

第四紀日本海（日本海盆、大和海盆、対馬海盆）における高解像度古気候観測網構築とその応用可能性

The potential for a high-resolution, Quaternary paleo-observatory network in the Japan, Yamato, and Ulleung Basins

*多田 隆治¹、入野 智久²、池原 研³、烏田 明典¹、芦 松²、関 有紗¹、杉崎 彩子³、シュアン チャン⁴、板木 拓也³、佐川 拓也⁵、久保田 好美⁶、マレー リチャード W⁷、アルバレットザリキアン カルロス A⁸、Exp 346 Scientists

*Ryuji Tada¹, Tomohisa Irino², Ken Ikehara³, Akinori Karasuda¹, Song Lu², Arisa Seki¹, Saiko Sugisaki³, Chang Xuan⁴, Takuya Itaki³, Takuya Sagawa⁵, Yoshimi Kubota⁶, Richard W Murray⁷, Carlos A Alvarez Zarikian⁸, Exp 346 Scientists

1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.北海道大学大学院地球環境科学研究院地球圏科学専攻、3.産業技術総合研究所地質情報研究部門、4.サザンプトン大学海洋地球研究科、5.金沢大学大学院自然科学研究科自然システム学専攻、6.国立科学博物館地学研究部、7.ボストン大学地球環境学部、8.テキサスA&M大学国際深海科学掘削計画

1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2.Graduate School of Environmental Science, Division of Earth System Science, Hokkaido University, 3.Reserch Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, 4.School of Ocean and Earth Science, University of Southampton, 5.School of Natural System, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 6.Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, 7.Earth and Environment, Boston University, 8.International Ocean Discovery Program, Texas A & M University

The Quaternary hemi-pelagic sediments of the Japan, Yamato, and Ulleung (JYU) basins are characterized by centimeter- to decimeter-scale alternations of dark (org-C rich) and light (org-C poor) clay to silty clay that are known to reflect variations in the East Asian summer monsoon (EASM) in association with millennial-scale abrupt climatic changes known as Dansgaard-Oeschger Cycles (DOC). These dark layers can be traced across the deeper (>500 m water depth) parts of the JYU basins, and therefore can be used as synchronous markers.

In the summer of 2013, IODP Expedition 346 drilled 7 sites in the JYU basins, and the 6 sites deeper than 800 m water depth are characterized by dark and light layering. Intercalation of the dark layers show millennial-scale variations in dark and light layers started c. 1.45 Ma with over 250 dark layers deposited repeatedly since then. In addition, approximately 100 tephra layers have been correlated across these 6 sites, and as a result we have obtained over 300 time slices with an average resolution of 5 k.y. covering the entire JYU basins.

We have constructed an age model for the Quaternary interval at Site U1424 off Akita using 10 geomagnetic polarity boundaries and 12 marker tephra layers as time constraints. This was then tuned using the gamma ray attenuation density (GRA) profile, which reflects diatom abundance, to the LR04 $d^{18}O$ stack to develop an age model of higher resolution and precision. This high-resolution and high-precision age model is projected to the other 5 sites using the correlation of dark layers and tephra layers. In this way, we have constructed a high-resolution paleo-observatory network from which to assess leads and lags in northern hemisphere climate. We will present a few examples of how to utilize the network.

キーワード：高解像度、第四紀、古気候観測網、統合国際深海掘削計画第346次航海

Keywords: High-resolution, Quaternary, paleo-observatory network, IODP Expedition 346

IODP Expedition 346コアに挟在するテフラ：その古海洋学的重要性

Marine tephtras in cores obtained by IODP Expedition 346: Stratigraphy, chronology and correlation

*池原 研¹、里口 保文²、長橋 良隆³、中澤 なおみ³

*Ken Ikehara¹, Yasufumi Satoguchi², Yoshitaka Nagahashi³, Naomi Nakazawa³

1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.琵琶湖博物館、3.福島大学

1.Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.Lake Biwa Museum, 3.Fukushima University

日本周辺の海底堆積物には多数のテフラ層が挟在している。IODP Expedition 346で掘削された日本海の7サイトと東シナ海の2サイトから採取されたコア中にも多数のテフラ層の挟在が確認された。これらの一部は鮮新世から第四紀の広域テフラに対比されたほか、コア間・サイト間対比に利用できるテフラも多数確認された。これらのテフラの対比結果はIODP Expedition 346の層序確立やコア・サイト間対比の基礎となり、海域テフラ研究の重要性を明確に示した。

キーワード：テフラ、IODP、層序

Keywords: tephra, IODP, stratigraphy

浅海堆積物コアIODP Site U1427を用いた過去約100万年間の日本海酸素同位体層序

Oxygen isotope stratigraphy for the Japan Sea during the last 1 Myr using shallow marine sediment at IODP Site U1427

*佐川 拓也¹、板木 拓也²、長橋 良隆³、里口 保文⁴、池原 研²、入野 智久⁵、多田 隆治⁶

*Takuya Sagawa¹, Takuya Itaki², Yoshitaka Nagahashi³, Yasufumi Satoguchi⁴, Ken Ikehara², Tomohisa Irino⁵, Ryuji Tada⁶

1.金沢大学理工研究域、2.産業技術総合研究所、3.福島大学共生システム理工学類、4.滋賀県立琵琶湖博物館、5.北海道大学大学院地球環境科学研究院、6.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

1.Institute of Science and Engineering, Kanazawa University, 2.Geological Survey of Japan, AIST, 3.Faculty of Symbiotic System Science, Fukushima University, 4.Lake Biwa Museum, 5.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 6.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

日本海は半閉鎖的な海域であるため、氷期-間氷期サイクルに伴う海水準変動の影響を強く受ける。そのため、日本海堆積物の酸素同位体変動は、いわゆる同位体標準カーブとは全く異なった変動を示すことが知られている。これまで深海コアを用いて日本海独自の同位体層序が組み立てられてきたが、著しく変化する海洋環境のために有孔虫化石が連続的に産出しないことが問題となっていた。また、浮遊性有孔虫の酸素同位体比は、間氷期と氷期の最盛期にあたる時期にそれぞれ高温と低塩分に起因した軽いピークを示すため、同位体ステージ認定が複雑であった。

2013年に行われた統合国際深海掘削計画（IODP）の346次航海で鳥取沖水深約330 mのU1427サイトにて掘削長570 mに及ぶコアが採取された。このサイトの堆積物には深海サイトに共通して見られる明暗の互層がなく氷期の深層無酸素イベントの影響が及ばなかったため、保存状態の良い底生有孔虫化石がほぼ連続的に産出する。そこで本研究ではU1427コアを用いて過去100万年を越える日本海独自の酸素同位体層序を構築することを目指し、およそ1 m間隔で採取した試料から底生有孔虫を拾い出し酸素同位体比を分析した。U1427サイトの水深は、間氷期に流入する対馬暖流の影響を受けない程度に深く、氷期の表層低塩分が影響する程度に浅い絶妙な深度に位置するために、底生有孔虫の酸素同位体比には氷期の低塩分に起因する軽いピークのみが記録されている。また、間氷期には対馬暖流の流入に対応して放散虫の温暖種産出頻度が増加するため、同位体の結果と合わせて間氷期の認定に用いた。これらの結果と火山灰層序を組み合わせることで過去約100万年間の酸素同位体層序を構築した。

同位体ステージ12と16に相当する層準では底生有孔虫が産出せず、石灰質ナノプランクトンや貝形虫も産出しなかった。これらの区間には低塩分を好む珪藻種が確認されたため、2つの氷期は他の氷期に比べて表層塩分が著しく低下し、底生有孔虫などが生息しにくい環境であったと考えられる。

キーワード：日本海、同位体層序、氷期-間氷期サイクル、統合国際深海掘削計画

Keywords: Japan Sea, isotope stratigraphy, glacial-interglacial cycle, Integrated Ocean Drilling Program

浅海堆積物に記録された放散虫群集の古海洋学的意義

Paleoceanographic implications of radiolarian fossil assemblages in sediments from shallow water depths

*板木 拓也¹、佐川 拓也²

*Takuya Itaki¹, Takuya Sagawa²

1.産業技術総合研究所、2.金沢大学理工研究域

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

一般的に放散虫化石の分析は、その多産が期待される深海堆積物を対象として行われることが多いが、条件が整っていれば比較的浅い水深（300m程度）の堆積物にも多くの化石が保存される。このような浅海堆積物に記録されている放散虫群集には、深海堆積物からは取得できない重要な古海洋情報が記録されている場合がある。

例えば、浅海域は、陸に近い沿岸に広がっている場合が多い。現在の日本海においては、日本列島の沿岸を対馬海流の第1分枝が北上し、沖合よりも強くこの暖流水の影響を受ける。鳥取沖（水深316 m）から採取されたコアGH872-308と、その沖合の隠岐堆（水深946 m）から採取されたコアD-GC6に記録されていた温暖種の産出変化を調べた結果、完新世における温暖化が沿岸域でより早く起こっていることが明らかとなった。このように、沿岸と沖合の古海洋記録を比較することは、より詳細な古海洋循環を復元する上で重要である。

また、プランクトンである放散虫は、種により生息深度が異なることから、表層のみではなく中深層の環境指標としても期待されている。現在の日本海においては、表層付近では対馬海流の影響を受けた温暖群集で構成され、中層以深には日本海固有水に適応した寒冷種が生息している。しかし、過去における深度分布が現在と同じであったとする保証はなく、深海堆積物からは産出した放散虫が当時どここの水深に生息したかは分からない。一方、浅海堆積物に記録された放散虫は、コアが採取された水深より浅い水柱に生息する種が記録され、深海種は含まれないはずであり、過去の放散虫の深度分布を知る上で重要な情報となる。コアGH872-308とほぼ同一地点のIODP Site U1427から採取されたコア試料からは、現在の日本海では水深1,000 m以深の日本海固有水に適応している*Cycladophora davisiana*が、MIS-12など幾つかの層準で多産することが明らかとなった。このことは、本種の生息水深の上限が当時は300 mよりも浅い水深にまで移動していたことを示している。これは、当時の中深層水の沈み込み深度が表層低塩分化のために浅くなっていたことが原因かもしれない。

キーワード：沿岸環境、対馬海流、日本海固有水

Keywords: Coastal environment, Tsushima Current, Japan Sea Proper Water

XRFコアスキャナーを用いた第四紀日本海（IODP U1425地点）堆積物元素組成の高解像度分析とその古気候学的解釈

High-resolution XRF core scanner analysis of the Japan Sea sediments (IODP U1425) and its paleoceanographic implication

*関 有沙¹、多田 隆治¹、黒川 駿介¹、村山 雅史²、松崎 琢也²

*Arisa Seki¹, Ryuji Tada¹, Shunsuke Kurokawa¹, Masafumi Murayama², Takuya Matsuzaki²

1.東京大学大学院理学系研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター

1.Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

日本海第四紀半遠洋性深海堆積物は特徴的な明暗の互層を持ち、その変動はダンスガード-オシュガー・サイクルと同期していることが知られている (Tada et al., 1999)。そして、明暗互層に伴う変化として、底層の酸化還元状態、海洋の生産性変動に起因する有機物量、C/S比 (Tada et al., 1999) や風成塵含有量の変化 (Irinu and Tada, 2000; 2002) 等が過去20万年間の堆積物に関して指摘されている。

2013年夏に行われたIODP Exp. 346による日本海掘削により、これらの明暗互層は約150万年前から出現することが確認されたが (Tada et al., 2015)、その間、氷期-間氷期サイクルに伴って明暗互層やそれに伴う古環境指標変動の周期や振幅などの特徴がどのように変化してきたのかについては、まだ、十分に明らかにされていない。第四紀の約260万年間について、様々な古環境指標について数千年スケールの変動を復元するには、高解像度で迅速な分析が必要不可欠である。

そこで本研究では、高知大学海洋コア総合研究センターが所有するXRFコアスキャナー (ITRAX) を用いて、日本海第四紀半遠洋性堆積物に見られる明暗互層に対応する元素組成変動の高解像度迅速分析を行った。分析には、IODP Exp. 346で日本海中央部の大和堆 (U1425地点) から採取されたコアを用い、約100m分のコアを2mmの解像度で測定することにより、第四紀を通じた堆積物の元素変動を20年~200年の解像度で得た。発表では、その結果に基づいて、第四紀を通じた日本海表層における生物生産変動、中層での酸化還元状態変化、風成塵等の碎屑物のフラックス変動を高時間解像度で復元した結果を紹介する。

キーワード：XRFコアスキャナー、第四紀、風成塵、明暗互層、酸化還元、IODP Exp. 346

Keywords: XRF core scanner, Quaternary, dust, dark and light layer, redox, IODP Exp. 346

日本の古気候学的事象に準拠したネズミ類ミトコンドリアDNAの進化速度の推定

Assessment of time-dependent evolutionary rates of rodent mitochondrial DNA based on paleoclimatic calibrations of the Japanese Islands

*鈴木 仁¹*Hitoshi Suzuki¹

1.北海道大学地球環境科学研究所

1.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

ミトコンドリアDNA (mtDNA) の塩基配列の変異は生物の歴史を紐解く上で重要な指標となっており、その進化速度の把握は対象とする生物の自然史の時代背景を推察する上で重要である。その進化速度の推定には、標準年代の設定が必要であり、これまで一般的に化石情報を拠り所として進化速度の推定がなされてきた。しかしながら、信頼性の高い化石情報は全体的に乏しいのが実情である。また、mtDNAの進化速度は比較する時間のスケールにおいて一定の速度ではなく、比較する配列の分岐が短かければ短いほど早まるといった時間依存性を示すことが示唆されている。したがって、ほとんどの種においてmtDNAの進化速度の把握がなされていないのが実態である。そこで我々は現在、化石情報に頼らずに進化速度推定を行うために、精密な年代推定がなされている日本列島の古気候学的事象に着目し、そこに標準年代の設定をし、進化速度の推定を試みている。森林性のネズミ類において、2つの観点でmtDNAの進化速度の把握をめざしている。1つ目は、日本列島を含み、ユーラシアの温帯域に広く分布するアカネズミ類 (*Apodemus*属) を対象とし、第四紀の環境変動に伴う集団動態の顕著な転換事象に着目することでmtDNAのチトクロームb遺伝子 (*Cytb*) の時間依存的進化速度を把握する作業である。日本産アカネズミ類2種 (アカネズミ *A. speciosus* およびヒメネズミ *A. argenteus*) の *Cytb* 配列 (1,140 bp) において、地域集団の歴史的動態を解析したところ、北海道集団は両種とも比較的近年の「一斉放散」の状況があったことが示唆された。*Cytb* 配列間の塩基置換数に相当するとされる放散指標値 τ (タウ) は2.4-2.7であった。また、本州・四国・九州産アカネズミはそれよりも古い時代に一斉放散があったことが示唆された ($\tau = 9.4$)。この一斉放散現象は、集団のボトルネック後の急速な集団サイズの拡大と関連することが明らかになっており、日本列島のコナラ属の花化石情報と照合した結果、それぞれ1万年前および13万年前の氷期最盛期のボトルネックおよび直後の温暖化に伴う集団サイズの拡大で説明でき、*Cytb* の進化速度はそれぞれ11%および3% (サイト/百万年) 相当であることを最近報告した (Suzuki et al., 2015)。一方、ヒメネズミの地域集団の *Cytb* 配列を調査すると、一斉放散を証拠づける事象が6件認められ、 τ 値は、その大きさから3つのカテゴリー、1) 3.9、2) 5.6-5.7、3) 7.8-8.1) に分けることができた。大陸産同属種においてデータベース上の *Cytb* 配列を解析した結果、*A. agrarius* ($\tau = 5.3$)、*A. flavicollis* ($\tau = 5.0$) および *A. sylvaticus* ($\tau = 5.5$) の3種において一斉放散事象が認められた。得られた τ 値から、1万年前および13万年前の間に生じた事象であることが示唆された。さらに、これまで報告されている当該年代の本州中央部の花粉分析情報と照合した結果、広葉樹が針葉樹と入れ替わる時代が一斉放散の開始年代と考えると、1.5、5.3、8.3および11.5万年前のどこかで生じた一斉放散であることが想定された。 τ 値は直線上にプロットできると仮定すると、前述の3つの τ 値グループは、それぞれ1.5、5.3および11.5万前に一斉放散が生じたものと考えることができた。観点の2つ目として、日本産アカネズミ (*A. speciosus*) の離島集団間の遺伝的距離に着目した。すなわち、佐渡、北海道、伊豆諸島、南西諸島の島嶼は現在120 m以上の深い海で隔離されており、島嶼間のネズミ類の移動は氷期最盛期に限定されていたと仮定し、*Cytb* の進化速度を算出した。その結果、13万年前から50万年前間においては3.0-2.7% でほぼ一定であることが示唆された。以上のように、アカネズミ属において、過去1万年~50万年間の *Cytb* の時間依存的進化速度曲線を提案することができた。今回得られた曲線はハツカネズミおよびクマネズミを含むネズミ亜科500種の進化的動態の把握に適用できる可能性を持っている。また、本研究は北海道を含め日本列島は地質学的事象に準拠した進化速度の推定を行う上で極めて重要な空間であることを示唆するものである。

参考文献: Suzuki Y, Tomozawa M, Koizumi Y, Tsuchiya K, Suzuki H (2015) Estimating the molecular evolutionary rates of mitochondrial genes referring to Quaternary Ice Age events with inferred population expansions and dispersals in Japanese *Apodemus*. *BMC Evolutionary Biology*, 15,187.

キーワード：ミトコンドリアDNA、進化速度、日本列島、アカネズミ類、第四紀氷期

Keywords: mitochondrial DNA, evolutionary rate, Japanese Islands, Apodemus species, Quaternary glaciation

風成塵起源粒子の光ルミネッセンス年代測定に基づく過去12万年間の日本海盆および大和堆における堆積速度の変化

Optically stimulated luminescence dating back to 100ka and sedimentation rates of dark versus light layers in the Japan Basin

*杉崎 彩子¹、Murray Andrew²、Buylaert Jan-Pieter^{2,3}、多田 隆治⁴、池原 研¹、長橋 良隆⁵、里口 保文⁶、入野 智久⁷、Murray Richard⁸、Alvarez-Zarikian Carlos⁹、Expedition 346 scientists

*Saiko Sugisaki¹、Andrew Murray²、Jan-Pieter Buylaert^{2,3}、Ryuji Tada⁴、Ken Ikehara¹、Yoshitaka Nagahashi⁵、Yasufumi Satoguchi⁶、Tomohisa Irino⁷、Richard W Murray⁸、Carlos A Alvarez-Zarikian⁹、Expedition 346 scientists

1.産業技術総合研究所、2.Aarhus University、3.Technical University of Denmark、4.東京大学、5.福島大学、6.滋賀県立琵琶湖博物館、7.北海道大学、8.Boston University、9.Texas A&M University

1.Geological Survey of Japan, AIST, 2.Aarhus University, 3.Technical University of Denmark, 4.The University of Tokyo, 5.Fukushima University, 6.Lake Biwa Museum, 7.Hokkaido University, 8.Boston University, 9.Texas A&M University

Sediments in the Japan and Yamato Basins record millennial-scale changes in the East Asian Monsoon as alternations of dark and light layers. The gray-scale profile showing this millennial-scale variability has been correlated with the $d^{18}O$ record from Greenland ice cores (GISP2). However, this correlation between millennial and orbital scale changes becomes less certain during the last interglacial and the Holocene period, largely as a result of a paucity of biogenic carbonate used for ^{14}C and isotope stratigraphy; there is significant age uncertainty over this time period. We have used optically stimulated luminescence (OSL) dating of fine-grained detrital quartz (that are aeolian in origin) to provide high-resolution numerical age models for cores U1424C and U1425C drilled in the southeastern margin of the Japan Basin, and the Yamato Rise, during IODP Expedition 346.

We report our attempts to: 1) assess whether surface sediment of the cores are consistent with modern age; 2) test the reliability of OSL ages by comparison with tephra chronology and orbitally-tuned age models based on the correlation between the GRA record and the LR04 stack; 3) date cores U1424C and U1425C to construct a robust 120 ky age model with a resolution of 10 ky; and 4) conduct high-resolution dating of several pairs of dark and light layers to estimate short term changes in sedimentation rate, in particular over the last ~30 ky. We show OSL dating of fine aeolian silt in Japan Sea sediments shows great potential to establish independent numerical chronologies, and this is especially useful in cores where isotope stratigraphies and/or gray-scale signatures are poorly reconciled.

キーワード：光ルミネッセンス年代測定、IODP Expedition 346、石英

Keywords: Optically stimulated luminescence dating, IODP Expedition 346, quartz

Is Central Europe the 'witch's brew' of Pleistocene paleoclimate studies? -The magnetic fabric approach

*Balazs Bradak^{1,2}, Masayuki Hyodo^{1,3}, Ikuko Tanaka^{3,2}, Jozsef Kovacs⁴, Peter Tanos⁴

1.Research Center for Inland Seas, Kobe University, Nada, Kobe, 657-8501, Japan , 2.JSPS Research Fellow, 3.Department of Planetology, Kobe University, Nada, Kobe, 657-8501, Japan , 4.Department of Physical and Applied Geology, Eotvos University, Budapest, H-1117, Hungary

The study of Pleistocene climate is one of the fastest growing disciplines in Earth Sciences. One of the best tools to obtain more information about the Pleistocene in terms of the terrestrial environment is the investigation of loess. The different varieties of loess together constitute one of the most widespread terrestrial sediments, which was deposited, altered, and redeposited in the course of the changing climatic conditions.

Central Europe is one of the most complex part of Europe from the sense of the present day's climate conditions. The climatic components are influenced by all of the North Atlantic, Mediterranean (African) and Siberian (Asian) climate. The recent complexity arise a question about the Pleistocene paleoclimate of the area, and possibly makes it the 'witch's brew' of paleoclimate studies.

970 pieces of samples were taken from Paks profile (Central Europe, Hungary), one of the well-known sediment succession of the area, to reveal some component (e.g. wind direction) of the early Middle Pleistocene paleoclimate by anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) measurements.

Weak anisotropy, quasi isotropic fabric and poorly defined orientation were revealed by the confidence ellipsoid of individual samples. Despite the character of individual samples, the 'sample-populations', related to various layers, had characteristic alignment on stereoplots. Proper changes of the basic AMS parameters (e.g. degree of anisotropy and shape of the susceptibility ellipsoid), were also identified in the profile.

Two main sedimentary environments were revealed by the AMS analysis. The homogeneous loess was characterized by well-defined horizontal foliation plane, strongly oblate (lentil shape) susceptibility ellipsoid. Weak, temporarily changing, W, NE and S(E) transport/deposition (wind) orientations were also defined, indicating influences of North Atlantic, Siberia and Western Asia respectively. The character of the fabric indicated low energy transport and relatively calm environment during deposition.

In contrast, the magnetic fabric of the moderately-poorly sorted, coarser, and partly fine laminated materials show higher variability. The fabric of the sandy aleurite and sand layers are characterized by oblate, triaxial and prolate (rugby ball -like) susceptibility ellipsoid either. Generally, these sediments have stronger anisotropy compared to the loess. AB plane imbrication and the influence of slope during deposition were revealed by the stereoplot analysis. The magnetic fabric, characterized above, suggests stronger, possibly water-lain transport processes and redeposition on slope. The quick changes of the paleoenvironment were indicated by the radical change of the orientation of the transportation in short geological period, and it could be induced by the rapid change of the paleoclimate.

Paleosol horizons, intercalated in sediments, were also observed. Based on the degree of the development and the structure of the paleosol, various magnetic fabrics are defined. Generally, the paleosols are characterized by oblate/triaxial susceptibility ellipsoid and weak anisotropy. Horizontal and quasi inverse fabric were observed on stereoplots. The characters above, possibly indicate the alteration of the fabric by biogenic activity (reworking) and vertical pedogenic processes. SW and W orientation (influence of Mediterranean) were detected in the fabric of

well-developed soils, however these orientations are possibly not reliable due to the effect of pedogenesis.

High variabilities of the paleoenvironment were described during the early Middle Pleistocene in Central Europe. The wind system was possibly similar to the recent ones, however, some component (e.g. orientation of dominant paleowind direction) became stronger during the glacial or interglacial phase.

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility, Middle Pleistocene, wind direction

中国レスの磁気・粒度分析に基づく海洋同位体ステージ19の東アジアモンスーン変動

East Asian Monsoon variations in marine isotope stage 19 by magnetic and grain size data of Chinese loess deposits

*上野 友輔¹、兵頭 政幸^{1,2}、楊 天水³

*Yuusuke Ueno¹, Masayuki Hyodo^{1,2}, Tianshui Yang³

1.神戸大学大学院惑星学専攻、2.神戸大学内海域環境教育研究センター、3.中国地質大学

1.Department of planetology, Kobe University, 2.Research Center for Inland Seas, Kobe University,

3.State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences

Marine isotope stage (MIS) 19 is an important target of study, because of its similarity with the Holocene in term to orbital element, and occurrences of the last geomagnetic polarity reversal and cooling event. Loess-paleosol deposits in the Chinese Loess Plateau (CLP) are a good archive of the climate changes of glacial-interglacial cycles and paleomagnetic variations. Thus, loess-paleosol deposits provide a good opportunity to study the climate of MIS 19 and the Matuyama-Brunhes transition (MBT).

We analyzed magnetic susceptibility (MS), frequency dependence (FD) and grain size (GS) of loess-paleosol deposits from two sections in the CLP, to restore detailed monsoon variation in MIS 19. In paleoclimate studies in the CLP, MS is regarded as a proxy of summer monsoon intensity, and GS as that of winter monsoon intensity. The sections are about 7 and 8 m thick, which are from Xifeng in Central CLP and Lingtai about 100 km south of Xifeng, respectively. Specimens were collected at about 2.5–30 cm intervals. Detailed paleomagnetic analyses, which have been already carried out, reveal the Matuyama-Brunhes transition (MBT) with multiple polarity swings in both sections.

In both sections, MS and FD show similar variations well correlated with the glacial sea-level or ice volume changes indicated by marine oxygen isotope data, having two peaks correlated to highstands MISs19.3 and 19.1, respectively, and a minimum to lowstand MIS19.2. Only the Lingtai section has low MS and FD interval correlated to MIS 20.2. Median GS and the percentage of coarse grains (CG) (Xifeng: $\phi > 16 \mu\text{m}$, Lingtai: $\phi > 20 \mu\text{m}$) show grains become coarse as MS decreases or summer monsoon intensity weakens at MISs 20.2 and 19.2. These results suggest that both of summer and winter monsoon intensities are essentially controlled by orbital forcing, especially by the precessional component. Therefore, weak winter monsoon is expected to occur during a warm period correlated to highstand. However, coarsening occurs many times in the strong summer monsoon interval correlated to MIS 19.3. In Lingtai, the maximum mean GS almost reaches to that of the glacial period (MIS 20.2). We define the anomalous interval as intensified winter monsoon zone (IWMZ). The uppermost part of the IWMZ is overlapped with the MBT. Many marine core data show the MBT is preceded by a long interval of low paleointensity that starts from around highstand MIS 19.3. The temporary winter monsoon strengthening during the summer monsoon peak may be related to the MB reversal, especially to the low paleointensity.

キーワード：冬季モンスーン、マツヤマーブリューンヌ境界、中国黄土高原、海洋酸素同位体ステージ19、帯磁率、粒径

Keywords: winter monsoon, Matuyama-Brunhes boundary, Chinese Loess Plateau, MIS 19, magnetic susceptibility, grain size

大阪湾、北大西洋にみられる海洋同位体ステージ19の千年スケールの古海洋変動

Millennial scale paleoceanographic features during marine isotope stage 19 in Osaka Bay and North Atlantic

*兵頭 政幸¹、前垣内 健太²*Masayuki Hyodo¹, Kenta Maegakiuchi²

1.神戸大学 内海域環境教育研究センター、2.神戸大学大学院惑星学専攻

1.Research Center for Inland Seas, Kobe University, 2.Department of Planetology, Kobe University

Detailed variations of paleoclimate and paleoceanography are important to clarify the complex environments of Marine Isotope Stage (MIS) 19, a distinct interglacial, that includes a geomagnetic reversal and a cooling event, characterized by a unique orbital situation with minimum of the 400-kyr eccentricity cycle and small amplitude variations in insolation. We examined recently published or obtained high-resolution paleoceanographic data of MIS 19 to extract distinctive common features. Sea-level proxies based on diatom assemblage and grain size data from an Osaka Bay core with an average accumulation rate (a.r.) of 64 cm/kyr show precession-related signals of highstands 19.3 and 19.1, and lowstand 19.2. In addition, they show many sub-orbital scale features at a few kyr intervals, including features spanning for less than 1 kyr. These orbital and suborbital scale features are also observed in high-resolution marine oxygen isotope data from planktonic foraminifera from IODP site U1313, North Atlantic, where an average a.r. 5.4 cm/kyr is estimated. Using the features as tie-points, an age model for U1313 was constructed by transferring the astronomical ages of the Osaka Bay core. The age model shows the Matuyama-Brunhes boundary (MBB) at U1313, the effect of lock-in depth corrected, is dated to be 778 ka, which is 1 kyr older than that for Osaka Bay. High-resolution alkenone-based SST data from U1313 show the warmest interval lying after the MBB, as the warmest climate is observed in Osaka Bay. The age model shows that the warmest SST interval for U1313 ranges in age from about 776 to 772 ka, which is partly overlapped with the warmest climate interval from about 777 to 774 ka for Osaka Bay, both much delayed with the highest sea-level peak at 780 ka. The delayed post-reversal warming in Osaka Bay is interpreted to be caused by the climate cooling associated with the low field intensity during the reversal transition. The millennial scale features common for both sites are also observed in the core data from the Chiba section, a candidate for the GSSP for the early to middle Pleistocene boundary. The features are probably global.

キーワード：海洋同位体ステージ19、海水準変動、マツヤマーブリュンヌ境界、大阪湾、北大西洋

Keywords: MIS 19, sea-level variation, Matuyama-Brunhes boundary, Osaka Bay, North Atlantic

海洋酸素同位体層序とよい対応を示す大阪湾の中期更新世の海水準変動

Middle Pleistocene sea-level variations in Osaka Bay well correlated with marine oxygen isotope stratigraphy

*吉住 正斗¹、廣瀬 孝太郎^{1,2}、兵頭 政幸^{1,2}、佐藤 裕司³

*Masato Yoshizumi¹, Kotaro Hirose^{1,2}, Masayuki Hyodo^{1,2}, Hiroshi Sato³

1.神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、2.神戸大学 内海域環境教育研究センター、3.兵庫県立大学 自然・環境科学研究所

1.Dept. of planetology, Kobe Univ., 2.Research Center for Inland Seas, Kobe Univ., 3.Institute of Natural and Environmental Sciences, Univ. of Hyogo

The Osaka Group consists of Plio-Pleistocene sediments continuously deposited in the Osaka Basin. It mainly consists of freshwater deposits in the lower part, and alternating marine and freshwater layers in the upper part. Each marine layer has been designated as Ma-1, Ma0, Ma0.5, Ma1, etc, and correlated with interglacial highstands. However, marine layers Ma6, Ma7, and Ma8 possibly correlated with Marine Isotope Stages (MISs) 15 and 13, have not been studied well and correlations with MISs are obscure because of low amplitude precession-related signals for marine isotope data. Recent studies revealed many marine clay layers defined based on lithology are partly lacustrine. In this study, we examine sea-level changes with diatom and sulfur analysis of Ma6, Ma7, and Ma8 in the Osaka Bay 1700-m core (GS-K1 core) to construct more detailed and precise correlations with eustatic sea-level changes. The aquatic environment and diatom assemblages in Osaka Bay are strongly affected by eustatic sea-level changes through the Kitan Strait, and also by a huge amount of freshwater from the Yodo River. Diatom taxa were grouped into five ecological categories according to salinity tolerance: marine, marine-brackish, brackish, brackish-freshwater, and freshwater. We adopt 3 per mil of sulfur contents to empirical criterion which defines a marine/freshwater boundary. Parts of Ma6 defined in the previous study are lacustrine. The thickness of marine interval is 27.6 m, which is 0.8 m shorter than before. In the lower part of new Ma6, we found a single sea-level highstand correlated with MIS 15.5. The upper part has a zone of no diatoms. However, this zone is marine because it has high sulfur content over 3 per mil. In Ma7, marine interval is newly defined to be 13.9 m thick, which is 5.4 m shorter than the previous one. In the center of new Ma7, we found a single sea-level highstand correlated with MIS 15.1. Between the new Ma6 and Ma7, we found a lacustrine layer of 3.2 m thick that can be correlated with MIS 15.2. We also investigated Ma8, and found Ma8 splits into two marine intervals, probably caused by desalination due to eustatic sea-level fall correlated with MIS 13.2. A tentative astronomical age model shows an average accumulation rate for MIS 15 is 0.86 m/ka, which is much higher than an average for the middle Pleistocene (0.52 m/ka). The high accumulation rate may reflect that tectonic activities including uplifting in mountain areas and subsidence in the basin became high during MIS 15 (621-576 ka) in the Kinki District.

キーワード：海水準変動、中期更新世、大阪層群、珪藻、海洋酸素同位体ステージ 15、海洋酸素同位体ステージ 13

Keywords: sea-level change, Middle Pleistocene, Osaka Group, diatom, Marine Isotope Stage 15, Marine Isotope Stage 13

過去2900年間の太平洋十年規模変動と社会への影響

The Pacific Decadal Oscillation and Japanese history

*山本 正伸¹、加 三千宣²、別府湾コア 研究グループ

*Masanobu Yamamoto¹, Michinobu Kuwae², Beppu Bay Core Reseach Group

1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.愛媛大学沿岸科学研究センター

1.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2.Center for Marine Environmental Science, Ehime University

太平洋十年規模変動（PDO）は環太平洋地域の気温や降水量に影響を及ぼしている。本研究では、別府湾古水温記録から得られた過去2900年間のPDOにもとづいて、わが国の社会体制の変化、飢饉の原因をPDOの長期的変動の観点から考察した。

別府湾記録から、紀元前300年ごろから紀元100年ごろまで、1200年ごろから1500年ごろまで、1700年ごろから1900年ごろまでの期間は別府湾水温の振幅が大きいことが示された。前2者はそれぞれ弥生時代末の国内動乱の時期と中世武家社会の発展期にほぼ対応している。室町時代の京都周辺の一揆はPDOが正位相の時に頻発した。江戸時代の3大飢饉と言われる享保、天明、天保の飢饉はPDOが正位相の時期に起きた。PDOが正位相であるときにエルニーニョ南方振動の夏季気温・降水量に及ぼす影響が強くなり、穀物の不作をもたらし、社会を不安定化させた可能性がある。

また、日本海およびオホーツク海の柱状堆積物の解析結果（Koizumi et al., 2006; 島田ほか, 2000）と別府湾水温を比較すると、別府湾水温が高いとき、対馬暖流および宗谷暖流が弱い傾向があることが認められた。1200年前後の両暖流の強化の時期がアイヌ文化成立時期と対応しており、北海道沿岸の漁業資源の変化が北海道住民の生活様式に変化をもたらした可能性が示唆される。

キーワード：太平洋十年規模変動、古水温、社会

Keywords: PDO, paleotemperature, human society

日記天候記録と古気象観測記録による歴史時代の高精度・高分解能気候復元

High resolution climate reconstructions in historical times based on the diary weather descriptions and old meteorological records

*三上 岳彦¹

*Takehiko Mikami¹

1.首都大学東京

1.Tokyo Metropolitan University

過去数百年間に及ぶ歴史時代の気候変動を、古い文書記録や観測記録から明らかにし、現在の気象観測記録と連結させることにより、その長期傾向や周期性を検出することができれば、長期的な変動やその周期性が明らかになり、将来の気候予測に役立てることが可能になる。気候復元に用いられる史料やデータの多くは、過去からの記録として各地の図書館や資料館、寺社、個人宅等に長期間保存されてきた紙ベースのものが主体となるが、劣化・紛失したものも多く、貴重な気候代替資料(proxy)のデータベース化が急務と考えられる。したがって、歴史時代の気候復元研究の遂行と進展には、日本だけでなく世界各地に眠っている膨大な量の歴史気候資料を発掘（発見）し、その電子ファイル作成とデータベース化が重要である。

上記のように、歴史時代の気候変動研究において用いられる資料・データは全国各地に多数残されているが、その中で17世紀以降の江戸幕藩体制下で毎日記録された藩日記類の天候記録は、場合によっては300年間に及ぶ長期間の連続的な気候資料として世界的にも希少なproxy文書記録と言える。藩日記だけではなく、寺社の日記や農事日誌、旧家に残る代々の日記など、毎日の天候を記録した様々な日記が残されている。日記の天候記録は、単にその日の天気の詳細を記したことから、時々刻々と変化する天気や風などを詳細に記したもので多種多様である。これらの記録を月単位で集計し、長期間の時系列グラフにしたり、全国多地点の天候を日単位でマップ化して天気分図を作成することも可能である。

また、古気象観測記録についても、気象庁による公式気象観測の開始される1872年以前にさかのぼって、1820年代から断続的ではあるが1850年代まで続く長崎・出島における気象観測記録（主に島田在駐のオランダ人医師らによる）をデータベース化してきた。さらに、大阪、横浜、水戸など各地の日本人による非公式気象観測記録の収集とデジタル化が行われており、19世紀以降に関しても、気象庁の公式観測とは別に、明治期（1870～80年代）の灯台気象観測記録（未発表）などの記録収集とデジタル化も試みられている。ただし、歴史時代の気象観測記録は、観測機器や設置環境、1日の観測回数などが統一されていない。一方、現在の気象観測データは、観測点の移動や観測機器・観測時刻の変更等を考慮すれば、ほぼ均質で信頼できる数値データとしてそのまま研究に用いることができる。しかし、気象庁の公式観測によらない古気象データであっても、時間・空間的に補完することで新たな研究成果を生み出す可能性が高い場合には、適切な補正・均質化を行うことで有効活用ができる。ここで言う有効活用とは、公式気象観測データと非公式気象観測データを連結して長期的な連続データとして活用可能という意味である。

一方、藩日記の天候記録のようなproxy文書記録の場合は、そのままでは現在の気象観測データと連結させることはできない。そこで、何らかの方法で定性的な天候記録を定量的な気象数値（気温、降水量など）に変換（読み替え）する必要がある。このような変換（いわばAD変換）の手法は確立されていないが、多くの場合、特定の天気出現特性と気温等の気象数値との相関関係を現在の気象観測データを用いて統計的に求め、気象観測記録の得られない歴史時代の天気出現特性から回帰式（多くの場合、単回帰）を適用して算出する方法がとられている。

いずれにしても、数百年前までさかのぼれる日記天候記録や19世紀前半までさかのぼれる古気象観測記録を適切な補正・均質化で定量化できれば、現在の公式気象観測記録と連結することによって、数百年間の連続データを復元することが可能になるであろう。

キーワード：気候復元、気候変動

Keywords: climatic reconstruction, climate variation

観測時代の古日記を用いた日記天気記録による古気候復元の精度評価

Accuracy evaluation of climatic reconstruction with historical daily weather record using old diaries written in the observation period

*庄 建治朗¹、鎌谷 かおる²、平野 淳平³

*Kenjiro Sho¹, Kaoru Kamatani², Junpei Hirano³

1.名古屋工業大学、2.総合地球環境学研究所、3.帝京大学

1.Nagoya Institute of Technology, 2.Research Institute for Humanity and Nature, 3.Teikyo University

古日記の天気記録は、京都周辺地域では11世紀頃まで遡ることができ、18世紀以降になると日本各地で多数の連続した記録を得ることができる。高い時間分解能と史料の豊富さから、特に日本における最近数100年間の気候復元には非常に有用な資料であるが、その記述は定性的で記録者の主観に依存するため、近代以降の気象観測データと合わせて長期にわたる気候変化を復元しようとする際には、記録の精度や測器による観測記録との関係について把握しておく必要がある。本研究では、明治・大正期の気象観測データが得られる時代に書かれた古日記を収集し、その天気記録と近隣の気象観測所における観測データとの比較を行った。収集した古日記は、京都や大津、生駒等の近畿一円における商人、農民、士族等の個人の日記や業務日誌等である。

降水量観測データとの比較では、日記の「小雨」、「雨」、「大雨」の記録がある日に対応する日降水量は、それぞれ広い範囲に分布し、その平均値も日記によって大きく異なっていることがわかった。また、降水が観測された日の約4分の1が日記では見落とされていた。こうした記録を用いて日単位の降水状況を復元することは困難であり、復元の信頼性と客観性を高めるためには、同一地点について複数の記録を収集してクロスチェックをしたり、日単位ではなく月単位の降水日数といった積算値を対象とすることが重要といえる。一方、気温観測データとの比較では、冬季の日記の「雨」、「雪」の記録がある日に対応する日平均気温は、どの日記でも高度補正を施せば、2~3°C付近に「雨」「雪」間の明瞭な境界が見出された。よって、月単位または季節単位で「雨」/「雪」日数の比をとったものは、冬季の寒暖傾向を表す信頼性の高い指標になると考えられる。

キーワード：古日記天気記録、精度評価、観測時代

Keywords: historical daily weather record, accuracy evaluation, observation period

東北日本における酸素同位体比年輪年代学研究的現状と展望

Present situation and future prospects of the oxygen isotope ratio dendrochronology in the northeastern Japan

*箱崎 真隆¹、木村 勝彦²、佐野 雅規³、中塚 武³

*Masataka Hakozaki¹, Katsuhiko Kimura², Masaki Sano³, Takeshi Nakatsuka³

1.国立歴史民俗博物館、2.福島大学共生システム理工学類、3.総合地球環境学研究所

1.National Museum of Japanese History, 2.Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, 3.Research Institute for Humanity and Nature

酸素同位体比 ($\delta^{18}O$) 年輪年代法は、様々な樹種の古材 (古建築材・木質遺物・自然埋没木) を一つの標準年輪曲線で正確に年代決定できるポテンシャルを持ち、歴史学・考古学・古環境学の諸分野において新たな年代測定法として注目されている (中塚・佐野 2014)。 $\delta^{18}O$ 標準年輪曲線の構築は主に中部日本以西で進んでおり、一部の地域ではすでに4300年前まで到達している (木村ほか 2014)。これに対して、東北日本における $\delta^{18}O$ 標準年輪曲線の構築は遅れており、歴史時代の大部分が空白のままであった。樹木年輪の $\delta^{18}O$ は、生育環境の降水量と相対湿度に規定されるため、降水パターンの異なる地域の標準年輪曲線と古材の間では年代決定が難しいこともわかってきている。夏季にオホーツク海高気圧からくる北東風 (ヤマセ) の影響を受ける北東日本の太平洋側では、独自の標準年輪曲線を構築することが望ましいとされている (中塚 2015)。著者らはこの状況を鑑み、新潟県から青森県にかけての複数の遺跡の出土材と自然埋没木を対象として、年輪 $\delta^{18}O$ 分析に取り組んできた。その結果、5-16世紀の1200年間にわたるほぼ連続した年輪 $\delta^{18}O$ データの獲得に成功した。また、本データを既存の中部日本の $\delta^{18}O$ 標準年輪曲線と比較した結果、共通する成分があることを見いだした。現在著者らは、年輪 $\delta^{18}O$ の空間パターンから気候場を復元するための検討を行っている。本報告ではこれらの調査・解析結果を概観し、今後の展望について述べる。

キーワード：樹木年輪、酸素同位体比、気候復元

Keywords: Tree-rings, Oxygen isotope ratio, Climate reconstruction

中期完新世の石筍成長と縄文人の農耕活動

Stalagmite growth and farming by Jomon Man in mid-Holocene

*狩野 彰宏¹*Akihiro Kano¹

1.九州大学大学院比較社会文化研究院

1.Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University

私の研究室ではU-Th年代をベースとした石筍研究を進め、後期更新世～完新世の陸域での降水現象についての新たな知見を得てきた。その研究過程において、現在も地下水を保持する石筍の多くが6000-4000年前に成長速度を低下もしくは停止させていることが分かった。その原因は明らかに地下水の低いCa濃度にある。方解石沈殿に必要な濃度（43 mg/L; Kano et al., 1998）を満たす地下水は少ない。すなわち、6000-4000年前、全国的に地下水のCa濃度が低下したと考えられる。

地下水のCa濃度を一義的に支配するのは石灰岩の溶解が起こる土壌/石灰岩インターフェースでの二酸化炭素分圧である。根の呼吸や微生物の有機物分解により土壌中で発生する二酸化炭素の濃度は気温・降水量・植生に関連する。6000-4000年前に土壌二酸化炭素が低下したのであれば、その頃に気温低下、降水量減少、植生の減退のいずれかが起こったことになる。

比較的安定な完新世の気候を考えると、植生の減退が最もありえそうである。また、6000-4000年前という時期を考えると、日本国内に拡散した縄文人による農耕活動が原因であるかもしれない。縄文人は雨風や寒さをしのぐため石灰岩地帯の岩陰や洞窟の入口を好んで住居とした。そして焼畑農業を行い、豊富な森林植生を破壊したと考えられる。それにより土壌二酸化炭素濃度と地下水Ca濃度が低下し、石筍の成長が減衰したのだろう。現段階でこの仮説を支持する証拠は少ないが、琵琶湖堆積物などで見られる完新世中期の微粒炭化物のピークは縄文人の農耕活動を暗示する。今後は、完新世中期の詳細な微粒炭化物や花粉分析に加え、遺跡から出土する木炭の放射年代測定を進めることが望まれる。

A. Kano, K. Sakuma, N. Kaneko and T. Naka (1998) Chemical properties of surface waters in the limestone regions of western Japan: Evaluation of chemical conditions for the deposition of tufas. *Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. C*, 11, 11-22.

キーワード：石筍、完新世、縄文人

Keywords: stalagmite, Holocene, Jomon

沖縄島サンゴ化石による完新世中期の海洋環境解析

Fossil coral-based reconstruction of the Mid-Holocene ocean environment in Okinawa-jima, Japan

*浅海 竜司¹、善村 夏実¹、嶺井 翔伍¹、本郷 宙軌²、藤田 和彦¹

*Ryuji Asami¹, Matsumi Yoshimura¹, Shogo Minei¹, Chuki Hongo², Kazuhiko Fujita¹

1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.琉球大学理学部

1.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 2.University of the Ryukyus

Quaternary paleoclimate records have been extracted from climate proxies such as deep-sea sediments, ice sheets, trees, speleothems, and corals. Continuous long cores from sediments and ice sheets play a leading role in Quaternary paleoclimate reconstructions, although the slow rates of sedimentation frequently preclude them from reconstructions on seasonal and interannual time scales. However, fossil coral archives provide high resolution windows of generally short duration with which to investigate past atmospheric and oceanic conditions at the tropical/subtropical sea surface. Massive *Porites* corals, living in shallow waters of the tropical to subtropical oceans, precipitate annually banded aragonite skeletons. These colonies provide robust chronological control and allow sub-sampling at monthly-to-seasonal resolution. The ages of fossil corals are determined accurately by radiocarbon and uranium-series dating methods. Oxygen isotope composition of coral skeleton reflects variations in sea surface temperature and seawater oxygen isotope composition (salinity) with the latter being closely related to the precipitation-evaporation balance at sea surface and changes in water mass transport. Long-lived corals can be a powerful proxy for documenting paleoceanography at seasonal, interannual, and decadal time scale, but only a few long-records of >50-year have been published from fossil corals. Here we present bimonthly resolved oxygen and carbon isotope composition time series from mid-Holocene corals in coral reef sediment cores drilled at the west coast of Okinawa-jima, the Ryukyu Islands, Japan. Our coral-based climate reconstruction significantly shows seasonal-to-decadal time scale variability of thermal and hydrologic conditions in the northwestern subtropical Pacific during the mid-Holocene.

キーワード：サンゴ骨格、化石、酸素同位体組成、炭素同位体組成、古水温、琉球列島

Keywords: coral skeleton, fossil, oxygen isotope composition, carbon isotope composition, paleo-temperature, the Ryukyu Islands

三重県産石筍に記録されたハインリッヒイベントと最終氷期

Heinrich events and last glacial recorded in a stalagmite from Mie Prefecture, Japan

*森 大器¹、狩野 彰宏¹、胡 訓銘²、沈 川洲²、柏木 健司³*Taiki Mori¹, Akihiro Kano¹, Hu Hsun-Ming², Shen Chuan-Chou², Kenji Kashiwagi³

1.九州大学大学院 地球社会統合科学府、2.国立台湾大学、3.富山大学

1.Kyushu Univ., 2.National Taiwan Univ., 3.Toyama Univ.

石筍は、主成分である炭酸カルシウムの安定同位体比・微量元素などに成長時の物理・化学条件を反映している。今回、私たちは三重県霧穴より採集された長さ10cmの石筍KA03を検討した。この石筍はウラン濃度が極めて高く、正確なU-Th年代を提示する。年代測定の結果は、石筍が過去8万年間にほぼ連続的に成長したことを示す。KA03の酸素同位体曲線は中国南部の石筍やグリーンランドの氷床記録と全体的な傾向が似ており、1) ベーリング・アレレード温暖期に起こった値の急激な低下、2) ハインリッヒイベントに対応する同位体比の上昇など汎世界的イベントも認められた。ただし、岐阜県大滝鍾乳洞で確認されたダンスガード・オシュガーサイクルは認められない。また、37kaから最終氷期最盛期にいたる変化が直線的であることも大きな特徴である。酸素同位体比が降水量の指標であるならば、37kaから最終氷期最盛期まで次第に降水量が低下したことになる。本地域は冬季の降水量が少ない場所であり、KA03は日本における東アジア夏季モンスーンの変動を議論する上で重要な記録となる。

アジアダスト輸送の十年・百年スケール変動～水月湖堆積物の過去1000年間の記録より～
Decadal to centennial-scale Asian dust transport changes during the last thousand years
recorded in Lake Suigetsu sediment

*長島 佳菜¹、鈴木 克明²、中川 毅³、多田 隆治²、原口 強⁴、五反田 克也⁵

*Kana Nagashima¹, Yoshiaki Suzuki², Takeshi Nakagawa³, Ryuji Tada², Tsuyoshi Haraguchi⁴, Katsuya Gotanda⁵

1.海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター、2.東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻、3.立命館大学、4.大阪市立大学大学院理学研究科、5.千葉商科大学政策情報学部

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research and Development Center for Global Change, 2.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 3.Ritsumeikan University, 4.Department of Geoscience, Osaka City University, 5.Faculty of Policy Informatics, Chiba University of Commerce

Knowledge of decadal to centennial-scale variations in Asian dust transport is critical to understand the interactions between Asian dust and natural environment, and is also important to estimate past atmospheric circulation changes. Here we estimated temporal changes in the content and depositional flux of aeolian dust in sediment core SG12 from Lake Suigetsu, central Japan, during the last thousand years based on the depositional flux (please see Suzuki et al., presented in this session) and grain size of detrital materials.

First we focused on the last century and compared the estimated dust flux changes to the meteorological records. The estimated dust flux shows decadal-scale change with the decrease during 1952-1974, which could be explained by weaker westerlies in lower latitudes including central Japan, reflecting weaker Aleutian Low during the corresponding period.

Similar decadal-scale changes are observed throughout last thousand years, suggesting dominance of similar decadal-scale climate systems in the East Asia and the north Pacific. In addition, the dust record exhibits centennial-scale changes with the decreases during 11-12th, 15th and 18-19th centuries. We will further compare our result with pollen record from Lake Suigetsu and tree-ring records in Asian region, and discuss nature and mechanisms of decadal and centennial-scale climate changes in East Asia.

キーワード：黄砂、過去1000年、水月湖、10年スケール変動、100年スケール変動

Keywords: Asian dust, last 1000 years, Lake Suigetsu, decadal-variation, centennial-variation

水月湖堆積物中の起源別碎屑物フラックス復元記録から読み解く過去1000年間の気候・環境変動
Climate and environmental changes during the past 1000 years reconstructed from fluxes of detrital materials of different sources to the Lake Suigetsu sediment

*鈴木 克明¹、多田 隆治¹、長島 佳菜²、中川 毅³、原口 強⁴、五反田 克也⁵、SG12/06 プロジェクトメンバー
*Yoshiaki Suzuki¹, Ryuji Tada¹, Kana Nagashima², Takeshi Nakagawa³, Tsuyoshi Haraguchi⁴, Katsuya Gotanda⁵, SG12/06 project members

1.東京大学、2.JAMSTEC、3.立命館大学、4.大阪市立大学、5.千葉商科大学

1.The University of Tokyo, 2.JAMSTEC, 3.Ritsumeikan University, 4.Osaka City University, 5.Chiba University of Commerce

湖沼や海洋堆積物への碎屑物流入フラックスは、降水に伴う河川流出量変動や風成塵を運搬する風系の変動など、様々な気候要素の変化に影響を受ける。また、碎屑物流入フラックスは比較的単純な物理プロセスに支配されるため、定量性の高い古気候プロキシとして高いポテンシャルを有している。しかし、碎屑物フラックスを古気候プロキシとして活用するためには、碎屑物流入フラックス変動を起源別に復元すること、起源別の碎屑物流入プロセスを現行プロセスの観測や歴史記録との対比によって把握することが必要である。

本研究では2012年に掘削された福井県水月湖の堆積物コア（SG12）を用いて、碎屑物起源の分離と混合比の推定を試みた。水月湖堆積物では先行研究により高解像度な年代モデルが確立されており、観測記録や近過去の歴史記録と詳細な対比を行うことが可能である。

まず、堆積物コアについてXRFを用いた主要元素組成定量分析と、XRD分析とその結果のリートベルト法による解析に基づく鉱物組成定量を行なった。これらの結果の結果について因子分析を適用し、堆積物構成要素(端成分)の分離を行った。その一方で、水月湖碎屑物の起源と想定されるはず川およびその支流の流域別碎屑物質の主要元素組成定量分析および鉱物組成分析を行い、上で抽出された堆積物構成要素の化学・鉱物組成と比較してその起源の推定を試みた。

今回の発表では、碎屑物の起源別フラックス変動を復元するための手法開発と、それを用いた過去1000年間の気候変動復元結果について発表する予定である。

キーワード：水月湖、因子分析、リートベルト法

Keywords: Lake Suigetsu, Factor analysis, Rietveld method

南極ドームふじ基地で掘削されたアイスコアの水同位体比分析に基づく過去2000年の高時間分解能気温変動

The isotopic measurements of oxygen and hydrogen in Dome-Fuji (Antarctica) ice core:
Annually-resolved temperature reconstructions of the past 2000 years

*高橋 和也¹、望月 優子¹、中井 陽一¹、本山 秀明²

*Kazuya Takahashi¹, Yuko Motizuki¹, Yoichi Nakai¹, Hideaki Motoyama²

1.理化学研究所、2.国立極地研究所

1.RIKEN, 2.NIPR

We present annually-resolved temperature and SST (sea surface temperature) reconstructions of the past 2000 years based on water (oxygen and hydrogen) isotope measurement on a shallow ice core drilled in 2010 at Dome Fuji station, East Antarctica. Those isotopic data are expected to yield information to elucidate the past climatic condition, and they are planned to contribute to integrated efforts for the reconstruction of temperature profile of the past 2000 years, in such as PAGES 2k project.

Dome Fuji station is located on a summit of Dronning Maud Land at an altitude of 3810 m a.s.l. (above sea level) (77° 19' 01" S, 39° 42' 12" E) in East Antarctica. The 10 m depth mean snow temperature at Dome Fuji is -57.3 °C¹). The inland area around Dome Fuji has been recognized to be especially unique: The snow and ice there contain much stratospheric information. The direct evidence for this comes from tritium contents originated from the nuclear bomb tests in the 1960s; the tritium fallout at the Dome Fuji site is outstandingly high among 16 snow pit samples widely collected over Antarctica²).

To date the concerned Dome Fuji ice core called DFS10, we applied volcanic signature matching to transfer the West Antarctic Ice Sheet (WAIS) Divide ice core chronology constructed by annual layer counting as used in the study by Sigl et al. (2014)³). Based on this chronology of the DFS10 ice core and the measurements of isotopic ratios of oxygen and hydrogen, we have examined the annual changes of d¹⁸O to reconstruct the temperature of the past 2000 years. In our presentation, we confine ourselves to discuss the oscillation periodicity that we observed in the oxygen isotope record in our data: The periods of approximately 10, 20, and 200 years were found. We will present the time series analyses for this in detail, and will discuss the origin of this periodicity.

References:

- 1) Kameda, T., Motoyama, H., Fujita, S., and Takahashi, S.: "Past temporal and spatial variability of surface mass balance at Dome Fuji", East Antarctica, by the stake method from 1995 to 2006, *J. Glaciol.*, 54, 107-116, 2008.
- 2) Fourre, E., Jean-Baptiste, P., Dapoigny, A., Baumier, D., Petit, J.-R., and Jouzel, J.: "Past and recent tritium levels in Arctic and Antarctic polar caps", *Earth Planet. Sc. Lett.*, 245, 56-64, 2006.
- 3) Sigl, M., J. McConnell, M. Toohey, M. Curran, S. Das, R. Edwards, E. Isaksson, K. Kawamura, S. Kipfstuhl, K. Kruger, L. Layman, O. Maselli, Y. Motizuki, H. Motoyama, D. Pasteris, M. Severi: "Insights from Antarctica on volcanic forcing during the Common Era", *Nature Climate Change*, 4, 693-697, 2014.

キーワード：水同位体、気温変動、ドームふじ

Keywords: isotope ratios of oxygen and hydrogen, temperature reconstructions of the past 2000 years, Dome-Fuji

珪藻遺骸を用いた東シナ海における最終氷期以降の表層水復元

Paleoceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the East China Sea since the last glacial maximum based on diatoms

*代田 景子¹、岡崎 裕典²、今野 進²、久保田 好美³、横山 祐典⁴、小田 啓邦⁵

*Keiko Shirota¹, Yusuke Okazaki², Susumu Konno², Yoshimi Kubota³, Yusuke Yokoyama⁴, Hirokuni Oda⁵

1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門、3.国立科学博物館、4.東京大学 大気海洋研究所 高解像度環境解析センター、5.産業技術総合研究所地質情報研究部門

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduated School of Science, Kyushu University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3.National Museum of Nature and Science, 4.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5.Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

東シナ海の表層水塊は、低塩分・低温で栄養塩に富んだ大陸系沿岸水（揚子江や黄河から供給）と、高塩分・高温で栄養塩に乏しい黒潮（対馬暖流をふくむ）に大別される。海水準が120 m以上低下した約2万年前の最終氷期には、東シナ海西部の陸棚域の大半が陸化し揚子江の河口も東進していたことで現在と大きく異なる海洋環境であったと考えられている。珪藻は塩分や水温、栄養塩などの水環境に対応して、その種組成を変化させるため、最終氷期以降の東シナ海の水塊変化を復元する有効な環境指標となる。しかし、東シナ海における最終氷期以降の詳細な珪藻群集解析は行われておらず、*Paralia sulcata*が最終退氷期に優占することが示されているのみであった。

本研究の目的は最終氷期以降の東シナ海男女海盆で採取された堆積物試料（KY0704-PC01：北緯31度31分35秒 東経128度56分64秒 水深758 m コア全長 14.1 m）を用いて最終氷期以降の東シナ海男女海盆における表層水変遷を明らかとすることである。浮遊性有孔虫殻の放射性炭素年代測定によって、同コア試料は最終氷期最盛期まで連続的に堆積していることがわかっている。試料を5 cmおきにサブサンプリングし、30%過酸化水素水で酸処理を行ったのち光学顕微鏡用のスライドおよび電子顕微鏡用のフィルター試料を作成した。珪藻種の種同定は電界放出型走査型電子顕微鏡（FE-SEM, JEOL JSM-7001F）及び光学顕微鏡（LM, Olympus BX50およびBX53）を用い、珪藻殻の計数は光学顕微鏡で各試料200個体ずつ行った。

本研究では、45種の珪藻種を同定した。これらを生息域別に、沿岸種、沿岸から外洋種、外洋種に区分した。最終氷期から退氷期にかけて、沿岸の底性種である*Paralia sulcata*が多産した。このことは最終氷期の大陸棚陸化により沿岸が近かったことを示す。*Paralia sulcata*以外に、*Cyclotella striata* group（浮遊性）や*Aulacoseira* 属（浮遊性）、*Cocconeis scutellum* var. *parva*（付着性）、*Psammodictyon panduriforme*（付着性）などの沿岸種も産出した。沿岸から外洋種としては、*Thalassionema nitzschioides* が全ての試料で多産した。本研究では、*Thalassionema nitzschioides* groupを、詳細な形態観察に基づき、3種3変種に分類した。なかでも、現在北太平洋亜寒帯の縁辺域に生息し、最終氷期の日本海上越沖で多産することが知られている*Thalassionema umitakae*が、本研究でも最終氷期から退氷期にかけてと、完新世のいくつかの層準で、全珪藻群集に占める割合が増加していた。*Thalassionema umitakae*は、低温・低塩分環境の指標種と考えられることから、本研究での*T. umitakae*の産出ピークは大陸系沿岸水がパルス的に男女海盆に流入していたことを示唆する。外洋種として、熱帯から亜熱帯に生息する*Nitzschia bicapitata*が、退氷期から完新世にかけて増加した。このことは、男女海盆への暖流流入が強化されたことを示唆している。

キーワード：東シナ海、珪藻

Keywords: East China Sea, Diatom

40万年間の東シナ海のMg/Ca水温および酸素同位体比に基づく東アジア夏季モンスーン変動
Variations in East Asian summer monsoon in the last 400 ky deduced from results of
Mg/Ca-sea surface temperature and oxygen isotope of IODP Site U1429

*久保田 好美¹、脇坂 恵都子²、Clemens Steven³、Holbourn Ann⁴、Lee Kyung Eun⁶、Ziegler Martin⁷、堀川 恵司²、木元 克典⁵

*Yoshimi Kubota¹, Etsuko Wakisaka², Steven Clemens³, Ann Holbourn⁴, Kyung Eun Lee⁶, Martin Ziegler⁷, Keiji Horikawa², Katsunori Kimoto⁵

1.国立科学博物館、2.富山大学、3.Brown University、4.Christian-Albrechts-University、5.海洋研究開発機構、6.Korea Maritime University、7.Utrecht University

1.National Museum of Nature and Science, 2.University of Toyama, 3.Brown University, 4.Christian-Albrechts-University, 5.JAMSTEC, 6.Korea Maritime University, 7.Utrecht University

The East Asian summer monsoon (EASM) system is involved in the hydrological cycle and in latent heat and energy transport, and thus plays a crucial role in the regional and global climate system. Modern summer sea surface salinity in the northern part of the East China Sea (ECS) is mainly controlled by the discharge of the Yangtze River, which reflects East Asian summer monsoon (EASM) precipitation in the drainage area of the Yangtze River. Site U1429 was drilled by Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 346 in the northern part of the ECS to reconstruct the Yangtze River discharge in high temporal resolution (~100 year resolution). A ~200 m long sediment succession was recovered, which covers the last 400 ky based on a benthic foraminiferal oxygen isotope. A record of oxygen isotope of seawater ($\delta^{18}\text{O}_w$) was reconstructed, based on high-resolution Mg/Ca and oxygen isotope measurements of the planktic foraminifera *Globigerinoides ruber*. The $\delta^{18}\text{O}_w$ shows variations that have been in concert with Chinese speleothem oxygen isotope records on millennial to orbital scales. However, comparison with a global mean $\delta^{18}\text{O}_w$ reveals that the $\delta^{18}\text{O}_w$ of U1429 follows the global mean except from MIS 7.3 to MIS 6.4 and from MIS 5.4 to MIS 4, when the $\delta^{18}\text{O}_w$ of U1429 was higher than the global mean during MIS 7.2, 6.4, 5.4, 5.2, 4 and lower during MIS 7.3, 7.1, 6.5, 5.3, 5.1. These intervals correspond to higher eccentricity periods during the last 400 ky. During these time periods, the amplitude variations of the regional $\delta^{18}\text{O}_w$ increased, suggesting that the 23 ky amplitude of the EASM precipitation was also enhanced. These results suggest that the 23 ky amplitude of the EASM precipitation has been modulated by the eccentricity.

キーワード：モンスーン、東シナ海、ミランコビッチ サイクル、Mg/Ca古水温、酸素同位体比

Keywords: Monsoon, East China Sea, Milankovitch cycle, Mg/Ca-temperature, Oxygen isotope

Mid to Late Pleistocene paleoceanographic history of the northern East China Sea based on radiolarian data (IODP Exp. 346 Site U1429)

*Kenji M. Matsuzaki¹, Takuya Itaki¹

1.Geological Survey of Japan, AIST Marine Geology Research Group/ Institute of Geology and Geoinformation

The East China Sea (ECS), is a marginal sea, influenced by the East Asian Monsoon (EAM) and Kuroshio Current (KC). The hydrography of the northern part of this area is highly influenced by discharges of fresh water from the Yangtze River during summer lead by the East Asian summer monsoon. In summer-autumn 2013, the IODP Expedition 346 could retrieve sediments cores in the northern ECS from Site U1428 and U1429 in order to reconstruct the regional paleoceanographic history of this area, focusing on the interaction between East Asian Summer Monsoon, Yangtze River discharges and Kuroshio Current. On the other hand, radiolarians are micro-organism group bearing siliceous skeletons, widely distributed in the world ocean, living from shallow to deep water masses. In the ECS, few studies increase our knowledge's concerning radiolarian ecology and its relationship with temperatures changes. Therefore, we have investigated changes in radiolarian assemblages down core Site U1429 since the Mid- Pleistocene for clarify the fluctuation pattern in KC water and Yangtze River discharges through the Pleistocene glacial/interglacial climatic changes. We have also reconstructed past Summer Sea Surface Temperature based on shallow water radiolarians in order to discuss the possible interaction and impact of the EAM, Yangtze River discharges and KC on the regional hydrography

As a summarizing result, we identified that radiolarians related to Kuroshio Current waters, such as *T. octacantha* group and *D. tetrathalamus* were abundant at the MIS 1, MIS 5e and MIS 7, which caused a warming of the regional shallow water (>26 °C). During de-glacials, the abundances of radiolarians related to the Yangtze River discharges (e.g. *P. obeliscus* and *C. calvata*), drastically increased. During glacials, *L. setosa*, a species related to temperate coastal water dominated the assemblages involving a cooling of the shallow waters (between 21 and 22°C). Several changes could be also identified for the intermediate water during the studied time interval. We recorded high abundances in taxa related to subarctic water during glacials (MIS 2 and 6), while, intermediate water dwellers specific to the ECS show their higher abundances during interglacial (MIS 1, 5), excepting the MIS 6 and 7.

Keywords: East China Sea, Paleoceanography, Radiolarians

海洋酸素同位体ステージ3の海水準低下によるBonaparte湾の堆積環境変化

Paleoenvironmental change associated with sea level drop during Marine Isotope Stage 3 in the Bonaparte Gulf

*石輪 健樹^{1,2}、横山 祐典^{1,2}、宮入 陽介¹、オブラクタ スティーブン³、池原 実⁴、佐々木 猛智⁵、上原 克人⁶、北村 晃寿⁷

*Takeshige Ishiwa^{1,2}, Yusuke Yokoyama^{1,2}, Yosuke Miyairi¹, Stephen Obrochta³, Minoru Ikehara⁴, Takenori Sasaki⁵, Katsuto Uehara⁶, Akihisa Kitamura⁷

1.東京大学大気海洋研究所、2.東京大学理学系研究科、3.秋田大学国際資源学部、4.高知大学海洋コア総合研究センター、5.東京大学総合研究博物館、6.九州大学応用力学研究所、7.静岡大学大学院理学研究科

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2.Department of Earth and Planetary Science, the University of Tokyo, 3.Faculty of International Resource Sciences, Akita University, 4.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 5.The University Museum, the University of Tokyo, 6.Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, 7.Faculty of Science, Shizuoka University

During the Marine Isotope Stage 3 (MIS 3), ice volume changed in the short period and increased to the maximum volume in the Last Glacial Maximum (LGM). Accurate relative sea level records at far-field site, remote from ice-covered area, provide the ice volume information. However, the MIS 3 sea level records at far-field site are limited by the availability of dataset. The Bonaparte Gulf, northwestern Australia, is tectonically stable region and located at the far field. This Gulf has the carbonate platforms, which were exposed during the sea level lowstand. We show the paleoenvironmental change associated with sea level drop during MIS 3 using the marine sediments core from the Bonaparte Gulf. The primary information for the timing of exposure is calcium variation standardized by titanium. Total organic carbon, C/N ratios, and ¹⁴C age offset (offset between the carbonate and organic matter age) also provide the paleoenvironmental information on the exposure of carbonate platform. We concluded that sea level drop occurred at ca. 26 ka, which is consistent with previous works as Huon Peninsula records. This drop is associated with Heinrich event 2.

キーワード：海水準変動、古環境復元、放射性炭素年代測定

Keywords: Sea Level, Paleoenvironmental change, Radiocarbon dating

最終氷期以降のローレnciaイid氷床から西部北極海への氷山流出

Iceberg discharge from the Laurentide ice sheet to the western Arctic Ocean during the last glacial period

*鈴木 健太¹、山本 正伸²、入野 智久²、南 承一³、山中 寿朗⁴

*Kenta Suzuki¹, Masanobu Yamamoto², Tomohisa Irino², Seung-Il Nam³, Toshiro Yamanaka⁴

1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学大学院地球環境科学研究院、3.韓国極地研究所、4.岡山大学大学院自然科学研究科

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3.Korea Polar Research Institute, 4.Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

氷期の急激な気候変動やイベントとして、ダンスガード・オシュガーサイクル(D0サイクル)とハインリッヒ・イベント(HE)が知られている。HEの氷山流出がD0サイクルの温暖化を引き起こしたという考えが有力であるが、すべてのD0サイクルの温暖化がHEに対応しているわけではない。またD0サイクルの寒冷化速度は時期によりさまざまであり、その速度の支配因子は不明である。このような疑問を明らかにするには、ローレnciaイid氷床の北極セクターの崩壊と氷山流出イベントを復元する必要がある。

本研究では、過去7万6千年間の西部北極海堆積物層序を確立し、堆積物の起源と運搬過程を推定した。これにもとづきカナダ北極諸島側からの氷山流出イベントを検出し、氷山流出が起きる条件を考察した。また、西部北極海への氷山流出イベントと温暖化との関係、ローレnciaイid氷床北極セクターの崩壊と寒冷化速度の関係を考察した。この目的のため、2011年と2012年に韓国極地研究所の砕氷調査船ARAONによって西部北極海チュクチボーダーランドから採取された5本の堆積物コアについて、IRD含有量と鉱物組成、粒度分布、色、GDGT濃度と組成、有機物量の分析を行った。

IRD含有量と鉱物組成が西部北極海チュクチボーダーランドの堆積物層序の確立に有用であることが示され、イベント層としてドロマイt濃集層とカオリナイト単独濃集層が認められた。ドロマイt濃集層は9,000年前と11,000年前、42,000~35,000年前、45,000年前、76,000年前に認められ、カナダ北極諸島からの氷山により運搬されたと考えられる。ドロマイt濃集層堆積時は海水準が現在と比較して40mから80m低かった時期に対応していた。ローレnciaイid氷床の縁が北極海に達し、かつ北極海が厚い棚氷や海氷に覆われていなかった時期にのみ、ローレnciaイid氷床の北極セクターの崩壊が起きたと考えられる。9000年前のドロマイt濃集層の堆積はH0に、45000年前のドロマイt濃集層の堆積はH5と年代誤差の範囲内でほぼ同時であった。30,000~12,000年前にはローレnciaイid氷床の北極セクターの崩壊は起きておらず、亜間氷期1~4の温暖化には北極セクターの崩壊は関与していないと考えられる。45000年前にはローレnciaイid氷床の北極側とハドソン湾側の両方で崩壊が起きたと推定されるが、直後の亜間氷期の寒冷化速度は、他の亜間氷期に比べて長い。ローレnciaイid氷床の大規模な崩壊により、氷床の成長に時間がかかり、寒冷化に時間がかかったと考えられる。14,000年前のカオリナイト単独濃集層は、その堆積学的特徴から氷河湖の崩壊に伴う淡水の大量流出により形成された可能性がある。

オホーツク海サハリン沖の季節海水域における珪藻群集フラックス

Temporal flux change in diatom assemblages in seasonal sea-ice covered region off Sakhalin Island in the Okhotsk Sea

*中村 広基¹、岡崎 裕典²、今野 進²、中塚 武³

*Hiroki Nakamura¹, Yusuke Okazaki², Susumu Konno², Takeshi Nakatsuka³

1.九州大学 理学部 地球惑星科学科、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門、3.総合地球環境学研究所

1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 3.Research Institute for Humanity and Nature

「氷」は気候システムの構成要素であり、過去の氷床や海水の復元は古環境研究の重要な課題の一つである。海面に浮かぶ海水は、大気-海洋間の断熱効果と高い反射率（アルベド）により地球表層の温度分布に大きな役割を果たしている。海洋の海水分布を復元する上で、氷によって陸から運搬される砕屑物（Ice Rafted Debris; IRD）や海水に棲息する藻類（Ice algae）の化石が利用されている。なかでも生物源オパール殻を持つ珪藻群集は、堆積物中に微化石として保存されやすい。したがって、現在の海水被覆と珪藻の海水種・海水関連種との関係を明らかにすることは、過去の海水分布復元に役立つ。

オホーツク海サハリン沖の海水被覆域に、1999年9月から2000年6月まで時系列セディメントトラップ（Station M4）が係留され、沈降粒子（マリンスノー）が捕集された。また衛星観測により観測期間中のStation M4における海水密度データが得られている。先行研究であるNakatsuka et al. (2004) により生物源オパールフラックス ($\text{mg m}^{-2} \text{day}^{-1}$) が調べられており、海水が被覆する12月から4月にかけてフラックスが低く、海水が融解する5月ごろに顕著なピークがあったことが報告されている。

本研究では1999年9月から2000年6月の21個の沈降粒子試料を用いた。光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡により珪藻群集を観察し、海水種・海水関連種を含む21属36種の珪藻種を同定した。海水が被覆している時期は、著しく珪藻殻フラックス ($\text{No. valves m}^{-2} \text{day}^{-1}$) が低く、海水のない5月中旬と海水の被覆が始まっている11月下旬の試料の比較ではその差は30倍に達した。さらに、海水の被覆に伴い珪藻群集組成も変化した。海水の存在しない時期には *Shionodiscus* 属、*Proboscia* 属が多産した。海水被覆に伴い海水種・海水関連種が増加したが、その組成は海水被覆開始期と最盛期で異なっていた。海水発達期には *Bacterosira bathyomphala* の休眠胞子が増加し、最盛期には *Fragilariopsis cylindrus* が目立った。そして、海水融解期には *Fragilariopsis cylindrus* の顕著なピークが現れた。このように、同じ珪藻海水関連種でも海水の被覆状況によって増加する種に違いがあることがわかった。これら海水に関連する珪藻群集変化から海水の有無だけでなく、被覆の度合いも復元できる可能性がある。

参考文献：T. Nakatsuka, T. Fujimune, C. Yoshikawa, S. Noriki, K. Kawamura, Y. Fukamachi, G. Mizuta, and M. Wakatsuchi (2004). Biogenic and lithogenic particle fluxes in the western region of the Sea of Okhotsk: Implications for lateral material transport and biological productivity. *Journal of Geophysical Research* 109, C09S13, doi:10.1029/2003JC001908

キーワード：オホーツク海、珪藻、沈降粒子束、海水

Keywords: Okhotsk Sea, Diatom, Flux, Sea-ice

ベーリング海堆積物中の元素状炭素含量変化

Elemental carbon contents in the Bering Sea sediments during glacial-interglacial cycles

*廣野 晃¹、岡崎 裕典²、宮川 拓真³、長島 佳菜³*Koichi Hirono¹, Yusuke Okazaki², Takuma Miyakawa³, Kana Nagashima³

1.九州大学理学部地球惑星科学科、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.海洋研究開発機構

1.Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Kyushu University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

元素状炭素 (Elemental Carbon, EC) は、有機物の不完全燃焼によって形成される。ECは有機炭素 (Organic Carbon, OC) と比べて、揮発温度が高く不活性であるため、長期間堆積物中に残りやすい。元素状炭素は自然界では主に森林火災によって生成されるため、過去の森林火災の指標となる可能性がある。しかしながら、海底堆積物における元素状炭素の研究例は限られており、氷期 - 間氷期サイクルにおいてどのような挙動を示すかわかっていない。本研究では、統合国際深海掘削計画323次航海においてベーリング海北部で掘削されたU1343堆積物試料を用い、過去40万年間の氷期と間氷期における元素状炭素含量を分析した。分析は代表的な間氷期である酸素同位体ステージ(MIS) 1, 5, 9, 11と、氷期であるMIS 2, 12について行った。U1343試料の年代モデルは底生有孔虫の酸素同位体層序に基づいて確立されており、各MISを明瞭に認定できた。堆積物中の元素状炭素含量の分析はEC/OC計を用いた熱分離法により行った。熱分離法とは、炭素成分分析法の一つであり、ECとOCを雰囲気ガスの酸素含有量と揮発温度の違いを利用して分別する手法である。本研究では海洋研究開発機構が所有するSunset Laboratory社製のEC/OC計を使用した。同装置では、試料導入後、ヘリウム雰囲気下で加熱しOCを揮発させ、その後、2%酸素雰囲気下で段階加熱することで、最後に揮発する炭素成分をECとして定量する。分析の妨害となる炭酸塩を除去するために、本研究では20%酢酸による前処理を行った。U1343近傍で採取された海底堆積物コア試料 (GAT-3A) の繰り返し分析に基づく測定誤差は約30%であった。U1343試料の堆積物乾燥重量に占めるECの割合 (EC重量%) は、同試料の底生有孔虫酸素同位体比が示す氷期・間氷期サイクルに対応して変化し、間氷期にEC重量%が低く、氷期にEC重量%が高かった。この原因については、いくつかの候補が挙げられる。一つは氷期の海水準低下によりベーリング海の広大な陸棚域が陸化した (ベリンジア) ことである。U1343は陸棚斜面近傍に位置するため、陸棚域に蓄積されたECの流入が増加した可能性がある。もう一つは、間氷期は珪藻を中心とした生物生産が高いため、EC重量%が相対的に減少したことである。

キーワード：元素状炭素、ベーリング海

Keywords: Elemental carbon, Bering Sea

Biomass burning history deduced from elemental carbon variability at IODP Exp. 346 Site U1423 during the last 4 million years

Biomass burning history deduced from elemental carbon variability at IODP Exp. 346 Site U1423 during the last 4 million years

*芦 松¹、入野 智久²、五十嵐 八枝子³

*Song Lu¹, Tomohisa Irino², Yaeko Igarashi³

1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学大学院地球環境科学研究院、3.北方圏古環境研究室

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3.Institute for Paleoenvironment of Northern Regions

The burning of trees and grasses produces charred particles such as charcoal and soot that may be transported long distances via winds and rivers to coastal, deltaic, and ocean environments where they may become preserved in the sediments. Charcoal contained in sediments has been widely used as a proxy for biomass burning and human activities as well as climate change. Charcoal and soot in Cenozoic marine sediments at IODP Exp. 346 Site U1423 was measured to examine the regional history of biomass burning in the East Asia and carbon sequestration in the ocean.

IODP Exp.346 Site U1423 is located in the northeastern Japan Sea and the water depth is 1785 m. Relatively low Linear sedimentation rates (LSRs) are anticipated based on results from the site survey. The LSR are likely to be low enough to detect the contribution of minor amount of charcoal or soot from the surrounding land. One hundred nine samples have been collected from interval between 0 and 200 m CCSF-D which cover the last 4.3 m.y. Charcoal and soot were measured as elemental carbon (EC) in coarse (>2 μm) and fine (<2 μm) fractions, respectively, using thermal optical transmittance (TOT) method followed by grain size separation using repeated settling. Organic carbon (OC) was also quantified during the process.

EC and OC in both coarse and fine fractions are higher from 0 to 1.8 Ma and lower from 1.8 to 4.3 Ma with large variation, which suggests more frequent or intense biomass burning since 1.8 Ma. The fact that dark layer samples contain higher OC and EC also suggests net carbon input or preservation controls the amount of OC and EC in the sediments. Comparison of OC and EC variabilities with vegetation change reconstructed from pollen analysis suggests that OC and EC was high both in coarse and fine fractions in warm and wet environment. Terrestrial biomass and precipitation could be major control on EC supply. Fine EC varies independently from coarse EC, which suggests remote origin of fine EC. High temperature resistive EC is associated with grass dominant vegetation, while coarse EC is lower (fine EC is higher) when wood vegetation is dominant suggesting that vegetation type could affect the type of burning products.

キーワード : biomass burning、elemental carbon、IODP Expedition 346 Site U1423

Keywords: biomass burning, elemental carbon, IODP Expedition 346 Site U1423

後期中新世から更新世における南大洋の気候とダスト、生物生産のカップリング

Coupling of climate, dust and productivity in the Southern Ocean during the late Miocene to Pleistocene

*関 宰¹*Osamu Seki¹

1.北海道大学

1.Hokkaido University

Dust potentially affects global climate via the direct and indirect effect on radiative balance of the atmosphere and by supplying essential limiting micronutrients such as iron to the ocean. In fact, supply of dust to the Southern Ocean increases during the glacial periods of the late Pleistocene may have contributed to the decrease in concentration of CO₂, suggesting strong coupling of climate, dust and productivity in the subantarctic Southern Ocean during the Pleistocene. However, link among the climate, dust and productivity in earlier times and its role in the evolution of the long-term climate since the late Miocene have remained unclear. Here we report long-term record of SST, dust and productivity in the Southern Ocean over the past 10 million years based on the analysis of marine sediments from ODP Site 1123, South Pacific sector of the subantarctic zone. Our new records show strong coupling of climate, dust and productivity over the past 10 million years with increase in dust and productivity during cold glacial periods including the late Miocene cooling (6-7 Ma). This finding suggests that the Southern Ocean played a key role in drawdown of atmospheric CO₂ level during the late Miocene.

キーワード：気候変動、表層海水温度、後期新生代、ダスト、生物生産、南大洋

Keywords: Climate change, SST, Late Cenozoic, dust, productivity, Southern Ocean

珪藻海風化-古海洋環境理解のための新概念

“Diatomaceous ocean weathering”: a new concept to understand the paleoceanic environment

*赤木 右¹

*Tasuku Akagi¹

1.九州大学大学院理学研究院

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

“Diatomaceous ocean weathering” is a novel physiological action of diatoms, where diatoms disintegrate silicate minerals and incorporate metals in the minerals into their frustules.

The action was inferred in discussing the rare earth element (REE) composition of siliceous matter in diatom-rich settling particles in the Bering Sea. Since then, we have foraged pieces of evidence for the radical action of diatoms. The evidence includes: 1) a fully-consistent picture of the oceanic REE cycling, 2) a balance in REE budget in a water column identified using Nd isotope ratios, 3) evenly-distributed SEM images of Al in diatom frustules, 4) presence of authigenic Al, which is spectroscopically different from that in clay minerals, and 5) numerous earlier analytical studies reporting failure to separate elements in clay and those in diatom frustules.

In this paper, how the new knowledge on the diatomaceous action will affect the interpretation of the distribution of Nd isotope ratios. An example to apply the action to Nd isotope variation recorded in ferromanganese crusts will be presented. It will be shown that quite distinct, but surprisingly reasonable changes in the paleoceanic environment (pCO₂ and Si concentration) will be emerged from the discussion.

キーワード：珪藻、風化、ネオジウム同位体比

Keywords: diatoms, weathering, Nd isotope ratio

有光層ユーキシニアの発生条件と生物地球化学循環

Biogeochemical cycles and conditions for photic zone euxinia in the ocean

*田近 英一¹、尾崎 和海²、大井手 香菜¹*Eiichi Tajika¹, Kazumi Ozaki², Kana Oide¹

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻、2. 東京大学大気海洋研究所

1. Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Ocean anoxic events (OAEs) have occurred repeatedly during the Phanerozoic. Sedimentological studies have revealed that there was sometimes hydrogen sulfide in the water column, which is called ocean euxinia. Organic geochemical studies of black shales deposited at some of OAEs have revealed the presence of a specific molecule (biomarker) isorenieratane which is derived from green sulfur bacteria. Because these obligatory anaerobic photoautotrophic bacteria require both the light and hydrogen sulfide, it is indicated that there was hydrogen sulfide in photic zone (an uppermost 100~200 m of the surface ocean) at that time. This is remarkable because the photic zone is usually oxic owing to mixing with the overlying atmosphere which contains molecular oxygen as much as that of today throughout the most of the Phanerozoic. The condition and mechanism to cause such a photic zone euxinia (PZE) have been largely unknown. In order to understand PZE, we model the physical-chemical water column structure and the biogeochemical processes for the surface ocean. A new one-dimensional marine ecosystem-biogeochemical model, which has a high vertical resolution of ~5 m, was developed, and a series of parameter studies were performed. We found that the depth of chemocline (= the depth of dissolved oxygen/hydrogen sulfide boundary) resides at around 150 m which is determined by the limit of photosynthesis of algae due to light and also by the use of hydrogen sulfide due to green sulfur bacteria. We also found that the PZE is caused when the concentration of phosphate in seawater is higher than 8 mM which corresponds to the riverine flux of ~2.5 times the present value for the pelagic zone, while at the coastal upwelling regions PZE would be achieved when phosphate is higher than 5 mM which corresponds to the riverine flux of 2.1 times the present value. The riverine phosphate is derived from continents through chemical weathering, hence these two estimates correspond to the climatic conditions of 6 K and 11 K warmer than it is today, respectively. This result is consistent with the case of OAE2 (in the mid-Cretaceous, about 95 Ma) which occurred at the period of climate warming

キーワード：有光層ユーキシニア、海洋無酸素イベント、生物化学循環

Keywords: photic zone euxinia, ocean anoxic event, biogeochemical cycle

東赤道太平洋域の温度躍層深化に伴う漸新世の浮遊性有孔虫生息深度変化

Changes in the Oligocene planktic foraminiferal depth habitat related to thermocline deepening in the eastern equatorial Pacific

*松井 浩紀¹、西 弘嗣²、高嶋 礼詩²、黒柳 あずみ²、池原 実³、高柳 栄子¹、井龍 康文¹

*Hiroki Matsui¹, Hiroshi Nishi², Reishi Takashima², Azumi Kuroyanagi², Minoru Ikehara³, Hideko Takayanagi¹, Yasufumi Iryu¹

1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.東北大学学術資源研究公開センター、3.高知大学海洋コア総合研究センター

1.Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, 2.The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University Museum, Tohoku University, 3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

浮遊性有孔虫は鉛直方向に棲み分けをしており、その生息深度を理解することは、正確な古環境復元を行う上で重要である。しかしながら、漸新世から鮮新世までの長期間、広範囲で生息した浮遊性有孔虫 *Dentoglobigerina venezuelana* の生息深度については、不明な点が多い。東赤道太平洋域における先行研究では、前期漸新世には表層に生息していた *D. venezuelana* が、中新世以降には中深層に生息していたと報告されている。これまで、同種の生息深度が変化した時期は特定されておらず、また漸新世の気候変動との関連性も明らかになっていない。

そこで本研究では、東赤道太平洋域で掘削されたIODP Site U1334の試料を用いて、*D. venezuelana* および *Paragloborotalia siakensis* group (表層種) の漸新世を通じた連続的な酸素、炭素同位体比を測定した。*D. venezuelana* と *P. siakensis* group の酸素同位体比を比較することにより、二段階の *D. venezuelana* の生息深度変化が明らかになった。はじめに~27.4 Maに上部表層から下部表層へと移行し、続いて~26.3 Maに下部表層から中深層へとさらに深化した。加えて、浮遊性有孔虫群集解析を行った結果、中層種卓越から表層種優勢へと群集組成が大きく変化しており、上記の生息深度変化が東赤道太平洋域の温度躍層深化と関連していることが示唆された。

さらに、~27.4 Maの生息深度変化について、Site U1334の結果を近傍の2地点と比較した結果、3地点で深度変化のタイミングは一致せず、南へ向かって20万年以内で生息深度変化が起こっていた。東赤道太平洋域において、全般的に温度躍層が深化し、東西の温度勾配が減少したためと解釈される。二段階の *D. venezuelana* の生息深度変化は、氷床量が減少する時期と一致することから、後期漸新世の温暖化傾向が東赤道太平洋域の温度躍層深化、湧昇流減少を引き起こし、最終的に浮遊性有孔虫の中深層への適応を招いたと考えられる。

キーワード：東赤道太平洋、漸新世、生息深度、浮遊性有孔虫、酸素炭素同位体比

Keywords: eastern equatorial Pacific, Oligocene, depth habitat, planktic foraminifera, oxygen-carbon isotope ratio

白亜紀の温暖期から寒冷期への移行期に認められた深海循環の逆転

Deep-sea Circulation Turnover Recognized in the Transition Period from the Warm Period to the Cool Period in the Cretaceous

*大河原 秀祐¹、海保 邦夫¹、池原 実²

*Shusuke Okawara¹, Kunio Kaiho¹, Minoru Ikehara²

1.東北大学大学院理学研究科、2.高知大学海洋コア総合研究センター

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

Globally warm climates from the Albian to the Coniacian were followed by cool climates from the Campanian to the Maastrichtian. Although deep-sea circulation is related to global climate, this relationship remains unclarified in the Cretaceous. This paper reconstructed deep-sea circulation during the middle to late Cretaceous using carbon and oxygen isotopes from benthic foraminiferal tests at 1,000-2,000 m paleowater depth in the Pacific, Indian, North Atlantic, South Atlantic, and Southern Oceans. The carbon isotope data showed that the water masses in the Pacific and Indian Oceans were newer than those in the North Atlantic during the early Cenomanian and Coniacian, but the reverse occurred during the OAE 2, the mid-Campanian, and the Maastrichtian. Deep-sea temperature determinations based on the oxygen isotope data showed that the reverse of the global deep-sea circulation characterized the transition from the warm to the cool period. Based on the current understanding of the relationship between deep-sea circulation and temperature during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum, the sources of the warm-water circulation culminated at the OAE 2 whereas the cool-water circulation derived from the middle-low latitudes and high latitudes.

キーワード：白亜紀、深海循環、底生有孔虫、炭素同位体比、酸素同位体比

Keywords: Cretaceous, Deep-sea circulation, benthic foraminifera, carbon isotope, oxygen isotope

白亜紀海洋無酸素事変2発生時における大規模火山活動と太平洋の環境変動のリンクージュ。

Linkage between LIPs formation and environmental changes in Pacific during the Cretaceous OAE 2.

*西 弘嗣¹、高嶋 礼詩¹

*Hiroshi Nishi¹, Reishi Takashima¹

1.東北大学学術資源研究公開センター 東北大学総合学術博物館

1.The Center for Academic Resources and Archives, The Tohoku Museum Tohoku University

Mid Cretaceous period (120-90 Ma) is characterized by the greatest value in the rate of ocean crust production over the past 150 million years. During this period, a lot of Large Igneous Provinces (LIPs) were emplaced in the Pacific, Atlantic and Indian oceans. Since the emplacement ages of the Cretaceous LIPs are concurrent with the Oceanic Anoxic Events (OAEs), various hypotheses explaining the linkage between the LIPs and OAEs have been proposed since the end of 1980's. A popular hypothesis attributes the high productivity and thereby ocean anoxia to the increased supply of biolimiting metals into photic zone during the LIPs formation (e.g., Snow et al., 2005). Another hypothesis explains the reason of increased productivity that elevated sea level as well as $p\text{CO}_2$ by LIPs eruption caused increase in global warming and continental runoff, which delivered terrestrial nutrient to ocean surface (e.g., Monteiro et al., 2012).

In order to understand linkage between large volcanic eruption and environmental change during OAE 2 (94 Ma), we examined the OAE 2 intervals of the Great Valley Group and the Yezo Group exposed in California, USA and Hokkaido Japan, respectively. The former sequence was deposited in the continental slope of eastern Pacific while the latter was in the continental slope of western Pacific. The samples were analyzed for total organic carbon content (TOC), degree of pyritization (DOP) and assemblage of benthic foraminifera. The analytical results were correlated with the Os isotope stratigraphy and U-Pb zircon ages of tuffs obtained from the same samples by Du Vivier et al. (2015). Os isotope of the studied sequences exhibit abrupt decrease 35,000 year before the onset of the OAE 2 and gradual increase 200,000 years after the onset of the OAE 2 (Du Vivier et al., 2015). Based on the results of benthic foraminifera, TOC and DOP analyses, most of the studied sequences exhibit oxic environment in both sections. However, two short term dysoxic intervals were identified. One is the interval from the onset of the OAE 2 to 50,000 year after onset of the OAE 2, and another is that from 200,000 to the 300,000 after the onset of the OAE 2. The two dysoxic intervals are identical between the western and eastern Pacific, and accord well with the horizons of increase in Os isotope ratio. These evidences suggest that increased runoff caused the depletion of dissolved oxygen in the ocean at least in the eastern and western Pacific continental margins during the OAE 2.

References

Du Vivier, A. D. C., Selby, D., Condon, D.J., Takashima, R., Nishi, H., 2015. Pacific $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ isotope chemistry and U-Pb geochronology: Synchronicity of global Os isotope change across OAE 2. *Earth Planetary Science Letters*, 428, p. 204-216.

Monteiro, F. M., Pancost, R. D., Ridgwell, A., Donnadieu, Y., 2012. Nutrients as the dominant control on the spread of anoxia and euxinia across the Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event (OAE2): Model-data comparison. *Paleoceanography*, 27, PA4209, doi:10.1029/2012PA002351.

Snow, L. J., Duncan, R. A., Bralower, T. J. (2005) Trace element abundances in the Rock Canyon Anticline, Pueblo, Colorado, marine sedimentary section and their relationship to Caribbean plateau construction and oxygen anoxic event 2. *Paleoceanography*, 20, PA3005, doi:10.1029/2004PA001093.

キーワード：白亜紀、LIPS、OAE

Keywords: Cretaceous, LIPS, OAE

モンゴル湖成層から読み解く白亜紀中期“超温室期”の十年スケール～地球軌道要素スケールの気候システム変動

Decadal- to orbital-scale paleoclimatic changes in the mid-Cretaceous “supergreenhouse” evidenced from Mongolian lacustrine records

*長谷川 精¹、山本 鋼志²、勝田 長貴³、三村 耕一²、安藤 寿男⁴、太田 享⁵、山本 正伸⁶、長谷川 卓⁷、長谷部 徳子⁸、Ichinnorov N.⁹、Heimhofer U.¹⁰、Enerel G.¹¹、Oyunjargal G.¹¹、西本 昌司¹²、山口 浩一¹³、鈴木 徳行¹⁴、入野 智久⁶、阿部 文雄¹⁵、村木 綏¹⁵

*Hitoshi Hasegawa¹, Koshi Yamamoto², Nagayoshi Katsuta³, Koichi Mimura², Hisao Ando⁴, Tohru Ohta⁵, Masanobu Yamamoto⁶, Takashi Hasegawa⁷, Noriko Hasebe⁸, Niiden Ichinnorov⁹, Ulrich Heimhofer¹⁰, Gantulga Enerel¹¹, Gochoobazar Oyunjargal¹¹, Shoji Nishimoto¹², Koichi Yamaguchi¹³, Noriyuki Suzuki¹⁴, Tomohisa Irino⁶, Fumio Abe¹⁵, Yasushi Muraki¹⁵

1.名大・博物館、2.名大・環境学、3.岐阜大・教育、4.茨城大・理、5.早大・教育、6.北大・地環研、7.金沢大・理、8.金沢大・環日本海、9.モンゴル・古生物地質研、10.ドイツ・ハノーバー大、11.モンゴル・科技大、12.名古屋市科学館、13.名古屋市工研、14.北大・理、15.名大・宇宙地球研

1.Nagoya Univ. Museum, 2.Grad. Sch., Environ. Stu., Nagoya Univ., 3.Faculty of Edu., Gifu Univ., 4.Faculty of Sci., Ibaraki Univ., 5.Faculty of Edu., Waseda Univ., 6.Faculty of Environ. Ear. Sci., Hokkaido Univ., 7.Dept. of Earth Sciences, Kanazawa Univ., 8.Division of Earth Environ. Sci., Kanazawa Univ., 9.Paleontol. Geol. Inst., Mongolia, 10.Leibniz Univ., Hannover, Germany, 11.Mongolian Univ. Sci. Tech., 12.Nagoya City Sci. Museum, 13.Nagoya Muni. Ind. Res. Inst., 14.Faculty of Sci., Hokkaido Univ., 15.Inst. Space-Earth Environ. Res., Nagoya Univ.

Understanding the global climate system during extremely warm “supergreenhouse” periods, such as the mid-Cretaceous, is one of the major aims of paleoclimatology. Hasegawa et al. (2012) suggested the drastic shrinkage of the Hadley circulation and enhanced mid-latitude hydrological cycle with wavier westerly jet stream during the mid-Cretaceous, based on the spatio-temporal reconstruction of desert distribution and paleo-wind pattern. However, the mechanism of such a drastic change in atmospheric circulation system have been poorly constrained, due to the lack of appropriate datasets. Here we present results of our ongoing research project targeting on annual- to orbital-scale paleoclimatic reconstruction based on a mid-Cretaceous lacustrine record in Mongolia. The Aptian lacustrine deposits (Shinekhudag Formation) are widely distributed in southeastern Mongolia. In the type locality Shine Khudag area, the formation is about 250 m thick and composed alternating beds of dark gray shale, light gray dolomitic marl and yellowish dolomite. The shale and dolomite successions are rhythmically alternated (decimeter-, meter-, tens of meter-scale), which are thought to be formed primarily by lake level changes reflecting precipitation changes. Dark gray shale bed is well-laminated, consisting of micrometer-scale couplets of algal organic matter and detrital minerals. To obtain the continuous paleoclimatic record of this unique lacustrine deposit, we have drilled two scientific research cores (CSH01, 02) in Shine Khudag area in 2013 and 2014 summer.

Based on the radiometric age dating and detail chronostratigraphic study, the Shinekhudag Formation is considered to be deposited between ca. 123–119 Ma, and the calculated sedimentation rate is ca. 6.3–12.5 cm/kyr (Hasegawa et al., in revision). Given the average thickness of micro-lamination and calculated sedimentation rate, micrometer-scale laminations (couplets of organic matter and detrital minerals) in shale and dolomitic marl beds are most likely varves, reflecting seasonal cyclicity. Lacustrine varve record is a powerful tool to reconstruct detail climatic and chronological record (e.g., Wolff et al., 2011; Nakagawa et al., 2012). Thus, the Shinekhudag Formation have a potential to record the annual-scale climatic change and seasonal changes in

mid-latitude Asia during the Aptian time.

In order to obtain the paleoclimatic signals and their controlling factors from the Shinekhudag lacustrine record, we performed XRF and ICP-MS analysis for major and minor element compositions of the bulk samples. Based on the factor analysis of major and minor element compositions, several climatic signals (e.g., precipitation, redox condition of lake bottom) were obtained. Spectral analysis of each factor scores reveals that cycles involving approximately 2, 6, 20, 40, and 100 kyr, based on the average sedimentation rate of 10 cm/kyr. The later values are in accordance with orbital precession, obliquity, and eccentricity cycles, respectively. Therefore, Shinekhudag lacustrine deposits are interpreted to record the millennial- to orbital-scale paleoclimatic changes during the mid-Cretaceous "supergreenhouse" period.

Furthermore, although precipitation proxy (e.g., Si/Al, Ca/Al) shows a strong precession and eccentricity cycles, proxy for redox condition of lake bottom (e.g., P/Al, U/Al, Mo/Al) shows a clear obliquity cycles, suggesting different responses to the orbital insolation. Both the sediment mineralogy and palynofacies assemblages correspond also to the precession and eccentricity-paced precipitation (lake level) changes, except for the calcite contents and algal cysts abundance. Lake surface productivity signal is thought to be more sensitive to orbital insolation forcing. Thus, to verify the variation and cyclicity of lake surface productivity signal and its relationship to other climatic signals, elemental analysis (TOC, TN, TS) are now conducting.

キーワード：湖、温室期、年縞、降水量、表層生産、地球軌道要素

Keywords: lake, greenhouse, varve, precipitation, productivity, orbital forcing