

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 tephra 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 (Irinou 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有な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のから、時々刻々と変化する天気や風などを詳細に記したのまで多種多様である。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 ($\delta^{18}\text{O}$) 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)。 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$ 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氷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、過去の氷床や海氷の復元は古環境研究の重要な課題の一つである。海面に浮かぶ海氷は、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。海洋の海氷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)や海氷に棲息する藻類(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、現在の海氷被覆と珪藻の海氷種・海氷関連種との関係を明らかにすることは、過去の海氷分布復元に役立つ。

オホーツク海サハリン沖の海氷被覆域に、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における海氷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、海氷が被覆する12月から4月にかけてフラックスが低く、海氷が融解する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、海氷種・海氷関連種を含む21属36種の珪藻種を同定した。海氷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、海氷のない5月中旬と海氷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、海氷の被覆に伴い珪藻群集組成も変化した。海氷の存在しない時期には*Shionodiscus* 属、*Proboscia* 属が多産した。海氷被覆に伴い海氷種・海氷関連種が増加したが、その組成は海氷被覆開始期と最盛期で異なっていた。海氷発達期には*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、海氷融解期には*Fragilariopsis cylindrus*の顕著なピークが現れた。このように、同じ珪藻海氷関連種でも海氷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。これら海氷に関連する珪藻群集変化から海氷の有無だけでなく、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、海氷

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

古気候記録の相互精密対比に向けた高精度な堆積物深度管理手法について

Highly precise depth control method for precise correlation of paleoclimate records

*鈴木 克明¹、佐川 拓也²、池原 研³、中川 毅⁴、入野 智久⁵、KR15-10 乗船研究者一同

*Yoshiaki Suzuki¹, Takuya Sagawa², Ken Ikehara³, Takeshi Nakagawa⁴, Tomohisa Irino⁵, KR15-10 cruise members

1.東京大学、2.金沢大学、3.産業技術総合研究所、4.立命館大学、5.北海道大学

1.The University of Tokyo, 2.Kanazawa University, 3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4.Ritsumeikan University, 5.Hokkaido University

古気候・古海洋の時空間変動について議論する際、それぞれの古気候アーカイブにおいて、対象とする気候変動プロキシと独立な手法で高精度な深度年代モデルを確立することと、その年代モデルに基づいて複数のデータ・地点間の相互対比を高精度で行うことは必要不可欠である。年代に関しては、14C年代などの絶対年代、テフラや生層序などの相対年代を利用することで保証され、測定手法の進歩などによって精度の向上が図られてきた。

一方で、古気候プロキシデータ（古気候 vs. 深度）と年代データ（深度 vs. 年代）の間をつなぎ、古気候データに年代を与える（古気候 vs. 年代）役割を持つ深度自体の持つ誤差についても、正しく評価する必要がある。

例えば堆積物コア試料の場合、掘削や分割、時間経過などによって、大きい場合はcmスケールの変形や欠落が生じることがある。これによって生じる深度誤差は堆積速度にもよるが10~10000年ほどになり、近年の年代測定手法の発達による年代データの持つ誤差と比べて無視できない大きさとなる。したがって、精密な深度管理を行ってこれらの事象を把握、評価することで、古気候データの年代誤差制約に大きく貢献することが可能である。

若狭湾沿岸海域で行われたKR15-10航海では、日本海堆積物と水月湖堆積物の高精度年代対比、さらに水月湖を中心とした堆積物・コア間の対比ネットワーク確立を目的とし、複数の深度においてピストンコア採取を行った。この際、水月湖掘削（SG06/12/14）で確立した深度管理手法を応用し、データ間の深度の相互互換性を高精度で保証することを目指した。

具体的には、コア半断面の高解像度写真撮影と、コア試料処理の各プロセスにおける鍵層位置の記載にもとづいて、複数地点・ホール・半割コア・試料間の相互対比、相互補間、深度換算をソフトウェア上で行った。これにより、既存の、あるいは今後の分析で生じるすべてのサンプル位置およびデータ点に対して、それぞれのコアについて約1mm（日本海堆積物の場合、約10年に相当）の精度で共通の深度尺度を構築した。本航海で得た堆積物コアを用いて、複数地点間や周辺地域堆積物との相互対比のためにマイクロテフラの採取、分析が行われているが、これらのデータの深度管理についてもこの深度管理手法が適用されている。

今回の発表では、KR15-10航海において適用された深度管理手法および、今後の展望について紹介する。

キーワード：日本海、水月湖、深度年代モデル

Keywords: Japan Sea, Lake Suigetsu, Age depth model

過去15,000年間における水月湖堆積物への元素状炭素供給量の変動

Variability of elemental carbon input to the Lake Suigetsu sediments during the last 15,000 years

中井 淑恵¹、*入野 智久²、鈴木 克明³、山田 和芳⁴、長島 佳菜⁵、中川 毅⁶、多田 隆治³Yoshie Nakai¹, *Tomohisa Irino², Yoshiaki Suzuki³, Kazuyoshi Yamada⁴, Kana Nagashima⁵, Takeshi Nakagawa⁶, Ryuji Tada³

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所、3.東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、4.静岡県 文化・観光部 文化学術局 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課、5.海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター、6.立命館大学

1.Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2.Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 3.Department of Earth and Planetary Science, Graduate school of Science, The University of Tokyo, 4.Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, 5.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research and Development Center for Global Change, 6.Ritsumeikan University

過去のバイオマス燃焼は地質時代には大気中の O_2 濃度、植生、気候などの自然的要因によって制御されてきたが、完新世に入ってからには自然的要因だけでなく人間活動も影響している事が指摘されており、堆積物に含まれる元素状炭素 (EC) を定量して、過去のバイオマス燃焼の変動を復元することが可能である。そこで本研究では、高精度・高解像度の年代モデルを持ち、後背地に12,000年前以降の人間活動の証拠が知られている水月湖堆積物SG12コアを用いてEC供給量の時代変化を評価した。また、ECはサブミクロンサイズのsootと粗粒なcharcoalに分類されるが、大気中を長距離移動しうるsootは堆積物中からはこれまでの研究では着目されていなかったため、堆積物試料を粒度分画した上でEC分析を行い、集水域から流入するcharcoalと大気経由で供給される可能性のあるsootを独立に評価することを試みた。EC分析にはエアロゾル分野で広く使われるThermal optical transmittance (TOT)法を用いた。

堆積物中ECの性質を評価するために、利尻島のエアロゾル試料、水月湖湖水・河川水試料と比較したところ、熱耐性のあるECの割合が、SG12コア試料の粗粒分画で高く、水月湖湖水・河川水試料に似ており、細粒分画ではその割合が低く、利尻エアロゾル試料に近い結果となった。よって粗粒分画が集水域由来の物質を反映し、細粒分画が大気降下物質を反映していることが示唆される。

SG12コアから復元されたECフラックスの年代変化を見ると、粗粒ECフラックスは約6500年前と約2500年前に増加する。しかし、縄文遺跡土壌中に見られる6500-4000年前のチャコールの急増に対応するECフラックスの変動は見られなかった。6500年前の粗粒ECフラックスの増加は、むしろ周辺の植生変化に対応しており森林被覆が減った為であると考えられる。一方、2500年前の急激な増加については弥生時代前期後半の若狭地方での稲作の定着が関連している可能性がある。細粒ECフラックスには周囲の植生変化に同調する変動は見られず、9500年前からのゆっくりした大きな減少と2500年前の大きな増加が特徴的である。これらの変化は、先行研究に示されたアジアモンスーン域のバイオマス燃焼指標の変遷と同調しており、細粒ECフラックスには大陸規模の燃焼史が反映されている可能性がある。

キーワード：元素状炭素、水月湖、完新世

Keywords: elemental carbon, Lake Suigetsu, Holocene

琵琶湖北湖東岸域の表層堆積物分布を基にした「含砂率—古水深」変換式
Transfer function from sand content to paleo water depth of Lake Biwa

井内 美郎¹、*寺田 圭希²

Yoshio Inouchi¹, *Yoshiki Terada²

1.早稲田大学人間科学学術院、2.早稲田大学人間科学部

1.Faculty of Human Sciences, Waseda University, 2.School of Human Sciences, Waseda University

琵琶湖北湖東岸域の愛知川河口沖から彦根市沖にかけての水深30m以浅の水域において、表層堆積物を120地点で採取した。そして地点毎の含砂率を求めた。含砂率は篩分法によった。含砂率データを採取水深のデータと合わせることで「含砂率—古水深」変換式を作成した。一般に、この水域において、含砂率は湖岸の水深5m前後で90%以上であり、水深10m前後で含砂率は50%以下、つまり、砂質堆積物から泥質堆積物へと変化する。さらに、水深18m以深で含砂率10%以下となっている。ただし、愛知川河口沖や柳川町沖では、ほかの水域よりやや深いところまで含砂率が相対的に高い現象がみられた。以上の水深と含砂率のデータを基に、3次の近似曲線を求め、「含砂率—古水深」変換式を作成した。この結果をもとに、愛知川河口東北沖で実施されたボーリング試料の含砂率を基に古水位変遷を明らかにしていく予定である。

キーワード：琵琶湖、湖水面変動、含砂率

Keywords: Lake Biwa, Lake level change , sand content

含砂率変遷から見た琵琶湖過去約6万年間の古水位変遷史

Lake-level change history based on sand content of drilled core during the last 60ka in Lake Biwa

*大塚 佳祐¹、寺田 圭希²、井内 美郎³

*KEISUKE OTSUKA¹, YOSHIKI TERADA², YOSHIO INOUCHI³

1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学部、3.早稲田大学人間科学学術院

1.Graduate School of Human Sciences, Waseda University, 2.School of Human Sciences, Waseda University, 3.Faculty of Human Sciences, Waseda University

琵琶湖の湖水面高度の変動について過去の研究ではその原因を構造運動に求めるものが多く、気候変動の影響について詳細な検討をしたものは少ない。本研究では琵琶湖東岸愛知川河口沖で実施されたボーリング試料の含砂率変動から見た琵琶湖の古水位変遷史を検討した。ボーリング地点は、愛知川河口の北東、水深約23.45mの地点で実施され採取試料長は20.5mである。採取したこの試料を1cm毎に分割、スライム層準を除去した後、含砂率を測定した。広域テフラの公表年代値及び植物片の放射性炭素年代値を基にAge-modelを作成し、コアの深度と年代を対応させた。別途、本研究室寺田によって作成された「含砂率 - 水深」変換式を用いて、古湖水面高度について過去約6万年間の変遷史を明らかにした。その結果と琵琶湖高島沖ピストンコア試料で求めた気候変遷を比較した結果、過去約1.5万年前以前は寒冷期に湖水面が上昇していたのに対して、過去約1.5万年前以降は相対的温暖期に湖水面が上昇していた。この原因については現在検討中であるが、地球規模の気候変動と関連した偏西風帯のシフトが関係していた可能性が考えられる。

キーワード：琵琶湖、湖水面変動、含砂率、堆積物、気候変動

Keywords: Lake Biwa, Lake level change, Sand content, Sediment, Climate change

琵琶湖愛知川河口沖湖底表層堆積物中の珪藻遺骸群集の深度変化

Depth variation of diatom assemblages in surface sediments off estuary of Echi River ,
Lake Biwa

*鈴木 勇志¹、井内 美郎²、大塚 佳祐³、寺田 圭希³

*Takashi Suzuki¹, Yoshio Inouchi², Keisuke Otsuka³, Yoshiki Terada³

1.早稲田大学大学院人間科学研究科、2.早稲田大学人間科学学術院、3.早稲田大学人間科学部

1.Graduate School of Human Science, Waseda University, 2.Faculty of Human Sciences, Waseda
University, 3.School of Human Sciences, Waseda University

琵琶湖愛知川河口沖において水深5~30mの湖底から水深5m毎に採取された表層試料について珪藻分析を行い、その水深による珪藻殻数の変化と分類群の産出頻度の変化を求めた。その結果、湖底表層に堆積した珪藻遺骸の殻数は水深が深くなるにつれて増加し、珪藻遺骸群集がその水深の変化に応じて特徴的な群集組成の変化を示すことが明らかとなった。特に、水深20~25mの間での顕著な殻数の増加と、水深5~20mの間で底生・付着性種の産出頻度の急激な低下が認められた。これらの変化は、浮遊性種の殻数の増加によるもので、特に水深20~25mでの殻数の急増は、*Aulacoseira*属の急激な増加による。また、同様の試料を用いて行われた含砂率分析のデータとの対比を行った結果、これらの水深による変化が水深の変化に伴う含砂率の変化とも関係していることが示唆された。今後、珪藻と水深との関係についてのより詳細な分析を進め、水深変化に伴う珪藻遺骸群集の変化の特徴や要因が明らかにより、琵琶湖をはじめとした淡水湖沼域の古水深等の古環境の復元のための基礎資料となることが期待される。

キーワード：琵琶湖、愛知川河口沖、珪藻遺骸群集、水深、表層堆積物、含砂率

Keywords: Lake biwa, Off estuary of Echi River, Diatom assemblages, Water depth, Surface sediments,
sand contents

汽水湖における降水型ラミナの形成過程と古降水量の推定

The formation process of the precipitation type lamina and the estimation of paleo-precipitation in the coastal lagoon

*瀬戸 浩二¹、香月 興太¹、園田 武²

*Koji Seto¹, Kota Katsuki¹, Takeshi Sonoda²

1.島根大学汽水域研究センター、2.東京農業大学

1.Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, 2.Tokyo Univ. of Agriculture

亜寒帯気候に属する北海道東部オホーツク海沿岸には、多くの汽水湖が分布する。特に網走市周辺では、サロマ湖、網走湖、能取湖、瀧沸湖など様々な特徴を持った汽水湖が分布し、日本有数の汽水湖群を形成している。その中の藻琴湖において2009年に採取された09Mk-1Cコアと09Mk-2Cコアにラミナセットが見られ、その解析結果から夏季の降水の影響による年層と考えられている。2015年3月に新たにコアを採取した。本研究の目的は、2009年と2015年に藻琴湖から得られた柱状試料を詳細に対比し、新たに加わったラミナと降水パターンを比較することによってラミナの形成と降水の関係を明らかにし、さらに過去のラミナのパターンから古降水量解析の可能性を検討することである。

15Mk-3Cコアと09Mk-1CコアについてソフトX線写真を用いて比較した結果、一部を除いてラミナレベルで対比することが可能である。2つのコアの対比線はほぼ平行で、同様な堆積速度を示しているものと思われる。それらの対比から新たに堆積した部分は、約13cmであった。これらのコアの採取日時の差は約6年であることから、現在の堆積速度は約2cm/yと早いことになる。

この期間について約1.25mm間隔で分取し、CNS元素分析を行なった。低密度を示すラミナの時は、全有機炭素(TOC)濃度、全窒素(TN)濃度、全イオウ(TS)濃度が高く、C/N比が低い。一方、高密度を示すラミナの時は、TOC濃度、TN濃度、TS濃度が低く、C/N比が高い。これらは、低密度ラミナが通常時、高密度ラミナは降水時を示唆している。

この6年間のラミナのパターンと降水のパターンの比較検討を行った。相対的に密度の高いラミナ(高密度ラミナ)は、116枚確認された。一方で、7日間の累計20mmを越える降雨は108回観測されている。したがって、もし、高密度ラミナの形成が降雨によるものであれば、7日間の累計20mm以上の降雨で形成されることになる。また、全体的に高密度のラミナセットを見ると、7日間の累計60mmを越える降雨が短い期間に連続的に起るときに対応する。ラミナセットの密度の高低のパターンとラミナのパターンを組み合わせると降水量のパターンと比較するとほぼ一致する。これらのことから、降水のある時に高密度ラミナが形成されているようだ。しかし、降水量が多い時と少ない時の高密度ラミナの厚さに優位な差はなかった。これは懸濁物を含む水塊のポリームに制限があることを示唆している。すなわち、過剰に流入した懸濁物を含む水塊は湖沼に堆積することなく系外に排出されるためだと思われる。全体的に高密度のラミナセットは、堆積速度が遅く、圧密を受けている年代では、一つの厚い高密度を示すラミナになると思われる。そういう降水パターンが見られる時は、年降水量が多い時に対応するだろう。したがって、厚い高密度を示すラミナを解析すれば、ある程度の降水量を推定できる可能性があるだろう。

キーワード：降水型ラミナ、古降水量、年縞、藻琴湖

Keywords: precipitation type lamina, paleo-precipitation, Varve, Lake Mokoto

IODP Site U1426の更新世貝形虫と古環境の推定

Pleistocene deep-sea ostracodes at IODP Site U1426 and their implication for paleoenvironments

*山口 龍彦¹、黒木 健太郎²、山田 桂²

*Tatsuhiko Yamaguchi¹, Kentaro Kuroki², Katsura Yamada²

1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.信州大学

1.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2.Shinshu University

In the Sea of Japan, the Quaternary glacial-interglacial climate changes have affected deep ocean floor environments as well as coastal environments and biota [e.g., Kitamura and Kimoto, 2006, *Palaeogeogra.*, *Palaeoclim.*, *Palaeoeco.*, 236: 355-366; Watanabe et al., 2007, *Palaeogeogra.*, *Palaeoclim.*, *Palaeoeco.*, 247, 50-64]. Little is known about the Pleistocene deep-sea ostracodes and their response to environmental changes. We present Pleistocene ostracodes at IODP Site U1426 (37°2.00'N, 134°48.00'E; 903 m water depth). Twenty-one taxa were obtained from 87 Pleistocene (2.0-1.2 Ma) sediments of the interval between 123.50 and 218.14 mcd. Ostracodes occur from sediment samples with L* values of more than 33. Benthic ostracode accumulation rates (BOARs) exhibit less than 14 ind/cm²/kyr. At 180 mcd, BOARs show a change: BOARs indicates maxima of 0.6-4.2 ind/cm²/kyr above 180 mcd (~1.7Ma), whereas BOARs show maxima of 1.7-14 ind/cm²/kyr below 180 mcd. *Acanthocythereis dunelmensis*, *Krithe antiswanensis*, *Krithe hemideclivata*, *Krithe reversa*, and *Robertsonites tabukii* are found ubiquitously. The ostracode fauna indicates oxic condition, alternation of export productivity, and possibly warm water-mass. Generally ostracodes are sensitive to oxygen contents. Their population vanishes in condition with oxygen contents of less than 0.4 ml/l O₂ [Dingle, 1995, *Mar. Geol.*, 122, 207-225]. We infer that the sediments with high L* values (>33) were deposited at oxic condition (> 0.4 ml/l O₂). Because BOARs are influenced by export productivity [Yasuhara et al., 2012, *Paleobiol.*, 38, 162-179], the change in BOAR at 180 mcd suggests alternation of export productivity. According to Kitamura (2009, *J. Quat. Sci.* 24, 880-889), who discuss the surface and intermediate water-masses during the Pleistocene, the flow of the Tsushima current was intensified after 1.7 Ma. The change in surface water-mass probably made effects on surface productivity and benthic ostracodes. *R. tabukii* [= *R. reticuliforma* of Ozawa, 2003, *Paleontol. Res.*, 7, 257-274], that lives in seafloor environments with water depth of 150-250 m and temperature of 2-5°C, indicates a warmer water-mass than the modern intermediate water with 0-1°C temperature.

キーワード：日本海、貝形虫、更新世、深海

Keywords: Sea of Japan, Ostracoda, Pleistocene, Deep sea

房総半島南端千倉層群布良層における浮遊性有孔虫化石を用いた古海洋環境の復元

Reconstruction of paleoceanographic environment using planktonic foraminifera fossils from the Mera Formation of the Chikura Group distributed in the southern most part of the Boso Peninsula

*山本 秀忠¹、岡田 誠²

*Hidetada Yamamoto¹, Makoto Okada²

1.茨城大学大学院理工学研究科、2.茨城大学理学部

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

本研究の研究対象である千倉層群布良層は房総半島南端に分布し、北半球氷河化作用（NHG）開始期を含む後期鮮新世から前期更新世に堆積した（小竹ほか1995など）。また房総半島は黒潮—親潮会合域に面していることから、千倉層群では当時の古海洋学的変動が感度良く記録されていることが期待される。

そこで本研究では、浮遊性有孔虫化石の群集解析と変換関数法を用いた古水温推定により、NHG開始期当時の房総半島沖の古海洋環境の復元していくことを目的とする。本研究では、千倉層群布良層—南朝夷層の堆積年代2.30-3.14 Maに相当する区間（所ほか2011, 岡田ほか2012）における40層準から採取された試料を用いた。採取した岩石試料は硫酸ナトリウム法によって有孔虫抽出作業が行われ、計10属27種の浮遊性有孔虫化石が同定された。

同定された浮遊性有孔虫化石から、水温で規制される地理的分布帯（北極海帯、亜北極海帯、遷移帯、北亜熱帯、熱帯）の構成種を取り出し、分布帯ごとの産出頻度を求め、各分布帯種の変動を可視化した。

また、同定した浮遊性有孔虫化石の群集組成データに対して主成分分析を行い、Takemoto and Oba (1997) で提案された主成分因子負荷量による水塊の推定および変換関数PFJ-125による水温の定量的復元を行った。その結果、3.1-3.0 Maで記録された寒冷化は冷水塊もしくは津軽海流の影響が、2.7-2.5Maの寒冷化は親潮が優勢となったことが、さらに2.5-2.3Maの温暖化は親潮の弱流化が原因であると推定された。

秋田県由利本荘市における中～上部中新統高解像度連続岩相層序

High-resolution continuous lithostratigraphy of middle to upper Miocene in Yurihonjo, Akita

*神崎 友裕¹、黒川 駿介¹、多田 隆治¹

*Tomohiro Kanzaki¹, Shunsuke Kurokawa¹, Ryuji Tada¹

1.東京大学理学部地球惑星科学専攻

1.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

The middle to late Miocene is the time of global cooling. According to Lear et al. (2000), who reconstructed changes in the volume of ice sheets during the past 50 My, expansion of the ice sheets occurred in three steps during Cenozoic, and the second step approximately at 14 Ma was significant one due to the growth of the east Antarctic ice sheet.

During the middle Miocene, the east Antarctic ice sheet expanded and stabilized, which probably caused the change in global deepwater circulation pattern. Simultaneously, the organic carbon-rich siliceous sediments including the Monterey Formation and the Onnagawa Formation started widely accumulating in the coastal area of the Pacific Rim region. Deposition of these organic carbon-rich sediments might have drawn down the atmospheric CO₂, thus acting as a positive feedback to accelerate global cooling. These sediments are also known as a petroleum source rock. Thus it is important to study the origin and nature of these sediments as well as the timing and extent of their deposition.

In the process of expansion of Antarctic ice sheet and global cooling during the Middle Miocene, orbital-scale changes in $\delta^{18}O$ have been amplified and associated with switches between dominance of 100 ky cycles and 41 ky cycles (e.g. Holbourn et al., 2007), suggesting instability of the climate system. Tada (1991) reported the occurrence of centimeter-scale black-white banding observed in the siliceous rocks of the Onnagawa Formation, which he interpreted as reflecting millennial-scale changes in paleoceanography that could have been related to instability of the climate system. Thus, it is important to study the origin and variability in the composition and texture of the Onnagawa and the overlying Funakawa formations. To study the orbital to millennial-scale variabilities in the Onnagawa and Funakawa Formations and their temporal changes during the middle to late Miocene, it is critical to reconstruct a continuous sequence of the Onnagawa and Funakawa formations.

To accomplish this objective, we established a nearly continuous sequence of the Onnagawa and Funakawa formations with 1 ky-scale resolution. The research was conducted on the Kubota-river north route in Yurihonjo city, Akita, on which parts of the sequence of the Onnagawa and Funakawa formations are exposed repeatedly. The result are integrated with columnar sections constructed at the Ushigoe and the Yagiyama routes 11 km to the southwest of the studied area by Kurokawa (2015MS). A composite columnar section is constructed, which revealed the occurrence of the black-white banding intervals and termination of the siliceous sediments deposition (the Onnagawa/Funakawa boundary). We also extracted microfossils from the sequences to develop the better age model. The result will be presented at the meeting.

キーワード：中新世、珪質岩、女川層、船川層

Keywords: Miocene, Siliceous rocks, the Onnagawa Formation, the Funakawa Formation

琉球列島の硬骨海綿を用いた古環境解析

Paleoenvironmental records in sclerosponges from the Ryukyu Islands, Japan

*浅海 竜司¹、松森 建人²、石原 信司¹、金城 章¹、成瀬 貢³、水山 克²、伊勢 優史⁴、坂巻 隆史⁵

*Ryuji Asami¹, Taketo Matsumori², Shinji Ishihara¹, Akira Kinjo¹, Tohru Naruse³, Masaru Mizuyama², Yuji Ise⁴, Takashi Sakamaki⁵

1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.琉球大学大学院理工学研究科、3.琉球大学熱帯生物圏研究センター、4.名古屋大学大学院理学研究科、5.東北大学大学院工学研究科

1.Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 2.Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, 3.Tropical Biosphere Research Center, University of the Ryukyus, 4.Graduate School of Science, Nagoya University, 5.School of Engineering, Tohoku University

Sclerosponges, living in dark environments of tropical to subtropical shallow oceans, precipitate calcium carbonate skeleton with growth bands. They grow slowly at an approximate rate of <1 mm/year unlike corals (~1 cm/year) but can be so long-lived for several decades to hundred of years like corals. Skeletal oxygen isotopic ratios reflect variations in sea surface temperature and seawater with the latter being closely related to salinity reflecting the precipitation-evaporation balance at the sea surface and changes in water mass transport. In contrast to zooxanthellate corals, which occasionally show positive correlations between skeletal oxygen and carbon isotopic ratios, there do not exist vital effects in the secretion of sclerosponge skeleton. Previous studies showed significant decrease trends in the carbon isotope records of sclerosponges and corals toward the present, which is probably a result of isotopically-light carbon dioxide had been added into the atmosphere/ocean from fossil fuel burning. Therefore, sclerosponges are shown to provide annually resolved time series of proxy records of the ocean environments since the Industrial Revolution. However, longer (>100 year) proxy records from sclerosponges were derived only from material examined from the Atlantic Ocean. Here we present oxygen and carbon isotope records from sclerosponges collected from Kume-jima, Okinawa-jima, and Miyako-jima, the Ryukyu Islands in the North Pacific. Soft X-ray images showed highly developed skeletal growth bands with >100 high/low density layers. The secular changes in carbon isotopic composition of the sclerosponges were consistent with previously reported data from the Atlantic and the Pacific corals and sclerosponges. The long-term oxygen isotopic trends of the samples are characterized by slight depletions throughout their living periods, indicative of an overall trend toward warmer ocean environment around the Ryukyu Islands. Our sclerosponge-based estimates of the sea surface temperature and salinity may document thermal and hydrologic variations in the Ryukyu Islands, furthering a better understanding of northwestern tropical-subtropical Pacific climate change for the last several centuries in conjunction with coral-based long proxy records.

キーワード：硬骨海綿、骨格、酸素同位体組成、炭素同位体組成、古海洋、琉球列島

Keywords: sclerosponge, skeleton, oxygen isotope composition, carbon isotope composition, paleocean, the Ryukyu Islands

インドネシア・セリブ島から採取されたサンゴコアを用いた海洋環境復元とインドネシア通過流との関係

Assessing of variation of the Indonesian throughflow using a coral core collected from Seribu Island, Indonesia.

*源田 亜衣¹、鈴木 淳²、井上 麻夕里¹

*Ai Genda¹, Atsushi Suzuki², Mayuri Inoue¹

1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.産業技術総合研究所地質情報研究部門

1.Graduate School of National Science and Technology, Okayama University, 2.Geological Survey of Japan National Institute of advanced Industrial Science and Technology

インドネシア多島海には太平洋からインド洋へ向かうインドネシア通過流 (Indonesian throughflow : ITF) が流れている。この流れは、太平洋-インド洋間の熱・水収支を変え、エルニーニョ/南方振動 (ENSO) といった気候現象に影響を及ぼしている可能性がある。また、この海域にはモンスーンに対応した表層流が存在する。主に1月~3月の北西モンスーンの間には、東向き表層流がジャワ海からマカッサル海峡南部へと低密度・低塩分の表層水を運び、マカッサル海峡表層におけるITFの輸送を制限するが、このような働きをする低塩分水は“freshwater plug”と呼ばれている。反対に、南東モンスーンの間には、西向き表層流がマカッサル海峡南部から“freshwater plug”を取り除くため、マカッサル海峡表層におけるITFの輸送が“freshwater plug”により抑制されることはない。このような“freshwater plug”の挙動は、太平洋からインド洋表層への熱輸送を変えるため、アジアモンスーンやインド洋ダイポールに影響している可能性が指摘されている [Gordon et al., 2003]。そこで本研究では、“freshwater plug”の影響を受けるジャワ海で成長したサンゴについて、その骨格中の各種化学成分を分析し、1982-2003年までの20年間の海水温と塩分の記録を復元した。本発表では、このサンゴ骨格に基づく海洋環境復元と“freshwater plug”やITFの変動について考察を行う。

石筍の流体包有物の同位体比解析による最終退氷期における南大東島の気候変動復元
Coupled oxygen isotope records of inclusion water and carbonate from a stalagmite in
Hoshino Cave, Okinawa

*植村 立¹、三嶋 悟¹、大嶺 佳菜子¹、浅海 竜司¹、Jin-Ping Chen²、Shen Chuan-Chou²

*Ryu Uemura¹、Satoru Mishima¹、Kanao Oomine¹、Ryuji Asami¹、Chen Jin-Ping²、Chuan-Chou Shen²

1.琉球大学 理学部、2.国立台湾大学

1.University of the Ryukyus, 2.Dept. of Geosci., National Taiwan University

最終氷期から現在の間氷期にかけての最終退氷期は、地球規模での急激な気候変動が起こったことが知られている。しかし、日本においては、精確な年代を持つ陸域の気候変動データは限られている。本研究では、退氷期における亜熱帯地域の気候変動を明らかにするため、南大東島で採取された石筍の流体包有物と炭酸カルシウムの同位体比分析を行った。石筍の流体包有物は過去の滴下水の酸素・水素安定同位体比を保存している場合が多く、過去の水循環や気温変動を復元可能な新しいプロキシとして有望である。

試料は、沖縄県南大東島の星野洞において、観光用通路工事の際に折られた石筍を使用した(HSN2, 全長164mm)。HSN2のU-Th年代は約13000-21000年前であり、連続的に成長していた。試料は、2-3mm間隔で切断し、流体包有物の同位体比測定に用いた。測定は、石筍を真空化で破碎し、抽出した水の同位体比をキャビティリングダウン式分光計(CRDS)で測定する手法を用いた。測定原理は Uemura et al. (GCA, 2016)と同じであるが、抽出操作は自動化されている。測定の結果、石筍の含水率は不均一であり、2-3mm離れた層の間で10倍以上の差があった。含水率は、石筍断面の明瞭な縞模様と相関があり、白色の部分に流体包有物が多く存在していることが分かった。流体包有物と炭酸カルシウムの酸素同位体比の間の相関は弱く、炭酸カルシウムの酸素同位体比は気温と降水量の両方の影響を受けていることを示唆している。

キーワード：鍾乳石、石筍、同位体、流体包有物

Keywords: speleothem, stalagmite, isotope, fluid inclusion

新潟県の石筍を用いた完新世の流体包有物中の酸素・水素同位体分析

Oxygen and hydrogen isotope analyses of fluid inclusions in Holocene stalagmite from Niigata prefecture

*大嶺 佳菜子¹、植村 立¹、三嶋 悟¹、狩野 彰宏²、曾根 知実³、柏木 健司⁴

*Kanako Omine¹, Ryu Uemura¹, Satoru Mishima¹, Akihiro Kano², Tomomi Sone³, Kenji Kashiwagi⁴

1.琉球大学 理学部 海洋自然科学科 化学系、2.九州大学大学院 比較社会文化研究院、3.マリ
ン・ワーク、4.富山大学大学院

1.Department of Chemistry, Biology and Marine Science, University of the Ryukyus, 2.Graduate School
of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 3.Marine Works Japan, 4.University of Toyama

東アジアの気候は、東アジア冬季モンスーン (EAWM) に大きく影響される。最近、新潟県の完新世における炭酸カルシウムの酸素安定同位体比変動が福来口鍾乳洞石筍から明らかになった (Sone *et al.*, 2013)。本研究では、流体包有物中の水の酸素と水素同位体比を測定し、過去の降水同位体比変動の復元を行った。試料は新潟県福来口鍾乳洞の石筍 (FG01) を用いた。石筍の流体包有物中の水の同位体比は、流体包有物抽出装置 (Uemura *et al.*, 2016) を改良した手法を用いた。FG01の含水率は低く (平均0.006 wt.%)、一般的な石筍の含水率の10分の1以下であった。含水率が0.005 wt.%以上の、4,000-8,000年前の8試料について解析を行った。炭酸カルシウムと滴下水の $\delta^{18}\text{O}$ の間には、正の相関があった。これは、炭酸カルシウムの $\delta^{18}\text{O}$ 変動が滴下水の $\delta^{18}\text{O}$ 変動を反映しているという従来の解釈が正しいことを示唆している。

キーワード：鍾乳石、石筍、流体包有物、安定同位体

Keywords: Speleothem, stalagmite, fluid inclusion, stable isotope

大分県稲積洞における洞内モニタリングと滴水水の $\delta^{18}\text{O}$ の変動

cave air monitoring and oxygen isotopic variation in drip water at Inazumi Cave, Oita, Japan

*進藤 辰郎¹、三島 壮智²、渡邊 裕美子¹、大沢 信二²、田上 高広¹

*Tatsuro Shindoh¹, Taketoshi Mi Mishima², Yumiko Watanabe¹, Shinji Ohsawa Ohsawa², Takahiro Tagami¹

1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地質学鉱物学教室、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

1.Graduate school of Earth and Planetary Science, Kyoto University, 2.Institute of Geothermal Sciences, Kyoto University

Variation in oxygen isotopic ratios of stalagmite has been used as useful proxy for reconstruction of rainfall amount and pattern since drip water forming the stalagmite is originated from meteoric water. The original value of isotopic ratios in the drip water is controlled by the meteoric water, however, the final isotopic composition of the drip water is determined by in-cave processes such as evaporation and CO_2 degassing. Therefore, it is important to understand how the initial $\delta^{18}\text{O}$ of the drip water is changed by the in-cave processes before it is imprinted in the stalagmite.

Here, we conducted 3 days and 2 nights cave air monitoring and sampling the drip water at Inazumi Cave, Oita, Japan from February to December, 2014. For the cave air monitoring, cave air temperature, relative humidity and cave air CO_2 were measured. For sampling the drip water, the drip water before and after hitting on the handrails was collected in daytime and midnight during the monitoring periods. The meteoric water was sampled outside and near Inazumi Cave monthly. $\delta^{18}\text{O}$ and δD were measured for both the drip water and the meteoric water and HCO_3^- was measured for the drip water.

As a result, while the cave air temperature and relative humidity were stable through a whole year, the cave air CO_2 showed distinct seasonal variation, indicating that the cave air CO_2 might be the key to control both CO_2 degassing and kinetic fractionation of $\delta^{18}\text{O}$ of the drip water. While HCO_3^- showed seasonal and sequential variation as the cave air CO_2 was lowered, $\delta^{18}\text{O}$ and δD did not show, indicating that CO_2 degassing does not strongly affect $\delta^{18}\text{O}$ of the drip water as kinetic fractionation or that CO_2 hydroxylation and hydration might dominate in the drip water to maintain isotopic equilibrium.

$\delta^{18}\text{O}$ and δD of the drip water was plotted on or close to meteoric water line made by the meteoric water sampled around Inazumi Cave, indicating that the drip water is originated from the meteoric water around Inazumi Cave and evaporation does not affect $\delta^{18}\text{O}$ and δD of the drip water. Plus, $\delta^{18}\text{O}$ and δD of the meteoric water showed wider variation (-4.69~-13.23%, -23.12~-101.51%, respectively) than the ones of the drip water (-7.8~-8.41%, -54.28~-57.08%, respectively), indicating that the meteoric water is mixed well in host carbonate rock and homogenized drip water is produced. The mean value of $\delta^{18}\text{O}$ and δD of the drip water was the closest to the one of MJJASO (from May to October) of precipitation, indicating that the $\delta^{18}\text{O}$ and δD of the drip water might be controlled by summer season precipitation, which dominates approximately 80% precipitation amount out of all precipitation around Inazumi Cave.

CaCO_3 farming is now in progress at Inazumi Cave and $\delta^{18}\text{O}$ of precipitated CaCO_3 and the feeding water will be compared hereafter to check if isotopic equilibrium is maintained between them or

not.

キーワード：石筍、水素・酸素安定同位体比、古気候学、滴下水、天水、同位体平衡

Keywords: stalagmite, δD and $\delta^{18}O$, paleoclimatology, drip water, meteoric water, isotopic equilibrium

岐阜県中部の完新世石筍の酸素同位体に記録された数百年周期

Centurial-scale cycle observed in oxygen isotope of Holocene stalagmites from central Gifu Prefecture, Japan

*栞 天¹、森 大器¹、狩野 彰宏¹、柏木 健司²

*Tian Luan¹, Taiki Mori¹, Akihiro Kano¹, Kenji Kashiwagi²

1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.富山大学

1.Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 2.Toyama University

石筍の酸素同位体比は洞窟涵養地での降水の同位体比の長期的変化を反映しているケースが多い。これまでの私たちの研究は日本列島での石筍酸素同位体がアジアモンスーンの強弱を反映していると示してきた (Shen et al., 2010; Sone et al., 2013)。私たちは、岐阜県中部郡上市で採集した2本の石筍のU-Th年代と酸素同位体比の測定結果を報告する。そこに顕著な周期性を確認したので報告する。石筍OT02の先端5.3 cmとOT03の15.3cmの部分がカバーする2 kaから11 kaの結果は酸素同位体比に10回以上の増減を示す。増減の時間間隔はほぼ一定であり、スペクトル解析で判定された約650年の周期は放射性炭素から提示された太陽活動の周期と符合する。この周期性は小氷期や中世温暖期などの歴史的に認識された気候期の長さとも合う。石筍の酸素同位体比と太陽活動の位相の関係は想定される寒冷期に酸素同位体比が低くなることを示す。したがって、郡上石筍の酸素同位体比は温度変化ではなく、降水の酸素同位体比の変化に求められるだろう。参考資料として大垣市で採集した雨水の同位体比は冬季に低いという明瞭な季節変化を示す。これは日本海からの冬の水蒸気塊が中部地方に入る前に顕著なレイリー分別効果を受けるためであろう。すなわち、石筍記録は酸素同位体比が低い冬の降水が占める割合の変化であると考えられ、それは寒冷期に増加し、石筍同位体比を低下させる。同様の周期は三重県大台町の完新世記録にも現れる。この周期的変動は少なくともヤングドリラスまで遡れるのかもしれない。

Shen, C.-C., Kano, A., Hori, M., Lin, K., Chiu, T.-C. and Burr, G.B. (2010) East Asian monsoon evolution and reconciliation of climate records from Japan and Greenland during the last deglaciation. *Quaternary Science Reviews*, 29, 3327-3335.

Sone, T., Kano, A., Okumura, T., Kashiwagi, K., Hori, M., Jiang, X., Shen, C.-C. (2013) Holocene stalagmite oxygen isotopic record from the Japan Sea side of the Japanese Islands, as a new proxy of the East Asian winter monsoon. *Quaternary Science Reviews*, 75, 150-160.

キーワード：石筍、完新世、酸素同位体

Keywords: stalagmite, Holocene, oxygen isotope

年輪 $\delta^{18}O$ によるインドネシア・ジャワ島の古気候復元の可能性On the possibility of tree-ring $\delta^{18}O$ in Java, Indonesia for paleoclimate proxy

*久持 亮¹、渡邊 裕美子¹、栗田 直幸²、佐野 雅規³、中塚 武³、松尾 美幸⁴、山本 浩之⁴、杉山 淳司⁵、津田 敏隆⁵、田上 高広¹

*Ryo Hisamochi¹, Yumiko Watanabe¹, Naoyuki Kurita², Masaki Sano³, Takeshi Nakatsuka³, Miyuki Matsuo⁴, Hiroyuki Yamamoto⁴, Junji Sugiyama⁵, Toshitaka Tsuda⁵, Takahiro Tagami¹

1.京都大学大学院理学研究科、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.総合地球環境学研究所、4.名古屋大学大学院生命農学研究科、5.京都大学生存圏研究所

1.Graduate School of Science, Kyoto University, 2.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3.Research Institute for Humanity and Nature, 4.Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, 5.Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The Indonesian region plays a key role in global climate system because active convection in this region is considered as a heat and moisture source which drives global circulation. Although $\delta^{18}O$ in tree-ring has been used to reconstruct hydroclimatic and atmospheric circulation, there are only a few paleoclimate reconstruction based on $\delta^{18}O$ in tree-ring in Indonesia (Scholten et al., 2013, Poussart et al., 2004). In this study, we measured tree-ring $\delta^{18}O$ in Java Island to explore the possibility of tree-ring $\delta^{18}O$ as proxy.

We used four teak (*Tectona grandis*) samples collected at Sumedang, Western Java. Samples were cut into annual rings after cellulose extraction. $\delta^{18}O$ of individual rings were measured by TCEA-IRMS. We analyzed 59 years (1940-1998). Time series variation of $\delta^{18}O$ are correlated between the four samples, and EPS (expressed population signal) values are 0.89-0.93. In addition, the $\delta^{18}O$ time series of this study (Western Java) are very similar to that of Scholten et al.(2013) (Eastern Java). This suggests common climate signals preserved in teak tree-ring in Java Island. $\delta^{18}O$ time series of our samples shows positive correlation with that of precipitation in the last dry season and negative correlation with that of precipitation in rainy season (growing season). Scholten et al. (2013) suggests this is because dry season precipitation has relatively high $\delta^{18}O$ compared with rainy season precipitation.

We checked the correlation with DMI (Dipole Mode Index). The results show tree-ring $\delta^{18}O$ in Western Java has a negative correlation with last dry season DMI. This is probably because DMI has a negative correlation with dry season precipitation in Java Island (Ashok et al., 2003).

For future plan, we are going to analyze using tree-ring isotope model, in order to assess the reliability of tree-ring $\delta^{18}O$ as climate proxy in Java.

キーワード：年輪、古気候、インド洋ダイポールモード

Keywords: tree-ring, paleoclimate, Indian Ocean Dipole

インドネシアジャワ島のチーク年輪幅を用いた古気候復元の基礎研究

Basic Study of Paleoclimate Reconstruction Using Width of Teak Annual Rings in Java, Indonesia

*新井 貴之¹、渡邊 裕美子¹、久持 亮¹、津田 敏隆²、田上 高広¹*Takayuki Arai¹, Yumiko Watanabe¹, Ryo Hisamochi¹, Toshitaka Tsuda², Takahiro Tagami¹

1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学生存圏研究所

1.Graduate School of Science, Kyoto University, 2.Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

インドネシアは、アジアモンスーン、エルニーニョ南方振動(ENSO)、インド洋ダイポールモード現象(IOD)などの気候システムの影響下にある。これらの気候システムを解明するためには、連続的な地上気象観測データが必要である。しかし熱帯地域の地上気象観測データは少なく、気象データの代替指標が求められる。代替指標にはサンゴや鍾乳石などがあるが、樹木年輪は年代決定精度が高く、高時間分解能を持つという特長がある。熱帯には年輪を形成する樹種が少ないが、チークは熱帯域に生息する年輪を比較的明瞭に形成する樹種であるので、チークの年輪幅や年輪セルロース中の安定同位体比を用いた古気候復元の研究が進められてきた。例えばD'Arrigo et al. (1994)では、チークの年輪曲線と降水量の相関が論じられている。年輪曲線は年輪幅から計算される。しかし、チークは必ずしも同心円状に年輪を形成するとは限らず、測定する場所によって年輪幅が異なる可能性がある。つまり、年輪幅の求め方によって年輪曲線が変化するので、気候因子との相関の論議にも年輪幅測定法の影響が出る。年輪の肥大生長の異方性を薄めた年輪幅測定法がいくつか考案されているが(例えばSchollaen et al., 2013)、それらの測定法には問題点があり、その問題を解決した年輪幅測定法の開発が求められる。

本研究では、インドネシア・ジャワ島東部Cepu産チーク3個体及び同じくジャワ島東部Dungus area産チーク1個体を用いて、チーク年輪に含まれる情報を用いた古気候復元の可能性を検討した。

まず、年輪幅測定法の問題点を解決するために、年輪幅の測定方法や年輪幅の指数化の方法の検討を行った。本研究では、年輪面積から逆算的に年輪幅を求める方法を2種類開発した。1つは「円・扇形近似法」である。これは、1年分の年輪の外周で囲まれた領域と同じ面積を持つ円と、1年分の年輪の内周で囲まれた領域と同じ面積を持つ円の2つの円を考えたとき、前者の円の半径と後者の円の半径の差を年輪幅とする方法である。もう1つは「台形近似法」である。これは、1年分の年輪を円環とみなし、台形の面積公式と同様に円環部の内周・外周・面積から円環の幅、すなわち年輪幅を計算する方法である。

この2つの方法それぞれを用いて、年輪幅を計算した。その結果、「円・扇形近似法」で求めた年輪幅のほうが「台形近似法」で求めた年輪幅よりも大きいという結果が得られた。これは、年輪境界が歪んでいると周の長さが長くなるので、「台形近似法」で計算される年輪幅が小さくなるためであると考えられる。

その後、年輪幅を指数化した。年輪指数は、ある年の年輪幅をその年の前後数年間の平均年輪幅で除すことで求めた。本研究では、「3年移動平均」と「5年移動平均」のそれぞれの場合で、2種類の年輪幅測定法で求めた年輪幅を指数化した。

開発した2種類の測定法で求めたそれぞれの年輪幅を指数化して2種類の年輪指数を作成したところ、両者の値はほぼ一致した。ゆえに、年輪指数を作成する際に用いる年輪幅測定法は、どちらの年輪幅測定法を用いてもよいと示唆された。

また、求めた年輪指数に比較年代測定(cross dating)をして、チーク4個体の年代を決定した。その結果は、西田(2015; 卒論)が酸素同位体比によって定めた年代と一致した。よって、年輪指数のみならず、酸素同位体比からも年代を決定できる可能性が示された。

さらに、作成した年輪指数と降水量・南方振動指数(SOI)・ダイポールモード指数(DMI)との相関解析も行った。その結果、4個体中2個体で雨季初期の降水量と正の相関が見られ、Schollaen et al. (2013)と整合的な結果であった。また、4個体全てで生長期直前乾季SOI、4個体中3個体で生長期SOIと正の相関が見られた。これは、Murphy and Whetton (1989)と整合的であった。加えて、4個体中3個体で1年間(8月から7月)の平均SOIとの間に正の相関関係が見られた。また、4個体中2個体で生長期直前乾季のDMIとの間で負の相

関が見られた。

以上より、チークは気候因子に対して敏感に反応を示し、古気候の復元に有効な手段であることが再確認された。今後はさらに個体数を増やしたり、別の地域や別の年代の試料を用いたりする必要があるだろう。

キーワード：年輪、年輪幅、年輪気候学、年輪年代学

Keywords: tree ring, tree-ring width, dendroclimatology, dendrochronology

近世日本における気候変動が米収量に及ぼす影響の評価 -樹木年輪と免定に基づく解析

How did climate variations affect rice yields in Early Modern Japan? -comparison between tree-ring oxygen isotope data and Menjo (tax bill) records

*佐野 雅規¹、鎌谷 かおる¹、中塚 武¹

*Masaki Sano¹, Kaoru Kamatani¹, Takeshi Nakatsuka¹

1.総合地球環境学研究所

1.Research Institute for Humanity and Nature

(はじめに)

近年、樹木年輪などの高分解能古気候データと、考古学・歴史学の知見を重ね合わせて両者の関連を解析する研究が進められている。例えば、東南アジアの樹木年輪データを用いた研究では、アンコール王朝の崩壊に30年規模の旱魃と洪水が寄与した可能性が示された (Buckley et al., 2010)。しかし、気候変動から文明の崩壊に至る過程は単純ではなく、特に人の生存に直結する食料に関わる記録が収集困難なので、気候変動から社会応答に至る過程を詰め切れていないのが現状である。一方で、近世の日本は、同時代の他国と比較して古文書の数が圧倒的に多いこともあり、食料生産量が推定できる免定(租税書類)を全国各地から収集可能なので、農業生産を気候変動と関連づけて解析し、近世の社会構造を考察することができる。そこで本研究では、樹木年輪から復元した古気候と、免定から復元した米収量を直接比較することで、気候変動が農業生産に及ぼす影響を評価した。

(方法)

中部日本で収集した複数の樹木年輪サンプルを材料とし、その酸素同位体比を1年単位の分解能で測定して当地の夏季降水量を復元した。他方、琵琶湖岸の4ヶ村(知内村、本堅田村、木濱村、大濱村)で収集した免定(地方支配の役人が、毎年の年貢高を決定して村宛てに発行した徴税令書)から、近世(17~19世紀)における残高(課税対象となる石高)の数値を1年単位で抽出して時系列データに変換した。毎年の米の収量は、気象などの自然災害の影響を受けるので、当年の稲の実り具合を勘案して税額が決められるため、上記のように免定を調べることにより米収量が復元可能となる。

(結果・考察)

中部日本の年輪酸素同位体比と、琵琶湖岸の村々から収集した免定の残高(米収量の指標)の経年変動を比較したところ、両者の間に有意な正の相関関係を認めた。すなわち、『降水量の多い年(年輪酸素同位体比が低い年)は、琵琶湖の湖水面が上昇するので、水田が水没して収量が落ちる』と解釈できた。免定には、税額(年貢高)を減らす理由(水没など)と算出根拠も記載されているが、実際にその記録とも整合していた。さらに興味深いことに、度重なる水田の水没を克服するため、琵琶湖からの流出河川である瀬田川を浚渫したことも分かっており(瀬田川浚え)、気候変動に対する具体的な社会応答を観ることができた。

(引用文献)

Buckley, B. M., K. J. Anchukaitis, D. Penny, R. Fletcher, E. R. Cook, M. Sano, L. C. Nam, A. Wichienkeo, T. T. Minh, and T. M. Hong (2010), Climate as a contributing factor in the demise of Angkor, Cambodia, *PNAS*, 107, 6748-6752.

キーワード：樹木年輪、古文書、米収量

Keywords: tree ring, historical document, rice yield

南極および北極アイスコアの酸素同位体比から得られる気温変動周期

Diagnose oscillation properties of $\delta^{18}\text{O}$ embeded in ice cores from Antarctica and Greenland*長谷部 憂磨^{1,2}、望月 優子^{1,2}、中井 陽一¹、高橋 和也¹*Yuma Hasebe^{1,2}, Yuko MOTIZUKI^{1,2}, Yoichi Nakai¹, Kazuya Takahashi¹

1.理化学研究所、2.埼玉大学

1.RIKEN, 2.Saitama Univ.

地球の平均気温は太陽活動11年周期の極大・極小期に合わせ 0.1-0.2K 変動することが知られている(e.g., Gray et al. 2010, Camp & Tung 2007)。しかしながら、地球気温と太陽活動との詳しい関連性は明らかになっていない。本講演では、東南極にあるDronning Maud Land(DML)の気温変動の周期と、太陽活動周期とを比較することで、これらの関連性について議論する。酸素同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ は気温と比例関係にあることが雪氷学上で確立されており、アイスコア中の水の $\delta^{18}\text{O}$ を過去の気温の指標として利用した。

我々は、時間分解能1年の1025年から1997年までのDML酸素同位体比公開データ (Graf et al. 2002)に対し、フーリエ解析法と自己回帰モデルによる方法を用いて周期解析を行った。結果、21年、194年の気温変動の周期が得られた。気温変動の周期と、よく知られた太陽活動周期約22年、200年を比較し、周期の関連性を、ピークの有意性をふまえて議論する。

DML地域のアイスコアの一部は、成層圏の物質を多く含むと考えられる。成層圏は高エネルギー宇宙線の影響があるため、DMLのアイスコアが宇宙線を介して太陽周期を反映している可能性がある。私たちはまた、成層圏の物質をあまり含まない北極グリーンランドのコアに含まれる酸素同位体比を周期解析することで、比較を行う。

キーワード：酸素安定同位体比、アイスコア

Keywords: oxygen isotope ratio, ice cores

Depositional evidence for the Kamikaze Typhoons from Western Kyushu, Japan

*Jonathan D Woodruff¹, Kinuyo Kanamaru¹, Timothy Cook²

1.University of Massachusetts Amherst, USA, 2.Worcester State University, USA

In the late 13th century, Kublai Khan, ruler of the Mongol Empire, launched what was at the time the world's largest armada in an attempt to conquer Japan. Early narratives describe the decimation/dispersal of these fleets by the "Kamikaze" of 1274CE and 1281CE– a pair of intense typhoons sent by the gods to protect Japan from invasion. Preserved wreckage provides evidence for the larger of the Mongol defeats; however, the probability of two major typhoons impacting this area in such close succession today is relatively low. Here we present a 2000 yr sedimentary reconstruction of typhoon overwash from a coastal lake near the location of the Mongol invasions (Lake Daija). Two marine-sourced flood deposits date to the Kamikaze typhoons and are the events of record in the reconstruction. Results from an additional nearby lake (Lake Kawahara), provide secondary depositional evidence for the events in the form of an extreme freshwater discharge event, thus helping to delineate deposits as storm-induced rather than tsunamigenic. The complete Daija reconstruction indicates greater regional typhoon activity relative to modern beginning around 250CE and extending past the timing of the Kamikaze events to 1500CE. It is difficult to conclusively attribute a pair of extreme weather events to varying climate. However, our results support the occurrence of two major typhoons in the late 13th century near the site of the Mongol invasions and show that extreme events of this nature were more frequent during the timing of the invasions as compared to present day. The role of the paired Kamikaze typhoons in preventing the conquering of Japan by the Mongol fleets may therefore serve as an important example of how an increase in severe weather associated with changing climate has helped to shape major geopolitical boundaries of today.

Keywords: Typhoons, Tropical Cyclones, ENSO, Coastal Flooding

芦屋層群のストームベッドと29Maの気候変動

Storm beds of the Ashiya Group and climatic change at 29Ma

*隈 隆成^{1,2}、坂井 卓¹、長谷川 精²

*Ryusei Kuma^{1,2}, Takashi Sakai¹, Hitoshi Hasegawa²

1.九州大学、2.名古屋大学

1.Kyushu Univ., 2.Nagoya Univ.

The Oligocene Ashiya Group, distributed in North Kyushu, consists entirely of marine sediments in back arc basin prior to the opening of the Japan Sea. It is divided into the Yamaga, Norimatsu, Jinnoharu Sakamizu and Waita Formations. The sequence boundary was recognized between Norimatsu and Jinnoharu Formations which is assigned to ca. 29 Ma based on the U-Pb age dating of zircon in intercalated tuff. This sequence boundary is thought to correspond to the largest sea level fall in Haq curve during the mid-Oligocene. The aim of this study is to describe the sedimentological characteristics of the thick-bedded storm beds in the Jinnoharu Formation above the 29 Ma sequence boundary, and to compare wavelength, amplitude and thickness of the storm beds of the Jinnoharu Formation with those of Waita Formation.

The Jinnoharu Formation represents some parasequence sets of shoaling upward, ranging from lower shoreface to upper shoreface environments. The parasequence set begins with ravinement deposits at base, passes to alternating beds of sandstone and siltstone, amalgamated thick storm beds, and ends with Ophiomorpha sandstone. The amalgamated storm beds succession is about 10 meters thick with intercalations of slump bed at bottom and two lenticular Ophiomorpha burrow horizons. Hummocky and/or swaley cross-stratification, sub-parallel lamination and multi-grading lamination are well identified internally. The average thickness of each storm beds in the Jinnoharu Formation attains to about 85 cm, whereas that of the Waita Formation reduces to less than half, about 31 cm. In addition, the wavelength and amplitude of storm beds of the Jinnoharu Formation is larger than those of Waita Formation. The relationship between bed thickness and wavelength of storm beds in both the Jinnoharu Formation and the Waita Formation shows linear relationship of the exponential function, suggesting that bed thickness and wavelength of storm beds were controlled primarily by intensity of storm waves. These observations suggest that potentiality higher frequency and strength of storm activity during the deposition of the Jinnoharu Formation, just after the large sea-level fall of 29Ma, than that of Waita Formation.

Sudden depositional environment changes above the 29 Ma sequence boundary can be also observed in the Nichinan Group in South Kyushu and Nishisonogi Group in West Kyushu. Beginning of deep sea fan sedimentation in the Nichinan Group and increasing of hyperpycnal sedimentation with abundant siderite nodules and orthoquartzite pebbles in the Nishisonogi Group are thought to be related to the frequent flooding on land from paleo-Asian continent. Such a remarkable change of sedimentation in various environments from coastal, shelf to deep sea deposits across the 29 Ma sequence boundary suggests that drastic climatic change in relation with the glaciation of Antarctica during the Oligocene.

タイ東北部における、0.79 Ma衝突事変（オーストラリア・アジアテクトタイトの起源）のエジェクタ層の探索

Search for the ejecta deposits of the 0.79 Ma impact (source of Australasian tektite) in NE Thailand

*多田 賢弘¹、多田 隆治¹、Carling Paul²、常 昱¹

*Toshihiro Tada¹, Ryuji Tada¹, Paul Carling², Chang Yu¹

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. Geography & Environment, University of Southampton
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Geography & Environment, University of Southampton

小天体衝突は地球環境に重大な影響を及ぼし得る。例えば、白亜紀-古第三紀境界の大量絶滅は直径およそ10 kmの小天体の衝突により引き起こされたとされている(Alvarez et al., 1980; Schulte et al., 2010)。衝突に伴い衝突地点の岩石は破碎・溶融・気化し放出され、クレーターが形成される。放出された物質はエジェクタと呼ばれ、堆積してエジェクタ層を形成する。クレーターの大きさや形状、エジェクタの分布は衝突天体の大きさ、衝突角度、衝突速度によって変化する。従って、クレーターとエジェクタ層は衝突の様式に関する情報を持つといえる(Melosh, 2011; French, 1998)。エジェクタ層には、衝撃変成石英などの衝撃変成鉱物や、スフェリュール(球状粒子)など衝突の証拠となるものが含まれる。テクトタイトはスフェリュールの1種で、衝突地点の岩石が小天体衝突により溶融・放出され固化したガラス質物質であり、球形や楕円形、涙型などの形状を呈する。これまでテクトタイトは地球上の4つの限られた地域から報告されている(Glass and Simonson, 2012; McCall, 2001)。このうちオーストラリア・アジア分布域は最も広く、かつテクトタイトの形成年代が最も若い(0.79 Ma)分布域である(McCall, 2001)。オーストラリア・アジアテクトタイトをもたらした衝突事変は直径40km程度のクレーターを形成したと推定されており(Glass and Koeberl, 2006)、比較的大規模な衝突としては最も年代が若いことから、小天体衝突がもたらす地球環境変動についてあらたな知見が得られる可能性がある。衝突地点は、陸上のテクトタイトや海洋コア中のマイクロテクトタイトの分布から、インドシナ半島東部にあると推定されている(Glass and Koeberl, 2006; Ma et al., 2004; Prasad et al., 2007; Schnetzler, 1992)が、衝突クレーターは未発見であり、正確な衝突地点や規模、様式などは十分明らかにされていない。エジェクタ層はクレーターに近いほど層厚が厚くなる性質があるため、衝突地点の正確な推定にはエジェクタ層の分布や層厚が重要である。この東南アジアにおける0.79 Ma衝突事変のエジェクタ層は、海洋コア中でのみマイクロテクトタイト密集層として同定され、より衝突地点に近いと考えられるインドシナ半島陸上では同定されていない。このことが、クレーターが発見されない一因であると考えられる。タイ東北部では、地表下1-2 mにある"ラテライト"層と呼ばれる厚さ数十 cmの赤褐色礫層中及び上位の細粒砂層基底部からテクトタイトが報告されている(Fiske et al., 1996, 1999; Songtham et al., 2011, 2012; Tamura, 1992)。しかしながら、これらのテクトタイトについては再堆積の可能性が指摘されており、テクトタイトや衝撃変成石英の産出のみによってエジェクタ層と同定することはできない(Fiske et al., 1996; Koeberl and Glass, 2000; Langbroek, 2015)。本研究では、東南アジアにおける0.79 Ma衝突事変の様式を解明するための第一歩として、エジェクタ層を同定するため、タイ東北部Kok Yai, Krahadの2セクションにおいて採取された"ラテライト"層直下の礫層、"ラテライト"層、"ラテライト"層を覆う細粒砂層の試料を用いて、粒度分析及び試料中のスフェリュールの観察・化学分析を行った。その予察的な結果を報告する。

キーワード：小天体衝突、オーストラリア・アジアテクトタイト、衝撃変成石英

Keywords: extraterrestrial impact, Australasian tektite, Shocked quartz

瀬戸内海の近過去堆積物における長鎖アルキルジオール組成を用いた古環境復元の可能性
Distributions of long chain diols in modern sediments from the Seto Inland Sea:
Implications for paleoenvironments

*中村 英人¹、安藤 卓人¹、廣瀬 孝太郎²、浅岡 聡²、沢田 健¹

*Hideto Nakamura¹, Takuto Ando¹, Kotaro Hirose², Satoshi Asaoka², Ken Sawada¹

1.北海道大学大学院理学研究院、2.神戸大学内海域環境教育研究センター

1.Faculty of Science, Hokkaido University, 2.Research Center for Inland Seas, Kobe Univ.

Long chain diols are widely distributed in both marine and freshwater environments. Previous studies have been proposed the use of long chain diols as paleoenvironmental indicators. Various ratios of C₂₈-C₃₂ 1,13-, 1,14- and 1,15-alkyl diols have been proposed as markers for freshwater influence or upwelling (Diol index; Versteegh et al. 1997; Rampen et al., 2008; 2014), as well as a proxy for the past sea surface temperature (Long chain diol index; Rampen et al., 2012). Several distinct organisms have been suggested as biological sources for long chain diols; i.e. marine and freshwater Eustigmatophyte algae (1,13- and 1,15-alkyl diols) and the marine diatom genus *Proboscia* (C₂₈ and C₃₀ 1,14-alkyl diols).

In the present study, we investigate the long chain diol compositions in the surface and subsurface sediment cores from the Seto Inland Sea to examine the relations of diol compositions and environmental factors in the coastal region. The cores were taken from Osaka Bay and Harima-nada Bay (eastern part of Seto Inland Sea), in which lengths are 20 cm and 40 cm, respectively. These cores are divided and analyzed in every 5 cm (12 samples).

The long chain diols predominantly consist of C₃₀ and C₃₂ 1,15-alkyl diols in both Osaka Bay and Harima-nada Bay. Low abundance of C₂₈ and C₃₀ 1,14-diols implicates the occurrence of the diatom genus *Proboscia* in Seto Inland Sea, however its siliceous tests have not been identified. The rest of long chain diols are probably derived from Eustigmatophyte algae or the other unknown producers. A ratio between C₃₀ and C₃₂ 1,15-alkyl diol is clearly different between Osaka Bay and Harima-nada Bay, while the general distributions of long chain diols are not significantly varied with depth within each location. The relative abundance of C₃₂ 1,15-alkyl diol is higher than most marine sediments reported in previous studies, which possibly attributed to the strong influence by riverine input due to the vicinity to the Yodo River estuary.

Rampen et al., 2008., Earth Planet. Sci. Let. 276, 207-213.

Rampen et al., 2014. Geochim. Cosmochim. Acta 144, 59-71.

Versteegh et al., 1997, Org. Geochem. 27, 1-13.

<!--EndFragment-->

キーワード：長鎖ジオール、真正眼点藻、藻類バイオマーカー、近過去堆積物、沿岸域、瀬戸内海

Keywords: Long chain diols, Eustigmatophyte, algal biomarker, modern sediment, coastal area, Seto Inland Sea

近過去堆積物における珪藻化石群集と藻類バイオマーカーの相関性

Comparison between fossil diatom assemblages and algal biomarkers in modern sediments from Seto Inland Sea.

*廣瀬 孝太郎¹、中村 英人²、安藤 卓人²、浅岡 聡¹、沢田 健²

*Kotaro Hirose¹, Hideto Nakamura², Takuto Ando², Satoshi Asaoka¹, Ken Sawada²

1.神戸大学 自然科学系先端融合研究環 内海域環境教育研究センター、2.北海道大学大学院 理学研究院 地球惑星科学部門

1.Research Center for Inland Seas & Department of Planetology, Kobe University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido Univ.

水域生態系において主要な一次生産者である微細藻類は、重要な環境要素の一つであり、同時に有用な環境指標でもある。そのため、微細藻類の時空間変化を明らかにすることは、水域の環境変遷やそれを駆動するシステムを解き明かす上で必須である。しかし、珪藻以外の微細藻類の多くは頑丈な殻をもたないため、堆積物に保存されるその生息情報は一部に限られる。近年、藻類の脂質に関する知見の蓄積や分析精度の向上により、分類群に固有の有機分子（バイオマーカー）に注目して、その動態を明らかにする研究が盛んになってきた。しかし、実際の群集とバイオマーカーの関係を議論した研究は殆どない。以上の背景から、本研究では、近代化にともなう人為富栄養化による珪藻群集の変化が報告されている瀬戸内海の大阪湾と播磨灘で表層コアを採取し、そのコアの珪藻分析とバイオマーカー分析を行い、両者を比較することで、その関係を検討した。それぞれのコア長は20 cmと40 cmで、これらを5 cmごとに分割して計12試料を分析に供した。コアの堆積年代は明らかではないが、近傍の地点での報告（たとえばYasuhara *et al.*, 2007）から、過去数十年間程度と考えられる。

珪藻群集化石は、いずれの試料からも、小型の*Thalassiosira* 属や*Neodelphyneis pelagica* 等、瀬戸内海の既往の報告（廣瀬ほか, 2008）と共通した種が産出した。また総珪藻殻数は、コアを通して大阪湾のほうが播磨灘より多く、このことは生産量の違いを反映していると考えられる。また、大阪湾では、富栄養化を反映した鉛直分布に明瞭な傾向を示さなかったのに対し、播磨灘は、上位に向かって増加する傾向を示した。これに対し、バイオマーカーのうち、多くの微細藻類分類群が有するステロールから明らかに渦鞭毛藻由来である分子（Dinosterol）を除いた総量は、大阪湾より播磨灘の方が多く、またいずれも上位に向かって減少傾向で、珪藻化石とは異なる時空間分布を示した。一方で、珪藻の一部の分類群のみが有する高分枝鎖イソプレノイド(HBI)アルケンは、大阪湾と播磨灘での量比や鉛直変化において、珪藻化石と非常に類似した時空間分布を示した。これらのことは、珪藻殻とバイオマーカーの続成作用に対するバイアスの違いや、珪藻以外の微細藻類分類群の量的影響を反映していると考えられる。講演では、珪藻化石の分類群や、特定の分類群のみが有するバイオマーカー分子についても議論を行う。

引用文献：

Yasuhara *et al.*, 2007., *Limnol. Oceanol.* 69, 225-239.

廣瀬ほか, 2008, 第四紀研究. 47, 273-285.

キーワード：珪藻群集、藻類バイオマーカー、近過去堆積物、沿岸域、瀬戸内海、人為富栄養化

Keywords: diatom assemblage, algal biomarker, modern sediment, coastal area, Seto Inland Sea, human-induced eutrophication

九州大学に保管されている海洋沈降粒子試料 - 高橋コレクション

Sediment trap samples stored in Kyushu University

*岡崎 裕典¹、高橋 孝三²

*Yusuke Okazaki¹, Kozo Takahashi²

1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.北星学園大学社会福祉学部

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University,

2.Hokusei Gakuen University

植物プランクトンが海洋表層で光合成により固定した炭素（有機物）は、海洋沈降粒子として水柱を沈降し、海洋中深層へと輸送される。このプロセスは海洋炭素循環における重要なプロセスである。沈降粒子の質や量の時系列変動を調べるためにセディメントトラップが用いられている。セディメントトラップの形状は漏斗状で、海中に係留することで沈降粒子を捕集する。捕集瓶は予め設定した日時に自動的に回転し、時系列の沈降粒子試料を採集できる。九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門古環境学研究分野には、高橋孝三名誉教授により北太平洋およびその縁辺域を中心とした世界の海域から採集された沈降粒子試料が多数保管されている。これらの試料は、ホルマリン海水に浸ったWet試料と、メンブレンフィルターに濾過後、脱塩、乾燥したFilter試料がある。これらの試料は、海洋炭素循環の動態を理解するための貴重な試料となる。

キーワード：沈降粒子、試料アーカイブ

Keywords: sinking particles, archive sample

モンゴル西部の湖沼堆積物を用いた完新世後期の古環境変動解析

Late Holocene environmental changes in west Mongolia revealed by the lacustrine sediment analyses

*早川 翼¹、勝田 長貴¹、國分（齋藤） 陽子²、長谷部 徳子³、村上 拓馬²、宮田 佳樹³、長谷川 精⁴、長尾 誠也³、川上 紳一¹、柏谷 健二³

*Tsubasa Hayakawa¹, Nagayoshi Katsuta¹, Yoko Saito-Kokubu², Noriko Hasebe³, Takuma Murakami², Yoshiki Miyata³, Hitoshi Hasegawa⁴, Seiya Nagao³, Shin-ichi Kawakami¹, Kenji Kashiwaya³

1.岐阜大学教育学部、2.日本原子力開発機構、3.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.名古屋大学博物館
1.Faculty of Education, Gifu University, 2.Japan Atomic Energy Agency, 3.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4.Nagoya University Museum

本研究で対象とするモンゴル西部は偏西風の影響下であり、アジアモンスーンの直接的な影響を受けない半乾燥地帯である。その気温の年較差は70度と著しく大きく、気候変化に対する陸域環境の応答を研究する上で最適な地域である。この地域の古気候変動は、数万年単位で見ると氷期に乾燥、間氷期に湿潤の繰り返しで特徴づけられる。これはユーラシア北東部の大陸氷床によるブロッキング効果のためである。一方、数百年～数千年スケールの変動については、氷期・間氷期変動とは逆に、温暖乾燥・寒冷湿潤であることがバイカル湖底堆積物の間氷期の記録 (Murakami et al. 2012, QSR) から示唆されている。しかし、その変動要因やメカニズムを検討する上で十分な時間分解能を持ったデータは得られていない。

今回我々は、モンゴル北西部のテルヒンツァーガン湖（以下、TR湖と呼ぶ）と、モンゴル西部のブンツァーガン湖（以下、BT湖と呼ぶ）を対象とし、放射年代測定法（土壌TOCC-14、Pb-210Cs-137）、粒子解析、化学分析などの手法を用いて、そこに記録される古気候・環境変動の解析を行なった。TR湖はバイカル湖集水域内のセレンガ川上流に位置する淡水の湖沼であり、約7000年前に湖北東部のホルゴ火山の噴火活動で生じた溶岩による堰止湖である。一方、BT湖はゴビ砂漠西部の閉鎖系の塩湖であり、流入河川はハンガイ山脈から供給されるハイドラク川を唯一の流入河川に持つ。今回、これらの湖沼で得られたグラビティコアのうち、TR湖コアの2本（全長70 cm）と、BT湖コアの1本（全長30 cm）を用いた。これらコアの堆積年代は放射年代測定によって、TR湖底コアが約3000年（水深20 m）と約6000年（水深8 m）、BT湖底コアが約150年（水深10 m）であった。

TR湖底コアでは、古気温を反映する生物起源シリカ (bioSi) 濃度及び全有機炭素 (TOC) 濃度と、湖水変動となり得る鉱物粒子径 (中央粒径) において顕著な変動が見られた。その変動は、bioSiとTOCによる生物生産量が増加する時期に、粒子径の増加 (湖水レベルの低下) で特徴づけられる。これは、バイカル湖で見られた間氷期の温暖乾燥・寒冷湿潤と整合する。さらに、太陽活動指標 (Solanki et al. 2004, Nature) との対比から、極小期 (シュペラー極小期、マウンダー極小期) にbioSiとTOCの低下 (低生産量) と粒子径の減少 (高水位)、極大期 (中世の温暖期) でbioSiとTOCの上昇 (高生産量) と粒子径の増加 (低水位) となる。さらに、1600年以降の太陽活動が増加傾向を示す期間において、bioSiとTOCの増加が見られる。こうした変動曲線は周波数解析によって、太陽活動周期に対応する約88, 約240, 約2400年の卓越周期を持つことが明らかとなった。一方、BT湖底コアについては、数十年スケールの顕著な炭酸塩量の変動が認められる。これは水位変化に伴う塩濃度変動に起因すると考えられる。炭酸塩量の変動は太陽黒点周期とおおよそ一致し、太陽活動の静穏期に炭酸量の低下 (高水位) となる。また、その周波数解析では約10-20年の卓越周期であった。以上の結果から、アジア大陸半乾燥地域の気候は、太陽活動の影響を強く受けて変動していることが明らかとなった。

キーワード：アジア大陸内陸部、陸域環境の歴史、太陽活動フォーシング

Keywords: Continental interior Asia, History of terrestrial environments, Solar forcing

北東アラビア海から採取された海洋コアの有機物分析にもとづく古海洋学的研究
Late Quaternary paleoceanographic changes in the northeastern Arabian Sea;
Inferred from sedimentary organic matter records.

山下 広大³、*村山 雅史¹、原田 尚美²

Koudai Yamashita³, *Masafumi MURAYAMA¹, Naomi Harada²

1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.高知大学大学院総合人間自然科学研究科

1.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3.Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

現在のインド洋アラビア海は、世界でも有数の一次生産が豊富な海域であることが知られている。有機物の分解過程において、有光層より下層には溶存酸素極少層 (Oxygen Minimum Zone, 以下OMZ)が層厚で存在している。これまでにアラビア海の海洋コアを用いて有機物分析をおこなった報告例は多くあるが、北東アラビア海域のOMZ影響下における報告例は少ない。そこで、本発表では、この海域から採取されたコア試料を用いて、とくに有機物の分析から第四紀後期の生物生産力の変動を含めた古海洋変動を復元することを目的とした。コア試料は、学術研究船「白鳳丸」KH-09-5次航海において、北東アラビア海(17°17'N, 69°04'E, 水深3,500 m)から採取されたER-04試料(コア長 1,350 cm)を用いた。本研究では、海洋コア試料の81層準から、元素分析/同位体比質量分析計(EA/IRMS)を用いて、有機物含有量、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 、 $\delta^{15}\text{N}_{\text{org}}$ の測定をおこなった。それらの結果について報告する。

キーワード：アラビア海、有機物、酸素極小層、窒素同位体

Keywords: Arabian Sea, organic matter, oxygen minimum zone (OMZ), $\delta^{15}\text{N}$

前期始新世「超温暖期」を記録するインド洋深海堆積物の多元素組成データ構造

Multi-elemental data structure of the Indian Ocean deep-sea sediments recording the early Eocene hyperthermals

*安川 和孝^{1,2}、中村 謙太郎¹、加藤 泰浩^{1,2,3}、池原 実⁴

*Kazutaka Yasukawa^{1,2}, Kentaro Nakamura¹, Yasuhiro Kato^{1,2,3}, Minoru Ikehara⁴

1.東京大学大学院工学系研究科、2.千葉工業大学、3.海洋研究開発機構、4.高知大学海洋コア総合研究センター

1.School of Engineering, The University of Tokyo, 2.Chiba Institute of Technology, 3.JAMSTEC, 4.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Multiple transient global warming events occurred during the early Paleogene. The most prominent of these events was the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM) at ~56 Ma, which is characterized by a rapid and extreme global warming by 5-8°C, severe ocean acidification, and a distinct negative carbon isotope excursion in the marine and terrestrial realm. In addition, several PETM-like global warming episodes called 'hyperthermals' during the early Eocene period (56-52 Ma), accompanying rapid and pronounced negative excursions in the carbon isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$), have also been recognized worldwide recently.

Here we have constructed a comprehensive geochemical data set including major- and trace-element contents, $\delta^{13}\text{C}$, and CaCO_3 contents of 250 bulk sediment samples taken from ODP Sites 738 and 752, both located in the Indian Ocean. The analytical results show that the sediments of these cores record multiple carbon isotope excursions and reductions of carbonate contents, probably corresponding to the PETM and some of the early Eocene hyperthermals. We apply Independent Component Analysis to the compositional data matrix, and describe the fundamental structure of the multi-elemental data set on the basis of the extracted geochemical independent components.

キーワード：深海堆積物、インド洋、気候変動、温暖化、独立成分解析

Keywords: deep-sea sediment, Indian Ocean, climate change, hyperthermals, Independent Component Analysis

The warm climate of the Mid to Late Pliocene as seen in MIROC climate modelling experiments

*Wing-Le Chan¹, Ayako Abe-Ouchi^{1,2}

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.Research Institute for Global Change, JAMSTEC

These past few years has seen much interest in the modelling of the warm climate of the Mid to Late Pliocene, approximately 3 million years ago. This period represents the most recent time in the earth's history when atmospheric carbon dioxide levels were comparable to those of today. In this sense, it has drawn much attention because of possible parallels with near future climate, helped by the availability of proxy datasets from the ocean and other sources. Recent interest has been further fuelled by The Pliocene Model Intercomparison Project (PlioMIP) which has brought together the paleodata analysis group, PRISM, and various international climate modelling groups to expand the scientific community's knowledge of this period. Now into its second phase, PlioMIP has set out specific protocols for climate model experimental design, utilizing the latest datasets related to Pliocene vegetation, soils, ice distribution and ocean bathymetry, while concentrating on a time-slice to limit temporal uncertainty

We ran several Pliocene climate modelling experiments using the atmosphere-ocean coupled model, MIROC4m. These include experiments using the boundary conditions specified in the first phase of PlioMIP in addition to one which has incorporated most of the latest datasets from the second phase. Zonal mean surface air temperatures increase by about 10 deg C at high latitudes, accompanied by a decrease in the equator-to-pole temperature gradient. As with many other climate models, the polar amplification appears smaller than that suggested by proxy data in PlioMIP. Initial results from experiments using the latest boundary conditions, in particular a closed Bering Strait, suggest that this amplification is further weakened.

Keywords: Pliocene, Climate modelling, Paleoceanography

南大洋大西洋セクターにおける珪質微化石を用いた古海洋環境復元

Paleoceanographic reconstruction using siliceous microfossils from the Atlantic sector of the Southern Ocean

*加藤 悠爾¹、石野 沙季¹、須藤 斎¹

*Yuji Kato¹, Saki Ishino¹, Itsuki Suto¹

1.名古屋大学大学院環境学研究科

1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

南大洋の新第三系・第四系堆積物は珪藻などの珪質微化石が多産することが知られており、これらを用いた古海洋学的研究が数多く行われてきた。しかし、従来の珪藻化石による古環境復元の取り組みのほとんどは最終氷期以降の比較的新しい時代のみを対象としており、過去の長期間にわたる環境変遷を論じた研究はほとんど無い。また、湧昇流帯に多産する珪藻*Chaetoceros*属の休眠孢子化石や、淡水棲とされる黄金色藻類のシスト化石も産出するため、南大洋の環境変動に関する重要な情報を得られる可能性がある。

そこで本研究では、珪藻・*Chaetoceros*属休眠孢子および黄金色藻シスト化石の産出種・量の変動をもとに、約2000万年間にわたる南大洋における海洋環境変動の復元を試みた。本発表では、南大洋大西洋セクターにおける堆積物試料（ODP Site 689, DSDP Site 513）におけるこれまでの分析結果を報告する。今後、さらに他海域の試料の分析を行い、それらのデータを相互に比較することによって、南大洋広域における海水分布、湧昇流、南極周極流の長期的変動などを復元する予定である。

キーワード：南大洋、珪藻、休眠孢子、黄金色藻シスト、ODP、DSDP

Keywords: the Southern Ocean, diatom, resting spore, chrysophyte cysts, ODP, DSDP

珪質微化石群集に基づく過去630万年間の南大西洋ODP704地点の表層水温変動

SST variation derived from siliceous microfossils at ODP Site 704 in the Southern Atlantic Ocean for the last 6.3Myrs

*小野寺 丈尚太郎¹、関 宰²、堀川 恵司³

*Jonaotaro Onodera¹, Osamu Seki², Keiji Horikawa³

1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.北海道大学低温科学研究所、3.富山大学理学部生物圏環境科学科

1.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC, 2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., 3.Dept. of Environmental Biology and Chemistry, Univ. of Toyama

Reconstruction of sea surface temperature (SST) is one of the important keys to estimate paleo CO₂ variation. Because alkenone SST proxy in higher latitude ocean sometime shows uncertainties due to low alkenone concentration in sediment samples, the SST dataset based on another proxies should be prepared. Biogeographical distribution of silicoflagellate and some diatom taxa corresponds to distribution of cold and subtropical water masses. At ODP Site 704 (46.9°S, 7.4°E, annual SST 5.6°C) in the South Atlantic Ocean, latitudinal migration of subpolar and subtropical surface water masses were estimated for the last 9 million years based on silicoflagellate and diatom fossils in the sediment core samples. Although the fossil preservation was poor in the oldest period from 9 Ma to ~6.3Ma, the extinct genus *Bachmannocena* considered as a temperate or cosmopolitan species was observed for the period. Continuous silicoflagellate occurrence was observed from ~6.3Ma to present. The silicoflagellate-derived climatological SST was 9°C for 6Ma. The subtropical genus *Dictyocha* intermittently dominated the assemblage from ~6Ma to 4.6Ma. When the *Dictyocha* events occurred, the estimated SST temporally rose to 11-12°C. The co-occurrence of cold and subtropical water species probably reflect that the subpolar/subtropical boundary is located around the studied site. After the *Dictyocha* events, SST decreased to ~4°C from 4.6Ma to 2.1Ma. The relative abundance of sea ice-related species in the silicoflagellate assemblages increased from 2.2Ma. The minimum SST reaching to ~0°C was recorded at 1.9Ma. The SST after 1.8Ma usually ranged from 2.5 to 7.4°C except for three samples characterized by high dominance of subtropical species. Long-term trend of silicoflagellate SST was similar to SST proxies by alkenone and Mg/Ca of planktic foraminifer test. However, silicoflagellate SST was usually 2-4°C lower than other SST proxies, and this difference may be partially explained by different seasonality of silicoflagellates, planktic foraminifer, and calcareous nannoplankton. Further evaluation on our SST data is required for the reliable SST reconstruction at this site.

キーワード：珪質鞭毛藻、アルケノン、有孔虫、南大西洋

Keywords: silicoflagellate, alkenone, foraminifer, South Atlantic Ocean