

## 猪苗代湖ボーリングコア (INW2012) の岩相層序と過去約 2000 年間の珪藻群集変化 diatom assemblages in INW2012 drilling cores from Lake Inawashiro, Tohoku, Japan

廣瀬 孝太郎<sup>1\*</sup>; 長橋 良隆<sup>1</sup>  
HIROSE, Kotaro<sup>1\*</sup>; NAGAHASHI, Yoshitaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 福島大学共生システム理工学研究科  
<sup>1</sup> Fukushima University

猪苗代湖の湖底堆積物は、湖心部付近において掘削されたコア (INW2012) の岩相層序により、下部・中部・上部に3分される。下部 (深度 37.17 - 26.60m) は、砂礫層と細礫や材片を含み上下方向に岩相変化の激しい中粒砂- 砂質シルトからなる。中部 (深度 26.60 - 24.89m) は、材片を希に含み上方に細粒化する極細粒砂- シルトからなる。上部 (深度 24.89 - 0.00m) は、主に明暗色に細互層する粘土層からなり、テフラ層や陸域起源と考えられる重力流堆積物を挟在する。下部・中部・上部は、それぞれ猪苗代湖成立前の河川成堆積物、猪苗代湖形成初期の湖成堆積物、現在と同程度の大水深環境下で形成された湖成堆積物である。また、堆積物中の材片の 14C 年代値から、猪苗代湖が湖として成立したのは約 4 万 2 千年前であり、猪苗代湖層上部の堆積速度は 0.3 - 1.0 (mm/yr) である。本研究では、上部の 2.00 - 0.00 m (過去約 2000 年間) の珪藻分析を行った。講演では、珪藻群集組成変化とそれを駆動する環境変化の詳細について述べる。

キーワード: 猪苗代湖, 湖底堆積物コア, 層序, 珪藻群集, 後期更新世, 14C 年代

Keywords: Lake Inawashiro-ko, lacustrine sediment core, stratigraphy, diatom assemblage, late Pleistocene, 14C dating

## マイワシ魚鱗記録から見つかった様態の異なる二つのレジームシフト Two different types of regime shift appeared in a 2900-yr record of Japanese sardine abundance

加三千宣<sup>2\*</sup>; 山本正伸<sup>2</sup>; 杉本隆成<sup>3</sup>; 武岡英隆<sup>1</sup>

KUWAE, Michinobu<sup>2\*</sup>; YAMAMOTO, Masanobu<sup>2</sup>; SUGIMOTO, Takashige<sup>3</sup>; TAKEOKA, Hidetaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 愛媛大 CMES, <sup>2</sup> 北大地球環境, <sup>3</sup> 東海大文明研究所

<sup>1</sup>CMES, Ehime Univ., <sup>2</sup>Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido Univ., <sup>3</sup>Institute of Civilization, Tokai University,

気候・海洋生態系に認められるレジームシフトは、今後数十年間の水産資源や海洋生態系の急激な変化を占う重要な現象である。レジームシフトは、数十年間続く準安定モード（レジーム）間の急激な遷移と定義付けられ (Minobe 1997; King 2005)、太平洋では PDO やアリューシャン低気圧指数、マイワシ・カタクチイワシの魚種交替に顕著に現れる。これまで海洋からの高解像度の長期記録がほとんどなかったため、太平洋のレジームシフトが長期的にその様態がどのように変化するかについて詳しく議論がなされることはなかった。本研究では、日本周辺を回遊するマイワシのレジームの始まりと終わりが太平洋におけるレジームシフトのタイミングとほぼ同じであることに着目し、マイワシの過去 2900 年間のアバンダンス記録から海洋生態系レジームシフトの変遷過程を明らかにした。その結果、様態の異なる二つのレジームシフトが存在することがわかった。一つは、20 世紀に見られる通常のレジームシフトで、20 - 30 年程度でマイワシレジームの出現・消失を繰り返すレジームシフトである。もう一つは、マイワシアバンダンスの数百年スケール変動に伴ったレジームシフトである。後者のレジームシフトがひとたび起こると、その後 100 年スケールの低水準期（あるいは高水準期）が続く。マイワシアバンダンス記録に基づく、低水準期のマイワシレジームの最大値は 1980 年代におけるマイワシレジームの最大値の 4 分の 1 から 10 分の 1 まで低下する。こうした数百年スケール変動に伴うレジームシフトはカリフォルニア沖やチリ沖のマイワシ、北米の復元 PDO 指数や東アジアの積雪異常指数にも認められ、日本マイワシに認められたレジームシフトは太平洋の気候・海洋生態系レジームシフトとの関連が示唆される。現代の高水準期は、すでに 200 年経過しており、低水準期への移行が懸念される。1990 年頃に起こった最後のレジームシフトが後者のレジームシフトであったかどうかについてのより詳細な研究が今後の気候や魚類資源変動予測にとって重要であろう。

キーワード: レジームシフト, 海洋生態系, マイワシ魚鱗記録, 太平洋, 別府湾

Keywords: regime shift, marine ecosystem, sardine fossil scale record, Pacific, Beppu Bay

## 島根県東部、宍道湖における近年の堆積環境の変化 Modern changes of sedimentary environments in the brackish Lake Shinji, the east part of Shimane prefecture, Japan

瀬戸 浩二<sup>1\*</sup>; 池田 洋子<sup>2</sup>; 山口 啓子<sup>3</sup>; 倉田 健悟<sup>3</sup>  
SETO, Koji<sup>1\*</sup>; IKEDA, Hiroko<sup>2</sup>; YAMAGUCHI, Keiko<sup>3</sup>; KURATA, Kengo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 島根大学汽水域研究センター, <sup>2</sup> 島根大学総合理工学部地球資源環境学科, <sup>3</sup> 島根大学生物資源科学部  
<sup>1</sup>ReCCLE, Shimane Univ., <sup>2</sup>Geoscience, Shimane Univ., <sup>3</sup>Life and Environmental Science, Shimane Univ.

宍道湖は、島根県東部に位置する低鹹汽水湖である。面積は79.1km<sup>2</sup>で東西に長く、水深が6 m未満の湖盆状の形状を示している。湖水は、低塩分の表層水と中塩分の密度躍層及び底層水に区分されるような成層構造を示している。近年、宍道湖では、アオコの大量発生、水草の異常繁茂、ヤマトシジミの漁獲量の低下など、環境異変が起きている。本研究では、宍道湖において2006年と2013年の同時期に行った表層堆積物の広域調査と比較したうえで、2010年から毎月行われているモニタリング調査の結果も含め、この間の堆積環境の変化を明らかにすることを目的としている。

2006年の宍道湖の表層堆積物は、3.5m以浅では砂質、それ以深では泥質堆積物であった。3.5m以深の平均粒径は、深度が深くなるほど細粒になる傾向があり、最深部付近では7.5φを示す。3.5m以浅では、2φ前後の細粒?中粒砂が主体である。全有機炭素(TOC)濃度は、4%以下であった。平均粒径とは、相関係数0.85の高い正の相関が認められ、広域的なTOC濃度の分布は、粒径に大きく依存している。全イオウ(TS)濃度は、1%以下であり、深度が深くなるほど高くなる傾向にある。しかし、水深4.5m以浅では0.2%以下であり、それ以深で急速に増加する。

2013年の表層堆積物は、3.5m以浅では砂質、それ以深では泥質堆積物であった。平均粒径は、2006年と同様であった。TOC濃度は、泥質堆積物において6?8%で、TS濃度は、2%以下であり、深度が深くなるほど高くなる傾向にある。TS濃度は、水深3m以浅で0.2%以下であり、その深度は2006年より明らかに浅くなっている。

2010年からモニタリング地点(宍道湖湖心: SJ01地点)の表層堆積物のTOC濃度は4%?10%の範囲で大きく変化し、夏季に低く、冬季に高い傾向がある。この傾向は、冬季に植物プランクトンの生産性が増加すると考えるより、夏季の降雨に伴う無機碎屑物による希釈効果に起因するものと思われる。さらにTOC濃度は、2010年から2013年の間に増加する傾向が見られた。TS濃度は、0.5?2.0%の範囲で変化し、夏季に高く、冬季に低い傾向を示し、TOC濃度と同様に年々増加する傾向が認められた。これらの変化は、塩分の流入と溶存酸素量の低下の継続によってTS濃度が高くなることを示唆している。

これらの結果から、2006年以降、水質では目立った変化は見られないが、湖底の表層堆積物ではTOC濃度、TS濃度が倍化している。TOC濃度の変化は、富栄養化による植物プランクトンの増加または河川から供給される無機碎屑物の減少が考えられる。TS濃度の変化は、大橋川からの中塩分水の流入の増加とそれらに伴う無?貧酸素環境の長期化に起因していると考えられる。中塩分水の流入の増加は、斐伊川から流入している淡水の減少、日本海の海水準の上昇、大橋川の河床の穿掘による深化などが考えられる。

キーワード: 宍道湖, 表層堆積物, 全有機炭素濃度, 全イオウ濃度, 粒度分析

Keywords: Lake Shinji, Surface sediments, Total organic carbon contents, Total Sulfur contents, Grain size analysis

## 水月湖堆積物中碎屑物の起源とその寄与率の定量復元法 Provenances of detrital materials in the Lake Suigetsu sediment and quantitative evaluation of their mixing ratio

鈴木 克明<sup>1\*</sup>; 多田 隆治<sup>1</sup>; 中川 毅<sup>2</sup>; 長島 佳菜<sup>3</sup>; 原口 強<sup>4</sup>; 五反田 克也<sup>5</sup>; 入野 智久<sup>6</sup>; 杉崎 彩子<sup>1</sup>; SG12/06 プロジェクトメンバー<sup>7</sup>

SUZUKI, Yoshiaki<sup>1\*</sup>; TADA, Ryuji<sup>1</sup>; NAKAGAWA, Takeshi<sup>2</sup>; NAGASHIMA, Kana<sup>3</sup>; HARAGUCHI, Tsuyoshi<sup>4</sup>; GOTANDA, Katsuya<sup>5</sup>; IRINO, Tomohisa<sup>6</sup>; SUGISAKI, Saiko<sup>1</sup>; SG12/06, Project members<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> ニューカッスル大学, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構, <sup>4</sup> 大阪市立大学, <sup>5</sup> 千葉商科大学, <sup>6</sup> 北海道大学, <sup>7</sup> SG12/06 プロジェクト

<sup>1</sup> Univ. Tokyo, <sup>2</sup> Univ. Newcastle, <sup>3</sup> JAMSTEC, <sup>4</sup> Osaka City University, <sup>5</sup> Chiba University of Commerce, <sup>6</sup> Hokkaido University, <sup>7</sup> SG12/06 Project

日本中部に位置する福井県水月湖の堆積物には、1993年、2006年の掘削試料から超高精度、高解像度な深度年代モデルが確立しており、過去の気候変動を高精度・高時間分解能で復元するために理想的な研究対象である。水月湖に流入する碎屑物には、風成塵、周辺斜面からの流入物、隣接する三方湖の集水域から三方湖を介して水月湖に流入する細粒の河川起源懸濁物の3種類があると考えられる。これらの碎屑物の流入メカニズムやフラックスの変動は、それぞれ偏西風の挙動、過去における地震や洪水などの災害、周辺地域の降水史を反映している可能性があり、これらを分離してそれぞれのフラックス変動を復元できれば、西南日本、更には東アジア地域の詳細な古気候記録や自然災害記録を得ることが期待できる。

本研究では、堆積物から薬品処理によって抽出した碎屑物フラクションについて、主要元素分析を行い、その結果の因子分析に基づいて端成分の抽出を行い、更に抽出されたそれぞれの端成分について鉱物組成、色、粒度組成などの指標を用いて特徴づけを行った。さらにこの結果を考えられる供給源の試料や水月湖堆積物中に挟在するイベント層の特徴と比較することでそれぞれの端成分が表す供給源の推定を行い、さらにそれぞれの端成分について、フラックス変動復元を試みた。

キーワード: 水月湖, 退氷期, 完新世, 因子分析, 重回帰分析

Keywords: Lake Suigetsu, Deglaciation, Holocene, Factor analysis, Multi-regression analysis

## 水月湖 SG06/12 コアの碎屑物グラックス・供給源変動が示す Heinrich Event1 の湿潤化 Wetter condition during the Heinrich Event 1? deduced from detrital flux and provenance records from Lake Suigetsu

長島 佳菜<sup>1\*</sup>; 中川 毅<sup>2</sup>; 鈴木 克明<sup>3</sup>; 多田 隆治<sup>3</sup>; 堀内 大嗣<sup>4</sup>; 杉崎 彩子<sup>3</sup>; 五反田 克也<sup>5</sup>; 原口 強<sup>6</sup>; SG06/12 プロジェクトメンバー<sup>7</sup>

NAGASHIMA, Kana<sup>1\*</sup>; NAKAGAWA, Takeshi<sup>2</sup>; SUZUKI, Yoshiaki<sup>3</sup>; TADA, Ryuji<sup>3</sup>; HORIUCHI, Daishi<sup>4</sup>; SUGISAKI, Saiko<sup>3</sup>; GOTANDA, Katsuya<sup>5</sup>; HARAGUCHI, Tsuyoshi<sup>6</sup>; SG06/12, Project member<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, <sup>2</sup> ニューカッスル大学, <sup>3</sup> 東京大学, <sup>4</sup> 海上保安庁, <sup>5</sup> 千葉商科大学, <sup>6</sup> 大阪市立大学, <sup>7</sup> <http://www.suigetsu.org>

<sup>1</sup>JAMSTEC RIGC, <sup>2</sup>University of Newcastle, <sup>3</sup>The University of Tokyo, <sup>4</sup>Japan Coast Guard, <sup>5</sup>Chiba University of Commerce, <sup>6</sup>Osaka City University, <sup>7</sup><http://www.suigetsu.org>

Stalagmites in Chinese caves, loess/paleosol sequence of the Chinese Loess Plateau, and lacustrine sediments in Asian countries are favorable to monitor the past changes in East Asian summer monsoon (EASM). However, not much is known about EASM spatial changes during the last deglaciation mostly due to the large uncertainty in the chronologies of the lacustrine and loess/paleosol sediments.

Lake Suigetsu in Central Japan is known for the varved sediments which cover at least last 70 kyr. Recently, accurate age model is established for SG06 core based on varve counting and more than 800 radiocarbon dates (e.g., Ramsey et al., 2012; Staff et al., 2013). Here we examine the precipitation changes in Central Japan during the last deglaciation from the flux and provenance changes of the detrital materials found in the SG06 core sediment.

We analysed flux of detrital materials for the last glacial part of the SG06 core (1402-1810 cm interval of the SG06 composite depth) with 1 cm resolution (corresponding to 7-13 yrs) and estimated provenance of the detrital materials using chemical and mineral compositions, grain sizes, and electron spin resonance intensity and crystallinity of the quartz. The reconstructed flux of detrital materials are characterized by the millennial-scale increases exceeding 12 mg/cm<sup>2</sup>/yr at 16,600-14,800 and 13,700-12,800 SG06<sub>2012</sub> yr BP and short-lived (decadal to centennial) episodes of higher flux repeated more than thirty times throughout the deglaciation interval.

The grain size, color, chemical composition, and crystallinity of quartz records suggest that the increase of the detrital materials during 16,600-14,800 SG06<sub>2012</sub> yr BP was mainly due to increase of suspended particles supplied from Hasu river through Lake Mikata, that is located immediately upstream of Lake Suigetsu and trapping most of coarse detrital grains. In contrast, the increase of detrital materials during 13,700-12,800 SG06<sub>2012</sub> yr BP likely reflects local slope erosion around the lake and partly the long-distance aeolian transport from the Asian deserts. Our result suggests the wetter condition in Central Japan during the Heinrich Event 1 in contrast to the dry condition in Yangtze River Basin, China, according to the  $\delta^{18}\text{O}$  stalagmite record (Wang et al., 2001).

キーワード: 水月湖, ハインリッヒイベント, 東アジア夏季モンスーン, 碎屑物, 石英

Keywords: Lake Suigetsu, Heinrich Event, East Asian Summer Monsoon, detrital material, quartz



## 北海道礼文島における過去5000年間の極細粒元素状炭素堆積量の変動 Variation of very fine grained elemental carbon deposition to the Rebus Island, Hokkaido, during the last 5 ky

中井 淑恵<sup>1\*</sup>; 入野 智久<sup>1</sup>; 山本 正伸<sup>1</sup>; 宮崎 雄三<sup>1</sup>; 河村 公隆<sup>1</sup>; 山田 和芳<sup>2</sup>; 米延 仁志<sup>3</sup>  
NAKAI, Yoshie<sup>1\*</sup>; IRINO, Tomohisa<sup>1</sup>; YAMAMOTO, Masanobu<sup>1</sup>; MIYAZAKI, Yuzo<sup>1</sup>; KAWAMURA, Kimitaka<sup>1</sup>; YAMADA, Kazuyoshi<sup>2</sup>; YONENOBU, Hitoshi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>北海道大学, <sup>2</sup>早稲田大学, <sup>3</sup>鳴門教育大学

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Waseda University, <sup>3</sup>Naruto University of Education

元素状炭素 (elemental carbon: EC) は、炭素に富み、酸素、水素、硫黄、窒素に乏しい燃焼生成物である。工業化前の EC の主要な供給源はバイオマス燃焼であったが、18 世紀以降は、化石燃料の燃焼がもっとも重要な供給源となっている。EC を含む黒色炭素 (black carbon: BC) は大気中をエアロゾルとして移動し、特に気候に多大な影響をもたらす。EC は地球温暖化を引き起こす 2 番目に強い要因であり、雪氷面のアルベドを低下させる効果を持つ。一方、EC を含むエアロゾルは、放射強制力を弱めることで寒冷化を引き起こすこともある。よって EC の気候への正味の影響を評価することは非常に難しく、化石燃焼による EC と、バイオマス燃焼による EC を区別して評価することは重要である。EC は単一の化学物質ではないが、char と soot の 2 つに大別することが出来る。char は熱分解によって生じ、soot はガス-粒子の転化によって生じる。顕微鏡下で数えることのできる char の粒子を charcoal と呼ぶ。charcoal を数えることで過去の火災を復元した先行研究は数多くあり、後期完新世では、しばしば火災は人間活動と同調している。それゆえ、過去の EC 蓄積量の変動を理解することは、人間活動と気候変動の関係を調べるのに重要である。

EC の分析法はいくつかあり、thermal optical reflectance: TOR 法を検討した。この方法はエアロゾルの EC/OC 分析において主要な手法であり、試料へのレーザーの透過率を測定することによって、分析中の無酸素の昇温過程での熱分解によって生じる EC を評価出来る。TOR 法を堆積物に応用する為に、事前にスクロース、フミン酸、フルボ酸、フラレーレンのサーモグラムを調べた。その結果、酸素雰囲気下、700 °C-850 °C で分解される炭素のフラクションが EC として定義出来る事を確認した。

分析に用いた堆積物サンプルは、礼文島・久種湖から採取された。得られた 5 本のコア間の層序を、岩相、物性を対比することで確立し、<sup>210</sup>Pb、<sup>137</sup>Cs の測定により、表層付近の堆積速度も算出した。コアの表層約 0-1200 cm の範囲の粗粒/細粒比から、堆積環境が深度約 600 cm の層準で海水から淡水環境になると考えられた。EC/OC 分析はおおよそ 0-600cm の範囲で粗粒フラクション、細粒フラクションの両方に対して行った。粗粒 EC はローカルなバイオマス燃焼変動を反映し、細粒 EC はローカル、遠方両方のバイオマス燃焼変動を反映している可能性が示唆された。ローカルなバイオマス燃焼は、深度 521 cm で増加している。217 cm 以深で遠方起源の EC の変動の影響が大きく、深度 217 cm で最大になり、深度 263cm で最小になる事が分かった。長距離輸送の EC は、バイオマス燃焼による供給量の増減だけでなく、遠方起源の EC を運ぶ風の経路変化にも影響されうる。

キーワード: 元素状炭素, バイオマス燃焼, 完新世, 礼文島

Keywords: elemental carbon, biomass burning, Holocene, Rebus Island

## 最近5万年間の広域テフラの年代研究

## Chronological study on widespread tephra for the past 50,000 years in and around Japanese Islands

奥野 充<sup>1\*</sup>; 鳥井 真之<sup>2</sup>; 中村 俊夫<sup>3</sup>

OKUNO, Mitsuru<sup>1\*</sup>; TORII, Masayuki<sup>2</sup>; NAKAMURA, Toshio<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 福岡大・理, <sup>2</sup> 熊本大・自然, <sup>3</sup> 名古屋大・年代セ

<sup>1</sup>Fac. Sci., Fukuoka Univ., <sup>2</sup>Grad. Sch., Sci. Tech., Kumamoto Univ., <sup>3</sup>CCR, Nagoya Univ.

始良 Tn (AT) の発見以降, 多数の広域テフラが知られるようになった. 支笏第1 (Spfa-1) 以降の最近5万年間のテフラは, 放射性炭素 (<sup>14</sup>C) 年代測定法が適用でき, 暦年較正データセット IntCal13 によりすべての暦年較正が可能になった. 一方, 海域や湖沼でのコア試料解析でも, 挟在するテフラの層位や年代が高精度化されている. この発表では, 最近5万年間の広域テフラについての年代学的研究を概観し, 今後を展望する.

キーワード: 広域テフラ, 放射性炭素年代

Keywords: widespread tephra, radiocarbon dating

## IntCal13 と水月湖データによって何が可能になったか The door that the IntCal13 and Suigetsu dataset opened for us all

中川 毅<sup>1\*</sup>; SG06 プロジェクト メンバー一同<sup>1</sup>  
NAKAGAWA, Takeshi<sup>1\*</sup>; SUIGETSU 2006, Project members<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ニューカッスル大学地理学教室

<sup>1</sup>Department of Geography, Newcastle University (UK)

IntCal13 は、それまでの IntCal と何が決定的に違って、それによってどのようなことが可能になったのか。鍵となった水月湖の重要性についてはこれまで繰り返し紹介してきたが、水月湖以外の多くのサイトで研究をおこなうユーザーにとっての意義については、これまで説明する機会がなかった。Intal13 と水月湖の古気候データによってどのようなサイエンスが可能となったのか、なるべく実用の見地からの解説を試みる。

キーワード: IntCal13, 放射性炭素年代測定, 放射性炭素年代較正, 年縞堆積物, 気候変動, 年代対比

Keywords: IntCal13, Radiocarbon dating, Radiocarbon calibration, varved sediment, climate change, age-based correlation



## 木材年輪セルロースの酸素同位体比を用いた新しい高精度年代測定法 A new high resolution dating method using tree-ring cellulose oxygen isotope ratio

中塚 武<sup>1\*</sup>; 佐野 雅規<sup>1</sup>; 許 晨曦<sup>1</sup>; 木村 勝彦<sup>2</sup>  
NAKATSUKA, Takeshi<sup>1\*</sup>; SANO, Masaki<sup>1</sup>; XU, Chenxi<sup>1</sup>; KIMURA, Katsuhiko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 総合地球環境学研究所, <sup>2</sup> 福島大学

<sup>1</sup>Research Institute for Humanity and Nature, <sup>2</sup>Fukushima University

### ●はじめに

年輪幅の変動パターンを、年代既知の木材と年代未知の木材の間でマッチングすることによる年輪年代法は、地層や遺跡、古建築などから得られる木材の年代を年単位で決定できる極めて精度の高い年代測定法である。年代の決定には、信頼できる年輪幅の標準変動曲線（マスタークロノロジー）が地域毎・樹種毎に作成される必要があるが、北欧やニュージーランドでは現生木と埋没木のデータをつなぎ合せて、Holocene 全体をカバーする年輪幅の標準変動曲線が確立している。年輪には年輪幅以外にも、年代決定に利用できる指標が含まれているが、その一つがセルロースの酸素同位体比である。本講演では、年輪セルロース酸素同位体比を用いた新しい年輪年代法の特長と現在の到達点及び、その発展に向けた課題について、詳しく紹介する。

### ●酸素同位体比年輪年代法の原理と特長

年輪セルロースの酸素同位体比は、降水の同位体比と相対湿度と言う2つの気象因子によって物理化学的に規定され、その経年変動パターンは、年輪幅とは違って生理生態学的な影響を受けにくいことが特徴である。それ故、第一に個体間での変動の相関が高く、年代決定の成功率も高くなる。第二に同じ地域で同じ時期に成長した樹木個体であれば、異なる樹種でも同じ変動パターンを示すので、年輪数の多いスギやヒノキから得られた酸素同位体比の標準変動曲線が、他のあらゆる樹種の木材の年代決定に利用可能である。そのため、現在、過去数千年間の Late Holocene 全体を対象に、急速に日本各地で酸素同位体比クロノロジーが構築されつつある。年輪酸素同位体比クロノロジーは、考古遺跡や古建築、洪水堆積物等々から得られる、さまざまな木材の年単位での年代決定に用いられつつあり、文理双方の多くの研究分野に精度の高い新しい年代軸を供給し始めている。

### ●酸素同位体比年輪年代法の成立の経緯

酸素同位体比年輪年代法が、急速に現実化してきた背景には、2つの分析化学上の進歩があった。1つは、熱分解元素分析計と同位体比質量分析計のオンライン装置の登場（2000年）、もう1つは、セルロースを迅速に木材から抽出する板ごと抽出法の開発（2010年）である。木材のような有機物に含まれる酸素は、ガス化する際に酸化剤の酸素の混入が避けられないため、その同位体比を測定することは至難の業であったが、1400℃の高温炉を用いて無酸素雰囲気下で有機物をCOに熱分解し、それをオンラインで同位体比質量分析計に送り込む装置が開発されたことで、樹木年輪のような莫大な数の試料の酸素同位体比の分析が可能になった。一方で年輪からのセルロースの抽出も、その数の多さゆえに大変時間のかかる作業であったが、演者らの研究室で、木材を厚さ1mmの薄板にして板のまま化学処理を行い、セルロースだけとなった薄板から年輪を切り取る「板ごと抽出法」を開発した結果、いよいよ酸素同位体比年輪年代法を現実化する準備が整った。

### ●酸素同位体比年輪年代法の課題と展望

年輪幅の測定に比べると遥かに手間はかかるが、年輪セルロース酸素同位体比の分析が迅速化した結果、膨大な数の木材試料のデータが続々と出てくるようになり、さまざまな知見が積み重ねられつつある。その中では、新しい年代データが新しい学問の進歩を促す、多くの成功例もあるが、さまざまな課題も見えてきている。ここでは、その課題のいくつかを紹介し、今後の方向性について議論したい。【樹種の違い】年輪酸素同位体比は、樹種の違いを越えて対比できることが特長であり、特に針葉樹同士や針葉樹と落葉広葉樹の間の相関は高い。しかし常緑広葉樹とは未だ十分な対比が出来ておらず、光合成期間の違いなどが影響している可能性がある。現生木の網羅的分析により、樹種毎の特性の違いを明らかにしていく必要がある。【広域の相関】酸素同位体比のマスタークロノロジーは、気候条件の異なる地域毎に構築する必要があるが、本州南部から中国・四国・九州では、梅雨前線活動の変動を反映して、広域にクロノロジーは良く一致する。しかし、冬季の積雪の影響を受ける日本海側では、湧水の影響を受ける湿地帯などと共に、その変動パターンは個体毎に複雑になる可能性があり、現生木による年輪酸素同位体比の空間分布に関する詳細な研究が必要である。【分析の手法】セルロースの「板ごと抽出法」は、酸素同位体比年輪年代法を一気に現実化させた手法であるが、遺跡や地層から発掘される埋没木の中には、セルロース繊維が分解もしくは切断されていて、板ごと抽出の結果、年層が判定不能になるケースも多い。実際には従来のように、切り出した年層から1つ1つセルロースを抽出することで問題が解決する試料も多いので、更なる分析法の効率化が必要である。

MIS30-09

会場:501

時間:4月28日 11:30-12:00

キーワード: 樹木年輪, セルロース, 酸素同位体比, 年輪年代法  
Keywords: tree ring, cellulose, oxygen isotope ratio, dendrochronology

## 石灰質ノジュールを用いた海底古水温推定 Calcareous nodules for sea floor paleothermometry

長谷川 卓<sup>1\*</sup>; 媚山 陽介<sup>2</sup>; 米澤 駿介<sup>2</sup>; 鈴木 崇明<sup>4</sup>; ジェンキンス ロバート<sup>1</sup>; 森 尚仁<sup>3</sup>  
HASEGAWA, Takashi<sup>1\*</sup>; KOBAYAMA, Yosuke<sup>2</sup>; YONEZAWA, Shunsuke<sup>2</sup>; SUZUKI, Takaaki<sup>4</sup>; JENKINS, Robert<sup>1</sup>; MORI,  
Takami<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学理工研究域自然システム学系, <sup>2</sup> 金沢大学自然科学研究科, <sup>3</sup> 金沢大学自然科学研究科 (現・マリンワーク・ジャパン), <sup>4</sup> 金沢大学自然科学研究科 (現・伊藤忠石油開発)

<sup>1</sup> College of Natural Science and Engineering, Kanazawa University, <sup>2</sup> Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, <sup>3</sup> Kanazawa University (currently Marine Work Japan), <sup>4</sup> Kanazawa University (currently Itochu Oil Exp. Co. Ltd.)

古水温は、古環境プロキシの中でも最も重要なパラメーターである。酸素同位体比法は、長年古海洋の分野で用いられてきた古水温計である。海底の水温を見積もるには、炭酸塩軟泥などから抽出する底生有孔虫殻を用いるが、太平洋沿岸のような泥質堆積物が卓越する地域では、再結晶がない個体を複数抽出し、超音波洗浄のうえ電子顕微鏡で観察を行う必要があり、非常に労力を必要とする作業である。泥質岩には石灰質ノジュールが普遍的に産出する。その酸素同位体比温度計への応用に関しては、これまでほとんど議論されていない。本研究では、北海道羽幌地域や大夕張地域などの白亜系から石灰質ノジュールを採集し、産出状況、ノジュール記載、炭酸塩含有量、全有機炭素含有量および酸素同位体比分析に基づき、石灰質ノジュールを用いた古水温推定の可能性について論じる。

海底面直下で形成されたと考えられる構造（生痕によりノジュールを形成する炭酸塩が外部の母岩に抽出された構造があるなど）を持つノジュールと、湧出メタンの硫酸還元に伴い形成されると考えられるノジュールは例外なく底生有孔虫とほぼ同様の値を持っており、海底古水温を反映しているといえる。また湧出メタンの硫酸還元下で形成されたと考えられる一部のノジュールには、海底面直下を示唆する二枚貝（キヌタレガイ）が付着していたことも、このことを支持する。さらにその二枚貝の酸素同位体比を測定したところ、ノジュールの示す古水温とほぼ同じ古水温が得られている。

炭酸塩含有量と酸素同位体比の間には、相関がある。炭酸塩含有量はノジュールの形成された堆積物深度と関連している可能性が高く、含有量の低いノジュールは例外なく底生有孔虫と比べると著しく負側にシフトした酸素同位体比値をとるため、古水温推定に用いることはできないといえる。

羽幌地域産ノジュールの調査の結果、露頭での選別作業と室内での選別作業を行うことにより、効率よく古水温を保持する可能性の高いノジュールを選別することができることが分かった。多数の分析を行い、炭素・酸素同位体比クロスプロットを行うと、酸素同位体比の「上限」に値が収束する。その酸素同位体比値をもって求めた海底古水温が、もっとも合理的な水温推定値であると判断される。その一方で、羽幌のノジュールと同様の記載条件の大夕張産ノジュールは、再結晶が生じていると考えられ、水温推定には適していなかった。これは羽幌と大夕張の堆積物の埋没深度の差が関連していると考えられる。ノジュールは海底直下で形成されても、堆積後の強い圧縮を受ける過程で間隙水がノジュールに浸潤し、ノジュール内の有機物が分解することで二酸化炭素ないし重炭酸イオンが供給されたと考えると、再結晶と約10%程度の著しく低い酸素同位体比値を合理的に説明できる。

キーワード: 炭酸塩, ノジュール, 古水温, 酸素同位体比

Keywords: nodules, paleothermometry, oxygen isotope

## 全ゲノム増幅法を用いた氷河中の花粉1粒ずつの同定 Identification of single pollen grains found in a glacier using a whole genome amplification method

中澤 文男<sup>1\*</sup>; 陶山 佳久<sup>2</sup>; 伊村 智<sup>1</sup>; 本山 秀明<sup>1</sup>

NAKAZAWA, Fumio<sup>1\*</sup>; SUYAMA, Yoshihisa<sup>2</sup>; IMURA, Satoshi<sup>1</sup>; MOTOYAMA, Hideaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 東北大学

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>Tohoku University

氷河から見つかる花粉は、他の堆積物試料から見つかる花粉と異なり、細胞内物質（原形質）を残存しているものが多い。このことは、氷河中の花粉から遺伝情報が取得できる可能性を示唆する。従来の花粉分析は、花粉の形態によって分類群を同定するため、形態の類似した近縁種の識別は難しく、科あるいは属レベルでの同定に留まる場合が多かった。氷河に含まれる花粉をDNA分析しその遺伝情報が得られれば、属より下位の階級で同定が可能となる。そこで本研究では、ロシア・アルタイ山脈にあるペルーハ氷河から採取した表層積雪中のマツ属花粉を用いて、DNA分析から詳細な同定を試みた。マツ属の下位の階級には、2 亜属、4 節、17 亜節、約 111 種が存在する。各マツ属花粉に含まれるゲノムDNAは、全ゲノム増幅法によって増幅し、葉緑体DNAの塩基配列解析を行った。その結果、亜節レベルでの同定が可能となり、さらに花粉種の候補を約 10 種まで絞ることに成功した。

キーワード: 氷河, アイスコア, 花粉分析, マツ属, DNA, 全ゲノム増幅

Keywords: glacier, ice core, pollen analysis, *Pinus*, DNA, WGA



## X線CTを用いた浮遊性有孔虫殻 *Globigerina bulloides* の溶解プロセス Dissolution process of *G. bulloides* shell observed by X-ray CT based on dissolution experiment

岩崎 晋弥<sup>1\*</sup>; 木元 克典<sup>2</sup>; 佐々木 理<sup>3</sup>; 鹿納 晴尚<sup>3</sup>; 本多 牧生<sup>2</sup>; 岡崎 裕典<sup>1</sup>  
IWASAKI, Shinya<sup>1\*</sup>; KIMOTO, Katsunori<sup>2</sup>; SASAKI, Osamu<sup>3</sup>; KANO, Harumasa<sup>3</sup>; HONDA, Makio<sup>2</sup>; OKAZAKI, Yusuke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院理学府, <sup>2</sup>海洋研究開発機構, <sup>3</sup>東北大学博物館

<sup>1</sup>Graduate School of Sciences, Kyushu University, <sup>2</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>3</sup>Tohoku University Museum

海洋生物が形成する炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) は海洋堆積物の主要な構成成分である。生物の殻を構成する炭酸カルシウムにはアラレ石と方解石の2つの結晶形が存在する。特に有孔虫や円石藻が形成する方解石はアラレ石より安定で、海底堆積物中に保存されやすい。炭酸塩堆積物は比較的浅い海洋底に豊富に存在するが深海底には無い。これは炭酸カルシウムの溶解が低温、高圧下で進行するためである。炭酸カルシウムの溶解が急速に進行する水深をリソクライン、海洋表層からの炭酸カルシウムの供給速度と溶解速度が釣り合う水深を炭酸塩補償深度 (CCD) と呼び、炭酸カルシウムはこれら二つの水深で区切られる遷移帯 (Transition zone) で溶解する。 $\text{CaCO}_3$  が溶解するかどうかは、 $\text{CaCO}_3$  の飽和指数 ( $\Omega$ ) によって決定される。

$$\Omega = \frac{[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]}{K_{sp}}$$

$\Omega$ : 飽和指数 ( $\Omega=1$  なら飽和,  $\Omega>1$  なら過飽和,  $\Omega<1$  なら不飽和)  $K_{sp}$ : 溶解度積

炭酸カルシウムの溶解は、海水のアルカリ度を変化させアルカリポンプを通じ海洋炭素循環に影響を与える。そのため多くの古海洋研究者が炭酸カルシウムの溶解に注目し様々な溶解指標を提案した。代表的な溶解指標として浮遊性有孔虫の殻重量および破片率がある。両者は、炭酸カルシウム殻の溶解が進行すると有孔虫殻の重量減少や破壊が起こる、という考えに基づく。しかし、有孔虫殻の溶解プロセスは未だ十分に理解されていない上、いずれの指標も溶解量を定量的に測定できない。そこで本研究は有孔虫殻の溶解プロセスの解明と溶解量の数値化を目的とした。本研究は有孔虫殻の内部構造を含めた溶解プロセスを理解するために、マイクロフォーカス X 線 CT スキャナ (ScanXmate 11000, Comscan Techno 製, 東北大学総合学術博物館に設置) を用い、マイクロメートルスケールの殻内部構造観察を行った。X 線 CT は対象物に X 線を照射しその内部画像を三次元画像として構成する。その際、X 線 CT は X 線の透過度を数値化することで物体の密度 (空隙率) を定量的に測定できる。本研究で用いたマイクロフォーカス X 線 CT スキャナは  $0.8 \mu\text{m}$  の空間分解能を持ち、有孔虫殻内部の微細構造と密度分布を測定できる。本研究では実験水槽内で現生有孔虫殻を溶解させる溶解実験を実施し、有孔虫殻の溶解プロセス解明と殻溶解量の数値化を行った。その後、溶解実験の成果を海底表層堆積物試料へ適用した。

本研究ではまず、有孔虫殻の溶解プロセスを調べるため実験水槽内で時系列の溶解実験を行い、人為的に溶解させた有孔虫殻の内部構造と密度分布の変化を X 線 CT により観察した。北西太平洋のセディメントトラップ試料 (St. K2) から同サイズの浮遊性有孔虫殻 (*Globigerina bulloides*) を集め、 $\text{CO}_2$  ガスの曝気により炭酸系をコントロールした実験海水中 ( $\Omega \text{ Calcite} = 0.119$ ) で1日から9日間溶解させた。X 線 CT 測定の結果、有孔虫殻は低密度の殻 (初期成長殻・内殻) と高密度の殻 (外殻) で構成されることが明らかになった。また有孔虫殻の溶解は殻中心部の初期成長殻から始まり、その後内殻へと進行した。一方、外殻はほとんど溶解せずに保存された。CT 値の頻度分布 (ヒストグラム) 変化は、殻重量や内部構造の変化に対応しており有孔虫殻の溶解は、初期成長殻と内殻の選択的な溶解によって特徴づけられることを明らかにした。また溶解による CT 値ヒストグラムの変化を定量的に評価する指標として低密度殻体積比 (低密度殻体積の全殻体積に占める比率) を提案し、この指標が溶解量の定量的指標として利用できることを示した。

溶解実験の成果は水槽実験から得られたものであり、同様の溶解プロセスと溶解量の評価方法が堆積物試料に適用できるか検証する必要がある。そこで本研究は、北太平洋高緯度海域の8海域 (水深 969-3135 m) から採取された表層海底堆積物試料中の *G. bulloides* 殻について殻重量および X 線 CT 測定を行った。その結果、有孔虫殻は水深が深くなるほど溶解することがわかった。また堆積物試料の X 線 CT 測定から、溶解実験で示した有孔虫殻の溶解プロセスが堆積物試料にも当てはまることわかった。さらに溶解量の定量的指標として提案した低密度殻体積比は殻重量と比べ測定値のばらつきが小さく、溶解指標として有効であることを示した。

キーワード: 炭酸塩, 浮遊性有孔虫, X 線 CT, 殻重量, 殻密度, 溶解指標

Keywords: carbonate, planktic foraminifera, X-ray CT, shell weight, shell density, dissolution index



## アジア熱帯域の洞窟における現在の洞外気象と石筍成長の関係 Relationship between modern speleothem formation and surface weather in an Asian tropical cave

長谷川 航<sup>1\*</sup>; 渡邊 裕美子<sup>1</sup>; 松岡 廣繁<sup>1</sup>; 大沢 信二<sup>2</sup>; 田上 高広<sup>1</sup>

HASEGAWA, Wataru<sup>1\*</sup>; WATANABE, Yumiko<sup>1</sup>; MATSUOKA, Hiroshige<sup>1</sup>; OHSAWA, Shinji<sup>2</sup>; TAGAMI, Takahiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院理学研究科地質学鉱物学教室, <sup>2</sup> 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室

<sup>1</sup>Earth and Planetary Sciences, Graduate school of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup>Geophysics, Graduate school of Science, Kyoto Univ.

### Introduction

For precise climate prediction, it is necessary to reconstruct high time and space resolution paleo-climate (especially past 2000 years) from paleo-climate proxies and assimilate the result to climate model. Tropical Asia, including Indonesia, is well affected by El Nino Southern Oscillation (ENSO). The ENSO does not only directly affect on precipitation in tropical Asia, but also indirectly on middle and high latitude climate through teleconnection [1]. In Indonesia, Watanabe et al. [2] suggested inverse-correlation between  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in speleothems and instrumental precipitation. However, relationship between modern speleothem formation and surface weather is not revealed clearly.

Therefore, the cave monitoring program, which included cave air temperature, relative humidity, airflow current, air  $\text{CO}_2$  concentration monitoring and  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of dripwater and farmed speleothems, was initiated from 2011 in Petruk Cave (Central Java, Indonesia) in order to study the recording mechanism of precipitation variation into the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  fluctuation in speleothems.

### Result and Discussion

Air  $\text{CO}_2$  concentration in Petruk Cave is fluctuated daily and seasonally until over 100 m deep site from the entrance.

It is revealed that cave air  $\text{CO}_2$  concentration may be a significant factor that controls stable isotope value in speleothems, because temperature, humidity and drip rate in Petruk cave are nearly stable.

A scenario of precipitation recording is as follows: (1) surface rainfall cools outside air temperature; (2) cave airflow direction is inverted; (3) outside fresh air flows into the cave and air  $\text{CO}_2$  concentration is dropped; (4)  $\text{pCO}_2$  difference between cave air and dripwater becomes higher and calcite precipitation is promoted; (5)  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  in dripwaters and speleothems are decreased.

In addition to above discussion, we will show you  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values in dripwaters and farmed speleothems and confirm the scenario by these data.

[1] Hastenrath (1991) Climate dynamics of the tropics. [2] Watanabe et al. (2010) Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 293, 90-97.

Keywords: cave monitoring, speleothem, isotope, paleo-climate

## 岐阜県中央部の石筍に記録された数千年スケールの変動 Millennial changes recorded in a stalagmite from central Gifu, Japan

曾根 知実<sup>1</sup>; 狩野 彰宏<sup>1\*</sup>; 森 大器<sup>1</sup>; 奥村 知世<sup>2</sup>  
SONE, Tomomi<sup>1</sup>; KANO, Akihiro<sup>1\*</sup>; MORI, Taiki<sup>1</sup>; OKUMURA, Tomoyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学比文, <sup>2</sup>海洋研究開発機構

<sup>1</sup>SCS Kyushu University, <sup>2</sup>JAMSTEC

岐阜県郡上市から採集した長さ 13cm の石筍は、最終氷期の長いハイアタスを境に、上部が前期?中期完新世に、下部が Marine isotopic stage 3 (MIS-3) に形成したものである。組織的に均質で透明度が高い完新世の部分に対し、下部は全体的に褐色を帯びている。MIS-3 と完新世の酸素同位体比の値を比較すると、MIS-3 の方が 0.5-1.0 パーミルほど高い。この差は中国南部の石筍と同等であり、岐阜県の石筍記録が夏期モンスーンの強い影響を受けていることを示唆する。

この石筍で最も顕著な特徴は下部に認められる幅約 1 cm の周期的変化である。下部石筍が連続的に沈殿したものであれば、U-Th 年代により 56-35 ka に堆積したものと見積もられ、その中に合計 8 回の周期が認定される。これは日本海堆積物に記録された暗色層の出現頻度と一致する。1つの周期の中で、方解石は上方へとゆるやかに透明度を増し、次の周期との境界で急激に褐色を帯びる。酸素同位体比も同様にゆるやかに増加し、次の周期との境界で急激に減少する。

岐阜石筍に記録された数千年スケールの変動はダンスガード・オシュガーイベントに対応すると思われるが、グリーンランド氷床に明瞭に現れない 50-43 ka の周期性もこの石筍には明瞭に現れている。この事は、ダンスガード・オシュガーサイクルの汎世界性を支持するとともに、その起源が必ずしも北大西洋の変動に関わっていなかったことを示唆する。岐阜石筍の酸素同位体比が主に降水量の変化を反映しているのであれば、ゆるやかな寒冷化の時期に降水量が減少し、急激な温暖化の時期に降水量が増加したことになる。

石筍の U-Th 年代は台湾国立大学の沈川洲教授の指導のもとで行った。

キーワード: 石筍, 酸素同位体比, 後期更新世

Keywords: stalagmite, oxygen isotope, late Pleistocene

## 石筍酸素同位体組成から推定した岩手県の過去2000年間の降水量変化と飢饉・災害記録

### Changes in precipitation over the last 2000 yrs recorded in a stalagmite and famine and disaster records in Iwate Pref.

加藤 大和<sup>1\*</sup>; 山田 努<sup>1</sup>  
KATO, Hirokazu<sup>1\*</sup>; YAMADA, Tsutomu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Tohoku University

Stalagmites are excellent archives of terrestrial paleoclimate information. Some of them are formed in caves near the noosphere and may have recorded past climatic changes influenced human activity. Stable oxygen isotopic compositions of stalagmites especially have been utilized in many paleoclimate studies. However, many factors controlling stalagmite oxygen isotopic composition are known and the degrees of their influence varied from region to region. It is not easy to specify the main controlling factor in Northeast Japan, because the climate is influenced by the East Asian Monsoon and surrounding continental and oceanic air masses struggling with each other. Therefore stalagmite climatic studies is not advanced in this region.

We collected growing stalagmite UT-A from Uchimagi-do Cave, Iwate Prefecture, Northeast Japan. UT-A is 25 cm in height and obvious annual growth layers are found entirely under UV light. The age model of UT-A was based on these growth bands and it revealed that the mean growth rate is 0.12 mm/year and the stalagmite has continuously grown over the last 2000 years. In order to specify the major factor controlling isotopic composition of UT-A, we analyzed changes in annual layer thickness and oxygen isotopic composition of the uppermost part of UT-A and examined the correlations between these changes and weather around the cave over the last 30 years. As the changes in  $d^{18}O$  correlates well with the growth rates and amount of precipitation, the oxygen isotopic profiles of UT-A could be interpreted as a proxy of precipitation change over the last 2000 years. The past precipitation deduced from oxygen isotopic composition of UT-A has a 100-200-year cycle and synchronized with famine and disaster caused by excess and lack of precipitation in regional historical records (e.g. Nihon'yanagi, 1968MS). Thus oxygen isotopic composition of stalagmites in Northeast Japan could be a good proxy of past precipitation and we can reconstruct past precipitation and possible famine and disaster events in prehistoric times. Moreover, we may be able to forecast the near future precipitation change in this region by the cyclic fluctuation.

#### Reference

Nihon'yanagi, S., 1968MS. *Small history of famines in Nanbu-Hachinohe Han in the Thousand Years* (in Japanese). Aomori.

キーワード: 石筍, 安定酸素同位体組成, 降水量, 飢饉・災害記録, 内間木洞, 岩手県

Keywords: stalagmite,  $d^{18}O$ , precipitation, famine and disaster records, Uchimagi-do Cave, Iwate Prefecture

## 琉球列島沖永良部島のサンゴ骨格の長期記録 Skeletal records in a long-lived *Porites* coral from Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands

浅海 竜司<sup>1\*</sup>; 玉城 昭太<sup>1</sup>; 土屋 真衣香<sup>1</sup>; 川上 紗弥<sup>1</sup>; 村山 雅史<sup>2</sup>; 井龍 康文<sup>3</sup>  
ASAMI, Ryuji<sup>1\*</sup>; TAMASHIRO, Shota<sup>1</sup>; TSUCHIYA, Maika<sup>1</sup>; KAWAKAMI, Saya<sup>1</sup>; MURAYAMA, Masafumi<sup>2</sup>; IRYU, Yasufumi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学・理, <sup>2</sup> 高知大学・理, <sup>3</sup> 東北大学・院理

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, <sup>2</sup>Kochi University, <sup>3</sup>Tohoku University

Tropical and subtropical ocean-atmosphere interactions play a significant role in global climate changes on seasonal, interannual and decadal timescales. Knowledge of past ocean variability is crucial for understanding and modeling current and future climate. However, spatial and temporal instrumental time series from tropical and subtropical oceans before 1950 are quite limited. There is, therefore, a strong need for high-resolution paleoclimate proxies such as corals and sclerosponges from the oceans that extend beyond the instrumental data.

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. 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 (e.g., Gagan et al., 1998). Long-lived corals are an excellent archive for documenting high temporal resolved time series of thermal and hydrologic changes at sea surface for the last several centuries (e.g., Quinn et al., 1998). Nevertheless, there are a few published long coral records of more than 100 years in the tropical northwestern Pacific (Guam: Asami et al., 2005; Ogasawara: Felis et al., 2009; Ishigaki: Mishima et al., 2010).

We collected a 4.5-m-long skeleton core from a modern *Porites* coral colony in Okinoerabu-jima, Ryukyu Islands on October 2011. Our continuous observational data at the coral living site for the years 2009-2011 are consistent with gridded sea surface temperature and salinity products, suggesting that the site is exposed directly to open sea surface conditions. X-ray images of the coral skeleton showed well-developed annual density bands for the last several centuries. Here we present monthly-to-bimonthly resolved oxygen and carbon isotope composition time series from the coral skeleton to reconstruct secular trend of oceanographic changes before and after the Industrial Revolution. Along with previously published long coral records, our coral-based climate reconstruction will document spatial changes in thermal and hydrologic conditions in the northwestern Pacific for the last several centuries.

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

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

## 北半球高緯度域における沈降粒子フラックスと古海洋環境研究 Particle flux and paleoceanographic studies in the subarctic Pacific and the Arctic Ocean

高橋 孝三<sup>1\*</sup>  
TAKAHASHI, Kozo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 北星学園大学  
<sup>1</sup>Hokusei Gakuen University

時系列セディメントトラップを用いた海洋沈降粒子フラックスの研究に取り組み、生物源オパール、骨格を持つ、放射虫、珪藻、珪質鞭毛藻などの珪質プランクトン群集を中心に、海洋に生息する有殻プランクトンの沈降過程と季節変動、そして初期化石化プロセスについて研究を行ってきた。北海道大学水産学部練習船おしよろ丸による北太平洋亜寒帯域およびベーリング海における沈降粒子フラックス観測を、1989年から2010年まで20年余りにわたって実施し、世界有数の高生物生産域における生物ポンプ稼働効率を実測した。また、国際深海掘削計画（ODP）および統合国際深海掘削計画（IODP）に参加し新生代の海洋環境復元に取り組んだ。IODP Expedition 302 北極海掘削航海では、北極海の水氷形成の始まりと北半球氷河化との関係について初めて科学的知見を得ることに貢献した。IODP Expedition 323 ベーリング海掘削航海では、研究代表者として掘削提案を行い、北極海と太平洋を結ぶゲートウェイであるベーリング海が鮮新世以降どのような海洋環境変遷を経てきたか研究を進めている。

キーワード: 沈降粒子フラックス, ベーリング海, 北極海, 北半球氷床発達, 海洋ゲートウェイ  
Keywords: particle flux, Bering Sea, Arctic Ocean, Northern Hemisphere glaciation, Oceanic gateway



古海洋学における有用なツールとしての石灰質ナノプランクトン及び石灰質ナノ化石  
Calcareous nannoplanktons and nannofossils as useful tools for paleoceanography

岡田 尚武<sup>1\*</sup>  
OKADA, Hisatake<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学  
<sup>1</sup> Hokkaido University

Microfossils are useful tools for paleoceanographic studies in two ways: age identification by detailed biostratigraphy, and reconstruction of sea state such as water temperature, productivity and dynamic properties of water mass. Needless to say, calcareous nannofossils are powerful age-diagnostic tool for oceanic sediments, but because of their minute size, its usefulness for oxygen and carbon isotopic analysis are limited. On the other hand, the unique existence of *Florisphaera profunda*, a deep photic-zone dweller, provide an useful method for paleoproductivity and dynamic analysis of water column. By the way, new discoveries or break through in any disciplines are often resulted from unexpected encounters or conversations between researchers. Personal relationships are also very important factor to progress career and to accomplish scientific achievement for young scientists. Utilizing this opportunity, I will summarize major points for paleoceanographic applications of calcareous nannofossils, and also, I will explain my own experiences of various encounters that resulted fruitful scientific achievements.

キーワード: 古海洋学, 石灰質ナノ化石, 生物層序, 水動力学, 下部有光層  
Keywords: paleoceanography, calcareous nannofossils, biostratigraphy, water dynamics, lower photic-zone

## 氷期・間氷期サイクルの変動メカニズムと古気候モデリング Mechanism of ice age cycle and paleoclimate modeling

阿部 彩子<sup>1\*</sup>  
ABE-OUCHI, Ayako<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所および JAMSTEC

<sup>1</sup> University of Tokyo (AORI) and JAMSTEC

地球科学の古気候 (paleoclimate) 研究の分野は、過去の気候環境を復元し、その変動メカニズムを明らかにすることを目的としている。従来の地質学に間接指標によって気候データ復元する研究手法に加え、物理や化学的手法が盛んに開発されたことで、この分野の研究がとくにこの10?20年大いに進んだ。とくに、「なぜ」「いかに」を明らかにするための気候変動に関するコンピューターシミュレーション (数値モデリング) の手法や、年代を高精度で明らかにする方法の進展はめざましい。100年先あるいはそれより長期の気候の将来予測に関連して、古気候モデリングを行う意味は大きくわけて3つ挙げられる。第一に、実際過去に起った気候変化の再現を通じて気候モデルの信頼性を増すという期待がある。とくに温室効果ガスなどの放射強制力に対して気候システムがどう応答し、どのようなフィードバックプロセスが重要か定量的に調べることは大変重要である。そこで、気温を中心とした気候感度や地域的な気候分布変化について将来予測を古気候データとモデリングで検証するような研究が進められ IPCC 報告書でも多くの紙面が割かれている。第二に、氷床分布 (の海水準への影響) や植生分布さらには炭素循環などの長期の地球システム変化プロセスについてその振る舞いを明らかにすることは重要である。これらの地球システム要素は、変化の時間スケールが100年よりはるかに長く及ぶ性質や、一方で急激な変化を非線形にもたらすことが知られつつあるが、古気候データによる情報と気候や地球システムモデルの高度化が不可欠である。第三に、気候状態の変化のメカニズムをさまざまな事例を通して明らかにすることが期待される。気候変化の時間スケールについては数万年スケール、数千年スケール、数年スケールの急激な温暖化など様々あり、異なる時間スケールの気候変動の関係や気候変動の性質を知る上で古気候研究が重要なことが最近に明らかになりつつある。実際の事象をデータから知り、さらに、気候モデルを併用して原因結果を考察することが必要である。講演では、最近行った氷期サイクルの古気候モデリングを例にとりあげ、古気候モデリングの意味を考える

キーワード: 気候, 古気候

Keywords: climate, paleoclimate

## 北西太平洋における白亜系—古第三系の層序と温室期古環境変動の復元における意義 Cretaceous-Paleogene stratigraphy in Northwest Pacific and its significance for paleoenvironmental study

西弘嗣<sup>1\*</sup>; 高嶋礼詩<sup>1</sup>; 山中寿朗<sup>2</sup>; 折橋裕二<sup>3</sup>; 林圭一<sup>4</sup>; 金綱将也<sup>1</sup>  
NISHI, Hiroshi<sup>1\*</sup>; TAKASHIMA, Reishi<sup>1</sup>; YAMANAKA, Toshiro<sup>2</sup>; ORIHASHI, Yuji<sup>3</sup>; HAYASHI, Kei-ichi<sup>4</sup>; KANETSUNA, Masaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 岡山大学, <sup>3</sup> 東京大学, <sup>4</sup> 北海道立総合研究機構地質研究所

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>Okayama University, <sup>3</sup>The University of Tokyo, <sup>4</sup>Geological Survey of Hokkaido

The Cretaceous – Paleogene period is known as the latest Greenhouse climate in the history of earth. In order to understand ocean – climate system during past Greenhouse climate, numerous attempt has long been made for the marine sequences in the Atlantic and Southern oceans and the Tethyas Sea. The Pacific Ocean was the outstandingly largest ocean during Cretaceous – Paleogene, and it may have played important roles in Earth's ocean – climate system. Despite its importance, very little work has been done to establish detailed paleo-oceanographic changes during Cretaceous – Paleogene. This is largely because most of the Cretaceous – Paleogene Pacific oceanic crusts have subducted under continents, and bad recoveries of Cretaceous – Paleogene sediments of the ODP and DSDP cores from the Pacific sites have prevented researchers from studying paleoenvironmental changes of the Pacific Ocean.

First, we establish the detailed integrated stratigraphy (planktic foraminiferal and dinoflagellate cyst biostratigraphy, carbon isotope stratigraphy and U-Pb dating of tuff beds) of the Cretaceous – Paleogene marine sequences exposed in Hokkaido Japan because the resolution of international stratigraphic correlation of these strata is not enough to identify important climatic and/or extinction events such as the OAEs, K/Pg, PETM and others. The strata used in this study is as follows; the Yezo Group (early Aptian – early Campanian: 125 – 75 Ma), the Nemuro Group (Campanian?– early Eocene: 75?– 53 Ma), the Poronai Formation (late Eocene: 42 – 35 Ma) and the Onbetsu Formation (late Eocene – early Oligocene: 34 – 32 Ma). Our integrated stratigraphy enables to identify the exact horizons of following climatic and extinction events. The Cretaceous Oceanic Anoxic Events (OAEs) of the OAE1a (125.5 – 124 Ma), Leenhardt Level of OAE1b (110 Ma), OAE1c (107 Ma), OAE1d (101 Ma), OAE 2(94 – 93.5 Ma) are identified in the Yezo Group exposed in Oyubari and Tomamae areas. Although no so-called black shales were found in these horizons, evidences of oxygen depletion were identified from the most of these horizon based on the analyses of benthic foraminifera, degree of pyritization and sedimentary structure such as degree of bioturbation. The horizons of the K/Pg (66 Ma) and PETM (Paleocene Eocene Thermal Maximum; 56 Ma) in the Nemuro Group and Late Eocene Warming (37 Ma) in the Poronai Formation exhibit no obvious differences in lithology. Especially, the strata across the K/Pg boundary in the Shiranuka Hill consists of massive mudstone and a few intercalations of thin felsic tuff and turbidite sandstone. The middle – late Eocene cooling (40 – 39 Ma) is characterized by abundant occurrences of glendonites and buliminids (benthic foraminifera) in the middle part of the Poronai Formation, which indicates that cooling and eutrophication of surface water occurred in the northwest Pacific. The prominent positive excursion of oxygen isotope around Eocene/Oligocene boundary (34 – 33.6 Ma) is placed at the top of the Urahoro Group. The overlying Onbetsu Formation includes Oi-1a and Oi-1b of early Oligocene. Flood occurrence of buliminids in the lower part of the Onbetsu Formation suggest that surface water eutrophication occurred in response to global cooling after the Oi-1 glaciation.

The horizons of climatic and extinction in Hokkaido have continuous outcrop without significant hiatus and faults. High resolution analyses of these horizons will improve our understanding of climatic and environmental changes in northwest Pacific during the latest greenhouse period.

キーワード: 白亜紀, 古第三紀

Keywords: Cretaceous, Paleogene

## ミランコビッチ・サイクルと炭素循環が Toarcian 海洋無酸素事変に与えた影響 Milankovitch forcing and carbon cycle during the Toarcian Oceanic Anoxic event

池田 昌之<sup>1</sup>; 堀 利栄<sup>1\*</sup>; 池原 実<sup>2</sup>

IKEDA, Masayuki<sup>1</sup>; HORI, S., Rie<sup>1\*</sup>; IKEHARA, Minoru<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 愛媛大学理工学研究科, <sup>2</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター

<sup>1</sup>Department of Earth Science, Faculty of Science, Ehime University, <sup>2</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

One of the most profound environmental changes in the Mesozoic took place during Toarcian (Early Jurassic), including oceanic anoxia (Toarcian Oceanic Anoxic Event; T-OAE). The T-OAE is characterized by negative carbon isotope excursion (CIE) of up to ~8 ‰. The T-OAE is considered to have resulted from the release of CO<sub>2</sub> by Karoo-Ferrar volcanism and possible methane hydrate dissociation. However, the origin of these perturbations remains strongly debated, primarily due to lack of radiometric age constraints across the T-OAE (e.g. Palfy and Smith, 2000; Kemp et al., 2005, 2011; Suan et al., 2008).

Here we present the orbitally-tuned bio-, and  $\delta^{13}C_{org}$  stratigraphy of the Lower Jurassic deep-sea bedded chert sequence at the Katsuyama-Sakahogi section, in the Inuyama area, central Japan, which covers the T-OAE (Ikeda and Tada, 2013; Ikeda and Hori, in review). The sedimentary rhythms of the bedded chert display a full range of climatic precession related cycles; ~20 kyr cycle as a chert-shale couplet and ~100 kyr, 405 kyr, ~2000 to 4000 kyr cycles as chert bed thickness variations (Ikeda et al., 2010; Ikeda and Tada, 2013). Chert-shale cycles and variations in chert bed thickness are interpreted as resulted from changes in the burial rate of biogenic silica (Hori et al., 1993).

By using 405-kyr eccentricity cycle of constant and stable periodicity (Laskar et al., 2004) observed in the Inuyama bedded chert, we established the astronomical time scale (ATS) by counting 405 kyr cycle (~20 bed cycle; Ikeda and Tada, 2013). Then, this ATS is anchored at the end-Triassic radiolarian extinction level of which age is estimated as 201.4 ± 0.2 Ma based on projection of the U-Pb date measured at the Pucara section, Peru, using the conodont and radiolarian biostratigraphy (e.g. Carter and Hori, 2005; Schoene et al., 2010; Ikeda and Tada, 2013).

This astronomical time scale suggests the absolute ages of the T-OAEs. The timing of two black bedded chert intervals (T-OAEs 1 and 2) and the negative CIE of ~5 ‰ are within the time interval of radiometric ages from the Karoo-Ferrar Lips (Svencen et al., 2007; Jourdan et al., 2008). This result supports the volcanic degassing origin of these carbon cycle perturbations (Palfy and Smith, 2000; Suan et al., 2008).

The termination of black shale deposition occurred at the minimum of 40 kyr obliquity and 100 kyr and 405 kyr eccentricity cycles. These temporal relations imply the possible impacts of these orbital forcing on the stabilization of carbon cycle perturbation through Earth system dynamics, such as weathering and nutrient cycles.

キーワード: ミランコビッチ, 炭素循環, 火成活動, シリカ循環, 水循環

Keywords: Milankovitch cycle, carbon cycle, volcanism, silica cycle, hydrological cycle

## 石灰質ナノ化石からみた中新世～鮮新世の琉球列島の古海洋環境 Paleoceanographic evolution of Miocene to Pliocene mud sea in the Ryukyus based on calcareous nannofossil assemblages

今井 遼<sup>1\*</sup>; 佐藤 時幸<sup>2</sup>; 井龍 康文<sup>1</sup>  
IMAI, Ryo<sup>1\*</sup>; SATO, Tokiyuki<sup>2</sup>; IRYU, Yasufumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院理学研究科地学専攻, <sup>2</sup> 秋田大学大学院工学資源学研究科応用地球科学教室

<sup>1</sup>Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup>Institute of Applied Earth Sciences, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University

琉球列島沖縄本島には、中新統～更新統の島尻層群、更新統の知念層および琉球層群が分布する。島尻層群は主に泥岩と砂岩からなり、琉球層群は主にサンゴ礁およびその周辺海域で形成された石灰岩からなる。両者の間に位置する知念層は、島尻層群と琉球層群との中間的な岩相を示す。この「泥海（島尻層群）」から「サンゴ海（琉球層群）」への岩相変化は、琉球列島の背弧海盆すなわち沖縄トラフの形成により、黒潮が背弧側へ流入したことに関連していると考えられている。我々は、沖縄本島南部で掘削された「南城 R1（掘止深度 2119.49 m）」の試料を用いて、島尻層群（豊見城層・与那原層）の石灰質ナノ化石生層序の確立と石灰質ナノ化石群集解析と岩相層序に基づいた後期中新世から後期鮮新世の古海洋環境復元を目的に研究を行った。その結果、4つの化石基準面が認定され、豊見城層は上部中新統（NN11～NN12；CN9a～CN10a - CN10b）に、与那原層は上部中新統から上部鮮新統（NN12～NN16；CN10a - CN10b～CN12）に対比されることが判明した。豊見城層および与那原層下部堆積時（>8.3～5.3 Ma）は、低いココリス生産量と *Sphenolithus abies* の多産から、貧栄養環境であったと推定される。与那原層中部堆積時（5.3～3.5 Ma）は、ココリス生産量の増加および *small Reticulofenestra* spp. の多産から、富栄養環境への変化が想定される。与那原層上部堆積時（3.5～2.9 Ma）は石灰質ナノ化石の産出頻度が低いことより、再び貧栄養環境へ戻ったと考えられる。島尻層群の堆積相および底生有孔虫に関する先行研究の結果を併せて考察すると、以上の海洋環境の変化は堆積盆地の浅海化に起因すると結論される。これに加え、2013年8月から沖縄本島那覇市奥武山および南城市大里の2地点で実施された地下埋蔵天然ガス試掘調査で取得したカッティング試料の石灰質ナノ化石群集を検討する機会をえたので、その成果を併せて報告する。

キーワード: 石灰質ナノ化石, 中新世, 更新世, 琉球列島, 島尻層群  
Keywords: calcareous nannofossil, Miocene, Pliocene, Ryukyu Islands



## 鮮新世以降の東南極氷床高度の低下：南極寒冷圏システム進化とのリンク East Antarctic deglaciation and the link to global cooling since the Pliocene

菅沼 悠介<sup>1\*</sup>; 三浦 英樹<sup>1</sup>; Zondervan Albert<sup>3</sup>; 奥野 淳一<sup>2</sup>  
SUGANUMA, Yusuke<sup>1\*</sup>; MIURA, Hideki<sup>1</sup>; ZONDERVAN, Albert<sup>3</sup>; OKUNO, Jun'ichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> GNS, Science  
<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>GNS, Science

Reconstructing past variability of the Antarctic ice sheets is essential to understand their stability and to anticipate their contribution to sea level change as a result of future climate change in a high-CO<sub>2</sub> world. Recent studies have reported a significant decrease in thickness of the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) during the last several million years. However, the geographical extent of this decrease and subsequent isostatic rebound remain uncertain and a topic of debate. In this study, we reconstruct magnitude and timing of ice sheet retreat at the Sor Rondane Mountains in Dronning Maud Land, East Antarctica, based on detailed geomorphological survey, cosmogenic exposure dating, and glacial isostatic adjustment modeling. Three distinct deglaciation phases since Pliocene for this sector of the EAIS are identified, based on rock weathering and <sup>10</sup>Be surface exposure data. We estimate that during the Plio-Pleistocene the ice sheet thinned by at least 500 m. This thinning is attributed to the reorganization of Southern Ocean circulation associated with the global cooling into the Pleistocene, which reduced the transport of moisture from the Southern Ocean to the interior of EAIS. The data also show since the Last Glacial Maximum the ice surface has lowered less than ca.50 m and probably started after ca. 14 ka. This suggests that the EAIS in Dronning Maud Land is unlikely to have been a major contributor to postglacial sea-level rise and Meltwater pulse 1A.

## Past 2 Myr Radiolarian Assemblages and Paleoceanographic Changes off the Southwestern Japan (IODP Site C0001)

## Past 2 Myr Radiolarian Assemblages and Paleoceanographic Changes off the Southwestern Japan (IODP Site C0001)

MATSUZAKI, Kenji M.<sup>1\*</sup> ; NISHI, Hiroshi<sup>1</sup> ; SUZUKI, Noritoshi<sup>2</sup> ; HAYASHI, Hiroki<sup>3</sup> ; IKEHARA, Minoru<sup>4</sup> ; GYAWALI, Babu R.<sup>2</sup> ; TAKASHIMA, Reishi<sup>1</sup>

MATSUZAKI, Kenji M.<sup>1\*</sup> ; NISHI, Hiroshi<sup>1</sup> ; SUZUKI, Noritoshi<sup>2</sup> ; HAYASHI, Hiroki<sup>3</sup> ; IKEHARA, Minoru<sup>4</sup> ; GYAWALI, Babu R.<sup>2</sup> ; TAKASHIMA, Reishi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University Museum, Tohoku University (Japan), <sup>2</sup>Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University (Japan), <sup>3</sup>Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University (Japan), <sup>4</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University (Japan)

<sup>1</sup>The Center for Academic Resources and Archives, Tohoku University Museum, Tohoku University (Japan), <sup>2</sup>Institute of Geology and Paleontology, Graduate School of Science, Tohoku University (Japan), <sup>3</sup>Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University (Japan), <sup>4</sup>Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University (Japan)

The effects of Quaternary paleoceanographic events on the Kuroshio Current off the southwestern Japan, including the mid-Pleistocene Transition (MPT) (1,200?700 ka) and the mid-Brunhes event (MBE) (400?300 ka), are poorly documented at this time because of a lack of long core recovering the MBE and the MPT. In this context, this study aims to establish paleoceanography of this region since the Early Pleistocene, using radiolarian assemblages as paleoceanographical proxy. The Holes C0001E and F, drilled by the R/V Chikyu during IODP Expedition 315 at a depth of 2198 m in the Shikoku Basin off the Kii Peninsula on the slope of the Nankai accretionary prism (southern Japan) are used in this study. The upper 190 m LSF sediments cover the Quaternary based on the shipboard results, the dominant lithology consisted of greenish-gray to grayish-green mud. The age model of Site C0001 is based on calcareous nannofossils datums, planktic foraminifers datums, radiolarians datums and *Globorotalia inflata* oxygen isotope stratigraphy. In this study, 240 samples of 20 cc, covering the Early to Middle Pleistocene, were used for radiolarian faunal analysis. The examination of the polycystine radiolarians was performed using an optical microscope at a magnification of 100?400x. In each sample, 400 to 1000 polycystine radiolarians were identified. The radiolarian-based sea surface temperature (rSST) was estimated using a Modern Analogue Technique (MAT). Several warming event is recorded during the Early Pleistocene. However, the strongest warming event is recorded during the MPT, where the subtropical fauna abundances increased consequently.

キーワード: Pleistocene, Paleoceanography, Mid Pleistocene Transition, Radiolarian

Keywords: Pleistocene, Paleoceanography, Mid Pleistocene Transition, Radiolarian

## オホーツク海における環境岩石磁気学手法により推定した過去55万年間の海水変動 Sea-ice conditions in the Okhotsk Sea during the last 550 kyr deduced from environmental magnetism

山崎 俊嗣<sup>1\*</sup>; 井上 聖子<sup>2</sup>; 下野 貴也<sup>2</sup>; 坂本 竜彦<sup>3</sup>; 坂井 三郎<sup>4</sup>

YAMAZAKI, Toshitsugu<sup>1\*</sup>; INOUE, Seiko<sup>2</sup>; SHIMONO, Takaya<sup>2</sup>; SAKAMOTO, Tatsuhiko<sup>3</sup>; SAKAI, Saburo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>3</sup> 三重大学生物資源学部, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>2</sup>Tsukuba University, <sup>3</sup>Mie University, <sup>4</sup>JAMSTEC

オホーツク海における海氷の状態はグローバルな気候変動に応じて変化し、また、それが太平洋中層水の生成を通じてグローバルな海洋循環にも影響する。このため、過去の海氷の状態を復元することは重要である。私たちは、環境岩石磁気学手法により海氷の空間的・時間的変化を復元することを目的として、オホーツク海中央部の3地点で採取された6本のコアの研究を行った。主として相対古地磁気強度を用いて、コア間の対比と年代推定を行った。酸素同位体比層序は、1地点のみで得られている。磁化率の極小は、堆積物の色  $b^*$ 、ARM (非理歴性残留磁化) 磁化率と SIRM (飽和残留磁化) の比 ( $k_{ARM}/SIRM$ )、S 比の極大を伴っている。これらのパラメータは生物源磁性鉱物の陸源磁性鉱物に対する割合が高いことを示し、海洋生産性が増大したことを反映している。FORC 図と IRM 獲得曲線の成分解析結果は、磁化率極小における生物源磁性鉱物の増加を支持している。磁化率が大きいところでは反対に  $b^*$ 、 $k_{ARM}/SIRM$ 、S 比は低く、これらは陸源磁性鉱物の割合が増加したことを示す。陸源磁性鉱物はおそらく IRD として供給された。南部の2地点では、氷期及び融氷期において IRD 供給の指標が増加することから、氷期においても海氷が流動する環境にあったと考えられる。引き続き間氷期初期には、海洋生産性が著しく増加し、ほぼ海氷のない環境であったと考えられる。一方、北部の地点では、IRD の供給は氷期には小さく、間氷期初期に増加した。このことは、氷期には万年結氷した状態にあったことを示すと考えられる。引き続き、南部の2地点より時間的に遅れて海洋生産性が増大した。以上のように、相対古地磁気強度と環境岩石磁気手法は古海洋研究に役立つ。

Keywords: Okhotsk Sea, paleoceanography, environmental magnetism, sea ice, IRD

## 珪藻化石群集変動解析による北西太平洋およびベーリング海における鮮新世-更新世古海洋環境復元 Pliocene and Pleistocene paleoceanography in the northwestern Pacific and the Bering Sea based on diatom analyses

加藤 悠爾<sup>1\*</sup>; 小野寺 丈尚太郎<sup>2</sup>; 須藤 斎<sup>1</sup>; 寺石 瑛人<sup>3</sup>; 高橋 孝三<sup>4</sup>  
KATO, Yuji<sup>1\*</sup>; ONODERA, Jonaotaro<sup>2</sup>; SUTO, Itsuki<sup>1</sup>; TERAISHI, Akihito<sup>3</sup>; TAKAHASHI, Kozo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院 環境学研究科, <sup>2</sup>海洋研究開発機構 地球環境変動領域, <sup>3</sup>NTTコムウェア, <sup>4</sup>北星学園大学 社会福祉学部  
<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup>Research Institute for Global Change, JAMSTEC, <sup>3</sup>NTT COMWARE Co, Ltd., <sup>4</sup>School of Social Welfare, Hokusei Gakuen University

### 1. はじめに

本研究では、北西太平洋域の堆積物試料 (ODP Leg 145 Hole 884B) に含まれる珪藻化石の種構成の変化を 2.5-0 Ma について分析し、本海域における古海洋環境の復元を試みた。さらに、ベーリング海の堆積物試料 (IODP Exp. 323 Holes U1341B, U1343E) に含まれる珪藻化石分析結果 (Onodera et al., in press; Teraishi et al., in press) との比較を行い、ベーリング海・亜寒帯太平洋域全体の海洋環境の変化について考察した。

### 2. 研究方法

Hole 884B では、2.5-0 Ma の層準について 3 m ごと (解像度: ~40 kyr) にサンプリングを行い、各サンプルにつき珪藻殻が計 100 殻になるまで計数した。古環境推定にあたっては、Sancetta (1982) などを参照しながら、環境指標種を Cold-water (冷水種), Sea-ice related (海水関連種), Temperate-water (温水種), Neritic (沿岸種), Open-ocean (外洋種) の 5 つに分類し、2.5-0 Ma における各環境指標種の産出数比の変化を調べた。年代モデルには、珪藻化石および古地磁気の datum を用いた。

### 3. 北西太平洋亜寒帯域 (Site 884) の古海洋

全体として冷水種・外洋種が多く、一方で海水種はほとんど産出しないことから、本海域は、海水は張らないものの寒冷で、かつ沿岸水との混合があまりない海洋環境であったと推定される。また、約 2.2 Ma における温水種の急減は、Koizumi (1985) などで報告された寒冷化イベントを、約 2.3 Ma から見られた海水種や沿岸種の散発的な産出は、亜寒帯水塊の段階的な発達 (Sancetta and Silvestri, 1986) を反映していると考えられる。

### 4. ベーリング海 (Sites U1341, U1343) との比較

全てのサイトで、温水種の急減が見られたが (約 2 Ma), そのタイミングは三者で異なり、南に位置する Site 884 で最も早く (2.2 Ma), Site U1341 (2.1 Ma) と U1343 (1.9 Ma) がそれに続いた。この差異は、寒冷化に伴う亜寒帯循環の強化によるものと考えられる。具体的には、1) 東カムチャツカ海流による Site 884 への寒冷水供給が強化、2) 一方で、比較的温暖なアラスカストリーム起源の海水供給が減少、3) Site U1341 への Near Strait 経由の温暖水供給が減少、というシナリオを考えている。

キーワード: 珪藻, 古海洋, 亜寒帯太平洋, ベーリング海, IODP Expedition 323, ODP Leg 145

Keywords: diatom, paleoceanography, subarctic Pacific, Bering Sea, IODP Expedition 323, ODP Leg 145

## 北半球氷床発達期 (MIS100)における千年スケールの古環境変動の岩石磁気記録 Millennial-scale rock-magnetic variation indicating instability of North Atlantic environments during MIS 100

大野 正夫<sup>1\*</sup>; 佐藤 雅彦<sup>1</sup>; 林 辰弥<sup>2</sup>; 桑原 義博<sup>1</sup>; 北 逸郎<sup>1</sup>  
OHNO, Masao<sup>1\*</sup>; SATO, Masahiko<sup>1</sup>; HAYASHI, Tatsuya<sup>2</sup>; KUWAHARA, Yoshihiro<sup>1</sup>; KITA, Itsuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院地球社会統合科学府, <sup>2</sup>御船町恐竜博物館

<sup>1</sup>Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, <sup>2</sup>Mifune Dinosaur Museum

Ocean thermohaline circulation (THC) plays an important role in global climate change linked with continental ice sheets. To clarify the variation of ocean THC in the early stage of glaciations in the northern hemisphere, we studied a deep-sea sediment core with high sedimentation rate recovered at IODP Site U1314 in the North Atlantic. Rock magnetic study of the sediments during marine oxygen isotope stage (MIS) 100 indicated links between the millennial-scale variability in deep water circulation and iceberg discharge. The observed abrupt decreases of magnetic coercivity associated with ice-rafted debris (IRD) are interpreted to be reduced transport of high-coercivity material from Icelandic source indicating reduced formation of North Atlantic Deep Water (NADW). In these periods, a current from the south, Lower Deep Water, transports sediments with low magnetic coercivity contributed by coarse grained magnetite of continental sources. Repetition of vigorous and weakened NADW production linked to IRD was observed during MIS 100 in a similar manner to that in the last glacial suggests that the regime of climate change in the millennial-scale was already established in the early stage of glaciations in the northern hemisphere.

キーワード: 岩石磁気, 熱塩循環, 北大西洋深層流, 漂流岩屑

Keywords: rock magnetism, thermohaline circulation, North Atlantic Deep Water, Ice rafted debris



## 北極チュクチ海における珪藻化石を用いた完新世古環境復元 Paleoceanographic reconstruction of the Holocene Arctic Chukchi Sea using fossil diatoms

今野 進<sup>1\*</sup>; ジョルダン アール ダブリュー<sup>2</sup>  
KONNO, Susumu<sup>1\*</sup>; JORDAN, R. W.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院 理工学研究院, <sup>2</sup>山形大学 理学部

<sup>1</sup>Graduate School of Sciences, Kyushu University, <sup>2</sup>Faculty of Science, Yamagata University

北極チュクチ海は、ベーリング海からの暖かい海水が流入する北極海の入り口の海域である。北極海の海水減少の一因であるベーリング海からの温海水は、チュクチ海の海水分布によって流れを変えている。地球の気候システムにおいて海水は、太陽光の反射・大気への熱の遮断・海水の低温維持・結氷時の高塩分海水排出による鉛直混合などを担い、大気循環・生物生産・海洋循環などの様々な地球環境に大きな影響を持つ。従ってチュクチ海の過去の海水史の復元は、北極海の気候システム、そして地球の気候システムを理解する上で重要である。しかし、これまでチュクチ海から採取されたピストンコア堆積物は、微化石による詳細な古環境解析には短すぎる、もしくは微化石が全く含まれていないなど微化石解析や年代軸確立の困難や定量的指標の欠如など大きな問題があった。

2005年アメリカ沿岸警備隊砕氷船カッター「Healy」HLY0501航海によりチュクチ海から採取された堆積物コアの解析に取り組み始めた。HLY0501航海により採取された堆積物コアは8カ所あり、従来の研究結果通り6カ所では珪藻化石は産出しなかったが、コア5と8では珪藻化石が観察できたため、珪藻化石分析の結果を示す。

キーワード: チュクチ海, 珪藻, 完新世

Keywords: Chukchi Sea, Diatom, Holocene

## 氷期の急激な気候変動における大西洋深層循環の熱的閾値の役割 Thermal threshold of the Atlantic meridional overturning circulation as a trigger for glacial abrupt climate changes

岡 顕<sup>1\*</sup>; 阿部 彩子<sup>1</sup>; 横山 祐典<sup>1</sup>; 川村 賢二<sup>2</sup>; 羽角 博康<sup>1</sup>

OKA, Akira<sup>1\*</sup>; ABE-OUCHI, Ayako<sup>1</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>1</sup>; KAWAMURA, Kenji<sup>2</sup>; HASUMI, Hiroyasu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup> National Institute of Polar Research

Abrupt climate changes known as Dansgaard-Oeschger events (DO events) took place frequently during glacial climate. Geological evidences support the idea that changes of the Atlantic meridional overturning circulation (AMOC) are related to these events, but question on what triggers the AMOC changes remains unsolved. Although most studies have regarded freshwater flux from melting ice sheet as a cause of the AMOC changes, we recently identified the existence of the thermal threshold of the AMOC during glacial climate. Here, from the results of numerical simulations about the glacial AMOC, we report that the thermal threshold of the AMOC serves as a triggering mechanism of DO events. We investigated the structure of the thermal threshold in glacial climate by conducting ocean general circulation model simulations under various thermal conditions in which degrees of sea surface cooling are systematically changed separately or simultaneously in northern and southern hemispheres. The results suggest that the threshold is located near the condition under which the climate is slightly warmer than the coldest glacial conditions. We also found that the amplitude of AMOC changes in crossing the threshold depends on thermal conditions in northern and southern hemispheres. The most prominent threshold is identified where the southern hemisphere is somewhat warmer than the coldest glacial conditions. It is also demonstrated that gradual warming in the southern hemisphere from the colder glacial climate leads to crossing this threshold and can cause significant strengthening of AMOC. Our results indicate that the thermal threshold could be a triggering mechanism of DO events, especially for those accompanying the gradual warming of southern hemisphere before their abrupt warming in northern hemisphere.

キーワード: 大西洋深層循環, 氷期, DO イベント

## 氷期における南大洋成層化が海洋炭素循環に及ぼす影響の評価 Role of Southern Ocean stratification in glacial atmospheric CO<sub>2</sub> reduction

小林 英貴<sup>1\*</sup>; 岡 顕<sup>1</sup>  
KOBAYASHI, Hidetaka<sup>1\*</sup>; OKA, Akira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

約 80 万年前から現代にかけて、氷期-間氷期サイクルに伴い、大気中二酸化炭素濃度が約 80-100ppmv 程度変動していたことが、氷床コアの記録から明らかにされている。その変動には、海洋が大きく関わっていることが認識されつつあるが、その詳細なメカニズムについては、未だ未解明な点が多い。古気候データから、南大西洋深層では 37.0psu を超える高塩分が示唆され、成層が現代より強くなっていたことが示唆されている。さらに、深海サンゴから得られた  $\Delta^{14}\text{C}$  のデータから、南大西洋で水塊年齢が 3000 年を超えていたことが示されている。これらの証拠から、氷期には南大洋深層を中心に塩分による成層が強く、海洋深層が表層から隔離され、南大洋深層が氷期に炭素の大きな貯蔵庫であった可能性が示唆されている。

本研究の目的は、氷期における南大洋成層化が海洋の炭素循環場に与える影響について、数値モデリングによる定量的な評価を行うことである。まずは、古気候データから示唆される、南大洋深層における高塩分かつ古い水塊年齢を、三次元の海洋大循環モデルを用いて再現することができるかを議論する。その上で、そのような南大洋での変化が大気中二酸化炭素濃度にどの程度影響するのかを評価する。現代 (CTL) と LGM に関する標準実験では、大気中二酸化炭素の濃度は CTL 実験が約 303ppmv、LGM 実験が約 259ppmv で、LGM-CTL 間の大気中二酸化炭素濃度差は、約 44ppmv であった。また、LGM 実験において、データから示唆される南大洋深層における高塩分で古い水塊は再現されなかった。ブラインリジェクション過程を表現することで、氷期の塩分分布は概ね再現できたが、南大洋深層の高密度化に伴う循環構造の変化の影響で、古い水塊年齢や氷期の大気中二酸化炭素濃度は実現されなかった。さらに、塩分成層が鉛直混合を弱くもたらす過程を考慮するため、鉛直拡散係数を成層に依存させた形で与えたところ、高緯度の深層水形成領域で鉛直拡散係数が大きくなり、循環構造の変化が大気中二酸化炭素濃度の増加をもたらした。そこで、南大洋の成層化を想定し、南大洋の鉛直拡散係数を理想的に  $0.1\text{cm}^2\text{s}^{-1}$  とする数値実験を実施したところ、標準実験に比べて約 11ppmv の大気中二酸化炭素濃度の減少が生じたが、南大洋の局所的な成層化による深層への炭素貯蔵の増加だけでは、氷期の低い大気中二酸化炭素濃度を説明できなかった。その後、全海洋で鉛直拡散係数を理想的に  $0.1\text{cm}^2\text{s}^{-1}$  とする実験についても行ったが、その応答は標準実験に比べて約 15ppmv の大気中二酸化炭素濃度の減少に過ぎず、鉛直拡散係数の変化に伴う循環構造の変化だけでは、氷期の低い大気中二酸化炭素濃度は実現するのは困難であった。これらの結果から、炭酸塩補償過程など、今回用いた数値モデルでは表現されない過程の重要性が示唆された。

キーワード: 海洋炭素循環, 最終氷期, 南大洋, 海洋大循環モデル

Keywords: ocean carbon cycle, Last Glacial Maximum, Southern Ocean, Ocean general circulation model