

四国海盆の回転角：大円解析法による粘性残留磁化の掘削残留磁化からの分離 Rotation Angle of Shikoku Basin: Discremination of drilling induced magnetization from VRM by great circle analysis

小田 啓邦^{1*}, 山本 裕二², 林 為人³, 山本 由弦³, 石塚 治¹, Xixi Zhao⁴, Huaichung Wu⁵

ODA, Hirokuni^{1*}, YAMAMOTO, Yuhji², LIN, Weiren³, YAMAMOTO, Yuzuru³, ISHIZUKA, Osamu¹, Xixi Zhao⁴, Huaichung Wu⁵

¹産業技術総合研究所, ²高知大学海洋コアセンター, ³海洋研究開発機構, ⁴カリフォルニア大学サンタクルズ校, ⁵中国地球科学大学海洋科学学校

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁴University of California Santa Cruz, ⁵School of Marine Science, China University of Geosciences

The IODP Expedition 322 penetrated sediments-basement boundary and recovered successive cores at Site C0012, subduction input in Nankai Subduction Zone. The collected basement samples are composed of alternating beds of pillow basalts and hyaroclastite and were retrieved by rotary core barrel drilling system. Paleomagnetic measurements were conducted to understand the polarity, paleolatitude and tectonic rotation. In total, 29 minicores or blocks were collected from the basaltic basement rocks. Paleomagnetic results suffers from intense secondary magnetization during drilling. AF demagnetization field up to 10 mT was generally enough to remove the overprint to allow interpretation of polarity of magnetization.

Paleomagnetic measurements on basaltic basement rocks from Site C0012 (538-561m CSF) show that the stable magnetization has reversed polarity. Paleolatitude was calculated from 7 samples as 28.0±7.6 degrees N and the expected latitudinal translation is 522±844km. Magnetic anomaly map can be produced using the recently compiled dataset by Quesnel et al. (2009). Preliminary interpretation based on the simple magnetization model assuming the constant thickness of the magnetized layer (Okino, personal communication), the magnetic anomaly crossing the Kashinosaki Knoll corresponds to anomaly C6Ar (20.7-21.1Ma; ATNTS2004).

We also attempted to reconstruct tectonic rotation related to the development of Shikoku Basin using secondary magnetization component acquired during Brunhes normal polarity chron. A whole round sample used for anelastic strain recovery (ASR) is the best sample for that purpose allowing us to measure a block collected from the center of the core, which has least drilling overprint. We collected multiple sub-samples from the center of ASR sample and carefully measured with stepwise AF demagnetization and thermal demagnetization experiments. However, the results indicate that the secondary magnetization is not directing the magnetic north during the Brunhes chron. In order to extract the information carried by the viscous remanent magnetization (VRM) acquired during the Brunhes, we conducted great circle analysis described by Kirschvink (1980). This allowed us to recognize four components including the VRM. The results shows that the angles between VRM and primary component of reversed polarity are around 10~20 degrees suggesting no significant rotation since the formation Shikoku Basin.

Keywords: Shikoku Basin, drilling induced magnetization, viscous remanent magnetization, great circle regression analysis, IODP Hole C0012A, Basaltic Basement

四国海盆に断層応力降下量の推定、南海トラフ地震発生帯掘削計画 C0011 Stress-drop estimation from geophysical logs in Shikoku basin of Exp. 322-C0011, NanTro-SEIZ

呉 泓^{1*}, 斎藤 実篤¹, 木下 正高¹, 真田 佳典¹

WU, Hung Yu^{1*}, SAITO, Saneatsu¹, KINOSHITA, Masataka¹, SANADA, Yoshinori¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

Nankai Trough region in southeast Japan is invested the comprehensive studies of the subduction zones. For understanding the stress state and geological properties in the shallower Shikoku basin, two sites were drilled in open-ocean sediments. The resistivity Logging while Drilling was run in C0011A and full cored was applied in C0011B which preparing for the measurements of physical properties (MultiSensory Core Log, MSCL.). In the LWD logging, the notability breakout anomaly was observed in the depth 615 mbsf. NanTroSEIZE scientists developed many researches about the stress orientation and magnitude estimation by logging data in Nankai Trough. In this study, we constrained the possible horizontal principal stress azimuth and magnitude in entire C0011A borehole. The dislocation of breakout orientation indicated this drilling drilled through the fault and stress drop can be determined by the fault geometry. The close 90 degree rotation implied the 100% stress drop which the magnitude equal to 2.5 MPa. Our simulation displays the magnitude of horizontal principal stresses before and after the fault slip. The low rock strength (0~20MPa) and weak fault would be the necessary conditions to satisfy the dislocation model and the observations.

Keywords: stress drop, breakout, logging, Logging while drilling, stress polygon

SDM モデルで南海エリアに現今応力場の評価 Evaluation of the Present Stress Field for the Nankai area through the Slip DeFicit Model

呉 泓¹, Chan Chung-Han^{2*}
WU, Hung Yu¹, CHAN, Chung-Han^{2*}

¹ 海洋研究開発機構, ² 国立台湾大学
¹JAMSTEC, ²National Taiwan University

After the 2011 Tohoku-Oki, Japan, earthquake, many studies have investigated the stress state in the Nankai trough area, where is one of the possible area for the next devastating earthquake. For understanding the stress state and geological properties in Nankai, several drilling projects have been conducted in the shallow part of the Kumano and Shikoku basin. Among them, the Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) has involved in many studies on the stress orientation and magnitude estimation by logging datum in the Nankai Trough. Due to limitation by the technology and the processing of drilling, the real stress orientation and magnitude in Nankai near the subduction zones is still controversial. In this study, we develop the Slip DeFicit Model (SDM) to estimate the stress tensor and associated with the Fine-scale boreholes datum. SDM is assumed that the regional stress is dominated by the slip deFicit during aseismic period. The tectonic loading in the rest part of the system has been released through other aseismic behaviors, such as creeping or small earthquakes. Using this model, the stress tensor can be analyzed at different depths in the drilling sites. Comparing to the logging data, the modeled stress tensors in terms of magnitude and orientation are consistent with the stress states in the site C0009, C00012, C0002, and C0006. Based on SDM, the stress tensor at deeper depth in the drill sites can be evaluated.

Keywords: Slip DeFicit model, Nankai trough, stress tensor, subductiuon zone, logging

南海トラフ沖 IODP サイト C0011 の 3Ma における供給源変化 Provenance change in around 3Ma at IODP Site C0011, off Nankai Trough

齋藤 有^{1*}, 石川 剛志², 谷水 雅治², 村山 雅史¹

SAITOH, Yu^{1*}, ISHIKAWA, Tsuyoshi², Masaharu Tanimizu², MURAYAMA, Masafumi¹

¹ 高知大学海洋コア総合研究センター, ² 独立行政法人海洋研究開発機構高知コア研究所

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency Marine-Earth Science and Technology

Sr-Nd-Pb 同位体比は碎屑性堆積物の供給源の指標として広く用いられている。南海トラフ沖の site C0011 で採取された半遠洋性泥掘削試料のケイ酸塩成分の Sr-Nd-Pb 同位体比及び微量元素濃度分析を行った。その結果、3Ma を境にそれ以降、黄砂フラックスが急減することが示唆された。3Ma 以前の層準では、Sr-Pb 同位体比は高く、Nd 同位体比は低く、黄砂の起源である中国内陸の堆積土壌の値に近いが、3Ma の層準近傍で Sr-Pb 同位体比は急低下、Nd 同位体比は急上昇し、日本列島起源の碎屑物の値に近づき、黄砂の比率が減少したことを示す。C0011 では 3Ma 以降ではそれ以前に比べて堆積速度が急落することが古地磁気年代により明らかとなっている (Expedition 333 Scientists, 2011)。全岩の Al_2O_3/SiO_2 は 3Ma 前後で変化せず、全岩 CaO および炭酸カルシウム含有量は、3Ma 以降むしろ増加しており、生物源シリカや有孔虫殻などの生物源フラックスがこの時期に急減したことは考えられない。したがって、黄砂比率の低下はそのまま、この時期のこの地点における黄砂フラックスの急減を意味する。北太平洋への黄砂フラックスは 3.6Ma に急増して以降、顕著な低下時期はなく (Rea, 1994)、Site C0011 におけるフラックスの減少はローカルなイベントを反映しているものと考えられる。そのようなイベントとして、隆起した日本列島による四国海盆への黄砂輸送経路の遮断、プレート運動に伴い C0011 が黒潮の影響下に入ったことによる海面への降下粒子の沈降量の減少、などが推測される。

キーワード: 南海トラフ, 四国海盆, 半遠洋性堆積物, Sr-Nd-Pb 同位体比, 黄砂

Keywords: Nankai Trough, Shikoku Basin, Hemipelagite, Sr-Nd-Pb isotopes, Asian dust

IODP 南海トラフステージ1 掘削の坑内検層による付加体構造と応力場
Structural styles and stress field of the Nankai accretionary prism: insights from geophysical logging

山田 泰広^{1*}

YAMADA, Yasuhiro^{1*}

¹ 京都大学

¹ Kyoto University

紀伊半島沖海域において実施された海洋掘削によって得られた坑内物理検層データを解析した結果、南海トラフ付加体の地質構造とその内部応力場に関して、より詳細な姿が見えてきた。この発表ではその最近の知見について紹介する。

キーワード: 海洋掘削, 物理検層, 地質構造, 応力, 付加体

Keywords: IODP, geophysical logging, geologic structure, stress, accretionary prism

沈み込み・上昇をしていない熊野海盆直下の付加体-NanTroSEIZE, Exp.319 ライザー掘削によるカッティングス試料を用いた解析 Accretion process of sediments below Kumano basin by analyzing cuttings from IODP Exp.319, the first riser drilling

川端 訓代^{1*}, 坂口 有人², David Buchs³, 北村 有迅², 斎藤 実篤²

KAWABATA, Kuniyo^{1*}, SAKAGUCHI, Arito², David Buchs³, KITAMURA, Yujin², SAITO, Saneatsu²

¹台湾国立中央大学, ²海洋研究開発機構, ³キール大学ライブニッツ海洋科学研究所

¹Taiwan National Central University, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³IFM-GEOMAR, Leibniz Institute of Marine Sciences at the University of Kiel

従来南海トラフ付加体は地震波探査によってその形状が明らかにされてきており、直接掘削によって付加体の物質、構造や応力状態が研究されている。付加体は地上に露出した付加体物質の研究から付加した物質の沈み込み後の上昇・循環に関する様々なモデルが提唱されている。しかし現世南海トラフの付加過程は明らかにされていない。本研究ではIODP南海トラフ地震発生帯掘削計画(NanTroSEIZE)によって得られた試料ビトリナイトの反射率測定から堆積物の温度構造を明らかにし、熊野海盆直下の付加体の付加履歴について議論する。本研究ではビトリナイトをライザー掘削で得られるカッティングスから分離した。カッティングスとはライザー掘削時にピットによって削られた岩片で、泥水と共に船上に上がって来る。今後 NanTroSEIZE 深部掘削ではライザー掘削が行われるが時間的制約の為に連続コアが採取されない可能性が高い。その為得られる岩石試料はカッティングスのみとなり、研究へのカッティングスの利用が求められる。よって本発表ではIODP第319次研究航海での船上のカッティングスの処理方法とその分析結果を使用する際の注意点についても紹介する。

NanTroSEIZE, C0009 サイトでは海底下1600mまで掘削され、約703mから1600mまで5m毎にカッティングスが採取された。1507m以深ではコアも回収された。カッティングスは洗浄の後、実体顕微鏡観察、スミアスライド観察、XRD分析、XRF分析、間隙率測定などが行われ、年代、鉍物比、化学組成比、間隙率などが求められた。それらの結果は孔内計測結果と対比して岩相区分の推定に用いられた。岩相は全部で4つに分けられ(UnitI-IV)、主に年代や岩石の固結度の違いによって1507m以深のUnitIVが付加体であると考えられている。粘土鉍物の割合と全岩組成分析結果から得られた難溶性元素比(Ti/P)は、UnitIVとその上部の前弧海盆堆積物とは異なる比を示しており、これは堆積物の供給源が異なった事を示している。これらの分析結果からもUnitIVは付加体である可能性が高いと考えられる。このようにカッティングスにおいて観察結果はもとより、XRD、XRF分析結果は付加体物質の物質変化を検討する際に非常に有用である。しかし同時に、孔内計測から推定された岩相やコアとカッティングスの分析結果の対比から、上方深度からのカッティングス試料混入の可能性が示唆されており、カッティングスを取り扱う際にどの程度の混入があるのか注意深く検討しなければならない。

全深度においてカッティングス、コアともに堆積物には有機物が大量に含まれている。浅部では褐炭が多く、一部ビトリナイト化している。付加体部分(UnitIV)ではビトリナイトが多く観察される。反射率は0.2-0.35%を示し、堆積年代を考慮した温度換算では50-60度となる。反射率は深度が増すにつれて増加し、現在の地温勾配と似た増加率を示す。これらの結果は、現在の前弧海盆直下の付加体が沈み込まずに付加している事を示している。今後、超深度掘削によって深部方向のデータが増えると南海トラフ付加体の被熱構造がより明らかとなり、付加過程を議論できると期待される。

キーワード: 付加体, ビトリナイト, ライザー掘削, カッティングス, 南海トラフ地震発生帯掘削計画

Keywords: Accretionary prism, Vitritinite, Riser drilling, cuttings, NanTroSEIZE

延性領域での能動的地熱利用を目指す Japan Beyond-Brittle Project (JBBP) の概要 Outline of the Japan Beyond-Brittle Project (JBBP) for geothermal energy development in ductile zone

浅沼 宏^{1*}, 村岡洋文², 伊藤久男³

ASANUMA, Hiroshi^{1*}, Hirofumi Muraoka², Hisao Ito³

¹ 東北大学・大学院環境科学研究科, ² 弘前大学・北日本新エネルギー研究所, ³ 海洋研究開発機構

¹ Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ² North Japan Research Institute for Sustainable Energy, Hirosaki University, ³ JAMSTEC

Geothermal energy is one of the most promising solutions for global warming, shortage of energy resources, and national energy security. Utilization of geothermal energy has not been promoted during the last 10 years in Japan because of cost consideration, amount of generated electricity per a power plant, various uncertainties and risks, although Japan has 3rd world largest potential of hydrothermal energy. Engineering approach to artificially create geothermal reservoirs (EGS: engineered geothermal systems) in granitic basement has been highlighted recently because of applicability to many of the sites where permeable fracture system and satisfactory water charge can not be found, and EGS projects are under way in many countries. However, some critical problems have been experimentally identified, such as low recovery rate of injected water, unexpectedly small improvement in permeability, and occurrence of large induced seismicity (Majer et al., 2007).

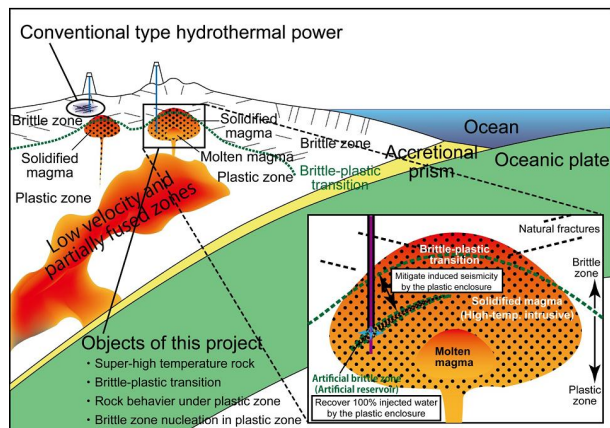
We understood that such problems in the EGS development can not be evaded because they are highly related to the nature of brittle rock mass, and, hence, propose a new concept of the engineered geothermal development where reservoirs are created in ductile basement (see figure). We expect that power generation using the EGS reservoirs in ductile zone especially in Northeast Japan have advantages, namely: (a) homogeneous rock properties and stress make it simpler to design and control the reservoir, (b) nearly full (100%) recovery of injected water from hydraulically closed reservoir can be achieved, (c) sustainable energy production would be realized by controlling water injection rate, (d) shallower brittle-ductile transition depth in the Northeast Japan (Muraoka and Yano, 1998) can effectively reduce costs for drilling and operational risks, (e) widely distributed ductile zones in relatively shallow depth in the Northeast Japan have potential for a large quantity of power generation, (f) possible common characteristics of the ductile zones brings universal design/development methodology free from the site dependency, and (g) induced/triggered earthquakes with disastrous magnitude do not occur from/around the reservoirs.

Scientific and technological breakthroughs are indispensable to realize the EGS system in ductile zones. Hydraulic stimulation, the most important process to create artificial fracture systems, has been commonly used in geothermal and oil industries, and experimental/theoretical studies have been made to understand physics behind the stimulation. Meanwhile, few investigations on the hydraulic stimulation in the ductile zone have been ever made. Control factors of the human created fracture systems in the ductile zone, including stress, constitutive laws, homogeneity of physical properties, and presence of liquid/gas, should be clearly investigated, and methods for design and modeling of the EGS reservoir should be derived based on the clarified control factors. Monitoring of the reservoir extension is another key issue to be considered. Induced seismicity has been widely used for monitoring in the previous EGS projects, however, considering the depth and temperature of the target and expected magnitude of the seismicity, the seismic monitoring may not have sufficient ability to provide information on the behavior and characteristics of the reservoir. New principles and technology development for the monitoring must be investigated.

We referred to the development of EGS system in the ductile zone as "Japan Beyond-Brittle Project (JBBP)" and have initiated project preparation. First few years will be spent for scientific investigation and technology development, and deep borehole will be penetrated into ductile zone in Northeast Japan afterwards. We expect that feasibility of the EGS system in the ductile zone can be demonstrated from information from the borehole and multi-level hydraulic stimulation in the brittle-ductile transition zone.

キーワード: 涵養地熱系, 延性領域, 能動的地熱開発, 水圧破碎

Keywords: EGS, JBBP, Ductile zone, Hydraulic stimulation, Geothermal power generation



IODP 1256D 孔超高速拡大地殻の深部構造とメルト・流体移動 Deep structures and melt-fluid migration in the Hole 1256D Superfast-Spread Crust

安間 了^{1*}, VELOSO Andres², HAYMAN Nicholas³, WILSON Douglas⁴, FERRE Eric⁵, 遠藤 大介¹, DEANS Jeremy⁶, TILL Jessica⁷, MORRIS Antony⁸, TOMINAGA Masako⁹, ILDEFONSE Benoit¹⁰, TEAGLE Damon¹¹, Exp. 312 & 335 Science Parties¹²

ANMA, Ryo^{1*}, VELOSO Andres², HAYMAN Nicholas³, WILSON Douglas⁴, FERRE Eric⁵, ENDO Daisuke¹, DEANS Jeremy⁶, TILL Jessica⁷, MORRIS Antony⁸, TOMINAGA Masako⁹, ILDEFONSE Benoit¹⁰, TEAGLE Damon¹¹, Exp. 312 & 335 Science Parties¹²

¹ 筑波大学生命環境系, ²Universidad Catolica del Norte, ³University of Texas, ⁴University of California, Santa Barbara, ⁵Southern Illinois University at Carbondale, ⁶Texas Tech University, ⁷University of Minnesota, Minneapolis, ⁸University of Plymouth, ⁹Woods Hole Oceanographic Institution, ¹⁰Universite Montpellier II, ¹¹University of Southampton, ¹²IODP-Texas A & M University

¹University of Tsukuba, ²Universidad Catolica del Norte, ³University of Texas, ⁴University of California, Santa Barbara, ⁵Southern Illinois University at Carbondale, ⁶Texas Tech University, ⁷University of Minnesota, Minneapolis, ⁸University of Plymouth, ⁹Woods Hole Oceanographic Institution, ¹⁰Universite Montpellier II, ¹¹University of Southampton, ¹²IODP-Texas A & M University

赤道域東太平洋ココス・プレートに掘削された ODP-IODP 1256D 孔は、超高速拡大軸で形成されてから改変を受けていない海洋地殻の上部（堆積物・玄武岩層・シート状岩脈群）を掘り抜き、斑禰岩層（Gabbro 1 および Gabbro 2）に達した。2011 年に行われた Exp.335 では、同孔を 20 m 程度掘進し、斑禰岩岩脈の下部から granoblastic な組織を持つ玄武岩類（Granoblastic dike）を回収した。これらの中には、玄武岩の部分溶融を示唆する閃緑岩脈や、斜方輝石脈や変質鉱物脈の複雑な cross-cutting relationship を示唆する試料が含まれている。本発表では、これらの試料から明らかになってきた、超高速拡大地殻の深部構造とメルト・変質流体の移動のメカニズムを考察する。

1256D 孔は C5Br-C5Bn.2n 境界（15.16 Ma）付近に位置し、垂直から西側に 5 度程度傾斜する。GPIT ロギングの結果、1256D 孔上部は reverse polarity を、granoblastic dike より下位では normal polarity を示す。Gabbro 1 は 15.04 ± 0.18 Ma の、Gabbro 2 は 15.20 ± 0.17 Ma の U-Pb 年代をもち、超高速拡大軸で形成された海洋地殻下部の磁気構造がマグマ溜まりの冷却速度によって規制されていることを示唆する。

船上で IODP 座標系に基づいて測定された第 312 航海コア試料の構造方位と帯磁率異方性方位を、古地磁気データを用いて地理学的座標系に復元した。復元は GPIT によって得られた海洋地殻磁気構造を仮定して行った。復元したシート状岩脈の貫入面は、NNW-SSE（地磁気緯に平行）の走向を持ち、海嶺方向に向かって急角度（70°-80 度）に傾斜する。帯磁率異方性の Kmax は走向に平行で、Kmin は垂直方向であった。シート状岩脈の中でマグマは水平方向に移動したこと、冷却・固化する前に圧密を受けたことが示唆される。回収された斑禰岩の岩脈境界もシート状岩脈とほぼ調和的な貫入面を示す一方、textural banding などの内部構造は東向きにゆるやかに傾斜する。Granoblastic dike を母岩とする閃緑岩脈は不規則な形態をもち、含角閃石変質帯を伴うことがある。準水平から中角度で、さまざまな方位に傾斜する。閃緑岩脈の中で酸化物の多い部分と石英（？）の多い部分が認識され、コアスケールでも分化が生じている可能性が示唆される。斜方輝石脈は不規則な形態を示す。斜方輝石脈と閃緑岩脈の関係は明らかでないが、両者ともアクチノ閃石を含む変質脈によって切られる。角閃石変質脈はさまざまな厚さの含角閃石変質帯を伴う。30 度以下の傾斜のもの、高角度（60 度以上）のものとパイモーダルな分布を示すが、両者とも NW-SE 走向が卓越する傾向にある。Brittle な節理も同様の傾向を示す。復元された構造は、シート状岩脈の貫入から節理の発達に至るまで、拡大方向の伸張が卓越していたことを示唆する。一方で、メルトや熱水流体は海嶺軸に平行に移動した可能性が示唆される。

キーワード: 海洋地殻, 構造, メルト移動, 古磁気, 年代測定, 超高速拡大海嶺

Keywords: oceanic crust, structure, melt migration, paleomagnetism, dating, superfast spreading ridge

GONAF (北アナトリア断層での観測孔計画) の概要 Outline of the GONAF: A deep geophysical observatory at the NAFZ

伊藤 久男^{1*}, Marco Bohnhoff², Georg Dresen², Mustafa Aktar³, Fatif Bulut², Haluk Eyidogan⁴
ITO, Hisao^{1*}, Marco Bohnhoff², Georg Dresen², Mustafa Aktar³, Fatif Bulut², Haluk Eyidogan⁴

¹ 海洋研究開発機構, ²GFZ, ³Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, ⁴Istanbul Technical University

¹JAMSTEC, ²GFZ, ³Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, ⁴Istanbul Technical University

We will start drilling under the GONAF (Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault) project in 2012, which is partly supported by ICDP.

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is the most active plate-bounding strike-slip fault in Europe that follows an EW trend offshore through the Sea of Marmara within less than 20 km south of Istanbul. The fault has produced a series of large and devastating earthquakes during the 20th century starting in 1939 in eastern Anatolia and then systematically propagating westwards. The most recent $M > 7$ earthquakes occurred in 1999 near Izmit and Duzce and temporarily produced accelerated seismic activity along the NAFZ south of the greater Istanbul area below the Sea of Marmara now representing a seismic gap of up to 150 km length. This part of the NAFZ is the only segment that has not been activated in the present series and may have accumulated a slip deficit of up to 4-5 m since the last event in 1766. Recent estimates indicate a 35-70% probability for the occurrence of a $M > 7$ earthquake close to the population center of Istanbul by 2034. Owing to post-seismic stress redistribution after the 1999 Izmit earthquake the eastern part of the seismic gap along the Princes Islands segment is likely subjected to enhanced stresses.

The principal scientific objective is to study physical processes acting before, during and after the expected $M > 7$ earthquake along the Princes Islands segment of the NAFZ by monitoring microseismic activity at significantly reduced magnitude detection threshold and improved hypocentral resolution. It is also intended to study wave propagation characteristics of a large earthquake using downhole seismic recordings at two different spots along the expected rupture and potentially close to its initiation point.

GONAF is focused on the installation of a deep borehole seismological observatory. Combining GONAF recordings with existing nearby surface arrays and regional permanent stations will allow to substantially improve monitoring conditions along the entire Princes Islands segment by lowering the magnitude-detection threshold by at least one order of magnitude thus allowing to study the spatial and temporal evolution of microseismic activity prior to the expected Marmara earthquake with unprecedented detail. GONAF will involve two vertical chains of downhole short-period and broadband seismometers allowing to record the entire frequency band of the seismic wavefield close to the fault from two different azimuths. Prior to the long-term installation of the seismological observatory we will use the GONAF boreholes to also measure heat and gas/fluid flow and to determine orientation and magnitude of local stresses for the first time in the entire Marmara region. This will in turn allow to test and calibrate existing stress models.

GONAF will give new insight into physical processes acting prior and potentially also during and after a large ($M > 7$) earthquake at a major transform fault zone during the seismic cycle. Moreover, GONAF is expected to address fundamental questions related to rupture dynamics, temporal changes of material properties and to refine and calibrate ground shaking models and near-real time hazard assessment for the mega-city of Istanbul with its > 13 million inhabitants.

キーワード: 北アナトリア断層, ICDP, オブザーバトリー

玄武岩質ガラスの二酸化炭素、水含有量から推定される 145Ma シャツキーライズの隆起および沈降

Paleo-elevation and subsidence of ~145 Ma Shatsky Rise inferred from CO₂ and H₂O in fresh volcanic glasses

清水 健二^{1*}, 清水 ノブミチ², 佐野 貴司³, 松原 典孝⁴, Sager William⁵

SHIMIZU, Kenji^{1*}, SHIMIZU, Nobumichi², SANO, Takashi³, MATSUBARA, Noritaka⁴, SAGER, William⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² ウッズホール海洋研究所, ³ 国立科学博物館, ⁴ 兵庫県立大学, ⁵ テキサス A&M 大学

¹JAMSTEC, ²WHOI, ³National Museum of Nature and Science, ⁴University of Hyogo, ⁵Texas A&M University

Shatsky Rise is a large Mesozoic oceanic plateau located in the northwest Pacific. It consists of three massifs, Tamu, Ori and Shirshov Massifs, which formed along the trace of a mid-ocean ridge triple junction. Because of this setting, Shatsky Rise is uniquely suited to testing plume head versus ridge-controlled hypotheses of oceanic plateau genesis. We estimated paleo-eruption depths of Shatsky Rise massifs based on dissolved CO₂ and H₂O of volcanic glasses and core descriptions that were cored from five drilling sites of Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 324. The elevation of Shatsky Rise is estimated to be 2500-3500 m above the surrounding seafloor, which is consistent with a mantle plume formation if the average crustal thickness and density of Shatsky Rise are 21 km and 2.9-3.0 g/cm³, respectively. Short-term subsidence, which may be due to rapid isostatic adjustment of volcanic load, was detected from the downhole depth estimate profile of one drill site. Post-emplacment subsidence of Shatsky Rise was estimated to be ~3000m, which can be explained by thermal subsidence models. A slight increase of total subsidence was observed from the center of Tamu Massif (~2700m) toward Ori Massif (~3400m), implying existence of large buoyant mass, perhaps a refractory mantle root or prolonged magmatic crustal growth beneath the rise center.

This research was supported by IODP After Cruise Research Program, JAMSTEC.

キーワード: Shatsky Rise, 火山ガラス, 水, CO₂, 沈降, 隆起

Keywords: Shatsky Rise, volcanic glass, water, CO₂, subsidence, elevation

掘削コア試料の X 線 CT データ 3 次元イメージングサービス 3-dimensional imaging service of X ray CT scan data obtained from deep-sea core sample

久光 敏夫^{1*}, 山際伸一², 西山崇明³, 和田耕一²

HISAMITSU, Toshio^{1*}, Shinichi Yamagiwa², Takaaki Nishiyama³, Koichi Wada²

¹ (独) 海洋研究開発機構 高知コア研究所, ² 筑波大学大学院システム情報系, ³ 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

¹Kochi Institute for Core Sample Research, ²Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, ³Dept. of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, Univ. of Tsukuba

海底から得られる柱状コア試料を用いた研究において、半割前に X 線 CT スキャンを施し内部構造を可視化する機会が多くなりつつある。得られたデジタルデータを特殊なソフトウェアにより再構築することで、3次元のバーチャルなコア試料画像を得ることが可能だ。実際の試料は半割もしくは押し出された後に、個別試料の採取などにより物理的な破壊が進む。半面、デジタルデータはユーザーが好む部位を切り出す操作が自由にできるうえ、オリジナルデータの欠損がない限り何度でもやり直しが可能だ。加えて、僅かな CT 値変化をデータ処理により強調し、微細な内部構造の発見や研究応用が始まっている。統合国際深海掘削 (IODP) では、船上に設置された高精度 X 線 CT 機器によるコア試料のスキャンがスタンダード計測に加えられている。

データは DICOM (Digital Image and Communication in Medicine) という、やや特殊な形式が用いられる。これは、X 線 CT や MRI といったスキャナーが医療用に開発されたものであることに起因する。撮影設定や表示規格、患者データなど細かい情報を同時に格納する特殊な構造を持つ。そのためデータは機器本体の特性や処理方法に依存する傾向が強く、他機器とのデータ互換性に劣る。地質試料のデータを読み取るために同じハードウェアを購入することは現実的ではないため、DICOM ビューワーという読み取りソフトを用いることになる。ビューワーは PC 上で DICOM データの画像再構築が容易に行える利点があるが、高精度描画にはマシンスペックがネックになることがある。また、一つのコアセクション試料の画像ファイルは数十~数百 MB と巨大なことも問題である。一つのサイトにおける掘削コア全データ容量は、試料リカバリーが高く本数が多い場合には数 TB にもなってしまう。このため、研究者は予め他の分析結果やプレビュー画像から興味のあるセクションを選択し、最小限のデータ量と時間を充てるよう工夫が求められる。

船上等において得られた膨大なデータを、端末のスペックに寄らず簡便に閲覧することはできないのだろうか？プレビューよりも一歩進んだ、3次元画像の高速描画が可能となることで、ユーザーに負担となる金銭的、時間的制約は大きく解消できるだろう。本研究では、データおよび描画演算処理を配信側で行い、ユーザーからのリクエストに応じたインタラクティブな画像配信モデルを模索する。演算には高スペックの GPU を使い、ユーザー側は専用のブラウザアプリケーションを利用する。配信される画像は3次元画像のスナップショットとなり、一般的なディスプレイ上では DICOM ビューワーで構築した画像と大差はないものとする。また、軽量データ通信や演算方法を工夫することで携帯可能なタブレットなどの端末からアクセスできるようなイメージングサービスを目標とする。

キーワード: コア試料, X 線 CT 画像, 3 次元画像, バーチャルコア, DICOM 形式, クラウド

Keywords: core sample, X-ray CT image, 3-dimensional graphic, virtual core, DICOM format, cloud

シャツキー海台タム山塊における火山碎屑岩類の堆積相 Volcaniclastic facies associations of Tamu Massif, Shatsky rise

松原 典孝^{1*}, 大賀正博², 清水健二³, 佐野貴司⁴

MATSUBARA, Noritaka^{1*}, Masahiro Ooga², Kenji Shimizu³, Takashi Sano⁴

¹ 兵庫県立大学自然・環境科学研究所, ² 同志社大学大学院理工学研究科, ³ 海洋研究開発機構, ⁴ 国立科学博物館地学研究部
¹Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo, ²Department of Environmental System Science, Doshisha University, ³JAMSTEC, ⁴Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science

北西太平洋に位置するシャツキー海台はジュラ紀後期～白亜紀前期に急速に拡大する三重会合点で形成された大規模海台である。シャツキー海台の形成様式は未だ十分には解明されておらず、海台を構成する火山岩・火山碎屑岩類の堆積課程も明らかにされていない。統合国際深海掘削計画 (IODP) 第 324 次航海では、シルショフ山塊で 1 サイト (サイト U1346)、オリ山塊で 2 サイト (サイト U1349 と U1350)、タム山塊で 2 サイト (サイト U1347 と U1348) の掘削が行われた。特に、サイト U1348 のコアからは浅海性石灰質砂岩を挟む一部で比較的新鮮なガラスを含む、変質した厚い (~120 m) 火山碎屑岩類が得られた。本研究では、これら火山碎屑岩類を対象に堆積相解析を行い形成過程を明らかにした。

研究対象としたサイト U1348 は 6 つのユニットに区分される (Sager et al., 2010; Proc. IODP vol. 324)。その中でユニット III～VI はそのほとんどが変質したガラス片や火山碎屑物からなり、一部で石灰質砂岩を伴う。変質したガラス片や火山碎屑物は成層し、しばしば層理面が傾斜する。級化構造 (正級化・逆級化) や葉理が発達する。これら火山碎屑岩類および碎屑岩類について、堆積相解析を行い、9 の堆積組相に区分した。

U1348 を構成する火山碎屑岩類、碎屑岩類の主な堆積組相は、3 種の再堆積ハイアロクラスタイト (主に重力流による)、原地性ハイアロクラスタイト、再堆積ハイアロクラスタイトと原地性ハイアロクラスタイトの混在相、低密度ターピダイト、高密度ターピダイト、粒子流堆積物、石灰質砂岩とエピクラステイクスの混在相に区分される。ハイアロクラスタイトとターピダイトの存在は、これらが水底に堆積したことを示唆している。ウェーブリップルが認められないことから、堆積深度は波浪限界以深だったものと考えられる。層理面の傾斜や堆積組相の特徴、上部ほど層理面の傾斜が緩くなることは、サイト U1348 から得られたコアが火山体のスロープエプロンを構成しており、山体が成長することによりスロープエプロンが前進していたことを示唆している。なお、この研究は IODP 乗船後研究の一環で行った。

キーワード: シャツキー海台, タム山塊, 堆積相解析, 水底火山, 重力流, ハイアロクラスタイト

Keywords: Shatsky Rise, Tamu massif, facies analysis, submarine volcano, sediment gravity flow, hyaloclastite

東太平洋 IODP Site U1337 における陸源・生物源磁性鉱物の氷期・間氷期変動と熱帯収束帯の位置の変化 Paleoposition of Intertropical Convergence Zone in the east Pacific inferred from glacial-interglacial magnetic changes

山崎 俊嗣^{1*}

YAMAZAKI, Toshitsugu^{1*}

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

Magnetic properties are increasingly used for paleoclimatic and paleoceanographic studies. Utilizing recently developed proxies, an environmental magnetic study was conducted on the uppermost 12 m sediments of IODP Site U1337 in the eastern equatorial Pacific. This interval is above the Fe-redox boundary, and covers the last ~800 kyr. The site is located near the present southern boundary of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), and thus expected to be sensitive to variations of its position. Ratio of anhysteretic remanent magnetization susceptibility to saturation isothermal remanent magnetization (kARM/SIRM), first-order reversal curve diagrams, and IRM acquisition curves indicate that the magnetic mineral assemblage consists of dominant biogenic component and minor terrigenous component. Two groups, the biogenic soft (BS) and hard (BH), are identified for the biogenic component, which probably correspond to different magnetofossil morphology. The BH component, probably carried by elongated magnetofossils, increases in sediments of glacial periods, which are probably in less oxic conditions due to increased ocean productivity. This demonstrates that magnetofossil morphology, which can be discriminated by rock-magnetic technique, is a sensitive indicator of slight oxic-suboxic environmental fluctuations in sediments. Temporal variations of the terrigenous component, most likely transported as eolian dust, were estimated from kARM/SIRM ratio and S-ratio; significant glacial-interglacial variations occurred at Marine Isotope Stage (MIS) 10 and before, but not after. In addition, coeval upcore increases in sedimentation rates and the BH component were observed, suggesting increased productivity. These observations may indicate that the position of ITCZ was southward than today at ~250 ka and before.

キーワード: 環境磁気学, 熱帯収束帯, 風成塵, 生物源マグネタイト, 統合国際深海掘削計画, 東太平洋

Keywords: environmental magnetism, ITCZ, eolian dust, biogenic magnetite, IODP, east Pacific

IODP Site U1331, U1332 堆積物試料からの漸新世～始新世にかけての古地磁気強度 相対値の見積もり Relative geomagnetic paleointensity estimation from the IODP Site U1331 and U1332 sediments for Eocene and Oligocene

山本 裕二^{1*}, 山崎 俊嗣²

YAMAMOTO, Yuhji^{1*}, YAMAZAKI, Toshitsugu²

¹ 高知大学, ² 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹Kochi University, ²Geological Survey of Japan, AIST

Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expeditions 320 and 321 recovered sediment cores from equatorial Pacific. Cores taken from Sites U1331 and U1332 covered Eocene and Oligocene (Expedition 320/321 Scientists, 2010). Although many efforts have been made to reveal relative geomagnetic paleointensity variations in geologic time, those prior to ca. 3 m.y. have been not yet reported except a few studies.

This study concentrates on paleomagnetic and rock magnetic measurements on the Site U1331 and U1332 sediment cores. The measurements include stepwise alternating field demagnetization of the natural remanent magnetization (NRM), the anhysteretic remanent magnetization (ARM) and the isothermal remanent magnetization (IRM). The magnetostratigraphy constructed from the NRM data show that the sedimentary section extends from 29.166 to 41.358 Ma for U1331 (10-90 mcd), and from 23.030 to 41.358 Ma for U1332 (20-125 mcd).

Intensity variation of ARM and IRM is within about a factor of six throughout the core. Ratio of ARM to IRM (ARM/IRM), that is index parameter for degree of magnetostatic interactions and/or proxy of magnetic grain size, differs between Eocene and Oligocene. These suggest that we should divide the cores into Eocene and Oligocene intervals in order to try relative paleointensity (RPI) estimation. RPI estimates have been done by using ARM and IRM as normalizers for NRM. RPIs by ARM and IRM generally show consistent variations. However, several experimental results imply that RPI by IRM may be more preferable. We will report the RPI estimates from the U1331 and U1332 cores and compare these estimates.

過去 3000 万年にわたる東部赤道太平洋堆積物中の高等植物由来テルペノイド組成の変動

Variations in higher plant terpenoid compositions in the eastern equatorial Pacific sediments over the last 30 Ma

中村 英人^{1*}, 沢田 健¹, 山本 真也², 小林 まどか¹

NAKAMURA, Hideto^{1*}, SAWADA, Ken¹, YAMAMOTO, Shinya², KOBAYASHI, Madoka¹

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 北海道大学低温科学研究所

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² Instit. Low Temp. Sci. Hokkaido Univ.

We analyze terrestrial plant-derived biomarkers (higher plant terpenoids; HPTs) in sediments recovered during the IODP Expeditions 320/321, the Pacific Equatorial Age Transect (PEAT), to reconstruct variations in terrestrial input in the eastern equatorial Pacific Ocean, as well as to evaluate transport systems of terrigenous matter from land to ocean. Terrestrial plant-derived organic molecules in these pelagic areas are considered to be mainly transported through atmosphere by aeolian system. The HPTs such as sesqui-, di- and triterpenoid are major constituents of plant resin, cuticle and supportive tissues. These groups possess different taxonomic origin (i.e. gymnosperms and angiosperms), so that their compositions in the PEAT sediments could be recorded climatic system such as wind strength and direction, and atmospheric circulation, and moreover, the environmental information in the hinterland of continental area(s).

In this study, we perform organic solvent extraction from freeze-dried sediment samples, and separate the extract to four fractions by using silica gel column chromatography. Each separated fractions are analyzed by gas chromatography / mass spectrometer (GC/MS). Because of extremely low concentration and frequent coelution for the HPTs, we quantify by selected ion monitoring (SIM) chromatogram with the representative ions of the compounds.

We could identify the HPTs such as cadalene (sesquiterpenoid), abietane type diterpenoids and oleanane type triterpenoids. The total concentrations of HPTs were 0.03-7.90 ng/g and increased over the last 10 Ma. Paleo-latitude distributions of the ratios of the Ole/(DT+Ole) ratio, which is oleanoids to the sum of the oleanoids and diterpenoids, show the highest values near the equator (1°S to 3°N). Oleanoids are relatively abundant only in 0°N to 2°S until the middle Miocene, while the northernmost latitudinal samples are predominated by gymnosperm-derived diterpenoids. Oleanoid-dominant samples appear in northern latitude (0°N to 3°N) during the late Miocene and Pleistocene sediment samples. The result agreed with the general trends of higher plant wax-derived n-alkane ratios ($C_{31}/(C_{29} + C_{31})$), in which the lowest values were observed near the equator, presumably associated with zonal transport of higher plant wax from the tropical South America. The oleanoids mainly originate from angiosperm wax, and therefore, the transport mechanism may be the same as n-alkanes. The rainforest is major vegetation in The tropical South America is characterized by the major cover of rainforest which vegetation is predominated by the angiosperms. Atmospheric transport via aeolian dust from the semiarid and arid region of the central East Asia and North America can also contribute in significant portion of n-alkanes and HPTs in the eastern equatorial Pacific Ocean. The HPTs transported from such arid and/or cool hinterlands might be more abundant in diterpenoids, compared to that from tropical South America. In the study area, the intertropical convergence zone (ITCZ) behaves as a barrier to southward transport of dust from the Asia with its high rainfall, resulting higher deposition of aeolian dust in the latitude. The a little northward areas from the suggested zonal transport shows higher concentrations of HPTs and low Ole/(DT+Ole) ratio. Hence the latitudinal positions of the paleo-ITCZ may correspond to this area.

It is suggested that the latitudinal shift of locations that HPT concentrations and compositions are associated with the change in atmospheric circulation in study area, and that the ITCZ located southward during the early to middle Miocene.

キーワード: 赤道太平洋年代トランセクト, ITCZ, 大気輸送, 高等植物テルペノイド

Keywords: Pacific Equatorial Age Transect (PEAT), InIntertropical Convergence Zone, aeolian transport, Higher Plant Terpenoid

赤道東太平洋 (IODP Exp. 321 Site U1338) の放散虫生層序

The radiolarian biostratigraphy in east equatorial Pacific Ocean (IODP Exp. 321 Site U1338)

大金 薫^{1*}, 遠藤俊太郎², 鈴木紀毅², 上栗 伸一³, テッド・ムーア⁴

OGANE, Kaoru^{1*}, Shuntaro Endo², Noritoshi Suzuki², Shinichi Kamikuri³, Ted Moore⁴

¹ 文教大学, ² 東北大学, ³ 高知大学, ⁴ ミシガン大学

¹Bunkyo University, ²Tohoku University, ³Kochi University, ⁴University of Michigan

赤道太平洋東部は、赤道湧昇のために海洋表層への多くの栄養塩が供給され、高い生物生産を示す。この海域では、ケイ質骨格を持つ放散虫もまた、多く産出する。近年、表層、特にこうした低緯度域の基礎生産を担う生物として、放散虫の共生藻類が注目されつつある (Suzuki and Aita, 2011)。今後、古海洋、特に赤道域の古海洋研究を進める上で、放散虫、特に共生藻類を持つ放散虫の挙動は、重要な情報となる。この研究では、赤道太平洋東部で掘削された IODP Site U1338 で掘削されたコアの、放散虫生層序を確立し、今後の放散虫研究を進める上での基礎データとすることを目的とした。

Site U1338 は、IODP Exp. 321 (Pacific Equatorial Age Transect (PEAT)) で掘削された。PEAT は、東太平洋赤道海域における過去の海洋環境変動の解明を目的としたもので、Exp. 320 と Exp. 321 の 2 回の航海で、Site U1331 から U1338 まで 8 か所で掘削が行われた。このうち Site U1338 は最も東の、北緯 2°30.469'、西経 117°58.162' W の地点に位置し、Hole A から Hole B までの 4 本のコアが掘削されている。このコアの岩相は Unit I から Unit IV までの 4 つに区分されている。Unit I は、主にナンノ軟泥と珪質軟泥の互層からなる。Unit II は、珪藻を多く含む層が狭在する軟泥からなる。Unit III は、上部はナンノ軟泥であるが、下部ではナンノチョーク・石灰質チョークへとなる。Unit IV は、玄武岩である。本研究では、ここで掘削されたコアのうち、Hole A から、1 コア当たり約 4 試料、合計 169 試料を選び、解析に使用した。試料は、過酸化水素と塩酸で処理の後、目合い 63 μm の篩を通して水洗し、後に乾燥させた。乾燥残渣でプレパラートを作成して生物顕微鏡で検鏡し、放散虫を観察した。

検鏡の結果、Unit III の最下部と Unit IV を除く全ての試料から、放散虫化石の産出を確認した。化石の保存状態は全体的に良好で、産出個体数も多かった。しかし、Unit IV 下部のチョークでは、放散虫化石の産出量が若干減り、保存状態もやや悪くなった。

産出した放散虫のうち、*Spongaster tetras tetras* Ehrenberg, *Spongaster berminghami* (Campbell and Clark), *Didymocyrtis tetrathalamus* (Haeckel) 等、25 属 56 種が生層序指標種であった。これらの初産出・最終産出から、生層序基準面 56 層準を確認した。これらの生層序基準面に基づくと、Site U1338 の放散虫化石層序は、Nigrini and Sanfilippo (2001) の放散虫化石帯 RN16-17 から RN3、年代にして後期更新世から前期中新世までの時期に相当していることが分かった。また、連続性がよく、なおかつ再堆積はほとんど見られなかった。さらに、放散虫年代は、Palike et al (2010) (Preliminary Report) で報告された、石灰質ナンノ化石、浮遊性有孔虫、珪藻、古地磁気等の年代ともほぼ一致した。

キーワード: 放散虫, 生層序, 赤道太平洋

Keywords: Radiolaria, Biostratigraphy, east equatorial Pacific Ocean

赤道太平洋東部における中期中新世以降の深海底生有孔虫群集と海洋環境変動 deep-sea benthic foraminiferal assemblage in the eastern equatorial Pacific since the latest middle Miocene

辻本 彰^{1*}, 野村律夫¹, 高田裕行², 木元克典³

TSUJIMOTO, Akira^{1*}, Ritsuo Nomura¹, Hiroyuki Takata², Katsunori Kimoto³

¹ 島根大学 教育学部, ² 釜山大学, ³ 海洋研究開発機構

¹Faculty of Education, Shimane University, ²Pusan National University, ³JAMSTEC

Our research objective is to study the influences of the climatic and oceanographic changes on deep-sea benthic foraminifera from the middle Miocene to Pleistocene. The mid-Miocene climatic optimum was followed by rapid global cooling, when Antarctic ice sheets expanded. In the middle Miocene to Pliocene, there are paleoceanographic events, such as "carbonate crash" (12-9 Ma) and "biogenic bloom" (6.7-4.5 Ma). These events are strongly influenced by ocean circulation changes. Such oceanographic changes enhanced the evolution of marine organisms.

Samples used in this study were collected in the eastern equatorial Pacific (Hole U1338B, IODP expedition 321), and studied interval is 12 to 0 Ma.

The relative abundance of high-productivity taxa increased at ca. 7-5 Ma, corresponding to high TOC interval (biogenic bloom). Long-term trend of benthic foraminiferal assemblage revealed that major faunal changes occurred at around 6-5.5 Ma and 2 Ma. The former period is the Messinian to the Pliocene transition period, and the relative abundance of *Cibicides mundulus* decreased and the relative abundance of *Epistominella exigua* increased. *Cibicides mundulus* and *Nonion* affine increased after the latter period. *Epistominella exigua* is good indicator of the influence of seasonal surface primary production. On the other hand, *Cibicides mundulus* prefers a low organic content substrate related to NADW (north Atlantic deep water). Thus, these foraminiferal changes are associated with the global oceanographic changes related to these factors.

キーワード: 底生有孔虫, 古海洋, 中新世, 鮮新世, 赤道太平洋, IODP Expedition 321

Keywords: benthic foraminifera, paleoceanography, Miocene, Pliocene, equatorial Pacific, IODP Expedition 321

中期-後期中新世における海水の Os 同位体比変動および深海堆積物への Re, Os, Ir の蓄積過程

Mid- Late Miocene marine Os isotopic fluctuation and burial fluxes of Re, Os and Ir into deep-sea deposits

伊藤 孝^{1*}, 黒田潤一郎², RAVIZZA Greg³
ITO, Takashi^{1*}, KURODA Jun-ichiro², RAVIZZA Greg³

¹ 茨城大学教育学部, ² 海洋研究開発機構, ³ University of Hawaii, Manoa

¹Ibaraki University, Faculty of Education, ²JAMSTEC, ³University of Hawaii, Manoa

目的

IODP Exp. 321, U1338B の 238mCSF-A - 335mCSF-A 間, 時代にして 14Ma から 11Ma の炭酸塩堆積物を対象として, 海水 Os 同位体比変動の復元, および深海における Re, Os, Ir の蓄積速度について検討した。その目的は, これまで低時間精度しか持たなかった中期-後期中新世の海水 Os 同位体層序を復元すること, および Os, Re および Ir の堆積物への蓄積要因について明らかにし, その古海洋学的な意義を検討することである。

分析

分析した試料はナノ化石軟泥であり, その堆積年代は 14Ma から 11Ma, 分析頻度は約 4 万年である。分析項目は, ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 比, Re, Os および Ir 濃度である。¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 比および Os 濃度は全岩, 硝酸一過酸化水素溶出部 (以下, 溶出部), Re 濃度は溶出部のみ, その他の PGE 濃度は全岩について分析した。

結果および考察

(1) 海洋の Os 同位体比変動について

ここでは, Re からの壊変分を補正した, 溶出部の ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 比についてのみ議論する。本研究で得られた結果は, 14Ma から 11.8Ma にかけて高くなり, そこから 11Ma に向かい徐々に低くなっている。これらの傾向は, Klemm et al. (2005) に示された熱水性堆積物のコンパイルデータに見られる単調な上昇とは明らかに異なっている。また, マンガンクラストの分析から得られた 12Ma における急激な海水 Os 同位体比の低下とその後の急上昇 (Klemm et al., 2008) とも相反している。これらの傾向が本研究の結果と異なる要因は, 前者についてはデータの時間間隔の荒さ, 後者については年代決定の不確かさに原因があると考えている。

期間ごと検討すると, 14Ma から 11.8Ma にかけては 100 万年あたり ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 比で 0.047 高くなり, 11.8Ma から 11Ma にかけては 100 万年あたり ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os 比で 0.029 低くなっている。いずれも直線による回帰が可能であり, これらの期間に生成していることが明らかである自生鉱物については, Sr 同位体層序学的手法と同様に, Os 同位体比により年代決定が可能である。一方, 現時点では, 11.8Ma に海水 Os 同位体比の傾きが大きく変化した原因は明らかではない。ただ, この傾向は海水の酸素・炭素同位体変動曲線 (Zachos et al., 2001) と類似しており (Fig.), 全地球的な気候変動・炭素循環との対応関係があることが示唆される。

(2) Os, Re および Ir の蓄積速度

ここでは堆積物中の Os, Re および Ir について議論する。まずこれらの元素の濃度データを, 船上で得られた乾燥全岩密度と堆積速度 (Palike et al., 2010) を用いて, それぞれの蓄積速度に換算した。

Os の蓄積速度は, 60 - 330 pg/cm²/千年の範囲内であった。今回の分析層準を通して大きく変動しているが, 岩相・層序との関連が見られず, その変動要因は明らかでない。これまでの遠洋性堆積物における Os の蓄積速度に関する研究例は 2Ma 以降に集中しているが, いずれも本研究とほぼ同様の値をもつ (Dalai and Ravizza, 2006; Dalai and Ravizza 2010; Burton et al., 2010)。今回対象とした中期-後期中新世, および更新世後期から現世にかけて, 遠洋域における Os の蓄積速度はほぼ一定であった可能性が示唆された。

Re の蓄積速度は大きく変化し, 0.04 - 36 ng/cm²/千年の範囲内であった。ほとんどの層準は 3 ng/cm²/千年以下であるが, 12.3 - 12.0Ma および 11.1 - 10.9Ma の二層準のみ, 5 ng/cm²/千年を越え, 特に 11Ma 付近では 30 ng/cm²/千年を越えている。遠洋域においてこれほど高い Re の蓄積速度はこれまで報告されておらず (Burton et al., 2010), 現在その要因について考察中である。

Ir の蓄積速度は, 18 - 28 pg/cm²/千年の範囲内であった。層準による変化は少なく, 上で議論した Os, Re と比較して一定した値を有している。この値は, これまで報告されている 2Ma 以降の遠洋性堆積物からの値と同様の値を有している (Cave et al., 2003; Dalai and Ravizza, 2006; Dalai and Ravizza 2010; Kyte et al., 1993)。今回対象とした 14Ma から 11Ma 間において, 宇宙塵飛来速度はほぼ一定であり, かつ 2Ma 以降と同様の値を有していたことが示唆された。

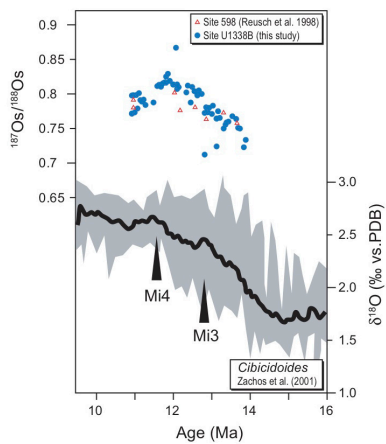
キーワード: オスミウム, 中新世, 古海洋, 統合深海掘削計画

Keywords: Os, Miocene, Paleoceanography, IODP, PEAT

MIS27-P18

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30



有機物の安定炭素同位体比変動 IODP ニュージーランド南島カンタベリー堆積盆地掘削コアを例にして

Fluctuations of stable carbon isotope ratio in organic matter - example from the IODP Site U1352 offshore Canterbury -

小林 由季^{1*}, 古藤 尚¹, 関めぐみ¹, 保柳 康一¹
KOBAYASHI, Yuki^{1*}, Sho Koto¹, Megumi Seki¹, HOYANAGI, Koichi¹

¹ 信州大学理学部地質科学科

¹ Department of Geology, Shinshu University, Japan

IODP Expedition317 次航海は、ニュージーランド南島東縁部のカンタベリー堆積盆地において、陸棚上で3か所(それぞれ水深84m, 113m, 122m)、陸棚斜面上で1か所(355m)の掘削をおこなった。これは縁辺海域における堆積サイクルを支配する汎世界的海水準変動と地域的なテクトニクスの相対的重要性の理解を目的として計画された。今回研究に用いた試料は、陸棚斜面上に位置するサイトU1352コから採取されたもので、このサイトは堆積間隔の少ない沖合の陸棚斜面上において、年代軸を設定する目的で掘削された。コアの回収率は掘削深度550mより上ではほぼ100%であった。

汎世界的な気候変化は海洋の有孔虫の酸素同位体比や安定炭素同位体比を基に研究されることが多い。しかしながら、海洋起源の有機炭素を用いて、気候変動に起因する大気中のCO₂の安定炭素同位体比変動を研究した例は数少ない。しかし、南半球においては、海洋有機物の安定炭素同位体比が緯度による変化を反映していることが知られており、これらの変動は表層海水の温度に依存していると考えられている(Rau et al., 1982)。

そこでこの研究では、ニュージーランド沖で掘削されたコアの海洋有機物の示す安定炭素同位体比が海洋酸素同位体比ステージ(MIS)と対応できるかについての検討を行った。すなわち、海洋起源の有機物質の安定炭素同位体比を測定し、有孔虫の酸素同位体比および安定炭素同位体比と、海洋の有機物質から得られた安定炭素同位体変動を対比させた。

U1352B コアの深度0m~深度500mの地点から224個の試料を2~3m間隔で選び、安定炭素同位体比の測定を行った。全体的な傾向としては、安定炭素同位体比は-23‰の値を取り、これは今回測定を行った有機炭素が植物プランクトン起源であることを示している。

測定間隔は、堆積速度より約10,000年である。海洋有機物の安定炭素同位体比を同じコアで分析された有孔虫の酸素同位体比および安定炭素同位体比と有機物の安定炭素同位体比は、同じ周期の変動を示した。また、全有機炭素(TOC)量も一致した変動を示し、これはRau et al. (1982)の温度依存性を裏づける。さらに、ナンノ化石によって求められた年代値を入れて、今回得られた安定炭素同位体比曲線を酸素同位体比曲線(Lisiecki and Raymo, 2005)と対比すると、非常に細かい精度でMIS1からMIS63(1.78Ma)を対応させることができた。

このことから、有機炭素の安定炭素同位体比対比を利用した堆積年代の推定がこの試料では可能であったと考えられる。

キーワード: 安定炭素同位体比, 海成有機物, 海洋酸素同位体比ステージ

Keywords: stable carbon isotope ratio, marine organic matter, Marine Isotope Stage

ニュージーランドカンタベリー堆積盆地における鮮新 - 更新統の貝形虫化石群集を用いた古環境解析

Paleoenvironments of the Plio-Pleistocene strata in Canterbury Basin based on fossil ostracode assemblages

中村 めぐみ^{1*}, 楠 慧子¹, 石田 桂¹, 保柳康一¹

NAKAMURA, Megumi^{1*}, Satoko Kusunoki¹, Katsura Ishida¹, Kouichi Hoyanagi¹

¹ 信州大学地質科学科

¹ Department of Geology, Shinshu University, Japan

IODP Expedition 317 は陸棚縁辺の堆積サイクルにおける地域的構造運動や堆積作用に対する汎世界的海水準(コースター)の相対的重要性を明らかにすることを目的として行われた。この航海によって、ニュージーランド南島沖カンタベリー堆積盆地で鮮新 - 更新世の堆積層が採取され、高時間分解能(0.1-0.5 m.y.)の堆積周期を記録していることが期待される。鮮新 - 更新世は3.5Ma頃の温暖期や2.75Maに始まる寒冷化といった気候変動で特徴づけられる。これまでに同期間について氷期間氷期に対応する海水準変動を明らかにした研究はあるが、その時空分布を長期間にわたって明らかにした研究はない。そこで本研究は、貝形虫化石の群集解析に基づいてカンタベリー堆積盆地陸棚上での前期鮮新世?前期更新世の詳細な古水深や古海洋の変動の時空分布明らかにすることを目的として行った。本研究では陸棚上の2サイトU1354(水深113.4m)およびU1353(水深84.7m)で掘削された試料を用いた。貝形虫化石の抽出を行った結果、U1354で用いた81試料から48属116種、U1353で用いた40試料から57属136種が産出した。それぞれ貝形虫の垂直変化を定量的に求めるためにU1354の81試料、U1353の29試料を用いてQ-モード因子分析を行った。因子分析結果や岩相などから、U1354では13回、U1353では8回の海進海退サイクルが確認された。さらに生層序を用いて両サイクルを対比した結果、およそ3.7Maから0.5Maまでに17回の海進海退サイクルを確認することができた。海水準変動幅や変動回数から、17回のサイクルのうち両コアで確認された4回の海進海退サイクルは氷河性海水準変動の影響を受けたと考えられ、MIS G7, G1, 61, 59と対比される。

Response of reef-building corals to post-glacial sea level rise: IODP Expedition 325 Response of reef-building corals to post-glacial sea level rise: IODP Expedition 325

Marc Humblet^{1*}, Don C. Potts², Jody M. Webster³, Yusuke Yokoyama⁴, IODP Expedition 325 scientists⁵
HUMBLET, Marc^{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, The 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, The University of Sydney, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁵IODP

Major objectives of the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 325 (GBREC: Great Barrier Reef Environmental Changes) include reconstructing histories of sea-level change, sea surface temperature variation and reef growth since the Last Glacial Maximum (LGM), and analyzing the responses of reef-building corals to post-glacial sea level rise. Submerged reef structures were drilled along four transects in three localities (Hydrographers Passage, Noggin Pass, and Ribbon Reefs) on the shelf edge seaward of the modern Great Barrier Reef. A total of 34 boreholes were cored at 17 sites ranging in depth from 42 to 167 meters below present sea level.

Seven coral assemblages are identified based on coral taxonomy and morphologies. Their paleoenvironments are inferred by comparison with modern coral communities of the Great Barrier Reef and range from shallow wave-exposed to deep low-energy reef habitats. The initial post-glacial coral assemblage is dominated by shallow-water massive-submassive-branching *Isopora* associated with branching *Acropora* and *Seriatopora*. The deeper assemblages consist mainly of encrusting to submassive *Montipora* and encrusting *Agariciidae*. Horizontal changes in coral assemblages along transects, from proximal to distal cores, probably reflect the changing reef geomorphology and hydrodynamic regime during sea level rise. Vertical changes within a core reflect an increase in water depth followed by a drowning of the coral community and the formation of the submerged reef tops. As sea level rose, shallow reef assemblages re-established further upslope and accumulated several meters of reef structure before drowning in turn.

キーワード: IODP Expedition 325 GBREC, Great Barrier Reef, corals, last deglaciation, sea level rise, paleoenvironmental changes

Keywords: IODP Expedition 325 GBREC, Great Barrier Reef, corals, last deglaciation, sea level rise, paleoenvironmental changes

IODP 第325次航海グレートバリアリーフ陸棚斜面掘削コアに産出する大型底生有孔虫化石群集解析 Large benthic foraminiferal assemblages from shelf slope cores of the Great Barrier Reef: IODP EXP. 325

柳岡 範子^{1*}, 仲田 潮子², 藤田 和彦³, 菅 浩伸⁴, 横山 祐典⁵, IODP Exp. 325 Scientists⁶

YAGIOKA, Noriko^{1*}, NAKADA, Choko², FUJITA, Kazuhiko³, KAN, Hironobu⁴, YOKOYAMA, Yusuke⁵, IODP Exp. 325 Scientists⁶

¹ 琉球大学大学院理工学研究科, ² 琉球大学理学部, ³ 琉球大学理学部物質地球科学科, ⁴ 岡山大学教育学研究科, ⁵ 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, ⁶IODP

¹Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, ²Faculty of Science, University of the Ryukyus,

³Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, ⁴Graduate School of Education, Okayama University,

⁵Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁶IODP

The Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 325 was conducted in 2010 on tectonically stable continental shelf slopes of the Great Barrier Reef (GBR) to understand sea-level changes, paleoceanographic changes and the history of coral-reef developments since the Last Glacial Maximum. A total of 34 boreholes in four transects were cored in depths ranging from 42 to 167 meters below sea level. Large benthic foraminifers are unique tools to reconstruct the past environmental histories (e.g., Fujita et al., 2010) for reef systems including paleo-water depths, and hence we aim to employ this method for GBR samples to reconstruct sea-level changes and reef development processes. Unconsolidated sediment samples from cores taken in three transects (HYD_01C, HYD_02A and NOG_01B) were used for grain-size and foraminiferal analyses, and multivariate analyses of foraminiferal assemblages were performed. Operculina spp. was common in a gravel fraction; it was particularly abundant in muddy sediments in the lower part of cores from deep shelf slopes. A total of 25 taxa of large benthic foraminifers were identified in a coarse sand fraction. Four foraminiferal assemblages (A, B, C, and D) were delineated by Q-mode cluster analysis and they correspond to distinct sedimentary environments; namely back reefs (assemblage A), fore-reef slopes with either high energy (assemblage B) or low energy condition (assemblage C), and deep shelf slopes (assemblage D). The assemblage A which is dominated by Baculogypsina sp. and Calcarina spp. would be a key to reconstruct past sea levels. The current study is indicative of the potential for reconstructions of paleo-sea-levels using large benthic foraminiferal assemblages.

下北沖 C9001C および C9002A/B コア中の中・後期更新世テフラ層序 Mid-late Pleistocene tephrostratigraphy of C9001C and C9002A/B cores off Shimokita, Tohoku Japan

青木 かおり^{1*}, 鈴木 毅彦², 河合 貴之², 坂本 竜彦³, 飯島 耕一³

AOKI, Kaori^{1*}, SUZUKI, Takehiko², KAWAI, Takayuki², SAKAMOTO, Tatsuhiko³, IJIMA, Koichi³

¹ 立正大学, ² 首都大学東京, ³ 海洋研究開発機構

¹Rissho University, ²Tokyo Metropolitan University, ³JAMSTEC

2005?2006年の地球深部探査船「ちきゅう」慣熟航海で、下北半島東方沖のC9001地点とC9002地点で表層堆積物の掘削が行われた。本コアはBrunhes/Matsuyama境界付近まで遡ることができ、上部更新統から中部更新統までを連続的にカバーすることができる国内でも数少ないコアの1つである。堂満ほか(2010)により、微化石層序(石灰質ナノ化石・浮遊性有孔虫・底生有孔虫群集・珪藻・放射虫)、酸素同位体層序、火山灰層序、古地磁気層序の検討がなされ、標準年代モデルが設定されている。この掘削ではC9002A孔の表層から0~26.2 mbsf (meters below sea floor), C9002B孔で23.3~70.8 mbsf, C9001C孔で365 mbsfの堆積物が採取されている。支笏第1(Spfa-1)テフラ、阿蘇4(Aso-4)テフラ磁化率の強度変化をもとに、C9001Cコアの上位0~158 mbsfはC9002A/B孔の堆積物に対比される(青池ほか, 2008; 青池ほか2010)。今回、同地点のC9001C孔とC9002A/B孔のコア試料中に含まれるテフラを再検討した。本報告では、コア中に介在しているテフラと、東北日本の陸域に分布する既知の中・後期更新世テフラとの対比について議論する。

テフラ試料は、それぞれ肉眼による岩相観察で火山砂~軽石層、火山性の重鉱物が濃集している砂層、細粒の火山ガラスが降下したと考えられる明色の層やパッチ状に点在している部分を選択して採取した。C9002Aコアから11層準、C9002Bコアから20層準、C9001Cコアから36層準の試料を採取し分析に用いた。これらの試料は水にとかして超音波洗浄機で粘土や微化石類を遊離させたのちに、デカンテーションでテフラ粒子を沈降させた後に上澄みを捨てて自然乾燥させた。乾燥させた試料は63?, 125?, 250?サイズに篩い、実体顕微鏡による岩石学的記載、EPMAによる火山ガラスの主元素組成を分析、必要に応じて火山ガラスや重鉱物の屈折率を測定した。

後期更新世のテフラ層序

C9002Bコアには30mに支笏第1(Spfa-1)テフラ、および53mに阿蘇4(Aso-4)テフラが確認されている(青池ほか, 2008; 青池ほか2010)。深度52.8mのテフラ層は火山ガラスの主元素組成から、クッタラ火山起源テフラに対比される可能性が高い。クッタラ火山は後期更新世に大規模なプリニ式噴火を繰り返しており、若い噴出物から順にKt-1, 2, Tk(竹浦), 3, Hy(早来), 4, 5, 6, 7, 8が記載されている。Kt-6は日高山脈の化石氷河地形との層序関係から、75-85ka, MIS5a付近と推測されている。また、深度52.8mのテフラ層はAso-4(深度53m)の直上であることから、Kt-8は除外される。よって、本テフラ層はKt-6もしくはKt-7に対比される可能性が高い。

中期更新世のテフラ層序(詳細は鈴木ほか, JpGU2012)

C9001Cコアの深度141.2mは146.6mの2層のテフラは恐山起源のテフラ(田名部A-Cテフラ; 桑原・山崎, 2001)に対比される可能性が高い。また、深度154.8mのテフラ層は塩原大田原(So-OT)テフラに対比される。So-OTテフラは栃木県北部の塩原カルデラを給源とする噴火であり、北東へ分布していることが確認されている(鈴木ほか, 2004; 河合・鈴木, 2011)。本コアの最終地点は塩原カルデラから511km離れた地点であり、これまでで最も遠隔地での発見である。

C9001C コアの MIS7/8 境界について

塩原大田原テフラの層位は、酸素同位体比層序(堂満ほか, 2010)から250kaと算出され、MIS8の末期に相当する。しかし、陸上の他のテフラとの層位、堆積間隔から、もう少し古い年代と予想されていた。また、恐山の田名部A-Cテフラも、噴火の前後に形成された海成段丘面との層位関係から、当初はMIS8期に堆積したと考えられていたが、その後、海成段丘面がMIS7期のサブステージの高海面期に形成された可能性も指摘された(陸上での層位関係については鈴木ほか, JpGU2012に詳しい)。一方で、C9001Cコアの酸素同位体比層序のMIS8/7境界については、MIS7前半の酸素同位体比曲線がやや乱れていること、微化石層序年代ととして酸素同位体比層序に加えてEmiliana huxleyi(250ka)の出現をもってMIS8の下限として定めているが、年代モデルに採用されてはいないが、ほぼ同一層準で珪藻のStylocostium acquilium(400ka)のLOが報告されている。このことから、C9001CコアのMIS8/7境界について再考する余地はないかということ疑問提起したい。

引用文献

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS27-P23

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 17:15-18:30

堂満ほか(2010)化石, 87, 47-64; 青池(2008)月刊地球, 30, 142-149; 鈴木ほか(2012, JpGU); 桑原・山崎(2001)火山; 鈴木ほか(2004)地学雑誌, 113, 38-61

キーワード: ちきゅう, 下北半島東方沖, テフロクロノロジー, クッタラ火山, 恐山火山田名部テフラ, 塩原大田原テフラ
Keywords: Chikyu, Shimokita Peninsula, tephrochronology, Kuttara volcano, Osorezan-Tanabu tephra, Shiobara-Otawara tephra

IODP Expedition 334 の古海洋学研究的予察的結果 Preliminary results of paleoceanographic study of IODP Expedition 334

大串 健一^{1*}, Paola Vannucchi², 氏家 恒太郎³, IODP Expedition 334 Scientific Party⁴
OHKUSHI, Kenichi^{1*}, Paola Vannucchi², UJIIE, Kohtarō³, IODP Expedition 334 Scientific Party⁴

¹ 神戸大学人間発達環境学研究科, ²University of Florence, ³ 筑波大学地球科学系, ⁴Texas A&M University

¹Kobe University, ²University of Florence, ³University of Tsukuba, ⁴Texas A&M University

The East equatorial Pacific marginal sea off Costa Rica is one of the most important region to understand latitudinal shift of Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and ventilation changes in intermediate waters of south or north origin during the Quaternary. We successfully obtained excellent sediment core samples from the upper slope and continental shelf off Costa Rica during Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 334 (Costa Rica Seismogenesis Project; CRISP) of the D/V Joides Resolution. In these cores, we selected cores U1378B and U1379C as reasonable cores for our Quaternary paleoceanographic study. Now we are analyzing benthic foraminiferal assemblages, organic carbon contents, and Corg/N ratio from these cores. Moreover, we will analyze foraminiferal oxygen isotope ratio and carbonate content in core U1378B to construct the isotope stratigraphy and reconstruct intermediate water ventilation changes related with glacial- interglacial climate shift. The preliminary results of biostratigraphic ages obtained from core U1378B indicate high sediment accumulation rate of about 283-296 m/my in the upper 34-35m. The result is based on the extinction horizon (120 kyr) of planktonic foraminifera *Globigerinoides ruber* (pink specimens). Thus, the sedimentary horizon would correspond to the peak last interglacial event of marine isotope stage 5. We will report on preliminary results of paleoceanographic analyses in these cores. We thank IODP cruise staff for their kind support during the CRISP cruise.

ガスハイドレート生産井における検層結果 Logging data from gas hydrate production well

長野 正寛^{1*}

NAGANO, Tadahiro^{1*}

¹ シュルンベルジェ株式会社

¹ Schlumberger Kabushiki Kaisha

Mallik 2L-38 における第二回陸上産出試験では、数少ない機会に確実にデータを取得するため、事前に様々な検討が重ねられ、多角的な坑内検層を用いてガスハイドレートの測定が行われた。日本で行われるガスハイドレートの生産は、主に深海における砂泥互層が対象と考えられる一方で、Mallik 地域のガスハイドレート賦存層は、永久凍土という点では異なるものの、砂岩と頁岩からなるという点では岩相が一致しており (Dallimore and Collett, 1997)、坑内検層結果に見られた挙動は、今後の日本近海の試掘における効率的なロギングプログラムの策定やそれらの挙動を予測する上で非常に重要である。

メタンハイドレート層は、検層結果が高比抵抗かつ高音波伝播速度という特徴で表される事で知られていたが (例えば Sager et al., 2000)、Mallik 2L-38 における中性子検層やガンマ線検層などの検層結果ではどうであったのか。例えば中性子検層は、ガスハイドレートに少なからず反応し、求められる孔隙率は水のときに比べると僅かに高くなる。一方で核磁気共鳴検層は、ガスハイドレートを孔隙として認識できないため、両者から得られた孔隙率との差を比較する事により、ガスハイドレート胚胎層の分布を明らかにする事も一つの可能性と言える。このように、理想環境下では、坑井周りのガスハイドレート胚胎区間を特定するのは難しくない。しかし、実際には粘土鉱物の影響等を総合的に考慮した上での解釈が必要になるため、ガンマ線を用いた密度検層などの一般的なログについては不可欠である。

研究目的で検層結果を利用する場合には、データの不確定要素について知っておく必要がある。検層結果は、検層装置自身の動きや坑井の傾き、坑径、掘削泥やその浸潤、岩相、地層相対角、地層水の種類や塩分濃度、温度、圧力などに影響を受けている。検層は、様々な測定原理に基づいて行われるが、夫々がその原理に特有の環境因子に影響を受けている。言い換えると、その原理が坑内環境に影響を受けるため、任意の情報を得る事が出来るのである。そのため、環境補正解析や測定原理特有の解析を与えなければ、必要なデータだけを抜き出す事は難しい。必要な解析を与えた上で、それでも実験室の結果に差が生じる場合には、取得されたログデータやコアの品質、測定原理や解析の限界、測定解像度の違いなどを考慮する必要がある。

本稿は、MH21 コンソーシアムのご協力を得て発表させて頂いている。2007年冬と2008年冬に(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)とカナダ天然資源省が主体となって行われたMallik 2L-38におけるガスハイドレート第二回陸上産出試験において取得された検層結果に基づいており、石油天然ガス・金属鉱物資源機構、平成20年度メタンハイドレート開発促進事業(資源量評価に関する研究開発)に関する委託研究「第2回陸上産出試験に関わる物理検層追加解析」に提出した報告書の一部を引用している。

参考文献:

Dallimore, S. R. and Collett, T. S. (1997). " Gas hydrates associated with deep permafrost in the Mackenzie delta, N. W. T., Canada: Regional overview. " Proceedings of the Seventh International Conference on Permafrost, 201-206.

Sager, W. W., Kennicutt II, M. C. and Gas Hydrate Science Team (2000). " Proposal to the Ocean Drilling Program for Drilling Gas Hydrate in the Gulf of Mexico " Proceedings of the 2000 Offshore Technology Conference, Houston, 1-4 May 2000, paper 12111.

キーワード: ハイドレート, 検層, 解釈, Mallik

Keywords: hydrate, logging, interpretation, Mallik

IODP Expedition 334, CRISP においてコスタリカ沖で採取された前弧および海洋プレート の玄武岩類の岩石学的・地球化学的解析 Petrological and geochemical analysis of basalts in forearc & subducting slab offshore Costa Rica, IODP Exp. 334, CRISP

宇野 正起^{1*}, Michael Stipp², 氏家 恒太郎³, Paola Vannucchi⁴, Expedition 334 Scientists⁵
UNO, Masaoki^{1*}, Michael Stipp², UJIIE, Kohtaro³, Paola Vannucchi⁴, Expedition 334 Scientists⁵

¹ 東京工業大学, ²GEOMAR Kiel, ³筑波大学, ⁴University of Florence, ⁵IODP

¹Tokyo Institute of Technology, ²GEOMAR Kiel, ³University of Tsukuba, ⁴University of Florence, ⁵IODP

The Costa Rica Seismogenesis Project (CRISP) is designed to understand the processes that control nucleation and seismic rupture of large earthquakes at erosional subduction zones. Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 334 penetrated the slope sediments of the overriding Caribbean plate at Sites U1378 and 1380, the entire sequence of the slope sediments and the upper part of the acoustically defined basement at Site U1379, and sediments and oceanic crust of the incoming Cocos plate at Site U1381. In order to constrain the tectonic setting of the drill site and fluid rock interaction within the basaltic crust, which is a potential fluid source for the seismogenic zone, basalts were petrologically and geochemically analyzed. Basalt clasts from poorly sorted matrix-supported breccia were recovered at the top of the acoustically defined basement at Site U1379. Some of the clasts contain prehnite and pumpellyite, indicating prehnite-pumpellyite facies metamorphic conditions, similar to the Osa melange onshore Costa Rica. At Site U1381, sequences of pillow basalts are intercalated with calcareous mudstone as part of the oceanic crust. The pillow basalts are characterized by plagioclase and pyroxene phenocrysts with microcrystalline to fine-grained groundmass with variable extent of alteration. The basalts were cut by numerous veins mostly consisting of calcite. Groundmass alteration is especially evident along veins, fractures and vesicles, associated with clay minerals and pyrites. Based on our data, the origin of the basalt clasts in the forearc basement, and fluid-basalt interaction in the subducting oceanic crust will be discussed.

キーワード: IODP Expedition 334, Costarica Seismogenesis Project, CRISP, 玄武岩, 流体, 海洋地殻

Keywords: IODP Expedition 334, Costarica Seismogenesis Project, CRISP, basalt, fluid, oceanic crust

ファン・デ・フーカプレート東翼部における海底下熱水循環を支配する地質構造 Geological structures controlling hydrothermal circulation system in the eastern flank of the Juan de Fuca Ridge

辻 健^{1*}, Andrew Fisher², Volkhard Spiess³, Heinrich Villinger³
TSUJI, Takeshi^{1*}, Andrew Fisher², Volkhard Spiess³, Heinrich Villinger³

¹ 京都大学大学院工学研究科, ² カリフォルニア大学サンタクルツ, ³ ブレーメン大学

¹Graduate School of Engineering, Kyoto University, ²UCSC, ³University of Bremen

Hydrothermal fluid in the ridge flank influences physical state and evolution of the crust and mantle. Global advective heat loss from ridge flanks is more than 3 times as large as that at the axis, and the ridge-flank mass flux is at least 10 times as large. To reveal hydrothermal fluid system in the ridge flank, intensive drilling operations (ODP Leg 168, IODP Exp. 301 and 327) were conducted in the eastern flank of the Juan de Fuca Ridge (Fisher et al. 2011). Before these drilling campaigns, we believed a largely 2D view of the dominant fluid-circulation pathways across the ridge flank. However, in the eastern flank of the Juan de Fuca ridge, the hydrothermal flow occurs largely parallel to the ridge (Hutnak et al., 2006). The basement outcrops could be fluid entry and exit points to and from the crust.

Drill string packer experiments in upper basement indicate a layered crustal structure with permeabilities of 10^{-12} to 10^{-11} m² (Becker and Fisher, 2008). Additional hydrogeologic analyses completed using the formation pressure response to the long-term flow of cold bottom seawater into basement at Site U1301 in the 13 months after drilling, as observed at Site 1027 (2.4 km away) (Fisher et al., 2008). The large-scale cross-hole tests indicate lower crustal permeability than smaller-scale single-hole tests. This result was unexpected because larger scale testing tends to give greater permeability values. The difference between these permeabilities may be reconciled by azimuthal anisotropy in basement hydrogeologic properties.

In this study, we extracted 3D structures of crust surface and faults distribution from seismic profiles in order to reveal geological structures controlling hydrological properties in the ridge flank. Three seismic surveys acquired over 100 seismic lines in the eastern flank of the Juan de Fuca ridge (e.g., Nedimovic et al., 2008). Although these seismic surveys were two-dimensional, the densely-distributed survey lines enable us to extract 3D subseafloor structures around the drill sites. By interpolating the horizons extracted on each profile, we constructed 3D geometry of the crust surface and fault planes. By considering anisotropic characteristics in the interpolation process, we clearly obtained geometry of crust surface. The detailed fault distribution as well as basement geometry can explain the permeability anisotropy observed by the hydrological experiments (Fisher et al., 2008).

When we compare the drilling results and seismic profiles, we can roughly distinguish the fractured zone vs. massive zone within oceanic crust on seismic profile; the lithology boundary seems to be consistent with the seismic characteristics (e.g., quality factor). From logging (e.g. borehole image) data, furthermore, the preferred fracture orientation can be estimated as ridge-parallel direction. By integrating seismic-logging-core data, we evaluate the permeability anisotropy as well as its scale-dependence.

キーワード: IODP Exp 327, 反射法地震探査, ファンデフーカプレート東翼部, 検層

Keywords: IODP Exp 327, Seismic reflection analysis, Eastern flank of Juan de Fuca plate, downhole logging

IODP Exp325 より採取された化石サンゴを用いた太平洋南西部における環境復元 Environmental reconstruction in the Southwestern Pacific by fossil corals obtained from IODP Exp. 325

井上 麻夕里^{1*}, 横山 祐典¹, 鈴木 淳³

INOUE, Mayuri^{1*}, YOKOYAMA, Yusuke¹, SUZUKI, Atsushi³

¹ 東大・大気海洋研, ² 東大・大気海洋研, ³ 産総研・地質情報

¹AORI, Uni Tokyo, ²AORI, Uni Tokyo, ³GSJ, AIST

Sea-level during the Last Glacial Maximum (LGM) has been observed as much as ca. 130 m below its present value for sites remote from former ice sheet (far-field sites). Regions far from areas of previous glaciation are sensitive to glacial meltwater influx and have therefore provided useful constraints on the temporal variation and magnitude of this influx from the LGM to the present day. Fossil coral records contain evidence of a dramatic sea level rise in excess 20 m within the last deglaciation, termed meltwater pulse 1A (mwp-1A). Although this event would have had a significant effect on global climate, the relationship between mwp-1A and the climate system remains a subject of debate. In addition, climatic variations such as seasonality and/or an El Nino/Southern Oscillation (ENSO) variation during Holocene and the LGM have been still open to question, especially in tropical to sub-tropical regions. IODP Great Barrier Reef Environmental Changes Expedition (Exp. 325) collected coral samples which covered around the LGM to the early Holocene. In this study, geochemical tracers, such as $\delta^{18}O$, Sr/Ca and Mg/Ca, contained in skeletons of fossil corals were analyzed and we will discuss past marine environments in the Southwestern Pacific reconstructed by fossil corals.

Keywords: IODP, Great Barrier Reef, coral, climate change