

## 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<sup>1</sup>、佐川 拓也<sup>2</sup>、池原 研<sup>3</sup>、中川 毅<sup>4</sup>、入野 智久<sup>5</sup>、KR15-10 乗船研究者一同

\*Yoshiaki Suzuki<sup>1</sup>, Takuya Sagawa<sup>2</sup>, Ken Ikehara<sup>3</sup>, Takeshi Nakagawa<sup>4</sup>, Tomohisa Irino<sup>5</sup>, 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<sup>1</sup>、\*入野 智久<sup>2</sup>、鈴木 克明<sup>3</sup>、山田 和芳<sup>4</sup>、長島 佳菜<sup>5</sup>、中川 毅<sup>6</sup>、多田 隆治<sup>3</sup>Yoshie Nakai<sup>1</sup>, \*Tomohisa Irino<sup>2</sup>, Yoshiaki Suzuki<sup>3</sup>, Kazuyoshi Yamada<sup>4</sup>, Kana Nagashima<sup>5</sup>, Takeshi Nakagawa<sup>6</sup>, Ryuji Tada<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、\*寺田 圭希<sup>2</sup>

Yoshio Inouchi<sup>1</sup>, \*Yoshiki Terada<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、寺田 圭希<sup>2</sup>、井内 美郎<sup>3</sup>

\*KEISUKE OTSUKA<sup>1</sup>, YOSHIKI TERADA<sup>2</sup>, YOSHIO INOUCHI<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、井内 美郎<sup>2</sup>、大塚 佳祐<sup>3</sup>、寺田 圭希<sup>3</sup>

\*Takashi Suzuki<sup>1</sup>, Yoshio Inouchi<sup>2</sup>, Keisuke Otsuka<sup>3</sup>, Yoshiki Terada<sup>3</sup>

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なることにより、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<sup>1</sup>、香月 興太<sup>1</sup>、園田 武<sup>2</sup>

\*Koji Seto<sup>1</sup>, Kota Katsuki<sup>1</sup>, Takeshi Sonoda<sup>2</sup>

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ボ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<sup>1</sup>、黒木 健太郎<sup>2</sup>、山田 桂<sup>2</sup>\*Tatsuhiko Yamaguchi<sup>1</sup>, Kentaro Kuroki<sup>2</sup>, Katsura Yamada<sup>2</sup>

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/cm<sup>2</sup>/kyr. At 180 mcd, BOARs show a change: BOARs indicates maxima of 0.6-4.2 ind/cm<sup>2</sup>/kyr above 180 mcd (~1.7Ma), whereas BOARs show maxima of 1.7-14 ind/cm<sup>2</sup>/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 O<sub>2</sub> [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 O<sub>2</sub>). 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<sup>1</sup>、岡田 誠<sup>2</sup>

\*Hidetada Yamamoto<sup>1</sup>, Makoto Okada<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、黒川 駿介<sup>1</sup>、多田 隆治<sup>1</sup>

\*Tomohiro Kanzaki<sup>1</sup>, Shunsuke Kurokawa<sup>1</sup>, Ryuji Tada<sup>1</sup>

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 CO<sub>2</sub>, 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<sup>1</sup>、松森 建人<sup>2</sup>、石原 信司<sup>1</sup>、金城 章<sup>1</sup>、成瀬 貫<sup>3</sup>、水山 克<sup>2</sup>、伊勢 優史<sup>4</sup>、坂巻 隆史<sup>5</sup>

\*Ryuji Asami<sup>1</sup>, Taketo Matsumori<sup>2</sup>, Shinji Ishihara<sup>1</sup>, Akira Kinjo<sup>1</sup>, Tohru Naruse<sup>3</sup>, Masaru Mizuyama<sup>2</sup>, Yuji Ise<sup>4</sup>, Takashi Sakamaki<sup>5</sup>

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<sup>1</sup>、鈴木 淳<sup>2</sup>、井上 麻夕里<sup>1</sup>

\*Ai Genda<sup>1</sup>, Atsushi Suzuki<sup>2</sup>, Mayuri Inoue<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、三嶋 悟<sup>1</sup>、大嶺 佳菜子<sup>1</sup>、浅海 竜司<sup>1</sup>、Jin-Ping Chen<sup>2</sup>、Shen Chuan-Chou<sup>2</sup>

\*Ryu Uemura<sup>1</sup>, Satoru Mishima<sup>1</sup>, Kanako Oomine<sup>1</sup>, Ryuji Asami<sup>1</sup>, Chen Jin-Ping<sup>2</sup>, Chuan-Chou Shen<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、植村 立<sup>1</sup>、三嶋 悟<sup>1</sup>、狩野 彰宏<sup>2</sup>、曾根 知実<sup>3</sup>、柏木 健司<sup>4</sup>

\*Kanako Omine<sup>1</sup>, Ryu Uemura<sup>1</sup>, Satoru Mishima<sup>1</sup>, Akihiro Kano<sup>2</sup>, Tomomi Sone<sup>3</sup>, Kenji Kashiwagi<sup>4</sup>

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<sup>1</sup>、三島 壮智<sup>2</sup>、渡邊 裕美子<sup>1</sup>、大沢 信二<sup>2</sup>、田上 高広<sup>1</sup>

\*Tatsuro Shindoh<sup>1</sup>, Taketoshi Mi Mishima<sup>2</sup>, Yumiko Watanabe<sup>1</sup>, Shinji Ohsawa Ohsawa<sup>2</sup>, Takahiro Tagami<sup>1</sup>

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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\delta\text{D}$  were measured for both the drip water and the meteoric water and  $\text{HCO}_3^-$  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  $\text{CO}_2$  showed distinct seasonal variation, indicating that the cave air  $\text{CO}_2$  might be the key to control both  $\text{CO}_2$  degassing and kinetic fractionation of  $\delta^{18}\text{O}$  of the drip water. While  $\text{HCO}_3^-$  showed seasonal and sequential variation as the cave air  $\text{CO}_2$  was lowered,  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  did not show, indicating that  $\text{CO}_2$  degassing does not strongly affect  $\delta^{18}\text{O}$  of the drip water as kinetic fractionation or that  $\text{CO}_2$  hydroxylation and hydration might dominate in the drip water to maintain isotopic equilibrium.

$\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  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  $\delta\text{D}$  of the drip water. Plus,  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  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  $\delta\text{D}$  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  $\delta\text{D}$  of the drip water might be controlled by summer season precipitation, which dominates approximately 80% precipitation amount out of all precipitation around Inazumi Cave.

$\text{CaCO}_3$  farming is now in progress at Inazumi Cave and  $\delta^{18}\text{O}$  of precipitated  $\text{CaCO}_3$  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,  $\delta D$  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<sup>1</sup>、森 大器<sup>1</sup>、狩野 彰宏<sup>1</sup>、柏木 健司<sup>2</sup>

\*Tian Luan<sup>1</sup>, Taiki Mori<sup>1</sup>, Akihiro Kano<sup>1</sup>, Kenji Kashiwagi<sup>2</sup>

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 $\delta^{18}\text{O}$ 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  $\delta^{18}\text{O}$  in Java, Indonesia for paleoclimate proxy

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

\*Ryo Hisamochi<sup>1</sup>, Yumiko Watanabe<sup>1</sup>, Naoyuki Kurita<sup>2</sup>, Masaki Sano<sup>3</sup>, Takeshi Nakatsuka<sup>3</sup>, Miyuki Matsuo<sup>4</sup>, Hiroyuki Yamamoto<sup>4</sup>, Junji Sugiyama<sup>5</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>5</sup>, Takahiro Tagami<sup>1</sup>

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  $\delta^{18}\text{O}$  in tree-ring has been used to reconstruct hydroclimatic and atmospheric circulation, there are only a few paleoclimate reconstruction based on  $\delta^{18}\text{O}$  in tree-ring in Indonesia (Scholleen et al., 2013, Poussart et al., 2004). In this study, we measured tree-ring  $\delta^{18}\text{O}$  in Java Island to explore the possibility of tree-ring  $\delta^{18}\text{O}$  as proxy.

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

We checked the correlation with DMI (Dipole Mode Index). The results show tree-ring  $\delta^{18}\text{O}$  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  $\delta^{18}\text{O}$  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<sup>1</sup>、渡邊 裕美子<sup>1</sup>、久持 亮<sup>1</sup>、津田 敏隆<sup>2</sup>、田上 高広<sup>1</sup>\*Takayuki Arai<sup>1</sup>, Yumiko Watanabe<sup>1</sup>, Ryo Hisamochi<sup>1</sup>, Toshitaka Tsuda<sup>2</sup>, Takahiro Tagami<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、鎌谷 かおる<sup>1</sup>、中塚 武<sup>1</sup>

\*Masaki Sano<sup>1</sup>, Kaoru Kamatani<sup>1</sup>, Takeshi Nakatsuka<sup>1</sup>

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<sup>1,2</sup>、望月 優子<sup>1,2</sup>、中井 陽一<sup>1</sup>、高橋 和也<sup>1</sup>\*Yuma Hasebe<sup>1,2</sup>, Yuko MOTIZUKI<sup>1,2</sup>, Yoichi Nakai<sup>1</sup>, Kazuya Takahashi<sup>1</sup>

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 Woodruff<sup>1</sup>, Kinuyo Kanamaru<sup>1</sup>, Timothy Cook<sup>2</sup>

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 13<sup>th</sup> 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<sup>1,2</sup>、坂井 卓<sup>1</sup>、長谷川 精<sup>2</sup>

\*Ryusei Kuma<sup>1,2</sup>, Takashi Sakai<sup>1</sup>, Hitoshi Hasegawa<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、多田 隆治<sup>1</sup>、Carling Paul<sup>2</sup>、常 昱<sup>1</sup>

\*Toshihiro Tada<sup>1</sup>, Ryuji Tada<sup>1</sup>, Paul Carling<sup>2</sup>, Chang Yu<sup>1</sup>

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と形状、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、スフェリユール(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ユールの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ユールの観察・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<sup>1</sup>、安藤 卓人<sup>1</sup>、廣瀬 孝太郎<sup>2</sup>、浅岡 聡<sup>2</sup>、沢田 健<sup>1</sup>

\*Hideto Nakamura<sup>1</sup>, Takuto Ando<sup>1</sup>, Kotaro Hirose<sup>2</sup>, Satoshi Asaoka<sup>2</sup>, Ken Sawada<sup>1</sup>

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 C<sub>28</sub>-C<sub>32</sub> 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* (C<sub>28</sub> and C<sub>30</sub> 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 C<sub>30</sub> and C<sub>32</sub> 1,15-alkyl diols in both Osaka Bay and Harima-nada Bay. Low abundance of C<sub>28</sub> and C<sub>30</sub> 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 C<sub>30</sub> and C<sub>32</sub> 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 C<sub>32</sub> 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<sup>1</sup>、中村 英人<sup>2</sup>、安藤 卓人<sup>2</sup>、浅岡 聡<sup>1</sup>、沢田 健<sup>2</sup>

\*Kotaro Hirose<sup>1</sup>, Hideto Nakamura<sup>2</sup>, Takuto Ando<sup>2</sup>, Satoshi Asaoka<sup>1</sup>, Ken Sawada<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、高橋 孝三<sup>2</sup>

\*Yusuke Okazaki<sup>1</sup>, Kozo Takahashi<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、勝田 長貴<sup>1</sup>、國分(齋藤) 陽子<sup>2</sup>、長谷部 徳子<sup>3</sup>、村上 拓馬<sup>2</sup>、宮田 佳樹<sup>3</sup>、長谷川 精<sup>4</sup>、長尾 誠也<sup>3</sup>、川上 紳一<sup>1</sup>、柏谷 健二<sup>3</sup>

\*Tsubasa Hayakawa<sup>1</sup>, Nagayoshi Katsuta<sup>1</sup>, Yoko Saito-Kokubu<sup>2</sup>, Noriko Hasebe<sup>3</sup>, Takuma Murakami<sup>2</sup>, Yoshiki Miyata<sup>3</sup>, Hitoshi Hasegawa<sup>4</sup>, Seiya Nagao<sup>3</sup>, Shin-ichi Kawakami<sup>1</sup>, Kenji Kashiwaya<sup>3</sup>

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<sup>3</sup>、\*村山 雅史<sup>1</sup>、原田 尚美<sup>2</sup>

Koudai Yamashita<sup>3</sup>, \*Masafumi MURAYAMA<sup>1</sup>, Naomi Harada<sup>2</sup>

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<sup>1,2</sup>、中村 謙太郎<sup>1</sup>、加藤 泰浩<sup>1,2,3</sup>、池原 実<sup>4</sup>

\*Kazutaka Yasukawa<sup>1,2</sup>, Kentaro Nakamura<sup>1</sup>, Yasuhiro Kato<sup>1,2,3</sup>, Minoru Ikehara<sup>4</sup>

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  $\text{CaCO}_3$  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 Chan<sup>1</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>1,2</sup>

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<sup>1</sup>、石野 沙季<sup>1</sup>、須藤 斎<sup>1</sup>

\*Yuji Kato<sup>1</sup>, Saki Ishino<sup>1</sup>, Itsuki Suto<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、関 宰<sup>2</sup>、堀川 恵司<sup>3</sup>

\*Jonaotaro Onodera<sup>1</sup>, Osamu Seki<sup>2</sup>, Keiji Horikawa<sup>3</sup>

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 CO<sub>2</sub> 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