

インド洋 Kairei 熱水フィールドの地質・地球物理学的背景—大河プロジェクトの成果—

Tectonic background of a unique hydrogen-rich Kairei Hydrothermal Field, Central Indian Ridge: Results from Taiga Project

沖野 郷子^{1*}, 中村 謙太郎², 森下 知晃³, 佐藤 暢⁴, 佐藤 太一⁵, 望月 伸竜⁶, 辻 健⁷, 島 伸和⁸

Kyoko Okino^{1*}, Kentaro Nakamura², Tomoaki Morishita³, Hiroshi Sato⁴, Taichi Sato⁵, Nobutatsu Mochizuki⁶, Takeshi Tsuji⁷, Nobukazu Seama⁸

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC), ³ 金沢大学理工研究域自然システム学系, ⁴ 専修大学経営学部, ⁵ 独立行政法人産業技術総合研究所, ⁶ 熊本大学大学院先端機構, ⁷ 九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所, ⁸ 神戸大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ² Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ³ School of Natural System, College of Science and Technology, Kanazawa University, ⁴ School of Business Administration, Senshu University, ⁵ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁶ Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, ⁷ International Institute for Carbon-Neutral Energy Research (WPI-I2CNER), Kyushu University, ⁸ Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kobe University

The Central Indian Ridge (CIR) is slow-intermediate spreading systems and its southern end forms a R-R-R triple junction with SWIR and SEIR. Kairei Hydrothermal Field (KHF) is unique hydrothermal system, located at the southern end of CIR. The fluids venting from the KHF are characterized by its high concentration of hydrogen with low methane/hydrogen ratio, and a hydrogen-based hyperthermophilic subsurface lithoautotrophic microbial ecosystem was confirmed (Takai et al., 2004). The KHF lies on basaltic lava area on the shoulder of ridge axial wall, being different from other hydrogen-rich hydrothermal fields hosted by ultramafic rocks. We selected this area as an integrated site for the Taiga Project, and conducted series of research cruises to characterize this unique system and to understand how the tectonic setting controls the fluid and ecosystem.

We discover that the KHF itself is located above basaltic lava field but gabbro and ultramafic rocks are widely exhumed around the KHF. Besides a previously known oceanic core complex, small oceanic core complexes exist just east of the KHF (Kumagai et al., 2008) and the NTO massif north of the KHF shows peridotite exposure on its top. The unique fluid geochemistry of the KHF can be attributed to serpentinization of troctolites around or beneath the KHF and subsequent hydrothermal reactions with basaltic wall rocks (Nakamura et al., 2009). We also find several small hills where we collect deep crustal and mantle rocks. These hills suggesting melt-limited environment extends mainly along 2nd order segment boundary from the axial valley to 30km off-axis, i.e. ~1.7 Ma. Detailed gravity analysis shows that the OCCs are accompanied by very high residual Bouguer anomaly (RMBA) and that the KHF is situated at the edge of high RMBA area centered at the Uraniwa OCC. This suggests that the dense material may exist in shallow subsurface and magmatic budget may increase toward the axis. Deep-tow magnetic profile across the area indicates the asymmetric spreading, that are consistent with the detachment faulting. The seismic profiles across the axis, KHF and the Uraniwa OCC shows that the vent site is located along a inward faces steep scarp of normal fault and the fault may play an important role of circulation path and the heat is likely mined from axial magma. The basalt samples collected from the axial valley are normal MORB, while the samples around the KHF is highly depleted in highly incompatible elements. It probably suggests that the source mantle is highly depleted and is difficult to melt. The collected peridotites might preserve relics of older partial melting events, resulting in the formation of heterogeneous mantle material beneath the current CIR axis. The latest stage of decompression melting beneath the CIR might be limited because the presence of depleted peridotite formed by ancient partial melting.

We also discover dead chimneys on the NTO massif north of the KHF. The AUV-attached magnetometer detects a higher positive magnetization around the chimney sites, suggesting hydrothermal alteration of ultramafic rocks. Although densely operated CTD tow-yo surveys do not detect clear evidence of another active hydrothermal vent, an ultramafic-hosted hydrothermalism exists or at least existed on the NTO massif.

All these observations indicate that the KHF is supported by both serpentinization of olivine rich rocks and reaction with basalt maybe in shallow subsurface. The heat source is likely on-axis magmatic heat and inward facing fault can help the circulation. This magma assisted, hydrogen rich hydrothermalism has implications for global incidence and hydrothermal activities and for hydrothermalism in early stage of the Earth history. Our last survey in Taiga project in this area has conducted in January to March, 2013. The preliminary results from this cruise, including submersible dives and OBS and OBEM experiments, will also be presented.

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



BBG21-01

会場:102B

時間:5月22日 11:00-11:15

キーワード: 海底熱水系, 中央インド洋海嶺, 海洋コアコンプレックス, マントル岩, 地球物理探査

Keywords: hydrothermal system, Central Indian Ridge, oceanic core complex (OCC), mantle rock, geophysical mapping

南部マリアナ背弧海盆の地球物理学成果：マントルから熱水活動域まで Geophysical results of the Southern Mariana Trough back-arc basin: From mantle to hydrothermal vent sites

島 伸和^{1*}, 沖野 郷子², 野木 義史³, 佐藤 利典⁴, 松野 哲男³, 吉河 秀郎⁵, 望月 伸竜⁶, 篠原 雅尚⁷

Nobukazu Seama^{1*}, Kyoko Okino², Yoshifumi Nogi³, Toshinori Sato⁴, Tetsuo Matsuno³, Shuro Yoshikawa⁵, Nobutatsu Mochizuki⁶, Masanao Shinohara⁷

¹ 神戸大学大学院理学研究科, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 国立極地研究所, ⁴ 千葉大学大学院理学研究科, ⁵ 独立行政法人海洋研究開発機構アプリケーションラボ, ⁶ 熊本大学大学院先端機構, ⁷ 東京大学地震研究所

¹Earth and Planetary Sciences, Kobe Univ., Kobe, Japan, ²AORI, Univ. of Tokyo, Chiba, Japan, ³National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan, ⁴Earth Sciences, Chiba Univ., Chiba, Japan, ⁵Application Lab., JAMSTEC, Japan, ⁶Priority Org., Kumamoto Univ., Kumamoto, Japan, ⁷ERI, Univ. of Tokyo, Tokyo, Japan

The southern Mariana Trough back-arc basin shows an EPR type axial relief in morphology and constant low mantle Bouguer anomaly along the spreading axis (Kitada et al., 2006), suggesting abundance of magma supply, even though the full spreading rate of 35 km/Myr is categorized as slow spreading. Further, five hydrothermal vent sites exist within 5 km near the spreading axis at 13 N; two sites on the spreading axis, one site at the eastern foot of the axial high, and two sites on an off-axis knoll. We selected this area as one of three integrated target sites for the Taiga Project, and we conducted series of JAMSTEC research cruises for four different types of geophysical survey, together with dive observation and samplings by the submersible Shinkai6500. The geophysical surveys consists of 1) a marine magnetotelluric (MT) survey of a 130 km length transect across the spreading axis using 10 ocean bottom electro-magnetometers, 2) a 15 km scale seismic reflection/refraction survey and seismicity observation using 9 ocean bottom seismometers (OBS), 3) near-bottom acoustic and magnetic mapping around all the hydrothermal sites using the AUV Urashima, and 4) a magnetometric resistivity (MMR) survey around the on-axis hydrothermal sites.

Two-dimensional electrical resistivity structure of the upper mantle from the MT analysis shows highly asymmetry, which may be affected by hydration driven by water release from the subducting slab; that may result in abundant magma supply to support EPR type axial morphology. Three-dimensional crustal velocity structure from the seismic refraction analysis shows low velocity at the central part of the spreading ridge and high velocity under the off axis seamount. The high velocity under the off axis seamount is interpreted as thick layer 3, suggesting past magma intrusion from the mantle. The reflection survey results show that some reflectors exist under the hydrothermal area. Three months OBS observation shows that the seismicity near the hydrothermal vent sites is very few, suggesting that hydrothermal activities are not related to tectonic stress. Moreover, the morphology of the mound and knoll near the three off-axis hydrothermal sites shows undeformed features without any faults, suggesting that their formation is closely related to an off-axis magma upwelling system rather than fault systems. The two on-axis hydrothermal sites (the Yamanaka and Snail sites) are located near the end of a 4th order spreading segment based on the observed offset of the neo-volcanic zone, suggesting that they are possibly locally developed in association with diking events in the segment. But the diking is probably an episodic event to provide heat source for each hydrothermal site, because of very few seismicity. Clear magnetization low at four hydrothermal vent sites except the Yamanaka site suggests that the hydrothermal activities have continued for long enough periods in wide enough areas to reduce the magnetic remanence of the crustal rocks. The different feature in the Yamanaka site suggests its activity has been short and/or small. The MMR results support this difference because low electrical resistivity region with 200 meter scale is located only at the Snail site but not at the Yamanaka site; the low resistivity region is probably due to the existence of hot crustal pore fluid.

キーワード: 背弧海盆, 海海底拡大, 海底熱水系, マントル構造, 地殻構造, 地震活動度

Keywords: back-arc basin, seafloor spreading, hydrothermal activity, mantle structure, crustal structure, seismicity

沖縄トラフ伊平屋熱水域の炭素循環

Carbon cycle at Iheya hydrothermal field, mid-Okinawa Trough, Japan

井尻 暁¹, 今野 祐多^{1*}, 川口 慎介¹, 稲垣 史生¹, 高井 研¹

Akira Ijiri¹, Uta Konno^{1*}, Shinsuke Kawagucci¹, Fumio Inagaki¹, Ken Takai¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

沖縄トラフ伊平屋熱水域の熱水は、高いメタン濃度に特徴づけられる。この高濃度メタンの起源として、Kawagucci et al. (2011) は、熱水噴出孔から遠く離れた場所から海水が海底下に染み込み、熱水へと変わっていく海底下熱水循環の途上で微生物由来のメタンが付加している可能性を指摘している。

2010年に統合国際深海掘削計画第331次航海 (IODP, Expedition 331) において、沖縄トラフ伊平屋熱水域で、熱水域海底下の生命圏の探査を目的として、地球深部掘削船「ちきゅう」により掘削が行われた。本研究では、掘削によって得られたコア試料中のメタンの濃度、炭素・水素安定同位体比、および間隙水中の酢酸、溶存有機物、全炭酸の濃度・炭素同位体比を測定し、熱水循環および、微生物を介した炭素循環について考察を行った。

熱水噴出孔より450mの距離にある掘削地点 (Site C0014B) では、メタンの炭素同位体比は約-55‰、水素同位体比は約-125‰で、熱水噴出孔のメタンとほぼ同様の値を示し、海水のリチャージにより堆積物中で付加された微生物起源のメタンであると考えられる。しかし、硫酸濃度が25mMまで上昇し、海水の水平方向への流入が示唆される海底下8.5m付近では、メタンの濃度が8 μMまで減少すると共に、炭素・水素同位体比が、それぞれ-23‰、+199‰まで大きくなる。これは微生物による嫌氣的メタン酸化により、軽い¹²C, Hが選択的に酸化されることにより、残りのメタンの同位体比が重くなったことによると考えられる。メタン濃度の減少に伴う炭素同位体比の変化に対する水素同位体比の変化の比はおよそ1対10であり、これは嫌氣的メタン酸化に伴う、炭素同位体の分別に対する水素同位体の分別の比の報告値 (8-10) と整合的である (Feisthauer et al., 2011)。

酢酸の濃度は6-170 μMで、一般的な海底堆積物中の酢酸濃度 (<15 μM) よりも高い値を示し、炭素同位体比は、-47--17‰であった。発酵により生成される酢酸は有機物の炭素同位体比とほぼ同じであり、一般的な海洋の有機物の炭素同位体比 (-27--20‰) よりも低い酢酸の炭素同位体比は、二酸化炭素との大きな炭素同位体分別 (-59‰) を伴うホモ酢酸生成の寄与を示唆する。このような微生物起源と考えられる同位体比の低い酢酸は、生物の生息限界とされる120°C以上のところでも検出されており、Kawagucci et al. (2011) で提唱されているメタン同様、海水のリチャージにより堆積物中で付加された微生物由来の酢酸が熱水域まで運搬されてきた可能性が高い。

キーワード: 熱水, 炭素循環, メタン, 酢酸, 安定同位体

Keywords: hydrothermal fluid, carbon cycle, methane, acetate, stable isotope

観測データに基づく「鉄の大河」の出現モデルの提唱とその実験的検証 A model of appearance of iron-based microbial ecosystem in deep-sea hydrothermal system and its experimental evaluation

加藤 真悟^{1*}, 山岸 明彦²

Shingo Kato^{1*}, Akihiko Yamagishi²

¹ 理化学研究所バイオリソースセンター, ² 東京薬科大学生命科学部

¹RIKEN BioResource Center, ²Tokyo Univ. of Pharm. & Life Sci.

TAIGA 計画において、海洋地殻内流体の移流を「海底下の大河」と呼ぶことが提案された（浦辺他、2009）。「海底下の大河」には、地球内部から供給される化学エネルギーに依存した巨大な化学合成微生物生態系が存在すると予想される。その生態系を支える主なエネルギー源に注目して「海底下の大河」を4つに分類し、それぞれ「水素の大河」、「硫黄の大河」、「メタンの大河」、「鉄の大河」と呼んでいる。海洋地殻玄武岩には鉄が多く含まれる。この鉄に支えられた生態系の存在する海洋地殻内流体があるとすれば、それが「鉄の大河」である。「鉄の大河」はその分布範囲において他の3つの大河とは比べ物にならないほど広く、海洋全体のエネルギー・物質循環を考える上でも無視できない存在となる可能性がある。しかしながら、その実態はほとんど明らかになっておらず、4つの大河のうち最も理解の進んでいない大河といえる。

これまで演者らの研究グループは、南部マリアナトラフ熱水域において集中的に熱水化学・微生物分析を行ってきた。その結果、鉄酸化菌を含む系統群 Zetaproteobacteria が比較的低温（ $\sim 30^{\circ}\text{C}$ ）の地殻内流体中に優先して存在することを見いだした（Kato et al., 2009）。その流体の化学分析結果をもとにして、流体中の還元型化学種の酸化から獲得しうるエネルギー量を熱力学計算により推定したところ、鉄酸化によって得られるエネルギー量が他の3つの元素（すなわち、水素、メタン、硫黄）の酸化によって得られるエネルギー量を上回ることが示された。これらの結果を統合し、「鉄の大河」が出現するモデルを世界で初めて提唱した（Kato et al., 2012）。

さらに、そのモデルを実験的に検証するために、「鉄の大河」を実験室内で再現するフロー型熱水系模擬装置を作製し、玄武岩からの鉄の溶出をモニタリングすることに成功した（Kato et al., in press）。現段階においては、鉄に依存した微生物生態系を再現するまでには至っていないが、今後、室内実験の長所を生かして様々な物理化学条件下での「鉄の大河」の再現を目指し、そこでどのような化学・微生物反応が起こるのかを定量的に解析していく予定である。

キーワード: 海底下の大河, 鉄酸化バクテリア, 微生物生態系, 海底熱水系, フロー型熱水系模擬装置

Keywords: Sub-seafloor TAIGA, Iron-oxidizing bacteria, Microbial ecosystem, Hydrothermal system, Flow-type hydrothermal apparatus

上部海洋地殻の温度構造が示唆する熱水循環系 Hydrothermal circulation deduced from the thermal structure of the upper oceanic crust

海野 進¹, 奥川 歩美^{1*}

Susumu Umino¹, Ayumi Okugawa^{1*}

¹ 金沢大学地球学教室

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University

We have restored the thermal structures in the upper oceanic crust by using geothermometers based on crystal size and metamorphic minerals of the sheeted dikes from the Oman Ophiolite, which gives ambient temperatures at the time of dike intrusions and subsequent hydrothermal alteration. The Oman Ophiolite is regarded as an analog of fast-spreading ridge system. Samples were collected along transects through the sheeted dikes in a paleoridge segment from northern Oman. Pervasive hydrothermal alteration yielded metamorphic mineral assemblages of typical greenschist facies with some relict secondary hornblende, indicating that some sheeted dikes experienced amphibolite facies metamorphism, which was overprinted by greenschist facies alteration. In spite of pervasive alteration, primary igneous textures are generally preserved.

The crystal-size geothermometer is based on the models of Toramaru (2001) and Toramaru et al. (2008), which show the number density of crystals N is proportional to the $3/2$ power of cooling rate of magma. Cooling rate in a dike at a distance of D from the dike margin is $\sim(T_m - T_h)/T_m/D^2$, where T_m and T_h are temperatures of the magma and the host rock at the time of the dike intrusion. Volumetric fraction F of a specified crystal phase depends on the bulk magma composition and can be assumed to be almost identical to the sheeted dikes of interest. Then, $F = rL^3N$, r is aspect ratio of the crystal with a dimension $L \times L \times rL$. $T_h = AD^2/L + T_m$, where A is a constant relevant to F and r . By taking a reference dike whose host rock temperature T_{h0} is known, A is eliminated from the equation; $T_h = (T_{h0} - T_m)\{(L_0/D_0)/(L/D)\}^2 + T_m$

The estimated geotherm through the dikes at a paleoridge segment end shows constantly low but variable temperatures in the upper dikes and a remarkably high gradient in the lower dikes toward the gabbros. The thermal structure at the segment end indicates advective heat transfer by hydrothermal circulation of cold seawater in the upper dikes and conductive heat transfer in the lower dikes. The estimated geotherm at the segment center is 800-900 C, much higher than that at the segment end and does not show any stratigraphic variation. The high geotherm in the segment center cannot be reconciled with heating by hydrothermal fluids but requires high heat supply by repeated dike intrusions.

On the contrary, metamorphic mineral assemblages and chlorite and hornblende geothermometer give consistently lower temperatures than the crystal-size geothermometer, indicating that low-T hydrothermal alteration continued as the crust moves off-ridge.

キーワード: 中央海嶺, 海洋地殻, オマーンオフィオライト, シート状岩脈群, 温度構造, 結晶粒径

Keywords: Mid-ocean ridges, Oceanic crust, Oman Ophiolite, Sheeted dikes, Thermal structure, Crystal size

バライト中のセレンを用いた新しいレドックス計の開発 Application of selenium coprecipitated with barite as a new redox indicator

徳永 紘平^{1*}, 横山 由佳¹, 大森 恵理子¹, 川口 慎介², 高橋 嘉夫¹

Kouhei Tokunaga^{1*}, Yuka Yokoyama¹, Omori Eriko¹, Shinsuke Kawagucci², Yoshio Takahashi¹

¹ 広島大学大学院, ² 海洋研究開発機構

¹ Graduate School of Science, Hiroshima University, ² JAMSTEC

Redox potential (Eh) is an important factor controlling chemical processes in hydrosphere on the earth, because redox reaction is related to the behaviors of many major and minor species in natural waters. A number of the previous studies have suggested that Eh was estimated by the solid-water distributions of redox-sensitive elements based on the effect of valence change such as a relative enrichment-depletion profile of particular elements. However, the estimation of redox conditions based on previous indicators may not be reliable because (i) trace elements concentrations are influenced by many factors and mechanisms such as secondary adsorption-desorption and/or diagenetic processes and (ii) the redox condition was relatively evaluated by the depth profiles of particular elements. Thus, the aim of this study is to propose a new redox indicator using the valence ratio of redox sensitive element itself in the mineral which can be directly used to estimate the particular redox condition at the time of the mineral formation. Here, we examined the incorporation behavior of selenium (Se) species to barite. Selenium is well known as a redox-sensitive element which is dissolved in water as selenate (SeO_4^{2-}) or selenite (SeO_3^{2-}) oxyanion under oxic and suboxic condition, respectively. On the other hand, barite can work as a host phase of Se in the environment. Thus, if barite can incorporate both Se(IV) and Se(VI), the ratio of Se(VI)/Se(IV) may possibly reflect the ratio in the coexistent water, which consequently indicates the redox condition in the environment. The aim of this study to understand the incorporation behaviors of Se(IV) and Se(VI) into barite in co-precipitation experiments with the information of the oxidation states both in water and barite to utilize it as a redox indicator for oxic-suboxic condition.

Coprecipitation experiments of Se with barite were conducted to investigate the influence of the Se oxidation state on its immobilization into barite at pH 8.0 and pH 4.0. Barite was precipitated from a mixture of artificial seawater (ASW) and $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ solution. The initial pH of ASW was adjusted to 4.0 and 8.0 before the barite precipitation. These two pH conditions were adopted considering typical pH for hydrothermal water (3.0-4.0) and seawater (8.0). Total concentrations of Se in the remaining solution and precipitates were measured by ICP-MS. The Se(VI)/Se(IV) ratio in the precipitates and water were determined by HPLC-ICP-MS and X-ray absorption near-edge structure (XANES) at Se K-edge, respectively.

It was found that the Se(VI)/Se(IV) ratio in barite reflects the Se(VI)/Se(IV) ratio in water, which suggests that the oxidation state of Se in barite can work as a redox indicator showing redox condition at the time of barite formation. Selenium(IV) is incorporated into barite under suboxic condition below the redox boundary of Se(VI)/Se(IV). Selenium(VI), on the other hand, is incorporated under oxic condition above the redox boundary of Se(VI)/Se(IV). These trends are observed at pH 4.0 and 8.0, regardless of the different distribution behaviors of Se to barite at both pH systems. Based on the distribution behavior of Se to barite in the pH 4.0 and 8.0 systems, we conclude that the Se(VI)/Se(IV) ratio in barite can be used as a redox indicator whether barite was precipitated below or above the redox boundary of Se(VI)/Se(IV), the Eh region of which is different from the Fe(III)/Fe(II) and Mn(IV)/Mn(II) boundaries often employed as a signature of redox condition. Thus, the redox indicator using the Se(VI)/Se(IV) ratio in barite could provide more detailed redox information on the depositional environment.

Keywords: redox indicator, selenium, barite, coprecipitation, XAFS

インド洋 Yokoniwa Rise における r2D4 高解像度音響調査の報告 High resolution sidescan sonar survey at Yokoniwa Rise, CIR, the possible peridotite-related hydrothermal site

浅田 美穂^{1*}, 吉河 秀郎¹, 沖野 郷子², 小山 寿史³, 浦 環⁴, 浅田 昭⁴

Miho Asada^{1*}, Shuro Yoshikawa¹, Kyoko Okino², Koyama Hisashi³, Ura Tamaki⁴, Asada Akira⁴

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 三井造船株式会社, ⁴ 東京大学生産技術研究所

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

³ Mitsui Engineering and Shipbuilding, ⁴ Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

Yokoniwa Rise は三重会合点近傍のインド洋中央海嶺セグメント 1 から東に 10km 程度に位置する熱水フィールドで、ROV「かいこう」により 2000 年に発見された「かいいい」熱水フィールドが発達する山体の北方にある。ここで 2009 年潜水船により広範囲のペリドタイト露頭と倒壊したチムニーが複数確認された。2010 年 KH-10-6 (白鳳丸, 東京大学) 航海ではインターフェロメトリ方式の測地・サイドスキャンソナーシステムを搭載した自律型無人潜水機 r2D4 (東京大学生産技術研究所) を用いて、Yokoniwa Rise における熱水性微細構造の空間的拡がり新たな熱水フィールドの発見を目指した調査が行われた。またペリドタイト露頭の存在が明らかになっている当フィールドで音響観測における目的の一として、他の海域におけるアルカリ玄武岩質溶岩との比較により岩石の違いによる音響的特徴の差異を探ることを行った。

r2D4 による音響調査は、周波数 100kHz、海底からの高度 30~150 m、航行速度 3 ノットにおいて、南北に~6km、東西に~2.3km の範囲を、4 本の測線に沿って行われた。これにより以下の結果を得た。

(1) 水中に音波の異常散乱を捉えた。

Yokoniwa Rise において、倒壊したチムニーが確認されている場所から 2~3 km 離れた地点の水中二カ所で、音波の異常散乱を発見した。一カ所は調査範囲の西側中央付近で、重なりあう溶岩様の画像がサイドスキャンソナーで得られた場所の直上である。他方は調査範囲の南西端付近で、サイドスキャンソナーでは特徴的な画像が得られていない。水中の異常散乱は海水に濁り或いは速度異常があることを意味し、調査範囲内外の火山活動或いは熱水活動の影響を示唆する。倒壊チムニーが報告されている場所の直上では水中に異常散乱を検知しなかった。

(2) 後方散乱強度が高く平坦な部分の分布。

音波の後方散乱強度が高く、かつ音波の影を伴わない(平坦である)部分が、海底面に多数存在した。それらは不連続的で境界が曖昧であり、空に点々と浮かぶ雲のように見える。それらの分布は、まばらながら、調査範囲の中では N10W に伸びる地域に集中して見える。N15W は周囲のアピッサルヒルズの走向とほぼ同じである。またチムニーのような微細構造が、倒壊チムニーが確認された場所を含めて、高い後方散乱強度を示す部分と重なる分布をもって散見される。

(3) 造構運動は優勢でない。

拡大軸から 10 km 程度離れた本調査地域において、線状構造は短く、走向がばらつく傾向にあった。つまり海洋底拡大に起因する大規模な造構運動は、本調査地域では優勢で無いと言える。サイドスキャンソナー画像から抽出した 216 本の線状構造の、平均長さは 136 m、平均走向 N10W で、標準偏差 20 であった。殆どの線状構造は船舶搭載型マルチビーム測深機 (SeaBeam2120, 20 kHz) による地形図に局地的な地形の傾斜にほぼに直行或いは平行であり、溶岩の流れ下る方向或いは重力崩壊の痕跡を観察している可能性がある。

(4) 音響観測の目的の一である岩石の違いによる音響的特徴の差異を探るために、潜水船による観察画像とサイドスキャンソナー画像との比較を今後おこなっていく。

キーワード: r2D4, インターフェロメトリソナー, 浮き雲様構造, チムニー様構造, 水中異常散乱, 熱水

Keywords: r2D4, interferometry sonar, floating cloud-like features, chimney-like structure, backscattering signals in water column, Hydrothermal field

粘土鉱物の酸素同位体比温度計：沖縄トラフ伊平屋北海丘熱水域の海底下の熱水変質帯への応用

Application of oxygen isotope geothermometry to hydrothermal alteration in the Iheya North field, Okinawa Trough

三好 陽子^{1*}, 石橋 純一郎¹, ケビン・フォーレ²
Youko Miyoshi^{1*}, Jun-ichiro Ishibashi¹, Kevin Faure²

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²GNSサイエンス, ニュージーランド

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Division of Geological Resources, GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

Oxygen isotope values of clay minerals enable estimation of their formation temperature, based on the temperature dependence of oxygen isotope equilibrium between clay minerals and water. We measured oxygen isotope values of hydrothermal clay minerals in sediment from the Iheya North Knoll hydrothermal field in the Okinawa Trough. The sediment was obtained by seafloor drilling during the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 311. Five sites were drilled during the expedition: on a hydrothermal mound at the center of the activity (Site C0016); at 600 m northwest of the mound (Site C0015); at 100 m east of the mound (Site C0013); at 450 m east of the mound (Site C0014) and; at 1550 m east of the mound (Site C0017). We investigated temperature conditions of hydrothermal alteration below the seafloor of the Iheya North field by applying oxygen isotope geothermometry.

Silt (2-63 micrometer) and clay (<2 micrometer) fractions were separated according to Stokes' law by settling powdered core sediment in a standing cylinder. Mineralogy of the bulk sediment and of the clay fraction was determined by X-ray diffraction. Chemical composition of some clay minerals in the clay fraction was determined by transmission electron microscopy (TEM-EDS). Oxygen isotope values of representative clay fraction samples were determined at GNS Science in New Zealand. For measurement of oxygen isotope values, oxygen was extracted from the clay fraction samples using a CO₂-laser and BrF₅ following the method of Sharp (1990). Prior to isotope measurement, free Fe-oxides were removed following Mehra and Jackson (1960). Where two dominant clay minerals were identified in a clay fraction sample, their abundance ratio was estimated on the chemical composition of the clay fraction determined by EPMA analysis.

Occurrence of hydrothermal clay minerals at the Iheya North field was classified into three hydrothermal alteration zones with increasing depth, based on the clay mineral assemblages; kaolinite and montmorillonite alteration zone (Zone 1); Mg-rich chlorite and Mg-rich chlorite-smectite mixed layer mineral alteration zone (Zone 2); and sericite and Mg-rich chlorite alteration zone (Zone 3) at Site C0013. Hydrothermal clay mineral assemblages at Sites C0014 and C0016 are similar to those at Site C0013.

The oxygen isotope value of smectite in Zone 1 at Site C0013 had a value of +11.4 per mil (VSMOW). Its formation temperature was estimated to range between 130 - 160 °C, assuming a value from 0 to +1.5 per mil for the oxygen isotope value of water in equilibrium with the mineral. The oxygen isotope values of the Mg-rich chlorite in Zone 2 and the sericite in Zone 3 at Site C0013 range from +1.6 to +3.3 per mil and their formation temperatures were estimated to be > 220 °C. Formation temperatures of the clay minerals at Sites C0014 and C0016 were comparable to those found in the same alteration zones at Site C0013.

This study revealed a layered structure of the hydrothermal alteration zones below the seafloor at a distance of up to 450 m from the hydrothermal mound at the Iheya North field. In addition to different clay mineral assemblage found in each hydrothermal alteration zone, the estimated formation temperatures showed a large gap between Zone 1 and Zones 2 and 3.

キーワード: 粘土鉱物, 統合国際深海掘削計画 (IODP) 第 331 次研究航海 (Exp.331), 海底熱水活動域, 沖縄トラフ伊平屋北海丘, 酸素同位体比

Keywords: clay mineral, IODP Expedition 331, seafloor hydrothermal field, Iheya North Knoll, Okinawa Trough, Oxygen isotope values

安定同位体から見た熱水活動域プランクトン群集の栄養段階の構造 Trophic structure of planktonic community in hydrothermal vent field based on stable isotopes

山本 啓之^{1*}, リンジー ドウーガル¹, 土屋 正史¹, 砂村 倫成²
Hiroyuki Yamamoto^{1*}, Dhugal J. Lindsay¹, Masashi Tsuchiya¹, Michinari Sunamura²

¹ 海洋研究開発機構, ² 地球惑星・東京大学

¹BioGeos, JAMSTEC, ²EPS, University of Tokyo

Primary production in marine ecosystems is through photosynthesis in the euphotic zone and chemosynthesis in the deeper zones. While the productivity due to chemosynthesis in the global ocean is less than that of photosynthesis, local productivity from chemical energy from sub-seafloor fluid flux may provide a significant amount of organic matter into deep-sea ecosystems. Hydrothermal systems in deep-sea areas can be powerful primary production sites, usually dominated by chemolithoautotrophic prokaryotes. The plume from a hydrothermal vent contains many potential sources of metabolic energy, e.g. hydrogen, methane, sulfur compounds, and iron. The primary production in the plume occurs mainly in the early stage of plume evolution, and then gradually spreads into the surrounding ecosystem. The planktonic community of hydrothermal vent fields, presumably is able to use at least some of the organic matter in the plume, and could therefore play a role in connecting the chemosynthesis-based and photosynthesis-based food chains in marine ecosystems.

To estimate the trophic dependence of plankton on the chemosynthetic products provided by hydrothermal vent plumes, research cruises to hydrothermal vent fields on the Indian Ocean Ridge (KH10-06), Izena Hole (KT10-24), Myojin-sho Caldera (KT11-29), and the Iheya North Knoll (KT12-07, NT12-27) were carried out and samples were collected. The samples were collected by plankton nets (MTD, VMPS, ORI) and/or an in-situ large volume pump-filtration system (WTS-LV 30, McLane Ltd.), and were preserved in a freezer (-30°C) until analysis. Nine samples of from the pump-filtration system and 167 samples of net-caught zooplankton, containing carnivores, filter-feeders, fish and jellies, were preserved for this study. After pre-analysis processing by freeze-drying, lyophilization and decarbonating, the stable isotope ratios of carbon and nitrogen in the samples were determined by the laboratory of the Japan Chemical Analysis Center using a Delta V advantage isotope ratio mass spectrometer coupled with an elemental analyzer via ConFlo IV interface.

The stable isotope ratios of nitrogen and carbon were analyzed with respect to the depth, site, and organism type to characterize the trophic structure of the planktonic communities at hydrothermal vent fields. In this presentation we will discuss trends seen in the trophic structure of communities at the research sites and consider the influence played by the surrounding environmental, geochemical and microbial conditions.

This research was supported by MEXT Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas TAIGA A02 (20109003).

Keywords: hydrothermal vent, trophic structure, stable isotope ecology, plankton

熱水および冷湧水が支える生態系の多様性と広がりに関する研究 Geochemical study of diversity and distribution of ecosystem sustained by hydrothermal and cold seep discharge fluids

大西 雄二^{1*}, 長塩 皓美¹, 山上 翔世¹, 渡部 裕美², 伊勢優史³, 小糸智子⁴, 山中 寿朗¹
Yuji Onishi^{1*}, Hiromi Nagashio¹, Shosei Yamagami¹, Hiromi WATANABE², ISE, Yuji³, KOITO, Tomoko⁴, Toshiro Yamanaka¹

¹ 岡山大学, ² 海洋研究開発機構, ³ 東京大学, ⁴ 日本大学

¹ Okayama University, ² JAMSTEC, ³ University of Tokyo, ⁴ Nihon University

深海砂漠と称されるように、深海底はかつて砂漠のように生物のほとんどいない領域と考えられてきたが、熱水噴出孔や冷湧水域の発見により、膨大な特徴的でそういった環境に固有な生物がそれらの場所で養われていることが明らかになって久しい。そういった環境では、生物は化学合成やメタン資化菌による微生物生産物によって支えられている。これまで、特に熱水噴出孔では、噴出孔周辺に特に多量の生物がいることから噴出する熱水にのみ注目した研究が多かったが、そういった一次エネルギー源以外のエネルギー源が供給されることで、熱水系や冷湧水系における生物相の多様性や分布の広がりが、これまで予想されていたより遥かに多様で広いことが明らかになりつつある。本研究では、そういった点に注目し、深海で普通に見られる生物種や化学合成生物についてもその栄養源を安定同位体的手法で精査した結果を報告する。

キーワード: 海底下の大河, 化学合成生物, 安定同位体

Keywords: TAIGA, Chemosynthesis-based animal, Stable isotope

熱水ブルーム中粒子含有微生物の分布からみる増殖様式の推定 Distribution of granule containing cells in deep-sea hydrothermal plume

砂村 倫成^{1*}

Michinari Sunamura^{1*}

¹ 東京大学大学院理学系研究科

¹Earth & Planet. Science, The University of Tokyo

海底からの噴出熱水が噴出後に海水と混合してできる熱水ブルーム中では、熱水中に含まれるイオウ、メタン、水素などの還元物質の酸化によりエネルギーを得る微生物が増殖する。熱水ブルーム中の微生物は熱水由来の還元型化学物質の酸化を通じた深海への有機物供給に重要な役割を果たすとともに、酸化還元や作り出す有機物への吸着と沈降を通じ、リン、As、鉄、REEなどの物質循環にも影響を及ぼしている。熱水ブルーム中ではイオウや水素をエネルギー源として利用可能な SUP05 細胞が優占しており、この微生物はイオウ顆粒を体内に蓄積できることが発見された。イオウの蓄積は、イオウ成分が無機酸化、希釈を通じて薄まる一方の熱水ブルームで、SUP05 が増殖するための有効な戦略と考えられる。本研究では、フローサイトメーターの錯乱光強度の検出と定量を通じ、熱水ブルーム中での含高粒子細胞の分布様式を明らかにした。本法により、通常熱水ブルーム中は化学的に検出ができないイオウ濃度の推定が可能になれば、今後の鉱床探査への応用も期待される。

キーワード: 熱水ブルーム, 微生物生態系, 増殖域, イオウ循環, 一次生産, フローサイトメーター

Keywords: Deep-sea hydrothermal plume, microbial ecology, cell growth zone, sulfur cycle, primary production, flow cytometry

沖縄トラフ・南部マリアナトラフの海底熱水鉱床性硫化鉱物の U-Th 放射非平衡年代 U-Th radioactive disequilibrium dating of hydrothermal vent of Okinawa and South Mariana Trough

賞雅 朝子^{1*}, 中井 俊一², 石橋 純一郎³, 佐藤 文寛⁴, 豊田 新⁴, 藤原 泰誠⁴

Asako Takamasa^{1*}, Shun'ichi Nakai², Jun-ichiro Ishibashi³, Sato Fumihiko⁴, Shin Toyoda⁴, Taisei Fujiwara⁴

¹放射線医学総合研究所, ²東京大学地震研究所, ³九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, ⁴岡山理科大学理学部応用物理学科

¹National Institute of Radiological Sciences, ²Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, ⁴Department of Applied Physics, Faculty of Science, Okayama University of Science

沖縄トラフ・南部マリアナトラフの海底熱水鉱床では、生物学的・鉱床学的研究が進んでいる。海底熱水鉱床の形成過程を解明するために、海底熱水鉱床の硫化鉱物から U-Th 放射非平衡年代測定を行った。海底熱水鉱床で沈積・生成される鉱物中にはトリウムが含まれにくく、ウランが含まれやすいという特徴がある。鉱物に含まれるウラン (238U) が放射壊変し、壊変系列中の親核種 (238U) と娘核種 (230Th) の放射能比 (0~1) を利用するのが、U-Th 放射非平衡年代測定である。

本研究では、マルチコレクター型プラズマイオン源質量分析計を用いて、U-Th 放射非平衡年代測定を行った。岩石試料は 100-250 メッシュおよび 250-500 メッシュに粉碎し、アイソダイナミックセパレーターを用いて電磁分離を行った。試料の脱塩は 5% 硝酸で、30 分超音波洗浄し、Milli-Q 水で 30 分間超音波洗浄を行い、乾燥した。マルチコレクター型 ICP-MS による分析では、試料の酸分解後、U および Th を化学分離・精製する必要がある。測定時の妨害元素となりやすい、Ba (バリウム) や Pb (鉛) を除去し、U・Th を効率良く分離するために二段階のカラムクロマトグラフィーを行った (Takamasa et al., Quaternary Geochronology, in press)。

南部マリアナトラフから採取された一部の試料では、同じ試料片を ESR 年代とクロスチェックを行い、年代の結果が調和的であることを確認している。また本研究による年代測定では、試料の Th 濃度にも依存するが、50 年以上あれば測定が可能である。また BMS による掘削で得られた試料の深度方向に年代を比較すると、コアの下位の方が古い年代がでる傾向にあった。

南部マリアナトラフでは Pika site、Urashima site、Archean site、Snail site の試料を測定した。各サイトの年代は Pika が 560~9000 年、Urashima が 250~11600 年、Archean が ~4000 年、Snail が < 100 年であった。拡大軸からの距離が離れた熱水サイトほど古い年代を示す試料があることが明らかになった。

沖縄トラフではこれよりも若い年代が得られており、南部の与論海穴で採取された HD1333G-06 では、6 試料全てが < 80 年という 1000 年以下であった。トリウム濃度も他のサイトと比較して 10 分の 1 程度で、0.003~0.042ppb の低濃度であった。中部にあたる伊是名海穴では、80~1800 年の年代が得られた。鳩間海丘では 0~660 年と、20 試料すべてが若い年代となった。

キーワード: ウラン・トリウム放射非平衡年代, 南部マリアナトラフ, 沖縄トラフ, 海底熱水鉱床

Keywords: U-Th radioactive disequilibrium dating, South Mariana Trough, Okinawa Trough, hydrothermal ven