

春季気温変化と植生変化に伴う火災量変動の可能性—過去15万年間の琵琶湖湖底堆積物の微粒炭分析

Fire activity in Japan influenced by spring temperature and vegetation type

井上 淳^{1*}; 奥山 知香子¹; 竹村 恵二²
INOUE, Jun^{1*}; OKUYAMA, Chikako¹; TAKEMURA, Keiji²

¹ 大阪市立大学, ² 京都大学
¹Osaka City University, ²Kyoto University

世界各地で火災量を示す堆積物の微粒炭量が、氷期・間氷期サイクルなど世界的な気候変動や軌道強制力による各地のモンスーン強度などと対応することが示されている。しかし、東アジアモンスーン地域での気候変動と火災との関係を明らかにした研究はほとんどない。本研究では、日本における気候変動に伴う火災量の変遷を明らかにするため、過去15万年間の琵琶湖湖底堆積物 (BIW08-B コア) の微粒炭量を調べた。その結果、微粒炭量は寒冷期の MIS2 と MIS6 には少なく、火災は少なかったと推察された。MIS3 から MIS5e に相当する 4-13 万年前の間の微粒炭量は、21000-23000 年の周期を持っており、これは歳差運動周期に対応する。この間の微粒炭量の変動は、夏季日射量変化に伴う夏季モンスーンの強度変化による植生変化と位相差があり、春季日射量に対応する可能性がある。また、微粒炭量の大きな変動傾向 (例えば、MIS6 から MIS5e への急増、MIS5e から MIS4 への減少傾向) は、海洋酸素同位体比に対応する。一方で、微粒炭量のピークはスギなど針葉樹の優占時に認められる。現在の日本では、森林火災の発生は春に集中し、火災の発生はリターなど燃焼物の乾燥度に大きく依存する。また、一般にスギは落葉広葉樹などと比べて着火しやすいとされている。以上から、過去15万年間 (少なくとも4-13万年前) の火災の発生は、春の気温が燃焼物の乾燥度を通してリターなどの着火の頻度を決定し、さらにその際の植生タイプによって火の拡大の可否が決定していた可能性を示唆する。

キーワード: 火災量, 微粒炭, 春季気温, 春季日射量, 植生タイプ, 琵琶湖堆積物

Keywords: fire activity, charcoal particle, spring temperature, spring insolation, vegetation type, Lake Biwa sediments

過去5万年間の琵琶湖の湖底堆積物の編年：放射性炭素年代・火山灰層序・環境磁気学的指標の統合
Chronology of Lake Biwa sediments: integration of radiocarbon ages, tephrochronology and environmental magnetism

林田 明^{1*}; 北川 浩之²; 竹村 恵二³
HAYASHIDA, Akira^{1*}; KITAGAWA, Hiroyuki²; TAKEMURA, Keiji³

¹ 同志社大学理工学部環境システム学科, ² 名古屋大学環境学研究科, ³ 京都大学理学研究科地球熱学研究施設

¹Department of Environmental Systems, Doshisha University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University,

³Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University

The Quaternary sedimentary sequence of Lake Biwa, located in central Japan, provides continuous terrestrial records of past climate changes in East Asia including detailed records of Asian monsoon activity from the Middle Pleistocene to the Holocene. We constructed a common chronological framework for multiple sediment cores from Lake Biwa for the past 50 kyrs. An age-depth model of a 18.42-m long piston-core (BIW07-6), recovered between Takashima and Okinoshima Island in central part, was constructed under the age constraints of thirteen AMS radiocarbon dates of terrestrial macrofossil and six known-ages of widespread tephra layers. Using this age model, we estimated the model ages of ten horizons at which characteristic features were observed in the time series of anhysteretic remanent magnetization (ARM). ARM is a measure of fine ferrimagnetic mineral flux into the sediment, representing a proxy of hydrological changes around Lake Biwa. Therefore the characteristic features of the ARM variation serve as tie-points of core-to-core correlations in Lake Biwa, as well as the horizons of tephra deposits. We thus obtained age-depth curves for other core samples, which were well constrained with the tephra ages, the ARM events and additional radiocarbon dates from each core. The integrated age model has an acceptable accuracy to assess terrestrial environmental changes in millennial scales and can be adapted for paleolimnological studies in other regions.

キーワード: 琵琶湖, 年代モデル, 最終氷期

Keywords: Lake Biwa, age model, last glacial period

石筍中の流体包有物の水の酸素同位体分析による最終氷期の気温推定 Oxygen isotope analysis of speleothem water inclusion: glacial temperatures reconstruction

植村 立^{1*}; 仲本 壮志¹; 三嶋 悟¹; 浅海 竜司²; 儀保 雅一¹; 眞坂 昂佑¹; Jin-Ping Chen³;
Wu Chung-Che³; Chang Yu-Wei³; Shen Chuan-Chou³
UEMURA, Ryu^{1*}; NAKAMOTO, Masashi¹; MISHIMA, Satoru¹; ASAMI, Ryuji²; GIBO, Masakazu¹;
MASAKA, Kousuke¹; JIN-PING, Chen³; WU, Chung-che³; CHANG, Yu-wei³; SHEN, Chuan-chou³

¹ 琉球大学 理学部 海洋自然科学科, ² 琉球大学理学部物質地球科学科, ³ 国立台湾大学
¹University of the Ryukyus, ²University of the Ryukyus, ³Dept. of Geosci., National Taiwan University

古気候復元の研究に多く利用されている鍾乳石には、絶対年代を決定できるという長所がある。一方で、気候変動の指標として広く用いられる CaCO₃ の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_c$) は定量的解釈が困難なことが多い。この点を解決する有望なプロキシとして鍾乳石の流体包有物が注目されている。高湿度の洞窟内では、流体包有物の水は、滴下水の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_w$) を反映していると考えられる。本研究では、流体包有物中の水の水素・酸素安定同位体比を測定する手法を開発し、沖縄県の鍾乳石に適用した。同一サンプルの $\delta^{18}\text{O}_c$ と $\delta^{18}\text{O}_w$ を両方測定することで、石筍生成時の気温復元を試みた。

沖縄県玉泉洞において採取した3個の石筍を用いた。同一層を切り出し、扇形に分割することで、同一層から複数試料を測定することで再現性を評価した。試料の年代は U-Th 法により決定した。流体包有物の水は、真空下で鍾乳石を破碎し、抽出した水をキャビティリングダウン式分光計 (L2130-i Picarro) で測定した。

石筍試料による繰り返し精度 ($1\sigma, n=33$) は $\delta^{18}\text{O}$ で $\pm 0.24\text{‰}$ 、 δD で $\pm 1.8\text{‰}$ であった。開発した装置の測定可能レンジは液体の水で 20 - 260 nano L、CaCO₃ 量としては 20-300mg 程度で測定可能である。71-133 年前に成長した石筍の流体包有物の同位体組成は、現在の沖縄の降水と予測される変動範囲内であった。この石筍の酸素同位体分別係数から気温を推定したところ、 $22.0 \pm 1.6\text{°C}$ であり、気象観測値と整合的であった。最終氷期 (25.5-26.5 kyr BP) の試料については、最終氷期の推定気温は $14.6 \pm 2.5\text{°C}$ であった。最終氷期の試料のうち2つについては、Hendy Test の結果、動的同位体効果を受けていることが示唆された。これらの層では推定気温が 4°C 近く低く低くなっており、動的効果によって気温の見積もりが大きな影響を受けることが示された。

キーワード: 石筍, 鍾乳石, 流体包有物, 酸素同位体比, キャビティリングダウン
Keywords: stalagmite, speleothem, fluid inclusion, oxygen isotope, CRDS

中部日本の完新世石筍の酸素同位体に記録された数百年周期 Centennial-scale cycle observed in oxygen isotope of Holocene stalagmite from central Japan

狩野 彰宏^{1*}; 森 大器¹; 曾根 知実²; 沈 川洲³; 柏木 健司⁴

KANO, Akihiro^{1*}; MORI, Taiki¹; SONE, Tomomi²; SHEN, Chuan-chou³; KASHIWAGI, Kanji⁴

¹九州大学, ² マリンワークジャパン, ³ 台湾大学, ⁴ 富山大学

¹Kyushu University, ²Marine Works Japan, ³National Taiwan University, ⁴Toyama University

石筍酸素同位体比は洞窟涵養地での降水同位体比を通じて過去の気候条件を記録する。中国と日本における研究は石筍酸素同位体比がアジアモンスーンの強弱を反映していると示してきた。私たちは、中部日本の2箇所で採集した石筍のU-Th年代と酸素同位体比を測定し、そこに顕著な周期性を確認したので報告する。岐阜県郡上市で採集した石筍 OT02 の先端 5.3 cm は 2 ka から 8.5 ka に沈殿したものである。この部分の酸素同位体比は9回の増減を示す。増減の時間間隔はほぼ一定であり、スペクトル解析で判定された約 650 年の周期は放射性炭素から提示された太陽活動の周期と符合する。値の増減の原因が気温変化に求められる可能性は、OT02 の酸素同位体比と太陽活動の位相とずれとは整合的ではない。想定される寒冷期には酸素同位体比が低くなるのである。したがって、OT02 の酸素同位体比は降水の酸素同位体比の変化に求められるだろう。参考資料として大垣市で採集した雨水の同位体比は冬季に低いという明瞭な季節変化を示す。これは日本海からの冬の水蒸気塊が中部地方に入る前に顕著なレイリー分別効果を受けるためであろう。すなわち、OT02 の記録は酸素同位体比が低い冬の降水が占める割合の変化であると考えられ、寒冷期に増加し、石筍同位体比を低下させる。同様の 650 年周期は三重県大台町の完新世記録にも現れる。これは、小氷期・中世温暖期といった歴史記録に認識出来る寒暖の周期とも一致する。この周期的変動は少なくとも 8 ka まで遡れるのかもしれない。

後期白亜紀の深海底生有孔虫の炭素酸素同位体比変動から見た海洋循環と水温変動 Deep ocean circulation and water temperature variation in Late Cretaceous based on carbon and oxygen isotopes of benthic

大河原 秀祐^{1*}; 海保 邦夫¹; 池原 実²
OKAWARA, Shusuke^{1*}; KAIHO, Kunio¹; IKEHARA, Minoru²

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 高知大学海洋コア総合研究センター

¹Graduate School of Science and Faculty of Science, Tohoku University, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Oceanic anoxic event 2 (OAE 2) occurred by global climatic warming in the latest Cenomanian to earliest Turonian. Global climate was gradually getting cool just after OAE 2. In the North Atlantic, deep water called NCW (Northern Component Water) was formed (Frank and Arthur, 1999; MacLeod et al., 2011; Martin et al., 2012), and oxygenated bottom water was flowing into North Atlantic by opening of Central Atlantic Gateway (CAG) between South Africa and South America in the early Turonian (Poulsen et al., 2001). Otherwise, climatic cooling from the early Campanian had affected SCW (Southern Component Water) forming in Southern high latitude and this deep water had flowed into Pacific (Brady et al., 1998; Huber et al., 1995; Murphy and Thomas, 2012; Robinson and Vance, 2012; Robinson et al., 2010).

It is cleared that deep water was sourced from high latitude during cooling time from the Campanian to Maastrichtian. However, deep ocean circulation before the Campanian has not yet clarified: especially, deep-water source during the warming periods. In this study, we reconstruct deep-ocean circulation during the late Cretaceous. We selected epifaunal species of benthic foraminifera from core samples in North Atlantic, South Atlantic, Southern Ocean, and Indian Ocean, to analyze carbon and oxygen isotopes in Kochi Core Center in Japan. We report new findings on deep-sea circulation and water temperature changes from the Cenomanian to Maastrichtian by compiling analyzing data and previous literature data.

References

- Brady, E.C., DeConto, R.M., Thompson, S.L., 1998. Deep water formation and poleward ocean heat transport in the warm climate extreme of the Cretaceous (80 Ma). *Geophys. Res. Lett.* 25, 4205-4208.
- Frank, T.D., Arthur, M.A., 1999. Tectonic forcings of Maastrichtian ocean-climate evolution. *Paleoceanography* 14, 103-117.
- Huber, B.T., Hodell, D.A., Hamilton, C.P., 1995. Middle-Late Cretaceous climate of the southern high latitudes: stable isotopic evidence for minimal equator-to-pole thermal gradients. *Geol. Soc. Am. Bull.* 107, 1164-1191.
- MacLeod, K.G., Londono, C.I., Martin, E.E., Berrocoso, A.J., Basak, C., 2011. Changes in North Atlantic circulation at the end of the Cretaceous greenhouse interval. *Nat. Geosci.* 4, 779-782.
- Martin, E.E., MacLeod, K.G., Berrocoso, A.J., Bourbon, E., 2012. Water mass circulation on Demerara Rise during the Late Cretaceous based on Nd isotopes. *Earth Planet. Sci. Lett.* 327, 111-120.
- Murphy, D.P., Thomas, D.J., 2012. Cretaceous deep-water formation in the Indian sector of the Southern Ocean. *Paleoceanography* 27, PA1211, <http://dx.doi.org/10.1029/2011PA002198>.
- Poulsen, C. J., Barron, E. J., Arthur, M. A., Peterson W. H., 2001. Response of the mid-Cretaceous global oceanic circulation to tectonic and CO₂ forcings, *Paleoceanography*, 16, 576-592, doi: 10.1029/2000PA000579.
- Robinson, S.A., Murphy, D.P., Vance, D., Thomas, D.J., 2010. Formation of "Southern Component Water" in the Late Cretaceous: evidence from Nd-isotopes. *Geology* 38, 871-874.
- Robinson, S.A., Vance, D., 2012. Widespread and synchronous change in deep-ocean circulation in the North and South Atlantic during the Late Cretaceous. *Paleoceanography* 27, PA1102, <http://dx.doi.org/10.1029/2011PA002240>.

Keywords: Cretaceous, Deep ocean circulation, carbon isotope, benthic foraminifera

白亜紀 OAE2 期におけるカナダ太平洋岸の陸域気候変動シグナル Response of terrestrial climate to Cretaceous OAE2 observed in a sequence of Canadian Pacific coast

牟田 宗一郎^{1*}; 長谷川 卓¹; ハガート ジム²
MUTA, Soichiro^{1*}; HASEGAWA, Takashi¹; HAGGART, Jim²

¹ 金沢大学 自然システム学系, ² カナダ地質調査所
¹Kanazawa university, ²Geological Survey of Canada

Abstract

Across the Cretaceous Cenomanian / Turonian (C/T) boundary interval, a short-term event characterized by sediments rich in organic matter dominated over extended area of various oceanic setting around the world. This pronounced oceanic event is called Oceanic Anoxic Event 2 (OAE2). Considerable disturbance of global surface carbon circulation has been suggested during the event. Across the OAE2 interval, carbon isotope ratios of sedimentary organic carbon and carbonates show unique positive excursions, which are identified throughout the world. On the other hand, influence on the terrestrial environment during the event associated with the carbon cycle disturbance has been less discussed.

To understand the possible terrestrial climatic response related to this carbon cycle perturbation, Haida Gwaii, Pacific coast of western Canada, was studied. Limited macrofossils and carbon isotope stratigraphy well indicate the OAE2 interval through the section. Concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) through continuous sequence in Haida Gwaii was evaluated as proxies for the terrestrial environment in the period of OAE2. Likely origin of PAHs in the sedimentary rocks is wildfire; terrestrial vegetation and/or soils can be the source. On the other hand, they can potentially be generated from thermal maturation. In the studied section, gradual increase of PAHs (pyrene, benzo(e)pyrene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene and benzo(ghi)perylene) content was observed within the OAE2 interval. Based on comparison of this increasing pattern with other thermal maturation indices (MPI-1, CPI), wildfire is concluded as the main origin of the PAHs. Increase of PAHs associated with OAE2 suggests the climate of the North American Pacific coast gradually turned into condition that is prone to induce frequent wildfire during the period of OAE2.

Haida Gwaii, presumably located around 35°N during the period of OAE2 (Ward et al., 1997) was dominated by the prevailing westerlies (Upchurch et al., 1999) whereas the latitude is seasonally controlled by subtropical high pressure belt (SHPB) at present. Hasegawa et al. (2013) suggested expansion-shrinkage oscillation of Hadley Cell associated with global climate during Cretaceous. Haida Gwaii located near the northern edge of SHPB could be a region sensitive to such Hadley Cell oscillation. Our observation of PAHs from the studied section could provide important information for discussion on Hadley Cell expansion under declining trend of climate associated with OAE2.

Reference

- Hasegawa, H., Tada, R., Jiang, X., Imsamut, S., Charusiri, P., Ichinnorov, N., Khand, Y., 2012, *Climate of the Past*, **8**, 1323-1337.
Upchurch, G. R., Jr., Otto-Bliesner, B. L., Scotese, C. R., 1999, *Geological Society of America Special Paper*, 332.
Ward, P. D., Hurtado, J. M., Kirschvink, J. L., Verosub, K. L., 1997, *Science*, **277**, 1642-1645.

キーワード: 海洋無酸素事変, C/T 境界, ハドレー循環, 中緯度高圧帯, 多環芳香族炭化水素 (PAHs)

Keywords: Oceanic Anoxic Event, Cenomanian Turonian Boundary, Hadley Circulation, Subtropical High, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs)

炭素同位体比層序と凝灰岩の放射年代に基づく白亜系浅海—陸成堆積物の高精度年代対比

Detailed age determination of Cretaceous shallow marine - non-marine strata

西弘嗣^{1*}; 高嶋礼詩¹; 條将太²; 有元純²; 山中寿朗⁷; 折橋裕二³; 山本鋼志⁴; 高地吉一⁵; 梅津慶太⁶

NISHI, Hiroshi^{1*}; TAKASHIMA, Reishi¹; JO, Syota²; ARIMOTO, Jun²; YAMANAKA, Toshiro⁷; ORIHASHI, Yuji³; YAMAMOTO, Koshi⁴; KOCHI, Yoshikazu⁵; UMETSU, Keita⁶

¹ 東北大学学術資源研究公開センター, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻, ⁵ 富山大学大学院理工学教育部新エネルギー科学専攻, ⁶ 海洋研究開発機構, ⁷ 岡山大学大学院自然科学研究科

¹The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University, ²Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University, ³Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ⁴Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁵Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, ⁶Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁷Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

Introduction

It is very difficult to determine detailed age of pre-Quaternary shallow marine and non-marine sequences because they are usually very poor in age diagnostic fossils. However, age determination of such sequences is important to demonstrating past sea level changes as well as evolution of terrestrial fauna and flora. Since the shallow marine and non-marine sequences contain abundant wood fragments, carbon isotope stratigraphy is appropriate method for determining the age of those strata. This study attempted to determine the detailed age of the Cretaceous shallow marine/non-marine sequence of the Kuji Group using carbon isotope stratigraphy and U-Pb ages of tuffs.

Geologic outline of the Kuji Group

The Kuji Group is about 800-m-thick sequence exposed in the eastern coast of Iwate Prefecture. This group overlies unconformably the Jurassic accretionary complex (Rikuchu Group) and is unconformably overlain by the Paleogene non-marine sequence (Noda Group). The group consists mainly of sandstone and conglomerate with subordinate amount of coal and coaly mudstone, and is composed of the Tamagawa, Kunitan and Sawayama Formations in ascending order.

Since the Kuji Group yields abundant well-preserved plant and terrestrial vertebrate fossils such as dinosaur and reptiles (e.g., Hirayama et al., 2010), detailed age determination of this strata is critical for reconstructing terrestrial fauna and flora of the Cretaceous East Asia. The group also intercalates a lot of felsic tuff beds throughout the sequence which provides good anchor points for correlation of carbon isotope curves between the Kuji Group and other marine sequences.

Method

About 500 sandstone and coaly mudstone samples for carbon isotope analysis and 8 felsic tuff samples for U-Pb dating were taken from the sections of the Tamagawa coast, Edanari, Osawada, Natsui and Sawayama streams. For the tuff samples, zircons were separated using heavy liquid, and zircons of 50 grains randomly by a handpicking were pressed into soft PFA sheet, and their surfaces were polished using 3- and 1- μ m diamond paste. The U-Pb isotopic age of zircons were determined using LA-ICP-MS at the Nagoya University. For the carbon isotope analyses, wood fragments were picked up from the disaggregated sediments, and the carbon isotope of the wood fragments of the sample was then measured using a mass spectrometer (IsoPrime) in line with an elemental analyzer EuroEA3000.

Result and discussion

The U-Pb isotopic ages of tuffs from the Kuji Group range from 95 to 80 Ma, and the carbon isotope ratio of the fossil wood fragments of this group changes between -27.0‰-20.9‰. We correlated the carbon isotope curves among the Kuji and the Yezo groups and the English Chalk with the help of many anchor points of the U-Pb isotopic ages and several macro fossils. As the result, we identified exact Cretaceous stage boundaries of the Cenomanian/Turonian, Turonian/Coniacian, Coniacian/Santonian and Santonian/Campanian in the Kuji Group. The bone bed containing dinosaur in the Osawada stream is assigned to be lower Coniacian.

キーワード: 白亜紀, 炭素同位体比, U-Pb 年代, 凝灰岩

Keywords: Cretaceous, Carbon isotope, U-PB age, tuffs

西部赤道太平洋の生物生産量と底層流への地球軌道要素の影響：環境岩石磁気学による考察
Orbital influence on productivity and bottom current in the western equatorial Pacific: environmental magnetic approach

山崎 俊嗣^{1*}; 堀内 一穂²; 七山 太³

YAMAZAKI, Toshitsugu^{1*}; HORIUCHI, Kazuho²; NANAYAMA, Futoshi³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 弘前大学大学院理工学研究科, ³ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹AORI, Univ. Tokyo, ²Hirosaki Univ., ³GSJ, AIST

The Western Pacific Warm Pool (WPWP) has highest water temperature in the global ocean, and its spatiotemporal variations have significant impacts on large-scale atmospheric circulation and global hydrology. An environmental magnetic study was conducted on sediment cores of late Pleistocene age taken from water depths of 2500 to 4500m in the West Caroline Basin (WCB) offshore northern New Guinea to understand better the paleoceanography in WPWP. Sediments in the southern part of WCB are deposited under the influence of relatively strong bottom water currents parallel to the New Guinea Trench; this is evidenced by sediment grain-size spectra, anisotropy of magnetic susceptibility, and 3.5 kHz sub-bottom profiling records.

Magnetite dominates magnetic mineral assemblages of the sediments. This is evidenced by that isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition curves are mostly explained by a low-coercivity component, and that the Verwey transition is obvious in low-temperature measurements. Existence of the sharp central ridges on first-order reversal curve (FORC) diagrams and transmission electron microscopy indicate the occurrence of biogenic magnetite, in addition to magnetostatically interacting pseudo-single-domain and multi-domain magnetites of probably terrigenous origin.

The ratio of anhysteretic remanent magnetization susceptibility to saturation IRM ($k_{ARM}/SIRM$, a proxy of biogenic to terrigenous magnetic mineral component) and acid solvable component (carbonate content) are synchronous with northern-hemisphere summer insolation; peaks of the former two correspond to the insolation maxima. This suggests that in WCB ocean productivity and then population of magnetotactic bacteria are higher when the Australia-Indonesian summer monsoon is stronger at the insolation maxima. The precessional frequency is visible in volumetric magnetic susceptibility (k) variations at sites shallower than the carbonate compensation depth (CCD), but the eccentricity frequency becomes dominant in carbonate-free mass susceptibility (χ_{cf}). Sediment redistribution by bottom water currents, whose strength and paths may vary with glacial/interglacial changes, may be responsible for the eccentricity frequency in χ_{cf} .

On the Ontong-Java Plateau (OJP) to the east of WCB, on the other hand, the precessional frequency appears in k , but the eccentricity frequency dominates $k_{ARM}/SIRM$ variations. This suggests that the $k_{ARM}/SIRM$ ratio at OJP could be influenced by a terrigenous supply via the Equatorial Undercurrent, but not by the strength of the monsoon.

Keywords: environmental magnetism, Western Pacific Warm Pool, West Caroline Basin, paleoceanography

高精度 U-Pb ジルコン年代を用いた堆積層中 B-M 境界年代値の高精度決定 M-B boundary age constrained by high-precision U-Pb zircon dating of a widespread tephra in a sedimentary sequence

菅沼 悠介^{1*}; 岡田 誠²; 堀江 憲路¹; 海田 博¹; 竹原 真美³; 仙田 量子⁴; 木村 純一⁴; 川村 賢二¹; 羽田 裕貴²; 風岡 修⁵; Head Martin⁶
SUGANUMA, Yusuke^{1*}; OKADA, Makoto²; HORIE, Kenji¹; KAIDEN, Hiroshi¹; TAKEHARA, Mami³; SENDA, Ryoko⁴; KIMURA, Jun-ichi⁴; KAWAMURA, Kenji¹; HANEDA, Yuuki²; KAZAOKA, Osamu⁵; HEAD, Martin⁶

¹ 国立極地研究所, ² 茨城大学, ³ 九州大学, ⁴ 海洋研究開発機構, ⁵ 千葉県環境研究センター, ⁶ Brock University
¹ National Institute of Polar Research, ² Ibaraki University, ³ Kyushu University, ⁴ JAMSTEC, ⁵ Research Institute of Environmental Geology, Chiba, ⁶ Brock University

Geomagnetic polarity reversals, including the Matuyama-Brunhes boundary (MBB), are critical markers in age calibrating sedimentary sequences with volcanic rocks. Most age determinations for the MBB use marine astronomically-tuned benthic and planktonic foraminiferal oxygen isotope records to date the mid-point in the transition of the virtual geomagnetic pole (VGP). During the MBB and other reversals, the Earth's geomagnetic field intensity dropped significantly, resulting in the increased production of cosmogenic radionuclides, including ¹⁰Be, in the upper atmosphere. Hence, the MBB has also been recognized as a positive spike in the ¹⁰Be flux recorded in marine sediments and an Antarctic ice core.

The MBB has a frequently cited age of 780 ka, which derives from astronomically-tuned benthic and planktonic oxygen isotope records from the eastern equatorial Pacific. This marine astronomically-dated MBB age is supported by ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of Maui lavas at 781-783 ka, revised by the recent reference age of Fish Canyon Tuff sanidine (FCTs) standards. However, an understanding of post-depositional remanent magnetization (PDRM) processes shows that lock-in of the geomagnetic signal occurs below the sediment-water interface in marine sediments, which then yields ages for geomagnetic events that are too old. Because this age offset is influenced by sedimentation rate, those records with higher sedimentation rates should minimize the PDRM lock-in problem. In fact, younger astrochronological MBB ages of 772-773 ka have been reported from high sedimentation rate records. These MBB ages are consistent with records of cosmogenic nuclides in marine sediments and an Antarctic ice core, although they are not supported by radiometric timescales.

Here, we present a high-precision U-Pb zircon age of 772.7 ± 7.2 ka from a marine-deposited tephra just below the MBB in a forearc basin in Japan. Because the U-series dating is relatively free from issues about standardization and decay constants, this U-Pb zircon age coupled with a newly obtained oxygen isotope chronology yields a highly accurate MBB age of 770.2 ± 7.3 ka. Our MBB age is consistent with those based on the latest orbital-tuned marine sediments. We provide the first direct comparison between orbital tuning, U-Pb dating, and magnetostratigraphy for the MBB, fulfilling a key requirement for calibrating the geological timescales.

Abrupt intensification of North Atlantic Deep Water formation at the Nordic Seas during the late Pliocene transition

佐藤 雅彦^{1*}; 槇尾 雅人¹; 林 辰弥²; 大野 正夫¹
SATO, Masahiko^{1*}; MAKIO, Masato¹; HAYASHI, Tatsuya²; OHNO, Masao¹

¹九州大学, ²御船町恐竜博物館

¹Kyushu University, ²Mifune Dinosaur Museum

Southward flow of dense North Atlantic Deep Water (NADW) and northward flow of warm surface water constitute the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). The AMOC is an important component of the present climatic system because it plays a major role in controlling the northward transport of heat and moisture [Ramstorf, 2002]. In order to understand the evolution of the climatic system during the late Pliocene transition (LPT), during which the global climate changed from warm and relatively ice-free conditions to a colder and more glacial climate in the Northern Hemisphere [Lisiecki and Raymo, 2005], it is crucial to reveal changes in the NADW. However, details of the past evolution of the NADW during the LPT are still poorly understood because of the lack of suitable paleoceanographic proxy data.

Here, we developed a new rock-magnetic method to determine constituent of sediments and report on the evolution of NADW during LPT. North Atlantic deep-sea sediments drilled at the Gardar Drift (Integrated Ocean Drilling Program site U1314) were used for rock-magnetic measurements. We measured isothermal remanence (IRM) acquisition curves of 252 samples collected from 199.3 to 299.2 mcd of the core, which correspond to ages between 2.22 and 2.91 Ma at an average resolution of 3 kyr.

First derivatives of the IRM curves were decomposed into two end-member components. Consequently, residuals of the decomposition were sufficiently small throughout the study interval, thus confirming that the Gardar Drift sediments represent a mixing of the two end-member components: high-coercivity and low-coercivity components. Changes in the components agree well with those of the LR04 oxygen isotope data of benthic foraminifera [Lisiecki and Raymo, 2005]; the fraction of high-coercivity component periodically changed with the interglacial?glacial cycle. Variation trends of the sediment constituents drastically changed at ca. 2.68 Ma. Average values of the fraction of high-coercivity component increased after ca. 2.68 Ma from $38 \pm 13\%$ to $68 \pm 22\%$ because of the increase in high-coercivity component during the interglacial period.

Fraction changes of the high-coercivity component represent variation of the Iceland-Scotland Overflow Water, a branch of NADW formed at the Nordic Seas. The drastic increase in the high-coercivity component during the interglacial period suggests that intense NADW formation at the Nordic Seas abruptly started at ca. 2.68 Ma.

Keywords: North Atlantic Deep Water, Iceland Scotland Overflow Water, Nordic Seas, Late Pliocene transition, IODP Exp. 306

カディズ湾の堆積物コアのバイオマーカー分析による後期中新世～後期鮮新世における海洋生物生産変動の復元
Reconstruction of changes in marine primary productions by biomarker analysis of sediments from the Gulf of Cadiz during

風呂田 郷史^{1*}; 沢田 健¹
FUROTA, Satoshi^{1*}; SAWADA, Ken¹

¹ 北海道大学 理学院

¹ Faculty of Science, Hokkaido University

イベリア半島南部に位置するカディズ湾は、西は北大西洋へと開けている一方で、東はジブラルタル海峡を通じて地中海と繋がっている。そのため、地中海と大西洋の水交換を考察する上で重要な地域として考えられており、特にコンターライト堆積物の堆積パターンから地中海流出水の変動が復元されてきた(例えば, Hernández-Molina et al., 2014)。一方、海洋表層環境においては、カディズ湾に近いカナリア諸島周辺に地域的な湧昇域であるアゾレスフロントが位置している。アゾレスフロントは北大西洋亜熱帯循環の北東端部として知られており、現在の海洋循環ではカディズ湾の海洋環境に影響を与えていないが、最終氷期においてはカディズ湾付近まで北上し鉛直混合を活発化させていたことが微化石群衆の変化などから報告されている(例えば, Rogerson, 2004)。そのため、カディズ湾の海洋表層環境は北大西洋の海洋循環の変化にも敏感な地域であると考えられ、海洋表層循環を考える上でも重要な地域であると言える。しかしながら、IODP 第 339 航海(2011年～2012年)が行われるまでは、鮮新世以前のカディズ湾の海底堆積物は採取されておらず、そのため古海洋変動の記録も報告されていない。そこで本研究では、IODP 第 339 航海で採取された深海堆積物のバイオマーカー分析を行い海洋生物生産の変動を復元することで、後期中新世から後期鮮新世にかけてのカディズ湾周辺の古海洋環境変動を考察した。

カディズ湾の海洋堆積物からは、真核藻類に由来する C₂₇ から C₂₉ のステロール、ハプト藻に由来する長鎖アルケノン、渦鞭毛藻に由来するディノステロール、真正眼点藻や一部の珪藻に由来する長鎖のアルキルジオールが検出された。長鎖のアルキルジオールのうち、C₂₈ および C₃₀ 1,14-ジオールは珪藻の *Proboscia* 属に由来し、1,13-および 1,15-ジオールは主に海洋の真正眼点藻類に由来すると考えられている。アラビア海などにおける一部の海域では *Proboscia* 属は湧昇域として知られているため、ジオール組成を用いた Diol Index 1 および 2 (DI1 および DI2) が湧昇指標として提案されている(例えば, Rampen et al., 2014)。検出されたバイオマーカーの総有機炭素量に対する濃度を求めたところ、長鎖アルケノンと C₂₈ ステロールの濃度はおよそ 4.2 Ma ごろを境に高い値を示した。検出された C₂₈ ステロールの多くは brassicasterol であり、これはハプト藻アルケノン合成種に由来することが知られている。そのため、4.2 Ma ごろにおける長鎖アルケノンと C₂₈ ステロール濃度の増加は、カディズ湾におけるハプト藻の海洋生物産が活発化したことを示唆する。しかしながら、連続的なコンターライト堆積シーケンスがこの時期から同様に見つかるため、コンターライト堆積システムの発達による効果的な有機物の保存システムが堆積物中の長鎖アルケノンおよび C₂₈ ステロールの増加を引き起こした可能性を除外することができない。一方、珪藻の *Proboscia* 属に由来する 1,14-ジオールの濃度は 3.4 ~ 3.2 Ma にかけて高い値を示した。同時に、DI1 と DI2 も高い値を示したことから、この期間において珪藻の *Proboscia* 属の海洋生物生産への寄与率が増加したことが考えられる。カディズ湾において珪藻の生物生産が増加した 3.4 ~ 3.2 Ma は底生有孔虫の酸素同位体比が高い値を示す期間であり、温暖な鮮新世の中でも寒冷な時期として知られている (Lisiecki and Raymo, 2005)。特に、MIS M2 (ca. 3.3 Ma) では酸素同位体比が現在よりも大きな極大値を示し、厳しい寒冷化が生じていたと考えられている。そのため、寒冷化に伴う大気海洋循環の変化がカディズ湾の珪藻生産の増加を引き起こしていたと考えられる。さらに、IODP U1313 サイト(北大西洋、中緯度地域)の高解像度での水温復元の結果から、北大西洋海流 (North Atlantic Current: NAC) が 3.4 Ma から MIS M2 にかけて弱体化し南側へシフトし、氷期と似た海洋表層循環が形成されていたことが指摘されている (Naafs et al., 2010)。そのため、3.4 ~ 3.2 Ma におけるカディズ湾における珪藻生産の増加は、NAC の南下に伴ったアゾレスフロントのカディズ湾への貫入と鉛直混合の活発化によって引き起こされたと考えられる。

キーワード: 北大西洋, 鮮新世, MIS M2, バイオマーカー, 珪藻, 地中海流出水

Keywords: North Atlantic Ocean, Pliocene, MIS M2, Biomarker, Diatom, Mediterranean Outflow Water

古気候学・古海洋学における海底テフラの利用 Marine tephra as an important tool for paleoceanography and paleoclimatology

池原 研^{1*}
IKEHARA, Ken^{1*}

¹産総研地質情報
¹Geological Survey of Japan, AIST

テフラは火山噴火の産物であり、あるテフラの降下は地質学的には同時とみなされるので、湖沼域と海域をつなぐ同時期面として重要である。また、テフラ粒子は日本周辺のような火山弧周辺の海底では、堆積物の重要な構成要素の一つであり、一次的にのみならず、様々な過程を通じて二次・三次的に輸送・堆積する。同時期面としての一次テフラは陸域と海域の古気候・古海洋イベントの同時性あるいは前後関係を確認するのに重要である。異なる環境中での気候イベントの前後関係の把握は汎世界的な気候変動やその変動要因の鍵となる可能性がある。また、同じテフラの陸域と海域での放射性炭素年代値の比較は、過去の海域の地域レザバー効果の大きさの復元に貢献する。さらに、テフラは異なる海域にも同時に降下する。地域レザバーの大きさは海洋循環にも関係するので、広域的な地域レザバー効果の復元は、氷期から融氷期の海洋の表層及び鉛直循環の復元に貢献するであろう。

キーワード: テフラ, 海底堆積物, 海洋レザバー効果, 環境変動, 鍵層
Keywords: tephra, marine sediments, marine reservoir effect, environmental change, key bed

絶対古地磁気強度とテフロクロノロジー： 相対古地磁気強度変動曲線の絶対較正 Absolute paleomagnetic intensity and tephrochronology: Absolute calibration of relative paleomagnetic intensity stacks

望月 伸竜^{1*}; 藤井 哲夢²; 長谷川 健³; 岡田 誠³; 渋谷 秀敏²

MOCHIZUKI, Nobutatsu^{1*}; FUJII, Satomu²; HASEGAWA, Takeshi³; OKADA, Makoto³; SHIBUYA, Hidetoshi²

¹ 熊本大学大学院先端機構, ² 熊本大学大学院自然科学研究科, ³ 茨城大学理学部

¹ Priority Organization for Innovation and Excellence, Kumamoto University, ² Department of Earth and Environmental Sciences, Kumamoto University, ³ Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University

古地磁気強度を復元する方法は大きく分けて2種類あり、1つは火山岩から絶対古地磁気強度を復元するものであり、もう一つは堆積物から相対古地磁気強度を復元するものである。従来の研究において、相対古地磁気強度変動曲線を絶対値に較正するには、いくつかの仮定をおいて相対値の平均・標準偏差を較正するしかなかった。本発表では、テフロクロノロジーの研究成果を利用することで、絶対古地磁気強度と相対古地磁気強度変動曲線を直接的に対比し、相対古地磁気強度変動曲線を定量的に絶対値に較正する試みについて紹介する。

溶結凝灰岩と同時に火山から噴出したテフラ（火山灰）は海洋堆積物コアや湖沼堆積物コアに見つかる場合があり、これらのテフラにより酸素同位体層序における同時面を知ることができる。したがって、溶結凝灰岩から絶対古地磁気強度を復元するとともに、テフラに基いて酸素同位体層序における時間面を参照することで、海洋堆積物から得られる相対古地磁気強度変動曲線と前述の絶対古地磁気強度データを（年代誤差なく）比較することができる。相対古地磁気強度と絶対古地磁気強度の関係性を定量的に把握できれば、相対古地磁気強度変動曲線を絶対値に較正できる。日本には広域テフラを伴う火砕流（溶結凝灰岩）が数多く存在し、酸素同位体比層序における層準が報告されているものがある。そこで、本研究では、日本各地の溶結凝灰岩を採取して、絶対古地磁気強度測定を進めている。これまでに、溶結凝灰岩 20 ユニットの測定を行った結果、16 ユニットから絶対古地磁気強度データが得られた。16 ユニットのうち 8 ユニットについては対比されるテフラの酸素同位体層序での位置が報告されているので、相対古地磁気強度変動曲線との比較が可能である。既に報告されている溶結凝灰岩からのデータや逆転・エクスカーション期のデータも合わせることで、合計 13 レベルにおいて、絶対古地磁気強度と過去 150 万年間の相対古地磁気強度スタック（PISO-1500: Channell et al., 2009）の相対値との比較を行うことができた。その結果、相対古地磁気強度スタックは仮想地磁気双極子モーメントに良い相関を示し、得られたデータの範囲においては一次関数で近似できることが示された。

キーワード: 溶結凝灰岩, 広域テフラ, 絶対古地磁気強度, 相対古地磁気強度, 酸素同位体層序

Keywords: welded tuff, widespread tephra, absolute paleointensity, relative paleointensity, oxygen isotope stratigraphy

ヤクスギ年輪の酸素同位体比による過去1500年間の夏季モンスーンの復元 Hydroclimate variations in southwestern Japan over the past 1500 years inferred from oxygen isotope ratios in tree rings

佐野 雅規^{1*}; 木村 勝彦²; 安江 恒³; 中塚 武¹
SANO, Masaki^{1*}; KIMURA, Katsuhiko²; YASUE, Koh³; NAKATSUKA, Takeshi¹

¹ 総合地球環境学研究所, ² 福島大学, ³ 信州大学
¹Research Institute for Humanity and Nature, ²Fukushima University, ³Shinshu University

近年、日本を含むアジアの温暖・湿潤地において、樹木年輪セルロースの酸素同位体比が過去の降水量や相対湿度の変動を精確に記録しているという知見が続々と報告されている。しかし、先行研究の大部分は、分析に多大な時間を要するため、遡及期間が過去数百年にとどまっているのが現状である。そこで本研究では、屋久島産の長樹齢のスギ（以下、ヤクスギ）を用いて、過去1500年間にわたって年輪の酸素同位体比を測定し、夏季のモンスーンを1年単位の解像度で復元した。

本研究では、ヤクスギの現生木や土埋木から採取したコアや円盤サンプルを使用し、まず年輪幅の変動パターンを個体間で比較することにより、年輪が形成された年代を決定した。次いで、14個体を選別して、個体毎に多数の年輪を含む1mm厚の薄板を調整し、化学処理によって薄板の形状を維持したままセルロースを抽出した。その後、顕微鏡下で1年輪毎に切り分け、TCEA-IRMSを用いて酸素同位体比を測定した。

酸素同位体比の変動は、個体間で良く同調しており、周辺の測候所データとの対比から、夏季の相対湿度を反映していることが明らかとなった。また、日本産のヒノキを用いた先行研究では、加齢に伴う酸素同位体比の長期減少トレンド（樹齢効果）が観察されており、長周期の変動成分を取得することが困難であったが、本研究で使用したスギには樹齢効果が認められなかった。過去1500年間にわたる酸素同位体比時系列の長周期変動に着目すると、中世温暖期は乾燥し、小氷期は湿潤であったほか、20世紀に入ってから乾燥化が進んでいることが明らかとなった。

キーワード: 樹木年輪, 酸素同位体比, 屋久島, モンスーン
Keywords: Tree rings, Oxygen isotope, Yakushima Island, Monsoon

北海道東部、藻琴湖における過去350年間の堆積環境の変化 The change of sedimentary environment for past of 350 years in the Lake Mokoto, Hokkaido, Japan

瀬戸 浩二^{1*}; 高田 裕行²; 香月 興太³; 園田 武⁴
SETO, Koji^{1*}; TAKATA, Hiroyuki²; KATSUKI, Kota³; SONODA, Takeshi⁴

¹ 島根大学汽水域研究センター, ² 釜山大学, ³ KIGAM, ⁴ 東京農大・アクアバイオ

¹Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, ²Pusan National University, ³Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, ⁴Tokyo University of Agriculture

亜寒帯気候に属する北海道東部オホーツク海沿岸には、多くの汽水湖が分布する。特に網走市周辺では、サロマ湖、網走湖など様々な特徴を持った汽水湖が分布し、日本有数の汽水湖群を形成している。この汽水湖群の特徴は、いずれも冬季に湖表が結氷することであり、温帯域の汽水湖群と異なった環境システムを考える必要がある。藻琴湖は、網走市東部に位置する面積約1.1²、最大水深5.8mの小さな富栄養汽水湖である。流域面積は190km²と湖の面積と比べて大きく、流域では農業とともに牛や豚等の畜産業も盛んである。そのため、流域からの汚濁負荷が相対的に高く、富栄養化の原因となっている。特にリンは、畜産業に起因する負荷が高く、藻琴湖の特徴の一つになっている。また、流域からの土砂流出による湖底の埋積も問題になっている。本研究の目的は、藻琴湖から得られた柱状試料を解析することによって近過去の人為改変による湖沼環境の変遷を明らかにすることである。

藻琴湖の湖心付近の水深4.5mの地点で空気圧入式ピストンコアラーにより09Mk-2Cコアを採取した。09Mk-2Cコアは、コア長387cmで、主にラミナを伴う泥からなる。また、深度350cmにTa-aテフラ(AD1739年)が、深度387cmにKo-2c(AD1694年)が確認された。

リン濃度は深度2.0mの色調の境界の上位で比較的高い値(0.1wt%前後)を示し、それより下位では低い値(ほぼ0wt%)を示す。リン濃度の増加が畜産業の排水に起因するものならば、この境界付近から畜産業が発展したことになる。同様な結果は、09Mk-1Cコアでも得られている。それによると、この境界は、ラミナセットの枚数から1957年と推定される。記録によれば、藻琴湖流域では1955年から家畜の頭数が増加したとされており、藻琴湖のラミナセットの数による年代と今のところ矛盾していない。また、ラミナセットの厚さは、ラミナセットの数による年代の1960年代前半までは7mm前後であったが、1960年代後半から25mm前後と厚くなる。これは、1960年代後半から土砂の流出が顕著となり、堆積速度が早くなったことが示唆される。

キーワード: 海跡湖, 藻琴湖, ラミナ, 樽前-aテフラ, 駒ヶ岳2cテフラ, 貧酸素水塊
Keywords: Coastal Lagoon, Lake Mokoto, lamina, Ta-a tephra, Ko-2c tephra, anoxic

北海道苫小牧沖海底コアに認められた低次生産の100年スケール変動 Centennial-scale variability in lower trophic level productions off Tomakomai, Hokkaido

加三千宣^{1*}; 清都真子¹; 佐川拓也³; 山本正伸²; 中村有吾⁴; 谷幸則⁵; 槻木玲美⁷; 大西広二⁸; 池原実⁹

KUWAE, Michinobu^{1*}; KIYOTO, Mako¹; SAGAWA, Takuya³; YAMAMOTO, Masanobu²; NAKAMURA, Yugo⁴; TANI, Yukinori⁵; TSUGEKI, Narumi⁷; OHNISHI, Hiroji⁸; IKEHARA, Minoru⁹

¹ 愛媛大学沿岸環境科学研究センター, ² 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ³ 九州大学大学院理学研究院, ⁴ 北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター, ⁵ 静岡県立大学食品栄養科学部, ⁶ 愛媛大学大学院理工学研究科, ⁷ 松山大学法学部, ⁸ 北海道大学大学院水産科学研究科, ⁹ 高知大学海洋コア総合研究センター

¹Center for Marine Environmental Studies, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³Faculty of Sciences, Kyushu University, ⁴Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, ⁵Graduate Division of Nutritional and Environmental Sciences, University of Shizuoka, ⁶Graduate School of Science and Engineering, Ehime University, ⁷Matsuyama University The Faculty of Law, ⁸Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, ⁹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi Univ

海洋表層の栄養塩は、表層の生物生産を支え、生態系を通じて我々の水産資源の安定供給を支えている。20世紀後半以降、北西太平洋ではリン酸に代表される貧栄養化トレンドが認められている (Limsakul et al., 2001; Tadokoro et al., 2009; 見延庄士郎, 2013)。この貧栄養化の減少率は世界最大規模であるとされ (見延庄士郎, 2013)、関連する低次生産の減少も報告されてきた (Boyce et al., 2010; Tadokoro et al., 2009)。こうした貧栄養化トレンドの原因は、地球温暖化による亜熱帯循環と黒潮・親潮続流の強化にあるとされ、その影響の規模は大洋規模に及ぶとされる (見延庄士郎, 2013)。しかし、この貧栄養化トレンドが温暖化によるものか、あるいは自然変動によるものかについては明らかでない。自然変動由来の栄養塩濃度の変動がどの程度現在の貧栄養化に寄与しているかを知ることは、今後の地球温暖化による大洋規模の貧栄養化を考える上で重要である。しかし、これまでの50年程度という栄養塩の観測データのみでは、自然変動がもたらす栄養塩の長期的な変動パターンやその変動の規模を知ることは困難であった。

本研究では、北西太平洋における自然変動による長期的な栄養塩変動を明らかにすることを目的として、亜寒帯域で栄養塩に敏感に応答する低次生産 (Tadokoro et al., 2009) を栄養塩指標として栄養塩濃度の長期記録を復元した。冬季から春季に沿岸親潮域にあたる北海道苫小牧沖海底コアを用いて、生物源オパール・色素を10~40年の時間解像度で分析した。その結果、これらの低次生産指標には100~1000年スケールの変動が認められた。生物源オパール、クロロフィルa + 分解物、SCEs (steryl chlorine esters) のフラックスに基づく、最も振幅の大きい過去1300年間ではピーク時の値からそれぞれ19-42%、12-19%、11-65%まで減少することがわかった。これが栄養塩濃度の減少に起因するならば、この減少の規模は1958年以降過去40年間の親潮域のリン酸濃度の低下の規模 (23%) (Tadokoro et al., 2009) とほぼ同等である。現在の生物源オパールのフラックスは低水準期にあたり、約100年前の高水準期以来の減少は100年スケール変動の一部であると捉えることもできる。同様な100年スケール変動は、別府湾やカリフォルニア沖から復元されたマイワシのアバンダンス、アラスカの湖沼堆積物から復元されたサーモンアバンダンス、北米年輪に基づくPDO指数にも認められ、なんからの大洋規模の気候変動が各海域の生物生産やPDO指数の100年スケール変動の背後に関わっている可能性がある。今後の大規模な栄養塩変動や水産資源変動を予測するためには、さらに広範囲での生物生産記録を復元し、100年スケール変動の実態とその駆動メカニズムに関する研究が必要である。

References

- Boyce, D.G., Lewis, M.R., Worm, B., 2010. Global phytoplankton decline over the past century. *Nature* 466, 591-596.
- Limsakul, A., Saino, T., Midorikawa, T., Goes, J.I., 2001. Temporal variations in lower trophic level biological environments in the northwestern North Pacific Subtropical Gyre from 1950 to 1997. *Prog Oceanogr* 49, 129-149.
- Minobe, S., 2013. Gyre circulation-driven oligotrophication trend: The nutrient decreasing trend in the western North Pacific subtropical gyre in: Japan, T.O.S.o. (Ed.), Fall meeting of the Oceanographic Society of Japan, Sapporo, p. 114.
- Tadokoro, K., Ono, T., Yasuda, I., Osafune, S., Shiomoto, A., Sugisaki, H., 2009. Possible mechanisms of decadal-scale variation in PO₄ concentration in the western North Pacific. *Geophysical Research Letters* 36, L08606.
- 見延庄士郎, 2013. 循環駆動貧栄養化: 北太平洋亜熱帯循環西部での世界最大規模の栄養塩減少トレンド, 日本海洋学会秋季大会. 日本海洋学会, 札幌, p. 114.

Japan Geoscience Union Meeting 2015

(May 24th - 28th at Makuhari, Chiba, Japan)

©2015. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS34-16

会場:301A

時間:5月28日 15:45-16:00

キーワード: 100年規模変動, 低次生産量, 沿岸親潮, 栄養塩, PDO

Keywords: centennial variability, lower trophic level production, Coastal Oyashio, nutrients, PDO

大陸氷床発達期 (MIS100-104) における氷床崩壊に伴う北大西洋深層流の変動 Intensity variation in ocean circulation with iceberg surges after intensification of Northern Hemisphere glaciation

槇尾 雅人^{1*}; 佐藤 雅彦¹; 林 辰弥²; 大野 正夫¹; 桑原 義博¹

MAKIO, Masato^{1*}; SATO, Masahiko¹; HAYASHI, Tatsuya²; OHNO, Masao¹; KUWAHARA, Yoshihiro¹

¹九州大学, ²御船町恐竜博物館

¹Kyushu University, ²Mifune Dinosaur Museum

大陸氷床の発達・崩壊は気候変動と密接に関係していると考えられているが、約 2.75 Ma に北半球に氷床が出現し、その後、発達していった時期の詳細な気候変動については未解明な点が多い。本研究では、北大西洋で掘削された堆積物コア試料について岩石磁気測定を行い、その結果と氷山起源の漂流岩屑 (IRD) カウントの結果を比較することで、深層水循環と氷床崩壊との数千年スケールの関係が氷床の発達に伴ってどのように変化したのかについて議論を行う。既に同堆積物コア試料について、大陸氷床が初めて大規模に発達したとされる海洋酸素同位体ステージ (MIS) 100 付近 (2.50-2.55 Ma) の分析結果が報告されている (大野ほか 2014, JpGU)。本研究ではその直前に当たる MIS104 付近 (2.58-2.62 Ma) の試料について、岩石磁気測定と IRD 数カウントを行い、その結果を解析して MIS100 との比較を検討した。

測定に用いた試料は、IODP 第 306 航海においてアイスランド南方のガーダードリフトで掘削されたコア試料 (Site U1314: 北緯 56 度 22 分、西経 27 度 53 分、水深 2820 m) である。この海域周辺はアイスランド北方で形成された北大西洋深層流の流路となっており、深層流がアイスランド周辺の玄武岩質の堆積物を輸送している。本研究では、239.5-245.5 mcd (m composite depth) の堆積層を 2 cm 間隔毎で分析した。Hayashi et al. (2010) の年代モデルを適用すると、約 2.58-2.62 Ma の間を約 100 年間隔で分析したことに相当し、堆積速度は約 20 cm/kyr となる。岩石磁気測定では、凍結乾燥させた試料約 5-10 mg を 10 mm × 8 mm のアルミ箔に包み行った。交番磁場勾配磁力計 (MicroMag 2900, Princeton Measurement Corporation) を用いて、磁気ヒステリシス測定、S-ratio 測定 (Mr_{-100mT}/Mr_{1T})、等温残留磁化 (IRM) 獲得曲線測定を行った。IRM 獲得曲線測定では、交流消磁の後、1 mT - 1 T まで 30 段階で測定を行った。IRD 数カウントでは、堆積物試料 0.5 g あたりの IRD (粒径 150 μ m 以上) 数をカウントした。

IRD 数カウントの結果、約 2.602Ma と約 2.610Ma に IRD の堆積するイベントが確認された。約 2.602Ma の IRD イベントでは最大約 5200 個/g、約 2.610Ma の IRD イベントでは最大約 700 個/g の IRD 粒子が確認された。

岩石磁気測定の結果、氷期・間氷期サイクルに対応する長周期の保磁力変化と、約 2.602Ma と約 2.610Ma の IRD イベントに対応する急激な保磁力変化の 2 種類の変化が確認された。また、ガウス・松山地磁気逆転境界において、約 5 千年間の保磁力の低下が確認された。測定した全ての試料の IRM 獲得曲線は高保磁力成分と低保磁力成分の 2 成分で成分分解が可能であった。これらの成分比は北大西洋深層流によって輸送される玄武岩質の堆積物の含有量変化で解釈できる。この成分比の変化は北大西洋深層流の変動を示し、氷期に北方からの深層流が弱まり低保磁力成分が増大する一方、間氷期に深層流の形成が強まり、高保磁力成分が増大したと考えられる。

長周期の変化としては、2.58-2.61Ma の約 3 万年間に高保磁力成分が大きく変動した。また、約 2.602 Ma の IRD イベントに対応する変化として、約 1000 年間に約 73% から 5% まで 68% の急激な高保磁力成分の低下が起こり、その後、約 1 万年間かけて緩やかに IRD イベント前の割合に回復していくことが確認できた。約 2.610Ma の IRD イベントの前後ではわずかな高保磁力成分の低下が認められた。

IRD イベントにおける深層流の変化は MIS100 付近の堆積物試料でも確認され、高保磁力成分の急激な減少と緩やかな増加を示した。MIS104 で確認された変化は MIS100 における変化と振幅・絶対値において同程度の値である。したがって、MIS100 と同様に MIS104 においても、氷床の崩壊に伴う北大西洋深層流の同規模の変動が起きていたと推測できる。北半球の大陸氷床は MIS100 以降から大規模に発達したとされているが、北大西洋では MIS100 以前の MIS104 で既に MIS100 と同様の氷床崩壊に伴う深層水の循環システムが確立されていたと考えられる。

キーワード: 氷山起源の漂流岩屑, 岩石磁気, 氷床崩壊, 海洋循環, 北大西洋深層流

Keywords: ice rafted debris, rock magnetism, ice sheet collapse, deep water circulation, North Atlantic Deep Water

大阪湾における海洋酸素同位体ステージ19初期の急激な海面低下イベント Rapid sea-level fall during the earliest phase of Marine Isotope Stage 19 in Osaka Bay, Japan

前垣内 健太^{1*}; 兵頭 政幸²; 北場 育子³; 佐藤 裕司⁴
MAEGAKIUCHI, Kenta^{1*}; HYODO, Masayuki²; KITABA, Ikuko³; SATO, Hiroshi⁴

¹ 神戸大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻, ² 神戸大学 内海域環境教育研究センター, ³ 立命館大学 総合科学技術研究機構 古気候学研究センター, ⁴ 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所

¹Dept. of Earth and Planetary Sciences, Kobe Univ., ²Research Center for Inland Seas, Kobe Univ, ³Research Centre for Palaeoclimatology, Ritsumeikan University, ⁴Institute of Natural and Environmental Sciences, Univ. of Hyogo

海洋酸素同位体ステージ (MIS)19 は、更新世前期—中期境界の候補であるマツヤマ—ブリュンヌ地磁気逆転期を含むことから、層序学的に重要である。また、MIS 19 は完新世と軌道要素的状况が近いことから、気候学的にも注目されている。そこで、私たちは大阪層群の1700m コアの海成粘土層を用いて珪藻分析を行い、MIS 19 における海水準変動を復元した。大阪湾の海水環境は外洋の氷河性海面変化により変化し、その変化に応じて珪藻群集も大きく変動する。さらに、大阪湾の堆積速度は63 cm/kyr と速いため、数千年から数百年スケールの高解像度のデータが期待できる。珪藻種を塩分耐性により、海水生種、海水—汽水生種、汽水生種、淡水生種の4つの生態区分に分類した。海生種の出現頻度に基づき、海成層の範囲を405.60m~390.62 m と定義した。生態区分による珪藻種変動は歳差周期を示し、サブステージ19.3 と19.1 に対応できる2つの高海面期、19.1 に対応できる1つの低海面期が見られた。さらに、MIS 19 初期において急激な海面低下イベントが起こっていた。このイベントは深度403.88m において海水生浮遊性種の急減と海水生底生種と淡水生浮遊性種の急増によって開始し、徐々に回復して403.27 m で元のレベルに回復する。天文年代モデルによると、同イベントは783-782ka に起こっている。深海底コアや沿岸域コアから得られた底生有孔虫酸素同位体比記録中にも、MIS 19 初期の海水準低下イベントに対応できる同位体値の極大が見られるものが存在することから、間氷期へ向かう氷床融解途中で一時的な氷床拡大が起こった可能性が高い。このように、MIS19 初期の急激な海水準低下イベントはグローバルなイベントを反映している可能性がある。

キーワード: 海水準変動, 海洋酸素同位体ステージ19, 更新世前期—中期境界, 珪藻, 大阪層群, マツヤマ—ブリュンヌ地磁気逆転期

Keywords: sea-level change, Marine Isotope Stage 19, Middle Pleistocene Transition, diatom, Osaka Group, Matuyama-Brunhes Transition

大阪湾堆積物コアの花粉記録から見た海洋酸素同位体ステージ11の気候変化 High-resolution climate variation during marine isotope stage 11 from a core of Osaka Bay, southwest Japan

中野 恒佑^{1*}; 北場 育子²; 兵頭 政幸³; 加藤 茂弘⁴

NAKANO, Kosuke^{1*}; KITABA, Ikuko²; HYODO, Masayuki³; KATOH, Shigehiro⁴

¹ 神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻, ² 立命館大学古気候学研究センター, ³ 神戸大学 自然科学系先端融合研究環
内海域環境教育研究センター, ⁴ 兵庫県立人と自然の博物館自然・環境評価研究部

¹Department of Earth & Planetary Sciences, Kobe University, ²Research Centre for Palaeoclimatology, Ritsumeikan University,

³Research Center for Inland Seas, Kobe University, ⁴Division of Natural History, Hyogo Museum of Nature and Human Activities

Climate of marine isotope stage (MIS) 11 has been investigated by many researchers, regarded as an analogue for the Holocene. MIS 11 is a super-interglacial characterized by its high sea-level and long duration. To reveal millennial to centennial scale climate changes of this interglacial in comparison with sea-level variations shown by diatoms, pollen analyses were conducted on a 1700-m core of Osaka Bay over a depth range from 162 m to 222 m. The core has an average sedimentation rate of about 60 cm/ka, dated with a linear age model based on the orbital tuning, reinforced by tephrostratigraphy and magnetic polarity stratigraphy. Cold climate shown by dominance of coniferous tree taxa in the latest stage of MIS 12 was replaced by cool climate dominated by deciduous tree taxa mainly composed of *Fagus*, a cool proxy, in the earliest MIS 11. The vegetation in MIS 11 was gradually dominated by deciduous tree taxa. The proportion of *Quercus* (*Cyclobalanopsis*), a warm proxy, increased with sea-level rise and reached its maximum at sea-level highstand of MIS 11.3. After the thermal maximum, *Quercus* (*Cyclobalanopsis*) gradually decreased with fluctuations and coniferous tree taxa such as *Cryptomeria* and *Sciadopitys* increased, both indicating cooling and wetting. After MIS 11.3, the climate shows clear precession-related signals correlated with changes in the diatom sea-level proxies. Pollen taxa, especially *Alnus* and non-arboreal pollen, also show environmental changes. From the latest stage of MIS 12 to the earliest MIS 11, a marsh environment was dominant during the post-glacial sea-level rise. In the early stage of MIS 11, the post-glacial warming is clearly shown by the rapid increase of *Quercus* (*Cyclobalanopsis*), and the warming is interrupted by a short-term cooling that ranges in age from about 416 ka to 413 ka based on the linear age model. The temporal cooling almost coincides with the sea-level fall or stagnation suggested by the diatom sea-level proxies. A similar cooling event has been reported from Europe, Lake Baikal and the Antarctic. Therefore, the cooling event in the early MIS 11 may be global and accompanied by an ice volume increase.

キーワード: 海洋酸素同位体ステージ 11, 古気候, 古植生, 花粉分析, 大阪湾堆積物

Keywords: Marine Isotope Stage 11, Paleoclimate, Paleovegetation, Pollen analysis, Osaka Bay sediments

大阪湾堆積物コアを用いた最終間氷期の高精度気候復元 High-resolution climate variations during the last interglacial period from an Osaka Bay core

渋谷 早苗^{1*}; 北場 育子²; 兵頭 政幸³; 加藤 茂弘⁴; 佐藤 裕司⁵
SHIBUTANI, Sanae^{1*}; KITABA, Ikuko²; HYODO, Masayuki³; KATO, Shigehiro⁴; SATO, Hiroshi⁵

¹ 神戸大・理・地球惑星, ² 立命館大・古気候研, ³ 神戸大・内海域, ⁴ 人と自然博, ⁵ 兵庫県立大・自然研
¹Earth Planet. Sci., Kobe Univ, ²Res. Ctr. for Palaeoclim., Ritsumeikan Univ., ³Kobe Univ. Res. Ctr. Inland Seas, ⁴Hyogo Museum, ⁵Inst. Nat. Environ. Sci., Univ. Hyogo

完新世より海水準が高く温暖であると考えられる最終間氷期について、数百年の解像度をもつ気候変動の復元をめざして、大阪湾 1700m コアの花粉分析を行った。花粉分析は、各試料につき樹木花粉化石 400 個以上を目安に検鏡を行った。同コアでは、最終間氷期の海成層は深度 73.6m から 61.4m まで続き、珪藻化石群集データから深度 69.5m に最高海水準が位置することが分かっている。同コアの海洋酸素同位体ステージ (MIS) 17 対応層より上層の 9 層準の年代制約を使って計算した平均堆積速度は 54.8cm/ka (R=0.999) である。この平均堆積速度を使い、同海成層における海水準のピークを Rohling et al. (2008) が示す海面ピーク年代に合わせた線形年代モデルによれば、海成層の年代は 130ka~108ka となり、MIS 5e の年代幅とほぼ一致する。以下、この年代モデルを使って気候変化を説明する。

130ka 以前は、トウヒ属が多産し、MIS 6 の寒冷な気候をあらわす。130ka から 125ka において、ブナ属の割合が増加し、気候が温暖化している。同時期に珪藻の外洋指標種である *Thalassiosira* 属の割合が増加していくことから、氷期後の急激な海面上昇期にあたる。125ka から 115ka には、ブナ属が減少に転じ温暖の指標であるコナラ属アカガシ亜属を含むコナラ属が増加しており、気候は更に温暖化し、最高海面からわずかに遅れて最温暖期を迎える。113ka から海成層の上限である 108ka にかけては、降水量の指標となるスギ属・コウヤマキ属・イチイ科・イヌガヤ科・ヒノキ科といった針葉樹の割合が増加していき、気候が湿潤化したことを示す。これより、最終間氷期の終わり頃は湿潤な気候であったと言える。また、最終間氷期の期間である 130ka から 108ka の間、亜熱帯の樹木であるサルスベリ属がほぼ全ての層準で産出した。108ka からは降水量の指標となる針葉樹の割合が更に増加しており、気候がより湿潤化したことを示す。

最終間氷期の気候は、海面上昇とともに気温が上昇し、最高海面期からわずかに遅れて最温暖期を迎える。その後降水が増加し、MIS 5e は終了する。これら最終間氷期の気候変動は琵琶湖から報告されている気候変化と調和的である。

キーワード: 最終間氷期, 古気候, 大阪湾, 花粉分析

Keywords: Last interglacial, Paleoclimate, Osaka Bay, Pollen analysis

浮遊性有孔虫の現生アナログ法に基づく更新世の熊野沖の海洋環境の復元 Pliocene paleoceanographic reconstruction off the Kumano based on planktonic foraminiferal modern analogs

林 広樹^{1*}; 松崎 賢史²; 西 弘嗣³; 池原 実⁴

HAYASHI, Hiroki^{1*}; MATSUZAKI, Kenji M.²; NISHI, Hiroshi³; IKEHARA, Minoru⁴

¹ 島根大学総合理工学部, ² 産業技術総合研究所, ³ 東北大学総合学術博物館, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター
¹Shimane University, ²AIST, ³Tohoku University, ⁴Kochi University

現生アナログ法 (Modern Analog Technique: MAT 法) は現生データから古環境を推定する有力な手法のひとつである。この手法では、化石群集と最も類似した現生群集を示す地点の環境特性に基づき古環境を推定する。したがって、分析対象層準の群集変動を十分にカバーする現生データセットがあるならば、古海洋の定量的な復元が可能である。先行研究による手法間比較に基づく、浮遊性有孔虫群集を用いた MAT 法の表層水温復元は、変換関数法による復元結果よりも鋭敏な変動パターンになる。また、MAT 法では各試料における不確定性を算出できる点、環境特性と群集の線形性を仮定する必要が無い点で、変換関数法よりも優れている。

浮遊性有孔虫群集に基づく古海洋の推定を行うために、現生群集の全球的なデータセットが整備されている。しかし、このデータセットは日本周辺で一般的に有孔虫分析に用いられているものと異なるメッシュサイズの個体に基づくため、そのまま日本周辺の化石群集に適用することができない。日本周辺の表層堆積物中のデータとしては、Takemoto and Oda (1997) による変換関数に使われた 81 試料について、各試料の因子負荷量が公表されている。

因子負荷量はベクトルなので、MAT 法で一般的に使われている距離尺度である平方弦距離 (Squared Chord Distance: SCD) の計算が可能である。本研究では、Takemoto and Oda (1997) の因子負荷量データを用いた MAT 法で表層～水深 300m までの古水温を復元し、さらに表層水温について変換関数法による復元結果と比較した。復元対象は熊野沖 IODP Site C0001 および C0002 から得られた 1.8Ma 以降の計 147 試料である。水温のデータセットは、日本海洋データセンターから公表されている緯度経度 1 度ごとの統計水温を補間し、緯度経度 1 分ごとにリサンプリングして用いた。

解析に用いた全試料について SCD が 0.25 未満となり、良好に復元水温が求められた。類似度上位 5 地点の加重平均により求めた復元水温は、変換関数法による結果とほぼ同様の傾向を示すが、変動の立ち上がりの方がより鋭敏になるという特徴をもつ。これは先行研究による手法間比較と調和的である。8 月の復元水温の変動に着目すると、熊野沖では 1.59 Ma (MIS54) 付近と 1.01 Ma (MIS28) 付近の 2 段階にわたって水温の鉛直勾配が増大しており、黒潮の勢力衰退と冷水渦の発達が発達段階的に進行した可能性が示唆される。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 更新世, 現生アナログ法, 熊野沖, 統合国際深海掘削計画

Keywords: Planktonic foraminifera, Pleistocene, Modern Analog Technique, Kumano, IODP

急激な気候変動が生じた 5.2 ka の西太平洋熱帯域における塩分変動 Salinity change in the tropical western Pacific at 5.2 ka when an abrupt tropical climate change occurred

井上 麻夕里^{1*}; Quinn Terrence M.³; Taylor Frederick W.³; 鈴木 淳²; 川幡 穂高⁵; 荒岡 大輔⁶;
光川 祐平¹; 池原 実⁷; Cheng Hai⁴; Edwards R. Lawrence⁴
INOUE, Mayuri^{1*}; QUINN, Terrence M.³; TAYLOR, Frederick W.³; SUZUKI, Atsushi²; KAWAHATA, Hodaka⁵;
ARAOKA, Daisuke⁶; MITSUKAWA, Yuhei¹; IKEHARA, Minoru⁷; CHENG, Hai⁴; EDWARDS, R. Lawrence⁴

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科, ² 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ³ テキサス大学, ⁴ ミネソタ大学, ⁵ 東京大学大気海洋研究所, ⁶ 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門, ⁷ 高知大学海洋コア総合研究センター

¹Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, ²Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), ³Jackson School of Geosciences, The University of Texas, ⁴Department of Earth Sciences, University of Minnesota, ⁵Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ⁶Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁷Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

これまでに完新世の 5 ka 以前に相当する初期完新世から、より冷涼な後期完新世に遷移する時期である 5.2 ka において、熱帯域の複数の地域において急激な気候変動が報告されている。その大部分は急激な寒冷化を示すものであるが、水循環に関しては急激に乾燥した証拠が残る場所もあれば、湿潤になったことを示唆するものもあり、一様ではない。これらの証拠は山岳氷河や湖水面変動など主に陸域に残された記録が多く、熱帯域海洋からのデータはほとんどないのが現状である。特に、塩分に近似される海水中の酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) の熱帯域における変動は、全球の気候変動を考える上でも重要である。本研究では西太平洋熱帯域のバヌアツから採取された化石サンゴ試料中のストロンチウム・カルシウム (Sr/Ca) 比と $\delta^{18}\text{O}$ を測定し、海水温と塩分を復元した。この化石サンゴは精密な U-Th 年代測定法により、5212 \pm 10 年前に生息していたことが分かっており、5.2 ka の海洋環境復元を行うことが可能な試料である。Sr/Ca 比と $\delta^{18}\text{O}$ は約 2 ヶ月に相当する時間分解能で測定を行い、SEM 観察や XRD 分析の結果から本化石試料はアラゴナイトのみで構成されていることを確認している。測定の結果、5.2 ka は海水温がわずかに高く、海水中の $\delta^{18}\text{O}$ が 0.5 ‰ も高かったことが分かった。つまりこの時期に大幅に塩分が高かったことが推察される。これはグレートバリアリーフの 5.3 ka の化石サンゴを用いた結果とも整合的で、高い海水温により蒸発が促進されたことが示唆される。

Keywords: coral, Holocene, abrupt climate change, salinity

過去500年間のアンダマン海沿岸環境の復元 Reconstruction of Andaman Sea coastal environment during the past 500 years

太田 雄貴^{1*}; 川幡 穂高¹; 横山 祐典²; 村山 雅史³; 井上 麻夕里⁴; 宮入 陽介²
OTA, Yuki^{1*}; KAWAHATA, Hodaka¹; YOKOYAMA, Yusuke²; MURAYAMA, Masafumi³; INOUE, Mayuri⁴; MIYAIRI, Yousuke²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 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, ³ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁴ 岡山大学大学院自然科学研究科

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ³ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁴ Department of Earth Sciences, Okayama University

アンダマン海はインド洋北部に位置する縁海でベンガル湾と接している。アンダマン海の海底堆積物は主にエーヤワディーサルウィーン川と、インドモンスーンに伴う表層流によってベンガル湾から供給される。このことからアンダマン海の沿岸環境変化の復元は人々の生活に重要な気候システムの理解に不可欠であるにも関わらず、未だ復元例はほとんどない。本研究では水深75mのアンダマン海沿岸域(15°N, 96°E, ミャンマー南西部)から得られた海洋堆積物コア(コア長: 485cm)を用いてこの地域の過去500年間の堆積環境を復元した。¹⁴C年代測定結果から、深度約150~170cm(約1600~1750cal yr A.D)の間で堆積速度が減少していることが明らかとなった。また粒度分析の結果、深度約150~170cmは細粒化していた。よってこの時期の河川等起源の堆積物供給量が減少したことが示唆され、陸域での降水量の減少など何らかの環境変化が反映されている可能性がある。

キーワード: 堆積環境, アンダマン海, 粒度分析

Keywords: sedimentary condition, Andaman Sea, grain size analysis

北西部パンサラッサ海におけるトアルシアン海洋無酸素事変時の古環境変動：豊浦地域の層序と地球化学分析
Paleoenvironmental changes in NW Panthalassa through the Toarcian OAE: Stratigraphy and geochemistry of the Toyora area

泉 賢太郎^{1*}; ケンプ デイビッド²
IZUMI, Kentaro^{1*}; KEMP, David²

¹ 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター, ² アバディーン大学 地質学・石油地質学専攻

¹Center for Environmental Biology and Ecosystem Studies, NIES, ²Department of Geology and Petroleum Geology, University of Aberdeen

The early Toarcian (Early Jurassic) oceanic anoxic event (T-OAE) was a significant palaeoenvironmental perturbation that led to marked changes in ocean chemistry and climate, and which also had a severe impact on marine ecosystems. In addition, this event is characterized by the widespread occurrence of a ~3.7‰ negative excursion in the carbon-isotope ($\delta^{13}\text{C}$) composition of marine organic and inorganic matter and terrestrial plant material. This feature of the event indicates a pronounced perturbation to the global carbon cycle. Despite such global impacts of the event, the precise palaeoenvironmental changes during the event from sections outside of the Boreal and Tethys realms are uncertain. Thus, to resolve this issue and further expand our understanding of the nature of the event, here we investigated the Nishinakayama Formation of the Toyora area, southwest Japan, which represents shallow-marine strata deposited at the northwestern margin of the Panthalassa Ocean. First, we established high-resolution carbon-isotope chemostratigraphy. A characteristic $\delta^{13}\text{C}$ negative excursion was recognized around the middle part of the Nishinakayama Formation, allowing accurate international correlation. Then, we carried out geochemical analyses to reconstruct palaeoenvironmental conditions at the northwestern Panthalassic margin. Our results indicate that in the studied succession, organic-matter enrichment persisted through the early Toarcian, but elemental redox proxies and ichnofabrics do not support persistent bottom-water anoxia through the $\delta^{13}\text{C}$ excursion. Analysis of terrigenously derived major and trace element abundances and palynology, coupled with sedimentological observations, revealed an increase in coarse-grained sediment, phytoclast size, and terrestrial organic-matter close to the onset of the $\delta^{13}\text{C}$ negative excursion. These lines of evidence potentially suggest a marked strengthening of detrital sediment flux and hence hydrological cycling and continental weathering. This is consistent with previously published evidence from Boreal and Tethys realms.

過去 1000 万年間の南大西洋 ODP704 地点における珪質鞭毛藻化石と表層水塊変動 Silicoflagellates and surface water-mass variation at ODP Site 704 in the South Atlantic Ocean for the last 10Myrs

小野寺 文尚太郎^{1*}; 関 宰²

ONODERA, Jonaotaro^{1*}; SEKI, Osamu²

¹ 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター, ² 北海道大学低温科学研究所

¹JAMSTEC-RCGC, ²Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

At ODP Site 704 (46.9°S, 7.4°E) in the South Atlantic Ocean, we estimated latitudinal migration of subpolar and subtropical surface water masses for 10 million years on the basis of silicoflagellate fossil assemblage variations in the sediment core samples. Biogeographical silicoflagellate distribution corresponds to cold water and subtropical water masses. This distribution pattern can be applied to the estimation on latitudinal migration of subpolar/subtropical boundary. Although the fossil preservation was poor in the oldest period from 10Ma to 6.5Ma, the extinct genus *Bachmannocena* considered as a temperate or cosmopolitan species was observed for the period. Continuous occurrence of the cold water genus *Distephanus* was observed from ~6.5Ma to present. The modern annual sea-surface temperature (SST) is 5.6 °C at the studied site, and silicoflagellate assemblage is composed of the genus *Distephanus*. The relative abundance of sea ice-related species in the silicoflagellate assemblages increased from 2.7Ma. However, subtropical genus *Dictyocha* intermittently dominated the assemblage from 5.7Ma to 4.0Ma. The co-occurrence of cold and subtropical water species suggest that the subpolar/subtropical boundary or the mixed water had covered the studied site. The temporal increase of subtropical silicoflagellates at the same periods had been reported at ODP Site 1165 (64.4°S) located in further south near the Antarctic. However, it should be noted that alkenone SST did not show the clear increase at the study site for the occurrence period of *Dictyocha*.

Keywords: silicoflagellate, biogeography, paleoceanography, Ocean Drilling Program (ODP), South Atlantic Ocean

高時間解像度放射性炭素年代測定による Bonaparte 湾の相対的海水準復元 Relative sea level records using high-resolution radiocarbon dating based on new sediment cores from the Bonaparte Gulf

石輪 健樹^{1*}; 横山 裕典¹; 宮入 陽介¹; オブラクタ スティーブン²; 佐々木 猛智³; 池原 実⁴;
上原 克人⁵; 北村 晃寿⁶; 鈴木 淳⁷; 池原 研⁷; 木元 克典⁸; ボウジェ ジュリアン⁹; 松崎 浩之³
ISHIWA, Takeshige^{1*}; YOKOYAMA, Yusuke¹; MIYAIRI, Yosuke¹; OBROCHTA, Stephen²; SASAKI, Takenori³;
IKEHARA, Minoru⁴; UEHARA, Katsuto⁵; KITAMURA, Akihisa⁶; SUZUKI, Atsushi⁷; IKEHARA, Ken⁷;
KIMOTO, Katsunori⁸; BOURJET, Julien⁹; MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 秋田大学国際資源学部, ³ 東京大学総合研究博物館, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵ 九州大学応用力学研究所, ⁶ 静岡大学理学部地球科学科, ⁷ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁸ 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター, ⁹ 西オーストラリア大学

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Faculty of International Resource Science, Akita University, ³ The University Museum, The University of Tokyo, ⁴ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁵ Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, ⁶ Institute of Geosciences, Shizuoka University, ⁷ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁸ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁹ School of Earth and Environment, The University of Western Australia

氷床変動は第四紀の全球的な気候変動に大きな影響を与えてきたことから、地球表層システムを理解する上で過去の氷床変動を知ることは重要である。これまで過去の相対的海水準から氷床の融解・成長に制約が与えられてきた。最終氷期最盛期は約 20,000 年前に起こった氷床量が最大に達した時期であり、氷床変動と気候変動の関係性を解明するためには重要な時期である。しかし、最終退氷期および完新世では相対的海水準の復元例が多い一方、最終氷期最盛期では復元例が少ないのが現状である。そこで本研究では、2011 年に新たに採取された北西オーストラリア Bonaparte 湾の海洋堆積物コアを用い、最終氷期最盛期の相対的海水準変動の復元を行った。

北西オーストラリアに位置する Bonaparte 湾は、旧氷床域から遠い far field に位置しており、glacio-hydro-isostasy の効果が小さく、氷床変動の復元に適した地域である。Bonaparte 湾で行われた白鳳丸 KH11-1 航海では 20 本以上のコアが採取され、これらのコアから連続的な相対的海水準の復元が可能である。本研究では、堆積物中の約 400 サンプルにおよぶ二枚貝および有機炭素に対して放射性炭素年代測定を適用した。また、全有機炭素・全窒素量・安定炭素同位体比から堆積環境の復元を行い、古潮汐モデルによって最終氷期最盛期の潮汐の復元を行い、相対的海水準の誤差を評価した。その結果、海水準の下降が約 21,000 年前におこり、最終氷期最盛期の期間は約 2,000 年間という短期間であったことが示唆された。

キーワード: 最終氷期最盛期, 相対的海水準, 放射性炭素年代測定, 堆積物コア

Keywords: Last Glacial Maximum, Relative Sea Level, Radiocarbon Dating, Marine Sediment Core

堆積物コアの CNS 元素濃度を基にした過去 2 万 5 千年間の琉球弧の堆積環境変遷 Variations in sedimentary environments around the Ryukyu Arc since 25 kyr based on CNS elements

天野 敦子^{1*}; 板木 拓也¹
AMANO, Atsuko^{1*}; ITAKI, Takuya¹

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門
¹ Geological Survey of Japan, AIST

本研究では、沖縄島西方と前弧の海域で採取された柱状堆積物（コア）の放射性炭素年代と CNS 元素分析を行い、既存研究の沖縄トラフの結果と比較し、2 万 5 千年間の堆積環境変遷について検討した。沖縄トラフのコアは最終氷期最盛期から完新世にかけて、顕著な CaCO_3 濃度の増加と全有機炭素/全窒素量比（C/N 比）の減少を示し、これら変化は海水準上昇に伴う大陸からの供給の減少を示す。一方で、沖縄島西方海域で採取したコアの CaCO_3 濃度は沖縄トラフのおおよそ 2 倍を示し、7.5-6.0 cal kyr BP に増加する。また、前弧海域のコアの CaCO_3 濃度は 11.5-8.1 cal kyr BP に顕著な減少を示す。これら CaCO_3 濃度は海水表面の栄養塩濃度変化に伴う海洋生産の変化を示している可能性が高い。これに加えて、黒潮や琉球海流の運搬が影響している可能性もある。さらに沖縄島西方海域の C/N 比は、完新世初期以降に 1-2 kyr 間隔の変化を示す。この変化はこの海域で卓越する黒潮反流の強度が数千年間隔で変化し、その運搬作用によって浅海域から深海へと堆積物が移動している可能性を示唆する。

キーワード: CNS 元素, 堆積過程, 海水準変動, 黒潮, 琉球諸島
Keywords: CNS elements, deposition process, sea level change, Kuroshio Current, Ryukyu Islands

アラスカ湾における5万年間の生物源オパール量変化 Biogenic opal changes in the Gulf of Alaska for the last 50 kyrs

菅 聖一郎^{1*}; 朝日 博史²; 今野 進³; 須藤 斎⁴; 岡崎 裕典³
SUGA, Sei-ichiro^{1*}; ASAHI, Hirofumi²; KONNO, Susumu³; SUTO, Itsuki⁴; OKAZAKI, Yusuke³

¹九州大学理学部, ²韓国極地研究所, ³九州大学大学院理学研究院, ⁴名古屋大学大学院環境学研究科
¹Faculty of Sciences, Kyushu University, ²Korea Polar Research Institute, ³Graduate School of Sciences, Kyushu University,
⁴Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

アラスカ湾は珪藻を主とした植物プランクトンの生産量が高い海域である。珪藻は生物源オパールの殻を持っており、化石として海底堆積物中によく保存される。したがって、海底堆積物中の生物源オパールは、過去の珪藻生産の指標となる (e.g. Ragueneau et al., 2000)。本研究では2013年に実施された統合国際深海掘削計画 (IODP) 第341次航海によりアラスカ湾のサイト U1418 (58° 46.6' N, 144° 29.6' W, 水深 3667 m) で掘削された堆積物試料を用いた (Expedition 341 Scientists, 2014)。サイト U1418 では5つの Hole において掘削が行われ、有孔虫や珪藻を含む約100万年間分の連続堆積物が回収された。U1418 試料の年代モデルは浮遊性有孔虫 (*Neogloboquadrina pachyderma sinistral*) の酸素同位体層序および古地磁気層序・微化石生層序によって構築されている (Asahi et al., 2014)。アラスカ湾沿岸域の堆積速度は極めて速く、サイト U1418 の平均堆積速度は70 cm/kyr であった。本研究では船上分析により比較的珪藻の産出量が高かった上部5万年間 (約60 m) の計120試料を用いて、生物源オパール測定を行った。本研究の目的は U1418 試料中の生物源オパール変動に基づく過去5万年間の珪藻生産の歴史を明らかにすることである。生物源オパール (重量%) を、弱アルカリ (2 M 炭酸ナトリウム) を用いたアルカリ抽出とモリブデンイエロー法による比色定量によって測定した (Mortlock and Froelich, 1989)。生物源オパール (重量%) は堆積物中の相対的な値であり、珪藻以外の成分の希釈の影響を受ける。そこでより正確な珪藻量を求めるため、堆積物の密度 (Expedition 341 Scientists, 2014) と堆積速度 (Asahi et al., 2014) から生物源オパール沈積流量 ($\text{g cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$) を算出した。沈積流量は1,000年 1 cm^2 あたりに堆積した生物源オパール量であり珪藻以外の成分による希釈効果の影響を受けない。本研究の堆積物試料は海洋酸素同位体ステージ (MIS) 1-3 に対応しており、MIS 2 (1.4-2.9 万年) は顕著な氷期である。MIS 2 と3における生物源オパール沈積流量の平均値はそれぞれ $3.60 \text{ g cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ および $6.89 \text{ g cm}^{-2} \text{ kyr}^{-1}$ であり、MIS 2の方が低かった。なお U1418 では完新世の層準は、ほとんど回収されなかった。このことは氷期において珪藻の生産量が低下したことを示唆する。現在のアラスカ湾は植物プランクトン生産量を制約する微量元素である鉄が不足している高栄養塩低クロロフィル (HNLC) 海域である一方で、氷期には風成塵による海洋への鉄の供給が増加したと考えられてきた (Kohfeld and Harrison, 2001)。しかしながら、本研究では MIS 2 に生物源オパール沈積流量が減少しており、風成塵由来の鉄が氷期のアラスカ湾の珪藻生産を増加させたという説を支持しない結果が得られた。これらの結果から、アラスカ湾では MIS 2 に海水が被覆しており (de Vernal and Pedersen, 1997)、光環境の制限によって珪藻生産が減少したと考えた。

参考文献

Asahi, H. et al., AGU fall meeting, PP21A-1286, 2014
de Vernal, A. and T.F. Pedersen, *Paleoceanography* 12, 821-830, 1997
Expedition 341 Scientists, IODP Exp. 341 Preliminary Report, 2014
Kohfeld, K.E. and S.P. Harrison, *Earth-Sci. Rev.* 54, 81-114, 2001
Mortlock, R.A. and P.N. Froelich, *Deep-Sea Res. A*, 36, 1415-1426, 1989
Ragueneau, O. et al., *Global Planet. Change* 26, 317-365, 2000

キーワード: 生物源オパール, アラスカ湾, 最終氷期, IODP
Keywords: Biogenic opal, Gulf of Alaska, Last glacial period, IODP

浮遊性有孔虫群集に基づく本州南方黒潮流域における最終間氷期と MIS 6 の古環境変動 Paleoenvironmental changes during last interglacial and MIS 6 in Kuroshio region off Honshu based on planktic foraminif

佐多 美香^{1*}; 池原 実¹; 林 広樹²; 河瀨 俊吾³
SATA, Mika^{1*}; IKEHARA, Minoru¹; HAYASHI, Hiroki²; KAWAGATA, Shungo³

¹ 高知大学, ² 島根大学総合理工学部, ³ 横浜国立大学教育人間科学部

¹Kochi University, ²Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, ³Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University

最終氷期から完新世の日本近海での黒潮の流路や黒潮流域における古海洋変動の研究が行われてきた(尾田・嶽本, 1992, Ujiie and Ujiie, 1999, 大道, 2004MS, Ikehara et al., 2009 など). 最終氷期以前に関しては, 沖縄トラフ北部において浮遊性有孔虫群集解析に基づいて表層・中層水の変動が復元されている(氏家・氏家, 2006). しかし, 本州南方の黒潮流域では最終氷期以前の古海洋変動はあまり研究例がない. よって, 本州南方黒潮流域から採取された2本のコア(四国沖; MD01-2422(32°08.7'N, 133°51.8'E, 水深 2737m), 熊野沖; KR09-15 PC1(33°17.7348N, 136°38.3966E, 水深 1951m))を用いて, 酸素同位体ステージ(MIS)6の氷期から最終間氷期(MIS 5e)における古環境変動を復元することを目的とする研究を行った.

MD01-2422の年代モデルは, *Globigerinoides ruber*の酸素同位体比曲線に基づいて構築された(池原ほか, 2006). KR09-15 PC1の年代モデルは, *Globorotalia inflata*の14C年代と酸素同位体比曲線に基づいて構築した. 63 μ mのふるいを用いて水洗いして得た粗粒堆積物から, 浮遊性有孔虫の拾い出しを行った. 簡易分割器を用いて, 1試料につき200個体以上が含まれる量まで分割し, 実体顕微鏡下でその分割試料内の125 μ m以上の浮遊性有孔虫個体を全て拾い出して分類した.

MD01-2422では浮遊性有孔虫36種(優勢種11種)を同定した. 一方, KR09-15 PC1では, 浮遊性有孔虫26種(優勢種10種)を同定した. これらの結果とKR09-15 PC1の低解像度の群集解析結果(東, 2010MS)を統合した上で, 四国沖と熊野沖の浮遊性有孔虫群集変化を比較した. その際, 氏家・氏家(2006)とUjiie et al.(2003)で用いられた各水塊グループ主要種のうち黒潮系2種(*Pulleniatina obliquiloculata*と*Neogloboquadrina dutertrei*)の相対産出頻度に注目した. その結果, 四国沖, 熊野沖共にMIS 5eに黒潮系グループの増加が認められた. 熊野沖ではMIS 6には黒潮系グループが減少した. このことより, 次の3点が推測される. ①四国沖はMIS 6からMIS 5eにかけて常に黒潮の影響下にあった. ②熊野沖ではMIS 5eには四国沖と同様に黒潮の影響下にあった. ③しかし, MIS 6の熊野沖は黒潮の影響を受けていなかった可能性が高い.

中期更新世の古カトマンズ湖堆積物に記録されたモンスーン気候と湖水位の変動 Change in monsoon climate and lake-water-level recorded in middle Pleistocene Paleo-Kathmandu Lake sediments

瀬戸口 怜子^{1*}; 藤井 理恵¹; 酒井 治孝¹
SETOGUCHI, Ryoko^{1*}; FUJII, Rie¹; SAKAI, Harutaka¹

¹ 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻

¹ Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

In order to reconstruct terrestrial Indian monsoon record during the MPT (Middle Pleistocene Transition) and to clarify the causes of lake-water-level changes, pollen and other microfossils analyses were conducted on the lacustrine sediments in the southern Kathmandu basin on southern slope of the Central Himalaya.

We reconstructed continuous record of vegetation and climate changes from ca. 1000 ka to 500 ka on the basis of pollen analysis of a 114-m-long drill core at Champi. In addition, changes in ratio of other proxy: sponge spicules, phytoliths and plant fragments are analyzed and compared with the reconstructed climatic record

On the basis of changes in relative abundance and assemblage of fossil pollen, nine pollen zones are constructed. Pollen zone 9, 7, 5 and 3 indicate cold and dry climate and zone 8, 6, 4 and 2 indicate warm and wet climate. Cold index (*Abies* and *Tsuga*) and dry index (*Artemisia* and Chenopodiaceae) increase during period of cold climate after zone 7. Cold index (*Abies* and *Tsuga*) and dry index (Gramineae) increase much more under cold climate after zone 5 and at the same time, ratio of arboreal pollen begins to cyclically change. A comparison of pollen zones with MIS (marine isotope stage) and magnetostratigraphic study indicate that pollen zones from 8 to 2 correspond to MIS 27-15. The pollen diagram suggests that climate of the Kathmandu Valley became cool and dry at 900 and 700 ka (pollen zone 7 and 5), and cyclic climatic change started at 700 ka. These changes seem to correspond to abrupt increase and cyclic changes of global ice volume in the MPT.

Sponge spicule decreases its ratio during the period of dry climate, therefore it could be ascribed to shrinking of habitat of sponge due to the lowering of lake-water under dry climate. Abrupt and rapid decrease of sponge spicule and diatom at around 50 m in depth suggests rapid lowering of lake-water-level for a moment. This change possibly is caused by drain of lake water owing to occasional break of the dam, because the pollen zone 2 indicates warm and wet climate which implies increase of lake-water-level.

Keywords: Indian monsoon, Kathmandu basin, lacustrine sediments, pollen analysis, sponge spicule

京都盆地 KD-1/KD-2 ボーリングコアの海成粘土層の再検討 Reconsideration of the existence of marine clay beds in KD-1 and KD-2 drilling cores in Kyoto Basin

石川 尚人^{1*}; 竹村 恵二²

ISHIKAWA, Naoto^{1*}; TAKEMURA, Keiji²

¹ 京大・人環, ² 京大・理・地球熱学研究施設

¹Grad. EHS, Kyoto Univ., ²Beppu. Geo. Res. Lab., Kyoto Univ.

Research programs including seismic reflection surveys and deep drillings were carried out at the Kyoto Basin between 1998 and 2002 for clarifying underground structure of the basin. Deep drilling cores taken at three sites, KD-0 in the southern part of the basin (Ogura-ike), KD-1 in the central part (Hokotate Park south of JR Kyoto station) and KD-2 in the northern part (Nijo-jo Castle), were composed of thick strata of the Osaka Group and Pleistocene terrace deposits. Marine clay beds, the key beds in the Osaka Group, were identified at five horizons in KD-0 and KD-1 cores (Ma3, Ma4, Ma5, Ma6 and Ma9 beds) and three in KD-1 core (Ma5, Ma6 and Ma9 beds) according to the color of sediments, results of fossil and pollen analyses and stratigraphic correlations of volcanic ash layers (Kyoto City, 2003). Kitani and Kamo (2010) reconsidered the stratigraphy of KD-0 core, and identified 13 marine clay beds in the Osaka Group (Ma0, Ma0.5, Ma1, Ma1.3, Ma2, Ma3, Ma4, Ma5, Ma6, Ma7, Ma8, Ma9 and Ma10 beds) and one marine clay bed in terrace deposits (Ma12 bed).

In order to reconsider the existence of marine clay beds in KD-1 and KD-2 cores, we performed measurements of electric conductivity (EC) and pH of stirred clayey sediments in water on 15 mud layers in KD-1 core and 14 layers in KD-2 core based on the method of Yokoyama and Sato (1987). In KD-1 core, samples of marine clay beds identified in Kyoto City (2003) showed high EC and low pH values, and were regarded as marine sediments based on the criteria of Yokoyama and Sato (1987). A mud layer above Ma9 bed was also found to show high EC and low pH values, and marine diatom fossils were found in the mud sample by smear slide observations. The layer may be correlated to Ma10 bed. In KD-2 core, samples of Ma5 and Ma6 beds had high EC and low pH values. Other samples including that of Ma9 bed had low EC and higher pH of 6-7, and were regarded as fresh water sediments. It may be implied that the sea water invasion occurred at the formation age of Ma10 bed (about 0.34Ma) in the central part of the Kyoto Basin, and that the northern part has been under the fresh water environment after the formation age of Ma6 bed (about 0.62Ma).

キーワード: 京都盆地, 海成粘土層, 大阪層群

Keywords: Kyoto Basin, marine clay bed, Osaka Group

花粉記録から見た Orbital cycle に対する陸上気候変動の応答：下北半島コア C9001C
より
The response of terrestrial climate variations in the orbital cycles based on a marine pollen
records

菅谷 真奈美^{1*}; 奥田 昌明²; 岡田 誠³
SUGAYA, Manami^{1*}; OKUDA, Masaaki²; OKADA, Makoto³

¹茨城大学大学院理工学研究科, ²千葉県立中央博物館, ³茨城大学理学部

¹Graduate school of Sci. and Eng. Ibaraki University, ²Natural History Museum and Institute of Chiba, ³Department of science, Ibaraki University

海洋コアの花粉分析では、有孔虫殻の酸素同位体の同時分析によって数十万年スケールの時間軸の入った花粉記録を得ることができる。このことは、陸上堆積物で起こる長期スケールの連続記録を得ることが難しいという問題を解決する。本研究では青森県下北半島沖で掘削された C9001C コアを対象に、コアが被覆しているブリュンヌ正磁極期間の陸域における古気候変動復元および連続した花粉層序の構築を目的として花粉分析を行った。花粉記録は、間氷期では冷温帯落葉広葉樹林の群集組成を示し、氷期では亜寒帯針葉樹林の群集組成を示す。また間氷期から氷期への移行期もしくは弱い氷期には針広混交林の群集組成を示した。さらに、この花粉記録に対してモダンアナログ法を用いて定量復元を行った。その結果、古気温と古降水量は異なる周期で変動し、それぞれ、氷期-間氷期変動、日射量変動に呼応して変動していることを示唆した。

キーワード: 花粉, 古気候復元, 海洋コア

Keywords: pollen, paleoclimate reconstruction, marine core

完新世における東南極宗谷海岸の丸湾南池・丸湾大池の古湖沼学的変遷 Paleolimnological changes of Lake Maruwanminami-ike and Maruwan-Oike in Soya Coast, East Antarctica during the Holocene

姜 怡辰^{1*}; 鹿島 薫²; 瀬戸 浩二³; 伊東 敬祐⁴; 本多 英介⁴; 谷 幸則⁵; 渡邊 隆広⁶; 中村 俊夫⁷;
伊村 智⁸; 井上 源喜⁹

KANG, Ijin^{1*}; KASHIMA, Kaoru²; SETO, Koji³; ITO, Keisuke⁴; HONDA, Eisuke⁴; TANI, Yukinori⁵;
WATANABE, Takahiro⁶; NAKAMURA, Toshio⁷; IMURA, Satoshi⁸; MATSUMOTO, Genki I.⁹

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門, ³島根大学汽水域研究センター, ⁴大妻女子大学大学院人間文化研究科, ⁵静岡県立大環境科学研究所, ⁶東北大学大学院環境科学研究科, ⁷名古屋大学年代測定総合研究センター, ⁸国立極地研究所, ⁹大妻女子大学社会情報学部

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ³Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, ⁴Graduate School of Studies in Human Culture, Otsuma Women's University, ⁵Institute of Environmental Sciences, University of Shizuoka, ⁶Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, ⁷Center for Chronological Research, Nagoya University, ⁸National Institute of Polar Research, ⁹School of Social Information Studies, Otsuma Women's University

南極氷床は地球上の氷の約90%を占める最大の氷床である。南極大陸は、莫大な氷床があることにより地球全体の気候に重要な働きをしているとともに、地球全体の変化が堅調に反映される場所でもある。研究対象地である東南極の宗谷海岸には、南極氷床の後退により形成された多くの湖沼が分布している。その中、海拔高度20m以下に位置する沿岸湖沼は氷床の拡大期には海であったところが氷床の後退により陸化し、湖沼として形成されたとみられている。

本研究では、南極宗谷海岸の丸湾大池と丸湾南池の湖底堆積物コア（それぞれMw4C-01、MwS4C-01）について、Matsumoto et al. (in prep) により全炭素(TC)、全有機炭素(TOC)、全窒素(TN)、全無機炭素(TIC)および全硫黄(TS)濃度の測定及び放射性炭素¹⁴C法による年代測定を行った。その結果に加え、顕微鏡を用いた珪藻化石の観察・同定を行い、隣接している二つの湖沼を比較することで完新世における古湖沼学的変遷の解明を目的とする。

丸湾南池の場合、元素分析の結果及び珪藻分析の結果から深さ70cm（約2,200 cal BP）で、*Fragilariopsis curuta*や*Navicula glacie*のような海洋性珪藻が主に産出する海成層から、*Diademesmis*属の淡水性珪藻が産出する淡水成層と変遷したことが分かった。

丸湾大池の場合、丸湾大池堆積物コアの表層から深さ28cmまでは淡水環境を反映するコケを含むシアノバクテリア堆積物から成っており、深さ35cmから226cmまでは海水環境を反映するラミナを伴う有機質泥から成っていた。このことから、海水環境から淡水環境へ変化した境界は深さ30cm付近であると考えられる。今後、丸湾大池の堆積物コアについて、化石珪藻の群集変化の結果を加え、海水環境から淡水環境への変遷過程を明らかにする予定である。

キーワード: 南極沿岸湖沼, 古環境学, 古湖沼学, 珪藻, 完新世

Keywords: Antarctic coastal lakes, Paleoenvironment, Paleolimnology, Diatom analysis, the Holocene

猪苗代湖湖底堆積物に記録されたハインリッヒイベントと冬季モンスーン活動 Heinrich events and activities of winter monsoon recorded in bottom sediment of Lake Inawashiro

井内 美郎^{1*}; 眞浦 幸聖²; 山田 和芳³
INOUCHI, Yoshio^{1*}; MAURA, Kousei²; YAMADA, Kazuyoshi³

¹ 早稲田大学人間科学学術院, ² 早稲田大学人間科学部, ³ 静岡県 文化・観光部 文化学術局 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課

¹Faculty of Human Sciences, Waseda University, ²School of Human Sciences, Waseda University, ³Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka

本州の日本海沿岸地域は太平洋岸地域に次ぐ多雨地帯である。この相対的に多い降水量は、冬季の降雪量が一般的な地方の降水量に付加するために生じており、日本海沿岸地域の多くは豪雪地帯対策特別措置法で豪雪地帯に指定されている。この冬季の降雪量が今後どう変化するかを検討するために、冬季の降雪が春に雪解け水として流入する猪苗代湖をモニタリングステーションとして湖底堆積物の研究を実施した。猪苗代湖の湖心域（水深 90 m）で採取された約 28 m 長のボーリング試料について、2.5 cm 間隔で粒度測定を実施し古環境変遷を検討した。

試料は厚さ数 mm の明暗の互層からなる泥質層を主とし、15 層のテフラ層と約 30 層準の厚さ数 cm の明暗の対をなす堆積物を挟んでいる。テフラの年代及び炭素年代を基に年代モデルを作成し、コアの深度を年代値に変換した。その結果、約 1 万年以前の試料について 7000 年の周期性が確認された。さらに、粒度の極大値を示す年代はハインリッヒイベントの年代とよい一致を示した。また、日本海の流氷起源の碎屑物量の極大値の年代とも類似性を示した。厚さ数 cm の明暗層について 5mm 間隔で粒度を測定した結果、逆級化に始まり正級化に終わる堆積様式を示した。また、下位の白色層には酸性水を好む付着性の珪藻が多く観察された。これらのことから猪苗代湖の堆積物には洪水起源の堆積物が多く含まれることが推定された。

粒度の極大値が地球規模の急激な寒冷期と一致すること、およびイベント堆積物が洪水堆積物と考えられることから、その原因は主として急激な寒冷期に冬季モンスーン活動が活発化し、風下の日本列島で降雪量が多くなり、春に大量の雪解け水を供給するために洪水が起こったと結論した。

気候変動に関する国際パネルの報告書では、当面は急激な寒冷化は想定されていない。それゆえ近未来に関しては地球温暖化の進行が想定されるが、その場合には冬季モンスーン活動が弱体化することが想定され、日本海沿岸地域の降雪量が減少することで雪解け水を利用する田植え期の代掻き用水の不足や水力発電のための水資源の減少が危惧される。

キーワード: ハインリッヒイベント, 冬季モンスーン, 湖底堆積物, ボーリング, 気候変動
Keywords: Heinrich events, winter monsoon, lake sediment, drilling core, climate change

琵琶湖湖底堆積物に記録されたハインリッヒイベントと冬季モンスーン活動 Heinrich events and activities of winter monsoon recorded in bottom sediment of Lake Biwa

井内 美郎^{1*}; 山田 和芳²; 岡村 真³; 松岡 裕美³; 里口 保文⁴

INOUCHI, Yoshio^{1*}; YAMADA, Kazuyoshi²; OKAMURA, Makoto³; MATSUOKA, Hiromi³; SATOGUCHI, Yasufumi⁴

¹ 早稲田大学人間科学学術院, ² 静岡県 文化・観光部 文化学術局 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課, ³ 高知大学, ⁴ 滋賀県立琵琶湖博物館

¹ Faculty of Human Sciences, Waseda University, ² Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, ³ Kochi University, ⁴ Lake Biwa Museum

本州日本海沿岸地方は冬季の降雪量が多く、年間降水量も太平洋沿岸地域に次ぐ地方となっている。この冬季の降雪は春に雪解け水となり、田植え時の代掻き用の水として利用され、水力発電のエネルギー源ともなっている。冬季降雪量は日本海を渡る冬季モンスーンの活動と深い関係があり、降雪量の変動をモニターすることで冬季モンスーン活動をモニターできると考えた。そのため、この地域の中でも降雪量が多い伊吹山を流域に持つ琵琶湖をモニタリングステーションとして湖底堆積物の研究を実施した。琵琶湖の湖心域(水深63m)で採取された約18m長のピストンコア試料について、化学分析を実施し古環境変遷史を検討した。試料は泥質層を主とし、数枚のテフラ層を挟んでいる。テフラの年代及び放射性炭素年代を基に年代モデルを作成し、コアの深度を年代値に変換した。その結果、全炭素濃度や生物源シリカ濃度は約6千年の周期性を持っていることが明らかになった。そのうち全炭素濃度は全炭素/全窒素比とともに急激な寒冷期であるハインリッヒイベント時に相対的に高い値となった。カルシウム濃度は約7千年の周期性を示し、ハインリッヒイベント時に高い値を示す一方、リン濃度は約7千年の周期性を示すものの同イベント時に低い値を示した。これらの濃度変化のうちリン濃度は前回紹介した愛知川河口沖ボーリング試料の含砂率を元にした湖水面変動曲線とよい対応を示し、湖水面高度上昇期に低濃度を示していることが明らかになった。従来、マンガンやリンの堆積物中の濃度は水深と相関するとされてきたが、これまでとは逆の結果が得られた。

以上の結果から以下のような堆積モデルを考えている。急激な寒冷期を中心に寒冷期には降雪量は増加したものと考えられる。その結果、伊吹山を構成する石灰岩からカルシウム成分に富む碎屑粒子が春の雪解け水とともに湖に供給される。一方、有機物の生産量は低下し、湖への流入量も低下する。また、陸域での化学的風化も弱くなり、リンやマンガンの移動量は減少傾向にあった。つまり、カルシウムは降雪量と正の相関を示し、リンは降雪量と負の相関を示すことになる。これらの堆積様式が急激な寒冷期と一致することから、その原因は主として急激な寒冷期に冬季モンスーン活動が活発化し、風下側の日本列島日本海側で降雪量が増加し、春に大量の雪解け水を供給し、湖水面も上昇したと結論した。

キーワード: ハインリッヒイベント, 冬季モンスーン, 湖底堆積物, ボーリングコア, 気候変動
Keywords: Heinrich events, winter monsoon, lake sediment, drilling core, climate change

気候変動に対するアジア大陸内陸部の環境応答：バイカル湖湖底堆積物の微量元素分析 Continental response to millennial-scale climate change during the last glacial to Holocene period

池田 久士¹; 柴田 健二²; 村上 拓馬²; 國分(齋藤) 陽子²; 勝田 長貴^{1*}
IKEDA, Hisashi¹; SHIBATA, Kenji²; MURAKAMI, Takuma²; SAITO-KOKUBU, Yoko²; KATSUTA, Nagayoshi^{1*}

¹ 岐阜大学教育学部, ² 日本原子力研究開発機構
¹Faculty of Education, Gifu Univ., ²Japan Atomic Energy Agency

アジア大陸内陸部は、全球規模の気候変動に対して地球上で最も鋭敏に応答する地域であり、陸域環境の応答を理解する上で格好の情報を提供する。本研究では、過去3.3万年の堆積記録を有するバイカル湖湖底堆積物に関して、その全有機炭素(TOC)・全窒素(TN)、微量元素(S, V, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Pb, U)、生物起源シリカを定量分析し、古環境変動の復元を行なった。その結果、次のような結果を得た：(1)大陸内の気候システムは、約6000年前で氷期から間氷期の状態へシフトし、それ以前は温暖湿潤・寒冷乾燥、それ以降は温暖乾燥・寒冷湿潤変動で特徴づけられる；(2)バイカル湖周辺の生物生産量が約6000年前にピークに達し、それに伴いバイカル湖の深層水は還元化した；(3)ヤンガードリアス期やハインリッヒイベントといった最終氷期の寒冷化に対応する時期に、バイカル湖周辺地域で氷河の発達を示す氷河運搬碎屑性ドロマイト層と、セレンガ川流域の氷河融解水に起因するウラン濃度の上昇が認められた。

キーワード: アジア大陸内陸部, バイカル湖, 陸域環境システム, 微量元素, ウラン, 気候変動

Keywords: Continental interior of Asia, Lake Baikal, Terrestrial environmental system, Minor elements, Uranium, Climate changes

過去400年間の日本の初夏降水量と ENSO の関係 Relationship between early summer precipitation in Japan and the El Niño-Southern Oscillation over the past 400 years

坂下 渉^{1*}; 横山 祐典¹; 宮原 ひろ子²; 山口 保彦³; 阿瀬 貴博¹; オブラクタ スティーブン⁴;
中塚 武⁵

SAKASHITA, Wataru^{1*}; YOKOYAMA, Yusuke¹; MIYAHARA, Hiroko²; YAMAGUCHI, Yasuhiko T.³;
AZE, Takahiro¹; OBROCHTA, Stephen⁴; NAKATSUKA, Takeshi⁵

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 武蔵野美術大学造形学部, ³ 東京大学大学院理学系研究科, ⁴ 秋田大学国際資源学部, ⁵ 総合地球環境学研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² College of Art and Design, Musashino Art University, ³ Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ⁴ Faculty of International Resource Sciences, Akita University, ⁵ Research Institute for Humanity and Nature

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) potentially influences East Asian Summer Monsoon (EASM) rainfall, but the relatively short instrumental rainfall record hinders the progress of a longer-term understanding of this relationship. To partially overcome this issue, we reconstruct precipitation from tree-ring oxygen isotopes ($\delta^{18}\text{O}$) in central Japan from AD 1612 to 1935. Our results show that tree-ring cellulose $\delta^{18}\text{O}$ is significantly correlated with May-June (MJ) rainfall in central Japan, allowing us to examine the relation between the EASM summer rainfall and ENSO during the past 400 years. Time- and frequency-domain comparison of the tree-ring $\delta^{18}\text{O}$ record and recent ENSO reconstructions show a common high-frequency (3-8 year) variability that characterized the mid-17th, late 18th and late 19th centuries. Similar analyses of instrumental MJ precipitation and several ENSO indexes during the 20th century reveal that this high-frequency oscillation reappeared from AD 1980. Comparison of ENSO and Pacific Decadal Oscillation (PDO) indexes reveals that the ENSO-EASM relationship is strong when ENSO variance is high, and the PDO phase may modulate the ENSO-EASM relationship over the past four centuries.

岐阜県郡上市で採集された石筍 OT02 の酸素同位体気候記録 Oxygen isotopic records of stalagmite OT02 collected Gujo City, Gifu Prefecture

狩野 彰宏^{1*}; 森 大器¹; 曾根 知実²; 沈 川洲³; 柏木 健司⁴
KANO, Akihiro^{1*}; MORI, Taiki¹; SONE, Tomomi²; SHEN, Chuan-chou³; KASHIWAGI, Kanji⁴

¹九州大学, ² マリンワークジャパン, ³ 台湾大学, ⁴ 富山大学

¹Kyushu University, ²Marine Works Japan, ³National Taiwan University, ⁴Toyama University

岐阜県郡上市で採集した長さ 13cm の石筍 OT02 は、最終氷期の長いハイアタスを境に、上部 5.3cm が完新世に、下部 7.7cm が Marine isotopic stage 3 (MIS-3) に形成したものである。完新世と MIS-3 の酸素同位体比の値を比較すると、MIS-3 の方が 0.5-1.0 パーミルほど高く、この差は中国南部の石筍と同等である。郡上市における降水量は 7-9 月に最も多くなっていることから、この石筍記録は夏期モンスーン時の降水強度の影響を受けている可能性がある (ケース 1)。しかし、近隣の大垣市で採集した雨水の同位体比は冬季に低いという明瞭な傾向を示す。すなわち、OT02 の記録は酸素同位体比が低い冬の降水が占める割合の変化である可能性もある (ケース 2)。

この石筍で最も顕著な特徴は、上部に約 650 の周期性が、下部に数千年オーダーの変動が現れることだ。完新世の変動は太陽強度の増減にตอบสนองした冬季降水の割合の変化に原因が求められる (ケース 2)。一方、下部石筍に記録された 55-35 ka における合計 8 回の増減はダンスガード・オシュガーイベントに対応すると思われる。高い酸素同位体比のバンドは日本海堆積物に記録された暗色層の出現頻度と一致する。1 つの周期の中で、方解石は上方へとゆるやかに透明度を増し、次の周期との境界で急激に褐色を帯びる。酸素同位体比も同様にゆるやかに増加し、次の周期との境界で急激に減少する場合が多い。OT02 に記録された数千年スケールの変動は、細部ではグリーンランド氷床や中国石筍の周期性と合わないものの、ダンスガード・オシュガーサイクルの汎世界性を支持する。下部 OT02 の酸素同位体比はケース 2 よりもケース 1 で解釈できる。すなわち、ゆるやかな寒冷化の時期に降水量が減少し、急激な温暖化の時期に降水量が増加したことになる。

三重県霧穴で採集された石筍 KA01 の酸素同位体記録 Oxygen isotopic records of the stalagmite KA01 from Kiriana in Mie Prefecture, Japan

森 大器^{1*}; 狩野 彰宏¹; 曾根 知実²; 沈川 洲³; 柏木 健司⁴
MORI, Taiiki^{1*}; KANO, Akihiro¹; SONE, Tomomi²; SHEN, Chuan-chou³; KASHIWAGI, Kenji⁴

¹九州大学, ² マリンワークジャパン, ³ 台湾大学, ⁴ 富山大学

¹Kyushu University, ²Marine works Japan, ³National Taiwan University, ⁴Toyama University

石筍の酸素同位体比は涵養地における降水強度を反映すると考えられている。なかでも、中国南部の石筍酸素同位体比記録は東アジア夏季モンスーン (EASM) 強度の指標と考えられてきた。しかし、最近の研究で中国南部の石筍記録はインド洋を起源とする南西モンスーンと西太平洋からの南東モンスーンという異なる水蒸気ソースの割合変動を反映していることが示唆された。一方、日本列島はモンスーンアジアの東端に位置し、夏季の降水は南東モンスーンによりもたらされる。つまり、EASM の強度を中国南部と比較してより正確に反映している可能性が高い。

三重県霧穴産石筍 KA01 は全長約 35 cm で U-Th 年代測定の結果から、12.6~1.3 ka にかけて形成されたことがわかった。KA01 の酸素同位体比曲線を中国南部の記録と比較すると、約 12 ka の高い値や 7-9 ka の凹み、2.8 ka を境とした酸素同位体比の増加/減少傾向の変化など、その変動パターンは中国石筍の一部と相関している。しかし、KA01 の酸素同位体比の変動幅は中国南部に比べ明らかに小さい、これは中国南部に降雨をもたらす長距離水蒸気輸送の南東モンスーンと日本列島に降雨をもたらす短距離水蒸気輸送の南東モンスーンの凝縮率の違いを反映している。つまり、KA01 の酸素同位体比は EASM 強度をより忠実に復元する可能性があり、完新世の東アジア気候システムを考察する上で貴重な記録だと考えられる。

鍾乳石の年代決定のための蛍光縞の観察と U-Th 年代結果の考察 Observation of fluorescent laminae structure in stalagmites for lamina counting and results of U-Th dating

久持 亮^{1*}; 渡邊 裕美子¹; 阿部 勇治²; 中井 俊一³; 田上 高広¹
HISAMOCHI, Ryo^{1*}; WATANABE, Yumiko¹; ABE, Yuji²; NAKAI, Shun'ichi³; TAGAMI, Takahiro¹

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² 多賀町立博物館, ³ 東京大学地震研究所

¹Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Taga Town Museum, ³Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Stalagmites are recognized as a powerful tool to reconstruct paleoclimate. However, it is difficult to date stalagmites. Dating methods of stalagmites are mainly U-Th dating and laminae counting. U-Th dating sometimes shows stratigraphic inverted results, whereas laminae counting has a problem that we have little information about the annual laminae (for example, when and how they are formed? or what they look like?). In this study, I analyzed stalagmite samples collected at Taga Mine, Shiga Prefecture, Japan. I try to reveal the characteristics of laminae in stalagmites and investigate U-Th age.

Stalagmite samples have fluorescent laminae, which can be divided into three types: lamina A, lamina B and wavy lamina. Lamina A is normal type, lamina B is relatively ambiguous lamina and wavy lamina is of wavy shaped. According to FE-SEM image, both lamina A and wavy lamina consist of small particles (diameter is several 10~100nm). Lamina B can not be observed by FE-SEM probably because particles smaller than 10nm can not be resolved due to polishing scratches. Wavy lamina has many gaps filled with mud. This indicates that wavy lamina is formed when mud covers the stalagmites and prevents calcite growing.

In previous researches, main component of fluorescent laminae may be fulvic acid. Thus the small particles of FE-SEM images may be fluvic acid. To confirm this, I use micro-Raman spectroscopy, micro-FT-IR, SEM-EDX. However, all analyses can not reveal what the small particles are, probably because the small particles are too small to analyze. The result of EPMA indicates that laminae A contains mud. However, the strength of laminae A is not proportional to that of Si and Al peaks, hence Si and Al are not Principal component of lamina A.

I dated stalagmite samples by U-Th dating and I got stratigraphic inverted results: the upper parts of stalagmites are older than the lower parts of them. I calculate the quantity of contamination substance in stalagmite which can influence the U-Th age. In consequence, the stratigraphic inverted results of U-Th dating are probably because of contaminations by mud. On the other hand, humic substances in stalagmites possibly influence U-Th dating.

キーワード: 鍾乳石, 縞, 古気候

Keywords: speleothem, lamina, paleoclimate

大分県稲積洞における大気モニタリングと滴下水の化学分析結果 Cave air monitoring and chemical analysis of drip water at Inazumi cave, Oita, Japan

進藤 辰郎^{1*}; 渡邊 裕美子¹; 三島 壮智¹; 大沢 信二¹; 田上 高広¹
SHINDOH, Tatsuro^{1*}; WATANABE, Yumiko¹; MISHIMA, Taketoshi¹; OHSAWA, Shinji¹; TAGAMI, Takahiro¹

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

¹Earth Planetary Science, Graduate school of Science, Kyoto University

10 month cave air monitoring and chemical analysis of drip water were conducted at Inazumi underwater cave, Oita, Japan, from February to December, 2014, to understand the processes and mechanism of recording paleoclimate in stalagmite. Cave air CO₂ was measured for the cave monitoring, and EC, pH, HCO₃⁻ and Ca²⁺ were measured for chemical analysis of drip water.

Special sampling techniques were designed for two sampling sites, SS2 and SS3, to highlight the relationship between cave air CO₂ and drip water chemistry. At SS2, the drip waters, before and after hitting on three handrails arranged in tandem in limestone cave (SS2-U, -M2, -M3 and -L, respectively), were sampled. At SS3, the drip waters, before contacting with the cave air (BCWA) and after hitting on the artificial stalagmite, were sampled (BCWA, SS3-U, -M, -L, respectively).

At SS2, as the drip water hit on the handrails, HCO₃⁻, Ca²⁺ and EC showed decreasing trend respectively and this trend became significant during winter when the cave air CO₂ was low. Only pH was negatively correlated with other drip water parameters the above. This suggests that the two conditions, 1) the cave air CO₂ is lower and 2) water film gets thinner as the drip water hits on the handrails, promote more CO₂ degassing and CaCO₃ precipitation.

At SS3, HCO₃⁻ and Ca²⁺ between BCWA and the drip water after contacted with the cave air showed almost the same concentration during summer, high cave air CO₂ season, however, marked significant margin between them during winter, low cave air CO₂ season. This result suggests that once drip water contacts with lower cave air CO₂, more CO₂ degassing and CaCO₃ precipitation are promoted.

S.I.cc, standing for Saturation Index of Calcium Carbonate, and ΔpCO_2 , the difference of partial pressure of drip water ($pCO_2-dripwater$) and of cave air ($pCO_2-caveair$), were calculated if CO₂ degassing and CaCO₃ precipitation takes place or not. S.I.cc showed positive value at SS2 and SS3 during almost all monitoring periods, indicating CaCO₃ is produced almost all the time. However, ΔpCO_2 showed frequently negative value at SS2 and SS3, indicating that CO₂ is not degassed from the drip water and the following CaCO₃ precipitation is not taken place and most of drip water sampled already degassed CO₂.

This research implied that CO₂ variation is a main forcing factor to control HCO₃⁻ and Ca²⁺, main components in drip water to form CaCO₃-made-laminae used for reconstructing paleoclimate; however, the calculation of ΔpCO_2 showed that CaCO₃ would not be produced from drip water. To solve the contradiction, another approach such as development of new sampling method will be necessary.

キーワード: 古気候学, 石筍, 滴下水, 鍾乳洞内大気モニタリング

Keywords: Paleoclimatology, Stalagmite, drip water, cave air monitoring

SEM-EDS 自動粒子解析を用いた大気粉塵、堆積物解析 Characterization of Aeolian Dust, Sediment, with SEM-EDS Automated Particle Analysis

武藤 仁美^{1*}; 島田 愛子²

MUTOU, Hitomi^{1*}; SHIMADA, Aiko²

¹ 日本電子株式会社, ²JEOL RESONANCE

¹JEOL Ltd., ²JEOL RESONANCE Inc.

SEM-EDS automated particle analysis, which is the automated particle analysis combined with a scanning electron microscope (SEM) with energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), is a very powerful method to characterize particle mixtures of several different substances. With this method, we can analyze a large number of particles, more than 10,000 particles one by one, directly. The analyzed data, the shape and size as well as the composition of each individual particle, are stored for the characterization of the mixtures and classified into about some groups with similar composition, same minerals, and so on automatically. We have successfully applied this method to the characterization of a few rocks and sediments by using this method [1], [2] and [3]. Detailed analysis of rocks and sediments would give important information on mountain uplift, river contention and erosion process. In this study, we extend our efforts to aeolian dusts and sediments, for example Beijing Urban Aerosols and Gobi Kosa Dust. They were purchased from National Institute of Environmental Studies (NIES), which distributes them as environmental certified reference materials. Classification was made of their composing particles. Furthermore, statistically averaged concentrations of elements obtained in the present study were compared with those listed in the NIES document. For example, in Beijing Urban Aerosols, we analyzed 30,000 particles and classified by their composition. The average of the particles size is 6 μm and the distribution of the particle size is 1- 40 μm . These particles contained quartz, feldspar, gypsum, calcite and other material. In addition, a lot of hydro sulfates and sulfides were detected with clay minerals. In the presentation, we will show more detailed descriptions of the correlation between Beijing Urban Aerosols and Gobi Kosa Dust, and other sediment analysis results.

[1] H. Muto, A. Shimada, 2014, SEM-EDS Automated Particle Analysis of Mineral Compositions of Rocks, the Japan Geoscience Union Meeting 2014.

[2] H. Muto, A. Shimada, 2014, Characteristics of Granitic Rocks around Lake Biwa with SEM-EDS Automated Particle Analysis and ESR Signals, the 2014 annual meeting of Japan Association Mineralogical Sciences.

[3] H. Muto, A. Shimada, 2014, SEM-EDS Automated Particle Analysis of Mineral Compositions of River Sand, the annual academic conference of the Japan Society of Microscopy 2014.

キーワード: 堆積物, 大気粉塵, SEM, EDS, 粒子解析

Keywords: Sediment, Aerosol, SEM, EDS, Particle analysis

安房層群安野層上部における年代層序学的研究 A chronostratigraphic study of the upper Anno Formation, Awa Group, distributed in the middle part of the Boso Peninsula

羽田 裕貴^{1*}; 岡田 誠²

HANEDA, Yuki^{1*}; OKADA, Makoto²

¹茨城大学大学院理工学研究科, ²茨城大学理学部

¹Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, ²College of Science, Ibaraki University

房総半島中部に分布する安房層群は層序的に連続性が良く、微化石を多産すること、また広い範囲で追跡可能な凝灰岩層を多数挟在することといった特徴から多くの層序学的研究(亀尾ほか, 2002; 中島・渡辺, 2005)が行われてきた。岡田ほか(2013)では千葉県富津市における湊川及び志駒川に露出する安野層上部において古地磁気層序の構築を行い、凝灰岩鍵層 An155-An157 で見られた逆磁極帯を Mammoth 逆磁極帯(3.207-3.330Ma)に、An127 付近の極性反転境界を Gilbert/Gauss 境界(3.596Ma)に対比している。しかし、岡田ほか(2013)の志駒川ルートにおけるサンプリング間隔は約10mと解像度が十分ではなく、確認された逆磁極帯が Mammoth 逆磁極帯ではなくそれより上位の Kaena 逆磁極帯(3.116-3.032Ma)である可能性が否定できなかった。そこで本研究では志駒川ルートにおいてサンプリング間隔を狭め、より時間解像度の高い層序の確立することを目的に行った。

本研究では志駒川ルートで確認できる安野層の最上部から層厚約123mにわたって約1~3m間隔で117サイトから古地磁気測定用ミニコアを1サイトあたり1~5本、また同じ層準から酸素同位体測定用に有孔虫化石を抽出するための岩石試料を乾燥重量にして1サイトあたり約300gを採取した。

古地磁気測定用試片には古地磁気方位を抽出するため、段階交流消磁(以後 AFD)と段階熱消磁(以後 ThD)を施した。また、岩石磁気学的特性を見るため、代表的な試片に対して磁気ヒステリシス測定および熱磁気分析を行った。その結果、磁性粒子はほぼ全ての試片で疑似単磁区サイズであり、磁性鉱物はマグネタイトであることが分かった。また、AFD及びThDから得られた結果に対して主成分分析を行い、固有磁化成分(ChRM)を抽出し、それらの偏角・伏角データを用いて逆転テストを行った。その結果、AFD、ThD共に不合格であり、二次磁化が消磁しきれていないと考えられる。しかし、二次磁化成分の寄与は低く極性判断には問題ないとして、ThDの偏角・伏角データを用いて極性判断を行った。その結果、極性反転境界が深度96~98.4m, 22.5~26.6m, 11.4~14.7mで確認できた。最も深い層準の磁気反転境界は岡田ほか(2013)と同じく凝灰岩鍵層 An127 付近であることから Gilbert/Gauss 境界に対比した。それより上位の磁気反転境界(深度22.5~26.6m)までは磁気反転が確認できないことから深度22.5~26.6m, 11.4~14.7mの磁気反転境界をそれぞれ Mammoth 逆磁極帯下部境界(3.330Ma)、Mammoth 逆磁極帯上部境界(3.207Ma)に対比させた。これらの年代を用いて Gilbert/Gauss 境界から Mammoth 逆磁極帯下部境界と Mammoth 逆磁極帯の堆積速度を見積もるとそれぞれ約27cm、約9cmとなり、Mammoth 逆磁極帯期における堆積速度の大幅な低下が見られた。Mammoth 逆磁極帯は An155-An157 の層準で確認することができ、中島・渡辺(2005)によると本研究地ではスランプによって An155-2 から An156-4 の層準が浸食され欠如していると報告されている。堆積速度の低下はこれに起因すると考えられる。

今後は、古地磁気測定用サンプルと同層準で採取した岩石試料から有孔虫化石を抽出し、酸素同位体測定から酸素同位体層序を構築、現在までの古地磁気層序と合わせて年代層序の議論を行う予定である。

引用文献

岡田 誠・海鋒匠摩・吉川卓寿, 2013, 安房層群安野層上部における古地磁気層序. 日本地質学会第120年学術大会講演要旨.

中島輝允・渡辺真人, 2005, 富津地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 102p.

キーワード: 古地磁気層序, 酸素同位体層序, 年代層序

Keywords: Magnetostratigraphy, Oxygen isotope stratigraphy, Chronostratigraphy

氷期の海洋深層炭素貯蔵庫の探索 On the glacial carbon reservoir in the deep-sea

岡崎 裕典^{1*}
OKAZAKI, Yusuke^{1*}

¹九州大学
¹Kyushu University

氷床コア中の大気分析により氷期の大気中二酸化炭素濃度が間氷期に比べて約 80 ppm 低かったことが明らかにされている。氷期に大気中二酸化炭素濃度低下分を説明する炭素がどこに貯えられていたか(レザバー)という問題は、古気候、古海洋研究の中心的な課題として長年にわたり研究されてきたが未だ解明されていない。炭素貯蔵量が大气や陸上生物圏と比べてはるかに大きな海洋深層は、氷期炭素レザバーとして最重要視されてきた。特に、氷期海洋深層水が低温、高塩分の高密度水であったことが間隙水分析により示唆されると、氷期の高密度深層水塊に大気中二酸化炭素濃度低下分が貯えられていたのではないかと、という仮説を検証するための研究が行われてきた。その代表的な検証方法が、海底堆積物コア試料の同じ層準から拾い出した浮遊性有孔虫と底生有孔虫の放射性炭素年代差(B-P年代差)から見かけ上の海洋循環速度(ベンチレーション速度)を見積もる方法である。もし、海洋深層が氷期炭素レザバーであったなら、氷期にB-P年代差は大きく拡大するはずである。なぜなら海洋深層水に数万年二酸化炭素を貯えた場合、海洋深層水の放射性炭素濃度は極めて少なくからである。しかしこの方法を用いた検証の結果は、氷期のB-P年代差があまり変化しなかったとするものと、大きく拡大したとするものに大きく分かれている。元データまで戻ってその理由を調べたところ、B-P年代差が大きく拡大したとするものは、放射性炭素年代が逆転するなど堆積速度曲線に大きな変化が見られる、もしくはベンチレーション速度を見積もる際に、海洋レザバー効果のチューニングを行っていたことがわかった。これらのことから、氷期の海洋深層炭素レザバーは、海洋深層の高密度水塊に極めて古い水塊として存在していた可能性は小さいことが示唆された。

キーワード: 氷期, 炭素レザバー

Keywords: Glacial period, Carbon reservoir