

日本沿岸域における過去 3000 年間の高解像度古海洋記録 High resolution records in the Japanese coastal and slope regions for the last 3000 years

加 三千宣^{1*}, 山本 正伸², 安部 雅人³
KUWAE, Michinobu^{1*}, YAMAMOTO, Masanobu², ABE, Masahito³

¹ 愛媛大学上級研究員センター, ² 北海道大学地球環境科学研究院, ³ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
¹Senior Research Fellow Center, Ehime University, ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

現在、過去 2000 年間 (2K) の高解像度気候記録の増強と統合を目指す PAGES プログラム-2K network が進められている。その背景には、モデルによる高精度予測のベースとなる regional-scale の気候パターンや気象災害に関わる現象のメカニズムの解明に、過去 2000 年間 (2K) の高解像度気候記録の復元の重要性が認識されるようになったことがある。年輪、アイスコア、湖沼堆積物、海洋堆積物等から regional-scale の気候パターンの認識が各方面からアプローチされているが、広域をカバーする過去 2000 年間の高解像度の気候記録は地域間で偏りがある。中でも、サンゴ記録に基づく熱帯・亜熱帯以外の地域では、海洋からの情報は堆積物に頼るしかないため、年代決定の不確実性や時間解像度の限界から、求められるような精度の古海洋情報はほとんどない。したがって、古海洋 2K は世界でも極めて厳しい現状があり、こうした古海洋 2K の現状は今後の regional-scale の高精度予測にとって大きな障害となろう。

本研究では、日本沿岸の 2K 古海洋記録復元の取り組みについて紹介する。特に、太平洋で生態系レジームシフトや環太平洋域の異常気象に関連の深い、PDO(Pacific decadal Oscillation) 様の気候パターンの歴史的変遷復元の可能性について、別府湾海底堆積物の TEX86 やアルケノン古水温、マイワシ魚鱗堆積量を通して論ずる。

キーワード: ASIA 2K, 沿岸域の古海洋学, TEX86, alkenon 古水温, マイワシ魚鱗, PDO

Keywords: ASIA 2K, Coastal and shelf/slope paleoceanography, TEX86, alkenon thermometry, Japanese sardine scale, PDO

西日本沿岸域における近過去の珪藻群集変化 人為的環境改変に関するプロキシーとしての珪藻群集の有用性 Temporal distribution in diatom assemblages from coastal area in Western Japan: The usability of diatom assemblages as a

廣瀬 孝太郎^{1*}, 吉岡薫², 佐古恵美², 入月俊明², 瀬戸浩二², 安原盛明³

HIROSE, Kotaro^{1*}, YOSHIOKA Kaoru², SAKO Megumi², IRIZUKI Toshiaki², SETO Koji², YASUHARA Moriaki³

¹ 福島大学共生システム理工学研究科, ² 島根大学, ³ 香港大学

¹Fukushima University, ²Shimane University, ³The University of Hong Kong

珪藻群集は、観測記録の存在しない過去に遡って海洋の環境動態を解析するための有効な指標として知られている。しかし沿岸域においては、そこに生育する珪藻の分類生態、タフオノミーなどの知見が不十分である。そこで本研究では、西日本沿岸域の表層コアにおける近過去の珪藻遺骸群集変化が人為的環境改変（汚染や環境保全対策など）とどのように関連するかを検討し、環境変化のプロキシーとしての珪藻群集の有用性を評価した。瀬戸内海東部に位置する大阪湾の3本のコア（OS3-5）からは、人為的富栄養化に応答すると考えられる種群（assemblage1, 2）が抽出された。講演ではさらに、これらの種群を瀬戸内海中部の播磨灘、西部の周防灘、および日本海沿岸の中海で採取されたコアの珪藻群集に適用し、指標としての普遍性を検討する。

キーワード: 珪藻群集, 沿岸域, プロキシー, 人為的環境改変, 富栄養化, 西日本

Keywords: diatom assemblage, coastal area, proxy, anthropogenic impact, eutrophication, Western Japan

青森県小川原湖における水質環境と湖底堆積物の特徴

The feature of aquatic environment and surface sediment in the Lake Ogawara, Aomori Prefecture, north Japan.

瀬戸 浩二^{1*}, 永島郁², 岡崎 裕子², 中島 広海², 秋満睦², 山田 和芳³, 米延 仁志³

SETO, Koji^{1*}, Aya Nagashima², OKAZAKI, Yuko², NAKASHIMA, Hiromi², Mutsumi Akimitsu², YAMADA, kazuyoshi³, YONENOBU, Hitoshi³

¹ 島根大学汽水域研究センター, ² 島根大学地球資源環境学科, ³ 鳴門教育大学

¹ReCCLE, Shimane Univ., ²Geosci. Shimane Univ., ³Naruto University of Education

古環境や古気候を解析するためには、現在の環境やそれを記録する堆積物の特徴を明らかにしておく必要がある。特に潟湖では、それぞれ特徴的な湖沼環境を示すため、古環境解析を行う前に調査・研究をしておかなければならない。そこで本研究では、青森県小川原湖全域の水質・底質環境の特性を把握するため、2011年8月31日から9月9日に現地調査を行った。

調査地域である小川原湖は、青森県東部に位置する汽水湖で、水深20m付近には年間を通じて塩分躍層が存在する。夏季には水深10m付近に水温躍層が形成され、三成層状態になると言われている。そのため、この時期は中層においても溶存酸素が供給されず、貧酸素水塊が厚くなる。本研究では、このような時期の小川原湖の水質・底質環境の特性について報告する。

調査は小型船舶を用い、定点調査とルート水質調査を行った。定点調査は、1-0.5kmのグリッド状に区切った約110地点で行った。定点では、水質測定、表層採水、採泥を行い、ルート水質調査は、湖口から湖奥のルート上において約200m間隔で水質測定を行った。

小川原湖の表層の水温は24-25℃、底層では9℃と低い水温を示し、水深8-18mで水温躍層がみられた。塩分は、表層では2psu以下で、中でも七戸川河口付近では1psu以下である。底層では12psuと高い塩分を示し、8-18mの水深で塩分躍層が形成されていた。本研究期間において、このように、表水層(0-8m)、変水層(8-18m)、深水層(18m以下)の三層構造を示した。変水層は深は無酸素・強還元的な環境である。変水層の上部は水温と塩分による密度変化を示し、下部は主に塩分のみによる密度変化を示している。また、表水層と深水層ではクロロフィルa濃度が高く、深水層で濁度、懸濁態有機炭素濃度が高い。

表層堆積物は、水深6m以浅では、比較的淘汰の良い砂質堆積物、それ以深では黒色の泥質堆積物である。泥質堆積物は、粒度分析の結果、3.5φ、5.5φ、7.5φにモードを持つ頻度分布を示した。3.5φのモードは、北部で高く、南に向かって減少することから、日本海側から流入する密度流によって供給されたものと考えられる。しかし、湖盆を越えても不明瞭ながら認められるため、津波による粗粒碎屑物の供給の可能性もある。

表層堆積物のCNS元素分析の結果、全有機炭素(TOC)濃度は主に水深が深くなるにしたがって高くなる傾向を示し、変水層以深で8%前後と非常に高い値を示した。これは、同じ汽水湖である中海、宍道湖、網走湖、藻琴湖などと比較しても高い値である。この高い値は、基礎生産が高いこと、無酸素・強還元的環境を示すことにより有機物が分解されにくいこと、堆積速度が遅いことに起因しているものと思われる。また、水深の浅い流入河川付近においてもTOC濃度が高い値を示した。これはC/N比の値が他の地点と比べて高いことから、陸源高等植物起源の有機物が河川によって運搬され、堆積したものと思われる。

全イオウ(TS)濃度は、変水層以深で1-2%の値を示す。この濃度は、TOC濃度と比較すると相対的に低く、高いC/S比を示す。強還元的環境にも関わらず、通常の海洋より相対的に低い領域を示しており、硫酸イオンの供給不足、または鉄などの金属イオンの枯渇を示唆している。

キーワード: 汽水域, 小川原湖, TOC濃度, C/N比, TS濃度, 無酸素環境

Keywords: Coastal Lagoon, Lake Ogawara, TOC content, C/N ratio, TS content, anoxic condition

氷期気候と海洋深層循環 ~ 気候モデルと古海洋データとの比較検証のための海洋物質循環モデリング ~

Glacial climate and thermohaline circulation: an ocean biogeochemical modeling toward direct comparison with proxy data

岡 顕^{1*}

OKA, Akira^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The deep ocean circulation in the present climate is characterized by the existence of the Atlantic meridional overturning circulation (AMOC) accompanied with deep water formations in the Labrador and Greenland Seas. This circulation consists of sinking part in the northern North Atlantic Ocean and upwelling part in the Southern and Pacific Oceans. Although the flow in the deep ocean is very slow, it carries huge amount of water in the deep ocean and the heat transport associated with this circulation has a great influence on the climate. In addition, because the ocean stores large amount of carbon (60 times larger than that of the atmosphere), the deep ocean circulation significantly affects the carbon cycle in the climate system. From both physical and biogeochemical aspects, the deep ocean circulation is one of key factors controlling the climate system.

During glacial climate, abrupt climate changes known as Dansgaard-Oeschger events are considered to be caused by changes in the AMOC. The thermohaline circulation is also believed to have an important role in the changes in atmospheric CO₂ concentration from glacial to interglacial periods. Simulation of the Last Glacial maximum has been a target of the Paleoclimate Model Intercomparison Project (PMIP), and various coupled climate models have challenged the LGM simulation by following the protocol proposed by PMIP. Therein, substantial differences in the glacial AMOC among models have been observed, with half of models simulating a weakening of the AMOC while the other half simulate a strengthening. Because paleo proxy data such as $\delta^{13}C$ and $^{231}Pa/^{230}Th$ ratio suggest that the AMOC became shallower and reduced by up to 30 % during the LGM compared with the present climate, it is widely believed that the AMOC during the LGM is weaker than that at the present climate. However, a couple of studies using another paleo proxy data, Nd isotope ratio, imply that the AMOC during the LGM may be almost the same or even slightly stronger than the present one. This means that there is also discrepancy among paleo proxy data themselves or their interpretation.

In order to validate climate model simulations directly with paleo proxy data, explicit simulation of these proxy data with ocean biogeochemical model is getting important recently. Such simulations are also very helpful for interpretation of proxy data because they can quantitatively evaluate which processes are important for controlling the distribution of paleo proxy. In this talk, recent attempts for simulation of paleo proxy with biogeochemical model are introduced.

北西オーストラリア海洋堆積物を用いた堆積環境の推定

Reconstruction of the sedimentary environment using sea sediments in the northwest Australia

石輪 健樹^{1*}, 横山 祐典¹, 宮入 陽介¹, 鈴木 淳², 池原 実³, Obrochta Stephen¹, 池原 研², 木元 克典⁴, Julien.Bourget⁵, 松崎 浩之⁶

ISHIWA, Takeshige^{1*}, YOKOYAMA, Yusuke¹, MIYAIRI, Yosuke¹, SUZUKI, Atsushi², IKEHARA, Minoru³, OBROCHTA, Stephen¹, IKEHARA, Ken², KIMOTO, Katsunori⁴, Julien.Bourget⁵, Hiroyuki Matsuzaki⁶

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門, ³ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁴ 独立行政法人海洋研究開発機構, ⁵ 西オーストラリア大学, ⁶ 東京大学工学系研究科

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Geological Survey of Japan National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³ Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁴ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁵ the University of Australia, ⁶ School of Engineering, the University of Tokyo

The reconstruction of sea-level changes is the key not only to understand the Earth climate changes but also to predict the mantle viscosity. The Bonaparte Gulf in the northwestern Australia is located in a broad and well-developed shallow continental shelf. During times of sea-level lowstand, much of the shelf was exposed (Yokoyama et al., 2000; 2001). The Bonaparte Gulf has the Bonaparte Depression, which is the deepest part of the Gulf and has Ven Diemen Rise, Londonderry Rise and Sahul Rise. Sahul Rise is the shallowest Rise in them. The region is tectonically stable and far from the former ice-covered regions. The glacio-isostatic adjustment of the coast is therefore relatively small. So this region is suitable for the reconstruction of the sea level and evaluating the solid earth property using differential heights of the rsl at given times in the past using the restoration of the relative sea levels.

Yokoyama et al. (2000; 2001), which got sea-level information from the Bonaparte Gulf using radiocarbon dating and sediment core facies, reached the conclusion as

- 1) the LGM (Last Glacial Maximum) sea levels were locally at 125±4 m;
- 2) the LGM terminated abruptly at 19 000 cal yr BP with a rapid rise in sea levels of about 15 m over the next 500 years
- 3) the onset of the minimum sea levels occurred before 22 000 cal yr BP.

In the cruise of KH11-1, a total of 1 piston core, 22 gravity cores and 6 multiple cores are collected. The number of cores is enough to reconstruct the tilting in this region. This study analyzed three cores, PC1, GC6 and GC9. We used the proxies of TOC, CN ratio and radiocarbon dating to reconstruct sea-level change and the tilting.

In this study, paleoenvironmental information is obtained using the habitat of shell samples found in the cores. We used AMS radiocarbon dating to determine the age of samples in MALT. Calendar ages were obtained using 14C curve marine09 (Reminer et al., 2009). We constructed age-model in PC1, GC6 and GC9.

The dried sediments of PC1, GC6 and GC9 were used for total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) analyses. We obtained these data using EA-IRMS in Kochi Core Center.

Using dry bulk density (DBD: g/cm³) of the sediments and the liner sedimentation rate (LSR: cm/yr), we calculated the mass accumulation rate (MAR: g/cm² yr).

We constructed age-model for each core using the well-preserved shell samples. In PC1, GC6 and GC9, we plotted calendar age vs. TOC and CN ratio. PC1 does not have the hiatus and the water depth of PC1 (St. 1) site is 140 m below the present, so the lowest sea level was above -140m.

From 28 cal kyr BP, in PC1, TOC, CN ratio is gradually increased. This indicated that the catchment was spread in the Bonaparte Gulf by the cause of Sahul Rise exposed. MAR is reduced at the same timing, because the rise of the velocity of the current in the Gulf due to the post glacial transgression that the channel to the open (Timor Sea) became narrower as Sahul Rise being exposed. The depth of the water at Sahul Rise is about 60 m, so sea level at 28 cal kyr BP was about 60 m below.

In this study, we proved that at about 28 cal kyr BP Sahul Rise was exposed and the sea level is about -60 m.

We will reconstruct sea-level change and tilting at the broader area in the Bonaparte Gulf and predict the mantle viscosity from the estimation of the crustal tilting in future work.

南大洋堆積物における磁性鉱物量変動の原因 Origin of magnetic mineral concentration variation in the Southern Ocean

山崎 俊嗣^{1*}, 池原 実²

YAMAZAKI, Toshitsugu^{1*}, IKEHARA, Minoru²

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² 高知大学海洋コア総合研究センター

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

南大洋の堆積物では、磁化率で代表される磁性鉱物量が氷期に増加することが知られていて、その変化パターンは南極氷床コア中の風成塵フラックスの変動パターンに酷似している。しかし、風成塵フラックスは南大洋堆積物中の磁性鉱物のソースとしては量的に全く不足であり、ダストと磁性鉱物量のリンケージの原因はこれまで不明であった。これを明らかにすることを目的として、「みらい」MR03-K04 航海においてインド洋南部 (41°33'S, 90°24'E) から採取されたピストンコア PC5 の環境磁気学的研究を行った。このコアの磁化率変化パターンは、周南極海域の他のコア、さらには亜熱帯大西洋域の磁化率スタック (SUSAS) とも類似する。走磁性細菌が作るマグネタイトは、磁気相互作用がほとんどなく保磁力分布が狭いという特徴を用いて岩石磁気手法により検出できる。これは、単磁区サイズのマグネタイトが鎖状に配列しているという産状を反映している。本研究では、FORC 図における磁気相互作用のない成分と等温残留磁化成分解析における分散の小さな低保磁力成分が、生物起源マグネタイトであると解釈し、磁気相互作用があり中程度の保磁力の成分を、陸源のマグヘタイトと解釈する。PC5 に含まれる磁性鉱物は、生物起源マグネタイトが主である。氷期には、生物源、陸源磁性鉱物の両方が増加するが、陸源の増加が生物源を上回るため、割合としては陸源磁性鉱物が増加する。氷期における海洋生産性の増加が、やや還元的な堆積環境の指標となる縦横比の大きな形態の生物起源磁性鉱物の増加と堆積速度の増加から推定される。これらの結果は、南大洋における氷期の磁性鉱物量の増加が、鉄肥沃化で説明できることを示唆する。すなわち、風成塵のフラックスの増加がもたらす海洋生産性の増大に伴い、走磁性細菌起源のマグネタイトが増加した。

キーワード: 岩石磁気学, 環境磁気学, 磁化率, 生物源マグネタイト, 南大洋, 古海洋学

Keywords: rock magnetism, environmental magnetism, magnetic susceptibility, biogenic magnetite, southern ocean, paleoceanography

放射性同位体トリウム 230 を用いたチリ沖における最終融氷期および完新世の生物ポンプ変化

230Th-normalized fluxes of biogenic components from the central-southernmost Chilean margin over the past 22,000 years.

福田 美保^{1*}, 原田 尚美², 佐藤 都², Carina B. Lange³, 阿波根直一², Silvio Pantoja³, 川上 創², 本山 功⁴
FUKUDA, Miho^{1*}, HARADA, Naomi², Miyako Sato², Carina B. Lange³, Naokazu Ahagon², Silvio Pantoja³, Hajime Kawakami²,
MOTOYAMA, Isao⁴

¹ 筑波大・地球進化, ² 海洋研究開発機構, ³ Univ. of Concepcion, ⁴ 山形大・地球環境

¹ Univ. Tsukuba, ² JAMSTEC, ³ Univ. of Concepcion, ⁴ Yamagata Univ.

南極やグリーンランドの氷床コアのガス成分分析によると、約2万年前の最終氷期最寒期の大气中二酸化炭素濃度は、産業革命前に比べて約100 ppm 低く、180-190 ppm しかなかったのが、その後の融氷期のハインリッヒイベント1 (1万7500年から1万4500年前) とヤングドリアス (1万2500年から1万1500年前) に40-50 ppm ずつ急激に上昇したことが知られている (Monnin et al., 2001)。大气中二酸化炭素濃度を变化させる重要な役割を果たしているのが海洋である。その二酸化炭素吸収過程には、溶解ポンプ・アルカリポンプ・生物ポンプがあるが、過去に遡った定量的な評価が不足しているのが生物ポンプである。生物ポンプ能力は栄養塩濃度や光環境・プランクトン群集の違いなどに応じて変化し、これらの因子は海域ごとに異なるため、空白域を含む多くの海域における生物ポンプ関連データを得ることが重要である。特にチリ沖を含む南太平洋高緯度域は、珪藻を優占種とする高い生物生産海域であるが、過去の生物生産に関するデータの空白域の1つである。そこで本研究では、チリ沖高緯度域のマゼラン海峡西部の太平洋側の入り口付近で採取された海底堆積物 PC3 (52 °S, 74 °W; 水深 560 m) に記録された生物起源粒子 (有機炭素・全窒素・オパール) 沈積量 (フラックス) を約1.3万年前にまで遡って高時間解像度で見積り、同海域における最終融氷期以降の生物ポンプ能力を評価することを目的とした。フラックスを見積もるために放射性核種トリウム 230 (²³⁰Th) を利用した ²³⁰Th-規格化法を用いた。

全有機炭素フラックスは、13 cal kyr BP から 6 cal kyr BP に 7.5 mg cm⁻² kyr⁻¹ から 52.1 mg cm⁻² kyr⁻¹ の範囲で変動し、その後 159 mg cm⁻² kyr⁻¹ まで増加していた。生物起源オパールフラックスは 13 cal kyr BP から 11 cal kyr BP で平均 104 mg cm⁻² kyr⁻¹ と比較的高く、完新世初期に減少し、6 cal kyr BP 以降に 184 mg cm⁻² kyr⁻¹ まで再び増加していた。以上の結果から、生物起源粒子オパールフラックスが融氷期の 13 cal kyr BP から完新世中期の 6 cal kyr BP に比較的高いものの、全有機炭素フラックス及び全窒素フラックスが比較的低かったことは、生物ポンプが弱まっていたことを意味する。一方、6 cal kyr BP 以降に全有機炭素、全窒素及び生物起源オパールフラックスが増加していたことは、同時期に生物ポンプが活発に働いていたことを意味する。このことは、チリ沖高緯度域のマゼラン海峡西部域では、最終融氷期と完新世初期に生物ポンプ能力は弱く、この時代の大气中二酸化炭素分圧の上昇にある部分で寄与していたことを示唆する。発表では、チリ沖中緯度 (PC1: 36 °S, 73 °W, 水深 1022 m) 及びドレーク海峡 (PC9: 55 °S, 66 °W, 水深 685 m) における ²³⁰Th-規格化法を用いた生物起源粒子フラックス変動との比較を行うとともに、生物ポンプを变化させる要因として南半球偏西風との関係について考察する予定である。

Libes, S.M. (1992) An introduction to marine biogeochemistry, John Wiley & Sons, Inc., p.734.

Monnin, E. et al. (2001) Science, 291, doi: 10.1126/science.291.5501.112.

Harada, N. et al. (2012) (submitted).

キーワード: チリ沖, トリウム 230, 生物源粒子, 生物ポンプ, 南半球偏西風

Keywords: off Chile, Thorium 230, biogenic components, biological pump, Southern Westerly Wind

南極海インド洋セクター南緯 65 度から採取された表層堆積物の古環境解析 Paleoenvironment changes in the surface sediments of the Indian sector of the Southern Ocean

村山 雅史^{1*}, 大野 未那美¹, 山本 裕二¹, 加藤 義久²

MURAYAMA, Masafumi^{1*}, ONO Minami¹, YAMAMOTO, Yuhji¹, KATO Yoshihisa²

¹ 高知大学 海洋コア総合研究センター, ² 東海大学 海洋学部

¹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ²School of Marine Science and Technology, Tokai University

南極域は、氷床の拡大や縮小、南極周極流や南極底層水の挙動など、寒冷圏として地球の気候変動のメカニズム解明の鍵を握るといわれている。そのため、南極海で採取される海洋コアの解析から古環境の復元をおこなうことは、それらを理解する上で重要である。本研究では、南極海インド洋セクター南緯 65 度 (ER-15) から採取された表層堆積物 (コア長 30cm) を試料として、1) 堆積物の特徴 (含水率, sand fraction, 炭酸塩・オパール量など) を明らかにすること、2) 堆積物の浮遊性有孔虫殻とバルク有機物の 14C 年代を測定し、それぞれの堆積速度を比較すること、3) 有機炭素の安定・放射性同位体比のデータをもとに、有機物の起源などについて考察することを目的とした。

学術研究船「白鳳丸」KH09-05 次航海において南極海インド洋セクター (南緯 65 °00.74', 東経 33 °19.67', 水深 3, 253 m) から採取されたマルチプルコア試料 (ER-15MC, 26cm (半裁試料) および 30cm (1cm スライス試料)) の 2 本を用いた。26cm (半裁試料) から連続キューブサンプリングを行ない、11 試料を得た。それらを超電導磁力計で、古地磁気測定を行った。また、26cm (半裁試料) および 30cm (1cm スライス試料) を篩 (>63 μm) で洗い出し、乾燥処理後、浮遊性有孔虫 (*N. pachyderma*) を拾い出し、安定同位体質量分析計 (MAT253) で酸素同位体比を測定した。酸素同位体比は酸素同位体標準カーブ LR04 (Lisiecki & Raymo, 2005) と対比を行い、年代を推定した。また、4 層準において、実体顕微鏡下で浮遊性有孔虫 (*N. pachyderma*) をピックアップし、ピックアップした試料を真空下で H₃PO₄ (100%) と反応させ CO₂ に変えた。バルク有機物も同じ 4 層準で 1.2N の塩酸で炭酸塩を除去した後、封管燃焼法 (850 °C, 2h) を用いて CO₂ に変えた。これらの CO₂ を精製し、鉄粉を触媒とした水素還元法を用いてグラファイトを作成し、加速器質量分析計で 14C を測定した。同時に分取しておいた CO₂ を用いて安定同位体質量分析計を用いて 13C を測定した。また、炭酸塩含有量とオパール含有量も求めた。

- 1) 岩層は reddish brown foram. bearing silty clay であった。
- 2) 伏角は一定して約 -80 °付近を示し、Brunhes 正磁極期である。
- 3) 炭酸塩量, オパール量ともに、氷期の終わりである 12cm 付近を境に、含有量が増加する。
- 4) 14C 年代と酸素同位体比から、コアボトムは 12600 年を示し、平均堆積速度は 4.2cm/kyr. であった。
- 5) 有孔虫とバルク有機物の年代差は、バルク有機物が必ず古い年代を示した。年代差は後氷期では小さく、氷期では大きい。従って、氷期に古い起源の有機物が存在する。
- 6) バルク有機物の 13C は、氷期に 23 ‰前後、後氷期には 25 ‰-26 ‰と軽くなり、海洋性植物プランクトン起源有機物の割合が相対的に増加したと考えられる。そのため、後氷期に有孔虫とバルク有機物の年代差が小さくなったと考えられる。

キーワード: 南極海, インド洋セクター, 表層堆積物, 酸素・炭素同位体, 有機炭素, 14C

Keywords: Antarctic Ocean, Indian sector, surface sediment, stable isotope, organic carbon, 14C

鮮新世 更新世の東南極氷床変動復元 Plio-Pleistocene reconstruction of East Antarctic Ice Sheet fluctuations

山根 雅子^{1*}, 横山 祐典¹
YAMANE, Masako^{1*}, Yusuke Yokoyama¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ AORI, Univ. Tokyo

Several major climatic transitions have occurred throughout the Plio-Pleistocene. The Pliocene climate optimum was a warm period, and is thought as very similar condition to the end of 21 century according to IPCC AR4. This warmth was ended by the late Pliocene transition that lead the climate to a colder and more glaciations in the Northern Hemisphere. The mid-Pleistocene transition marks the time when the periodicity of glacial-interglacial cycles varied from 41,000 years cycles to large-amplitude 100,000 years cycles. Since the above described climatic events are recorded in the benthic foraminifera oxygen isotopes, as is the measure of global ice volume primarily, strong link between cryosphere and global climate has been suggested. However little is known for the relationships in particular for the Antarctic ice sheet. The aim of this study is to reconstruct East Antarctic ice sheet (EAIS) fluctuation during the Plio-Pleistocene using exposure ages in various parts of East Antarctica, and to discuss the relationship between ice sheet fluctuations and global climate changes.

The concentration of *in situ* produced cosmogenic radionuclides (e.g. ¹⁰Be, ¹⁴C, ²⁶Al, ³⁶Cl) in quartz reflects the cumulative exposure time of the rock and provides the timing of final retreat of ice in the area. In the meantime, combinations of the nuclides can deduce further information in terms of nature of exposure histories, namely simple or complex exposure history for the sites. Isotopic ratios of two cosmogenic nuclides (e.g. ²⁶Al/¹⁰Be ratio) can be used for these purposes and since this ratio indicates the erosional ability of ice sheet, we can reconstruct basal conditions of ice sheet in the past. For the case of warm-based ice sheets, the ice sheet basal temperature is above the pressure melting point and hence the bedrock surface is subjected to continuous erosion and resulted cosmogenic nuclides measurement exhibits a simple exposure history. In contrast, cold-based ice sheet cannot erode bedrock sufficiently enough to reset the exposure age "clock" therefore inheritance of nuclides can be seen because of previous exposure "memory". The inheritance of nuclides as described above results in deviation of nuclide content from that predicted by both half-life and present day production rates. Compilations of the cosmogenic exposure ages from five ice-free areas of East Antarctica was conducted and re-calculated using new site specific production rates taken into account of realistic atmospheric pressure model in Antarctica since it deviates from standard atmospheric thickness significantly. I also added newly obtained ¹⁰Be and ²⁶Al data for samples collected from Sor-Rondane Mountains, Droning Maud Land. The results indicate that the EAIS was thicker more than 600 m compare to the present, at least once prior to the 3 Ma. The EAIS had then become at least 400 m thinner from 3 to 1 Ma. Growth and decay of EAIS has repeatedly occurred with glacial-interglacial cycles during the Pleistocene epoch.

We successfully draw the picture of past fluctuations of EAIS throughout the Plio-Pleistocene. The EAIS was initially larger and more dynamic until 3 Ma and then it has become smaller as global climate cooled. Our direct evidence in terms of timing of ice sheet fluctuations together with previously published paleoclimate records suggest that inception of colder climate since 3 Ma inhibits active moisture transport to Antarctica that reduce the size of ice sheet. The relatively stable EAIS has become sensitive to changes in sea level namely EAIS has been dictated by variations in Northern Hemisphere Ice Sheets that is induced by Northern hemisphere high latitude insolation. Therefore global ice volume started to have 100,000 years cyclicities with larger amplitude between glacial and interglacial time since then due to relatively significant contributions from Antarctic ice sheet cased by sea-level changes.

Keywords: East Antarctica, ice sheet fluctuations, cosmogenic radionuclide dating, Pliocene climate optimum, Late Pliocene transition, Mid-Pleistocene transition

夏モンスーン強度変動を記録した層状チャートの堆積リズム Summer monsoon intensity as a recording mechanism of the astronomical rhythm in bedded chert

池田 昌之^{1*}, 多田 隆治¹, 烏田 明典¹, 山本 信治¹, 野津 太一¹

IKEDA, Masayuki^{1*}, TADA, Ryuji¹, KARASUDA, Akinori¹, YAMAMOTO, Shinji¹, NOZU, Taichi¹

¹ 東京大学地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Sciences, the University of Tokyo

The astronomical cyclicity recorded as sedimentary rhythms provide a clue to understanding the dynamics of Earth surface system. Bedded chert consists of rhythmical alternations of chert and shale beds whose rhythms are paced by astronomical cycles (Ikeda et al., 2010). However, the recording mechanisms of the sedimentary rhythms of bedded chert were still debated. To reveal their recording mechanisms, I attempted to extract paleoceanographic and paleoclimatologic information recorded in sedimentary rhythms of bedded chert on timescales of astronomical cycles based on the biogenic silica and terrigenous burial rates estimated for the bedded chert. To accomplish this objective, I conducted the major elements chemical analysis of individual chert and shale beds on the continuous sequence with bed-by-bed resolution. The biogenic silica and terrigenous contents were estimated, assuming the terrigenous material in the bedded chert as constant at the composition of the shale sample with the lowest SiO₂ content among the samples analyzed, which is consistent with composition of the modern terrigenous material accumulated in the pelagic ocean. I calculated weights of biogenic silica and terrigenous material accumulated as a chert-shale couplet per unit area, which are well correlated with the chert bed thickness ($r = 0.96$) and shale bed thickness ($r = 0.90$), respectively. Based on these clear correlations, I regarded the chert bed thickness and shale bed thickness as approximate measures of biogenic silica and terrigenous burial rates, respectively, during one precession cycle, and reconstructed the variation in the biogenic silica and terrigenous burial rates during the Early Triassic to Early Jurassic for the bedded chert sequence in the Inuyama area. Together with paleogeographic distribution of bedded chert compiled from previous studies, the biogenic silica burial rate in the low latitude Panthalassa ocean in the form of bedded chert was a half to several times higher than the biogenic silica burial rate in the modern ocean (DeMaster, 2002). This result suggests that bedded chert was the major sink of dissolved silica in the ocean at least during the Early Triassic to Early Jurassic. Therefore, the variations in the biogenic silica burial rate in the bedded chert should be proportional to the variations in the dissolved silica input to the ocean, mainly through river input, in time-scales longer than the residence time of the dissolved silica in the ocean, 15 kyr (e.g. Treguer et al., 1995; Gaillardet et al., 1999). According to the geochemical modeling studies, the orbitally controlled summer monsoon intensity could have been a possible major controlling factor of the global silicate weathering intensity (Kutzubach, 1981). Therefore, variations in the orbitally-controlled summer monsoon intensity in Pangea should have had close association with variations in the biogenic silica burial rate in the form of bedded chert during the Early Triassic to Early Jurassic.

キーワード: チャート, 風化, シリカ, ミランコビッチ, モンスーン, 離心率

Keywords: chert, weathering, silica, Milankovitch, monsoon, eccentricity

遠洋域深海相におけるペルム紀末大量絶滅時の微量元素の挙動

Trace element behaviors during the end Permian mass extinction at the deep sea floor.

高橋 聡^{1*}, 山崎慎一², 小川泰正², 木村和彦³, 海保邦夫², 吉田武義², 土屋範芳²

TAKAHASHI, Satoshi^{1*}, Shin-ichi Yamasaki², Yasumasa Ogawa², Kazuhiko Kimura³, Kunio Kaiho², Takeyoshi Yoshida², Noriyoshi Tsuchiya²

¹ 東京大学, ² 東北大学, ³ 宮城大学

¹University of Tokyo, ²Tohoku University, ³Miyagi University

We describes the variations of trace-elemental compositions that took place in the paleo-super-ocean Panthalassa during the end-Permian mass extinction, based on the sedimentary rock samples from one of the most continuous Permian-Triassic boundary section of pelagic deep-sea, exposed in the northeastern Japan area. Our measurement shows high concentrations of redox-sensitive elements such as Molybdenum (Mo), Vanadium (V), and Chromium (Cr) are present in the Upper Permian to end-Permian strata in the study section.

Vanadium concentration shows two peaks in the section. First one is in the Changhsingian chert beds without any co-increase of another trace elements. Second one is recognized in the uppermost part of siliceous claystone and the basal black claystone bed which accords the end-Permian mass extinction. Mo shows high concentrations at the upper part of Changhsingian siliceous claystone bed and overlying the base of the black claystone. These Mo concentrations are followed by high Chromium concentrations. The final peaks of Mo coincide with that of V. Above the horizon characterized by high concentrations of V, Mo, and Cr, any significant increase dose not detected from the Changhsingian to Induan black claystone. Rapid uptakes of V, Mo, Cr into the sediment require reduction in their valences. The single peak of V from Upper Permian chert beds suggest moderately reduced bottom water condition, because first step of reduction of V require relatively weak reduced condition. While second-step reduction of V and Mo reduction require strong reduced condition. Additionally, reduction of Cr requires moderately reduced condition which is corresponded between first-step and second step reduction of V. Hence, the co-occurrence of high concentrations in Mo and V at the basal black claystone which accords the end-Permian mass extinction suggest maximum reduced condition at least the sediment-water interface at that time. Therefore, this line of variations in trace element concentrations indicates a progressive reduced deep-water condition in the central Panthalassa, and the onset of the end-Permian black claystone is characterized by euxinic maxima at the Panthalassic sea floor. Such expanded euxinic deep waters might represent an important causal factor in the end-Permian mass extinction in central Panthalassa.

Keywords: mass extinction, trace element, euxinia, pelagic deep-sea, Panthalassa

モンゴルの中部白亜系湖成層の有機物組成の変動と炭素同位体比層序: OAE1a から OAE1b 期における陸域気候変動復元に向けて Compositional changes of organic matter and carbon isotope stratigraphy through the mid-Cretaceous lacustrine deposits

長谷川 卓^{1*}, 柿崎 喜宏¹, 安藤 寿男², 長谷川 精³, 太田 亨⁴, 山本 正伸⁵, 長谷部 徳子⁶, ガン・リー⁷, ニーデン・イチノロフ⁸
HASEGAWA, Takashi^{1*}, KAKIZAKI, Yoshihiro¹, ANDO, Hisao², HASEGAWA, Hitoshi³, Toru Ohta⁴, YAMAMOTO, Masanobu⁵,
HASEBE, Noriko⁶, Gang Li⁷, Niiden Ichinnorov⁸

¹ 金沢大学自然システム学系, ² 茨城大学理学部, ³ 北海道大学理学研究院, ⁴ 早稲田大学教育学部, ⁵ 北海道大学地球環境科学研究センター, ⁶ 金沢大学環日本海環境研究センター, ⁷ 南京古生物学研究所, ⁸ モンゴル科学アカデミー古生物学研究所
¹Kanazawa University, ²Ibaraki University, ³Hokkaido University, ⁴Waseda University, ⁵Hokkaido University, ⁶Kanazawa University, ⁷Nanjing Inst. of Geol. and Palaeont., ⁸Paleontol. Center, MAS, Mongolia

白亜紀の海洋無酸素事変 (OAEs) は、地球表層の炭素循環の攪乱現象として知られており、海洋における環境変動は古生物学的、地球化学的にも研究が進められている。一方で、海成層と陸成層を対比するツールがないため、OAEs に関連して海域と陸域双方に生じる現象の因果関係を総括してダイナミックな古環境論を展開することができていない。

本研究では当時ユーラシア大陸の内部に位置し、OAE1a と OAE1b に対する大陸地域の気候の反応を記録していると考えられるモンゴル南東部の中部白亜系 Aptian~Albian の陸成層に焦点を当てた。シネフダク地域に露出するシネフダク層と、その上下の地層（それぞれフフテグ層、ツァガンツァフ層）を調査し、統合セクションを構築した。研究の中心をなすシネフダク層は暗灰色の薄くはがれやすい頁岩、灰色石灰質頁岩、明灰色苦灰質泥灰岩および白色～黄色苦灰岩の互層からなっている。全体の層厚は、露頭不良により試料採集ができなかった層位範囲を含めて 490m に及ぶ。

層位範囲全体を通じての全岩の炭素同位体比 ($\delta^{13}C$) 変動をみると、200-330m の範囲で徐々に負側にシフトしていく傾向が見られたが、隣り合ういくつかの試料同士でも最大で 6‰ もの差異があった。このことは $\delta^{13}C$ 変動が大気・海洋リザーバの $^{13}C/^{12}C$ 変動のみを反映しているのではなく、異なる有機物生産者に由来する有機物種の混合比率変化も反映していることを示している。このことは、C/N 比が 3 から 38 までの間で大きくばらつくことから示唆される。C/N 比 20 を超える試料を含む 15 試料についてロックエバル分析を行ったところ、全ての試料で水素指標が 400 mgHC/gTOC を超えており、陸上高等植物由来の有機物がシネフダク層試料の有機物全体に占める割合は小さいことが解った。

$\delta^{13}C$ と C/N 比のクロスプロットを行うと、ツァガンツァフ、シネフダク両層の全てのサンプル群に同様の傾向を持つ、明瞭な負の相関がみられる。このことは、これらの地層において $\delta^{13}C$ と C/N 比が同一の要因、すなわち全く異なる生産者に由来する 2 つの異なるタイプの有機物の混合率によって支配されていることを示唆する。その一方は C/N 比 6 程度の湖の藻類等であり、もう一方は藻類と同様の水素指標を持ち、C/N 比 30 程度、かつ藻類と比べて $\delta^{13}C$ が約 3‰ 負の値をとる生産者であるが、特定はできていない。クロスプロットにおける個々のサンプル群の回帰直線は、ほぼ平行に配列しており、シネフダク層の下位から上位に向かって負方向に約 4‰ 平行スライドする。上述の 2 つの起源生物が、大気・海洋リザーバの変化に対応して同様な規模でそれぞれの $\delta^{13}C$ 値を変化させたと考えると、この回帰直線の $\delta^{13}C$ 方向のスライドが合理的に説明できる。この「 $\delta^{13}C$ スライド」を年代層序にあてはめると、Aptian 初期の OAE1a 後の長期的な負方向への $\delta^{13}C$ 変化に対応する。

炭素同位体比層序は、国際的な年代層序対比に有効である (Ogg et al., 2008) もの、陸成層への応用は有機物の起源評価の難しさから、進んでこなかった。 $\delta^{13}C$ と C/N 比のクロスプロット図上での回帰直線の評価を正しく行うことで、炭素同位体比層序の湖堆積物への応用に道を開くと期待される。

キーワード: 白亜紀, 湖堆積物, 炭素同位体比, 有機物, 海洋無酸素事変

Keywords: Cretaceous, lacustrine, carbon isotope, organic carbon, oceanic anoxic event

モンゴル白亜系湖成層に記録される湖水位および湖生物生産のオービタルスケール変動: OAE1a-1b期の陸域気候変動復元に向けて Orbital-scale lake-level and productivity changes in the mid-Cretaceous lacustrine deposits in southeast Mongolia

長谷川 精^{1*}, 安藤寿男², 長谷川卓³, 太田亨⁴, 山本正伸⁵, 長谷部徳子⁶, 村田崇行², LI Gang⁷, ICHINNOROV Niiden⁸, 鈴木徳行¹, 入野智久⁵, 池田昌之⁹, HEIMHOFER Ulrich¹⁰
HASEGAWA, Hitoshi^{1*}, ANDO Hisao², HASEGAWA Takashi³, OHTA Tohru⁴, YAMAMOTO Masanobu⁵, HASEBE Noriko⁶, MURATA Takayuki², LI Gang⁷, ICHINNOROV Niiden⁸, SUZUKI Noriyuki¹, IRINO Tomohisa⁵, IKEDA Masayuki⁹, HEIMHOFER Ulrich¹⁰

¹ 北大・理・自然史, ² 茨城大・理, ³ 金沢大・自然システム, ⁴ 早稲田大・教育, ⁵ 北大・地球環境, ⁶ 金沢大・環日本海研, ⁷ 南京地質古生物研, ⁸ モンゴル古生物センター, ⁹ 東大・理・地惑, ¹⁰ Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover
¹Dept. of Natural History Sciences, Hokkaido University, ²Dept. of Earth Sciences, Ibaraki University, ³Dept. of Earth Sciences, Kanazawa University, ⁴Faculty of Edu., Int. Arts, Sci., Waseda University, ⁵Faculty of Env. Ear. Sci., Hokkaido University, ⁶Division of Ear. and Env. Sci., Kanazawa University, ⁷Nanjing Inst. of Geol. and Palaeont., China, ⁸Paleontol. Center, MAS, Mongolia, ⁹Dept. of Earth and Planetary Science, the University of Tokyo, ¹⁰Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover

The mid-Cretaceous period is characterized by an extremely warm greenhouse climate with elevated atmospheric CO₂ levels, and repeated occurrences of Ocean Anoxic Events (OAEs). However, detailed processes and causal mechanisms of these marked events, particularly the response of the terrestrial climate system, are only poorly understood. To evaluate interactions between the land and the ocean during an OAE interval, we examined the terrestrial climatic record from Aptian lacustrine deposits (Shinekhudag Formation) in southeast Mongolia.

The Shinekhudag Formation is widely distributed in southeastern Mongolia, and is well exposed in the Shine Khudag locality. The formation is composed of alternating beds of dark greyish paper shale, greyish calcareous shale, light greyish dolomitic marl, and whitish to yellowish dolomite. Strata are continuously exposed up to 250 m in thickness. The shale and dolomite successions are rhythmically alternated (decimeter-, meter-, tens of meter-scale), probably controlled by orbital-cycles. Shales and dolomitic marls show micrometer-scale lamination (alternation of organic- and detritus-rich layers), most likely reflecting seasonal cyclicity. The sedimentation rate is estimated as ca. 4-8 cm/kyr based on varve-counting of thin-sections.

In order to clarify the depositional environments and the controlling factors for the rhythmically alternating lithofacies change in the Shinekhudag lacustrine deposits, we conducted X-ray diffraction analysis to reconstruct changes in the sediment mineralogy, and we also performed elemental analysis (C, N, S), Rock-Eval pyrolysis, and a quantitative study of palynofacies to evaluate the organic matter composition in the shale and dolomite couplets. Both, the sediment mineralogy and organic matter composition of lacustrine deposits are controlled largely by hydrological factors that are highly dependent upon climatic fluctuations. The results revealed that the cyclic alternations (ca. 1-1.5 m cycles) of the dolomite abundant layer and detritus minerals and calcite rich layer, corresponding to the rhythmically alternating dolomite and shale layers of field observation. C/N values were significantly low (4-10) in the dolomite layers, while higher values (15-30) occur in the shale samples. Rock-Eval pyrolysis revealed that all the samples are composed of Type I-II organic matter. Palynofacies analysis further indicated dominance of Botryococcus colonies in the dolomite layers, whereas the shale layers show abundant amorphous organic matters, algal cysts, and terrestrial palynomorphs.

These lines of evidences indicate that the rhythmically alternating lithofacies changes recorded in the Shinekhudag lacustrine deposits were mainly controlled by orbital-scale lake-level changes as well as by lake productivity changes. Namely, the dolomite layers were formed during low lake level by microbially mediated precipitation in highly alkaline lake waters. Botryococcus colonies were abundant under such oligotrophic and euryhaline conditions. On the other hand, the shale layers were deposited during high lake levels, which were characterized by higher algal productivity and increased inputs of detrital minerals. Spectral analysis of the lithofacies change in the Shinekhudag Formation shows the cycles involving approximately 1.28 m, 2.27 m, 5.88 m, and 22.4-25.6 m cycles, corresponding to periodicities of approximately 21 kyr, 38 kyr, 98 kyr, and 373-427 kyr, respectively, based on a varve-tuned average sedimentation rate of 6 cm/kyr. These values are in accordance with orbital precession, obliquity, and eccentricity cycles, respectively. Therefore, the Aptian lacustrine deposits in southeast Mongolia are interpreted to record the orbital-scale paleo-hydrologic changes during the OAE1a-1b interval.

キーワード: 湖水位変動, 白亜紀, オービタルサイクル, 降水量, 陸-海リンケージ, 海洋無酸素事変

Keywords: lake-level change, Cretaceous, orbital-cycle, paleo-hydrology, land-ocean linkage, Ocean Anoxic Events

鮮新世中期温暖期の気候再現とモデル間相互比較

Climate modeling for the mid-Pliocene warm period and model-model intercomparison

釜江 陽一^{1*}, 植田 宏昭²

KAMAE, Youichi^{1*}, Hiroaki Ueda²

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 筑波大学生命環境科学系

¹AORI, the University of Tokyo, ²Life and Environ. Sci., Univ. Tsukuba

鮮新世中期温暖期 (mPWP, 3.3~3.0 Ma) は、海陸の分布が現在と同様ながら、大陸上の氷床量が少なく全球的に温暖であった、最も近い期間である。この時代の気候を再現する試みは、将来の気候変動予測に用いられる気候モデルの再現性検証や、気候・氷床・植生の長期的な応答を含む“地球システム感度”の推定に有用である。

mPWPにおける古環境の特徴は、USGSによる復元プロジェクトPRISMによって調べられている。PRISMでは複数のプロキシデータを統合し、全球的なmPWP気候パターンの特徴の解析が進められている。PRISMは、全球気候モデル(GCM)による当時の気候再現実験に必要な境界条件のデータセットを提供している。古気候モデリング相互比較プロジェクトPMIP3では、mPWPが新しい対象期間の一つとして注目されている。最新のPRISMデータセット(Dowsett et al. 2010)を境界条件に用いることで、複数の気候モデルによる再現とプロキシデータとを比較する、鮮新世モデリング相互比較プロジェクトPlioMIP(Haywood et al. 2010, 2011)が進行中である。PRISMデータセットには、大気組成、地形、植生分布、氷床や、大気大循環モデル(AGCM)の境界条件に用いられる海面水温分布や、大気海洋結合モデル(AOGCM)の初期値に用いられる三次元的な海水温分布のデータも含まれており、これらを用いたいくつかのモデルシミュレーションの結果が報告され始めている。

本講演では、気象研究所大気海洋結合モデル(MRI-CGCM2.3)を用いて行った実験の結果を報告する。AGCMによって再現されたウォーカー循環は顕著に弱化し、ハドレー循環は上昇流域の拡大と強度の弱화가確認された[1]。この大気大循環パターンの変化は、プロキシデータにより示されているmPWPにおける亜熱帯半乾燥域(アフリカ、アラビア半島、オーストラリア)の湿潤化に寄与していた[2]。大気大循環場の変化は、低緯度における雲の分布を大きく変え、大気上端の放射収支の変化を通して気候の温暖化に寄与していた[3]。AOGCMによる実験の結果は、プロキシデータが示す亜熱帯の湿潤化を再現せず、低緯度や高緯度海上における再現パターンもAGCMと大きく異なっていた[4]。今後、PlioMIPの枠組みのもと、他のモデルの結果やプロキシデータとの比較を通して、さらにmPWP気候の再現性検証を進めていく必要がある。

References

[1] Kamae, Y., H. Ueda, and A. Kitoh, 2011: Hadley and Walker circulations in the mid-Pliocene warm period simulated by an atmospheric general circulation model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 89, 475-493.

[2] Kamae, Y., and H. Ueda, 2011: Evaluation of simulated climate in lower latitude regions during the mid-Pliocene warm period using paleovegetation data. *SOLA*, 7, 177-180.

[3] Kamae, Y., and H. Ueda, 2012a: Radiative balance at top of the atmosphere in mid-Pliocene climate simulation prescribing PRISM3 boundary conditions. *Tellus A*, submitted.

[4] Kamae, Y., and H. Ueda, 2012b: Mid-Pliocene global climate simulation with MRI-CGCM2.3: set-up and initial results of PlioMIP Experiments 1 and 2. *Geosci. Model Dev.*, submitted.

キーワード: 古気候, 鮮新世中期, 気候モデル, PRISM, PlioMIP, バイオーム

Keywords: paleoclimate, mid-Pliocene, climate model, PRISM, PlioMIP, biome

石英の粒度別 ESR 信号強度、結晶化度を利用したタリム盆地南西部テクトニクス運動復元と乾燥化との関係 Reconstruction of the tectonic activity in the southwestern Tarim Basin and its relationship with desertification

烏田 明典^{1*}, 多田 隆治¹, Zheng Hongbo², 豊田 新³, 長谷川 精⁴, 磯崎 裕子¹, 吉田 知紘¹
KARASUDA, Akinori^{1*}, TADA, Ryuji¹, Zheng Hongbo², TOYODA, Shin³, HASEGAWA, Hitoshi⁴, Yuko Isozaki¹, YOSHIDA, Tomohiro¹

¹ 東京大学, ² 南京大学, ³ 岡山理科大学, ⁴ 北海道大学

¹Tokyo University, ²Nanjing University, ³Okayama science University, ⁴Hokkaido University

テクトニクスと気候との関係性は、地球科学の中でも重要な課題の一つである。新生代における顕著なテクトニクス活動としてチベットの隆起があり、タリム盆地はこのテクトニクス運動によって乾燥化が引き起こされたことが気候モデルから示唆されている (e.g. 鬼頭, 2005) そのためテクトニクスと気候の関係性を知る上でタリム盆地の乾燥化過程を調べることは重要である。

タリム盆地の乾燥化の時期に関しては、限られた地域における砂丘堆積物の堆積開始時期をもとに 3.5Ma 扇状地堆積物状に堆積した風成シルト堆積物の堆積開始時期をもとに 4.6~5.3Ma と推定されているが、それがどのくらい広域の乾燥化を反映しているかは曖昧である。一方、チベットの隆起時期に関しては、鉱物の閉鎖温度を利用した隆起速度推定に基づいた推定が行われているが、この方法に基づく変動の時代推定精度が悪い。こうした理由から、テクトニクスと気候の関係性を詳細に調べることに限界があった。

そこで、今回我々は、古地磁気層序より 7.6Ma から 1.8Ma にかけて堆積したことが判明しているタリム盆地南西部の Yecheng section で現地調査を行った。そして河川堆積物と風成堆積物について石英の ESR 信号強度と結晶化度を粒度別に調べることによって、同じ堆積記録からテクトニクス変動と乾燥化を同時に復元することを試みた。

石英の ESR 信号強度は岩石の形成年代と比例関係を持つ事 (Toyoda and Naruse, 2002)、結晶化度については石英の結晶化の過程を反映すること (Murata and Norman, 1976) が知られており、両者は石英の起源を特徴づける独立した指標になる。

現世のタリム盆地において石英の ESR 信号強度と結晶化度を用いた先行研究により、河川堆積物の粗粒フラクション (>64 μ m) は河川集水域の基盤岩を起源とすること、レス堆積物が広がるタリム盆地南部では、粗粒フラクションと細粒フラクション (<16 μ m) の値が異なることが示された (Isozaki, D 論 2009)。これは細粒フラクションへの風成塵の混入と解釈され、粗粒フラクションと細粒フラクションの比較に基づいて、風成塵の混入の有無が評価できることが示された。

今回はこの手法を過去に応用し、河川堆積物の粗粒フラクションの ESR, CI の変動により河川集水域の供給源変化を明らかにして、そこから集水域における過去の断層、褶曲運動の再現を試みた。また、粗粒フラクションと細粒フラクションの ESR, CI を比較することで、風成塵の混入の歴史すなわちタリム盆地が乾燥化していた時代を明らかにして、粗粒フラクションから明らかになったテクトニクス運動との関係性の考察を行った。

その結果、7.6Ma に、石英の ESR 信号強度と結晶化度が粗粒フラクションと細粒フラクションで優位に異なっていることが示された。また、5.3Ma には粗粒フラクションの ESR 信号強度と結晶化度の上昇が見られ、集水域における地質の変化が示唆された。さらに 3.5Ma より粗粒フラクションと細粒フラクションの ESR 強度信号と結晶化度の減少が観察された。

これらの変化は 8Ma に Pamir 高原の隆起速度が上昇したこと (Robinson et al., 2004)、Tarim 盆地南部で 5.3Ma 以降に褶曲活動が活発化したこと (JM Sun et al., 2008)、5-3Ma にかけてタリム盆地南西部の断層帯のずれ速度が変化したこと (Sobel et al., 2011) が関係しているのではないかと考えられる。

キーワード: タリム盆地, 乾燥化, テクトニクス, 断層, 供給源推定, 風成塵

Keywords: Tarim Basin, Desertification, Tectonics, Fault, Provenance study, Eolian dust

琉球（含、日本と台湾）の、沖縄トラフ拡大に伴う、1.55Ma 同時島嶼化と黒潮の流入開始についての古地理復元
Palaeogeographic reconstruction of the 1.55 Ma synchronous isolation of the Ryukyu Islands, Japan, and Taiwan and inflow

遅沢 壮一^{1*}, 新城 竜一², Alroem Armid², 渡邊 康志³, 堀口 敏秋⁴, John Wakabayashi⁵

OSOZAWA, Soichi^{1*}, Ryuichi Shinjo², Alroem Armid², Yasushi Watanabe³, Toshiaki Horiguchi⁴, John Wakabayashi⁵

¹ 東北大学理学研究科地学専攻, ² 琉球大学理工学研究科海洋地圏科学, ³ GIS 沖縄研究所, ⁴ 元: 資源コンサルタント, ⁵ Department of Earth and Environmental Sciences, California State University, Fresno

¹ Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, ² Department of Physics and Earth Sciences, University of Ryukyus, ³ GIS Okinawa Laboratory, ⁴ Former: Resources Investigation Consultants Co. Ltd, ⁵ Department of Earth and Environmental Sciences, California State University, Fresno

琉球島嶼を取り巻いて、とくに島嶼の北西側・中国側に、海成第四系が多くは、断層谷を充填して分布している。これは沖縄トラフの拡大に伴う断層谷の形成、島嶼としての沈下、島嶼化を表している。第四系のナンノ化石年代はいずれの島嶼でも 1.55Ma であることを確認した。従って、琉球は、日本や台湾を含めて、1.55Ma に、一斉に島嶼化した。この時初めて、黒潮は沖縄トラフ側に流入し、ヘドロの海は珊瑚海となり、島嶼は引き続いて沈降し、琉球石灰岩を堆積せしめた。

キーワード: 琉球弧, 沖縄トラフ, 島を取り巻く 1.55Ma 海成堆積物, 同時島嶼化, 黒潮, 珊瑚海

Keywords: Ryukyu island arc, Okinawa Trough, island-encircling 1.55 Ma marine sediments, 1.55 Ma island separation, Kuroshio current, coral sea

Polycystine radiolarian fauna and paleoceanographical changes in the Shimokita Peninsula through the last 750 ky.

Polycystine radiolarian fauna and paleoceanographical changes in the Shimokita Peninsula through the last 750 ky.

Kenji M.R Matsuzaki^{1*}, Noritoshi Suzuki¹, Hiroshi Nishi²
MATSUZAKI, Kenji M.R.^{1*}, SUZUKI, Noritoshi¹, NISHI, Hiroshi²

¹Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, ²The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku Museum Tohoku University

¹Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, ²The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku Museum Tohoku University

The Northwestern Japanese Pacific Ocean margin is a region presenting high water masses mixing caused by the influences of three distinct currents (the Kuroshio Current, the Tsugaru Current, and the Oyashio Current). Our Studied Site, the Shimokita region located in front of the Tsugaru Strait, is a region directly influenced by the Tsugaru Warm Current, and the Oyashio Subarctic Current. Many studies of this region concerning the last 50 ky have been conducted for understand this region oceanographic changes through the late Pleistocene. At this time there are no long term paleoceanographical studies of this region for period older than the last 150 ky. In this context the core hole C9001C drilled at the 1,180 m water depths of the sea-bottom in the D/V Chikyū 2006 Mission, is an excellent example of a stratigraphic succession off Japan. This core has a high sedimentation rate and provides a nearly continuous record from MIS 18 (750 ka) to present, covering the Brunhes normal polarity epoch. Polycystine radiolarians due to their water masses vertical distribution, and their ecological properties is the most efficient micropaleontological proxy for establish paleoceanographical study of this region. The purpose of this study is to establish the first long term polycystine radiolarian assemblages faunal evolution of this region, and discuss the polycystine radiolarian faunal evolution through the last 750 ky. In this context we will focus our study on the unusual climatic change event as the Matsuyama/Brunhes magnetic susceptibility reversal period, the Mid Brunhes event (400-300 ky after Jansen et al., 1986), the MIS 9, the MIS 8 and the MIS 6.5 (Martinson et al., 1987).

キーワード: Polycystine Radiolarian, Paleoceanography, Fauna evolution, Mid Brunhes Event, MIS 9, MIS 8
Keywords: Polycystine Radiolarian, Paleoceanography, Fauna evolution, Mid Brunhes Event, MIS 9, MIS 8

東アジア夏季モンスーンの千年スケール変動の実態と偏西風との関係 Dynamics of millennial-scale variation in East Asian Summer Monsoon intensity and its relation to the Westerly jet

長島 佳菜^{1*}, 久保田 好美², 多田 隆治², 山本 裕哉³, 豊田 新³

NAGASHIMA, Kana^{1*}, KUBOTA, Yoshimi², TADA, Ryuji², YAMAMOTO, Yuya³, TOYODA, Shin³

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大学院理学系研究科, ³ 岡山理科大学理学部

¹JAMSTEC, ²The University of Tokyo, ³Okayama University of Science

Recently, increasing evidence demonstrated the occurrence of multicentennial to millennial-scale climate changes during the Holocene (e.g., Bond et al., 2001; Mayewski et al., 2004). Although some of these climate changes were inferred to be global-scale, the spatial extent and physical mechanisms of these changes are still controversial. In the East Asia, millennial-scale variations of the East Asian summer monsoon (hereafter call EASM) intensity have been examined using the best-dated records of stalagmite-derived oxygen isotope from caves in central China (e.g., Wang et al., 2005; Hu et al., 2008). However, due to the spatial heterogeneity of the EASM precipitation changes (e.g., An et al., 2000; Dayem et al., 2010), stalagmite-derived oxygen isotope records seem to represent local or regional variations of the EASM precipitation, not to represent dynamic changes of the EASM. Therefore, we need additional records to examine the nature and spatial extent of the EASM variations during the Holocene.

To date, many additional records representing the EASM precipitation changes were reported from lacustrine, loess-paleosol, and peat bog sediments in China, and marine sediments of the surrounding oceans. Among them, we selected the records with high sensitivity and chronological precision, and examine the multicentennial- to millennial-scale spatial changes of the EASM precipitation during the Holocene. Furthermore, here we focused on the role of the westerly jet (hereafter call WJ) on the spatial precipitation pattern of EASM (e.g., Liang and Wang, 1998; Sampe and Xie, 2010). Sampe and Xie (2010) demonstrated that eastward advection of warm air from the eastern flank of the Tibetan Plateau along the WJ axis triggers the convection that forms the rainband and further that the WJ anchors the rainband by guiding transient weather disturbances, which promote convection by intensifying moisture advection with upward motion. Therefore, the WJ is necessary to develop a rainband at middle to high latitude of East Asia. In our previous study, we presented provenance changes of the aeolian dust in Japan Sea sediments reflect the earlier/late jump of the WJ to the north of the Tibetan Plateau (Nagashima et al., 2011). Then here we reconstructed provenance changes of the aeolian dust in Japan Sea sediments during the Holocene, and compared the results with spatial precipitation changes in China.

Examination of the paleo-precipitation records in China and provenance of dust in Japan Sea sediments reveals large events around 9.5, 8.3, 5.5, 2.2, and 0.4 kyr BP, with large contribution of aeolian dust from the Taklimakan Desert (we interpret as representing earlier jump of the WJ to the north of the Tibetan Plateau) together with the large precipitation in northern China (e.g., Hong et al., 2005) and small precipitation in central to southern China (e.g., Hu et al., 2008; Kubota et al., 2010). This may indicate that multicentennial to millennial-scale changes of the (seasonal) WJ path during the Holocene caused dynamic changes of the EASM precipitation, with earlier jump of the WJ to the north of the Tibetan Plateau increased precipitation in northern China and decreased precipitation in central to southern China.

The presented events were coincide within the dating error with the events revealed from the GISP2 sodium and potassium ion records, which are considered as reflecting the intensity of Icelendic Low and Siberian High, respectively (Mayewski et al., 1997; Meeker and Mayewski, 2002), and the events revealed from the stalagmite oxygen isotope record from Pink Panther Cave in southwestern United States, which is considered as reflecting (at least partly) precipitation of North American monsoon, suggesting the events spread at least hemispheric-scale and reorganization of the atmospheric circulation systems may happen from low to high latitudes. We will further discuss the possible cause of the coupled WJ-EASM variations during the Holocene.

キーワード: アジアモンスーン, 偏西風, 千年スケール, 石英, 電子スピン共鳴

Keywords: East Asian Summer Monsoon, Westerly Jet, Millennial-scale, Quartz, Electron Spin Resonance

二つの湖の堆積物比較による 広域気候変動と局地的変動の分離

The separation from global and local components of climate signals by comparison between two lake sediments

内藤 慶一^{1*}, 横山 祐典¹, 宮入 陽介¹, 高橋 理美¹, 中野 孝教¹, 竹村 恵二¹, 山口 保彦¹, 中村 淳路¹, 関 有沙¹

NAITO, Keiichi^{1*}, YOKOYAMA, Yusuke¹, MIYAIRI, Yosuke¹, TAKAHASHI, Satomi¹, NAKANO, Takanori¹, TAKEMURA, Keiji¹, YAMAGUCHI, Yasuhiko T.¹, NAKAMURA, Atsunori¹, SEKI, Arisa¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Oceanic Research Institute University of Tokyo

East Asian Monsoon (EAM) is dictating many parts of East Asia including Japan. In summer, EASM (East Asian Summer Monsoon) brings moist and warm climate in the region, whereas EAWM (East Asian Winter Monsoon) is characterized as cold and relatively dry air originated from Siberian High, which intensified in boreal winter. According to paleoclimate archives, there had been frequent rapid climate changes both in and outside of North Atlantic region during the last glacial period, which ended up at around 10 ka. The ultimate mechanisms are still unknown though it has been pointed out that ocean circulation had been played an important role (Yokoyama and Esat, 2011).

In order to reconstruct past environments, stable isotopes are a useful tool and can be used as fingerprints of events because of their unique values of each materials. One of which is stable ⁸⁷Sr isotope and is usually produced by decay of ⁸⁷Rb. From measured ⁸⁷/⁸⁶Sr isotopic value of samples and expected source, it is able to estimate the source areas of sample materials, and also their degree of contribution.

Lake Biwa and Lake Suigetsu are located only 20 km in distance at very similar latitude, so they are expected to have influences from regional climate in similar fashion. However, these two lakes have different catchment areas, so it is expected to be able to separate global and local signatures of environmental changes comparing two lakes.

In this study, samples from Lakes Biwa and Suigetsu are analyzed by ICP-MS. Concentrations of 61 elements are measured, and Sr isotopic ratio using TIMS for 30 samples from sediment of Lake Biwa are also analyzed. Sedimentary fluxes are fluctuated in the sediments, though the timing and magnitude of changes are not identical. From comparison of data sets of two lakes, the fluctuation of Aluminum flux indicated that sedimentation of lakes are correlated to each other, suggesting that the sedimentation of two lakes are mainly controlled by climate systems, whereas the period between 45~37 ka are not correlated. The divergence found in the sedimentary characteristics might have controlled by local environmental changes in these two lakes. Further, Aluminum flux fluctuation showed clear cyclic peak during Last glacial to present which timings are correlated to Heinrich Event (which is known as ice rafting event of North Atlantic).

Strontium isotopic ratios in Lake Biwa sediment showed similar peak with Aluminum, which are correlated with HE. This indicates the change of source areas of sediment had occurred at the time of HE.

This study demonstrated that the merits of measuring two nearby lakes, which have different geological settings. From comparison of two lake sediments, regional and local influences to two lakes were successfully separated.

キーワード: 湖底堆積物, 水月湖, 琵琶湖

Keywords: lake sediments, lake Suigetsu, lake Biwa

Effects of age uncertainty on the Site 609 IRD record Effects of age uncertainty on the Site 609 IRD record

Obrochta Stephen^{1*}, 宮原 ひろ子², 横山祐典¹
OBROCHTA, Stephen^{1*}, MIYAHARA, Hiroko², Yusuke Yokoyama¹

¹ 大気海洋研究所, ² 東京大学宇宙線研究所

¹University of Tokyo Atmosphere and Ocean Research Institute, ²University of Tokyo Institute for Cosmic Ray Research

The last-glacial hematite-stained grain record (HSG) obtained from classic DSDP Site 609 was originally reported to exhibit 1476 ± 584 year cyclicity and interpreted to indicate the presence of a "1500-year cycle". Here, this record is reinterpreted in the context of an updated chronology based on newly calibrated radiocarbon dates (Marine09) from 15 to 35 ka and correlation to the North GRIP ice core layer-counted chronology (GICC05) to 60 ka. This new age model results in periodicity at primarily ~1000- and ~2000-years, bands that are both consistent with the original reported results and periodicity of related Holocene proxy records.

A ~1500-year oscillation is also detected. However, it is non-stationary and mainly limited to the interval from 60 to 70 ka, the age of which is derived solely from an ice flow model (ss09sea), subject to the highest uncertainty of the entire record, and exhibits the greatest offset from the original chronology. The effects of age uncertainty on cycle length were modeled, and results indicate that the 1500-year oscillation is less robust than the 1000- and 2000-year oscillations. Though the presence of a 1500-year cycle cannot be entirely ruled out, similar analysis of synthetic series constructed from sine waves of corresponding frequencies indicate that it is a relatively minor component.

Keywords: IRD, periodicity, age model

過去 1.8 万年間の日本海の水温と塩分復元 Temperature and salinity estimates in the Japan Sea during the past 18 kyr

小平 智弘^{1*}, 堀川恵司¹, 池原研², 村山雅史³, 張勁¹

KODAIRA, Tomohiro^{1*}, HORIKAWA Keiji¹, IKEHARA Ken², MURAYAMA Masahumi³, ZHANG Jing¹

¹ 富山大学, ² 産業総合研究所, ³ 高知大学海洋コア

¹University of Toyama, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

The Japan Sea has shallow 4 straits (<130 m) that connect to the Pacific Ocean to exchange seawater, and thus sea-level lowstand (ca.-120 m) during the LGM might had limited vigorous seawater exchange between the Japan Sea and the Pacific through the straits. Only through the narrow and shallow Tsushima strait, the glacial Huang He River supplied fresh water to the semi-closed Japan Sea, forming low-saline surface conditions at the time (e.g., Oba and Murayama, 1995). This low-saline surface condition during the LGM was relieved by intrusion of Oyashio Current into the Japan Sea through the Tsugaru strait from 18 ka (Oba and Murayama, 1995). Although Ishiwatari et al. (2001) have tried to reconstruct sea-surface temperatures (SSTs) during the past 36 ka based on alkenone unsaturation ratio, the low-saline conditions during the early deglacial periods make SST estimates from alkenone uncertain (Harada et al., 2008; Fujine et al., 2006). Here, we present planktic foraminifera Mg/Ca-derived SST and Ba/Ca ratios, together with benthic and planktic foraminifera $d^{18}O$ from a sediment core in the Japan Sea.

The studied sediment core (YK10-7-PC09) was taken from 738 m water depth off Niigata. The thick lamina layer was observed in a section from 420 cm to 750 cm core depth, which corresponds to the sediments during Heinrich 1 and glacial periods and we have used the sediment samples above 450 cm core depth. The age model for the core was based on 7 AMS ^{14}C data of planktic foraminifera. We have used Marin09 and δR of 0 \pm 100yr to convert the conventional ^{14}C ages to the calibrated ages. $d^{13}C$ and $d^{18}O$ of benthic (*Uvigerina* spp) and planktic foraminifera (*N.incompta*, *N.pachyderma*(s), *G.bulloides*) were measured by MAT 253 (CMCR, Kochi University), whereas trace metal/Ca ratio of planktic foraminifera were measured by Thermo Finigan Element II (University of Toyama). Precision (1sigma) of Mg/Ca, Mn/Ca, and Ba/Ca ratios obtained by the SF-ICP-MS in our laboratory was 0.97%, 0.49%, and 1.63%, respectively.

The $d^{18}O$ records from planktic foraminifera were almost same as the records from L-3 core (Oba and Murayama, 1995), and one of striking features is a significant increase of $d^{18}O$ values from 0.6 permil to 3.4 permil during the early deglaciation (18-15 ka). The Mg/Ca-derived SSTs (from *G.bulloides*) showed a slight increase from 5 to 8°C during 18-7 ka; SSTs did not change significantly during 18-15 ka and warmed ~3°C during the B/A period. Importantly, the SST evolution in the Japan Sea exhibited a close similarity with the SST variation reconstructed off Tokachi under the influence of Oyashio Current (Sagawa and Ikehara, 2008), with ~1°C offset, corroborating the previous result that the Japan Sea was influenced by Oyashio Current at the time. Using paired $d^{18}O$ and Mg/Ca-derived SST, we have attempted to estimate $d^{18}O_{sw}$ (Oba et al., 1980) and revealed that ~4 permil increase in regional $d^{18}O_{sw}$ took place at 18 to 15 ka. Although $d^{18}O_{sw}$ values are linearly related to salinity, the slope and intercept of $d^{18}O_{sw}$ -salinity relation can be changed by evaporation and precipitation fluxes and $d^{18}O$ values of fresh water, resulting in different $d^{18}O_{sw}$ -salinity equations in various basins. If the $d^{18}O_{sw}$ -salinity relation in the modern Okhotsk Sea ($d^{18}O_{sw} = 0.3195 \times \text{Salinity} - 13.561$; Yamamoto et al., 2001) was applied to the early deglacial periods in the Japan Sea, we can roughly estimate paleo-salinity; 24 psu at 18 ka and 33 psu at 15 ka. Given that the source of fresh water for the glacial Japan Sea was the Huang He River, heavier $d^{18}O$ values as an intercept might be appropriate. If so, estimated paleo-salinity at 18 ka will be less than 20 psu. Although the exact estimate of paleo-salinity is quite difficult, the fact that Ba/Ca ratios of planktic foraminifera exhibit a similar trend as the regional $d^{18}O_{sw}$ and very high values up to 2 micromol/mol at 18 ka corroborates that the Japan Sea was severe less-saline surface conditions during the LGM.

キーワード: 日本海, Mg/Ca, Ba/Ca, $d^{18}O$

Keywords: Japan Sea, Mg/Ca, Ba/Ca, $d^{18}O$

ロシア・バイカル湖湖底堆積層の化学状態と堆積記録 Chemical states and sedimentary records of Lake Baikal sediment.

村上 拓馬^{1*}, 勝田 長貴², 高野 雅夫³, 山本 鋼志³, 高橋 嘉夫⁴, 中村 俊夫⁵, 河合 崇欣⁶

MURAKAMI, Takuma^{1*}, KATSUTA, Nagayoshi², TAKANO, Masao³, YAMAMOTO, Koshi³, TAKAHASHI, Yoshio⁴, NAKAMURA, Toshio⁵, Takayoshi Kawai⁶

¹ 金沢大学環日本海域環境研究センター, ² 岐阜大学教育学部, ³ 名古屋大学大学院環境学研究科, ⁴ 広島大学大学院理学研究科, ⁵ 名古屋大学年代測定総合研究センター, ⁶ (社)国際環境研究協会

¹Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, ²Faculty of Education, Gifu University, ³Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁴Graduate School of Science, Hiroshima University, ⁵Center for Chronological Research, Nagoya University, ⁶Association of International Research Initiatives for Environmental Studies

Lake Baikal occupies the largest water volume in the world's freshwater lakes, and is located in the eastern part of Eurasian continent. The Lake Baikal sediment contains a detailed record of paleo-environmental changes in the deep continental interior. In this study, we analyzed the abundance of chemical compositions in the sediment core from the Lake Baikal. In addition, to investigate redox conditions in core BSS06-G2, we determined the Mn oxidation state, Mn in the sediment. The sediment Mn oxidation state was determined based on the Mn K-edge x-ray absorption near-edge structure (XANES) spectra captured using a synchrotron radiation beam. From the geochemical evidences, it is suggested that the BSS06-G2 U have almost never mobilized with changes in the post-depositional redox condition. Therefore, distributions of the uranium concentration in sediment can be regarded as a primary sedimentary record of Lake Baikal region and their variations were revealed to synchronize with paleo-environment changes in the North Atlantic Ocean.

キーワード: バイカル湖, 湖底堆積物, ウラン, XANES, 古環境変動

Keywords: Lake Baikal, Lacustrine sediment, Uranium, XANES analysis, Paleo-environmental change

山陰地域における中期完新世の古環境変遷と太陽活動による古気候変動 Mid-Holocene paleoenvironmental changes and paleoclimatic changes by solar activity in San'in District, western Japan

岡崎 裕子^{1*}, 瀬戸 浩二², 酒井 哲弥³, 大木 彩加³, 山田 和芳⁴
OKAZAKI, Yuko^{1*}, SETO, Koji², SAKAI, Tetsuya³, Ayaka Oki³, YAMADA, kazuyoshi⁴

¹ 島根大学院 総合理工学研究科 地球資源環境学専攻, ² 島根大学汽水域研究センター, ³ 島根大学 総合理工学部 地球資源環境学科, ⁴ 鳴門教育大学

¹Department of Geosciences, Shimane University, ²Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University,

³Department of Geosciences, Shimane University, ⁴Naruto University of Education

太陽活動は、地球規模の気候に影響を与えることが知られている。太陽活動が気候に及ぼす影響として、Miyahara et al. (2008) によって気温が、Yamaguchi et al. (2010) によって相対湿度があげられている。相対湿度は、日本付近では梅雨前線の活発度を示すとされている。このことから、太陽活動は、水温や集水域の降水量を介して、汽水湖沼の水理環境・堆積作用・生態系にも影響するのではないかと考えられる。このような変化は、汽水域の堆積物やそれに含まれる有機物に記録されていると思われる。本研究では、汽水環境を示す堆積物試料の粒度分析結果や全有機炭素 (TOC) 濃度などをを用い、出雲地域の気候変動と太陽活動との関連を検討した。

本研究で扱う INB コアは、出雲地域の完新世の古環境変動について高解像度で解析するために掘削された。コアは全長 19.17m で、岩相から 7 つの Unit に区分されている。本コアにおける完新世の堆積物は、有機質シルトからなる Unit III から始まる。Unit III は、縄文海進により海水準が上昇している 8400 年前から 5400 年前に堆積し、汽水環境を示す。Unit IV は、三瓶山の第 6 期火山活動の志学火砕流の噴出物を起源とするデルタフロントの堆積物、Unit V は、淡水湖沼あるいは湿地を示し、その後小河川により埋積されたと推定されている。

本研究では、汽水環境を示す 8400 年前から 5400 年前を対象とし、5 年の分解能で CNS 元素分析や粒度分析を行った。TOC 濃度は、増減を繰り返しながら、0.5 から 5 % まで増加する。それに伴い、C/N 比も徐々に増加する傾向が見られる。これは、陸源高等植物の負荷が大きくなっていることが示唆され、陸源高等植物を供給する河口の前進に起因するものと思われる。TOC 濃度などと粒度の微細な変動をとらえるため、河川の前進などによる TOC 濃度の増加や粒度の粗粒化などの傾向を、移動平均で標準化したものから差し引いた残渣を用いた。その変動と太陽活動の指標とされる ¹⁴C の傾向と比較した。TOC 濃度、TS 濃度、C/N 比、粒度の増減のタイミングと、¹⁴C の変動を比較するとほぼ一致するが、下位層準 (8400 年前から 7400 年前) ではフェーズのずれが見られた。一般的に、¹⁴C の正のピークは太陽活動の極小期を示し、寒冷な気候に反映すると考えられている。逆に、¹⁴C の負のピークは太陽活動の極大期を示し、温暖な気候に反映すると考えられている。INB コアでは、¹⁴C の負のピーク時に TOC 濃度、TS 濃度、C/N 比が低い値を示し、粒度が相対的に粗粒であった。これは、温暖期に降水量が増加し、河川から栄養塩が過剰に供給されることによって基礎生産は高くなるが、同時に多量の碎屑物が供給されることによって希釈され、TOC 濃度が減少したものである。一方で、¹⁴C の正のピーク時に TOC 濃度、TS 濃度、C/N 比が高い値を示し、粒度が相対的に細粒であった。これは、寒冷期に降水量が減少し、河川からの碎屑物や栄養塩の流入が少なく、TOC 濃度が濃縮されたものである。同様な解釈は、島根県東部に位置する中海のコアにおいて、長期的な温暖-寒冷サイクルで行われている。(Sampei et al., 1997)。下位層準でのフェーズのずれは、タイムコントロールに問題があるものと考えている。

キーワード: 山陰地域, 中期完新世, 全有機炭素濃度, ¹⁴C, 古気候変動, 太陽活動

Keywords: San'in District, Mid-Holocene, total organic carbon content, Delta ¹⁴C, paleoclimatic changes, solar activity

沖縄県久米島の化石サンゴ骨格の Sr/Ca 比を用いた、完新世中期の東シナ海表層環境復元

East China Sea mid-Holocene sea surface temperature reconstructed from Sr/Ca measurements for corals from Kume Island

関有沙^{1*}, 横山 祐典², 鈴木 淳³, 川久保 友太¹, 岡井 貴司³, 宮入 陽介², 松崎浩之⁴, 菅 浩伸⁵

SEKI, Arisa^{1*}, YOKOYAMA, Yusuke², SUZUKI, Atsushi³, KAWAKUBO, Yuta¹, OKAI, Takashi³, MIYAIRI, Yosuke², Hironobu Matsuzaki⁴, KAN, Hironobu⁵

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 東京大学大気海洋研究所, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 東京大学大学院工学系研究科, ⁵ 岡山大学大学院教育学研究科

¹School of science, The University of Tokyo, ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴School of Engineering, The University of Tokyo, ⁵Graduate School of Education, Okayama University

完新世は気候が暖かく、海水準もほぼ一定であり (Yokoyama and Esat, 2011)、比較的安定していた時代であった。しかし、完新世にも 1000 年スケールの気候変動が存在することが世界中で報告され、近年注目を集めてきている (e.g., Bond et al., 2001; Wanner et al., 2011)。完新世を通じての長期的な気候変動は日射量の変化によって駆動されていることが示唆されているが (e.g., Wang et al., 2005)、1000 年スケールの気候変動のメカニズムについてはまだ明らかにされていない。

東シナ海は現在、東アジアモンスーン (EAM) と黒潮の影響下にある (Sun et al., 2005; Kubota et al., 2010)。夏期 EAM は多くの降水をアジアの大陸部にもたらし、植生と水の供給を通じて人々の生活に影響を及ぼしており、また黒潮は海洋から大気への熱輸送において重要な役割をになっていることが観測されているため、東シナ海の気候システムを理解することはアジア地域にとって重要である。さらに、EAM と北大西洋の気候が関連していることが示唆されている (Wang et al., 2005) ことや、黒潮が西岸境界流として北太平洋亜熱帯環流の一端を担っていることから、EAM と黒潮はどちらもグローバルな気候と関連している。したがって、東シナ海の前気候を研究することは、東シナ海の気候を理解するために重要であるのみならず、全球的な気候システムに対しても有用な知見を与えるものである。

東シナ海の前気候を復元する試みとして、主に海底コアから採取した有孔虫などを用いて多数の研究がなされている (e.g., Sun et al., 2005; Kubota et al., 2010)。しかし、これらの先行研究で復元されている SST は、全て年平均または特定の季節のものであり、季節を分離している研究はほとんど無い。東シナ海の気候に影響を与えている要因の 1 つである東アジアモンスーンは夏と冬で風向きが変わり、東シナ海の気候に及ぼす影響が季節によって異なる。したがって、夏と冬を区別して気候復元を行うことができれば、東シナ海の前気候システムについてより多くの知見を得ることができる。

ハマサンゴ (*Porites* sp.) は、年輪を持って成長するため夏と冬の区別をすることが可能である。また、成長速度が大きいため、数週間という高時間解像度での前気候復元が可能である。サンゴの多くのプロキシの中で、Sr/Ca 比は、海面表層水温ととても良い相関があることが知られており、信頼性の高いプロキシとして広く用いられている (e.g., Beck et al., 1992)。東シナ海においては Morimoto et al. (2007) が、サンゴの Sr/Ca 比を用いて 6180 cal kyr BP と 7010 cal kyr BP の SST を復元しているのみで、その他の年代については明らかになっていない。

本研究では、沖縄列島に位置する久米島から採取した化石サンゴの放射性炭素年代測定と Sr/Ca 比の測定を行った。放射性炭素年代測定の結果から、2 個体のサンゴにそれぞれ 3785 ± 85 cal yr BP と 4495 ± 95 cal yr BP という年代が得られた。この 2 個体の化石サンゴについて、SEM と XRD を用いて続成作用の有無を検討し、初生的なサンプルであることを確認した。サンゴの成長軸に沿って 0.4 mm 間隔でマイクロサンプリングを行い、ICP-AES を用いて Sr/Ca 比の測定を行った。Sr/Ca 比を SST に換算するための関係式は、瀬底島から採取した現生のサンゴを用いて作成した。現生サンゴについても、化石サンゴと同じ手法で Sr/Ca 比の測定を行った。

作成した換算式を用いて、約 3.8 cal kyr BP と約 4.5 cal kyr BP の SST を復元した。約 3.8 cal kyr BP の海水温が寒冷であったという結果は、先行研究 (e.g., Xiang et al., 2007; Ujiie et al., 2003) によって示されていた PME (Pulleniatina minimum event) と呼ばれる東シナ海の寒冷イベントと整合的であった。また、本研究の結果は中期完新世からの SST の変動が夏と冬で異なる可能性も示唆した。今後、同じ化石サンゴ試料の Sr/Ca 比と酸素同位体比をあわせて用いることで SSS の復元を行い、中期完新世の海洋環境をより詳細に復元できることが期待される。

キーワード: 東シナ海, 東アジアモンスーン, サンゴ, 完新世, 表層海水温, Sr/Ca

Keywords: East China Sea, East Asian Monsoon, coral, Holocene, Sea Surface Temperature, Sr/Ca

ターミネーション I における急激な海水準と氷床変動 Rapid sea-level changes and routing of meltwaters during the termination I

横山 祐典^{1*}

YOKOYAMA, Yusuke^{1*}

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

約 20,000 年前の最終氷期最盛期 (LGM) から現在にかけて、海水準は一様ではなく急激な上昇を伴いながら上昇してきた。Fairbanks による 1989 年のバルバドス沖のサンゴ礁海洋掘削コアからもたらされた海水準のカーブの発表から 20 年を経た現在、新しく Carbonate および Siliciclastic 環境での掘削や宇宙線生成核種 (^{10}Be や ^{26}Al など) を用いた氷床近辺からのデータが蓄積されてきた。最近ではタヒチの陸上コアからのサンゴ礁掘削試料に基づくヤンガードライアス時の海水準変化 (Bard et al., 2010 Nature) や IODP の沖合コアによるサンゴ礁コアからのメルトウォーターパルス 1a (Mwp 1a) の海水準変動の記録、そしてグレートバリアリーフ沖掘削コアなどが得られてきた (Yokoyama et al., 2011 Sci Dril)。本講演ではこれらに基づく最新の知見とともに、そのタイミングと気候変動におよぼした影響などについてレビューする。

キーワード: 古気候, 古海洋, 海水準, 氷床, 南極

Keywords: Paleoclimatology, Paleoceanography, Sea level, Ice Sheets, Antarctica

日本およびその周辺海域における“古環境標準サイト”確立に向けて Toward an establishment of "Standard Paleosite" in and around Japan

岡崎 裕典^{1*}, 池原 研²

OKAZAKI, Yusuke^{1*}, IKEHARA, Ken²

¹九州大学, ²産業技術総合研究所

¹Kyushu University, ²AIST

福井県にある水月湖の年縞堆積物分析が現在精力的に行われている(中川 2010; Nakagawa et al., in press)。水月湖の年縞カウントと14C測定により、大気14C濃度変化が極めて高精度で明らかになり、14C年代の暦年較正プログラムに採用されれば過去数万年間の「標準時計」となると期待されている。また、男鹿半島の一の目潟や青森県東部の小川原湖でも年縞堆積物研究が行われており、水月湖同様高精度年代軸の確立が見込める。一方で、日本周辺の北西北太平洋は、海洋大循環の終着点、という言葉が枕詞のように使われる通り、古海洋研究における辺境として認知されている。亜寒帯境界を境に古い深層水が湧昇する北太平洋高緯度域では、表層海水の14C年代が有意に古くなり(海洋レザバー効果)、海底堆積物の年代軸を有孔虫殻の14C年代から構築する際、不確かさが大きい。まして、海洋循環様式が現在と大きく異なっていたと考えられている最終氷期や最終退氷期の海洋レザバー効果の見積りは大変困難であった。

何らかの方法で水月湖の標準時計を日本周辺域の海底堆積物年代軸と結ぶことができれば、過去の海洋レザバー効果を精度よく見積もられると期待できる。このメリットは、(1)海底堆積物や海産物の14C年代を暦年較正する際の誤差が減少し、古気候・古環境研究の土台である年代軸の確立、および(2)過去の海水の14C年齢を復元することで、氷期・間氷期サイクルにおける炭素循環解明への貢献、である。

水月湖をはじめとする年縞堆積物と海底堆積物をむすぶ鍵となるのが広域テフラである。水月湖の年縞堆積物に狭在するテフラは、その正確な噴出年代が特定される。日本周辺から採取された海底堆積物コアに狭在するテフラが、水月湖試料に狭在するテフラと同じものであると同定できれば、海底堆積物コアのテフラ層直上および直下の層準から拾い出した浮遊性有孔虫殻の14C年代を測定することで、当時の海水の年齢、すなわち過去の海洋レザバー効果を見積もられる。

私たちは、水月湖、一の目潟、小川原湖といった年縞堆積物から構築される高精度年代軸を、広域テフラを介して、日本列島周辺の海底堆積物へと延長するため、陸(湖沼)の古気候コミュニティが古海洋コミュニティと手を結び、日本およびその周辺海域を古環境研究の標準サイトとして確立することを提案する。この研究が行えるのは年縞堆積物と広域テフラに恵まれている日本列島周辺域だけである。

参考文献

中川毅, 水月湖の年縞: 過去7万年の標準時計, 日本地球惑星科学連合ニュースレター 6 (4), 1-3, 2010.

Nakagawa, T. et al., SG06, a fully continuous and varved sediment core from Lake Suigetsu, Japan: stratigraphy and potential for improving the radiocarbon calibration model and understanding of late Quaternary climate changes, *Quat. Sci. Rev.*, in press.

キーワード: 年代軸確立, 炭素循環, 氷期・間氷期, テフラ, 年縞堆積物, 海洋レザバー効果

Keywords: Age model, Carbon cycle, Glacial Interglacial cycle, Tephra, Varved sediment, Marine reservoir effect

リンの存在形態別分析から明らかにする約45~50Maの北極海の環境変動と生物地球化学循環 (IODP Exp302)

Biogeochemical cycling of phosphorus in the 45~50Ma Arctic Ocean: Constraints from speciation analysis (IODP Exp302)

橋本 俊太^{1*}, 山口 耕生¹, 高橋 孝三³

HASHIMOTO, Shunta^{1*}, YAMAGUCHI, Kosei E.¹, TAKAHASHI, Kozo³

¹ 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, ² 東邦大学大学院理学研究科化学専攻, NASA Astrobiology Institute, ³ 九州大学大学院地球惑星科学専攻

¹Department of Chemistry, Toho University, ²Department of Chemistry, Toho University, NASA Astrobiology Institute, ³Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

現代の北極海は、海洋深層水の形成を通じた熱および栄養塩輸送の役割を果たす熱塩循環の出発地点であると同時に、その海水の高いアルベドにおいて、地球規模の気候に大きな影響を及ぼす。しかしながら、北極海の海水は過去に常に存在してきたわけではなく、かつては温暖な時期もあった。温暖期(海水温:約10~14℃)の約49~48Maに雨量の増加に伴う表層海洋の淡水化が起き、Azolla Eventと呼ばれるアカウキウサの大発生が起こり、大気中CO₂が大量に固定されて気候は寒冷化し、約45~44Maには海水が形成されるなど、かつては温暖だった北極が寒冷化したことが、IODP Exp302の北極海掘削航海(ACEX)に関連した最近の研究等から明らかになっている(e.g., Brinkhuis et al., 2006; Moran et al., 2006; Marz et al., 2010)。これは、当時の熱塩循環に大きな変動、すなわち地球規模の環境変動があったことを示唆している。

海洋循環が停滞に伴って嫌気的環境が出現すると、硫酸還元細菌による硫酸還元を通じて硫化水素が発生する。このような環境変動は海の生態系に大きな影響を及ぼす。Ogawa et al. (2009)では、ACEX堆積物中からフランボイダルパイライトが確認され、全硫黄の安定同位体分析から当時の北極海では現代の黒海のような嫌気的環境が存在していたことがわかっている。以上のような北極海の環境変動、特に酸化還元状態の変動に起因した栄養塩状態の変動を明らかにすることは、当時の生物生産の復元につながることもあり、非常に重要である。

そこで本研究では、約55~44MaのACEX北極海堆積物を用いて、代表的な栄養塩であり生物生産を制御しているとされる、生体必須元素のリンの地球化学循環を明らかにすることを目的に、リンの存在形態別の連続抽出分析を行った。リンの存在形態別存在量比を見ることで、海洋中の生物生産性や堆積環境中のリンの生物地球化学循環を知ることができる。リンはまた、海洋の酸化還元状態を間接的に制御している可能性がある(Van Cappellen and Ingall, 1994, 1996)ことから、酸化還元状態の変動があった過去の北極海の海洋環境に復元にとって興味深い研究対象である。

Ruttenberg (1992)によりSEDEX法(堆積物中のリンの連続抽出法)が確立され、堆積物中のリンを5つの形態に分けることができるようになった。5つの形態とは、(1) absorbed P、(2) Fe_{oxide}-P、(3) carbonate fluorapatite (CFAP) + CaCO₃-P + hydroxylapatite (HAP)、(4) detrital P、(5) organic P、である。Schenau et al. (2000)では、SEDEX法の(3)を非生物由来のCFAP、生物由来のCaCO₃-PとHAP(2つを合わせてbiogenic apatiteとする)の2つに分けることで、得られる情報を増大させた。これは、生物生産を考慮して堆積時のソースとシンクを決定するために重要な方法である。本研究では、Schenau et al. (2000)の方法に則り、以下の作業仮説を立てて実験を進めた。

北極海が温暖で閉鎖的であった場合には水塊の成層状態が続き、嫌気的な海盆中では硫酸還元細菌による硫酸還元が活発に行われていた場合(Ogawa et al., 2009)、堆積物中ではリンは主に表層からの沈降プランクトン等を起源とするorganic Pとして保存されると考えられる。このような環境の場合、黄鉄鉱形成のため鉄(reactive Fe)が枯渇する(十分な有機物と硫酸のもとで微生物起源の硫化水素の形成は盛んになるが、結びつく鉄が不足する)傾向があるので、Fe_{oxide}-Pはリンのシンクとしてあまり重要でないと考えられる。CFAPの形成は年代と深度の増加と共に増える傾向にあり、約40~50Maの堆積年代を持つ酸化された太平洋沖堆積物中のリンの存在形態はCFAPが9割程度を占めている(Fillippelli and Delaney, 1996)ことから、同様の年代を持つACEX北極海堆積物ではCFAPの形成は無視できない可能性がある。嫌気的環境下では分解が進んでCFAPへと変化したと考えられるbiogenic apatiteは、リンのシンクとしてあまり重要でないと可能性がある。約49~48MaのAzolla Eventに伴う雨量の増加(海洋表層の淡水化の原因)で大陸風化も活発化していれば、供給量の増えたリンを利用した生物活動も増大したと考えられるので、この痕跡を明らかにしたい。

本発表では、以上の作業仮説を検証するデータを提示し、議論を行う予定である。

キーワード: 統合国際深海掘削計画, 北極掘削計画, 堆積物連続抽出法, リンの形態別分析

Keywords: IODP, ACEX, SEDEX method, Phosphorus phase

北極海における生物源炭酸塩の生産と溶解：セジメントトラップの結果 Production and destruction of biogenic carbonates through the year in the Arctic Ocean

木元 克典^{1*}, 佐々木 理², 小野寺 丈尚太郎¹, 原田 尚美¹, 岡崎 裕典³, 本多 牧生¹, 田中 裕一郎⁴

KIMOTO, Katsunori^{1*}, SASAKI, Osamu², ONODERA, Jonaotaro¹, HARADA, Naomi¹, OKAZAKI, Yusuke³, HONDA, Makio¹, TANAKA, Yuichiro⁴

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東北大学総合学術博物館, ³ 九州大学, ⁴ 独立行政法人産業技術総合研究所

¹JAMSTEC, ²Natural Science Museum, Tohoku University, ³Kyushu University, ⁴AIST

The Arctic Ocean is one of the most sensitive realms to global climate changes in the world oceans. It is concerned that oceanic acidification accompanied by global warming allows dissolution of carbonate shells of phyto- and zooplankton and it could be affected oceanic food chain in near future. In this study, we show the result of carbonate production and destruction changes through the year in the Arctic Ocean using faunal and micro focus X-ray CT analysis. Time-series samples of sinking particles were obtained at Stn. NAP10t (75N, 162W, water depth 1,975 m) in the Northwind Abyssal Plain, the Arctic Ocean. Deployed time was from Oct. 2010 to Sep. 2011. The sediment trap cups were deployed at 300 m (shallow) and 1,300 m (deep) water depth and 26 samples were recovered from each water depths. Sampling interval for each bottle was 13-15 days.

Total mass flux (TMF, mg/cm²/day) between both water depths showed clear relationship with the seasonality. Relative higher TMF were observed in late Autumn(November - December), and Summer (August). In fact, contributors of TMF were not only carbonate shells but also some kind of phyto- and zooplankton (diatoms, Copepods, Shrimps, and other gelatinous plankton). From the perspective of biogenic carbonates, primary producers were planktic foraminifers, pteropods, and bivalves and their shells were observed in each bottles commonly. However favorable seasons for their growth were different each other: Primary producers of biogenic carbonates during the late Autumn were the pteropods and small bivalves. On the other hand, planktic foraminifers were most dominant fauna in the Summer. It suggests that faunal alternations between carbonate-shelled plankton has been occurred through the year in the Arctic Ocean. In this presentation, we will show the micro-focus X-ray CT images of planktic foraminifers, pteropods, and bivalves shells and will discuss about the carbonate dissolution in the water column.

Keywords: Arctic Ocean, time-series records, production, dissolution, calcium carbonate, micro-focus X-ray CT

中期~後期中新世における北海道石狩海盆の海洋生物生産変動の復元 -中新世における陸-海間の相互作用の解明-
Reconstruction of marine production changes from middle to late Miocene in the Ishikari Basin, Hokkaido, Japan

風呂田 郷史^{1*}, 沢田 健¹, 川上 源太郎²

FUJOTA, Satoshi^{1*}, SAWADA, Ken¹, KAWAKAMI, Gentaro²

¹ 北海道大学理学研究院, ² 道総研地質研究所

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² Geological Survey of Hokkaido, HRO

中期~後期中新世は北太平洋全体で珪藻の生産性が増加したことで知られている (Barron, 1998) . このような珪藻の生産性の増加は深層水循環の変化によって説明されているが, 陸域での C_4 植物の進化と珪藻の進化の関係性も示唆されている (Falkowski et al., 2004) . また, Sawada (2006) では, 中部日本の新第三系浅海堆積層において, ケロジェンの ^{13}C の上昇と珪藻由来のバイオマーカーの増加が調和的であることを報告しており, 当時の古日本海において陸上物質の流入が海洋生物生産に影響を与えていたことを指摘している. しかしながら, このような中新世における陸-海間の相互作用を目的とした研究はあまり行われていない. そこで, 本研究では, タービダイトを中心に構成される北海道中新統川端層の有機地球化学分析を行い, 中期~後期中新世における陸上物質の海洋への流入と海洋生物生産の変動の関係性について考察した.

試料は北海道夕張地域川端層, 東山川ルートから採取した泥岩を用いた. 川端層は日本列島の誕生に伴い形成された石狩海盆を, タービダイトが充填して形成された地層である. 川端層は日高山脈の形成史をはじめとした北海道のテクトニクスを考える上で重要であり, それらを目的とした研究によって凝灰岩のフィッシュトラック年代や, 珪藻化石層序を用いた年代決定が行われている (川上ほか, 2002) . 本研究ではおよそ 13Ma 以前から 10Ma 以降の間に堆積したと考えられる泥岩を採取し研究を行った. 採取した試料から総有機炭素量 (TOC) を測定するとともに, 有機溶媒抽出を行い GC/MS を用いてバイオマーカー分析を行った.

川端層から採取した泥岩試料の TOC は 0.5~0.8 % の値とほとんど変化がなかった. さらに, ステランやホパンの異性体比から求めた熟成度は低く, 有機物が未熟成であることがわかった. また, 珪藻に由来する高分枝鎖イソプレノイド (HBI) アルカン, HBI チオフェンが検出された他, 渦鞭毛藻起源のジノステランも検出された. これらの含有量が川端層のおよそ 13Ma 以前と 10Ma 以降の層準において高い値を示したことから, 珪藻と渦鞭毛藻による海洋生物生産がその年代で高かったことが推察される. さらに, HBI アルカンが増加する層準では Pr/Ph の低下がみとめられ, 石狩海盆の底層が高い海洋生物生産によって還元的な環境になっていたことが示唆された.

陸上植物由来のテルペノイドバイオマーカーが, 分析した試料を通じて多く検出された. テルペノイドを用いた針葉樹植生を示す higher plant parameter (HPP) は 10Ma 頃に高い値を示す他は, 上部層準ほど減少しており, 中期~後期中新世にかけて針葉樹の植生が減少していったことが推察される. また, 陸上植物テルペノイドの含有量は川端層の中でも大きく変動しており, これらは陸源有機物の海洋への運搬量の変動を反映していると考えられる. このように分析した海洋起源と陸上植物起源のバイオマーカーを共に評価することで, 中新世における陸-海間の相互作用について, さらに詳細に考察する.

キーワード: 新第三紀古海洋, 陸-海間の相互作用, 海洋生物生産, 古日本海, タービダイト, バイオマーカー

Keywords: Neogene paleoceanography, land - ocean interaction, marine primary production, paleo-Japan Sea, turbidite, biomarker

日本列島降下物中の石英のESR信号の特徴とその起源 Temporal change of the sources of aeolian dust delivered to Japan

山本 裕哉^{1*}, 豊田 新¹, 長島 佳菜², 多田 隆治³, 五十嵐 康人⁴

YAMAMOTO, Yuya^{1*}, TOYODA, Shin¹, NAGASHIMA, Kana², TADA, Ryuji³, IGARASHI, Yasuhito⁴

¹ 岡山理科大学, ² 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ³ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ⁴ 気象研究所 環境・応用気象研究部

¹ Okayama University of science, ² Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research Institute for Global Change, ³ Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ⁴ Atmospheric Environment and Applied Meteorology Research Department, Meteorological Research Institute

風成堆積物などの運搬経路の解明が古気候における大気循環などを議論する上で重要な情報となることが多い。こうした物質移動の指標として、バルクや希元素の化学組成、同位体比が用いられてきた。しかしこれらの指標は、地球環境中で起きる風化に伴う化学的な溶解による元素移動という要素を常に考慮しなければ正確な議論を行うことが出来ない。これに対し、堆積物に含まれる主要な鉱物である石英の格子欠陥のE₁'中心が10億年までの範囲でその母岩の年代を反映している(Toyoda and Hattori, 2000)ことを用いることによって、MIS1及び2に日本列島に堆積した風送堆積物中の起源地が異なっていることが見出された。(Toyoda and Naruse, 2002) また、酸素空孔量と共に石英の結晶化度を用いて日本海堆積物を連続的に分析することでその変動を時間的に追うことができることも示された(Nagashima et al., 2007)。

本研究ではこれらのことを踏まえて、酸素空孔量と結晶化度を用いて日本列島への最近数十年の風送降下物についてその起源地の変動を調べることを試みた。

試料は秋田で降下物を水をいれた容器で1ヶ月間ごとに集めたものを使用した。

1969年と1971年のそれぞれ2月及び4月の降下物の粒径ごとの酸素空孔量に関しては細粒ほど高い値を示すことがわかった。細粒のフラクションで酸素空孔量の値が高くなっている。細粒のものが中国の高い酸素空孔量の値をもつ砂漠から飛来しているのに対して粗粒のフラクションのものは酸素空孔量の値の低い日本の現地の石英に起源をもつと考えれば、この傾向は説明できる。

1960?1988年の降下物については酸素空孔量は全体として少しずつ低下していることがわかった。この間の石英の結晶化度はほぼ一定である。このことは風送塵混合比が一定であることを示す。これらのことを考慮すれば、中国に起源をもつ風送塵の石英の酸素空孔量の値が低下していることがわかる。これが、Igarashi et al. (2009) で⁹⁰Srと¹³⁷Csの比の変動から議論されているような、乾燥化と関連しているのかどうかについては、今後の検討が必要である

YR11 と SG12: 東アジア夏季モンスーンと偏西風ジェットとの完新世を通じたリンケージを探る兄弟プロジェクト

YR11 and SG12: Paired projects to explore linkage between East Asian Summer Monsoon and Westerly Jet during the Holocene

多田 隆治^{1*}, 入野智久², 長島佳菜³, 朕洪波⁴, 中川 毅⁵

TADA, Ryuji^{1*}, IRINO Tomohisa², NAGASHIMA Kana³, ZHENG Hongbo⁴, NAKAGAWA Takeshi⁵

¹ 東京大学理学系研究科, ² 北海道大学地球環境科学研究所, ³ 独立法人海洋研究開発機構, ⁴ 南京大学, ⁵ ニューカッスル大学

¹Graduate School of Science, the University of Tokyo, ²Faculty of Environmental Earth Science, ³JAMSTEC, ⁴Nanjing University, ⁵University of Newcastle

Hydrological cycle in Asia is strongly influenced by spatial pattern and intensity of East Asia Summer Monsoon (EASM). Recent study by Sampe and Xie (2010), based on detailed analysis of meteorological data set, revealed a close genetic relation between the westerly jet (WJ) and EASM front. Preliminary examination of our paleoclimatic data set also suggests the relationship between the position of WJ over East Asia and the intensity of EASM precipitation over South China on millennial time-scale during the Holocene. In order to confirm this relationship and test whether the similar relationship is maintained on shorter time-scales, we organized two projects YR11 and SG12.

YR11 is a project to reconstruct distribution of EASM precipitation over the Yangtze River drainage during the late Holocene with decadal time-scale. To accomplish this objective we first examine provenance of detrital silt and sand throughout the drainage of modern Yangtze River so as to develop a new method to estimate relative contribution of detrital sediments from various branches of Yangtze River to the sediments discharged to the Yangtze River Delta. Next, we will drill the Yangtze River Delta to retrieve sediment cores that are expected to preserve high resolution record of Yangtze River discharge with flood events. By applying a newly developed method to quantitatively estimate the provenance, we hope to reconstruct changes in the area of heavy precipitation over the Yangtze River drainage.

SG12 is a project to reconstruct the changes in the position of WJ axis over East Asia during the Holocene with decadal to annual resolution using the Lake Suigetsu sediments. Our previous studies proved applicability of the provenance tracing method of eolian dust to the Lake Suigetsu sediments. Because the Lake Suigetsu sediments have annual lamination and extremely well-dated through the extensive studies under SG06 project (lead by Nakagawa), the sediments will provide us a rare opportunity to examine changes in eolian dust flux, grain size and provenance on annual time-scale. To accomplish this objective, we plan to drill Lake Suigetsu again in this summer.

The outline of the paired projects and preliminary result of YR-11 project will be presented at the meeting.

キーワード: 東アジア夏季モンスーン, 偏西風ジェット, 揚子江, 水月湖, 堆積物, 風成塵

Keywords: East Asian Summer Monsoon, Westerly Jet, Yangtze River, Lake Suigetsu, sediments, eolian dust

糸魚川石筍の完新世酸素同位体記録と気候変動 Holocene oxygen isotopic records of Itoigawa stalagmites and climate change

曾根 知実^{1*}, 狩野彰宏¹, 柏木健司²
SONE, Tomomi^{1*}, Akihiro Kano¹, Kenji Kashiwagi²

¹九州大学, ²富山大学

¹Kyushu University, ²Toyama University

石筍は気温、降水量、植生の条件を安定同位体比に記録することが知られ、気候変動の指標として用いられてきた。特に熱帯地域やモンスーン地域など、降水量の多い場所では石筍の酸素同位体比が降水強度と逆相関を示し、中国南部の石筍の酸素同位体比記録は夏季モンスーン強度の指標として理解されている。本研究では新潟県糸魚川市の鍾乳洞で採集した2本の石筍試料を用いて分析を行った。糸魚川市は冬季アジアモンスーンの影響により冬に降水(降雪)量が多い地域であり、今回採集した石筍の安定同位体記録を中国南部の記録と比較し、日本海沿岸地域での過去の気候変動について議論する。

U-Th年代測定の結果、FG01の上部は完新世、FG01の下部とFG02は更新世後期(21-30 ka)に形成されたものであることが分かった。Hendy Test、雨水の同位体比分析、および過去90年間の降水量記録との比較から、石筍試料の酸素同位体比は降水量を反映していると思われる。FG01の酸素同位体変動曲線を中国南東部に位置するDongge洞窟で採集された石筍記録と比較したところ、両者のトレンドは大きく異なった。これは中国南東部が夏季アジアモンスーンの卓越する地域なのに対して、糸魚川が冬季アジアモンスーンの影響を強く受けるためだと考えられる。特に4500~1000年前において両者は逆相関関係を示し、この時期は夏季・冬季モンスーンの強弱が強く連動していた可能性がある。その一方で、それ以前の時期では逆相関は見いだせない。一般的に寒冷期は冬季アジアモンスーンが強化されて降水(降雪)量が増加するため、石筍の酸素同位体比が減少する傾向にある。しかし、FG01の酸素同位体比は温暖期に低下する傾向を示した。このことから、冬季モンスーン以外にも酸素同位体比を変化させる要因が大きく働いていたと考えられる。そこで、冬のモンスーンに水蒸気を供給する対馬海流に注目し、島根県隠岐島沖で採集されたコア堆積物中の放散虫 *Dictyocoryna* spp. の産出頻度をFG01上部の酸素同位体比曲線と比較した。この種は温暖な表層水に多く存在し、その頻度は対馬海流の流入強度を反映すると考えられている。2つの曲線は極めて良い一致を示し、日本海の海水温度が糸魚川での降水強度に影響したことを支持する。

キーワード: 石筍, 完新世, 気候変動

Keywords: stalagmite, Holocene, climate change

日本海南部の同位体ステージ3における千年スケール表層水変動 Millennial-scale surface water property change in the southern Japan Sea during the Marine Isotope Stage 3

佐川 拓也^{1*}, 内田 昌男², 池原 研³, 村山 雅史⁴, 岡村 慶⁴, 加 三千宣¹, 多田 隆治⁵
SAGAWA, Takuya^{1*}, Masao Uchida², Ken Ikehara³, Masafumi Murayama⁴, Kei Okamura⁴, Michinobu Kuwae¹, Ryuji Tada⁵

¹ 愛媛大学 上級研究員センター, ² 国立環境研究所, ³ 産業技術総合研究所, ⁴ 高知大学海洋コア総合研究センター, ⁵ 東京大学大学院理学系研究科

¹Senior Research Fellow Center, Ehime University, ²National Institute for Environmental Studies, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, ⁵School of Science, the University of Tokyo

The deep sea environment in the glacial Japan Sea was more sensitive to surface climate change than today because of semi-closed situation due to sea-level low stands. The hemipelagic sediments in the sea are characterized by alternations of bioturbated, organic-poor light layers and finely laminated, organic-rich thin dark layers during the Marine Isotope Stage (MIS) 3. Such sedimentological evidence indicates drastic changes in bottom oxygen level during MIS3. Two possible mechanisms that explain depleted oxygen in bottom water are suggested. First, the dissolved oxygen consumption in bottom water was increased by high productivity due to upwelling. Second, the supply of dissolved oxygen to bottom water was decreased due to enhanced density stratification. These should be quite different situations in terms of surface water density structure. However, there are a few surface water property records at this time.

Here we conducted d18O and Mg/Ca analyses of planktonic foraminifera for a radiocarbon-dated sediment core KR07-12 PC3, which is taken from intermediate depth (329 m) of the southern Japan Sea. Sea surface temperature (SST) and d18O of seawater (d18Osw), which is a proxy of salinity, were reconstructed to reveal variations of surface water property during the MIS3. Results clearly showed millennial-scale surface environmental change. Reconstructed SST ranges from 4 to 9 degreeC which is much lower than modern SST (seasonal range: 11 to 26 degreeC) at the core site. Variations of SST and d18Osw were positively correlated ($r = 0.78$).

This positive correlation can be regarded as a mixing of two distinct water masses of high SST, d18Osw and low SST, d18Osw. The only one current of warm and saline water flows into the Japan Sea today is the Tsushima Warm Current (TWC). Therefore, the alternation of high SST, d18Osw and low SST, d18Osw during MIS 3 is explained by periodic changes in the strength of TWC inflow. This is consistent with planktonic foraminiferal assemblage in the East China Sea (ECS), which indicates the alternation of two water masses, Kuroshio-related water and coastal water. The millennial-scale variation of the TWC inflow into ECS and Japan Sea played an important role in determining surface water density.

キーワード: 海洋表層水温, 酸素同位体ステージ3, 日本海, 浮遊性有孔虫, Mg/Ca 古水温計

Keywords: sea surface temperature, marine isotope stage 3, Japan Sea, planktonic foraminifera, Mg/Ca thermometry

ロナクレーター堆積物を用いたインドモンスーン復元

Indian monsoon variations obtained from Lonar crater lake in the Deccan Plateau, India

中村 淳路^{1*}, 横山 祐典¹, 松井 孝典², 関根 康人³, 後藤 和久², 小松 吾郎⁴, Senthil P. Kumar⁵, 常⁶, 宮入 陽介¹
NAKAMURA, Atsunori^{1*}, YOKOYAMA, Yusuke¹, MATSUI, Takafumi², SEKINE, Yasuhito³, GOTO, Kazuhisa², Goro Komatsu⁴,
Senthil P. Kumar⁵, CHANG, Yu⁶, MIYAIRI, Yosuke¹

¹ 東大大気海洋研, ² 千葉工業大学惑星探査研究センター, ³ 東大新領域創成科, ⁴ IRSPS, Univ. G.d'Annunzio, ⁵ National Geophysical Research Institute, India, ⁶ Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo

¹ AORI, Univ. of Tokyo, ² PERC, Chiba Institute of Technology, ³ Complexity Sci. & Eng., Univ. of Tokyo, ⁴ IRSPS, Univ. G.d'Annunzio, ⁵ National Geophysical Research Institute, India, ⁶ Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo

Indian monsoon is an important component of the Earth's climate system to understand regional and global climate dynamics. Various geological archives including marine sediment records from Indian Ocean reveal evolutions of the monsoon (e.g. Clemens and Prell, 2003) yet, few reconstructions are available from the Indian sub-continent. Therefore, we study geology of Lake Lonar in the Deccan Plateau, India. Lonar crater is one of the best-preserved impact structures on Earth and there is a saline lake with depth of 6 m in the center of the crater (Maloof et al., 2010). The crater cavity is filled with breccia overlain by 30 to 100 m of unconsolidated sediment (Fudali et al., 1980). ⁴⁰Ar/³⁹Ar step heating experiments of the Lonar crater melt rocks yielded a precise and statistically robust combined isochron age of 570 ± 47 ka (Jourdan et al., 2011). This suggests that Lake Lonar sediment can possibly provide the records of Indian monsoon for the last 500,000 years or more.

キーワード: ロナ湖, インドモンスーン, クレーター

Keywords: Lake Lonar, Indian monsoon, crater

過去千年の気候シミュレーション：代替指標による復元データとの比較について Climate simulation of the last millennium: some notes on comparison with proxy-based reconstructions

吉森 正和^{1*}, 阿部 彩子¹, 末吉 哲雄²

YOSHIMORI, Masakazu^{1*}, ABE-OUCHI, Ayako¹, SUEYOSHI, Tetsuo²

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構 地球環境変動領域

¹The University of Tokyo/AORI, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology/RIGC

Coordinated simulations of the last millennium climate are being organized in the WCRP-CMIP5/PMIP3 framework for coupled atmosphere-ocean general circulation models and in a community-based framework for earth system models of intermediate complexity. The authors participate in both, and carried out several experiments. An increasing number of model output becomes available widely to the community. While the direct comparison between reconstructions and model simulations is tempting immediately after the data become available, there are several issues that have to be considered. Difficulties arise from the relatively weak forcing and consequent small ratio between externally-forced climate change and unforced (time-invariant forcing) internal variability. We argue that useful comparisons can be made by 1) first distinguishing externally-forced "signal" and internally-generated "noise" using both forced and unforced simulations; 2) extracting the "signal" with ensemble simulation; and 3) running the model separately with individual forcings. Examples will be presented for variations in the Northern Hemisphere and Greenland temperature.

キーワード: 過去千年, シミュレーション, 古気候モデリング相互比較プロジェクト

Keywords: last millennium, simulation, PMIP

中部日本における過去千年間の樹木年輪セルロース酸素同位体比クロノロジーの構築 Construction of tree-ring cellulose oxygen isotope chronology in central Japan during last millennium

中塚 武^{1*}, 岡部 雅嵩¹, 坂本 稔²

NAKATSUKA, Takeshi^{1*}, Masataka Okabe¹, Minoru Sakamoto²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 国立歴史民俗博物館

¹ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ² National Museum of Japanese History

【はじめに】現在世界中で気候モデルの能力の検証などを目的として、過去2千年間に亘る年から季節単位の気候変動データを収集・統合して、モデル計算の結果と比較する2k-networkの取り組みが進められている。高時間分解能での古気候復元は、これまで日本では古文書が豊富に存在する江戸時代(17世紀)以降については盛んに行われてきたが、中世温暖期から小氷期への移行期に当り、数多くの飢饉や戦乱が起きた中世(11-16世紀)については、年単位での古気候復元は殆ど行われていない。樹木年輪は中世からも建築古材、埋没木等の形で豊富に取得されるため、適切なクロスデーティングを行うことができれば、それらの試料から中世を含む過去千年に亘る樹木年輪データを獲得することは可能である。本研究では、広域のエリアで樹種の違いを越えて夏季の水循環を反映した高い変動パターンの相同性を示す年輪セルロースの酸素同位体比に着目して、中部地方における数個体の樹齢数百年の木材年輪試料を分析し、過去千年近くに亘るセルロース酸素同位体比のクロノロジーを構築して、その年代学的・気候学的・歴史学的意味について考察した。

【試料と方法】分析に用いた試料は、(1)1960年代に伐採された岐阜県中津川市のヒノキ(年輪数810年、名大博物館)、(2)2009年10月に倒壊した三重県伊勢市のスギ(年輪数481年、伊勢神宮倒木)、(3)長野県木曾郡大桑村で得られたヒノキ古材(年輪数351年、池口寺解体材)である。試料は厚さ1mmの薄板にして、そのままセルロースを抽出し、顕微鏡下でセルロース化した年層を1つ1つ剥離したのち、1年層当たり2個ずつ銀箔に包んで、TCEA/IRMSを用いた酸素同位体比の測定に供した(Xu et al., 2011)。以上3試料のうち、(3)は¹⁴Cの測定から11-14世紀に掛けての木材であることが分かっている。一方(1)と(2)の伐採年代は分かっているが、既に年代が確定している奈良県宇陀市のスギ(1611~1756年(Yamaguchi et al., 2010))と長野県上松町のヒノキ(1730~2005年(中塚,2010))の年輪セルロース酸素同位体比との対比により、(3)と共にその年代を再確認することを試みた。

【結果と考察】まず(1)の年輪セルロース酸素同位体比の時系列データを、奈良県宇陀市のスギ、長野県上松町のヒノキのデータと比較したところ、それぞれ相関係数 $0.62(p=9.98 \times 10^{-12})$ と $0.57(p=7.22 \times 10^{-14})$ で完全に一致する区間が認められ、(1)の年輪は1121年から1930年のものであることが確定できた。また(2)のデータを、年代が確定した(1)及び奈良県宇陀市のスギのデータと対比したところ、それぞれ相関係数 $0.44(p=1.23 \times 10^{-10})$ と $0.57(p=7.89 \times 10^{-11})$ で一致する区間が認められ、伐採年と年輪数から推定した最も内側の年輪年代1529年が正しいことが確認できた。一方(3)のデータには、(1)との間で相関係数 $0.66(p=3.14 \times 10^{-22})$ で一致する区間が認められ、この試料は1034年から1384年のものであることが分かった。これは放射性炭素の測定結果と完全に一致する。このように地域や樹種が異なる試料間でも高い相関係数が確認できたことは、年輪酸素同位体比の時系列データが、気候、特に夏季の水環境を正確に記録していることを示唆すると共に、この酸素同位体比クロノロジーを用いれば、今後、過去千年間に亘って中部日本の年代未知の任意の木材資料の年代を1年単位で決めていけるといふ、画期的な意味を持つ。

本研究で分析した試料の中で最も期間の長い(1)の年輪セルロース酸素同位体比の時系列データをWavelet解析したところ、12-16世紀の中世の時代に50年から120年程度の周期性をもつ顕著な変動が認められた。社会の大きな変動の背景には、しばしば数10年周期の気候変動があることが、近年指摘されてきており(Zhang et al., 2008など)今後、飢饉や戦乱が頻発した日本の中世社会の背景に、どのような気候変動があったのかについて、新しい歴史学的な検討の可能性が開けたと言える。(1)のデータを中国及びインドで得られている鍾乳石の酸素同位体比の変動(Zhang et al., 2008; Berkelhammer et al., 2010)と対比したところ、13-14世紀において極めて良く同調した変動が認められた。これらの鍾乳石の酸素同位体比は、アジアにおける夏季モンスーンの変動の指標になると考えられており、13-14世紀に中部日本で見られた樹木年輪酸素同位体比の大きな変動が、アジア全域を対象とした夏季モンスーンの変動によって生じていることを強く示唆している。今後、これらの酸素同位体比データの広域対比から、東アジアモンスーンとインド洋モンスーンの長期に亘る変動の同調性や相違性について、詳しい検討が加えられ、新しい気候学的な発見につながるものと期待できる。

キーワード: 樹木年輪, セルロース, 酸素同位体比, 年代決定, 中部日本, 中世
Keywords: tree ring, cellulose, oxygen isotope, dating, central Japan, middle age

インドネシア・ジャワ島西部の石筍における過去千年間の炭素・酸素同位体比変動 Carbon and Oxygen Isotopic Variation over the Last 1000 Years of a Stalagmite from West Java, Indonesia

北愛美¹, 渡邊 裕美子^{1*}, 坂井三郎², 田上高広¹, 竹村恵二¹, 余田成男¹

Manami Kita¹, WATANABE, Yumiko^{1*}, Saburo Sakai², Takahiro Tagami¹, Keiji Takemura¹, Shigeo Yoden¹

¹ 京大・理・地惑, ² 海洋研究開発機構, ³ 京大・理・地熱

¹EPS, Kyoto Univ., ²JAMSTEC, ³Institute for Geothermal Sciences, Kyoto Univ.

赤道域は、地球規模の大気循環を駆動している点で重要な地域である。近年鍾乳石や湖底堆積物を使った過去数千年間の古気候記録が得られつつあるものの、これまで赤道域では古気候記録が少なく、特に高時間分解能(年々~100年スケール)での古気候研究は十分に行われていない。石筍試料は、陸域での連続的な古気候記録が得られることに加え、U-Th年代測定による高精度な年代決定が可能である。そのため、石筍の炭素・酸素同位体比は、多くの研究で古気候指標として利用されている(Zhang et al.,2008; Jex et al.,2011 など)。

そこで本研究では、インドネシア・ジャワ島西部の Ciawitali cave で採取された、年縞をもつ石筍試料(CIAW15a)の炭素・酸素同位体比(^{13}C ・ ^{18}O)を年々スケールで分析し、アジア赤道域における過去の降水量変動の復元を目指した。Watanabe et al. (2010) は、石筍 CIAW15a の ^{13}C 、 ^{18}O が洞窟内での滴下水からの CO_2 脱ガスによる同位体分別の影響を受けていることを明らかにした。そして、地域的な降水量変動が、洞窟内での動的な同位体分別と関連して石筍 CIAW15a の ^{13}C 、 ^{18}O に記録されるプロセスを提示している。これを踏まえ、本研究では以下を行った。

(1) 石筍 CIAW15a の ^{13}C 、 ^{18}O データと Ciawitali cave 地点の降水量データを詳細に時系列比較し、降水量の指標としての評価を行った。

(2) 泉谷(2010, 修士論文)の分析(過去400年間の ^{13}C 、 ^{18}O データを提供)からさらに過去にさかのぼって ^{13}C 、 ^{18}O を分析し、機器観測以前の過去の降水量変動の復元を試みた。

縞数えの結果から、降水量データとの比較を行う石筍最上部の平均層厚を求めると、 $45.9 \pm 1.5 \mu\text{m}$ になった。この誤差の範囲内で平均層厚を変え ^{13}C 、 ^{18}O と降水量の相関解析を行った結果から、平均層厚 $44.8 \mu\text{m}$ を用いた年代モデルを採用し、 ^{13}C 、 ^{18}O と降水量、SOI の比較を行った。平均層厚 $44.8 \mu\text{m}$ を用いて年代を決めた ^{13}C 、

^{18}O と Ciawitali cave の降水量は良い負の相関を示す。さらに、季節単位で降水量と ^{13}C 、 ^{18}O を比較すると、 ^{13}C 、 ^{18}O は雨季(12~4月)の降水量と高い相関を示すことが明らかになった。

ENSO(エルニーニョ南方振動)の指標である SOI(南方振動指数)と ^{13}C 、 ^{18}O には有意な相関は見られなかった。研究地域では ENSO は主に乾季(6~10月)の降水量変動と高い相関があり、石筍の ^{13}C 、 ^{18}O が降水量変動を反映する時期(雨季; 12~4月)と異なる。そのため、石筍の ^{13}C 、 ^{18}O には ENSO の記録は残りにくいと考えられる。

泉谷(2010, 修士論文)と本研究の分析で、過去1000年間の ^{13}C 、 ^{18}O の時系列変動が得られた。1400年以降の過去600年間では10~30年のオーダーで ^{13}C 、 ^{18}O の増減の傾向はほぼ一致しており、洞窟内での動的な同位体分別の影響を受け、地域的な降水量変動を記録していると考えられる。東ジャワの湖底堆積物から復元された干ばつの記録(Rodysill et al.,2012; Crausbay et al., 2006)と比較すると、 ^{18}O (^{13}C)の1425~1625年、1760~1800年の少雨を示す大きな変動は、東ジャワで復元された干ばつの時期と誤差の範囲で矛盾しない。

インドネシア・東部ジャワの鍾乳石の炭素・酸素同位体比と降水量との時系列比較 Comparison of Stable Isotope Time Series of Stalagmite and Meteorological Data from East Java, Indonesia

福永卓也¹, 渡邊 裕美子^{1*}, 坂井三郎², 田上高広¹, 竹村恵二³, 余田成男¹

Takuya Fukunaga¹, WATANABE, Yumiko^{1*}, Saburo Sakai², Takahiro Tagami¹, Keiji Takemura³, Shigeo Yoden¹

¹ 京大・理・地惑, ² 海洋研究開発機構, ³ 京大・理・地熱

¹EPS, Kyoto Univ., ²JAMSTEC, ³Institute of Geothermal Research

鍾乳石は100年~10万年程度の長期間において、連続成長可能であり、ウラン放射非平衡年代測定法で正確に年代決定できるという特徴があるため、陸域の古気候を復元する地質学的試料として、近年、盛んに研究されている。

本研究地域である東南アジア熱帯域は、エルニーニョ南方振動(ENSO)など世界規模で気候に影響する現象が起こる地域であるにも関わらず、いくつかの研究例があるに過ぎない。先行研究において、石筍中の同位体比変動は主に降水量に起因するものであるとされているが、細部の解釈は分かれており、洞窟毎、石筍毎に異なる可能性もある。そこで、本研究では、2007年にインドネシア・ジャワ島東部のBribin洞窟で採取された石筍試料BRI09aにおいて成長縞の計数とU-Th非平衡年代の比較により年代モデルを構築し、既に福永(卒論、2010)で年代モデルが構築されている石筍試料BRI10aにおいて、石筍中の同位体比の降水量プロキシとしての評価を行った。降水量プロキシとしての評価は以下のように行った。

1. 同位体比が降水量をどう反映しているかを判断するため、同位体分別が速度論的分別か平衡論的分別かを推定する。
2. 石筍中の同位体比の気候プロキシとしての信頼性を検討するために、成長軸に沿った炭素/酸素安定同位体比分析を行い、同位体時系列と降水量データを比較する。

まず、石筍試料BRI09aを用いて、成長縞の計数とU-Th非平衡年代の比較による年代モデルの構築を行った。その結果、U-Th放射非平衡年代は 1038 ± 52 yrs(2 σ)であった。また、成長縞の枚数は年代測定を行った箇所の上端までで 879 ± 10 (2SE)枚、下端までで、 1018 ± 38 (2SE)枚であった。薄片観察において不整合は確認されず、石筍試料BRI09aの成長縞は年縞が支配的であることを示唆する。しかし、年代値より成長縞の枚数がわずかに少なく、薄片上において石筍の先端が欠損している可能性が高い。そのため、古気候復元においては先端の層厚設定に注意を払う必要がある。

次に、福永(卒論、2010)で年代モデルが既に構築されている石筍試料BRI10aにおいて、同位体比を測定し、同位体分別過程と降水量プロキシとしての信頼性を検討した。石筍中の炭素同位体比と酸素同位体比はよく相関する($R=0.75$, $p<0.01$)。また、石筍中の同位体比は、採取した地下水から平衡論的同位体分別が生じたと仮定し見積もった理論値より高い傾向にある。これらの結果は二酸化炭素の脱ガスを示唆しており、石筍試料BRI10aでは二酸化炭素の脱ガスにより炭素/酸素安定同位体比の動的同位体分別がコントロールされローカルな降水量が記録されていることが推定される。

ジョグジャカルタの降水量(1937年~2008年)と炭素/酸素安定同位体比を比較検討すると、先端を2006年10月~2007年5月の雨季に成長したと仮定すると良く相関する($R=-0.44$, $p<0.01$, $R=-0.59$, $p<0.11$)。このことは試料採取年月(2007年8月)と矛盾しない。石筍試料BRI10aの安定同位体比はローカルな降水量を記録しており、この地域の降水量プロキシとして有用であることが分かった。

また、ENSOのプロキシとしては役に立たない可能性が大きいことも分かった。これはENSOの指数であるSOIやNINO-4が降水量と相関が良い月(6月~12月、9月~11月)が、同位体比が記録している降水量の月(10月~5月)とズレていることに起因する。

本研究の結果、石筍試料BRI10aの炭素/酸素安定同位体比は降水量のプロキシとして用いることができることがわかった。また、同じBribin洞窟において石筍試料BRI09aの年代モデルが構築されたことにより、石筍試料BRI10aとの比較研究が可能となった。今後、比較研究によって石筍に記録されている安定同位体比と降水量の関係に対する理解が進むことが期待される。

東南アジア熱帯域の洞窟における現在の石筍生成と洞外気象の関係 Relationship between modern speleothem formation and surface weather in Southeast Asian equatorial cave

長谷川 航^{1*}, 渡邊 裕美子¹, 田上 高広¹

HASEGAWA, Wataru^{1*}, WATANABE, Yumiko¹, TAGAMI, Takahiro¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto Univ.

近未来の気候変動を予測し、それに備えることは、近年の大きな科学的・社会的課題である。正確な気候予測のためには、古気候代替指標を用いて過去、特に最近 2000 年間の気候変動を高地域・時間分解能で復元し、その結果を予測モデルへと反映させることが求められている。インドネシアを含む東南アジア熱帯域は、エルニーニョ南方振動 (ENSO) の影響を強く受ける地域である。ENSO は、東南アジア熱帯域の降水量に直接的に影響するだけでなく、熱移送を通じて中・高緯度域の気象にまで大きな影響を与える (Hastenrath, 1991)。にもかかわらず、この地域での連続的な古気候データの数は少なく (IPCC, 2007)、特に古気候代替指標による古気候復元の必要性が高い。

鍾乳石は洞窟内で連続的に成長していることから、陸域の古気候代替指標として有用である (Fairchild et al., 2006)。Watanabe et al. (2010) は、鍾乳石中の炭素・酸素同位体比と、機器観測降水量の時系列データが負の相関を持つことから、鍾乳石の炭素・酸素同位体比が降水量の代替指標になることを示した。しかし、石筍生成と洞外気象の関係 (降水量が石筍中の安定同位体比変動として記録されるメカニズムやどの季節のどんな大きさの降水量を記録しているのか等) については明らかになっていない部分が多い。そのため、石筍生成と洞外気象の関係を探るための洞内モニタリング (洞内外気象、滴下水の化学分析、鍾乳石成長実験) が盛んに行われて始めている (例えば、Tremaine et al., 2011; Boch et al., 2011)。しかし、熱帯域での研究例はほとんどない。

Baldini et al. (2008) は、洞外気温の季節変動に起因する洞内気流の向きの変化が、洞内二酸化炭素濃度を変動させ、石筍中の ^{13}C に影響を与えていることを明らかにした。また、Tremaine et al. (2011) は、洞内二酸化炭素濃度変動が、滴下水からの CO_2 脱ガス率を変化させ、鍾乳石の成長速度を季節変化させていることを示した。しかし、これらの先行研究は温帯域でのものである。熱帯域の洞窟においては、洞内二酸化炭素濃度の日内変動が、石筍の成長量及び安定同位体比を左右している主要因だと予想される。なぜなら、洞内気流の向きを決定しているのは、洞外気温の季節変動ではなく、むしろ日内変動であると考えられるからである。

そこで本研究では、インドネシアジャワ島中部の Petruk 洞窟において、洞外気象観測 (気温・降水量・ ^{18}O)、洞内気象観測 (気温・気流・二酸化炭素濃度)、滴下水水質観測 (pH, Ca^{2+} 濃度, HCO_3^- 濃度, pCO_2 , S.I.cc, ^{13}C ・ ^{18}O) 及び析出した石筍の分析 (成長速度, ^{13}C , ^{18}O) を内容とする洞内モニタリングを、2011 年 10 月より開始している。熱帯域では、気温の日内変動が重要と考えられることから、温帯域で通常行われている 1~3 か月ごとの観測に加え、2 時間おきの高時間分解能観測を実施している。本研究の目的は、モニタリングデータを時系列的に採取し比較することで、熱帯域の洞窟において石筍成長 (成長量, ^{13}C , ^{18}O) と洞外気象の関係を明らかにすることである。

キーワード: 洞窟, 石筍, 二酸化炭素濃度, 滴下水, 熱帯域, インドネシア

Keywords: cave, stalagmite, carbon dioxide concentration, dripwater, equatorial region, Indonesia

大分県大野川流域土壌および河口堆積物の鉱物組成変動

Temporal variation of mineral composition in the drainage area of the Ohno River, Ohita, Japan

入野 智久^{1*}, 山本康人¹, 山本 正伸¹, 竹村 恵二²

IRINO, Tomohisa^{1*}, YAMAMOTO Yasuto¹, YAMAMOTO, Masanobu¹, TAKEMURA, Keiji²

¹ 北海道大学, ² 京都大学

¹Hokkaido University, ²Kyoto University

The Ono River is located in the northeast Kyushu Island, which has the head water region at the Mt. Kuju and Mt. Aso, flows eastward combining some tributaries from the south, and then flows northward to the Beppu Bay. Surface geology of the drainage area is roughly divided into two as andosol in the northeast and brown forest soil in the south. Such contrasting detrital provenances could provide a variety of grain composition to the marine sediments deposited in the Beppu Bay. The No. 5 boring core was drilled at a landfill site on the mouth of the Ono River. The core continuously recovers 97 m length and consists of Holocene marine sediments. The variety of the sediment facies would give us a good opportunity to reconstruct the terrestrial environment of hinterland (the Ono River Basin) through the detailed analysis of the detrital mineral composition.

Detrital fraction contained in marine sediments can be generally used as climate proxies because variations in provenance and mineralogy could be affected by the precipitation distribution and weathering intensity. Change in the surface soil composition could be observed if a well-preserved depositional soil sequence was found. In order to detect the change in provenances and interpret the terrestrial environment using detrital proxies in the marine sediments, it is necessary to know the variability or range of the mineral composition of a particular provenance during the targeted time periods. Fortunately, we found a suitable soil sequence on the foot of the Mt. Kuju at 850 m altitude, which covers the similar time interval as the No.5. The soil sequence consists of brown loam overlain by the alternation of tephra and andosol. We tried to compare the variations in mineral compositions both for this soil sequence and the No.5 core since about 8,000 yrs age.

We conducted a powder X-ray diffraction analysis (XRD) and color (visible light reflectance) measurement to determine the major mineral composition. Used samples were extraction residues by organic solvent, which were dried and powdered before XRD and color measurement. Major minerals were identified and evaluated semi-quantitatively using the height of their diagnostic peaks. The sediment color was examined through L*, a*, and b* indices.

The No. 5 core mainly consists of smectite, illite, chlorite (or kaolinite), amphiboles, quartz, feldspars, and amorphous materials with minor calcite. Amorphous material is supposed to mainly consist of biogenic opal. Amorphous material is higher during 7000 to 3500 yrs BP which suggests the decrease in detrital input due to the Jomon transgression. All the detrital minerals show opposite variation. The detrital mineral composition such as quartz / feldspars ratio is higher during 0 ? 2000 yrs BP and before 7000 yrs BP which suggests a change in terrestrial condition. On the other hand, The Mt. Kuju soil sequence (KSS) mainly consists of smectite, illite, chlorite (or kaolinite), amphiboles, quartz, feldspars, and amorphous materials associated with gibbsite. Amorphous material is supposed to mainly consist of volcanic glass. Crystalline minerals such as smectite, illite, chlorite, and quartz are higher in loam (up to 7000 yrs BP), and quartz increases at the top andosol of the KSS (after 3000 yrs BP). Volcanic glass began to increase just before quartz decreased at about 7000 yrs BP when feldspars increased alternatively. Quartz / feldspars ratio both in terrestrial soil and marine sediment, which show lower value between 3000 and 7000 yrs BP, suggests that the change in surface soil composition could affect the mineral composition of the marine sediments.

キーワード: 大野川, 久住山, 別府湾, 土壌, 鉱物組成

Keywords: Ohno River, Mt. Kuju, Beppu Bay, Soil, Mineral composition

琵琶湖試料中の生物源シリカ含有率の過去約10万年間の変遷とその要因 Last 100ka biogenic silica content variation in Lake Biwa, Japan and its factors

根上 裕成^{1*}, 中西 俊貴², 喜岡 新³, 岩本 直哉⁵, 井内 美郎¹

NEGAMI, Hiroshige^{1*}, NAKANISHI, Toshiki², KIOKA Arata³, IWAMOTO, Naoya⁵, INOUCHI, Yoshio¹

¹ 早稲田大学大学院人間科学研究科, ² 三菱電機プラントエンジニアリング, ³ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ⁴ 東京大学大気海洋研究所, ⁵ 愛媛県総合科学博物館

¹Graduate School of Human Sciences, Waseda University, ²Mitsubishi Electric Plant Engineering Corporation, ³Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, ⁵Ehime Prefectural Science Museum

琵琶湖の北湖内で採取された高島沖ボーリングコア中を用いて、過去約10万年間の生物源シリカ含有率を100年以下の高分解能で定量分析した。生物源シリカは植物プランクトンの一種である珪藻由来の化学成分であり、珪藻量の変化を近似的に表す。珪藻の増減は気温や降水量などの気候変化に左右されると考えられており、実際にバイカル湖やアフリカのマラウイ湖など世界各地で古気候記録の指標として用いられている。

分析により得られた結果を周波数解析すると、長周期では地軸の傾きの周期的変化と歳差運動周期の2つのミランコビッチサイクルが確認された。ミランコビッチサイクルより短い周期では、海洋表層循環や太陽活動などに起因するとみられる周期性が確認できた。

琵琶湖の生物源シリカ含有率記録は数十年から数百年と不規則なアップダウンを繰り返している。そのアップダウン中のピークの要因を検討するために明瞭なピークを抽出し、グリーンランド氷床コアや中国の石筍記録などのグローバルで高分解の古気候記録と比較した。

キーワード: 琵琶湖, 生物源シリカ, 亜間氷期, モリブデンイエロー法

Keywords: Lake Biwa, biogenic silica, interstadials, molybdenum-yellow method

琵琶湖高島沖コアの生物源シリカ濃度から見た過去約12~25万年における気候変動

Last 120ka to 250ka climate changes as deduced from the biogenic silica content of Lake Biwa, central Japan

村越 貴之^{1*}, 根上 裕成¹, 井内 美郎¹

MURAKOSHI, Takayuki^{1*}, NEGAMI, Hiroshige¹, INOUCHI, Yoshio¹

¹ 早稲田大学人間科学学術院

¹ Faculty of Human Sciences, Waseda University

本研究では、琵琶湖の主要な一次生産者である植物プランクトンの珪藻に注目し、湖底堆積物中の生物源シリカ含有率(BSC)を、吸光度法(モリブデンイエロー法)を用いて測定した。今回の分析に用いた試料は、1986年に琵琶湖の高島沖(N35°14.86', E136°03.06')で採取された高島沖ボーリングコアである。先行研究に引き続いて、平均時間分解能約400年で過去約12~25万年間(海洋酸素同位体ステージでおおよそ6~8に相当)にわたる範囲の分析を行った。

その結果、高島沖BSC記録中に中国 Sanbao / Hulu 洞窟から採取された石筍の(Δ¹⁸O)記録中のCISイベント(B1~24)に対応するピークが確認された。

SPECTRUMソフトウェア(Schulz and Stettgen, 1997)を用いて高島沖BSC記録のMilankovitchスケールの周波数帯における時間周波数解析を行った。その結果、23 kyrと19 kyrの歳差運動周期が確認できた。この2つの歳差運動周期は喜岡ほか(2010)で過去約14万年間の高島沖BSC記録でも確認されている。つまり過去25万年の高島沖BSC記録の変遷は23 kyrと19 kyrの歳差運動周期に影響を受けていたと考えられる。

次に高島沖BSC記録中の千年スケールの気候周期性を調べるためにREDFIT 3.8e(Schulz and Mudelsee, 2002)を用いて周波数解析を行った。その結果、信頼水準95%で3.4 kyr, 2.3 kyr, 1.5 kyr, 1.2 kyr, 1.0 kyrの5つの周期が確認された。これらの周期は世界各地の先行研究で既に確認されており、喜岡ほか(2010)で最終氷期-間氷期中(過去約12万年間)の高島沖BSC記録でも確認されている。つまり、確認されたこれら5つの気候周期は過去2回の氷期-間氷期サイクルにおける日本列島中央部の気候変動をコントロールしていたと考えられる。

キーワード: 琵琶湖, 生物源シリカ含有率, 気候変動, 堆積物, 周期性

Keywords: Lake Biwa, Biogenic silica content, climate change, sediments, periodicity

長野県野尻湖における過去約4.5万年の湖水面高度変遷とその要因

Lake-level change history estimated by acoustic record and their factors during the last 45,000 years in lake Nojiri

中村 祐貴^{1*}, 井内 美郎¹, 公文 富士夫², 井上 卓彦³, 近藤 洋一⁴

NAKAMURA, Yuki^{1*}, INOUCHI, Yoshio¹, KUMON, Fujio², INOUE, Takahiko³, KONDO, Yoichi⁴

¹ 早稲田大学 大学院人間科学研究科, ² 信州大学理学部 物質循環学科, ³ 独立行政法人産業技術総合研究所, ⁴ 野尻湖ナウマンゾウ博物館

¹Human Sciences, Waseda University, ²Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University, ³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Nojiri-ko Museum

長野県野尻湖においてユニブームを用いて得られた音波探査記録について音響層序学的手法を用いて、過去の湖水面高度変遷を明らかにしたところ、過去約4.5万年間に8回の上昇・下降を繰り返していたことが明らかになった。その結果を野尻湖内の花粉や TOC, NGRIP や Sanbao/Hulu の酸素同位体比といった他のプロキシと比較したところ、寒冷期と湖面上昇期、温暖期と湖水面下降期を対応させることができ、特に湖水面が上昇していた時期は Younger Dryas, Heinrich Event, Bond Cycle といった世界的な寒冷化イベントの時期と概ね一致した。寒冷期に湖水面が上昇する要因としては、地球規模の寒冷化による蒸発量の減少と冬季モンスーンが強化されたことに伴う降雪量の上昇が考えられる。また、温暖期に湖水面が低下する原因としては、温暖化による蒸発量の上昇と冬季モンスーンが弱体化したことに伴う降雪量の減少が考えられる。冬季モンスーン強度の変遷は、黄土高原のレス粒径の変化と同調的である。

キーワード: 野尻湖, 湖水面変動, 音波探査, 寒冷化イベント, 降雪, 冬季モンスーン

Keywords: Lake Nojiri, lake-level fluctuation, acoustic record, cold event, snowfall, winter monsoon

秋田県一の目潟堆積物から推測される過去 28,000 年間の東北日本の環境史 A 28-kyr record of environmental change in NE Japan inferred from the Lake Ichi-no-Megata sediments

山田 和芳^{1*}, 篠塚 良嗣², 米延 仁志¹, 五反田 克也³, 原口 強⁴, 安田 喜憲⁵

YAMADA, kazuyoshi^{1*}, SHINOZUKA, YOSHITSUGU², YONENOBU, Hitoshi¹, GOTANDA, Katsuya³, HARAGUCHI, Tsuyoshi⁴, Yoshinori Yasuda⁵

¹ 鳴門教育大学, ² 北海道大学, ³ 千葉商科大学, ⁴ 大阪市立大学, ⁵ 国際日本文化研究センター

¹Naruto University of Education, ²Hokkaido University, ³Chiba University of Commerce, ⁴Osaka City University, ⁵International Research Center for Japanese Studies

Continuous geochemical data of 37-m thin laminated sediment core from Lake Ichi-no-Megata (maar), northeast Japan provides a 28,000-year history of the response of the lake and its surroundings to global climate change in the northeastern Japan. Principle component (PC) analysis of 17 major and trace elements in the bulk sediment samples indicated that PC-1 score (explain 46.1% of all chemical variables) may reflect the paleo lake productivity and detritus inputs from the surrounding area caused by monsoonal-climate change. We interrupt this correlation that warm and humid climate leads to the high stand of lake productivity and the low input of detritus minerals when the PC-1 score is low (negative), and the vice versa.

On the other hands, seventy four AMS 14C dates enabled us to establish the detailed chronology agreed well with tephrostratigraphy. The event-free composite depth versus calendar plots indicates a stable deposition environment since after 28,000 cal yr BP.

In the last glacial after 28,000 cal yr BP, the PC-1 score has fluctuated with millennial scale and temporally increased at the periods of 27, 25-24, 22-21, 19-18, and 16 cal kyrs BP. These climate cool/dry events could be compared with the stadials in the North Atlantic region such as the Heinrich events.

During the last glacial-interglacial transition (the LGIT, 15-9 ka), the PC-1 score began to become negative gradually at 14,500 cal yr BP, that means the onset of the B/A warming interstadial. After that, the score temporally increased between 12,100 and 11,200 cal yr BP. This temporal climate deterioration seems to be the Younger Dryas (YD) stadial. However, the YD term is not simultaneous compared with the records in the North Atlantic region as well as the affected area of Asian monsoon activities and the Westerlies as China and Japan. It needs to discuss more about it.

In the Holocene, one large change of the PC-1 score was occurred at 1,100 cal yr BP. Compared with the pollen data on the same core, this change may be caused by the human impacts to the lake surrounding area that are forest tree cutting to make buildings. Except this, the score has fluctuated with millennial scale, suggested that Holocene climates in the northeastern may have fluctuated caused by a solar activity.

Keywords: Major and trace elements, Principal component analysis, Lake Ichi-no-Megata, LGIT, human impacts, monsoonal-climate change

ペルー中部、高山地域における後氷期以降の地形発達と環境変動 - 氷河湖を用いた検討 -

Geomorphological evolution and environmental variation after a deglaciation in the high-land of central Peru

山田 和芳^{1*}, 原口 強², 五反田 克也³, 矢野 洋丞¹, 米延 仁志¹

YAMADA, kazuyoshi^{1*}, HARAGUCHI, Tsuyoshi², GOTANDA, Katsuya³, Yosuke Yano¹, YONENOBU, Hitoshi¹

¹ 鳴門教育大学, ² 大阪市立大学, ³ 千葉商科大学

¹Naruto University of Education, ²Osaka City University, ³Chiba University of Commerce

ペルーを縦断するアンデス山脈の標高 4,000 m を超える地域には、熱帯にも関わらず氷河が存在している。これより高度が低い場所では、氷河時代につくられた周氷河地形が残っており、一部については、も現在でも水を湛水した氷河湖が複数残存している。多くの氷河湖が分布するペルー中央部の気候を支配する要因は、熱帯収束帯 (ITCZ) の南北移動、大陸側からの南アメリカモンスーン変動、海洋側からの南方振動・エルニーニョ (ENSO) 変動の複合体で説明される。しかしながら、これまで、ティティカカ湖での調査研究以外には、詳細にボーリング調査を含めた地質学的検討が行われてはいない。たとえば ENSO は、異常気象をもたらすため、その発生時期や周期などを特定することは非常に重要なテーマである。したがって、ペルーにおける気候変動の各成分の抽出や、その一般性を検討するためにも、多くの地点からの古環境データの蓄積が切望される。

一方、ペルー首都リマより南へ約 600 km に位置するナスカ台地は、約 2,000 年前より 1,200 年前まで栄えた古代アンデス文明のひとつであるナスカ文明の舞台となる。このナスカ文明を含めた古代アンデス文明の環境考古学的調査研究は、Winsborough et al., (2012) のみであり、たとえば、マヤ文明のそれと比べると非常に少ない。そのため、古代アンデス文明と自然環境変動との関係を検討するためにも、堆積物による環境史の解明は早急の課題となる。

そこで、本研究では、上述した課題に関連して、ナスカ文明期の気候環境変動の復元や人間活動との関連性を比較検討する目的のため、ナスカより東へ 130km 離れたプキオ市東方の氷河湖であるヤウリウイリ湖 (Laguna Yauriuri) にて音波探査調査およびボーリング調査の現地調査をおこなった。そして、最適な場所で掘削したボーリングコアによって採取された氷河湖堆積物の分析から、後期完新世以降の気候環境変動を推定した。

ヤウリウイリ湖は、標高 4,384 m の地点にあり、イグニンプライトで構成される基盤岩が露出する U 字谷と前面に残るモレーンに囲まれた面積 4 km² の小さな湖沼である。ここで、水底下の地下構造を簡便に把握することができる音波探査装置 (Synquest 社製: StrataBox) を用いて、水域全体の地下地質を観察した。その結果、氷河浸食された基盤岩の上に、主に水域南部にてモレーンの礫層が堆積し、それにパックされた水域にて最大層厚約 10 m の粘土層を確認できた。また、反射面の検討から、粘土層中には少なくとも 6 枚の砂もしくは火山灰薄層が確認できた。

地層の側方連続性も良好であることを確かめた上で、水深 50m の地点から、携帯型ピストンコアラーによって、深度 50 および 170 cm のコア (PY11-1 および 2) を 2 本採取した。採取したコアの岩相は、塊状暗灰色粘土で主に構成され、一部、未分解の有機物濃集層や、洪水と考えられる褐色シルト薄層が認められた。予察的なコアの分析結果から、PY11-2 コアの最下部は過去 2,000 年と推定され、堆積物は、4 つの堆積ステージに層序区分されることが明らかになった。深度 170 ~ 150 cm および 79 ~ 18 cm は、相対的に低い含水率、高い磁化率、高い L* 値、低い b* 値で表され、これらの特徴から高水位期と推定された。一方深度 150 ~ 79 cm および 18 cm 以浅は、上記とは逆のセンスを持つことから、低水位期と推定された。ティティカカ湖での研究成果から、ペルー高山域では、寒冷-湿潤、温暖-乾燥という気候変動と解釈されている。そのため、ヤウリウイリ湖でのデータは、ネオグラシエーション末期から現在までの気候変動となり、地球規模での気候変動イベントと概ね同調している。現在、蛍光 X 線分析とともに放射性炭素年代測定を実施中である。その結果を加えたコア解析の詳細は、発表に委ねたい。

キーワード: ペルー, 氷河湖, 気候変動, 音波探査, ナスカ

Keywords: Peru, glacier lake, climate change, echo sounding, Nazca

群馬県北東部の丸沼湖底堆積物からみた過去約80年間の洪水記録 Environmental history and flood events during the last 80 years in Lake Marunuma, Gunma Prefecture, Japan

行木 勝彦^{1*}, 井内 美郎², 岩本 直哉³

NAMEKI, Katsuhiko^{1*}, INOUCHI, Yoshio², IWAMOTO, Naoya³

¹ 早稲田大学人間科学部, ² 早稲田大学人間科学学術院, ³ 愛媛県総合科学博物館

¹School of Human Sciences, Waseda University, ²Faculty of Human Sciences, Waseda University, ³Ehime Prefectural Science Museum

湖底堆積物には、人々の生活と関係が深い環境記録が残されているとされ、近年の研究では、湖水面変動や気候変動のほか洪水・津波・地震などの災害イベントについての研究もなされている(例えば、井内ほか 1993; Inouchi et al., 1996 など)。本研究では、過去に発生した洪水災害の証拠を示すイベント堆積物を検出し、過去約80年間の災害史を復元することを目的に、群馬県利根郡片品村の丸沼で採泥を行い、様々な分析を実施した。

群馬県北東部に位置する丸沼は、日光白根山の溶岩流によって堰き止められてできた長径600mの楕円形の小湖だったが、1930年のダム建設によって水位が28m上昇し現在の形になった。本研究では、ダム化前の自然湖の位置である丸沼の南岸付近で柱状試料を、全域で表層試料を採取し、記載後に軟X線写真撮影と含水率測定を行った。また柱状試料についてはレーザー回折式粒度分布測定装置 Mastersizer2000 (Malvern Instruments 社製) を使用し粒度を求めた。粒度・含水率は1cm毎の厚さで分析した。

洪水が起きた可能性のある時期には、流入河川や湖岸から湖に土砂が一気に流入するため、通常の堆積物よりも粒度が粗い層となる。一般に粒度が粗いと含水率は低く、軟X線の透過が悪いことに着目し、ダム化以降のイベント層と思われる層を抽出したところ、イベント層とイベント層以外の平均値に有意な差があった。

粒度・含水率ともに表層から見て最も低くなっているピークをダム化した1930年と仮定し、堆積年代を層厚から求めた堆積速度および圧密の影響を考慮した重量堆積速度で推定した。分解能は、平均堆積速度がおおよそ 0.2cm yr^{-1} であるので5年程度である。推定した堆積年代と、片品アメダスおよび前橋地方気象台における観測データから抽出した10日間の積算降水量140mm以上の洪水(大雨)年代および文献に記録されている片品川流域で実際に発生した主な災害とを比べた結果、1930年以降で5回の対応がみられた。

これらの結果から、丸沼湖底堆積物の粒度・含水率の特異層準から検出したイベント層は、利根川下流域で大きな被害をもたらした洪水の記録とよく一致することが明らかになった。

キーワード: 丸沼, イベント堆積物, 洪水記録

Keywords: Lake Marunuma, Event sediment, Flood events

武蔵野台地・淀橋台地境界付近における最終氷期の古植生と古環境 Vegetation and paleoenvironment during the Last Glacial around the border of Musashino and Yodobashi Uplands, Tokyo

栗原 美貴^{1*}, 遠藤邦彦², 鈴木茂², 植村杏太²

KURIHARA, Miki^{1*}, ENDO Kunihiko², SUZUKI Shigeru², UEMURA Kyota²

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科, ² 日本大学文理学部地球システム科学科

¹Graduate school of Integrated Basic Sciences, Nihon University, ²Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

MIS5以降、激しい気候変動が展開されたはずであるが、武蔵野台地や淀橋台地における第四紀後期の環境変遷、植生変遷に関する研究は多くない。

2009年に日本大学文理学部(東京都世田谷区)の立川面相当の地形面の工事現場(地点A:9号館)から約30,000年前~約27,000年前の泥炭試料が採取された。この時期は最終氷期最盛期(LGM)に向かって寒冷化が進んでいる時期である。また2010年には同じく武蔵野面相当の地形面において(地点B:日本大学文理学部百周年記念館前にて)80mのボーリングコアが掘削された。この試料には武蔵野ローム層相当の複数層準(8m付近)に泥炭層が見られ、年代も地点Aより下位にあたる。本研究では地点Aの試料を用いて花粉分析を行い、最終氷期AT火山灰降下前後の古環境を推定し、同時期の関東地方の植生変遷が分析されている日本大学櫻丘高等学校(地点C)、調布市野川(辻, 1992)、茨城県桜川(鈴木ほか, 1993)のダイアグラムと比較してLGMの気候・植生環境を検討した。また地点Bコア試料の花粉分析から、武蔵野台地東部における過去10万年間の古植生について考察する。

地点A(9号館)においては以下のことが推測される。最終氷期が始まってから寒冷化により気候は冷涼になっていった。約32,000年前、地点Aにはハンノキ属を主体とした湿地林が広く成立していた。その湿地林の周囲に針葉樹や冷温帯 亜寒帯落葉広葉樹といった冷涼な気候に生える樹木が存在した。約30,000年前頃になると氷期の中でも若干暖かい温暖期になり、優勢だった針葉樹や冷温帯 亜寒帯落葉広葉樹が衰退し、その代わりに温帯 冷温帯落葉広葉樹が増えた。その後、再び最終氷期最盛期(LGM)に向かって気候は寒冷化していったため、温帯-冷温帯落葉広葉樹が減少し、代わりに冷温帯 亜寒帯落葉広葉樹や冷温帯 亜寒帯針葉樹が増加していった。そして約27,000年前にAT火山灰が降下した。よってAT火山灰降下より少し前に寒冷期が始まったと考えられる。

鈴木ほか(2010)では地点Aに近接した沖積低地の工事現場(地点C)で発見された立川期の泥炭層について花粉分析がなされた。ここでは、地点Aで得られなかったAT火山灰降下後の植生変遷が得られている。この地点では本研究と同じくハンノキ属を主体とした湿地林が広く成立していた。地点Aと地点Cの結果を合わせて考えるとAT火山灰降下後に本格的な寒冷期があるが、AT火山灰降下より少し前に寒冷化の始まりが見られる。この始まりの時期を同時期の関東地方の植生変遷が分析されている調布市野川(辻, 1992)と茨城県桜川(鈴木ほか, 1993)の花粉ダイアグラムに鹿島沖(Igarashi and Oba, 2006)の結果を加えて比較した。また比較しているいずれの地点でもAT火山灰が確認されている。

これらの地点を比較した結果、産出量に差はあるもののいずれの地点でも約30,000年前に針葉樹減少に伴う温帯 冷温帯落葉広葉樹の増加が見られる。これはダンスガード・オシュガーサイクルにおける小温暖期に相当する可能性がある。この小温暖期の末期のAT火山灰降下より少し前にモミ属、ツガ属、トウヒ属といった冷温帯 亜寒帯針葉樹が増加し始め、AT火山灰降下後に増加が強まっている。これは寒冷期の影響によるもので、増加し始めた所が寒冷期の始まりだと考えられる。Igarashi and Oba(2006)のグラフでもAT火山灰が降下した約28,000~27,000年前より少し前に寒冷化の始まりが見られる。この本格的な寒冷期はLGMと対応するが、LGMの始まりをどこに置かかという問題についてはグローバルな視野での比較検討が必要である。

地点Bコアは上部から立川ローム層、武蔵野ローム層、下末吉ローム層、砂礫層の順に堆積している。武蔵野ローム層については全体的に泥炭質であった。このコアの放射性炭素年代を測定した結果、AT層準下位の深度3.32~3.34mで約30,000年前、深度4.94~4.95mで約40,000年前になった。花粉分析を行った結果、深度5~6mでは9号館や櫻丘高校の試料と同様にハンノキ属が優勢であったが、8m付近になるとハンノキ属の代わりにスギが優勢であった。また深度5mの箇所において日本ではMIS5に(LGM直前まで)生存していた“ハリゲヤキ属”が見つかった。この結果も交えて、更に詳しい武蔵野台地東部における最終氷期の古植生について考察する。

キーワード: 武蔵野台地, 最終氷期, 花粉, 植生変遷

Keywords: Musashino, Last Glacial Period, pollen, vegetation change, Japan

炭素・窒素元素変化からみた過去2万年間の沖縄本島周辺の堆積環境変遷 Depositional environment changes during the last 20000 years based on carbon and nitrogen around the Okinawa Island

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

沖縄本島の太平洋側に面する東部海域 (GH08-2004) と沖縄トラフに面する西部海域 (GH10-2013) で採取された柱状堆積物を用いて, 全有機炭素 (TOC), 全窒素 (TN), 無機炭素 (TIC) 濃度と全有機炭素全窒素量比 (C/N 比) の分析をおこなった. GH08-2004 の TOC, TN は 26000 cal BP から 14000 cal BP にかけて徐々に増加し, 14000 cal BP から 7000 cal BP に向かって減少する. また C/N 比は 14000 ~ 26000 cal BP 間では 7 ~ 8 を推移し, 7000 cal BP に向かって 6 程度に減少する. TIC は 12000 ~ 26000 cal BP では 3.5 % 前後を推移し, 8000 ~ 12000 cal BP で 2 程度へ減少し, さらに 3000 cal BP にかけて 5 % 以上へ増加する. 一方, GH10-2013 の TOC と TN は 14000 ~ 28000 cal BP 間はほぼ一定で, 5000 cal BP に向かって減少し, さらに現在に向かって増加する. C/N 比は 11000 cal BP までは 10 前後で, 9000 ~ 11000 cal BP 間に 8 程度に減少し, その後, 現在に向かって大きく変動を繰り返しながら 9 程度に増加する. TIC は 11000 cal BP までは 3.5 % 前後を推移し, 9000 ~ 11000 cal BP に急激に 5 % に増加する.

大局的にみると TOC, TN, C/N 比, TIC の変化は最終氷期の海水準低下に伴う海岸線の前進によって, 陸上植物起源有機物の負荷が増加した. そして, 10000 ~ 15000 cal BP 以降の海水準上昇に伴って, 陸上起源有機物の供給量は減少し, 有孔虫殻など生砕物起源の炭酸カルシウム堆積量が増加したことを示す. GH10-2013 の C/N 比は 9000 cal BP 以降に大きく変動しながら現在に向かって増加している. これは周辺諸島部からのイベント的に供給される陸上植物起源有機物が増加している可能性を示唆する.

キーワード: 有機炭素, C/N 比, 無機炭素, 堆積物, 海水準変動, 沖縄

Keywords: Organic carbon, C/N ratio, Inorganic carbon, sediment, sea-level change, Okinawa

大気ドームを持つ海底洞窟における古海洋学的研究 Paleoceanographic study of submarine cave with air-chamber

玉置 周子^{1*}, 北村 晃寿¹, 小林 小夏¹, 横山 祐典², 宮入 陽介²

TAMAKI, Chikako^{1*}, KITAMURA, Akihisa¹, KOBAYASHI, Konatsu¹, YOKOYAMA, Yusuke², MIYAIRI, Yosuke²

¹ 静岡大学理学部, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Shizuoka Univ., ²Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

地球温暖化により、大陸氷床(特に西南極氷床)の融解に伴う海水準上昇が世界的に危惧されている。この問題に対処するには、過去数千年間の海水準変動を精密に復元することが必要だが、それは容易ではない。なぜならば、時間とともに、海水準の痕跡は、風化、浸食、植物の繁茂、人為改変などにより消されてしまうからだ。そこで、我々は海水準の痕跡を消失する作用の及ばない海底洞窟で、鍾乳石、沈水鍾乳石、沈水鍾乳石や壁面に固着した海洋生物の炭酸塩骨格の時空間分布から、海水準変動の復元を行う研究に着手した。

琉球列島には多くの海底洞窟があるが、そのほとんどは水平方向に伸びた形状をしている。一方、沖縄県最北端に位置する海底洞窟「宜名真海底鍾乳洞」は、水深約16mに入口があり、洞内は上方に向かって斜めに伸び、最奥部には大気ドームがあり、水面から天井までの高さは10mほどある。つまり、水深16mから現海面までの間の海水準変動の痕跡が残されている点で優れている。

2011年夏10月に調査した結果、次のことが判明した。

1. 大気ドーム内では息が白くなったことから、その湿度は100%に近いと推定される。したがって、大気ドーム内の鍾乳石は、洞窟内の水没後、形成速度が激減あるいは停止している可能性が高い。

2. 大気ドーム内の水面の塩分は11.7‰であり、水深とともに増加し、水深11mで32.9‰となり外洋と同じ値になる。

3. 水深11m以浅の洞窟の壁は平滑で、散在的に洞窟性二枚貝 *Pycnodonte tanighchii* や硬骨海綿 *Acanthochaetetes wellsi*, *Astrosclema willeyana* などの死骸が固着しており、これらの遺骸の表面の一部は溶解し、一部に炭酸塩の晶出が見られる。

4. 水深11m以深の洞窟の壁には、硬骨海綿の生体などが固着している。

以上の内容と、洞窟性二枚貝 *P. tanighchii* や硬骨海綿の死骸の14C年代値から、宜名真海底鍾乳洞内の環境変遷について考察する予定である。

キーワード: 大気ドームを持つ海底洞窟, 固着動物, 環境変動, 沖縄

Keywords: submarine cave with air-chamber, sessile fauna, environmental changes, Okinawa

最終氷期最寒期のベーリング海底層水の酸素同位体比の復元 Oxygen isotopic composition of the Bering Sea bottom water during the Last Glacial Maximum: constraints from pore water

井尻 暁^{1*}, 川田 佳史², 村山 雅史³, 稲垣 史生¹, Alan Mix⁴

IJIRI, Akira^{1*}, KAWADA, Yoshifumi², MURAYAMA, Masafumi³, INAGAKI, Fumio¹, Alan Mix⁴

¹JAMSTEC, ²東大地震研, ³高知大, ⁴オレゴン州立大

¹JAMSTEC, ²ERI, ³Kochi Univ., ⁴Oregon State Univ.

1. はじめに

北太平洋の 25°N 以北、水深 300~800m に分布し、低塩分および密度 $\sigma_t = 26.8$ で特徴づけられる北太平洋中層水 (North Pacific Intermediate Water: NPIW) は、海洋表層で溶け込んだ酸素や人為起源二酸化炭素を太平洋の中層に運ぶ役割を果たし、北太平洋の物質循環に大きな影響を与えている。現在の NPIW はオホーツク海に起源をもつと考えられているが、堆積物コア中の微化石の解析などにより、最終氷期最寒期 (LGM) には NPIW の形成域がベーリング海に移り、当時の北太平洋の海洋環境が現在と大きく異なっていた可能性が指摘されている (Ohkushi et al., 2003; Tanaka and Takahashi., 2005)。しかし、過去の NPIW の形成域の移動について海水の温度や塩分、密度、同位体比の復元などによる定量的な研究はなされていない。本研究では、国際統合深海掘削計画 (IODP) 第 323 次研究航海によってベーリング海の大陵棚斜面 (U1339, U1343, U1344, U1345) および Bowers Ridge (U1341) より得られた掘削コア中の間隙水の酸素同位体比の鉛直分布から、LGM のベーリング海の底層水の酸素同位体比を復元し、LGM に NPIW の起源がベーリング海に移った可能性について議論した。

2. 試料

間隙水試料は冷蔵保存で持ち帰り、酸素同位体比の定量は水?二酸化炭素同位体交換法を用いて同位体質量分析計 (GV 社 IsoPrime) を用いて行った。分析は各試料につき二回ずつ行いその平均値を解析に用いた (標準誤差: 0.02 ‰)。

3. モデル

一般的な堆積物中では、LGM の酸素同位体比の高かった底層水が海底下 25~45 m に埋没・拡散して分布するため、この深度において間隙水の酸素同位体比の鉛直プロファイルは正のピークを示す。この間隙水の酸素同位体比のピークと、数値的にシミュレートした酸素同位体比の鉛直プロファイルをフィッティングさせることで LGM の底層水の酸素同位体比を復元することができる (Schrag and Depaolo, 1993; Schrag et al., 1996; 2002; Paul et al., 2001; Adkins et al., 2002; Malone et al., 2004)。

本研究では、Schrag and Depaolo (1993) らの手法に従い、一次元移流拡散方程式を用いて、過去 100 万年間のグローバルな酸素同位体比の変動をインプットし、海底下 200m の間隙水の酸素同位体比の鉛直プロファイルを 50 cm 間隔でシミュレートし、酸素同位体比の実測値と比較、LGM の酸素同位体比を見積もった。

4. 結果

全てのサイトから得られた間隙水のプロファイルは海底下 25~50 m で正のピークを示した。サイト U1343 とサイト U1344 では、海底下 150 m 以深から酸素同位体比が再び高くなる。これは粘土鉱物との反応や、より深い層準からの間隙水の移流を反映すると考えられる

モデルと実測値のフィッティングの結果、現在と LGM の酸素同位体比の差 ($\delta^{18}\text{O}$) は、サイト U1139 (水深 1868 m) では 0.9~1.0 ‰、サイト U1341 (水深 2140 m) では 1.2~1.3 ‰、サイト U1343 (水深 1953 m) では 0.6~0.7 ‰、サイト U1344 (水深 3177 m) では 0.7~0.8 ‰、サイト U1345 (水深 1008 m) では 0.6~0.7 ‰と見積もられた。LGM と現在の極域の氷床量の変化を反映する海洋全体の $\delta^{18}\text{O}$ は、1.0~1.2 ‰と考えられており (e.g. Schrag et al., 1996; 2002; Clark and Mix, 2002)、U1343、U1344 および U1345 におけるグローバルな $\delta^{18}\text{O}$ に比べて小さい $\delta^{18}\text{O}$ 値は、LGM のベーリング海大陵棚斜面に酸素同位体比の低い底層水が存在していたことを示す。この低い酸素同位体比は地域的な塩分の低下によるものと考えられ、LGM のベーリング海では、表層の低塩分の水が現在に比べより深くまで沈み込んでいたことが示唆される。

キーワード: ベーリング海, 最終氷期最寒期, 北太平洋中層水, 酸素同位体比, 間隙水

Keywords: Bering Sea, Last Glacial Maximum, NPIW, oxygen isotopic composition, pore water

天皇海山列北部から採取された海洋コアの古海洋学的研究

Paleoceanography of a piston core collected from north Emperor Seamount, northwestern Pacific

米津 直人^{1*}, 村山 雅史², 松崎 琢也², 上栗 伸一², 成田 尚史³

YONEZU, Naoto^{1*}, MURAYAMA, Masafumi², MATSUZAKI Takuya², KAMIKURI, Shin-ichi², NARITA Hisashi³

¹ 高知大学大学院総合人間自然科学研究科, ² 高知大学 海洋コア総合研究センター, ³ 東海大学 海洋学部

¹Graduate School of Intergrated Arts and Sciences, Kochi Univ, ²Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University,

³School of Marine Science and Technology, Tokai University

北西太平洋は、海洋生物による海洋表面の二酸化炭素分圧を下げる効果が最も高い海域の一つである。特に、二酸化炭素濃度が 100 ppm 近く低下していた氷期には、ダストによる鉄の供給によって海洋表層の生物生産が増加したという説 (Morley et al., 1987) や、逆に、opal を指標として生物生産が低下をした説 (Narita et al., 2002 など) があり、未だはっきりした結論には至っていない。そこで、本研究では北西太平洋の天皇海山列北部で採取された海洋コアを用いて古環境復元を行い、その検証を行うことを目的とした。

学術調査船「白鳳丸」による KH-10-2 次航海において、天皇海山列北部 (47°39.48N, 169°15.48E, 水深 2,197 m) から海洋コア試料 CR-25 (マルチプルコア: 28 m, ピストンコア: 1250 m) が採取された。コア試料の岩相は、860 cm を境に、上部ユニットと下部ユニットに分けられる。上部ユニットは、Ice Rafted Debris (以下、IRD) が多く産出し、diatom bearing silt to clay と foraminifer bearing silt to clay の互層よりなる。下部ユニットは IRD をほとんど含まない diatom ooze からなる。上部ユニットには、肉眼観察により 3 枚のテフラが確認され、上位から T-1 (108-111 cm), T-2 (250-257 cm), T-3 (330-332 cm) とした。本コアから浮遊性有孔虫 *N. pachyderma* および *G. bulloides* と底生有孔虫 *Uvigerina* spp. を拾いだし、安定同位体比質量分析計 (MAT253) で酸素・炭素同位体比を測定した。また、堆積物中の > 250 μm の陸源砕屑粒子を IRD とみなしてカウントし、1g 中の粒子数とフラックス (grains/cm²・kyr⁻¹) を求めた。

年代モデルは、放散虫生層序 (上栗, 私信) から上部と下部ユニット境界を含む上部ユニットの 7 層準で年代が決定され、上部と下部ユニット境界は 2.7 Ma であった。さらに最上部から 400 m で、底生有孔虫 (*Uvigerina* spp.) の酸素同位体比と酸素同位体標準カーブ (LR04) との対比が可能であり、計 14 点のコントロールポイントが得られた。コアトップは約 120 ka (MIS 5e), 約 400 m は約 630 ka (MIS 16) に対比された。テフラ層厚を除いて計算された 0-400 m の堆積速度は、0-76 m で 1.2 m/kyr, 76-189 m で 2.8 m/kyr, 189-330 m で 0.45 m/kyr であり、平均堆積速度は 1.1 m/kyr であった。特に、76-189 m (MIS 7 に相当) で相対的に高い値を示した。また、マルチプルコアは LGM まで到達していると考えられる。

3 層のテフラ、T-1, T-2, T-3 の堆積年代は上記の年代モデルからそれぞれ 220, 300, 500 ka と推定された。火山ガラスの主要化学組成および屈折率に基づき、町田, 新井 (2003) や本海域近傍で報告された ODP Leg.145 (Cao et al., 1995) と比較したが、対比されるテフラはみいだされなかったため、未記載のテフラである可能性がある。

本海域への IRD の供給は、上記の年代モデルから、約 2.7Ma 前以降に始まったことが明らかとなった。年代が詳細に決定した上部 400 m における IRD フラックスは、MIS7 にピークがみられ、最大約 800 (grains/cm² kyr⁻¹) を示した。また、氷期-間氷期サイクルとの明瞭な関係はみられず、過去の報告例 (John and Kriesek, 1999 ほか) と整合的である。北西太平洋における氷山の給源とされるクリル・カムチャッカ弧 (Kriesek, 1999) に近い Site 882 において確認された MIS 6 および 8 におけるピークは本コアでは確認されなかった。そのため、約 300 m 南方に位置する本研究サイトには、MIS 6 と 8 に放出された氷山は到達していないが、MIS 7 では同様に到達していたと考えられる。

氷期から間氷期への移行期、すなわち間氷期前期にかけて δ¹⁸O (*G. bulloides*-*Uvigerina* spp.) が縮小することから、湧昇が強まった可能性が示唆され、海洋表層の生物生産も大きく変化したと考えられる。

キーワード: 天皇海山列, 海洋コア, 酸素同位体層序, テフラ, IRD

Keywords: Emperor Seamount, marine core, oxygen isotopic stratigraphy, tephra, IRD

現在の永久凍土深分布からシベリア東部の最終氷期気温を制約する試み An attempt to use current permafrost thickness to constrain the Last Glacial Maximum temperature in eastern Siberia

末吉 哲雄^{1*}, 大垣内 るみ¹, 近本 めぐみ¹, 羽島 知洋¹, 齋藤 冬樹¹, 渡邊 真吾¹, 河宮 未知生¹, 阿部 彩子²
SUEYOSHI, Tetsuo^{1*}, OHGAITO, Rumi¹, CHIKAMOTO, Megumi O.¹, HAJIMA Tomohiro¹, SAITO, Fuyuki¹, Shingo Watanabe¹,
KAWAMIYA, Michio¹, ABE-OUCHI, Ayako²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東京大学大気海洋研究所

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), ²Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI), The University of Tokyo

The thickness of permafrost changes in responding to changing climate conditions. Since this process takes place as a result of thermal conduction from the surface, its response time becomes much longer for thick permafrost, compared with the timescale for climate change (Lachenbruch et al, 1982). The goal of the study is to constrain the ground temperature history using this characteristic of permafrost.

General circulation models (GCMs) has been used to calculate LGM climate, prescribing the reconstructed forcing conditions (i.e. orbital parameters, trace gases, topography, etc). Using temperature outputs from those experiments and assuming that the pattern of the climate history over last glacial cycle is basically follows the ice-core based temperature reconstruction, we ran a one-dimensional permafrost model to calculate the temperature profile variation for the north and central Siberia. Here, only spatially averaged characteristics of permafrost, such as permafrost thickness of the region or ground thermal properties, are discussed, to constrain the general temperature pattern over Siberia.

A series of 1-D experiments for ground temperature profiles are conducted to calculate temperature profile history in Siberia over last glacial cycle and to give the present (i.e. 0ka) value of permafrost thickness. The pattern of the climate history is assumed to be same, while the strength in LGM cooling is treated as a parameter for these experiments. Reflecting the long response time, the calculated 0ka permafrost thickness is strongly dependent of LGM temperature condition for such deep-permafrost area, varying from 200m to 600m for given conditions.

1-D ground temperature experiments suggest that strong cooling is required to explain the current deep permafrost thickness in eastern-central Siberia. Results from climate models, in which the difference in surface temperatures between LGM and present are larger in inland Siberia than arctic coast region, are consistent with the present permafrost thickness distribution.

キーワード: 永久凍土, 最終氷期, 地温, 数値実験, 古気候

Keywords: permafrost, last glacial maximum, ground temperature, numerical experiment, paleoclimate

氷期-間氷期サイクルにおける大陸棚有機物による pCO₂ フィードバック A negative feedback on pCO₂ by shelf organic matters

牛江 裕行^{1*}, 松本 克美²

USHIE, Hiroyuki^{1*}, Katsumi Matsumoto²

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² ミネソタ大学 地球科学

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, ² Earth sciences, University of Minnesota

In the past 800 thousand years and before industrialization, the largest variations in atmospheric CO₂ concentration (pCO₂) occurred in connection with the glacial cycles that characterized Earth's climate over this period. The mechanisms responsible for the glacial-interglacial pCO₂ changes have remained unresolved. One curious feature of at least the last four glacial-interglacial cycles is that atmospheric pCO₂ reached about the same upper limit of 280 ppm during peak interglacial periods and about the same lower limit of 180 ppm during peak glacial periods. Here, we show using a numerical model of earth system that enhanced shelf sediment weathering during glacial sea-level low stand tends to raise pCO₂ and thus stabilize it from further reduction. This is because not all nutrients from weathering will be utilized by biology but more importantly because the spatial distributions of carbon and phosphate from weathering become decoupled in such a way that carbon is preferentially stored in the upper ocean and phosphate in the deep ocean. This finding, combined with observations of preferential remineralization of phosphate in shelf sediment diagenesis, would predict enhancement of biological production during interglacial high stand and stabilization of pCO₂ from further increase. The impact of sea level-driven continental shelf exposure and submersion on CO₂ is therefore a negative feedback that may have contributed to limiting the variation of Pleistocene pCO₂ to the observed 100 ppm range.

氷期サイクルの終焉メカニズム

Multiple steady states of Northern Hemisphere ice sheets and the timing of glacial cycles

阿部 彩子^{1*}, 斎藤冬樹², 川村賢二³

ABE-OUCHI, Ayako^{1*}, Fuyuki Saito², Kenji Kawamura³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ²JAMSTEC, ³ 国立極地研究所

¹AORI, University of Tokyo, ²JAMSTEC, ³NIPR

Multiple steady states of Northern Hemisphere ice sheets and the timing of glacial cycles

A Abe-Ouchi (1,2), F Saito (2), K Kawamura (3), and M.E. Raymo (4)

(1) AORI, The University of Tokyo, Kashiwa, Japan (abeouchi@aori.u-tokyo.ac.jp), (2) JAMSTEC, Yokohama, Japan, (3) NIPR, Tokyo, Japan, (4) Lamont-Doherty Earth Observatory, NY, USA

Wax and Wane of large Northern Hemisphere ice sheet occurred in the past few million years, characterized by a transition from a period of 40 thousand years cycle with small amplitude of ice sheet change to 100 thousand year cycle with a large amplitude, known as the Middle Pleistocene transition. Although the characteristics of the glacial cycle is well observed, the mechanism what determines the 100ka cycle and what controls the terminations are still under debate. Here we show that the pattern of the growth of the ice sheets during a glacial cycle follows the hysteresis (multiple steady states) structure of North American ice sheet versus insolation by modelling the three dimensional ice sheet. The 100 ka termination is punctuated by Northern American ice sheet responding basically to the precession cycle and summer insolation through its delayed bedrock depression and the large scale calving. Terminations occur when the summer insolation increases after a minimum eccentricity even under constant CO₂ level. Obliquity modifies the role of precession and becomes important for a glacial cycle especially when the eccentricity is small. The North American ice sheet is slightly more favorable for faster growth than Eurasian ice sheet when the ice sheet expands over Labrador and Hudson Bay, and suppresses the growth of Eurasian ice sheet through the atmospheric planetary wave feedback. As a result, the North American ice sheet can have affected the hemispheric climate and punctuated the ice sheet change in Eurasia and in Antarctica through CO₂ and sea level change. Further we show that a cooling due to, for example, the draw down of long term CO₂ level of 20ppm or so at most from 240ppm to 220ppm is enough for a switch from 40 ka cycle response to 100 ka cycle response of Northern Hemisphere ice sheet.

キーワード: 氷期サイクル, 古気候, 氷床

Keywords: ice age cycle, paleoclimate, ice sheet