

Eastern Gondwana breakup: Rifting and subsidence from the Tasman Basin through Lord Howe Rise

*Brian Boston¹, Yasuyuki Nakamura¹, Shuichi Kodaira¹, Seiichi Miura¹, Flora Gallais¹, Gou Fujie¹, Yuka Kaiho¹, Ron I Hackney², Yasuhiro Yamada¹, Saneatsu Saito¹, Kazuya Shiraishi¹, Scott Nichol², George Bernardel², Cameron Mitchell²

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Geoscience Australia

During the Late Cretaceous, the eastern Australian margin rifted to form the Lord Howe Rise continental ribbon. To understand the history of this region since rifting we use reflection seismic data collected in 2016 onboard R/V *Kairei*. We focus on processing and interpreting a regional ~900-km-long east-west oriented seismic reflection profile at 27.2°S. The seismic data were processed through pre-stack depth migration and interpretation shows the structure and evolution of this margin. The profile covers the oceanic Tasman Basin through the continental Lord Howe Rise. Sediment-filled depressions are found within the Tasman Basin and likely relate to early transform faulting with later deposition. The Lord Howe Rise is largely made up of syn-rift and post-rift sedimentary sequences in multiple structurally controlled basins. Two additional features are found between these regions, the Dampier Ridge and the Middleton Basin. The Dampier Ridge has a sharp, probably transform, boundary against the eastern edge of the Tasman Basin. Within the ridge are multiple rift basins up to 3 km deep that are comparable in size and structure to those found on the Lord Howe Rise. Between the Dampier Ridge and the Tasman Basin is the Middleton Basin which contains well-stratified sediments that are up to ~3.5 km thick. Stratal relationships indicate that the Middleton Basin formed during a post-rift event with large amounts of subsidence. Deep reflections beneath this basin reveal mantle at a shallow depth. The results have important implications for the evolution of the margin from initial rifting, opening of the Tasman Basin, and subsequent deformational processes.

オントンジャワ海台は分厚い海洋性地殻か？ Is the Ontong Java Plateau thick oceanic crust?

*三浦 誠一¹、藤江 剛¹、白井 太郎¹、野口 直人¹、小平 秀一¹、ミラード コフィン²、カワグル サイモン³、ヴェラヴ ロナルド⁴

*Seiichi Miura¹, Gou Fujie¹, Taro Shirai¹, Naoto Noguchi¹, Shuichi Kodaira¹, Millard F Coffin², Simon A Kawagle³, Ronald T Verave⁴

1. 海洋研究開発機構、2. タスマニア大学、3. パプアニューギニア大学、4. パプアニューギニア鉱物資源庁

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Tasmania, 3. University of Papua New Guinea, 4. Mineral Resource Authority, PNG

オントンジャワ海台 (OJP) は大規模火成岩区域 (LIP) の中でも最大級であり代表例のひとつである (Coffin and Eldholm, 1994)。周囲の海洋底から水深が浅くなっている部分は日本列島の5倍にも匹敵する面積 ($1.6 \times 10^6 \text{ km}^2$; Mahoney et al., 2001) である。OJPにおけるこれまでの深海掘削結果から、基盤岩は概ね120Maの玄武岩となっており (Shipboard Scientific Party, 2001)、広大なOJPが地質学的に短時間に形成されたことが推定されている。このようなOJPおよびLIPの形成メカニズムについて、プリューム説 (e.g. Richards et al., 1989)、隕石衝突説 (e.g. Ingle and Coffin, 2004)、デラミネーション (e.g. Elkins-Tanton, 2005)、など様々なモデルが提唱されているが、既存の観測事実をすべて説明するには至っていない。形成メカニズム解明のためには構造情報が重要であるが、これまでモホ面深度についても観測手法によって諸説ありははっきりしていなかった。例えば地震学的手法による結果では最大42km (Furumoto et al., 1976) だが、重力モデリングによる結果では25kmと大きく異なっていた (Sandwell and Renkin, 1988)。そのため信頼性の高いモホ面深度を求めることが必要であった。海洋研究開発機構では2010年にOJPの中央部High Plateauにおいて大容量エアガンアレイと100台の海底地震計 (OBS) を用いた大規模地震学的構造探査を実施した (Miura et al., 2011)。得られたデータは高品質で、OBSデータではオフセット距離300km以上からの初動走時が確認できる。初動走時とモホ面反射波を用いたインバージョン解析によるP波速度構造からモホ面の最大深度は約43kmとなる。その速度構造は海洋性地殻を大規模にしたもののように見える。速度勾配の比較的大きな地殻上部と、速度勾配の比較的小さい地殻下部が分布しており、海洋性地殻第2層と第3層に相当すると考えられる。P波速度だけでなく、S波速度および V_p/V_s 比からも海洋性地殻とほぼ同等である。速度構造から密度を仮定した簡易計算によるとアイソスタシーがなりたち、高密度層は必要としない。そのため現在のOJPが陸化していないのは構造的に説明できることとなる。またOJPの速度構造は地殻の厚さは異なるもののアイスランドの構造と似ている (Foulger et al., 2003)。アイスランドは大西洋中央海嶺にホットスポットが影響して陸化しているが、OJPでは陸化していないと考えられている。形成メカニズムが全く同じというわけにはいかないが、重要な示唆を与える。本発表では形成メカニズムについて検討したい。

キーワード：大規模火成岩区域、オントンジャワ海台、MCS、OBS、地殻、モホ面

Keywords: Large Igneous Province, Ontong Java Plateau, MCS, OBS, crust, Moho

Plate Boundary Reorganization of the Pacific Plate during Cretaceous

*中西 正男¹

*Masao Nakanishi¹

1. 千葉大学大学院理学研究科 地球生命圏科学専攻

1. Geosystem and Biosystem Sciences Division Graduate School of Science Chiba University

Several major tectonic events occurred in the Pacific plate during the mid-Cretaceous. A gigantic oceanic plateau was formed around 125 Ma and immediately separated into three plateaus, Ontong Java, Manihiki, and Hikurangi plateaus (Taylor 2006). At approximately the same time, Shatsky Rise ceased to be formed and then Hess Rise started to be formed (e.g. Sager, 2006). These events were accompanied by plate boundary reorganization of the Pacific plate. There are two large troughs in the western Pacific Ocean that are scars of the plate boundary reorganizations of the Cretaceous Pacific plate. One is the Nova-Canton Trough in the western equatorial Pacific Ocean. Taylor (2006) showed that the trough was formed during the separation of Ontong Java and Manihiki plateaus around 125 Ma. The other one is the Hokkaido Trough north of Shatsky Rise. Mammerickx and Sharman (1988) concluded that the trough was the initiation site of a failed oceanic rift which rifting propagated westward along the trough. Norton (2007) proposed another model that the trough is the abandoned Pacific-Izanagi Ridge. The origin of the Hokkaido Trough is still controversial.

The Hokkaido Trough is situated between Kuril Trench and Shatsky Rise. Most of the seafloor around the Hokkaido Trough were formed during the Cretaceous Normal Polarity Superchron (125.93-83.64 Ma), implying little magnetic anomaly lineations are available to reconstruct plate boundaries. Seafloor spreading fabric as abyssal hills and topographic features can give us the information of the reorganization of the mid-Cretaceous Pacific plate. We examined the topographic features around the Hokkaido Trough using multibeam bathymetric data. Most of the multibeam bathymetric data were obtained by the research cruises by R/V *Mirai*, JAMSTEC. The multibeam bathymetric data exposed the detailed topographic expression of the trough and seafloor spreading fabric around the trough. The topographic expression indicates that the Hokkaido Trough is not an abandoned spreading ridge proposed by Norton (2007). We found several curved troughs, which topographic feature is similar to those around the propagating ridges. Our study suggests that the reorganization of the Pacific-Izanagi ridge during Cretaceous was accompanied by propagation of the Pacific-Izanagi ridge and fragmentation of the Pacific plate.

キーワード：アビスサルヒル、断裂帯、北海道トラフ、太平洋プレート、白亜紀

Keywords: abyssal hill fabric, fracture zone, Hokkaido Trough, Pacific Plate, Cretaceous

Direct-ascended petit-spot magma from asthenosphere with little or no assimilation

*佐藤 勇輝¹、平野 直人²

*Yuki Sato¹, Naoto Hirano²

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学東北アジア研究センター

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

Petit-spot is alkaline monogenetic volcano distributed at the localities of plate-flexure such as the concavely flexed zone of the outer rise prior to plate subduction and rebounding lithosphere after glacial unloading. Petit-spot volcanism is unlikely related to mantle plumes or hotspots because they are randomly distributed without making seamount tracks. Alkaline melt erupted at petit-spot volcanoes originate from asthenosphere which move upward through the oceanic lithosphere by tectonic forces associated with plate flexure. Therefore, sampling the petit-spot lavas may be the only way for us to gain the materials directly from the asthenosphere below oceanic plate.

In the case of petit-spots at the concavely flexed lithosphere, the base of the lithosphere is extended so that the least compressive principal stress (σ_3) is perpendicular to the flexural axis. Otherwise, the σ_3 changes to be parallel to the flexure axis below the upper lithosphere, where the stagnation of ascending melt is speculated at the mid-depth of lithosphere. During the stagnation, melt could experience various degrees of fractionation and/or assimilation with lithospheric mantle materials (Valentine and Hirano, 2010). Pilet et al. (2006) showed the chemical similarity between clinopyroxene observed in petit-spot mantle xenoliths and clinopyroxene from melt-metasomatized continental mantle peridotites. They argued the petit-spot melt experienced metasomatic interaction with lithospheric peridotite. Thus, it is indispensable to ignore consider the lithospheric interactions when we estimate the asthenospheric composition from petit-spot lava. We present the geochemical variation of petit-spot lavas in relation to the tectonic regime of subducting Pacific Plate.

Submersible investigation of petit-spot lava field off the Pacific coast of northeastern Japan, called Site C, was conducted in 2014 (YK14-05). In this cruise, we found a young petit-spot volcano (~ 0.1 Ma) on outer rise and collected fresh lavas. The lavas are low-SiO₂ and strongly alkaline relative to previously reported petit-spot basalts. In contrast to aphyric petit-spot basalts previously reported, strongly alkaline lavas in this study contain much olivine phenocryst, indicating more rapid magma ascending than other petit-spots caused by unique tectonic regime below the young volcanoes on the outer rise. We found that such tectonic forces of both upper and lower lithosphere below their eruptions sites are clearly correspond to geochemical variations.

キーワード：プチスポット、アセノスフェア、プレート屈曲、アルカリ玄武岩

Keywords: Petit-spot, Asthenosphere, Plate flexure, Alkali basalt

Ocean Bottom Gravity Measurement Using a Landing AUV

*押田 淳¹、巻 俊宏²、松田 匠未²、大熊 茂雄³、駒澤 正夫³、立花 冬威¹、久保田 隆二¹

*Atsushi Oshida¹, Toshihiro Maki², Takumi Matsuda², Shigeo Okuma³, Masao Komazawa³, Toi Tachibana¹, Ryuji Kubota¹

1. 川崎地質株式会社、2. 東京大学生産技術研究所、3. 産業技術総合研究所

1. Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., 2. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 3. Geological Survey of Japan, AIST

Gravity measurement at sea is usually conducted by using a research vessel. The accuracy of this sea surface gravity data is around 1 mgal at most. Recently, gravity measurement using the cruising type AUV URASHIMA of JAMSTEC has been conducted. The accuracy of this subsea moving gravity measurement is about 0.1 mgal (Shinohara et al., 2015). On the other hand, gravity measurement at the ocean bottom was also carried out by using a ROV or using a hanging wire rope from a ship (Joshima et al., 2006, etc). The accuracy of this method is higher than those of the two moving methods mentioned above and is comparable with that of on land. The ocean bottom gravity measurement is generally conducted near the targets for exploration. Therefore, relatively large gravity anomalies can be observed. If the ocean bottom gravity measurement by using a seafloor landing AUV is implemented, it is possible to get more accurate gravity data in deep sea at low cost.

Preliminary experiments for ocean bottom gravity measurement using a hovering type AUV Tri-TON of IIS/UTokyo and an ocean bottom gravity meter OBG manufactured by KGE were successfully carried out in August 2015 and December 2016 at Numazu, Shizuoka Prefecture. To avoid use of vertical thrusters while the gravity measurement on seafloor and obtain an efficient grounding force, the buoyancy of Tri-TON attached with OBG was adjusted slightly negative in advance. Although tilt correction bias due to an ambiguity of the passive gimbal leveling system still remains, the gravity data obtained on seafloor have low SD values and its accuracy is almost comparable with those of on land.

キーワード：海底重力測定、着底型AUV、Tri-TON、OBG

Keywords: Ocean Bottom Gravity Measurement, Landing AUV, Tri-TON, OBG

自律動作の高性能広帯域海底地震計(NX-2G)の開発:動作試験報告

Development of the autonomous BBOBS-NX (NX-2G) : preliminary test report

*塩原 肇¹、伊藤 亜妃²、杉岡 裕子³、篠原 雅尚¹

*Hajime Shiobara¹, Aki Ito², Hiroko Sugioka³, Masanao Shinohara¹

1. 東京大学 地震研究所、2. 海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野、3. 神戸大学大学院 理学研究科

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. D-EARTH, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Graduate School of Science, Kobe University

We have developed the broadband ocean bottom seismometer (BBOBS) and its new generation system (BBOBS-NX), and, with them, several practical observations have been performed to create and establish a new category of the ocean floor broadband seismology, since 1999. Now, our BBOBS and BBOBS-NX data is proved to be at acceptable level for broadband seismic analyses. Especially, the BBOBS-NX is able to obtain the low noise horizontal data comparable to the land station in periods longer than 10 s, which is adequate for modern analyses of the mantle structure. Moreover, the BBOBS(T)-NX is under practical evaluation for the mobile tilt observation at the seafloor, which will enable dense geodetic monitoring by its mobility and low cost.

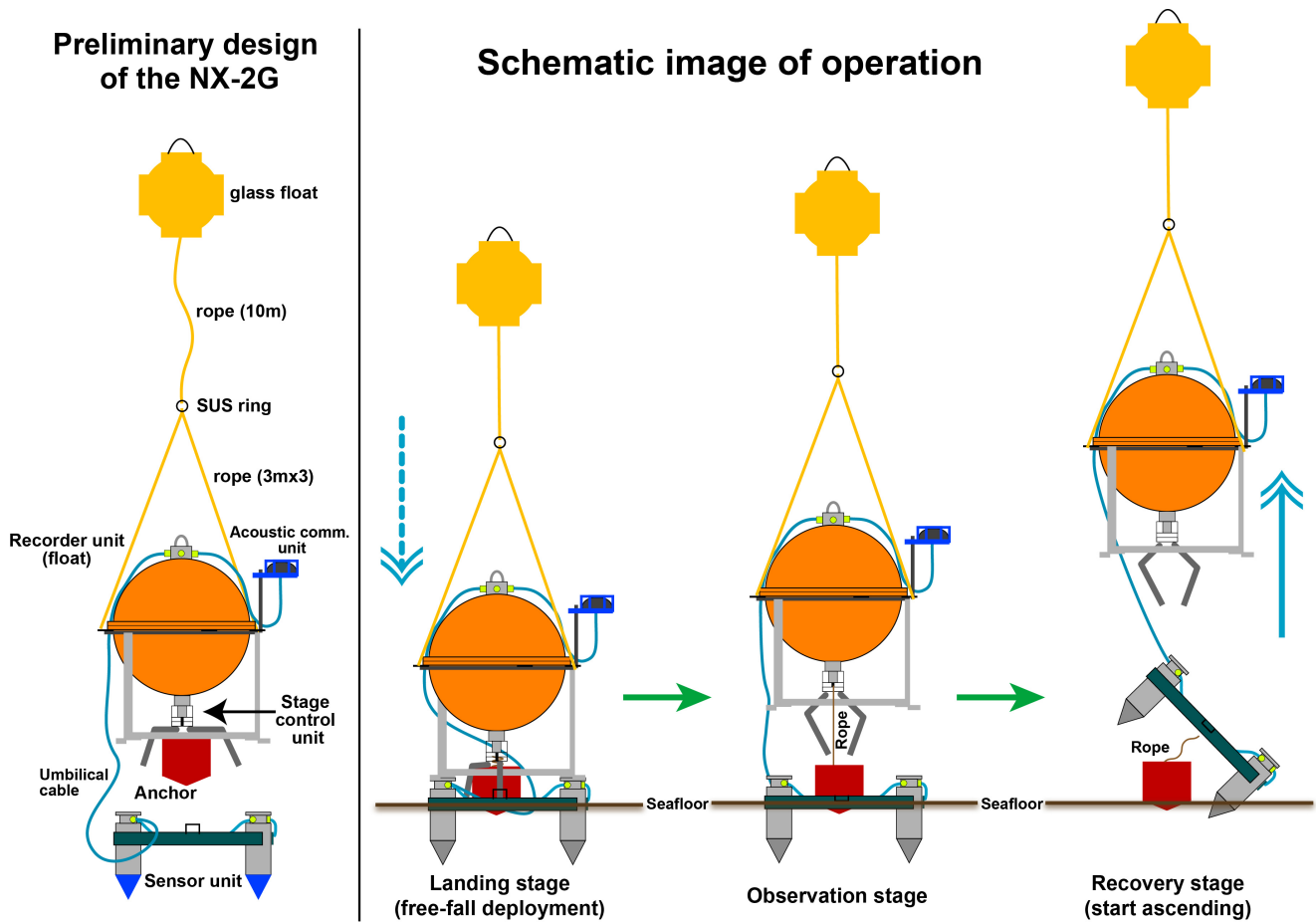
The BBOBS-NX system is a powerful tool for ocean bottom seismic studies, although, the current system has intrinsic limitation in opportunity of observations due to the necessary use of the submersible vehicle for the deployment and recovery. If we can use this system at almost any kind of vessels, like as the BBOBS (self pop-up system), it should lead us a true breakthrough of ocean bottom observations in geodynamics. Hereafter, we call the new autonomous BBOBS-NX as NX-2G in short. There are two main problems to be cleared to realize the NX-2G system. The first one is a tilt of the sensor unit on landing, which is larger than the acceptable limit of the sensor ($\pm 8^\circ$) in about 50% after our 16 free-fall landings of the BBOBS-NX. As we had no evidence at which moment the tilt occurred, we tried to observe it during the BBOBS-NX landing in 2015 by attaching a video camera and an acceleration logger. This result shows that the tilt on landing would be determined by the final posture of the BBOBS-NX system just before the penetration into the sediment. The second problem is a required force to extract the sensor unit from the sticky sediment, which was about 80 kgf in maximum from several in-situ measurements. This value is not so large to realize the self pop-up recovery system. The function of the NX-2G system is based on 3 stage operations like as the current BBOBS-NX system as shown in the figure. The core mechanism to perform these operations has been developed for the ultra-deep OBS system in 2012, already. It was also examined that we can place any object close to the sensor unit as far as they were mechanically decoupled, in the sense of the seismic band noise induced by the bottom current in 2012, too. Additional glass floats are aimed not only for obtaining large buoyancy to extract of the sensor unit, but also for suppressing the rotation (oscillating tilt) of the main part of the NX-2G system in descending.

In Oct. 2016, we made the first in-situ test of the NX-2G system near the observation node (YOB3) of the new off Kamaishi ocean floor cable system by using a ROV, where the water depth is 1570 m. Same as the deployment of the BBOBS-NX in 2015, the video camera and the acceleration logger were equipped with the NX-2G system, and then, it was dropped from the sea surface. The ROV was used to watch the operation of the NX-2G system at the seafloor. The landing looked well with small tilt, and it was examined from the acceleration data in descending. The maximum tilts measured this time was about $\pm 2.5^\circ$, whereas that of the BBOBS-NX in 2015 was more than $\pm 12^\circ$. So that, the additional glass float effectively worked to suppress the rotation of the main part of this system, which is almost same design as

the BBOBS-NX. The extraction of the sensor unit, which had been penetrated well, was also succeeded with the total buoyancy of about 75 kgf, although it took more than 2 minutes to finish the extraction completely. As the final experiment, we will start one-year-long observation of this NX-2G system in this April, with the BBOBS-NX and the BBOBS, to obtain simultaneous data for comparison of the noise level.

キーワード：海底地震計、広帯域地震学、機器開発

Keywords: ocean bottom seismometer, broadband seismology, instrument development



Structural interpretation of the hydrothermal activity area by the Multi-source ACS survey method

*多良 賢二¹、浅川 栄一¹、村上文俊¹、塚原 均¹、齊藤 秀太郎¹、李 相均¹、加藤 政史¹、Jamali Hondori Ehsan¹、角 知則³、山川 正²、古瀬 雅己⁴

*Kenji Tara¹, Eiichi Asakawa¹, Fumitoshi Murakami¹, Hitoshi Tsukahara¹, Shutaro Saito¹, Sangkyun Lee¹, Masashi Kato¹, Ehsan Jamali Hondori¹, Tomonori Sumi³, Tadashi Yamakawa², Masami Kose⁴

1. J-MARES/JGI, 2. J-MARES/MMTEC, 3. J-MARES/NSENGI, 4. J-MARES/JAPEX

1. J-MARES/JGI, 2. J-MARES/MMTEC, 3. J-MARES/NSENGI, 4. J-MARES/JAPEX

Seafloor Massive Sulfide (SMS) deposits have been recognized to be formed at the hydrothermal vent site in the submarine volcano. They typically show abundant chimney structures, massive sulfide mounds and highly hydrothermal altered host rock. Active seafloor hydrothermal systems, related to forming the SMS deposits, are good natural laboratories for understanding the genesis of ancient Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) deposits. While studies on these active hydrothermal sites have been progressing, the inactive hydrothermal sites are not well studied because of few efficient methods to detect and characterize them.

Therefore, we proposed a multi-source Autonomous Cable Seismic (ACS) survey system using a deep-towed autonomous cable and multiple sound sources with different acoustic characteristics. With this high-resolution acoustic survey system, we focused on the detection of physical (e.g., density) anomaly in volcanic sediments caused by hydrothermal alteration. The main objective of this study is to identify the variations in the acoustical characteristics of volcanic sediments with respect to SMS deposits and hydrothermal alteration.

Izena Hole is one of the most studied fields of SMS deposits around Japan. We conducted the multi-source ACS survey in the Izena Hole, using the Koyo-maru, in November 2016. We used three different sound sources of air gun, sparker and Sub-Bottom Profiler (SBP) in order to demonstrate the resolution and efficiency of our technique and describe the hydrothermal alteration of different stages and their acoustic characteristics. We obtained seven profiles running through the hydrothermal active/inactive area, caldera floor and outside of caldera wall. As a result of the survey, we obtained a cross-section of the internal caldera that enabled us to study the area from the viewpoint of seismic stratigraphy, and the resulting classifications of sedimentary features on the section suggested the possibility of restricting fluid circulation. In addition, penetration of high frequency components of sound sources suggested the potential existence of low-porosity layers in the shallow part of the sub-seafloor. From these results and discussion, it was suggested that the hydrothermal alteration zone in the volcanic caldera could be identified by the seismic data.

キーワード：海底熱水鉱床、マルチソースACS探査、熱水変質帯

Keywords: Seafloor Massive Sulfide (SMS) deposits, multi-source Autonomous Cable Seismic (ACS) survey, hydrothermal alteration zone

スミスカルデラ北部外輪山における熱水活動の可能性

Potential of Hydrothermal activity around the northern part of Sumisu Submarine Caldera, Izu-Ogasawara Arc

*松下 小春¹、坂本 泉¹、上原 太樹¹、四宮 裕太¹、堤 康祐¹、中尾 凪佐¹、三浦 眞綸¹、八木 雅俊¹、岡村 聡²、棚橋 道郎³

*Matsushita Koharu¹, Izumi Sakamoto¹, Taiki Uehara¹, Yuta Shinomiya¹, Kosuke Tutumi¹, Nagisa Nakao¹, Marin Miura¹, Masatoshi Yagi¹, Satoshi Okamura², Michio Tanahashi³

1. 東海大学、2. 北教大札幌、3. 海洋先端研

1. Tokai University, 2. Hokkaido Univ.Edu, 3. OHTI

日本は陸海問わず多くの活発な火山活動が存在し、噴火やそれに伴う自然災害が多い。一方で温泉・地熱開発や熱水資源など火山活動による恩恵を得てきた。近年海洋における鉱物資源の利用が注目され、特に海底熱水鉱床は伊豆・小笠原弧や沖縄列島沖といった海域にて、積極的に海底資源分布や資源保有量の推定などの調査が行われている。

東海大学では新たな熱水活動域の発見を目標に2014年度より、東京から南に約470kmに位置している伊豆・小笠原弧のスミスカルデラにおいて、東海大学が所有する調査船望星丸を用いて地形的・地質的調査を行ってきた。本研究は、2016年度の調査から実施した水中音響調査の結果と同地域の採泥結果を併用し、スミスカルデラ北部外輪山における熱水活動の可能性を推定することを目的とした。

調査によりスミスカルデラ北部は、外輪山のカルデラ側斜面に放射状を呈したリッジの発達を確認された。さらに同地域の外輪山山頂部において東西約4kmにわたって連続する水中音響異常を複数検出し、それらの分布域を「望星site」と仮称した。望星site東西端での採泥から、火成岩とともに多量の赤褐色砕屑岩が採取された。採取された赤褐色砕屑岩の礫間充填物の蛍光X線分析から、充填物中には高いカルサイト(方解石)と酸化鉄量が検出された。さらに薄片観察では充填物部分から、結晶質なカルサイトと赤褐色に変質した粒状のカルサイトの結晶、酸化鉄の濃集帯と思われる赤褐色の脈、さらにクリストバライトの結晶が認められた。X線回折では、含鉄結晶は認められなかったが、カルサイトおよびクリストバライトは検出された。一般に方解石はアルカリ寄りの中性変質帯にて産出し、クリストバライトは比較的低温(100℃前後)な酸性変質帯に産出する。以上のことから、スミスカルデラ北部の望星siteでは、カルサイトを形成するアルカリ寄りの中性変質帯を形成する熱水が活動していたが、なんらかの環境変化が発生したことにより、現在は酸性変質帯を形成する比較的低温であり、非晶質な鉄を含む熱水が小規模ではあるが活動していると推定した。また、マルチビームで広範囲に水中音響異常が検出されたことから、現在の熱水活動によって、音響散乱を生じるような現象が海底付近で起きていると考えられる。

キーワード：スミスカルデラ、水中音響異常、赤褐色砕屑岩、熱水

Keywords: Sumisu Submarine Caldera, Acoustic water column anomaly, Reddish brown clastic rock, Hydrothermal activity

Three-dimensional seismic structure of the Rainbow area, Mid-Atlantic Ridge, at 36°14' N: Fault development, crust-mantle transition, core complex formation, and mantle alteration at slow spreading ridges

*新井 隆太¹、Dunn Robert²、Eason Deborah²、Canales Pablo³、Sohn Robert³

*Ryuta Arai¹, Robert Dunn², Deborah Eason², Pablo Canales³, Robert Sohn³

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. University of Hawaii at Manoa、3. Woods Hole Oceanographic Institution
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. University of Hawaii at Manoa, 3. Woods Hole Oceanographic Institution

Oceanic lithosphere formed along slow-spreading mid-ocean ridges is structurally and compositionally heterogeneous due to spatial and temporal variations in tectonic extension and magmatic accretion. While mid-ocean ridges with greater magma supply host a greater abundance of hydrothermal systems, the relative roles of magmatic input, heat advection and faulting in controlling ridge structures are still poorly understood. The MARINER (Mid-Atlantic Ridge INtegrated Experiments at Rainbow) seismic and geophysical mapping experiment was designed to examine the relationship between tectonic rifting, heat/melt supply, and oceanic core complex formation at a non-transform offset of the Mid-Atlantic Ridge, 36°14' N, the site of the Rainbow core complex and its associated hydrothermal vent field. Using the seismic refraction data from this experiment, we constructed three-dimensional tomographic images of the crust and upper mantle around the Rainbow area. The seismic velocity images reveal clear stripe-like structures with alternating high- and low-velocity patterns aligned in the ridge-parallel direction which correlate with the locations of large normal faults and the variation in lower crustal thickness. This structure suggests that the entire crust has been rotated by semi-vertical faulting during tectonic stretching. Throughout the experiment area, there is little evidence in the wide-angle data for persistent reflected arrivals from the Moho discontinuity (PmP). This implies that the crust-mantle transition occurs gradationally in the vertical direction rather than forming a sharp seismic boundary. At the Rainbow massif, where mantle rocks have been recovered by direct sampling, seismic velocities near the seafloor (the upper 2 km of the lithosphere) are lower than expected for mantle rocks and have a sharp contact with higher-velocities below. The velocity boundaries are consistent with reflectors within the Rainbow massif revealed by MCS reflection data [Canales et al., Geology, in press] and probably represent alteration and cracking fronts of the mantle lithosphere. These results suggest that fluid circulation channeled by dense faults alter the whole massif efficiently and enhances the active hydrothermal system.

キーワード : Mid-Atlantic Ridge、 Seismic refraction、 Normal faults、 Hydrothermal vents、 Mantle alteration

Keywords: Mid-Atlantic Ridge, Seismic refraction, Normal faults, Hydrothermal vents, Mantle alteration

インド洋ロドリゲス三重会合点かきれい熱水域における地震活動と3次元速度構造

Seismicity and 3D seismic velocity structure at the Kairei hydrothermal vent field near the Rodriguez Triple Junction in the Indian Ocean

森 大湧¹、*佐藤 利典¹、高田 裕能¹、今井 裕輝²、野口 ゆい¹、河野 昭博¹、山田 知朗³、篠原 雅尚³
Taiyu Mori¹, *Toshinori Sato¹, Hiroyoshi Takata¹, Yuki Imai², Yui Noguchi¹, Akihiro Kono¹,
Tomoaki Yamada³, Masanao Shinohara³

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, the University of Tokyo

1. はじめに

インド洋ロドリゲス三重会合点の北側、中央インド洋海嶺の第1セグメント北部の東側には、かきれい熱水域があり、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。この地域は、第2セグメントとの境界のnon-transform offset (NTO)に近く、NTO massifであると言われている。かきれい熱水域において、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。

2016年連合大会では、かきれい熱水域の北西 3-5km のところに群発地震があり、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ることや、海嶺軸部の群発地震は、深さ約6-8kmのところに集中し、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°傾斜していることなどを報告した。

今回は、より正確な震源分布と構造を求めるため、TomoDD(Zhang and Thurber, 2003)を用いて人工震源と自然地震の両方を用いて3次元地震波速度構造を求め、同時に震源の再決定を行った。

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」を用いて人工震源構造調査および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。解析は、震源分布と速度構造の同時決定が行えるTomoDD(Zhang and Thurber, 2003)を用いた。自然地震を用いることにより深部（海面下8kmくらいまで）の解像度がよくなった。

3. 結果

かきれい熱水域がある白鳳海丘とYokoniwa Riseの地下1-2 km付近で速度6.0 km/sを超える高速度領域が確認された。Yokoniwa Rise直下の高速度領域はYokoniwa Rise全体に広がっている。海嶺軸下は周辺より速度がやや遅くマグマの存在を示唆している。震源分布は第1セグメント北部の海嶺下や熱水域付近に集中していて、西に60°-70°傾斜の分布が複数存在している。このことは複数の断層が活動していてNTO massifの形成に関与しているように見える。かきれい熱水域の北西 3-5km のところの群発地震は、熱水域から遠いところに浅い地震が分布していて、海水の取り込み口のようにも見える。

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、地殻構造、NTOマッシフ

Keywords: TAIGA Project, hydrothermal field, seismicity, crustal structure, NTO massif

Mantle heterogeneity across segment at southern segment of Central Indian Ridge

*佐藤 暢¹、町田 嗣樹²、仙田 量子²

*Hiroshi Sato¹, Shiki Machida², Ryoko Senda²

1. 専修大学経営学部、2. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構

1. School of Business Administration, Senshu University, 2. JAMSTEC

Recent petrological and geochemical investigations of MORB at the southern segments of Central Indian Ridge (CIR) reveal the heterogeneous distributions of MORB-source mantle (Sato et al., 2015). Sato et al. (2015) concluded that MORB from off-ridge area at the CIR-S1 segment are depleted trace element compositions than typical MORB. Furthermore, depletions of trace element geochemistry of off-ridge MORB from CIR-S1 segment decrease toward present spreading ridge. Because off-ridge MORB was recovered from several dredge sites parallel to the flow line, these distributions might indicate spatial distributions of mantle heterogeneity beneath CIR-S1 segment. Newly analyzed isotope compositions suggest that MORB depleted in trace element is enriched in radiogenic Sr and Nd. Machida et al. (2014) proposed that "Radiogenic Depleted component (RD)" contributes to the genesis of basalts from CIR-15 segment at 20 degree south and CIR-18 segment at 16 degree south. We suggest that RD component widely spreads along CIR.

キーワード：中央海嶺玄武岩、中央インド洋海嶺、マントル不均質

Keywords: Mid-ocean ridge basalt, Central Indian Ridge, Mantle heterogeneity

Unraveling the oceanic serpentinization reaction from aluminum-zoning in mesh textures

*大柳 良介¹、岡本 敦¹、針金 由美子²、土屋 範芳¹

*Ryosuke Oyanagi¹, Atsushi Okamoto¹, Yumiko Harigane², Noriyoshi Tsuchiya¹

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 産業技術総合研究所

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Serpentinization (hydration of mantle peridotite) gives significant changes to both chemical and physical properties of lithosphere. Mesh texture was usually observed in serpentinized peridotite, and is a key to understand the dynamics of oceanic lithosphere. Serpentine minerals in mesh texture commonly contain subtle amounts of aluminum, but the influences of Al on kinetics of serpentinization is poorly understood.

In this study, we conducted hydrothermal experiments in olivine (Ol)–plagioclase (Pl)–H₂O system at 230 °C and a vapor-saturated pressure of 2.80 MPa for understanding the effect of Al on the mechanism of olivine replacement. By using unique tube-in-tube type hydrothermal experiments vessel (e.g., Oyanagi et al., 2015), spatial and temporal data were obtained.

We found the systematic difference in olivine replacement textures between Al–metasomatic zone near the Ol–Pl contact and isochemical zone far from the contact. In the isochemical zone, lizardite + brucite + magnetite was formed and original olivine outline was not clear. In contrast, in the metasomatic zone, Al–rich serpentine + Ca-Saponite aggregate replaced olivine with forming a characteristic zoning of core, mantle, and rim parts. Microstructural observations revealed that this zoning was produced by initial formation of mantle part at Al–free solution, subsequent to simultaneous progress of pseudomorphic replacement at olivine front (core part) and overgrowth (rim part) with migration of Al metasomatic front. Similar Al zonings of olivine mesh texture were observed in partly serpentinized harzburgite and Pl-bearing wehrite, suggesting that local mass transfer plays an essential role on replacement progress and texture development with volume expansions during serpentinization of oceanic lithosphere by onset of break down of Al–bearing minerals.

References

Oyanagi, R., Okamoto, A., Hirano, N., and Tsuchiya, N., 2015, Competitive hydration and dehydration at olivine–quartz boundary revealed by hydrothermal experiments: Implications for silica metasomatism at the crust–mantle boundary: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 425, p. 44–54, doi: 10.1016/j.epsl.2015.05.046.

キーワード：蛇紋岩化反応、メッシュ組織、水熱実験、蛇紋岩

Keywords: Serpentinization, Mesh texture, Hydrothermal experiment, Serpentine

CK16-05航海速報：伊是名海穴および伊平屋小海嶺における科学掘削－ コア採取、地熱ツール検層とモニタリング装置の設置

Preliminary results of the CK16-05 Cruise: Scientific drilling in Okinawa Trough of coring, logging using geothermal tool and refit of Long-term monitoring apparatus

*熊谷 英憲¹、石橋 純一郎²、野崎 達生¹、前田 玲奈¹、山田 泰広¹、猿橋 具和¹、許 正憲¹、CK16-05
乗船者一同

*Hidenori Kumagai¹, Jun-ichiro Ishibashi², Tatsuo Nozaki¹, Lena Maeda¹, Yasuhiro Yamada¹,
Tomokazu Saruhashi¹, Masanori Kyo¹, CK16-05 On-board Member

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 九州大学

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kyushu Univ.

The CK16-05 Cruise by D/V Chikyu was performed at the Izena Hole and Iheya Minor Ridge, in the middle Okinawa Trough from November 16th to December 15th, 2016. Aiming to construct the genetic model of seafloor hydrothermal deposits, the subseafloor polymetallic sulfide ore body and relevant geology were investigated under an umbrella of Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP). Throughout the cruise, systematic coring partly coupled with logging using a geothermal tool were conducted at the Hakurei Site, Izena Hole. Within the five of the eight sites, massive sulfide ore-bodies were successfully drilled and sampled. Owing to an improved sampling tool, a hydraulic piston-coring system modified to adjustable (short) penetration, the transition zones from sediments to ore bodies were continuously sampled without significant disturbances. The continuous profiles of natural gamma-ray together with borehole temperature and pressure were also obtained at the half of the holes. In the middle of the cruise, installation of a revised long-term monitoring apparatus equipped with sensors to monitor the secular variation of pressure, temperature, flow rate and precipitation weight within the apparatus on hydrothermal vents artificially made as Hole C9017A at the very vicinity of the last installation at the Hole C9017B, at Noho site, in the south of Iheya-Minor Ridge.

In this presentation, we report the preliminary results of operations conducted in the CK16-05 Cruise.

キーワード：伊是名海穴、硫化鉱物の系統的採取、自然ガンマ線、長期モニタリング

Keywords: Izena Hole, Systematic sampling of sulfide minerals, Natural gamma ray, Long term monitoring

Estimation of seafloor environment at active hydrothermal fields in Okinawa Trough based on mineralogical and geochemical analysis

*戸塚 修平¹、石橋 純一郎²、野崎 達生³、島田 和彦²、木村 純一⁴

*Shuhei Totsuka¹, Jun-ichiro Ishibashi², Tatsuo Nozaki³, Kazuhiko Shimada², Jun-Ichi Kimura⁴

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、4. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3. Research and Development Center for Submarine Resources, JAMSTEC, 4. Department of Solid Earth Geochemistry, JAMSTEC

A series of drilling campaign was conducted in Okinawa Trough under the framework of the Next-generation Technology for Ocean Resources Exploration Project. I investigated hydrothermal alteration, sulfide and sulfate minerals in drill core samples. The study fields of this investigation are the Iheya-North hydrothermal field and Noho Site in mid-Okinawa Trough. Deep sea drilling was conducted in 2014 (CK14-04 Cruise) and 2016 (CK16-01 Cruise) using the drilling vessel *Chikyu*. In total, 7 holes in the Iheya-North hydrothermal field and 3 holes in Noho Site were drilled. The deepest hole reached 208.5 mbsf (meters below seafloor). X-Ray Diffraction analysis of the core samples was performed onboard for 199 samples to identify mineral species in the cores. 67 polished sections were prepared to determine rock texture and mineral assemblage. Electron Probe Micro Analysis was applied to determine chemical composition of the sulfide minerals. Pb isotope ratios were analyzed for 26 representative sulfide samples using Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.

Site C9021 is located midway between Natsu Site and Aki Site in the Iheya-North hydrothermal field. The core sample consisted of a 70 m thick layer of fresh pumice. Sites C9016 and C9023 were drilled in the vicinity of two active hydrothermal vents. The core samples consisted of abundant anhydrite with clay minerals associated with minor sulfides (pyrite, sphalerite, galena, and chalcopyrite). K-bearing minerals such as illite and K-feldspar were also observed. The abundant anhydrite indicates rigorous mixing between the seawater and hydrothermal fluids beneath the seafloor. Sphalerite was relatively low in Fe suggesting deposition under an oxidative condition. Pb isotope composition of the sulfide minerals shows a narrow range indicating deposition from a common hydrothermal fluid. Site C9017 is located in the Noho Site. The 120 m-long core sample consisted of alternations between basaltic lava and clay-rich layers. Hydrothermal alteration was not intense but observed over the entire core sample. Ca-bearing minerals, anorthite, wairakite, and dolomite occur in ascending order of core depth. Minor pyrite, pyrrhotite, cubanite, sphalerite, and anhydrite were identified. Sphalerite was relatively high in Fe indicating deposition under a reduced condition.

In the Iheya-North hydrothermal field, hydrothermal alteration and sulfide minerals occur under oxidative condition beneath the seafloor, in the vicinity of the active hydrothermal vents. Indicative of a high seawater flux entrained through the permeable pumice layer. In contrast, the Noho Site is under a reduced condition. This may have been generated by the lava layers which act as cap rocks and prevent seawater penetration. In both fields, a high temperature condition is estimated in the deeper portions, based on occurrence of alteration minerals. Alteration minerals in the Iheya-North hydrothermal field are rich in K, whereas those in the Noho Site are Ca-rich. This difference reflects different host rock, dacite pumice for the former and basaltic lava for the latter. In summary, degree of seawater entrainment, temperature of the hydrothermal fluid, and chemical composition of the host rock are important controlling factors that determine environment beneath the active hydrothermal fields in Okinawa Trough.

キーワード：海底熱水鉱床、伊平屋北海丘、野甫サイト、CK14-04航海、CK16-01航海、熱水変質

Keywords: Seafloor hydrothermal deposit, Iheya-North hydrothermal field, Noho Site, CK14-04 Cruise, CK16-01 Cruise, Hydrothermal alteration

沖縄トラフ伊平屋北海丘熱水活動域における間隙水化学組成 Geochemistry of pore fluids collected from active hydrothermal fields in Iheya North Knoll, Okinawa Trough

*石橋 純一郎¹、堤 彩紀¹、蝦名 直也¹、土岐 知弘²

*Jun-ichiro Ishibashi¹, Saki Tsutsumi¹, Naoya Ebina¹, Tomohiro Toki²

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 琉球大学理学部海洋自然科学科

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Department of Chemistry, Biology and Marine Science, Faculty of Science, University of the Ryukyus

We investigated chemical composition of pore fluids extracted from sediment samples collected by scientific drilling from Iheya North Knoll hydrothermal field in mid-Okinawa Trough. Two drilling campaigns CK14-04 and CK16-01 were conducted employing Drilling Vessel Chikyu under the framework of the Next-generation Technology for Ocean Resources Exploration Project. Sediment cores were drilled from Site C9016 within the hydrothermal field of Aki Site, from Site C9021 about 1 km apart from Aki Site, and from Site C9023 drilled on an active hydrothermal mound of Aki Site (27°46.1' N, 126°54.1' E; water depth = 1070 m). Prior to these campaigns, another scientific drilling in Iheya North field was conducted as IODP (Integrated Ocean Drilling Program) Expedition 331, which targeted at Original Site (27°47.5' N, 126°53.8' E; water depth = 1000 m). After the pore fluid study reported as the result of Expedition 331, we document geochemical signature of pore fluids, to discuss fluid interactions and migrations within the sediment layer.

Pore fluid from Site C9021 away from the active field showed approximately same chemical composition as seawater for whole range of the sampled depth, from 0 to 66 mbsf (=meters below the seafloor). The exception was recognized in slight decrease of SO₄ and increase of alkalinity at the depth from 45 to 58 mbsf. Together with detection of H₂S in the same layer, this change is attributed to sulfate reduction within the sediment. Similar seawater entrainment was recognized in shallow layer (< 11 mbsf) at Site C9016 located within the active field. Whereas pore fluid in deep layer (>30 mbsf) showed distinctive chemical composition which showed similarity in several species rather to the vent fluid emanating from the hydrothermal mound. Pore fluid at Site C9023 collected directly from the active hydrothermal mound showed complicated profiles, but likely to converge to the vent fluid composition in deep layer (> 40 mbsf).

Occupation of pore fluid in deep sediment layer by the hydrothermal component of vent fluid composition was already recognized in the Original Site by the previous study. As well as seawater entrainment into a certain depth, extensive fluid migration would be attributed to distribution of porous pumiceous sediment piled on Iheya North Knoll. Combination of the lateral migration of the ascending hydrothermal component and seawater entrainment is responsible for the drastic change in pore fluid chemistry profiles in subseafloor region of the active hydrothermal field. Given that mixing between these two components is not obvious in the chemical profiles, separation by an impermeable layer would be inevitable. Pore fluid chemistry beneath active hydrothermal field in Iheya North Knoll would be controlled by geologic structure of a stratovolcano as well as hydrothermal structure.

キーワード：海底熱水系、熱水変質反応、火山性堆積物、流体移動

Keywords: submarine hydrothermal system, hydrothermal alteration, volcanic sediment, fluid migration

海底熱水活動域岩石サンプルの比抵抗特性と鉱物種の関係性 Relationship between Resistivity Characteristics and Mineral Species of Rock Samples in the Seafloor Hydrothermal Area

*大田 優介¹、後藤 忠徳¹、柏谷 公希¹、小池 克明¹、林 為人¹、多田井 修³、笠谷 貴史²、金松 敏也²、町山 栄章²

*Yusuke Ota¹, Tada-nori Goto¹, Koki Kashiwaya¹, Katsuaki Koike¹, Weiren Lin¹, Osamu Tada³, Takafumi Kasaya², Toshiya Kanamatsu², Hideaki Machiyama²

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. マリンワークジャパン

1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Marine Works Japan

現在、金属資源量調査を目的として、海底熱水活動域に対して物理探査が行われている。しかしながら、物理探査で得られる情報には限りがあり、鉱床の品位および空間分布の定量的解釈には新たな技術開発が必要である。このような問題を解決する手段のひとつとして、対象地域の物性・化学組成の相関関係を組み込んだ適切な岩石物理学モデルを構築するという手法が挙げられる。これは岩石物理学に基づく複合解析の概念として知られ（例えば鈴木,2013）、複数の物性情報を元に、間隙率や岩石組成などの情報を推定する手法である。本研究では物理探査の複合解析によって資源量評価を行うことを最終的な目的として、海底熱水活動域において採取された岩石の物性および化学組成の測定・分析を行い、それらを基に基礎的なモデルの構築を行った。

本研究で構築した岩石物理学モデルは、間隙率およびその他複数のパラメータに基づいて岩石の比抵抗を与えるものである。このような比抵抗に重点を置いたモデルを構築した理由としては、海底熱水活動域においては電気探査などによる比抵抗構造の推定が金属資源量調査に有用であるということが先行研究でも確認されており（例えばKowalczyk, 2008）、また海底熱水活動域において豊富に見られるpyriteなどの硫化鉱物が極めて高い導電性を持つことが知られていることが挙げられる。

適切なモデル構築のためには、岩石サンプルが持つ物理的・化学的特性を明らかにすることが必要である。そこでまず我々は、海底熱水活動域として知られる野甫サイト、伊是名海穴および伊平屋北海丘といった、沖縄トラフ内の3地域から採取した岩石サンプルに対して、複数の物性の測定、および化学組成の分析を行った。測定項目としては、比抵抗、間隙率、粒子密度、自然残留磁化、金属元素含有率である。特に比抵抗測定においては、間隙水の導電性に対する比抵抗の依存特性を明らかにするため、鈴木（2003）を参考に、間隙水を満たすNaCl溶液の濃度を変更した複数の測定を行った。これらの測定・分析によって得られたデータに対し、我々の新たなモデルを適用することで、モデルの各パラメータを決定するとともに他の物性および化学組成との比較に用いた。

結果として、構築したモデルの各パラメータと特定の元素含有率との間に相関性が確認された。これは本研究において構築したモデルが、比抵抗という物性情報から鉱物種という化学組成情報を抽出し得るものであるという可能性を示唆している。今後はこの比抵抗モデルを発展させ、他の物性および化学組成を定量的に組み込むとともに、整合性についてのさらなる検討を行っていく予定である。

キーワード：海底熱水鉱床、アーチーの式、電気伝導度、岩石物理学モデル

Keywords: seafloor massive sulfides, Archie's law, electrical conductivity, rock physics model

掘削試料の比抵抗・IP特性から見る沖縄県伊平屋北海丘および野甫サイト熱水域 (ちきゅうCK16-01航海)

Electrical features of the submarine hydrothermal system around the Iheya-North Knoll area and the Noho Site, Okinawa, Japan, inferred from resistivity and IP properties of drilling samples from the Chikyu CK16-01 cruise

*小森 省吾¹、正木 裕香²、谷川 亘²、鳥本 淳司²、大田 優介³、榎尾 雅人⁴、前田 玲奈²、石橋 純一郎⁴、野崎 達生²、多田井 修⁵、熊谷 英憲²、CK16-01 乗船者一同

*Shogo Komori¹, Yuka Masaki², Wataru Tanikawa², Junji Torimoto², Yusuke Ota³, Masato Makio⁴, Lena Maeda², Jun-ichiro Ishibashi⁴, Tatsuo Nozaki², Osamu Tadai⁵, Hidenori Kumagai², CK16-01 on board member

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 京都大学、4. 九州大学、5. マリン・ワーク・ジャパン

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Kyoto University, 4. Kyushu University, 5. Marine Works Japan

The exploration and exploitation of submarine hydrothermal deposits are becoming increasingly important for the steady supply of metal resources to Japanese industry. Valuable metal elements are commonly included as sulfide minerals in these deposits. Most of the sulfide minerals generally exhibit a high electrical conductivity, and an anomalous signature of the Induced Polarization (IP) effect. Therefore, electromagnetic investigations have been considered to be effective in finding unidentified sub-seafloor deposits. Understanding the resistivity and IP properties of rock samples taken from the deposits is important for the improvement of exploration techniques and the reduction of risks during exploitation. The present study involved measurements of resistivity and IP properties of drilling samples from the research program entitled “the Chikyu CK16-01 cruise” from February to March 2016.

The drilling research was conducted in the Iheya-North Knoll and the Noho Site adjacent to the Iheya-Minor Ridge (Kumagai et al., in prep.), where an extensive high-temperature hydrothermal system was expected based on previous surveys (e.g., Takai et al., 2015). The present study included complex resistivity measurements with a wide frequency range between 0.01 Hz and 100 kHz, using non-polarizable electrodes in a four-electrode configuration. Most of the measured sulfide samples are of hydrothermal origin, including fine-grained pyrite. Some samples consist of other sulfide minerals such as chalcopyrite, galena, pyrrhotite, and sphalerite. Massive sulfide rocks were rarely sampled, and disseminated sulfide rocks dominated.

The measurements showed the following results. There is a negative correlation between resistivity and porosity. However, no significant correlation was found between resistivity and sulfide mineral fractions, and the measured resistivity values (greater than 1 Ω m) are higher than those of typical massive sulfides (less than 0.1 Ω m), suggesting that the resistivity is controlled by the connectivity of the interstitial sea water filling the pores. Regarding the IP signature, the sulfidic sediments bearing fine-grained pyrite have low phases at low frequencies, and the values increase with frequency. This feature is consistent with experiments by Revil et al (2015), which demonstrated that fine-grained sulfide causes anomalous high phases at high frequencies. According to further data analyses based on the Cole-Cole model, the

estimated chargeability exhibits a positive correlation with the sulfide content.

In this study area, it was shown that the presence or absence of sulfide minerals is reflected in the IP properties, rather than in the resistivity values. In general, pore water resistivity decreases with an increase of temperature, resulting in a reduction of bulk resistivity. Therefore, not only massive sulfides but also high-temperature hydrothermal fluids maintained in porous sediments could be identified as a low-resistivity body by seafloor electromagnetic surveys, meaning that more care should be taken in the interpretation of the resistivity structure.

Acknowledgements:

This study was conducted under the program “Next-generation technology for ocean resources exploration, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)” by the Council for Science, Technology and Innovation (managed by JAMSTEC). We would like to thank the laboratory technicians for supporting our measurements.

キーワード：海底熱水鉱床、伊平屋北海丘、野甫サイト、比抵抗、誘導分極、硫化鉱物

Keywords: submarine hydrothermal deposit, Iheya-North Knoll, Noho Site, resistivity, induced polarization, sulfide minerals

沖縄トラフ野甫熱水サイトにおける掘削孔近傍での海底温度・圧力計測の試み

Challenge to monitor the nearby hydrological response to the drilling into hydrothermal venting area: A case for mid-Okinawa Trough Noho hydrothermal site

*木下 正高^{1,2}、正木 裕香²、谷川 亘²、濱田 洋平²、野崎 達生²、熊谷 英憲²、山本 啓之²

*Masataka Kinoshita^{1,2}, Yuka Masaki², Wataru Tanikawa², Yohei Hamada², Tatsuo Nozaki², Hidenori Kumagai², Hiroyuki Yamamoto²

1. 東京大学地震研究所、2. 海洋研究開発機構

1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. JAMSTEC

海底熱水鉱床がどのように成長するかは、地下のマグマによる熱の供給量に加えて、いかに効率よく海水を循環させ、岩石中の金属などを溶融させて海水中に運ぶという、水理学的特性が重要である。これまで海底熱水域での熱水噴出・湧出の観測、あるいは掘削孔内観測により、地下の熱水たまりの規模や浸透率が推定されている。特に熱水噴出域掘削（ファンデフカ海嶺や中部沖縄トラフなど）では、掘削直後に孔から黒い熱水が噴き出す様子が観察されている。このような「現場実験」の結果、地下の圧力は減少し、その結果、特に孔の周囲から海水の吸い込みが増大するなど、熱水循環系の変化が起きることは容易に想像できる。掘削に先立ち孔の近傍で必要な観測を行ってれば、そのような吸い込みなど、掘削に起因する時間変化が捉えることができ、その様子から地下の水理特性が推定できる貴重なチャンスとなる。

中部沖縄トラフにある伊平屋小海嶺（野甫サイト）において、2016年2月~3月に「ちきゅう」による熱水噴出域掘削が実施された。我々は、掘削の直前(半日前)に、掘削孔(C9017)の100m東南東の堆積物で覆われた海底に、熱流量プローブおよび海底温度・圧力計測装置を設置した。熱流量プローブは温度計5本が1mのプローブ内部に装填され、地中の温度を1分間隔で計測する。海底温度圧力装置は2台の精密水圧計と2台の温度計からなり、海底に10cm程度突き刺して、1秒間隔で計測を行う。両装置は掘削後、2016年11月に無事回収された。

C9017孔での掘削は、2/16から3/4まで、3孔で実施された。掘削後に熱水が噴出しているのが確認されたが、100m離れた海底観測装置には特段の変化が見られなかった。BAYTAPによる理論潮汐との比較では、圧力値はほぼ海面高変動（高低差約1m）をそのまま記録しているようである。一方温度にも半日周期等の変動が明瞭に観測されるが、さらに約6時間周期で+0.1K程度の正の温度異常(海水温度)も生じている。海底付近の海水の流れ場が分からないので確定的なことは言えないが、おそらくは海洋潮汐に伴う底層流があり、M2周期で行ったりきたりする（つまり6時間ごとに反対向きの流れが装置の上を通過する）と考え、その上流側（両側）に熱源があると考えたと説明がつくかもしれない。

熱流量プローブの温度記録は、深くなるに従い変動の振幅が減衰し、位相が遅延している。これは上述のような海水温度変動地下に熱拡散で浸透しているためと考え、適当な熱拡散率 ($2.4e-7 \text{ m}^2/\text{s}$)を与えるとすべての観測温度がよく説明できることが分かった。すなわちプローブの温度変化の要因は、海水の温度変化が拡散のみで地中に伝搬したことであると考えられる。なお得られた温度から計算された温度勾配は $6.84(+/-0.04) \text{ K/m}$ とかなり高い値であったが、温度プロファイルは直線的であり、その点からも地中の間隙水流動の兆候は見られない。

今後は、掘削孔自体に取り付けられた流速計データなどとの相関についても検討する予定であるが、このような実験のためには、おそらくさらに掘削孔に近い場所での観測が必要であろうと推測する。

キーワード：熱流量、沖縄トラフ、熱水循環

Keywords: heat flow, Okinawa Trough, hydrothermal circulation

伊豆・小笠原・マリアナ弧の背弧海盆で見られる2種類の上層海洋地殻地震波速度構造

Two types of upper crust seismic velocity structure in the Izu-Bonin-Mariana back-arc basin

*古川 優和¹、島 伸和¹、高橋 成実²、海宝 由佳³、小平 秀一³

*Yuka Furukawa¹, Nobukazu Seama¹, Narumi Takahashi², Yuka Kaiho³, Shuichi Kodaira³

1. 神戸大学、2. 防災科学技術研究所、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. Kobe University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

本研究は伊豆・小笠原・マリアナ弧(IBM弧)の背弧海盆の地殻構造に注目し、上層海洋地殻のP波速度構造の空間的变化を明らかにする。一般的な海洋地殻の速度構造には、速度勾配が大きくP波速度 V_p が遅い(約3~6 km/s)層layer2と、速度勾配が小さく V_p が約6~7 km/sの層layer3がある。中央海嶺で形成された海洋地殻のlayer2の厚さは約1~2 kmである(e.g., Kearey *et al.*, 2009)。背弧海盆の上層地殻のP波速度構造はlayer2の厚さと速度勾配によって次の2グループに分けられる(Sato *et al.*, 2015) ; 1)中央海嶺で形成された地殻と同じ標準的な構造のグループ(以下、“標準的構造”と呼ぶ)、2)約3 kmの厚いlayer2をもち、速度勾配が小さいために同じ深さでより低速度な構造のグループ(以下、“低速度構造”と呼ぶ)。“低速度構造”は岩石サンプルや重力異常の対比を根拠とする地殻の高空隙率に起因すると考えられる。高空隙率の原因は、背弧地殻が形成された時に近くに沈み込み帯が存在し、沈み込むスラブから供給された水を含んだマグマが地殻を形成したためだと推測されている(Dunn and Martinez, 2011)。南マリアナトラフやラウ海盆の沈み込み帯に近い拡大軸付近では“低速度構造”が見られ、水を含んだマグマの影響が現れていると推測される(Jacobs *et al.*, 2007 ; Dunn and Martinez, 2011 ; Sato *et al.*, 2015)。

本研究では、2次元の地震波速度構造を用いてIBMの背弧海盆の各地点直下の地震波速度とlayer2の深さの関係を表すグラフを作成し、速度構造をグループ分けして構造の空間的变化を見る。使用した2次元の地震波速度構造は、伊豆・小笠原弧を横切る8本の測線とマリアナ弧を横切る1本の測線に沿ったものであり、地震波速度構造探査の解析により得られた(Takahashi *et al.*, 2015)。これらの測線は東西方向に走り、南北方向のIBM弧の古い拡大軸付近まで及んでいる。使用された海底地震計(OBS)の設置間隔が最短で5 kmであるため、グラフは5 kmおきに作成する。layer2の最も浅い所を深さ0 kmとするため、海水および堆積層と考えられる地震波速度が2 km/s以下のデータを除く。Sato *et al.* (2015)において構造の差が大きく現れている、深さ1.5 km、地震波速度5 km/sでのP波速度の値を元にグループ分けを行う。グラフが境界点付近を通っており、はっきりと区別できないものは“中間構造”に分類する。

地震波速度構造の空間的变化は9本すべての測線において、海盆の火山弧に近い東端から西へ向かって“低速度構造”、“中間構造”、“標準的構造”の順に表れる。各構造が見られる幅は測線によって異なる。各測線名を北から順に測線1から測線9とすると、測線1・2・8では、海盆の東端から15~40 kmの“低速度構造”、30~80 kmの“中間構造”、それ以西は拡大軸付近まで“標準的構造”が見られる。測線3は“標準的構造”のみである。測線4・5・6・9は海盆の東端から30~70 kmの“低速度構造”、それ以西は“中間構造”を示し、背弧拡大軸付近まで“標準的構造”は見られない。測線7は東端から約30 kmの“中間構造”とそれ以西の“標準的構造”を示し、“低速度構造”は見られない。測線9のみマリアナトラフを横切っており、トラフの東端40 kmと西端55 kmは“中間構造”を、それ以外の拡大軸付近約100 kmは“標準的構造”を示す。

研究地域の測線に低速度構造・中間構造が含まれることから、IBM弧の背弧海盆においても沈み込み帯の影響を受けた地殻が形成されたと推測される。“低速度構造”や“中間構造”が見られる範囲はいずれも形成された年代が古い地殻である。このことは、沈み込み帯の影響を受けた地殻は拡大軸がスラブに近い背弧拡大初期に形成されたことを示す。“低速度構造”“中間構造”を示す幅が測線によって異なることから、沈み込み帯の影響の受け方は拡大軸に沿って変化している。特に四国海盆の中部とパレスベラ海盆には“標準的構

造”が見られず、沈み込み帯の影響が大きいことを示唆する。

地震学的構造から推定される沖縄トラフ北部および中部域におけるリフティングの特徴

Rifting structure in the northern and middle Okinawa Trough deduced from seismic reflection and refraction data

*西澤 あずさ¹、金田 謙太郎¹、及川 光弘¹、堀内 大嗣¹、藤岡 ゆかり¹、岡田 千明¹

*Azusa Nishizawa¹, Kentaro Kaneda¹, Mitsuhiro Oikawa¹, Daishi Horiuchi¹, Yukari Fujioka¹, Chiaki Okada¹

1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

The Okinawa Trough is an active backarc basin as the Ryukyu (Nansei-Shoto) arc-trench system, to southwest of Kyusyu, Japan. The length and width of the trough are around 1,000 km and 100-200 km, respectively, and its rifting stage varies from north to south. Previous seismic surveys demonstrated that the crust beneath the trough has continental characteristics and the Moho depth shallows southward from about 25 km at the north to around 15 km at the south. However, the number of the seismic explorations in the Okinawa Trough was not so many to obtain detailed rifting structure considering the large dimension of the trough. We, Japan Coast Guard, have conducted extensive seismic reflection and refraction surveys in the Nansei-Shoto region since 2008 and we compiled the seismic structure in the northern and middle Okinawa Trough. We will show the results from seven seismic lines in this presentation: we carried out two lines along the trough strike and five lines perpendicular to the trough. The two of the five across-trough lines are positioned to the north of the Tokara Gap, the distinctive topographic depression between the north and middle trough. The other three lines are designed in the middle trough from the Tokara Gap to the Kerama Gap. These across-trough seismic lines intersect the along-trough lines at around the center of the trough.

The seafloor topography and multi-channel seismic (MCS) reflection records largely vary in the direction of the across-trough, in spite of a common feature that many normal faults were observed beneath all the MCS lines in the Okinawa Trough. The western part of the trough shows a flat topography and the several intrusions recorded in the MCS profiles do not reach to the seafloor. In contrast, the seafloor in the eastern part of the trough is characterized by many small-scale lineament structures. The strike of most of the lineaments is almost parallel to the volcanic front especially in the northern trough. The MCS records reveal many volcanic intrusions penetrate the seafloor.

The P-wave velocity models beneath the northern and middle Okinawa Trough generally show an extended arc crust of the Ryukyu Islands which consists of upper, middle, and lower crusts. We estimated crustal thicknesses below the trough mainly from Moho reflection (PmP) travel times. The along-trough seismic line in the middle trough demonstrates that the crustal thickness becomes thinner from north to south due to the decrease in thickness of the lower crust. However, such systematic decrease is not observed in the northern trough because of very inhomogeneous distribution of the middle and lower crusts along the seismic line. The across-trough seismic lines show that the crust below the trough is significantly thinner than the crusts beneath the Ryukyu Islands and the continental shelf of the East China Sea. The position of the shallowest Moho along the line is not necessary corresponding to the areas with the deepest water depth.

キーワード：沖縄トラフ、リフティング、地震学的構造

Keywords: Okinawa Trough, rifting, marine seismics

沖縄トラフ西端における海底地殻変動観測 GNSS/Acoustic geodetic measurement at the west end of spreading Okinawa trough back arc basin.

*香味 建¹、生田 領野¹、Chen Horng-Yue³、Lin Cheng-Horng³、Hsu Ya-Ju³、安藤 雅孝²

*Takeru Koumi¹、Ryoya Ikuta¹、Horng-Yue Chen³、Cheng-Horng Lin³、Ya-Ju Hsu³、Masataka Ando²

1. 静岡大学理学部、2. 静岡大学防災総合センター、3. 中央研究院地球科学研究所

1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, 3. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

本発表では、2012年7月から2016年5月にかけて行われた、台湾の宜蘭沖でのGNSS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測の結果を示す。

沖縄トラフは南西諸島の北西側に位置する背弧海盆である。与那国島の北沖の領域は、沖縄トラフの中でも特に背弧拡大が活発である(Nakamura(2004))。与那国島にあるGEONETの電子基準点の2010年~2013年の変位速度は、ユーラシアプレートを基準にして、ほぼ南方向に6~7cm/yrである。台湾の中央研究院地球科学研究所が海底の地殻変動を捉えるための4つの海底局を、与那国島北沖の拡大軸の西側延長上、深さ約1200mの場所に設置した。この海底局の位置の移動から、トラフ軸付近での背弧拡大の様子を観察することができる。2012年7月、2013年4月、7月、9月、2014年9月、2015年6月、2015年9月、2016年5月、以上全部で8回の海底地殻変動観測が行われた。本研究では、その海底地殻変動観測データを用い、海底局の位置決定を行い、2012年7月~2016年5月までの海底局の移動を推定した。

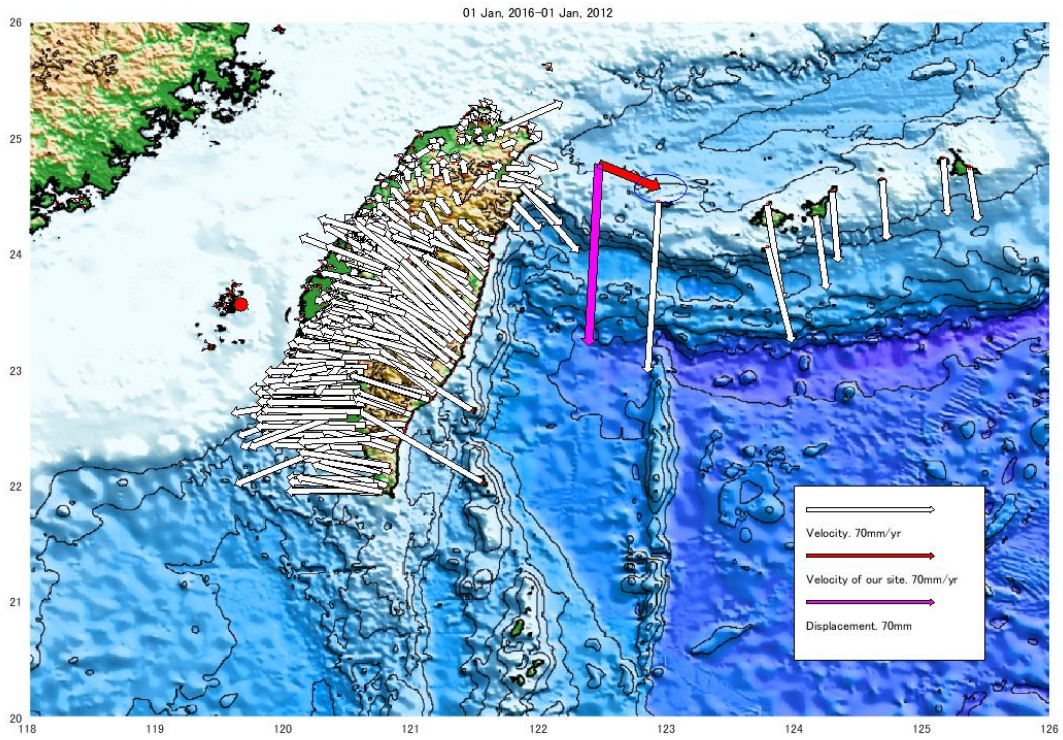
海底局の位置決定は、キネマティックGPSデータ、船の姿勢データ、音波の走時データ、CTDデータを使用して、Ikuta et al(2008)の手法を用いて行った。キネマティックGPSデータの解析には、NASA/GSFCで開発された長基線解析ソフトウェアIT(Interferometry Trajectory)を導入した。今回は、全観測期間において4つの海底局の相対位置が変化しないと仮定して、4つの海底局の重心の位置の移動を推定した。

その結果、海底局の重心の変位速度は南東方向におよそ5.7cm/yr(ユーラシアプレート基準)であることが推定された。重心の水平方向の時系列は、1本の直線でフィッティングした場合、残差が最大でも7cm程度と、ばらつきの小さい時系列となった。しかし、2013年9月頃にステップがあるように見えるため、複数の直線でのフィッティングを試みた。AIC(赤池情報量規準)を用いて結果を評価したところ、最もAICの値が小さくなったのは、2012年7月~2013年7月と2013年9月~2016年5月の2つに分けて2本でフィッティングした場合であった。

2本でフィッティングした場合、2013年7月から9月にかけて約11cm程南方向に移動していると捉えることができる。Ando et al(2015)によると、2013年4月に与那国島の北沖で、拡大軸で群発地震を伴うダイクの貫入が発生したと推定されている。宜蘭沖の南方向の移動は、2013年4月に起きたこの背弧拡大イベントが3~5ヶ月かけて西方向に伝播したことを表しているのかもしれない。南西諸島の陸上のGNSSに基づく観測ではほぼ一定速度に見えている沖縄トラフの拡大が、沖縄トラフ軸直近では地震活動を伴わずに断続的に生じている可能性が示唆される。重心の時系列を一本の直線で近似した傾向は、宜蘭平野と与那国島の間中間的な速度を示し、長期的に見た背弧拡大の動きが、南西諸島と台湾の間で不連続でないことを示している。

キーワード：沖縄トラフ、背弧拡大、海底地殻変動、GNSS/音響測距

Keywords: Okinawa trough, back arc spreading, seafloor crustal deformation, GNSS/Acoustic measurement



琉球海溝南西域および台湾東海岸の巨大地震発生のメカニズム

Mechanism of large earthquakes along the southwestern Ryukyu subduction zone and the east coast of Taiwan

*安藤 雅孝¹、生田 領野¹

*Masataka Ando¹, Ryoya Ikuta¹

1. 静岡大学防災総合センター

1. Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University

フィリピン海プレートの北西域端では、琉球海溝に沿って沈み込み、台湾東海岸では衝突する。この地域で、我々が最近実施した津波堆積物の調査、海底地殻変動観測に基づき、琉球海溝南西部の巨大地震のテクトニクスについて議論する。

1. 宮古島・石垣島沖での巨大津波

本地域では、過去数千年にわたり、巨大な津波が繰り返し発生したことが知られている。我々が行った石垣島での津波堆積物の調査から、過去2000年にわたり、ほぼ600年に一回の割合で巨大津波が発生したことを明らかになった(Ando et al. 2017)。これらの地震のうち、最新の1771年八重山地震の際には、石垣島沿岸では地割れが生じ、揺れは震度V弱(またはそれ以上)に達したことも判明した。この地震による、400km離れた沖縄本島での震度は、IVと推定されおり(宇佐美 2010)、1771年地震は“津波地震”ではなく、通常の地震である可能性が高い。1771年地震の東側でも、別の巨大津波がそれ以前に発生したことが知られている。下島(宮古島市)には、日本で最大の津波石(帯石)が打ち上げられており、珊瑚のC14年代測定から、11世紀以降、1771年以前に、巨大津波によるものと推定される。このような結果を総合すると、琉球海溝南西域沿いには、長さ250kmを超える巨大地震発生域があると考えられる。Nakamura(2009)のプレート境界面上の逆断層地震モデルを採用すると、プレートの地震性カップリング率は20%程度と低くなる。

2. 琉球海溝の後退と伸張歪み場

GPS観測によると、沖縄諸島は4-6cm/yの速度で南～南東に向かって移動する。この変動は琉球海溝が南東に後退するために生じるもので、先島諸島は $1-3 \times 10^{-8}$ /yの伸張歪み場にある。この伸びに応じて、背弧の沖縄トラフでは、マグマの貫入が起きるものと考えられる。2013年4月には与那国島の北50kmの沖縄トラフ内で、2日間にわたりマグマが貫入したと推定された(Ando et al., 2015)。2013年7月から9月の間に、その地点から西100kmで、マグマ貫入が生じたと、海底地殻変動観測から推定されている(香味・他、2017)。琉球海溝南西域では、海溝が後退しつつ、プレート沈み込みに伴う歪み応力を蓄積し、巨大地震を発生させるものと考えられる。カップリング率の低い伸張応力場でも、巨大地震が繰り返し発生しうるとは注目される。

3. 海底地殻変動観測結果

2014年に、波照間島(西表島の南)の南60kmに、海底地殻変動観測点が設置され、観測が継続されている。この結果から、観測点が西表島に対し南に移動していることが明らかになった。ただし、観測期間は2年間と短く、結果の信頼性はまだ低い。海溝付近でも伸張場であることを確かめるには、さらに3年間の観測が必要である。一方、台湾東海岸には、琉球海溝から沈み込むプレート間カップリングの検証を目的として、3カ所に海底地殻変動観測点が設置された。その内の一つの宜蘭沖の観測点の2012年～2016年の地殻変動観測結果が明らかにされた(香味・他、2017)。それによると、速度ベクトルは、南向きに4cm/y、東向きに8cm/yで、60km西の陸域の変動と調和的である。ただし、観測点が海溝から離れ過ぎているため、プレート間カップリングの有無を検証するに至っていない。さらに、海溝に近い他の2地点での観測を継続する必要がある。今後、波照間沖、台湾沖での海底地殻変動から、この地域の巨大地震の準備過程が、解明されよう。

4. まとめ

琉球海溝南西域の巨大地震発生のメカニズム解明には、波照間島沖の地殻変動観測を継続し、かつ台湾東海岸に海溝に近い海底地殻変動観測を継続して行う必要がある。

キーワード：琉球海溝、津波、プレートカップリング率、地震間隔、巨大地震、伸張歪み場

Keywords: Ryukyu trench, Tsunami, Plate coupling rate, Recurrence interval, Large earthquake,
Extensional strain field

Detection of offshore vertical displacements after the 2011 Tohoku-oki Earthquake from GPS-A observations

*富田 史章¹、本莊 千枝²、木戸 元之²

*Fumiaki Tomita¹, Chie Honsho², Motoyuki Kido²

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学災害科学国際研究所

1. Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University, 2. International Research Institute for Disaster Science, Tohoku University

Postseismic displacements following the 2011 Tohoku-oki Earthquake (Tohoku Eq.) have been detected by on- and off-shore geodetic observations. Especially offshore GPS/Acoustic (GPS/A) observations showing an extensive postseismic displacement pattern [Watanabe et al., 2014, GRL; Tomita et al., 2016, AGU], which have strong constraints on modeling postseismic deformation processes [e.g., Sun et al., 2014, Nature]. However, these GPS/A studies have basically detected only in horizontal components. Postseismic vertical motions are sensitive to the postseismic processes because they show different spatial pattern from horizontal motions; therefore, detecting vertical motions is quite important. Although Watanabe et al. [2014] detected vertical motions after the Tohoku Eq., an extensive pattern of the postseismic vertical motions has not still been obtained.

It has been a difficult work to detect vertical motions by GPS/A observations because a parameter of calculating vertical motions has the trade-off nature with a parameter of the sound speed in the seawater (SSS). Sato et al. [2013, J. Geod.] showed acoustic ranging data obtained from numerous and extensive sea-surface ranging points could constrain the parameters; Watanabe et al. [2014] similarly estimated the postseismic vertical motions. In contrast to their data collections, we have collected acoustic ranging data from a fixed ranging point just above the center of a seafloor transponder array (point survey data) based on the strategy of Kido et al. [2006, EPS]. In this strategy, we can obtain a horizontal seafloor motion precisely by each ping, but it is difficult to constrain vertical motions. However, we have also collected less but extensive acoustic ranging data (moving survey data) occasionally to initially configure the seafloor transponder array. In this study, we challenge to calculate extensive vertical motions after the Tohoku Eq. using moving survey data obtained from Sep. 2012 to Nov. 2016 at the 20 GPS/A sites in the Tohoku-oki region.

In our strategy, we initially calculated relative positions of seafloor transponders at each site; then we simultaneously calculated positions of arrayed transponders (array positions) in both horizontal and vertical components for each cruise and temporal changes of SSS. In order to accurately calculate vertical motions, we also have to estimate an offset between a GPS antenna and an acoustic transducer mounted on each research vessel. Since we have employed a different vessel for each cruise, the transducer offset values may cause critical biases in the calculated vertical motions. Thus, we iteratively estimated the transducer offset values and the initial relative positions of seafloor transponders and the array positions. Then, postseismic displacement rates were calculated from the obtained vertical motions.

The obtained vertical displacement rates show spatially characterized pattern: subsidence above the coseismic rupture area and uplift near the trench, but they have 3-15 cm/yr errors in 1σ that are much larger than the errors in the horizontal components. The worse errors in the vertical component are probably caused by the trade-off nature with SSS and the shortage of the moving survey data. Some sites show small errors with ~ 3 cm/yr, but we cannot figure that the accurate results are actually obtained because the larger errors are obtained in the other sites by the same method. Due to the errors, it is difficult to quantitatively discuss the postseismic deformation processes at the moment. However, this study successfully showed the potential capability of our data for detecting vertical motions. In order to

quantitatively discuss the vertical motions, further moving survey data in the future and detailed evaluation of the errors are required.

キーワード：海底測地、2011年東北地方太平洋沖地震、GPS音響結合方式、余効変動、上下変動

Keywords: Seafloor geodesy, The 2011 Tohoku-oki Earthquake, GPS/Acoustic observation, Postseismic deformation, Vertical motions

An estimation of undersea sound speed structure: a more accurate strategy of GPS-A seafloor geodesy

*石川 直史¹、横田 裕輔¹、渡邊 俊一¹

*Tadashi Ishikawa¹, Yusuke Yokota¹, Shun-ichi Watanabe¹

1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

The Hydrographic and Oceanographic Department of Japan Coast Guard has been developing a system for precise seafloor geodetic positioning with the GPS-Acoustic combination technique and deploying seafloor observation sites on the landward slope of the major trenches around Japan, such as the Japan Trench and the Nankai Trough.

The primary purpose of this observation is to detect and monitor the crustal deformation caused by the subduction of the oceanic plate near the plate boundary.

For the precise GPS-Acoustic seafloor positioning, we are developing analysis software, which combines a GPS positioning result and undersea acoustic travel times to get a precise position of an array of seafloor stations.

In this analysis, undersea sound speed structure must be given to convert travel times of acoustic wave into travel ranges. In order to estimate the seafloor positions accurately, it is necessary to have a sufficiently accurate sound speed structure. However the sound speed varies with time and space. Therefore it is practically impossible to cover all these variations in detail.

For positioning at the centimeter level, we are trying to estimate the sound speed variation from the travel time residuals in the positioning analysis. The travel time residuals include the information of the temporal variation, spatial variation and systematic difference of sound speed. By taking a proper strategy, the correction of sound speed based on this estimation improves the final positioning result significantly.

We investigate the behavior of the travel time residuals using spectrum analysis to extract the various frequency of sound speed variation. Based on the result, we will examine a more accurate analysis strategy.

キーワード：GPS-音響結合方式、海底地殻変動観測、海中音速度構造

Keywords: GPS-Acoustic ranging combination technique, seafloor geodetic observation, undersea sound speed structure

Results of physical property measurements obtained during the CHIKYU cruise CK16-05 of hydrothermal fields at the middle Okinawa Trough.

*正木 裕香¹、小森 省吾²、斎藤 誠史¹、Kakda Kret³、南出 奏⁴、大野 正夫³、山本 浩文¹、McIntosh Iona¹、谷川 亘¹、野崎 達生¹、熊谷 英憲¹、石橋 純一郎³、前田 玲奈¹、CK16-05 乗船者一同
*Yuka Masaki¹, Shogo Komori², Masafumi Saitoh¹, Kakda Kret³, Kana Minamide⁴, Masao Ohno³, Hirofumi Yamamoto¹, Iona McIntosh¹, Wataru Tanikawa¹, Tatsuo Nozaki¹, Hidenori Kumagai¹, Jun-ichiro Ishibashi³, Lena Maeda¹, CK16-05 on board members

1. 海洋研究開発機構、2. 産業総合研究所、3. 九州大学大学院、4. 京都大学大学院

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kyushu University, 4. Kyoto University

The middle Okinawa Trough, located along the Ryukyu-arc on the margin of the East China Sea, has several active hydrothermal fields. Cruise CK16-05 of D/V CHIKYU targeted one of the largest hydrothermal fields, the Izena hydrothermal field, and conducted coring operations. Site C9027 is located on the center part of the Northern sulfide mound. Four other sites where we can observe the subseafloor sulfide layer were drilled along an eastward transect from the Northern mound (Sites C9028, C9026, C9025 and C9032 from west to east). Two additional reference sites (C9029 and C9030) located to the north and northwest of Site C9027, where the subseafloor sulfide layer is not distributed, were also drilled. Here, we present the results of physical property measurements obtained by using CHIKYU's on-board laboratory.

Drilled core samples from the Northern mound (Site C9027) mainly consisted of sulfide-rich rocks. The total recovered core length was 5.09 m and core recovery rate was only 3.9 %, due to the difficulty of coring operations in this material. These core samples exhibited the highest thermal conductivity (18.37 W/m·K) and the highest P-wave velocity (7,613 m/sec) of all sites, which is consistent with an abundant occurrence of sulfide minerals.

The four sites along the eastward transect from the Northern mound (Sites C9028, C9026, C9025 and C9032) consisted of hemi-pelagic sediment, hydrothermal altered sediment, pumiceous gravel and sulfide layers. Conspicuous peaks in the results of physical property measurements such as a notably high grain density were observed within the cores from all four sites, suggesting that a large sub-seafloor sulfide layer is widely distributed in this area.

Core samples from the two reference sites (Sites C9029 and C9030) mainly consisted of pumiceous gravel and mud, and total recovered core lengths were 84.5 m and 61.4 m with recovery rates of 53.7% and 66.7%, respectively. Physical property data from these two sites did not exhibit the conspicuous peaks that were observed in the sites associated with the sub-seafloor sulfide layer.

Using whole physical property data, we will also present a first-order sub-seafloor physical property model for the Izena hydrothermal field in this presentation.

キーワード：海底熱水、ちきゅう、物性測定、伊是名

Keywords: seafloor hydrothermal deposit, CHIKYU, Physical Property, Izena

伊是名海穴海底熱水系から採取した間隙水の化学組成

Chemical and isotopic compositions of interstitial water from the Izena hydrothermal field

*土岐 知弘¹、大竹 翼²、石橋 純一郎³、松井 洋平⁴、加藤 大和³、淵田 茂司⁵、宮原 玲奈³、堤 映日³、中村 峻介²、川喜田 竜平²、宇座 大貴¹、上原 力¹、新城 竜一¹、野崎 達生⁴、熊谷 英憲⁴、前田 玲奈⁴、CK16-05 乗船者一同

*Tomohiro Toki¹, Tsubasa Otake², Jun-ichiro Ishibashi³, Yohei Matsui⁴, Hirokazu Kato³, Shigeshi Fuchida⁵, Rena Miyahara³, Akihi Tsutsumi³, Shunsuke Nakamura², Ryuhei Kawakida², Hiroataka Uza¹, Riki Uehara¹, Ryuichi Shinjo¹, Tatsuo Nozaki⁴, Hidenori Kumagai⁴, Lena Maeda⁴, CK16-05 on-board member

1. 琉球大学、2. 北海道大学、3. 九州大学、4. 海洋研究開発機構、5. 国立環境研究所

1. University of the Ryukyus, 2. Hokkaido University, 3. Kyushu University, 4. JAMSTEC, 5. NIES

これまでのSIP航海において、伊平屋北海丘の複数の海底熱水活動域を掘削し、硫化物鉱床の分布と、海底熱水の分布を明らかにしてきた。しかし、伊平屋北海丘における海底熱水鉱床の規模は比較的小規模なもので、大規模な海底熱水鉱床の形成メカニズムを明らかにするにはあまり適していなかった。伊是名海穴には、Hakureiサイト及びJADEサイトといった二つの海底熱水活動域が報告されており、Hakureiサイトの海底面には、高さ数十メートルに及ぶ複数のマウンドが連なっている。JOGMECのプレスリリースによれば、これらのマウンドを形成している硫化物の下にも硫化物の鉱体の存在が示唆されている（JOGMECプレスリリース）。本研究では、大規模な海底熱水鉱床周辺の間隙水及びヘッドスペースガス中の化学組成及びガス組成を測定し、海底下における熱水の分布と挙動を調べ、熱水が大規模な海底熱水鉱床の成長にどのように関わっているかを明らかにする。

キーワード：伊是名海穴、海底熱水系、間隙水、化学組成

Keywords: Izena Hole, hydrothermal system, interstitial water, chemical and isotopic compositions

沖縄沖伊平屋北海丘での硫化物岩石サンプルの物性測定

Physical Properties of massive sulfide samples at the Iheya North Knoll Hydrothermal Area, Off-Okinawa, Japan

*後藤 忠徳¹、大田 優介¹、寺西 陽祐¹、林 為人^{2,1}、笠谷 貴史²、町山 栄章²、金松 敏也²、木戸 ゆかり²、多田井 修³

*Tada-nori Goto¹, Yusuke Ohta¹, Yosuke Teranishi¹, Weiren Lin^{2,1}, Takafumi Kasaya², Hideaki Machiyama², Toshiya Kanamatsu², Yukari Kido², Osamu Tada³

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. マリンワークジャパン

1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Marine Work Japan Ltd.

Seafloor massive sulphides (SMS) around seafloor hydrothermal active zone are attractive due to the general growth trend of global economical activities. Since the SMS is located below the deep seafloor, which restricts a number of boreholes for land-based mineral explorations, deep seafloor geophysical surveys (e.g., electromagnetic, magnetic, gravity and seismic surveys) are conducted to image the detailed distribution of SMS below seafloor. However, the complicated lithological structure around SMS interrupts the good interpretation of sub-seafloor structure by using sole geophysical technique. For example, low resistivity value is expected for SMS, but the evaluation of amount of metal deposits is not enough only from the resistivity structure.

In this study, we try to include the physical properties (and amount of metal deposits) obtained from laboratory experiment using rock core samples to add better constraint to the joint inversion, recently used for physical models based on the geophysical explorations. The rock samples of SMS were obtained by ROV and submersible exploration around the hydrothermal active areas in the Okinawa Trough, Japan. From 21 core samples, resistivity, density, porosity, natural remanent magnetization (NRM) are measured. The chemical components are obtained by X-ray fluorescence (XRF) analysis.

The measured result indicates a correlation between resistivity, NRM, density and concentration of metal. For example, the resistivity values measured in laboratory indicates pretty low features. The resistivity cannot be explained by the conventional Archie's law, and modified one (called as parallel circuit model). We newly develop a rock physics model of resistivity for massive sulphide in this study. In our model, a direct connection term between conductive solid and conductive liquid to the conventional model. As a result, our new model well explains the measured resistivity trend, especially samples including large amount of pyrite. The contribution of conductive material in rock sample indicates high correlation to the amount of Cu, Fe, Zn. We conclude that the higher conductivity of rock matrix and higher NRM are possibly relates to the high metal contents and can be a good index for mineral deposits.

キーワード：熱水地域、硫化物鉱床、岩石物理学

Keywords: Hydrothermal Area, Massive Sulfide, Rock Physics

伊豆小笠原弧須美寿カルデラ北部外輪山（望星サイト）における大規模熱水変質帯の可能性

Possibility of the large-scale hydrothermal alteration zone (Bosei-site) observed around the northern part of outer-rim of Sumis caldera, Izu-Ogasawara Arc

*坂本 泉¹、松下 小春¹、四宮 佑太¹、八木 雅俊¹

*Izumi Sakamoto¹, Koharu Matsushita¹, Yuta Shinomiya¹, Masatoshi Yagi¹

1. 東海大学海洋学部

1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

須美寿カルデラは、伊豆小笠原火山フロント上に位置し、直径約10kmの規模を呈する海底カルデラである。本海域では岩淵（1999）による“しんかい2000”潜航観察により外輪山域における珪化変質や現鉄水酸化物の分布、中央火口丘付近での熱水生物群集の存在が報告されている。近年では、須美寿カルデラ底に於いて熱水マウンドらしい高まりの存在がAUVで観察されている（浦，他2012）。東海大学では須美寿カルデラ海域において、2014年から地形・採泥調査を行って来た。本報告では、2016年東海大学海洋学部海洋地球科学科海洋実習3において、須美寿カルデラ域の精密地形測量、水中音響異常探査、ビデオ付き採泥機による岩石試料採取および海底画像取得を行い、その結果北部須美寿カルデラ外輪山山頂部域に、広範囲にわたって低温熱水起源と思われる変質帯（望星サイト）を認めたので報告を行う。

須美寿カルデラにおける外輪山は、南部・西部・東部・北部で異なった地形特徴が発達している。今回対象とするカルデラ外輪山北部域は、水深200m等深線で囲まれた比較的平坦な頂部を有し、東西方向に延びる痩せ尾根（幅500-1000m：最浅水深150m）が発達している。これに比べ、カルデラ壁南側（内壁）には、比高約600mの急斜面が発達している。このカルデラ内壁には、南北に伸びた海脚状地形と直線状の谷地形が交互に発達し、この急斜面域で行われた採泥では、多量の火山岩（玄武岩～デイサイト質）が採取されている。

カルデラ外輪山北部山頂域（水深300-200m）において行った精密地形探査では、東西方向に伸びる痩せ尾根から南側斜面にかけ、小規模であるがマウンド状の高まりおよびリッジ状地形が複数確認され、さらに水中音響異常が約5kmの範囲において複数確認された。引き続き水中音響異常が観察された海域でドレッジ採泥（同時海底画像記録式）では、多量の火山砕屑岩が採取され、海底に火山砕屑岩類が一面に広がる様子がビデオ映像解析で確認された。

採取された火山砕屑岩は、1) 赤色でスコリア質の本質岩片のみから構成されるラピリーストーン試料、2) スコリアと軽石の混合岩片から成り灰白色の石灰質基質の発達した火山礫凝灰岩試料への岩相変化が確認された。赤色ラピリーストーンは岩石内部全体にわたって脆く赤褐色変質を被り、マトリックス中には石灰華（シンター）が発達している。鏡下においても、X線回折を用いた定性分析でも、残念ながら鉄を含んだ鉱物は検出されなかった。しかしながら、これらシンター部分の定量分析（XRF・FP法）結果では、最大で60wt.%をこえる全鉄値が確認された。仮にこれらの石灰華の発達する赤色ラピリーストーンが熱水変質により形成されたと仮定した場合、小規模マウンドの分布と水中音響異常領域が5kmにわたっていた事を併せ、須美寿カルデラ北部外輪山斜面上部から頂部にかけて大規模な熱水変質帯が発達していると推定される。

キーワード：熱水変質帯、海底カルデラ

Keywords: hydrothermal alteration zone, Submarine caldera

中央インド洋海嶺Yokoniwa Riseにおける海底熱水活動と蛇紋岩化作用：AUV磁気マッピングと岩石磁気による制約

Hydrothermal activity and sub-seafloor serpentinization on the Yokoniwa Rise developed in the Central Indian Ridge: Constraints from AUV mapping and rock magnetisms

*藤井 昌和¹、沖野 郷子²、佐藤 暢³、佐藤 太一⁴、中村 謙太郎⁵、山崎 俊嗣²

*Masakazu Fujii¹, Kyoko Okino², Hiroshi Sato³, Taichi Sato⁴, Kentaro Nakamura⁵, Toshitsugu Yamazaki²

1. 国立極地研究所 / 総合研究大学院大学、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 専修大学、4. 産業技術総合研究所、5. 東京大学
1. National Institute of Polar Research / SOKENDAI, 2. AORI, UTokyo, 3. Senshu Univ., 4. AIST, 5. UTokyo

Exposures of ultramafic mantle rocks are extensively distributed within slow spreading environments, where alteration processes significantly influence submarine ecosystems and result in high concentrations of metals. The location and spatial extent of hydrothermal activity are difficult to constrain; however, studies of near-seafloor magnetic field can highlight these features because crustal magnetic minerals can be destroyed or created by hydrothermal processes. Therefore, investigating magnetic signatures in these ultramafic-hosted hydrothermal systems is important for detecting active and inactive hydrothermal sites and their mineralization states.

High-resolution vector magnetic measurements were performed on an inactive ultramafic-hosted hydrothermal vent field, known as Yokoniwa Hydrothermal Field (YHF), using a deep-sea manned submersible *SHINKAI 6500* and an autonomous underwater vehicle (AUV) *r2D4*. The YHF has developed at a non-transform offset massif near the Rodrigues Triple Junction of the Southeast Indian Ridge, Southwest Indian Ridge, and Central Indian Ridge. Dead chimneys were widely observed around the YHF along with a very weak venting of low-temperature fluids so that hydrothermal activity of the YHF was almost finished. The rock samples collected around the YHF and in the slope of the Yokoniwa Rise were utilized for measurements of physical and rock magnetic properties, and petrological investigation.

The distribution of crustal magnetization from the magnetic anomaly revealed that the YHF is associated with enhanced magnetization, as seen at the ultramafic-hosted Rainbow and Ashadze-1 hydrothermal sites of the Mid-Atlantic Ridge. The results of rock magnetic analysis on seafloor rock samples (including basalt, dolerite, gabbro, serpentinized peridotite, and hydrothermal sulfide) showed that only highly serpentinized peridotite carries high magnetic susceptibility and that the natural remanent magnetization intensity can explain the high magnetization of Yokoniwa. These observations reflect abundant and strongly magnetized magnetite grains within the highly serpentinized peridotite. The detailed magnetic hysteresis measurements demonstrated that single-domain (SD) magnetite was formed during the later stage of serpentinization, and it is assembled inside of mesh structures with strong magnetostatic interactions. Comparisons with the Rainbow and Ashadze-1 suggest that in ultramafic-hosted hydrothermal systems, strongly magnetized magnetite and pyrrhotite form during the progression of hydrothermal alteration of peridotite. After the completion of serpentinization and hydrogen production, pyrrhotites convert into pyrite or nonmagnetic iron sulfides, which considerably reduces their levels of magnetization. Our results revealed origins of the magnetic high and the development of subsurface chemical processes in ultramafic-hosted hydrothermal systems. Furthermore,

the results highlight the use of near-seafloor magnetic field measurements as a powerful tool for detecting and characterizing seafloor hydrothermal system.

[References]

1. Fujii, M., K. Okino, T. Sato, H. Sato, and K. Nakamura (2016), Origin of magnetic highs at ultramafic hosted hydrothermal systems: Insights from the Yokoniwa site of Central Indian Ridge, Earth and Planetary Science Letters, doi: 10.1016/j.epsl.2016.02.018.

2. Fujii, M., K. Okino, H. Sato, K. Nakamura, T. Sato, and T. Yamazaki (2016), Variation in magnetic properties of serpentinized peridotites exposed on the Yokoniwa Rise, Central Indian Ridge: Insights into the role of magnetite in serpentinization, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, doi:10.1002/2016GC006511.

キーワード：海底熱水循環、蛇紋岩化作用、磁気異常、岩石磁気、低速拡大海嶺

Keywords: Seafloor hydrothermal system, Serpentinization, Magnetic anomaly, Rock magnetism, Slow-spreading ridge

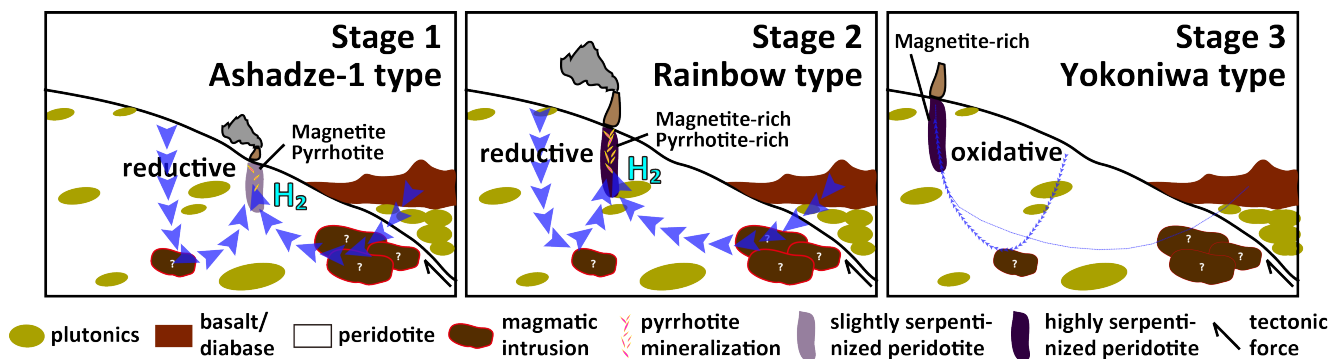


Figure. Model of magnetic mineral formation. Model showing the 3-stage formation history of magnetic minerals in ultramafic-hosted hydrothermal systems.

Stage 1: some magnetized magnetite and pyrrhotite form through serpentinization and sulfide mineralization under reductive conditions,

Stage 2: large quantity of magnetized magnetite and pyrrhotite are accumulated through serpentinization and sulfide mineralization under reductive conditions,

Stage 3: only magnetized magnetite remains as main magnetic source under oxidative condition after serpentinization of host rock.

Geomorphological features of the Southern Mariana Trough spreading center obtained from near-bottom surveys using the AUV Urashima

岡本 理¹、*島 伸和¹、沖野 郷子²、本莊 千枝³

Osamu Okamoto¹, *Nobukazu Seama¹, Kyoko Okino², Chie Honsho³

1. 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 東北大学災害科学国際研究所

1. Department of Planetology, Kobe University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3. IRIDeS, Tohoku University

We characterized field-scale geomorphological features at the sea-floor spreading center in the southern segment of the Southern Mariana Trough back-arc basin to understand its crustal formation in fine-scale. The Southern Mariana Trough is a currently active back arc basin, and it has fast spreading morphologic and geophysical characteristics (e.g. axial high), suggesting an abundant magma supply, even though the full spreading rate is categorized as slow spreading (e.g. Seama et al., 2015). Bathymetry and geomagnetic field data in the Southern Mariana Trough show highly asymmetric seafloor spreading; much faster spreading in the west side of the spreading axis compared to the east side (Seama and Okino, 2015). They estimated the spreading rate of the southern segment as 46 km/Myr with its half rate of 33 km/Myr for the west side and 13 km/Myr for the east side. We analyzed near-bottom acoustic survey data along an axial relief in the southern segment to obtain fine scale topographic map and back-scatter images. The near-bottom acoustic survey during JAMSTEC YK09-08 cruise was conducted using the AUV Urashima, in which a 120 kHz side-scan sonar and a 400 kHz multi-beam echo sounder are mounted. Seven survey lines along spreading axis cover 2.5 km by 0.9 km area along and across the spreading axis, respectively. The topographic map and the back-scatter images together with eight dive observation data acquired by the submersible Shinkai 6500 allow us to derive characteristic features at the sea-floor spreading center. The current active spreading axis is identified by six mounds with their diameters of 100-300 m; the mounds are in line parallel to the axial high in the southern segment and they are composed by pillow lavas without sediment. The mounds are divided into two groups that probably show fine scale different ridge segments; three mounds in the south are more active with their height of 10-25 m, while three mounds in the north are a few meters high, and two groups have a 100 m offset in line parallel to the axial relief. Further, we found asymmetric geomorphological features at the spreading center in small-scale (< 1 km scale). A lot of fault scarps and lineaments parallel to the axial axis exist in the topographic map and the back-scatter images, respectively, and their locations show high asymmetry; many of them locate in the northwest side of the axial axis, but few exist in the southeast side. The small scale asymmetric geomorphological features near the current spreading axis provide an important constraint on the style of the highly asymmetric seafloor spreading in the Southern Mariana Trough back-arc basin.

キーワード：南マリアナ背弧海盆、非対称海洋底拡大、深海音響探査

Keywords: Southern Mariana Trough back-arc basin, asymmetric seafloor spreading, near-bottom acoustic survey

Tectonics of long-offset oceanic transform faults along the Central Indian Ridge

*沖野 郷子¹、島 伸和²、藤井 昌和³、町田 嗣樹⁴

*Kyoko Okino¹, Nobukazu Seama², Masakazu Fujii³, Shiki Machida⁴

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

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Kobe University, 3. National Polar Research Institute, 4. JAMSTEC

Oceanic transform faults, conservative plate boundaries in light of plate tectonics, are one of the first-order features of global seafloor. It connects offsets of mid-ocean ridge system up to 400km in length, controlling thermal structure, mantle flow, magmatism and hydrothermalism at mid-ocean ridges. Transform fault is also a good recorder of past and present plate motion and the fault wall is a tectonic window for investigating deep crust / upper mantle lithology. Although the recent numerical studies show that contribution of seawater infiltration along oceanic transform faults is not negligible in global water flux, the degree and spatial extent of serpentinization around the faults system remain poorly constrained. Oceanic transform faults (OTF), especially long-offset transforms where two extremely different age plates are juxtaposing, are thus interesting research target, however the previous field observations are very limited. We mapped the Marie Celeste OTF of 215 km offset as a part of Central Indian Ridge magmatism and hydrothermal activity studies in 2006 and discovered several characteristic features within and around the OTF. Then, we revisited the area January, 2016 and conducted detailed surveys along and across the Marie Celeste and other three OTFs in order to investigate the tectonics, evolution and fluid influence.

Among four transform faults we surveyed, three OTFs (OTF1, 2, and 3) are associated with prominent median ridges near ridge-transform intersections. Median ridges have been reported along both fast- and slow-slipping oceanic transform faults. But the origin of this shallow topography is still enigmatic. Previous studies have proposed along-transform volcanism, intrusion or diapirism of serpentinite, and transpression or localized compression resulting from change of plate boundary geometry. We collected basalt, dolerite, gabbro samples along the middle to upper slope of median ridge of OTF1. The median ridge is sheared and current principal transform deformation zone seems to extend north of the median ridge. Preliminary zircon U-Pb age dating from a recovered sample [Orihashi, personal comm.] shows 13.25 ± 0.24 [Ma], that is almost same age as the northern wall (~ 12 Ma). These observations may suggest that the median ridge is a portion of the northern transform wall which was detached along the present deformation zone.

Previous studies have shown that slow-slipping transform faults are characterized by more positive RMBA (residual mantle gravity anomalies) than their adjacent ridge segment, due to thinning of crustal thickness towards segment ends. We calculated RMBA in our study area, assuming 6-km thick crust and three-dimensional mantle flow. OTF2, where the relative plate velocity is 38 mm/yr., is associated with RMBA of ~ 0 mGal that is almost same level as the adjacent ridge segment. This result is consistent with spreading rate dependence of gravity anomalies along OTFs by Gregg et al. [2007]. OTF1 (Marie Celeste) shows more negative anomaly than the adjacent ridge segment. A negative RMBA suggests mass deficit along OTF1, which could indicate serpentinization of mantle materials, increase of rock porosity, and/or relatively thick crust. It may suggest the effect of increased rock porosity and serpentinization enhanced by long-offset transform fault, that is usually hidden by effect of crustal thinning. Another possibility is more fast-spreading like crustal structure, that is suggested by off-axis large volcanoes and sheet lava flow within the axial valley at the ridge segment south of OTF1.

キーワード：海洋トランスフォーム断層、断裂帯、メディアンリッジ、重力異常、中央インド洋海嶺、蛇紋岩化

Keywords: oceanic transform fault, fracture zone, median ridge, gravity anomaly, Central Indian Ridge, serpentinization

Crustal structure and tectonic setting of the abyssal basin southeast of the Ontong Java Plateau, western Pacific Ocean

*清水 祥伽¹、中西 正男¹、三浦 誠一²、末次 大輔³

*Shoka Shimizu¹, Masao Nakanishi¹, Seiichi Miura², Daisuke Suetsugu³

1. 千葉大学大学院理学研究科 地球生命圏科学専攻、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、3. 国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野

1. Chiba University, 2. R&D Center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Department of Deep Earth Structure and Dynamics Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Ontong Java Plateau(OJP) is located north of the Solomon Islands in the western Pacific Ocean. The area of OJP is about 1.9×10^6 km². Deep-sea drilling samples indicate that most of the OJP was formed rapidly about 120 Ma at mid-southern latitude in the Pacific Basin. Taylor (2006) proposed that the OJP was formed as a single large volcanic province together with the Manihiki and Hikurangi plateaus, called Ontong Java Nui (Chandler et al., 2012). The OJP is surrounded by the East Mariana, Pigafetta, Nauru, Ellice, Stewart, and Lyra basins. The former three basins (East Mariana, Pigafetta, and Nauru) were formed at the Pacific-Izanagi and Pacific-Phoenix ridges, respectively (Nakanishi et al., 1992). The tectonic history of the latter three basins (Ellice, Stewart, and Lyra) is, however, unknown because of lack of magnetic anomaly lineations. It is thus unclear whether OJP was formed at mid-oceanic ridges or away from active plate boundaries. To expose the tectonic history of Ellice, Stewart, and Lyra basins, we conducted the multichannel seismic reflection survey in the basins as well as OJP during the research cruise MR14-06 Leg 1 by R/V Mirai of JAMSTEC. After the regular data processing, we found several tectonic structures in the basins. The relief of the acoustic basements in the basins are not overall smooth. We found several igneous diapirs in Stewart and Ellice basins, implying that the volcanism occurred after the formation of the basins. We identified normal faults in the southern part of Stewart Basin, probably caused by the plate bending owing to the Pacific Plate subduction. We discovered the graben structures in the OJP situated at the northern and southern flanks of the Stewart Basin. The graben structures were formed at the beginning of the formation of the Stewart Basin. Taylor (2006) concluded the basin was formed by NW-SE rifting during the separation of OJP and Manihiki Plateau around 120 Ma. Neal (1997) proposed another model, in which the NE-SW rifting and spreading event formed the Stewart and Ellice basins around the basin around 80 Ma. Our study prefers the model by Neal et al. (1997).

キーワード：オントンジャワ海台、マルチチャンネル反射法地震探査、巨大火成岩岩石区

Keywords: Ontong java plateau, multichannel seismic reflection survey, large igneous provinces

Deep structure offshore eastern Australia from wide-angle refraction seismic data: from the Tasman Sea to the Lord Howe Rise

*Flora Gallais¹, Gou Fujie¹, Shuichi Kodaira¹, Seiichi Miura¹, Brian Boston¹, Yasuyuki Nakamura¹, Ron I Hackney², Saneatsu Saito¹, Kazuya Shiraishi¹, Yuka Kaiho¹, Yasuhiro Yamada¹

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Geoscience Australia

The eastern Australian margin was shaped during the fragmentation of eastern Gondwana in the Late Cretaceous. This led to the opening of the oceanic Tasman Basin and to the formation of sub-parallel ridges and basins, including the Lord Howe Rise. The deep structure of the area is still unknown. In March-May 2016 onboard the R/V *Kairei*, the first large-scale crustal experiment in this region was conducted by JAMSTEC and Geoscience Australia with the deployment of 100 ocean-bottom seismometers (OBS) along a 680 km profile at 27.2°S. The OBSs registered clear refracted arrivals from the crust and the mantle that are recorded at very large offsets of up to 300 km. The variation in the offset of the triplication point between these two refracted arrivals suggests strong crustal thickness variation along the profile. Both pre- and post-critical reflected phases from the Moho (PmP) are also very clearly recorded by the OBSs. We performed first-arrival tomographic inversion to analyze the data. The initial layered P-wave velocity model was built using the basement reflection interpreted from coincident multi-channel reflection seismic data and the PmP arrivals were used during the inversion to constrain the thickness of the crust. The final tomographic Vp model confirms the strong variations in crustal thickness and allows the identification of distinct crustal domains along the profile: Below the Tasman Basin is an oceanic domain with 7 km thick crust; further east, thicker crust (14 km) is present below the Dampier Ridge where granitic rocks have been dredged; directly east of the Dampier Ridge, the crust thins to 8 km below the Middleton Basin; the northern Lord Howe Rise has ~20 km thick crust. Below the northern Lord Howe Rise, lateral variations in upper crustal velocities are associated with Moho relief. Some areas show higher velocities (Capel Basin) compared to surrounding areas (Faust Basin). We propose that these lateral variations are related to weakly-expressed SW-NE oriented lineaments through the northern Lord Howe Rise that link to the Barcoo-Elisabeth-Fairway fracture zone in the oceanic Tasman Basin. Similar variations in crustal velocities are observed in the west below the Dampier Ridge. These variations are also associated with Moho topography. We suggest that the SW-NE trending lineaments linked to major fracture zones active during the opening of the Tasman Basin may have strongly controlled the latitudinal segmentation of the Lord Howe Rise, the Dampier Ridge and adjacent areas. The nature of the crust within the different crustal domains will be inferred using gravity modelling and by comparing the modeled P-wave velocities with previously published results from the western Pacific region. This comparison will help to better understand the processes that led to the fragmentation of eastern Gondwana.

Continuous formation processes of the shallow plate boundary fault in the Japan Trench reproduced by analog modeling experiments

*高下 裕章¹、山田 泰広^{2,3}、大出 晃弘¹、山口 飛鳥¹、桑野 修²、芦 寿一郎¹

*Hiroaki Koge¹, Yasuhiro Yamada^{2,3}, Akihiro Ohde¹, Asuka Yamaguchi¹, Osamu Kuwano², Juichiro Ashi¹

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東京大学地震研究所

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

Large earthquakes and tsunamis have repeatedly occurred along the Japan Trench. In the 2011 Tohoku-Oki earthquake (Mw 9.0), the fault rupture extended to the shallow portion of the Japan Trench. These large slips on shallow decollement resulted in the huge tsunami that devastated much of the east coast of Japan. Therefore, it is key to understand the history of fault formation near the trench for the disaster prevention. At the 2011 earthquake, the slip of the plate boundary fault reached to the trench, and the seafloor of the outermost part of the landward trench slope horizontally moved approximately 50 m toward the trench, and uplifted approximately 7 to 10 m (Fujiwara et al., 2011, Science). The large fault rupture and propagation might be due to the essentially weak fault material and dynamic weakening, suggested by high-velocity frictional experiment on fault zone material (Ujiie et al., 2013, Nature Geoscience) and borehole temperature measurement (Fulton et al., 2013, Nature Geoscience) during the IODP JFAST study.

Our previous study (Koge et al., 2014, EPS) applied the theory of critically tapered Coulomb wedge to 12 transects of Japan Trench before the 2011 earthquake, in order to obtain along-trench variations of frictional properties (especially, effective frictional coefficient of the plate boundary megathrust). The results show that the area of high effective frictional coefficient has characteristic topographies (e.g. seamount or well-developed horst-and-graben structure) on subducting plate, and effective frictional coefficient closely correlates with the near-trench slip distribution during the 2011 earthquake. However, it has not been sufficiently considered how the topography affects the processes of wedge formation and internal deformation. This is because the seismic profiles represent snapshots at certain times. The kinematic history should be reconstructed using structural geological principals and techniques or can be forward modeled through analog modeling.

Therefore, in order to understand the formation history of the shallow plate boundary faults which was related to the 2011 earthquake, we conducted analog model experiments reproducing that the half-graben structure subducts the frontal wedge. In the experiments, deformation of the sand layer was photographed at intervals of 5 seconds, and then these snapshots were analyzed with digital image correlation (DIC) to show the temporal transition of the fault activity inside the wedge. Our experiments show that the fault activity changes at the following four stages when the frontal part of the wedge reaches half-graben structure. Stage 1: The front of the wedge stacks when the wedge enters the graben. Stage 2: The wedge starts to grow (uplift) by forming a branch fault. Stage 3: A new frontal thrust is formed, and the activity of the branch fault is stopped. Stage 4: The frontal thrust continues the activity with that a decollement is torn and eventually step down to half-graben as a new thrust.

For future work, by comparing these experimental results with the seismic structure, it would lead to an understanding of the fault formation and development processes at the toe of the trench landward slope.

キーワード：日本海溝、アナログモデル実験、砂箱

Keywords: Japan Trench, Analog model, sandbox

A high-resolution seismic image of possible fluid migration pathway associated with the 2011 Tohoku earthquake

A high-resolution seismic image of possible fluid migration pathway associated with the 2011 Tohoku earthquake

*朴 進午¹、鶴 哲郎²、Chang Jih-Hsin³、田村 千織¹、鹿児島 涉悟¹、白井 厚太郎¹、田中 健太郎¹、Escobar Teresa¹、佐野 有司¹

*Jin-Oh Park¹, Tetsuro Tsuru², Jih-Hsin Chang³, Chiori Tamura¹, Takanori Kagoshima¹, Shirai Kotaro¹, Kentaro Tanaka¹, Teresa Escobar¹, Yuji Sano¹

1. 東京大学 大気海洋研究所、2. 東京海洋大学、3. 国立台湾大学 海洋研究所

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Institute of Oceanography, National Taiwan University

Large megathrust earthquakes along subduction zones pose a seismic and tsunami threat to densely populated coastal cities. The 2011 Tohoku earthquake (M9.0) ruptured the interface between the subducting Pacific plate and the overlying Okhotsk plate, yielding massive tsunamis. Pore fluid along the plate interface might play an important role in the occurrence of large megathrust earthquake. Helium isotopes are useful in identifying the origin of fluids and may provide the key information about the source of interplate fluids. Geochemical evidences demonstrated a sharp increase in mantle-derived helium in bottom seawater near the rupture zone one month after the 2011 Tohoku earthquake. The timing and location indicate that fluids were released from the mantle on the seafloor along the plate interface. The movement of the fluids was rapid with a velocity of ~4 km per day, suggesting that over-pressurized fluid is discharged along the plate interface. Considering the location of helium isotope anomalies at the forearc seafloor, there must be fluid migrations along out-of-sequence thrust (OOST) fault planes from the plate interface up to the forearc seafloor. However, the fluid migration pathway, i.e., OOST fault plane, has never been identified so far, probably because of low-resolution seismic image.

In order to elucidate the fluid behavior along the OOST fault plane, we have carried out geophysical and geochemical investigations in the Tohoku forearc using R/V Shinsei-maru (KS16-17 cruise) in November 2016. During the cruise, we have done: (1) high-resolution seismic imaging by parametric sub-bottom profiler (SBP), (2) seafloor mapping by multi-beam echo-sounder, (3) bottom seawater sampling by CTD sampler, (4) seafloor sediment sampling by multiple corer, and (5) onboard magnetic and gravity observations. We observe a clear seismic reflection image of fault scarp on a high-resolution SBP line near the Site N3 at which the helium isotope anomaly was observed one month after the 2011 Tohoku earthquake. A possible OOST fault is likely to produce tilting structure of the topmost sedimentary layer. Despite low continuity of the reflector, deep crustal multi-channel seismic reflection data exhibit a possible OOST fault plane with reverse polarity reflection upward from deep plate-interface, suggesting the fluid migration along the fault associated with the 2011 Tohoku earthquake. In this paper we will show preliminary results of the cruise KS16-17.

キーワード : high-resolution seismic image、fluid migration pathway、Tohoku earthquake

Keywords: high-resolution seismic image, fluid migration pathway, Tohoku earthquake

Plate boundary temperature at the prism slope estimated from topographically corrected BSR-derived heat flow in the Nankai Trough

*大出 晃弘¹、大塚 宏徳²、喜岡 新³、芦 寿一郎¹

*Akihiro Ohde¹, Hironori Otsuka², Arata Kioka³, Juichiro Ashi¹

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 東京大学地震研究所、3. インスブルック大学

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Universität Innsbruck, Institut für Geologie

Seismogenic zones have been investigated in numerous studies to understand the occurrence mechanisms of earthquakes and tsunamis at subduction zones. Temperature on the plate interface is considered to bound the upper and lower limits on the seismogenic zone, whose temperatures are estimated to be around 100–150°C and 350–450°C, respectively [Hyndman and Wang, 1993, JGR]. Thus, temperature along the plate boundary fault should be a significant player governing the seismogenesis of plate boundary faults. Seafloor temperature is known to be affected by various phenomena. For example, undulation of seafloor relief is one of the major factors disturbing thermal regime especially in shallow part of seafloor. However, few studies have considered the topographic effect to estimate the plate boundary temperature, while studies taking into account the effect might be required for the precise estimation. This study focuses on the temperature at the upper limit of the seismogenic zone around 100°C at the prism slope off southwest of Kii peninsula where the number of studies is restricted. First, we mapped the distribution of BSRs in the Nankai subduction zone. Second, we modeled a two-dimensional thermal structure to topographically correct BSR-derived heat flow in areas of undulating seafloor. Third, we estimated the plate boundary temperature one-dimensionally using topographically uncorrected and corrected BSR-derived heat flow by assuming uniform thermal conductivity with depth. Distance from the trench axis of plate boundary temperature of 100°C is approximately 25 km calculated from the uncorrected BSR-derived heat flow off southwest of Kii peninsula. On the other hand, the distance is approximately 22 km calculated from the corrected BSR-derived heat flow there. This suggests the depth of upper limit of the seismogenic zone on the plate interface shifts 450 m associated with the topographically corrected thermal structure.

反射法地震探査記録から見た沖縄トラフ北部域の浅部地殻構造

Shallow crustal structure at the northern Okinawa Trough based on seismic reflection survey

*岡田 千明¹、西澤 あずさ¹、金田 謙太郎¹、及川 光弘¹、堀内 大嗣¹、藤岡 ゆかり¹、荒井 晃作²

*Chiaki Okada¹, Azusa Nishizawa¹, Kentaro Kaneda¹, Mitsuhiro Oikawa¹, Daishi Horiuchi¹, Yukari Fujioka¹, Kohsaku Arai²

1. 海上保安庁海洋情報部、2. 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, 2. Research Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

南西諸島の島弧-海溝系の背弧にあたる沖縄トラフでは、フィリピン海プレートの沈み込みに伴うリフティングが進行しており地殻が薄くなりつつあると考えられている。沖縄トラフに関する研究は今までも様々な観点から行われてきたが、概ねリフティングの進行度合いが早い南部海域に関するものが先行して行われてきた。北部では研究例が限られており、トラフ軸と推定される地溝状の海底地形や海底下の地殻構造に関して十分に解明されていない。

海上保安庁では、2008年より南西諸島海域において地殻構造調査を含む総合的な海洋調査を実施している。本発表では、2012年に沖縄トラフ北部域で実施したマルチチャネル反射法地震探査(MCS)記録について報告し、海底地形と浅部の地殻構造との関連について考察する。人工震源として総容量1,050 inch³のトリガンクラスター、記録は3,000 m長のマルチストリーマーケーブル(240チャンネル)を使用し、音響基盤以深までの堆積構造について分解能の良い記録が取得できるように調査している。ショット間隔は50 mで、ショット数は11,363回である。記録したデジタル信号に、バンドパスフィルター、ノイズ除去、デコンボリューション、NMO補正、重合等の処理を施した。

本測線は、長崎県五島列島沖から男女海盆を経て鹿児島県沖永良部島沖へと向かう測線長約563 kmの南北走向に近い測線であり、トラフ北部の最深部を縦断している。測線の北端で陸棚にかかり約200 mと急激に浅くなっていることを除くと、水深は南西に行くにつれて緩やかに深くなり北側で700 m、南側で1,200 m程度である。測線全体を通して海底地形は、起伏が小さくなだらかな範囲と、海丘や海山といった地形の高まりが多く見られる範囲に分かれている。

海底地形とMCS記録の特徴から、本測線を北部・中部・南部の3区域に分割して解釈を行った。

本測線の北部では、陸棚から男女海盆までの範囲であり、陸棚から男女海盆の最深部にかけて急激に深くなっている。堆積層が厚い範囲が複数見られ、男女海盆では堆積層が少なくとも4 km以上確認できる。男女海盆の北東側ではsyn-riftと見られる構造が確認され、現在も沈降しながら堆積していると考えられる。

測線中部は男女海盆から火山フロントの西方約90 kmまでであり、水深は南に向かうにつれて700~1,000 mと徐々に深くなる。北東-南西方向に伸びる比高200~300 mの海丘が測線上でいくつか確認できている。MCS記録からは、堆積層内で断層を複数確認できるが海底面まで変形させている断層はほとんど見られない。

測線南部では、北東-南西方向、もしくは東北東-西南西方向のリニアメントが多く確認できる。火山フロントと斜交することから海底地形の起伏が大きく、比高300~500 mの海山や海丘などが多数見られる。MCS記録においても海底面まで変位を及ぼす貫入構造が複数見られている。高まりの間には堆積層が厚い部分が確認され、最大3 kmの厚さを持つ部分もある。

キーワード：沖縄トラフ、地殻構造、反射法地震探査

Keywords: Okinawa Trough, crustal structure, seismic reflection survey

東京海洋大学神鷹丸による駿河湾における海域2次元反射法・屈折法地震探査（序報）

The 1st Sea Trial of 2-D Seismic Reflection and Refraction Surveys in Suruga Bay, Central Japan, by TUMSAT (1st Report)

*鶴我 佳代子¹、関野 善広¹、神田 穰太¹、林 敏史¹、萩田 隆一¹、會川 鉄太郎¹、保坂 拓志¹、菅原 博¹、馬場 久紀²、末広 潔¹、青山 千春¹、鶴 哲郎¹、中東 和夫¹、大西 聡³、稲盛 隆穂³、井上 則之³、大西 正純⁴、黒田 徹⁴、飯塚 敏夫⁴、村田 徳生⁴、菅原 大樹⁵、上田 至高⁶、藤田 和彦⁶

*Kayoko Tsuruga¹, Yoshihiro Sekino¹, Jota Kanda¹, Toshifumi Hayashi¹, Ryuichi Hagita¹, Tetsutaro Aikawa¹, Takuji Hosaka¹, Hiroshi Sugawara¹, Hisatoshi Baba², Kiyoshi Suyehiro¹, Chiharu Aoyama¹, Tetsuro Tsuru¹, Kazuo Nakahigashi¹, Satoshi Ohnishi³, Takao Inamori³, Noriyuki Inoue³, Masazumi Ohnishi⁴, Toru Kuroda⁴, Toshio Iiduka⁴, Norio Murata⁴, Daiki Sugawara⁵, Yoshitaka Uyeda⁶, Kazuhiko Fujita⁶

1. 東京海洋大学、2. 東海大学、3. (株)地球科学総合研究所、4. ジオシス株式会社、5. 極東貿易株式会社、6. サイスガジェット株式会社

1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Tokai University, 3. JGI, Inc., 4. GEOSYS, Inc., 5. Kyokuto Boeki Kaisha, Ltd., 6. Seisgadget Ltd.

【はじめに】

東京海洋大学では、平成29年度に新設される海洋資源環境学部において、海底および海底下構造を対象とした海底科学に関する実習・教育・研究を行い、我が国の海洋の将来を担う海洋観測人材の育成を目指している。その機能強化の一環として、可搬型海域2次元地震探査システムを新たに導入した。この地震探査システムは、小規模ながら海底下の浅層構造調査に有用な性能を有しており、学生に対する最先端技術の実習・教育の実施と同時に、駿河湾など日本周辺の重要な海域の浅層構造精密調査に有効利用されることを目標としている。2016年11月、我々はこのシステムを東京海洋大学練習船「神鷹丸」に搭載し、初の海域探査試験として静岡県駿河湾での試験航海に臨んだ。本発表は、本学の地震探査システムの概要を紹介し、試験航海とその成果の第一報を報告するものである。

【観測システムの概要】

我々は、2016年11月13～19日の期間中、静岡県駿河湾内において、エアガン震源を用いた2次元反射法地震探査および海底地震計を用いた屈折法地震探査の試験を実施した。この地震探査システムは、10ftコンテナ規格の格納庫に入った震源部・コンプレッサー・受振アレイ部、およびPC等の制御・収録システムにより構成される。震源はBolt社製エアガン1900LL(260cu.in) 2基からなるTwin-Gunを2対擁し、発震時は左右両舷から1対ずつ曳航する。海上受振アレイは、Hydroscience社製デジタルストリーマーケーブル（長さ600m、センサー間隔6.25 m、96チャンネル）と最後尾の測位用テールブイで構成される。システムは全て可搬型になっており、本学練習船「神鷹丸」（総トン数 986トン、全長65 m、幅12.10 m）の後部甲板および室内観測室に設置する。屈折法地震探査では、Geospace社製海底地震計OBXを21台海底に設置した。OBXは近年石油探査などの浅海調査の際に非常に多くの数を海中ロープで接続し、海底に設置し、観測後回収するタイプの海底地震計である。OMNIジオフォン3成分とハイドロフォン1成分の4成分観測ができる。

【駿河湾における試験航海】

駿河湾は陸/海のプレート境界に位置し、深部地震活動を正しく理解するためには、精確な海底下構造の情報が必要不可欠である。この地域は東海地震の震源想定域として地震や地殻変動などの観測網整備が重点的に行われているが、海域における詳細な地下構造調査は陸域のそれと比べると多くはない（例えば村上ほか

(2016) など)。そこで我々は、本学の地震探査システムの稼働試験およびその調査性能の検証にあたり、駿河湾海域を調査地域とし、2次元反射法および屈折法地震探査による浅部地下構造の精密調査を試みた。

調査は、2016年11月13～19日の期間中、駿河湾内の東部・北部・西部の海域に設定した4つの測線（A～D：総測線長約74km）において、3.5ノット程度の船速で曳航し、50m間隔の発震を行った。東部B測線では、Geospace社製海底地震計OBX21台を投入し同時観測した。日本国内において本タイプの海底地震計による海底アレイ観測は、これが初である。また西部D測線では東海大学による海底地震計4台によって同時観測がおこなった。

一次解析の結果からは、駿河湾東部A測線（24km）では、ほぼ平坦な海底下に厚さ～200m程度の堆積層があり、その下には陸上延長部の地形と相関を有する地層境界の明瞭な起伏が見られた。駿河トラフ軸を東西に横断する北部C測線（17.5 km）や、東海地震の震源想定域に含まれる駿河湾西部D測線（石花海南部～清水港沖; 32.5km）では起伏の多い海底地形と一部食い違いとみられる構造が見られている。本システムに関わる技術検討および詳細な構造解析については本発表にて報告する。

【謝辞】

本調査は、静岡県漁業協同組合連合会、駿河湾の漁業協同組合・漁業者の皆様のご協力のもと実施することができました。共同研究により東海大学には実習船「北斗」による海上支援を頂き、本学練習船の安全な航行と調査航海にご協力いただきました。また産学共同研究により(株)地球科学総合研究所、ジオシス株式会社の皆様には多岐にわたるご協力をいただきました。心より御礼申し上げます。最後に初めての地震探査試験航海にも関わらず強力なサポートをしてくださった本学の「神鷹丸」乗組員、陸上支援をいただいた海洋観測システム研究センター、船舶運航センターのスタッフに感謝いたします。

キーワード：駿河湾、反射法・屈折法地震探査

Keywords: Suruga Bay, seismic reflection and refraction survey

琉球大学農学部亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールドにおける地磁気3成分連続観測

Continuous 3-component geomagnetic observation in Yona, Okinawa Prefecture at the research and education facility of University of the Ryukyus

*松本 剛¹、長妻 努²

*Takeshi Matsumoto¹, Tsutomu Nagatsuma²

1. 琉球大学理学部、2. 情報通信研究機構

1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. National Institute of Information and Communication Technology

琉球大学は国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）と、共同研究「亜熱帯域の地磁気変動計測及びその利活用に関する研究開発」を実施し、琉球大学農学部亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールド（沖縄県国頭郡国頭村、北緯26.76度、東経128.22度、標高12m）で、地磁気3成分の連続観測を行っている。NICTの本研究の目的は、太陽活動などの宇宙環境変動予測に活用することであるが、琉球大学ではこれまでに沖縄近海での船上地磁気観測を実施し、また、他機関（海洋研究開発機構、海上保安庁海洋情報部など）も同海域での地磁気観測を行っていることから、陸上連続観測の結果を船上地磁気観測と比較し、必要に応じてこれを較正することを目指している。観測項目は、水平成分、偏角、鉛直成分であり、1分毎の観測データ（正分の30秒前から29秒後までの平均値）が記録されている。現在のところ、1996年4月から2011年10月までのデータが蓄積されている（但し途中欠測期間あり）。その後、2016年に観測装置を更新し、観測を再開した。

我が国では多くの観測船で、プロトン磁力計による全磁力観測の他、3成分観測も実施している。そのため、陸上での3成分地磁気連続観測の成果は、これら海上での3成分簡素校データと対比することにより、成分毎の観測値についての必要な補正にも役立てることができる。

現在までのところ、2011年のデータについて、試行解析を行った。地磁気全磁力のグラフでは、平常時は振幅30nT程度の日周変動が卓越しているように見えるが、この年の2月4日・18日頃、3月1日・10日・28日頃など、太陽黒点の多い時期（国立天文台による白色光全面観測に基づく黒点相対数）は100nT程度の変動を生じている。このような大きい変動が全く見られない月がある一方、多い時は3回発生する月も見られる。また、より長期のデータでは、ほぼ1ヶ月周期での20~50nT程度の鋸状の変動が見られる。同じく2011年の全磁力データをもとに、スペクトルを求めたところ、15日、5日、2日、1.3日、1日に相当する周期にスペクトルのピークが見られた。

国土地理院も日本全国14箇所の観測所で地磁気3成分連続観測を行っており、沖縄にも観測点がある。地点は北緯26.630度、東経128.127度、標高140mの東村伊是名地区である。両観測点で共にデータの揃っている1999年の同時期の記録について相関を求めたところ、ほぼ正の相関が見られた。しかしながら、NICTの方が相対的に値が120nT程度小さく、変化分は国土地理院と比べて約1.3倍となっている。

キーワード：陸上地磁気連続観測、海上地磁気データの補正

Keywords: on-land continuous geomagnetic measurement, calibration of surface-ship geomagnetic data

自己浮上式海底圧力計による海底上下変動長期観測にむけて

Feasibility study on long-term monitoring of seafloor deformation with ocean bottom pressure recorders of pop-up type

*日野 亮太¹、鈴木 秀市¹、佐藤 真樹子¹、太田 雄策¹、伊藤 喜宏²、梶川 宏明³、小島 時彦³

*Ryota Hino¹, Syuichi Suzuki¹, Makiko Sato¹, Yusaku Ohta¹, Yoshihiro Ito², Hiroaki Kajikawa³, Tokihiko Kobata³

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所、3. 産業技術総合研究所計量標準総合センター

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

海底における精密圧力観測は海域における地殻上下変動を検知する有効な手段である。小型で高精度かつ低消費電力のセンサーを使用できるため、海底設置型の観測システムの構築が容易で、1～2年程度の長期観測が可能な装置が実用化されている。また、津波検知のために整備されつつある海底圧力観測網のデータも、海底地殻変動検知のために活用できる可能性が高い。海底圧力観測によってテクトニックな海底上下変動が捉えられたという報告例が増えつつあるが、いずれも、1ヶ月より短い時定数をもつ過渡的なイベントで、数ヶ月より長い時定数をもつ変動の検知は難しい。海底には多くのプレート境界が存在し、そこでの長期的な海底地殻変動を記録することは、海陸プレート間相互作用やプレート形成発達過程の理解に不可欠である。海底圧力観測による長期的地殻変動の検知が困難なのは、海底圧力観測の記録に地殻変動以外の要因による長期的変動が多く含まれることによる。圧力変動記録から真のテクトニックな上下変動に起因する成分を抽出するためには、観測装置の経時不安定性と海底という観測環境に起因する長期変動の定量的な評価が不可欠である。我々は、宮城県沖を中心とした日本海溝周辺海域で高精度水晶発振子をセンサーとして用いた自己浮上式海底圧力計による繰り返し観測を実施してきた。得られた観測データのうち、同一のセンサーを用いた繰り返し観測で得られたものに注目すると、海底への設置後の長期的な圧力変動のパターンには再現性がしばしば認められる。こうした海底観測で用いているのと同種のセンサーを長期間にわたって高圧下においた場合、加圧開始後から出力される圧力計測値が徐々に時間変化することが、室内実験から報告されている。その時間変化は海底圧力観測の時系列に見られる長期変動に近い時定数をもち、複数回の加圧で変動パターンに再現性がある点でも共通性がある。海底観測データと室内長期加圧実験で見られる圧力センサーの挙動との類似性は、海底圧力データに現れる長期変動に圧力センサー固有の挙動が反映されていることを示唆する。そうした挙動を室内実験から定量的に把握することができれば、その知見を用いて観測データを補正することによって、テクトニックな変動の検知能力を向上できるかもしれない。こうした期待のもと、海底と実験室内環境とで同一のセンサーの加圧後挙動が再現するかを調べるために、実際の海底観測に用いたセンサーを用いた長期加圧室内実験が継続中である。本発表では、こうした加圧実験の結果のほか、海底観測でセンサーの発振周波数を計測する基準クロックの長期安定性の評価実験の結果などをもとに、海底圧力観測データに現れる長期変動の原因を考察する。

キーワード：海底測地学、圧力観測、長期変動

Keywords: Seafloor geodesy, Pressure monitoring, Longterm deformation

海底圧力長期観測の高精度化に向けた圧力センサのドリフト特性評価 Evaluation of drift characteristics of pressure sensors for improving long-term pressure monitoring at seafloor

*梶川 宏明¹、小島 時彦¹

*Hiroaki Kajikawa¹, Tokihiko Kobata¹

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター

1. National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

This study focuses on the drift characteristics of pressure sensors used for seafloor pressure monitoring, on the basis of the experimental results obtained at calibration laboratory for years. Pressure sensors with high resolution and short-time stability have been used for detecting transient tectonic movements. To use these pressure sensors for long-term pressure monitoring at seafloor, and to quantitatively evaluate the vertical tectonic deformation from the pressure data, the drift characteristics of the sensors need to be precisely evaluated. In usual case, the drift behavior of a pressure sensor can be evaluated and estimated by repeating calibrations at a regular interval. Regarding seafloor pressure monitoring, however, it would be difficult to periodically collect and calibrate the pressure sensors installed at seafloor. Furthermore, the drift characteristics of pressure sensors depend on the conditions of use; the drift of the sensor used under constant high pressure application may be different from that measured with a typical calibration procedure. Thus, the drift characteristics of the sensors should be evaluated in the similar pressure condition as the actual use.

In this study, the drift characteristics of pressure sensors have been evaluated at the pressure calibration laboratory in National Metrology Institute of Japan to improve the accuracy of the seafloor pressure measurements for a long time period. The devices under test are quartz Bourdon-tube pressure sensors whose maximum allowable pressure is 103 MPa (15,000 psi). The pressure of 100 MPa has been applied to the test pressure sensors for a long period of time. During the pressure application, the sensors were calibrated at 100 MPa using a pressure balance as the standard. The calibration results, the deviation of the sensor's output from the standard value, at 100 MPa rapidly changed immediately after the pressure application. As time proceeded, the change rate became small and almost constant. After 140 days from the pressure application, one sensor was depressurized to atmospheric pressure. The calibration results at 100 MPa changed in the opposite direction and returned to the initial value after 90 days from the pressure release. In contrast, the other sensor, which has been kept at 100 MPa for more than two years, showed a constant drift. In addition, during the pressure application of 100 MPa, the pressure was intermittently released to atmospheric pressure for a short time, and the outputs at atmospheric pressure were also obtained. The results at 100 MPa and atmospheric pressure showed a similar trend, showing that the zero drift of the sensor is the main cause of the observed drift. From the experimental results, we discuss measures to appropriately evaluate and compensate the drift characteristics of pressure sensors used for pressure monitoring at seafloor.

キーワード：圧力観測、長期ドリフト、圧力校正

Keywords: Pressure monitoring, Long-term drift, Pressure calibration

Estimating bottom current velocities from ocean-bottom-seismometer records

*Simon C Staehler^{1,2}, Mechita Schmidt-Aursch³, Wolfgang Roeder¹, Robert Mars¹

1. Leibniz-Institute for Baltic Sea Research, Rostock, Germany, 2. Ludwig Maximilians University of Munich, Germany, 3. Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany

Current velocities in the lowermost meters of the ocean are poorly understood and not often measured. At the same time, they strongly affect the stability of benthic ecosystems.

Ocean-bottom-seismometers (OBS) are long-term installations of seismic sensors on the sea floor, which typically last for months and which have covered various parts of the global oceans in the last decades. The German OBS type LOBSTER has a peculiar design choice in the form of a ten-meter long head buoy cable that is very susceptible to current strumming. While this signal may be a nuisance for seismological observations, it does contain information: We present a method to estimate the current velocity in the lowermost ten meters from the noise created by that cable and compare noise-estimated current velocities with measurements of a colocated acoustic profiler.

Since this seismometer type has been widely used in different settings and depths worldwide in the last decade, this data may be a valuable and completely novel observable for physical oceanography and biology.

Keywords: Ocean bottom seismology, Benthic zone, Currents

水中映像記録を用いた中部沖縄トラフにおける海底地形・地質情報の整理と可視化

Extraction and visualization of submarine geo-information in Mid-Okinawa Trough using underwater video records

*金子 誠¹、高橋 亨¹、笠谷 貴史²、北田 数也²、高橋 亜夕²、町山 栄章²

*Makoto Kaneko¹, Toru Takahashi¹, Takafumi Kasaya², Kazuya Kitada², Ayu Takahashi², Hideaki Machiyama²

1. 公益財団法人深田地質研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. Fukada Geological Institute, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年の海洋鉱物資源調査では、資源成因研究を目的として海底地形調査、物理探査、生物学的調査、地球化学的調査のための潜航、海底掘削等、多く実施されており、これらのデータを統合的に解析する手法の実用化が期待されている。本研究では、これまでJAMSTECが中部沖縄トラフを対象として実施した「しんかい6500」、「ハイパードルフィン」、「ディーブ・トウ」による複数の潜航において取得された映像記録から、資源調査において最も基本となる海底表層地形・地質データを抽出し、コンパイルしてデータベース化する作業を実施した。抽出したデータは、探査機の位置情報（緯度、経度、深度、高度、機首方位）、海底地質（岩盤・溶岩、硫化帯、砂・泥、リップル、礫の有無）、構造地質（断層・亀裂、チムニー、熱水・湧水）、生物情報（バイオマット、生物密集域の有無）、観察所見（地質境界や地形の特徴など）、映像より取得した画像ファイルである。これらデータを、各潜航の時刻ごとに、イベントリストにまとめた。これらのとりまとめたデータは、既往データの情報閲覧および検索、将来調査計画の立案、新たな研究テーマの発見などを容易にするためにGISに登録した。作成したデータベースに、各機関で実施されている掘削データや物理探査データを統合することにより、資源調査の基本となる対象海域の詳細な3次元地質情報の推定が期待できる。

DARWIN・GANSEKI・COEDO統合：データ公開合理化の取り組み

Unite the Power! DARWIN, GANSEKI & COEDO Get Integrated!

*富山 隆将¹、相馬 伸介¹、堀川 博紀¹、石黒 駿¹、福田 和代¹、長谷 英昭¹、齋藤 秀亮¹、豊田 安美²
*Takayuki Tomiyama¹, Shinsuke Soma¹, Hiroki Horikawa¹, Shun Ishiguro¹, Kazuyo Fukuda¹,
Hideaki Hase¹, Hideaki Saito¹, Yasumi Toyoda²

1. 海洋研究開発機構、2. (株) マリン・ワーク・ジャパン

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Marine Works Japan, Ltd.

海洋研究開発機構(JAMSTEC)は、JAMSTEC船舶・潜水船で取得したデータやサンプルを、人類共有の財産として収集し、研究・教育等を目的とした二次利用に供している[1]。この取り組みの中核となるのがNUUNKUIの呼称で総称されるデータサイト群であり、データ種やサンプル種に応じ、複数のデータサイトから構成されている[2]。

NUUNKUIの各データサイトには、ユーザの利便性向上、取り扱うデータの多様化、新しい情報化技術の取り込み等のために随時改修が加えられている。2016年度は、特にデータサイトの合理的運用について検討が進められ、「航海・潜水データ探索システムDARWIN [3]」、「深海底岩石サンプルデータベースGANSEKI [4]」、「堆積物コアデータベースCOEDO [5]」の統合が2017年春に実施されることとなった。

DARWINは、JAMSTEC航海・潜水船潜航の実施情報と取得データの公開のために運用されてきたデータサイトである。これまでDARWINでは、採取サンプルの情報や、深海映像・画像情報は、専用データサイトへのリンクとして掲載され、また、各専用データサイトからもDARWINの航海・潜航情報にリンクを張ることで、相互の連携を保っていた。今回のデータサイト統合により、GANSEKIとCOEDOにあった地質サンプル情報と閲覧機能は新DARWINに取り込まれ、これらの情報や機能は単一の操作系でシームレスに利用出来るようになる。新DARWINでは、サムネイル表示による画像検索や、地図による範囲指定検索、キーワード、メタデータ項目による検索が出来るほか、取り扱い可能な関連データの形式や容量の自由度が拡大する。これにより、岩石サンプルについては、船上写真や実体顕微鏡像の追加、堆積物コアについては、画像データの閲覧性向上や化学分析データの追加などの改善が見込まれる。

今回のデータサイト統合では、「JAMSTECデータ検索ポータル[6]」と類似の地図表示検索機能の実装も行われる。これはJAMSTECの調査活動を地図上に表示し、地図上で絞り込みと検索を行うものであるが、旧システムの陳腐化が進みセキュリティ上の脆弱性や操作性の問題が生じていた。データサイト統合により、地図検索の操作性や検索結果の表示が改善されることで、利用者は特定の航海や潜航を気にせず、効率的な検索が可能となる。

参考

[1] 「海洋研究開発機構データ・サンプルの取り扱いに関する基本方針」
http://www.jamstec.go.jp/j/database/data_policy.html

[2] 「GODAC Data Site -NUUNKUI-」
http://www.godac.jamstec.go.jp/jmedia/portal/j/

[3] 「航海・潜水データ探索システムDARWIN」
http://www.godac.jamstec.go.jp/darwin/j/

[4] 「深海底岩石サンプルデータベースGANSEKI」
http://www.godac.jamstec.go.jp/ganseki/j (旧URL)

[5] 「堆積物コアデータベースCOEDO」
http://www.godac.jamstec.go.jp/coedo/j (旧URL)

[6] 「データ検索ポータル」
http://www.godac.jamstec.go.jp/dataportal/ (旧URL)

キーワード：海洋地質学、データベース、キュレーション、地質サンプル

Keywords: Marine Geology, Database, Curation, Geological Sample