

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ー方式の測地・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ーソナー, 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