016 along the Central Indian Ridge 13°-18°S. The objective of this cruise is to elucidate the contribution of long oceanic transform faults to global water flux and to explore the magmatic and hydrothermal activities along the ridge north of 18°45'S. During the cruise, we conducted geophysical mapping, deep-tow magnetic survey, rock samplings and CTD hydrocasts along the Marie Celeste transform fault, Argo transform fault and northern part of Seg-18 of the Central Indian Ridge under the collaboration with Mauritius Oceanographic Institute and Korean Institute of Ocean Science and Technology. The principal results of the cruise are summarized as follows.

1. Two deep-tow magnetic profiles across two active transform faults are done. A proton magnetometer and two three-component magnetometers were attached to the system. We succeeded to recover the variation of total magnetic field intensity along ~45km profiles.
2. Along the Marie Celeste transform fault, we conducted 3 dredge hauls and 3 CTD hydrocasts. We recovered various kinds of rocks constituting oceanic crust, gabbroic lower crust to basaltic lava. CTD profiles and water sampling were successfully done from 5000m water depth, mainly for deep-sea microbiological studies. A turbidity meter attached to the dredge wire detected anomaly near the bottom on the median ridge.
3. Along the northern part of the CIR-Seg18, we conducted 6 dredge hauls. Two sites are located at the neo-volcanic zone within ridge axial valley, where we recovered very fresh lava. Three sites are designed to collect samples from off-axis area and slightly altered basalt samples are recovered. Last dredge haul was done at the lower part of an oceanic core complex, where an altered gabbro was recovered.
4. Four CTD hydrocasts were done along the ridge axis of Seg-18. We detected turbidity and transmissometer anomalies, indicating the hydrothermal activity.

キーワード：中央海嶺プロセス、トランスフォーム断層、熱水活動、海洋性地殻

Keywords: mid-ocean ridge process, transform fault, hydrothermal activity, oceanic crust

## 西フィリピン海盆の拡大史に関する再考察

## Re-estimation of the evolution history of the West Philippine Basin

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

## 1. 琉球大学理学部

## 1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

西フィリピン海盆 (WPB) はフィリピン海プレートの西端部に位置し、その拡大はCentral Basin Spreading Centre (CBSC) から始まり、33Ma頃停止したとされている (Karig, 1975, Seno and Maruyama, 1984, Hilde and Lee, 1984など)。最近報告されたIshizuka et al. (2013)では、ODPサイトの岩石試料をもとにした年代からも、この拡大史が検証されている。一方、WPBの北西部にはガグア海嶺 (Gagua Ridge, GR)、ルソン・沖縄断裂帯 (Luzon-Okinawa Fracture Zone, LOFZ) が位置する。この周辺の拡大史が不詳であったが、Doo et al. (2015)により、この海域での近年の海洋地球物理学調査に基づく地磁気異常値をもとにした海底の年代がまとめられ、GRとLOFZとの間の海盆が53-41Maの間拡大し、その後GRの西側の海盆、すなわちHuatung Basin(HB)と台湾の間の海域が拡大を開始して、33Ma頃まで拡大していたと云う結果が得られている。すなわち、後者は前者を挟んで、CBSCでの拡大とほぼ同時期に拡大していたことになる。しかしながら、CBSCの北端の位置から見て、CBSCでの拡大は、ホットスポット性の火山活動により形成された (Ishizuka et al. 2013) とされるBenham Rise(BR)及びUrdaneta Plateau(UP)の南側の海域は明らかではあるものの、WPBの北縁に当たる南西諸島海域との間、LOFZの東側の領域での拡大に時期については明らかにされておらず、CBSCの拡大が停止した時期以降も拡大していた可能性もある。そこで本研究では、これまでのこの海域での近年の地球物理探査航海のデータを見直し、この海域を含むWPB全体の拡大史の再考察を試みた。使用したデータは、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) のによる、「かいいい」KR03-04、KR04-14航海、「みらい」MR11-01航海、海上保安庁海洋情報部による水路測量HT97航海による地磁気データ (全磁力異常、一部、三成分磁力計による測定をもとにした全磁力異常計算値を含む) である。結果として、この海域の海底は北東に向かう程年代が古くなり、その年代は23~30Maと見積もることができた。このことは、海底での採取試料の年代決定値 (新城, 私信) とほぼ一致している。すなわち、CBSCでの拡大が停止して、新たに東側に隣接する四国海盆・パレスベラ海盆の拡大が開始した当時、WPBの北端部でも新たなマグマ活動が生起し、拡大軸が転移したものと推定できる。しかしながら、この海域で拡大が停止した時期については、隣接するマニラ海溝への沈み込みもあり、推定することは難しい。

キーワード：西フィリピン海盆、地磁気異常

Keywords: West Philippine Basin, Geomagnetic anomaly

Seismic structure of continental rift and off-axis volcanism in the Okinawa trough back-arc basin

Seismic structure of continental rift and off-axis volcanism in the Okinawa trough back-arc basin

\*新井 隆太<sup>1</sup>、高橋 努<sup>1</sup>、小平 秀一<sup>1</sup>、海宝 由佳<sup>1</sup>、三浦 誠一<sup>1</sup>、金田 義行<sup>2</sup>

\*Ryuta Arai<sup>1</sup>, Tsutomu Takahashi<sup>1</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>, Yuka Kaiho<sup>1</sup>, Seiichi Miura<sup>1</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>2</sup>

1.海洋研究開発機構、2.名古屋大学

1.Japan Agency Marine-Earth Science and Technology, 2.Nagoya University

Back-arc basins are a primary target to understand lithospheric evolution in extension associated with plate subduction. Most of the currently active back-arc basins host well-developed spreading centers where active seafloor spreading and creation of the oceanic crust have already occurred. However, rift structure at its initial stage, a key to understand how the continental lithosphere starts to break in a back-arc setting, is poorly documented. The Nansei-Shoto subduction zone forms a trench-arc-back-arc system from Kyushu, SW Japan, to Taiwan and provides a superb site for studying the interaction between the plate subduction and the rifting process in a continental back-arc basin. Behind this ~1,200-km-long subduction zone, the Okinawa trough forms an active continental rift zone along the southeastern end of the Eurasian plate. Although the total length of extension is estimated no more than 80 km (Sibuet et al., 1995), its rifting style is significantly variable along the trough: The northern and middle Okinawa trough is characterized by shallow bathymetry (< 1000 m) and has a wide (up to 230 km) basin structure. In the southern Okinawa trough, on the other hand, the maximum seafloor depth exceeds 2,000 m and a relatively narrow (60-100 km wide) topographic depression is formed along left-stepping en echelon rift axes. Early seismic studies suggest that crustal separation and active seafloor spreading has occurred in the central and southern Okinawa trough, whereas recent studies reveal that there exists over-15-km-thick crust beneath the rift axes even in the southern part where the deepest seafloor occurs, indicating that the whole part of the Okinawa trough is still at a stage of continental rifting (Hirata et al., 1990; Sibuet et al., 1998). Yet the fault system accommodating the crustal extension and its along-trough variation are little documented. The Okinawa trough is also known for active hydrothermal system discharging high temperature fluids, implying that the crustal rifting enhances the transfer of high-temperature magmatic bodies from the deep mantle up to near the seafloor. However, the relative roles of magmatic input and tectonic stretching in controlling the whole rifting system remain poorly understood.

Toward understanding the tectonic and volcanic processes associated with the continental back-arc rifting, JAMSTEC has been carrying out active-source seismic experiments in the Okinawa Trough. Multichannel seismic (MCS) reflection data and OBS refraction data were collected in the southern Okinawa trough (24-26°N) in 2013 and in the northern Okinawa trough (29-30°N) in 2015. Based on the data set, we present structural models of the Okinawa trough. The MCS reflection data in the southern part show an almost symmetric rift system across the rift axis: Within the basin the sedimentary layers are highly cut by inward-dipping normal faults. Just beneath the rift axis a narrow intrusive structure is imaged, but a stable magma chamber is not observed on axis. Instead, a possible melt lens is found ~10 km horizontally away from the rift axis towards the arc. The rift structure over the possible magmatic body is disturbed, suggesting the off-axis volcanism is young or probably still active. Associated with the rifting process, the crust thins significantly from the original thickness of ~25 km and the thinnest crust of ~10 km occurs just beneath the rift axis. We interpret that the southern part of the Okinawa trough is at a transitional stage from

continental rifting to seafloor spreading. The northern part of the Okinawa Trough, on the other hand, exhibits much wider deformed zone. This structural variation may be influenced by the southward increase in rifting rate along the Okinawa trough from ~2 cm/yr to ~5 cm/yr (Argus et al., 2011).

キーワード : Continental rift, back-arc, active-source study

Keywords: Continental rift, back-arc, active-source study

## 南部沖縄トラフ大正堆付近の海底地形と地殻構造

## Bathymetry and crustal structure of Taisho Bank and its vicinity in the southern Okinawa Trough

\*橋本 崇史<sup>1</sup>、堀内 大嗣<sup>1</sup>、及川 光弘<sup>1</sup>、小原 泰彦<sup>1</sup>、西澤 あずさ<sup>1</sup>

\*Takafumi Hashimoto<sup>1</sup>, Daishi Horiuchi<sup>1</sup>, Mitsuhiro Oikawa<sup>1</sup>, Yasuhiko OHARA<sup>1</sup>, Azusa Nishizawa<sup>1</sup>

## 1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

沖縄トラフでは、大陸地殻におけるリフティングが進行中であると考えられており、地磁気異常や地震探査の結果からリフティングの開始時期やテクトニクスについてこれまで複数の研究が行われている。海底地形や海底地殻構造の情報は、沖縄トラフのテクトニクスを考察する上で重要な情報となる。海上保安庁では、2010年に、南部沖縄トラフ、特に大正堆付近の海域においてマルチビーム音響測深機による詳細な海底地形調査及びマルチチャンネル反射法探査を実施した。本研究では、大正堆およびその周辺の海底地形と反射法地震探査記録を解析し、大正堆の成因について考察を行った。

海底地形調査からは以下のことがわかった。大正堆の頂部は水深250 mであり、底部の水深は1800 mである。南部に向かって頂点を持つ二等辺三角形のような形状を示し、大陸棚に接している長辺は約55 km、短辺は約40 kmである。大正堆の頂部は、沖縄トラフのリフト軸と平行する走向の正断層がみられる。また、大正堆の南東側にもリフト軸に平行な走向の正断層が複数みられる。また、大正堆と東海陸棚の間は、西側ほど狭く浅く、東側ほど広く深くなる。大正堆の西側には、幅約65 kmの大正海底扇状地が形成されている。大正海底扇状地には、南北方向に伸びる二本の堆積物供給流路がみられる。現在、主な堆積物の供給流路としては、東海陸棚から延びる海底谷に接続する西側の供給流路と考えられる。東側の堆積物供給流路は、比高100 m程の堤防が発達している。

海底地殻構造調査は、東海陸棚から沖縄トラフ底までの地震探査測線 (ECr16) の解析および海底地殻構造の解釈を行った。過去の研究では、南部沖縄トラフにおいては、東海陸棚から陸棚斜面にかけて鮮新世堆積物である島尻層群 (木村, 1990, 地質学論集) や前期更新性堆積物 (Park et al., 1998, Tectonophysics) が堆積しているとされてきた。本研究では、大正堆上から石灰岩がサンプリングされていること (大島ほか, 1989, 水路部技報) と地層の連続性から、東海陸棚から陸棚斜面にかけて厚く堆積している層は琉球層群直下の前期更新世堆積物解釈した。また、大正堆と東海陸棚の間の落ち込んだ地形は、層厚が大陸棚に向かって薄くなるハーフグラベンであり、大正堆は東海陸棚端で局所的なリフトが発生し、それが西方へ伝播することで形成されたものであると解釈した。反射法地震探査記録の解析から、層厚の側方変化が大きな層であると考えられるため、大正堆はこの層が堆積し始めたとされる1.6Ma以降に形成されたと推察される。

キーワード：沖縄トラフ、リフティング、海底地形調査、反射法地震探査

Keywords: Okinawa Trough, Rifting, Bathymetric survey, Multi-channel seismic reflection survey

## 奄美大島西方沖の中部沖縄トラフにおける断層地形の分布と特徴

Spatial distribution of faults and their features in the middle Okinawa Trough on the western offshore region of Amami Oshima island.

\*堀内 大嗣<sup>1</sup>、西澤 あずさ<sup>1</sup>、小原 泰彦<sup>1</sup>、及川 光弘<sup>1</sup>、橋本 崇史<sup>1</sup>、岡田 千明<sup>1</sup>

\*Daishi Horiuchi<sup>1</sup>, Azusa Nishizawa<sup>1</sup>, Yasuhiko OHARA<sup>1</sup>, Mitsuhiro Oikawa<sup>1</sup>, Takafumi Hashimoto<sup>1</sup>, Chiaki Okada<sup>1</sup>

## 1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

南西諸島海溝の沈み込みに伴い形成された沖縄トラフは、現在も伸長を続けている活動的な背弧海盆である。沖縄トラフには伸長に伴い形成されたとみられる正断層が分布している。木村ほか1999は沖縄トラフ海域におけるマルチチャンネル反射法地震探査(MCS)の結果から、北部・中部の沖縄トラフ内では北東—南西方向の走向の断層が顕著であることを示したが、MCSの測線の間隔および測線方向の制約上、発見・追跡ができていない断層が多数ある可能性があるとも述べている。

海上保安庁は沖縄トラフを含む東シナ海において、海洋の基盤情報整備のため海底地形調査および地殻構造調査を実施している。平成20年以降はKongsberg社製EMシリーズのマルチビーム音響測深機を導入し、より詳細な海底地形調査を得られるようになった。これまでに奄美大島西方沖、北緯29°付近の中部沖縄トラフ海域において、トラフ内をほぼフルカバーする詳細な海底地形データを得た。同海域において平成22年に実施した、トラフを横断する構造調査測線ECr9のマルチチャンネル反射法地震探査(MCS)の結果と海底地形データに基づき、奄美大島西方沖の中部沖縄トラフにおける断層地形の読み取りを行った。

研究対象海域の海底には多数の正断層とみられる線状構造があり、それらの走向は約N60°Eが卓越する。これらの断層の海底面における垂直変位量は、小さいもので数メートル、大きいものでは約60メートルにおよぶ。トラフの北西側斜面では南東落ちの階段状断層が卓越し、南東側のトラフ内部では北西落ちの階段状断層が卓越する。この階段状断層の中心軸はトラフ中央の凹地よりも北西側にずれた位置にあり、雁行状に配列している。

本海域よりも南側の沖縄トラフでは、トラフの中央に階段状断層の中心軸として明確な地溝が存在しており、それがリフトの中心軸でもあるとされている。しかし本海域以北の沖縄トラフでは海底地形には明確な地溝は確認できず、リフトの中心軸は特定されていない。本海域は明確な中心軸が存在しないdiffuseなリフト構造をしており、今回明らかになった階段状断層の中心軸は複数存在するリフト軸の一つである可能性が挙げられる。

キーワード：沖縄トラフ、断層地形、正断層

Keywords: Okinawa Trough, fault topography, normal fault

## 沖縄トラフ海底熱水域における熱水性カオリン鉱物の産状と形成

Occurrence and formation process of kaolin minerals in seafloor hydrothermal fields in the Okinawa Trough

堤 彩紀<sup>1</sup>、\*石橋 純一郎<sup>1</sup>、野崎 達生<sup>2</sup>、高谷 雄太郎<sup>3</sup>

Saki Tsutsumi<sup>1</sup>, \*Jun-ichiro Ishibashi<sup>1</sup>, Tatsuo Nozaki<sup>2</sup>, Yutaro Takaya<sup>3</sup>

1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、3.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2.Research and Development (R&D) Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 3.Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Engineering, Waseda University

<はじめに>

沖縄トラフの熱水域は海底が厚い堆積物に覆われており、熱水や海水との反応によって形成された粘土鉱物がしばしば観察される。粘土鉱物を対象にした過去の研究に、酸性変質鉱物であるカオリン鉱物が存在する深度での重金属元素の濃集が報告されている。本研究では、海底掘削で得られた堆積物に見られたカオリン鉱物を対象として、産状観察を詳細に行い、そこで起こっている化学反応についての考察を行った。

<試料と分析>

研究に使用した試料は、沖縄トラフ伊平屋北海丘の海底熱水域で掘削により採取された堆積物試料である。アキサイトのSite C9016B (27°46.6' N, 126°54.6' E, depth = 1124 m)で海底面から海底下140mまでの堆積物試料、オリジナルサイトのSite BMS I-4 (27°47.4' N, 126°53.9' E, depth = 1048 m)で海底下4 mまでの堆積物試料を用いた。粉末にした試料およびそこから水ひにより粘土鉱物を集めた試料についてX線回折法(XRD)による鉱物同定を行い、また乾燥させた堆積物について電界放出形走査型電子顕微鏡(FE-SEM)による産状観察を行った。

<結果:Site C9016B>

海底下8.5-11.0 mの堆積物中に多様なカオリン鉱物 (ハロイサイト・カオリナイト・ディッカイト) が含まれていた。カオリン鉱物は形状に多様性を持ち、9.2 mでは細粒な(~1 μm)管状のハロイサイト、9.64 mでは管状のハロイサイトとブロック状のカオリナイト、10.8 mではブロック状の(~15 μm)ディッカイトなどが観察された。9.2 mでは火山性砕屑物の表面が変質を受け、カオリン鉱物が形成されている様子が観察された。またこの深度で、閃亜鉛鉱・方鉛鉱・重晶石が共存し、粒径は数十μmのものが多かった。10.8 mでは、細粒の黄鉄鉱のみが見られた。これらの硫化鉱物・硫酸塩鉱物はいずれも粘土鉱物に囲まれていた。11.0 mでカオリン鉱物の他にイライトが観察され、11.5 mの堆積物では、カオリン鉱物は全く見つからずイライトのみが観察された。

<結果:Site BMS I-4>

海底下0.1 - 3.6 mの堆積物にカオリン鉱物が含まれていた。カオリン鉱物は全て細粒な(~1 μm) 六角板状のカオリナイトである。0 -2.0 mまでスメクタイトが含まれていた。堆積物中に含まれる粘土鉱物はこの2種類のみで、深さ方向に対し、粘土鉱物の量比がスメクタイト>カオリナイトからカオリナイト>スメクタイトとなっていた。0.1 - 0.3 mに重晶石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱が見られた。2.5 - 3.6 mでは閃亜鉛鉱と黄鉄鉱が含まれていた。これらの硫化鉱物や硫酸塩鉱物はSite C9016Bと同様に粘土鉱物に囲まれていた。3.6 mの試料には、カオリナイトのほかにドロマイトが産出しており、この深度で鉱物の組合せが大きく変わっている。

<考察>

Site C9016Bで採取された140 m長のコア試料中でカオリン鉱物が産出するのは約2.5 mだけであった。しかも、この狭い範囲で深さ方向にハロイサイト・カオリナイト・ディッカイトと異なるカオリン鉱物が見られた。この多様性が鉱物形成温度を反映しているとする、50°C以上の温度勾配を持つと考えられる。12.0mでは、高温環境下で形成されると考えられているイライト・Mgクロライトが産出していることから、カオリン鉱物が産出深度の数m深い場所では、200°C近い高温環境であることが推察される。つまり、これを熱源とし

て、それぞれの産出した深度に対応したカオリン鉱物が形成されたと考えられる。

Site BMS I-4でカオリナイトが産出するのは約3.5 mである。観察の結果、スメクタイトからカオリナイトが形成されたと考えられる。このサイトのカオリナイトの形成温度は、酸素同位体比のからおよそ100℃であった。つまり、沖縄トラフ海底下で形成されるスメクタイトの形成温度と差が見られないことから、間隙水のpHの低下に伴ってカオリナイトの形成が起こったと考えられる。

さらに、金属元素の硫化鉱物や硫酸塩鉱物が粘土鉱物に包まれて産出している様子が観察できた。これらの鉱物はカオリン鉱物を形成した流体から沈殿した可能性が高い。カオリン鉱物を形成した酸性の流体が金属元素を運び、堆積物中での物理化学的環境の変化によってその場で硫化鉱物・硫酸塩鉱物の沈殿が起こったと考えられる。

キーワード：酸性熱水変質反応、科学海底掘削、海底熱水循環系、カオリナイト、沖縄トラフ

Keywords: acid hydrothermal alteration, scientific ocean floor drilling, seafloor hydrothermal system, kaolinite, Okinawa Trough

## AUVを用いた奄美カルデラ群における海底地形調査と熱水活動の兆候

## Bathymetric survey and indicators of hydrothermal activity in the Amami Calderas using autonomous underwater vehicle

\*南 宏樹<sup>1</sup>、小原 泰彦<sup>1</sup>\*Hiroki Minami<sup>1</sup>, Yasuhiko OHARA<sup>1</sup>

## 1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

1. 背景

奄美カルデラ群は琉球弧中部の火山フロント上に位置する3つのカルデラ状地形を指す。この奄美カルデラ群においては熱水性起源の特徴を有するマンガンクラスト（横瀬他2010、月刊地球）やアンチモンや銀に富む黒鉱タイプの鉱石が採取されており（熊本大学2012、広報資料）、過去もしくは現在における熱水活動の存在が示唆されているが、その証拠は得られていない。海上保安庁による測量船及び自律型潜水調査機器（AUV）を用いた調査の結果、奄美カルデラ群において熱水活動の兆候を複数の海域において確認したので報告する。

2. 手法

調査は2013年から2015年にかけて海上保安庁の測量船「拓洋」及びAUV「ごんどう」を用いて実施した。測量船「拓洋」のマルチビーム音響測深機（EM710及びEM122）を用いて概査を実施、その後AUV「ごんどう」搭載のマルチビーム音響測深機（Sonic2022）、サイドスキャンソナー（EdgeTech2200M）、CTDセンサー（SBE49 FastCAT）を用いて地形、水中音響異常、水温偏差等の詳細な調査を実施した。調査高度は50～70mである。

3. 結果

測量船「拓洋」で取得したウォーターカラムデータにブルーム状の水中音響異常がカルデラ群内の4海域（水深350～700 m）で確認された。これらの4海域周辺の地形的特徴としてはE-W又はENE-WSWの走向を持つ表層断層が卓越しており、これらの表層断層は4海域を挟むように南落ちから北落ちに変化してグラーベン構造を形成している。

4海域のうち3海域においてAUVによる調査を行った結果、測量船の調査では低い分解能のため見えなかった直径数m～数十mの小さな凹地が多数確認された。これらの凹地ではサイドスキャンソナー画像にブルーム状の水中音響異常が確認された。ブルームの形状は海底から直線的に立ち上がるものや、海底から上昇するにつれて、ゆらぎながら煙状に広がるものまで様々であった。これらのブルームが確認された地点の一部ではCTDセンサーで周囲より高い水温が観測された。

4. 結果の解釈及び議論

測量船で捉えたブルーム状の水中音響異常の多くは火山活動や熱水活動に付随するバブルブルームであると考えられるが、AUVが捉えたブルームの一部は、AUVがブルーム直上を通過時に高い水温も観測されたことを併せて考えるとガスバブルではなく熱水ブルームであると解釈できる。またE-W又はENE-WSWの表層断層及びグラーベン構造は琉球弧中部のリフト活動によって形成されたと考えられることから、奄美カルデラ群の熱水活動域がリフト活動による断層構造に影響を受けている可能性がある。

キーワード：詳細海底地形、熱水活動、AUV、奄美カルデラ群、中部琉球弧

Keywords: high-resolution bathymetry, hydrothermal activity, autonomous underwater vehicle, Amami Calderas, central Ryukyu Arc

## 琉球弧硫黄島周辺海域における火成活動の地球物理学的特徴

Magmatic activity around Iotori-shima Island in the Central Ryukyu, based on geophysical characteristics

\*佐藤 太一<sup>1</sup>、井上 卓彦<sup>1</sup>、石塚 治<sup>1</sup>、針金 由美子<sup>1</sup>、荒井 晃作<sup>1</sup>、下田 玄<sup>1</sup>

\*Taichi Sato<sup>1</sup>, Takahiko Inoue<sup>1</sup>, Osamu Ishizuka<sup>1</sup>, Yumiko Harigane<sup>1</sup>, Kohsaku Arai<sup>1</sup>, Gen Shimoda<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The Ryukyu Arc extends approximately 1,200 km between the islands of Kyushu and Taiwan, where the Philippine Sea Plate subducts northwestward under the Eurasian Plate. From east to west, the arc consists of the Ryukyu Trench, the Ryukyu Islands, the volcanic front (Tokara Islands), and the Okinawa Trough. Volcanic front and the Okinawa Trough are the main volcanic active area in the Ryukyu arc. It is widely considered that these two magmatic activities are separated in the North Ryukyu, but toward to the Central Ryukyu, these convergent with Okinawa Trough [e.g., Geshi and Ishizuka, 2007]. We conducted marine geophysical surveys around Iotori-shima Bank in the Central Ryukyu. The Iotori-shima Bank is a huge volcanic construction located west of Iotori-shima Island [Ishizuka et al., 2014], but the detail is still unclear. Based on the seafloor morphology, magnetic anomaly, and gravity anomaly, we will describe magmatic and tectonic activities of the Central Ryukyu around Iotori-shima Bank.

Many submarine volcanoes are identified in the southwest of Iotori-shima Island. The extension of volcanic front southwest of Iotori-shima Island is already pointed out [Sato et al., 2014] and this implies that the two kinds of magmatic activities in the volcanic front and Okinawa Trough do not necessarily converge at the Central Okinawa Trough. In addition, submarine volcanoes which would belong to the ancient volcanic front [Sato et al., 2014] are also observed just north of Igyo-Sone Bank. This suggests that the ancient volcanic front is limited in the southern part of Central Ryukyu.

West of the volcanic front, many submarine volcanoes including Iotori-shima Bank are identified. Southwest of Iotori-shima Bank, ENE-SSW trending many seafloor lineaments are observed. These would be normal faults caused by back arc tectonic activity, but are not observed in the Iotori-shima Bank. Higher Bouguer anomaly is observed at where lineaments are observed; therefore, this gravity anomaly would imply crustal thinning caused by back arc rifting, although the main back-arc rifting is centered far west of the survey area. Iotori-shima Bank is characterized by a caldera structure and many submarine volcanic knolls. Dipole magnetic anomalies are observed on relatively-small submarine knolls, on the other hand, the largest submarine knoll located southwestern part of the caldera is not accompanied by dipole magnetic anomaly. The relatively low magnetization intensity inside the caldera suggests that collapse of volcanic knoll, destruction of magnetic minerals, and/or originally low magnetization. Upward-continued Bouguer anomaly shows NE facing transition over the Iotori-shima Bank. This suggests that the Bank is under the influence of back-arc rifting, however, seafloor lineaments are not observed on its surface.

キーワード：海底地形、地磁気異常、重力異常、琉球弧

Keywords: Seafloor morphology, Magnetic anomaly, Gravity anomaly, Ryukyu arc

2015年11月14日薩摩半島西方沖地震 (M7.1)と北部沖繩トラフ域における浅部地質構造の検討

Discussion on the relationship between the shallow geological condition around the northern Okinawa trough area and a magnitude (M) 7.1 earthquake offshore west of Satsuma peninsula on November 14 2015

\*及川 光弘<sup>1</sup>、西澤 あずさ<sup>1</sup>、堀内 大嗣<sup>1</sup>、岡田 千明<sup>1</sup>、金田 謙太郎<sup>1</sup>

\*Mitsuhiro Oikawa<sup>1</sup>, Azusa Nishizawa<sup>1</sup>, Daishi Horiuchi<sup>1</sup>, Chiaki Okada<sup>1</sup>, Kentaro Kaneda<sup>1</sup>

1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

2015年11月14日薩摩半島西方沖でM7.1の地震(最大震度4)が発生した。気象庁によると、この地震の発震機構が北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、陸のプレートの地殻内で発生したということであるが、これまでにこの領域でM7を超えるような地震の発生記録はない。しかしながら、比較的小規模な地震はこの領域においてその地震の前後を含めて継続的に観測されている。

今回地震が発生した北部沖繩トラフは、トラフ底と東シナ海陸棚との境界をなす斜面が比較的なだらかであり、またトラフのリフト軸と推定される地溝状の地形は確認できない。対照的に、南部沖繩トラフでは、東シナ海陸棚とトラフ域を分ける明瞭な崖が形成されており、トラフ底においては八重山海底地溝、宮古海底地溝といった沖繩トラフのリフティング活動のリフト軸とみられる地形が明瞭に確認されている。そのため、北部沖繩トラフでは、リフティング活動が現在何処で、どのような規模で生じているのか、十分に把握されているとは言い難い。

海上保安庁は、北部沖繩トラフを横断し、2015年11月14日薩摩半島西方沖地震の震央付近を横断する測線において地殻構造調査を実施している。調査は海底地震計と6,000 inch<sup>3</sup>のエアガンアレイを用いた屈折法調査、および3,000 m, 240 chのストリーマーカーケーブルおよび1,050 inch<sup>3</sup>のトリクスターエアガンアレイを用いたマルチチャンネル反射法探査によるものである。

海上保安庁の調査の結果、今回地震が発生した海域において、最上位の堆積層にまで変位を及ぼす断層が複数確認された。断層の走向は北東-南西方向で、それらはMCS断面から正断層と思われる。2015年11月14日薩摩半島西方沖地震の発震機構が北西-南東方向の張力軸である点と調和的である。北部沖繩トラフの大まかな形状は北北東-南南西方向の凹みとなっているが、北部沖繩トラフ内に点在する海丘・堆などのローカルな地形は北東-南西方向の構造を呈している。今回の断層群の走向はそれらローカルな地形の構造と整合するようにも見える。これらの結果は、北部沖繩トラフの現在のリフティング活動を把握する一助となるとと思われる。

キーワード：地殻構造、MCS

Keywords: crustal structure, MCS

## 日向沖南海トラフ前弧域の浅部活構造

## Active shallow structures of the Nankai forearc region off Hyuga

\*芦 寿一郎<sup>1</sup>、山口 飛鳥<sup>1</sup>、福地 里菜<sup>1</sup>、大出 晃弘<sup>1</sup>、奥津 なつみ<sup>1</sup>、田淵 優<sup>2</sup>、池原 研<sup>3</sup>

\*Juichiro Ashi<sup>1</sup>, Asuka Yamaguchi<sup>1</sup>, Rina Fukuchi<sup>1</sup>, Akihiro Ohde<sup>1</sup>, Natsumi Okutsu<sup>1</sup>, Yu Tabuchi<sup>2</sup>, Ken Ikehara<sup>3</sup>

1.東京大学大気海洋研究所、2.高知大学、3.産業技術総合研究所

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.Kochi University, 3.AIST

Active deformation structures have been well investigated by swath bathymetry survey, submersible dive, MCS survey and deepsea drilling in the Nankai subduction zone. However, few studies have focused on the structure off Hyuga, the western tip of the Nankai Trough, due to limited research activity. The general trend of the Nankai accretionary prism is NE-SW to ENE-WSW from off Tokai to off Ashizuri. In contrast, the trend of the forearc basin and the prism slope off Hyuga is NNE-SSW, which is the same trend as the Ryukyu trench. The Hyuga basin located between the Ashizuri spur and the Kyushu-Palau Ridge apparently shows no distinct trenchward limit such as the outer ridges observed at the other regions of the Nankai margin. Our objective of this study is to obtain high resolution subsurface structures of the Hyuga forearc region and to evaluate recent tectonic activity.

We carried out deep-towed subbottom profiler (SBP) survey by ROV NSS (Navigable Sampling System) during R/V Hakuho-maru KH-15-2 cruise. High resolution profiling was successfully conducted by a chirp system of EdgeTech DW-106. The first target is the NNE-SSW trending Oyodo Knoll developed eastward of the Hyuga basin. The SBP shows the almost symmetrical ridge morphology cut by active flexures on both sides suggesting compressional deformation. Although faults are not detected at the surface sequence at least down to 60 meter except for two minor reverse faults, sediment thickness changes across the flexures indicate continuous deformation to the present. The second target is the western margin of the Hyuga basin where steep slopes suggestive of fault control are distributed from north to south. Two transects of SBP surveys are conducted at the southern and central regions of the western margin. SBP records of both transects show active flexures with relative landward uplift. The southern site is characterized by a V-shaped depression landward of the flexure and its sediment fill indicative of transtensional deformation. The central site also shows undulation of basin sedimentary layers landward of the flexure suggesting strike slip deformation. Our high-resolution subbottom profiles of the Hyuga forearc region revealed that the topographic framework have been formed by ongoing active deformations under high sedimentation rate.

キーワード：サブボトムプロファイラー、活撓曲、活断層

Keywords: subbottom profiler, active flexure, active fault

## 地震探査による若狭湾周辺～大和海盆西部の地殻構造

Crustal structure from the Wakasa Bay to the western Yamato Basin, Japan Sea, deduced from marine seismic survey

\*野 徹雄<sup>1</sup>、佐藤 壮<sup>1</sup>、小平 秀一<sup>1</sup>、新井 隆太<sup>1</sup>、三浦 誠一<sup>1</sup>、石山 達也<sup>2</sup>、佐藤 比呂志<sup>2</sup>

\*Tetsuo No<sup>1</sup>, Takeshi Sato<sup>1</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>, Ryuta Arai<sup>1</sup>, Seiichi Miura<sup>1</sup>, Tatsuya Ishiyama<sup>2</sup>, Hiroshi Sato<sup>2</sup>

1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所

1.JAMSTEC, 2.ERI

文部科学省の地震防災研究戦略プロジェクトの一環としてスタートした「日本海地震・津波調査プロジェクト」において、海洋研究開発機構（JAMSTEC）は2014年から西南日本側の日本海における地殻構造探査を実施しており、2015年8月に若狭湾周辺から大和海盆西部にかけての海域で深海調査研究船「かいらい」を用いた地震探査を実施した。この調査海域では震源メカニズムが逆断層型から横ずれ断層型へ推移している領域に位置し（e.g., 三雲, 1990; Terakawa and Matsuura, 2010）、過去100年間に1952年大聖寺沖地震（ $M_j$  [気象庁マグニチュード] 6.5）、1963年越前岬沖地震（ $M_j$  6.9）といった $M_j$  6.5以上の地震が発生している。さらに、若狭湾から大和海盆に至る海域の中には、隠岐堆と呼ばれる高まりがあり、その南側に位置する縁辺台地、若狭海盆や隠岐トラフの縁辺部には連続した活断層が推定されている（e.g., 岡村(2013)・日本海における大規模地震に関する調査検討会（2014））。

一方、日本海は、日本海拡大時に形成された正断層が逆断層に転換するテクトニクス（インバージョンテクトニクス）による断層（e.g., Okamura et al., 1995）や地殻構造の境界域に発達している逆断層（e.g., No et al., 2014）が作用することによる地震断層の形成が多い。そのため、日本海における地震断層の研究において、日本海の構造発達史と地殻構造の関係をより進展させることが重要な鍵の1つである。特に、排他的経済水域の問題により、大和海盆が日本海で形成されている大きな海盆の中で唯一全域を調査することが可能な領域なので、「日本海地震・津波調査プロジェクト」によって大和海盆の地殻構造に関する研究を進展できれば、大和海盆の陸側縁辺部に発達する地震断層の議論に貢献できる。

本発表における地震探査では、マルチチャンネル反射法地震（MCS）探査を9測線、海底地震計（OBS）を用いた地震探査を1測線行った。MCS探査の主なデータ取得仕様は、発震間隔50 m、エアガン総容量最大7800 cu.in.（約128リットル）、エアガン動作圧力2000 psi（約14 MPa）、エアガン曳航深度10m、受振点間隔12.5 m、ストリーマケーブル曳航深度12 m、ストリーマケーブルのチャンネル数444、サンプリング間隔2 ms、記録長は16秒である。MCS測線のうちの1測線にOBS54台を設置し、エアガンを深度10mで曳航して、200m毎に発震した。日本海に設置したOBSは第五開洋丸（海洋エンジニアリング株式会社）で回収した。また、調査海域の南延長上は、同じプロジェクトにおいて東京大学地震研究所が行った地震探査測線（東京大学地震研究所, 2016）と接続し、さらに2004年に南海トラフと近畿地方で実施された地震探査測線（Ito et al., 2006; Nakanishi et al., 2008）が位置している。将来、南海トラフから西南日本を縦断し、日本海に至る地殻構造イメージが得られ、南海トラフで生じることが予想される巨大地震と背弧側で生じる地震活動との関係を研究する上での基礎データとしても重要である。

今回の地震探査の暫定的な解析結果から、地殻構造における全体的な特徴や活構造が推定されている領域における基盤構造や堆積層のイメージングの結果を報告する。

キーワード：日本海、大和海盆、地殻構造、反射法地震探査、海底地震計

Keywords: Japan Sea, Yamato Basin, Crustal structure, MCS, OBS

相模湾初島沖海底ケーブル型観測システムによる13年間の深海底冷湧水域環境ガンマ線連続観測  
13 year continuous observation of ambient gamma ray at cold seepage site on deep seafloor  
with a multidisciplinary cabled observatory off Hatsushima Island in Sagami Bay

\*岩瀬 良一<sup>1</sup>

\*Ryoichi Iwase<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. National Research and Development Agency, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

相模湾初島沖水深1175mの海底冷湧水域において、1993年以降、多種類のセンサを搭載した海底ケーブル型観測システムによる深海環境の多目的観測が実施されている。3インチNaI(Tl)シンチレーション検出器を使用したガンマ線センサを搭載した現在の観測システムは2000年に現在の位置より約40m北に設置された後、2002年3月の回収を経て、2002年11月に現在の地点に再設置され、それ以降現在に至るまで13年以上に渡って連続観測を実施している。ガンマ線センサを含む観測システムの仕様及び2011年東北地方太平洋沖地震（以下、「2011年東北沖地震」と呼ぶ）以前の観測結果の概要は、文献1, 2に示されている。本発表では、現在までの観測結果について報告する。観測された主なイベントとしては以下の通り。

2011年東北沖地震発生後、核種Bi-214及びK-40の信号強度の増加が観測された。これは当該地震自体によるものではなく、その4日後の3月15日に発生した静岡県東部地震(M6.4)に伴って発生した泥流に起因するものと考えられる。

このイベントの後、無人探査機(ROV)による観測システム近傍における海底作業に起因する変動以外にあまり顕著な変動は見られない。

2014年12月以降Bi-214の信号強度の継続的な漸減が観測されている。一方、K-40の信号強度の漸減は、2011年東北沖地震以降の比較的早い時期、2011年10月頃から発生しているように見える。但し、本ガンマ線センサの分解能の制約から、Bi-214の信号強度には、福島第一原発事故に伴うCs-137の影響が含まれている可能性がある。

全観測期間を通じたもっとも顕著な変動は、2006年10月に発生したBi-214の大きな信号強度増加である。その変動パターンは、泥流に伴う堆積やROVによる海底作業等、海底表層の擾乱に起因する他の変動パターンとは異なっており、海底下のイベント、即ち地殻変動等を反映したものである可能性が高い。

#### 引用文献

- 1) Kumagai, et al., *Gamma Radiation* (Intech, Croatia, 2012), DOI:10.5772/36392, p.64.
- 2) 岩瀬・高橋, 2011年地球惑星科学連合大会, SCG059-P19 (2011).

キーワード: NaI(Tl) シンチレーション検出器、泥流、海底ケーブル型多目的観測システム

Keywords: NaI(Tl) scintillation detector, mudflow, multidisciplinary cabled observatory

## 房総沖スロースリップ域での海底圧力計を用いた海底上下変動観測

## Observation of sea floor vertical motion at the Boso slow slip region

長谷川 晟也<sup>1</sup>、\*佐藤 利典<sup>2</sup>、河野 昭博<sup>2</sup>、寺田 麻美<sup>2</sup>、森 大湧<sup>2</sup>、塩原 肇<sup>3</sup>、八木 健夫<sup>3</sup>、山田 知朗<sup>3</sup>、篠原 雅尚<sup>3</sup>

Seiya Hasegawa<sup>1</sup>, \*Toshinori Sato<sup>2</sup>, Akihiro Kono<sup>2</sup>, Asami Terada<sup>2</sup>, Taiyu Mori<sup>2</sup>, Hajime Shiobara<sup>3</sup>, Takeo Yagi<sup>3</sup>, Tomoaki Yamada<sup>3</sup>, Masanao Shinohara<sup>3</sup>

1.千葉大学理学部、2.千葉大学大学院理学研究科、3.東京大学地震研究所

1.Faculty of Science, Chiba University, 2.Graduate School of Science, Chiba University,

3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo

### 1. はじめに

地震による災害を軽減するためには、地震発生過程を解明し、地殻活動のシミュレーションを通じて地震発生予測を行うことが不可欠である。地震発生モデルを構築するためには、実際の地震にモデルを適用、予測し、実際とのずれからモデルを修正するという作業を繰り返す必要があるが、普通の地震に適用すると数百年以上の時間がかかってしまう。この作業を数年に1回発生する房総沖スロースリップ地震（SSE）を用いて行えば、モデルの検証、修正、確立が15年程度で出来ることになり、地震予測の実現に大きく近づく。本観測は、この研究を行う第1歩として、房総沖SSEのすべり領域を調べるために海底圧力計を用いて海底上下変動を捉えるものである。

### 2. 観測と解析方法

観測は東大地震研所有の海底圧力計（OBP）を用いて行った。圧力計はParoscientific社の8B2000-2, 8B7000-2、レコーダには原子時計（Microsemi社SA.45 s CSAC）を用いている。2013年9月観測船「白鳳丸」によって設置したOBP3台を、2015年7月観測船「なつしま」によって回収した。観測期間中、2013年12月から2014年1月にかけて房総沖SSEが発生している。

解析では、観測した圧力を水深に変換したのち、リサンプリング、潮汐変動除去、平滑化、観測点間の差分を取ることに伴う海洋変動除去、機器トレンド除去を行い、海底の上下変動成分を抽出することを試みた。また、水温データとの相関部分の除去も試みた。

### 3. 結果

現在解析の途中であるが、房総沖SSEに一番近い観測点KAP3で海底の上下変動を2013年12月から2014年1月にかけての房総沖SSEの前後で比較すると、変動は観測値の標準偏差の範囲内で、有意な変動は見られないようである。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、白鳳丸、なつしまを使用させていただきました。両船長以下、乗組員の方々に感謝します。本研究は科研費（25287109）の補助を受けました。

キーワード：房総スロースリップ、圧力計、海底観測、上下変動

Keywords: Boso slow slip, pressure gauge, ocean bottom observation, vertical motion

## オンデマンド地殻変動観測ブイシステムの開発

## Development of on-demand buoy observation system for crustal displacement

\*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>、出口 充康<sup>1</sup>、坪根 聡<sup>1</sup>、今井 健太郎<sup>1</sup>、木戸 元之<sup>2</sup>、太田 雄策<sup>2</sup>、今野 美冴<sup>2</sup>、久野 晃太郎<sup>3</sup>、久本 泰義<sup>3</sup>、小平 秀一<sup>1</sup>

\*Narumi Takahashi<sup>1</sup>, Yasuhisa Ishihara<sup>1</sup>, Tatsuya Fukuda<sup>1</sup>, Hiroshi Ochi<sup>1</sup>, Mitsuyasu Deguchi<sup>1</sup>, Satoshi Tsubone<sup>1</sup>, Kentaro Imai<sup>1</sup>, Motoyuki Kido<sup>2</sup>, Yusaku Ohta<sup>2</sup>, Misae Imano<sup>2</sup>, Kotaro Hisano<sup>3</sup>, Yasuyoshi Hisamoto<sup>3</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>

1.海洋研究開発機構、2.東北大学、3.宇宙航空研究開発機構

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Tohoku University, 3.Japan Aerospace Exploration Agency

We have developed an on-demand buoy observation system for crustal displacement and tsunami since 2012 in collaboration with Japan Agency for Marine Earth Science and Technology, Tohoku University and Japan Aerospace Exploration Agency. This system has some characteristics, which are use of pressure sensor on the sea bottom and precise point positioning system on the buoy to detect vertical crustal displacement, acoustic measurement between the buoy and seafloor transponders, slack mooring for realtime observation in high speed sea current with the velocity of over five knots. In addition, we adopted double pulse for acoustic data transmission of the pressure sensor data from sea bottom. Collected data from the sea bottom and through the acoustic measurement is sent to the land station using iridium satellite. We succeeded observation of micro tsunami propagated from the Iquique tsunami, Chile, in the Nankai Trough area. We collect pressure sensor data on the seafloor pressure unit with a sampling of 15 seconds in tsunami mode via a wire-end station below 1000 meters from the sea surface, and carry out above acoustic measurement with the sampling of one week. A buoy station on the buoy controls all actions related to the collection of the data for the observation and navigation, saving data, and data transmission to the land station. However, we need to revise to realize long term observation of one or two years and improvement of the reliability for the observation. We have issues on a rate of the data recovery, due to inhomogeneous of the acoustic characteristic of the seafloor pressure unit, contamination of reflection signals from the sea surface into the data transmission signals from the seafloor pressure unit to the wire-end station, troubles on the wire line between the wire-end station and the buoy by buoy rotation, and so on. Therefore, we revised the observation buoy system, which includes change of the flame of the seafloor pressure unit to improve acoustic characteristic, installation of the precise point positioning systems using MADOCA system and MB-ONE to derive vertical crustal displacement from seafloor pressure data, improvement of the control system on the buoy station to enable to start observation according to orders from the land station, and attachment of a fin to control the buoy rotation. And we tuned action flow to decrease electrical consumption and adopted solar panels as the batteries of the entire of the system. To improve accuracy of the acoustic measurement, we need to decrease the slack ratio. We succeeded it from 1.6 to 1.58 at this moment. We try to decrease the slack ratio more to realize accurate acoustic measurement. In this presentation, we report the current sea trials, which started in January, 2016.

キーワード：地殻変動、リアルタイム観測、ブイ

Keywords: crustal displacement, real-time observation, buoy

## 海底地下モデリング及び波動場シミュレーションによる地震波応答の評価

4-D active monitoring of time-variant ocean bottom structure including a gas chimney type deposit methane hydrate by using seismic wave simulations

\*茂木 雅志<sup>1</sup>、鶴我 佳代子<sup>2</sup>

\*Masashi Mogi<sup>1</sup>, Kayoko Tsuruga<sup>2</sup>

1.東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海洋管理政策専攻、2.東京海洋大学

1.Graduate School of Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Tokyo University of Marine Science and Technology

### 研究背景

近年に日本近海に濃集している海底資源であるメタンハイドレートに注目が集まっており、国内の企業や研究機関により研究開発が進められている。メタンハイドレートには、地球内部から湧き上がる熱分解起源メタンガスによる表層型と、生物分解起源メタンガスが砂層孔隙中に充填した砂層型がある（松本ほか、2009）。表層型メタンハイドレート賦存海域での3次元地震探査は2008年に実施されている（佐伯ほか、2009）が、開発に伴うメタンハイドレートの崩壊や漏洩のリスク管理として、時間密度の高く、海底に接近した形の新しい探査方法の研究が進められている（鶴我ほか、2013）。

### 研究目的・手法

本研究の目的は、表層型メタンハイドレートが賦存する海底地下構造のモデル構築及び波動場シミュレーションにより、海底地下モニタリングに有効な波相同定と定量的評価である。新潟県上越沖海域における、基礎物理探査「佐渡沖南西」の探査解析結果（佐伯ら、2009）を参考に、以下3パターンの海底地下モデルを作成した：（（モデル1）MH層を含まない水平多層構造モデル、（モデル2）MHを含む水平多層構造モデル（モデル3）砂層中にMH層を部分的に含むモデル）。

### 結果

上記のモデルは、4層構造のモデルになっており、海水-MH層（砂層）-泥層-火成岩層（音響基盤）である。このモデルにおいて、弾性波有限差分法(Larsen, 2000)を用いて波動場計算を行い、地震波形記録を得た。各層からの反射波を同定し有効な波相を同定した。また（モデル1）と（モデル2）の比較からメタンハイドレートが存在する場合に特有な波相が観測可能か検証し、適正な観測アレイデザインの検討も行った。

その結果、（モデル1）は水平多層構造であるため特質した波相は確認されなかった。（モデル2）ではMH層が周辺に比べて高速度層になっており、第2層反射波が第1層メタンハイドレート層反射波より先に伝わる地点があることが確認された。（モデル3）ではメタンハイドレート層が砂層中の鉛直方向の境界を作るため、地層境界以外からの反射波が確認された。

また、（モデル1）と（モデル2）の地震波形記録の比較から、高速度層による逆転層からの反射波が確認されやすい観測アレイデザインは、海面発振時では海面での水平方向アレイとMH層を通る鉛直方向アレイであり、海底発振時には海底面での水平方向アレイと、MH層を挟む2つの鉛直方向アレイであった。

### 考察・結論・今後の課題

表層型メタンハイドレート層に特有な波相は、速度逆転層による波線及び走時曲線の逆転また、不均質構造による地層境界以外の反射波の発生であると考えられる。また、そのモニタリングの際に海面発振の場合では水平方向及び鉛直方向アレイの「T型複合観測アレイ」、海底発振の場合では1つの水平方向アレイと2つの鉛直方向アレイによる「H型複合観測アレイ」が適正であると結論付けた。今後の課題としては、震源波形と観測値波形のデコンボリューションによる伝達関数の計算から表層型メタンハイドレート層の周波数特性の評価のための解析を行うと同時にでの反射波以外の観測波の同定も行う必要があると考えられる。

キーワード：メタンハイドレート、モニタリング、タイムラプス

Keywords: Methane hydrate, Monitoring, Time-lapse

## 次世代型海洋観測技術による高精度4次元モニタリングー海底接近型地下構造モニタリング手法の確立ー

High quality 4-D active monitoring of an ocean bottom structure by innovative active seismic systems

\*鶴我 佳代子<sup>1</sup>、近藤 逸人<sup>1</sup>、神田 穰太<sup>1</sup>、関野 善広<sup>1</sup>、牧野 大樹<sup>1</sup>、茂木 雅志<sup>1</sup>、船戸 遥子<sup>1</sup>、長谷川 紘香<sup>1</sup>、新井 諒<sup>1</sup>、古川 和彦<sup>2</sup>

\*Kayoko Tsuruga<sup>1</sup>, Hayato Kondo<sup>1</sup>, Jota Kanda<sup>1</sup>, Yoshihiro Sekino<sup>1</sup>, Daiki Makino<sup>1</sup>, Masashi Mogi<sup>1</sup>, Yoko Funato<sup>1</sup>, Hiroka Hasegawa<sup>1</sup>, Ryou Arai<sup>1</sup>, Kazuhiko Furukawa<sup>2</sup>

1.東京海洋大学、2.インターテクノ(株)

1.Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Intertechno Co., Ltd.

本研究は、海中ロボットなどの次世代型海洋観測技術を用い、海底に接近して海底下構造の時間変化をモニタリングするための手法の確立を目指している。本発表では、東京海洋大学における弾性波を用いた地下モニタリング手法の確立に関わる研究と観測システムを紹介する。

海洋は、物理・化学・生物・地球科学のプロセスが密接に連関して機能する一つのシステムである。東京海洋大学では、環境評価に役立つ海洋観測技術の開発・研究の向上と、海洋開発における環境アセスメントへの貢献、新たな時代の海洋開発や環境調査に貢献できる人材の育成を目的とした教育・研究がなされている。海中ロボットや練習船等のリソースを活用し、海洋開発による環境擾乱による海洋および海底下の環境変動について、種々の高密度の時空間分布データのリアルタイムモニタリング手法の確立を目標としている。

本研究では、海洋開発を念頭に、数100m~数km四方の比較的狭い範囲で生じる海底の擾乱に伴う海洋環境の地球科学的な変化をいくつかの研究ステップを通して実現したいと考えている。具体的には、自律型海中ロボット(AUV)を活用し、①海底設置自律式観測や海中曳航式観測が可能なシステムを開発し、②水域試験による機動的観測および海底設置型観測の同時展開を実現し、③試験データによる地下伝播特性および変化検出のための評価を行うことで、海域での地下モニタリングのための基礎技術を確立し、将来の深海観測に向けた課題抽出を行う。現在、我々は、観システムの研究開発(例えば鶴我ほか、2013)だけでなく、メタンハイドレートや海底熱水鉱床などの海底資源貯留層をターゲットとした波動場シミュレーションから地震学的特徴を定量的に理解する理論的研究(例えば、Tsuruga *et al.*, 2010; 立花・鶴我, 2015; 茂木・鶴我、本学会)や、陸上での精密制御観測システムACROSSを用いた地下モニタリングの実証研究(例えばKasahara *et al.*, 2012; Tsuruga *et al.*, 2012)などを実施している。発表では、現在開発中の自律式観測と海中曳航式観測の両方で利用できる小型海中震源システムなどを主に紹介する。これは、AUVによる機動的観測を水深2000m程度までを当面の目標とし、AUVに搭載したソーナーや小型音源アレイなどによる詳細な海底地形および地下構造の音波探査などによる機動的観測と、海底設置型の人工震源装置および海底地震計を用いた定常観測を組み合わせた、高い時空間分解能の高精度リアルタイム海底下モニタリングを実現するためのものである。将来的には、海底~海面までの海中の水温や塩分等の各種化学成分などの詳細な3次元空間分布のリアルタイムモニタリングの実現も視野に入れ、AUVおよび観測機器格納システムに装備する脱着機構は汎用性を考慮した設計としている。また、小型原子時計を発震および受振システムの各々に搭載したシステムとし、従来の海中観測における大きな課題の1つであった正確な時刻取得についてクリアした。観測システムが完成後は、ACROSS技術を導入した高精度な位相制御震源アレイと自律型受振アレイを用いた波の海底下・海中での伝播特性評価のための海域試験を予定しており、実海域での試験観測の実施を経て、観測ストラテジー確立のための統合観測運用の検討を行う計画である。

キーワード：海底、4D地下モニタリング、海底資源開発、AUV

Keywords: ocean bottom, 4D monitoring of understructure, development of ocean bottom resources, AUV

Development of database system for integrating various models of seismic velocity structure and geometry of the subducting plate around Japan

Development of database system for integrating various models of seismic velocity structure and geometry of the subducting plate around Japan

\*山岸 保子<sup>1</sup>、仲西 理子<sup>2</sup>、三浦 誠一<sup>2</sup>、小平 秀一<sup>2</sup>、阪口 秀<sup>1</sup>

\*Yasuko Yamagishi<sup>1</sup>, Ayako Nakanishi<sup>2</sup>, Seiichi Miura<sup>2</sup>, Shuichi Kodaira<sup>2</sup>, Hide Sakaguchi<sup>1</sup>

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 数理科学・先端技術研究分野、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター

1.MAT, JAMSTEC, 2.CEAT, JAMSTEC

To estimate strong motions caused by earthquakes that could occur in Japan in future and predict seismic hazards, it is necessary to create an accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure, particularly obtained by offshore seismic survey and observations. Most of various kinds of seismic velocity structure models including plate boundary around Japan are presented. However, they are managed individually by each organization constructing the model. To create a new and accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure model, first we need to integrate existing models and clarify the spatial distribution of models regardless of their kinds. Here we have developed database system to store the data of various kinds of velocity structure and plate geometry around Japan. In this database system, various seismic structure models are stored as data, which are three-dimensional (3D) seismic velocity models obtained by seismic tomography, plate geometry, 2D seismic velocity structure models, 2D plate geometry obtained by offshore seismic survey, and hypocenter distribution determined by offshore observation and JMA. Using this database system, users can obtain several structure models at once. This database system can provide not only original data of models but also equal interval grid data, and KML data. The equal interval grid data is output as the text file and have the same scale for all kinds of models, which are produced by bicubic-interpolation of original data. On GUI of the database system, users can know what kind of models and hypocenter distribution exist around the Japanese Islands graphically, and obtain the data of different kinds of models existing in the rectangle region specified by users. The region is specified by setting a profile and the distance from the profile in the map on GUI. The equal interval grid data of 3D seismic velocity model is prepared for the vertical cross section cut by the profile specified by user, which show the distribution of seismic velocity or velocity perturbation. The equal interval grid data of plate geometry are created for the region specified by user. The equal interval grid data of 2D seismic velocity structure model and 2D plate geometry model are created from all data of the models crossing the region and selected by user. Using KML files provided by the database, the data of different kinds of models are visualized in Google Earth at once. Therefore this database system with Google Earth will enable us to create a new accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure around Japan. Acknowledgement: This study is carried out as 'Research project for Development of seismological information database for modeling seismic velocity structure offshore around Japan' funded by MEXT, Japan. We are grateful to all who have kindly agreed to the incorporation of their model and data into our system. The earthquake catalog used in this study is produced by the Japan Meteorological Agency, in cooperation with the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The catalog is based on seismic data provided by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, the Japan Meteorological Agency, Hokkaido University, Hirosaki University, Tohoku University, the University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University, Kochi University, Kyushu University,

Kagoshima University, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, the Geographical Survey Institute, Tokyo Metropolis, Shizuoka Prefecture, Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, Yokohama City, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. We are grateful to Zhu Riming, Co. Ltd. VisCore, for his skill to develop this database system and data conversion system from the original data to KML.