

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

伊藤 元雄<sup>1</sup>, 諸野 祐樹<sup>1\*</sup>, 寺田 武志<sup>2</sup>, 稲垣 史生<sup>1</sup>

Motoo Ito<sup>1</sup>, Yuki Morono<sup>1\*</sup>, Takeshi Terada<sup>2</sup>, Fumio Inagaki<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, <sup>2</sup>Marine 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<sup>+</sup> or ~150 nm for O<sup>-</sup>) 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., <sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N 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<sup>+</sup> beam of ~0.8 pA was rastered over 20 x 20 to 28 x 28 micrometer areas on samples. Negative secondary ions of <sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C, <sup>12</sup>C<sup>14</sup>N, <sup>12</sup>C<sup>15</sup>N and <sup>32</sup>S 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., <sup>13</sup>C on <sup>12</sup>C<sup>1</sup>H). 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 <sup>13</sup>C (relative to the <sup>12</sup>C) or <sup>15</sup>N (relative to the <sup>14</sup>N) to evaluate an instrumental mass fractionation for C and N isotopes as well as to find target mass peaks (<sup>12</sup>C, <sup>13</sup>C, <sup>12</sup>C<sup>14</sup>N, <sup>12</sup>C<sup>15</sup>N and <sup>32</sup>S). 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<sup>1\*</sup>, 諸野 祐樹<sup>2</sup>, 伊藤 元雄<sup>2</sup>, 寺田 武志<sup>3</sup>, 射手園 章吾<sup>1</sup>, 原田 秀樹<sup>1</sup>, 稲垣 史生<sup>2</sup>  
Kengo Kubota<sup>1\*</sup>, Yuki Morono<sup>2</sup>, Motoo Ito<sup>2</sup>, Takeshi Terada<sup>3</sup>, Shogo Iteazono<sup>1</sup>, Hideki Harada<sup>1</sup>, Fumio Inagaki<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Tohoku University, <sup>2</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, <sup>3</sup>Marine 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 <sup>13</sup>C 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 <sup>13</sup>C 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 <sup>13</sup>C-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 <sup>13</sup>C 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<sup>1\*</sup>, 金子 雅紀<sup>1</sup>, 大河内 直彦<sup>1</sup>  
Yoshinori Takano<sup>1\*</sup>, Masanori Kaneko<sup>1</sup>, Naohiko Ohkouchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>JAMSTEC

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<sup>-1</sup> (i.e. 36 pg g<sup>-1</sup> 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.  $2 \times 10^6$  cells g<sup>-1</sup> 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 Bio- sphere?

鈴木 庸平<sup>1\*</sup>, 光延 聖<sup>2</sup>, 渡邊 克晃<sup>1</sup>  
Yohey Suzuki<sup>1\*</sup>, Satoshi Mitsunobu<sup>2</sup>, Katsuaki Watanabe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 静岡県立大学環境科学研究所  
<sup>1</sup>Dept Earth & Planet Sci, Univ Tokyo, <sup>2</sup>Institute 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 ~10<sup>5</sup> cells/cm<sup>3</sup>, 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<sup>1\*</sup>, 井尻 暁<sup>2</sup>, 稲垣 史生<sup>2</sup>, Kai-Uwe Hinrichs<sup>3</sup>, 久保 雄介<sup>4</sup>, 統合国際深海掘削計画第337次航海乗船研究者一同<sup>5</sup>  
Hidenori Kumagai<sup>1\*</sup>, Akira Ijiri<sup>2</sup>, Fumio Inagaki<sup>2</sup>, Kai-Uwe Hinrichs<sup>3</sup>, Yusuke Kubo<sup>4</sup>, IODP Expedition 337 Science Party<sup>5</sup>

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

<sup>1</sup>IFREE, JAMSTEC, <sup>2</sup>KOCHI, JAMSTEC, <sup>3</sup>University of Bremen, <sup>4</sup>CDEX, JAMSTEC, <sup>5</sup>IODP 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 <sup>222</sup>Rn having longest half-life of 3.82dy. Although <sup>220</sup>Rn shows second longest half-life of 55.3s, most of <sup>220</sup>Rn 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<sup>1\*</sup>, 多田井 修<sup>2</sup>, 森田 澄人<sup>3</sup>, 村山 雅史<sup>4</sup>, 稲垣 史生<sup>1</sup>, Kai-Uwe Hinrichs<sup>5</sup>, 久保 雄介<sup>6</sup>, IODP Expedition 337 Scientific Party<sup>1</sup>

Wataru Tanikawa<sup>1\*</sup>, Tadai Osamu<sup>2</sup>, Sumito Morita<sup>3</sup>, Masafumi MURAYAMA<sup>4</sup>, Fumio Inagaki<sup>1</sup>, Kai-Uwe Hinrichs<sup>5</sup>, Yusuke Kubo<sup>6</sup>, IODP Expedition 337 Scientific Party<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Institute for Core Sample Research, <sup>2</sup> Marine Works Japan Ltd., <sup>3</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>4</sup> Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>5</sup> University of Bremen, <sup>6</sup> 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 (発砲ポリエチレン、熱伝導率 = 0.034W/mK) の間にホットディスクセンサーを挟んで測定した。測定は室温下で上載荷重を 4.9N 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 0.4W/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、1.4W/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 mm<sup>2</sup>/s から約 0.9 mm<sup>2</sup>/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 ~ 2,000m 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 mm<sup>2</sup>/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 mm<sup>2</sup>/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 ~ 1,970m 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<sup>1\*</sup>, 林武司<sup>2</sup>, 安藤寿男<sup>3</sup>, 谷川 亘<sup>4</sup>  
Hironori Otsuka<sup>1\*</sup>, Takeshi Hayashi<sup>2</sup>, Hisao Ando<sup>3</sup>, Wataru Tanikawa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 秋田大学教育文化学部, <sup>3</sup> 茨城大学理学部 理学科, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構高知コア研究所  
<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo, <sup>2</sup> Faculty of Education and Human Studies, Akita Univ., <sup>3</sup> Dep. Earth  
Sciences, Ibaraki Univ., <sup>4</sup> JAMSTEC-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<sup>1\*</sup>, Reischbacher, D.<sup>2</sup>, Limmer, D.<sup>3</sup>, Philips, S.<sup>4</sup>, Susilawati, R.<sup>5</sup>, Park, Y-S.<sup>6</sup>, 久保 雄介<sup>7</sup>, Hinrichs, K-U.<sup>8</sup>, 稲垣 史生<sup>9</sup>, IODP Exp. 337 Science Party<sup>10</sup>

Masafumi MURAYAMA<sup>1\*</sup>, Reischbacher, D.<sup>2</sup>, Limmer, D.<sup>3</sup>, Philips, S.<sup>4</sup>, Susilawati, R.<sup>5</sup>, Park, Y-S.<sup>6</sup>, Yusuke Kubo<sup>7</sup>, Hinrichs, K-U.<sup>8</sup>, Fumio Inagaki<sup>9</sup>, IODP Exp. 337 Science Party<sup>10</sup>

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

<sup>1</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>2</sup>University of Leoben, Austria, <sup>3</sup>University of Aberdeen, U.K., <sup>4</sup>University of New Hampshire, U.S.A., <sup>5</sup>University of Queensland, Australia, <sup>6</sup>KIGAM, Korea, <sup>7</sup>CDEX/JAMSTEC, Japan, <sup>8</sup>University of Bremen, Germany, <sup>9</sup>KCC/JAMSTEC, Japan, <sup>10</sup>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、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<sup>1\*</sup>, 東丸直頌<sup>1</sup>, 谷川 亘<sup>2</sup>, 森田 澄人<sup>3</sup>, 久保 雄介<sup>4</sup>, Hinrichs, K-U.<sup>5</sup>, 稲垣 史生<sup>2</sup>, IODP Exp. 337 Science Party<sup>6</sup>  
Masafumi MURAYAMA<sup>1\*</sup>, Higashimaru Naotsugu<sup>1</sup>, Wataru Tanikawa<sup>2</sup>, Sumito Morita<sup>3</sup>, Yusuke Kubo<sup>4</sup>, Hinrichs, K-U.<sup>5</sup>,  
Fumio Inagaki<sup>2</sup>, IODP Exp. 337 Science Party<sup>6</sup>

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

<sup>1</sup> Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, <sup>2</sup> KCC/JAMSTEC, Japan,, <sup>3</sup> AIST, <sup>4</sup> CDEX/JAMSTEC, Japan, <sup>5</sup> University of Bremen, Germany, <sup>6</sup> 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<sup>1\*</sup>, 青池寛<sup>1</sup>, Moe Kyaw Thu<sup>1</sup>  
Takamitsu Sugihara<sup>1\*</sup>, Kan Aoike<sup>1</sup>, Moe Kyaw Thu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構 地球深部探査センター  
<sup>1</sup>CDEX/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), CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S 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<sup>1\*</sup>, 田中裕一郎<sup>2</sup>

Itsuki Suto<sup>1\*</sup>, Yuichiro Tanaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学環境学研究科, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所 (AIST)

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup>National 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<sup>1</sup>, 須藤 斎<sup>1\*</sup>  
Yuta Aoyama<sup>1</sup>, Itsuki Suto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学環境学研究科

<sup>1</sup> 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), *Crucidentricula 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, 1?25; 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<sup>1\*</sup>, 須藤 斎<sup>1</sup>  
Akemi Fukumura<sup>1\*</sup>, Itsuki Suto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>1</sup> 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北半球の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<sup>1\*</sup>, 須藤 斎<sup>1</sup>  
Yuji Kato<sup>1\*</sup>, Itsuki Suto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 稲垣史生<sup>2</sup>, 水口保彦<sup>1</sup>, Exp 906 Science Party<sup>3</sup>

Yusuke Kubo<sup>1\*</sup>, INAGAKI, Fumio<sup>2</sup>, MIZUGUCHI, Yasuhiko<sup>1</sup>, Exp 906 Science Party<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CDEX, JAMSTEC, <sup>2</sup>KCC, JAMSTEC, <sup>3</sup>Exp 906 Science Party

<sup>1</sup>CDEX, JAMSTEC, <sup>2</sup>KCC, JAMSTEC, <sup>3</sup>Exp 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。

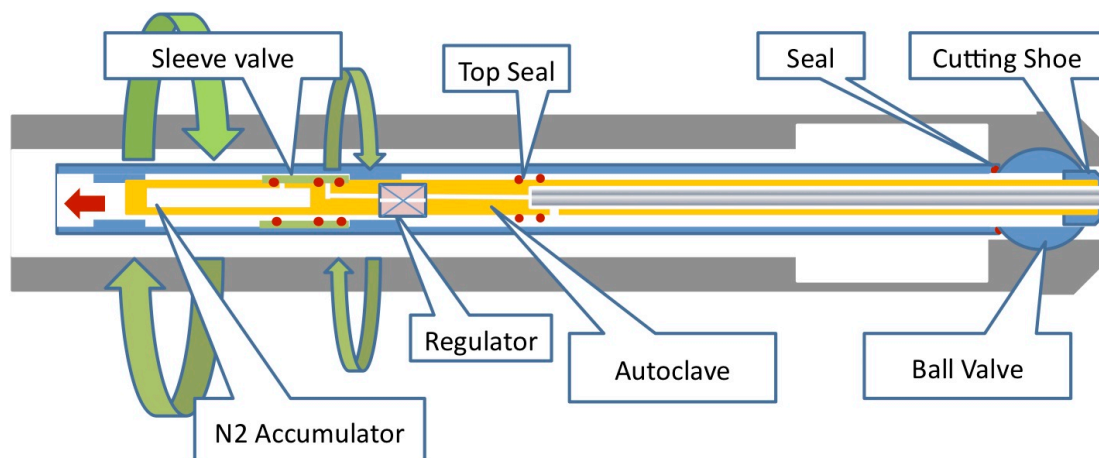
キーワード: 保圧コア, ちきゅう, 泥火山, Hybrid PCS, PCATS

Keywords: Pressure coring, Chikyuu, 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<sup>1\*</sup>, 柳岡 範子<sup>1</sup>, 藤田 和彦<sup>2</sup>, 菅 浩伸<sup>3</sup>, 横山 祐典<sup>4</sup>

Choko Nakada<sup>1\*</sup>, Noriko Yagioka<sup>1</sup>, Kazuhiko Fujita<sup>2</sup>, Hironobu Kan<sup>3</sup>, Yusuke Yokoyama<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, <sup>2</sup> Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, <sup>3</sup> Graduate School of Education, Okayama University, <sup>4</sup> 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 HoleM0040 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<sup>1\*</sup>  
Teruaki Ishii<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 公益財団法人深田地質研究所

<sup>1</sup> 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4cm(フィリピン海プレート)から10cm(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)。もし他の可能性が有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分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<sup>1\*</sup>, 宮下 純夫<sup>1</sup>, Exp. 335 Science Parties<sup>2</sup>

Yoshiko Adachi<sup>1\*</sup>, Sumio Miyashita<sup>1</sup>, Exp. 335 Science Parties<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学, <sup>2</sup>IODP-Texas A & M University

<sup>1</sup>Niigata University, <sup>2</sup>IODP-Texas A & M University

コスタリカ沖の掘削孔 1256D は、東太平洋海膨で形成された 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チックダイクが観察される。グラノプラスチックダイクはドレイラ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、グラノプラスチ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チックダイクで、閃緑岩、トータ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チ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チ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。

グラノプラスチックダイクの全岩化学組成は SiO<sub>2</sub> 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、SiO<sub>2</sub> 41.7-45.9 wt%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 19.6-24.8 wt% の組成範囲を有する。上位のグラノプラスチ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。グラノプラスチックダイクおよび DS 1 に含まれる粒状単斜輝石の TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O 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、グラノプラスチックダイクと 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 An<sub>35</sub> 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、グラノプラスチックダイクでは、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<sup>1\*</sup>, 佐伯 和哉<sup>2</sup>

Susumu Umino<sup>1\*</sup>, kazuya saeki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学地球学教室, <sup>2</sup> 株式会社建設技術研究所

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, Kanazawa University, <sup>2</sup>CTI 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-K<sup>2</sup>O EMORB intervened at a depth interval of 290-300 mbsf (Wilson et al., 2003). High-K<sup>2</sup>O 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 Al<sup>2</sup>O<sub>3</sub>, 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<sup>1\*</sup>, 野木 義史<sup>2</sup>, 菅沼 悠介<sup>2</sup>, 三浦 英樹<sup>2</sup>, 大岩根 尚<sup>2</sup>, 香月 興太<sup>3</sup>, 板木 拓也<sup>4</sup>, 中村 恭之<sup>5</sup>, 河潟 俊吾<sup>6</sup>, 佐藤 暢<sup>7</sup>  
Minoru Ikehara<sup>1\*</sup>, Yoshifumi Nogi<sup>2</sup>, Yusuke Suganuma<sup>2</sup>, Hideki Miura<sup>2</sup>, hisashi Oiwane<sup>2</sup>, Kota Katsuki<sup>3</sup>, Takuya Itaki<sup>4</sup>, Yasuyuki Nakamura<sup>5</sup>, SHUNGO KAWAGATA<sup>6</sup>, Hiroshi Sato<sup>7</sup>

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

<sup>1</sup>Kochi University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>KIGAM, <sup>4</sup>AIST, <sup>5</sup>JAMSTEC, <sup>6</sup>Yokohama National University, <sup>7</sup>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<sup>1\*</sup>, JIMENEZ-ESPEJO, Francisco J.<sup>2</sup>, 野崎 達生<sup>1</sup>, 鈴木 勝彦<sup>1</sup>

Junichiro Kuroda<sup>1\*</sup>, JIMENEZ-ESPEJO, Francisco J.<sup>2</sup>, Tatsuo Nozaki<sup>1</sup>, Katsuhiko Suzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 名古屋大学

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), <sup>2</sup>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