

高解像度古気候観測網：その戦略と展望 High-resolution paleo-observatory network: Strategy and Speculation

多田 隆治^{1*}; 中川 毅²; 池原 研³; 山本 正伸⁴

TADA, Ryuji^{1*}; NAKAGAWA, Takeshi²; IKEHARA, Ken³; YAMAMOTO, Masanobu⁴

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 立命館大学, ³ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁴ 北海道大学大学院地球環境科学研究科

¹Graduate School of Science, the University of Tokyo, ²Ritsumeikan University, ³AIST, ⁴Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University

気候変動は、地球システムの変動の現れであり、地表に現れた現象を様々な時空スケールで観測することは、地球システムのダイナミクスを理解し、変動の影響を評価する上で本質的なことである。その意味で、古気候研究は、こうした視点を支持するデータを提供する事を期待されている。古気候・古海洋学の進展に伴って、様々な代替指標に関する高時間解像度の時系列データが出されるようになり、古気候変動のタイミングや特徴に関する議論が可能になってきた。しかし、未だに、複数の地点で得られた高解像度時系列記録を高い時間精度と解像度で比較する事には大きな困難が伴っている。その結果、広い地域に渡り高空間解像度でカバーしたデータを取得する事も困難である。更に、代替指標の種類、品質も地点により様々で、異なった代替指標同士の校正はほとんど行われていない。

そこで、ここでは、1) 海域および陸域において、古気候学的に鍵となる地点から、第四紀を連続的にカバーし、かつ質の高い古気候・古海洋記録媒体を採取し、2) 複数の地点から採取した記録媒体同士を、高い時間精度と解像度で対比することによって古気候観測網を確立し、3) こうした記録媒体について、高い時間精度と解像度で年代測定して標準となる年代モデルを確立し、それに基づく年代を2) で述べた対比を用いて観測網全体に投影すると共に、4) 記録媒体を様々な代替指標について分析して、相互に校正された高精度、高解像度の古気候・古海洋パラメータを抽出し、5) その結果を統合してデータベース化し、更に再解析データ化する、ための系統的、統合的取り組みを提案したい。また、そうしたデータベースの活用法についても議論したい。

キーワード: 古気候, 古海洋, 観測網, 東アジア, 第四紀, 高解像度

Keywords: paleoclimate, paleoceanography, observatory network, East Asia, Quaternary, high-resolution

統合国際深海掘削計画 (IODP) 346 次航海で採取された縁海海底堆積物の高精度年代決定

Precise age determination of the marginal sea sediments recovered by IODP Expedition 346 "Asian Monsoon"

佐川 拓也^{1*}; 多田 隆治²; 池原 研³; 入野 智久⁴; 板木 拓也³; 杉崎 彩子²; 久保田 好美⁵; 烏田 明典²; Chuang Xuan⁶; 長橋 良隆⁷; 里口 保文⁸; 中川 毅⁹; Murray Richard W.¹⁰; Alvarez-Zarikian Carlos A.¹¹; Expedition 346 Scientists¹¹
SAGAWA, Takuya^{1*}; TADA, Ryuji²; IKEHARA, Ken³; IRINO, Tomohisa⁴; ITAKI, Takuya³; SUGISAKI, Saiko²; KUBOTA, Yoshimi⁵; KARASUDA, Akinori²; CHUANG, Xuan⁶; NAGAHASHI, Yoshitaka⁷; SATOGUCHI, Yasufumi⁸; NAKAGAWA, Takeshi⁹; MURRAY, Richard W.¹⁰; ALVAREZ-ZARIKIAN, Carlos A.¹¹; EXPEDITION 346, Scientists¹¹

¹九州大学大学院理学研究院, ²東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻, ³産業技術総合研究所地質情報研究部門, ⁴北海道大学大学院地球環境科学研究科, ⁵国立科学博物館, ⁶School of Ocean and Earth Science, Univ. of Southampton, ⁷福島大学, ⁸滋賀県立琵琶湖博物館, ⁹立命館大学, ¹⁰Earth & Environment, Boston University, USA, ¹¹Integrated Ocean Discovery Program, Texas A&M University

¹Faculty of Sciences, Kyushu University, ²Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Techn., ⁴Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ⁵National Museum of Nature and Science, ⁶School of Ocean and Earth Science, Univ. of Southampton, ⁷Fukushima University, ⁸Lake Biwa Museum, ⁹Ritsumeikan University, ¹⁰Earth & Environment, Boston University, USA, ¹¹Integrated Ocean Discovery Program, Texas A&M University

High quality sediment sequences are recovered from seven sites in the marginal sea surrounded by the Eurasian Continent, Japanese islands, and Korean Peninsula during the Integrated Ocean Drilling Program Expedition 346 "Asian Monsoon." The sediment sequences from deeper sites are characterized by alternation of dark-light color layers of varied thickness from centimeter to tens of centimeter. Because the dark-light alternation pattern is common to all sites, correlations of the dark-light alternation among sites will provide us precise isochronous surfaces on millennial time-scale. We are trying to construct high precision age model by combining correlations of sediment sequences and several kinds of age constraints, i.e. magnetostratigraphy, biostratigraphy, and tephrochronology. When this is achieved, the well-dated sedimentary records along depth and latitudinal transects will tell us a new insight concerning the East Asian monsoon system during the Quaternary.

Time relationship between the dark layer deposition in the marginal sea and well-dated paleoclimate records is also a key to understand the climate system in terms of the cause-and-effect relationship. In order to investigate this, we propose to construct precise age model by correlating marine sediment off the Wakasa Bay and the varve sediment of Lake Suigetsu using tephra layers as well as invisible "micro tephra" preserved in both sediments. Recently, macrofossil radiocarbon data from the varve sediment of Lake Suigetsu is adopted into the calibration curve IntCal13. Therefore, the correlation between marine and Suigetsu sediments will allow us to investigate time relationship of the dark layer deposition with Dansgaard-Oeschger cycles.

キーワード: 統合国際深海掘削計画, 346 次航海, 東アジアモンスーン, ダンスガードオシュガーサイクル

Keywords: Integrated Ocean Drilling Program, Expedition 346, East Asian monsoon, Dansgaard-Oeschger Cycle

放散虫群集に基づく日本海の表層水温分布と完新世変動の復元 Spatial-temporal reconstruction of Holocene SST in the Japan Sea based on radiolarian assemblages

板木 拓也^{1*}; 本山 功²; 山田 安美³; 松崎 賢史¹; 池原 研¹; 多田 隆治⁴
ITAKI, Takuya^{1*}; MOTOYAMA, Isao²; YAMADA, Yasumi³; MATSUZAKI, Kenji M.¹; IKEHARA, Ken¹;
TADA, Ryuji⁴

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ² 山形大学理学部地球環境学科, ³ マリンワークジャパン, ⁴ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹ Geological Survey of Japan / AIST, ² Department of Earth and Environmental Sciences, Yamagata University, ³ Marine Works Japan Ltd, ⁴ Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

対馬海流は、完新世の日本海に流入する唯一の外洋水の起源として、対馬海峡を介して熱、塩分、栄養塩を東シナ海から運び込み、この海の生物相や気候に大きな影響を与えている。また、極前線が北緯 40 度付近に存在し、日本海北西部では冬季モンスーンに伴う表層水の冷却で深層水が形成される。そのため、日本海の海洋循環を正確に理解するためには、表層水温の分布を明らかにすることは非常に重要である。日本海における完新世の表層水温は、これまで珧藻群集 (Koizumi, 2006)、有孔虫群集 (Lee et al., 2010)、アルケノン分析 (Bae et al., 2014) により見積もられている。しかし、詳細な水温分布を得るには研究例がまだ少なく、また手法によって異なる結果が得られるなど、更なる議論が必要な状況である。珧酸塩の骨格を持つ放散虫は、日本海の深海堆積物から化石として豊富に産出し (e.g., Itaki et al., 2004; 2007)、水塊に対応した深度分布 (Itaki, 2003; Ishitani and Takahashi, 2007; Itaki et al., 2010) および地理分布 (Motoyama et al., submitted) を示すことから、古海洋環境の指標としても有効である。本研究では、日本海の 69 地点から採取された表層堆積物中の放散虫群集 (Motoyama et al., submitted) を World Ocean Atlas 2013 (WOA13) の水温データと比較することで群集と表層水温との関係式を構築し、これを日本海各地から採取された 20 本以上のコアの放散虫群集データに適用して完新世における古水温復元を試みた。その結果、極前線より南では 12.5 ka から 8 ka にかけて急激に表層水温が上昇し、それ以降は周期的な変動が認められた。一方、極前線の北は完新世を通して対馬海流の影響が非常に少なく常に寒冷な環境にあった。

キーワード: 古水温, 微化石, 古海洋学, 極前線

Keywords: paleo sea surface temperature, microfossils, paleoceanography, polar front

鹿島沖深度トランセクトコアによる最終氷期以降の水塊構造復元 Glacial to Holocene changes in watermass structure in the western North Pacific

岡崎 裕典^{1*}; 佐川 拓也¹
OKAZAKI, Yusuke^{1*}; SAGAWA, Takuya¹

¹九州大学

¹Kyushu University

氷期の水塊構造復元は、主に底生有孔虫の炭素安定同位体比に基づいて復元されている。太平洋、特に北太平洋高緯度域では炭酸塩の保存が悪いため大西洋と比べて困難である。Matsumoto et al. (2002, QSR) は限られた底生有孔虫の炭素安定同位体比データをまとめて、最終氷期の太平洋における水塊構造を復元した。その結果、最終氷期の太平洋は水深 2000 m を境界として大きく 2 つの水塊に分かれていたことを示した：上部に栄養塩に乏しくベンチレーションの良い氷期北太平洋中層水、下部に栄養塩豊富でベンチレーションの悪い氷期太平洋深層水。しかし北太平洋の氷期水塊構造復元にはいくつかの問題点がある。(1) 炭酸塩の保存が悪い上に、天皇海山などでは完新世層準の回収率が悪くコアトップキャリブレーションができない、(2) 海底面に生息する底生有孔虫種 (Epifauna) の産出が少ない (特に亜寒帯域)、(3) 代表的な Epifauna である “*Cibicidoides* sp.” の分類があいまい (特に亜寒帯域)。海洋の強い流れは表層、深層ともに西側に偏るため、北太平洋の水塊構造を復元するには北西太平洋から適切な海底堆積物試料を採取する必要がある。現在の代表的な海域として天皇海山列北部、シャツキー海台、下北沖、鹿島沖などが挙げられる。この中で、天皇海山列北部は完新世層準の多くが回収されていない上、堆積場が不安定で放射性炭素年代の逆転がしばしば起きている。シャツキー海台は堆積速度が遅い。下北沖は 2000 m 以深のコアリングポイントに乏しい点と続成の影響により有孔虫の炭素同位体比がしばしば極めて軽い値を示す点に難がある。この中で鹿島沖から採取されたコア試料は、堆積速度が 20 cm/kyr 以上と速く放射性炭素年代の逆転も起こっていない。また、いくつかの広域テフラの教材も報告されており、地域的な海洋レザバー効果を制約できる可能性がある。加えて、Epifauna を含む底生有孔虫もほぼ連続的に産出することも確認されている。したがって、鹿島沖において深度トランセクトコア試料を採取することで、最終氷期以降の水塊構造の復元が期待できる。本発表では鹿島沖深度トランセクトコアを用いた水塊構造復元の意義と実現性について議論する予定である。

キーワード: 水塊構造, 最終氷期, 底生有孔虫, 北西太平洋

Keywords: watermass structure, LGM, benthic foraminifera, NW Pacific

日本海古環境データベース (JSPED) の構築とその応用 Development and application of Japan Sea Paleoenvironmental Database (JSPED)

尾崎 和海^{1*}; 平瀬 祥太郎¹; 草間 優子¹; 岩崎 渉²; 横山 祐典¹; 川幡 穂高¹; 多田 隆治²;
山本 正伸³

OZAKI, Kazumi^{1*}; HIRASE, Shotaro¹; KUSAMA, Yuko¹; IWASAKI, Wataru²; YOKOYAMA, Yusuke¹;
KAWAHATA, Hodaka¹; TADA, Ryuji²; YAMAMOTO, Masanobu³

¹ 東京大学 大気海洋研究所, ² 東京大学 大学院理学系研究科, ³ 北海道大学 大学院地球環境科学研究所

¹AORI, The University of Tokyo, ²Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³Graduate School of Env. Earth Science, Hokkaido University

The Japan Sea has seen fundamental changes in environmental conditions in response to the glacial-interglacial cycles, particularly the spatiotemporal variations of sea surface temperature (SST) and oceanic redox states. These climatically-driven changes along with geochemical and tectonic variations in boundary conditions such as sea-level, patterns of ocean current and oxygen distribution all would have affected evolution and distributions of diverse species. From this point of view, a comprehensive paleoenvironmental database of the Japan Sea will be a powerful tool for elucidating paleoenvironmental variations in geological past, and will provide useful information for testing hypothesis on relationships between past environmental changes and evolution. Here we develop a new database, Japan Sea Paleoenvironmental Database (JSPED), with the aim of a collaboration of paleoceanography and phylogeography. In this study, we will summarize the temporal variations of SST distributions over the last 20 kyr and its relationship with genetic diversity of several fish species in the Japan Sea, and discuss the future direction toward updates of JSPED.

キーワード: 日本海, データベース, 海洋表層水温, 氷期 - 間氷期サイクル, アルケノン

Keywords: The Japan Sea, Database, Sea surface temperature, Glacial-interglacial cycles, Alkenone

古気候研究における高時間分解能データとモデル・シミュレーションの比較について On the comparison of high-temporal resolution data and model simulation in paleoclimate studies

吉森 正和^{1*}; 阿部 彩子²

YOSHIMORI, Masakazu^{1*}; ABE-OUCHI, Ayako²

¹ 北海道大学 大学院地球環境科学研究所, ² 東京大学 大気海洋研究所

¹Hokkaido University, Faculty of Environmental Earth Science, ²The University of Tokyo, Atmosphere and Ocean Research Institute

It is becoming common practice to take parallel approach of climate reconstruction and modelling in paleoclimate studies. Proxy data reveal the fact that the earth experienced in the past, provide opportunity to evaluate the model performance under a wide range of environmental conditions and are used to estimate the fundamental properties of the climate system (e.g., climate sensitivity). Modelling serves as a tool to quantitatively test the proposed hypothesis or to provide a mechanism of the reconstructed climate change. Models may also be used to suggest a location for additional proxy data to be acquired for a particular climatic event or to provide pseudo-proxy data for which statistical reconstruction techniques for limited number of samples are tested. More recently, the data assimilation techniques are applied to paleoclimate reconstruction. In all these studies, classical issues in the data-model comparison (regardless of forward or inverse modelling) are relevant, and we review and discuss them in preparing for the coming era of high-resolution proxy data.

Proxy data are often compared with model simulations along time axis. While the dating errors in the data may be more easily taken into consideration in this approach, there are many aspects that need to be concerned. It is often unclear what spatial scale that the data represent, and whether that spatial scale is resolved in the model. In addition, it is subjective to the bias in simulated spatial patterns because proxies often locate in the sensitive region to the changes in the climate pattern. More meaningful comparison would be made if spatially integrated reconstruction or the climate index constructed from multiple sites is used. It is often unclear whether the reconstructed climate variation represents internal variability inherent in the climate system or the change forced by the condition external to the climate system (e.g., volcanic eruptions). This is not independent from the spatial-scale issue as the internal variability usually predominates in smaller scales. More meaningful comparison would be made for the externally forced change that is demonstrated by the model ensemble simulation.

We highlight these issues by conceptual examples and Pacific Decadal Oscillation simulated in the last millennial simulations.

キーワード: 古気候モデリング, 過去千年, 太平洋十年規模振動

Keywords: paleoclimate modelling, last millennium, Pacific Decadal Oscillation

MD01-2407 コアからみた過去 60 万年間の日本海堆積物の有機炭素量変動 Total organic carbon contents of the MD01-2407 core from Oki ridge, Japan Sea for the last 600 ka

公文 富士夫^{1*}; 滝沢 侑子²

KUMON, Fujio^{1*}; TAKIZAWA, Yuko²

¹ 信州大学理学部, ² 信州大学大学院理工学系研究科

¹Fac. Sci., Shinshu Univ., ²Graduate School of Science and Technology

2001 年に隠岐堆で採取された MD01-2407 コアは堆積物の厚さで 52.28 m あり、その下底の年代は 60 万余年まで遡る。このコアについて有機炭素 (TOC)・全窒素 (TN) 量の測定を 1cm おきに行い、60 万年前までの測定を終えた。その後、とばしていた中間の試料の測定を継続しており、完了すれば平均 125 年ごとの平均濃度の資料となる。TOC の層序的・経年的な変動は、全体として海洋酸素同位体比曲線によく似た変動を示すが、海水準がもっとも高くなる間氷期の層準では不一致である。氷期の TOC 変動は、海洋酸素同位体比に比べて顕著な増減を示し、10 万年前まではグリーンランド氷床の酸素同位体比の変動と、それ以前については南極氷床の酸素同位体比変動とよく同調して変動する。この変動は、下北沖の C9002A, B, C コアで測定された TOC 濃度の経年的変動とも良く似ている。

同じ日本海で採取され、TOC・TN 量が高時間分解能で測定されたコア試料には、上越沖の 3 コア (MD179-2996, 3304, 3312) と秋田沖の 1 コア (MD01-2408) がある。それらのコア試料がカバーする年代の下限は、10 万年とか、20 万年とかで、隠岐堆コアより短い、同じような経年的変動をすることが確認できる。このことは日本海の主要部に共通した生物生産性の変動と、それを保存する高いポテンシャルあったことを示唆する。

日本列島周辺の日本海および太平洋の堆積物試料は、中緯度で、かつ強いモンスーンの影響を受ける地域の優れた気候資料を提供できるものと結論づけられる。

キーワード: 有機炭素量, 隠岐堆, 気候変動, 日本海, プロキシ, MD01-2407

Keywords: organic carbon content, Oki ridge, climate change, Japan Sea, proxy, MD01-2407

IODP Exp.346 日本海第四紀半遠洋性堆積物の明暗層に基づくコア間、サイト間精密対比とその応用 High resolution inter-Site correlation of dark-light layers in the sediments drilled during Exp.346 and its application

烏田 明典^{1*}; 多田 隆治¹; 入野 智久²; Murray Richard³; Zarikian Carlos⁴; Exp.346 Scientists⁵
KARASUDA, Akinori^{1*}; TADA, Ryuji¹; IRINO, Tomohisa²; MURRAY, Richard³; ZARKIAN, Carlos⁴; EXP.346, Scientists⁵

¹ 東京大学 理学系研究科, ² 北海道大学, ³ Boston University, ⁴ Texas A&M University, ⁵ IODP
¹ University of Tokyo, ² Hokkaido University, ³ Boston University, ⁴ Texas A&M University, ⁵ IODP

日本海第四紀半遠洋性堆積物は数百～数千年スケールで繰り返す明暗互層によって特徴づけられ、何らかの過程を通じて半球規模の急激な気候変動と連動していることが示されている (多田 2012)。1989 年に行われた IODP Leg127/128 により 2.5Ma 頃から日本海全域で明暗層が現れ始め、1.5Ma 頃から繰り返しが頻繁になることが判明している (多田 2005)。しかしこの航海で得られたコアはコアギャップにより連続でないため、複数サイト間の明暗層に基づく完全な対比を行うことが不可能であった。

2013 年に行われた Exp.346 Asian Monsoon では過去のサイトを含む日本海全域で 1 Site あたり 3～4 Hole を掘削することにより完全連続な試料の回収に成功した。これにより初めて第四紀を通じた日本海全域の明暗層の完全連続層序の確立とサイト間対比が可能になった。

今研究ではまず、層序の欠落の可能性が最も低いと思われる U1424 地点において、詳細な Hole 間対比を基に完全連続な明暗層層序を確立すると共に、船上で取得されたロギングや MST データについてコア写真との厳密な対比を行ってノイズやずれを補正し、完全連続層序 (改訂された splice) と厳密に対応づけられた連続データ (改訂された spliced data) に編集し直した。同様の作業を深度の異なる U1425, U1426 などについても行い、明暗層に基づいたサイト間の精密対比を確立すると共に、サイト間での色や物性の違いの比較も行う予定である。

キーワード: IODP, 堆積物, 対比, 日本海

Keywords: IODP, Sediment, Correlation, marginal sea

東シナ海表層水の Ba/Ca 比と塩分との関係

A relationship between seawater Ba/Ca ratio and salinity in surface waters in the East China Sea

小平 智弘^{1*}; 堀川 恵司¹; 脇坂 恵都子¹; 張 勁¹; 村山 雅史²

KODAIRA, Tomohiro^{1*}; HORIKAWA, Keiji¹; WAKISAKA, Etsuko¹; ZHANG, Jing¹; MURAYAMA, Masafumi²

¹ 富山大院理工, ² 高知大

¹Graduate school of Sci. and Eng. Univ. of Toyama, ²Univ. of Kochi

Planktonic foraminifera Ba/Ca ratio has been discussed as a paleo-salinity proxy (e.g., Lea and Spero, 1994; Honisch et al., 2011). An advantage of this proxy is that Ba^{2+} incorporation into living planktonic foraminifera shells is linearly dependent on $[Ba^{2+}]$ in the water, with a constant partition coefficient for Ba ($D_{Ba} = 0.15$), independent of environmental parameters such as temperature, salinity, and pH. Applying this proxy to estimate past sea surface salinity requires a modern relationship between seawater Ba/Ca and salinity. In addition, single source for river water might be a prerequisite to make a binary mixing of river waters with high $[Ba^{2+}]$ and saline seawater with low $[Ba^{2+}]$. The Changjiang River accounts for about 90% of the total river discharge in the East China Sea (ECS). Therefore, it is considered that planktonic foraminifera Ba/Ca ratio can be used to estimate paleo-salinity proxy in the ECS.

In this study, we collected surface seawater samples (upper 100 m depth) in the Yellow Sea and the ECS during KH13-4 cruise in early July 2013 (*R/V Hakuho-Maru*), and investigated a relationship between seawater Ba/Ca ratio and salinity in the ECS. Seawater samples were filtered by 0.2 μm membrane filter onboard. Ba/Ca ratios were measured by an isotope dilution method using ICP-MS (HP4500). Analytical precision of Ba/Ca ratio was 0.9%.

Seawater Ba/Ca ratios were strongly correlated with salinity although the Yellow Sea and the ECS represented different regression lines. Freshwater sources in the Yellow Sea represented higher $[Ba^{2+}]$ than the freshwaters in the ECS. In the eastern part of the ECS (i.e., northern Okinawa Trough) where the eastward flowing Changjiang diluted water mixes with the Kuroshio water, we found the following relationship between seawater Ba/Ca and salinity: $Ba/Ca (\mu mol mol^{-1}) = 36.0 - 0.95 \times salinity$ ($r^2 = 0.87$, 0-30 m, 33-34.5 psu). We will also present planktonic foraminifera Ba/Ca ratios of core-top ECS sediments, and discuss the possibility of using shell Ba/Ca ratios as an independent paleo-salinity proxy in the ECS.

キーワード: Ba/Ca, 表層塩分, 東シナ海

Keywords: Ba/Ca, Surface Salinity, East China Sea

中期中新世女川層に見られる orbital-scale の堆積リズムと millennial-scale 変動の関係

Relationship between variabilities of orbital- and millennial-scale sedimentary rhythms in the Onnagawa Formation

黒川 駿介^{1*}; 多田 隆治¹; 板木 拓也²; 高橋 聡¹

KUROKAWA, Shunsuke^{1*}; TADA, Ryuji¹; ITAKI, Takuya²; TAKAHASHI, Satoshi¹

¹ 東京大学地球惑星科学専攻, ² 産業技術総合研究所

¹Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST

It is well known that Late Quaternary climate is characterized by millennial-scale abrupt changes known as Dansgaard-Oeschger cycle [Dansgaard et al., 1993], and the relationship between the millennial-scale variability and orbitally-driven ice volume changes has been explored [Zhang et al., 2014; Tada, 2012]. On the other hand, Tada [1991] demonstrated that the Middle Miocene cm-scale alternations of light- and dark-colored siliceous rocks widely distributed in the Pacific rim reflect millennial-scale paleoclimatic/paleoceanographic variability. Large and unstable ice sheets were present in Antarctica during the Middle Miocene and in the high-latitude northern hemisphere during the Late Quaternary, respectively [Tada, 1990; Zachos et al., 2001]. Because 100-kyr periodicity in the oxygen isotope records of benthic foraminifera, which appears as a result of nonlinear response of ice sheet to the Milankovitch forcing, became dominant in the both ages [Raymo and Lisiecki, 2005; Holbourn et al., 2013], the relationship between millennial-scale variability and 100-kyr periodicity in the oxygen isotope record is suggested. Examination of the relationship between the amplitude and frequency of millennial-scale variability and periodicity of orbitally-driven ice volume changes during the Middle Miocene is essential to better understand the generality and ultimate cause of millennial-scale variability of climate.

Tada [1991] suggested that bedded siliceous rocks observed in the Onnagawa Formation that is widely distributed in northern Japan reflect millennial-scale oceanic variability. However, the timing and duration of millennial-scale variability are not well understood, and the relationship between its variability and periodicities of orbital-scale ice volume changes is not clarified. In this study, we aim to clarify when the Middle Miocene millennial-scale variability became distinct and when it was faded out. We also examine its possible association with 100 ky cyclicity of ice volume changes.

We conducted a field survey in Yashima town, Akita Prefecture and reconstructed the continuous sedimentary records of the Middle Miocene. We constructed the age model based on biostratigraphy. In addition, we defined a silica rank based on the hardness and/or brittleness of the siliceous rocks, extracted cycles of silica rank changes, and applied cyclostratigraphy to fine-tuned the biostratigraphically constrained age model. Based on this age model, we specified the timing of appearance and disappearance of millennial-scale variability, correlated with oxygen isotope curve, and examined the relationship between millennial-scale variability of silica rank and 100-kyr periodicity of benthic oxygen isotope record.

In this presentation, we will demonstrate the applicability of cyclostratigraphy to the Onnagawa Formation to construct more precise age model. We also discuss the relationship between millennial-scale variability of silica productivity and 100-kyr periodicity of ice volume changes.

新生代テフラ研究の課題～テフラ情報学 tephroinformatics の創出にむけて～ Issues of Cenozoic tephra study-for beginning of tephroinformatics

青木 かおり^{1*}

AOKI, Kaori^{1*}

¹ 立正大学地球環境科学部

¹ Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

過去の火山噴火で供給されたテフラは、大気中に拡散し地表に降下して堆積したあと、地層として現在まで保存される。火山の大規模噴火は地質年代上ではほぼ一瞬で終わるイベントであり、遠隔地の地層で同じテフラが発見された場合、そのテフラが堆積したのは同じ時代の当時の地表面であるとみなせる。このような有用性から、テフラは重要な年代指標として考古学、火山学、土壌学、地形学、地史学、古生物学、年代学、防災科学等の地球環境科学の関連諸分野の研究で利用されてきた。近年では、分析装置の長時間自動運転や分析技術の高度化・安定化によって、テフラ（特にテフラ中の火山ガラス）の化学組成データを迅速かつ大量に得られるようになった。微量試料・微小粒子を単粒子で分析する技術が急速に発展したことにより、例えばグリーンランドの氷床コア試料中に介在するヨーロッパの火山由来のテフラや、北米大陸起源のテフラを同定することが可能になってきた。このような研究は、北半球における気候変動の高精度解析をする上で、同一時間面としてテフラを追跡すべき範囲が半球レベルまで広がったことを意味する。また、テフラの同定対比研究をする立場から見ると、火山ガラスの化学組成を基準に給源火山を特定するために、世界各国のテフラに関するデータとマッチングする必要があるということを示唆する。本発表ではクロノロジーの高精度化に関する研究事例と課題、さらにテフラのデータベース構築に関する諸課題について取り上げる。

まず、テフラ編年の高精度化を目指す取り組みの一環として、海底堆積物コア中の D/O サイクル様記録をもとに、日本周辺海底堆積物中に挟在する広域テフラを高精度編年に取り組んだ研究事例について紹介する。北西太平洋海域における D/O サイクル様の変動はベーリング海、オホーツク海、日本海、東シナ海などで認められている。このうち、日本列島からの広域テフラの存在が確認され、D/O サイクル様変動との層位関係を検証が容易なのは日本海とオホーツク海である。日本海では堆積物の明暗パターン、オホーツク海ではアルケノン不飽和度により復元された表層水温変動に D/O サイクル様の変動が認められる。後期第四紀の日本周辺海域でもっとも広範囲での分布が期待されるのは九州中央部阿蘇山から噴出した Aso-4 テフラである。Aso-4 テフラは、日本海の暗色層層序では IS21-22 間の IS22 に近い付近に、オホーツク海の水温パターンでは IS22 の最上部に位置する。両海域に共通する広域テフラは Aso-4 テフラのみであるが、オホーツク海のコアでは屈斜路カルデラ起源の Kc-Sr テフラが IS5 に、Kc-2/3 が IS22 に、Kc-Hb が酸素同位体ステージ 5e-5d に、支笏カルデラ起源の Spfa-1 が IS8-9 に位置すること、日本海のコアでは鬱陵島起源の U-Ym が IS9-10 に、白頭山起源の B-J テフラが IS14 に位置することが確認されている。海底堆積物コア中の D/O サイクル様記録とグリーンランド氷床コアの対比によるテフラの高精度編年は発展途上の研究ではあるが、今後さらなる検討を重ねることで、その確立の可能性が高いものであるといえる。そして岩相観察では肉眼で認識できない海洋コア中のマイクロテフラの認定も含めて研究することで、さらに確度を増したテフラ編年研究が可能であると考えられる。

次に、テフラのデータベース構築についての現状と課題についてふれたい。テフラの特徴を記載したデータ（特に化学組成）をデジタルデータベースとして一元的に集積する必要性は、国内外のテフラ研究者の間で過去 15 年以上にわたって度々話合われている。個人の研究者でデータベースを公開しているケースもあるが、収集する情報の範囲は研究チーム内で扱う研究対象地域に限定され、作成後に情報を定期的にアップデートすることはほとんどないと推察される。多数の研究者が自由に参加しやすい統合されたデータベースを構築するには、データを精査できるテフラ研究者が常に取り組み、異なる研究機関、分析装置で出した分析値の偏差を補正、検索するための最も鍵になる化学組成情報を選別するための統計的なアプリケーションを導入すること（Similarity Coefficients, 判別分析等）、データベースセンターを設置する機関の選定、さらにデータベースを公開したあとに恒久的に維持しつつ、新しい情報をアップデートし続けるだけの仕組みを作る必要があると考えられる。方向性としては、例えばバイオインフォマティクス（bioinformatics；生命情報学）で用いられているゲノム情報集積の仕組みなどが参考になるのではないかと考えている。テフラ研究においてはテフロインフォマティクス（tephroinformatics；テフラ情報学）と銘打ってもよいかもしれない。

キーワード: テフラ, テフラ編年, 火山, D/O サイクル, データベース

Keywords: tephra, tephrochronology, volcano, D/O cycle, database

海と陸のイベントをつなぐテフラの重要性：三陸沖地震・津波イベント堆積物と陸域津波堆積物の対比の例 Importance of marine tephra to connect the events among the different environments: Examples from northern Japan Trench

池原 研^{1*}; 宇佐見 和子¹; 金松 敏也²
IKEHARA, Ken^{1*}; USAMI, Kazuko¹; KANAMATSU, Toshiya²

¹産総研・地質情報, ²海洋研究開発機構
¹Geological Survey of Japan, AIST, ²CEAT, JAMSTEC

テフラは陸域のみならず、湖沼域、海域、雪氷域にも分布する。また、あるテフラは地質学的には同時に堆積したものとみなされるので、陸上露頭、陸域・湖底・海底堆積物コアから雪氷コアをつなぐ重要な鍵層となる。例えば、テフラと他の年代決定手法の組み合わせはこれらの異なる環境下での記録を高精度で対比することを可能にする。三陸沖の日本海溝陸側斜面下部や日本海溝底の堆積物には日本海溝で過去に発生した巨大地震や津波により形成されたと考えられるイベント堆積層が確認される。これらの海域の水深は5000m以上と深く、炭酸塩に非常に乏しいため、海底堆積物の通常の堆積年代決定法である浮遊性有孔虫遺骸を用いた放射性炭素年代測定は利用できない。しかし、挟在するテフラを鍵とし、古地磁気永年変動曲線を用いることで、高精度でイベント層の堆積年代を推定できることがわかってきた。さらに得られたイベント層の年代を陸域の津波堆積物の堆積年代とも比較することで、日本海溝沿いで発生した過去の地震・津波について新たな情報を得られる可能性が出てきた。海域のテフラをしっかりと同定し、対比することは、地震や津波に限らず、異なる環境下で確認されるイベントの対比や前後関係の確認に大きな役目を果たす。海域テフラのさらなる研究の推進が重要である。

キーワード: テフラ, イベント堆積物, 日本海溝, 地震, 津波
Keywords: tephra, event deposit, Japan Trench, earthquake, tsunami

揚子江洪水史復元のための下流部砂州堆積物掘削(YD15) 概要

The outline of the sandbar drilling in the lower reach of Yangtze (YD15) to reconstruct flood history

齋藤 京太^{1*}; 多田 隆治¹; Zheng Hongbo²; 入野 智久³; 王 可³; Luo Chao⁴; 綱澤 有哉¹; 杉崎 彩子¹
SAITO, Keita^{1*}; TADA, Ryuji¹; ZHENG, Hongbo²; IRINO, Tomohisa³; WANG, Ke³; LUO, Chao⁴;
TSUNAZAWA, Yuya¹; SUGISAKI, Saiko¹

¹ 東大・理・地惑, ²Nanjing Normal University, ³ 北大・地球環境, ⁴Nanjing University

¹University of Tokyo, ²Nanjing Normal University, ³Hokkaido University, ⁴Nanjing University

東アジア夏季モンスーン (EASM) は東アジア全域に渡る水循環を駆動しており、その強弱や空間分布の変動は世界の人口の 1/3 に及ぶ人々の生活に大きな影響を与えてきた。そのため、過去の EASM 降水の空間分布の復元を通してその挙動や制御要因を明らかにすることは重要となる。揚子江流域は EASM の影響下にあり、流域の降水量-水流出量-堆積物流出量の間には正の相関があることが知られており、堆積物の供給源比は降水地域の分布を反映すると考えられる。また、揚子江では歴史記録に加え、19 世紀後半以降の水文観測データが存在している。

そこで、完新世後半における EASM の挙動復元を目的とし、2013 年夏に河口部沖において過去 6000 年の堆積物コア (YD13) を掘削した。しかし、少なくとも最上部過去 100 年分の堆積物が欠如していることが Cs 同位体比の測定から判明している。そこで YD15 コアでは、河口部内部の砂州を掘削し、YD13 コアの上部を補うとともに、過去 150 年間に揚子江から流出した細粒堆積物を分析してその供給源の変動を復元し、EASM 降水の観測記録と比較することにより、細粒堆積物の供給源推定から降水域分布を復元する手法の妥当性を検証する。

本発表では、YD15 コアの岩相や堆積構造、色測定の結果等の基礎的な情報、および今後の分析計画等について報告する。

Provenance variability associated with East Asian Summer Monsoon precipitation change during the middle to late Holocene Provenance variability associated with East Asian Summer Monsoon precipitation change during the middle to late Holocene

王可^{1*}; 多田隆治²; 入野智久¹; 鄭洪波³; 斎藤京太²; 杉崎彩子²; 内田昌男⁴
WANG, Ke^{1*}; TADA, Ryuji²; IRINO, Tomohisa¹; ZHENG, Hongbo³; SAITO, Keita²; SUGISAKI, Saiko²; UCHIDA, Masao⁴

¹ 北海道大学, ² 東京大学, ³ 南京師範大学, ⁴ 国立環境研究所

¹Hokkaido University, ²The University of Tokyo, ³Nanjing Normal Univ., ⁴National Institute for Environmental Studies

Hydroclimate variations associated with the East Asian Summer Monsoon precipitation exert significant impacts on lives of people inhabiting within the Yangtze River drainage and the coastal zone. Seasonal shift of main precipitation area is attributable to the reposition of northern limit of summer monsoon, which would lead to provenance and composition changes of suspended materials transported by the Yangtze River. Consequently, the interannual to millennial time-scale variability of the position of rain belt mentioned above could be recorded in the long-term change in compositional variation of the sediment originated from the suspended materials of the Yangtze River. The subaqueous Yangtze delta and the inner shelf of the East China Sea (ECS) are of primary importance owing to massive inputs of terrestrial materials from the Yangtze River. We could expect to recognize provenance changes in core sediments taken from the Yangtze subaqueous delta core YD13-1 and the inner shelf of ECS core MD06-3040 in association with spatial variability of EASM precipitation.

Provenance of sediment particles were evaluated on the basis of the electron spin resonance (ESR) signal intensity and crystallinity index (CI) of grain size separated quartz. Comparison the core sediments taken from the subaqueous Yangtze delta and the inner shelf of the East China Sea sites with modern Yangtze River sediments suggested that the Yangtze River would be a predominant source of the subaqueous Yangtze delta and mud belt on the inner shelf deposits. Moreover, detailed examination of quartz provenance within the Yangtze River drainage using ESR and CI enable us to discriminate the sediment contributions from the upper-middle/lower reaches, southern tributary, and northern tributary of the Yangtze drainage. Most of ESR in fine silt fraction of core YD13-1 samples from fine sandy layers and coarse silt layers of probable flood origin showed smaller values compared to the background sediments just above or below. This observation suggested that big flooding occurred mainly in the upper reaches of the Yangtze drainage. Variability of the main location of EASM precipitation (EASM front) on multi-centennial to millennial-scale has been detected from this result, which showed heavier precipitation in the Hangjiang and Jialinjiang with contribution from southeastern side of middle-lower reaches (Lake Dongting and Poyang) during 5-3.8 cal kyr BP, and in the Hangjiang, Jialingjiang, and Minjiang during 3.8-1.6 cal kyr BP, in the Minjiang and Jialingjiang during 1.6-1.0 cal kyr BP, and in the Minjiang and Jinshajiang with contribution from Hanjiang during 1.0-0.6 cal kyr BP. Temporal variations in ESR in fine silt fraction of core MD06-3040 sample showed the similar feature as YD13-1, which suggested both cores shared the same provenance changes on millennial time-scale. Modal grain size in fine silt of core MD06-3040 showed notable decrease at the timing of the lower EASM precipitation (presumably drought events) such as 6 cal kyr BP, 5.3 cal kyr BP, 4.5 cal kyr BP, 3.7-3.3 cal kyr BP, 2.2 cal kyr BP, 1.4-1.3 cal kyr BP, which also coincided with the dry periods derived from stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ records in southern China and high salinity events recorded in the cores from northern ECS. The evolution of monsoonal climate with abrupt events in the Yangtze River drainage has been associated with spatio-temporal heterogeneity of precipitation area within the Yangtze drainage most likely resulted from migration of the EASM front. Fine silt fraction of both cores YD13 and MD06-3040 captured climatic signal delivered from the Yangtze drainage. High precipitation (detected in grain size at MD06-3040 site) is correlated with higher contribution of material from the upper reaches of the Yangtze drainage since 5 cal kyr BP. The stronger EASM has been associated with high precipitation and northwestward shift of monsoon front.

完新世揚子江堆積物の OSL 年代測定と、推定される堆積過程 OSL dating of Holocene Yangtze delta sediments: implications for sedimentation mechanisms

杉崎 彩子^{1*}; Buylaert Jan-Pieter²; Murray Andrew³; 多田 隆治¹; Zheng Hongbo⁴; 王 可⁵;
齋藤 京太¹; 入野 智久⁵; 内田 昌男⁶
SUGISAKI, Saiko^{1*}; BUYLAERT, Jan-pieter²; MURRAY, Andrew³; TADA, Ryuji¹; ZHENG, Hongbo⁴;
WANG, Ke⁵; SAITO, Keita¹; IRINO, Tomohisa⁵; UCHIDA, Masao⁶

¹ 東京大学, ²Aarhus University, ³Technical University of Denmark, ⁴Nanjing Normal University, ⁵北海道大学 大学院地球環境科学研究院, ⁶国立環境研究所

¹University of Tokyo, ²Aarhus University, ³Technical University of Denmark, ⁴Nanjing Normal University, ⁵Hokkaido University, ⁶National Institute for Environmental Studies

揚子江の洪水史は、夏季東アジアモンスーン (EASM) がもたらす降水量と関連性があり、完新世における EASM の頻度と降水量の復元は、現在の異常気象を理解するために重要である。揚子江デルタ堆積物は主に洪水時期に流出した懸濁物粒子から構成されており、EASM の良いアーカイブであるが、生物源炭酸塩が稀なことから年代制約が困難であった。本研究では、揚子江デルタ堆積物コア YD13-1H,G3 を対象に OSL 年代測定を用いて年代制約を与えることを目指し、具体的には 1) デルタ堆積物を形成する現在の懸濁物粒子が堆積前に露光されているか、2) デルタ堆積物内の石英微・粗粒子の OSL 年代が放射性炭素年代と整合的であるか、3) 石英と長石の露光時間への応答の違いから、鉱物粒子の運搬過程の推定ができるか、の 3 点に着目した。

測定結果から、現在の懸濁物粒子は事前に露光しており、デルタ堆積物を構成する鉱物粒子は OSL 年代測定に適していることが確認された。2 本の堆積物コアから得られた OSL 年代は、下部 4m が一様に 6 千年、上部 5m が 2 千年と急激な堆積速度を示し、これらはデルタの形成時期および人間による開拓が始まった時期と一致した。また点在する現地性の貝化石の年代とは、洪水のイベント層と推定される砂層を除き一致した。OSL 年代がこの二つの時代に集中する理由について、堆積構造、長石の OSL 年代と放射性炭素年代との比較から検討する。

キーワード: 光ルミネッセンス年代測定, 完新世, 揚子江デルタ

Keywords: Optically stimulated luminescence, Holocene, Yangtze Delta

水月湖堆積物中の河川起源碎屑物フラックスを用いた降水量変動復元手法の開発 Typhoon and Baiu-season precipitation reconstructed by the flux of suspended detrital material in Lake Suigetsu

鈴木 克明^{1*}; 多田 隆治¹; 長島 佳菜²; 入野 智久³; 山田 和芳⁴; 中川 毅⁵; 小島 秀彰⁶;
SG12/06 プロジェクト⁷
SUZUKI, Yoshiaki^{1*}; TADA, Ryuji¹; NAGASHIMA, Kana²; IRINO, Tomohisa³; YAMADA, Kazuyoshi⁴;
NAKAGAWA, Takeshi⁵; KOJIMA, Hideaki⁶; SG12/06, Project members⁷

¹ 東京大学, ²JAMSTEC, ³北海道大学, 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立命館大学, ⁶若狭三方縄文博物館, ⁷なし

¹Univ. Tokyo, ²JAMSTEC, ³Hokkaido University, ⁴Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, ⁵Ritsumeikan University, ⁶Wakasa-Mikata Jomon Museum, ⁷none

モンスーンに伴う降雨パターンの変化や台風経路の変動メカニズムを解明するには、これらの降水の影響を強く受ける地域において、長期的な降水量変動を復元することが必要である。しかし、降水量変動を定量的に復元することは一般的に難しい。

河川起源懸濁物フラックスと河川流出量との間には、Rating curve と呼ばれる経験式が存在し、温帯域では河川流出量は降水量を反映する事から、懸濁物フラックスから逆に降水量を定量的に復元することが可能である。従って、集水域から流入する懸濁物を効率的にトラップする湖などの堆積物を用いて懸濁物フラックスが復元出来れば、そこから過去の降水量を復元することが出来る。福井県南部の水月湖は梅雨による夏季モンスーン降水や台風による降水の支配域に位置しており、主たる淡水供給源であるはす川からの粗粒碎屑物は手前の三方湖にトラップされ、懸濁物のみが水月湖に供給され、堆積している。また、水月湖堆積物については、これまでの研究で完新世部分だけでも 100 を超える ¹⁴C 年代測定が行われ、高い解像度と精度の年代モデルが既に確立しているため、この手法を適用するのに最適な対象である。しかしこの手法を適用するためには、降水量変動と河川起源懸濁物フラックス変動について、水月湖に固有の経験式を確立する必要がある。そこで本研究では、降水量観測記録と比較する事が可能な水月湖表層堆積物を用いて、年代モデル構築及び主要元素組成分析に基づいて河川起源懸濁物フラックス変動の復元を行った。

水月湖には 1664 年の浦見川開削以降海水が流入し、底層が還元的な環境となっている。そのため、表層堆積物中には年縞が存在する。そこで、この年縞の計数および放射性同位体 (²¹⁰Pb、¹³⁷Cs) 年代測定により年単位の解像度を持つ年代モデルを過去 90 年にわたって構築し、更にイベント層（洪水起源と推定されている）と洪水記録の対比に基づいて年代モデルのチューニングを行った。

その結果、1920 年以降について、誤差 +/-1 年以内の、高精度な年代モデルを確立した。この年代モデルに基づいて復元された 2~3 年解像度の懸濁物フラックスは、この地域で一日当たりの降水量が多く降水日数の多い梅雨季 (5~7 月) の降水量の 2.2 乗と良い相関を示した。またイベント層は、日本中部を南から北へ縦断するような経路をとる台風により引き起こされた洪水によって主に堆積することが明らかになった。これらの結果から、水月湖のより深部の堆積物の分析によって、水月湖堆積物中の通常時の碎屑物フラックス変動を復元することで梅雨期の雨量変動を、イベント層の堆積時期及び頻度から、この地域への台風の上陸頻度を復元することが可能であると考えられる。

キーワード: 年縞堆積物, 降水量, 東アジアモンスーン, 台風, 古気候

Keywords: varved sediment, precipitation, East Asian Monsoon, typhoon, paleoclimate

水月湖の堆積物はダスト沈積フラックスの経年変動を記録しているか？ Is Lake Suigetsu sediment recording annual-scale dust flux changes?

長島 佳菜^{1*}; 鈴木 克明²; 山田 和芳³; 入野 智久⁴; 多田 隆治²; 滝川 雅之¹; 原 由香里⁵; 中川 毅⁶;
SG06/12 Project members⁶
NAGASHIMA, Kana^{1*}; SUZUKI, Yoshiaki²; YAMADA, Kazuyoshi³; IRINO, Tomohisa⁴; TADA, Ryuji²;
TAKIGAWA, Masayuki¹; HARA, Yukari⁵; NAKAGAWA, Takeshi⁶; SG06/12, Project members⁶

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学大学院 理学系研究科, ³ 静岡県 文化・観光部 ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課,
⁴ 北海道大学 大学院地球環境科学研究科, ⁵ 九州大学応用力学研究所, ⁶ 立命館大学
¹JAMSTEC, ²Graduate school of Science, The University of Tokyo, ³Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka,
⁴Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ⁵Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University,
⁶Ritsumeikan University

The depositional flux record of Asian dust during the late Holocene provides key to understand the role of Asian dust in meteorological effects and bio-geochemical cycles. Sea of Japan sediment was typically studied for this purpose. However, dust flux changes with millennial and shorter time-scales was not possible to detect due to the relatively large uncertainties in the depositional rates of the marine sediments.

Lake Suigetsu in Central Japan is known for the annually-laminated 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). Lake Suigetsu sediments are expected to contain dust particles from continental Asia, however the dust particles in the sediment matrix are not easy to identify and analyse quantitatively as they are diluted with the detrital materials supplied from surrounding slopes of the lake and from the catchment areas of Hasu River, the water of which drains to the Lake Mikata which in turn is connected to the Lake Suigetsu by a shallow sill. We therefore developed a method to identify Asian dust within lake sediments and apply the method to the near-surface samples of Lake Suigetsu to reconstruct dust flux changes during the last 100 years.

We focus on three mineralogical parameters, the crystallinity of quartz, plagioclase-quartz ratio, and plagioclase type (albite vs. anorthite). These mineralogical parameters were determined for fine-silt sized Asian dust collected at Japan and detrital materials collected at nine sites near lake Suigetsu and from the drainage areas of Hasu River. Compared to the detrital materials from local sites, Asian dust is characterized by the lower crystallinity of quartz, moderate plagioclase-quartz ratio, and anorthite rich plagioclase type. The recognised differences were then applied to the lake Suigetsu sediments to diagnose air-born dusts from continental Asia. The estimated dust flux changes show gradual decrease from the middle of the 1960s to the end of the 1990s, which is well correlated with the decreasing trend of the dust emission frequency at dust source areas (Gong et al., 2007). Furthermore, the dust flux shows annual to decadal-scale changes. We will check whether the estimated flux changes are consistent to the observational records and model simulation results, and further discuss the nature and mechanisms of the Asian dust flux changes.

キーワード: アジアダスト, 水月湖コア, 過去 100 年, 経年変動, 数十年変動

Keywords: Asian dust, Lake Suigetsu core, Last 100 years, annual variation, decadal variation

ブランチ GDGT 組成に基づく過去 28 万年間の琵琶湖の湖水 pH と 水温の変動 Variabilities of water pH and temperature in Lake Biwa based on branched GDGT distribution over the last 280,000 years

味岡 拓^{1*}; 山本 正伸²; 竹村 恵二³; 林田 明⁴; 北川 浩之⁵

AJIOKA, Taku^{1*}; YAMAMOTO, Masanobu²; TAKEMURA, Keiji³; HAYASHIDA, Akira⁴; KITAGAWA, Hiroyuki⁵

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ³ 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設, ⁴ 同志社大学理工学部, ⁵ 名古屋大学大学院環境学研究科

¹ Institute of Geology and Geoinformation, AIST, ² Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³ Beppu Geothermal Research laboratory Institute for Geothermal Science, Kyoto University, ⁴ Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, ⁵ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

We generated a 280,000 yr record of water pH and temperature in Lake Biwa, central Japan, by analysing the methylation index (MBT^{*}) and cyclisation ratio (CBT) of branched tetraethers in sediments from piston and borehole cores. Our aim was to understand the responses of precipitation and air temperature in central Japan to the East Asian monsoon variability on orbital timescales. Because the water pH in Lake Biwa is determined by phosphorus and alkali cation inputs, the record of water pH should indicate the changes in precipitation and temperature in central Japan. Comparison with a pollen assemblage in a Lake Biwa core suggests that lake water pH was determined by summer temperature in the low-eccentricity period before 55 ka, while it was determined by summer precipitation in the high-eccentricity period after 55 ka. From 130 to 55 ka, the variation in lake pH (summer precipitation) lagged behind that in summer temperature by several thousand years. This perspective is consistent with the conclusions of previous studies (Igarashi and Oba, 2006; Yamamoto, 2009), in that the temperature variation preceded the precipitation variation in central Japan.

キーワード: 琵琶湖, 湖沼堆積物, 湖水 pH, GDGT, MBT, CBT

Keywords: Lake Biwa, lake sediment, lake water pH, GDGT, MBT, CBT

日本の湖沼堆積物に含まれる極細粒元素状炭素量の変動 Temporal variation of very fine elemental carbon in lake sediments in Japan

入野 智久^{1*}; 中井 淑恵¹; 芦 松¹; 山田 和芳²; 米延 仁志³; 多田 隆治⁴
IRINO, Tomohisa^{1*}; NAKAI, Yoshie¹; LU, Song¹; YAMADA, Kazuyoshi²; YONENOBU, Hitoshi³; TADA, Ryuji⁴

¹ 北海道大学, ² 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, ³ 鳴門教育大学, ⁴ 東京大学
¹Hokkaido University, ²Museum of Natural and Environmental history, Shizuoka, ³Naruto University of Education, ⁴University of Tokyo

Elemental carbon (EC) is a combustion product which is composed of rich C and depleted O, H, S, and N. Biomass burning is major source of Pre-industrial EC, while fossil fuel burning is the most important source since the 18th. EC transferred in the atmosphere as aerosols, and aerosols including EC have a great impact on the climate, where EC is the second strongest contribution to global warming and changing albedo by darkening of snow and ice surface. On the other hand, aerosols including EC have also negative effect on radiative forcing. Although it is difficult to evaluate net EC effect on climate, evaluation of temporal variability of atmospheric EC is necessary to understand the relationship between biomass burning and climate.

EC is not a single chemical compound and distinguished into two types, char and soot. Char is produced by pyrolysis, while soot is formed via gas-to-particle conversion. The char particles which are countable under microscope are called charcoal. There have been many research to reconstruct paleo-fire by counting charcoal, which showed that the fire sometimes synchronize with human activity especially in the late Holocene. However, very fine EC particles that can be transported for a long distance has not been evaluated well for paleo-archive although boreal forest fire frequently emits wide-spread smoke which must have deposited as the sediment in lacustrine and marine environment.

In order to evaluate the flux of biomass burning products transported for a long distance and deposited in marine and lake sediments, we have tried to apply a thermal optical transmittance (TOT) methods to quantify the amount of very fine grained elemental carbon within sediment samples. Organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) contents in standard materials such as sucrose, humic acid, fluvic acid, and fullerene were examined by TOT method as analogue carbonaceous materials within sediments. As a result, some OC fraction was turned out to be tolerant to temperature of 550-700 degree C under O₂ atmosphere. Therefore, we defined EC as the carbon fraction detected at 700-850 degree C under O₂ atmosphere. We applied this method to fine (<2 microns) and coarse (>2 microns) fractions separated from sediments collected from the Lake Kushu in the northern Japan and the Lake Suigetsu in the central Japan. Temporal variation of EC content in the fine fraction shows different pattern than that in the coarse fraction, which suggests that the coarse EC is local signal while the fine EC reflects both local and distal biomass burning frequency. Ratio between fine EC / coarse EC in the sediments from the northern Far East marginal sea and lake could be used as a proxy for regional-scale biomass burning history in northeastern Asia.

キーワード: 久種湖, 水月湖, 元素状炭素, 完新世

Keywords: Lake Kushu, Lake Suigetsu, Elemental carbon, Holocene

高解像度の時空間古海洋復元のための微化石アーカイブ Microfossil archives for the high spatiotemporal resolution paleoceanographic reconstruction

久保田 好美^{1*}; 木元 克典²; 齋藤 めぐみ¹

KUBOTA, Yoshimi^{1*}; KIMOTO, Katsunori²; SAITO-KATO, Megumi¹

¹ 国立科学博物館, ² 海洋研究開発機構

¹National Museum of Nature and Science, ²JAMSTEC

The microfossils usually provide qualitative rather than quantitative paleoceanographic information. The transfer function methods have been developed in several microfossil groups, sometimes providing the quantitative information such as sea surface temperature and salinity. The global sea surface temperature reconstruction by CLIMAP project based on the microfossil assemblages is generally reproduced well by simulation results and consistent with geochemical proxies, suggesting the usefulness of the microfossil data as one of the quantitative paleoceanographic archives in glacial-interglacial time scale. However, there are several issues to deal with for the time-series paleoceanographic reconstruction with high time resolution. For example, a temporal variability of the summer sea surface temperature based on the transfer function of planktic foraminiferal assemblage sometimes does not match up well with the high time resolution geochemical proxies such as Mg/Ca that is thought to reflect summer surface temperature as well. This discrepancy is probably owing to difference in seasonality among the proxies and/or effect of the other factors such as salinity or nutrient on the microfossil assemblages, which should be assessed to illustrate more probable ocean environment in the past. Nevertheless, so far, there is accumulation of microfossil data in the northwestern Pacific including marginal seas. We will present how we utilize the microfossil data as a quantitative marine environment archive, listing the challenges to integrate into the other proxies.

海洋酸性化研究を目指したマイクロフォーカス X 線 CT 技術 Microfocus X-ray Computing Tomography Technique: Applications for the Ocean Acidification study

木元 克典^{1*}; 木原 辰行²; 岩崎 晋弥³; 佐々木 理⁴; 鹿納 晴尚⁴; 脇田 昌英¹; 入野 智久⁵
KIMOTO, Katsunori^{1*}; KIHARA, Tatsuyuki²; IWASAKI, Shinya³; SASAKI, Osamu⁴; KANO, Harumasa⁴;
WAKITA, Masahide¹; IRINO, Tomohisa⁵

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² 東北大学大学院, ³ 東京大学大気海洋研究所, ⁴ 東北大学総合学術博物館, ⁵ 北海道大学大学院

¹JAMSTEC, ²Tohoku University, ³AORI, Univ. of Tokyo, ⁴The Tohoku University Museum, ⁵Hokkaido University

The reduction of the oceanic pH (so-called ocean acidification (OA)) is one of the most concerning issues of recent oceanic environmental changes. Recent observation and culture studies indicate that calcification rates of ocean calcifiers (corals, pteropods, foraminifera, coccolithophores etc) which build external skeletons of calcium carbonates (CaCO_3) will decrease and carbonate dissolution rates increase as CaCO_3 saturation states of seawater (Ω). However its affections for marine calcifiers in the nature are still largely unknown. It is needed to be quantified such affections to understand marine ecosystems and predict the future environmental conditions.

Here we proposed a new method to evaluate shell density of marine calcifiers by using the Micro-focus X-ray Computing tomography (MXCT) technique. The MXCT has great potential to bring new information for morphometric analysis of biology by the innovating data acquisition. It can get precise transparent tomographic images of individual specimen with spatial resolution in submicron scales. At the same time, MXCT has become possible to achieve the information about shell density quantitatively. Shell density analysis of marine zooplankton measured by MXCT is most accurate and objective compared with any other existing methods (e.g. SEM observations and weight loss etc). This method is applicable to not only living species but also fossil species, therefore it might provide novel information about the OA ongoing in the modern ocean and occurred in the past. We will introduce about the MXCT technique and its latest results in application for our OA research in the North Pacific and the Arctic Ocean.

キーワード: マイクロフォーカス X 線 CT, 浮遊性有孔虫, 翼足類, 北太平洋, 北極海, 海洋酸性化

Keywords: Microfocus X-ray CT, Planktic Foraminifera, Pteropod, North Pacific, Arctic Ocean, Ocean Acidification

北太平洋亜寒帯域における浮遊性有孔虫の分布およびX線CTによる海水炭酸イオン濃度の有孔虫骨格密度への影響評価 Planktic foraminiferal distribution in the subarctic North Pacific and impact of seawater [CO₂] on shell calcification

岩崎 晋弥^{1*}; 木元 克典²; 佐々木 理³; 鹿納 晴尚³
IWASAKI, Shinya^{1*}; KIMOTO, Katsunori²; SASAKI, Osamu³; KANO, Harumasa³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 海洋研究開発機構, ³ 東北大学総合学術博物館

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

³ The Tohoku University Museum

浮遊性有孔虫は海洋表層から亜表層に生息し、石灰質の殻を形成する原生動物プランクトンの一種である。浮遊性有孔虫の分布は海水の温度、塩分、餌など生息する海洋環境に影響されるため (e.g. Hemleben et al., 1989)、有孔虫の群集解析や骨格の化学分析は過去の海洋環境を復元する有効な指標として利用されてきた。従って現生の浮遊性有孔虫の分布と海洋環境の関係を詳細に理解することは古海洋環境指標の高精度化に繋がる。

北太平洋亜寒帯域は海洋大循環の終着点に位置し、栄養塩に豊富な深層水が湧昇するため活発な生物生産による生物ポンプが効率的に機能している (e.g. Takahashi et al., 2002)。従って、この海域における古海洋環境復元は地球環境システムを理解する上で重要である。さらに北太平洋亜寒帯域は人類活動を原因とする海洋酸性化により海水の炭酸イオン濃度が今世紀中に顕著に減少し得る海域として注目されている (Orr et al., 2012)。海水の炭酸イオン濃度低下は浮遊性有孔虫をはじめとする炭酸塩生物の石灰化に影響し、骨格密度の低下をもたらす。そのため北太平洋亜寒帯域において浮遊性有孔虫が形成する骨格の密度と現場海水の炭酸イオン濃度の関係を詳細に理解することは海洋酸性化に伴う石灰化生物への影響を評価する上で欠かせない。また現在の海洋環境における浮遊性有孔虫の分布および骨格密度の理解は将来の海洋酸性化研究の基盤となる情報を提供する。しかし、北太平洋亜寒帯域における浮遊性有孔虫の地理的・鉛直分布や海水炭酸イオン濃度が有孔虫骨格密度に与える影響を見積もる研究はこれまで行われていない。そこで本研究では北太平洋亜寒帯域を東西に横断する9地点で鉛直多層引きプランクトンネット観測 (採取水深: 0-50, 50-100, 100-150, 150-200, 200-300, 300-500 m) を実施し、有孔虫の群集解析を通して浮遊性有孔虫の水平・鉛直分布を本海域で初めて明らかにした。また、マイクロフォーカスX線CTスキャナによる高精度の殻内部構造の観察および骨格密度の定量測定を実施し、現生有孔虫の骨格密度と現場海水の炭酸イオン濃度との比較を初めて実施した。

群集解析の結果、本海域から全部で9種類の浮遊性有孔虫を同定した。また、群集組成の特徴から、北太平洋亜寒帯域における浮遊性有孔虫の地理的な分布は西部亜寒帯循環域・アラスカ循環域・東太平洋沿岸域の3つのグループに分けられることを示した。また、マイクロフォーカスX線CTスキャナによる殻内部構造観察および骨格密度測定の結果を現場海水炭酸イオン濃度と定量的に比較した。

キーワード: 浮遊性有孔虫, 北太平洋亜寒帯域, 骨格密度, 海洋酸性化

Keywords: Planktic foraminifera, the subarctic North Pacific, shell density, Ocean acidification

TEX86は何を示しているのか：海洋水柱懸濁粒子中のインタクト GDGT 研究から言えること

Spatial and size distributions of intact and core glycerol dialkyl glycerol tetraethers in suspended particulates

山本 正伸^{1*}; 大平 深史¹; 山下 洋平¹

YAMAMOTO, Masanobu^{1*}; OHIRA, Fukashi¹; YAMASHITA, Youhei¹

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院

¹ Faculty of Environmental earth Science, Hokkaido University

海洋堆積物にはアーキアに由来するグリセロール・ジアルキル・グリセロール・テトラエーテル (GDGTs) が含まれている。この GDGT の環状構造の数は低緯度海域試料で多く、高緯度試料では少ない。この関係を利用して、海水温度指標として TEX86 が提案された (Schouten et al., 2002)。しかし、アーキアは表層水だけでなく、中深層水中にも生育している。もし、中深層水で生産された GDGT の寄与が大きければ、堆積物中の GDGT は中深層水の温度を反映し、緯度方向に違いが生じないはずである。この疑問に対しては、海洋表層で生産された GDGT は捕食や凝集などの作用により大きな粒子を形成しやすく、優先的に沈降するが、中深層で生産された GDGT は沈降しにくいという仮説が提案された (Wuchter et al., 2005)。しかし、表層水の GDGT が大きな粒子をどのように形成するのか、また本当に表層水の GDGT が優先的に沈降しているのか明確ではない。

本研究では、海洋水柱の懸濁粒子についてアーキア細胞サイズ (0.2-1.0 μ m) とアーキア細胞よりも大きい粒子 (1.0 μ m) に分けて、それぞれについて易分解性のインタクト GDGT とその分解生成物であるコア GDGT の濃度と組成を調べることで、GDGT 組成と水深、海域の対応関係を明らかにし、GDGT の生産水深、アーキアの生活形、沈降可能な GDGT の分布状況を検討した。

インタクト GDGT として、monohexose (MH) 型、dihexose (DH) 型、hexose, phosphohexose (HPH) 型の3種類の極性頭部を持つものが検出された。このインタクト GDGT は真光層上部で少なく、弱光層上部で濃度極大を示し、それ以降では減少する。真光層では MH 型が卓越するが、弱光層以降では DH 型、HPH 型も多い。どの水深においてもインタクト GDGT は 0.2-1.0 μ m サイズと >1.0 μ m サイズの両方に含まれている。真光層や弱光層上部においては >1.0 μ m サイズにインタクト GDGT が多く含まれており、付着生活系アーキアによる GDGT 生産が示唆された。大きな粒子に付着して生活するアーキアの GDGT は沈降には有利であろう。真光層から弱光層上部にむかい、GDGT の TEX86 は上昇し、水温が徐々に低下する傾向とは逆である。弱光層には真光層とは異なるアーキアが生息しており、そのアーキアが作る GDGT の TEX86 の水温に対する応答は有光層のものとは異なることが示唆される。GDGT 生体膜の流動性はコア脂質の環状構造の数だけではなく極性頭部の種類の違いにも規制されているようにみえる。

本研究により明らかにされたインタクト GDGT の粒度分布から、真光層だけでなく弱光層で生産された GDGT も沈降可能であり、沈降粒子や堆積物の GDGT の TEX86 は真光層の低めの値と弱光層の高めの値の両方を反映している可能性が高い。低緯度では、1) 水温が高いことと、2) 中深層で生産された GDGT の割合が多いことのふたつの原因により、堆積物中 TEX86 は高い値をとると考えられる。

キーワード: TEX86, GDGT, 懸濁粒子, プロキシ

Keywords: TEX86, GDGT, Suspended particulates, POM, proxy

水月湖 2014 年コア：もっと深く！ Lake Suigetsu 2014 varved sediment core: exploring into deeper horizons

中川 毅^{1*}; SG14 プロジェクトメンバー¹
NAKAGAWA, Takeshi^{1*}; SG14, Project members¹

¹ 立命館大学 古気候学研究センター

¹Ritsumeikan University, Research Centre for Palaeoclimatology (PRITS)

福井県の水月湖は、7 万年分の連続した年縞堆積物を持つことで知られ、1993 年、2006 年、2012 年と、これまで 3 回の本格的な学術掘削がおこなわれてきている。だが現存するサンプルの量に限りがあることが、新たな研究の発展に対して制約となっていた。また水月湖の知名度の向上に合わせて、研究で消費される前の状態の年縞堆積物を、一般向けに展示する要望が高まっていた。以上のことから、2014 年の夏に水月湖の再掘削を実施した。採取されたコアはこれまでのコアより 30 % ほど長く、年縞の保存状態も良好であった。SG14 と名付けられた新しいコアの概要について発表する。

キーワード: 水月湖, 年縞堆積物, SG14

Keywords: Lake Suigetsu, Varved sediment, SG14

