

IODP Expedition 338 掘削概要

Preliminary results of IODP Expedition 338: Operational aspects

金川 久一^{1*}, Dugan Brandon², Moore Gregory³, Strasser Michael⁴, Toczko Sean⁵, 前田 玲奈⁵, IODP Expedition 338 乗船研究者⁶

Kyuichi Kanagawa^{1*}, Brandon Dugan², Gregory Moore³, Michael Strasser⁴, Sean Toczko⁵, Lena Maeda⁵, IODP Expedition 338 Scientists⁶

¹ 千葉大学, ² ライス大学, ³ ハワイ大学, ⁴ スイス連邦工科大学, ⁵ 海洋研究開発機構, ⁶ IODP Expedition 338

¹ Chiba University, ² Rice University, ³ University of Hawaii, ⁴ ETH, ⁵ JAMSTEC, ⁶ IODP Expedition 338

The Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) is a multi-disciplinary scientific project designed to investigate fault mechanics and seismogenesis along subduction megathrusts through reflection and refraction seismic imaging, direct sampling, in situ measurements, and long-term monitoring in conjunction with laboratory and numerical modeling studies. As part of the NanTroSEIZE program, operations during Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 338 were planned to extend and case riser Hole C0002F located at the southeastern margin of the Kumano forearc basin, begun on Expedition 326 in 2010, from 856 meters below the sea floor (mbsf) to 3600 mbsf.

Riser operations extended the hole to 2005.5 mbsf, collecting a full suite of logging- and measurement-while-drilling (LWD/MWD), mud gas and cutting data. However, due to damage to the riser during unfavorable winds and strong current conditions, riser operations were cancelled. Hole C0002F was suspended at 2005.5 mbsf, but left for re-entry during future riser drilling operations, which will deepen the hole to penetrate the megasplay fault at about 5000 mbsf. Contingency riserless operations included coring at Site C0002 (200-505, 902-940 and 1100.5-1120 mbsf), LWD at Sites C0012 (0-709 mbsf) and C0018 (0-350 mbsf), and LWD and coring at Sites C0021 (0-294 mbsf) and C0022 (0-420 mbsf).

Combined primary riser operations and contingency riserless operations at Site C0002 allowed to sample the upper part of the forearc basin sediments and gas hydrate zone, the basal Kumano Basin-to-accretionary prism unconformity, and the upper portion of the inner wedge with cores, drill cuttings, mud gas sampling, and an extensive suite of LWD logs.

Site C0018 is located within a depocenter for downslope mass transport in a slope basin seaward of the megasplay fault, and was drilled and sampled during Expedition 333 targeting mass-transport deposits (MTDs). Site C0021 is located ~2 km NW of Site C0018 and at a more proximal site for MTDs observed at Site C0018. LWD at Site C0018 provided logging data to characterize the sedimentary section and MTDs, which are correlatable with the previous core and seismic data. LWD and coring at Site C0021 provided data for correlation to Site C0018. Together the sites provided constraints on the lateral variability of MTDs within the basin, which relates to the nature, provenance, and kinematics of the submarine landslides.

Site C0022 is located in the slope basin between previously drilled Sites C0004 and C0008. LWD and coring at this site penetrated through the tip of the megasplay fault, and provided constraints on the activity of this megasplay fault.

Site C0012 is located in the Shikoku Basin on the crest of a prominent basement high (Kashinosaki Knoll) on the subducting Philippine Sea plate, where coring down to 630.5 mbsf had been conducted during Expeditions 322 and 333. LWD operations at this site provided logging data to characterize the sedimentary section and the upper portion of the oceanic crust, which are correlatable with the previous core and seismic data.

Keywords: IODP Expedition 338, C0002, C0012, C0018, C0021, C0022

IODP 第338次航海の船上分析に基づいた南海トラフの堆積物の間隙水組成について

Porewater chemistry of seafloor sediments based on the onboard analyses Expedition 338 at Nankai Trough

益田 晴恵^{1*}, 土岐知弘², IODP 第338次航海乗船研究者一同³
Harue Masuda^{1*}, Tomohiro Toki², IODP Expedition 338 Scientists³

¹ 大阪市立大学, ² 琉球大学, ³ ライス大学ほか

¹Osaka City University, ²University of Ryukyus, ³Rice Univ. and others

During IODP Expedition 338, sediments were sampled from Site C0002 at Kumano Basin and Site C0022 on the frontal arc slope of Nankai Trough. At Site C0002, the sediments were obtained from the depths between 200 - 500 mbsf (meters below seafloor), 900 - 940 mbsf, and 1100 - 1120 mbsf. Porewater was analyzed after squeezing using the standard onboard analytical procedures. Porewater from the sediments at 1111 mbsf was extracted using GRIND method after testing the appropriateness of this method. Here, the tested results of GRIND method and porewater chemistry of the Site C0002 are described.

GRIND method was originally developed for the sediments and rocks, for which standard squeezing (standard method, hereafter) did not provide adequate volumes of pore fluid. However, it would also be applicable to extract the porewater from small volume of the sediment samples. 40 g sediment was ground with 5 mL ultrapure water in a ball mill, and the water was squeezed using the standard method. As results, chlorinity was comparable (RD <2%) with that obtained using the standard method, and major ions, Br, sulfate, Na, Mg and Ca, and minor ions, B, Li and Sr are useful if 5-10 % difference of concentration from that obtained using the standard method can be acceptable. Among the major ions, K concentration was always ca. 20 % higher and phosphate ca. 15 % lower than those obtained using the standard method. Most of the minor and trace metal concentrations (Fe, Mn, Si, Ba, V, Cu, Zn, Rb, Mo, Cs, Pb, U) obtained using the GRIND method were much larger than those obtained using the standard squeezing method, probably due to extraction of adsorbed elements onto the sediment particles via desorption in addition to the dissolved components. Thus, the GRIND method cannot be applicable for the minor and trace metals except Li and Sr, of which RD are <10%.

At Site C0002, continuous profiles of porewater chemistry are obtained down to 1050 mbsf combining the results of previous and present expeditions. 10 samples from the above former two intervals were analyzed using both standard squeezing and GRIND methods, and the deepest porewater chemistry was obtained for the sediment at 1111 mbsf only using the GRIND method.

Chlorinity decreased from 550 mM of the porewater from the seafloor sediment to 350 mM down to 400 mbsf, increased to 480 mM down to 800 mbsf, then decreased to 450 mM at 1111 mbsf. The boundary between Units I (upper forearc basin sediment) - II (lower forearc sediment) and II-III (basal (starved) sediment) are 140 and 830 mbsf respectively. The depletion of chlorinity occurs in Unit II due to the contribution of freshwater from gas hydrates. Similar depletion of the concentration in the Unit II are observed for Na, K, Mg, B, Sr, Ba and Rb. Alkalinity, phosphate and ammonium increase in Unit I and decrease in Unit II, suggesting that those are released via decomposition of organic matters and then removed by precipitation (P) and decomposition (ammonium). Br increases in Unit I due to decomposition of biogenic material (probably algae), similar to P and ammonium, while in and below Unit II, it changes in accordance with Cl. Ca and Li increase in Unit II probably due to dissolution of biogenic and/or detrital minerals. In Unit IV (upper accretionary prism), chlorinity alkalinity and Na decreased, while Ca increased with depth in Unit IV. Variations of each element correspond to the lithological units, suggesting that the porewater chemistry is partly controlled by the interaction between porewater and sediments including microbiology of each sediments, which comprise different mineralogy and chemistry.

キーワード: 間隙水, ガスハイドレート, 熊野海盆, グラインドメソッド

Keywords: porewater, gas hydrate, Kumano Basin, GRIND method

JFAST: Drilling to the Plate Boundary to Investigate the Large Slip of the 2011 Tohoku-oki Earthquake

JFAST: Drilling to the Plate Boundary to Investigate the Large Slip of the 2011 Tohoku-oki Earthquake

James Mori^{1*}, Fred Chester², Nobu Eguchi³, Sean Toczko³, Emily Brodsky⁴, Shuichi Kodaira³, Expedition 343 Scientists⁵
James Mori^{1*}, Fred Chester², Nobu Eguchi³, Sean Toczko³, Emily Brodsky⁴, Shuichi Kodaira³, Expedition 343 Scientists⁵

¹Kyoto Univ., ²Texas A&M Univ., ³JAMSTEC, ⁴Univ. California Santa Cruz, ⁵IODP

¹Kyoto Univ., ²Texas A&M Univ., ³JAMSTEC, ⁴Univ. California Santa Cruz, ⁵IODP

The 2011 Tohoku-Oki earthquake produced the largest fault slip ever recorded for an earthquake, up to 50 meters on the shallow portion of the subduction megathrust. This region of the plate boundary was not expected to have large slip during earthquakes, so the huge co-seismic displacements and resultant devastating tsunami were a shocking surprise to the seismological community. In response to the earthquake, the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) rapidly planned and carried out Expedition 343 (JFAST) to investigate the rupture mechanisms and physical conditions that produced the large slip. During April/May and July 2012, three boreholes located at a site close to the Japan Trench about 90 km east of earthquake epicenter, successfully reached the plate boundary fault at depths of about 820 meters below seafloor. These boreholes enabled geophysical logging, core sampling and installation of a temperature observatory in the vicinity of the fault zone.

Analyses of core samples obtained from the plate boundary decollement show a narrow zone (less than 5 meters) of highly deformed fabric in a clay layer. The pronounced localization of deformation within this material suggests coseismic weakening during past earthquakes. Estimates of the level of dynamic friction during the recent earthquake are expected from the temperature monitoring that was installed during the expedition. Also, laboratory experiments on the retrieved core samples will give estimates of the frictional properties of the fault rocks. Combining investigations of the physical, chemical, and mechanical properties of the fault zone along with determinations of the local stress state from borehole breakouts, will provide information to help explain the very large slip that occurred during the earthquake.

キーワード: JFAST, Tohoku-oki earthquake, IODP, Sea-floor Drilling, Fault Friction, Japan Trench

Keywords: JFAST, Tohoku-oki earthquake, IODP, Sea-floor Drilling, Fault Friction, Japan Trench

日本海溝前弧域のプレート境界域生命圏 Subseafloor biosphere in plate boundary of Japan Trench forearc

高井 研^{1*}, 川口 慎介¹, 今野 祐多¹, 石川 剛志², ジム・サンプル³, IODP 第 343 次乗船研究者⁴

Ken Takai^{1*}, Shinsuke Kawagucci¹, Uta Konno¹, Tsuyoshi Ishikawa², James C. Sample³, IODP Expedition 343 Scientists⁴

¹ 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域, ² 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ³ 北アリゾナ大学, ⁴ IODP 第 343 次航海乗船研究者一同

¹ BIOGEOS, JAMSTEC, ² KICSR, JAMSTEC, ³ Northern Arizona University, ⁴ IODP Exp 343 Scientists

IODP 第 343 次航海は、2011 年 3 月 11 日に起きた「東北地方太平洋沖地震」における大規模な海底および海底下での変動や巨大津波発生の原因となった断層滑りやそのメカニズムを明らかにすることを目的に実施された。その最重要科学目的は、実際に滑った断層を特定すること、そしてその断層を含むコアサンプルを回収し断層における物理学的特性や地質学的諸性質を解明すること、である。一方で IODP 第 343 次航海にはもう一つ重要な科学目的があった。それは、地震（すなわち断層滑り）に伴う地球化学プロセスによって支えられた地震生命圏の存在を検証し、地震による海底下微生物群集へのインパクトを明らかにすることであった。

掘削同時検層の結果から、東北地方太平洋沖地震時に滑ったと考えられる断層として、海底下 820m 付近のプレート境界、海底下 720m 付近の破碎帯、そして全く目立たない海底下 700m 付近の破碎帯の 3 つの候補が考えられた。地震前後の地震波探査による海底下構造の変化や地質学的な予備分析から、乗船研究者の間では、海底下 820m 付近のプレート境界こそが東北地方太平洋沖地震時の最大滑り断層である可能性が高いと考えられているが、まだその証拠は得られていない。しかし、掘削コアの間隙ガスの分析からは、海底下 700m 付近の破碎帯において水素ガスの極めて劇的な濃度異常が認められ、「断層滑り水素発生」の可能性も考えられる。時間分解能を持った断層滑りの物理・化学的証拠としては、温度か水素ガスしか考えられず、2013 年の温度計測の結果と合わせて断層の特定に決着がつくかもしれない。

一方、C0019 サイト掘削では、海底下 680-840m に至るプレート境界を貫通するコア試料が得られた。これまでの ODP-IODP の歴史上沈み込み帯プレート境界を貫通した例は、パルパドス海溝、コスタリカ海溝、南海トラフの前弧域だけであり、日本海溝前弧域のプレート境界貫通は 4 例目（サイトとして 5 例目）となる。しかも地球化学的特性だけでなく微生物学的研究が行われるのは初めてである。そのコア試料を用いたガス組成や間隙水化学プロファイルの分析から、全く新しいプレート境界域における地球化学プロセスや微生物活動の兆候が示されつつある。本講演では、その「プレート境界域における熱水循環と海底下生命圏の存在様式」について議論したい。

キーワード: 海底下生命圏, プレート境界, 前弧, 断層すべり, メタン, 水素

Keywords: subseafloor biosphere, plate boundary, forearc, fault slipping, methane, molecular hydrogen

海洋堆積物深部のアミノ酸の生物地球化学的動態：化合物レベル窒素同位体組成とD/L比からの制約

Biogeochemical dynamics of amino acids in deep-subsurface marine sediments

山口 保彦^{1*}, 力石 嘉人², 高野 淑識², 小川 奈々子², 菅 寿美², 横山 祐典³, 大河内 直彦²

Yasuhiko T. Yamaguchi^{1*}, Yoshito Chikaraishi², Yoshinori Takano², Nanako O. Ogawa², Hisami Suga², Yusuke Yokoyama³, Naohiko Ohkouchi²

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Institute of Biogeosciences, JAMSTEC, ³Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Amino acids in sediment pore waters are key compounds in metabolic activities of sedimentary microbes and in remineralization of carbon and nitrogen. However little is known about their biogeochemical dynamics (e.g., sources and transformation processes) in deep-subsurface sediments.

As a new approach to constrain the sources of dissolved amino acids in sediment pore waters, this study reports and compares compound-specific d15N and enantiomer ratio (%D) of total hydrolysable amino acids (THAA) in solid phase and dissolved hydrolysable amino acids (DHAA) in pore waters from the same sediment samples. Samples were collected from deep-subsurface sediments (down to 172.9 m below seafloor) at the Sagami Trough (NW Pacific) during D/V Chikyu cruise CK09-03 (Expedition 905: December 2009).

In the sediments deeper than 9 mbsf, average %D values of DHAA were 25.9% in alanine, 24.8% in aspartic acid, 11.3% in serine, and 16.3% in glutamic acid, and average %D changes from THAA were +15.3% in alanine, -0.4% in aspartic acid, -8.1% in serine, and 4.6% in glutamic acid. Compound-specific d15N analysis showed that d15N values of alanine are higher in the DHAA than the THAA and that d15N values of glycine and glutamic acid are similar between the two fractions (d15N-DHAA - d15N-THAA = +5.8 permil, +1.9 permil, -0.3 permil, respectively). These results suggest that the DHAA fractions have different d15N and %D signatures from the THAA fractions, and that hydrolysis of the THAA could not be the sole source of the DHAA. Alternatively, the d15N and %D signatures of DHAA are consistent with the idea that in situ release of proteinaceous materials from sedimentary microbial biomass (such as peptidoglycan of Gram-positive bacteria) is an important source of DHAA. This suggests that recycle of dissolved amino acids by microbes would be an important process during amino-acid degradation and microbial metabolism in the deep-subsurface sediments.

キーワード: 海底下生命圏, 有機物, 窒素同位体, アミノ酸, バクテリア

Keywords: Deep biosphere, Organic matter, Nitrogen isotope, Amino acids, Bacteria

下北八戸沖石炭層生命圏掘削調査 (IODP 第337次研究航海) の概要と展望 Exploration of the Deep Coalbed Biosphere off Shimokita (IODP Expedition 337): Overview and Perspectives

稲垣 史生^{1*}, Kai-Uwe Hinrichs², 久保 雄介³, IODP Expedition 337 Scientists³
Fumio Inagaki^{1*}, Kai-Uwe Hinrichs², Yusuke Kubo³, IODP Expedition 337 Scientists³

¹ 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ² ブレーメン大学 MARUM センター, ³ 海洋研究開発機構 地球深部探査センター

¹Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, ²MARUM and Department of Geosciences, University of Bremen, Germany, ³Center for Deep-Earth Exploration (CDEX), JAMSTEC

Among the least characterized Earth systems that can be addressed by scientific ocean drilling are deeply buried hydrocarbon reservoirs in sediments along continental margins. In particular, the role of seafloor microbial ecosystems for the formation and fate of these reservoirs remains poorly understood. The IODP Expedition 337 was the first expedition dedicated to seafloor microbiology that used riser-drilling technology on the drilling research vessel CHIKYU. The drilling site C0020 is located in a forearc basin formed by the subduction of the Pacific Plate off the Shimokita Peninsula at a water depth of 1,180 meters. During Expedition 337, we penetrated a 2,466 meters-deep sedimentary sequence with a series of coal (i.e., lignite) layers at around 2 km below the seafloor. Hole C0020A is currently the deepest hole in the history of scientific ocean drilling. Riser drilling at Site C0020 provided an unprecedented record of dynamically changing depositional environments in the former forearc basin off the Shimokita Peninsula during the late Oligocene and Miocene. This record is comprised of a rich diversity of lithological facies reflecting environments ranging from warm-temperature coastal back-swamps to cool water continental shelf. The use of riser-drilling technology in very deep sediments created both unique opportunities and new challenges the study of seafloor life. Downhole logging operations yielded data of unprecedented quality that provide a comprehensive view of sediment properties and water mobility at Site C0020. Onboard analysis of gas chemistry and isotopic compositions provided the first indication of the existence of a seafloor biosphere in deep coalbed horizons. Expedition 337 also provided a test ground for the use of riser drilling technology to address geobiological and biogeochemical objectives and was therefore a crucial step toward the next phase of deep scientific ocean drilling.

キーワード: 統合国際深海掘削計画第337次研究航海, 地下生命圏, 地下深部炭素循環

Keywords: IODP Expedition 337, Deep Biosphere, Deep Carbon Cycle

下北沖三陸沖堆積盆、IODP C0020 サイトにおけるコアおよびカッティングスの物理特性

Physical properties of sediment cores and cuttings in Sanrikuoki Basin at Site C0020, IODP Expedition 337

森田 澄人^{1*}, 谷川 亘², 村山 雅史³, 稲垣 史生², Kai-Uwe Hinrichs⁴, 久保 雄介⁵

Sumito Morita^{1*}, Wataru Tanikawa², Masafumi MURAYAMA³, Fumio Inagaki², Kai-Uwe Hinrichs⁴, Yusuke Kubo⁵

¹ 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門, ² 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ³ 高知大学 海洋コア総合研究センター, ⁴ ブレーメン大学, ⁵ 海洋研究開発機構 地球深部探査センター

¹Geological Survey of Japan, AIST GREEN, ²KCC, JAMSTEC, ³KCC, Kochi University, ⁴Univ. of Bremen, MARUM & Dept. Geosci., ⁵CDEX, JAMSTEC

Physical properties which should be affected by local diagenesis process are very important to evaluate sedimentary formations below the seafloor. A series of physical properties measurements were carried out in laboratory on D/V Chikyu, using core samples and cuttings from a riser drill hole at Site C0020 in northern Sanrikuoki Basin off Shimokita Peninsula. As routine, measurements with multi-sensor core logger were performed, moisture and density (MAD), P-wave velocity and electric resistivity were measured using discrete core samples, and thermal conductivity was measured on half cores. Cuttings recovered by the riser drilling system were also applied to MAD analysis, being separated into four categories: original bulk and sieved size categories of >4.0, 1.0?4.0, and 0.25?1.0 mm. Cubic samples cut off from the cuttings were applied to the P-wave velocity analysis and the electrical impedance analysis. In addition, anelastic strain recovery analysis was made on the vessel using some whole-round cores and vitrinite reflectance analysis was also performed on some coaly samples. As a result of the MAD analysis, porosity of siltstone, sandstone, and shale gradually decreased to the greater depth. Porosity corresponds to lithologic variation. For example, porosity of carbonate-cemented sandstone and siltstone has much lower values than non-cemented sandstone and siltstone. The carbonate-cemented rocks have also higher thermal conductivity than the others, and indicate specific CT values on X-ray computed tomography analysis. The cuttings also show a gradual decrease in porosity but have generally higher values than the core samples. Discrete core samples are likely more representative of in-situ porosity than cuttings. Vitrinite reflectance indicates basically low maturity.

キーワード: 物性, コア, カッティングス, 石炭, IODP, Expedition 337

Keywords: physical properties, core, cuttings, coal, IODP, Expedition 337

NanoSIMS およびセルソーティングによる南太平洋環流域堆積物試料中の微生物代謝活性解析

Coordination of NanoSIMS and cell sorting to reveal microbial metabolic activity in sediment of the South Pacific Gyre

諸野 祐樹^{1*}, 伊藤 元雄¹, 寺田 武志², 稲垣 史生¹

Yuki Morono^{1*}, Motoo Ito¹, Terada Takeshi², Fumio Inagaki¹

¹ 海洋研究開発機構高知コア研究所, ² マリン・ワーク・ジャパン

¹Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, ²Marine Works Japan, Ltd

The South Pacific Gyre (SPG) is characterized as the most oligotrophic open ocean environment. The sediment is rich in oxygen but poor in energy-sources such as reduced organic matter, and hence harbors very low numbers of microbial cells in relatively shallow (~20 meters below the seafloor) subseafloor sediment (D'Hondt et al., 2009; Kallmeyer et al., 2012). In such an energy-limited sedimentary habitat, only a small size of microbial community persists living functions with extraordinary low oxygen-consumption rate (Roy et al., 2012). However, because of the current technological limitation, deeper habitats of the SPG remain largely unknown.

During IODP Expedition 329, sediment samples recovered from whole sedimentary column down to the sediment-basement interface were successfully recovered, providing an unprecedented opportunity to tackle some technological challenges to clarify if indigenous life is present, and if any, what is the microbiological and biogeochemical characteristics in such extreme environments.

To evaluate small biomass in the SPG sedimentary habitat accurately, we made modification on a cell separation technique. Cell recovery ratio was monitored with an image-based cell enumeration technique (Morono et al., 2009). The control samples were prepared by mixing *E. coli* cells in sterilized sediment. Increasing sediment volume resulted in lower recovery of microbial cells. Cell recovery rates in the SPG sediment samples, which contain small zeolitic mineral grains, were generally lower than those in other oceanographic settings (i.e., organic-rich continental margin sediments). To gain cell recovery rate, we examined multiple density gradient layers. After multiple modifications, we could increase cell recovery rate up to 80-95%. In addition, cell enumeration using flow cytometry showed consistent numbers with microscopy-based cell count.

We then used the above-mentioned technique for deciphering eco-physiology of microbial life in the SPG sediments. During Expedition 329, we have initiated incubation with stable isotope-labeled substrates such as bicarbonate, glucose, amino acids, acetate, and ammonium (Morono et al., 2011) under the (micro-)aerobic condition. One of the critical technological challenges in this project is to harvest low concentrations of sedimentary microbial cells for the single-cell-based microbiological analysis. Using a new cell separation technique and sorting, we successfully sorted enough number of microbial cells in small spots on the membranes (i.e., 10^3 to 10^5 cells per spot). Preliminary results from NanoSIMS analysis showed incorporation of substrates after 1.5-years incubation of microbial cells in subseafloor sediments of the SPG.

キーワード: NanoSIMS, 海底下生命圏, 南太平洋環流域, 安定同位体

Keywords: NanoSIMS, Subseafloor biosphere, South Pacific Gyre, Stable Isotope Probing

貝形虫化石群集解析に基づくニュージーランド沖カンタベリー堆積盆地における鮮新 - 更新世の海水準変動の復元
Plio-Pleistocene sea-level changes in Canterbury Basin, off New Zealand based on fossil ostracode assemblages

中村 めぐみ^{1*}, 楠 慧子¹, 山田 桂², 保柳康一²

Megumi Nakamura^{1*}, KUSUNOKI, Satoko¹, YAMADA, Katsura², HOYANAGI, Koichi²

¹ 信州大学大学院理工学系研究科, ² 信州大学理学部

¹ Graduate School of Science & Technology, Shinshu Univ., ² Faculty of Science, Shinshu Univ.

後期鮮新世から前期更新世の詳細な海水準変動を明らかにするため、ニュージーランド沖カンタベリー堆積盆地大陸棚上のIODP(Integrated Ocean Drilling Program)サイトU1353(水深85m), U1354(水深113m), U1351(水深122m)で高時間分解能の貝形虫化石の群集解析を行った。U1353, U1354, U1351の鮮新 - 更新統からそれぞれ40試料, 80試料, 18試料を選択した。さらに調査地域における近年の貝形虫群集を明らかにするため、陸棚3サイトと陸棚斜面サイト(水深344m)それぞれのコアトップ試料も用いた。少なくとも70属178種の貝形虫種が同定され、その多くが現在もニュージーランド周辺の大陸棚に生息しているものであった(例えばSwanson, 1979)。そのうち、貝形虫化石を40個体以上産出した103試料と、いずれかの試料で3.5%以上の産出割合を占めた78タクサの情報を用いてQモード因子分析を行った。その結果、第6因子までで全分散の69.3%が説明でき、各因子で因子得点の高いタクサの生息域に基づいて各因子の古水深範囲を推定すると次のようになった: 第1因子, 内側 - 中部陸棚(40-80m); 第2因子, 中部 - 外側陸棚(80-200m); 第3因子, 中部 - 外側陸棚(50-180m); 第4因子, 中部 - 外側陸棚(75-125m); 第5因子, ラグーンもしくはエスチュアリーおよび内側陸棚(0-50m); 第6因子, 外側陸棚(ca. 200m)。Qモード因子分析結果と岩相情報に基づいて、古水深変動が復元できた。少なくともU1353では7回, U1354では14回, U1351では3回の、およそ25-115mの変動幅を持つ海進 - 海退サイクルが確認された。これらの古水深変動は、サイクルの頻度や信頼性の高い微化石生層序、そして不整合を用いることで、Lisiecki & Raymo (2005)の海洋酸素同位体比曲線と対比することができた。いくつかの高海水準期と低海水準期が酸素同位体ステージM2, G10, G10-7, G6-4, G3, G2, G1, 104, 103, 102, 101, 100, 99, 63, 62, 61, 60, 59, 43, 42, 41そして40と対応していると考えられる。さらに調査地域の堆積盆沈降速度と堆積物供給速度は互いに相殺し合っているため、これらの古水深変動は海水準変動を強く反映している。

キーワード: IODP Exp.317, 貝形虫群集, 鮮新 - 更新世, ニュージーランド, 海水準変動

Keywords: IODP Exp.317, Ostracode assemblage, Plio-Pleistocene, New Zealand, Sea-level change

IODP Exp.318 U1357A コアへの化合物レベル放射性炭素年代測定の適用 Application of compound-specific radiocarbon dating to IODP Exp.318 U1357A core

山根 雅子^{1*}, 横山 祐典¹, 宮入 陽介¹, 菅 寿美², 松崎 浩之³, 大河内 直彦²
Masako Yamane^{1*}, Yusuke Yokoyama¹, Yosuke Miyairi¹, Hisami Suga², Hiroyuki Matsuzaki³, Naohiko Ohkouchi²

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域, ³ 東京大学大学院 工学系研究科
¹AORI, Univ. Tokyo, ²Biogeos, Univ. Tokyo, ³Grad. Sch. Eng., Univ. Tokyo

Radiocarbon (^{14}C) dating of Antarctic margin sediments is difficult, because these sediments generally lack calcareous foraminifera. Moreover, the sediments are subjected to contamination of relict organic matter eroded from the Antarctic continent (e.g. Ohkouchi *et al.*, 2003), leading to older radiocarbon ages of bulk sedimentary organic matter. Compound-specific (CS) ^{14}C dating targets short-chain (C_{14} , C_{16} and C_{18}) fatty acids isolated from sediments. These compounds are derived from various organisms, but they are little contained in relict organic matter because the decomposition rate is relatively fast (Ohkouchi *et al.*, 2003). Therefore, CS ^{14}C dating is unaffected by relict organic matter from Antarctic continent (Ohkouchi and Eglinton, 2008) and can provide accurate age. The aim of this study is establishment of accurate age model of U1357A core using CS ^{14}C dating. U1357A core (66°24.7991'S, 140°25.5008'E; 1014.9 m water depth; 186.6 m core length) was drilled at Adelie Basin located on the continental shelf off Wilkes Land, Antarctica during Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 318 by D/V JOIDES Resolution (Expedition 318 Scientists, 2011). Lithology of this core is diatom ooze with lamination. We measured CS ^{14}C ages from 13 samples. Target compound is mainly $\text{C}_{16:0}$ fatty acid. In some samples, $\text{C}_{16:1}$ fatty acid and cyclopheophorbide were used for CS ^{14}C dating. Samples were processed chemically using the protocol of Ohkouchi *et al.* (in review). Purification of target fatty acids uses high performance liquid chromatography - evaporative light scattering detector (HPLC-ELSD) system in JAMSTEC. Purification of CO_2 and graphitization were undertaken by dedicated high vacuum line of University of Tokyo (Yokoyama *et al.*, 2010), and the measurement of ^{14}C was conducted by Accelerator Mass Spectrometry (AMS) at University of Tokyo (Matsuzaki *et al.*, 2007). ^{14}C ages were calibrated using CALIB 6.02 and the Marine09 calibration curve (Reimer *et al.*, 2009) with a reservoir age of 1144 \pm 120 years (Hall *et al.*, 2010). We successfully obtained 13 CS ^{14}C ages. CS ^{14}C ages showed the deepest samples is last glacial period (21,957 \pm 260 cal. BP) and other samples are Holocene (9,663 \pm 190 cal. BP to modern). This suggests that; i) there is hiatus between 176.65 meters below seafloor (mbsf) and 181.66 mbsf of this core, ii) this core has a continuous record of the past \sim 10,000 years.

キーワード: 化合物レベル放射性炭素年代測定, 南大洋, アデリー海盆, 完新世, 統合国際深海掘削計画
Keywords: compound-specific radiocarbon dating, Southern Ocean, Adelie Basin, Holocene, IODP

IODP Expeditions 342 ニューファンドランド沖掘削航海の成果速報

The preliminary results on drilling Paleogene drift sediments off Newfoundland, IODP Expedition 342

山口 龍彦^{1*}, リチャード ノリス², ポール ウィルソン³, ピーター ブルーム⁴, 西 弘嗣⁵, 山本 裕二⁶, 守屋 和佳¹, 金子 雅紀⁷, 高木 悠花⁸, 松井 浩紀⁵, IODP Expedition 342 Scientific Party⁴
Tatsuhiko Yamaguchi^{1*}, NORRIS, Richard², WILSON, Paul³, BLUM, Peter⁴, NISHI, Hiroshi⁵, YAMAMOTO, Yuhji⁶, MORIYA, Kazuyoshi¹, KANEKO, Masanori⁷, TAKAGI, Haruka⁸, MATSUI, Hiroki⁵, IODP Expedition 342 Scientific Party⁴

¹ 金沢大学, ² カリフォルニア大学サンディエゴ校, ³ サウザンプトン大学, ⁴ テキサス A & M 大学, ⁵ 東北大学, ⁶ 高知大学, ⁷ 海洋研究開発機構, ⁸ 早稲田大学

¹Kanazawa Univ., ²Univ. California, San Diego, ³Univ. Southampton, ⁴Texas A & M Univ., ⁵Tohoku Univ., ⁶Kochi Univ, ⁷JAMSTEC, ⁸Waseda Univ.

In June and July 2012, the R/V JOIDES Resolution for IODP Expedition 342 drilled the seafloor off Newfoundland. This cruise successfully recovered high quality cores from nine sites (U1403 to U1411) across a depth transect ranging from 3022 to 4944 m water depth. The recovered sedimentary sequence consists of carbonate clay to oozes, recording Cretaceous to Miocene climatic and oceanographic events, including the K/Pg boundary, the Paleocene/Eocene thermal maximum, Middle Eocene climatic optimum, and the Eocene-Oligocene transition.

The shipboard biostratigraphy and magnetostratigraphy provide high-quality age models of the sediments. The models are consistent and correlative between the cores. In all the sites, Pleistocene foraminifer ooze caps the Miocene clay and Eocene calcareous ooze. The pre-Pliocene sediments are dated to 102 to 15 Ma. Sedimentation rates indicate rapid accumulation in middle Eocene (47-40 Ma; > 3 cm/k.y.) and in the Oligocene-Miocene sediments (26-22 Ma; >10 cm/k.y.).

The Expedition aims to evaluate changes in the carbonate compensation depth (CCD) through the Eocene hyperthermal events. Shipboard analytical results of the recovered sediments allow us to reconstruct the history of the CCD in the North Atlantic. Carbonate contents in the sediments suggest the CCD was deeper than ~4.5 km depth through the late Cretaceous to the early Eocene and as deep as ~4.5-3.5 km after the early Eocene.

Another main objective of the expedition was to obtain high deposition rate records of the transition from the early Eocene climatic optimum ~50 Ma, through the development of northern hemisphere ice sheets in the Oligocene and Miocene. We recovered expanded records of the middle Eocene that include numerous carbonate accumulation events that are possibly correlative with those in the equatorial Pacific. In the early Oligocene sediments, we found sand-sized lithics, possibly correlating with expansion of ice sheets around Greenland. We also recovered an exceptionally expanded record of the Oligocene/Miocene boundary. Many of the mid-depth sites display well developed lithologic cycles that likely reflect astronomical forcing. Other objectives were to understand overturning of deep-water masses in the North Atlantic and to tune bio- and magneto-stratigraphic events astronomically. We found exceptionally well-preserved calcareous and siliceous microfossils in the sedimentary succession of the cores. The biostratigraphy, magnetostratigraphy, cyclostratigraphy, and geochemistry of the microfossils will provide high-quality data for understanding North Atlantic paleoceanography and calibrating geochronology of the Eocene and Oligocene.

キーワード: IODP Exp 342, 古第三紀, 古海洋, 北大西洋

Keywords: IODP Exp 342, Paleogene, paleoceanography, North Atlantic

前~中期始新世の低緯度放散虫群集 IODP Leg 320 (PEAT I) の成果報告 Early and Middle Eocene radiolarian assemblages in the eastern equatorial Pacific Ocean (IODP Leg 320 Site U1331)

上栗 伸一^{1*}, IODP Leg 320/321 (PEAT) メンバー¹
Shin-ichi Kamikuri^{1*}, IODP Leg 320/321 (PEAT) member¹

¹ 茨城大学教育学部

¹ Faculty of Education, Ibaraki University

本研究の目的は、前期始新世から中期始新世における低緯度放散虫の群集解析を行い、海洋表層の古海洋環境を復元することである。研究試料には統合国際深海掘削計画 (IODP) によって掘削された 1500 万年間にわたる堆積物を使用した。掘削地点は東部赤道太平洋の U1331 地点である。本研究で使用する堆積物は、主に放散虫軟泥より成り、中期始新世においては石灰質堆積物が挟在する。これらのコア試料から合計 65 試料を採取し、Sanfilippo et al. (1985) に準じた方法で試料処理を施した後、検鏡用のプレパラートを作成した。水洗には 63 μ m 目の篩を用いた。本研究で用いたコア試料にはほぼ連続的な古地磁気層序が設定されている。本研究で認められた放散虫化石帯・基準面は以下に示す地磁気極性年代尺度に対応させて年代値を計算した：C18n から C19n までは Palike et al. (2006)；C20n から C23n までは Cande and Kent (1995)。

本研究では合計 89 の放散虫基準面を認定した。これらの群集は、太平洋低緯度の標準微化石層序の示準種を含むので、Sanfilippo and Nigrini (1998) によって提唱された化石帯区分を使用することができ、U1331 地点のコアを RP8 から RP16 の 9 化石帯に区分した。本試料から産出した優占種には、温暖種に属する *Stylosphaera coronata coronata*, *Phormocyrtis embolum*, *Dendrospyrus didiceros*, *Phormocyrtis cf. proxima*, *Thyrsocyrtis triacantha* が含まれ、さらに寒冷種に属する *Lophocyrtis aspera* group, *Lithocyclia ocellus* group, *Hexacontium* sp. A, *Hexacontium* sp. B, *Thecosphaerella glebulenta*, *Lithelius* sp. A が含まれる。

放散虫群集に基づくと、前期始新世から中期始新世にかけて 2 つの温暖期と 6 つの寒冷期が認められた。これらの寒冷事件は南大洋の底生有孔虫の酸素同位体比から認められた 6 つの寒冷事件と時期的に一致する。海洋表層の生物生産性を示す放散虫生産性とオパール量の増大は、中期始新世の寒冷期と同時期に起こったため、低緯度太平洋の寒冷化と密接に関連していると考えられる。

キーワード: 赤道太平洋, 中期始新世, 放散虫, 統合国際深海掘削計画

Keywords: Equatorial Pacific Ocean, Middle Eocene, Radiolaria, IODP

東部赤道太平洋 IODP Site U1338 における浮遊性有孔虫年代指標種 *Paragloborotalia siakensis* (LeRoy) の分類学的検討とサイズ変化
Taxonomic study of the Miocene species *Paragloborotalia siakensis* at IODP Site U1338 in the Eastern Equatorial Pacific

岡田 博貴^{1*}, 林 広樹¹

Hiroki Okada^{1*}, Hiroki Hayashi¹

¹ 島根大学大学院総合理工学研究科

¹ Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Shimane University

Paragloborotalia siakensis (LeRoy) は、その絶滅が Blow (1969) の N.14 帯の上限を定義する重要な年代指標種である。しかし、Bolli and Saunders (1982) は、多数の個体の検討により本種を *Globorotalia mayeri* (Cushman and Ellis) の新参シノニムとした。Berggren et al. (1995) の年代尺度でもこの観点に立ち、N.14 帯の上限を“*Neogloboquadrina mayeri*”の産出上限として定義している。最近、Zachariasse and Sudijono (2012) は、原記載地のごく近傍で得られた多数の個体および完模式標本について電子顕微鏡による検討を行い、*P. siakensis* は *G. mayeri* と殻表面構造や縫合線の特徴等で区別できることを示した。したがって、従来年代指標種 *P. siakensis* または *G. mayeri* とされてきた種について、その産出の意義を再検討する必要がある。

P. siakensis および *G. mayeri* とされてきた種は、東部赤道太平洋に分布中心をもつとされる（例えば Kennett et al., 1985）。本研究では、東部赤道太平洋で掘削された IODP Site U1338 の試料を用いて *P. siakensis* の分類学的検討を行った。

Site U1338 で *P. siakensis* が多産する 11～15Ma の年代区間から、約 1Ma 間隔で 5 層準を選び、電子顕微鏡写真による検討を行った結果、検討した 382 個体については *P. siakensis* の完模式標本に比較された。一方で、*G. mayeri* の完模式標本に明瞭に比較される個体は認められなかった。縫合線の湾曲度や最終旋回の室数といった形質を数値化して散布図を作成したところ、*P. siakensis* の完模式標本の形態は Site U1338 における形態空間の端部に含まれることが示された。

上記の年代区間から 15 層準を選び、*P. siakensis* の殻サイズ（最大径）を測定して頻度分布を調べた。その結果、アルケノンおよびバルク炭酸塩の酸素同位体比で示された水温低下期（Miller et al. 1991 の南極氷床拡大期 Mi3 および Mi4; Rousselle et al., 2013）で顕著な殻サイズの減少イベント（dwarfing）が認められた。浮遊性有孔虫のいくつかの種群では絶滅直前に環境ストレスによって dwarfing を示すことが知られている（Wade and Olsson, 2009）。本研究による *P. siakensis* の dwarfing は、寒冷化による温度躍層の上昇により *P. siakensis* の生息環境が狭められたことに対応している可能性がある。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 統合国際深海掘削計画, 東部赤道太平洋, 生層序, 分類

Keywords: planktonic foraminifera, Integrated Ocean Drilling Program, Eastern Equatorial Pacific, biostratigraphy, taxonomy

Changes in coral assemblages in the Great Barrier Reef since the last glaciation Changes in coral assemblages in the Great Barrier Reef since the last glaciation

Marc Humblet^{1*}, Don C. Potts², Jody M. Webster³, Yusuke Yokoyama⁴, IODP Expedition 325 Scientists⁵

Marc Humblet^{1*}, Don C. Potts², Jody M. Webster³, Yusuke Yokoyama⁴, IODP Expedition 325 Scientists⁵

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, ²Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, ³Geocoastal Research Group, University of Sydney, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁵IODP

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, ²Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, ³Geocoastal Research Group, University of Sydney, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁵IODP

Drilling into submerged reef structures along the shelf edge of the Great Barrier Reef was carried out during IODP Expedition 325 with the purpose of reconstructing sea level and environmental changes since the Last Glacial Maximum (LGM) and analyzing their impact on reef communities and reef growth. A total of 34 boreholes were drilled between 42 and 167 mbsl at 17 sites along four transects at three geographic locations (Hydrographers Passage, Noggin Pass, and Ribbon Reef). Two basic chronostratigraphic units can be recognized: a last glacial to deglacial reef sequence overlying older Pleistocene reefal and non-reefal deposits. The former varies in thickness from ~5.5 m to ~34 m and consists primarily of corallgal boundstone with various proportions of microbialite. In this study we analyze the variations in coral assemblages since the last glaciation. Exp. 325 cores show that diverse corals, including Faviids, *Acropora*, *Montipora*, and *Porites*, were growing during the last glacial period on the shelf edge. Their distribution was limited to the most distal boreholes during the LGM lowstand. The subsequent deglaciation saw the development of a shallow-water coral assemblage dominated by encrusting to massive *Isopora* and branching *Acropora* and *Seriatopora* as sea level rose. The tops of distal boreholes are marked by a shift to deeper assemblages dominated by encrusting *Porites* and *Montipora* reflecting reef drowning and the formation of submerged reef terraces. As sea level kept rising, a shallow-water *Isopora*-dominated assemblage re-established further upslope and formed a barrier reef before drowning in turn.

キーワード: IODP Expedition 325 GBREC, Great Barrier Reef, Corals, Last Glacial Maximum, Reef initiation, Reef demise

Keywords: IODP Expedition 325 GBREC, Great Barrier Reef, Corals, Last Glacial Maximum, Reef initiation, Reef demise

石灰質ナノ化石群集に基づく後期新生代の北西太平洋および東インド洋の古海洋復元

Late Cenozoic paleoceanography in the northwestern Pacific and eastern Indian oceans based on calcareous nannofossils

今井 遼^{1*}, 佐藤 時幸², 井龍 康文¹

Ryo Imai^{1*}, Tokiyuki Sato², Yasufumi Iryu¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ² 秋田大学工学資源学部地球資源学科応用地球科学教室

¹Institute of Geology and Paleontology Graduate School of Science, Tohoku University, ²Institute of Applied Earth Sciences, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

北西太平洋および東インド洋で掘削された ODP Hole 1210A, 762B の深海コアを用いて、石灰質ナノ化石群集変化に基づいた中新世から更新世の古海洋変遷の復元を行った。コッコリス生産量、下部透光帯種とされる *Discoaster* 属の相対頻度、*Reticulofenestra* 属のコッコリスサイズ分布は良い相関関係を示し、中新世から更新世の海洋表層の成層化または混合に伴う栄養塩の変化を反映しているとされている。低いコッコリス生産量、*Discoaster* 属の多産、小型の *Reticulofenestra* 属の多産は、海洋表層の富栄養化、すなわち浅い温度躍層と栄養塩躍層を示す。逆に、高いコッコリス生産量、*Discoaster* 属の減少、大型の *Reticulofenestra* 属の多産は、海洋表層の貧栄養化、すなわち深い温度躍層と栄養塩躍層を示唆する。この関係に着目して、東インド洋および北西太平洋の石灰質ナノ化石群集変化を検討した。その結果、両海域とも 9 から 13 Ma には海洋表層は温暖で貧栄養な水塊が広がっていたが、9 Ma 以降に富栄養化したことが判明した。しかし、*Reticulofenestra* 属のコッコリスサイズ分布に注目すると、北西太平洋では 8.1 Ma, 6.5 Ma, 5.0 Ma に段階的な富栄養化があったのに対し、東インド洋では 8.9 Ma に海洋表層が急激に富栄養化した。よって、両海域は、9 Ma 以降富栄養化したものの、その過程と時期は異なることが明らかとなった。

キーワード: 石灰質ナノ化石, 新生代, 富栄養化, コッコリスサイズ

Keywords: Calcareous nannofossil, Cenozoic, Eutrophication, Coccolith size

ルイビル海山列, Canopus 海山から採取されたポストクルーズ試料の古地磁気伏角 (IODP Expedition 330)

Paleoinclinations of post-cruise samples from Canopus Guyot of the Louisville seamount trail (IODP Expedition 330)

星 博幸^{1*}, 山崎俊嗣², Jeff Gee³, Nicola Pressling⁴

Hiroyuki Hoshi^{1*}, Toshitsugu Yamazaki², Jeff Gee³, Nicola Pressling⁴

¹ 愛知教育大学, ² 東大大気海洋研, ³ Scripps Institution of Oceanography, UCSD, ⁴ Royal Holloway, University of London

¹ Aichi University of Education, ² AORI, University of Tokyo, ³ Scripps Institution of Oceanography, UCSD, ⁴ Royal Holloway, University of London

IODP Expedition 330 sampled volcanic basement rocks at five sites on four guyots along the northwestern part (late Cretaceous to early Eocene age) of the 4300-km-long Louisville seamount trail. Shipboard paleomagnetic data were used for the calculation of paleolatitudes of each guyot, and we (Exp. 330 shipboard scientists) concluded that the Louisville hotspot has remained within 3-5° of its present-day latitude of about 51°S between 70 and 50 Ma (Koppers *et al.*, 2012, *Nature Geoscience*, **5**, 911-917). In order to determine more reliable paleolatitude estimates, a number of discrete rock samples were collected for a post-cruise research. In this presentation, we will present the paleolatitude of Canopus Guyot (ca. 74 Ma) that was determined from analysis of post-cruise paleomagnetic data of Site U1372. In our post-cruise study, paleomagnetic measurements and stepwise demagnetizations (alternating-field and thermal methods) were conducted in magnetically shielded rooms, and characteristic remanent magnetization components were used to calculate lava unit-mean paleoinclinations. On the basis of inclination-only statistics of 20 lava unit-means, we obtained a paleolatitude of ca. 45°S for Canopus Guyot, which is statistically indistinguishable from the paleolatitude estimate (ca. 43°S) for this guyot determined from shipboard discrete sample data. The paleolatitude for Canopus is low compared to the present latitude of the hotspot, implying possible southward motion of the Louisville hotspot before 70 Ma.

キーワード: ルイビル海山列, ルイビル・ホットスポット, Canopus 海山, IODP 第 330 次航海, 古緯度, 古地磁気伏角

Keywords: Louisville seamount trail, Louisville hotspot, Canopus Guyot, IODP Expedition 330, paleolatitude, paleomagnetic inclination

IODP Exp. 345 ヘスディープ海盆深成岩掘削速報 Preliminary report for IODP Expedition 345 Hess Deep Plutonic Crust

阿部 なつ江^{1*}, 秋澤 紀克², 針金 由美子⁶, 星出 隆志⁶, 町 澄秋², 前田 仁一郎⁵, 野坂 俊夫⁷, Python Marie⁵, Gillis Kathryn⁷, 雪 助難さん⁸, 国際海洋掘削 345 探検隊 乗船研究者一同⁹

Natsue Abe^{1*}, Norikatsu Akizawa², Yumiko Harigane⁶, Takashi Hoshide⁶, Sumiaki Machi², Jinichiro Maeda⁵, Toshio Nozaka⁷, Marie Python⁵, Kathryn Gillis⁷, Jonathan Snow⁸, Shipboard Scientific Party IODP Expedition 345⁹

¹ 海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域, ² 金沢大学, ³ 産業総合研究所, ⁴ 東北大学, ⁵ 北海道大学, ⁶ 岡山大学, ⁷ University of Victoria, B.C., ⁸ University of Houston, ⁹ IODP, Texas A&M University

¹ IFREE, JAMSTEC, ² Kanazawa University, ³ AIST, ⁴ Tohoku University, ⁵ Hokkaido University, ⁶ Okayama University, ⁷ University of Victoria, B.C., ⁸ University of Houston, ⁹ IODP, Texas A&M University

IODP Exp. 345 ヘスディープ海盆深成岩掘削が、2012 年 12 月 13 日?2013 年 2 月 12 日の間に行われたので、船上での観察結果概要を報告する。本航海の主な目的は、海洋地殻形成に関する 2 つの相対するモデル (ガブロ・グレイシア・モデルとシートシル・モデル) を検証することである。海洋下部地殻の形成過程の違いは、海洋プレートの冷却過程や熱水循環パスに影響することから、海洋プレート進化過程を解明する上で重要である。

本航海では、1 サイト、16 掘削孔 (Holes U1415A-P) で掘削し、7 掘削孔からコアが採取された。コア回収率は 20 %以下と低かったものの、組織や鉱物組成の異なる初生的な深成岩が採取され、海洋プレートの形成・進化を知る上で、重要な試料となるであろう。採取された岩石は多い方から、かんらん石はんれい岩、トロクトライト、はんれい岩、斜方輝石を含むはんれい岩類 (ガブロノーライト等)、少量の玄武岩類 (含むドレライト) である。これらの岩石コア試料は、オフィオライトの下部地殻セクションや、マフィック貫入岩体にしばしば見られるものと、組織や種類が非常に類似している。

キーワード: IODP Exp. 345, Hess Deep, Oceanic lower crust, Gabbro

Keywords: IODP Exp. 345, Hess Deep, Oceanic lower crust, Gabbro

NanoSIMS ion imaging analyses for biological samples: Applications to seafloor life.

伊藤 元雄¹, 諸野 祐樹^{1*}, 寺田 武志², 稲垣 史生¹

Motoo Ito¹, Yuki Morono^{1*}, Takeshi Terada², Fumio Inagaki¹

¹ 海洋研究開発機構・高知コア研究所, ² (株) マリン・ワーク・ジャパン

¹Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, ²Marine Works Japan Ltd.

The CAMECA NanoSIMS 50L ion microprobe represents the *in-situ* microanalysis by secondary ion mass spectrometry, combining unprecedented spatial resolution (minimum spot size of ~50 nm for Cs⁺ or ~150 nm for O⁻) with ultra-high sensitivity. Up to 7 elemental and/or isotopic images can be acquired simultaneously by 7 electron multipliers with sensitivity in the ppm. The capability for maps of multiple elements and isotopes within a sample with permil precision and accuracy and nm scale spatial resolution is unique to the NanoSIMS and provides a new approach to study of the isotope and trace element distributions within the sample, i.e., extraterrestrial, terrestrial and biology samples, including meteorites, Earth rocks and microbial cells in deep and ancient seafloor sediments by the Integrated Ocean Drilling Program (IODP).

In last decade conventional SIMS technique has been used to microbiology to match chemotaxonomic and phylogenetic signature of microbes. Recently NanoSIMS ion imaging introduced to a stable isotope probing study (i.e., ¹³C, ¹⁵N labeling) for a single cell to understand microbial metabolic activities, and metal-probed *in-situ* hybridization for phylogenetic identification.

Seafloor sediments of the South Pacific Gyre (SPG) obtained by IODP Expedition 329 represent a large proportion of organic-poor, oxidized sediments in the open sea. The sediment is characterized as rich in oxygen but poor in energy sources. In an energy-limited sedimentary environment, a small size of microbial community perseveres functions for life with extraordinary low oxygen-consumption rate. However, the nature of deep sedimentary microbial life in the SPG remains still unknown. In this study, we will investigate metabolic activity of the SPG sedimentary cells with a NanoSIMS ion imaging.

Isotope labeled SPG sedimentary cells (incorporation of substrates after 1.5- years incubation) were analyzed by a raster ion imaging in a NanoSIMS 50L ion microprobe at the JAMSTEC Kochi Institute for Core Sample Research. A focused primary Cs⁺ beam of ~0.8 pA was rastered over 20 x 20 to 28 x 28 micrometer areas on samples. Negative secondary ions of ¹²C, ¹³C, ¹²C¹⁴N, ¹²C¹⁵N and ³²S were measured using 5 electron multipliers in multidetection mode at a high mass resolution of about 9,000 that is sufficient to separate all relevant isobaric interferences (i.e., ¹³C on ¹²C¹H). Each run was started after stabilization of the secondary ion beam intensity following presputtering of approximately 5 to 10 min with strong primary ion beam current. Each image run repeatedly scanned (30 to 40 times) the same area, with individual images consisting of 256 x 256 or 512 x 512 pixels, depending on the region-of-interest, having a dwell time of 2,000 to 3,000 microsecond. We prepared E.coli cells as the standard samples, which have different carbon isotopic ratios of 0, 5, 10, 15 and 20 % enriched in ¹³C (relative to the ¹²C) or ¹⁵N (relative to the ¹⁴N) to evaluate an instrumental mass fractionation for C and N isotopes as well as to find target mass peaks (¹²C, ¹³C, ¹²C¹⁴N, ¹²C¹⁵N and ³²S). This presentation will highlight results to illustrate critical analytical issues affecting precision and accuracy including sample preparation and data processing.

Keywords: NanoSIMS, seafloor microbes, isotope imaging, stable isotope labeling

NanoSIMS による微生物の系統学的特異的検出法 Gold-ISH の開発 Development of Gold-ISH for sensitive detection of microbial phylogeny with a NanoSIMS ion microprobe

久保田 健吾^{1*}, 諸野 祐樹², 伊藤 元雄², 寺田 武志³, 射手園 章吾¹, 原田 秀樹¹, 稲垣 史生²
Kengo Kubota^{1*}, Yuki Morono², Motoo Ito², Takeshi Terada³, Shogo Itezono¹, Hideki Harada¹, Fumio Inagaki²

¹ 東北大学大学院工学研究科, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所, ³ (株) マリン・ワーク・ジャパン

¹Graduate School of Engineering, Tohoku University, ²Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, ³Marine Works Japan LTD

As yet most of prokaryotes in subseafloor are not culturable, linking prokaryotic phylogeny and metabolic activities at single cell resolution by culture-independent techniques is one of big concerns to understand biogeochemical nutrient cycles. Isotopic or radioisotopic labeling of microorganisms and subsequent phylogenetic identification by in situ hybridization of rRNA-targeted probes can directly link metabolic activity and phylogeny at single cell resolution. After the recent development of a NanoSIMS ion microprobe with high spatial resolution of ~50 nm, isotope probing studies at single cell resolution are nowadays more popular to understand microbial metabolic activities related to carbon, nitrogen and sulfur metabolisms. Methods for simultaneous isotopic measurements and phylogenetic identification of single microbial cells were reported in 2008 from three different laboratories, and they all used halogen elements due to their high ionization yields and relatively low abundances in biomass. However, halogen-based these techniques still have drawbacks when apply to subseafloor samples, especially with halogen rich samples.

Gold is the one without exception for a SIMS analysis and it shows comparable ionization yield to halogen elements. In addition, gold is also relatively low natural abundance in biomass: it can make lower background signals. Furthermore, gold signals can be enhanced by gold enhancement to achieve high sensitivity. In this study, we focused on undecagold, which is consisted of 11 Au atoms with the diameter of only 0.8 nm. Here we present applicability of undecagold-labeled probes for the identification of single cells by an ion imaging analysis using the JAMSTEC NanoSIMS 50L.

For probe generation, mono-maleimide functionalized undecagold was successfully conjugated with thiol-linked oligonucleotide. After PAGE, more than two bands were observed. The band expected to be undecagolds labeled with single oligonucleotides was cut, purified, and used for in situ hybridization. Oligonucleotide probes were also labeled with Cy3, allowing verification of specific hybridization signals by epifluorescent microscopy before NanoSIMS analysis.

For the proof-of-concept, purely cultivated and ¹³C enriched *E. coli* cells and non-enriched *M. maripaludis* cells were mixed and used for FISH experiment with the EUB338 probe. Specific fluorescent signals were obtained only from *E. coli* cells and the undecagold-derived Au signals detected by nanoSIMS were identical to ¹³C signals, indicating only *E. coli* cells were successfully detected by the undecagold-labeled probe and the method has sufficient sensitivity for NanoSIMS analysis.

Further experiment was conducted using a granular sludge sample. The granular sludge was incubated with ¹³C-labeled lactate and sulfate to label lactate-utilizer under a sulfate-reducing environment. After hybridizing with the *Desulfovibrionales*-targeting SRB385 probe, specific FISH signals were obtained from rod-shaped cells. Undecagold-derived Au signals were identical to ¹³C signals by NanoSIMS analysis, indicating *Desulfovibrionales* is the main lactate-utilizer in the environment. The signals obtained from undecagold-labeled probes had high signal-to-noise ratio (approximately 10), enabling clear discrimination from background signals. These results indicated that undecagold is stable under the parameters used in this study and can be used for in situ hybridization study with NanoSIMS for ecological understanding in microbial ecology. Gold-ISH may open the door to decipher biogeochemical processes by linking uncultured microbial metabolisms with microbial phylogeny in complex microbial communities.

Keywords: Gold-ISH, NanoSIMS ion microprobe, Undecagold

海底下のメタン生成補酵素 430 を用いたメタン生成アーキア菌数密度の推定 Detection of coenzyme F430 in deep sea sediments: A key molecule for biological methanogenesis

高野 淑識^{1*}, 金子 雅紀¹, 大河内 直彦¹

Yoshinori Takano^{1*}, Masanori Kaneko¹, Naohiko Ohkouchi¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

We report the presence of coenzyme factor 430 (F430), a prosthetic group of methyl coenzyme M reductase for archaeal methanogenesis, in the deep sub-seafloor biosphere. At 106.7 m depth in sediment collected off Shimokita Peninsula, northwestern Pacific, its concentration was estimated to be at least 40 fmol g sediment⁻¹ (i.e. 36 pg g⁻¹ wet sediment). This is about three orders of magnitude lower than typical concentrations of archaeal intact polar lipids in similar sub-seafloor sediments. On the basis of the concentration of F430 in methanogens and conversion to biomass composed of typical sub-seafloor microbial cells, we estimated that ca. 2×10^6 cells g⁻¹ could be methanogens in the deeply buried marine sediment.

To our knowledge, this is the first study reporting F430 in a methanogenic environment of deep sub-seafloor biosphere. Further studies on the spatial and vertical distributions of F430 in the sedimentary column could potentially provide crucial information on sub-seafloor biological methanogenic processes.

Acknowledgements:

The research is collaboration work with J. Kahnt, S. Shima (MPI Marburg), and H. Imachi (JAMSTEC). The study was supported in part by the Japan Society for the Promotion of Science and the Submarine Resources Research Project at JAMSTEC, by the PRESTO program, Japan Science and Technology Agency (JST) and by a grant to R.K. Thauer from the Max Planck Society.

Reference:

Takano, Y., Kaneko, M., Kahnt, J., Imachi, H., Shima, S., Ohkouchi, N. (2013) Detection of coenzyme factor 430 in deep-sea sediments: A key molecule for biological methanogenesis. *Organic Geochemistry*, DOI: 10.1016/j.orggeochem.2013.01.012.

キーワード: 海底下のメタン生成, 補酵素 430, メタン生成アーキア

海洋上部地殻生命圏－微生物群集の遺伝的特性

Genetic Signatures from the Aging Oceanic Crust: Evidence for Ancient Subvent Biosphere?

鈴木 庸平^{1*}, 光延 聖², 渡邊 克晃¹

Yohey Suzuki^{1*}, Satoshi Mitsunobu², Katsuaki Watanabe¹

¹ 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, ² 静岡県立大学環境科学研究所

¹Dept Earth & Planet Sci, Univ Tokyo, ²Institute for Environmental Sciences, University of Shizuoka

Several lines of evidence strongly suggest that microbial communities exist within young ocean crust on the flank of mid-ocean ridge systems where fluid circulation is vigorous. Aging of ocean crust is accompanied with significant decreases in porosity due to secondary mineral formation and oxidative alteration within the first 10-15 million years. After thermally driven fluid circulation ceases at ~65 Ma, basalt weathering appears to be a sole energy source in the aging ocean crust, the habitability of which remains to be largely unknown. Basaltic cores obtained during Expedition 329 (U1365: >100 Ma; U1367: ~33.5 Ma; U1368: ~13.5 Ma) provide a systematic opportunity to determine age variations in habitability and microbial community within the basalt basement thinly covered with oxic and organic-poor sediment. In this study, flame sterilization of the core exterior (Lever et al., 2006) and a newly developed technique for DNA extraction (Kouduka et al. 2012) were applied to minimize contamination and to maximize DNA recovery from low biomass habitat, respectively.

Although the numbers of microbial cells were below a minimum detection limit of ~10⁵ cells/cm³, 16S rRNA gene sequences were successfully obtained from all core samples associated with fracture-filling assemblages of oxidized or reduced secondary minerals. Contamination sources including drilling mud and surface and bottom seawater were thoroughly inspected, and it was found microbial communities in the basalt cores were clearly distinct from those from contaminant ones (<97% similarity). Phylum- or class-level distributions of microbial communities also suggested that neither formation age, depth nor chemical alteration is clearly correlated with the community structure. Many phylotypes belonging to Deltaproteobacteria and Fimicutes were closely related to strictly anaerobic metal and/or sulfate reducers (>95% similarity), despite the oxygenated bottom sediment. As overall community structures resemble previously reported ones from seafloor and subseafloor basalt with young age (< 1Ma) (Lysnes et al., 2004; Santelli et al., 2008) and low-temperature vent fluids (Huber et al., 2009), there is the possibility that genetic material originated from the subvent biosphere has been preserved owing to extremely low habitability and/or irreversible binding of DNA to rock matrix in the aged oceanic crust.

統合国際深海掘削計画第337次航海におけるラドン計測 Radon measurement during IODP Exp.337

熊谷 英憲^{1*}, 井尻 暁², 稲垣 史生², Kai-Uwe Hinrichs³, 久保 雄介⁴, 統合国際深海掘削計画第337次航海乗船研究者一同⁵
Hidenori Kumagai^{1*}, Akira Ijiri², Fumio Inagaki², Kai-Uwe Hinrichs³, Yusuke Kubo⁴, IODP Expedition 337 Science Party⁵

¹ 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, ² 海洋研究開発機構高知コア研究所, ³ ブレーメン大学, ⁴ 海洋研究開発機構地球深部探査センター, ⁵ 統合国際深海掘削計画第337次航海乗船研究者

¹IFREE, JAMSTEC, ²KOCHI, JAMSTEC, ³University of Bremen, ⁴CDEX, JAMSTEC, ⁵IODP Expedition 337 Science Party

D/V Chikyu is capable of riser-drilling using circulation mud. The circulation mud repeatedly comes back on the deck of D/V Chikyu from the deep bottom of the borehole. Thus, it is regarded to be a carrier of formation gases and other information, which could be utilized for real-time monitoring on formation gases and fluids. On D/V Chikyu, a degasser is placed on its mud circulation line, we could retrieve the dissolved gases and supply into various monitoring and sampling apparatus. As such monitoring apparatus, Radon (Rn) monitor is also available as a third party tool connecting to one of the auxiliary ports of scientific gas line on D/V Chikyu through fine-mesh dust filter.

Radon (Rn) is an inert radioactive gas of the daughter nuclei of Uranium and Thorium with rather short half-lives. Among Rn isotopes we focus ²²²Rn having longest half-life of 3.82dy. Although ²²⁰Rn shows second longest half-life of 55.3s, most of ²²⁰Rn decayed during transportation to the surface. Due to such short half lives and volatility, Rn has widely been monitored to detect micro-cracking prior to the seismic activities (e.g. Igarashi et al., 1995). The concentration of Rn dissolved into the circulation mud is anticipated to reflect the lithological units of the formation; its parental elements, Uranium and Thorium, are generally rich in the terrigenous sediments and felsic rocks. In addition, some coal bed contain abundant Uranium up to 200 ppm (Takeda, 1981), which may enables sensitive detection of coal bed or lithological change during the drilling with continuous profile.

The measurement was performed by an AlphaGUARD PQ2000 Pro apparatus (Saphymo GmbH, Germany) based on an ionization chamber method. The extracted gases dissolving in circulation mud certainly contained formation gases from deep borehole although careful calibrations are required. The newly obtained time sequential Rn data will be presented. The parameter of the measurement are as follows; effective chamber volume is 650mL with 10 min integration, the flow-rate was controlled as 65ml/min.

References:

Igarashi G. et al. (1995) Science, 269, 60-70.

Takeda E. (1981) Bull. Geol. Surv. Japan, 31(11), 583-682 (in Japanese).

キーワード: IODP Exp.337, ガスモニタリング, ラドン計測

Keywords: IODP Exp.337, Gas monitoring, Radon measurement

下北半島沖三陸沖堆積盆地における熱物性の深度分布

Thermal properties of the sedimentary rocks at Site C0020, IODP Expedition 337 in Sanriku-oki basin

谷川 亘^{1*}, 多田井 修², 森田 澄人³, 村山 雅史⁴, 稲垣 史生¹, Kai-Uwe Hinrichs⁵, 久保 雄介⁶, IODP Expedition 337 Scientific Party¹

Wataru Tanikawa^{1*}, Tadai Osamu², Sumito Morita³, Masafumi MURAYAMA⁴, Fumio Inagaki¹, Kai-Uwe Hinrichs⁵, Yusuke Kubo⁶, IODP Expedition 337 Scientific Party¹

¹ 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ² マリンワークジャパン, ³ 独立行政法人 産業技術総合研究所, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵ University of Bremen, ⁶ 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Institute for Core Sample Research, ² Marine Works Japan Ltd., ³ National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁵ University of Bremen, ⁶ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

堆積盆地の熱物性は、現在の地下深部の温度構造の決定や有機物の熟成過程などを評価するうえで重要なパラメータである。そのため、国際統合掘削計画 (IODP) の船上のルーティンワークの一つとして熱伝導率測定がある。しかし、地下深部の非定常な熱拡散・移動過程を理解するためには、熱伝導率だけでなく、熱拡散率と比熱を評価する必要がある。そこで本研究では、IODP 第 337 次研究航海によって採取された下北半島沖の三陸沖堆積盆地深部における熱物性の測定を行い、熱物性の深度分布を評価した。熱伝導率と熱拡散率の測定はホットディスク法 (Hot Disk AB 社製、TPS1500) を用いて行った。ホットディスク法は熱伝導率と熱拡散率を同時に測定できるメリットがある。本研究では 4 長さの半割試料 (half round core) と断熱材 (発泡ポリエチレン、熱伝導率 = 0.034 W/mK) の間にホットディスクセンサーを挟んで測定した。測定は室温で上載荷重を 4.9 N かけた状態で、35 パーミルの NaCl 溶液を試料に飽和させて行った。

熱伝導率は 0.4 W/mK ~ 2.9 W/mK までばらつきを示した。ただし、砂岩とシルト岩に着目すると、1.4 W/mK から 1.9 W/mK まで深部方向に緩やかに熱伝導率が増加する傾向が認められた。また、褐炭は非常に低い熱伝導率を示し、炭酸塩鉱物によるセメンテーションを強く受けた堆積岩は高い熱伝導率を示した。「ちきゅう」船上では非定常熱線法 (TeKa 社製 TK04 使用) により熱伝導率を測定したが、本研究で測定した熱伝導率とほぼ同じ値と傾向を示した。熱拡散率も熱伝導率と同様に深部方向に対して約 0.5 mm²/s から約 0.9 mm²/s と緩やかに増加する傾向が認められた。また海底下 1,900 ~ 2,000 m 深度では岩石の種類による熱拡散率のばらつきが認められ、褐炭は 0.16 mm²/s と非常に低い値を示したのに対して、未固結粗粒砂岩は 1.9 mm²/s と高い値を示した。砂岩・シルト岩の熱伝導率の増加は、間隙率の減少と調和的である。一方、褐炭とセメントを被った堆積岩の熱伝導率は、間隙構造や化学組成の違いを反映しているものと考えられる。熱拡散率は熱伝導率の増加とともに指数関数的に増加したが、海底下 1,930 ~ 1,970 m 深度で認められる未固結粗粒砂岩については、その傾向から外れた特徴を示した。本研究では、大気圧下で熱物性を測定しているため、実際の地下深部の熱物性よりも低い値を示す可能性が高い。そのため、熱物性を決定する要素 (間隙率・内部構造) を明らかにすることにより、間接的に地下深部の熱物性値を推定することが期待される。

キーワード: IODP expedition 337, 熱伝導率, 熱拡散率, 三陸沖盆地

Keywords: IODP expedition 337, thermal conductivity, thermal diffusivity, Sanriku-oki basin

IODP Exp.313 ニュージャージー沖浅海陸棚における堆積物の圧密・排水過程 Compaction and dewatering process in New Jersey Shallow Shelf inferred from IODP Exp.313 core samples

大塚 宏徳^{1*}, 林武司², 安藤寿男³, 谷川 亘⁴

Hironori Otsuka^{1*}, Takeshi Hayashi², Hisao Ando³, Wataru Tanikawa⁴

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 秋田大学教育文化学部, ³ 茨城大学理学部 理学科, ⁴ 海洋研究開発機構高知コア研究所

¹Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo, ²Faculty of Education and Human Studies, Akita Univ., ³Dep. Earth Sciences, Ibaraki Univ., ⁴JAMSTEC-Kochi

IODP Exp.313 was conducted on the New Jersey shallow shelf in May to July 2009. The L/B Kayd chartered for a mission-specific platform recovered 612 cores at three sites. This study focuses on compaction and dewatering processes associated with the architecture of the sedimentary sequences under frequent sea-level changes (based on core-log integration). Particularly, a high sedimentation rate often induces underconsolidation of sediments with overpressured pore fluids which complicates consolidation behavior. Understanding the compaction process and its effect on architecture of the sedimentary sequences reveals probable geometry of sedimentary structure before deformation, and provides important information to estimate frequency and amplitude of eustatic changes. In this study, we aim to discuss initial in situ diagenesis and dewatering processes based on physical properties measured or estimated from down-hole logging, the Multi Sensor Core Logger System (MSCL), and discrete core samples. Correlation of the three Expedition 313 sites and the seismic profile will provide better estimation of the spatial distribution of dewatering paths.

Onboard and offshore MSCL measurements provided physical properties of whole-round cores including porosity, density, electric resistivity, P-wave velocity, magnetic susceptibility and natural gamma ray. Bulk density derived from individual core samples show good correlation with gamma-ray density from MSCL, and the other physical properties from discrete core samples also correspond to WL-logging and core logging data. Porosity-depth curve measured on MSCL exhibits slightly lower porosity than discrete samples in the glauconitic-sand interval which shows relatively higher density. In M0027A, comprehensive trend of porosity-depth curve in each lithology parallels standard curve in North Sea (e.g. Sondergeld et al., 2005). Therefore these data indicates normal compaction process in the study area. On the other hand, on-board geochemical analysis indicates distribution of abnormal fresh water at M0027A (Mountain et al., 2010). Though estimated pore pressure using density profiles do not show confining layers, porosity fluctuations measured by MSCL and discrete samples suggest that those water lenses are possibly sealed by impermeable layers. This presentation will discuss estimated pore pressure and permeability from discrete core samples.

This research used data provided by the Integrated Ocean Drilling Program and is supported by Japan Drilling Earth Science Consortium (J-DESC).

IODP Exp.337 下北沖石炭層地下生命圏掘削で採取された掘削コアの岩相と堆積環境 Lithology and paleoenvironments at drilled Site C0020 off the Shimokita Peninsula, IODP Exp. 337

村山 雅史^{1*}, Reischbacher, D.², Limmer, D.³, Philips, S.⁴, Susilawati, R.⁵, Park, Y-S.⁶, 久保 雄介⁷, Hinrichs, K-U.⁸, 稲垣 史生⁹, IODP Exp. 337 Science Party¹⁰

Masafumi MURAYAMA^{1*}, Reischbacher, D.², Limmer, D.³, Philips, S.⁴, Susilawati, R.⁵, Park, Y-S.⁶, Yusuke Kubo⁷, Hinrichs, K-U.⁸, Fumio Inagaki⁹, IODP Exp. 337 Science Party¹⁰

¹ 高知大学 海洋コア総合研究センター, ² レオーベン大, ³ アバディーン大, ⁴ ニューハンプシャー大, ⁵ クイーンズランド大, ⁶ 韓国地質資源研究院, ⁷ CDEX, 海洋研究開発機構, ⁸ ブレーメン大, ⁹ 高知コア研究所, 海洋研究開発機構, ¹⁰ IODP Exp. 337 Science Party

¹ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ² University of Leoben, Austria, ³ University of Aberdeen, U.K., ⁴ University of New Hampshire, U.S.A., ⁵ University of Queensland, Australia, ⁶ KIGAM, Korea, ⁷ CDEX/JAMSTEC, Japan, ⁸ University of Bremen, Germany, ⁹ KCC/JAMSTEC, Japan, ¹⁰ IODP Exp. 337 Science Party

本研究航海は、海底下の炭素循環システムとそれに重要な役割を果たしていると考えられている地下深部の生命活動を解明することを目的として、2012年7/24-9/27の約2ヶ月実施された。八戸沖80kmの海域において、海底下650?2,466mを掘削し、科学掘削では世界最深記録となった（これまでは、ODP コスタリカ沖 2,111 mが最深）。カッティングス（10 mごと、約200個）、コア試料（32 コア試料、1,276.5 – 2,466m、スポットコアリング）を採取し、掘削孔から物理検層もおこなった。今後、海底下深部の石炭層を起源とするメタンハイドレートや天然ガス等の形成に寄与する地下微生物活動の評価、および遺伝子情報の解析や培養観察による微生物代謝機能および進化プロセス等について、地球科学と生命科学を融合した研究がおこなわれる予定である。

発表者らは堆積学者として乗船し、カッティングスやコア試料についてマクロ・ミクロ観察をおこなった。岩層から4つに区分される堆積相が確認され、2,000 m bsf 付近では石炭層（褐炭）が採取された。堆積年代は、diatom や dinoflagellate の微化石から、Pliocene – Oligocene であった。以下に、区分された岩相と堆積環境について記載する。

Unit.I : diatom-bearing silty clay [offshore] ,

Unit.II : silty shale with some intervals of sandstone, and siltstone [shallow marine] ,

Unit.III : several coal horizons which are subdivided by coaly shales, siltstones and sandstones ,
[near shore with tidal flats and tidal channels] ,

Unit.IV : silty shale to sandstone intercalated with siltstone shale associated with sand, silt and a thin coal layer
[tidal flat/wetland] .

キーワード: IODP Exp.337, 下北沖石炭層, 地下生命圏掘削, 掘削コア

Keywords: IODP Exp.337, Marine subsurface hydrocarbon reservoirs, microbial life, depositional environments

下北沖石炭層生命圏掘削 (IODP Exp. 337) で採取された掘削コアのCTイメージとCT値について

X-ray CT images of drilled cores and CT value data from IODP Expedition 337; Deep coalbed biosphere off Shimokita

村山 雅史^{1*}, 東丸直頌¹, 谷川 亘², 森田 澄人³, 久保 雄介⁴, Hinrichs, K-U.⁵, 稲垣 史生², IODP Exp. 337 Science Party⁶
Masafumi MURAYAMA^{1*}, Higashimaru Naotsugu¹, Wataru Tanikawa², Sumito Morita³, Yusuke Kubo⁴, Hinrichs, K-U.⁵,
Fumio Inagaki², IODP Exp. 337 Science Party⁶

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 高知コアセンター, 海洋研究開発機構, ³ 産業総合研究所, ⁴ CDEX, 海洋研究開発機構, ⁵ University of Bremen, Germany, ⁶ IODP Exp. 337 Science Party

¹ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ² KCC/JAMSTEC, Japan, ³ AIST, ⁴ CDEX/JAMSTEC, Japan, ⁵ University of Bremen, Germany, ⁶ IODP Exp. 337 Science Party

X-ray computed tomography (CT) on board 'Chikyu' is a revolutionary analysis suited to scientific ocean drilling. It is a quick and nondestructive method to produce geological image of cores and to quantify the porosity and permeability in sediment and rock of cores using CT value.

Here, we will introduce some examples of CT image of cores and CT value data from IODP Expedition 337; Deep coalbed biosphere off Shimokita, Japan, northwestern Pacific Ocean.

キーワード: X線CT, 海洋掘削, IODP Expedition 337

Keywords: X-ray CT, Ocean drilling, IODP Expedition 337

大深部掘削科学における泥水検層の役割と課題: Mud logging: its importance and potential for IODP future riser expeditions

杉原 孝充^{1*}, 青池寛¹, Moe Kyaw Thu¹
Takamitsu Sugihara^{1*}, Kan Aoike¹, Moe Kyaw Thu¹

¹ 海洋研究開発機構 地球深部探査センター

¹CDEX/JAMSTEC

New IODP structure will start from October 2013 and D/V Chikyu operated by CDEX/JAMSTEC will continue to act important role as a riser drilling vessel for deeper scientific drilling (to ~6500+ mbsf) in IODP.

Mud logging is a conventional technique in petroleum industry to investigate well site geology, to search for oil/gas reservoirs and to carry out safety control. Three IODP riser expeditions were carried out with the Chikyu in 2009 and 2012, and mud logging operations were also included in the expeditions. Meanwhile mud logging as a new scientific measurement technique has been attempted on the Chikyu, continuous coring has also been a basic approach in shallower riserless scientific drilling (~2000 mbsf) by not only D/V JOIDES Resolution (JR) but also the Chikyu in IODP. However, since continuous coring generally takes great amount of operation time with high risks of hole instability; the deeper a hole becomes, the more it will be difficult to accomplish. Therefore, mud logging has been recognized as one of important scientific measurement techniques to investigate lithological, petrophysical and geochemical features of deep crust and upper mantle.

The Chikyu conducted two riser operations in JFY 2012 (Exps 337 and 338). Mud logging in these expeditions was carried out both for operational safety control (operation mud logging) and scientific cuttings/mud gas monitoring. Operation mud logging is mainly composed of lithological description of cuttings and real-time mud gas monitoring. Cuttings for lithological description are ordinarily sampled at every 5 m in depth. In mud gas monitoring, concentrations of hydrocarbons (C1 to C5), CO₂ and H₂S gases are monitored in real-time.

In this presentation, results of operation mud logging in Exps 337 and 338 will be shown. In addition, potential of mud logging as a method of scientific measurement and issues for future expeditions will be discussed.

キーワード: 科学掘削, IODP, ライザー掘削, 泥水検層, コア, リアルタイムガスモニタリング

Keywords: Scientific drilling, IODP, Riser drilling, Mud logging, Core, Real-time gas monitoring

アフリカ北西部沖 DSDP Holes 366 and 369A コアによる珪藻・ナノ化石生層序の構築

Diatom and nannofossil biostratigraphy of DSDP Holes 366 and 369A, offshore north-west African margin

須藤 斎^{1*}, 田中裕一郎²

Itsuki Suto^{1*}, Yuichiro Tanaka²

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² 産業技術総合研究所 (AIST)

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

本研究では東部赤道大西洋アフリカ沖で掘削された Deep Sea Drilling Project (DSDP) Hole 366 (05 °40.7'N, 19 °51.1'W; water depth: 2,853 m) と Hole 369A (26 °35.5'N, 14 °59'W; water depth: 1,752 m) のコアサンプルを用いて、ナノプランクトン生層序年代をもとに珪藻の低緯度域珪藻化石帯の決定と産出イベント (first common occurrence, FCO and first occurrence, FO) の年代決定を行った。今回確定した珪藻化石の各生層序イベントと年代は以下のとおりである。

FCO of *Baxteriopsis brunii* (ca. 38.4 Ma)

FO of *Coscinodiscus excavatus* (ca. 33.4 Ma)

FO of *Cestodiscus reticulatus* (ca. 32.8 Ma)

FO of *Rocella vigilans* (ca. 30.5 Ma)

FO of *Rossiella symmetrica* (ca. 29.5 Ma)

FO of *Bogorovia veniamini* (ca. 25.2 Ma).

これらの年代値が他の掘削地点や海域でも適応できるかは現時点では不明であり、今後様々な海域での珪藻化石を含む古第三紀堆積物での研究成果との比較が必要である。

キーワード: 珪藻, ナノ化石, 生層序, 古第三紀, DSDP 366, DSDP 369A

Keywords: diatoms, nannofossils, biostratigraphy, Paleogene, DSDP 366, DSDP 369A

IODP Exp. 320/321 Sites U1334 と U1338 の珪藻化石生層序 Refined diatom biostratigraphy of the IODP Expedition 320/321 Sites U1334 and U1338

青山裕太¹, 須藤 斎^{1*}
Yuta Aoyama¹, Itsuki Suto^{1*}

¹ 名古屋大学環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

東部赤道太平洋域は、日射量が強く珪藻による一次生産活動が活発であり、世界で最も生物生産量の高い沿岸湧昇域の一つである。また、海洋深層と大気との二酸化炭素の交換が活発に行われている海域でもある。地質学的な観点から見ると、本海域はパナマ海峡やテチス海の閉鎖による陸域・海洋変動や ENSO イベントなどの様々な気候変動に影響を受け続けており、それらの記録が海底堆積物中に残されていることが期待できる。従って、本海域の海底堆積物を連続的に解析することにより、過去の東部赤道太平洋域の古環境変動を詳細に明らかにできる可能性が高い。

珪藻種の分布範囲は北半球・赤道域・南半球で大きく異なり、それぞれの地域で珪藻化石生層序を作成する必要がある。赤道域においても、Fenner (1984) による低・中緯度域での珪藻化石生層序区分がある。また Barron et al. (2004) は、Fenner (1984) で用いられた種以外の珪藻年代指標種を加え、より詳細な生層序区分を示した。しかし、これらには以下のような問題点がある。

- 1) 対象年代が始新世後期から中新世前期までに限られる。
- 2) 他の微化石の産出状況が悪い。
- 3) 年代値の決定が珪藻解析を行ったコアとは別のコアによる古地磁気解析の結果に基づいている。
- 4) Gradstein et al. (2012) によって改訂された古地磁気年代値に更新されていない。
- 5) 他地域との比較がなされていない。

以上のことから、Barron et al. (2004) で設定された珪藻化石層序区分の確認と年代値を最新の年代値に更新する必要がある。

そこで本研究では本研究では Intergrated Ocean Drilling Prograng Program (IODP) Expedition 320/321 により採取された東部赤道太平洋域のペルー沖のコアのうち、Holes U1334A と U1338A, U1338B コアサンプルを用いて、珪藻化石生層序の再区分と年代値の決定を行った。その結果、船上では化石帯が未決定 (unzoned) になっていた箇所や化石帯境界が曖昧になっていた箇所 (Lyle et al., 2010) を修正・再決定し、始新世中期から更新世中期までの 24 の化石層序区分 (下記参照) を確定した。

Fragilariopsis doliolus (NTD 17; 0-0.69 Ma), *Nitzschia reinholdii* (NTD 16; 0.69-1.05 Ma),
Rhizosolenia praebergonii (NTD 15; 1.05-3.06 Ma), *Nitzschia jouseae* (NTD 14; 3.06-4.57 Ma),
Thalassiosira convexa (NTD 13; 4.57-5.40 Ma), *Nitzschia miocenica* (NTD 12; 5.40-7.36 Ma),
Nitzschia porteri (NTD 11; 7.36-8.23 Ma), *Thalassiosira yabei* (NTD 10; 8.23-8.88 Ma),
Actinocyclus moronensis (NTD 9; 8.88-10.18 Ma), *Craspedodiscus coscinodiscus* (NTD 8; 10.18-11.09 Ma),
Coscinodiscus gigas var. *diorama* (NTD 7; 11.09-11.70 Ma), *Araniscus lewisianus* (NTD 6; 11.70-12.41 Ma),
Cestodiscus peplum (NTD 5; 12.41-14.36 Ma), *Crucidenticula nicobarica* (NTD 4; 14.36-15.58? Ma),
Triceratium pileus (NTD 3; 15.58?-20.00 Ma), *Craspedodiscus elegans* (NTD 2; 20.00-22.18 Ma),
Rossiella fennerae (22.18-23.37 Ma), *Rocella gelida* (23.37-25.96 Ma),
Bogorovia veniamini (25.96-27.56 Ma), *Rocella vigilans* (27.56-29.98 Ma),
Cestodiscus trochus (29.98-30.95 Ma), *Coscinodiscus excavatus* (30.95-33.71 Ma),
Baxteriopsis brunii (33.71- ? Ma), *Asterolampra marylandica* (?- ? Ma) Zones.

引用文献 Barron et al. (2004). Proc. ODP, Sci. Rslt, 199, 1725; Fenner (1984). Init. Repts. DSDP, 75, 1245?1271; Gradstein et al. (Eds.)(2004). A Geologic Time Scale. Cambridge Univ. Press. 589 pp.; Lyle et al. (2010). Scientific Drilling, 9, 4?15; Lyle et al. (2002). Proc. ODP, Init Repts, 199.

キーワード: IODP Expedition 320/321, 珪藻, 生層序, Site U1334, Site U1338

Keywords: IODP Expedition 320/321, diatoms, biostratigraphy, Site U1334, Site U1338

北東太平洋域における珪藻化石を用いた新第三紀古環境復元 The Neogene records of the fossil diatoms from the core ODP Leg 145 Site 887, North-eastern Pacific

福村 朱美^{1*}, 須藤 斎¹
Akemi Fukumura^{1*}, Itsuki Suto¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

アラスカ湾は、北東太平洋高緯度域の亜寒帯循環域に位置する。この海域では、亜寒帯海流が北上してアラスカ海流として流れ込み亜寒帯循環東部のアラスカ循環が形成されている。また、更新世の湾内での氷床発達が生じた寒冷化の一因となり (Broccoli, 2000)、そのため本海域が大気循環にも大きな影響を与えたとされるが、中期中新世から続く寒冷化過程の詳細は未だ解明されていない部分が多い。

また、本海域での堆積物の堆積年代の決定には、Yanagisawa & Akiba (1998) により設定された北太平洋珪藻化石生層序 (North Pacific Diatom (NPD) Zones) がよく用いられている。しかし、各珪藻化石帯の境界を決める珪藻イベント (出現や絶滅など) に関して、同一コアから測定された古地磁気データと対比した複合的な解析がほとんど行われていないため、北東と北西太平洋域でどの程度年代差があるかはあまり議論されてこなかった。

本海域での珪藻化石生層序に関する先行研究として、Barron & Gladenkov (1995) や Watanabe & Yanagisawa (2005) が挙げられる。前者は同一コアから測定された古地磁気年代と生層序年代を対比させているという点で、北東太平洋域の新第三紀堆積物における珪藻化石生層序を確立させた重要な研究であるが、その試料の殆どがコアキャッチャーサンプルであり、珪藻イベントの年代を詳細に決定するうえでサンプリング間隔が粗いという問題点がある。また、これまで珪藻化石生層序に用いられている各珪藻イベントの年代値は地磁気の逆転期の年代に基づいて設定されてきたが、Gradstein et al. (2012) 等により古地磁気年代値が変更・更新されているために、各古地磁気イベントに対応した年代値を再計算する必要がある。また、Watanabe & Yanagisawa (2005) においては、解像度は高いものの、前期中新世から中期中新世のみに年代が限定されている。

従って、本研究では古地磁気年代が明らかになっているアラスカ湾南部 Patton-Murray Seamounts で掘削された現世から前期中新世までの試料を含む Ocean Drilling Program Leg 145 Site 887 と、2013 年にアラスカ沖で実施される Integrated Ocean Drilling Program Exp. 341 のコア試料を用いて珪藻化石イベントを見出すことにより、1) 同一コア内で最新の古地磁気年代と比較した北東太平洋域における中新世から現代までの詳細な珪藻化石生層序年代の確立と、2) アラスカ湾における古環境復元を目的とする。

引用文献: Barron, J. A. & Gladenkov, A. Y. 1995. Proc. ODP. Sci. Rslt, 145, 3-19; Broccoli, A. J. 2000. Journal of Climate, 13, 951-976; Gradstein, F. M., et al. 2012. A Geologic Time Scale 2012. Cambridge (Cambridge Univ. Press); Yanagisawa, Y. & Akiba, F. 1998. Jour. Geol. Soc. Japan. 104, 395-414; Watanabe, M. & Yanagisawa, Y. 2005. The Island Arc, 14, 91-101.

キーワード: アラスカ湾, 北東太平洋, IODP, 珪藻, 生層序, 古環境

Keywords: Gulf of Alaska, Northeastern Pacific, IODP, diatoms, biostratigraphy, paleoenvironment

北西太平洋域における珪藻化石生層序の更新及び古環境解析 Refined diatom biostratigraphy and paleoceanography in the ODP Leg 145 Hole 884B

加藤 悠爾^{1*}, 須藤 斎¹
Yuji Kato^{1*}, Itsuki Suto¹

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

1. はじめに

本研究は、ODP Leg 145 Site 884 のコア試料に含まれる珪藻化石を用いて、北西太平洋域における中新世から更新世までの、より高精度な珪藻化石生層序区分を作成すること、及び、本海域における古環境変遷を考察することを主な目的としている。本海域における珪藻化石生層序の先行研究としては Barron & Gladenkov (1995) がある。これは、本研究対象のコアを含む複数のコアから得られた古地磁気層序と、同一コアから確認された生層準とを対応させて、北西太平洋域における珪藻生層序を確立させた重要な研究である。しかし、彼らの研究においては主に各コア下部の Core catcher サンプルを用いており、サンプリング間隔が粗い。また、彼らは年代値を求める際に Cande & Kent (1992) の古地磁気年代値を使用しているが、最新の研究によって古地磁気年代値が一部改訂されており (Hilgen et al., 2012) これをもとに年代値の再計算も行う必要がある。

2. 研究方法

本研究では欠損の少ない Hole 884B の試料を用いた。Barron & Gladenkov (1995) で報告された各化石帯の境界付近では 75cm ごと (解像度: ~10 kyr) に、0 Ma から約 6Ma の層準では 3 m ごと (~40 kyr) にサンプリングを行い、各サンプルにつき珪藻殻が計 100 殻になるまで計数した。また、計数後も走査線上の観察を続け、計数中に観察されなかった種が存在しなかったかどうかについても確認を行った。

2-1. 生層序

北太平洋域における珪藻化石生層序区分を決める年代指標種としては、*Neodenticula seminae* (0-0.3Ma) などが知られている (Yanagisawa & Akiba, 1998)。これらの指標種の出現・絶滅イベントが起こった深度と古地磁気年代値 (Hilgen et al., 2012) とを対比して、各生層準の年代値の算出を行った。

2-2. 古環境解析

Sancetta (1982) などを参照しながら、環境指標種を Cold-water (冷水種), Sea-ice related (海氷種), Temperate-water (温水種), Neritic (沿岸種), Open-ocean (外洋種) の 5 つに分類し、0-5 Ma における各環境指標種の産出数比の変化をもとに、本海域の古環境推定を行った。

3. 結果・考察

3-1. 生層序

0 Ma から約 20 Ma の間に計 28 のバイオイベントが観察され、計 21 の珪藻化石帯が定められた。さらに各生層準の深度と Hilgen et al. (2012) による古地磁気年代値との対比を行い、その年代値を算出した結果、先行研究における解像度を上回る高精度な生層序区分が得られた。本生層序の汎用性をさらに高めるには、今後、本海域のみならず、より広域での種組成や各種の絶滅・出現年代を明らかにし、比較検討する必要性がある。

3-2. 古環境解析

全体として冷水種・外洋種が多く、一方で海氷種はほとんど産出しないことから、本海域は、海氷は張らないものの寒冷で、かつ沿岸水の影響があまりない海洋環境であったと推定される。約 2.7 Ma においては海氷種の増加が見られた。また、Shipboard Scientific Party (1993) に報告された Dropstone の出現時期もこれに対応していた。これらは、2.74 Ma にピークを迎えた North Hemisphere Glaciation (NHG) イベント (Bartoli et al., 2005) に伴う海氷の流入を示唆している。それに続く約 2.1 Ma における温水種の急減・沿岸種の増加も NHG イベントの影響と考えられる。さらに、約 2.6 Ma においては *N. kamtschatica* の絶滅と *N. seminae* の出現イベントが観察されており、NHG イベントに伴う海洋環境の変動が *Neodenticula* 属の進化や絶滅に影響した可能性も考えられる。

また、Teraishi (2012MS) の IODP Exp. 323 Hole U1343E における結果と比較したところ、約 2Ma における温水種の急減が両者に見られたが、そのタイミングは、より南に位置する Hole 884B の方が早い。その要因として、Hole 884B 周辺地域にはカムチャツカ海峡経由の北方からの海水の流入 (Scholl et al., 1977) があるため、寒冷化の影響をより早い時期に受けた可能性があること、が考えられる。

今後、このような古海洋学的分析結果を各地域間で比較していくことを通して、北太平洋域全体の海洋環境の変遷を明らかにしていくことが望まれる。

キーワード: 珪藻, 生層序, 北太平洋, 新第三紀, 古海洋

Keywords: diatom, biostratigraphy, North Pacific, Neogene, paleoceanography

Exp 906 : 保圧コアリングシステムによる熊野泥火山掘削 Exp 906: The Kumano Mud-Volcano Drilling II and Hybrid Pressure Coring System

久保 雄介^{1*}, 稲垣史生², 水口保彦¹, Exp 906 Science Party³
Yusuke Kubo^{1*}, INAGAKI, Fumio², MIZUGUCHI, Yasuhiko¹, Exp 906 Science Party³

¹CDEX, JAMSTEC, ²KCC, JAMSTEC, ³Exp 906 Science Party

¹CDEX, JAMSTEC, ²KCC, JAMSTEC, ³Exp 906 Science Party

海底下の圧力を保持した状態でコア試料を回収することを目的とした、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削航海 Exp 906 が 2012 年 6 月 25 日から 4 日間行われた。

本航海では熊野第五海丘（水深 1900 m）において海底下 203 m までのライザーレス掘削を行い、長さ 3 m の保圧コアリングを 5 回、通常の HPCS/ESCS コアリングを 6 回試みた。保圧コアの回収には、今回新たに開発した Hybrid Pressure Coring System (Hybrid PCS) を使用し、回収した試料は Geotek 社の Pressure Core Analysis and Transfer System (PCATS) を用いて保圧状態のまま分析を行った。

掘削地点：泥火山は地下深部の物質を表層へ運ぶ通路となり、南海トラフにおいてはプレートの沈み込みに伴って形成される。そのなかでも熊野第五海丘は最も活発な流体、ガスの発生が観察されている。2009 年に行われた航海において、同地点で海底下 19.7 m までのコアが採取されている。

科学目的：保圧試料によって水素や一酸化炭素等の揮発性物質の測定が可能となり、海底下微生物生態系と炭素循環システムの実態解明やメタンハイドレートを始めとした天然資源の形成・貯留メカニズムの解明が可能となる。南海トラフにおいては、地震断層活動に起因した微生物学的、地球化学的特性が観察されることが期待される。

Hybrid-PCS : 「ちきゅう」が現在使用している 5 インチ及び 5-1/2 インチのドリルパイプの中を通すワイヤーラインコアリングシステムと互換性を有し、51 mm 径、3.5 m 長のコアを最大圧力 5,000 psi を保持して回収することが可能である。圧力を保持するために下部ボールバルブ、トップシール及びアキュムレーターから設定圧力のガスを吐出する 3 つのバルブが内装されており、これらは降下/接続するコアラインにより作動する。

PCATS : コンテナに搭載した装置を使って、保圧状態のまま X 線 CT、P 波速度、密度の測定とサブサンプリングが可能である。また減圧の際に発生するガスサンプルを回収する事も可能である。分析後のコアは保管用チャンバーに移動し、保圧状態のまま陸上の研究機関まで運搬する。

本航海では泥火山特有の軟泥質な地層により回収率は芳しくなかったが、最後のコアリングにおいて 0.9 m の保圧試料回収に成功した。本講演では新しい保圧コアリングツールの開発と、本航海での作業概要について報告する。

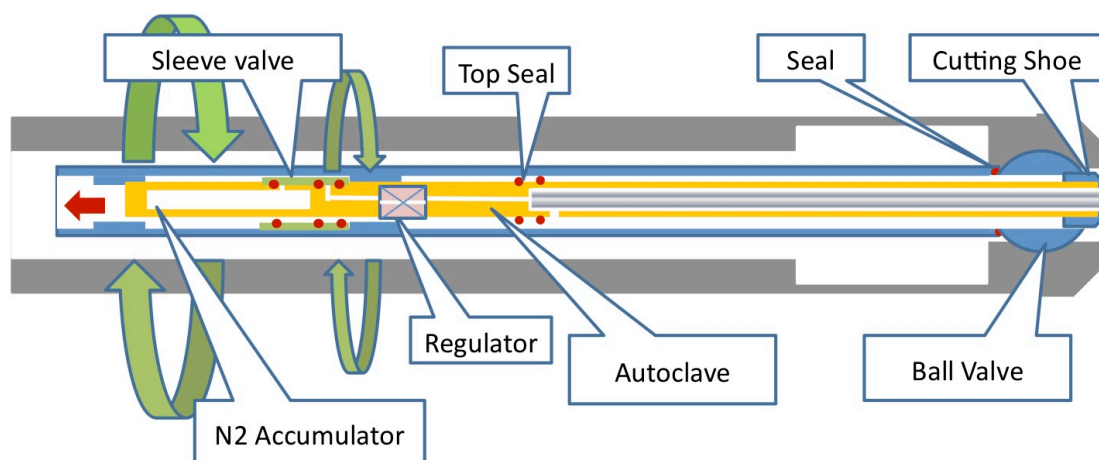
キーワード: 保圧コア, ちきゅう, 泥火山, Hybrid PCS, PCATS

Keywords: Pressure coring, Chikyu, Mud volcano, Hybrid PCS, PCATS

MIS23-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-17:30



グレートバリアリーフ陸棚斜面掘削コア中の大型底生有孔虫化石群集による 最終氷期極大期以前の海水準変動復元
Sea-level changes around the Last Glacial Maximum based on large benthic foraminiferal assemblages: IODP Exp.325

仲田 潮子^{1*}, 柳岡 範子¹, 藤田 和彦², 菅 浩伸³, 横山 祐典⁴

Choko Nakada^{1*}, Noriko Yagioka¹, Kazuhiko Fujita², Hironobu Kan³, Yusuke Yokoyama⁴

¹ 琉球大学大学院理工学研究科, ² 琉球大学理学部物質地球科学科, ³ 岡山大学教育学研究科, ⁴ 東京大学 大気海洋研究所 海洋底科学部門 / 地球表層圏変動研究センター

¹ Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, ² Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, ³ Graduate School of Education, Okayama University, ⁴ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

The shelf edge of the Great Barrier Reef was cored during the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 325 Great Barrier Reef Environmental Changes. Lower parts of cores drilled on deeper shelf slopes, consisting mainly of unconsolidated carbonate sediments, may record sea-level changes around the Last Glacial Maximum (LGM). The purpose of this study was to reconstruct sea-level changes around the LGM, based on large benthic foraminiferal (LBF) assemblages.

Grain-size and foraminiferal analyses were conducted for 64 unconsolidated sediment samples from the lower parts of cores drilled at Hole M0040 and M0041 on the HYD.02A transect. Paleo-water depths were estimated by comparisons of fossil LBF assemblages with modern LBF assemblages. LBF assemblages in these two cores were dominated by *Operculina* sp. and *Amphistegina* spp. Relative sea-level changes based on the paleodepth estimations were generally consistent with reported sea-level changes around the LGM.

プレート沈み込み境界部の地質学的・岩石学的研究と今後の課題 - 超巨大地震発生回避策の提案 -

Geology of the subduction boundaries and suggestion for the future work - How to avoid ultra-mega-earthquakes -

石井 輝秋^{1*}

Teruaki Ishii^{1*}

¹ 公益財団法人深田地質研究所

¹ Fukada Geological Institute

フィリピン海プレートは、四方を複数のプレートの沈み込み境界で囲まれていて、その境界は、ほぼ東および南は沈み込まれる境界、西および北は沈み込む境界になっている。南部マリアナ海溝陸側斜面で、上部マントルに至る海洋底地質断面構築をめざし、海洋地質調査を行ってきた。フィリピン海プレートの南端で得られた地質情報ではあるが、南海トラフに沈み込む北端域のプレートの物性にも制約条件を与え得る可能性があると考えられる。フィリピン海プレートの東および南の沈み込み境界では、上盤は下盤プレートに蛇紋石化しやすいマントル橄欖岩で接しているため、その境界層は滑り易い蛇紋石層で形成されていて下盤プレートが沈み込み易い状態にあると考えられる。伊豆・小笠原・マリアナ海溝沿いでは超巨大地震が発生しない要因の一つにあげられる。この考えを逆に応用して、日本列島での超巨大地震発生回避に活用できる可能性を指摘したい。

日本人は未来永劫に超巨大地震の脅威に怯えながら生活しなければならないのであろうか。年間約4 cm (フィリピン海プレート) から10 cm (太平洋プレート) 程の速さで日本列島に迫って来るプレートを、スムーズに沈みこませる事は出来ないであろうか。原理的にはプレート間の固着 (asperity) を何らかの方法で解消し、常時ゆっくり滑らせることが出来れば、超巨大地震は発生しないであろうと考えられる。先ず思いつくのは、固着域への液体 (海水) の注入である。

地球深部探査船「ちきゅう」の能力は南海トラフの (一部の) 固着域までの掘削能力を持っている (日本海溝の固着域はより深いので、掘削能力の向上が望まれる)。最近話題のシェールガス開発では縦掘りのストウリングスから複数方向に分岐した水平掘削 (Horizontal drilling) を行い、水圧破砕法 (Hydraulic fracturing) によりシェールを破砕し、ガスを回収するフラッキングという技術が普及しているという。両者の技術を結合すれば有る程度の広がりを持って固着域への液体注入は可能であろう。

伊豆-小笠原-マリアナ海溝やトンガ海溝の上盤はマントル橄欖岩であり、沈み込み境界部はマントル橄欖岩由来の蛇紋石 (serpentine) で満たされて、滑り易い沈み込み境界であると予想される。そこで、日本列島の沈み込み境界の固着域へ、蛇紋石泥 (serpentine mud) を溶かし込んだ泥水の注入を継続すれば、蛇紋石の沈積層が形成され、滑り易い境界面が形成され、ある程度の小規模地震 (小規模なゆっくり地震が望ましい) を伴う継続的滑り込みにより、巨大な地震エネルギーの蓄積を解消できると考えられる。そして何世代かの後には巨大地震に怯えなくて済む日本列島に改変できる可能性がある。途方もない夢物語のような提案で有ることは認めざるを得ない。しかしこれは現在までのところ考え得る、唯一無二の超巨大地震発生回避策であると言っても過言でないであろう (少なくとも議論のたたき台には成るであろう)。もし他の可能性があれば御提案願いたい。

日本という活発な地震発生帯で原子力廃棄物を地層処分し、数十万年間安全に管理するという話も進行しているし、NASA では火星を緑化して人間が居住できる環境に改造するという構想もあるという、はたしてどれが現実的であろうか。人工地震発生実験はIODP でも話題に上っていて、実験の場として人里離れた中央海嶺のトランスフォーム断層が議論されているらしい。蛇紋石泥水の注入の効果が見積もれると、面白いと思う。

今後、深海科学掘削・掘削工学の飛躍的發展が望まれる。

検討課題は多々あるものの、未来は全て、夢物語から開かれる!!

キーワード: フィリピン海プレート, 沈み込み境界, 超巨大地震, 蛇紋石泥, 深海科学掘削, マントル橄欖岩

Keywords: Philippine Sea plate, subduction boundary, ultra-mega-earthquake, serpentine mud, scientific ocean drilling, mantle peridotite

Hole 1256D のシート状岩脈群基底部での部分溶融と同化作用 Partial melting and assimilation at the basal part of sheeted dike complex in Hole 1256D, ultra-fast spread oceanic crust

足立 佳子^{1*}, 宮下 純夫¹, Exp. 335 Science Parties²
Yoshiko Adachi^{1*}, Sumio Miyashita¹, Exp. 335 Science Parties²

¹ 新潟大学, ²IODP-Texas A & M University
¹Niigata University, ²IODP-Texas A & M University

コスタリカ沖の掘削孔 1256D は、東太平洋海嶺で形成された 15 Ma の地殻に位置し、ODP Leg. 206, IODP Exp. 309/312, 335 の 4 回の掘削航海により 1,521.6 m まで掘削され、溶岩層、シート状岩脈群を経て、連続した掘削孔として初めてガブロ層に達している。本掘削孔は、高速拡大海嶺起源の海洋地殻の連続的な掘削例としては唯一であり、高速拡大海嶺起源の海洋地殻の現在唯一のリファレンスとして重要である。

1256D 掘削孔に産するガブロは、間に約 24 m のダイクスクリーン 1 (DS 1) を挟み約 52 m のガブロ 1 と、約 12 m のガブロ 2 に区分される。ガブロ 1 の上位約 58 m には、粒状の単斜輝石、斜方輝石が特徴的なグラノプラスティックダイクが観察される。グラノプラスティックダイクはドレイイト様の組織を示すことから、シート状岩脈群を源岩とする変成岩脈群と考えられる。DS1 は、グラノプラスティックダイクと類似した特徴を示すが、緑泥石、アクチノ閃石の消失など、より再結晶が進んだ特徴を示す。ガブロ 2 の下位はダイクスクリーン 2 (DS 2) と記載された変成岩脈群が再度出現する。DS 2 は、より再結晶が進み、粒状の斜方輝石からのみなる脈や、普通角閃石脈を伴う。

Exp. 335 では掘削コアは 4 本得られたが、大部分が粒状の単斜輝石、斜方輝石が特徴的なグラノプラスティックダイクで、閃緑岩、トーナル岩の脈およびパッチが少量伴われていた。Exp. 335 では、コア以外に、ジャンクバスケットから大量の岩石試料が得られた。これらは、コアよりもはるかに大きい大礫サイズの試料を含み、またこれまでに得られていたコアにはみられない岩相を含んでいる。これらの試料は、正確な層準は不明であるが、中礫以上の試料についてみれば約 95 wt.% が再結晶の進んだグラノプラスティックダイクであるため (Teagle et al., 2012)、大部分は DS 2 から得られたものと考えられる。ジャンクバスケット中のグラノプラスティックダイクの岩相はコアで得られた試料とほぼ同じであるが、単斜輝石が少ない、あるいはほとんど含まれず、斜方輝石、Fe-Ti 酸化物に富む 4 試料が含まれる。これらの試料は、斜方輝石や Fe-Ti 酸化物の濃集した部分が層をなしており、源岩の組織はほぼ失われている。

グラノプラスティックダイクの全岩化学組成は SiO₂ 48.8-51.2 wt%, Mg# 0.512-0.597 の比較的狭い組成範囲を示す。ジャンクバスケット中の単斜輝石に乏しく斜方輝石、Fe-Ti 酸化物に富む 3 試料は、SiO₂ 41.7-45.9 wt%, Fe₂O₃ 19.6-24.8 wt% の組成範囲を有する。上位のグラノプラスティックダイクの微量元素組成がシート状岩脈群の値と類似した値を持つが、DS 2 では Zr や Y, HREE が低い傾向を示す。これらのことから、DS 2 は、岩脈群の再結晶が進み、一部で部分溶融していると推定される。

鉱物化学組成においても、単斜輝石、斜長石で部分溶融を示唆するデータが得られている。グラノプラスティックダイクおよび DS 1 に含まれる粒状単斜輝石の TiO₂, Al₂O₃, Na₂O 組成は、岩脈群の斑晶組成よりも低いトレンドを示す一方、DS 2 では斑晶やガブロ中の単斜輝石と類似した組成を示す。これは、グラノプラスティックダイクと DS 1 の単斜輝石は、固体再結晶作用によりインコンパチブル元素に乏しくなるが、DS 2 は部分溶融し、生成したメルトとの反応し、火成起源の単斜輝石と同様の組成となったと考えられる。

斜長石には、DS 1, 2 でリム部にほぼ普遍的に逆累帯構造が観察され、斑晶状の大きな結晶ではコアからリムへ正累帯構造、最も An 組成の下がった部分から逆累帯構造を示し、最外縁部で再度 An 組成が低下するパターンが観察できる。An が低下し上昇する部分の組成差は、DS 1 で An₃₅ から 42 % 前後であるが、DS 2 では 55 % 前後まで増大している。ガブロ 2 には変成ダイクが包有されているが、その包有物は DS 2 と同様な組成累帯構造を示す。このような斜長石の組成累帯構造の空間的变化は、グラノプラスティックダイクでは、Ab 成分を消費する変成反応によって、DS 2 や包有物では部分溶融反応によって逆累帯構造が形成されたことを示している。

Teagle, D.A.H. et al, 2006. Proc. IODP, 309/312. doi:10.2204/iodp.proc.309312.2006

Teagle, D.A.H. et al, 2012. Proc. IODP, 335. doi:10.2204/iodp.proc.335.103.2012.

キーワード: 海洋地殻, マグマ, 部分溶融, IODP, 超高速拡大海嶺, Hole 1256D

Keywords: oceanic crust, magma, partial melting, IODP, superfast spreading ridge, Hole 1256D

巨大オフリッジ溶岩流の定置プロセス—ガテマラ海盆，深海掘削 1256C 孔の岩石学 Emplacement and solidification of a large off-ridge lava flow from ODP-Hole 1256C, Guatemala Basin

海野 進^{1*}, 佐伯 和哉²

Susumu Umino^{1*}, kazuya saeki²

¹ 金沢大学地球学教室, ² 株式会社建設技術研究所

¹Department of Earth Sciences, Kanazawa University, ²CTI Engineering Co. Ltd.

Site 1256 is located at 91deg56.1' W in the 3650-m deep Guatemala Basin on Cocos plate formed at ~15 Ma on the eastern flank of the East Pacific Rise. A large off-ridge lava flow 75-100 m in thickness and ca. 10 cubic kilometers in volume drilled at site 1256 provides an unprecedented opportunity to understand the internal structures and solidification and emplacement processes of large lava flows. Hole C penetrated a 35-m thick lava from 280 mbsf to 315 mbsf. We present mineral compositions and grain size analyses of the core samples from Hole 1256C, and discuss the crystallization and emplacement processes of the large off-ridge lava flow. Phenocrysts are olivine, clinopyroxene and plagioclase, and the groundmass minerals are clinopyroxene, plagioclase and magnetite with mesostatic quartz and biotite. The core samples show variolitic, subophitic and poikilitic textures and mesostatic intergrowth of plagioclase and quartz. The lava flow consists mostly of NMORB with high-K²O EMORB intervened at a depth interval of 290-300 mbsf (Wilson et al., 2003). High-K²O EMORB has high-Mg# (60~70) clinopyroxenes and is interpreted to have intruded into the solidifying lava body at the final stage of the lava emplacement. Given the interval of EMORB was intruded after the upper and lower lavas solidified, olivine phenocryst size and number density distributions prior to the intrusion of EMORB are similar to those formed by crystal precipitation by Rowland and Walker (1988). Mapping analyses of augite and pigeonite demonstrated domains different in Al²O₃, CaO and MgO concentrations within a single grain. Three types of augite (Augite-N1, Augite-N2 and Augite-N3) and two types of pigeonite (Pigeonite-N1 and Pigeonite-N2) are identified for the domains in pyroxene crystals from NMORB lava intervals. The EMORB lava interval has three type augite (Augite-E1, Augite-E2 and Augite-E3) and two types of pigeonite domains. Two pairs of Pigeonite-N1 & Augite-N3 and Pigeonite-E1 & Augite-E1 are in equilibrium with each other in terms of Fe-Mg partitioning. The crystallization order is Augite-N3 & Pigeonite-N1, Pigeonite-N2, Augite-N1, Augite-N2(rim), followed by the intrusion of EMORB, and then Augite-E1 and Pigeonite-E1, Pigeonite-E2, Augite-E2 and Augite-E3 (rim).

キーワード: 深海掘削, 1256C, オフリッジ火山, 中央海嶺, 巨大溶岩流, 海洋地殻

Keywords: Ocean Drilling, Hole 1256C, Off-ridge volcano, Mid-ocean ridge, Large lava flow, Oceanic crust

南大洋掘削計画：南極寒冷圏変動史プロジェクト (AnCEP) の概要と今後の展開 Southern Ocean drilling proposal: Outline and future plan of Antarctic Cryosphere evolution project (AnCEP)

池原 実^{1*}, 野木 義史², 菅沼 悠介², 三浦 英樹², 大岩根 尚², 香月 興太³, 板木 拓也⁴, 中村 恭之⁵, 河潟 俊吾⁶, 佐藤 暢⁷
Minoru Ikehara^{1*}, Yoshifumi Nogi², Yusuke Suganuma², Hideki Miura², hisashi Oiwan², Kota Katsuki³, Takuya Itaki⁴, Yasuyuki Nakamura⁵, SHUNGO KAWAGATA⁶, Hiroshi Sato⁷

¹ 高知大学, ² 国立極地研究所, ³ 韓国地質資源研究院, ⁴ 産総研, ⁵ 海洋研究開発機構, ⁶ 横浜国立大学, ⁷ 専修大学

¹ Kochi University, ² National Institute of Polar Research, ³ KIGAM, ⁴ AIST, ⁵ JAMSTEC, ⁶ Yokohama National University, ⁷ Senshu University

南大洋はグローバルな気候システムにおいて極めて重要な役割を持っている。南極寒冷圏 (Antarctic Cryosphere) は、南極氷床、南極表層水、海氷、南極極前線、南極周極流などから構成され、これらのサブシステムは相互に連動しながら新生代を通じた全球的な気候進化に大きく寄与してきている。しかしながら、鮮新世から第四紀における東南極氷床の消長、海水分布域の変動と氷縁域での生物生産量変動、極前線帯や南極周極流の南北シフトなどの時空間変動は依然として不明確であり、特に、主要な気候シフトである Mid-Pleistocene transition (MPT) や mid-Brunhes event (MBE) における南極寒冷圏の変動の実態はよくわかっていない。そのため、南大洋インド洋区のコンラッドライズおよびデルカノライズを縦断する南北トランセクトの掘削点を候補とした深海掘削研究プロポーザルを計画している。これらの掘削サイトは、主要な海洋フロントである亜熱帯フロント、亜南極フロント、南極前線、冬季海氷縁を縦断するように配置されている。ピストンコアによる事前研究の結果から、コンラッドライズには珪藻軟泥からなるセディメントウェーブが広がり、堆積速度は 25cm/ka を超えることがわかってきた。デルカノライズでは、有孔虫軟泥と珪藻軟泥が周期的に繰り返し堆積していること、氷期には海氷由来の IRD が顕著に堆積していることなどが明らかにされてきた。したがって、これらのサイトを掘削し連続コア試料を回収することによって、鮮新世以降の詳細な南極寒冷圏変動史とグローバル気候変動における南大洋の役割を解明することができる。

キーワード: 南大洋, 南極周極流, 南極氷床, IODP, 海氷, 古海洋

Keywords: Southern Ocean, Antarctic Circumpolar Current, Antarctic ice sheet, IODP, sea ice, paleoceanography

オスミウム同位体記録を用いた中新世～鮮新世地中海の海洋変動

Neogene history of Mediterranean hydrology based on sedimentary osmium isotopic records

黒田 潤一郎^{1*}, JIMENEZ-ESPEJO, Francisco J.², 野崎 達生¹, 鈴木 勝彦¹

Junichiro Kuroda^{1*}, JIMENEZ-ESPEJO, Francisco J.², Tatsuo Nozaki¹, Katsuhiko Suzuki¹

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 名古屋大学

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ² Nagoya University

The Mediterranean Sea has experienced an extreme event called Messinian Salinity Crisis (MSC) that represents a formation of gigantic evaporite deposits in deep basins. In this study we report an osmium (Os) isotopic record of marine sediment cores from four deep-sea drilling (DSDP) sites in the Mediterranean; DSDP Site 372 in the western Mediterranean, DSDP Site 374 in the central Mediterranean, and DSDP Sites 375 and 376 in the eastern Mediterranean. The Os isotopic ratios of the pre-MSC sediments (Burdigalian to Serravallian) in the western Mediterranean are identical to that of the coeval global seawater. In contrast, the pre-MSC sediments (Langhian to early Messinian) in the eastern Mediterranean have significantly low $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ values than those of the global Middle-Late Miocene seawater. Our data suggest that Os in the eastern Mediterranean was not fully mixed with that of other seas such as western Mediterranean and North Atlantic, and that the basin isolation has already started before the MSC, probably as early as Middle Miocene. The unradiogenic Os would have been supplied to the eastern Mediterranean by selective weathering of ultramafic rocks in the surrounding ophiolite bodies, which contains high amount of non-radiogenic Os. The isotopic compositions of Os in gypsum samples from all sites are significantly lower than the end-Miocene ocean water values, suggesting isolation of all Messinian basins. Sediments from the Pliocene show Os isotopic ratios more radiogenic, and close to the global seawater values of the Pliocene, indicating that Os started mixing with global seawater again.

キーワード: オスミウム同位体, メッシニアン, 地中海, 蒸発岩

Keywords: osmium isotopes, Messinian, Mediterranean, evaporite